



职业教育精品实用教材

ZHIYE JIAOYU JINGPIN SHIYONG JIAOCAI

电冰箱、空调器 原理与维修

主 编 花严红

获取更多资料 微信搜索蓝盾

西北工业大学出版社

组稿编辑：雷 鹏
责任编辑：季 强
封面设计：陈立明

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

ISBN 978-7-5612-2402-1



9 787561 224021 >

定价：34.90元

职业教育精品实用教材

电冰箱、空调器原理与维修

主 编 花严红
副主编 桂 斌 黄经元 区军华

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

西北工业大学出版社

【内容提要】 本书是根据教育部颁布的职业学校重点建设专业(电子电器应用与维修专业)电冰箱、空调器原理与维修教学的基本要求编写,同时参考了相关行业的职业技能鉴定规范及制冷设备维修等级考核标准。

本书将制冷技术基础与实用的家用电冰箱、空调技术相结合,在介绍传统知识的基础上,特别强调了新工艺、新技术的应用以及新产品的性能特点。全书共9章,分别介绍了制冷与空调基础、电冰箱与空调器的组成、电冰箱与空调器的电气与控制、电冰箱与空调器的故障检测与维修等内容。

图书在版编目(CIP)数据

电冰箱、空调器原理与维修/花严红主编. —西安:西北工业大学出版社,2008.6
职业教育精品实用教材
ISBN 978-7-5612-2402-1

I. 电… II. 花… III. ①冰箱—维修—职业教育—教材 ②空气调节器—维修—职业教育—教材 IV. TM925

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 076037 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西向阳印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:22.75

字 数:555 千字

版 次:2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

定 价:34.90 元

出版说明

为了更好地贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,全面落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,职业教育精品实用教材编写组组织相关力量对实现职业教育培养目标、保障重点专业建设的主干课程的教材进行了规划和编写。

职业教育精品实用教材是面向职业教育的规范性教材,严格按照国家最新颁发的教学大纲编写,并通过了专家的审定。本套教材深入贯彻素质教育的理念,突出职业教育的特点,注重对学生的创新能力和实践能力的培养,在内容编排、例题设置和图示说明等方面努力创新,在满足不同学制、不同专业以及不同办学条件教学需求的同时,实现教学效果的最优化。

我们希望各地、各校在使用本套教材的过程中,及时提出改进意见和建议,使之不断地得到完善和提高。

职业教育精品实用教材编写组

获取更多资料

微信搜索 蓝领星球

前 言

随着社会经济的发展,对技术人才的需求越来越迫切,也对技术人才的专业知识和操作技能提出了更高的要求。相应的,职业学校的教材内容和教学方法也在不断地调整。

本书是职业学校电子电器专业的一门技术课程教材。本书依据 2001 年 8 月教育部颁发的职业学校电子电器应用与维修重点专业电冰箱、空调器原理及维修教学基本要求编写,从目前职业学校学生的实际出发,简化理论教学,突出能力培养,着重培养学生的学习能力、分析问题的思维能力,应用知识解决问题的能力 and 动手操作的能力。

本书既覆盖了教学大纲的知识点,又体现了时代特征,并增加了一些实用的新知识、新技术。在文字上力求通俗易懂,降低理论难度。本书共分 9 章,书后有附录。

本书基础模块和实践性教学模块共占 156 学时。学时方案建议见下表。

序号	课程内容	课时数
一	绪论	4
二	制冷与空调基础	13
三	电冰箱与空调器的组成	16
四	电冰箱与空调器的电气与控制	9
五	制冷与空调维修技术基础	23
六	电冰箱	26
七	电冰箱故障检测与维修	30
八	空调器	20
九	空调器的故障检测与维修	15

本书由花严红担任主编,桂斌、黄经元和区军华担任副主编。其中,第 1~4 章由花严红编写;第 5,8 章由黄经元编写;第 6~7 章由桂斌编写;第 9 章由王嗣雄编写;区军华负责全稿的整理工作。

在编写过程中,编者参阅了大量书刊和相关论著,并吸取了其中的最新研究成果和有益经验,在此向原著者表示衷心的感谢!

由于编者的编写经验有限,难免会有缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	1
第 1 节 制冷与空调技术概述	1
第 2 节 制冷与空调技术的应用	3
第 3 节 电冰箱与空调器的发展	6
第 4 节 课程研究的内容及学习方法	7
第 2 章 制冷与空调基础	8
第 1 节 工程热力学基础	8
第 2 节 蒸气压缩式制冷原理	18
第 3 节 空气调节基础	31
第 3 章 电冰箱与空调器的组成	43
第 1 节 制冷压缩机	43
第 2 节 蒸发器和冷凝器	72
第 3 节 节流机构和辅助设备	78
第 4 章 电冰箱与空调器的电气与控制	88
第 1 节 压缩机中的电动机	88
第 2 节 温度控制器	92
第 3 节 电冰箱的除霜控制系统	95
第 5 章 制冷与空调维修技术基础	99
第 1 节 仪器仪表的使用	99
第 2 节 常用维修工具	106
第 3 节 焊接技术	121
第 4 节 制冷系统抽真空及检漏	129
第 5 节 制冷剂充注及充注量的确定	135
第 6 节 分体式空调器室内机的排空操作	137
第 7 节 制冷系统的清洗、吹污及充注冷冻油	141
第 8 节 制冷剂的回收	143

第 6 章 电冰箱	147
第 1 节 电冰箱的分类	147
第 2 节 电冰箱的结构	157
第 3 节 电冰箱的制冷系统	164
第 4 节 常见电冰箱的电路	170
第 5 节 家用电冰柜	174
第 6 节 电冰箱的新技术	176
第 7 章 电冰箱故障检测与维修	185
第 1 节 电冰箱的常见故障现象及检测方法	185
第 2 节 电冰箱箱体故障分析与检修	193
第 3 节 电冰箱制冷系统故障分析与检修	197
第 4 节 电冰箱控制电路系统故障分析与检修	217
第 5 节 电冰箱常见故障分析与处理	226
第 8 章 空调器	245
第 1 节 房间空调器概述	245
第 2 节 窗式空调器	249
第 3 节 分体式空调器	251
第 4 节 其他形式的房间空调器	255
第 5 节 房间空调器的电气控制系统	260
第 6 节 房间空调器的安装	268
第 9 章 空调器的故障检测与维修	280
第 1 节 房间空调器的常见故障及判断方法	280
第 2 节 空调器制冷系统故障分析与检修	284
第 3 节 房间空调器空气循环系统故障分析与检修	291
第 4 节 房间空调器电气控制系统故障分析与检修	294
第 5 节 房间空调器常见故障分析与处理	300
附录	325
附录 1 湿空气的密度、水蒸气压力、含湿量和焓	325
附录 2 R134a 制冷剂的热力性质表	327
附录 3 R22 制冷剂的热力性质表	331
附录 4 常见房间空调器的故障代码及检修方法	335
参考文献	356

第1章

绪论



学习目标

- 了解制冷与空调技术的基本概况。
- 了解制冷与空调技术的应用情况。
- 了解电冰箱与空调器的发展。

第1节 制冷与空调技术概述

1824年,英国著名科学家法拉第首先发现了吸收式制冷机理;1834年,现代压缩式制冷技术的开创者美国工程师 Perkins 首次研制成功以乙醚为制冷工质的人力驱动的制冷机;从那时开始,制冷与空调技术发展至今,已经历了100多年。这100多年来,随着科学技术的不断发展,制冷与空调技术已广泛应用于工农业生产、建筑环境、医疗卫生、国防建设等国民经济各个领域,并在改善人类的生活水平方面发挥了巨大作用。

一、人工制冷及其基本方法

制冷技术是为适应人们对低温条件的需要而产生并逐步发展起来的一门技术。

人工制冷是指用人工方法从被冷却系统(空间)不断地吸收热量并将其排至环境介质,从而使被冷却系统达到比环境介质更低的温度,并在需要的时间内维持所需的低温的一门技术。

根据所能达到的温度,一般将人工制冷技术分为制冷、低温及超低温技术。一般称能实现从低于环境温度至 119.8 K 温度范围的为制冷技术;能实现从 119.8 K 至 4.23 K 温度范围的为低温技术;能实现从 4.23 K 至接近绝对零度范围的为超低温技术。在制冷领域,一般将应用于空调制冷、食品冷加工和贮藏、工艺性制冷等领域的制冷技术称为普通制冷(也简称为普冷);将应用于气体分离、液化等领域的制冷技术称为深度制冷(也简称为深冷)。普冷与深冷一般并不按严格的温度标准来区分,而是根据制冷原理、制冷工质及制冷装置的种类以及实际工程应用的特点大致划分。本书所述的电冰箱、空调器属于普冷范畴。

人工制冷的方法很多,大致分为物理方法和化学方法两大类。到目前为止,绝大多数人工制冷方法属于物理方法,应用较广泛的人工制冷方法有:相变制冷、气体膨胀制冷、固体吸附制冷、热电制冷、气体涡流制冷等。

1. 相变制冷

物质相变制冷是利用液体在低温下的蒸发过程及固体在低温下的熔化或升华过程向被冷

却物体吸收热量以实现制冷的目的。因此,相变制冷分为液体汽化制冷与固体熔化与升华制冷。由于液体自身具有流动性,液体汽化制冷被广泛应用。液体汽化成蒸气的过程吸收热量,从而达到制冷的目的,为了使其连续不断地工作,成为一个循环,必须使制冷剂在低压下蒸发汽化、蒸气升压、高压气体液化和高压液体降压。

蒸气压缩式制冷、吸收式制冷、蒸气喷射式和吸附式制冷都具备上述四个基本过程,均属于液体汽化制冷。

像干冰、水冰、溶液冰等的熔化或升华,也可以实现制冷,属于固体熔化与升华制冷。但单纯利用干冰、水冰、溶液冰等的熔化或升华,一般只能满足短时间的降温要求,只是一个简单的冷却过程,严格意义上来说并不能完全称之为制冷。

2. 气体膨胀制冷

气体膨胀制冷是利用高压气体的绝热膨胀来达到低温,并利用膨胀后的气体在低压下的复热过程来制冷的。由于气体绝热膨胀的设备不同,一般有两种方式:一种是将高压气体经膨胀机膨胀,有外功输出,因而气体的温降大,复热时制冷量也大,但膨胀机结构比较复杂;另一种方式是令气体经节流阀膨胀,无外功输出,气体的温降小,制冷量也小,但节流阀的结构比较简单,便于进行气体流量的调节。

3. 固体吸附制冷

某些固体物质(沸石等)在一定的温度及压力下能吸附某种工质的气体或水蒸气,在另一温度及压力下又可将它释放出来。这种吸附与释放的过程将使工质的压力发生变化,从而起到“压缩机”的作用。固体吸附制冷即是利用这一工作原理实现制冷。

固体吸附制冷可利用太阳能、余热等来实现。利用太阳能的固体吸附制冷称为太阳能-固体吸附式制冷。

4. 热电制冷

热电制冷又称温差电制冷、半导体制冷。它是利用热电效应(即帕尔贴效应)的一种制冷方法。这种方法的制冷效率主要取决于两种材料的热电势。纯金属材料的导电性好导热性也好,其帕尔贴效应很弱,制冷效率很低(不到1%);半导体材料具有较高的热电势,可以成功地用来做成小型热电制冷器。

每对热电偶只需零点几伏电源电压,产生的冷量也很小,所以需要许多热电偶连成热电堆后才能使用。

热电制冷器的结构和机理显然不同于液体汽化制冷。它不需要明显的工质来实现能量的转移。整个装置没有任何机械运动部件,工作没有噪音,不需要工质,冷却速度和温度可以通过调节电流来控制,设备的容积小质量轻。由于这些优点热电制冷广泛应用于医疗、电子仪器、军事、工业、家用电器上。但热电制冷的效率很低,半导体器件的价格又很高,而且必须使用直流电源,因此变压整流装置往往不可避免,增加了电堆以外的附加容积,故热电制冷不宜大规模使用,但由于它的灵活性强,使用方便可靠,非常适合于微型制冷领域或有特殊要求的制冷场合。

5. 气体涡流制冷

气体涡流制冷是利用高压气体经涡流管后可得到冷、热两股气流,利用冷气流从被冷却物

体吸取热量的方法。涡流管结构简单、维护方便、启动快,可以实现较低的温度。

二、制冷与空调技术的发展概况

利用低温来保存食物可以追溯到3 000多年以前。那时我国的劳动人民就已经掌握了利用天然冰来提供低温进行冷藏和防腐的技术。在我国的《周礼》中有“古代国家,冬季取冰,藏之凌阴,为消夏之用”的记载,所谓“凌阴”就是冰窖。

由于天然冰在采集、保存、使用等诸环节上存在的种种缺点,这就促使人们开始研究以人工方法来实现制冷的技术,以便制造出性能更符合使用要求的冷冻、冷藏装置。1824年英国著名科学家法拉第首先发现了吸收式制冷机理,1855年由德国工程师首次制成了吸收式制冷系统。与此同时,压缩式制冷也取得了令人鼓舞的突破,1834年美国工程师Perkins制成了第一台压缩式制冷装置,成为现代压缩式制冷技术的开创者。1874年,德国人林杰发明了氨制冷机,他对制冷技术的实用化作出了贡献。随着制冷技术的不断发展,1970年出现了以氟里昂为制冷剂的制冷机。氟里昂的出现极大地推动了制冷技术的应用与发展。之后,一种简单、新型、清洁的制冷技术——热电制冷——出现,进一步拓展了制冷技术新领域。上世纪70年代,氟里昂对环境的破坏作用,使得业内对新工质及新制冷技术的研究步伐进一步加快,相信在不久的将来,制冷技术必将会得到不断的发展和完善。

我们所说的空调即指空气调节,它是指通过一定的空气处理过程使得被处理空间内的温度、湿度、空气流动速度和洁净度达到所需的要求,显然空调与制冷密切相关。空调器是指实现空气调节的专用设备,一般分为舒适性空调和工艺性空调两大类。舒适性空调主要满足人们对生活及工作环境的舒适性要求;工艺性空调主要满足生产工艺对环境的要求。

19世纪后半叶,随着发达国家纺织工业的发展,促进了空气调节技术的发展。1906年,美国工程师克勒默负责设计和安装美国南部三分之一的纺织厂空调系统。开利尔于1911年发现了空气干球温度、湿球温度和露点温度的关系以及空气显热、潜热和焓值的计算公式,绘制出空气的焓湿图,成为空调理论发展的奠基人。1922年,开利尔发明了离心式制冷机,推动了空调技术的新发展。在上世纪六、七十年代,美国为解决干旱缺水地区的空调冷热源问题,率先研制出风冷式冷水机,用空气散热代替了冷却塔。

在我国,工艺性空调与舒适性空调的发展几乎同时起步。1931年,上海纺织厂率先安装了带喷水室的空气调节系统。紧接着,在一些公共场所,如电影院、银行等也逐步实现了空气调节。

新中国成立后,随着国民经济发展,制冷与空调技术也逐步发展壮大。纺织工业在50年代已开始应用组合式空调机组。1966年,我国第一台风机盘管机组研制成功。上个世纪90年代中国也从其他先进国家吸收了较大型空调设备的先进高新技术,并与多数美国的大公司组成合资企业,这也大大推动了国内空调业的发展。

第2节 制冷与空调技术的应用

随着国民经济的进一步发展,人们生活水平的日益提高,制冷空调行业一直保持着强劲的发展势头,制冷与空调技术的应用领域也得到进一步拓展。

一、制冷技术在食品业中的应用

食品业是最早应用民用制冷技术的行业之一。目前制冷技术已普遍应用于食品加工、冷藏和运输等各个环节。在饮料、酿酒、冷饮等食品加工环节,制冷技术已成为不可或缺的工艺环节。制冷技术更普遍的应用则体现在食品贮藏和运输环节。食品的保鲜、贮存方法有多种,如干燥、腌制、熏制、真空保存、添加防腐剂和低温贮藏等,现在采用的最为广泛的则是低温贮藏法。随着技术的进步,冷藏技术得到迅猛的发展,其设备的种类、用途都在扩大。

为了使食品从生产、运输、贮藏、销售至消费全过程都保持在所要求的温度条件下,便需要冷库、冷藏列车、冷藏汽车、冷藏船、冷藏集装箱、商场陈列柜、岛柜、电冰箱等一系列制冷装置,通常称之为冷藏链。“冷藏链”定义为从生产时间和地点到消费时间和地点之间,用于易腐食品加工、贮藏、运输、销售的各种冷藏工具和冷藏作业过程的总和。食品冷藏链技术所涉及的技术领域及国内外发展状况如表 1.1 和表 1.2 所示。

表 1.1 冷藏链技术所涉及的技术领域

内 容	关键技术	相关技术	核心技术	相关设备
食品贮藏	贮藏工艺 制冷技术(设备、系统设计) 隔热(保温板)技术	制冷剂、发泡剂替代技术 机械设计、制造 自动控制技术 外观设计	制冷技术 隔热技术 贮藏技术	大中小型冷藏、冷冻、冰温库 陈列、展示柜、零售冷藏柜
运输设备	制冷技术 蓄冷技术 隔热(保温板)技术	汽车技术 加工技术 材料技术	制冷技术 蓄冷技术	冷藏保温车、集装箱、冷藏保温箱、保温盒(袋)
加工设备	食品加工工艺 制冷技术 冰温技术、蓄冷技术 解冻技术(自然空气解冻、喷淋冰击解冻)	机械设计、制造 自动控制 外观设计、包装材料与机械、 电解冻技术(红外解冻、高频解冻、微波解冻、高压静电解冻)	食品加工工艺 制冷技术 机械设计、制造	速冻机、差压预冷设备、解冻设备、干燥设备、发酵设备
特殊设备	制冷技术 空气调节 气调贮藏(CA贮藏)	机械设计 外观设计 货币识别	制冷技术 货币识别 机械设计	鲜花展示(销售)柜、自动售货机、小型制冰机、冷饮机

长期的应用结果表明,因食品熟后、腐败速度较快,冷藏不可能实现食品的长期贮存;冷冻虽然能长期贮存食品,但由于食品的一部分细胞死亡,且在解冻时出现汁液流失,不能保持食品的原有风味。随着人类生活水平的提高,消费者希望能吃到新鲜可口、具有天然风味的食品,这一要求大力推进了科学工作者对食品贮藏方法的不懈研究,速冻技术和冰温技术就是其重要成果之一。

速冻食品是指:在 $-35\sim-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境中,在30 min内快速通过 $-1\sim-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的最大冰结



晶生成带(即在食品中心温度通过所需的时间不得超过 30 min),在 40 min 内将食品 95% 以上的水分冻成冰,即食品中心温度达到 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下。

冰温食品是指:把食品放置在“冰温带”(0 $^{\circ}\text{C}$ 以下、冰点以下的温度区域)内进行加工、贮藏和流通,此类食品称为冰温食品,也即食品的冷藏链为冰温链。

表 1.2 冷藏链的发展状况

内 容	国外先进国家状况	国内状况
食品工业投资占工业总投资的比率	8%~10%	3%
冷冻冷藏能力	世界总量为 5 100 万 t	500 万 t(冷藏:140 万 t,冷冻 360 万 t)
冷藏运输能力	美国:冷藏车 16 万辆,保温车 6 万辆;日本:冷藏保温车 12 万辆,近年来年产量一般为 2 万辆左右,其中冷藏保温车占 25%,保温汽车占 40%~50%	冷藏列车:6 792 辆 冷藏汽车:20 000 辆 冷藏船:10 万吨 冷藏集装箱:1 000 个 我国保温冷藏车的年产量为 1 500~2 000 辆,其中冷藏汽车占 10%~20%
冷藏运输率	欧、美、日等发达国家:80%~90% 前苏联和东欧国家:50%左右 发展中国家:一般只有 10%~20%	目前全国调运易腐货物约 4 000 万 t,其中: 铁路运输率:25% 公路运输率:15% 水路运输率:1% 空运运输率:0.1%

食品业中制冷技术的应用,使得食品生产不再受季节和地区的限制,达到保证质量、保障供应、促进流通的目的。

二、制冷技术在空气调节中的应用

一个既定空间内的空气环境一般要受到两个方面的干扰:一是来自空间内部生产过程和人所产生的热、湿及其他有害物的干扰;另一方面则是来自空间外部太阳辐射和气候变化所产生的热作用及有害物的干扰。排除这些干扰的有效手段则是向空间内输送按需要处理的空气,与内部环境的空气进行热、质交换,从而使得室内空气符合需要。

在日常生活和工作中,一个舒适的室内空气环境可以使人们心情舒畅、精力旺盛,这显然有利于工作效率的提高。众所周知,人体要感到舒适,必须保持正常的热平衡。热舒适感是人体对周围各种影响因素综合考虑后的一种主观判断。人体要感觉舒适,表示的是一种意识行为或心理活动的状态,而这种状态是由许多因素综合作用的结果。

在舒适性空调技术中,主要是研究各环境变量对人体舒适的影响,通过技术手段调节室内的微热气候,从而创造出使人感到满意的热舒适环境。分析表明,温度、湿度是影响人体热舒适性的最重要因素之一,因此空气调节最重要的功能之一便是调节空气的温、湿度,因而空调离不开制冷装置所提供的冷源,它与制冷技术紧密相关。

制冷与空调技术对国民经济各部门的发展和对人民物质文化生活水平的提高具有重要的意义。创造有利的空气环境不仅对创造舒适的工作和生活环境,保护人体健康,提高劳动生产率有着重要作用,而且对工业生产过程的稳定运行及产品质量和数量的保证也有着重要的意义。

随着科学技术的飞速发展,空气调节已由以前的主要调节空间环境的温度和湿度,发展到目前的人工环境工程,即实现对空间环境质量的全面调控。可以相信,通过努力,制冷与空调技术将会展现出更加广阔的前景。

第3节 电冰箱与空调器的发展

1918年美国卡尔维纳特公司的E.J.科伯兰德工程师设计制造成功了第一台供商业和家庭使用的蒸气压缩式自动电冰箱。这种冰箱采用木制外壳,用海藻和铅的混合物作绝热材料,制冷压缩机采用水冷,噪声大,价格昂贵。1927年,美国的通用电器公司在持续12年的研究之后,首次研制出全封闭式自动制冷装置,其制冷压缩机装于冰箱的顶部,靠自然通风冷却。同年,家用自动吸收式冰箱也在美国市场上问世。

在这一期间,制冷剂的研究也取得了很大的进展,二氧化碳曾是早期最常使用的制冷剂之一,但它具有臭味。在1931年,美国通用电器公司的技术负责人O.F.凯特勒因通过一系列研究,终于发现了新的制冷剂——氟利昂。氟利昂制冷剂的出现,又进一步促进了蒸气压缩式制冷技术的发展。

到上个世纪60年代,不少国家电冰箱的产量已突破百万台,并且在冰箱的外形、结构及制冷方式等方面都日趋完善。主要冰箱生产国不仅产量高、品种多、质量好,而且不断对机型进行改进,每年都有新型电冰箱投放市场。近些年更是设计开发了各种节能、环保、使用方便、符合新型食品发展趋向的电冰箱。其主要特点有:

(1)根据多数用户希望使用大容积冰箱的需求,具有大型化、多门化趋势。

(2)为减少营养成分的损失而设置快速冷冻室。同时,为了方便烹饪,在冷藏室内设置了解冻间隔以实现快速解冻。

(3)为减小能耗和噪声、实现环保,采用旋转式压缩机、新型制冷剂等。

(4)为方便使用,减小开门时冷量损失,实现多种制冷性能下的自动控制。

在我国,作为小型制冷机主要产品的电冰箱,是于1956年开始小批量生产的,1958年天津和北京的医疗器械厂仿照国外产品试制成功了全封闭式电冰箱。从1964年开始不仅形成了一定的生产能力,而且产品也从仿制到自行设计,品种也有所增加。为迅速地发展我国的电冰箱制造业,到1986年为止,我国有63个电冰箱生产厂分别从日本、意大利和西德等国引进具有先进技术水平的冰箱生产线。与此同时我国还进行了冰箱生产布局的调整,形成了以定点生产厂为基础的电冰箱生产体系,电冰箱产量迅速增长,满足了日益增长的市场需求。家用电冰箱年产量在1982年上升到10万台后,1985年即突破100万台,1988年则达758万台,1997年突破1000万台,达到1044万台。家用电冰箱年产量的增长率在1982—1988年达55%~190%,随后增势下降。统计年鉴显示,2005年,我国家用电冰箱年产量已达2987万台以上。目前我国电冰箱产品不仅产量大、品种全而且质量也基本达到了国际先进水平。

在电冰箱得到快速发展的同时,家用空调器和冰柜等小型空调、制冷装置也获得了较大发展。以家用单相空调器为例,尽管在上个世纪80年代初才开始起步,发展较晚,但1985年产量已达3.5万台,而到2005年全国空调器年产量已达7469.10万台以上。

可以看出,我国的电冰箱和空调器的发展速度很快,但是各类电冰箱和空调器的普及率与发达国家相比,仍然存在较大差距。但可以预料,随着我国相关生产技术水平和管理水平的不断提高,我国的电冰箱和空调器将会在不久的将来得到更大的发展。

第4节 课程研究的内容及学习方法

本课程是一门应用性很强的课程,课程内容涵盖了电冰箱与空调器的原理与组成,电冰箱与空调器的电气与控制,电冰箱与空调器的维修基础,电冰箱与空调器的故障检测与维修等。

通过学习要求学生在掌握电冰箱与空调器原理的基础上,熟悉电冰箱与空调器的组成,并能够运用理论知识对电冰箱与空调器进行故障分析与处理。

因为课程的应用性强,因此要求学生在学习过程中加强理论与实践的结合,尽可能地按照学习内容与实践环节训练,达到理论为实践服务的目的,并通过实践来加深对理论知识的理解,从而为今后从事专业工作打下良好的基础。

获取更多资料

微信搜索 索蓝领星球

第2章

制冷与空调基础



学习目标

- 熟悉热工理论相关的基本概念,理解热力学定律及其应用。
- 理解蒸气压缩式制冷原理,熟悉蒸气压缩式制冷常用工质及其性能,理解掌握压焓图的内涵及应用。
- 熟悉湿空气的相关知识,理解湿空气的焓湿图并能熟练应用。
- 通过制冷与空调基础知识的学习,逐步形成对制冷与空调技术的认识。

第1节 工程热力学基础

制冷装置是以消耗能量(功量或热量)为代价来实现对物体进行冷却并维持所获得的低温的设备。为了使制冷装置能够连续运转,必须把热量不断排向外部热源,这个外部热源通常就是大气,由此可见制冷装置可以被认为是一部逆向工作的热机。

在热力工程中,实现热能与机械能的转换或热能的转移,都需要一种可携带热能的工作介质,这种介质即是我们常说的工质。制冷装置中的介质即制冷工质,也就是我们常说的制冷剂。

一、基本概念

1. 物质的状态

日常生活中常见的物质形态是固态、液态和气态,从构成来说这三类状态都是由分子或原子的集合形式决定的。由于分子或原子在这三种物态中运动状况不同,而使我们看到了不同的特征。

(1) 固态。严格地说,物理上的固态应当指“结晶态”,也就是各种各样晶体所具有的状态。物质在固态时,其分子或原子有规则地周期性排列着,其突出特征就是有一定的容积和几何形状,在不同方向上物理性质可以不同(称为“各向异性”);有一定的熔点,即熔化过程中温度不变。固态物质分子间的引力较小而间距较大,且分子间的距离处于最小。

(2) 液态。液态物体有流动性,把它放在什么形状的容器中它就有什么形状。液态与固态不同,液态还有“各向同性”特点(不同方向上物理性质相同),这是因为,物体由固态变成液态的时候,由于温度的升高使得分子或原子运动剧烈,而不可能再保持在原来的固定位置,于是就产生了流动。但这时分子或原子间的吸引力还比较大,使它们不会分散远离,于是液体仍有

一定的容积。

(3) 气态。液态物体经加热会变成气态。这时分子或原子运动更剧烈。由于分子或原子间的距离增大,它们之间的引力可以忽略,因此气态时主要表现为分子或原子各自的无规则运动,这导致了我们所知的气体特性:有流动性,没有固定的形状和容积,能自动地充满任何容器;容易压缩;物理性质“各向同性”。

2. 热力系统

用界面将所要研究的对象与周围环境分隔开来,这种人为分隔的研究对象,称为热力系统,简称系统。如图 2.1 所示,气缸中虚线包围的气体就是我们的研究对象,则气体便是热力系统。分割系统与外界的分界面,称之为边界,其作用是确定研究对象,将系统与外界分割开来。系统的边界可以是实际存在的,也可以是假想的;可以是固定不变的,也可以是运动的或可变形的。图 2.1 中的边界就是气缸壁及活塞端部表面等实物界面相一致的实际边界。边界以外与系统相互作用的物体,称为外界。系统与外界通常存在三种形式的相互作用,即功、热和物质的交换。

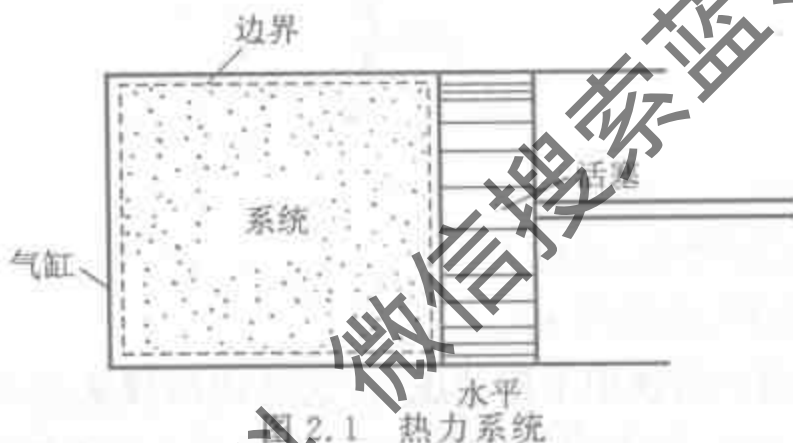


图 2.1 热力系统

3. 工质的热力状态及其基本状态参数

我们把系统某瞬间表现的工质热力性质的总状况,称为工质的热力状态,简称为状态。系统与外界之间能够进行能量交换的原因在于两者之间的热力状态存在差异。我们把描述工质状态特性的各种物理量称为工质的状态参数。状态参数是状态的函数,对应一定的状态,状态参数都有唯一确定的数值。工质状态变化时,初、末状态参数的变化值,仅与初、末态有关,而与状态变化的途径无关。

热力学中常用的状态参数有:温度(T)、压力(p)、比容(v)或密度(ρ)、内能、焓、熵等。其中温度、压力、比容或密度可以直接或间接地用仪表测量出来,称为基本状态参数,其余参数称为导出参数。

(1) 温度。两个冷热状况不同的物体相互作用,热的物体要变冷,冷的物体要变热,经过一定的时间后,在没有其他外来影响的情况下,两物体将达到相同的冷热状况,也就是我们所说的热平衡状态。热力学第零定律指出:如两个物体分别和第三个物体处于热平衡,则它们彼此之间也必然处于热平衡。从热力学第零定律可以推出,相互间处于热平衡的系统必然具有一个在数值上相等的热力学参数来描述这一热平衡特性,这个热力学参数即是温度。由此说来,温度是描述平衡热力系统冷热状况的物理量。

物体的温度反映了物体内部分子运动平均动能的大小。分子运动愈快,物体愈热,即温度愈高;分子运动愈慢,物体愈冷,即温度愈低。这种现象被描述为一个物体的热势,或能量效应。



当以数值表示温度时,即称之为温度度数。温度的数值标尺,简称温标。国际单位制(SI)规定热力学温标,符号用 T ,单位为 K,中文代号为开,开氏温标的零点被称为绝对零度,为 $-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。热力学温标规定水的三相点温度为基本定点,指定为 273.16 K ,每 1 K 为水三相点温度的 $1/273.15$ 。国际单位制又规定摄氏温标为实用温标,符号用 t ,单位为 $^{\circ}\text{C}$,单位中文名称为摄氏度。开氏温度计的刻度单位与摄氏温度计上的刻度单位相一致,也就是说,开氏温度计上的一度等于摄氏温度计上的一度。

