

技工系列工具书

制冷设备维修工实用技术手册

何元季 刘晓俊 主编

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

制冷设备维修工实用技术手册/何元季,刘晓俊主编.南京:江苏科学技术出版社,2007.1

(技工系列工具书)

ISBN 978-7-5345-5228-1

I. 制... II. ①何... ②刘... III. 制冷—设备—维修—技术手册 IV. TB657-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 135507 号

技工系列工具书

制冷设备维修工实用技术手册

主 编 何元季 刘晓俊
责任编辑 宋 平
责任校对 苏 科
责任监制 张瑞云

出版发行 江苏科学技术出版社(南京市湖南路 47 号,邮编:210009)
网 址 <http://www.pspress.cn>
集团地址 凤凰出版传媒集团(南京市中央路 165 号,邮编:210009)
集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>
经 销 江苏省新华发行集团有限公司
照 排 南京奥能制版有限公司
印 刷 丹阳教育印刷厂

开 本 850mm×1168mm 1/32
印 张 23.875
字 数 590 000
版 次 2007 年 1 月第 1 版
印 次 2007 年 1 月第 1 次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5345-5228-1
定 价 48.00 元

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

前 言

随着我国经济的快速增长,制冷空调设备的品种和数量日益增多,使用场合遍布各行各业和人们的日常生活之中,对制冷空调设备专业技术人才的需求也日益增多,对从事制冷空调设备的运行、养护和维修提出了许多新要求。为了方便制冷空调设备维修人员了解各种设备的组成结构及工作原理,掌握操作维修的技能和安全知识,并在工作实践中正确应用各种基本知识和操作技能,我们编写了《制冷设备维修工实用技术手册》,供从事制冷空调设备运行、维修的专业技术人员参考。

编写过程中,作者特别关注本手册的实用性、先进性和简明性几个特点:汇集了制冷空调的基本知识、基本理论及制冷空调行业的各个主要方面的专业技术知识,介绍了各种制冷空调设备的结构和特点、基本操作和维修方法以及常用制冷空调设备的故障分析及排除方法;力求采用国家颁布的新标准(GB)或向国际标准(ISO)靠拢,并将当前制冷空调行业的一些最新技术、最新设备纳入其中,以适应快速发展的制冷空调行业;文字简练,并采用大量图表,便于读者阅读和查找资料。

本手册共 16 章,内容包括:基础知识,制冷工质,制冷原理,制冷压缩机,换热设备、节流装置及其他辅助设备,制冷空调设备的电气控制,常用工具、量具、检测仪器仪表及维修设备,制冷空调设备的维护管理与基本检修操作,空调调节,中央空调水系统,蓄能技术,热泵,汽车空调,冷藏与冷冻和安全技术知识。

参加本手册编写的有:陈江云(第一章),何元季(第二~三章、第四章第一~二、四节、第九章、第十章第一~四节、第十一章第

一~二节、附录),刘晓俊(第四章第三节、第十章第五~六节、第十六章),李为群(第四章第五节、第十四章),陈红军(第五章),薛相美(第六章),周兴平(第七章),柳桃华(第八章第一~五节),周桂生(第八章第六~八节),侯俊(第十一章第三~六节),周平中、梁明坤(第十二章),李育健(第十三章),易涛(第十五章)。何元季、刘晓俊担任主编。全书由何元季统稿,毛永年高级工程师、周平中高级工程师主审。

在本手册的编写过程中,得到了南京五洲制冷技工学校、南京中天人工环境工程技术有限公司、南京五洲制冷集团等单位给予的大力支持,在此谨致以衷心感谢。因能力所限,书中错误及不当之处恳请读者指正。

编 者

2006.9

目 录

第一章 基础知识	1
第一节 热力学的基础知识	1
一、基本概念	1
二、热力学第一定律	8
三、热力学第二定律	10
四、工质的热力性质	13
第二节 流体力学基础知识	24
一、流体的主要物理性质	24
二、流体静力学基本方程式	26
三、流体的流动与连续性方程式	27
四、伯努利方程式	28
五、流动阻力	29
第三节 传热学基础知识	30
一、导热	30
二、对流换热	32
三、辐射换热	33
四、复合换热	34
五、传热过程	34
第四节 常用单位换算	36
一、长度	36
二、质量	36
三、压力	37
四、功、能和热量	37
五、功率	38
六、制冷量	38
七、质量热容	39
八、热导率	39

第二章 制冷工质	40
第一节 制冷剂的种类及命名方法	40
一、制冷剂的种类	40
二、制冷剂的安全性分类	41
三、制冷剂的命名和编号方法	41
第二节 对制冷剂性质的要求	42
一、热力学性质	43
二、物理性质和化学性质	43
三、安全性	43
四、对环境的影响	44
五、经济性	44
第三节 常用制冷剂的性质	44
一、R717(氨)的性质	44
二、R22 的性质	45
三、R134a 的性质	57
四、R123 的性质	64
五、R600a 的性质	70
六、R404A 的性质	76
七、R407C 的性质	77
八、R410A 的性质	89
第四节 溴化锂溶液	95
一、溴化锂溶液的主要性质	95
二、溴化锂溶液的热力图表	101
第五节 载冷剂	103
一、对载冷剂的要求	103
二、常用载冷剂	103
第三章 制冷原理	113
第一节 制冷与制冷的的方法	113
一、制冷的定义	113
二、实现制冷的的方法	113

第二节 单级蒸气压缩式制冷	114
一、单级蒸气压缩式制冷系统的基本组成与工作原理	114
二、理想制冷循环	115
三、理论制冷循环	116
四、液体过冷和吸气过热对循环性能的影响	117
五、理论制冷循环的热力计算	119
六、冷凝温度和蒸发温度变化对制冷系统的影响	120
第三节 两级压缩与复叠式制冷系统	122
一、两级压缩制冷系统	122
二、带有经济器的压缩式制冷循环	124
三、复叠式制冷系统	126
第四节 吸收式制冷	128
一、吸收式制冷机的工作原理	128
二、单效吸收式制冷机	129
三、双效吸收式制冷机	130
第五节 热电制冷	131
一、珀尔帖效应	131
二、热电制冷原理	132
三、热电制冷器的特点	133
第四章 制冷压缩机	134
第一节 活塞式制冷压缩机	134
一、活塞式制冷压缩机的分类	134
二、活塞式制冷压缩机的基本结构	135
三、活塞式制冷压缩机的工作过程	138
四、活塞式制冷压缩机的性能	140
五、活塞式制冷压缩机常见故障与处理方法	146
第二节 螺杆式制冷压缩机	149
一、螺杆式制冷压缩机结构与工作原理	150
二、螺杆式制冷压缩机的能量调节	153
三、螺杆式制冷压缩机的润滑与冷却	154
四、螺杆式制冷压缩机的性能	156

五、螺杆式制冷压缩机常见故障与处理方法	159
第三节 离心式制冷压缩机	161
一、离心式制冷压缩机的分类	161
二、离心式制冷压缩机的结构及工作原理	161
三、离心式制冷压缩机常见故障与处理方法	164
第四节 全封闭转子式压缩机和涡旋式压缩机	166
一、全封闭转子式制冷压缩机	166
二、全封闭涡旋式制冷压缩机	167
第五节 汽车空调用制冷压缩机	169
一、曲轴连杆式压缩机	169
二、旋叶式压缩机	170
三、斜盘式压缩机	172
四、摇板式压缩机	175
五、滚动活塞式压缩机	177
六、涡旋式压缩机	179
第五章 换热设备、节流装置及其他辅助设备	183
第一节 换热器	183
一、冷凝器	183
二、蒸发器	188
三、回热器、中间冷却器和冷凝蒸发器	193
四、板式换热器	196
第二节 节流装置	197
一、手动节流阀	197
二、毛细管	198
三、热力膨胀阀	198
四、定压膨胀阀	203
五、电子膨胀阀	203
六、浮球调节阀	206
七、线性浮子阀	209
第三节 其他辅助设备	210
一、油分离器	210

二、储液器	213
三、气液分离器	215
四、过滤器和干燥器	216
五、空气分离器	216
六、集油器	217
第六章 制冷空调设备的电气控制	219
第一节 自动控制的基本知识	219
一、自动控制系统的组成	219
二、自动控制常用术语	219
三、自动控制系统的性能指标	221
四、自动控制系统的分类	223
第二节 制冷空调设备常用的控制元件	225
一、电磁阀	226
二、四通换向阀	229
三、压力控制器	231
四、压差控制器	232
五、温度控制器	233
六、液位控制器	235
七、流量调节阀	235
八、压力控制阀	236
第三节 常用低压电器	238
一、低压电器概述	238
二、低压断路器	239
三、交流接触器	240
四、热继电器	240
五、熔断器	241
第四节 可编程序控制器	242
一、可编程序控制器介绍	242
二、可编程序控制器的编程方法	246
三、可编程序控制器的应用	254
第五节 典型制冷空调设备电控系统介绍	258

一、家用电冰箱电气原理图	258
二、家用空调	259
三、约克 YCAB 系列冷水机组控制系统介绍	275
第七章 常用工具、量具、检测仪器仪表及维修设备	280
第一节 常用工具及其使用	280
一、通用工具	280
二、专用工具	281
第二节 常用量具及其使用	287
一、游标卡尺	287
二、螺旋副千分尺	288
三、百分表	289
四、塞尺	290
第三节 常用检测仪器仪表的使用	290
一、万用表	290
二、绝缘电阻表	294
三、钳形电流表	295
四、卤素检漏仪	296
五、温度计	297
六、干湿球温度计	297
七、压力计	299
八、毕托管	302
九、风速仪	304
第四节 维修设备的使用	306
一、真空泵	306
二、制冷剂充注机	308
三、气焊设备与工具	310
第八章 制冷空调设备	318
第一节 房间空调器	318
一、窗式空调器	318
二、分体式房间空调器	323

三、房间空调器的安装	328
四、房间空调器常见故障与处理	329
第二节 单元式空气调节机	338
一、单元式空调机的结构及特点	338
二、单元式空调机的型号命名方法	340
三、单元式空调机的名义工况	340
四、单元式空调机的安装与调试	341
五、恒温恒湿机组常见故障与排除	347
第三节 除湿机	350
一、除湿的方法	350
二、冷冻除湿机	351
三、氯化锂转轮式除湿机	355
四、三甘醇液体除湿机	358
第四节 压缩冷凝机组	359
一、活塞式压缩冷凝机组	360
二、螺杆式压缩冷凝机组	361
第五节 冷水机组	362
一、冷水机组的种类	362
二、冷水机组的名义工况	366
三、冷水机组安装与调试	367
四、冷水机组的常见故障与排除方法	370
第六节 变制冷剂流量多联分体式空调机组	379
一、变制冷剂流量多联分体式空调机组的组成及特点	379
二、多联机组的安装与调试	380
三、多联机组常见故障及排除	381
第七节 非独立式空调机组	383
一、组合式空调机组	383
二、诱导器	386
三、风机盘管机组	388
四、新风机组	391
第八节 溴化锂吸收式制冷机组	393
一、溴化锂吸收式制冷机的分类	393
二、溴化锂吸收式制冷机的组成结构	394

三、溴化锂吸收式冷水机组的型号编制方法	401
四、机组的名义工况和性能指标	403
五、机组调节控制系统	404
六、溴化锂吸收式制冷机组常见故障及排除方法	408
第九章 制冷空调设备的维护管理与基本维修操作	415
第一节 制冷空调设备的维护管理	415
一、建立制冷空调设备的管理制度	415
二、制定各设备的操作规程	415
三、制定设备的维护检修制度	416
四、建立设备档案	416
五、对操作、维修及管理人員的要求	416
六、配备检修工具和维修设备	417
七、配备安全用具和设施	417
八、制定应急预案	417
第二节 蒸气压缩式制冷设备的基本维修操作	417
一、制冷系统的吹污	417
二、制冷系统的试压和检漏	418
三、制冷系统抽真空	421
四、充注制冷剂	425
五、制冷设备检修前对制冷剂的回收和处理	430
六、制冷系统放空气的操作	434
七、制冷压缩机的加油操作	436
八、制冷系统的放油操作	440
九、去除制冷剂中的水分	443
十、从制冷系统中隔离压缩机	444
十一、制冷压缩机湿冲程的调整操作	445
第三节 制冷设备故障的检查方法与原则	448
一、蒸气压缩式制冷系统正常运行的标志	448
二、制冷系统故障检查方法	449
三、制冷设备故障的检修原则	449
第四节 溴化锂吸收式制冷机组的维护管理与基本维修操作	450

一、溴化锂吸收式制冷机组运行时的管理	450
二、溴化锂吸收式制冷机组停机时的管理	451
三、溴化锂吸收式制冷机组的定期检查	452
四、溴化锂吸收式制冷机组的基本维修操作	454
第十章 空气调节	467
第一节 空气调节的基本知识	467
一、湿空气的物理性质	467
二、湿空气的焓湿图	470
三、室内空气品质	475
第二节 空调负荷与送风量	478
一、空调的室内、外空气计算参数	478
二、空调负荷	482
三、空调负荷的计算	483
四、新风量的确定及新风冷负荷计算	484
五、送风量的计算	486
第三节 空气处理设备	488
一、表面式空气换热器	489
二、喷水室	490
三、电加热器	492
四、加湿器	492
五、减湿设备	492
六、空气的净化设备	494
七、消声装置	497
八、热回收装置	498
九、独立式空调设备与非独立式空调设备	499
第四节 空气调节系统	499
一、空调系统的分类	499
二、集中式空调系统	501
三、半集中式空调系统	501
四、分散式空调系统	504
第五节 空调系统风量的测定与调整	505

一、风量的测定	505
二、风量的调整	509
第六节 中央空调系统常见故障的分析与排除	513
第十一章 中央空调水系统	517
第一节 冷却水系统	517
一、冷却水系统的形式	517
二、冷却水泵	518
三、冷却塔	519
第二节 空调冷冻水系统	520
一、空调冷冻水系统的形式	520
二、冷冻水循环泵	523
三、空调水系统的定压方法	523
四、空调水系统管路的保温	526
第三节 空调水系统的水质管理	526
一、空调水系统水质管理的原则	526
二、水质指标	527
三、水质处理	530
第四节 中央空调水系统的安装	532
一、空调水系统安装施工规范	532
二、空调水系统安装施工注意事项	533
三、冷凝水管的安装	535
四、离心式水泵的安装	541
第五节 水系统的清洗	543
一、循环水系统的清洗方法	543
二、循环水系统停机化学清洗的步骤	545
三、循环水系统不停机化学清洗的步骤	547
第六节 水系统的试压	548
一、金属管道试压	549
二、PP-R 管道试压	550
第十二章 蓄能技术	551
第一节 蓄能技术及其分类	551

一、蓄能的定义	551
二、蓄能空调的基本原理	551
三、蓄能空调系统的特点	553
四、蓄能空调系统的运行策略	553
五、蓄能介质分类	555
六、蓄能设备分类	556
第二节 水蓄冷系统及装置	557
一、水蓄冷系统	557
二、水蓄冷装置	558
第三节 冰蓄冷装置	559
一、基本定义	560
二、盘管蓄冰装置	561
三、封装式蓄冰装置	562
四、动态制冰装置	563
第四节 冰蓄冷空调系统及设备	568
一、冰蓄冷空调系统的形式	568
二、冰蓄冷空调系统的运行策略	570
三、滑落式片冰冷水机组	571
第五节 蓄冰槽与片冰机的安装、调试	576
一、蓄冰槽的安装	576
二、片冰机的安装	579
三、机组的调试	581
第十三章 热泵	584
第一节 热泵的工作原理及分类	584
一、热泵的工作原理	584
二、热泵的分类	585
第二节 空气源热泵	587
一、空气-空气式热泵	587
二、空气-水式热泵	587
三、空气源热泵的特点	587
第三节 水源热泵机组	588

一、水-空气式热泵机组	589
二、水-水式热泵机组	590
第四节 地源热泵系统	590
一、地埋管地源热泵系统	590
二、地表水热泵系统	596
三、地下水热泵系统	597
第五节 水环热泵系统	598
一、水环热泵空调系统的组成	598
二、水环热泵系统的特点	600
三、水环热泵系统运行管理中的注意事项	601
第十四章 汽车空调	602
第一节 汽车空调的分类	602
一、汽车空调概述	602
二、汽车空调的分类	603
第二节 汽车空调的制冷系统	613
一、制冷系统的基本组成	613
二、汽车空调用冷凝器和蒸发器	614
三、储液干燥过滤器与集液器	617
四、节流装置	620
五、管与接头	623
第三节 汽车空调的供暖系统	626
一、发动机余热暖气装置	626
二、独立热源取暖装置	630
第四节 汽车空调的电路系统	633
一、汽车空调的电气元件	633
二、汽车空调的控制电路	642
三、自动空调的微机控制电路	648
四、自动空调的局域网控制系统	652
第五节 汽车空调检测及故障判断与排除	657
一、汽车空调常用检测方法	657
二、空调制冷系统常见故障	670

三、自动空调的故障自诊断	671
第十五章 冷藏与冷冻	679
第一节 食品冷冻加工的基础知识	679
一、食品的冷加工分类	680
二、食品冷冻加工的基本要求	683
第二节 冷库	695
一、冷库的类型和构成	695
二、冷库容积的确定	698
三、冷库的技术要求	699
四、围护结构的隔热与防潮	700
第三节 商用冷柜	710
一、食品冷藏柜	710
二、食品陈列柜	711
第四节 电冰箱	712
一、电冰箱的制冷方式	712
二、电冰箱的结构	713
三、冷冻室内的温度要求	715
四、电冰箱使用的气候条件	716
五、电冰箱的结构及其制冷系统	716
第五节 冷藏运输装置	716
一、铁路冷藏车	716
二、冷藏汽车	718
三、冷藏船	719
四、冷藏集装箱	720
第十六章 安全技术知识	722
第一节 制冷空调系统中常用的安全保护装置	722
一、压力控制器	722
二、压差控制器	723
三、安全阀	724
四、易熔塞	726

五、紧急泄氨器·····	727
六、防火防烟调节阀·····	728
第二节 压力容器的安全使用和管理·····	729
一、压力容器·····	729
二、压力容器的安全使用和管理·····	731
三、制冷剂钢瓶的使用和管理·····	731
第三节 制冷空调设备的安全操作·····	734
一、大中型制冷设备开机前必须遵守的安全操作·····	734
二、阀门的安全操作·····	736
三、制冷剂的安全操作·····	737
四、设备、管道检修时的安全要点·····	737
第四节 人身安全与紧急救护·····	738
一、检修操作中对人身安全产生危害的主要事故类型·····	738
二、预防措施·····	740
三、紧急救护·····	741
主要参考文献·····	744

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

第一章 基础知识

第一节 热力学的基础知识

一、基本概念

(一) 热力系统

1. 热力系统

热力学中研究的具体对象称为“热力系统”，简称“系统”。系统以外的周围物质称为“外界”或“环境”，系统与外界的分界面称为系统的“边界”。典型的系统有：

闭口系统 也称封闭系统。与外界无质量交换的系统。

开口系统 与外界有质量交换(流入或流出)的系统。

绝热系统 与外界没有热量交换的系统。

孤立系统 与外界没有任何作用的系统。

简单系统 除热量传递外，与外界之间只以一种形式的做功方式进行能量交换的系统。

2. 工质

系统内的工作物质称为“工质”，它是用来实现热能与机械能转换的工作物质。各种气体、蒸气及其液体是工程上常用的工质。在制冷系统中，工质又称为制冷剂，如氨、氟利昂、水、二氧化碳等。

(二) 系统的热力状态

1. 热力状态

热力系统在某一瞬间所呈现的宏观物理状况称为系统的热力状态。

2. 状态参数

描述系统宏观状态的物理量称为状态参数,如温度、压力(压强)、质量体积、热力学能、焓、熵等。

3. 平衡状态

热力系统可能呈现出各种不同的状态,系统在没有外界影响的条件下其宏观性质不随时间变化的状态称为平衡状态。当系统处于平衡状态时,才具有确定的状态参数值,而非平衡态系统的状态参数是不确定的。处于平衡状态的系统,其系统内部及系统与外界之间的一切不平衡势(如温差、压力差等)均不存在,因此,它们同时具备热平衡(无温差无热量传递的状态)、力平衡(无压力差无做功的状态)、化学平衡(无化学反应的状态)等。工质的状态变化时,初态、终态参数的差值仅与初、终两态有关,而与状态变化的过程无关。

(三) 基本状态参数

热力学中常用的状态参数有:温度、压力、质量体积、热力学能、焓、熵等,其中温度、压力、质量体积可以直接或间接地用仪表测量出来,称为基本状态参数,其余参数可以通过基本状态参数推导出来,称为导出状态参数。

1. 温度

宏观上温度是表示物体冷热程度的物理量;微观上温度标志物质内部分子热运动的激烈程度。处于热平衡的物体,都具有相同的温度,各种温度计就是根据这一原理来测量温度的。度量温度的标尺称为温标。常用温标有热力学温标 $T(\text{K})$ 、摄氏温标 $t(^{\circ}\text{C})$ 、华氏温标 $t_{\text{F}}(^{\circ}\text{F})$ 。三种温标的换算关系见式(1-1)和式(1-2)。

$$T = t + 273.15 \quad (1-1)$$

$$t_{\text{F}} = \frac{9}{5}t + 32 \quad (1-2)$$

2. 压力

单位面积上所受到的垂直作用力称为压强。在工程上,人们习惯上常把液体或气体的压强统称为压力。

(1) 压力的单位

压力的单位有三类:

- 1) 应力的单位,如 Pa(N/m²)、kgf/cm²、psi(lbf/in²)等;
- 2) 液柱高的单位,如 mmHg、mmH₂O 等;
- 3) 大气压的单位,如 atm(标准大气压)、at(工程大气压)。

各种单位之间的换算见表 1.4-3。

(2) 绝对压力、表压力和真空度

压力通常用各种压力计来测定。这些压力计的测量原理都是建立在力平衡的基础上的。由于压力计测量容器内的压力时,本身处在大气压力的作用下,测出的是容器内实际压力与大气压力 B 的差值,称为表压力或相对压力,用符号 p_g 表示。而容器内工质的实际压力称为绝对压力,用 p 表示,表压力与绝对压力的关系为

$$p_g = p - B \quad (1-3)$$

当容器内工质的实际压力低于大气压力 B 时,压力计上测得的压力称为真空度,用 p_v 表示,则有

$$p_v = B - p \quad (1-4)$$

大气压力 B 可用气压计测定,其值随测量时间、地点而异。即使绝对压力不变,由于大气压力的变化,表压力和真空度也要发生变化。因此,只有绝对压力才能表征系统的状态。

3. 质量体积

质量体积也称比体积,指单位质量工质所占空间体积,用 v 表示,单位 m³/kg。设容器内有均质流体质量为 m (kg),所占空间体积为 V (m³),则该工质的质量体积为

$$v = \frac{V}{m} \quad (1-5)$$

(四) 状态方程式与状态参数坐标图

1. 状态方程式

当系统处于一个平衡状态时,描述系统的所有状态参数值都为确定的值。但确定系统平衡状态的独立参数仅为几个,也就是说,只需几个相互独立的状态参数便可确定系统的平衡状态。根据状态公理,确定简单均质系统平衡状态的独立状态参数只有 2 个,其他状态参数可由这 2 个状态参数求出,即任何一个状态参数可看作另外 2 个独立参数的函数,其函数关系方程式称为状态方程式,如

$$\begin{aligned} p &= p(v, T) \\ v &= v(p, T) \\ T &= T(p, v) \end{aligned}$$

2. 状态参数坐标图

对于简单均质系统,由于独立的状态参数只有两个,因而可以利用任意两个独立的状态参数组成二维平面坐标系,如图 1.1-1 所示。在这种坐标图中,一点即代表了某一确定的平衡状态。

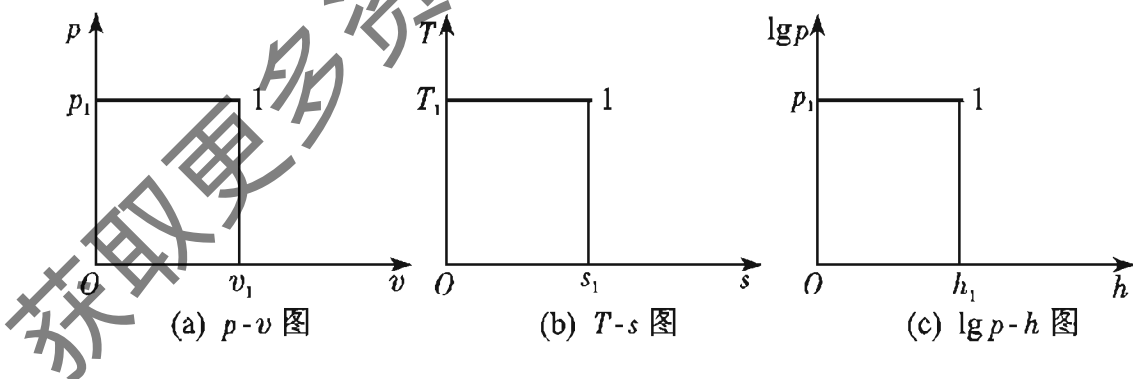


图 1.1-1 状态参数坐标图

(五) 功与热量

功和热量是系统与外界之间通过边界进行能量传递的两种本质不同的方式。做功和传热都与系统的状态变化相联系,并与实

现状态变化的具体热力过程相关。功和热量都不是系统的状态参数,而是过程量。

1. 功

热力学中,功是指除温差以外的其他不平衡势差所引起的系统与外界之间传递的能量。通常规定:系统对外界做功时,功为正值;而外界对系统做功时,功为负值。在 SI 制中,功的单位为 J, $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。单位时间内系统与外界通过做功交换的能量称为功率,单位为 W, $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ 。

2. 容积功和压容图

在系统与外界间的压力差的作用下,系统的容积发生变化,系统对外界所做的功(膨胀功)或外界对系统所做的功(压缩功)统称为容积功,用 W 表示,单位质量工质的容积功用 $w (=W/m)$ 表示。当 1 kg 工质气体经可逆过程膨胀,从状态 1 变化到状态 2 时(见图 1.1-2),其微元过程所做微功 δw 及总容积功 w 的计算式分别为

$$\delta w = p dv \quad (1-6a)$$

$$w = \int_1^2 p dv \quad (1-6b)$$

图 1.1-2 中气体膨胀过程线 1→2 与横轴所围面积就代表总容积功 w 。

3. 热量

系统与外界之间依靠温差而传递的非功形式的能量称为传热量,简称热量。热量用 Q 表示,单位为 J 或 kJ。单位质量工质与外界交换的热量称为比热量,用 q 表示,单位为 J/kg 或 kJ/kg。热量是随热力过程的进行而出现的,它与过程所经历的途径有关,是一个过程量,而不是状态参数。通常规定:系统吸热时热量取正号,反之取负号。热量有显热和潜热之

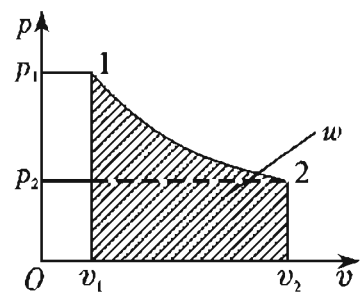


图 1.1-2 容积功

分,工质吸收或放出热量,其温度上升或下降,但集态不变,这时传递的热量称为显热;工质吸收或放出热量,其温度不变,只是集态变化(如汽化、冷凝等),这时传递的热量称为潜热。

(六) 热力学能与焓

热力学能指工质内部各种微观形式能量的总和,它包括微观粒子热运动的动能(内动能)、分子间的作用力而形成的分子位能(内位能)以及化学能、原子能等。热力学能用 U 表示,单位为 J 或 kJ。单位质量工质的热力学能称为比热力学能,用 u 表示,单位为 J/kg 或 kJ/kg。

焓定义为热力学能(U)与流动能(pV)之和,用 H 表示,单位为 J 或 kJ。单位质量工质的焓称为比焓,用 h 表示,单位为 J/kg 或 kJ/kg。

$$H = U + pV \quad (1-7a)$$

$$h = u + pv \quad (1-7b)$$

(七) 熵

熵是描述系统微观无序程度的一个状态参数,用 S 表示,单位为 J/K 或 kJ/K。单位质量工质的熵称为比熵,用 s 表示,单位为 J/(kg·K) 或 kJ/(kg·K)。当系统吸热后,温度升高,系统内的微观粒子热运动愈加剧烈,系统的微观无序程度升高,其熵值增加。反之,则熵值降低。在热力学中,熵的微小变化量定义为在微元可逆过程中系统和外界之间交换的热量 δQ 与系统的绝对温度 T 之比

$$dS = \frac{\delta Q}{T} \quad (1-8a)$$

对 1 kg 工质熵的微小变化量即比熵的微小变化量为

$$ds = \frac{\delta q}{T} \quad (1-8b)$$

式中, $\delta q = \delta Q/m$ 。

(八) 热力过程

当系统与外界发生相互作用时,系统的状态将发生变化,这种系统状态连续变化的过程称为热力过程,简称过程。实际过程的各个中间状态均为不平衡状态,为了方便理论上对热力过程的分析 and 研究,提出了两种理想化的热力过程,即准静态过程和可逆过程。

1. 准静态过程

如果系统从一个状态向另一个状态变化时,所经历的各个中间状态均为平衡状态,这种热力过程称为准静态过程。准静态过程可以在状态参数坐标图上用一条连续的线来表示。

2. 可逆过程

如果系统进行完一个热力过程后,能使系统沿着过程进行的反方向依次经历原过程中所经历的各个状态回复到原来的状态(初态),并且使参与过程变化的外界也回复到原状态,而不留下任何变化的痕迹,这样的过程称为可逆过程。否则称为不可逆过程。可逆过程一定是准静态过程。实际发生的任何热力过程均为不可逆过程,可逆过程只是一种理想的极限情况。不可逆过程的精确分析计算是十分困难的,在工程上常将接近准静态过程的热力过程近似当作可逆过程来研究。

3. 热力循环

如果系统从某一状态出发经历一系列状态变化后又回到初态,这种封闭的热力过程称为热力循环,简称循环。组成热力循环的各个过程都为可逆过程的循环称为可逆循环。可逆循环在状态参数坐标图上可用一条封闭的曲线或折线表示出来。当循环的方向为顺时针方向时,称为正向循环。它把在循环中所吸收的热量转变为机械能输出,因此正向循环也称为动力循环。当循环的方向为逆时针方向时,称为逆向循环。在逆向循环中外界净输入功,工质从低温处吸热而制冷,向高温处放热而供热,因此逆向循环用于制冷目的时就称为制冷循环,用于供热目的时就称为热泵循环。

二、热力学第一定律

(一) 热力学第一定律的实质

热力学第一定律是能量转换及守恒定律在热力过程中的具体表述,它确定了热力过程中各种能量在量上的相互关系。无论何种热力过程,在能量的转换或转移中,总能量守恒,即

输入系统的能量—输出系统的能量=系统储存能量的变化

(二) 闭口系统的能量方程式

闭口系统的能量方程式为

$$Q = \Delta U + W \quad \text{或} \quad q = \Delta u + w \quad (1-9)$$

式中 Q ——系统与外界之间的传热量;

W ——系统与外界之间的功量交换;

ΔU ——系统内工质热力学能的变化量。

对于微小的变化过程可写成如下形式:

$$\delta Q = dU + \delta W \quad \text{或} \quad \delta q = du + \delta w \quad (1-10)$$

使用时应遵守下述符号规定:系统吸热 q (或 Q) 为正,放热 q (或 Q) 为负;系统对外做功(膨胀) w (或 W) 为正,外界对系统做功(压缩) w (或 W) 为负;系统热力学能增加 Δu (或 ΔU) 为正,系统热力学能减少 Δu (或 ΔU) 为负。

对于可逆过程

$$\delta w = p dv \quad \text{或} \quad w = \int_1^2 p dv$$

所以

$$\delta q = du + p dv \quad (1-11a)$$

$$q = \Delta u + \int_1^2 p dv \quad (1-11b)$$

对于循环过程,系统经历一系列状态变化后又回复到初始状态,热力学能的变化量为零,此时有 $q = w$ 或 $Q = W$,其物理意义为循环对外输出的净功等于外界加给系统的净热。

(三) 稳定流动能量方程式

稳定流动是指工质在流动中,流道中任何截面上的各种参数(温度、压力、质量体积、流速等)及质量流量都不随时间而改变的流动。这时系统在单位时间内与外界的热量和功量的交换也不随时间而改变。实际设备中工质的流动情况大多可看作是稳定流动。1kg 工质作稳定流动时能量方程式为

$$q = (h_2 - h_1) + \frac{1}{2}(c_2^2 - c_1^2) + g(z_2 - z_1) + \omega_s \quad (1-12)$$

式中 h_1, h_2 ——工质在入口和出口处的焓;

c_1, c_2 ——工质在入口和出口处的流速;

z_1, z_2 ——工质在入口和出口处相对零势能面的高度;

g ——重力加速度,取 9.807 m/s^2 ;

ω_s ——通过机器轴传递的轴功。

(四) 稳定流动能量方程式的应用

稳定流动能量方程式反映了工质在稳定流动过程中能量转换的一般规律,可用来分析各种设备在工作中工质处于稳定流动状况时能量转换或转移的情况。下面分别对制冷系统中常见的设备(如热交换器、制冷压缩机、节流阀等)在工作时能量转换或转移的情况进行分析。

1. 热交换器

制冷设备中有各种热交换设备,如冷凝器、蒸发器、过冷器、气液热交换器等,工质流经热交换器时,无轴功输入输出,即 $\omega_s = 0$;工质宏观动能和位能的变化与传递的热量相比很小,可忽略不计。因此由式(1-12)可得

$$q = h_2 - h_1 \quad (1-13)$$

在蒸发器中,液态制冷剂在其中吸收周围物体或介质的热量沸腾汽化, $q > 0, h_2 > h_1$, 且吸收的热量等于工质焓值的增加量。在冷凝器中,气态制冷剂在其中向周围介质放出热量冷凝液化,

$q < 0, h_2 < h_1$, 且放出的热量等于工质焓值的减少量。

2. 制冷压缩机

工质流经制冷压缩机时,其宏观动能和位能的变化相对于外界提供的轴功 w_s 的量值来说很小,可以忽略不计;由于压缩过程迅速,工质流经压缩机时向外散热量也相对很小,可近似为绝热过程,即 $q=0$ 。因此由式(1-12)可得

$$-w_s = h_2 - h_1 \quad (1-14)$$

制冷压缩机是消耗外界提供的轴功 w_s 来压缩气态工质的,因此按符号规定 $w_s < 0$ 。这说明外界对系统所做的功已转变为系统内工质焓值的增加量。

3. 节流阀

制冷系统中的节流阀是用来降低工质压力和调节系统中工质流量的一种装置。工质流经节流阀时间很短,与外界交换的热量很小,可近似为绝热过程,即 $q=0$;工质进出节流阀时宏观动能与位能的变化很小,可以忽略不计;节流过程中工质与外界无轴功量的交换,即 $w_s=0$ 。因此由式(1-12)可知,工质在节流阀入口和出口处的焓是相等的,即

$$h_1 = h_2 \quad (1-15)$$

这说明绝热节流前后工质的焓值不变。

三、热力学第二定律

热力学第一定律指出热力过程中能量转换和转移的能量守恒的数量规律。而热力学第二定律则指明了热力过程进行的方向、条件及限度。

(一) 热力学第二定律的表述

在热传递过程中,热量可以从高温物体自发地传向低温物体,而热量却不能自发地从低温物体传向高温物体,此过程的进行具有方向性,是不可逆过程。实践证明一切实际热力过程都具有方

向性,都是不可逆过程,这就是热力学第二定律所揭示的基本事实和基本规律。热力学第二定律有多种说法,但都反映同一客观规律,彼此是等效的。下面为两种常见的说法。

(1) 克劳修斯说法:热不可能自发地、不付代价地从低温物体传到高温物体。

(2) 开尔文—普朗克说法:不可能制造只从一个热源取得热量,使之完全变成机械能而不引起其他变化的循环发动机。

(二) 卡诺循环

1. 卡诺循环的组成

卡诺循环是一个可逆的正向循环,其 $T-s$ 关系如图 1.1-3 所示。它由以下四个过程组成:

(1) 可逆的定温吸热过程 $1 \rightarrow 2$,工质由状态 1 开始从高温热源(温度为 T_1)定温吸收热量 Q_1 而变化至状态 2。

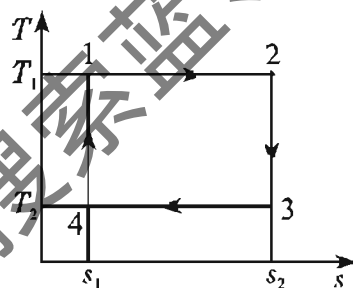


图 1.1-3 卡诺循环的温熵图

(2) 可逆的绝热膨胀过程 $2 \rightarrow 3$ (即定熵膨胀过程),工质由状态 2 定熵膨胀到状态 3,温度由 T_1 降到 T_2 。

(3) 可逆的定温放热过程 $3 \rightarrow 4$,工质由状态 3 开始向低温热源(温度为 T_2)放出热量 Q_2 达到状态 4。

(4) 可逆的绝热压缩过程 $4 \rightarrow 1$ (即定熵压缩过程),工质由状态 4 定熵压缩到状态 1,温度由 T_2 上升到 T_1 ,从而完成一个循环。

2. 热效率

循环的热效率用 η 表示,它定义为从高温热源吸收的热量中可转变为机械能的比例,即

$$\eta = W/Q_1 = 1 - Q_2/Q_1 \quad (1-16)$$

卡诺循环的热效率用 η_{c} 表示

$$\eta_{c} = 1 - T_2/T_1 \quad (1-17)$$

η_{c} 只与高低温热源的温度有关, 而与参与循环的工质无关。它指明了在同样工作温度区间工作的热机的最高效率。

(三) 逆卡诺循环

1. 逆卡诺循环的组成

逆卡诺循环是一个可逆的逆向循环, 也称为理想制冷循环, 其 $T-s$ 关系如图 1.1-4 所示。它由以下四个过程组成:

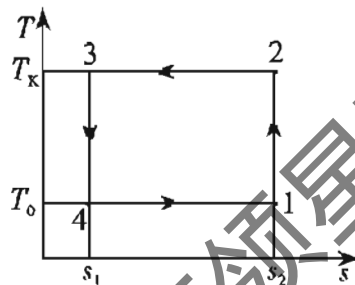


图 1.1-4 逆卡诺循环的温熵图

(1) 可逆的绝热压缩过程 $1 \rightarrow 2$ (即定熵压缩过程), 工质由状态 1 开始被压缩至状态 2, 外界对工质所做的压缩功为 W_c 。

(2) 可逆的定温放热过程 $2 \rightarrow 3$, 工质由状态 2 开始向高温热源 (温度为 T_k) 放出热量 Q_k 达到状态 3。

(3) 可逆的绝热膨胀过程 $3 \rightarrow 4$ (即定熵膨胀过程), 工质由状态 3 定熵膨胀到状态 4, 工质对外输出膨胀功 W_E 。

(4) 可逆的定温吸热过程 $4 \rightarrow 1$, 工质由状态 4 开始从低温热源 (温度为 T_0) 定温吸收热量 Q_0 而变化至状态 1。

2. 制冷系数与供热系数

逆向循环用于制冷目的时, 其效率用制冷系数 ϵ 表示, 它定义为单位耗功所能制取的冷量 (从低温处吸收的热量), 即

$$\epsilon = \frac{Q_0}{\sum W} \quad (1-18)$$

逆卡诺循环的制冷系数用 ϵ_c 表示

$$\epsilon_c = \frac{T_0}{T_k - T_0} \quad (1-19)$$

逆向循环用于制热目的时, 其效率用供热系数 μ 表示, 它定义为单位耗功所能供给的热量 (向高温处放出的热量), 即

$$\mu = \frac{Q_K}{\sum W} \quad (1-20)$$

逆卡诺循环的供热系数用 μ_c 表示

$$\mu_c = \frac{T_K}{T_K - T_0} = 1 + \epsilon_c \quad (1-21)$$

四、工质的热力性质

(一) 理想气体及其状态方程式

1. 理想气体

理想气体是指不考虑分子本身的体积、分子之间没有相互作用力、分子之间的碰撞为弹性碰撞的气体。当气体的压力不是特别大时，一般都可视为理想气体。

2. 理想气体状态方程式

理想气体在任何平衡状态下其压力、质量体积、温度之间存在下列关系：

$$1 \text{ kg 理想气体: } p_0 v = RT \quad (1-22a)$$

$$m \text{ kg 理想气体: } pV = mRT \quad (1-22b)$$

式(1-22)称为理想气体的状态方程。式中，各量单位必须用 SI 单位，比例系数 R [J/(kg·K)] 称为气体常数。不同气体的 R 是不同的，如空气和水蒸气的 R 相应为 287 J/(kg·K) 和 461.5 J/(kg·K)。对于一定质量的某种理想气体， mR 为定值。

(二) 热容

1. 热容的定义

工质在加热(或冷却)过程中温度升高(或降低)1 K 时所吸收(或放出)的热量称为热容。

单位质量工质的热容称为质量热容或比热容，用 c 表示，单位为 J/(kg·K)。

单位体积工质的热容称为体积热容，用 c' 表示，单位为

J/(Nm³ · K)。Nm³ 为标准立方米,指在一个标准大气压、温度为 0°C 时(即标准状况下)的体积。

单位摩尔工质的热容称为摩尔热容,用 C_m 表示,单位为 J/(mol · K)。

它们的换算关系式如下:

$$c' = c\rho_0 = C_m/22.4 \quad (1-23a)$$

或 $C_m = 22.4c' = cM \quad (1-23b)$

式中 ρ_0 ——气体在标准状况下的密度;

M ——气体的摩尔质量(kg/mol)。

2. 影响比热容的主要因素

(1) 与气体的性质有关。不同性质的气体,如 O₂、N₂、CO₂ 等,由于它们的相对分子质量、分子结构特性不同,其比热容的数值也不同。

(2) 与热力过程的特性有关。由于热量不是状态参数,而是过程量,所以气体的比热容与热力过程的特性有关。在工程上最常见的加热过程是定压过程和定容过程,因此相应地有定压比热容和定容比热容,分别用 c_p 和 c_v 表示。

对于理想气体,有

$$c_p - c_v = R \quad (1-24)$$

定义 $\kappa = c_p/c_v$, 称为气体的等熵指数。

(3) 与气体所处状态有关。实际气体的比热容是温度和压力的函数。理想气体的比热容与压力无关,只是温度的函数。

3. 应用比热容计算热量

(1) 用真实比热容计算

当知道气体的真实比热容随温度变化的关系 $c = f(t)$ 时,气体从温度 t_1 加热到 t_2 的加热量可按(1-25)式计算

$$q = \int_1^2 c dt \quad (1-25)$$

(2) 用平均比热容计算

气体在温度 t_1 与 t_2 间的平均比热容定义为

$$c_m \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} c dt}{t_2 - t_1} \quad (1-26)$$

气体从温度 t_1 加热到 t_2 的加热量可按(1-27)式计算

$$q = c_m \Big|_{t_1}^{t_2} t_2 - c_m \Big|_{t_1}^{t_1} t_1 \quad (1-27)$$

几种气体在理想状态下的平均定压比热容 $c_m \Big|_{t_1}^{t_2}$ 可查表 1.1-1。

表 1.1-1 几种气体在理想状态下的平均定压比热容

kJ/kg · K

气体 温度/°C	H ₂	O ₂	N ₂	空气	CO ₂	H ₂ O
0	14.195	0.915	1.039	1.004	0.815	1.859
100	14.353	0.923	1.040	1.006	0.866	1.873
200	14.421	0.935	1.043	1.012	0.910	1.894
300	14.446	0.950	1.049	1.019	0.949	1.919
400	14.447	0.965	1.057	1.028	0.983	1.948
500	14.509	0.979	1.066	1.039	1.013	1.978
600	14.542	0.993	1.076	1.050	1.040	2.009
700	14.587	1.005	1.087	1.061	1.064	2.042
800	14.641	1.016	1.097	1.071	1.085	2.075
900	14.706	1.026	1.108	1.081	1.104	2.110
1000	14.776	1.035	1.118	1.091	1.122	2.144
1100	14.853	1.043	1.127	1.100	1.138	2.177
1200	14.934	1.051	1.136	1.108	1.153	2.211

(3) 用定值比热容计算

在实际计算中,当温度变化的范围不大或对计算精度要求不高时,可把比热容看成为常数。则气体从温度 t_1 加热到 t_2 的加热量可按(1-28)式计算

$$q = C_m(t_2 - t_1)/M \quad (1-28)$$

根据分子运动理论,凡原子数目相同的气体,定值摩尔热容是相同的,其数值如表 1.1-2 所示。

表 1.1-2 气体的定值摩尔热容

原子数 摩尔热容 /[J/(mol·K)]	单原子气体	双原子气体	多原子气体
摩尔定容热容 $C_{m,v}$	3×4.157	5×4.157	7×4.157
摩尔定压热容 $C_{m,p}$	5×4.157	7×4.157	9×4.157
等熵指数 κ	1.67	1.4	1.3

(三) 理想气体的热力过程

1. 定容过程

一定质量的理想气体,在状态变化时如果保持容积不变($dv=0$),则称为定容过程。定容过程中, $\delta w = pdv=0$,即无容积功。由式(1-10)有 $\delta q = du$,可见在定容过程中传递的热量,完全用于改变工质的热力学能。

2. 定压过程

一定质量的理想气体,在状态变化时如果保持压力不变($dp=0$),则称为定压过程。定压过程的容积功 $w = p(v_2 - v_1)$ 。由式(1-10)有 $q = \Delta u + w = (u_2 - u_1) + p(v_2 - v_1) = (u_2 + pv_2) - (u_1 + pv_1) = h_2 - h_1$,可见在定压过程中传递的热量,等于工质的焓差变化。

3. 定温过程

在状态变化中保持温度不变($dT=0$)的过程称为定温过程。定温过程中工质的热力学能和焓也都保持不变。由式(1-10)有 $q=\omega$,即定温过程加给系统的热量,完全用于工质对外膨胀做功。

4. 绝热过程

在状态变化中工质与外界没有热交换的过程($\delta q=0$)称为绝热过程。绝热过程的过程方程式可表示为

$$pv^\kappa = \text{常数} \quad (1-29)$$

式中 $\kappa=c_p/c_v$,为等熵指数。绝热过程 $\delta q=0$ 或 $q=0$,由式(1-11)有 $\delta\omega=-du$ 。可见在绝热过程中,系统对外做容积功等于工质热力学能的减少,而外界对系统做容积功则完全用于工质热力学能的增加。

5. 多变过程

多变过程的过程方程式为

$$pv^n = \text{常数} \quad (1-30)$$

式中 n 称多变指数,取值范围为 $(-\infty, +\infty)$ 。当 n 具有不同数值时,过程就表现出不同的特性:当 $n=0$ 时, $p=\text{常数}$,为定压过程;当 $n=1$ 时, $pv=\text{常数}$,为定温过程;当 $n=\kappa$ 时, $pv^\kappa=\text{常数}$,为绝热过程;当 $n=\pm\infty$ 时, $v=\text{常数}$,为定容过程。可见,前述几个典型过程均为多变过程的特例,多变过程是更一般化的热力过程。在气体压缩过程中,多变指数 n 一般介于1和 κ 之间,即是介于定温压缩和绝热压缩之间的多变压缩过程。

(四) 物质集态及集态的变化

1. 物质的集态及集态的变化

集态指物质聚集的状态,有固态、液态和气态三种。当工质吸热或放热时一般会引起温度的升高或降低,有时会引起集态的变化(也称为相变)。在压力保持不变,而由于热量传递引起相变时,温度也保持不变。

汽化 工质由液态转变为气态的过程称为汽化。仅在液体表面进行的汽化过程称为蒸发。在液体内部和表面同时进行的剧烈的汽化过程称为沸腾。工质在汽化过程中吸收的热量称为汽化潜热。

凝结 也称液化,是指工质由气态转变为液态的过程。工质在凝结过程中放出的热量称为凝结潜热。

融化 也称熔解,是指工质由固态转变为液态的过程。工质在融化过程中吸收的热量称为熔解热。

凝固 工质由液态转变为固态的过程称为凝固。

升华 工质由固态直接转变为气态的过程称为升华。

2. 饱和状态

饱和状态指工质各相处于平衡的状态,宏观上看不再发生相变的状态。如在有限密闭空间中,汽化速度等于液化速度时的气液两相处于平衡的状态。处于饱和状态时的压力和温度分别称为饱和压力和饱和温度。饱和压力与饱和温度是一一对应的关系。

处于饱和状态的液体称为饱和液体,处于饱和状态的蒸气称为饱和蒸气。饱和液体和饱和蒸气的混合物称为湿蒸气。不含有饱和液体的饱和蒸气又称为干饱和蒸气。单位质量湿蒸气中的饱和蒸气的质量定义为湿蒸气的干度,用 x 表示,即

$$x = \frac{m_v}{m_v + m_w} \quad (1-31)$$

式中 m_v ——湿蒸气中饱和蒸气的质量;

m_w ——湿蒸气中饱和液体的质量。

3. 过冷液体和过热蒸气

过冷液体指温度低于同压力下的饱和温度的液体。同压力下饱和温度与过冷液体的温度之差称为过冷液体的过冷度。

过热蒸气指温度高于同压力下的饱和温度的蒸气。同压力下过热蒸气的温度与饱和温度之差称为过热蒸气的过热度。

(五) 蒸气的热力性质表

蒸气的热力性质表主要有两种：一种是饱和液体与干饱和蒸气表，另一种是过冷液体与过热蒸气表。

1. 蒸气的热力性质表

饱和液体与干饱和蒸气表按压力(或温度)由低到高的顺序列出了不同压力(或温度)下饱和液体的质量体积 v' 、比焓 h' 、比熵 s' 和干饱和蒸气的质量体积 v'' 、比焓 h'' 、比熵 s'' 的值。表 1.1-3 为饱和水与饱和水蒸气表。常用制冷剂的饱和液体与饱和蒸气表见第二章。

表 1.1-3 饱和水与饱和水蒸气表

绝对压力	温度	质量体积		焓		熵	
		液体	气体	液体	气体	液体	气体
MPa	℃	dm ³ /kg	m ³ /kg	kJ/kg		kJ/(kg·K)	
0.001	6.949 1	1.000 1	129.185	29.21	2 513.29	0.105 6	8.973 5
0.002	17.540 3	1.001 4	67.008	73.58	2 532.71	0.261 1	8.722 0
0.003	24.114 2	1.002 8	45.666	101.07	2 544.68	0.354 6	8.575 8
0.004	28.953 3	1.004 1	34.796	121.30	2 553.45	0.422 1	8.472 5
0.005	32.879 3	1.005 3	28.191	137.72	2 560.55	0.476 1	8.393 0
0.006	36.166 3	1.006 5	23.738	151.47	2 566.48	0.520 8	8.328 3
0.007	38.986 7	1.007 5	20.528	163.31	2 571.56	0.558 9	8.273 7
0.008	41.507 5	1.008 5	18.102	173.81	2 576.06	0.592 4	8.226 6
0.009	43.790 1	1.009 4	16.204	183.36	2 580.15	0.622 6	8.185 4
0.010	45.798 8	1.010 3	14.673	191.76	2 583.72	0.649 0	8.148 1
0.015	53.970 5	1.014 0	10.022	225.93	2 598.21	0.754 8	8.006 5
0.020	60.065 0	1.017 2	7.649 7	251.43	2 608.90	0.832 0	7.906 8
0.025	64.972 6	1.019 8	6.204 7	271.96	2 617.43	0.893 2	7.829 8
0.030	69.104 1	1.022 2	5.229 6	289.26	2 624.56	0.944 0	7.767 1

(续表)

绝对压力	温度	质量体积		焓		熵	
		液体	气体	液体	气体	液体	气体
MPa	°C	dm ³ /kg	m ³ /kg	kJ/kg		kJ/(kg·K)	
0.040	75.872 0	1.026 4	3.993 9	317.61	2 636.10	1.026 0	7.668 8
0.050	81.338 8	1.029 9	3.240 9	340.55	2 645.31	1.091 2	7.592 8
0.060	85.949 6	1.033 1	2.732 4	359.91	2 652.97	1.145 4	7.531 0
0.070	89.955 6	1.035 9	2.365 4	376.75	2 659.55	1.192 1	7.478 9
0.080	93.510 7	1.038 5	2.087 6	391.71	2 665.33	1.233 0	7.433 9
0.090	96.712 1	1.040 9	1.869 8	405.20	2 670.48	1.269 6	7.394 3
0.100	99.634 0	1.043 2	1.694 3	417.52	2 675.14	1.302 8	7.358 9
0.120	104.810	1.047 3	1.428 7	439.37	2 683.26	1.360 9	7.297 8
0.140	109.318	1.051 0	1.236 8	458.44	2 690.22	1.411 0	7.246 2
0.150	111.378	1.052 7	1.159 53	467.17	2 693.35	1.433 8	7.223 2
0.160	113.326	1.054 4	1.091 59	475.42	2 696.29	1.455 2	7.201 6
0.180	116.941	1.057 6	0.977 67	490.76	2 701.69	1.494 6	7.162 3
0.200	120.240	1.060 5	0.885 85	504.78	2 706.53	1.530 3	7.127 2
0.250	127.444	1.067 2	0.718 79	535.47	2 716.83	1.607 5	7.052 8
0.300	133.556	1.073 2	0.605 87	561.58	2 725.26	1.672 1	6.992 1
0.350	138.891	1.078 6	0.524 27	584.45	2 732.37	1.727 8	6.940 7
0.400	143.642	1.083 5	0.462 46	604.87	2 738.49	1.776 9	6.896 1
0.450	147.939	1.088 2	0.413 96	623.38	2 743.85	1.821 0	6.856 7
1.10	184.100	1.133 0	0.177 47	781.35	2 781.21	2.179 2	6.552 9
1.20	187.995	1.138 5	0.163 28	798.64	2 784.29	2.216 6	6.522 5
1.30	191.644	1.143 8	0.151 20	814.89	2 786.99	2.251 5	6.494 4
1.40	195.078	1.148 9	0.140 79	830.24	2 789.37	2.284 1	6.468 3
1.50	198.327	1.153 8	0.131 72	844.82	2 791.46	2.314 9	6.443 7
1.60	210.410	1.158 6	0.123 75	858.69	2 793.29	2.344 0	6.420 6

(续表)

绝对压力	温度	质量体积		焓		熵	
		液体	气体	液体	气体	液体	气体
MPa	°C	dm ³ /kg	m ³ /kg	kJ/kg		kJ/(kg·K)	
1.70	204.346	1.163 3	0.116 68	871.96	2 794.91	2.371 6	6.398 8
1.80	207.151	1.167 9	0.110 37	884.67	2 796.33	2.397 9	6.378 1
1.90	209.838	1.172 3	0.104 707	896.88	2 797.58	2.423 0	6.358 3
2.00	212.417	1.176 7	0.099 588	908.64	2 798.66	2.447 1	6.339 5
2.50	223.990	1.197 3	0.079 949	961.93	2 802.14	2.554 3	6.255 9
3.00	233.893	1.216 6	0.066 662	1 008.2	2 803.19	2.645 4	6.185 4
3.50	242.597	1.234 8	0.057 054	1 049.6	2 802.51	2.725 0	6.123 8
4.00	250.394	1.252 4	0.049 771	1 087.2	2 800.53	2.796 2	6.068 8
4.50	257.477	1.269 4	0.044 052	1 121.8	2 797.51	2.860 7	6.018 7
5.00	263.980	1.286 2	0.039 439	1 154.2	2 793.64	2.920 1	5.972 4
6.00	275.625	1.319 0	0.032 440	1 213.3	2 783.82	3.026 6	5.888 5
7.00	285.869	1.351 5	0.027 371	1 266.9	2 771.72	3.121 0	5.812 9
8.00	295.048	1.384 3	0.023 520	1 316.5	2 757.70	3.206 6	5.743 0
9.00	303.385	1.417 7	0.020 485	1 363.1	2 741.92	3.285 4	5.677 1
10.0	311.037	1.452 2	0.018 026	1 407.2	2 724.46	3.359 1	5.613 9
12.0	324.715	1.526 0	0.014 263	1 490.7	2 684.50	3.495 2	5.492 0
14.0	336.707	1.609 7	0.011 486	1 570.4	2 637.07	3.622 0	5.371 1
16.0	347.396	1.709 9	0.009 311	1 649.4	2 580.21	3.745 1	5.245 0
18.0	357.034	1.840 2	0.007 503	1 732.0	2 509.45	3.871 5	5.105 1
20.0	365.789	2.037 9	0.005 870	1 827.2	2 413.05	4.015 3	4.932 2
22.0	373.752	2.704 0	0.003 684	2 013.0	2 084.02	4.296 9	4.406 6
22.0	373.99	3.106	0.003 106	2 085.9	2 085.87	4.409 2	4.409 2

当已知湿蒸气的压力(或温度)及干度 x 时,可利用饱和液体与饱和蒸气表查出该压力(或温度)下的饱和液体的质量体积 v' 、

比焓 h' 、比熵 s' 和干饱和蒸气的质量体积 v'' 、比焓 h'' 、比熵 s'' 的值，再由式(1-32)、式(1-33)、式(1-34)分别求出湿蒸气的质量体积 v_x 、比焓 h_x 、比熵 s_x 。

$$v_x = x v'' + (1 - x) v' \quad (1-32)$$

$$h_x = x h'' + (1 - x) h' \quad (1-33)$$

$$s_x = x s'' + (1 - x) s' \quad (1-34)$$

2. 过冷液体与过热蒸气表

对于过冷液体和过热蒸气，压力 p 和温度 T 是两个独立的状态参数，可由已知的 p 、 T 查过冷液体与过热蒸气表，求出质量体积 v 、比焓 h 、比熵 s 的值。

(六) 制冷剂的压焓图

制冷剂的压焓图($\lg p-h$ 图)为进行制冷系统的定性分析和工程热力计算提供了一个强有力的工具，其组成见图 1.1-5，以焓 h 为横坐标，压力 p ($\lg p$) 为纵坐标组成坐标图。 $\lg p-h$ 图具有下列特征：一点(工质的临界点 C)；两线(干度 $x=0$ 的饱和液体线和 $x=1$ 的干饱和蒸气线，两线交于临界点 C)；三区(饱和液体线左方为过冷液体区，饱和液体线和干蒸气线之间为气液共存区，又称湿蒸气区或饱和区，干蒸气线右方为过热蒸气区)；五状态(图上的点对应着制冷剂的五种状态：过冷液体状态、饱和液体状态、湿蒸气状态、干饱和蒸气状态、过热蒸气状态)。图上还用不同的等值线簇将制冷剂在不同状态下的温度、质量体积、熵及蒸气的干度同时表示出来。

在制冷剂的 $\lg p-h$ 图上的等值线簇有：

等压线 是一组水平线簇。在湿蒸气区，由于在一定压力下就有一确定的温度值，所以等压线也就是等温线。

等焓线 为一组垂直线簇。

等质量体积线 为一组自左下向右上延伸，斜率较小的曲线簇。

等熵线 为一组自左下向右上延伸,斜率较大的曲线簇。

等干度线簇 只存在于湿蒸气区,所有的等干度线都相交于临界点 C 。

等温线 为一组折线簇,即在过冷液体区为垂直线,在气液共存区内为与等压线重合的水平线,在过热蒸气区则为略向右凸近似垂直的曲线。

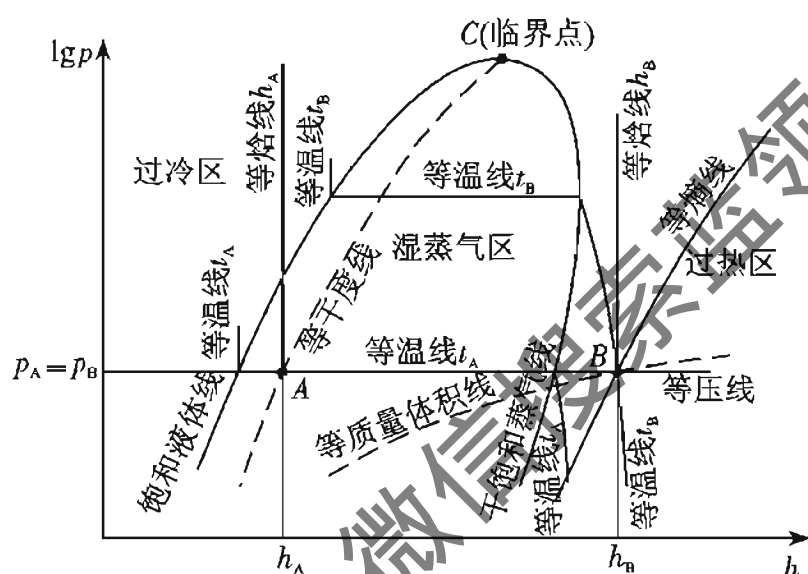


图 1.1-5 制冷剂的压焓图 ($\lg p-h$ 图)

对应于制冷剂的 p 、 h 、 t 、 v 、 s 以及干度 x 等六个状态参数,只要知道其中任意两个,就可在该制冷剂的 $\lg p-h$ 图上确定制冷剂所处的状态和该状态下的其余参数值。而处于 $x=0$ 的饱和液体线与 $x=1$ 的干蒸气线上的制冷剂则只需知道其中一个参数就可确定其所处的状态。

使用时应注意图中纵坐标的数值是制冷剂的绝对压力数值。实用的压焓图通常只画出工程计算中需查取的部分,临界点 C 及气液共存区横向的中央部分不一定画出。

常用制冷剂的压焓图见第二章。

(七) 制冷剂热力性质计算软件

现在在制冷和空调行业大量应用专业软件计算制冷剂热力性

质,用户只需输入两个独立的已知参数,就能计算出其他的状态参数值。

第二节 流体力学基础知识

一、流体的主要物理性质

(一) 密度、重度

1. 密度

单位体积流体具有的质量,称为流体的密度(kg/m^3),即

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1}{v} \quad (1-35)$$

显然,质量体积 v 与密度 ρ 互为倒数。

2. 重度

单位体积流体具有的重量,称为流体的重度,用 γ 表示,单位为 N/m^3 。当均质流体的体积为 $V(\text{m}^3)$ 、流体所受重力为 $G(\text{N})$ 时, γ 的表达式为

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1-36)$$

因 $G=mg$,所以 γ 与 ρ 的关系为 $\gamma=\rho g$ 。

(二) 流体的压缩性和热膨胀性

一定量流体所受外界压力增大时,其体积将缩小,密度会增大,该性质称为流体的压缩性;一定量流体因受热温度升高时,其体积将增大,密度会减小,该性质称为流体的热膨胀性。流体的热膨胀性可用体胀系数 K 表示,它定义为

$$K = -V \frac{dp}{dV} \quad (1-37)$$

气体的压缩性和热膨胀性比液体显著。一般情况下,可将液体视为不可压缩流体,将气体视为可压缩流体。但在空调工程中,

一般空气流速不大,也作为不可压缩流体对待。液体的热膨胀性很小,工程计算中常忽略不计,但在一些特殊情况下仍需考虑,如中央空调系统的闭式冷(热)水循环系统中需设置膨胀水箱就是一例。

(三) 流体的粘性

流体流动时,由于流体与固体壁面的附着力以及流体本身之间的分子运动和内聚力,使流体各处的速度产生差异。例如用流速仪测量管道中某一断面上各点的流速可知,轴心处流速最大,沿管径从轴心到管壁流速逐渐减小,直至为零,流速分布如图 1.2-1 所示。流体在管道中流动时,沿径向可分成许多流层,各流层流速大小不同,相邻两流层就有相对运动,由此在流层间产生类似固体摩擦过程的力,称为内摩擦力(也称为粘滞力)。流体流动产生内摩擦力的这种性质叫做流体的粘性。没有粘性的流体称为理想流体。

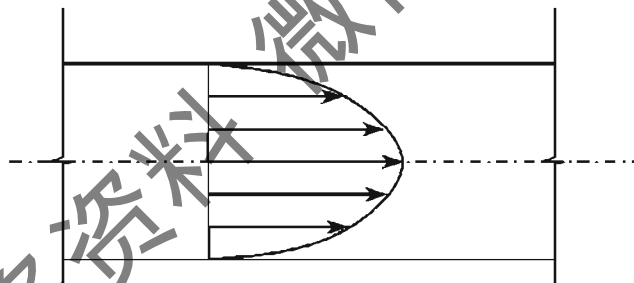


图 1.2-1 管内流速分布图

流体在运动时,内摩擦力 T 的大小与流体内各层之间的相对流动速度 Δu 、层之间的距离 Δy 、接触面积 A 、流体的性质等因素有关,其数学表达式为

$$T = \mu A \frac{\Delta u}{\Delta y} \quad (1-38a)$$

单位面积上的内摩擦力称为内摩擦切应力,记为 τ

$$\tau = \mu \frac{\Delta u}{\Delta y} \quad (1-38b)$$

式中的比例系数 μ 称为流体的粘度(或动力粘度),单位为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 。粘度 μ 的大小反映了流体粘性的大小。

流体的粘度 μ 与其密度 ρ 的比值称为运动粘度,用 ν 表示,即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1-39)$$

运动粘度 ν 的单位为 m^2/s 。

温度对流体的粘度有较大的影响,气体的粘度随温度的升高而增大;液体的粘度随温度的升高而减小。

二、流体静力学基本方程式

(一) 静压强及其特性

静止流体内部单位面积上的法向表面力称为流体的静压强。流体静压强有以下两大特性:

- (1) 流体静压强的方向垂直于作用面并指向流体内部。
- (2) 流体静压强的大小与作用面的方位无关,只是位置坐标的函数。

(二) 流体静力学基本方程式

$$p = p_0 + \rho gh \quad (1-40)$$

式中 p_0 ——已知水平面上的压强;

p ——已知水平面下 h 米处的压强;

ρ ——流体的密度;

g ——重力加速度。

从(1-40)式中可看出在静止流体中静压强有以下特点:

(1) 某水平面下 h 深处任一点的静压强 p 由该水平面上的压强 p_0 和由单位面积上流体柱的自重 ρgh 两部分组成。

(2) p_0 一定时,处在某水平面下同一深度各点的静压强大小相等,即静止流体内部的等压面为水平面。

(3) p_0 变化时,流体内部各点的静压强将作同样变化,即静压

强具有可传递性。

三、流体的流动与连续性方程式

(一) 稳定流动

流体流动时,流体中各点的运动参数(如压强、流速、温度等)不随时间变化的流动称为稳定流动(也称为恒定流动),否则称为非稳定流动。

(二) 迹线、流线、流管和流束

迹线 指流体质点的运动轨迹。

流线 是表示流体在瞬间流动情形的一种线,其上一点的切线方向就是该点处流体质点的运动方向。一般情况下,流线是随时间变化的,当流动为稳定流动时,流线将保持不变并与迹线重合。

流管 是由流线组成的管道,流体不能通过管壁流进流出。

流束 流管内流动的流体。

过流断面 垂直于流束的断面。

(三) 流量和平均流速

1. 流量

单位时间内流过一个过流断面的流体体积称为体积流量,用 L 表示,单位为 m^3/s 。单位时间内流过一个过流断面的流体质量称为质量流量,用 G 表示,单位为 kg/s 。 G 与 L 的关系是

$$G = \rho L \quad (1-41)$$

2. 平均流速

由于流体具有粘性,过流断面上各点的流速是不同的,为了方便,在实际中用平均流速来代替,即把过流断面上各点的流速都看成为平均流速,用平均流速计算出的流量应与用实际流速计算出的流量 L 相等,即

$$u = \frac{L}{A} \quad (1-42)$$

式中, A 为过流断面的面积。

(四) 连续性方程式

连续性方程式是流体力学中质量守恒定律的数学表达式。稳定流动时,在同一段流管或实际管道中,通过各个过流断面的流量不变,即

$$G_1 = G_2 \quad \text{或} \quad \rho_1 u_1 A_1 = \rho_2 u_2 A_2 \quad (1-43a)$$

对于不可压缩流体,有

$$L_1 = L_2 \quad \text{或} \quad u_1 A_1 = u_2 A_2 \quad (1-43b)$$

四、伯努利方程式

(一) 伯努利方程式

不可压缩流体的伯努利方程式为

$$\frac{p}{\rho g} + \frac{u^2}{2g} + z = C \quad (1-44)$$

式中 $\frac{p}{\rho g}$ ——单位重量流体的压强能,也称压强能头;

$\frac{u^2}{2g}$ ——单位重量流体的动能,也称速度能头;

z ——单位重量流体的位能,也称位置能头;

C ——常数。

式(1-44)的使用条件是:① 稳定流动;② 理想流体(无粘性);
③ 不可压缩流体;④ 沿流线。

伯努利方程式说明了做稳定流动的理想流体其总能量(即动能、位能和压强能之和)沿流线保持不变,但各种形式的能量会发生转化。如流速增大,压力就会减小。

(二) 实际流体的能量方程式

$$h_e + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + z_2 + h_f \quad (1-45)$$

式中 h_e ——输入能头,即流体输送机械对单位重量流体所做的功;

h_f ——压头损失,即单位重量流体所消耗的机械能;

下标 1、2——分别表示上游、下游断面处。

五、流动阻力

(一) 层流、紊流和雷诺数

人们将流体的流动状况分为两种流动形态:层流流动和紊流流动。在流体流动时,如果流体质点没有横向运动,而是层次分明的分层流动的状况,称为层流流动。如果流体流动时发生横向运动,引起层与层之间的横向掺混的流动状况,称为紊流流动。

判断流体流动处于何种流动形态可根据流体流动的雷诺数 Re 来确定。流体流动的雷诺数 Re 定义为

$$Re = \frac{\rho u d}{\mu} = \frac{u d}{\nu} \quad (1-46)$$

式中 ρ ——流体密度(kg/m^3);

u ——平均流速(m/s);

d ——管道直径或当量直径(m);

μ ——流体的粘度(动力粘度)($\text{Pa} \cdot \text{s}$);

ν ——流体的运动粘度(m^2/s)。

当 $Re \leq 2000$ 时,为层流流动;当 $Re > 2000$ 时,为紊流流动。

(二) 流动阻力及能量损失的两种形式

由于粘性的作用,流体在流动时会出现阻力,为了克服阻力就要产生能量损失。流体流动时的能量损失 h_f 有两种形式:一种为

沿程损失 h_f ，它是由流体在等断面直管内的摩擦阻力所引起的能量损失；另一种为局部损失 h_j ，它是指流体流过局部管件（如弯管、阀门、三通、管道扩大或缩小等）时，由于流道形状改变、流速受到扰动引起的能量损失。流体流动时总的能量损失 h_t 为流体流过各段的沿程损失与流过各个局部管件的局部损失的总和，即

$$h_t = \sum h_f + \sum h_j \quad (1-47)$$

（三）减小流动阻力的措施

1. 影响流体流动阻力的因素

主要有两方面：

（1）流体流动的状况。层流流动阻力小，紊流流动阻力大。流动速度越大、流动越紊乱，能量损失就越大。

（2）管道的状况。如管壁的粗糙度、管道直径（或当量直径）、管道长度、局部管件的结构和局部管件的数量等。

2. 减小流动阻力的措施

主要途径是改善边壁对流动的影响。具体措施有：

- （1）增大管道断面尺寸、减小流速。
- （2）尽量缩短管道的长度。
- （3）选用管壁粗糙度小的管材。
- （4）减少局部管件的数量。
- （5）改善局部管件的结构，以减小局部阻力。
- （6）使用添加剂，以改善流体的流动状况等。

第三节 传热学基础知识

一、导热

依靠分子、原子及自由电子等微观粒子热运动而产生的热量传递称为导热。

(一) 导热基本定律

导热基本定律又称为傅里叶定律,其数学表达式为

$$Q = -\lambda F \frac{\partial t}{\partial x} \quad (1-48a)$$

或

$$q = \frac{Q}{F} = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} \quad (1-48b)$$

式中 Q ——热流量,即单位时间内传递的热量(W);

q ——热流密度,即单位时间内通过单位截面传递的热量
(W/m²);

F ——传热面积(m²);

t ——温度(K);

x ——传热方向上的距离(m);

λ ——比例系数,称为热导率或导热系数[W/(m²·K)]。

热导率是表征材料导热能力的一个物理量,热导率小于0.2 W/(m²·K)的材料称为热绝缘或隔热材料。常用隔热材料的热导率值见表 15.2-3。

(二) 通过平壁的稳态导热

设单层平壁的厚度为 δ ,两侧面的温度分别为 t_1 和 t_2 ,且 $t_1 > t_2$,则通过平壁的热流密度为

$$q = \frac{Q}{F} = \lambda \frac{t_1 - t_2}{\delta} \quad (1-49)$$

定义 $r_\lambda = \delta/\lambda$,称为平壁的面积热阻,单位为m²·K/W。则式(1-48)可写成

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{\Delta t}{r_\lambda} \quad (1-50)$$

式中, $\Delta t = t_1 - t_2$ 为传热温差。

通过 n 层平壁的热流密度可按式(1-51)计算

$$q = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (1-51)$$

(三) 通过圆筒壁的稳态导热

通过 n 层圆筒壁的热流量可按式(1-52)计算

$$Q = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\pi\lambda_i l} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad (1-52)$$

式中, l 为圆筒壁的长度, d 为圆筒壁的直径。

二、对流换热

(一) 牛顿冷却公式

流体流过固体壁面时, 流体与壁面间的热量传递过程称为对流换热。实验表明, 流体与固体壁之间单位时间内的对流换热量 $Q(W)$, 与流体温度 t_f 和壁面温度 t_w 的差值 Δt 及换热面积 A 成正比, 即

$$Q = \alpha A \Delta t \quad (1-53)$$

式中, α 是表面传热系数 [$W/(m^2 \cdot K)$], 反映对流换热的强弱。式(1-53)可改写为

$$q = \frac{Q}{A} = \alpha \Delta t = \frac{\Delta t}{r_a} \quad (1-54)$$

式中, $r_a = 1/\alpha$, 称为单位面积的对流换热热阻, 单位为 $m^2 \cdot K/W$ 。

(二) 影响对流换热的因素

流动产生的原因 流体流动按其产生的原因分为自由流动和受迫流动。由流体冷、热各部分的密度不同所引起的运动称为自由流动或自然对流。在外力(如风机、泵等)作用下的流体流动称为受迫流动或强制对流。强制对流的流动剧烈, 换热效果好。

流体流动的速度 流速越大, 换热效果越好。

流体的物理性质 流体的热导率 λ 越大,对流换热的效果越好;体积比热(ρc_p)越大,换热的效果也越好;粘度 μ 越大,换热的效果越差。对自然对流而言,体胀系数 K 越大,换热的效果越好。

换热面的几何尺寸、形状和位置 由于换热面的尺寸、形状和位置对流体的流动有很大的影响,所以也影响到对流换热的强弱。

流体集态的改变 流体集态改变时换热异常强烈。

(三) 凝结换热与沸腾换热

凝结换热与沸腾换热是在换热过程中发生集态改变(相变)的两种特殊的对流换热。集态改变时传递的热量非常大,其表面传热系数远远高于无相变时的表面传热系数。

凝结换热指蒸气在与低于其相应压力下的饱和温度的冷壁面接触时,放出汽化潜热而凝结成液体的现象。按液体附着在壁面上的方式的不同,可将凝结分为两种:膜状凝结和珠状凝结。实验表明珠状凝结的换热效果是膜状凝结的5~10倍以上,但工程上珠状凝结难以持久,一般均以膜状凝结对待。影响膜状凝结的主要因素有蒸气的流速、蒸气中含有的不凝性气体、蒸气的过热度、液膜的过冷度以及壁面的表面状况等。

沸腾换热指液体受到壁面的加热而发生汽化的现象。沸腾分为大容器沸腾(或称池内沸腾)和强制对流沸腾(主要为管内沸腾)。沸腾过程的主要特点是,液体内部在加热面上不断产生气泡,产生气泡的地点称为汽化核心。

三、辐射换热

(一) 辐射与辐射换热

辐射是电磁波传递能量的现象。物体发射电磁波的能力取决于物体的温度,温度越高,能力越大。由于热的原因而产生的电磁辐射称为热辐射。电磁波有各种不同的波长,有实际意义的热辐射波长在 $0.38\sim 100\ \mu\text{m}$ 之间。其中波长为 $0.38\sim 0.76\ \mu\text{m}$ 的电

磁波为可见光,波长为 $0.76\sim 100\ \mu\text{m}$ 的电磁波为红外线。太阳辐射的主要能量集中在 $0.2\sim 2\ \mu\text{m}$ 的波长范围。

任何物体都具有发射电磁波的本领,同时也受到其他物体的辐射。物体对投射到自身表面上的辐射具有吸收、反射和穿透的作用。吸收、反射和穿透的能量与投射到物体表面的总能量之比分别称为物体的吸收率、反射率和穿透率。

物体之间的辐射换热是指相互辐射和吸收的总效果,并体现在高温物体将能量传给了低温物体。辐射换热不需要物体直接接触,也不需要任何中间介质。

(二) 辐射换热量的工程计算式

$$q_R = \alpha_R (t_1 - t_2) = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_R}} = \frac{t_1 - t_2}{r_R} \quad (1-55)$$

式中 α_R —— 辐射表面传热系数 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$];

r_R —— 辐射换热热阻 ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$), $r_R = 1/\alpha_R$ 。

四、复合换热

实际的热交换过程往往是几种传热方式同时起作用的结果。如冷库外墙表面的传热,既有空气与墙体的换热,又有太阳对墙体的辐射换热。这种同时有几种传热方式起作用的换热过程称为复合换热。当同时存在对流换热和辐射换热时其单位面积的总换热量可按式(1-56)计算。

$$q = q_C + q_R = (\alpha_C + \alpha_R) \Delta t = \alpha_S \Delta t \quad (1-56)$$

式中, $\alpha_S = \alpha_C + \alpha_R$, 称为总表面传热系数,而总换热热阻为 $r_S = 1/\alpha_S$ 。

五、传热过程

(一) 传热方程式

高温流体经固体间壁向低温流体传递热量的过程,称为传热

过程。传热过程包括三个环节：(1) 从高温流体到壁面高温侧的热量传递；(2) 从壁面高温侧到壁面低温侧的热量传递；(3) 从壁面低温侧到低温流体的热量传递。设三个环节传热的热阻分别为 r_{a1} 、 r_{λ} 、 r_{a2} ，则间壁为平面时的单位面积传热量 q_K (W/m^2) 为

$$q_K = \frac{t_{f1} - t_{f2}}{r_{a1} + r_{\lambda} + r_{a2}} = K(t_{f1} - t_{f2}) \quad (1-57)$$

$$K = \frac{1}{r_K} = \left(\frac{1}{\alpha_{s1}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{s2}} \right) \quad (1-58)$$

式中 t_{f1} 、 t_{f2} ——分别为高、低温流体的温度；

r_K ——传热热阻，为三个传热环节的总热阻；

K ——传热系数 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]。

如果传热面积为 A ，则总传热量 Q 为

$$Q = KA(t_{f1} - t_{f2}) \quad (1-59)$$

式(1-59)称为传热方程式。

(二) 传热的增强与削弱

工程上有些情况，如各类换热设备，希望强化传热，即设法尽可能提高单位面积的传热量，以达到使设备紧凑、重量减轻、节省材料和减少能耗的目的。根据传热方程式(1-59)，提高传热系数 K 、增大传热面积 A 、提高传热温差 Δt 都可使传热量增大。具体措施包括：改进传热面结构以合理扩大传热面积；使冷热两种流体反向流动来加大传热温差；增大流体流速以提高传热系数；定期清洁传热面，去除污垢以降低换热热阻等。

工程上又有些情况需要削弱传热，如冰箱、冷库和空调建筑物的围护结构、空调用冷(热)水管、风管等，为了节能，都应注意隔热保温。具体措施包括：增大传热热阻、降低流体流速、改变传热面表面状况、敷设隔热保温材料、在辐射换热面加遮热板等。这些措施都可收到较好的削弱传热的效果。

第四节 常用单位换算

一、长度

表 1.4-1 长度单位换算表

毫米(mm)	米(m)	英寸(in)	英尺(ft)	码(yd)
1	0.001	0.039 370	0.003 280 8	0.001 093 6
1 000	1	39.370	3.280 8	1.093 6
25.400	0.025 400	1	0.083 333	0.027 778
304.80	0.304 80	12	1	0.333 33
914.40	0.914 40	36	3	1

二、质量

表 1.4-2 质量单位换算表

千克 (kg)	磅 (lb)	盎司 (oz)	吨(t)		
			公吨(1 000 kg)	美制(2 000 lb)	英制(2 240 lb)
1	2.204 6	35.274	0.001	0.001 102 3	0.000 984 21
0.453 59	1	16	0.000 453 59	0.000 5	0.000 446 43
0.028 350	0.062 5	1	0.000 028 350	0.000 031 25	0.000 027 902
1 000	2 204.6	35 274	1	1.102 3	0.984 21
907.18	2 000	32 000	0.907 18	1	0.892 86
1 016.0	2 240	35 840	1.016 0	1.12	1

三、压力

表 1.4-3 压力单位换算表

帕 (Pa)	巴 (bar)	毫米水柱 (mmH ₂ O)	公斤力/厘米 ² (kgf/cm ²)	标准大气压 (atm)	毫米汞柱 (mmHg)	磅/英寸 ² (psi)
1	1×10^{-5}	1.02×10^{-1}	1.02×10^{-5}	9.87×10^{-5}	7.5×10^{-3}	1.45×10^{-4}
1×10^5	1	1.02×10^4	1.02	9.87×10^{-1}	7.5×10^2	14.5
9.81	9.81×10^{-5}	1	1×10^{-4}	9.68×10^{-5}	7.356×10^{-2}	1.42×10^{-3}
98 100	0.981	1×10^4	1	0.968	7.356×10^2	14.2
101 325	1.013 25	1.033×10^4	1.033	1	7.6×10^2	14.7
133	1.33×10^{-3}	13.6	1.36×10^{-3}	1.316×10^{-3}	1	1.93×10^{-2}
6 890	6.89×10^{-2}	7.03×10^2	7.03×10^{-2}	6.8×10^{-2}	51.7	1

四、功、能和热量

表 1.4-4 功、能和热量单位换算表

千焦 (kJ)	千卡 (kcal)	公斤力米 (kgf · m)	千瓦时 (kW · h)	马力时 (PS · h)	英热单位 (Btu)
1	0.238 9	101.97	2.778×10^{-4}	3.777×10^{-4}	0.947 8
4.186 8	1	426.94	1.163×10^{-3}	1.581×10^{-3}	3.968
9.81×10^{-3}	2.341×10^{-3}	1	2.724×10^{-6}	3.704×10^{-6}	9.295×10^{-3}
3 600.65	859.9	3.671×10^5	1	1.36	3 412
2648	623.5	2.702×10^5	0.735 5	1	2 509
1.055	0.252	107.6	2.93×10^{-4}	3.985×10^{-4}	1

五、功率

表 1.4-5 功率单位换算表

瓦 (W)	米制马力 (PS)	英制马力 (hp)	公斤力米每秒 (kgf·m/s)	英尺磅力每秒 (ft·lbf/s)	千卡每秒 (kcal/s)	英热单位每秒 (Btu/s)
1	0.001 36	0.001 34	0.102	0.737 6	2.39×10^{-4}	9.478×10^{-4}
735.5	1	0.986 3	75	542.5	0.175 7	0.697 2
745.7	1.04	1	76.04	550	0.178 1	0.707
9.807	0.013 3	0.013 15	1	7.233	0.002 34	0.009 3
1.356	0.001 84	0.001 82	0.138	1	3.74×10^{-4}	1.29×10^{-3}
4 187	5.7	5.61	427	3 087	1	3.968
1 055	1.434	1.415	107.6	778.2	0.252	1

六、制冷量

表 1.4-6 制冷量单位换算表

冷冻吨			千卡/时 (kcal/h)	英热单位/时 (Btu/h)	千瓦 (kW)
日本冷冻吨	美国冷冻吨	英国冷冻吨			
1	1.098	0.984 1	3 320	13 174	3.861
0.910 8	1	0.986 4	3 024	12 000	3.517
1.016	1.112	1	3 373	13 384	3.923
3.012×10^{-4}	3.297×10^{-4}	2.965×10^{-4}	1	3.968	1.163×10^{-3}
7.591×10^{-5}	8.308×10^{-5}	7.472×10^{-5}	0.252	1	2.931×10^{-4}
0.259	0.283 5	0.254 9	859.8	3 412	1

七、质量热容

表 1.4-7 质量热容单位换算表

千焦/(千克开) [kJ/(kg·K)]	英热单位/磅华氏度 [Btu/(lb·°F)]	千卡/千克摄氏度 [kcal/(kg·°C)]
1	0.238 85	0.238 85
4.186 8	1	1

八、热导率

表 1.4-8 热导率单位换算表

kJ/(m·h·K)	W/(m·K)	Btu/(in·h·°F)	Btu/(ft·h·°F)	kcal/(m·h·°C)
1	0.277 0	0.013 33	0.160	0.240
3.611 35	1	0.048 15	0.577 8	0.860
75	20.768 8	1	12.0	17.86
6.25	1.730 73	0.083 33	1	1.488
4.20	1.163	0.056	0.672 0	1

第二章 制冷工质

第一节 制冷剂的种类及命名方法

制冷剂是指在制冷系统中通过相变传递热量的流体。它在低温低压时吸收热量,在高温高压时放出热量。

一、制冷剂的种类

制冷剂的种类很多,按制冷剂的物质成分进行分类见图 2.1-1。

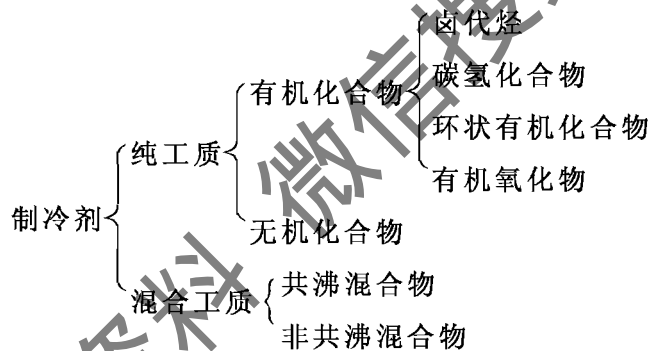


图 2.1-1 制冷剂的种类

蒸气压缩式制冷空调中使用的大多数制冷剂是卤代烃、碳氢化合物和混合工质。

按制冷剂的标准沸点(1个标准大气压下的饱和温度)的高低,可把制冷剂分为高温、中温和低温制冷剂,见表 2.1-1。

表 2.1-1 制冷剂按标准沸点 t_s 分类

类别	标准沸点 $t_s/^\circ\text{C}$	30℃时的 冷凝压力/kPa	常见制冷剂举例	主要应用范围
高温制冷剂 (低压制冷剂)	>0	<300	R123、R718	空调、热泵

(续表)

类别	标准沸点 $t_s/^\circ\text{C}$	30℃时的 冷凝压力/kPa	常见制冷剂举例	主要应用范围
中温制冷剂 (中压制冷剂)	-60~0	300~2 000	R22、R717、 R134a	空调、制冰、冷藏
低温制冷剂 (高压制冷剂)	<-60	>2 000	R13、R14	复叠式制冷系统的 低温部分

二、制冷剂的安全性分类

制冷剂使用不当,可能对人体产生危险。毒性和可燃性是制冷剂安全的两个重要指标。毒性分为 A、B 两个等级,可燃性分为 1、2、3 三个等级。这样,就把制冷剂分成了 6 个独立的安全等级分类,即 A1、A2、A3 和 B1、B2、B3,如表 2.1-2 所示。

表 2.1-2 制冷剂安全等级分类

安全项目	低毒性	高毒性
不可燃	A1	B1
低可燃性	A2	B2
高可燃性	A3	B3

三、制冷剂的命名和编号方法

制冷剂的代号由前缀、编号和后缀组成。

前缀有两种:技术性用途时,用“R”表示;非技术性用途时,用“H”、“C”、“B”、“F”、“C”的组合表示,分别说明制冷剂分子中含有氢、氯、溴、氟、碳元素。

后缀有三种:① 同素异构体用小写英文字母表示,予以区分;② 为区别混合制冷剂组分相同而比例不同时,使用大写字母 A、B、C 等为后缀;③ 当两种或多种无机制冷剂具有同样的分子量

时,使用大写字母 A、B、C 等为后缀来予以区分。

(一) 甲烷、乙烷、丙烷和环丁烷系的卤代烃以及碳氢化合物的编号规则

自右向左的第一位数字是化合物中氟(F)原子数。

自右向左的第二位数字是化合物中氢(H)原子数加 1 的数。

自右向左的第三位数字是化合物中碳(C)原子数减 1 的数。当该数字为零时,则略去。

化合物中含有溴(Br)元素时,在编号后加字母 B 和表示溴原子个数的数字。

环状衍生物,在制冷剂的识别编号之前使用字母 C。

(二) 非共沸混合物和共沸混合物制冷剂的编号规则

非共沸混合物和共沸混合物由制冷剂编号和组成的质量比例来表示。制冷剂应按其组分的标准沸点增高次序来标注。例如制冷剂 R22 和 R12 按质量百分比 90/10 组成混合物时,可表示为 R22/12(90/10)。

已经编号的非共沸混合物,依应用先后在 400 序号中顺次规定其识别编号。

已经编号的共沸混合物,依应用先后在 500 序号中顺次规定其识别编号。

(三) 其他各种有机化合物和无机化合物的编号规则

其他各种有机化合物规定按 600 序号编号。无机化合物按 700 序号编号。化合物的相对分子质量加上 700 就得出制冷剂的识别编号。

第二节 对制冷剂性质的要求

制冷剂的性质直接关系到制冷装置的制冷效果、经济性、安全性及运行管理。选择制冷剂主要从热力学性质、物理和化学性质、

安全性、对环境的影响和经济性等方面考虑。

一、热力学性质

(1) 临界温度要高,凝固温度要低。临界温度高,便于用一般的冷却水或空气进行冷凝;凝固温度低,以免其在蒸发温度下凝固,便于满足较低温度的制冷要求。

(2) 适当的蒸发压力和冷凝压力。蒸发压力最好高于大气压力,以防空气渗入制冷系统中,从而降低制冷能力。冷凝压力不宜过高,以降低制冷设备承受的压力和高压系统渗漏的可能性,并可避免压缩功耗过大。

(3) 单位容积制冷量 q_v 要大。这样在制冷量一定时,可以减少制冷剂的循环量,缩小压缩机的尺寸。

(4) 气体等熵指数 $\kappa(c_p/c_v)$ 要小。在相同情况下,对气体等熵指数小的气体进行压缩所耗功较低,压缩机的排气温度也较低。

二、物理性质和化学性质

(1) 热导率要高,粘度和密度要小。以提高各换热器的传热系数,并降低其在系统中的流动阻力损失。

(2) 高的蒸汽介电强度。以保障封闭式压缩机的电气绝缘性能。

(3) 化学性质稳定,与金属、塑料、橡胶等材料的相容性要好。对金属无腐蚀性,对塑料、橡胶无侵蚀润胀作用。

(4) 溶油性好和低溶水性。

三、安全性

(1) 无毒,无刺激性气味。

(2) 不燃烧、不爆炸。

四、对环境的影响

- (1) 对环境无污染。
- (2) 臭氧损耗潜能(*ODP*)值为零。
- (3) 全球变暖潜能(*GWP*)值尽可能小。

五、经济性

价格低廉,在市场上容易买到。

第三节 常用制冷剂的性质

一、R717(氨)的性质

R717 是一种使用较早的中温制冷剂,主要用于大、中型冷库的制冷系统中。

(一) R717 的基本物理性质

R717 在常温常压下是一种无色、有强烈的刺激性气味的气体,毒性较大,并且易燃易爆,在使用中尤其要重视采取安全防范措施。R717 的基本物理性质见表 2.3-1。

表 2.3-1 R717 的基本物理性质

化学名称	氨
分子式	NH ₃
安全分类	B2
相对分子质量	17.0
沸点(101.3kPa)/K	239.87
凝固点/K	195.45

(续表)

临界温度/K	405.55
临界压力/kPa	11.3×10^3
液体热导率(298.15K)/[W/(m·K)]	0.485
气体热导率(101.3kPa)/[W/(m·K)]	0.021
液态粘度(298.15K)/(Pa·s)	0.132×10^{-3}
气态粘度(298.15K)/(Pa·s)	0.0098×10^{-3}
水中溶解度(298.15K,101.3kPa)(质量分数)	互溶
水在 R134a 中的溶解度(298.15K)(质量分数)	互溶
可燃极限(101.3kPa)(体积分数)	14.8
ODP	0
GWP(CO ₂ =1 100 年)	0

(二) R717 的热力学性质

R717 的等熵指数较大,压缩机的排气温度较高,故在使用中应严格控制压缩机的吸气过热度。R717 的热力学性质见表 2.3-2,R717 的 $\lg p-h$ 图见图 2.3-1。

(三) R717 与金属材料的相容性

R717 对钢铁几乎无腐蚀性,而含水时对铜、锡、锌等金属有较大的腐蚀性,但磷锌铜除外。

(四) R717 与润滑油不互溶

R717 在润滑油中的溶解度极小,一般不超过 1%(质量分数)。液态氨的密度比油小,氨与润滑油分层,油沉在容器底部,易于分离。

二、R22 的性质

R22 是目前使用最为广泛的一种中温制冷剂,广泛应用于家

表 2.3-2 R717 饱和液体和饱和气体性质表

温度 ℃	绝对 压力 MPa	密度		质量 体积		焓		熵		质量热容		气体质量 热容比 c_p/c_v
		液体 kg/m ³	气体 m ³ /kg	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	
℃		kg/m ³		m ³ /kg		kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		
-77.65 ^a	0.006 09	732.9	15.602	-143.15	1 341.23	-0.471 6	7.121 3	4.202	2.063	1.325		
-70.00	0.010 94	724.7	9.007 9	-110.81	1 355.55	-0.309 4	6.908 8	4.245	2.086	1.327		
-60.00	0.021 89	713.6	4.705 7	-68.06	1 373.73	-0.104 0	6.660 2	4.303	2.125	1.330		
-50.00	0.040 84	702.1	2.627 7	-24.73	1 391.19	0.094 5	6.439 6	4.360	2.178	1.335		
-40.00	0.071 69	690.2	1.553 3	19.17	1 407.76	0.286 7	6.242 5	4.414	2.244	1.342		
-38.00	0.079 71	687.7	1.406 8	28.01	1 410.96	0.324 5	6.205 6	4.424	2.259	1.343		
-36.00	0.088 45	685.3	1.276 5	36.88	1 414.11	0.361 9	6.169 4	4.434	2.275	1.345		
-34.00	0.097 95	682.8	1.160 4	45.77	1 417.23	0.399 2	6.133 9	4.444	2.291	1.347		
-33.33 ^b	0.101 33	682.0	1.124 2	48.76	1 418.26	0.411 7	6.122 1	4.448	2.297	1.348		
-32.00	0.108 26	680.3	1.056 7	54.67	1 420.29	0.436 2	6.099 2	4.455	2.308	1.349		
-30.00	0.119 43	677.8	0.963 96	63.60	1 423.31	0.473 0	6.065 1	4.465	2.326	1.351		
-28.00	0.131 51	675.3	0.880 82	72.55	1 426.28	0.509 6	6.031 7	4.474	2.344	1.353		
-26.00	0.144 57	672.8	0.806 14	81.52	1 429.21	0.546 0	5.998 9	4.484	2.363	1.355		
-24.00	0.158 64	670.3	0.738 96	90.51	1 432.08	0.582 1	5.966 7	4.494	2.383	1.358		
-22.00	0.173 79	667.7	0.678 40	99.52	1 434.91	0.618 0	5.935 1	4.504	2.403	1.360		
-20.00	0.190 08	665.1	0.623 73	108.55	1 437.68	0.653 8	5.904 1	4.514	2.425	1.363		
-18.00	0.207 56	662.6	0.574 28	117.60	1 440.39	0.689 3	5.873 6	4.524	2.446	1.365		
-16.00	0.226 30	660.0	0.529 49	126.67	1 443.06	0.724 6	5.843 7	4.534	2.469	1.368		

(续表)

温度	绝对压力		密度		质量体积		焓		熵		质量热容		气体质量热容比
	MPa	kg/m ³	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	c_p/c_v
°C	MPa	kg/m ³	m ³ /kg		kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		
-14.00	0.246 37	657.3	0.488 85	135.76	1 445.66	0.759 7	5.814 3	4.543	2.493	1.371			
-12.00	0.267 82	654.7	0.451 92	144.88	1 448.21	0.794 6	5.785 3	4.553	2.517	1.375			
-10.00	0.290 71	652.1	0.418 30	154.01	1 450.70	0.829 3	5.756 9	4.564	2.542	1.378			
-8.00	0.315 13	649.4	0.387 67	163.16	1 453.14	0.863 8	5.728 9	4.574	2.568	1.382			
-6.00	0.341 14	646.7	0.359 70	172.34	1 455.51	0.898 1	5.701 3	4.584	2.594	1.385			
-4.00	0.368 80	644.0	0.334 14	181.54	1 457.81	0.932 3	5.674 1	4.595	2.622	1.389			
-2.00	0.398 19	641.3	0.310 74	190.76	1 460.06	0.966 2	5.647 4	4.606	2.651	1.393			
0.00	0.429 38	638.6	0.289 30	200.00	1 462.24	1.000 0	5.621 0	4.617	2.680	1.398			
2.00	0.462 46	635.8	0.269 62	209.27	1 464.35	1.033 6	5.595 1	4.628	2.710	1.402			
4.00	0.497 48	633.1	0.251 53	218.55	1 466.40	1.067 0	5.569 5	4.639	2.742	1.407			
6.00	0.534 53	630.3	0.234 89	227.87	1 468.37	1.100 3	5.544 2	4.651	2.774	1.412			
8.00	0.573 70	627.5	0.219 56	237.20	1 470.28	1.133 4	5.519 2	4.663	2.807	1.417			
10.00	0.615 05	624.6	0.205 43	246.57	1 472.11	1.166 4	5.494 6	4.676	2.841	1.422			
12.00	0.658 66	621.8	0.192 37	255.95	1 473.88	1.199 2	5.470 3	4.689	2.877	1.428			
14.00	0.704 63	618.9	0.180 31	265.37	1 475.56	1.231 8	5.446 3	4.702	2.913	1.434			
16.00	0.753 03	616.0	0.169 14	274.81	1 477.17	1.264 3	5.422 6	4.716	2.951	1.440			
18.00	0.803 95	613.1	0.158 79	284.28	1 478.70	1.296 7	5.399 1	4.730	2.990	1.446			
20.00	0.857 48	610.2	0.149 20	293.78	1 480.16	1.328 9	5.375 9	4.745	3.030	1.453			

(续表)

温度	绝对压力		密度		质量体积		焓		熵		质量热容		气体质量热容比
	MPa	kg/m ³	kg/m ³	m ³ /kg	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	c_p/c_v
°C	MPa	kg/m ³	kg/m ³	m ³ /kg	kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		
22.00	0.913 69	607.2	0.140 29	303.31	1 481.53	1.361 0	5.352 9	4.760	3.071	1.460			
24.00	0.972 68	604.3	0.132 01	312.87	1 482.82	1.392 9	5.330 1	4.776	3.113	1.468			
26.00	1.034 5	601.3	0.124 31	322.47	1 484.02	1.424 8	5.307 6	4.793	3.158	1.475			
28.00	1.099 3	598.2	0.117 14	332.09	1 485.14	1.456 5	5.285 3	4.810	3.203	1.484			
30.00	1.167 2	595.2	0.110 46	341.76	1 486.17	1.488 1	5.263 1	4.828	3.250	1.492			
32.00	1.238 2	592.1	0.104 22	351.45	1 487.11	1.519 6	5.241 2	4.847	3.299	1.501			
34.00	1.312 4	589.0	0.098 40	361.19	1 487.95	1.550 9	5.219 4	4.867	3.349	1.510			
36.00	1.390 0	585.8	0.092 96	370.96	1 488.70	1.582 2	5.197 8	4.888	3.401	1.520			
38.00	1.470 9	582.6	0.087 87	380.78	1 489.36	1.613 4	5.176 3	4.909	3.455	1.530			
40.00	1.555 4	579.4	0.083 10	390.64	1 489.91	1.644 6	5.154 9	4.932	3.510	1.541			
42.00	1.643 5	576.2	0.078 63	400.54	1 490.36	1.675 6	5.133 7	4.956	3.568	1.553			
44.00	1.735 3	572.9	0.074 45	410.48	1 490.70	1.706 5	5.112 6	4.981	3.628	1.565			
46.00	1.831 0	569.6	0.070 52	420.48	1 490.94	1.737 4	5.091 5	5.007	3.691	1.577			
48.00	1.930 5	566.3	0.066 82	430.52	1 491.06	1.768 3	5.070 6	5.034	3.756	1.591			
50.00	2.034 0	562.9	0.063 35	440.62	1 491.07	1.799 0	5.049 7	5.064	3.823	1.605			
55.00	2.311 1	554.2	0.055 54	466.10	1 490.57	1.875 8	4.997 7	5.143	4.005	1.643			
60.00	2.615 6	545.2	0.048 80	491.97	1 489.27	1.952 3	4.945 8	5.235	4.208	1.687			
65.00	2.949 1	536.0	0.042 96	518.26	1 487.09	2.028 8	4.893 9	5.341	4.438	1.739			

(续表)

温度 °C	绝对 压力 MPa	密度		质量 体积 m ³ /kg	焓		熵		质量热容		气体质量 热容比 c_p/c_v
		液体 kg/m ³	气体		液体 kJ/kg	气体	液体 kJ/(kg·K)	气体	液体 kJ/(kg·K)	气体	
70.00	3.313 5	526. 3	0.037 87	545.04	1 483.94	2.105 4	4.841 5	5.465	4.699	1.799	
75.00	3.710 5	516. 2	0.033 42	572.37	1 479.72	2.182 3	4.788 5	5.610	5.001	1.870	
80.00	4.142 0	505. 7	0.029 51	600.34	1 474.31	2.259 6	4.734 4	5.784	5.355	1.955	
85.00	4.610 0	494. 5	0.026 06	629.04	1 467.53	2.337 7	4.678 9	5.993	5.777	2.058	
90.00	5.116 7	482. 8	0.023 00	658.61	1 459.19	2.416 8	4.621 3	6.250	6.291	2.187	
95.00	5.664 3	470. 2	0.020 27	689.19	1 449.01	2.497 3	4.561 2	6.573	6.933	2.349	
100.00	6.255 3	456. 6	0.017 82	721.00	1 436.63	2.579 7	4.497 5	6.991	7.762	2.562	
105.00	6.892 3	441. 9	0.015 61	754.35	1 421.57	2.664 7	4.429 1	7.555	8.877	2.851	
110.00	7.578 3	425. 6	0.013 60	789.68	1 403.08	2.753 3	4.354 2	8.360	10.460	3.260	
115.00	8.317 0	407. 2	0.011 74	827.74	1 379.99	2.847 4	4.270 2	9.630	12.910	3.910	
120.00	9.112 5	385. 5	0.009 99	869.92	1 350.23	2.950 2	4.171 9	11.940	17.210	5.040	
125.00	9.970 2	357. 8	0.008 28	919.68	1 309.12	3.070 2	4.048 3	17.660	27.000	7.620	
130.00	10.897 7	312. 3	0.006 38	992.02	1 239.32	3.243 7	3.857 1	54.210	76.490	20.660	
132.25 ^c	11.333 0	225. 0	0.004 44	1 119.22	1 119.22	3.554 2	3.554 2	∞	∞	∞	

注： a —三相点； b —标准沸点； c —临界点。

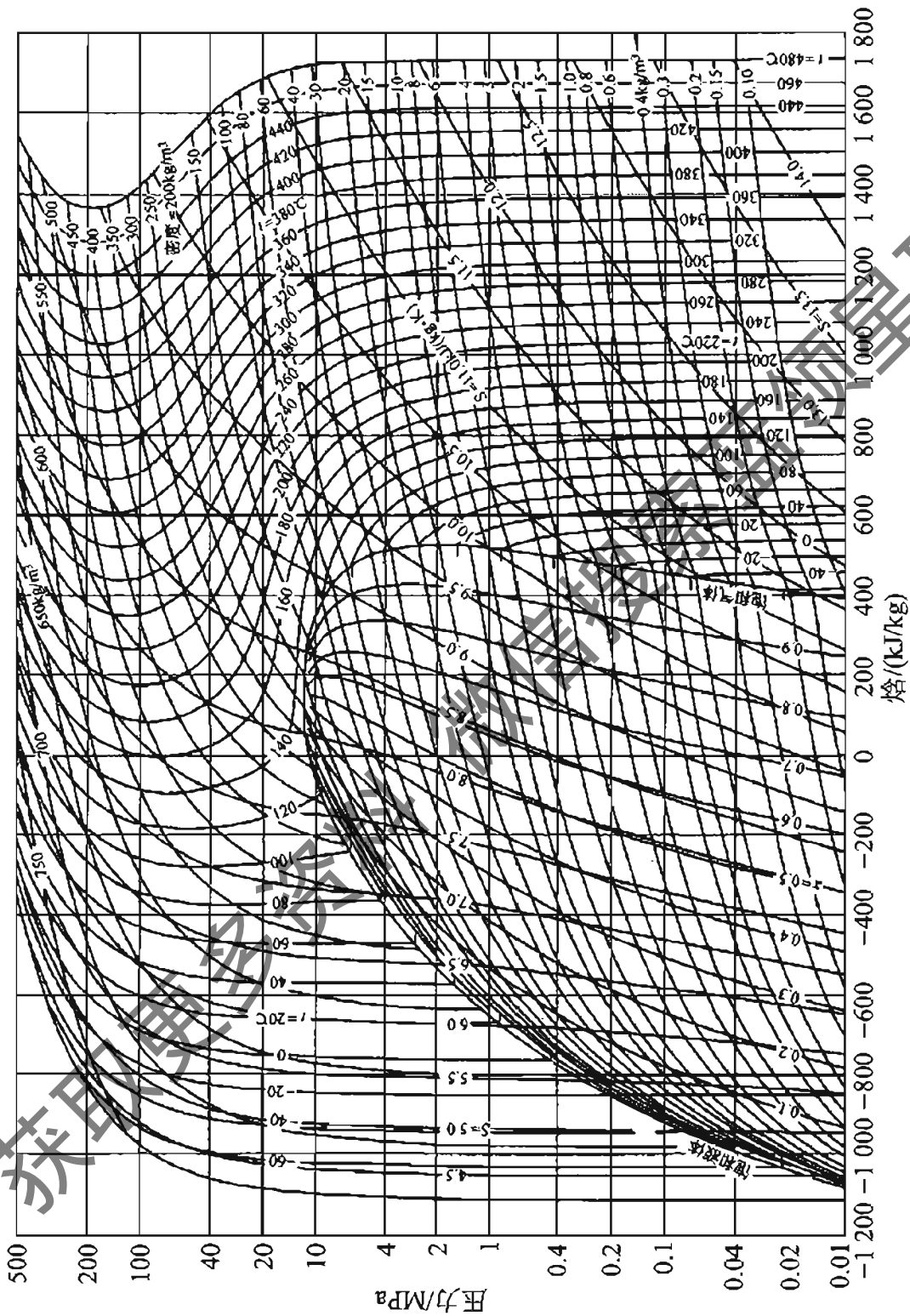


图 2.3-1 R717 压焓图

用空调器、单元式空调机、冷水机组、冷冻除湿机以及冷库的制冷系统中。但由于它对大气臭氧层有一定的破坏性,今后将被限制和禁止使用。

(一) R22 的基本物理性质

R22 在常温常压下是一种无色、无味的气体,在水中的溶解度很小,而且温度越低,溶解度越小,其基本物理性质见表 2.3-3。

表 2.3-3 R22 的基本物理性质

化学名称	氯二氟甲烷
分子式	CHClF ₂
安全分类	A1
相对分子质量	86.5
沸点(101.3kPa)/K	232.35
凝固点/K	113.15
临界温度/K	369.15
临界压力/kPa	4.99×10 ³
液体热导率(298.15K)/[W/(m·K)]	0.0836
气体热导率(101.3kPa)/[W/(m·K)]	0.0071
液态粘度(298.15K)/(Pa·s)	0.166×10 ⁻³
气态粘度(298.15K)/(Pa·s)	0.013×10 ⁻³
可燃极限(101.3kPa)(体积分数)	无
ODP	0.055
GWP(CO ₂ =1 100 年)	1700

(二) R22 的热力学性质

R22 的热力学性质见表 2.3-4,R22 的 $\lg p-h$ 图见图 2.3-2。

表 2.3-4 R22 饱和液体和饱和气体性质表

温度 ℃	绝对压力 MPa		密度 kg/m ³		质量 体积 m ³ /kg		焓 kJ/kg		熵 kJ/(kg·K)		质量热容 kJ/(kg·K)		气体质量 热容比 c _p /c _v	
	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体
-100.00	1 571.3	8.266 0	90.71	358.97	0.505 0	2.054 3	1.061	0.497	1.243					
-90.00	1 544.9	3.644 8	101.32	363.85	0.564 6	1.998 0	1.061	0.512	1.237					
-80.00	1 518.2	1.778 2	111.94	368.77	0.621 0	1.950 8	1.062	0.528	1.233					
-70.00	1 491.2	0.943 42	122.58	373.70	0.674 7	1.910 8	1.065	0.545	1.231					
-60.00	1 463.7	0.536 80	133.27	378.59	0.726 0	1.877 0	1.071	0.564	1.230					
-50.00	1 435.6	0.323 85	144.03	383.42	0.775 2	1.848 0	1.079	0.585	1.232					
-48.00	1 429.9	0.294 53	146.19	384.37	0.784 9	1.842 8	1.081	0.589	1.233					
-46.00	1 424.2	0.268 37	148.36	385.32	0.794 4	1.837 6	1.083	0.594	1.234					
-44.00	1 418.4	0.244 98	150.53	386.26	0.803 9	1.832 7	1.086	0.599	1.235					
-42.00	1 412.6	0.224 02	152.70	387.20	0.813 4	1.827 8	1.088	0.603	1.236					
-40.81 ^b	1 409.2	0.212 60	154.00	387.75	0.818 9	1.825 0	1.090	0.606	1.236					
-40.00	1 406.8	0.205 21	154.89	388.13	0.824 7	1.823 1	1.091	0.608	1.237					
-38.00	1 401.0	0.188 29	157.07	389.06	0.832 0	1.818 6	1.093	0.613	1.238					
-36.00	1 395.1	0.173 04	159.27	389.97	0.841 3	1.814 1	1.096	0.619	1.239					
-34.00	1 389.1	0.159 27	161.47	390.89	0.850 5	1.809 8	1.099	0.624	1.241					
-32.00	1 383.2	0.146 82	163.67	391.79	0.859 6	1.805 6	1.102	0.629	1.242					
-30.00	1 377.2	0.135 53	165.88	392.69	0.868 7	1.801 5	1.105	0.635	1.244					
-28.00	1 371.1	0.125 28	168.10	393.58	0.877 8	1.797 5	1.108	0.641	1.246					

(续表)

温度	绝对压力		密度		质量体积		焓		熵		质量热容		气体质量热容比
	MPa	kg/m ³	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	c_p/c_v
°C	MPa	kg/m ³	m ³ /kg		kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		
-26.00	0.193 44	1 365.0	0.115 97	394.47	170.33	0.886 8	1.793 7	0.646	1.112	0.646	1.248		
-24.00	0.209 68	1 358.9	0.107 49	395.34	172.56	0.895 7	1.789 9	0.653	1.115	0.653	1.250		
-22.00	0.226 96	1 352.7	0.099 75	396.21	174.80	0.904 6	1.786 2	0.659	1.119	0.659	1.253		
-20.00	0.245 31	1 346.5	0.092 68	397.06	177.04	0.913 5	1.782 6	0.665	1.123	0.665	1.255		
-18.00	0.264 79	1 340.3	0.086 21	397.91	179.30	0.922 3	1.779 1	0.672	1.127	0.672	1.258		
-16.00	0.285 43	1 334.0	0.080 29	398.75	181.56	0.931 1	1.775 7	0.678	1.131	0.678	1.261		
-14.00	0.307 28	1 327.6	0.074 85	399.57	183.83	0.939 8	1.772 3	0.685	1.135	0.685	1.264		
-12.00	0.330 38	1 321.2	0.069 86	400.39	186.11	0.948 5	1.769 0	0.692	1.139	0.692	1.267		
-10.00	0.354 79	1 314.7	0.065 27	401.20	188.40	0.957 2	1.765 8	0.699	1.144	0.699	1.270		
-8.00	0.380 54	1 308.2	0.061 03	401.99	190.70	0.965 8	1.762 7	0.707	1.149	0.707	1.274		
-6.00	0.407 69	1 301.6	0.057 13	402.77	193.01	0.974 4	1.759 6	0.715	1.154	0.715	1.278		
-4.00	0.436 28	1 295.0	0.053 52	403.55	195.33	0.983 0	1.756 6	0.722	1.159	0.722	1.282		
-2.00	0.466 36	1 288.3	0.050 19	404.30	197.66	0.991 5	1.753 6	0.731	1.164	0.731	1.287		
0.00	0.497 99	1 281.5	0.047 10	405.05	200.00	1.000 0	1.750 7	0.739	1.169	0.739	1.291		
2.00	0.531 20	1 274.7	0.044 24	405.78	202.35	1.008 5	1.747 8	0.748	1.175	0.748	1.296		
4.00	0.566 05	1 267.8	0.041 59	406.50	204.71	1.016 9	1.745 0	0.757	1.181	0.757	1.301		
6.00	0.602 59	1 260.8	0.039 13	407.20	207.09	1.025 4	1.742 2	0.766	1.187	0.766	1.307		
8.00	0.640 88	1 253.8	0.036 83	407.89	209.47	1.033 8	1.739 5	0.775	1.193	0.775	1.313		

(续表)

温度	绝对压力		密度		质量体积		焓		熵		质量热容		气体质量热容比
	MPa	kg/m ³	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	c_p/c_v
°C	MPa	kg/m ³	m ³ /kg		kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		
10.00	0.68095	1246.7	0.03470	408.56	211.87	408.56	1.0422	1.7368	1.199	0.785	1.319		
12.00	0.72286	1239.5	0.03271	409.21	214.28	409.21	1.0505	1.7341	1.206	0.795	1.326		
14.00	0.76668	1232.2	0.03086	409.85	216.70	409.85	1.0589	1.7315	1.213	0.806	1.333		
16.00	0.81244	1224.9	0.02912	410.47	219.14	410.47	1.0672	1.7289	1.220	0.817	1.340		
18.00	0.86020	1217.4	0.02750	411.07	221.59	411.07	1.0755	1.7263	1.228	0.828	1.348		
20.00	0.91002	1209.9	0.02599	411.66	224.06	411.66	1.0838	1.7238	1.236	0.840	1.357		
22.00	0.96195	1202.3	0.02457	412.22	226.54	412.22	1.0921	1.7212	1.244	0.853	1.366		
24.00	1.0160	1194.6	0.02324	412.77	229.04	412.77	1.1004	1.7187	1.252	0.866	1.375		
26.00	1.0724	1186.7	0.02199	413.29	231.55	413.29	1.1086	1.7162	1.261	0.879	1.385		
28.00	1.1309	1178.8	0.02082	413.79	234.08	413.79	1.1169	1.7136	1.271	0.893	1.396		
30.00	1.1919	1170.7	0.01972	414.26	236.62	414.26	1.1252	1.7111	1.281	0.908	1.408		
32.00	1.2552	1162.6	0.01869	414.71	239.19	414.71	1.1334	1.7086	1.291	0.924	1.420		
34.00	1.3210	1154.3	0.01771	415.14	241.77	415.14	1.1417	1.7061	1.302	0.940	1.434		
36.00	1.3892	1145.8	0.01679	415.54	244.38	415.54	1.1499	1.7036	1.314	0.957	1.448		
38.00	1.4601	1137.3	0.01593	415.91	247.00	415.91	1.1582	1.7010	1.326	0.976	1.463		
40.00	1.5336	1128.5	0.01511	416.25	249.65	416.25	1.1665	1.6985	1.339	0.995	1.480		
42.00	1.6098	1119.6	0.01433	416.55	252.32	416.55	1.1747	1.6959	1.353	1.015	1.498		
44.00	1.6887	1110.6	0.01360	416.83	255.01	416.83	1.1830	1.6933	1.368	1.037	1.517		

(续表)

温度 °C	绝对 压力 MPa	密度		质量 体积 m ³ /kg	焓		熵		质量热容		气体质量 热容比 c_p/c_v
		液体 kg/m ³	气体		液体 kJ/kg	气体	液体 kJ/(kg·K)	气体	液体 kJ/(kg·K)	气体	
46.00	1.770 4	1 101.4	0.012 91	257.73	417.07	1.191 3	1.690 6	1.384	1.061	1.538	
48.00	1.855 1	1 091.9	0.012 26	260.47	417.27	1.199 7	1.687 9	1.401	1.086	1.561	
50.00	1.942 7	1 082.3	0.011 63	263.25	417.44	1.208 0	1.685 2	1.419	1.113	1.586	
52.00	2.033 3	1 072.4	0.011 04	266.05	417.56	1.216 4	1.682 4	1.439	1.142	1.614	
54.00	2.127 0	1 062.3	0.010 48	268.89	417.63	1.224 8	1.679 5	1.461	1.173	1.644	
56.00	2.223 9	1 052.0	0.009 95	271.76	417.66	1.233 3	1.676 6	1.485	1.208	1.677	
58.00	2.324 0	1 041.3	0.009 44	274.66	417.63	1.241 8	1.673 6	1.511	1.246	1.714	
60.00	2.427 5	1 030.4	0.008 96	277.61	417.55	1.250 4	1.670 5	1.539	1.287	1.755	
65.00	2.701 2	1 001.4	0.007 85	285.18	417.06	1.272 2	1.662 2	1.626	1.413	1.881	
70.00	2.997 4	969.7	0.006 85	293.10	416.09	1.294 5	1.652 9	1.743	1.584	2.056	
75.00	3.317 7	934.4	0.005 95	301.46	414.49	1.317 7	1.642 4	1.913	1.832	2.315	
80.00	3.663 8	893.7	0.005 12	310.44	412.01	1.342 3	1.629 9	2.181	2.231	2.735	
85.00	4.037 8	844.8	0.004 34	320.38	408.19	1.369 0	1.614 2	2.682	2.984	3.532	
90.00	4.442 3	780.1	0.003 56	332.09	401.87	1.400 1	1.592 2	3.981	4.975	5.626	
95.00	4.882 4	662.9	0.002 62	349.56	387.28	1.446 2	1.548 6	17.310	25.290	26.430	
96.15 ^c	4.990 0	523.8	0.001 91	366.90	366.90	1.492 7	1.492 7	∞	∞	∞	

注: b —标准沸点; c —临界点。

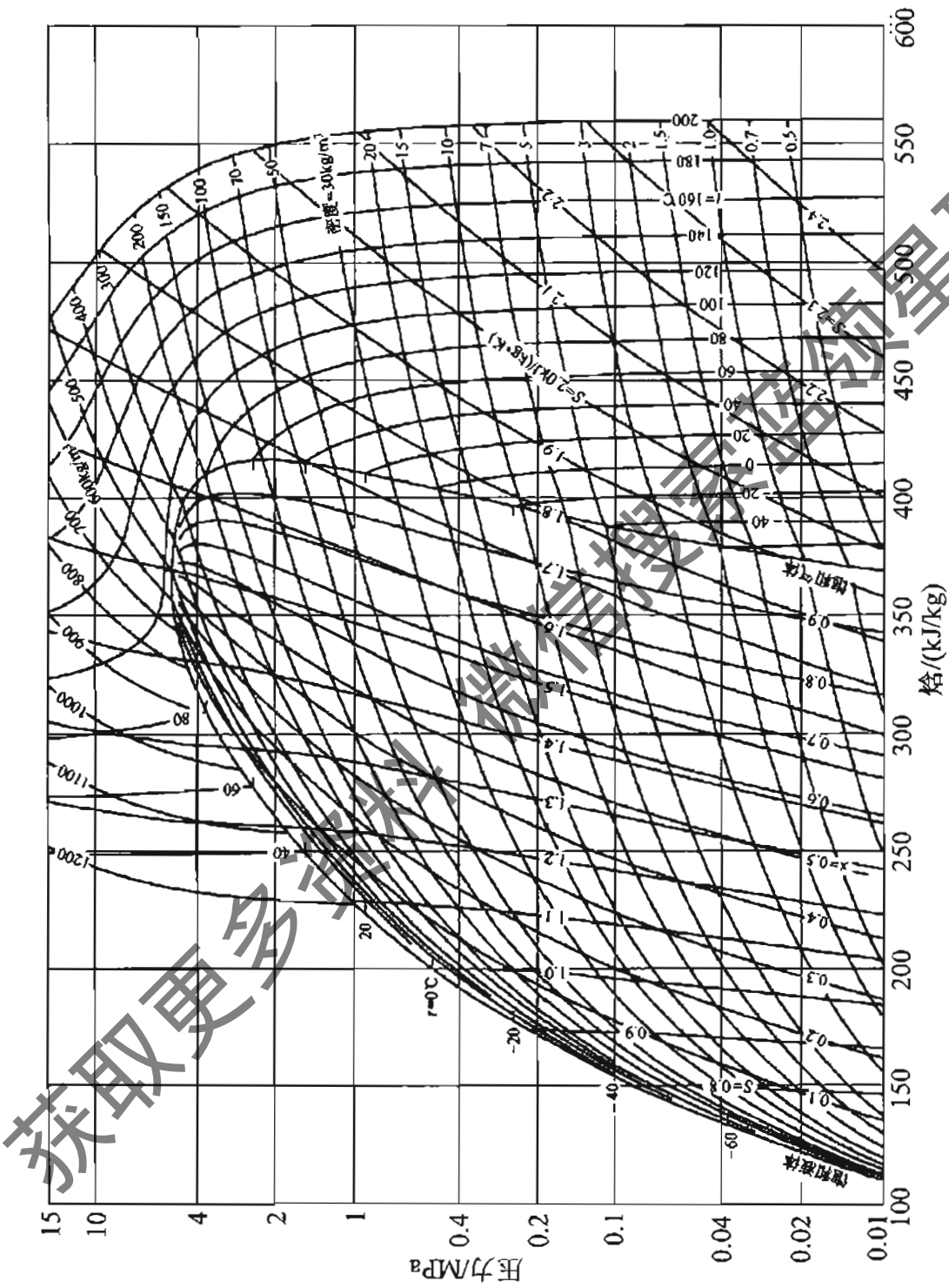


图 2.3-2 R22 压焓图

(三) R22 与材料的相容性

1. R22 与金属的相容性

R22 对金属(如铁、铜、铝等)有较好的稳定性,无腐蚀性。但 R22 中含有水分时,易发生“镀铜”现象。

2. R22 与橡胶、塑料的相容性

R22 对天然橡胶、塑料等有机材料有一定的侵蚀性,密封材料可采用氯乙醇橡胶。对封闭式压缩机电机的绝缘等级要求较高。

(四) R22 与润滑油的互溶性

R22 与润滑油有限互溶。温度高时,油在 R22 中的溶解度较大,呈均匀溶液;温度低时,油在 R22 中的溶解度较小,出现分层,上层主要是油,下层主要是 R22。

三、R134a 的性质

R134a 是一种优良的中温制冷剂,广泛应用于家用电冰箱、汽车空调、离心式冷水机组等制冷系统。

(一) R134a 的基本物理性质

R134a 在常温常压下是一种无色、有轻微醚类气味的气体,其基本物理性质见表 2.3-5。

表 2.3-5 R134a 的基本物理性质

化学名称	1,1,1,2-四氟乙烷
分子式	CH ₂ FCF ₃
安全分类	A1
相对分子质量	102.03
沸点(101.3kPa)/K	247.05
凝固点/K	169.85
临界温度/K	374.25

(续表)

临界压力/kPa	4.06×10^3
液体热导率(298.15K)/[W/(m·K)]	0.081 1
气体热导率(101.3kPa)/[W/(m·K)]	0.009 3
液态粘度(298.15K)/(Pa·s)	0.198×10^{-3}
气态粘度(298.15K)/(Pa·s)	0.012×10^{-3}
水中溶解度(298.15K,101.3kPa)(质量分数)	0.15
水在 R134a 中的溶解度(298.15K)(质量分数)	0.11
可燃极限(101.3kPa)(体积分数)	无
ODP	0
GWP(CO ₂ =1 100 年)	1 300

(二) R134a 的热力学性质

R134a 的热力学性质见表 2.3-6, R134a 的 $\lg p-h$ 图见图 2.3-3。

(三) R134a 与材料的相容性

1. R134a 与金属的相容性

R134a 对金属(如铁、铜、铝等)有较好的稳定性,无腐蚀性。但 R134a 中含有水分时,易发生“镀铜”现象。

2. R134a 与橡胶、塑料的相容性

R134a 与大多数橡胶、塑料等材料不发生化学反应,无溶解、溶胀等现象,具有良好的相容性。但与丙烯酸树脂、赛璐珞不相容。

R134a 的渗漏性较强,不可使用内衬材料为丁腈橡胶的软管,而应使用内衬材料为尼龙、氯磺化聚乙烯的软管。

(四) R134a 与润滑油的互溶性

R134a 与聚亚烷基二醇类(PAG)和多元醇酯类(POE)润滑油互溶,而与传统的矿物性润滑油不互溶。

表 2.3-6 R134a 饱和液体和饱和气体性质表

温度 ℃	绝对压力 MPa		密度 kg/m ³		质量 体积 m ³ /kg		焓 kJ/kg		熵 kJ/(kg·K)		质量热容 kJ/(kg·K)		气体质量 热容比 c _p /c _v	
	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体
-103.30 ^a	1 591.1	0.000 39	85.496	71.46	334.94	1.963 9	0.412 6	1.184	0.585	1.164				
-100.00	1 582.4	0.000 56	25.193	75.36	336.85	1.945 6	0.435 4	1.184	0.593	1.162				
-90.00	1 555.8	0.001 52	9.769 8	87.23	342.76	1.897 2	0.502 0	1.189	0.617	1.156				
-80.00	1 529.0	0.003 67	4.268 2	99.16	348.83	1.858 0	0.565 4	1.198	0.642	1.151				
-70.00	1 501.9	0.007 98	2.059 0	111.20	355.02	1.826 4	0.626 2	1.210	0.667	1.148				
-60.00	1 474.3	0.015 91	1.079 0	123.36	361.31	1.801 0	0.684 6	1.223	0.692	1.146				
-50.00	1 446.3	0.029 45	0.606 20	135.67	367.65	1.780 6	0.741 0	1.238	0.720	1.146				
-40.00	1 417.7	0.051 21	0.361 08	148.14	374.00	1.764 3	0.795 6	1.255	0.749	1.148				
-30.00	1 388.4	0.084 38	0.225 94	160.79	380.32	1.751 5	0.848 6	1.273	0.781	1.152				
-28.00	1 382.4	0.092 70	0.206 80	163.34	381.57	1.749 2	0.859 1	1.277	0.788	1.153				
-26.07 ^b	1 376.7	0.101 33	0.190 18	165.81	382.78	1.747 2	0.869 0	1.281	0.794	1.154				
-26.00	1 376.5	0.101 67	0.189 58	165.90	382.82	1.747 1	0.869 4	1.281	0.794	1.154				
-24.00	1 370.4	0.111 30	0.174 07	168.47	384.07	1.745 1	0.879 8	1.285	0.801	1.155				
-22.00	1 364.4	0.121 65	0.160 06	171.05	385.32	1.743 2	0.890 0	1.289	0.809	1.156				
-20.00	1 358.3	0.132 73	0.147 39	173.64	386.55	1.741 3	0.900 2	1.293	0.816	1.158				
-18.00	1 352.1	0.144 60	0.135 92	176.23	387.79	1.739 6	0.910 4	1.297	0.823	1.159				
-16.00	1 345.9	0.157 28	0.125 51	178.83	389.02	1.737 9	0.920 5	1.302	0.831	1.161				
-14.00	1 339.7	0.170 82	0.116 05	181.44	390.24	1.736 3	0.930 6	1.306	0.838	1.163				

(续表)

温度	绝对压力		密度		质量体积		焓		熵		质量热容		气体质量热容比
	MPa	kg/m ³	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	c_p/c_v
°C	MPa	kg/m ³	m ³ /kg		kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		
-12.00	0.185 24	1 333.4	0.107 44	391.46	184.07	0.940 7	1.734 8	1.311	0.846	1.165			
-10.00	0.200 60	1 327.1	0.099 59	392.66	186.70	0.950 6	1.733 4	1.316	0.854	1.167			
-8.00	0.216 93	1 320.8	0.092 42	393.87	189.34	0.960 6	1.732 0	1.320	0.863	1.169			
-6.00	0.234 28	1 314.3	0.085 87	395.06	191.99	0.970 5	1.730 7	1.325	0.871	1.171			
-4.00	0.252 68	1 307.9	0.079 87	396.25	194.65	0.980 4	1.729 4	1.330	0.880	1.174			
-2.00	0.272 17	1 301.4	0.074 36	397.43	197.32	0.990 2	1.728 2	1.336	0.888	1.176			
0.00	0.292 80	1 294.8	0.069 31	398.60	200.00	1.000 0	1.727 1	1.341	0.897	1.179			
2.00	0.314 62	1 288.1	0.064 66	399.77	202.69	1.009 8	1.726 0	1.347	0.906	1.182			
4.00	0.337 66	1 281.4	0.060 39	400.92	205.40	1.019 5	1.725 0	1.352	0.916	1.185			
6.00	0.361 98	1 274.7	0.056 44	402.06	208.11	1.029 2	1.724 0	1.358	0.925	1.189			
8.00	0.387 61	1 267.9	0.052 80	403.20	210.84	1.038 8	1.723 0	1.364	0.935	1.192			
10.00	0.414 61	1 261.0	0.049 44	404.32	213.58	1.048 5	1.722 1	1.370	0.945	1.196			
12.00	0.443 01	1 254.0	0.046 33	405.43	216.33	1.058 1	1.721 2	1.377	0.956	1.200			
14.00	0.472 88	1 246.9	0.043 45	406.53	219.09	1.067 7	1.720 4	1.383	0.967	1.204			
16.00	0.504 25	1 239.8	0.040 78	407.61	221.87	1.077 2	1.719 6	1.390	0.978	1.209			
18.00	0.537 18	1 232.6	0.038 30	408.69	224.66	1.086 7	1.718 8	1.397	0.989	1.214			
20.00	0.571 71	1 225.3	0.036 00	409.75	227.47	1.096 2	1.718 0	1.405	1.001	1.219			
22.00	0.607 89	1 218.0	0.033 85	410.79	230.29	1.105 7	1.717 3	1.413	1.013	1.224			

(续表)

温度	绝对压力		密度		质量体积		焓		熵		质量热容		气体质量热容比
	MPa	kg/m ³	kg/m ³	m ³ /kg	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	c_p/c_v
°C	MPa	kg/m ³	kg/m ³	m ³ /kg	kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		
24.00	0.645 78	1 210.5	0.031 86	233.12	411.82	1.115 2	1.716 6	1.421	1.025	1.230			
26.00	0.685 43	1 202.9	0.030 00	235.97	412.84	1.124 6	1.715 9	1.429	1.038	1.236			
28.00	0.726 88	1 195.2	0.028 26	238.84	413.84	1.134 1	1.715 2	1.437	1.052	1.243			
30.00	0.770 20	1 187.5	0.026 64	241.72	414.82	1.143 5	1.714 5	1.446	1.065	1.249			
32.00	0.815 43	1 179.6	0.025 13	244.62	415.78	1.152 9	1.713 8	1.456	1.080	1.257			
34.00	0.862 63	1 171.6	0.023 71	247.54	416.72	1.162 3	1.713 1	1.466	1.095	1.265			
36.00	0.911 85	1 163.4	0.022 38	250.48	417.65	1.171 7	1.712 4	1.476	1.111	1.273			
38.00	0.963 15	1 155.1	0.021 13	253.43	418.55	1.181 1	1.711 8	1.487	1.127	1.282			
40.00	1.016 6	1 146.7	0.019 97	256.41	419.43	1.190 5	1.711 1	1.498	1.145	1.292			
42.00	1.072 2	1 138.2	0.018 87	259.41	420.28	1.199 9	1.710 3	1.510	1.163	1.303			
44.00	1.130 1	1 129.5	0.017 84	262.43	421.11	1.209 2	1.709 6	1.523	1.182	1.314			
46.00	1.190 3	1 120.6	0.016 87	265.47	421.92	1.218 6	1.708 9	1.537	1.202	1.326			
48.00	1.252 9	1 111.5	0.015 95	268.53	422.69	1.228 0	1.708 1	1.551	1.223	1.339			
50.00	1.317 9	1 102.3	0.015 09	271.62	423.44	1.237 5	1.707 2	1.566	1.246	1.354			
52.00	1.385 4	1 092.9	0.014 28	274.74	424.15	1.246 9	1.706 4	1.582	1.270	1.369			
54.00	1.455 5	1 083.2	0.013 51	277.89	424.83	1.256 3	1.705 5	1.600	1.296	1.386			
56.00	1.528 2	1 073.4	0.012 78	281.06	425.47	1.265 8	1.704 5	1.618	1.324	1.405			
58.00	1.603 6	1 063.2	0.012 09	284.27	426.07	1.275 3	1.703 5	1.638	1.354	1.425			

(续表)

温度 °C	绝对 压力 MPa	密度		质量 体积 m ³ /kg	焓		熵		质量热容		气体质量 热容比 c_p/c_v
		液体 kg/m ³	气体		液体 kJ/kg	气体	液体 kJ/(kg·K)	气体	液体	气体	
60.00	1.6818	1052.9	0.01144	287.50	426.63	1.2848	1.7024	1.660	1.387	1.448	
62.00	1.7628	1042.2	0.01083	290.78	427.14	1.2944	1.7013	1.684	1.422	1.473	
64.00	1.8467	1031.2	0.01024	294.09	427.61	1.3040	1.7000	1.710	1.461	1.501	
66.00	1.9337	1020.0	0.00969	297.44	428.02	1.3137	1.6987	1.738	1.504	1.532	
68.00	2.0237	1008.3	0.00916	300.84	428.36	1.3234	1.6972	1.769	1.552	1.567	
70.00	2.1168	996.2	0.00865	304.28	428.65	1.3332	1.6956	1.804	1.605	1.607	
72.00	2.2132	983.8	0.00817	307.78	428.86	1.3430	1.6939	1.843	1.665	1.653	
74.00	2.3130	970.8	0.00771	311.33	429.00	1.3530	1.6920	1.887	1.734	1.705	
76.00	2.4161	957.3	0.00727	314.94	429.04	1.3631	1.6899	1.938	1.812	1.766	
78.00	2.5228	943.1	0.00685	318.63	428.98	1.3733	1.6876	1.996	1.904	1.838	
80.00	2.6332	928.2	0.00645	322.39	428.81	1.3836	1.6850	2.065	2.012	1.924	
85.00	2.9258	887.2	0.00550	332.22	427.76	1.4104	1.6771	2.306	2.397	2.232	
90.00	3.2442	837.8	0.00461	342.93	425.42	1.4390	1.6662	2.756	3.121	2.820	
95.00	3.5912	772.7	0.00374	355.25	420.67	1.4715	1.6492	3.938	5.020	4.369	
100.00	3.9724	651.2	0.00268	373.30	407.68	1.5188	1.6109	17.590	25.350	20.810	
101.06 ^c	4.0593	511.9	0.00195	389.64	389.64	1.5621	1.5621	∞	∞	∞	

注： a —三相点； b —标准沸点； c —临界点。

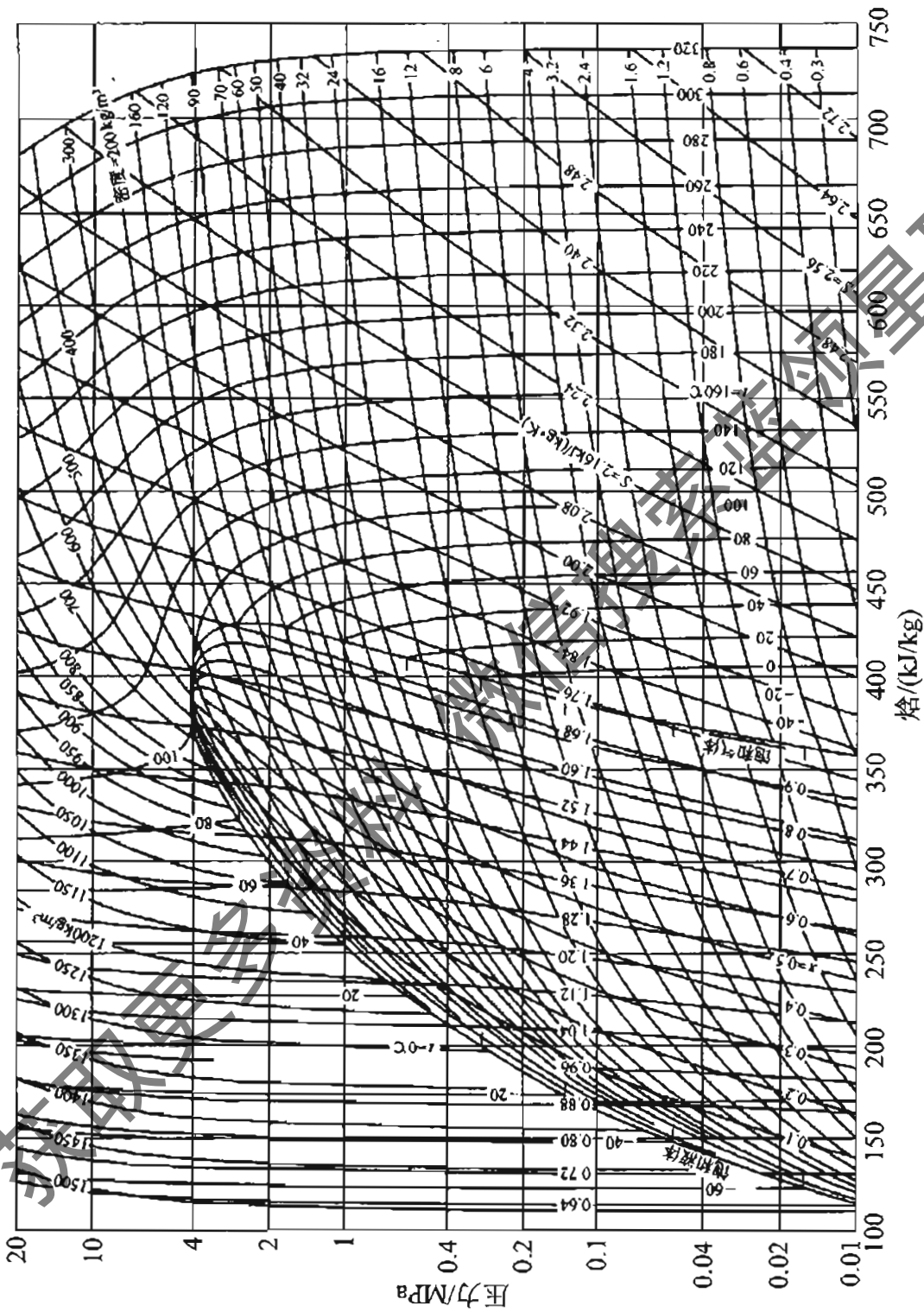


图 2.3-3 R134a 压焓图

四、R123 的性质

R123 是一种高温制冷剂,主要用于采用离心式压缩机的冷水机组。

(一) R123 的基本物理性质

R123 在常温常压下是一种无色、无味的气体,在水中的溶解度很小,而且温度越低,溶解度越小,其基本物理性质见表 2.3-7。

表 2.3-7 R123 的基本物理性质

化学名称	2,2-二氯-1,1,1-三氟乙烷
分子式	CHCl_2CF_3
安全分类	B1
相对分子质量	153.0
沸点(101.3kPa)/K	300.97
凝固点/K	
临界温度/K	456.83
临界压力/kPa	3.66×10^3
液体热导率(298.15K)/[W/(m·K)]	0.0764
气体热导率(101.3kPa)/[W/(m·K)]	0.00935
液态粘度(298.15K)/(Pa·s)	0.416×10^{-3}
气态粘度(298.15K)/(Pa·s)	0.0107×10^{-3}
ODP	0.02
GWP(CO ₂ =1 100 年)	93

(二) R123 的热力学性质

R123 的热力学性质见表 2.3-8,R123 的 $\lg p-h$ 图见图 2.3-4。

表 2.3-8 R123 饱和液体和饱和气体性质表

温度 °C	绝对压力 MPa		密度 kg/m ³		质量 体积		焓 kJ/kg		熵 kJ/(kg·K)		质量热容 kJ/(kg·K)		气体质量 热容比 c _p /c _v	
	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体
-80.00	1 709.6	83.667	123.92	335.98	0.671 2	1.769 1	0.924	0.520	1.117					
-70.00	1 687.4	32.842	133.17	341.25	0.717 9	1.742 2	0.927	0.537	1.113					
-60.00	1 665.1	14.333	142.46	346.66	0.762 5	1.720 6	0.932	0.553	1.110					
-50.00	1 642.6	6.846 0	151.81	352.21	0.805 4	1.703 4	0.939	0.569	1.107					
-40.00	1 620.0	3.531 9	161.25	357.88	0.846 8	1.690 1	0.948	0.585	1.105					
-30.00	1 597.0	1.947 0	170.78	363.65	0.886 8	1.680 0	0.958	0.601	1.103					
-20.00	1 573.8	1.136 4	180.41	369.52	0.925 6	1.672 6	0.968	0.617	1.102					
-10.00	1 550.1	0.696 90	190.15	375.45	0.963 3	1.667 5	0.979	0.634	1.102					
0.00	1 526.1	0.446 09	200.00	381.44	1.000 0	1.664 2	0.990	0.651	1.102					
2.00	1 521.3	0.409 91	201.98	382.64	1.007 2	1.663 8	0.993	0.654	1.103					
4.00	1 516.4	0.377 20	203.97	383.84	1.014 4	1.663 4	0.995	0.658	1.103					
6.00	1 511.5	0.347 59	205.97	385.05	1.021 6	1.663 1	0.997	0.661	1.103					
8.00	1 506.6	0.320 75	207.96	386.25	1.028 7	1.662 8	0.999	0.665	1.103					
10.00	1 501.6	0.296 37	209.97	387.46	1.035 8	1.662 6	1.002	0.668	1.104					
12.00	1 496.7	0.274 20	211.97	388.66	1.042 8	1.662 5	1.004	0.672	1.104					
14.00	1 491.7	0.254 01	213.99	389.87	1.049 9	1.662 4	1.006	0.675	1.104					
16.00	1 486.7	0.235 59	216.00	391.08	1.056 9	1.662 3	1.009	0.679	1.105					
18.00	1 481.7	0.218 77	218.02	392.29	1.063 8	1.662 3	1.011	0.682	1.105					

(续表)

温度	绝对压力		密度		质量体积		焓		熵		质量热容		气体质量热容比
	MPa	kg/m ³	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	c_p/c_v
°C	MPa	kg/m ³	kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)				
20.00	0.075 61	1 476.6	220.05	393.49	1.070 7	1.662 4	1.014	0.686	1.106				
22.00	0.081 63	1 471.5	222.08	394.70	1.077 6	1.662 5	1.016	0.690	1.106				
24.00	0.088 02	1 466.4	224.12	395.91	1.084 5	1.662 6	1.018	0.693	1.107				
26.00	0.094 80	1 461.3	226.16	397.12	1.091 3	1.662 8	1.021	0.697	1.107				
27.82 ^b	0.101 33	1 456.6	228.03	398.22	1.097 5	1.663 0	1.023	0.701	1.108				
28.00	0.101 98	1 456.2	228.21	398.32	1.098 1	1.663 0	1.023	0.701	1.108				
30.00	0.109 58	1 451.0	230.26	399.53	1.104 9	1.663 3	1.026	0.705	1.109				
32.00	0.117 62	1 445.8	232.31	400.73	1.111 6	1.663 5	1.028	0.709	1.109				
34.00	0.126 11	1 440.6	234.38	401.93	1.118 3	1.663 9	1.031	0.712	1.110				
36.00	0.135 07	1 435.4	236.44	403.14	1.125 0	1.664 2	1.033	0.716	1.111				
38.00	0.144 52	1 430.1	238.51	404.34	1.131 7	1.664 6	1.036	0.720	1.112				
40.00	0.154 47	1 424.8	240.59	405.54	1.138 3	1.665 1	1.038	0.724	1.113				
42.00	0.164 95	1 419.4	242.67	406.73	1.144 9	1.665 5	1.041	0.728	1.114				
44.00	0.175 97	1 414.1	244.76	407.93	1.151 5	1.666 0	1.044	0.732	1.115				
46.00	0.187 55	1 408.7	246.86	409.12	1.158 1	1.666 5	1.046	0.736	1.116				
48.00	0.199 71	1 403.3	248.95	410.31	1.164 6	1.667 0	1.049	0.741	1.117				
50.00	0.212 46	1 397.8	251.06	411.50	1.171 1	1.667 6	1.052	0.745	1.119				
52.00	0.225 84	1 392.3	253.17	412.69	1.177 6	1.668 2	1.055	0.749	1.120				

(续表)

温度	绝对压力		密度		质量体积		焓		熵		质量热容		气体质量热容比 c_p/c_v
	MPa	kg/m ³	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	
°C	MPa	kg/m ³	m ³ /kg		kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		
54.00	0.239 85	1 386.8	0.068 36	413.87	255.28	413.87	1.184 0	1.668 8	1.058	0.753	1.121		
56.00	0.254 51	1 381.2	0.064 58	415.05	257.41	415.05	1.190 5	1.669 4	1.060	0.758	1.123		
58.00	0.269 85	1 375.6	0.061 06	416.23	259.53	416.23	1.196 9	1.670 1	1.063	0.762	1.124		
60.00	0.285 89	1 370.0	0.057 77	417.40	261.67	417.40	1.203 3	1.670 7	1.066	0.767	1.126		
62.00	0.302 64	1 364.3	0.054 69	418.57	263.81	418.57	1.209 6	1.671 4	1.069	0.771	1.127		
64.00	0.320 13	1 358.6	0.051 80	419.73	265.95	419.73	1.216 0	1.672 1	1.072	0.776	1.129		
66.00	0.338 38	1 352.8	0.049 10	420.89	268.10	420.89	1.222 3	1.672 8	1.076	0.781	1.131		
68.00	0.357 40	1 347.0	0.046 56	422.05	270.26	422.05	1.228 6	1.673 5	1.079	0.785	1.133		
70.00	0.377 22	1 341.2	0.044 18	423.20	272.42	423.20	1.234 9	1.674 3	1.082	0.790	1.135		
72.00	0.397 87	1 335.3	0.041 95	424.35	274.60	424.35	1.241 1	1.675 0	1.085	0.795	1.137		
74.00	0.419 36	1 329.2	0.039 85	425.50	276.77	425.50	1.247 4	1.675 8	1.089	0.800	1.139		
76.00	0.441 71	1 323.4	0.037 87	426.63	278.96	426.63	1.253 6	1.676 6	1.092	0.806	1.142		
78.00	0.464 94	1 317.3	0.036 01	427.77	281.15	427.77	1.259 8	1.677 4	1.096	0.811	1.144		
80.00	0.489 09	1 311.2	0.034 26	428.89	283.35	428.89	1.266 0	1.678 1	1.100	0.816	1.147		
82.00	0.514 16	1 305.1	0.032 61	430.01	285.55	430.01	1.272 2	1.678 9	1.103	0.822	1.150		
84.00	0.540 19	1 298.9	0.031 05	431.13	287.77	431.13	1.278 3	1.679 7	1.107	0.827	1.152		
86.00	0.567 20	1 292.6	0.029 58	432.23	289.99	432.23	1.284 5	1.680 6	1.111	0.833	1.156		
88.00	0.595 20	1 286.3	0.028 19	433.33	292.22	433.33	1.290 6	1.681 4	1.115	0.839	1.159		

(续表)

温度 °C	绝对压力		密度		质量 体积		焓		熵		质量热容		气体质量 热容比 c_p/c_v
	MPa	kg/m ³	液体 kg/m ³	气体 m ³ /kg	液体 kJ/kg	气体 kJ/kg	液体 kJ/(kg·K)	气体 kJ/(kg·K)	液体 kJ/(kg·K)	气体 kJ/(kg·K)	液体 kJ/(kg·K)	气体 kJ/(kg·K)	
90.00	0.624 23	1 279.9	0.026 87	434.43	294.45	1.296 7	1.682 2	1.120	0.845	1.162			
92.00	0.654 30	1 273.5	0.025 63	435.51	296.70	1.302 8	1.683 0	1.124	0.851	1.166			
94.00	0.685 44	1 266.9	0.024 45	436.59	298.95	1.308 9	1.683 8	1.129	0.858	1.169			
96.00	0.717 68	1 260.3	0.023 34	437.66	301.21	1.315 0	1.684 6	1.133	0.864	1.173			
98.00	0.751 03	1 253.7	0.022 28	438.72	303.49	1.321 1	1.685 4	1.138	0.871	1.177			
100.00	0.785 53	1 246.9	0.021 28	439.77	305.77	1.327 1	1.686 2	1.143	0.878	1.182			
110.00	0.976 03	1 211.9	0.016 97	444.88	317.32	1.357 2	1.690 2	1.172	0.917	1.208			
120.00	1.199 0	1 174.4	0.013 61	449.67	329.15	1.387 2	1.693 8	1.207	0.964	1.243			
130.00	1.457 8	1 133.6	0.010 94	454.07	341.32	1.417 3	1.696 9	1.254	1.026	1.294			
140.00	1.756 3	1 088.3	0.008 79	457.94	353.92	1.447 5	1.699 2	1.318	1.111	1.369			
150.00	2.098 7	1 036.8	0.007 03	461.05	367.10	1.478 2	1.700 3	1.415	1.240	1.493			
160.00	2.490 1	975.7	0.005 55	463.01	381.13	1.510 1	1.699 1	1.584	1.473	1.726			
170.00	2.937 2	896.9	0.004 25	462.89	396.61	1.544 3	1.693 9	1.979	2.033	2.309			
180.00	3.450 6	765.9	0.002 92	456.82	416.22	1.586 7	1.676 3	4.549	5.661	6.158			
183.68 ^c	3.661 8	550.0	0.001 82	437.39	437.39	1.632 5	1.632 5	∞	∞	∞			

注: b —标准沸点; c —临界点。

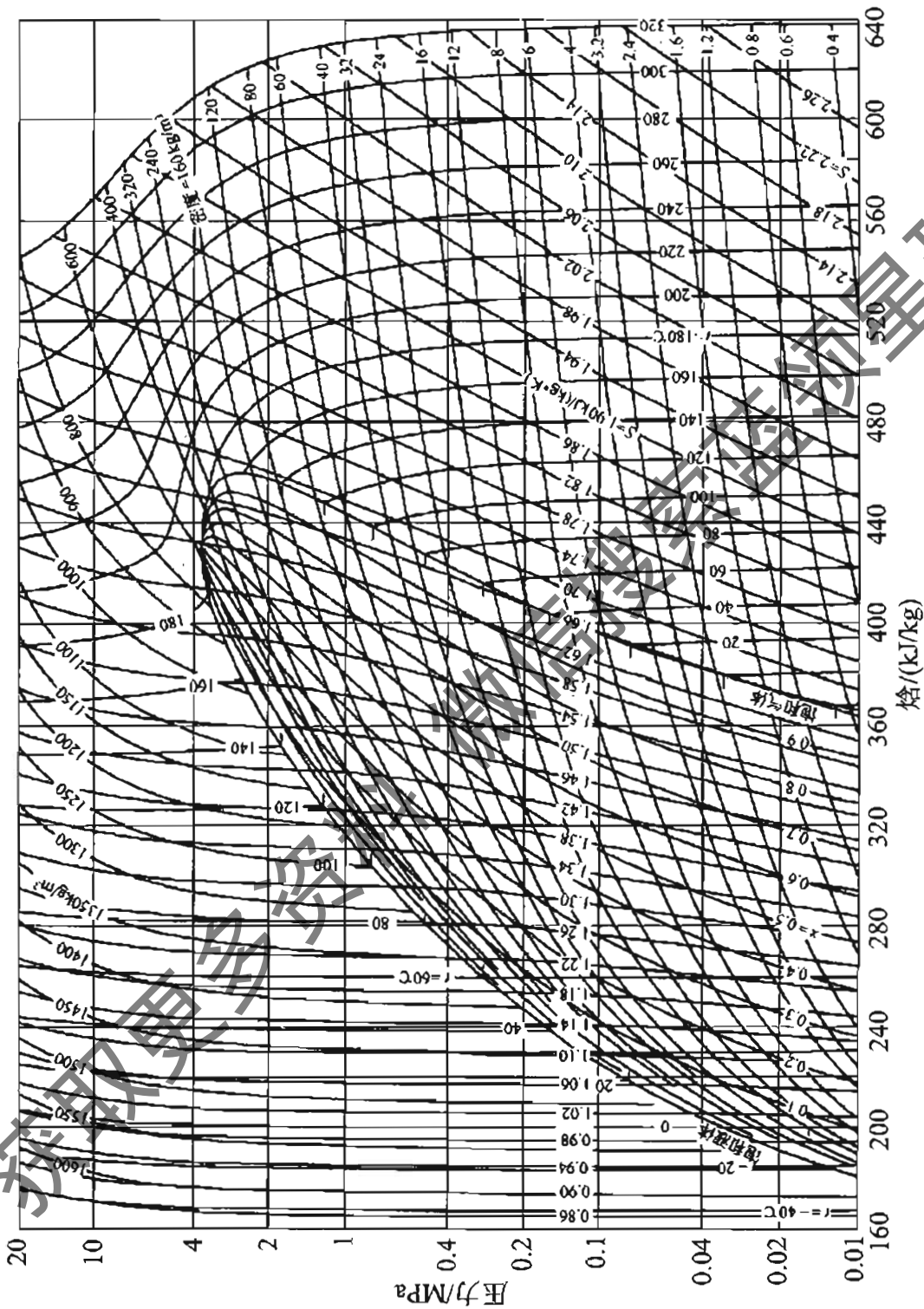


图 2.3-4 R123 压焓图

(三) R123 与材料的相容性

R123 与材料的相容性和 R11、R12 相近,对天然橡胶、塑料有一定的侵蚀作用,与矿物性润滑油互溶。

五、R600a 的性质

R600a 属天然制冷剂,易燃易爆,但对大气臭氧层没有破坏作用,目前主要用于家用电冰箱。

(一) R600a 的基本物理性质

R600a 的基本物理性质见表 2.3-9。

表 2.3-9 R600a 的基本物理性质

化学名称	2-甲基丙烷(异丁烷)
分子式	$\text{CH}(\text{CH}_3)_3$
安全分类	A3
相对分子质量	58.1
沸点(101.3kPa)/K	-261.15
凝固点/K	
临界温度/K	407.85
临界压力/kPa	3.64×10^3
液体热导率(298.15K)/[W/(m·K)]	0.0955
气体热导率(101.3kPa)/[W/(m·K)]	0.0126
液态粘度(298.15K)/(Pa·s)	0.151×10^{-3}
气态粘度(298.15K)/(Pa·s)	0.0077×10^{-3}
最低爆炸极限(101.3kPa)(体积分数)	1.5
燃点(°C)	460
ODP	0
GWP(CO ₂ =1 100 年)	20

(二) R600a 的热力学性质

R600a 的热力学性质见表 2.3-10,R600a 的 $\lg p-h$ 图见图 2.3-5。

表 2.3-10 R600a 饱和液体和饱和气体性质表

温度 ℃	绝对 压力 MPa	密度		质量 体积		焓		熵		质量热容		气体质量 热容比 c_p/c_v
		液体 kg/m ³	气体 m ³ /kg	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	
-100.00	0.000 36	683.8	68.449	-7.88	430.08	0.060 7	2.590 2	1.881	1.131	1.145		
-95.00	0.000 59	679.0	42.929	1.57	435.75	0.114 5	2.551 8	1.898	1.152	1.143		
-90.00	0.000 94	674.1	27.744	11.11	441.50	0.167 2	2.517 4	1.916	1.172	1.140		
-85.00	0.001 46	669.2	18.429	20.78	447.34	0.219 1	2.486 6	1.934	1.192	1.138		
-80.00	0.002 20	664.3	12.552	30.44	453.25	0.270 0	2.459 2	1.952	1.213	1.136		
-75.00	0.003 23	659.4	8.747 8	40.25	459.24	0.320 2	2.434 8	1.970	1.235	1.134		
-70.00	0.004 65	654.4	6.226 5	50.15	465.30	0.369 5	2.413 2	1.989	1.256	1.132		
-65.00	0.006 55	649.5	4.518 6	60.15	471.43	0.418 1	2.394 1	2.009	1.279	1.131		
-60.00	0.009 06	644.5	3.338 2	70.25	477.62	0.466 0	2.377 3	2.028	1.302	1.130		
-55.00	0.012 33	639.4	2.507 0	80.44	483.88	0.513 3	2.362 7	2.049	1.325	1.128		
-50.00	0.016 50	634.3	1.911 5	90.74	490.19	0.559 9	2.350 1	2.069	1.349	1.128		
-45.00	0.021 76	629.2	1.478 0	101.15	496.56	0.606 0	2.339 2	2.090	1.374	1.127		
-40.00	0.028 31	624.0	1.157 7	111.66	502.98	0.651 5	2.330 0	2.112	1.400	1.126		
-35.00	0.036 36	618.8	0.917 62	122.28	509.45	0.696 6	2.322 3	2.134	1.426	1.126		
-30.00	0.046 14	613.6	0.735 42	133.02	515.96	0.741 1	2.316 1	2.156	1.453	1.126		
-25.00	0.057 91	608.2	0.595 46	143.87	522.51	0.785 2	2.311 1	2.180	1.482	1.126		
-20.00	0.071 94	602.8	0.486 71	154.84	529.09	0.828 9	2.307 3	2.204	1.511	1.127		
-15.00	0.088 50	597.4	0.401 34	165.94	535.71	0.872 2	2.304 6	2.228	1.540	1.128		

(续表)

温度	绝对压力		密度		质量体积		焓		熵		质量热容		气体质量热容比
	MPa	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	c_p/c_v
°C	MPa	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		
-11.61 ^b	0.10132	593.7	0.35378	173.53	540.22	0.9013	2.3034	0.9013	2.3034	2.245	1.561	1.128	
-10.00	0.10789	591.9	0.33363	177.16	542.36	0.9151	2.3029	0.9151	2.3029	2.253	1.571	1.129	
-5.00	0.13042	586.3	0.27944	188.51	549.03	0.9577	2.3022	0.9577	2.3022	2.279	1.603	1.130	
0.00	0.15642	580.6	0.23569	200.00	555.73	1.0000	2.3023	1.0000	2.3023	2.306	1.636	1.132	
2.00	0.16786	578.3	0.22057	204.63	558.41	1.0168	2.3026	1.0168	2.3026	2.317	1.649	1.133	
4.00	0.17993	576.0	0.20663	209.29	561.09	1.0336	2.3030	1.0336	2.3030	2.328	1.663	1.133	
6.00	0.19265	573.6	0.19376	213.97	563.78	1.0504	2.3035	1.0504	2.3035	2.340	1.677	1.134	
8.00	0.20605	571.3	0.18186	218.67	566.47	1.0670	2.3041	1.0670	2.3041	2.351	1.691	1.135	
10.00	0.22014	568.9	0.17085	223.30	569.16	1.0837	2.3048	1.0837	2.3048	2.363	1.705	1.136	
12.00	0.23495	566.6	0.16065	228.14	571.85	1.1003	2.3057	1.1003	2.3057	2.374	1.719	1.137	
14.00	0.25050	564.2	0.15118	232.91	574.54	1.1169	2.3066	1.1169	2.3066	2.386	1.734	1.139	
16.00	0.26682	561.8	0.14239	237.71	577.23	1.1335	2.3076	1.1335	2.3076	2.398	1.748	1.140	
18.00	0.28392	559.3	0.13422	242.53	579.92	1.1500	2.3088	1.1500	2.3088	2.411	1.763	1.141	
20.00	0.30184	556.9	0.12661	247.38	582.61	1.1664	2.3100	1.1664	2.3100	2.423	1.779	1.143	
22.00	0.32058	554.4	0.11952	252.25	585.30	1.1829	2.3113	1.1829	2.3113	2.436	1.794	1.144	
24.00	0.34019	551.9	0.11292	257.15	587.99	1.1993	2.3127	1.1993	2.3127	2.449	1.810	1.146	
26.00	0.36068	549.4	0.10675	262.07	590.67	1.2157	2.3141	1.2157	2.3141	2.462	1.826	1.148	
28.00	0.38208	546.9	0.10099	267.02	593.35	1.2321	2.3156	1.2321	2.3156	2.475	1.842	1.149	

(续表)

温度	绝对压力		密度		质量体积		焓		熵		质量热容		气体质量热容比
	MPa	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	液体	气体	液体	气体	液体	气体	液体	气体	c_p/c_v
°C	MPa	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		
30.00	0.404 41	544.3	0.095 60	272.00	596.03	2.317 3	1.248 4	2.317 3	2.489	1.859	1.151		
32.00	0.427 70	541.7	0.090 55	277.00	598.71	2.318 9	1.264 7	2.318 9	2.502	1.875	1.153		
34.00	0.451 97	539.1	0.085 83	282.03	601.38	2.320 7	1.281 0	2.320 7	2.517	1.892	1.156		
36.00	0.477 25	536.5	0.081 39	287.09	604.04	2.322 5	1.297 2	2.322 5	2.531	1.910	1.158		
38.00	0.503 56	533.9	0.077 23	292.18	606.70	2.324 3	1.313 5	2.324 3	2.546	1.928	1.160		
40.00	0.530 93	531.2	0.073 32	297.30	609.36	2.326 2	1.329 7	2.326 2	2.560	1.946	1.163		
42.00	0.559 38	528.5	0.069 65	302.44	612.00	2.328 2	1.345 9	2.328 2	2.576	1.964	1.166		
44.00	0.588 94	525.7	0.066 19	307.62	614.64	2.330 2	1.362 1	2.330 2	2.591	1.983	1.168		
46.00	0.619 64	523.0	0.062 93	312.83	617.27	2.332 2	1.378 3	2.332 2	2.607	2.003	1.172		
48.00	0.651 50	520.2	0.059 86	318.07	619.89	2.334 3	1.394 5	2.334 3	2.624	2.023	1.175		
50.00	0.684 55	517.3	0.056 96	323.34	622.50	2.336 4	1.410 7	2.336 4	2.640	2.043	1.178		
55.00	0.772 55	510.1	0.050 41	336.66	628.97	2.341 8	1.451 0	2.341 8	2.684	2.096	1.188		
60.00	0.868 60	502.6	0.044 70	350.20	635.34	2.347 3	1.491 4	2.347 3	2.731	2.154	1.200		
65.00	0.973 12	494.9	0.039 72	363.96	641.61	2.352 8	1.531 8	2.352 8	2.782	2.216	1.213		
70.00	1.086 6	486.9	0.035 34	377.96	647.73	2.358 3	1.572 2	2.358 3	2.837	2.285	1.229		
75.00	1.209 5	478.5	0.031 48	392.23	653.69	2.363 7	1.612 7	2.363 7	2.898	2.362	1.249		
80.00	1.342 4	469.8	0.028 05	406.77	659.44	2.368 8	1.653 4	2.368 8	2.966	2.448	1.272		
85.00	1.485 8	460.6	0.025 00	421.62	664.94	2.373 6	1.694 3	2.373 6	3.043	2.548	1.302		

(续表)

温度 ℃	绝对 压力 MPa	密度		质量 体积 m ³ /kg	焓		熵		质量热容		气体质量 热容比 c_p/c_v
		液体 kg/m ³	气体		液体 kJ/kg	气体	液体 kJ/(kg·K)	气体	液体	气体	
90.00	1.640 2	450.9	0.022 28	436.81	670.13	1.735 5	2.377 9	3.132	2.666	1.338	
95.00	1.806 3	440.6	0.019 83	452.39	674.95	1.777 0	2.381 5	3.237	2.810	1.386	
100.00	1.984 8	429.6	0.017 61	468.40	679.28	1.819 1	2.384 2	3.367	2.989	1.448	
105.00	2.176 4	417.6	0.015 60	484.92	683.02	1.861 9	2.385 7	3.531	3.222	1.533	
110.00	2.382 0	404.4	0.013 75	502.08	685.96	1.905 7	2.385 6	3.752	3.544	1.655	
115.00	2.602 5	389.6	0.012 04	520.05	687.84	1.950 8	2.383 1	4.073	4.020	1.842	
120.00	2.839 0	372.4	0.010 43	539.15	688.20	1.998 1	2.377 2	4.600	4.808	2.158	
125.00	3.092 8	351.2	0.008 87	560.06	686.09	2.049 2	2.365 7	5.665	6.384	2.805	
130.00	3.365 6	321.2	0.007 24	584.77	679.00	2.108 8	2.342 5	9.160	11.290	4.850	
134.70 ^c	3.640 0	224.4	0.004 46	638.92	638.92	2.239 7	2.239 7	∞	∞	∞	

注: b —标准沸点; c —临界点。

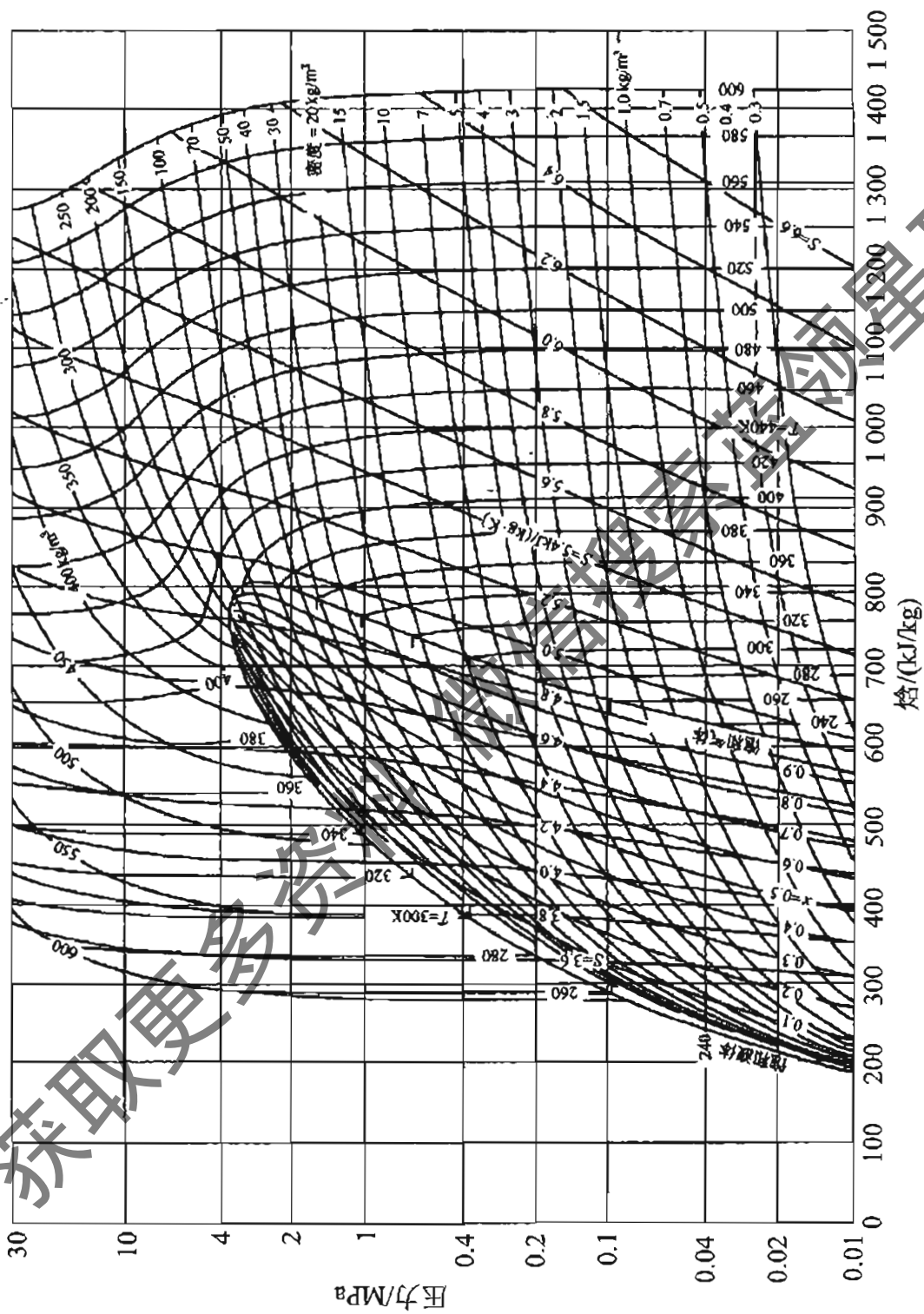


图 2.3-5 R600a 压焓图

(三) R600a 与材料的相容性

1. R600a 与金属的相容性

R600a 与大多数金属材料的相容性较好。

2. R600a 与橡胶、塑料的相容性

R600a 与聚氯乙烯、聚丙烯、丁基橡胶、天然橡胶等不相容。

(四) R600a 与润滑油的互溶性

R600a 能与矿物性润滑油及合成脂类油互溶。

六、R404A 的性质

R404A 是由 R125、R143a、R134a 组成的非共沸混合制冷剂，温度滑移较小，主要用于代替 R502。

(一) R404A 的基本物理性质

R404A 的基本物理性质见表 2.3-11。

表 2.3-11 R404A 的基本物理性质

化学名称	五氟乙烷/1,1,1-三氟乙烷/1,1,1,2-四氟乙烷
分子式	CF ₃ CHF ₂ /CH ₃ CF ₃ /CF ₃ CH ₂ F
组成(质量分数)	44/52/4
安全分类	A1
相对分子质量	97.6
沸点(101.3kPa)/K	226.55
滑移温度/K	0.78

(续表)

凝固点/K	
临界温度/K	345.65
临界压力/kPa	3.775×10^3
液体热导率(298.15K)/[W/(m·K)]	0.0683
气体热导率(298.15K,0.1MPa)/[W/(m·K)]	0.0135
液态粘度(298.15K)/(Pa·s)	0.128×10^{-3}
气态粘度(298.15K,0.1MPa)/(Pa·s)	0.0122×10^{-3}
ODP	0
GWP(CO ₂ =1100年)	3260

(二) R404A 的热力学性质

R404A 的热力学性质见表 2.3-12, R404A 的 $\lg p-h$ 图见图 2.3-6。

七、R407C 的性质

R407C 是由 R32、R125、R134a 组成的非共沸混合制冷剂,热力学特性与 R22 相近,是 R22 的替代物之一。目前已在多联机组、汽车空调中得到使用。

(一) R407C 的基本物理性质

R407C 的基本物理性质见表 2.3-13。

表 2.3-12 R404A[R125/143a/134a(44/52/4)]沸腾状态液体和结露状态气体性质表

压力	温度		密度	质量 体积	焓		质量热容	气体质量 热容比			
	沸点	露点			液体	气体			液体	气体	
MPa	°C		kg/m ³	m ³ /kg	kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)				
0.005 00	-94.18	-93.00	1 444.4	3.050 33	83.20	310.67	0.481 0	1.749 6	1.147	0.637	1.163
0.006 00	-91.96	-90.80	1 438.3	2.970 89	85.75	311.99	0.495 2	1.741 5	1.149	0.643	1.162
0.007 00	-90.03	-88.89	1 432.9	2.235 01	87.98	313.15	0.507 4	1.734 7	1.151	0.649	1.161
0.008 00	-88.31	-87.19	1 428.1	1.963 36	89.95	314.17	0.518 1	1.729 0	1.153	0.653	1.161
0.009 00	-86.77	-85.67	1 423.8	1.758 31	91.74	315.10	0.527 7	1.724 0	1.155	0.657	1.160
0.010 00	-85.36	-84.27	1 419.9	1.593 15	93.36	315.94	0.536 4	1.719 6	1.157	0.661	1.160
0.020 00	-75.43	-74.45	1 392.0	0.833 10	104.92	321.94	0.596 3	1.692 3	1.171	0.690	1.159
0.040 00	-64.18	-63.29	1 359.7	0.435 80	118.21	328.80	0.661 7	1.668 0	1.191	0.725	1.159
0.060 00	-56.87	-56.03	1 338.3	0.298 18	126.98	333.25	0.702 8	1.655 3	1.206	0.749	1.161
0.080 00	-51.30	-50.50	1 321.7	0.227 68	133.73	336.63	0.733 6	1.647 0	1.218	0.769	1.164
0.100 00	-46.75	-45.98	1 308.0	0.184 60	139.30	339.37	0.758 4	1.641 0	1.228	0.786	1.166
0.101 32	-46.48 ^b	-45.71 ^b	1 307.2	0.182 33	139.64	339.53	0.7599	1.640 6	1.229	0.787	1.166
0.120 00	-42.87	-42.12	1 296.1	0.155 47	144.09	341.70	0.779 3	1.636 4	1.238	0.801	1.169
0.140 00	-39.47	-38.74	1 285.5	0.134 40	148.33	343.72	0.797 5	1.632 7	1.246	0.815	1.172
0.160 00	-36.42	-35.72	1 276.0	0.118 44	152.14	345.52	0.813 6	1.629 6	1.254	0.828	1.175
0.180 00	-33.66	-32.97	1 267.2	0.105 91	155.62	347.14	0.828 2	1.627 0	1.262	0.840	1.177
0.200 00	-31.13	-30.45	1 259.1	0.095 80	158.83	348.61	0.841 4	1.624 8	1.269	0.851	1.180
0.220 00	-28.79	-28.12	1 251.5	0.087 47	161.81	349.97	0.853 6	1.622 8	1.276	0.861	1.183

(续表)

压力	温度		密度	质量 体积	焓		熵		质量热容		气体质量 热容比
	沸点	露点			液体	气体	液体	气体	液体	气体	
MPa	°C		kg/m ³	m ³ /kg	kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		c _p /c _v
0.240 00	-26.61	-25.95	1 244.4	0.080 49	164.61	351.22	0.865 0	1.621 1	1.282	0.871	1.186
0.260 00	-24.56	-23.91	1 237.6	0.074 54	167.25	352.39	0.875 6	1.619 6	1.288	0.881	1.189
0.280 00	-22.63	-21.99	1 231.2	0.069 41	169.75	353.48	0.885 5	1.618 2	1.294	0.891	1.192
0.300 00	-20.80	-20.17	1 225.1	0.064 94	172.13	354.51	0.894 9	1.616 9	1.300	0.900	1.195
0.320 00	-19.06	-18.44	1 219.2	0.061 01	174.40	355.48	0.903 8	1.615 8	1.306	0.908	1.198
0.340 00	-17.40	-16.80	1 213.5	0.057 53	176.57	356.40	0.912 3	1.614 7	1.312	0.917	1.201
0.360 00	-15.82	-15.22	1 208.0	0.054 42	178.65	357.27	0.920 3	1.613 8	1.317	0.925	1.204
0.380 00	-14.30	-13.71	1 202.8	0.051 63	180.66	358.09	0.928 0	1.612 9	1.322	0.934	1.207
0.400 00	-12.84	-12.26	1 197.7	0.049 10	182.60	358.88	0.935 4	1.612 0	1.328	0.942	1.210
0.420 00	-11.44	-10.86	1 192.7	0.046 81	184.47	359.64	0.942 5	1.611 3	1.333	0.949	1.213
0.440 00	-10.09	-9.51	1 187.9	0.044 72	186.28	360.36	0.949 4	1.610 5	1.338	0.957	1.216
0.460 00	-8.78	-8.21	1 183.2	0.042 80	188.04	361.05	0.956 0	1.609 8	1.343	0.965	1.219
0.480 00	-7.51	-6.95	1 178.6	0.041 04	189.75	361.71	0.962 4	1.609 2	1.348	0.972	1.222
0.500 00	-6.28	-5.73	1 174.1	0.039 41	191.41	362.35	0.968 5	1.608 5	1.353	0.980	1.225
0.550 00	-3.37	-2.83	1 163.4	0.035 84	195.37	363.84	0.983 1	1.607 1	1.365	0.998	1.234
0.600 00	-0.65	-0.12	1 153.1	0.032 85	199.10	365.21	0.996 8	1.605 8	1.377	1.016	1.242
0.650 00	1.90	2.42	1 143.4	0.030 30	202.64	366.46	1.009 5	1.604 6	1.389	1.033	1.250
0.700 00	4.32	4.82	1 134.0	0.028 10	206.00	367.62	1.021 5	1.603 6	1.400	1.051	1.259

(续表)

压力	温度		密度	质量 体积	焓		熵		质量热容		气体质量 热容比
	沸点	露点			液体	气体	液体	气体	液体	气体	
MPa	°C		kg/m ³	m ³ /kg	kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		c _p /c _v
0.750 00	6.60	7.10	1 124.9	0.026 19	209.21	368.69	1.032 9	1.602 5	1.412	1.068	1.268
0.800 00	8.77	9.26	1 116.1	0.024 50	212.29	369.69	1.043 7	1.601 6	1.424	1.085	1.277
0.850 00	10.85	11.33	1 107.6	0.023 01	215.26	370.62	1.054 0	1.600 7	1.435	1.102	1.287
0.900 00	12.83	13.30	1 099.3	0.021 67	218.11	371.48	1.063 9	1.599 8	1.447	1.120	1.296
0.950 00	14.74	15.20	1 091.2	0.020 47	220.87	372.29	1.073 3	1.598 9	1.459	1.137	1.306
1.000 00	16.57	17.02	1 083.3	0.019 39	223.54	373.04	1.082 4	1.598 1	1.471	1.155	1.317
1.100 00	20.03	20.47	1 068.0	0.017 50	228.65	374.41	1.099 6	1.596 5	1.495	1.190	1.339
1.200 00	23.27	23.69	1 053.1	0.015 92	233.50	375.60	1.115 8	1.594 9	1.520	1.228	1.363
1.300 00	26.31	26.72	1 038.7	0.014 57	238.12	376.65	1.130 9	1.593 3	1.547	1.266	1.388
1.400 00	29.18	29.58	1 024.5	0.013 40	242.54	377.56	1.145 3	1.591 6	1.574	1.307	1.416
1.500 00	31.90	32.29	1 010.7	0.012 38	246.80	378.34	1.159 0	1.590 0	1.603	1.350	1.446
1.600 00	34.49	34.86	997.0	0.011 48	250.91	379.00	1.172 1	1.588 2	1.634	1.397	1.480
1.700 00	36.96	37.32	983.4	0.010 68	254.89	379.55	1.184 7	1.586 4	1.667	1.447	1.516
1.800 00	39.32	39.67	970.0	0.009 96	258.76	380.00	1.196 8	1.584 6	1.703	1.501	1.556
1.900 00	41.59	41.92	956.5	0.009 32	262.53	380.35	1.208 5	1.582 6	1.741	1.560	1.601
2.000 00	43.76	44.09	943.1	0.008 73	266.22	380.59	1.219 8	1.580 5	1.784	1.625	1.651
2.100 00	45.86	46.17	929.6	0.008 19	269.83	380.74	1.230 8	1.578 3	1.830	1.697	1.708
2.200 00	47.87	48.18	916.0	0.007 70	273.38	380.79	1.241 6	1.576 0	1.882	1.778	1.772

(续表)

压力	温度		密度	质量 体积	焓		熵		质量热容		气体质量 热容比
	沸点	露点			液体	气体	液体	气体	液体	气体	
MPa	°C		kg/m ³	m ³ /kg	kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		c _p /c _v
2.300 00	49.82	50.11	902.2	0.007 24	276.87	380.73	1.252 1	1.573 5	1.940	1.869	1.845
2.400 00	51.71	51.99	888.2	0.006 82	280.32	380.57	1.262 4	1.570 9	2.006	1.974	1.929
2.500 00	53.53	53.80	874.0	0.006 43	283.74	380.31	1.272 5	1.568 0	2.081	2.095	2.027
2.600 00	55.30	55.56	859.4	0.006 06	287.14	379.92	1.282 6	1.564 9	2.169	2.238	2.143
2.700 00	57.02	57.26	844.4	0.005 71	290.53	379.42	1.292 5	1.561 6	2.272	2.407	2.282
2.800 00	58.68	58.91	828.8	0.005 38	293.92	378.77	1.302 4	1.558 0	2.397	2.613	2.451
2.900 00	60.30	60.52	812.5	0.005 07	297.32	377.97	1.312 2	1.554 0	2.552	2.868	2.662
3.000 00	61.87	62.08	795.4	0.004 76	300.76	376.99	1.322 2	1.549 6	2.748	3.195	2.931
3.200 00	64.88	65.07	757.6	0.004 19	307.87	374.35	1.342 5	1.539 1	3.366	4.224	3.781
3.400 00	67.74	67.89	711.4	0.003 62	315.62	370.30	1.364 5	1.524 9	4.792	6.551	5.695
3.775 00	72.50 ^c	72.50 ^c	574.0	0.001 74	334.80	334.80	1.419 0	1.419 0			

注: b—标准沸点和露点; c—临界点。

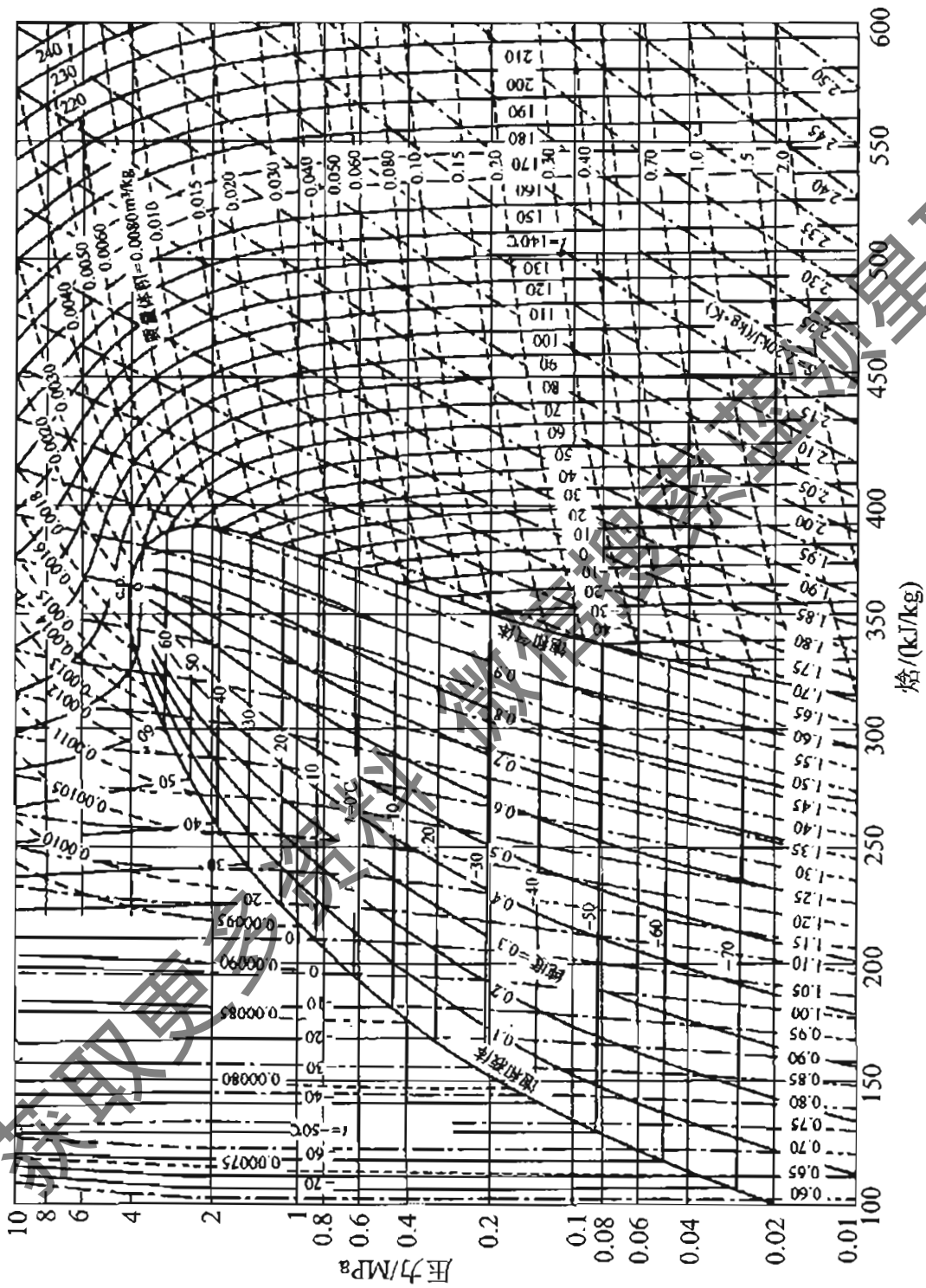


图 2.3-6 R404A 压焓图

表 2.3-13 R407C 的基本物理性质

化学名称	二氟甲烷/五氟乙烷/1,1,1,2-四氟乙烷
分子式	CH ₂ F ₂ /CF ₃ CHF ₂ /CF ₃ CH ₂ F
组成(质量分数)	23/25/52
安全分类	A1
相对分子质量	86.2
沸点(101.3kPa)/K	229.35
滑移温度/K	7.08
凝固点/K	
临界温度/K	359.25
临界压力/kPa	4.635×10 ³
液体热导率(298.15K)/[W/(m·K)]	0.0819
气体热导率(298.15K,0.1MPa)/[W/(m·K)]	0.0131
液态粘度(298.15K)/(Pa·s)	0.100×10 ⁻³
气态粘度(298.15K,0.1MPa)/(Pa·s)	0.012×10 ⁻³
ODP	0
GWP(CO ₂ =1 100 年)	1 530

(二) R407C 的热力学性质

R407C 的热力学性质见表 2.3-14, R407C 的 $\lg p-h$ 图见图 2.3-7。

表 2.3-14 R407C[R32/125/134a(23/25/52)]沸腾状态液体和结露状态气体性质表

压力	温度		密度	质量 体积	焓		质量热容	气体质量 热容比			
	沸点	露点			液体	气体			液体	气体	
MPa	°C		kg/m ³	m ³ /kg	kJ/kg		kJ/(kg·K)				
0.010 00	-82.82	-74.96	1 496.6	1.896 11	91.52	365.89	0.530 2	1.943 7	1.246	0.667	1.181
0.020 00	-72.81	-65.15	1 468.1	1.989 86	104.03	371.89	0.594 2	1.907 1	1.255	0.692	1.180
0.040 00	-61.51	-54.07	1 435.2	2.516 99	118.30	378.64	0.663 5	1.873 0	1.268	0.725	1.181
0.060 00	-54.18	-46.89	1 413.5	3.353 46	127.63	382.97	0.706 8	1.854 3	1.278	0.748	1.184
0.080 00	-48.61	-41.44	1 396.8	4.269 76	134.78	386.21	0.738 9	1.841 6	1.287	0.767	1.186
0.100 00	-44.06	-36.98	1 382.9	5.218 67	140.65	388.83	0.764 8	1.832 1	1.295	0.783	1.189
0.101 32	-43.79 ^b	-36.71 ^b	1 382.1	5.215 97	141.01	388.99	0.766 3	1.831 5	1.295	0.784	1.189
0.120 00	-40.19	-33.19	1 371.0	6.184 13	145.69	391.04	0.786 5	1.824 5	1.302	0.798	1.192
0.140 00	-36.80	-29.87	1 360.4	7.159 18	150.12	392.95	0.805 3	1.818 3	1.308	0.811	1.195
0.160 00	-33.77	-26.90	1 350.9	8.140 27	154.10	394.64	0.822 0	1.813 0	1.314	0.823	1.198
0.180 00	-31.02	-24.21	1 342.2	9.125 44	157.73	396.15	0.837 0	1.808 4	1.320	0.835	1.201
0.200 00	-28.50	-21.74	1 334.1	10.113 48	161.07	397.52	0.850 7	1.804 3	1.326	0.845	1.203
0.220 00	-26.17	-19.46	1 326.6	11.103 63	164.17	398.78	0.863 2	1.800 7	1.331	0.856	1.206
0.240 00	-24.00	-17.34	1 319.5	12.095 37	167.07	399.94	0.874 8	1.797 4	1.336	0.865	1.209
0.260 00	-21.96	-15.35	1 312.8	13.088 34	169.80	401.01	0.885 7	1.794 5	1.341	0.875	1.212
0.280 00	-20.05	-13.47	1 306.5	14.082 28	172.38	402.01	0.895 9	1.791 8	1.346	0.884	1.215
0.300 00	-18.23	-11.70	1 300.4	15.077 00	174.83	402.95	0.905 5	1.789 3	1.351	0.892	1.218
0.320 00	-16.51	-10.01	1 294.6	16.072 36	177.17	403.83	0.914 5	1.786 9	1.355	0.901	1.221

(续表)

压力	温度		密度	质量 体积	焓		熵		质量热容		气体质量 热容比
	沸点	露点			液体	气体	液体	气体	液体	气体	
MPa	°C		kg/m ³	m ³ /kg	kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		c _p /c _v
0.340 00	-14.86	-8.41	1 289.0	0.068 24	179.41	404.67	0.923 2	1.784 8	1.360	0.909	1.224
0.360 00	-13.29	-6.87	1 283.7	0.064 57	181.55	405.45	0.931 4	1.782 7	1.364	0.917	1.226
0.380 00	-11.79	-5.40	1 278.5	0.061 27	183.61	406.20	0.939 2	1.780 8	1.369	0.925	1.229
0.400 00	-10.34	-3.99	1 273.5	0.058 29	185.60	406.91	0.946 8	1.779 0	1.373	0.932	1.232
0.420 00	-8.95	-2.63	1 268.7	0.055 59	187.52	407.59	0.954 0	1.777 3	1.377	0.940	1.235
0.440 00	-7.61	-1.32	1 264.0	0.053 12	189.37	408.24	0.960 9	1.775 7	1.382	0.947	1.238
0.460 00	-6.31	-0.05	1 259.4	0.050 86	191.17	408.85	0.967 6	1.774 1	1.386	0.954	1.241
0.480 00	-5.06	1.17	1 255.0	0.048 78	192.91	409.44	0.974 1	1.772 6	1.390	0.961	1.244
0.500 00	-3.84	2.36	1 250.6	0.046 87	194.61	410.01	0.980 3	1.771 2	1.394	0.968	1.247
0.550 00	-0.96	5.17	1 240.2	0.042 66	198.65	411.33	0.995 1	1.767 9	1.404	0.985	1.254
0.600 00	1.73	7.79	1 230.4	0.039 13	202.45	412.54	1.008 8	1.764 9	1.414	1.002	1.262
0.650 00	4.26	10.25	1 221.0	0.036 13	206.04	413.64	1.021 7	1.762 2	1.423	1.018	1.270
0.700 00	6.65	12.58	1 212.0	0.033 55	209.45	414.64	1.033 8	1.759 6	1.433	1.034	1.277
0.750 00	8.91	14.78	1 203.3	0.031 29	212.71	415.57	1.045 2	1.757 2	1.443	1.050	1.285
0.800 00	11.06	16.87	1 195.0	0.029 31	215.82	416.43	1.056 1	1.754 9	1.452	1.066	1.293
0.850 00	13.11	18.86	1 186.9	0.027 55	218.81	417.23	1.066 4	1.752 8	1.462	1.081	1.302
0.900 00	15.07	20.77	1 179.1	0.025 98	221.69	417.97	1.076 3	1.750 7	1.471	1.097	1.310
0.950 00	16.95	22.59	1 171.5	0.024 57	224.47	418.65	1.085 7	1.748 8	1.481	1.112	1.319

(续表)

压力	温度		密度	质量 体积	焓		熵		质量热容		气体质量 热容比
	沸点	露点			液体	气体	液体	气体	液体	气体	
MPa	°C		kg/m ³	m ³ /kg	kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		c _p /c _v
1.000 00	18.76	24.35	1 164.1	0.023 30	227.15	419.29	1.094 8	1.746 9	1.490	1.127	1.327
1.100 00	22.19	27.67	1 149.8	0.021 09	232.28	420.44	1.112 0	1.743 3	1.510	1.158	1.345
1.200 00	25.39	30.77	1 136.0	0.019 23	237.13	421.44	1.128 1	1.740 0	1.530	1.190	1.365
1.300 00	28.40	33.68	1 122.8	0.017 65	241.74	422.30	1.143 1	1.736 7	1.550	1.222	1.385
1.400 00	31.24	36.42	1 109.9	0.016 29	246.15	423.04	1.157 4	1.733 7	1.571	1.255	1.406
1.500 00	33.94	39.02	1 097.4	0.015 10	250.38	423.68	1.170 9	1.730 7	1.592	1.289	1.428
1.600 00	36.50	41.49	1 085.1	0.014 05	254.44	424.21	1.183 8	1.727 7	1.615	1.324	1.452
1.700 00	38.95	43.84	1 073.1	0.013 12	258.38	424.66	1.196 1	1.724 8	1.638	1.360	1.477
1.800 00	41.29	46.09	1 061.3	0.012 29	262.18	425.02	1.208 0	1.722 0	1.662	1.398	1.504
1.900 00	43.54	48.25	1 049.6	0.011 54	265.88	425.31	1.219 4	1.719 1	1.688	1.438	1.532
2.000 00	45.70	50.31	1 038.1	0.010 87	269.48	425.51	1.230 4	1.716 3	1.715	1.481	1.563
2.100 00	47.79	52.30	1 026.7	0.010 25	273.00	425.65	1.241 1	1.713 5	1.743	1.526	1.596
2.200 00	49.80	54.22	1 015.3	0.009 69	276.43	425.71	1.251 5	1.710 6	1.774	1.573	1.632
2.300 00	51.74	56.07	1 004.0	0.009 17	279.80	425.70	1.261 6	1.707 7	1.806	1.624	1.670
2.400 00	53.63	57.86	992.7	0.008 69	283.10	425.63	1.271 4	1.704 8	1.841	1.679	1.712
2.500 00	55.45	59.58	981.4	0.008 25	286.35	425.48	1.281 0	1.701 8	1.878	1.738	1.757
2.600 00	57.22	61.26	970.0	0.007 84	289.55	425.27	1.290 4	1.698 8	1.918	1.802	1.806
2.700 00	58.94	62.88	958.6	0.007 46	292.71	425.00	1.299 6	1.695 7	1.962	1.872	1.861

(续表)

压力	温度		密度	质量 体积	焓		熵		质量热容		气体质量 热容比
	沸点	露点			液体	气体	液体	气体	液体	气体	
MPa	°C		kg/m ³	m ³ /kg	kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		c _p /c _v
2.800 00	60.62	64.45	947.1	0.007 10	295.83	424.65	1.308 7	1.692 5	2.009	1.948	1.920
2.900 00	62.25	65.98	935.5	0.006 76	298.92	424.23	1.317 6	1.689 2	2.062	2.032	1.987
3.000 00	63.84	67.47	923.8	0.006 44	301.99	423.74	1.326 4	1.685 8	2.120	2.125	2.060
3.200 00	66.90	70.32	899.7	0.005 86	308.08	422.52	1.343 8	1.678 6	2.258	2.345	2.236
3.400 00	69.83	73.02	874.5	0.005 33	314.14	420.96	1.360 9	1.670 9	2.435	2.628	2.463
3.600 00	72.63	75.57	847.8	0.004 84	320.25	419.00	1.377 9	1.662 3	2.673	3.007	2.768
3.400 00	69.83	73.02	874.5	0.005 33	314.14	420.96	1.360 9	1.670 9	2.435	2.628	2.463
3.600 00	72.63	75.57	847.8	0.004 84	320.25	419.00	1.377 9	1.662 3	2.673	3.007	2.768
3.800 00	75.31	78.00	819.0	0.004 39	326.49	416.54	1.395 2	1.652 6	3.013	3.543	3.200
4.000 00	77.90	80.30	787.0	0.003 96	332.98	413.42	1.413 0	1.641 4	3.544	4.363	3.860
4.200 00	80.40	82.46	749.8	0.003 54	339.95	409.31	1.432 1	1.627 7	4.497	5.782	4.996
4.635 00	86.10 ^c	86.10 ^c	506.0	0.001 98	375.00	375.00	1.528 0	1.528 0			

注: b—标准沸点和露点; c—临界点。

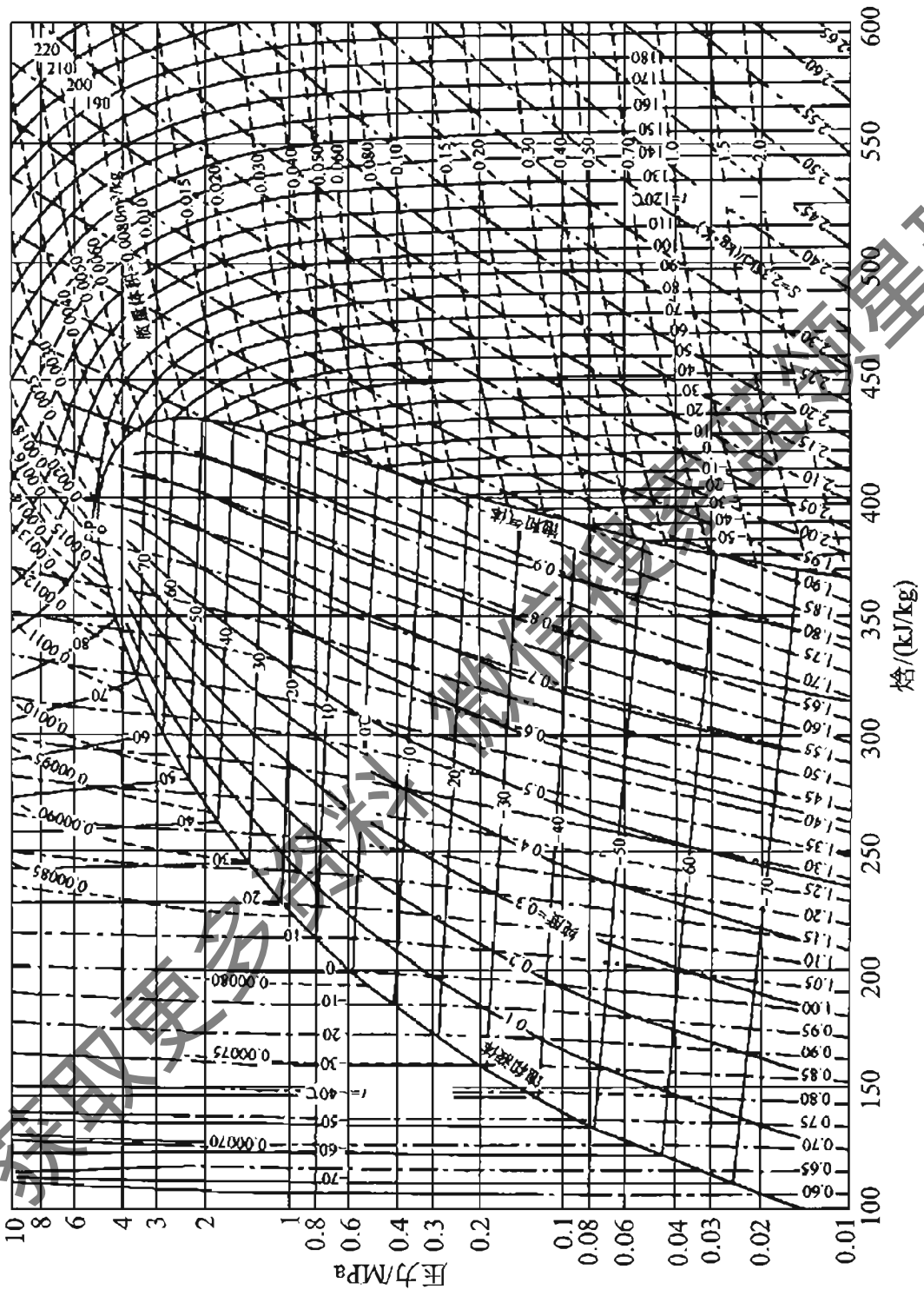


图 2.3-7 R407C 压焓图

八、R410A 的性质

R410A 是由 R32、R125 组成的非共沸混合制冷剂,滑移温度很低。是一种比较理想的 R22 替代物,目前已越来越多地在冷水机组、多联机组中使用。

(一) R410A 的基本物理性质

R410A 的基本物理性质见表 2.3-15。

表 2.3-15 R410A 的基本物理性质

化学名称	二氟甲烷/五氟乙烷
分子式	$\text{CH}_2\text{F}_2/\text{CF}_3\text{CHF}_2$
组成(质量分数)	50/50
安全分类	A1
相对分子质量	72.58
沸点(101.3kPa)/K	221.55
滑移温度/K	0.05
凝固点/K	
临界温度/K	343.35
临界压力/kPa	4.79×10^3
液体热导率(298.15K)/[W/(m·K)]	0.0886
气体热导率(298.15K,0.1MPa)/[W/(m·K)]	0.01134
液态粘度(298.15K)/(Pa·s)	0.120×10^{-3}
气态粘度(298.15K,0.1MPa)/(Pa·s)	0.0127×10^{-3}
ODP	0
GWP(CO ₂ =1 100 年)	1730

(二) R410A 的热力学性质

R410A 的热力学性质见表 2.3-16,R410A 的 $\lg p-h$ 图见图 2.3-8。

表 2.3-16 R410A[R32/125(50/50)]沸腾状态液体和结露状态气体性质表

压力	温度		密度	质量 体积	焓		质量热容	气体质量 热容比				
	沸点	露点			液体	气体			液体	气体		
MPa	°C		kg/m ³	m ³ /kg	kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)					
0.010 00	-88.54	-88.50	1 462.0	2.095 50	78.00	377.63	0.465 0	2.087 9	0.666	1.313	0.666	1.227
0.020 00	-79.05	-79.01	1 434.3	1.995 40	90.48	383.18	0.530 9	2.038 8	0.695	1.317	0.695	1.227
0.040 00	-68.33	-68.29	1 402.4	0.522 78	104.64	389.31	0.601 8	1.991 6	0.733	1.325	0.733	1.230
0.060 00	-61.39	-61.35	1 381.4	0.391 84	113.86	393.17	0.646 1	1.965 0	0.761	1.333	0.761	1.234
0.080 00	-56.13	-56.08	1 365.1	0.299 18	120.91	396.04	0.678 9	1.946 5	0.785	1.340	0.785	1.238
0.100 00	-51.83	-51.78	1 351.7	0.242 59	126.69	398.33	0.705 2	1.932 4	0.805	1.347	0.805	1.242
0.101 32	-51.57 ^b	-51.52 ^b	1 350.9	0.239 61	127.04	398.47	0.706 8	1.931 6	0.806	1.348	0.806	1.242
0.120 00	-48.17	-48.12	1 340.1	0.204 33	131.64	400.24	0.727 3	1.921 1	0.823	1.353	0.823	1.246
0.140 00	-44.96	-44.91	1 329.9	0.176 68	136.00	401.89	0.746 4	1.911 6	0.839	1.359	0.839	1.250
0.160 00	-42.10	-42.05	1 320.7	0.155 72	139.90	403.33	0.763 4	1.903 4	0.854	1.365	0.854	1.254
0.180 00	-39.51	-39.45	1 312.2	0.139 28	143.46	404.62	0.778 6	1.896 3	0.868	1.371	0.868	1.257
0.200 00	-37.13	-37.07	1 304.4	0.126 02	146.73	405.78	0.792 5	1.890 0	0.881	1.376	0.881	1.261
0.220 00	-34.93	-34.87	1 297.1	0.115 10	149.76	406.84	0.805 2	1.884 3	0.894	1.381	0.894	1.265
0.240 00	-32.89	-32.83	1 290.3	0.105 93	152.60	407.81	0.817 0	1.879 1	0.906	1.386	0.906	1.268
0.260 00	-30.97	-30.90	1 283.9	0.098 13	155.27	408.71	0.828 0	1.874 4	0.917	1.391	0.917	1.272
0.280 00	-29.16	-29.10	1 277.7	0.091 41	157.79	409.54	0.838 3	1.870 0	0.928	1.396	0.928	1.276
0.300 00	-27.45	-27.38	1 271.9	0.085 56	160.19	410.31	0.848 1	1.865 9	0.938	1.401	0.938	1.279
0.320 00	-25.83	-25.76	1 266.3	0.080 41	162.47	411.04	0.857 3	1.862 2	0.948	1.405	0.948	1.283

(续表)

压力	温度		密度	质量 体积	焓		熵		质量热容		气体质量 热容比
	沸点	露点			液体	气体	液体	气体	液体	气体	
MPa	°C		kg/m ³	m ³ /kg	kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		c _p /c _v
0.340 00	-24.28	-24.21	1 260.9	0.075 84	164.66	411.72	0.866 0	1.858 6	1.410	0.958	1.287
0.360 00	-22.80	-22.73	1 255.8	0.071 77	166.75	412.36	0.874 3	1.855 3	1.414	0.968	1.290
0.380 00	-21.39	-21.31	1 250.8	0.068 11	168.76	412.96	0.882 3	1.852 1	1.419	0.977	1.294
0.400 00	-20.03	-19.95	1 246.0	0.064 81	170.70	413.54	0.889 9	1.849 1	1.423	0.986	1.298
0.420 00	-18.72	-18.64	1 241.3	0.061 80	172.57	414.08	0.897 2	1.846 3	1.427	0.995	1.301
0.440 00	-17.45	-17.38	1 236.8	0.059 07	174.38	414.60	0.904 2	1.843 6	1.432	1.004	1.305
0.460 00	-16.24	-16.16	1 232.4	0.056 56	176.13	415.09	0.911 0	1.841 0	1.436	1.012	1.308
0.480 00	-15.06	-14.98	1 228.1	0.054 25	177.83	415.56	0.917 5	1.838 5	1.440	1.021	1.312
0.500 00	-13.91	-13.83	1 223.9	0.052 12	179.48	416.00	0.923 8	1.836 1	1.444	1.029	1.316
0.550 00	-11.20	-11.12	1 214.0	0.047 46	183.41	417.04	0.938 8	1.830 5	1.455	1.049	1.325
0.600 00	-8.68	-8.59	1 204.5	0.043 54	187.11	417.96	0.952 7	1.825 4	1.465	1.068	1.334
0.650 00	-6.30	-6.22	1 195.5	0.040 21	190.60	418.80	0.965 7	1.820 7	1.475	1.088	1.344
0.700 00	-4.07	-3.98	1 186.9	0.037 34	193.92	419.56	0.977 9	1.816 3	1.485	1.106	1.353
0.750 00	-1.95	-1.86	1 178.6	0.034 84	197.08	420.25	0.989 4	1.812 2	1.495	1.125	1.363
0.800 00	0.07	0.16	1 170.6	0.032 64	200.10	420.88	1.000 4	1.808 3	1.505	1.143	1.373
0.850 00	1.99	2.08	1 162.9	0.030 69	203.00	421.45	1.010 8	1.804 6	1.515	1.161	1.383
0.900 00	3.83	3.92	1 155.5	0.028 94	205.79	421.97	1.020 7	1.801 1	1.525	1.179	1.393
0.950 00	5.59	5.69	1 148.2	0.027 38	208.49	422.45	1.030 3	1.797 8	1.535	1.197	1.403

(续表)

压力	温度		密度	质量 体积	焓		熵		质量热容		气体质量 热容比
	沸点	露点			液体	气体	液体	气体	液体	气体	
MPa	°C		kg/m ³	m ³ /kg	kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		c _p /c _v
1.000 00	7.28	7.38	1 141.2	0.025 97	211.09	422.89	1.039 4	1.794 6	1.545	1.215	1.414
1.100 00	10.48	10.59	1 127.6	0.023 51	216.06	423.64	1.056 8	1.788 5	1.565	1.251	1.435
1.200 00	13.48	13.58	1 114.5	0.021 45	220.76	424.27	1.072 9	1.782 8	1.586	1.287	1.458
1.300 00	16.28	16.39	1 102.0	0.019 70	225.22	424.78	1.088 1	1.777 4	1.607	1.324	1.482
1.400 00	18.93	19.04	1 089.8	0.018 18	229.48	425.18	1.102 4	1.772 3	1.629	1.362	1.507
1.500 00	21.44	21.55	1 078.0	0.016 86	233.56	425.49	1.116 0	1.767 4	1.651	1.402	1.533
1.600 00	23.83	23.94	1 066.5	0.015 70	237.49	425.72	1.129 0	1.762 7	1.675	1.442	1.561
1.700 00	26.11	26.22	1 055.3	0.014 67	241.29	425.86	1.141 4	1.758 1	1.699	1.485	1.590
1.800 00	28.29	28.40	1 044.2	0.013 75	244.96	425.93	1.153 3	1.753 6	1.725	1.529	1.622
1.900 00	30.37	30.49	1 033.3	0.012 92	248.52	425.93	1.164 8	1.749 2	1.751	1.576	1.655
2.000 00	32.38	32.49	1 022.6	0.012 17	251.99	425.87	1.175 9	1.744 8	1.779	1.625	1.690
2.100 00	34.31	34.43	1 012.0	0.011 49	255.37	425.74	1.186 6	1.740 6	1.809	1.677	1.728
2.200 00	36.18	36.29	1 001.4	0.010 87	258.68	425.54	1.197 0	1.736 3	1.840	1.732	1.768
2.300 00	37.98	38.09	991.0	0.010 30	261.91	425.29	1.207 1	1.732 1	1.874	1.790	1.812
2.400 00	39.72	39.83	980.5	0.009 77	265.08	424.98	1.216 9	1.727 9	1.909	1.853	1.858
2.500 00	41.40	41.51	970.1	0.009 28	268.20	424.61	1.226 5	1.723 7	1.947	1.920	1.909
2.600 00	43.04	43.15	959.7	0.008 83	271.27	424.18	1.235 9	1.719 4	1.988	1.993	1.964
2.700 00	44.62	44.73	949.3	0.008 40	274.29	423.69	1.245 1	1.715 2	2.032	2.072	2.024

(续表)

压力	温度		密度	质量 体积	焓		熵		质量热容		气体质量 热容比
	沸点	露点			液体	气体	液体	气体	液体	气体	
MPa	°C		kg/m ³	m ³ /kg	kJ/kg		kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		c _p /c _v
2.800 00	46.17	46.27	938.8	0.008 01	277.27	423.14	1.254 1	1.710 9	2.080	2.158	2.089
2.900 00	47.67	47.77	928.3	0.007 64	280.23	422.53	1.263 0	1.706 5	2.133	2.252	2.161
3.000 00	49.13	49.23	917.7	0.007 29	283.15	421.85	1.271 8	1.702 1	2.190	2.356	2.240
3.200 00	51.94	52.04	896.0	0.006 65	288.94	420.30	1.289 0	1.693 0	2.323	2.598	2.426
3.400 00	54.61	54.71	873.7	0.006 07	294.67	418.47	1.305 9	1.683 5	2.490	2.904	2.662
3.600 00	57.17	57.26	850.4	0.005 55	300.41	416.29	1.322 6	1.673 4	2.707	3.305	2.971
3.800 00	59.61	59.69	825.8	0.005 06	306.20	413.72	1.339 4	1.662 4	3.002	3.855	3.393
4.000 00	61.94	62.02	799.1	0.004 61	312.13	410.64	1.356 4	1.650 3	3.431	4.661	4.010
4.200 00	64.18	64.25	769.5	0.004 17	318.33	406.86	1.374 1	1.636 5	4.129	5.970	5.004
4.790 00	70.20 ^c	70.20 ^c	548.0	0.001 83	352.50	352.50	1.472 0	1.472 0			

注: b—标准沸点和露点; c—临界点。

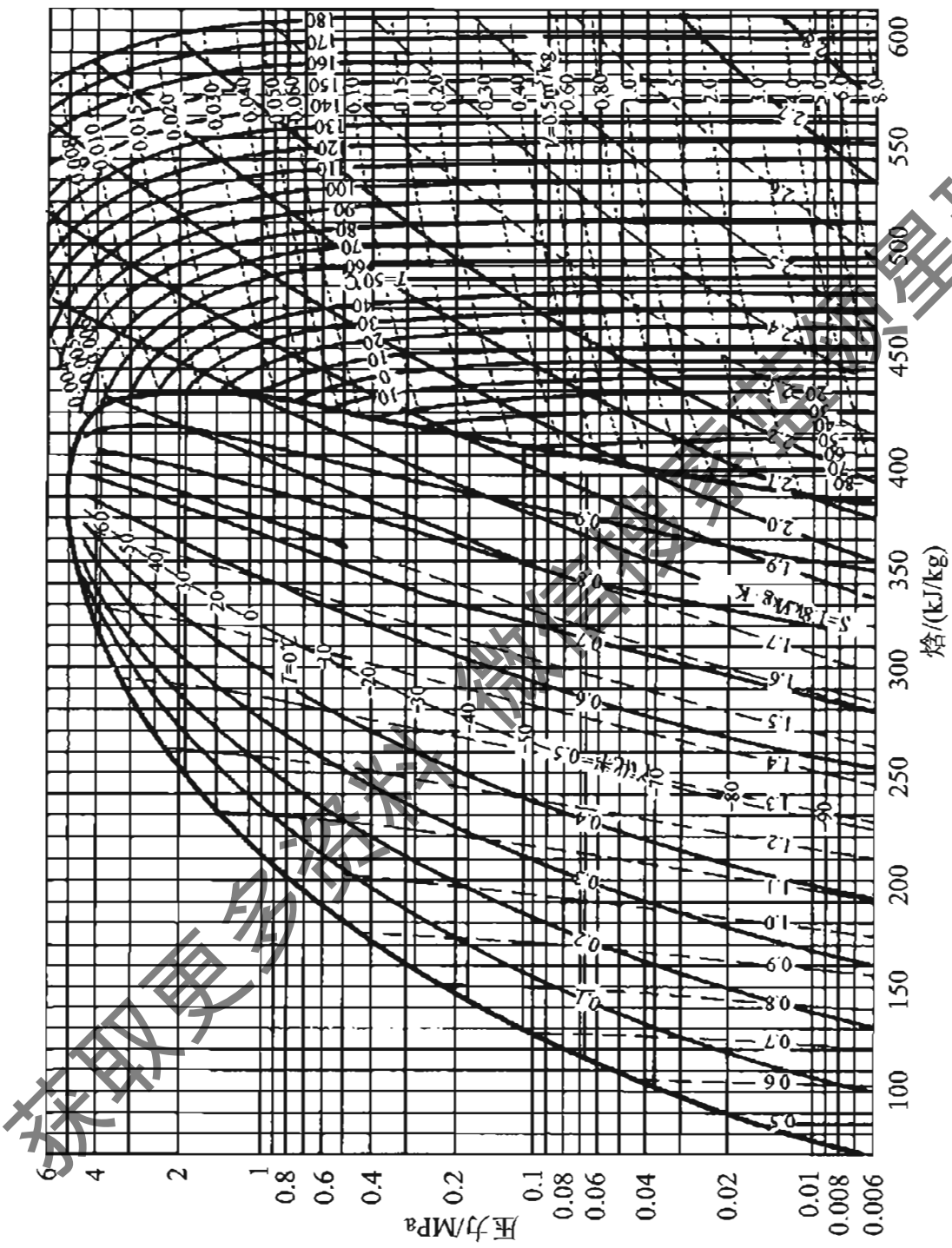


图 2.3-8 R410A 压焓图

第四节 溴化锂溶液

溴化锂溶液是由固体溴化锂溶解于水而成。溴化锂属盐类物质,它的性质与食盐(NaCl)很相似,在大气中不变质、不分解、不挥发,是一种稳定的物质。溴化锂的特性见表 2.4-1。溴化锂溶液是无色透明液体,无毒,有咸苦味,溅在皮肤上微痒。添加铬酸锂缓蚀剂后呈微黄色。添加钼酸锂缓蚀剂后仍是无色透明的液体。溴化锂溶液的质量直接影响溴化锂吸收式机组的性能。市场上购得的溴化锂溶液,应符合(JB/T7247—1994)《溴化锂吸收式冷水机组》标准中对溴化锂溶液所规定的技术要求:

(1) LiBr 的质量分数 $50\% \pm 1\%$ 。

(2) 溶液的 pH 在 9.0~10.5 范围内。

(3) 铬酸锂(Li_2CrO_4)的质量分数:0.1%~0.3%,或钼酸锂(Li_2MoO_4)的质量分数:0.05%~0.2%。

(4) 杂质的最高质量分数:氯化物(Cl^-)0.05%;钡(Ba^{2+})0.001%;硫酸盐(SO_4^{2-})0.02%;钙(Ca^{2+})0.001%;溴酸盐(BrO_3^{2-})无反应;镁(Mg^{2+})0.001%;氨(NH_3^-)0.000 1%;铁(Fe^{3+})0.000 1%;铜(Cu^{2+})0.000 1%。

表 2.4-1 溴化锂的特性

分子式	相对分子质量	外观	密度(25℃)	熔点	沸点
LiBr	86.844	无色粒状晶体	3 464 kg/m ³	549℃	1 265℃

一、溴化锂溶液的主要性质

(一) 溶解度

溴化锂极易溶解于水。常温下,饱和溶液中 LiBr 的质量分数

可达 60% 左右。溶解度是饱和溶液中的溴化锂质量分数。图 2.4-1 所示为溶解度曲线, 也称结晶曲线, 图中曲线上任意一点均表示饱和状态。它的左上方为液相区, 溶液中不会有晶体存在; 右下方是固相区, 溶液处于这一区域, 都会有固体溴化锂和不同数量的结晶水共同析出。若将溶液中的水分蒸发, 或将溶液温度降低, 就会有晶体析出。因此在机组运行时, 必须注意溶液的质量分数 ξ 和温度 t 的范围, 避免发生结晶现象。表 2.4-2 列出不同溴化锂质量分数下的结晶温度。

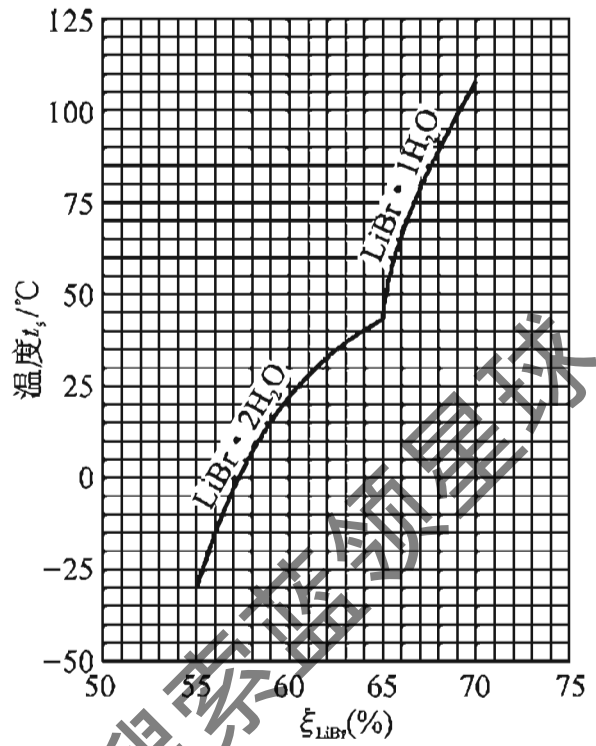


图 2.4-1 溴化锂溶液的结晶曲线

表 2.4-2 国产溴化锂溶液的结晶温度

$\xi_{LiBr}(\%)$	55.0	55.5	56.0	56.5	57.0	57.5	58.0	58.5
结晶温度 $t/^\circ\text{C}$	< -29.7	-21.6	-14.9	-8.3	-2.5	2.5	6.9	10.8
$\xi_{LiBr}(\%)$	59.0	59.5	60.0	60.5	61.0	61.5	62.0	62.5
结晶温度 $t/^\circ\text{C}$	14.4	17.9	21.3	24.5	27.4	30.2	32.7	34.8
$\xi_{LiBr}(\%)$	63.0	63.5	64.0	64.5	64.86	65.0	65.5	66.0
结晶温度 $t/^\circ\text{C}$	36.9	38.8	40.6	42.3	43.2	47.0	56.3	63.7
$\xi_{LiBr}(\%)$	66.5	67.0	67.5	68.0	68.5	69.0	69.5	70.0
结晶温度 $t/^\circ\text{C}$	70.0	75.9	81.7	87.2	92.7	97.7	102.4	107.3

(二) 水蒸气压

由于溴化锂的沸点远高于水的沸点,因此,在与溴化锂溶液达到相平衡的气相中无溴化锂,全部是水蒸气。溴化锂溶液的蒸气压也称为溴化锂溶液的水蒸气压。

溴化锂溶液的水蒸气压随着质量分数的增大而降低,并远低于同温度下水的饱和蒸气压。例如,在 25℃ 时,质量分数为 50% 的溴化锂溶液的水蒸气压仅为 0.8 kPa(6 mmHg),而水在此温度下的饱和蒸气压约为 3.16 kPa(23.8 mmHg)。这表明溴化锂溶液对水蒸气的吸收作用很强,只要水蒸气的压力高于 0.8 kPa,如 6℃ 时纯水(饱和压力为 0.93 kPa)上方的水蒸气就会被 25℃、50% 的溴化锂溶液所吸收。

溴化锂溶液的水蒸气压随温度的升高而增大。已知溴化锂溶液的质量分数和温度,可从图 2.4-3 中查出溴化锂溶液的水蒸气压。

(三) 密度

溴化锂溶液的密度与温度和质量分数 ξ 有关。当温度一定时,随着质量分数增大,其密度也增大;如质量分数一定,则随着温度的升高,其密度减小。表 2.4-3 列出国产溴化锂溶液的密度测定值。利用表 2.4-3,通过测量溶液的密度与温度,可以确定溶液的质量分数。在同一温度下,溴化锂溶液的密度比水大。

(四) 质量定压热容

溴化锂溶液的质量定压热容随温度的升高而增大,随质量分数的增大而减小,而且比水小得多。如温度为 50℃,LiBr 的质量分数为 60% 时,溶液的质量定压热容为 1.880 3 kJ/(kg·K),还不到水的质量定压热容的一半。质量定压热容小,说明在温度变化时吸收和排出的热量少,有利于提高机组的热效率。

表 2.4-3 溴化锂溶液的密度

ζ_{LiBr} (%)	温度/°C											
	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0
	密度 ρ / (kg/m ³)											
40.0	1 390	1 385	1 379	1 374	1 369	1 363	1 358	1 353	1 348	1 342	1 337	
42.0	1 417	1 412	1 406	1 401	1 396	1 390	1 385	1 380	1 375	1 369	1 364	1 359
44.0	1 446	1 440	1 435	1 429	1 424	1 418	1 412	1 407	1 402	1 396	1 391	1 386
46.0	1 476	1 470	1 465	1 459	1 454	1 448	1 443	1 438	1 432	1 427	1 421	1 416
48.0	1 506	1 500	1 495	1 489	1 484	1 478	1 472	1 467	1 462	1 456	1 450	1 445
50.0	1 540	1 534	1 528	1 522	1 516	1 510	1 505	1 499	1 493	1 487	1 482	1 476
52.0	1 574	1 568	1 562	1 556	1 550	1 544	1 538	1 532	1 526	1 520	1 514	1 508
54.0	1 611	1 604	1 598	1 592	1 586	1 579	1 573	1 567	1 561	1 555	1 549	1 542
56.0	1 650	1 643	1 637	1 631	1 624	1 618	1 612	1 605	1 599	1 593	1 587	1 580
58.0	1 690	1 683	1 677	1 670	1 663	1 657	1 650	1 643	1 637	1 631	1 624	1 619
60.0		1 725	1 718	1 711	1 704	1 698	1 691	1 685	1 678	1 672	1 666	1 659
62.0				1 755	1 749	1 742	1 736	1 729	1 723	1 717	1 711	1 704
64.0				1 805	1 799	1 792	1 786	1 779	1 773	1 767	1 760	1 754
66.0							1 838	1 832	1 826	1 819	1 813	1 806
67.0								1 870	1 860	1 851	1 841	1 832

(五) 粘度

粘度是表示流体粘性大小的物理量,有动力粘度 μ 和运动粘度 ν 之分,两者的关系是:

$$\nu = \mu/\rho$$

动力粘度 μ 的单位是 $\text{Pa} \cdot \text{s}$,运动粘度 ν 的单位是 m^2/s 。在一定温度下,随着 LiBr 的质量分数增加,粘度急剧增大;在一定质量分数下,随着温度降低,粘度增大。

(六) 表面张力

溶液的表面张力用 σ 表示,单位为 N/m 。

溴化锂溶液的表面张力与溶液温度和溴化锂溶液的质量分数有关。质量分数不变时, σ 随温度的升高而降低。温度不变时, σ 随质量分数的增大而增大。溶液的表面张力越小,淋在吸收器管簇上的液滴就越细,而且溶液在管簇上很快地展开成薄膜状,可大大增加溶液与蒸汽的接触面积,提高溶液的传热传质的效果。通常在溶液中添加表面活性剂,如辛醇和异辛醇等,以降低溶液的表面张力。

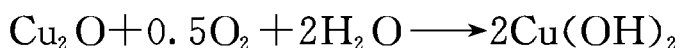
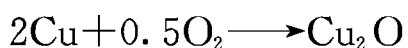
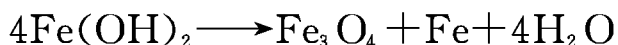
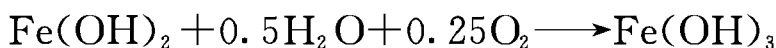
(七) 热导率

热导率是计算传热时的一个重要物理参数。试验表明溴化锂溶液的热导率在一定温度下,随质量分数的增大而减小;在一定的质量分数下,随温度的升高而增高。

(八) 溴化锂溶液的腐蚀性和缓蚀剂

1. 溴化锂溶液对金属产生腐蚀的原因

溴化锂溶液对铁和铜的腐蚀,为下列化学反应的结果:



金属铁和铜在呈碱性的溴化锂溶液中,与氧结合生成铁和铜的氢氧化物,如 Fe_3O_4 或 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 等。同时,铁和铜被氧化失去的电子,与溶液中的氢离子(H^+)相结合,生成不凝性气体 H_2 。进行上述反应的条件是存在氧气,因此隔绝氧气是最根本的防腐措施。

2. 影响溴化锂溶液对金属腐蚀的因素

氧气 氧气的存在是导致溴化锂溶液对金属腐蚀的根本因素。

溶液的温度 试验表明:当温度低于 165°C 时,溶液温度对金属腐蚀影响不大;而当溶液温度超过 165°C 时,溶液对碳钢和紫铜的腐蚀急剧增大。

溶液的酸碱度 溶液的酸碱度可用 pH 值表示。pH 值小于 7 时溶液呈酸性,对金属腐蚀严重。试验表明,pH 在 $9.0\sim 10.5$ 范围内,相当于 LiOH 的浓度在 $0.01\sim 0.04\text{ mol/L}$ 之间,对金属的腐蚀率最小,pH 大于 10.5(相当 LiOH 的浓度为 0.04 mol/L) 时腐蚀也加剧。

溶液中 LiBr 的质量分数 在常压下,在稀溶液中氧的溶解度比浓溶液大,所以稀溶液的腐蚀性比浓溶液大。但在高真空条件下,由于含氧量极少,所以对金属材料的腐蚀率几乎与溶液的质量分数无关。

3. 缓蚀剂的添加

为了防止溴化锂溶液对金属的腐蚀,除了尽可能防止氧气侵入外,在溶液中添加各种缓蚀剂也可有效地抑制溴化锂溶液对金属的腐蚀。因为,缓蚀剂通过化学反应,在金属表面形成了一层细密的保护膜,阻止了碱性溶液、氧气和金属的接触。

现有缓蚀剂的种类有很多,如: $\text{Li}_2\text{M}_2\text{O}_4$ 、 Li_2CrO_4 、 LiNO_3 、氧化铅(PbO)、三氧化二锑(Sb_2O_3)、三氧化二砷(As_2O_3)、苯并三唑 BTA ($\text{C}_6\text{H}_4\text{N}_3\text{H}$)和甲苯三唑 TTA($\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{HCH}_3$)等。

Li_2CrO_4 添加量应在 0.2%~0.3% (质量分数) 之间, 不能一次加到 0.3%, 否则将会产生沉淀物, 造成不良的后果。在吸收式机组运行初期, 需要形成保护膜, 铬酸锂的消耗量要大些, 可以多添一些。机组运行一段时间以后, 保护膜逐渐形成, 铬酸锂在溶液中的质量分数也有所减少, 可根据情况补充。

Li_2MoO_4 的添加量约为 0.02 mol/L (3.48 g/L)。

二、溴化锂溶液的热力图表

(一) 溴化锂溶液的 $p-t$ 图

图 2.4-2 为溴化锂溶液的 $p-t$ 图, 它表示处于气液相平衡状态下溴化锂溶液的质量分数 ξ 、饱和蒸汽压力 p 和温度 t 三者之间的关系, 只要知道任何两个参数, 即可通过 $p-t$ 图来确定另一个参数。

(二) 溴化锂溶液的 $h-\xi$ 图

附录一为溴化锂溶液 $h-\xi$ 图。它表示了与溶液处于相平衡的水蒸气压强 p 、溶液温度 t 、质量分数 ξ 和比焓 h 这四个参数之间的关系。 $h-\xi$ 图的纵坐标是比焓 h , 横坐标是溴化锂溶液的质量分数 ξ 。图中上半区为与溶液处于相平衡的气相区, 气相区中一系列斜线为辅助等压线。辅助等压线上状态点的纵坐标表示水蒸气的比焓, 横坐标表示与水蒸气处于相平衡下溴化锂溶液的质量分数。图中下半区为液相区, 由一系列等温线和等压线组成。

通常规定: 温度为 0°C 时, 水的比焓等于 0; 温度为 0°C 、质量分数为 50% 的溴化锂溶液的比焓为 418.6 kJ/kg。

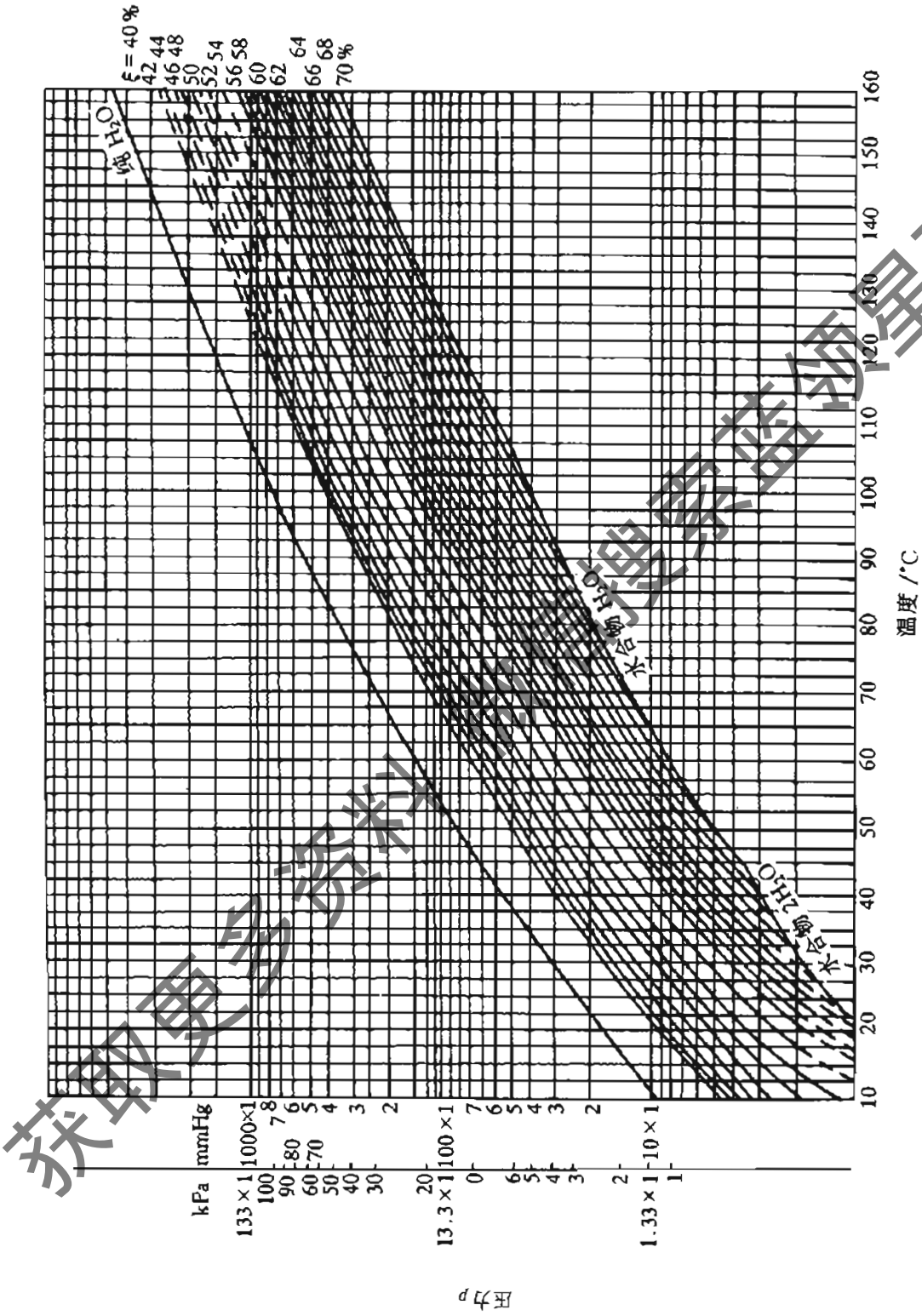


图 2.4-2 溴化锂溶液的 $p-t$ 图

第五节 载冷剂

载冷剂是在间接冷却系统中传递冷量的流动工质,它从被冷却物体中吸收热量,并在蒸发器中将其传给制冷剂。

一、对载冷剂的要求

- (1) 在使用温度范围内不凝固、不汽化。
- (2) 体积热容值大,即载热能力大。
- (3) 粘度小、密度小。
- (4) 热导率大。
- (5) 物理化学性质稳定,腐蚀性小、不燃烧。
- (6) 对环境无污染、无破坏。
- (7) 价格低廉。

二、常用载冷剂

常用的载冷剂有水、无机盐水溶液、有机化合物及其水溶液三类。

(一) 水

水的载热能力强、无毒、腐蚀性小,且价格低廉,因此广泛用于空气调节系统中。但水的凝固点为 0°C ,所以不能用于 0°C 以下的场合。

(二) 无机盐水溶液

在中、低温场合,一般用盐水溶液作为载冷剂。常用的有氯化钠(NaCl)水溶液和氯化钙(CaCl_2)水溶液等。

盐水溶液的凝固点在 0°C 以下,且随溶液的浓度而变化,如图 2.5-1 所示。

盐水溶液的载热能力较大,但对金属有腐蚀性,尤其是略带酸

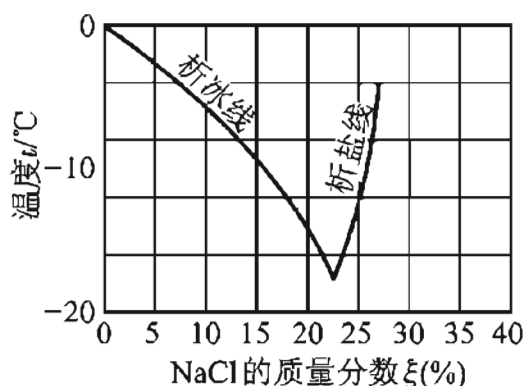


图 2.5-1 氯化钠水溶液的凝固曲线

性并与空气相接触时腐蚀性更强。使用中需加入一定量的缓蚀剂，一般采用氢氧化钠(NaOH)和重铬酸钠($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)。1 m³氯化钙水溶液中应加 1.6 kg 的重铬酸钠和 0.432 kg 的氢氧化钠；1 m³氯化钠水溶液中应加 3.2 kg 的重铬酸钠和 0.864 kg 的氢氧化钠。

氯化钙水溶液的热物理性质见表 2.5-1，氯化钠水溶液的热物理性质见表 2.5-2。

(三) 有机物载冷剂

在一些不允许使用有腐蚀性载冷剂且工作温度在 0°C 以下的场合，可采用有机化合物及其水溶液。乙二醇水溶液是最常用的一种。

乙二醇水溶液载热能力强，无色、无味、不燃烧，但略带毒性，且粘度较大。乙二醇水溶液的热物理性质见表 2.5-3。

表 2.5-1 氯化钙水溶液的热物理性质

密度 $\rho(15^\circ\text{C})$ /(kg/m^3)	质量浓度 ξ (%)	凝固温度 t_f / $^\circ\text{C}$	溶液温度 t / $^\circ\text{C}$	比热 c_p /($\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$)	导热系数 λ /($\text{w}/\text{m}\cdot\text{K}$)	动力粘度 $\mu\times 10^4$ /($\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$)	运动粘度 $\nu\times 10^6$ /(m^2/s)	导温系数 $a\times 10^4$ /(m^2/h)	普朗特数 Pr
1.080	9.4 (10.4)①	-5.2	20	3.643	0.584	12.36	1.15	5.35	7.75
			10	3.634	0.570	15.49	1.44	5.23	9.88
			0	3.626	0.556	21.57	2.00	5.11	14.1
			-5	3.601	0.549	25.50	2.36	5.08	16.7
1.130	14.7 (17.3)	-10.2	20	3.362	0.576	14.91	1.32	5.46	8.7
			10	3.349	0.563	18.63	1.64	5.35	11.05
			0	3.320	0.549	25.60	2.27	5.26	15.6
			-5	3.316	0.542	30.40	2.70	5.20	18.7
			-10	3.308	0.534	40.61	3.60	5.15	25.3
1.170	18.9 (23.3)	-15.7	20	3.148	0.572	17.95	1.54	5.60	9.9
			10	3.140	0.558	22.36	1.91	5.47	12.6
			0	3.128	0.544	29.91	2.56	5.37	17.2
			-5	3.098	0.537	34.32	2.94	5.34	19.8
			-10	3.086	0.529	46.68	4.00	5.29	27.3
			-15	3.065	0.523	61.49	5.27	5.28	35.9

(续表)

密度 $\rho(15^{\circ}\text{C})$ /(kg/m^3)	质量浓度 ξ (%)	凝固温度 t_f / $^{\circ}\text{C}$	溶液温度 t / $^{\circ}\text{C}$	比热 c_p /($\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$)	导热系数 λ /($\text{w}/\text{m}\cdot\text{K}$)	动力粘度 $\mu\times 10^4$ /($\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$)	运动粘度 $\nu\times 10^6$ /(m^2/s)	导温系数 $a\times 10^4$ /(m^2/h)	普朗特数 Pr
1.190	20.9 (26.5)	-19.2	20	3.077	0.569	20.01	1.68	5.59	10.9
			10	3.056	0.555	24.52	2.06	5.50	13.6
			0	3.044	0.542	32.75	2.76	5.38	18.5
			-5	3.014	0.535	38.25	3.22	5.35	21.5
			-10	3.014	0.527	50.70	4.25	5.30	28.9
			-15	3.014	0.521	65.90	5.53	5.23	38.2
1.220	23.8 (31.2)	-25.7	20	2.998	0.565	23.54	1.94	5.62	12.5
			10	2.952	0.551	28.73	2.35	5.50	15.4
			0	2.931	0.538	38.15	3.13	5.43	20.8
			-10	2.910	0.523	59.23	4.87	5.32	33.0
			-15	2.910	0.518	75.51	6.20	5.27	42.5
			-20	2.889	0.511	94.73	7.77	5.20	53.8
			-25	2.889	0.504	115.7	9.48	5.15	66.5
1.240	25.7 (34.6)	-31.2	20	2.889	0.562	26.28	2.12	5.66	13.5
			10	2.889	0.548	32.17	2.51	5.50	16.5
			0	2.868	0.535	42.56	3.43	5.43	22.7
			-10	2.847	0.521	66.78	5.40	5.32	36.6
			-15	2.847	0.514	83.65	6.75	5.25	46.3
			-20	2.805	0.508	105.6	8.52	5.26	58.5
			-25	2.805	0.501	129.2	10.40	5.20	72.0
			-30	2.763	0.494	148.1	12.00	5.21	83.0

(续表)

密度 $\rho(15^\circ\text{C})$ /(kg/m ³)	质量浓度 ξ (%)	凝固温度 t_f /°C	溶液温度 t /°C	比热 c_p /(kJ/kg·K)	导热系数 λ /(w/m·K)	动力粘度 $\mu \times 10^4$ /(N·s/m ²)	运动粘度 $\nu \times 10^6$ /(m ² /s)	导温系数 $a \times 10^4$ /(m ² /h)	普朗特数 Pr
1.260	27.5 (37.9)	-38.6	20	2.847	0.558	29.32	2.33	5.63	14.9
			10	2.826	0.545	36.09	2.87	5.50	18.8
			0	2.809	0.531	48.05	3.81	5.41	25.3
			-10	2.784	0.519	75.22	5.97	5.33	40.3
			-20	2.763	0.506	118.7	9.45	5.24	65.0
1.270	28.4 (39.7)	-43.6	-25	2.742	0.499	147.1	11.70	5.20	80.7
			-30	2.742	0.492	171.6	13.60	5.12	95.5
			-35	2.721	0.486	215.8	17.10	5.12	120.0
			20	2.805	0.557	31.38	2.47	5.62	15.8
			0	2.780	0.529	51.19	4.02	5.40	26.7
1.280	29.4 (41.6)	-50.1	-10	2.763	0.518	80.22	6.32	5.31	42.7
			-20	2.721	0.505	126.5	10.00	5.25	68.8
			-25	2.721	0.498	159.9	12.60	5.18	87.5
			-30	2.700	0.491	188.3	14.90	5.16	103.5
			-35	2.700	0.484	245.2	19.30	5.10	136.5
1.280	29.4 (41.6)	-50.1	-40	2.680	0.478	304.0	24.00	5.07	171.0
			20	2.805	0.555	34.03	2.650	5.57	17.2
			0	2.755	0.528	54.92	4.300	5.40	28.7
			-10	2.721	0.516	86.30	6.750	5.35	45.4
			-20	2.680	0.504	138.3	10.80	5.28	73.4
1.280	29.4 (41.6)	-50.1	-30	2.659	0.490	212.8	16.60	5.19	115.0
			-40	2.638	0.477	323.6	25.30	5.10	179.0
			-45	2.617	0.470	402.1	31.40	5.06	223.0
1.280	29.4 (41.6)	-50.1	-50	2.617	0.464	490.3	38.30	4.98	235.0

(续表)

密度 $\rho(15^{\circ}\text{C})$ /(kg/m^3)	质量浓度 ξ (%)	凝固温度 t_f / $^{\circ}\text{C}$	溶液温度 t / $^{\circ}\text{C}$	比热 c_p /($\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$)	导热系数 λ /($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	动力粘度 $\mu\times 10^4$ /($\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$)	运动粘度 $\nu\times 10^6$ /(m^2/s)	导温系数 $a\times 10^4$ /(m^2/h)	普朗特数 Pr
			20	2.784	0.554	35.11	2.75	5.58	17.8
			0	2.738	0.528	56.88	4.43	5.40	29.5
			-10	2.700	0.515	90.42	7.04	5.34	47.5
			-20	2.680	0.502	144.2	11.23	5.25	77.0
			-30	2.659	0.488	225.6	17.6	5.16	123.0
			-35	2.638	0.483	284.4	22.1	5.10	156.5
			-40	2.638	0.476	353.0	27.5	5.06	196.0
			-45	2.617	0.470	431.5	33.5	5.02	240.0
1.286	29.9 (42.7)	-55	-50	2.617	0.463	509.9	39.7	4.96	290.0
			-55	2.596	0.456	647.2	50.2	4.91	368.0

注:括号中的数值为 100 kg 水中氯化钙的质量(kg)。

索星球 微信搜索 索星球

表 2.5-2 氯化钠水溶液的热物理性质

密度 $\rho(15^\circ\text{C})$ /(kg/m ³)	质量浓度 ξ (%)	凝固温度 t_f /°C	溶液温度 t /°C	比热 c_p (kJ/kg·K)	导热系数 λ (w/m·K)	动力粘度 $\mu \times 10^4$ (N·s/m ²)	运动粘度 $\nu \times 10^6$ (m ² /s)	导温系数 $a \times 10^4$ (m ² /h)	普朗特数 Pr
1.050	7 (7.5)①	-4.4	20	3.843	0.593	10.79	1.03	5.31	6.95
			10	3.835	0.576	14.12	1.34	5.16	9.4
			0	3.827	0.559	18.73	1.78	5.02	12.7
			-4	3.818	0.556	21.57	2.06	5.00	14.8
1.080	11 (12.3)	-7.5	20	3.697	0.593	11.47	1.06	5.33	7.2
			10	3.684	0.570	15.20	1.41	5.15	9.9
			0	3.676	0.556	20.20	1.87	5.08	13.4
			-5	3.672	0.549	24.42	2.26	4.98	16.4
			-7.5	3.672	0.545	26.48	2.45	4.96	17.8
1.100	13.6 (15.7)	-9.8	20	3.609	0.593	12.26	1.12	5.40	7.4
			10	3.601	0.568	16.18	1.47	5.15	10.3
			0	3.588	0.554	21.48	1.95	5.07	13.0
			-5	3.584	0.547	26.09	2.37	5.00	17.1
			-9.8	3.580	0.540	34.32	3.13	4.94	22.9
1.120	16.2 (19.3)	-12.2	20	3.534	0.573	13.14	1.20	5.21	8.3
			10	3.525	0.569	17.26	1.57	5.18	10.9
			0	3.513	0.552	22.26	2.02	5.07	15.1
			-5	3.509	0.544	28.34	2.58	5.00	18.6
			-10	3.504	0.535	34.91	3.18	4.93	23.2
			-12.2	3.500	0.533	42.17	3.84	4.90	28.3

(续表)

密度 $\rho(15^\circ\text{C})$ /(kg/m^3)	质量浓度 ξ (%)	凝固温度 t_f /°C	溶液温度 t /°C	比热 c_p /($\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$)	导热系数 λ /($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	动力粘度 $\mu\times 10^4$ /($\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$)	运动粘度 $\nu\times 10^6$ /(m^2/s)	导温系数 $a\times 10^4$ /(m^2/h)	普朗特数 Pr
1.140	18.8 (23.1)	-15.1	20	3.462	0.582	14.32	1.26	5.32	8.5
			10	3.454	0.566	18.53	1.63	5.17	11.4
			0	3.442	0.555	25.60	2.25	5.05	16.1
1.160	21.2 (26.9)	-18.2	-5	3.433	0.542	31.19	2.74	5.00	19.8
			-10	3.429	0.533	38.74	3.40	4.92	24.8
			-15	3.425	0.525	47.76	4.19	4.86	31.0
1.175	23.1 (30.1)	-21.2	20	3.395	0.579	15.49	1.33	5.27	9.1
			10	3.383	0.563	20.10	1.73	5.17	12.1
			0	3.375	0.547	28.24	2.44	5.03	17.5
1.175	23.1 (30.1)	-21.2	-5	3.366	0.538	34.42	2.96	4.96	21.5
			-10	3.362	0.530	43.05	3.70	4.90	27.1
			-15	3.358	0.522	52.76	4.55	4.85	33.9
1.175	23.1 (30.1)	-21.2	-18	3.354	0.518	60.80	5.24	4.80	39.4
			20	3.345	0.565	16.67	1.42	5.30	9.6
			10	3.337	0.549	21.77	1.84	5.05	13.1
1.175	23.1 (30.1)	-21.2	0	3.324	0.544	30.40	2.59	5.02	18.6
			-5	3.320	0.536	37.46	3.20	4.95	23.3
			-10	3.312	0.528	47.07	4.02	4.89	29.5
1.175	23.1 (30.1)	-21.2	-15	3.308	0.520	57.47	4.90	4.83	36.5
			-21	3.303	0.514	77.47	6.60	4.77	50.0

注:括号中的数值为 100 kg 水中氯化钠的质量(kg)。

表 2.5-3 乙二醇水溶液的热物理性质

浓度 ξ (%)	凝固点 t_f /°C	密度 $\rho(15^\circ\text{C})$ (kg/m ³)	温度 t /°C	比热 c_p (kJ/kg·K)	导热系数 λ (w/m·K)	动力粘度 $\mu \times 10^4$ (N·s/m ²)	运动粘度 $\nu \times 10^6$ (m ² /s)	导温系数 $a \times 10^4$ (m ² /h)	普朗特数 Pr
4.6	-2	1.005	50	4.145	5.88	0.586	0.616	5.33	3.96
			20	4.145	10.78	1.074	0.581	5.0	7.7
			10	4.124	13.72	1.385	0.570	4.95	9.9
			0	4.103	19.6	1.95	0.558	4.85	14.4
8.4	-4	1.010	50	4.103	6.86	0.68	0.593	5.15	4.75
			20	4.061	11.76	1.17	0.569	5.0	8.4
			10	4.061	15.68	1.55	0.558	4.9	11.4
			0	4.061	22.54	2.23	0.546	4.8	16.7
16	-7	1.020	50	4.019	7.84	0.77	0.558	4.9	5.65
			20	3.936	14.70	1.45	0.535	4.8	10.8
			10	3.914	20.58	2.02	0.525	4.72	15.4
			0	3.894	28.42	2.79	0.511	4.63	21.6
19.8	-10	1.025	-5	3.894	34.3	3.37	0.500	4.55	26.6
			50	3.977	7.84	0.76	0.546	4.8	5.7
			20	3.894	16.66	1.63	0.523	4.7	12.5
			10	3.873	22.54	2.20	0.511	4.65	17.0
19.8	-10	1.025	0	3.852	31.36	3.06	0.50	4.55	21.2
			-5	3.852	38.22	3.73	0.488	4.49	30.0

(续表)

浓度 ξ (%)	凝固点 t_f /°C	密度 $\rho(15^\circ\text{C})$ (kg/m ³)	温度 t /°C	比热 c_p (kJ/kg·K)	导热系数 λ (w/m·K)	动力粘度 $\mu \times 10^4$ (N·s/m ²)	运动粘度 $\nu \times 10^6$ (m ² /s)	导温系数 $a \times 10^4$ (m ² /h)	普朗特数 Pr
27.4	-15	1.035	50	3.852	8.82	0.855	0.523	4.62	6.7
			20	3.768	19.6	1.90	0.488	4.50	15.2
			0	3.726	39.2	3.80	0.477	4.45	31.0
			-10	3.684	56.84	5.50	0.477	4.50	44.0
			-15	3.663	70.56	6.83	0.471	4.47	55.0
35	-21	1.045	50	3.726	10.78	1.03	0.477	4.40	8.4
			20	3.642	24.5	2.35	0.465	4.40	19.2
			0	3.588	49.0	4.7	0.465	4.40	37.7
			-10	3.588	76.44	7.35	0.453	4.40	60.0
			-15	3.538	93.1	8.9	0.453	4.40	73.0
			-20	3.517	117.6	11.3	0.453	4.45	92.0

第三章 制冷原理

第一节 制冷与制冷的的方法

一、制冷的定义

制冷是指用人工的方法从低于环境温度的空间或物体中吸取热量并将其转移给周围环境的过程。

制冷的目的是使某物体或空间的温度低于周围环境的温度，并维持这一低温状况。

二、实现制冷的的方法

实现制冷的的方法有相变制冷(液体气化法、固体融化法、固体升华法)、气体膨胀制冷、气体涡流制冷、热电制冷、绝热去磁制冷等。表 3.1-1 为常用制冷机采用的制冷方法及主要应用领域。

表 3.1-1 常用制冷机采用的制冷方法及主要应用领域

制冷机种类	采用的制冷方法	主要应用领域
蒸气压缩式制冷机	液体气化法	空调、冷库、低温工程
蒸气喷射式制冷机	液体气化法	空调
吸收式制冷机	液体气化法	空调
吸附式制冷机	液体气化法	空调
半导体制冷器	热电制冷法	特定空间中的冷却、冷藏
空气压缩式制冷机	气体膨胀法	空调

(一) 相变制冷

液体气化法 利用液体气化时的吸热现象制冷。它是使用最为普遍的一种制冷方法。只要控制液体气化时的压力,就能达到一定的制冷温度。

固体融化法 利用固态物体融化成液态时的吸热现象制冷。如在蓄冷空调系统中的释冷运行,就是利用冰的融化来降温的。

固体升华法 利用固体升华时的吸热现象制冷。如利用干冰(固态的二氧化碳)的升华来降温。

(二) 气体膨胀制冷

高压气体在绝热膨胀后,由于向外输出了功,自身的热力学能降低,从而成为低温气体。利用此低温气体来冷却被冷物体,达到制冷的效果。

(三) 热电制冷

热电制冷也称为半导体制冷,它是利用珀尔帖效应制冷的。热电制冷目前主要应用于特殊场合的冷却和冷藏,如电子器件和电子设备的冷却降温、车用冷藏箱等。

(四) 绝热去磁制冷

利用顺磁材料在绝热去磁过程中温度下降的特性进行制冷。绝热去磁制冷可达到 0.4 K 以下的低温,目前主要用于科研领域。

第二节 单级蒸气压缩式制冷

一、单级蒸气压缩式制冷系统的基本组成与工作原理

蒸气压缩式制冷系统主要由压缩机、冷凝器、节流机构(如膨胀阀、毛细管等)、蒸发器等组成,如图 3.2-1 所示。制冷剂在蒸发器内吸收被冷却物体的热量并汽化成蒸气,压缩机不断地将产生的蒸气从蒸发器中抽出,并进行压缩,经压缩后的高温、高压蒸气

排到冷凝器后向冷却介质(如水、空气等)放热冷凝成高压液体,再经节流机构降压后进入蒸发器,再次汽化,吸收被冷却物体的热量,如此周而复始地循环。

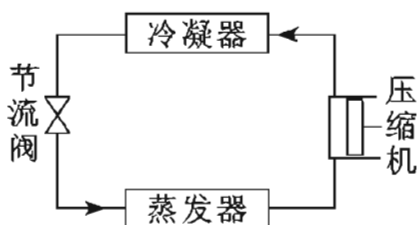


图 3.2-1 蒸气压缩式制冷系统示意图

在实际的制冷装置中,为提高设备运行的经济性和安全可靠性的,除四个基本元件外,还增加了许多辅助设备,如油分离器、储液器、气液分离器、集油器、空气分离器、中间冷却器等,还有压力表、温度计、截止阀、浮球阀、安全阀、液位计和自动控制仪器、仪表等。这些设备和仪器、仪表的有机组合,就构成了完整的、实际的制冷系统。

二、理想制冷循环

理想制冷循环就是逆卡诺循环,它在 $T-S$ 图上的表示如图 3.2-2 所示,由以下四个热力过程组成:

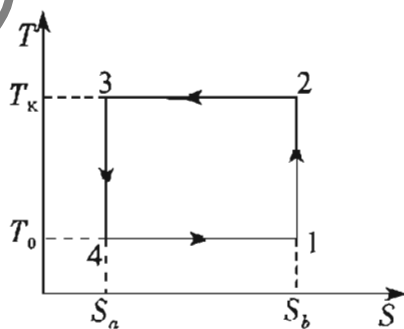


图 3.2-2 理想制冷循环的 $T-S$ 图

- (1) 可逆的绝热压缩过程 $1 \rightarrow 2$, 即等熵压缩过程。
- (2) 可逆的定温放热过程 $2 \rightarrow 3$, 制冷工质在 T_k (称为冷凝温

度)下冷凝,向环境介质放出热量,放热量为 $Q_2 = T_K(S_b - S_a)$ 。

(3) 可逆的绝热膨胀过程 3→4,即等熵膨胀过程。

(4) 可逆的定温吸热过程 4→1,制冷工质在温度 T_0 (称为蒸发温度)下蒸发,吸收被冷却物体的热量,吸热量(即制冷量)为 $Q_1 = T_0(S_b - S_a)$ 。

制冷工质在一次循环中向外界所放出的净热量为 $Q_2 - Q_1$ 。根据热力学第一定律,在一次循环中外界对系统所做的功 W (称为循环功)应等于制冷工质向外界所放出的净热量,即

$$W = Q_2 - Q_1 = (T_K - T_0)(S_b - S_a)。$$

制冷循环的制冷效率用单位功耗所能制取的冷量(即从被冷却物体中吸收的热量)来表达,称为制冷系数。理想循环的制冷系数 ϵ_c 为

$$\epsilon_c = \frac{Q_1}{W} = \frac{T_0}{T_K - T_0} \quad (3-1)$$

由此可见理想循环的制冷系数只与 T_0 、 T_K 有关,当 T_0 下降或 T_K 上升时, ϵ_c 都将下降。

三、理论制冷循环

理论制冷循环为实际制冷循环的近似表达,如图 3.2-3 所示,它由四个热力过程组成。

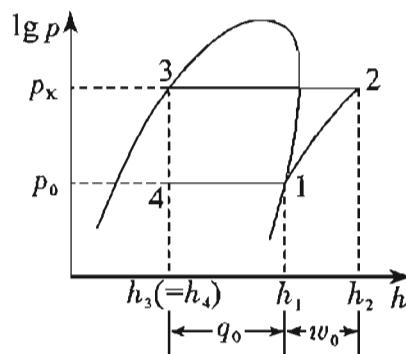


图 3.2-3 理论制冷循环的 $\lg p-h$ 图

(1) 等熵压缩过程 $1 \rightarrow 2$, 压缩机压缩 1 kg 的制冷剂蒸气所做的功记为 w_0 , 称为单位理论功或单位压缩功, $w_0 = h_2 - h_1$ 。

(2) 等压冷凝放热过程 $2 \rightarrow 3$, 1 kg 制冷剂在冷凝器中放出的热量记为 q_K , 称为单位冷凝热量, $q_K = h_2 - h_3$ 。

(3) 绝热节流过程 $3 \rightarrow 4$, 节流前后焓值不变, 即 $h_3 = h_4$ 。

(4) 等压蒸发吸热过程 $4 \rightarrow 1$, 1 kg 制冷剂在蒸发器中吸收的热量记为 q_0 , 称为单位制冷量, $q_0 = h_1 - h_4$ 。

理论制冷循环的制冷系数为 $\epsilon_0 = q_0 / w_0$ 。

四、液体过冷和吸气过热对循环性能的影响

(一) 液体过冷对循环的影响

制冷剂在节流前处于过冷状态时的循环在 $\lg p-h$ 图上的表示为 $1-2-3'-4'-1$, 如图 3.2-4 所示。它相对于无过冷的循环 $1-2-3-4-1$, 其单位制冷量增加了 Δq_0 , 而单位理论功 w_0 不变, 因此循环的制冷系数 ϵ_0 将提高。节流前制冷剂的过冷还有利于膨胀阀的稳定工作。在实际中常采用过冷器、回热器等方法实现节流前制冷剂液体的过冷。

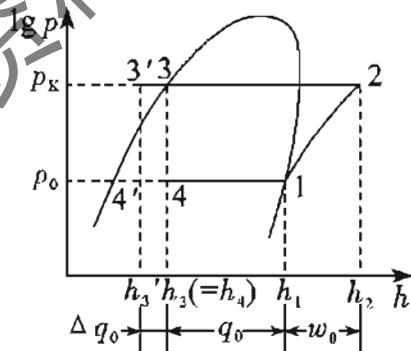


图 3.2-4 液体过冷对制冷循环的影响

(二) 吸气过热对循环的影响

压缩机吸入的制冷剂蒸气为过热蒸气时的循环在 $\lg p-h$ 图上的表示为 $1'-2'-3-4-1'$, 如图 3.2-5 所示。它相对于无过热的循环

1-2-3-4-1,其单位制冷量增加了 Δq_0 (过热发生在蒸发器内),单位理论功也增加为 w_0' 。对一些制冷剂,循环的制冷系数 ϵ_0 将提高,这类制冷剂称为过热有利的制冷剂,如 R12、R502 等。而对另一些制冷剂,循环的制冷系数 ϵ_0 将降低,这类制冷剂称为过热无利的制冷剂,如 R717 等。如果过热发生在吸气管中,则称为有害过热,这种情况下,循环的制冷系数 ϵ_0 总是下降的。吸气过热可避免湿压缩的发生,但会使压缩机的排气温度升高,对过热无利的制冷剂温度升高的幅度更大,严重时会影响到压缩机的正常润滑。因此,对采用过热无利的制冷剂的制冷系统应严格控制其过热度。

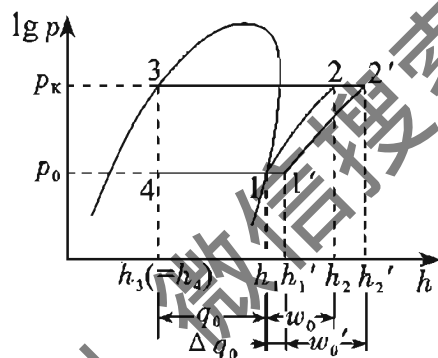


图 3.2-5 吸气过热对制冷循环的影响

(三) 采用回热循环的影响

在制冷系统中使用回热器,利用蒸发器流出的低温制冷剂蒸气来冷却从冷凝器流出的制冷剂液体,使之过冷。采用这种方法的循环称为回热循环。图 3.2-6 为一采用回热循环的制冷系统的流程图和 $\lg p-h$ 图。对使用过热有利的制冷剂的制冷系统可采用回热循环的方式,采用后不仅使循环的制冷系数 ϵ_0 提高,还可避免湿压缩的发生,而压缩机排气温度升高的幅度并不是很大。对使用过热无利的制冷剂的制冷系统不能采用回热循环,若采用,不仅使循环的制冷系数 ϵ_0 降低,还会使压缩机的排气温度大幅度地升高。

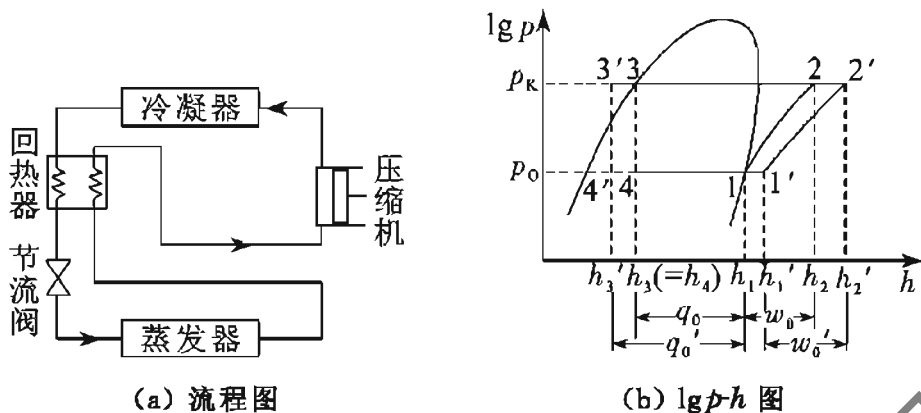


图 3.2-6 回热循环的流程图和 $\lg p-h$ 图

五、理论制冷循环的热力计算

理论制冷循环的热力计算一般根据工作条件(蒸发温度、冷凝温度、吸气温度、过冷温度等)、采用的制冷剂、制冷机应达到的制冷量 Q_0 (kW) 及循环的具体形式(如是否采用回热器、过冷器等)来进行计算。计算的具体内容(参见图 3.2-3)有:

(1) 单位质量制冷量 q_0 (kJ/kg)

$$q_0 = h_1 - h_4 \quad (3-2)$$

(2) 单位容积制冷量 q_v (kJ/m³)

单位容积制冷量 q_v 指压缩机吸入 1 m³ 的制冷剂蒸气经压缩、冷凝后进入蒸发器中所吸收的热量。

$$q_v = q_0 / v_1 = (h_1 - h_4) / v_1 \quad (3-3)$$

式中, v_1 是吸气质量体积 (m³/kg)。

(3) 冷凝器单位热负荷 q_k (kJ/kg)

$$q_k = h_2 - h_3 \quad (3-4)$$

(4) 单位理论耗功 w_0 (kJ/kg)

$$w_0 = h_2 - h_1 \quad (3-5)$$

(5) 制冷剂的循环量(质量流量) G (kg/s)

$$G = Q_0 / q_0 \quad (3-6)$$

(6) 压缩机的输气量(体积流量) V_0 (m³/s)

$$V_0 = v_1 G \quad (3-7)$$

(7) 压缩机的理论耗功率 N_0 (kW)

$$N_0 = G\omega_0 = G(h_2 - h_1) \quad (3-8)$$

(8) 冷凝器的热负荷 Q_k (kW)

冷凝器的热负荷指单位时间内制冷剂在冷凝器中放出的热量。

$$Q_k = Gq_k = G(h_2 - h_3) \quad (3-9)$$

(9) 理论循环制冷系数 ϵ_0

$$\epsilon_0 = \frac{q_0}{\omega_0} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (3-10)$$

(10) 循环的热力完善度 η

热力完善度是衡量制冷循环接近理想制冷循环的程度,它定义为该循环的制冷系数与理想循环的制冷系数之比,即

$$\eta = \frac{\epsilon_0}{\epsilon_c} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \frac{T_k - T_0}{T_0} \quad (3-11)$$

若系统还采用了回热器、过冷器等设备,还应计算回热器和过冷器的热负荷。

六、冷凝温度和蒸发温度变化对制冷系统的影响

(一) 冷凝温度变化的影响

图 3.2-7 是冷凝温度变化时制冷系统的理论循环的压焓图。当蒸发温度 t_0 不变、冷凝温度由 t_k 升高到 t'_k 时,制冷循环由 1-2-3-4-1 改变为 1-2'-3'-4'-1,引起的变化是:

(1) 冷凝压力由 p_k 升高到 p'_k 。

(2) 单位质量制冷量由 q_0 减小为 q'_0 ,单位理论耗功由 ω_0 增大到 ω'_0 ,因此循环的制冷系数 ϵ_0 必然降低;同时,因 q_0 减小,而吸气质量体积 v_1 未变,故单位容积制冷量 q_v 也将减小。

(3) 对于制冷系统来说,在压缩机输气量 V_0 不变的情况下,

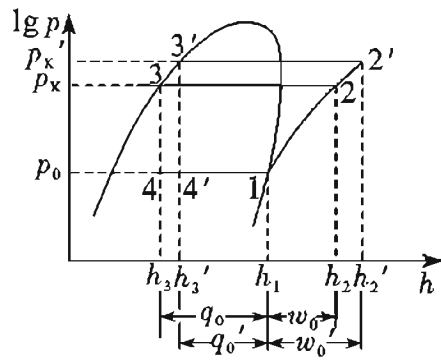


图 3.2-7 冷凝湿度变化对制冷循环的影响

由于吸气质量体积 v_1 未变, 制冷剂的循环量 G 也不会改变, 所以制冷机的制冷量 $Q_0 (=Gq_0)$ 将减少, 压缩机的理论耗功率 $N_0 (=Gw_0)$ 也将增大。

(二) 蒸发温度变化的影响

图 3.2-8 是蒸发温度变化时制冷系统的理论循环的压焓图。当冷凝温度 t_k 不变、蒸发温度由 t_0 降低到 t_0' 时, 制冷循环由 1-2-3-4-1 改变为 1'-2'-3-4'-1', 引起的变化是:

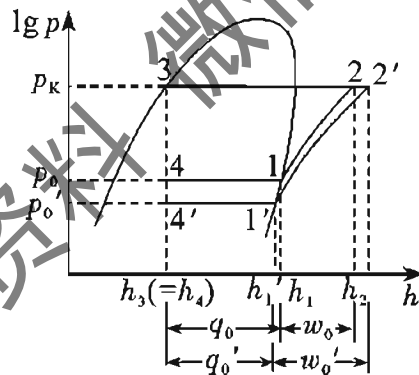


图 3.2-8 蒸发温度变化对制冷循环的影响

(1) 制冷剂的蒸发压力由 p_0 降低到 p_0' 。

(2) 单位质量制冷量由 q_0 减小为 q_0' , 单位理论耗功由 w_0 增大到 w_0' , 因此循环的制冷系数 ϵ_0 必然降低; 同时吸气质量体积 v_1 也增大, 故单位容积制冷量 $q_v (=q_0/v_1)$ 也将减小。

(3) 对于制冷系统来说, 在压缩机输气量 V_0 不变的情况下, 由于吸气质量体积 v_1 增大, 制冷剂的循环量 $G (=V_0/v_1)$ 减小, 所以制冷机的制冷量 $Q_0 (=Gq_0)$ 大幅下降, 压缩机的理论耗功率

$N_0 (=G\omega_0)$ 则视具体情况而变化。热力学分析和实验表明：对于各种制冷剂，大约在压力比 $p_k/p_0 = 3$ 时，压缩机的轴功率达到最大值；当压力比 $p_k/p_0 < 3$ 时，轴功率随蒸发温度的下降而增大；当压力比 $p_k/p_0 > 3$ 时，轴功率随蒸发温度的下降而减小。

第三节 两级压缩与复叠式制冷系统

一、两级压缩制冷系统

(一) 单级压缩的局限性

要达到更低的蒸发温度，就要求更低的蒸发压力，而冷凝压力的高低与环境温度有关，因此压力比 p_k/p_0 必然增大。对于单级蒸气压缩式制冷系统，当压缩机压力比 p_k/p_0 增大时，压缩机的输气能力下降，制冷剂节流损失增加，单位制冷量降低，制冷效率大为降低。当压缩比提高到一定数值后，压缩机甚至不能吸气，从而丧失制冷能力。此外，还会导致压缩机的排气温度升高，使润滑条件恶化。

通常规定，单级氨压缩机最大压缩比不超过 8，氟利昂压缩机则不超过 10。照此限制条件计算，采用 R22、R717 制冷剂的单级压缩所能达到的最低蒸发温度大致如表 3.3-1 所示。当需要更低的蒸发温度时，就需要采用两级压缩制冷系统和复叠式制冷系统。

表 3.3-1 R22、R717 单级压缩能达到的最低蒸发温度

制冷剂	冷凝温度/°C						
	30	35	40	46	49	55	60
	蒸发温度/°C						
R22	-37.0	-34.5	-31.5	-28.0	-15.0*	-8.5*	7.5*
R717	-25.5	-22.5	-19.5	-15.5*	—	—	—

注：有“*”者取决于压力差，其余均取决于压力比。

(二) 两级压缩制冷循环的形式

两级压缩制冷循环是将从蒸发器来的压力为 p_0 的制冷剂蒸气先用低压压缩机(或压缩机的低压级)压缩到中间压力 p_m ,再用高压压缩机(或压缩机的高压级)压缩到冷凝压力 p_k 。两级压缩间大多采用中间冷却,冷却的程度有完全冷却和不完全冷却两种。所谓完全冷却是指将低压压缩机的排气冷却到干饱和蒸气状态,不完全冷却指没有冷却到干饱和蒸气状态,只是一定程度地降低了低压压缩机排气的过热度。而节流过程有一级节流和两级节流两种,两级压缩制冷循环的不同流程图及其特点见表 3.3-2。

两级压缩系统的低压压缩机的输气量一般为高压压缩机的 2~3 倍,启动时大多采用分步启动的方法,先启动高压压缩机,延时一段时间后再启动低压压缩机。

表 3.3-2 各种流程形式的两级压缩制冷循环特点

流程形式	流程图	$\lg p-h$ 图	特点
一级节流 中间完全冷却			便于调节控制、远距离供液,适用于无机物制冷剂
一级节流 中间不完全冷却			便于调节控制、远距离供液,适用于有机物制冷剂

(续表)

流程形式	流程图	lg p-h 图	特点
一级节流中间不冷却			<p>系统简单,但压缩机排气温度较高,适用于采用有机物制冷剂的小型装置</p>
两级节流中间完全冷却			<p>制冷效率较高,但调节控制难度较大,适用于无机物制冷剂</p>
两级节流中间不完全冷却			<p>制冷效率较高,但调节控制难度较大,适用于有机物制冷剂</p>

二、带有经济器的压缩式制冷循环

在使用螺杆式和离心式压缩机的制冷系统中,经济器正得到广泛的应用。带有经济器的制冷循环与两级压缩制冷循环相同,能节省能耗,提高机组的性能系数,并可降低压缩机的排气温度,特别是在低温工况时效果更加明显。

(一) 带有经济器的螺杆压缩机制冷循环

虽然螺杆压缩机的单级压缩比大,但随着压缩比的增大,循环的节流损失增加,压缩机的内部泄漏损失也增加,效率急剧下降。为了改善性能,提高效率,常利用螺杆压缩机吸气、压缩、排气为单方向进行的特点,在压缩机的中部设置一个中间补气口,从经济器中吸入中间压力下的制冷剂蒸气。

图 3.3-1 为带有经济器的一级节流的螺杆压缩机制冷循环系统示意图,其理论循环的压焓图与表 3.3-2 中的一级节流中间不完全冷却系统的压焓图相同。图 3.3-2 为带有经济器的二级节流

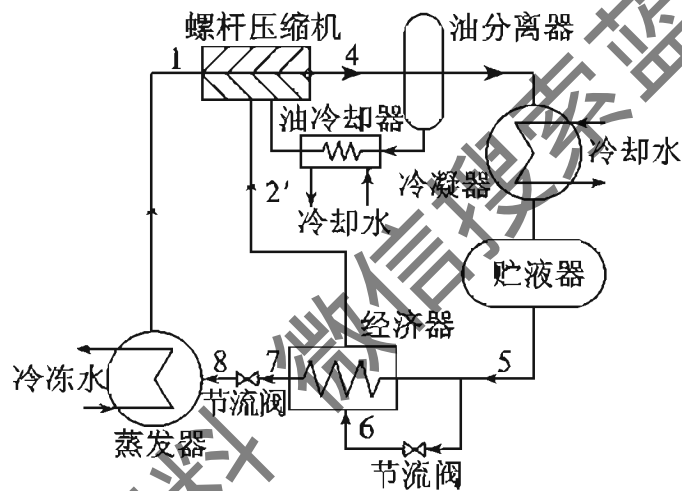


图 3.3-1 一级节流的螺杆压缩机制冷循环系统

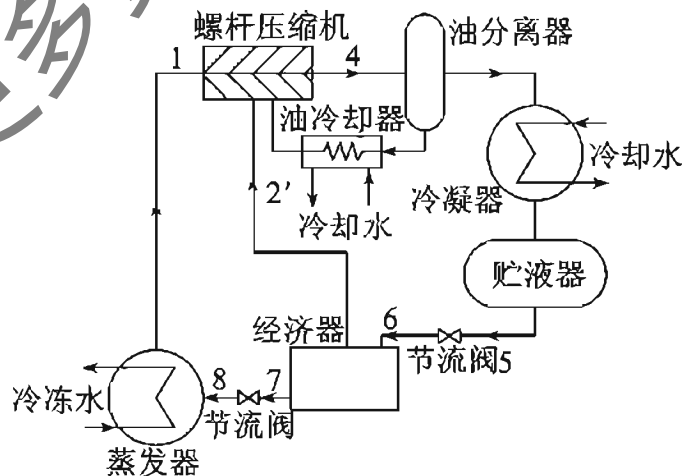


图 3.3-2 两级节流的螺杆压缩机制冷循环系统

的螺杆压缩机制冷循环系统示意图,其理论循环的压焓图与表 3.3-2 中的两级节流中间不完全冷却系统的压焓图相同。两种形式循环的节能效果相近,但经济器的构造不同,一级节流循环便于制冷剂的远距离输送。

(二) 带有经济器的离心式压缩机制冷循环

叶轮在两级以上的离心式压缩机可设置经济器,以增大其制冷效果。图 3.3-3 为开式经济器循环流程图,相当于两级节流中间不完全冷却的两级压缩制冷循环,其理论循环的压焓图见表 3.3-2 中的两级节流中间不完全冷却系统的压焓图。图 3.3-4 为闭式经济器循环流程图,相当于一级节流中间不完全冷却的两级压缩制冷循环,其理论循环的压焓图见表 3.3-2 中的一级节流中间不完全冷却系统的压焓图。闭式适用于蒸发器在冷凝器之上,或两者距离较长、要求有大压差的情形。

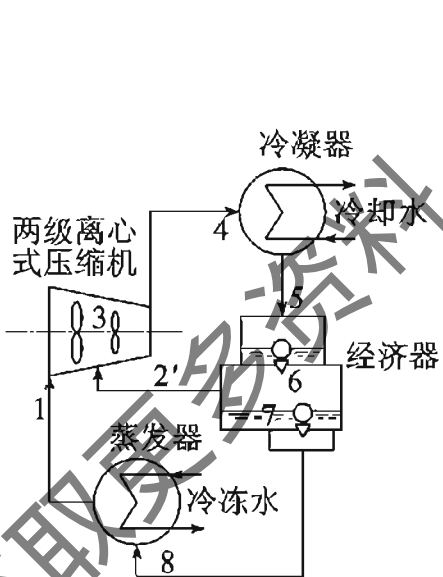


图 3.3-3 带经济器的离心式压缩机制冷循环(开式)系统

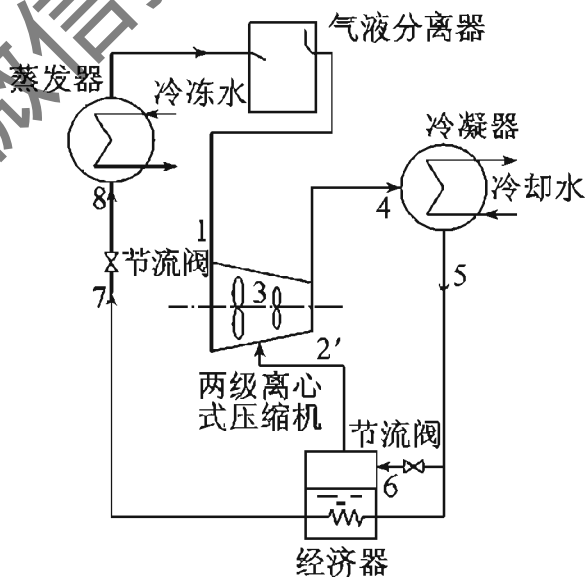


图 3.3-4 带经济器的离心式压缩机制冷循环(闭式)系统

三、复叠式制冷系统

即使采用中温制冷剂的二级蒸气压缩制冷,所能达到的最低

蒸发温度也是有一定限度的。因为蒸发压力过低时,吸气质量容积过大要求压缩机输气量很大,经济性很差。往复式压缩机的气阀还会因吸气压力过小而无法开启。当蒸发温度过低时,甚至会出现制冷剂凝固的现象。若直接采用低温制冷剂,可克服吸气压力过小的问题,但又会出现常温下制冷剂难以液化的问题。因此,使用低温制冷剂时,必须采用一个常规的制冷系统来提供一个供低温制冷剂冷凝的低温场所,这样就形成了一个采用低温制冷剂的低温制冷系统和一个采用中、高温制冷剂的常规制冷系统联合运行而获得更低的蒸发温度的复合系统。该复合系统称为复叠式制冷系统。

复叠式制冷系统通常由高温部分和低温部分组成(如图 3.3-5 所示),每一部分都是一个完整的制冷系统。高温部分采用中、高温制冷剂,低温部分采用低温制冷剂。两部分共用一个换热器,称为冷凝蒸发器,低温制冷剂的排气进入其中放出热量而冷凝,高温部分的制冷剂节流后进入其中蒸发吸热。因此,它既是低温部分的冷凝器,又是高温部分的蒸发器。高温部分的制冷剂蒸发使低温部分的制冷剂冷凝,低温部分制冷剂再蒸发吸热,达到制取低温的目的。低温部分的冷凝温度必须高于高温部分的蒸发温度,这个温差就是蒸发冷凝器的传热温差 Δt ,通常 $\Delta t=5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 。

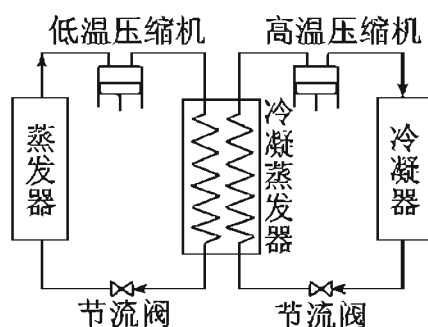


图 3.3-5 复叠式制冷系统示意图

第四节 吸收式制冷

一、吸收式制冷机的工作原理

吸收式制冷机是利用溶液对其低沸点组份的蒸气具有强烈的吸收作用这一特点达到制冷目的的。吸收式制冷机内采用的工质是由低沸点物质和高沸点物质组成的工质对。其中低沸点物质作为制冷剂,高沸点物质作为吸收剂。在氨水溶液吸收式制冷机中,氨为制冷剂,水为吸收剂。在溴化锂水溶液吸收式制冷机中,水为制冷剂,溴化锂为吸收剂。目前广泛使用的是溴化锂水溶液吸收式制冷机。溴化锂的沸点很高($1\ 265^{\circ}\text{C}$),在溴化锂水溶液上方的蒸汽几乎全部为水蒸气,而溴化锂溶液中的溴化锂分子对水分子的吸引作用很强,使溶液上方水蒸气的饱和压力较之同温度下水的饱和蒸汽压力低很多。由于溴化锂溶液和水之间存在蒸汽压力差,溴化锂溶液即吸收水的蒸汽,如图 3.4-1 所示,水则进一步蒸发吸收热量,使本身温度降低到对应的较低压力的蒸发温度从而实现制冷目的。溴化锂吸收式制冷机的主要设备有:发生器、冷凝器、蒸发器、吸收器、节流机构、溶液热交换器和溶液泵等,如图 3.4-2 所示。在发生器中,浓度较低的溴化锂溶液被加热,使溶液中的水蒸发出来,溶液则被浓缩。浓溶液送往吸收器,水蒸气则进入冷凝器凝结成制冷剂水。制冷剂水经节流机构降压后进入蒸发器蒸发吸热制取冷量,然后被吸收器中的溶液所吸收。吸收式制冷机的热力系数 ξ 定义为制冷量与耗热量之比[见式(3-12)],热力系

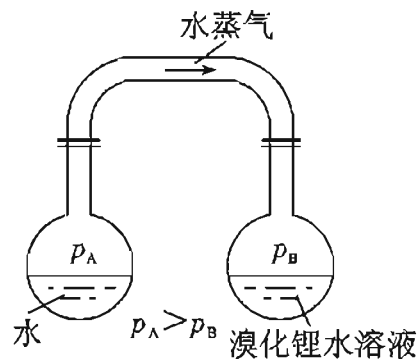


图 3.4-1 吸收制冷的原理

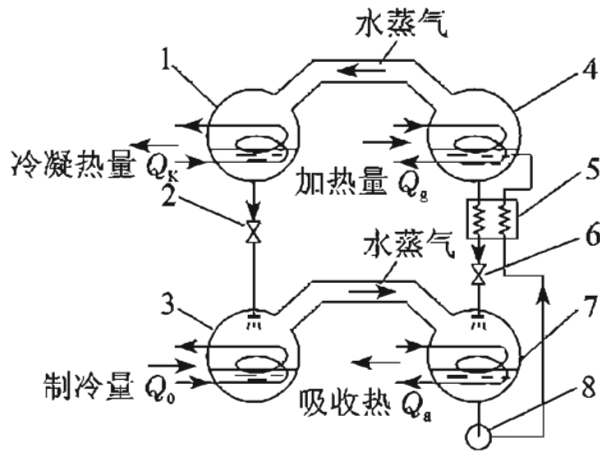


图 3.4-2 吸收式制冷机的基本组成及工作原理
 1—冷凝器 2—节流阀 3—蒸发器 4—发生器
 5—溶液热交换器 6—减压阀 7—吸收器 8—溶液泵

数是衡量吸收式制冷机效率高低的，它相当于蒸汽压缩式制冷机的制冷系数。

$$\zeta = \frac{Q_0}{Q_g} \quad (3-12)$$

式中 Q_0 ——蒸发器的热负荷，即制冷量(kW)；
 Q_g ——发生器的热负荷(kW)。

二、单效吸收式制冷机

单效溴化锂吸收式制冷循环的工作原理如图 3.4-3 所示。冷剂水由蒸发器泵抽吸并喷淋在蒸发器的管簇外部，冷剂水吸收管内冷冻水的热量而蒸发，冷冻水因之降温以供制冷降温使用。蒸发出的水蒸气不断地流向吸收器，被喷淋到吸收器管簇外的溴化锂溶液所吸收，吸收过程中放出的热量被冷却水管内的冷却水带出。吸收器出来的稀溶液一部分通过溶液泵经过溶液热交换器送往发生器，另一部分则流到引射器中。在引射器中，稀溶液与溶液热交换器出来的浓溶液混合成中间浓度的溶液并流到吸收器中，喷淋到吸收器管簇外吸收水蒸气。被送到

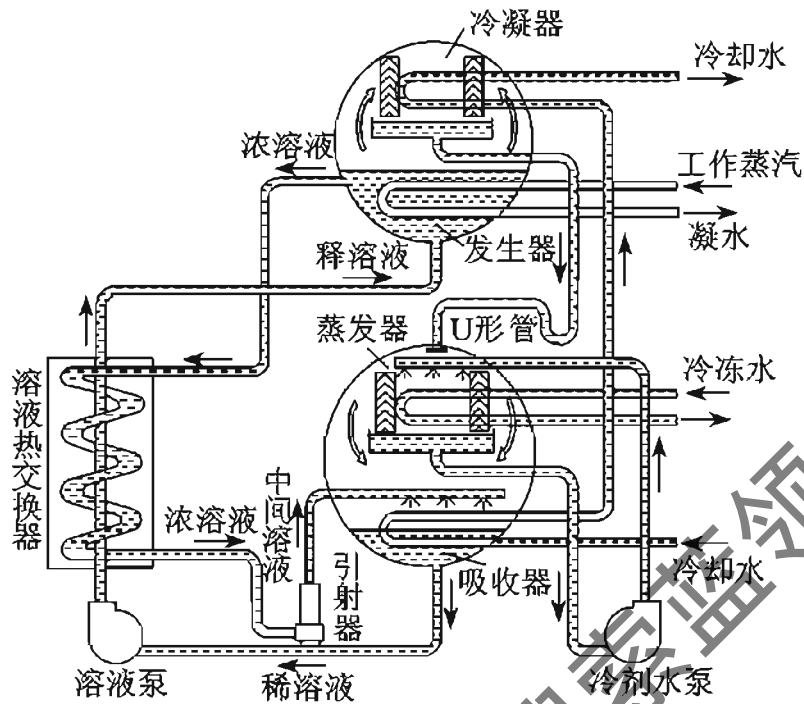


图 3.4-3 单效吸收式制冷循环工作原理图

发生器的稀溶液在发生器中被加热,溶液温度升高而沸腾,溶液中的水分汽化,溶液变浓。浓溶液借助重力和压差的作用流往溶液热交换器。由发生器汽化出的水蒸气进入冷凝器中凝结成冷剂水,其凝结潜热被管内的冷却水带走。冷剂水经 U 形管降压(节流)送往蒸发器,再被冷剂泵抽吸、喷淋、蒸发吸热。如此循环,不断地完成制冷过程。

三、双效吸收式制冷机

双效溴化锂机组与单效机组的主要区别是增加了一个高压发生器和一个高温溶液热交换器。它的循环流程要复杂得多。根据稀溶液进入高、低压发生器的方式,可分为串联流程、并联流程和串并联流程。图 3.4-4 为一串联流程的双效吸收式制冷机的工作原理图。在该系统中高压发生器内产生的冷剂蒸气不是直接去冷凝器,而是送到低压发生器放出热量,高压发生器内的浓溶液也不是直接去吸收器,而是送至低压发生器再一次蒸发出水蒸气。这

样既节省了加热量,又减少了冷凝器的热负荷,使机组的效率得到提高。

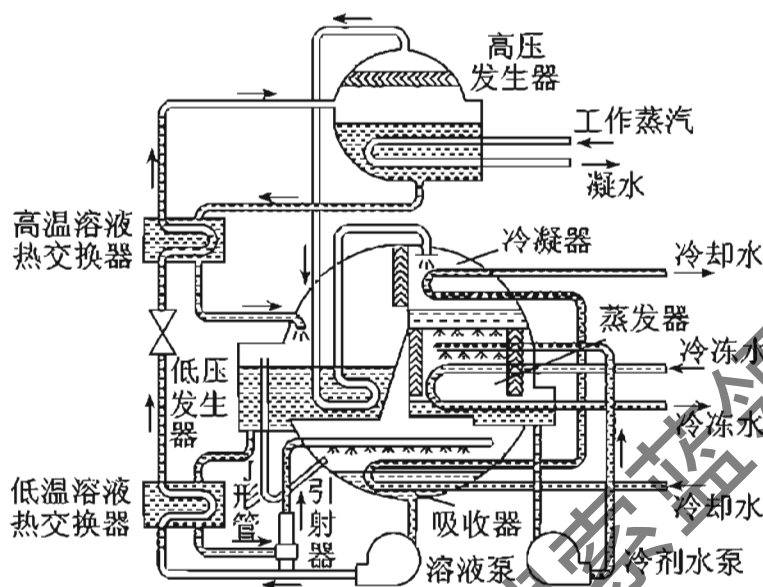


图 3.4-4 双效吸收式制冷循环工作原理图

第五节 热电制冷

一、珀尔帖效应

当直流电通过两种不同导电材料构成的回路时,结点上将产生吸热或放热(图 3.5-1)现象,结点处是吸热还是放热取决于电流的方向,这是法国人珀尔帖在 1834 年首先发现的。实验表明,结点上的换热量(珀尔帖热) Q_p 与电流 I 成正比,即

$$Q_p = \pi_{ab} I$$

式中,比例常数 π_{ab} (珀尔帖系数)与选用的材料 a、b 有关,并与结点的温度成正比。当选用半导体材料时,珀尔帖效应比较显著,目

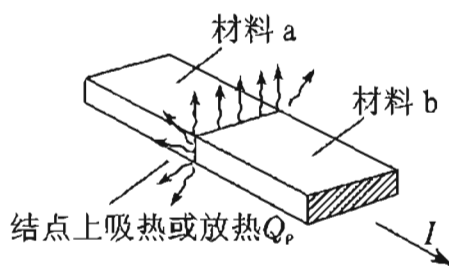


图 3.5-1 珀尔帖效应示意图

前的热电制冷装置均采用半导体材料,故热电制冷也称为半导体制冷。

二、热电制冷原理

热电制冷是利用电能直接使热量从低温物体移至高温物体的。如图 3.5-2 所示,把一只 P 型半导体元件和一只 N 型半导体元件联结成热电偶,接上直流电源后,在接头处就会产生温差和热量的转移。在图中,上面的接头处的电流的方向是 $N \rightarrow P$,温度下降并且吸热,这就是冷端。而在下面的接头处,电流的方向是 $P \rightarrow N$,温度上升并且放热,因此是热端。

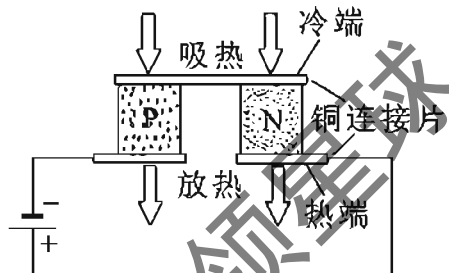


图 3.5-2 热电制冷原理图

一对热电偶能制取的冷量极其有限,实用中是把许多对热电偶组合起来使用。如图 3.5-3 所示,把许多对半导体热电偶在电路上串联起来,而在传热方面则是并联的,这就构成了一个常见的制冷热电堆。按图示接上直流电源后,这个热电堆的上面是冷端,下面是热端。借助热交换器等各种传热手段,使热电堆的热端不断散热并且保持一定的温度,把热电堆的冷端放到工作环境中去吸热降温,这就是热电制冷器的工作原理。

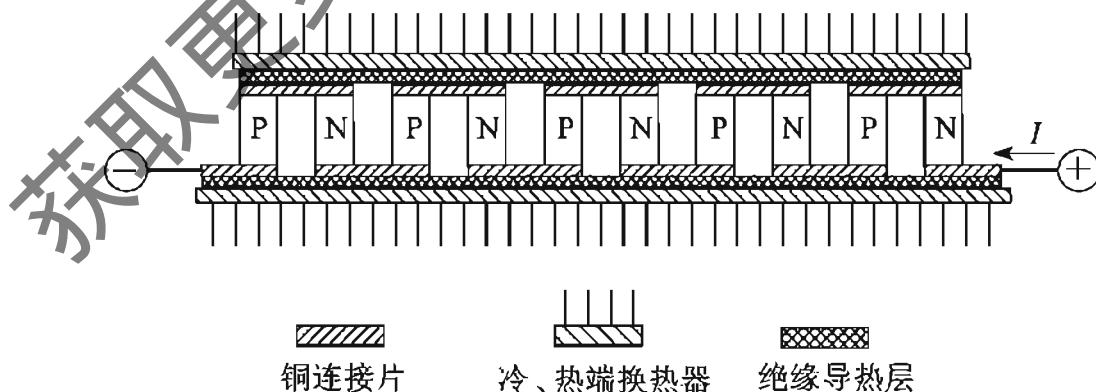


图 3.5-3 热电堆

在热电回路中,还有两种效应应当考虑:电流流经回路时产生的焦耳热和温度不同的两个结点之间的导热。

三、热电制冷器的特点

热电制冷器的结构简单,工作稳定,无噪声,体积小,制冷系数较低;在工作时需使用直流电源,且要求低电压、大电流;热电制冷器的冷、热端转换非常简单,只需更改电源的连接方式,使电流流向反转即可。热电制冷器多设计成微型或小型装置,用于一些特殊的场合。

获取更多资料

微信搜索蓝领精英

第四章 制冷压缩机

制冷压缩机是制冷装置中最主要的设备,通常称为制冷装置中的主机。制冷压缩机把制冷剂蒸气从低压提升为高压,并使制冷剂在制冷系统中不断流动。由于压缩机不断地从蒸发器中吸取制冷剂蒸气,从而起到了维持蒸发器内一定的蒸发压力的作用。

制冷压缩机的种类和形式很多,根据其基本工作原理,可分为容积型和速度型两大类。在容积型压缩机中,制冷剂蒸气压力的提高是靠工作腔容积的缩小来实现的。容积型压缩机根据其工作部件的运动形式,又可分为往复式(活塞式)和回转式两类,回转式压缩机有滚动转子式、螺杆式、涡旋式、滑片式等。速度型压缩机是靠高速旋转的工作叶轮对蒸气做功,使压力升高并使制冷剂在制冷系统中循环流动的,根据蒸气的流动方向可分为离心式和轴流式两种,目前使用的一般均为离心式。

第一节 活塞式制冷压缩机

活塞式制冷压缩机是问世最早的压缩机,它依靠汽缸工作容积的变化,把制冷剂蒸气从低压提升为高压,并使其在制冷系统中不断地流动,完成工作循环。

一、活塞式制冷压缩机的分类

按压缩机的汽缸数,可分为单缸、双缸和多缸压缩机三种类型。多缸又有3、4、6、8等几种形式。改变汽缸数目可以获得不同的制冷量。国产系列压缩机中汽缸数目均未超过8个,国外也有采用9、10、12、16等缸数的机型。

按汽缸布置方式,可分为卧式、立式和角度式压缩机,其中角度式常见的形式有 V 型、W 型、S 型(扇型)及 Y 型等。

按压缩级数分类,可分为单机单级和单机双级压缩机。单机单级压缩机使用最为普遍。而单机双级压缩机是在单机单级压缩机的基础上,增添汽缸间的外部连接管路,使若干个汽缸对制冷剂进行第一次压缩,然后制冷剂蒸气经管路流到其余的汽缸,完成第二次的压缩。单机双级压缩机只用于一些中、小型的两级压缩制冷系统中。

按使用温度范围,可分为高温、中温、低温三种,其吸入压力饱和温度范围分别为 $-15\sim 12.5^{\circ}\text{C}$ 、 $-25\sim 0^{\circ}\text{C}$ 和 $-40\sim -12.5^{\circ}\text{C}$ 。

按电动机与压缩机的组合形式,可分为开启式和封闭式,而封闭式又可进一步分为半封闭式和全封闭式两种。

按压缩机主轴转速的高低,可分为低速、中速、高速三类。一般认为转速在 500 r/min 以下和 900 r/min 以上分别称为低、高速压缩机,两者之间的称为中速压缩机。

二、活塞式制冷压缩机的基本结构

活塞式制冷压缩机由机体、曲轴、连杆组件、活塞组件及吸、排气阀组件等构成,图 4.1-1 为活塞式制冷压缩机的结构示意图。

1. 机体

机体也就是压缩机的机身,包括曲轴箱、汽缸盖、轴承盖等固定件。机体内腔由隔板分成上、中、下三部分,分别为排气腔、吸气腔和曲轴箱。

2. 曲轴

曲轴将电动机输入的功率通过连杆组件传给活塞,转化为压缩功。在工作过程中承受着推拉、剪切、弯曲和扭转的作用。因此,曲轴应有足够的强度和刚度、良好的动平衡性,受力面应有较低的粗糙度和较好的耐磨性。

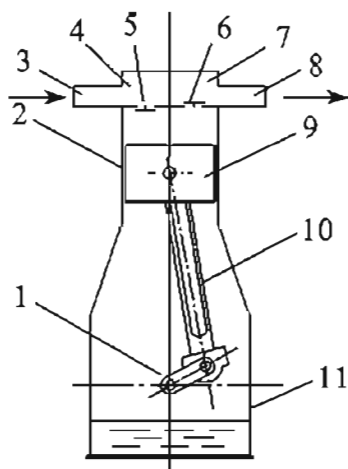


图 4.1-1 活塞式压缩机结构示意图

- 1—曲轴 2—汽缸体 3—吸气管 4—吸气腔
5—吸气阀 6—排气阀 7—排气腔 8—排气管
9—活塞 10—连杆 11—曲轴箱

曲轴有曲拐式和偏心式两种类型,曲拐式又有单曲拐和双曲拐两种形式。偏心式曲轴结构简单,一般用于小型全封闭式压缩机。

3. 连杆组件

连杆组件包括连杆体、连杆小头衬套、连杆大头轴瓦和连杆螺栓等。

连杆体主身截面成工字形,一端为大头,另一端为小头,在连杆主身内有一纵向连通大头和小头的油孔以润滑小头衬套。

连杆小头衬套以过盈配合装在连杆小头内,与活塞销为间隙配合。其作用是避免连杆小头被活塞销磨损并便于检修更换。在衬套内圈开有环状油槽,安装时应与连杆体上的油孔对正。

连杆大头轴瓦装在连杆大头内,有整体式和剖分式。其作用是改善连杆大头与曲轴之间的磨损情况,并在磨损后便于检修更换。

连杆螺栓用于连接连杆体与大头盖,在工作中承受着反复的拉伸、冲击和震动的作用,很容易断裂、松脱而引发事故。因此,连

杆螺栓一般采用高强度材料制造,螺母设有防松装置。

4. 活塞组件

活塞组件包括活塞、活塞销、活塞环等。

活塞为筒形,可分为顶部、环部、裙部和活塞销座四个部分。活塞顶部与汽缸内壁和汽缸顶部构成汽缸的工作容积。安装活塞环的柱形部分为活塞环部。环部以下的部分为活塞的裙部,起导向作用。活塞销座是安装活塞销的部位。

活塞销在销座孔中和连杆小头孔中不得固定,活塞销不得伸出活塞,在活塞销座孔两端环槽内应安装弹簧挡圈。

活塞环有气环和油环两种。气环密封汽缸的工作容积,防止被压缩的气体通过汽缸间隙漏入曲轴箱。油环的作用是刮下汽缸壁上的润滑油,避免过多的润滑油窜入汽缸。气环安装在靠近活塞顶部,油环安装在气环的下面。

为了减少零部件,简化机器结构,也有一些中、小型活塞式压缩机不设置活塞环。

5. 吸、排气阀组件

吸、排气阀组件包括吸、排气阀片、阀座、气阀弹簧等。吸、排气阀的形式有环状阀、网状阀、簧片阀等。吸、排气阀是压缩机的重要部件,它的质量好坏直接影响到压缩机工作的可靠性和机器的效率。

6. 润滑系统

润滑系统是为了减少压缩机各运动部件的磨损,保证压缩机安全正常运行不可缺少的部分。活塞式制冷压缩机均使用润滑油(也称为冷冻机油)润滑,它除了起到润滑作用外,同时还能起冷却、降低噪声、清洁零部件表面的作用。

活塞式压缩机的润滑方式有飞溅式润滑和压力式润滑两种。

飞溅式润滑借助曲轴连杆机构的运动,把曲轴箱中的润滑油甩向各部件的表面,并能按照设计选定的路线流经需要润滑的表

面。这种润滑不设油泵,油压低(9.8~19.6 kPa),润滑油的循环量也较少,对摩擦面的冷却效果较差。这种润滑方式主要用于小型压缩机。

压力式润滑是利用油泵产生的压力油,通过输油管路输送到需要润滑的各个摩擦面。这种润滑方式油压高(一般比吸气压力高0.15~0.3 MPa),油量足,润滑安全可靠,主要用于大、中型压缩机的润滑。

7. 能量调节系统

活塞式制冷压缩机的能量调节方法有开停法、旁通法、改变压缩机运转速度等方法。

没有设置能量调节装置的压缩机,其能量调节只能依靠压缩机运行和停止的时间来调节,这种调节法不仅调节品质较低,还会由于压缩机的频繁启动容易发生故障,并降低压缩机的使用寿命。

旁通调节法是将压缩机的吸气腔和排气腔旁通,使该汽缸失去压缩作用,从而起到能量调节的作用。实现旁通的方法有顶开吸气阀片和设置旁通管路并在管路上安装电磁阀进行控制等。

通过改变电动机定子绕组的磁极对数或改变电源频率(变频)可改变压缩机运转的速度,从而起到能量调节的作用,但在活塞式制冷压缩机中使用很少。

三、活塞式制冷压缩机的工作过程

(一) 有关名词

上止点 活塞在汽缸中做反复运动时,离曲轴旋转中心最远的位置(即活塞处于最上端的位置),如图 4.1-2 中的“Ⅲ”位置。

下止点 活塞在汽缸中做反复运动时,离曲轴旋转中心最近的位置(即活塞处于最下端的位置),如图 4.1-2 中的“Ⅰ”位置。

活塞行程 上止点与下止点之间的距离,通常用 S 表示,它等于曲柄半径 R 的 2 倍,即 $S=2R$ 。

余隙容积 活塞位于上止点时,活塞顶面与汽缸端面之间的容积,气阀通道(与汽缸一直相通的)及第一道活塞环以上的环形容积的总和,以 V_c 表示。

(二) 工作过程

活塞式制冷压缩机对制冷剂蒸气的压缩,是由活塞在汽缸内的往复运动来完成的。活塞式制冷压缩机的工作过程如图 4.1-2 所示,可分为压缩、排气、膨胀和吸气四个过程。

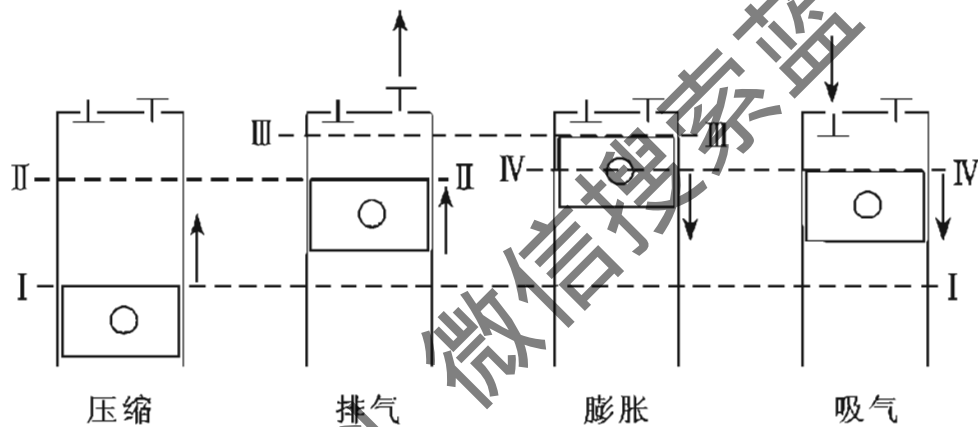


图 4.1-2 活塞式制冷压缩机的工作过程

压缩过程为 I—II 过程,活塞从下止点 I 处向上移动,此时吸、排气阀片均关闭,缸内气体开始压缩,压力逐渐升高,当压力高于排气腔内的压力并使排气阀片打开时(活塞处于 II 位置),压缩过程结束。

排气过程为 II—III 过程,活塞由 II 处继续向上行进行排气,至上止点(III 位置)时,排气过程结束。

膨胀过程为 III—IV 过程,当排气终了时,活塞由上止点(III 位置)开始向下运动,这时残存在余隙容积内高压气体开始膨胀,汽缸内的压力逐渐降低,当汽缸内的压力低于吸气腔内的压力并使吸气阀片打开时(活塞处于 IV 位置),膨胀过程结束。

吸气过程为Ⅳ—Ⅰ过程,活塞由Ⅳ处继续向下运动进行吸气,至下止点(Ⅰ位置)时吸气过程结束。

四、活塞式制冷压缩机的性能

1. 活塞式制冷压缩机的排气量和容积效率

压缩机的排气量是指在单位时间内所压缩的蒸气量。通常按压缩机吸气状态下的体积计算,单位为 m^3/s 或 m^3/h 。

活塞式制冷压缩机在曲轴每回转一周每个汽缸的排气量为

$$V_g = \frac{\pi}{4} D^2 S \quad (4-1)$$

式中 V_g ——汽缸的工作容积(m^3);

D ——汽缸直径(m);

S ——活塞行程(m)。

汽缸的工作容积 V_g 、汽缸数和压缩机的转速的乘积称为压缩机的理论排气量

$$V_h = V_g nZ \times 60 = 15\pi D^2 S n z \quad (4-2)$$

式中 V_h ——压缩机的理论排气量(m^3/h);

D ——汽缸直径(m);

S ——活塞行程(m);

n ——压缩机转速(r/min);

z ——汽缸数。

压缩机的实际排气量 V_s 由于余隙容积,压缩过程中的泄漏,吸、排气阀片的阻力及低温制冷剂进入汽缸后的膨胀等因素的影响,总是低于理论排气量,实际排气量 V_s 与理论排气量 V_h 的比值,称为压缩机的容积效率,用 λ 表示

$$\lambda = \frac{V_s}{V_h} \quad (4-3)$$

压缩机的容积效率 λ 是评价压缩机性能的一个重要指标。

2. 活塞式制冷压缩机的理论功率、指示功率和轴功率

理论功、理论功率 等熵压缩过程中对工质所做的功称为理论功,用 W_0 表示。单位时间内所做的理论功称为理论功率,用 N_0 表示。

指示功、指示功率 实际压缩过程中对工质所做的功称为指示功,用 W_i 表示。单位时间内所做的指示功称为指示功率,用 N_i 表示。

摩擦功率、轴功率 用于克服压缩机各运动部件之间摩擦力而消耗的功率称为摩擦功率,用 P_m 表示。摩擦功率 P_m 与指示功率 N_i 之和称为轴功率(即由原动机传到压缩机曲轴上的功率),用 N_e 表示,即

$$N_e = P_m + N_i \quad (4-4)$$

指示效率 指理论功率 N_0 与指示功率 N_i 之比,用 η_i 表示,即

$$\eta_i = N_0 / N_i \quad (4-5)$$

它反映了实际压缩过程与理想压缩过程的接近程度,主要与压缩机运行工况(蒸发温度、冷凝温度)有关,具体数值可查阅制造厂家提供的产品样本或产品技术手册。

机械效率 指指示功率 N_i 与轴功率 N_e 之比,用 η_m 表示,即

$$\eta_m = N_i / N_e \quad (4-6)$$

η_m 主要与压缩机的制造工艺水平有关,具体数值可查阅制造厂家提供的产品样本或产品技术手册,一般取 0.8~0.9。

3. 活塞式制冷压缩机的性能曲线

制冷压缩机的性能曲线是说明某种型号压缩机的制冷量和轴功率(有时还包括容积效率)随工况的改变而变化的曲线。图 4.1-3 为大连冷冻机厂生产的 8AS12.5 型制冷压缩机的性能曲线。从图中可以看出:当冷凝温度升高时,压缩机的制冷量降低而轴功率增大;当蒸发温度下降时,压缩机的制冷量和轴功率均减少。

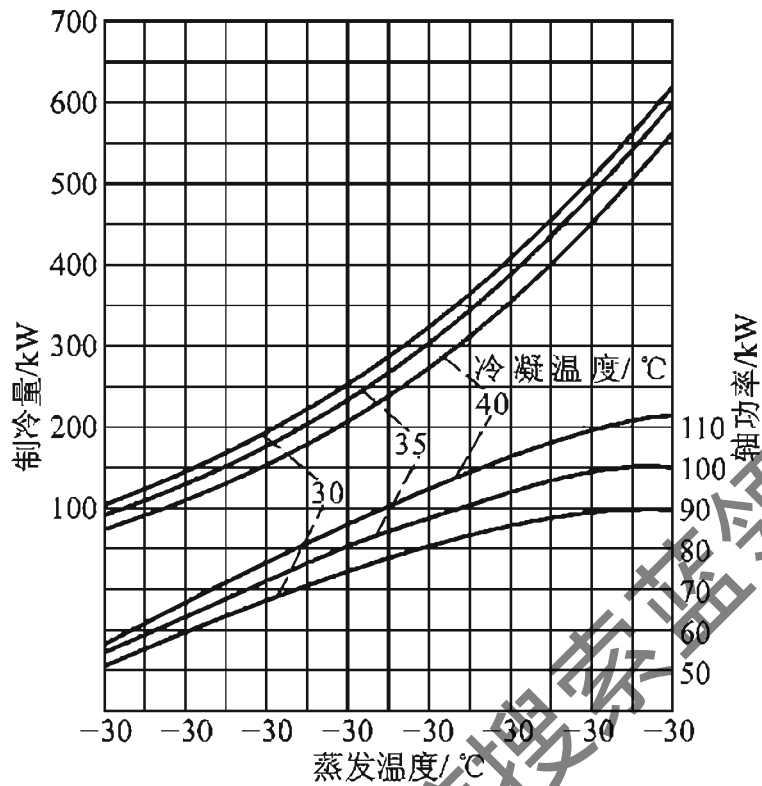


图 4.1-3 8AS12.5 型压缩机性能曲线

有些制造厂家在其产品样本和技术手册中只提供压缩机的性能表,而不提供性能曲线。使用压缩机的性能表与使用压缩性能曲线是相同的,但其数据更加准确。

4. 活塞式制冷压缩机的名义工况及使用范围

(1) 名义工况

有机制冷剂压缩机名义工况见表 4.1-1,无机制冷剂压缩机名义工况见表 4.1-2。

表 4.1-1 有机制冷剂压缩机名义工况 ℃

类型	吸入压力饱和温度	排出压力饱和温度	吸入温度	环境温度
高温	7.2	54.4 ^a	18.3	35
	7.2	48.9 ^b	18.3	35

(续表)

类型	吸入压力饱和温度	排出压力饱和温度	吸入温度	环境温度
中温	-6.7	48.9	18.3	35
低温	-31.7	40.6	18.3	35

注： a 为高冷凝压力工况； b 为低冷凝压力工况；表中工况制冷剂液体的过冷度为 0°C 。

表 4.1-2 无机制冷剂压缩机名义工况

 $^{\circ}\text{C}$

类型	吸入压力饱和温度	排出压力饱和温度	吸入温度	制冷剂液体温度	环境温度
低温	-13	30	-10	25	32

(2) 使用范围

有机制冷剂压缩机使用范围见表 4.1-3,无机制冷剂压缩机使用范围见表 4.1-4。

表 4.1-3 有机制冷剂压缩机使用范围

类型	吸入压力饱和温度/ $^{\circ}\text{C}$	排出压力饱和温度/ $^{\circ}\text{C}$		压缩比
		高冷凝压力	低冷凝压力	
高温	-15~12.5	25~60	25~50	≤ 6
中温	-25~0	25~55	25~50	≤ 16
低温	-40~-12.5	25~50	25~45	≤ 18

表 4.1-4 无机制冷剂压缩机使用范围

类型	吸入压力饱和温度/ $^{\circ}\text{C}$	排出压力饱和温度/ $^{\circ}\text{C}$	压缩比
中低温	-30~5	25~45	≤ 8

5. 典型的活塞式制冷压缩机产品的技术参数

(1) Bristol(布里斯托)全封闭活塞式制冷压缩机

表 4.1-5 H25BQ 系列(惯性)压缩机技术参数

项目 型号	电源	制冷量 /W	输入 功率 /W	额定 电流 /A	排气量 /(mL/ REV)	润滑油 注入量 /L	排气管 管径 /in	吸气管 管径 /in	工艺管 管径 /in
H25B17QABH	220V 单相	4 280	1 365	6.2	30.92	1.03	3/8, 1/2	5/8, 3/4	3/8
H25B18QABH		4 420	1 410	6.7	32.35				
H25B22QABH		5 770	1 810	8.4	38.06				
H25B24QABH		6 210	1 945	9.4	39.97				
H25B26QABH		6 830	2 140	10.4	44.18				
H25B28QABH		7 330	2 275	10.7	46.22				
H25B30QABH		7 760	2 430	11.6	48.60				
H25B32QABH		8 200	2 595	12.4	51.65				
H25B35QABH		8 790	2 780	13.4	54.71				
H25B22QDBE	380V 三相	5 740	1 815	3.3	38.06	1.03			
H25B24QDBE		6 120	1 935	3.4	39.97				
H25B28QDBE		7 270	2 295	4.0	46.22				
H25B30QDBE		7 680	2 380	4.2	48.60				
H25B32QDBE		8 150	2 525	4.6	51.65				
H25B35QDBE		8 700	2 730	4.9	54.71				

(2) Bitzer(比泽尔)半封闭活塞式制冷压缩机

表 4.1-6 Bitzer(比泽尔)半封闭活塞式制冷压缩机技术参数

项目 型号	电机 功率 /kW	排量 /(m ³ /h) (1 450r/min)	汽缸 数	注油 量/L	接管/mm		最大 工作 电流 /A	最大 耗功 率 /kW	启动 电流 /A
					排气 管	吸气 管			
2KC-05.2(Y)	0.37	4.06	2	1.0	12	12	4.6	1.5	20.8

(续表)

项目 型号	电机 功率 /kW	排量 /(m ³ /h) (1 450r/min)	汽缸 数	注油 量/L	接管/mm		最大 工作 电流 /A	最大 耗功 率 /kW	启动 电流 /A
					排气 管	吸气 管			
2KC-07.2(Y)	0.55	5.21	2	1.0	12	12	6.0	1.9	25.6
2HC-1.2(Y)	0.7	6.51	2	1.0	12	16	6.1	2.0	28.9
2GC-2.2(Y)	1.1	7.58	2	1.0	12	16	8.1	2.7	39
2FC-2.2(Y)	1.1	9.54	2	1.0	12	16	8.5	2.8	39
2EC-2.2(Y)	1.5	11.36	2	1.5	16	22	9.9	3.3	45
2DC-2.2(Y)	1.5	13.42	2	1.5	16	22	11.9	3.9	50.2
2CC-3.2(Y)	2.2	16.24	2	1.5	16	22	14.8	5.0	60.6
4FC-3.2(Y)	2.2	18.05	4	2.0	16	22	15.9	5.4	73.6
4EC-4.2(Y)	3.0	22.72	4	2.0	16	28	18.5	6.4	81.4
4DC-5.2(Y)	4.0	26.84	4	2.0	22	28	23.4	8.0	109
4CC-6.2(Y)	5.5	32.48	4	2.0	22	28	27.5	9.0	128
4Z-5.2(Y)	4.0	28.11	4	3.0	22	28	14	6.9	39
4V-6.2(Y)	4.0	33.07	4	3.0	22	28	14	8.1	39
4T-8.2(Y)	5.5	39.36	4	3.0	28	35	17	9.4	49
4P-10.2(Y)	7.5	47.14	4	3.0	28	35	21	11.7	59
4N-12.2(Y)	9.2	56.1	4	3.0	28	42	24	14.1	69
4J-13.2(Y)	9.5	63.5	4	4.0	28	42	27	15.7	81
4H-15.2(Y)	11	73.6	4	4.0	28	42	31	18.1	81
4G-20.2(Y)	15	84.5	4	4.5	28	54	37	21.5	97
6J-22.2(Y)	16	95.3	6	4.75	35	54	39	23.5	116
6H-25.2(Y)	18.5	110.5	6	4.75	35	54	45	27.2	116
6G-30.2(Y)	22	126.8	6	4.75	35	54	53	31.9	135
6F-40.2(Y)	30	151.6	6	4.75	42	54	78	38.6	180

五、活塞式制冷压缩机常见故障与处理方法

表 4.1-7 活塞式制冷压缩机常见故障与处理方法

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	压缩机不能正常工作	(1) 线路电压过低或接触不良 (2) 排气阀片泄漏或高低压串气使吸气压力升高 (3) 温控器失灵 (4) 压力控制器失灵	(1) 检查电压值过低原因及其电动机联接的启动元件 (2) 修理研磨阀片阀线及更换汽缸垫 (3) 检验调整温度控制器或更换温控器 (4) 校验调整压力控制范围
2	压缩机效率差	(1) 汽缸余隙(死隙)过大 (2) 活塞与缸套间隙过大 (3) 活塞环搭口间隙过大 (4) 活塞环搭口在一直线上 (5) 连杆大头瓦与曲柄销间隙过大 (6) 连杆小头衬套与活塞销间隙过大 (7) 吸气阀片开启度过小或过大 (8) 排气阀片开启度过小或过大 (9) 气阀泄漏 (10) 汽缸椭圆度大 (11) 活塞椭圆度大 (12) 气体受热膨胀 (13) 转速不达标(带传动)	(1) 更换汽缸密封垫,换用稍薄一些的 (2) 更换加大活塞或更换缸套 (3) 更换活塞环 (4) 将活塞环搭口分布均匀并装进汽缸内 (5) 更换轴瓦或曲柄稍 (6) 更换连杆小头衬套或活塞销 (7) 调整开启度 (8) 调整开启度 (9) 重新研磨或更换阀片阀板(座) (10) 重新镗缸研磨或更换汽缸 (11) 更换活塞 (12) 注意压缩比不能太大 (13) 调整传动比
3	压缩机不停机	(1) 制冷剂不足或泄漏 (2) 节流装置阻力过大,开启度过小 (3) 温控器、压力控制器或电磁阀失灵	(1) 补充制冷剂、检漏修复 (2) 更换适度的毛细管或加大开启度 (3) 检查、修复或更换
4	压缩机频繁启动	(1) 吸气压力过低、排气压力过高,压力保护器动作 (2) 温度保护器温差过小	(1) 检查系统是否堵塞、制冷剂是否少等,检查冷凝器的通风及供水情况 (2) 调整温度保护器温差

(续表)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
5	压缩机启动后油压过低	(1) 供油管或油过滤器堵塞 (2) 油压调节阀开启过大 (3) 曲轴箱内润滑油中含有制冷剂, 油泵不上油 (4) 油泵间隙过大, 泵内有空气 (5) 传动机构故障(定位销脱落、传动块脱位等)	(1) 疏通清洗油管和油滤网 (2) 重新调整 (3) 开启油加热器使油温升高, 将制冷剂分离出去 (4) 更换油泵内外齿轮 (5) 检查、修复
6	油压过高	(1) 油压调节阀未开或开启过小 (2) 油压调节阀芯卡死	(1) 开大调节阀 (2) 修复
7	油压不稳	(1) 油泵吸入带有泡沫的油 (2) 油路不畅通 (3) 曲轴箱内冷冻油过少	(1) 排除油起泡沫的原因 (2) 检查疏通油路 (3) 添加冷冻油
8	油温过高	(1) 曲轴箱油冷却器缺水 (2) 运动部件装配间隙过小 (3) 油封摩擦环装配过紧或摩擦环拉毛 (4) 润滑油变质	(1) 检查水阀及供水管路 (2) 调整间隙符合技术要求 (3) 检查修理轴封 (4) 更换新油
9	压缩机耗油量过多	(1) 油环严重磨损, 装配间隙过大 (2) 油环装反, 环搭口在一直线上 (3) 活塞与汽缸间隙过大 (4) 油分离器自动回油阀失灵	(1) 更换油环 (2) 重新装配 (3) 调整活塞环, 必要时更换活塞或缸套 (4) 检修自动回油阀
10	能量调节机构失灵	(1) 油压过低 (2) 油管堵塞 (3) 油活塞卡死 (4) 拉杆与转动环卡住 (5) 油分配阀安装不合适 (6) 能量调节电磁阀故障	(1) 调整油压 (2) 清洗油管 (3) 检查、修复 (4) 检修拉杆与转动环, 重新装配 (5) 用通气法检查各工作位置是否适当 (6) 检修或更换
11	排气温度过低	(1) 压缩机低压端结霜严重 (2) 中间冷却器供液过多	(1) 关小节流阀 (2) 关小中间冷却器供液阀

(续表)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
12	排气温度过高	(1) 冷凝温度太高 (2) 系统中有空气 (3) 汽缸余隙容积过大 (4) 汽缸盖冷却水量不足	(1) 加大通风量或水量,消除风冷冷凝器表面灰尘或水冷冷凝器内的水垢 (2) 放空气 (3) 按技术要求调整余隙 (4) 加大水量
13	回气过热度过高	(1) 蒸发器中制冷剂过少 (2) 吸气阀片漏气或破损 (3) 吸气管道隔热失效	(1) 调整供液量 (2) 检查、研磨阀片或更换 (3) 更换隔热材料
14	排气压力过高	(1) 冷凝压力过高 (2) 排气管管径太小 (3) 高压阀未全开 (4) 排气管内有异物,局部堵塞	(1) 水冷式的检查冷却水系统,清洗冷凝器,增大冷却水的流量;风冷式的检查风扇,清扫或吹除冷凝器上的灰尘 (2) 更换合适的管径 (3) 开大排气阀 (4) 检查、排污、清洗
15	吸气压力过低	(1) 节流阀开度过小,使供液太少 (2) 过滤器堵塞 (3) 供液太多,使压缩机吸入未蒸发的制冷剂液体,造成吸气温度过低 (4) 制冷量大于蒸发器的热负荷,制冷剂液体未来得及蒸发吸热即被压缩机吸入 (5) 蒸发器上的冰霜层过厚或内部积油太多,造成制冷剂液体未能全部蒸发而被压缩机吸入	(1) 检查节流阀,将节流阀开度调大 (2) 拆卸下来清洗或更换 (3) 适当减少供液量 (4) 调节压缩机,使制冷量与蒸发器的热负荷相一致 (5) 进行除霜和放油
16	压力表指针跳动剧烈	(1) 系统中有空气 (2) 高压端旁通开启过大 (3) 压力表失灵	(1) 放空气 (2) 关小旁通孔 (3) 检修或更换

(续表)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
17	汽缸中有敲击声	(1) 余隙过小 (2) 活塞销与连杆小头孔间隙过大 (3) 吸、排气阀固定螺栓松动 (4) 安全弹簧变形丧失弹性 (5) 活塞与汽缸间隙过大 (6) 阀片破碎,碎片落入汽缸内 (7) 润滑油中残渣过多 (8) 汽缸与曲轴连杆中心线不正 (9) 制冷剂液滴进入汽缸产生液击	(1) 按要求重新调整 (2) 更换小头衬套或活塞销 (3) 紧固螺栓 (4) 更换弹簧 (5) 检修或更换活塞环与缸套 (6) 停机检查,更换阀片 (7) 清洗、换油 (8) 修复 (9) 调整进入蒸发器的供液量
18	连杆大头瓦熔化	(1) 大头瓦缺油,形成干摩擦 (2) 大头瓦装配间隙过小 (3) 曲轴油孔堵塞 (4) 润滑油变质	(1) 检查油路是否畅通或油压够否 (2) 按间隙要求重新修配 (3) 清洗油孔 (4) 换新油
19	活塞在汽缸中卡住	(1) 汽缸缺油 (2) 活塞环搭口间隙太小 (3) 汽缸内温度变化剧烈 (4) 油含杂质过多	(1) 疏通油路,检修油泵 (2) 按要求调整间隙 (3) 调整操作,避免汽缸温度剧烈变化 (4) 更换润滑油
20	轴封严重漏油	(1) 装配不良 (2) 动静摩擦面拉毛 (3) 橡胶密封圈老化变形 (4) 轴封弹簧变形,弹性减弱 (5) 轴封摩擦面缺油	(1) 重新装配 (2) 重新研磨密封面 (3) 更换密封圈 (4) 更换弹簧 (5) 检查进出油孔

第二节 螺杆式制冷压缩机

螺杆式制冷压缩机属于容积式压缩机,主要由机壳、转子(即螺杆)、轴承、能量调节机构等组成。它具有结构简单、工作

可靠、效率高和调节方便等优点,主要用于大、中型制冷机组中。但螺杆的加工精度要求较高。螺杆式制冷压缩机有双螺杆和单螺杆两种。

一、螺杆式制冷压缩机结构与工作原理

(一) 螺杆压缩机的基本结构

图 4.2-1 为一开启式螺杆压缩机的结构图。它由机壳、转子、轴承、平衡活塞、轴封和能量调节机构等组成。

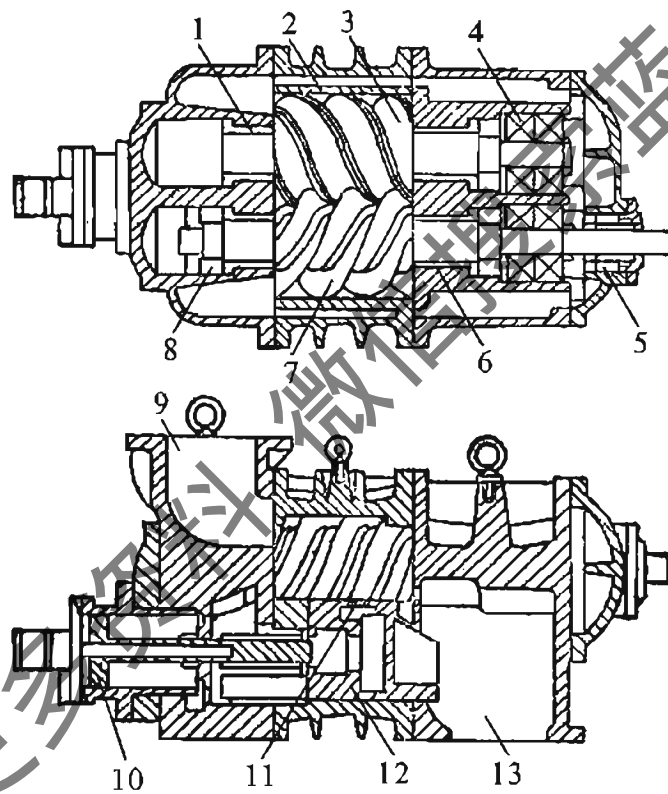


图 4.2-1 螺杆压缩机的结构

1、6—滑动轴承 2—机体 3—阴转子 4—推力轴承

5—轴封 7—阳转子 8—平衡活塞 9—吸气孔口

10—能量调节用卸载活塞 11—喷油孔

12—卸载滑阀 13—排气孔口

机壳 由机体、吸气端座及排气端座组成。机体 2 的内腔横断面呈横 8 字形,两个螺杆(阴转子 3 和阳转子 7)平行安置其中。

在吸气侧,吸气端座的在机体内壁上开有吸气孔口 9 和排气孔口 13,吸、排气孔口一般呈对角线方向布置。

转子 是实现压缩的主要部件,由阳转子 7(齿面凸起的转子)和阴转子 3(齿面凹进去的转子)组成,阳转子为与电动机联接的主动转子(也有阴转子为主动转子的)。阴、阳转子的齿数有多种,如 6 齿和 4 齿、6 齿和 5 齿等,齿型也是多样的,典型的齿型有 SRM 齿型、Sigma 齿型、X 齿型、CF 齿型等。

轴承 轴承有主轴承 1、6 和副轴承 4,主轴承起支撑阴、阳转子,并保证转子高速旋转的作用,一般为滑动轴承。副轴承为推力轴承,它用于克服由于转子旋转对气体进行压缩时产生的一种轴向力。

平衡活塞 平衡活塞 8 用于减轻由于排气侧与吸气侧之间的压力差引起对主轴承端面的压力,减轻副轴承所承受的轴向力。

轴封 轴封 5 起密封作用,它装在主动转子靠联轴器的伸出端上,由随轴转动的动环与装在轴封盖上的静环的摩擦面为径向密封,聚四氟乙烯及耐油橡胶 O 形环为轴向密封。

能量调节机构 由卸载滑阀 12、油缸、卸载活塞 10、连接杆、复位弹簧、四通换向阀、油管及能量指示器等组成,起调节制冷量的作用。

图 4.2-2 为半封闭式螺杆压缩机结构示意图。

(二) 螺杆压缩机的工作原理

如图 4.2-3 所示,当压缩机运转时,阳转子带动阴转子(也有阴转子带动阳转子的结构),由阴阳转子凹凸齿槽、啮合密封线与汽缸和端盖内壁所围成的人字形基元容积不断变化,形成吸气、压缩和排气三个过程。当基元容积由最小向最大变化时,它与径向和轴向吸气口相通,进行吸气(见图 4.2-3a、b)。当基元容积达到最大(V_1)并与吸气口隔开时(见图 4.2-3c),吸气结束。然后,基元容积由最大逐渐变小,对基元容积内的气体进行压缩(见图 4.2-3d、e),

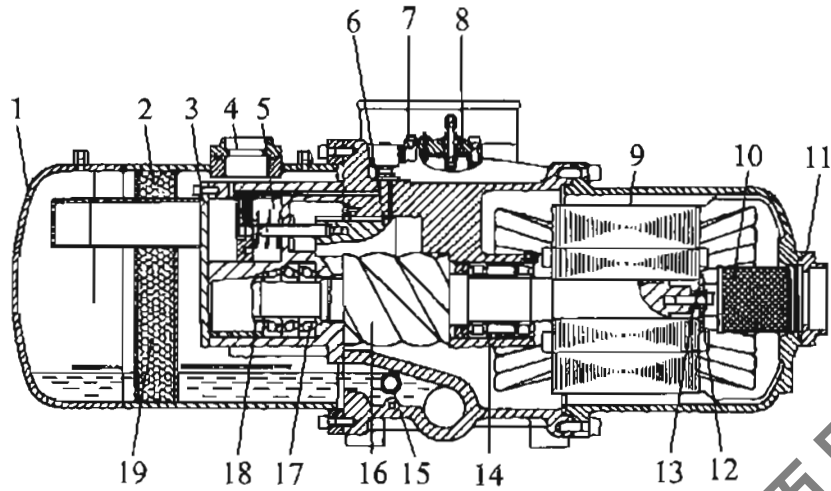


图 4.2-2 半封闭式螺杆压缩机的结构

- 1—油分离器 2—排气管 3—排气端盖 4—排气连接法兰
 5—容量活塞及其活塞环、弹簧、活塞杆 6—容量滑块及定位键
 7—容量电磁阀 8—接线盒 9—电动机 10—进气过滤器
 11—进气连接法兰 12—电动机转子固定挡块
 13—阳转子电动机端间隙环 14—吸气端轴承 15—加热器
 16—阳转子 17—排气端轴承 18—轴承螺母 19—滤网



图 4.2-3 螺杆压缩机的工作原理

此过程称为内压缩过程。当基元容积开始与轴向和径向排气口接通时,内压缩终了(此时的容积为 V_2),并开始进行排气(见图 4.2-3f),直至基元容积变为零。吸气终了时的最大容积 V_1 与内压缩终了时的容积 V_2 的比值(V_1/V_2)称为螺杆式压缩机的内容积比。

二、螺杆式制冷压缩机的能量调节

螺杆式制冷压缩机的能量调节方法有开停调节、吸入节流调节、改变转子转动速度调节、滑阀调节和柱塞调节等。现代螺杆式制冷压缩机均带有滑阀调节机构或柱塞调节机构,以适应外界冷负荷的变化。

1. 滑阀调节

图 4.2-4 为滑阀调节的原理图,滑阀的移动由油活塞进行控制。当滑阀与滑阀固定部紧贴时,压缩机为全负荷状态(上图),当滑阀向排气端方向移动时,旁通口打开,转子有效工作长度相应减小,压缩机为部分负荷状态(下图)。压缩过程中,基元容积内齿面接触线从吸气端向排气端移动,越过旁通口后,基元容积才被封闭,这时才开始对封闭在基元容积内的气体进行压缩。没有被封闭在基元容积内的气体则通过旁通口重新回流至吸气腔。因此,压缩机的实际排气量就减少了,

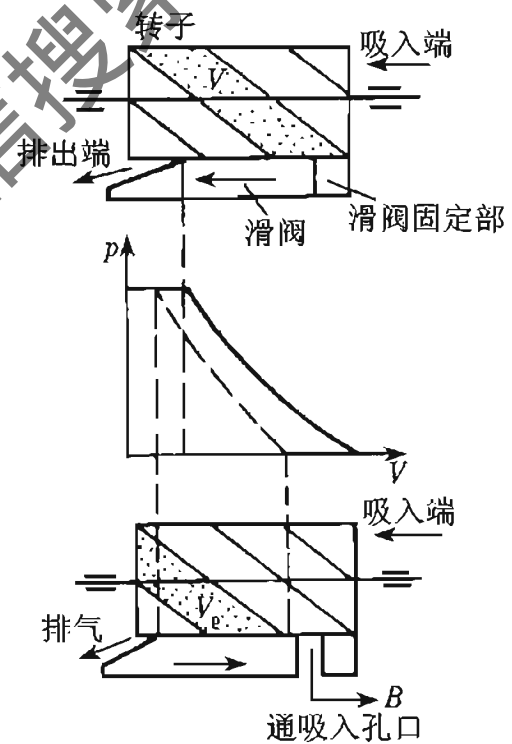


图 4.2-4 滑阀调节原理

压缩机的制冷量也相应减小。滑阀移动的位置离固定端越远,旁通口开启得越大,转子的有效工作长度就越短,压缩机的排气量也就越少。图 4.2-4 的中间部分为全负荷状态和部分负荷状态所对

应的 $p-V$ 图。

2. 柱塞调节

为了减少压缩机的尺寸,特别是轴向长度,有些螺杆式压缩机采用柱塞调节机构来代替滑阀调节机构。图 4.2-5 为柱塞调节机构示意图,在机体上沿螺杆轴向的某一特定位置开设一旁通通道,柱塞在通道内沿螺杆径向作滑动。全负荷时,柱塞前端面与螺杆紧密配合,以防止气体从此处泄漏。柱塞调节为有级调节,一般对应阴、阳转子各有一个柱塞,每个柱塞对应一级卸载。

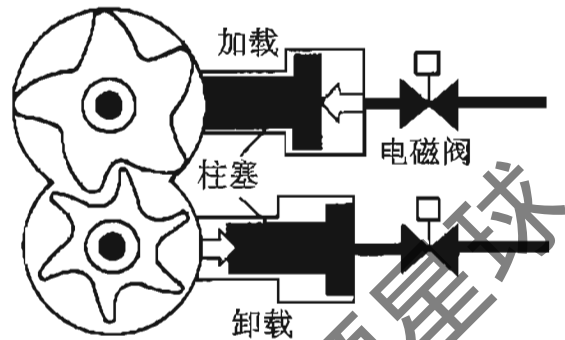


图 4.2-5 柱塞调节机构

三、螺杆式制冷压缩机的润滑与冷却

(一) 喷油技术

传统的螺杆式制冷压缩机工作时,需要不断地向两个螺杆转子啮合处喷射大量润滑油,喷油孔一般设置在与螺杆相贴合的滑阀上部,润滑油经喷油孔以射流形式喷射到工作容积的受压缩部位。喷油的作用主要有以下几点:

(1) 润滑转子及轴承。

(2) 在阴、阳转子间形成密封,减少制冷剂蒸气在被压缩过程中由高压侧向低压侧的泄漏。

(3) 冷却被压缩的制冷剂蒸气,降低排气温度。

(4) 降低压缩机运行时的噪声。

按喷油量来区分,螺杆压缩机可分为喷油螺杆压缩机、少油螺杆压缩机和无油螺杆压缩机。图 4.2-6 为喷油螺杆压缩机的工作流程示意图。少油螺杆压缩机的喷油量约为容积排气量的 0.03% (为排气质量流量的 1%), 仅为喷油螺杆压缩机的 1/40~

1/20,但要求润滑油必须与制冷剂有高度的可溶解性以便获得良好的回油性能。少油螺杆压缩机一般根据需要采用喷液来控制其排气温度。无油螺杆压缩机需采用同步齿轮,使转子无接触运行。

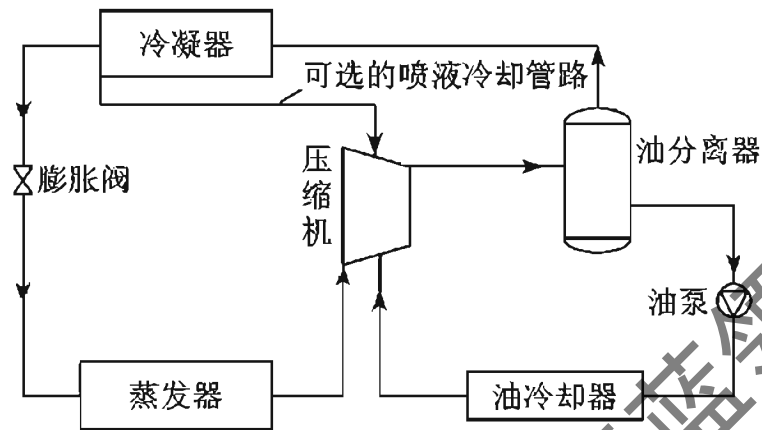


图 4.2-6 喷油螺杆压缩机的工作流程

(二) 喷液冷却技术

喷液是将制冷剂液体与润滑油混合后,经设置在螺杆压缩机机体中间位置的喷液孔喷入压缩机的转子中,液态制冷剂吸收压缩过程中产生的热量并冷却润滑油。图 4.2-7 为喷液螺杆系统流程示意图。由于喷液是在压缩机吸气结束后以某一中间压力在转子中间的某一位置喷入,因此并不影响压缩机的吸气量,只是轴功率略有增加。

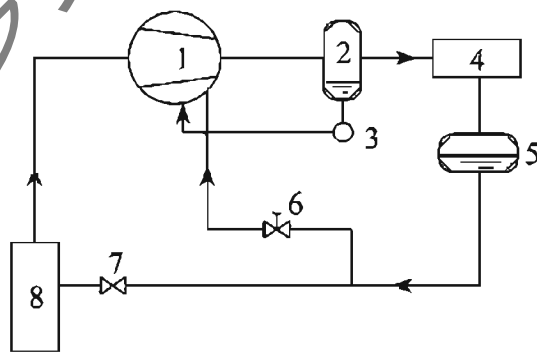


图 4.2-7 喷液螺杆系统流程示意图

1—压缩机 2—油分离器 3—油泵 4—冷凝器
5—储液器 6—喷液调节阀 7—膨胀阀 8—蒸发器

四、螺杆式制冷压缩机的性能

1. 容积效率

容积效率是换算到吸入状态时的实际排气量与理论排气量之比。容积效率表示压缩机转子齿间容积利用的程度,是衡量机器设计制造优劣的重要指标。影响螺杆压缩容积效率的主要因素有:

(1) 泄漏。气体通过间隙泄漏,有外泄漏与内泄漏之分。外泄漏为高压气体向吸气管道或正在吸气的齿腔的泄漏;内泄漏为与吸气管隔离的基元容积间的泄漏。外泄漏才对容积效率有影响,而内泄漏只增加功耗。

(2) 吸入损失。气体经吸入管道和孔口产生的动力损失,使吸入压力降低,减少了吸入气体的密度,相应地减少了压缩机吸入的气体量。

(3) 加热损失。转子和机体受到被压缩后高温气体的加热,具有比吸入气体高得多的温度。在吸气过程中,低温气体受到吸气管、转子、机体以及喷入油的加热而膨胀,相应减少了压缩机吸入的气体量。

(4) 气体随转子旋转产生的离心力。封闭容积及气体随转子旋转而产生离心力,在其作用下也会影响气体吸入量。

2. 内压缩与附加损失

气体的压缩(内压缩)是在基元容积与吸、排气孔口隔绝的转角范围内进行的,其间的压力称为内压力。基元容积与排气孔口连通的瞬间的内压力(内压缩的终了压力)与吸气压力之比称为内压力比,而排气管内的压力(外压力)与吸气压力之比称为外压力比。内压力比取决于孔口的位置,即取决于压缩机的内容积比,而外压力比取决于压缩运行工况。在压缩机实际运行中,内压力比往往与外压力比不相等,当外压力大于内压缩的终了压力时(欠压

缩),排气孔口中的气体将迅速倒灌到基元容积中而造成附加损失;当外压力小于内压缩的终了压力时(过压缩),基元容积中气体迅速流至排气孔口,基元容积中的压力突然降低,影响到压缩机的继续排气,同样地也造成附加损失。

为了减少这样的附加损失,一些螺杆式压缩机(尤其是带有经济器的)已采用了内容积比调节机构,以适应不同的运行工况,达到节能降耗的目的。

3. 典型螺杆式制冷压缩机产品的技术参数

(1) 武汉新世界制冷工业有限公司生产的螺杆式Ⅱ型制冷压缩机

表 4.2-1 螺杆Ⅱ型制冷压缩机主要技术参数

型 号	LG16Ⅱ A/F	LG20Ⅱ A/F	LG25Ⅱ A/F
转子名义直径/mm	160	200	250
转子长度/mm	240	300	375
额定转速/(r/min)	2 960		
压缩机转向	面对压缩机轴伸端为顺时针		
理论排气量/(m ³ /h)	552	1 068	2 160
制冷量调节范围	15%~100%无级调节		
排气阀管径/mm	DN80	DN100	DN150
吸气阀管径/mm	DN100	DN150	DN200

(2) 上海汉钟精机股份有限公司生产的 RC 系列螺杆式制冷压缩机

表 4.2-2 RC 系列螺杆式制冷压缩机的主要技术参数

项目 型号	排气量 /(m ³ /h)	转速 /(r/min)	容量控制	润滑 方式	启动 方式	润滑油 注入量 /L	重量 /kg
R090	104	2 950	3 段式： 33%，66%，100% 4 段式： 25%，50%，75%， 100% 连续式： 25%~100%	压差式 给油	YΔ 启动	7	260
R120	139					7	270
R155	176					7	390
R175	198					8	435
R235	262					14	540
R270	296					16	620
R295	324					16	620
R370	403					15	760
R445	489					18	830
R520	577					23	880
R570	633					23	990
R645	735					28	1 200
R700	770					28	1 200
R780	858	28	1 200				

(3) Bitzer(比泽尔)CSH 系列半封闭螺杆式压缩机

表 4.2-3 CSH 系列半封闭螺杆式压缩机的主要技术参数

型 号	电机 名义 功率 /kW	排气量 /(m ³ /h)	充油量 /dm ³	重量 /kg	排气管 /mm	吸气管 /mm	最大 运行 电流 /A	最大 输入 功率 /kW
CSH6551-35Y	26	137	8	317	42	54	65	41
CSH6551-50(Y)	37			325			79	52
CSH6561-40Y	30	170		317			65	41
CSH6561-60(Y)	44			325			98	65

(续表)

型 号	电机 名义 功率 /kW	排气量 /(m ³ /h)	充油量 /dm ³	重量 /kg	排气管 /mm	吸气管 /mm	最大 运行 电流 /A	最大 输入 功率 /kW
CSH7551-50Y	37	197	14	473	54	76	79	50
CSH7551-70(Y)	52			488			124	75
CSH7561-60Y	44	227		481			98	65
CSH7561-80(Y)	60			492			144	85
CSH7571-70Y	52	258		488			124	75
CSH7571-90(Y)	66			500			162	92
CSH8551-80Y	60	315	18	788	76	105	144	85
CSH8551-110(Y)	81			795			182	110
CSH8561-90Y	66	359		795			162	92
CSH8561-125(Y)	92			801			215	131
CSH8571-110Y	81	410		804			182	110
CSH8571-140(Y)	103			811			231	139

注：能量调节范围：25%~100%无级调节或25%，50%，75%，100%四级能量调节。

五、螺杆式制冷压缩机常见故障与处理方法

表 4.2-4 螺杆式制冷压缩机常见故障与处理方法

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	启动负荷大或不能启动	(1) 排气压力过高 (2) 排气止回阀泄漏 (3) 能量调节未在零位 (4) 机内积油或液体过多 (5) 压力保护器故障或没有复位	(1) 开启吸气阀，使高压气体回到低压系统 (2) 检修止回阀 (3) 卸载调至零位 (4) 盘动联轴器，将机内积油或液体排出 (5) 检修或更换压力保护器，复位

(续表)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
2	启动后又自动停机	(1) 压力保护器、油温保护器、压差保护器等任一保护器动作 (2) 控制电路故障 (3) 过载	(1) 检查保护控制电器动作的原因,进行排除 (2) 检修控制线路和控制元件 (3) 找出原因排除
3	启动后出现短暂振动现象	(1) 吸入过量的润滑油或液体 (2) 压缩机积油严重而产生液击	(1) 停机盘车排出过量液体和油 (2) 启动油泵排除积油
4	制冷能力不足	(1) 喷油量不足 (2) 滑阀位置不正确 (3) 吸气阻力过大 (4) 能量调节装置失灵	(1) 检查油路、油泵 (2) 检查指示器指示位置,进行调整 (3) 清洗吸气滤网 (4) 检修
5	运转中有异常响声	(1) 转子内有异物 (2) 推力轴承磨损破裂 (3) 滑动轴承磨损严重,转子与机壳磨损 (4) 运动部件松动 (5) 油泵气蚀	(1) 检修压缩机及吸气过滤器 (2) 更换推力轴承 (3) 更换检修 (4) 检查更换 (5) 检查并排除油泵气蚀
6	排气温度或油温过高	(1) 压缩比过大 (2) 油冷却器效果差 (3) 喷油量不足 (4) 吸入过热气体	(1) 降低压缩比 (2) 除水垢、降水温、增水量 (3) 提高油压 (4) 提高蒸发系统液位
7	油压异常	(1) 喷油量过大 (2) 油压调节阀失灵 (3) 油泵磨损 (4) 油路不畅通	(1) 调整喷油阀,降低喷油量 (2) 检修调节阀 (3) 检修或更换油泵 (4) 检查清洗滤油器及管路
8	耗油量大	(1) 一次油分离器油过多 (2) 二次油分离器有回油	(1) 放油至规定油位 (2) 检查回油通路
9	压缩机及油泵油封漏油	(1) 密封接触面不平 (2) “O”形密封圈老化 (3) 装配不良,偏磨振动	(1) 检修或更换 (2) 更换 (3) 拆卸检修

(续表)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
10	能调机构不动作或不灵	(1) 四通阀不通,控制回路有故障 (2) 油管堵塞 (3) 油活塞间隙过大 (4) 滑阀及油活塞卡住 (5) 指示器故障:定位计故障或指针凸轮装配松动 (6) 油压过低	(1) 检修四通阀和控制回路 (2) 检修清洗 (3) 检修更换 (4) 拆卸检修 (5) 检修指示器 (6) 调整油压
11	机体温度过高	(1) 机体摩擦部分发热 (2) 吸气温度过高 (3) 压缩比过大 (4) 油冷却器传热效果差	(1) 迅速停机检查 (2) 降低吸气温度 (3) 降低排气压力或负荷 (4) 清洗油冷却器
12	停机时压缩机反转不停	(1) 吸入止回阀卡住、关闭不严 (2) 吸入止回阀弹簧弹力不足	(1) 检修 (2) 检查更换

第三节 离心式制冷压缩机

离心式制冷压缩机属于速度型压缩机,以 R123、R134a、R22 等为制冷剂。主要用作大型制冷装置的主机。

一、离心式制冷压缩机的分类

离心式制冷压缩机按密封方式可分为开启式、半封闭式和全封闭式;按压缩级数可分为单级、两级或多级。空调工程多采用单级离心式压缩机,而当蒸发温度较低、排气压力要求较高时,可采用多级离心式压缩机。

二、离心式制冷压缩机的结构及工作原理

离心式制冷压缩机主要由高速旋转的叶轮及其周围的环形流

道(即扩压器和蜗壳)所组成(图 4.3-1),此外还设有一些辅助系统,如增速器、轴封(开启式用)、轴承、能量调节装置(进口导叶等)、油路系统、冷却系统、自控和安全保护系统等。

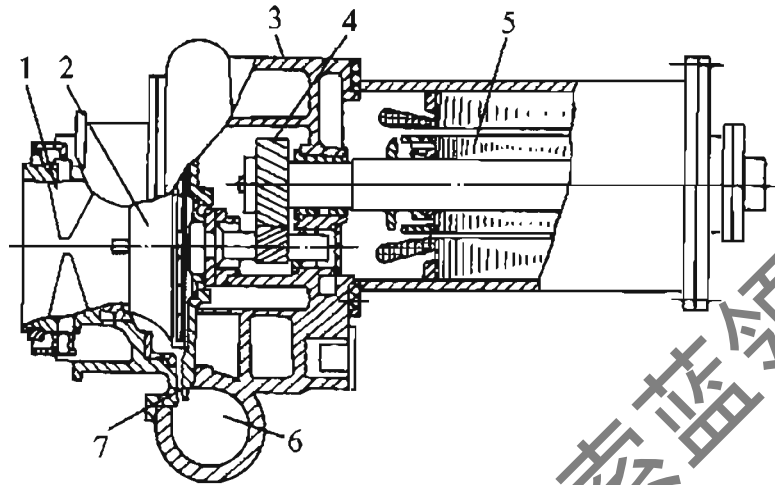
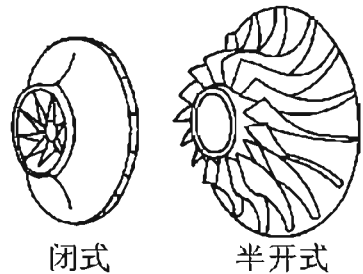


图 4.3-1 单级离心式压缩机结构图

1—进口导叶 2—叶轮 3—压缩机壳体 4—增速齿轮
5—电动机 6—蜗壳 7—扩压器

1. 叶轮

叶轮也称工作轮,有闭式和半开式两种(见图 4.3-2)。通过叶轮的高速旋转,将制冷剂吸入并加速使其动能提高,然后排向扩压器。



闭式 半开式

图 4.3-2 叶轮

2. 扩压器

扩压器紧接在叶轮出口,是由前、后隔板形成的环形通道,分无叶扩压器和叶片扩压器两种结构形式。高速制冷剂蒸气流入扩压器后,流速大幅降低,压力提高,即动能转变为压力能。

3. 弯道和回流器

在两级以上的离心式压缩机设有弯道和回流器(见图4.3-3)。弯道是一个弯曲的环形空间,气体经弯道进入回流器。在带有经济器的多级离心式压缩机的回流器上还有级间加气结构。制冷剂蒸气经回流器后进入下一级的叶轮中。

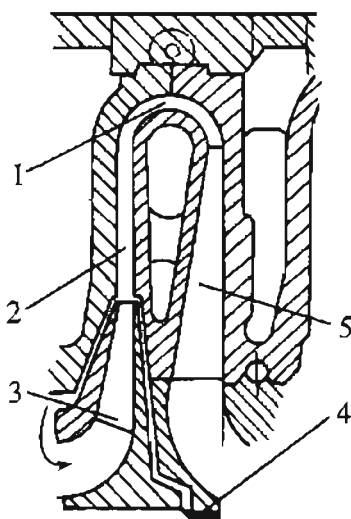


图 4.3-3 离心式制冷压缩机的中间级

1—弯道 2—无叶扩压器 3—叶轮
4—级内密封 5—回流器

4. 蜗壳

蜗壳的作用是汇集从扩压器或叶轮周向排出的制冷剂蒸气，并将其引入到冷凝器中。

5. 导叶调节机构

为适应制冷和空调负荷的变化，在压缩机第一级叶轮进口前，设置有轴向（悬臂式转子）或径向（两端支撑式转子）进口能量调节机构，也称进口可转导叶装置。当进口可转导叶的叶片角度变化时，就改变了气流进入叶轮的方向，使气流进入叶轮时产生圆周方向的旋转而改变压缩特性，从而改变运行工况点，达到调节制冷量的目的。进口能量调节机构的驱动方式有多种，图 4.3-4 为横轴传动方式，伺服电机经连杆 6，通过杠杆 7 带动大齿圈 2，大齿圈驱动小齿轮 1 转动，从而改变转动叶片 3 的角度。

6. 增速齿轮

离心式压缩机为提高叶轮的转速，常采用高精度增速齿轮（见图 4.3-1）。

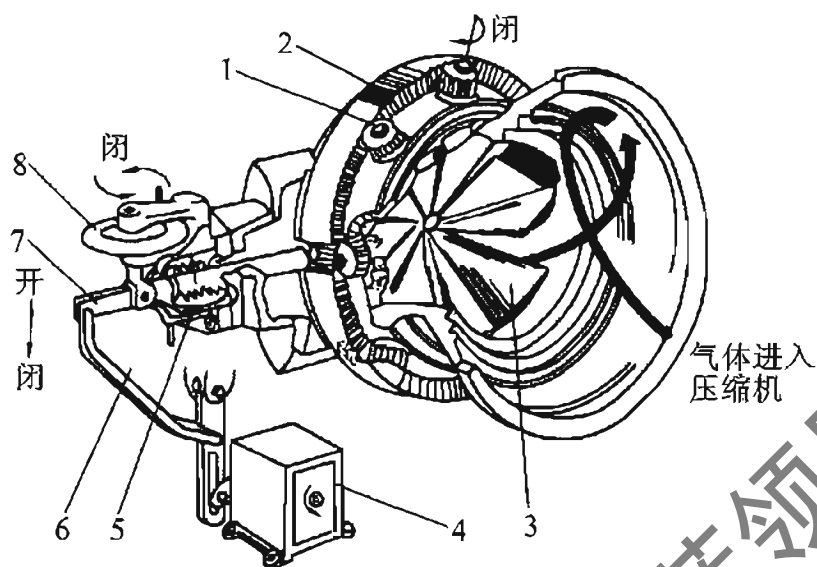


图 4.3-4 进口可转导叶装置

1—小齿轮 2—大齿圈 3—转动叶片 4—伺服电机
5—波纹管 6—连杆 7—杠杆 8—手轮

三、离心式制冷压缩机常见故障与处理方法

表 4.3-1 离心式制冷压缩机常见故障与处理方法

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	喘振, 强烈而有节奏的噪声及喘鸣声, 电流表指针大幅度摆动	(1) 冷凝压力过高 (2) 蒸发压力过低 (3) 导叶开度过小	(1) 查找原因排除 (2) 查找原因排除 (3) 增大导叶开度
2	压缩机振动值超差甚至转子件破坏	(1) 转子动平衡精度未达到标准及转子件材质内部缺陷 (2) 运行中转子叶轮动平衡破坏 ① 机组内部清洁度差 ② 叶轮与主轴防转螺钉或花键强度不够或松动脱位 ③ 转子叶轮端头螺母松动脱位导致平衡破坏	(1) 复核转子动平衡或更换转子件 (2) 设法恢复动平衡 ① 停机检查机组内部清洁度 ② 更换花键或防转螺钉 ③ 检查防转垫片是否焊牢, 螺母螺纹方向是否正确

(续表)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
		<p>④ 小齿轮先于叶轮破坏而造成转子不平衡</p> <p>⑤ 主轴变形</p> <p>(3) 推力块磨损,转子轴向窜动</p> <p>(4) 压缩机与主电动机轴承孔不同心</p> <p>(5) 滑动轴承间隙过大或轴承盖太小</p> <p>(6) 密封齿与转子件碰擦</p> <p>(7) 压缩机吸入大量制冷剂液体</p> <p>(8) 进出气接管扭曲,造成轴中心线歪斜</p> <p>(9) 润滑油中溶入大量制冷剂,轴承油膜不稳定</p> <p>(10) 机组基础防振措施失效</p>	<p>④ 检查大小齿轮状态,决定是否能用</p> <p>⑤ 校正或更换主轴</p> <p>(3) 停机,更换推力轴承</p> <p>(4) 停机,调整同轴度</p> <p>(5) 更换滑动轴承,调整轴承盖过盈量</p> <p>(6) 调整或更换密封</p> <p>(7) 抽出制冷剂液体,降低液位</p> <p>(8) 调整进出气接管</p> <p>(9) 调整油温,加热,使油中制冷剂蒸发排出</p> <p>(10) 恢复基础防振措施</p>
3	轴承温度骤然升高	<p>(1) 供、回油管路严重堵塞或突然断油</p> <p>(2) 油质严重不纯</p> <p>① 油中混入大量颗粒状杂物,在油过滤网破裂后带入轴承内</p> <p>② 油中溶入大量制冷剂、水分、空气等</p> <p>(3) 轴承(尤其是推力轴承)巴氏合金严重磨损或烧熔</p>	<p>(1) 清洗供、回油管路,恢复供油</p> <p>(2) 更换洁净的冷冻机油</p> <p>(3) 拆机更换轴承</p>
4	轴承温度逐渐升高,无法稳定	<p>(1) 轴承装配间隙或泄(回)油孔过小</p> <p>(2) 供油温度高</p> <p>① 油冷却器水量或制冷剂流量不足</p> <p>② 冷却水温或冷却用制冷剂温度过高</p> <p>③ 油冷却器冷却水管结垢严重</p> <p>④ 油冷却器冷却水量不足</p> <p>⑤ 螺旋冷却管与缸体间隙过小,油短路</p>	<p>(1) 调整轴承间隙,加大泄(回)油孔</p> <p>(2)</p> <p>① 增加冷却介质流量</p> <p>② 降低冷却介质温度</p> <p>③ 清洗冷却水管</p> <p>④ 更换或改造油冷却器</p> <p>⑤ 调整螺旋冷却管与缸体间隙</p>

(续表)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
		<p>(3) 供油压力不足,油量小</p> <p>① 油泵选型太小</p> <p>② 油泵内部堵塞,滑片与泵体径向间隙过小</p> <p>③ 油过滤器堵塞</p> <p>④ 油泵系统油管或接头堵塞</p> <p>(4) 机壳顶部油-气分离器中滤网层过多</p> <p>(5) 润滑油油质不纯或变质</p> <p>① 供货不纯</p> <p>② 油桶与空气直接接触</p> <p>③ 油系统未清洗干净</p> <p>④ 油中溶入过多的制冷剂</p> <p>⑤ 未定期换油</p> <p>(6) 开机前充灌冷冻机油不足</p>	<p>(3) 改善供油状态</p> <p>① 换上大型号油泵</p> <p>② 清洗油泵、油过滤器、油管</p> <p>③ 清洗或更换滤芯</p> <p>④ 疏通管路</p> <p>(4) 减少滤油层</p> <p>(5) 改善供油质量</p> <p>① 更换油料</p> <p>② 改善油桶保管条件</p> <p>③ 清洗油系统</p> <p>④ 维持油温,加热逸出制冷剂</p> <p>⑤ 定期更换油</p> <p>(6) 不停机充灌足冷冻机油</p>

第四节 全封闭转子式压缩机和涡旋式压缩机

一、全封闭转子式制冷压缩机

转子式压缩机也称为滚动活塞式压缩机或滚动转子式压缩机。全封闭转子式制冷压缩机由机壳、汽缸体、汽缸盖、滚动活塞(套筒)、滑片、排气阀组、偏心曲轴、消声器、电动机等组成。按结构分有单转子和双转子两种机型,按电机转速是否可调可分为定速和变频两种。图 4.4-1 为双转子压缩机的结构。转子式压缩机的工作原理见本章第五节第五部分。全封闭转子式制冷压缩机结构简单,零件少,重量轻,容积效率高,在家用电冰箱、房间空调器等小型制冷装置中有广泛应用。



图 4.4-1 全封闭转子式压缩机(双转子)

二、全封闭涡旋式制冷压缩机

全封闭涡旋式压缩机主要由机壳、定涡旋盘、动涡旋盘、十字滑环、曲轴、支架、电机等组成,如图 4.4-2 所示。涡旋式压缩机的两个涡旋盘角位差 180° 对置而放,一个固定,一个旋转,两盘在几个点上啮合并形成若干个月牙形工作容积。涡旋式压缩机的工作原理见本章第五节第六部分。

涡旋式压缩机是 20 世纪 70 年代以后研制开发的一种新型制冷压缩机,具有回转式压缩机的主要优点,在制冷量为 $1\sim 15\text{ kW}$ 范围内其效率最高。因此,在房间空调器、商用柜机和汽车空调等领域有广泛应用。

全封闭涡旋式压缩机有定速、变频和数码涡旋三种型式。定速压缩机的能量调节只能是开、停调节;变频压缩机的能量调节是通过调节电机的转速来达到能量调节的目的;而数码涡旋压缩机

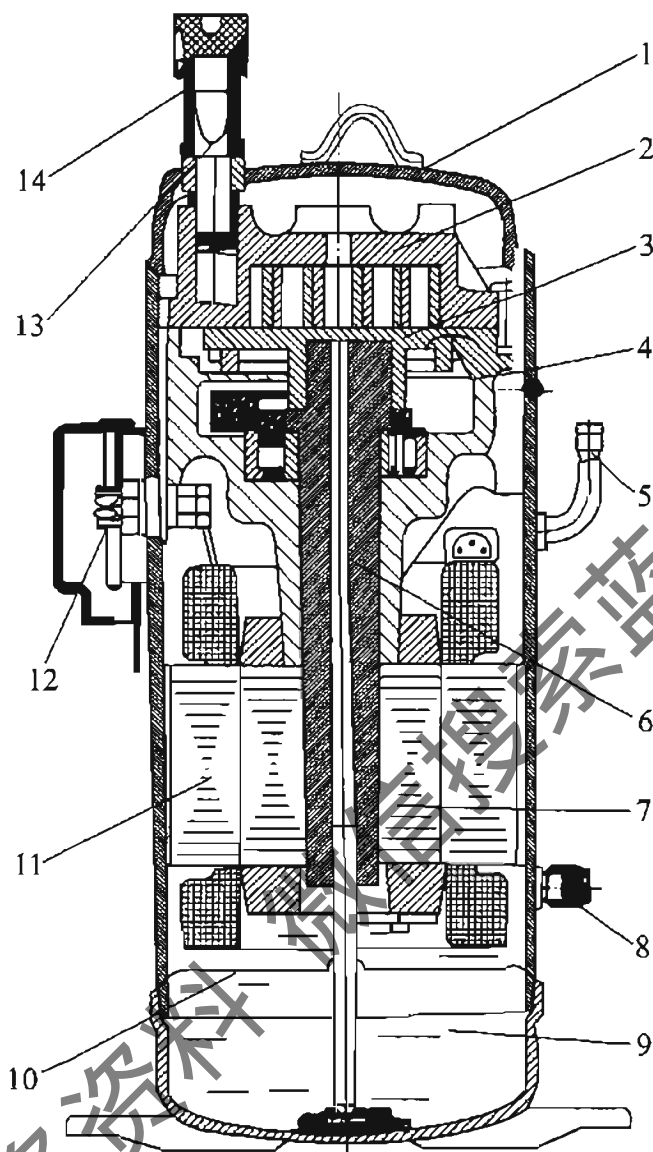


图 4.4-2 全封闭涡旋式压缩机的结构

- 1—上壳体 2—定涡旋盘 3—动涡旋盘 4—机架 5—排气管
 6—曲轴 7—电机转子 8—油平衡管接头 9—冷冻机油 10—隔板
 11—电机定子 12—电源接线盒 13—过滤网 14—吸气管

的能量调节是利用轴向“柔性”技术,控制压缩机的“负载期”和“卸载期”的时间进行能量调节的。“负载期”使压缩机像常规涡旋压缩机一样满负荷工作,“卸载期”使两个涡旋盘在轴向有一个微量分离,压缩机不再对制冷剂进行压缩(即空载)。压缩机这两种状态的转换是通过安装在压缩机上的电磁阀来控制的,如图 4.4-3

所示。一活塞安装在顶部固定涡旋盘处,活塞的顶部有一中间压力室,通过排气孔和排气压力相连通,而外接 2 位电磁阀连接中间压力室和吸气压力。电磁阀处于常闭位置时,活塞上下侧的压力为排气压力,弹簧力确保两个涡旋盘共同加载。电磁阀通电时,调节室内的排气被释放至低压吸气管,导致活塞上移,带动了顶部的涡旋盘上移,该动作使两涡旋盘分隔,导致涡旋盘不能对制冷剂进行压缩。当外接电磁阀断电时,压缩机再次满载,恢复压缩操作。

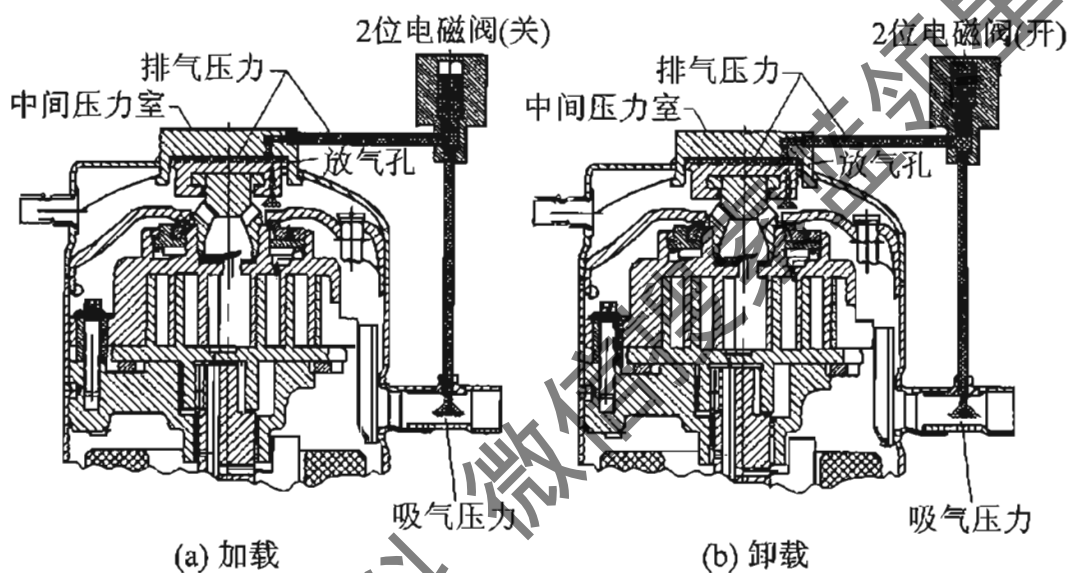


图 4.4-3 数码涡旋压缩机加载及卸载示意图

第五节 汽车空调用制冷压缩机

一、曲轴连杆式压缩机

这种压缩机的工作原理与用于其他制冷空调设备中的活塞式压缩机是相同的,但因为是车载设备,要求重量轻、密封性及抗振性好。图 4.5-1 为曲轴连杆式压缩机的结构示意图。曲轴连杆式压缩机目前大多应用在客车和卡车的大排量汽车空调系统中。

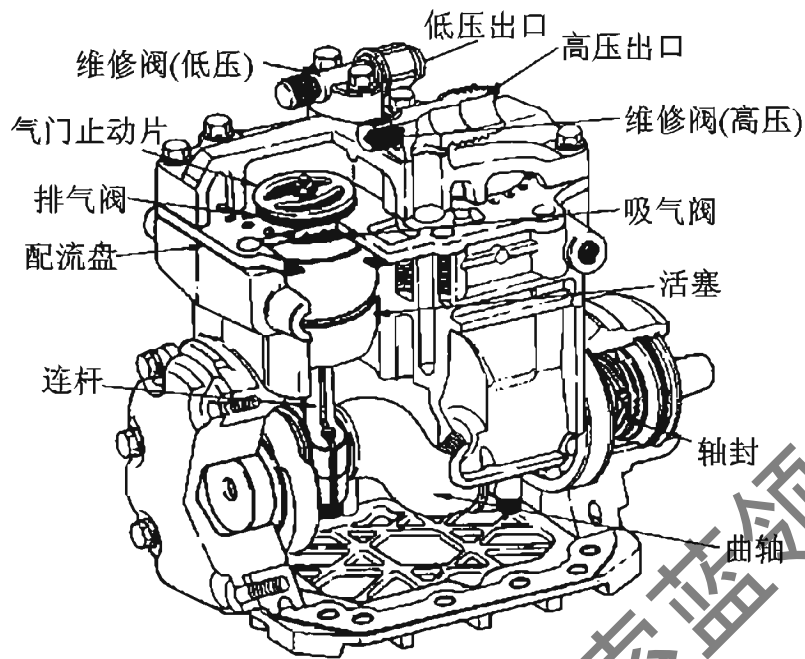


图 4.5-1 曲轴连杆式压缩机的结构

二、旋叶式压缩机

1. 旋叶式压缩机结构与工作原理

旋叶式压缩机结构按汽缸分有两种，一种是圆形汽缸，另一种是椭圆形汽缸。图 4.5-2 是圆形汽缸旋叶式压缩机的结构示意图，该压缩机的转子上有狭槽，转子由滚针轴承支承，在圆形汽缸内偏心定位。四片滑片在转子的狭槽内滑动，转子外表面和汽缸壁之间有一接触线，把吸、排气区隔离开。吸气时，转子转动使滑片外伸，同时离开接触线直到吸气容积增加达到最大值。然后滑片开始收缩，随转子转动向接触线靠拢，由此来压缩吸入的气体。压缩后的气体通过安装在接触线旁的簧片阀排出。此种压缩机没有设置吸气阀，仅设置排气阀，排气阀片盖在四个平排着的排气孔上。在压缩腔里装有液体单向阀，以防液击。后壳里有一个油分离器，把油与制冷剂气体分离，并提供一个贮油的地方。图 4.5-3 是椭圆形汽缸旋叶式压缩机的结构示意图，其工作原理与圆形汽

缸旋叶式压缩机是一样的。

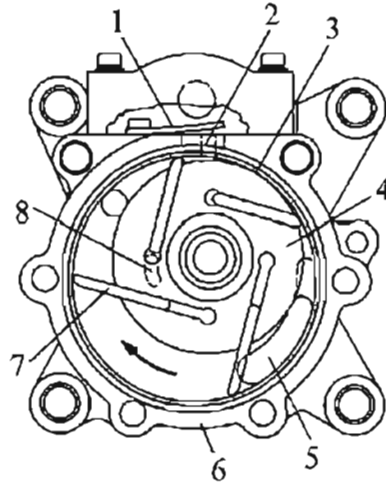


图 4.5-2 圆形汽缸旋叶式压缩机的结构

1—排气阀 2—排气口 3—转子与汽缸接触点
4—转子 5—吸气孔 6—汽缸 7—叶片 8—油孔

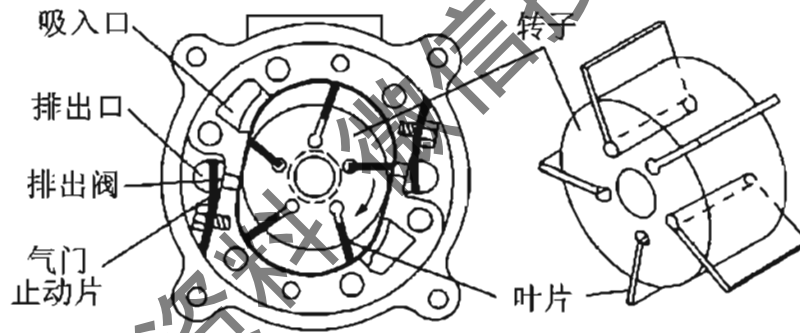


图 4.5-3 椭圆形汽缸旋叶式压缩机的结构

2. 旋叶式压缩机特点

(1) 容积效率高。旋叶式压缩机不设吸气阀,吸气损失小,并具有良好的密封性能,因此容积效率高。

(2) 运转平稳。旋叶式压缩机的转子做旋转运动,无往复惯性力,而旋转惯性力易于平衡。另外,转矩变化小,吸、排气流脉动小,因此运转平稳,噪音低,即使在高速旋转时振动也小。

(3) 体积小、重量轻。相对往复式压缩机而言旋叶式压缩机部件少,易损件少,运动机构简单,质量小,可靠性较高。

(4) 摩擦较大。叶片与转子和汽缸间的摩擦较大,摩擦不仅造成摩擦损失,降低效率,还影响到压缩机的使用寿命。

3. 变容量旋叶式压缩机

变容量旋叶式压缩机可以根据发动机转速的高低自动调节制冷量。

这种压缩机在汽缸的进气口处设有一进气槽,当叶片刮过进气口后,吸气过程本来应该结束,但由于汽缸上开有一吸气槽,在气流惯性的作用下,继续通过吸气槽进行吸气,这样既可以提高该缸的吸气量,又不影响下一汽缸的进气过程。吸气槽和叶片构成一个缺口,通过吸气槽进入汽缸的气体流量正比于缺口截面积和气体流入时间的乘积,发动机转速低时,叶片刮过吸气槽的时间长,充气量增大,制冷量大;发动机转速高时,叶片刮过吸气槽的时间短,充气量减小,制冷量减少,能耗降低。

三、斜盘式压缩机

当主轴旋转时,通过斜盘、滚珠使活塞做往复运动,从而使压缩机完成吸气、压缩及排气的工作循环。

1. 斜盘式压缩机结构

图 4.5-4 是斜盘式压缩机结构示意图。它由机体、主轴、斜盘、活塞、配流盘、进气阀、排气阀、轴封等组成。这种压缩机一般有 3 对(也有 5 对)前、后汽缸,其中心线与主轴平行。汽缸在以主轴为中心的圆周上均匀分布。主轴和斜盘做成一体,通过轴承安装在机体上。由于主轴工作时要承受轴向推力,故斜盘左右两边都装有止推轴承。斜盘卡在活塞的中部,当斜盘回转时,通过滚珠传递推力,使活塞做往复运动。压缩机的润滑是通过安装在轴左端的油泵来进行的。

2. 斜盘式压缩机的工作原理

活塞往复运动的工作原理:如图 4.5-5,圆盘做成与轴有一定

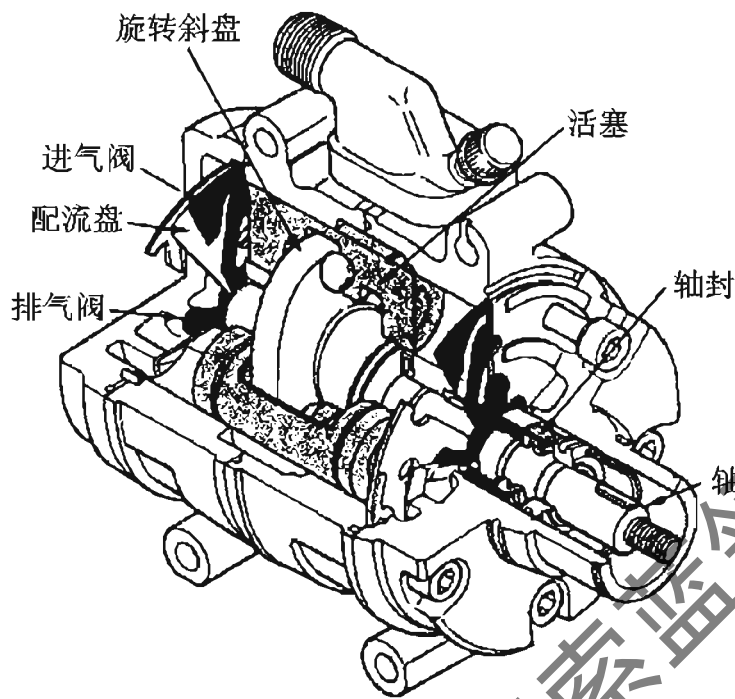


图 4.5-4 斜盘式压缩机剖面图

的倾角,当轴旋转时,盘与滚珠接触的地方产生一个力。由于圆盘倾斜,故力可分解成沿转轴轴线方向和沿斜盘方向的两个分力。沿转轴轴线方向的力所指方向就是活塞移动的方向,即活塞往左边移动。当主轴转到 180° 时,圆盘向左倾斜。如果主轴继续旋转(即转到 360°),沿转轴轴线方向的力的方向已变为向右,即活塞移动的方向向右。

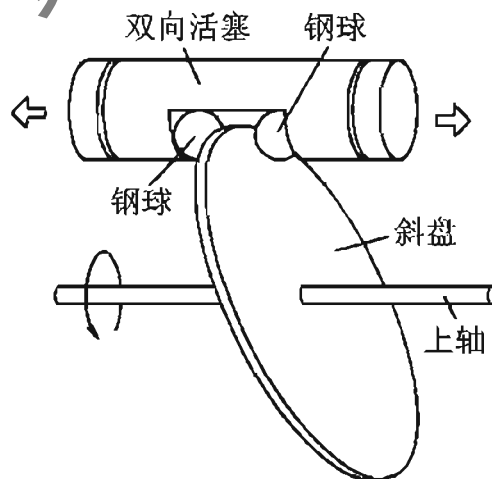


图 4.5-5 斜盘式压缩机工作原理

当活塞从右向左运动时,左边的汽缸处于压缩和排气行程;而右边汽缸则处于吸气行程。如果主轴不断旋转,则各个汽缸就不断进行吸气、压缩和排气的工作循环。也就是说,压缩机不断地吸入从蒸发器送来的低压气体制冷剂,经压缩后,成为高温、高压的气体制冷剂就不断送至冷凝器中去。

3. 变排量斜盘式压缩机

变排量斜盘式压缩机采用三通电磁阀来调节汽缸内的余隙容积大小,使排气量发生变化,从而达到调制冷量大小的目的。其工作原理如图 4.5-6 所示,满负荷工作时,电磁阀与排气腔工作管接通,高压气体将余隙容积变化阀向右推,直至将阀口堵住,此时压缩机为 100% 的负载。

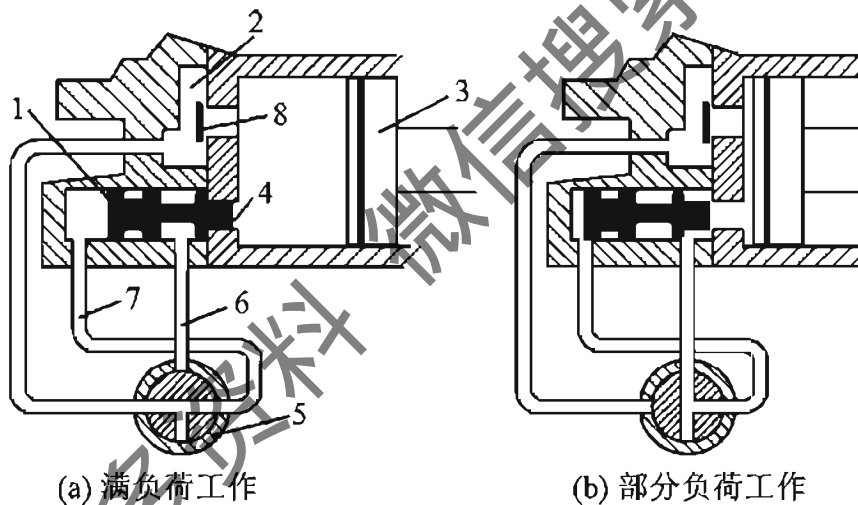


图 4.5-6 变排量斜盘式压缩机工作原理

- 1—余隙容积变化阀 2—排气腔 3—活塞 4—吸入口
5—三通电磁阀 6—回气管 7—工作管 8—排气阀

当需要降低压缩机的排气量时,电磁阀的回气管与工作管相通。当吸气时,余隙容积变化阀左端的高压气体通过工作管、回气管送到吸气汽缸。在活塞压缩时,气体推动余隙容积变化阀左移,留下一个空间。当压缩完毕时,余隙容积变化阀内的气体保留下来。当活塞吸气右移时,余隙容积变化阀内的高压气体首先膨胀,

这样就减少了汽缸的吸气量和排气量,相应功耗也减少了。

四、摇板式压缩机

1. 摇板式压缩机的结构与工作原理

图 4.5-7 为摇板压缩机工作简图,汽缸和输入轴的轴线方向相同,即其轴线相互平行。各汽缸以压缩机轴线为中心布置,活塞和摇板用连杆相连。摇板齿轮中心用一钢球定位,并把摇板支承其上沿圆周方向摆动。工作时,摇板的任何一边被向后推动,相对的另一边就向前移动,每个活塞依次进行压缩和吸气行程。摇板的圆周可以沿输入轴轴线方向前后移动,但不能绕轴线转动,即摇板上的锥齿轮轮齿只能进出固定锥齿轮相应的齿槽,彼此都不能转动。输入轴的一端固定一支端面凸轮,凸轮驱动摇板,迫使活塞进行往复循环。

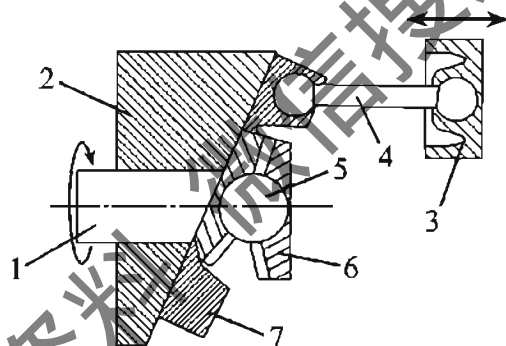


图 4.5-7 摇板式压缩机工作原理

1—压缩机主轴 2—端面凸轮 3—活塞 4—连杆
5—钢球 6—防转锥齿轮对 7—摇板

摇板式压缩机的优点是工作平稳、结构紧凑、体积小,适用于空间狭小的发动机舱内使用。变排量摇板式压缩机可以无级自动调节能量的输出,结构简单。

2. 变排量摇板式压缩机的结构与工作原理

变排量摇板式压缩机的结构如图 4.5-8 所示,其后端盖上安装了一个波纹管控制器和导向器。波纹管放在吸气腔内,受蒸气压力控制,通过波纹管的动作来控制排气腔、吸气腔和摇板室之间

的阀门通道。导向器根据摇板室内压力的大小，自动调节摇板的倾斜角度大小。摇板的倾斜角度越大，活塞的行程越长，排出的气体越多；反之，摇板的倾斜角度越小，活塞的行程越短，排出的气体越少。变排量摇板式压缩机工作原理如图 4.5-9 所示。

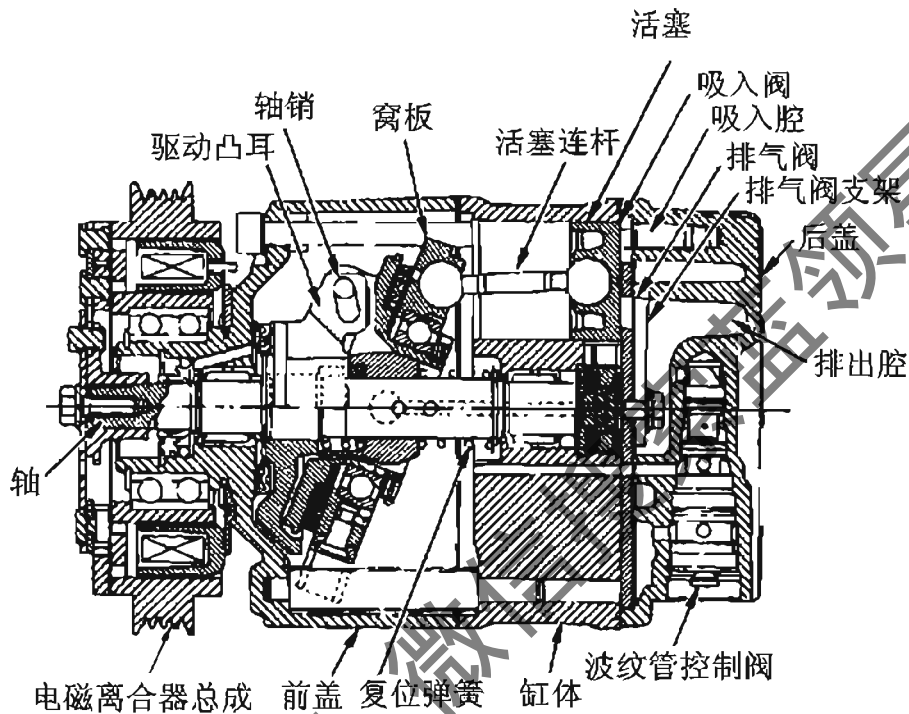


图 4.5-8 变排量摇板式压缩机的结构

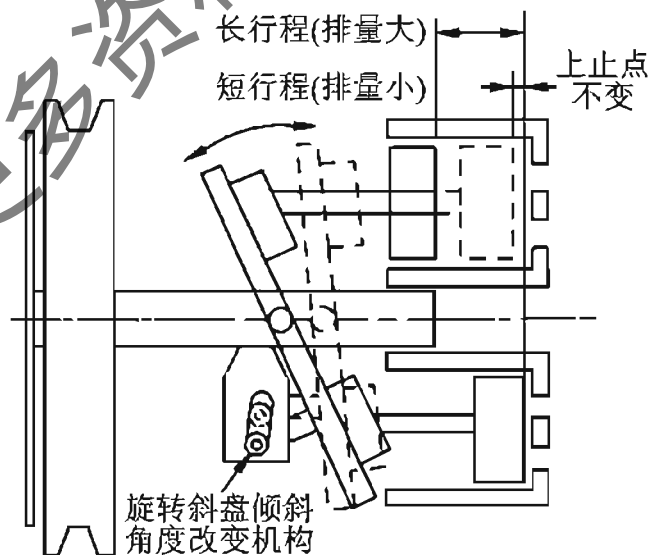


图 4.5-9 变排量摇板式压缩机工作原理

五、滚动活塞式压缩机

1. 滚动活塞式压缩机的结构

图 4.5-10 是滚动活塞式压缩机的剖视图。汽缸固定在轴承座与端板之间,三个弹簧将刮片顶在滚动活塞上。电磁离合器与安装滚动活塞的曲轴连接。滚动活塞式压缩机主要由曲轴、汽缸、滚动活塞、排气阀、吸气口、滑片和弹簧组成。该滚动活塞偏心地套在曲轴上,由曲轴带动偏心轮在汽缸内绕旋转中心转动。同时,滚动活塞自身绕曲柄销转动。滑片在滑片槽内做往复运动,受到弹簧力作用,滑片端部与滚动活塞外圆接触。滚动活塞式压缩机不设吸气阀,设有排气阀。

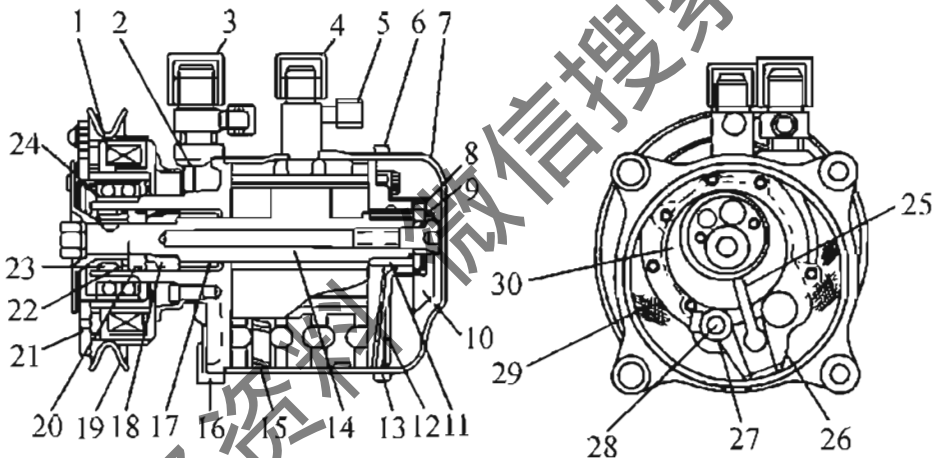


图 4.5-10 滚动活塞式压缩机的结构

- 1—离合器线圈 2—止推密封 3—进气口 4—排气口
5—维修阀 6—安装架 7—后端盖 8—推力轴承 9—轴向止动螺栓
10—平衡块 11—滚动轴承 12—后盖缸 13—吸油孔 14—曲轴
15—叶片弹簧 16—前端盖 17—滚动轴承 18—轴密封总成
19—皮带轮 20—O形圈 21—离合器压板 22—卡环
23—油封 24—卡环 25—叶片 26—汽缸体 27—阀限位器
28—排气阀 29—过滤网 30—旋转活塞

2. 滚动活塞式压缩机的工作原理

动活塞处于图 4.5-11(a)位置时,活塞外表面与汽缸内表面形

成一月牙形空间,从蒸发器流入的低压制冷剂蒸气经吸入口流入该空间。此时,该气室内为低压气体,排气阀处于关闭状态。曲轴继续转动,活塞在汽缸内表面滑动。当活塞处于图 4.5-11(b)位置时,滑片、汽缸及活塞将汽缸内容积分成两个空间。滑片左侧与吸气口相通的空间为低压室,随活塞转动容积不断增大,吸入气体。滑片另一侧容积则由于活塞转动而使容积缩小(图中阴影部分),压力升高。滚动活塞位于图 4.5-11(c)位置时,滑片左侧容积扩大,吸入气体;而右侧容积继续缩小,压力升高。活塞位于图 4.5-11(d)位置时,吸气容积扩大,吸入更多的气体。同时,压缩腔容积缩小而使气体压力高于排气阀外气体压力,排气阀打开,高压气体自排气阀排入冷凝器中。

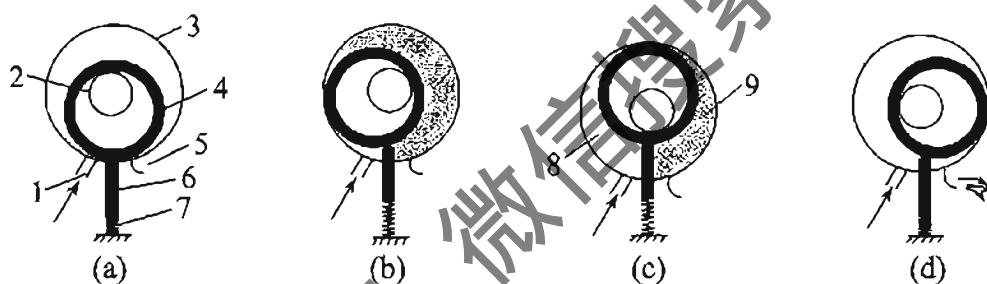


图 4.5-11 滚动活塞式压缩机的工作原理

- 1—吸气口 2—曲轴 3—汽缸 4—滚动活塞
5—排气阀 6—滑片 7—弹簧 8—吸气腔 9—压缩腔

滚动活塞式压缩机具有质量小、体积小、零部件少、效率高、可靠性好以及适宜于大批量生产等优点。与往复式压缩机相比,重量为往复式的 45%, 体积为 44%, 零件数为 62%, 耗电量只为往复式的 66%。但是与往复式相比,其加工精度要求高。另外,在高转速和大功率时,单缸压缩机的振动及磨损会随之加剧。滚动活塞式压缩机的发展已逐步完善,并有双缸变排量滚动活塞式压缩机问世。

六、涡旋式压缩机

1. 涡旋式压缩机的特点

涡旋式压缩机是一种新型的压缩机,它与往复式压缩机相比,具有质量小、结构简单、噪声低、振动小、效率高等优点,被认为是一种先进的压缩机。它主要具有下列特点:

(1) 效率高。由于无吸气过程余隙容积损失以及压缩过程泄漏损失较小,与目前普遍采用的同类往复式压缩机相比,其绝热效率可提高 10% 以上,容积效率提高 25%。

(2) 扭矩变化小,振动小,噪声低。涡旋式压缩机的气流脉动和机械振动大幅度降低,噪声降低了 5~8 dB,因其压缩过程较慢,并可同时进行多个压缩过程,机器运行平稳,且曲轴的转动扭矩波动较小。

(3) 零部件数量少,质量和体积都较小,可靠性高。涡旋式压缩机无气阀等易损件,主要零部件数量仅为往复式的 10%,体积减少 40%,质量减少 15%,提高了单位安装空间和单位质量的制冷量,容易达到小型轻量化。

2. 涡旋式压缩机的结构

图 4.5-12 所示为涡旋式压缩机的基本结构简图,动涡旋盘上的叶片采用渐开线型线,与其啮合的静涡旋盘上的叶片应是包络线。因此,动、静两个涡旋圈为一对渐开线曲线。

3. 涡旋式压缩机的工作原理

图 4.5-13 为涡旋式压缩机的工作原理图。动涡旋盘和静涡旋盘在安装时存在着 180° 的相位角,从而使两涡旋盘相互啮合形成一系列的月牙形容积,动涡旋盘由一个偏心距很小的曲轴带动,使之绕静涡旋盘的轴线传动。此外,在动涡旋盘背后利用一联接机构,用来保证动涡旋盘和静涡旋盘之间的相对平动。在此平动过程中,制冷剂由涡旋盘的外边缘吸入到月牙形工作容积中,工作

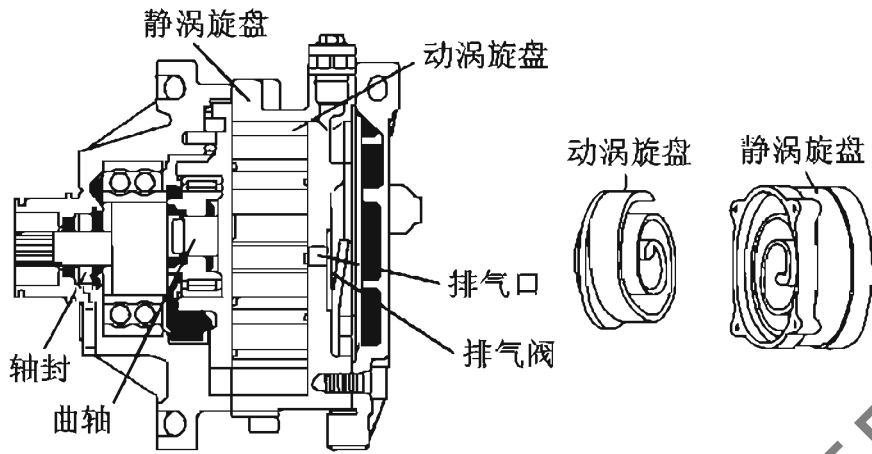


图 4.5-12 涡旋式压缩机的基本结构简图

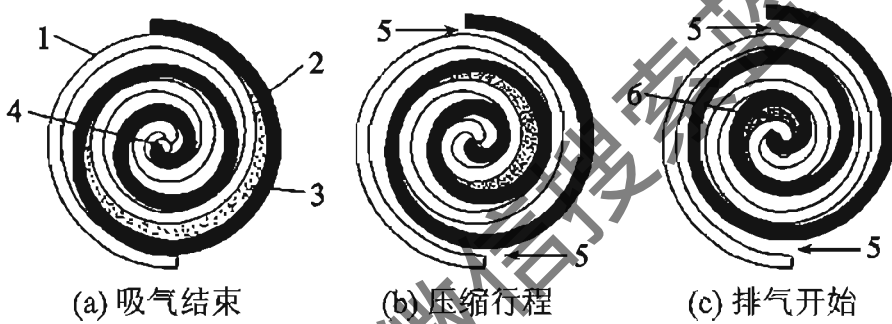


图 4.5-13 涡旋式压缩机的工作原理

1—静涡旋盘 2—动涡旋盘 3—最大压缩容积 4—排气口
5—制冷剂吸入处 6—最小压缩容积

容积逐渐向中心移动并减小,使制冷剂被压缩,最后经中心部位的排气孔口轴向排出,从而完成吸气、压缩和排气的整个周期。

理论上涡旋式压缩机涡旋圈的圈数愈多,动作愈平稳,效率愈高。实际应用中,为了防止过压缩和受直径的限制,一般汽车空调涡旋式压缩机涡旋盘选 2.5~3 圈。图 4.5-14 为涡旋式压缩机的回旋机构图,通过回旋机构产生回旋运动(而不是旋转运动),当电磁离合器接通时,曲轴 1 转动,曲轴柄 2 驱动偏心套 3 做回旋运动,传动轴承 5 也做回旋,传动轴承 5 上的动涡旋盘 6 也做回旋运动,即动涡旋盘中心绕回旋半径 r_0 的圆做公转回旋。设置在偏心套上的平衡块 4 可以平衡动涡旋盘的回旋离心力。

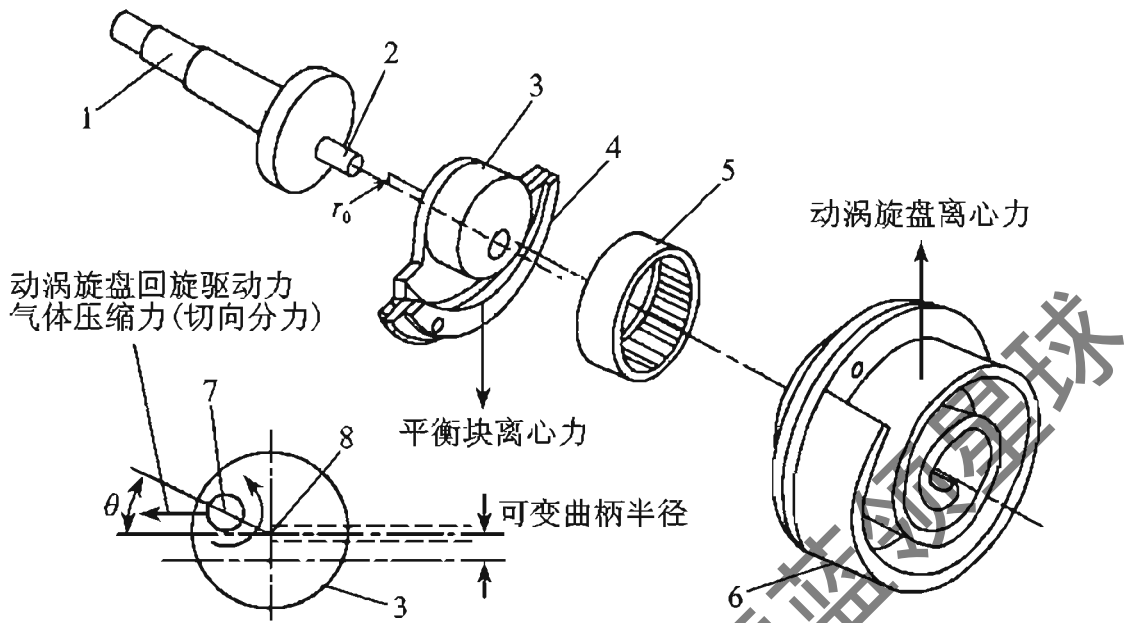


图 4.5-14 涡旋式压缩机的回旋机构

- 1—曲轴 2—曲轴柄 3—偏心套 4—平衡块 5—传动轴承
6—动涡旋盘 7—曲柄销中心 8—驱动点

4. 变容量涡旋式压缩机

变容量涡旋式压缩机工作原理如图 4.5-15 所示。由于涡旋式压缩机是单方向连续流动压缩机,因此可利用气体旁通进行能量控制。制冷剂从涡旋吸气孔吸入,在开始压缩之前,便从再循环气体排出孔 11 旁通,并回到吸气侧。气体旁通回吸气侧过程中,回流量由活塞式控制阀 1 控制。当离合器断开、压缩机停止工作时,吸气腔压力逐渐增大,波纹管 2 伸长,先导球阀 3 关闭。由于排气压力不断下降,弹簧力和吸气压力共同推动活塞右移,打开旁通孔 4。所以,变通量压缩机停机时,旁通孔处于开通状态。当离合器接通、压缩机重新启动时,部分蒸气通过旁通孔倒流回吸气腔。压缩机是在低负载下启动,对发动机的工况稳定、降低能耗都有好处。

当离合器在高吸压力状态下吸合时,由于从通气孔 14 引入的吸气压力的作用,波纹管 2 开始收缩,使导向球阀 3 关闭活塞顶部

的通孔,因而活塞控制阀顶部压力 p_c 升高,使再循环气体流量调节孔 4 关闭,气体不能再旁通到吸气侧,从而保证了最大输气量。当发动机高速转动时,吸气压力下降,则波纹管伸长,打开先导球阀,排气压力进入活塞另一端,弹簧力将活塞右移,打开旁通孔,压缩机输气量减小。若发动机转速下降,则上述动作相反,关闭旁通孔,让压缩机满负荷工作。

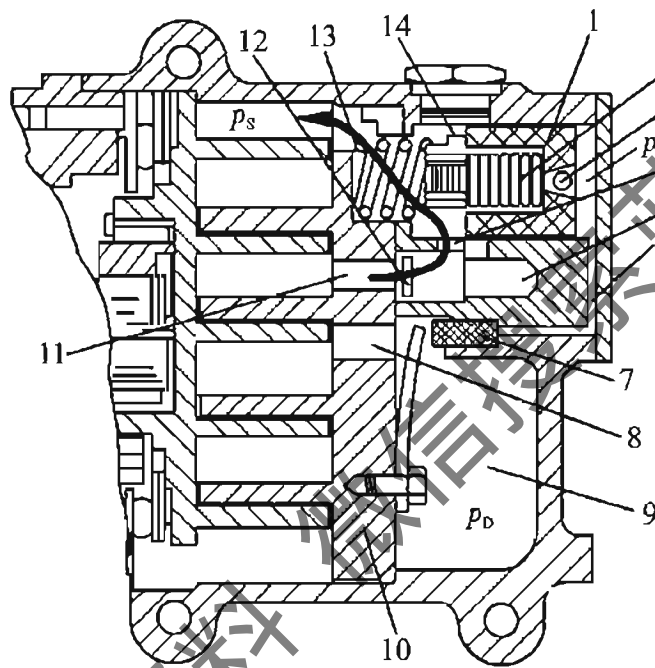


图 4.5-15 变容量涡旋式压缩机的工作原理

- 1—活塞控制阀 2—波纹管 3—先导球阀 4—再循环气体流量调节孔
 5—中间压力室 6—节流孔 7—过滤网 8—排出口
 9—排气室 10—静涡旋盘 11—再循环气体排出口
 12—簧片阀 13—弹簧 14—通气孔

注: p_s 、 p_D 、 p_M —分别为吸气压力、排气压力、中间压力。图中箭头表示再循环气流路径。

第五章 换热设备、节流装置及其他辅助设备

第一节 换 热 器

换热器是制冷设备中不可缺少的重要装置,换热器的传热效果直接影响制冷系统的重量、体积以及运行特性和经济性。冷凝器和蒸发器是制冷机不可缺少的换热器,是制冷机的重要组成部分。除了冷凝器和蒸发器以外,常用的换热器还有回热器、过冷器、中间冷却器及蒸发冷凝器等。

一、冷凝器

冷凝器也称散热器,它的任务是将压缩机排出的高温过热蒸气冷却,也就是使高压过热蒸气流经冷凝器的放热面而凝结为液体,所放出的热量被冷却介质吸收后排至周围环境中。放出的热量主要包括蒸发器中吸收的热量和压缩机消耗的机械功转化的热量。过热蒸气在冷凝器中放热而变成液体时一般经过以下过程:

过热蒸气→饱和蒸气→饱和液体→过冷液体

冷凝器按冷却介质和冷却方式,可以分为三种类型:

水冷冷凝器 用水作为冷却介质,使高温高压的制冷剂蒸气冷凝的换热器。

空冷冷凝器 也称为风冷冷凝器,它是用空气作为冷却介质,使高温高压的制冷剂蒸气冷凝的换热器。

蒸发式冷凝器 利用水蒸发吸收大量的潜热而使高温高压的制冷剂蒸气冷凝的换热器。

(一) 水冷式冷凝器

水冷式冷凝器是利用水来吸收制冷剂放出的热量。其特点是传热效率高,因此结构紧凑,多应用于中大型制冷设备。这类制冷设备都需要有一套冷却水系统,冷却水可以使用江、河、湖、海水或地下水,也可以循环使用。循环使用的冷却水系统一般配有冷却水塔,冷却水在冷却塔中将从冷凝器中吸收的热量释放给周围的空气。

水冷式冷凝器常见的结构有壳管式、套管式、板式、螺旋板式等几种形式。

1. 壳管式冷凝器

壳管式冷凝器有立式和卧式两种。

立式壳管式冷凝器直立安装在水池上的,主要用在大中型的氨制冷装置中,其结构如图 5.1-1 所示。冷却水从冷凝器的顶端进入冷凝器的配水箱,经导流后在自身重力的作用下,呈膜状沿换热管内壁自上而下排入水池,然后再由水泵送入冷却塔冷却循环

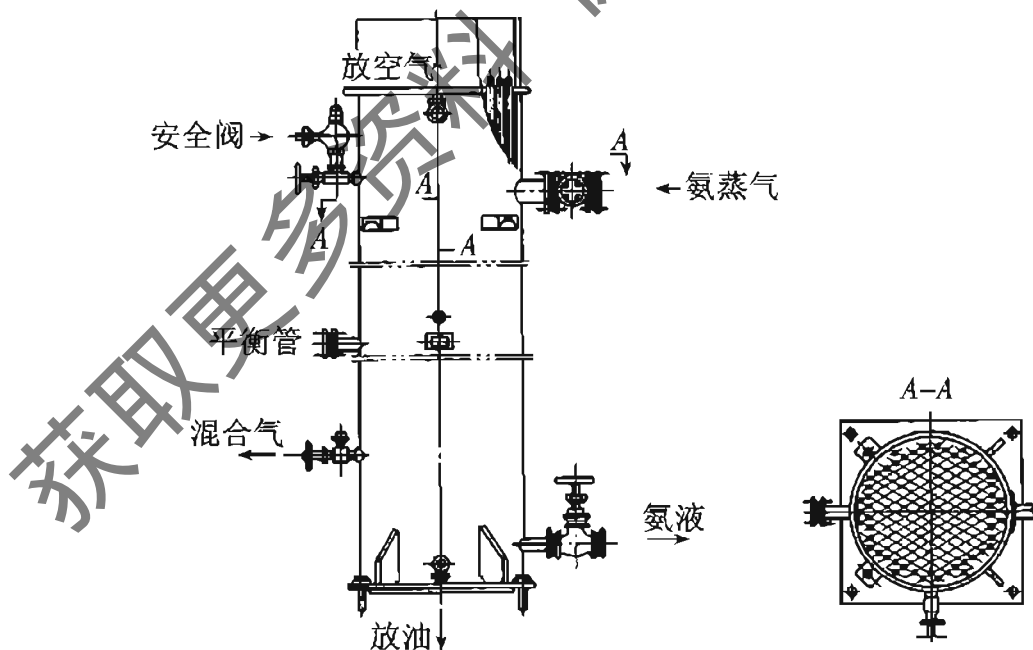


图 5.1-1 立式壳管式冷凝器

使用。气态制冷剂从冷凝器外壳的中上部进入冷凝器壳体和换热管之间的空间,制冷剂在换热管外冷凝后沿换热管外壁流下,冷凝液积存在冷凝器的底部,从出液管流出。此外,在冷凝器的壳体装有放油阀、放空阀和安全阀等接管。

卧式壳管式冷凝器如图 5.1-2 所示,主要由容器钢板卷制的筒体、冷凝管、分别焊接在筒体两端用于固定冷凝管的管板、带有分水筋端盖等部件组成。冷凝管的两端采用胀管或焊接来密封固定,端盖上的分水筋是为了使冷却水分成许多个来回流动的流程,以提高冷却水的流速,为了进一步提高冷凝器的传热效率,减少设备的体积,有的冷凝器的冷凝管采用滚压肋片铜管。在冷凝器中,制冷剂蒸气从冷凝器壳体的上部进入冷凝器,在冷凝管外表面上冷凝,凝结成液体后从壳体的底部流出进入储液器。冷却水在冷凝管内部流动,且从下面流进冷凝器,而从上面流出,这样可以保证冷却水充满整个冷凝器的冷凝管。这种冷凝器的优点在于结构紧凑,占地面积小,冷凝管内水流速度较高,传热系数较大,耗水量较少;缺点是冷却水的阻力较大,清洗污垢不方便,因此要求冷却水的水质要好。

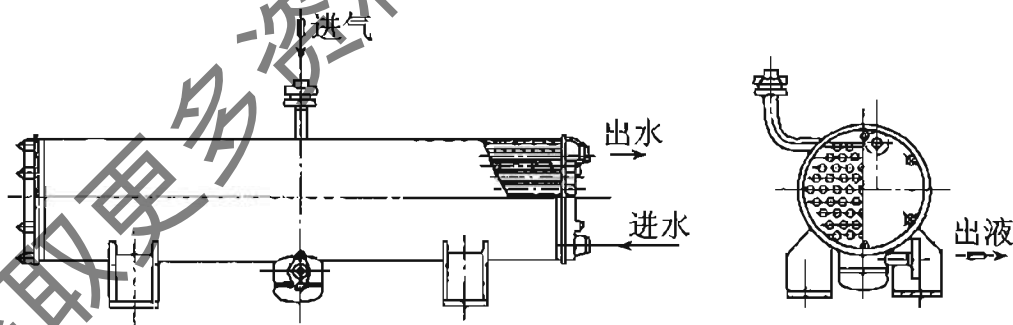


图 5.1-2 卧式壳管式冷凝器

2. 套管式冷凝器

图 5.1-3 为套管式冷凝器的结构原理图。其结构就是用一个直径的金属管(一般为无缝钢管),内穿一根或几根小直径铜管(光管或外肋管),再盘成圆形或椭圆形。管的两端用特别接头将