热力学温度与摄氏温度之间的关系为

$$T=273.15\text{ K}+t \quad \text{或} \quad t=T-273.15\text{ K} \quad (2.1)$$

(2)压力。取一个充满气体的容器为系统,系统中气体分子的不规则热运动不但使系统中分子之间不停地相互碰撞,同时也使气体分子不断地和容器壁碰撞,大量分子碰撞器壁的总结果形成了气体对器壁的压力。一般用垂直作用于器壁单位面积上的力来表示压力(也称压强)的大小,称为气体的绝对压力。

压力的计算公式如下:

$$p=\frac{F}{A} \quad (2.2)$$

式中:

p ——压强,单位为 Pa;

F ——整个边界面所受到的力,单位为 N;

A ——受力边界面总面积,单位为 m^2 。

工程上常用测压仪表测定系统中工质的压力,这些测压仪表指示的压力是气体的绝对压力与外界环境大气压力的差值,称为相对压力,也称表压力。如不特别注明,一般均指“绝对压力”,只有绝对压力才能作为工质的状态参数。绝对压力与相对压力和大气压力之间的关系为

$$p>p_b \text{ 时:} \quad p=p_b+p_g \quad (2.3)$$

$$p<p_b \text{ 时:} \quad p=p_b-p_v \quad (2.4)$$

式中:

p_b ——当地大气压力;

p_g ——高于当地大气压力时的相对压力;

p_v ——低于当地大气压力时的相对压力,称为真空度。



例题说明

例 2-1 蒸气锅炉压力表读数为 $p_g=3\ 530\text{ kPa}$;凝汽器真空表读数为 $p_v=93\text{ kPa}$ 。如大气压力 $p_b=101.325\text{ kPa}$ 。求锅炉及凝汽器中蒸气的绝对压力。

解 锅炉中蒸气的绝对压力

$$\begin{aligned} p &= p_b + p_g = 101.325 + 3\ 530 \\ &= 3\ 631.325\text{ kPa} \end{aligned}$$

凝汽器中蒸气的绝对压力

$$\begin{aligned} p &= p_b - p_v = 101.325 - 93 \\ &= 8.325\text{ kPa} \end{aligned}$$

(3) 比容与密度。工质所占有的空间称为工质的容积, 单位质量工质所占有的容积称为工质的比容, 也称比容积。其定义式如下:

$$v = \frac{V}{m} \quad (2.5)$$

式中:

v ——工质的比容, 单位为 m^3/kg ;

V ——工质的总容积, 单位为 m^3 ;

m ——工质的质量, 单位为 kg 。

单位容积的工质所具有的质量, 称为工质的密度。其定义式如下:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.6)$$

显然, 工质的比容和密度不是两个相互独立的状态参数, 两者之间互为倒数, 只能视为一个状态参量。即

$$\rho = \frac{1}{v} \quad (2.7)$$

4. 理想气体状态方程及比热

(1) 理想气体状态方程。理想气体是一种经过科学抽象的假想气体模型, 其被假设为: 气体分子是不占有容积且具有弹性的质点, 分子相互间的作用力忽略不计。假设为理想气体后, 气体分子的运动规律即被大大简化, 从而导出某些宏观物理量与微观运动相联系的关系式。

理想气体的状态方程式, 最初由实验定律得出, 后随着分子运动论的发展, 又可从理论上导出。方程如下:

$$pv = RT \quad (2.8)$$

式中:

p ——绝对压力, 单位为 Pa ;

v ——比容, 单位为 m^3/kg ;

T ——热力学温度, 单位为 K ;

R ——气体常数, 与气体种类有关, 而与气体状态无关, 单位为 $\text{N} \cdot \text{m}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 或 $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。

式(2.8)为 1kg 理想气体的状态方程, 反映了理想气体在某一平衡状态下 p 、 v 、 T 之间的关系。

式(2.8)两边同乘以气体质量 m , 则可得 $m\text{kg}$ 理想气体的状态方程:

$$pmv = mRT$$

或

$$pV = mRT \quad (2.9)$$

式中:

V —— $m\text{kg}$ 理想气体所占的容积, 单位为 m^3 。

以 $n\text{ kmol}$ 物理量表示的气体状态方程式:

$$pV = nR_0T \quad (2.10)$$

式中:

V —— n kmol 气体所占的容积,单位为 m^3 ;

n ——气体的摩尔数, $n = \frac{m}{M}$ kmol, M 为气体的摩尔质量;

R_0 ——通用气体常数,单位为 $\text{J}/(\text{kmol} \cdot \text{K})$ 。

(2) 气体常数。实验证明,在 $p_0 = 101.325 \text{ kPa}$, $t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ 的标准状况下,1 kmol 的各种气体占有的容积都等于 22.4 m^3 ,于是可以得出通用气体常数:

$$R_0 = \frac{p_0 V_{M0}}{T_0} = \frac{101.325 \times 22.4}{273.15} \approx 8.314 \text{ J}/(\text{kmol} \cdot \text{K}) \quad (2.11)$$

如果知道气体的相对分子质量,我们可以很容易求得气体常数:

$$R = \frac{R_0}{M} = \frac{8.314}{M} \quad \text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \quad (2.12)$$



例题说明

例 2-2 一容积为 4.5 m^3 的容器充满气体,气体压力根据压力表读数为 245.2 kPa ,气体温度为 $40 \text{ }^\circ\text{C}$ 。设大气压力为 100 kPa ,问在标准状况下气体容积为多少?

解 气体绝对压力 $p = p_b + p_g = 100 + 245.2 = 345.2 \text{ kPa}$

热力学温度 $T = 273 + 40 = 313 \text{ K}$

按式(2.9),由于气体质量保持不变,可得

$$V_0 = V \frac{p T_0}{p_0 T} = 4.5 \times \frac{345.2}{101.325} \times \frac{273}{313} = 13.37 \text{ m}^3$$

(3) 理想气体比热。单位物质的热容量叫比热,定义为:单位物量的物体,温度升高或降低 1 K 所吸收或放出的热量,称为该物体的比热。

比热的单位取决于热量单位或物量单位,固体、液体的物量单位常用质量单位,对于气体而言还常用标准容积和千摩尔作单位,因此比热有质量比热、容积比热和摩尔比热之分。

质量比热常用符号 c 表示,单位为 $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$;

容积比热常用符号 c' 表示,单位为 $\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$;

摩尔比热常用符号 Mc 表示,单位为 $\text{kJ}/(\text{kmol} \cdot \text{K})$ 。

上述三种比热的换算关系如下:

$$c' = \frac{Mc}{22.4} = c\rho_0 \quad (2.13)$$

式中:

ρ_0 ——气体在标准状态下的密度,单位为 kg/m^3 ;

M ——气体的千摩尔质量(数值等于相对分子质量),单位为 kg/kmol 。

比热是重要的物性参数,它不仅取决于物质的性质,还与气体的热力过程及所处的状态有关。热工计算中常用的是定压比热 c_p (定压过程的比热)和定容比热 c_v (定容过程的比热)。

表 2.1 为一些常用气体的热力性能参数。

表 2.1 常用气体的热力参数

气体	气体常数 p_g $\text{kJ} \cdot (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}$	密度 ρ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	比定压热容 c_p $\text{kJ} \cdot (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}$	比定容热容 c_v $\text{kJ} \cdot (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}$
He	2.077	0.197	5.234	3.153
Ar	0.208	1.784	0.524	0.316
N ₂	0.297	1.250	1.038	0.741
O ₂	0.259	1.429	0.917	0.657
空气	0.287	1.293	1.004	0.716
CO	0.297	1.250	1.042	0.745
CO ₂	0.189	1.977	0.850	0.661
H ₂	4.124	0.090	14.360	10.220
CH ₄	0.518	0.717	2.227	1.687
C ₂ H ₄	0.206	1.260	1.721	1.427
H ₂ O	0.461	0.804	1.863	1.402

二、热力学第一定律及热力过程

大量实践证明:能量既不能被创造,也不能被消灭,它只能从一种形式转换为另一种形式,或从一个系统转移到另一个系统,且能量总量保持恒定。这一自然界的普遍规律称为能量守恒与转换定律。这一定律应用于伴有热现象的能量转换和转移过程时,即为热力学第一定律。

1. 内能

内能是气体内部所具有的分子动能与分子位能的总和,一般包括:分子直线运动的动能,分子旋转运动的动能,分子内部原子和电子的振动能以及分子位能。实际上,分子内部的能量还有与分子结构有关的化学能和原子核内的原子能等,但由于我们一般研究的热力过程中并不涉及化学反应和核反应,因此这两部分能量保持不变。

一般用 U 表示 m kg 质量气体的内能,单位为 J;用 u 表示 1 kg 质量气体的内能,单位为 J/kg。

气体的内动能取决于气体的温度,内位能取决于气体的比容,所以气体的内能是温度和比容的函数。由此可见,内能是气体的状态参数。

对于理想气体来说,因不考虑分子间的相互作用力,没有内位能,因此其内能仅包括分子内动能,所以,理想气体内能是温度的单值函数。

2. 热量及其传递方式

日常生活中,我们知道,当温度不同的两个物体相互接触时,高温物体因有一部分能量传给低温物体而逐渐变冷,低温物体因获得由高温物体传递的能量而逐渐变热。此即由于系统与外界之间存在温差,热量由高温系统的边界面传递给外界。由此可见,热量是在温差作用下系统与外界传递的能量。其特点如下:

(1) 热量是能量在传递过程中的一种形式,因此我们不能说系统内部具有“热量”。

(2) 热量与热力过程同时出现在系统中,因此它不是系统的状态参数,而是与热力过程所经过的路径有关的过程量。我们一般取吸热时为正,放热时为负。

热量有以下三种基本传递方式:

(1) 热传导。热量由高温物体传递给低温物体,或由物体的高温部分传递给物体的低温部

分,传递过程中物体各部分的质量并无变化或移动,这种热量传递方式称为热传导。

一般以导热系数(λ)表示材料的导热能力。根据导热性能的好坏,将材料分成热的良导体和不良导体。铜、铝等金属则属于热的良导体,绝热材料或隔热材料属于热的不良导体。电冰箱和空调器中的换热器均用热的良导体材料制成,而电冰箱的箱体则是采用热的不良导体(聚氨酯泡沫塑料)制成。

(2)热对流。热对流是指由于流体的宏观运动,流体的各部分之间发生相对位移,冷、热流体互相掺混引起的热量传递方式。

流体流经一个物体表面时,热量的传递方式不仅包括热对流,而且包括热传导,我们称该种传热为对流换热。

对流换热的换热量与流体所接触的固体壁面面积成正比,与流体和固体壁面之间的温差成正比。对流换热的强弱程度用对流换热系数来表示,影响该系数大小的主要因素有流体的流速、流体的性质以及固体表面的结构形状与尺寸等。

(3)热辐射。热辐射是指物体之间没有接触时,热量以电磁波的形式向外界传递的传热方式。物体以辐射的方式交换热量时,称为辐射换热。辐射换热量的大小与两物体的温差及材料性质有关。

3. 焓

流动工质向流动前方传递的总能量中取决于热力学状态的那部分能量。其表达式为

$$H=U+pV \quad (2.14)$$

$$h=U+pV \quad (2.15)$$

式中:

H ——质量为 m 的工质的焓,单位为 J;

h ——质量为 1 kg 工质的焓,称为比焓,习惯上统称为焓,单位为 J/kg。

显然有

$$H=U+pV=m(u+pv)=mh \quad (2.16)$$

根据参数的状态方程可知,对于工质的任何一个状态 u 、 p 、 v 都有确定的数值,所以焓是工质的状态参数,它可以表示为任意两个独立状态参数的函数。对于流动工质,焓=内能+流动功,即焓具有能量意义;对于不流动工质,焓只是一个复合状态参数,没有明确的物理意义。

通常情况下,需要计算的只是焓和内能的变化量,由热力学第一定律的实质可知,焓的变化量即是系统工质吸收或放出的热量。定压过程是热工领域应用最多的一种热力过程,按热量与焓的关系,定压过程热量和焓的表达式为

$$(q_{1-2})_p=u_2-u_1+p(v_2-v_1)=h_2-h_1 \quad (2.17)$$

热量、焓与比热的关系式为

定压过程

$$q_{1-2}=h_2-h_1=c_p(T_2-T_1) \quad (2.18)$$

定容过程

$$q_{1-2}=u_2-u_1=c_v(T_2-T_1) \quad (2.19)$$

4. 功量

热力学中,功是指系统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。工程热力学主要研究热能与机械能的转换,而膨胀功是热转换为功的必要途径;另外,热工设备的机械功往往通过机械轴传递。因此,我们研究最多的是膨胀功和轴功。

(1)膨胀功(也称容积功)。它是指在压差作用下,由于系统工质容积发生变化而传递的机械功。无论是开口系统还是闭口系统,热转换为功,工质的容积均要膨胀,也即都有膨胀功。闭口系统膨胀功通过系统界面传递,而开口系统膨胀功则是技术功的一部分,可通过其他形式传递。

系统容积变化是做膨胀功的必要条件,而不是充分必要条件。做膨胀功除工质容积变化外,还应有功的传递和接收机构。压缩过程容积变化 $\Delta V < 0, \omega < 0$; 膨胀过程容积变化 $\Delta V > 0, \omega > 0$ 。

膨胀功是与过程特性有关的过程量,一旦过程结束,系统与外界之间的功的传递就停止。

(2)轴功。系统与外界之间通过机械轴传递的机械功称为轴功。如图 2.2(a)所示,外界向刚性绝热闭口系统输入轴功 W ,该轴功通过耗散效应转换成热量,被系统吸收,增加系统的内能。如图 2.2(b)所示,为开口系统与外界传递的轴功 W , (输入或输出),许多动力机械,如汽轮机、内燃机、风机等都是靠机械轴传递机械功的。

轴功可能是机械能的直接传递,如水轮机、风车等;也可能来源于能量转换。通常规定系统输出轴功为正功,输入轴功为负功。

5. 热力学第一定律表达式

在实际的工质状态变化过程中,热力学第一定律的表达式为

$$q = \Delta u + \omega \quad (2.20)$$

式中:

q ——加给 1 kg 工质的热量,单位为 J/kg;

Δu ——1 kg 工质的内能,单位为 J/kg;

ω ——机械功,单位为 J/kg。

式(2.20)不仅适用于工质的吸热过程和工质的放热过程,而且适用于工质的膨胀过程及工质的压缩过程。式中各项值的正、负规定如下:工质吸热为正,放热为负;内能增加为正,减少为负;膨胀功为正,压缩功为负。

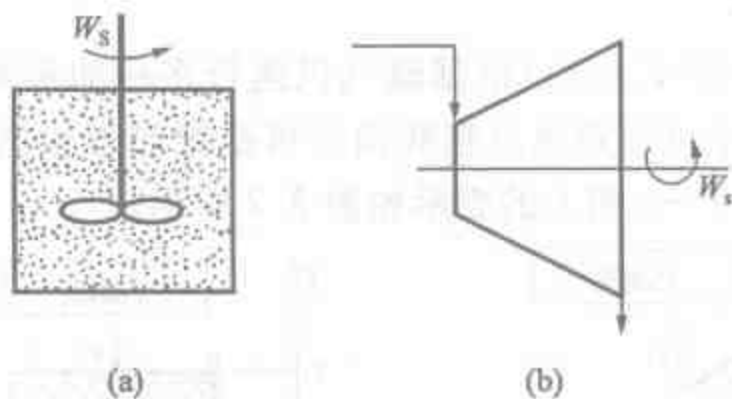


图 2.2 轴功示意图

6. 理想气体的热力过程

热力工程中,系统与外界的能量交换是通过热力过程来实现的,不同的热力过程表征着不同的外部条件。鉴于实际过程的复杂性,热力学中一般都将复杂的实际过程近似简化为简单的过程或几个简单过程的组合。常见的简单过程有:

定温过程:定量工质温度保持不变时的热力过程称为定温过程;

定容过程:定量工质容积保持不变时的热力过程称为定容过程;

定压过程:定量工质压力保持不变时的热力过程称为定压过程;

定熵过程:系统与外界没有热量交换情况下所进行的可逆热力过程,称为定熵过程;

多变过程:凡过程方程为 $p v^n = \text{常数}$ 的过程,称为多变过程。



例题说明

例 2-3 用空气加热器,将空气温度从 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 加热至 $325\text{ }^{\circ}\text{C}$,而空气压力不变。求加热 1 kg 空气所需的热量。

解 由表 2.1 可以查得空气的定压比热为 $1.004\text{ kJ}\cdot(\text{kg}\cdot\text{K})^{-1}$,故由式(2.18)可得:

$$\begin{aligned} q_{1-2} &= h_2 - h_1 = c_p(T_2 - T_1) \\ &= 1.004 \times [(325 + 273) - (25 + 273)] = 301.2\text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

三、热力学第二定律

热力学第一定律揭示了在能量转换与转移过程中总量守恒的客观规律,但未涉及不同类型能量在做功能力上的差别,也并没有考虑到热力过程的方向性。正因如此,人们经过大量实践总结出热力学第二定律,从而揭示了能量在转换与转移过程中能质不守恒及具有方向性的客观规律。所有热力过程均遵守热力学第一定律和热力学第二定律。

1. 热力学第二定律的表述

热力学第二定律的经典表述是 1850—1860 年间从工程应用角度归纳总结出来的两种说法,即克劳修斯说法和开尔文—普朗克说法。

克劳修斯说法:不可能把热量从低温物体传至高温物体而不引起其他变化。

开尔文—普朗克说法:只冷却单一热源而连续不断做功的循环发动机(第二类永动机)是造不成功的。

热力学第二定律的上述两种说法虽然表述不同,但可以证明其实质是一致的。热力学第二定律还有多种其他说法,但就实质而言均是说明热力过程的方向性,都是一致的。

2. 卡诺循环与卡诺定理

1824 年,法国工程师卡诺(Carnot)根据蒸气机运行多年的实践经验,经科学抽象提出一种在两个恒温热源间,由两个可逆定温过程和两个可逆绝热过程组成的理想循环——卡诺循环。卡诺循环在 $p-v$ 图和 $T-s$ 图上的表示如图 2.3 所示。

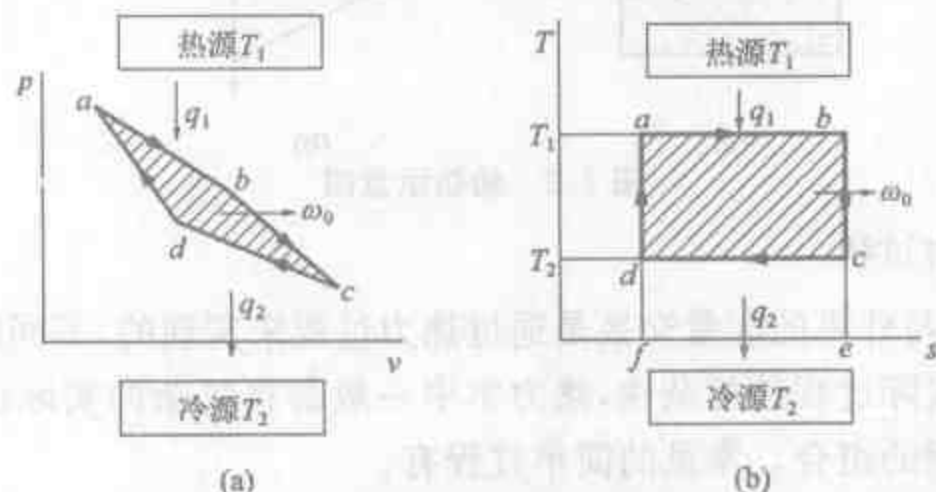


图 2.3 卡诺循环的 $p-v$ 图和 $T-s$ 图

逆向进行的卡诺循环称为逆卡诺循环,逆卡诺循环可以用来制冷,也可用于采暖,这两个目的可以单独实现,也可以在同一设备中交替实现。逆卡诺循环在 $p-v$ 图和 $T-s$ 图上的表示如图 2.4 所示。

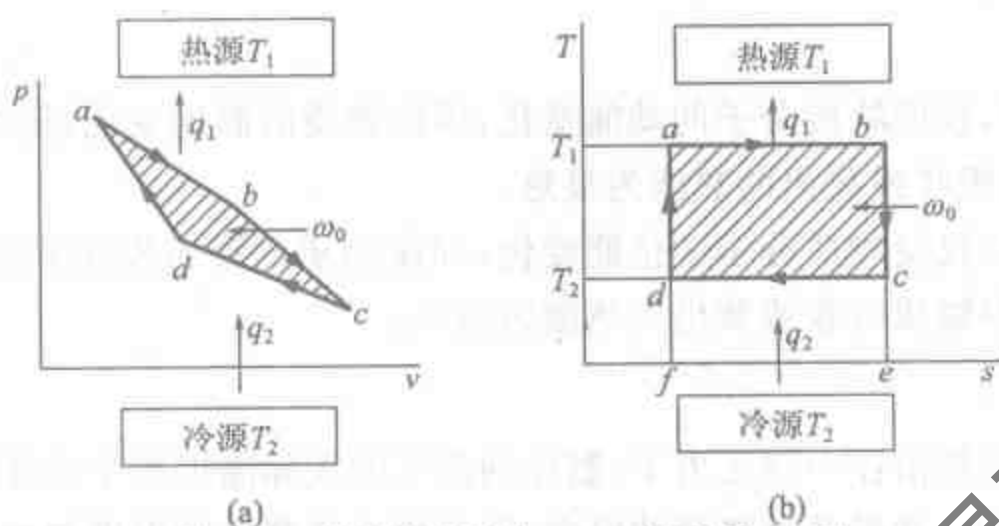


图 2.4 逆卡诺循环的 $p-v$ 图和 $T-s$ 图

卡诺定理可表述如下:

(1)所有工作于同温热源与同温冷源之间的一切可逆循环,其热效率都相等,与采用哪种工质无关。

(2)在同温热源与同温冷源之间的一切不可逆循环,其热效率必小于可逆循环。

卡诺循环与卡诺定理在热力学研究中具有重要的理论和实际意义。

3. 熵

熵也是系统的状态参数之一,根据前文可知,工质的温度对热交换起着推动“势”的作用,可以作为衡量工质和外界是否发生热交换的标志,这种标志必然也是工质的某种状态参数的变化,该状态参数即为“熵”。

S 表示质量为 m 的工质的熵,单位为 $J/(kg \cdot K)$; s 表示质量为 1 kg 工质的熵,称为比熵,单位为 J/K ,习惯上统称为熵。

工程上常采用由温度、熵两个参数构成的平面坐标系(即温-熵图),来描述工质的状态和分析状态变化过程。

热力过程中熵的变化只与过程的初、终状态有关而与过程的路径及过程是否可逆无关。

四、常用术语

制冷技术中经常涉及一些专业术语,为便于读者理解掌握,并有利于后续内容的学习,现将部分常用术语作一简单介绍。

1. 汽化与液化

物质由液态转变为气态的过程即是汽化过程,反之由气态转变为液态的过程即是液化过程。这两个过程的发生有时需要满足一定的条件。例如水在常压下被加热至 $100 \text{ }^\circ\text{C}$ 时,则水中会不断出现气泡并脱离水面,此即我们常说的沸腾。沸腾也是一种汽化过程,它需要在一定的压力下达到一定的温度(即沸点)才会发生。当蒸气在一定的压力下冷却到一定的温度(即液化温度)时,就会由气态转变为液态。

2. 饱和温度与饱和压力

某液态物质在沸腾时所维持不变的温度称为沸点,热力学中也将其称为在某一压力下的

饱和温度,这一压力我们则称其为该温度下对应的饱和压力。

饱和温度与饱和压力存在着一定的对应关系,通常情况下,温度升高,对应的饱和压力增大;压力增大,则对应的饱和温度也升高。

3. 显热与潜热

在热交换过程中,仅使物质分子的动能变化,即使物质的温度变化,但物质的形态不变,我们称这一过程中物质吸收或放出的热能为显热。

在热交换过程中,仅使物质分子的位能变化,即使物质的形态发生变化,但物质的温度不变,我们称这一过程中物质吸收或放出的热能为潜热。

4. 过热与过冷

制冷技术中,过热是指在一定压力下,制冷剂蒸气的实际温度高于该压力下对应的饱和温度的现象。实际应用中,常提及过热度的概念,即是指过热蒸气的温度与饱和温度之差。

过冷是指在一定压力下,制冷剂液体的实际温度低于该压力下对应的饱和温度的现象。与过热对应,在实际应用中,常提及过冷度的概念,即是指过冷液体的温度比饱和液体温度所低的数值。

5. 临界温度与临界压力

我们知道,随着压力的增加,气体的液化温度也随之升高,但当温度升高至某一数值时,即使再增大压力也不能使气体液化,此时的温度即称为临界温度;与临界温度对应的压力即为临界压力,当气体压力达到临界压力及以上时,无论温度怎么降低也不能使气体液化。显然温度在临界点以下是气体液化的必要条件。

第2节 蒸气压缩式制冷原理

目前为止,蒸气压缩式制冷是相变制冷中应用最为普遍,技术也最为成熟的一种制冷方法。几乎所有的家用电冰箱和空调器均采用了这种制冷方法。

一、制冷剂

制冷剂是制冷系统中完成制冷循环所必须的工作介质,俗称雪种。

1. 制冷剂的分类与命名

中国国家标准(GB7778-87)是等效采用国际标准 ISO817-74《有机制冷剂——数字符号》,并参考美国 ANSI/ASHRAE34-78 来进行制冷剂的分类和命名的。下面向大家介绍蒸气压缩式制冷循环中几类常见制冷剂的分类与命名方法。

(1) 卤代烃类制冷剂。卤代烃类制冷剂是饱和碳氢化合物的卤素衍生物的总称,即我们常说的氟利昂(freon)。由氟利昂的定义来看,其分子通式可以写为: $C_m H_n F_p Cl_q Br_r$ 。式中, m 、 n 、 p 、 q 、 r 分别表示相应元素的原子个数。因为属饱和碳氢化合物,因此 $n+p+q+r=2m+2$ 。氟利昂的代号由字母和跟随的数字 $(m-1)(n+1)(p)B(r)$ 组成,即 $R(m-1)(n+1)pB(r)$ 。代号中,当 $r=0$ 时, $B(r)$ 略;对于同分异构体,最对称的不带任何字母,随着同分异构体变得越来越不对称时,附加“a”“b”“c”……以示区别。

表 2.2 所示为一些氟里昂制冷剂的代号、化学名称及化学分子式。

表 2.2 部分氟里昂制冷剂的代号、化学名称及化学分子式

制冷剂代号	化学名称	化学分子式	制冷剂代号	化学名称	化学分子式
R10	四氯化碳	CCl_4	R112a	四氯二氟乙烷	$\text{CCl}_3\text{CClF}_2$
R11	三氯氟甲烷	CCl_3F	R113	三氯三氟乙烷	$\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$
R12	二氯二氟甲烷	CCl_2F_2	R113a	三氯三氟乙烷	CCl_3CF_3
R12B1	溴氯二氟甲烷	CBrClF_2	R114	二氯四氟乙烷	$\text{CClF}_2\text{CClF}_2$
R12B2	二溴二氟甲烷	CBr_2F_2	R114a	二氯四氟乙烷	CCl_2FCF_3
R13	氯三氟甲烷	CClF_3	R114B2	二溴四氟乙烷	$\text{CBrF}_2\text{CBrF}_2$
R13B1	溴三氟甲烷	CBrF_3	R115	氯五氟乙烷	CClF_2CF_3
R14	四氟化碳	CF_4	R116	六氟乙烷	CF_3CF_3
R20	三氯甲烷	CHCl_3	R120	五氯乙烷	$\text{CHCl}_2\text{CCl}_3$
R21	二氯氟甲烷	CHCl_2F	R123	二氯三氟乙烷	CHCl_2CF_3
R22	氯二氟甲烷	CHClF_2	R124	氯四氟乙烷	CHClFCF_3
R23	三氟甲烷	CHF_3	R124a	氯四氟乙烷	$\text{CHF}_2\text{CClF}_2$
R30	二氯甲烷	CH_2Cl_2	R125	五氟乙烷	CHF_2CF_3
R31	氯氟甲烷	CH_2ClF	R133a	氯三氟乙烷	CH_2ClCF_3
R32	二氟甲烷	CH_2F_2	R134a	四氟乙烷	CH_2FCF_3
R40	氯甲烷	CH_3Cl	R140a	三氯乙烷	CH_3CCl_3
R41	氟甲烷	CH_3F	R141a	氯二氟乙烷	CH_3CClF_2
R110	六氯乙烷	CCl_3CCl_3	R142b	三氟乙烷	CH_3CF_3
R111	六氯氟乙烷	$\text{CCl}_3\text{CCl}_2\text{F}$	R143a	二氯乙烷	CH_3CHCl_2
R112	四氯二氟乙烷	$\text{CCl}_2\text{FCCl}_2\text{F}$	R150a	二氟乙烷	CH_3CHF_2
			R160	氯乙烷	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$
			R218	八氟丙烷	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CF}_3$

(2)共沸溶液类制冷剂。共沸溶液类制冷剂是由两种或两种以上能互溶的单组分制冷剂在常温下按一定的质量比或容积比相互混合而成的制冷剂,它在一定的压力下具有恒定的蒸发温度,在饱和状态下汽液两相组分相同。目前,已商品化的共沸溶液类制冷剂的命名是 R 后按应用的先后顺序在 500 序号中顺次编写。

表 2.3 所示为部分已商品化的共沸溶液类制冷剂的代号、组分及混合质量百分比。

表 2.3 部分共沸溶液类制冷剂的代号、组分及混合质量百分比

制冷剂代号	组 分	混合质量百分比	制冷剂代号	组 分	混合质量百分比
R500	R12/R152a	73.8/26.2	R504	R32/R115	48.2/51.8
R501	R22/R12	75/25	R505	R12/R31	78/22
R502	R22/R115	48.8/51.2	R506	R31/R114	55.1/44.9
R503	R23/R13	40.1/59.9	R507	R125/R143a	50/50

(3)饱和碳氢化合物类制冷剂。饱和碳氢化合物类制冷剂的命名方法同前述氟里昂制冷剂命名方法基本一致,但是丁烷写成 R600,其同分异构体则写成 R600a。

表 2.4 所示为部分饱和碳氢化合物类制冷剂的代号、化学名称及化学分子式。

表 2.4 部分饱和碳氢化合物类制冷剂的代号、化学名称及化学分子式

制冷剂代号	化学名称	化学分子式	制冷剂代号	化学名称	化学分子式
R50	甲烷	CH ₄	R600	丁烷	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃
R170	乙烷	CH ₃ CH ₃	R600a	异丁烷	CH(CH ₃) ₃
R290	丙烷	CH ₃ CH ₂ CH ₃			

(4)无机化合物类制冷剂。无机化合物类制冷剂是较早被采用的制冷剂之一,其代号由 R 和 700 序号组成,700 序号中后两个数字表示该化合物相对分子质量的整数部分或接近整数部分;当存在两种或两种以上的无机化合物类制冷剂相对分子质量的整数部分或近似整数部分相同时,可在其余的无机化合物类制冷剂符号后面加“A”“B”……以示区别。

表 2.5 所示为部分无机化合物类制冷剂的代号、化学名称、化学分子式及相对分子质量。

表 2.5 部分无机化合物类制冷剂的代号、化学名称、化学分子式及相对分子质量

制冷剂代号	化学名称	化学分子式	相对分子质量	制冷剂代号	化学名称	化学分子式	相对分子质量
R702	氢	H ₂	2.0159	R729	氟利昂	21O ₂ .78N ₂ .01A	28.97
R704	氦	He	4.0026	R732	氧	O ₂	31.998
R717	氨	NH ₃	17.03	R744	氩	Ar	39.948
R718	水	H ₂ O	18.02	R744A	二氧化碳	CO ₂	44.01
R720	氖	Ne	20.183	R744A	氧化亚氮	N ₂ O	44.02
R728	氮	N ₂	28.012	R764	二氧化硫	SO ₂	64.07