大小管分隔为互相不连通的两个空间,冷却水在小管内流动,制冷剂在大管内壁与小管外壁间的空间内流动。制冷剂蒸气由盘管的上端进入,凝结后的制冷剂液体从下端流出。冷却水则下进上出,与制冷剂成逆向流动,以增加传热效果。

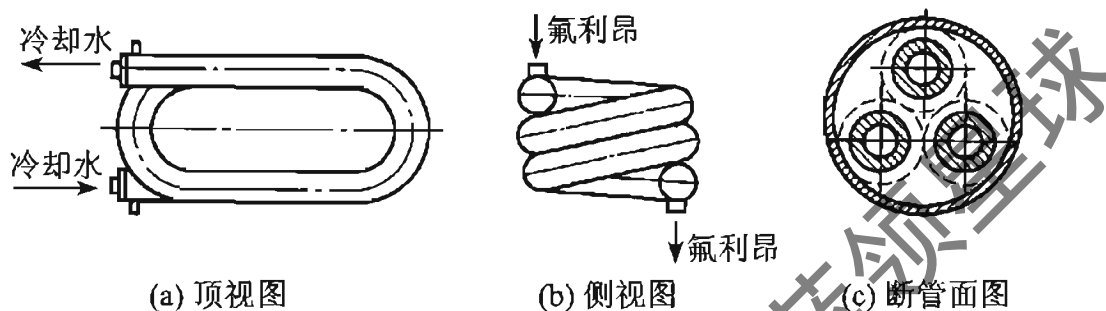


图 5.1-3 氟利昂套管式冷凝器

套管式冷凝器的优点是结构简单,便于制造,体积小,传热性能好,其缺点是金属消耗量较大,冷却水的流动阻力较大,在使用时应保持足够的冷却水输送水压,否则将会降低冷却水量,影响传热效果,引起冷凝压力上升。

3. 螺旋板式冷凝器

螺旋板式冷凝器是一种效率较高的换热器,主要用于氨系统,其结构如图 5.1-4 所示,由本体和接管组成。本体部分由两张平行的钢板在专用卷板机上卷制成具有两个螺旋通道的螺旋体,中心部分用隔板将两个通道隔开。螺旋通道的上、下端分别加上盖板并焊死。冷却水从螺旋板式冷凝器的外缘端部进入,从中央的上部流出。制冷剂蒸气从螺旋板式冷凝器中央隔板的另一侧上部进入,冷凝的液态制冷剂汇集于底部流出。

螺旋板式冷凝器的优点是体积小,重量轻,传热系数高,在工作条件相同的情况下,螺旋板式冷凝器的传热系数可比壳管式冷凝器提高 50% 左右。缺点是承受压力有限,制造较复杂,冷却水的阻力大而且内部不易清洗,对冷却水的水质要求较高。

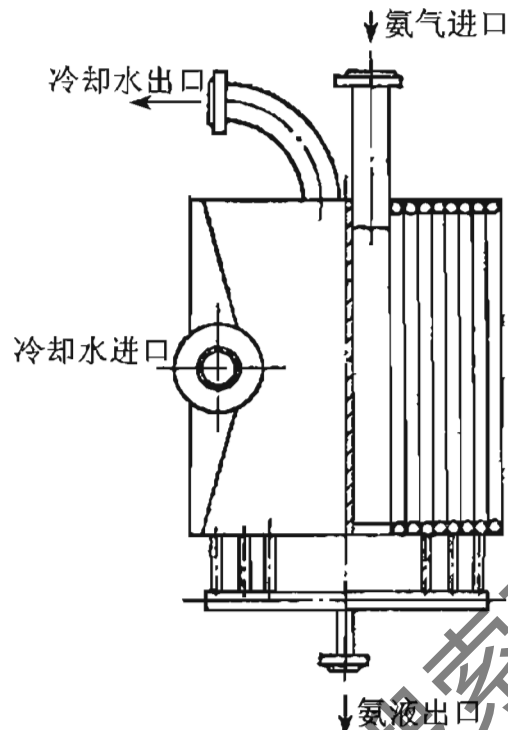


图 5.1-4 氨用螺旋板式冷凝器

(二) 空冷式冷凝器

空冷式冷凝器又称风冷式冷凝器，制冷剂在冷却管内流动，空气则在管外掠过，吸收冷却管内制冷剂冷凝放出的热量并将其传至周围环境。由于空气导热系数很小，因此空气侧的放热系数都很低，往往要影响整个冷凝器的传热系数。为了加强空气侧的传热性能，通常都在管外加翅片（也称散热片），增加空气侧的传热面积。同时采用通风机来加速空气流动，增强空气侧的传热效果，故按空气冷却方式又分为自然对流式和强迫对流式。前者多用于家用冰箱，后者多用于中小型氟利昂制冷设备上，其结构如图 5.1-5 所示。

空冷式冷凝器虽然传热效率不及水冷式，但它不需要冷却水和配套的管路及水泵，所以特别适用于缺水或供水困难的地区。现在多用于中小型空调机、冷柜、家用制冷空调设备上。

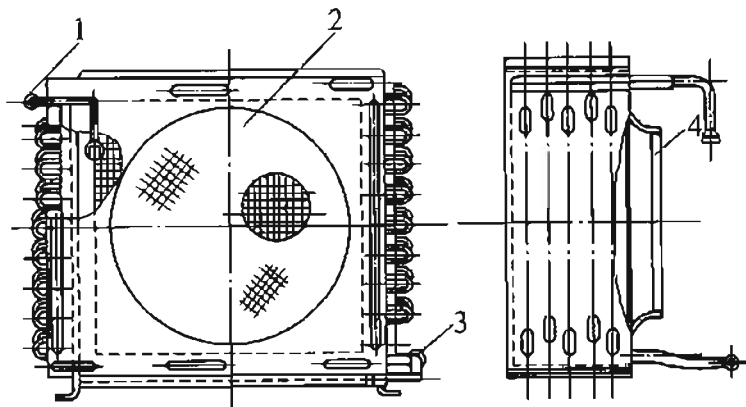


图 5.1-5 强制对流空气冷却式冷凝器

1—蒸气集管 2—翅片管组 3—液体集管 4—风机扩散器

(三) 蒸发式冷凝器

蒸发式冷凝器的冷却介质是水和空气,但主要是依靠一部分冷却水蒸发来吸热。水池中的冷却水由水泵送至喷水管,经喷嘴喷淋在冷凝管的外表面,使冷凝管外表面附有一层水膜,一部分水吸收了制冷剂放出的热量而蒸发成水蒸气,被风机经挡水栅中抽出。没有蒸发的水则滴落至水池,在滴入水池过程中,水滴与空气换热,使水滴得到冷却。挡水栅的作用是阻挡空气流中的细小水滴,使其滴落回水池,以减少冷却水的消耗。由于冷却水的蒸发,冷却水消耗量较大,需经常补充,当水池的水位过低时,水池内的浮球阀就自动打开补充冷却水。

根据风扇安装的位置及空气流动的形式,蒸发式冷凝器可以分为吸风式和鼓风式,吸风式的蒸发式冷凝器的气流比较均匀,箱内保持负压,水的蒸发温度比较低,传热效果好,但吸风式的蒸发式冷凝器的风机在高温高湿的气流中工作容易腐蚀,易发生故障。鼓风式的蒸发式冷凝器的优缺点正好与之相反。

二、蒸发器

蒸发器是制冷系统中不可缺少的一种热交换设备,是制冷剂在低温下汽化吸热的热交换器。在蒸发器中,制冷剂液体在较低

温度下沸腾,转变为蒸气,并吸收被冷却物或介质的热量,所以蒸发器是制冷系统中制取冷量和输送冷量的设备。根据被冷却的介质,可以分为冷却液体式蒸发器和冷却空气式蒸发器。

(一) 冷却液体式蒸发器

冷却液体式蒸发器主要用于大中型的制冷设备中,冷水机组的蒸发器就属这种类型。常见的有壳管式和沉浸式蒸发器,壳管式蒸发器又有满液式和干式之分,而沉浸式常见的形式则是直立管、螺旋管。

1. 满液式壳管式蒸发器

满液式壳管式蒸发器与卧式壳管式冷凝器相似,外壳采用较大直径的无缝钢管或用容器钢板卷制而成,两端有管板,用来支撑传热管(蒸发管)。传热管通常用无缝钢管或铜管制造,管与管板的连接多数靠扩管密封(胀管)。为提高扩管的密封性,在扩管时,先涂上环氧树脂后再扩管,管板外再装上铸铁端盖,中间用橡皮垫圈密封,端盖与管板用螺栓压紧,使蒸发器形成两个互相隔开而密封的空间。制冷剂在筒体内壁与传热管外壁之间蒸发,载冷剂在传热管内流动。载冷剂的选择由蒸发温度而定,蒸发温度在 0°C 以上的可用水作载冷剂,而 0°C 以下则应用盐水溶液或有机物的水溶液作载冷剂。

满液式壳管式蒸发器的筒体内大约一半容积是制冷剂液体,即筒体中心线以下是液体,中心线以上充满蒸气。当压缩机抽吸时,筒内压力降低,制冷剂液体吸热蒸发成干蒸气或过热蒸气,经过集气室被抽出蒸发器。满液式壳管式蒸发器需采用浮球阀、节流孔口等节流装置进行供液,不能用热力膨胀阀供液。

满液式壳管式蒸发器的优点是结构简单,体积紧凑,金属消耗少,造价低,传热性能好等。离心式冷水机组的蒸发器和氨用壳管式蒸发器均为满液式壳管式蒸发器,部分螺杆式冷水机组也采用满液式壳管式蒸发器。满液式壳管式蒸发器的缺点是制冷剂的充

注量大,载冷剂有冻结的危险,回油比较困难,由于制冷剂静压的影响使蒸发温度提高。

2. 干式壳管式蒸发器

干式壳管式蒸发器的结构如图 5.1-6 所示。与满液式壳管式蒸发器不同的是,在干式壳管式蒸发器中,制冷剂液体在蒸发管内流动,而载冷剂在蒸发管外流动。在这种蒸发器中,制冷剂的充注量比较少,一般为蒸发管容积的 30%~40%,制冷剂在蒸发过程中没有自由液面,通常用于氟利昂制冷设备。为了增加换热管外载冷剂的流速,增强换热效果,筒体内设有多个折流板。

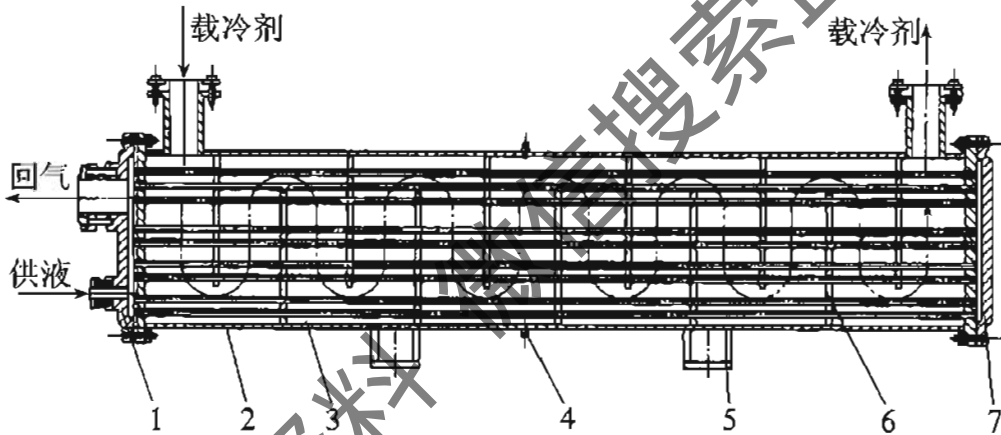


图 5.1-6 干式壳管式蒸发器的结构

1、7—端盖 2—筒体 3—蒸发管 4—螺塞 5—支座 6—折流板

干式壳管式蒸发器与满液式壳管式蒸发器相比有以下优点:

① 制冷剂充注量少,只有相同制冷量的满液式壳管式蒸发器充注量的 1/3 左右。

② 采用与润滑油互溶的制冷剂时,压缩机回油比较方便。

③ 可用热力膨胀阀或电子膨胀阀供液,比使用浮球阀简单、可靠等。

但干式壳管式蒸发器的换热效率较满液式壳管式蒸发器低,折流板安装和制造比较麻烦,传热管外清洗比较困难。

3. 直立管式蒸发器

直立管式蒸发器通常只用于氨制冷装置,其结构如图 5.1-7 所示。换热管是一排一排的直立管排,全用无缝钢管制成,直立换热管管排装在一个铁箱子里,箱内充满载冷剂。氨在直立换热管内吸收管外载冷剂的热量后蒸发,氨蒸气经气液分离器和上集气管时速度减慢,氨蒸气中夹带的液滴分离出来,蒸气向上被压缩机吸入,而液体则返回下集液管中。水箱中的载冷剂在搅拌器的作用下在箱内流动。

直立管式蒸发器也是一种满液式蒸发器,传热性能好,由于箱中载冷剂量大,冻结危险小。缺点是体积庞大,金属消耗多,由于载冷剂直接暴露在空气中,所以对金属的腐蚀比较严重。

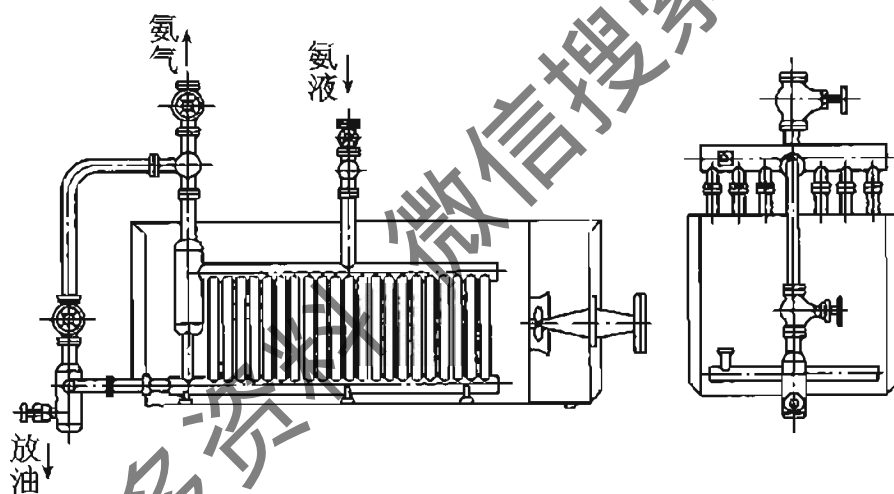


图 5.1-7 直立管式蒸发器

4. 螺旋管式蒸发器

螺旋管式蒸发器的结构与直立管式蒸发器的结构基本相同,如图 5.1-8 所示。这种蒸发器的换热管采用单头螺旋盘管或双头螺旋盘管代替直立管管束,高度比直立管管束要低一些,同时将卧式搅拌器改为立式搅拌器,从而简化了结构,有利于维修。螺旋管式蒸发器除了具有直立管式蒸发器的优点外,它的结构紧凑,可节省金属 15%。在相同的换热面积下,比直立管式蒸发器的体积小

25%~40%。

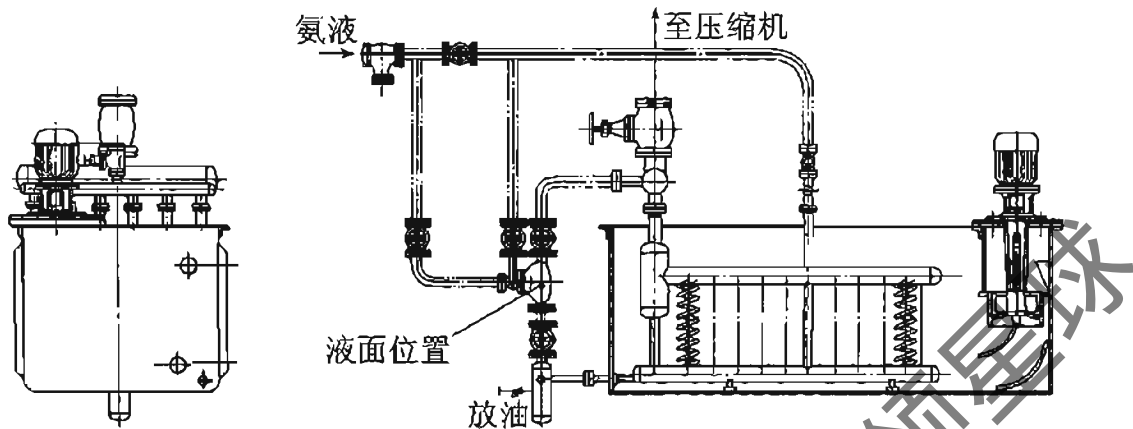


图 5.1-8 螺旋管式蒸发器

(二) 冷却空气式蒸发器

冷却空气式蒸发器也称空气冷却器,应用很广。空调器、冷藏库、低温箱及家用冰箱等制冷设备都使用空气冷却器。它是以制冷剂在管内直接蒸发来冷却空气的,所以又称表面式蒸发器。根据空气流动的方式,空气冷却器又可分为自然对流式和强迫对流式两种。

1. 空气自然对流式

空气自然对流就是空气自由流动,如冷库里的排管蒸发器,它安装在库内四周壁上,制冷机工作时,靠近蒸发排管的空气与蒸发器接触被冷却,空气温度下降,其密度增大就自然下沉,而旁边的热空气密度减小而上升,就形成自然对流,使冷库的温度逐渐下降。

由于自然对流时空气的流速很低,传热系数较低,因而降温较慢,目前仅在冷库、低温试验箱和各种家用冰箱中使用。

2. 空气强迫对流式

这种蒸发器又称为直接蒸发式空气冷却器,在冷库或空调系统中使用时又可称为冷风机。图 5.1-9 为冷库用冷风机的外形图,它由几排带肋片的盘管和风机组成,依靠风机的强制作用,使被冷却房间的空气从盘管组的肋片间流过,管内制冷剂吸热汽化,

管外空气冷却降温后送入房间。这种蒸发器的肋片间节距与蒸发温度有关,蒸发温度高且肋片管上不结霜时,片距可取 2~4 mm,蒸发温度较低且肋片管上结霜时,片距应大些,可取 6~12 mm,如采取热气除霜措施则蒸发器的片距可以取小些。

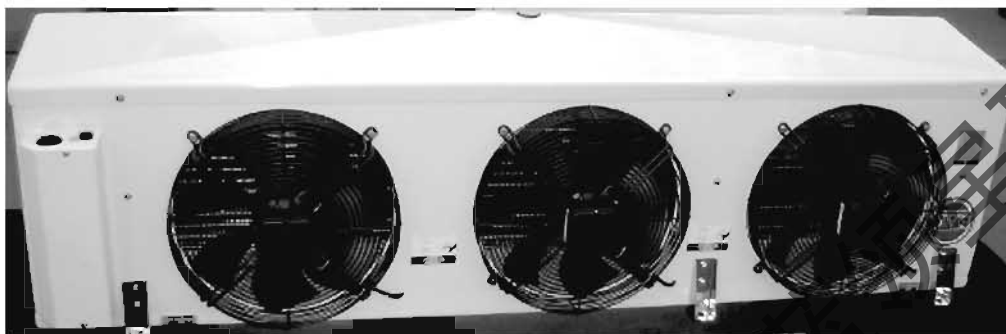


图 5.1-9 冷风机外形

三、回热器、中间冷却器和冷凝蒸发器

这几种换热器的共同特点是在换热器中进行热量交换的介质都是制冷剂。

(一) 回热器

回热器又称气液热交换器,适用于蒸发温度较低的氟利昂制冷系统,不宜用在使用过热无利的制冷剂(如 R717 等)系统中。采用回热器的目的是提高制冷效率,减少制冷剂在回气管中的损失,并可预防压缩机湿行程的发生。回热器的结构通常采用壳管式。如图 5.1-10 所示,外壳通常用无缝钢管制成,壳中的传热管是用光滑纯铜管绕制而成的盘管,也有使用肋片管的。来自冷凝器或储液器的制冷剂液体在传热管内流过,来自蒸发器的低温制冷剂蒸气在传热管外横掠过。进行热量交换后,使液体过冷、蒸气过热。

(二) 中间冷却器

中间冷却器用于两级蒸气压缩制冷系统中,其功能是利用一部分制冷剂液体在其中汽化吸热,用以冷却低压级的排气,降低高

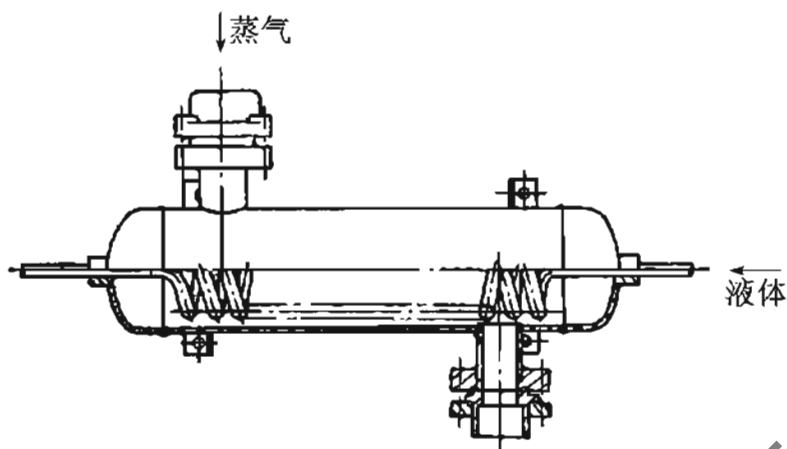


图 5.1-10 回热器的结构

压级压缩机吸气的过热度。

1. 氨用中间冷却器

两级氨制冷系统多采用中间完全冷却方式。图 5.1-11 为一级节流系统用洗涤型中间冷却器的结构示意图。容器中保持一定

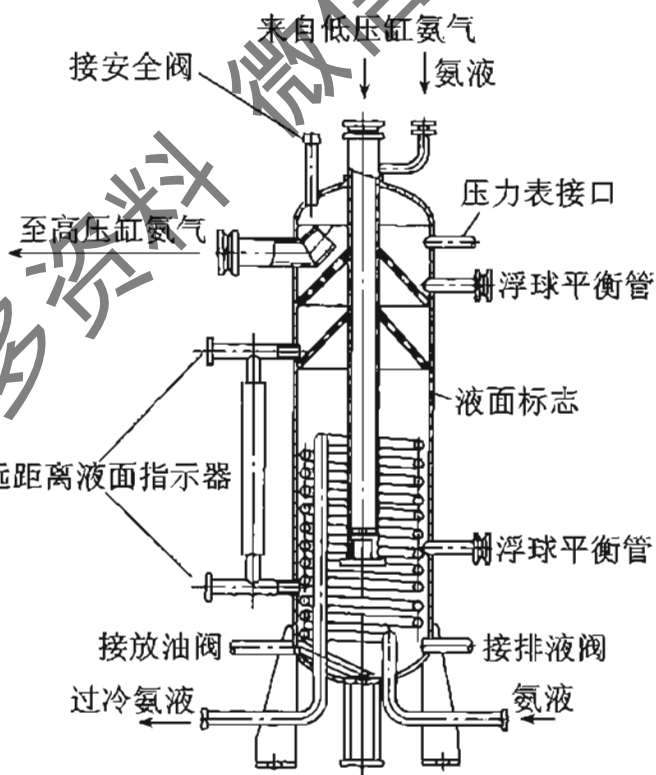


图 5.1-11 氨用中间冷却器

高度的液氨,进气管伸入液面之下,高压氨液冷却盘管沉浸在液氨中。低压级排气经液氨冷却后连同蒸发和节流产生的氨蒸气穿过伞形挡板,分离液滴后从容器上部排出,被高压级压缩机吸走;高压氨液则因管外的液氨蒸发吸热而过冷。容器中氨液面由液位控制器和浮球阀控制。

2. 氟利昂用中间冷却器

两级氟利昂制冷系统多采用一级节流中间不完全冷却的循环形式,图 5.1-12 为可对高压液体进行冷却使之成为液体的中间冷却器的结构示意图。大部分高压氟利昂液体由上部进入,在盘管内被冷却(过冷)后从下部流出,成为过冷液体。小部分高压氟利昂液体经节流至中间压力后,由壳侧下方进入中间冷却器,吸收盘管内高压液体的热量后蒸发为蒸气。蒸气由上方引出后,与低压级压缩机排出的过热制冷剂蒸气混合,降低其过热度,再被高压级压缩机吸入。

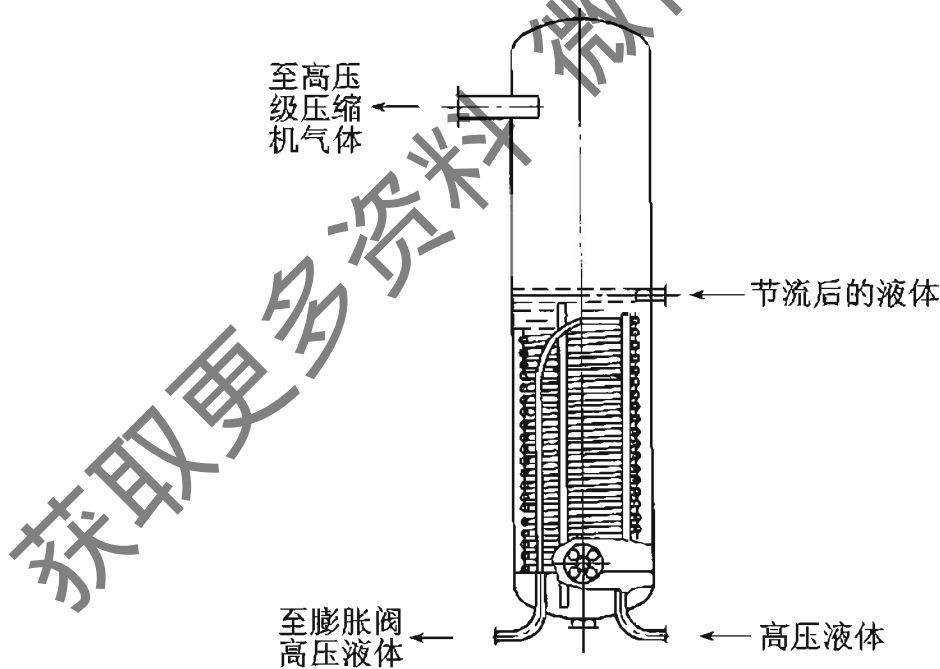


图 5.1-12 氟利昂用中间冷却器

3. 冷凝蒸发器

冷凝蒸发器用于复叠式制冷系统,是复叠式制冷系统低温部分与高温部分的结合点。在低温部分它为冷凝器,在高温部分它为蒸发器(见图 3.3-5)。其结构有立式壳管式、立式盘管式、套管式等几种形式,图 5.1-13 为立式盘管式冷凝蒸发器的结构示意图。

四、板式换热器

板式换热器最初主要用于食品、医药、化工行业,它具有传热系数高、结构紧凑、体积小、耗材省等优点,但其承压能力有限,流体的流动阻力较大。板式换热器有可组装式(可拆卸)和钎焊式两种,如图 5.1-14 所示。现在板式换热器的承压能力有了较大的提高,因此在制冷设备中使用也越来越多。目前已有不少制冷设备使用板式换热器(一般为钎焊式)作为冷凝器、过冷器、水冷却器、油冷却器及蒸发器等。板式换热器在空调系统中的使用也很普遍。

板式换热器的传热元件是冲压成各种形状(如人字形、波纹形等)的薄金属板片,如图 5.1-14c 所示。很多板片叠放在一起,板与板之间放入一定形状的密封圈,构成流道。流体在传热板片之间的流程可以按具体情况安排,一般常见的有并联、串联和混联,在制冷设备中多用并联流程。



图 5.1-13 立式盘管式
冷凝蒸发器

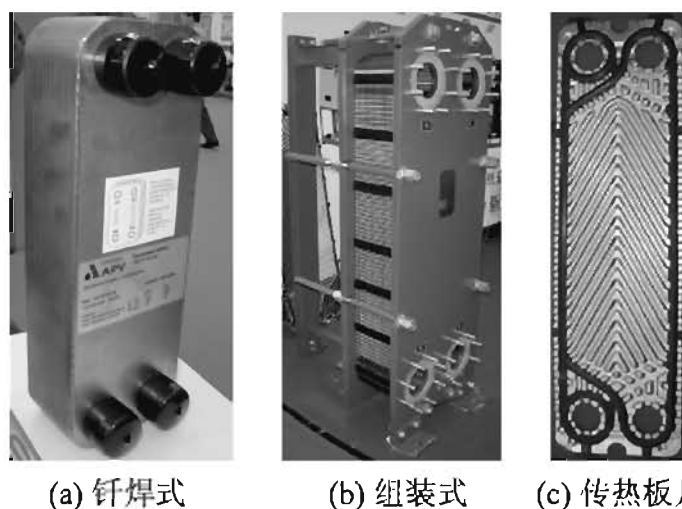


图 5.1-14 板式换热器

第二节 节流装置

节流装置是制冷系统中关键部件之一，它的作用是将冷凝器或储液器中冷凝压力下的饱和液体或过冷液体，降至蒸发压力下的低温湿蒸气。除了降压作用外，节流装置还起着根据负荷的变化调节进入蒸发器的制冷剂流量的作用。常见的节流装置有：手动节流阀、毛细管、热力膨胀阀、定压膨胀阀、电子膨胀阀、浮球调节阀等。

一、手动节流阀

手动节流阀是一种原始的节流机构，用于干式或满液式蒸发器。由于其在制冷装置的运转过程中经常进行调节，不但操作频繁，而且较难保持稳定的工况，现在已被自动节流装置取代，很少单独使用，而是作为旁路阀以备应急或作为备用阀供维修节流机构时使用。

手动节流阀由阀体、阀芯、阀杆、填料、压盖、进出口接头、手轮和螺栓等零件所组成。

二、毛细管

毛细管是结构最简单的一种节流装置,它通常用于小型制冷设备,如家用电冰箱、家用空调器、小型冷冻除湿机等设备。毛细管为一根内径 5 mm 以下(一般为 0.5~2.0 mm)、长数百毫米至几米不等的纯铜管。

制冷剂流过毛细管时要克服流动阻力而产生压力降,管径越小、管线越长,压力降就越大,流量则越小。选择适当直径和长度的毛细管即可控制制冷剂的流量和一定压力降。

由于毛细管没有调节部件,因此它只能适用一个确定的工况,而不能适应工况变化的需要,所以毛细管尺寸经过计算和试验确定后,制冷剂的充注量应严格控制。

三、热力膨胀阀

热力膨胀阀是应用最广的一类节流装置,许多氟利昂制冷系统都使用热力膨胀阀来调节制冷剂流量。

热力膨胀阀的调节原理是利用蒸发器出口制冷剂蒸气的过热度的变化来调节感温部件内的压力,进而调节阀孔的开启度来调节供液量的,作用是使液体制冷剂在蒸发器内完全充分汽化,充分利用蒸发器的换热面积。

热力膨胀阀是由阀芯、阀座、气室、毛细管(导压管)、感温包、调节螺母或调整螺钉(调节杆)、过热弹簧(调节弹簧)、进出口接管和滤网等组成,见图 5.2-1、图 5.2-2、图 5.2-3。感温包设于蒸发器的出口附近,导压管是连接阀门顶端气室与感温包的连接管。

根据力平衡元件的不同,热力膨胀阀可分为膜片式和波纹管式;根据感温包中充注工质的相态不同,可分为充气式及充液式;而根据热力膨胀阀结构上的不同,又可以分为内平衡式和外平衡

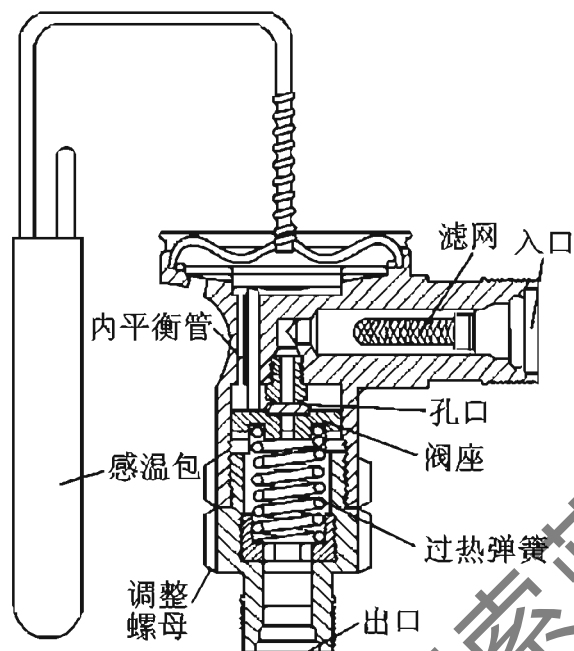


图 5.2-1 内平衡式膨胀阀的结构

式两种。图 5.2-1 为内平衡式热力膨胀阀的结构示意图，它适用于蒸发器内压力降不大的制冷装置。而对于蒸发器内压力降较大的制冷装置则必须采用外平衡式热力膨胀阀。图 5.2-3 为外平衡式热力膨胀阀的结构示意图。

(一) 内平衡式膨胀阀

流经膨胀阀的阀孔时，制冷剂因克服流动阻力由高压变为低压。阀孔的开度由膜片的位置决定，如图 5.2-2 所示。膜片所处的位置决定于膜片的受力情况。膨胀阀在工作时膜片所受的力有三个：膜片上方受感温包内饱和气体的压力 p ，下方受由蒸发器进口导入的制冷剂压力 p_0 和过热弹簧的压力 F_w 。当三个力处于平衡状态，即： $p = p_0 + F_w$ 时，阀孔处于某一开度，制冷剂流量保持一定。不同的温度可以改变作用在膜片上方的压力 p ，改变阀孔的开度，从而调制冷剂量。当压缩机停止运转时。膜片上下两侧的压力相等，在弹簧作用下阀孔被关闭，以防止制冷剂向压缩机

倒流。压缩机运转后,在制冷剂的压力下,膜片下方的作用力减小,阀孔开启,制冷剂开始循环。当温度变化时,膜片上方的压力 p 也随之变化,阀孔开启的程度也就发生相应的变化,从而达到调节制冷剂流量的目的。

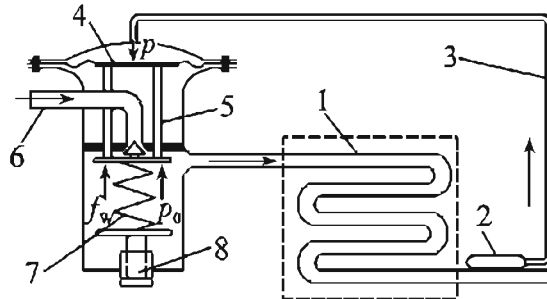


图 5.2-2 内平衡式膨胀阀的工作原理

- 1—蒸发器 2—感温包 3—毛细管 4—波纹膜片
5—推杆 6—制冷剂进口 7—弹簧 8—调整螺钉

膨胀阀的过热弹簧(调节弹簧)可人工调整。当膨胀阀的出液量少、蒸发器出口处制冷剂的过热度较大时,可通过调节螺母将过热弹簧调松些;相反,则可将过热弹簧调紧些。

(二) 外平衡式热力膨胀阀

由于制冷剂流经蒸发器时会产生压力损失,蒸发器出口压力要小于进口压力,相应的饱和压力也较进口处的低。当蒸发器的阻力较大时,采用内平衡式热力膨胀阀,其感温包反映出的过热度较真实过热度要小,从而导致阀孔开度过小甚至关闭,使系统不能正常运行。为消除内平衡式热力膨胀阀的这一缺点,人们开发出外平衡式热力膨胀阀。外平衡式热力膨胀阀和内平衡式热力膨胀阀的结构相似,但外平衡式膜片下方的压力是由平衡管导入的蒸发器的出口压力,如图 5.2-3 所示,这样就能准确反映出蒸发器出口制冷剂的过热度。

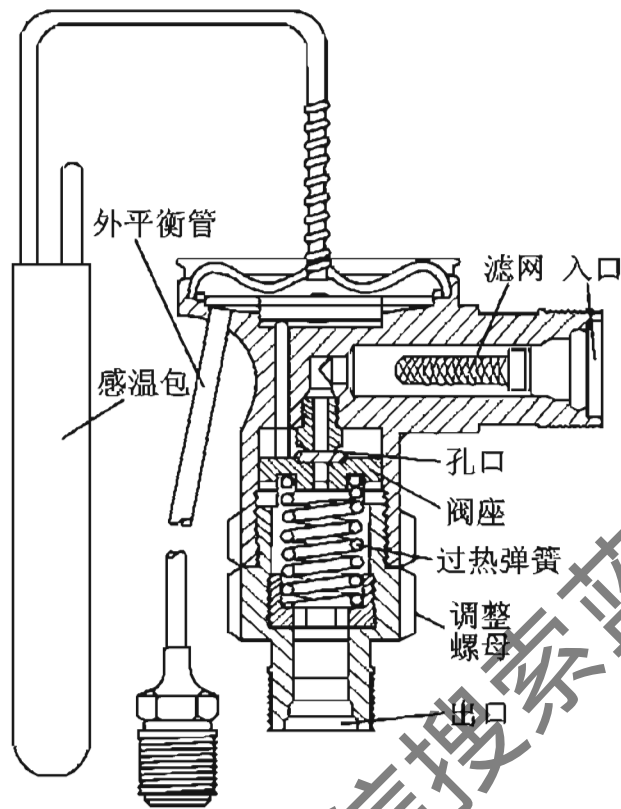


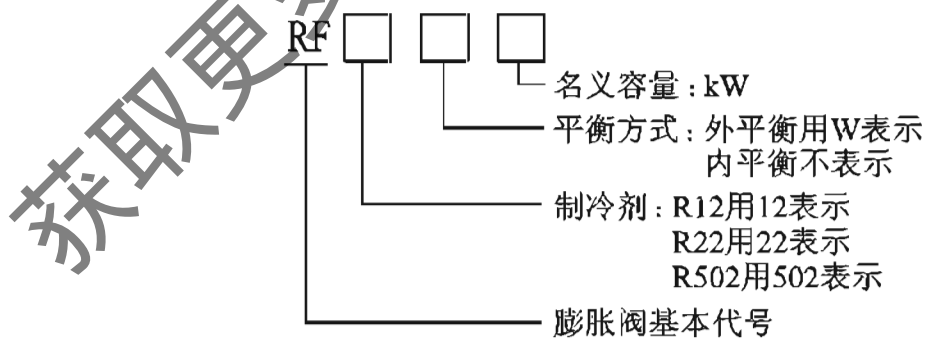
图 5.2-3 外平衡式膨胀阀的结构

(三) 热力膨胀阀的型号、名义工况和基本参数

1. 热力膨胀阀的型号表示方法

机械行业标准 JB/T 3548—91 规定膨胀阀的型号表示方法

如下：



2. 热力膨胀阀的名义工况

表 5.2-1 热力膨胀阀名义工况(据 JB/T 3548—91)

冷凝温度	进入膨胀阀液体温度	蒸发温度	蒸发压力/MPa			通过阀压降/MPa			静止过热度	过热度变化
			R12	R22	R502	R12	R22	R502		
40℃	38℃	5℃	0.36	0.586	0.676	0.41	0.69	0.69	3.5℃	4℃

3. 热力膨胀阀的基本参数

表 5.2-2 热力膨胀阀的基本参数(据 JB/T 3548—91)

名义容量/kW			接管尺寸/mm			接管方式
R12	R22	R502	进口 外径×壁厚	出口 外径×壁厚	外平衡管 外径×壁厚	
≤9	≤14	≤10	10×1	12×1	6×1	扩口管、焊接、平口接头、法兰
>9~12	>10~17	>10~16		16×1.5		
>12~24	>17~36	>16~25	12×1	19×1.5		
>24~45	>36~68	>25~50	16×1.5			
>45~52	>68~78	>50~56	19×1.5	22×2		
>52~63	>78~94	>56~74		22×2		
>63~88	>94~158	>74~95	27×2	30×2		
>88~123	>158~193	>95~130	33×3.5			
>123~156	>193~263	>130~169				

(四) 热力膨胀阀安装要点

安装热力膨胀阀是否正确直接影响到制冷系统能否正常安全地运行。在安装热力膨胀阀时应注意以下几点：

① 阀体应垂直放置，不能倾斜，更不可颠倒安装。

② 感温包应置于蒸发器出口的水平直管处。安装方法有感温包包扎在管道外、感温包放在套管里、感温包直接插入管道内三种。最常用的是包扎法，包扎时应将管道上的氧化层清除干净，使

感温包与管道紧密接触,包扎要牢固。包扎后可用不吸水的热绝缘材料包裹,使其与环境隔绝。

③ 感温包放置处的管道内不能有积液。

四、定压膨胀阀

定压膨胀阀的结构(见图 5.2-4)与热力膨胀阀类似,其根本区别是定压膨胀阀没有感应机构,而用弹簧 1 来代替。它以蒸发压力为动力并保持蒸发压力或蒸发温度大致恒定,但不能自动调节制冷剂的流量。

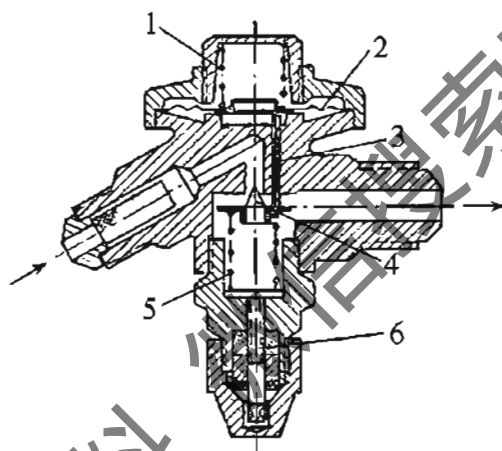


图 5.2-4 定压膨胀阀的结构

1—弹簧 2—膜片 3—传动杆 4—阀针
5—调节弹簧 6—调节杆

与热力膨胀阀相似,定压膨胀阀也有膜片式和波纹管式、内平衡式和外平衡式之分。在压缩机停止运转时也能自动关闭,以防开机时发生液击。定压膨胀阀主要适用于蒸发温度及冷量负荷比较稳定的情况。

五、电子膨胀阀

热力膨胀阀虽能根据蒸发器出口制冷剂的过热度进行流量的自动调节,但调节范围有限。对于制冷剂流量变化很大的场合,则

需要使用电子膨胀阀进行流量的自动调节,如在使用变容量压缩机(变频压缩机、数码涡旋式压缩机等)的制冷系统中,一般均使用电子膨胀阀来实现制冷剂流量的自动控制。

电子膨胀阀利用被调节参数(如蒸发器出口制冷剂的过热度等)产生的电信号,经微电脑处理并发出指令,控制施加于膨胀阀上的电压或电流,进而控制阀针的运动,达到调节的目的。图 5.2-5 为电子膨胀阀控制制冷剂流量的示意图。

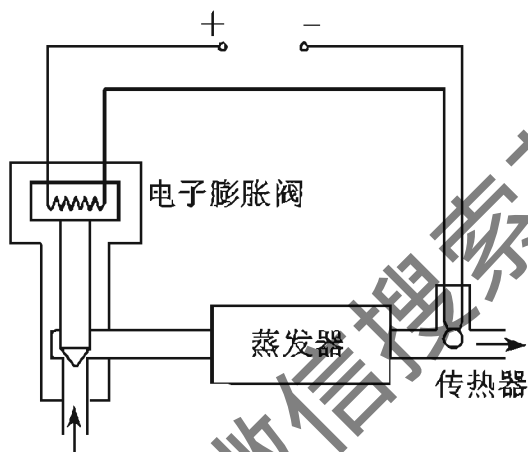


图 5.2-5 电子膨胀阀控制流量

电子膨胀阀可分为电磁式和电动式两大类。

电磁式电子膨胀阀的结构如图 5.2-6 所示。被调参数先变化为电压,施加在膨胀阀的线圈上。电磁线圈通电前,阀针处于全开位置;通电后,受磁力的作用,阀针的开度减小,减小的程度取决于施加在线圈上的控制电压。电压越高,开度越小,流经膨胀阀的制冷剂流量也越小。电磁式膨胀阀的结构简单,对信号变化的响应快,但在制冷机工作时需要一直向它提供控制电压。

电动式电子膨胀阀的结构如图 5.2-7 所示。阀针由脉冲电机驱动。电动式电子膨胀阀分为直动型和减速型两种。直动型电子膨胀阀用脉冲电机直接驱动阀针。当控制电路产生的脉冲电压作用到电机定子上时,永久磁铁制成的电机转子转动,通过螺纹的作用,使转子的旋转运动转变为阀针的上下运动,从而调节阀的开

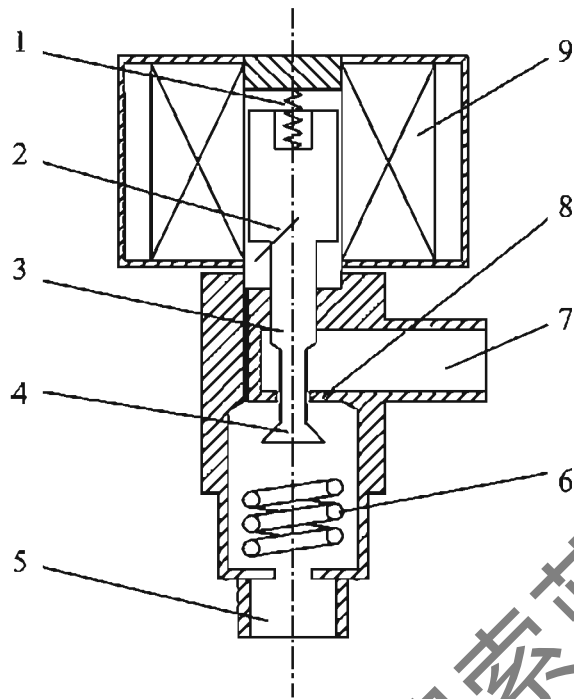


图 5.2-6 电磁式电子膨胀阀的结构

- 1—柱塞弹簧 2—柱塞 3—阀杆 4—阀针 5—制冷剂出口
6—弹簧 7—制冷剂入口 8—阀座 9—线圈

度,进而调制冷剂的流量。驱动阀针的力矩直接来自定子线圈的磁力矩,由于电机尺寸所限,磁力矩较小。减速型电子膨胀阀内装有减速齿轮组。脉冲电机通过减速齿轮组将其磁力矩传递给阀针。减速齿轮组起到放大磁力矩的作用,因而配有减速齿轮组的脉冲电机可以方便地与不同规格的阀体配合,满足不同流量调节的需要。

表 5.2-3 电子膨胀阀和热力膨胀阀的比较

比较项目 类型	调节范围	过热度设定	驱动	动作速度	灵敏性	控制精度
电子膨胀阀	较大 10%~100%	可变	电磁力	快	无延时	高
热力膨胀阀	较小	一般由制造 工厂设定	热力	慢	有延时 滞后	低

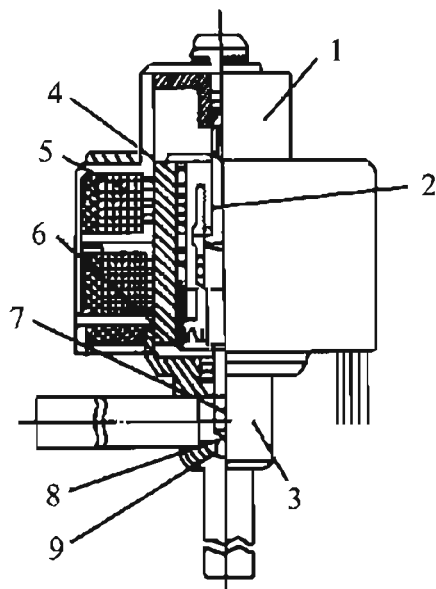


图 5.2-7 电动式电子膨胀阀的结构

1—帽罩 2—调整螺钉 3—阀体 4—转子
5—定子 6—螺母 7—轴 8—阀针 9—阀孔

使用电子膨胀阀可使制冷系统始终保持在最佳工况下运行，提高系统的能效比，达到快速制冷、精确控制温度的目的。同时，便于系统增加远程控制、故障诊断等功能。

六、浮球调节阀

浮球调节阀简称浮球阀，是用液位调节的自动节流机构，适用于具有自由液面的蒸发器（如壳管式、立管式及螺旋管式等）、中间冷却器、低压循环桶、冷凝器或高压储液器等。按其所处的位置分为低压浮球阀和高压浮球阀两种。

低压浮球阀用来保持蒸发器或中间冷却器的液位。高压浮球阀用来保持冷凝器或储液器中的液位，从而间接调节蒸发器的供液量。

（一）高压浮球阀

高压浮球阀安装在高压液体管路上，以浮球感应高压侧容器（冷凝器或高压储液器）中的液位来控制向蒸发器的供液，它仅适

用于具有一个蒸发器的制冷机组。高压浮球阀有直动式和伺服式两种类型。

直动式高压浮球阀的典型结构如图 5.2-8 所示,制冷剂液体从高压侧容器进入阀室,液位升高时浮球升起,带动阀针将阀孔开大,增大向蒸发器的供液量;反之液位降低,减少供液量。

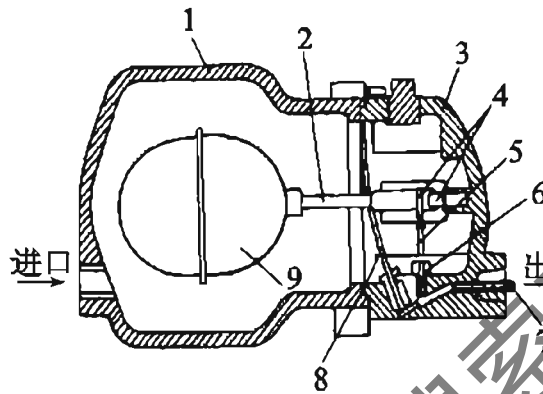


图 5.2-8 直动式高压浮球阀的结构示意图

- 1—壳体 2—浮球杆 3—端盖 4—铰链 5—阀针
6—阀座 7—节流管 8—排气管 9—浮子

伺服式高压浮球阀用于大型装置中,它用直动式高压浮球阀作导阀(控制阀)来控制主阀(膨胀阀),实现流量的调节。图5.2-9为采用伺服式高压浮球阀的控制示意图,主阀上的电磁阀可接受指令控制主阀关闭,使系统停止工作。

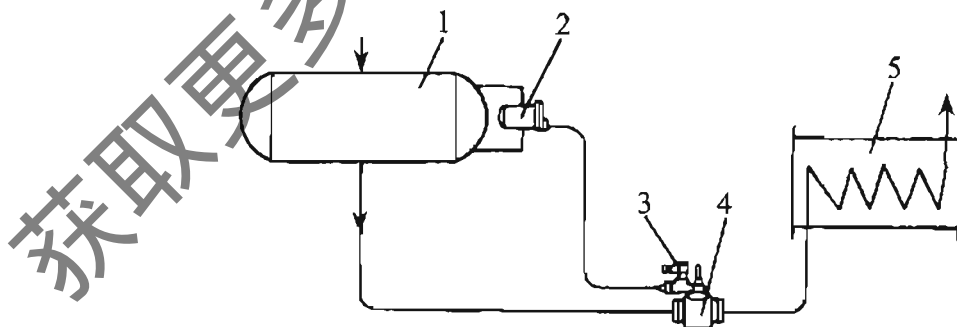


图 5.2-9 伺服式高压浮球阀控制示意图

- 1—高压储液器 2—高压浮球阀 3—电磁阀
4—主阀 5—蒸发器

(二) 低压浮球阀

低压浮球阀安装在蒸发器或中间冷却器的供液管路上,用来保持蒸发器或中间冷却器的液位。低压浮球阀也有直动式和伺服式两种类型。直动式常用于中小型装置,而伺服式用于大型装置。

直动式低压浮球阀又有直通式和非直通式两种,如图 5.2-10 所示。直通式结构简单,但浮球室液面易受进液的冲击而发生波动,因而导致误调,使阀工作不稳定。非直通式浮球阀中液体节流后不经过浮球室,因而工作较稳定。浮球阀利用液体连接管及气体连接管分别与低压侧容器(蒸发器或中间冷却器等)的液体部分及蒸气部分连通,使浮球室的液位与低压侧容器的液位保持一致(见图 5.2-11)。当蒸发器或中间冷却器内液面下降时浮球室内液面也随之下降,浮球下落,阀针便将阀孔开大,增大供液量。反之当液面上升,浮球上升,减小阀孔开启度,减小供液量;当液面升高到一定的限度时阀孔被关死,停止供液。

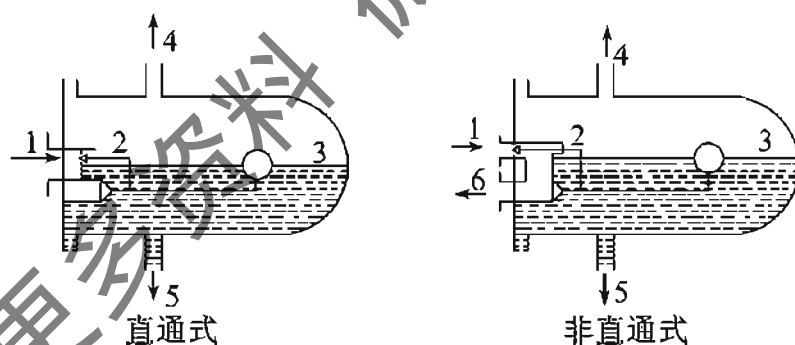


图 5.2-10 低压浮球阀

- 1—液体入口 2—阀针 3—浮球 4—气相引管
5—液相引管 6—液体出口

伺服式低压浮球阀与伺服式高压浮球阀相似,它用一个直动式阀作为导阀来控制主阀。图 5.2-12 为伺服式低压浮球阀应用示例。

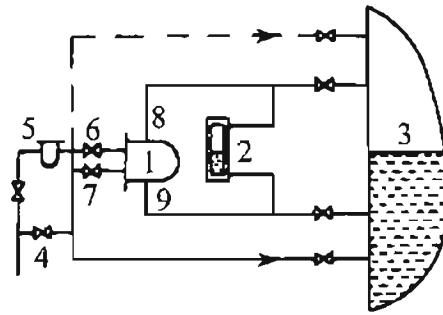


图 5.2-11 非直通式浮球阀的安装

- 1—浮球阀 2—液面指示器 3—容器
4—手动节流阀 5—过滤器 6—液体进口
7—液体出口 8—气体接管 9—液体接管

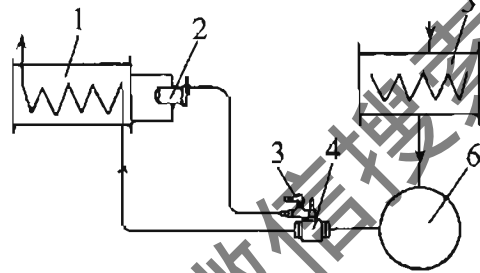


图 5.2-12 伺服式低压浮球阀控制

- 1—满液式蒸发器 2—低压浮球阀 3—电磁阀
4—主阀 5—冷凝器 6—高压储液器

七、线性浮子阀

线性浮子阀实际上是一种结构紧凑的浮球阀，它的结构与传统的浮球阀有很大区别，如图 5.2-13 所示。它安装在冷凝器的底部，液态制冷剂流入浮子阀室，当压缩机运转时，连接至冷凝器顶部（或压缩机的排气法兰）的铜管将压缩机排出的气态制冷剂直接引入并抬升浮子阀的浮腔 1，高温、高压的制冷剂气体被形成的液封封在浮腔内。浮腔通过销与内衬筒连接，浮动的内衬筒调节线性浮子阀的开度，达到调节日制冷量、控制液位的目的。

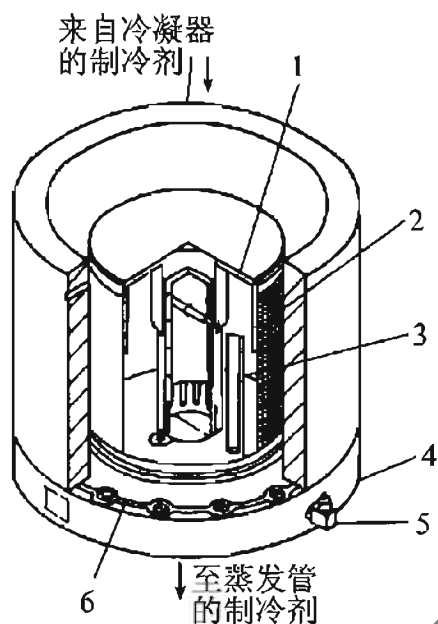


图 5.2-13 线性浮子阀的结构

- 1—浮腔 2—滤网 3—直管 4—底盖
5—弯头 6—垫片

第三节 其他辅助设备

一、油分离器

在蒸气压缩式制冷系统中,压缩机排出的制冷剂蒸气温度可达 $90\sim 140^{\circ}\text{C}$,使得积聚在汽缸壁上的润滑油部分汽化成蒸气,这些油蒸气和小油滴被高速的排气带出压缩机而进入制冷系统。这不仅会影响冷凝器、蒸发器等换热设备的换热,还易造成压缩机的缺油。因此,对大中型制冷设备必须设置油分离器。目前常用的油分离器有洗涤式、离心式、填料式、过滤式等几种。

(一) 洗涤式油分离器

洗涤式油分离器适用于氨制冷系统,其结构如图 5.3-1 所示。在油分离器的下部保持一定高度的液氨。压缩机的排气从顶部的

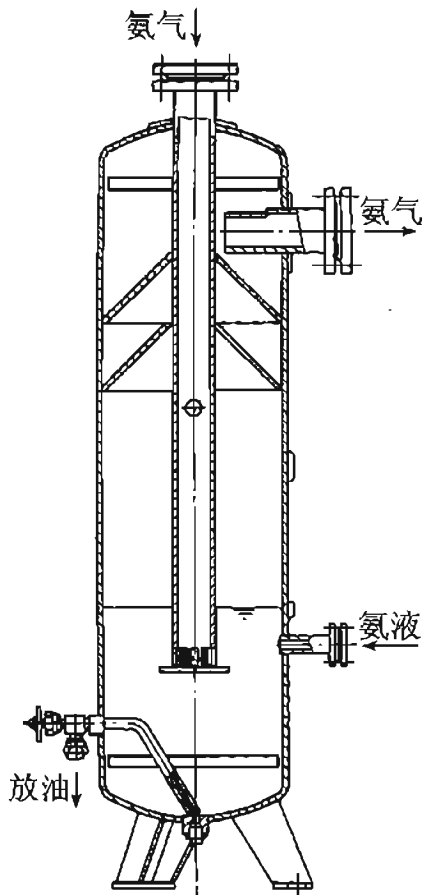


图 5.3-1 洗涤式油分离器

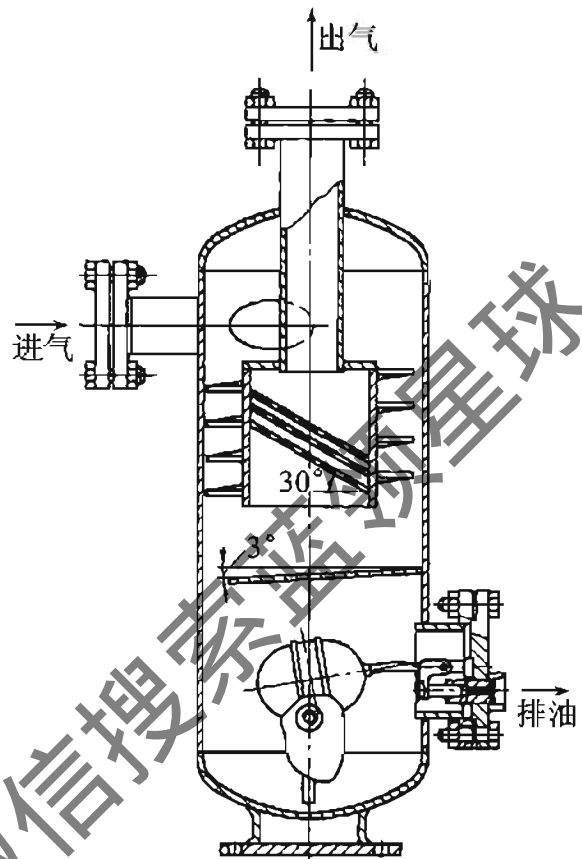


图 5.3-2 离心式油分离器

进气口进入分离器，经液氨洗涤，与其中的润滑油分离后，通过伞形隔板从上部侧面的出气口流出，进入冷凝器。伞形隔板作用是阻挡夹在蒸气中的液滴。润滑油依靠排气的减速、改变流向、在氨液中冷却和洗涤四种作用而分离。

(二) 离心式油分离器

离心式油分离器适用于大中型制冷系统，如图 5.3-2 所示。压缩机的排气沿切线方向从进气口进入分离器，沿导向叶片呈螺旋状流动，在离心力的作用下制冷剂蒸气中的油滴被甩向分离器壳体的内壁而分离出来，润滑油沿壁面流下，而蒸气则再经过过滤网的过滤后由中间出气管导出。分离出的油积存在分离器的下部，再经过自动控制阀返回到压缩机。

(三) 填料式油分离器

填料式油分离器适用于中小型制冷压缩机,有立式,也有卧式类型,如图 5.3-3 所示。在分离器的桶内装有金属丝网(一般采用不锈钢丝网)、陶瓷环或金属屑等填料,油滴依靠气流速度的降低、改变其流向以及填料层的过滤作用而分离。用不锈钢丝网作填料的油分离器的分离效率最佳,可达到 96%~98%,但阻力也比较大。填料式油分离器筒内蒸气流速一般要求在 0.5 m/s 以下。

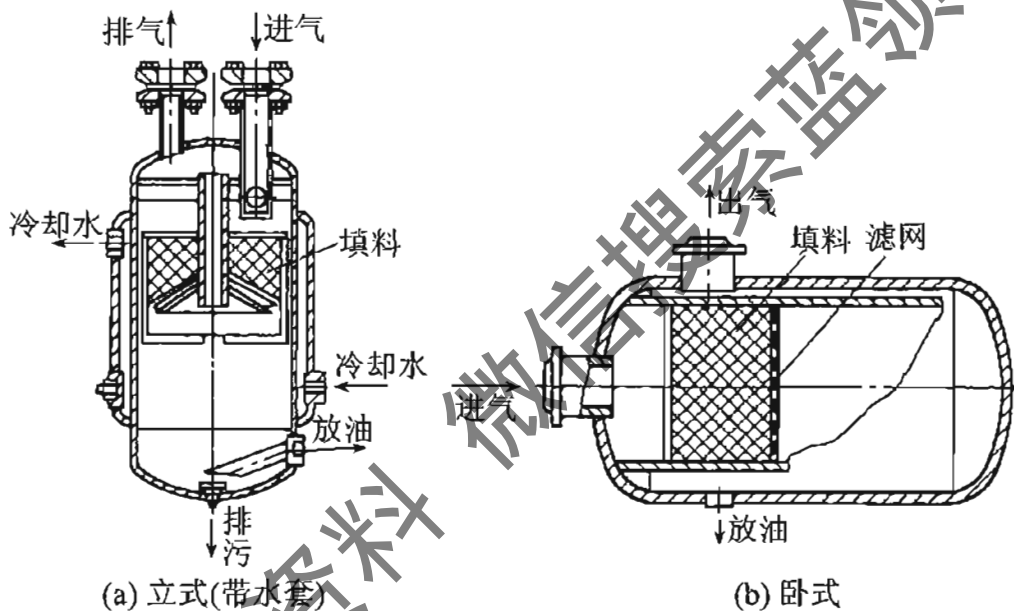


图 5.3-3 填料式油分离器

(四) 过滤式油分离器

常用于氟利昂制冷系统,其结构如图 5.3-4 所示。压缩机的排气从分离器顶部进入,通过滤网层对油蒸气的吸附作用及筒内气流方向的改变等作用,将其中的润滑油分离出来。过滤式油分离器筒体下部一般设有浮球阀控制的自动回油装置,其回油管与压缩机的曲轴箱相连接,根据分离器下部聚集润滑油的液面高度来自动回油。

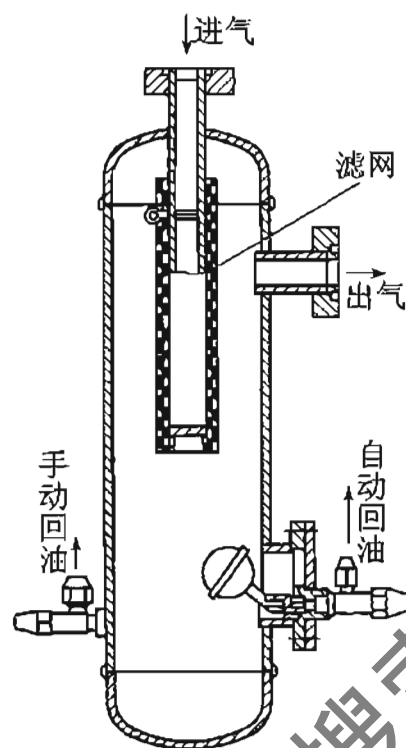


图 5.3-4 过滤式油分离器

二、储液器

储液器又称为储液桶，按其用途和所处工作压力的不同，可分为高压储液器、低压储液器、循环储液桶和排液桶，有时把后两种归结为低压储液器一类。

高压储液器、低压储液器和循环储液桶都用来储存和供应制冷系统内的液体制冷剂，以便工况变动时能补偿和调剂制冷剂的量。排液桶则是当检修有关设备或冷库及低温室内的冷却排管和冷风机冲霜时，用来储存从它们排出的液体制冷剂。这四种储液器的结构基本相同，都是用钢板焊制而成的圆柱形容器，并设有一些附件（如安全阀、液位计、压力表等）及管路接头，用来与有关设备相连接和操作。

高压储液器一般为卧式结构，图 5.3-5 为氨高压储液器的外形。低压储液器仅在大型氨制冷装置中使用，是在氨制冷系统中

不设气液分离器时设置的暂存液体的设备。循环储液桶装设在氨泵供液系统中,其功能是保证充分供应氨泵所需要的低压氨液,同时也起着氨液分离器的作用。

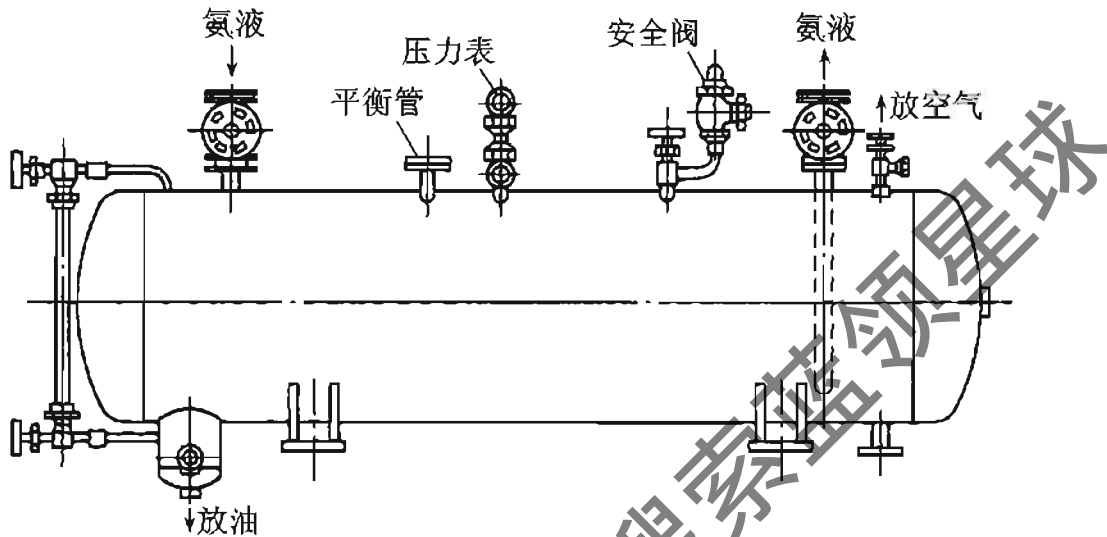


图 5.3-5 氨高压储液器

为保证安全,贮有制冷剂液体的容器(包括冷凝器、蒸发器、气液分离器、中间冷却器、油分离器等)都必须严格控制容器液体充满度,表 5.3-1 为氨制冷系统中各设备的设计最大氨液充满度。

表 5.3-1 氨系统中各设备的设计最大氨液充满度

设备名称	注氨量 容积百分比(%)	设备名称	注氨量 容积百分比(%)	设备名称	注氨量 容积百分比(%)
冷凝器	15	氨泵强制供液:		重力供液:	
洗涤式油分离器	20	上进下出式排管	25	排管	50~60
氨储液器	70	上进下出式冷风机	40~50	冷风机	70
中间冷却器	50	下进上出式排管	50~60	搁架式排管	50
立式低压循环储液器	35	下进上出式冷风机	60~70	平板冻结器	50
卧式低压循环储液器	25	回气管	60	壳管式蒸发器	80
气液分离器	20	氨液管	100		

三、气液分离器

气液分离器是将制冷剂蒸气与液体制冷剂进行分离的一类设备,可分为立式与卧式(见图 5.3-6)、机房用与库房用以及氨用与氟利昂用等类型。

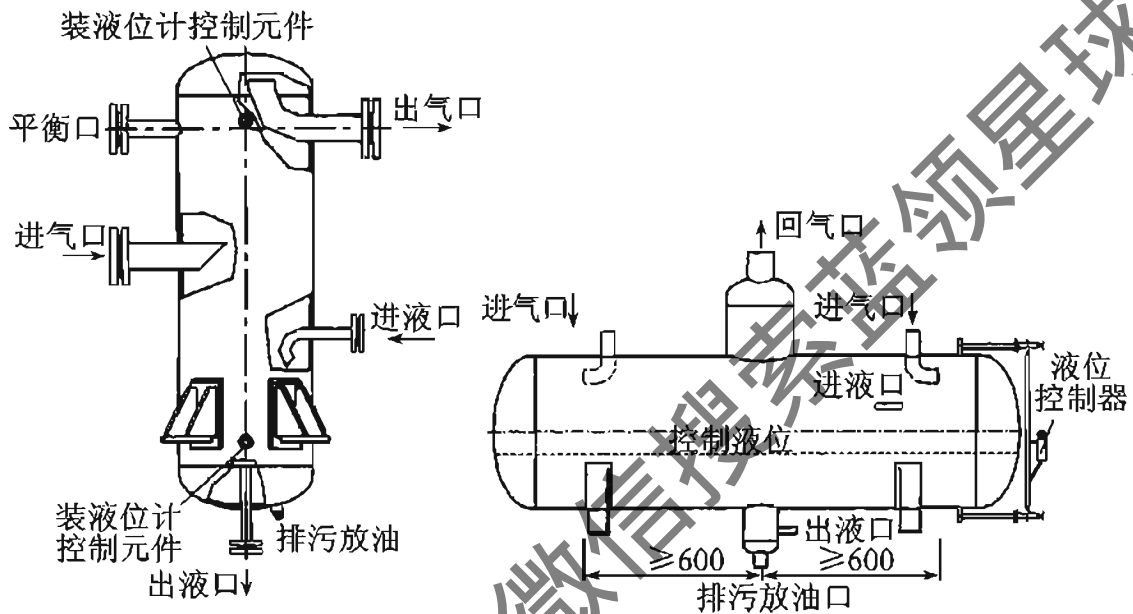


图 5.3-6 气液分离器的外形

在氨系统中,气液分离器的主要作用有两方面;一是用来分离由蒸发器来的低压蒸气中的液滴,以保证压缩机不吸入湿蒸气,实现运行安全,即机房用气液分离器;二是使经节流阀供来的气液混合物分离,只让氨液进入蒸发器中,兼有分配液体的作用,即库房用气液分离器。

在氟利昂系统中,气液分离器主要是用于机房,其作用一是储存分离下来的液体制冷剂,防止压缩机发生湿行程,并防止液体进入压缩机曲轴箱将润滑油稀释;二是返送足够的润滑油回到压缩机,保证曲轴箱内油面正常;三是气液分离器内盘管可作为气液热交换器,使制冷系统运行良好。

四、过滤器和干燥器

过滤器是用来清除制冷剂中的机械杂质,如金属屑、焊渣、氧化皮等。过滤器分成气体过滤器和液体过滤器两种。气体过滤器在压缩机的吸气管路上或压缩机吸气腔,防止机械杂质进入压缩机汽缸。液体过滤器一般装在调节阀或自动控制阀前的液体管路上,防止污物堵塞或损坏阀件。

过滤器是利用金属丝网来阻挡污物,氨用过滤器采用2~3层网孔为0.4 mm的钢丝网制成,氟利昂过滤器则由网孔为0.1~0.2 mm的铜网丝制成。在安装过滤器时要注意管径的选择和制冷剂的流向。

干燥器只用在氟利昂系统中,装在液体管路上用于吸附制冷剂中的水分,以防止发生“冰堵”而堵塞通道。氟利昂系统中的干燥器通常与过滤器合为一体,称为干燥过滤器,一般安装在节流阀之前。干燥过滤器由外壳、滤网、干燥剂(硅胶或分子筛)等构成,大中型装置用干燥过滤器大多为可拆卸式的,以便维修保养时清洗滤网和更换干燥剂。

五、空气分离器

压缩机在运行过程中,系统内有时会混有一些不凝性气体,主要是由于抽真空不彻底或清洗更换设备时混入的空气、低压处密封不严所吸进的空气、润滑油分解产生的一些不凝性气体、金属材料被腐蚀所产生的不凝性气体等,主要成分是空气。进入系统中的空气及其他不凝性气体在运行中最终都是集中在冷凝器中,将引起冷凝压力和排气温度升高,制冷量减小,功耗增大,经济性降低。尤其是对氨系统,氨和空气混合后高温下有爆炸危险。因此,必须经常排除制冷系统中的不凝性气体。为了在放出不凝性气体过程中尽量减少制冷剂的损失,对于中型及大型制冷装置,通常利

用空气分离器来排放空气及其他不凝性气体。

图 5.3-7 为氨用套管式空气分离器。从储液器来的氨液经节流后由进液口进入第四夹层内管 1, 然后再进入第二夹层, 并在第二、四夹层内蒸发, 产生的蒸气经第二层上的回气口 2 引出至吸气管。来自储液器和冷凝器上方的混合气体由进气口 3 进入第一夹层和第三夹层, 由于受到冷却, 其中的氨气在这两层中冷凝成液体。冷凝后的液体积存在第一夹层的底部, 当积液较多时(可由壳体外表面的结霜情况判断), 可开启下面的旁通节流阀, 送往第四夹层中使用。混合气体中的空气和其他不凝性气体由第三夹层上的排放口 4 并通过一根接管放至水中。

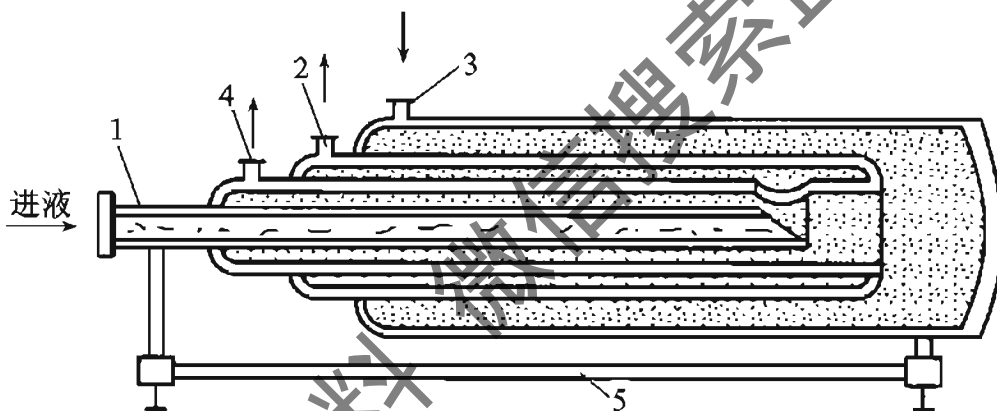


图 5.3-7 四层套管式空气分离器

- 1—第四夹层内管 2—回气口 3—混合气体进气口
4—排放口 5—旁通管

图 5.3-8 为氟利昂用螺旋冷却管式空气分离器, 它可直接安装在冷凝器或储液器上, 混合气体进入分离器后被冷却而分离。

六、集油器

由于油分离器不可能将压缩机排出的制冷剂中所携带的润滑油全部分离出来, 便有一部分润滑油被送到系统其他容器中去。如果从容器中(特别是高压部分的, 如冷凝器、高压储液桶)直接放出润滑油, 对操作人员是不安全的。同时, 直接放油还会损失系统

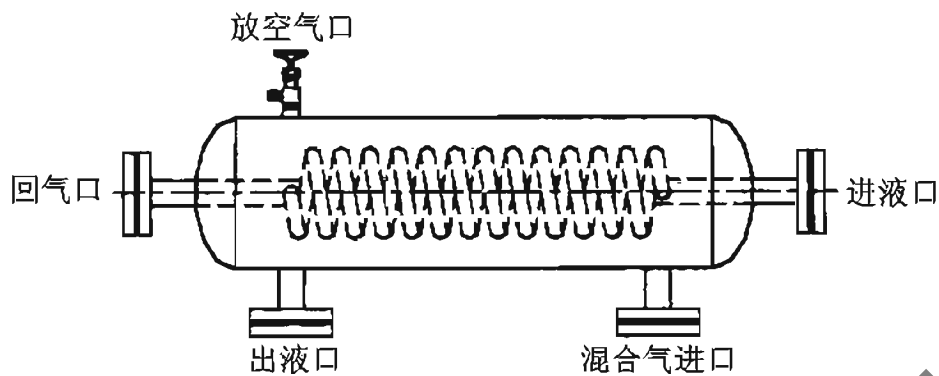


图 5.3-8 螺旋冷却管式空气分离器

一定的制冷剂。因此,当系统中有关容器需要放油时,可将油先排至集油器,再由集油器按照一定的操作程序排出制冷系统。

图 5.3-9 所示的集油器是一个立式圆筒形容器。在它的外面安装有抽气阀、进油阀及放油阀等,此外还装有压力表及液面计。在放油前,为了加速油中制冷剂液体的蒸发,更好地回收制冷剂,常采取在集油器顶部用热水淋浇的措施。

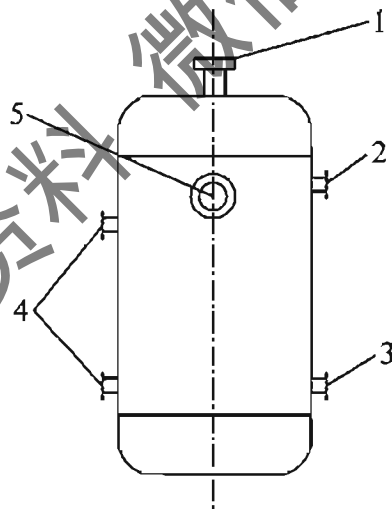


图 5.3-9 集油器

- 1—氨回气口 2—压力表接口 3—放油口
4—液位计接口 5—进油口

第六章 制冷空调设备的电气控制

第一节 自动控制的基本知识

自动控制是指在没有人直接干预的情况下,利用控制装置使被控对象(如机器、设备或生产过程)的一个或数个物理量(如电压、电流、速度、液位、温度、流量、压力)保持恒定或者自动按照预定的规律变化,从而实现对生产设备和工艺过程的合理控制。

一、自动控制系统的组成

自动控制系统通常由给定环节、检测环节、比较环节、放大元件、被控对象和反馈环节等部件组成。可用方框图来清楚地表示一个自动控制系统中各个组成环节间的相互影响。图 6.1-1 为闭环控制系统的组成方框图。

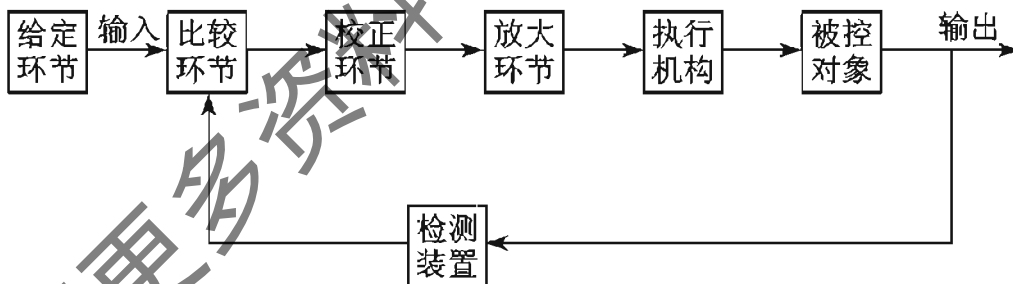


图 6.1-1 闭环控制系统的组成和基本环节

二、自动控制常用术语

1. 反馈、负反馈、正反馈

把输出量送回到系统的输入端并与输入信号比较的过程称为反馈。若反馈信号是与输入信号相减而使偏差值越来越小,则称

为负反馈；反之，则称为正反馈。负反馈控制是一个利用偏差进行控制并将偏差控制在允许的范围内的过程，又称偏差控制。同时，由于有反馈的存在，整个控制过程是闭合的，故也称为闭环控制。

2. 调节器及其分类

在机器设备中使某一规定参数自动保持不变或按照一定规律变化的装置称为调节器。在制冷空调系统中按照用途可以分为压力、温度、液位、压差、能量、湿度、流量等调节器。按照作用原理有直接作用式和间接作用式。直接作用式用于感受被调参数变化的发信器直接作用在调节机构上，把发信器和执行器做成一个整体。制冷装置中为了防止制冷剂泄漏，目前大部分调节器做成直接作用式，最典型的是热力膨胀阀；间接作用式又称为伺服调节器，必须引入其他能源，把发信器的信号经过适当放大，才能推动其相应的执行机构。按照调节器的动作规律可分为双位、比例、比例积分、比例积分微分调节器。随着对控制要求的提高和自动控制技术的发展，由以往以双位和比例调节为主发展到比例积分、串级调节、补偿调节、自适应调节等。

3. 给定值

给定值又称规定值，是指被调量在自动调节系统中要求保持的数值。调节对象的状态是由随时间和空间变化的物理量来决定的，为了维持生产过程及机器设备的正常运行，必须保持物理量达到规定的数值。例如，冷库温度要求维持在某个数值，液泵供液系统的低压循环桶的液位保持在一定的范围内，才能保证制冷系统的正常运行。

4. 被控参数

被控参数指调节对象要求实现自动控制的物理量。通常是决定被控对象工作状态的主要变量，例如蒸发温度、冷凝压力、压缩机转速等。被控参数也就是自动调节系统的输出量，要求服从一定的规律，使调节对象保持在最优或所要求的工作状态。

5. 干扰作用

干扰作用也称扰动作用,是指自动调节系统中无法控制的外界参数,引起被调参数变化的除了调节作用以外的所有变量,以及影响各个部件输出量变化的因素。调节对象及自动调节系统各个环节都存在干扰作用,例如环境温度、湿度的变化,负荷的变化等,都是制冷参数调节系统普遍存在的干扰作用。有效的自动调节系统应具有克服和补偿干扰作用的能力,使被调参数与给定值的偏差尽可能小,使被调参数按照一定规律变化,从而使调节对象处于最优工作状态。

6. 调节作用与调节量

通过执行机构改变输入到调节对象的物料或能量,从而对调节对象进行调节。例如,影响制冷系统冷凝压力的冷却水量、影响压缩机转速的电源频率。

执行机构按照调节器发出的指挥信号驱动调节机关,从而达到调节某个物理量的目的,是自动调节系统中对执行器产生推力的一个重要环节,它和调节机构一起组成执行器。执行机构按照能源不同分为气动、电动、液动三大类。

三、自动控制系统的性能指标

判断自动控制系统性能好坏的主要指标有稳定性、快速性、准确性等。稳定性是控制系统能够工作的首要条件,它确保系统在受到干扰作用后自动返回原来的平衡状态。如果系统受到干扰作用后能自动返回到原来的平衡状态,则系统是稳定的。快速性用系统在瞬态过程中的响应速度和被控量的波动程度来描述。准确性用稳态误差来衡量。稳态误差指稳定系统在完成过渡过程后的稳态输出偏离希望值的程度。开环控制系统的稳态误差通常与系统的增益或放大倍数有关,而反馈控制系统(闭环系统)的控制精度主要取决于它的反馈深度。稳态误差越小,系统的精度越高,它

由系统的稳态响应反映出来。

自动控制系统的指标见表 6.1-1。

表 6.1-1 自动控制系统的指标

指标内容	指标含义和特点	指标说明
衰减比	反映系统的稳定性能,用来判断系统是否衰减和衰减程度的指标,等于前后两个波峰值之比	可以分为三种情况: $n > 1$, 表示被调参数为衰减震荡,被调参数经过若干时间逐渐接近原参数,表示系统稳定,一般要求值在 4~10 $n = 1$, 被调参数等幅震荡。调节系统不采用 $n < 1$, 增幅震荡,系统不稳定。调节系统不采用
最大偏差	在干扰作用下,被调参数偏离给定值的最大值	在 $n > 1$ 时出现在第一个波峰,表示系统偏离给定值的程度。最大偏差越大,持续时间越长,则系统离开规定的工艺状态越远,调节品质越差
动态偏差	又称超调量。表示被调参数相对于新的稳态值的最大波动量	调节系统随时间变化的输入作用下具有的精度。在给定输入作用下的动态精度是指过渡过程的最大偏差
静态偏差	又称余差,稳态偏差,稳态精度。过渡过程结束系统重新处于平衡状态被调参数的稳定值与给定值之差	静态偏差可正、可负、可为零。一般要求根据工艺要求将静态偏差限制在一个允许的范围内。在制冷控制系统中一般在设计任务书中标出
调节过程时间	又称过渡过程时间。系统在干扰作用下,从原来的平衡状态达到新的平衡状态所经历的时间	调节过程时间越短表示系统能够迅速克服干扰作用恢复到平衡态,一般要求调节过程时间为振荡周期的 3 倍
振荡周期	相邻两个波峰所经历的时间	振荡周期的倒数称为振荡频率

四、自动控制系统的分类

自动控制系统的分类如表 6.1-2 所示。调节对象的特性见表 6.1-3。

表 6.1-2 自动控制系统分类

分类标准	分类	特点	应用举例
被调参数变化规律	定值调节系统	被调参数给定值为某一确定的值,也称恒定调节系统	电冰箱箱内温度的控制
	程序调节系统	被调参数给定值不是常数,按照预先给定的规律变化,是时间函数或某变量的给定函数	程序指令式能量调节系统,凸轮指令器在伺服电机带动下按照凸轮预定的程序控制机组制冷量;电冰箱累积化霜控制系统
	随动调节系统	被调参数给定值事先不确定,给定值的变化规律是随机变化	测量仪表就是一种典型的随动调节系统,压力表指针随压力的变化而变化
调节方式	双位调节系统	调节器的输出只有接通和断开两种状态	家用电冰箱通过温控器控制压缩机的开、停
	比例调节系统	简称 P 调节器。输出量的变化与输入量偏差成比例。在比例调节系统中无法消除静差	热力膨胀阀根据蒸发器出口的过热度调节供液量
	比例积分调节系统	简称 PI 调节器。在比例调节基础上增加积分环节,用比例调节迅速消除干扰,用积分消除静差	暖通系统中的 PI 温度控制器
	比例积分微分调节系统	简称 PID 调节器。在比例积分环节的基础上增加微分环节用以增加系统的稳定性,缩短调节时间	暖通系统中的 PID 控制

(续表)

分类标准	分类	特点	应用举例
工艺参数	压力自动调节系统	以压力参数的控制为主要目标	恒压供水系统;装有吸气压力调节阀的制冷系统
	温度自动调节系统	以温度参数的控制为主要目标	家用空调器是以温度控制为核心的自动调节系统
	液位自动调节系统	以液位参数的控制为主要目标	冷却塔控制水位的浮球阀
	流量自动调节系统	以流量参数的控制为主要目标	根据室内温度和设定值自动调节开启度的电子膨胀阀
	湿度自动调节系统	以湿度参数的控制为主要目标	恒温恒湿系统中的电子湿度调节器,干湿球温度计
输入和输出之间的量的关系	线性系统	构成系统的所有元件都是线性元件的系统。输入与输出成正比,可用线性数学模型描述,其动态性能可用线性微分方程描述,系统满足叠加原理	比例调节器
	非线性系统	构成系统的元件中含有非线性元件的系统。输入与输出不成正比,用非线性数学模型描述,其动态性能只能用非线性微分方程描述,不满足叠加原理。同时,把可以进行线性化处理的系统或元件特性称为非本质非线性特性。反之,称之为本质非线性,它只能用非线性理论分析研究	比例积分微分调节器

表 6.1-3 调节对象的特征

名称	特征和作用
时间常数	控制对象受到干扰后,若被调参数以初始最大的变化速度恒速变化到新稳态值所需要的时间

(续表)

名称	特 征 和 作 用
自平衡能力	在没有调节器的作用下,调节对象受到干扰后,其被调参数自己恢复到新的稳定状态的能力。自平衡能力的存在,有利于系统的稳定和调节质量的提高
延迟	是衡量对象动态特性的标志,也是对象的一个重要特性参数。调节作用加入到被调参数发生变化的时间间隔。对于调节对象,当调节作用加入后,由于信号传递需要时间以及对象内部存在的阻力与容量形成的中间容积需要传递时间,所以被调参数并不能立即变化,总要滞后一段时间才开始变化。延迟的存在降低了对对象的调节性,应尽量减少延迟时间

第二节 制冷空调设备常用的控制元件

制冷空调设备中的控制元件根据控制对象的不同可以分为压力控制元件、流量控制元件、温度控制元件、湿度控制元件;根据控制元件的作用可以分为调节控制元件和保护控制元件。具体分类见表 6.2-1。

表 6.2-1 制冷设备常用控制元件分类

分类标准		应 用 举 例
控制对象	压力	高低压控制器、油压差控制器
	流量	电子膨胀阀、四通换向阀
	温度	温度控制器
	时间	化霜定时器
	液位	液位控制器
	湿度	湿度控制器
控制功能	调节	冷凝压力调节阀、蒸发压力调节阀、吸气压力调节阀
	保护	高低压控制器、油压差控制器
	测量变送	压力传感器、温度传感器、湿度传感器

一、电磁阀

电磁阀是利用线圈通电励磁产生的电磁力驱动阀芯运动来开启或关闭的阀,阀的复位动作则利用重力、弹簧力、电磁力、介质压差或手动等作用来完成。一般用于制冷系统的化霜、流向控制和通断控制等。

(一) 电磁阀的种类

电磁阀按控制的通路可分为两通阀、三通阀和四通换向阀;按动作方式可分为直动型(直接作用式)和向导型(间接作用式);按线圈不通电时的通断状态可分为常闭型和常开型等。

直动型电磁阀是利用线圈通电励磁产生的电磁力直接驱动阀芯来开闭的阀,适用于阀口径在 3 mm 以下场合。其典型结构(通电开型)如图 6.2-1 所示。

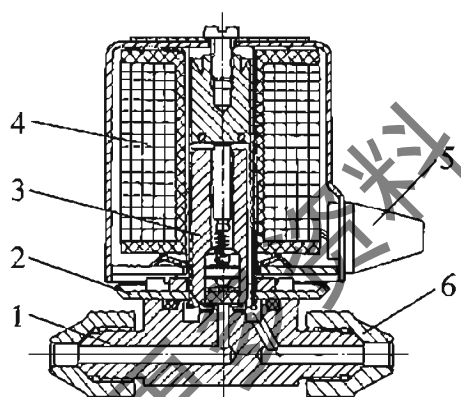


图 6.2-1 直动型膨胀阀

- 1—接头和阀体 2—座板
3—衔铁 4—电磁线圈
5—接线盒 6—接头螺母

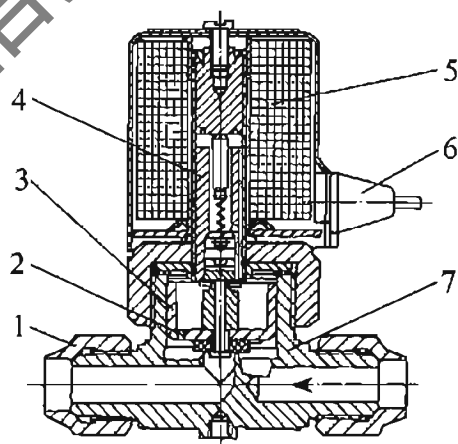


图 6.2-2 向导型膨胀阀

- 1—接头螺母 2—平衡孔
3—活塞式浮阀组件 4—衔铁
5—电磁线圈 6—接线盒 7—阀体

中、大口径的电磁阀大多采用向导型电磁阀,它是利用线圈通电励磁产生的电磁力驱动导阀,通过先导压力产生阀芯上、下部压差来开闭主阀的,如图 6.2-2 所示。阀的上部为小口径的直接作

用式电磁阀,起导阀作用;阀的下部为阀体,内有主阀活塞。向导型电磁阀的工作条件为阀流入前、后存在一定的压力差,其最小开阀压力差为 5~20 kPa。

常闭型电磁阀指线圈不通电时阀门关闭、通电时阀门才开启的阀。而常开型电磁阀指线圈不通电时阀门开启、通电时阀门才关闭的阀。

(二) 电磁阀的型号及主要技术参数

电磁阀的主要技术参数有:

最高工作压力 电磁阀使用时允许的最高工作压力。

最大开阀压差 使电磁阀可靠开启的阀进出口间的最大压力差。

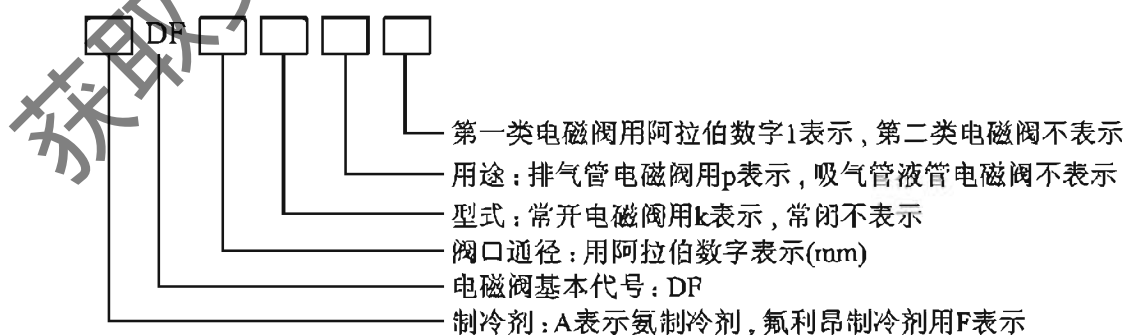
最小开阀压差 使电磁阀可靠开启的阀进出口间的最小压力差。

压力降 制冷剂通过电磁阀进出口间的压力差。

泄漏量 在规定的试验条件下,试验介质通过阀关闭位置时的泄漏量。

名义容量 电磁阀的名义容量是在额定压力降下流过阀的制冷剂质量流量和制冷系统在名义工况下膨胀阀入口处焓值与蒸发温度下饱和蒸气焓值之差的乘积。

我国机械行业标准 JB/T 4119—91 规定的电磁阀型号表示方法如下:



JB/T 4119—91 规定的电磁阀技术参数要求分别见表 6.2-2、表 6.2-3 和表 6.2-4。

表 6.2-2 电磁阀的基本参数

氟利昂用		氨 用		连接方式
阀口通径 /mm	电磁阀接管 外径×壁厚/mm	阀口通径 /mm	电磁阀接管 外径×壁厚/mm	
3	6×1	3	10×2	扩口管、 法兰、焊 接、螺纹
6	8×1	6	13×2.5	
8	10×1	10	17×2.5	
10	12×1	15	21×3	
13	16×1.5	20	27×3	
16	19×1.5	25	33×3.5	
19	22×1.5	32	42×3.5	
25	32×3	40	48×3.5	
32	38×3			
40	46×3			

表 6.2-3 电磁阀进出口状态参数

电磁阀使用场合	电磁阀进出口状态与参数	
	压力/MPa	温度/℃
液体管	对应于 40℃ 的冷凝压力	38
气体管	对应于 5℃ 的蒸发压力	15
排气管	对应于 40℃ 的冷凝压力	以理论绝热压缩终端温度加 28

表 6.2-4 电磁阀额定压力降的规定

电磁阀使用场合	制冷剂种类	额定压力降/kPa
液体管	R121	13.8
	R22、R502、R717	20.7
吸气管	R12、R22、R502、R717	6.9
排气管		13.8

(三) 电磁阀使用注意事项

电磁阀应垂直安装在水平管道上,介质流动的方向应与电磁阀所示的箭头方向一致;安装位置应考虑在振动较小的地方;电磁阀前应安装过滤器,以防止污物堵塞阀口而造成阀失灵或关不严;电源电压应与铭牌上所规定的电压相符;使用压力应按照所规定的压力;不允许在通电情况下将线圈从阀上拆下,以防烧坏线圈和发生危险。

二、四通换向阀

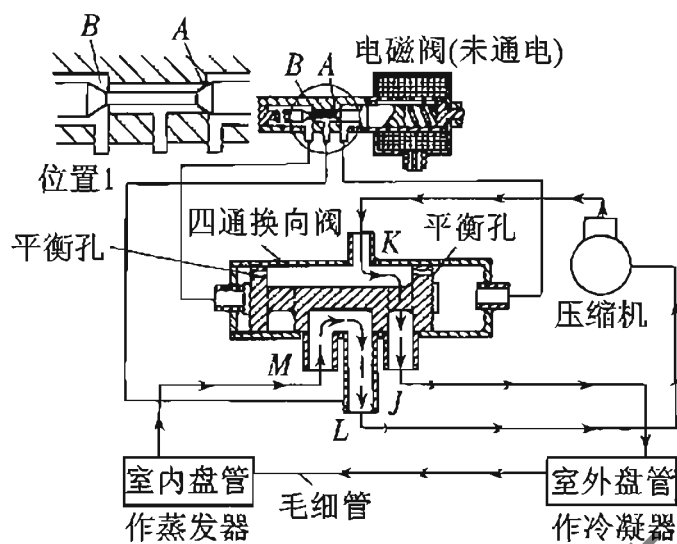
(一) 四通换向阀的作用和动作原理

电磁四通换向阀是热泵空调器中的关键部件。它主要通过电磁力作用于导阀,通过导阀改变主阀制冷剂的流向,以达到夏季制冷、冬季制热的目的。如图 6.2-3 所示,未通电时,导阀的阀芯在弹簧力作用下处于位置 1,主阀的滑块在压缩机吸排气压差作用下滑向左边,所形成通路为制冷运行状态(见图 6.2-3a);通电后导阀的阀芯处于位置 2,主阀的滑块在压差作用下滑向右边,所形成通路为制热运行状态(见图 6.2-3b)。

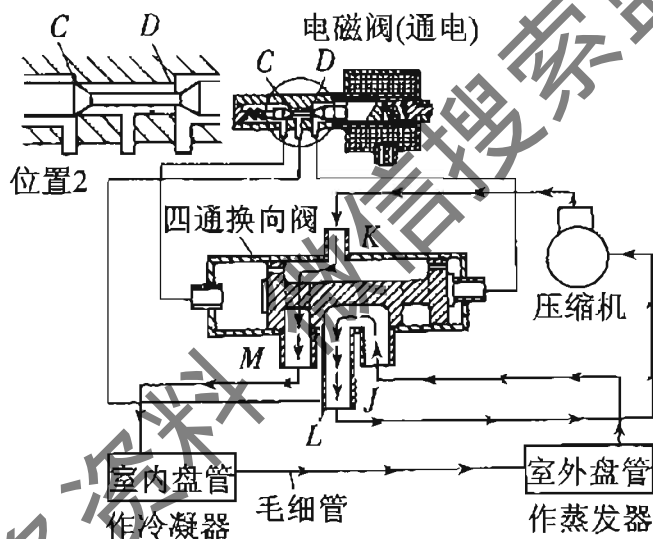
(二) 四通换向阀的常见故障

1. 线圈断路

线圈断路时,阀芯不能动作,滑块不换向,无法进行制热运行。



(a) 制冷运行状态



(b) 制热运行状态

图 6.2-3 四通换向阀

2. 线圈短路

进行制热运行时,若发生四通换向阀的线圈短路,则会烧熔断器,使整个机组不能工作。

3. 毛细管堵塞

当四通换向阀的三根毛细管被制冷系统中的杂质堵塞后,换向阀会发生误动作,滑块动作不到位或不动作,导致开启关闭不严、阀体串气,造成机组不制冷或不制热,或制冷制热效果差。检

测压力时,平衡压力值高压不高、低压不低。

4. 滑块变形

滑块变形会使换向不灵活、滑块动作不到位或不动作,其影响与毛细管发生堵塞时相似。

(三) 四通换向阀的更换方法及注意事项

(1) 更换四通换向阀时,应先将制冷系统内的制冷剂放出,然后给系统充注氮气,并用气焊枪割下损坏的四通换向阀。

(2) 将新阀的线圈取下,用浸水的湿棉纱裹住阀体进行降温处理,然后再进行焊接操作。这样可防止因烧焊时阀体温度过高而导致阀块产生变形。

(3) 焊接时间不能过长,焊接时阀体温度不得超过 120°C 。

(4) 操作过程中要注意避免湿气或杂物进入阀体。

三、压力控制器

压力控制器是一种受压力信号控制的电气开关,用于制冷机组上的高、低压保护。当压缩机的吸、排气压力超出其正常工作压力范围时,高、低压控制器的触头动作而切断电源,使压缩机停车,以起到保护和自动控制作用。

压力控制器由高压和低压控制器组合成一个压力控制器。也有高、低压控制器各自单独组成的。高压控制器的波纹管室接于压缩机的排气腔,以监视和控制排气压力。当排气压力高于正常值时,控制器动作,切断主机电源。低压控制器的波纹管室接于压缩机吸气腔,以监视和控制吸气压力。当吸气压力低于正常值时,控制器动作,切断主机电源。

系统中压缩机的排气压力过高,超过正常运行负荷时,很可能使电动机绕组烧毁和损伤压缩机的排气阀门,所以高压控制器很重要,这是能够理解的。但低压控制器同样重要,因为吸气压力低于正常的蒸发压力,是存在故障的表现,会影响制冷机组的正常工

作,甚至不能制冷,白耗了电力,而且还会增加压缩机的上油量。特别是封闭式机组,空转很可能烧毁电动机绕组。

压力控制器形式很多,结构也略有区别,但其动作原理基本相同,都是以波纹管气箱为动力室,接受压力信号后使气箱产生位移,以推动触头的通与断。压力控制器的外形如图 6.2-4 所示。



图 6.2-4 压力控制器

压力控制器的选用、安装、调整见第十六章第一节的第一部分。

四、压差控制器

压差控制器主要用于制冷压缩机的油压保护,也称为油压控制器。

当压缩机采用油泵强迫循环冷冻油的润滑系统时,是以油泵的排油压力与机体内的压力之差为动力,迫使润滑油流至各运动件的摩擦面,以达到润滑目的。若油泵润滑系统某部位发生故障,使循环油的压力下降,就不能正常供油,摩擦面得不到充分的润滑,容易磨损压缩机内的运动零部件,甚至造成事故。采用压差控制器作为润滑系统的保护装置时,当压差低于设定值后,压差控制器动作,切断主机电源,迫使压缩机停车,以免造成事故。

现在许多螺杆式制冷压缩机已不采用油泵,而是利用排气压

力的高压向压缩机供油。如油路堵塞时,油压差会增大,供油量将减少。当压差超过设定值后,压差控制器动作,切断主机电源,迫使压缩机停车。

压差控制器的外形如图 6.2-5 所示。使用中的注意事项见第十六章第一节的第一部分。



图 6.2-5 压差控制器

五、温度控制器

温度控制器在制冷、空调装置中使用非常普遍,它不仅可控制机组正常的开与停,还可设置在需要温度保护的地点充当安全装置,当温度过高或过低时切断电源,停止装置的运行,起到保护的作用。如压缩机的过温度保护、电加热器的高温保护、防止冷冻水结冰的低温保护、溴化锂吸收式制冷机发生器出口溶液的温度控制保护、直燃型机组的烟气高温保护等。

温度控制器的种类繁多,但其基本的工作原理是一致的。它通过传感器感受温度的高低,并转变成仪表或机械能够接受的信号(如压力、体积、电阻、电位差等),然后与设定值比较并作出判断,决定是否改变控制器的通断状态。

温度传感器有感温包、热电偶、热电阻、热敏电阻、PN 结温度传感器、红外温度传感器和光纤温度传感器等。

感温包内充有液体或气体。充液体的感包是通过液体体积的大小来感知温度的高低的,老式的电接点水银温控器就是利用这一原理工作的。充气体的感温包是通过气体压力的大小来反映温度的高低的,大多数的机械式温控器都是利用这个原理工作的。

热电偶是由热电极(热电丝)、绝缘材料和保护套等部件组成。它通过测量被测端与参考端之间的热电势(电位差)来获得被测端

与参考端之间的温差。热电偶测温范围宽,常用的有铜-康铜热电偶,测温范围为 $-200\sim 200^{\circ}\text{C}$,在低温下具有较好的稳定性,测温精度高,误差不超过 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。

热电阻是由金属丝(电阻丝)绕在用石英、云母陶瓷和塑料等材料制成的骨架上,再加上绝缘保护套和接线盒制成的。它是利用导体的电阻随温度的变化而改变这一特性测温的。常用的有铂电阻(如 Pt100)和铜电阻(如 Cu50),铂电阻的测温范围是 $-200\sim 500^{\circ}\text{C}$,铜电阻的测温范围是 $-200\sim 150^{\circ}\text{C}$,它们的特点是测温精度高,尤其是铂电阻,但震动场合容易损坏。

热敏电阻是由热敏元件、壳体和引线组成。热敏元件属于半导体材料,它由一些金属氧化物,如钴、锰、镍等的氧化物,采用不同比例配方,经高温烧结而成。热敏电阻的封装形式有珠状、片状、杆状、垫圈状等多种形状。热敏电阻是利用半导体(热敏元件)的电阻值随温度变化而测温的。热敏电阻有两类,一类是其电阻值随温度的升高而增大的,称之为正温度系数类;另一类是其电阻值随温度的升高而减小的,称之为负温度系数类。实际使用中以负温度系数类的居多。热敏电阻具有温度系数大、灵敏度高、热惯性小、体积小、本身阻值高的特点,适合快速测量,接入仪表后导线电阻的大小对测量结果影响较小。但热敏电阻的互换性差,测温范围较窄。

PN结温度传感器是利用PN结电流或电压与温度相关的特性测温的,可分为电流型和电压型两类,典型的产品有LM3911型、AD590型等。PN结温度传感器具有输出特性呈线性关系、测温精度高、其感温部分可以和传感器的驱动及信号处理部分等电路集成在一起(即IC温度传感器)的优点,因此,它体积小,使用方便,应用越来越广泛。

六、液位控制器

液位控制器有多种。图 6.2-6 为电感式液位控制器,该控制器由传感器和放大器两部分组成。传感器与受控容器相接形成连通状态,浮球室内的液位变化使浮球上的铁芯杆插入电感线圈的高度随之变化,从而引起线圈中电抗与电流变化,液位信号转换成电信号并通过导线送入放大器,使继电器触点的通断状态变化,用于控制容器流入(或流出)管上的电磁阀,使液位得到保证,同时还可以成为报警、显示等控制电路的信号源。

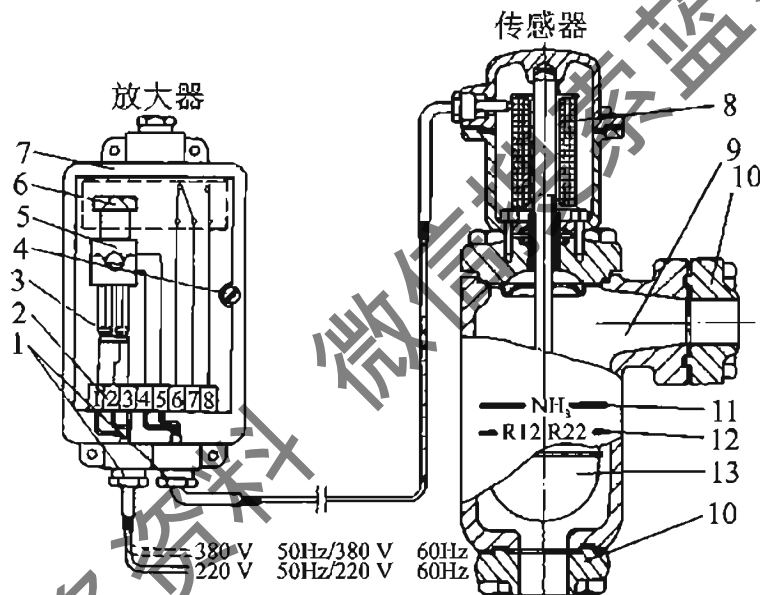


图 6.2-6 电感式液位控制器

- 1—接线柱 2—端子 3—主变送器 4—接地端
5—放大器 6—继电器 7—防水罩 8—电感线圈
9—浮球室 10—法兰 11—NH₃ 控制液位标记
12—R12 和 R22 控制液位标记 13—浮球

七、流量调节阀

流量调节阀有电动式调节阀、温度控制调节阀、压力控制调节阀等多种。

电动调节阀在控制系统输出的指令控制下,执行流体流量调节动作。图 6.2-7 为常见的 ZAP 系列两通阀和 ZAX 系列三通阀。

八、压力控制阀

制冷系统中的压力控制阀有蒸发压力调节阀、吸气压力调节阀、热气旁通阀等。

蒸发压力调节阀只根据进口压力的变化调节阀的开启度,通过在吸气管路上的节流作用保持制冷剂的流量同蒸发器的热负荷相适应,从而维持恒定的蒸发压力。特别适用于一台压缩机控制

不同蒸发压力的制冷系统。在图 6.2-8 所示冷库制冷系统流程图中,高温库和低温库的蒸发温度分别为 0°C 和 -18°C ,压缩机的吸气压力与低温库对应的蒸发压力相同,因此在高温库蒸发器的出口管路上安装了蒸发压力调节阀,以保持高温库蒸发器能具有与 0°C 相对应的蒸发压力。低温库蒸发器出口管路上的单向阀可防止停机时高温库蒸发器中的制冷剂流入低温库蒸发器。直接作用式蒸发压力调节阀的典型结构如图 6.2-9 所示,它是一种受阀前压力控制的比例型调节阀,当蒸发压力升高时,阀开大,反之阀关小,从而使蒸发压力恒定在设定值附近。间接作用式蒸发压力调节阀由定压导阀和主阀组成,或者进一步简化结构做成恒压主阀(见图 6.2-10),用于大、中型制冷系统场合。

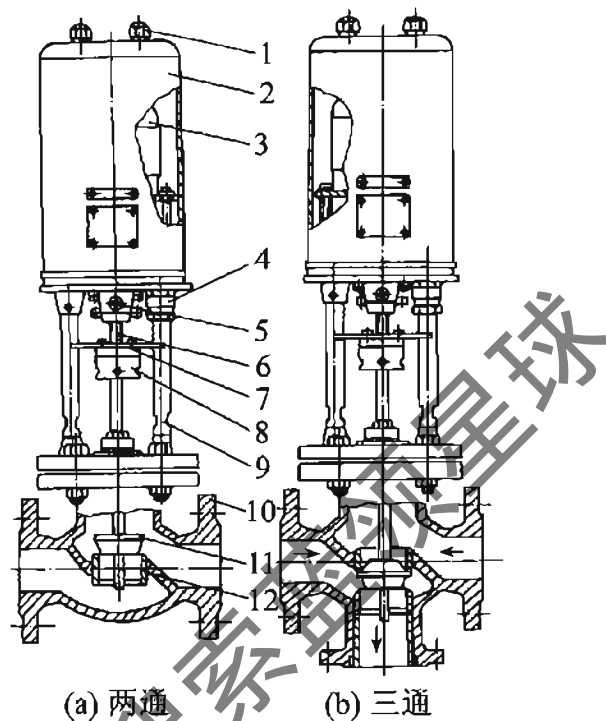


图 6.2-7 电动调节阀结构(B、C型)

- 1—螺母 2—外罩 3—单相可逆电动机
4—引线套管 5—油罩 6—丝杠
7—导板 8—弹性连接器 9—支柱
10—阀体 11—阀芯 12—阀座

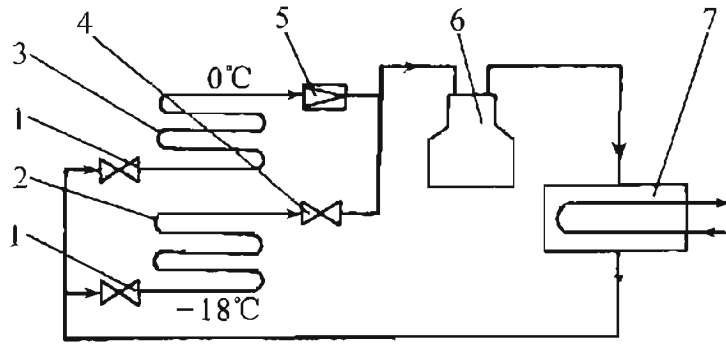


图 6.2-8 蒸发压力调节阀的应用

- 1—膨胀阀 2—低温库蒸发器 3—高温库蒸发器
4—蒸发压力调节阀 5—单向阀 6—压缩机 7—冷凝器

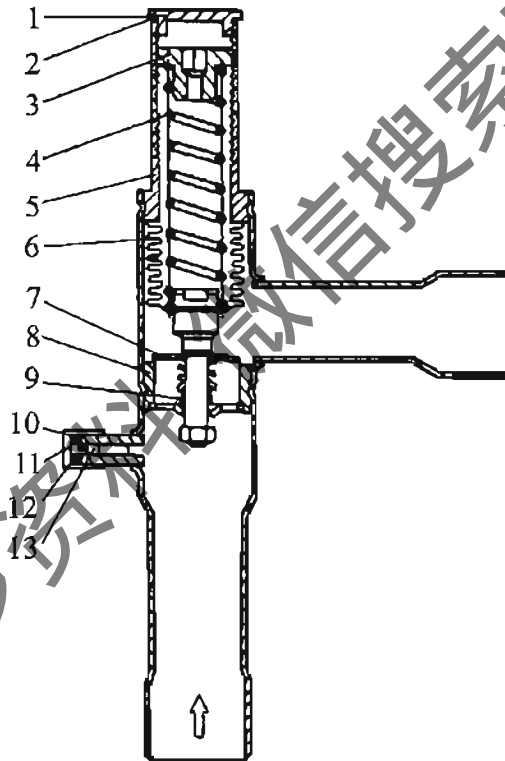


图 6.2-9 蒸发压力调节阀(直接作用式)

- 1—护盖 2—垫片 3—设定螺钉 4—主弹簧 5—阀体
6—平衡波纹管 7—阀板 8—阀座 9—阻尼机构
10—压力表接头 11—接头盖 12—垫片 13—堵头

吸气压力调节阀安装在压缩机前的吸气管上,用来防止吸气压力过高造成压缩机电机过载。

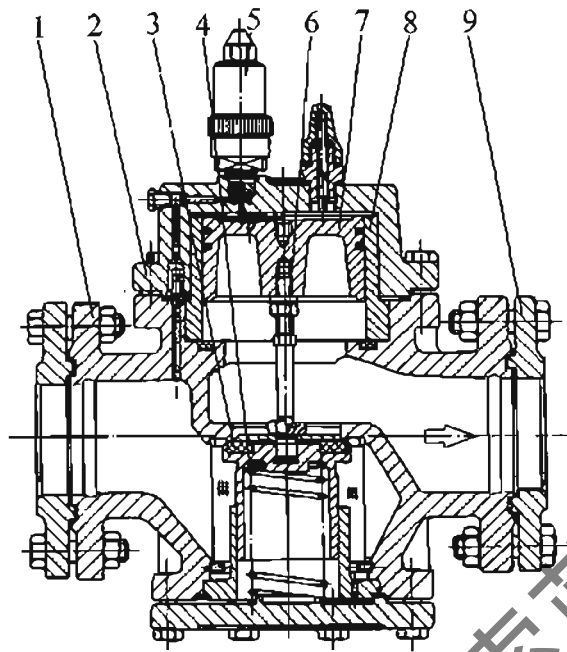


图 6.2-10 恒压主阀

- 1—阀体 2—阀盖 3—阀芯 4—弹簧 5—正恒阀(定压导阀)
6—活塞杆 7—活塞 8—活塞套 9—法兰

热气旁通阀安装在压缩机的吸气和排气管路之间,通过旁通管路将高压侧的制冷剂送入低压侧以代替部分负荷,从而使压缩机的吸气压力不低于设定值。

第三节 常用低压电器

一、低压电器概述

在制冷空调电路中经常用到接触器、断路器、继电器等低压电器。

接触器一般用于远距离频繁接通和分断交、直流主电路中,与热继电器配合组成电动机启动器,并保护电动机防止可能发生的过载。

断路器一般用来保护供电线路中的电气设备,也可用于不频

繁启动电动机或线路不频繁转换,具有漏电、过载、短路等功能。

继电器主要用于控制小电流电路,一般不直接用来控制主电路,而是通过接触器或其他电器对主电路进行控制。

继电器根据作用分为控制继电器和保护继电器。中间继电器、时间继电器为控制继电器,热继电器为保护继电器。中间继电器主要用于交直流控制电路中,用来控制各种电磁线圈,以使信号扩大或将信号同时传递给有关控制元件。时间继电器在控制电路中按调定时间对控制器件进行控制,满足器件的时间要求。热继电器一般用于交流电动机的过载保护,有些型号的热继电器还有断相保护功能。

二、低压断路器

低压断路器也称自动开关或空气开关,其作用主要有两点:一是接通或分断正常负载电流;二是当电路发生严重的过载、短路或失压故障时自动地分断故障电路,有效保护串接在其后面的电气设备。

低压断路器的图形符号见图 6.3-1,文字符号为 QF。

在制冷空调设备的电气控制系统中常使用塑料外壳式断路器。国产塑料外壳式断路器主要有 DZ10、DZ20 系列等,引进生产的塑料外壳式断路器主要有德国西门子公司的 3VE 系列、美国西屋公司的 H 系列、法国施耐德公司的 MS1L 系列、日本寺崎公司的 TO、TG 和 TH—5 系列等。

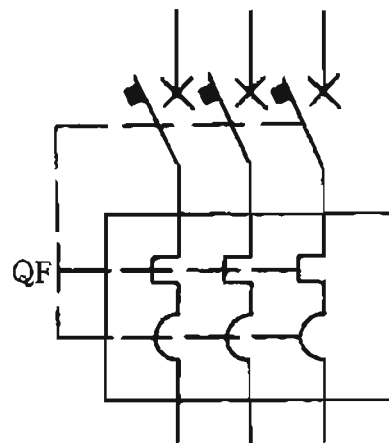


图 6.3-1 低压断路器的图形符号

三、交流接触器

交流接触器是一种用来自动接通和断开主电路或大容量控制电路的控制电器,在制冷空调设备中主要控制的对象有电动机、电加热器、电加湿器、风机和泵等。交流接触器不仅可频繁地接通或断开带负荷电路,而且能实现远距离控制,并具有失压保护功能。

交流接触器由电磁机构(线圈、衔铁等)、触头系统(包括主触头和辅助触头)、灭弧系统以及外壳、传动机构、弹簧、接线柱等组成。主触头用于主电路,线圈和辅助触头接在控制电路中。

低压断路器的图形符号见图 6.3-2,文字符号为 KM。

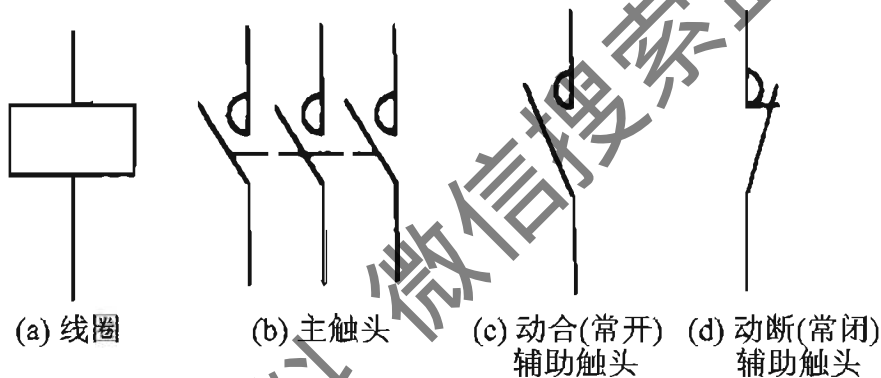


图 6.3-2 交流接触器的图形符号

在制冷空调的电气控制系统中使用的交流接触器主要有国产 CJ20 系列和 CJX3 系列、德国西门子公司的 3TB 系列、德国 BBC 公司的 B 系列、法国 TE 公司的 LC1 和 LC2 系列等产品。

四、热继电器

热继电器是利用电流的热效应原理来工作的保护电器,它在电路中主要用作电动机的过载保护。

热继电器由热元件、双金属片和触头三部分组成。热元件接在电动机的供电线路上,触头接在控制电路上。当电动机过载时,通过热元件上的电流增大,发热量也增大,双金属片将产生较大的

变形而推动触头动作,使控制电动机的交流接触器的线圈断电,切断电动机的供电。

热继电器的图形符号见图 6.3-3,文字符号为 FR。

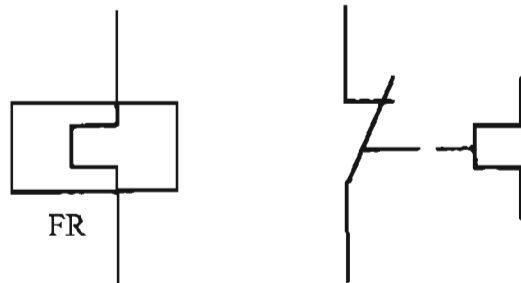


图 6.3-3 热继电器的图形符号

在制冷空调的电气控制系统中使用的热继电器主要有国产 JR20 系列、德国西门子公司的 3UA5 系列和 3UA6 系列、德国 BBC 公司的 T 系列、法国 TE 公司的 LR1-D 系列等产品。

五、熔断器

熔断器是一种最简单的保护电器,主要用作短路保护。熔断器由熔体或熔丝(俗称保险丝)和安装熔体的熔管两部分组成。熔断器的熔体应与被保护的电路串联,当电路正常工作时,熔体允许通过一定大小的电流而不熔断;当电路发生短路或严重过载时,熔体上流过很大的故障电流,熔体在短时间内即可熔断,切断电路,达到保护的

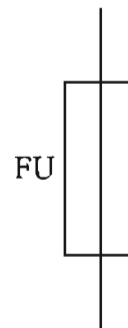


图 6.3-4 熔断器的图形符号

熔断器的图形符号见图 6.3-4,文字符号为 FU。

第四节 可编程序控制器

可编程控制器(Programmable Logic Controller)简称 PLC。自 1969 年第一台 PLC 面世以来,已成为一种重要的工业控制器。国际电工委员会(IEC)对 PLC 的定义为:可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作指令,并通过数字式和模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。目前,PLC 已大量应用于制冷空调系统及设备的控制。

一、可编程序控制器介绍

(一) 可编程序控制器的特点

1. 功能强,性能价格比高

一台小型 PLC 内有成百上千个可供用户使用的编程元件,有很强的功能,可以实现非常复杂的控制功能,与相同功能的继电器相比,具有很高的性能价格比。可编程序控制器可以通过通信联网,实现分散控制、集中管理。

2. 硬件配套齐全,用户使用方便,适应性强

可编程序控制器产品已经标准化、系列化、模块化,配备有品种齐全的各种硬件装置供用户选用。用户能灵活方便地进行系统配置,组成不同功能、不同规模的系统。可编程序控制器的安装接线方便,一般用接线端子连接外部接线。PLC 有很强的带负载能力,可以直接驱动一般的电磁阀和交流接触器。

3. 可靠性高,抗干扰能力强

传统的继电器控制系统中使用了大量的中间继电器、时间继电器。由于触点接触不良,容易出现故障。PLC 用软件代替大量

的中间继电器和时间继电器,只剩下与输入和输出有关的少量硬件,接线可减少到继电器控制系统的 $1/100\sim 1/10$,因触点接触不良造成的故障大为减少。

PLC 采取了一系列硬件和软件抗干扰措施,具有很强的抗干扰能力,平均无故障时间达到数万小时以上,可以直接用于有强烈干扰的工业生产环境,被公认为是最可靠的工业控制设备之一。

4. 系统的设计、安装、调试工作量少

PLC 用软件功能取代了继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器等器件,使控制柜的设计、安装、接线工作量大大减少。

PLC 的梯形图程序一般采用顺序控制设计方法。这种编程方法很有规律,容易掌握。对于复杂的控制系统,梯形图的设计时间比设计继电器系统电路图的时间要少得多。

PLC 的用户程序可以在实验室模拟调试,输入信号用小开关来模拟,通过 PLC 上的发光二极管观察输出信号的状态,这样可以减少现场调试时间。在现场调试过程中发现的问题一般通过修改程序就可以解决,系统的调试时间比继电器系统少得多。

PLC 控制系统的配线比传统继电器控制系统的配线要少得多,故可以省下大量的配线和附件,减少大量的安装接线工时,节约大量费用。

5. 编程方法简单

梯形图是用得最多的可编程序控制器的编程语言,其电路符号和表达方式与继电器电路原理图相似,梯形图语言形象直观,易学易懂。

6. 维修工作量少,维修方便

PLC 的故障率很低,且有完善的自诊断和显示功能。PLC 或外部的输入装置和执行机构发生故障时,可以根据 PLC 上的发光二极管或编程器提供的信息快速查明故障原因,用更换模块的方

法可以迅速排除故障。

7. 体积小,能耗低

使用 PLC 控制系统可以减少大量的中间继电器和时间继电器。小型 PLC 的体积相当于几个中间继电器大小,因此可将开关柜的体积缩小到原来的 1/10~1/2,能耗也可以降低。

表 6.4-1 PLC 控制系统与传统继电器控制系统的比较

系统类别 比较项目	传统继电器系统	PLC 控制系统
控制逻辑实现	采用继电器触点的串联、并联的硬接线方式实现,受触点数目限制	采用程序方式软接线方式实现,软继电器触点数目理论上不受限制
运行速度	低,由继电器触点动作速度决定	快,由微处理器处理速度决定
定时功能	靠时间继电器的滞后动作实现定时,控制精度不高,调整时间困难	用半导体集成电路作定时器,时钟脉冲由晶体振荡器产生,精度高,调整时间方便
安装施工维护	接线复杂,维护困难,故障点不易查找	安装容易,有自检功能,维护方便
扩展性	差,当工艺改变时需要重新设计,接线要相应改变	好,工艺改变时修改程序硬件改变较少
寿命	短	长
可靠性	低	高
体积功耗	体积大,功耗大	体积小,功耗小

(二) PLC 的基本结构

PLC 硬件基本结构由中央处理器、存储器、输入/输出单元、电源单元、编程器等组成。不同厂家可以提供相应的扩展附件,进一步提高控制的性能。PLC 的结构框图见图 6.4-1。

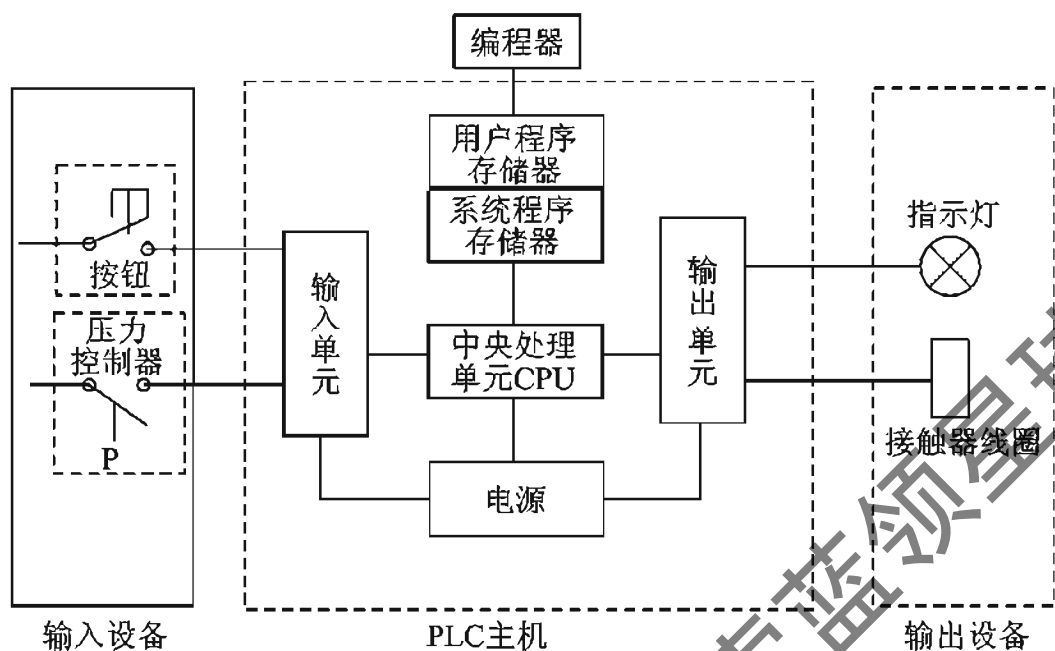


图 6.4-1 PLC 结构框图

(三) PLC 的分类

PLC 按输入和输出点数多少分为超小型、小型、中型、大型和超大型。一般输入/输出点数在 64 点以下的为超小型 PLC，输入/输出点数 64~128 为小型 PLC，输入/输出点数 128~512 为中型 PLC，输入/输出点数在 512~8 192 为大型 PLC，输入输出点数大于 8 192 的为超大型 PLC。在分类中一般还要参考 CPU 的运算能力以及存储器的大小。

PLC 按结构形式分为整体式和模块式。整体式结构将中央处理器、电源、输入/输出接口等装在一个壳体内，一般小型机多采用整体式结构。模块式结构将中央处理器、电源模块、输入/输出模块以及其他特殊功能模块采用积木的方式组成一个控制系统。

(四) PLC 使用注意事项

(1) PLC 的输出形式有继电器输出、可控硅输出和晶体管输出，在选用时根据具体控制要求选用相应的输出形式。PLC 的继电器输出可用于交、直流负载，为有触点输出，动作频率一般不超过 1 Hz；可控硅输出可用于交流负载的无触点输出；晶体管输出

可用于直流负载的无触点输出。

(2) 在使用扩展模块时要特别注意电源模块的容量必须大于实际所需要的容量。电源模块的额定电流要大于基本单元消耗的电流和各种模块消耗的电流之和。若电源模块的额定容量过小,需要外接电源,并采取正确的接线方式。

(3) 存储器的容量要有足够的余量,以满足系统扩充、程序修改的需要。根据经验,数字量输入 1 点需要 10 个字节,数字量输出 1 点需要 8 个字节,定时器和计数器每个需要 2 个字节,模拟量输入、输出每个需要 100 个字节,通信接口每个需要 300 个字节。

(4) 若程序不需要经常修改,可选用 EPROM 或 EEPROM 将程序固化。若存到 RAM 上,要注意锂电池电压降低会导致丢失数据。锂电池使用时间一般为 5 年左右,当 PLC 上的电压跌落、指示灯亮时就必须更换电池。

二、可编程序控制器的编程方法

(一) 可编程序控制器的编程语言

PLC 的控制作用是靠执行用户程序实现的,因此必须将控制要求用程序的形式表达出来。程序编制(编程)就是用特定的语言将一个控制要求描述出来的过程。PLC 的编程语言一般有梯形图语言、指令语句表语言、逻辑功能图和高级语言四种形式,以前两种最为常用,并且两者常常联合使用。

1. 梯形图语言

梯形图语言是一种从继电器控制电路图演变而来的图形语言,它借助类似于继电器的触头、线圈、串并联等术语和图形符号,并增加一些继电器控制系统没有的符号,根据控制要求作出的表示 PLC 输入和输出之间逻辑关系的一种图形。图 6.4-2 所示为电动机启停控制的梯形图。图中两边的竖线分别称为左母线和右母线。

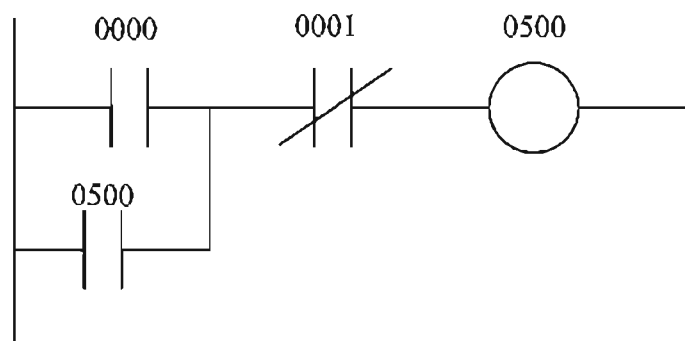


图 6.4-2 电动机启停控制的梯形图

2. 指令表(程序)

指令表就是助记符语言,用来表示 PLC 的各种功能。通常,一条指令由指令助记符和操作数(器件号)两部分组成,类似于计算机的汇编语言。与图 6.4-2 对应的程序如下:

步序	指令助记符	器件号
0	LD	0000
1	OR	0500
2	AND NOT	0001
3	OUT	0500
4	END	

3. 逻辑功能图

是采用半导体逻辑门电路组成的功能图,即都是用“与”“或”“非”逻辑电路组成。与图 6.4-2 对应的逻辑功能见图 6.4-3。

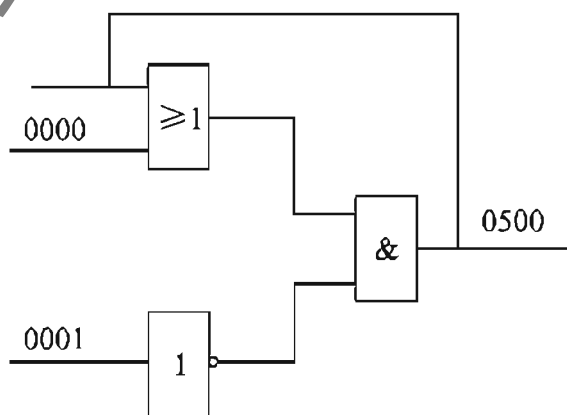


图 6.4-3 逻辑功能图

4. 高级语言

在大型 PLC 中,为了完成具有数据处理、PID 调节等较为复杂的控制,往往也采用类似于 BASIC、PASCAL 等计算机程序语言,这样就使得 PLC 具有更强的功能。

目前生产的各种类型 PLC,基本上同时具有两种或两种以上的编程语言,虽然厂家、型号不同,其梯形图、指令有差异,使用符号也不完全一样,但它们编程的原理和方法是一致的。

(二) 可编程序控制器的编程原则

(1) PLC 编程元件的触头在编程时的使用次数是无限制的。

(2) 梯形图每一行都是从左边母线开始,终止于右母线,线圈接在右母线。任何触头不能放在线圈的右边与右母线相连,即以线圈结束。

(3) 线圈、触头不能直接接在母线上。

(4) 在用基本指令编程的梯形图中,同一编号的线圈不允许重复使用,否则将引起误操作。但在步进指令的梯形图中,允许线圈重复使用。

(5) 在梯形图中没有实际的电流流动,但梯形图要求符合顺序执行(从左到右、自上到下),如不符合顺序执行的电路不能直接编程,应重新组合后再编制。

(6) 梯形图中串联和并联触头数,从原理上讲没有限制,但编程器受屏幕尺寸的限制,如 GP-80 图形编程器,每行串、并联触头不得多于 11 个。

(7) 串联触头多的电路排在梯形图的上面,并联触头多的电路排在梯形图的左面。

(8) 每个程序结束一般都要写入 END 语句,否则 PLC 将执行其最大步序后默认结束,程序扫描时间会增加。

(三) 可编程序控制器的通道分配

PLC 机型种类较多,在此以 OMRON(欧姆龙)公司的 C200H

的 PLC 机型为例,其结构见图 6.4-4。它的内部器件见表 6.4-2,下面作一简单介绍。

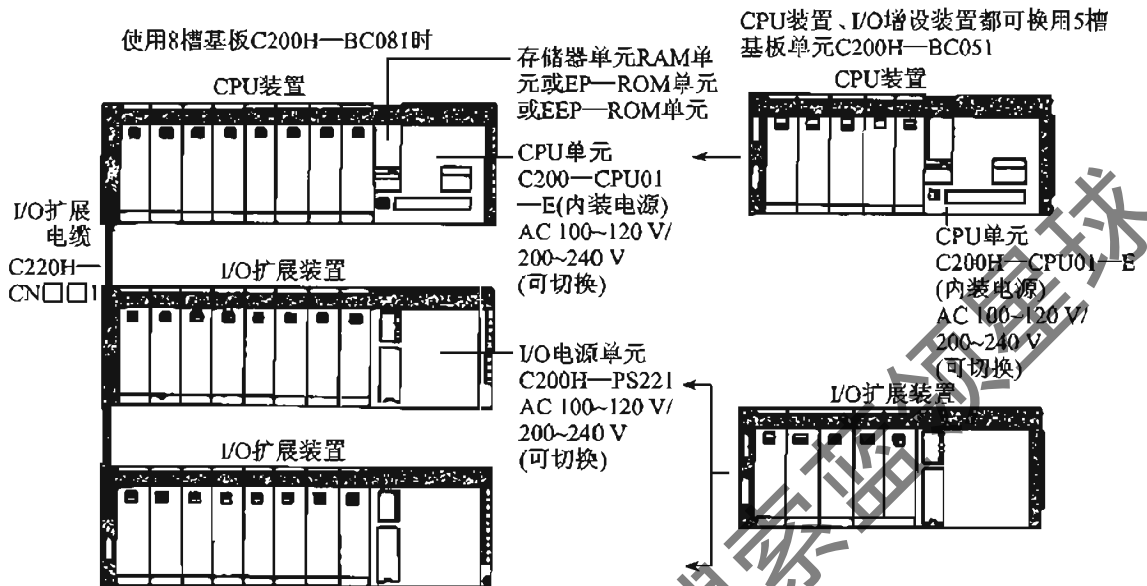


图 6.4-4 OMRON 公司 C200H 型模块式 PLC 的结构

表 6.4-2 C200H 内部器件通道分配

区	通道
I/O(输入/输出)	000~027(对 I/O 没有用的通道中以当工作位通道)
IR(工作位即内部辅助继电器)	030~250
SR(特殊继电器)	251~255
TR(暂存继电器)	TR0~TR7(是位,没有通道,只有 8 个位)
HR(保持继电器)	HR00~HR99
AR(辅助继电器)	AR00~AR27
LR(链接继电器)	LR00~LR63
TC(定时器,计数器)	TM000~TM511
DM(数据存储器)	DM0000~DM0999(读/写)
	DM1000~DM1999(只读)

输入/输出继电器 输入/输出继电器的通道号为 000~027, 它们是与 I/O 点对应的, 并可混合使用。它们的编号是机架号、槽号和该槽装的 I/O 单元的单号组合。例如扩展母板为 01 号机架(CPU 母板为 00 号), 这个机架内为 1 槽(有 0~9 槽), 此槽装有 16 点输入单元, 取 00 点, 则该输入继电器为 01100。C200H 机最多可有 480 个 I/O 继电器。

内部辅助继电器 IR 内部辅助继电器的通道号为 030~250, 有 230 个通道供使用, 继电器编号为 03000~25015。内部继电器可作中间继电器, 也可供特殊单元使用。

保持继电器 HR 保持继电器通道号为 HR00~HR99, 有 100 个通道, 继电器编号为 HR0000~HR9915。

辅助记忆继电器 AR 辅助记忆继电器具有掉电保持功能, 它的通道号为 AR00~AR27, 有 28 个通道, 继电器编号为 AR0000~AR2715。

特殊继电器 SR 特殊继电器编号为 25100~25507。

暂存继电器 TR 它没有通道, 只有 8 个位, 即 TR0~TR7。

链接继电器 LR 用于通信, 作为 PLC 之间交换数据的存储区, 有 64 个通道, 每个通道有 16 个继电器, 则继电器编号为 LR0000~LR6315。

定时器/计数器 T/C 有 512 个, 它们的编号为 TIM/CNT000~511。但 T 与 C 不能重复使用同一编号。

(四) 基本指令的编程方法

C200H 有丰富的指令, 共 145 条, 分为基本指令和功能指令。基本指令共 12 条, 在编程器键盘上都能找到对应的指令键。

1. LD、LD NOT、OUT 指令

LD 为动合触头与母线连接指令, LD NOT 为动断触头与母线连接指令, OUT 为线圈驱动指令。

根据图 6.4-5 所示梯形图编制程序如下:

步序	指令助记符	器件号
1	LD	0000
2	OUT	00500
3	LD NOT	00001
4	OUT	00501
5	OUT	01000
6	LD	03000
7	OUT	00502
8	END	

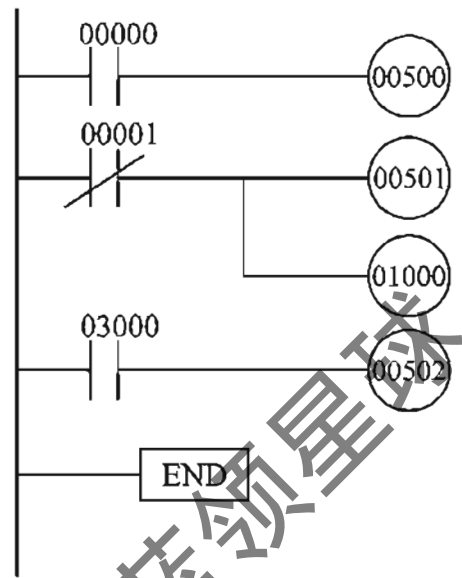


图 6.4-5 梯形图 1

在编程时,OUT 指令用于驱动输出继电器、内部辅助继电器、暂存继电器等,但不能用于驱动输入继电器。

2. AND、AND NOT 指令

AND 为串联动合触头指令,AND NOT 为串联动断触头指令。

根据图 6.4-6 所示梯形图编制程序如下:

步序	指令助记符	器件号
0	LD	00001
1	AND	00002
2	OUT	00500
3	LD	00500
4	AND NOT	00003
5	OUT	03000
6	AND	00004
7	OUT	00501
8	END	

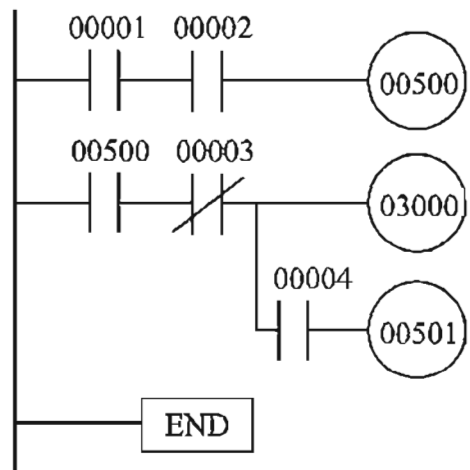


图 6.4-6 梯形图 2

3. OR、OR NOT 指令

OR 为并联动合触头指令,OR NOT 为并联动断触头指令。

根据图 6.4-7 所示梯形图编制程序如下：

步序	指令助记符	器件号
0	LD	00002
1	OR	00004
2	OR NOT	00006
3	OUT	00505
4	LD NOT	00505
5	AND	00008
6	OR	03000
7	AND NOT	00009
8	OR	00010
9	OUT	03000
10	END	

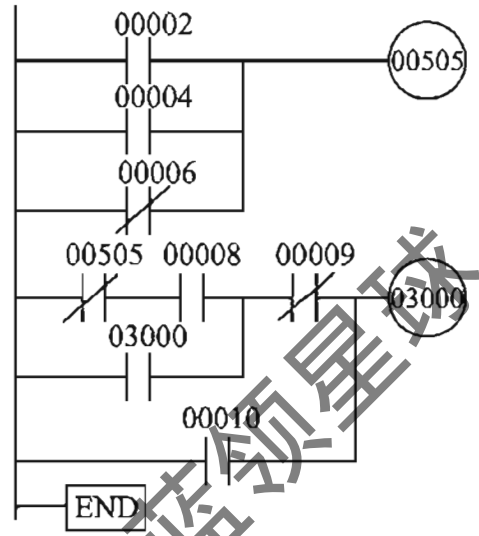


图 6.4-7 梯形图 3

4. OR LD、AND LD 指令

OR LD 为电路块并联连接指令，AND LD 为电路块串联连接指令。

图 6.4-8 给出了电路块串、并联梯形图，根据梯形图编制程序如下：

步序	指令助记符	器件号
0	LD	00005
1	AND	00006
2	LD NOT	00007
3	AND	00008
4	OR LD	
5	LD	00001
6	AND	00002
7	OR LD	
8	LD	00009

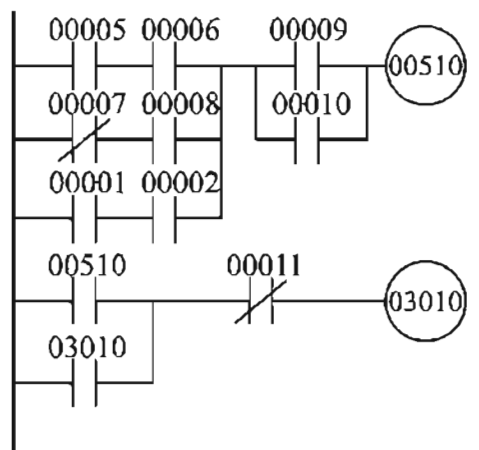


图 6.4-8 梯形图 4

9	OR	00010
10	AND LD	
11	OUT	00510
12	LD	00510
13	OR	03010
14	AND NOT	00011
15	OUT	03010
16	END	

5. TIM 指令

TIM 指令实现导通延时操作的定时指令,当定时器的输入变为 ON(接通)时,定时器开始定时,时间设定值不断减 1,当经过设定时间后,当前值变为 0000,定时器为 ON。当定时器的输入为 OFF(切断)或电源断电时定时器复位,当前值恢复为初始设定值。定时器的编号为 000~511,设定值单位为 0.1s,范围为 0~9999。

根据图 6.4-9 所示梯形图编制程序如下:

步序	指令助记符	器件号
0	LD	00001
1	AND	00002
3	TIM	000 #0065
4	LD TIM	000
5	OUT	00500

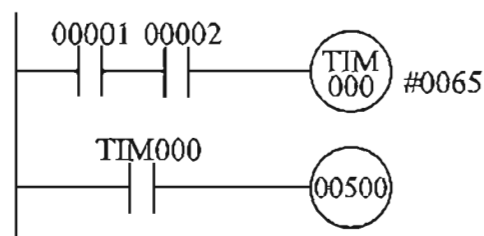


图 6.4-9 梯形图 5

6. CNT 指令

CNT 指令为预置计数器,完成减计数操作。当计数输入端信号从 OFF 变为 ON 时,计数值减 1。当计数当前值减为 0000 时,计数器为 ON。当计数器复位端为 ON 时,计数器为 OFF,当前值返回到初始设定值。当电源断电时,计数器当前值保持不变,计数器不复位。这与定时器不同。

注意：当计数输入(CP)和复位输入(R)同时来到时，复位优先输入(CP)。

根据图 6.4-10 所示梯形图编制程序如下：

步序	指令助记符	器件号
0	LD	00001
1	LD	00002
2	CNT	001 #0030
3	LD CNT	001
4	OUT	00501

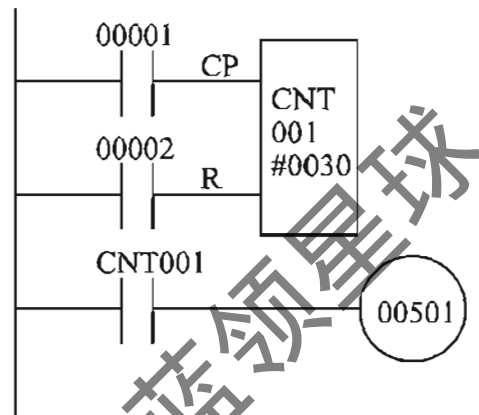


图 6.4-10 梯形图 6

7. 几点说明

(1) 指令及操作码键入后，均要按 WRITE 键，否则程序不能写入存储器。

(2) AND LD 指令用于两个程序的串联，OR LD 指令用于两程序块的并联，两条指令后面都没有操作数。

(3) TIM 指令后需要指定计数器地址，然后按 WRITE 键，再输入设定值，最后按 WRITE 键完成这条指令的输入。

(4) CNT 指令同 TIM 一样方法输入。如设定值是常数，一律要使用 # 键。

三、可编程序控制器的应用

以三相异步电动机的 Y- Δ 降压启动控制为例，将继电器控制改为 PLC 控制，来说明可编程序控制器的应用。

图 6.4-11 所示为三相交流异步电动机 Y- Δ 降压启动的继电器控制线路图。在启动时，首先使 KM、KM1 线圈工作，使电动机的定子绕组接成 Y 形。电动机启动 3 s 后，通过 KT 时间继电器切断 KM1，使 KM2 工作，使电动机的定子绕组接成 Δ 形，从而实现了 Y- Δ 转换的功能。

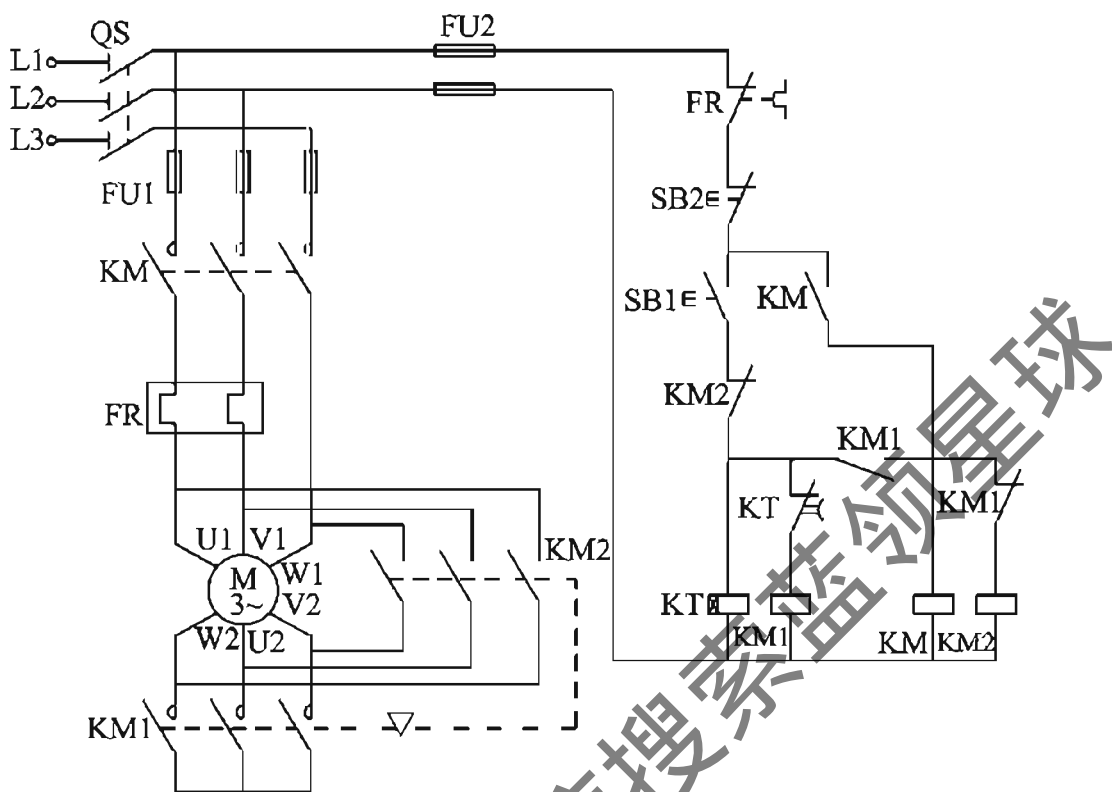


图 6.4-11 三相异步电动机的 Y-Δ 降压启动电路

1. 进行输入/输出(I/O)分配

根据图 6.4-11 所示电路,首先找出电路中的输入与输出信号,然后分别将 PLC 的对应通道号标出,见表 6.4-3。

表 6.4-3 I/O 分配表

输 入		输 出		中间元件	
J-C	PLC	J-C	PLC	J-C	PLC
SB1	0000	KM	0500	KT	TIM00
SB2	0001	KM1	0501		
FR	0002	KM2	0502		

2. 设计梯形图

根据 J-C 图(继电器控制图)与 I/O 分配情况作出梯形图,如图 6.4-12 所示。

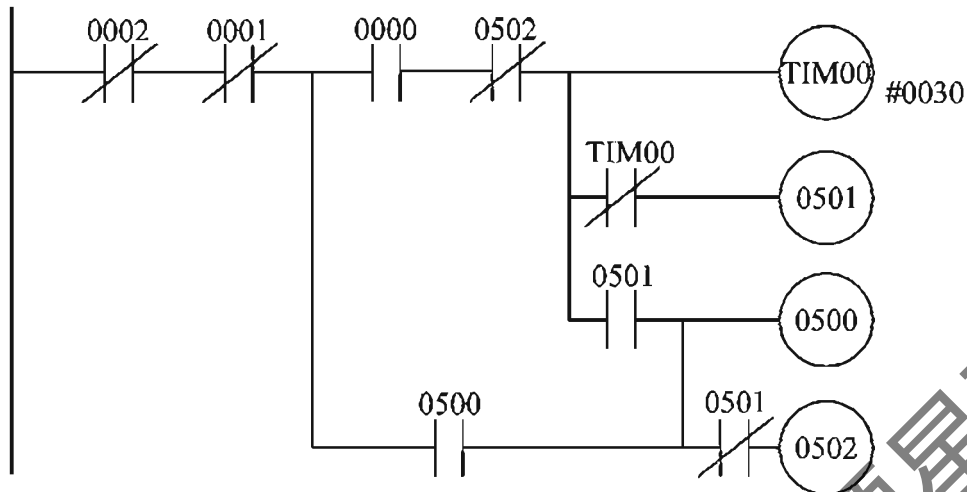


图 6.4-12 Y-Δ 降压启动电路的梯形图

3. 编制程序

上述梯形图要直接编程较困难, 所以将梯形图重新整理, 得到图 6.4-13 所示梯形图。根据整理后的梯形图进行编程, 程序如下:

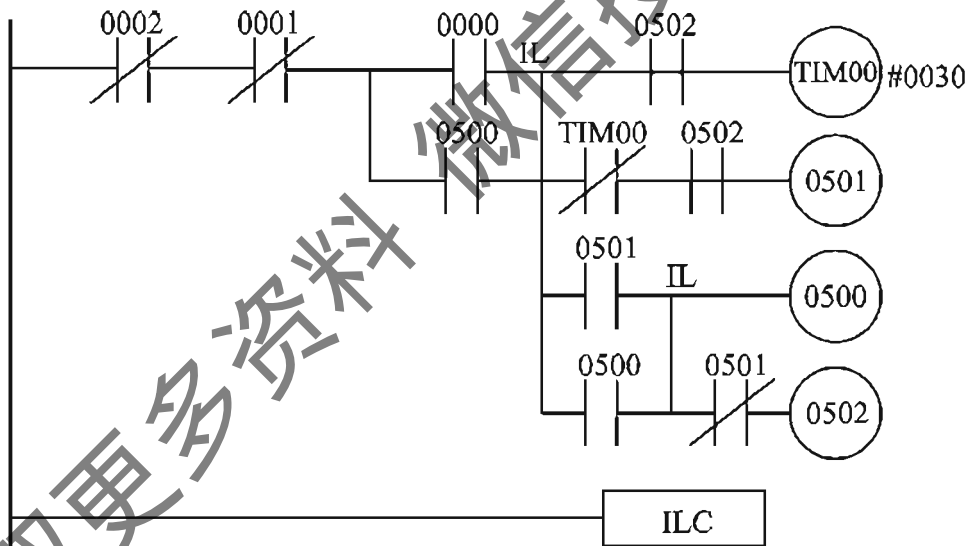


图 6.4-13 整理后的 Y-Δ 降压启动电路的梯形图

```
LD NOT    0002
AND NOT   0001
LD        0000
OR        0500
AND LD
```

```

IL
LD NOT      0502
TIM         00
           #0030
LD NO      TIM00
AND NOT    0502
OUT        0501
LD         0501
OR         0500
IL
OUT        0500
LD NOT     0501
OUT        0502
ILC
ILC

```

4. 作 I/O 现场接线图

根据 I/O 分配表及选用的 PLC 机型作出 I/O 现场接线图,如图 6.4-14 所示。

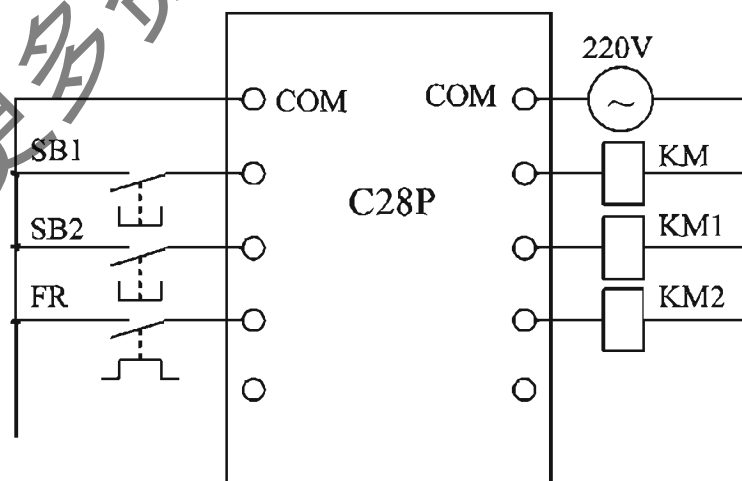


图 6.4-14 I/O 现场接线图

第五节 典型制冷空调设备电控系统介绍

制冷空调设备根据使用场合和设备特点分为家用制冷空调设备和商业制冷空调设备,家用制冷空调设备有家用电冰箱、家用空调器等,商业制冷空调设备有冷水机组、恒温恒湿机组、除湿机组、组装式冷库等。

制冷空调设备电控系统根据操作方式可分为手动操作系统和自动操作系统。自动控制既有传统的继电器控制,也有采用微处理器进行控制,随着 PLC 技术的普及有些机组设备也采用了 PLC 控制。为了便于管理,有些机组通过网络对各种设备集中管理和控制。

一、家用电冰箱电气原理图

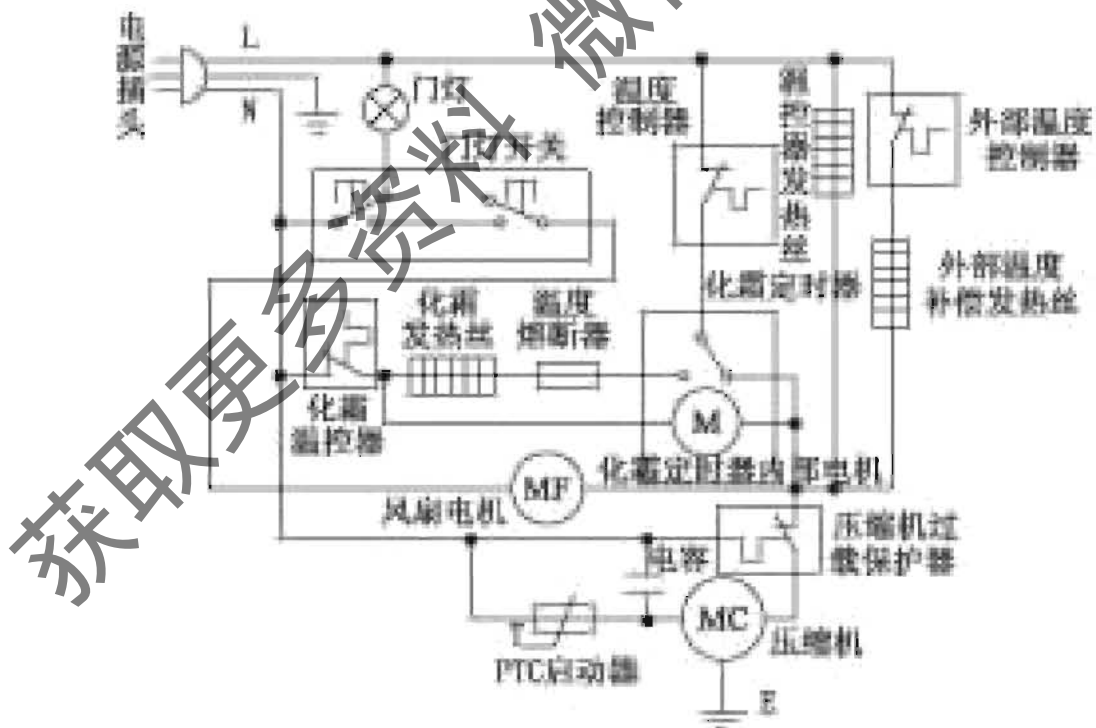


图 6.5-1 华凌 BCD-182WE 电冰箱电气原理图

以华凌 BCD-182WE 电冰箱电路为例。该冰箱使用旋转压缩机,压缩机启动运转电路中的电容在启动时可以改善启动性能,在正常运转时可以提高功率因数;为了保证冷冻室的温度,设置外部温度控制器和发热丝,起温度补偿作用。化霜电路包括化霜定时器、化霜温控器、化霜发热丝、化霜保险丝等,化霜定时器接在温控器之后,累计压缩机的实际运转时间确定化霜周期,化霜时间由化霜温控器(双金属片)来控制。

二、家用空调

(一) 窗式空调器电气原理图

以美的 KC-18 窗式空调器电路为例。该空调的制冷系统与一般空调器不同,室内换热器和室外换热器都由两部分构成。从压缩机的排气管出来的制冷剂分为两路,一路进入室外散热器 A(冷凝器),然后经毛细管节流后进入室内换热器 A(蒸发器),吸热汽化后经气液分离器回到压缩机,另一路高压制冷剂经过抽湿电磁阀(通电电磁阀打开)进入室内换热器 B(冷凝器),放出热量后经毛细管节流进入室外换热器 B(蒸发器),然后再回到压缩机。当空调器抽湿时,室内空气降温后再经过加热送入房间,这样就克服了一般空调抽湿时温度过低的缺点,具有真正意义上的抽湿功能。

说明:选择开关共有六个位置,分别是抽湿、低风、停止、高风、低冷、高冷,高冷、低冷是通过控制风扇电机转速实现的。选择开关垂直线表示功能,水平线表示连接的电气元件,图中的黑点说明在此位置接通相应的点,0 为电源进,A、2、1、4、3 为电源出,分别接百叶片电机、风机(高速)、风机(低速)、抽湿电磁阀、压缩机。

当选择开关(主控开关)在抽湿位置时,选择开关接通 0—A、0—1、0—4、0—3,则相应的百叶窗电机、风机、抽湿电磁阀、压缩机

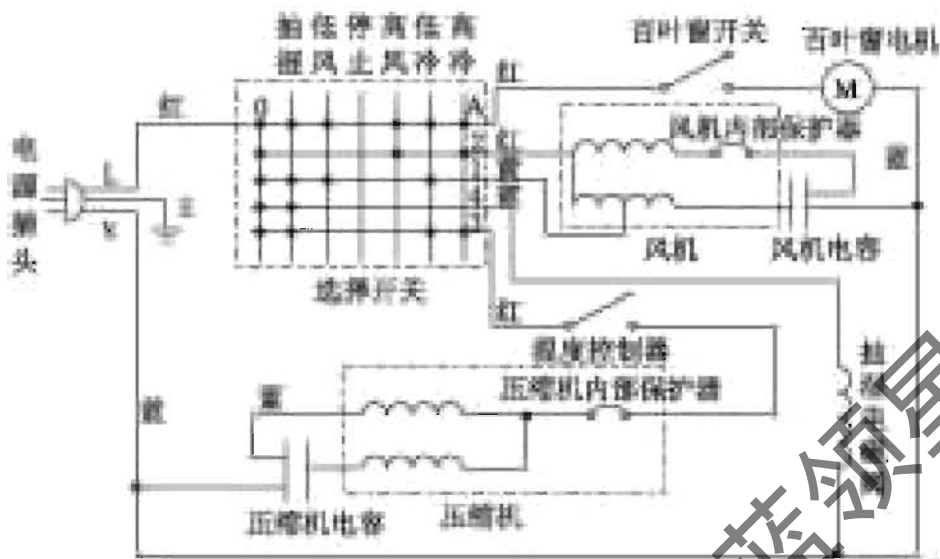


图 6.5-2 美的 KC-18 窗式空调器原理图

接通,风机低速运转,压缩机在温控器闭合时运转空调器为抽湿运转。

当选择开关在低风位置时,主控开关接通 0—A、0—1,则相应的百叶窗电机、风机接通,风机低速运行,只通风不制冷。

当选择开关在高风位置时,主控开关接通 0—A、0—2,则相应的百叶窗电机、风机接通,风机高速运行,不制冷。

当选择开关在低冷位置时,主控开关接通 0—A、0—1、0—3,则相应的百叶窗电机、风机、压缩机接通,风机低速运行,压缩机在温控器闭合时运转空调制冷。压缩机同时还受到温控器的控制。

当选择开关在高冷位置时,主控开关接通 0—A、0—2、0—3,则相应的百叶窗电机、风机、压缩机接通,风机高速运行,压缩机在温控器闭合时运转,空调制冷。

(二) 分体变频空调

1. 变频空调器控制系统结构框图

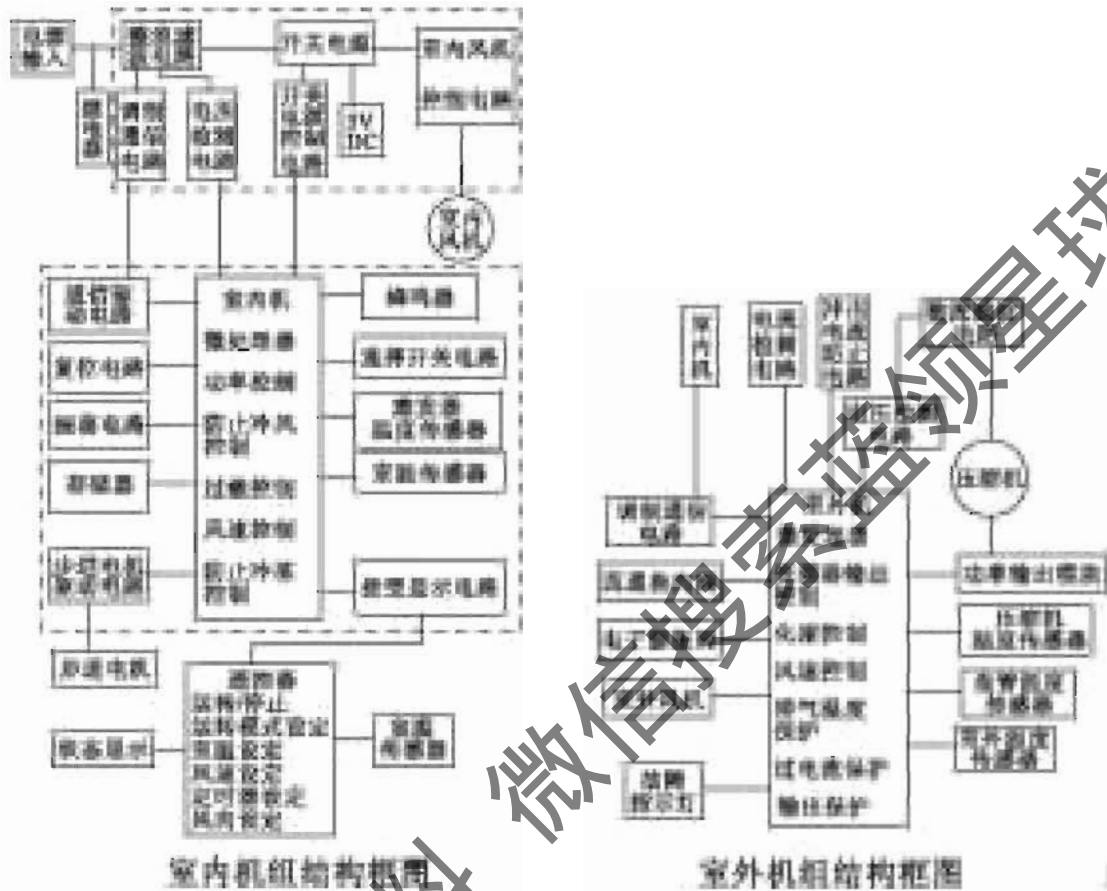


图 6.5-3 变频空调器控制系统结构框图

2. 分体式变频空调器电气控制原理介绍

变频空调器采用微处理器控制，室内机组除了定速空调的电源电路、显示电路、复位电路、振荡电路、风机控制电路等之外，还增加了温度检测和保护电路。室外机组定速空调一般没有电路板，变频空调则增加了电路板，电路板包括电流检测电路，室内、室外机组通信电路，变频控制电路，室外机组电路方面室外机组增加了整流滤波电路、驱动压缩机的功率模块(IPM)等。

以美的 KFR-28GW/BPY 为例，其室内机组电路见图 6.5-4，室外机组电路见图 6.5-5，机组使用的主要元件见表 5.5-1。

表 6.5-1 美的 KFR-28GW/BPY 电路主要元件表

室内机组			室外机组		
代号	型号	名称	代号	型号	名称
IC1	75028	室内机组微处理器	IC5	TLP621	光电耦合三极管
IC2	7805	5V 三端稳压集成块	IC6		光电耦合可控硅
IC3	7812	12V 三端稳压集成块	IC7	7812	12V 三端稳压集成块
IC4	3526	光电耦合可控硅	IC8	7805	5V 三端稳压集成块
IC5	34064	欠压复位集成块	IC9		复位集成块
IC7	MOC3020	光电耦合可控硅	IC10	TLP621	光电耦合三极管
IC8	PC817	光电耦合三极管	IC11	TLP621	光电耦合三极管
IC		霍尔元件	IC12	7805	5V 三端集成稳压集成块
D1~D4		一路反相器	IC0		室外机组微处理器
N3	2003	七路反相器	J2		四通阀继电器
BUZ		蜂鸣器	J3		室外风机
B801		整流器	J4		室外主机电源继电器
RL1		继电器	COMF		三相变频压缩机
IR		接收器	TM05		功率模块(逆变器)
D1~D8		二极管	D6~D11	9013	三极管
LED1~LED8		发光二极管	D02/D83		整流器
M1		步进电机			4007/4148
FAN		室内风机	N2		功率控制模块
TC/TA		NTC 热敏电阻	M3		室外风机
T1		变压器	ZMR		压敏电阻
RL1		电源继电器	TC/TR		NTC 热敏电阻
M1		步进电机	T3		室外控制电源变压器

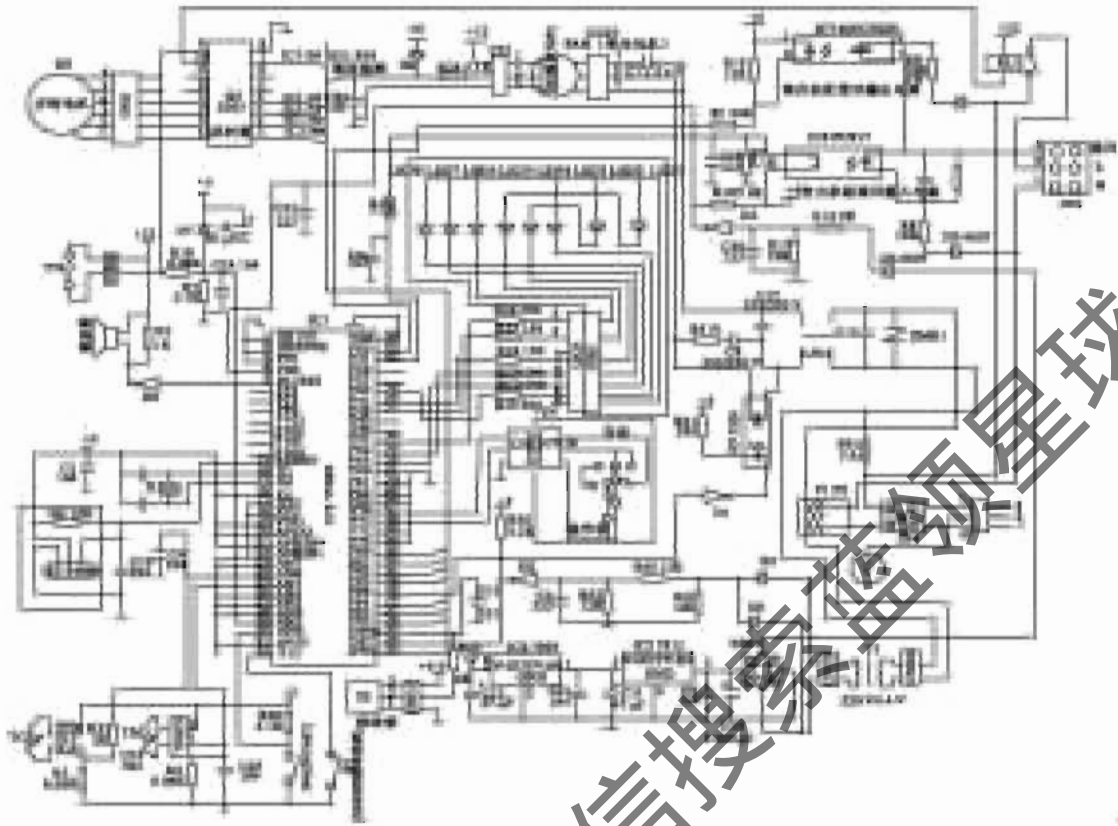


图 6.5-4 美的 KFR-28GW/BPY 的室内机组电路图

(1) 电源电路

电源电路一般由变压器、整流器、稳压滤波等组成,输出 12 V 和 5 V 电压。12 V 电源供驱动风机、四通换向阀等使用,5 V 电源供控制电路和微处理器使用。

图 6.5-6 为室内机组电源电路和过零检测电路。室内 220 V 交流电通过连接器 JX4 连接到电源变压器, T1、B801、C10、C9、IC3、C11、C21、IC2、C12 等组成室内电源电路。变压器次级线圈同时连接二极管 D1、D5,然后与 R41、R43、R42、C5、D3、室内微处理器 IC1 的 34 脚、R36 构成过零检测电路。

图 6.5-7 为室外机组电源电路。220 V 电源通过 CN6 连接到 T3、D83、C29、C54、IC7、C36、C45、IC8、C50、C15 等组成室外机组控制电源电路。D15、R59、R62、C31、D9、R69、R60(见室外机组电路图)等构成电压保护电路。保险管 F52、R51、压敏电阻

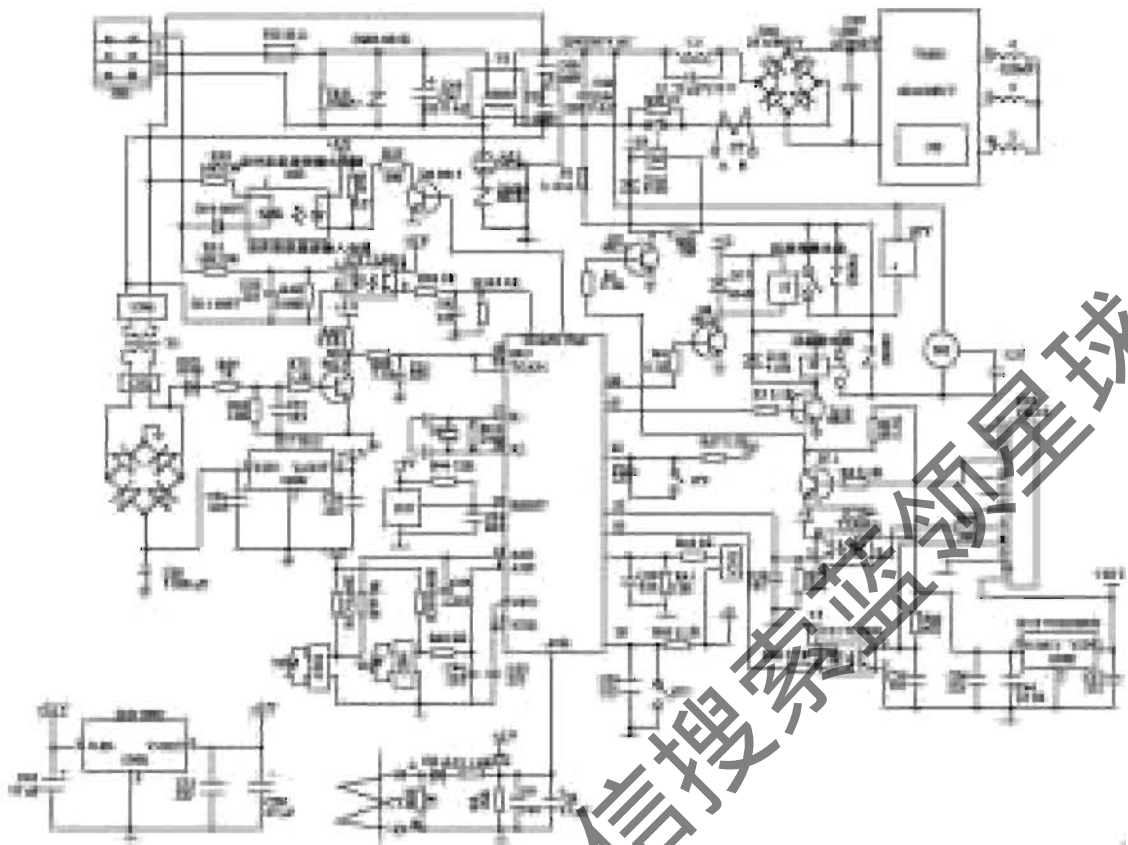


图 6.5-5 美的 KFR-28GW/BPY 的室外机组电路图

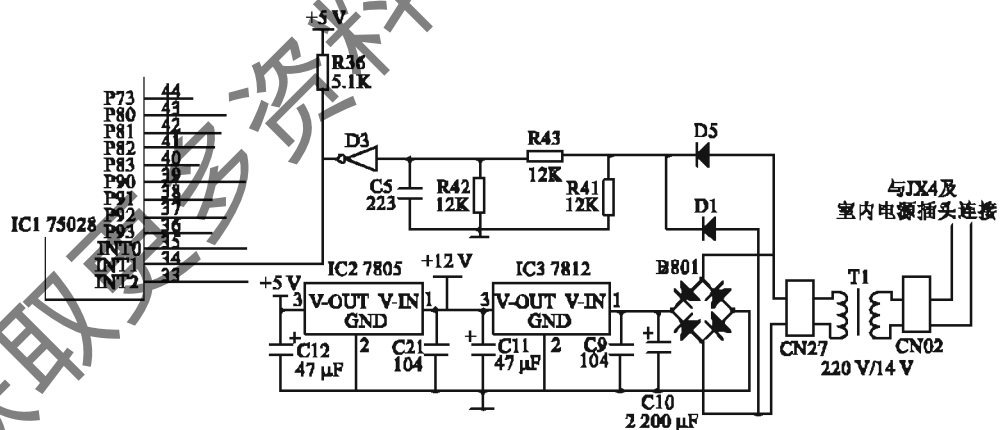


图 6.5-6 室内机组电源电路及过零检测电路

ZMR601K、C49、T2、C40、C39、C42、继电器 J4、D02、C38、功率模块 TM05 等组成室外机组主机电源电路。

(2) 复位电路和振荡电路

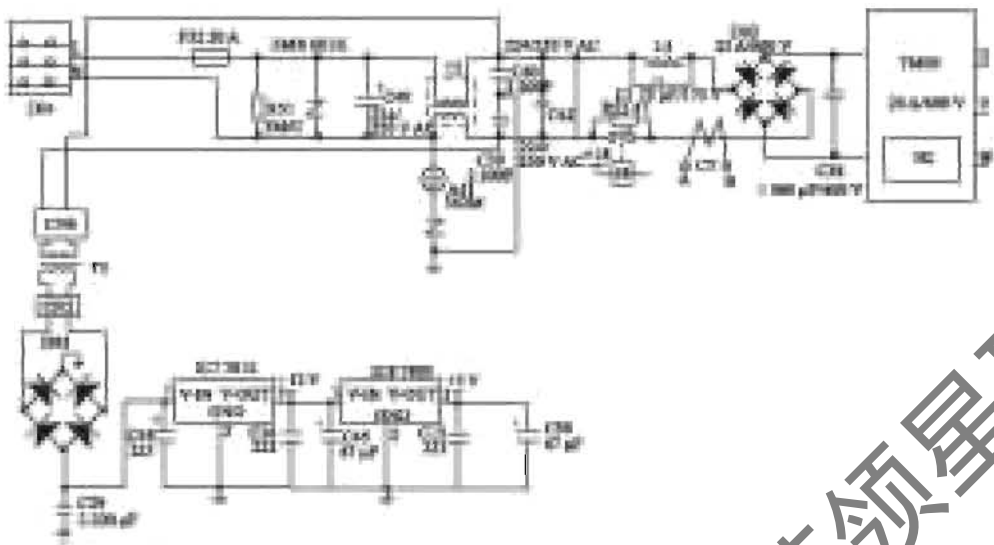


图 6.5-7 室外机组电源电路

复位电路和振荡电路是保证微处理器正常工作的基本电路。复位电路主要是提高微处理器的稳定性和可靠性,防止微处理器初次通电或受到干扰时出现微处理器不能正常工作。

图 6.5-8 为室内机组复位电路和振荡电路。美的 KFR-28 室内机的复位电路一端接室内微处理器 IC1 75028 的 13 脚,然后连接到 IC5 34064、电阻 R4、电容 C10 等。振荡电路为微处理器 IC1 75028 提供一个标准时钟,振荡电路的晶振 X1 两端连接室内机组微处理器 IC1 75028 的 14、15 脚。

图 6.5-9 为室外机组复位电路和振荡电路。室外机组复位电路由 IC9、R44、C34 等组成,然后连接到室外机组微处理器 19 脚。TX、R10 等连接到微处理器 17、18 脚,构成室外机组振荡电路。

(3) 通信电路

变频空调的室内、室外通信电路采用串行通信方式,在连续两次收到完全相同的信息时才有效,连续 2 min 不通信或接受信号错误,发出故障报警并关闭室内外风机。

图 6.5-10 为室内机组通信电路。室内机组通信输出电路由室内机组微处理器 IC1 63 脚输出信号,经过 R1、R15、IC7、JX2 送

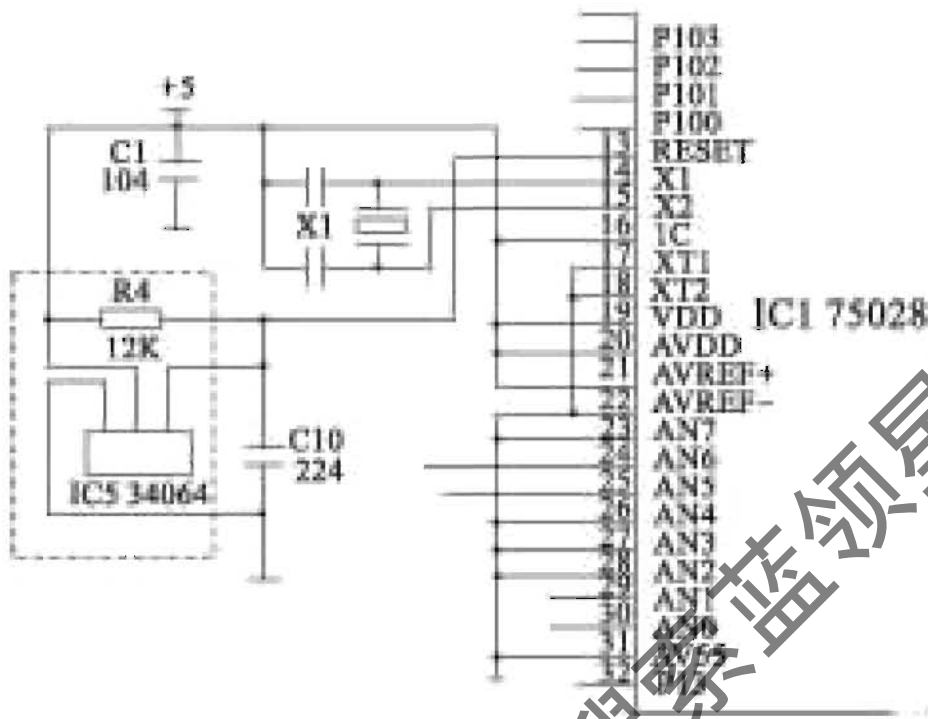


图 6.5-8 室内机组复位振荡电路

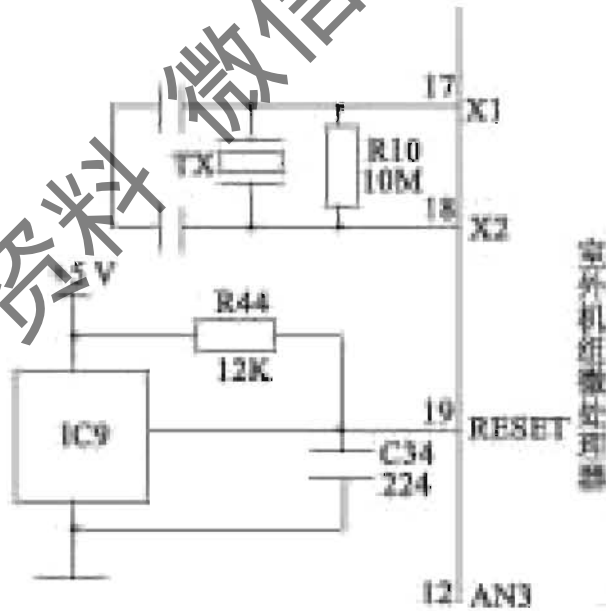


图 6.5-9 室外机组复位振荡电路

到室外机组。室外机组通信信号经过 JX4 连接到室内机组的 JX2, 经过 IC8、R13 等送入到室内机组微处理器的 62 脚, 构成室内机组通信输入电路。

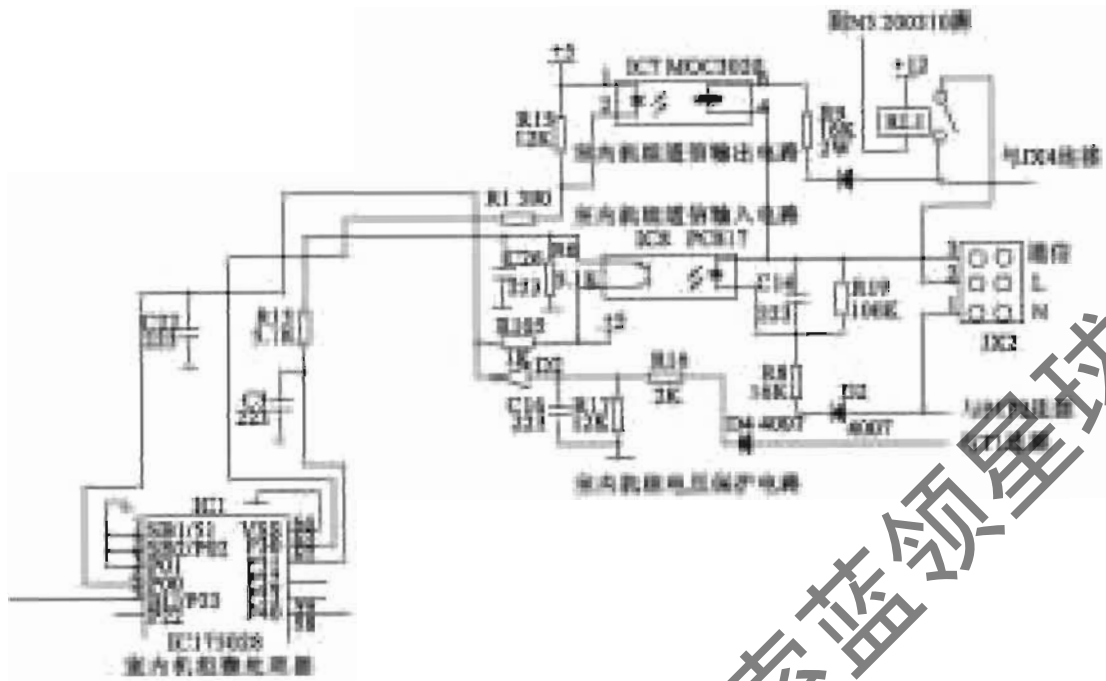


图 6.5-10 室内机组通信电路

图 6.5-11 为室外机组通信电路。室外机组通信输出电路由室外机组微处理器 PA6 脚输出信号,经过 R6、D6、IC6、R55、R37、

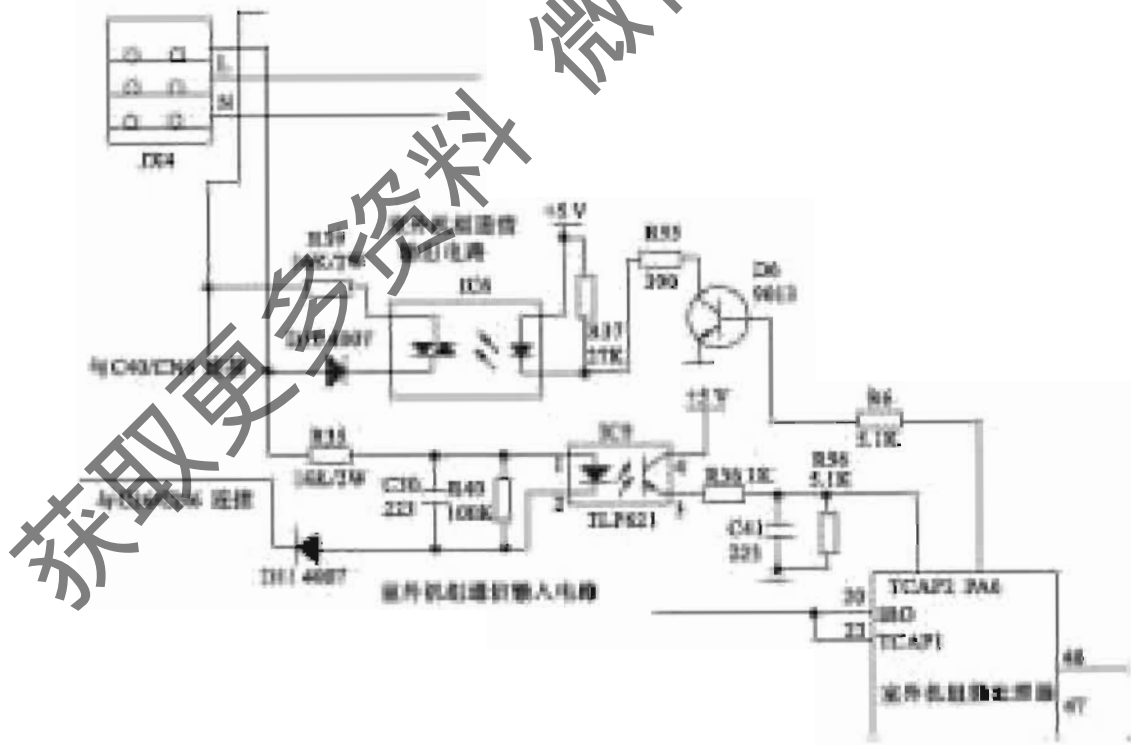


图 6.5-11 室外机组通信电路

R39、JX4 送到室内机组。室内机组通信信号经过 JX2 连接到室外机组的 JX4, 经过 R35、C30、R40、IC5、R36、C41、R56 等送入到室外机组微处理器的 TCAP2 脚, 构成室外机组通信输入电路。

(4) 电流检测电路

电流检测电路主要是为了保护压缩机, 图 6.5-12 为室外机组电流检测电路。当继电器 J4 吸合时, 电流互感器 CT 感应出的电

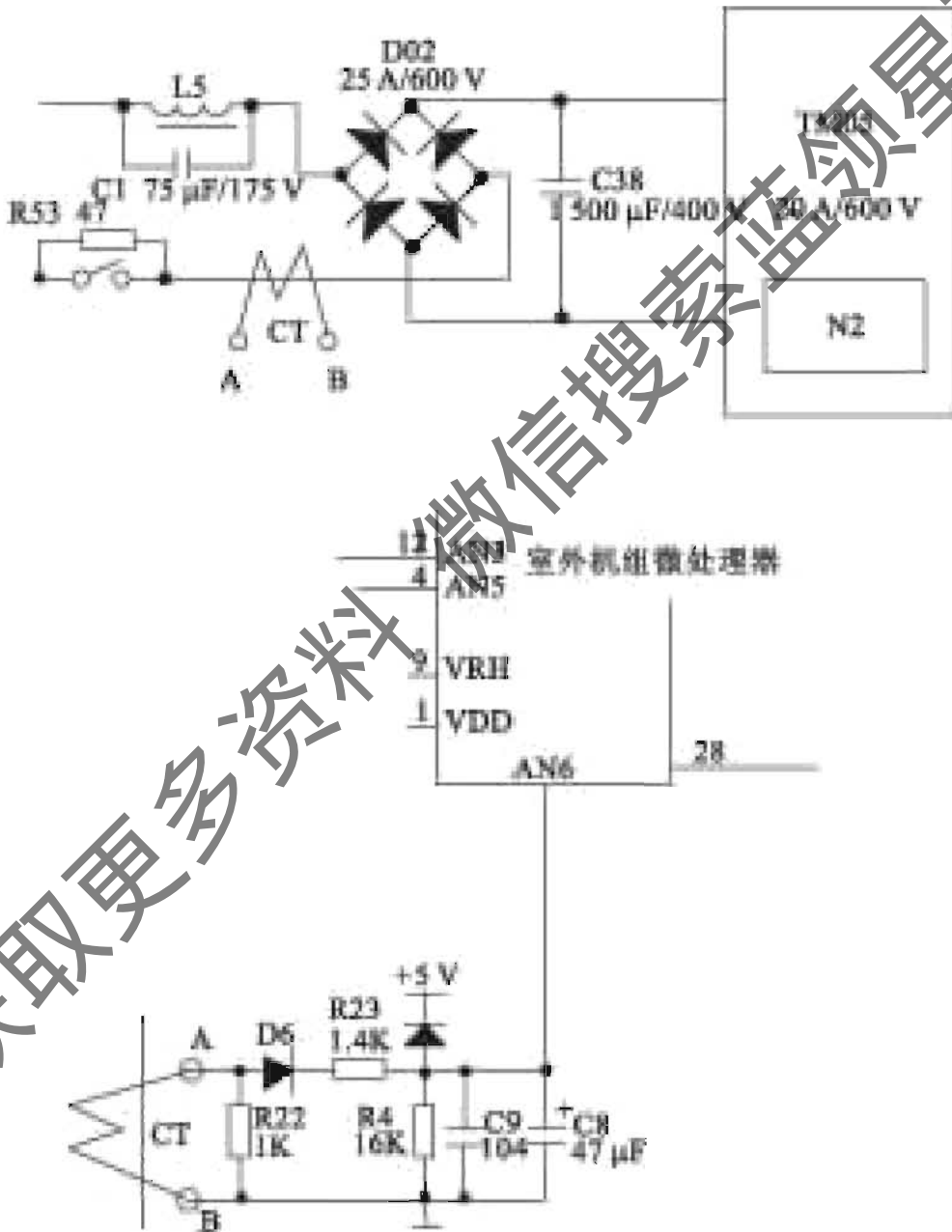


图 6.5-12 室外机组电流检测电路

流经 A、B 连接到 D6、R23、R4、C9、C8，然后送入到室外机组微处理器 AN6 脚。二极管 D6 将直流电平钳制在 5V，C8、C9 为滤波电容。

(5) 温度检测电路

温度检测电路利用负温度系数的热敏电阻将温度信号变成电压信号送入到微处理器，与微处理器的基准电压相比较，从而实现相应的控制和保护功能。

图 6.5-13 为室内温度检测电路。室内热敏电阻 TC、TA 通过 CN03、CN01 与室内机组微处理器 24、25 脚连接，与 R21、R2、R4、C4、C25 等构成室内机组温度控制和保护电路。

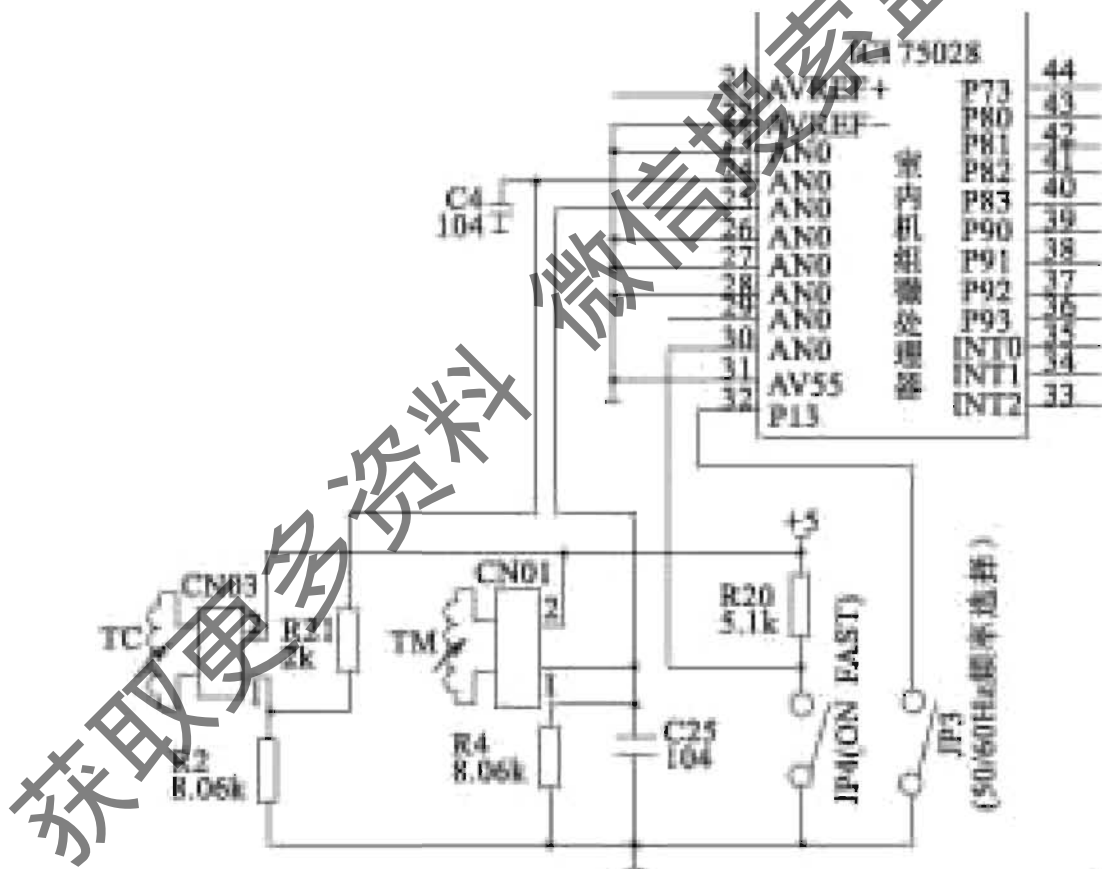


图 6.5-13 室内机组温度检测电路

图 6.5-14 为室外温度检测电路。室外热敏电阻 TC、TR 通过 CN4、CN3 与室外机组微处理器 4、12 脚连接，与 R46、R47、

R57、R50、C44、C43 等构成室外机组温度控制和保护电路。

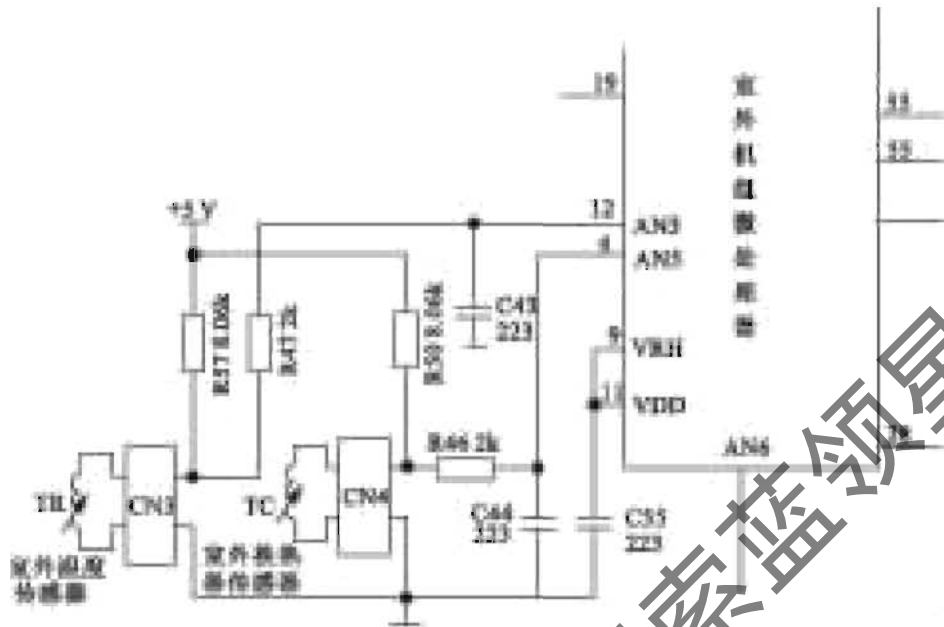


图 6.5-14 室外机组温度检测电路

(6) 室内机组显示、操作控制电路

如图 6.5-15 所示,室内机组的微处理器 IC1 的 52、53、54、57、58、59 脚通过限流电阻 R12、R23、R26、R25、R24、R11 分别连接到自动指示灯 LED8、定时指示灯 LED7、化霜指示 LED6、运行指示灯 LED5 和 LED1、经济运行指示灯 LED3。指示灯闪、亮、熄的不同组合表示空调器的不同工作状态。

室内机组的操作板连接到室内微处理器的 45、46 和 47 脚,根据开关位置,空调在不同的模式下运行。

接收器 IR 将收到的遥控器信号通过 CN17、R22 连接到室内微处理器 35 脚(见图 6.5-4)。

(7) 室外风机、四通换向阀控制电路

如图 6.5-16 所示,室外微处理器的 48 脚通过 R4 连接到三极管 D8(9013)基极,D8 的集电极连接到继电器 J2 线圈和二极管 D17,然后连接到 +12 V 电源,实现四通阀的控制。D17 为续流二极管,起到保护 D8 作用,ZMR2 为压敏电阻。

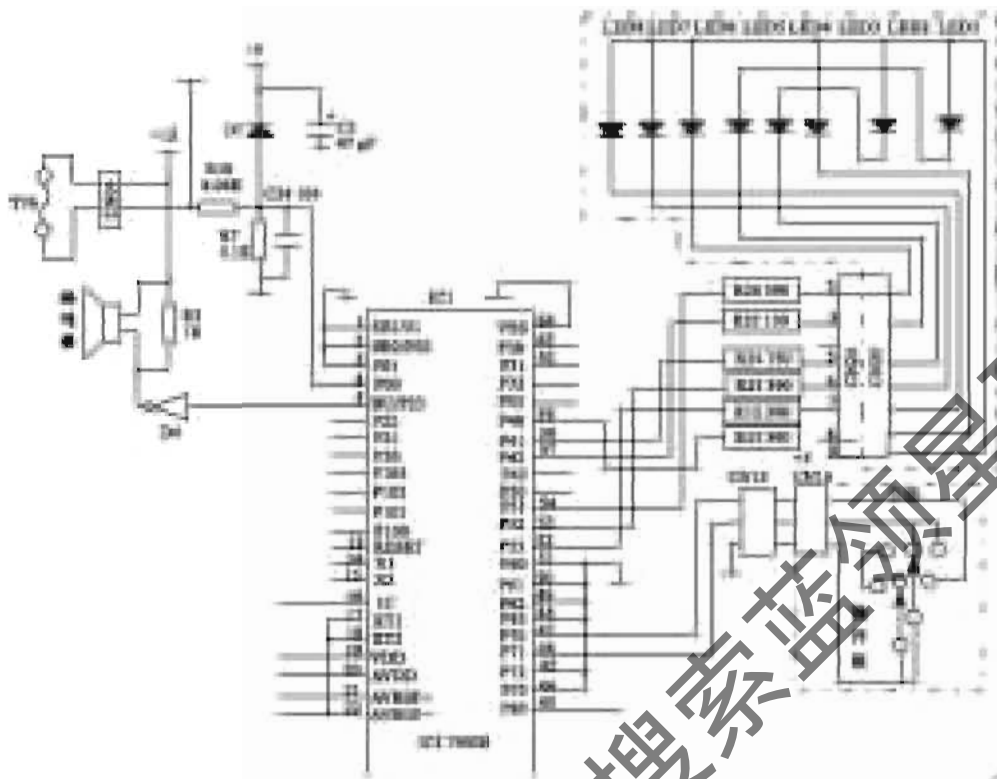


图 6.5-15 室内机组显示、操作控制电路

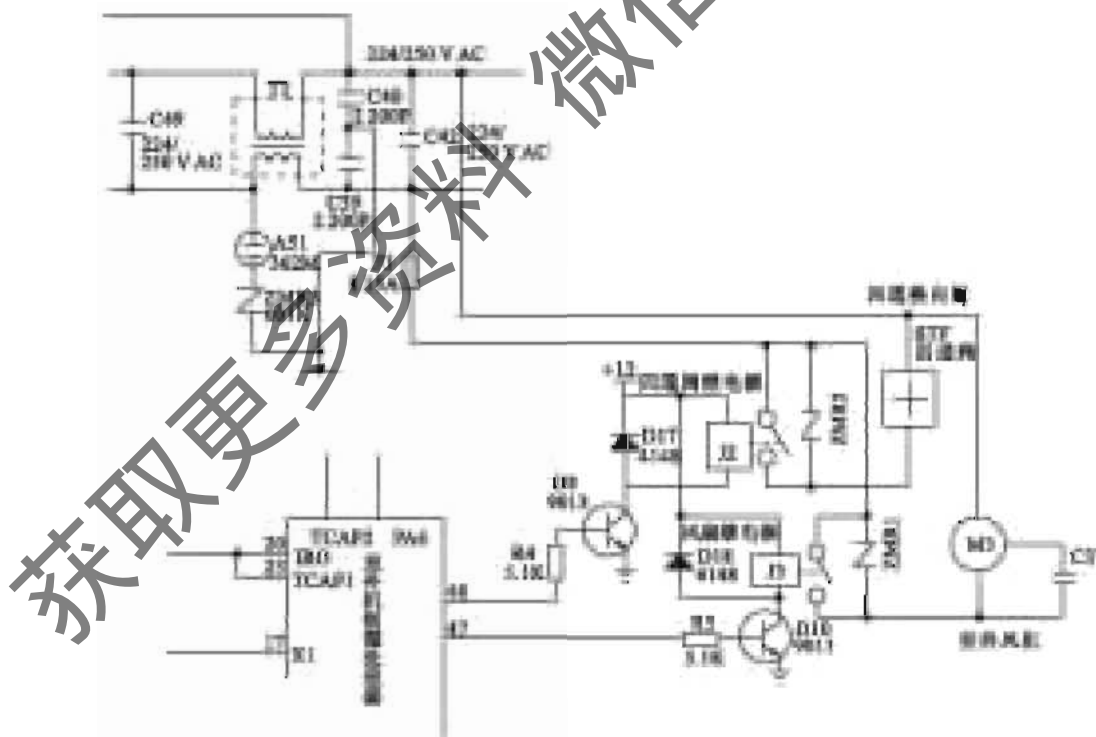


图 6.5-16 室外风机、四通换向阀控制电路

室外微处理器的 47 脚通过 R3 连接到三极管 D10(9013)基极,D10 的集电极连接到继电器 J3 线圈和续流二极管 D18,然后连接到+12 V 电源,实现室外风机 M3 的控制,C37 为风机运行电流,D18 起到保护 D10 的作用,ZMR1 为压敏电阻。

(8) 变频器驱动电路

如图 6.5-17 所示,根据微处理器的指令提供控制变频器功率模块,PH10 连接到 N2 控制功率模块 TM05。室外机组微处理器 55 脚提供室外电源开关信号,经过 R60、IC11、R50、R43、R1、D7 控制 J4,微处理器 55 脚经过 R60、IC11 连接到 PH-10 的 8 端。N2 的信号经过 PH-10 的 7 端、R48、IC10 送到微处理器 53 脚。N2 输出信号经过 PH-10 的 3 脚、R2、D11、R1 控制 J4。

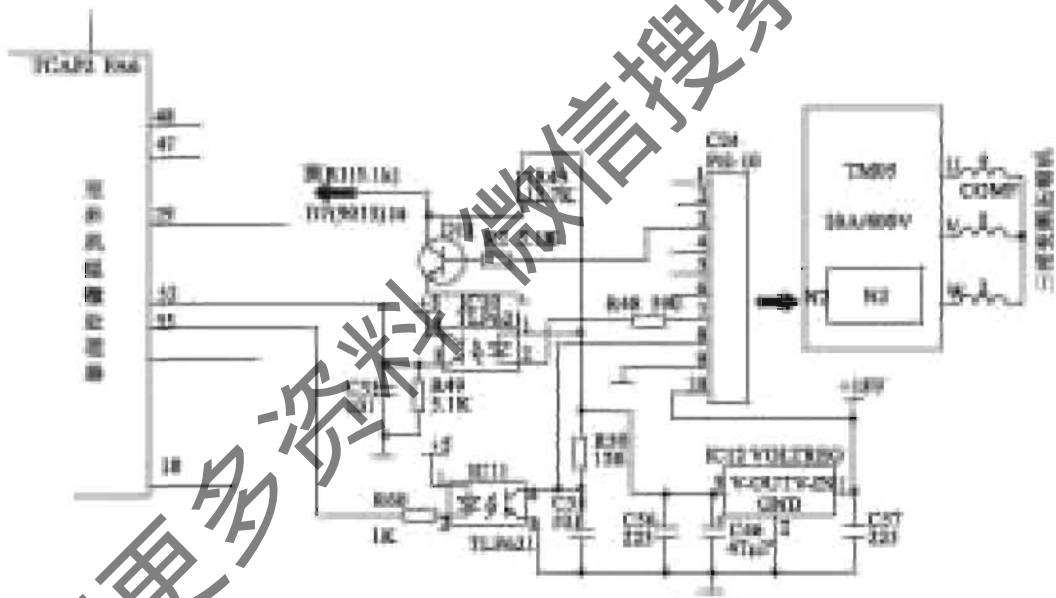


图 6.5-17 变频器驱动电路

(9) 室内风机控制电路

室内风机控制包括室内风机速度控制和速度检测。如图 6.5-18 所示,室内风机速度控制是微处理器的 39 脚输出信号经过反相器 D1 控制晶闸管光电耦合器 IC4 实现对风机速度的控制。R31 为 IC4 匹配电阻,电容 C7 为风机运行电容,压敏电阻

ZMR1 起到过压保护的作用,电容 C13、电感 LF01 保护风机、电容 C17、C8 电阻 R5 保护 IC4。室内风机速度传感器 1 接 +12 V 电源,3 接地,2 通过电阻 R28 连接到室内机组微处理器的 33 脚,将检测到的速度信号送入到微处理器,R28 起到二极管 D8 为放电提供通路,C23 为滤波电容。

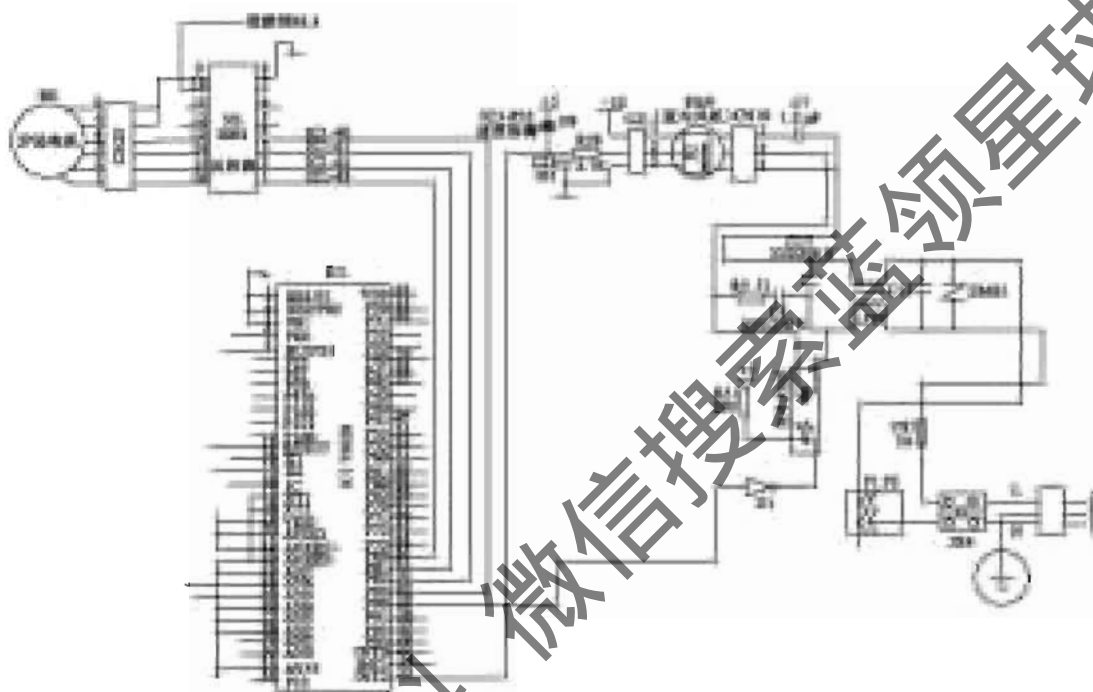


图 6.5-18 室内风机及步进电机控制电路

室内微处理器的 40、41、42、43 脚连接到反相器 N3(2003)的 13、14、15、16 端,然后通过 CN23 连接到步进电机 M1 实现对步进电机的控制。

3. 变频空调器电气控制系统维修注意事项

一般定速空调室内机组和室外机组之间并没有通信连接,在维修时可以单独给室内机或室外机通电检查。对于变频空调,就不能使用上述方法。室内外通信采用异步串行通信方式,通过光电耦合器将弱电信号调制在强电上,在连续收到完全相同的信息才有效,连续 2 min 接受不到通信信号或通信信号错,发出故障报警,并关闭室内外机组。

检修室外机时,由于使用了大容量的电解电容,在维修时要注意对电容放电,确保人身安全。

在维修时要注意变频空调的压缩机电机与普通定速空调压缩机电机不同,变频空调的压缩机使用的为三相电机,正常时三相绕组直流电阻相等,不存在普通定速空调压缩机电机的 C、M、S。

变频空调使用了很多热敏电阻(NTC)实现温度控制和保护,在维修时要特别注意检测热敏电阻是否出现断路、短路等故障,可以结合故障代码表进行判断。

生产厂家为了维修方便,提供故障代码诊断功能,通过不同的指示灯的工作状态或通过液晶显示相应符号表示空调机组的工作状态和故障内容,作为维修时的参考。表 6.5-2 为美的 KFR-28GW/BPY 变频空调器的故障代码诊断表。

表 6.5-2 美的 KFR-28GW/BPY 故障代码

室内机故障显示				室外机故障显示			故障原因
定时灯	化霜灯	自动灯	工作灯	L3	L2	L1	
灭	灭	亮	闪	灭	亮	灭	变频模块保护
灭	亮	灭	闪	灭	亮	亮	压缩机顶部温度保护
亮	灭	灭	闪	灭	闪	闪	室外温度传感器故障
灭	亮	亮	闪				制热时室外温度过低,制冷时室外温度过高
亮	灭	亮	闪	亮	闪	亮	电压不正常
亮	亮	灭	闪	灭	灭	亮	过电流保护
亮	亮	亮	闪	闪	灭	闪	室内机组温度故障
灭	亮	闪	闪				室内蒸发器温度保护
亮	灭	闪	闪				抽湿模式时室内温度过低保护
亮	亮	闪	闪				室内风机速度失控

(续表)

室内机故障显示				室外机故障显示			故障原因
定时灯	化霜灯	自动灯	工作灯	L3	L2	L1	
灭	闪	亮	闪				过零检测出错
亮	闪	灭	闪				温度保险丝断路保护
亮	闪	闪	闪				机型不匹配
闪	闪	闪	闪				室内、室外机通信保护
			闪	亮	亮	灭	一小时4次模块保护
				亮	灭	亮	一小时4次电流保护
				亮	灭	灭	一分钟通信故障
				灭	闪	灭	预热

三、约克 YCAB 系列冷水机组控制系统介绍

约克 YCAB 系列风冷涡旋式冷水机组/空气源热泵机组为中央空调工程的集中式空气处理设备或末端装置提供冷热水。机组为完全独立的整体式机组,设计成室外(屋顶或地面)安装。每台机组包括全封闭柔性涡旋压缩机、风冷式冷凝器、壳管式蒸发器以及微电脑控制中心,全部安装在型钢底座上。

1. YCAB 系列冷水机组技术参数

表 6.5-3 YCAB 空气源热泵机组系列技术参数

型号	YCAB12ORC	YCAB150RC	YCAB200RC	YCAB240RC	
制热量/kW	123	148	210	235	
制冷剂充注量/kg	38	45	32×2	38×2	
压缩机	输入功率/kW	17.6×2	15.4×3	15.1×4	17.5×4
	能量调(%)	10—50	100—67.33	100—75—50—25	100—75—50—25

(续表)

型 号		YCAB12ORC	YCAB150RC	YCAB200RC	YCAB240RC
风 机	电机功/kW	1.8×2	1.8×2	1.8×4	1.8×4
	风量/(m ³ /h)	14 000×2	14 000×2	14 000×4	14 000×4
满载电流/A		91.8	118.4	165.6	180.8
测试条件:环境温度 7℃,系统进水温度 12℃,出水温度 55℃。					

2. 约克 YCAB 系列控制系统介绍

约克 YCAB 系列所有的控制和启动设备在工厂安装时均经过功能测试。控制柜包括电源、控制中心和控制元件,装于一个镀锌钢板制成的箱体,由电机启动器和机组控制器两个独立的部分组成。控制柜装有铰链门,箱体设计符合 IP55 防雨防尘标准,表面喷涂成灰白色。

约克 YCAB 机组采用微电脑智能控制,配有液晶显示的微电脑控制中心,可以实现远程监控,定时开关机,手动、自动切换工作状态、故障自动判断、处理,手动测试,下班防冻,能量控制,运行管理,负荷匹配,运行限制,中文信息显示,即插即用系统等功能。并可以通过最新的网络控制技术实现多机集中控制,通过现场的 RS485 通信线可以实现 2 台机级联网;使用标配的集中控制器可对多台主机进行集中控制,根据系统负荷和各单元运行时间决定主机工作状态。

机组具备如下控制功能:

液晶 LCD 点阵显示器 4 行 15 列汉字显示。

运行状态显示 显示机组运行状态参数包括冷冻水进/出水温度、环境温度、每个系统吸排气压力。

机组运行故障显示 当机组发生运行故障时能进行自我诊断并显示故障原因,并通过蜂鸣器及指示灯发出报警。可查询故障报警历史记录。

DI 及 DO 状态显示 可显示各模块输入点(DI)输出点(DO)状态。

图 6.5-19 为 YCAB120SC 的主电路,图 6.5-20 为 YCAB120SC 的控制电路,表 6.5-4 为机组所用电器元件表。

表 6.5-4 YCAB120SC 电控柜元件清单

序号	代号	名称	型号规格	数量
1	1CB	压机 1# 断路器	C65H 3P D63A	1
2	2CB	压机 2# 断路器	C65H 3P D63A	1
3	C1	压机 1# 接触器	LC1D5011M5C	1
4	C2	压机 2# 接触器	LC1D5011M5C	1
5	O/L 1	压机 1# 热继电器	LR2D3357C	1
6	O/L 2	压机 2# 热继电器	LR2D3357C	1
7	7CB	风机 1# 断路器	C65H 3P D6A	1
8	8CB	风机 2# 断路器	C65H 3P D6A	1
9	FC1	风机 1# 接触器	LC1D0901M5N	1
10	FC2	风机 2# 接触器	LC1D0901M5N	1
11	O/L 7	风机 1# 热继电器	LR2D1308N	1
12	O/L 8	风机 2# 热继电器	LR2D1308N	1
13	F1	熔断器座	RT18-32	1
14		熔芯	RT18 5A	1
15	PSF	相序保护器		1
16		控制板	YM CB-13	1

(续表)

序号	代号	名称	型号规格	数量
17		集中控制器	YMCX-001	1
18		RJ11 通信线	RJ11 通信线	1
19		电机端子	SAK 10EN	6
20		电机端子	SAK 2.5EN	6
21		控制端子	SAK2.5EN	64
22		控制端子盖板	AP/SAK 10EN	6
23		控制端子盖板	AP/SAK2.5EN	6

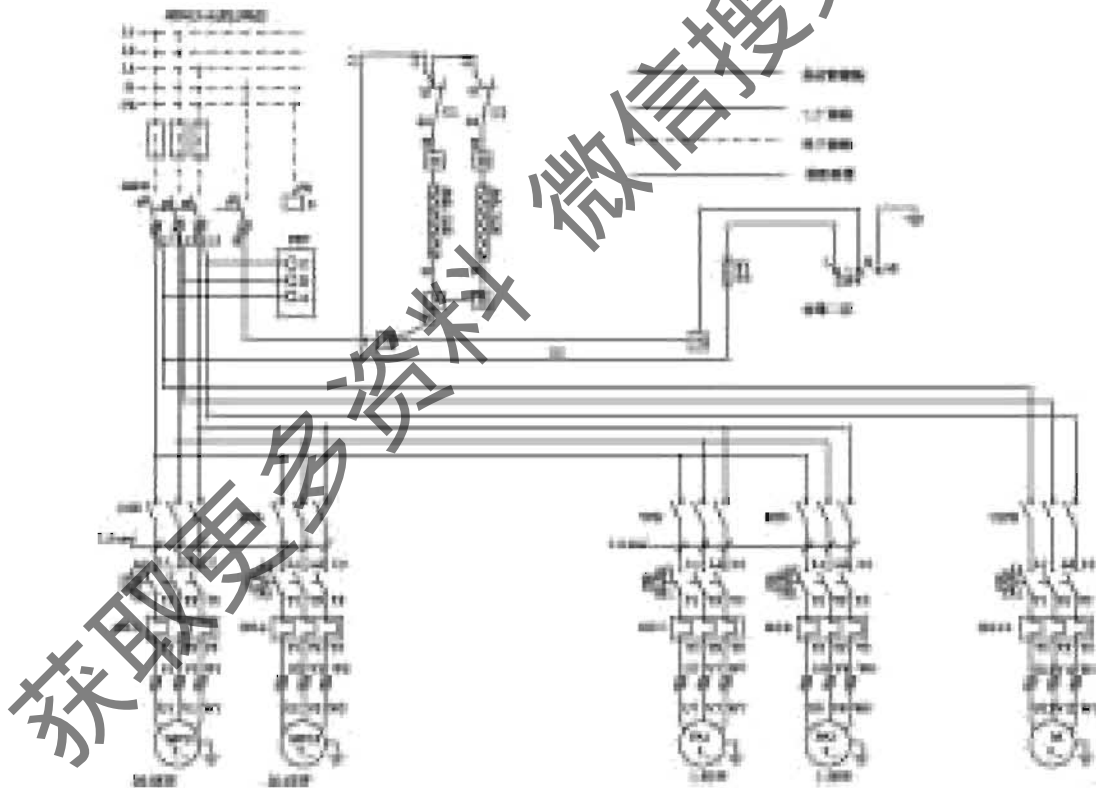


图 6.5-19 YCAB120SC 主电路

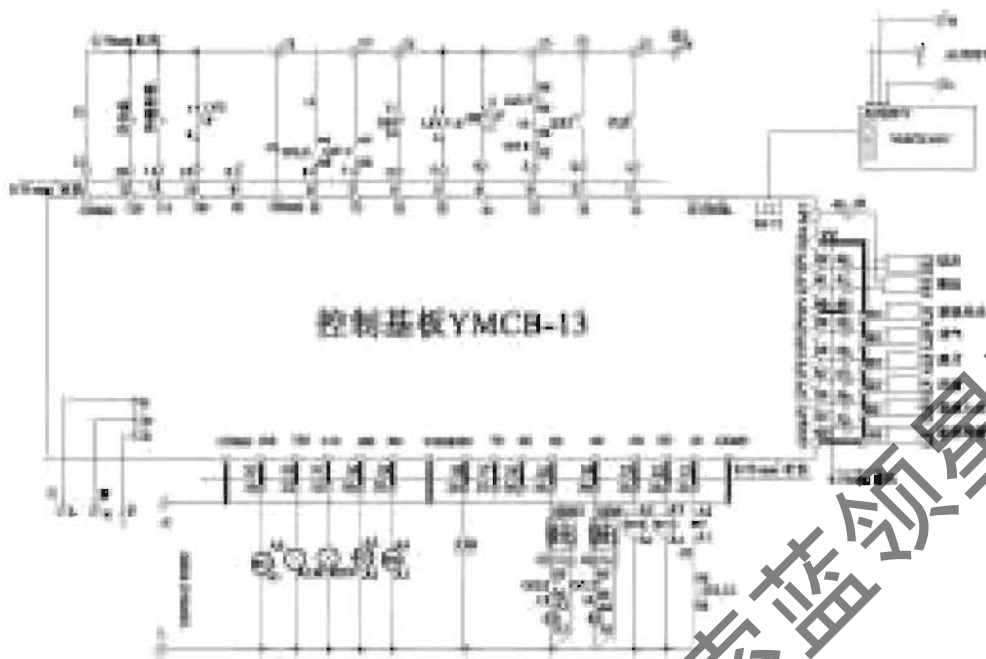


图 6.5-20 YCAB120SC 控制电路

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

第七章 常用工具、量具、检测仪器 仪表及维修设备

第一节 常用工具及其使用

一、通用工具

通用工具是指适用范围较广的一般维修工具,制冷设备维修常用工具见表 7.1-1。

表 7.1-1 常用工具

名 称	型 号 及 规 格
扳手	各种规格的外六角扳手、内六角扳手、梅花扳手、活动扳手、套筒扳手
旋具	各种规格的十字起、一字起
锉刀	圆锉、方锉、扁锉、什锦锉
钳子	尖嘴钳、老虎钳、剥线钳、管子钳
钢锯	300 mm
刮刀	三角刮刀、什锦刮刀
锤子	铁锤、木锤等
冲子	6.5 mm、8 mm、11 mm、12.5 mm、14 mm、16 mm、21 mm、28 mm 纸 箔冲
剪刀	200 mm、400 mm
电钻	各规格钻头
电烙铁	25~200 W

二、专用工具

专用工具是指用于操作、维修各类制冷设备的专用工具,常用的有:方榘扳手、割刀、扩管器、手工冲头、封口钳、弯管器、各类检修阀、软管、制冷剂钢瓶等。

(一) 方榘扳手

方榘扳手是专门用于快速旋动各类制冷设备阀门阀杆的工具。

方榘扳手结构如图 7.1-1 所示。扳手的一端是可调方榘孔,其外圆为棘轮,旁边有一个撑牙由弹簧支撑,使扳孔只能单向旋转。扳手的另一端有一大一小两个固定方榘孔,小方榘孔可用来调节膨胀阀的阀杆。

使用时,将方榘孔套入阀杆端部的方榘杆,在垂直于阀杆轴线的平面内来回连续旋转方榘扳手,即可调节膨胀阀开启和关闭。

(二) 割刀

割刀也称为割管器,是切割铜管、铝管等金属管的专用工具。直径 4~12 mm 的紫铜管一般不允许使用钢锯锯断,必须使用割刀切断。

割刀的结构如图 7.1-2 所示。割刀由刀架、割轮(刀片)、支撑滚轮、调整转柄等组成。

使用时,将铜管放在两个滚轮之间,旋动转柄使割轮切口与铜管垂直夹紧。一手捏紧管子(也可借助其他夹紧工具),另一手使

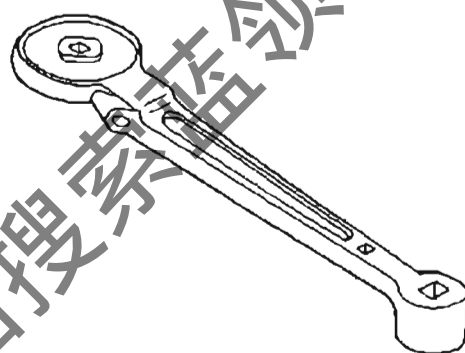


图 7.1-1 方榘扳手

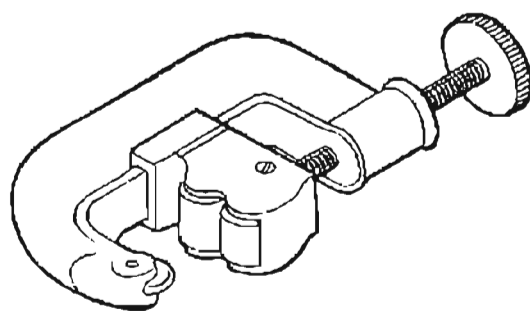


图 7.1-2 割刀

割刀绕铜管转动。每转一圈,就旋转调整转柄进刀 $1/4$ 圈,边转动割刀边进刀直至割断铜管。

割断毛细管要使用专用的毛细管钳,或者用剪刀夹住毛细管来回转动划出裂痕,然后用手轻轻折断。

(三) 扩管器

扩管器用来制作铜管的喇叭口,方便铜管对接、密封。

扩管器结构如图 7.1-3 所示。扩管器由扩管器夹具(对称两半)、紧固螺母、拉脚(弓形架)、螺杆、扩管锥头等组成。

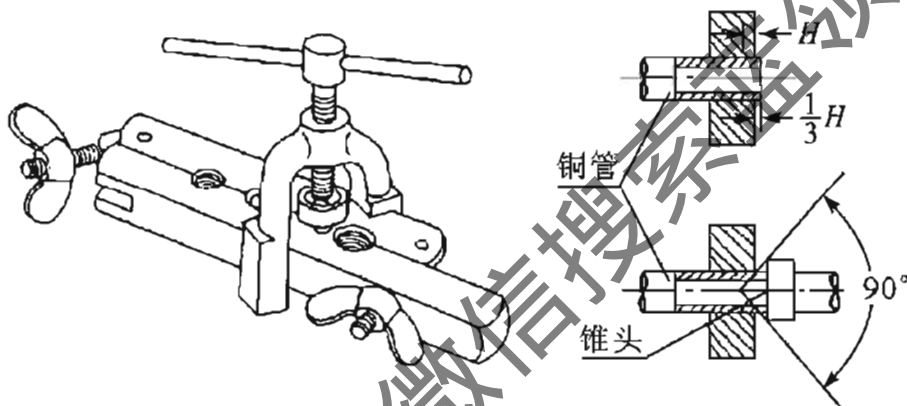


图 7.1-3 扩管器

使用时,将已退火并锉平管口铜管的一端放置于相应管径的夹具孔中,管口朝向锥头,铜管需露出喇叭口斜面(喇叭口斜面高度为 H) $1/3$ 的尺寸。将夹具两头紧固螺母旋紧后夹紧铜管,然后将扩管锥头顶住铜管管口,拉脚卡住夹具的两边后缓缓旋转螺杆,使管口挤压出喇叭口。旋转螺杆时一般每进 $3/4$ 圈后再倒旋 $1/4$ 圈,如此反复扩制成形。喇叭口要求圆正、光滑、没有裂纹。

(四) 手工冲头

手工冲头是手工扩杯形口使用的工具。

手工冲头的结构如图 7.1-4 所示。扩杯形口时,管口的高度是冲头高度(如图 7.1-4 所示)。夹具使用方法与喇叭口的做法相同。手工方法为一手拿住冲头放置于铜管管口,保持冲头与铜管

的长度方向尽量呈一条直线,另一手用榔头轻轻敲打冲头,每敲打一次转动冲头 90° ,直到冲头打到底为止。杯形口要求圆正、光滑、杯口不歪和没有裂纹。

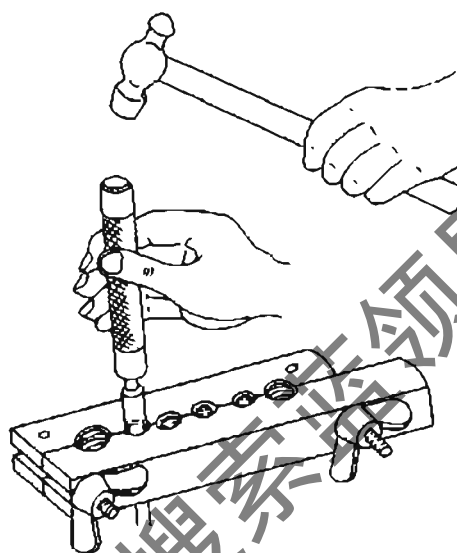
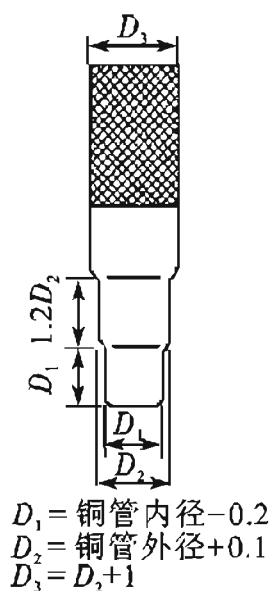


图 7.1-4 手工冲头

(五) 封口钳

封口钳一般用于电冰箱、空调器等修理测试符合要求后封闭修理管口时使用。

封口钳结构如图 7.1-5 所示。使用时,要注意调整钳口的间隙,间隙过大则封闭不严,过小则容易将铜管夹断。一般捏紧封口钳,通过调整钳柄尾部的调整螺钉使钳口间隙小于铜管壁厚的 2 倍。当使用封口钳夹紧铜管后,可使用开启手柄打开封口钳。

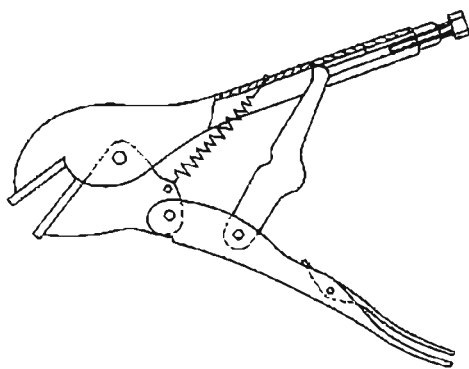


图 7.1-5 封口钳

(六) 弯管器

弯管器是用来弯曲直径小于 20 mm 铜管的专用工具。铜管直径小于 8 mm 一般用弹簧管套入铜管内徒手弯曲,大于 20 mm

一般采用弯管器弯曲。

弯管器的结构如图 7.1-6 所示,由固定杆、模具轮、搭扣、活动杆等组成。

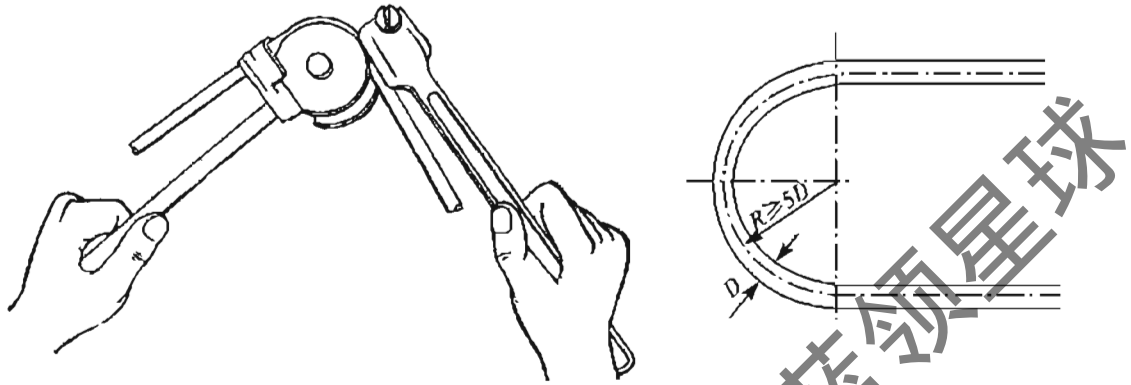


图 7.1-6 弯管器

使用时,将已退火的铜管穿过活动杆与模具轮之间的导槽后,将搭扣扣住管子,慢慢旋转活动杆,使铜管弯曲成形。

(七) 检修阀

常见的检修阀有:三通阀、专用组合阀、顶针式开关阀等。

1. 三通阀

三通阀结构如图 7.1-7 所示,是最简单的维修阀,常在抽真空、充注制冷剂时使用。三通阀共有三个接口,与阀门开关平行的接口多与设备的维修管相接。与阀门开关垂直的两个接口,一个常固定装上真空压力表,另外一个在抽真空时接真空泵的抽气口,充注制冷剂时连接钢瓶。三通阀的结

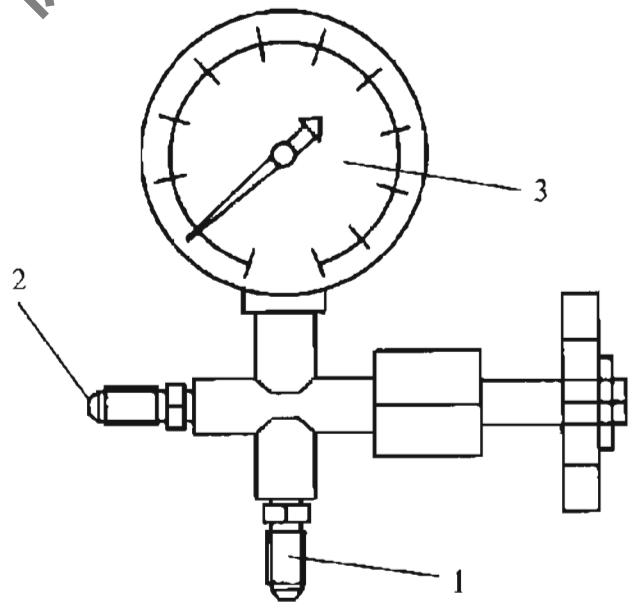


图 7.1-7 三通阀

1—接口 1 2—接口 2 3—低压表

构简单,使用不太方便。

2. 专用组合阀

由于三通阀在使用中受到限制,维修中较多使用专用组合阀,其结构如图 7.1-8 所示。这种阀门上装有两块压力表,一块是高压压力表(0~2.5 MPa),一块是低压压力表(或真空压力表-0.1~1.5 MPa)。两个手动阀门,一个用来控制高压表与公共接口的开关,另一个用来控制低压表与公共接口的开关。

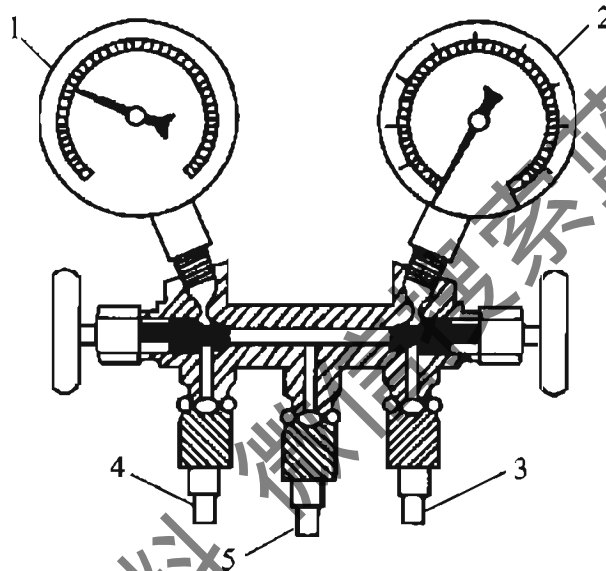


图 7.1-8 专用组合阀

1—低压表 2—高压表 3—高压接口 4—低压接口 5—公共接口

专用组合阀常用于以下用途:

(1) 抽真空。将低压表下端的接头连接到设备的低压侧,高压表下端的接头连接到设备的高压侧,将公共接口连接到真空泵的抽气口。

(2) 低压侧充注氟利昂。公共端连接氟利昂的钢瓶,低压接口连接设备的低压侧(气态充注),用高压接口来排除公共接口软管内的空气。

(3) 高压侧充注氟利昂。公共端连接氟利昂的钢瓶,高压接口连接设备的高压侧(液态充注),用低压接口来排除公共接口软

管内的空气。

(4) 加冷冻机油。将设备内部抽至负压,把公共端的软管放入冷冻机油内(装冷冻机油的容器应高于设备),打开低压阀,利用大气的压力将冷冻机油压入设备内。

(5) 利用高、低压表的压力来判断设备的冷凝器的散热、蒸发器温度是否正常,以及设备内部的制冷剂是否过多或过少。

3. 顶针式开关阀

从制冷系统中回收制冷剂时经常要使用专用的阀门,这种阀门称为顶针式开关阀。使用方法如下:

(1) 卸下连接上下瓣的紧固螺钉,扣合在将要接阀的管道上,然后拧紧紧固螺钉。

(2) 打开顶针式开关阀的阀帽,装上专用检修阀,使检修阀的阀杆刀口插在开关阀上部的槽口内,然后将检修阀的阀帽拧紧。

(3) 顺时针旋转检修阀阀柄,开关阀的阀顶(顶针)随即也被旋进管道内,使管道的管壁顶压出一个锥形圆孔。

(4) 逆时针旋转检修阀,开关阀的阀尖也退出管壁圆孔,制冷剂也随即喷出,沿着检修阀的接口流入制冷剂容器中。

(5) 在现场维修时使用这种阀门十分方便,并且也可以用在制冷系统的抽真空、充注制冷剂等工序中,省掉了焊接操作。

需要注意的是:操作完毕后,顺时针旋转检修阀,使开关阀的顶尖关闭所开直圆孔,然后卸下检修阀,拧紧开关阀阀帽,整个顶针式开关阀便永久保留在系统管道中。

(八) 软管

软管是用来连接制冷设备与压力表、制冷剂钢瓶、真空泵和测试仪表的连接管路。连接的软管大多是耐高压 3.0 MPa 的橡胶软管,长度为 500~800 mm,软管的两端制成带螺纹的管帽,便于连接后的密封。要经常保持软管的干燥和清洁。

(九) 制冷剂钢瓶

制冷剂钢瓶是用来存储制冷剂的专用钢瓶,有不同规格的大小钢瓶以方便使用。使用时要轻拿轻放,避免阳光直射、火烤等恶劣环境,存放时要注意库房的干燥与通风。

第二节 常用量具及其使用

常用量具是指适用范围较广的一般测量仪表。制冷空调常用的量具有:游标卡尺、螺旋副千分尺、百分表、塞尺等。

一、游标卡尺

游标卡尺(图 7.2-1)是利用游标对两测量爪相对移动分隔的距离进行读数的通用长度测量工具。常用的游标卡尺一般都带有深度尺,可测量凹槽、盲孔、台阶的深度和高度。

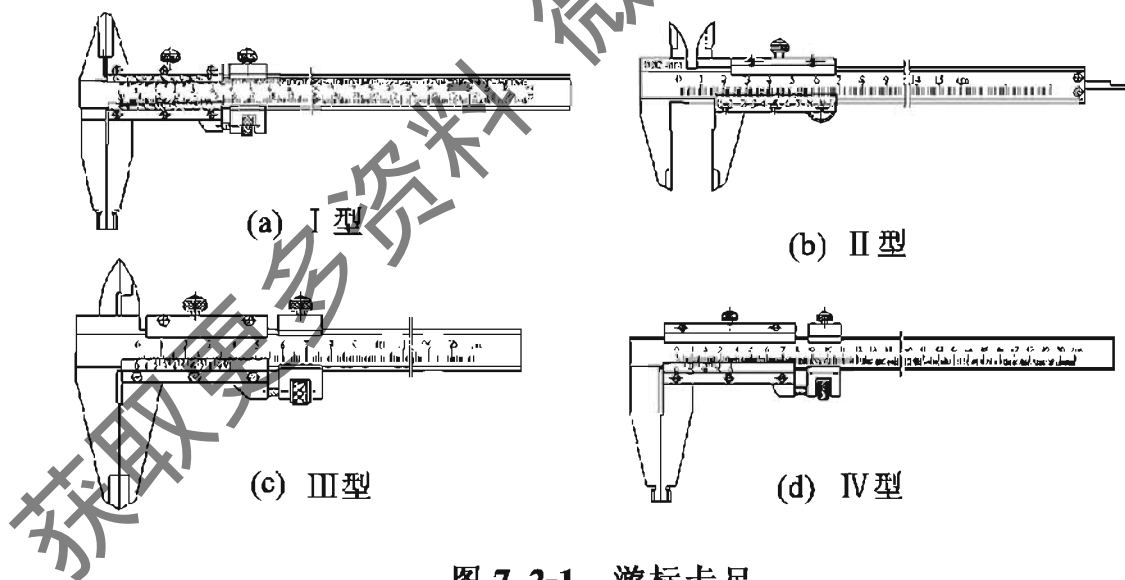


图 7.2-1 游标卡尺

游标卡尺结构简单,使用方便,是一种中等精确的量具。常用游标卡尺的测量范围和游标读数数值见表 7.2-1。

表 7.2-1 游标卡尺的测量范围和游标读数数值

mm

型 式	测量范围	游标读数数值
I	0~125, 0~150	0.02, 0.05, 0.10
II、III	0~200, 0~300	
IV	0~500, 0~1 000	

使用游标卡尺时,先从主尺上读出毫米(mm)整数,再在游标上找到与主尺上某刻度线对得最齐的那条刻度线,用“游标读数数值×刻度线数”即得到毫米小数值,把两次读得的数相加,就是被测工件的尺寸。

二、螺旋副千分尺

螺旋副千分尺简称千分尺,它是比游标量具精度高且应用也较为广泛的较精密量具之一,其精度一般可达 0.01 mm。

常用的有外径千分尺和内径千分尺两种,其结构、原理基本相同,由砧座、螺杆、制动环、固定套筒、活动套筒、棘轮和弓架组成,如图 7.2-2 所示。千分尺的规格,按测量范围有 0~25 mm、25~50 mm、50~75 mm、75~100 mm 等多种,最大测量范围可达 1 000 mm 以上,每隔 25 mm 为一档规格。

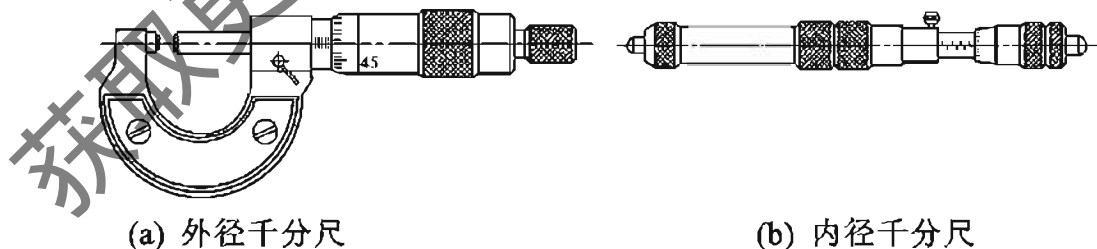


图 7.2-2 螺旋副千分尺

使用千分尺读数时,先读出活动套管边缘离固定套管线最近的轴向刻度线后面的数(为 0.50 mm 的整数倍),再读出活动套管

上那一格同固定套管上基准线对齐(即轴向刻度中心线重合)的圆周刻度所对应的读数(为 0.50 mm 的等分数),将以上两个读数相加,即为总尺寸。

三、百分表

常用的百分表一般是利用机械传动系统,把测杆的直线位移转变为指针在表盘上角位移的长度测量工具。除了机械式百分表外,还有电子数显式百分表。

百分表结构如图 7.2-3 所示,它可以用来检查设备或零件的精确度即长度尺寸的相对测量及对形状和位置公差的测量。

以机械式百分表为例,使用前应该检查外观及测量头有无损坏,量杆及指针的灵敏度、示值稳定度(提起挡帽看指针能否回位)。满足使用要求后,将百分表根据测量要求装上磁性表架。安装时要遵循百分表量杆对被测表面垂直原则,先将测量头与零件接触,接触时要提起挡帽将量杆上提 0.5~1 mm(即主指针顺时针转动 0.5~1 圈)后固定百分表。固定时夹紧力要求适中。夹紧力过小,百分表易松动;夹紧力过大,会使下套筒变形,影响量杆上下移动的灵活性。将百分表对“0”,旋转刻度盘,使主指针与“0”刻度线重合。校对零位时,要将量杆轻轻提起再放下,这样反复几次,如果主指针都能与“0”位线重合,就可以进入

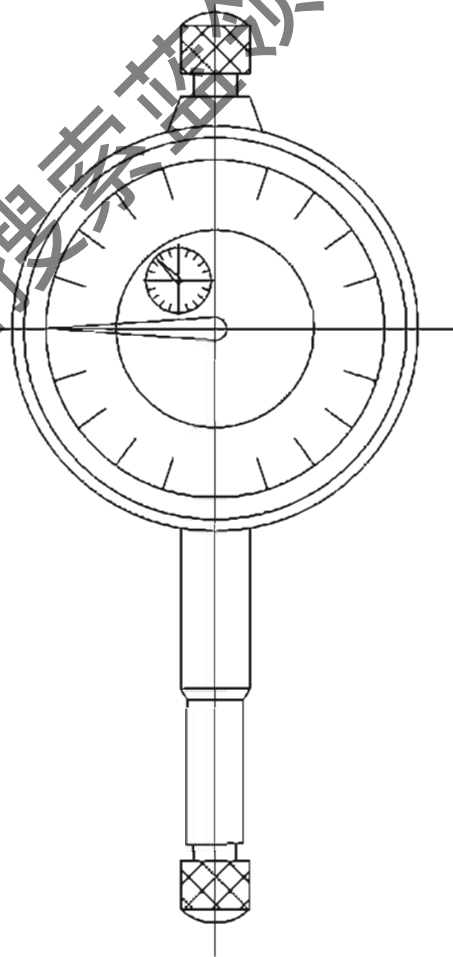


图 7.2-3 百分表

测量。

四、塞尺

塞尺又称厚薄规或间隙规,用于检验相邻两表面之间的间隙。它由一组不同厚度的薄片组成,测量精确度一般为 0.01 mm,每个薄片均有较精确的厚度,其厚度(mm)系列有:0.02,0.03,0.04,0.05,0.06,0.07,0.08,0.09,0.10,0.11,0.12,0.13,0.14,0.15,0.20,0.25,0.30,0.35,0.40,0.45,0.50,0.55,0.60,0.65,0.70,0.75,0.80,0.85,0.90,0.95,1.00 等。塞尺长度常见的有 50 mm、100 mm 及 200 mm 三种,其外形结构如图 7.2-4 所示。

使用前,用细棉纱软布或绸布将塞尺插拭干净。测量时,先估算厚度由薄至厚选用,当没有所需厚度的塞尺,可取若干片塞尺叠加代用。

由于塞尺很薄,容易打折,使用时应特别小心,使用后要涂防锈油,并收回到保护板内。

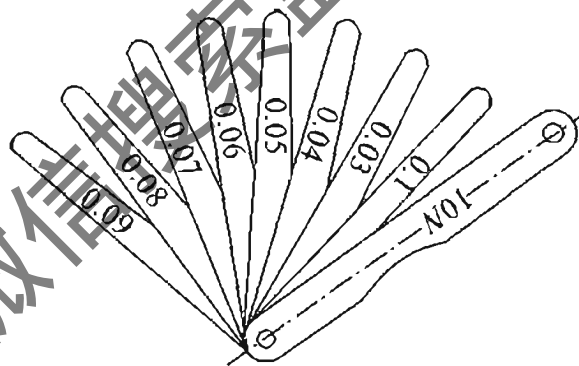


图 7.2-4 塞尺

第三节 常用检测仪器仪表的使用

制冷空调中常用的检测仪器仪表有万用表、绝缘电阻表、钳形电流表、卤素检漏仪、温度计、干湿球温度计、压力计、毕托管、风速仪等。

一、万用表

万用表是一种多量程、多用途、便携式的电工仪表,可用来测量交流电压、直流电压、直流电流和电阻以及一些常用的电子元件

特性。常见的可分为：指针式万用表和数字式万用表，见图 7.3-1 所示。

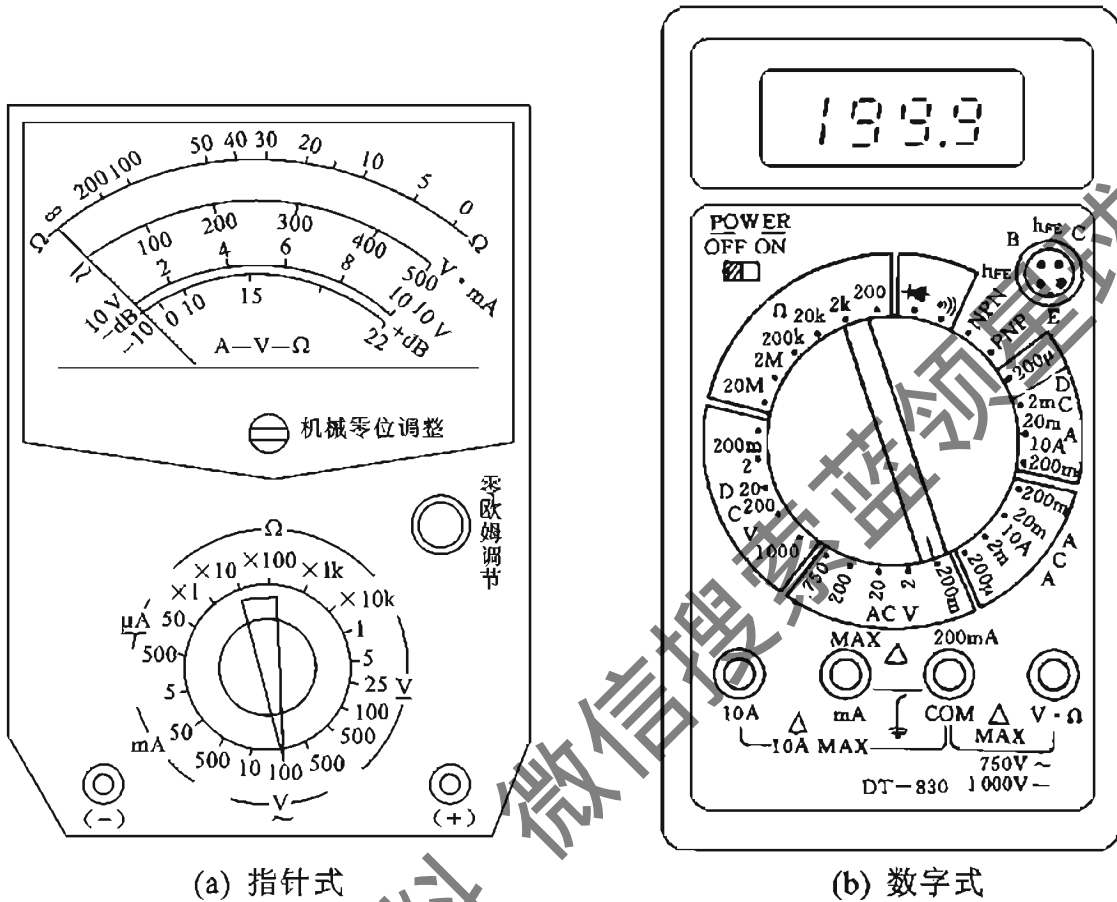


图 7.3-1 万用表

(一) 万用表典型功用

(1) 直流电流测量：将红色表笔插入有“+”号的插孔，黑色表笔插入有“-”号的插孔。转动转换旋钮至电流功能档中所需量程，将表笔按正确方向串联于待测电路中。

(2) 交、直流电压测量：同上述方法插好表笔，转动转换旋钮到所需档位，将表笔两端并联于待测电压的两端。

(3) 电阻测量：同上述方法插号表笔，转换开关旋钮调至电阻档，先使两表笔短路，指针向满刻度偏转，轻轻调动“Ω 调零电位器”调节旋钮，使指针指零欧姆（即调零），再将表笔两端与待测电阻的两端接触。

(4) 二极管极性判别:根据二极管正向电阻小、反向电阻大的特点,将表档旋至 $R \times 100 \Omega$ 或 $R \times 1 k\Omega$ 档,然后用红(+)、黑(-)两个表笔与二极管两管脚相接触进行测量。当电阻值较小(数十到数百欧姆)时,此时二极管正向偏置,与黑笔相接触的管脚为正极,反之为负极;当电阻值非常大,此时二极管反向偏置,与黑笔相接触的管脚为负极,反之为正极。二极管正、反向电阻差值越大,其质量越好。

(5) 三极管类型与管脚判别

类型判断 将表档旋至 $R \times 100 \Omega$ 或 $R \times 1 k\Omega$ 档,用红表笔接三极管任一管脚,黑表笔接其他两个管脚,如果两次测得的电阻都很小(或都很大),则与红表笔所接的管脚为基极。两次测量电阻都很小的为 PNP 型,都很大的为 NPN 型。

管脚判别 对于 NPN 型管,找出基极后,将红黑表笔接在其他两个管脚,再用手指把基极和黑表笔所接的极一起捏住(但不要相碰),记下此时万用表的读数,然后对换表笔,同样方法再测一个阻值。比较两次结果,阻值较小的一次黑表笔接触的管脚为集电极。对于 PNP 型,方法同前,读数较小的一次红表笔接触的管脚为集电极。

(二) 使用方法和注意点

1. 指针式万用表

(1) 测量前把万用表水平放置并调零。

(2) 将红、黑色表笔对应“+”、“-”号插入万用表插孔。将万用表调至所要测量电参量的量程档上,特别是在测量电压时决不能放在电流和电阻档上。

(3) 如果不清楚所测电压、电流值的大概范围,应首先用表上的最大电压档、最大电流档预测,然后再改用适当的量程测量。

(4) 如果不清楚被测电路的正、负极性,可将量程旋至最高档,测量时用表笔点碰一下被测电路,同时观察指针的偏转方向,

从而确定出电路的正、负极。

(5) 如果不清楚所要测量的电压是交流还是直流电压,可先用交流电压的最高档来估测,得到电压的大概范围,再用适当量程的直流电压档进行测量,如果此时表头表针不发生偏转,断定此电压为交流电压,若有读数则为直流电压。

(6) 测量电流、电压时,正确的量程应该使表头指针指示在大于量程一半以上的位置,此时所得结果误差较小。

(7) 测量高阻值电阻时,不要用双手接触电阻的两端,以免将人体电阻并联到待测电阻上。

(8) 测量装在仪器上的电阻时应将仪器断电,将电阻的一端与电路焊开再进行测量。如电路待测部分有容量较大的电容存在,应先将电容放电后再测量。

(9) 测量电阻时,每改变一次量程,都要重新调零。如发现不好调零,不应使劲扭旋钮,而应更换新电池。

(10) 读数时两眼垂直观察指针,不应斜视。

(11) 不用时应把万用表调至交流电流电压最高档处。长时间不用时应将电池从表中取出并把万用表放置在干燥、通风、清洁的环境中。

2. 数字式万用表

采用数字显示测量电参量数值的万用表叫数字式万用表,其测量原理与指针式万用表不同。它具有很高的灵敏度和准确度,显示清晰直观,性能稳定,过载能力强等特点。虽然数字万用表采用了过压保护和过流保护,但仍需防止操作上的失误。

(1) 不要把数字万用表放置在高温($>40^{\circ}\text{C}$)、高湿(相对湿度 $>80\%$)、寒冷($<0^{\circ}\text{C}$)的环境中,以免损坏液晶显示器。

(2) 严禁在测量中(电压 $>220\text{ V}$ 、电流 $>0.5\text{ A}$)拨动量程开关,防止电弧发生。

(3) 不要用电池或万用表电阻去检查液晶显示器的好坏。

(4) 不要随意打开万用表后盖或拆卸元件,不要将表盖内部粘贴的喷铝纸与下面的“COM”连线弄断。

二、绝缘电阻表

绝缘电阻表又叫摇表,是一种专门用来测量电机绕组、变压器绕组及电缆等设备绝缘电阻的高阻表。它的高压电源是由手摇发电机产生的,有 500V、1 000 V、5 000 V 等几种。目前也有用晶体管逆变器代替手摇发电机产生高电压的绝缘电阻表。

绝缘电阻表由一台手摇发电机和磁电式比率表组成,其三个接线柱分为接地(E)端、保护(G)端、线路(L)端,如图 7.3-2 所示。

使用时,先切断被测设备电源,并接地进行放电。即使是用绝缘电阻表测量过的电气设备,也要及时放电后方可进行再次测量。

测量前,要对绝缘电阻表进行开路和短路检查,即先让 L 端和 E 端开路,使手摇发电机达到额定转速,观察指针是否指在“∞”处;然后再将 L 端和 E 端短接,缓慢摇动手把观察指针是否在“0”位置。如不符合要求应对其检修后再使用。测量时,绝缘电阻表放置平稳,切断外接电源。转动绝缘电阻表手把保持转速 90~150 r/min(通常额定转速 120 r/min),发现指针指零就停止摇动。将被测电路接 L 端,电器外壳、变压器铁芯或电机底座接 E 端。测量电缆芯与电缆外皮绝缘电阻时,除将 L 端接缆芯、E 端接电缆外皮外,应将芯、皮之间的绝缘材料接 G 端。

要求绝缘电阻等级不同的电器应选用不同规格的绝缘电阻表测量,见表 7.3-1。

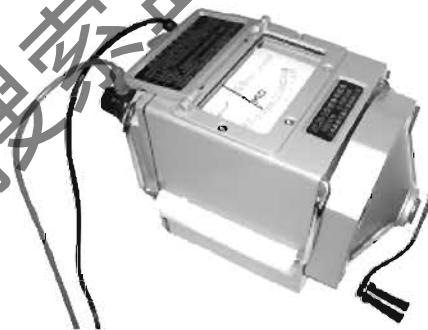


图 7.3-2 绝缘电阻表

表 7.3-1 不同额定电压的绝缘电阻表使用范围

测量对象	被测对象的额定电压/V	所选绝缘电阻表额定电压/V
线圈	<500	500
	≥500	1 000
电力变压器和电机绕组	≥500	1 000~2 500
发电机绕组	≤380	1 000
电气设备	<500	500~1 000
	≥500	2 500
绝缘子	—	2 500~5 000

测量后必须待绝缘电阻表停止转动、被测物接地放电后,方能拆除绝缘电阻表与被测电器之间的连接导线,以免触电或因电容放电而损坏绝缘电阻表。

三、钳形电流表

钳形电流表又称钳表,是测量交流电流的专用电工仪表,一般用于不断开电路测量电流的场合。现在一般使用的都是多功能数字显示或指针显示的仪表。它主要由电流互感线圈与万用表组成,利用互感线圈产生的感应电流通过万用表读出,结构如图 7.3-3 所示。

现以 DT266 型钳形表为例,介绍其使用方法。

测量交流电流时,将开关旋至 ACA 1 000 A 档,保持开关处

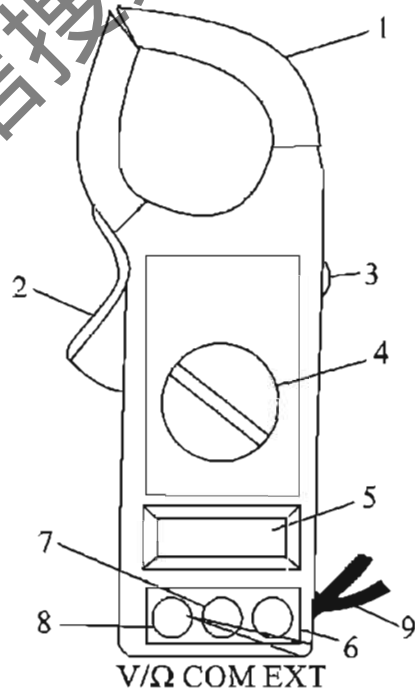


图 7.3-3 钳形电流表

- 1—钳头 2—钳头扳机 3—保持开关
4—旋转开关 5—显示器
6—绝缘测试附件接口 7—公共地端
8—电压电阻输入端 9—手提带

于放松状态,按下扳机打开钳口,钳住一根导线。如果钳住两根以上,则测量无效。读取数值时,如果读数小于 200 A,将开关旋至 ACA 200 A,以提高准确度;如果因环境条件限制无法直接读数,可按下保持键,拿到亮处读取。

测量交、直流电压时,按需要将开关旋至 ACV 750 V 档或 DCV 1 000 V 档,保持开关处于放松状态,将红表笔接“V/ Ω ”端,黑表笔接“COM”端。应注意红、黑表笔并联到被测线路。

测量电阻时,将开关旋至适当量程的电阻档,保持开关处于放松状态,用红表笔接“V/ Ω ”端,黑表笔接“COM”端。注意红、黑表笔分别接被测电阻的两端。测在线电阻时,线路应切断电源,与电阻所连的电容应放电。

测试通断状态时,把开关旋至 200 Ω 档,红、黑表笔分别接“V/ Ω ”端和“COM”端。如果红、黑表笔间的电阻小于 $(50 \pm 25) \Omega$ 时,内置蜂鸣器发声。

测量高阻时,将开关旋至“EXTERNAL UNIT”20 M Ω 或 2 000 M Ω 档。这时,显示值是不稳定的,处于游离状态。把测试附件三个插头插入钳形表的三个输入插孔,将钳形表开关、测试附件量程开关均置于 2 000 M Ω 位置,再将测试附件输入端接被测电阻。将测试附件电源置于“ON”位置,按下“PUSH”键,指示灯发亮,这时显示器显示出被测值。如果读数小于 19 M Ω ,钳形表测试附件的量程均选择 20 M Ω 档以提高准确度。

四、卤素检漏仪

卤素检漏仪是根据六氟化硫等负电物质对负电晕放电有抑制作用的原理制成,其灵敏度高(年泄漏量 5 g 以下),在制冷设备检修中经常使用。

卤素检漏仪结构如图 7.3-4 所示,它使用方便,但在封闭的空间和空气流动较快的场合里不容易判断系统的泄漏点。

使用时,将检漏仪通电(装干电池),打开开关,报警扬声器会发出清晰缓慢的“嘀哒”声。将传感器的探头靠近被检部分(距离3~5 mm),缓慢移动(速度不应大于50 mm/s)。当探头接近漏源,报警扬声器“嘀哒”声频率会加快形成连贯音,越是接近漏源声音越是短促。

在平时不使用时,要保持传感器的清洁,避免灰尘、油污,不要撞击传感器头部,更不要随意拆卸。

五、温度计

常用的温度计种类有:玻璃棒式温度计(水银、酒精)、电子数显温度计等。

玻璃棒式温度计可以直接读数,测温精度较高,稳定性好,适用于-30~600℃范围测温,在制冷空调中应用广泛。

电子数显温度计一般由探头探测温度,可设定温度范围,多用于温度控制中。

六、干湿球温度计

最常用的是玻璃棒式干湿球水银温度计,用来测量空气的温度。

干湿球温度计结构如图 7.3-5 所示,由两支相同的温度计组

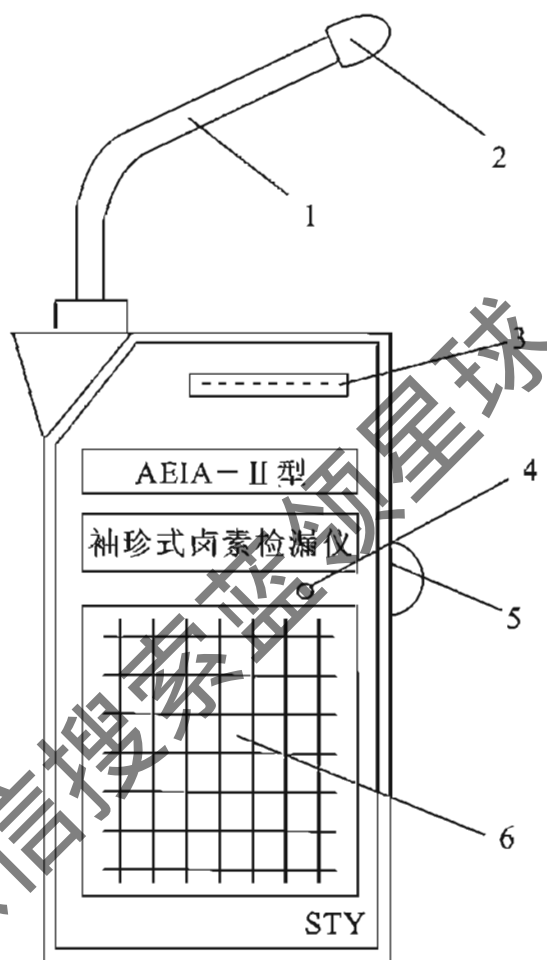


图 7.3-4 卤素检漏仪

- 1—传感器探头 2—金属软管
3—信号指示灯 4—电源指示灯
5—调节电位器 6—报警扬声器

成,其中一支直接测得的温度称为干球温度,另一支用湿纱布包裹的温度计测得的温度称为湿球温度。

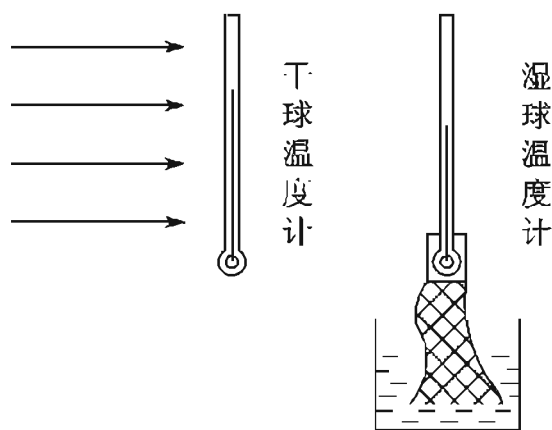


图 7.3-5 干湿球温度计

常见干湿球温度计的技术参数见表 7.3-2。

表 7.3-2 干湿球温度计的技术参数

名 称	型 号	测量范围	分度值	备注
干湿球温度表 手摇干湿表 电动通风干湿表 通风干湿表	DWM1 DHM ₁₋₁ DHM3 DHM2	-36~46℃ -26~51℃	0.2℃	
自记干湿球温度计	DHJH	30%~100%		日、周记
自记干湿球温湿两用计	D ₂ J ₁	-35~45℃ 30%~100%		日记
自记干湿球温度计	DHJ ₁	30%~100%		

使用时注意:

(1) 干湿球温度计在使用前,必须检查干球和湿球两支温度计所示温度是否相同,如不一致,要将其差值记下,计算时依此差值加以纠正,以保证测定结果的准确性。

(2) 测量时要求湿纱布经常保持湿润状态,且表面无水垢,流经湿球的空气速度应在 3~5 m/s。

(3) 盛水的玻璃管与湿度温度计的球部不可紧接,要相距 2~3 cm,盛水玻璃管要注满清洁水,同时要注意更换用水。

七、压力计

用于测量压力、压差的仪表。按测量原理分类,有液柱式、弹性式和电子压力式。常用的液柱式压力计有 U 形管压力计、倾斜式微压计和补偿式微压计。

(一) U 形管压力计

U 形管压力计是将一根直径相同的 U 形玻璃管固定在带有刻度标尺的底板上,刻度尺的零位在中间,玻璃管内注入工作液(水银、水、酒精),使液面高度处于零位。U 形管压力计有单管和多管之分,单管 U 形管压力计的规格见表 7.3-3。

表 7.3-3 水银 U 形管(单管)压力计规格

尺寸规格/mm	100	200	300	400	500	600	800	1 000	1 200	1 400	1 600
量程/kPa	13	26	39	52	65	78	105	131	157	184	210

测量压力时,将被测压力经接头与 U 形管接通,另一端与大气相通(若测量压差时,两被测压力分别接在 U 形管的两端),这样玻璃管内两液面差所形成的压力差即为被测压力差。被测压力 $p(\text{Pa})$ 可用下式求出

$$p = \rho gh \quad (7-1)$$

式中 h ——工作液体的液面差(m);

ρ ——工作液体的密度(kg/m^3);

g ——重力加速度,取 $9.81 \text{ m}/\text{s}^2$ 。

采用 U 形压力计测量压力准确度不高,不能反映出微小压力的变化,多用来测量风机的压出端和吸入端的全压和静压值。

(二) 倾斜式微压计

结构上是 U 形管的改型, 一根玻璃细管做成可调的斜管, 倾斜角度 α (与水平面的夹角), 而另一根用较大截面的容器代替, 如图 7.3-6 所示。在同样的液柱高度下, 倾斜式微压计因长度增加而使其准确度提高。它是空调系统调试中不可缺少的常用仪器, 可以测量 0~2 000 Pa 的压力, 最小刻度 2 Pa, 其型号及规格见表 7.3-4。

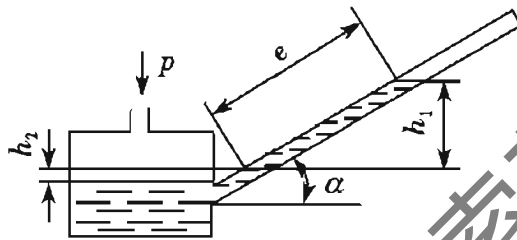


图 7.3-6 倾斜式微压计原理图

表 7.3-4 倾斜式微压计的主要型号及规格

型 号	测量范围/Pa	倾斜常数	最小分度/Pa	精度等级
YYX-130 (原 TH-130)	400 ±250 ±500 1 000 1 250		1	
Y-61 KSY	500 750 1 000 1 500 2 000	0.2 0.3 0.4 0.6 0.8	2 3 4 6 8	1
SGY 液体 微压差计	0~800		0~50 为 2 50~800 为 20	

使用方法(以 Y-61 型倾斜式微压计为例):

(1) 将微压计大致放平, 然后调节三角形底板下面的定位螺钉, 使底板上水准器的气泡居中, 使仪器处于水平状态。

(2) 将倾斜测量管固定在弧形支架上任一 K 值位置上。

(3) 将金属容器上的多向阀的手柄扳向“校准”位置,拧开容器上的加液盖,注入表面张力较小的酒精($\rho=810 \text{ kg/m}^3$)直至容器高度的 $2/3$ 处为止,拧紧加液盖。使测量管中的液面刚好处于零位。

(4) 根据测定截面是处于通风机吸入端或是压出端,以及所测的压力是全压力、静压力或是动压力,将毕托管与微压计连接。测量工作准备就绪后,将多向手柄扳向“测量”位置,在测量管标尺上即可读出液柱长度,被测压力 p 可用下式求出

$$p = lK (\text{mmH}_2\text{O}) \quad (7-2)$$

式中 K ——倾斜测量管所固定位置上的仪器常数;

l ——测量管的指示值。

(5) 使用前要检查与仪器相连接的橡胶管接头处的严密性。使用后要将多向阀手柄扳到“校准”位置,以免酒精溅出。若长期不用,可将酒精从仪器中全部排除。

(6) 倾斜式微压计可用补偿式微压计校验,或用多台倾斜式微压计互校。当工作液酒精的实际密度 ρ' 不是 810 kg/m^3 时,则所测的风压按下式进行换算

$$p = \frac{\rho'}{810} lK \quad (7-3)$$

(三) 补偿式微压计

补偿式微压计是由可动容器和固定容器所组成,容器之间用橡胶管连通。它是根据 U 形管连通器的原理,借助光学仪器作指示,用补差的方法测量空气压力的,测量范围 $0 \sim 1500 \text{ Pa}$,最小读数 0.1 Pa (最大误差为 $\pm 2 \text{ Pa}$)。该仪器反应慢,使用不太方便,但精度高,可用于校准其他压力计。在空调系统调试中主要用于测量空调房间的正压和孔板送风等场合的压力。

八、毕托管

毕托管也称皮托管或测压管,主要由一根全压管和一根静压管组成,两管呈同心套接式(内管为全压管,外管为静压管),如图 7.3-7 所示。也有并排连接的。在测压段,全压管的顶端开有全压感受孔,静压管的管壁上开有静压感受孔。

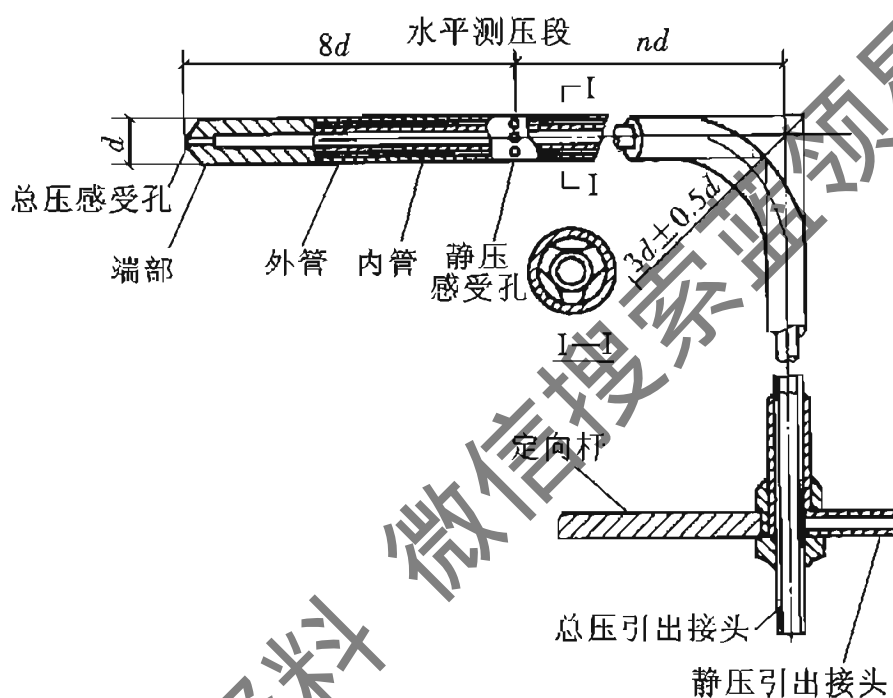


图 7.3-7 标准毕托管的构造

用毕托管和微压计可测量气流的全压、静压和动压。用测得或算出的动压值 p_d (动压=全压-静压),按下式即可计算出气流的速度 v

$$v = \sqrt{\frac{2p_d}{\rho}} \text{ (m/s)} \quad (7-4)$$

式中 p_d ——气流的动压(Pa);

ρ ——空气的密度(kg/m^3)。

测量的方法和步骤如下:

(1) 准备好毕托管、微压计和连接胶管,并对微压计进行水平

校正和倾斜管中的液面调零。

(2) 选择好测量位置,并在风管壁上打测量孔。

(3) 判断测量位置处的风管是正压还是负压。正压是指管内静压大于管外大气压,测量孔有气流流出;负压是指管内静压小于管外大气压,在测量孔处空气流入。风机吸入段的风管一般为负压管路,而风机压出段为正压管路。

(4) 根据风管的性质,连接毕托管和微压计。

① 正压管路的连接方法:

测全压 用橡胶管将毕托管的全压接口与微压计侧的接口相连,微压计的倾斜管接口与大气相通。

测静压 用橡胶管将毕托管的静压接口与微压计容器侧的接口相连,微压计的倾斜管接口与大气相通。

测动压 用橡胶管将毕托管的全压接口与微压计容器侧的接口相连,毕托管的静压接口与微压计的倾斜管接口相连。

② 负压管路的连接方法:

测全压 用橡胶管将毕托管的全压接口与微压计的倾斜管接口相连,微压计的容器侧的接口与大气相通。

测静压 用橡胶管将毕托管的静压接口与微压计的倾斜管接口相连,微压计容器侧的接口与大气相通。

测动压 用橡胶管将毕托管的全压接口与微压计侧的接口相连,毕托管的静压接口与微压计的倾斜管接口相连。

(5) 将倾斜式微压计的倾斜管的角度 α 置于最大位置,把毕托管的测压段从风管的测量孔插入,使总压感受孔迎向气流方向,测压段与气流方向保持平行,管身与风管壁垂直,装有定向杆的毕托管应使定向杆紧贴风管壁。测量时,一手托起毕托管,一手轻轻托住两根橡胶连接管,以保证橡胶管不致折弯。

(6) 逐步调小微压计倾斜管的角度,使管中液体占据较多管长时再读取数据。

若用于测量送风口的风压和风速,应使毕托管的测压段垂直对准风口。测量孔板送风的孔口风速时,最好采用针形毕托管。

九、风速仪

常用来测风速的风速仪种类有叶轮风速仪和热球风速仪。

(一) 叶轮风速仪

由叶轮和计数机构组成,最常见的是内部自带计时装置的,在仪表盘上可直接读出风速(m/s)值,其构造如图 7.3-8 所示,称为自记式叶轮风速仪。叶轮风速仪可测量 0.5~10 m/s 范围内的较小风速,常在空调系统测试中用于测量风口和空调设备(如加热器、表冷器和喷水室)的风速。

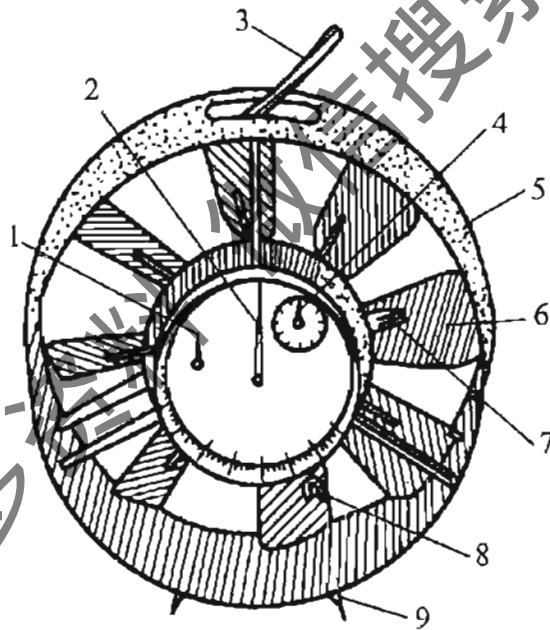


图 7.3-8 自记式叶轮风速仪

1—记时红针 2—长指针 3—提环 4—短指针
5—外壳 6—叶轮 7—回零压杆 8—启动压杆 9—支座

使用方法(以自记式叶轮风速仪为例):

(1) 使用前要检查风速仪长、短指针是否在零位,若不在零位可轻轻顶回零压杆,使其回到零位。

(2) 手提仪表或绑在测杆上置于测点处,气流方向应垂直于叶轮平面。

(3) 当叶轮旋转正常后,再按动启动压杆,手指应随按随放(按放时间不超过 1 s),这时计时的红针开始旋转,当旋转 30 s 后,可听到轻微“咔嚓”声,表示传动机构已与风速指针接触,风速指针便开始转动。

(4) 待 60 s 后又可听到“咔嚓”声,表示内部脱离接触,风速指针停止转动(再过 30 s 红针也自行停止)。此时,读取长、短指针的示值之和,即为每分钟的风速,再除以 60 即所测的风速值。

(5) 测试完毕,按回零压杆,使指针回到零位。叶轮是仪表的关键部位,应注意保护。

(二) 热球风速仪

工作原理如图 7.3-9 所示,它包括测头和指示仪表两部分,测头由电热线圈和热电偶组成,且不相接触,由玻璃球固定在一起。此类风速仪特点是使用方便,灵敏度高,反应速度快,一般最小可测量 0.05 m/s 的微风速,可用于测量空调房间内的气流速度,也可测量风管内和风口的气流速度。

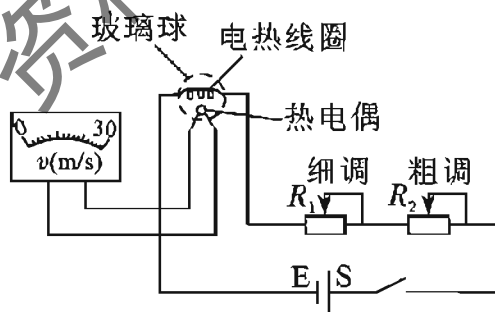


图 7.3-9 热球风速仪工作原理

使用方法(以 QDF 型热球风速仪为例):

- (1) 将与测杆相连的插头按“+”、“-”号标记插入面板插座。
- (2) 将测杆头部朝上垂直放置,滑套向上顶紧,保证零风速下校零。

(3) 将工作选择开关由“断”旋到“满度”位置,调节“满度旋钮”使表针指在刻度盘上限刻度线上(若达不到上限刻度线,需更换箱内单节电池)。

(4) 将工作选择开关旋转到“零位”,继而调节“粗调”、“细调”两个旋钮,使表针处于零位(若不能调零,需更换串联的3节电池)。

(5) 将滑套拉下,测头上的热电偶和热电丝平面对准风向,也可用测头端部的红点对准迎风后表针指示值即为风速,表针摆动时可读取中间数值。若想更准确,可从相应校正曲线上查出修正值进行修正。

(6) 每次测量5~10 min后,需要重复第(2)到第(4)步骤进行校准。

(7) 测量完毕,将滑套顶紧,工作选择开关转到“断”的位置,拔下插头,装箱。应当注意的是,在使用时要注意保护测头,禁止用手触摸。

第四节 维修设备的使用

常用的维修设备有真空泵、制冷剂充注机、气焊设备等。

一、真空泵

真空泵是用来抽除制冷系统中气体以获得真空的专用设备。

常用的真空泵为旋片式结构,利用镶有两块滑动旋片的转子,偏心地装在定子腔内,旋片分割了进、排气口。旋片在弹簧的作用下,时时与定子腔壁紧紧接触,从而把定子腔内分割成了两个室。偏心转子在电机的拖动下带动旋片在定子腔内旋转,使进气口方面的腔室逐渐扩大容积,吸入气体;另一方面对已吸入的气体进行压缩,由排气阀排出,从而达到抽取气体获得真空的目的。其结构

如图 7.4-1 所示。

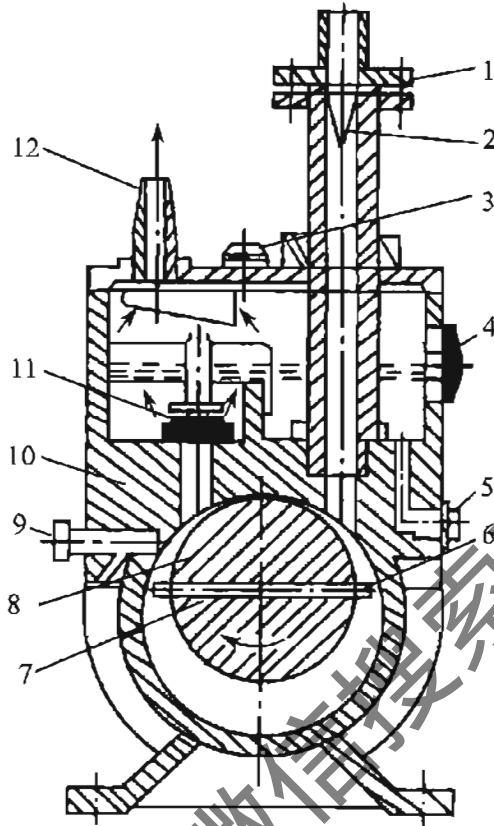


图 7.4-1 真空泵

- 1—进气口 2—滤网 3—加油塞 4—油标
5—放油塞 6—旋片 7—弹簧 8—转子 9—气锁阀
10—汽缸体 11—排气阀 12—放气口

使用真空泵抽真空，一般常见的方法有三种。

低压单侧抽真空 此方法工艺简单，容易操作。先将制冷系统中的制冷剂放空，再通过耐压胶管将真空泵的吸气口与系统低压端的阀门连接，然后关闭低压阀门，开启真空泵，随即缓缓打开低压阀门开始抽真空。30 min 后关闭阀门，观察真空压力表指针的变化，如系统没有泄漏，停止抽真空 3~4 h 后则表针压力没有明显回升。在停止抽真空时，先关闭低压阀门，然后再切断真空泵的电源。低压单侧抽真空的方法简单易行，但由于仅在一侧抽真空，高压侧的气体受到毛细管流阻的影响，使高压侧

的真空度比低压侧低 10 倍左右,因此需用较长时间才能达到所要求的真空度。

高低压双侧抽真空 在干燥过滤器的工艺管上焊接一根铜管,通过软管连接到专用组合阀的高压表端的接口,低压表端接法与低压单侧抽真空方法相同,其次使用公共接口连接真空泵,然后打开高压、低压两阀同时抽真空。高低压双侧抽真空有效地克服了毛细管流阻对高压侧真空度的不利影响,提高了整个制冷系统的真空度,适当缩短了抽真空的时间,但增加了焊接点,提高了工艺要求,操作也较复杂。

复式抽真空 就是对整个制冷系统进行两次以上的抽真空,以获得理想的真空度。经过一次抽真空后,制冷系统内部保持了一定的真空度。此时,拧下真空泵抽气口上的耐压胶管管帽,接在制冷剂钢瓶阀口上,向系统内充注制冷剂,启动压缩机运转数分钟,使系统内残存的气体与制冷剂混合,再启动真空泵进行第二次抽真空,抽空时间至少在 30 min 以上。这样,不只一次地反复抽真空,能使系统内的气体进一步减少,以达到规定的真空度。

二、制冷剂充注机

制冷剂充注机可以分为单充注机、单回收机和回收充注机。

单充注机主要由真空泵、充注管、高低压表及接头组成,只能完成充注制冷剂的功能。

单回收机没有工作罐及电子秤设备,内部主要组成为压缩机,能将待修设备中的制冷剂回收至与其连接的储液装置。

回收充注机具备将制冷回收内置储液罐中,对制冷系统进行抽真空清除残余的空气、冷冻机油等,以及再次充入纯净的适量制冷剂和冷冻机油的功能,可保证制冷系统的正常工作,是现在维修行业普遍使用的产品。

以 AC350-2K 型制冷剂回收/再生/充注机(如图 7.4-2)对汽车空调进行维修为例,介绍其操作方法:

(1) 接通电源,显示屏显示工作罐内制冷剂量。

(2) 启动汽车并打开空调 1~2 min, 然后关掉空调和发动机。

(3) 找到空调高低压维修口,然后将高低压快速接头接到空调维修口上,拧开快速接头。

(4) 拧开充注机面板上高低压阀,启动回收功能,拧开回收阀。

(5) 当高低压表压力降到零以下时关闭回收阀,停止回收功能。

(6) 用集油瓶接到设备下部排油口上,拧开排油阀排油,排完油后关闭排油阀并记住排油量。

(7) 按动面板上相应按键设定好抽真空时间,然后启动真空泵,打开真空阀。

(8) 真空泵停止前一定要先关闭真空阀。

(9) 将新冷冻机油注入设备前面的注油瓶中,拧开注油阀,当注油量达到排油量时关闭注油阀。

(10) 启动充注功能,设定好充注量后按动启动键。

(11) 当充注量达到设定值时设备自动关闭充注程序。

(12) 关闭高低压快速接头,然后从车上拧下,至此空调制冷剂充注完毕。



图 7.4-2 AC350-2K 型制冷剂回收/再生/充注机

三、气焊设备与工具

气焊是利用气体火焰加热使两金属连接处相熔的一种焊接方法。它是常用的焊接方法,主要用于焊接薄钢板、低熔点金属、铸铁件和有色金属,在制冷设备的维修中经常使用。

(一) 气焊的基本知识

1. 结构组成

气焊设备如图 7.4-3 所示,它由氧气钢瓶、乙炔气钢瓶(或液化石油气钢瓶)、减压阀、焊炬、连接管路等组成。

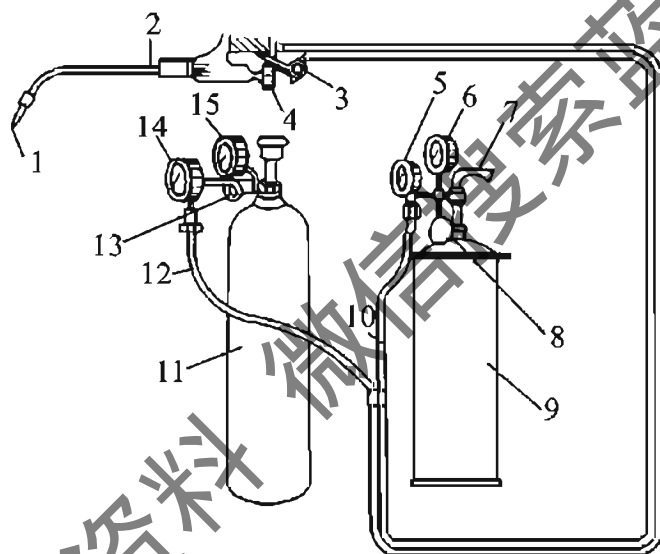


图 7.4-3 气焊设备

- 1—焊嘴 2—焊炬 3—乙炔气调节阀 4—氧气调节阀
5—乙炔气低压表 6—乙炔气高压表 7—乙炔气钢瓶阀扳手
8—乙炔气压力调节器 9—乙炔气钢瓶 10—乙炔气输气胶管
11—氧气钢瓶 12—氧气输气胶管 13—氧气压力调节器
14—氧气低压表 15—氧气高压表

氧气钢瓶 是储运氧气的一种高压容器。一般气瓶的容积为 0.04 m^3 ,最高压力为 15 MPa 。

乙炔气钢瓶 是储运乙炔气体的压力容器。气瓶的最高工作压力为 2 MPa ,一般容积为 0.04 m^3 ,必须配置专用的减压阀。

液化石油气钢瓶 储气量一般为 3~15 kg,最大工作压力为 1.57 MPa,一般都配置减压阀,工作时无需调节。

减压阀 是将瓶内高压气体调节成工作需要的低压气体(氧气输出压力控制在 0.3MPa 左右),并保证气体的压力和流量稳定不变。

焊炬 也称焊枪,其结构如图 7.4-4 所示。它是将可燃气体(乙炔气或液化石油气)和氧气按需要的比例混合,并由一定孔径的焊嘴喷出,产生符合要求 and 燃烧稳定集中火焰的器具。

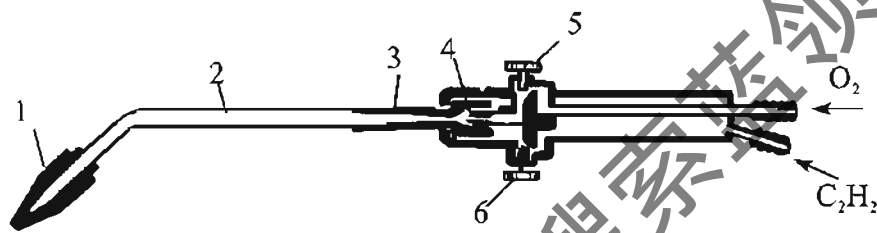


图 7.4-4 焊炬的构造

1—焊嘴 2—混合气管 3—射吸管 4—喷嘴
5—氧气调节阀 6—乙炔调节阀

2. 气体性质

(1) 氧气的性质

氧气在常温常压下是一种无色、无味、无毒的气体,比空气稍重,焊接使用的氧气纯度应不低于 98.5%。高压氧气在常温下能和油脂发生化学变化,引起发热、自燃或爆炸。使用中氧气瓶、氧气表、焊炬以及连接胶管里面切不可沾污油脂。

(2) 乙炔气的性质

工业用乙炔是一种无色具有特殊气味的可燃气体,分子式为 C_2H_2 。它是气焊理想的可燃气体,同时也是危险气体。

(3) 液化石油气的性质

其主要成分是丙烷、丁烷、丙烯、丁烯等碳氢化合物,在常温常压下它可以气体状态存在,但只要施加 0.78~1.47 MPa 的压力就可变成液体。液化石油气呈气态时为略带臭味的无色气体,比

空气重。

3. 焊料和焊剂

(1) 焊料

常用的焊料有银铜焊料、铜磷焊料及铜锌焊料等。铜管与铜管之间焊接一般选用铜磷焊料,这种焊料具有流动性(慢流)好、填缝和润湿性强、价格便宜等优点,而且不需要焊剂。常用国产钎焊焊料的适用范围见表 7.4-1。

表 7.4-1 常用国产钎焊焊料的适用范围

类别	编号	焊接温度/℃	适用范围
银铜焊料 Ag-Cu-Zn 类	料 301 料 302 料 303 料 312	815~850 745~775 660~725 595~605	铜与铜、铜与钢、钢与钢,使用焊剂
铜磷焊料 Cu-P 类	料 909 料 204 料 203	715~730 640~815 650~700	铜与铜,不用焊剂
铜锌焊料 Cu-Zn 类	料 103	885~890	铜与铜、铜与钢、钢与钢,使用焊剂

(2) 焊剂

焊剂也称焊药。在焊接过程中,焊剂的作用主要是防止被焊工件金属及焊料的氧化。焊接时若不使用焊剂,焊缝中夹杂的氧化物会使焊接处的强度降低,产生泄漏。焊剂分非腐蚀性和活化性两种。非腐蚀性焊剂对钎焊温度在 800℃ 以上的金属有效。活化性焊剂具有较强的清除氧化物和杂质的能力,但焊剂的熔渣对金属有腐蚀作用,焊完后必须全部清除。

(3) 选用方法

焊接时要根据焊件的材料、焊料选用焊剂。铜管与铜管的焊接,使用铜磷焊料可不用焊剂,若使用银铜焊料或铜锌焊料可选用

非腐蚀性焊剂,如硼砂、硼酸或两者混合的焊剂。铜管与钢管或钢管与钢管的焊接,用银铜焊料或铜锌焊料时,要选用活化性焊剂。

4. 火焰的种类和性质

焊接火焰是气焊的热源,火焰的正确选用和调节是焊接质量的保证。制冷管道的焊接,要根据不同的材料选用不同的火焰。

(1) 氧气—乙炔气火焰

共分三大类:碳化焰、中性焰和氧化焰,如图 7.4-5 所示。

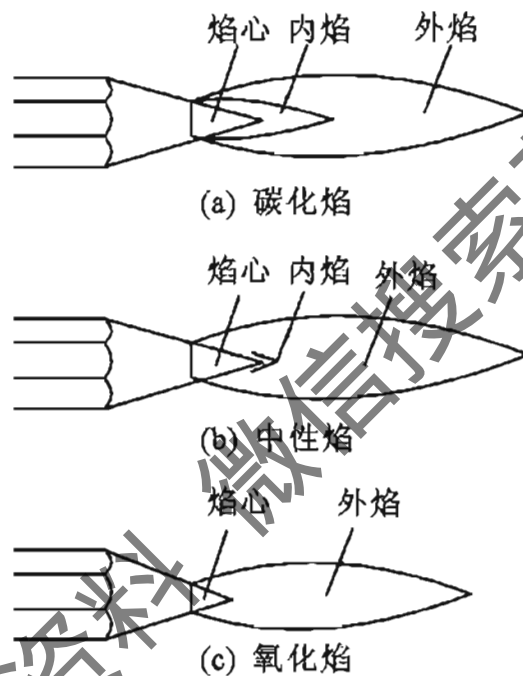


图 7.4-5 氧气—乙炔气火焰

碳化焰 当乙炔气的含量超过氧气的含量,乙炔燃烧不完全,喷出气体的火焰为碳化焰。碳化焰的火焰明显分三层,焰心呈白色,外围略带蓝色,内焰为淡白色,外焰为橙黄色。火焰长而柔软,温度 2700°C 左右,适用钎焊铜管与钢管。

中性焰 中性焰时氧气和乙炔气的含量适中,此时乙炔可充分燃烧。中性焰的火焰也分三层,焰心呈尖锥形,色白而明亮,内焰为蓝白色,呈杏核形,外焰由里向外逐渐由淡紫色变为橙黄色。中性焰的温度在 3100°C 左右,适宜钎焊铜管与铜管、钢管与钢管。

氧化焰 当氧气超过乙炔气的含量时,喷出的火焰为氧化焰。氧化焰的火焰有两层,焰心短而尖,呈青白色,外焰也较短,略带紫色,火焰挺直。氧化焰的温度在 $3\ 500^{\circ}\text{C}$ 左右。氧化焰由于氧气的供应量较多,氧化性很强,会造成焊件的烧损,致使焊缝产生气孔、夹渣,不适于制冷管道的焊接。

(2) 氧气—液化石油气火焰

共分两类:碳化焰和氧化焰,如图 7.4-6 所示。

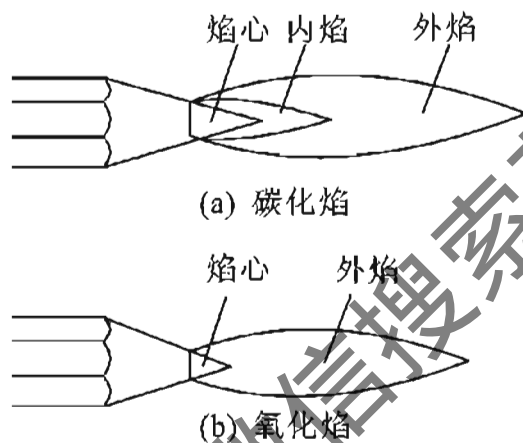


图 7.4-6 氧气—液化石油气火焰

碳化焰 氧气含量小于液化石油气含量时,火焰为碳化焰。碳化焰的火焰分三层,焰芯呈白色,内焰为淡蓝色,外焰为橙黄色。液化石油气的含量越多,火焰越长。碳化焰的温度在 $2\ 500^{\circ}\text{C}$ 左右,适用钎焊铜管与钢管。

氧化焰 氧气含量大于液化石油气含量时,火焰为氧化焰。氧化焰的火焰分两层,焰心呈尖形为青白色,外焰为淡蓝色。氧化焰的温度为 $2\ 900^{\circ}\text{C}$ 左右,适于钎焊铜管与钢管、钢管与钢管。

(二) 焊接结构形式

1. 相同管径铜管的对焊

两根直径相同的紫铜管相对焊接时,应采用插入式焊接结构。紫铜管的一端用扩管器扩成喇叭口,接口部分内外表面要求整齐,不可有毛刺、锈蚀或凹凸不平,另一根紫铜管也按此方法清理干

净,然后插入扩口内压紧,以免焊接时焊料从间隙流进管内。插焊时紫铜管插入圆柱形口的深度和间隙见表 7.4-2。

表 7.4-2 紫铜管对接深度和间隙对照表 mm

接管外径	5~8	8~12	12~16	16~25	25~35	35~45
插入长度	6	7	8	10	12	14
配合间隙	0.05~0.35		0.05~0.45		0.05~0.55	

2. 压缩机导管与制冷剂管的焊接结构

制冷剂管插入压缩机导管的深度必须大于 10 mm。若小于 10 mm,在加热时插入管易变位(向外移动)导致焊料堵塞管口。电冰箱、空调机的制冷剂管插入压缩机导管的间隙要掌握在 0.05~0.2 mm。间隙过大,焊料难以均匀地渗入,出现气孔,导致漏气;间隙过小,则流进间隙的焊料太少,造成强度不够或虚焊。

3. 毛细管与干燥过滤器焊接结构

焊接时要特别注意毛细管的插入深度,一般为 15 mm,毛细管插入端面距滤网端面为 5 mm。如插入过深,会触及过滤网,杂质容易进入过滤网,增大堵塞的可能性;如插入过浅,焊料会流进毛细管端部,使阻力加大,造成堵塞。

4. 毛细管与管径不同的紫铜管焊接结构

焊接前要用钳子把大于毛细管管径的紫铜管管口夹扁。夹扁时将毛细管插入管内,插入长度大约为 25~30 mm。外管夹扁长度为 15~20 mm,即毛细管伸入外管内距夹扁边缘至少 10 mm,夹时不得将毛细管夹扁造成堵塞。

(三) 焊接操作方法

1. 焊接前的准备工作

(1) 检查高压气体钢瓶,钢瓶的出气口不得朝向人,连接胶管不得有损伤,减压阀周围不能有污渍、油渍。

(2) 检查焊炬是否有弯曲和堵塞,有无油污。

(3) 调节氧气减压阀,控制低压出口压力为 0.15~0.3 MPa。

(4) 调节乙炔气钢瓶出口压力为 0.01~0.02 MPa。如使用液化石油气气体则无需调节减压阀,只需稍稍拧开瓶阀即可。

(5) 检查被焊管口是否修整好,焊接管路一般采用平放并将扩管的管口稍向下倾,以免焊接时熔化的焊料进入管道造成堵塞。

(6) 准备好所要使用的焊料、焊剂。

2. 调整焊炬的火焰

通过控制焊炬的两个针阀来调整焊炬的火焰。

(1) 先打开乙炔气阀,点火后调整阀门使火焰长度适中,然后打开氧气阀,调整火焰,改变气体混合比例,使火焰成为所需的火焰,一般认为中性焰是最佳火焰,几乎所有的焊接都可使用中性焰。

(2) 调节的过程

由大至小 中性焰(大)→减少氧气→出现羽状焰→减少乙炔→调为中性焰(小)。

由小至大 中性焰(小)→加乙炔→羽状焰变大→加氧气→调为中性焰(大)。

3. 焊接管道

(1) 对被焊管道进行预热。预热时焊炬火焰焰心的尖端离工件约 2~4 mm,并垂直于管道,这时的温度最高。加热时要对准管道焊接的结合部位全长均匀加热,并且注意非焊接部分管道不要被氧化。

(2) 加热的同时在焊接处涂上焊剂,当铜管颜色呈暗红色时,焊剂被融化成透明液体,均匀地润湿在焊接处,立即将涂上焊剂的焊料放在焊接处继续加热,直至焊料充分融化,流向两管间隙处,并牢固地附着在管道上时,移去火焰,焊接完毕。

(3) 先关闭焊枪的氧气调节阀,再关闭乙炔气调节阀。

(4) 焊接后的清洁与检查。

4. 焊接注意事项

(1) 焊接时,焊料没有完全凝固时,绝对不可使铜管动摇或振动,否则焊接部位会产生裂缝使管路泄漏。

(2) 焊接后必须将焊口残留的焊剂、熔渣清除干净。焊口表面应整齐、美观、圆滑、无凹凸不平,并无气泡和夹渣现象。最关键的是绝无泄露,这需要通过试压检漏去判别。

(3) 要注意在焊接毛细管与干燥过滤器的接口时。预热时间不能过长并且尽量缩短焊接时间,以防止毛细管加热过度而熔化。

5. 典型焊接缺陷及分析

(1) 焊接不足一周:这是由于接头部分有油污或温度不够、加热不均匀、焊料或焊剂选择不当、不足等原因造成的。

(2) 结合部开裂:这是由于未焊牢时,铜管被碰撞、振动所致。

(3) 焊接时被焊铜管开裂:由于温度过高所致。

(4) 焊接处外表粗糙:由于焊料过热或焊接时间过长、焊剂不足等引起。

(5) 焊接处有气泡、气孔:因接头处不清洁造成。

获取更多资料

第八章 制冷空调设备

第一节 房间空调器

房间空调器是以创造室内舒适环境为目的,制冷量在9 000 W (7 740 kcal/h)以下的,采用全封闭式压缩机和风冷式冷凝器的中小型空调器。房间空调器按结构形式分为整体式(窗式)和分体式两类。

一、窗式空调器

(一) 窗式空调器的分类

1. 按使用气候环境(最高温度)分类

分为 T1、T2、T3 三种类型,见表 8.1-1。

表 8.1-1 空调器工作的环境温度

窗式空调器型式	气候类型		
	T1	T2	T3
冷气型	18~43℃	10~35℃	21~52℃
热泵型	-7~43℃	-7~35℃	-7~52℃
电热型	<43℃	<35℃	<52℃

其中,T1 类型适用于我国气候环境最高温度不超过 43℃ 地区,T2 类型适用于欧洲大部分气候环境最高温度不超过 35℃ 地区,T3 类型适用于热带气候环境最高温度不超过 52℃ 地区。如没有特别标明,我国现行生产的房间空调器均是 T1 类型。

2. 按功能分类

可分为冷风型空调器(代号 L)、热泵型空调器(代号 R)、电热

型空调器(代号 D)、热泵辅助电加热型空调器(代号 RD)。

冷风型空调器是只具有制冷功能而不具备制热功能的空调器,一般兼有除湿和通风循环功能。

热泵型空调器是在冷风型空调器的基础上,通过增设的电磁四通换向阀来改变制冷剂流向,切换室内、室外侧换热器的功能而获得制热功能的空调器。热泵型空调器夏天可以制冷降温,冬天可以供热升温,并具有除湿和通风循环功能。热泵型空调器可在 $5\sim 43^{\circ}\text{C}$ 之间运行;如果有自动化霜功能,则可以在 $-7\sim 43^{\circ}\text{C}$ 区间运行(T1类)。

电热型空调器在冷风型空调器的基础上增加了电加热器,可实现冬季制热、夏季制冷。制热时不受环境温度约束, -7°C 以下依然可以制热。电加热器可以是金属丝、金属箔或合金丝、合金箔类的电阻发热器件,也可以是陶瓷发热元件,如 PTC(正温度系数)陶瓷发热元件。

热泵辅助电加热型空调器是在热泵型空调器基础上增加了辅助电加热器的空调器。热泵辅助电加热型空调器的工作方式有几种:一种是按室外环境温度不同而自动切换制热方式,如在 5°C 以上采用热泵制热,在 5°C 以下转换成电加热器制热;另一种是 0°C 以上采用热泵制热, 0°C 以下电加热与热泵同时运行;还有一种是平时采用热泵制热,在化霜时采用电加热作辅助制热,防止排出冷风,同时可缩短化霜时间。

3. 按压缩机功率分类

有 750 W (约 1 匹)、 1100 W (约 1.5 匹)、 1500 W (约 2 匹)等。

(二) 窗式空调器的性能指标

1. 制冷量及制热量

空调器的制冷量指单位时间内从空调房间移去的热量,制热量指单位时间内送入空调房间的热量。同一台空调器的制冷量和制热量与环境温度、室内温度及空调器本身的状况(如换热器的污

垢程度等)有关。

2. 空调器消耗功率

空调器运转时所消耗的总功率称为空调器消耗功率,它包括压缩机电机、风扇电机消耗的电功率,导风装置微电机及控制装置消耗的电功率及指示灯消耗的电功率等的总和。制冷运行时所消耗的总功率为制冷功率,制热运行时所消耗的总功率称为制热消耗功率。

3. 性能系数(COP)与能效比(EER)

空调器在额定工况(高温)和规定条件下进行热泵制热运行时,制热量与有效输入功率之比称为性能系数(COP),单位为W/W。

能效比(EER)是指在额定工况和规定条件下,空调器进行制冷运行时,制冷量与有效输入功率之比,单位为W/W。能效比越高,表示消耗单位电功率时所获得的制冷量越大,空调器越省电;相反,能效比越小的空调器越不省电。目前,房间空调器的能效比在2.7~3.0W/W之间。

有效输入功率指在单位时间内输入空调器内的平均电功率。其中包括:压缩机运行的输入功率和除霜输入功率(不用于除霜的辅助电加热装置除外),所有控制和安全装置的输入功率,热交换传输装置(风扇、泵等)的输入功率。

4. 循环风量(房间送风量)

空调器在通风门和排风门完全关闭、并在额定制冷运行的条件下,单位时间内向空调房间送入的风量称为空调器的循环风量,单位为 m^3/h 。

5. 噪声

房间空调器在运转时会发出一定的噪声,主要来源于压缩机和风机运转时所产生的机械噪声、空气流动噪声以及电磁噪声等,噪声的单位用分贝(dB)表示。我国国家标准 GB/T 7725—96 规

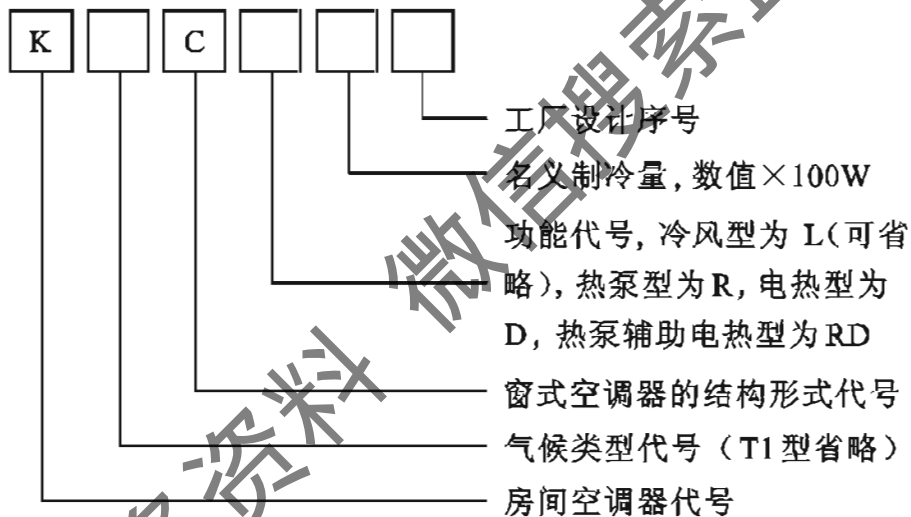
定, T1 型、T2 型窗式空调器在半消声室内噪声的测定值应符合表 8.1-2 的规定, T3 气候类型空调器噪声值可增加 2 dB。

表 8.1-2 T1、T2 型窗式空调器噪声允许值

名义制冷(热)量/W	室内侧噪声/dB	室外侧噪声/dB
<2 500	≤53	≤59
2 500~4 500	≤56	≤62
>4 500	≤60	≤65

(三) 窗式空调器的型号

按国家标准, 窗式房间空调器的型号表示方法如下:



例如:

型号 KC-22 表示 T1 气候类型、冷风型窗式空调器, 名义制冷量为 2 200 W。

型号 KCR-25 表示 T1 气候类型、热泵型窗式空调器, 名义制冷量为 2 500 W。

型号 KT3C-35/A 表示 T3 气候类型、冷风型窗式房间空调器, 名义制冷量为 3 500 W, 第一次改型设计。

(四) 窗式空调器的组成结构

窗式空调器由箱体、制冷系统、空气流动系统、电气电路系统

四大部分组成。见图 8.1-1 所示。

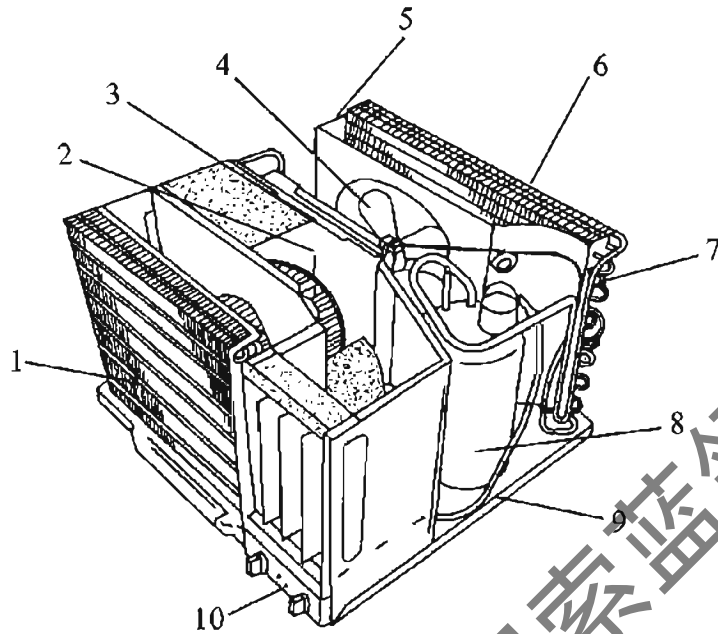


图 8.1-1 窗式空调器的结构

1—蒸发器 2—离心风机 3—中隔板 4—轴流风机
5—后隔板 6—冷凝器 7—毛细管 8—压缩机 9—底盘 10—电控板

箱体由外壳、滑动式底盘、面板等组成。外壳的室外侧后面有挡板,侧面两边开有百叶窗,用于室外侧换热器循环空气的流动。外壳的底部有供底盘滑动用的导轨。制冷系统、空气流动系统及电气电路系统都装在底盘上。面板上有送风格栅、回风格栅和电气控制面板三部分。空调器的控制面板上装有摇摆风机开关、主控开关、温度控制器及定时器等。

制冷系统由全封闭式压缩机、室内侧换热器(制冷时为蒸发器,制热时为冷凝器)、室外侧换热器(制冷时为冷凝器,制热时为蒸发器)、毛细管、四通换向阀(热泵型)、干燥过滤器等组成。

空气流动系统分为室内侧空气流动系统和室外侧空气流动系统,它们由设置在底盘中间靠近面板处的一块具有保温和隔音功能的隔板隔开。隔板上设有新风门、排风门,用于排出室内污浊的空气并换入室外新鲜的空气,保持室内空气一定的新鲜度。室内

侧空气流动系统由室内侧风机(离心式风机)、风道、及设于面板上的送风格栅、回风格栅、空气过滤器等构成。室外侧空气流动系统由室外侧风机(轴流式风机)、外壳侧面的进风百叶窗及外壳后挡板上的排风孔洞构成。

二、分体式房间空调器

(一) 分体式房间空调器的分类

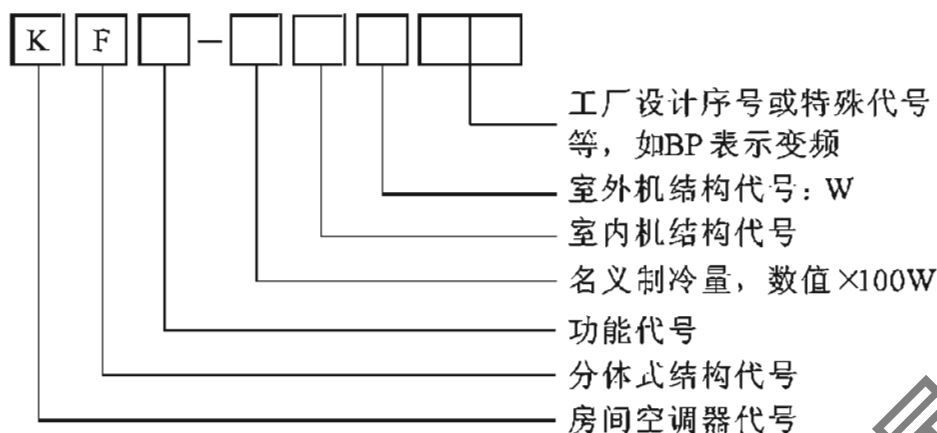
分体式房间空调器的分类见表 8.1-3。

表 8.1-3 分体式房间空调器的分类

分类方法	类 型	代 号
按功能分类	单冷型	—
	热泵型	R
	电热型	D
	热泵辅助电热型	RD
按室内机安装位置及结构分类	挂壁式	G
	落地式	L
	吊顶式	D
	嵌入式	Q
按压缩机转速是否可调分类	普通型	—
	变频型	BP
按室内机的数量分类	一拖一型	—
	一拖多型	×N(N为室内机数量)

(二) 分体式房间空调器型号表示方法

按国家标准,分体式房间空调器的型号表示方法如下:



例如：

型号为“KF-25GW”表示单冷、一拖一、名义制冷量 2 500 W、分体壁挂式空调器。

型号为“KF-25GW×2/(F)”表示单冷、一拖二、每一室内机组名义制冷量 2 500 W、分体壁挂式空调器。

型号为“KFR-50LW/BP”表示热泵型、一拖一、名义制冷量 5 000 W、变频落地式(柜式)空调器。

型号为“KFR-30GW/BP×2(F)”表示热泵型、一拖二、每一室内机组标准制冷量 3 000 W、变频分体壁挂式空调器。

(三) 分体式房间空调器的组成结构

分体式房间空调器由室外机、室内机及室内、外连接管线等组成。

1. 室外机组主要部件结构

(1) 压缩机 房间分体式空调器多采用转子式或涡旋式压缩机(其具体结构参考第四章),有定速和变频两种。它们都属旋转式压缩机,为单向旋转型,旋转方向在设计制造时已定。输入功率较大的机组(1 500 W 以上),当采用三相电动机驱动时,则要注意旋转方向问题,这种机组一般在电路中装设有防反向器及缺相保护器,安装维修时输入的三相电源相序(R、S、T)不合或缺相时,防止反向器及缺相保护器会起自动保护功能而停机、报警,当出现这

种情况时,只要任意调换其中两相则可解决反向问题。

(2) 室外换热器及室外风扇 制冷时室外换热器为冷凝器,制热时室外换热器为蒸发器,它是室外机组的主要部件之一。

室外换热器通常采用的结构型式为翅片管式风冷式换热器,制冷时制冷剂放出热量在管内冷凝,制热时制冷剂吸收热量在管内蒸发,室外空气在室外风扇的作用下横向掠过翅片管。

室外风扇一般采用轴流式风机,空气由侧背吸入并向前吹出。为维持良好的换热效果,应定期清扫室外换热器上的积灰,以保证空气流动风道的顺畅。

(3) 节流元件 分体房间空调器使用的节流元件有毛细管、热力膨胀阀和电子膨胀阀。普通型机组大多采用毛细管,少数较大容量的机组才使用热力膨胀阀。变频型、多室内机型机组使用电子膨胀阀。

2. 室内机组的主要部件

(1) 室内换热器 制冷时室内换热器为蒸发器,制热时室内换热器为冷凝器,它是室内机组的主要部件之一。分体式空调器都采用风冷翅片管式换热器,制冷时由于换热器表面因温度低而把空气中的部分水分凝结成水珠,为了保持换热器的换热效果,这些冷凝水不能过多地覆盖在翅片管表面,又不允许过多地夹带于冷风中吹向空中,因此,室内换热器翅片必须纵向布置,而且间距要适当,以利于冷凝水珠(或水膜)能在重力的作用下及时流下,由集水盘聚集后从排水管排走。

(2) 室内风扇 室内换热器用风扇主要有贯流式和离心式两种,贯流式主要用于挂壁式机组,离心式主要用于柜机。

挂壁式空调器的室内空气组织形式为:正上或顶部进风,正下部送风。室内空气先经滤尘网等处理,流经室内换热器,与换热器翅片管进行热量交换(制冷时空气放出热量而降温、除湿,制热时空气吸收热量而升温)后,进入贯流式风扇吸气风道,由贯流式风

扇经送风口吹出。

柜式空调器的室内空气组织形式为：中下部进风，上部送风。送风口也设有导风页，可手动或自动调节出风风向。空气经滤尘网吸入，由离心式风扇切向吹向室内换热器，与换热器翅片管进行热量交换后再经送风口吹出。

为保证室内换热器的换热效果，需定期清洗滤尘网，清除室内换热器上的积灰。

3. 室内、外连接管

室内、外连接管是套有保温层的铜质管道，有一粗一细两根（一拖多型机组例外），粗管为气管（工作时管中的制冷剂以气态为主），细管为液管（工作时管中的制冷剂以液态为主）。每条管件的两端均配套有“带铜螺帽的喇叭口”等形式的方便接头，能简便、可靠地把室内外机组的制冷系统连接起来，构成完整、密闭的制冷循环系统。

（四）分体式房间空调器制冷系统组成及原理

1. 单冷型制冷系统组成

单冷型制冷系统主要由压缩机、消声器、室外换热器（冷凝器）、干燥过滤器、毛细管、二通截止阀、三通截止阀、室内外连接管、室内换热器（蒸发器）、气液分离器（储液器）等组成，如图 8.1-2 所示。

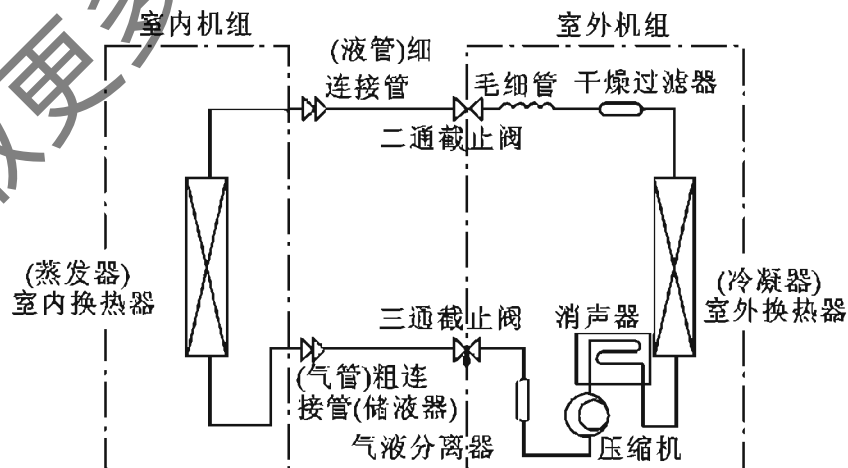


图 8.1-2 单冷型制冷系统组成及原理图

制冷剂的循环流向为：压缩机→消声器→冷凝器→干燥过滤器→毛细管(或电子膨胀阀)→二通截止阀→细连接管(液管)→蒸发器→粗连接管(气管)→三通截止阀→气液分离器(储液器)→压缩机。

2. 热泵型制冷系统基本组成

热泵型制冷系统主要由压缩机、消声器、四通转换阀、室外换热器、干燥过滤器、毛细管(或电子膨胀阀)、二通截止阀、室内外连接管、室内换热器、气液分离器(储液器)、单向阀等组成,如图 8.1-3 所示。

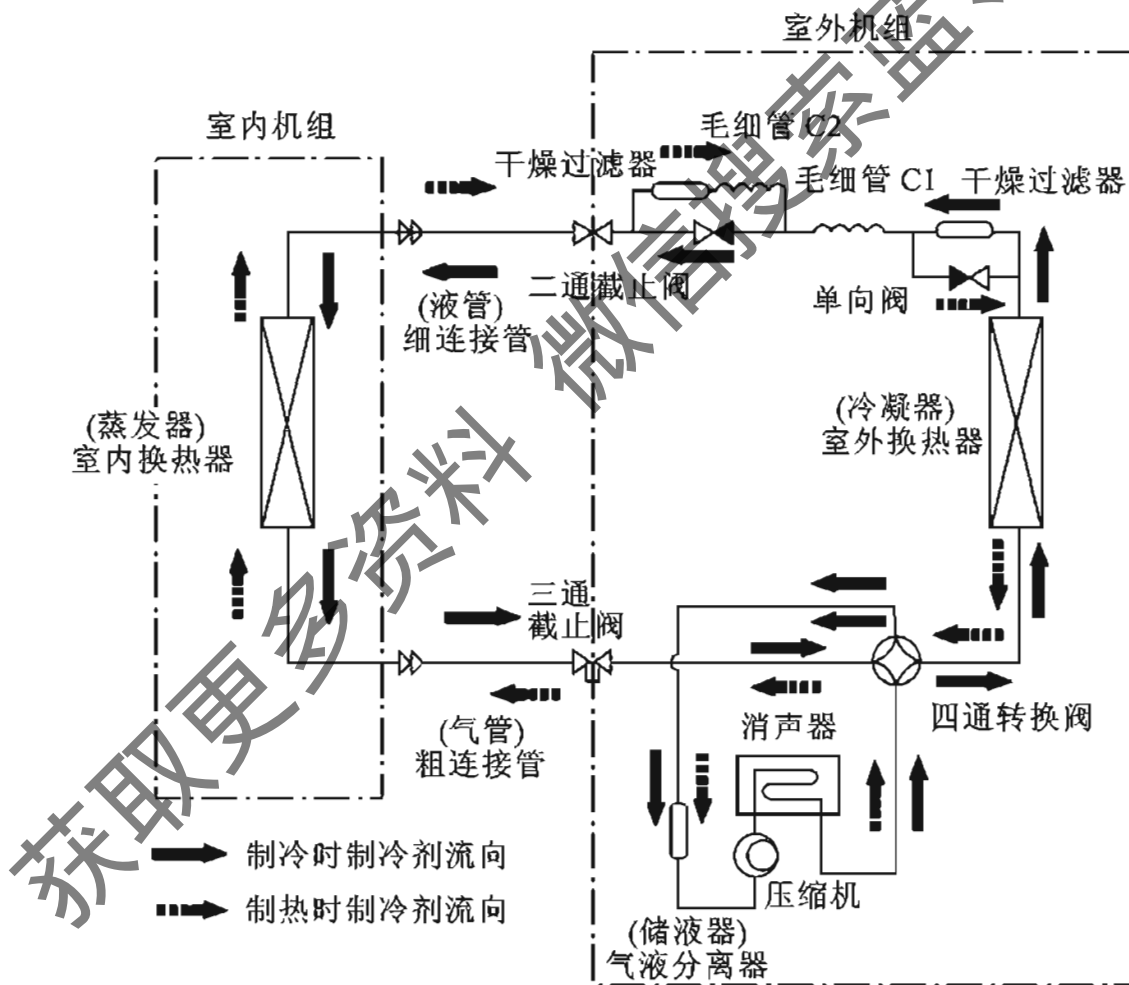


图 8.1-3 热泵型制冷系统组成及原理图

制冷时制冷剂的循环流向为：压缩机→消声器→四通转换阀→室外换热器(冷凝器)→干燥过滤器→毛细管→单向阀→二通截止阀→细连接管(液管)→室内换热器(蒸发器)→粗连接管(气管)→三通截止阀→四通转换阀→气液分离器(储液器)→压缩机。

制热时制冷剂的循环流向为：压缩机→消声器→四通转换阀，三通截止阀→粗连接管(气管)→室内换热器→细连接管(液管)→二通截止阀→干燥过滤器→毛细管 C1、C2→室外换热器→四通转换阀→气液分离器(储液器)→压缩机。

三、房间空调器的安装

1. 窗式空调器

窗式空调器的安装位置最好是北面或是东面，要避免阳光直射，空调器底部距地面不小于 1.2 m，冷凝器外侧 0.6 m 内不应有障碍物，冷凝器两侧的进风百叶窗要保持空气畅通；宜安装在短墙边，沿房间长向送风；安装处支撑应坚固，以减少振动和噪声；空调器与安装孔的缝隙应密封，以防止漏热；空调器宜向室外侧倾斜，外壳底部前后高差宜取 10 mm，以防止雨水侵入，便于排除凝结水；电力配线的容量应足够，且为专线供电和专用插座，专线容量为空调器额定电流的 1.25 倍，应选择合适的熔断器，熔断电流为空调器额定电流的 1.75~2.25 倍。

2. 分体式空调器

分体式空调器的安装位置选择原则是室内、外机组应尽量靠近，要便于安装、操作与维修，室内机组安装应使气流组织合理，室外机组安装应避免太阳直射，远离热源，排风通畅且排风口不要面向强风处。接管时，对原配管在打开管端护盖后要立即连接，不要搁置，对非原配管应尽量采用空调专用铜管，将管中空气排除后应连接紧密，确认无泄漏现象。接管长度和高差要在规定的范围内

(见表 8.1-4)。空调器的名义制冷量通常是以接管单程长度为 5 m 作基准的,当长度超出时,其制冷量会下降,同时还需根据产品说明书适当补充制冷剂。接管应尽量减少弯曲,必须弯曲时弯曲角度不应小于 90°。当室外机高于室内机时,低压气管由下往上每 10 m 应设一个存油弯以利回油,而液管在上部则应设液环。接管过墙时应有保护套管,接管外应有良好的隔热层保温。室内机组的排水管应置于制冷剂管的下方,其高度应低于接水盘的放水口,沿水流向应有不小于 1/100 的坡度。空调器的接电和电气装置应符合产品说明书的要求,电源线和控制线绝对不可接错,使用旋转式压缩机的空调器,其压缩机不允许反转。

表 8.1-4 分体式空调机接管长度限与高差限

制冷系统类型	接管长度限/m			接管高差限/m		
	名义制冷量 / kW			名义制冷量 / kW		
	<3	3~4.5	>4.5	>3	3~4.5	>4.5
制冷在室内节流, 制热在室外节流	10	15	20	5	10	15
制冷在室外节流, 制热在室内节流	30	40	50	10	20	30

四、房间空调器常见故障与处理

1. 房间空调器运转时技术条件

房间空调器在使用中,运行正常的标志是由其在运转中的各部分的压力、温度来表示的,也就是说,空调器运转中有关部分的压力、温度不在其规定范围内,则表明其有故障产生,即应检查排除。制冷压缩机运行时的吸、排气压力如表 8.1-5 所示。空调器中制冷系统工作时的正常温度如表 8.1-6 所示。

表 8.1-5 制冷压缩机运行时的正常吸气与排气压力范围(R22)

空调器型式	吸气压力/MPa	排气压力/MPa
风冷式	0.42~0.58	1.8~2.2
水冷式	0.42~0.54	1.4~1.7

表 8.1-6 空调器中制冷系统工作时的正常温度范围(R22)

名称	风冷式/℃	水冷式/℃
压缩机的排气温度	65 ~ 120	60 ~ 100
制冷剂的冷凝温度	48 ~ 55	38 ~ 46
毛细管入口处的温度	35 ~ 49	27 ~ 36
制冷剂的蒸发温度	1.0 ~ 9.5	1.0 ~ 7.5
压缩机的吸气温度	1.0 ~ 17	1.0 ~ 19
干燥过滤器前后温度	20 ~ 68	15 ~ 64
压缩机外壳表面温度	20 ~ 68	15 ~ 64

2. 窗式空调器常见故障及处理

窗式空调器常见故障及处理见表 8.1-7。

表 8.1-7 窗式空调器常见故障及排除方法

故障现象	故障原因	检查内容	处理方法
空调器不能启动	(1) 电源供电不正常 (2) 主控开关故障或接触不良或松脱 (3) 压缩机的电动机绕组损坏或接触不良 (4) 温度控制器按钮位置不当或损坏	(1) 检查电源供电电压、接线、熔断丝及插座 (2) 检查主控开关及接线 (3) 检查电动机绕组有无断路、短路或端子脱落 (4) 检查开机时温度控制器的位置	(1) 电压超过额定电压的±10%，则待电压正常后再启动，插座损坏则更换，接线问题则重新接牢，熔断丝熔断则更换 (2) 修复或更换 (3) 修复或更换压缩机 (4) 调整温控器或更换

(续表)

故障现象	故障原因	检查内容	处理方法
	(5) CSR 电路电压式启动继电器损坏 (6) CSR 电路启动电容器损坏 (7) 运转电容器损坏 (8) 保护继电器损坏 (9) 各电器之间有接触不良、接头松脱 (10) 压缩机卡住或损坏	(5) 检查 CSR 电路中电压式启动继电器线圈及接线 (6) 检查 CSR 电路启动电容器 (7) 用万用表检查运转电容器好坏 (8) 检查保护继电器 (9) 用万用表检查各电器间的电阻值 (10) 接通电源,空调器不运转但听到“嗡嗡”声	(5) 更换 (6) 更换新的同一规格的电容器 (7) 更换新的同一规格的电容器 (8) 更换 (9) 重新接好 (10) 拆机检修或更换压缩机
风扇运转但压缩机不运转	见本表“空调器不能启动”项	见本表“空调器不能启动”项	同见本表“空调器不能启动”项
出风不冷或冷气不足	(1) 制冷剂过量 (2) 制冷剂泄漏 (3) 空气过滤网积灰,气流不畅 (4) 蒸发器、冷凝器积灰过多,散热不良 (5) 制冷系统堵塞 (6) 制冷系统内存有空气 (7) 室内热负荷过大 (8) 风扇风量不足	(1) 检查工作电流,高、低压力 (2) 检查有无泄漏,工作电流及压力是否偏低 (3) 检查滤网积灰 (4) 检查换热器表面积灰 (5) 检查过滤器的进出口温度 (6) 检查冷凝压力 (7) 检查房间的密闭情况及热源是否过大 (8) 检查风扇是否有变形、卡住等	(1) 放掉少量制冷剂 (2) 补漏并加注制冷剂 (3) 清洗滤网 (4) 清洗换热器 (5) 更换过滤器,抽真空,然后重新充注制冷剂 (6) 从高压阀处放空气,如不便,可放出制冷剂,对系统彻底抽真空,然后重新充注制冷剂 (7) 改善房间的密闭情况,减少房间热源或换大些的空调器 (8) 维修或更换

(续表)

故障现象	故障原因	检查内容	处理方法
	(9) 压缩机高低压腔短路 (10) 新风量过大	(9) 检查压缩机汽缸盖密封垫是否击穿,听压缩机内有明显的气体流动声 (10) 检查新风量	(9) 更换密封垫或更换压缩机 (10) 调小新风量
空调器风扇不运转	(1) 风扇故障 (2) 风扇电路故障	(1) 检查风扇叶片是否有变形,转动是否灵活 (2) 检查风扇电机有否断路、短路,电容是否损坏	(1) 如有卡住,调整扇叶,使之不碰为止;如转动不灵活,修理更换轴承 (2) 修复或更换风扇电机,更换电容
热泵型空调器无论主控开关置于制冷还是制热,风口送出的总是热风或总是冷风	(1) 温控器故障 (2) 电磁换向阀线圈断路或短路 (3) 电磁换向阀体内活塞上的泄气孔堵塞,不能换向 (4) 电磁换向阀阀体失灵 (5) 电磁换向阀密封不严,串气 (6) 制冷剂过少	(1) 检查温控器开关 (2) 检查电磁换向阀线圈 (3) 检查电磁换向阀 (4) 检查电磁换向阀 (5) 检查电磁换向阀 (6) 对制冷系统进行检漏	(1) 维修或更换 (2) 更换电磁换向阀 (3) 更换电磁换向阀 (4) 更换电磁换向阀 (5) 更换电磁换向阀 (6) 检漏后对泄漏点补焊、试压,再按空调器要求充注制冷剂
热泵型空调器的风机和压缩机均能运转但无热风	(1) 室外温度过低 (2) 室外侧温度传感器失灵 (3) 过滤器堵塞,制冷系统不能正常工作 (4) 电磁换向阀故障	(1) 检测室外温度 (2) 用万用表检测温度传感器的阻值 (3) 检查出风口温度,听压缩机是否有沉重的“嗡嗡”声,过滤器两侧温差很大 (4) 检查电磁换向阀故障	(1) 改用电热型空调器或热泵辅助电热型空调器 (2) 更换新的温度传感器 (3) 更换过滤器 (4) 更换电磁换向阀

(续表)

故障现象	故障原因	检查内容	处理方法
	(5) 化霜控制器失效 (6) 制冷剂严重不足	(5) 检查化霜控制器有无损坏 (6) 检查制冷系统高低压压力	(5) 更换 (6) 检漏、补漏后重新添加制冷剂
热泵型空调器既无冷气又无热气吹出, 出风为常温	(1) 制冷剂漏掉 (2) 制冷系统脏堵 (3) 电磁换向阀故障	(1) 开机运行检查制冷系统压力 (2) 开机运行检查制冷系统压力 (3) 检查电磁换向阀	(1) 检漏、补漏后重新添加制冷剂 (2) 更换过滤器, 重新抽真空并充注制冷剂重新吹污 (3) 更换电磁换向阀
电热型空调器不能制热	(1) 温控器失效 (2) 电热元件无电 (3) 电热元件损坏	(1) 检查温控器 (2) 检查加热熔断丝、温度保护继电器、制热转换开关 (3) 检查电热元件有否短路或断路	(1) 维修或更换 (2) 更换 (3) 更换
电热型空调器制热量不足	(1) 电加热量不足 (2) 风扇转速慢或停转	(1) 检查电流和电阻值 (2) 检查风扇电机有否断路, 转速转换开关动作是否正常	(1) 加长电阻丝 (2) 更换
空调器不能连续运转, 启动频繁	(1) 电源电压不正常 (2) 制冷剂充注过多 (3) 冷凝效果差, 压缩机排气温度过高 (4) 冷凝器所处环境温度过高 (5) 温度控制器的感温包安放位置不当 (6) 温度控制器感温包内没有制冷剂了 (7) 制冷系统堵塞	(1) 检查电源电压 (2) 检测系统运行压力是否过高 (3) 检查冷凝器积灰 (4) 查看冷凝器外侧 1.5 m 内有无障碍物、散热源和阳光直射 (5) 查看感温包是否离蒸发器太近 (6) 检查感温包 (7) 检查制冷系统中的干燥过滤器	(1) 增设空调器使用功率 2 倍以上的稳压器 (2) 放掉多余的制冷剂 (3) 清扫冷凝器 (4) 排除障碍物和散热源, 做遮阳罩 (5) 将感温包放在离蒸发器 5cm 左右的位置 (6) 更换温控器 (7) 排除污垢后抽真空、重新充注制冷剂

(续表)

故障现象	故障原因	检查内容	处理方法
	(8) 系统中有较多空气 (9) 室内热负荷过大 (10) 保护继电器故障	(8) 检查冷凝压力 (9) 计算房间热负荷 (10) 检测保护继电器	(8) 放掉制冷剂, 抽真空后再充注制冷剂 (9) 降低室内热负荷 (10) 检修保护继电器
室内温度很低但压缩机仍运转不停	(1) 温度设定值过低 (2) 温度控制系统故障	(1) 检查温度设定值 (2) 检查温控器、温度传感器和控制线路	(1) 重新设定 (2) 维修或更换器件
运转时噪声大	(1) 机架安装不牢 (2) 风扇内混有异物 (3) 风扇松脱或变形 (4) 压缩机吸排气管的防震垫脱落或老化粘连 (5) 空调器上放有异物 (6) 空调器与机架产生共振 (7) 空调器转动部件振动过大 (8) 压缩机产生液击 (9) 压缩机阀片损坏 (10) 风扇电机轴承磨损或传动部件缺油	(1) 检查机架螺栓 (2) 查看机体内有异物否 (3) 查看风扇是否有松动 (4) 检查吸排气管道的防震垫环 (5) 查看空调上的异物 (6) 检查风机和压缩机安装螺丝的松紧度 (7) 查看空调器在机架上的位置 (8) 检查出风口有无冷气排出, 压缩机回气端有无霜, 高低压差 (9) 听有无不间断的“哒哒”异响声 (10) 检查电机轴承	(1) 紧固机架螺栓 (2) 清除 (3) 紧固风扇扇叶 (4) 更换 (5) 清除 (6) 调整安装螺丝的松紧度 (7) 调整空调器在机架上的位置 (8) 停机后放掉多余制冷剂 (9) 更换新的阀片或更换压缩机 (10) 添加润滑油
空调器接通电源就烧断熔断丝	(1) 电源线路连接短路 (2) 电容器被击穿 (3) 电动机绕组短路或烧毁	(1) 检查电气线路接线 (2) 检查电容击穿原因 (3) 检查电机绕组的绝缘电阻	(1) 修改电路接线 (2) 排除原因后换同规格的电容器 (3) 修复电机或更换

(续表)

故障现象	故障原因	检查内容	处理方法
间隙制冷	冰堵	检查毛细管和干燥过滤器的连接处(较凉则说明发生冰堵)	放掉制冷剂,更换干燥过滤器,重新进行抽真空、充注制冷剂
过载保护继电器经常动作导致机组开停频繁	(1) 热负荷过大 (2) 冷凝器散热不良 (3) 制冷剂充注量过多 (4) 环境温度过高 (5) 制冷系统中混有较多空气 (6) 毛细管或过滤器堵塞	(1) 计算热负荷 (2) 检查冷凝器积灰 (3) 检查运行压力 (4) 查看冷凝器外侧1.5 m内有无障碍物 (5) 检查制冷剂 (6) 检查毛细管和过滤器	(1) 降低室内热负荷 (2) 清扫冷凝器 (3) 放掉多余的制冷剂 (4) 排除障碍物,做遮阳罩 (5) 放掉制冷剂,抽真空后再充注制冷剂 (6) 更换毛细管或过滤器
外壳漏电	(1) 线路有断头或绝缘层破裂 (2) 电器元件损坏	(1) 检查线路 (2) 检查电器元件有无烧焦痕迹	(1) 更换破损线路 (2) 更换损坏的电器元件
不能化霜	(1) 制冷剂不足 (2) 除霜控制器调整不当 (3) 除霜控制器、定时器或继电器故障 (4) 除霜控制器感温件接触不良 (5) 室外换热器盘管积灰过多 (6) 室外风扇皮带打滑	(1) 检查系统有无泄漏 (2) 检查除霜控制器 (3) 检查除霜控制器、定时器或继电器 (4) 检查感温件 (5) 查看积灰 (6) 检查风扇皮带松紧	(1) 补漏后补充制冷剂 (2) 调整除霜控制器 (3) 更换 (4) 重新包扎感温包 (5) 清扫 (6) 调整皮带松紧或更换
化霜运转不停	(1) 压缩机故障 (2) 电磁换向阀故障 (3) 除霜控制器调整不当或损坏	(1) 检查压缩机 (2) 检查电磁换向阀 (3) 检查除霜控制器	(1) 检修压缩机 (2) 检修或更换电磁换向阀 (3) 调整或更换除霜控制器

3. 分体式空调器常见故障及处理

分体式空调器常见故障及处理见表 8.1-8。

表 8.1-8 分体式空调器常见故障及排除方法

故障现象	故障原因	检查内容	处理方法
用遥控器和应急开关都不能开机	(1) 无电源供应 (2) 有电源供应,但主控板无直流电供应 (3) 主控板故障 (4) 电器元件损坏或损坏未连接好	(1) 检查电源插座和室内供电线路 (2) 检查机组电源电路 (3) 检查主控板熔断丝 (4) 检查电器接线	(1) 排除 (2) 更换损坏元件 (3) 更换熔断丝或主控板 (4) 重新接好或更换电器元件
用遥控器开不了机,但用应急开关能正常开机	(1) 遥控器不能发射信息或太弱 (2) 遥控接收器不能接收到信息	(1) 检查遥控器 (2) 检查遥控接收器的接收窗	(1) 见故障“遥控器不能发射信号”的处理方法 (2) 擦拭干净接收窗,如故障不能排除,则更换遥控接收器
开机一会儿就停机	(1) 电压太低 (2) 电源线太细或接触不良 (3) 线路板上的滤波电容器被击穿 (4) 管温热敏电阻不正常 (5) 压缩机启动电容器故障 (6) 压缩机电机绕组故障 (7) 压缩机卡缸	(1) 检查电源电压 (2) 检查电源线径 (3) 检查滤波电容 (4) 检测热敏电阻 (5) 检查启动电容器 (6) 检查电机绕组 (7) 检查压缩机	(1) 加稳压器 (2) 更换符合要求的电源线 (3) 更换 (4) 更换 (5) 更换 (6) 更换 (7) 更换
运转指示灯亮但压缩机不运转	(1) 主控板故障 (2) 压缩机过热保护器断路 (3) 压缩机电机绕组断路	(1) 检测主控板 (2) 检查压缩机过热保护器 (3) 检查压缩机 C、S、R 间电阻	(1) 修理或更换主控板 (2) 更换 (3) 更换

(续表)

故障现象	故障原因	检查内容	处理方法
制冷制热时室内风扇电机都不转	(1) 室内风扇电机连线断线 (2) 室内风扇风机过热保护器断路 (3) 室内风扇电机绕组断路 (4) 电路板故障	(1) 检查室内风扇电机连线 (2) 检查风机过热保护器 (3) 检测电机各绕组静态电阻值 (4) 检查主控板电路	(1) 排除 (2) 更换 (3) 更换 (4) 排故或更换
制冷或制热效果差	(1) 室内机组换热效果差 (2) 室外机组换热效果差 (3) 制冷剂不足 (4) 系统脏堵 (5) 系统内有空气 (6) 压缩机压缩效率不高	(1) 检查室内机组的空气滤网 (2) 检查室外机组的换热翅片 (3) 查漏 (4) 检查干燥过滤器 (5) 检查冷凝压力 (6) 检测排气压力和吸气压力	(1) 清扫 (2) 清扫 (3) 检漏、补漏后重新添加制冷剂 (4) 系统吹污后更换过滤器,抽真空、灌注制冷剂 (5) 放掉制冷剂,抽真空后再充注制冷剂 (6) 更换压缩机
室外机开停频繁	(1) 室内机组滤网积尘过多 (2) 室温热敏电阻碰到室内换热器 (3) 室内机进出风路不畅 (4) 房间面积过小或室内外温差小	(1) 检查室内机滤网 (2) 检查热敏电阻 (3) 检查室内机进出风路 (4) 检查	(1) 清洗 (2) 移位、复原室温热敏电阻 (3) 清除风路障碍 (4) 向用户解释
遥控器不能发射信号	(1) 电池失效 (2) 印刷板故障 (3) 按键失灵 (4) 晶振损坏 (5) 放大三极管损坏 (6) 红外线发射二极管损坏	(1) 检查电池电压,接触是否良好 (2) 检查印刷板 (3) 检查印刷板 (4) 检查晶振 (5) 检测放大三极管 (6) 检测红外线发射二极管	(1) 调整电池夹使其接触良好,更换电池 (2) 重新焊好印刷板 (3) 用酒精清除污垢 (4) 更换 (5) 更换 (6) 更换

第二节 单元式空气调节机

一、单元式空调机的结构及特点

单元式空调机的产品外形或室内机组外形大多为立柜式,因此亦称为柜式空调机。它是由空气处理设备(冷却、加热、加湿、过滤等)、空气输送设备(风机、风管)、制冷设备(压缩机、冷凝器等)及电气控制设备等三部分构成。单元式空调机根据冷凝器冷却方式分为水冷式和风冷式;根据功能可分为冷风型空调机、冷热风型空调机、恒温恒湿型空调机、低温空调机等。冷风型空调机只有制冷功能,可作为一般夏季降温用机,图 8.2-1 水冷式冷风机的组成

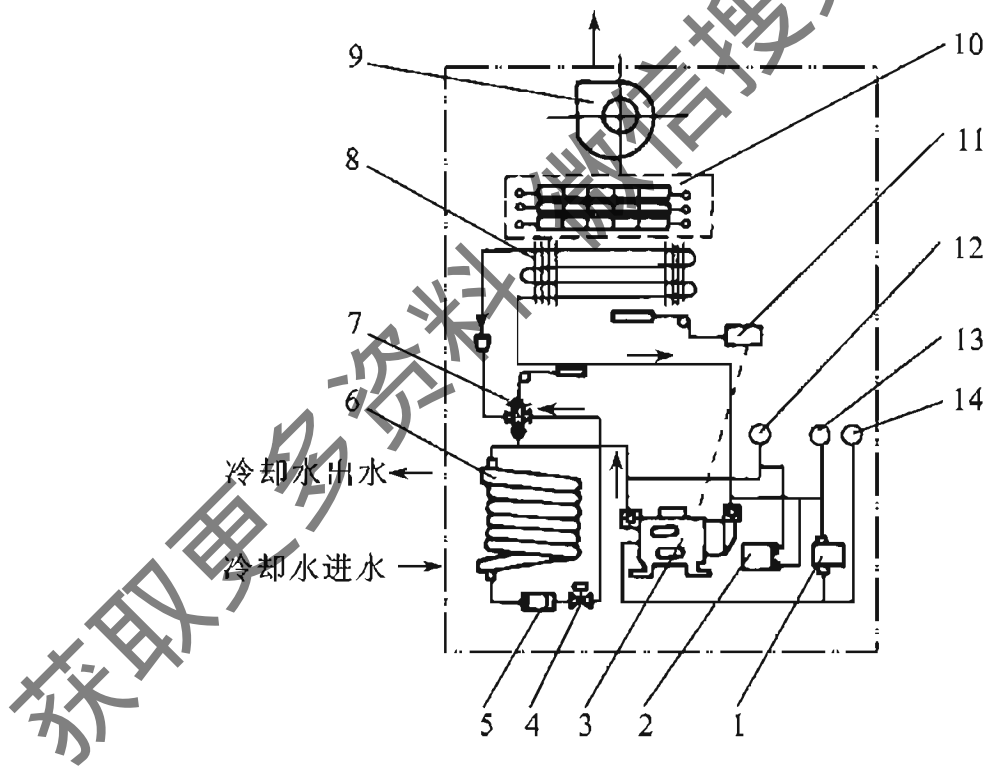


图 8.2-1 水冷式冷风机组组成示意图(增添加热部件后为冷热风机)

- 1—压差控制器 2—压力控制器 3—压缩机 4—电磁阀 5—过滤器
6—冷凝器 7—热力膨胀阀 8—蒸发器 9—风机 10—(加热部件)
11—温度控制器 12—高压表 13—低压表 14—油压表

示意图。在冷风型空调机的基础上增加一套加热装置,即成为冷热风型空调机(若采用四通换向阀进行制冷、制热的切换,即成为热泵机组,见第十三章)。恒温恒湿型空调机是在冷热风机的基础上再增加一套加湿装置,不仅能调节温度,还能调节湿度,一般用于对空调精度要求较高的场合。图 8.2-2 为风冷式恒温恒湿型空调机的组成示意图。此外,用于室内温度在 16℃ 以下的单元式空调机称为低温空调机。

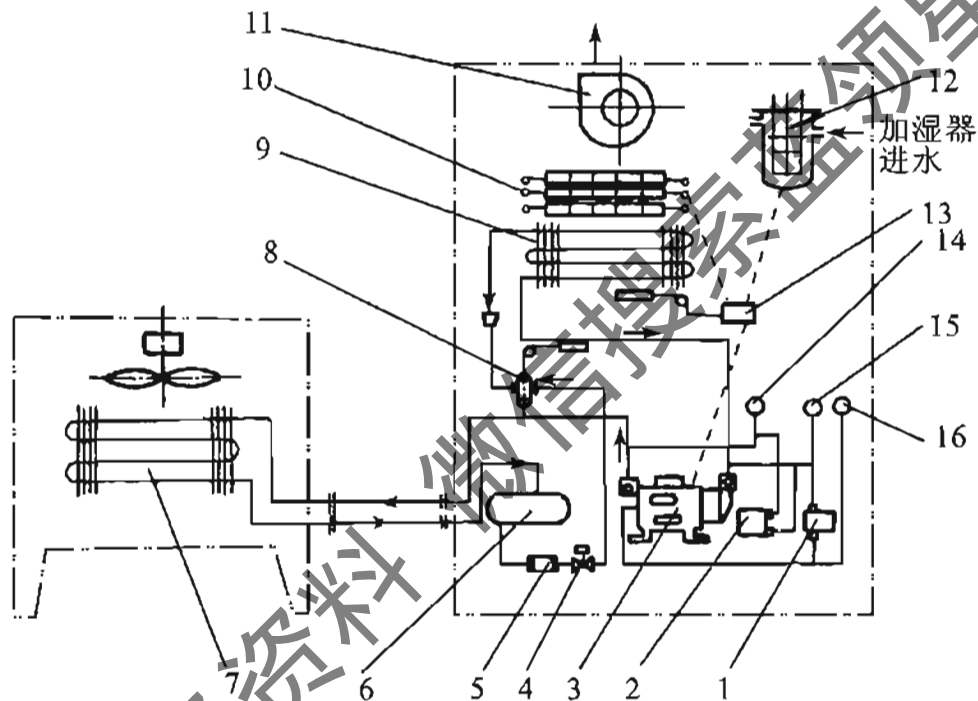


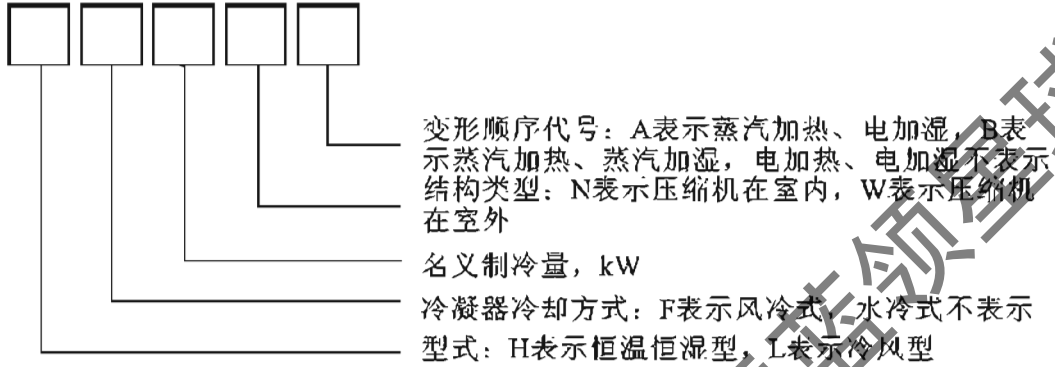
图 8.2-2 风冷式恒温恒湿型空调机制冷系统流程图

- 1—压差控制器 2—压力控制器 3—压缩机 4—电磁阀
 5—过滤器 6—储液器 7—风冷冷凝器 8—热力膨胀阀
 9—蒸发器 10—电加热器 11—风机 12—加湿器
 13—温湿度控制器 14—高压表 15—低压表 16—油压表

单元式空调机具有结构紧凑、占地面积小、安装与使用方便等特点,其制冷量范围一般为 7~150 kW。

二、单元式空调机的型号命名方法

国家标准 GB/T 17758—1999《单元式空气调节机》规定的命名方法如下：



例如：

型号“LF90W”表示冷风型单元式空调机，冷凝器的冷却方式为风冷式，名义制冷量为 90 kW，压缩机在室外。

型号“HF70W”表示恒温恒湿型单元式空调机，冷凝器的冷却方式为风冷式，名义制冷量为 70 kW，压缩机在室内，加热、加湿方式为蒸汽加热、电加湿。

三、单元式空调机的名义工况

表 8.2-1 单元式空调机名义工况 (GB/T 17758—1999)

℃

工况类别		室内侧状态		室外侧状态			
		进风温度		风冷式		水冷式	
		干球温度	湿球温度	干球温度	湿球温度	进水温度	出水温度
制冷	名义制冷工况	27	19	35	24	30	35
制热	热泵 名义制热工况	21	—	7	6	—	—
	电加热名义制热工况	21	—	—	—	—	—
恒温恒湿名义工况		23	17	35	24	30	35

四、单元式空调机的安装与调试

(一) 单元式空调机的安装

空调机的安装形式分为室内型和室外机房型。当空调机制冷量为 7~20 kW 时,一般以室内型为主,即空调机直接安放在被调房间内(见图 8.2-3)。空调机上部的出口直接向室内吹风,调节出风口处的横向、竖向导风板可使室内温度均匀。当空调机制冷量达 60 kW 以上时,一般多属室外机房型,其安装形式如图 8.2-4 所示。而制冷量为 30~50 kW 的空调机的安装形式则较为灵活多样,可以是室内型,也可以是室外机房型,室内型又有带风帽和接风管之分。带风帽者与图 8.2-3 类似,接风管者如图 8.2-5 所示。

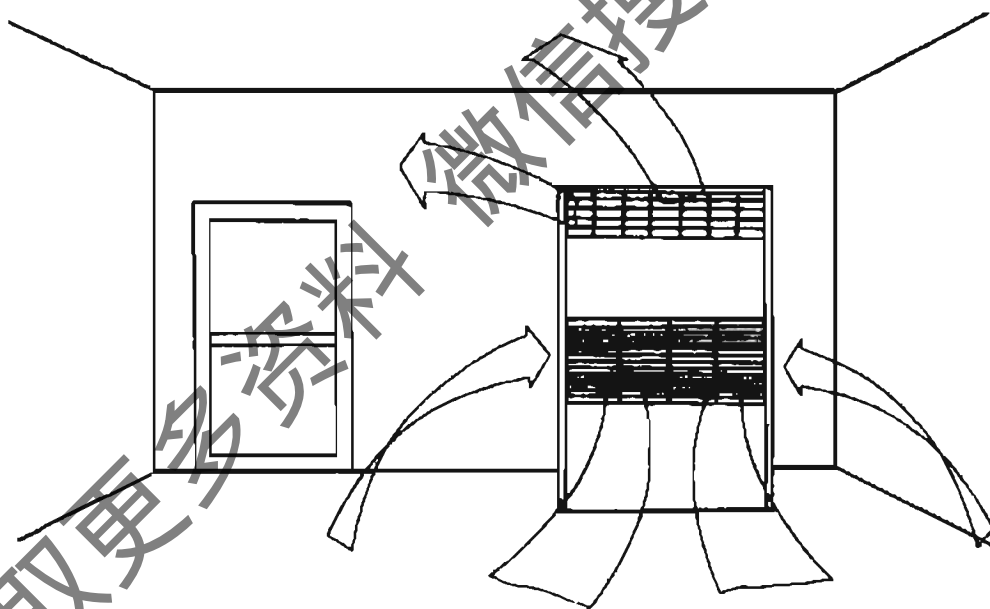


图 8.2-3 室内型空调机安装形式

空调机安装时应注意下列事项:在搬运、安装过程中,应利用起吊设备和铲车轻起轻放;安装地基要求水平,室内机组下垫铺 100 mm 厚木板框或 10 mm 厚普通橡胶板,机组四周离墙不少于 0.6 m;机房环境温度不低于 0℃且不高于 40℃;温、湿度传感器一

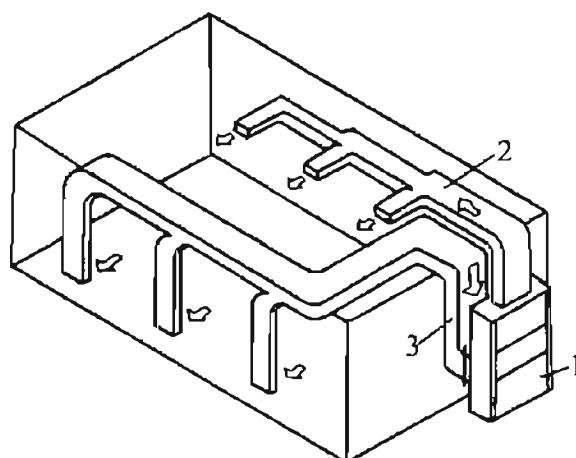


图 8.2-4 室外机房型空调机安装形式

1—空调机 2—出风管 3—回风管

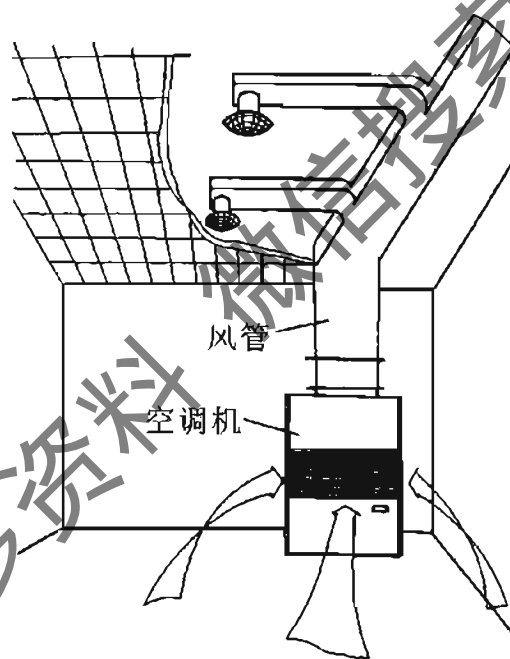
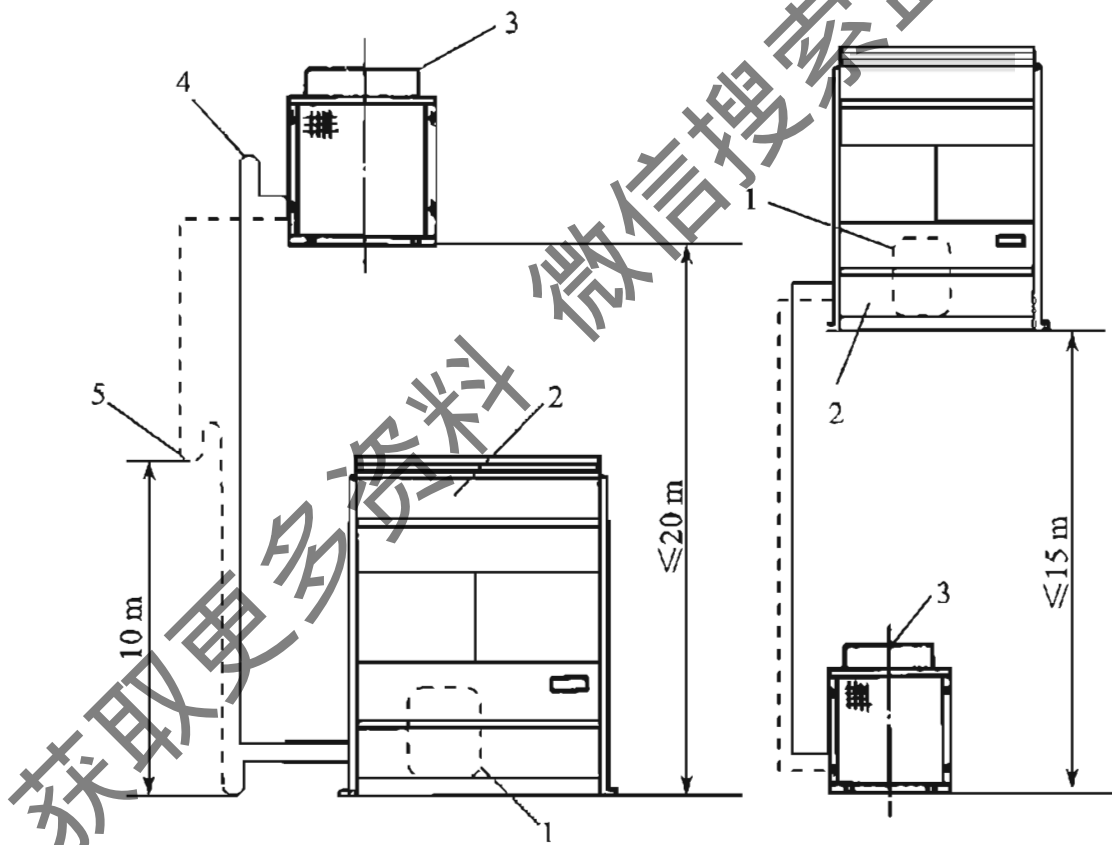


图 8.2-5 室内接风管型空调机安装

般设置在总回风管处,亦可根据需要放置在被调房间内温、湿度要求高的地方;机组应有独立的供电系统,三相四线制供电,必要时应配备独立的调压器,电压偏差不得超过额定值的 $\pm 10\%$;机组应可靠接地,确保人身安全;机组应专管供水,水压不小于 0.15 MPa ,冷却水进水管上应加装水阀,用以调节水量,加湿器要

用纯净自来水单独供水；机组的淋水盘下水口和底盘泄水口应单独接管排入下水道，不能与冷凝器出水管连在一起；机组出风口与风管的连接应采用软接头，连接处应防止漏风，风管要有隔热保温措施；新风管可接到机组新风口处或接到回风管道上，并应装调节风阀；风冷式空调机的室内机组和室外机组安装位差有三种情况，两者不等高时的安装见图 8.2-6 和图 8.2-7 所示，必要时要在连接管上设存油弯和液环，两者等高时则可不设；存油弯和液环的弯管曲率半径应不小于管径的 2.5 倍，接管总长不超过 30 m，并应有良好的隔热措施；室外机组应避免阳光直射，远离热源且通风良好。

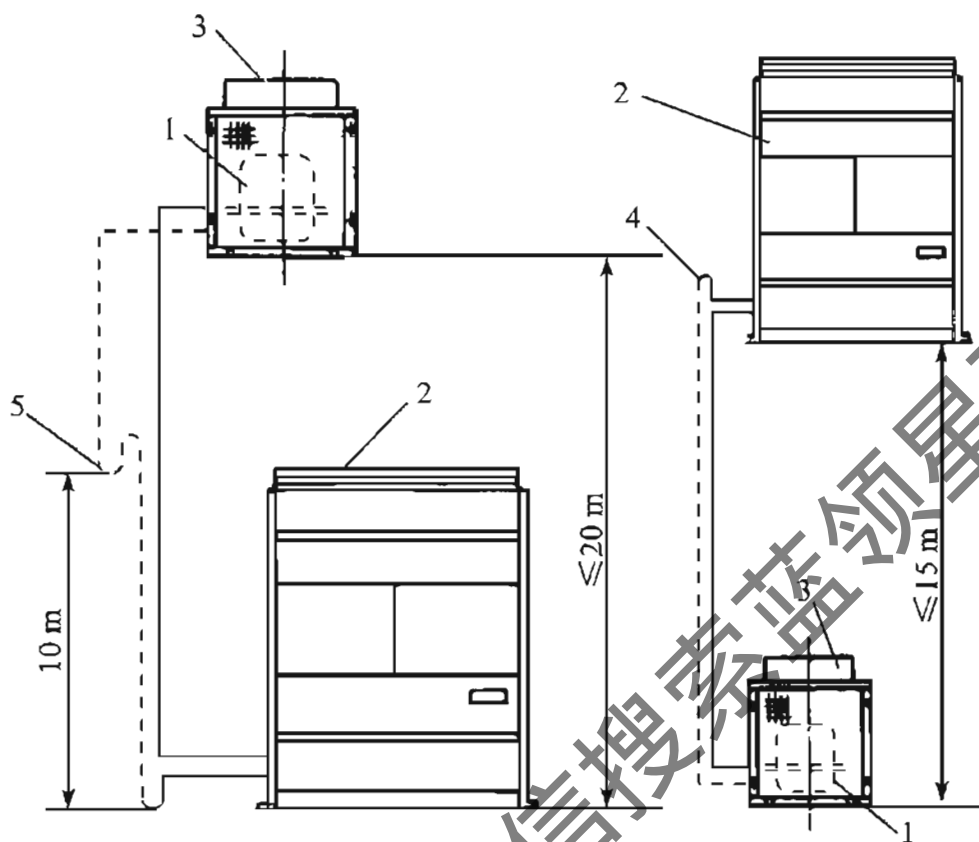


(a) 室外机组高于室内机组

(b) 室外机组低于室内机组

图 8.2-6 风冷式空调机安装图(压缩机在室内)

1—压缩机 2—室内机组 3—室外机组 4—液环 5—存油弯



(a) 室外机组高于室内机组 (b) 室外机组低于室内机组

图 8.2-7 风冷式空调机安装图(压缩机在室外侧)

1—压缩机 2—室内机组 3—室外机组 4—液环 5—存油弯

(二) 单元式空调机的调试

单元式空调机的调试工作包括制冷系统检漏、启动前的检查与准备工作、启动后的检查与调试工作、系统工作参数的调定、附属设备的调试等几个方面。

1. 制冷系统检漏

空调机出厂时,制冷量小于 40 kW 的已充注了额定量的制冷剂,制冷量大于等于 40 kW 的则充注了 0.03~0.1 MPa 的干燥氮气。因此,带制冷剂的空调机完成安装后,仅需检查系统有无泄漏,如有泄漏应予以排除;不带制冷剂的空调机完成安装后,则应依次进行系统的气压检漏、真空检漏和充制冷剂检漏,其中重点为气压检漏。

(1) 气压检漏采用氮气进行充注,不能使用压缩空气,更不能使用氧气。充氮的试验压力为 1.8 MPa(R22),保压 24 h 压力不降为合格,或者当设备环境温度变化 3℃ 而压力仅变化 1% 为合格。检漏中发现漏点要做上记号,等全部检漏完毕,释压后再逐处进行补焊或处理。补焊处理后应重复气压检漏直至整个系统不漏为止。

(2) 真空检漏应采用真空泵,而不能用系统本身的全封闭式或半封闭式压缩机来抽真空。把真空泵接管与压缩机排气阀多用通孔相连接,使系统中所有阀门(包括电磁阀)均处于开启状态,将系统抽真空至绝对压力 130 Pa,停机保压,5 min 内压力无变化为合格。

(3) 充注制冷剂检漏在真空检漏合格后进行。按产品使用说明书规定充入额定量的制冷剂后,用灵敏度不低于 14 g/a 的电子卤素检漏仪进行检漏,不漏为合格。

2. 启动前的检查与准备工作

(1) 检查冷却水系统运转情况,冷却水的压力、温度是否符合要求,或是检查冷凝风机运转是否正常。

(2) 检查和打开制冷系统的所有阀门(通大气的除外)。

(3) 检查压缩机曲轴箱内的油面高度应保持在视油镜的水平中心线以上。

(4) 检查高低压力控制器的调定值应符合表 8.2-2 的规定。

表 8.2-2 压力控制器调定值

MPa

冷凝方式	制冷剂 R22	
	高 压	低 压
水冷式	1.9	0.3
风冷式	2.4	0.3

3. 启动后的检查与调试工作

(1) 检查油压表的油压示值是否正常,通常油压比吸气压力高 $0.15\sim 0.30\text{ MPa}$ 。

(2) 检查系统干燥过滤情况。对于在用户处充注制冷剂的系统,在试运转中应另接工艺性干燥过滤器对系统进行干燥过滤。制冷剂为 R22 的系统,其含水量应不大于 30×10^{-6} 。若系统中有带潮气指示的视液镜,应经常检查制冷剂的干燥程度,如有超标要及时处理。

(3) 检查压力控制器的保护动作是否正常。分别用关小吸气阀或膨胀阀使吸气压力逐渐下降,用关小冷却水阀或水泵吸水阀使排气压力逐渐升高等方法,人为改变压缩机的吸气压力和排气压力,当低压和高压分别达到表 8.2-2 规定值时,压力控制器动作切断电源为合格,否则应对压力控制器进行调整并再试验校正。

(4) 检查压缩机能量调节装置或卸载装置的动作是否正常。

4. 系统工作参数的调定

空调机工作参数主要是指制冷系统的蒸发温度和冷凝温度。

(1) 蒸发温度的调定

空调机(包括恒温恒湿机、冷热风机等)的蒸发温度一般取 $5\sim 7^{\circ}\text{C}$,可以通过调节膨胀阀的开启度得到。蒸发温度对应的蒸发压力与压缩机吸气阀端低压表所示的吸气压力近似相等,所以应控制的 R22 吸气压力值范围为 $0.49\sim 0.53\text{ MPa}$ 。

(2) 冷凝温度的调定

水冷式空调机的冷凝温度为 40°C ,风冷式空调机的冷凝温度为 50°C 。冷凝温度对应的冷凝压力与压缩机排气阀端高压表所示的排气压力近似相等,所以,对于水冷式空调机,排气压力可通过调节冷却水的进水量得到,R22 正常的排气压力为 1.46 MPa 左右;而风冷式空调机的排气压力取决于冷却风机的风量和进风温度,一般不能人为调节,R22 正常的排气压力为 $1.7\sim 2.0\text{ MPa}$ 。

5. 附属设备的调试

空调机的附属设备有加热器、加湿器等,用于空气的加热和加湿。

(1) 加热器的调试

空调机的加热器有电加热器或蒸汽加热器,其控制方式分为手动或自动。为保证使用安全,加热器与风机在电气控制上是联锁的,必须先开风机,后开加热器。在调试蒸汽加热器时,蒸汽压力应符合产品使用说明书的规定。

(2) 加湿器的调试

空调机的加湿器有电加湿器、干式蒸汽加湿器、红外线式加湿器等。加湿器的水位控制方式有浮球阀控制或电磁阀控制。调试中应检查浮球在水箱内是否上下活动自如,应无卡死现象,或是检查电磁阀控制系统的动作是否正确可靠。

五、恒温恒湿机组常见故障与排除

表 8.2-3 恒温恒湿型空调机的常见故障与排除方法

故障现象	原因	应检查部位及排除方法
空调机制冷效果不好	(1) 制冷剂不足 (2) 空气过滤器堵塞 (3) 因膨胀阀开度过小或供液压扁使供液量过小,造成蒸发器靠分液器一方结霜 (4) 压缩机效率低 (5) 膨胀阀开启过大 (6) 风机反转 (7) 空调系统送风与回风短路 (8) 回风管通风阀及送风管通风阀未开或开的太小	(1) 见压缩机电机过热部分 (2) 清洗或更换空气过滤器 (3) 应开大膨胀阀,更换供液管 (4) 检查冷却系统和压缩机 (5) 造成蒸发温度偏高,使送风温度降不下来,应调小膨胀阀的开度 (6) 对调风机电源的任意两相的接线 (7) 检查风管管路,重新安装 (8) 开大风阀

(续表)

故障现象	原因	应检查部位及排除方法
加热器表面温度过高	风量不够	见“空调机制冷效果不好”中的(2)、(6)、(7)、(8)
加热器不工作	(1) 加热器断路 (2) 加热器电阻丝与外壳短路或电阻下降	(1) 更换 (2) 更换
加湿器不工作	(1) 加湿器断水 (2) 加湿器断路 (3) 加湿器电阻丝与外壳短路或电阻下降	(1) 检查加湿器供水系统 (2) 更换 (3) 更换
加湿器工作效率差	加热盘管外壳水垢太厚	消除水垢(如用打磨方法消除后,应检查加热盘管是否有破裂现象)
吸气压力调不上去	(1) 膨胀阀感温包泄漏,使膨胀阀关闭 (2) 电磁阀不吸 (3) 过滤器堵塞	(1) 修理或更换 (2) 先检查线圈是否有电,如有再检查线圈是否断路,均无故障则应关闭冷凝器出液口,拆检阀体 (3) 压缩机运转时用手摸液体过滤器,如前后温度有明显差别则说明有节流现象,应停机拆下过滤器,清洗滤网
排气压力过高	(1) 冷却效果不好 (2) 系统内有空气 (3) 制冷剂注入量过多	(1) 对水冷式检查冷凝器的冷却水量、出水温度(最高不得超过42℃)及污垢情况,如水量过小应加大水量,如污垢严重应进行清洗;对风冷式检查冷凝器风扇和冷凝器表面的污垢情况,若为风扇问题应进行修理更换,若是冷凝器表面污垢严重应进行清洗 (2) 放空气,可从排气截止阀旁通孔放出空气(旁通孔应开得很小慢慢的放还要随时观察排气压力表以免放出过多氟气) (3) 放出多余的制冷剂

(续表)

故障现象	原因	应检查部位及排除方法
压缩机不启动	(1) 主电路故障 (2) 电源断电 (3) 热继电器跳开 (4) 压差(油压和低压差)继电器跳开 (5) 高低压继电器跳开	(1) 检查主电路是否有电 (2) 检查熔断器是否熔化、空气开关是否合上 (3) 检查电流调节位置是否合适,如电流位置合适,可能是机组冷凝温度及蒸发温度过高造成、电机过载,或电压过低,促使电流急增 (4) 排除润滑系统故障或调整油泵压力值按动手动复位按钮、检查吸气压力是否正常 (5) 检查继电器控制位置是否合适、制冷系统工作是否正常、冷却系统是否正常
压缩机启动有困难	(1) 电压过低 (2) 制冷系统高低压压力差过大 (3) 压缩机咬住	(1) 用电压表或万用表检查电压是否在额定范围内 (2) 这种现象常发生在刚停机立即启动时。应适当延长停机时间,一般不小于 10 min (3) 检修压缩机
压缩机电机过热	(1) 系统内制冷剂不够造成电机冷却不好 (2) 高压阀片断裂或严重漏气 (3) 热负荷过大	(1) 这时低压压力表偏低。在膨胀阀后面有结霜现象,而回气管温度则偏高甚至无凝水现象,如制冷剂严重不足时在膨胀阀处能听到较大的气流声〔正常时应为较小的过液流声〕。应进行检漏维修,再补充制冷剂 (2) 开机时高压表针有较大幅度的摆动,停机时低压表压力上涨很快。电机温升很高,应收气后关闭吸排气阀门放掉压缩机中的制冷剂,拆开检修 (3) 关好门窗、减小屋内热负荷

(续表)

故障现象	原因	应检查部位及排除方法
油压异常	(1) 油压表损坏 (2) 曲轴油面过低 (3) 油管路堵塞 (4) 曲轴箱内的润滑油中含有过多的氟利昂	(1) 有两种现象①油压表指示压力虽低,但却不自动停机。②停机后油压表刻度指示位置不变。均应更换压力表 (2) 检查压缩机的回油情况 (3) 检查油管路和过滤网 (4) 从视油镜可看到冷冻油呈泡沫状,如制冷剂过多则由于氟液相对密度较润滑油大沉入曲轴箱底部将油面抬高形成假油位,使油泵性能变坏
压缩机运转声异常	(1) 压缩机内部件间的配合间隙过大 (2) 压缩机内有杂物	(1) 拆机检修或更换压缩机 (2) 同(1)

第三节 除湿机

一、除湿的方法

所谓除湿就是把空气中多余的水蒸气从空气中分离出来,使空气干燥。除湿的方法有多种,见表 8.3-1。

表 8.3-1 典型除湿方法的对比

除湿方法	机理	优点	缺点	备注
冷冻除湿	让湿空气流经低温表面,空气温度降至露点温度以下,湿空气中的水汽冷凝而析出	性能稳定、工作可靠,能连续工作,操作简单,方便	设备和运行费较高;有噪声	适用于空气的露点温度高于 4℃ 的情况

(续表)

除湿方法	机理	优点	缺点	备注
通风除湿	向潮湿空间输入含湿量小的室外空气,同时排出等量潮湿空气	经济、简单	保证率较低	适用于室外空气较干燥的地区
升温除湿	通过显热交换,在含湿量不变的条件下,使温度升高,使相对湿度相应降低	简单易行,投资和运行费用低	空气温度升高,空气不新鲜	适用于对室温无要求的场合
液体除湿	空气通过与蒸气分压力低、不易结晶、粘性小、无毒、无臭的溶液接触,依靠水汽的分压差吸收空气中的水分	除湿效果好,能连续工作,有清洁空气的功能	设备复杂,初投资高,冷却水耗量大	适用室内显热比小于60%,空气出口露点温度低于5℃且除湿量较大的系统
固体除湿	利用某些固体物质表面的毛细管作用或相变时的蒸气分压力差,吸附或吸收空气中的水分	设备较简单,运行费低	除湿性能不太稳定,并随使用时间的加长而下降;需再生	适用于除湿量小,要求露点温度低于4℃的场合
干式除湿	湿空气通过含吸湿剂的纤维纸制的蜂窝状体(如转轮),在水蒸气分压力差的作用下,水分被吸收剂吸收或吸附	湿度可调,且能连续除湿,单位除湿量大,可以自动工作	设备较复杂,需加热再生	特适用于低湿低温状态应用
综合除湿	综合以上除湿方法中的某几种而组成			

二、冷冻除湿机

(一) 冷冻除湿机的组成及工作原理

冷冻除湿机是靠机械制冷方法进行除湿的。它由制冷系统和送风系统组成,这两部分装在一个箱体之中。制冷系统由压缩机、

冷凝器、膨胀阀、蒸发器和其他辅助设备组成。蒸发器是直接蒸发表面式空气冷却器,直接承担对空气进行除湿的功能。送风系统由送风机,空气过滤器等组成。图 8.3-1 为冷冻除湿机系统组成示意图。

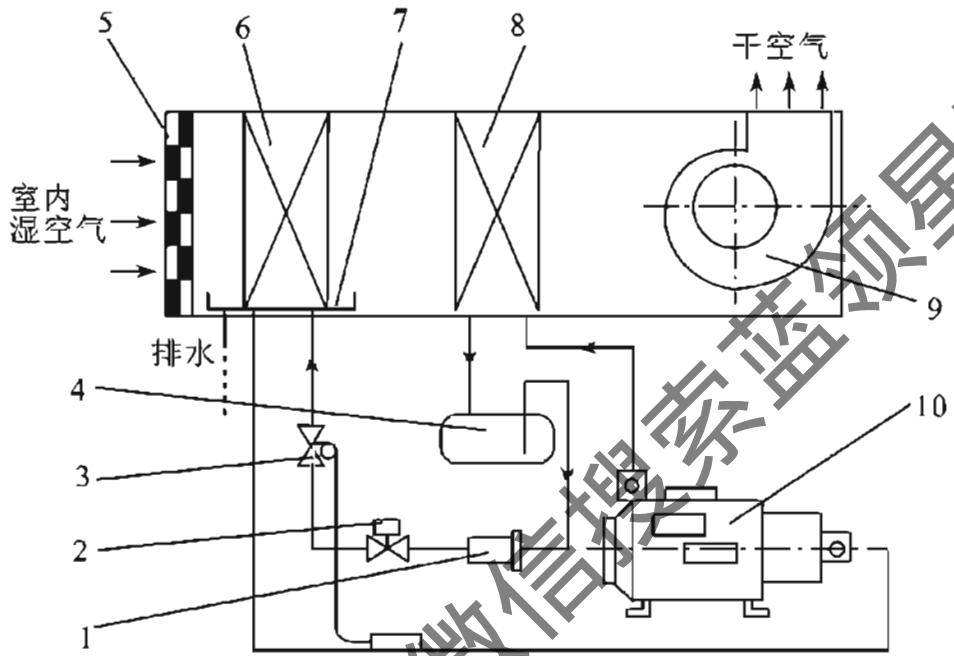


图 8.3-1 冷冻除湿机系统组成示意图

- 1—干燥过滤器 2—电磁阀 3—膨胀阀 4—储液器 5—空气过滤器
6—蒸发器 7—淋水盘 8—冷凝器 9—风机 10—压缩机

如图 8.3-2 所示,需要减湿的空气经过蒸发器后,由于蒸发器的表面温度低于空气的露点温度,因此湿空气中的水蒸气凝结成水而从空气中析出,使空气的含湿量降低;然后再经过冷凝器,吸收冷凝器的热量,空气温度升高,使其相对湿度下降后由送风机送入室内,达到减湿的目的。

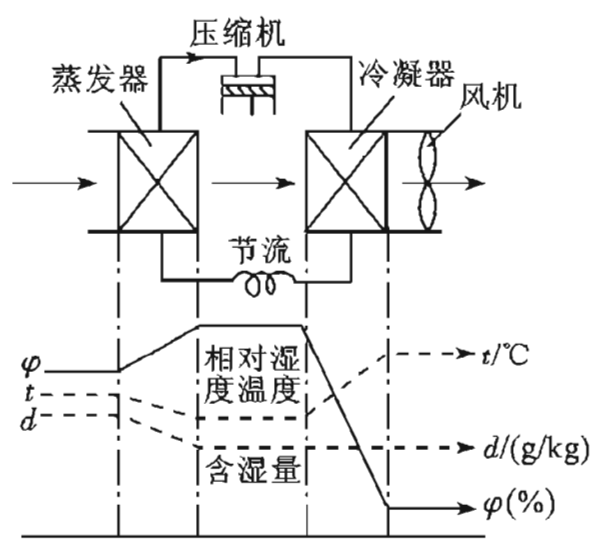


图 8.3-2 冷冻除湿机原理图

(二) 调温除湿机

为满足某些地方既有除湿要求,又对空气有不同温度的要求,克服冷冻除湿机出风温度高又不能进行温度调节之不足,可采用调温除湿机。调温型除湿机是在一般除湿机的基础上增设一个附加水冷或风冷冷凝器,两个冷凝器在系统中可以串联使用,又可单独使用。调温型除湿机可通过调节经过附加冷凝器的冷却介质的流量,而改变冷凝器负荷(即改变了冷凝器对空气的加热量)进行调温。

调温型除湿机具有升温除湿、降温除湿和调温除湿的功能,现以 CT20 型调温除湿机(见图 8.3-3)为例说明此三种功能的调试方法。

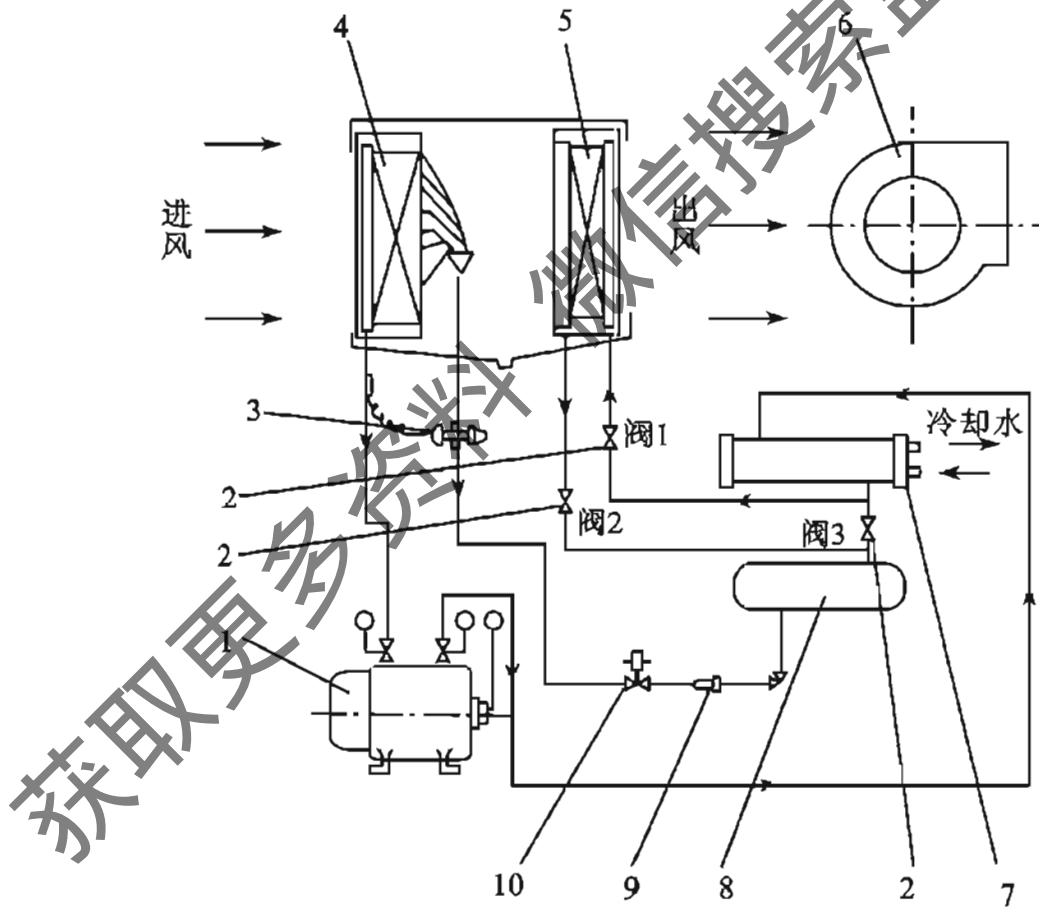


图 8.3-3 CT20 型调温除湿机系统

- 1—压缩机 2—截止阀 3—膨胀阀 4—蒸发器 5—风冷冷凝器
6—风机(用户自备) 7—水冷冷凝器 8—储液器 9—干燥过滤器 10—电磁阀

1. 升温除湿

开启阀 1、阀 2,关闭阀 3,水冷冷凝器不通冷却水,此时除湿机为全风冷循环,升温除湿,出风温度最高可达 43℃。

2. 降温除湿

关闭阀 1、阀 2,开启阀 3,水冷冷凝器接通冷却水,此时除湿机为全水冷循环,降温除湿,开足冷却水量即能获得较低的出风温度。

3. 调温除湿

开启阀 1、阀 2,关闭阀 3,水冷冷凝器接通冷却水,此时除湿机为水冷、风冷串联循环,调节冷却水量即能调节出风温度,可实现调温除湿。

进行以上不同功能的操作时要注意:当全风冷转为全水冷循环时,应将风冷冷凝器中的制冷剂回收至储液器内后,再关闭阀 1、阀 2,转入全水冷运转;当全水冷转为全风冷循环时,应将水冷冷凝器中的存水放掉后,再转入全风冷运转。

(三) 冷冻除湿机的特点

冷冻除湿机的优点是结构紧凑、重量轻、体积小、操作简单、使用方便。这种机器除湿性能稳定、可靠,可实现连续除湿,适合于空气温度在 15~35℃和相对湿度 90%时使用。如果空气温度过低,则在蒸发器表面的凝水将结成冰霜,势必影响传热和因流道堵塞,流动阻力增大,导致除湿效果降低。这时,可采用间隙运行方式进行除湿。冷冻除湿机的缺点是初期投资较高,运行费用较高。

冷冻除湿机适用于气候潮湿地区、地下建筑物和对湿度有要求的车间和仓库等处。

(四) 冷冻除湿机的安装与调试

1. 除湿机的安装

除湿机有大小之分,不同类型的除湿机的安装内容也有所差异。小型的、家用的除湿机一般为移动式,安装位置灵活,通常置

于需除湿房间的中心,按要求接电后即可工作。中、大型除湿机的制冷系统和结构形式与单元式空调机类似,应固定安装在需除湿房间的适当位置,确保进出风口无障碍物阻挡,安装要求可参见空调机安装的有关内容。不带风机的除湿机由用户根据使用说明书要求选配风机,并安装合适的进、出风管方能使用。调温型除湿机还应设置、安装冷却水系统以实现其调温除湿的功能。

除湿机的安装还应注意以下事项:① 除湿机的安装位置应避免阳光直射,远离发热设备,且应通风良好,以免影响除湿效果。② 通风管道应连接严密,且有保温措施。③ 除湿机的凝结水应通过接管排入下水道。④ 除湿机设备应专线供电,电源电压的波动范围为额定电压的 $\pm 10\%$,设备应可靠接地。⑤ 除湿机使用场合的空气温度应符合使用说明书规定,相对湿度应小于 90% 。

2. 除湿机的调试

除湿量 20 kg/h 以上的除湿机出厂时不带制冷剂,因此安装好后应进行气压检漏、真空检漏、充注制冷剂检漏等调试工作,具体要求参见单元式空调机调试的有关内容。由于除湿机的进风温度有两种,一种常用型的为 $18\sim 32^\circ\text{C}$,另一种低温型的为 $5\sim 32^\circ\text{C}$,因而相应的制冷系统压力控制器的调定值也有所不同(见表8.3-2),设备调试时应注意区别。

表 8.3-2 冷冻除湿机压力控制器调定值 MPa

进风温度/ $^\circ\text{C}$	高 压	低 压
18~32	2.4	0.3
5~32	2.4	0.1~0.3

三、氯化锂转轮式除湿机

(一) 氯化锂吸湿原理

氯化锂转轮式除湿机与冷冻除湿原理完全不同。它是利用

固体材料(氯化锂)的吸湿性能进行工作的。氯化锂是一种吸水性极强的白色无机盐。在常温下很容易吸收空气中水分而潮解。其吸湿原理也是靠其表面水蒸气分压力与同温度下空气的水蒸气分压力之差进行吸湿。氯化锂吸湿剂表面水蒸气分压力大小与其温度和浓度有关,温度越低,其水蒸气分压力越小,则吸湿能力越强。在相同的温度下,如果浓度增加,则其水蒸气分压力变小,吸湿能力也随之增加。反之,如果氯化锂吸湿剂表面的水蒸气分压力高于空气中水蒸气分压力,则氯化锂吸湿剂将把水分脱附放出。这就是氯化锂的再生过程,再生后的氯化锂结晶又可继续使用。

(二) 氯化锂转轮式除湿机的结构和工作过程

氯化锂转轮式除湿机是一种组装式机组,它由除湿系统、再生系统和控制系统组成。除湿系统由转轮、减速传动装置、风机和过滤器等组成。再生系统包括转轮、电加热器、过滤器和风机等。电加热器分为两组,一组是做定温加热用,另一组做控制温度用。控制系统由再生温度的控制装置和电热设备的保护装置组成。

图 8.3-4 是转轮除湿机的工作原理图。转轮是该机组的核心构件。转轮内放有特制的纸芯,纸芯以石棉纸作为载体,是吸附力强、耐高温、高强度的无机材料制成的纸张,把吸湿剂和保护加强

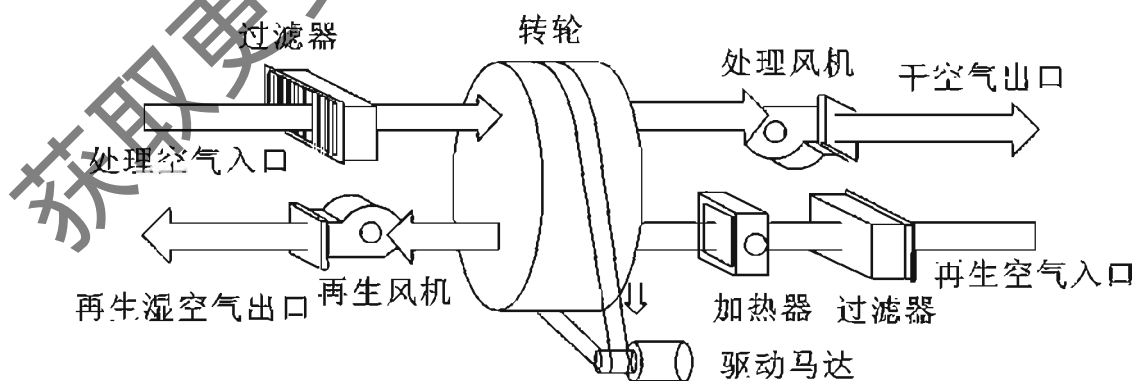


图 8.3-4 氯化锂转轮式除湿机工作原理

剂混合物通过浸渍式涂布均匀地固嵌在吸湿载体的表面。吸湿剂采用氯化锂和氯化锰共晶体。保护加强剂由无机胶料聚合铝制成,起着把吸湿剂固嵌在石棉纤维上的作用,保护吸湿剂不被空气带走,这样,既可避免腐蚀除湿设备和工艺设备,又不需补充新的氯化锂吸湿剂。同时,吸湿纸的强度也得以提高,增加纸芯的使用寿命。这种石棉吸湿纸一种为平板状,一种轧成波纹状纸楞,两者交替叠放,卷成圆筒状的纸芯。纸与纸之间形成许多蜂窝状小通道,其直径约在 1.5 mm 左右,可以增加空气与石棉吸湿纸的接触面积,提高其热湿交换的效果。

转轮分为两个区,吸湿区占转轮的四分之三的箱体,再生区占转轮四分之一的箱体。在转轮的两端用高性能硅氟弹性材料的密封装置把两区分隔开来,以避免两个不同的工作区中的空气互相串通,影响机组性能。

(三) 转轮除湿机的特点和适用范围

(1) 机组的构造简单,重量轻,操作和维护管理方便。

(2) 转动部件少,转速慢,噪声低。

(3) 转轮内纸芯为无机材料制成,不会老化,使用寿命长。吸湿剂不会逸出,能够持续恒定地进行除湿。

(4) 转轮的纸芯呈蜂窝状小通道,单位体积内吸附表面积大,单位吸湿量高,再生也容易。

(5) 在低温低湿下的除湿效果显著,能获得低露点的干燥空气。当温度低于 0℃ 时,吸湿纸上仍不会结冰,还能对空气进行除湿,这一点是冷冻除湿所不及的。

(6) 由于通过转轮的迎面风速在 1.5~4 m/s 范围内变化时,其单位除湿量保持不变,因此可以通过调节被处理空气进风量,方便地达到所要求的总除湿量。同时,改变再生空气温度,除湿转轮的除湿能力也随之改变。据此,可以控制干燥空气的湿度。

(7) 氯化锂具有强烈的杀菌能力,使用时还起着消毒空气的作用。

氯化锂转轮除湿机的应用范围较广,如地下建筑的空气湿度调节,制药工业,食品加工、无菌室和手术室的通风除湿,尿素、砂糖的脱水干燥工艺等,尤其是对某些低温低湿工程,用冷冻进行预冷后,再用氯化锂转轮除湿机,可获得 -30°C 以下的低露点干燥空气。

四、三甘醇液体除湿机

三甘醇液体除湿机是利用液体吸湿原理降湿的设备。某些盐类物质,如氯化钙、氯化锂、三甘醇等的水溶液,其表面层上饱和空气层中的水蒸气分压力,因混合盐类分子水蒸气分子数相应减少,压力低,而在同温度下,空气的水蒸气分压力则高得多。由于水蒸气分压力差,促使空气中的水蒸气分子将向盐水转移。事实上,盐水吸收空气中的水分起吸湿作用,对空气来说得以除湿。这类盐水溶液称为液体吸湿剂。

空气调节工程中常用的液体吸湿剂有氯化钙、氯化锂和三甘醇等。氯化钙溶液对金属有较强的腐蚀作用,对容器和工艺会有影响,但其价格低廉,有时也可采用。氯化锂溶液对金属也有一定的腐蚀作用,但其吸湿性较强,用得较多。三甘醇的优点在于没有腐蚀性,吸湿能力很强。例如,当溶液温度 20°C 时,浓度为90%的三甘醇溶液其表面水蒸气分压力为 933 Pa ,而在相同的温度下空气的饱和水蒸气分压力为 $2\,318\text{ Pa}$,两者相差甚为悬殊,因此三甘醇是一种较理想的吸湿剂。但是,随着溶液温度升高,溶液的水蒸气分压力增大,若大到高于空气的水蒸气分压力后,则溶液中的水分反而向空气中转移,空气得到增湿,而溶液本身却得到浓缩。这就是溶液的再生原理。

三甘醇液体除湿机由喷淋式的吸湿装置和再生装置两个部

分,以及溶液循环泵、冷热交换器等附属设备和电控系统组成。吸湿和再生过程同时进行,连续工作。

三甘醇液体除湿机具有以下特点:

(1) 除湿量大,特别是在处理大风量、产湿量大而产热量小的场合更为合适。

(2) 低温情况下也有较好的除湿效果,能获得低露点,低含湿量的空气。

(3) 无腐蚀性,无毒,又能消除霉气,且有很强的杀菌能力。

(4) 除泵、风机外,没有转动部件,故障少,运转平稳,维修方便。

(5) 不仅需要电源,还需要冷源和热源,不如冷冻除湿机灵活、简便。

(6) 再生温度高时,吸湿剂有少量蒸发损失。

(7) 冷却水量大,冷却水温对除湿有较大的影响。

三甘醇液体除湿机适用于大面积、大风量的除湿场所,如地下建筑、新风干燥、清毒及要求低温低湿的特种工艺。

第四节 压缩冷凝机组

将一台或几台制冷压缩机、冷凝器、油分离器及其他必要的辅助设备安装在一个公共底座(或机架)上,这样的设备称为压缩冷凝机组。图 8.4-1 为压缩冷凝机组的示意图。用户根据需要使用,配置相应的节流装置、蒸发器及其他附件,即可组成完整的制冷系统。压缩冷凝机组按使用制冷剂的不同,分为氨机组和氟利昂机组;按冷却方式不同,分为风冷式机组和水冷式机组;按配置制冷压缩机的结构类型,分为开启式、半封闭式和全封闭式机组,又分为活塞式机组、螺杆式机组等。

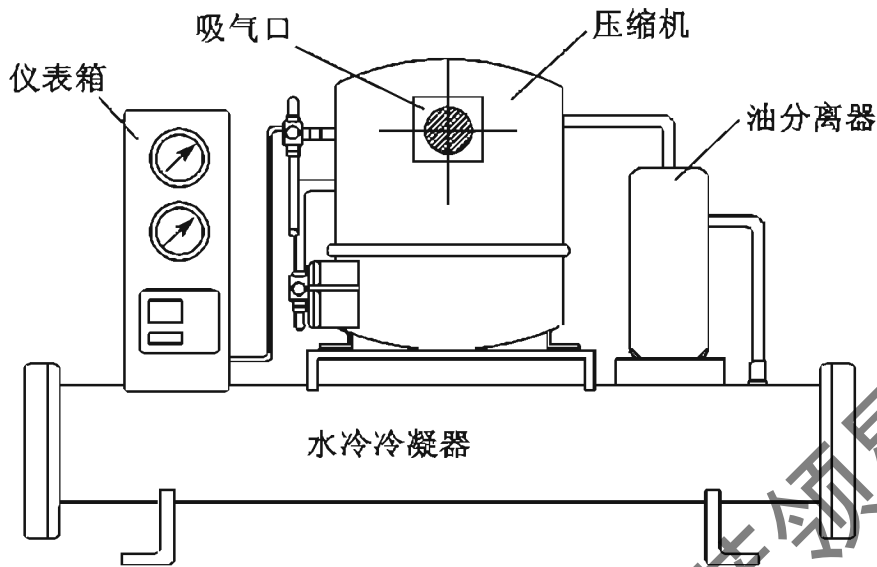


图 8.4-1 压缩冷凝机组组成示意图

一、活塞式压缩冷凝机组

1. 机组特点

活塞式压缩冷凝机组具有结构紧凑、维修简便、选型方便等特点,被广泛用于冷藏库、冷藏箱、陈列冷藏柜、低温箱和空调等制冷系统中。大、中型冷藏库、工业用冷水系统一般选配氨压缩冷凝机组,而中、小型冷藏装置、空调系统则多数选用氟利昂机组。在缺水或水源不充裕的地方,可选用风冷式机组。风冷式机组通常由封闭式压缩机、风冷冷凝器、风机、储液器、连接管、阀门等组成,风机的转向使空气首先流过冷凝器,再流经压缩机。当水源充足或条件具备时,采用水冷式机组(见图 8.4-1)可降低制冷系统的冷凝温度,提高制冷系数。水冷式机组通常由压缩机、油分离器、水冷冷凝器、仪表箱、连接管、阀门等组成,开启式压缩机还配有电动机。水冷式冷凝器常采用卧式壳管式,除冷凝功能外,通常还兼储液功能。有些机组需单独设置储液器。氨压缩机的汽缸和缸盖接有冷却水路以降低排气温度,确保压缩机工作正常。

2. 活塞式压缩冷凝机组的名义工况

表 8.4-1 活塞式压缩冷凝机组的名义工况

°C

类别		名义工况				蒸发温度范围
		蒸发温度	冷凝温度	吸气温度	液体温度	
风冷型	高温工况	7	50	18	50	-5~10
	中温工况	-15	50	5	50	-20~-5
	低温工况	-25	50	-5	50	-40~-20
水冷型	高温工况	7	40	18	40	-5~10
	中温工况	-15	40	5	40	-20~-5
	低温工况	-25	40	-5	40	-40~-20

二、螺杆式压缩冷凝机组

1. 机组特点

螺杆式压缩冷凝机组与活塞式压缩冷凝机组相比具有以下优点：

(1) 机组体积小、重量轻、故障少，维护周期长。

(2) 制冷量可以在 10%~100% 之间进行无级调节，与运行负荷有机配合，降低了运行费用。

(3) 带经济器的机组在中、低温工况下，制冷能力增大，能耗下降，效率提高。

螺杆式压缩冷凝机组可广泛用于各种低温试验、低温冻结、工业冷冻及建筑物空气调节系统。

2. 螺杆式压缩冷凝机组的名义工况

螺杆式压缩冷凝机组的名义工况见表 8.4-2。

表 8.4-2 螺杆制冷压缩冷凝机组名义工况 (JB 5145.2—91) °C

名义 工况	蒸发 温度	吸气温度		冷凝器冷却方式			环境温度
		R22	R717	风 冷		水 冷	
				空气进入干球温度	进水温度	出水温度	
高温	7	18	15	32	30	35	32
中温	-7	18	1				
低温	-23	5	-15				

第五节 冷水机组

冷水机组是一种提供低温冷水的整体式制冷设备,它主要用作中央空调系统的冷源,也可用于向工业生产过程中提供所需的低温冷水。

一、冷水机组的种类

(一) 冷水机组的分类

表 8.5-1 冷水机组的种类

分类方式	种 类	分类方式	种 类		
按制冷系统分	蒸气压缩式	按驱动热源分 (吸收式)	热水型		
	吸收式		蒸汽型		
按压缩机形式分	活塞式		直燃型	燃油型	柴油
	螺杆式				重油
	离心式			燃气型	煤气
	涡旋式				天然气

(续表)

分类方式	种 类	分类方式	种 类
按压缩机的密封方式分	开启式	按冷水出水温度分	空调型(5~15℃)
	半封闭式		低温型(-5~-30℃)
	全封闭式	按制冷剂分	R22
按冷凝器的冷却方式分	水冷式		R134a
	风冷式		R123
按功能分	单冷式	按载冷剂分	水
	热泵式		盐水
	热回收式		乙二醇
	单冷、冰蓄冷双功能		

(二) 冷水机组的组成和特点

1. 活塞式冷水机组

活塞式冷水机组由活塞式压缩机、蒸发器、冷凝器、节流装置、辅助设备和电控柜等组装在一个机座上而成,用户只需在现场连接电气线路、外接冷冻水管和冷却水管即可投入运行。由于活塞式制冷压缩机的容量不大,一台活塞式冷水机组一般采用多台压缩机(多机头),使制冷量调节方便灵活,尤其是在低负荷状态下,机组仍能保持较高的效率。

2. 螺杆式冷水机组

螺杆式冷水机组采用螺杆式压缩机,与活塞式压缩机相比,具有结构简单、运转部件少、可靠性高、对湿冲程不敏感、重量轻等特点。螺杆式压缩机一般采用滑阀或柱塞能量调节装置,制冷量调节方便、调节范围宽,可在无负荷条件下启动,容积效率较高。

3. 离心式冷水机组

离心式冷水机组由离心式压缩机、蒸发器、冷凝器、润滑系统、电气控制系统组成。空调用离心式冷水机组的压缩机有单级的

(制冷剂为 R134a、R22),也有多级的(制冷剂为 R123)。离心式冷水机组的冷凝器一般为壳管式换热器,蒸发器一般是满液式壳管式的,分液槽使制冷剂在整个筒体长度上均匀分布。离心式冷水机组的制冷效率高,但在低负荷时制冷效率较低,且易发生“喘振”。