(5)非共沸溶液类制冷剂。非共沸溶液类制冷剂是由两种或两种以上不能形成共沸溶液的单组分制冷剂混合而成的制冷剂。目前,已商品化的非共沸溶液类制冷剂的命名是 R 后按应用的先后顺序在 400 序号中依次编写。

表 2.6 所示为部分非共沸溶液类制冷剂的代号、组分及混合质量百分比。

表 2.6 部分非共沸溶液类制冷剂的代号、组分及混合质量百分比

制冷剂代号	组 分	混合质量百分比	制冷剂代号	组 分	混合质量百分比
R401A	R22/R152a/R124	53/13/34	R402B	R125/R290/R22	38/2/60
R401B	R22/R152a/R124	61/11/28	R404A	R125/R143a/R134a	44/52/4
R401C	R22/R152a/R124	33/15/52	R407A	R32/R125/R134a	20/40/40
R402A	R125/R290/R22	60/2/38	R407B	R32/R125/R134a	10/70/20

制冷剂按化学种类来分,还有环状有机物类制冷剂、有机化合物类制冷剂,不饱和碳氢化合物及其卤族元素衍生物类制冷剂等类别,因在电冰箱与空调器中尚未多见,在此不一一叙述,感兴趣的可以参看相关文献。

上述分类方法是按制冷剂的化学种类来划分的。工程上,常按标准沸点和 30 ℃ 下的冷凝压力将制冷剂分为高温低压、中温中压、低温高压制冷剂三大类,具体如表 2.7 所列。

表 2.7 制冷剂的分类表

类别	标准沸点 t_s ($^{\circ}\text{C}$, 1 atm)	冷凝压力 p_k (kPa, 30 $^{\circ}\text{C}$ 时)	制冷剂举例	应用举例
高温低压制冷剂	>0	<300	R11, R21, R114	空调、热泵
中温中压制冷剂	$-60\sim 0$	$300\sim 2\,000$	R717, R12, R22, R502	制冰、冷藏
低温高压制冷剂	<-60	$>2\,000$	R13, R14, R503	复叠循环低温部分

2. 制冷剂的选择要求

制冷剂的性质不但对制冷装置的种类、尺寸、构造和运行特性有着直接的影响,同时也会影响制冷循环的形式、设备结构和经济技术性能以及环境。因此,合理地选择制冷剂,不论是对制冷装置本身,还是周围环境来说,都是一个非常重要的问题。一般合理选择制冷剂应从热力学、物理化学、安全环保以及经济性等方面考虑。

(1) 热力学方面的要求。

1) 临界温度要高,凝固温度要低。这是对制冷剂性质的基本要求。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) 在大气压力下的蒸发温度要低。这是低温制冷的一个必要条件。

3) 压力要适中。蒸发压力最好与大气压相近并稍高于大气压力,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(一般不大于 12~15 绝对大气压),以减少制冷设备承受的压力,以免压缩功耗过大并降低高压系统渗漏的可能性。

4) 汽化潜热及单位容积制冷量大。汽化潜热及单位容积制冷量大,可以使得在制冷量一定时,减少制冷剂的循环量,从而缩小压缩机的尺寸。

5) 导热系数要高。可提高各换热器的传热系数,减少传热面积,制冷换热器的体积和质量都会减小。

6) 绝热指数要小。由绝热过程中参数间关系式可知,在初温和压缩比相同的情况下,绝热指数越高,压缩终了温度越高。因此,绝热指数小可降低压缩机的排气温度。

(2) 物理化学方面的要求。

1) 制冷剂的黏度应尽可能小,以减小制冷剂在系统中的流动阻力损失,缩小制冷系统管道直径,降低金属消耗量,增加制冷剂的传热性能。

2) 制冷剂的纯度要求高,所选用的制冷剂中应无不溶性杂质、无不凝性气体、无水、无污物;且制冷剂应具有一定的吸水性,当制冷剂中存在少量水分时,不致在低温下产生冰堵而影响制冷系统的正常工作。

3) 制冷剂的稳定性要好,在高温下不易分解,与润滑油不起化学反应且与油、水混合时对金属材料无明显的腐蚀作用,对密封材料的膨润作用也应尽可能小。

4) 在半封闭和全封闭制冷压缩机中,制冷剂应具有良好的绝缘性能。

(3) 安全环保及经济性方面的要求。

1) 制冷剂在工作温度范围内应不爆炸、不燃烧。

- 2) 制冷剂对人的生命和健康无危害,不具有毒性或低毒,无刺激性或刺激性很小。
- 3) 制冷剂应易检测,发生泄漏时容易发现。
- 4) 制冷剂在大气层中的寿命要求低,对臭氧层的潜在破坏效应要小,全球温室潜在效应要低,无光雾反应,对大气、水源及土壤影响要小。
- 5) 制冷剂应易于取得,价格便宜。

表 2.8 列举了一些常用制冷剂的一般适用范围。

表 2.8 常用制冷剂的一般适用范围

制冷剂	适用范围		
	温度/℃	制冷机型式	特点和用途
R717	10~-60	活塞式、回转式、离心式	压力适中,用于制冰、冷藏、化学工业及其他工业,由于有毒,人多的地方最好不用
R11* R123	10~-5	离心式	沸点较高(23.7℃),无毒、不燃烧,用于小型空调及其他工业
R12* R134a R152a	10~-60	活塞式、回转式、离心式	压力适中,压缩终温低、化学性能稳定、无毒。用于冷藏、空调、化学工业及其他工业,从家用冰箱到大型离心式制冷机都可用它作制冷工质
R13 R14	-60~-90 -60~-120	活塞式、离心式	沸点低、临界温度低、蒸气比容小,无毒、不燃烧,用于低温化学工业和低温研究,作复迭式制冷机的低温部分
R21	10~-20	活塞式、离心式、回转式	即使在70℃时饱和压力也不高。用于空调、化学工业小型制冷机,特别适用于高温车间、起重机控制室的风冷式降温设备
R22	0~-80	活塞式、离心式、回转式	压力和制冷能力与R717相当,排气温度比R12高。广泛用于冷藏、空调、化学工业及其他工业
R113*	10~0	离心式	相对分子质量大,运输和贮存方便(可装在铁桶中)。主要用于小型空调离心式制冷机中
R114* R142b	10~-20	离心式、回转式、活塞式	沸点为3.6℃,比R21低,介于R12和R11之间,主要用于小型制冷机,当用作高温车间或起重机控制室的风冷式降温设备时,其电气性能比R21优越
R500	10~-60	活塞式、离心式	它是氟利昂的共沸混合物,无毒、不燃烧,制冷能力比R12高。用于空调、冷藏
R502	0~-8	活塞式、离心式	它是氟利昂的共沸混合物,热力特性比R12好,压力和制冷能力与R22相当,电气性能和R12一样优良,排气温度比R22低,无毒、不燃烧,是一种良好的制冷剂,特别适用于密封式制冷机
R-50	-60以下	活塞式、离心式	可燃烧,有爆炸危险,用于低温化学和低温研究,作复迭式制冷机的低温部分
R503	-70~-90	活塞式	用于低温制冷和低温研究,作复迭式制冷机低温部分的工质
R-290 R-1270	-40~-60	活塞式、离心式	可燃烧、有爆炸危险,用于低温化学和低温研究

注:带*的制冷剂已受禁。

3. 常用制冷剂的性质

(1)氨(NH_3 、R717)。这是一种应用较广的中温中压制冷剂,1标准大气压下,其沸点为 $-33.3\text{ }^\circ\text{C}$,凝固点为 $-77.9\text{ }^\circ\text{C}$;有较好的热力学性质和热物理性质;有毒,可燃,安全分类B2;与水互溶,但由于有腐蚀作用,限制含水量不超过0.2%;密度比矿物油小,在矿物油中溶解度小;对材料有限制,不允许使用铜及铜合金;用于蒸发温度在 $-65\text{ }^\circ\text{C}$ 以上的大型或中型活塞及螺杆机组中,也有应用于大容量离心式制冷机中。

(2)一氯二氟甲烷(CClF_2 、R22)。这也是一种应用较广的中温中压制冷剂,1标准大气压下,其沸点为 $-41\text{ }^\circ\text{C}$,凝固点约为 $-160\text{ }^\circ\text{C}$,在常温下冷凝压力同氨相似,单位容积标准制冷量约为 454 kcal/m^3 。R22的许多性质与R12相似,但化学稳定性不如R12,毒性也比R12稍大。但是,R22的单位容积制冷量却比R12大得多,接近于氨。当要求 $-40\sim-70\text{ }^\circ\text{C}$ 的低温时,利用R22比R12适宜,故目前R22被广泛应用于 $-40\sim-60\text{ }^\circ\text{C}$ 的二级压缩或空调制冷系统中。

(3)四氟乙烷($\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$ 、R134a)。R134a也是一种应用较广的中温制冷剂,是目前公认的R12的比较理想的替代制冷剂之一,是应用较广的一种无氯(或称无氟,实际上指的是无氯)制冷剂。1标准大气压下,其沸点为 $-26.5\text{ }^\circ\text{C}$,凝固点约为 $-101\text{ }^\circ\text{C}$ 。同R12相比,同温度下的饱和压力较高,因此对充注工具的密封性有较高的要求;由于R134a的分子比R12的分子要小,因此其渗透性更强,从而对系统的密封材料及气密性试验提出了更高的要求;由于R134a是部分卤化物,化学性质较全卤化物稳定性要差,因此其水溶性相对较高,因而要求制冷系统保持较高的干燥程度;其腐蚀性较强;其不与矿物油,一般用新型合成冷冻油多元醇(PAG)或酯类油与其匹配。

(4)异丁烷(C_4H_{10} 、R600a)。它是正丁烷的同分异构体,也是一种可以替代R12的中温制冷剂,1标准大气压下,其沸点为 $-11.8\text{ }^\circ\text{C}$,凝固点为 $-159.6\text{ }^\circ\text{C}$ 。其对大气臭氧层无破坏作用,无温室效应,无毒,但其可燃,易爆炸,但因其汽化潜热大,系统的充注量少,所以仍然得到了广泛的应用。其与矿物油能互溶,对制冷系统的材料无特殊要求。其导热系数较高,压缩比小,且具有极好的环境特性,价格便宜。目前欧洲地区绝大多数冰箱使用R600a,其他地区也逐步扩大使用R600a制冷剂。目前我国也有相当数量的冰箱已经采用R600a制冷剂。

(5)R407C(R32/R125/R134a)。R407C制冷剂是一种由HFC类物质组成的非共沸制冷剂,1标准大气压下,其沸点为 $-43.56\text{ }^\circ\text{C}$,凝固点为 $-115\text{ }^\circ\text{C}$ 。其不含任何破坏臭氧层物质,性能与R22非常接近,可最大限度利用现有R22系统的设计,替换制冷剂R22时,只需对少量部件进行更换或调整。因其属非共沸制冷剂,因此不能采用满液式换热器作为蒸发器,且在补充制冷剂时,可能需要将剩余的制冷剂完全排掉后再重新加注。为保证制冷剂的成分不发生改变,R407C必须以液态形式充注。R407C是家用空调中R22的过渡性替代制冷剂,其冷冻机油建议使用多元醇酯(POE)冷冻机油,其主要应用于家用空调、中小型中央空调、除湿空调,船用空调等。

(6)R410A(R32/R125)。R410A制冷剂也是一种由HFC类物质组成的混合制冷剂,具有近共沸性质,1标准大气压下,其沸点为 $-51.53\text{ }^\circ\text{C}$,凝固点为 $-155\text{ }^\circ\text{C}$ 。其也不含任何破坏臭氧层物质。与R22相比,R410A的制冷量显著提高,因此为设计更小更紧凑的空调设备提供了可能。因R410A具有近共沸的性质,不会因为泄漏而显著改变制冷剂的成分,因此在售

后维修加氟时,不需像 R407C 那样排放掉系统中剩余的制冷剂。R410A 是目前世界公认的家
用空调 R22 制冷剂的中长期替代品,其冷冻机油建议使用多元醇酯(POE)冷冻机油,其主要
应用于家用空调和中小型中央空调中。

二、蒸气压缩式制冷系统的基本组成

单级蒸气压缩式制冷系统如图 2.5 所示,主要由压缩机、冷凝器、膨胀阀和蒸发器组成。

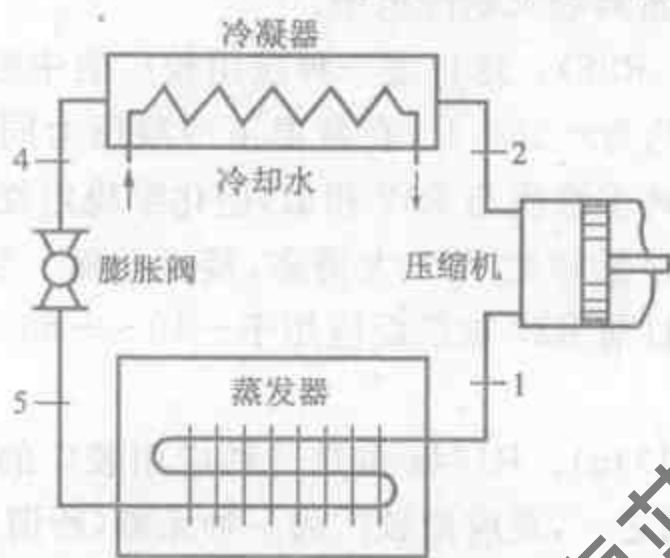


图 2.5 单级蒸气压缩式制冷系统

制冷系统中,制冷剂从某一状态开始,经过各种状态变化,又回到初始状态,在这个周而复始的热力过程中,每一次都消耗一定机械能(电能)从低温物体中吸出热量,并将此热量转移到高温物体。这个一面改变制冷剂状态,一面完成制冷剂作用的全过程被称为制冷循环。

整个制冷循环由以下几个过程组成。

(1)蒸发过程。节流降压后的制冷剂液体(混有饱和蒸气)进入蒸发器,从周围介质吸热蒸发成气体,实现制冷。在蒸发过程中,制冷剂的温度和压力保持不变。从蒸发器出来的制冷剂已成为干饱和蒸气或稍有过热度的过热蒸气了。物质由液态变成气态时要吸热,这就是制冷系统中使用蒸发器吸热制冷的原理。

(2)压缩过程。压缩机是制冷系统的核心,在压缩机完成对蒸气的吸入和压缩过程,把从蒸发器出来的低温低压制冷剂蒸气压缩成高温高压的过热蒸气。压缩蒸气时,压缩机要消耗一定的外能即压缩功。

(3)冷凝过程。从压缩机排出来的高温高压蒸气进入冷凝器后同冷却剂进行热交换,使过热蒸气逐渐变成饱和蒸气,进而变成饱和液体或过冷液体。冷凝过程中制冷剂的压力保持不变。物质由气态变为液态时要放出热量,这就是制冷系统要使用冷凝器散热的道理。冷凝器的散热常采用风冷或水冷的形式。

(4)节流过程。从冷凝器出来的高压制冷剂液体通过节流元件(膨胀阀或毛细管)被节流降压,变为低压液体,然后再进入蒸发器重复上述的蒸发过程。

上述四个过程依次不断循环,从而达到制冷的目的。

三、蒸气压缩式制冷循环

1. 单级蒸气压缩式制冷理论循环及其在热力状态图上的表示

所谓单级蒸气压缩式制冷理论循环是以循环的四大部件为主体,并按理论制冷循环的假

设条件所进行的热力循环,亦称为基本循环。为便于制冷循环的分析和计算,常将制冷循环过程表示在压焓图和温焓图上。由于循环各过程的功与热量的变化均可用焓值的变化计算,因此压焓图在制冷工程中得到了更为广泛的应用。

(1)压焓图。压焓图结构如图 2.6 所示,以绝对压力为纵坐标(制冷循环的压焓图中,为缩小图的尺寸,提高低压区域的精度,通常将纵坐标取为对数坐标),以焓值为横坐标。

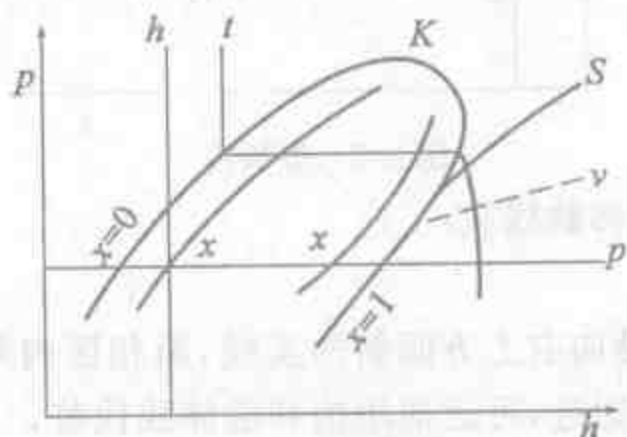


图 2.6 压焓图

图 2.6 中临界点右边的粗实线为饱和蒸气线,线上任一点均代表一个饱和蒸气状态,干度 $x=1$;左边的粗实线为饱和液体线,线上任一点均代表一个饱和液体状态,干度 $x=0$ 。饱和蒸气线与饱和液体线将压焓图分为以下三个区域:

过热蒸气区:饱和蒸气线的右侧区域,该区域内蒸气为过热蒸气,其温度高于同一压力下饱和蒸气的温度;

两相区:饱和蒸气线和饱和液体线中间的区域,该区域内状态为气、液混合状态;

过冷液体区:饱和液体线的左侧区域,该区域内蒸气为过冷液体,其温度低于同一压力下饱和液体的温度。

压焓图中共有以下六条等参数线族:

等温线:液体区几乎为垂直线,两相区内,制冷剂状态的变化是在等温、等压下进行,因此等温线与等压线重合,为水平线,过热蒸气区为向右下方弯曲的倾斜线;

等压线:为水平线;

等容线:为向右下方倾斜的虚线,较等焓线平坦;

等焓线:为垂直线;

等熵线:为向右上方倾斜的实线;

等干度线:仅存在于湿蒸气区域,其方向大致与饱和蒸气线或饱和液体线相近,视干度大小而定。

(2)温焓图。温焓图结构如图 2.7 所示,以温度为纵坐标,以焓值为横坐标。

同压焓图类似,温焓图中临界点右边的粗实线为饱和蒸气线,线上任一点均代表一个饱和蒸气状态,干度 $x=1$;左边的粗实线为饱和液体线,线上任一点均代表一个饱和液体状态,干度 $x=0$ 。饱和蒸气线与饱和液体线将温焓图分为以下三个区域:

过热蒸气区:饱和蒸气线的右侧区域,该区域内蒸气为过热蒸气,其温度高于同一压力下饱和蒸气的温度;

两相区:饱和蒸气线和饱和液体线中间的区域,该区域内状态为气、液混合状态;

过冷液体区:饱和液体线的左侧区域,该区域内蒸气为过冷液体,其温度低于同一压力下饱和液体的温度。

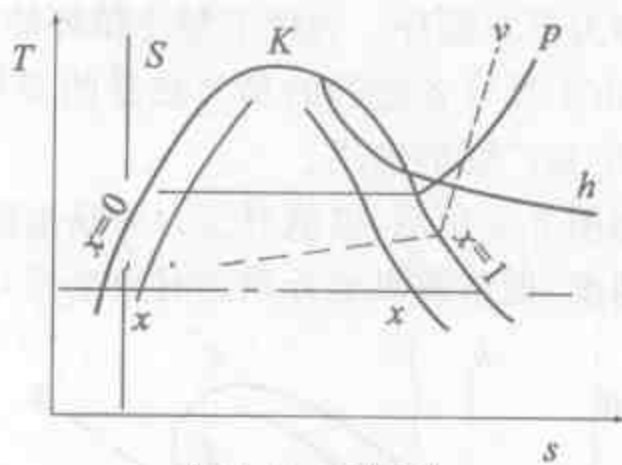


图 2.7 温熵图

温熵图中也有以下六条等参数线簇：

等温线：为水平实线；

等压线：过热区内等压线是向右上方倾斜的实线，两相区内等压线与等温线重合，有过冷区内等压线密集于饱和液体线附近，可近似用饱和液体线代替；

等容线：用虚线表示，过热区内的等容线向右上方倾斜；

等焓线：过热区及两相区内，等焓线均为向右下方倾斜的实线，两相区内的等焓线的斜率较过热区内的等焓线的斜率要大，过冷区液体的焓值可近似用同温度下的饱和液体的焓值代替；

等熵线：为垂直实线；

等干度线：仅存在于两相区域，其方向与饱和蒸气线或饱和液体线相近，视干度大小而定。

由上所述，可以发现，在温度、压力、比容、焓、比熵、干度六个参数中，只要知道其中两个参数，我们便可以在压焓图和温熵图中确定其状态点，这样，其他四个参数便可以直接读出。对于饱和状态情况，只需一个参数便可确定其状态点。

(3) 单级蒸气压缩式制冷理论循环及其压焓图、温熵图。图 2.8 所示为单级蒸气压缩式制冷理论循环的压焓图和温熵图。

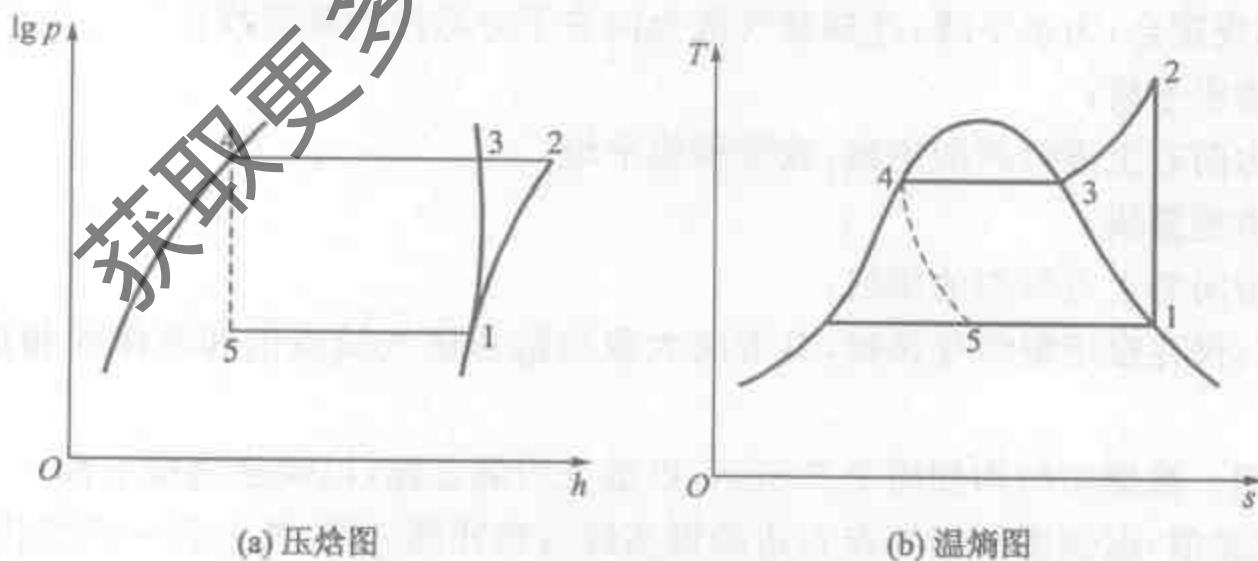


图 2.8 单级蒸气压缩式制冷理论循环的压焓图和温熵图

对于最简单的单级蒸气压缩式制冷理论循环，压缩机的进气状态为饱和蒸气状态，冷凝器的出口状态为饱和液体状态，制冷压缩机的压缩过程为等熵压缩，制冷剂通过膨胀阀或其他节流机构时，其前、后焓值相等，不考虑制冷剂蒸发及冷凝过程中的压力损失，制冷剂的冷凝温度等于冷却介质温度、蒸发温度等于被冷却介质的温度。显然，这些情况与实际状况存在差别，但简化后的理论循环可以使问题得到简化，便于在此基础上对实际循环进行分析和研究，因此有必要熟悉和掌握蒸气压缩式制冷的理论循环。

图 2.8 中,1 点代表的是压缩机吸气状态,为饱和蒸气;2 点代表的是压缩机排气状态,为过热蒸气;3 点代表的是冷凝过程中某一特殊状态(饱和蒸气),即过热蒸气经初步冷却达饱和蒸气状态;4 点代表的是节流前状态,为饱和液体;5 点代表的是蒸发器入口状态,位于两相区。1—2 为压缩机将制冷剂从蒸发压力等熵压缩至冷凝压力的过程,这一过程中,单位质量制冷剂的焓增 $h_2 - h_1$ 称为单位循环净功,用 w 表示;2—3—4 为冷凝器中的等压冷凝放热过程,这一过程中,单位质量制冷剂向高温热源释放的热量 $h_2 - h_4$ 称为单位冷凝负荷,用 q_k 表示;4—5 为节流机构中的节流过程,制冷剂通过节流机构后,压力和温度均降低,而节流前后焓值相等,节流后制冷剂呈湿饱和蒸气状态,并进入蒸发器;5—1 为蒸发器中的等压等温的蒸发吸热过程,这一过程中,单位质量制冷剂吸收的热量 $h_1 - h_5$ 称为单位质量制冷量,用 q_0 表示。单位质量制冷量 q_0 与单位循环净功 w 的比值,称为制冷系数,用 ε 表示。

2. 单级蒸气压缩式制冷实际循环与理论循环的区别

单级蒸气压缩式制冷理论循环中的理想化假设在实际制冷循环中都是不可实现的。对于单级蒸气活塞压缩式制冷循环来说,实际制冷循环与理论制冷循环的差异主要表现在以下方面:

(1) 实际制冷循环中制冷压缩机吸入的制冷剂往往是过热蒸气,节流前也往往是过冷液体,即实际制冷循环在与高温热源、低温热源间换热时存在着蒸气过热和液体过冷这些具有传热温差的外部不可逆因素。

(2) 制冷压缩机在工作中存在诸如下述情形的不可逆损失情况,因此实际压缩过程并不是等熵而是增熵过程。

首先,实际吸气过程中,制冷剂蒸气通过吸气管道、吸气阀件时有摩阻压降,使得进入气缸中的制冷剂蒸气压力必低于系统的蒸发压力,低温蒸气进入气缸时将吸收气缸壁热量而比容增大,使实际吸气量减少。

其次,实际压缩过程既不是等熵过程,也不是绝对的绝热过程,实际上整个压缩过程只有在中间阶段才是绝热的。在压缩的初始阶段,制冷剂蒸气的温度低于气缸壁的温度,制冷剂蒸气吸收气缸壁的热量;在压缩过程的终了阶段,制冷剂蒸气温度高于气缸壁的温度,制冷剂蒸气则向气缸壁放出热量。因此压缩过程是一个多变指数不断变化着的不可逆多变过程,其表现出来的总效应是使得压缩后的熵增加。

再次,实际的压缩机排气过程中,只有当实际排气压力高于冷凝压力时,才能开启排气阀片。同时,排气时制冷剂通过排气阀件时一定存在节流压降。

另外,在压缩过程中,压缩机运动部件存在机械摩擦;制冷剂通过压缩机气缸部件的间隙由高压部位向低压部位泄漏;还有,活塞式制冷压缩机存在余隙容积,这些因素都能造成制冷压缩机的实际输气量减少,不可逆因素增多,无效耗功增大。

(3) 制冷剂在换热器中与高温热源、低温热源间进行换热时,存在换热温差。

(4) 制冷剂在换热器和管道内流动时,存在因流动阻力而带来的压降。另外,管道也不可能完全绝热,制冷剂与外界存在着一定程度的换热。

(5) 实际的节流过程并不完全是绝热的等焓过程,而且在节流中存在少量的换热,节流后的焓值会有所增加,因此实际制冷循环节流过程中的不可逆耗散要比理论制冷循环节流过程大。

总之,在单级蒸气压缩式制冷实际循环中,存在诸多损失,因此实际循环的制冷系数必然低于相同条件下工作的理论循环的制冷系数。

3. 实际工况的变化对单级蒸气压缩式制冷循环的影响

实际制冷循环的情况是相当复杂的,当循环中液体过冷、蒸气过热、回热及蒸发温度和冷凝温度的变化都会对制冷循环的性能带来相当大的影响。为便于分析研究,在研究某一因素对循环性能的影响时,假定其他方面仍按理论制冷循环的假设条件进行。

(1)液体过冷对循环的影响。液体过冷指的是对节流前的制冷剂饱和液体进行冷却,使其温度低于冷凝压力对应的饱和温度的过程。液体过冷可以使节流后的湿饱和蒸气干度下降,从而提高制冷循环的制冷能力。

图 2.9 所示为具有液体过冷的单级蒸气压缩制冷循环的热力状态图。图中循环 1-2-3-3'-4'-1 为具有液体过冷的单级压缩制冷循环,1-2-3-4-1 则是无液体过冷的单级压缩制冷理论循环。从图 2.9 中可以发现,具有液体过冷的循环的单位质量制冷量显然比无过冷循环的要大,而单位循环净功则和无过冷循环相等,由前述制冷系数的定义可以看出具有液体过冷的循环的制冷系数要高于无过冷循环的制冷系数。

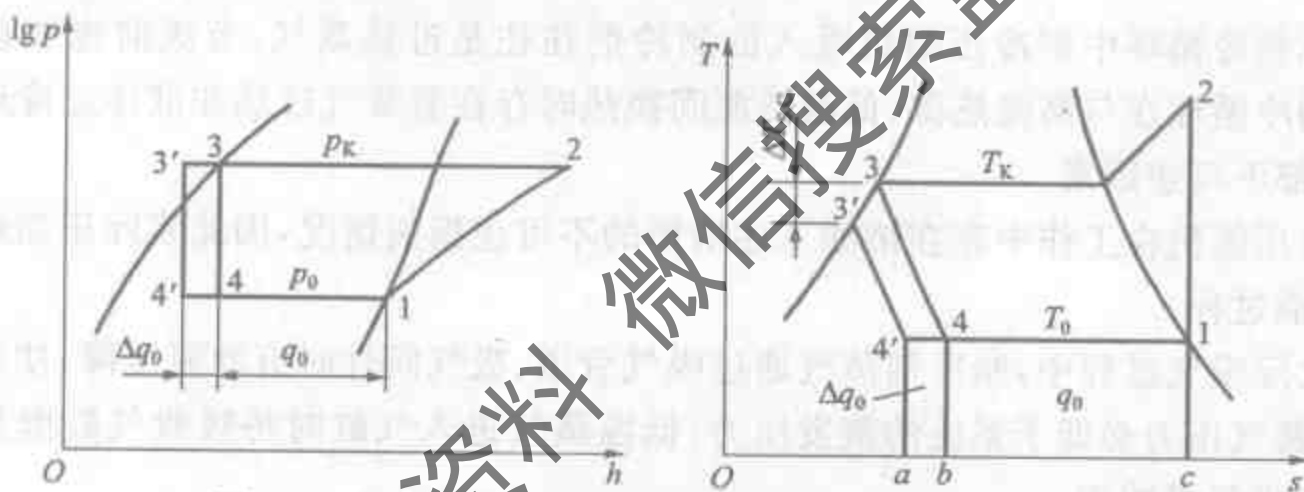


图 2.9 具有液体过冷的单级压缩制冷循环热力状态图

因此,采用液体过冷可以改善制冷循环的性能。制冷循环的液体过冷过程一般在再冷却器中实现,这就需要增加设备和投资,所以在实际应用中,必须进行技术经济分析,从而判断是否采用液体过冷。