4. 涡旋式冷水机组

一台涡旋式冷水机组一般采用多台涡旋式压缩机,机组具有体积小、效率高、运行平稳、噪声低、多机头等特点。

5. 模块式冷水机组

模块化冷水机组是由一个或多个结构、性能完全相同的单元模块组合而成。每个单元模块内有一个或两个完全独立的制冷系统,一台压缩机配一套蒸发器和冷凝器。一个单元模块的制冷量有 30 kW、65 kW、79 kW、96 kW、130 kW、158 kW、276 kW 等多种规格,多个模块合用一个控制器。模块之间靠冷冻水和冷却水供回水管总管端部的沟槽以 V 形管接头连接起来,组成一个系统。模块化冷水机组具有结构紧凑、节省空间、安装简单、设计选用方便、组合灵活、扩大机组容量简单易行等特点,且在任何负荷下均以最高效率运行,节省电能。

各种冷水机组的主要优、缺点见表 8.5-2。

表 8.5-2 各种冷水机组的特点

类型	优点	缺点
活塞式冷水机组	(1) 用材简单,可用一般金属材料,加工容易,造价低 (2) 系统装置简单,润滑容易,不需要排气装置 (3) 采用多机头,高速多缸,性能可得到改善	(1) 零部件多,易损件多,维修复杂、频繁,维护费用高 (2) 压缩比低,单机制冷量小 (3) 单机头部分负荷下调节性能差,卸缸调节,不能无级调节 (4) 属上下往复运动,振动较大 (5) 单位制冷量重量指标较大

(续表)

类型	优点	缺点
螺杆式冷水机组	<p>(1) 结构简单,运动部件少,易损件少,约是活塞式的 1/10,故障率低,寿命长</p> <p>(2) 圆周运动平衡,低负荷运转时无“喘振”现象,噪声低,振动小</p> <p>(3) 压缩比可高达 20,机组能效比较高</p> <p>(4) 调节方便,可在 10%~100% 范围内无级调节,部分负荷时效率高,节电显著</p> <p>(5) 体积小,重量轻,可做成立式全封闭大容量机组</p> <p>(6) 对湿冲程不敏感</p> <p>(7) 属正压运行,不存在外气侵入腐蚀问题</p>	<p>(1) 价格比活塞式高</p> <p>(2) 单机容量比离心式小,转速比离心式低</p> <p>(3) 润滑油系统较复杂,耗油量大</p> <p>(4) 大容量机组噪声比离心式高</p> <p>(5) 要求加工精度和装配精度高</p>
离心式冷水机组	<p>(1) 叶轮转速高,输气量大,单机容量大</p> <p>(2) 易损件少,工作可靠,结构紧凑,运转平稳,振动小,噪声低</p> <p>(3) 单位制冷量重量指标小</p> <p>(4) 制冷剂中不混有润滑油,蒸发器和冷凝器的传热性能好</p> <p>(5) 机组能效比较高,理论值可达 6.99</p> <p>(6) 调节方便,在 10%~100% 范围内无级调节</p>	<p>(1) 单级压缩机在低负荷时会出现“喘振”现象,满负荷运转平稳</p> <p>(2) 对材料强度、加工精度和制造质量要求严格</p> <p>(3) 当运行工况偏离设计工况时效率下降较快,制冷量随蒸发温度降低面减少的幅度比活塞式快</p> <p>(4) 离心负压系统,外气易侵入,有产生化学变化、腐蚀管路的危险</p>
模块式冷水机组	<p>(1) 系活塞式和螺杆式的改良型,它是由多个冷水单元组合而成</p> <p>(2) 机组体积小,重量轻、高度低、占地小</p> <p>(3) 安装简便,无需预留安装孔洞,现场组合方便,特别适合于改造工程</p>	<p>(1) 价格较贵</p> <p>(2) 模块片数一般不宜超过 8 片</p>

(续表)

类型	优点	缺点
溴化锂吸收式冷水机组	(1) 运动部件少,故障率低,运行平稳,振动小,噪声低 (2) 加工简单,操作方便,可实现10%~100%无级调节 (3) 溴化锂溶液无毒,对臭氧层无破坏作用 (4) 可利用余热,废热能其他低品位热能 (5) 运行费用少,安全性好 (6) 以热能为动力,电能耗用小	(1) 使用寿命比压缩式制冷机短 (2) 节电不节能,耗汽量大,热效率低 (3) 机组长期在真空下运行,外气容易侵入,若空气侵入,造成冷量衰减,故要求严格密封,给制造和使用带来不便 (4) 机组排热负荷比压缩式大,对冷却水水质要求较高 (5) 溴化锂溶液对碳钢具有强烈的腐蚀性,影响机组寿命和性能

二、冷水机组的名义工况

GB/T 18430.1—2001 规定冷水机组名义工况的温度条件按 JB/T 7666 的规定,见表 8.5-3。JB/T 7666 规定的冷水机组名义工况的温度条件。

表 8.5-3 冷水机组名义工况的温度条件 $^{\circ}\text{C}$

项目	使用侧		热源侧(或放热侧)					
	冷、热水		水冷式		风冷式		蒸发冷却式	
	进口水温	出口水温	进口水温	出口水温	干球温度	湿球温度	干球温度	湿球温度
制冷	12	7	30	35	35	—	—	24
热泵制热	40	45	15	7	7	6	—	

GB/T 18430.1—2001 中规定冷水机组名义工况时制冷性能系数不应低于表 8.5-4 中的数值。

表 8.5-4 冷水机组名义工况的制冷性能系数

压缩机类型	往复活塞式		涡旋式		
	>50~116	>116	>50~116	>116	
机组制冷量/kW	>50~116	>116	>50~116	>116	
水冷式	3.5	3.6	3.55	3.65	
风冷和蒸发冷却式	2.48	2.57	2.48	2.57	
压缩机类型	螺杆式			离心式	
	≤116	116~230	>230	≤1163	>1163
机组制冷量/kW	≤116	116~230	>230	≤1163	>1163
水冷式	3.65	3.75	3.85	4.5	4.7
风冷和蒸发冷却式	2.46	2.55	2.64	—	—

三、冷水机组安装与调试

(一) 冷水机组的安装

1. 机组安装前的准备工作

机组安装前应进行以下工作：

(1) 检查机组型号。检查机组型号是否与订购合同所注型号相符。

(2) 检查机组运输质量。检查机组在运输过程中有无受到外力的碰撞、有无遭受过雨淋或受潮等。

(3) 按装箱单检查设备及附件。查看机组及附件是否完整、是否有损坏或生锈等。

(4) 检查技术资料是否齐全。必要的技术资料有：工作合同和规范、产品使用说明书或技术手册、机组正式图样、起吊要求、机组的现场接线图等。

(5) 做好安装前设备的存放和保护。设备开箱后必须注意保管，放置平整。不及时安装的机组应加上遮盖物，法兰及各种接口必须封盖、包扎以防雨水沙尘侵入。

(6) 做好以上各项工作的记录。

2. 机组的安装基础

冷水机组一般都要求安装在水平基础上,基础的位置应符合机房平面设计图样的要求,基础上设置的预埋地脚螺栓孔应与供应商提供的机组安装图上的尺寸一致,基础的承载能力应符合要求,一般情况下均要求对基础进行隔振处理。

3. 机组就位

按有关标准和规范进行机组的就位和安装。机组就位应使用可靠有效的起吊设备和上位工具,操作中应做到轻起轻放。

(二) 冷水机组的调试

1. 调试前的准备

(1) 组织好机组调试人员。调试中需要设计、安装、用户三方面的密切配合,应组成调试小组,全面指挥调试工作的进行。

(2) 调试人员应明确自己的分工和职责。调试人员应具备一定的专业技术和安全技术知识。调试前应认真阅读产品使用说明书和技术手册,熟悉产品的构造和性能,明确调试的方法、步骤和应达到的要求,据此制订出详细的调试计划,并使各岗位的调试人员明确自己的任务和要求。

(3) 检查机组的安装质量。机组的安装是否符合技术要求,地基是否符合要求,连接管路的尺寸、规格、材质是否符合设计要求。

(4) 机组的相关设施安装完毕并通过调试。供电系统、冷冻水系统、冷却水系统等必须全部安装完毕并通过调试。

(5) 准备好各种工具、仪器仪表及设备。准备好调试所需的各种通用工具、专用工具、专用设备、测量仪器仪表及必须的安全保护用具和设备等。

2. 机组调试

(1) 检查机组的气密性是否完好。冷水机组在出厂前一般均

充注了保持性气体(氮气)或少量的制冷剂,也有些产品在出厂前已充注了足量的制冷剂。因此调试应首先查看机组的压力表的读数是否正确,若明显偏低,则说明机组发生了泄漏,应进行检漏补漏。

(2) 充注制冷剂。按操作规程向系统充注制冷剂,制冷剂的充注量及牌号必须符合产品说明书或技术手册中的规定。

(3) 电控系统的测试。现代大多数冷水机组的电气控制系统比较先进,可对主要电控系统作模拟动作检测(即主机不通电,控制系统通电)。

(4) 进行制冷系统的试运行。在完成了以上步骤后,可接通主机电源,进行调试。在调试运行中应特别注意以下几点:

① 首先检查制冷系统中的各处阀门是否处在正确的开启状态,尤其是排气截止阀切勿关闭。

② 打开冷凝器的冷却水阀门和蒸发器的冷冻水阀门,启动冷却水泵和冷冻水泵,冷却水和冷冻水的流量应符合要求。

③ 在启动前,检查电源电压、油温、油位是否符合要求,能量调节是否处于0位。

④ 调试时应行进行手动操作,经手动调试后再进行自动试运行。

⑤ 在调试中需启动末端换热设备以测试冷水机组的性能。在调试中观察冷冻水温度的变化,当冷冻水温度达到 20°C 以下即可启动末端设备。

⑥ 应对机组运行中的各项参数进行记录。在机组调试中,如出现异常情况,应立即停机检查。

目前国内的冷水机组种类、型号繁多,其操作步骤和要求也不尽相同,所以在调试前要仔细阅读使用说明书,并按其规定进行操作。

四、冷水机组的常见故障与排除方法

(一) 活塞式冷水机组常见故障与排除方法

表 8.5-5 活塞式冷水机组常见故障与排除方法

故障现象	故障原因	排除方法
压缩机故障	参考表 4.1-7	参考表 4.1-7
载冷剂出口温度降不下来	(1) 压缩机效率下降 (2) 负荷过大 (3) 机组温度控制系统故障 (4) 蒸发器传热管有污垢或部分管路堵塞 (5) 制冷剂过多或过少 (6) 系统中有空气 (7) 冷凝温度过高	(1) 参考表 4.1-7 (2) 检查负荷过大原因。如超过设计负荷,需追加容量 (3) 检查电气控制系统 (4) 检修、清洗传热管 (5) 进行调整 (6) 放空气 (7) 加大通风量或水量,消除风冷冷凝器表面尘灰或水冷冷凝器内的水垢
载冷剂出口温度过低	(1) 温控器故障或温度设定值过低 (2) 负荷过小,机组能调控制不能随负荷变化进行调节	(1) 检查温控器及温度设定值 (2) 检查电气控制系统和压缩机的能调机构
压缩机运转时间长或不停机	(1) 负荷量过大 (2) 温度调节过低 (3) 制冷剂过多或过少 (4) 控制零件触点不分离、失灵或故障	(1) 检查负荷过大原因。如超过设计负荷,需追加容量 (2) 检查调整温度设定 (3) 进行调整 (4) 检修控制零件或进行更换
压缩机超载,继电器保护脱开	(1) 电压过高或过低 (2) 排气压力高	(1) 检查电压与机组额定值是否一致(误差在 $\pm 10\%$ 以内)。更正相位不平衡(一定要在额定值的 $\pm 3\%$ 以内) (2) 检查排气压力和确定高排气压力原因

(续表)

故障现象	故障原因	排除方法
	(3) 回水温过高 (4) 过载元件故障 (5) 电机或接线短路 (6) 压缩机卡死 (7) 电源三相电电压不平衡	(3) 检查高回水温度原因 (4) 检查压缩机电流 (5) 检查电机接线座与地线之间电阻 (6) 检查修理压缩机 (7) 检查供电相电压,未调整好不可开启压缩机
压缩机因高压过高而停机	(1) 冷却水不足 (2) 冷凝器阻塞,入水口闸阀关闭 (3) 高压保护设定值不正确 (4) 制冷剂灌注过量	(1) 检查水闸阀 (2) 检查冷凝器钢管和水闸阀 (3) 检查高低压开关及保护设定值 (4) 检查制冷剂充灌量
压缩机因电机内温感器断开而停止	(1) 电压过高或过低 (2) 排气压力高 (3) 冷冻水回水温度高 (4) 电机绕组温感器元件故障 (5) 系统内制冷剂不足	(1) 检查电压与机组额定值是否一致(误差在 $\pm 10\%$ 以内)。更正相位不平衡(一定要在额定值的 $\pm 3\%$ 以内) (2) 检查排气压力和确定高排气压力原因 (3) 检查冷冻水回水温度高的原因 (4) 检查压缩机温感器接线座上的元件触点,检查应在已冷却的状况下进行(在压缩机已停止10 min以上) (5) 检查制冷剂泄漏
压缩机低压保护开关断开而停机	(1) 制冷剂液体管过滤器堵塞 (2) 膨胀阀故障 (3) 制冷剂灌注不足 (4) 冷凝器液体出口阀未关闭	(1) 检查和修理过滤网或更换过滤器 (2) 检查膨胀阀 (3) 加注制冷剂 (4) 打开阀门

(二) 螺杆式冷水机组常见故障与排除方法

表 8.5-6 螺杆式冷水机组常见故障与排除方法

故障现象	故障原因	排除方法
压缩机故障	参考表 4.2-4	参考表 4.2-4
载冷剂出口温度降不下来	(1) 压缩机效率下降 (2) 负荷过大 (3) 机组温度控制系统故障 (4) 蒸发器传热管有污垢或部分管路堵塞 (5) 制冷剂过多或过少 (6) 系统中有空气 (7) 冷凝温度过高	(1) 参考表 4.2-4 (2) 检查负荷过大原因。如超过设计负荷,需追加容量 (3) 检查电气控制系统 (4) 检修、清洗传热管 (5) 进行调整 (6) 放空气 (7) 加大通风量或水量,消除风冷冷凝器表面尘灰或水冷冷凝器内的水垢
载冷剂出口温度过低	(1) 温控器故障或温度设定值过低 (2) 负荷过小,机组能调控制不能随负荷变化进行调节	(1) 检查温控器及温度设定值 (2) 检查电气控制系统和压缩机的能调机构
排气压力过高	(1) 系统内有空气或不凝性气体 (2) 冷却水入水温度过高或通过冷凝器水流不足 (3) 冷凝器铜管内覆盖鳞状物、石灰、腐蚀等 (4) 水泵故障 (5) 制冷剂充注过量,冷凝器铜管浸没于制冷剂液体中 (6) 冷凝器上的气体入口阀未完全打开 (7) 吸入压力高于正常值	(1) 由冷凝器排出 (2) 调节水阀或控制闸阀;检查水塔工作情况;检查管路内的过滤器 (3) 清洗铜管 (4) 检查冷却水泵 (5) 排出过量制冷剂 (6) 打开阀门 (7) 参考“吸气压力过高”

(续表)

故障现象	故障原因	排除方法
排气压力过低	(1) 流过冷凝器的水太多,或水温太低 (2) 液体制冷剂从蒸发器流入压缩机引起油泡 (3) 冷凝器液体出口阀泄漏 (4) 吸气压力低于正常值 (5) 制冷剂不足,气体制冷剂进入液体管路	(1) 调节水阀或控制闸阀;检查冷却塔运行情况 (2) 检查和调整膨胀阀,确定感温包是否坚固于吸气管上并已隔热;冷却水入口温度高于限定温度 (3) 检查机组运行电流;如有需要,更换出口阀 (4) 见本表“吸气压力过低”项 (5) 补充制冷剂
吸气压力过高	(1) 排气压力过高 (2) 制冷剂充注过量 (3) 液体制冷剂从蒸发器流入压缩机 (4) 冷水管隔热不良	(1) 见本表“排气压力过高”项 (2) 排出过量制冷剂 (3) 检查和调整膨胀阀,确定感温包是否坚固于吸气管上并已隔热;冷却水入口温度高于限定温度 (4) 检查管路隔热
吸气压力过低	(1) 未完全打开冷凝器制冷剂液体出口阀 (2) 液体管或吸气管堵塞 (3) 膨胀阀调整不当或故障 (4) 系统制冷剂不足 (5) 在系统内有过量润滑油参与循环 (6) 冷水入口低于标准温度 (7) 通过蒸发器的冲水量不足 (8) 排气压力过低	(1) 打开阀门 (2) 检查制冷剂,过滤器 (3) 正确调整过热度,检查感温包泄漏否 (4) 检查制冷剂泄漏 (5) 检查润滑油量 (6) 调整温度设定值 (7) 检查冷水管路压力损失 (8) 调节水闸阀
压缩机因电机过载而停机	(1) 电压过高或过低 (2) 排气压力过高 (3) 回水温度过高 (4) 过载元件故障 (5) 电动机或接线短路	(1) 检查电压与机组额定值是否一致,必要时更正相位不平衡 (2) 检查排气压力和确定排气压力过高原因,进行排除 (3) 检查回水温度过高原因,进行排除 (4) 检查压缩机电流,对比产品说明书上的全载电流数值 (5) 检查电动机接线座与地线之间阻抗

(续表)

故障现象	故障原因	排除方法
压缩机因高压断开而停止	(1) 冷却水不足 (2) 冷凝器堵塞;入水口闸阀关闭 (3) 高压保护设定值不正确 (4) 制冷剂充注过量	(1) 检查水闸阀 (2) 检查冷凝器铜管和水闸阀 (3) 设检查设定值 (4) 检查制冷剂充注量
压缩机因低压保护开关断开而停机	(1) 制冷剂液体管过滤器堵塞 (2) 膨胀阀故障 (3) 制冷剂充注不足 (4) 冷凝器液体出口阀未完全打开	(1) 检查和修理过滤网或更换过滤器 (2) 检查膨胀阀 (3) 加制冷剂 (4) 打开阀门
压缩机因电机内温感器断开而停机	(1) 冷冻水回水温度过高 (2) 排气压力过高 (3) 电压过高或过低 (4) 电动机绕组感温器元件故障 (5) 系统制冷剂不足	(1) 检查原因,进行排除 (2) 检查排气压力和确定排气压力过高原因,进行排除 (3) 检查电压与机组额定值是否一致 (4) 检查压缩机感温器接线座上的元件触点,检查应在已冷却的状况下进行(压缩机已经停止运行10 min 以上) (5) 检查制冷剂泄漏

(三) 离心式冷水机组常见故障与排除方法

表 8.5-7 离心式冷水机组常见故障与排除方法

故障现象	故障原因	排除方法
压缩机喘振、轴承、转子振动等故障	参考表 4.3-1	参考表 4.3-1
压缩机不能启动	(1) 无电源 (2) 导叶不能全关	(1) 检查电源和控制线路熔断器,使之供电 (2) 将导叶自动—手动切换开关切换到自动位置

(续表)

故障现象	故障原因	排除方法
	<p>(3) 过载继电器动作</p> <p>(4) 油泵启动不了</p> <p>① 定时器频繁启动</p> <p>② 开关不能合闸</p> <p>(5) 油压上不去</p> <p>① 油柜内油位太低</p> <p>② 油泵倒转</p> <p>③ 过滤器堵塞</p> <p>④ 油起泡沫</p>	<p>(3) 按下继电器的复位按钮,或检查继电器的设定电流。检查导叶控制装置的限流继电器,其设定值应低于过载继电器</p> <p>(4)</p> <p>① 等待过了所定的时间后再启动</p> <p>② 按下过载继电器的复位按钮,检查熔断器是否断线</p> <p>(5)</p> <p>① 将油补到规定油位</p> <p>② 重新接线(三相时更改任意二相的接线次序)</p> <p>③ 清洗过滤器或更换</p> <p>④ 冷水温度降低而只给蒸发器供水时,机器内部压力下降,油柜内的油起泡沫,要在消泡后启动。将油加热器恒温控制器的设定温度升高,分离掉油中的制冷剂</p>
冷凝压力异常升高	<p>(1) 冷却水出口温度和冷凝温度的温差增大</p> <p>① 空气漏入机内</p> <p>② 冷凝器管子结垢</p> <p>③ 冷却水中混有空气</p> <p>④ 冷凝器中冷却水发生短路(垫片破损或位置偏移、隔板破损)</p> <p>(2) 冷却水入口温度或出口温度高</p> <p>① 冷却塔不好</p> <p>② 冷却塔水量不足</p>	<p>(1)</p> <p>① 开动抽气装置,将气排掉;检查自动抽气装置阀的切换是否可靠,检查差压开关动作是否正确</p> <p>② 将管子去垢</p> <p>③ 改进泵吸入口的填料等;将泵的吸入管插到水下</p> <p>④ 重新拆装冷凝器水室回水端盖,更换垫片,以克服冷却水短路而不流入管内的现象</p> <p>(2)</p> <p>① 检查风机的旋转;检查补给水是否足够;检查淋水喷嘴是否堵塞,旋转喷嘴的旋转情况</p> <p>② 检查泵的排量是否正常;检查冷却水管路的阀是否全开;检查冷却水系统的滤器是否堵塞</p>

(续表)

故障现象	故障原因	排除方法
压力表的指示值低于冷却水温度的相应值	压力表接管内有制冷剂凝结	不能有管子过长和中途冷却的现象,修正接管的弯圈,防止凝结
冷凝压力降低	冷却水温降低;水量过大	减小冷却水量,将冷却水出口温度升到规定值以上;水量要恰当
载冷剂出口温度降不下来	(1) 制冷负荷过大 (2) 冷凝压力升高 (3) 制冷剂过多或过少 (4) 电气控制系统或能量调节机构故障 ① 温度调节器的设定值太高 ② 测温电阻管结露导致导叶开不了 ③ 导叶不能自动调节 ④ 导叶不能手动操纵 ⑤ 控制导叶开度的温度计信号变而电流量不变 (5) 叶轮磨损或被腐蚀	(1) 增加运转台数,减少每一台承担的负荷;空调区的外部大气漏入量过大,应加以调节 (2) 见本表“冷凝压力异常升高”项 (3) 过多时抽出部分制冷剂,过少时应先检查抽气装置和系统的气密性,排出故障后再补充制冷剂 (4) ① 修正调节器的设定量 ② 干燥后将电阻线密封 ③ 检查导叶自动—手动切换开关是否位于自动位置 ④ 将切换开关置于手动位置,使导叶开关而与负荷平衡,此时检查温度调节器的故障 ⑤ 可考虑为手动操纵器、导叶电动机或驱动机构有故障,予以改善;导叶的内部驱动机构破损,予以修理 (5) 更换叶轮
载冷剂出口温度过低	(1) 温度调节器的设定值低 (2) 导叶开得过大 (3) 制冷负荷太小 (4) 自动启停用恒温控制器工作不好	(1) 重新调整设定值 (2) 检查导叶自动—手动切换开关是否位于自动位置(导叶不动时参照“载冷剂不能冷却到规定温度”项)校正温度调节器 (3) 减少运转台数或停止运转 (4) 检查设定温度

(续表)

故障现象	故障原因	排除方法
油压降低	(1) 油过滤器堵塞 (2) 油压调节阀不好 (3) 油起泡沫	(1) 清洗过滤器或加以更换 (2) 将阀磨合或更换 (3) 减少油冷却器的冷水或制冷剂量,使油温上升,将油中的制冷剂蒸发掉
油压表激烈摆动	(1) 油压表接管中混入制冷剂气体或空气 (2) 油压调节阀不好 (3) 油位降低,油泵气蚀 (4) 油起泡沫	(1) 松开油压表的外套螺母,放出接管中的空气或气体 (2) 更换调节阀 (3) 补油 (4) 减少油冷却器的冷水或制冷剂量,使油温上升,将油中的制冷剂蒸发掉
油温过低	(1) 油冷却器过冷 (2) 油加热器恒温控制器设定温度不对 (3) 油加热器断线	(1) 调节到保持适当温度 (2) 再检查设定温度 (3) 更换油加热器
油温过高	(1) 油加热器恒温控制器设定温度不对 (2) 油冷却器冷却介质供给量不当 (3) 油冷却器污染 (4) 运转中油加热器工作不好	(1) 调整设定温度 (2) 调节冷却水或制冷剂,增加冷却器的能力主,在采用制冷剂冷却方式时调整阀的节流量,充分蒸发,加以冷却 (3) 清洗或更换 (4) 检查电气接线,排除原因
噪声	(1) 喘振 (2) 油起泡 (3) 齿轮增速装置不好 (4) 连接不好 (5) 载冷剂、冷却水接管传声 (6) 电动机的“拍拍”声 (7) 电刷的“轧轧”声	(1) 参考表 4.3-1 (2) 参照“轴承与润滑系统”不好 (3) 调整齿轮或更换 (4) 调整连接 (5) 接管中间加装挠性接头;接管重量不要加到制冷机上,或者接管的悬架上装弹簧 (6) 调整定子与转子的间隙 (7) 检查或更换电刷

(续表)

故障现象	故障原因	排除方法
抽气回收装置中的压缩机油减少	(1) 活塞的刮油环不好 (2) 油分离器不好	(1) 更换刮油环 (2) 检查浮球阀的工作和加热器是否断线
抽气回收装置中的压缩机油位上升	制冷剂混入油中	排出阀不好(制冷剂从排出侧逆流),更换;调整吸入压力调节阀,使之与室温相适应;停下抽气压缩机时,关闭吸入和排出管路的阀
抽气回收装置中的压缩机作用不完全	(1) 阀不好 (2) 空气排出阀不好 (3) 传动带打滑 (4) 液态压缩	(1) 清理压缩机阀座或更换阀 (2) 调整设定值或更换 (3) 张紧传动带 (4) 调整吸入压力调节阀,使之与室温配合
抽气回收装置不好造成制冷剂损失大	(1) 抽气柜浮球阀不好 (2) 空气放出阀设定不好 (3) 辅冷凝器冷却不好 (4) 截止阀工作不好 (5) 抽气压缩机金属密封不好 (6) 过量空气漏入制冷机	(1) 拆开清洗浮球阀,磨合阀座,检查浮球 (2) 根据室温 and 冷却水温,正确设定放出压力 (3) 检查冷却水量,清除冷却面的污垢 (4) 检查制冷剂回流阀是否开:自动运转方式时,检查阀是否在自动位置 (5) 括配密封片或予以更换 (6) 检查漏气部位,加以修补
机器内腐蚀	(1) 气密性不好,湿气渗入、漏水、漏载冷剂 (2) 压缩机排气温度在 100℃ 以上	(1) 修补漏气部位,修补漏水部位,使机内干燥 (2) 为了避免制冷剂分解,在压缩机中间级喷射制冷剂液,降低排气温度
油柜系统腐蚀	油加热器油位不当	经常保持油柜中的正常油位
管内或管板腐蚀	水质不好	进行水处理,改善水质,载冷剂中加缓蚀剂,装滤器,控制 pH 值等

第六节 变制冷剂流量多联分体式空调机组

一、变制冷剂流量多联分体式空调机组的组成及特点

严格地说,变制冷剂流量(VRV)多联分体式空调机组是变制冷剂流量(VRV)多联分体式空调系统,它是由室外机组、室内机组、制冷剂管路系统及控制系统组成,是一种制冷剂式空调系统(以下简称多联机组)。室外机组由制冷压缩机、电子膨胀阀、室外侧换热器及其他制冷附件组成。室内机组由风机和室内侧换热器等组成。制冷剂管路系统是由一系列连接室外机组和室内机组的管路构成的管网系统,一台室外机组可连接几台至几十台的室内机组。连接的方式有室外直接分支和室外总管、室内分支两种类型,最大实际配管长度可达 150 m,室内外机组的落差最大可达 50 m。多联机组的控制系统采用电脑智能控制,可进行单独、分区独立或集中控制。

多联机组使用变容量压缩机,目前主要为变频转子式压缩机、变频涡旋式压缩机和数码涡旋式压缩机。有的室外机组采用多台压缩机,一台为变容量压缩机,其余的为普通定容量压缩机。

目前多联机组使用的制冷剂有 R410A、R407C 和 R22 等。

多联机组具有以下特点:

(1) 各室内机组可自由开停、单独调节,以满足不同房间不同负荷的需求。控制系统可根据每台室内机组的运行情况,控制压缩机的制冷剂循环量和进入各室内机组的制冷剂流量,室外机组自动适应并输出相应的能力,将能耗降至最低限度。

(2) 一台室外机组可向几台至几十台室内机组供液,将多台室外机组并联使用,可控制数百台的室内机组。配管长度范围及室内外机组允许的落差范围较宽,使设计布置更加灵活方便,适用范围更加广泛。

(3) 机组工作温度范围宽广,一般制冷运行的环境温度为一5~43℃,制热运行时的环境温度为-20~20℃。

(4) 占用空间少,无需专用机房。

(5) 价格较高。

二、多联机组的安装与调试

1. 机组就位

首先参照产品说明书的要求和实际建筑结构情况,确定室内外机组的安装位置,然后再将室内外机组就位。室外机组安装于屋顶时,应留有足够的空间,以便于散热和维修,同时还须注意屋顶的强度,并采取防水措施;安装于露台时应保证进排风畅通;大型室外机组应安装于基础之上,固定底脚,并使用防震橡胶垫;小型室外机组使用三角支架安装于墙体侧面时,必须考虑墙体结构及承重能力。

2. 现场配管

根据室内外机组的安装位置,现场加工制冷剂配管。然后连接制冷剂管路系统,并进行吹污操作。

3. 系统保压试验

保压试验的目的是检验系统配管的强度和气密性。试验压力与机组采用的制冷剂有关,系统的试验压力见表 8.6-1。

表 8.6-1 多联机组的试验压力

制冷剂种类	R22	R407C	R410A
试验压力/MPa	2.5	3.0	4.5

4. 抽真空

使用真空泵对管路系统和室内机组抽真空,为充注制冷剂做好准备。

5. 检漏

由室外机组中向制冷剂管路系统放入少量的制冷剂,用肥皂水或电子检漏仪进行检漏。

6. 充注制冷剂

多联机组出厂时机组内已充填了标准长度配管的制冷剂,若实际配管长度超过标准长度必须追加充填相同牌号的制冷剂。追加量应严格按机组使用说明书或技术手册中的要求执行。

7. 安装冷凝水管路

参见第十一章第四节第三部分。

8. 进行试运转

试运转时应密切注意室内外机组的工作情况,测试控制系统的功能,并做好记录。出现异常应立即停机。

三、多联机组常见故障及排除

多联机组常见故障及排除方法见表 8.6-2。

表 8.6-2 多联机组常见故障与排除

故障现象	故障原因	检修方法
机组不运转	(1) 电源无电或电压过低 (2) 熔丝烧断 (3) 保护装置动作,没有复位或损坏 (4) 接触器故障 (5) 压缩机的电机烧毁 (6) 启动电容器损坏 (7) 电气控制系统的变压器损坏 (8) 主控板故障 (9) 温控器或传感器故障 (10) 工作环境温度超出使用范围 (11) 电磁干扰 (12) 通信错误 (13) 设备不匹配	(1) 检查电源和供电线路 (2) 更换 (3) 查明动作原因,若损坏应更换 (4) 检查接触器触头和线圈,若损坏应更换 (5) 更换 (6) 更换 (7) 更换 (8) 更换 (9) 修理或更换 (10) 改善室外机的散热状况 (11) 消除或屏蔽干扰源 (12) 检查通信接口和通信线路 (13) 调整设备构成

(续表)

故障现象	故障原因	检修方法
机组运转但不制冷或不制热	(1) 温控器或传感器故障 (2) 制冷剂不够 (3) 制冷剂过多 (4) 管路脏堵 (5) 换热器污垢严重 (6) 风量过小 (7) 系统内有不凝性气体 (8) 膨胀阀故障 (9) 制冷系统内含水量过高 (10) 四通阀故障 (11) 负荷过大 (12) 压缩机效率低下 (13) 反馈元件故障 (14) 调试设定不当 (15) 气流短路 (16) 送风口位置不当	(1) 修理或更换 (2) 检漏维修,并补充制冷剂 (3) 调整制冷剂量 (4) 清除堵塞物,更换干燥过滤器 (5) 清洗换热器 (6) 检查风扇和通风状态 (7) 回收制冷剂,重新抽真空充注制冷剂 (8) 检查感温元件和阀体,更换故障部件 (9) 重新抽真空,充注制冷剂 (10) 更换 (11) 减小负荷或重新调整机组配置 (12) 更换 (13) 测试并调整反馈元件 (14) 重新调试和设定 (15) 调节风量控制装置 (16) 调整风口位置
机组运转噪声大	(1) 压缩机故障 (2) 机组安装不良 (3) 风机噪声 (4) 风速过大 (5) 制冷剂过多 (6) 四通阀故障 (7) 膨胀阀故障	(1) 检修或更换 (2) 调整或重新安装,注意拧紧固件 (3) 检查风机叶片及安装质量 (4) 调节风量控制装置 (5) 调整制冷剂量 (6) 更换 (7) 检查阀体,更换故障部件
机组运转后自动停止	(1) 电源电压降低 (2) 保护装置动作 (3) 接触器故障 (4) 电动机故障 (5) 温控器故障	(1) 查明原因 (2) 检查保护装置,查明产生动作的原因并消除 (3) 检查接触器触头和线圈,若损坏应更换 (4) 测电动机绕组和绝缘电阻 (5) 维修或更换

(续表)

故障现象	故障原因	检修方法
空调房间局部过热或过冷	(1) 送风口布置不当 (2) 气流短路 (3) 风速过大 (4) 调试设定不当 (5) 反馈元件故障	(1) 调整 (2) 改进气流循环方式 (3) 调节风量控制装置 (4) 重新调试和设定 (5) 测试并调整反馈元件
漏水	(1) 冷凝水管安装不正确 (2) 冷凝水管堵塞 (3) 集水盘漏水 (4) 室内机安装不水平	(1) 重新安装 (2) 清除堵塞物 (3) 维修或更换 (4) 调整
自控功能不完整	(1) 控制线路故障 (2) 变压器损坏 (3) 通信错误 (4) 主控板故障 (5) 反馈元件故障 (6) 设备不匹配 (7) 调试设定不当	(1) 检查线路 (2) 更换 (3) 检查通信接口和通信线路 (4) 检修或更换 (5) 测试并调整反馈元件 (6) 调整设备构成 (7) 重新调试和设定

第七节 非独立式空调机组

在空调系统尤其是大、中型中央空调中,常采用一些非独立式空调机组来处理空气,如组合式空调机组、新风机、风机盘管、诱导器、变风量末端装置等。非独立式空调机组不能单独工作,必须提供冷源和热源,它才能对空气进行处理。

一、组合式空调机组

(一) 组合式空调机组的组成

组合式空调机组由各种空气处理设备(如表面式换热器、喷水室或表面冷却器、过滤器等)、风机、消声装置、能量回收装置等制成箱式单元体(分段),按需要加以选择拼装而成,如图 8.7-1 所

示。组合式空调机组具有设计方便、选配灵活等特点,特别适合在大型集中式空调系统中使用。

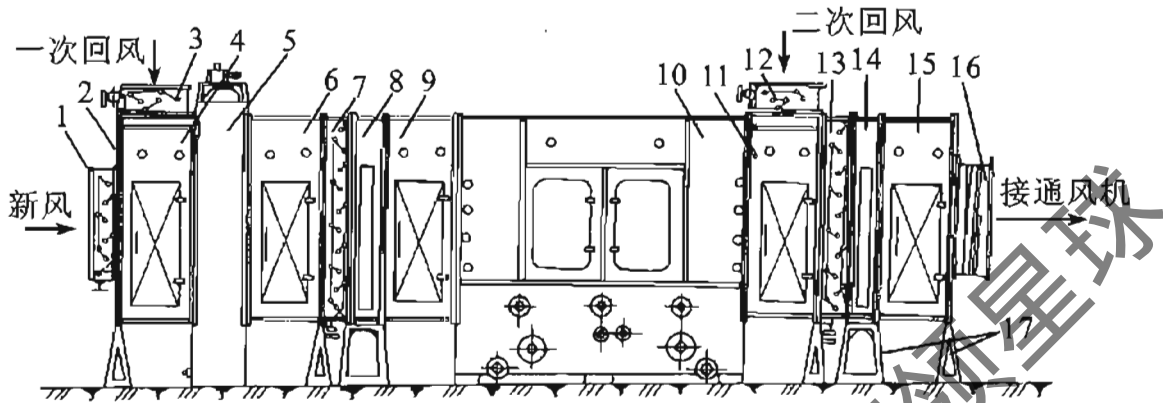


图 8.7-1 组合式空调机组(二次回风式)

- 1—新风阀 2—混合室法兰盘 3、12—回风阀 4、11—混合室
5—过滤器 6、9、15—中间室 7、13—混合阀 8—一次加热器
10—喷水室 14—二次加热器 16—风机接管 17—支架

(二) 组合式空调机组的安装

组合式空调机组的各个功能段一般在工厂中完成,在现场将各功能段进行组装。

1. 安装前的准备工作

(1) 做好设备开箱前的检查工作,认真核对厂家发货清单,将各系统的设备分开并运至各个空调机房。同型号、不同技术参数的设备不能混淆,以免造成安装错误。

(2) 做好设备开箱的检查工作,核查各功能段是否齐全,管道接口方向是否正确,冷却段或加热段的换热器排数及单位长度的单片数是否与设备资料相符。

(3) 核查风机段的风机与电机的技术参数,并检查风机的型式与系统的气流方向是否相符。

(4) 检查组合空调机组的箱体表面是否受损,特别是换热器的翅片有无大面积的碰歪、叠压现象。

(5) 表冷器或加热器应有合格证书。在技术文件规定期限

内,表面无损伤的安装前可不做水压试验,否则应做水压试验。试验压力等于系统最高工作压力的 1.5 倍,且不得低于 0.6 MPa,试验时间为 2~3 min,压力不得下降。

(6) 对空调机组的基础应进行检查。空调机组的基础应采用混凝土平台基础,对角线水平误差应不大于 5 mm,基础的长度及宽度应按照空调机组的外形尺寸向外各加 100 mm,基础的高度应考虑到凝结水排水管的水封与排水的坡度。空调机组可直接平放在垫有 5~10 mm 橡胶板的基础上,也可平放在垫有橡胶板的 10 号工字钢或槽钢上。

(7) 检查喷淋段的水池有无渗漏试验合格证,若无此项证明应用煤油做渗漏试验。并应注意箱体壁板的拼接和箱体壁板与水池的连接方式是否为顺水方向。

(8) 检查空调机组各零部件的完好性,对有损伤的部件应修复,对破损严重的要予以更换。对表冷器、加热器中碰歪的翅片应予校正,各风阀启闭灵活,阀叶平直。对箱体和各零部件的积尘应擦干净。

2. 组合式空调机组的安装

(1) 校核基础的坐标位置和基础的水平度,对各功能段的组装找平找正,连接处要严密、牢固可靠。

(2) 对有喷淋段的空调机组,应按照水泵的基础为准,先安装喷淋段,然后左右两边分组对其他各功能段进行安装。喷淋段不得渗水,喷淋段的检视门不得漏水,喷淋段内的挡水板与喷淋段壁板间的连接应严密,挡水板的片距应均匀。喷淋段内喷嘴安装的密度和排列形式应符合设计要求,同一排喷淋管上的喷嘴方向必须一致,分布均匀。保证溢流水管高度正确。

(3) 对有表冷器的空调机组,可由左向右或由右向左进行组装。表冷器段的凝结水的引流管应畅通,凝结水不得外溢,凝结水接头应安装水封,防止空调机组内空气外漏或室外空气进入空调

机组内。

(4) 对于风机段的壳体和风机是单独运输的情况时,应先安装风机段的空段体,然后再将风机和电动机装入段体内。如风机和电动机较大,风机的检视门无法进入,应先安装空段体的底板,待风机和电动机与底板连接后,再组装侧、顶段板。

(5) 各功能段之间的连接方法,应根据生产厂家提供的说明书或技术手册中的要求进行连接,安装必须严密。各功能段连接一般常采用螺栓内垫闭孔海绵橡胶板、U形卡兰内垫闭孔海绵橡胶板及插条连接等形式。

(6) 对于现场组装的组合式空调机组,进行漏风量检测。

二、诱导器

(一) 诱导器的结构与工作原理

诱导器由静压箱、喷嘴、盘管、回风口、送风口等组成。静压箱连接空调系统的送风管,其作用是使由送风管送入的一次风能够均匀地从各喷嘴喷出,并兼有消声功能。由于喷嘴喷出的气流速度很快,形成低压区,从而把室内的回风(二次风)吸入(诱导),使其与一次风混合,再经送风口送出。有些诱导器是不带盘管的,用于全空气系统。带盘管的诱导器(即空气—水诱导器)用于空气—水系统,盘管内通以冷冻水或热水对回风进行冷却或加热。图 8.7-2 为空气—水诱导器的几种形式。

(二) 诱导器的安装

1. 诱导器安装前的质量检查

(1) 检查诱导器及喷嘴的型号是否正确。

(2) 检查诱导器的外观,不能有变形和破裂等现象,各连接部分不能有松动。

(3) 检查喷嘴,不能脱落和堵塞。

(4) 检查静压箱封头的缝隙密封材料,不应有裂痕和脱落。

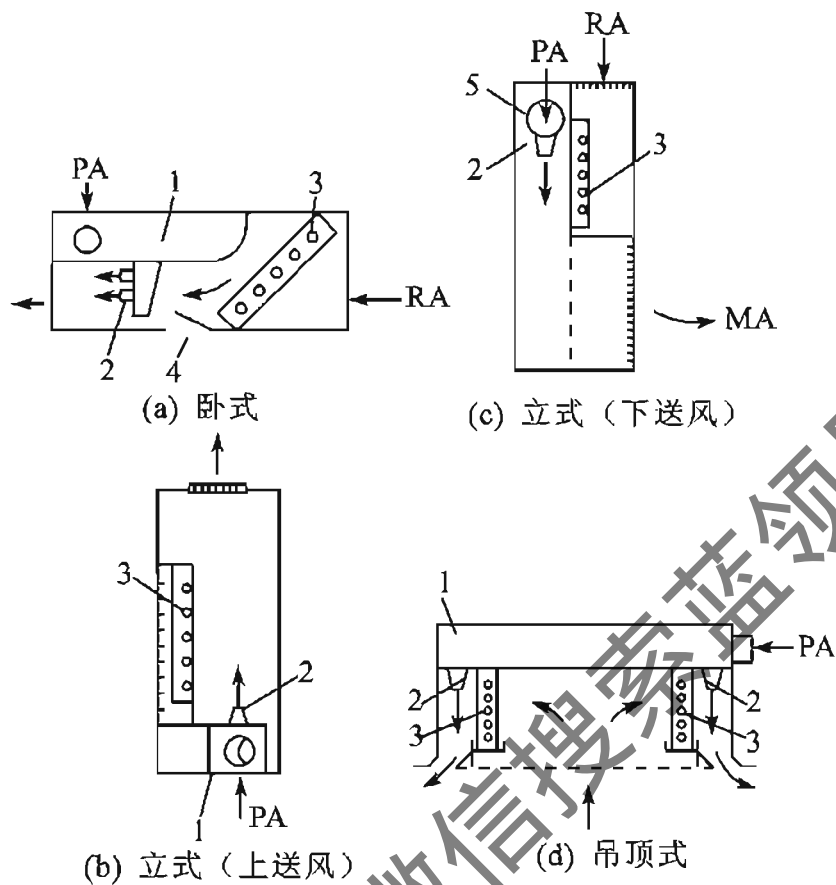


图 8.7-2 空气—水诱导器

PA—一次风 RA—回风(二次风) MA—混合风

1—静压箱 2—喷嘴 3—盘管 4—旁通风阀 5—风管

(5) 检查一次风风量调节阀,必须灵活可靠,并调至全开位置,便于安装后的系统调试。

2. 诱导器安装

(1) 按设计要求安装就位,安装中要使凝结水盘要有一定的排水坡度,保证排水畅通。

(2) 将诱导器与一次风管连接,连接处要密闭,必要时可在连接处涂以密封胶或包扎密封胶带,防止漏风。

(3) 连接诱导器盘管的供、回水水管接头,供、回水管必须采用柔性连接,供水管上应装有 Y 形水过滤器。

(4) 在凝结水盘出口接上凝水管,凝水管在竖直方向应设置

液封环,以免通过凝水管吸入未经处理的空气。

(5) 检查诱导器的进出水管接头和凝水管接头的密封状况,确认不漏水后,给进出水管包上保温层以防止产生凝结水。

三、风机盘管机组

(一) 风机盘管机组的结构

风机盘管由箱体、风机、冷热盘管、集水盘、循环风进口及过滤器、出风口格栅、控制器及吸声材料等组成,如图 8.7-3 所示。盘管和风机是最重要的部件,盘管一般为 2~3 排铜管串片式结构,风机多采用前向翼型离心式风机或贯流式风机。

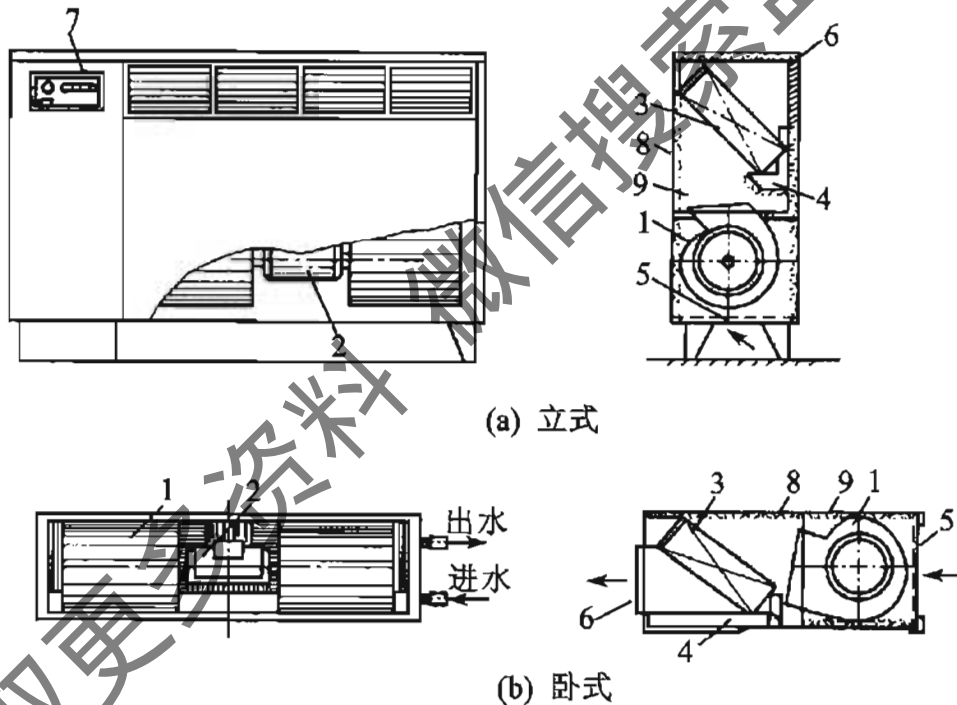


图 8.7-3 风机盘管的结构

1—风机 2—电动机 3—盘管 4—集水盘 5—循环风进口及过滤器
6—送风口格栅 7—控制器 8—吸声材料 9—箱体

风机盘管按结构形式可分为立式、卧式、卡式和挂壁式;按安装形式可分为明装和暗装两种;按出口静压的高低可分为低静压型(30 Pa)和高静压型(50 Pa);按盘管的个数可分为单盘管和双

盘管等。

风机盘管机组能量调节的方法主要是风量调节法和水量调节法两种。

(二) 风机盘管机组的安装

风机盘管的安装方法与诱导器基本相同,安装过程中应注意下列事项:

(1) 风机盘管安装前,应检查电动机的绝缘和风机性能以及叶轮转向是否符合设计要求,并检查各连接点是否松动,防止产生附加噪声。按照设计要求的型式、型号及接管方向(即左式或右式)进行复核,确认无误后才能进行安装。

(2) 卧式风机盘管的吊杆必须牢固可靠,标高应根据冷(热)水管、回水管及凝结水管的标高确定,特别是凝结水管的标高必须低于风机盘管滴水盘的标高,以利于凝结水的排除。

(3) 对于卧式暗装的风机盘管,在安装过程中应与室内装饰工作密切配合,防止在施工中损坏装饰的顶棚或墙面。回风口预留的位置和尺寸,应考虑风机盘管的维修和阀门开关的方便。

(4) 风机盘管与冷、热水管的连接应按“下送上回”的形式安装,以提高空气处理的热交换性能。

(5) 与风机盘管连接的冷、热水管的入水管上,应安装 Y 形水过滤器,以清除管道中的机械杂质和污泥,以免风机盘管堵塞。

(6) 与风机盘管连接的供、回水管必须采用柔性连接。因为风机盘管工作时,会产生一定程度的振动,采用硬连接不仅会产生较大的噪声,时间长了还会引起接头处漏水,严重时还会损坏风机盘管。柔性连接有两种形式:一种是特制的橡胶柔性接头,接头的两端各设一只螺纹活接头,一端与管道连接,另一端与风机盘管连接。另一种是退火的纯铜管,两端用扩管器扩成喇叭口形,用锁母拧紧。

(三) 风机盘管机组常见故障及排除

风机盘管机组的常见故障及排除方法见表 8.7-1。

表 8.7-1 风机盘管常见故障及排除方法

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	风机不转	(1) 电源无电 (2) 电压低 (3) 配线错误或接线端子松脱 (4) 电动机故障 (5) 电动机启动电容器损坏 (6) 开关接触不良	(1) 检查原因,恢复供电 (2) 查明原因,正常后恢复供电 (3) 检查并修复 (4) 检查修复或更换 (5) 更换 (6) 修复或更换
2	风机转动,但不出风或风量小	(1) 电源电压异常 (2) 风机反转 (3) 风口阻力大,有障碍物	(1) 查明原因 (2) 对调电源接线 (3) 清洗空气过滤器,清除障碍物
3	出风不冷或不热	(1) 盘管内有空气 (2) 供水量过小甚至停止 (3) 调节阀开度过小或关闭 (4) 阀被异物堵塞	(1) 从排气阀排出空气 (2) 检查水泵、阀门和控制系统 (3) 调大 (4) 清除异物,清洗 Y 形水过滤器
4	机壳凝露	(1) 机壳内部保温层破损 (2) 机壳有缝隙,冷风漏出	(1) 修补 (2) 修补
5	漏水	(1) 机组安装不水平 (2) 接水盘倾斜 (3) 排水口堵塞 (4) 水管漏水 (5) 冷水管保温不良,有冷凝水滴下 (6) 管路接头处滴水 (7) 排气阀没有关闭	(1) 调整或重新安装 (2) 调整 (3) 清除堵塞物 (4) 检修或更换水管 (5) 检查后重新加保温层 (6) 检查后紧固接头 (7) 关闭排气阀
6	关机后风机不停	(1) 开关失灵 (2) 电气控制系统故障	(1) 修复或更换 (2) 检查控制线路

(续表)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
7	振动较大并有杂音	(1) 机组安装质量不好 (2) 外壳安装不良 (3) 固定风机的紧固件松动 (4) 风道内有异物 (5) 风机电动机有故障 (6) 风机叶片破损 (7) 送风口百叶松动 (8) 盘管内有空气 (9) 盘管内水流速度过大	(1) 重新安装或调整 (2) 重新安装 (3) 紧固 (4) 清除 (5) 修复或更换 (6) 更换 (7) 紧固 (8) 放气 (9) 检查并调低流速
8	室内空调效果不好	(1) 水量调节阀开度不够 (2) 盘管外污垢严重 (3) 盘管内有空气 (4) 电源电压低 (5) 空气过滤器堵塞 (6) 供水温度异常 (7) 风机反转 (8) 送风口、回风口有障碍物 (9) 气流短路 (10) 室内气流分布不均匀 (11) 机组容量偏小 (12) 漏风 (13) 温度设定不当 (14) 空调房间负荷过大	(1) 调大 (2) 清扫 (3) 放空气 (4) 检查 (5) 清洗或更换 (6) 检查制冷(热)系统及供水管路 (7) 对调电源接线 (8) 清除 (9) 检查风口和风道 (10) 检查调整风口叶片角度 (11) 更换 (12) 修理 (13) 重新设定 (14) 减少室内负荷

四、新风机组

(一) 新风机组的组成

新风机组主要由表面换热器、风机、加湿器、空气过滤器等组成。表面换热器为铜管翅片式，一般有4、6、8排三种，铜管内通以冷冻水或热水对新风进行冷却或加热。风机大多为离心式，加湿器一般采用电极式。

新风机组按结构形式可分为柜式和吊顶式(风量一般不超过

8 000 m³/h);按风量是否可调可分为定风量和变风量。

(二) 新风机组的安装

柜式新风机组的安装可参照单元式空调机的安装方法。吊顶式新风机组的安装步骤如下:

(1) 首先阅读生产厂家所提供的产品样本及安装使用说明书,详细了解其结构特点和安装要点。

(2) 检查楼板的承重能力是否满足要求,可先询问甲方和建筑施工单位。

(3) 确定吊装方案。一般情况下,如机组风量和重量均不大,而机组的振动又较小时,吊杆顶部采用膨胀螺栓与楼板连接,吊杆底部采用螺扣加装橡胶减震垫与吊装孔连接的办法。对于大风量吊装式新风机组,重量较大,则应采取一定的保证措施。

(4) 选择吊杆直径的大小,以确保吊挂安全为宜。

(5) 采取适当的减震措施。在一般情况下,新风空调箱内部的风机与箱体底架之间已加装了减震装置。如果是较小规格的机组,并且机组本身减震效果又不好的情况下,可直接将吊杆与机组吊装孔采用螺扣加垫圈连接;如果进行试运转机组本身振动较大,应加装减震装置。其措施一是在吊装孔下部粘贴橡胶垫使吊杆与机组之间减震,二是在吊杆中部加装减震弹簧,效果更好。

(6) 机组安装时应特别注意机组的进出风方向、进出水方向、过滤器的抽出方向是否正确等,以避免不必要的失误。

(7) 安装时应注意保护好进出水管、冷凝水管的连接丝扣,缠好密封材料,以保证管路连接的严密性,防止管路连接处漏水,同时应保护好机组凝结水盘的保温材料,不要使凝结水盘有裸露情况。

(8) 机组安装后应进行调节,以保持机组水平。

(9) 在连接机组的冷凝水管时应有一定的坡度(大于或等于0.005),以使冷凝水顺利排出。

(10) 机组安装完毕后应检查风机运转是否平衡,风机转动方向是否正确,同时冷热换热器应无渗漏。

(11) 机组的送风口与送风管道连接时应采用帆布软管连接形式。

(12) 机组安装完毕进行通水试压时,应通过换热器上部的放气旋塞将空气排放干净,以保证系统压力和水系统的通畅。

第八节 溴化锂吸收式制冷机组

一、溴化锂吸收式制冷机的分类

溴化锂吸收式制冷机的分类及特点见表 8.8-1。

表 8.8-1 溴化锂吸收式制冷机分类及特点

分类方式	种 类	特 点
按驱动热源	热水型	以热水的显热为驱动热源
	蒸汽型	以蒸汽的潜热为驱动热源
	直燃型	以燃料的燃烧热为驱动热源
	余热型	以工业余热为驱动热源
	复合热源型	驱动热源为多种热源的复合,如热水与直燃型复合
按驱动热源的利用方式	单效	驱动热源在机组内被直接利用一次
	双效	驱动热源在机组内被直接和间接地利用二次
	多效	驱动热源在机组内被直接和间接地利用多次
	多级发生	驱动热源在多个压力不同的发生器内依次被直接利用
按低温热源	冷水机组	向低温热源吸热,提供冷水
	第一类热泵	向低温热源吸热,提供温度低于驱动热源的热水
	第二类热泵	向驱动热源吸热,提供温度高于驱动热源的热水或蒸汽

(续表)

分类方式	种 类	特 点
按用途	冷水机组	提供冷水
	冷热水机组	能同时或交替提供冷水和热水
	热泵机组	向低温热源吸热,提供热水或蒸汽
按溶液循环流程	串联	溶液先进入高压发生器,再进入低压发生器,然后流回吸收器
	倒串联	溶液先进入低压发生器,再进入高压发生器,然后流回吸收器
	并联	溶液同时进入高压发生器和低压发生器,然后流回吸收器
	串并联	溶液同时进入高压发生器和低压发生器,流出高压发生器的溶液再进入低压发生器,然后流回吸收器
按机组布置	卧式	机组主要筒体的轴线按水平布置
	立式	机组主要筒体的轴线按垂直布置
按机组结构	单筒	机组的主要热交换器布置在一个筒体内
	双筒	机组的主要热交换器布置在一个筒体内
	三筒	机组的主要热交换器布置在一个筒体内
	多筒	机组的主要热交换器布置在一个筒体内

二、溴化锂吸收式制冷机的组成结构

(一) 蒸汽型吸收式冷水机组的组成结构

1. 发生器

发生器通常为管壳式结构,管内通蒸汽(热水型的通热水)加热管外的溴化锂溶液,使其沸腾,产生冷剂蒸汽,同时将稀溶液浓缩。

单效蒸汽型机组只有一个发生器,通常采用沉浸式结构(传热管沉浸在溶液中的结构形式)。双效蒸汽型机组有两个发生器,即高压发生器和低压发生器。高压发生器通常也为沉浸式结构,一

般作为一个单独的筒体设置,如图 8.8-1 所示。低压发生器通常与冷凝器布置在一个筒体内,有沉浸式(见图 8.8-2)和喷淋式(图 8.8-3)两种结构。

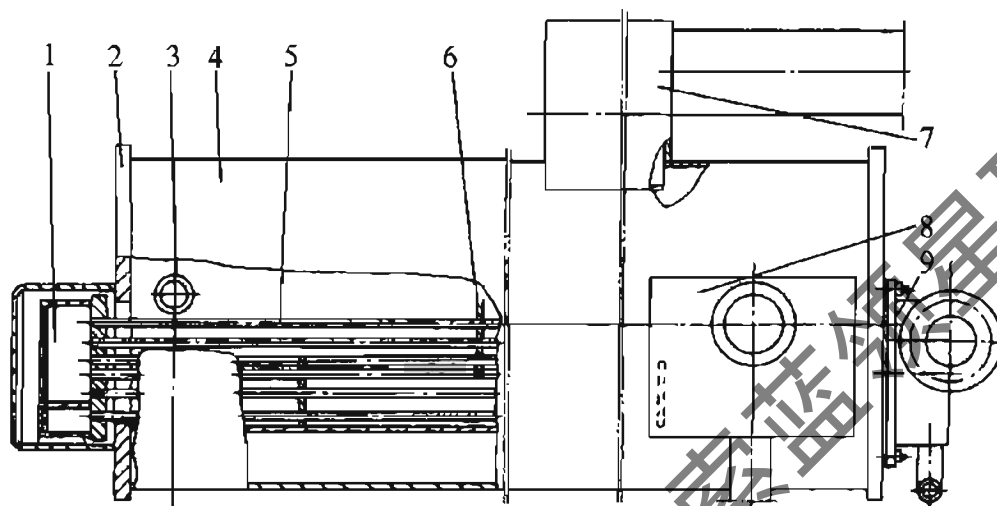


图 8.8-1 高压发生器的结构

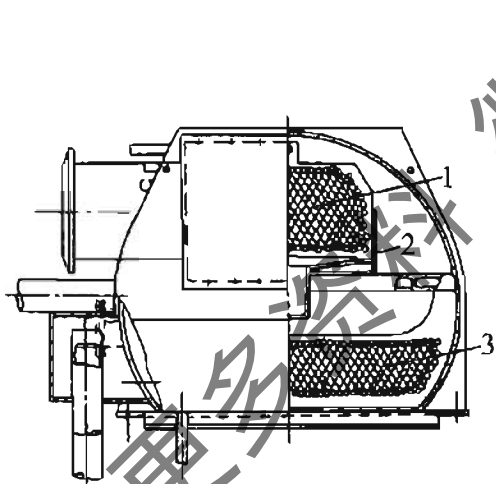


图 8.8-2 沉浸式发生器—冷凝器
结构示意图

1—冷凝器 2—水盘
3—沉浸式发生器

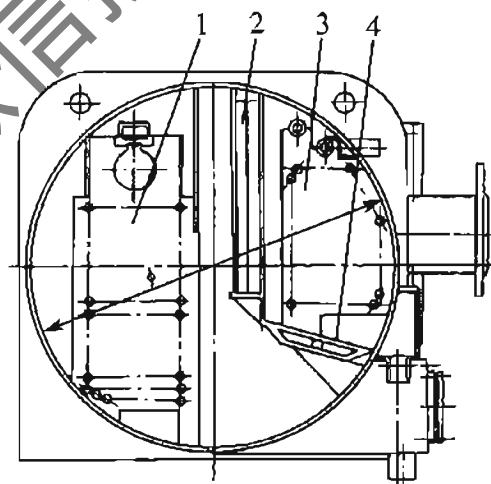


图 8.8-3 喷淋式发生器—冷凝器
结构示意图

1—发生器 2—挡液装置
3—冷凝器 4—水盘

2. 冷凝器

冷凝器也是管壳式结构,它由传热管及前后水盖组成,冷却水从后水盖流进传热管,使管外侧的来自高压发生器的冷剂水冷却

和来自低压发生器的制冷剂水蒸气冷凝；而冷却水从传热管流经前水盖进入冷却塔。在这里，冷却水带走了高压发生器、低压发生器的热量（即加热量）。

3. 蒸发器

蒸发器和吸收器的压力相当，通常布置在一个筒体内。它由传热管、前后水盖、喷淋盘、水盘、冷剂泵组成。由用户空调系统来的冷冻水（回水）从水盖进入传热管，而管外来自冷凝器的制冷剂水由于淋漓于传热管上获得热量而蒸发，部分未蒸发的水落到水盘中，被冷剂泵吸取再次送入喷淋盘循环，使其蒸发；冷冻水失去热量后温度降低，流出蒸发器进入用户空调系统，从而完成了制冷循环。

4. 吸收器

吸收器为管壳式结构的喷淋式热交换器，它由传热管、前后水盖及喷淋系统组成。

喷淋系统有喷嘴喷淋和淋激式两种。喷嘴喷淋系统由喷淋管和喷嘴组成，溶液在一定的压力下通过喷嘴喷出，形成均匀的雾状液滴，喷洒在传热管上。淋激式系统采用淋板的配液方式（见图 8.8-4），使溶液通过钻有许多小孔的淋板，均匀地喷淋在传热管上。

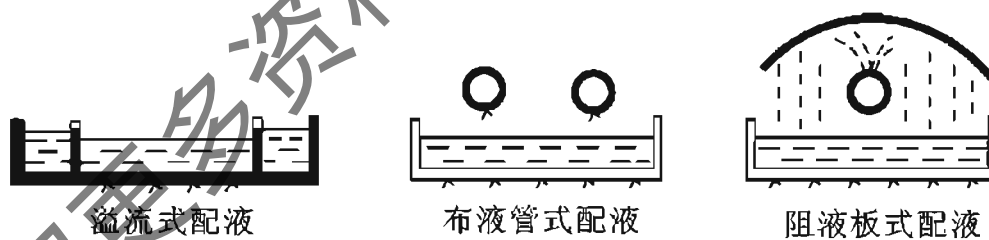


图 8.8-4 淋板的配液方式

由冷却塔来的冷却水从水盖进入传热管，使喷淋在管外的来自高压发生器和低压发生器的浓溶液冷却。溴化锂溶液在一定温度和浓度条件下具有极强的吸水性能，这时，它大量吸收了由蒸发器所产生的制冷剂水蒸气，并把吸收来的汽化热量传给冷却水带走。吸收了水蒸气的溴化锂溶液变为稀溶液，从而丧失了吸收能力。

这时稀溶液又由发生泵送入高压发生器和低压发生器,再次产生冷剂水蒸气并使稀溶液浓缩。

5. 节流装置

溴化锂吸收式制冷机组的节流装置通常有两种:U形管节流和孔板节流(见图 8.8-5)。

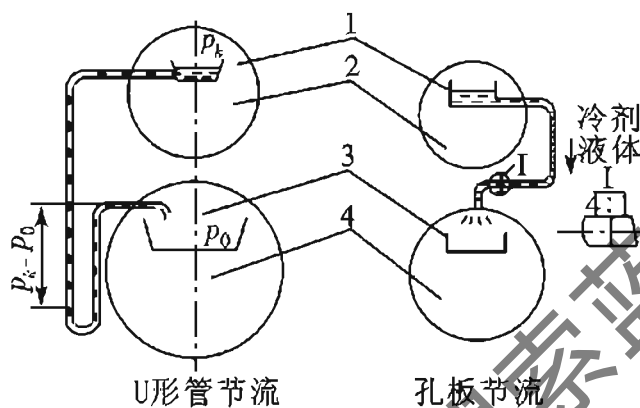


图 8.8-5 节流装置

1—冷凝器 2—发生器 3—蒸发器 4—吸收器

6. 溶液热交换器

双效型机组有高、低温两个溶液热交换器,而单效型机组只有一个。溶液热交换器通常也为管壳式结构,它由传热管、折流板及前、后液室组成,分为稀液侧和浓液侧。其作用是使稀溶液升温及浓溶液降温,以达到节省燃料及减少冷却水负荷、提高吸收效果的双重目的。

7. 凝水换热器

凝水换热器的作用是回收高压发生器中工作蒸汽凝水的余热,用于加热进入低压发生器的稀溶液。凝水换热器也采用管壳式结构,凝水在传热管内通过,溶液在管外被加热。

8. 抽气装置

溴化锂吸收式制冷机组的抽气装置主要有两类:机械真空泵抽气装置和自动抽气装置。

机械真空泵抽气装置由真空泵、冷剂分离器、阻油器、及连接

管件、阀门等组成。图 8.8-6 为机械真空泵抽气装置示意图。

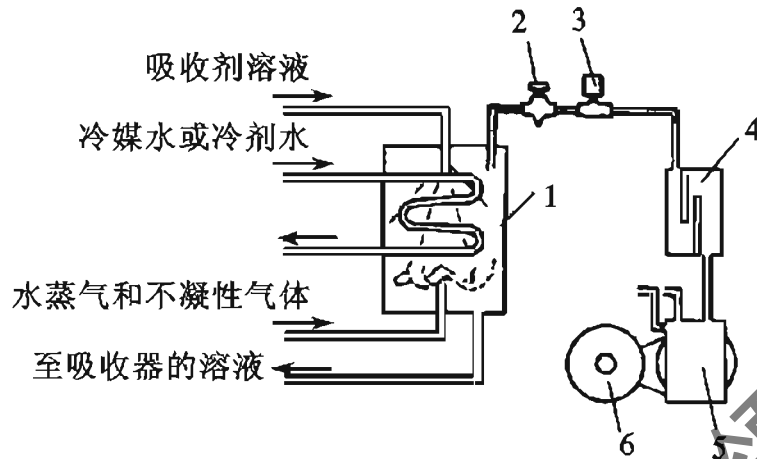


图 8.8-6 机械真空泵抽气装置

- 1—冷剂分离器 2—手动截止阀 3—电磁阀
4—阻油器 5—真空泵 6—电动机

自动抽气装置有抽气集气分离型、抽气集气整体型、钽管排氢装置、水引射器抽气方式等多种型式(见参考文献 4),它们的工作原理大致相同。图 8.8-7 为自动抽气装置工作原理示意图。

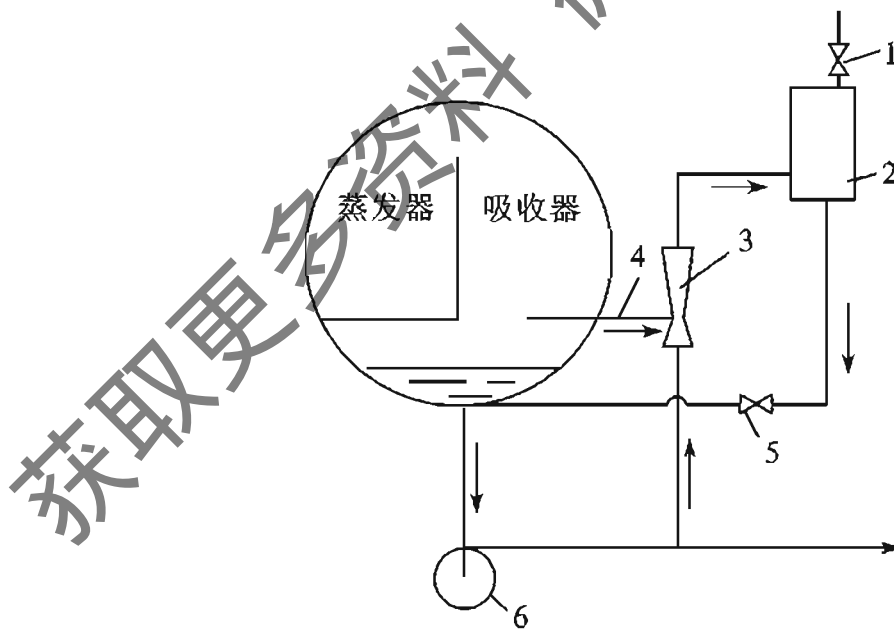


图 8.8-7 自动抽气装置原理图

- 1—放气阀 2—贮气室 3—引射器 4—抽气管 5—回流阀 6—溶液泵

9. 屏蔽泵

由于溴化锂溶液具有较强的腐蚀性,机组中的溶液泵均采用屏蔽泵。屏蔽泵是由离心泵和屏蔽电机组装在一起的不泄漏密封设备。屏蔽电动机与普通电动机不同,它在转子外侧及定子的内侧各加上一个圆筒形的不锈钢屏蔽套,既可保证密封性能,又能防止溴化锂溶液对定子和转子的腐蚀。屏蔽泵有卧式和立式之分,图 8.8-8 为卧式屏蔽泵结构示意图。

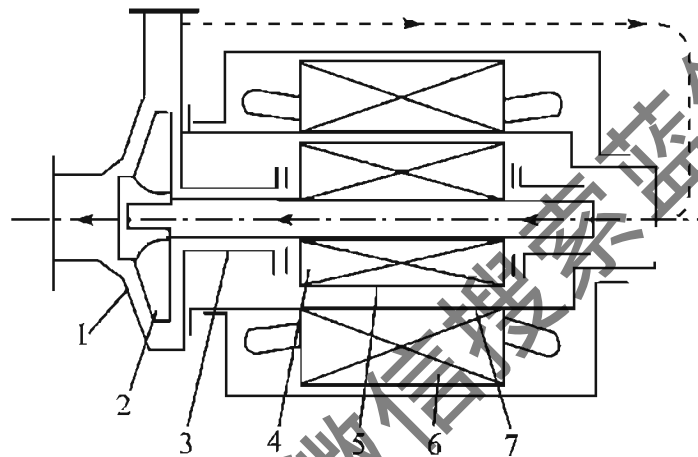


图 8.8-8 卧式屏蔽泵结构示意图

- 1—泵体 2—叶轮 3—石墨轴承 4—转子
5—转子屏蔽套 6—定子 7—定子屏蔽套

(二) 直燃型吸收式制冷机的组成结构

直燃型机组使用燃烧器来对发生器内的溶液加热,有的机组还增设了热水器,专门用于提供采暖热水或卫生热水。直燃型机组高压发生器与蒸汽型的有所不同,而其他大部分组成结构与蒸汽型相似。

1. 高压发生器

高压发生器由内筒体、外筒体、前管板、后管板、螺纹烟管及前、后烟箱组成。燃烧器从前管板插入内筒体,喷出火焰(约 1400°C),使内筒体及烟管周围的溴化锂稀溶液沸腾,产生水蒸气,同时使溶液浓缩,产生的水蒸气进入低压发生器;而浓溶液经高温热交换器吸入吸收器。

2. 燃烧器

燃烧器有燃油燃烧器和燃气燃烧器之分。燃油燃烧器又有回油式和非回油式两种。

图 8.8-9 为回油式燃油燃烧器的结构示意图,燃烧器中的齿轮油泵通常将燃油压力升高到 0.5~2.0 MPa,然后从喷嘴顶端的小孔喷出,并借助燃油的压力达到雾化。通过点火变压器,将高压电加在点火电极间,放电产生火花使燃油点燃。

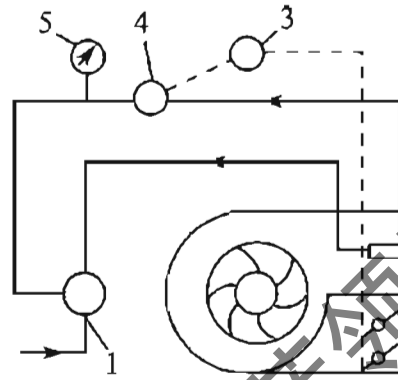


图 8.8-9 回油式燃油燃烧器的结构

1—油泵 2—回油式喷嘴 3—随动电动机
4—油量调节阀 5—油压表

燃气燃烧器设有主燃烧器和点火燃烧器,图 8.8-10 为主燃烧器的结构示意图。

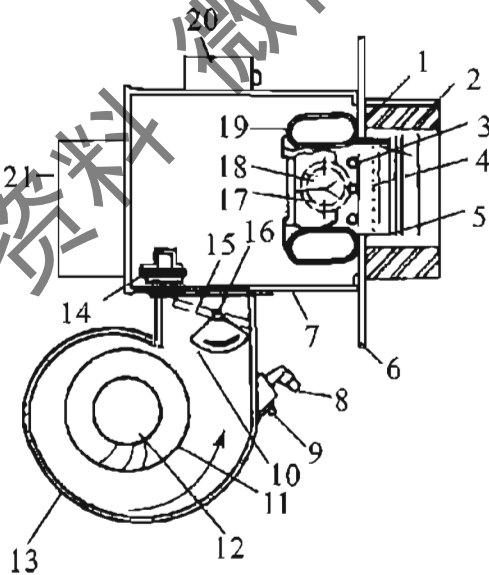


图 8.8-10 主燃烧器的结构

1—燃烧器头 2—砖衬 3—燃气孔 4—阻焰孔 5—阻焰环 6—安装用法兰
7—燃烧器风道 8—点火用空气引出口 9—风压开关引出口 10—风门开度指示板
11—风机 12—电动机 13—风机本体 14—风压开关 15—风门 16—风门轴
17—燃气 18—旋转叶片 19—燃气管 20—点火用变压器 21—接线匣

3. 热水器

热水器实质上为壳管式汽水换热器,使高压发生器产生的水蒸气进入热水器进行热交换,以加热采暖热水或卫生热水,而水蒸气自身冷凝成液态水又流回高压发生器。图 8.8-11 为直燃型机组(并联流程)热水器采暖流程图。

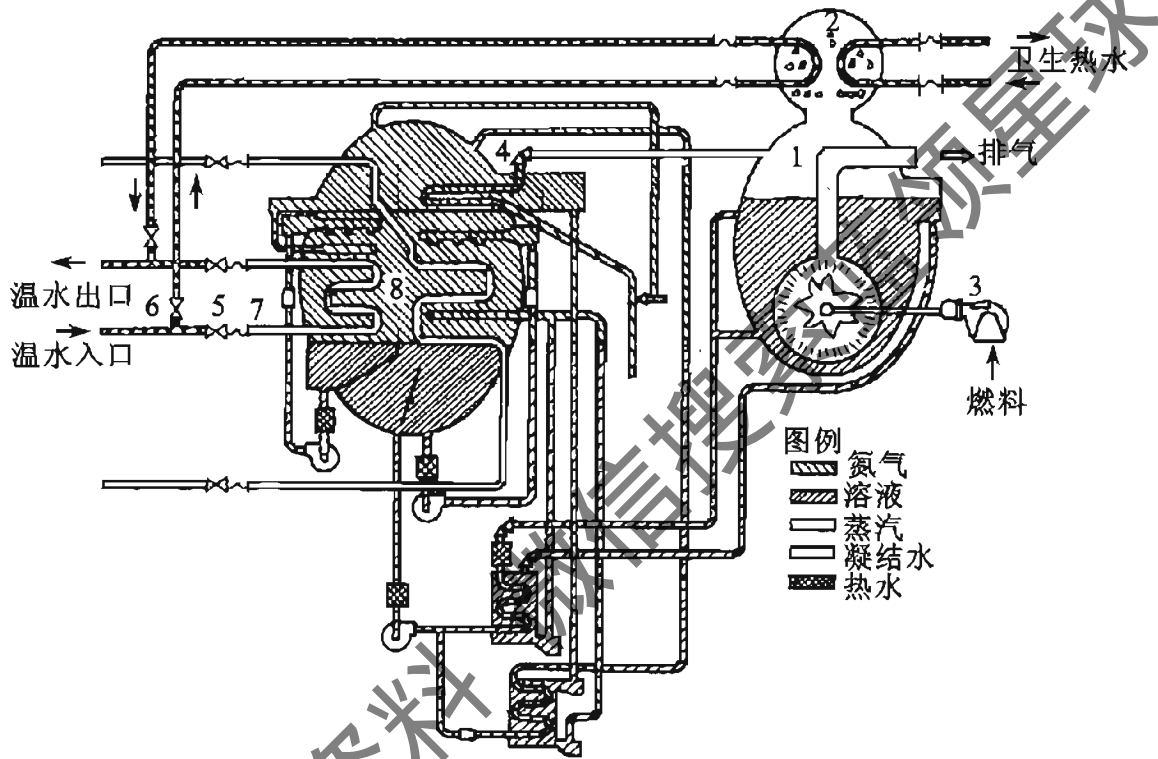


图 8.8-11 直燃型机组(并联流程)热水器采暖流程图

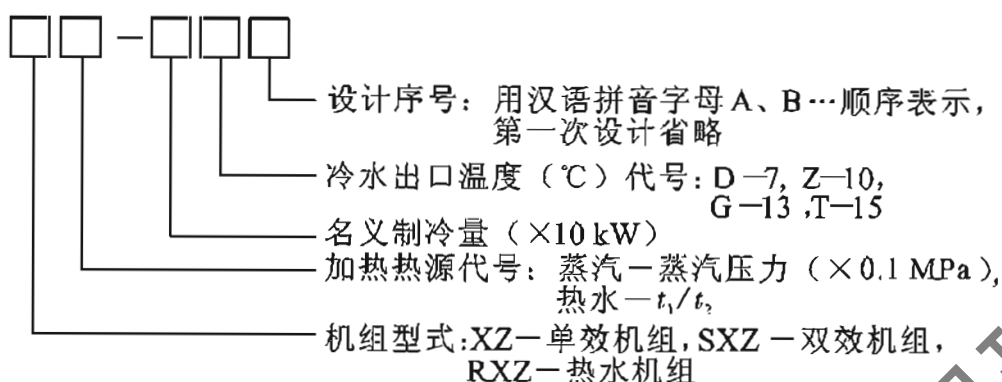
1—高压发生器 2—热水器 3—燃烧器 4—真空角阀(关)

5—冷冻水阀 6—温水阀 7—软接头 8—主体(停止运转,充氮气封存)

三、溴化锂吸收式冷水机组的型号编制方法

(一) 蒸汽型、热水型溴化锂吸收式冷水机组的型号

我国标准 JB/T 7247—94《溴化锂吸收式冷水机组》中,对蒸汽型、热水型溴化锂吸收式冷水机组的型号的编制方法规定如下:



型号示例：

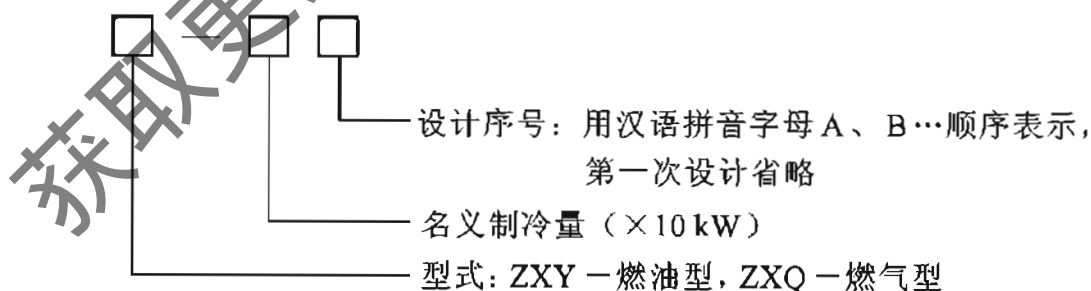
型号“SXZ4-175D”表示加热饱和水蒸气压力为 0.4 MPa，冷水出口温度为 7℃，制冷量为 1 750 kW 双效蒸汽型溴化锂吸收式冷水机组。

型号“RXZ(95/85)-115ZB”表示进机组热水温度为 95℃，出机组热水温度为 85℃，冷水出口温度为 10℃，制冷量为 1 150 kW 第二次改型的热水型溴化锂吸收式冷水机组。

型号“XZ-58”表示制冷量为 580 kW 蒸汽单效溴化锂吸收式冷水机组。

(二) 直燃型溴化锂吸收式冷、热水机组的型号

我国标准 JB/T 8055—96《直燃型溴化锂吸收式冷、热水机组》中，对蒸汽型、热水型溴化锂吸收式冷水机组的型号的编制方法规定如下：



型号示例：

型号“ZXY-174”表示燃油型直燃溴化锂吸收式冷、热水机组，

制冷量为 1 740 kW。

型号“ZXQ-116A”表示第一次改型的燃气直燃型溴化锂吸收式冷、热水机组，制冷量为 1 160 kW。

四、机组的名义工况和性能指标

我国标准《溴化锂吸收式冷水机组》规定的蒸汽型和热水型机组的名义工况和性能指标见表 8.8-2。

表 8.8-2 溴化锂吸收式冷水机组的名义工况和性能指标 (JB/T 7274—94)

名 义 工 况					性 能 指 标		
型式	加热源		冷水 出口 温度 /°C	冷却 水进 口温 度/°C	名义制 冷量范 围/kW	单位制冷量 冷却水流量 /[m ³ /(h·kW)]	单位制冷量 蒸汽耗量 /[kg/(h·kW)]
	蒸汽压 力/MPa (表压)	热水温度/°C 进口 出口					
XZ	0.10	—	7	32	123~ 6 300	0.285	2.35
SXZ	0.25		13				1.45
	0.40		7				1.35
			10				
	0.60		7				1.30
			10				
0.80	7						
RXZ	—	t_1 t_2	—			—	

我国标准《直燃型溴化锂吸收式冷、热水机组》规定的直燃型机组的名义工况和性能指标见表 8.8-3。

表 8.8-3 直燃型溴化锂吸收式冷、热水机组的名义工况和性能指标(JB/T 8055—96)

项 目	制冷	供热	项 目	制冷	供热	
冷(热)水出口温度/℃	7	60	单位制冷 (供热)量 燃料耗量	轻柴油 /[kg/(h·kW)]	0.077	0.093
冷水进出口温差/℃	5	—		重油 /kg/(h·kW)]	0.079	0.095
冷却水进口温度/℃	32	—		人工煤气 /[m ³ /(h·kW)]	0.211	0.271
单位制冷量冷却水流量 /[m ³ /(h·kW)]	0.260	—		天然气 /[m ³ /(h·kW)]	0.091	0.112
冷(热)水、冷却水侧污垢 系数/[m ² ·℃/(kW)]	0.086					

五、机组调节控制系统

溴化锂吸收式制冷机组的自动控制系统主要包括冷量自动调节、安全保护装置和程序控制三部分。冷量自动调节是机组根据外界负荷变化自动调节机组制冷量；安全保护装置是根据故障部位的情况发出声光报警信号，同时使机组转入稀释停机状态，以保证机组安全运行；程序控制则是按照机组的操作要求，自动启动或稀释停机。

(一) 安全保护装置

1. 蒸发器的安全保护

机组运行中应防止蒸发器中冷水或冷剂水的结冰，通常在冷水或冷剂水管道上安装温度控制器和在冷水管道上安装流量控制器。

(1) 冷水低温保护。一般报警温度整定在 3~4℃，由设在冷水出水管道上的温度传感器经控制器发出信号，低于 4℃ 时切断热源，机组投入稀释运行。

(2) 冷剂水低温保护。一般报警温度整定在 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ ，由设在蒸发器液槽的温度传感器经控制器发出信号，当低于 3°C 时切断热源，机组投入稀释运行。

(3) 冷水缺水保护。在冷水供水管道上设置靶式流量控制器，当冷水流量减少(低于额定值的 50%)或断流时发出信号，机组停止制冷运行。

2. 吸收器和冷凝器的安全保护

主要对冷却水的水温和流量进行控制，以防止出现结晶或蒸发器中冷剂水液位下降而影响冷剂泵的正常工

(1) 冷却水缺水保护。在冷却水供水管道上设靶式流量控制器，当冷却水量减少(低于额定值 70%)或断流时发出信号，切断热源，投入稀释运行。

(2) 冷却水低温保护。在冷却水供水管道上设置温度传感器，当低于设定值时发出信号，控制设在冷却水供水管上的二通调节阀减少流量，或控制设在冷却水供回水管道上的三通调节阀使冷却水回水旁流一部分，以提高冷却水进水温度。冷却水温度一般设定在 $18\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。冷却水温度过低，会导致溶液热交换器稀溶液侧温度过低，从而引起热交换器浓溶液侧结晶。

3. 发生器的安全保护

(1) 浓溶液高温保护。在发生器浓溶液出口管道上设温度传感器，当高于设定值时发出报警信号，同时指令关闭热源，使机组投入稀释运行。一般双效机组设定温度为 $165\sim 170^{\circ}\text{C}$ ，单效机组设定温度为 $105\sim 110^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 蒸汽压力过高保护。由设在蒸汽进口管道上的电接点压力表检测，当高于设定值时立即报警并控制设在蒸汽管上的二通电动调节阀，以使其恒定在所需范围内。

(3) 发生器中溶液液位保护。由设在发生器液囊上的电极式液位传感器(或用浮球式液位传感器)检测并发出指令，调节设在

溶液泵出口处的二通调节阀的大小,以控制送往发生器的溶液量;或通过变频调速器改变溶液泵的转速,从而达到调节溶液泵流量的目的。

4. 屏蔽泵安全保护装置

(1) 吸空保护。由设在冷剂水液囊中的液位控制器直接控制屏蔽泵,当液位低于设定值时发出信号切断屏蔽泵电源,防止屏蔽泵吸空而产生气蚀。

(2) 过载保护。当屏蔽泵过载时及时切断电流。

5. 燃烧器的安全保护

(1) 燃烧器安全点火装置。燃烧器内设有电打火装置,启动时点火器先投入工作,经火焰检测器确定正常后,延时打开主燃料阀,使主燃烧系统进行正常燃烧,点火燃烧器自行熄灭。

(2) 燃料压力保护装置。在燃气(油)管道上设有压力控制器,当压力波动超出设定范围时,压力控制器发出报警信号,同时切断燃料供应,使机组转入稀释状态。

(3) 熄火安全装置。当燃气型机组熄火或点火失败时,使燃烧器风机在熄火后继续工作一段时间,将炉膛内的燃气吹扫干净,以防止再次点火时产生燃气爆炸的危险。

(4) 燃烧器风机过电流保护。当风机发生故障、电流过载时,机组自动停止运行。

(5) 烟气排气温度过高保护。当烟气温度高于 300°C 时,机组自动停止运行。

(6) 空气压力开关。当炉膛内空气压力低于 490Pa 时,机组自动停止运行。

6. 自动排气装置

由设在自动抽气装置集气筒上的真空检测仪表(电容式压力传感器)检测系统内的压力,高于设定值时,立即报警并启动真空泵排气。

7. 停机时的防结晶保护

(1) 采用延时继电器, 停机后溶液泵和冷剂泵再运行一段时间, 让稀溶液和浓溶液充分混合。

(2) 采用在发生器浓溶液出口管道上设置温度传感器, 当其溶液温度降低至设定值时再停机。

(3) 采用专用传感器检测溶液的浓度, 从而算出最佳稀释时间, 使运转处于最佳程度。

(二) 参数监测记录

机组在运行中, 一些参数的变化会直接影响到机组的正常运行, 对这些重要参数, 应进行实时监测和记录。

1. 压力

需监测的压力参数包括: 高压发生器压力、冷凝器绝对压力、蒸发器绝对压力、工作蒸汽压力(或燃气压力)、自动抽气装置压力等。

2. 温度

需监测的温度有: 冷(温)水进、出口温度, 冷却水进出口和中间温度, 稀溶液出溶液泵、出低温热交换器、出凝水换热器、出高温热交换器、进高压发生器温度, 浓溶液出高压发生器、出高温热交换器、出低压发生器、出低温热交换器温度, 冷剂蒸汽出高压发生器温度, 冷剂水出低压发生器温度, 冷剂水出冷凝器温度, 蒸发器冷剂水温度, 工作蒸汽温度, 蒸汽凝结水出高压发生器温度、进出凝水换热器温度, 加热水进、出口温度, 排烟温度。

3. 流量

需监测的流量包括: 吸收器进口冷却水量, 蒸发器进口冷水量。

4. 液位

主要监测高压发生器液位和蒸发器液位。

5. 运行状态

机组运行状态的记录内容包括：机组运行时间，溶液泵、冷剂泵运行时间，燃烧时间，机组启停次数，溶液泵和冷剂泵启停次数，燃烧启停次数，真空泵启停次数等。

(三) 微机控制

由微机控制系统、传感器、执行机构组成一个完整的控制系统，通过传感器采集温度、压力、流量、液位等参数，将其处理后通过执行机构(如三通调节阀、变频器)实现机组能量和液位的控制调节；对故障进行诊断与处理，对参数进行检测记录；对机组参数进行设定；可以通过通信接口与外界网络系统联网，进行远距离监控。

六、溴化锂吸收式制冷机组常见故障及排除方法

蒸汽型机组的常见故障及排除方法见表 8.8-4，直燃型机组的常见故障及排除方法见表 8.8-5。

表 8.8-4 蒸气型冷水机组常见故障及排除

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	机组无法启动	(1) 无电源进控制箱(无状态显示) (2) 控制电源开关断开 (3) 控制箱熔丝熔断	(1) 检查主电源及主空气开关 (2) 合上控制箱中控制开关及主空气开关 (3) 检查回路接地或短路，换熔丝
2	启动时溴化锂溶液结晶	(1) 冷却水温度过低 (2) 空气漏入机内 (3) 抽气装置效果不良	(1) 把冷却水旁通，使温度升高到给定值。检查冷却塔风机运行情况，使冷却水温度不致下降过低 (2) 抽真空，排除空气。溶液泵汽蚀时，运行辅助空泵抽真空。徐徐加负荷 (3) 检查抽气装置所有的手动阀。通过运行检查是否有实际抽气能力

(续表)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
3	运行中溴化锂溶液结晶	(1) 冷却水温过低或过高 (2) 蒸汽压力高于设计值 (3) 溶液循环量不足, 浓溶液质量分数高 (4) 表面活性剂不足 (5) 抽气装置效果不良 (6) 有空气泄入 (7) 水室隔板泄漏	(1) 参见 2 的(1)项 (2) 降低蒸汽压力 (3) 加大送往发生器的溶液循环量 (4) 添加表面活性剂 (5) 参照 2 的(3)项 (6) 检漏 (7) 打开水室, 进行检查并按要求安装
4	停机期间结晶	(1) 稀释循环的时间不够 (2) 蒸汽调节阀没有完全关闭 (3) 长时间通以低温冷却水	(1) 检查稀释温度继电器的给定值, 给定值为 60℃。如果仍然结晶, 再调低给定温度 (2) 检查调节阀的关闭情况 (3) 关闭冷却水泵
5	停机期间真空度下降	空气漏入机内	进行气密性试验
6	抽气装置运转不正常	(1) 没有溶液到抽气装置 (2) 抽气装置结晶 (3) 抽气阀门开度不对	(1) 检查所有的阀门是否处于正常状态 (2) 用蒸汽从外部清除结晶 (3) 检查阀门及掌握操作方法
7	冷水出口温度过高(机组运行、冷水温度高于设计)	(1) 蒸汽控制阀未打开 (2) 设置点太高 (3) 冷却负荷过大(机组有负荷时) (4) 冷却负荷过大(大于设计) (5) 冷却水流量低(低于设计) (6) 冷却水进口温度高(高于设计) (7) 蒸汽压力低(低于设计值) (8) 蒸汽凝水量不足	(1) 检查能量控制是否置于自动 检查能量控制的初始设定 (2) 在控制盘上重新设定温度 (3) 检查引起过大的原因 (4) 检查所选参数的压力降, 重新设定流量 (5) 检查其压力降, 并重新设定 (6) 检查冷却塔运行情况 and 温度控制 (7) 升高到设计参数 (8) 检查疏水阀、滤网、阀和凝水箱

(续表)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
		(9) 管子结垢(热交换差) (10) 需要加辛醇 (11) 机组内有不凝性气体	(9) 清洗管子,确定一下是否需要水处理 (10) 溶液取样,如果需要可加入辛醇 (11) 见序号 1
8	制冷量低	(1) 空气漏入机内 (2) 冷凝器传热管结垢,冷剂水量逐渐升高 (3) 抽气效果不良 (4) 表面活性剂(辛醇)不足 (5) 蒸汽调节阀给定值不适当 (6) 冷却水量不足,或冷却水温过高 (7) 全负荷时发生器溶液温度低于设计值(全负荷时溶液温度要作记录)	(1) 参照 2 的(2)项 (2) 清扫传热管,若因水质引起,应调整水质 (3) 参照 2 的(3)项 (4) 添加表面活性剂 (5) 调整蒸汽调节阀的给定值 (6) 调节冷却水旁通量,检查冷却塔风机是否运行,检查冷却水管路中的滤网 (7) 提高蒸汽压力,检查蒸汽滤网和阻汽排水器
9	机组因安全装置动作而停机	(1) 电动因过载而不转 (2) 屏蔽泵因过载而损坏 (3) 冷剂水低温(防冻)继电器不动作 (4) 控制箱熔丝熔断	(1) 使过载继电器复位,寻找过载原因 (2) 若泵汽蚀,则加入溶液或冷剂水;若泵内部结晶,则用蒸汽熔晶 (3) 检查温度继电器动作的给定值。给定值偏低于设计时,重新把给定值调整至设计值,检查冷却水温度是否过低 (4) 检查回路接地,换熔丝
10	机内空气泄漏情况判断		测定吸收器损失,超过 1.33℃时,可以认为有空气泄漏

表 8.8-5 直燃型冷热水机常见故障及排除

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	机组无法启动	(1) 无电源进控制箱(无状态显示) (2) 控制电源开关断开 (3) 控制箱熔丝熔断	(1) 检查主电源及主空气开关 (2) 合上控制箱中控制开关及主空气开关 (3) 检查回路接地或短路,换熔丝
2	小火时或点火时燃烧熄灭	(1) 手动燃料供应阀关闭 (2) 供气压力不正常 (3) 风门或燃料供应阀不连 (4) 燃烧空气不充足 (5) 燃烧器故障	(1) 打开燃料供应阀 (2) 检查燃料供给及压力调节阀 (3) 检查并调整 (4) 开大风门 (5) 参见燃烧器手册
3	启动时结晶	(1) 冷却水进口温度过低 (2) 空气漏入,或机内积存大量不凝性气体 (3) 超负荷	(1) 把冷却水旁通,使温度上升。检查冷却水进口温度控制器 (2) 抽真空,溶液泵汽蚀时用真空泵抽气;确定通大气的阀门完全关闭,检查抽气装置的效果是否良好,必要时进行气密性试验 (3) 慢慢增加负荷
4	停机期间结晶	(1) 稀释不充分 (2) 冷却水机停机后,长时间通以低温冷却水	(1) 检查稀释温度或时间继电器的给定值和动作情况。检查冷却剂水旁通阀的动作情况 (2) 关闭冷却水泵
5	运行中结晶	(1) 冷却水进口温度过高或过低 (2) 冷却水量过少(冷却水进出口温差大)或过多 (3) 冷水、热水、冷却水系统传热管结垢 (4) 空气漏入机内或积存不凝性气体	(1) 调节冷却水旁通阀,检查冷却水进口温度控制器,检查冷却塔 (2) 检查冷却水配管中阀门的开启度,拆下冷却水管路中的滤网,检查冷却水泵 (3) 清扫传热管 (4) 参照 3 的(2)项

(续表)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
		(5) 表面活性剂不足 (6) 超负荷 (7) 燃烧装置动作不良或给定值不当, 燃烧量过大 (8) 水室或气室隔板泄漏 (9) 冷剂水充注量不足	(5) 增加表面活性剂(辛醇) (6) 检查负荷系统 (7) 检查燃烧系统(燃烧压力、燃料流量、控制风门动作情况), 检查温度控制器 (8) 打开水室进行检查, 按要求安装 (9) 补充冷剂水
6	制冷量降低	(1) 机内有空气或不凝性气体 (2) 冷却水进口温度高 (3) 冷却水量少 (4) 传热管结垢或因异物而堵塞 (5) 表面活性剂不足 (6) 冷剂水中混有 LiBr 溶液 (7) 燃烧装置的动作不良或给定值不当, 燃烧量少 (8) 水室隔板泄漏 (9) 制冷、采暖转换阀没有完全关闭 (10) 冷剂水从冷剂水旁通阀中旁通走 (11) 冷剂水补充过量	(1) 参照 3 的(2)项 (2) 参照 5 的(1)项 (3) 检查冷却水配管中阀门的启度, 检查冷却水配管中的滤网, 检查冷却水泵 (4) 参照 5 的(3)项 (5) 参照 5 的(5)项 (6) 冷剂水取样, 当密度 1.04 时, 进行冷剂水再生 (7) 参照 5 的(7)项 (8) 参照 5 的(8)项 (9) 检查转换阀 (10) 关闭冷剂水旁通阀, 必要时拆开冷剂水旁通阀检查 (11) 放出冷剂水
7	采暖量下降	(1) 燃烧装置不良, 燃烧量减少 (2) 水室或气室隔板泄漏 (3) 制冷、采暖转换没有完全关闭	(1) 参照 6 的(7)项 (2) 参照 6 的(8)项 (3) 参照 6 的(9)项
8	冷水(热水)出口温度不稳定	(1) 温度控制器给定值整定不妥 (2) 外界负荷变化	(1) 调整温度控制器的给定值, 检查给定温度及比例带, 积分时间 (2) 使外界负荷稳定

(续表)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
9	热水出口温度过低	(1) 设定点太低 (2) 热负荷过大 (3) 热水管堵塞 (4) 高压发生器传热管堵塞(排烟温度高) (5) 机组中有非凝性气体 (6) 能量控制故障 (7) 燃烧器能量控制不能完全打开 (8) 燃烧器燃烧效率低 (9) 热水流量过大	(1) 重新设定 (2) 检查过负荷原因 (3) 清洗管路 (4) 检查传热管,检查空气供给 (5) 检查抽气装置及机组气密性 (6) 检查能量控制设定及运行情况 (7) 将机组及燃烧开关置于自动位置 (8) 调节燃烧器控制 (9) 检查测量仪表,重新设定
10	运行过程中停机	外部原因	关闭热源主阀
11	冷剂泵气蚀	(1) 冷剂水量不足 (2) 液位开关(低)不灵 (3) 冷却水温过低	(1) 加冷剂水 (2) 调好液位开关,使动作正常 (3) 调节冷却水温或添加冷剂水
12	溶液泵气蚀	(1) 溶液量不足 (2) 结晶 (3) 溶液循环量过大(质量分数差小)	(1) 加溶液 (2) 熔晶 (3) 调节溶液循环量
13	燃烧火焰不正常	(1) 空燃比不恰当 (2) 燃烧器喷嘴阻塞	(1) 若燃烧压力变动,检查其原因,再调整空燃比 (2) 检查燃烧器喷嘴
14	停机期间真空度下降	有泄漏地方	关闭通大气的阀门,检查通大气部位是否松弛,必要时进行气密性试验
15	抽气装置运转不正常	见表 8.8-4 的 6 项	见表 8.8-4 的 6 项

(续表)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
16	安全装置动作冷热水机组故障停机(警报蜂鸣器响)	(1) 冷剂泵异常 (2) 溶液泵异常 (3) 冷剂水低温(热水高温)继电器动作 (4) 高压发生器、高压控制器或溶液高温继电器动作 (5) 空气压力低,压力开关动作 (6) 燃料压力降低或升高,压力开关动作 (7) 排气高温继电器动作 (8) 熄火(安全开关动作)	(1) 若过负荷继电器动作,则按下电磁开关的复位装置,检查电动机温度,电流值和绝缘 (2) 参照(1)项 (3) 检查温度继电器动作及给定值,温度控制器冷(热)水出口温度的给定过低(高)时,根据样本要求调好 (4) 检查冷却水量是否过少,检查冷剂水阻汽排水器的动作 (5) 检查风机(检查过负荷继电器动作) (6) 寻找燃料压力变化的原因 (7) 检查传热管内表面,若有烟灰附着,应予清除(高压发生器),检查空燃比,如果空气过剩,应予调整 (8) 通过点火试验,检查各阀和旋塞的开度、检查点火栓、火的动作情况、燃料量、空燃比、空气量、主燃烧器和点火燃烧器

第九章 制冷空调设备的维护管理与基本维修操作

第一节 制冷空调设备的维护管理

一、建立制冷空调设备的管理制度

使用制冷空调设备(尤其是大、中型设备)的单位或承担设备运行管理、维护工作的单位,应建立一套完整的设备管理制度,以保证设备正常、高效地运行。制冷空调设备的管理制度应包括以下内容:

- ① 明确管理对象及管理范围。
- ② 制定各设备的操作规程。
- ③ 确定各设备的维护检修周期及项目。
- ④ 对操作、维修及管理人員的管理。
- ⑤ 检修工具及维修设备的管理。
- ⑥ 配备的安全用具和设施及其管理。
- ⑦ 应急处理方案等。

建立设备管理制度应根据设备的特点及作用,遵照国家相关标准、规范及有关规定等进行,做到切合实际,有章可循,严格规范。

二、制定各设备的操作规程

各种设备的操作都要按照一定的操作方法和操作步骤进行,以保证设备能安全高效地运行,避免故障的发生。各设备都应有操作规程,操作人员应严格按照操作规程进行操作,杜绝违章操作

行为。

各种设备的特点、作用均不相同,即使同类型的设备,也会因其型号规格、制造厂家及容量大小的不同而有所差异。因此,在制定设备的操作规程时,应将设备生产厂家提供的产品使用说明书或产品技术手册作为最根本的依据,决不能照搬同类型设备的操作规程。操作规程不仅包含操作方法及步骤,还应规定巡视的内容,如仪器仪表的数值变化、润滑油油位的变化、液位的变化、设备运行时的异常声响等。

三、制定设备的维护检修制度

有些设备在运行一定的时间后,其效率会下降,产生故障的可能性会增大。为保证设备安全高效地运行,即使设备没有出现故障,也必须定期进行维护保养和检修。如制冷压缩机,用于某些特定场合时应定期更换润滑油,有时还需进行拆检;换热器应定期进行清洗;空调器的滤网也应定期清洗等。有些设备在长期停用时需要进行必要的处理,如冬季停用的水冷冷凝器需要放掉冷却水以免冻裂传热管等。这些都要形成制度,严格执行。

四、建立设备档案

对设备的运行状况应做好记录,如设备运行时的电压、电流、温度、压力、液位、油位及开停机状态等,设备的正常维护检修和故障维修情况也应进行详细地记录。这样便于操作、维修及管理人员把握设备的现状,出现故障时,也便于分析造成故障的原因。

五、对操作、维修及管理人員的要求

① 操作、维修及管理人員应经过专业培训,具备相应的专业知识和操作技能,持证上岗。

② 操作、维修及管理人員应了解设备的特点及作用,熟悉产

品说明书的内容,掌握设备的操作规程。

③ 操作、维修及管理人员应具备一定的安全技术知识,遭遇突发事件时能沉着应对。

六、配备检修工具和维修设备

根据设备情况,配备相应的检修工具和维修设备,并定期检查和保养,使其处于待用状态。

七、配备安全用具和设施

为保证人身和设备的安全,应根据实际情况配备足够的安全用具和设施,如绝缘手套、安全服、护目镜、防毒面具、氧气呼吸器、急救药品、消防器材、可靠充足的水源及通风设施等,并定期进行检查、保养或更新,使其处于待用状态。

八、制定应急预案

应根据设备可能出现的故障或事故及可能的突发事件(如停电、停水,遭遇台风、洪水、地震等),事先做出相应的处理方案,一旦出现情况,即按方案中所制定的相应方法和步骤执行,以免出现慌乱,造成更大的损失。

第二节 蒸气压缩式制冷设备的基本维修操作

一、制冷系统的吹污

在制冷系统的设备和管道安装完毕后,应对整个系统进行吹污,以清除安装过程中残留在系统内的焊渣、铁屑、砂粒等污物,防止污物损伤制冷机的部件和系统中的阀门,避免系统管道阻塞。

氨制冷系统吹污时,可用空气压缩机或氨制冷机提供压缩空

气,压缩空气的压力一般不超过 0.6 MPa。氟利昂系统进行吹污时,由于氟利昂系统对含水量要求严格,不宜使用压缩空气进行吹污,应使用 0.6 MPa 的氮气进行分段吹污。

吹污口应设置在管道、设备的最低处;吹污工作可分组、分段、分层进行。吹污一般不少于 3 次,直到排出气体不带水蒸气、油污和铁锈等杂物为止。

为了有效地利用压缩气体的爆发力和高速气流,可在吹污口装上一个阀门,待系统内压力升高时快速打开阀门,使空气迅速排出,带出污物。

在吹污过程中,如发现管路、法兰、阀门有明显的泄漏,则应及时进行补救。当系统吹污工作结束后,应将系统中所有阀门(除安全阀外)的阀芯和过滤器拆卸清洗,若发现阀门的密封线被损坏,应及时进行修理或更换。

二、制冷系统的试压和检漏

1. 试压

制冷系统试压时,除制冷压缩机的吸、排气阀、安全阀前的截止阀及连通大气的阀门关闭以外,其他系统管道上所有阀门都应开启,以保证试压线路畅通;试压前应将电磁阀、止回阀和膨胀阀等阀门的阀芯取出以免试压中造成损害,取出的阀芯应编号保存,待试压完成后再重新安装。

(1) 氨系统的试压

氨系统试压时可使用氮气或压缩空气,并分高、低压进行。从制冷压缩机排出口经冷凝器到液体分配站为高压部分,试压压力采用 1.8 MPa。从液体分配站经蒸发器到制冷压缩机的吸入口为低压部分,试压压力采用 1.2 MPa(在双级压缩循环系统中间压力下工作的容器和管道,试压压力也可采用 1.2 MPa)。

试压时间为 24 h。开始 6 h 内允许系统压力有不大于

0.03 MPa的压力降;在后 18 h 内压力不再下降为合格。如考虑室内温度变化的影响,可按下式计算其压力降

$$\Delta p = p_1 - p_2 = p_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right)$$

式中 Δp ——试验期内因环境温度影响而产生的压力降(MPa);
 p_1 、 p_2 ——试验前、后机内氮气的绝对压力值(MPa);
 T_1 、 T_2 ——试验前、后环境的热力学温度(K)。

如压力降超过计算值,则应进行检漏,查明并消除泄漏后再重新试压,直至合格。

空气试压时,最好使用空气压缩机进行,也可用氨制冷压缩机代替。用氨制冷压缩机代替时必须严格遵守下列规定:

① 在制冷压缩机吸入口设置过滤装置,防止灰尘或异物进入。

② 氨制冷压缩机吸、排气压差不得超过 1.4 MPa,严禁用堵塞安全阀的办法提高压力差。

③ 制冷压缩机的运转应间歇进行,逐渐加压,每次升压不超过 0.5 MPa。运转时油压应正常。制冷压缩机的排气温度不超过 120℃。

④ 试压完毕后制冷压缩机必须进行清洗检查,并更换冷冻机油。

(2) 氟利昂系统的试压

氟利昂系统应使用氮气或二氧化碳气体进行试压。不宜用空气试压。试压时也要将系统分为高压和低压两部分进行,不同的制冷剂系统的试压压力也不同,R22 高压侧为 1.8 MPa,低压侧为 1.2 MPa。

氟利昂系统试压期间的压力要求和允许的压力降与氨系统相同。

(3) 试压时应注意的事项

① 有些阀门和部件不能受压时间过长、承压过高。

② 氨泵、浮球阀、浮球液位控制器等在试压时可暂时隔开。有关控制阀门也应关闭,以避免零部件损坏。

③ 系统开始试压时必须将玻璃液位指示器两端的角阀关闭,液位指示器的玻璃管必须选用耐压 1.8 MPa 的高压玻璃管。

2. 检漏

检漏应在试压的同时进行,在试压完成后也可充入少量的制冷剂进一步进行检漏。

(1) 充压检漏

充压检漏可与试压同时进行,现场检漏一般采用肥皂水进行,在生产车间,可将充压后的机组浸入专用水池的水中进行检漏。检漏是一项细致的工作,有些焊缝接头经过较长时间后才开始微漏,需要仔细反复观察才能发现。

用肥皂水检漏时,应在各连接处和焊接处涂上肥皂水,边涂边仔细观察,如有由小变大的气泡即可断定此处泄漏。对焊接处检漏时应将焊渣除尽,否则泄漏很难查出。对法兰连接处进行检漏时,可用黄油或胶布把法兰对接缝处密封起来,仅留一个小孔,将肥皂水涂于小孔及螺栓处观察有否泄漏发生。在检查比较困难的部位时可用镜子反射检查。

发现渗漏处应做好标记,待系统全部检查完毕后卸压,进行修补。修补后再次进行试压,直至渗漏彻底消除。检漏后系统内的压力不应再降低。

(2) 充注制冷剂检漏

氟利昂的渗透性极强,为确保氟利昂系统的气密性,在用氮气充压检漏后还应向系统内充入少量的制冷剂进行复检。将氮气放出后抽真空,再充入少量制冷剂,使系统内的压力达到 0.2~0.3 MPa,然后用肥皂水、卤素检漏仪等进行检漏。

三、制冷系统抽真空

制冷系统抽真空的操作应在系统清洗、排污和试压检漏后进行。抽真空既可以进一步对系统进行气密性检查,又可以排除系统中的空气、水分和其他不凝性气体,为系统充注制冷剂做好准备。

抽真空应用真空泵进行,如图 9.2-1 所示。对于使用中、小型开启式、半封闭式压缩机的小型制冷系统,在没有真空泵的情况下也可利用系统本身的压缩机抽气(见图 9.2-2),设备制造厂家提供的产品使用说明书中禁止使用本机抽气的除外。

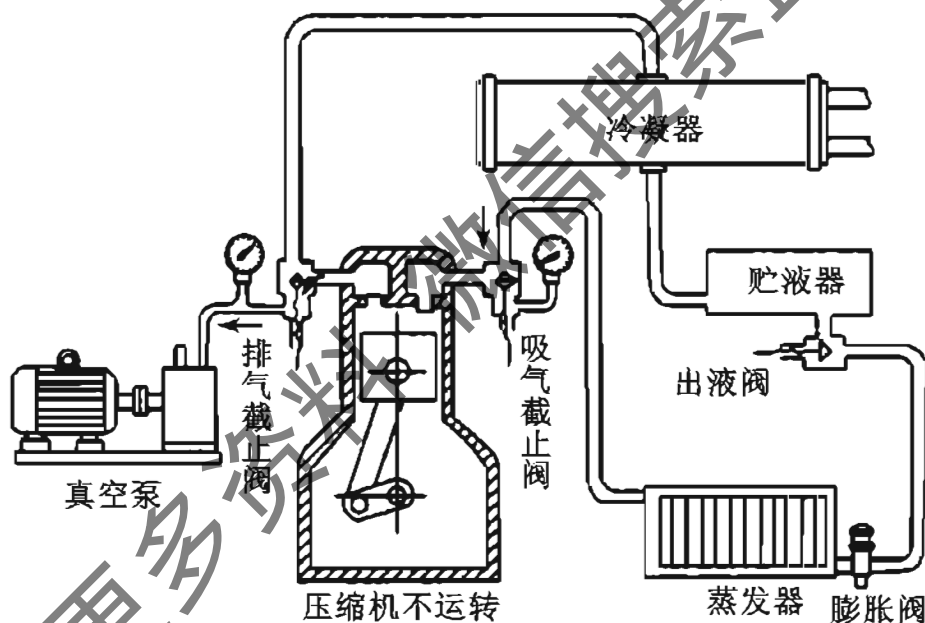


图 9.2-1 用真空泵抽真空

1. 用真空泵抽真空的操作方法及步骤

(1) 关闭系统与外界相通的阀门(如充注阀,放空气阀等),打开系统内部所有连通的阀门。

(2) 旋下排气阀的旁通孔螺塞,打开旁通孔道,并将真空泵接上。

(3) 启动真空泵进行抽气,系统中的空气很难抽尽,为了达到

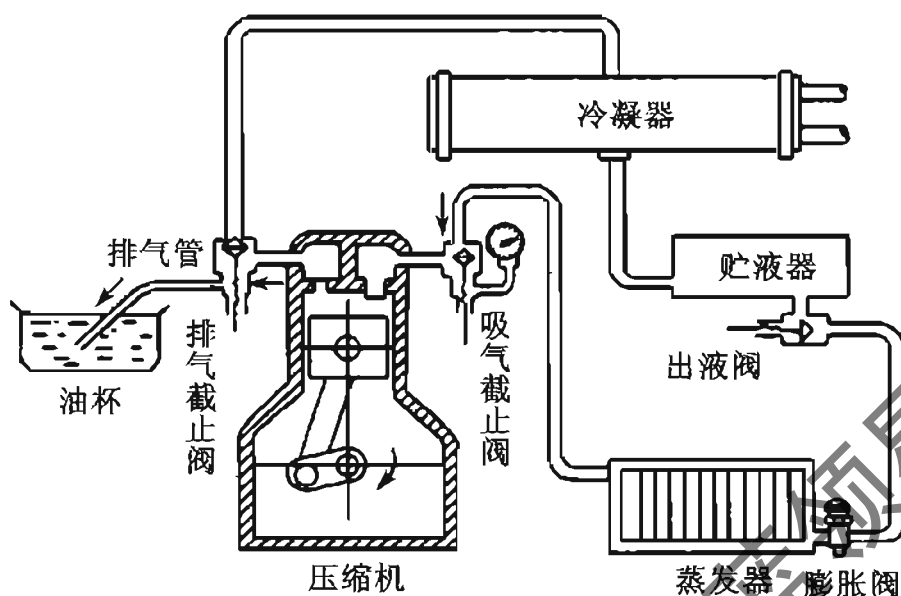


图 9.2-2 用压缩机抽真空

一定的真空度,抽真空要分数次进行,其间隔 10 min 左右,以使系统内的压力均衡。氨系统抽真空的剩余压力应小于 7.9 kPa (60 mmHg);氟利昂系统的剩余压力应小于 1.3 kPa(10 mmHg)。

(4) 真空度达标后,先关闭旁通孔道,再停真空泵,并拆下抽气管,旋上排气阀旁通孔螺塞。

(5) 抽真空后应保持 24 h,系统内升压不超过 670 Pa(5 mmHg)为合格。若压力上升较快,则应及时查明原因并加以消除。

2. 用本身的压缩机抽真空的操作方法及步骤

(1) 关闭吸气阀、排气阀,旋下排气阀的旁通孔螺塞,装上排气管,打开旁通孔道,以便排放空气。

(2) 关闭系统中通大气的阀门(如充注阀、放空气阀等),打开系统中其他所有阀门。

(3) 系统的冷凝器若为水冷冷凝器,则应放尽冷凝器中的冷却水,否则会因冷却水温低而使系统内的水分不易蒸发,难以被抽尽。

(4) 将油压控制器和低压控制器的接点强迫常通,启动压缩

机,待油压正常后慢慢打开吸气阀,能量调节装置放在最小一档。由于制冷压缩机的排空阀通径较小,故开始时吸气阀不能开得很大,能量调节装置也不能放在高档。随着系统内压力降低,可逐渐开大吸气阀并逐步加载,增加吸气量。在抽气过程中,制冷压缩机的油压最低不得低于 50 kPa。

(5) 抽真空应采用间断抽空法,在压缩机连续抽气至听不到气流声时,将排气管浸入冷冻机油杯中,观察管口冒泡情况。若 5 min 内无气泡冒出,可认为系统内气体已基本抽完。若排气管口长时间有气泡冒出,则说明压缩机本身或系统有泄漏,应检查排除。检查时,先关闭压缩机的吸气阀,检查压缩机本身是否泄漏。若压缩机不漏,则盛油容器里就不出现气泡,同时也说明是系统里有毛病;若压缩机有漏,气泡就会连续产生,这往往是轴封不密合所造成的。如果气泡开始时较大,然后逐渐变小,气泡出现的间隔时间也越来越长,这说明轴封从不密合到逐渐密合。若发现管端(插入面不深的情况下)有将冷冻机油反复吸进吐出的现象,将管端插到油内深处就看不出此现象,一般是阀片不密合所致,经重负荷使用后会有好转。

(6) 抽好真空后,先关闭排空孔道,然后停机,以防止停机后因阀片的不密合而出现空气倒流现象。

使用本身的压缩机抽真空时应注意以下事项:

① 当真空度抽至 8.6 kPa(650 mmHg)时,压缩机的油压已经很低,不能再继续抽真空。

② 抽真空的过程中,假如压缩机自身带润滑油泵时,则随着系统内真空度的提高会使润滑油泵工作条件恶化,引起机器运动部件的损坏,所以当油压(指压差)小于 26.7 kPa 时应立即停机。

③ 抽真空结束后要对压缩机进行拆洗,更换新的润滑油。

3. 小型制冷空调装置制冷系统的抽真空

小型制冷空调装置的制冷系统大多采用全封闭式制冷压缩机,抽真空一般采用真空泵或制冷剂充注机进行抽真空,有低压侧抽真空、高低压双侧抽真空等方法。图 9.2-3 为从低压侧抽真空的示意图,图 9.2-4 为从高、低压两侧同时抽真空的示意图。

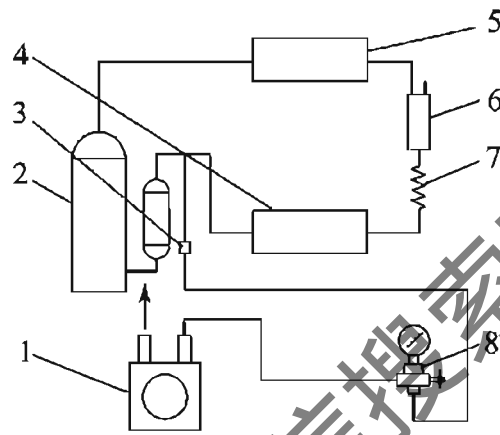


图 9.2-3 从低压侧抽真空

- 1—真空泵 2—压缩机 3—快速接头 4—蒸发器
5—冷凝器 6—干燥过滤器 7—毛细管 8—三通阀

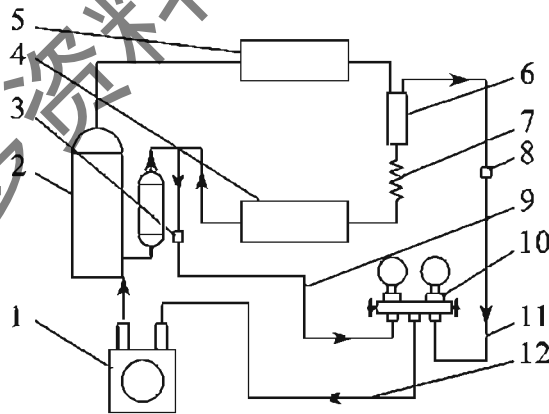


图 9.2-4 高低压双侧抽真空示意图

- 1—真空泵 2—压缩机 3、8—快速接头 4—蒸发器 5—冷凝器
6—干燥过滤器 7—毛细管 9、11、12—耐压胶管 10—歧管压力表组

四、充注制冷剂

1. 采用全封闭制冷压缩机的中、小型制冷系统的制冷剂充注
采用全封闭制冷压缩机的中、小型制冷系统的制冷剂充注的方法有称重充注法、压力观察充注法、定量充注法等。

(1) 称重充注法

图 9.1-5 为称重充注法的示意图,具体操作如下:

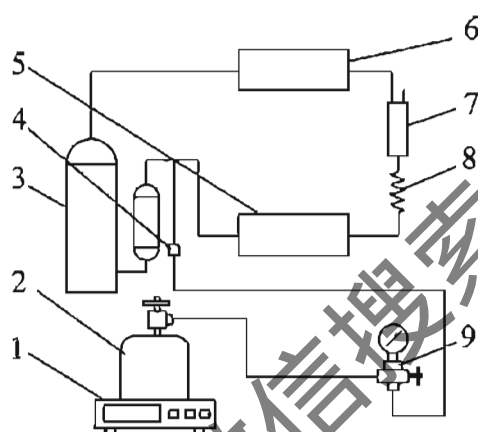


图 9.2-5 称重充注法示意图

1—电子秤 2—制冷剂钢瓶 3—压缩机 4—快速接头
5—蒸发器 6—冷凝器 7—干燥过滤器 8—毛细管 9—三通阀

① 先将装有制冷剂的钢瓶放在电子秤或台秤上,将三通阀接入系统,再将耐压胶管一端接在三通阀上,另一端接在钢瓶的出气阀上。

② 微开制冷剂钢瓶出气阀将胶管及三通阀接入管中的空气排出,然后立即拧紧接头以防止泄漏。

③ 称出钢瓶的重量。

④ 打开三通阀向制冷系统充注制冷剂。

⑤ 在充注过程中观察秤的读数,当达到相应的充灌量时,关闭三通阀和钢瓶上的出气阀,充注结束。

(2) 压力观察充注法

采用压力观察充注法时,三通阀、钢瓶与系统的连接和称重充注法相同。所不同的是称重充注法在充注过程中观察的不是秤的读数,而是观察压力表的读数。但制冷系统的蒸发压力不仅与系统有关,还与制冷剂的种类和环境温度有关,因此充注时压力表的读数应根据具体的情况来决定。

现以制冷剂为 R22 的空调器为例加以说明。当蒸发压力(表压)高于 0.7 MPa 时,可关闭三通阀,停止充注。开启压缩机,则压力表的读数开始下降,当低于 0.54 MPa 时,再打开三通阀继续充注。在夏季,空调器的蒸发压力(表压)可控制在 0.54 MPa 左右。在环境温度较低时,空调器的蒸发压力(表压)可控制在 0.50 MPa 左右。

(3) 定量充注法

定量充注法使用定量充注器或制冷剂充注机进行充注。制冷剂充注机的使用方法见第七章第四节。

使用定量充注器时,只需在制冷装置抽好真空后关闭三通阀,停止真空泵,并将真空泵拆下。用耐压胶管接头将定量充注器的出液阀与三通阀相连。打开出液阀将胶管中空气排出,然后拧紧胶管的接头,不允许有泄漏。在充注时,首先观察充注器上压力表的读数,转动刻度套筒,在套筒上找到与压力表相对应的定量加液线,记下玻璃管内制冷剂的最初液面。然后打开三通阀,制冷剂通过胶管进入系统,同时玻璃管内制冷剂的液面开始下降。当充注量达到规定数值时,关闭充注器上的出液阀和三通阀。图 9.2-6 为定



图 9.2-6 定量充注器

量充注器的外形图。

2. 大、中型制冷系统的制冷剂充注

(1) 充氨的操作方法

① 准备好充氨的专用工具,如压力表、过滤器、制冷剂钢瓶及管路接口、阀门等。

② 准备好防毒面具、口罩、胶皮手套等防护用品,打开工作间的门窗,启动工作间的换气扇。

③ 准备检漏用的酚酞试纸。

④ 如图 9.2-7 所示连接好充注管系,并保持气密,将钢瓶放在准备好的磅秤上,并将钢瓶底部抬高,与水平面成 30° 角,记录钢瓶的初始重量。

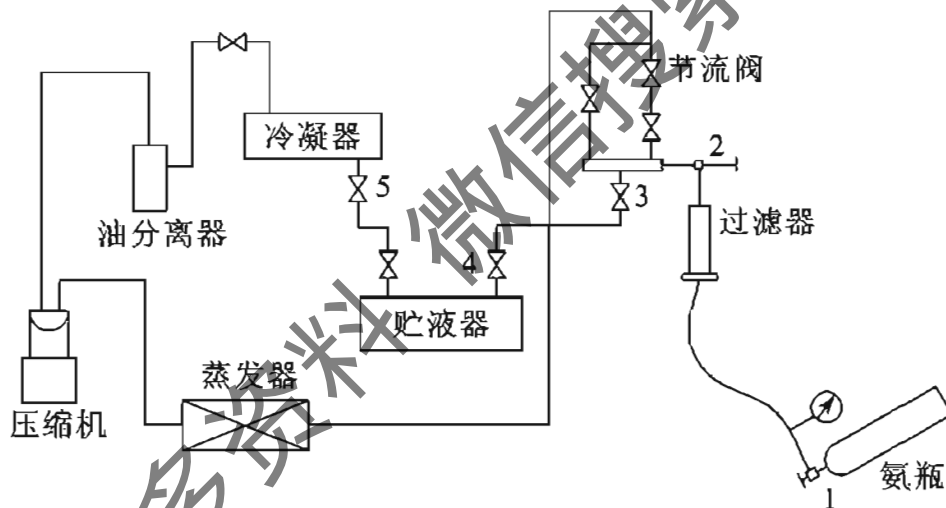


图 9.2-7 制冷系统充氨示意图

⑤ 用真空泵对充注制冷剂的外部管系抽真空,并同时制冷系统再次抽真空。

⑥ 充氨试漏。开启氨瓶阀 1,氨迅速进入制冷系统,随着氨充入量的增加,制冷系统内的压力逐渐上升,当压力上升至 0.190 MPa 时(注意不允许超过 0.196 MPa),关闭氨瓶阀 1,停止充氨,然后用酚酞试纸全面检查整个系统是否漏氨。若发现有泄漏的部位需要补焊时,应先放出氨,补焊后再进行气密性试验和抽

真空的操作, 然后进行充氨操作。

⑦ 充氨试漏检查合格后, 可继续向制冷系统充氨。随着制冷系统压力上升, 外部充注管系的挂霜情况将慢慢消失, 氨瓶压力下降, 当氨瓶内的压力与制冷系统压力相平衡时就不能充氨了, 需借助压缩机来实现充氨。这时要关闭制冷系统高低压之间的连通阀, 同时关闭储液器的出液阀 4 或节流前的供液总阀 3。

⑧ 按正确的操作方法启动制冷压缩机, 使氨通过制冷系统进入储液器, 当发现氨瓶的头部结霜、充氨管系开始结霜或压力表指示接近 0 Pa 时, 说明瓶内的氨所剩无几, 此时应关闭氨瓶阀 1 及制冷系统充氨阀 2, 更换另一氨瓶。然后重复以上的充氨操作方法, 直至充注量为计算重量的 90% 时停止充注, 进行试运行。在试运行过程中, 要仔细检查制冷剂的充注是否充足, 不足要补充充足。

注意事项:

在充氨过程中, 由于氨瓶口径小, 氨瓶供液一般会出现供不应求的情况, 这时会造成压缩机吸气压力低, 排气压力高的现象, 因此在充氨时要随时注意温度的变化, 不能太高。另一方面, 由于蒸发器内液体过多, 当储液器液位达到视镜 2/3 位置时, 就关闭充液阀, 停止充注, 进行试运行。

(2) 充氟的操作方法

根据充氟点的位置不同, 充氟的方法可分为三种。第一种是在储液器到膨胀阀间的管路上外接一个专用充注阀, 这种方法与氨的充注方法基本相同, 一般用于大型制冷系统的制冷剂充注。第二种是从压缩机的吸气阀多用孔道处充注, 这种方法的充注速度较慢。第三种是从压缩机的排气阀多用孔道处充注, 也称液体充注法, 这种方法的充注速度快, 但安全性较差, 维修操作中不建议采用。

第二种充注方法的操作步骤如下:

① 准备好充氟的专用工具,如压力表、过滤器、制冷剂钢瓶及管路接口、阀门等。

② 准备好护目镜等防护用品,打开工作间的门窗,启动工作间的换气扇。

③ 准备检漏用的肥皂水、卤素检漏灯或电子检漏仪。

④ 将钢瓶放在准备好的磅称上,用专用连接管路将钢瓶与压缩机的吸气阀多用孔道相连,如图 9.2-8 所示。接多用孔道的螺母暂不拧紧,先把钢瓶阀开启一点,让制冷剂将连接管中的空气冲走,随即关闭阀门,并把螺母拧紧。然后记录钢瓶的初始重量。

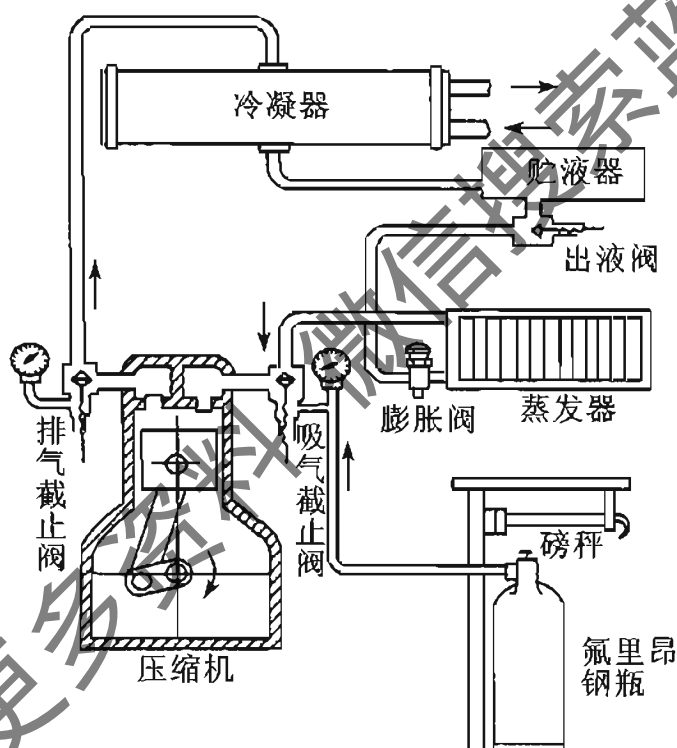


图 9.2-8 从低压侧充注氟利昂气体

⑤ 充氟试漏。旋开压缩机吸气阀的多用孔道,同时缓慢打开钢瓶阀,开始充注制冷剂。当整个制冷系统的压力上升到 0.3~0.4 MPa 时关闭钢瓶阀,停止充氟,用肥皂水、卤素检漏灯或电子检漏仪对整个制冷系统的所有管路接头、焊点、阀门等处进行检漏。

⑥ 充氟试漏检查合格后,关闭冷凝器的出液阀或储液器的出

液阀。启动制冷压缩机,此时制冷系统中的制冷剂就会被压缩机压成液态储存起来。当氟瓶的头部结霜、吸入压力接近 0 Pa 时,就应更换另一氟瓶继续充注。当充注量达总充注量的 90% 左右时,停止充注。

⑦ 将吸气阀全开,启动压缩机,打开冷凝器的出液阀或储液器的出液阀,使制冷系统进入试运行。在试运行过程中,要仔细检查制冷剂的充注量是否充足,不足要补充足。正常后就可以卸下充氟管系,对制冷系统进行调节了。

3. 充注制冷剂的禁忌

- ① 不做好安全防范措施就开始充注操作。
- ② 在空气不流通甚至密闭的场所进行充注操作。
- ③ 不区分制冷剂的种类而混用制冷剂充注专用工具。
- ④ 充注前不对制冷剂钢瓶进行查验。
- ⑤ 启闭制冷剂钢瓶阀门的速度过快。
- ⑥ 充注过程中,对制冷剂钢瓶进行加热。
- ⑦ 充注过程中,操作人员离开现场。

⑧ 充注过程中,在操作现场同时进行其他操作,尤其是焊接等有明火的操作。

五、制冷设备检修前对制冷剂的回收和处理

制冷设备检修前必须对系统内的制冷剂进行处理。小型制冷设备的制冷剂回收可使用制冷剂充注回收机进行全部回收。而对于大、中型制冷设备,由于制冷系统的差异及检修的内容不同,对制冷剂的处理方法和步骤也不一样。

(一) 对制冷设备中氨的处理方法

1. 低压设备进行检修时对氨的处理操作方法

低压设备某处泄漏需要进行检修,必须先把设备中的氨处理干净,在与大气相通时才能进行修理。其操作步骤如下:

① 准备安全工具。包括防毒面具、通风机、橡胶手套、橡胶水管、扳手等。

② 切断事故设备与正常运转设备的联系,并把关闭的阀门挂上禁开的牌子,并做记录。

③ 选择抽氨线路,应该把待修设备中的氨液抽净,待修设备为蒸发器时应选热氨融霜回液管路,把氨液抽到排液桶或循环桶。把调整的有关阀门挂上标牌,以免操作中出错。若低压循环桶有泄漏处,需要检修,氨不易抽净,可在抽氨后关闭循环桶的进气阀、供液阀。把放油管路接通大气,让循环桶内少量氨液蒸发干净,再开启压缩机,机器排空,排出的气体可通过放空阀及橡胶管放到池或水桶内。

④ 开机抽空。系统管道的阀门调整无误后,可开氨压缩机进行抽空。关闭的阀门只要不出现内部串漏,抽 3~4 次后,经 30 min,低压压力表指针微升而且在 0 MPa 以下,可视为设备已抽空。若几次开机抽空,停机后压力表指针读数较快(5~10 min)升到 0 MPa 以上,证明被检修设备抽不空,应查明原因,待排除后再进行抽空工作。被检修设备抽空后,再做接通大气工作,一切无误后方可对该设备进行修理工作。

2. 高压设备进行检修时对氨的处理操作方法

高压设备检修时对氨的处理原则是既要安全又不太浪费。从安全方面考虑,高压高温氨气不宜放到低压设备中去,因为放到低压设备中不仅会使低压压力升高,机器不能开动,而且致使低压设备出现不安全因素。对于高压设备中的液体,可通过有关管路,例如通过放油管到集油器,再通过减压管送到排液桶或低压循环桶储存起来,这样既不使低压设备压力过高,又不把氨液放掉,是安全经济的。

3. 制冷设备大修时对氨的处理操作方法

大修时不能将氨全部放掉,这样做既不安全又不经济。应进

行抽氨回收操作。先用压缩机将氨抽至冷凝器,把冷凝后的氨液灌入氨罐或氨瓶中,其具体操作步骤如下:

① 准备氨罐或一定数量氨瓶、磅秤、连接管、钳工工具、劳保用品等。

② 调整系统的有关阀门、开氨泵、关循环桶的供液阀,按正常程序启动压缩机使整个制冷系统进行工作。

③ 一般可在加氨站向氨罐或氨瓶灌氨,用高压橡胶管或钢管连接好。打开加氨站上的减压阀,把氨罐或氨瓶减压,然后关闭减压阀,开启加氨阀门加氨,氨瓶应过秤,一般不应超过容量的60%。氨罐看后面的容积百分数表,按其规定要求控制。

④ 氨瓶加到规定数量后,及时关闭钢瓶阀和加氨站上的液体阀,开启加氨站上的减压阀,把加氨管中的液体抽空,关闭减压阀,慢慢拆下钢瓶连接管,换上新瓶。氨罐达到数量时,首先关闭氨罐阀,开启加氨站上的减压阀,把管内氨液抽净后,关闭减压阀,拆下连接管。

⑤ 对于冷库的制冷系统,若机器的吸气压力过低时,可打开冷库门,使库温升高,氨的蒸发量增加,机器的吸气压力可升高,低压系统可抽到 -0.05 MPa。停机后,若压力升高,可再开机抽空。为了便于氨的冷凝,可使冷凝压力高一些,例如可控制在 $1.3\sim 1.4$ MPa 之间。

⑥ 当高压储液桶的液面降到5%以下,氨液不能进入氨瓶或氨罐,低压系统的压力又升不到0 MPa 以上时,可视为向氨瓶或氨罐加氨结束。剩余的少量氨可放到准备好水的桶内或冷凝器水池中。

(二) 对制冷设备中氟利昂的处理方法

1. 低压设备进行检修时对氟利昂的处理操作方法

低压设备泄漏或管路阀门堵塞时需要进行治疗时,可开机把氟利昂制冷剂抽到高压设备中储存起来。检修后,经试压检漏合

格后,把空气抽空,再从高压设备中把氟利昂制冷剂输送到低压设备中,循环使用。

2. 高压设备进行检修或系统大修时对氟利昂的处理操作方法

若高压设备泄漏或整个系统大修,可把氟利昂制冷剂抽到钢瓶内储存。其具体操作方法如下:

① 把冷凝器出液阀开足,利用阀芯的倒关装置,使三通阀的旁通螺塞处与系统切断联系,拆下旁通螺塞,换上活接头,并接好放氟管(一般用 $f 6 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ 紫铜管或者用尼龙丝专用塑料管)。

② 接好冷却水管,把氟瓶放在水池中或者直接用自来水喷淋,最好用自来水或深井水,水温越低冷凝越好。

③ 微开冷凝出液阀,然后拧松加氟管的活接头,把管内的空气赶出,再把活接头螺栓拧紧。开启冷凝器出液阀半圈,查看是否有泄漏的现象,若无泄漏处,可全部开启冷凝器出液阀,打开氟瓶阀,使氟利昂制冷剂进入钢瓶。开启压缩机将低压设备中的氟利昂制冷剂抽到冷凝器。冷凝后的氟液进入钢瓶。若氟瓶中原有少量的气体且压力较高,可在机器的吸入阀旁通螺塞处接上加氟管,将氟瓶内的压力抽到 0.05 MPa ,再按以上方法将氟瓶接到冷凝器出液阀上。这样氟瓶进液快。

④ 由于设备内的氟利昂减少,可减少冷却水或者停止供应冷却水,但应注意冷凝压力的变化,对 R22 冷凝压力不要高于 1.4 MPa 。若排气压力还过低,证明氟工质很少了,可把放氟瓶及连接管接到机器的排出阀旁通螺塞处,但要注意机器的排出压力不应高于上面所指的数值。

⑤ 当系统内的低压压力达到 -0.05 MPa 时,可停止压缩机运转。观察系统高、低压压力的回升情况。若低压压力回升到 0 MPa 以上时,可再开机抽氟。若压力不回升说明系统内没有液

体制冷剂。关闭氟瓶阀,抽氟工作结束。

(三) 处理制冷设备中制冷剂时的注意事项

① 不论氨压缩机或氟压缩机,设有压力控制器和压差控制器时,在抽空前应使其短路,否则不能较好地完成系统抽制冷剂的任务。

② 在全部大修抽空前,除高低压区段分开的阀门外,其他阀门应是全部开启的,尤其是氨系统不能有该开的阀门不开,留下死角,检修时因大意而受到氨的侵害。

③ 对于冷库制冷系统的低压设备,其环境温度低,内部制冷剂蒸发慢,可开启冷库门或设风机向室内吹热风。有的设备因有隔热层,液体蒸发很慢,制冷剂很难抽净。例如循环桶上某个管件泄漏,或者有油放不出来,氨泵打不出去的少量氨液,要自然蒸发很长时间,耽误使用。可用以上局部抽氨的方法处理氨液,在安全的条件下把存在的问题处理妥当。

④ 在抽取制冷剂的过程中,应注意机器设备温度和压力的变化,如不正常应查明原因,待排除后再抽取。

⑤ 系统排放余氨时,阀门开得不要过大,要有较充分的水以溶解氨,尤其是在城市更应注意。另外,应将所有的阀门开启,与排放管相通,否则氨放不干净,设备检修时人员将受到伤害。

⑥ 用钢瓶装制冷剂时,一定要密切注意砵称的读数,防止钢瓶装得过多而出现意外事故。用氨罐装氨时也同样要防止装载超量。

六、制冷系统放空气的操作

空气是不凝性气体,也就是说,空气在一般的低温下是不会凝结为液体的。制冷系统中如混入了空气,会影响冷凝器的散热,使冷凝压力升高,导致机组不能正常运转。为此,制冷系统内有了空气就要把它排出,才能维持机组的正常运转。

1. 氟利昂系统放空气的操作步骤

(1) 关闭储液器出液阀或冷凝器出液阀。

(2) 启动压缩机,将低压段内制冷剂收入冷凝器或储液器里。

(3) 待低压系统压力降至稳定的真空状态后停机。

(4) 旋松排气截止阀的旁通孔螺塞,顺旋(旋半圈左右)排气阀杆使阀成三通状,让高压气体就从旁通孔中逸出。用手掌挡着排出气流,当手感觉有凉气且手上有油迹时,说明空气已基本排完,应拧紧螺塞,反旋排气阀杆,关死旁通孔。

(5) 注意事项:

① 每次放气时间不宜过长,可连续进行 2~3 次,以免浪费制冷剂。

② 如冷凝器或储液器的顶部装有备用截止阀,也可直接从该阀门放出空气。

2. 氨制冷系统的放空气操作步骤

(1) 用空气分离器放空气时,将空气分离器的回气阀门置于常开状态,使空气分离器的压力降至吸气压力。其他各阀应关闭。

(2) 适当开启混合气体进气阀,使制冷系统内的混合气体进入空气分离器内。

(3) 微开供液阀(开启度大小应视回气管道的结霜情况而定,一般控制在使回气管结霜 1 m 左右),使氨液节流进入空气分离器内气化吸热,冷却混合气体。

(4) 连接放空气阀接口用的橡胶皮管,使一端插入盛水容器的水中。当混合气体中的氨被冷却成氨液时,空气分离器底部就会结霜,这时可微开放空气阀,将空气通过盛水容器排出。若气泡在水中上升的过程中呈圆形并无体积变化,水不混浊,水温也不上升,则放出的是空气,此时应使放空气阀的开度合适。若气泡在上升过程中体积逐渐缩小甚至消失,水成乳白色且出现混浊,水温升高,则说明放出的气体中含有较多的氨气,说明空气已放完,应停

止放空气操作。

(5) 混合气体中的氨逐渐被冷凝为氨液,并积存于底部。从外壳的结霜情况可看出液位高度,当液位达 1/2 时关闭供液节流阀,关闭供液节流阀,开启回液节流阀。使底层氨液回流至空气分离器,冷却混合气体。待底层霜层即将融化完毕(说明冷凝的氨液即将排完),关闭回液节流阀,开启供液节流阀。

(6) 停止放空气时应先关放空气阀以防氨气泄出,然后再关供液节流阀及混合气体进气阀。为了防止放空气器内压力升高,回气阀不应关闭。

七、制冷压缩机的加油操作

对压缩机加油前,必须检查待加润滑油的牌号和质量,符合要求才能进行加油操作。加油操作完成后,应填写记录表,记录操作方法、操作步骤、加油量、操作时间等。

(一) 开启式和半封闭式氟利昂制冷压缩机的加油

润滑油可从专用加油孔、吸气截止阀旁通孔或曲轴箱下部的油三通阀三处进行添加。

1. 从加油孔中加润滑油

压缩机上有加油孔时可从加油孔处加入润滑油。其操作步骤如下:

(1) 关闭吸气截止阀,启动压缩机,将曲轴箱内制冷剂排入冷凝器。如发生液击则断续停开几次,使压缩机内的压力接近大气压力后停车,并关闭排气截止阀。

(2) 旋下加油孔的螺塞(俗称油闷头),将漏斗插入加油孔,并往里面加油,加油量以到达油面线为止,加油完毕取下漏斗,旋上螺塞并旋紧。

(3) 打开吸、排气截止阀,加油工作结束。

2. 从吸气截止阀旁通孔吸入冷冻机油

此法适用于添加量少的小型压缩机,如图 9.2-9 所示,其操作步骤如下:

(1) 关闭吸气截止阀,启动压缩机几分钟,将曲轴箱中制冷剂排入冷凝器,使曲轴箱呈真空状态。停车并立即关闭排气截止阀,慢慢旋下排气截止阀的旁通孔螺塞,将高压腔剩气放掉。旋下吸气截止阀旁通孔螺塞;装上锥牙接头和铜管。

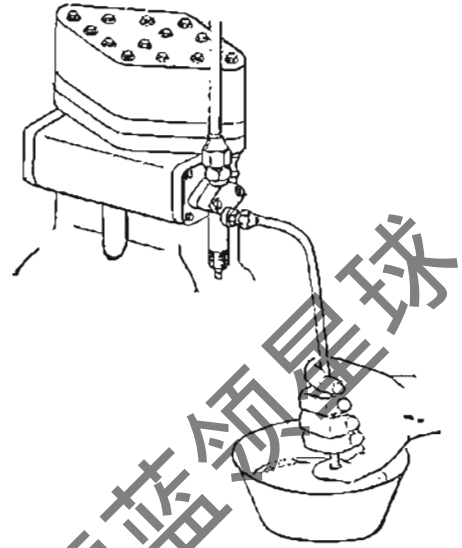


图 9.2-9 从吸气阀加冷冻机油

(2) 将要加的润滑油准备好。

(3) 用手指揪住吸油管口,启动压缩机将曲轴箱空气抽出,如发现液击情况,则让压缩机断续运转 2~3 min,使曲轴箱呈真空状态。当揪住管口的手指感到有一股较强的吸力时即停车。

(4) 把用手指揪住的管口浸入油中,浸入后即放手,油便从油管吸入曲轴箱。

(5) 观察油面指示器所示油面是否到达所需的油面线。如果未达到,而油管口又无吸油能力(说明曲轴箱的压力已回升),可再用手揪住管口,按上述方法启动压缩机,恢复曲轴箱的真空状态后,再把管口浸入油中放手吸油,直至到达所需油面线为止。

(6) 拆下铜管和接头,旋上螺塞并旋紧,启动压缩机,将曲轴箱内吸进的空气抽出,当听不到排气声即旋紧排气截止阀螺塞。

(7) 打开吸、排气截止阀,加油工作完成。

3. 从曲轴箱下部的油三通阀加油

具有三通阀装置的 F7 和 F10 系列压缩机,可在压缩机连续运转情况下加油。其操作步骤如下:

(1) 旋下油三通阀帽盖,将阀杆反旋关闭油路外接头。

(2) 旋下闷头螺塞,接上锥牙接头及加油铜管,将油管的另一端浸入油内,盛油器应高于曲轴箱内油面。

(3) 关小出液阀或压缩机的吸气截止阀,使压缩机在吸气压力略高于 0 MPa 的表压力下运转。

(4) 将油三通阀杆顺时针旋转 1/4 转,让曲轴箱内有压力的润滑油流入加油管,将管内空气排掉。然后迅速顺时针旋阀杆至关闭位置,这时,机内油路被切断;油泵的吸油腔内压力立即低于大气压,润滑油即从吸油管口吸入。

(5) 加至一定的油面后,迅速反旋油三通阀杆,关闭外接头口。

(6) 拆下油管,旋上并旋紧螺塞闷头和帽盖,恢复输液阀或吸气截止阀杆至原来位置,加油完毕。

(二) 单级氨制冷压缩机的加油

1. 利用专用油泵加油

设计安装制冷系统的机房时,将加油管、油泵和油箱固定安装,使之与每台压缩机的加油阀相连。压缩机需加油时只要启动油泵,打开压缩机的加油阀即可加油。加油结束后,停止油泵的运行,关闭压缩机的加油阀。

2. 利用制冷压缩机本身的油泵加油

具体要求和步骤如下:

(1) 加油管要清洁干燥,加油管上应装有过滤装置。

(2) 将加油管一端接在制冷压缩机油三通阀的加油接口上,加油管上的过滤装置插入油桶内。

(3) 将油三通阀手柄拨回“加油”位置,冷冻机油即被压缩机油泵吸入。当曲轴箱油面达到要求后,将三通阀手柄拨回“运转”位置。注意加油时不能吸入空气。

3. 制冷压缩机运转时利用大气压力加油

具体操作步骤如下:

(1) 将加油管接在制冷压缩机曲轴箱的加油阀上。

(2) 关小制冷压缩机的吸气阀,这时油压会下降,应注意进行调整。

(3) 待曲轴箱压力低于外界大气压时打开加油阀,使润滑油在大气压力作用下自动加入曲轴箱内。

(4) 当曲轴箱油面达到要求时关闭加油阀,拆下加油管,逐渐开大压缩机的吸气阀,恢复正常运转。

(三) 双级氨制冷压缩机的加油

双级制冷压缩机的低压级压缩机的加油方法与单级制冷压缩机相同。高压级制冷压缩机用油三通阀加油,也和单级机的操作一样。若高压级压缩机不带油三通阀,可在运转时利用大气压力加油。其步骤如下:

(1) 关闭中间冷却器的供液阀。

(2) 关小低压级压缩机的吸气阀,将低压级压缩机的汽缸卸载。

(3) 当中间压力降到 0.05 MPa 以下时,关小高压级压缩机的吸气阀,待曲轴箱压力降至 0 MPa 时打开加油阀加油,注意加油时中间压力不得升高,并注意调整油压。

(4) 当曲轴箱油面达到要求时关闭加油阀,缓慢打开高压级压缩机和低压级压缩机的吸气阀,并逐档上载。开启中间冷却器的供液阀,恢复正常工作。

(四) 小型制冷空调装置中的压缩机的加油

在小型制冷空调装置中,普遍采用全封闭式制冷压缩机,压缩机的加油操作一般要使用真空泵,如图 9.2-10 所示。具体操作步骤如下:

(1) 将所需数量的润滑油放在一个容器中。

(2) 关闭歧管压力表组 L 阀、打开 H 阀,开启真空泵对系统抽真空。

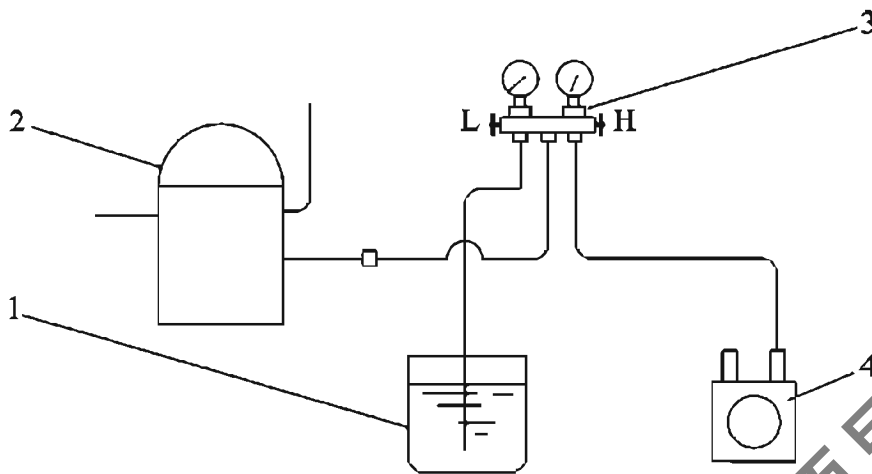


图 9.2-10 全封闭式压缩机添加润滑油示意图

1—盛油容器 2—压缩机 3—歧管压力表组 4—真空泵

(3) 抽真空结束后,关闭 H 阀,停止真空泵。

(4) 打开 L 阀,容器中的润滑油即被吸入压缩机中。

八、制冷系统的放油操作

压缩机运行时,部分润滑油不可避免地会进入制冷系统中的各个设备。即使设置油分离器,也不可能将油全部分离,总有少量润滑油会进入冷凝器、蒸发器等制冷设备和制冷管道中。油积存在制冷系统各个部分时,会使制冷效率降低,甚至导致系统无法正常运行。因此,为了避免和减少润滑油对制冷系统的影响,除设置性能良好的油分离器和正确掌握压缩机的加油量外,在正常运转中还必须定期对制冷设备进行放油操作。

放油操作最好在设备停止运转时进行,因为此时放油效率高,而且比较安全。如必须在运行时放油,则要注意安全,并不能影响系统的正常运行。制冷设备放油时必须遵守操作规程,保证安全。放油操作只能逐个设备进行,不能两个及多个放油设备同时进行。

对于大、中型的氨系统,放油必须经集油器集油后,才可排出制冷系统。放油前,集油器应处于低压工作状态。如集油器内有

积油,应先减压然后放油。当集油器压力较高时,应打开减压阀,使其压力降至制冷系统的回气压力,再关闭减压阀以备放油。

1. 集油器的放油操作

(1) 所有设备放出的润滑油都需经集油器后排出,所以当各制冷设备向集油器放油时,集油器应处于低压待工作状态。

(2) 设备放油时集油器打开进油阀进油,集油器油位达 70% 时关闭进油阀,微开减压阀使油内夹带的氨液蒸发,为加快氨液的蒸发,可在集油器外表面淋水加热。

(3) 10 min 后关闭减压阀,观察集油器压力表的压力是否上升。若上升则说明油中还有氨液,应再开减压阀,直至压力上升很少时再停止淋水,并关闭减压阀。

(4) 开启放油阀,将润滑油放出后集中进行再生处理。集油器内的油放净后关闭放油阀,并可再次为其他制冷设备进行集油。

(5) 集油器放油时操作人员不得离开现场。放油完毕后关闭放油阀,并记录下放油的时间和重量。操作人员放油时应穿戴防护服装及橡胶手套,以防止氨液的腐蚀。

2. 洗涤式油分离器的放油操作

(1) 放油前应先关闭洗涤式油分离器的供液阀,15 min 后油分离器内的制冷剂液体基本蒸发完毕,冷冻机油便沉淀在底部。当制冷系统正在运行时,对洗涤式油分离器的停止供液时间不宜过长,以免妨碍系统的正常运行。

(2) 当油分离器外壳中下部的温度升到 40~45℃ 时,打开放油阀和集油器的进油阀向集油器放油。

(3) 洗涤式油分离器放油阀处的管道发凉或结霜时说明油已放完,关闭放油阀,开启供液阀,恢复洗涤式油分离器的正常工作。

(4) 洗涤式油分离器的放油次数应根据制冷压缩机的耗油量而定,一般每月 1~2 次。

3. 冷凝器的放油操作

(1) 冷凝器放油时最好停止冷凝器的工作。若在运行时放油,应尽量选择在压缩机的排气温度较低时进行。

(2) 开启冷凝器的放油阀和集油器的进油阀,向集油器放油。

(3) 当放油阀管路发凉或结霜时,关闭放油阀和集油器的进油阀。

(4) 冷凝器应根据设备的运行情况定期放油,一般每月 1~2 次。若有多台冷凝器,放油可轮流进行。

4. 高压储液器的放油操作

(1) 当高压储液器的液位指示器中的油位上升时,说明桶内有积油,即可进行放油。

(2) 打开高压储液器的放油阀和集油器的进油阀,放油完毕后再关闭放油阀和集油器的进油阀。

(3) 高压储液器放油时一般不停止工作,直接向集油器放油。

(4) 高压储液器也应定期放油,一般每月 1~2 次。

5. 低压循环储液桶的放油操作

(1) 当制冷系统停止运行或库温达到要求而停机时,低压循环储液桶内的压力回升,这时应进行放油操作。

(2) 为了不影响制冷系统的正常运行,低压循环储液桶在放油操作时也可以不停止工作,而是开启放油阀直接向集油器放油。但由于压差太小,放油速度较缓慢。

(3) 当热氨冲霜后,低压循环储液桶内的压力较高,可利用热氨适当加压,这时放油最好。热氨冲霜的排液排进低压循环储液桶后要静置 10~20 min 使油沉淀,此时可将桶内压力加至 0.3~0.35 MPa,即可开启放油阀向集油器放油。放油完毕后,再将桶内压力缓缓降至蒸发压力,恢复正常运行。

(4) 如果低压循环储液桶积油,将直接影响到氨泵的正常运转。每月至少进行 2~3 次放油操作。

6. 氨液分离器的放油操作

(1) 氨液分离器一般在不停止工作的情况下放油,但放油速度较慢。

(2) 可利用制冷压缩机停机的机会放油。关闭供液阀、出液阀、进气阀和出气阀后对氨液分离器加压,但压力不得高于 0.5 MPa。适当开启放油阀向集油器放油,放油时注意不要将氨液放出。放油后缓慢打开出气阀,使压力降至回气压力后再打开其他阀门,恢复正常工作。

(3) 氨液分离器每月放油 1~2 次。

7. 排液桶的放油操作

(1) 排液桶接受融霜排液后关闭进液阀,静置 20~30 min,使润滑油沉淀后方可进行放油。

(2) 放油时先开启加压阀对排液桶加压,但压力不得高于 0.6 MPa。加压后关闭加压阀。

(3) 开启排液桶的放油阀和集油器的进油阀进行放油操作。

(4) 排液桶的放油次数视液面指示器的油位而定。但每次冷间热氨排液后,排液桶均需放油 1 次。

8. 中间冷却器的放油操作

(1) 中间冷却器的放油方法和操作程序,与洗涤式油分离器相同。

(2) 双级压缩机低压级的排气中带出的润滑油大部分在中间冷却器内被分离沉积,所以中间冷却器至少每周要放油 1 次。

九、去除制冷剂中的水分

水在 HFC 和 HCFC 类制冷剂液体中的溶解度一般均很小,且与制冷剂的温度有关,温度越低其溶解度越小。若制冷剂里混入了水分,一部分水就溶解于制冷剂中,并和它一起流动,当流过节流装置时,因温度突然下降,部分水从制冷剂中析出并结成冰,

形成冰堵。运行中,若出现冰堵故障,必须进行去除水分的操作,其方法是用干燥剂吸去水分,即用干燥过滤器过滤制冷剂。

1. 操作步骤

(1) 将制冷剂收入冷凝器,使低压段抽成真空。

(2) 停机后,关闭排气截止阀,微开出液阀使低压段压力上升到0 Pa(表压)或稍高一点。

(3) 拆下系统中的干燥过滤器,换上备用干燥过滤器(事先应准备)或更换干燥剂。干燥剂一般用硅胶或无水氯化钙。

(4) 装上干燥过滤器后,再次将低压段抽真空,然后先开排气截止阀,后开出液阀,让压缩机运转。

(5) 经过几小时的运转吸潮后,一般情况下,系统就不再发生冰堵现象。若冰堵情况仍未完全消除,还需继续运转,必要时再换上新的干燥剂重新吸潮。

(6) 去除水分工作结束后,按第(1)、(2)条操作步骤拆下备用干燥过滤器,并将原干燥过滤器(已更换了新的干燥剂)装上系统,按第(3)条操作步骤操作后运转。

2. 注意事项

(1) 吸潮剂若选用无水氯化钙时,使用时间不宜超过24 h,以免因时间过长,氯化钙会溶解为液体糊状,流进系统管路里,造成堵塞和严重的锈蚀事故。

(2) 操作过程中严防空气漏入。

十、从制冷系统中隔离压缩机

当确定制冷系统的故障在于压缩机并需要对它进行拆开检修或更换时,就必须从制冷系统中把压缩机隔离出来。操作方法如下:

(1) 关闭吸气截止阀。

(2) 对压缩机曲轴箱抽真空:

① 若压缩机仍有一定的输气能力,则短接低压保护,启动压缩机,若压缩机有液击声,应断续停开车二三次,待液击声消失后再连续运转,直至吸气腔的真空度稳定在 0.05 MPa 以下即可停车。在停车的同时,应立即关闭压缩机排气截止阀,并稍稍旋松排气截止阀旁通孔螺塞,让排气腔中的部分高压蒸气放净。

② 若压缩机的输气能力已很低或不能运行时,则关闭压缩机排气截止阀,并旋下排气截止阀旁通孔螺塞,装上连接管用真空泵或另一台压缩机进行抽真空。真空度稳定在 0.05 MPa 以下时,即可拆下连接管接头,重新旋上排气截止阀旁通孔螺塞。

(3) 旋下吸、排气截止阀的紧固螺栓,使它们与压缩机分开。注意吸、排气管与截止阀的连接不可松动,否则管内的制冷剂就会喷向大气。

(4) 将检修好的压缩机或新的压缩机装回系统中。

(5) 再对压缩机曲轴箱抽真空。旋下排气截止阀旁通孔螺塞,装上接头和排气管,启动压缩机,使曲轴箱内空气排出。当用手感觉不到排气管的一端有空气流出时,将其浸入油杯中,继续运行直至没有气泡为止。

(6) 拆下排气管及接头,重新旋上排气截止阀旁通孔螺塞,然后先打开排气截止阀,再打开吸气截止阀,恢复低压保护,进行试运行。

十一、制冷压缩机湿冲程的调整操作

制冷压缩机在运转中由于操作不当或其他原因,液态制冷剂可能进入制冷压缩机的汽缸,这种情况称为湿冲程。当少量液体进入汽缸,可引起缸壁结露或结霜;如果过多的液体进入汽缸,就会造成对压缩机部件的冲击甚至损坏,这就是“液击”(也称敲缸)。湿冲程的危害性很大,尤其是发生了“液击”时,当过多的液态制冷剂进入汽缸后,使制冷压缩机的吸、排气阀片遇冷变脆,同时压缩

过程中还没有气化完的液态制冷剂在压缩过程结束时猛烈气化,产生强大的冲击力,极易损坏阀片;由于汽缸壁结霜,使制冷压缩机的运动部件产生不均匀收缩,导致汽缸拉毛或卡缸事故;严重时还会引起油压过低,或出现冷冻机油呈泡沫现象而使供油中断,造成主轴和轴承的损坏,曲轴箱内的油冷却器管道也可能被冻裂;如果安全弹簧失灵(或没有安全弹簧的制冷压缩机),在遭遇严重湿冲程时有可能将汽缸盖顶坏,造成机毁或伤亡事故。

所以,当湿冲程严重时,应首先停机,待把液态制冷剂处理妥当后再重新开机运行,以免造成严重后果。若湿冲程不太严重,可进行调整。

(一) 单级压缩制冷系统中压缩机湿冲程的调整操作

(1) 迅速关小制冷压缩机的吸气阀。如出现敲缸则应关闭吸气阀。待制冷压缩机声音正常后再微开吸气阀,同时关小或关闭供液阀(冷凝器或储液器的出液阀)。对于氨泵供液系统,在关闭低压循环储液桶供液阀的同时,还应将制冷剂通过氨泵迅速排至相关蒸发器内,以降低低压循环储液桶的液面高度。

(2) 将能量调节装置调至最小负荷,使液态制冷剂逐渐气化。

(3) 当制冷压缩机的排气温度渐渐上升,汽缸和吸气腔外部的霜层融化,制冷压缩机的运转声正常后,可逐渐开大吸气阀,并逐步上载。

(二) 两级压缩制冷系统中压缩机湿冲程的调整操作

1. 低压部分的压缩机调整操作

两级压缩制冷系统中低压部分的压缩机发生湿冲程时,其调整操作方法与单级压缩系统基本相同。但需注意以下两点:

(1) 调节时需及时关闭中间冷却器的供液阀。

(2) 当调节时间较长而中间压力下降较快时,适当关小高压级压缩机的吸气阀,以免中间冷却器内的液体因压力突降而剧烈蒸发,使高压级压缩机发生湿冲程。

2. 高压部分的压缩机调整操作

高压级压缩机发生湿冲程通常是因为中间冷却器液面过高。其调整方法如下：

(1) 关闭中间冷却器的供液阀，同时关小或关闭低压级压缩机的吸气阀，将低压级压缩机卸载到最小能量位置。

(2) 将中间冷却器内过多的液体制冷剂排到排液桶中，使中间冷却器液面恢复正常。

(3) 按单级机湿冲程的调节方法和程序对高压级压缩机进行调整。

(4) 如果高压级制冷压缩机的湿冲程严重，应立即停止机组运转。然后将中间冷却器过多的液体进行排放处理。

(5) 待高压级制冷压缩机恢复正常运转后，可逐渐开大低压级制冷压缩机的吸气阀，并逐级上载，恢复低压级制冷压缩机的正常运转。

(6) 根据中间冷却器的液位情况，恢复向中间冷却器供液，使两级制冷系统正常运行。

(三) 调整过程中应注意的事项

(1) 调节时关闭制冷压缩机的吸气阀后曲轴箱压力降低，此时应注意调整好油压和油温。如果油温下降，油的粘度增加，则使油泵的输油效率降低，机器的运转条件恶化。此时可增加曲轴箱内油冷却器和汽缸冷却水套内的水温，以提高油温，保持油压。

(2) 当油压低于 0.05 MPa 而无法调节时，应立即停机，利用连通管道，用其他制冷压缩机代抽，以避免发生机器的严重磨损。

(3) 系统运转时应注意观察压缩机吸气管上的结霜或结露的情况(回霜)，当结霜或结露结到压缩机上时，说明即将或已出现湿冲程，应即时调整，避免大量液体制冷剂进入汽缸，从而防止事故的扩大；当听到敲缸声音时，说明已发生了严重的湿冲程，应立即停机处理，否则事故严重时会导致整台制冷压缩机的报废。

第三节 制冷设备故障的检查方法与原则

一、蒸气压缩式制冷系统正常运行的标志

制冷系统投入运行后,应能判断运行是否正常。系统正常运行时,应具备以下标志:

(1) 压缩机运转声音正常,无异常杂声。

(2) 冷凝压力正常。冷凝压力的高低与环境温度、冷却介质的流量、冷凝器的污垢、制冷剂的充注量等因素有关。

(3) 压缩油压和油位正常。正常的油压是压缩机安全运行的保证,一旦出现异常应立即停机。

(4) 蒸发压力正常。蒸发压力与负荷大小、制冷剂的充注量、蒸发器表面状况、节流装置有否堵塞等情况有关。

(5) 压缩机排气温度正常。

(6) 压缩机吸气温度正常。吸气温度与蒸发压力、吸气过热度等有关。

(7) 压缩机机体温度正常。

(8) 压缩机吸气管和蒸发器表面的结露或结霜情况正常。

(9) 膨胀阀表面的结露或结霜情况正常。若出现堵塞,膨胀阀表面的结霜或结露情况就会出现异常。

(10) 储液器的制冷剂液位正常。制冷剂充注量大的大、中型制冷系统通常配备储液器,储液器中制冷剂液位偏低会影响到正常供液。

(11) 除氨系统的压缩机的轴封处允许有微量渗油外,制冷系统各处均无渗油现象。

(12) 采用水冷方式的系统,冷却水水压应在 0.12 MPa 以上,进、出水温度及流量正常。

二、制冷系统故障检查方法

人们在长期的检修实践中摸索出不少检查故障的方法,概括地说就是“一看、二听、三摸加分析”。

“一看”是指查看各个仪器仪表的数值,如高、低压力、油压、温度、电流、电压等;查看设备运行及检修记录;查看吸气管和蒸发器表面的结霜或结露的情况;查看润滑油量及制冷剂的液位等。

“二听”是指听压缩机运行时的声音;听膨胀阀中制冷剂的流动声;听管理人员反映的设备运行情况和反常现象等。

“三摸”是指摸系统管路和有关部件的冷热程度,以及设备运行时的震动情况。如摸压缩机的冷热程度,摸壳管式冷凝器的上、中、下部的冷热程度,摸膨胀阀进出口的冷热差别、摸过滤器两端的冷热差别等。

“分析”是指运用制冷设备的有关理论,对出现的故障现象进行分析、判断,找出故障的原因。

一个完整的制冷系统是由压缩机、冷凝器、节流装置、蒸发器及一些辅助设备组成,系统工作时,各个设备间是相互联系和相互影响的。一旦出现故障,不应把问题局限在出现故障的部位,而应对整个系统进行检查,进行综合分析,不仅要查出故障,还要找出造成故障的原因。

三、制冷设备故障的检修原则

检修过程可分为三大步:检查、分析判断、维修。在检修过程中应遵循“先易后难”、“先电气后系统”、“先分析后动手”的原则。

所谓“先易后难”指先检查简单、易出现问题的地方,若无问题再检查较复杂、出现故障概率较低之处。这样,可提高检修效率,避免简单故障复杂化。

“先电气后系统”是指先检查电气控制系统,后检查制冷系统。

在检查电气控制系统时应先查主电路、再查控制电路。检查控制电路时先检查保护元件及电路,然后再查控制元件及电路。

“先分析后动手”是指运用相关知识和经验分析故障现象,初步判断可能的故障点,再按“先易后难”的原则逐一检查,最终确定故障点,并找出造成故障的原因。切忌盲目动手操作。

第四节 溴化锂吸收式制冷机组的 维护管理与基本维修操作

一、溴化锂吸收式制冷机组运行时的管理

机组运行时,主要进行以下几个方面的检查和管理:

(1) 经常观察蒸发器中冷剂水的液位与颜色。液位异常应找出原因立即进行调整,颜色加深应进行冷剂水的取样分析,其相对密度超过规定值时应进行冷剂水的再生。

(2) 经常观察溴化锂溶液的液位和颜色,定期测定溶液的 pH (正常时,一般应在 9.0~10.5 之间)和缓蚀剂的含量(正常时的质量分数应保持在 0.1%~0.3% 的范围内)。液位异常应及时调整,pH 过高可加氢溴酸(HBr)来调整;pH 过低可加氢氧化锂(LiOH)来调整;若溶液中的缓蚀剂质量分数小于 0.1% 时,则应添加缓蚀剂;溶液中杂质含量过高时,应进行溴化锂溶液的再生。

(3) 气密性管理。定期进行气密性检查,检查的主要方法有吸收器损失法和测定抽气装置中排出的气体量(具体操作方法见参考文献 4)。

(4) 抽气系统的管理。经常查看抽气装置的运行状况,真空泵的油位、油的颜色,定期进行维护保养。使用真空泵排除不凝性气体时,操作管理人员不得离开现场,一旦突然断电,应立即关闭通往外界大气的阀门,以防止真空泵油倒灌进入机组。

(5) 经常注意机组各部位的温度变化,如熔晶管是否烫手等。熔晶管若烫手,则说明有溶液流过熔晶管,应检查原因。若属结晶前兆,应及早处理。若熔晶管很烫手(手只能点接触,无法停留),说明溶液热交换器浓溶液侧可能结晶,发生器中浓溶液只能通过熔晶管旁通到吸收器,此时应采取熔晶措施,排除故障。

(6) 注意冷却水的压力和进出水温差的变化。

(7) 做好运行情况的记录。

二、溴化锂吸收式制冷机组停机时的管理

1. 短期停机时的管理

短期停机是指机组停机时间不超过1~2周。在此期间应做好以下几点:

(1) 稀释机组内的溶液。稀释的程度视停机期间当地的最低气温而定,以保证停机期间溶液不会结晶为原则。气温越低,稀释就要越充分,在气温过低的情况下,可将蒸发器中的冷剂水全部旁通至吸收器。

(2) 保持机组内的真空度。停机时应将机组所有通向大气的阀门全部关紧,机组内的绝对压力较高时应启动真空泵进行抽气。若停机期间机组内的绝对压力上升较快,应进行气密性检查。

(3) 放尽机组内的存水。在停机期间当地气温有可能降到 0°C 以下时必须放尽机组内的存水。

2. 长期停机时的管理

机组季节性长期停机宜采用充氮保养,若停机时间不太长宜采用真空保养。

(1) 机组内充氮保养

充氮保养的操作步骤如下:

① 将蒸发器中的冷剂水全部旁通至吸收器,以防结晶。

② 将机组内的存水放尽,以防冻结。

③ 将溴化锂溶液放至储液器中,使杂质沉淀。

④ 启动真空泵将机组内的不凝性气体抽尽。

⑤ 用一根耐压胶管,一端与氮气瓶减压阀出口相连,微开氮气瓶阀门,用氮气将胶管内的空气排尽,再将胶管的另一端与机组测压阀连接。

⑥ 打开氮气瓶减压阀及机组测压阀,向机组内充注氮气,使机组内的压力达到 0.02~0.04 MPa(表压)即可。机组内压力不能过高,否则会造成机组的损伤。

在长期停机期间应做好机组的防潮工作,并经常检查机内的氮气压力。若机内压力下降过快,应检查是否泄漏。

(2) 机组真空保养

在停机期间应特别注意机组的气密性,定期检查机组的真空度。一旦确定机组有泄漏,应尽快进行检修,消除泄漏。

三、溴化锂吸收式制冷机组的定期检查

在机组停机期间或启动之前,应对机组进行全面检查和维护。特别是易磨损件和易老化件(如真空隔膜阀、视镜等),需要更换的零件应及时更换,以防机组在运行期间出现故障。

蒸气型机组的定期检查项目见表 9.4-1,直燃型机组的定期检查项目见表 9.4-2。

表 9.4-1 蒸气型溴化锂吸收式机组的检查保养项目

项 目	检查内容	保养检查期限
真空泵	(1) 油的污染情况	每周
	(2) 真空度	每周
	(3) 传动带或联轴器松紧情况	每月
	(4) 电动机绝缘情况	每半年或每年
	(5) 分体检查	每半年或每年

(续表)

项 目	检查内容	保养检查期限
真空电磁阀	(1) 动作检查	每周
	(2) 分解检查	每半年或每年
溶液泵、冷剂泵	(1) 有无异常声音	每日
	(2) 定子绝缘电阻	每半年或每年
冷剂水密度测定	用密度计测定,必要时再生	开始时每日
冷却水、冷水水管	pH、导电率及水质分析	开始时每日
传热管、管板	(1) 腐蚀	每半年或每年
	(2) 清洗	每半年或每年
自动保护装置	(1) 动作检查	每半年或每年
	(2) 设定值检查	每半年或每年
自动调节装置	(1) 动作检查	每日
	(2) 检查(包括拆开检查)	每半年或每年
溶 液	(1) 质量分数	开始时每日
	(2) 污染再生	超出管理极限数值时
	(3) pH 调整	每半年或每年
	(4) 缓蚀剂	每半年或每年
	(5) 加入表面活性剂	每半年或每年
机内气密性①	(1) 吸收器损失上升至 1℃ 所需时间	每月
	(2) 测定不凝性气体累积量	每月
隔膜阀	(1) 泄漏检查	每半年或每年
	(2) 调换膜片	必要时更换
控制箱	(1) 绝缘情况	每半年或每年
	(2) 控制程序	每半年或每年
	(3) 指示灯调换	每半年或每年
	(4) 清洁检查	每周
	(5) 接线及端子松弛检查	每半年或每年
	(6) 电源接地检查	每半年或每年
自动抽气装置	(1) 动作检查	每半年或每年
	(2) 设定值检查	每半年或每年
传感器	性能检查	每半年或每年

(续表)

项 目	检查内容	保养检查期限
温度压力指示计	性能检查	每半年或每年
运行记录及日记		每日
液位观察		每日
冷却塔	清洗	每半年或每年

注：① 检查内容取一项即可。

表 9.4-2 直燃型冷热水机检查保养项目

项 目	检查内容	保养检查期限
燃烧设备	(1) 火焰观察	每日
	(2) 保养检查	每周
	(3) 动作检查	每月
	(4) 点火实验	每年或每季
燃烧要素	(1) 空燃比调整	每年或每季
	(2) 排气成分分析	每月
燃烧配管系统	(1) 过滤器检查	每日
	(2) 泄漏检查	每月
	(3) 配件动作检查	每年或每季
烟 道	(1) 烟道烟囱检查	每年或每季
	(2) 保温检查	每年或每季
控制箱	(1) 绝缘电阻	每年或每季
	(2) 控制程序	每年或每季

四、溴化锂吸收式制冷机组的基本维修操作

1. 溴化锂溶液的充注

溴化锂吸收式机组的溶液充注方法主要有两种方式：溶液桶充注和储液器充注。新溶液一般采用溶液桶充注方式，在机组检

修维护时可采用储液器充注方式。

在市场上购买的溴化锂溶液的质量分数一般为 50% 左右, 并且已加入 0.2% 左右的铬酸锂或 0.1% 左右的钼酸锂缓蚀剂, 溶液的 pH 也调整至 9.0~10.5, 可直接加入机组。利用大气压与机内真空度的压差, 将已配制好的溴化锂溶液由放液阀或取样阀加入机组。放液阀一般装于溶液泵出口侧, 为 DN25 的真空隔膜阀, 注液速度快, 此时溶液泵要停止运转。若机组无放液阀, 可从取样阀注液, 因取样阀仅为 DN10 的隔膜阀, 注液速度慢, 花费时间较长。

如果溴化锂溶液放置时间过长或遭受曝晒, 应对溶液的质量分数、缓蚀剂含量、pH 及其他杂质重新进行测定。即使加入的是新溶液, 也应测定其质量分数和缓蚀剂含量及 pH, 同时, 溴化锂溶液加入机组前应留有小样, 以便在调试过程中碰到溶液质量等问题时进行分析。

溴化锂溶液的注入量可按照产品使用说明书上要求的数量确定。如果购买的溴化锂溶液质量分数不符合说明书要求, 应进行充注量的计算, 使充注的溴化锂溶液中含溴化锂的量与要求相符合。设机组说明书要求溴化锂溶液的充注量为 W_1 , 质量分数为 ξ_1 , 而购买的溴化锂质量分数为 ξ_2 , 则机组实际需要充注质量分数为 ξ_2 的溴化锂溶液量为 W_2 。则

$$W_1 \xi_1 = W_2 \xi_2$$

所以
$$W_2 = W_1 \xi_1 / \xi_2$$

式中 ξ_1 ——机组样本要求的质量分数;

ξ_2 ——购买的溶液质量分数;

W_1 ——机组样本要求的充注量(kg);

W_2 ——实际需要的溶液充注量(kg)。

(1) 溶液桶充注

① 检查机组的真空度(绝对压力应在 133 Pa 以下)是否达到

要求,因为溶液是靠外面大气压与机内真空度形成的压差而压进机组的。

② 准备好一只溶液桶(或缸,容积一般在 0.6 m^3 左右),将溴化锂溶液倒入桶内。取一根软管,用溴化锂溶液充满软管,以排除管内的空气,然后将软管的一端连接机组的注液阀,另一端插入盛满溶液的桶内,如图 9.4-1 所示。溶液桶的桶口可加设不锈钢丝网或无纺布等过滤网,以免杂物进入桶内。

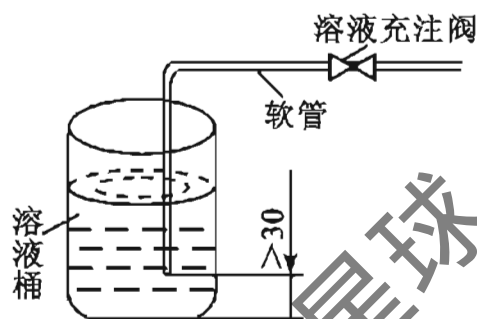


图 9.4-1 溶液桶充注

③ 打开溶液注液阀,由于机组内部呈真空状态,溴化锂溶液由溶液桶经过软管,从注液阀进入机组内。调节注液阀的开启度,可以控制溶液注入快慢,以使桶中的溶液液位保持稳定。加注时应注意,软管一端应始终浸入溶液中,以防空气沿软管进入机组。同时,软管应与桶底保持一定的距离(一般为 $30 \sim 50 \text{ mm}$),以防桶底的杂物随同溶液一齐进入机组。

④ 溴化锂溶液按规定量充注完毕后,关闭注液阀,启动溶液泵,使溶液循环。再启动真空泵,对机组抽真空,将充注溶液时可能带入机组的空气抽尽。同时,也可观察机组液位及喷淋状况。

(2) 储液器充注

① 如图 9.4-2,关闭阀门 A,打开阀门 B,用氮气充入储液器,其压力一般为 0.05 MPa (表压)。在放液过程中,使储液器内的压力保持在 $0 \sim 0.05 \text{ MPa}$ (表压),压力高,注液就较快。

② 取一根橡胶管,将橡胶管一端与储液器出液阀门 D 相连,拿起橡胶管另一端,其端部应比出液阀门略高,然后慢慢打开阀门 D,使溶液充满橡胶管,以防空气进入机组。关闭阀门 D,再将橡胶管的另一端与机组注液阀 E 相接。注意:橡胶管应能承受

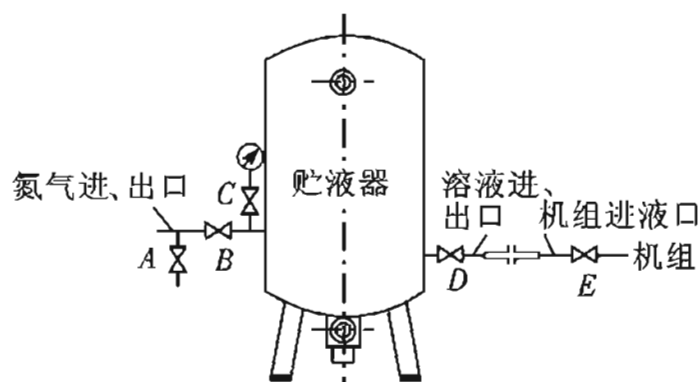


图 9.4-2 储液器充注

0.1 MPa(表压)以上的压力,否则在注液时,由于机组内是真空状态,橡胶管被吸扁,影响注液速度。橡胶管的两端应与阀门扎紧,以防脱落。

③ 依次打开阀门 *D*、机组注液阀 *E*,注液时人不要离开,应注意储液器上液位计的液位变化。

④ 当见到储液器最下面液位计液位时,适当关小机组上的注液阀,减慢进液速度。当液位到达储液器液位计最低处时或者橡胶管有振动时,说明储液器中溶液已放完,这时先关闭机组上的注液阀 *E*,再关闭储液器上的阀门 *D*。

⑤ 溶液充注完毕后,要启动溶液泵,再启动真空泵,将充注溶液时带入机组的不凝性气体抽尽。

2. 溴化锂溶液的添加和取出

机组运行前,已加入一定量溴化锂溶液。但在机组运行中,加入的溴化锂溶液量不一定合适,应进行调节。当吸收器液位过高时,应通过排液阀放出多余的溶液;而吸收器液位过低时,则要补充溴化锂溶液。

(1) 溶液的添加

溶液的添加,一般是由浓溶液取样阀加入,因为此处压力最低,呈负压状态,溶液容易进入机组。其方法与溴化锂溶液的充注方法相同。也可以从吸收器喷淋管前取样阀加入。该取样阀压力

一般为负压,但若阀内为正压,则要停泵吸入。不管从何处加入溴化锂溶液,都应防止空气漏入机组。但总难免有微量的空气漏入机组,因此,在加溶液结束后,应启动真空泵进行抽气,以排除加液时带入的不凝性气体。

(2) 溶液的取出

溶液的取出是由溶液泵出口的放液阀直接将溶液取出机组,因为放液阀后的压力通常大于大气压力。在放液过程中,阀门不要开得太大,否则会影响送入发生器的溶液量。

对于单效机组,溶液泵出口放液阀后的压力不一定是正压。如果为正压,则可直接放液;若为负压,不能直接放液。简易判断正负压的方法是:用大拇指挡住取样阀出口,然后慢慢打开取样阀,拇指感觉到压力,则为正压,若是吸力,则是负压。如果从浓溶液取样阀放液,由于此处为负压,溶液放不出来。其放液方法与冷剂水的取出操作方法相同。

3. 溴化锂溶液质量分数的测定

吸收器中溴化锂溶液的吸收能力主要取决于溶液的质量分数和温度。溶液质量分数越高、溶液温度越低,溶液的水蒸气分压越小,吸收水蒸气的能力就越强,反之则越弱。溶液吸收水蒸气的多少,还与机组中浓溶液和稀溶液之间质量分数差相关。质量分数差越大,则吸收冷剂蒸汽量越多,机组的制冷量越大。溴化锂吸收式机组的质量分数差(亦称为放气范围)一般为 4.0%~5.5%。质量分数是机组运行中一项重要的参数,测量溶液质量分数,不仅是机组运行初期及运行中的经常工作,而且也是分析机组运行是否正常的重要依据。要测量机组溶液质量分数,首先要对机组溶液进行取样,然后进行质量分数的测定。

(1) 溶液取样

溶液取样包括稀溶液、浓溶液及中间溶液的取样。

① 稀溶液取样。稀溶液取样有两种方法:一种是溶液泵的扬

程较高,泵出口压力高于大气压,可以从泵出口的取样阀直接排出(见图 9.4-3)。另一种就是溶液泵的扬程较低,取样阀处溶液的压力低于大气压,必须借助于真空泵才能排出。操作方法与浓溶液取样基本相同。

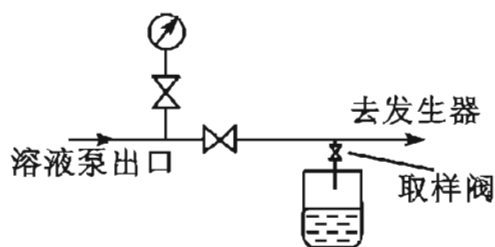


图 9.4-3 正压取样示意图

② 浓溶液和中间溶液取样。需要测量浓溶液及中间溶液时,由于取样阀处为真空,溶液无法直接排出取样,只有使用真空泵,通过取样器取样。图 9.4-4 为取样器的结构示意图。用一根真空胶管,一端与真空泵抽气管路上的辅助阀连接,另一端与取样器上部接口相连。再用一根真空胶管,一端与取样器的另一个接口连接,另一端与浓溶液取样阀相连。启动真空泵约 1 min,打开取样阀,溶液即可流入取样器。

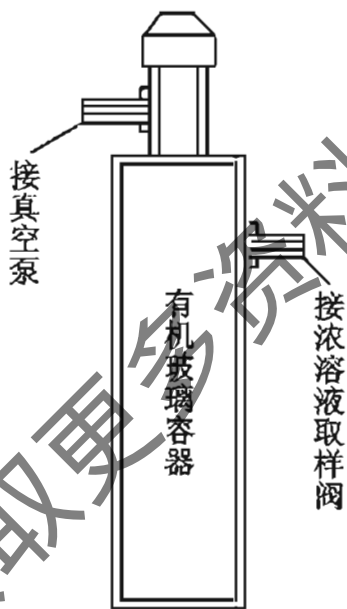


图 9.4-4 取样器示意图

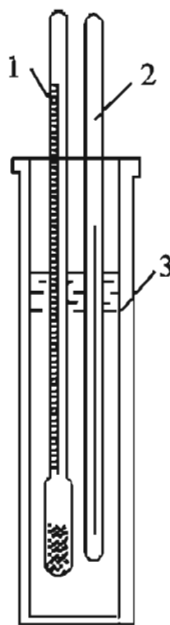


图 9.4-5 质量分数测量示意图

1—密度计 2—温度计 3—量筒

(2) 溶液质量分数测定

① 将取出的溶液倒入量筒(250 mL),插入实验室用水银玻璃

温度计和量程适合的密度计,如图 9.4-5 所示。

② 同时读出温度计和密度计在液面线上的读数。注意:一定要同时读数,由于取出的溶液温度在不断降低,溶液的质量分数也随之变化,同时,眼睛要平视读数,否则会带来测量误差。

③ 根据溴化锂溶液密度随温度和质量分数变化曲线或溴化锂溶液的密度表,查出该温度和密度所对应的溶液质量分数。

4. 溴化锂吸收式机组中冷剂水的添加和取出

机组在不同负荷工况下运行时,溶液的质量分数将有所变化。当质量分数下降时,溶液中的水分增多,蒸发器水盘中的冷剂水减少,可能会导致冷剂泵吸空,这时应补充冷剂水。当质量分数增大时,溶液中的水分减少,蒸发器水盘中的冷剂水则将增多,可能发生冷剂水溢出水盘,此时应排出多余的冷剂水。

(1) 冷剂水的添加

加入机组内的冷剂水必须是蒸馏水或离子交换水(软水)。冷剂水的添加和溶液的添加方法一样。同样,在添加操作过程中应防止空气进入机组,冷剂水加入完成之后,启动真空泵,将机组内不凝性气体抽尽。

(2) 冷剂水的取出

冷剂水由冷剂泵出口处的取样阀排出。由于机组中冷剂泵的扬程较低,仅为数米液柱,取样阀出口为负压,冷剂水的排出必须借助于真空泵才能完成。其操作程序如下:

① 准备好一个容器(容积一般为 0.01 m^3 以上,耐压 0.1 MPa 以上),一般为大口真空玻璃瓶。

② 在玻璃瓶口旋紧橡胶塞,塞上穿两个孔,分别插入 8 mm 直径的铜管,如图 9.4-6 所示(图中的真空玻璃瓶有成直角方向的进出两个接头)。

③ 取一根真空胶管,一端与真空玻璃瓶接头相连,另一端和机组冷剂泵出口取样阀相连。

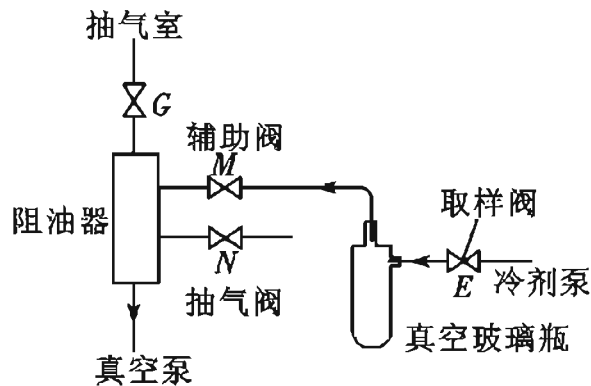


图 9.4-6 冷剂水的取出

④ 再取一根真空胶管，一端与真空玻璃瓶接口相连，另一端与真空泵抽气管路上的辅助阀相接。

⑤ 关闭机组上所有抽气阀（如阀 G、阀 N），打开辅助阀 M，并关闭冷剂泵出口阀。

⑥ 启动真空泵，将阻油器、抽气管路及真空玻璃瓶抽至高真空（约需 1~3 min）。

⑦ 打开取样阀，冷剂水就不断地流入真空玻璃瓶。当瓶内冷剂水快要充满时，关闭取样阀，打开冷剂泵出口阀，再关闭辅助阀 M。

⑧ 将真空玻璃瓶中的冷剂水倒入冷剂水桶内。如果机组还要排出冷剂水的话，可重复上述步骤，直到蒸发器水盘（或液囊）冷剂液面达到规定值为止。

5. 溴化锂吸收式机组中辛醇的添加

辛醇指异辛醇或正辛醇，系表面活性剂。在机组中加入辛醇是为了降低溴化锂溶液的表面张力，改善传热、传质的效果，以提高溴化锂吸收式机组的制冷能力。试验表明添加辛醇后，制冷量可提高 10%~15%。

辛醇的加入量一般为溶液充注量的 0.3%，正常维持在 0.1%~0.3%。由于辛醇具有挥发性，机组在抽气时也会将辛醇抽出，经过较长一段时间后，会使机组内辛醇不足，从而导致机组

的制冷量下降,或者冷冻水出口温度升高。这时从溶液泵出口取样阀或其他溶液取样阀取样(见溶液取样方法)的溶液中没有非常刺激的辛醇气味,真空泵排气中也无辛醇气味。发现机组内辛醇不足,就需要添加(注意:辛醇只有在制冷时才起作用)。

添加辛醇的方法是:如果从溶液泵出口取样阀添加辛醇,压力一般为正压,则必须停泵后才能进行。如果由浓溶液或中间溶液取样阀添加辛醇,则机组运行时就可进行。建议从吸收器喷淋管前的取样阀加入更好,这是因为加入的辛醇与喷淋溶液一起喷淋在吸收器的管束上,辛醇可迅速均匀地分布在吸收器溶液中,起到提高吸收效果的作用。辛醇的添加方法和溶液的添加方法大致相似。辛醇加入完毕后,也应启动真空泵进行抽气,抽除在添加辛醇时可能漏进机组的空气,以保持机组高真空。

6. 溴化锂吸收式机组中的液面调整

机组运行初期,首先要对各设备的液位进行调整,特别是溴化锂溶液的液面调整,否则,机组就无法正常运行。如发生器液位过高,溶液就会从折流板的上部直接进入发生器溶液出口管,使机组能力下降。若发生器液位过低,则发生器出口溶液质量分数过高,易产生结晶,同时,发生器液位过低,随着溶液沸腾,冷剂蒸气夹带着溴化锂液滴一起向上冲击传热管,特别在高压发生器中,溶液温度高,沸腾又剧烈,形成强烈的冲刷腐蚀,易使发生器传热管发生点状侵蚀,甚至会使传热管发生穿孔事故。

溴化锂吸收式机组中的液面调整包括高压发生器、低压发生器、吸收器中的溴化锂溶液液面的调整和蒸发器中冷剂水液面的调整。液面调整又有手动调节和自动调节两种方式。

溶液液面的调整应先调节发生器的液面,待其调整到规定值并且稳定后,再进行吸收器中液面的调整。

(1) 高压发生器的液面调整

高压发生器液面调整的手动方式,就是调节溶液泵出口的溶

液调节阀的开度,从而控制送到发生器的稀溶液流量,使发生器的溶液液面至传热管顶排附近。但是,高压发生器的液位是随热源变化而波动的。这是由于高压发生器流出的浓溶液流经热交换器而进入吸收器(或低压发生器),靠的是高压发生器中冷剂蒸气压力与吸收器(或低压发生器)压力的差。高压发生器的压力是随着加热量的升高而增大,加热量的降低而减小。另一方面,由吸收器通过溶液泵与溶液热交换器送至高压发生器的稀溶液量,与高压发生器的压力有关。高压发生器压力升高,则送至高压发生器的稀溶液量减少,更促使高压发生器液位降低。反之,高压发生器液位升高,沸腾的液滴随冷剂蒸气而进入冷凝器,易造成冷剂水的污染。所以,为了使高压发生器液位维持稳定,必须调节溶液泵出口溶液调节阀,或调节送至高压发生器的稀溶液量。

高压发生器的液面自动调节是在发生器溶液出口壳体上装有液位计,当发生器液位高时,就给装于溶液泵出口的溶液调节阀或与溶液泵相连的变频器发出信号,通过执行机构关小调节阀或通过变频器降低溶液泵的转速,使进入发生器的稀溶液量减少。反之,发生器液位偏低,溶液调节阀开大或溶液泵转速上升,从而使发生器的液位稳定在一定位置。液位计一般有电极式和浮球式两种。也有在高压发生器浓溶液出口外装有浮球阀,该浮球感测高压发生器中的液位。当高压发生器液位上升时,浮球阀开大,流出的溶液量加大,使高压发生器中液位恒定。

高压发生器的液位高度虽然在机组出厂时已调节好,但现场调试时,高压发生器液位的设定值还要根据实际液位的高低加以调定。

(2) 低压发生器的液位调整

低压发生器的液位调整一般都是手动进行的,而且一旦低压发生器液位调定之后,机组运行过程中液面波动不大,这是因为低压发生器压力变化不大之故。由于冷却水温度变化不大,因此冷

凝压力变化有限,而低压发生器压力又与冷凝压力基本相同。因此,在低压发生器液面调到规定值之后,一般不需再调节。

由于双效溴化锂机组的溶液流动方式不同,故低压发生器液面调节方法也有差异。对于并联流程,调节装于溶液泵出口进入低压发生器管路上的调节阀。对于串联流程,是调节从高压发生器出口经热交换器进入低压发生器管路上的调节阀。

对于沉浸式低压发生器,调节进入低压发生器进口管上溶液调节阀,使发生器液位至顶排传热管。若低压发生器壳体上有视镜,液面可一目了然。但如低压发生器上无视镜。则可通过测量低压发生器出口溶液质量分数来判断。质量分数过高,说明液位过低,必须加大调节阀的开度;若机组熔晶管发烫,则说明低压发生器液面过高,部分溶液从熔晶管经热交换器而流至吸收器,此时要关小溶液阀。

(3) 吸收器液面的调整

机组中溴化锂溶液是按照样本、说明书或技术手册的要求充注的,但是,由于实际使用工况与名义工况的差异,溴化锂吸收式机组在实际使用工况下运行,各部位的溴化锂溶液质量分数和名义工况是不相同的,如果冷却水温度低,或者冷冻水出口温度高,则机组内溴化锂溶液质量分数低,因此,吸收器溶液就多,液位就很高。反之,机内溴化锂溶液质量分数高,吸收器液位低,机组的溶液量就不足。

在吸收器传热管束下方设置抽气管抽除不凝性气体的机组,如果吸收器液位过高,抽气管浸入溶液中,机组就无法将不凝性气体排出机外。反之,如果吸收器液位过低,溶液泵吸空,将产生气蚀和噪声。

吸收器液位过高,则要通过排液阀放出。若液位过低,则机组要加入溴化锂溶液。

吸收器中,溴化锂溶液的取出和加入的原则是:机组在低质量

分数下运行时,吸收器中的液位不能浸没抽气管,使机组无法抽气;机组在高质量分数下运行时,吸收器中溶液不致吸空,影响机组的正常工作。

不同厂家的产品,其吸收器的筒体形状、管排布置方式等均有所差异;吸收器内抽气管的布置位置也不尽相同,吸收器液囊的结构与储液量也不同。因此,在满足上述原则的前提下,吸收器中溶液的充注量宜少为好。一般的机组吸收器液囊上均设有视镜,初始调整时可调至最上部的可视位置。

(4) 蒸发器液面调整

蒸发器水盘(或液囊)中冷剂水的液面过低,冷剂泵会吸空。冷剂水不足或吸收器吸收冷剂水的量大于冷凝器流入蒸发器的冷剂水量时,冷剂水液面将下降,装于蒸发器液囊上的液位控制装置动作,自动停止冷剂泵运转。随着冷剂水的积聚,液位很快上升,又会自动启动冷剂泵,致使冷剂泵频繁启停。

在溴化锂吸收式机组中,充注的溴化锂溶液和冷剂水的量是一定值,机组在运行中,若溶液质量分数高,则冷剂水析出多,蒸发器液面上升,溶液质量分数低,则冷剂水就少,蒸发器液面下降。

机组在深秋运行时,如冷却水温度过低,则吸收器溶液质量分数低,溶液中水分增多,蒸发器的冷剂水减少,则可能导致冷剂泵吸空,此时要从外界补充冷剂水。

机组在盛夏运行时,冷却水温度可能很高,则溶液质量分数升高,溶液中水分减少,蒸发器水盘中水分增加,则可能发生冷剂水溢流现象,此时要从系统中抽出冷剂水。

若机组蒸发器上装有两个视镜,即高液位视镜和低液位视镜时,只要调节蒸发器中冷剂水的液面在两视镜之间,既不满过高位视镜,又可从低位视镜看到冷剂液面即可,否则要进行液面调整。

有些机组,蒸发器水盘上有溢流口或装有溢流管,且在蒸发器水盘下方的机组壳体上装有视镜,可以从视镜上看到蒸发器溢流

口(或溢流管)是否有溢流,若发生溢流现象,则说明冷剂水过多,需放出多余的冷剂水。有时,冷剂水的液位高于蒸发器液囊上的视镜,只要溢流口(或溢流管)不发生溢流,说明冷剂水尚可,不必放出。

目前很多机组均装有冷剂储存器。设置冷剂储存器的目的是适应机组在各种负荷工况下稳定运转,无需如上所述在低质量分数运行时补充冷剂水、高质量分数运行时取出冷剂水。当蒸发器液囊中的冷剂水不足时可通过冷剂储存器补给,过剩时可通过冷剂储存器储存,蒸发器液囊中也不必装设液位控制装置。这种情况下,冷剂水的添加按制造厂提供的使用说明书或技术手册进行。

获取更多资料 微信搜索 蓝盾安全

第十章 空气调节

第一节 空气调节的基本知识

空气调节就是指在某一特定空间内,对空气的温度、湿度、流动速度以及空气质量进行人工调节,以满足工艺生产过程和人体舒适的要求。

一、湿空气的物理性质

(一) 湿空气的组成

湿空气是由干空气和一定量的水蒸气组成。干空气的主要成分见表 10.1-1。干空气的构成成分比较稳定,可作为一个稳定的混合气体来对待。水蒸气在湿空气中的含量虽少,通常只占空气质量的千分之几到千分之二十几,但它随季节、天气、水汽的来源情况而经常变化,而且对空气环境的干燥和潮湿程度有重要影响。随着水蒸气量的变化,湿空气的物理性质随之而改变。

表 10.1-1 干空气的主要组成成分

主要组成成分	分子量	体积分数(%)
氮	28.016	78.084
氧	32.000	20.946
氩	39.944	0.934
二氧化碳	44.010	0.033

在一定温度下,空气只能容纳一定数量的水蒸气,超过这一数量后,多余的水蒸气就会凝结成水从空气中析出来。在某温度下,一定量空气中所含水蒸气量达到最大值时,这时的湿空气称为饱

和湿空气,对应的状态称为饱和状态。空气温度越高,容纳水蒸气的能力越强,饱和状态时的水蒸气的含量就越高。

(二) 湿空气的状态参数

湿空气的物理性质除和它的组成成分有关外,还决定于它所处的状态。湿空气的状态通常可用压力、温度、湿度、焓值等参数来表示。

1. 压力

湿空气的压力一般就是当时当地的大气压力 B ,可用气压计测出。湿空气的压力是干空气分压力 p_g 与水蒸气分压力 p_q 之和,即

$$B = p_g + p_q \quad (10-1)$$

湿空气中所含水蒸气量越多,水蒸气的分压力就越大, p_q 的大小可反映湿空气中所含水蒸气量的多少。

2. 温度

空气的温度是描述空气冷热程度的物理量。温标是度量温度高低的公认标尺,常用的温标有摄氏温标、绝对温标和华氏温标。三种温标的换算关系见第一章。

3. 密度

单位容积的湿空气所具有的质量称为密度,用 ρ 表示,即

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (10-2)$$

由于湿空气的质量 m 是干空气的质量 m_g 和水蒸气的质量 m_q 之和,而干空气和水蒸气占有相同的容积 V ,因此湿空气的密度等于干空气的密度 ρ_g 加水蒸气的密度 ρ_q ,即

$$\rho = \frac{m_g}{V} + \frac{m_q}{V} = \rho_g + \rho_q \quad (10-3)$$

水蒸气的密度 ρ_q 也称为湿空气的绝对湿度。

4. 相对湿度

湿空气中水蒸气的实际含量与相同温度下湿空气可具有的水蒸气的最大含量之比,称为湿空气的相对湿度 φ 。 φ 可用相同温度下的 ρ_q 与 $\rho_{q,b}$ 之比表示,也可用相同温度下的水蒸气分压力 p_q 与水蒸气的饱和分压力 $p_{q,b}$ (下标 b 表示饱和状态) 之比表示,即

$$\varphi = \frac{\rho_q}{\rho_{q,b}} \times 100\% = \frac{p_q}{p_{q,b}} \times 100\% \quad (10-4)$$

相对湿度反映了湿空气中水蒸气含量接近饱和的程度。当 $\varphi = 100\%$ 时,空气达到饱和状态,即为饱和空气; $\varphi = 0$ 时,空气完全不含水蒸气,即为干空气; φ 越小,表明湿空气的干燥程度越高,吸湿能力越大; φ 越大,则空气越接近饱和,吸湿能力越小。

5. 含湿量

在含有 1 kg 干空气的湿空气中所携带的水蒸气的克数,称为湿空气的含湿量 d (g/kg 干空气)。若已知 B 和 p_q , 则

$$d = 622 \frac{p_q}{B - p_q} \quad (10-5)$$

由式(10-5)可见,当 B 一定时,含湿量 d 只取决于 p_q , d 随 p_q 的增大而增大,两者有着一一对应的关系,因此两者不能同时作为两个独立的参量。此外, d 的大小还与 B 的大小有关,不同 B 下的湿空气焓湿图 ($h-d$ 图) 是不同的,这一点在选用 $h-d$ 图时要引起注意。

绝对湿度 ρ_q 只说明湿空气中实际所含水蒸气量的多少,由于容积 V 随温度变化而变化,即使 m_q 不变, ρ_q 也随温度变化而变化。所以,在计算中使用 ρ_q 很不方便,而使用含湿量 d 。

6. 露点温度

保持含湿量不变,将某状态的湿空气冷却至饱和状态时的温度称为该状态湿空气的露点温度,用 t_l 表示。通俗地讲,露点温度就是空气开始结露时的温度。空气的露点温度 t_l 取决于含湿量 d

的高低,它们有着——对应的关系,因此两者也不能同时作为湿空气的两个独立参量。

7. 湿球温度

用普通温度计测出的空气温度称为干球温度,用 t 表示;用湿纱布包着感温包(如水银球)的温度计测出的空气温度称为湿球温度,用 t_s 表示。只要 $\varphi < 100\%$, 空气的湿球温度就必然低于空气的干球温度,且 φ 越低,空气越干燥, t_s 与 t 之差越大。通常 $t > t_s > t_l$; 对于饱和空气, $t = t_s = t_l$ 。湿球温度计的指示温度与空气流速有关,只有当空气流速大于 2.5 m/s 时, t_s 的测量值才能够准确。