(2)蒸气过热对循环的影响。蒸气过热指的是对制冷压缩机吸入前的制冷剂蒸气进行再热,使其温度高于蒸发压力对应的饱和温度的过程。

图 2.10 所示为具有蒸气过热的单级蒸气压缩制冷循环的热力状态图。

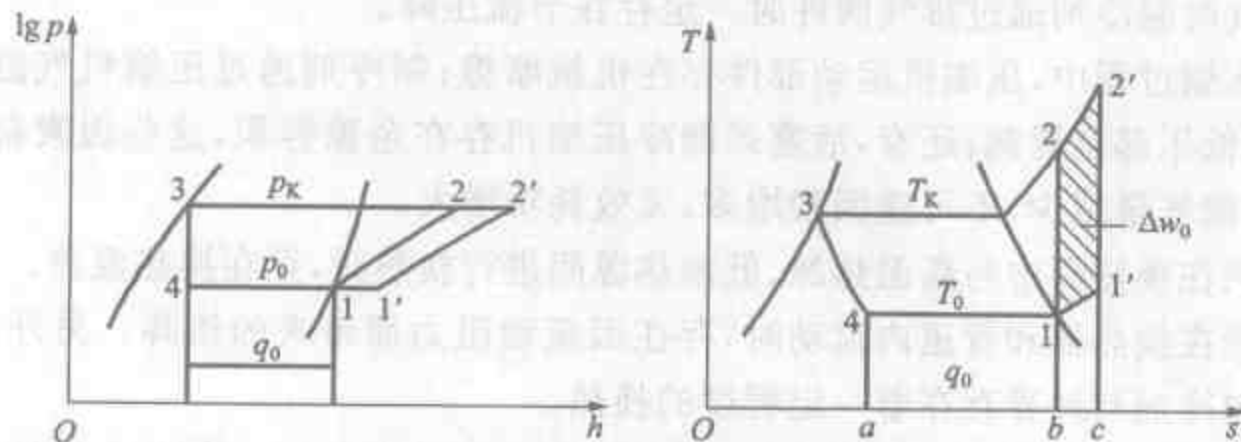


图 2.10 具有蒸气过热的单级压缩制冷循环热力状态图

图中循环 1-1'-2'-3-4-1 为具有蒸气过热的单级压缩制冷循环,1-2-3-4-1 则是无蒸气过热的单级压缩制冷理论循环。在制冷循环中形成蒸气过热现象主要有以下几个方

面的原因:

- 1) 制冷剂蒸气在蒸发器内吸收低温热源的热量而过热,称为蒸发器内过热。
- 2) 制冷剂蒸气在回气管路中吸收外界环境热量而过热,称为回气管道内过热。
- 3) 在半封闭、全封闭制冷压缩机中,制冷剂蒸气进入压缩机前,吸收电机绕组和机器运转所产生的热量而过热,称为电机引起的过热。
- 4) 制冷剂蒸气在回热器中吸收制冷剂液体的热量而过热,称为回热器内过热。

上述原因可能某一个方面独立存在,也可能几个方面同时存在。当蒸气过热属回气管道内过热、电机引起的过热时,均不能引起循环有效制冷量的增大,所以不利于循环热力性能的提高。当制冷剂蒸气在蒸发器内过热时,可以增加循环的有效制冷量,但此时单位循环净功也是增加的,因此,蒸气过热对单级蒸气压缩制冷循环的性能影响是否有利,需进行具体分析。一般氨制冷系统不宜采用高的过热度;而对于 R12 和 R502,随着过热度的增加,单位容积制冷量和制冷系数会随之增大,因此在排气温度不超温的前提下,可采用较大的过热度。

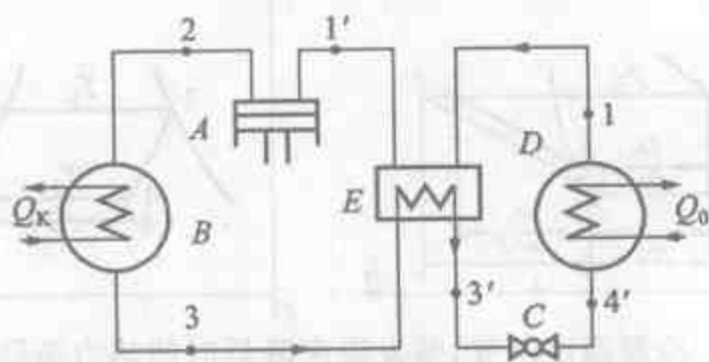
但应指出,虽然蒸气过热有时对循环有不利影响,但在制冷循环中,为改善循环性能和制冷压缩机的安全运行,经常希望制冷剂在进入压缩机前有适量的过热度。适量过热度的存在,有以下作用:

- 1) 制冷剂在蒸发器内适当过热,这样可增大循环的有效制冷量。
- 2) 避免制冷剂液体进入制冷压缩机汽缸中而导致液击现象。
- 3) 可减少进入汽缸中制冷剂蒸气与汽缸壁的温差,从而减少由于这一温差存在而导致的不可逆损失。
- 4) 可以防止在制冷装置中由于吸气温度过低而导致的制冷压缩机汽缸外壁过多结霜,从而改善润滑条件。
- 5) 吸入具有一定程度的过热蒸气,可提高往复式制冷压缩机的容积效率。

综上所述,过热可分为“有益过热”和“有害过热”,实际循环允许的过热度应综合多方面因素考虑决定。

(3) 回热对循环的影响。利用回热器使节流前的制冷剂液体与压缩机吸入前的制冷剂蒸气进行制冷循环内部的热交换,既可使液体过冷,又能减少甚至消除有害过热的方法称为回热。采用回热的制冷循环即为回热循环。

图 2.11 所示为回热循环的原理图。其具体工作过程为:出蒸发器的制冷剂蒸气在回热器中吸收制冷剂液体的热量而升温过热,然后进入压缩机进行压缩,压缩后的高温高压制冷剂蒸气进入冷凝器被冷却冷凝成饱和液体,出冷凝器后的饱和液体在回热器中被低压蒸气再冷却后经节流降压送入蒸发器,制冷剂在蒸发器内吸热汽化成低压蒸气。



A—制冷压缩机 B—冷凝器 C—节流器 D—蒸发器 E—回热器

图 2.11 回热循环原理图

图 2.12 所示为回热循环热力状态图,图中循环 $1'-2'-3-3'-4'-1-1'$ 为具有回热的单级压缩制冷循环,循环 $1-2-3-4-1$ 为单级压缩制冷理论循环。图中 $1-1'$ 为制冷剂蒸气在回热器中的过热过程, $3-3'$ 为制冷剂液体在回热器中的过冷过程。

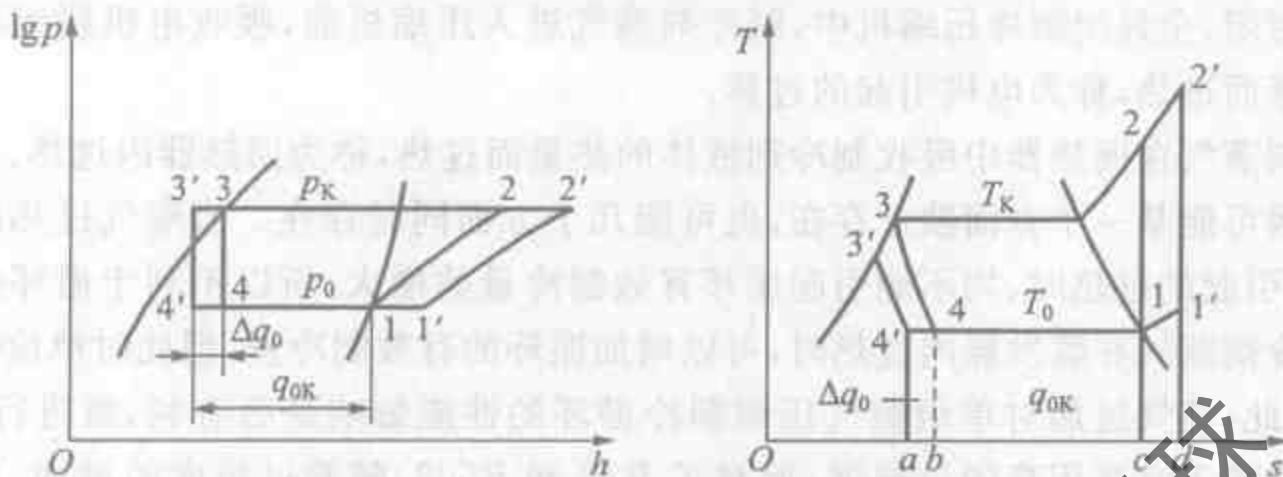


图 2.12 回热循环热力状态图

采用回热是否有利于提高单级蒸气压缩式制冷循环的性能,这是一个较为复杂的问题,需经过具体的分析才能确定。计算表明,当冷凝温度为 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$,蒸发温度在普冷范围内时,以 R12 为制冷剂的制冷循环宜采用回热;而对于以 R717、R11、R21 为制冷剂的制冷循环不宜采用回热;对于以 R22 为制冷剂的制冷循环,采用回热对循环性能影响不大,但为了尽可能地消除有害过热,提高制冷压缩机的效率,在实际应用中一般采用回热。

在实际工程中,制冷循环是否采用回热除了考虑制冷系数和单位容积制冷量的提高外,还应考虑到制冷压缩机运行的安全性以及实现回热的可能性等因素,从而达到尽可能地减少循环的内外不可逆耗散的目的。

(4) 蒸发温度的变化对循环的影响。蒸发温度的变化主要是因为生产工艺的要求不同和实际工况的变化而引起的,为便于分析蒸发温度的变化对制冷循环性能的影响,我们假定冷凝温度不变。

图 2.13 所示为冷凝温度不变,蒸发温度降低时的热力循环状态图。图中,蒸发温度为 T_0 时的循环为 $1-2-3-4-1$,蒸发温度降为 T_0' 时的循环为 $1'-2'-3-4'-1'$,由图 2.13 分析可以发现,蒸发温度降低时对制冷循环的主要影响如下:

- 1) 蒸发压力随蒸发温度的降低而降低,压比增大,压缩机排气温度升高。
- 2) 单位质量制冷量略有减小,压缩机吸气比容增大,所以单位容积制冷量明显下降。
- 3) 压缩机吸气比容增大,制冷剂的循环量减少,因而制冷量也下降。
- 4) 单位循环净功增大,但因为制冷剂循环量减少,因此不能直接看出制冷循环轴功率是增大还是减少;但无论压缩机的功率是增大还是减少,制冷循环的制冷系数总是降低的。

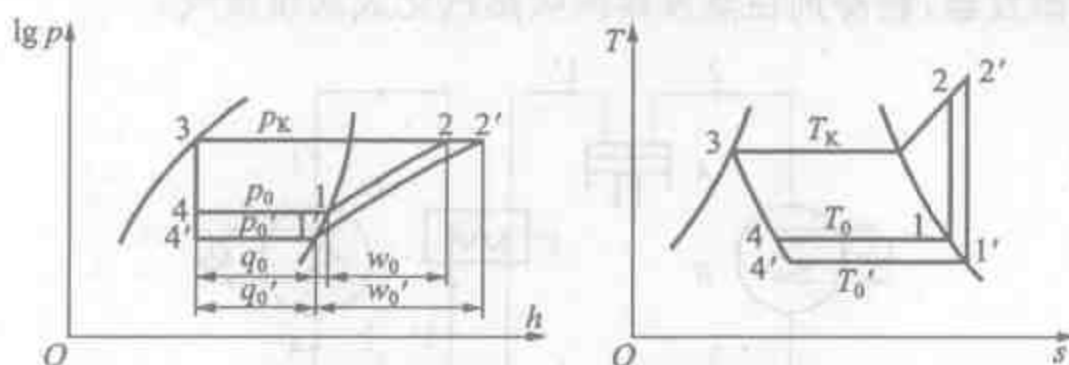


图 2.13 冷凝温度不变,蒸发温度降低时的热力循环状态图

(5) 冷凝温度的变化对循环的影响。冷凝温度的变化主要是因为地区和季节不同、冷却方

式不同等原因而引起的,为便于分析冷凝温度的变化对制冷循环性能的影响,我们假定蒸发温度不变。

图 2.14 所示为蒸发温度不变、冷凝温度升高时的热力状态图。图中,冷凝温度为 T_k 时的循环为 1-2-3-4-1; 冷凝温度降为 T_k' 时的循环为 1-2'-3'-4'-1, 由图 2.14 分析可以发现,冷凝温度升高时对制冷循环的主要影响如下:

- 1) 冷凝压力随冷凝温度的降低而降低, 压比增大, 压缩机排气温度升高。
- 2) 单位质量制冷量减小, 压缩机吸气比容不变, 所以单位容积制冷量减少。
- 3) 单位循环净功增大, 如忽略输气系数的变化, 则制冷剂循环量不变, 所以循环的制冷量降低, 轴功率增大。
- 4) 冷凝温度的升高, 制冷量下降, 轴功率增大, 因此制冷循环的制冷系数总是降低的。

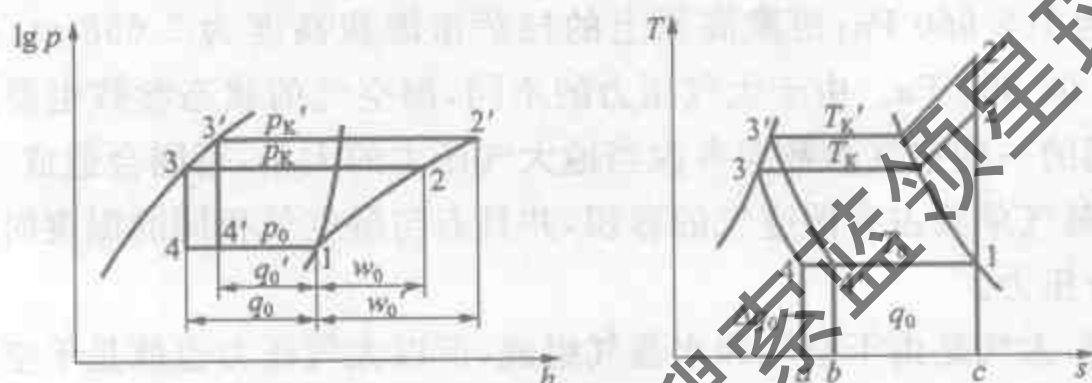


图 2.14 蒸发温度不变, 冷凝温度升高时的热力循环状态图

第3节 空气调节基础

空气调节的任务是通过人为的方法创造一个适合不同需要的空气环境。因此, 我们有必要先了解有关空气的组成及物理性能, 熟悉反映空气物理性质的焓湿图及其应用。

一、湿空气的组成及状态参数

1. 湿空气的组成

湿空气是指含有水蒸气的空气, 显然湿空气是由干空气和水蒸气两个部分所组成。人们日常接触的不论是室内空气还是室外空气, 均为湿空气, 绝对的干空气在自然界几乎是不存在的。空调系统中处理的空气均为湿空气。干空气主要由氮、氧及其他十多种微量稀有气体组成, 除二氧化碳外, 各组分气体在干空气中的含量是比较稳定的, 用体积百分数表示, 氮约占 78%, 氧约占 21%, 其余约占 1%。

湿空气中的水蒸气含量是比较少的, 它主要来源于地球表面水面的蒸发、生物新陈代谢及生产工艺过程。水蒸气在湿空气中的含量是不稳定的, 常随季节、地区、气候等各种条件变化而变化。尽管水蒸气在湿空气中的含量较少, 但其对湿空气的状态影响却很大。由于它的变化会引起湿空气干、湿程度的变化, 从而对人体的感觉、产品质量、工艺过程和设备维护等都会产生直接影响。

2. 湿空气的状态参数

湿空气的物理性质是由它的组成成分及所处的状态决定的。湿空气的状态通常可用压力、温度、比容、相对湿度、含湿量及焓等参数来描述, 这些参数即称为湿空气的状态参数。

热力学中,我们将常温常压下的干空气视为理想气体,而存在于湿空气中的水蒸气由于处于过热状态,加之数量很少,分压力很低,比容很大,因此也可近似地将湿空气当做理想气体来看待。所以湿空气也遵循理想气体的变化规律,其状态参数间的关系,也可以应用理想气体状态方程式来表示。

下面分别叙述空调工程中几种常用的湿空气的状态参数。

(1)压力。围绕地球表面的空气层在单位面积上所形成的压力称为大气压力,单位以 Pa 或 kPa 表示。大气压力不是一个定值,它随各地海拔高度的不同而存在差异,同时还随季节、天气的变化而稍有高低。

通常以北纬 45° 处海平面的全年平均气压作为一个标准大气压,其值为 101 325 Pa,海拔高度越高的地方大气压力越低。如我国的天津市海拔高度为 3.3 m,夏季大气压力为 100 480 Pa,冬季为 102 660 Pa;西藏高原上的拉萨市海拔高度为 3 658 m,夏季大气压力为 65 230 Pa,冬季为 65 000 Pa。由于大气压力的不同,湿空气的状态参数也要发生变化。因此在空调工程中使用的一些空气参数应考虑当地大气压力的大小,否则会造成一定的误差。

湿空气中,水蒸气单独占有湿空气的容积,并具有与湿空气相同的温度时,所产生的压力,称之为水蒸气的分压力。

根据前文所述,大气是由干空气和水蒸气组成,所以大气压力也就是干空气的分压力和水蒸气的分压力之和。

从气体分子运动论的观点来看,气体分子越多,碰撞击容器壁的机会越多,从而表现出来的压力就越高,因此水蒸气分压力的大小反映水蒸气含量的多少。

(2)温度。湿空气的温度是反映湿空气冷热程度的一个状态参数。温度是空气调节中的一个重要参数。当湿空气受热后,其内部分子动能增大,宏观上则表现为温度的升高。

(3)密度和比容。单位容积湿空气所具有的质量成为湿空气的密度;单位质量的湿空气所占有的容积称为空气的比容。密度和比容互为倒数,因此只能视为一个状态参数。

由前述已知,湿空气是由干空气和水蒸气组成的混合物,又由于空气中气体分子的自由度很大,因此湿空气中干空气和水蒸气是均匀混合并占有相同容积的,因此湿空气的密度为干空气密度与水蒸气密度的和。

(4)含湿量。湿空气的含湿量即是湿空气中与 1 kg 干空气同时并存的水蒸气的质量,用 d 表示,其表达式如式(2.21)所示,单位为 $\text{kg}/\text{kg}_{\text{da}}$ (下标 da 是干空气的英文 dry air 缩写),考虑到水蒸气的含量非常少,因此有时也用 $\text{g}/\text{kg}_{\text{da}}$ 来表示。

$$d = \frac{m_q}{m_g} \quad \text{kg}/\text{kg}_{\text{da}} \quad (2.21)$$

式中:

m_q ——湿空气中水蒸气的质量,单位 kg;

m_g ——湿空气中干空气的质量,单位 kg。

如用 $\text{g}/\text{kg}_{\text{da}}$ 表示时,上式则为

$$d = 1\,000 \frac{m_q}{m_g} \quad \text{g}/\text{kg}_{\text{da}} \quad (2.22)$$

若湿空气中含有 1 kg 干空气及 d kg 水蒸气,则容易得出湿空气质量为 $(1+d)$ kg。当大气压力一定时,水蒸气分压力和含湿量近似为直线关系。水蒸气分压力越大,含湿量也随着增

大;如果含湿量不变,水蒸气分压力将随着大气压力的增加而上升,随着大气压力的减小而下降。

空气湿度的表示方法,除含湿量外,还可以用绝对湿度,即每立方米湿空气中所含有的水蒸气量(kg/m^3 湿空气)来表示。但因为水分蒸发和凝结时,湿空气中的水蒸气量是变化的,而且湿空气的容积还随温度而变,即使水蒸气的质量不变,但由于湿空气容积的变化,绝对湿度也将发生变化,因此,绝对湿度不能确切地反映湿空气中水蒸气量的多少。而干空气在温度和湿度发生变化时其质量不变。含湿量仅随水蒸气量变化而变,因此它可以确切地描述湿空气中的水蒸气量。空气调节领域,含湿量也是湿空气的一个重要状态参数,在对空气进行加湿、减湿处理时都用含湿量来衡量湿空气中水蒸气的量。

(5)相对湿度。在一定的温度下,湿空气中所含水蒸气量有一个最大限度,超过这一限度,多余的水蒸气就会从湿空气中凝结出来。这种含有最大限度水蒸气量的湿空气被称为饱和空气。与之对应的水蒸气分压力与含湿量,称为该温度下湿空气的饱和水蒸气分压力与饱和含湿量,它们随温度的变化而相应变化。表 2.9 所示即为空气温度与饱和水蒸气分压力与饱和含湿量的关系。

表 2.9 空气温度与饱和水蒸气分压力和饱和含湿量的关系

空气温度 $t/^\circ\text{C}$	饱和水蒸气分压力 $p_{q,b}/\text{Pa}$	饱和含湿量($B=101\,325\text{ Pa}$) $d_b/(\text{g}\cdot\text{kg}_{\text{a}}^{-1})$
10	1 225	7.63
20	2 331	14.70
30	4 232	27.20

由于含湿量只能反映湿空气中所含水蒸气量的多少,而不能反映空气的吸湿能力,因此我们引出另一个状态参数——相对湿度。

湿空气中水蒸气分压力与同温度下饱和水蒸气分压力之比,称为相对湿度,用 φ 表示,其表达式为

$$\varphi = \frac{p_q}{p_{q,b}} \times 100\% \quad (2.23)$$

式中:

p_q ——湿空气中水蒸气分压力;

$p_{q,b}$ ——同温度下饱和水蒸气分压力。

由相对湿度的定义可知,相对湿度描述的是湿空气接近饱和的程度。 φ 值小,说明湿空气饱和程度小,吸湿能力强; φ 值大,说明湿空气饱和程度大,吸湿能力弱; φ 值为 100% 时,湿空气为饱和湿空气; φ 值为 0 时,指的则是干空气。

由上可见,相对湿度 φ 和前面讲的含湿量 d 都是描述空气湿度的参数,但两者意义不同。含湿量 d 可以表示水蒸气的含量,但却不能表示湿空气接近饱和的程度;相对湿度 φ 可以表示湿空气接近饱和的程度,但却不能表示水蒸气的含量。

(6)焓。空气调节工程中,湿空气的状态经常发生变化,经常需要确定状态变化过程中的热交换量。从热工基础可知,压力不变时,焓差值即等于热交换量。而空调工程中,湿空气的状态变化过程可以看作是定压过程,因此可以用湿空气状态前后的焓差值来计算湿空气热量

的变化。空气调节中,湿空气的焓一般是指 1 kg 干空气的焓和 d kg 水蒸气的焓的和,即 $(1+d)$ kg 湿空气的焓。

湿空气焓可按下式计算:

$$h=1.01t+d(2500+1.84t) \quad \text{kJ/kg}_{\text{da}} \quad (2.24)$$

或
$$h=(1.01+1.84d)t+2500d \quad \text{kJ/kg}_{\text{da}} \quad (2.25)$$

上式中, $(1.01+1.84d)t$ 是与温度有关的热量,称为“显热”,而 $2500d$ 是 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时 d kg 水蒸气的汽化热,它与温度无关,而仅随含湿量而变化,故称之为“潜热”。由上所述,湿空气的焓将随温度和含湿量的变化而变化,当温度和含湿量升高时,焓值增加;反之,焓值降低。我们应该注意的是,当温度升高、同时含湿量又有所下降时,湿空气的焓值不一定会增加,反而有可能出现焓值减少的现象。

前述状态参数对湿空气的物理性质有着直接影响,附录 1 列出了湿空气的部分状态参数值,供读者查阅。

二、空调中室内空气参数的基本要求

合理的空气温度、湿度、洁净度和空气流动速度,是保证良好的生活和工作环境所必需的基本因素。人体活动时要产生一定的热量,这些热量将通过人体的皮肤和呼吸器官不断地以传导、对流、辐射及蒸发等方式向周围散发。如果人体周围环境条件与人体本身散发的热量相适应,人就会感到舒适。另外,空气调节还必须考虑不断地用外界新鲜空气更换室内的污浊空气,并应尽可能地降低和消除空气调节装置在工作过程中产生的噪声。

空气调节室内的空气参数主要包括空气的温度、相对湿度、空气流速、洁净度和允许的噪声等。空调房间室内温度和湿度的要求用两组指标来反映,即空调温度湿度基数和空调精度。空气的温度、相对湿度基数是指空调区域内按设计规定所需保持的空气的基准温度和基准相对湿度;空气的温度、湿度精度是指空间内被调节空气的温度和湿度在一定时间内,偏离温度和湿度基数的最大值,即室内温度、相对湿度允许的波动范围。如 $t=28\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\varphi=50\%\pm 10\%$,表示室内空调温度、湿度基数为 $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 50% ,空调精度为 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\pm 10\%$,这两项指标即较完整明确地表达了空间内被处理空气的温度和湿度参数的要求。

空气调节按其调节对象的不同,分为舒适性空调和工艺性空调。舒适性空调处理的空气参数应满足人的舒适要求,而工艺性空调处理的空气参数应满足工艺过程的特殊要求,同时兼顾人体卫生舒适条件。

空调房间内空气参数的确定,还应考虑当地的气候条件,室外空气参数,冷、热源的供给,经济条件和节能等方面因素。我国对一些民用、公共建筑用舒适性空调及特殊生产工艺过程的工艺性空调提出了以下基本要求:

(1) 工艺性空调的室内空气参数主要取决于工艺要求,不同行业要求差别较大,但总体来说,分为降温性空调、恒温恒湿性空调和净化空调等。

降温性空调一般应用于电子工业组装车间,其夏季室内温度为 $26\sim 28\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 $40\%\sim 60\%$;棉纺车间的夏季温度应控制在 $27\sim 31\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 $50\%\sim 75\%$ 。

恒温恒湿性空调,除一定的温度、湿度基数外,对空气的温、湿度尚有严格的精度要求,如某些工业生产过程中,为避免元器件由于温度变化产生胀缩及湿度过大引起表面锈蚀,要求温

度保持为 20 ± 0.1 °C、相对湿度保持为 $50 \pm 5\%$ 。

净化空调不仅对空气温、湿度提出一定的要求,而且对空气中所含尘粒的大小和数量有严格要求。

各种建筑物室内空气参数的具体规定可参见相关空调设计手册。必须指出的是,在确定室内计算参数时,在工艺条件允许的前提下,应尽量提高夏季室温,这不仅能节省设备投资和能源消耗,且有利于工人健康。

(2)《采暖通风与空气调节设计规范》(GB50019—2003)中对民用、公共建筑用舒适性空调室内计算参数作了具体的规定如下:室内空气温度:夏季为 $24 \sim 28$ °C;冬季为 $18 \sim 22$ °C。室内空气相对湿度:夏季为 $40\% \sim 65\%$;冬季为 $40\% \sim 60\%$ 。空气平均流速:夏季不应大于 0.3 m/s;冬季不应大于 0.2 m/s。

(3)除某些必须保证全年室内温度恒定的场合外,一般在冬季,空调房间内的温度均低于夏季;而不论冬、夏季,空调房间内均应满足每人一定新鲜空气量(具体数值可参考相关设计手册)的供给要求。

(4)在保证空调房间内空气温度、湿度、流动速度和新鲜空气量要求的前提下,还应控制一定的送风温差,建立合理稳定的气流组织和均匀的温度场、速度场。

(5)空气调节在春、秋季或其他适宜的气候条件下,应能满足室内通风换气的要求。为提高送风的空气品质,已有负离子发生器应用于现代化的民用和公共建筑空调中,也有在空调送风中加入卫生、杀菌和芬香物质等。

三、湿空气的焓湿图及其应用

1. 湿空气的焓湿图

在空调工程中,为了避免繁复的公式计算,常常需要用到焓湿图。焓湿图既能联系湿空气的温度、含湿量、相对湿度、焓、水蒸气的分压力等状态参数,又能表达湿空气状态的各种变化过程。

一般平面图形只能在两个独立的坐标,但湿空气的状态取决于温度 t 、含湿量 d 及大气压力 p_0 三个基本参数,因此应有三个独立的坐标。因可以选定大气压力为已知(在空气调节中,空气的状态变化过程可以认为是在一定大气压力下进行的),这样,只剩下温度 t 、含湿量 d 两个坐标参数,这样就可以进行平面图形绘制,绘制出的焓湿图如图 2.15 所示。但因焓 h 与温度 t 有关,为便于使用,可以用焓 h 代替温度 t 。因此选定焓 h 为纵坐标,以含湿量 d 为横坐标建立坐标系。为使图面展开,线条清晰,两坐标轴之间的夹角一般由常用的 90° 扩展为 135° 。为了避免图面过长,常在图面上方画一水平线代替实际的含湿量轴。

(1)等焓线和等含湿量线。确定坐标比例尺之后,就可以在图上绘出一系列与纵坐标平行的等湿量线及与横坐标平行的等焓线。 $t=0$ 和 $d=0$ 的干空气状态点为坐标原点。

(2)等温线。由公式 $h=1.01t+d(2500+1.84t)$ 可见,当温度等于常数时,公式为直线方程, h 、 d 相对应,因此只需两个点即可绘出等温线。若温度常数值分别为 -10 °C、 0 °C、 10 °C、 20 °C……时,则得到一系列对应的等温线。

显然,等温线为一组不平行的直线。公式中 $1.01t$ 为截距, $(2500+1.84t)$ 为斜率,由于 t 值不同,因而每一等温线的斜率是不相同的。但是由于 $1.84t$ 远小于 2500 ,温度对斜率的影响不明显,因此可以将等温线看做一组近似平行的直线。

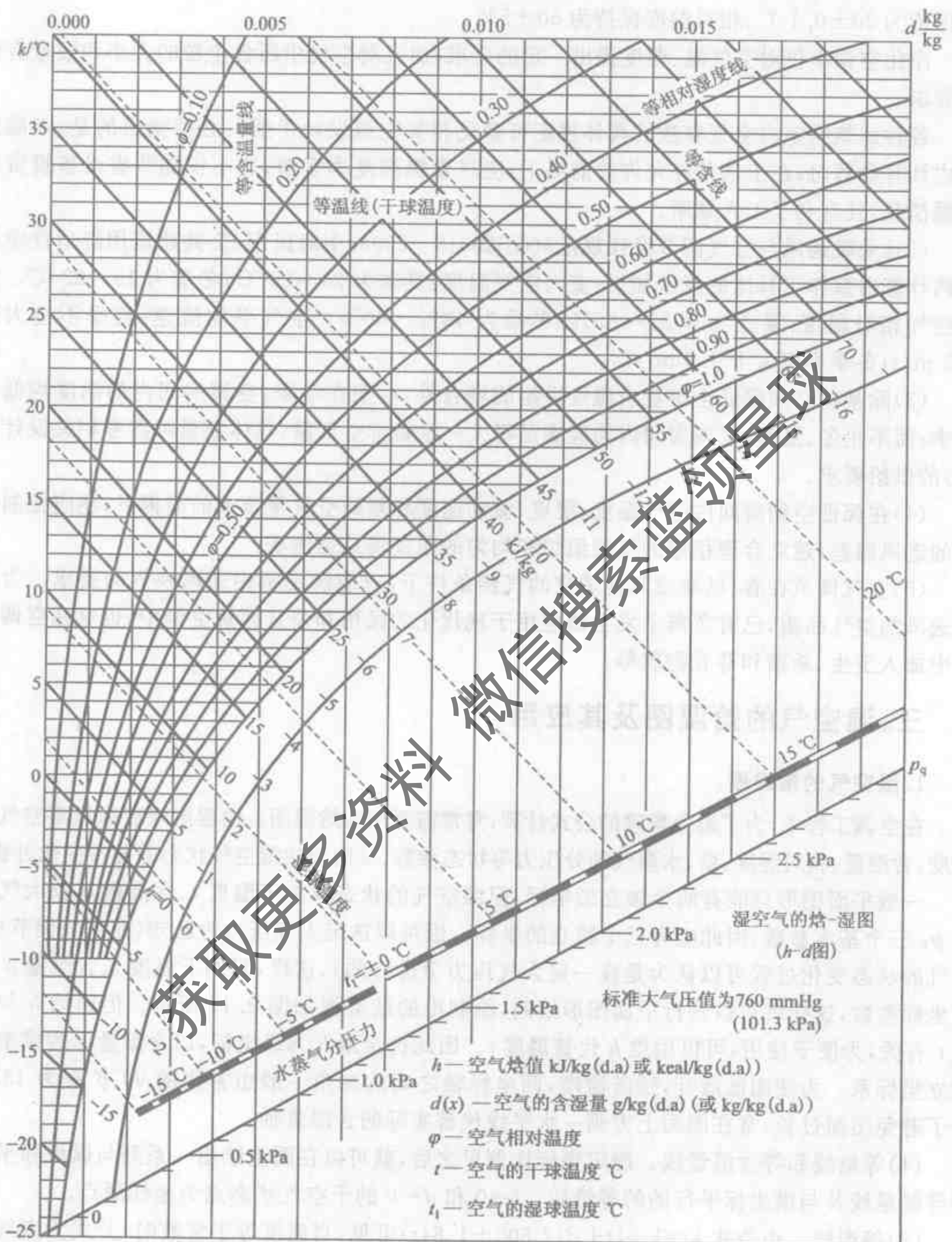


图 2.15 焓湿图

(3)等相对湿度线。等相对湿度线是根据含湿量计算公式绘出的。在一定的大气压力下，当相对湿度为常数时，含湿量为温度的单值函数。因此给定不同的 t ，即可求得相应的含湿量 d 的值，根据 t 、 d 值，即可在含湿图上找出若干点，连接各点即成等相对湿度线。等相对湿度线为曲线，因此对应点取的越多，曲线越准确。