8. 湿空气的焓

湿空气的焓 H 就是组成湿空气的干空气的焓与水蒸气的焓之和,湿空气的比焓 $h(\text{kJ/kg 干空气})$ 是指 1 kg 干空气的比焓与 $d \text{ kg}$ 水蒸气的比焓之和,即为 $(1+d)\text{kg}$ 湿空气的焓。由于通风空调工程热力计算中涉及的只是焓差 ΔH , 所以通常规定 0°C 干空气和 0°C 水的焓为零。 $t^\circ\text{C}$ 时湿空气的比焓 h 可表示为

$$h = 1.01t + 0.001d(2500 + 1.84t) \quad (10-6)$$

由式(10-6)可见,湿空气的焓包括显热和潜热两部分,其中潜热是水在 0°C 时汽化所吸入的。当 t 升高时, h 的增加、不变或减少取决于 d 如何变化。 H 也可视为湿空气具有的能量,在空气处理过程中转移的热量,就等于空气终态和初态的焓差,即 $Q = H_2 - H_1$ 。

二、湿空气的焓湿图

(一) 焓湿图

焓湿图有多种形式,我国目前使用的是以空气的比焓 h 和含湿量 d 为纵、横坐标轴构成的湿空气状态参数坐标图。它是用于确定空气状态参数、表示状态变化过程和作热力计算的重要工具。

如图 10.1-1 所示,焓湿图以 h 和 d 作为两坐标轴,夹角为 135° ,图上 h 、 d 的取值都以含 1 kg 干空气的湿空气为计算基准。 h - d 图上绘有下列等值线簇和读数线。

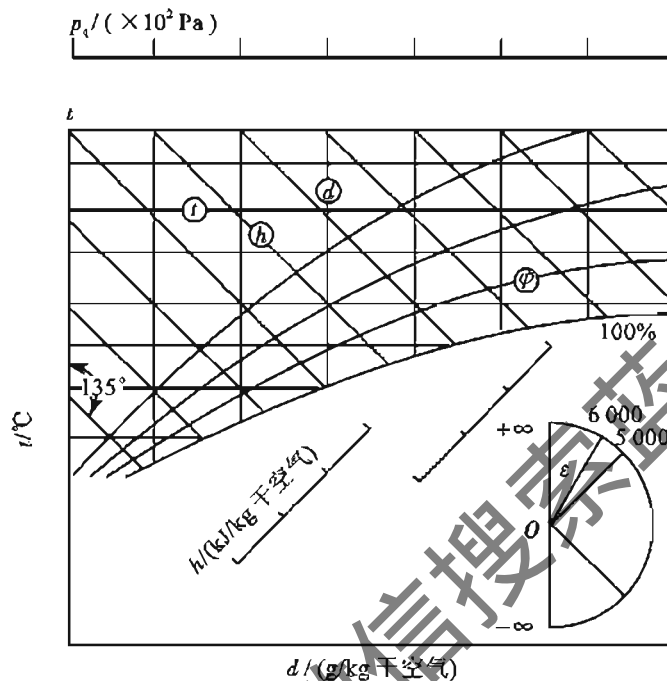


图 10.1-1 焓湿图

- (1) 等含湿量线(等 d 线) 等 d 线是相互平行的纵线。
- (2) 等焓线(等 h 线) 等 h 线是相互平行的一簇直线(与等 d 线的夹角为 135°)。
- (3) 等干球温度线(等 t 线) 等 t 线是一簇近似水平的直线。
- (4) 等相对湿度线(等 ϕ 线) 等 ϕ 线是一簇自左下向右上延伸的下凹曲线,读数标在曲线上。 $\phi=100\%$ 的等 ϕ 线上各点与空气的饱和状态对应,称为饱和线或露点轨迹线; $\phi=0$ 线则与 $d=0$ 线重合而共线。

(5) 水蒸气分压力 p_a 的读数线 由于 p_a 与 d 有一一对应的关系,所以 p_a 的读数线一般与 d 读数线相邻,或通过读数变换线绘于图面右边框的下部。

注意: d 的大小与 B 有关[见式(10-5)],应根据不同的 B 值来

选择不同的 $h-d$ 图, B 的允许选择误差为 2 666 Pa(20 mmHg)。

(二) 焓湿图的应用

1. 确定湿空气的状态参数

在大气压 B 一定时, 已知空气的 t 、 φ 、 d (或 p_q 或 t_1)、 h (或 t_s) 等独立参数中的任意两个, 那么 $h-d$ 图上代表此二参数的等值线的交点就是空气的状态点。通过此状态点的其他等值线的标度值, 就确定空气在该状态下的其余参数值。注意: 露点温度和湿球温度的轨迹线虽然都是 $\varphi=100\%$ 的饱和线, 但露点温度是等 d 线与饱和线交点对应的温度; 而湿球温度可近似认为是等 h 线与饱和线交点对应的温度。

2. 表示空气状态变化的过程

设含有 1 kg 干空气的湿空气因加入热量 Q 和湿量 D 后, 由状态 1(h_1 、 d_1) 变化到状态 2(h_2 、 d_2), 在 $h-d$ 图上对应此两状态的两点 1 和 2 的连线, 就代表这一状态变化过程的方向。这一方向可用直线 12 的斜率 ϵ 来表示, 如图 10.1-2 所示。过程线的斜率 ϵ 又称为热湿比, 其表达式为

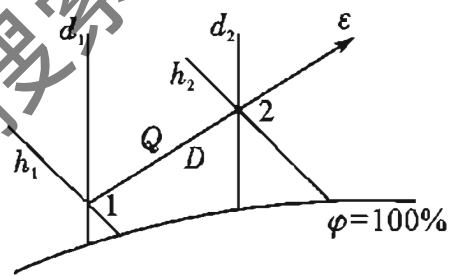


图 10.1-2 在 $h-d$ 图上表示空气状态变化过程

$$\epsilon = \frac{Q}{D} = \frac{h_2 - h_1}{d_2 - d_1} \times 10^3 \quad (10-7)$$

初态和终态都不相同的空气状态变化过程, 只要起点与终点连线的斜率相同, 或者说只要热湿比 ϵ 相同, 则变化过程的方向就相同, 在 $h-d$ 图上它们的变化过程线应彼此平行。为便于确定过程线, 在 $h-d$ 图上一般都绘有热湿比线(又称 ϵ 线, 见图 10.1-1 右下角处)。实际应用时, 可根据已知的空气状态变化过程的热湿比确定 ϵ 线, 然后平移该 ϵ 线至已知的空气状态点上, 则该空气状态变化过程线即得到确定。应注意, 同一热湿比的数值随计算单位

(kJ/kg 或 kcal/kg)的不同而不同,应根据所用单位来选用相应的 ϵ 线。

图 10.1-3 所示的为空气热湿处理的几种典型过程:

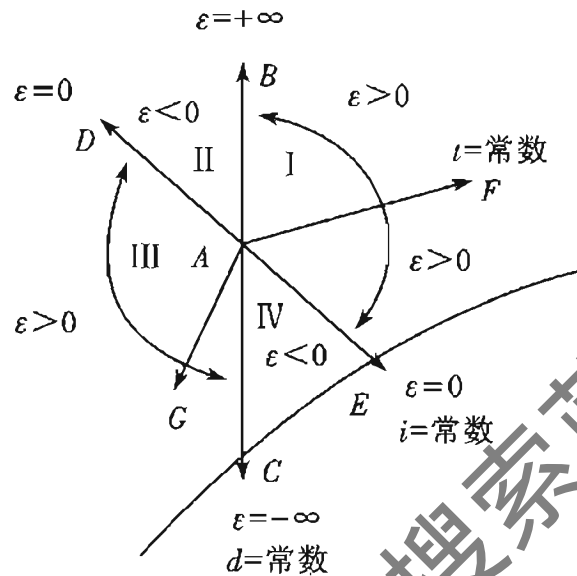


图 10.1-3 几种典型的空气热湿处理基本过程

(1) 等湿加热过程 过程线为 $A \rightarrow B, \epsilon = +\infty$, 空气呈等湿增焓升温的变化过程。

(2) 等湿冷却过程 过程线为 $A \rightarrow C, \epsilon = -\infty$, 空气呈等湿减焓降温的变化过程。

(3) 等焓减湿过程 过程线为 $A \rightarrow D, \epsilon = 0$, 空气呈等焓减湿升温的变化过程。

(4) 等焓加湿过程 过程线为 $A \rightarrow E, \epsilon = 0$, 空气呈等焓加湿降温的变化过程。

(5) 等温加湿过程 过程线为 $A \rightarrow F, t = \text{常数}$, 空气呈增焓加湿等温的变化过程。

(6) 冷却减湿过程 过程线为 $A \rightarrow G, \epsilon > 0$, 空气呈减焓减湿降温的变化过程。

3. 求空气的混合状态

空调系统通常采用新风(室外新鲜空气)和室内回风(室内循

环空气)混合,再经空调装置处理后送风。设计计算或选择设备时,都需确定空气的混合状态。如图 10.1-4 所示,设新风状态点为 $W(h_w, d_w)$,其质量流量为 G_w (新风量);回风状态点为 $N(h_N, d_N)$,其质量流量为 G_N (回风量);混合后的状态点为 $C(h_c, d_c)$ 。混合后的空气质量流量为 $G_c = G_w + G_N$ 。在混合过程中,如果与外界没有热、湿交换,根据热平衡和湿平衡,有

$$G_N \cdot h_N + G_w \cdot h_w = (G_N + G_w) \cdot h_c \quad (10-8)$$

$$G_N \cdot d_N + G_w \cdot d_w = (G_N + G_w) \cdot d_c \quad (10-9)$$

用 G_N 除以上两式,并经整理后可得

$$\frac{G_w}{G_N} = \frac{h_c - h_N}{h_w - h_c} = \frac{d_c - d_N}{d_w - d_c} \quad (10-10)$$

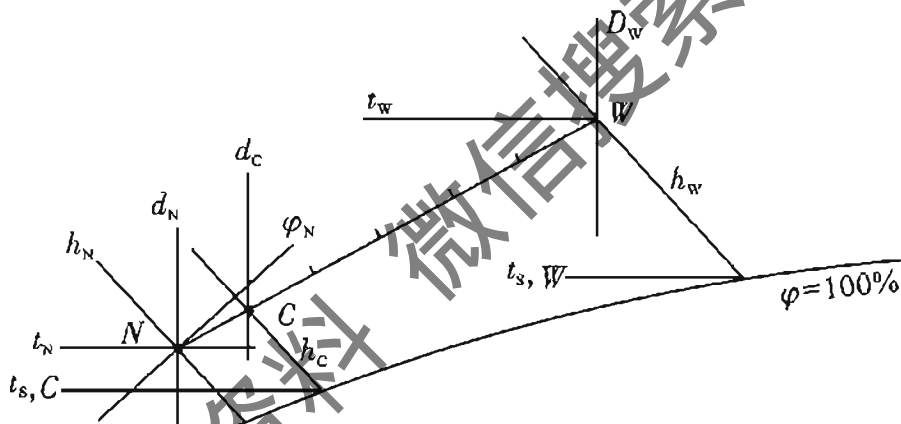


图 10.1-4 确定空气的混合状态

该式表明状态点 C 必在混合前两种空气的状态点的连线上;状态点 C 分割该连线为两段的长度和参与混合的两种气体量的大小成反比,即

$$\frac{NC}{CW} = \frac{G_w}{G_N} \quad (10-11)$$

混合状态的焓值、含湿量可由式(10-12)、(10-13)计算:

$$h_c = \frac{G_N h_N + G_w h_w}{G_N + G_w} \quad (10-12)$$

$$d_c = \frac{G_N d_N + G_W d_W}{G_N + G_W} \quad (10-13)$$

$h=h_c$ 的等焓线与 N 、 W 两点连线的交点就是混合状态点 C 。

空调工程中的风量常采用体积流量 $L(\text{m}^3/\text{h})$, L 与质量流量 G 的关系为 $G=L \cdot \rho(\text{kg}/\text{h})$, 换算时一般取空气的平均密度 $\rho=1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

三、室内空气品质

人的一生大约有 70%~90% 的时间是在室内度过的, 室内空气的品质对人的影响远远超过室外环境。

(一) 影响室内空气品质的因素

影响室内空气质量主要因素有:

① 空气中的悬浮颗粒。

② 人类活动, 包括人体的新陈代谢, 烹调、吸烟等产生的污染物。

③ 装修装饰材料和建筑材料释放的有害物。

④ 室内用品, 如家用化学用品、室内家具、现代办公用品等, 释放到空气中的有害物。

⑤ 生物性污染源, 如尘螨、细菌、真菌等。

⑥ 室外污染物侵袭到室内。

(二) 室内空气品质的控制

1. 室内空气质量标准

1996 年 1 月我国颁布了新的公共场所卫生标准, 对各种公共场所的二氧化碳、一氧化碳、可吸入颗粒物浓度和细菌数量作出了限量要求。1997 年 11 月又颁布室内细菌总数、二氧化碳、可吸入颗粒物、氮氧化物和二氧化硫浓度的卫生标准。2002 年 1 月 1 日颁布实施“室内装饰装修材料有害物质限量”标准, 对室内装饰装修材料中甲醛、挥发性有机化合物、苯、甲苯和二甲苯、氨、游离甲

苯二异氰酸酯(TDI)、氯乙烯单体、苯乙烯单体、可溶性铅、镉、铬、汞和砷等有害物质,以及建筑材料放射性核素的限量值都作了明确的规定。

我国卫生部于 2001 年 9 月正式颁布了《室内空气质量规范》,该规范综合了单项标准的数据,比较全面地规定了有关室内空气质量的污染物、热环境参数的适量值和卫生要求。其中,室内空气中污染物的浓度限量值如表 10.1-2 所示。

表 10.1-2 《室内空气质量规范》室内空气中污染物的浓度限量值

污染物名称	符号(化学式)	单位	浓度
二氧化硫	SO ₂	mg/m ³	0.15
二氧化氮	NO ₂	mg/m ³	0.10
一氧化碳	CO	mg/m ³	5.0
二氧化碳	CO ₂	%	0.1
氨	NH ₃	mg/m ³	0.2
臭氧	O ₃	mg/m ³	0.12 ¹⁾
甲醛	HCHO	mg/m ³	0.12 ¹⁾²⁾
苯	C ₆ H ₆	μg/m ³	90 ¹⁾
苯并[a]芘	B(a)P	μg/100m ³	0.1
可吸入颗粒物	PM ₁₀	mg/m ³	0.15
总挥发性有机物	TVOC	mg/m ³	0.60
细菌	—	CFU/m ³	2 500

注:1) 为小时平均浓度,其余均为日平均浓度;

2) 居室内为 0.08。

2. 控制室内空气品质的方法

(1) 污染源的控制

污染源的控制包括三个方面:室内、室外和空调系统。

对于室内污染源的控制,主要以控制建筑装饰材料散发的有机挥发物为主。建筑装饰材料应符合国家颁布的标准,杜绝使用不符合国家标准的不合格产品。

对于室外污染源,以国家治理为主。包括制定法规对汽车尾气排放的限制,减少燃煤锅炉的使用,增加天然气的使用等。另外,还可以利用一些先进技术消除室外污染物,如日本有一种光催化涂料,可以涂在建筑物表面,利用太阳光分解室外空气中的氮氧化物和二氧化硫。

对于空调系统自身产生的污染源,只能通过加强系统维护和管理来实现,如定期更换空调箱中过滤器,清洗表冷器和凝水盘等。

(2) 选择合适的换气次数

增加换气次数有利于提高室内空气质量,但加大新风量会使系统的能耗增加,因此选择换气次数时就要在两者之间取得一个平衡。在室外空气质量较差的情况下,可以考虑在较高的位置采集质量较好的新风。对于换气次数的选择,应参照暖通空调规范所规定的数值,同时考虑各地的地方差异及建筑物所处位置周围空气质量的好坏,以保证室内空气质量和能耗的平衡。

(3) 使用空气净化器

目前的空气净化器主要由两部分组成:一部分为消除可吸入颗粒物的微粒捕集段,有纤维过滤和静电捕尘两种;另一部分为消除有害气体的净化段,所使用的方法有吸附净化法、光催化净化法、负离子净化法、非平衡等离子体净化法、臭氧净化法。

使用吸附原理净化空气是一项历史悠久的技术。吸附是由于吸附剂和吸附质分子间的作用力引起的,这些作用力分为物理作用力和化学作用力两大类,分别引起物理吸附和化学吸附。物理吸附是可逆过程,只能暂时阻挡污染而不能消除污染。而化学吸附是不可逆的过程,是挥发性物质的分子与吸附剂起化学反应而

生成非挥发性的物质,这种机理可使得低沸点的物质如甲醛被吸附掉。活性炭是最常用的吸附剂,它对许多有机挥发物都是很有效的,但对甲醛作用很小。浸了高锰酸钾的氧化铝(PIA)对甲醛及低浓度的醛和有机酸有很高的去除效率,所以 PIA 经常与活性炭联合起来使用,以提高过滤器的效率。

使用光催化材料净化空气是近年来兴起的一项新技术,它具有能耗低、操作简便、反应条件温和、可减少二次污染以及可连续工作等优点。半导体光催化作用的本质是在光电转换中进行氧化还原反应。

第二节 空调负荷与送风量

空调负荷是指空调房间冷(热)负荷和湿负荷。空调负荷的计算以室外气象参数和室内要求保持的空气参数为依据。空调负荷是确定空调系统送风量和选择空调设备容量的基本依据。

一、空调的室内、外空气计算参数

1. 室内空气计算参数

(1) 舒适性空调

国家标准 GB 50019—2003《采暖通风与空气调节设计规范》对舒适性空调的室内空气计算参数规定如下:

室内温度 t_N 夏季空调采用 24~28℃;冬季空调采用 18~22℃。

室内相对湿度 φ_N 夏季空调采用 40%~65%;冬季空调采用 40%~60%。

室内风速(人员活动区) 夏季空调不大于 0.3 m/s;冬季空调不大于 0.2 m/s。

以上数据是概括性的。对于具体的民用建筑而言,由于各空调房间的使用功能各不相同,而其室内设计计算参数也会有较大

的差异。因此,各种不同用途房间的室内空调空气计算参数应从有关规范或设计手册中查取。

(2) 工艺性空调

工艺性空调的室内空气计算参数主要取决于工艺要求。部分生产车间的室内空气计算参数见表 10.2-1。

表 10.2-1 部分生产车间的室内空气计算参数

工作类别		温度/℃		相对湿度 (%)
		夏季	冬季	
机械工业	I 级坐标镗床	20±1	20±1	40~65
	II 级坐标镗床	23±1	17±1	40~65
	精密轴承加工	16~27		40~65
	高精度刻线机	20±(0.1~0.2)		40~65
各种计量室	热学计量室	20±(1~5)		<70
	力学计量室	(17~23)±(0.5~2)		50~60
	电学计量室	20±(1~2)		<70
	长度计量室	20±(0.2~4)		50~60
计算机房	电子计算机房	(20~23)±(1~2)	(20~22)±(1~2)	50±10
	磁带、纸带储存间	18~24	18 左右	40~60
棉纺织工业	清棉	29~31	20~22	60~65
	梳棉	29~31	22~25	55~60
	并粗	29~31	22~24	60~65
	细纱	30~32	24~27	55~60
	拈线	30~32	24~26	60~65
	织布准备	29~31	20~23	65~70
	织布	28~30	23~26	70~75
	整理	28~30	22~24	60~65

2. 室外空气计算参数

室外空气计算参数在国家标准 GB 50019—2003《采暖通风与空气调节设计规范》中已作出明确的规定。它包括夏季空调室外计算干球温度(t_w)和湿球温度($t_{s,w}$)、冬季空调室外计算温度(t_w)和相对湿度(φ_w)、室外大气压力 B 、室外平均风速 v 等项参数。表 10.2-2 摘录了一些主要城市的室外空气计算参数。

表 10.2-2 我国主要城市的室外空气计算参数

城市名	大气压/Pa		室外计算干球温度/℃		夏季室外计算湿球温度/℃	冬季室外计算相对湿度(%)	室外平均风速/(m/s)	
	冬季	夏季	冬季	夏季			冬季	夏季
齐齐哈尔	100 391	98 792	-28	30.6	22.9	71	2.8	3.2
哈尔滨	100 125	98 392	-29	30.3	23.4	74	3.8	3.5
长春	99 458	97 725	-26	30.5	24.2	68	4.2	3.5
沈阳	102 125	99 992	-22	31.4	25.4	64	3.1	2.9
大连	101 325	99 458	-14	28.4	25.0	58	5.8	4.3
乌鲁木齐	95 192	93 459	-27	34.1	18.5	80	1.7	3.1
西宁	77 460	77 327	-15	25.9	16.4	48	1.7	1.9
兰州	85 059	84 260	-13	30.5	20.2	58	0.5	1.3
银川	89 859	88 392	-18	30.6	22.0	58	1.7	1.7
西安	97 858	95 859	-8	35.2	26.0	67	1.8	2.2
呼和浩特	90 126	88 926	-22	29.9	20.8	56	1.6	1.5
包头	90 392	89 059	-22	30.9	21.0	55	3.2	3.2
太原	93 325	91 859	-15	31.2	23.4	51	2.6	2.1
北京	102 391	100 125	-12	33.2	26.4	45	2.8	1.9
天津	102 658	100 525	-11	33.4	26.9	53	3.1	2.6
石家庄	101 725	99 592	-11	35.1	26.6	52	1.8	1.5
济南	101 991	99 858	-10	34.8	26.7	54	3.2	2.8
青岛	102 525	100 391	-9	29.0	26.0	64	5.7	4.9

(续表)

城市名	大气压/Pa		室外计算干球温度/℃		夏季室外计算湿球温度/℃	冬季室外计算相对湿度(%)	室外平均风速/(m/s)	
	冬季	夏季	冬季	夏季			冬季	夏季
上海	102 658	100 525	-4	34.0	28.2	75	3.1	3.2
徐州	102 258	100 125	-8	34.8	27.4	64	2.8	2.9
南京	102 525	100 391	-6	35.0	28.3	73	2.6	2.6
无锡	102 791	100 391	-4	33.4	28.4	74	4.1	3.8
合肥	102 391	100 258	-7	35.0	28.2	75	2.5	2.6
杭州	102 525	100 258	-4	35.7	28.5	77	2.3	2.2
宁波	101 325	99 992	-3	34.5	28.5	78	2.9	2.9
南昌	101 858	99 858	-3	35.6	27.9	74	3.8	2.7
福州	101 325	99 592	4	35.2	28.0	74	2.7	2.9
厦门	101 458	99 992	6	33.4	27.6	73	3.5	3.0
郑州	101 325	99 192	-7	35.6	27.4	60	3.4	2.6
洛阳	100 925	98 792	-7	35.9	27.5	57	2.5	2.1
武汉	102 391	100 125	-5	35.2	28.2	76	2.7	2.6
长沙	101 591	99 458	-3	35.8	27.7	81	2.8	2.6
汕头	101 858	100 525	6	32.8	27.7	79	2.9	2.5
广州	101 325	99 992	5	33.5	27.7	70	2.4	1.8
海口	101 591	100 258	10	34.5	27.9	85	3.4	2.8
桂林	100 258	98 525	0	33.9	27.0	71	3.2	1.5
南宁	101 191	99 592	5	34.2	27.5	75	1.8	1.6
成都	96 392	94 792	1	31.6	26.7	80	0.9	1.1
重庆	97 992	96 392	2	36.5	27.3	82	1.2	1.4
贵阳	89 726	88 792	-3	30.0	23.0	78	2.2	2.0
昆明	81 193	80 793	1	25.8	19.9	68	2.5	1.8
拉萨	65 061	65 194	-8	22.8	13.5	28	2.2	1.8

二、空调负荷

1. 空调房间冷负荷

空调房间冷负荷是指为了维持要求的室内温度而在任一瞬时必需由空调系统从房间移走的热量。它包括：

① 由于室内外温差和太阳辐射作用,通过建筑物围护结构传入室内的热量形成的冷负荷。

② 人体散热、散湿形成的冷负荷。

③ 灯光照明散热量形成的冷负荷。

④ 其他设备散热量形成的冷负荷。

空调房间的冷负荷是确定空调系统风量和空调设备容量的依据。

2. 制冷系统冷负荷

制冷系统冷负荷等于室内负荷、新风负荷和其他热量形成的冷负荷之和,也就是说空调用制冷系统的供冷能力除了要补偿室内的冷负荷外,还要补偿空调系统新风量负荷和抵消再热量等其他热量形成的冷负荷。

制冷系统的冷负荷是确定空调制冷设备容量的依据。空调用制冷设备容量 Q_0 (即冷水机组或独立式空调机组的制冷量)的确定,应考虑空调房间的同时使用率、制冷系统的冷量损失、设备效率降低、设备事故备用量等因素,即

$$Q_0 = Q \cdot K_r \cdot K_f \cdot K_\eta \cdot K_b \quad (10-14)$$

式中 Q ——空调系统设计冷负荷(制冷系统冷负荷)(kW);

K_r ——同期使用系数,取值在 0.6~1.0 之间;

K_f ——冷损失附加系数,取值在 1.05~1.15 之间;

K_η ——效率降低系数,取值在 1.05~1.10 之间,或采用设备生产厂提供的数值;

K_b ——事故备用量修正系数,在设 2 台、3 台或 4 台以上机

组时,可分别取值 1.40、1.12 和 1.00。

3. 制冷系统湿负荷

空调系统的湿负荷主要来自人体散湿和工艺设备(如敞开的水槽)散湿。湿负荷用符号 D 表示,单位为 kg/s 或 g/s。

三、空调负荷的计算

1. 冷负荷系数法

冷负荷系数法是采用传递函数来计算冷负荷的。中国科学院空气调节研究所在大量计算的基础上编辑了《空调冷负荷计算方法专刊》,对引起空调房间冷负荷的各种冷负荷以及房间湿负荷均编制了相应的数据表。冷负荷系数法简化计算公式,通过分项查表、逐时计算和逐时累加,可获得任一时刻房间冷负荷的综合精确值。冷负荷系数法可用于需要精确计算房间冷负荷的场合。

2. 空调负荷概算法

在不需要精确计算空调负荷的场合,可采用空调负荷的概算指标进行粗略估算。概算指标就是建筑物中每平方米空调面积所需的夏季制冷系统或冬季制热系统的负荷值,它是经实践得出的经验数据,对不同地区、不同类型建筑物、不同空调设计标准的取值是有所区别的。概算指标分为综合指标(表 10.2-3)和分类指标(表 10.2-4)两种。综合指标用于按整幢建筑物全部空调面积估算冷(热)源设备的安装容量(即制冷系统负荷或供热系统负荷)。分类指标用于建筑物中不同使用功能房间中的空调装置安装容量的估算,使用时先用各分类指标 q_i 分乘建筑物中相应功能房间的空调面积 A_i (顶层房间加大 20%~25%),然后累积相加就得到建筑物的空调系统负荷,考虑各类房间的同时使用率 0.84~0.86 的修正系数,可算得空调机组总安装容量(制冷系统总负荷)的概算值 Q_0 ,即

$$Q_0 = (0.84 \sim 0.86) \sum q_i A_i \quad (10-15)$$

再用算得的 Q_0 除以建筑物的总空调面积(包括楼梯间面积),折算成冷负荷综合指标,并校核是否适当。若折算所得综合指标偏大,可适当调整分类指标取值。

表 10.2-3 公共建筑物一般舒适性空调的概算综合指标 W/m^2

建筑物	综合指标	建筑物	综合指标
旅馆、招待所	95~115	医院	110~140
旅游宾馆	140~175	普通电影院	260~350
办公大楼	110~140	综合影剧院	290~385
综合大楼	130~160	大会堂	190~290
百货大楼	140~175	体育馆(比赛厅)	280~470

表 10.2-4 公共建筑物一般舒适性空调的概算分类指标 W/m^2

房间类别	分类指标	房间类别	分类指标
客房(标准型)	105~145	商场	230~340
一般办公室	140~175	发廊、美容厅	230~350
一般会议室	175~290	大型营业厅	200~290
中餐厅	350~465	门厅(大堂)	175~290
西餐厅、酒吧	230~350	走廊	70
音乐厅、舞厅	290~410	展览厅、陈列室	150~250

四、新风量的确定及新风冷负荷计算

1. 新风量确定的一般原则

① 满足卫生要求。为保证人们的身体健康,必须向空调房间送入足够的新风。一般是以稀释室内产生的 CO_2 、使室内 CO_2 浓度不超过 1×10^{-6} 为基准。

② 补充局部排风量。当空调房间内有局部排风装置时,为了不使房间产生负压,在系统中必须有相应的新风量来补充排风量。

③ 保证空调房间的正压要求。为防止室外空气无组织侵入,影响室内空调参数,需要在空调房间内保持正压(室内空气压力>房间周围的空气压力)。即用增加一部分新风量(或排风系统少排掉部分新风)的办法,使室内空气压力高于外界压力,然后再让这部分新风从空调房间门窗缝隙等不严密处渗透出去。

④ 空调系统的新风量不应小于总风量的 10%。在空调设计中,新风量的确定仍使用现行规范、设计手册中规定(或推荐)的原则。表 10.2-5 中摘录了一些民用建筑的最小新风量。

表 10.2-5 民用建筑最小新风量

房间名称	每人最小新风量/(m ³ /h·人)	吸烟情况
影剧院、博物馆、体育馆、商店	8	无
办公室、图书馆、会议室、餐厅、舞厅、医院门诊部和病房	17	无
旅馆客房	30	少量

2. 新风冷负荷的计算

计算新风冷负荷时,应选择适合当地空气的 $h-d$ 图,根据建筑物当地或参考临近地区室外空气的夏季空调计算干球温度 t_w 和湿球温度 $t_{s,w}$,确定新风状态点 W ,查出新风的焓 h_w ,再根据室内空气设计温度 t_N 和相对湿度 φ_N 确定回风状态点 N ,查出回风的焓 h_N 。若已知新风量为 L_w (m³/h),取空气密度 $\rho=1.2\text{kg/m}^3$,则新风冷负荷 Q_w 为

$$Q_w = 1.2L_w(h_w - h_N) \quad (10-16)$$

风机盘管加新风空调系统的新风,通常采用新风机组进行预处理至机器露点 M 点(见图 10.2-1),使 $\varphi_M=90\% \sim 95\%$,且 $h_M=$

h_N , 此时新风冷负荷仍按式(10-16)计算。

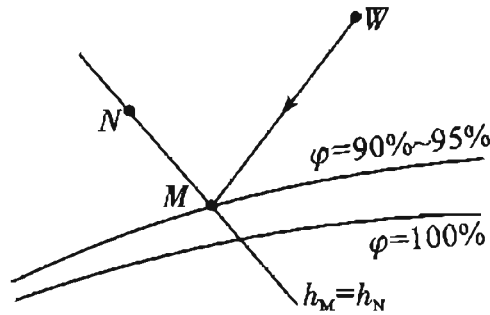


图 10.2-1 新风冷负荷

五、送风量的计算

1. 夏季送风状态的确定

空调房间的冷(热)负荷 Q 和湿负荷 D 又称为室内余热和余湿。为了保持室内空气状态参数 h_N 、 d_N , 需要向房间送入风量为 G (送风量, kg/s)、状态为 $O(h_o, d_o)$ 的空气, 以消除室内的余热和余湿。根据热、湿平衡, 送风气流所吸收的热量和湿量应等于室内的冷负荷和湿负荷, 即

$$G(h_N - h_o) = Q \quad (10-17)$$

$$G(d_N - d_o) = D \quad (10-18)$$

若已知送风状态参数 h_o 、 d_o , 就可算出送风量 G :

$$G = \frac{Q}{h_N - h_o} = \frac{D}{d_N - d_o} \quad (10-19)$$

由式(10-18)可得

$$\varepsilon = \frac{Q}{D} = \frac{d_N - d_o}{h_N - h_o} \quad (10-20)$$

根据热湿比 $\varepsilon = Q/D$ 、室内空气状态点 $N(h_N, d_N)$, 并依据《采暖通风与空气调节设计规范》(GB 50019—2003), 选取合适的送风温差 Δt_o (室内设计温度 t_N 与送风温度 t_o 之差, $\Delta t_o = t_N - t_o$), 在 $h-d$ 图上确定送风状态点 O 。具体步骤如图 10.2-2 所示, 在 $h-d$ 图上先根据已知的 t_N 、 φ_N 确定 N 点, 再过 N 点按 $\varepsilon = Q/D$ 作 ε

线,则送风状态点 O 即为该 ε 线 (过程线) 与等温线 $t=t_0$ 的交点。

在满足舒适和工艺要求的条件下,加大送风温差 Δt_0 可减少送风量,但会降低空调的精度。《采暖通风与空气调节设计规范》(GBJ 19—87) 中对空调系统的夏季送风温差作了规定,如对于舒适性空调,送风高度不大于 5 m

时, $\Delta t_0 \leq 10^\circ\text{C}$; 送风高度大于 5 m 时, $\Delta t_0 \leq 15^\circ\text{C}$; 而对于工艺性空调,室温控制精度越高,则要求 Δt_0 越小。

舒适性空调对空调精度无严格要求,因此在粗略计算时也可采用“机器露点”送风,即不计算热湿比 ε ,而是用允许的最大送风温差 $\Delta t_{0,\max}$ 确定送风温度 t_0 ,再用 $t=t_0$ 的等 t 线与 $\varphi=90\% \sim 95\%$ 的等 φ 线的交点 L (机器露点) 作为送风状态点 O ,连接 O 点 N 点可得到相应的空气处理过程线(见图 10.2-3)。采用机器露点通风时应注意 $t_0 = t_L' > t_L$ (t_L 为 N 点所对应的露点温度),否则会产生送风口结露滴水现象。

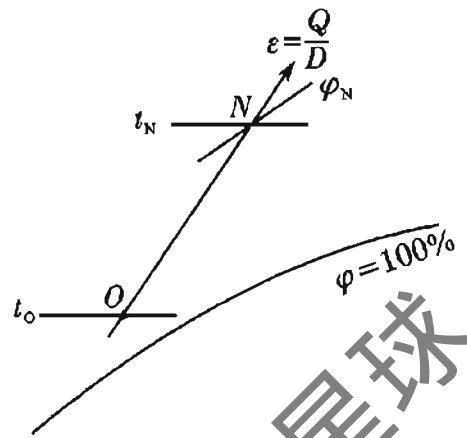


图 10.2-2 夏季送风状态的确定

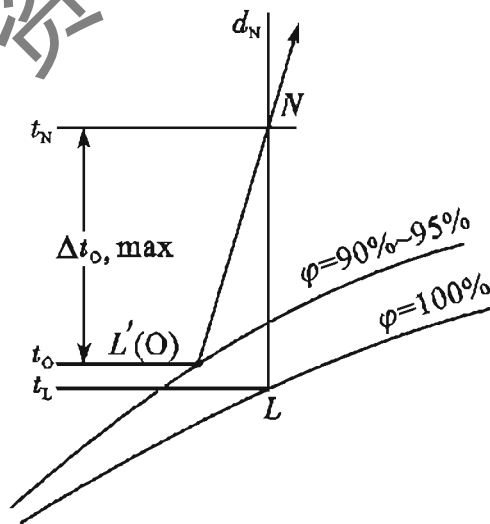


图 10.2-3 “机器露点”送风

2. 夏季送风量的计算

在 $h-d$ 图上确定了室内点 N 和送风点 O 后,就可查出这两点的焓值 h_N 、 h_O 和含湿量值 d_N 、 d_O , $(h_N - h_O)$ 和 $(d_N - d_O)$ 为从 O 点变化至 N 点可吸收的余热和余湿,由此可得送风量 G (质量流量, kg/h) 或 L (体积流量, m^3/h) 的计算公式

$$G = \frac{Q}{h_N - h_O} = \frac{D}{d_N - d_O} \times 10^3 \quad (10-21a)$$

$$L = \frac{Q}{1.2(h_N - h_O)} = \frac{D}{1.2(d_N - d_O)} \times 10^3 \quad (10-21b)$$

算出送风量后,还应按“设计规范”的规定校核空调房间的换气次数。舒适性空调房间的换气次数每小时不宜小于 5 次(高大房间除外)。工艺性空调房间的换气次数应符合“设计规范”的相应规定。空调房间的换气次数 n (次/h)就是房间送风量 L (m^3/h) 与房间体积 V (m^3) 的比值,即

$$n = \frac{L}{V} \quad (10-22)$$

根据房间体积和按规定选取合适的换气次数后,也可粗略估算空调房间的送风量 L ,即

$$L = nV \quad (10-23)$$

3. 冬季送风状态与送风量的确定

冬季空调送风一般为高于室内温度的热风,送风温差可以取大些,但送风温度 t_O 不宜超过 45°C 。在保证最小换气次数条件下,冬季空调一般先确定送风量,再由式(10-21)计算出 h_O 和 d_O ,由此可确定送风状态点 O 。

第三节 空气处理设备

在空调系统中,为满足空调房间对送风状态的要求而对空气进行净化和热、湿处理的设备称为空气处理设备。常用的空气处

理设备有空气过滤器、空气加热器、空气冷却器以及空气加湿和除湿设备等。

一、表面式空气换热器

表面式换热器大多采用肋片管式换热器。它主要由传热管和肋片构成(图 10.3-1)。当管中通以热水或蒸汽时为表面式空气加热器,当管中通以冷媒水或制冷剂时为表面式空气冷却器(简称表冷器)。

表面式换热器可以垂直安装,也可以水平安装。但是,以蒸汽为热媒的空气加热器最好不要水平安装,以免聚集凝结水而影响传热性能。此外,垂直安装的表冷器必须使肋片处于垂直位置,否则将因肋片上积水而增加空气阻力。

由于表冷器工作时表面常有凝结水产生,所以在它们下部应如图 10.3-2 所示安装集水盘和排水管。

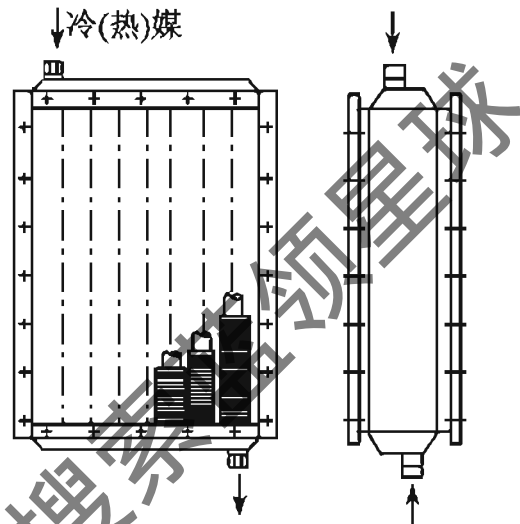


图 10.3-1 肋片管式换热器

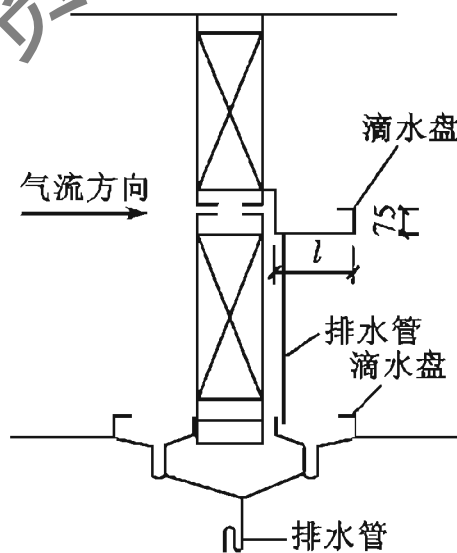


图 10.3-2 集水盘和排水管的安装

用蒸汽做热媒时,各台换热器的蒸汽管只能并联,而用水做热媒或冷媒时各台换热器的水管串、并联皆可。

从空气流动方向来说,表面式换热器可以并联,也可以串联,或者既有串联又有并联。这主要取决于被处理空气量的多少和需要的换热量的大小。

二、喷水室

喷水室又称淋水室,它由喷嘴、喷嘴排管、挡水板、底池与管路系统及外壳组成。图 10.3-3 为常见的低速(空气流速为 2m/s)、单级卧式和立式喷水室的结构。被处理空气以一定的速度经前挡水板进入喷水空间,空气与喷嘴喷射出的雾状水滴直接接触,进行复杂的热湿交换过程。由喷水空间出来的空气经后挡水板分离出所携带的水滴后,再经过其他处理,最后被送风机送入空调房间。喷嘴安装在专门的排管上,喷水室通常设置 1~3 排喷嘴排管,喷水方向根据与空气流动方向的相对状况分为顺喷、逆喷和对喷 3

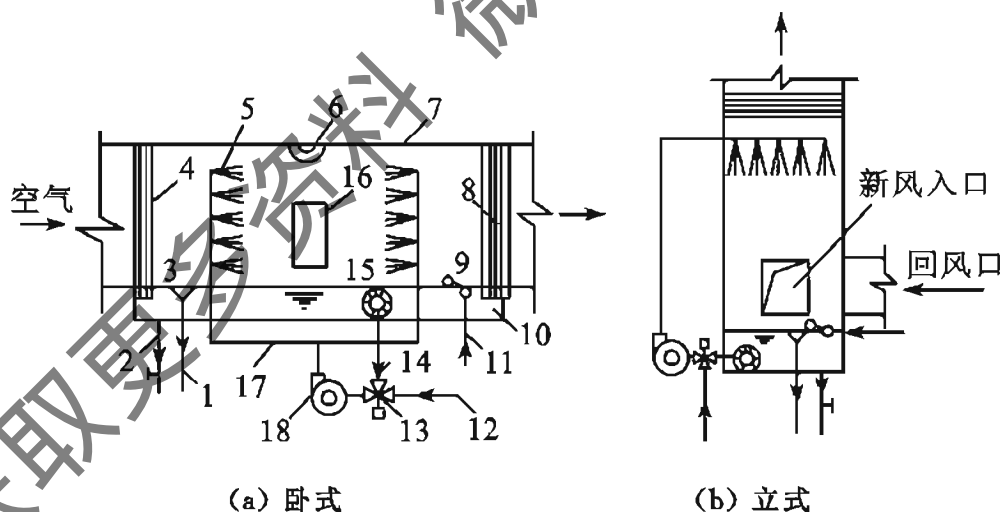


图 10.3-3 喷水室的基本结构

- 1—溢水管 2—泄水管 3—溢水器 4—前挡水板 5—喷嘴与排管
 6—防水灯 7—外壳 8—后挡水板 9—浮球阀 10—底池
 11—补水管 12—冷水管 13—三通混合阀 14—循环水管
 15—滤水器 16—检查门 17—供水管 18—水泵

种。立式较卧式占地面积小,热湿交换效果较好,常用于处理空气量不大的场合。喷水室中还可加填料层,以提高空气的处理效果。空气与喷淋水只进行一次热湿交换的,称为单级喷水室。如果被处理空气在喷水室里与不同温度的喷淋水连续进行两次热湿交换,则称为双级喷水室。

用喷水室处理空气时,根据喷水温度的不同可以实现对空气的多种处理过程。在假定喷水量无限大、空气与水接触时间无限长的理想条件下,空气经喷水室处理后的终点将全部位于 $h-d$ 图的饱和线上,只要采用不同的喷水温度,就能实现不同热湿组合的处理要求,其七种典型处理过程见图 10.3-4 和表 10.3.1。

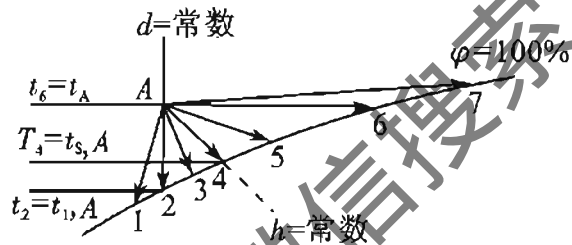


图 10.3-4 喷水室对空气的热湿处理过程

表 10.3-1 喷水室处理空气的典型过程

过程线	水温特点	过程特点	备注
A→1	$t_w < t_1$	降温减湿减焓	同冷却减湿过程
A→2	$t_w = t_1$	降温等湿减焓	同等湿冷却过程
A→3	$t_1 < t_w < t_s$	降温加湿减焓	—
A→4	$t_w = t_s$	降温加湿等焓	同等焓加湿过程
A→5	$t_s < t_w < t$	降温加湿增焓	—
A→6	$t_w = t$	等温加湿增焓	同等温加湿过程
A→7	$t_w > t$	升温加湿增焓	—

注:表中 t 、 t_s 、 t_1 分别为 A 点空气的干球温度、湿球温度和露点温度, t_w 为水温。

三、电加热器

电加热器加热空气具有简单易行、控制方便等特点。常见电加热器有裸线式和管式(图 10.3-5)。为保证安全使用,通过电加热器的风速应控制在 $8\sim 12\text{ m/s}$,设计中要求将电加热器同送回风机连锁控制,并需设置温度保护器,此外对靠近加热器的一段风管的保温材料最好用耐火材料。

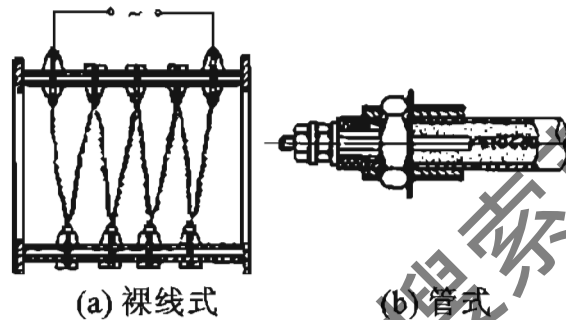


图 10.3-5 电加热器

四、加湿器

常见加湿器有干式蒸汽加湿器(图 10.3-6)、电加湿器(图 10.3-7)、红外线式加湿器(图 10.3-8),还有高压喷雾式加湿器、超声波式加湿器、离心式加湿器等。

五、减湿设备

在空调系统中除可采用喷水室和表冷器对空气进行减湿处理外,还可以采用加热通风法减湿、冷冻除湿机减湿和使用吸湿剂减湿。空调系统中常用的减湿设备有冷冻除湿机和氯化锂转轮除湿机(详见第八章第三节)。

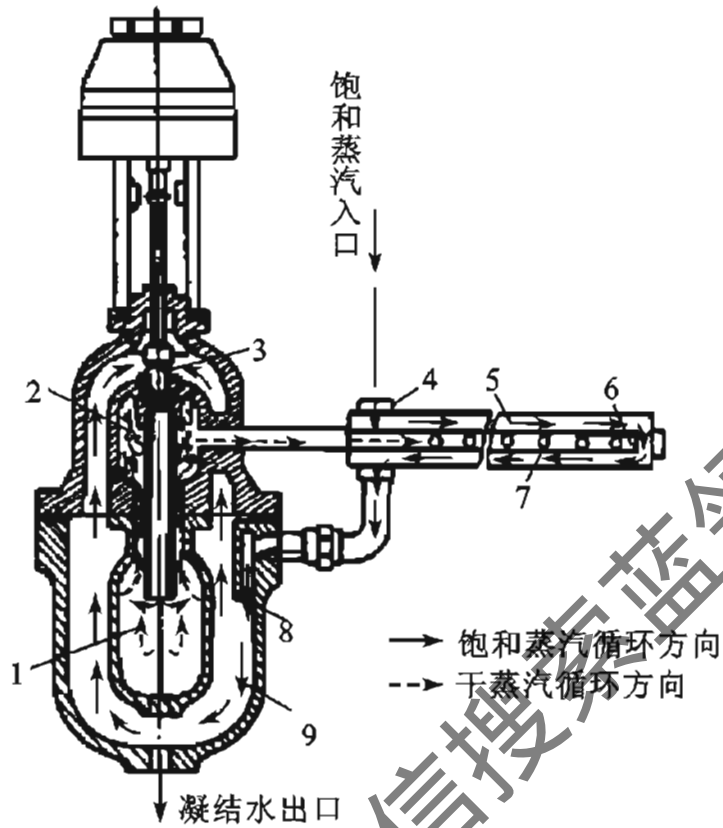


图 10.3-6 干式蒸汽加湿器

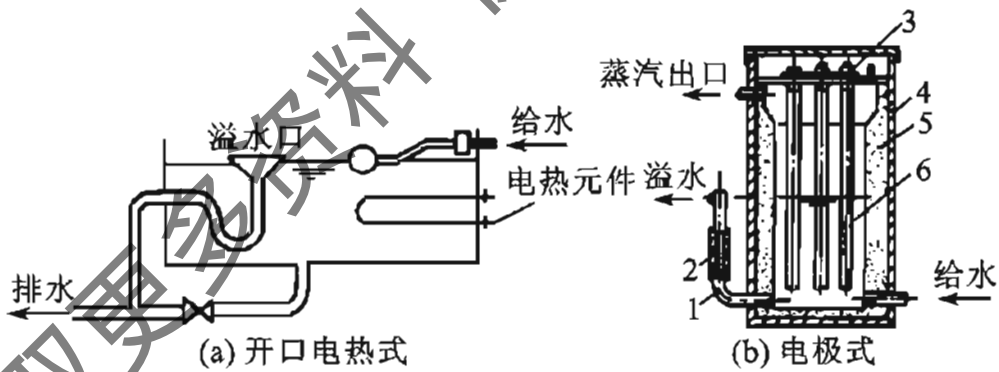


图 10.3-7 电加湿器

- 1—溢水管 2—橡皮短管 3—接线柱
4—外壳 5—保温层 6—电极

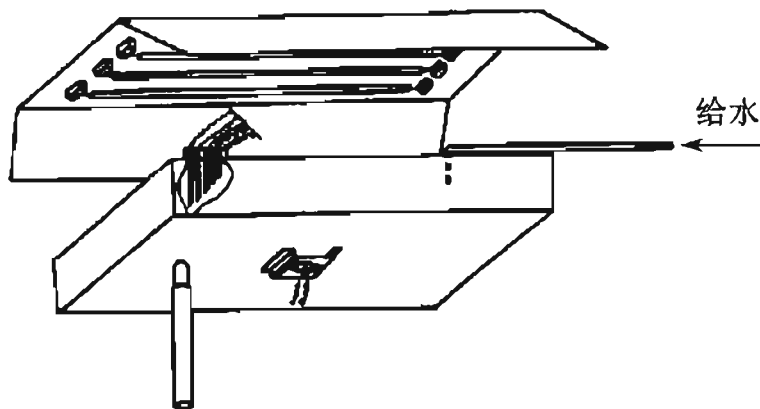


图 10.3-8 红外线式加湿器

六、空气的净化设备

(一) 控制室内空气含尘量的设备

1. 空气净化标准

按空调房间对洁净度的要求不同,空气净化标准可分为:

(1) 一般净化。用于一般的舒适性空调,采用初效过滤器一次处理,无具体的净化要求。

(2) 中等净化。对室内空气含尘量有一定指标要求,通常用质量浓度表示。一般规定室内含尘浓度为 $0.15 \sim 0.25 \text{ mg/m}^3$,并规定滤掉粒径 $\geq 10 \mu\text{m}$ 的尘粒。这类净化应首先采用初效过滤器过滤,再用中效过滤器过滤。

(3) 超净净化。这类净化要求甚高,一般需经过初效、中效、高效三级过滤器滤尘,室内空气的含浓度均以颗粒计数浓度表示。我国规定的超净净化的级别标准(空气洁净度等级)见表 10.3-2。

表 10.3-2 空气洁净度等级

等级	$1 \text{ m}^3 (1 \text{ L})$ 空气中 $\geq 0.5 \mu\text{m}$ 尘粒数	$1 \text{ m}^3 (1 \text{ L})$ 空气中 $\geq 5 \mu\text{m}$ 尘粒数
100 级	$\leq 35 \times 100 (3.5)$	
1 000 级	$\leq 35 \times 1 000 (35)$	$\leq 250 (0.25)$

(续表)

等级	1 m ³ (1 L)空气中 $\geq 0.5 \mu\text{m}$ 尘粒数	1 m ³ (1 L)空气中 $\geq 5 \mu\text{m}$ 尘粒数
10 000 级	$\leq 35 \times 10\ 000(350)$	$\leq 2\ 500(2.5)$
100 000 级	$\leq 35 \times 100\ 000(3\ 500)$	$\leq 25\ 000(25)$

2. 常用的空气过滤器

我国空调工程中使用的过滤器主要有金属网格浸油过滤器、干式纤维过滤器和静电过滤器三种。

金属网格浸油过滤器由十几层波形金属网格叠置而成,金属网格的波纹互相垂直,沿气流运动方向网格孔径逐渐缩小。当含尘空气流过波形网格时,由于气流经多次曲折运动,灰尘偏离气流运动方向而碰到黏性物质(油)上被粘住。使用到一定时间后,可用含碱 10% 的 60~70℃ 热水清洗,晾干后再浸油,可继续使用,但清洗和浸油比较麻烦。工程上常采用自动清洗油过滤器代替,图 10.3-9 为自动清洗油过滤器的示意图。

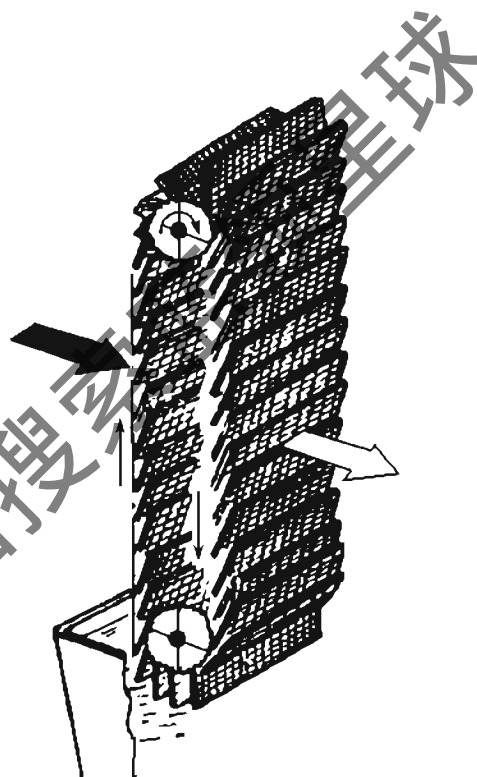


图 10.3-9 自动清洗油过滤器

干式纤维过滤器的滤料有玻璃纤维、合成纤维、石棉纤维以及由这些纤维制成的滤纸或滤布等。纤维过滤器的滤尘机理比较复杂,含尘空气经过过滤层时,因筛滤作用以及尘粒运动时的惯性作用和静电作用等因素而被阻留下来。与纤维过滤器的滤尘机理相似的过滤器还有泡沫塑料过滤器、无纺布过滤器(图 10.3-10)等。

静电过滤器的滤尘原理是在高压直流电场中,空气首先被电离,并使其悬浮于其中的尘粒带上电荷,然后在电场的作用下,带

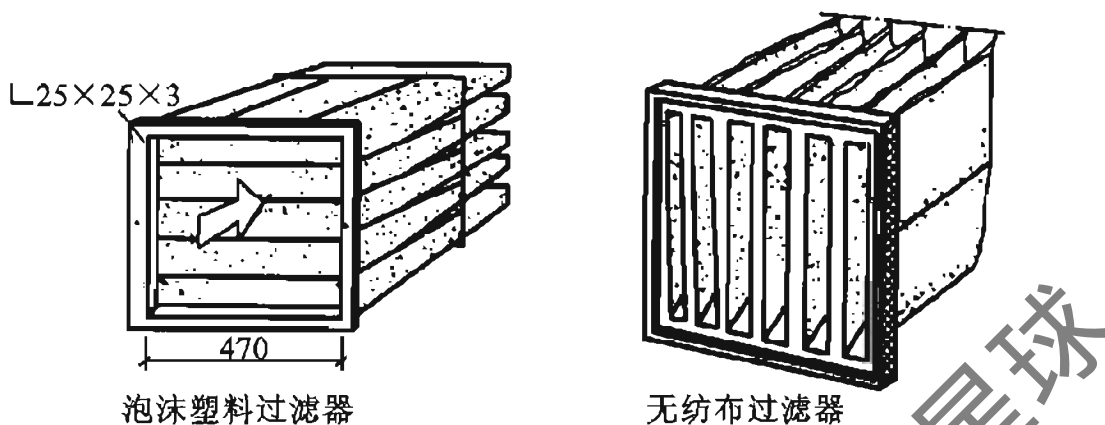


图 10.3-10 无纺布过滤器

电的尘粒就向与其电荷相反的电极移动,并沉积在该电极上。

3. 过滤器的分类

按照过滤器的过滤效率不同,空气过滤器可分为粗效过滤器、中效过滤器和高效过滤器(含亚高效过滤器)三类。

粗效过滤器主要用于过滤 $10\sim 100\ \mu\text{m}$ 的灰尘。一般采用金属网格浸油过滤器、自动清洗油过滤器以及粗、中孔泡沫塑料和无纺织物过滤器等。

中效过滤器主要用于过滤 $1\sim 10\ \mu\text{m}$ 的灰尘。一般采用玻璃纤维过滤器、无纺布过滤器(滤料纤维直径约 $10\ \mu\text{m}$ 左右)和中、细孔泡沫塑料过滤器等。

高效过滤器(含亚高效过滤器)主要用于过滤小颗粒灰尘。常采用超细玻璃纤维、超细石棉纤维或合成纤维滤纸(滤料直径一般小于 $1\ \mu\text{m}$)多次折叠组成过滤器,或采用静电过滤器。

(二) 空气质量控制设备

室内空气质量的控制是一个系统工程,并不是单一的措施或方法就能奏效的。首先要确定合理的通风量,其次要减少室内污染源,第三是改进空调系统的维护和管理,第四是采用空气净化设备。目前,控制室内空气质量的设备有活性炭吸附器、负离子发生器、光触媒型空气净化器和生物透析膜片除臭系统等。

七、消声装置

为克服风机及风管所产生的送、回风噪声,常用的消声装置有阻性消声器、共振式消声器、膨胀式消声器和复合式消声器等。

阻性消声器借助吸声材料的吸声作用而消声。常用的阻性消声器(图 10.3-11)有管式消声器、室式消声器、声流式消声器、片式与格式消声器、折板式消声器及消声弯头等。

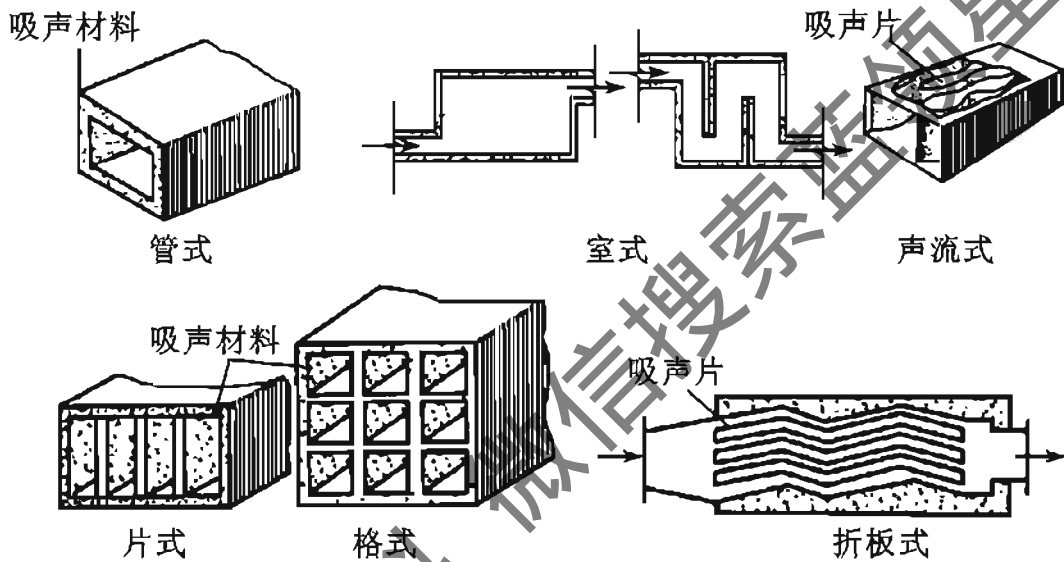


图 10.3-11 各种阻性消声器

共振式消声器利用共振原理将某些特定频率的噪声消除掉,它通过管道开孔与共振腔相连,形成穿孔板共振吸声结构(图 10.3-12)。一般用于消除低频噪声。

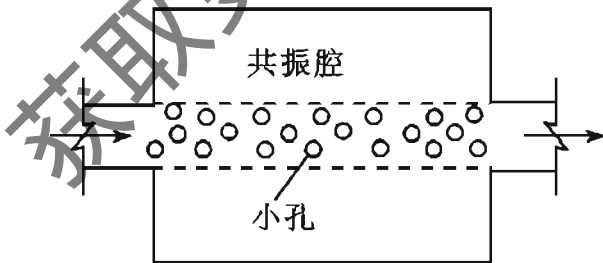


图 10.3-12 共振式消声器

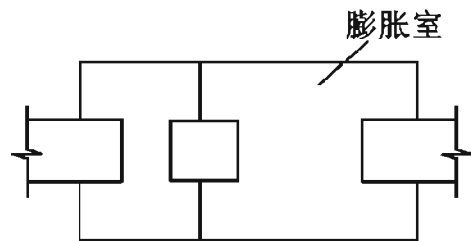


图 10.3-13 膨胀式消声器

膨胀式消声器(见图 10.3-13)又称为抗式消声器,它是利用

管道截面的突变,使沿着管道传播的声波向声源方向反射回去,从而起到消声作用,对消除低频噪声有一定的效果。

复合式消声器是由几种消声作用的结构(如贴吸声内衬加穿孔共振吸声结构)组合而成的,消声频带宽、消声量较大。图 10.3-14 为阻抗复合式消声器的结构示意图。

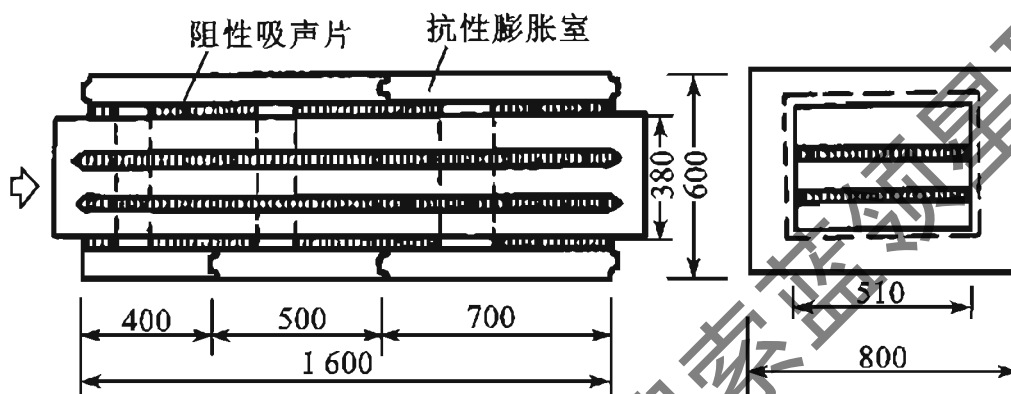


图 10.3-14 阻抗复合式消声器

八、热回收装置

利用全热或显热交换器,对新风进行预冷(夏季)或预热(冬季),就可回收空调系统排风带走的部分能量,以减少处理新风的能耗。常见热回收装置有回转型全热交换器(图 10.3-15)、静止型全热或显热交换器(图 10.3-16,为一种板翅式换热器示意图)以及热管型换热器(图 10.3-17)等。

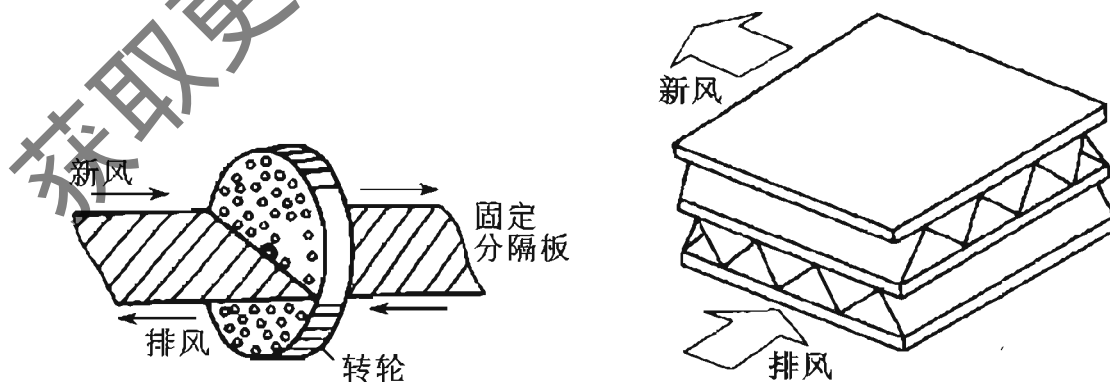


图 10.3-15 回转型全热交换器 图 10.3-16 静止型全热或显热交换器

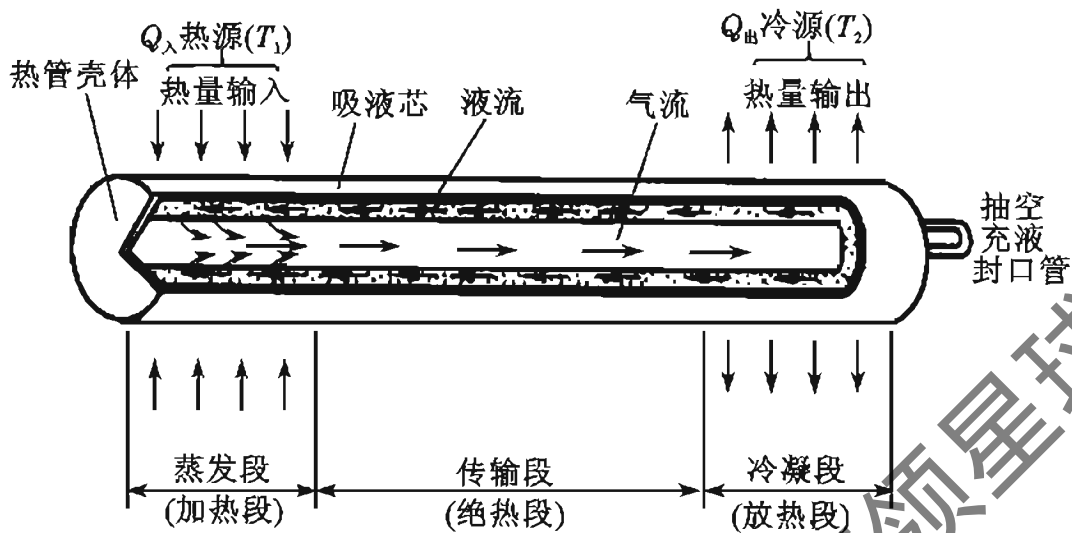


图 10.3-17 热管型换热器

九、独立式空调设备与非独立式空调设备

自身带有冷、热源装置的空调设备称为独立式空调设备,这种设备在接通电源后即可工作(对于水冷式机组还需接上冷却水管路,开启冷却水泵)。如空调器(机)、冷风机、恒温恒湿机和除湿机(见第八章)等均为独立式空调设备。

需提供冷源或热源才能对空气进行处理的设备称为非独立式空调设备,如组合式空调机组、风机盘管、新风机组(见第八章)等。

第四节 空气调节系统

一、空调系统的分类

空气调节系统一般均由空气处理设备、空气输送设备和空气分配设备组成。空调系统的种类很多,按不同的分类方法可以分为多种类型,详见表 10.4-1。其中集中式空调系统和半集中式空调系统统称为中央空调系统。

表 10.4-1 空调系统的分类

分类方法	类型名称	系统特征
按空气处理设备设置的情况分类	集中式系统	空气处理设备集中设置在空调机房内,集中进行空气的处理、输送和分配
	半集中式系统	一部分空气处理设备集中设置,而另一部分则分散设置在被调房间内
	分散式系统	空气处理设备全分散设置在被调房间内
按负担室内负荷所用的介质分类	全空气系统	室内负荷全部由处理过的空气负担
	全水系统	室内负荷全部由水来负担
	空气-水系统	室内负荷由空气和水共同负担
	冷剂系统	室内负荷由制冷剂直接负担
按处理空气的来源分类	封闭式系统	处理的空气为室内再循环的空气,无新风
	直流式系统	处理的空气全部为室外的新风,不使用室内的回风
	混合式系统	处理的空气一部分为室内回风,另一部分为室外新风
按系统的用途分类	舒适性空调系统	通常空调精度要求不高
	工艺性空调系统	空调精度要求较高
按系统风量是否变化分类	定风量系统	送入空调房间的风量恒定不变
	变风量系统	送入空调房间的风量可根据室内负荷的变动进行调整
按送风管的数目分类	单风管系统	不同状态的空气混合成送风状态后由一根送风管道送入空调房间
	双风管系统	设有两根送风管道,一根送冷风,另一根送热风。两种不同状态的空气在空调房间或每个区的双风道混合箱中混合成为送风状态
按运行时间分类	全年性空调系统	一年四季都需运行
	季节性空调系统	一般只在冬、夏两季运行

(续表)

分类方法	类型名称	系统特征
按系统要求的精度分类	一般性空调系统	控制精度不高,多用于舒适性空调系统
	恒温恒湿系统	控制精度较高,多用于工艺性空调系统

二、集中式空调系统

集中式空调系统由空气处理设备、送风设施、回风设施、排风设施、新风设施以及调节控制系统组成。集中式系统的空气处理设备可以是独立式空调机,也可以是需要冷、热源的组合式空调机组。送风设施包括风机出口处的消声静压箱、风量调节阀、送风干管和支管、风管出口处的空气分布器(如侧送风口、散流器)等,当风管向多个房间送风时,在过墙处还应设防火阀。回风设施可在空调房间与机房的隔墙上开设百叶式回风窗,利用机房的负压回风,或者通过回风管与机房相连接采集回风,多房间共用回风管时其过墙处也应设防火阀。空调房间一般要保持不大于 50 Pa 的正压,若门窗密封性稍差时,可利用缝隙渗漏排风,当密封性较好时,可设排风扇排风或用排风管向室外集中排风。图 10.4-1 是集中式系统的示意图。

集中式空调系统大多为采用回风的混合系统,根据回风使用的方法可分为一次回风系统(图 10.4-2)和二次回风系统(图 10.4-3)。

三、半集中式空调系统

半集中式空调系统一般由冷热源设施、冷热水输送设施、新风系统、末端空气处理设备、回风设施、排风设施、冷凝水排放设施以及控制系统组成。冷热源设施一般采用冷(热)水机组、锅炉等设

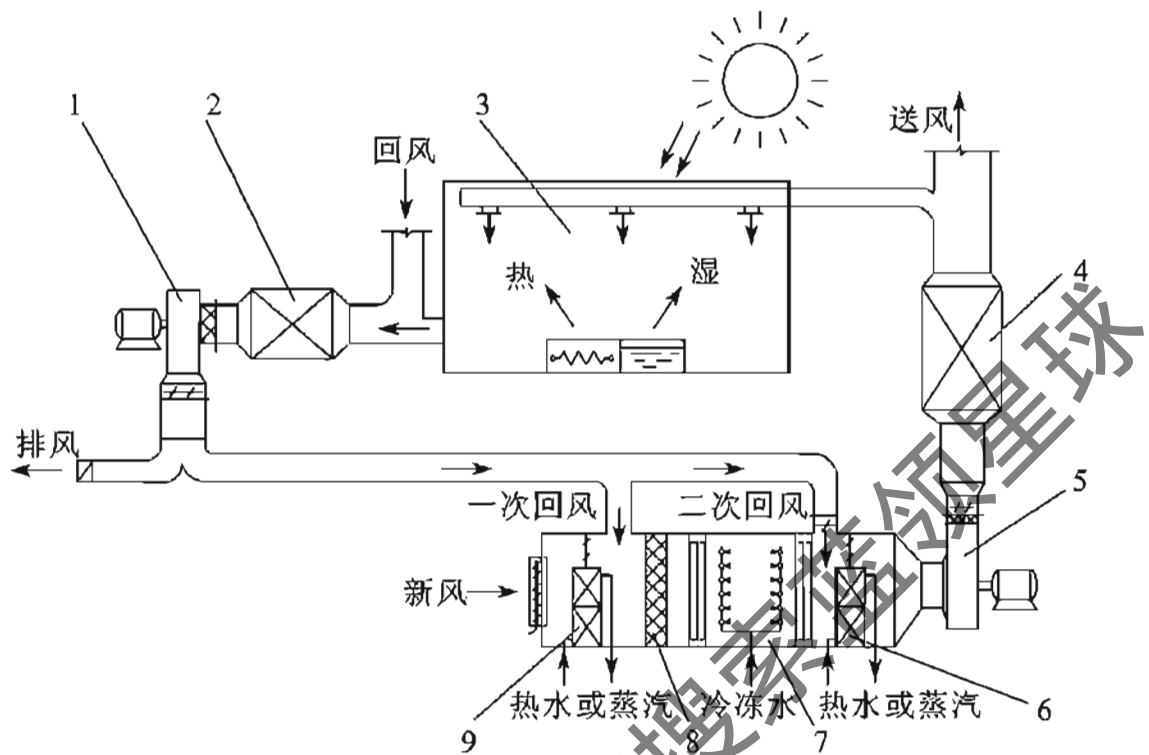
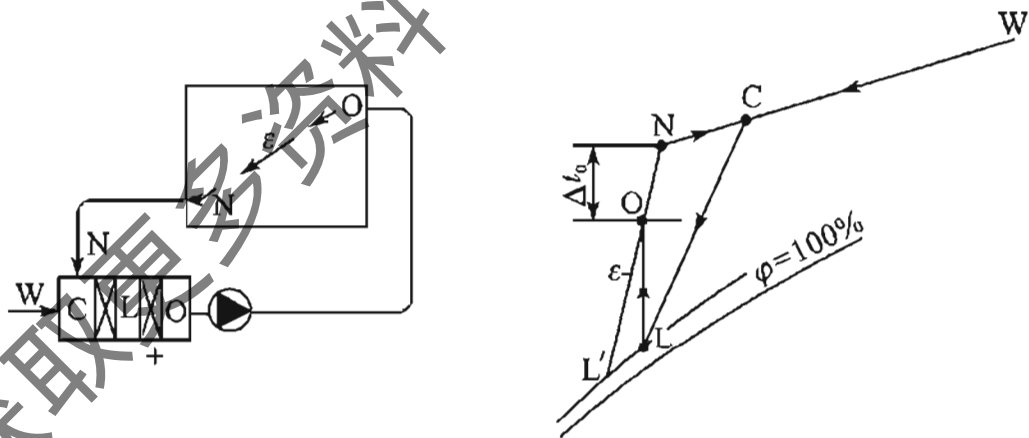


图 10.4-1 集中式空调系统(二次回风式)

1—回风机 2、4—消声器 3—空调房间 5—送风机
6—再热器 7—喷水室 8—空气过滤器 9—预热器

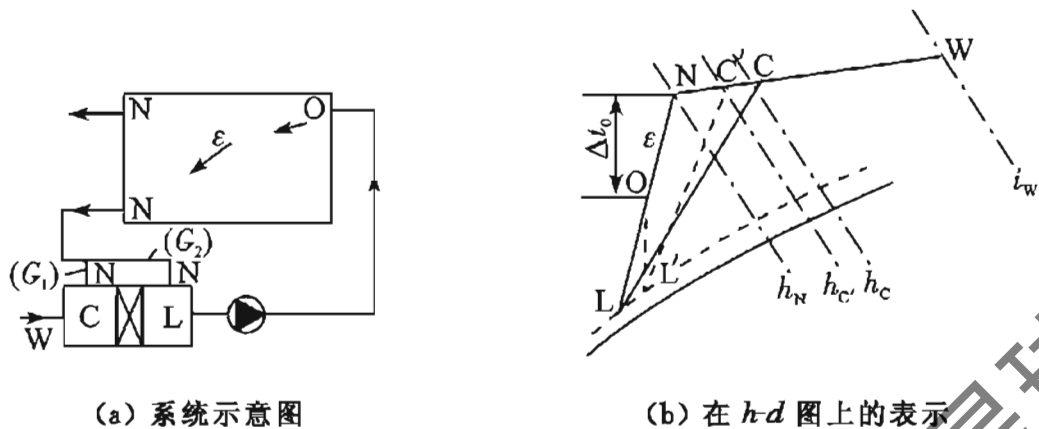


(a) 系统示意图

(b) 在 $h-d$ 图上的表示

图 10.4-2 一次回风系统夏季空调过程和系统示意图

W—新风状态 N—回风状态(室内设计状态)
L—机器露点 C—混合状态 O—送风状态



(a) 系统示意图

(b) 在 $h-d$ 图上的表示

图 10.4-3 二次回风系统夏季空调过程和系统示意图

W—新风状态 N—回风状态(室内设计状态)

L—机器露点 C—混合状态 O—送风状态

备;冷热水输送设施包括水泵、冷热水管路系统(大多为二管制);新风系统由新风机、新风管等构成;末端空气处理设备有风机盘管、诱导器、变风量机组等多种。

半集中式空调系统最常见的形式为风机盘管加新风系统(图 10.4-4)。该系统的末端空气处理设备采用的是风机盘管,风机盘管和新风机组均为非独立式空调机组,主要由风机、肋片管式水-空气换热器、空气过滤器和集水盘等组成。回风设施根据风机盘管的形式而变化,明装的风机盘管直接从机组的回风口吸入回风,暗装的风机盘管则要在隔板上开设百叶式回风口加过滤网来吸入回风。排风设施有排风扇、排风支管、排风干管等,通常排风支管上应设防火阀。冷热源提供的冷水或热水通过供水管由水泵输送至风机盘管、新风机组等空气处理设备,然后经回水管流回。对夏季只使用冷水、冬季只使用热水的空调系统,水泵及供、回水管是通过切换交替使用的,这就是使用很多的双管制系统。对于既有集中式系统,又有风机盘管加新风系统,且作分区处理的大型中央空调系统,常在中央机房中设分水器和回水器(集水器)。冷水或热水先送至分水器,再经各子系统、各区的供水干管送出,空调回水从各子系统、各区的回水干管流回集水器,再返回冷水机组或热

水器的水箱,这样设置的冷热水循环系统更便于控制和管理。此外,循环系统中的适当位置还应设置膨胀水箱、放空气阀、排污阀等,以确保该系统正常工作。

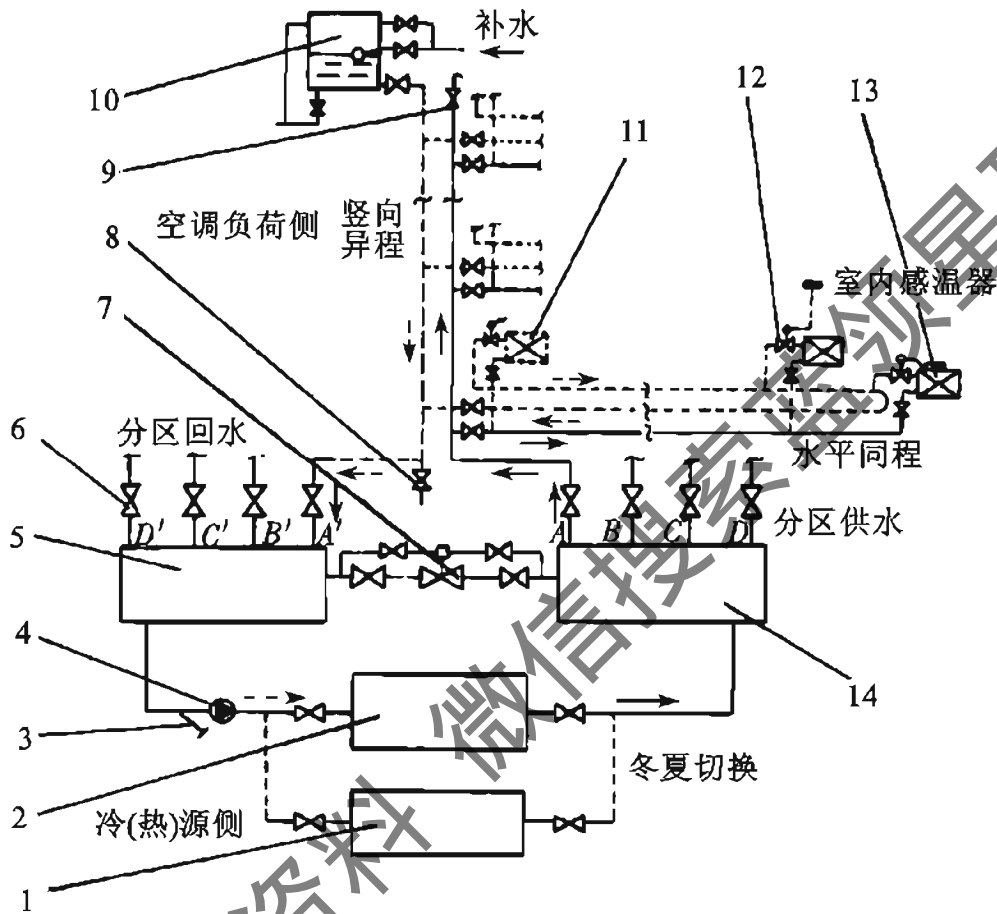


图 10.4-4 采用两管制的半集中式空调系统

- 1—热水器 2—冷水机组蒸发器 3—过滤器 4—水泵 5—集水器
 6—截止阀 7—压差电动二通阀 8—排污阀 9—排气阀 10—膨胀水箱
 11—风机盘管 12—电动二通阀 13—新风机组 14—分水器

四、分散式空调系统

分散式空调系统又称局部空调系统,它是将空气处理设备全分散在被调房间内的系统。空调房间内使用的空调器、空调机组属于此类系统,它们把空气处理设备、风机以及冷热源都集中在一个箱体内,形成一个非常紧凑的空调系统,只要接上电源就能对房

间的空气进行调节。因此,这种系统不需要空调机房,一般也没有输送空气的风道。

第五节 空调系统风量的测定与调整

一、风量的测定

(一) 风管内风量的测量

风管内测定风量的步骤为:

选择测定断面→测量断面尺寸→确定测点→测量各测点的风速→求出断面上的平均风速和风量

1. 选择测定断面

测定断面一般应考虑在气流均匀而稳定的直管段上,离开弯头、三通等产生涡流的局部构件要有一定的距离。一般按气流方向,要求在局部构件之后 $4\sim 5$ 倍管径 D (或长边 a),在局部构件之前 $1.5\sim 2$ 倍管径 D (或长边 a)的直管段上选定测定断面,如图

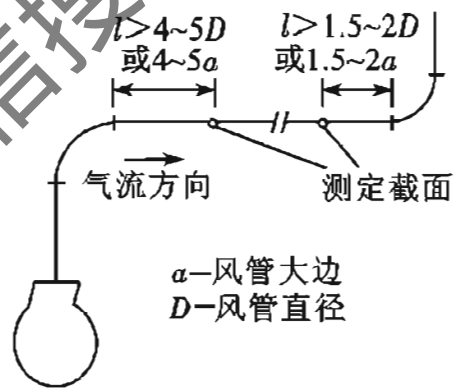


图 10.5-1 测定断面位置的确定

10.5-1 所示。当条件不允许时,此距离可缩短,但应增加测定位置,或常用多种方法测定比较,力求测定结果准确。

2. 确定测点

由于黏性的作用,在测定断面上各点的风速不完全相等,因此一般不能只以一个点的数值代表整个断面,而需要在断面上选择多个测点进行测量,然后计算出平均值。测定断面上测点的位置与数目主要取决于断面的形状和尺寸,一般采取等面积布点法。

矩形风管测点布置如图 10.5-2 所示。一般要求划分的小块面积不大于 0.05 m^2 (即边长 220 mm 左右的小面积), 并尽量为正方形, 测点位于小面积的中心。

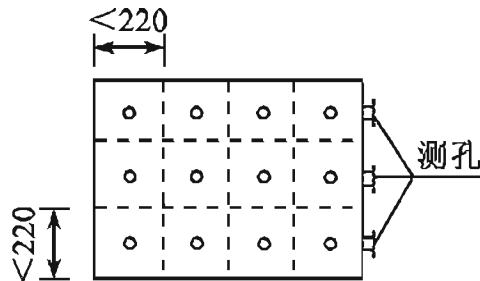


图 10.5-2 矩形风管测点的位置

圆形风管测点布置如图 10.5-3 所示, 应将测定断面划分为若干个面积相等的同心圆环, 测点位于各圆环面积的等分线上, 圆环数由直径大小决定。每一个圆环测 4 个点, 并且 4 个点应在相互垂直的两个直径上。

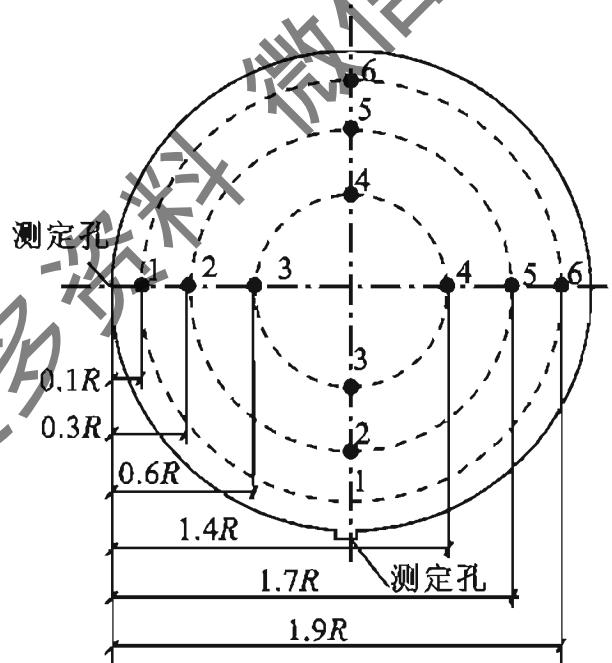


图 10.5-3 圆形风管测点的位置

各测点距圆心的距离按下式计算

$$R_n = R \sqrt{(2n-1)/2m} \quad (10-24)$$

式中 R ——风管断面直径(mm)；
 R_n ——从风管中心到第 n 测点的距离(mm)；
 n ——从风管中心算起的测点顺序号；
 m ——划分的圆环数。

圆形风管划分的圆环数与各测点到管壁的距离见表 10.5-1。

表 10.5-1 圆形风管划分的圆环数与各测点到管壁的距离

圆形风管直径/mm		<200	200~400	400~700	>700
圆环个数		3	4	5	6
测点号	1	$0.1R$	$0.1R$	$0.05R$	$0.05R$
	2	$0.3R$	$0.2R$	$0.2R$	$0.15R$
	3	$0.6R$	$0.4R$	$0.3R$	$0.25R$
	4	$1.4R$	$0.7R$	$0.5R$	$0.35R$
	5	$1.7R$	$1.3R$	$0.7R$	$0.5R$
	6	$1.9R$	$1.6R$	$1.3R$	$0.7R$
	7		$1.8R$	$1.5R$	$1.3R$
	8		$1.9R$	$1.7R$	$1.5R$
	9			$1.8R$	$1.65R$
	10			$1.95R$	$1.75R$
	11				$1.85R$
	12				$1.95R$

3. 测量各测点的风速

测量各测点的风速可使用皮托管、微压计以及热球风速仪等测量工具进行。测量工具的使用方法可参照第七章第三节和仪器的使用说明书。

4. 计算风管断面平均风速 v_p 和风量 L

各个测点所测参数的算术平均值,可看做是测定断面的平均

风速值,即

$$v_p = (v_1 + v_2 + \cdots + v_n)/n \quad (10-25)$$

式中 v_p ——断面的平均风速值(m/s);

v_1, v_2, \cdots, v_n ——各测点的风速(m/s);

n ——测点数。

在风速测定中,如果是用皮托管测出的空气动压值,也可求出断面空气平均流速,即

$$p_{dp} = \left(\frac{\sqrt{p_{d1}} + \sqrt{p_{d2}} + \cdots + \sqrt{p_{dn}}}{n} \right)^2 \quad (10-26)$$

$$v_p = \sqrt{\frac{2p_{dp}}{\rho}} \quad (10-27)$$

式中 p_{dp} ——断面均方根动压(Pa);

$p_{d1}, p_{d2}, \cdots, p_{dn}$ ——各测点的动压值(Pa);

n ——测点数;

ρ ——空气的密度(kg/m³)。

在现场测定中,测定断面的选择受到条件的限制,个别点测定的动压可能出现负值或零值,计算平均动压时,要将负值当零值处理,而测点的数量应包括零值和负值在内的全部测点。

求出断面的平均风速后,可用式(10-28)计算出通过测量断面的风量

$$L = 3\,600 \cdot v_p \cdot F \quad (10-28)$$

式中 L ——风量(m³/h);

F ——风管测定断面的面积(m²)。

(二) 风口风量的测量

对于空调房间的风量或各个风口的风量,如果无法在各分支管上测定,可以在送、回风口处直接测定风量,一般可采用热球风速仪或叶轮式风速仪。

在送风口处测定风量时,由于该处气流比较复杂,通常采用加

罩法测定,即在风口外加一罩子,罩子与风口的接缝处不得漏风。这样可使气流稳定,测量的结果较为准确。

在风口外加罩子会使气流阻力增加,造成所测风量小于实际风量。但对于风管系统阻力较大的场合(如风口加装高效过滤器)影响较小。如果风管系统阻力不大,则应采用如图 10.5-4 所示的罩子。这种罩子装有一风扇,用于克服罩子的阻力,因而对风量影响较小,使用既简单,又能保证足够的准确性。

回风口处由于气流均匀,所以可以直接在贴近回风口格栅或网格处用测量仪器测定风量。

二、风量的调整

空调系统风量调整的目的是使经后处理的空气能够按照设计要求,沿着主干管、支干管及支管和送风口,输送到各空调房间,为空调房间建立所需的温湿度环境提供必要的保证。

(一) 风量调整的原理

空调系统的风量调整实质是改变管路的阻力特性,使系统的总风量、新风量和回风量以及各支路的风量分配满足设计要求。空调系统的风量调整不能采用使个别风口满足设计风量要求的局部调整法。因为任何局部调整都会对整个系统的风量分配发生或大或小的影响。

由流体力学可知,风管的阻力近似与风量的平方成正比,即

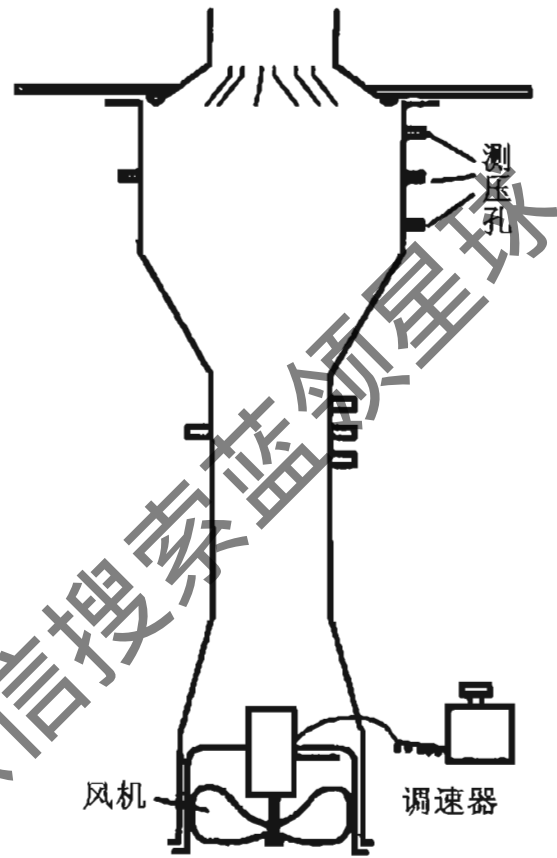


图 10.5-4 风口风量测定装置

$$H = kL \quad (10-29)$$

式中 H ——风管阻力损失；
 L ——风管中的风量；
 k ——风管阻力特性系数，取决于管道的几何尺寸和结构状况。

在图 10.5-5 所示的送风系统中，管段 I 和管段 II 为并联管段。而对于两个支路，则有

$$H_1 = k_1 L_1^2$$

$$H_2 = k_2 L_2^2$$

式中 H_1, H_2 ——风管 I、II 阻力损失；
 L_1, L_2 ——风管 I、II 的风量；
 k_1, k_2 ——风管 I、II 的阻力特性系数。

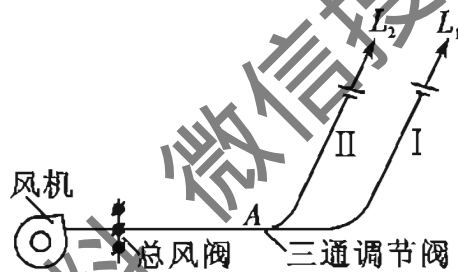


图 10.5-5 风量调节示意图

由于两管段压力损失相同($H_1 = H_2$)，故 $k_1 L_1^2 = k_2 L_2^2$ ，所以

$$\sqrt{\frac{k_1}{k_2}} = \frac{L_1}{L_2} \quad (10-30)$$

只要 A 处的三通阀位置不变， $\sqrt{\frac{k_1}{k_2}}$ 就不变，不论总风量如何变化，管段 I 和管段 II 的风量总是按一定比例($\sqrt{\frac{k_1}{k_2}}$)进行分配。空调系统风量的调整就是根据这一原理进行的。

(二) 风量调整的步骤

系统风量的测定与调整并无统一规定的程序。根据经验，建

议按下列步骤进行：

① 初测各干管、支干管、支管以及送回风口的风量；

② 按设计要求调整各送、回风口的干管、支干管以及各送、回风口的风量；

③ 在送、回风系统进行风量调整时，应同时测定与调整新风量，检查系统新风比是否满足设计要求；

④ 按设计要求调整送风机的总风量；

⑤ 在系统风量达到平衡后，进一步调整送风机的总风量，使之满足空调系统的设计要求；

⑥ 经调整后，在各部分调节阀不变动的情况下，重新测定各处的风量，作为最后的实测风量；

⑦ 系统风量测定与调整完毕后，用红漆在所有的阀门把柄上作标记，并将阀门位置固定，不得随意变动。

(三) 风量调整的方法

风量调整的方法很多，常用的有“流量等比分配调整法”和“基准风口调整法”等。

1. 流量等比分配调整法

流量等比分配调整法就是调整各支管流量的分配比例，使各支管的实际风量的比值达到或接近各支管设计风量的比值。调整时应从最不利风口开始，逐步地调向风机。

如图 10.5-6 所示，离风机最远的 1 号风口为最不利风口，最不利管路为 1—3—5—9，应从支管 1 开始测定调整。用两套仪器分别测量支管 1 和支管 2 的风量，调节三通阀，使这两个支管的实测风量比值(L'_2/L'_1)与设计风量比值($L_2/L_1 = 500/550$)近似相等。同样地，使 $L'_4/L'_3 = L_4/L_3$ 、 $L'_7/L'_6 = L_7/L_6$ …最后再调整总风量，使其达到设计总风量。

流量等比分配调整法调整的结果比较准确，反复测量次数也不多，比较适用于较大的集中式空调系统。但测量时必须在每一

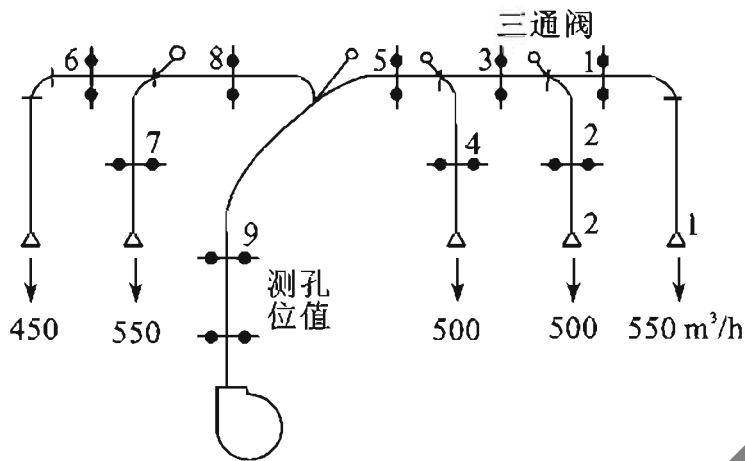


图 10.5-6 流量等比分配调整法示意图

个管段上打测孔。

2. 基准风口调整法

现以图 10.5-7 所示系统为例进行说明。系统除总风阀外,在 A、B 处及各风口分支管处装有三通调节阀。风量调整前,将各三通阀置于中间位置,系统总阀门置于某一开度。启动风机,初测各风口风量并计算与设计风量的比值,将结果列于表 10.5-2。

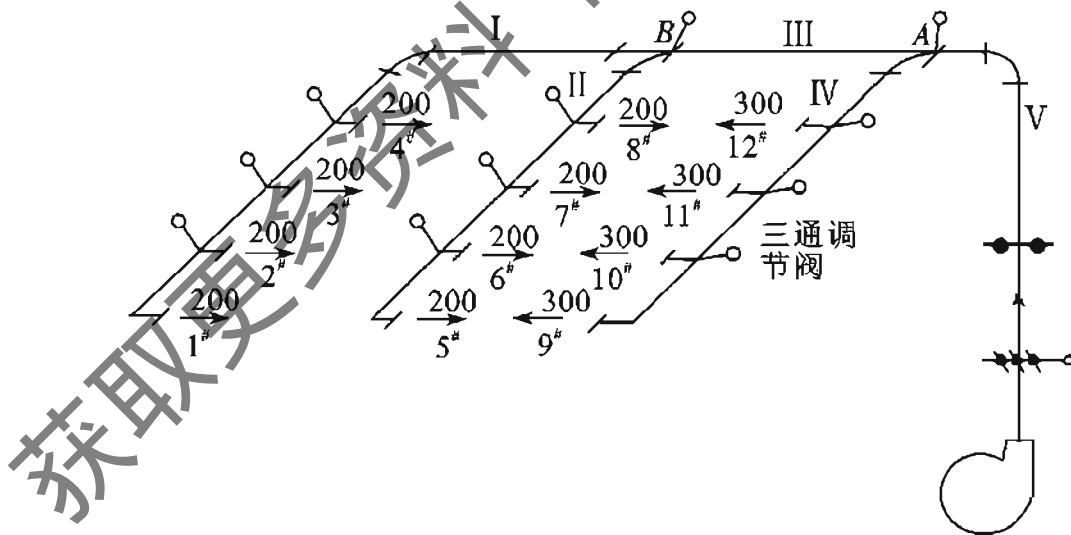


图 10.5-7 基准风口调整法示意图

表 10.5-2 系统风量分配的初测结果

风口编号	设计风量/(m ³ /h)	初测风量/(m ³ /h)	初测风量与设计风量之比
1	200	160	0.80
2	200	180	0.90
3	200	220	1.10
4	200	250	1.25
5	200	190	0.95
6	200	210	1.05
7	200	230	1.15
8	200	240	1.20
9	300	240	0.80
10	300	270	0.90
11	300	330	1.10
12	300	360	1.20

从表 10.5-2 中可看出,各支管的最远风口风量最小,同时支路间的风量分配是支路 I 最小。由此,可采取以风口 1 为基准,将风口 2 的风量调整到与风口 1 相同,依次类推,将支管 I 上各风口的风量分配先调整均匀。采取同样方法对支管 II 上和支管 IV 上的风口进行调整。然后以 1,5,9 风口为代表,依次调节 A、B 三通阀,使各支管的风量分配达到 2 : 2 : 3 的设计要求。最后将总风阀调整到设计风量,则系统风量测定与调整基本完成。

基准风口调整法多用于空调系统送(回)风口数目很多的情况,不必在各个支管上打测孔。

第六节 中央空调系统常见故障的分析与排除

中央空调系统是由风系统(空气处理、分配和输送系统)、水系统、冷热源设备及控制系统等构成。任何一个部分或设备出现问

题,都会影响到整个系统的运行。表 10.6-1 列举了中央空调系统常见故障、产生原因和解决方法。

表 10.6-1 中央空调系统常见故障的分析与解决方法

序号	故障现象	产生原因	解决方法
1	系统实测风量大于设计风量	(1) 系统的实际阻力小于设计阻力,风机的风量因而增大 (2) 设计时选用风机容量偏大	(1) 为变频风机时,可降低风机的转速 (2) 关小风量调节阀
2	系统实测风量小于设计风量	(1) 系统实际阻力大于设计阻力,风机风量减小 (2) 系统中有阻塞现象 (3) 过滤器脏 (4) 系统漏风 (5) 风机出力不足(风机达不到设计能力或叶轮旋转方向不对,皮带打滑等)	(1) 条件许可时,改进风管构件,减小系统阻力 (2) 检查清理系统中可能的堵塞物 (3) 清洗或更换过滤器 (4) 查找风管的泄漏处并堵漏 (5) 检查风机
3	室内温度、湿度均偏高	(1) 制冷系统产冷量不足 (2) 喷水室喷嘴堵塞 (3) 通过空气处理设备的风量过大,热湿交换不良 (4) 回风量大于送风量、室外空气渗入 (5) 送风量不足(可能过滤器堵塞) (6) 表冷器结霜,造成堵塞	(1) 检修制冷系统 (2) 清洗喷水系统和喷嘴 (3) 调节通过处理设备风量使风速正常 (4) 调节回风量,使室内保持正压 (5) 清洗过滤器使送风量正常 (6) 调节蒸发温度,防止结霜
4	室内温度合适或偏低,相对湿度偏高	(1) 送风湿度低(可能是一次回风的二次加热器未开或不足) (2) 喷水室喷水量过大,送风含湿量偏高(可能是挡水板不均匀或漏风) (3) 机器露点温度和含湿量偏高(可能是挡水板不均匀或漏风) (4) 室内产湿量大(如增加产湿设备、用水冲地板、漏气、漏水等)	(1) 正确使用二次加热器 (2) 检修或更换挡水板,堵漏风 (3) 调节三通阀,降低混合水温度 (4) 减少湿源

(续表)

序号	故障现象	产生原因	解决方法
5	室内温度正常,相对湿度偏低	室外空气含湿量本来较低,未经加湿处理,仅加热后送入室内	(1) 有喷水室时,应连续喷循环水加湿 (2) 夏季采用表冷器冷却的系统应开启加湿器
6	送风参数与设计不符	(1) 空气处理设备选择容量偏大或偏小 (2) 空气处理设备产品热工性能达不到额定值 (3) 空气处理设备安装不当,造成部分空气短路 (4) 空调箱或风管的负压段漏风,未经处理的空气漏入 (5) 冷热媒参数和流量与设计不符 (6) 挡水板挡水效果不好,凝结水再蒸发 (7) 风机送风管道温升超过设计值(管道保温不好)	(1) 调节冷热媒参数和流量,使空气处理设备达到额定能力;如仍达不到要求,可考虑更换或增加设备 (2) 检查设备、风管、消除短路与漏风 (3) 加强风管、水管保温 (4) 检查并改善喷水室、表冷器挡水板、消除漏风
7	系统总送风量与总进风量不符,差值较大	(1) 风量测量方法与计算不准确 (2) 系统漏风或气流短路	(1) 复查测量与计算数据 (2) 检查堵漏,消除短路
8	机器露点温度正常或偏低,室内降温慢	(1) 送风量小于设计值,换气次数小 (2) 有二次回风的系统,二次风量过大 (3) 空调系统房间多、风量分配不均	(1) 检查风机型号是否符合设计要求,叶轮转向是否正确,皮带是否松弛,开大送风阀门,消除风量不足因素 (2) 调节二次回风量 (3) 调节使各房间风量分配均匀
9	室内气流速度超过允许值	(1) 送风速度过大 (2) 总送风量过大 (3) 选取的送风口类型不合适	(1) 增大风口面积或增加风口数,开大风口调节阀 (2) 降低总送风量 (3) 改变送风口型式

(续表)

序号	故障现象	产生原因	解决方法
10	室内气流速度分布不均,有死角区	(1) 气流组织设计不当 (2) 送风口风量未调节均匀	(1) 根据实测气流分布图调整送风口位置,或增加送风口数量 (2) 调节各送风口风量使与设计要求相符
11	室内空气质量不符合设计要求	(1) 新风量不足(新风阀未开足,新风道截面积小,过滤器堵塞等) (2) 室内人员超过设计人数 (3) 室内有吸烟或燃烧等耗氧因素	(1) 对症采取措施增大新风量 (2) 减少不必要的人员 (3) 禁止在空调房间内吸烟和进行不符合要求的耗氧活动
12	室内洁净度达不到设计要求	(1) 过滤器效率达不到要求 (2) 施工安装时未按要求擦清设备及风管内的灰尘 (3) 运行管理未按规定清扫、清洁 (4) 生产工艺流程与设计要求不符 (5) 室内正压过低,室外有灰尘进入	(1) 更换不合格的过滤器 (2) 设法清理设备管道内的灰尘 (3) 加强运行管理 (4) 改进工艺流程 (5) 增加换气次数和室内正压
13	室内噪声大于设计要求	(1) 风机噪声高于额定值 (2) 风管及阀门、风口风速过大,产生气流噪声 (3) 风管系统消声设备不完善	(1) 测定风机噪声,检查风机叶片是否碰壳,轴承是否损坏,减震是否良好,对症处理 (2) 调节各种阀门、风口、降低过高风速 (3) 增加消声弯头

第十一章 中央空调水系统

中央空调水系统包括冷却水系统、空调冷冻水系统及冷凝水排放系统。

第一节 冷却水系统

一、冷却水系统的形式

冷却水系统的形式见表 11.1-1。

表 11.1-1 冷却水系统的形式

形 式	特 点	适用场合	
直流式冷却水系统	冷却水经设备使用后直接排掉,不再重复使用	适用于有充足水源的地方,如有可直接使用的河水、湖水或地下水等场合	
混合式冷却水系统	使用后的冷却水一部分排掉,一部分与供水混合循环使用	一般用于有充足的地下水资源且系统较小的情况	
循环式	自然通风式循环冷却水系统	一般将使用后的冷却水在水池上方喷入大气中,使其与大气进行热湿交换而降温,再循环使用	适用于气候干燥地区
	机械通风式循环冷却水系统	使用机械通风冷却塔,将使用后的冷却水与大气进行热湿交换而降温,再循环使用	除缺水地区外一般都可使用,是目前使用最广泛的系统

机械通风式循环冷却水系统主要由冷却水管路系统、冷却水

泵、冷却塔等组成。图 11.1-1 为共用供、回水干管的冷却水循环系统示意图。

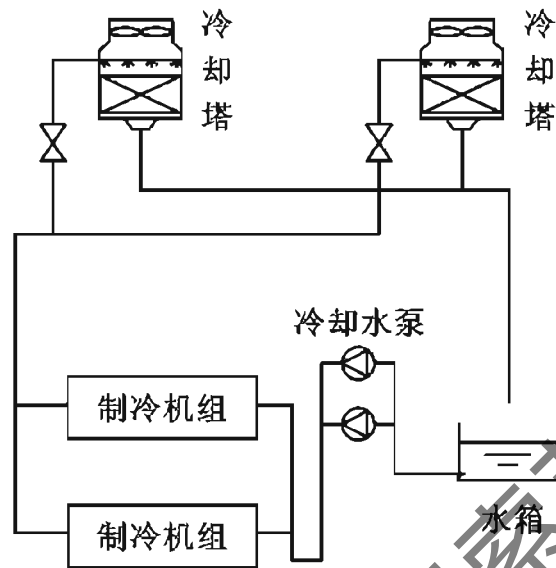


图 11.1-1 共用供、回水干管的冷却水循环系统

二、冷却水泵

用于空调水系统的水泵一般多为离心式水泵和管道泵。

离心式水泵也称叶片式水泵，有多种形式。按泵轴的位置分为卧式和立式；按机壳形式分为蜗壳式和导叶式；按吸入方式分为单吸和双吸；按叶轮级数分为单级和多级等。最常见的是单吸单级泵，目前大多数产品的流量范围为 $4.5 \sim 300 \text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程范围为 $8 \sim 150 \text{ m}$ 。

管道泵常用于规模较小的水系统中，它与离心泵相比具有以下特点：

(1) 泵的体积小、质量轻、效率高、耗电省、噪声低。

(2) 进出口均在同一直线上，可以直接安装在输水管道上，不需设置混凝土基础。

(3) 采用机械密封，密封性能好，泵运转时不会渗漏水。

目前大多数国产管道泵的流量为 $6 \sim 40 \text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程范围为

4~30 m。

三、冷却塔

冷却塔种类很多,按通风方式分有自然通风式和机械通风式等;按塔中水与空气的相对流动方向分有逆流式和横流式;按外观分有圆形和方形;按材料分有玻璃钢、钢筋混凝土等。制冷空调系统中常使用机械通风的逆流或横流式冷却塔。

(一) 结构

机械通风式冷却塔主要由塔体、填料、布水器、通风设备、集水池等构成。

1. 塔体

塔体由上塔体和下塔体组成。塔体用于连结及支撑冷却塔内的各个部件。为降低噪声,在上塔体出口安装有带吸音材料的吸音隔栅,在下塔体进风口安装有带吸音材料的屏蔽。塔体材料一般采用聚酯玻璃钢。

塔体侧面设有进风窗,进风窗由百叶窗和导风板组成,目的是使空气均匀分布于冷却塔的整个截面上。

2. 填料

填料也称淋水装置,它一般采用改性 PVC 材料或聚丙烯材料制成,作用是将进入冷却塔的水溅散成细小的水滴或形成水膜,增加水与空气的接触时间及面积,使水得到较好的冷却。

3. 配水系统

配水系统是把水均匀地洒在冷却塔的填料上。常用的有固定管式布水系统、旋转管式布水系统等。

4. 通风设备

在强制通风冷却塔中,通风设备采用低噪声铝合金宽叶轴流风扇,风量大,效率高。

5. 集水池

在塔体最下部设有集水池，汇集经填料落下的冷却水，用来储存及调节水量。集水池上部有补水管和溢流管，下部设有排污管。

(二) 冷却塔的选择

选择冷却塔时，应根据当地气象条件、进出口水温度差、冷幅高(出水温度与室外空气湿球温度之差)及所需处理的水量，按冷却塔选用曲线或冷却塔选用水量表来选用。冷却塔选用曲线或冷却塔选用水量表可查阅有关设计手册或生产厂家提供的产品样本。只根据所需处理水量选择冷却塔，往往会出现冷却效果达不到要求的情况。

第二节 空调冷冻水系统

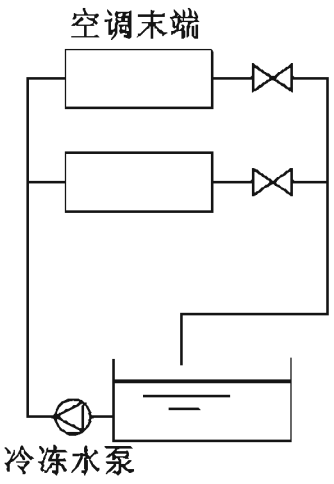
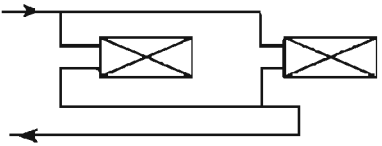
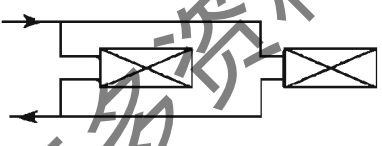
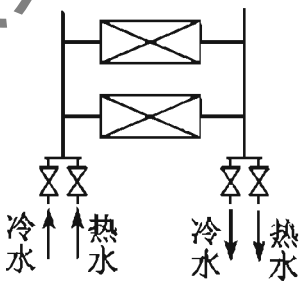
一、空调冷冻水系统的形式

空调冷冻水管路系统的形式见表 11.2-1。

表 11.2-1 冷冻水管路系统的形式

划分原则	形式	图 示	特 征	优 缺 点
按水是否与空气接触	闭式系统		系统中的水基本上不与空气接触	(1) 对管路和设备的腐蚀性小 (2) 水容量比开式系统小，蓄能量也小 (3) 系统中的水泵只需克服管路的流动阻力

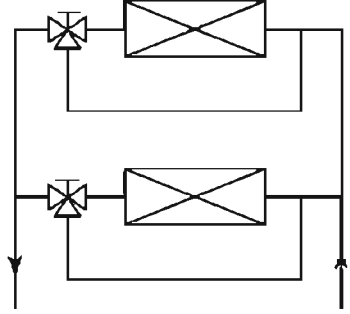
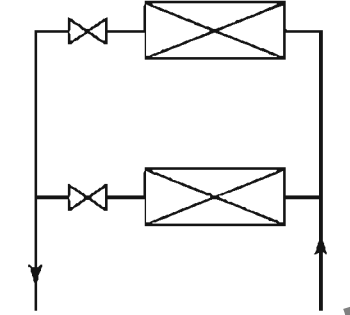
(续表)

划分原则	形式	图 示	特 征	优 缺 点
	开式系统	 <p>空调末端</p> <p>冷冻水泵</p>	系统中的水与空气接触	(1) 对管路和设备的腐蚀性较大 (2) 水容量较大,蓄能量也较大 (3) 系统中的水泵不仅需克服管路的流动阻力,而且还要能将水输送到指定的高度
按系统中各并联环路中的水流	同程式系统		各并联环路中水的流程基本相同,即各环路的管路长度基本相等	(1) 系统中各环路的流动阻力容易平衡,水量分配均匀,水力稳定性好 (2) 初投资大 (3) 管路复杂
	异程式系统		各并联环路中水的流程各不相同,即各环路的管路长度也不一样	(1) 系统中各环路的流动阻力不易平衡,常导致水量分配不均匀 (2) 初投资小 (3) 管路简单
按冷冻水道的设置方式	双管制	 <p>冷水</p> <p>热水</p> <p>冷水</p> <p>热水</p>	夏季供应的冷冻水与冬季供应的热水共用同一管路	(1) 系统简单,布置方便 (2) 投资较省 (3) 不能同时供冷、供热

(续表)

划分原则	形式	图 示	特 征	优 缺 点
	三管制		系统中分别设置冷水管和热水管,但共用一根回水管	(1) 有冷、热混合损失 (2) 投资较高于双管制 (3) 还能同时满足供冷、供热的要求
	四管制		供应冷冻水和供应热水使用各自的管路	(1) 系统复杂,占用空间大 (2) 投资较高 (3) 能同时满足供冷、供热的要求,且没有冷、热混合损失
按系统的循环水泵设置情况	单级泵系统		系统中只用一组循环泵,即冷热源侧和负荷侧合用一组循环泵	(1) 系统简单,初投资省 (2) 不能调节水泵流量,不能节省水泵输送电耗
	双级泵系统		冷热源侧和负荷侧分别设置循环水泵	(1) 系统复杂,初投资较高 (2) 能调节水泵流量,运行中可节省水泵的输送电耗

(续表)

划分原则	形式	图 示	特 征	优 缺 点
按系统循环水量的特性	定流量系统		系统中的循环水量保持定值, 负荷变化时, 常采用旁通的方法, 保持环路中水流量不变	(1) 系统简单, 操作方便 (2) 低负荷时, 水泵仍按设计流量运行, 输送能耗始终为设计最大值 (3) 配管设计时, 不能考虑同时使用系数
	变流量系统		系统中供回水温度保持不变, 负荷变化时, 通过改变供水量来调节	(1) 系统复杂, 控制要求高 (2) 输送能耗随负荷的减少而降低, 运行的节能效果较好 (3) 配管设计时, 可以考虑同时使用系数, 水泵容量可相应减小

二、冷冻水循环泵

冷冻水循环泵与冷却水泵一样, 一般也采用离心式水泵或管道泵。见本章第一节的冷却水泵部分。

三、空调水系统的定压方法

空调水系统定压的目的有两个: 一是要保证水系统中各处的压力均要高于各处水温所对应的饱和压力, 以防止水系统中的水汽化; 二是要保证水系统无论在运行中还是停止运行时, 管路及设备中都要充满水, 以防系统中的水倒空, 吸入空气。

空调水系统中采用的定压方法主要有三种: 膨胀水箱定压、气压罐定压和补给水泵定压。

(一) 膨胀水箱定压

采用膨胀水箱,不仅可实现膨胀的功能,还能同时实现补水和定压的功能。采用膨胀水箱定压具有方法简单、可靠、水力稳定性好等优点,但膨胀水箱要设在系统的最高处。安装时,膨胀水箱的标高至少要高出水管系统最高点 1 m。

膨胀水箱设有膨胀管、信号管(又叫检查管,可检查水箱中是否断水)、补给水管(有手动和自动控制)、溢水管、泄水管等,其安装位置要求如图 11.2-2 所示。

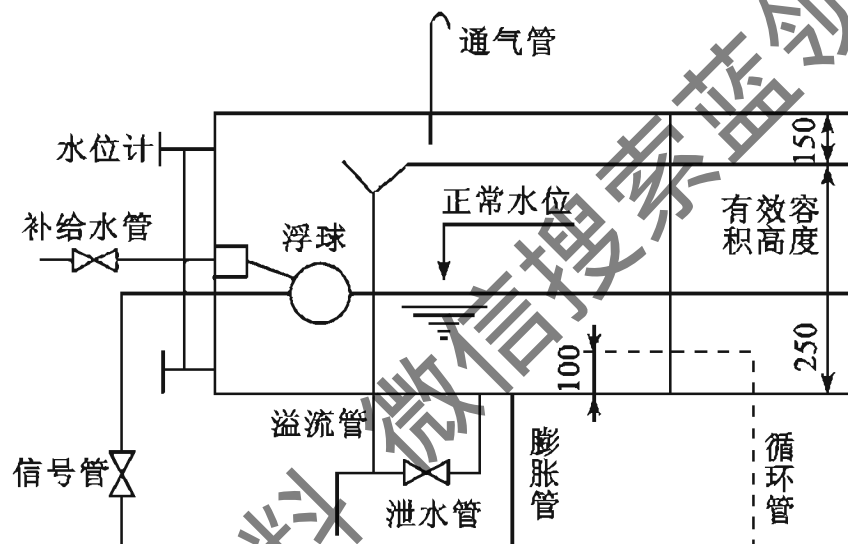


图 11.2-2 膨胀水箱的配管安装

(二) 气压罐定压

气压罐定压的原理是利用气压罐内的压力来控制空调水系统的压力状况。气压罐的种类很多,图 11.2-3 为定压式空气加压系统的示意图。系统膨胀的水进入气压罐,罐的下部是水,上部是气。当系统的水被加热时,罐内水位升高,罐内空气被压缩,压力升高,压力控制器使排水阀打开,系统中的水排放到水箱中;当系统的水降温收缩或漏水时,罐内气体把水压回到系统中,罐内水位下降,罐内压力降低,当压力低于要求的压力时,水泵控制器启动补给水泵向系统补水。

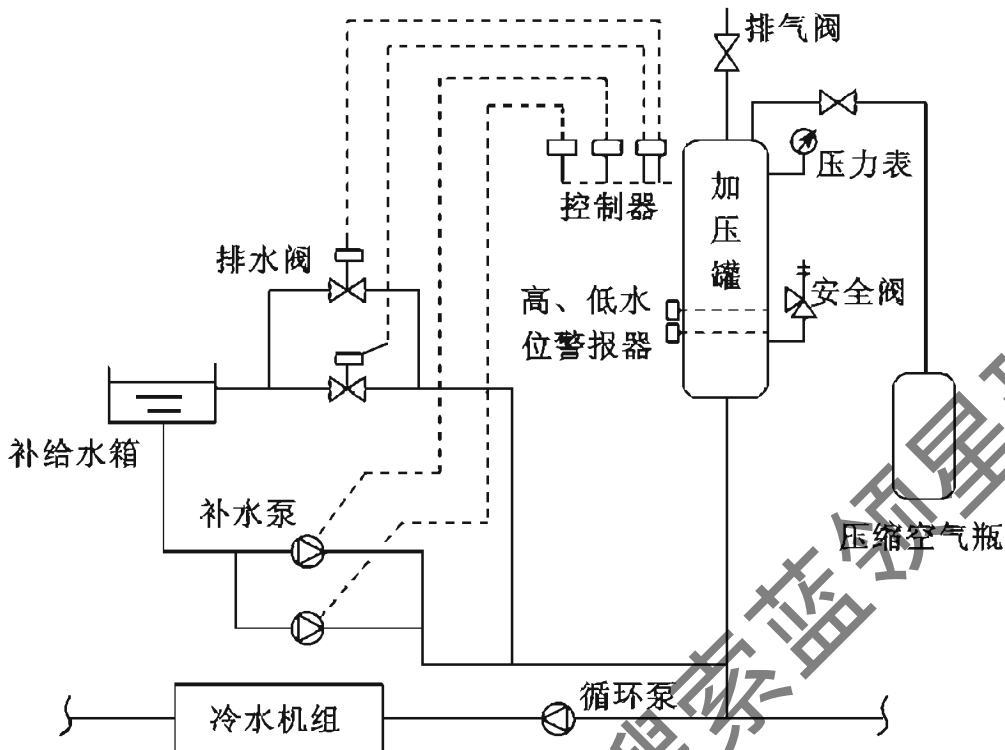


图 11.2-3 定压式空气加压系统

(三) 补给水泵定压

补给水泵定压有连续补水定压和间隙补水定压两类。

图 11.2-4 为连续补水定压系统示意图，定压点设在循环水泵的入口。当定压点压力升高时，补给水调节阀开大，使部分补给水旁通，以减少进入空调水系统的补水量；当定压点压力降低时，补给水调节阀开小，减小旁通水量，以增加进入空调水系统的补水量。

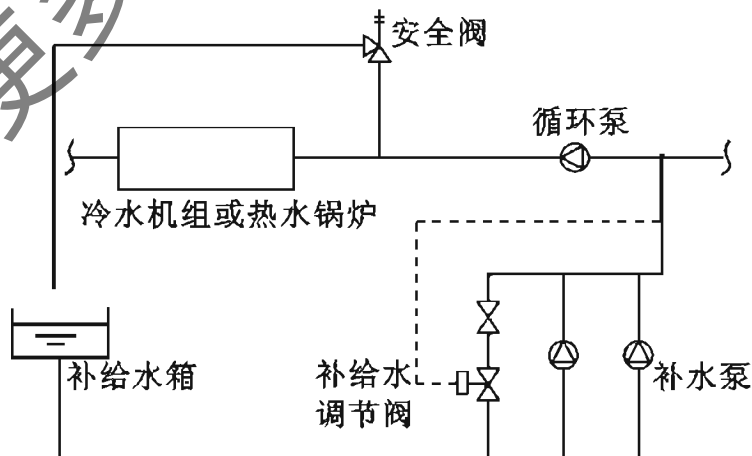


图 11.2-4 补给水泵连续补水定压系统

四、空调水系统管路的保温

空调水系统管路的保温是为了减少管路中的水与外界进行热量交换,以减少损失。

管路的保温结构一般由保温层和保护层组成。保温层有绑扎式、胶泥式、预制保温管、填充式、喷涂式、浇灌式等。保温层常用的保温材料有岩棉制品、玻璃棉管壳、矿渣棉制品、膨胀珍珠岩制品、硅酸盐保温涂料、聚氨酯硬质泡沫塑料、微孔硅酸钙等。

常用的保护层有包扎式复合保护层、金属保护层和涂抹式保护层三种。保护层应具有保护保温层和防水的功能。常用的保护层材料有玻璃布、油毡、PVC防水卷材等。

第三节 空调水系统的水质管理

空调水系统水质管理的目的是保证水系统中的水在运行中不被污染,流动流畅并不对管路系统产生腐蚀作用,以确保水系统的正常运行。因此,应对水系统的水质进行必要的处理和控制,其主要内容有:水的过滤,防垢处理,防腐处理,控制水中的微生物等。对水系统的水质进行必要的处理和控制是保证整个空调制冷系统正常、高效运行不可或缺的重要环节之一。

一、空调水系统水质管理的原则

水质的管理应根据水源情况、管路及设备所用材料、水系统的形式及水温等具体情况采用不同的管理方法。

1. 水的过滤

无论何种形式的水系统,都应该设置水的过滤装置。

2. 防垢处理

对于开式水系统应进行防垢处理。对闭式水系统一般不需进

行防垢处理,但水系统为冷、热两用时,宜采用软化水。

3. 防腐处理

开式水系统应定期向水中投放腐蚀抑制剂。闭式系统一般只需向系统中投入腐蚀抑制剂即可,无需经常定期投药,但对采用钢制散热器的热水系统应对补水进行除氧处理,否则钢制散热器的腐蚀速度很快。

4. 防止菌类及水藻的繁殖

开式水系统应使用药物进行防水藻处理。闭式水系统则不需进行防水藻处理。

二、水质指标

(一) 水中杂质的主要存在形式

1. 粗分散杂质

它是悬浮在水中的较大颗粒状物质,又称“悬浮物”,主要是黏土、沙粒、动植物残骸或油。其颗粒大小为 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上,大的可用肉眼分辨出来,小的可用显微镜看到。

当水静止时大的颗粒可自行下沉,较小的颗粒悬浮于水中,成为“悬浮物”。粗分散杂质不能通过滤纸,不稳定,在水中分布不均匀。

2. 胶体物质

在水中呈很小的微粒状态,颗粒大小在 $0.001\sim 0.1\ \mu\text{m}$ 之间,它们不是分子状态,而是许多分子集合成的个体,也就是所谓“胶体”。胶体微粒不会自行沉淀,较为稳定,可以穿过滤纸,用高倍率显微镜可以看到。胶体物质主要是元素铁(Fe)、铝(Al)、硅(Si)、铬(Cr)等化合物及一些有机物,在水中分布比粗分散杂质均匀些。

3. 真溶液物质

真溶液物质(大小在 $0.001\ \mu\text{m}$ 以下)主要是钙、镁、钾、钠等盐

类以及气体(主要是氧气、二氧化碳、氮气等),有时也有些酸、碱及有机物。它们与水分子均匀混合,必须用化学方法将它们转变成另一种难以溶解的化合物才能除去。

(二) 水质的技术指标

1. 悬浮物

表示悬浮状态的粗分散杂质的含量,常用过滤方法将水样过滤干燥后称重,以确定其含量。

纯水是无色透明的,水中若存在各种溶解物质或不溶于水的悬浮物时,将使水浑浊,透明度降低。透明度是指水样的澄清程度,即以开始能清楚见到放置在水层底部的5号铅字时的水层高度(cm)表示其度数。浊度是将一定粒度的白陶土1 mg放入1 L水中时所产生的浑浊定为1度,将水样与基准水样比较以确定其浊度。

2. 耗氧量

耗氧量是用以鉴定水中有机物含量的指标,以氧化水中有机物所耗的氧量来间接表示。给出耗氧量测定数值时,最好注明所用氧化剂名称。因为采用氧化剂的氧化性强弱不同,其测定结果会有较大的差异。

3. 硬度

硬度是指能够结垢的两种主要盐类,即钙盐和镁盐的含量。由碳酸盐和重碳酸盐形成的硬度叫做碳酸盐硬度或暂时硬度。除碳酸盐和重碳酸盐以外的其他盐类形成的硬度叫非碳酸盐硬度或永久硬度。硬度较高的水俗称“硬水”。经过处理使硬度降低到较低水平的水俗称“软化水”。

4. 碱度

总碱度指氢氧根离子(OH^-)、碳酸根离子(CO_3^{2-})等离子总和的数量。碱度又可分为:氢氧根碱度、碳酸根碱度、重碳酸根碱度。

5. 含盐量

含盐量是指水中各种盐类的总和,亦即水中全部阴离子与阳离子的总和。在进行分析时常采用近似指标。

水溶液中离子量越多,其导电能力越强,电导率也就越高。电导率的高低间接地反映了水中的含盐量。电导率是用于近似表示含盐量的常用指标。

6. 溶解固形物

又称蒸发残渣或干燥余量。它是取滤过的澄清水样,蒸干后再在 105℃烘箱中干燥后的残留物。溶解固形物是含盐量及有机物的含量,与含盐量稍有出入,一般水中有机物较少,就可以用溶解固形物来代替含盐量。

7. 全固形物

全固形物是水不经过滤而测得的蒸发残渣,也就是说全固形物为含盐量、有机物、悬浮物等的总和。全固形物又称总蒸发残渣,而溶解固形物则称为溶解性蒸发残渣。

(三) 对冷却水与冷冻水的水质要求

1. 冷却水的水质要求

表 11.3-1 冷却水水质要求(参考)

项 目	基准值	补充水
酸碱度 pH(25℃)	6.0~8.0	6.0~8.0
全硬度(以 CaCO ₃ 计)/(mg/L)	<200	<50
电导率(25℃)/(S/m)	<500	<200
全铁 Fe/(mg/L)	<1.0	<0.3
氯离子(Cl ⁻)/(mg/L)	<200	<50
硫酸根离子(SO ₄ ²⁻)/(mg/L)	<200	<50
总碱度(以 CaCO ₃ 计)/(mg/L)	<100	<50
二氧化硅(SiO ₂)/(mg/L)	<50	<30

2. 冷冻水的水质要求

表 11.3-2 冷冻水水质要求(参考)

项 目	基准值	项 目	基准值
酸碱度 pH(25℃)	7.5~9.5	氯离子(Cl ⁻)/(mg/L)	<50
全硬度(以 CaCO ₃ 计)/(mg/L)	10~40	硫酸根离子(SO ₄ ²⁻)/(mg/L)	<50
铜离子(Cu ²⁺)/(mg/L)	<0.1	总碱度(以 CaCO ₃ 计)/(mg/L)	15~40
全铁 Fe/(mg/L)	<1.0	氨(NH ₃)/(mg/L)	<0.1

三、水质处理

(一) 防垢处理

防垢处理主要采用去除水中的钙离子、镁离子或使碳酸钙等难溶盐的正、负离子难以结合、结晶的方法进行防垢的,常用的具体防垢处理方法见表 11.3-3。

表 11.3-3 防垢的水处理方法

方 法	防垢原理	特 点	适用场合
离子交换树脂法	让水通过离子交换树脂,将水中的钙离子、镁离子用其他不能形成硬度的阳离子(如钠离子)置换出来并结合在树脂上	运行稳定,水质软化效果好,但失效后需进行还原,且不能除碱	适用于对水质要求高、需要除去水中离子状态杂质的场合
石灰软化法	让水中的磷酸氢钙与石灰在澄清池中预先反应,生成碳酸钙沉淀析出,从而除去水中的钙离子	成本低,但灰尘较大,劳动条件差	适用于原水钙含量高而补水又较大的循环冷却水系统
投加阻垢剂法	向循环水中投加阻垢剂,破坏其晶体生长,使其难形成水垢	阻垢效果较好,但对铜有一定的腐蚀性	适应较宽的 pH 范围,不适用于铜质设备及水温较高的系统

(续表)

方 法	防垢原理	特 点	适用场合
静电场阻垢法	让循环水通过一定强度的静电场,产生极化作用,使水中碳酸钙等难溶盐的正、负离子难以结合、结晶而沉淀结垢	操作简单,运行费用低,适应 pH 范围宽,并有一定的杀菌作用,但无缓蚀作用	适用于总硬度 < 700 mg/L (CaCO ₃ 计)、水温 ≤ 80℃ 的场合
电子水处理法	水经处理后,水中溶解盐类的离子及带电离子间静电引力减弱,不能相互积聚而防止结垢	操作简单,运行费用低,适应 pH 范围宽,并有一定的杀菌作用,但无缓蚀作用	适用于总硬度 < 600 mg/L (CaCO ₃ 计)、水温 ≤ 105℃ 的场合
强磁水处理法	让水经过强磁场的磁力线切割后,水的理化性质发生了一系列的变化,水的活性、溶解度大大提高而不易形成水垢	不用电,不需经常维护	适用于总硬度 < 600 mg/L (CaCO ₃ 计)、水温 ≤ 105℃ 的场合

(二) 杀菌灭藻处理

杀菌灭藻处理就是向水中投放杀生剂。常用杀生剂及特点见表 11.3-4。

表 11.3-4 常用杀生剂及特点

类型	名 称	特 点
氧化型	氯 次氯酸钠 二次氯酸钠	pH 在 6.5~7.0 时杀生效果好,能与多种阻垢剂、缓蚀剂配合使用,价格低廉。但水中需保持一定的余氯量,在水中含油量较多的情况下不宜采用
	氯氨	能抑制微生物的后期生长,对有机物有较强的杀灭能力,维持余氯量时间较长,但水解缓慢

(续表)

类型	名称	特点
非氧化型	季胺盐类	易溶于水,毒性低,对黏性泥土有剥离作用,浓度为 40~100 mg/L 时杀生率为 99%,投药前应排除水中有机物污染
	氯酚类	对细菌、真菌、藻类均有杀灭效果,对黏性泥土有较好的剥离作用,有毒,易污染环境,pH 以 7 为宜
	二硫氨基甲烷	浓度为 50 mg/L 时,24 h 杀生率为 99%,对黏性泥土有剥离作用,可与一般药剂共存。但高温、高 pH 时不稳定,pH>8 时迅速水解
	α -甲胺基甲酸萘酯	广谱性杀菌剂,价廉,浓度为 50 mg/L 时,杀菌率达 65%,与氯酚配合效果较好,毒性低,但溶水性差
	乙基大蒜素	浓度为 100 mg/L 时,24 h 杀生率达 99.7%,低毒、高效,但有蒜味污染
	烯醛类	对铁细菌、碳酸盐还原菌杀灭效果好,能在水中长期稳定存在,无毒性积累

(三) 冷却水中金属腐蚀的控制方法

表 11.3-5 冷却水中金属腐蚀的控制方法

控制方法	适用场合
添加缓蚀剂	广泛应用于循环冷却水系统中
提高冷却水的 pH	主要适用于采用碳钢换热器的循环冷却水系统中
选用耐腐蚀材料	适用场合与选用的材料有关
用防腐阻垢涂料涂覆	用于开式循环冷却水系统和直流式冷却水系统

第四节 中央空调水系统的安装

一、空调水系统安装施工规范

水系统的安装施工除按照设计图样进行,还必须遵照下列

规范:

(1) 水系统管道安装应按照《建筑给排水及采暖工程施工质量验收规范》(GB 50242—2002)中的有关规定执行。

(2) 水系统管道防腐和保温应按照《建筑给排水及采暖工程施工质量验收规范》(GB 50242—2002)和《通风与空调工程施工及验收规范》(GB 50243—2002)中的有关规定执行。

(3) 冷却塔安装应按照《通风与空调工程施工及验收规范》(GB 50243—2002)中的有关规定执行。

(4) 水泵安装应按照《机械设备安装工程施工及验收通用规范》(GB 50231—98)中的有关规定执行。

二、空调水系统安装施工注意事项

(1) 管道应设置足够的支、吊、托架,以免管道出现弯曲而发生气阻。钢管管道支、吊、托架的间距可参考表 11.4-1。支吊点膨胀螺栓规格:双管吊点当管径 $<DN40$ 时用 M10;管径在 $DN50\sim 100$ 之间用 M12;管径在 $DN125\sim 400$ 之间用 M16;多管吊点一律用 M16。

表 11.4-1 钢管管道支、吊、托架的最大间距 m

公称直径/mm		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300
最大 间距	保温管	1.5	2	2	2.5	3	3	4	4	4.5	5	6.5	7	8	8.5
	不保温管	2.5	3	3.5	4	4.5	5	6	6	6.5	7	8	9.5	11	12

(2) 安装空调冷(热)水管时,应避免与金属支架直接接触产生冷桥。在冷(热)水管与支架间应隔以木垫,并需先作防腐处理。

(3) 冷水机组、水泵等管道的进出口处,均应安装工作压力 1 MPa(对水系统工作压力较高的高层建筑按设计指定的工作压力值)的球型橡胶减震软接头。

(4) 管路中所有自动或手动阀门的公称压力应为 1 MPa(高层建筑按设计指定的公称压力), 阀门手柄禁止向下安装。DN80 及以下的阀门采用螺纹连接, DN100 及以上的阀门采用法兰连接。法兰垫片采用 3~4 mm 厚橡胶石棉垫片。

(5) 冷(热)水系统的所有立管的最高点都应安装自动排气阀;最低点设手动排污放水阀。

(6) 立管必须垂直,不得有倾斜偏歪现象,立管在每层楼板上设置支架。在有保温层的立管上为避免保温层下坠,应在立管上每隔 2~3 m 预先焊上 25 mm×20 mm×4 mm(长×宽×高)的扁铁 2~3 块,然后再包保温层。

(7) 采用保温管壳保温时,接缝应置于管道侧面。管壳的纵横向接缝应错开,接缝处除用胶黏剂粘结外,还要用带有网格线铝箔的胶带封口。

(8) 从水平管接出的支管,一般应从顶部或侧面接出,不能接成“∩”形弯,以免产生气阻。

(9) 在水泵的吸入管和热交换器的进水管上,以及自动排气阀等小口径阀前的管路上,都应安装除污器或水过滤器,用以清除和过滤水中的杂质,防止管路堵塞和保证种类设备、阀件的正常功能。除污器和水过滤器前后应设置闸阀,以便检修。清洗管路时,应把滤芯卸下,以免损坏。

(10) 凡安装于顶棚上或管井内的水管,在设有阀门处都必须设置检查门或活动天花板检修孔。

(11) 冷凝水管的水平段应有不小于 0.01 的坡度,坡向应与预定的水流排放方向一致。

(12) 膨胀水箱应该连接在冷(热)水水泵的吸入侧,而且箱底标高至少要高出水管系统最高点 1 m,箱体与系统的连接管尽量从箱底垂直接入。

(13) 冷却塔宜安装在屋顶或空气流通处,避免安装在附近有

锅炉、烟囱等温度高、烟尘多的地方。若安装于屋顶,应校核其屋面的承载能力。

三、冷凝水管的安装

空调设备(如风机盘管、新风机、单元式空调机、表冷器等)对空气冷却降湿时,会产生冷凝水并滴入机组的凝结水盘内,然后经冷凝水排水管排出。若冷凝水管安装和布置不妥,将导致冷凝水不能及时排出,造成室内卫生条件恶化,甚至可能破坏室内装潢,给客户带来较大的经济损失。

1. 安装冷凝水管时的注意事项

(1) 冷凝水管的内径不宜过小,一般应在 20 mm 以上,以便排水顺畅。1 kW 冷负荷每小时约产生 0.4~0.8kg 的冷凝水,在此范围内,管道最小坡度为 0.003 时的冷凝水管管径可以按照表 11.4-2 进行估算。

表 11.4-2 冷凝水管管径选择

冷负荷/kW	≤42	43~230	231~400
管道公称直径/mm	DN25	DN32	DN40

(2) 冷凝水管可采用 PVC(聚氯乙烯)管、PVC-U(硬质聚氯乙烯)管、铝塑管或镀锌水管,不能用电线管代替,因为电线管的管壁偏薄,容易产生下垂现象。PVC-U 管的规格如下:

PVC-U DN32: 外径=32 mm, 内径=27 mm。

PVC-U DN25: 外径=25 mm, 内径=19 mm。

(3) 冷凝水管尽量布置在靠近排放点的地方,以减少冷凝水管的长度。

(4) 安装冷凝水管路要注意泄水坡度,冷凝水排水支管安装坡度不得低于 0.008,如图 11.4-1 所示。

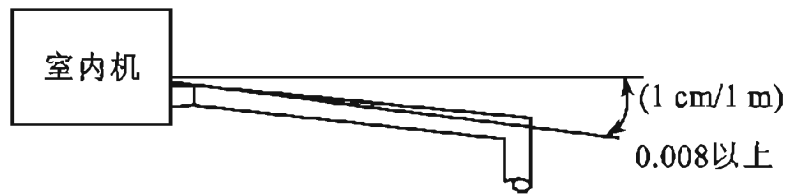


图 11.4-1 排水管支管的安装坡度

(5) 冷凝水水平排水主干管不宜过长,其坡度不应小于 0.003,且不允许有积水部位。若受现场条件限制,冷凝水水平排水主干管无法做到 0.003 的坡度,可以考虑使用较大尺寸配管,利用管径做坡度。

(6) 冷凝水管与凝结水盘的连接要有软连接过渡,以便在调整末端或管路高低时,不会损坏凝结水盘的排水口。但软管连接的长度不应超过 150 mm。

(7) 冷凝水排水管末端不要直接同地面接触。对于长的排水管可用吊杆进行悬挂。水平管支撑间隔为 0.8~1.0 m。如果间隔过大会产生下垂弯曲,形成气囊。气囊形成后,只会压缩气囊而无法排水,会造成冷凝水从凝结水盘溢出。

(8) 冷凝水管安装完成后要试验其排水是否通畅以及是否有漏水现象,可将水倒入凝结水盘进行目测检查。

(9) 冷凝水管要做好保温,以防止外壁凝露,保温层的厚度应大于等于 10 mm。

(10) 冷凝水排入污水系统时,应有空气隔断措施,冷凝水管不得与室内密闭雨水系统直接连接。

(11) 横向管不能以同样的水平高度与竖管连接,如图 11.4-2 所示应采用排水管斜三通或落水弯头与主管来连接。不宜与大楼的雨水管连接,不应与污水、废水管连接,防止由于主水管冰堵或脏堵而导致雨水、污水倒灌和臭味溢入空调房间内。

(12) 水平管的合流尽量从上部接入,如从横向水平合流容易回流,如图 11.4-3 所示。

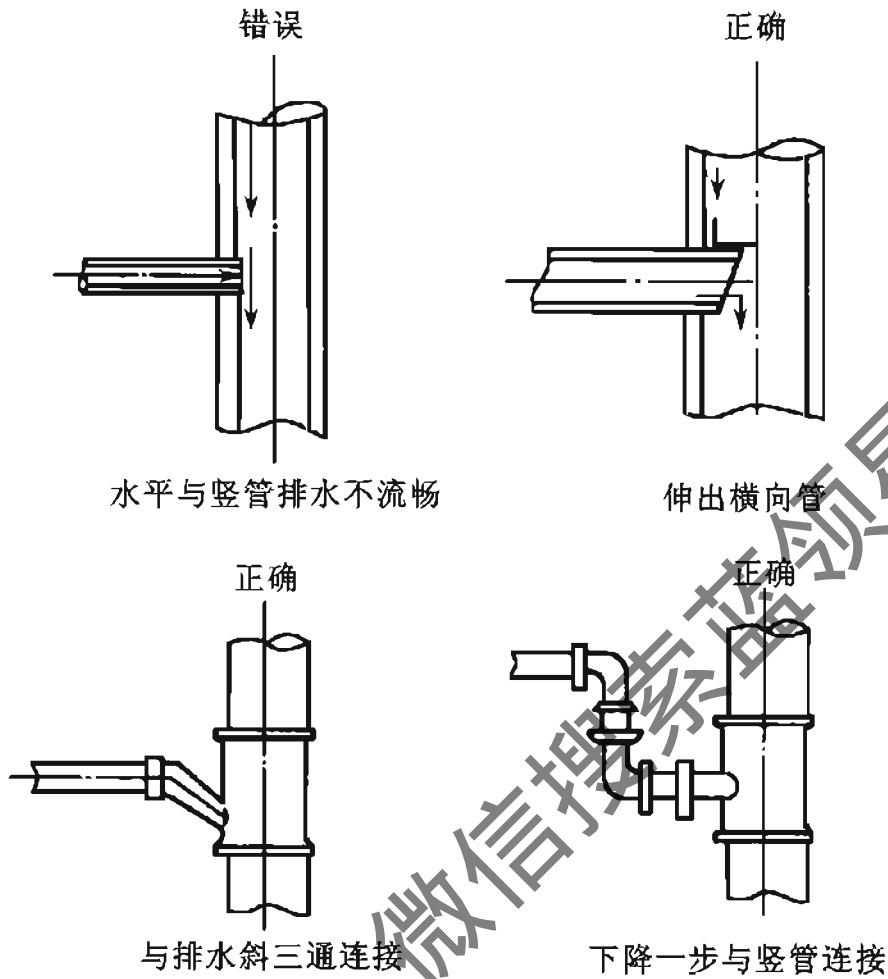


图 11.4-2 排水横管与竖管的连接方法

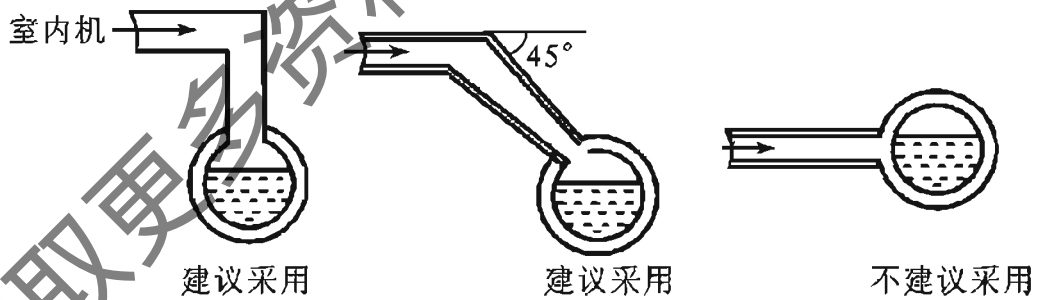


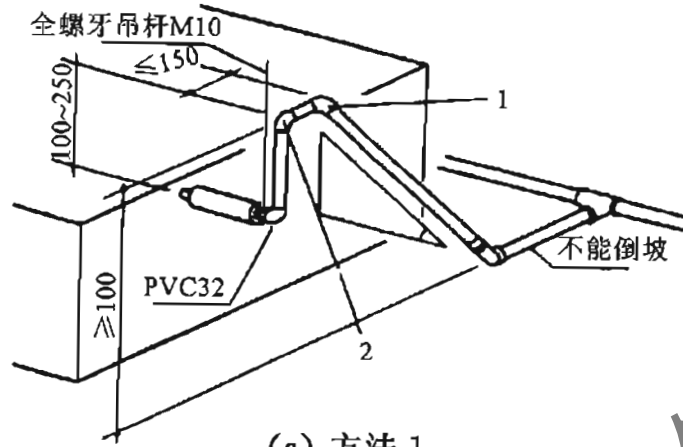
图 11.4-3 水平管的连接方法

2. 冷凝水排水配管的提升和存水弯头

(1) 冷凝水排水管的提升

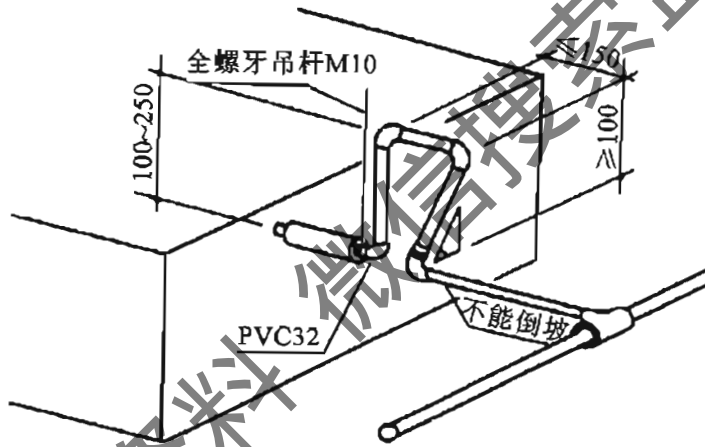
对于自带排水提升功能的室内机和末端装置,可以通过提高排水的水位,以求达到更理想的排水效果,一般的提升方法可以参

考图 11.4-4 的几种方法。

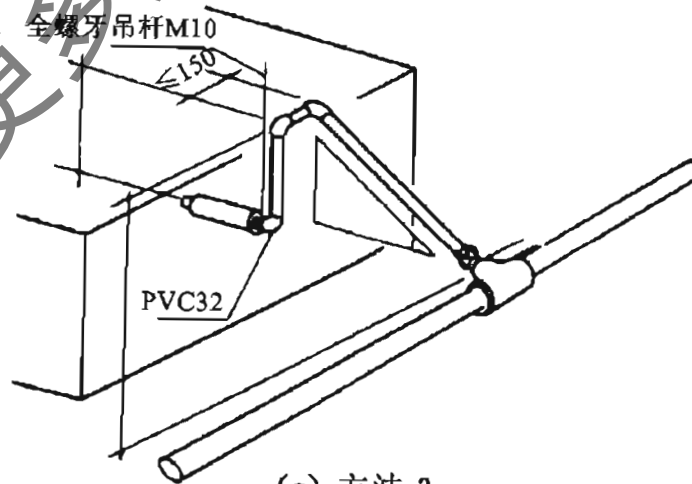


(a) 方法 1

1—调整坡度 2—调整方向



(b) 方法 2



(c) 方法 3

图 11.4-4 提升水管的方法

(2) 冷凝水排水管存水弯头

凝结水盘出水口处于负压即出水口在风扇后部的室内机,冷凝排水管必须做存水弯(图 11.4-5),其目的是防止排水受气流的阻力,排水不畅。每台室内机安装一只存水弯。安装存水弯时应考虑设置清洗用的旋塞(图 11.4-6),以利于日后的清洗。

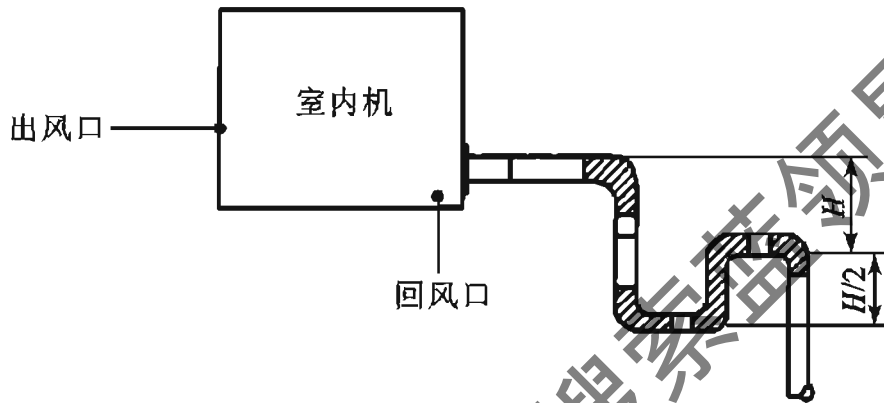


图 11.4-5 存水弯的制作

H—高度,用于克服机器的余压,根据厂家要求确定

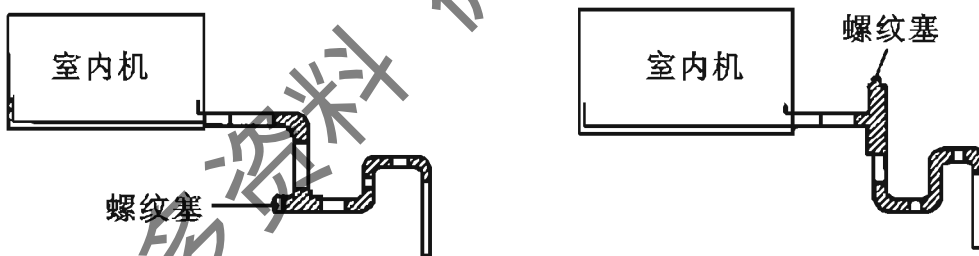


图 11.4-6 安装清洗用塞子

3. 冷凝水配管的成组排水

(1) 在成组排水的合流处,避免用三通直接把左右两侧的排水管对接,防止产生对冲,应该用错位的方法进行对接(图 11.4-7)。

(2) 主水管道一般使用 DN40 以上的 PVC-U 管材,小管径不能充当主排水管。

(3) 在主水管的中途或末端使用排气口有助于水流通。注意

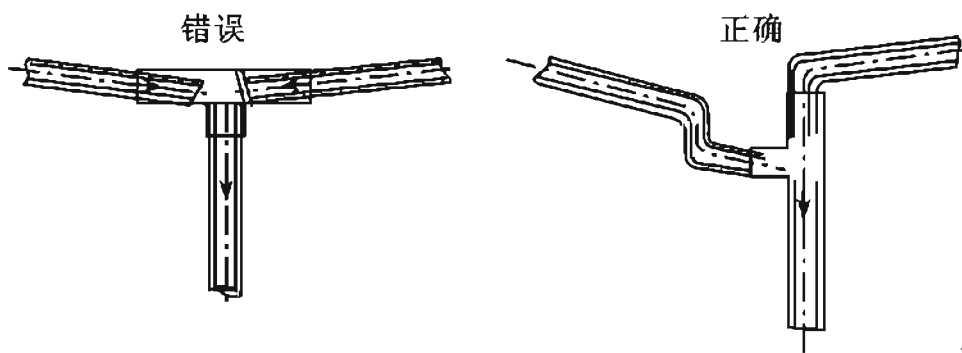


图 11.4-7 防止对冲的连接方法

在末端做排气口时,排气口的位置一定要高于该套排水系统的最高室内机的排水水位。排气口的开口向下,防止灰尘或垃圾进入排水管内(图 11.4-8)。

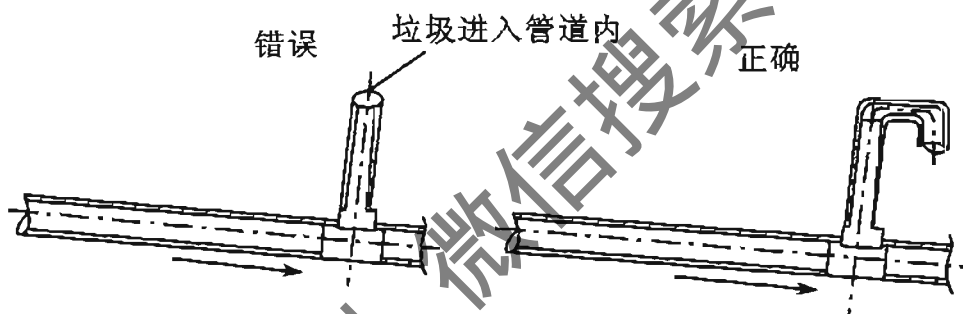


图 11.4-8 排气口的安装方法

(4) 如果凝结水盘的出水管是用聚苯乙烯制作的,由于材质过硬,不利于与PVC的直接连接,应使用辅助排水管(图 11.4-9)。这种柔软的水管使凝结水盘出水管与PVC排水管容易连接,而且起到避震的作用。

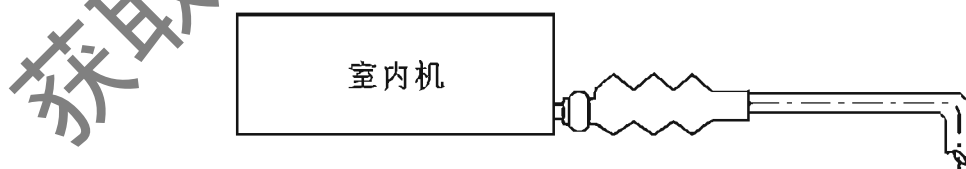


图 11.4-9 辅助软管的连接

四、离心式水泵的安装

1. 安装前的检查

安装前应检查离心泵的规格、型号；电动机的型号、功率、转速；离心泵基础尺寸位置是否符合设计要求。然后对离心泵及其配件仔细检查，看叶轮有无摩擦现象，内部有无污物，配件是否齐全无损。检查后，用布或牛皮纸将离心泵的进出口封严，防止异物落入。

2. 离心式水泵的安装步骤

(1) 先在基础上弹出十字中心线，泵座四边也划出中心点，并在底脚螺栓孔的四周用扁铲铲平，使螺栓孔周围都在一个水平面上。

(2) 将泵吊起穿入底脚螺栓，对准基础的中心线及泵座的中心线放在基础上。

(3) 用水平尺在泵座的基准面上找平，如有倾斜，可在泵座和基础间塞上垫铁，垫铁高度以 30~60 mm 为宜，找平时应放在地脚螺栓两旁，垫铁数目一般不超过 3 片。

(4) 找平后，用同标号的细石混凝土捣入基础螺孔内，待凝固后将底脚螺栓的螺母拧紧。

(5) 离心泵稳固后进行轴线调整，松开联轴节上的螺栓，用直尺靠在联轴节的圆周上测量外圆是否一致，再用塞尺测量两联轴节平面间隙是否均匀。调整时可在电动机的底座下垫薄铁片，再拧紧电动机的地脚螺栓，进行测量，至两半轴线符合要求为止。拧紧联轴节的连接螺栓，当连接螺栓上有销孔时，要装上防止螺母脱落的销子，最后在联轴节上设置保护罩。

调整要求：联轴器轴向一般间隙量为：小型水泵(Dg300 以上)为 2~4 mm；中型水泵(Dg350~500)为 4~6 mm；大型水泵(Dg500 以上)为 6~8 mm。四周间隙允许偏差不超过 0.3 mm。

联轴器的同心度要求:两轴之间,允许有 0.14~0.20 mm 的径向偏移,测量联轴器的外圆上下、左右的差别不得超过 0.1 mm。

3. 水泵进出口管路及阀门安装要点

(1) 泵的吸入管路应尽量短,减少拐弯。消除管路中一切可能存在的“气囊”。

(2) 泵的进出口管路的布置必须便于操作及维修。

(3) 水泵安装时进出水管一定要装过滤器、阀门和软接头。在出水管上加设软接头、止回阀和闸阀。在冷冻水系统中,因水泵的扬程不高,一般可以采用普通止回阀,当水泵在闭式系统中应用时,可以不设止回阀,最好在出水管上加过滤器。对于冷却水系统,如果水箱设置在水泵标高以下,则一般采用缓闭式止回阀。

(4) 为有利于管道的清洗和污水排空,当止回阀安装在立管上时,其下游则要安装放水管。

(5) 在水泵的出口管上应装有压力表和温度计。如果水泵从低水位水箱吸水时,在吸入管上还应装真空表,并装引水阀。

(6) 离心泵的出口隔断阀前短管上,应装设带 Dg20 闸阀的放空管引至地沟处。

(7) 消防水系统宜采用自灌式吸水阀,出水管上应装设试验用的放水阀。

4. 安装操作中的禁忌

(1) 在水泵与水管连接的法兰端面不平行或不对中时强行连接。

(2) 在不采取保护水泵措施的情况下,在水泵上方进行焊接或气割。

(3) 不擦净连接端面、不清除管内杂物,就将水泵与管路相连。

第五节 水系统的清洗

为提高换热效率,防止或减少腐蚀,中央空调的冷却水系统和冷冻水系统都应定期进行清洗,以除去金属表面上的沉积物和杀灭微生物。

中央空调循环水系统的清洗包括冷却水系统的清洗和冷冻水系统的清洗。冷却水系统的清洗主要是清除冷却塔、冷却水管道内壁、冷凝器换热表面等处的水垢、生物黏泥、腐蚀产物等沉积物。冷冻水系统的清洗主要是清除蒸发器换热表面、冷冻水管道内壁、风机盘管内壁和空气调节系统设备内部的生物黏泥、腐蚀产物等沉积物。

一、循环水系统的清洗方法

循环水系统的清洗方法可分为两大类:物理清洗和化学清洗。

1. 物理清洗

物理清洗的主要方法有:

(1) 用钢丝刷拉刷。适用于水冷式冷凝器和管壳式蒸发器的清洗。将水冷式冷凝器或管壳式蒸发器两端封盖拆下,用螺旋形钢丝刷塞入换热管内反复拉刷,然后再用略小于换热管内径的圆棒塞进换热管内拉捅,边拉捅边用自来水冲洗。

(2) 用专用刮刀滚刮。自制一把专用刮刀,一端接在软轴上,另一端接在电动机轴上,将水冷式冷凝器或管壳式蒸发器两端封盖拆下,将专用刮刀插入换热管内,开启电动机,使专用刮刀在管内边滚边刮,并用自来水冲洗,使刮下的水垢或其他沉积物随压力水冲掉。

(3) 高压水射流清洗。在清洗管壳式换热器时,将换热器两端封盖拆下,用高压水枪逐根清洗换热管。此法还可用于清洗管

道等处。

采用物理清洗法不仅可以省去化学清洗所需的药剂费用，还避免了化学清洗后清洗废液的处理和排放问题，且不易引起被清洗设备的腐蚀。但清洗操作工作量大，易引起设备表面损伤，并需在水系统中断运行后才可进行。

2. 化学清洗

化学清洗是通过化学药剂的作用，使被清洗设备中的沉积物溶解的一类方法。化学清洗也常和物理清洗配合使用。

化学清洗法具有沉积物等能够被彻底清除、清洗效果好、可以进行不停机清洗、清洗操作比较简单等优点，但易对金属产生腐蚀，清洗后的废液需要进行处理，清洗费用较高。

化学清洗法有多种，图 11.5-1 为对冷凝器进行酸洗的装置图。

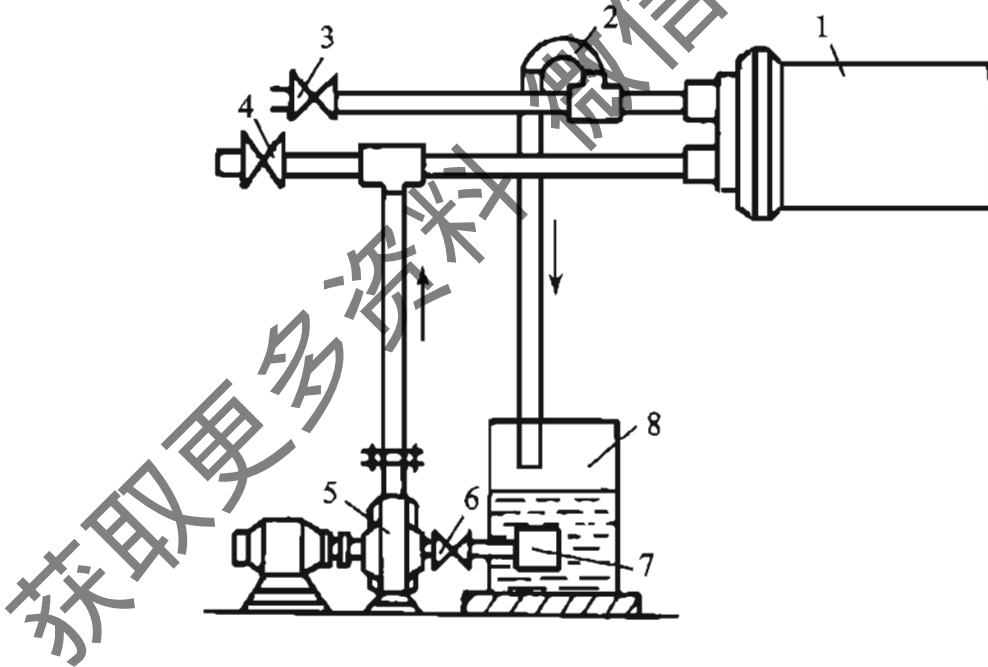


图 11.5-1 酸洗装置

- 1—冷凝器 2—回流弯管 3、4、6—截止阀
5—耐酸泵 7—过滤网 8—溶液箱

二、循环水系统停机化学清洗的步骤

中央空调停运后,冷却水系统和冷冻水系统的清洗可采取单台设备清洗方式或全系统清洗方式。无论是单台设备清洗还是全系统清洗,一般都使用清洗槽和清洗泵将单台设备或原系统(不使用原系统的水泵)构成一个闭合回路进行循环清洗。清洗步骤为:

水冲洗(检漏)→杀菌灭藻清洗→碱洗→碱洗后水冲洗→酸洗→酸洗后水冲洗→漂洗→中和钝化(或预膜)

(1) 水冲洗(检漏)。用大流量的水尽可能冲洗掉系统中的灰尘、泥沙、脱落的藻类及腐蚀产物等一些疏松的污垢,同时检查系统的泄漏情况。冲洗时,水的流速以大于 0.15 m/s 为宜,必要时可作正反向切换。冲洗结束后,排尽系统内的冲洗水。必要时可注入 $60\sim 70^\circ\text{C}$ 的热水,用手触摸检查系统中有无死角、气阻、短路等现象。

(2) 杀菌灭藻清洗。杀菌灭藻清洗的目的是杀死系统内的微生物,并使设备表面附着的生物黏泥剥离。排尽系统内的冲洗水后再将系统注满水,并加入适当的杀生剂进行循环清洗。当系统内的浊度趋于平衡时即可结束清洗。

(3) 碱洗。碱洗的目的是除去系统内的油污,以保证酸洗均匀。一般当系统内有油污时才需要进行碱洗,而新建设备一般都需要进行碱洗。

将系统注满水,加入各种碱洗药剂并维持一定温度,进行循环清洗。在碱洗过程中,应定时测试碱洗液的碱度、油含量、温度等。当碱洗液的碱度、油含量趋于平衡时即可结束碱洗。

(4) 碱洗后水冲洗。碱洗后进行水冲洗是为了除去系统内残留的碱洗液,并使部分杂质被带走。碱洗液排出后,应及时注入温水冲洗,使系统呈中性或微碱性状态。在冲洗过程中,需测试排出口冲洗液的 pH 和浊度。当 pH 趋于稳定、浊度达到一定要求时,

水冲洗即可结束。

(5) 酸洗。酸洗的目的是利用酸洗液与水垢、金属氧化物进行化学反应,生成可溶性物质,而将其除去。由于酸洗液具有较强的腐蚀性,在酸洗液中常需添加适当的缓蚀剂。

清洗过程中,应定期(一般每 30 min 一次)检测酸洗液中酸的浓度、金属离子(Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+})浓度、温度、pH 等,并注意在最高点放空和在底部排污,以免产生气阻和堵塞,影响清洗效果。当金属离子浓度趋于稳定时,即可结束酸洗。

(6) 酸洗后水冲洗。酸洗后进行水冲洗是为了除去残留的酸洗液和系统内脱落的固体颗粒,便于进行漂洗、钝化(或预膜)处理。将酸洗液排出后,应立即用大量的水对全系统进行开路冲洗,冲洗过程中,每 10 min 测一次排出的冲洗液的 pH,当接近中性时停止冲洗。

(7) 漂洗。利用低浓度的酸洗液清洗系统在水冲洗过程中形成的浮锈,使系统总铁离子浓度降低,以保证钝化效果。漂洗实际上是一个低浓度酸洗过程。漂洗过程中也应测试漂洗液的浓度、金属离子的浓度、温度和 pH 等。当总铁离子浓度趋于稳定时,即可结束漂洗。

(8) 中和钝化(或预膜)

钝化 在金属表面形成能抑制金属溶解的电子导体膜,而这层膜本身在介质中的溶解度又很小,以致它能使金属的阳极溶解速度保持在很小的数值上,则这层表面膜称为钝化膜。在金属表面上形成完整钝化膜的过程称为钝化。

金属设备或管道经过酸洗后,其金属表面处于十分活泼的活性状态,很容易重新与氧结合而被氧化。因此,若设备或管道在清洗后暂时不使用,则需要进行钝化处理,然后加以封存。

漂洗结束后,若溶液中铁含量小于 500 mg/L 时,可直接用氨水调节 pH 到合适的范围,再加入钝化药品进行钝化。若铁含量

大于 500 mg/L 时, 则应稀释漂洗液至溶液中含铁量小于 500 mg/L, 再进行钝化。钝化过程中应不断进行高点排空和低点排污, 以排除气阻, 避免死角, 确保钝化效果。

预膜 让清洗后尤其是酸洗后处于活化状态下的新鲜金属表面, 在投入正常运行之前预先生成一层完整而耐蚀的保护膜。当系统清洗后马上就投运时, 漂洗后可直接进行预膜而不必钝化。

补加水使漂洗液中铁离子浓度低于 500 mg/L, 并加中和药剂使 pH 趋于中性, 然后迅速加入预膜药剂进行预膜。

在化学清洗过程中, 各阶段排出的化学清洗液必须经过处理达标后才可排放。

三、循环水系统不停机化学清洗的步骤

(一) 冷却水系统的不停机清洗

利用冷却水系统的循环水泵作为清洗循环泵, 利用冷却塔底部水池作为配液槽, 各种清洗药剂直接加入冷却塔底部的水池中, 并由循环水泵将清洗药剂送到冷却水系统各处。其清洗步骤为

杀菌灭藻清洗→酸洗→中和→预膜

(1) 杀菌灭藻清洗。将杀生剂(如 2 mg/L 的新洁尔灭和 2 mg/L 的次氯酸钠)加入冷却塔底部的水池中, 通过冷却水的循环进行杀菌灭藻。杀菌灭藻清洗一般时间比较长。在清洗过程中可每隔 3~4 h 测一次冷却水的浊度。当浊度趋于稳定时, 即可结束清洗。

(2) 酸洗。杀菌灭藻后就可以进行酸洗。先向冷却水系统中加入适量的缓蚀剂, 待缓蚀剂在冷却水系统中循环均匀后就可加入酸洗剂(如硫酸或氨基磺酸)。采用滴加法向冷却塔水池内加入酸洗剂, 使冷却水的 pH 缓慢下降并维持在 2.5~3.5 之间。每 30 min 测定一次 pH, 随时调整酸洗剂的滴加量。

在酸洗过程中, 应经常测定冷却水中的 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 浓度

等。一般在清洗开始阶段,每 4 h 测一次。在清洗中、后期每 2 h 测一次。总铁离子浓度趋于稳定时即可结束酸洗。

酸洗后应向冷却水系统中补加新鲜水,同时从排污口排放酸洗废液,以降低冷却水中的浊度和铁离子浓度,同时加入少量的 Na_2CO_3 中和残余的酸,为下一步的预膜做好准备。

(3) 预膜。酸洗结束后,向系统中投加一定剂量的预膜药剂(如加入 200 mg/L 左右的三聚磷酸钠或六偏磷酸钠)进行预膜。预膜时间约 24~48 h。预膜时也可再添加硫酸锌(三聚磷酸钠与硫酸锌的比例为 4:1),以缩短预膜时间和增加预膜效果。预膜完成后将高浓度的预膜水用补加水的方式稀释排放,控制总磷值为 10 mg/L 左右,然后转入正常的水处理。

(二) 冷冻水系统的不停机清洗

利用冷冻水循环系统中的水泵作为清洗用循环泵,利用膨胀水箱作为配液槽或外接配液槽。使用膨胀水箱时清洗药剂可以加入膨胀水箱中,然后从系统的排污口排出冷冻水,在系统内形成负压,从而将膨胀水箱中的清洗药剂吸入系统内。使用外接配液槽时,一般选择夜间气温较低时短时间停机,将配液连接在冷冻水循环水泵的入口前,清洗药剂直接加入配液槽内。冷冻水系统的清洗步骤与冷却水系统的清洗一样,也需要杀菌灭藻清洗、酸洗、预膜等步骤。

第六节 水系统的试压

为了检查水系统的机械强度与气密性,空调冷冻水系统和冷却水系统在安装完毕后,都应进行水压实验。冷冻水系统的水压试验应在管道和设备保温施工及安装吊顶(或地板)之前进行。

强度试验压力通常取表压约 0.9 MPa,气密性试验压力取表压约 0.6 MPa。若水系统的工作压力较高(如在高层建筑中),强

度试验压力为设计压力的 1.25~1.5 倍。试验用的压力表应经预校验合格,精度不低于 1.5 级,表的满刻度值应为最大试验压力的 1.5~2.0 倍,使用的压力表不少于两个。

对于管路较长或管路标高差很大的系统,水压试验可分段或分层进行。分段分层进行水压试验时,应用盲板(堵板)将试验管段与其他部分临时隔开。

水压试验装置如图 11.6-1 所示。

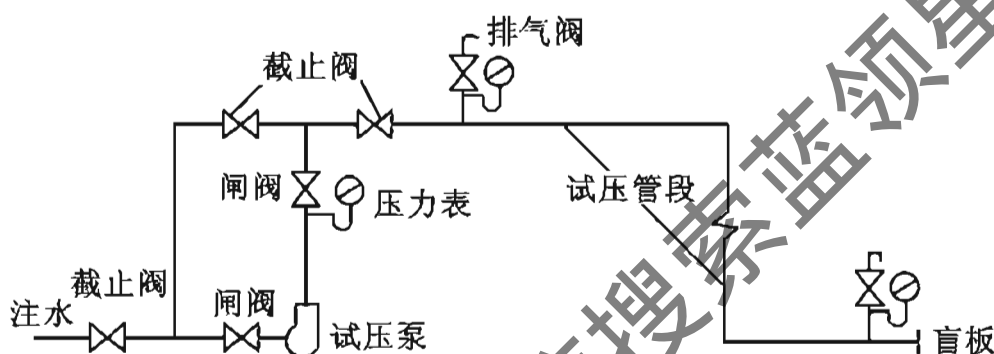


图 11.6-1 水压试验装置系统图

一、金属管道试压

金属管水压试验的步骤如下:

(1) 先用压缩空气吹除管内杂物,再用清水冲洗管道(水速取 1.0~1.5 m/s),直至排水处水色清彻透明为止。

(2) 把试压管段高处各排气阀打开,向系统内注水,灌满水后关闭排气阀和进水阀。

(3) 用临时和试压管段串接的手摇或电动试压泵逐渐加压,分 2~3 次加到要求的试验压力。在加压过程中,每上升一定压力后,应停止加压检查管道,无问题时再继续加压。

(4) 当压力指示达到预定强度试验压力时停止加压,保持 15 min。若压力降不超过 0.02 MPa,管道无渗漏和变形,则强度试验合格。

强度试验合格后,将试验压力降至气密性试验压力(0.6 MPa),保持 2 h 进行全面检查,并用质量 1.5 kg 以下的小锤在距焊缝 15~20 mm 处沿焊缝方向轻轻敲击。若焊缝及管道的法兰连接处均无渗漏,压力表指示值不降,则气密性试验合格。

二、PP-R 管道试压

试验方法与金属管道的试验方法相似,但需注意以下几点:

(1) 管道安装完毕,经外观检查合格后方可进行试压。

(2) 热熔或电熔连接的管道,水压试验应在 24 h 之后。

(3) 试压介质应为常温清水,当系统管道较长,较复杂时可以分层、分区试压。

(4) 试验压力应为管道系统工作压力的 1.5 倍,但不应小于 0.6 MPa。管道试压应符合下列规定:

强度试验(试验时间一般为 1 h):

① 压力表应安装在系统的最低点,加压泵应设置在压力表附近。

② 管道内应充满清水,彻底排净管道内空气。

③ 用加压泵将压力增至试验压力,然后每隔 10 min 重新加压至试验压力,重复两次。

④ 记录下最后一次泵压 10 min 及 40 min 后的压力,它们的压差不超过 0.06 MPa 为合格。

气密性试验:

① 试验应在强度试验合格后立即进行。

② 将试验压力降至 0.6 MPa,并保压 2 h。比较保压前后的压力,压降不超过 0.02 MPa 为合格。

第十二章 蓄能技术

第一节 蓄能技术及其分类

一、蓄能的定义

蓄能技术指在不需能量或需能量较少的期间(如夜间)制冷或制热,利用蓄能介质的温度变化或集态的改变将“冷量”或“热量”以热力学能(即内能)的形式“储藏”在介质中,待需要时再“释放”出来以供使用。蓄能包括蓄冷和蓄热两种。蓄能时,蓄能介质的热力学能减少时称为蓄冷,反之称为蓄热。蓄冷和蓄热均包括两种方式:潜热蓄能和显热蓄能。

潜热蓄能利用物质发生相变时吸收或释放热量引起热力学能的变化而蓄能。显热蓄能利用物质发生温度变化时吸收或释放的热量引起热力学能的变化而蓄能。冰蓄冷是潜热蓄能的主要形式,水蓄冷/热是显热蓄能的主要形式。

空调系统是现代公用建筑与商业用房不可缺少的设施,其耗电量很大,而且基本处于电负荷峰值期。若在空调系统中使用蓄能技术,将起到良好的削峰填谷作用,具有很好的经济效益和社会效益。

二、蓄能空调的基本原理

常规空调系统的空调负荷均由制冷机(或供热设备)承担。在设计中,为保证用户需求,制冷机(或供热设备)主机的选择一般要能满足最大空调负荷需求,并留有一定的备用量,以备在制冷机组能力下降(如有故障发生)时能保证正常供冷。因此,选

用的制冷机组的容量较大,在大部分时间内,制冷机不在满负荷下工作,工作效率不高或有设备闲置。另外,空调负荷的高峰期正值用电高峰期,空调系统的运行使电网负担加重,电价往往也较高。

采用蓄能空调方案可克服上述常规空调系统的不足。图 12.1-1 为蓄冷空调系统的基本原理示意图。它有五种工作循环方式:

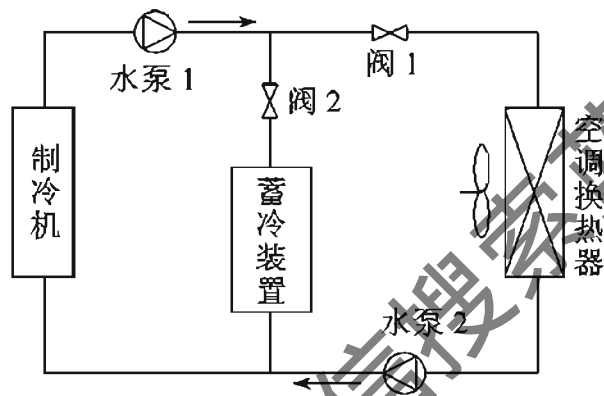


图 12.1-1 蓄冷空调系统基本原理示意图

(1) 常规空调供冷循环(直供)

蓄冷设备不工作,制冷机直接供冷。图中阀 1 开,阀 2 关,水泵 1、水泵 2 开。

(2) 联合供冷循环(联供)

制冷机和蓄冷设备联合供冷。图中阀 1、阀 2 开,水泵 1、水泵 2 开。

(3) 单蓄冷供冷循环(释供)

制冷机不工作,空调负荷全部由蓄冷设备的冷量来提供。图中阀 1、阀 2 开,水泵 1 停,水泵 2 开。

(4) 蓄冷循环(充冷)

制冷机向蓄冷设备充冷,此时空调换热器不工作。图中阀 1 关,阀 2 开,水泵 1 开,水泵 2 停。

(5) 同时供冷和蓄冷循环

在空调负荷较小时,可进行此种循环,制冷机提供的冷量一部分用于承担空调负荷,剩余的冷量储存于蓄冷设备中。图中阀 1、阀 2 开,水泵 1、水泵 2 开。

三、蓄能空调系统的特点

1. 宏观效益

- (1) 转移电力高峰用电量,平衡电网峰谷差。
- (2) 减少高峰用电量,降低新建电厂投资。
- (3) 增加低谷用电量,减少调峰电厂的投资。
- (4) 增加发电机组满载率,提高发电效率,降低发电成本。
- (5) 可减少对环境的污染。

2. 微观(用户)效益

- (1) 减少主机、配套水泵和冷却塔的功率,降低装机容量。
- (2) 设备满负荷运行比例增大,提高设备满载率,提高效率。
- (3) 减少一次电力投资费用,包括电贴费、变压器、输变电费用等。
- (4) 利用分时电价,节省大量的运行费用。
- (5) 可作为应急冷源,停电时可利用自备电力启动水泵融冰供冷。

四、蓄能空调系统的运行策略

除某些工业空调系统以外,商用建筑空调和一般工业建筑用空调均非全日空调,通常空调系统每天只需运行十几个小时,而且几乎均在非满负荷下工作。如果不采用蓄冷,制冷机组的制冷量应满足设计日最大负荷的需要,图 12.1-2 为设计日空调逐时负荷示意图。

蓄冷系统的设计思想通常有两种,即全量蓄冷运行模式和分量蓄冷运行模式。

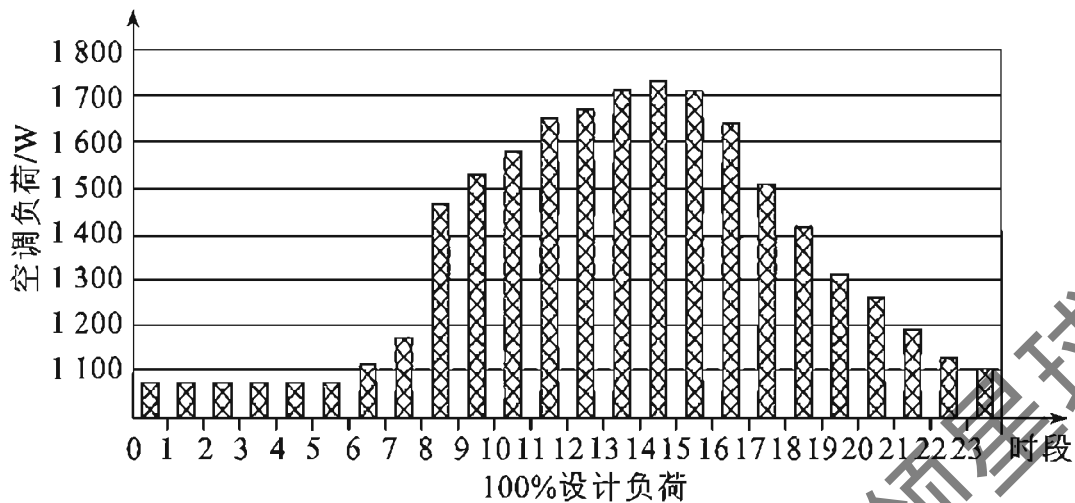


图 12.1-2 设计日空调逐时负荷

1. 全量蓄冷运行模式

全量蓄冷亦称负荷转移,其策略是将用电高峰期的冷负荷全部转移到电力低谷期。如图 12.1-3 所示,全天所需冷量均由用电低谷或平峰时间所蓄存的冷量供给,在用电高峰时间制冷机不运行。这样,全量蓄冷系统需设置较大的制冷机和蓄冷装置。虽然,运行费用低,但设备投资高,蓄冷装置占地面积大。主要用于峰值需冷量大且用冷时间短的建筑。

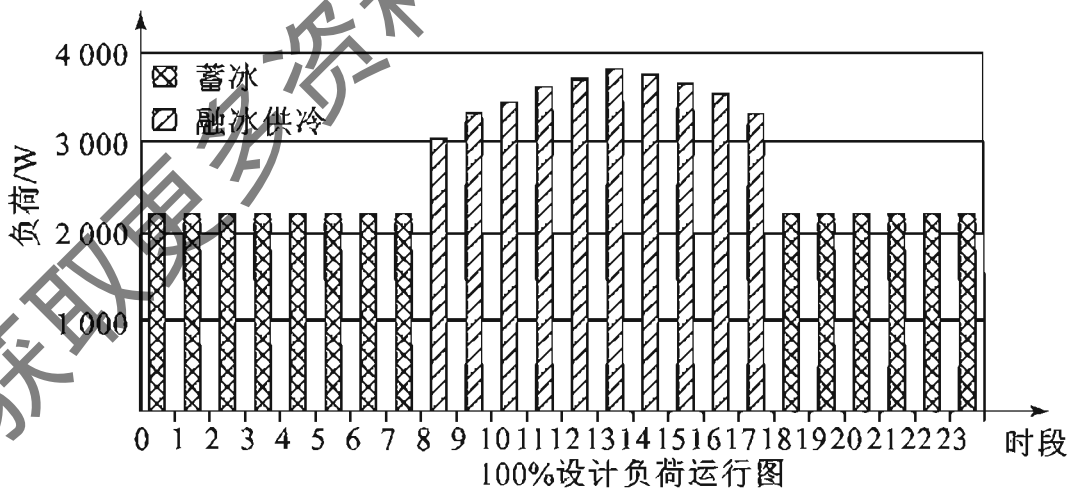


图 12.1-3 全量蓄冷负荷图

2. 分量蓄冷运行模式

分量蓄冷就是全天所需冷量部分由蓄冷装置供给。如图 12.1-4 所示,夜间用电低谷期利用制冷机蓄存一定冷量,补充用电高峰时间所需部分冷量。

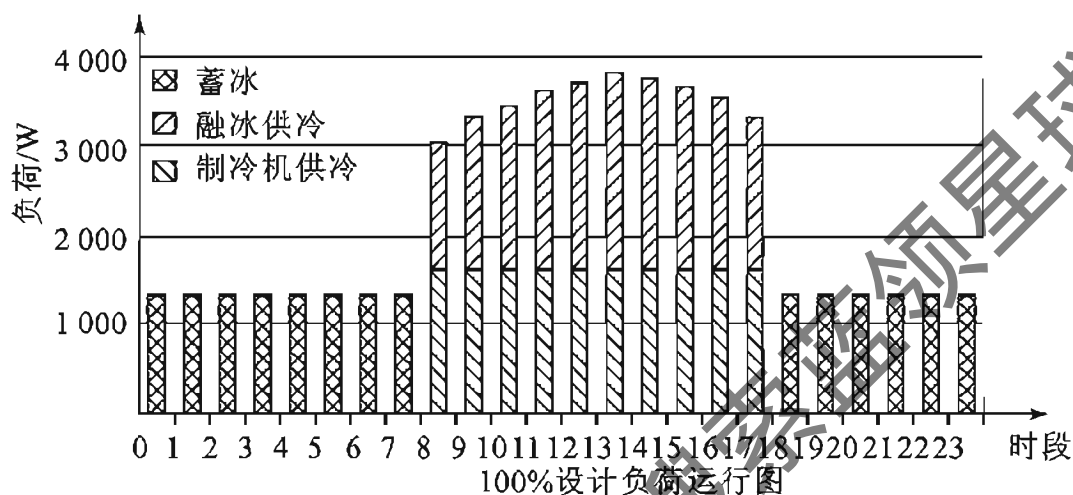


图 12.1-4 分量蓄冷负荷

分量蓄冷系统可以按制冷机工作 24 h 设计,制冷机容量最小,蓄冷系统比较经济合理,是目前常采用的方法。

五、蓄能介质分类

蓄能设备广义地分为显热式蓄能和潜热式蓄能。最常用的蓄能介质是水、冰和其他相变材料,不同蓄冷介质具有不同的单位体积蓄能能力和不同的蓄冷温度。

1. 水

显热式蓄冷以水作为蓄冷介质,水的质量热容为 $4.184 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。水蓄冷系统具有单位体积蓄冷量小、蓄冷设备体积大、初投资较少、制冷机的蒸发温度较高等特点。

2. 冰

潜热式蓄冷大多以冰作为蓄冷介质,冰的融解潜热达 $335 \text{ kJ}/\text{kg}$ 。冰蓄冷系统具有单位体积蓄冷量大、蓄冷设备体积较小、初投资较

高、制冷机的蒸发温度较低等特点。

3. 共晶盐

蓄冷系统中使用的共晶盐为高温相变材料,它是无机盐与水的混合物。共晶盐蓄冷系统具有单位体积蓄冷量较大、蓄冷设备体积较小、初投资高、制冷机的蒸发温度接近常规空调制冷机的蒸发温度等特点。作为蓄冷介质的共晶盐,有如下要求:

- (1) 融解或凝固温度为 5~8℃。
- (2) 融解潜热大,导热系数大。
- (3) 密度大。
- (4) 无毒、无腐蚀。

六、蓄能设备分类

美国制冷工业协会(ARI)1994年出版的《蓄冷设备热性能指南》将蓄冷设备广义地分为显热式蓄冷和潜热式蓄冷,见表 12.1-1。

表 12.1-1 蓄能设备分类

分 类	类 型	蓄冷介质	蓄冷流体	取冷流体	
显热式	水蓄冷	水	水	水	
潜热式	不完全冻结式冰盘管	冰	载冷剂	水	
	全冻结式 (静态)	冰盘管(内融冰)	冰	载冷剂	载冷剂
		封装式	冰或其他共晶盐	载冷剂	载冷剂或水
	片冰式	冰	制冷剂	水	
	冰晶(冰浆)	冰水混合物	制冷剂		
气体水合晶体		载冷剂			

注:载冷剂一般为乙烯乙二醇水溶液。

最常用的蓄冷介质是水、冰和其他相变材料,不同蓄冷介质具有不同的单位体积蓄冷能力和不同的蓄冷温度。

第二节 水蓄冷系统及装置

一、水蓄冷系统

以水作为蓄冷介质的水蓄冷系统是空调蓄冷系统的重要方式之一,其工作原理如图 12.2-1 所示。

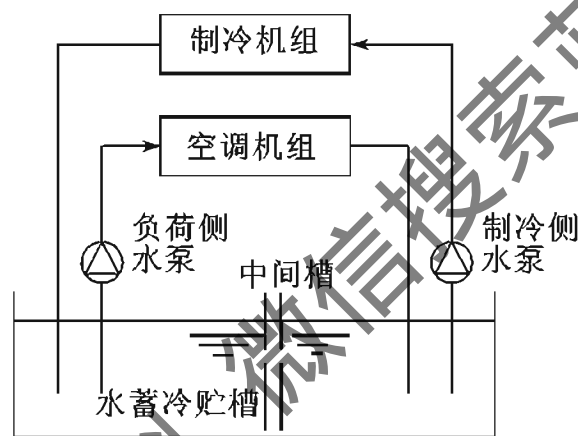


图 12.2-1 水蓄冷系统工作原理图

水蓄冷系统具有以下特点:

(1) 制冷回路与供冷回路各自运行,独立性强,直接取冷,取冷快。

(2) 制冷机组按 100% 额定负荷运行,操作稳定,效率高,不受用户负荷变化的影响。

(3) 可降低制冷机的容量。

(4) 冷量损失较大,在制冷回路、供冷回路、蓄冷槽与周围环境之间及冷温水的混合均会产生冷量损失。

(5) 由于是利用显热蓄冷,因而蓄冷装置较大。

二、水蓄冷装置

水蓄冷的蓄冷温度为 $4\sim 6^{\circ}\text{C}$ ，是空调常用冷水机组可适应的温度。此外，空调水蓄冷系统的设计应异于常规空调系统的设计，就是说应该尽可能提高空调回水温度，以充分利用蓄冷水槽的体积。

蓄冷水槽所需体积受蓄冷水和回水之间保持分层程度的影响。一般蓄冷温差为 8°C ，每蓄冷 1RTH(冷吨小时)需 0.417 m^3 ；如温差为 11°C ，则蓄冷水量可减为 $0.303\text{ m}^3/\text{RTH}$ 。为防止和减少蓄冷水槽内因温度较高的水流和温度较低的水流发生混合，引起能量损失，水蓄冷系统中水槽结构和配置时，通常有几种方案可供选择：隔膜式(见图 12.2-2)或隔板式、复合水槽式、迷宫式、水分层式。水槽可用钢筋混凝土或钢板制作，也可单建蓄冷水槽或利用消防水池等。

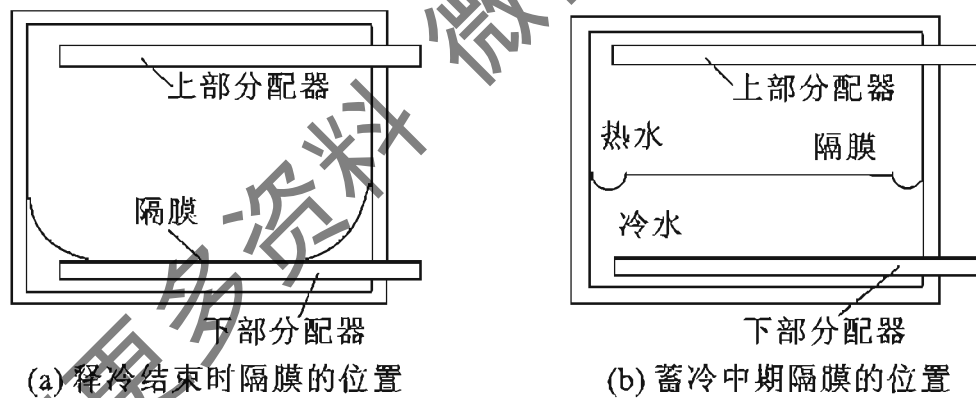


图 12.2-2 隔膜式水蓄冷罐示意图

图 12.2-3 为自然分层蓄冷罐原理图，蓄冷罐下部为冷水，上部为温水，其交接处的温度变化幅度较大，称之为斜温层。为减少冷、温水流进流出对罐内水的扰动，降低斜温层的高度，通常设置上、下部稳流器。图 12.2-4 为自然分层蓄冷罐组的形式。

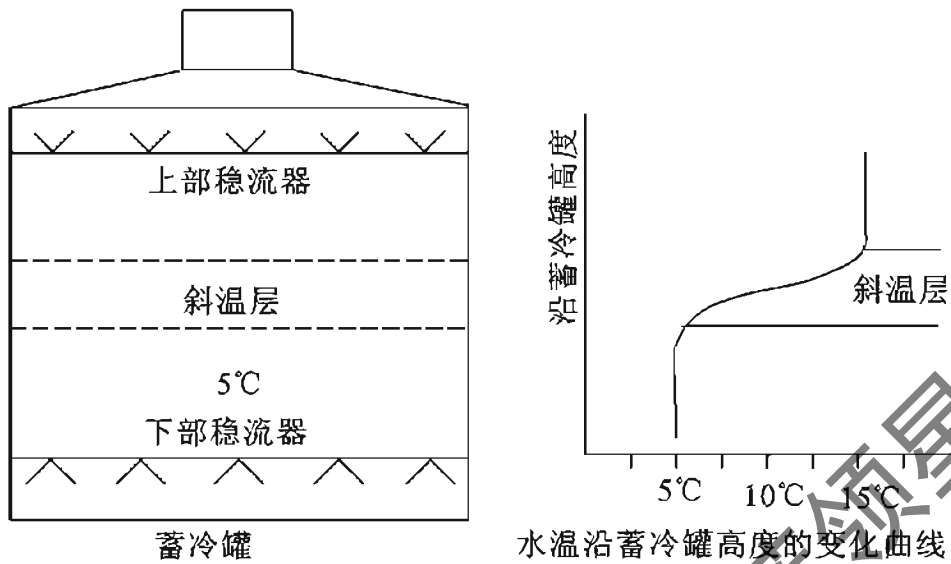


图 12.2-3 自然分层蓄冷罐原理图

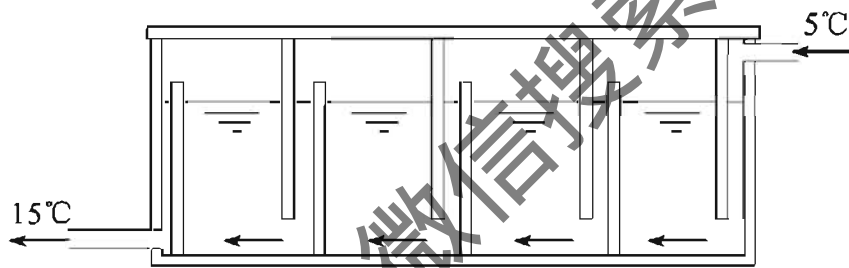


图 12.2-4 分层蓄冷罐组形式

第三节 冰蓄冷装置

冰蓄冷系统是目前使用最多的一种蓄能系统，它利用水放出潜热结成冰而蓄冷。由于是利用潜热蓄冷，冰蓄冷装置较水蓄冷装置要小得多，这也是其得到广泛应用的原因之一。要使水结成冰，制冷机必须提供温度为 $-9\sim-3^{\circ}\text{C}$ 的二次冷媒(载冷剂)。若制冷剂直接蒸发制冰，其蒸发温度也应在 -3°C 以下。冰蓄冷系统大多使用乙二醇水溶液作为二次冷媒(载冷剂)。

一、基本定义

1. 蓄冰率与制冰率

蓄冰率为蓄冰槽内制冰容积与蓄冰槽容积之比,英文简写为 *IPF*(Ice Packing Factor),即

$$IPF = \frac{V_1}{V_2} \times 100\% \quad (12-1)$$

式中 V_1 ——蓄冰槽内冰占有的容积(m^3);

V_2 ——蓄冰槽内的有效容积(m^3)。

目前各种蓄冰设备,其 *IPF* 约在 20%~70% 范围内。表 12.3-1 为各种类型冰蓄冷设备的蓄冰率范围。

制冰率是指蓄冰槽中水的最大制冰量与全水量(槽中充水的容积)之比,其英文简写也是 *IPF*。通过制冰率可了解结冰的多少。

表 12.3-1 冰蓄冷设备的蓄冰率

类 型	冷媒盘管式	完全冻结式	制冰滑落式	冰晶或冰泥	冰球式
蓄冰率	20%~50%	50%~70%	40%~50%	45%左右	20%~50%
制冰率	30%~60%	70%~90%	—	—	90%以上

2. 融冰能力

融冰能力(Discharge Capacity)指实际可融解而用于空调的蓄冷量。通常,蓄冰槽中载冷剂流速分布比较均匀,其融冰能力就大,反之则小。

3. 融冰效率

融冰效率(Discharge Efficiency)定义为实际可用于空调负荷的融冰能量占总蓄冰能量的份额,即

$$DE = \frac{Q_1}{Q_2} \times 100\% \quad (12-2)$$

式中 DE ——融冰效率(%)；
 Q_1 ——用于空调负荷的能量(kJ)；
 Q_2 ——总蓄冰能量(kJ)。

4. 蓄冷效率

蓄冷效率(Storage Thermal Efficiency)指实际可用于空调负荷的融冰能量与用以制冰蓄冷的能量之比,即

$$SE = \frac{E_1}{E_2} \times 100\% \quad (12-3)$$

式中 SE ——蓄冷效率(%)；
 E_1 ——用于空调负荷的融冰能量(kJ)；
 E_2 ——用以制冰蓄冷的能量(kJ)。

5. 过冷现象

过冷现象指超过液体的冻结点仍不冻结的现象。例如:纯水的冻结点为 0°C ,但水温需降至 -7°C 左右才会形成冰核,再冻结成冰。由于实际中存在过冷现象,就要求降低制冷机的蒸发温度,从而降低了制冷机的性能系数,增大了耗电量。在实际中,人们通过在水中添加成核剂的方法,以提高其成核温度,减少过冷度。这样就可提高蒸发温度,改善制冷机的运行效率。

二、盘管蓄冰装置

冰盘管式蓄冷装置是由沉浸在水槽中的盘管构成换热表面的一种蓄冰设备,有圆筒形盘管蓄冷装置(图 12.3-1)、U形盘管式蓄冰槽(图 12.3-2)等型式。在蓄冷过程,载冷剂(一般为质量百分比为 25% 的乙烯乙二醇水溶液)或制冷剂在盘管内循环,吸收水槽中水的热量,在盘管外表面形成冰层。取冷过程则有内融冰和外融冰两种方式,各具特点。

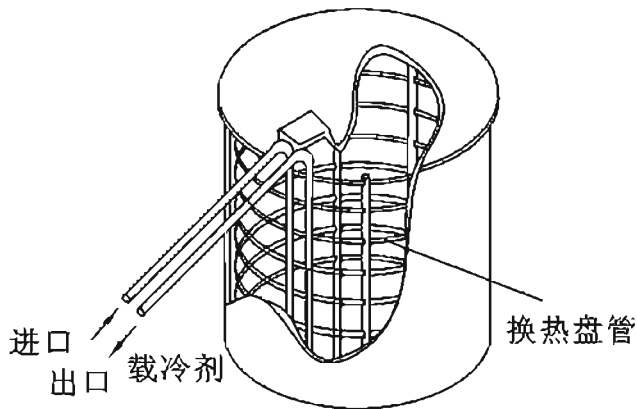


图 12.3-1 圆筒形盘管蓄冷装置

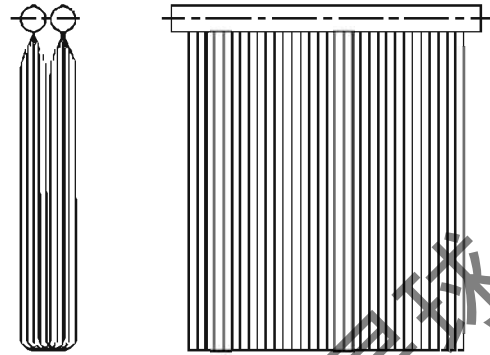


图 12.3-2 U形盘管式蓄冰槽

1. 外融冰方式

温度较高的空调回水直接送入盘管表面结有冰层的蓄冰水槽,使盘管表面上的冰层自外向内逐渐融化,故称为外融冰方式。由于空调回水与冰直接接触,换热效果好,取冷快,来自蓄冰槽的供水温度可低至 1°C 左右。此外,空调用冷水直接来自蓄冰槽,故可不需要二次换热装置。但是,为了使外融冰系统能达到快速融冰释冷,蓄冰槽内水的空间应占一半,也就是说蓄冰槽的蓄冰率 (IPF) 不大于 50%,故蓄冰槽容积较大。同时,由于盘管外表面冻结的冰层不均匀,易形成水流死角,而使冰槽局部形成永不融化的冰层,故需采取搅拌措施,以促进冰的均匀融化。

2. 内融冰方式

来自用户或二次换热装置的温度较高的载冷剂(或制冷剂)仍在盘管内循环,通过盘管表面将热量传递给冰层,使盘管外表面的冰层自内向外逐渐融化进行取冷,故称为内融冰方式。冰层自内向外融化时,由于在盘管表面与冰层之间形成薄的水层,其导热系数仅为冰的 25% 左右,故融冰换热热阻较大,影响取冷速率。为了解决此问题,目前多采用细管、薄冰层蓄冰。

三、封装式蓄冰装置

将蓄冷介质封装在球形或板形小容器内,并将许多此种小蓄

冷容器密集地放置在密封罐或开式槽体内,从而形成封装式蓄冰装置。运行时,载冷剂在球形或板形小容器外流动,将其中蓄冷介质冻结而蓄冷,或使其融解而取冷。

封装在容器内的蓄冷介质有两种,即冰和其他相变材料。封装容器目前有三种形式,即冰球、冰板(图 12.3-3)和蕊芯折囊式冰球(图 12.3-4)。此类蓄冷装置运行可靠,流动阻力小,但载冷剂充注量比较大。以冰球式蓄冰罐(图 12.3-5)为例,乙二醇需要量约 27.6 kg/RTH,冰/水重量约 37.8 kg/RTH,蓄冰罐本体重量约 8.3 kg/RTH,但是,载冷剂的流动阻力仅约 2.0 mH₂O。

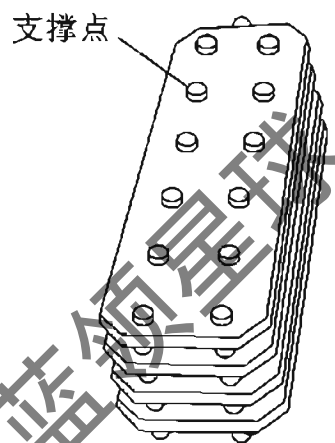


图 12.3-3 冰板

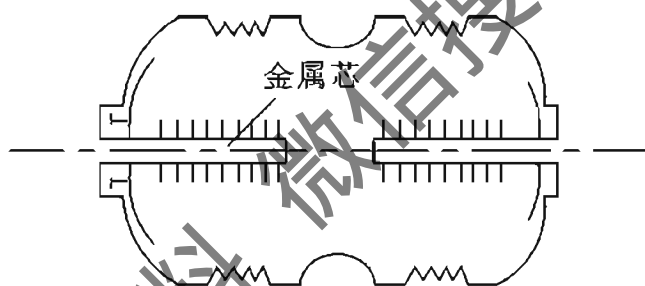


图 12.3-4 蕊芯折囊式冰球

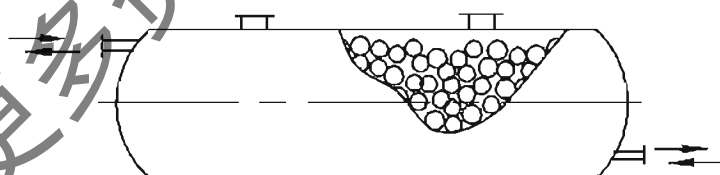


图 12.3-5 冰球式蓄冰罐

四、动态制冰装置

(一) 动态制冰装置的主要形式

蓄冰时,冰层冻结得越厚,制冷机的蒸发温度越低,性能系数也越低。如果控制冻结冰层的厚度,每次仅冻结薄层片冰,而进行

高运转率地反复快速制冷,则可提高制冷机的蒸发温度,比采用冰盘管时提高 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 。动态蓄冰主要有三种形式:片冰滑落式、冰晶式和气体水合物相变材料蓄冰。

1. 片冰滑落式

片冰滑落式蓄冰装置就是在制冷机的板式蒸发器表面上不断冻结薄片冰,然后滑落至蓄冰水槽内,进行蓄冷,此种方法又称为动态制冰。该种类型蓄冰装置的代表性厂家有 Turbo、Mueller 和 Morris 等公司。片冰滑落式蓄冰装置的工作过程可分为蓄冰过程和取冷过程。

在蓄冰过程中,通过水泵将蓄冰水槽的水自上向下喷洒在制冷机的板状蒸发器表面,使其冻结成薄冰层。当冰层厚度达到 $3\sim 6\text{ mm}$ 时,将高温气态制冷剂通入蒸发器,使与蒸发器板面接触的冰脱落,片冰靠自重滑落至蓄冰水槽内。如此反复,进行“冻结”和“取冰”过程。蓄冰水槽的蓄冰率为 $50\%\sim 70\%$ 。

在取冷过程中,空调回水仍可自上向下地喷洒在制冷机的板状蒸发器表面,或向蓄冰水槽均匀送入空调回水,使槽内片冰不断融化,而送出温度颇低的空调用水。为了满足全日供冷需要,取冷过程制冷机可同时运行,以降低流经板状蒸发器表面的空调回水温度,使其降温后流入蓄冰水槽,这样,可以延缓融冰过程,以保证供冷要求。片冰滑落式蓄冰装置取冷供水温度低,融冰放冷速率极快,特别适合尖峰用冷。

2. 冰晶式蓄冰装置

冰晶式蓄冰装置也属于动态制冰,它是通过冰晶制冷机将低浓度的乙烯乙二醇水溶液冷却至低于 0°C ,过冷的乙二醇水溶液在发生器中析出冰晶,而乙二醇水溶液的浓度逐渐变浓,然后将乙二醇水溶液和冰晶送入蓄冷槽中储存。这种过程犹如自然界降过冷态的雨,着地立即形成“雨冰”;又如冬季凌晨过冷状态的雾与树木接触,在其上形成冰层,即所谓“树挂”。如果过冷温度为 -2°C ,

即可产生 2.5% 的直径约 100 μm 的冰晶。

由于单颗粒冰晶十分细小,冰晶在蓄冰水槽中分布十分均匀,水槽蓄冰率约 50%。结晶化的溶液可用泵直接输送。

冰晶制冷机产品以 Mueller 公司和 Sunwell 公司为代表。以 TS-30 型为例,其制冰能力为 30 RT,配有半封闭活塞式制冷机、水冷壳管式冷凝器、吸气分液蓄液器、气液回热器等。其特殊之处在于蒸发器部分,该机配有 6 个长度为 1.83 m 的套筒式蒸发器,内管直径约 300 mm。制冷剂 R-22 从内外管之间的夹层内通过;冰/水双相液为 8% 的乙二醇水溶液,在内管中过冷。为了保持内管内壁表面温度均匀,配有三台电动擦拭机,每台负责两个套筒蒸发器。该机外型尺寸为 2.36 m \times 1.75 m \times 2.16 m(长 \times 宽 \times 高),可以制造冰晶,也可像普通冷水机组一样制备冷水。

3. 气体水合物相变材料蓄冰

这是一种新型的蓄冷技术,自 20 世纪 80 年代以来,人们提出利用一种称为气体水合物的包络状水结晶体作为蓄冷的高温相变材料,主要是利用那些常规制冷剂形式的气体水合物。制冷剂气体水合物具有适合空调蓄冷的理想性质,其形成结晶的温度在 8~12 $^{\circ}\text{C}$,结晶形成时释放的反应热较大(330~380 kJ/kg),传热性能也比较好。此外,这种高温相变蓄冷材料具有很好的化学稳定性,腐蚀性低,安全性好。1994 年以来,已受到我国国家自然科学基金委员会支持,目前已建成实验台,通过测试提示了气体水合物形成的一些基本规律,并获得了构造这类高性能空调蓄冷材料的基础数据和方法,相信不久的将来会使用在工程实践中。

(二) 片冰蓄冷装置

片冰蓄冷装置是使用较多的一种动态蓄冰装置,它由垂直放置的制冰板、均匀布水器和配套阀门组成,采用模块化设计思路,若干片制冰板组成一个模块,每个模块均有相应的阀门控制,每套蓄冰装置由 3~8 个模块组成。片冰蓄冷装置放置在蓄冰槽上,并

有保温库板与外界完全隔热。图 12.3-6 为 Mueller 公司生产的片冰机组蒸发板的外观。

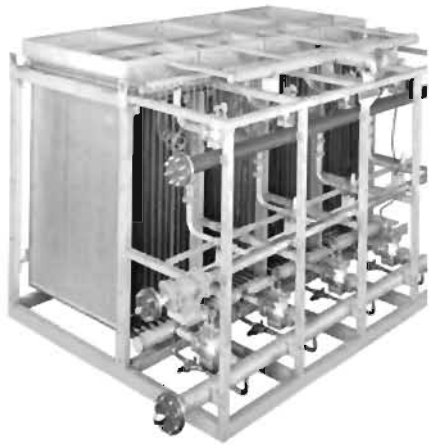


图 12.3-6 片冰机组蒸发板



图 12.3-7 制冰板

制冰板的材料为耐高低温的不锈钢(图 12.3-7),在高压下成形,蓄冰、融冰均在板片外进行,不会造成材质老化损坏,设备的使用寿命更长久。片冰蓄冷装置使用寿命高达 30 年。

片冰蓄冷装置运行时,制冷剂或载冷剂由进液管进入,在制冰板片内部的流道内流动,水均匀地喷淋在蓄冰板表面,由于蓄冰板内、外侧均为强制对流换热,换热强度高,克服了以往蓄冰侧是静态时换热效率低的缺点。同时,严格控制制冰冰片的厚度,当结冰厚度达到设置值时自动控制冰片脱落,有效地降低了制冰时的换热热阻,制冰时始终保持高效运行。脱落的冰保存在蓄冰槽内。

脱冰时一个模块单独脱冰,其他的模块继续处于制冰状态,当一个模块脱冰结束时立即转入制冰状态,另一个模块进入脱冰状态。

表 12.3-2 Mueller 公司生产的片冰蓄冷装置技术参数

参 数 \ 型 号	IH1456	IH1816	IH2184	IH2544	IH2912
蓄冷量/RTH	1 456	1 816	2 184	2 544	2 914
蓄冷量/kW·h	5 120	6 384	7 680	8 944	10 240

(续表)

参 数 \ 型 号	IH1456	IH1816	IH2184	IH2544	IH2912
循环水量/(m ³ /h)	138	171	206	240	275
蓄冰装置长/mm	3 235	4 020	4 805	5 590	6 375
蓄冰装置宽/mm	2 260				
蓄冰装置高/mm	2 300				
净重/kg	3 920	4 900	5 880	6 860	7 840
运行总量/kg	4 320	5 400	6 480	7 560	8 640

片冰蓄冷装置具有以下特点：

(1) 蓄冷装置中水侧采用强制循环，冰侧结冰厚度一般控制在 9 mm 以下，冰的热阻小，换热效率更高。

(2) 冰与水直接接触，融冰速度快，可保持恒定的出水温度，融冰彻底，无“千年冰”。

(3) 融冰速率高，即使不开主机，融冰也可满足尖峰负荷，运行策略更加灵活。

(4) 蓄冰直观，蒸发板上的结冰过程和蓄冰槽中冰量均直观可见。

(5) 制冰与蓄冰分离，蓄冰槽中储存的只是冰和水，蓄冰槽既作为夏季蓄冰槽，也作为冬季的蓄热槽。

(6) 蓄冰蒸发板可与蓄冰槽分离，片冰可通过冰浆泵远距离输送。

(7) 冰的容积率最高，蓄冰槽的占地面积最小。

(8) 布置灵活，安装方便。蓄冰槽可全埋式或半埋式露天放置，或设置在屋顶。

第四节 冰蓄冷空调系统及设备

一、冰蓄冷空调系统的形式

蓄冷系统按制冷机组与蓄冷设备的管路连接方式分为并联系统和串联系统。

1. 并联系统

图 12.1-1 为最简单的并联系统。并联系统可演化出许多较复杂的系统,如制冷主机可以有两台或多台并联;在供冷回路可设基载制冷机(即承担基本空调负荷的制冷机);板式换热器可分成两级,一级与制冷机相连,另一级与蓄冷装置相连等。图 12.4-1 为双板换热式蓄冷空调系统流程图。其运行工况见表 12.4-1。

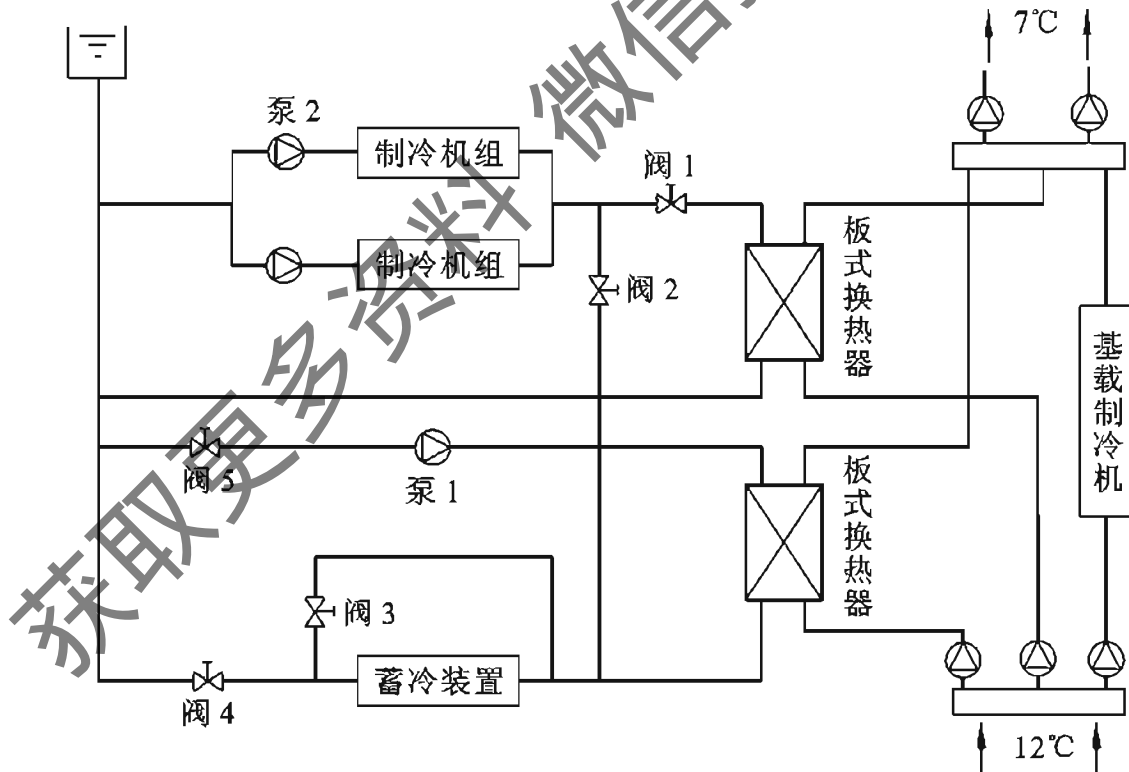


图 12.4-1 双板换热式蓄冷空调系统

表 12.4-1 双板换热式蓄冷空调系统运行工况

运行模式	阀 1	阀 2	阀 3	阀 4	阀 5	泵 1	泵 2
蓄冷	关	开	关	开	关	关	开
释供	关	关	调	开	调	开	关
直供	开	关	关	—	—	关	开
联供	开	关	调	开	调	开	开

2. 串联系统

串联系统按制冷机与蓄冷装置的相对位置分为两种形式：制冷机位于蓄冷装置的上游和蓄冷装置位于制冷机的上游。制冷机位于上游的系统在供冷时，制冷机的蒸发温度可提高 $4\sim 6^{\circ}\text{C}$ ，制冷机的效率得到提高。图 12.4-2 为制冷机位于上游的串联系统，其运行工况见表 12.4-2。

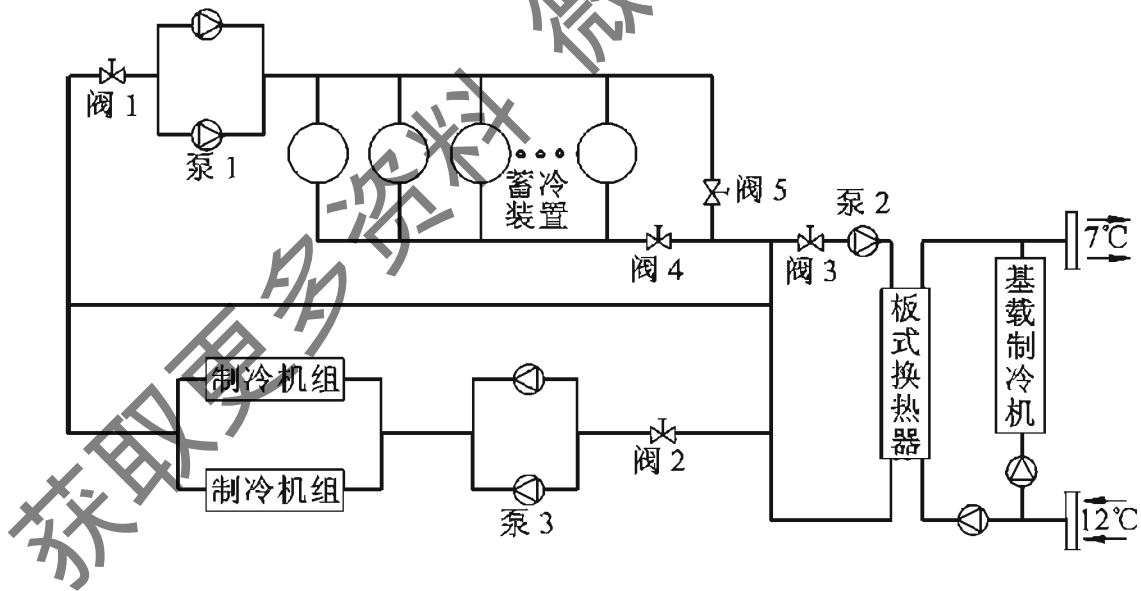


图 12.4-2 串联式蓄冷空调系统

表 12.4-2 串联式蓄冷空调系统运行工况

运行模式	阀 1	阀 2	阀 3	阀 4	阀 5	泵 1	泵 2	泵 3
蓄冷	开	开	关	开	关	开	关	开
释供	开	关	开	调	调	开	开	关
直供	关	开	开	—	—	关	开	开
联供	开	开	开	调	调	开	开	开

二、冰蓄冷空调系统的运行策略

1. 制冷机组优先式

该运行策略是指空调负荷首先由制冷机组承担,超过制冷机组供冷能力的负荷由蓄冷设备承担。在峰谷电价差不够大、单位蓄冷量的费用高于单位制冷机组产冷量的费用时,可采用这种策略。

2. 蓄冷设备优先式

该运行策略是指空调负荷首先由蓄冷设备释冷来承担,超过蓄冷设备的释冷能力的负荷由制冷机组承担。在峰谷电价差较大、单位蓄冷量的费用低于单位制冷机组产冷量的费用时,可采用这种策略。该策略可充分利用峰谷电价差的经济性节省运行费用,但控制难度较大。

3. 均衡负荷式

该运行策略是指在分量蓄冷模式中,制冷机组在设计日 24h 内,无论是供冷、蓄冷(充冷),还是同时供冷和蓄冷,基本上全部满负荷运行。采用这种方式的系统,初期投资最少,制冷机组的利用率最高。

4. 负荷控制式

负荷控制式是在电力负荷不足的时段,对制冷机组的供冷量

加以限制的一种控制方法。这种方法在电力负荷限制时才采用，超过制冷机组的供冷量的空调负荷由蓄冷设备承担。

三、滑落式片冰冷水机组

(一) 蓄冷空调系统的工作原理

由滑落式片冰冷水机组为蓄冷设备的蓄冷空调系统的工作原理如图 12.4-3 所示。

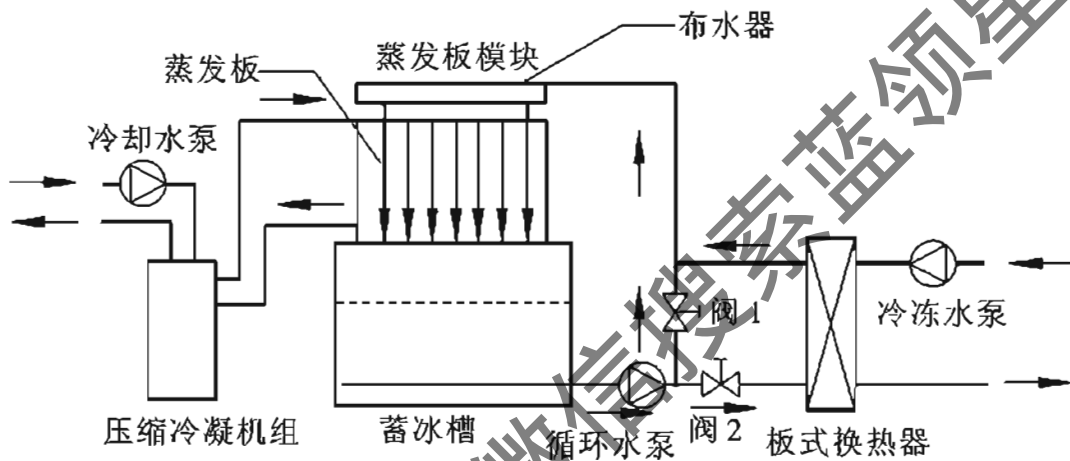


图 12.4-3 滑落式片冰冷水机组系统原理图

1. 制冷过程

在循环水泵的作用下，经过板式换热器与空调回水换热后的循环水进入蒸发板模块上部的布水器，通过布水器的均匀分配，循环水沿蒸发板表面呈膜状均匀流下，制冷剂在蒸发板内蒸发吸热，温度降低后的水落到蓄冰槽内，由循环水泵吸入，循环水流经板式换热器与空调回水换热(阀 1 关，阀 2 开)，从而完成整个制冷循环过程。

2. 制冰过程

在循环水泵的作用下，低温的循环水进入蒸发板模块上部的布水器，通过布水器的均匀分配，循环水沿蒸发板表面呈膜状均匀流下，制冷剂在蒸发板内蒸发吸热，部分水凝结成冰附在蒸发板的表面，另一部分水落到蓄冰槽内，由循环水泵吸入(阀 1

开, 阀 2 关), 进入蒸发板模块上部的布水器, 从而完成整个制冰循环过程。

3. 脱冰过程

根据制冰时间, 控制蒸发板表面的冰层厚度为 6~9 mm, 当制冰时间到设定值时, 某一蒸发板模块的制冷剂进气电磁阀打开, 部分热的制冷剂气体进入蒸发板模块内, 蒸发板模块内温度升高, 与蒸发板表面接触的冰由于受热失去附着力, 当冰层与蒸发板脱离后依靠重力落到蓄冰槽内, 破碎成小冰片。当某一蒸发板模块表面冰完全脱落后, 与蒸发板模块配套的制冷剂进气电磁阀关闭, 重新进入制冰状态, 同时另一蒸发板模块的制冷剂进气电磁阀打开, 进入脱冰过程。依次循环, 直到所有蒸发板模块上的冰脱落。

当某一蒸发板模块进入脱冰过程时, 其他蒸发板模块仍处于制冰状态。每一蒸发板模块脱冰过程持续 30~60 s。

4. 融冰过程

在循环水泵的作用下, 经过板式换热器与空调回水换热后的循环水进入蒸发板模块上部的布水器, 沿蒸发板表面流下落到蓄冰槽内直接与蓄冰槽中片状冰接触换热后, 由循环水泵吸入(阀 1 关, 阀 2 开), 流经板式换热器与空调回水换热后再回到蓄冰槽内, 完成整个融冰循环过程。

5. “制冷+融冰”过程

在循环水泵的作用下, 经过板式换热器与空调回水换热后的循环水进入蒸发板模块上部的布水器, 沿蒸发板表面呈膜状均匀流下, 制冷剂在蒸发板内蒸发吸热, 温度降低后的水落到蓄冰槽内直接与蓄冰槽中片状冰接触换热后由循环水泵吸入(阀 1 关, 阀 2 开), 流经板式换热器与空调回水换热后再回到蓄冰槽内, 完成整个“制冷+融冰”循环过程。

(二) 滑落式片冰冷水机组的性能参数(表 12.4-3)

表 12.4-3 Mueller 公司生产的 IH/C 滑落式片冰冷水机组的性能参数

参数	型号											
	IH/C 150	IH/C 170	IH/C 207	IH/C 230	IH/C 258	IH/C 285	IH/C 313	IH/C 331	IH/C 382	IH/C 405	IH/C 437	IH/C 460
空调工况 制冷量/RT	150	170	207	230	258	285	313	331	382	405	437	460
空调工况 制冷量/kW	527	598	721	809	914	1 002	1 090	1 160	1 336	1 406	1 547	1 617
蓄冰工况 制冷量/RT	108	119	144	158	180	198	216	227	263	277	302	317
蓄冰工况 制冷量/kW	380	418	506	557	633	696	759	797	924	975	1 063	1 114
电 源	3f380 V , 50 Hz											
最大运行 功率/kW	129	146	176	197	223	244	266	283	326	343	377	394
制冷工况 功率/kW	109	124	150	168	190	208	226	241	277	292	321	335
蓄冰工况 功率/kW	100	110	133	146	166	183	199	209	243	256	279	294
工质名称	R22											
压 机	类型	半封闭螺杆式压缩机										
	数量	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
冷 凝 器	形式	高效壳管式换热器										
	水阻力 /kPa	70~80										
	水流量 /(m ³ /h)	91	103	124	139	157	172	187	200	230	242	266
长/mm	3 400				3 400				4 000			
宽/mm	1 400				2 000				2 000			
高/mm	2 400				2 800				2 800			

(续表)

型号	IHC 150	IHC 170	IHC 207	IHC 230	IHC 258	IHC 285	IHC 313	IHC 331	IHC 382	IHC 405	IHC 437	IHC 460
运输重量/kg	2 880	3 120	3 520	3 920	4 540	4 900	5 440	5 880	6 290	6 860	7 250	7 840
运行重量/kg	3 280	3 520	3 920	4 320	4 870	5 400	6 020	6 480	6 930	7 560	8 020	8 640

注:1. 空调工况:冷却水进水水温 32℃,出水温度 37℃;

2. 蓄冰工况:冷却水进水 30℃,制冷剂供液温度-8℃。

(三) 片冰蓄冷系统与蓄热系统的结合

图 12.4-4 为蓄冷蓄热联合运行系统原理图。电锅炉蓄热供暖系统是以电锅炉为热源,水为热媒,利用峰谷电价差,在供电低谷时开启电锅炉将水箱的水加热、保温、储存,在供电高峰及平电时关闭电锅炉,用蓄热水箱的热水供热。

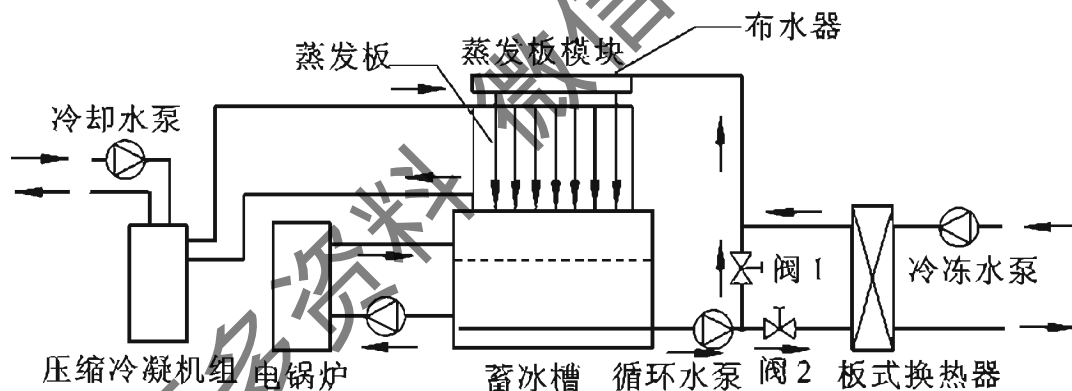


图 12.4-4 蓄冷蓄热联合运行系统原理图

电热水锅炉蓄热系统是利用夜间低谷电价的电力进行制热和蓄热,白天不开电锅炉,因此可以大幅度减少供暖系统冬季运行成本。

对于片冰蓄冷系统,由于蓄冰设备与储冰设备分离,蓄冰槽内部只有水和冰,可以用来作为冬季的蓄热槽,而夏季供冷用的循环水泵、冷冻水泵、板式换热器、水处理设备冬季均可共用,减少了机房所占用的空间,大幅度降低供暖系统的一次投资,经济效益十分

明显。夏季冷负荷明显高于冬季热负荷,蓄冰槽的蓄热容量足以满足冬季蓄热的要求。蓄热槽和蓄冰槽的共用又解决了建筑物常常无法提供蓄热槽所需要有效空间,以及蓄热槽占用建筑有效空间的缺点。

(四) 滑落式片冰冷水机组在低温送风(水)系统中的应用

大温差送水、低温送风空调系统明显降低空调末端设备的投资,是目前国际公认的降低冰蓄冷系统一次性投资,并且使空调系统运行费用进一步下降的有效手段。

滑落式片冰冷水机组蓄冰方式蓄冰槽出水温度小于 1.5°C ,通过板式换热器后,可向空调机组提供 2.5°C 低温水,是低温送风大温差空调系统的最佳选择。

1. 低温送风系统

常规空调系统,一般采用 7°C 供水, 12°C 回水,送风温度 $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ 。与滑落式片冰冷水机组结合的低温送风空调系统一般采用 2.5°C 供水, 12.5°C 回水,送风温度 $6\sim 8^{\circ}\text{C}$,去湿能力明显高于常规空调系统,室内可以保持更低的相对湿度,获得更高的舒适度。根据美国和日本的设计规范,采用低温送风的空调房间宜采用以下设计参数:

干球温度: $24\sim 27^{\circ}\text{C}$,相对湿度: $30\%\sim 55\%$ 。

2. 低温送风系统的防止凝露措施与防止冷风下落的方法

采用低温送风系统,送风口凝露和冷风下落是必须解决的问题。目前有多种方法可以采用,其中包括:① 软启动法:提前开机,逐步降温,去除室内空气中的水分,避免凝露;② 采用诱导送风口;③ 采用对二次回风的变风量风口;④ 直接送风,通过合理的气流组织计算,确保冷风不会中途下落。

自带空气过滤器的诱导风口如图 12.4-5 所示,低温空气进入诱导风口后,由于喷嘴的作用,在诱导风口内形成的负压使得室内空气被吸入到风口内,与低温空气混合,然后再送出,这样

就实现了低温送风系统送风温度等于常规空调系统的送风温度,不但避免了送风口凝露问题的发生,而且送风量的增加还可以解决送风气流中途下落,以及变风量时工作区气流速度过缓的问题。

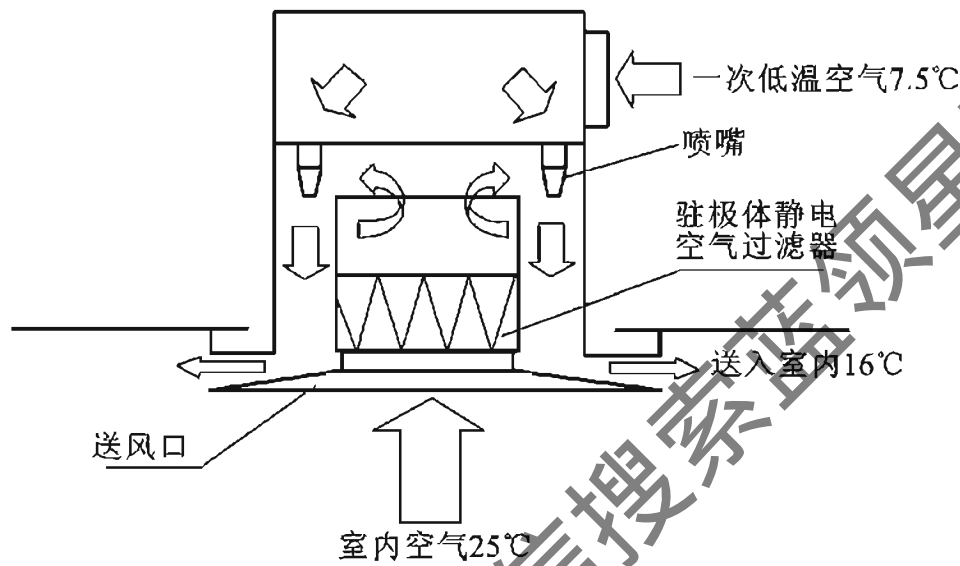


图 12.4-5 诱导送风口

第五节 蓄冰槽与片冰机的安装、调试

一、蓄冰槽的安装

1. 检查

应该检查蓄冰槽在运输过程中是否造成损坏。检查之后,在蓄冰槽内找到起吊耳的位置(图 12.5-1)。

2. 安装地点准备

根据当地的具体做法,蓄冰槽可锚接或放置在基座上,基座必须能够承受槽、片冰机以及槽内的水的重量。注意:放置蓄冰槽的基座必须找平,在片冰机落冰口的长度和宽度方向高差不超过 3 mm。

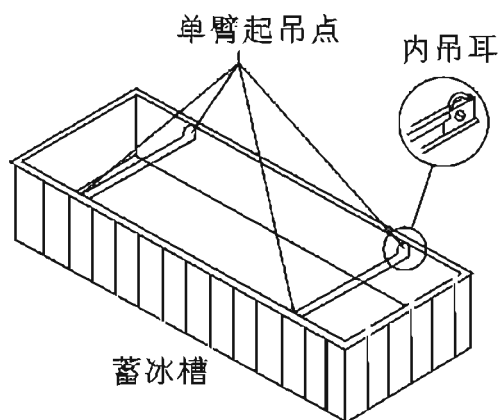


图 12.5-1 蓄冰槽起吊方法

3. 吊装方法

蓄冰槽必须按图 12.5-1 所示方法起吊,注意吊耳不能长时间处于起吊状态,吊装过程应按合适的方法进行。吊装承包者应当正确起吊,并承担所有安全责任。

4. 固定蓄冰槽和片冰机

图 12.5-2 给出了两种固定蓄冰槽和片冰机的方法。可根据工作地点的实际情况,决定采用哪一种固定方法。

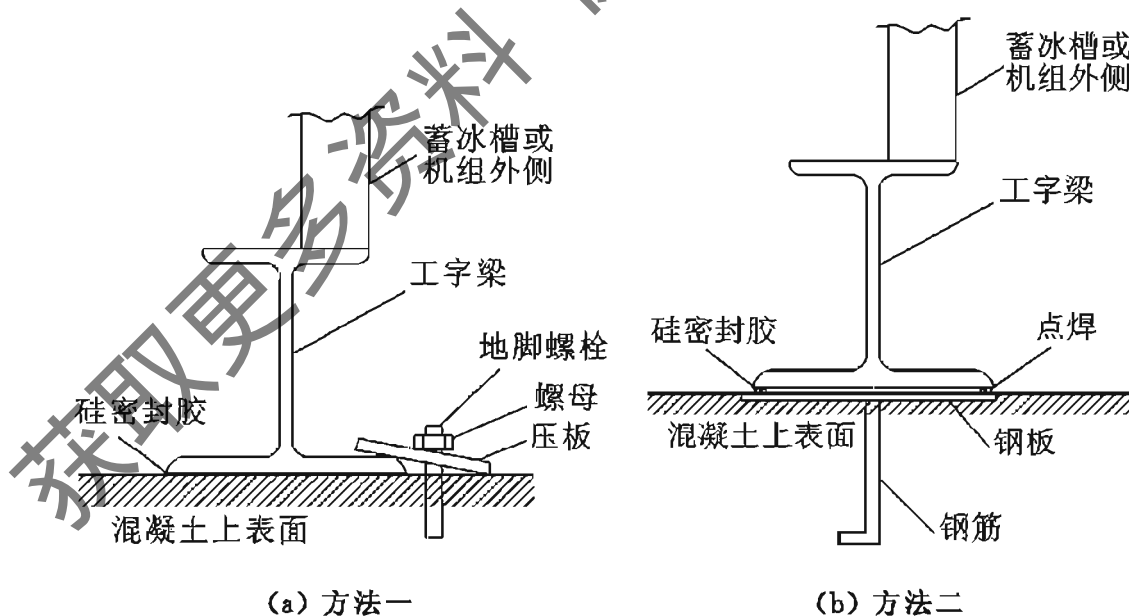


图 12.5-2 蓄冰槽和片冰机的固定方法

图 12.5-3 给出了加装减震垫以减小震动传至基础的做法。图 12.5-4 表示了机组工字梁低于蓄冰槽上表面的做法。40 mm 高的缘的作用是为了防止冷凝水和可能出现的漏水流回到蓄冰槽内。注意：① 应当考虑国家指明的地震区的规定和正确的建筑做法；② 如果要在机组工字梁框架的任何部位进行焊接，必须断开机组供电及可编程序控制器模块的电源线。断开电源及电源线是为了保证电流不会进入可编程序控制器模块。

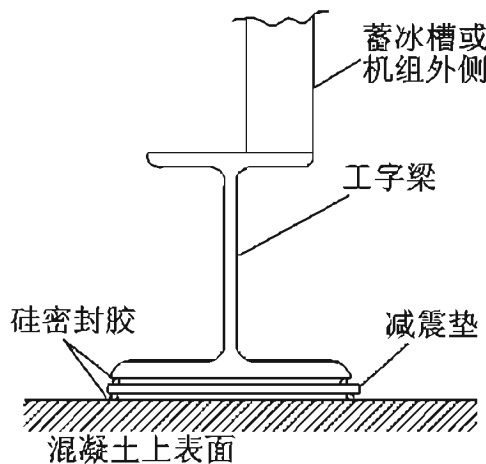


图 12.5-3 加减震垫

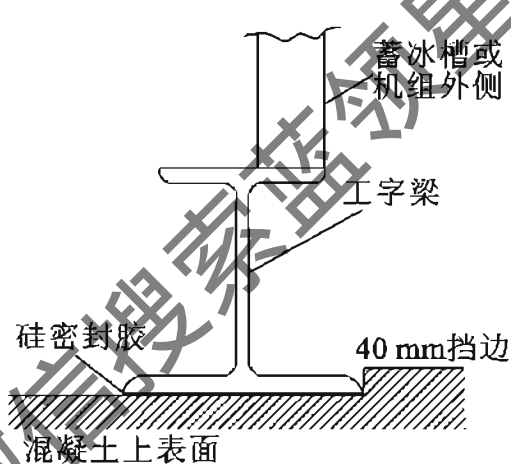


图 12.5-4 机组工字梁低于蓄冰槽上表面

5. 找平和灌水泥浆

当混凝土基础做好之后，可用以下两种方法中的一种为片冰机找平和灌浆。

(1) 如果蓄冰槽的上表面不平(也就是在片冰机落冰口的长度和宽度方向高差超过 3.2 mm)，可在机组底座与槽的上表面之间垫薄片，使片冰机落冰口的长度和宽度方向高差不超过 3.2 mm，然后在机组底座与槽的上表面之间灌水泥浆。注意：水泥浆必须完全充满机组底座与槽的上表面之间的空隙。

(2) 如果槽的上表面不平，即在片冰机落冰口的长度和宽度方向高差超过 3.2 mm，在片冰机安装到槽上之前，在槽的上表面浇筑一条水平垫边(图 12.5-6)。注意：水泥浆必须完全充满机组底座与槽上表面之间的空隙。

灌浆步骤:

浇湿混凝土的上表面,打毛、清扫干净,然后倒上水泥,压实,使水泥充满机组底座与槽的上表面之间的空隙。当水泥浆稍干后,将其抹平。水泥浆的建议配比是1份普通水泥加2~3份纯沙粒。使水泥浆在24~36 h硬化。注意:由于各地的情况及做法不同,此灌浆步骤只作为参考,灌浆步骤以当地的做法为准。

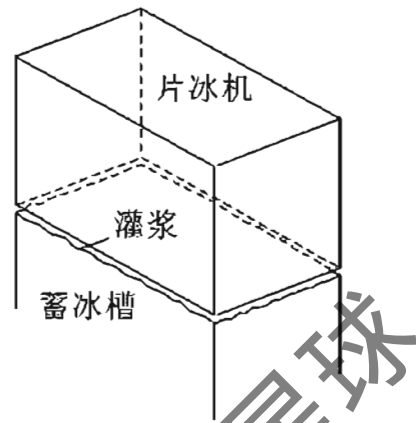


图 12.5-6 灌浆示意图

二、片冰机的安装

1. 检查

应认真检查片冰机设备是否有损坏,并应按照清单清点设备和部件。如果有损坏或缺少部件,应及时与制造厂家联系。确认所有螺栓和管件是否紧固。找到电气控制面板上的铭牌并记下必要的数字,以供今后参考。

2. 安装地点准备

蓄冰槽的上表面必须平整、干净,片冰机落冰口的长度和宽度方向高差不超过3 mm。在距离片冰机的15 m范围内应有水源,承包商需要提供可将水送到蓄冰槽充水点及蒸发板组的软管。水源用来给蓄冰槽初次充水及定期补水,在水源附近应设有地漏以便排除凝结水或溅出的水。

3. 起吊步骤

片冰机起吊时必须在机组底座宽度方向插入DN100的钢管,有可能需要更大管径的钢管,这取决于机组的重量。机组定位后,工字钢穿孔处的125 mm的套管应取出,并在套管开孔处点焊一块方形钢板,然后涂上密封胶,刷上油漆。

根据插入底座的钢管方向,可能需要使用横杆和保护块以保

护机组的外侧面板。在吊装时,有时还需要拆除某些外侧面板。

4. 安装

在机组安装到位之前,建议在蓄冰槽的边缘铺一层填料或密封化合物以防防水。根据当地的做法,机组可焊接或用螺栓固定到蓄冰槽上。

5. 安装制冷剂管

带储液器或低压储液器的蒸发器有一根将制冷剂送回到远处压缩机的干蒸气吸气管,一根在除冰周期时为蒸发器提供热气体的热气体管,和一根连至蒸发器的饱和或过冷液体管。

6. 压力测试

片冰机在出厂前一般都已进行过压力测试。机组应在工作现场重新检查是否由于运输过程造成泄漏。由于机组需在现场安装制冷剂管路,应在制冷剂管路安装完毕后对整个系统进行压力测试。

7. 系统抽真空

依据制冷系统的规范,应对制冷系统抽真空,去除系统内的空气和水蒸汽。自带制冷剂的机组在工厂已做过压力测试、抽真空、充注制冷剂并安装了干燥过滤器芯子。对于需要现场安装制冷剂管路的机组在工厂也做了压力测试和抽真空,但它们只是充注了维持正压的制冷剂,干燥器芯子作为散件运输,需在现场安装。现场制冷剂管路安装完后,机组必须检测压力、抽真空、充注制冷剂,使机组内压力达到 34.45 kPa。

8. 充注冷冻油和制冷剂

需现场安装制冷剂管路的机组,应按产品说明书或产品技术手册中规定的型号和数量充注冷冻油和制冷剂。

9. 电气连接

按产品说明书或产品技术手册中所附接线图进行接线。电气连接不仅要符合产品说明书或产品技术手册中规定,而且还要符

合现行的标准或规范。

三、机组的调试

(一) 检查安装工程质量

(1) 机组必须安装水平,蒸发器组件的长度和宽度方向高差不超过 3.2 mm(根据需要垫薄片和灌浆)。

(2) 机组的底座必须受力均匀。

(3) 除片冰机的落冰口外,蓄冰槽的上部表面必须延展到整个片冰机的底部。

(4) 机组的基座必须用密封垫或填充料完全密封,以防止水从基座渗漏到片冰机外面。

(5) 机组四周应至少留有 1 200 mm 空间,还必须留有压缩机和冷凝器的维修空间。不要挡住设备检修门。机组上方不应敷设或支撑任何管路。

(6) 机组需要进行隔震和隔声处理,因为此机组内有旋转设备,震动可能会通过机组传递到建筑结构,所有连接到机组的管路都必须进行隔震处理。Avalanche 片冰机需要安装弹簧减震器以防止震动传到相邻建筑结构。在地震区,机组的使用可能受到限制。

(二) 水系统

(1) 所有的管路必须全部正确安装到位。

(2) Paul Mueller 公司建议在机组进水管上安装过滤器,以避免经常清理片冰机组的水盘。过滤器应安装不允许 0.25 mm 粒子通过的初调试过滤网。正常工作过滤网应不允许大于 16 mm 粒子通过。

水管在连接到片冰机之前必须充分冲洗并排干水。清洗时应使用环保清洗液,以不小于 3 m/s 的水流速度连续冲洗 6 h。之后水管需用清水冲洗以排除残液。清洗管路系统时不应让水通过片

冰机。所有暴露在外面的水管必须保温。

应使用被认可的清洗液清洗蓄冰槽,然后用清水漂洗以去除残液。

蓄冰槽充水高度为蓄冰槽高度的 60%。充注的清水应经水处理专家的检测并做正确地处理以防止氧化、结垢及藻类、菌类的繁殖。槽内的水应由水处理专家定期检测。

(3) 应清洁和冲洗水冷式冷凝器的水管以去除渣滓。冷却水应正确处理。片冰机的冷却水供水管上应设置规格合理的过滤器。冷凝器、冷却水管、冷却水泵和冷却塔应作适当保护以防冻坏。

(三) 电气

(1) 应根据标准规范安装电缆和接地。片冰机的所有配线应为铜芯线,不应使用铝芯线。

(2) 在机组运行之前应安装以下控制互锁部件:

冷水流量 确认所需的冷水流量已建立,这可以通过:在水泵启动回路与片冰机启动回路之间串联一干式继电器;或在水管上安装水流开关;或在水泵进出口安装压差开关。

冷却水流量 确认所需的冷却水流量已建立,在水泵启动回路与片冰机启动回路之间串联一干式继电器;或在冷却水泵进出口安装压差开关,但不应在水管上安装水流开关。

(四) 机组的抽真空和充注制冷剂

分体冷凝器的制冷系统在运输时已经充注了维持正压的制冷剂。安装签约商应根据制造厂家提供的制冷剂管路图提供并安装片冰机与冷凝器之间连接管路和维修阀。所有的制冷剂管道都必须是 L 型或 K 型硬铜管或管壁厚度系列号为 40 的无缝钢管。所有的管子在安装之前应做彻底的清洁处理。在采用焊接或铜焊时应用惰性气体清洗管子。

(1) 安装签约商应根据规定的程序对现场安装的外部管子进

行抽真空和检漏。制冷系统的高、低压侧应在不低于设计压力下或低于低压侧安全阀设定压力 103 kPa 情况下检测是否密封。设计压力和安全阀设定压力值可在设备铭牌上、产品说明书或产品技术手册中查到。

(2) 安装签约商至少应在调试启动之前 24 h 对整个系统进行抽真空。

(3) 安装签约商需提供连接片冰机与制冷剂储液罐之间的充液管。安装签约商还需提供足够的制冷剂用来为系统充注制冷剂。只有得到制造厂家认可的调试人员才能给片冰机充注制冷剂。制冷剂的充注量应符合产品说明书或产品技术手册中的规定。

(五) 其他注意事项

(1) 水冷式冷凝器可能配有水量调节阀,它作为散件运输供现场安装。需根据提供的说明资料为此阀门敷设电源线和配管。

(2) 如果安装了水冷式油冷却器,安装签约商必须为油冷却器提供冷却水,水温度不高于 29℃,流量等于设备铭牌所标示的流量(螺杆式压缩机及开利 5H46、5H66、5H86、5H126 型压缩机配有水冷式油冷却器)。安装签约商应注意供水管保温以防冻坏。

(六) 开机前的协调和检查

当制造厂家授权的开机人员抵达现场后,将召开开机协调会议,并将检查开机现场。与安装有关的人员都需要抵达现场,这些人应包括:总包方、机械设备销售商、水泵销售商、控制设备销售商、电气承包方、蓄冰槽承包方,以及业主代表。在全面满足产品制造厂家的规定和安全要求之前不得开机。在开机过程中,要求安装人员可以解决安装过程中所发生的所有问题。

第十三章 热 泵

第一节 热泵的工作原理及分类

一、热泵的工作原理

制冷机工作时,从低温处吸热,又向高温处放热,换言之,制冷机可用于制冷,也可用来供热,或者制冷供热同时进行。用制冷机来供热实质上是以消耗一部分功作补偿条件,把热量由低温处转移到高温处。由于它的工作像水泵把水从低水位处输送到高水位处一样,所以人们称用作供热的制冷机为热泵。热泵循环也就是制冷循环,但两者的工作温度区间不同,如图 13.1-1 所示。制冷循环在环境温度 T_2 和被冷却物体温度 T_0 之间工作,而热泵循环在被加热物体温度 T_1 和环境温度 T_2 之间工作。在制冷循环中,

我们用制冷系数 ϵ 来衡量制冷循环的性能优劣;而在热泵循环中,则用供热系数 ϵ_h 来衡量热泵循环的性能优劣。供热系数定义为热泵的制热量与耗功量之比,即

$$\epsilon_h = \frac{Q_1}{W} = \frac{Q_2 + W}{W} = \epsilon + 1 \quad (13-1)$$

式中 Q_1 ——热泵的制热量(kW);

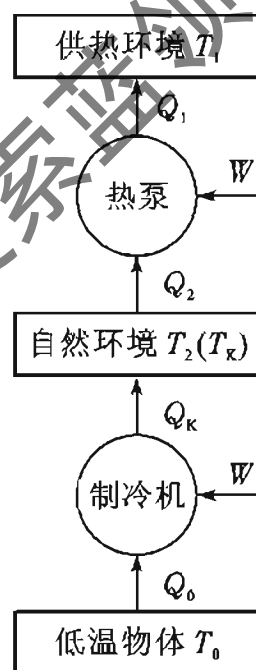


图 13.1-1 热泵和制冷机的工作温度范围

Q_2 ——热泵从环境中吸收的热量(kW)；

W ——热泵的耗功量(kW)。

由式(13-1)可以看出,热泵的供热系数恒大于1。因此,以电能驱动的热泵供热比直接用电能供热要节省能源。热泵工作时,只需消耗少量的高品位能量(如电能、机械能等),便可以从低温热源中取得较消耗的高品位能量多几倍的热量,并将其转移到相对温度较高的环境中加以利用。它不仅用于空气调节,而且在许多工业生产中也有广泛的应用。

二、热泵的分类

热泵的种类较多,表 13.1-1 为按不同方法分类所列热泵的各种类型。

表 13.1-1 热泵的分类

分类方法	种 类	系 统 特 点
按工作原理 分类	蒸汽压缩式热泵	由压缩机、冷凝器、节流装置、蒸发器等设备组成
	气体压缩式热泵	由压缩机、冷却器、膨胀装置等设备组成
	蒸汽喷射式热泵	由喷射器、冷凝器、节流装置、蒸发器等设备组成
	吸收式热泵	由吸收器、发生器、冷凝器、节流装置、蒸发器、溶液泵、溶液热交换器等设备组成
	吸附式热泵	由吸附床(吸附器/发生器)、冷凝器、蒸发器、阀门、储液器等设备组成
	热电式热泵	由热电堆、直流电源、热交换器等组成

(续表)

分类方法	种 类	系 统 特 点
按热源分类	空气源热泵	以空气为低温热源,通过热泵机组将热量传到高温处
	水源热泵	以工业废水、冷却水、城市自来水、地表水、地下水为低温热源,通过热泵机组将热量传到高温处
	地源热泵	以岩土体、地下水或地表水为低温热源,通过地热能交换系统和水源热泵机组将热量传到高温处
	太阳能热泵	以太阳能为热源,通过太阳能集热器和热泵机组将热量传到高温处
按供热温度分类	低温热泵	供热温度 $<100^{\circ}\text{C}$
	高温热泵	供热温度 $>100^{\circ}\text{C}$
按驱动方式分类	电动机驱动型热泵	以电能为动力
	热驱动(热能驱动和发动机驱动)型热泵	主要以热能为动力
按热源与供热的热交换介质分类	空气-空气热泵	以空气作为热源,供热的热交换介质亦为空气
	空气-水热泵	以空气作为热源,水为供热的热交换介质
	水-水热泵	以水作为热源,供热的热交换介质亦为水
	水-空气热泵	以水作为热源,空气为供热的热交换介质
	土壤-空气热泵	以岩土体作为热源,空气为供热的热交换介质
	土壤-水热泵	以岩土体作为热源,水为供热的热交换介质

第二节 空气源热泵

空气源热泵以室外空气为低温热源,它有两种形式:空气-空气式热泵和空气-水式热泵。

一、空气-空气式热泵

这种形式的热泵是最常见的一类,它的高温侧和低温侧换热器(即冷凝器和蒸发器)均为空气/制冷剂换热器,一般均为铜管铝翅片式,制冷和制热的转换是通过四通换向阀来切换的。热泵型房间空调器和风冷式热泵型单元空调机均属于这一类型。

二、空气-水式热泵

这种热泵的空气侧换热器为铜管铝翅式换热器,水侧换热器为壳管式换热器。风冷式热泵型冷热水机组是最常见的形式,如图 13.2-1 所示。冬季按制热循环运行,提供热水作为空调供暖;夏季按制冷循环运行,提供冷水作为非独立式空调机组的冷源。该类型机组通过四通换向阀来改变制冷剂的流向而实现制冷与制热的切换。

热泵型冷水机组有整体式和组合式两类。整体式热泵型冷水机组由一台或多台压缩机为主机,但只有一台水侧换热器。组合式热泵型冷水机组由多个独立回路的单元机组组成,每个单元机组有一台压缩机、一台空气侧换热器和水侧换热器,用水管将若干个单元组合起来就成为一台独立机组。

三、空气源热泵的特点

- (1) 空气作为热源,可以随时随地无偿利用。
- (2) 适宜在工厂进行批量生产,现场安装比较简单方便。

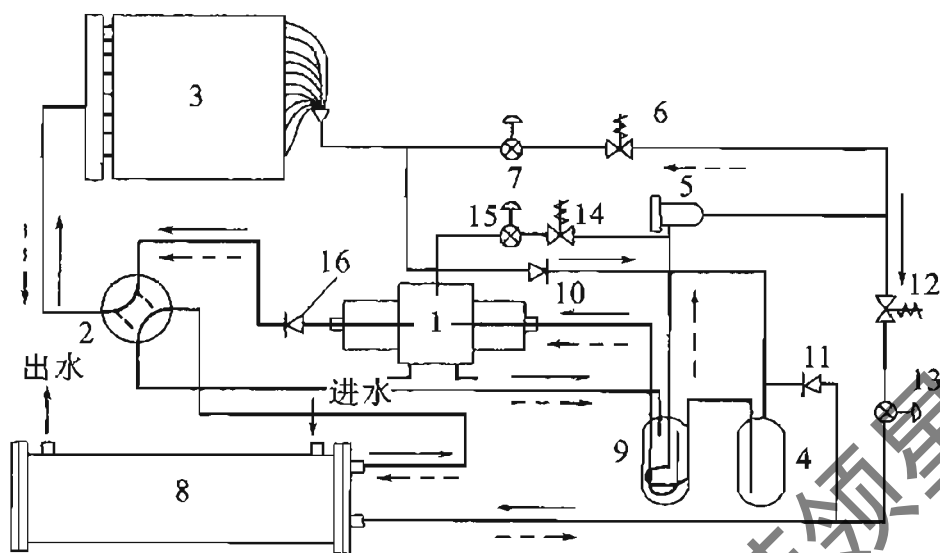


图 13.2-1 空气源热泵冷热水机组系统组成图

- 1—压缩机 2—四通换向阀 3—空气侧换热器 4—储液器 5—干燥过滤器
6、12、14—电磁阀 7—制热膨胀阀 8—水侧换热器 9—气液分离器
10、11、16—止回阀 13—制冷膨胀阀 15—膨胀阀

(3) 空气的参数随地域、季节和时间均有很大变化,当环境温度在 -5°C 以下时,热泵的制热效率已很差,供热不足,往往需要其他供热设备(如电加热器、锅炉等)补充供热。

(4) 因空气的质量热容小,空气侧换热器所需换热面积和风量较大,使热泵的体积增大,并造成一定的噪声。

(5) 空气中含有水蒸气,热泵工作时,在其空气侧换热器的表面往往会产生凝露或结霜(低温时)现象。出现微量凝露时,可提高换热效果,但空气流动阻力有所增加。出现结霜时,会降低换热效果,并增大空气流动阻力,霜层较厚时必须除霜。除霜时,热泵不仅不能供热,还要消耗能量,使热泵的供热效率降低。

第三节 水源热泵机组

水源热泵是一种利用地表水、地下水或工业废水、生活废水等为低温热源,可进行制热也可进行制冷的一种装置。它有水-空气

式和水-水式两种形式。水源热泵机组常用于地源热泵系统和水环热泵系统,起到高效、节能、环保的经济效益和社会效益。

一、水-空气式热泵机组

水-空气式热泵机组由空气侧换热器、水侧换热器、风机、压缩机、空气过滤器和保护装置等组成,通常称为水源热泵空调机。图 13.3-1 为水源热泵空调机的结构及工作原理示意图。水源热泵空调机产品的形式有吊顶式、立柜式、屋顶式和立柱式等。水源热泵空调机既可用于分散式空调系统中,也可用于半集中式空调系统而构成水环热泵空调系统或地源热泵空调系统。

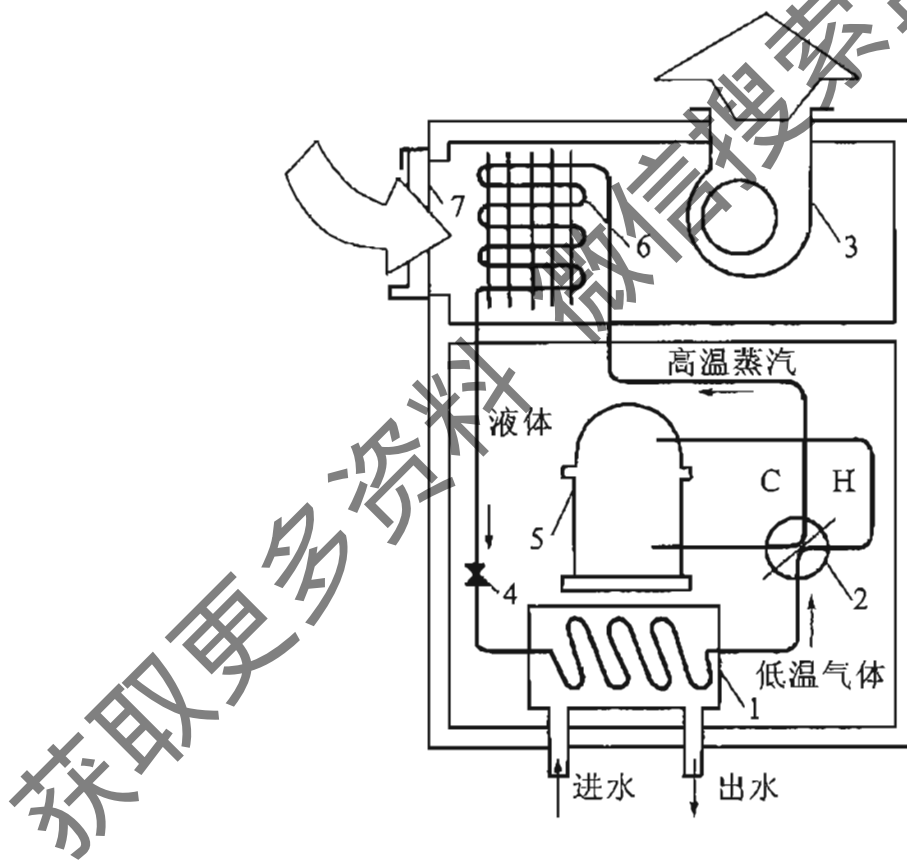


图 13.3-1 整体式水源热泵空调机组

- 1—水侧换热器 2—四通换向阀 3—风机
4—膨胀阀 5—压缩机 6—空气侧换热器 7—过滤器

二、水-水式热泵机组

水-水式热泵机组由制冷压缩机、两个水-制冷剂换热器(一个为蒸发器,一个为冷凝器)、膨胀阀及干燥过滤器、储液器等辅助设备组成。水-水式水源热泵机组主要用作为地源热泵系统和水环热泵系统中。

第四节 地源热泵系统

地源热泵系统是以岩土体、地下水或地表水为低温热源,由水源热泵机组、地热能交换系统、建筑物内系统组成的供热空调系统。根据地热能交换系统形式的不同,地源热泵系统分为地埋管地源热泵系统、地表水地源热泵系统和地下水地源热泵系统。

一、地埋管地源热泵系统

(一) 地埋管地源热泵系统的工作原理

地埋管地源热泵系统主要包括地埋管换热器和水源热泵机组。如图 13.4-1 所示,在夏季供冷时,电动三通阀 AB-B 接通,冷冻水吸收空调区域的热量,进入板式换热器 5,冷却降温后重新进入空调区域,制冷剂在板式换热器 5 中吸收热量后经压缩机 1 提升,在板式换热器 2 中放出并由冷却水导入土壤。在冬季供热时,电动三通阀 AB-A 接通,水源热泵机组从土壤中吸收热量,制出供暖热水送入空调区域。该系统还可提供生活用热水,机组运行时,从压缩机 1 出来的高温高压蒸汽首先在板式换热器 6 中冷凝,加热循环水为用户提供生活热水。

(二) 地埋管的形式及管材

地源热泵系统的地埋管换热器是供传热介质与岩土体换热用的,由埋于地下的密闭循环管组构成的,又称为土壤热交换器。根

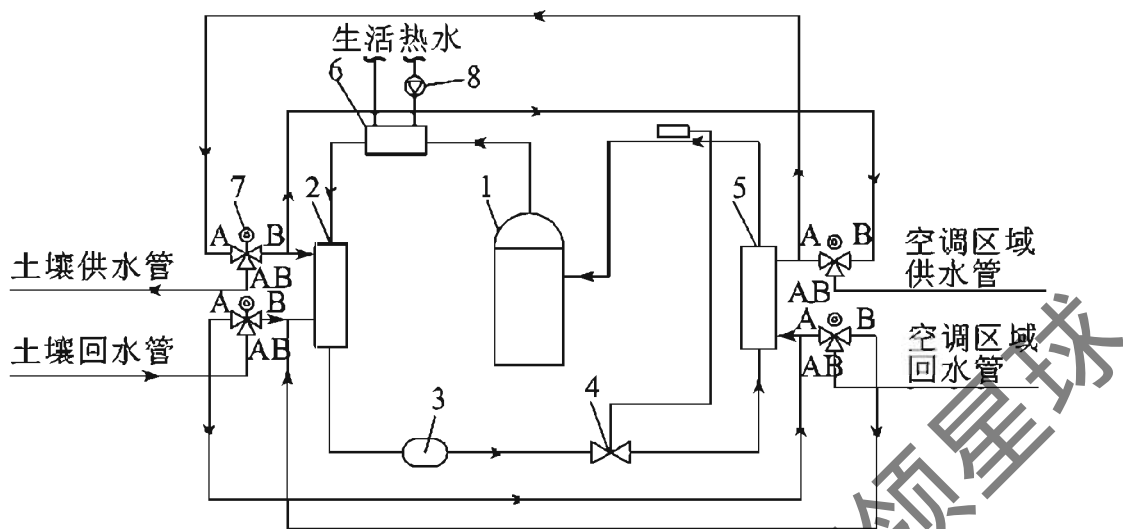


图 13.4-1 地埋管地源热泵系统原理图

1—压缩机 2、6—板式换热器(冷凝器) 3—干燥过滤器

4—膨胀阀 5—板式换热器(蒸发器) 7—电动三通阀 8—热水循环泵

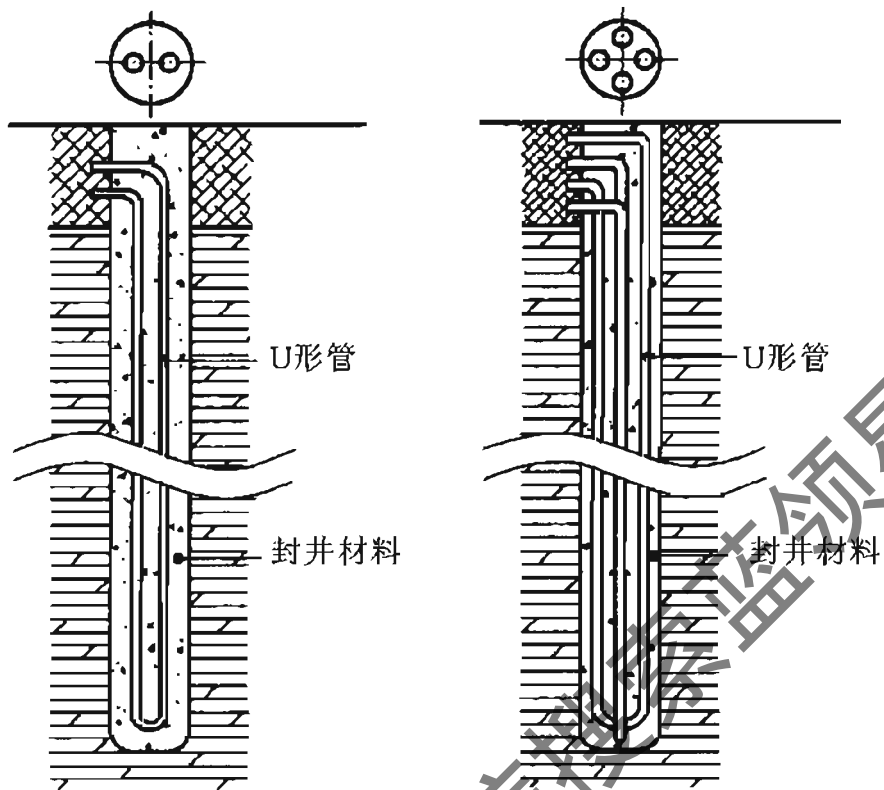
据管路埋置方式不同,分为竖直地埋管换热器和水平地埋管换热器。竖直地埋管有单管和双管之分(图 13.4-2),按管中载冷剂流程又可分为串联和并联两种形式(图 13.4-3)。水平埋管也分为单管和双管两种形式(图 13.4-4)。

(三) 地埋管换热器的管材及管径

目前最常用的管道材料是交联聚乙烯(PEX 管)、聚丁烯管(四管)、聚丙烯(PP-R 管)和铝塑复合管(PE)等管材,几种国产复合塑料管性能见表 13.4-1。PVC 管不推荐用于地下热交换器埋地部分。

表 13.4-1 复合塑料管的性能

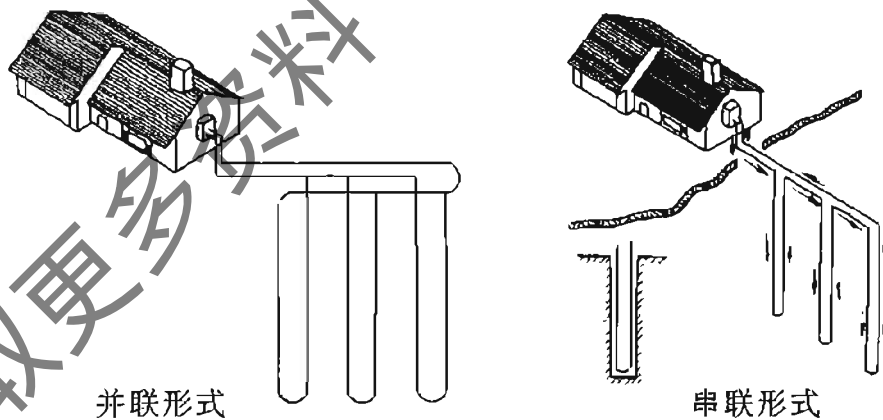
管材名称	PP-R	PEX(民用冷水管)	PE
密度/(g/m ³)	0.9	0.936	—
热膨胀系数/(1/K)	1.8×10^{-4}	—	25×10^{-4}
热导率/(W/m·K)	0.24	0.35	0.45
使用温度/℃	<95	-70~75	-40~95
工作压力/MPa	1.0	1.0	1.0



单 U 形埋管

双 U 形埋管

图 13.4-2 竖直 U 形地埋管换热器示意图



并联形式

串联形式

图 13.4-3 竖直埋管的流程形式

选择管径时必须满足的两个原则：

(1) 管道要大到足够保持最小输送功率。

(2) 管道要小到足够使管道内保持紊流以保证循环液体和管内壁之间的传热。

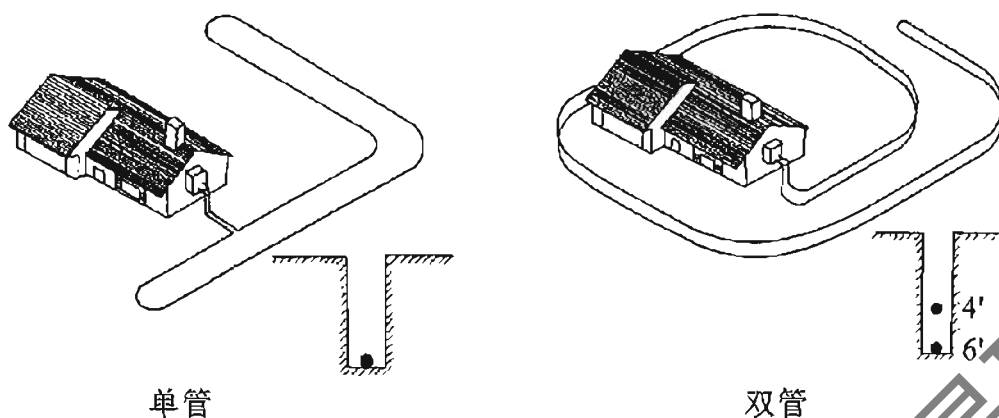


图 13.4-4 水平埋管的形式

选择管道直径和管材时还应综合考虑流体流动阻力和热特性,这样选择管道尺寸和管道材料才能得到较好的经济性。地埋管换热器主要由 $DN20$ 、 $DN25$ 、 $DN32$ 、 $DN40$ 等直径的管件制造。

(四) 地埋管换热器的安装

水平地埋管换热器在安装时可不设坡度。最上层埋管顶部应在冻土层以下 0.4 m ,且距地面不宜小于 0.8 m 。

竖直地埋管换热器埋管深度宜大于 20 m ,钻孔孔径不宜小于 0.11 m ,钻孔间距应满足换热需要,间距宜为 $3\sim6\text{ m}$ 。水平连接管的深度应在冻土层以下 0.6 m ,且距地面不宜小于 1.5 m 。

地埋管应采用化学稳定性好、耐腐蚀、导热系数大、流动阻力小的塑料管材及管件,宜采用聚乙烯管(PE80 或 PE100)或聚丁烯管(PB),不宜采用聚氯乙烯(PVC)管。管件与管材应为相同材料。地埋管质量应符合国家现行标准中的各项规定。管材的公称压力及使用温度应满足设计要求,且管材的公称压力不应小于 1.0 MPa 。

1. 地埋管换热系统安装前的准备工作

(1) 地埋管换热系统施工前应了解埋管场地内已有地下管线、其他地下结构物的功能及其准确位置,并应进行地面清理。

(2) 地埋管换热系统施工过程中,应严格检查并做好管材保护工作。进入现场的地埋管及管件应逐件进行外观检查,宜采用刚制

造出的管材,地埋管运抵工地后,应用空气试压进行检漏试验。

2. 管道连接

(1) 按设计要求的尺寸,用热熔或电熔的方法连接地埋管组。

(2) 地埋管换热器的 U 形弯管接头,宜选用定形的 U 形弯头成品件,尤其是对竖直地埋管换热器。

(3) 对管道进行冲洗。

(4) 及时对管组开口端部进行密封。

3. 地埋管换热器的安装

(1) 水平地埋管换热器安装

① 按设计要求的位置、水平尺寸及深度,开挖沟槽。

② 在沟槽底部铺设相当于管径厚度的细砂。

③ 对准备埋入沟槽的水平地埋管换热器做第一次水压试验。在试验压力下,稳压至少 15 min,稳压后压力降不应大于 3%,且无泄漏现象。

④ 将水平地埋管换热器放入沟槽内,与环路集管连接,并进行固定。

⑤ 进行第二次水压试验。在试验压力下,稳压至少 30 min,稳压后压力降不应大于 3%,且无泄漏现象。

⑥ 将环路集管与机房分集水器进行连接。

⑦ 进行第三次水压试验。在试验压力下,稳压至少 2 h,且无泄漏现象。

⑧ 回填压实。水平地埋管换热器回填料应细小、松散、均匀、且不应含石块及土块。回填压实过程应均匀,回填料应与管道接触紧密。

⑨ 进行冲洗、排气。然后进行第四次水压试验。在试验压力下,稳压至少 12 h,稳压后压力降不应大于 3%。

(2) 竖直地埋管换热器安装

① 按设计要求位置、深度和孔径钻孔。注意钻孔施工应由具

有资质的单位进行。

② 对准备插入钻孔的竖直地埋管换热器做第一次水压试验。在试验压力下,稳压至少 15 min,稳压后压力降不应大于 3%,且无泄漏现象。

③ 将 U 形管充满水并密封后,在有压状态下插入钻孔,并立即进行灌浆,灌浆回填料宜采用膨润土和细砂(或水泥)的混合浆或专用灌浆材料。完成灌浆之后保压 1h。

④ 连接水平接管及环路集管。

⑤ 进行第二次水压试验。在试验压力下,稳压至少 30 min,稳压后压力降不应大于 3%,且无泄漏现象。

⑥ 将环路集管与机房分集水器进行连接。

⑦ 进行第三次水压试验。在试验压力下,稳压至少 2 h,且无泄漏现象。

⑧ 进行冲洗、排气。

⑨ 进行第四次水压试验。在试验压力下,稳压至少 12 h,稳压后压力降不应大于 3%。

4. 安装中的注意事项

(1) 当室外环境温度低于 0℃ 时,不宜进行地埋管换热器的施工。

(2) 水压试验压力:当工作压力小于等于 1.0 MPa 时,应为工作压力的 1.5 倍,且不应小于 0.6 MPa;当工作压力大于 1.0 MPa 时,应为工作压力加 0.5 MPa。

(3) 水压试验宜采用手动泵缓慢升压,升压过程中应随时观察、检查,不得有渗漏;不得以气压试验代替水压试验。

(4) 安装过程中,应防止石块等重物撞击管身。

(5) 竖直地埋管换热器 U 形管安装应在钻孔钻好且孔壁固化后立即进行。竖直地埋管换热器 U 形管安装完毕后,应立即灌浆回填封孔。

二、地表水热泵系统

地表水热泵系统主要包括地表水换热器(水下盘管)和水源热泵机组。地表水换热器一般采用高密度聚乙烯管,每个盘管作为一个环路,然后再连到供、回水集管,如图 13.4-5 所示。

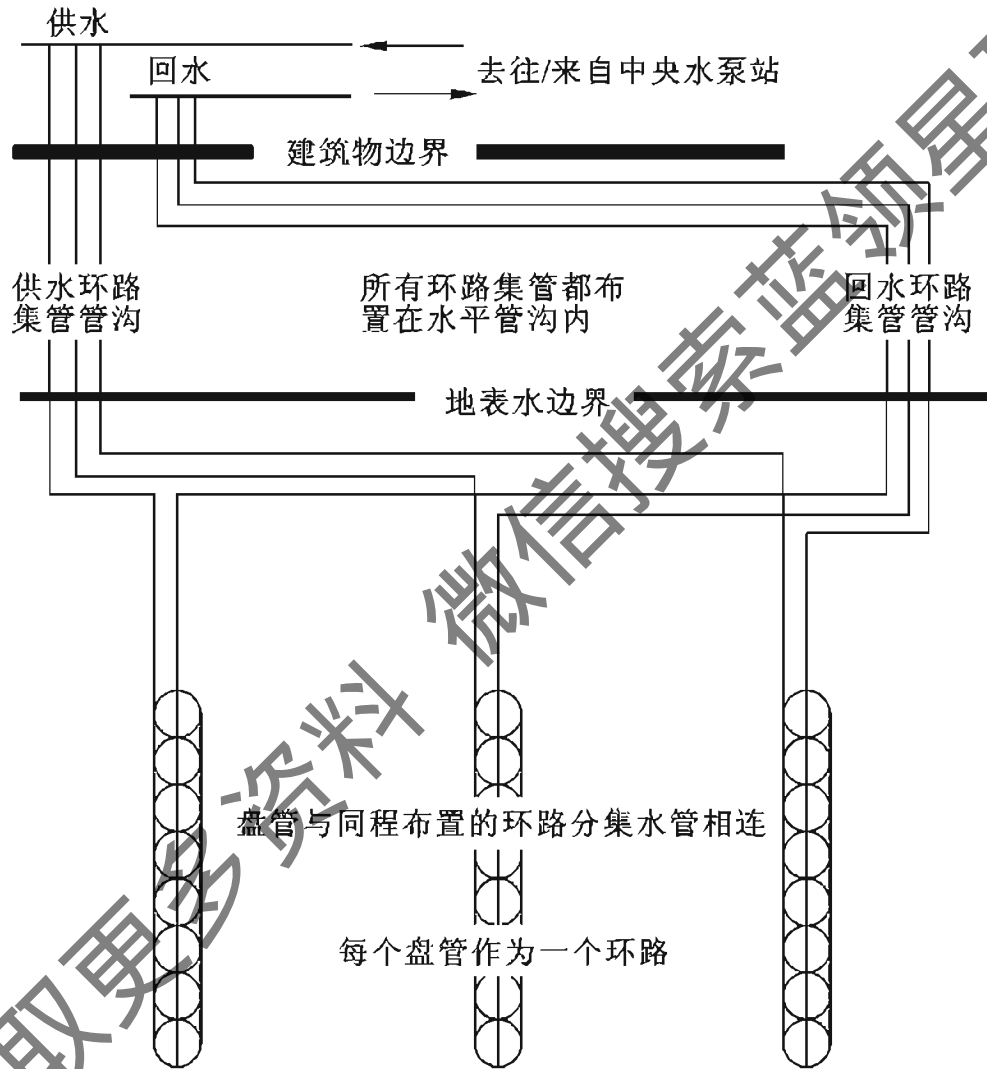


图 13.4-5 地表水换热器连接示意图

地表水换热器流程布置原则如下:

- (1) 供、回水集管管沟之间相互平行的总集管环路应相等,如图 13.4-5 所示。
- (2) 供回水环路集管的管沟应分开。

(3) 按图 13.4-5 所示布置盘管, 这种最常用的布置方式节省空间。

(4) 热交换器盘管应放在水泵的出口一侧, 保证空气分离器阻止空气进入地表水热交换器。

三、地下水热泵系统

地下水热泵系统由水源热泵机组、生产井、回灌井、沉井泵等组成。图 13.4-6 为某地下水热泵冷热水机组原理图, 该系统通过水阀来实现水的换向, 达到供热和供冷的目的。因此, 无论是制冷工况, 还是制热工况, 制冷剂的流向是不变的。

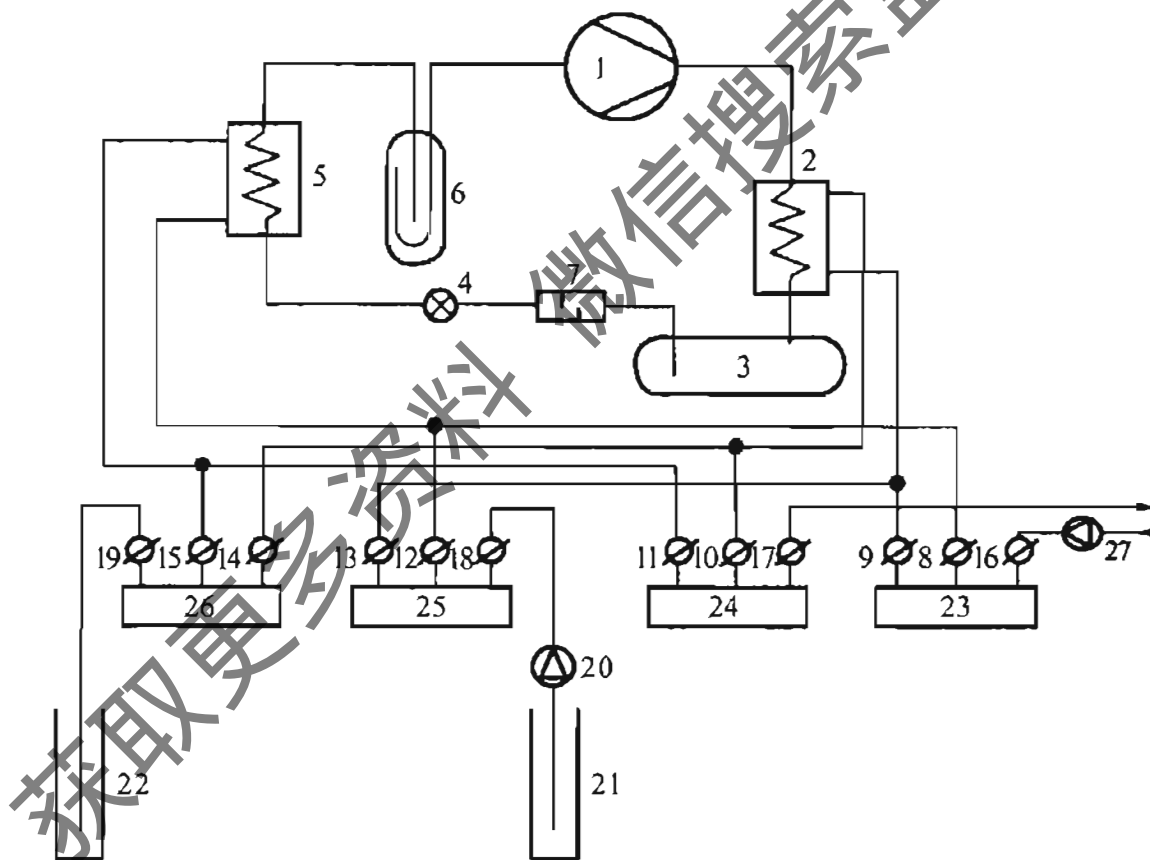


图 13.4-6 地下水源热泵冷热水机组原理图

- 1—压缩机 2—冷凝器 3—储液器 4—节流装置 5—蒸发器
 6—液体分离器 7—过滤器 8~19—阀门 20—深井泵
 21—生产井 22—回灌井 23~26—联箱 27—用户循环水泵

冬季制热时,阀门 16、9、10、17、18、12、15、19 开启,阀门 8、11、13、14 关闭。

用户热水的流程:用户回水→循环泵 27→联箱 23→阀门 9→冷凝器 2→阀门 10→联箱 24→阀门 17→供给用户。

井水的流程:生产井 21→深井泵 20→联箱 25→阀门 12→蒸发器 5→阀门 15→联箱 26→回灌井 22。

夏季制冷时,阀门 16、8、11、17、18、13、14、19 开启,阀门 9、10、12、15 关闭。

用户热水的流程:用户回水→循环泵 27→联箱 23→阀门 8→蒸发器 5→阀门 11→联箱 24→阀门 17→供给用户。

井水的流程:生产井 21→深井泵 20→联箱 25→阀门 13→冷凝器 2→阀门 14→联箱 26→回灌井 22。

根据地下水热泵系统与建筑物内循环水系统的关系,可以分为开式环路地下水系统和闭式环路地下水系统。开式环路地下水系统将地下水直接供给水源热泵机组;闭式环路地下水系统使用板式换热器把建筑物内循环水系统和地下水系统分开,地下水由配备深水泵的水井或井群供给。一般家用或商用系统多数采用间接供水,以保证系统设备和管路不受到地下水矿物质及泥沙的影响,降低系统维护费用。

第五节 水环热泵系统

一、水环热泵空调系统的组成

水环热泵空调系统是由许多并联式水源热泵空调机加上双管封闭式环流管路组成,以回收建筑物内部余热为主要特点的热泵供暖、供冷的空调系统。如图 13.5-1 所示,系统中的主要设备有:水源热泵空调机,循环水泵,各式换热器或锅炉构成的加热设备

(或辅助加热设备), 膨胀水箱, 空气分离器, 冷却塔配上水-水换热器(或用封闭式冷却塔)等。

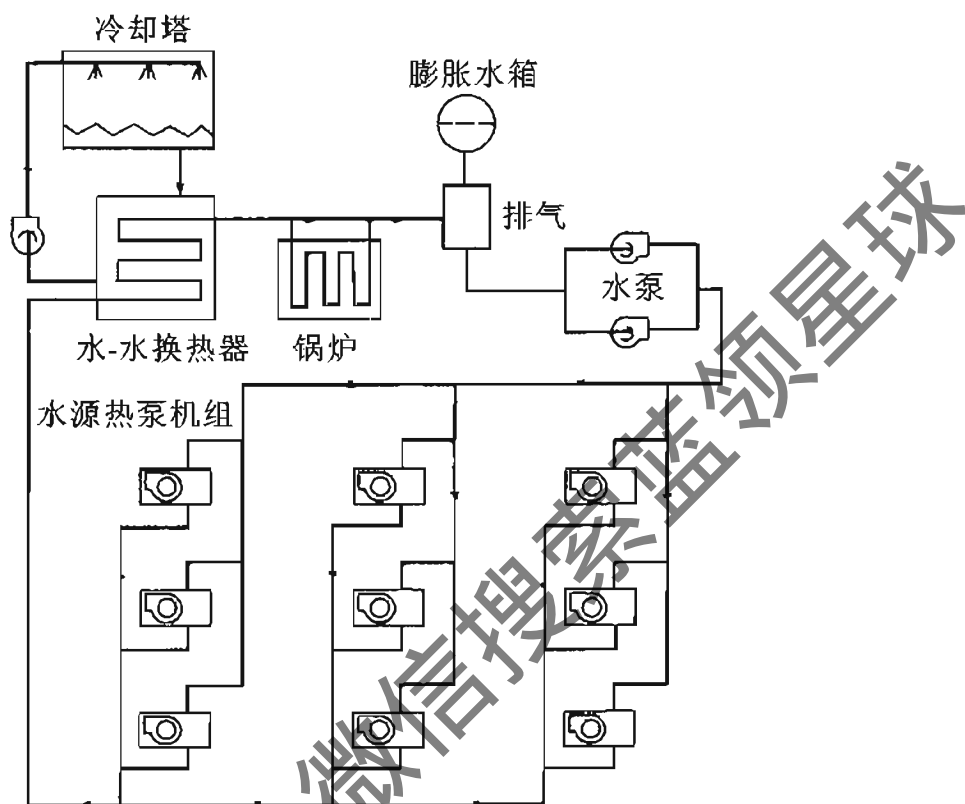


图 13.5-1 水环热泵空调系统

水源热泵空调系统在不同的季节按不同的工况运行。在夏季制冷时使用冷却设备, 在冬季制热时使用加热设备(或辅助加热设备), 在空调内区需制冷而空调外区需制热时, 可利用内区制冷时放出的热量供给外区制热用(不足时可启用加热设备辅助加热)。

当建筑物内区的余热量较小或较大时, 使用水环热泵系统的节能效果不明显, 只有当机组制冷运行的机组排出的热量与制热运行的机组的吸热量相近时, 才能得到明显的节能效果。当环境温度较低时, 往往是内区的余热量不够, 这时如果配合采用太阳能, 则会取得明显节能效果。图 13.5-2 为太阳能水环热泵空调系统的原理图。由图可知, 它由 3 个系统组成, 即太阳能集热系统、水环热泵空调系统、热水供应系统。该系统将建筑物的消防水池

作为蓄热水池,以解决太阳能的间歇性和不稳定性。当环路水温高于 35°C 时,水环热泵空调系统中的阀门①、②、③关闭,而阀门④、⑤开启,使水环热泵空调系统同消防水池断开,冷却塔投入运行。太阳能作为热水供应的热源。当环路水温保持在 $15\sim 35^{\circ}\text{C}$ 之间时,阀门①、②、④关闭,而阀门③、⑤开启,冷却塔停止运行,收集的太阳能加热生活用水。当环路水温低于 15°C 时,阀门④、⑤关闭,而阀门①、②、③开启,使环路直接与消防池水连通,太阳能水环热泵空调系统吸取太阳能。如仍有多余的太阳能时,可继续加热生活热水。

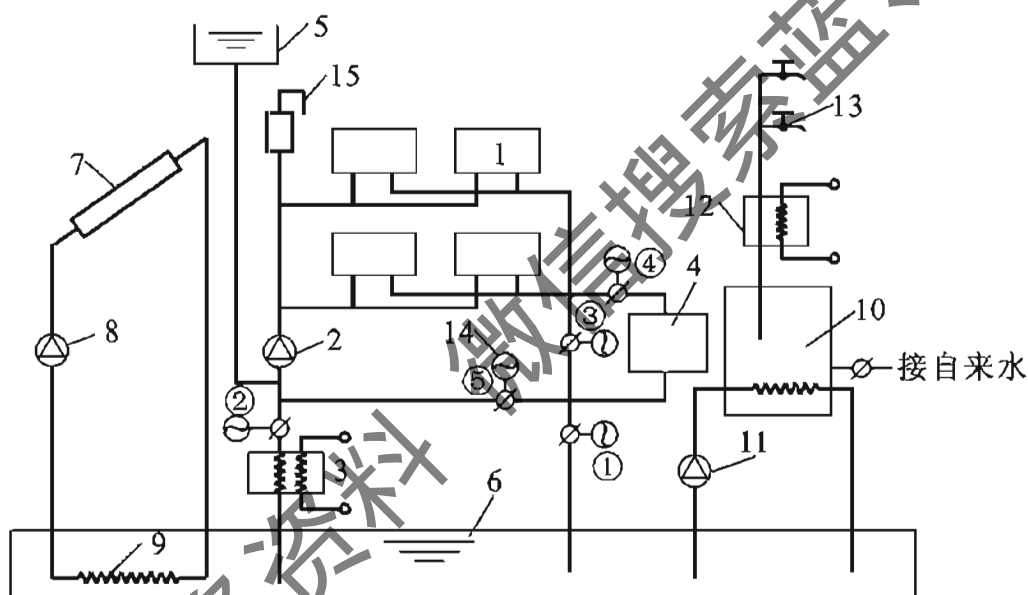


图 13.5-2 太阳能水环热泵空调系统原理图

- 1—水-空气水源热泵机组 2、8、11—循环水泵 3—辅助热源(如电锅炉)
 4—闭式冷却塔 5—膨胀水箱 6—蓄热水池(消防水池) 7—太阳能集热器
 9—水-水换热器 10—容积式加热器 12—辅助加热器 13—热水供应
 14—电动调节阀 15—排气装置

二、水环热泵系统的特点

- (1) 回收建筑物内余热,具有高效的节能功能。
- (2) 便于分户计量和计费,便于安装、管理。

- (3) 避免或减轻传统采暖系统对环境产生严重的污染。
- (4) 省掉或减少常规空调系统的冷热源设备和机房等。

三、水环热泵系统运行管理中的注意事项

- (1) 主循环泵和备用泵应交替运行。
- (2) 水环路发生故障时,停止所有的水/空气热泵机组的运行。
- (3) 水泵停止时,任何热泵机组不得启动。

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

第十四章 汽车空调

第一节 汽车空调的分类

一、汽车空调概述

汽车空调系统由暖风装置、制冷装置、通风装置、空气净化装置和加湿装置中的一个或多个部件以及必要的控制部件等构成,用于调节乘员舱内的温度、湿度和空气品质,并使其以一定速度在车室内定向流动和分配,从而给驾驶员和乘员提供舒适的环境及新鲜空气的系统。

人们对冷暖的感觉不仅决定于温度的高低,也受到湿度和风速的影响。温度相同而湿度和风速不同也会产生不同的温感。人因体质、年龄、性别、习惯和健康状况不一样而对环境的要求常常不同。但在正常情况下,大多数人的要求还是大致相同的。根据温度、湿度、风速与人体舒适感的关系,美国、日本等国家通过实验制定出相关的舒适环境指标。美国有关工程师协会制定了舒适图,认为夏季温度为 25°C 、相对湿度为 50% 时,感到舒适的人最多。日本认为,夏季温度为 $19\sim 23^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $60\%\sim 70\%$ 时,感到舒适的人最多。汽车空调工程师也参考上述范围并考虑到车窗与车壁辐射热的影响,制定了汽车舒适性环境指标,其中认为夏季空调可定为 $21\sim 25^{\circ}\text{C}$,冬季空调可定为 $25\sim 28^{\circ}\text{C}$ 。同时认为,车内温度与外界环境温度不能相差太大,否则会引起乘员不适。一般认为车内、外的温差,轿车在 10°C 范围内,大型客车在 $8\sim 12^{\circ}\text{C}$ 范围内。

表 14.1-1 人体舒适的温度

℃

部 位	夏 季	冬 季	部 位	夏 季	冬 季
全身	22.3	22.7	胸部	23.0	23.0
面部	22.0	22.0	腿部	23.0	23.5
肩部	22.5	22.5	脚部	23.5	24.0

二、汽车空调的分类

(一) 按空调器安装位置分类

1. 仪表板式

这类空调器通常安装在仪表板(图 14.1-1)下面。特点是:空调器所吹出的冷气直吹在驾驶员前侧,驾驶员所能感觉到的冷却效果优于空调器实际容量。驾驶员可以自己调整冷气出风口的栅格,冷却效果直接。



图 14.1-1 仪表板式空调安装位置

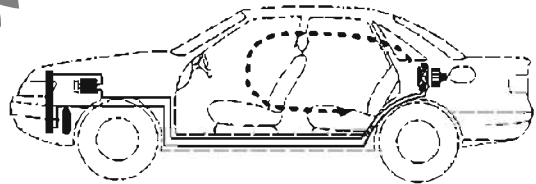


图 14.1-2 行李箱式空调安装位置

2. 行李箱式

这种空调器安装在行李箱(图 14.1-2)中。冷空气的进气口和出气口都安装在后排座椅的后面。由于蒸发器安装在行李箱中,而行李箱空间相对较大,所以可配备容量较大的蒸发器,可有充分的冷却能力。

3. 双重式

这种空调器的气流行程如图 14.1-3 所示。车内温度分配均匀,环境非常舒适。

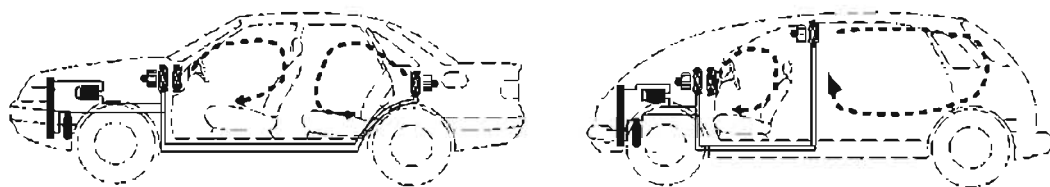


图 14.1-3 双重式空调安装位置

(二) 按结构功能分类

1. 冷暖独立型

冷气和暖气装置独立布置且功能分开的型式,这种空调器装有与暖气装置或与制冷装置连接的通风器,它只用于取暖或冷却(图 14.1-4)。

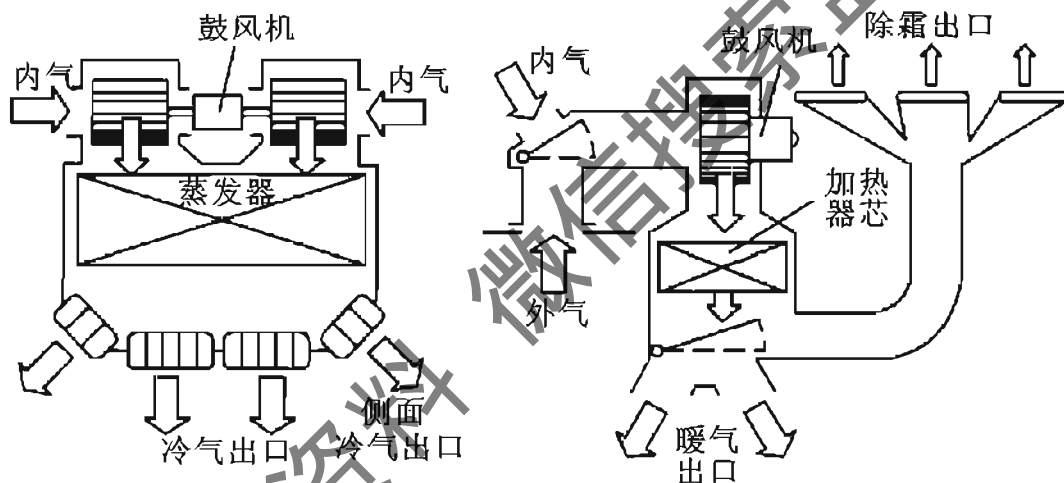


图 14.1-4 冷暖独立型

2. 冷暖组合型

冷气和暖气装置组合成一体且功能独立的型式。空调器包括通风机、暖气装置及冷气装置,全天候式空调可在寒冷潮湿的天气使用,以除去空气中湿气,使空气干燥。但是,这也会降低空气温度,可能使乘客感到寒冷。为避免这种情况,它使空气也通过加热器芯以加热。这就使空调器有可能保证空气有令人舒适的温度和湿度。这正是全天候空调器的一个优点(图 14.1-5)。

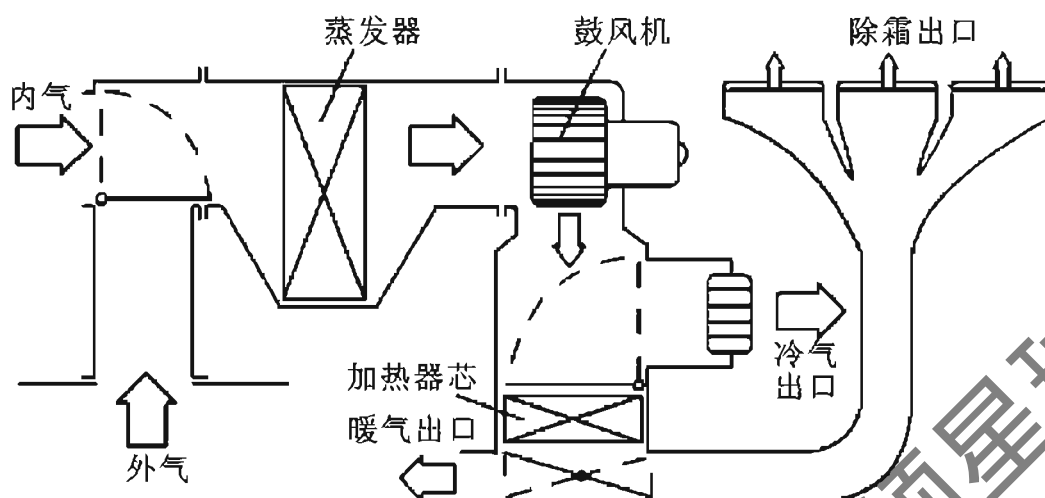


图 14.1-5 冷暖组合型

3. 空气调节型

冷暖独立型和冷暖组合型的缺点是冷风机只能降温、除湿，不能调节送风的相对湿度。夏季，当车室内需要冷风时，风机抽入外界的湿热空气，经过蒸发器的冷却、除湿，变成冷风送入车室内。然后，这种脱去冷凝水而吹出来的冷风，尽管绝对含湿量减少了，但相对湿度却在 95% 以上，这种冷而湿的风直接吹到乘员身上并不舒适，因此必须设法在冷风吹出来之前降低其相对湿度。空气调节型空调集制冷、除湿、采暖、通风、净化于一体，既可供冷气，又可供暖气，还可进行通风、除尘。

图 14.1-6 为空气调节型空调的空气处理系统示意图。它是在蒸发器和加热器之间设置了一个可以连续调节的混合风门。从蒸发器流出来的空气可以随混合风门的开闭部分或全部通过加热器。流过加热和不流过加热器的空气在空气管内先混合，再经风门送出。夏季，可以通过调节混合风门的开度来调节冷湿空气的再加热程度；冬季，可通过调节混合风门的开度调节暖风的温度。混合风门的设置大大改善了对空气相对湿度的调节能力。

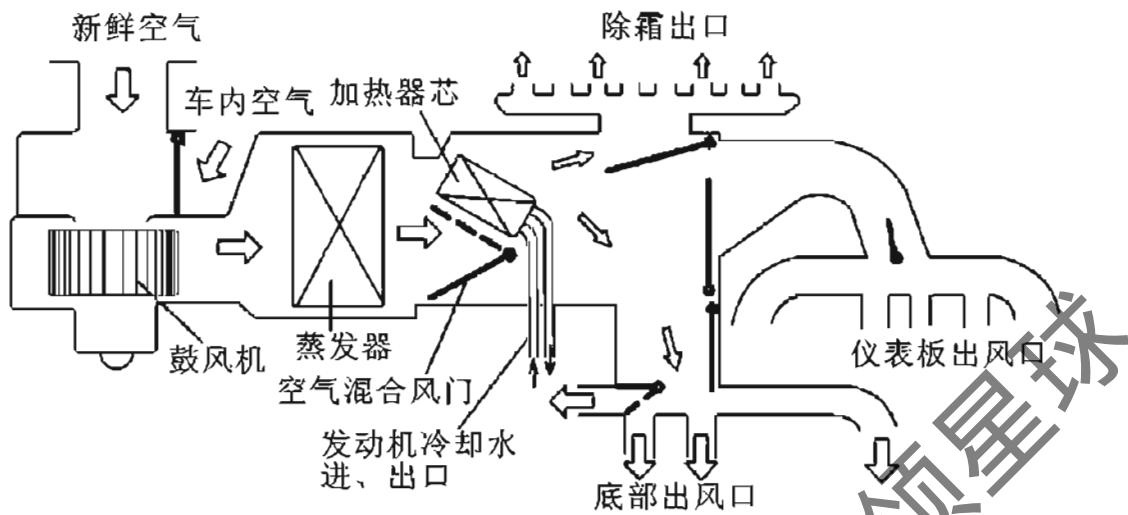


图 14.1-6 空气调节型

(三) 按控制分类

汽车空调器可以分成手动控制式、半自动控制式和全自动控制式三种。

1. 手动控制式空调

通过人工选择和操纵来控制车室内温度的方式。

2. 半自动控制式

通过人工选择和风门、电机及真空阀等运动部件的控制来调整车室内温度的方式。

3. 全自动控制式

完全通过电子控制单元和传感器、执行器等元件进行控制，自动调节车室内的温度。

(四) 按动力源分类

1. 独立式空调

独立式空调有专门的动力源(如第二台内燃机)驱动整个空调系统的运行(图 14.1-7)。一般用于长途货运(冷藏车)、大型客车等车上。独立式空调由于需要一台发动机,燃油消耗高,使用成本较高。

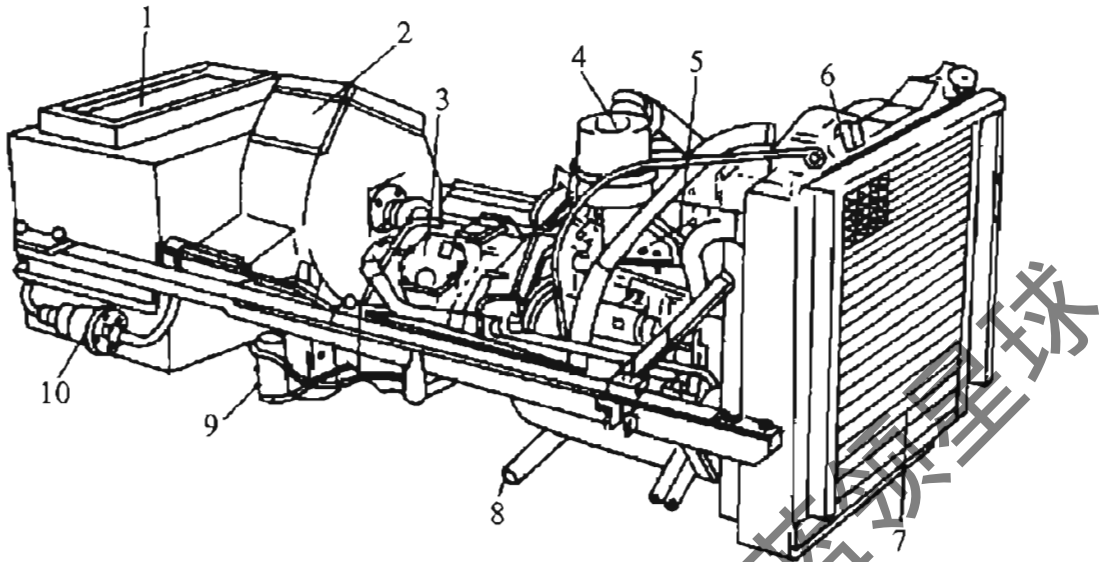


图 14.1-7 独立式空调机组

- 1—空调吸气口 2—蒸发器与鼓风机 3—压缩机
 4—发动机空气滤清器 5—发动机 6—发动机散热器 7—冷凝器
 8—发动机排气管 9—燃油泵 10—储液干燥器

2. 非独立式空调

非独立式空调是利用汽车的发动机动力来运转的空调系统。非独立式空调由主发动机带动压缩机运转,并由电磁离合器进行控制。其优点是结构简单、便于安装布置、噪音小。由于需要消耗主发动机 10%~15% 的动力,直接影响汽车的加速性能和爬坡能力。同时其制冷量受汽车行驶速度影响,如果发动机停止运行,其空调系统也停止运行。

(五) 按压缩机工作情况分类

1. 循环离合器系统

循环离合器系统就是通过恒温装置在预定的温度范围内,通过接通或切断压缩机电磁离合器电源,在整个工作过程中使压缩机反复处于运行—停机状态的一种系统。循环离合器系统根据节流装置可以分为以下两类:

(1) 热力膨胀阀系统

膨胀阀根据蒸发压力和蒸发器出口气态制冷剂过热度的变化,自动调节进入空调装置蒸发器的制冷剂流量的控制方式。

目前汽车制冷系统使用的膨胀阀有三种:内平衡式(图 14.1-8)、外平衡式(图 14.1-9)和 H 形膨胀阀(图 14.1-10)。

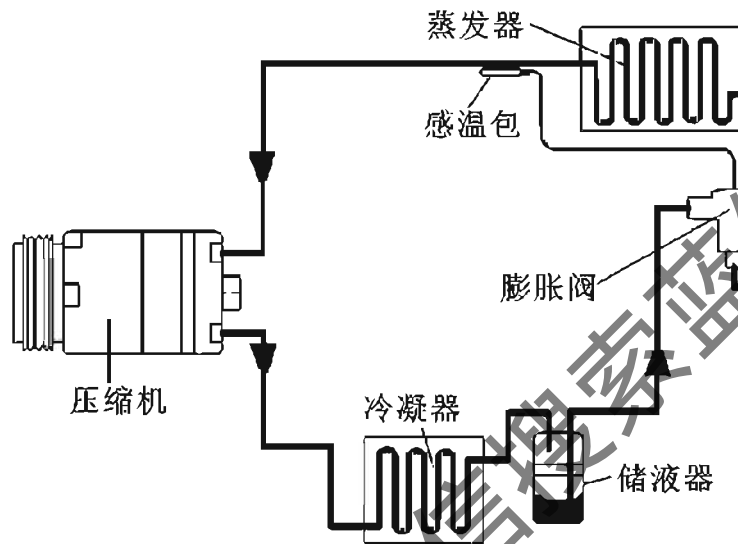


图 14.1-8 内平衡式膨胀阀系统

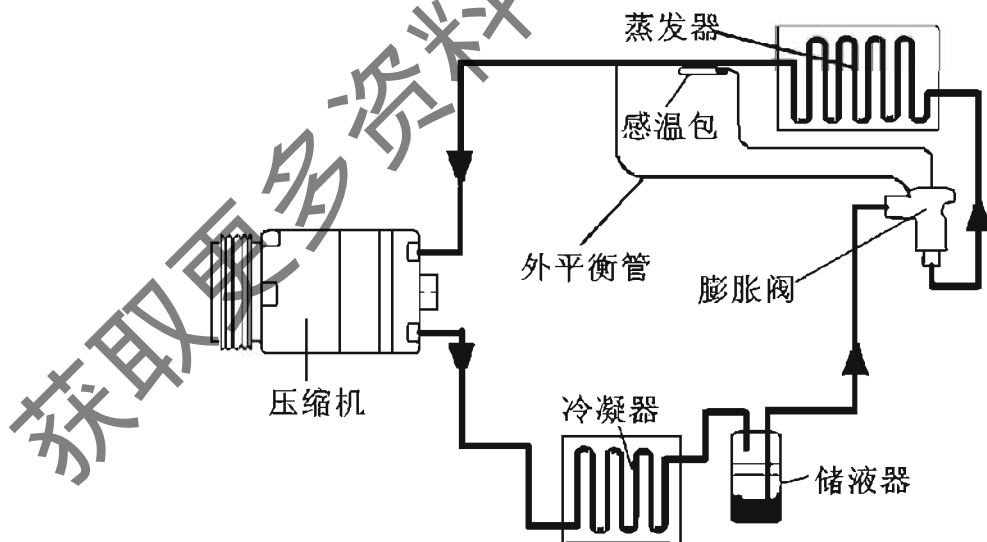


图 14.1-9 外平衡式膨胀阀系统

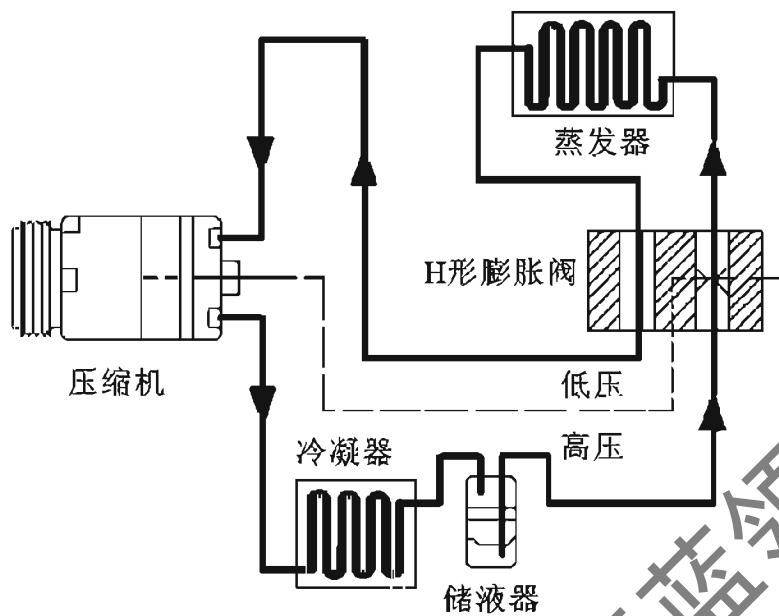


图 14.1-10 H 形膨胀阀系统

(2) 孔管系统

孔管系统用节流孔管与电磁离合器的通断调节相配合调节制冷量的控制方式。孔管系统最大的特点是用节流孔管取代了复杂的膨胀阀,用集液器取代了储液器。注意集液器的安装位置与储液器安装位置不同(图 14.1-11)。

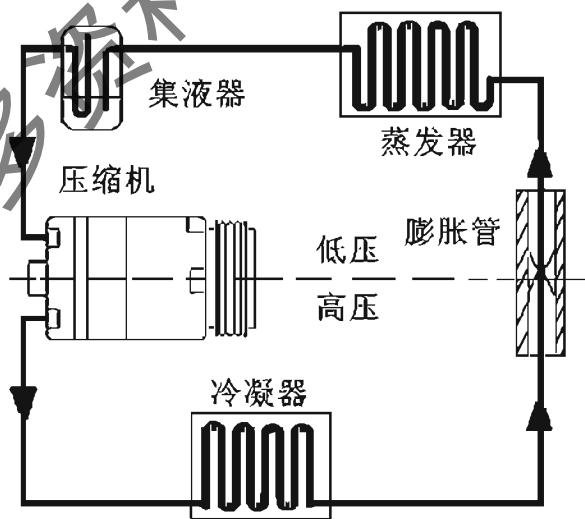


图 14.1-11 孔管系统

2. 蒸发压力控制系统

这种系统又称传统空调系统,它是根据制冷剂的饱和温度和压力相对应的性质,用控制蒸发器出口压力的方法来控制其表面温度。特点是压缩机持续不间断运行。

(1) STV 系统

压缩机将制冷剂压缩后先送到冷凝器冷却,然后经过储液干燥器干燥、过滤,经外平衡式膨胀阀的节流降压后,再进入蒸发器吸热蒸发,最后从蒸发器出来的低压蒸汽经过吸气节流阀(STV 阀)后,回到压缩机吸入口(图 14.1-12)。蒸发器里的制冷剂蒸发压力由吸气节流阀(图 14.1-13)控制。当蒸发器的温度下降到 0°C 时,吸气节流阀会自动关闭蒸发器的出口,这样只有极少量的制冷剂蒸气被压缩机吸入,从而用来保持蒸发器内制冷剂的压力在 0°C 时对应的饱和压力,防止蒸发器结冰。

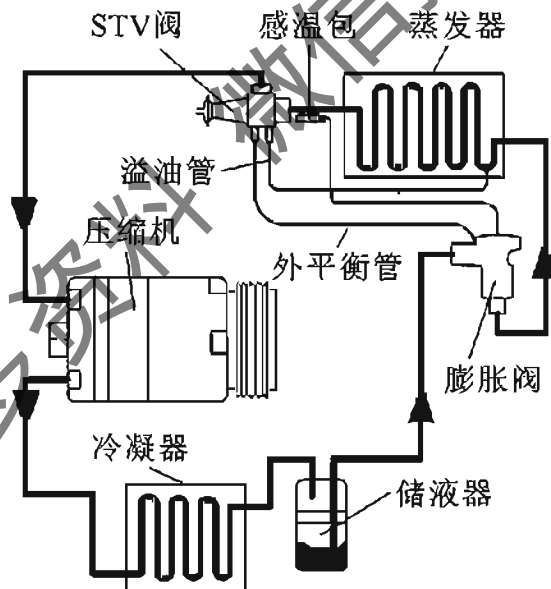


图 14.1-12 STV 系统

(2) POA 系统

POA 系统的工作原理与 STV 系统相差无几,只是用 POA 阀取代了 STV 阀,压缩机将制冷剂压缩后先送到冷凝器冷却,然后经过储液干燥器干燥、过滤,经外平衡式膨胀阀的节流降压后,再

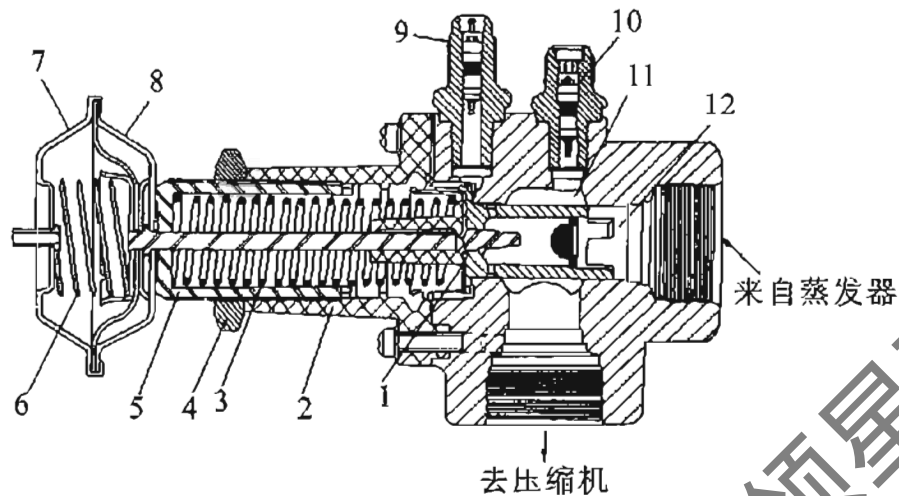


图 14.1-13 吸气节流阀(STV 阀)构造

1—主膜片 2—固定套 3—主弹簧 4—紧固螺母
5—调节螺钉 6—肋簧 7—真空膜盒 8—大气孔

9—压力表接口 10—溢油管接口 11—外平衡管接口 12—活塞

进入蒸发器吸热蒸发,最后从蒸发器出来的低压蒸气经过先导阀操纵的吸气阀(POA 阀)后,回到压缩机吸入口(图 14.1-14)。POA 阀(图 14.1-15)是利用高灵敏的波纹管感测蒸发压力的大小而伸缩,操纵先导阀的通、断,控制阀内活塞背压的产生与消失,使

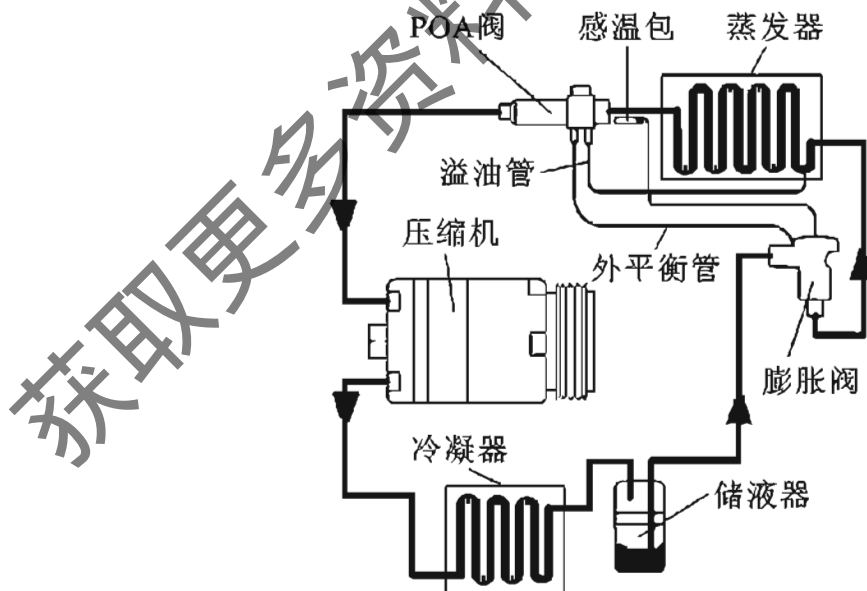


图 14.1-14 POA 系统

蒸发压力和活塞弹簧力在一个新的位置达到平衡,控制蒸气通向压缩机通路的活塞位置,来达到控制蒸发压力不低于 0.298~0.308 MPa,使蒸发器表面不结冰。

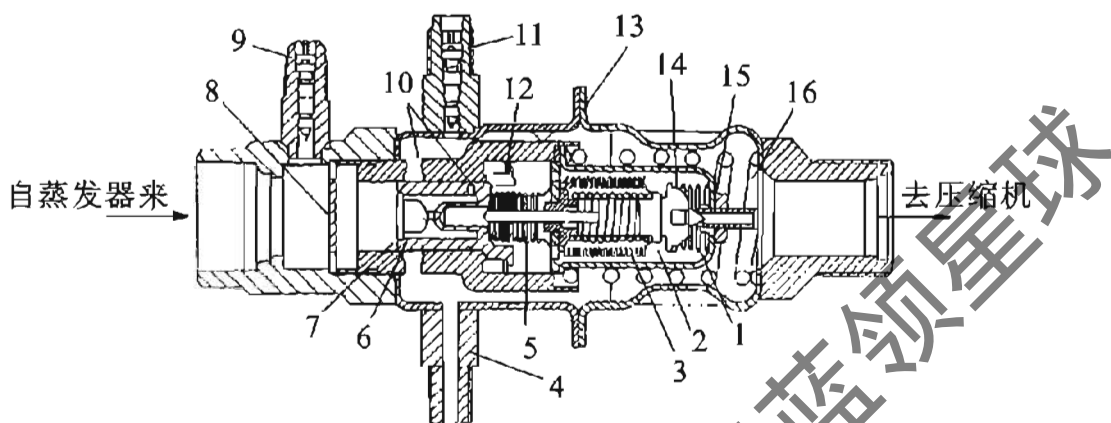


图 14.1-15 先导阀操纵的吸气阀 (POA 阀) 构造

- 1—针阀弹簧 2—波纹管气室 3—波纹管 4—溢油管接口
 5—活塞弹簧 6—过滤网 7—活塞 8—减震板 9—压力表接口
 10—小孔 11—外平衡管接口 12—活塞环 13—支承板
 14—针阀芯 15—阀座 16—主弹簧

(3) VIR 系统

POA 系统与 STV 系统都有储液干燥器、外平衡式膨胀阀、POA 阀或 STV 阀。整个系统的接口很多,容易产生故障。1978 年通用汽车公司发明了一种罐中阀,即将储液干燥器、外平衡式膨胀阀、POA 阀集中在一个罐中,克服了 POA 制冷系统的缺点。

VIR 系统中的 VIR 阀集中了储液干燥器、外平衡式膨胀阀、POA 阀,其构造如图 14.1-16 所示。

从压缩机出来的高温制冷剂蒸气经过冷凝器液化后,进入 VIR 阀,节流降压后进入蒸发器;蒸发吸热成为低压蒸气,再进入

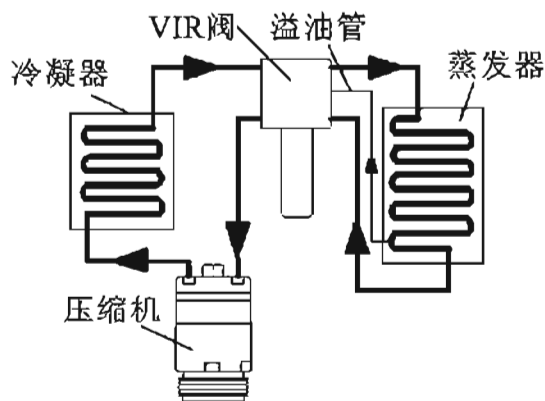


图 14.1-16 VIR 系统

VIR 阀,对制冷剂的蒸发压力进行控制;然后再从 VIR 阀出来;到压缩机吸入口,完成一个制冷循环(图 14. 1-17)。

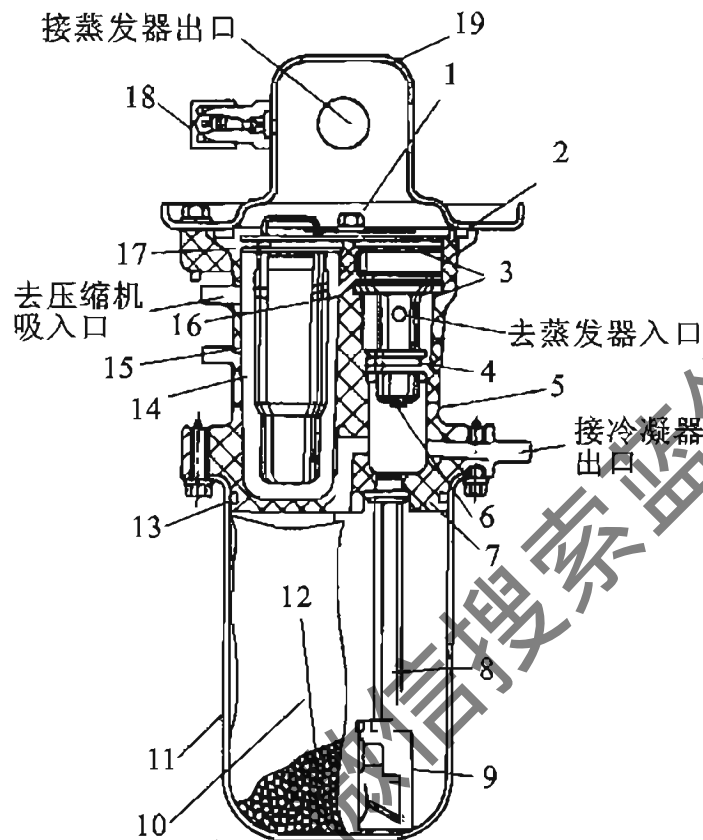


图 14. 1-17 VIR 阀的构造

- 1—固定螺丝 2,3,4,13,17—密封圈 5—观察孔 6—膨胀阀 7—阀体
 8—吸入管 9—过滤器 10—储液干燥器 11—储液罐 12—干燥剂
 4—POA 阀 15—溢油管接口 16—平衡孔 18—压力表接口 19—上盖

第二节 汽车空调的制冷系统

一、制冷系统的基本组成

汽车空调的制冷系统一般主要由压缩机、电磁离合器、冷凝器、蒸发器、膨胀阀、储液器、高/低压管道、鼓风机、冷凝器风扇和电子控制系统等组成。如图 14. 2-1 所示,各部件之间采用铜管

(或铝管)和高压橡胶管连接成一个密封系统。

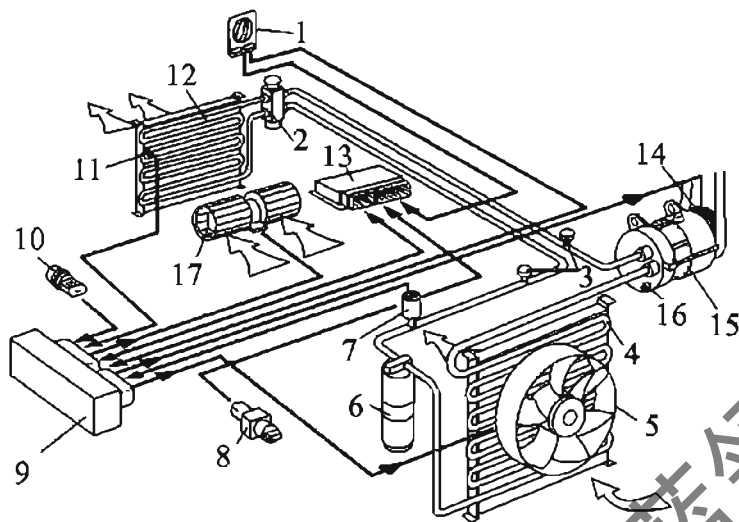


图 14.2-1 汽车空调的制冷系统

- 1—空调开关 2—膨胀阀 3—维修阀 4—冷凝器
5—冷凝器散热风扇 6—储液干燥器 7—压力开关
8—冷却液温度开关 9—空调控制单元 13—发动机控制单元
14—电磁离合器 15—压缩机 16—安全阀 17—鼓风机

制冷系统工作时,制冷剂以不同的状态在这个密封的系统内循环流动,每个循环又包含压缩过程、放热过程、节流过程、吸热过程四个基本过程。

二、汽车空调用冷凝器和蒸发器

(一) 冷凝器

汽车空调制冷系统中的冷凝器作用是:将压缩机排出的高温、高压气态制冷剂进行冷却,使其凝结为高压液态制冷剂。

汽车空调系统冷凝器均采用风冷式结构,主要有管带式和平行流式两种。

1. 管带式

它是由多孔扁管与 S 形散热带焊接而成,如图 14.2-2 所示。管带式冷凝器的散热效果比管片式冷凝器好一些(一般可高 10%

左右),但工艺复杂,焊接难度大,且材料要求高。一般用在小型汽车的制冷装置上。

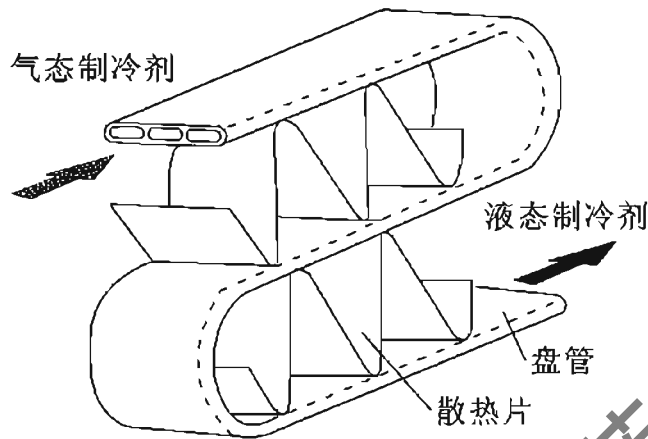


图 14.2-2 管带式冷凝器

2. 平行流式

平行流式冷凝器的结构见图 14.2-3。它是在冷凝器的入口端设一分配管,使制冷剂均匀地在几根传热管中平行地流向冷凝器的另一端,在另一端设一收集管,由收集管再通过分配管,制冷剂又均匀地在几根散热管中平行地流向冷凝器的另一端。在平行流式冷凝器中,整个传热管中的制冷剂液膜厚度都非常薄,换热能力强,使冷凝温度和压力降低,同时制冷系统的排气压力和输入功率也随之降低。平行流式冷凝器是目前较先进的汽车空调冷凝器,在目前的汽车制冷装置上已大量采用。

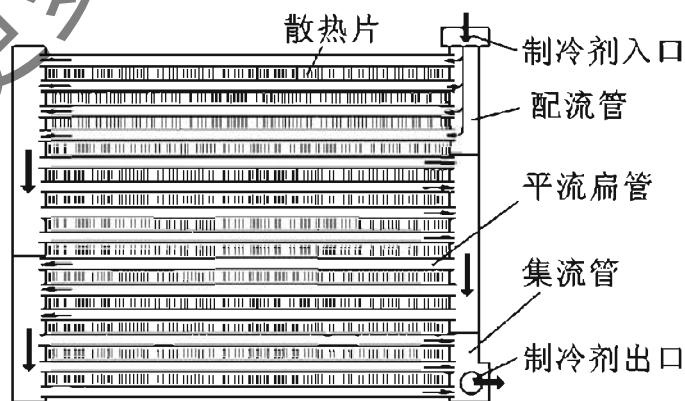


图 14.2-3 平行流式冷凝器的结构

表 14.2-1 是一些常见车型冷凝器的结构形式。

表 14.2-1 常见车型冷凝器的结构形式

车型及规格	冷凝器结构形式	车型及规格	冷凝器结构形式	车型及规格	冷凝器结构形式
桑塔纳普通型	管带式	奥 迪	管带式	奥 迪	平行流
桑塔纳 2000 型	管带式	捷 达	管带式	江 铃	管带式
帕萨特 B5	平行流	奥 拓	管带式	欧 宝	平行流
别 克	平行流	丰田佳美	平行流	韩国现代	平行流
江西五十铃	管带式	本田思域	平行流	本田雅阁	平行流
庆 铃	管带式	捷达王	平行流	马自达 323	平行流
康明斯新款	管带式	小红旗	管带式	高 尔 夫	平行流
大解放专用	管带式	长安之星	平行流	夏 利	平行流

(二) 蒸发器

汽车空调系统蒸发器的结构形式主要有管片式、管带式和层叠式三种。

图 14.2-4 为管片式蒸发器, 进入蒸发器排管内的低温、低压液态制冷剂, 通过管壁吸收穿过蒸发器传热表面空气的热量, 使之降温。与此同时, 空气中所含的水分由于冷却而凝结在蒸发器表面, 经收集排出, 使空气减湿, 被降温、减湿后的空气由鼓风机吹进车室内, 就可使车内获得冷气。

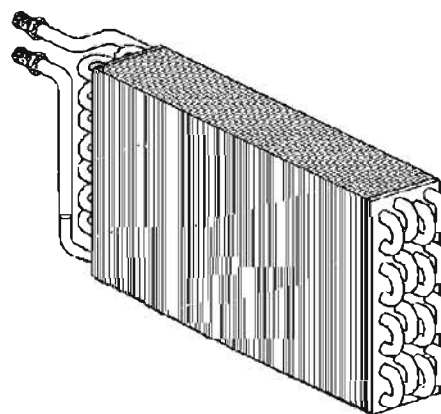


图 14.2-4 管片式蒸发器

表 14.2-2 是一些常见车型蒸发

器的结构形式。

表 14.2-2 常见车型蒸发器的结构形式

车型及规格	蒸发器结构形式	车型及规格	蒸发器结构形式	车型及规格	蒸发器结构形式
桑塔纳	管带式	五菱前	管带式	通用 2000	层叠式
桑塔纳新款	层叠式	丰田金杯前	管带式	丰田柯罗娜	层叠式
江西五十铃	管带式	丰田金杯顶	管片式	通用克莱斯勒	层叠式
重庆五十铃	管带式	小解放	管带式	富豪	层叠式
大解放	管带式	昌河顶	管片式	松下顶置	管片式
东风康明斯	管带式	沈阳金杯	管片式	新跃进	管带式
昌河前	管带式	丰田金杯	层叠式	捷达	管带式
长安前	管带式	三菱吉普	管带式	长安顶	管片式

三、储液干燥过滤器与集液器

(一) 储液干燥过滤器

1. 储液干燥过滤器的结构

储液干燥过滤器简称储液器，安装在冷凝器和膨胀阀之间，其作用是储存从冷凝器流出的液态制冷剂，以便制冷负荷变动和系统中有微漏时，能及时补充和调整供给热力膨胀阀的液态制冷剂量，以保证制冷剂流动的连续和稳定性。同时，可防止过多的液态制冷剂储存在冷凝器里，使冷凝器的传热面积减少而使散热效率降低。而且，还可滤除制冷剂中的杂质，吸收制冷剂中的水分，以防止制冷系统管路脏堵和冰堵，保护设备部件不受侵蚀，从而保证制冷系统的正常工作。储液干燥器的结构如图 14.2-5 所示，主要由外壳、视液镜、安全易熔塞和管接头等组成。它的外壳由钢材或铝制成，在其内部装有干燥剂（R-12 用硅胶、R-134a 用分子筛）、

过滤网和引出管等。制冷剂在储液器中的流动情况如图中箭头所示。在储液器上部出口端装有一个玻璃视液镜,用于观察制冷剂在工作时的流动状态(见本章第六节),由此可判断制冷剂是否合适,以及制冷系统的基本工作情况。

储液器出口端旁边装有一只安全易熔塞,简称易熔塞,它是制冷系统的一种安全保护装置,其中心有一轴向通孔,孔内装填有低熔点金属材料,材料的熔点一般为 $85\sim 95^{\circ}\text{C}$,结构如图 14.2-6 所示。当冷凝器因通风不良或冷气负荷过大而冷却不够时,冷凝器和储液器内的制冷剂温度和压力将会异常升高。当压力达到 3 MPa 左右时,温度超过易熔材料的熔点,此时,安全易熔塞中心孔内的易熔材料便会熔化,使制冷剂通过安全易熔塞的中心孔逸出散发到大气中去,从而可避免系统的其他部件因压力过高而被胀坏的危险。这种方法付出的代价是经济上的损失和对环境的污染,同时空气将进入空调系统。因此,目前汽车空调系统大多采用安全阀(又称泄压阀)替代易熔塞,其结构见图 14.2-7。安全阀一般安装在压缩机高压侧或储液干燥器上。正常情况下,弹簧力大于制冷剂压力,密封塞被压紧密封。当高压侧压力(此值为设定值,不同系统和厂家,设定值也不同)异常升高时,弹簧被压缩,密封塞被打开,制冷剂释放出来,压缩机压力立即下降。

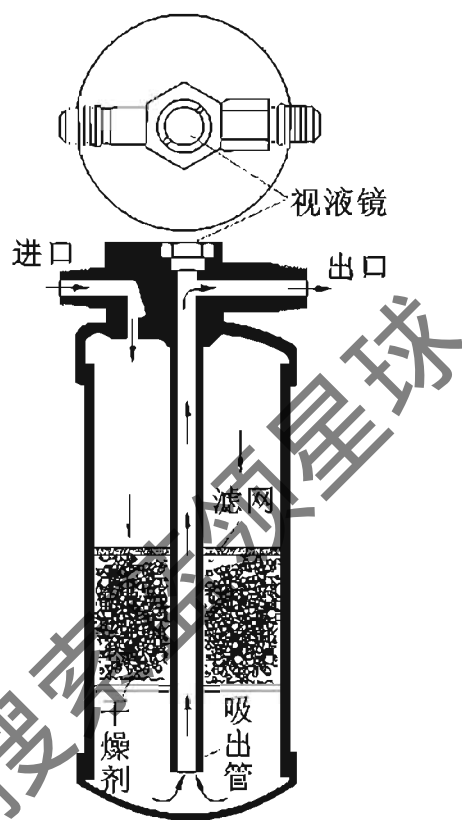


图 14.2-5 储液干燥器的结构

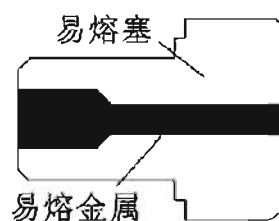


图 14.2-6 安全易熔塞

当压力低于设定值后,弹簧又立即将密封圈压紧。

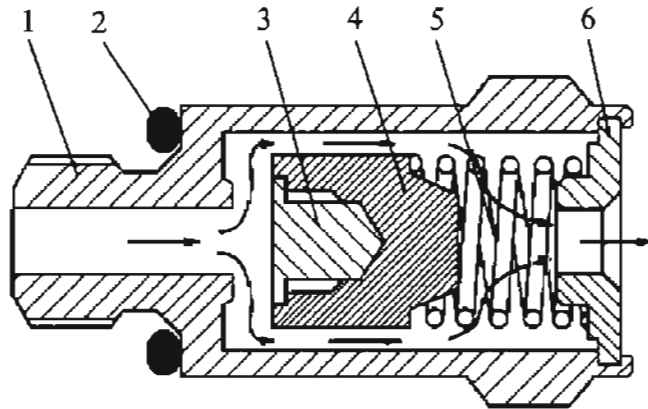


图 14.2-7 安全阀

1—阀体 2—O形圈 3—密封塞 4—下弹簧座
5—弹簧 6—上弹簧座

2. 储液干燥过滤器的安装与维护

储液器一般均安装在冷凝器旁或其他通风良好的地方,这是为了便于连接和安装,且易从顶部玻璃视液镜观察制冷剂的流动情况。对直立式储液器而言,安装时,应注意以下几点:

① 要垂直安装,倾斜度不得超过 $\pm 15^\circ$ 。

② 储液干燥器应最后接入系统。在安装之前,不得过早将其进出管口的封装打开,以免空气中的湿气侵入储液器和系统内部,使之失去除湿的作用。

③ 安装前一定要先搞清楚储液器的进、出口端,否则容易装错。在储液器的进、出口端一般都打有记号,如进口端用英文字母 IN,出口端用 OUT 表示,或直接打上箭头以表示进、出口端。如果进、出口接反,则会使制冷剂量不足,所以在安装时应特别注意。

(二) 集液器

用膨胀管代替膨胀阀时,汽车空调制冷系统要在低压侧安装集液器。使用膨胀管的汽车空调制冷系统存在一种可能性:制冷剂离开蒸发器时还是液体。为了防止“液击”损坏压缩机,必须在蒸发器出口和压缩机进口之间设置集液器,以防止液态制冷剂通

过。液态制冷剂在集液器中蒸发,然后以气态形式进入压缩机。集液器是一种特殊形式的储液干燥器,用于回气管路中的气液分离,其结构如图 14.2-8 所示。滤网设计有特殊要求,只许润滑油从中通过,而不允许液态制冷剂从中通过。

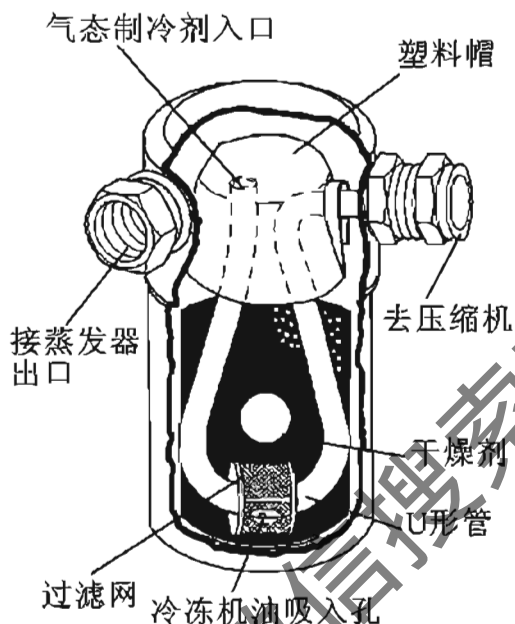


图 14.2-8 集液器结构

集液器还装有化学干燥剂,可吸附、吸收并滞留因不当操作而进入系统的湿气。集液器不能维修,需要时整体更换。

四、节流装置

节流装置也称节流阀,是组成汽车空调制冷系统的主要部件,安装在蒸发器入口处,如图 14.2-9 所示。它是汽车空调制冷系统的高压与低压的分界点。其作用是把来自储液干燥器的高压液态制冷剂节流减压,调节和控制进入蒸发器中的液态制冷剂量,使之适应制冷负荷的变化,同时可防止压缩机发生液击和蒸发器出口蒸气异常过热。汽车空调制冷系统常用的节流装置有外平衡和内平衡膨胀阀(见第五章第二节)、H 形膨胀阀、膨胀管(孔管)等。

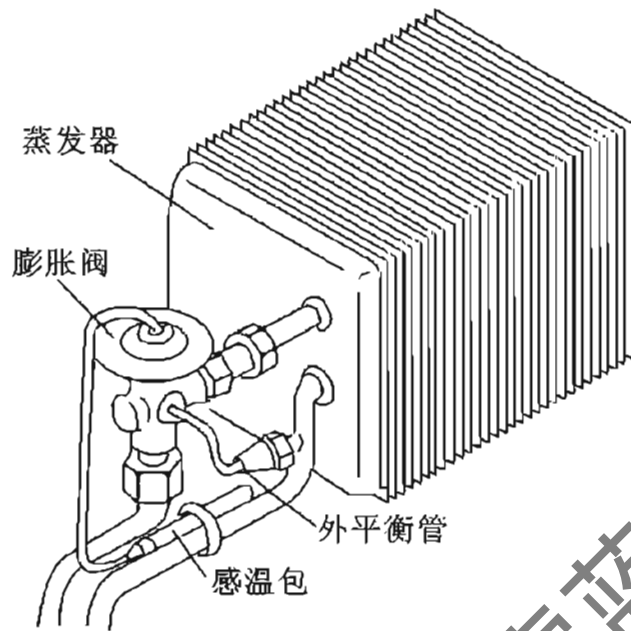


图 14.2-9 节流阀的安装位置

(一) H 形膨胀阀

H 形膨胀阀是因其内部通路像字母 H 而得名,它有四个接口通往汽车空调系统,其中两个接口和标准膨胀阀的一样,一个接储液干燥器出口,另一个接蒸发器进口。另两个接口一个接蒸发器出口,另一个接压缩机进口,如图 14.2-10 所示。感温包和毛细管均由薄膜下面的感温元件所取代,而感温元件的位置处于流至压缩机的制冷剂气流中。H 形热力膨胀阀结构紧凑,性能可靠,适合汽车空调的需要,常用于循环离合器系统。这种膨胀阀安装在蒸发器的进出管之间,感应温度不受环境影响,也无需通过毛细管而造成时间滞后,调节灵敏度较高。由于无感温包、毛细管和外平衡管,不会因汽车振动使充注系统发生断裂外漏以及感温包包扎松动而影响膨胀阀的正常工作。

(二) 膨胀管(孔管)

在循环离合器系统中,孔管是固定孔径节流装置,两端都装有滤网,以防止系统堵塞。和膨胀阀一样,孔管也装在系统高压侧,但是取消了储液干燥器,因为孔管直接连通冷凝器出口和蒸发器

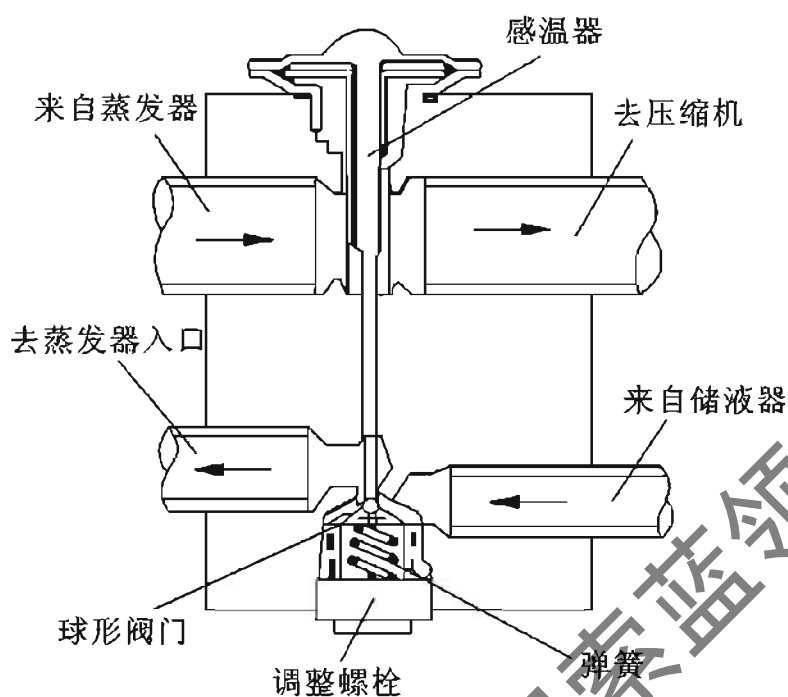


图 14.2-10 H 形膨胀阀的结构

进口。孔管不能改变制冷剂流量，液态制冷剂有可能流出蒸发器出口。因此，装有孔管的系统必须同时在蒸发器出口和压缩机进口之间安装一个集液器，实行液气分离，以防压缩机液击。

膨胀管的结构如图 14.2-11 所示。膨胀管是一根细铜管，它装在一根塑料套管内。在塑料套管外环形槽内，装有密封圈。有的还有两个外环形槽，每槽各装一个密封圈。把塑料套管连同膨胀管都插入蒸发器进口管中，密封圈就是密封塑料套管外径和蒸发器进口管内径间的配合间隙用的。膨胀管不能修，膨胀管内孔的积垢无法清理，如需维护，只能清理滤网，坏了只有更换。

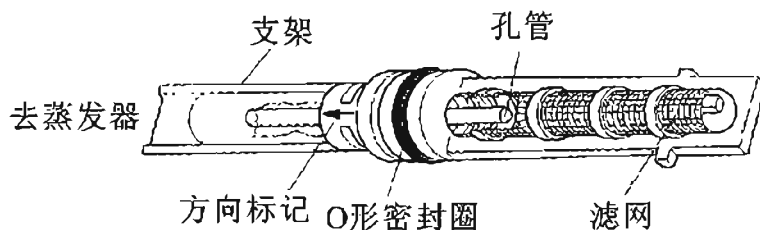


图 14.2-11 膨胀管的结构

五、管与接头

(一) 管路接头

汽车空调的管路接头有喇叭口接头, O 形圈接头、管箍接头、快速接头等形式。

1. 喇叭口接头形式

这种接头的密封质量主要靠加工精度和喇叭口表面的粗糙度来保证。连接时, 螺纹接头要旋紧, 使喇叭口与凸缘紧密配合, 才能达到密封的效果。常见的喇叭口接头见图 14. 2-12。

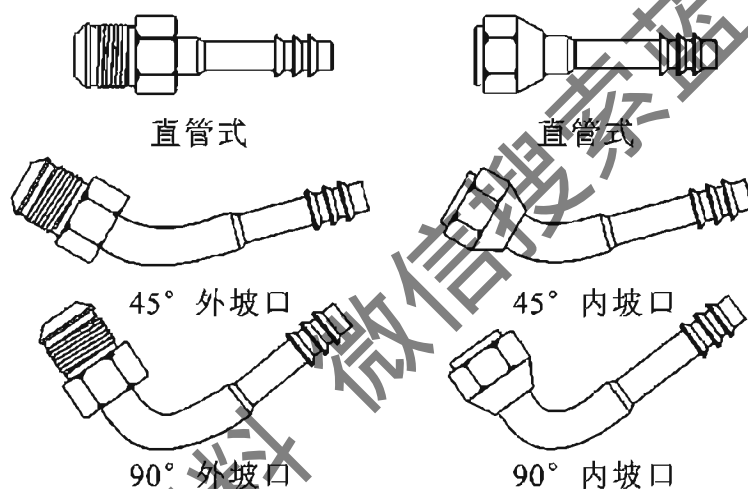


图 14. 2-12 喇叭口接头

2. O 形圈接头形式

这种形式的接头是现代汽车空调使用最多的一种。O 形圈用耐油橡胶制成, 密封性好, 防震性强, 维修时很方便。但是, 每一次拆卸都需要更换 O 形圈。

O 形圈接头形式现在有两种, 其中新式接头对 O 形圈的安放位置做了改进, 见图 14. 2-13, 在维修时要注意。

3. 管箍接头形式

管箍接头形式就是将金属管插入橡胶管内, 再把管箍套于金属管插入处的橡胶管外围, 旋紧管箍, 达到密封的目的。金属管插

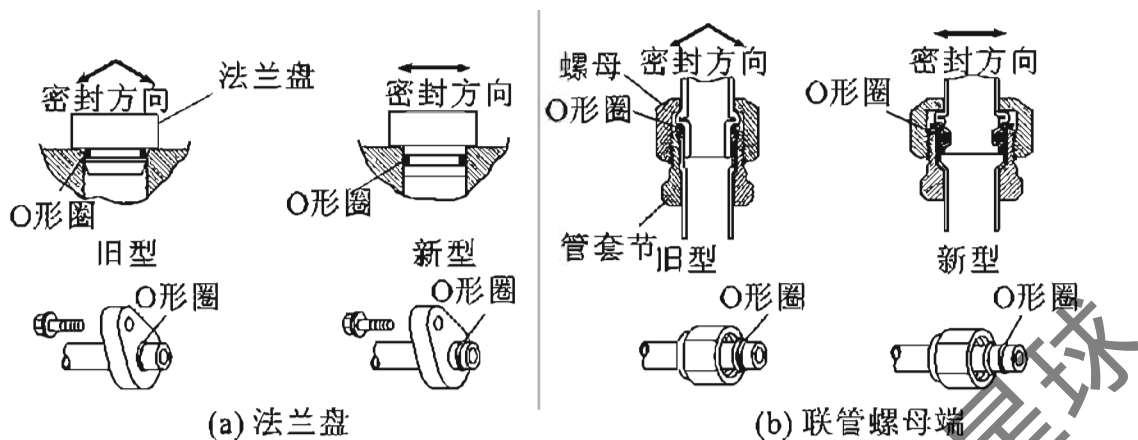


图 14.2-13 O 形圈接头

入部分加工成防退环肋，一般管箍旋紧的程度以橡胶管的外径稍微大于环箍为宜，见图 14.2-14。

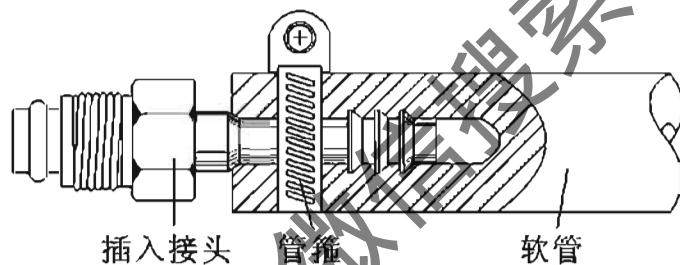


图 14.2-14 管箍接头

4. 快速接头

这是安装与拆卸都很方便的一种接头形式，不同厂家的产品结构各有不同，图 14.2-15 为日产汽车的快速接头的构造示意图，图 14.2-16 为其安装示意图，图 14.2-17 为其拆卸示意图。

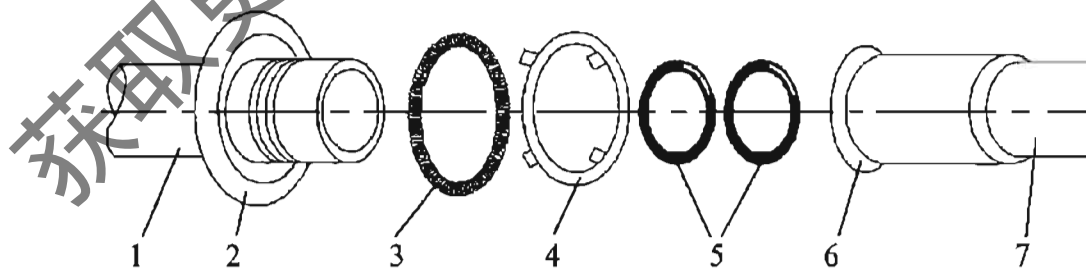


图 14.2-15 快速接头的构造示意图

1、7—连接管 2—箍簧保持架 3—箍簧 4—定位环 5—O 形圈 6—喇叭口

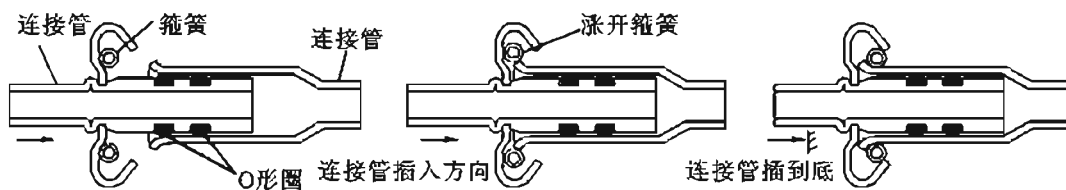


图 14.2-16 快速接头的安装示意图

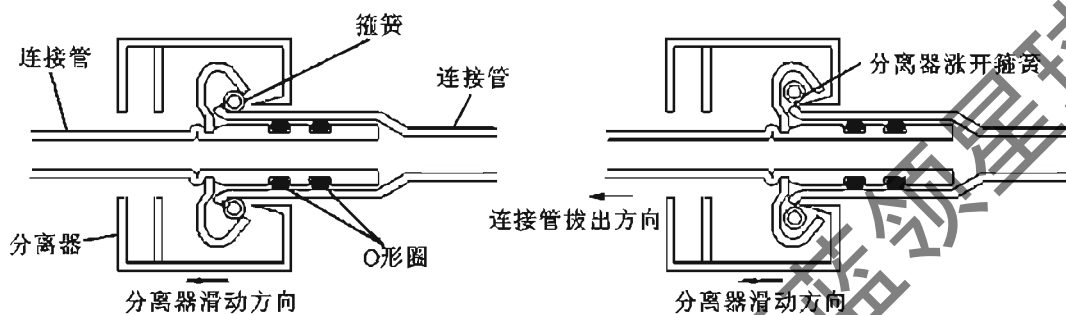


图 14.2-17 快速接头的拆卸示意图

(二) 接管

汽车空调的接管有连接软管和连接硬管两种。

1. 连接软管

连接软管用于汽车空调系统中不能刚性连接的部件之间的连接。

汽车空调中常用的软管有耐氟氯丁软管和尼龙软管。用于汽车空调的耐氟氯丁软管规格有：6号(内径为8mm)、8号(内径为10mm)、10号(内径为12.5mm)和12号(内径为16mm)四种。管号越小，内径越小。用于汽车空调的尼龙软管内径规格与耐氟氯丁软管一样，但外径要小，而且耐压、耐爆裂强度比耐氟氯丁软管要高，尼龙软管的最小爆裂强度是29.6MPa，而耐氟氯丁软管最小爆裂强度为14.8MPa。

2. 连接硬管

用于汽车空调系统中能刚性连接的部件之间的连接，材料为铜或铝，强度高，密封性能好，安装方便，但是不同的车型需要不同的配管。

第三节 汽车空调的供暖系统

使车内的空气或抽入车内的外部新鲜空气加热的设备,称为暖气装置。暖气装置有许多类型,主要有发动机余热取热装置、独立热源取暖装置两类。

一、发动机余热暖气装置

发动机余热暖气装置可以分为余热水暖式和余热气暖式两种。

(一) 余热水暖式暖气装置

1. 余热水暖式暖气装置工作原理

在暖气装置中,发动机冷却水通过加热器芯循环流动,使加热器芯变热。然后,鼓风机将冷气吹过热器芯,使空气加热。由于发动机冷却水起到热源的作用,在发动机处于冷态时,加热器芯不会变热,流经加热器芯的温度的温度也不会升高。

2. 余热水暖式类型

热水取暖装置有两种类型,其差别在于所使用的调温装置各不相同。一种是空气混合型,另一种是水流调节型。

(1) 空气混合型

这种类型的暖气装置使用一个空气混合调节风挡(图 14.3-1)。该风挡调节通过加热器芯的冷空气比例和不通过加热器芯的冷空气比例,以改变空气温度。许多现代车型均采用此类暖气装置。

(2) 水流调节型

这类暖气装置用水阀调节流经加热器芯的水流量,从而改变加热器芯本身的温度,使流经加热器芯的温度的温度得以调整,见图 14.3-2。水阀调节用真空执行器直接作为阀门的控制动力,图

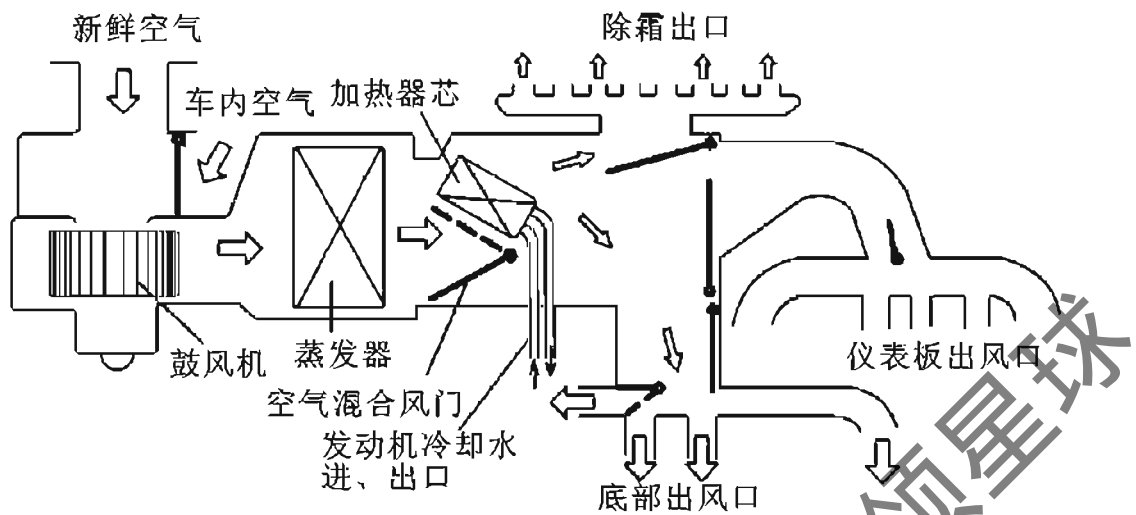


图 14.3-1 空气混合型余热水暖暖风装置

14.3-3 描述了一个典型的用真空控制阀控制水加热器流量阀的工作情况。

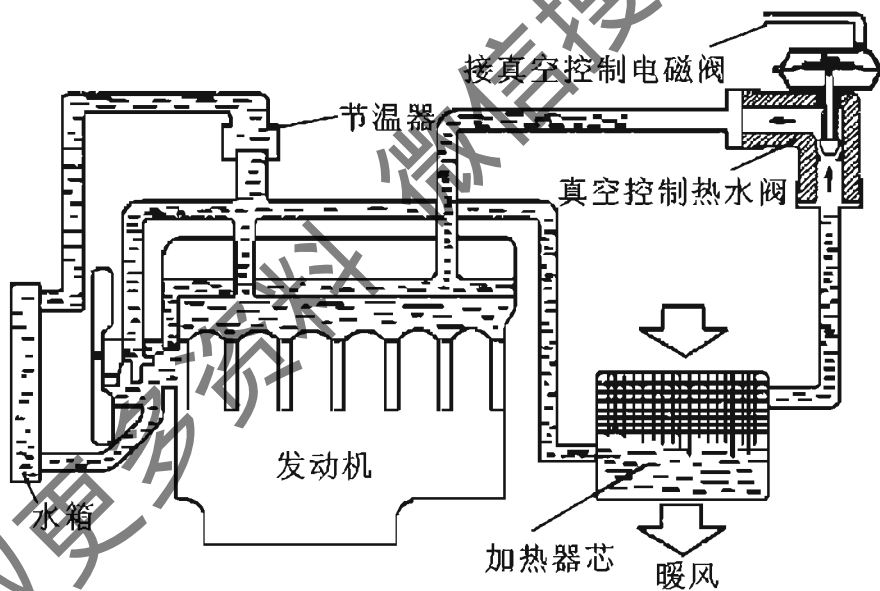


图 14.3-2 水流调节型余热水暖式暖气装置

(二) 余热气暖式取热装置

1. 余热气暖式暖气装置工作原理

在取暖装置中,发动机废气通过热交换器芯,废气余热使热交换器芯变热。然后,鼓风机将冷空气吹过热交换器器芯,使空气加热。发动机的高温废气起到热源的作用。

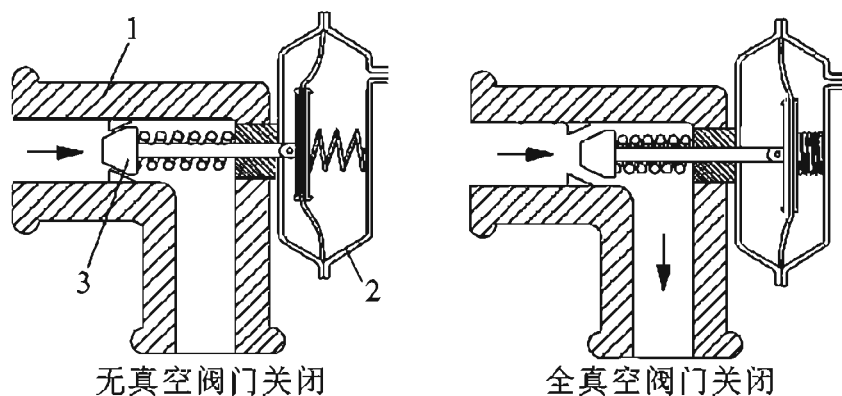


图 14.3-3 真空控制水阀

1—阀体 2—真空执行器 3—阀芯

2. 余热气暖式类型

余热气暖式取暖装置有两种类型，其差别在于所使用的热交换器装置不同。一种是空气式热交换器型，另一种是热管式交换器型。

(1) 空气式热交换器型

这种类型的暖气装置在发动机的排气管上安装一个热交换器用于加热空气，如图 14.3-4 所示。工作时发动机的废气进入热交换器内，用于加热热交换器外的冷空气，冷空气通过热交换器吸收热量后温度升高，由鼓风机吹入车厢内用于取暖和除霜。

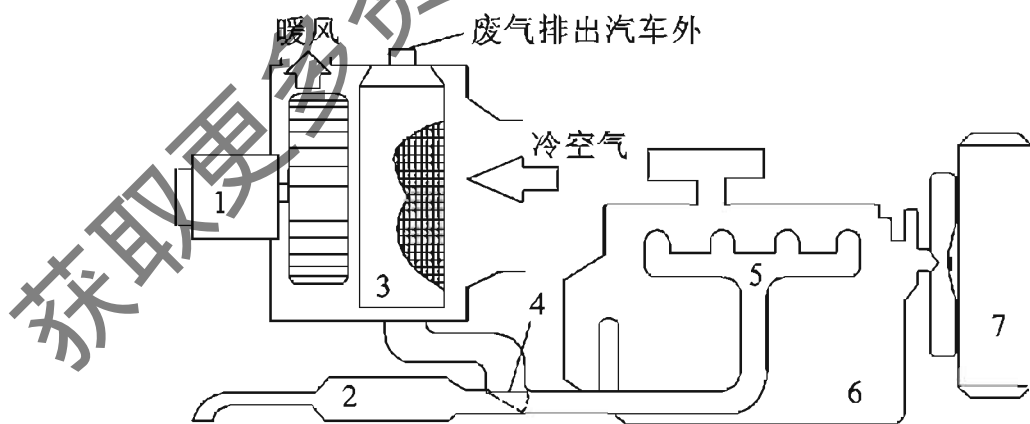


图 14.3-4 空气式热交换器余热气暖装置

1—鼓风机 2—消声器 3—热交换器 4—废气控制阀门

5—发动机排气管 6—发动机 7—发动机水箱

(2) 热管式换热器型

这类暖气装置采用小型热管式换热器,高效率回收利用发动机的废气余热。图 14.3-5 所示为热管式换热器的安装结构,汽车发动机的废气通过废气进口进入热管式换热器的加热段,使“碳钢-氨”重力式热管内的液氨蒸发,氨蒸气在热管的冷凝段放出热量,加热进入汽车内的冷空气,加热后的空气由鼓风机吹入车厢内用于取暖和除霜。许多大型汽车采用此类暖气装置(图 14.3-6)。

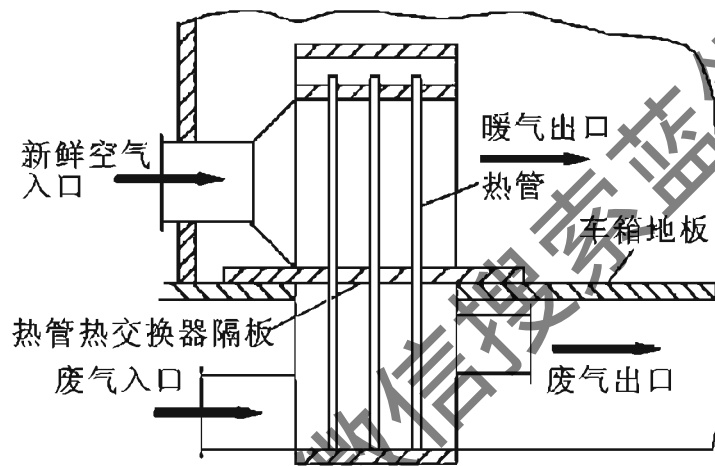


图 14.3-5 热管式换热器结构

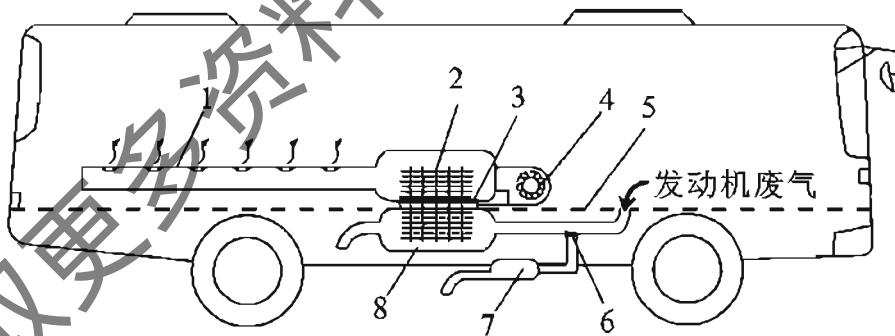


图 14.3-6 热管式换热器余热暖气暖装置

- 1—暖风管 2—热管 3—密封隔板 4—鼓风机 5—地板
6—废气转换阀门 7—消声器 8—换热器废气通道

二、独立热源取暖装置

(一) 独立热源气暖式暖风装置

独立热源式暖风装置由燃烧室、热交换器、供给系统及控制系统组成。

燃烧室由燃料管、电热塞和环形雾化器、燃料分布器等组成。环形雾化器直接装在风扇电机的轴上,依靠离心力和空气的切向力将油雾化、混合,在电热塞点火引燃下,在燃烧器上部燃烧。燃烧室温度达 800°C ,所以,要用耐热不锈钢制造。

热交换器紧靠在燃烧室后端,由双层腔室构成。中心是燃烧室,包围燃烧室的第一层空腔通加热空气。燃烧热量通过金属隔板加热空气,加热后的空气集中到暖气室,然后送到车内。

燃烧室内空气供应和燃料泵都是由电机来驱动的。燃料泵将燃油从油箱中抽取,经过滤器、吸入管到油泵,送入环行雾化器后和空气混合燃烧。空气是依靠鼓风机吹向加热器夹层的。

控制系统用来控制各种电机、电磁阀、点火器、过热保护器、定时继电器的工作。当加热器的暖风出口温度超过设定值(180°C)时,过热保护器动作,使继电器自动切断油泵供油电磁阀的电源,油泵停止供油燃烧。由于燃烧室的温度非常高,为了防止燃烧室被烧坏,而鼓风机仍继续运转,带走燃烧室中的热量,直到其温度降至正常才关闭鼓风机。停机时也是一样。

图 14.3-7 所示为独立热源气暖式暖风装置结构。其工作过程如下:当暖风装置中的电机接通电源开始运转时,带动燃料泵 2、燃油雾化器 3、燃烧空气送风机 13、暖风送风机 17 运转。燃料由燃油泵 2 从燃料箱中经燃烧过滤器、吸入燃料管 15,吸出的燃料由雾化器 3 内部滴下,由于离心力作用使其雾化,当燃烧空气送风机 13 将被燃烧空气由吸入管 14 吸入与燃料(汽油、柴油、煤油等)混合,由热火塞 4 点火在燃烧室 5 中进行燃烧。一旦燃烧开

始,热火塞 4 即行断电,以后就是燃烧室和燃烧环 10 保持燃烧,燃烧后的高温气体由排气管 16 作为废气排到汽车外环境中,而电机前端安装的空气送风机 17 送入的冷空气,经过燃烧室和外筒内壁以及外筒外侧被加热。加热的空气由暖气排出口 8 排出而进入车室内的管道,由管道通入各风口供暖。

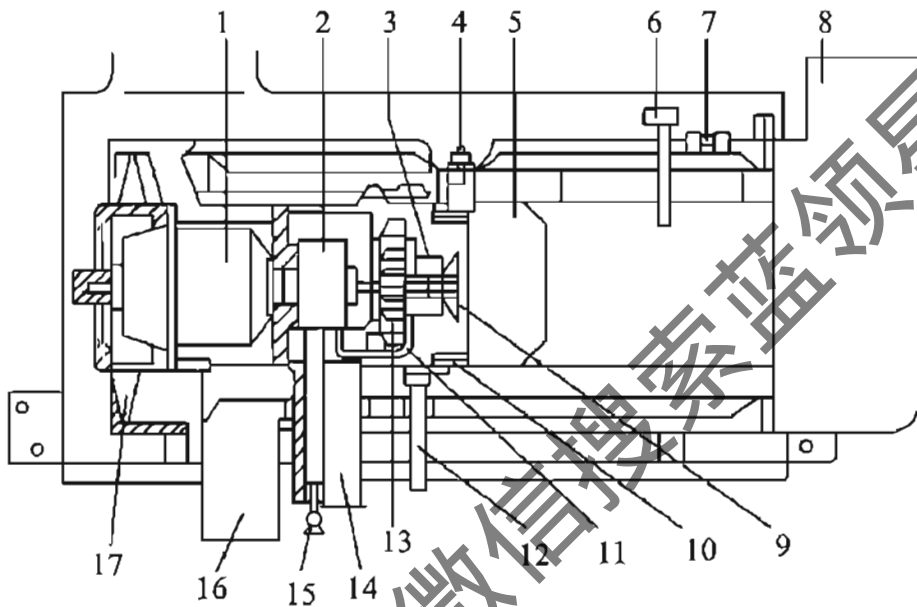


图 14.3-7 独立热源气暖式暖风装置结构

- 1—电机 2—燃油泵 3—燃油雾化器 4—热火塞 5—燃烧室
 6—燃烧指示器 7—热保险丝 8—暖气出口 9—雾化器盖 10—燃烧环
 11—雾化器油管 12—燃油排放管 13—燃烧空气送风风扇 14—燃烧室进气管
 15—燃油吸入管 16—燃烧室排气管 17—暖气送风风扇

(二) 独立热源水暖式暖气装置

独立热源水暖式暖气装置的工作原理与气暖式基本相同(图 14.3-8),其加热工质不是空气而是水,用水泵代替了风扇。独立热源水暖式暖气装置的暖风主要采用内循环式,灰尘少,暖气比较柔和而不干燥,人体感觉较舒适,不像空气加热器那样高温燥热。水暖式的最大优点是不仅可作为车厢采暖用,而且可预热发动机、润滑油,以利于冬季发动机启动,待发动机启动后,再将被加热的水通向车厢内的水散热器。管子内部流入已加热的热水,而管外

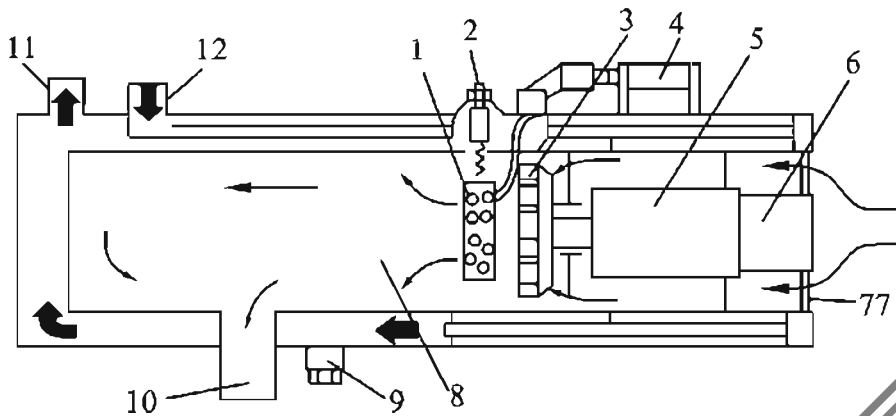


图 14.3-9 独立热源水暖式暖气装置结构

- 1—多孔陶瓷燃油蒸发器 2—热火头 3—燃烧空气供给风扇
 4—燃油泵 5—电机 6—水泵 7—燃烧空气进口 8—燃烧室
 9—放水塞 10—废气排出口 11—暖水出口 12—冷水进口

部清除为止。

为了避免寒冷冬天加热器被冻坏,应在冷却液中加入防冻防锈液,防冻防锈液主要由乙二醇溶液、水、防锈剂、防氧化消泡剂等组成。

第四节 汽车空调的电路系统

一、汽车空调的电气元件

(一) 电磁离合器

非独立空调的压缩机是由发动机通过电磁离合器驱动的。为了使压缩机的工作和停止不影响发动机的工作,压缩机的转轴不是直接与发动机曲轴相联接的,而是通过电磁离合器的结合与分离,便可接通和中断压缩机的工作。电磁离合器结构见图 14.4-1。电磁离合器是空调电气控制系统的执行元件,受空调放大器、高低压力开关控制。

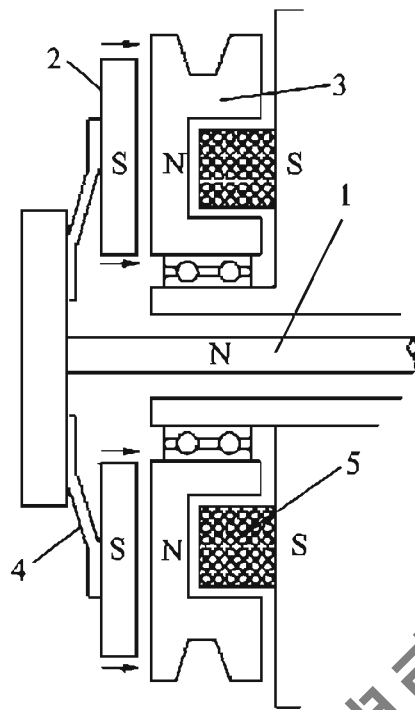


图 14.4-1 电磁离合器结构

1—压缩机轴 2—压力板 3—皮带轮
4—弹簧板 5—线圈 6—轴承

(二) 压力开关

压力开关是空调电气控制系统中的一种安全保护装置。当制冷系统中制冷剂压力出现异常时,压力开关便会自动断开电磁离合器电路,停止压缩机的工作,从而保护空调系统不致损坏。表 14.4-1 列出了常见压力开关的种类。

表 14.4-1 常见压力开关种类

种类	特性	作用
低压开关	常闭	高压回路压力低于规定值时使压缩机停转
高压开关	常闭	高压回路压力高于规定值时使压缩机停转
低压开关	常开	高压回路压力低于规定值时接通除霜电磁阀
高压开关	常开	高压回路压力高于规定值时使冷凝器风扇运转

(续表)

种类	特性	作用
高低压组合开关	常闭	同常闭型高、低压开关,装置在高压回路中
三压力开关	高低压常闭,中压常开	同常闭型高、低压开关,装置在高压回路中。回路压力高于规定值时中压开关使冷凝器风扇运转

1. 高压压力开关

高压压力开关装在压缩机至冷凝器之间的高压管路上,其作用是防止系统在异常的高压压力下工作。当因冷凝器散热不良、散热堵塞和风扇损坏等,导致冷凝压力出现异常上升时,开关自动切断电磁离合器的电路,使压缩机停转,或接通冷却风扇高速挡电路,自动提高风扇转速,以降低冷凝温度和压力。在汽车空调系统中,高压开关的压力控制范围为 2.82~3.10 MPa 时断开,1.03~1.73 MPa 时接通。

2. 低压压力开关

低压开关有两种,一种是安装在系统的高压回路中,防止压缩机在压力过低的情况下工作(图 14.4-2)。这是因为高压回路中压力过低说明缺少制冷剂,缺少制冷剂将影响润滑效果,久而久之将损坏压缩机。另一种低压开关是设置在低压回路中,直接由吸气压力控制。当低压低于某一规定值时,接通高压旁通阀(电磁阀),让部分高压蒸气直接进入蒸发器,以达到除霜的目的。这种装置一般用于大、中型客车的空调制冷系统中。低压开关的工作范围一般为

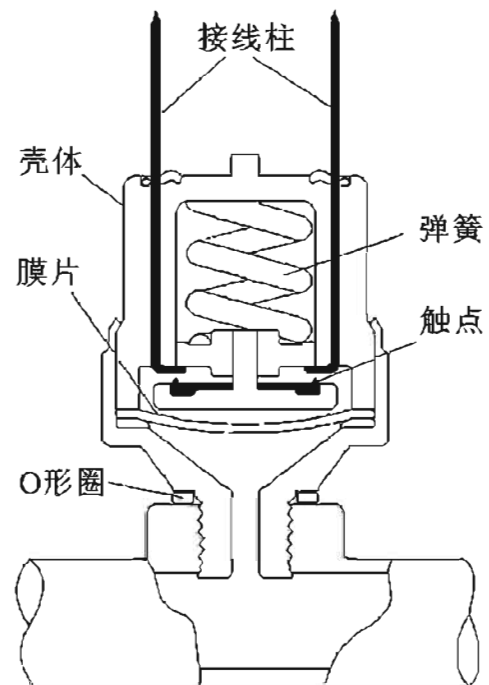


图 14.4-2 低压开关结构

80~110 kPa 时断开;230~290 kPa 时接通。

3. 高低压组合开关

高、低压力开关用于保护作用时,通常都安装在系统的高压侧,为了结构紧凑,减少接口,把高、低压力开关做成一体,就形成了高低压组合开关。这样,就可以作为一个整体安装在储液干燥器上,起到保护作用(图 14.4-3)。

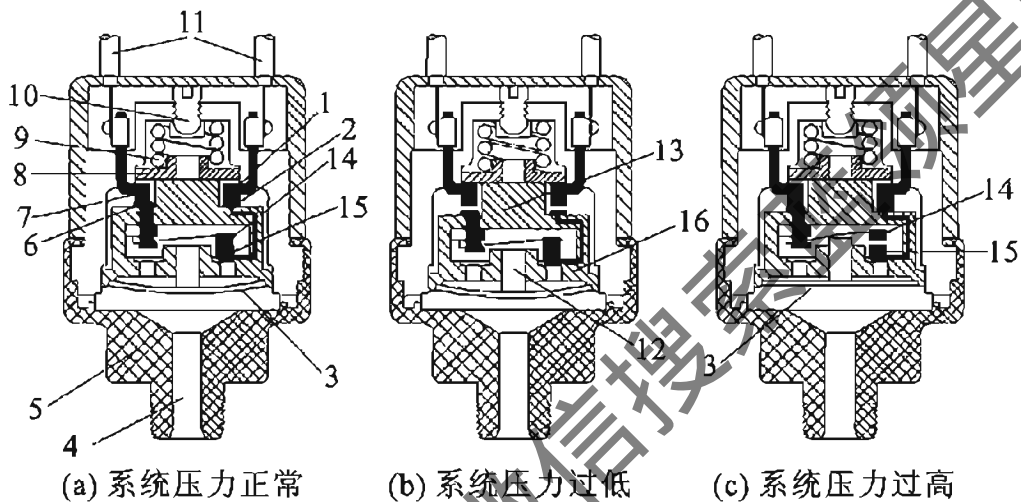


图 14.4-3 高、低压组合开关

- 1、7—低压动触头 2、6—低压静触头 3—膜片 4—制冷剂压力通道
 5—开关座 8—绝缘片 9—弹簧 10—调节螺钉 11—接线柱
 12—顶推销 13—触头座 14—高压动触头 15—高压静触头 16—膜片座

4. 三位压力开关

三位压力开关一般安装在储液干燥器上,感受制冷剂高压回路的压力信号。三位压力开关的作用是:

① 当因制冷剂泄漏系统压力过低时,切断空调压缩机,防止损坏压缩机。

② 当系统内制冷剂高压异常时,保护系统不受损坏。

③ 在正常工作状况下,冷凝器风扇低速运转,实现低噪音,节省动力;当系统内高压升高后,风扇高速运转,以改善冷凝器的散热条件,实现了风扇的二级变速。

(三) 传感器

1. 车内温度传感器

安装在车内不易碰到的地方,一般装在仪表板下侧(图 14.4-4),采用负温度系数热敏电阻,当车内温度升高时,电阻下降,车内温度下降时电阻升高。热敏电阻将温度变化转变成为电阻变化,车内温度发生改变,引起热敏电阻阻值发生改变,从而向空调 ECU 输送车内温度信号。

2. 车外温度传感器

一般安装于汽车前部保险杠下端或风档玻璃外下边(图 14.4-4),采用负温度系数热敏电阻,用于检测汽车外的环境温度。

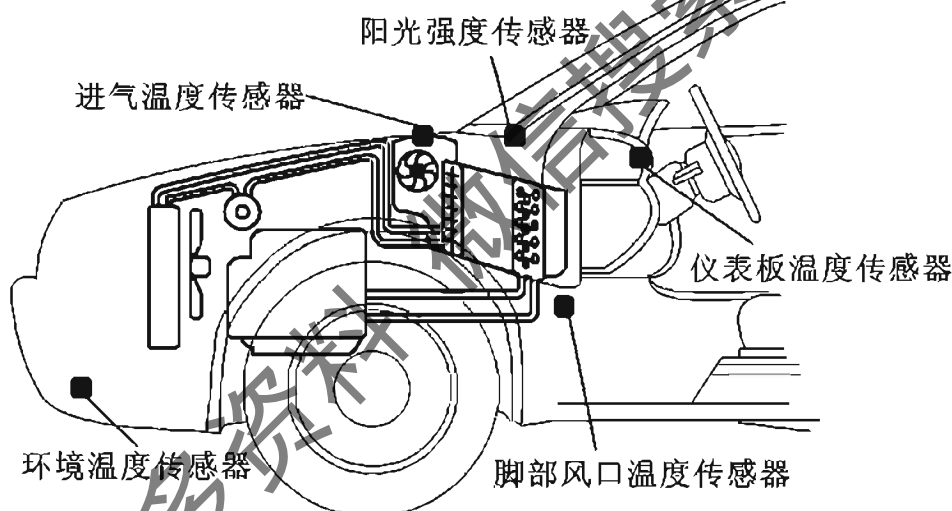


图 14.4-4 传感器安装位置

3. 阳光强度传感器

阳光强度传感器是一个光敏元件,安装在汽车前挡风玻璃内仪表板背部阳光照射最强的地方,利用光电效应传感器将阳光辐射强度转变成电信号,并输送给 ECU。可感知阳光热辐射的强度。

4. 烟雾传感器

发光二极管间断性发射红外线脉冲,由于安装位置的关系,在车内有烟的情况下,烟雾传感器内有烟雾微粒,微粒将反射红外线

脉冲,光敏二极管将接收到红外线信号脉冲,即测出车内烟雾浓度,当传感器检测到烟雾的浓度达到设定值时,即向 ECU 发送电信号,ECU 即指令空气过滤装置工作。

5. 空气质量传感器

空气质量传感器可以检测香烟、 NH_3 、酒精、CO 等多种空气中的污染气体(图 14.4-5)。空气质量传感器的主要作用是汽车行驶在外部空气污染较严重的地区时,驾驶员不用另行操作开关就可以自动切断外部空气进入到车内,当汽车进入到污染较轻的地区时,自动转换为外部空气进入模式的装置。

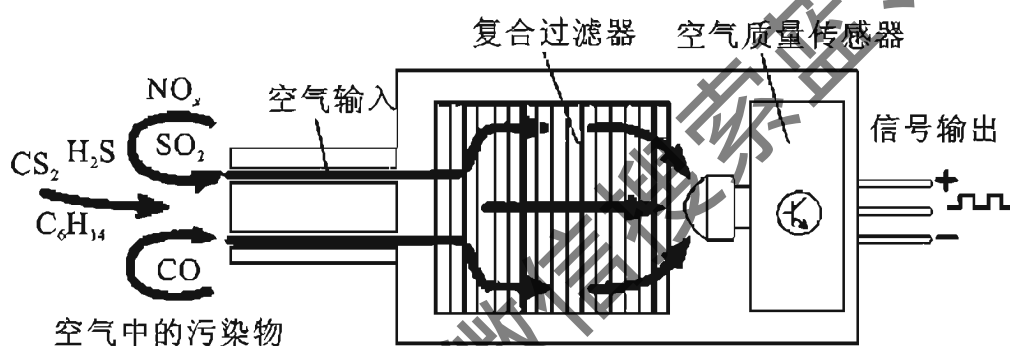


图 14.4-5 空气质量传感器示意图

(四) 温度控制器

温度控制器是汽车空调系统中温度控制的一种开关元件,用于检测汽车内温度,并将温度控制在一定范围内。温度控制器有机械压力式和电子式两种。

1. 机械压力式温度控制器

机械压力式温度控制器主要是利用波纹管的伸长或缩短来控制触点开闭,从而切断或接通压缩机电磁离合器的电路。

2. 电子式温度控制器

电子式温度控制器一般采用热敏电阻为测温电阻,如图 14.4-6 所示。电子式温度控制器根据电桥原理制成,热敏电阻的大小随周围温度的上升或下降而改变,使电桥的平衡受到破坏,向空调放大器发出温度信号。因此,在构成温控器时,可以很容易地

通过选择适当的热敏电阻来改变温度调节范围和工作温度。

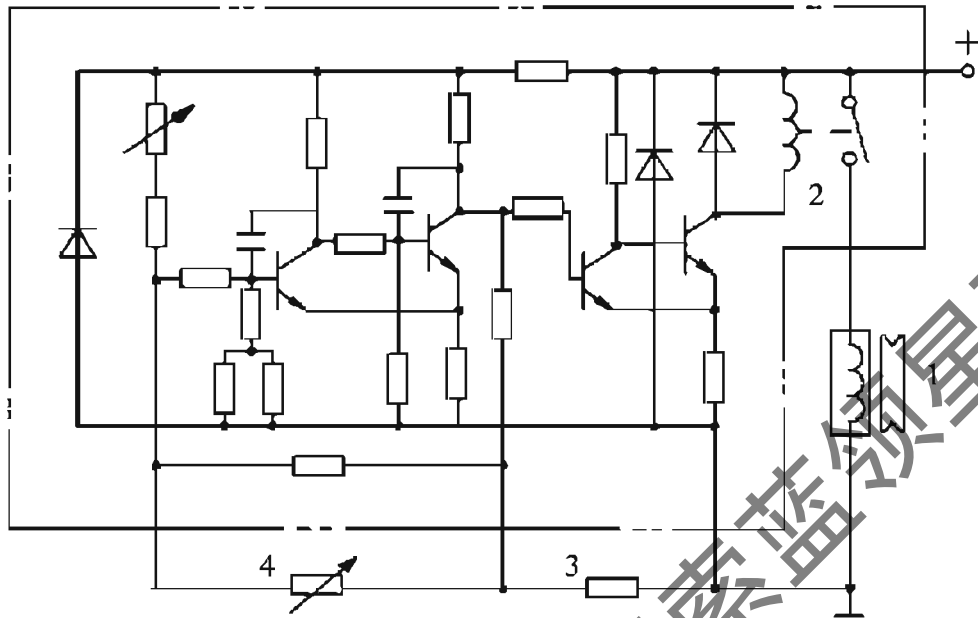


图 14.4-6 电子式温度控制器原理图

1—电磁离合器 2—继电器 3—热敏电阻 4—可变电阻

(五) 怠速提升控制电磁阀

怠速提升控制电磁阀是用于提高发动机怠速的装置。如果在发动机怠速时开启空调设备,会使发动机负荷增大,造成发动机熄火或过热,因此必须提高发动机的怠速转速。发动机怠速的提升是由怠速提升控制电磁阀与提升装置共同实现的。电喷发动机的车辆已不再使用这种装置,而是由发动机 ECU 接收来自空调系统的空调开启信号后通过控制怠速空气阀来提高发动机的转速。

(六) 空调放大器

空调放大器是空调电气控制系统的核心控制部件,它将采样来的信号通过处理,控制电磁离合器的通断,以保证空调系统的正常工作。

空调放大器的输入信号有空调启动开关信号、蒸发器出风口温度信号(温度控制器)、发动机水温信号、点火开关信号和加速切

断开关信号。放大器输出信号控制压缩机电磁离合器和水箱风扇电机的通断,以及控制怠速提升控制电磁阀的通断,其内部方框图如图 14.4-7 所示。

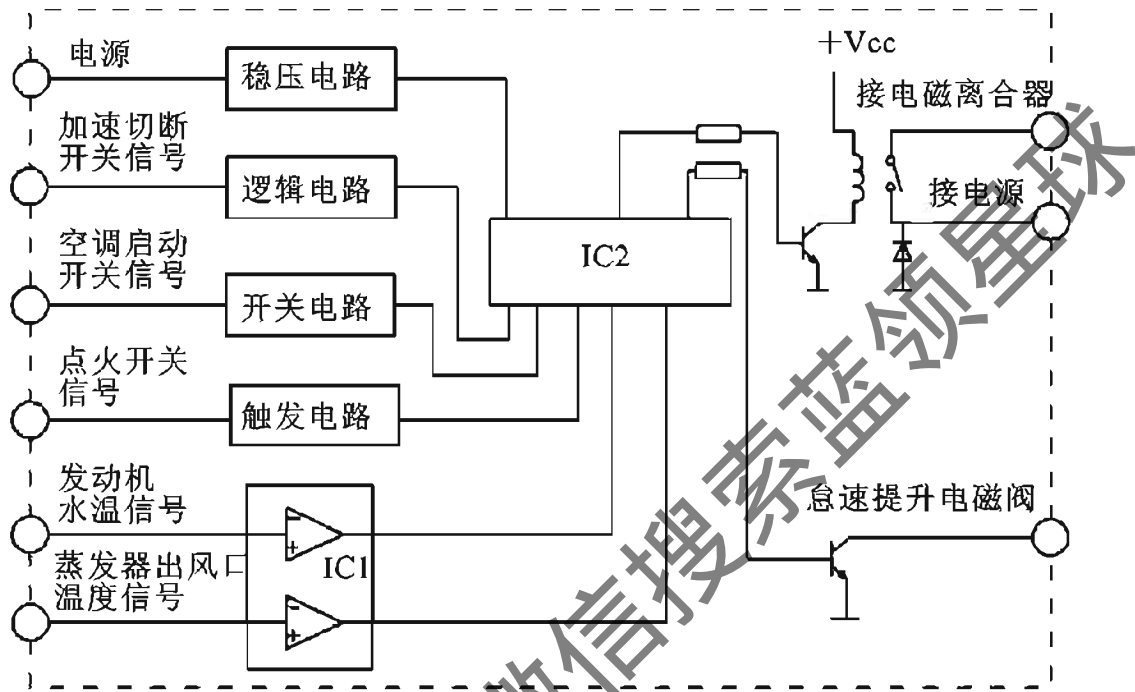


图 14.4-7 空调放大器电路方框图

(七) 过热开关与热力熔断器

过热开关(过热保护装置)有两种,一种装在压缩机缸盖上,作用是使电磁离合器电源中断,压缩机停转。另一种装在蒸发器出口管路上,作用是使泄漏报警灯亮。这两种结构的的目的都是防止由于缺少制冷剂,造成压缩机因缺乏润滑油而过热损坏。过热开关是一种温度-压力感应开关。在正常情况下,此开关处于断开位置(图 14.4-8)。当系统处在高温高压或者低温低压状态时,此开关保持常开。当系统处于高温低压状态时,此开关闭路。系统的高温低压状态通常是在缺少制冷剂的时候出现的,此时若压缩机继续保持运转,将会因缺少润滑及过热而损坏。过热开关使压缩机停止转动,直到故障排除再恢复运转,起到自动保护作用。

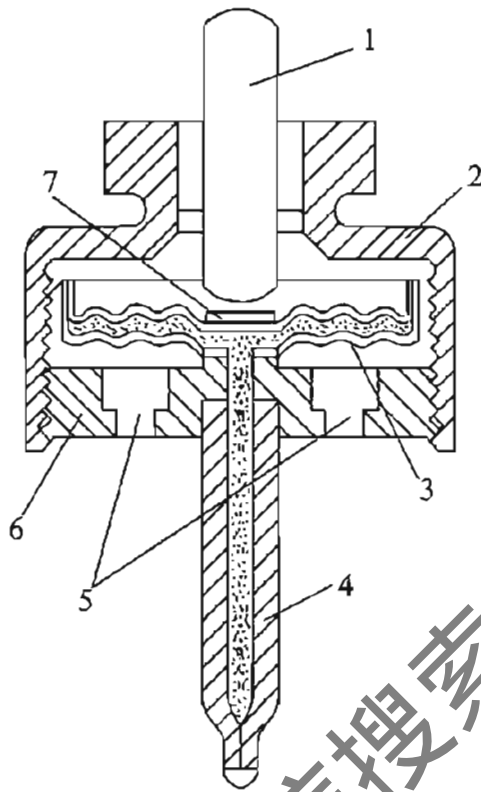


图 14.4-8 过热开关

- 1—接线柱 2—壳体 3—膜片总成 4—感温管
5—底座孔 6—膜片底座 7—触点

热力熔断器是与过热开关配套工作的,由温度感应保险丝和线绕电阻器(加热器)组成(图 14.4-9)。当过热开关闭路时,通向电磁离合器的电流通过热力熔断器中的加热器使加热器温度升高,直到把熔断器熔化。这样,电磁离合器电路中断,压缩机停止转动。因熔化保险丝需要一定的时间,对于短时间(3 min)内的高温低压现象是不起作用的。短时间异常现象未必会对系统工作产生影响。

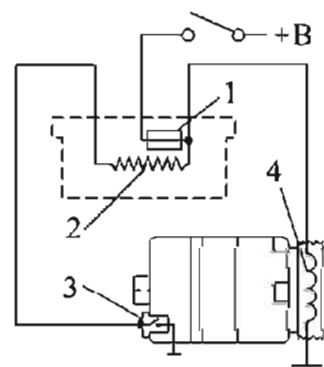


图 14.4-9 热力熔断器

- 1—熔断器 2—加热器
3—过热开关 4—离合器线圈

二、汽车空调的控制电路

(一) 压缩机工作控制方式

控制压缩机工作的方式可分为三种：手动空调压缩机的控制、半自动空调压缩机的控制、全自动空调压缩机的控制。

1. 手动空调压缩机的控制

手动空调压缩机工作的必备条件是空调开关(A/C 开关)闭合、温度开关闭合、压力开关闭合、鼓风机开关闭合。此时,压缩机电磁离合器继电器工作(冷气继电器),汽车才能提供给压缩机电磁离合器线圈电源。

2. 半自动空调压缩机的控制

如图 14.4-10 所示,半自动空调压缩机工作的必备条件是空调开关(A/C 开关)闭合、温度开关(热敏电阻)工作、压力开关闭合、鼓风机开关闭合、发动机转速信号、压缩机转速信号、制冷剂温度开关闭合。当点火开关和鼓风机开关接通时,加热器继电器就接通。如空调器开关此时接通,则压缩机电磁离合器继电器由空调器放大器接通。这就使压缩机电磁离合器接合,压缩机工作。

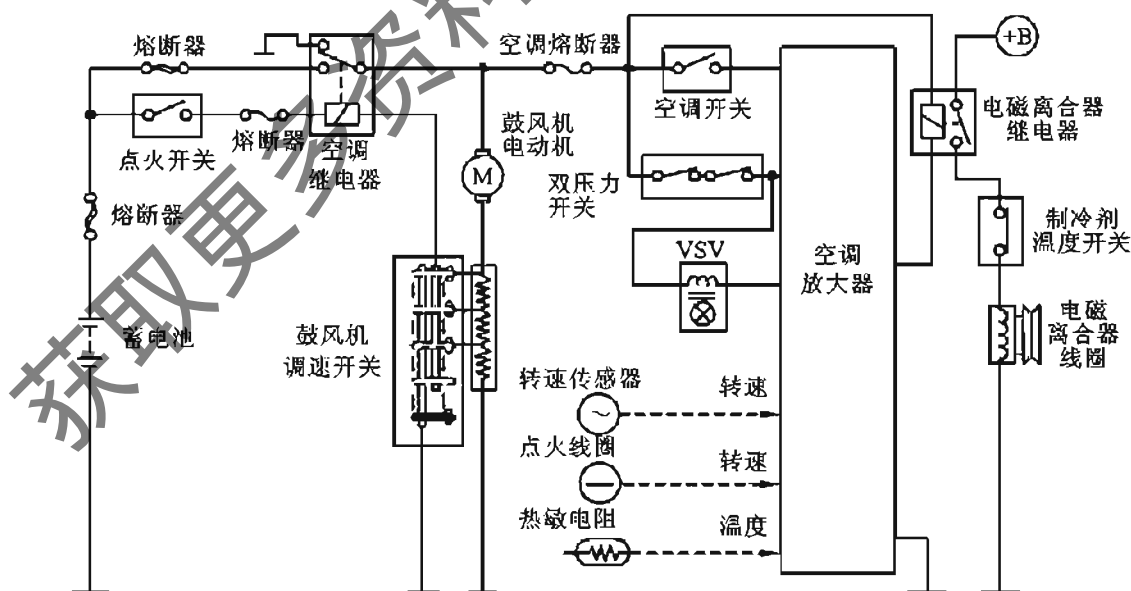


图 14.4-10 半自动空调压缩机的控制

在下述情况下,电磁离合器脱开,压缩机被关掉:

① 鼓风机开关位于 OFF(断开)。当鼓风机开关断开,空调继电器也断开,电源不再传送至空调器。

② 空调器开关位于 OFF(断开)。空调器放大器(它控制压缩机电磁离合器继电器)的主电源被切断。

③ 蒸发器温度太低。如蒸发器表面温度降至 3℃ 或以下,则空调器放大器电源被切断。

④ 双重压力开关位于 OFF(断开)。如制冷回路高压端压力极高或极低,这一开关便断开。空调器放大器检测到这一情况,就切断电磁离合器继电器。

⑤ 压缩机锁止保护(仅限某些车型)。压缩机与发动机转速差超过一定值,空调器放大器就会判断压缩机已锁止,并切断电磁离合器继电器。

3. 全自动空调压缩机控制

全自动空调压缩机一般由发动机电脑控制。随着微型计算机的发展,以及人们对操作系统简单化的要求,汽车空调系统的控制正在朝自动化或半自动化的方向发展,微机控制系统使之成为现实。微机控制系统不但减少了驾驶人员繁琐的操作过程,使注意力更加集中于汽车的驾驶,而且由于其控制精度高、功能强,因此所营造出的环境更加舒适,空调系统各部件的性能得到了更好的发挥。

微机控制系统主要是把传感器采集到的各个部位的各种参数,包括车外温度、车内温度、风道温度、发动机冷却水温度、蒸发器表面温度、太阳辐射强度等,与给定指令加以对比处理,然后对风机转速、热水阀开度、空气在车厢内的循环方式选择、温度混合门的开度、压缩机停转、各送风口的选择等进行控制,以保证最佳的舒适性要求。同时,由于系统可根据环境温度的变化自动改变蒸发器温度、改变压缩机运行时间,因此又起到了节能的作用。除

上述功能外,微机控制系统还有故障监测和安全保护功能,如制冷剂不足,高、低压异常及各种控制器的故障判断、报警和保护等。微机控制系统也可显示出空调系统的工作状况,如给定温度、控制方式、运行方式等。总之,微机控制系统的应用,使控制更为简便和智能化。图 14.4-11 是日产天籁轿车自动空调压缩机控制示意图。

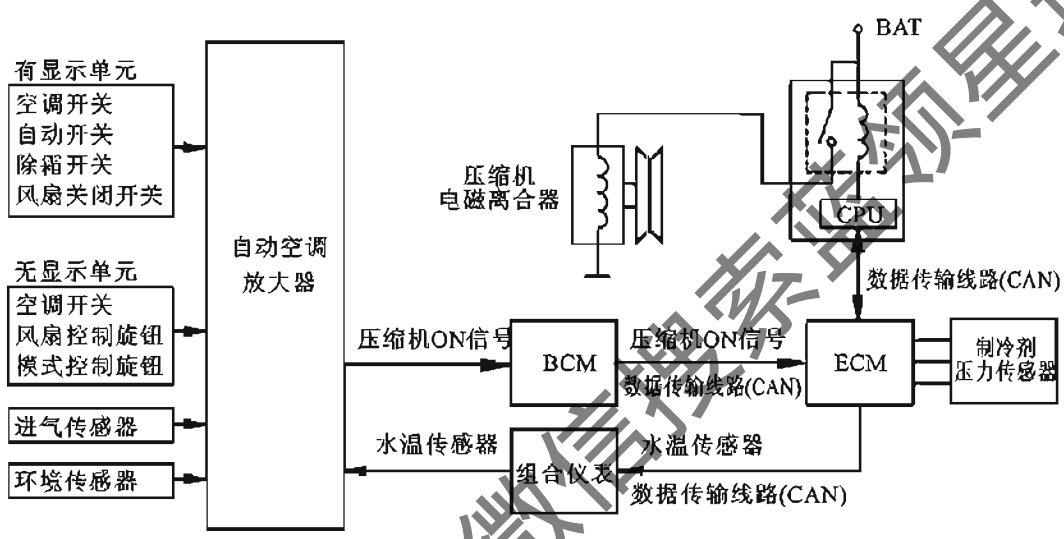


图 14.4-11 全自动空调压缩机的控制

(二) 冷凝器风扇控制电路

轿车空调的冷凝器一般都装在水箱前,为了减少风扇的配置,使结构简化,轿车在设计上一般都将水箱冷却风扇和冷凝器风扇组装在一起,利用一个或两个风扇对水箱和冷凝器进行散热。车型不同,则配置风扇的数量不同,控制线路设计方面差异也很大,但其控制方式则大同小异,一般根据水温信号和空调信号共同控制,同时满足水箱散热和冷凝器散热需要。下面就一些较典型的冷凝器散热风扇电路进行分析。

(1) A/C 开关直接控制型

这种控制电路比较简单,其控制原理如图 14.4-12 所示,空调开关打至“ON”的位置,在供电给压缩机电磁离合器的同时,加电

源至冷凝器风扇继电器线圈,继电器触头开关闭合,冷凝器风扇高速运转。

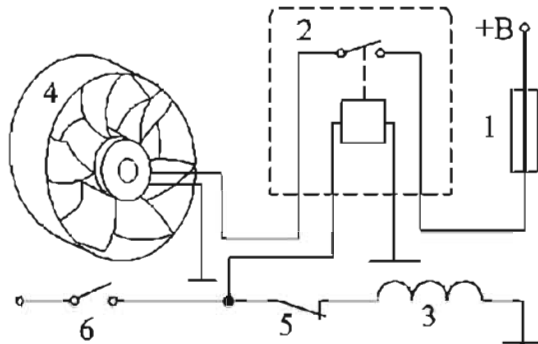


图 14.4-12 A/C 开关直接控制型

1—熔断器 2—继电器 3—离合器线圈 4—冷凝器风扇
5—温控器触点 6—A/C 开关

(2) A/C 开关和水温开关联合控制型

有些汽车的发动机冷却系统和空调冷凝器共用一个风扇进行散热,这种风扇有低速和高速两种转速。风扇电动机转速的改变是通过改变线路中电阻值的方法实现的。起关键控制作用的是 A/C 开关和水温开关。当空调开关开启时,常速风扇继电器通电工作。由于线路中串联了一个电阻,风扇低速运转。当冷却系统水温达到 $89\sim 92^{\circ}\text{C}$ 时,水箱风扇也是低速运转;一旦发动机水温升至 $97\sim 101^{\circ}\text{C}$ 时,水箱风扇高速运转,以加强散热效果。

(3) 制冷剂压力开关与水温开关控制组合型

目前,很多轿车采用制冷剂压力开关和水温开关组合的方式对冷却风扇系统进行控制。图 14.4-13 为丰田 LS400 冷却风扇系统电路图,从该图可看出,起控制作用的是水温开关和高压开关,水温开关和高压开关处于不同状态,则控制继电器形成不同组合,从而控制两个并排的风扇不运转、低速运转或高速运转。

3. 蒸发器鼓风机控制电路

根据控制方法的不同可分为以下三种形式:

(1) 由鼓风机开关和调速电阻联合控制

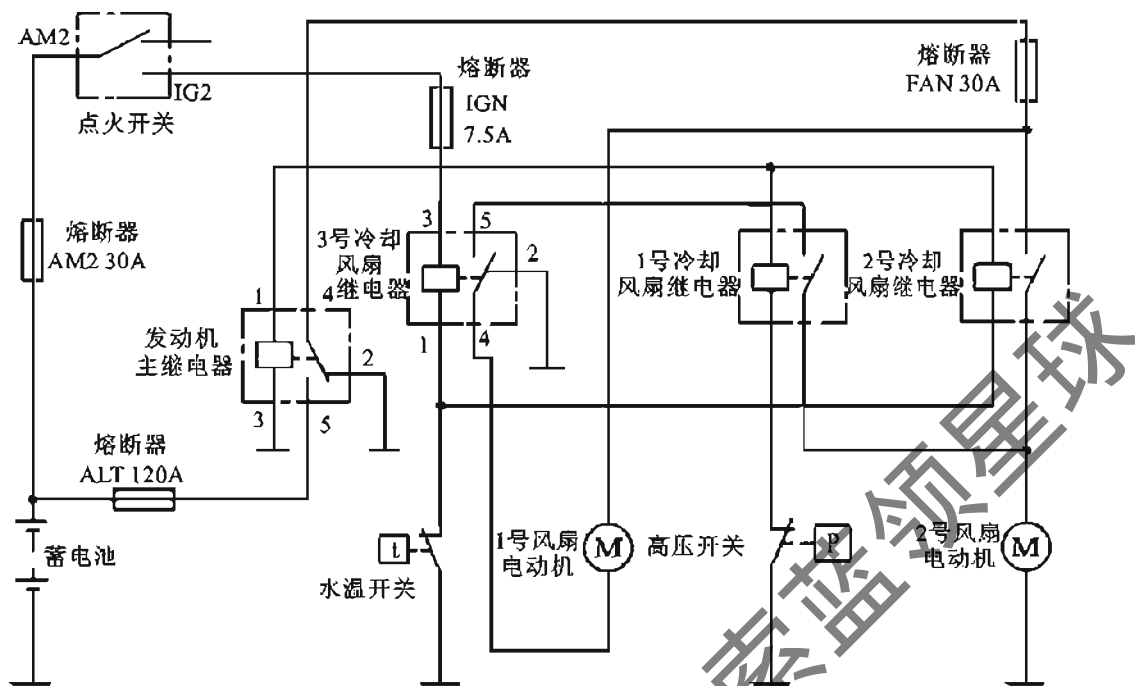


图 14.4-13 制冷剂压力开关与水温开关控制组合型

风机的控制挡位一般有一、二、三、四速四种,最常见的是三速和四速,参见图 14.4-14,通过改变风机开关与调速电阻(图 14.4-15)的接通方式可令风机以不同转速工作。风机开关处于 I 位置

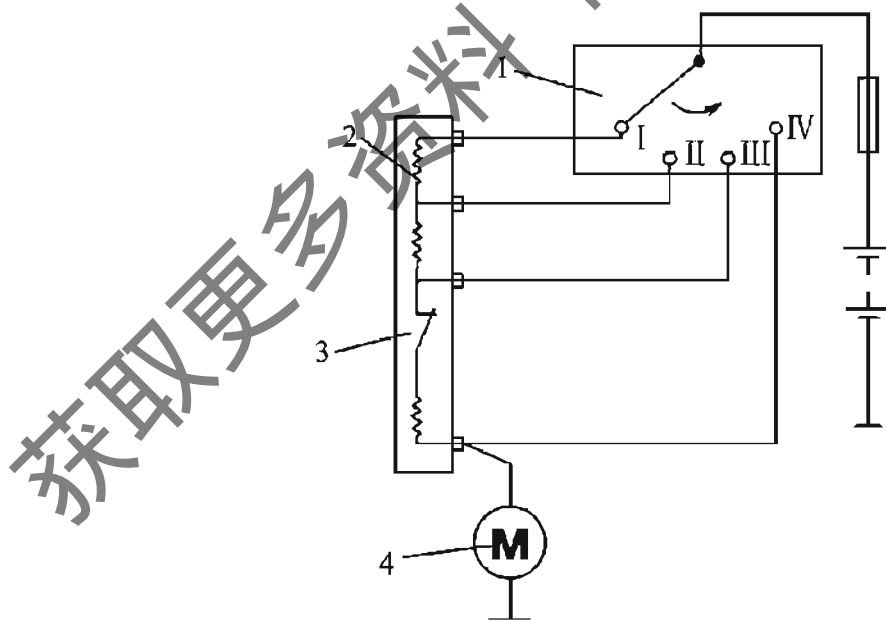


图 14.4-14 鼓风机开关和调速电阻联合控制

1—鼓风机开关 2—调速电阻 3—限温开关 4—鼓风机

时,至电动机的电流必须经过三个电阻,风机低速运行,开关调至Ⅱ位置,至电动机的电流须经两只电阻,风机按中低速运转,开关拨至Ⅲ位置时,至电动机的电流只经过一个电阻,风机按中高速运转,选定位置Ⅳ时,线路中不串联任何电阻,加至电动机的是电源电压,风机以最高速运转。调速电阻一般装在空调蒸发器组件上,利用气流进行冷却。风机开关一般装在操作面板内,设置不同档位,供调速用,在设置时,风机开关可控制鼓风机电源正极,也可控制鼓风机电路搭铁。