以 $\varphi=100\%$ 的相对湿度线为界, 以下为过饱和区, 由于过饱和状态是不稳定的, 通常都有凝结现象, 所以又称为“有雾区”; 曲线以上为湿空气区(又称为“未饱和区”)。在湿空气区, 水蒸气处于过热状态。

(4) 水蒸气分压力线。当大气压力为定值时, 水蒸气分压力为含湿量 d 的单值函数, 因此可在 d 轴的上方设一水平线, 标上 d 值所对应的水蒸气分压力值即可。

(5) 热湿比线。在空调过程中, 被处理的空气常常由一个状态变为另一个状态。在整个过程中, 如果空气的热湿变化是同时进行的, 那么, 在 $h-d$ 图上由状态 A 到状态 B 的直线连线就代表空气状态变化过程线, 如图 2.16 所示。为了说明空气状态变化的方向和特征, 常用状态变化前后焓差和含湿量差的比值来表示, 称为热湿比, 用 ϵ 表示。

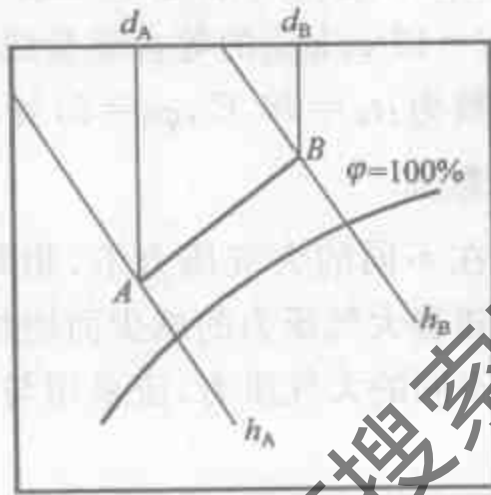


图 2.16 空气状态变化在 $h-d$ 图上的表示

如开始时空气状态参数为 h_1 、 d_1 , 终了时的状态参数为 h_2 、 d_2 , 那么状态变化之后, 其焓差为:

$$\Delta h = h_2 - h_1$$

含湿量差为:

$$\Delta d = d_2 - d_1$$

则热湿比的定义式可写成下式形式:

$$\epsilon = \Delta h / \Delta d$$

热湿比值即是空气状态变化过程线 AB 的斜率, 它反映了过程线的倾斜角度, 故又称“角系数”。

斜率与起始位置无关, 因此起始状态不同的空气只要斜率相同, 其变化过程线必定互相平行。根据这一特性, 就可以在 $h-d$ 图上以任意点为中心作出一系列不同值的热湿比标尺线。实际应用时, 只需把等值的热湿比标尺线平移到空气状态点, 即可绘出该空气状态的变化过程了。

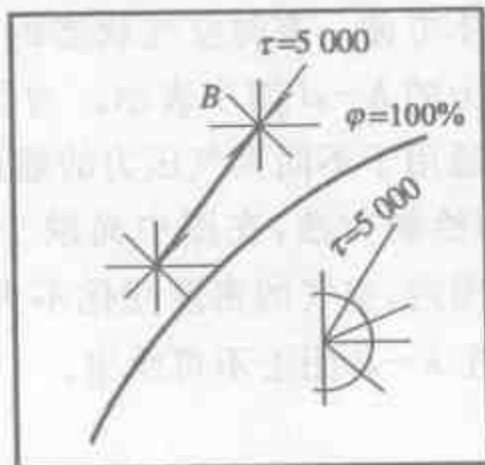


图 2.17 用 ϵ 线确定终状态



例题说明

例 2-4 已知某地大气压力为 101 325 Pa, 空气的初状态参数为 $t_A = 20\text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_A = 60\%$, 确定的初状态为点 A。当空气吸收 $Q = 10\ 000\ \text{kJ/h}$ 的热量和 $W = 2\ \text{kg/h}$ 的湿量后, 含湿量变化为 $d_B = 12\ \text{g/kg}_{\text{da}}$, 求终状态点 B。

解 在大气压力为 101 325 kPa 的 $h-d$ 图上, 按 $t_A = 20\text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_A = 60\%$, 确定出初状态点 A。已知空气所吸收的热量与湿量, 则热湿比

$$\varepsilon = \Delta h / \Delta d = Q / W = 10\ 000 / 2 = 5\ 000$$

根据此值, 在 $h-d$ 图的热湿比标尺上找到相应的 ε 线。然后过 A 点作该线的平行线, 即为空气状态变化过程线。此线与 $d = 12\ \text{g/kg}_{\text{da}}$ 的等含湿量线的交点 B, 就是空气终状态点。

由图可知, 终状态点的状态参数为: $t_B = 28\text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_B = 51\%$, $h_B = 59\ \text{kJ/kg}_{\text{da}}$

2. 大气压力变化对 $h-d$ 图的影响

根据含湿量的计算公式可知, 在不同的大气压力下, 相对湿度相同时, 含湿量 d 值不同, 而且随着大气压力的增加而减少, 随着大气压力的减少而增加, 因此绘出的等相对湿度线也不同, 如图 2.18 所示。计算时, 对于不同的大气压力, 应采用相应的 $h-d$ 图, 否则所得的参数将会有误差。

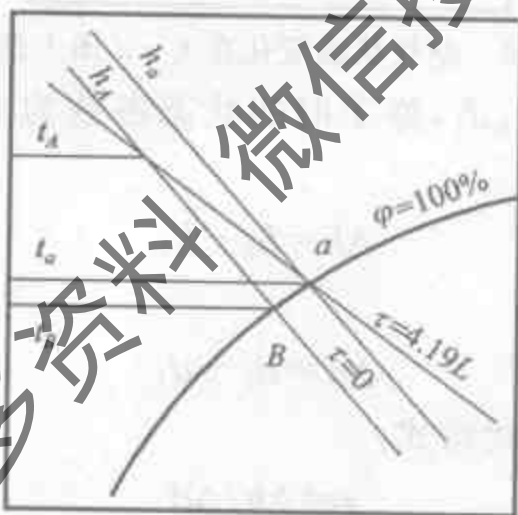


图 2.18 空气的等相对湿度线

但是, 当大气压力相差不大时, 所得结果误差不大, 因而对于不同的大气压力, 采用相同的 $h-d$ 图, 工程上是允许的。

当大气压力变化大时, 就需要若干张 $h-d$ 图。但图的数量终究是有限的, 不可能适用于任何一种压力的情况, 使用上也很不方便。有时空气状态的变化过程是在大气压力变化的条件下进行的, 更无法在确定大气压力的 $h-d$ 图中表示。为了解决上述问题, 可利用有关公式来计算所需要的参数值, 或者参考适用于不同大气压力的通用焓湿图。这里不详细介绍了。

上面介绍了 $h-d$ 图的组成和绘制方法, 在图中尚缺少空气的另一参数——密度(或比容)的等值线。这是因为在空调范围内, 空气的密度变化不大, 一般在 $1.1 \sim 1.3\ \text{kg/m}^3$ 之间, 在计算中常取为 $1.2\ \text{kg/m}^3$, 因而在 $h-d$ 图上不再绘出。

3. 干、湿球温度和露点温度

(1) 干、湿球温度在空调运行中, 经常使用干、湿球温度计来测量空气的温湿度。干湿球温度计由两支相同的温度计组成。其中一支的感温包裹上脱脂棉纱布, 纱布的下端浸入盛有蒸

馏水的玻璃小杯中,在毛细作用下纱布经常处于湿润状态,将此温度计称为湿球温度计。使用时,在热湿交换达到平衡,即稳定的情况下,所测得的读数称为空气的湿球温度;另一支未包纱布的温度计相应地称为干球温度计,它所测得的温度称为空气的干球温度,也就是实际的空气温度。以后分别用 t 和 t_s 表示空气的干球温度和湿球温度。

湿球温度计的读数,实际上反映了湿纱布上水的温度。但是,值得注意的是,并不是任一读数都可以认为是湿球温度,只有在热湿交换达到平衡,即稳定条件下的读数才称之为湿球温度 t_s 。

(2) 湿球温度在 $h-d$ 图上的表示。当空气流经湿球时,由于空气和水之间存在热湿交换现象,而在湿球周围形成了一层与水温相等的薄饱和空气层。设该饱和空气状态为 B ,原空气状态为 A 。空气状态由 A 变为状态 B 的过程中,传给水的热量又由水以潜热的形式带了回来,因而空气焓值基本不变, $A-B$ 可近似认为是等焓过程。在焓湿图上由 A 点作等焓线与 $\varphi=100\%$ 的饱和线相交得 B 点,该点的温度即是湿球温度 t_s ,如图 2.19 所示。

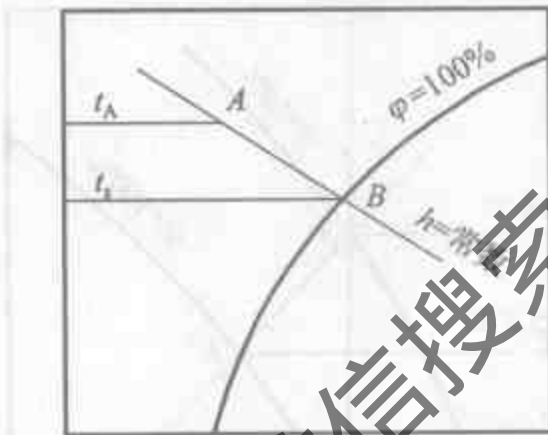


图 2.19 湿球温度在 $h-d$ 图上近似表示

但是严格地说,空气的焓值并非完全不变,而是略有增加。这主要是因为在水蒸发到空气中去的过程中,除带进汽化热外,还带进水本身的液体热,因而使空气的焓值增加。但是在空气调节过程中,一般 t_s 不大于 30°C , $\epsilon=4.19t_s$ 的等湿球温度线与 $\epsilon=0$ 的等焓线非常接近,而且当 $t_s=0^\circ\text{C}$ 时,两线完全重合,因此以等焓线代替等相对湿度线在工程上是允许的。

(3) 露点温度空气的饱和含湿量随着空气温度的下降而减少。现将不饱和状态的空气 A 沿等含湿量线冷却,如图 2.20 所示。随着空气温度的下降,对应的饱和含湿量减少,而实际含湿量并未变化,因此空气相对湿度增大。当温度下降至 t_l 时,相对湿度达 100% ,这时空气本身的含湿量也已饱和,如再继续冷却,则会有凝结水产生。由此可见, t_l 为空气结露与否的临界温度。空气沿等含湿量线冷却至饱和时所对应的温度即为露点温度,饱和点 C 称为露点。显然,空气的露点仅取决于空气的含湿量,当含湿量不变时,露点温度亦为定值。

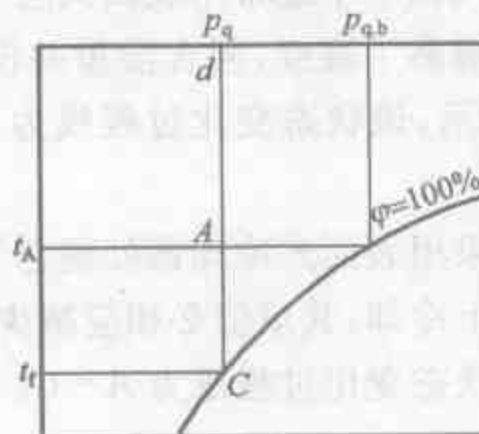


图 2.20 露点温度在 $h-d$ 图上表示法

由于含湿量和水蒸气的分压力呈对应关系,因此露点温度也可理解为饱和水蒸气分压力

所对应的温度。

在空气调节中,常用等湿冷却将空气温度降至露点,在进一步使水蒸气凝结,从而达到干燥空气的目的。



例题说明

例 2-5 已知某地大气压力为 101 325 Pa, 温度 t 为 20 °C, 相对湿度 φ 为 60%, 求空气的湿球温度与露点温度。

解 在 $h-d$ 图上(图 2.21), 按 $t=20$ °C, $\varphi=60\%$ 确定空气状态点 A, 过 A 点引等焓线 ($h=42.54$ kJ/kg_{da}) 与 $\varphi=100\%$ 线相交得 B 点, B 点的温度即为空气状态 A 点的湿球温度, 由图可得湿球温度 $t_s=15.2$ °C。

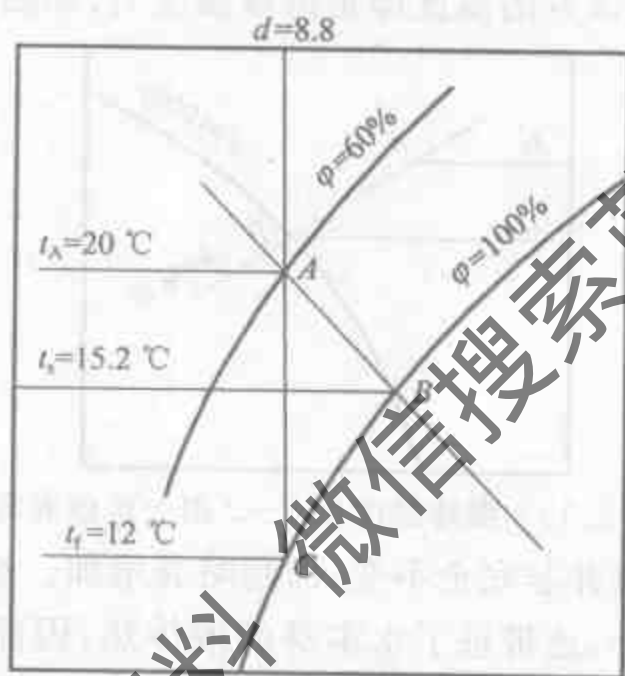


图 2.21 湿球温度与露点温度的确定

过 A 点引等含湿量线 ($d=8.0088$ kJ/kg_{da}) 与 $\varphi=100\%$ 线相交得 C 点, C 点的温度即为空气状态 A 点的露点温度, 由图可得露点温度 $t_t=12.0$ °C。

4. 焓湿图的应用

焓湿图不仅可确定空气的状态及参数, 而且还可显示空气状态的变化过程, 其变化过程的方向和特征可用热湿比 ϵ 表示。

图 2.22 所示描述了几种典型的空气状态变化过程。

(1) 等湿(干式)加热过程。空气调节中经常用表面式空气加热器或电加热器来处理空气。当空气通过加热器时获得了热量, 提高了温度, 但含湿量并没有变化。因此, 空气状态变化是等湿增焓升温过程。如图 2.22 所示, 该状态变化过程线为 A-B。在状态变化过程中 $d_A=d_B$, $h_B>h_A$, 其热湿比 ϵ 为 $+\infty$ 。

(2) 等湿(干式)冷却过程。如果用表面式冷却器处理空气, 且其表面温度比空气露点温度高, 则空气将在含湿量不变的情况下冷却, 其焓值必相应减少。因此, 空气状态变化为等湿、减焓、降温过程。如图 2.22 所示, 该状态变化过程线为 A-C。在状态变化过程中 $d_A=d_C$, $h_A>h_C$, 其热湿比 ϵ 为 $-\infty$ 。

(3) 减湿冷却过程。如果用表面式冷却器处理空气, 且其表面温度比空气露点温度低, 或者用温度低于空气露点温度的水处理空气时, 则空气中的水蒸气将凝结为水, 从而使空气减

湿,也即干燥。空气状态变化为减湿冷却过程或冷却干燥过程。如图 2.22 所示,该状态变化过程线为 A-D。在状态变化过程中 $d_A > d_D, h_A > h_D$,其热湿比 $\epsilon > 0$ 。

(4)等焓减湿过程。用固体吸湿剂(如硅胶等)处理空气时,水蒸气被吸附,空气的含湿量降低,空气失去潜热,而得到水蒸气凝结时放出的汽化热使温度增高,但焓值基本没变,只是略微减少了凝结水带走的液体热,空气近似按等焓减湿升温过程变化。如图 2.22 所示,该状态变化过程线为 A-G。在状态变化过程中 $d_A > d_G, h_A = h_G$,其热湿比 $\epsilon = 0$ 。

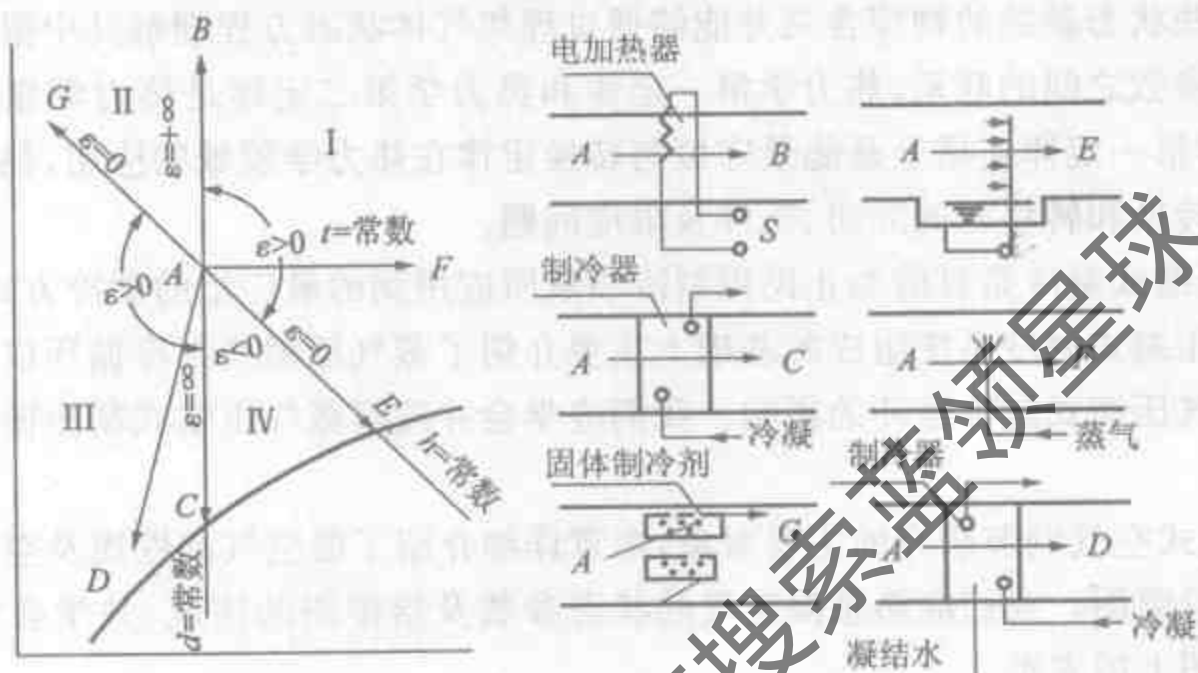


图 2.22 几种典型的空气状态变化过程

(5)等焓加湿过程。用喷水室喷循环水加湿空气时,水吸收空气的热量而蒸发为水蒸气,空气失去显热,温度降低,水蒸气到空气中使其含湿量增加,潜热量也增加。由于空气失去显热,得到潜热,因而空气焓值不变,所以称此过程为等焓加湿过程。由于此过程与外界无热量交换,因此也称此过程为绝热加湿过程。此时,循环水将稳定在空气的湿球温度上。如图 2.22 所示,该状态变化过程线为 A-E。在状态变化过程中 $d_E > d_A, h_A = h_E$,其热湿比 $\epsilon = 0$ 。

此过程和湿球温度计表面空气的状态变化过程相似。严格来讲,空气的焓值也是略有增加的,其增加值为蒸发到空气中水的液体热。但这部分热量很少,因而近似认为绝热加湿过程为一等焓过程。

(6)等温加湿过程。通过向空气喷蒸气来处理空气时,空气中因为水蒸气的增加,其焓和含湿量都将增加,焓的增加值为加入水蒸气的全热量。如图 2.22 所示,该状态变化过程线为 A-F。在状态变化过程中 $d_F > d_A, h_F > h_A$,其热湿比 $\epsilon > 0$ 。

以上介绍了空气调节中六种典型的空气处理过程。由图 2.20 可以看出代表四种过程的 $\epsilon = \pm \infty$ 和 $\epsilon = 0$ 的两条线将焓湿图平面分成四个象限,每个象限内的空气状态变化过程都有各自的特征。具体见表 2.10 所示。

表 2.10 空气状态变化的四个象限及其特征

象 限	热湿比	状态变化的特征
I	$\epsilon > 0$	增焓加湿升温(或等温、降温)
II	$\epsilon < 0$	增焓减湿升温
III	$\epsilon > 0$	减焓减湿降温(或等温、升温)
IV	$\epsilon < 0$	减焓加湿降温



小结

(1) 工程热力学是研究制冷与空调装置所必须要掌握的基础知识,本章主要介绍了工质的状态参数以及热力学的重要定律。工质的状态参数包括温度、压力、比容、内能、焓及熵等,我们应该掌握这些状态参数的物理含义并能够通过理想气体状态方程理解其中温度、压力、比容三个基本状态参数之间的联系;热力学第一定律和热力学第二定律是热力学领域两个最重要的定律,热力学第一定律实质上是能量守恒与转换定律在热力学领域的应用,热力学第二定律则阐述了能量转换和转移时的方向、条件及限度问题。

(2) 蒸气压缩式制冷是目前为止民用制冷领域所应用到的最广泛的制冷方式,本章在介绍制冷剂及蒸气压缩式制冷系统组成的基础上主要介绍了蒸气压缩式制冷循环以及实际工况的变化对单级蒸气压缩式制冷循环的影响。我们应学会并理解蒸气压缩式制冷循环在压-焓图上的表示。

(3) 湿空气式空气调节研究的主要对象,本章详细介绍了湿空气的性质及空气调节工程中经常要用到的焓湿图。我们应熟悉湿空气的状态参数及焓湿图的构成,并学会常见的空气处理过程在焓湿图上的表示。



复习思考题

1. 什么是系统、外界和边界?
2. 如用来测量系统压力的压力表或真空计读数不变,系统压力是否也不变?
3. 气体常数的数值与什么有关系? 通用气体常数与工质的种类有无关系?
4. 气体吸热后体积一定膨胀,热力学能一定增加,是否正确?
5. 热力学第二定律能否表述为热量不能由低温物体传向高温物体?
6. 制冷剂的选择要求有哪些?
7. 阐述蒸气压缩式制冷系统的基本组成。其循环由哪些过程组成?
8. 单级蒸气压缩式制冷实际循环与理论循环的区别有哪些?
9. 湿空气的状态参数有哪些?
10. 什么是湿空气的干、湿球温度及露点温度?

名称	符号	单位
压力	p	Pa
比容	v	m^3/kg
内能	u	J/kg
焓	h	J/kg

第3章

电冰箱与空调器的组成



学习目标

- 了解压缩机的主要类型并掌握常用制冷压缩机的工作原理及结构特点。
- 掌握换热器的工作原理及应用。
- 了解电冰箱与空调器常用的节流机构。
- 了解电冰箱与空调器常用辅助设备的结构及功用。

采用蒸气压缩式制冷方式的电冰箱与空调器是最常见的制冷与空调装置,通过第2章的学习,我们知道其制冷系统主要由制冷压缩机、冷凝器、节流机构、蒸发器及其他辅助设备等组成。本章将主要介绍电冰箱与空调器的主要组成设备的结构及功用。

第1节 制冷压缩机

随着制冷与空调技术的飞速发展,制冷与空调装置的种类,形式日益增多。制冷压缩机是制冷剂在制冷系统的管路中循环的动力,起着“心脏”的作用,它把来自蒸发器的低温低压制冷剂蒸气压缩成高温高压的制冷剂蒸气并排入冷凝器。因此,可以说压缩机性能的好坏对制冷系统的性能起着至关重要的作用。

一、制冷压缩机的分类

制冷压缩机可以按多种不同的方式进行分类,较为常见的分类有如下几种:

1. 按工作原理分类

根据制冷压缩机的工作原理,压缩机可分为以下两大类:

(1)容积型压缩机。容积型压缩机是用机械的方法使密闭容器的容积变小,从而使气体压缩而增加其压力的机器,包括往复式活塞式和回转式。

往复式活塞式压缩机是应用最为广泛的压缩机之一,它是依靠活塞的往复运动来压缩气缸内的气体的,通常它是通过曲轴连杆机构把原动机的旋转运动转变为活塞的往复运动的。

回转式压缩机是依靠气缸内的转子旋转时产生容积的变化,从而使气体压缩而增加其压力的机器。根据转子不同,对于回转式制冷压缩机来说,由于旋转的转子不同,结构形式也多种多样,其中应用最广泛的有螺杆式、刮片式、滑片式。螺杆式制冷压缩机是依靠置于机壳内带有螺旋槽的阴阳转子的啮合运动旋转,造成螺旋形齿间容积的不断变化,从而实现气体的吸

入、压缩及排出的。

(2)速度型压缩机。速度型压缩机是用机械的方法使流动的气体获得很高的流速,然后在扩张的通道内使气体流速减小,让气体的动能,转化为压力能从而提高气体压力的机器。

这一类压缩机有离心式制冷压缩机、轴流式制冷压缩机等。离心式制冷压缩机工作时,系统内的气体在高速旋转的叶轮的推动下,不但获得了很高的速度,并且在离心力的作用下,沿着叶轮半径方向被甩出,然后进入截面逐渐扩大的扩压器,在那里气体的速度逐渐下降而压力随之提高。

2. 按压缩的制冷剂分类

按采用的制冷剂来分,制冷压缩机一般分为氨制冷压缩机、氟里昂制冷压缩机及无氟制冷压缩机。

顾名思义,氨制冷压缩机即是压缩氨制冷剂的压缩机;氟里昂制冷压缩机即是压缩氟里昂制冷剂的压缩机;无氟制冷压缩机即是压缩无氟制冷剂(R123、R134a等)的压缩机。

3. 按工作的蒸发温度范围分类

按压缩机工作的蒸发温度范围不同,制冷压缩机一般分为高温制冷压缩机、中温制冷压缩机及低温制冷压缩机,具体如下:

高温制冷压缩机:工作的蒸发温度范围为 $-10\sim 0^{\circ}\text{C}$ 的压缩机。

中温制冷压缩机:工作的蒸发温度范围为 $-15\sim -10^{\circ}\text{C}$ 的压缩机。

低温制冷压缩机:工作的蒸发温度范围为 $-20\sim -15^{\circ}\text{C}$ 的压缩机。

4. 按密封结构形式分类

按压缩机的密封结构形式不同,制冷压缩机一般分为开启式制冷压缩机、封闭式制冷压缩机,具体如下:

开启式压缩机:曲轴功率输入端伸出机体之外,并通过传动装置和原动机相连,其结构如图3.1所示。

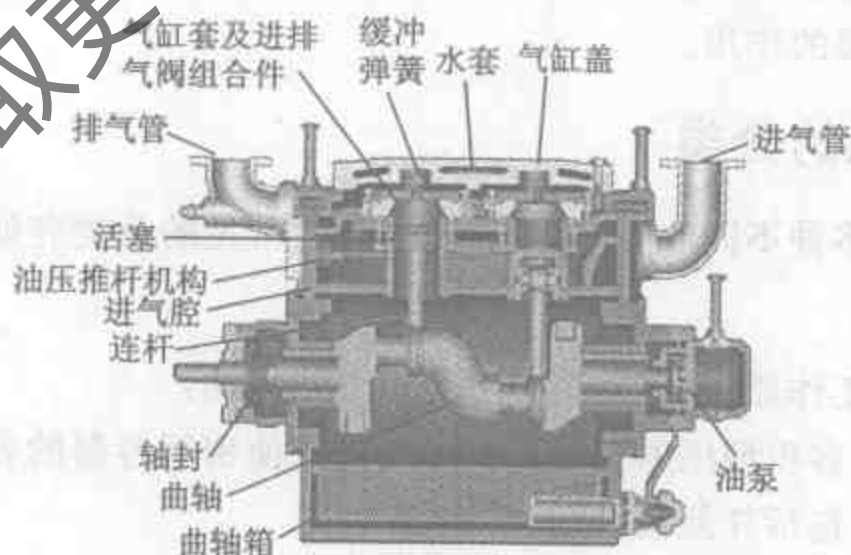


图 3.1 开启式压缩机

封闭式压缩机:压缩机和电动机装在同一个机壳内,并共用一根主轴。封闭式压缩机又分为半封闭式和全封闭式两种。半封闭式压缩机的机体密封面以阀兰连接,可拆修,其结构如图3.2所示;全封闭式压缩机的机壳为焊死结构,原则上不可拆修,其结构如图3.3所示。

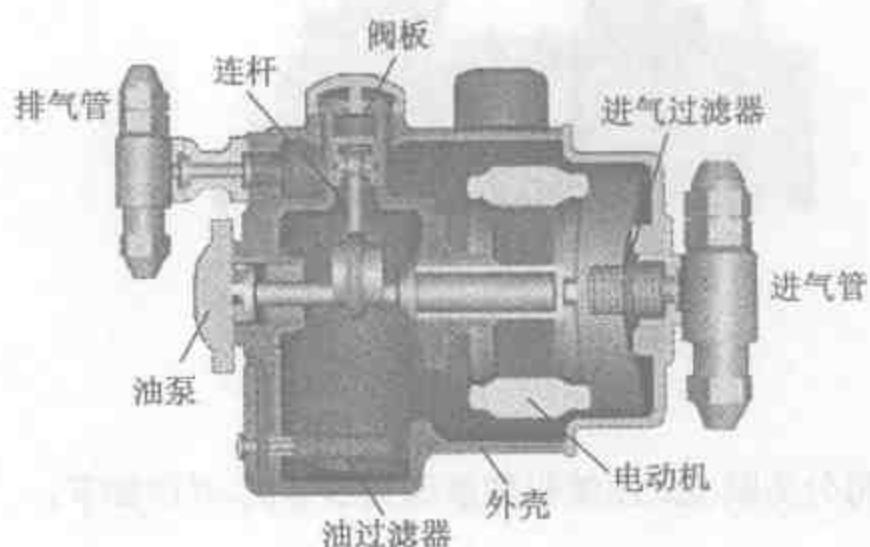


图 3.2 半封闭式压缩机

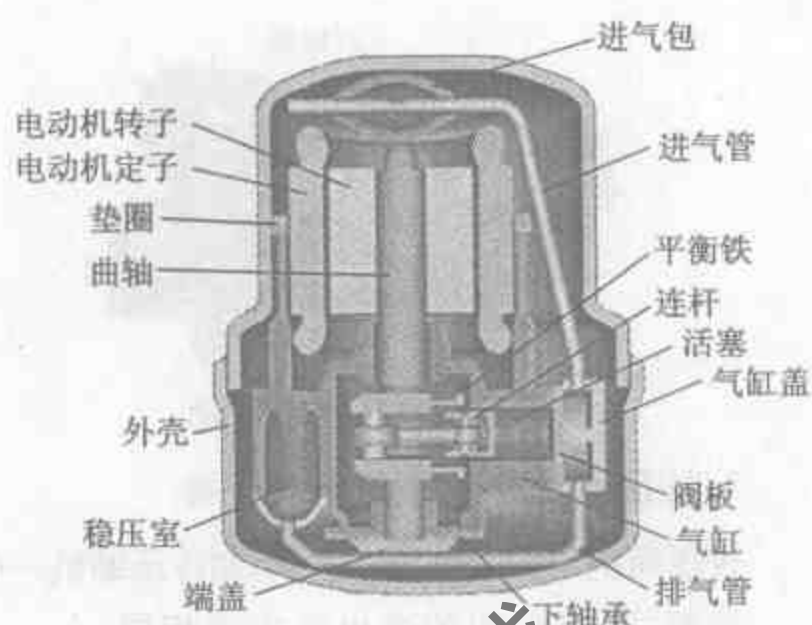


图 3.3 全封闭式压缩机

5. 按制冷量大小分类

按压缩机的制冷量大小不同,制冷压缩机一般分为大型制冷压缩机、中型制冷压缩机、小型制冷压缩机和微型制冷压缩机,具体如下:

大型:标准工况(制冷压缩机的工作指的是决定其理论循环的温度条件,后文将详细叙述)制冷量在 580 kW 以上的压缩机。

中型:标准工况制冷量在 58~580 kW 之间的压缩机。

小型:标准工况制冷量在 58 kW 以下的压缩机。

微型:标准工况制冷量在 5.8 kW 以下的压缩机。

6. 按压缩级数分类

按压缩机压缩的级数不同,制冷压缩机一般分为单级压缩机,多级(包括两级)压缩机,具体如下:

单级压缩机:制冷剂从蒸发器到冷凝器在机体内经过一次压缩。

多级压缩机:制冷剂从蒸发器到冷凝器在机体内经过两次(或以上)压缩。两级压缩机又可分为单机双级压缩机和双机双级压缩机(又称配组双级压缩机)。

7. 按压缩机转速分类

按压缩机转速不同,制冷压缩机一般分为低速压缩机,中速压缩机和高速压缩机,具体如下:

低速压缩机:转速在 500 r/min 以下的压缩机。

中速压缩机:转速在 500~900 r/min 之间的压缩机。

高速压缩机:转速在 900 r/min 以上的压缩机。

8. 按压缩机的传动方式分类

按压缩机的传动方式不同,制冷压缩机一般可分为直接传动压缩机和间接传动压缩机,具体如下:

直接传动压缩机:压缩机和电机之间通过联轴器来传递动力,如图 3.4 所示。

间接传动压缩机:压缩机和电机之间通过皮带(如图 3.5 所示)或减速齿轮来传递动力。



图 3.4 直接传动



图 3.5 间接传动

9. 按压缩机的制冷剂流向分类

按压缩机的制冷剂流向不同,制冷压缩机一般可分为顺流式压缩机和逆流式压缩机,具体如下:

顺流式:气缸中的进出气方向相同。

逆流式:气缸中的进出气方向相反,目前使用较多。

二、活塞式制冷压缩机

1. 活塞式制冷压缩机的相关概念

(1)压缩机转速 n 。压缩机曲轴在单位时间内的旋转周数称为压缩机转速,通常以压缩机曲轴在 1 min 内的转数为计量单位(r/min)。

(2)止点。活塞在气缸内作往复运动时的两个极端位置称为止点。向上移动的极端位置称为活塞的上止点,向下移动的极端位置称为活塞的下止点。

(3)活塞行程 S 。活塞运行在上下两个止点间(即上止点和下止点)的距离称为活塞行程。它等于曲轴连杆轴部分旋转直径长度。对应一个活塞行程,曲轴旋转 180° 。

(4)气缸直径 D 。气缸直径即气缸的内圆直径,单位一般用 mm。我国中小型单级活塞式压缩机按气缸直径(mm)可分为五个系列:50,70,100,125,170。如 125 系列即指气缸直径为 125 mm 的活塞式压缩机。

(5)工作容积 V_p 。气缸的工作容积(也即气缸排量)即活塞在从一个止点到另一个止点(上止点和下止点)间运动时所扫过的容积,也即活塞行程与气缸截面积的乘积。

(6)余隙容积 V_c 。活塞处在上止点位置时与气缸(头、底)间的容积。由于余隙容积的存在,使压缩机的实际吸入容积小于气缸工作容积。压缩机在以下几个部位存在着余隙容积:

- 1)活塞运动排气行程终了时,其端面与气缸端面之间的间隙;
- 2)气缸镜面与活塞外圆(从端面到第一道活塞环)之间的间隙;
- 3)由于气阀至气缸容积的通道所形成的容积。

气阀本身所具有的容积,如阀座的通道、弹簧孔等(通道容积所占比例最大,环形间隙其值甚微)压缩机的余隙容积,有的是结构上的需要,有的是难以避免的。如活塞运动到排气终了位置时,其端面与气缸端面之间的间隙,主要是考虑到以下几个因素:

1)活塞周期运动时,由于摩擦和压缩气体时产生热量,使活塞受热膨胀,产生径向和轴向的伸长,为了避免活塞与气缸端面发生碰撞事故及活塞与缸壁卡死,故用余隙容积来消除。

2)对压缩含有水滴的气体,压缩时水滴可能集结。对于这种情况,余隙容积可防止由于水不可压缩性而产生的水击现象。

3)制造精度及零部件组装,与要求总是有偏差的。运动部件在运动过程中可能出现松动,

使结合面间隙增大,部件总尺寸增长。

有关气阀到气缸容积的通道所形成的余隙容积,主要是由于气阀布置所难以避免的。在压缩机工作时,余隙容积使进气阀吸入的气体体积减少了,相应排气量降低了,所以在设计气缸时,要预先考虑到余隙容积对排气量的影响。设计压缩机时,在考虑到生产率、制造、装配和安全运转等情况下,应尽量使余隙容积小些。但有时为了调整活塞力,相应加大些余隙容积,这在设计对动式压缩机时,也是经常碰到的。

(7)相对余隙容积 C 。余隙容积 V_c 与气缸工作容积 V_p 之比称为相对余隙容积,即

$$C = \frac{V_c}{V_p} \times 100\%$$

相对余隙容积的存在对压缩机的工作过程不利,它使压缩机的吸气量减少,气缸工作容积的利用率降低。目前中、小型活塞式制冷压缩机的相对余隙容积值 C 约为 2%~6%。

(8)输气量。输气量即单位时间内从低压端输送到高压端的制冷剂蒸气的量。通常有容积输气量和质量输气量两种表示方式。

容积输气量即单位时间内从低压端输送到高压端的制冷剂蒸气折算到吸气状态下的容积;质量输气量即单位时间内从低压端输送到高压端的制冷剂蒸气的质量。

(9)制冷压缩机工况。制冷压缩机工况指的是决定其制冷循环的温度条件,是比较和评估制冷机性能的基础。工况是由采用的制冷剂种类和制冷工作的温度条件(蒸发温度、吸气温度、冷凝温度、过冷温度等)组成。

我国上世纪 80 年代以前的工况标准主要有“标准工况”“空调工况”,另外为考查压缩机的强度和电动机的工作,还规定有最大压差工况和最大功率工况,如表 3.1~3.3 所示。

表 3.1 开启式制冷压缩机工况

工况种类	工作温度	制冷剂		
		R717	R12	R22
标准工况	冷凝温度 $t_k / ^\circ\text{C}$	30	30	30
	蒸发温度 $t_q / ^\circ\text{C}$	-15	-15	-15
	过冷温度 $t_{l,c} / ^\circ\text{C}$	25	25	25
	吸气温度 $t_{i,h} / ^\circ\text{C}$	-10	15	15
空调工况	冷凝温度 $t_k / ^\circ\text{C}$	40	40	40
	蒸发温度 $t_q / ^\circ\text{C}$	5	5	5
	过冷温度 $t_{l,c} / ^\circ\text{C}$	35	35	35
	吸气温度 $t_{i,h} / ^\circ\text{C}$	10	15	15
最大功率工况	冷凝温度 $t_k / ^\circ\text{C}$	40	50	50
	蒸发温度 $t_q / ^\circ\text{C}$	-20	-30(-8)	-30
	过冷温度 $t_{l,c} / ^\circ\text{C}$	40	40	40
	吸气温度 $t_{i,h} / ^\circ\text{C}$	-15	0(15)	15
最大压差工况	冷凝温度 $t_k / ^\circ\text{C}$	40	50	40
	蒸发温度 $t_q / ^\circ\text{C}$	5(0)	10	5
	过冷温度 $t_{l,c} / ^\circ\text{C}$	40	50	40
	吸气温度 $t_{i,h} / ^\circ\text{C}$	10(5)	15	15

注:括号内的数字相当于最大压差 $\leq 980 \text{ kPa}$ 或最高蒸发温度为 0°C 的压缩机工况。

表 3.2 我国半封闭式制冷压缩机工况

制冷剂	类型	工况	蒸发温度 t_e /℃	吸气温度 $t_{i,h}$ /℃	冷凝温度 t_k /℃	
R22	高温用	空调工况	0	15	40	
		最大压差工况	风冷	5	15(3)	55
			水冷	-20	15(3)	46
		最大轴功率工况	风冷	10	15	55
			水冷	5	15	46
		低温用	标准工况	-15	15	30
	最大压差工况		-30	0(-22)	46	
	最大轴功率工况		-5	15	46	
	R12	高温用	空调工况	5	15	40
最大压差工况			风冷	5	15(3)	60
			水冷	-15	15	60
最大轴功率工况			风冷	10	15	60
			水冷	5	15	46
低温用			标准工况	-15	15	30
		最大压差工况	-30	0(-22)	50	
		最大轴功率工况	-5	15	50	
R502		低温用	标准工况	-15	15	30
	最大压差工况		-35	0	46	
	最大轴功率工况		-5	15	46	

注：当制冷压缩机排气温度和电机绕组温升超过规定值时，允许采用括号内的吸气温度数值。

表 3.3 我国全封闭式制冷压缩机工况

制冷剂	类型	工况	蒸发温度 t_e ℃	冷凝温度 t_k ℃	吸气温度 $t_{i,h}$ ℃	过冷温度 $t_{i,c}$ ℃
R22	高温用	空调工况	5	40/55	15	35/50
		最大压差工况	-5	50	15(3)	45
		最大轴功率工况	10	55	15	50
R502	低温用	空调工况	-15	30	15	25
		最大压差工况	-30	45	0(-22)	40
		最大轴功率工况	-5	45	15	40
R502	低温用	标准工况	-15	30	15	25
		最大压差工况	-30	50	0(-22)	45
		最大轴功率工况	-5	50	15	45

新标准对各种形式的制冷压缩机规定了三种名义工况(是确定压缩机和压缩机组名义制冷量的工况即铭牌工况,用来标示和比较压缩机和压缩机组的制冷量。),即:高温用工况,中温用工况,低温用工况,如表 3.4~3.6 所示。

表 3.4 全封闭活塞式制冷压缩机名义工况

使用温度	制冷剂	冷凝温度 t_k ℃	蒸发温度 t_e ℃	过冷温度 $t_{i,c}$ ℃	吸气温度 $t_{i,h}$ ℃	环境温度 ℃
高温	R22	54.4	7.2	46.1	35	35±3
低温	R22、R12、R502	30	-15	25	15	35±3

表 3.5 小型活塞式单级制冷压缩机名义工况

使用温度	制冷剂	吸入压力饱和 温度/℃	吸入温度 /℃	排出压力饱和 温度/℃	制冷剂液体 温度/℃
高温	R12	7	18	49	44
	R22				
中温	R12	-7	5	43	38
	R22				
低温	R12	-23	5	43	38
	R22				
	R502				

表 3.6 中型活塞式单级制冷压缩机名义工况

使用温度	制冷剂	吸入压力饱和 温度/℃	吸入温度 /℃	排出压力饱和温度/℃		制冷剂液体温度/℃	
				低冷凝压力时	高冷凝压力时	低冷凝压力时	高冷凝压力时
高温	R12	7	18	43	55	38	50
	R22						
中温	R12	-7	1	35	55	30	50
	R22						
	R717						
低温	R12	-23	-15	35	55	30	50
	R22						
	R502						
	R717						

另外,相关标准还规定了考核工况(是考核压缩机和压缩机组性能指标的工况。在此工况下,压缩机和压缩机组按规定条件进行试验,并作为性能比较的基准性能工况。),如表 3.7、3.8 所示。合格的制冷压缩机应符合国家有关部门规定的考核工况值。

1)制冷压缩机的标准工况指的是制冷压缩机在一种特定工作温度条件下的运转工况。

2)制冷压缩机的空调工况指的是制冷压缩机用于空调时,在其特定工作温度条件下的运转工况。

3)制冷压缩机的最大压差工况指的是制冷压缩机能够产生最大压力差(冷凝压力与蒸发压力之差)时的工况。

4)制冷压缩机的最大功率工况指的是制冷压缩机在最大功率状态下运转的工况。

表 3.7 中型制冷压缩机和压缩机组考核工况

使用温度	制冷剂	吸入压力饱和温度/℃	吸入温度/℃	排出压力饱和温度/℃		制冷剂液体温度/℃	
				低冷凝压力时	高冷凝压力时	低冷凝压力时	高冷凝压力时
高温	R12	5		40		35	
	R22						
中、低温	R12	-15	15	30		25	45
	R22						
	R502						
	R717						
			-10				

表 3.8 小型制冷压缩机和压缩机组考核工况

使用温度	制冷剂	吸入压力饱和温度/℃	吸入温度/℃	排出压力饱和温度/℃	制冷剂液体温度/℃
高温	R12	5		40	35
	R22				
中温	R12	-15	15	30	25
	R22				
低温	R12	-15		30	25
	R22				
	R502				

2. 活塞式压缩机的分类

目前为止,活塞式制冷压缩机仍然是制冷空调领域应用最广泛的制冷压缩机之一,它已从气缸直径为 50 mm,70 mm,100 mm,125 mm,170 mm 等系列的中小型压缩机,发展到气缸直

径为 250 mm 及以上的大型压缩机,从开启式活塞式制冷压缩机发展到半封闭式及全封闭式活塞式制冷压缩机。活塞式压缩机分类的方法很多,除可按上述制冷压缩机的部分分类方式进行分类外,还有如下几种分类方法:

(1)按压缩机气缸的不同布置方式分类。按压缩机的气缸位置(气缸中心线)可将活塞式压缩机分为:

卧式压缩机:气缸均为横卧的(气缸中心线成水平方向),如图 3.6(a)所示。

立式压缩机:气缸均为竖立布置的(直立压缩机)如图 3.6(b)所示。

角度式压缩机:气缸布置 V 型[如图 3.6(c)所示]、W 型[如图 3.6(d)所示]、Y 型[如图 3.6(e)所示]和 S 型[如图 3.6(f)所示]等不同角度。

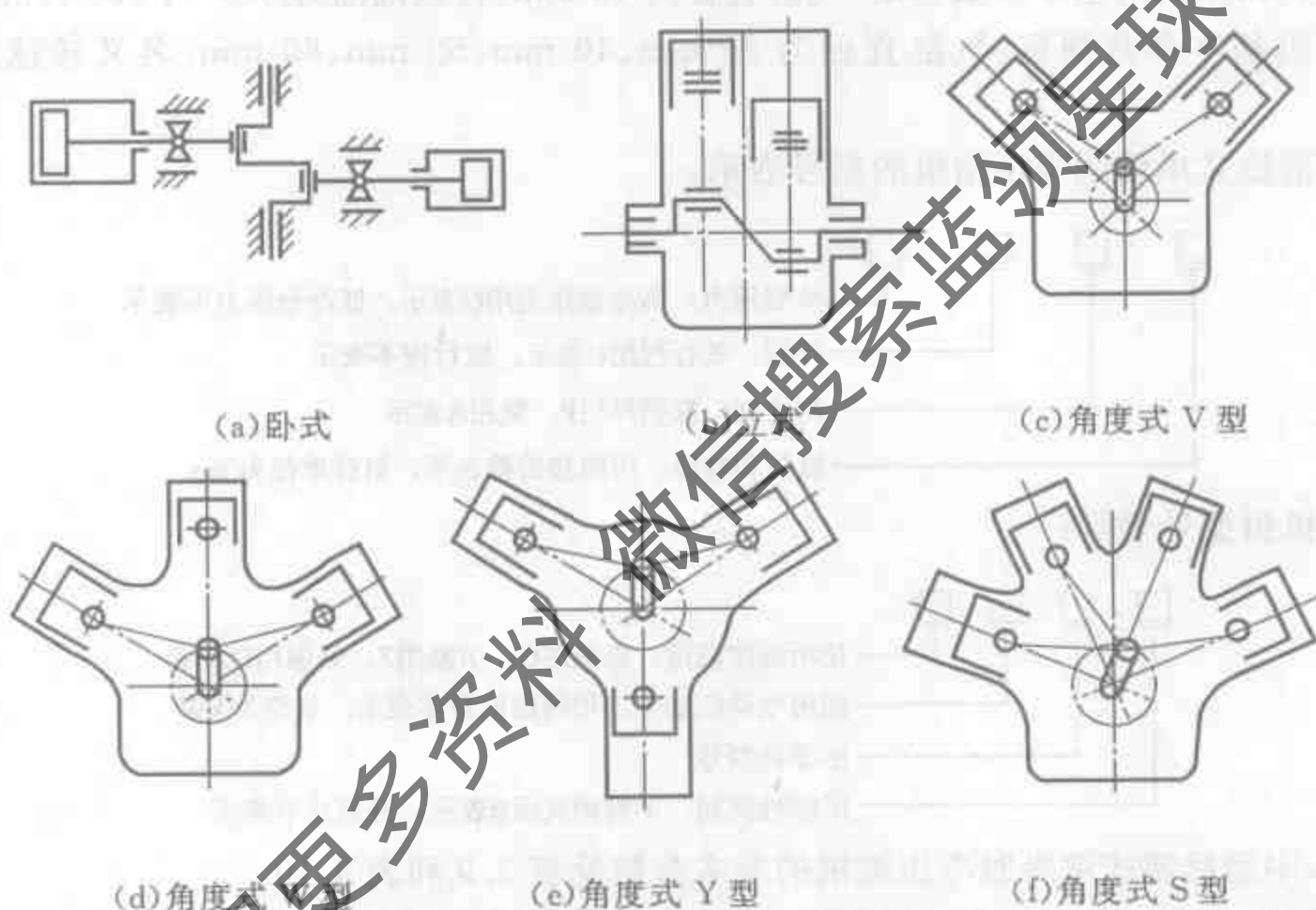


图 3.6 活塞式压缩机气缸的不同布置方式

(2)按气缸级数(级数)分类。按压缩机气缸段数(级数)可将活塞式压缩机分为:

单段压缩机(单级):气体在气缸内进行一次压缩。

多段(含两段)压缩机(多级):气体在气缸内进行多次(含两次)压缩。

(3)按气缸的排列方法分类。按气缸的排列方法可将活塞式压缩机分为:

串联式压缩机:几个气缸依次排列于同一根轴上的多段压缩机,又称单列压缩机。

并列式压缩机:几个气缸平行排列于数根轴上的多级压缩机,又称双列压缩机或多列压缩机。

复式压缩机:由串联和并联式共同组成多段压缩机。

对称平衡式压缩机:气缸横卧排列在曲轴轴颈互成 180° 的曲轴两侧,布置成 H 型,其惯性力基本能平衡。目前,大型压缩机都在朝这一方向发展。

(4)按活塞的压缩动作分类。按活塞的压缩动作可将活塞式压缩机分为:

单作用压缩机:气体只在活塞的一侧进行压缩又称单动压缩机。

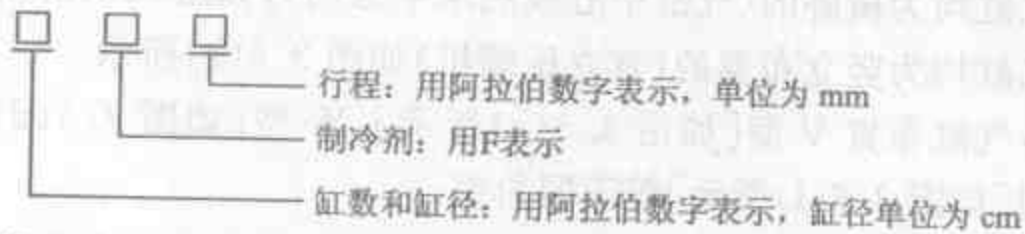
双作用压缩机：气体在活塞的两侧均能进行压缩又称复动或多动压缩机。

多缸单作用压缩机：利用活塞的一面进行压缩，而有多多个气缸的压缩机。

多缸双作用压缩机：利用活塞的两面进行压缩，而有多多个气缸的压缩机。

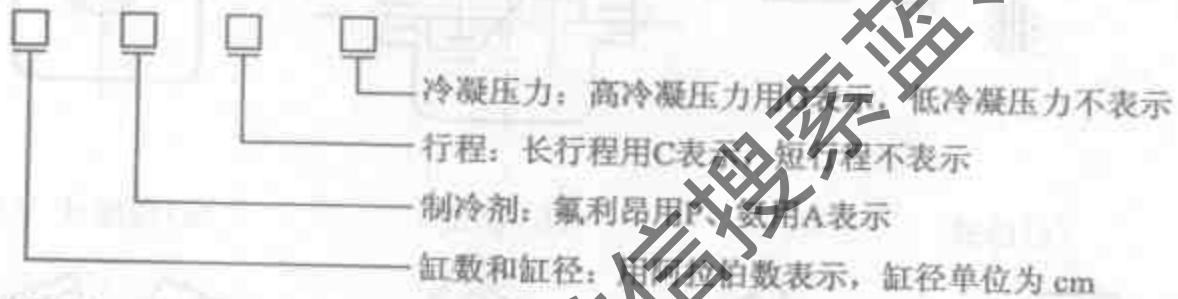
3. 活塞式压缩机的型号及基本参数

按 GB10871—1989 规定，小型活塞式单级制冷压缩机的型号表示如下：

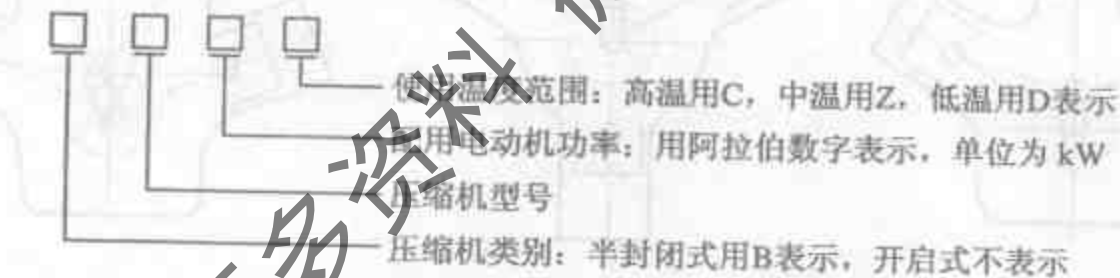


开启式压缩机的基本参数规定：气缸直径为 60 mm、转速范围为 600~1500 r/min。半封闭式压缩机基本参数规定：气缸直径为 30 mm、40 mm、50 mm、60 mm，名义转速为 1440 r/min。

中型活塞式单级制冷压缩机的型号表示：



压缩机组型号表示：



小型、中型活塞式单级制冷压缩机的基本参数见表 3.9 和表 3.10。

目前国内生产厂家在样本等资料上，往往仍沿用老的压缩机型号表示方法，即

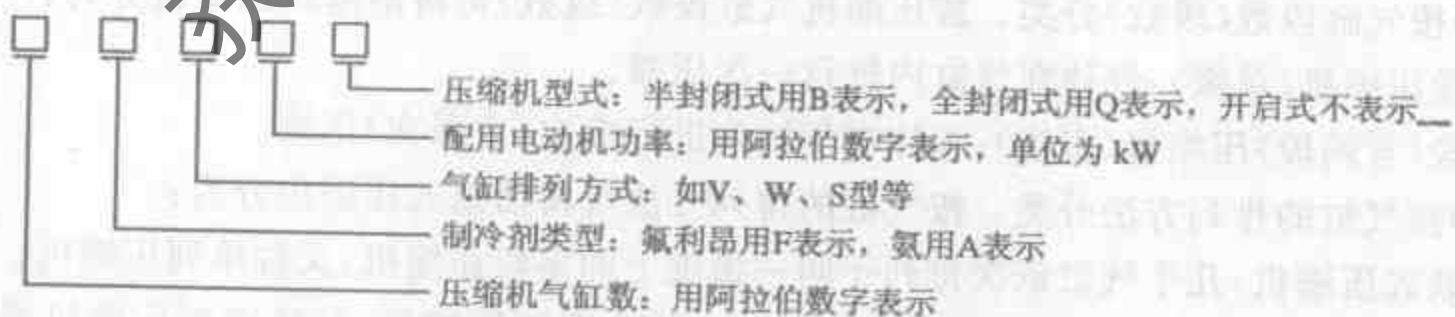


表 3.9 小型活塞式单级制冷压缩机的基本参数

类别	缸径/mm	行程/mm	转速范围/(r·min ⁻¹)
开启式	50,60	44	600~1500
半封闭式	30,40,50,60	44	1440

表 3.10 中型活塞式单级制冷压缩机的基本参数

类别	缸径 mm	行程 mm	转速范围 $r \cdot \text{min}^{-1}$	缸数	容积排量(8缸)			
					最高转速 $r \cdot \text{min}^{-1}$	排量 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	最高转速 $r \cdot \text{min}^{-1}$	排量 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
半封闭式	70	70	1 800~1 000	2,3,4,6,8	1 800	232.6	1 000	129.2
		55				182.6		101.5
开启式	100	100	1 500~750	2,4,6,8	1 500	565.2	750	282.6
		80				452.2		226.1
	125	110	1 200~600		1 200	777.2	388.6	
		100				706.5	353.3	
	170	140	1 000~500		1 000	1 524	500	762.8

4. 活塞式压缩机的工作过程

活塞式制冷压缩机是依靠组成可变工作容积的活塞在往复直线运动来实现工作容积的变化的,如图 3.7 所示。

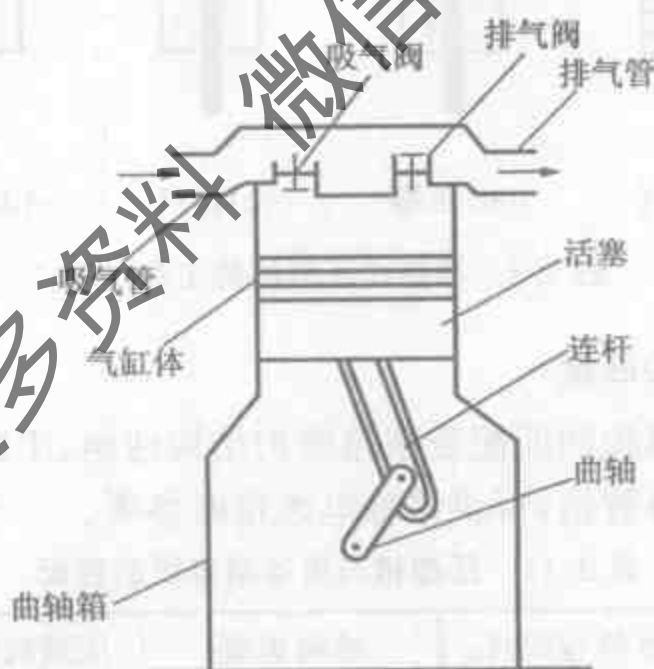


图 3.7 压缩机的曲轴连杆和活塞运动示意图

所谓活塞式制冷压缩机的工作循环,是指活塞在气缸内往复运动一次(相当于曲轴旋转一周),缸内气体经过一系列状态变化,重新实现原始状态所经过的全部历程,具体步骤如下:

(1) 活塞由上止点开始运动。

(2) 活塞在曲柄连杆机构的带动下,向下运动,气缸中密闭容器的容积增大,压力减小,当气缸中压力小于吸气压力时,吸气阀片被顶开,气缸开始进行吸气。

(3) 活塞到达下止点,此时气缸中的压力与吸气腔的压力相等,吸气阀片在自身重力和弹簧力的作用下关闭,吸气结束。

(4) 吸气过程结束后,随着曲轴的旋转,活塞由下止点向上止点方向运动,此时气缸中密闭容器的容积减小,气缸内的制冷剂蒸气受到压缩而压力增大。

(5) 活塞继续向上, 气缸中的容积继续减小, 压力继续增加, 当气缸中的压力超过排气压力时, 排气阀片被顶开, 气缸中的气体排往排气腔, 为排气过程。

(6) 活塞到达上止点, 排气过程结束。排气阀片在自身重力和弹簧力的作用下关闭, 排气结束。

(7) 排气过程结束时, 活塞位于上止点位置。此时, 余隙容积中残留的一部分排不出的高压制冷剂蒸气, 其压力略高于压缩机的排气压力。当活塞从上止点向下止点方向运动时, 该部分制冷剂蒸气即随之膨胀, 压力和温度下降。此时因为气缸内的压力仍大于吸气压力, 故吸气阀仍然关闭, 压缩机并没有吸气。当压力下降到与吸气压力相等时, 膨胀过程结束, 此即完成一个工作循环。此后, 活塞继续向下移动, 吸气过程重复进行。

这一循环工作过程, 我们把它分为吸气、压缩、排气和膨胀四个过程, 如图 3.8 所示。活塞在气缸中每往复运动一次, 即会依次进行吸气、压缩、排气和膨胀过程, 周而复始, 将蒸发器内的低温低压制冷剂蒸气吸入, 压缩成高温高压制冷剂蒸气后排入冷凝器, 从而在制冷系统中建立起压差, 促使制冷剂在制冷系统中循环流动, 达到制冷的目的。

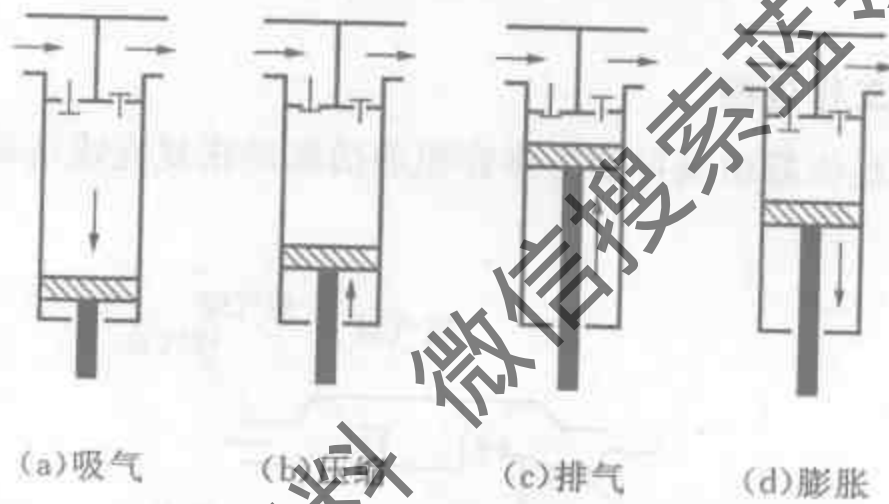


图 3.8 活塞式压缩机的工作过程

5. 压缩机与电冰箱容积的匹配

电冰箱压缩机与电冰箱容积的匹配受冰箱维护结构性能、工况等因素的影响, 目前尚无统一的标准, 表 3.11 提供了部分数据, 可供维修电冰箱时参考。

表 3.11 压缩机与电冰箱容积的匹配

冰箱类型	压缩机功率/W	电冰箱容积/L	冰箱类型	压缩机功率/W	电冰箱容积/L
单 门 电 冰 箱	40~50	50	双 门 电 冰 箱	80~93	100
	50~65	75		93~107	150
	65~80	100		107~125	200
	80	120~150		125~150	250
	93	170~200		150~170	300
	93~107	210~240		187~250	400
	107~125	250~300	250	500	