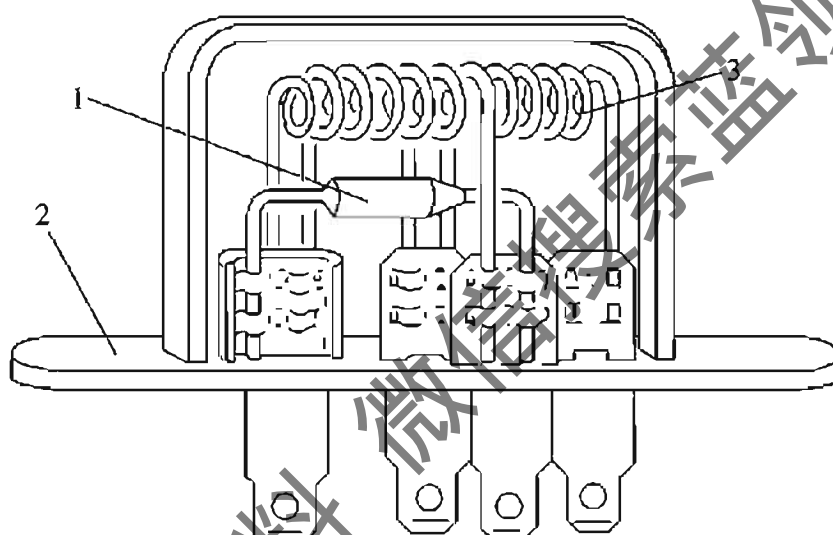


图 14.4-15 调速电阻

1—限温开关 2—安装底板 3—电阻器

(2) 电控模块通过大功率晶体管控制

现代中高档轿车为实现风速的自动控制,风机的转速一般由电控模块通过大功率晶体管控制,控制原理见图 14.4-16。功率组件控制风机的运转,它把来自程序机构的风机驱动信号放大,放大器的输出信号根据车内情况,按照指令提供不同的风机转速,如果车内温度比所选定的温度高很多,在空调工作状态下风机将高速运转;而当车内温度降低时,风机速度又降为低速。相反地,如果车内温度比所选定的温度低得多,在加热状态下风机将被启动

为高速；而当车内温度上升后，风机速度降为低速。

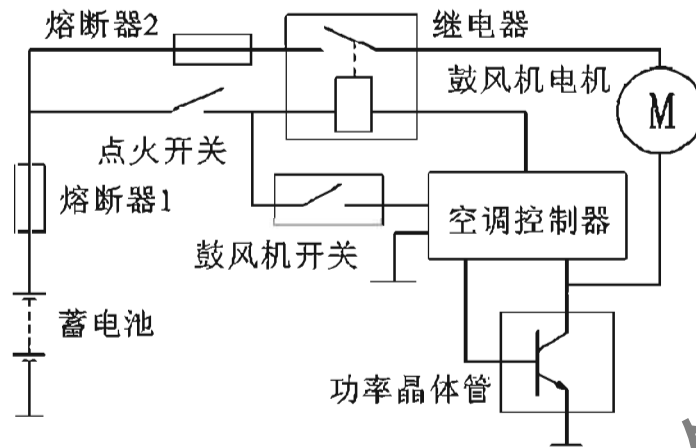


图 14.4-16 电控模块通过大功率晶体管控制

(3) 晶体管与调速电阻器组合型

组合型鼓风机控制开关有自动(AUTO)挡和不同转速的人工选择模式,如图 14.4-17 所示,当鼓风机转速控制开关设定在“**AUTO**”挡时,鼓风机的转速由空调电脑根据车内、车外温度及其他传感器的参数控制。若按动人工选择模式开关,则空调电路取消自动控制功能,执行人工设定功能。

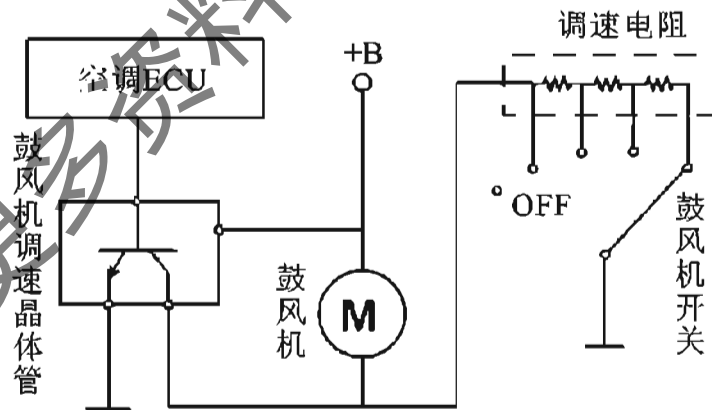


图 14.4-17 晶体管与调速电阻器组合型鼓风机控制

三、自动空调的微机控制电路

自动空调由电脑检测车内和车外温度,暖气装置和冷气装置

根据驾驶员设定的温度自动运行,从而使车室内保持恒温状态。自动空调控制系统的传感器一般有车内温度传感器、车外温度传感器、蒸发器温度传感器、阳光强度传感器、水温传感器等。各个传感器将温度信息反馈到 ECU,ECU 通过“混合风挡”的冷暖风比例而控制气流的温度,当车室内温度达到预定值时,ECU 会发出指令停止“混合风挡”伺服执行器运作。同时,ECU 还通过“方式风挡”伺服执行器控制气流流向,确定出风口的吹风角度。下面以广州本田雅阁轿车空调控制系统为例,介绍自动空调的微机控制电路(图 14.4-18)。

广州本田雅阁轿车空调控制系统采用全自动温度、湿度控制系统。不管气候如何变化,它都能为车室提供并保持良好的舒适性,而驾驶员无需或很少去变换控制板上控制开关的位置。自动空调控制系统 ECU 能根据各种传感器的输入信号和设定温度,通过空气混合风门改变冷热风的比例,进而控制气流的温度。当车内温度达到设定温度时,ECU 停止驱动控制电机,并把此位置存入记忆。ECU 还通过方向风门控制气流流向;通过进气风门控制进气是来自车内还是车外。另外,自动空调控制系统还具有故障自诊断功能(具体操作见本章第六节),在压缩机转速未锁定和系统压力过低、过高时将使压缩机停止工作,并由显示器闪亮显示故障。

1. 冷却风扇控制电路分析

(1) 散热器风扇电机控制电路

蓄电池正极→(100 A)熔断器→(20 A)熔断器→散热器风扇继电器触点→散热器风扇电机→搭铁点。若使散热器风扇继电器触点闭合,需要散热器风扇继电器线圈通电,有两个回路可使风扇继电器线圈通电,从而使风扇电动机工作:一是冷却液温度,二是空调压力。

冷却液温度控制回路是:蓄电池正极→(100 A)熔断器→

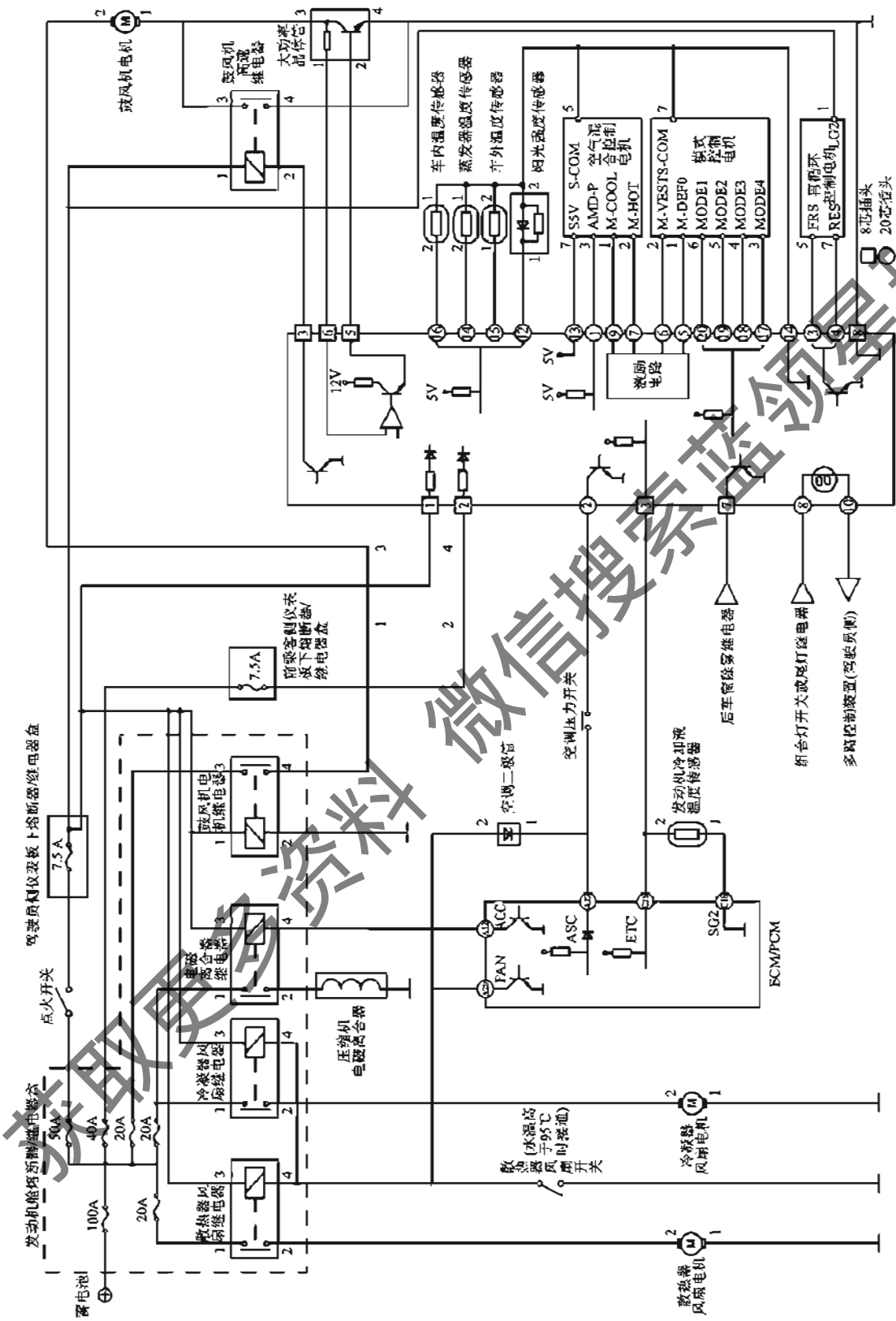


图 14.4-18 广州本田雅阁轿车空调控制系统电路图

(50 A)熔断器→点火开关→(7.5 A)→散热器风扇继电器线圈→散热器风扇开关 A(高于 95℃接通)→搭铁点。

空调压力控制回路是:蓄电池正极→(100 A)熔断器→(50 A)熔断器→点火开关→(7.5 A)→散热器风扇继电器线圈→空调二极管→空调压力开关→空调电子控制器 ECU→搭铁。

(2) 冷凝器风扇电机控制电路

蓄电池正极→(100 A)熔断器→(20 A)熔断器→冷凝器风扇继电器触点→冷凝器风扇电机→搭铁点。控制冷凝器风扇电机工作的也是冷却液温度开关和空调压力开关两个回路。

冷却液温度控制回路是:蓄电池正极→(100 A)熔断器→(50 A)熔断器→点火开关→(7.5 A)→冷凝器风扇继电器线圈→散热器风扇开关 A(高于 95℃接通)→搭铁点。

空调压力控制回路是:蓄电池正极→(100 A)熔断器→(50 A)熔断器→点火开关→(7.5 A)→冷凝器风扇继电器线圈→空调二极管→空调压力开关→空调电子控制器 ECU→搭铁。此外,散热器风扇继电器线圈、冷凝器风扇继电器线圈还可以通过 ECM/PCM 控制搭铁。

2. 压缩机离合器控制电路

蓄电池正极→(100 A)熔断器→(50 A)熔断器→点火开关→(7.5 A)→压缩机离合器继电器线圈→ECM/PCM→搭铁。

蓄电池正极→(100 A)熔断器→(20 A)熔断器→压缩机离合器继电器触点→压缩机电磁离合器→搭铁。

3. 风机控制电路

蓄电池正极→(100 A)熔断器→(50 A)熔断器→点火开关→No. 3(7.5 A)→鼓风机电机继电器线圈→搭铁。

蓄电池正极→(100 A)熔断器→(20 A)熔断器→鼓风机电机继电器触点→鼓风机电机。分两路:一路通过受空调电子控制器 ECU 控制的功率晶体管搭铁,从而实现鼓风机变速;另一路通过

鼓风机高速电机继电器触点搭铁,从而实现鼓风机高速。

高速电机继电器线圈电路如下:蓄电池正极→(100 A)熔断器→(50 A)熔断器→点火开关→(7.5 A)→高速电机继电器线圈→空调电子控制器 ECU→搭铁。

4. 温度控制电路

蓄电池正极→(100 A)熔断器→(50 A)熔断器→点火开关→(7.5 A)→空调电子控制器 ECU→搭铁。

空调电子控制器 ECU→车内温度、蒸发器温度、车外空气温度、阳光传感器→搭铁。

空调电子控制器 ECU→发动机冷却液温度(ECT)传感器→搭铁。ECM/PCM→发动机冷却液温度(ECT)传感器→搭铁。

空调电子控制器 ECU→模式控制电机→搭铁。

空调电子控制器 ECU→空气混调控制电机→搭铁。

蓄电池正极→(100 A)熔断器→(50 A)熔断器→点火开关→(7.5 A)→压缩机离合器继电器线圈→ECM/PCM→搭铁。

四、自动空调的局域网控制系统

1. 局域网

随着汽车控制系统的发展,汽车中 ECU(电子控制单元)的数量,例如发动机控制、制动控制、车身控制、空调控制以及转向控制的数量也在不断增长。这些 ECU 的运行并不是独立的,它们彼此相互联系,而且每一个 ECU 都带有微处理器,ECU 之间必须相互通信。信号的并行传输需要大量的金属导线,这些导线增加的数量与重量是不可接受的,因而业界转向采用串行信号传输,这就是人们所说的汽车局域网(LAN),图 14.4-19 是日产天籁轿车自动空调的 CAN 系统结构图。根据传输速度和互连节点的数量,最主要的一些如下:

LIN(本地互联网络) 一种低速 LAN 标准,主要用于控制车

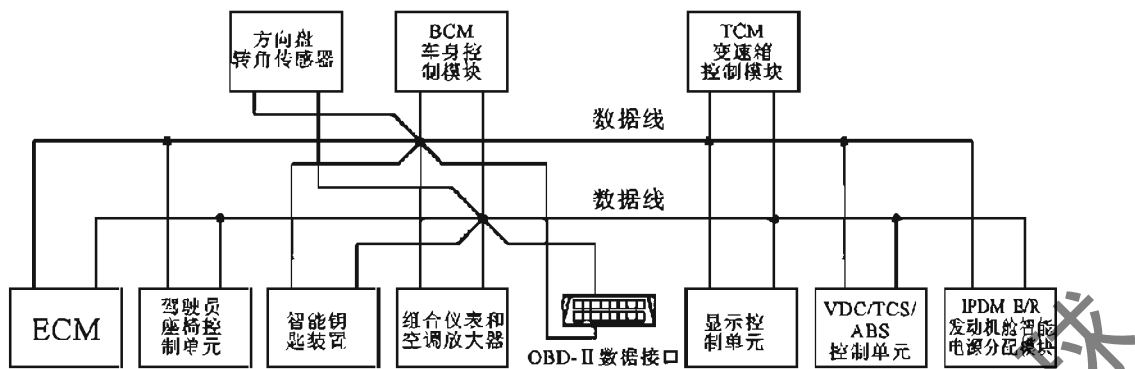


图 14.4-19 天籁 CAN 系统结构图

身系统,如后视镜、空调、座椅的位置等。

CAN(控制器局域网) 主要用于汽车安全系统,如安全气囊控制;动力总成系统,如引擎和刹车控制;信息系统,如 GPS 导航。

MOST(媒体导向系统传输) 被设计用于汽车 AV 设备,主要用在欧洲的汽车上。

2. 日产天籁轿车自动空调的 LAN(局域网)控制系统

下面以日产天籁轿车自动空调的 LAN(局域网)控制系统为例,介绍汽车局域网(LAN)在空调控制中的应用。

日产天籁轿车自动空调的 LAN 控制系统(图 14.4-20)由一体化仪表、A/C 放大器、模式门电机、空气混合门和进气门电机组成。

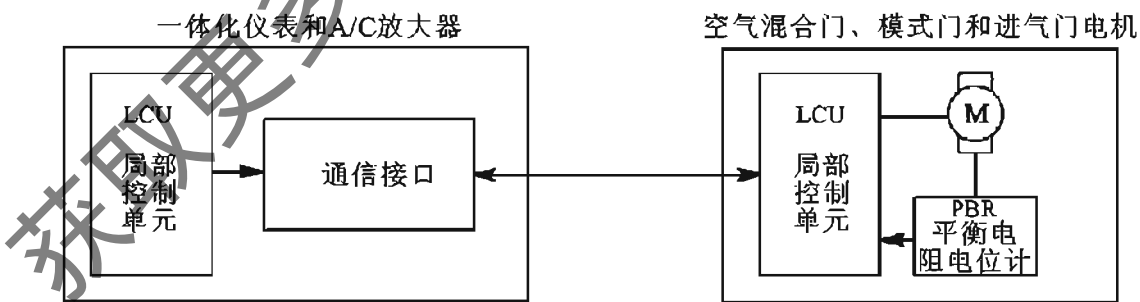


图 14.4-20 LAN 系统示意图

(1) 系统构成

在一体化仪表、A/C 放大器、模式门电机、空气混合门电机和

进气门电机之间有一个小型网络(图 14. 4-21)。一体化仪表、A/C放大器和电机由数据传输线和电机电源线路连接在一起。LAN网络是通过每个电机的通信线路连接起来的。地址、电机开启角度信号、电机停止信号和查错信号都通过连接一体化仪表、A/C放大器和每个门电机的数据传输线传送。

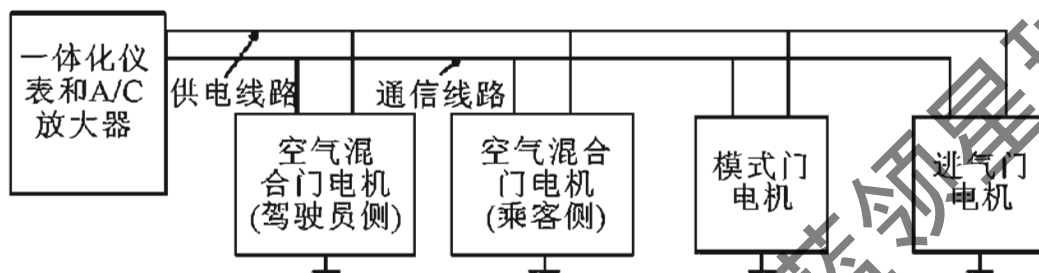


图 14. 4-21 LAN 系统构成

内置于模式门电机、空气混合门电机和进气门电机中的 LCU (局部控制单元) 具有地址、电机开启角度信号、数据传输、电机停止和驱动指令、开启角度传感器、比较和指令 (一体化仪表和 A/C 放大器的指示值与电机开启角度的比较) 等功能。

(2) 操作

一体化仪表和 A/C 放大器接收来自各个传感器的数据。一体化仪表和 A/C 放大器将模式门、空气混合门和进气门开启角度数据传送至模式门电机 LCU、空气混合门电机 LCU 和进气门电机 LCU (图 14. 4-22)。

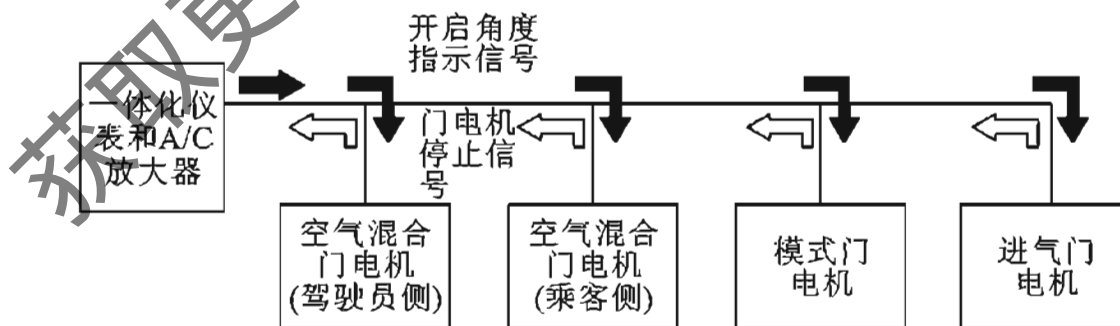


图 14. 4-22 LAN 系统信号传输示意图

模式门电机、空气混合门电机和进气门电机依据地址读取它们各自的信号。从一体化仪表和 A/C 放大器以及每个电机位置传感器接收到的开启角度显示信号在每个电机内的 LCU 中与当前的指令及开启角度进行比较。然后,选择热/冷、除霜/通风或新鲜空气/再循环等操作。新选择的数据被返回到一体化仪表和 A/C 放大器中。传输数据和传输顺序一体化仪表和放大器数据按照图 14. 4-23 所示的格式顺序传输到各门电机。

开始 初始强制信号传送到各门电机。

地址 根据空气混合门电机、模式门电机和进气门电机的数据库指令选择一体化仪表及自动放大器发送的数据。如果地址相同,门电机的 LCU 就接收开启角度数据和查错信号。然后,LCU 做出合适的错误指令。如果开启角度数据正常,开始门的控制动作。如果发现错误,LCU 拒绝接收错误的的数据,而接收更正的数据。最后,根据更正的开启角度数据进行门的控制动作。

开启角度 指示各个门电机开启角度的数据。

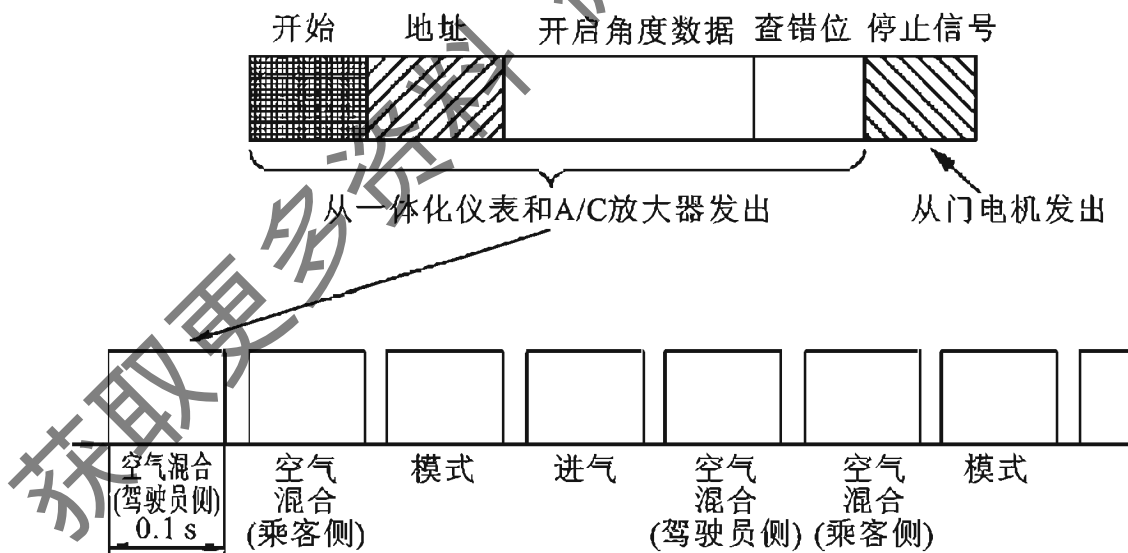


图 14. 4-23 LAN 系统数据传输格式

查错 通过此步骤检查发送和接收的数据是否有错误。然后对错误的数据进行编译。查错功能可以防止空气混合门电机、模

式门电机和进气门电机使用错误的数。数据错误可能与故障电流频率、电路接触不良、传输线路信号丢失或信号电平波动等问题有关。

停止信号 每次传输结束时,停止操作或内部错误信号返回一体化仪表和自动放大器。到此就完成了一次数据传输和控制循环。空气混合门是自动控制的,以便车内温度保持在一个预先设定的值,这个值由设定温度、环境温度、车内温度以及日照量决定。

风扇速度控制 鼓风机转速根据设定温度、环境温度、车内温度、进气温度、日照量和空气混合门位置等因素自动控制。当按下 AUTO 开关(有显示单元)或 FAN 的控制旋扭转到 AUTO 位置时(无显示单元),鼓风机电机开始逐步增加空气流量。当发动机冷却液温度很低时,鼓风机电机的动作被延迟,以防冷空气流动。

进气门控制 进气门由设定温度、环境温度、车内温度、进气温度、日照量及压缩机的开停操作等因素自动控制。

出气门控制 出气门由设定温度、环境温度、车内温度、进气温度、日照量等因素自动控制。

电磁离合器控制 当按下空调开关(风扇打开)、按下 DEF 开关(有显示单元)或将模式控制旋扭转到 DEF 位置时(无显示单元),一体化仪表和 A/C 放大器将压缩机的 ON 信号输入到 BCM 中。通过 CAN 通信线路,BCM 将压缩机的 ON 信号传送给 ECM。根据每个传感器状态(制冷剂压力传感器信号、节气门位置等),ECM 判断是否能开启压缩机。如果它判断压缩机可以开启,就会通过 CAN 通信线路将压缩机的开启信号传送给 IPDM E/R。从 ECM 中接收到压缩机开启信号后,IPDM E/R 就开启空调继电器,使压缩机开始工作(图 14.4-24)。

自诊断系统 内置于一体化仪表和 A/C 放大器中的自诊断系统可以快速查明症状原因。

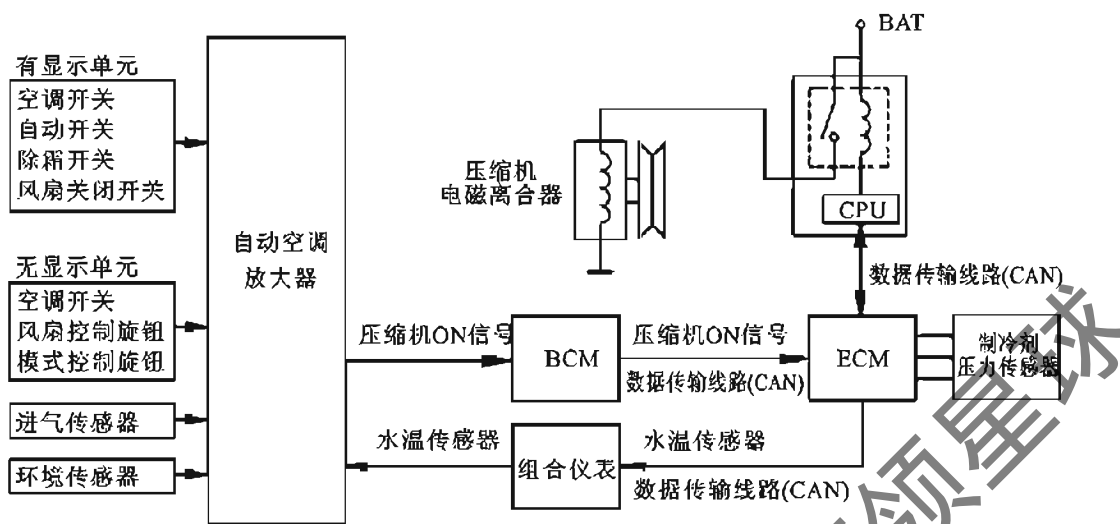


图 14.4-24 LAN 系统电磁离合器控制

第五节 汽车空调检测及故障判断与排除

一、汽车空调常用检测方法

(一) 检漏

1. 目测检漏

当发现系统某处有油迹时,此处可能为渗漏点。这种方法简便易行,没有成本,但是有很大缺陷,除非系统突然出现的大漏点,并且系统泄漏的是液态有色介质,否则目测检漏无法定位,因为通常渗漏的地方非常细微。

2. 肥皂水检漏

向系统充入 1.0~2.0 MPa 压力的氮气,再在系统各部位涂上肥皂水,冒泡处即为渗漏点。

3. 卤素灯检漏

点燃检漏灯,手持卤素灯上的空气管,管口靠近系统可能渗漏处,只要火焰颜色变为紫蓝色,即表明此处有泄漏。这种方式有明

火产生,不但很危险,而且明火和制冷剂结合会产生有害气体,此外也不易准确地定位漏点。

4. 电子检漏

用探头对着有可能渗漏的地方移动,当检漏装置发出警报时,即表明此处有大量的泄漏。电子检漏产品容易损坏,维护复杂,容易受到环境化学品如汽油、废气的影响,不能准确定位漏点。

5. 荧光检漏

它是利用荧光检漏剂在紫外/蓝光检漏灯照射下会发出明亮的黄绿光的原理,对各类系统中的流体渗漏进行检测的。优点是定位准确,渗漏点可以直接用眼睛看到,而且使用简单,携带方便,检修成本较低,代表了汽车检漏的发展方向。荧光检漏技术在国外已经有 50 多年的历史,得到了包括通用、大众、三菱在内的世界主要汽车制造商的认可和广泛应用。

荧光检漏装置包括紫外/蓝光检漏灯、荧光检漏剂加入装置、空调荧光检漏剂、检漏剂清洗剂、紫外防护及荧光增强眼镜(图 14.5-1、图 14.5-2)。

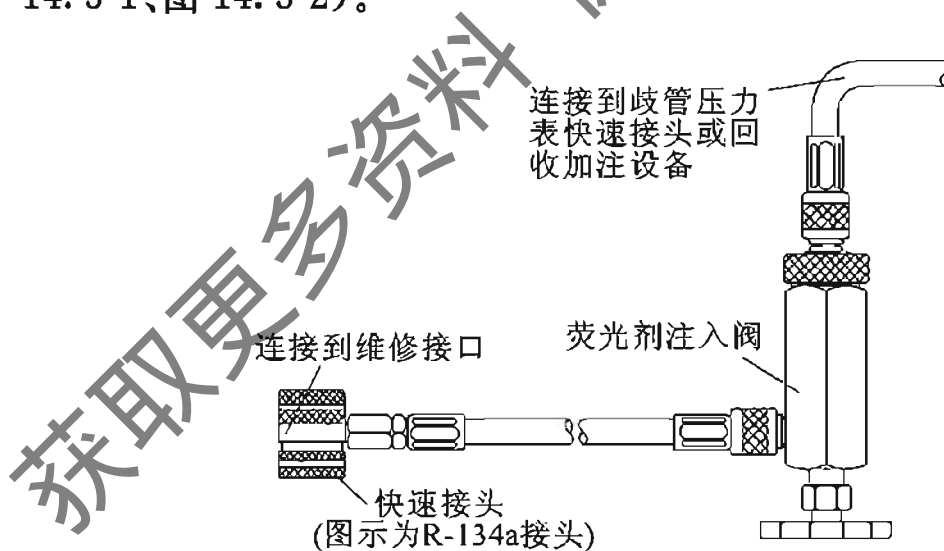


图 14.5-1 荧光检漏装置

在使用时,只要将荧光检漏剂按一定比例加入到系统中,系统运行 20 min 后戴上专用眼镜,用检漏灯照射系统的外部,泄漏处

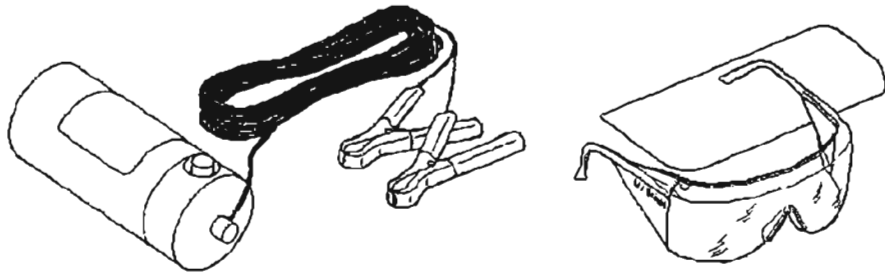


图 14.5-2 紫外线灯与防护眼镜

将呈现明亮的黄色荧光。

具体操作步骤如下：

- ① 检查制冷系统的静态压力,不小于 345 kPa。
- ② 将荧光剂倒入加注工具中。
- ③ 将加注工具连接到制冷系统的低压维修接头上。
- ④ 启动发动机,运行空调。
- ⑤ 在制冷系统工作时(压缩机运转),通过低压维修阀,使用加注工具向系统注入荧光剂。
- ⑥ 让发动机依然运转,空调继续运行,从维修阀处脱开加注工具。
- ⑦ 让制冷系统至少工作 20 min,使荧光剂与系统油液充分混合。由于泄漏部位的大小、系统工作的情况和泄漏的位置不同,荧光剂渗出泄漏部位并能够看到可能需要几分钟到几天的时间。

(二) 观察法

观察法就是通过通过目视、耳听、手摸进行故障排除分析。

1. 传动皮带是否松弛

如果传动皮带太松就会打滑,这又会使其磨损。

2. 听到压缩机的运行声

若压缩机运行声异常,可能是由于损坏的内部零件造成的。也可能是压缩机异常振动引起的,应检查压缩机安装螺栓及支架

安装螺栓。

3. 冷凝器散热片是否清洁

如果冷凝器散热片被尘土覆盖,冷凝器的效率就会大大降低。由于这会降低空调总的冷却效果,所以要洗去空调上的所有尘土。

4. 制冷装置的连接处是否有油污

在连接处或缝有油污,表明该处有制冷剂泄漏。这是由于制冷剂气体从制冷回路中漏出时,与其混合的压缩机机油一起漏出,并在漏出部分形成油污。如发现这类油污,应重新紧固或更换有关零件,制止气体外漏。有衬垫的压缩机接缝及管道连接处都是最容易发现油污的部位,所以务必检查这些部位。

5. 鼓风机运转声是否正常

使鼓风机在不同的速度下运转。如这时发出不正常的噪音或电动机运转不良,则应更换鼓风机电动机。异物进入鼓风机也有可能产生噪声,电动机安装不正确也会造成运转不良。所以在更换鼓风机电动机之前,一定要对这些部位进行全面检查。

6. 通过观察窗检查制冷剂液量

如在玻璃窗处看到大量泡沫,表明制冷剂不足,这时应将制冷剂加至适当液位,并按上述步骤检查有无油污,确认无制冷剂泄漏。如果向冷凝器泼水,使其冷却,在观察窗处仍见不到泡沫,则证明制冷剂过量,应排出部分制冷剂,使其降至正常液量(图 14.5-3)。

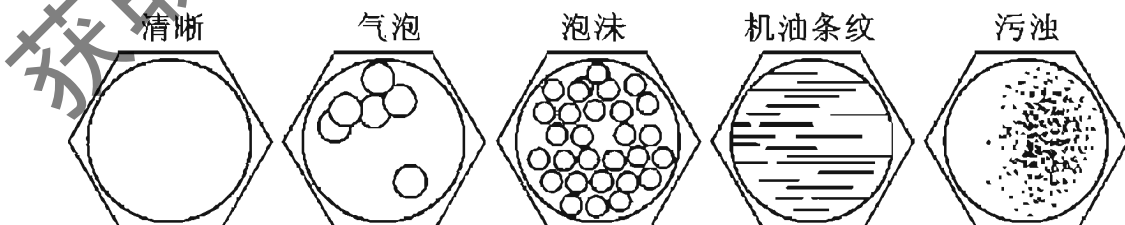


图 14.5-3 通过观察窗检查制冷剂状态

(三) 压力表组检测

制冷系统工作时,内部压力变化与温度是密切相关的,这正是进行仪表诊断的依据。我们可根据压力的变化情况,进一步诊断出系统可能出现故障的原因及部位。对于制冷系统而言,歧管压力表组是最常用的工具。

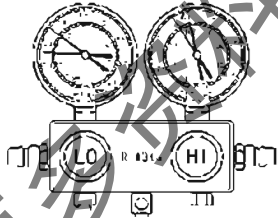
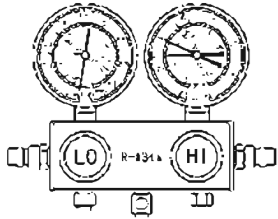
1. 诊断方法

首先将压力表组的高、低压手动阀关闭,然后将压力表组的高、低压软管分别连接到系统的高、低压检修阀上,并利用系统内制冷剂压力排除管内空气。启动空调系统,待压力表指示稳定后即可读取压力值。

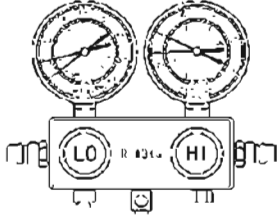
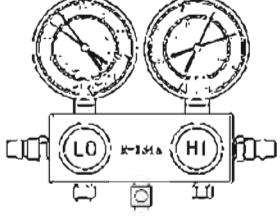
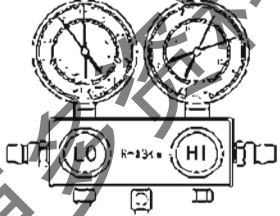
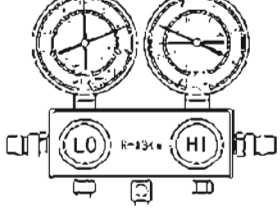
2. 诊断标准

诊断标准见表 14.5-1。

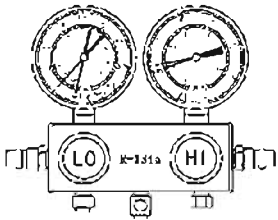
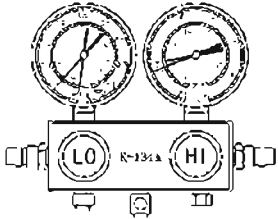
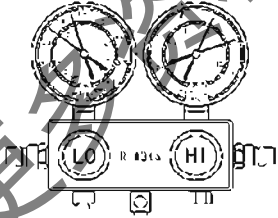
表 14.5-1 用歧管压力表检查汽车空调制冷系统

空调状态	压力表现象	原因、诊断及措施
系统正常	<p>根据车型不同,测试工况不同,压力范围略有差异</p> 	R134a 空调系统压力正常范围
		低压侧 0.15~0.25 MPa 高压侧 1.37~1.57 MPa
		R12 空调系统正常工作压力范围
		低压侧 0.15~0.20 MPa 高压侧 1.45~1.50 MPa
制冷装置中有水分	<p>在运行过程中,低压端的压力时而为真空,时而正常。高压端也有时降至约 0.7 MPa</p> 	<p>可能的原因:进入制冷装置的水分在膨胀阀节流孔处冻结。暂时阻止制冷剂循环。但冰融化后,即恢复正常状态</p> <p>诊断:干燥器处于超饱和状态。制冷装置中的水分在膨胀阀节流孔处冻结,堵塞制冷剂循环</p> <p>措施:更换储液罐/干燥器,反复排出空气。以排出制冷装置中的水分。添加适量的新制冷剂</p>

(续表)

空调状态	压力表现象	原因、诊断及措施
制冷剂不足	<p>高、低压端的压力均很低,从观察窗可持续见到泡沫,冷气不足</p> 	<p>可能的原因:冷气装置中某些部位漏气 诊断:制冷剂泄漏。制冷装置中制冷剂不足。用测漏器检查是否漏气。如有必要,予以修理 措施:当制冷装置与仪表连接时,如所指示压力接近零,找出并修理漏气部位。添加适量制冷剂</p>
制冷装置中有空气	<p>高、低压端压力均太高。用手触摸低压管道发热。从观察窗见到泡沫</p> 	<p>可能的原因:空气进入制冷装置 诊断:制冷装置中有空气。真空排气不足 措施:更换储液罐/干燥器。排出空气,充入新制冷剂至适量</p>
膨胀阀故障(开启太宽)	<p>高、低压端压力均过高。在低压端管道上结霜或有大量露珠</p> 	<p>可能的原因:膨胀阀故障或热敏管安装不正确 诊断:低压管道中制冷剂过量。膨胀阀开启太宽 措施:检查热敏管安装情况。如正常,检查膨胀阀。如有故障,即予更换</p>
压缩机压缩故障	<p>低压端压力过高。高压端压力过低</p> 	<p>可能的原因:压缩机内部泄漏 诊断:压缩故障。气门泄漏或破损 措施:修理或更换压缩机</p>

(续表)

空调状态	压力表现象	原因、诊断及措施
制冷剂循环不良	<p>高、低压端压力均低。从储液罐/干燥器至制冷组件的管子上有霜</p> 	<p>可能的原因:储液罐/干燥器中脏物阻碍制冷剂流动 诊断:储液罐/干燥器堵塞 措施:更换储液罐/干燥器</p>
制冷剂不循环	<p>低压端指示压力为真空,高压端指示压力很低。膨胀阀或储液罐前后的管道上有霜或有露珠</p> 	<p>可能的原因:制冷剂中的水分或脏物阻碍制冷剂流动、膨胀阀的热敏管漏气,膨胀阀关闭阻碍制冷剂流动 诊断:制冷剂不循环,检查膨胀阀的热敏管 措施:如热敏管漏气,则更换膨胀阀。用空气吹出膨胀阀内的脏物,如不行则更换膨胀阀。更换储液罐。排出系统空气,然后充入适量制冷剂</p>
制冷剂充入过量或 冷凝器制冷不足	<p>高、低压端压力均过高。即使在发动机转速降低时,从观察窗也见不到气泡</p> 	<p>可能的原因:由于制冷系统中制冷剂过多,不能充分发挥性能。冷凝器制冷不足 诊断:制冷系统中制冷剂过量。冷凝器散热片堵塞或风扇电路、电动机故障 措施:目视检查冷凝器检查风扇电动机的运作。排出制冷剂至适量</p>

(四) 抽真空

抽真空的目的是排除制冷系统内残留的空气和水分,同时也可进一步检查系统的密闭性,为向系统内充注制冷剂做好准备。实际上抽真空并不能直接把水分抽出制冷系统,而是压力降低后水的沸点也降低了,水汽化成水蒸气抽出系统外。抽真空管路连接如图 14.5-4 所示。具体操作过程如下:

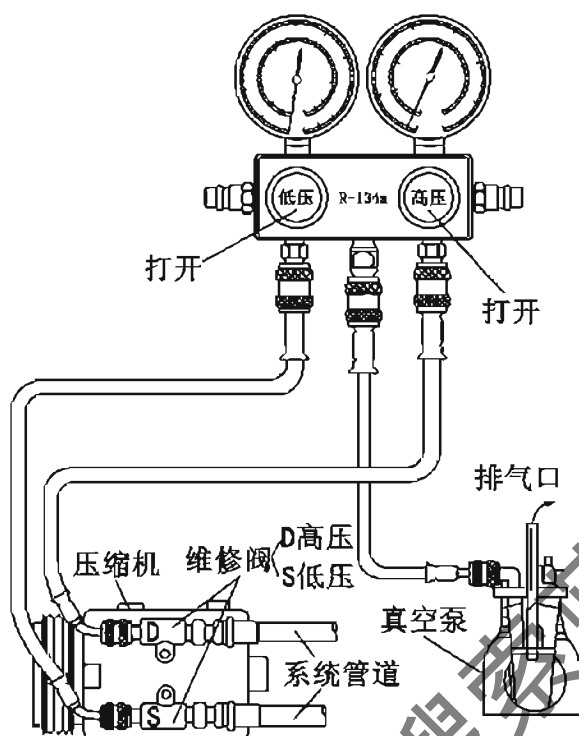


图 14.5-4 抽真空管路连接

① 将歧管压力表的两根高、低压软管分别接在高、低压侧气门阀上,将其中间软管与真空泵相连接。

② 打开歧管压力表上的高、低压手动阀,启动真空泵,观察低压表(连程表)的指针,应该有真空显示。

③ 连续抽 5 min 后,低压表应达到 0.03 MPa(真空度),高压表略低于零。如果高压表不能低于 0 刻度,表明系统内有堵塞,应停止,待修复后再抽真空。

④ 真空泵工作 15 min 后,低压表指针应在 0.01~0.02 MPa 之间。如果达不到此数值,这时应关闭高、低压手动阀,观察低压表的指针。如果指针上升,说明真空有损失,系统有漏点,应停止,待修复后才能继续抽真空。

⑤ 系统压力接近于真空时,关闭高、低压手动阀,保压 5~10 min。如低压表指针不动,则打开高、低压手动阀开启真空泵,继续抽真空,抽真空的时间不得少于 30 min,如时间允许可再长些。

⑥ 抽真空结束时,先关闭高、低压手动阀,再关闭真空阀,其目的是防止空气进入制冷系统。这样,就可以向系统中加注冷冻机油或充注制冷剂。

(五) 制冷剂充注

在制冷系统经过抽真空并确认没有泄漏后,可开始对系统充注制冷剂。充注方法主要有两种:一种是从高压端充注,另一种是从低压端充注。

1. 高压端充注法

① 将歧管压力表组如图 14.5-5 所示与系统检修阀、制冷剂罐连接好。

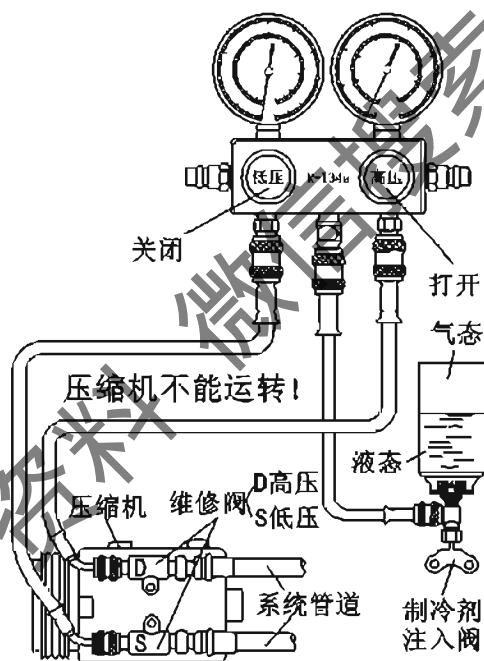


图 14.5-5 高压端充注法

② 用制冷剂排除连接软管内的空气,具体方法是:先关闭高、低压手动阀,拆开高压端检修阀和软管的连接,然后打开高压手动阀,最后打开制冷剂瓶罐上的阀门。当软管排出制冷剂气体后,迅速将软管与检修阀连接,并关闭高压手动阀。用同样的方法清除低压端连接软管内的空气,然后关闭好高、低压手动阀及制冷剂瓶罐上的阀门。

③ 将制冷剂罐倒置于磅秤上,并记录起始质量。

④ 打开制冷剂瓶罐上阀门,然后缓慢打开高压手动阀,制冷剂注入系统内,当磅秤指示到达规定质量时,迅速关闭制冷剂阀门。

⑤ 关闭高压手动阀,充注结束。

注意:高压端充注制冷剂时,严禁开启空调系统,也不可打开低压手动阀。

2. 低压端充注法

① 将歧管压力表组如图 14.5-6 所示与系统检修阀、制冷剂罐连接好。

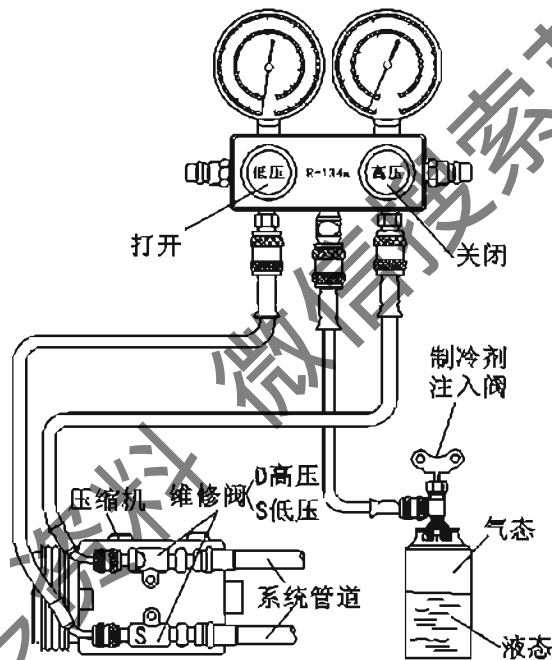


图 14.5-6 低压端充注法

② 用制冷剂排除连接软管内的空气。

③ 将制冷剂罐直立于磅秤上,并记录起始质量。

④ 打开制冷剂罐阀门,然后打开低压手动阀,向系统充注气态制冷剂。

⑤ 启动发动机并将其转速调整在 1 250~1 500 r/min,接通空调开关,把风机开关和温度控制开关开至最大。

⑥ 当制冷剂充至规定质量时,先关闭低压手动阀,然后关闭

制冷剂阀门。

⑦ 关闭空调开关,停止发动机运转,迅速将高、低压软管从检修阀上拆下。

注意:低压端充注时,瓶罐为直立,高压手动阀处于关闭位置。

3. 制冷剂充注量

制冷剂充注量是否合适可从几方面观察:从压力表观察,如R12制冷剂系统,发动机转速为2 000 r/min,风机转速为最高挡,气温为30~35℃时,系统内低压侧压力应为0.15~0.19 MPa,高压侧压力应为1.37~1.67 MPa。R134a制冷剂系统压力稍低;从储液干燥器上视液窗观察,系统工作时视液窗内清亮、无气泡,可观察到有液体流动。也可参照厂方提供的手册加注。

4. 注意事项

① 由于目前汽车空调制冷系统所用制冷剂有R12和R134a两种,因此,加注前首先要查明系统所用制冷剂类型。

② 加注制冷剂前注意排空连接软管内的空气,特别是用小瓶罐加注时,每次换罐后都要对连接软管内空气进行排空。

③ 加注后,拆卸软管时应注意防止软管内残留的制冷剂损伤眼睛及皮肤。

(六) 冷冻机油添加

1. 压缩机冷冻机油油量的检查

压缩机冷冻机油油量的检查方法一般有两种:

观察视镜 通过压缩机上安装的视镜玻璃,可观察冷冻机油量,如果压缩机冷冻机油面达到观察高度的80%位置,一般认为是合适的,如果油面在这个界限之下,则应添加冷冻机油;如果在这个位置之上,则应放出多余的冷冻机油。

观察油尺 未装视镜玻璃的压缩机,可用量油尺检查其油量。这种压缩机有的只有一个油塞,油塞下面有的装有油尺,有的没有油尺,需要另外用专用油尺插入检查。观察油面的位置是否在规

定的上下限之间。

2. 添加冷冻机油

添加冷冻机油一般可在系统抽真空之前进行,添加方法有:

(1) 直接加入法

将冷冻机油装入干净的量杯里,从压缩机的旋塞口直接倒入(图 14.5-7)即可。这种方法适合于更换蒸发器、冷凝器和储液干燥器时采用。

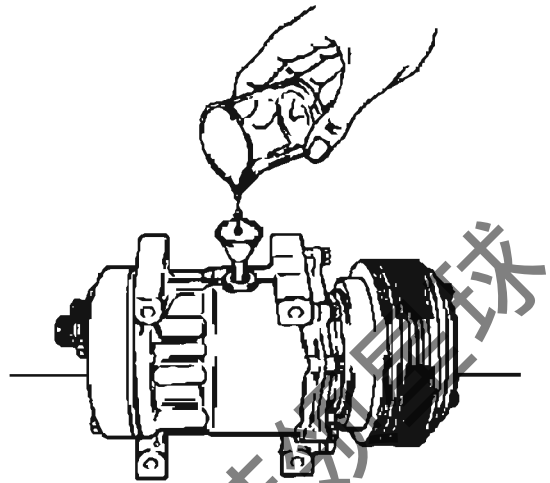


图 14.5-7 直接加入法

(2) 真空吸入法

① 首先将系统抽真空到 100 kPa。

② 准备一个带刻度的量杯并装入稍多于所需添加量的冷冻机油。

③ 关闭高压手动阀及辅助阀门,将高压软管一端从歧管压力表组上卸下,并插入量杯中,见图 14.5-8。

④ 打开辅助阀门,油从量杯内被吸入系统。

⑤ 当油面到达规定刻度时,立即关闭辅助阀门。

⑥ 将软管与歧管压力表组连接,打开高压手动阀,启动真空泵,先对高压软管抽真空,然后打开辅助阀门对系统抽真空。

(3) 冷冻机油添加量

新装汽车空调系统中,只有压缩机内装有冷冻润滑油,油量一般为 280~350 g。不同型号的压缩机内充油量也不同,具体可查看供应商手册。

维修当中,如果更换了系统部件或管路,由于这些部件中残存有冷冻机油,因此,更换的同时应当向系统内补充冷冻机油,如果更换压缩机,新压缩机内原有油量应减去上述部件残存油量上限之和。见图 14.5-9。

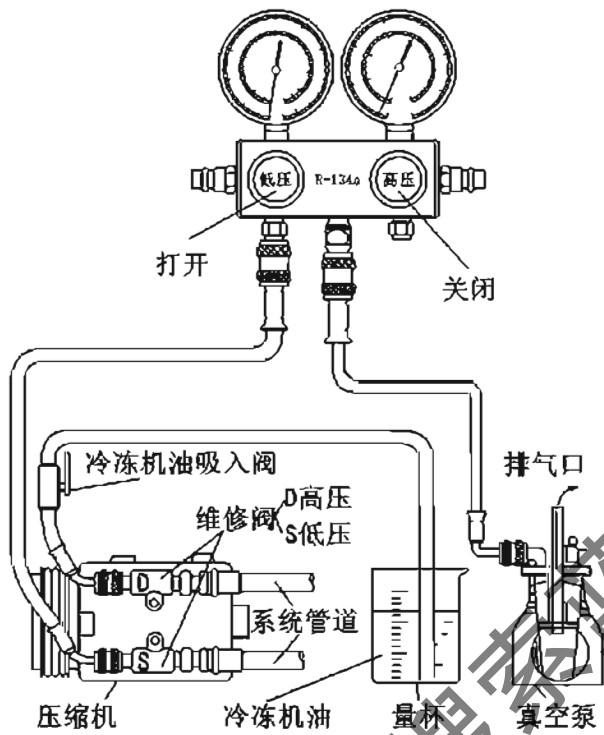


图 14.5-8 真空吸入法

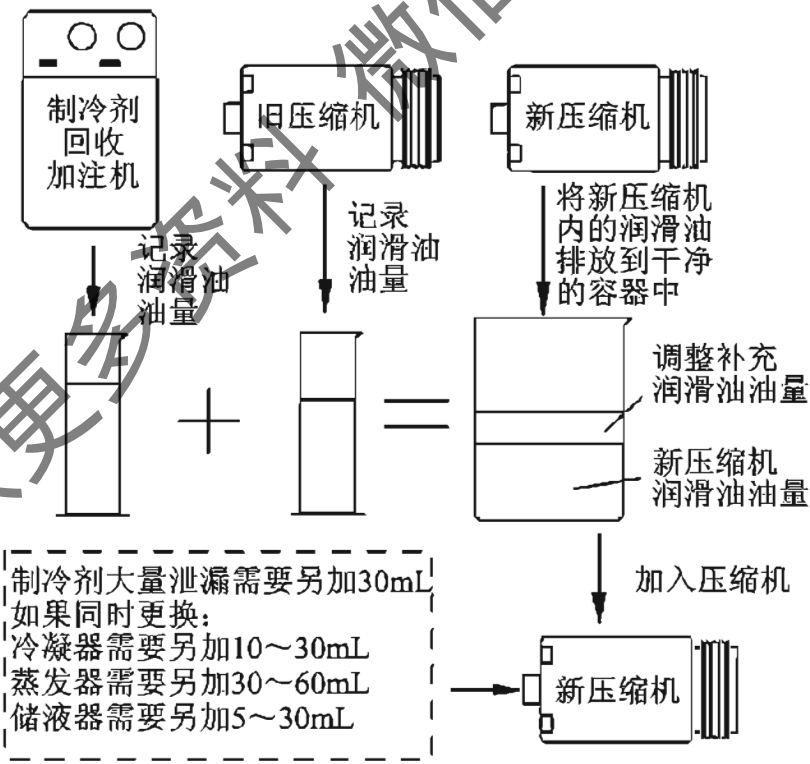


图 14.5-9 更换压缩机冷冻机油添加量

(4) 注意事项

① R12 与 R134a 制冷剂所用冷冻润滑油牌号不同,因此,添加冷冻机油时应注意防止混淆。

② 添加时应保证容器的洁净,防止水分或杂物混入油中。

二、空调制冷系统常见故障

表 14.5-2 空调系统常见故障及分析

故障	状 况	可能的原因
空调系统 不制冷	风量正常,压缩机不 工作	① 电磁离合器故障 ② 电气控制系统故障
	风量正常,压缩机工作	① 膨胀阀冰堵或脏堵 ② 制冷剂泄漏 ③ 电磁阀堵塞或不通电 ④ 制冷剂软管破损或松动 ⑤ 压缩机轴封损坏 ⑥ 储液器内过滤网堵塞
	鼓风机无风量	① 保险丝烧断 ② 鼓风机电机损坏 ③ 鼓风机开关损坏 ④ 配线松脱或断路 ⑤ 鼓风机调速电阻失灵
空调系统 制冷效果 不好	无风或风量不足,但鼓 风机运转正常	① 鼓风机吸入口有碍物 ② 风管堵塞或脱开 ③ 蒸发器结霜 ④ 空气过滤网有堵塞
	无风或风量不足,但鼓 风机异常	① 通风系统零部件故障:风量开关接触不良、接线端子脱落、电压低 ② 鼓风机本身故障、叶片紧固不牢、叶片与外壳相碰、叶片变形 ③ 鼓风机的风门卡死或关闭不严

(续表)

故障	状 况	可能的原因
空调系统 制冷效果 不好	风量正常,压缩机压力 异常	① 制冷系统内有空气 ② 制冷剂加注量不正确 ③ 系统膨胀阀堵塞或储液器堵塞
	风量正常,压缩机运转 异常	① 压缩机内部异常 ② 皮带打滑 ③ 电磁离合器故障
	系统断断续续有冷气	① 电磁离合器是否打滑 ② 膨胀阀是否有冰堵或脏物堵塞 ③ 电路接线接触是否不良
噪声大	系统外部噪音	① 皮带过松或过度磨损 ② 压缩机安装支架松动 ③ 压缩机内部零件损坏 ④ 离合器打滑 ⑤ 鼓风机轴承缺油 ⑥ 鼓风机叶片断裂或其他部件相撞 ⑦ 冷冻润滑油太少或无油
	系统内部噪音	① 制冷剂过多,工作有噪音 ② 制冷剂过少,膨胀阀发出噪音 ③ 系统内有水汽,引起膨胀阀发出噪音 ④ 高压侧压力过高,引起压缩机震动

三、自动空调的故障自诊断

自动空调控制系统具有故障自诊断功能,并由显示器闪亮显示故障。由于不同车系故障码的读取方法不同,故障自诊断模式不同,故障代码意义不同,所以需要原厂维修手册。下面是一些典型的故障自诊断的操作方法的介绍,完整的操作步骤应以原厂维修手册为准。

(一) 广州本田雅阁自动温湿空调自诊断

1. 故障码的读取

接通点火开关 ON(Ⅱ),并将温度控制按钮先旋到 MAX-

COOL(最冷)位置,然后再旋到 MAXHOT(最热)位置。1 min 后,同时按下 AUTO 钮和 OFF 钮。在按下两个按钮时,如果系统有任何异常现象,温度显示器将以不同的显示器段(分别表示故障从 A—N)指示相应故障的部件;如无故障,温度显示器将会以每秒为时间间隔重复显示“88”(全部的段)。本田雅阁轿车空调系统的控制面板如图 14.5-10 所示。若出现多个故障,相应的指示灯都会点亮;若指示灯 A、C、E、G、I、L 同时点亮,则传感器公共搭铁线可能存在断路故障。

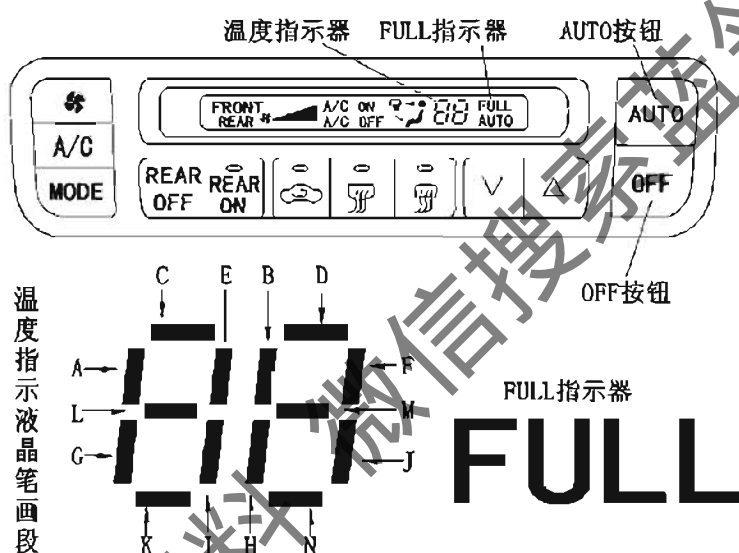


图 14.5-10 广州本田雅阁轿车空调系统的控制面板

2. 故障代码的内容及含义

表 14.5-3 广州本田雅阁轿车自动空调故障代码表

指示灯	故障部件	可能的原因	指示灯	故障部件	可能的原因
A	车内温度传感器	电路断路、传感器故障	D	车外空气温度传感器	电路断路、传感器故障
B	车内温度传感器	电路断路、传感器故障	E	阳光传感器	电路断路、传感器故障
C	车外空气温度传感器	电路断路、传感器故障	F	阳光传感器	电路断路、传感器故障

(续表)

指示灯	故障部件	可能的原因	指示灯	故障部件	可能的原因
G	蒸发器温度传感器	电路断路、传感器故障	K	空气混调控制电机	通道堵塞、电动机故障
H	蒸发器温度传感器	电路断路、传感器故障	L	模式控制电机	电路短路或断路
I	空气混调控制电机	电路断路	M	模式控制电机	通道堵塞、电动机故障
J	空气混调控制电机	电路断路	N	鼓风机电动机	电路短路或断路、电动机故障

3. 故障码的清除

自动温湿空调故障自诊断系统没有储存故障码的功能,因此关闭点火开关即可清除故障码。在完成维修工作后,为确认故障已排除而且不存在新的故障码,应按照上述方法再次启动自诊断功能,并重新读取故障码进行确认。

(二) 日产天籁空调系统故障码的读取

在打开点火钥匙或启动发动机时,先按“STATUS”按键进入空调面板显示模式,再按住“A/C”开关至少 5 s 以上,就可以进入空调系统自诊断模式(注:在发动机启动 10 s 内按下“A/C”开关,都能进入自诊断模式),按驾驶员侧的温度控制开关,可以切换空调自诊断模式:

模式 2 检查各传感器输入信号。

模式 3 模式门和进气门位置检查。

模式 4 各执行器动作检查。

模式 5 进气、室内和环境三个温度显示:在显示 51 时,按“前窗除雾”开关,可分别显示三个温度;按“内/外循环”开关,可以从 51 切换到 52,进行空调系统 CAN 诊断。

模式 6 按“风速”开关,可以切换到 61,进行室内温度显示设定(微调):按左边温度开关,可在±3.0 范围内进行修正(显示屏

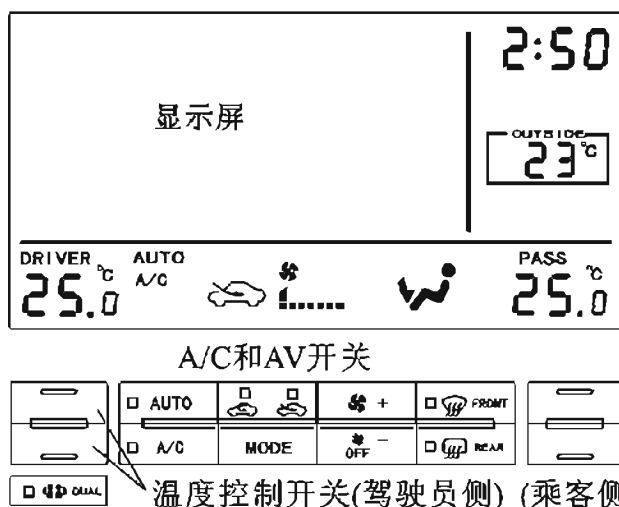


图 14.5-11 日产天籁空调面板

上不显示小数点,显示 30),每次按温度开关可以调节 0.5℃。

关掉点火开关或按下“A/C”开关,都可以退出自诊断模式。

(三) 中华轿车空调诊断

中华轿车空调智能控制(ECC)系统分新旧两种,该车智能空调控制面板具有故障自诊断功能,按以下方法可进入自诊断模式。

1. 老式控制系统

① 打开点火开关,将室内温度设定到 26℃。

② 按下“AUTO”键并保持,2 s 内按“前除霜”键 3 次。

③ 放开“AUTO”键后开始第一步诊断:所有图标在液晶显示屏上显示出来(变亮)。

④ 再按“ECON”键 1 下,开始第二步诊断:传感器及风门马达检测,当传感器有故障时相应的故障码会闪烁 2 次,有 2 个或 2 个以上传感器有故障时故障码会依次显示。

⑤ 按“OFF”键,退出自诊断程序。

2. 新式控制系统

① 打开点火开关,将室内温度设定到 26℃。

② 按下“A/C”键并保持,2 s 内按“前除霜”键 3 次。

③ 放开“A/C”键后开始第一步诊断:所有图标在液晶显示屏

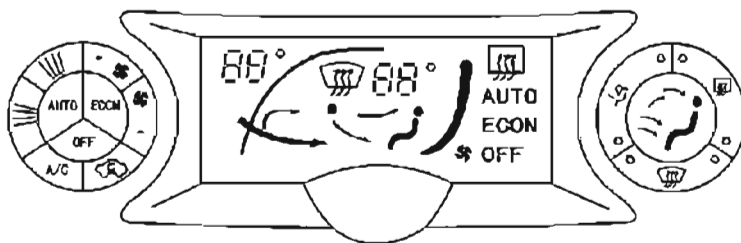


图 14.5-12 中华轿车空调面板

幕上显示出来(变亮)。

④ 再按“前除霜及吹脚”键 1 下,开始第二步诊断:传感器及风门马达检测,当传感器有故障时相应的故障码会闪烁 2 次,有 2 个或 2 个以上传感器有故障时故障码会依次显示。

⑤ 按“OFF”或“OFF + AUTO + ECON”键,退出自诊断程序。

3. 故障码含义

表 14.5-4 中华轿车空调智能控制(ECC)系统故障码含义

00/80/81	无故障
10/11	车内温度传感器(组合在面板内)短路/开路
20/21	外部环境温度传感器短路/开路
30/31	蒸发器温度传感器短路/开路
40/41	水温传感器(暖风水管上)短路/开路
50/51	阳光传感器短路/开路
60/61	混合风门步进电机短路/开路
70/71	模式(内外循环)风门步进电机短路/开路

(四) 丰田凌志 400 轿车空调诊断

1. 凌志 400 轿车自动空调自诊断

电子控制装置(ECU)位于空调-暖风控制总成之中,它监控系统电路并且在发现问题时将故障代码存储在存储器中。除了代码 22 和 23 之外,所有的代码都存储在存储器中。如果代码 22 和 23

显示,它们是当前故障。代码显示在驾驶员侧的温度显示器上。见图 14.5-13。

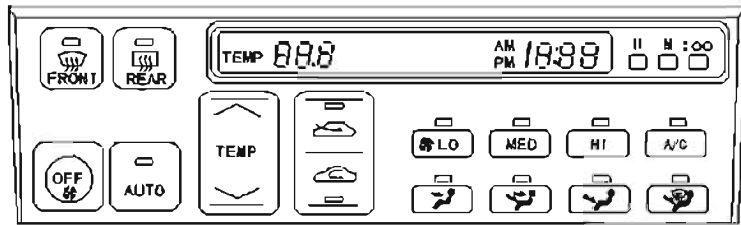


图 14.5-13 凌志 400 轿车自动空调控制面板

2. 调取故障码

① 同时按下并保持“**AUTO**”和再循环空气按钮。打开点火开关。所有的指示器将以 1 s 的时间间隔闪动 4 次,当指示器闪动的同时会发出声音。要取消指示器检查,按下“**OFF**”按钮。

② 在指示器检查完成之后,系统将进入自诊断模式。存储的故障码将按顺序在驾驶员侧温度显示器上显示出来。故障码含义见表 14.5-5。

表 14.5-5 凌志 400 空调故障码代码含义

代码	诊 断	代码	诊 断
00	正常	22 *	压缩机锁传感器电路
11	车内温度传感器电路	23 *	制冷剂压力不正常
12	外界温度传感器电路	24	驾驶员侧阳光强度传感器电路
13	蒸发器温度传感器电路	32	进气门位置传感器电路
15	驾驶员侧通气管传感器电路	34	驾驶员侧最大冷却门位置传感器电路
16	乘客侧通气管传感器电路	35	乘客侧最大冷却门位置传感器电路
18	废气传感器电路	42	进气门伺服电机电路
21	乘客侧阳光强度传感器电路	* 是当前故障。代码没有存贮在存储器中。	

③ 为了降低故障码显示的速度,按下乘客侧“TEMP”(向上箭头)开关以便将显示改变为分步操作。每按下“TEMP”(向上箭头)开关 1 次,显示改变 1 步。

④ 如果当某个代码显示时发出声音,则问题当前仍然存在。如果代码显示时没有发出声音,则当前不存在问题(历史代码)。要退出自诊断,按下“OFF”按钮。

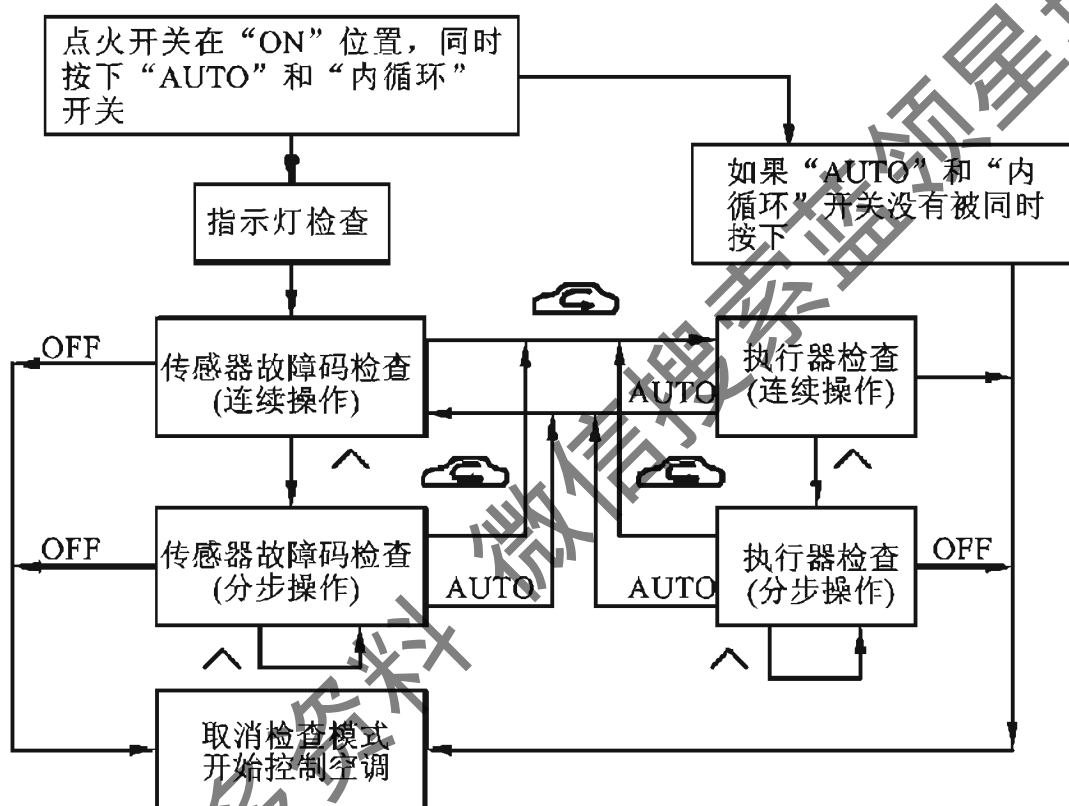


图 14.5-14 凌志 400 空调自诊断功能操作方框图

3. 清除故障码

拆下位于仪表板接线盒中的空调保险丝。在安装保险丝之前等待至少 60 s。执行“调取故障码”程序。验证只有代码 00 显示。

4. 执行元件检查

① 执行“调取故障码”程序的步骤①。

② 当系统进入自诊断模式的时候,按下再循环空气按钮。每个模式门、电机和继电器将以 1 s 的间隔运转。要每次显示 1 个

代码并且要单独地逐步进行检查,就按下乘客侧“TEMP”(向上箭头)按钮,逐步地执行元件检查。

③ 将手放在相应的管道上面,检查气流和温度。每次显示代码改变时,将发出声音。每个显示代码与一个系统运转状态相关,参见表 14.5-6。要取消执行元件检查模式,按下“OFF”按钮。

表 14.5-6 凌志 400 空调执行元件检查显示代码识别

步骤	显示代码	状 态							
		鼓风机电机	气流通风口	最大冷却风门	进气门	电磁离合器	空气混合门	水阀	后部空调
1	0	关闭	面部	完全打开	新鲜	关闭	冷风门关闭	关闭	关闭
2	1	1	↑	↑	↑	↑	↑	↑	空气压力低
3	2	17	↑	↑	新鲜/再循环	打开	↑	↑	空气压力高
4	3	↑	↑	0%打开	再循环	↑	↑	打开	空调高速
5	4	↑	双向	↑	新鲜	↑	冷风/热风 50%打开	↑	↑
6	5	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	空调低速
7	6	↑	脚部	↑	↑	↑	↑	↑	关闭
8	7	↑	↑	↑	↑	↑	热风侧 100%打开	↑	↑
9	8	↑	脚部/ 除雾	↑	↑	↑	↑	↑	↑
10	9	31	除雾	↑	↑	↑	↑	↑	↑

第十五章 冷藏与冷冻

一般食品是由蛋白、酯类、脂肪、维生素、酶、水及矿物质等组成。这些成分适宜于微生物的生长,从而促使食品分解、腐烂变质。如果用低温贮藏肉类、禽蛋、水果、蔬菜等易腐食品,可以防止微生物的生存和滋长,在较长的时间内最大限度地保持食品的新鲜状态、香味和营养成分,使食品的重量损失降低到最低限度,这是用盐腌、熏制、罐头等加工方法存放食品所不能达到的。所以,低温贮藏食品是一种良好的保存方法。冷藏冷冻设备种类繁多,功能各异,以满足家用、集体食堂、餐饮服务、商用及运输等低温贮藏的需要,主要有电冰箱、商用冷柜、冷库、冷藏运输装置等。

第一节 食品冷冻加工的基础知识

食品变质是指食品在食用前由于某种原因而使其营养素发生变化,以致品质下降,丧失原有营养价值,或产生对人体有害物质,致使食品不可食用。引起食品变质的原因主要有微生物作用、酶的作用、氧化作用、呼吸作用、外界污染和机械损伤等。

食品冷加工是为了更好地保持食品的新鲜度,延长食品的贮藏期和某些加工处理时暂时改变食品的某些物理化学性质,如熟肉制品的原料处理以及为了对那些有益的微生物和生物化学变化提供适宜温度。

一、食品的冷加工分类

(一) 食品的预冷

在有些食品加工工艺中,为了保证后面工序食品卫生或是为了缩短某些工序加工时间,提高加工质量,在食品进入该工序前,将食品由较高温度降至设定温度的过程叫预冷,其目的是防止冻结过程发生“热捂”现象。预冷一般采用空气预冷法、冷水预冷法(浸水且易腐烂的水果不适用此方法)、真空预冷法等。

(二) 食品的冷却

是指在食品中水分没有结冰现象的情况下,使其温度降低到指定温度的过程。一般水果类、蔬菜类在采收时温度高,容易导致品质迅速下降,因此采收后尽可能实施冷却,在贮藏或运送之前使其温度降低。有些资料也把果蔬冷藏前的降温叫预冷。

(三) 食品的冻结

使食品的温度降低并使其中的水分由液体变成固体的过程,称为食品的冻结。食品冻结与食品冷却的区别在于食品中的水分有无发生结冰的现象,大多数食品的冰点为 $-4\sim-0.5^{\circ}\text{C}$ 。食品的冻结按食品的冻结程度可分为微冻(-4°C)、冻结($-12\sim-10^{\circ}\text{C}$)和深冻(-18°C 以下)。按冻结方法可分为间接冷冻和直接冷冻(表 15.1-1)。按冻结速度可分为慢速冻结、中速冻结和快速冻结(表 15.1-2)。

表 15.1-1 食品冻结方法的分类

方 法	冻结装置类型	设 备
间 接 冻 结	半接触型	管架
	强烈吹风隧道型	1. 冻结间 2. 快速个体冻结器
	接触型	1. 卧式平板冻结器 2. 立式平板冻结器

(续表)

方 法	冻结装置类型	设 备
直接冻结	不冻液接触型	浸泡式冻结器
	液体汽化	1. 液氮冻结器 2. 液体二氧化碳冻结器

表 15.1-2 食品的冻结速度

冻结速度分类	单位时间冻结深度/(cm/h)
慢速	0.1~1
中速	1~5
快速	5~20

(四) 食品的速冻

速冻是指在很短的时间内将物品的温度以最快的方式冷却下来,使其内在的质量产生大的变化,从而达到保鲜、保质的目的。速冻需要连续的深度冷冻系统,才能使之达到速冻的最终目的。具体地说,就是使用深度的冷冻系统使食品迅速通过 -2°C 这个冰晶区域,该过程越短,食品的保鲜度就越高。

(五) 食品的冷藏

食品的冷藏是指为冷却或冻结食品提供一个满足指定要求的低温空间(或环境),使食品能够长期保持或改善冷却或冻结后的品质,减缓化学变化,延长贮藏期。食品的冷藏是一个保温过程。

食品的冷藏效果不仅与温度有关,还与冷藏间的湿度、温度的波动、空间气流速度、共存品种之间的影响等因素有关。当空气的温度和湿度处于规定状态,可使食品品质达到符合指定要求的最长时期(参照表 15.1-3)。

表 15.1-3 易腐食品冷藏推荐条件

类别	温度/℃	相对湿度 (%)	预计冷藏期限/月	备注	
1. 冻结肉、禽、蛋类					
冻猪肉	-12		3~5		
	-18		8~10		
冻猪分割肉(包装)	-18		10~12		
	-20		10~12		
冻牛肉	-12		6~10		
	-18		10~12		
	-20		12~14	肥度大的猪肉,冷藏期限还应缩短	
冻羊肉	-12		3~6		
	-18	95~100	8~10		
	-20		10~12		
冻肉馅(包装,未加盐)	-18		6~8		
冻副产品(包装)	-18		5~8		
冻猪油(不包装)	-18		4~5		
冻猪油(包装)	-18		9~12		
冻家禽(包冰衣)	-12		3~4		
	-18		6~10		
冻家兔	-18		5~8		
2. 冻结水产类					
肥鱼:鳗、沙丁等			6~10		
中等肥鱼:鲮、鳕鱼等	-18~-25	95~100	8~12		
瘦鱼:比目鱼、黄花鱼等			10~14		
虾类			6~10		
螺、贝、蛤			6~10		
3. 速冻水果、蔬菜类					
杏(加糖)			12		
酸浆果(加糖)			12		
甜浆果(加糖)			8~10		
桃(加糖)			8~10		
桃(加糖和维生素C)			12		
覆盆子(加糖)			18		
杨梅(加糖)	-18	95~100	12		
其他冻果			12		

(续表)

类别	温度/℃	相对湿度(%)	预计冷藏期限/月	备注
速冻蔬菜： 青豌豆、青扁豆、花椰菜 文竹、胡萝卜、菠菜等 蘑菇 黄瓜片			8~12 5	
4. 冻结熟制品和其他类 灌肠 熏肉 油煎鸡(包装) 猪肉饼 牛肉饼 羊肉饼 冰淇淋	-18 -18 -18 -18 -18 -18 -18~-23	95~100 95~100 95~100 95~100 95~100 95~100 85	3~4 5~7 3~4 6~8 8~10 12 2~6	
5. 冷却肉、禽、蛋类 猪肉 牛肉 羊肉 猪肉 腊肉 副产品 家禽 家兔 鲜蛋	-1.5~0 -1.5~0 -1~0 -1~0 -1~0 -3~-1 -1~0 0~+1 0~+1 ±0 -0.5~-2.5	85~90 90 85~90 80~90 95~100 80~90 75~80 85~90 85~90 85~90 85~90	1~2 星期 2~3 星期 1~2 星期 4~6 天 3~5 天 1 2~3 天 1 星期 3~5 天 4~6 6~8	

二、食品冷冻加工的基本要求

(一) 畜肉食品性质及贮藏条件

动物宰杀后,采用冷加工的方法,可以达到保鲜的目的。对于冷加工是采用冷却方法还是采用冻结方法,一般来说产出与消费

基本平衡的情况下,采用冷却方法较好;产出大于消费采用冻结方法比较好。

1. 肉的冷却

在我国,肉的冷却方法主要是采用空气冷却,冷却时应符合下列条件:

(1) 肉胴体之间要留有一定间距,以保证每个胴体都有良好的通风条件。

(2) 冷却温度为 $-3\sim 1^{\circ}\text{C}$ 。胴体间空气流速为 $1\sim 2\text{ m/s}$ 。

(3) 冷却结束时,肉大腿中心温度为 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 整个冷却过程的温度、湿度变化应符合表 15.1-4 要求。

(5) 猪肉、牛肉冷却时间为 20 h,羊腔 12 h。

(6) 冷却结束后的肉品质量应符合国家标准。

表 15.1-4 肉类冷却温度变化要求

冷却过程	片猪肉		四分之一片牛肉		羊腔	
	室温/ $^{\circ}\text{C}$	相对湿度 (%)	室温/ $^{\circ}\text{C}$	相对湿度 (%)	室温/ $^{\circ}\text{C}$	相对湿度 (%)
冷却间进货前	$-4\sim -3$	90~92	-1	90~92	-1	90~92
冷却间装满初期	$\pm 0\sim 3$	95~98	1~3	95~98	$\pm 0\sim 4$	95~98
冷却 10 h 后	$-2\sim \pm 0$	90~92	$-1\sim 2$	90~92	$\pm 0\sim 1$	90~92
冷却 20 h 后	$-3\sim \pm 0$	90~92	$-1\sim \pm 0$	90~92	—	—

目前国外不少国家普遍采用了两阶段快速冷却方法。第一阶段采用较低室温,使肉表面温度迅速降低到 $-2\sim 0^{\circ}\text{C}$,然后再进入第二阶段,在室温较高的冷却间冷却。该工艺优点是肉品质量好,冷却速度快,干耗小。缺点是有时会使牛肉产生收缩。具体加工条件见表 15.1-5。

表 15.1-5 半片牛肉、猪白条肉两阶段快速冷却的技术数据

阶段		第一阶段						第二阶段					
肉类品种		半片牛肉			猪白条肉			半片牛肉			猪白条肉		
重量/kg		85	77	72	55	52/55	52/54	—	—	—	—	—	
冷却间 温度/℃	始温	-12.5	-16.5	-15.5	-19.5	-18.0	-16.9	—	—	—	—	—	
	末温	-8.5	-11.5	-10.8	-15.0	-13.1	-13.3	—	—	—	—	—	
冷却间 平均温度/℃		—	—	—	—	—	—	-1.0	-1.0	-1.0	-1.2	-1.3	
冷却时间/h		7.0	6.0	5.8	5.0	5.0	4.0	12.5	11.0	9.3	10.0	14.5	
肉体温度/℃		—	—	—	—	—	—	16.6	17.1	15.1	—	—	
终温	内部	牛腿	17.8	17.5	15.7	—	—	—	4.1	4.0	4.0	—	—
		猪腿	—	—	—	17.6	18.5	22.6	—	—	—	4.0	3.8
	表面	牛腿	-1.2	-1.3	-0.5	—	—	—	1.9	1.6	2.1	—	—
		猪腿	—	—	—	-4.5	-3.8	-3.6	—	—	—	1.6	2.0
	内部	牛肩	8.5	9.5	8.2	—	—	—	0.5	0.6	1.2	—	—
		猪颈	—	—	—	17.2	16.4	22.1	—	—	—	0.4	0.2
	表面	牛肩	-1.0	-2.7	-1.6	—	—	—	0.0	0.0	0.7	—	—
		猪颈	—	—	—	-2.0	-2.4	-1.2	—	—	—	0.1	0.1

2. 肉的冻结

对胴体的冻结大多采用吊挂式强烈吹风冻结装置。冻结工艺有直接冻结和两阶段冻结。在我国广泛采用直接冻结工艺。肉的冻结过程应严格遵照冻结工艺。

肉的直接冻结工艺有以下要求：

(1) 进入冻结间的肉必须在晾肉间晾凉（肉温最好低于30℃），待胴体表面的水滴净后，一次性进入冻结间。冻结间进货时间越短越好，冻结结束前不得进热货。

(2) 冻结间进货前,应将冷风机的霜冲干净,室温应低于 -15°C 。

(3) 胴体间留有一定的距离,不得贴紧。

(4) 进货时冻结间要边进货边制冷,库内墙面不滴水;进货结束后,室内温度要低于 0°C 。

(5) 当肉的平均温度达到 0°C 时(冻结开始后 $4\sim 5\text{ h}$ 时),应进行冲霜。

(6) 冻结间进货时,会引起室温大幅度提高,应尽快使库温降下来。对只有一个冻结间的情况,冻结 6 h 后库温应低于 -15°C , 12 h 后库温应保持在 $-24\sim -22^{\circ}\text{C}$,最低不得低于 -25°C 。对多个冻结间的情况,宜采用独立回路制冷系统,否则很难达到要求。

(7) 冻结结束时,肉的大腿中心温度为 $(-15\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$,产品应符合国家标准。

两阶段冻结是先将肉冷却至 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$,然后再冻结至 -15°C 。与一次冻结工艺比较,其优点是会发生解冻时的收缩变形,汁液损失少,肉的鲜味较浓;缺点是冻结时间长,干耗量、建筑面积和劳动量都较大。

3. 肉类的冷藏

(1) 冷却肉的冷藏

不能及时销售的冷却肉,应送入冷却物冷藏间冷藏。冷却肉在冷藏时的放置方法与冷却时完全相同。冷却设备应采用冷风机。库内温度为 $-1\sim 1^{\circ}\text{C}$ 。空气流速为 $0.05\sim 0.1\text{ m/s}$ 。

(2) 冻结肉的冷藏

冻结肉主要是为了长期贮藏,冷藏环境条件的不同。贮藏期也不同。通常冷藏间温度越低,贮藏期越长,干耗越小,冻结肉的质量也越好。目前广泛采用的冷藏温度为 -18°C 。库内相对湿度为 95% 左右。库内空气最好采用自然对流。若采用冷风机,风速不应超过 0.25 m/s 。畜肉类食品特性与贮藏条件参见表 15.1-6。

表 15.1-6 畜肉类食品特性与贮藏条件

食品名称	保存条件				食品特性				
	温度/ $^{\circ}\text{C}$	相对湿度 (%)	期限	含水量 (%)	冻结点 $^{\circ}\text{C}$	质量热容/[kJ/(kg· $^{\circ}\text{C}$)]		冻结热量 /(kJ/kg)	呼吸热量/ [kJ/(t·d)]
						冻结点以上	冻结点以下		
猪油	7.2	90~95	4~8个月	0	—	—	—	—	—
咸猪肉(醃)	15.6~18.3	85	4~6个月	13~29	—	1.26~1.80	1.00~1.21	41.9~95.5	—
(冻结)	-23.3	90~95	4~6个月	—	—	—	—	—	—
(熏制)	15.6~18.3	85	4~6个月	13~29	—	1.26~1.80	1.00~1.21	41.9~95.5	—
(包装)	1.1~4.4	85	2~6周	—	—	—	—	—	—
猪肉(新鲜)	0~1.1	85~90	3~7天	32~44	-2.2~-1.7	1.96~2.30	—	107~146	4900
(冻结)	-23.3~-17.8	90~95	4~6个月	—	—	—	1.26~1.38	—	—
香肠(熏制)	4.4~7.2	85~90	6个月	60	—	2.85	1.59	200	—
(冻结)	4.4~7.2	90~95	—	—	—	—	—	—	—
火腿(新鲜)	0~1.1	85~90	7~12日	47~54	-2.2~-1.7	2.43~2.64	1.42~1.51	156~179	—
(醃)	15.6~18.3	50~60	0~3年	40~45	—	2.18~2.34	1.34~1.38	133~149	7160
(冻结)	-23.3~-17.8	90~95	6~8个月	—	—	—	—	—	—

(续表)

食品名称	保存条件			食品特性					
	温度/°C	相对湿度 (%)	期限	含水量 (%)	冻结点 /°C	质量热容/[kJ/(kg·°C)]		冻结热量 / (kJ/kg)	呼吸热量/[kJ/(t·d)]
						冻结点以上	冻结点以下		
牛肉(新鲜)	0~1.1	88~92	1~6周	62~77	-2.2~-1.7	2.93~3.52	1.59~1.80	207~256	10 600
(冻结)	-23.3~-17.8	90~95	9~12个月	—	—	—	—	—	—
乳羊(新鲜)	0~1.1	80~90	5~12天	60~70	-2.2~-1.7	2.85~3.18	1.59~2.14	200~233	7 030
(冻结)	-23.3~-17.8	90~95	8~10个月	—	—	—	—	—	—
兔肉(新鲜)	0~1.1	90~95	1~5天	68	—	3.1	1.67	228	7 120
(冻结)	-23.3~-17.8	90~95	0~6个月	—	—	—	—	—	—
肝脏(冻结)	-23.3~-17.8	90~95	3~4个月	70	—	—	1.71	232	—
家禽(新鲜)	0	85~90	1周	74	-2.8	3.31	—	247	7 240
(冻结、无内脏)	-28.9~-17.8	90~95	9~10个月	—	—	—	1.76	—	—

表 15.1-7 水产类食品特性及贮藏条件

食品名称	保存条件				食品特性				
	温度/°C	相对湿度 (%)	期限	含水量 (%)	冻结点 /°C	质量热容/[kJ/(kg·°C)]		冻结热量 / (kJ/kg)	呼吸热量/[kJ/(t·d)]
						冻结点以上	冻结点以下		
鱼(新鲜)	0.6~1.7	90~95	5~15天	62~85	-2.2	2.93~3.60	—	207~284	—
(冻结)	-23.3~-17.8	90~95	8~10个月	62~85	—	—	1.59~1.88	207~284	1 200
(熏制)	4.4~10	50~60	6~8个月	—	—	2.93	1.63	214	896
(咸鱼)	4.4~10	90~95	10~12个月	—	—	3.18	1.72	233	—
淡腌物	-2.2~1.7	75~90	4~8个月	—	—	3.18	1.72	233	—
贝虾蟹类(新鲜)	0.6	90~95	3~7天	80~87	-2.2	3.48~3.77	—	263~291	—
贝虾蟹类(冻结)	-28.9~-17.8	90~95	3~8个月	—	—	—	1.84~1.93	—	—
龙虾	-3.9~4.4	80	1个月	76	—	3.39	1.67	244	—
牡蛎	0~1.7	90	2个月	80	-5.0	3.56	1.88	279	875
鳕鱼	-3.9	85	2周	83	-1.7	3.18	—	—	—

表 15.1-8 水果类食品特性及贮藏条件

食品名称	保存条件				食品特性				
	温度/℃	相对湿度 (%)	期限	含水量 (%)	冻结点 /℃	质量热容/[kJ/(kg·℃)]		冻结热量 / (kJ/kg)	呼吸热量/ [kJ/(t·d)]
						冻结点以上	冻结点以下		
苹果	-1.1~0	85~90	2~7个月	84.1	-1.5	3.64	—	281	352~1 670
梨	7.2~12.8	85~90	4周	65.4	-1.1	3.01	1.67	218	—
香蕉(黄熟)	13以上	85~95	数天	74.8	-0.8	3.35	1.76	251	8 790
樱桃	-0.6~0	85~90	10~14天	83.0	-1.8	3.64	1.88	279	1 380~1 842
椰子	0~1.7	80~85	1~2个月	46.9	-0.9	2.43	1.42	156	—
葡萄柚	10	85~90	4~8周	88.8	-1.1	3.81	1.93	293	536
葡萄(美国产)	-0.6~0	85~90	3~8周	81.9	-1.3	3.60	1.84	270	628
芒果	10	85~90	2~3周	81.4	-0.9	3.56	1.84	272	—
香瓜	0~4.4	85~90	5~15天	92.0	-1.2	3.89	2.01	307	—
甜瓜	7.2~10	85~90	1~2周	92.7	-0.8	3.94	2.01	307	—
西瓜	2.2~4.4	85~90	2~3周	92.1	-0.4	4.06	0.75	307	—
橘子	0~1.1	85~90	8~12周	87.2	-0.8	3.77	1.93	288	1 050

(续表)

食品名称	保存条件				食品特性				
	温度/°C	相对湿度 (%)	期限	含水量 (%)	冻结点 /°C	质量热容/[kJ/(kg·°C)]		冻结热量 / (kJ/kg)	呼吸热量/[kJ/(t·d)]
						冻结点以上	冻结点以下		
柑子	1.1~10	—	—	—	—	3.85	—	—	—
木瓜	7.2	85~90	2~3周	90.8	-0.9	3.43	1.97	302	—
桃	-0.6~0	85~90	2~4周	86.9	-0.9	3.77	1.93	288	921~1470
柿	-1.1	85~90	2个月	78.2	-2.2	3.52	1.80	260	—
凤梨(青熟)	10~15.6	85~90	3~4周	—	-1.0	—	—	—	—
(全熟)	4.4~7.2	85~90	2~4周	85.3	-1.1	3.68	1.88	284	—
草莓(新鲜)	-0.6~0	85~90	7~10天	89.9	-0.8	3.85	—	239	2850~3980
(冻结)	-23~-18	—	1年	72.0	—	—	1.76	—	—
李子(新鲜)	-0.6~0	80~85	3~8周	85.7	-2.2	3.68	1.88	286	—
(干燥)	0	50~60	9~12月	14~26	—	1.30~1.72	1.09	46.5~86.2	—

表 15.1-9 蔬菜类食品特性及贮藏条件

食品名称	保存条件				食品特性				
	温度/°C	相对湿度 (%)	期限	含水量 (%)	冻结点 /°C	质量热容/[kJ/(kg·°C)]		冻结热量 / (kJ/kg)	呼吸热量/ [kJ/(t·d)]
						冻结点以上	冻结点以下		
萝卜(春)	0	90~95	10天	93.6	-0.7	3.98	2.01	311	
(冬)	0	90~95	2~4个月	93.6	—	3.98	2.01	311	
菠菜	0	90~95	10~14天	92.7	-0.3	3.94	2.01	307	5 440
甘薯	12.8~15.6	90~95	4~6个月	68.5	-1.3	3.14	1.67	226	6 700
番茄(青熟)	13.9~21.1	85~90	2~4周	94.7	-0.6	3.98	2.01	311	—
(全熟)	7.2~10	85~90	2~7天	94.1	-0.5	3.98	2.01	311	—
茄子	7.2~10	85~90	7~10天	92.7	-0.9	3.94	2.01	307	—
酵母	-0.6~0	75	2周	—	—	—	—	—	—
种子	0~10	50~65	—	7.0~15	—	1.21	0.96	37.3	—
米	1.7	65	6个月	10.0	-1.1	1.05	—	—	—

表 15.1-10 乳品、蛋类食品特性及贮藏条件

食品名称	保存条件				食品特性				
	温度/°C	相对湿度 (%)	期限	含水量 (%)	冻结点 /°C	质量热容/[kJ/(kg·°C)]		冻结热量 / (kJ/kg)	呼吸热量/[kJ/(t·d)]
						冻结点以上	冻结点以下		
乳酪	-0.6~7.2	65~70	—	37~38	—	2.09	1.3	126	—
奶油(一) (二)	-0.6~7.2	80~85	2个月	15.5~16.5	—	1.38	—	53.6	—
	-17.8~-23.3	80~85	1年	15.5~16.5	—	—	1.05	53.6	—
加糖乳酪	-26.1	—	数个月	72.5	—	3.27	1.76	242	—
冰淇淋(一) (二)	-26.1	—	数个月	62	—	2.93	1.63	207	—
	-17.8~-12.2	65	3个月	67	—	2.09~3.35	1.88	223	—
牛乳(杀菌)	0.6	—	7天	87	-0.6	3.77	1.93	291	—
炼乳(加糖)	4.4	—	数个月	28	—	1.76	—	92.9	—
全脂奶粉	7.2~12.8	低	数个月	2~3	—	3.85	—	9.21	—
脱脂奶粉 未加糖 加糖	7.2~12.8	低	数个月	2~3	—	3.85	—	9.21	—
	-26.1	—	短期	—	—	—	—	—	—
	1.7	—	数个月	—	—	—	—	—	—

(续表)

食品名称	保存条件			食品特性					
	温度/°C	相对湿度 (%)	期限	含水量 (%)	冻结点 /°C	质量热容/[kJ/(kg·°C)]		结热量 / (kJ/kg)	呼吸热量/[kJ/(t·d)]
						冻结点以上	冻结点以下		
蛋(有壳)	-1.7~-0.6	80~85	6~9个月	66	-2.2	3.06	1.67	223	—
农场冷却	10~12.8	70~75	—	66	-2.2	3.06	1.67	223	—
全冻结	-17.8以下	—	1年以上	74	—	—	1.76	247	—
冻结蛋黄	-17.8以下	—	1年以上	55	—	—	1.51	184	—
冻结蛋白	-17.8以下	—	1年以上	88	—	—	1.93	293	—
固体蛋白	1.7~4.4	低	6~12个月	2~4	—	0.92	0.88	9.21	—
固体蛋黄	1.7~4.4	低	6~12个月	3~5	—	0.96	0.88	13.8	—
固体蛋白片	室温	低	1年以上	12~16	—	1.00	1.00	46.5	—

(二) 水产类食品特性及贮藏条件

一般的水产类捞出水后,很快就会死亡。水产类死后其品质变化速度较快,如温度为 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$, $4\sim 6\text{ h}$ 就会腐败。为了控制死后水产类的不良变化,在水产类死后应尽快冷却。水产类食品特性及贮藏条件参见表 15.1-7。

(三) 果蔬的冷藏工艺

果蔬冷藏时,低温可以抑制果蔬的呼吸作用,延缓其化学变化,有利于果蔬长期贮藏。但是贮藏温度低于果蔬冰点温度时,则将产生低温病害。

果蔬食品冷藏时,温度恒定对贮藏有利;果蔬在温度低但波动大的条件下,比恒定略高的温度更容易腐败。果蔬类食品特性及贮藏条件见表 15.1-8、表 15.1-9。

(四) 乳品、蛋类食品特性及贮藏条件

乳品及蛋类食品及贮藏条件见表 15.1-10。

第二节 冷库

冷库是用人工制冷的方法对易腐食品进行加工和贮藏,以保持食品食用价值的建筑物,服务于生产、分配、中转、零售和生活等领域。大型冷库多采用氨制冷系统;中小型冷库采用氟里昂系统较多。

一、冷库的类型和构成

(一) 冷库的分类

1. 按冷库容量规模分类

可以公称体积(m^3)表示,也可以冷藏容量(t)表示。一般大型冷库的冷藏容量在 $10\ 000\ \text{t}$ 以上;中型冷库的冷藏容量在 $1\ 000\sim 10\ 000\ \text{t}$;小型冷库的冷藏容量在 $1\ 000\ \text{t}$ 以下。

2. 按冷藏设计温度分类

分为高温库和低温库。

3. 按结构类别分

(1) 土建库

这种库采用土建方法构筑固定的库体,建筑物的主体一般为钢筋混凝土框架结构或者砖混结构。可建单层或多层。在我国西北等地利用当地的地形、地貌,因地制宜建造土窑洞冷库和山洞冷库等。施工时,应使库体四周上下六个面的隔热防潮材料紧密相连,分层错缝,形成连续而密封的整体,防止有缝隙漏冷形成“冷桥”。图 15.2-1 是一种土建库库体围护结构及采用的隔热防潮措施示意图。现在有些小型冷库在库体外围结构土建完工并干燥后,采用聚氨脂发泡喷涂工艺在库体内侧六面铸成隔热防潮层,这可提高库体的隔热防潮效果,相对增大库内的有效容积,但成本略高。

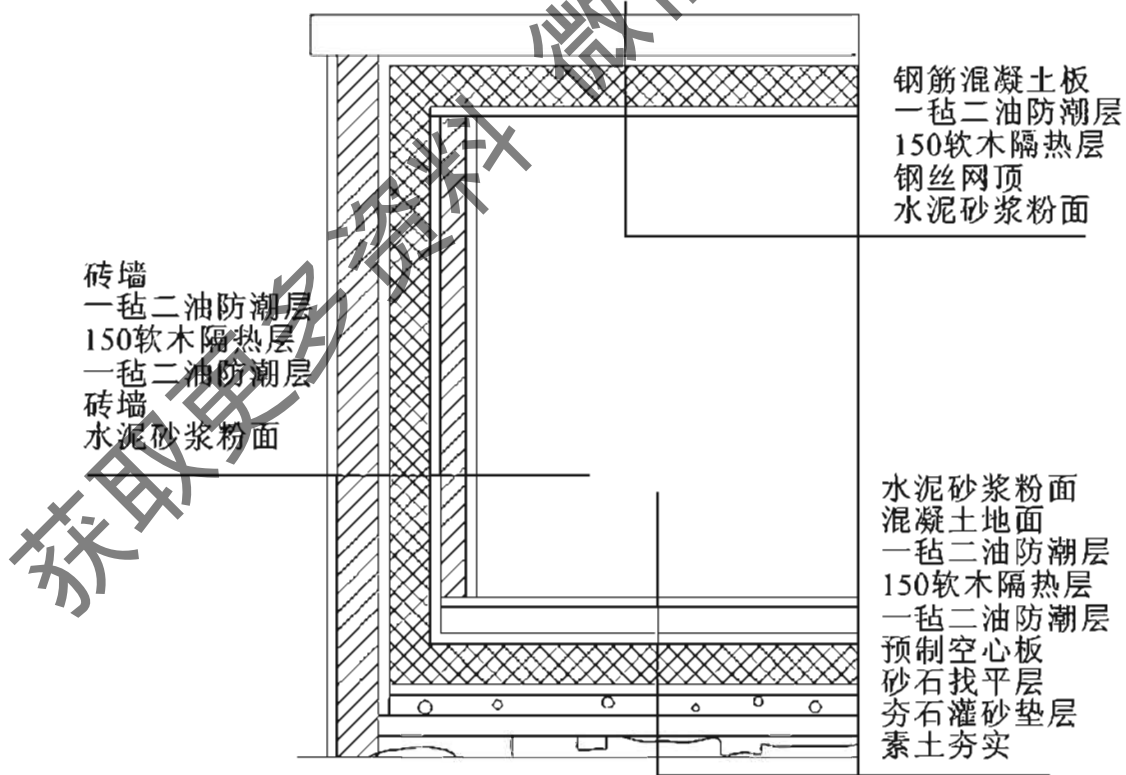


图 15.2-1 小型冷库土建结构

(2) 装配库

这种库体采用专门厂家生产的库体底板、侧板、顶板和角板组装而成。库板内外表面为钢板、铝板、高密度塑板(非隆板)。两板之间多是充注聚氨脂发泡塑料或粘贴聚苯乙烯泡沫板作隔热层。库板之间采用弹性企口嵌合连接,并用密封条密封,可根据库容需要进行搭配和间隔组合。该结构施工周期比土建库要短,容易装拆,便于搬迁扩建。但装配库的造价比土建库稍高,保温性能也一般比土建库低,见图 15.2-2。

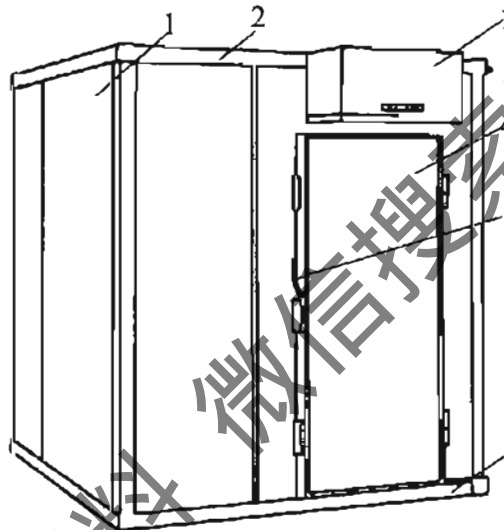


图 15.2-2 装配式冷库结构图

1—侧板 2—顶板 3—冷风机组 4—库门 5—门手柄 6—底板

(二) 冷库的构成

冷却库 用于对进库冷藏的常温食品进行冷却或预冷,加工周期一般为 12~24 h,产品预冷后温度一般为 4℃。

高温库 库温在 0℃左右,用于贮藏蔬菜、水果、鲜蛋和干制食品等。

冻结库(速冻库) 就是在很短的时间内能将食品冻结的冷库。其特点是:将规定的一定量的物品放入冷库,经过规定的时间使食品的中心温度达到规定的冻结温度,一次将所有的物品出库。

低温库 库温在 -25°C 以下。

冷藏库 库温是 -18°C 。一般是指不定期地将食品放入冷库,经过一段时间,冷库的库温达到 -18°C 。取货也是不定期、不定时的。

冰库 用以储存人造冰,解决需冰旺季和制冰能力不足的矛盾。

气调库 设有气调装置,能根据需保持库内气体成分比例不变的冷库。

二、冷库容积的确定

冷库容积是指冷库内的冷却物冷藏间、冻结物冷藏间围护结构内壁所围成的容积总和,有的也包括贮冰间的容积。容积单位常用公称容积(m^3)或重量(t)表示。冷库容积的大小是根据储存食品的数量和各种食品单位重量(即容重)来确定。各种食品单位重量所占据的容积各不相同,而且堆放的方式对容积的影响也很大。表 15.2-1 中列出了主要食品堆放时每吨重量所占据的容积。

表 15.2-1 主要食品每吨所占据的容积(重叠堆放)

品 种	占据容积/ (m^3/t)	品 种	占据容积/ (m^3/t)
冻猪肉(片状)	3.5	苹果(木装箱)	4.5
冻猪肉(块状)	1.4	梨(木装箱)	3.0
冻 鱼(块状)	1.8	蔬菜(根块类)	2.5(木箱装)
蛋(木箱装)	2.8	干菜(纸箱装)	2.2

库容的大小也可根据商业部冷库设计标准中“公称吨位”,取每立方米容积储存的重量为 350 kg 为基准(此数值相当各类冻肉的平均重量)。小型冷库的堆放高度一般可按 1.6~2.0 m 来考

虑。在储存时还应注意库内货垛与建筑物、设备间的距离(参见表 15.2-2)。

表 15.2-2 库内货垛距建筑物、设备尺寸的距离

项 目	距离/m
货垛与下列建筑物表面及设备之间的距离：	
距冻结物冷藏间平顶	0.20
距冷却物冷藏间平顶	0.30
距顶排管下侧	0.30
距顶排管横侧	0.20
距无墙排管的墙面	0.20
距墙排管外侧	0.40
距风管喷风口中心(下侧)	0.30
距冷风机周围	1.50
货垛如需按批次堆存时,垛间距离：	
鲜蛋类(箱装者可取“距离”中较小的数值)	0.30~0.40
鲜果类(箱装者可取“距离”中较小的数值)	0.30~0.40
其他	0.10~0.15
冷间内走道宽度：	
人工搬运的	1.20~1.50
机械搬运的	1.80~2.20

这样,已知总的储存量和各种食品单位重量所占的容积,就能计算出冷库所需的总容积。但必须指出,冷库的容积应考虑各类蒸发器所占据的位置,而且库内还应留出适当的工作通道等。所以库容要增加适当的容量,一般建筑面积较存货面积约增加 50%。

三、冷库的技术要求

(1) 冷库的围护结构应尽量避免受太阳的直接照射。

(2) 冷库的门与穿堂间的门应错开,以减少门开启时冷量的损耗。

(3) 冷库的制冷系统应考虑融霜和库房排出凝结水的措施。

(4) 冷库的围护结构应有良好的隔热防潮措施,以减少冷量的损耗及冷冻机每天运行的时间,从而减少耗电量和耗水量,延长机器使用年限。

(5) 机房布置时应考虑操作运行和检修时所需要的通道,但不宜太大。

四、围护结构的隔热与防潮

冷库建筑的特点是围护结构需要隔热保温,隔热层需要隔汽防潮,建筑结构要防止发生“冷桥”现象,要防止融冻循环和地下土壤冻结引起的破坏作用。

(一) 围护结构的隔热

冷库围护结构隔热性能的好坏,直接影响冷库的使用管理及冷库的使用寿命。冷库围护结构的耗冷量约占总耗冷量的30%~35%,因此在冷库修建中应特别重视隔热层的修建,做到既经济又可靠。但是,不少单位由于对冷藏围护结构隔热层不重视,使耗冷量增大,库温达不到设计要求,一方面致使食品达不到所需要的低温而变质,另一方面还会增加制冷机的运行时间,增加水电消耗,缩短机器使用年限。冷库一旦投入运行、库内存放食物后,再要改善围护结构就比较困难了。因此,在围护结构的修建中建好冷库的隔热层是十分重要的。

1. 隔热层厚度的确定

隔热层的确定主要是选定所用隔热材料及厚度。围护结构的耗冷量系指因室内外的温差通过墙壁、屋顶、地坪所传递的热量以及太阳辐射的热量。一般按下列公式计算

$$Q = KF(t_1 - t_2) = KF\Delta t \quad (15-1)$$

式中 Q ——围护结构的耗冷量(W);
 K ——传热系数[W/(m²·°C)];
 F ——围护结构的外表面积(m²);
 t_1 ——室外空气温度或邻室温度(°C);
 t_2 ——冷藏间温度(°C)。

由于传热面积取决于库容的大小,对于某个确定的冷库,围护结构传热面积基本不变,而传热温差则取决于库外的气象条件和库温。它的变化也是有限的。因此,要减少传热量,必须减少传热系数 K 。

围护结构大多数是由数层不同热导率的材料所组成,其传热系数的计算公式为

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (15-2)$$

式中 δ_i ——围护结构各层材料厚度(m);
 λ_i ——各层材料的热导率[W/(m·°C)];
 α_1 ——结构外表面的对流放热系数[W/(m²·°C)];
 α_2 ——结构内表面的对流放热系数[W/(m²·°C)]。

一般情况下取 $\alpha_1 = 7.5 \sim 10$ W/(m²·°C)。而 α_2 在自然对流时取 $\alpha_2 = 10$ W/(m²·°C);强迫对流时则取 $\alpha_2 = 25$ W/(m²·°C)。

一般来说,在计算有隔热层的围护结构的传热系数时,由于其他非隔热材料的热阻和表面放热系数相对于隔热材料的热阻是非常小的,因此可以忽略不计。则式(15-2)可简化为

$$K = \frac{\lambda}{\delta} \quad (15-3)$$

式中, λ 、 δ 分别为隔热材料的导热系数和厚度。

确定隔热层的厚度 δ 有两种方法:

(1) 根据冷库设计推荐围护结构的传热系数,即 K 在 $0.32 \sim$

0.4 W/(m² · °C)之间,可用式(15-4)计算

$$\delta = \frac{\lambda}{K} \quad (15-4)$$

(2) 采用导热系数为 0.03~0.04 W/(m² · °C)的隔热材料时,按经验公式(15-5)计算,即当室内外温差每增加 7~8°C,隔热材料的厚度就增加 25 mm 的经验公式计算

$$\delta = \frac{\Delta t}{7 \sim 8} \times 25 \quad (15-5)$$

式中, δ 单位为毫米。

2. 隔热层的敷设及防冷桥处理

冷库墙体、地坪、楼面及屋面隔热层的做法见图 15.2-3~图 15.2-6 所示。

隔热层的敷设应完整严密,不能存在缺口或缝隙,以防冷桥的产生。图 15.2-7~图 15.2-11 为防冷桥的常用做法。

3. 冷库建筑常用的隔热材料

冷库应选用热导率小、密度小、吸湿性小、不燃或阻燃、抗冻性能好、机械强度高、无毒无异味且经久耐用的隔热材料。冷库常用隔热材料的特性见表 15.2-3。

(二) 围护结构的防潮

在一般条件下,空气中总是含有若干数量的水蒸气,空气中水蒸气含量越多,水蒸气分压力就越大。冷库内外由于温度的不同,库内外空气中水蒸气的含量往往相差较大,因而形成水蒸气分压力差。在压力差的作用下,水蒸气由库外经围护结构流入库内,由于围护结构的温度由外向内逐渐降低,水蒸气在其中极易凝结成水或结成冰而导致隔热层受潮,使隔热层的隔热效果降低甚至丧失隔热能力。因此,在冷库的围护结构中必须设置隔汽防潮层以阻隔水蒸气的渗透。

表 15.2-3 冷库常用隔热材料特性

材料名称	密度 ρ /(kg/m ³)	热导率 λ /[W/(m·K)]	比热容 c /[(kJ/kg·K)]	蒸汽渗透 系数 μ /[g/(m·h·Pa)]	防火性能	吸湿率 (重量%)	抗压强度 /Pa	设计计算 中采用的 热导率 λ /[W/(m·K)]
聚苯乙烯泡沫 塑料	20~50	0.29~0.046	1.465	0.000 06	易燃 耐热 70 °C	0.1~ 0.15 kg/m ³	17.64×10 ⁴	0.046 5
聚氯乙烯泡沫 塑料	45	0.043	—	—	离火即灭 耐热 80 °C	0.2 kg/m ³	17.64×10 ⁴	0.046 5
聚氨酯泡沫 塑料	40~50	0.023~0.029	—	—	离火即灭 耐热 140 °C	0.118 kg/m ³	14.7~ 19.6×10 ⁴	0.029~0.035
沥青矿渣棉毡	<120	0.044~0.047	0.754	0.000 49	可燃	<1.07	—	0.081
矿渣棉(一级)	100	0.044	0.754	0.000 49	可燃	—	—	0.081
矿渣棉(二级)	150	0.047	0.754	0.000 49	可燃	—	—	0.081
膨胀珍珠岩	<80	0.047	—	—	不燃	<0.2	—	0.081
	81~150	0.047~0.058	—	—	不燃	<0.2	—	0.081~0.099
	151~250	0.058~0.075	0.837	—	不燃	<0.2	—	0.099~0.128

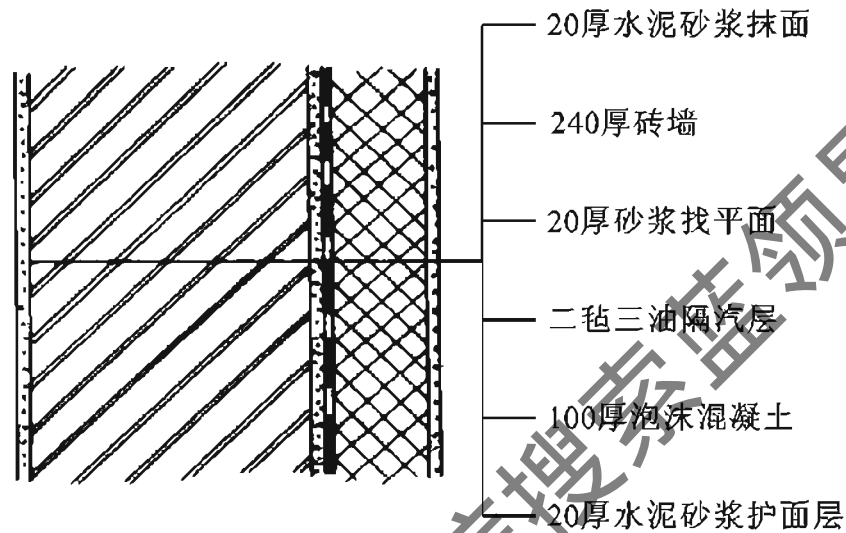
(续表)

材料名称	密度 ρ (kg/m^3)	热导率 λ /[$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]	比热容 c /[$(\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K})$]	蒸汽渗透 系数 μ /[$\text{g}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa})$]	防火性能	吸湿率 (重量%)	抗压强度 /Pa	设计计算 中采用的 热导率 λ /[$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]
沥青膨胀珍珠 岩块	300	0.081	0.879	0.00008	难燃	<0.2	19.6×10^4	0.093
沥青膨胀珍珠 岩现场辅压	160	0.058	—	—	难燃	—	4.9×10^4	0.07
泡沫混凝土	<400	0.151	0.837	0.0002	不燃	4.8	—	0.244
加气混凝土	400	0.093	0.837	0.00023	不燃	—	147×10^4	0.163
软板木	150~250	0.052~0.070	2.093	0.000038	可燃	—	39.2×10^4	0.064~0.081
稻壳	135~160	0.081~0.093	1.876	—	易燃	2.5	—	0.151
炉渣	<800	0.175~0.233	0.837	0.00015	不燃	19.2	—	0.326

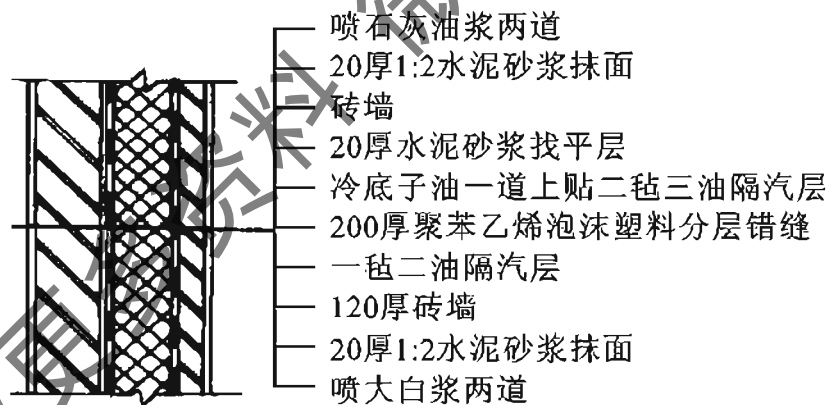
k4m

1. 隔汽防潮层的敷设

隔汽防潮层应敷设在隔热层的高温侧,有时也可在隔热层两侧各敷设一层隔汽防潮层。隔汽防潮层的敷设应完整严密,隔汽防潮层的做法如图 15.2-3~图 15.2-11 所示。



(a) 在隔热层的高温侧设置隔汽层

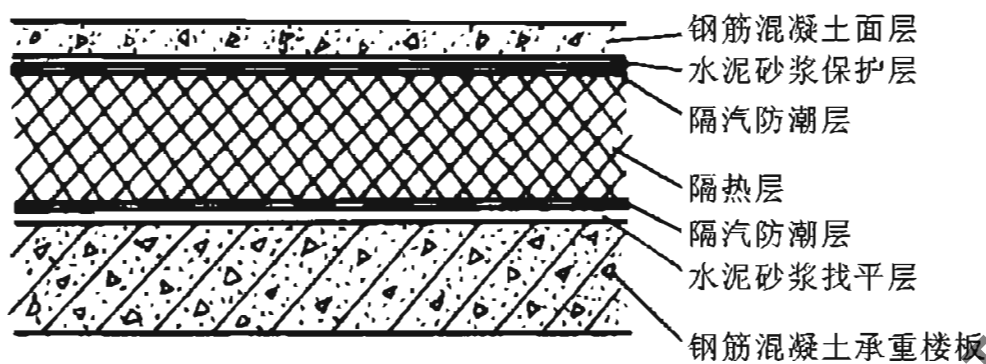


(b) 在隔热层双侧设置隔汽层

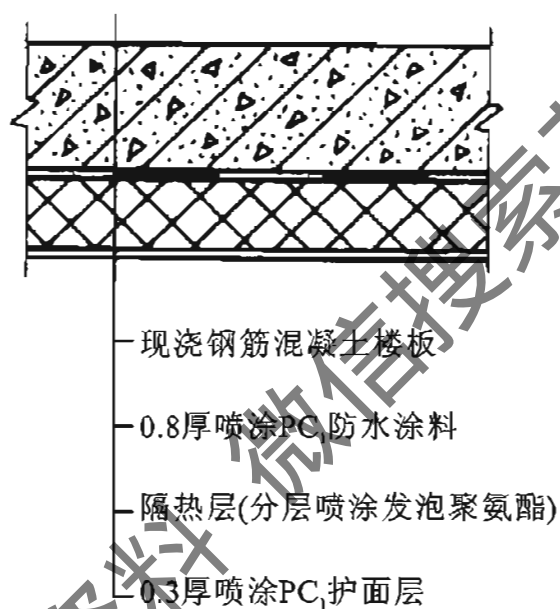
图 15.2-3 冷库墙体结构

2. 冷库建筑中常用的隔汽防潮材料

冷库建筑中常用的隔汽防潮材料主要有沥青材料、聚乙烯(PE)或聚氯乙烯(PVC)薄膜等。表 15.2-4 为冷库常用防潮隔汽材料的热物理性能,表 15.2-5 为石油沥青的主要技术性能指标。



(a) 上铺法



(b) 下贴法

图 15.2-4 冷库隔热楼面结构

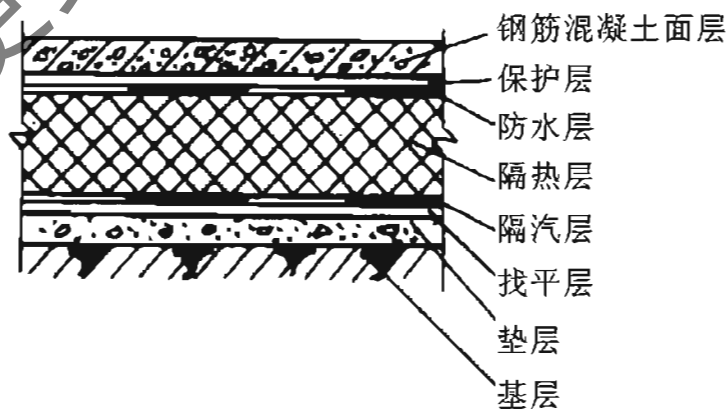


图 15.2-5 冷库地坪结构

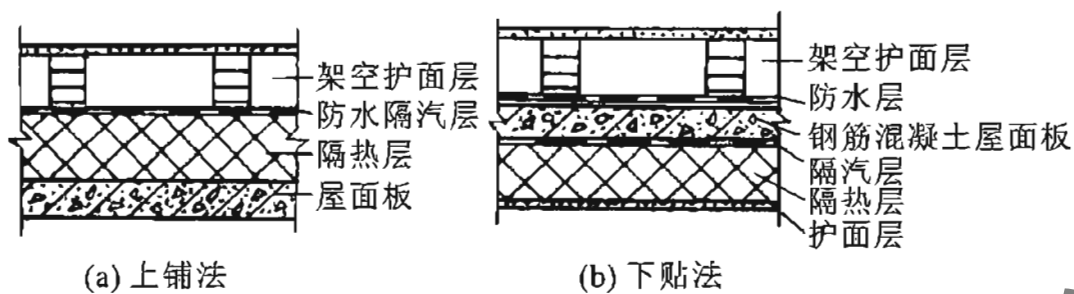
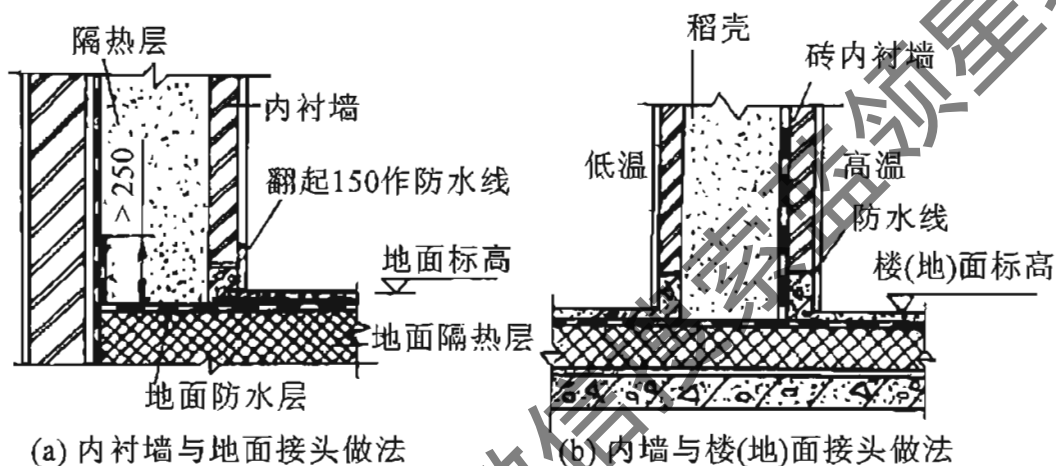
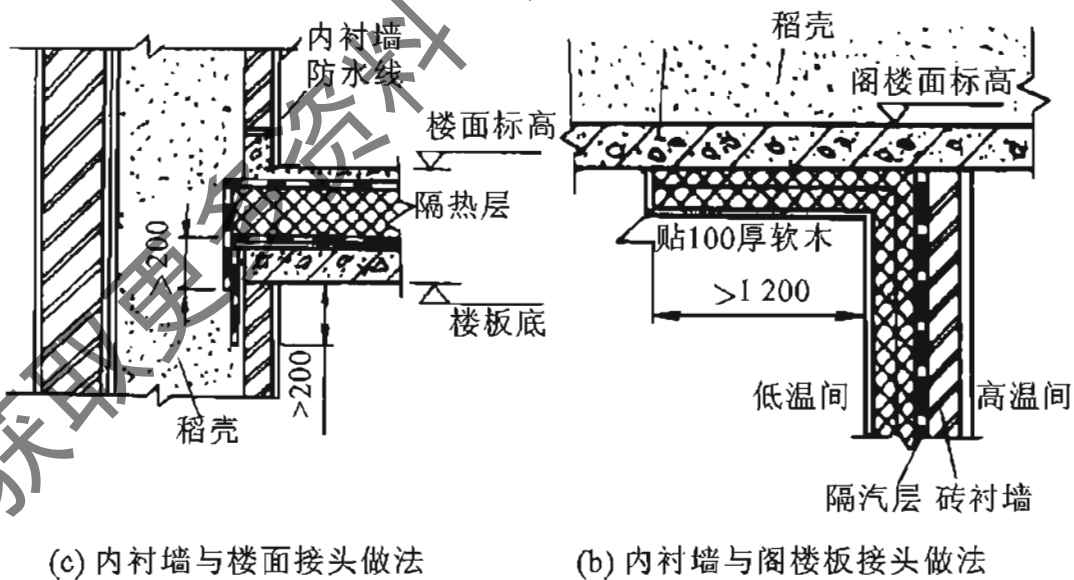


图 15.2-6 冷库整体式隔热屋面结构



(a) 内衬墙与地面接头做法

(b) 内墙与楼(地)面接头做法



(c) 内衬墙与楼面接头做法

(b) 内衬墙与阁楼板接头做法

图 15.2-7 墙体与楼板、地面接头做法

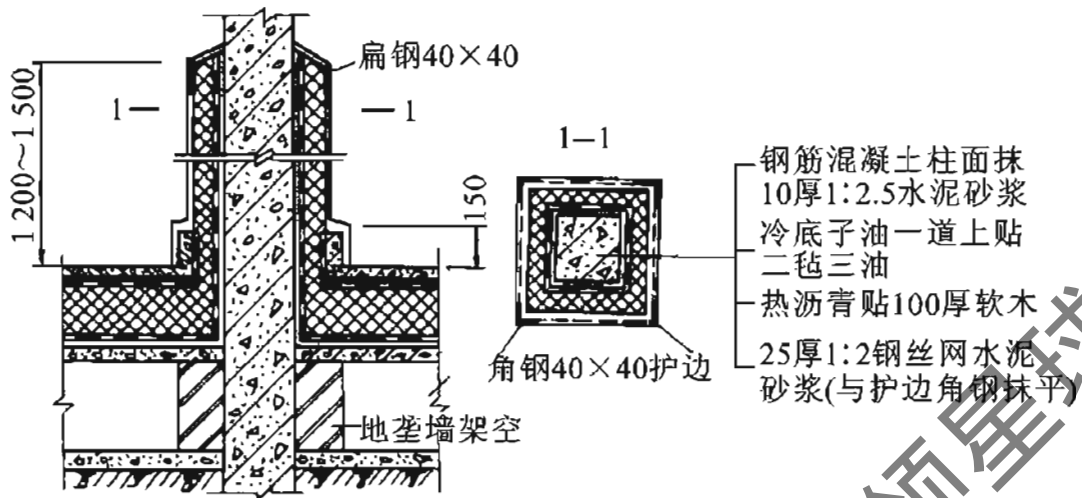


图 15.2-8 柱子穿隔热地面的防冷桥处理

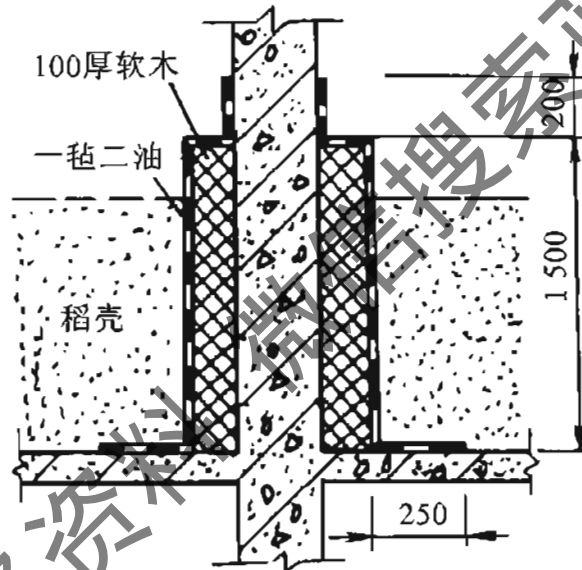


图 15.2-9 柱子穿阁楼的防冷桥处理

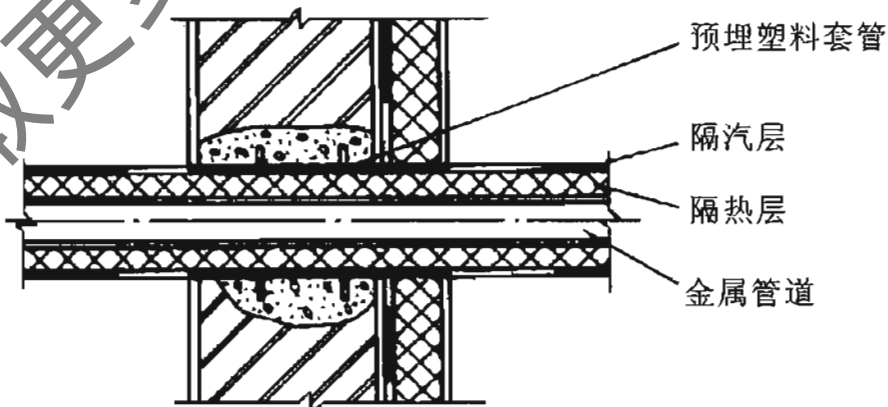


图 15.2-10 管道穿墙防冷桥处理

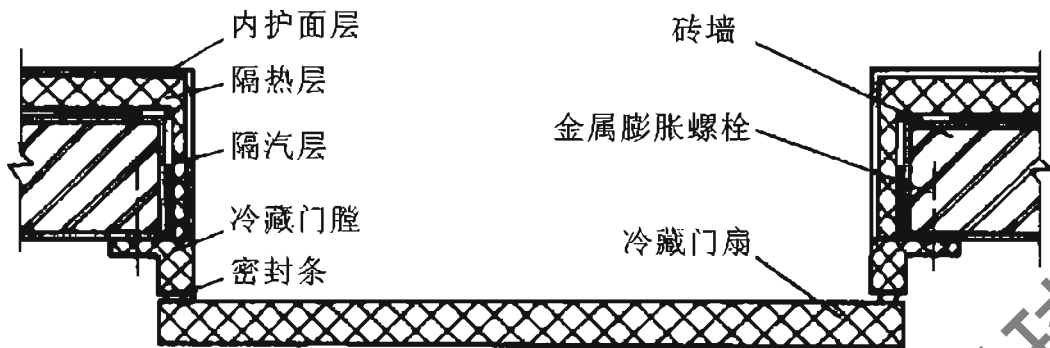


图 15.2-11 外贴式门框的门洞防冷桥处理

表 15.2-4 冷库常用防潮隔汽材料的热物理性能

材料名称	密度/ (kg/m ³)	厚度/ mm	热导率/ [W/(m·K)]	比热容/ [kJ/(kg·K)]	蒸汽 渗透率/ [g/(m·h·Pa)]	蒸汽 渗透阻/ (m·h·Pa/g)
石油沥青油毡 (350号)	1130	1.5	0.27	1.59	0.00135	1106.57
石油沥青或 玛蹄脂道	980	2.0	0.20	2.14	0.0075	266.64
一毡二油		5.5				1639.86
一毡二油		9.0				3013.08
聚乙烯 塑料薄膜	1200	0.07	0.16	1.42	0.0000203	3166.37

表 15.2-5 石油沥青的主要技术性能指标

新牌号	140	100	60	30	10
旧牌号	I	II	III	IV	V
针入度(25℃时 100g) (1/10mm)	121~160	81~120	41~80	21~40	5~20
环球法软化点/℃	25	40	45	70	90
延伸度(25℃)/cm	≥100	≥60	≥40	≥3	≥1

第三节 商用冷柜

商用冷柜的品种规格很多,名称也各异,按用途一般分为食品冷藏柜和食品陈列柜两大类。

一、食品冷藏柜

食品冷藏柜的品种规格、名称也较多,是用于冷却、冷冻、贮藏食品的制冷设备,多用于集体食堂、餐饮服务、售货等部门。按柜内适用温度分有 G、Z、D 三种类型,分别适用调节温度范围为 $2\sim 10^{\circ}\text{C}$ 、 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$ 、 $-12\sim 18^{\circ}\text{C}$ 。冷藏柜内的温度可以是单一温度,也可以根据不同蒸发管面积分配或按吹风气流分配,以实现多种温度控制,提高实用性。依据冷藏柜的适用温度,制冷剂分别采用 R22、R134a 等。冷藏柜配用的压缩机也有全封闭式、半封闭式和开启式三种。

一般冷藏柜的分类有下述几种类型:

按型式,分有立式、卧式和拼装式三种。立式冷藏柜具有开门方便、占地面积小、结构简单等特点。卧式冷藏柜具有保温性能好等优点。其侧开门式顶部为工作台面,可放置器皿,台面下存放冷藏食品;上开门式可以掀开或左右滑动。主要用于冷冻食品的储存与销售。拼装式具有安装速度快、运输方便。可组合成多种规格的特点,但结构复杂。

按容积,分有 0.5 m^3 、 1 m^3 、 1.5 m^3 、 2 m^3 、 3 m^3 等多种。

按门的设置数量和形式,有三门、四门、五门、六门及立式双开门和玻璃拉门等。

按开门方式,可分为固定式、可移动式。

按冷冻能力,可分为冷藏、冷藏冷冻、冷冻柜等。

按制冷机组的安装位置,可分为预装式、下装式。

按冷却方式,可分为强制对流式、自然对流式等。

二、食品陈列柜

食品陈列柜主要用于食品经销部门短期贮藏与陈列销售食品。陈列柜按结构分有立式、正开式、后开式等,或为风幕隔热的敞开式,如图 15.3-1 所示。按使用功能分有冷冻式陈列柜和保鲜陈列柜。柜温分别为 $-22\sim 18^{\circ}\text{C}$, $-2\sim 2^{\circ}\text{C}$, $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 不等,可适应多种食品陈列储存。陈列柜的制冷系统均采用压缩式制冷,制冷剂为 R12、R22、R134a 等。制冷机组有内置式或外置式,食品冷却方式有盘管冷却或吹风冷却。商用冷藏陈列柜按不同的参数或结构来分也有很多品种,主要如下:

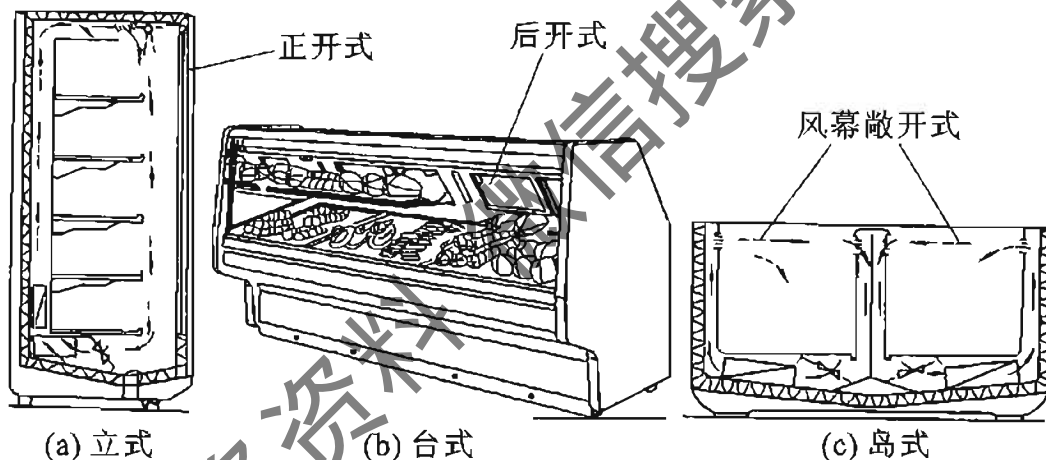


图 15.3-1 食品陈列柜

(1) 按贮藏的物品种类分类:

蔬菜水果陈列柜 主要用于贮藏蔬菜、水果等物品,贮藏温度一般为 $3\sim 10^{\circ}\text{C}$ 。

乳制品陈列柜 主要用于贮藏面点、糕点、乳制品、饮料制品等,贮藏温度一般为 $2\sim 10^{\circ}\text{C}$ 。

肉制品陈列柜 主要用于贮藏生、熟肉类制品,温度一般为 $-2\sim 2^{\circ}\text{C}$ 。

冻结食品陈列柜 主要用于贮藏经过速冻的肉类制品、水产

品、面制品、冰淇淋等冷冻食品,温度为 -18°C 以下。

按制冷系统结构分类:

独立式机组陈列柜 其压缩机、冷凝设备等不分开设置,集中放置在一个柜体内。

分装式机组陈列柜 其压缩机、冷凝器等设备与陈列柜分开设置,一般不放在同一室内。

集中式机组陈列柜 制冷系统向多组陈列柜集中供冷。

超市陈列柜结构 超市陈列柜的货架分成上下几层,上部的货架一般可调节,下部的货架是固定的,可调节的货架可以错开,但不能取下,否则会影响整体的性能。这些上部货架有时朝后倾斜成一定角度,以给顾客提供观看商品的最佳角度。如图 15.3-2 所示,很多陈列柜在顶部设置两块可移动的板,以便于检修风幕风扇。

第四节 电 冰 箱

电冰箱的种类很多,主要用于食品的冷却、冻结,实现食品的较长时间储存。按制冷方式不同,有压缩式、吸收式和半导体制冷式等。以压缩式居多。

一、电冰箱的制冷方式

1. 直冷式电冰箱(自然对流型)

食品直接接受蒸发器的冷量,通过箱内空气的自然对流进行热量的交换(图 15.4-1)

2. 间冷式电冰箱(强迫冷却型)

蒸发器设在冷冻室与冷藏室的夹层之间,食物在箱内不是直接放置在蒸发器内。设有一微型电风扇,强制箱内冷气反复循环冷却食物,并设有自动除霜装置(图 15.4-2)。

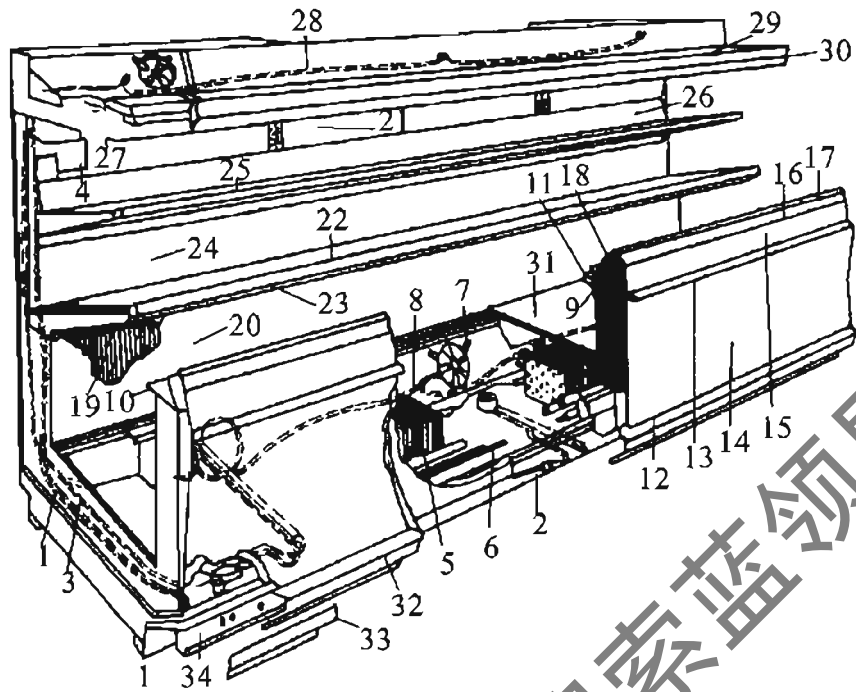


图 15.3-2 超级市场陈列柜结构图

- 1—灯光电线线束 2—滴水管加热器导线线束总线 3—风扇和加热器导线束
 4—融霜终止温控器 5—底盘管组合件 6—热交换器组合件
 7—电动机安装托架 8—主风扇导线束 9—灯管道(前面) 10—外壳护板
 11—前货架支架 12—底部耐磨横挡 13—上面部耐磨横挡 14—前面板
 15—彩色镶边组件 16—贴边 17—贴边顶前部 18—灯罩 19—盘管背面
 20—背面货架支架 21—背面排汽板 22—货架 23—货架排风铁栅
 24—挡架架子 25—搁板组件 26—搁板后部挡架 27—顶排风板
 28—空气幕导线束 29—顶篷和外表面顶部 30—顶篷贴边 31—陈列盘组件
 32—防护板组件 33—防护板(短片段) 34—制冷温度控制器

它的主要优点有：

- (1) 箱内壁和食物表面无霜,传热效率高。
- (2) 降温速度快,箱内温度场较均匀。
- (3) 长期使用不必人工化霜。

二、电冰箱的结构

电冰箱按结构可分为立式、卧式、台式、组合式等,以立式居

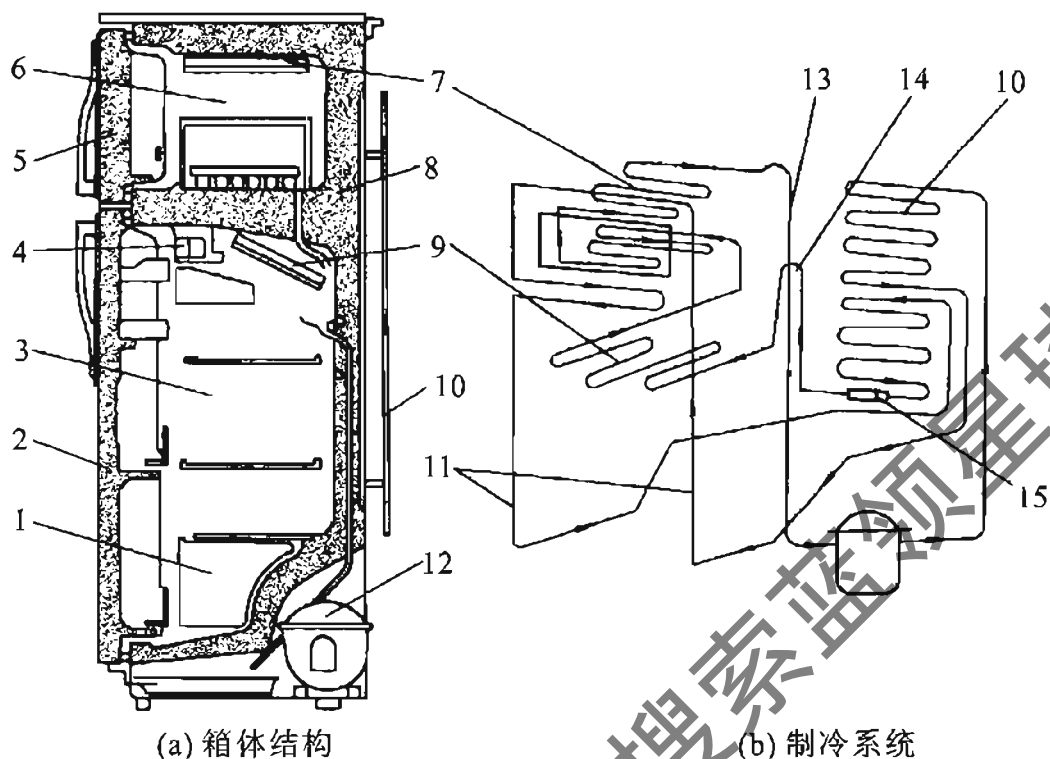


图 15.4-1 直冷式电冰箱

- 1—果菜盒 2—下箱门 3—冷藏室 4—温控器 5—上箱门 6—冷冻室
 7—冷冻室蒸发器 8—箱体 9—冷藏室蒸发器 10—冷凝器
 11—防露管 12—压缩机 13—回气管 14—毛细管 15—过滤器

多。立式电冰箱有单门、双门、三门、多门之分。

单门冰箱 指冷冻室有一个蒸发器，冷冻室和冷藏室共用一个箱门，门内的冷冻室再另设一个简易隔门。靠箱内冷空气的自然对流来冷却冷藏室内的食物。

双门冰箱 冷冻室和冷藏室分别设门，根据需要使用冷冻室有设在上部、下部和侧面的。冷凝器一般安装在电冰箱的后面，采用自然通风来降低冷凝温度的方式，也有些电冰箱冷凝器采用风扇强迫排风来降低冷凝温度。新一代的电冰箱采用了内藏式冷凝器，布置在箱体两侧壁的内侧，内藏在隔热层的外侧。

三门和多门冰箱 把冷冻室、冷藏室和果蔬室分别设门即为三门电冰箱。根据不同温度和使用需要，还设有三门电冰箱，其中

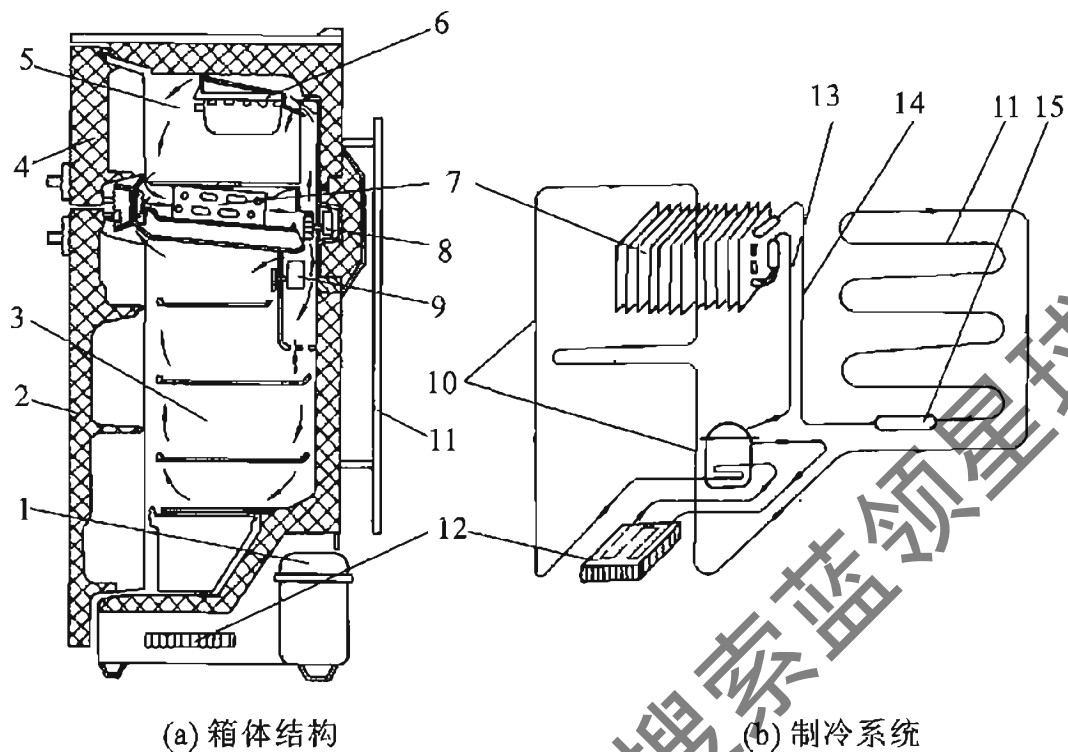


图 15.4-2 间冷式电冰箱

- 1—压缩机 2—下箱门 3—冷藏室 4—上箱门 5—冷冻室
 6—冰块盘 7—蒸发器 8—风机 9—风门温控器 10—防露管
 11—冷凝器 12—蒸发器 13—回气管 14—毛细管 15—过滤器

的蒸发器设置需要根据每个门内所需要的温度来设置。

三、冷冻室内的温度要求

家用电冰箱冷冻室内的温度要求见表 15.4-1。

表 15.4-1 家用电冰箱冷冻室内的温度要求

冷冻室温度/℃	<-6	<-12	<-18
星级标志	*	**	***
星级	一星	二星	三星

四、电冰箱使用的气候条件

电冰箱使用的气候条件见表 15.4-2。

表 15.4-2 电冰箱使用的气候条件

电冰箱类型	亚温带型	温带型	亚热带型	热带型
使用环境温度/℃	10~32	16~32	18~38	18~43

五、电冰箱的结构及其制冷系统

压缩式电冰箱的制冷系统采用单级压缩式制冷循环,主要由压缩机、冷凝器、干燥过滤器、毛细管和蒸发器组成(图 15.4-1 和图 15.4-2)。有些类型的电冰箱制冷流程中还增设除露管、压缩机油冷却管、副冷凝器等辅助设施。

第五节 冷藏运输装置

冷藏运输装置根据运输方式的不同分为铁路冷藏车、冷藏汽车、冷藏船和冷藏集装箱等多种类型。冷藏运输装置的制冷设备必须工作稳定、可靠,自动控制与安全措施要完备完善,各类冷藏运输装置应满足各类不同运输方式所附加的运输条件与规定。

一、铁路冷藏车

1. 加冰冷藏车

加冰冷藏车具有与一般棚车相似的车体钢结构,同时还具备隔热防潮层和气密性良好的车门,每节车箱内的顶部装有多组贮冰箱,如图 15.5-1 所示,箱内存放冰或冰盐混和物作为冷源,冰在

融化时吸收热量。通过自然对流使车内温度保持 $-20\sim 4^{\circ}\text{C}$ 的低温(不同的冰盐配比可得到不同的融解温度)。加冰冷藏车结构简单,造价低廉,但车内温度波动大,运输中要经常加冰加盐,使用上有局限性。目前国内常见加冰冷藏车型号有 B11、B8、B68 等。

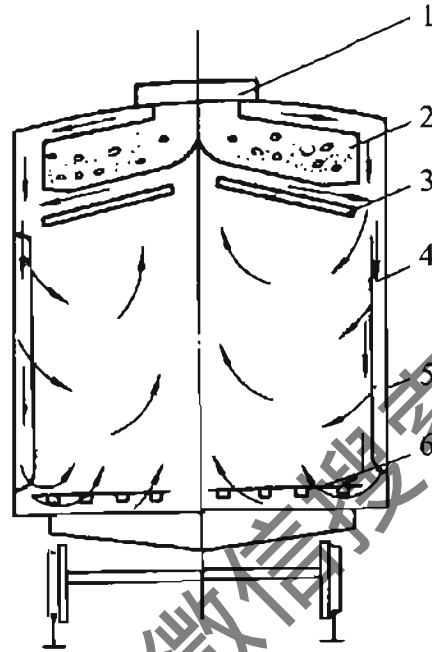


图 15.5-1 铁路加冰冷藏车

1—冰箱盖 2—贮冰箱 3—防水板
4—通风墙 5—车体 6—离水隔栅

2. 机械冷藏车

以机械制冷装置为冷源的机械冷藏车,是铁路冷藏运输中的主要车型。其特点为制冷温度低,温度调节范围大,车内温场均匀,降温速度快,自动化程度高等。车内温度可调范围为 $-24\sim 12^{\circ}\text{C}$ 。能适应各种鲜货的运输。机械冷藏车除应有良好的隔热车体外,还应有运行可靠的制冷机组。常见的制冷机组有两类:一类以氨为制冷剂,采用间接制冷,盘管自然冷却,车辆型号有 B16、B17 等;另一类以氟里昂为制冷剂,采用直接蒸发吹风冷却的两级压缩机组,采取制冷剂热气除霜。车内还设有电加热器,在需要时提高车内温度。车辆型号有 B18、B20、B21、B23 等。B18 型机械

冷藏车结构图如图 15.5-2 所示。

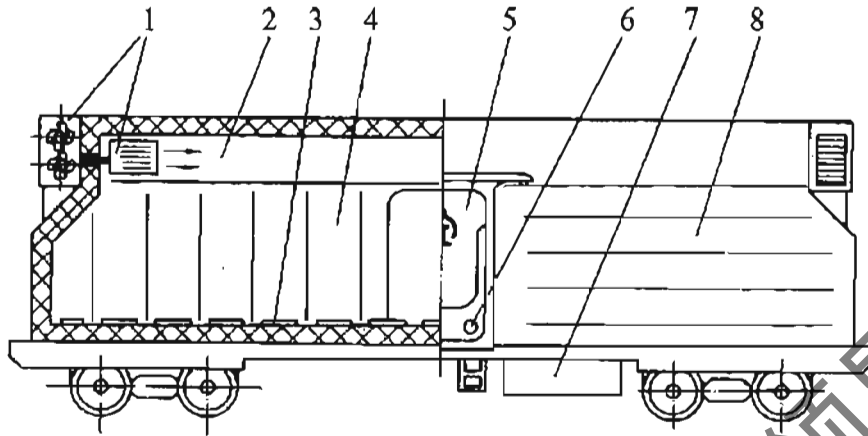


图 15.5-2 B18 型机械冷藏车结构图

1—制冷机组 2—送风道 3—地板离水格子 4—通风隔墙
5—车门 6—温度计 7—柴油发电机组 8—隔热车体

二、冷藏汽车

1. 隔热冷藏汽车

隔热冷藏汽车仅有隔热车体和气密良好的车门,而无冷源提供,一般只适用于城市市区、近郊或短途运输,车内温度无法控制。隔热冷藏车结构简单,制作、运行成本低,但使用有局限性。

2. 机械冷藏汽车

在隔热冷藏汽车上加装机械制冷机组就成了机械冷藏汽车。该车车内温度调节范围大,可在外温 35°C 条件下保持车厢内 $-15\sim-18^{\circ}\text{C}$ 。制冷机进行热泵循环时,可以除霜或对车厢内加热,能满足冷却、冻结、预冷食品的长途运输的要求。该车的基本结构如图 15.5-3 所示,其制冷机组有整体式和分装式两类。整体式安装方便,适合于带有独立柴油发电机组的大中型汽车。分装式则适合于汽车发动机驱动的中、小型冷藏汽车。

表 15.5-1 为国产东风系列厢式冷藏车的规格数据。

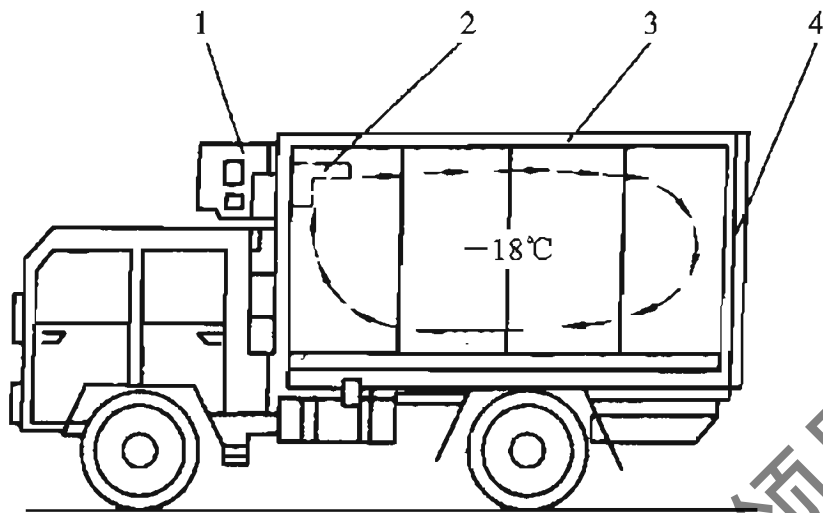


图 15.5-3 机械冷藏汽车结构图

1—制冷机组 2—冷风机组 3—隔热车体 4—车门

表 15.5-1 东风系列厢式冷藏车规格数据

产品名称	底盘型号	厢体内尺寸/mm	吨位/t	外形尺寸/mm
小霸王冷藏车 (EQ1051 系列)	EQ1051T51DJ3A	4 300×1 800×1 900	2	5 995×1 890×2 930
	EQ1051G51DJ3A	4 020×1 800×1 900	2	5 995×1 890×2 930
145 冷藏车 (EQ1108 系列)	EQ1108G6DJ16	4 800×2 274×2 400	4.5	7 220×2 470×3 760
	EQ1108G6DJ15	6 100×2 274×2 400	4.5	8 510×2 470×3 760
双桥冷藏车 (EQ1208 系列)	EQ1208GJ6	8 500×2 220×3 785	9.8	11 250×2 470×3 785
多利卡冷藏车 (EQ1061 系列)	EQ1061T40DJ4	5 500×2 000×1 900	2	7 440×2 250×3 050
153 冷藏车 (EQ1141 系列)	EQ1141G7DJ2	6 100×2 274×2 400	8	8 530×2 470×3 800

三、冷藏船

船用制冷设备附加了船用条件的规定,如船体倾斜与摇摆、环境气象条件、冷却水温度等。船用制冷设备的制造也必须符合国家《海船建造规范》和船级社的有关规定。冷藏船有多种形式:大

型的专业冷藏船,如海洋冷藏渔船、海洋冷藏运输船,多采用氨制冷设备。一般的中小型冷藏船、商船冷藏舱及船舶伙食冷库等,多为氟里昂制冷设备。商船冷藏舱的设计与使用较严格,其温度调节范围应满足 $-20\sim 8^{\circ}\text{C}$ 的载运温度要求,同时满足冷藏舱的通风换气次数。船舶伙食冷库均为多间多温直接冷却形式,其中鱼、肉库温为 $-15\sim -10^{\circ}\text{C}$,直接盘管冷却。蔬果及蛋、乳、饮品库温为 $2\sim 5^{\circ}\text{C}$,粮食库温为 $10\sim 12^{\circ}\text{C}$,直接吹风冷却。设计时常把冷藏舱制冷系统与伙食冷库制冷系统并联,以备应急之用。

四、冷藏集装箱

(一) 冷藏集装箱分类

(1) 按冷藏集装箱结构形式分类

可分为隔热结构的保温箱、内置制冷机组的集装箱、由船外或船上供冷的集装箱和利用干冰、液氨冷却的干冰、液氨集装箱等。其中,内置机组式冷藏集装箱应用广泛。

(2) 按规格型号分类

可分为1A、1AA、1B、1BB、1C、1CC三种规格6种型号。国内主要采用1A或1C等型号。

(3) 按箱内温度分类

低温型 箱内温度 -30°C ,用于运送冻结食品。

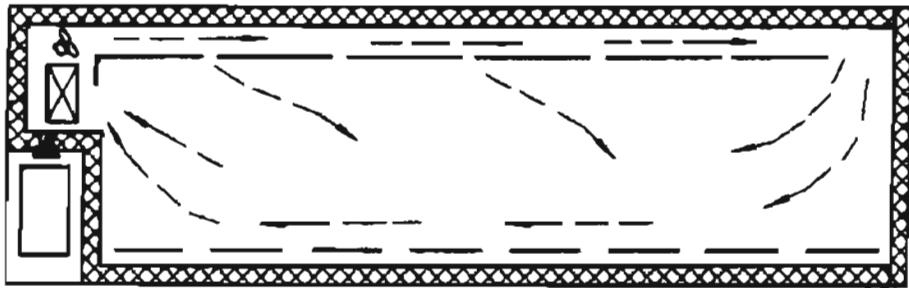
高温型 箱内温度为 12°C ,用于运送香蕉等果蔬。

通用型 箱内温度 $-30\sim 20^{\circ}\text{C}$,可满足不同需要。

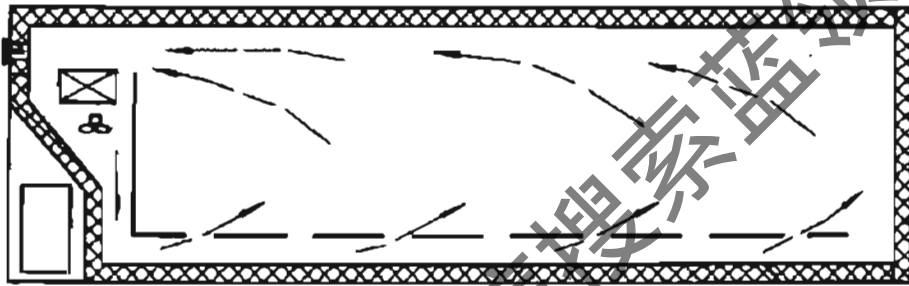
(二) 冷藏集装箱的特点及组成结构

冷藏集装箱具有良好的隔热性,能适用于各类食品或特殊货物的冷藏运输。冷藏集装箱的制冷设备必须工作稳定、可靠,陆上、船上通用,自动控制与安全保护设施要齐备完善,有些制冷系统还增设热气旁通调节阀和电磁碟阀等以满足箱内的温度调节。冷藏集装箱还要满足不同运输形式和吊装等条件与规定。

图 15.5-4 为内置机组式冷藏集装箱结构与冷风循环示意图。



(a) 上送风上回风



(b) 下送风上回风

图 15.5-4 内置机组式冷藏集装箱与冷风循环示意图

获取更多资料

第十六章 安全技术知识

人们在操作、管理和维修制冷空调设备时,除制冷空调设备本身外,还会接触到制冷剂钢瓶、氮气瓶等压力容器和电气设备等。

制冷系统中使用的制冷剂大多为低沸点物质,在常温下的压力远高于外界的大气压。在制冷装置运行时,如操作不当,会引起排气管甚至压缩机爆裂事故。有些制冷剂还是易燃易爆的,如氨(R717)、丙烷(R290)、异丁烷(R600a)等,氨还具有较大的毒性。一旦发生制冷剂泄漏,极易引发窒息、冻伤、中毒甚至燃烧爆炸的严重事故。

制冷剂钢瓶、氮气瓶等压力容器属中、高压压力容器,操作和存放管理不当,会引发钢瓶爆炸事故。

在工作中的疏忽往往会酿成设备损坏、人员伤亡事故。因此掌握制冷空调安全技术的有关知识,正确操作制冷空调设备是安全生产、保护生命和财产的必要前提。

第一节 制冷空调系统中常用的安全保护装置

一、压力控制器

压力控制器的作用见第六章。这里仅介绍其选用、安装、使用和调整时应注意的事项。

(一) 压力控制器的选用与安装时的注意事项

(1) 压力控制器的选用和安装应参照厂家提供的产品样本或有关技术手册。应优先选用带有手动复位装置的压力控制器。

(2) 选用时应注意压力控制器适用的制冷剂种类。

(3) 选用的压力控制器的压力控制范围应满足制冷机组的最高排气压力值。

(4) 选用时应注意压力控制器触头的容量,控制电路的电流不能大于压力控制器触头允许的容量,否则,应考虑间接控制电路。

(5) 控制器应按外壳铭牌文字方向竖直安装,不可颠倒或卧放,并应安装在振动小的部位。

(二) 压力控制器的使用和调整

压力控制器是一种安全保护装置,出厂时其高、低压力设定值已调整好,在使用中不得擅自改变。用户如需要其他工作压力设定值时,可事先通知该生产厂家,以便按需要来调整。若欲改变控制器工作压力,可以通过调节螺钉拉紧或放松调节弹簧来调整,然后用六角螺母固定。调节过的压力控制器应对调整值反复试验2~3次,观察其切断与接通压力控制值是否符合调节要求。

当出现压力控制器触头频繁动作导致停车现象时,应检查系统是否有故障,并可装高、低压力表来检查高、低压力有无超出正常范围。若没有超出现象,应观察或检查压力控制器的哪一个触头跳动,确定后可进行再调节,更正调整值,使制冷设备能够正常运转。

压力控制器的触头表面有时因电弧作用而氧化或粘连,故应经常检查修复。尤其KD系列上的微动开关触头比较小,不能通过较大电流,使用时一定要接在接触器线圈线路中,不可直接接入控制电流较大的线路。

二、压差控制器

压差控制器的作用见第六章。压差控制器在使用中应注意以下事项:

(1) 高、低压波纹管应分别与油泵排出口、曲轴箱(或油箱)相

连接,切勿接反。用于无油泵供油的螺杆式制冷压缩机的油压保护压差控制器,其连接方法与采用油泵的系统完全不同,应参照压缩机的使用说明书。

(2) 在电气接线时,必须根据控制器额定电压来决定接线。

(3) 通电后应按一下复位按钮才能正常工作,以免误认为事故。

(4) 在延时机构工作一次后,冷却时间约 5 min,才能恢复正常工作。

三、安全阀

(一) 安全阀的工作原理及结构

安全阀一般用在制冷系统的承压设备上,作为超压的安全保护装置。如在压缩机的高压侧、冷凝器、储液器、中间冷却器等设备上均可安装安全阀。当系统中压力超过规定的数值时,安全阀自动开启并排出系统中的制冷剂,使系统中压力下降,达到保护制冷压缩机、系统设备以及人身安全的作用。

安全阀的结构形式有弹射式和杠杆式,图 16.1-1 为弹射式安全阀的结构示意图。当阀的入口压力与出口压力差超过设定值时,阀盘被顶开,阀盘离开阀座后,其下部的受压面积突然增加,使阀门一下子开得很大,从而使制冷剂经阀门能迅速排出。

为了便于检修和更换,安全阀前应设置一个专用截止阀,这个专用截止阀应该是一个三通式的,其中两个出口应分别连接一个相同规格的安全阀。工作时,一个安全阀与系统相连,而另一

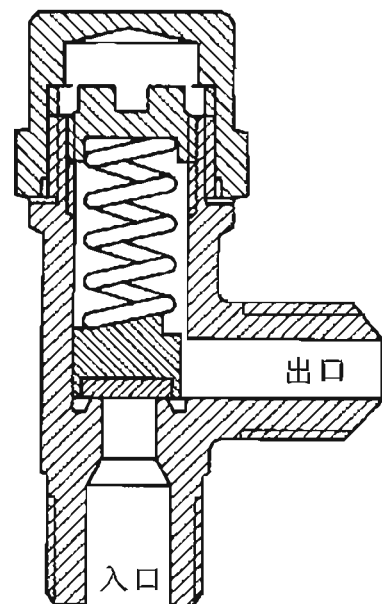


图 16.1-1 弹射式安全阀

个要与系统断开。这个截止阀必须加铅封,以免由于误操作而失去安全保护作用。

安全阀开启压力的设定值一般取所需保护设备的设计压力的1.05~1.10倍。这是因为,一旦安全阀在超压时自动开启,往往不容易恢复到完全密封状态,从而造成制冷剂的经常泄漏损失。同时,也不会因为设备内压力的偶尔波动造成误开启动作。这样,对系统的强度和气密性来说都是安全的。

在氨制冷装置中,压缩机上的高压安全阀,其开启压力设置为当吸排气之间的压力差达到1.57 MPa时自动开启。对于单机双级压缩机的低压级,其开启压力设置为当吸排气之间的压力差达到0.59 MPa时自动开启。在冷凝器、储液器等高压设备上的安全阀,当压力达到1.81 MPa时,应能自动开启。在中间冷却器、低压循环储液器、低压贮氨器等设备上的安全阀,当压力达到1.23 MPa时,应能自动开启。

在使用R22、R134a制冷剂的制冷空调系统中,冷凝器和高压储液器安全阀的开启压力分别为1.81 MPa、1.57 MPa,中间冷却器、低压循环储液器、低压贮氟器等设备上的开启压力为1.23 MPa(R22)、0.98 MPa(R134a)。

在设备上设置安全阀,最重要的是要求在开启时必须具有足够的排气能力。因此,安全阀应经额定排量试验合格方能出厂,排放时气流阻力尽可能小,以确保迅速排除超压部分的制冷剂。

(二) 选用安全阀的原则

(1) 安全阀的压力等级和使用范围必须满足承压设备工作状态的要求,不得互相替代。

(2) 安全阀的材质必须满足与承压设备内制冷剂不发生腐蚀的要求,不同的制冷剂应选用不同的安全阀。

(3) 工作压力不高、温度较高的承压设备一般选用杠杆式安全阀,高压设备大多数选用弹射式安全阀。

(三) 安全阀的安装及运行中的注意事项

(1) 直接相连,垂直安装。安全阀与承压设备直接相连,除在安全阀与承压设备之间加一专用截止阀外,不得加装任何其他设施。安全阀应装在设备的最高位置,而且要垂直于地面。

(2) 保持畅通,稳固可靠。为了减少安全阀排放时的阻力,使全量排放时设备超压值尽可能小些,其进口、中间截止阀和排放管等在安装时,应保持通畅,安全阀与承压设备间的连接短管的流通截面积、专用截止阀以及安全阀的排放管的流通截面积都不得小于安全阀的流通截面积。若数个安全阀装在一根与承压设备本体相连的管道上,则管道的流通截面积应不小于所有安全阀流通截面积总和的 1.25 倍。排放管原则上应一阀一根,要求直而短,尽量避免弯曲,并禁止在排放管上装设任何阀门。排放管应有可靠的支撑和固定措施,防止引起安全阀本身的晃动。

(3) 防止腐蚀,安全排放。若安全阀排放管内产生积液或受雨水侵入时,应在排放管底部装设泄液管,以防积液对安全阀和排放管的腐蚀。泄液管应接至安全的地方,并应有防止冬季冻结的措施,同时禁止在泄液管上装设任何阀门。

(4) 开启校检,定期检验。安全阀应每年由法定检验部门校检一次并铅封。无论是由于试压还是运行中引起的安全起跳,每开启一次也须经法定检验部门校检。不允许操作者随意拆卸或调整螺栓以消除泄漏。这也是安全阀必须铅封的主要原因之一。

四、易熔塞

易熔塞(图 16.1-2)在制冷空调系统中的作用与安全阀相同,当系统中压力或温度超过规定的数值时,易熔塞自动开启而排出系统中的制冷剂,达到安全保护的作用。

采用不可燃的氟里昂制冷剂时,对于小容量的制冷系统,即不满 1 m^3 的压力容器,可采用易熔塞来代替安全阀。

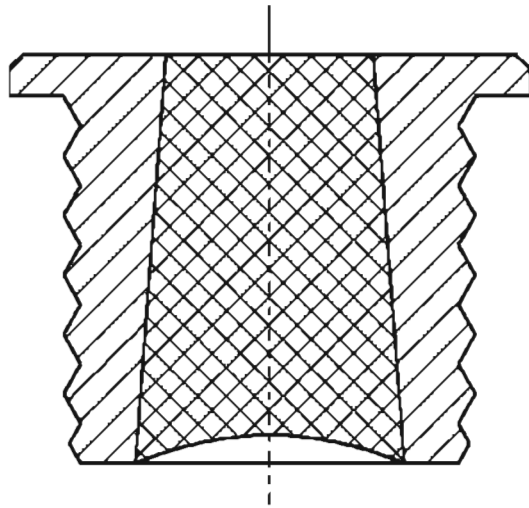


图 16.1-2 易熔塞

易熔塞除了作为压力容器的高压保护装置外,还可以防止因外部火灾而出现的爆炸事故。因为易熔塞一般是采用熔点在 75°C 左右的合金制成,安置在冷凝器或储液器上,一旦环境温度变化只需超过 75°C ,易熔塞即自行熔化,将氟里昂排放到环境中,使设备得到保护。

易熔塞一般为黄铜制品,中心钻有一上小下大的小孔,在小孔中浇灌了易熔合金。易熔合金由铅(Pb)、锡(Sn)、铋(Bi)等金属制成,合金配方见表 16.1-1。

表 16.1-1 熔点 70°C 易熔塞合金质量百分比

成分	铅(Pb)	锡(Sn)	铋(Bi)	镉(Cd)	锑(Sb)
质量百分比	25.7%	13.3%	50%	10%	1%

安装时,易熔塞应安装在容器的顶部。系统试压时,要仔细检查,以防易熔合金与黄铜之间有渗漏。一旦发现漏,应立即更换。

五、紧急泄氨器

大、中型冷库的制冷系统中一般都有较多的充氨量,一旦发生

严重事故(例如火灾),则大量的氨液外泄危害极大。为了保护人身和设备安全,防止事故的继续扩大,必须迅速而安全地将系统中的氨液排放出去。因此,氨系统一般都设有紧急泄氨器。

紧急泄氨器是一种事故应急设备,其外形如图 16.1-3 所示。紧急泄氨器一般安装在系统的最低点,其出口必须连接到安全的地方,如下水道等。进液管和制冷系统的主要储液容器的主供液管路连接,旁接进水管,平时阀门常闭,遇到危险时,首先打开进水阀,然后迅速打开进氨阀,使氨与水一起排放至下水道中,以减少污染环境,确保人身及财产安全。

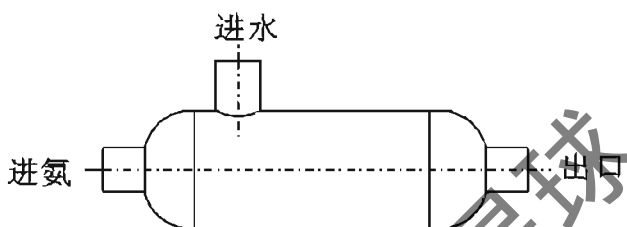


图 16.1-3 紧急泄氨器

六、防火防烟调节阀

防火防烟调节阀有方形和圆形两种,如图 16.1-4 所示。主要用于通风空调系统的管道穿越防火分区处。该类阀门平时开启,可用手柄调节开启程度来调节风量。当发生火灾时,可通过烟感信号联动、易熔合金熔解或记忆合金产生变形等手段使阀门自动关闭,以防止烟、火沿通风空调管道向其他防火区蔓延。

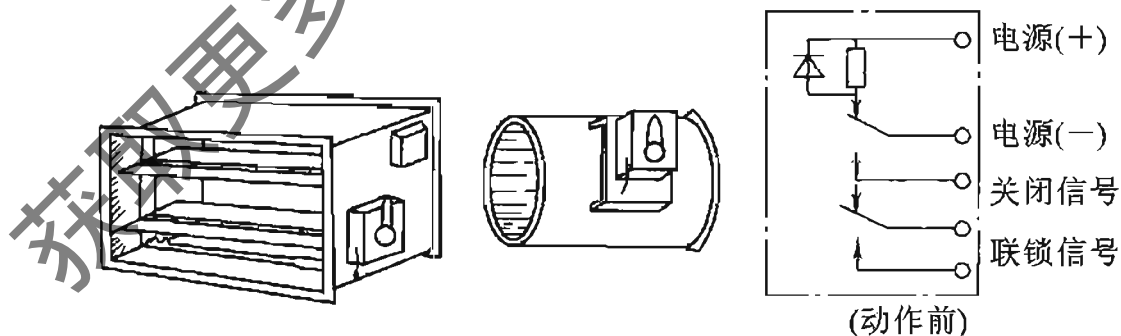


图 16.1-4 防火防烟调节阀

以下位置的通风空调系统的风管应设防火阀:

- (1) 风管穿越防火分区处。
- (2) 风管穿越通风、空调机房及重要的或火灾危险较大的房间隔墙和楼板处。
- (3) 垂直风管与每层水平风管交接处的水平管道上。
- (4) 穿越变形缝处的两侧应各设一个。

第二节 压力容器的安全使用和管理

一、压力容器

(一) 压力容器的定义

压力容器指承受流体压力负荷的密闭容器,亦称为受压容器。压力容器为一种特殊设备,其设计、制造、安装、使用及检修等都应严格按照规定的技术管理规范进行,并由专门的机构进行监督。根据国家质量技术监督检验检疫总局 1999 年颁布的《压力容器安全技术监察规程》(2000.1.1 执行)的规定,实施安全监察的压力容器必须是同时具备下列条件的设备:

(1) 最高工作压力大于等于 0.1 MPa(不含流体静压)。

(2) 内直径(非圆形截面指其最大尺寸)大于 0.15 m,且容积大于等于 0.025 m³。

(3) 盛装介质为气体、液化气体或最高工作温度高于等于标准沸点的液体。

(二) 压力容器的分类

1. 按所承受压力 p 的高低分类

可分为低压($0.1 \text{ MPa} \leq p < 1.6 \text{ MPa}$)、中压($1.6 \text{ MPa} \leq p < 10 \text{ MPa}$)、高压($10 \text{ MPa} \leq p < 100 \text{ MPa}$)、超高压($p \geq 100 \text{ MPa}$)四个等级。

制冷系统中的压力容器大多为中、低压设备。

2. 按压力容器在生产工艺过程中的作用分类

可分为储存压力容器、换热压力容器、反应压力容器、分离压力容器。

制冷剂钢瓶、氮气瓶、氧气瓶、乙炔气瓶等以及制冷系统中的储液器均为储存压力容器,制冷系统中的冷凝器、蒸发器、中间冷却器等均为换热压力容器。

3. 根据容器的压力高低、介质的危害程度以及在生产工艺过程中的作用分类

分为第一类压力容器、第二类压力容器、第三类压力容器。

(1) 第三类压力容器

有下列情况之一的为第三类压力容器:

- ① 高压容器。
- ② 中压容器(仅限毒性程度为极度和高度危害介质)。
- ③ 中压储存容器(仅限易燃或毒性程度为中度危害介质,且 pV 乘积大于等于 $10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^3$)。
- ④ 中压反应容器(仅限易燃或毒性程度为中度危害介质,且 pV 乘积大于等于 $0.5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^3$)。
- ⑤ 低压容器(仅限毒性程度为极度和高度危害介质,且 pV 乘积大于等于 $0.2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^3$)。
- ⑥ 高压、中压管壳式余热锅炉。
- ⑦ 中压搪玻璃压力容器。
- ⑧ 使用强度级别较高(指相应标准中抗拉强度规定值下限大于等于 540 MPa)的材料制造的压力容器。
- ⑨ 移动式压力容器,包括铁路罐车(介质为液化气体、低温液体)、罐式汽车[液化气体运输(半挂)车、低温液体运输(半挂)车、永久气体运输(半挂)车]和罐式集装箱等。
- ⑩ 球形储罐(容积大于 50 m^3)。
- ⑪ 低温液体储存容器(容积大于 5 m^3)。

(2) 第二类压力容器

有下列情况之一的为第二类压力容器：

① 中压容器。

② 低压容器(仅限毒性程度为极度和高度危害介质)。

③ 低压反应容器和低压储存容器(仅限易燃或毒性程度为中度危害介质)。

④ 低压壳管式余热锅炉。

⑤ 低压搪玻璃压力容器。

(3) 第一类压力容器

低压容器为第一类压力容器(已有规定的除外)。

二、压力容器的安全使用和管理

压力容器的使用必须遵照执行国家有关部门颁布的相关法规、条例的规定。使用单位必须办理相关的申请登记手续,经劳动部门审查合格,予以注册编号,方可投入运行。

使用单位应建立压力容器的技术档案(包括历次检验、运行、维修等完整的记录)。

操作人员应持证上岗,严格按照操作规程操作。

三、制冷剂钢瓶的使用和管理

盛装制冷剂的钢瓶必须严格遵守国家质量技术监督检验检疫总局 1999 年颁布的《压力容器安全技术监察规程》(2000. 1. 1 执行)和 2001 年 7 月 1 日颁布执行的《气瓶安全监察规程》中的规定。制冷剂钢瓶属于液化气体压力容器,使用不当或管理疏忽往往易造成钢瓶爆炸事故的发生。

1. 引起钢瓶发生爆炸的主要原因

(1) 搁置很久没有使用或虽在使用但早已超过检定有效期的钢瓶,受各种因素影响,已有细微裂纹或已锈蚀并有一定深度或局

部变形等,都会导致钢瓶强度下降,一旦使用就可能引起爆炸。因此,钢瓶必须定期(三年)送当地劳动部门指定的检查单位进行技术检验,检验合格后,打上钢印方可使用。过期或不合格钢瓶应严禁使用。

(2) 钢瓶管理不善,受到阳光强烈曝晒、附近火焰烘烤,或意外碰撞、跌落等使钢瓶内制冷剂压力急剧增高,超过钢瓶强度极限致使爆炸。因此,钢瓶应存放在阴凉处,防止曝晒,堆装、运输要轻装轻卸。

(3) 钢瓶灌装过满,使液态制冷剂受热膨胀无缓冲余地,压力急剧增高导致爆炸。

经试验表明:充满氨液的钢瓶,放在日光照射的场地上,0.5 h 就能爆炸,爆炸率是 100%。据劳动部门统计,氨瓶爆炸事故中,约 90%是因为超装而引起的。

2. 钢瓶充装操作的安全要求

(1) 钢瓶的检查

充装前,应仔细检查钢瓶,有下列情况之一者,不得充装:

① 钢瓶上所标制冷剂与将要充装的制冷剂不符,或字样不易识别的钢瓶。

② 安全阀件不全、损坏或不符合规定的钢瓶。

③ 瓶内没有余压的钢瓶。

④ 超过检查期限或钢印标志不全,不能保证安全使用的钢瓶。

⑤ 瓶体经外观检查有缺陷,不能保证安全使用的钢瓶。

(2) 充装时的安全要求

① 制冷剂的充装数量,不得超过表 16.2-1 中的规定,严禁超量充装。发现充装过量的,必须立即作减量处理。

② 充装中使用的秤量衡器在使用前应进行校准。

③ 操作人员应认真填写充装记录,内容应包括:充装日期、钢

瓶编号、实际充装量、充装操作者和复验者姓名等。

表 16.2-1 制冷剂的充装系数

制冷剂代号	化学式	充装系数 (kg/L)	制冷剂代号	化学式	充装系数 (kg/L)
R717	NH ₃	0.53	R142	C ₂ H ₃ F ₂ Cl	0.99
R21	CHFC ₂	1.25	R143	C ₂ H ₃ F ₃	0.66
R22	CHF ₂ Cl	1.02	R152	C ₂ H ₄ F ₂	0.79
R40	CH ₃ Cl	0.81			

注：充装系数为每升制冷剂钢瓶容积中能充装的制冷剂量。

(3) 钢瓶使用的安全要求

① 操作人员启闭钢瓶阀门时，应站在阀的侧面缓慢开启。

② 钢瓶的瓶阀冻结时，应把钢瓶移到较暖的地方，或者用温度不超过 40℃ 的洁净温水解冻，严禁用火烘烤。

③ 不得靠近热源，与明火的距离不得小于 10 m，夏季要防止日光曝晒。

④ 瓶中气体不能用尽，必须留有剩余压力。

⑤ 立瓶防止跌倒，禁止敲击和碰撞。

(4) 运输的安全要求

① 旋紧瓶帽，轻装轻卸，严禁撞击。

② 严禁用电磁起重机搬运。

③ 钢瓶在车上应妥善固定，用汽车装运时应横向排列，方向一致，装车高度不得超过车挡板。

④ 夏季要有遮阳设施，防止曝晒。

⑤ 车上严禁烟火，严禁坐人，并备有安全保护用具。

⑥ 严禁与氧气瓶、氢气瓶等易燃易爆物品同车运输。

(5) 储存的安全要求

① 钢瓶仓库与其他建筑物的距离规定是：存贮钢瓶的仓库距厂房不得小于 25 m，距离住宅和公共建筑物不得小于 50 m。

② 氨瓶仓库应为不低于二级耐火等级的单独建筑，地面至屋顶最低点的高度，应不小于 3.2 m，屋顶应为轻型结构，地面应该平整不滑。

③ 仓库内不应有明火或其他取暖设备。

④ 仓库内要自然通风或有机械通风装置。

⑤ 旋紧瓶帽，放置整齐，妥善固定，留有通道，钢瓶卧放时应头部朝向一致，防止滚动，堆放不应超过五层，瓶帽、防震圈等附件必须完整无缺。

⑥ 氨瓶严禁与氧气瓶、氢气瓶同室储存，以免引起燃烧、爆炸，并在附近设有抢救和灭火器材。

⑦ 禁止将有制冷剂的钢瓶储存在机器设备间内，临时存放在室外的钢瓶也要远离热源，防止阳光曝晒。

第三节 制冷空调设备的安全操作

制冷空调设备运行时最易发生安全事故的情形主要有：系统内压力异常升高、压缩机缺油、发生液爆和液击、运动部件存在缺陷、紧固件松动和发生制冷剂泄漏等。这些大多是由于操作和管理不当而引发的。因此，必须制定科学的安全操作规程并严格执行，杜绝违章操作行为。

一、大中型制冷设备开机前必须遵守的安全操作

1. 查看机房记录

了解停机原因，正常停机达 3 昼夜以上的应请经验丰富的操作人员开机，事故停机经检修（包括中修或大修）的应请负责人或技术人员指导开机。

2. 压缩机检查

(1) 对开启式压缩机应检查传动运转部件有无障碍物,保护装置是否完好。

(2) 对装有视油镜的压缩机应检查油位是否正常。

(3) 对配备有油加热器的氟里昂制冷压缩机,应在开机前通电和加热,使油中溶解的氟里昂挥发,油泵能够正常工作。加热时间以产品说明书中的规定为准。

(4) 压力表阀应打开,并观察压力是否正常。

(5) 油路系统设有油三通阀的,应确认油三通阀的手柄指在“工作”位置。

(6) 带能量调节装置或卸载装置的压缩机应设置在最小负荷或空载位置上。

(7) 开启式应检查轴封。机械式轴封回油管如有阀应打开,填料式轴封的压盖稍松开。

3. 检查制冷系统管路上各手动阀门的启闭情况

4. 检查制冷系统各部件、装置上的阀门状况

检查安全阀、液位指示器等前面的截止阀及各均压阀是否打开,但充注阀和集油器、放空气器上放油阀、放空气阀等应关闭。

5. 检查安全控制仪表及系统液位显示状况

检查压力表示值是否正常,检查储液器等容器中制冷剂液面是否在要求的范围内。

6. 检查运转部位有无障碍物

检查水泵、风机的运转部位有无障碍物,电动机及各设备是否正常。

7. 检查水冷冷凝器

打开冷凝器进、出水阀,关闭卧式壳管式冷凝器的放水阀,打开透气阀。启动水泵,向冷凝器和压缩机水套及曲轴箱油冷却器供水,待透气阀冒水即关闭。

二、阀门的安全操作

操作阀门应注意以下事项：

(1) 向容器内充灌制冷剂时，阀门开启操作应缓慢。阀门开启过快，会使容器潜在的原有微型缺陷没有足够的时间产生滑移过程，应变速率在缺陷根部区域增大，从而降低了材料的断裂韧性，容易引起脆性破坏。所以，缓慢打开阀门，向容器内缓慢加载，有利于保证容器的安全。

(2) 开启回气阀时，也应缓慢打开，并注意听制冷剂的流动声音。禁止突然猛开，以防干度过小的湿蒸气冲入压缩机内引起事故。

(3) 开启阀门时，不应过分用力。开足后应将手轮回转 1/8 圈左右，以防止阀芯被阀体卡住。

(4) 关闭阀门时不可用力过大。有人认为，用力越大，关得越紧，阀门关闭越严密，这种认识是不正确的。阀门的密封线只要干净，用手关闭阀门后，再用扳手轻轻用劲即可关严。实践证明，阀门操作适当，可使用十年不内漏。若操作时用力过大，或者使用工具规格过大，一年后就把手轮上的合金压成深凹坑，导致阀门关闭不严。

(5) 有液态制冷剂的管道和设备，严禁将两端阀门同时关闭，以防在满液情况下液体吸热膨胀而引起设备或管道爆炸（通常称为“液爆”）。液爆时大多在阀门处崩裂，制冷系统中可能会发生液爆的部位有：冷凝器与高压储液器间的液体管道，高压储液器至膨胀阀之间的管道，液体分配站，气液分离器出口阀至蒸发器间的管路，低压循环储液器出口阀至氨泵吸入端的管路，氨泵供液管路，容器至紧急泄氨器之间的液体管路，所有可能造成液封的管路。

(6) 为避免误操作阀门而发生事故，压缩机至冷凝器总管上的各阀门应处于开启状态，并加以铅封。各种备用阀、充注阀、排

污阀等平时应关闭,并加铅封或拆除手轮。对连通大气的管接头应加闷盖。所有阀门的手轮上可挂上启、闭牌,注明控制标志及流体流向箭头。

三、制冷剂的安全操作

对制冷剂进行操作时应采取以下的安全措施:

(1) 确保操作场所空气流通。在室内时,必须打开门窗。对氨等有毒、易燃易爆的制冷剂进行操作的工作间必须安装排风设备,操作前必须启动换气扇。

(2) 对制冷剂操作前,操作人员应戴好护目镜、口罩、胶皮手套等防护用品,对毒性较大的制冷剂应戴上防毒面具。

(3) 操作场所应有可靠的水源,备好消防器材以及救护用的药品和氧气呼吸器。

(4) 操作场所内不得同时进行其他操作。

(5) 充灌和回收制冷剂时,应根据制冷剂的种类采用专用充灌和回收工具,不同的制冷剂不得混用。氨瓶或氨槽车与加氨站的连接管必须采用无缝钢管或用耐压在 2.94 MPa 以上的橡胶管,与其相接的管接头应有防滑沟槽,以防脱开发生危险。

(6) 操作人员应持证上岗,严格按照操作规程操作,并作好操作记录。

四、设备、管道检修时的安全要点

(1) 检修应严格按照各检修项目的操作程序进行。

(2) 拆卸设备的阀门、焊补管道的裂缝、漏点时,严禁在有制冷剂带压的情况下进行检修操作。

(3) 设备检修时,机房内禁止有明火作业。

(4) 制冷系统大修以后,必须要进行耐压和气密性试验。质量检测合格后,方允许使用。

(5) 为了保证制冷系统上安全保护装置的動作准确、灵活,保证仪表所指示的参数值准确无误,应定期检验系统上的安全保护装置和显示仪表。安全阀每年应校验一次。压力表至少应一年校验一次。平时指示不准确的压力表应随时更换。压力控制器、压差控制器应每半年试验一次動作的灵活性。对于电磁阀等自动元件也应定期检查,发现零件损坏或動作不灵的,应及时维修,以防安全保护装置動作不灵而引起事故发生。

第四节 人身安全与紧急救护

一、检修操作中对人身安全产生危害的主要事故类型

1. 制冷剂的泄漏事故

制冷剂的泄漏不仅对人身安全造成直接危害,还会危害环境。对人身安全造成的危害主要有以下几点:

(1) 冻伤。当制冷剂大量泄漏时,液态制冷剂溅到人的皮肤上会造成冻伤。若制冷剂对人体有毒,则后果更为严重。若液态制冷剂溅入人的眼睛会导致失明。

(2) 中毒。有些制冷剂是有毒的,如氨(R717)。当空气中氨浓度达到 0.2%~0.3%时,人在其中停留 30 min 即有危险;当浓度达到 5%以上时,几分钟即可致命或带来严重损伤。有些制冷剂虽无毒,但在特定条件下会产生有毒气体。例如,R12 本身是无毒,在 535℃的高温下都不会分解。但是,当有水和氧气混合时,与火焰接触则起分解作用,生成氟化氢、氯化氢和光气,特别是光气对人体十分有害。

(3) 窒息。有些制冷剂虽是无毒的,但它在常温下的气态密度比空气大,因此把空气中的氧气排挤掉,就会引起窒息。根据有关资料介绍,经生理学试验证明:窒息分为突然窒息和逐渐窒息两

类。突然窒息是指在纯制冷剂环境中,患者立即失去知觉,好像头部受到打击一样而跌倒,可能在几分钟内死亡。这种窒息发生在设备检修中不按照安全技术规程进行操作的情况下。另一类是逐渐窒息,是指制冷剂泄漏使空气中的氧含量逐渐降低,而缓慢地发生窒息,通常很容易被人们忽视。当空气中的氧气含量降低到14%(体积比)时,出现早期缺氧症状,即呼吸量增大、脉搏加快,注意力和思维能力明显减弱,肌肉的运动失调。当空气中的氧气含量降低到10%时,仍有知觉,但判断功能障碍,很快出现肌肉疲劳,极易引起激动和暴躁。当空气中氧含量降低到6%时,可能出现恶心呕吐,肌肉失去运动能力,发生腿软,不能站立,直至不能行走和爬行,这是一个明显的症状,往往是第一个也是唯一的警告,然而已为时太晚,严重者已经发生窒息,这种程度的窒息即使经过抢救苏醒,也可能造成永久性的脑损伤。

(4) 燃烧、爆炸。有些制冷剂是易燃易爆的,如氨(R717)、异丁烷(R600a)、丙烷(R290)等。当空气中的氨浓度达到11%~14%时,即可用明火点燃;当浓度达到15%~28%时,遇明火即会发生爆炸。

2. 压力容器、压力管道爆裂事故

蒸气压缩式制冷系统中的冷凝器、储液器、蒸发器、中间冷却器、油分离器以及制冷剂钢瓶等都属于压力容器,其耐压能力有一定的限度,其内压力超过这一限度时就会发生爆裂事故。制冷系统中的管路也有一个耐压限度,超过这个限度就会爆裂。发生这类事故的主要原因有:违反操作规程、安全保护装置失效、设备和管路质量有问题等。

3. 压缩机毁坏事故

这类事故都是由于违章操作造成的。如运行时压缩机排气阀关闭、发生湿冲程不及时处理导致严重的“液击”等,都会造成压缩机的损毁、甚至人员的伤亡。

4. 不当操作事故

违章焊接或气割,引起爆燃造成的人员伤亡事故等。

5. 电气短路及触电事故

制冷空调设备的故障有相当一部分是电气控制部分的故障。有部分制冷空调设备的操作维修人员缺乏电气方面的知识,尤其是安全用电方面的知识,擅自对电气控制部分进行检修,这样极易发生短路事故和触电事故。

二、预防措施

制冷空调设备的操作检修人员不仅要掌握制冷空调的专业技术知识,而且还要掌握安全方面的知识,具备较熟练的安全操作能力,使机器和设备正常运转,防止事故的发生。具体措施有:

(1) 加强安全技术的学习,包括安全操作规范、消防知识、急救知识、救护器具和药品使用的知识等。

(2) 坚持持证上岗,严格按操作规程操作。

(3) 完善岗位责任制。操作人员时刻提高警惕,在设备正常安全运行时,要想到发生事故的因素与可能性,不可掉以轻心。事实证明,很多事故的发生就是操作人员对安全技术学习不够或对操作规程和岗位责任制执行不严格,麻痹大意造成的。

(4) 经常检查机房是否满足安全方面的要求。如通风是否良好,有无排风扇;防护用具、急救药品应妥善放置在机房进口处的专用箱内,并定期检查是否处于良好的使用状态;配备消防器材,并定期检查或更换使其处于良好的使用状态。

(5) 加强预防措施的训练。训练防护用品的使用和保管,如防毒面具的使用和保管、氧气呼吸器的使用方法及其消毒和保管等。训练消防器材的使用,达到正确、熟练地使用消防器材。在有条件的情况下,假想事故发生,让操作人员去处理,训练其应急处理能力:判断是否果断,动作是否迅速,操作处理是否得当。这样

的训练不但能提高操作人员对突发事件的应急处理能力,还可以看出操作者对制冷系统掌握的熟练程度,而且还可以检查出阀门开关是否灵活等。如果阀门开关不灵活,应及时检修,使其处于良好的工作状态,一旦发生事故,就能迅速排除。

三、紧急救护

紧急救护是对受伤者的第一步处理。及时、正确地做好现场的紧急抢救,可减轻受伤者的损伤程度,并争取时间为进一步治疗创造条件。不进行紧急救护或错误的救护不但延误病情,甚至造成不必要的牺牲。

1. 发生氨泄漏时的现场处置

事故发生时,当班操作人员一定要镇静沉着,不应惊慌失措,以免乱开或错关机器设备上的阀门,导致事故进一步扩大。必须正确判断情况,组织有经验的技工穿戴防护用具进入现场抢救。如是高压管道跑氨,应立即停止压缩机运转,切断漏氨部位与有关设备相连通的管道。如果管段不长,可采取放空的办法,待管内余氨放完并置换后进行焊补。如是低压系统管道(如库房内冷却设备)跑氨,应迅速查明跑氨部位,可开动风机排除氨气,并用醋酸溶液喷雾中和,然后用管卡将漏点夹死,再恢复冷间工作,待货物出库升温后再进行补焊(操作人员可根据制冷系统的不同特点和具体情况,灵活采用安全有效的处理方法)。

2. 发生氨中毒的急救措施

立即拨打 120 呼叫救护车,同时组织救护。救护者在进入毒区之前,应充分做好个人的防护工作,佩带好防毒面具或氧气呼吸器,穿好防护服,戴好橡皮手套,携带必要的抢救工具。

(1) 切断氨气来源。救护者进入毒区后,除对中毒者进行抢救外,同时应尽快查出氨气的泄漏点,采取有效措施防止氨气继续泄漏,其中包括停机、关闭有关阀门、用盲板或管卡堵住泄漏口,并

应立即开启排风机,打开门窗,将氨气迅速排出室外。在切断电源后可用喷雾法来吸收空气中的氨气。

(2) 伤员的搬运检查。迅速将中毒者移至空气新鲜处,搬运中应沉着冷静,不要强拖硬拽,防止造成骨折。如有骨折或外伤,则要注意包扎和固定。松开衣扣和腰带,清除口中异物,保持呼吸道通畅,注意保暖。对伤员检查的顺序是:神志是否清醒,脉搏、心跳、呼吸是否正常,有无化学冻伤和烧伤。

(3) 急救。如经检查发现中毒者心跳或呼吸停止,应立即进行心脏外挤压术和人工呼吸,对不能恢复的伤员应维持 2 h 以上,不可轻易放弃,直至救护车的到来。呼吸困难或面色青紫要立即给予输氧。对呼吸、心跳正常,但有昏迷、血压降低等现象者,应立即转至医院,运送中应注意观察心跳、呼吸变化,发现停止则应立即抢救。

(4) 化学烧伤的处理。被氨烧伤后应立即脱去溅湿的衣服、鞋、袜等,对污染部位要用大量的清水或 2% 硼酸水溶液冲洗,也可用 2% 的醋酸溶液冲洗,然后用清水冲洗创面,再涂上消毒凡士林或植物油脂。溅入眼睛则必须用清洁水、生理盐水或 2% 硼酸水溶液进行清洗,冲洗时眼皮一定翻开,伤者迅速开闭眼睛,使水布满全眼,然后再就医。对于鼻腔和咽喉的处理,可滴入 2% 硼酸水溶液,再用 2% 硼酸水溶液漱口,并可喝大量的 0.5% 柠檬酸水或柠檬汁。

(5) 化学冻伤的处理。发生液氨冻伤后,复温是急救的关键,快速复温的方法是采用 40~42℃ 恒温热水或 2% 硼酸热水浸泡,使冻伤的肌肤在 15~30 min 内温度提高到接近正常体温。在冻伤不太严重的情况下,还可以对冻伤部位进行轻柔的按摩,促进血液循环,帮助冻伤部位升温。但应注意,不要将伤处的皮肤划破,以免增加感染机会。

3. 发生氟里昂泄漏时的急救措施

立即拨打 120 呼叫救护车,同时组织救护。救护者在进行救护之前,应做好个人呼吸系统和皮肤的防护,佩带好氧气呼吸器,穿好防护服,戴好橡皮手套,携带必要的抢救工具。

救护者进入事故区后,在抢运伤员的同时应迅速查找泄漏点,切断泄漏源,并打开门窗和通风机,将氟里昂蒸气迅速排出室外。

应将患者迅速移至空气新鲜处,松开衣扣和腰带,清除口中异物,保持呼吸道通畅,注意保暖。对呼吸困难者应立即输氧。对于冻伤患者,采用 40~42℃ 恒温热水快速复温。

获取更多资料 微信搜索 蓝领精英

主要参考文献

1. 吴业正,韩宝琦编. 制冷原理及设备. 西安:西安交通大学出版社,1987
2. 薛殿华主编. 空气调节. 北京:清华大学出版社,1991
3. 张祉祐主编. 冷藏与空气调节. 北京:机械工业出版社,1999
4. 戴永庆主编. 溴化锂吸收式制冷空调技术实用手册. 北京:机械工业出版社,1999
5. 机械工业技师考评培训教材编审委员会编. 制冷设备维修工技师培训教材. 北京:机械工业出版社,2003
6. 姚国琦,寿炜炜主编. 户式中央空调安装维修实用手册. 北京:机械工业出版社,2006
7. 蒋能照,余有水编. 氟里昂制冷机. 上海:上海科学技术出版社,1983
8. 王学儒主编. 制冷空调装置应用技术. 北京:中国商业出版社,2002
9. 谈向东编著. 制冷装置的安装运行与维护. 北京:中国轻工业出版社,2005
10. 辛长平编著. 制冷设备运行管理与维修. 北京:电子工业出版社,2004
11. 徐德胜,韩厚德主编. 制冷与空调——原理·结构·操作·维修. 上海:上海交通大学出版社,1998
12. 曹德胜主编. 制冷空调系统的安全运行、维护管理及节能环保. 北京:中国电力出版社,2003
13. 张学助编著. 空调洁净工程安装调试手册. 北京:机械工业出版社,2004

14. 曹德胜,史琳编著. 制冷剂使用手册. 北京:冶金工业出版社,2003
15. 李惠黎,任建纲编著. 环保型制冷剂——氢氟烃的生产、性质及应用. 北京:化学工业出版社,2003
16. 董天禄主编. 离心式/螺杆式制冷机组及应用. 北京:机械工业出版社,2001
17. 张林华,曲云霞主编. 中央空调维护保养实用技术. 北京:中国建筑工业出版社,2003
18. 俞炳丰主编. 中央空调新技术及其应用. 北京:化学工业出版社,2005
19. 张祉祐主编. 制冷原理与制冷设备. 北京:机械工业出版社,1995
20. 宋垚臻主编. 空调机原理与维修实例. 广州:广东科技出版社,2001
21. 朱瑞琪主编. 制冷装置自动化. 西安:西安交通大学出版社,1993
22. 孙见君主编. 制冷与空调自动控制技术. 北京:机械工业出版社,2004
23. 冯玉琪编著. 空调机制冷机电冰箱电路维修手册. 北京:人民邮电出版社,1996
24. 杨国祥,杨永生编著. 空调器微电脑电路检修与图册. 西安:西安电子科技大学出版社,2000
25. 多国举. 美的变频空调器检修. 家电维修,2000(9)
26. 严德隆,张维君主编. 空调蓄冷应用技术. 北京:中国建筑工业出版社,1997
27. 华泽钊编著. 蓄冷技术及其在空调工程中的应用. 北京:科学出版社,1997
28. 姚国琦. 规范、发展地源热泵工程技术. 中国制冷空调技术,

2006(2)

29. 李东江、张大成、宋良玉主编. 国产轿车空调系统检修手册. 北京:机械工业出版社,1995
30. 高润生编著. 汽车空调维修. 北京:人民交通出版社,2001
31. 徐淼、汪立亮、周玉茹编著. 现代汽车自动空调系统原理与检修. 北京:电子工业出版社,2000
32. 夏云铎,齐红编著. 汽车空调应用与维修. 北京:机械工业出版社,2000

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球