6. 压缩机输入功率与空调器制冷量的对应关系

空调器中, 压缩机的制冷量越大, 其消耗的功率也就越多; 反之, 压缩机的制冷量越小, 其

消耗的功率也就越小。因此,空调器的规格通常用功率来划分,其对应的关系如表 3.12 所示。

表 3.12 压缩机输入功率与空调器制冷量的对应关系

功率/kW	马力/HP	制冷量/kW
0.56	0.75	1.76~2.05
0.75	1	2.34~3.22
1.12	1.5	3.16~4.40
1.50	2	4.69~5.57
1.87	2.5	5.86~6.74
2.25	3	8.11~9.08

三、全封闭式制冷压缩机

全封闭式制冷压缩机是将整个压缩机电机组支撑在一个密闭的钢制薄壁机壳之中而构成的制冷压缩机。这类压缩机是在开启式、半封闭式压缩机基础上改进后的一种性能较好的压缩机,在结构上与开启式、半封闭式有明显的不同。不论是开启式还是半封闭式压缩机,它们都采用密闭气缸体——曲轴箱机体结构。全封闭式压缩机将气缸体、主轴承座和电动机座结成一刚性机体,大大减轻了质量并缩小了尺寸。制冷工质和润滑油密封在密闭的机壳内。露在外面的只有吸排气管、工艺管和电源接线。全封闭式压缩机提高了机器的密封性,降低了振动和噪声;又因为全封闭式压缩机的电动机浸入低温氟利昂蒸气中,从而改善了电动机的冷却条件,减少了电动机的耗电量,提高了效率。目前为止,几乎所有的家用电冰箱和空调器的压缩机均为全封闭式压缩机。因此,我们将全封闭式压缩机单独列出作详细介绍。全封闭式压缩机主要有往复式、旋转式等类型。往复式压缩机可细分为滑管式、连杆式和电磁振动式三种。

表 3.13 比较了滑管式、连杆式和旋转式压缩机性能,由表 3.13 可见,滑管式适用于 120 W 以下范围小型电冰箱,旋转式适用于 100~300 W 范围大中型电冰箱,而连杆式压缩机适用所有范围电冰箱,维修时可以根据电冰箱具体型号的要求来选择压缩机。

表 3.13 滑管式、连杆式和旋转式压缩机性能比较

类型		滑管式		连杆式		旋转式	
结构分类		曲柄滑管式		曲轴连杆式	曲柄连杆式	滚动活塞式	
结构	滑动副/个	2	1	1	2		
	转动副/个	2	3	4	2		
零件	数量	较多	较多	稍少	约少 1/3		
	精度	要求低	要求较高	要求低	要求高		
设备	数量	多	多	稍少	较少		
	精度	低	较高	略低	高		

1. 往复式活塞式制冷压缩机

往复式活塞式制冷压缩机主要依靠气缸、连杆(或滑管、滑块)和吸、排气阀等组成的机构,将电动机的旋转运动变为活塞的往复运动,从而实现改变制冷剂蒸气容积来完成气体的压缩与传送的过程。

(1) 连杆式压缩机。连杆式压缩机采用单点支撑悬臂结构,通过曲柄轴将电动机的旋转运动变成活塞的往复运动。当电动机带动曲轴旋转时,曲柄轴带动连杆,使活塞产生往复运动。连杆式压缩机具有耐磨损、各部位受力均匀、工作寿命长等优点,因此目前国内部分厂家、日本松下及意大利等国外厂商都使用这种类型的活塞式压缩机。但这种压缩机对部件加工精度要求相对较高,制造工艺较为复杂,其结构和工作过程示意如图 3.9 所示。

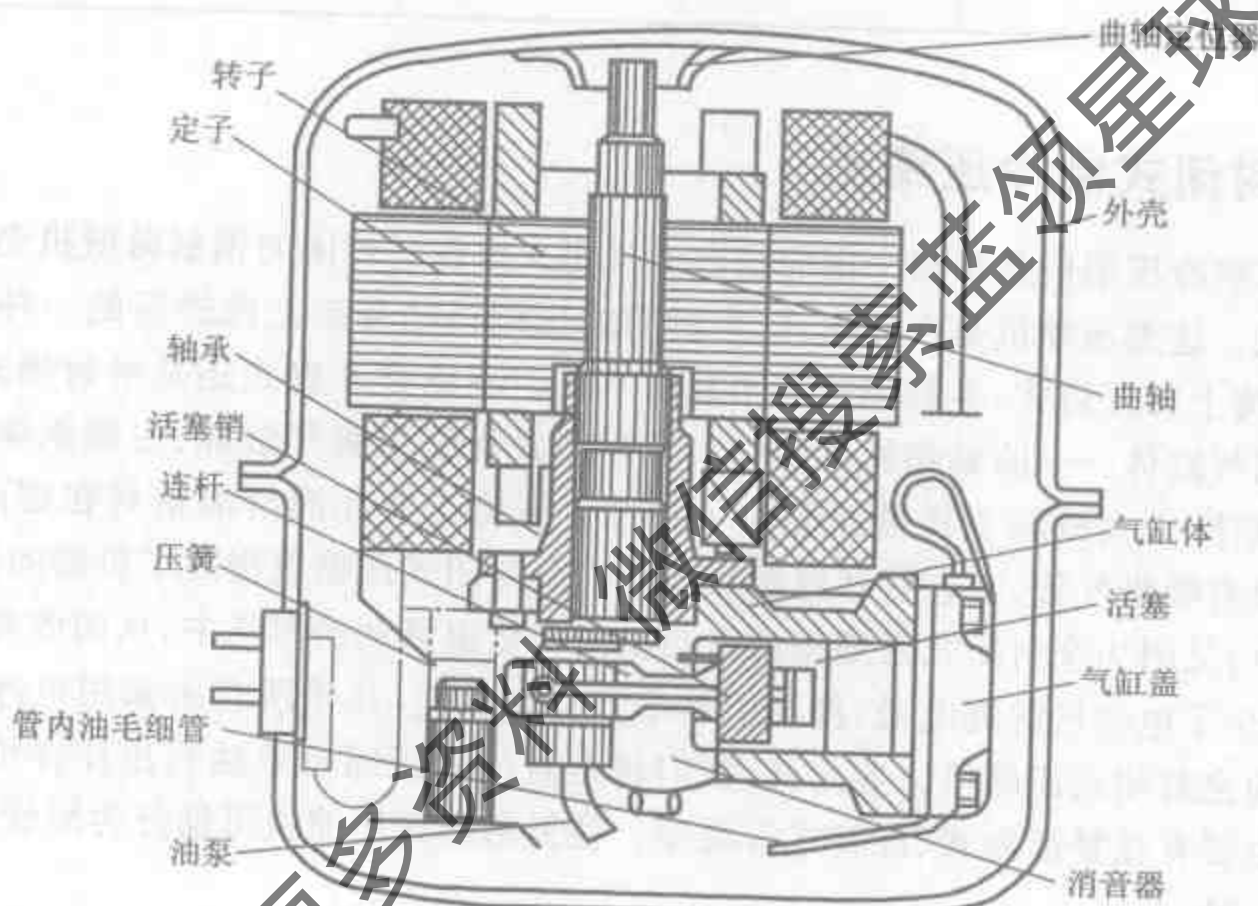


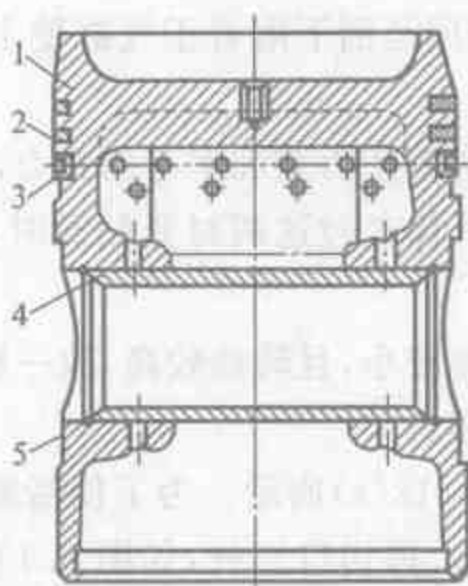
图 3.9 曲柄连杆式压缩机结构图

连杆式压缩机的主要零部件有活塞组、连杆组、曲轴、阀片及气缸等,它们的结构、用途如下:

1) 活塞组。活塞组是活塞、活塞销、活塞环等的总称。活塞组在气缸内做往复运动,在气阀部件的配合下完成吸入、压缩和输送气体的作用。

图 3.10 所示为典型的筒形活塞组部件图。它由活塞、气环、油环、活塞销、弹簧挡圈组成。筒形活塞组件中的活塞结构分顶部、环部和裙部三部分。活塞上部的封闭圆筒部分称为顶部。顶部与气缸及气阀座构成封闭的工作容积。活塞上安放活塞环及油环的部位称为环部。环部以下称裙部,裙部有活塞销座,有的结构中裙部下方还装有刮油环。

为了适应气阀组的结构,以达到减小余隙容积的目的,一般将活塞顶部做成下凹或锥形,如图 3.11(a)所示。图 3.11(b)所示的活塞为平顶,它的加工最为简单。图 3.11(c)所示的活塞顶部局部下凹,这是为了与进气阀凸出气缸部分相适应。为提高活塞顶部的承压能力,有时在活塞顶部的内侧装有加强肋。



1—活塞 2—气环 3—油环 4—活塞销 5—弹簧挡圈

图 3.10 筒形活塞组部件图

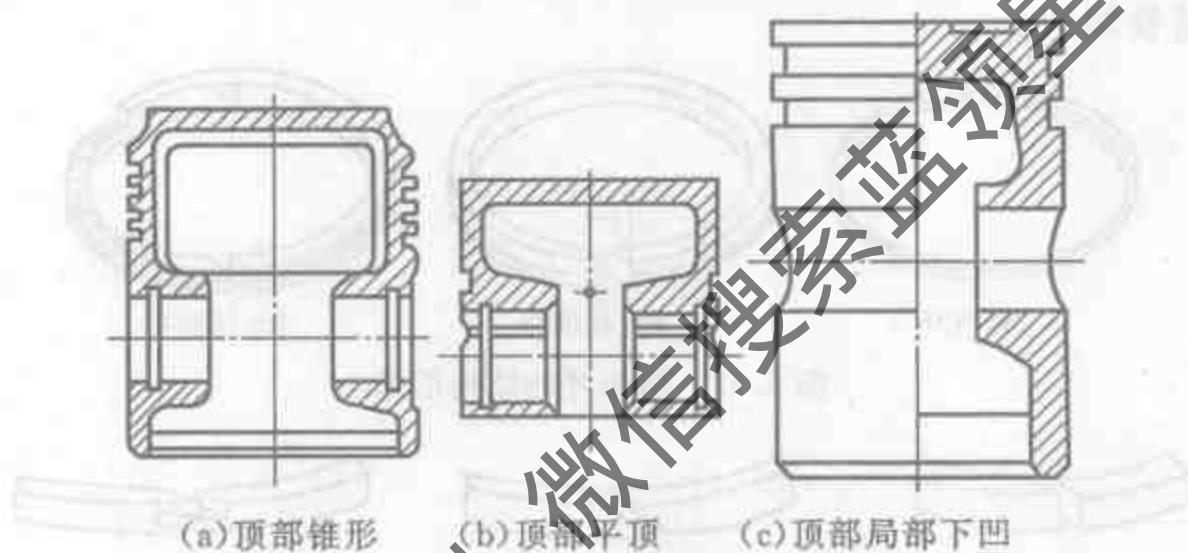


图 3.11 筒形活塞结构图

活塞环部是安放气环和油环的部位。装油环的环槽中钻有回油孔，使油环刮下的油，通过回油孔回到曲轴箱，以减少润滑油的带走数量。小型活塞没有气环和油环，它们通常在活塞外圆车削出一道或几道环槽，以达到密封的作用。

活塞裙部是承受活塞的压力和支撑活塞销的部位。由于销座部分壁较厚，为了避免活塞受热后因膨胀不均匀而影响活塞的正常工作，因而裙部往往做成椭圆状或在销座端的活塞外圆上制成凹陷形状，如图 3.10 所示。对于小型铸铁活塞，因尺寸小，刚度大，热膨胀系数又小，因而也可不必在裙部加工成凹陷状或椭圆状。

活塞的材料一般可采用灰铸铁或铜硅铝合金。因为灰铸铁密度大，而使得活塞运行时惯性大、导热性差，所以近来被铜硅铝合金所取代。铜硅铝合金不仅质量轻，导热性好，而且便于硬模铸造，且具有良好的抗磨性。由于铜硅铝合金的膨胀系数较大，因而在加工时应注意适当放大气缸与活塞之间的间隙。

活塞销用于连接活塞和连杆小头，因为它承受的是交变载荷，所以要求有足够的强度，并要求耐磨、抗疲劳和抗冲击。连杆通过活塞销带动活塞做往复运动。活塞销结构简单，一般制成中空的圆柱体，如图 3.10 中的 4 所示。活塞销可以固定在销座上，也可以允许在销座上有些转动，这样可使活塞销磨损均匀，从而延长使用寿命。活塞销材料一般可采用 20 钢，20 铬钢和 45 钢等，为了防止活塞销轴向位移而伸出活塞时擦伤气缸，销座孔内可以采用软金属塞或采用弹簧挡圈，如图 3.10 中的 5 所示。也有的采用螺钉固定。

活塞环有气环和油环两种。气环的作用是密封气缸的工作容积，防止压缩气体通过气缸

壁处间隙泄漏到曲轴箱。油环的作用是刮下附着于气缸壁上多余的润滑油,并使壁面上油膜分布均匀。

压缩机正常运行时,气环依靠两侧压力差和本身的弹力,使工作面与气缸壁紧贴,另外,环的端面也与槽的一面紧贴。这样,气体经过这两对紧贴面时,便产生很大的节流,起到阻止气体泄漏的作用。

制冷压缩机由于压力较低,压差较小,且转速较高,故一般采用1~2道气环即能满足密封要求。一般,气环下面装有一道油环。

气环的截面均为长方形,如图3.12(a)所示。为了使活塞环本身具有弹性,环中必须有切口。切口形式一般有直切口、斜切口、搭切口三种,如图3.13所示。搭切口防泄漏能力最好,但制造困难,安装时易折断,故一般采用直切口或斜切口,直切口的应用最为广泛。活塞环在安装时,应将各环的切口位置相互错开,这样可以减少气体的泄漏。活塞环一般用灰铸铁或含钼、铬、铜合金铸铁制造。



图 3.12 活塞环的结构形式

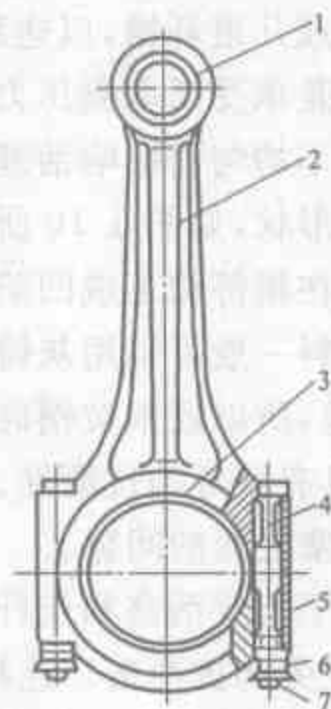


图 3.13 活塞环的切口形式

油环的结构如图3.12(b),(c)所示。图(b)中的结构较简单,在其工作面3/4的高度范围内制成15°左右的锥角,安装时圆锥面向被压缩容积的一边。图(c)中的结构较复杂,但刮油效果较好,中间开槽可增加接触压力并形成两道刮油边缘,槽底钻有若干个排油孔,以利回油。这种结构目前被制冷压缩机广泛采用。

2) 连杆组。连杆组部件如图3.14所示。它是由小头衬套、连杆体、大头轴瓦、连杆螺栓、大头盖、螺母及开口销等组成。连杆有整体式、剖分式两种。

连杆的作用是将曲轴与活塞连接起来,将曲轴的旋转运动变为活塞的往复运动。连杆与曲轴相连的一端称连杆大头,做旋转运动;另一端通过活塞销与活塞相连的部分,称为连杆小头,做往复运动;大头与小头之间称为连杆体,做往复与摆动的复合运动。



1—小头衬套 2—连杆体 3—大头轴瓦
4—连杆螺栓 5—大头盖 6—螺母 7—开口销

图 3.14 连杆组部件图

连杆大头有剖分式和整体式两种。剖分式连杆大头又分为直剖式和斜剖式。直剖式连杆如图 3.14 所示,斜剖式连杆如图 3.15 所示。连杆大头斜剖,可以减少连杆的外缘尺寸,使活塞连杆组件能直接从气缸中取出来,从而使装拆较为方便。这种结构由于加工复杂,远不如直剖式使用广泛。

对剖分式连杆而言,由于连杆大头内孔是与连杆大头盖单配加工完成的,因此它们之间没有互换性,装配时要对方向记号,并由定位装置来确保大头内圆的正确形状。连杆大头剖分面的定位可以采用凸肩、定位销钉或连杆螺栓定位,其中以螺栓定位应用最为普遍,如图 3.14 所示。

整体式连杆仅用于曲柄轴或偏心轴结构的压缩机中,为小型封闭式压缩机广泛采用。其结构如图 3.16 所示。连杆大头孔内一般都装有轴瓦,它有厚壁与薄壁之分。薄壁轴瓦在承压、装配、修理、制造成本等方面均较为优越。薄壁轴瓦是在低碳钢的瓦背,覆以耐磨轴瓦合金,覆盖层厚度约 $0.3\sim 1\text{ mm}$ 。

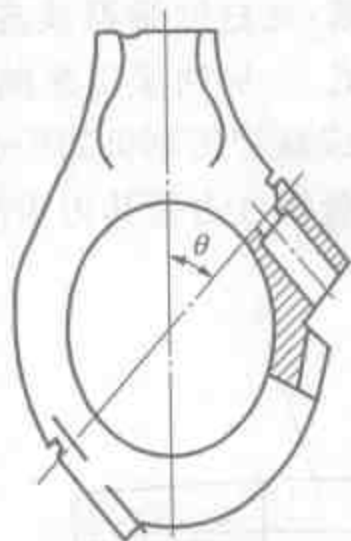


图 3.15 斜剖式连杆大头结构

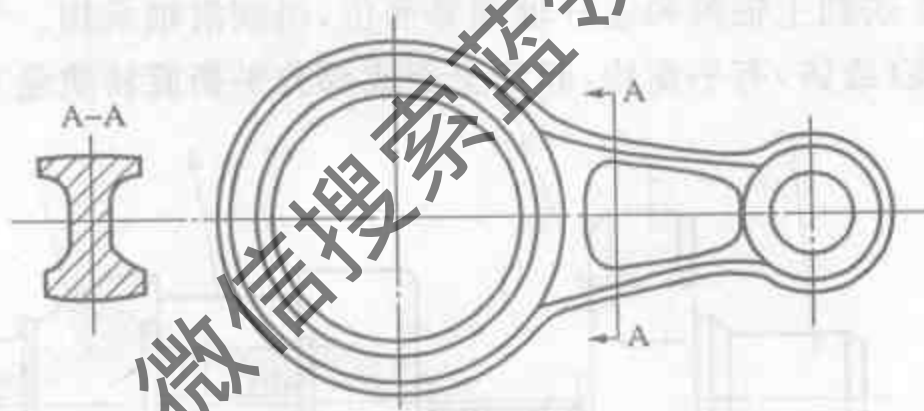


图 3.16 整体连杆结构

连杆体的截面形状如图 3.17 所示,它有工字形、圆形等。它应有足够的强度、刚度和韧性,且要求质量轻、惯性小。工字形截面从受力情况看比较合理,质量轻,大批生产时可采用模锻或球墨铸铁浇铸。圆形连杆加工比较方便,适用于单件或小批量生产,但材料的利用不尽合理。有些连杆体中间钻有油孔,以便使润滑油能由大头通过油孔送到小头,润滑小头轴承。

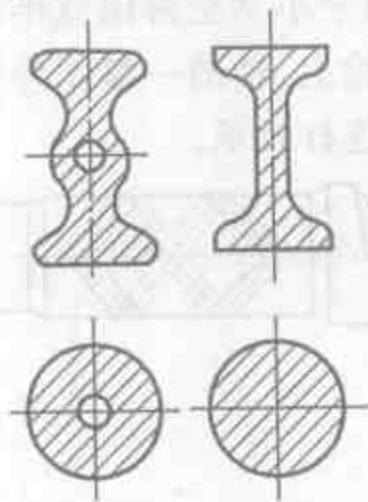


图 3.17 连杆体截面形状

剖分式连杆大头需要用螺栓或螺钉连接大头盖。连杆螺栓虽小,但受力情况复杂且严重。它的破坏会导致整个压缩机的重大事故。但由于空间有限,其尺寸又不能太大,所以连杆螺栓均用高强度的合金钢制造,采用细牙螺纹,且加工精度要求较高。其结构形式如图 3.18 所示。螺栓中间直径较粗部位作定位用。为保证拧紧螺母时螺栓不跟着转动,螺栓头常削去一块,并与大头上相应的切削平面靠紧定位。为了防止压缩机运行过程中螺母的松动,一般均采用冠

状螺母,螺栓和螺母之间用开口销防松。

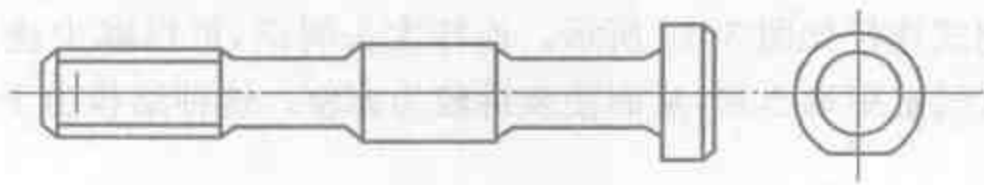
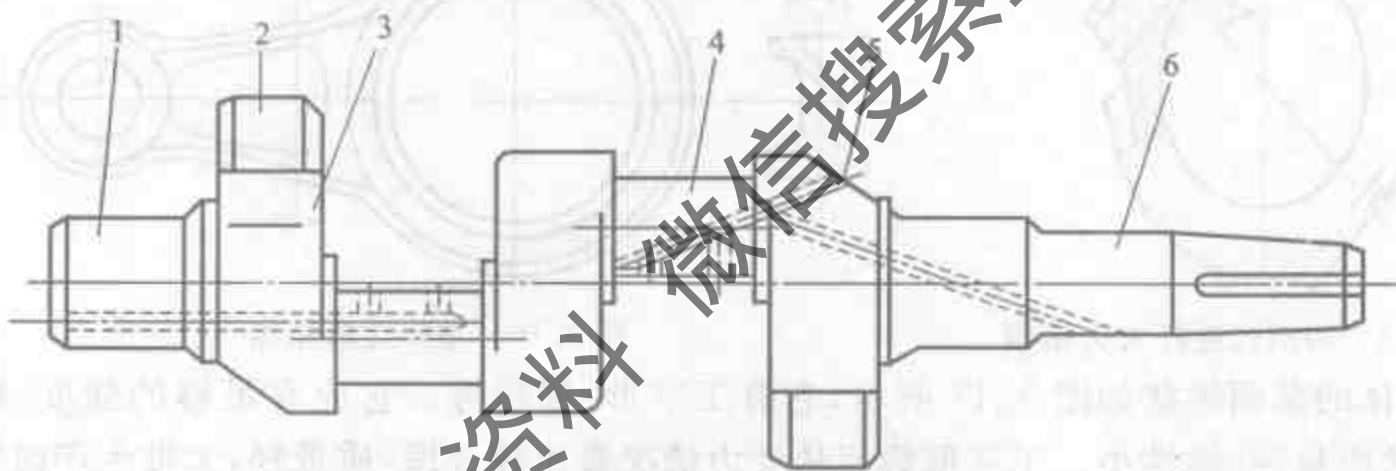


图 3.18 连杆螺栓

3) 曲轴。曲轴是压缩机的重要部件之一,压缩机的全部功率都通过曲轴输入。它承受所有气缸的阻力负荷。曲轴又是提供润滑系统的动力,轴身油道兼供输油用。曲轴受力情况复杂,要求有足够的强度、刚度和耐磨性以及抗疲劳的能力。在中小型制冷压缩机中,最为常见的是曲拐轴和偏心轴两种类型。

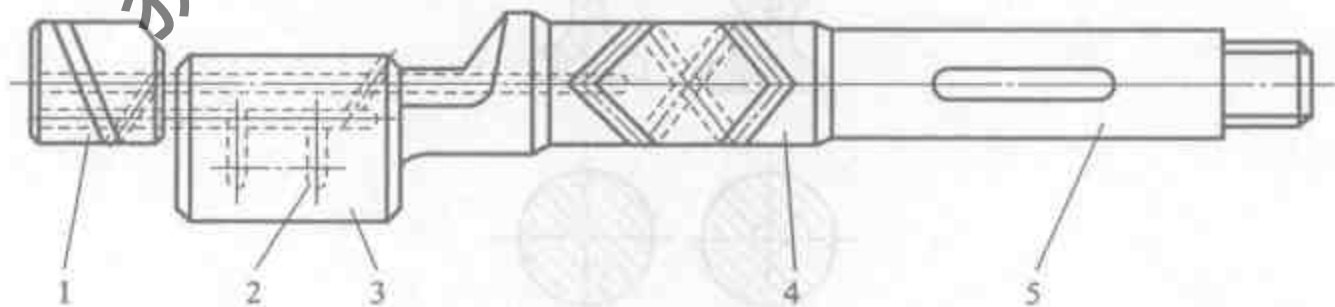
如图 3.19 所示为一曲拐轴。它由主轴颈、曲柄和曲柄销(又称连杆轴颈)三部分组成。主轴颈 1 支撑在机体的主轴承上。曲柄销 4 与连杆大头连接。曲柄 3 则连接主轴颈和曲柄销。曲柄与曲柄销组成曲拐。曲轴的一端(轴颈较长端)称为功率输入端,通过联轴器或皮带轮与电动机连接;另一端称为自由端,用来带动油泵。曲轴内部钻有油孔 5,从油泵出来的润滑油经油孔 5 送到主轴颈和连杆轴颈等部位,供润滑轴承用。为了消除或减轻压缩机的振动,在曲柄下端装(或铸)有平衡块,起到全部或部分平衡旋转质量及惯性力及其力矩的作用。



1—主轴颈(连接油泵端) 2—平衡块 3—曲柄 4—曲柄销 5—油孔 6—轴颈(连接轴封处)

图 3.19 曲拐轴

偏心轴结构如图 3.20 所示,多用于小型全封闭或半封闭式压缩机中,它可用球墨铸铁铸造。连杆大头采用整体式,装在偏心轮上,轴的一端作为电动机的主轴,主轴承和连杆都采用滑动轴承,润滑油从轴上的油孔进入连杆轴承。



1—下主轴颈 2—油孔 3—偏心销 4—上主轴颈 5—电动机转子轴颈

图 3.20 偏心轴

轴颈和曲柄的过渡处断面变化较大,应力集中比较严重,因此过渡部位一般采用圆弧连接,以减轻应力集中现象。轴颈表面的油孔也必须用圆弧倒角。

球墨铸铁具有良好的铸造和切削性能,可以使曲轴的形状更加合理,且具有较好的抗磨性,对应力集中敏感性小,吸振性好,因此获得广泛的应用。

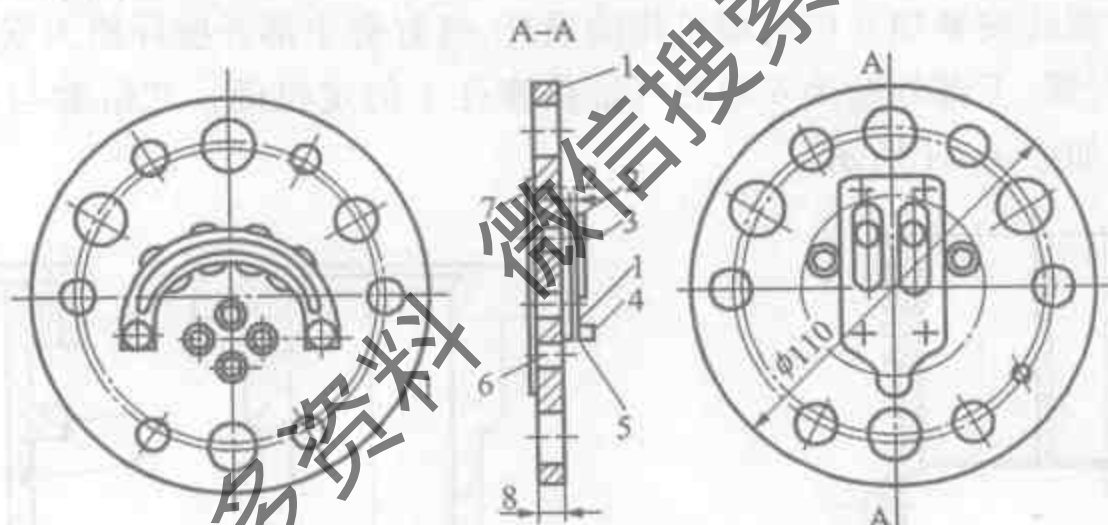
4)气阀组。气阀是往复活塞式压缩机的重要部件之一。它的正常工作才能保证压缩机实现吸气、压缩、排气、膨胀四个工作过程。气阀性能的好坏,将直接影响压缩机的制冷量和功耗。阀片的寿命更是关系到压缩机工作寿命的重要因素。

内、外阀座之间形成了排气通道。该通道形状与活塞顶部形状吻合。当活塞运动到上止点位置时,活塞顶部伸入环形通道内,因而使压缩机的余隙容积减小。

环片阀的结构简单、加工方便、工作可靠。但由于阀片较厚,运动质量较大,阀片经常与导向面摩擦,工作时冲击性较大,阀片启闭不易做到迅速、及时,而使气体在阀中容易产生涡流,增大损失,故环状阀片适用于转速低于1 500 r/min的压缩机中。

簧片阀又称翼状阀或舌簧阀。阀片一端固定在阀座上,另一端可以上下运动,以达到启闭的目的。阀片由厚度为0.1~0.3 mm的弹性薄钢片制成,因此质量轻、惯性小、启闭迅速,适用于小型高转速压缩机。

簧片阀的结构如图3.21所示。吸、排气阀片均为簧片式,分装于阀板1的下、上两侧。吸气阀呈舌形,它的一端用销钉7固定在阀板1上,另一端可以自由运动,并伸入气缸端面相应的凹槽中。凹槽的深度限制了阀片的升程,起到升高限制器的作用。吸气通道为四个按菱形分布的小孔,被吸气阀片所遮盖。



1—阀板 2—排气阀片 3—升高限制器 4—螺钉
5—缓冲弹簧片 6—吸气阀片 7—销钉

图 3.21 吸、排气簧片阀

排气阀片呈弓形,两端用螺钉4固定在阀板1上,阀片上面装有缓冲弹簧片5,弹簧片上面还有一弓形盖板,作为排气阀升高限制器。排气通道为四个按弧形分布的小孔,被排气阀片所遮盖。

簧片阀阀片的形状很多。随阀座上气流通道的形状和阀片的固定位置而异。图3.22所示为部分常见的簧片阀阀片形式。

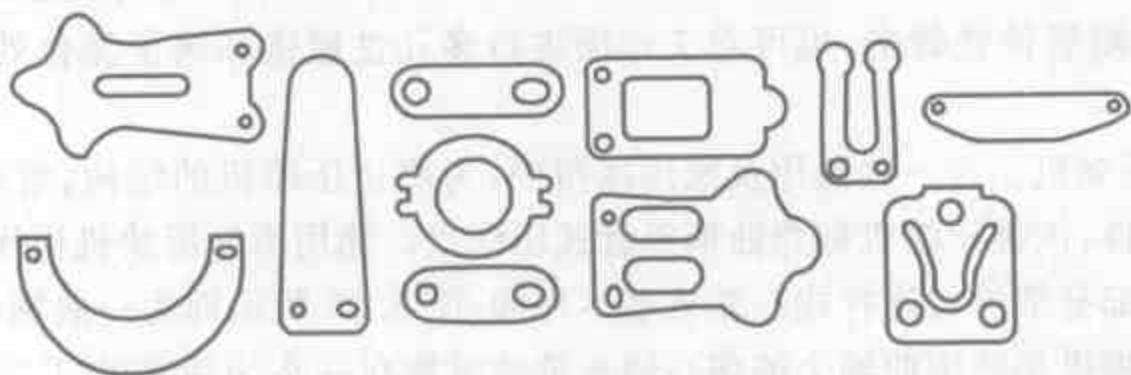


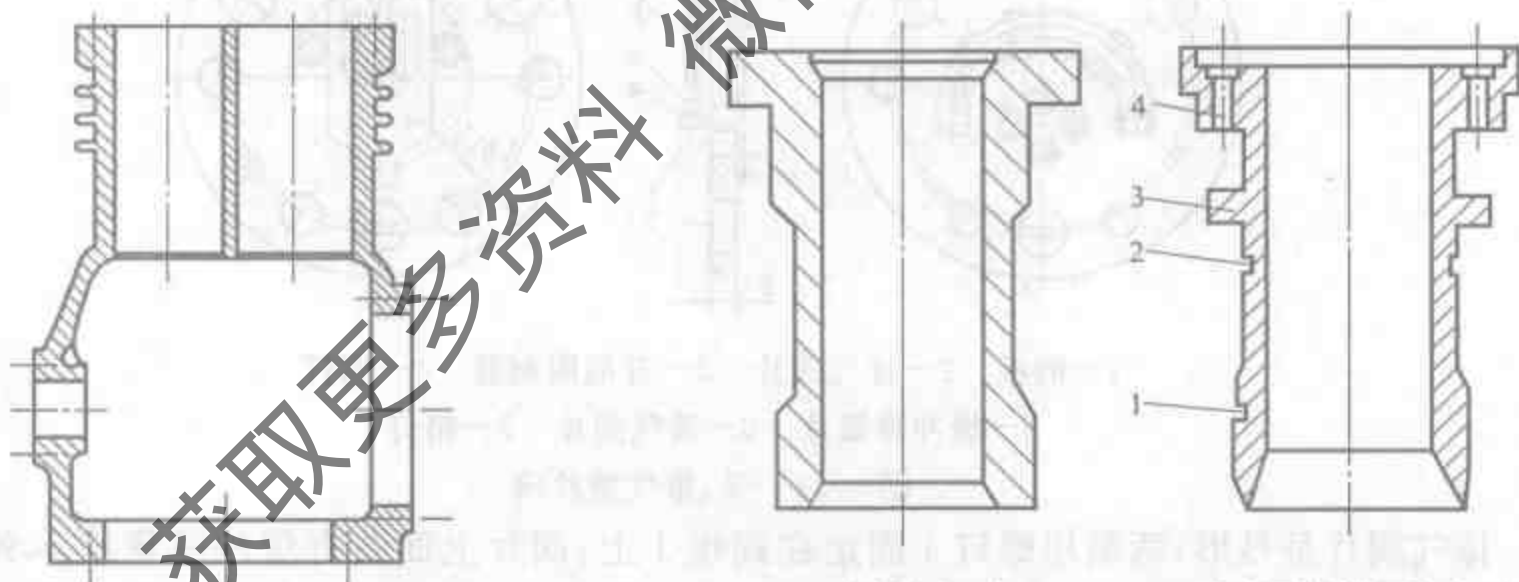
图 3.22 簧片阀阀片的部分形式

5) 机体及缸套。机体是支撑压缩机全部质量并保证各零部件之间有正确相对位置的部件。机体包括气缸体和曲轴箱两个部分。安装气缸套的部位称为气缸体, 安装曲轴的部位称为曲轴箱。装在机体上的还有气缸盖、轴承座等零部件。机体的几何形状复杂, 加工面多, 在工作时承受较大压力, 所以采用强度较高的灰铸铁 HT200 铸成。

机体是整个压缩机的支架, 因而要求其有足够的强度和刚度。机体的结构形式很多, 不同类型和用途的压缩机的机体各不相同, 有的带气缸套, 有的气缸是直接 在机体上加工而成。图 3.23 所示为一小型两缸压缩机的机体结构。气缸体和曲轴箱为整体式, 刚性较好, 气缸体内壁即为气缸的工作表面, 气缸体外表面铸有散热片, 用空气来冷却气缸。曲轴箱与两个气缸相通。曲轴箱底部开有大孔, 便于装拆连杆大头盖。该孔用底盖封闭, 以便曲轴箱中能贮存润滑油。

曲轴箱侧面窗孔用以装拆曲轴和安放主轴承座。曲轴箱的另一侧面还设有油面指示器。活塞与连杆从气缸装入, 或拆卸。

气缸套的形状如图 3.24 所示。图(a)为老式压缩机中所采用的气缸套, 其结构简单, 工作面的上部有一定的锥度, 便于安装活塞时起导向作用。图(b)为我国系列压缩机中广泛采用的一种, 气缸套的顶部作为吸气阀阀座, 有两道密封线, 密封线之间的圆孔为进气阀的进气通道, 其中 6 个较小圆孔安装顶开进气阀机构的顶杆, 气缸套上部外壁环槽为安装顶开进气阀机构的转动圈和密封圈, 下部外壁为安装在气缸体座孔上的定位面。气缸套与顶开进气阀机构之间的装配关系, 如图 3.24 所示。



(a)老式气缸套 (b)系列压缩机用气缸套

1—密封圈环槽 2—挡环槽 3—凸缘 4—吸气孔

图 3.24 气缸套

图 3.23 立式两缸压缩机机体结构

气缸套与气缸体的连接可以用螺钉固定, 或靠假盖弹簧的弹力将气缸套紧压在气缸体上。气缸套采用优质耐磨铸铁铸造, 也可对工作面进行多孔性镀铬和离子氮化处理, 以提高使用寿命。

(2) 滑管式压缩机。在一些医用及家用冰箱中, 为简化压缩机的结构, 常采用滑管滑块机构来代替连杆组件, 该类压缩机称为曲柄滑管式压缩机。除用滑管滑块机构代替连杆组件外, 该类压缩机的大部分部件与连杆式压缩机基本相同, 图 3.25 所示即为一曲柄滑管式压缩机的结构图。这种压缩机是利用曲轴上的偏心轴头带动滑块在一头为活塞的 T 字形滑管内滑动, 从而将旋转运动变为活塞的往复运动, 以完成压缩气体的作用。

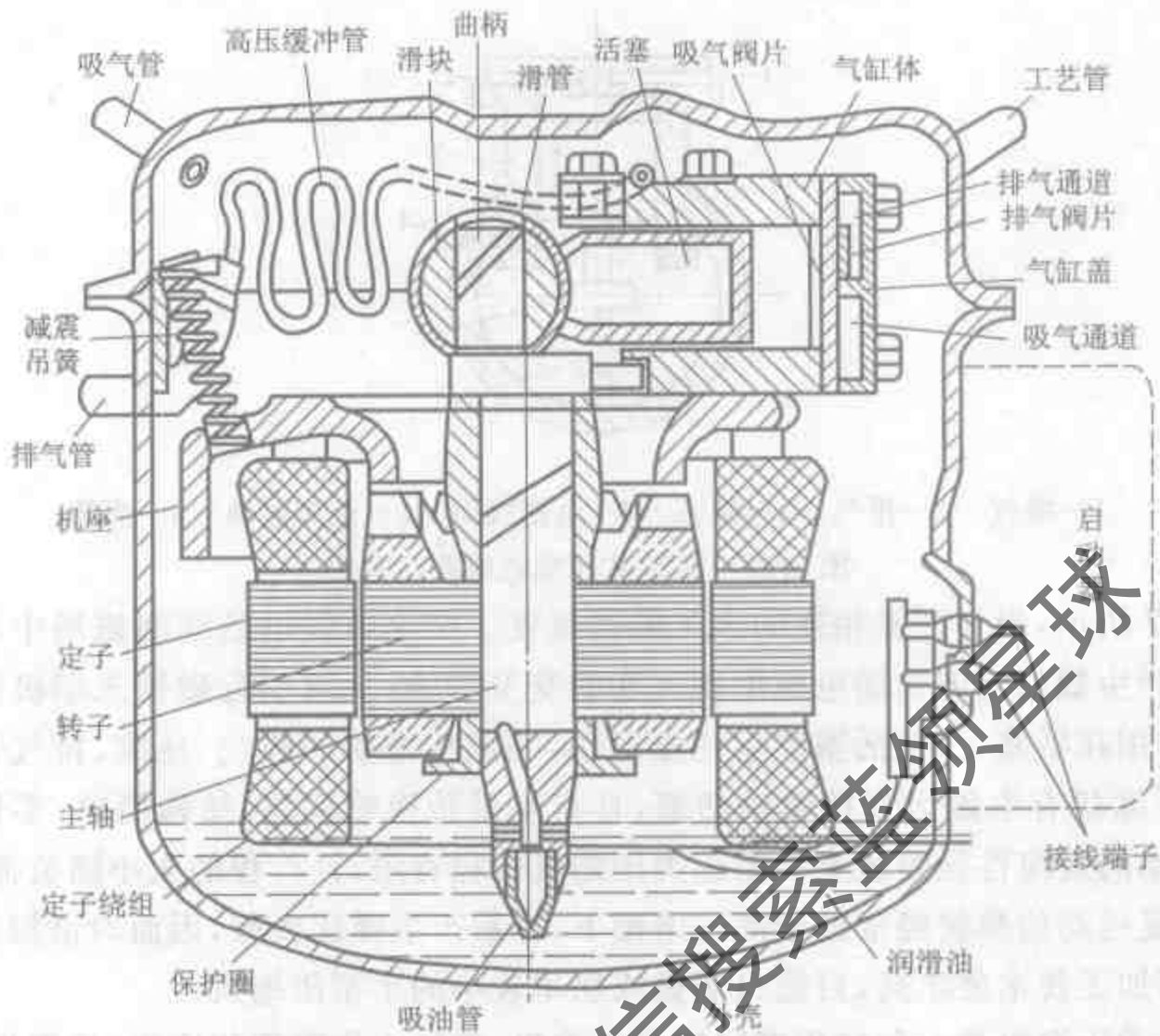
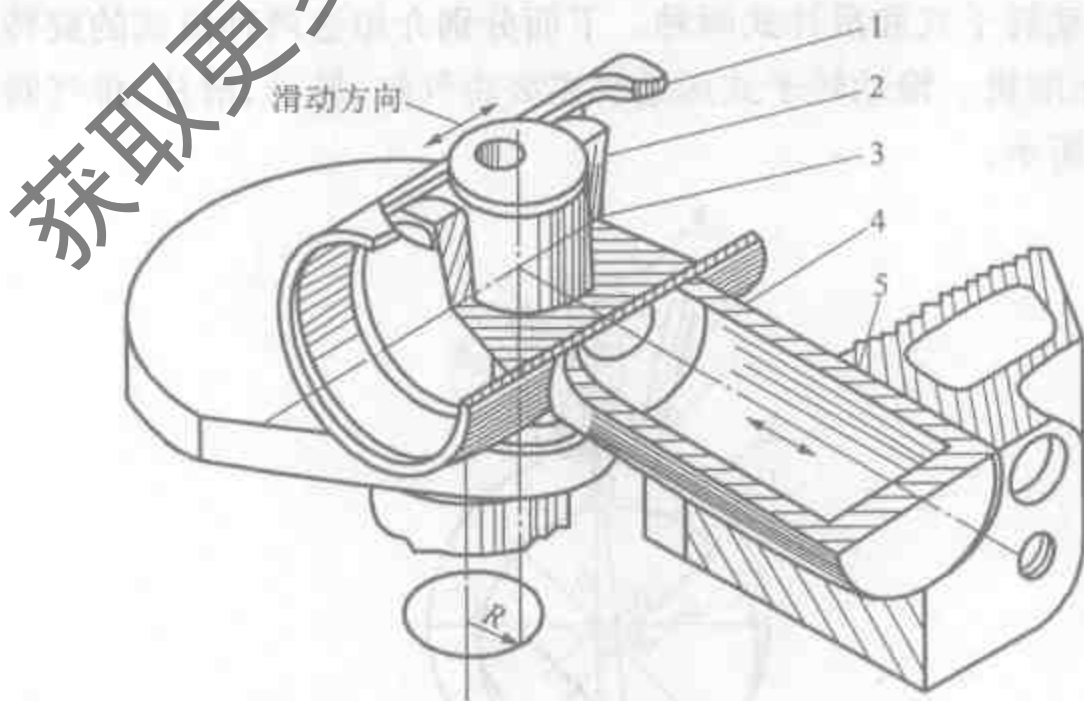


图 3.25 曲柄滑管式压缩机结构图

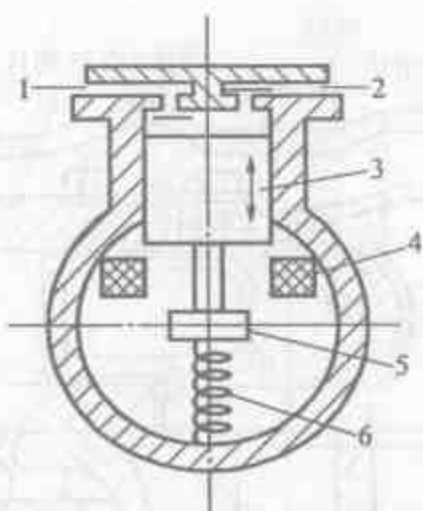
图 3.26 所示为曲柄滑管式压缩机中滑管、滑块和曲轴、气缸的装配图。中空筒形活塞 4 与滑管 1 焊接成相互垂直的 T 字形整体。滑管内装有滑块 2，滑块是一圆柱体，可在滑管内滑行。在它的腰部中心开有圆孔，曲轴上的曲柄销穿过滑管管壁垂直插入这个圆孔，形成一副轴承。当曲轴旋转时，滑块一面绕曲柄销中心旋转，一面在滑管内前后往复滑行，带动整个滑管活塞在气缸内做往复运动。



1—滑管 2—滑块 3—曲轴 4—活塞 5—气缸体

图 3.26 滑管、滑块和曲轴、气缸装配图

(3)电磁式压缩机。这种压缩机是利用电磁铁产生的吸引力和复位弹簧产生的弹力使活塞往复运动，从而实现压缩气体的目的。图 3.27 所示为电磁式压缩机的结构示意图。



1—吸气 2—排气 3—活塞 4—电磁线圈 5—永久磁铁 6—弹簧

图 3.27 电磁式压缩机结构示意图

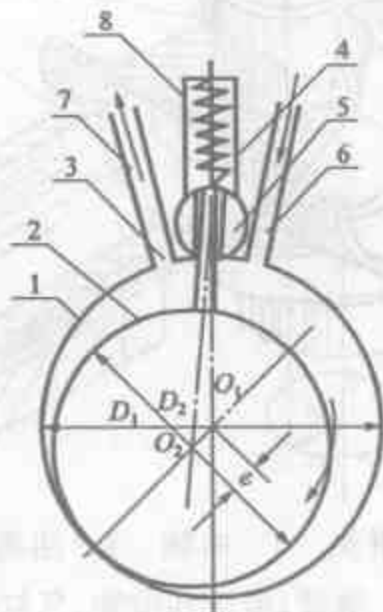
如图 3.27 所示,当与活塞相连的永久磁铁被置于交流电供电的线圈磁场中后,线圈通过电流时,即会产生数值与方向随电流周期改变的交变磁通,从而引起磁体两端极性的改变,并出现应变力作用在活塞上,使活塞产生往复运动,完成压缩机的吸气、压缩、排气和膨胀过程。这种类型的压缩机有电磁力直接驱动活塞,具有能量转换效率高,结构简单,零件少,制造容易,对电压波动的适应性强等优点。但该类压缩机行程有限,且行程的大小随负荷的改变而改变,又由于往复运动的弹簧经常处于高速谐振下,容易产生机械疲劳,因而对谐振弹簧、电磁场的均匀分布等加工技术要求高,目前只能做成功率较小的小型压缩机。

滚动转子式压缩机是一种容积型回转式压缩机,气缸工作容积的变化,是依靠一个偏心装置的圆筒形转子在气缸内的滚动来实现的。

2. 旋转式压缩机

旋转式压缩机是由电动机转子直接带动活塞旋转而实现气体压缩的。上世纪七十年代,日本三菱电机公司率先开发出卧式旋转式压缩机,并随后成功地将其应用于家用电冰箱和空调器。旋转式压缩机有螺杆式、滚动转子式、滑片式和旋叶式等多种结构形式。目前在家用电冰箱与空调中应用较多的是滚动转子式和滑片式两种。下面分别介绍这两种形式的旋转式压缩机。

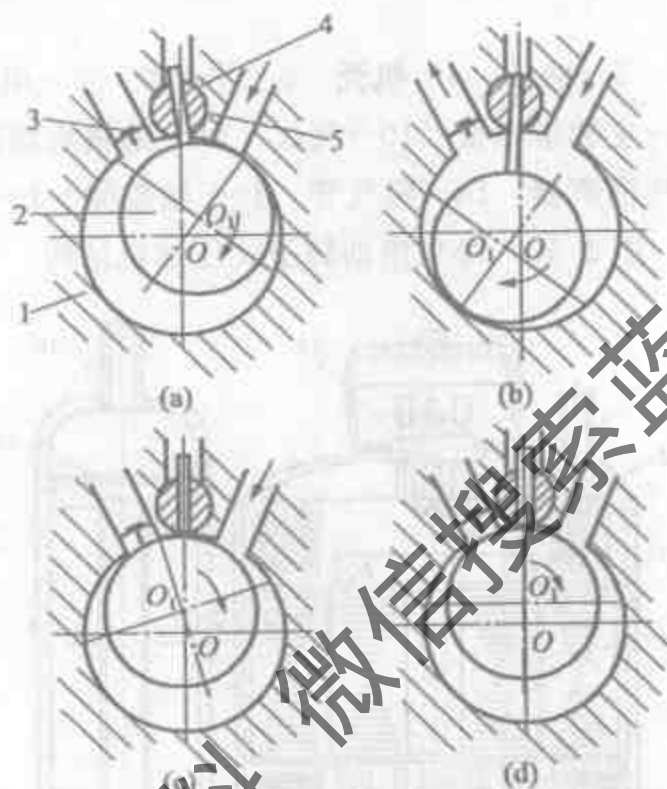
(1)滚动转子式压缩机。滚动转子式压缩机主要由气缸、转子、滑片、排气阀和气缸端盖等部件组成,如图 3.28 所示。



1—气缸 2—转子 3—排气阀 4—滑片
5—圆柱形导向器 6—进气口 7—排气口 8—滑片弹簧

图 3.28 滚动转子式制冷压缩机结构原理图

滚动转子式压缩机的工作过程如图 3.29 所示。电动机带动偏心轮旋转,使转子沿气缸内表面滚动,图 3.29 中 4 个小图分别表示转子处于不同位置时,转子、滑片与气缸之间形成的高、低压腔大小的变化过程。图(a)所示位置是已结束上一周期排气过程,吸气腔中充满低压气体,此时吸气腔容积达最大值;图(b)中,转子开始压缩充满了气缸内的低压制冷剂气体,同时吸气孔继续吸气;图(c)中,吸气腔与排气腔容积相等,吸气腔继续吸气,排气腔进一步压缩,直至排气阀开启,排出高压气体;图(d)中,吸气腔继续进气,排气腔排气已近结束阶段。当偏心轮转子再旋转至图(a)位置时,上述工作过程重复进行。由此可见,滚动转子式压缩机的吸气几乎是连续的,而排气是间歇性的,因而只设排气阀,而不需设吸气阀。



1—气缸 2—偏心轮 3—排气阀 4—滑片 5—导向座

图 3.29 滚动转子式制冷压缩机的工作原理图

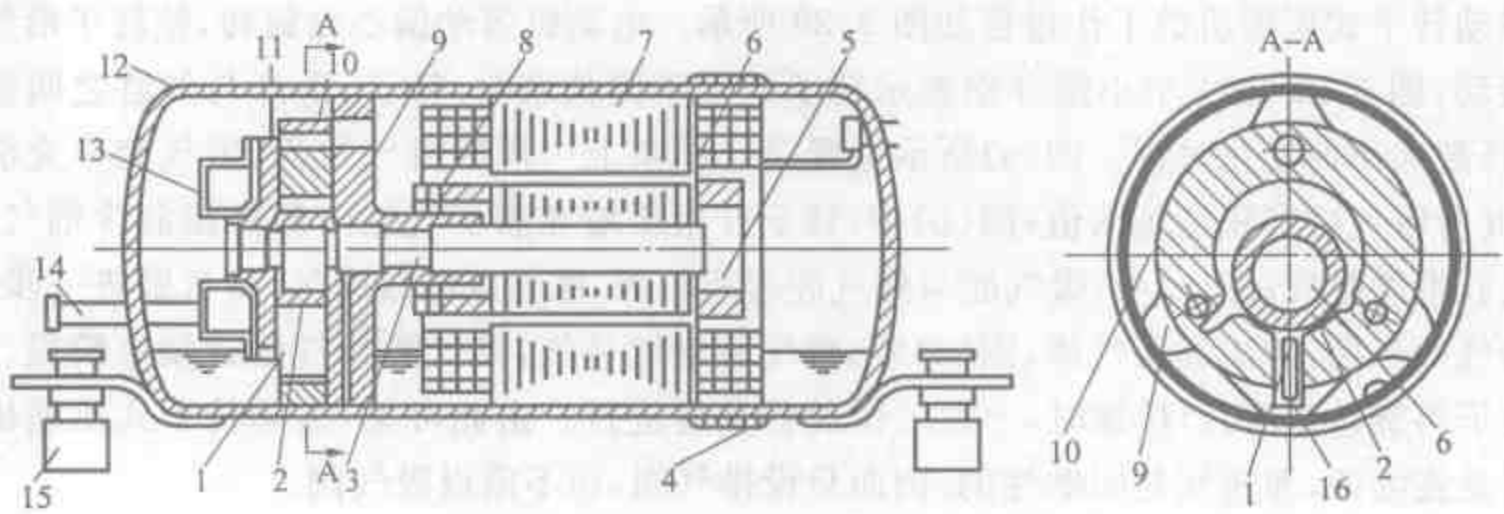
由上述的工作过程可以看出,转子回转一周,将完成上一工作循环的压缩和排气过程及下一工作循环的吸气过程;由于不设进气阀,吸气开始的时机和气缸上吸气孔口位置有严格的对应关系,不随工况的变化而变动;由于设置了排气阀,压缩终了的时机将随排气管中压力的变化而变动。

目前,生产和使用的滚动转子式压缩机基本上可分为中等容量的开启式压缩机和小容量的全封闭式压缩机,其中,大中型滚动转子式压缩机多适用于冷库,目前,冰箱和家用空调器中广泛使用的是小型滚动转子式压缩机。下面主要介绍小容量的全封闭式滚动转子式压缩机的结构。

目前冰箱和家用空调器中广泛使用的滚动转子式压缩机主要是小型全封闭式,通常有卧式和立式两种,如图 3.30 和图 3.31 所示,前者多用于冰箱,后者在空调器中常见。

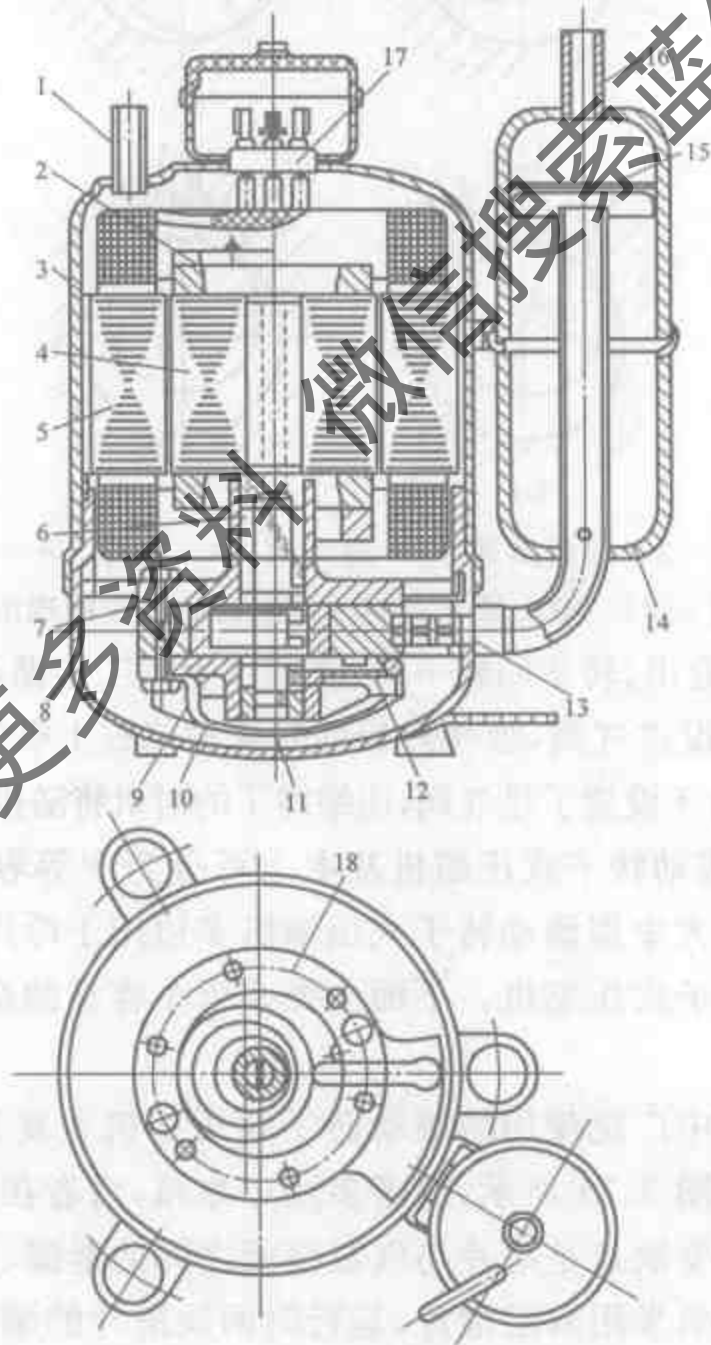
滚动转子式压缩机的主要缺点是滑片与气缸壁面之间的泄漏、摩擦和磨损较大,限制了其工作寿命及效率的提高。如果采用双层滑片,运行时两块滑片的端部都与气缸内壁保持接触,形成两道密封线,并在两道密封线之间形成油封,大大降低了滑片端部的泄漏损失,减少摩擦力及摩擦损失,使机器的工作寿命及效率均有所提高。

滚动转子式压缩机与往复活塞式压缩机相比,具有如下特点:零部件少,结构简单;易损零件少,运行可靠;没有吸气阀片,余隙容积小,输气系数较高;在相同的冷量情况下,压缩机体积小、质量轻、运转平衡;加工精度要求较高;密封线较长,密封性能较差,泄漏损失较大。



1—滑片 2—滚动转子 3—曲轴 4—机壳 5—平衡块 6—电机转子 7—电机定子
8—平衡块 9—主轴承端板 10—气缸 11—副轴承端板 12—排气阀片
13—排气消声器 14—吸气管 15—橡胶圈 16—弹簧

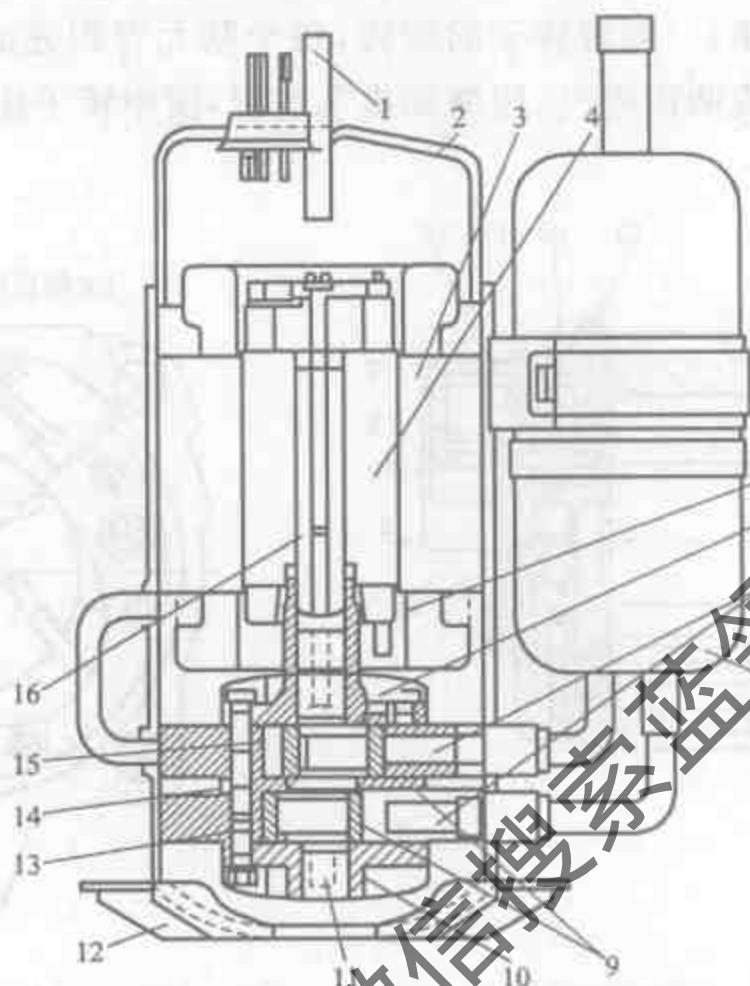
图 3.30 卧式滚动转子式压缩机结构



1—排气管 2—平衡块 3—上机壳 4—电动机转子 5—电动机定子 6—曲轴 7—主轴承
8—下机壳 9—副轴承 10—壳罩 11—上油片 12—排气阀片 13—弹簧
14—气液分离器 15—隔板 16—吸气管 17—接线柱 18—气缸

图 3.31 立式滚动转子式压缩机结构

为了平衡压缩机转子的不平衡惯性力,目前已研制出双转子滚动转子式压缩机,该压缩机的两个气缸相差 180° 对称布置,可以使负荷扭矩的变化趋于平稳,已广泛用于较大功率场合,图3.32是双缸滚动转子式压缩机结构示意图。

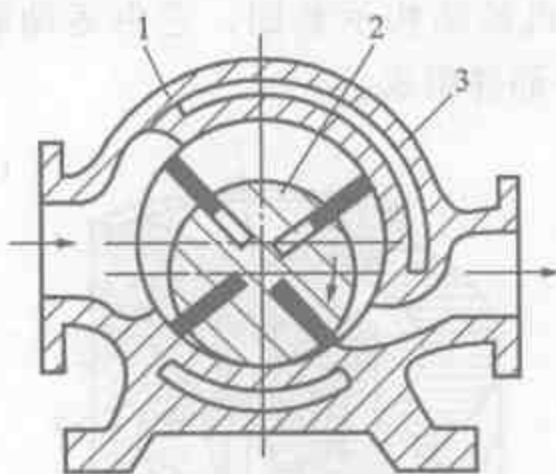


1—排气管 2—机壳 3—定子 4—转子 5—上轴承座 6—排气消声器 7—吸气管
8—储液缓冲器 9—滚动转子 10—下轴承座 11—吸油管 12—支撑架
13—气缸1 14—中间隔板 15—气缸2 16—曲轴

图 3.32 双缸全封闭滚动转子式压缩机结构示意图

(2)滑片式压缩机。滑片式制冷压缩机目前主要用于小型空调制冷装置及汽车空调器中。它以结构简单、制造容易、压力脉动小、振动小等优点受瞩目。

滑片式压缩机的结构示意图如图3.33所示。它主要由机体、转子及滑片等三部分组成。



1—机体 2—转子 3—滑片

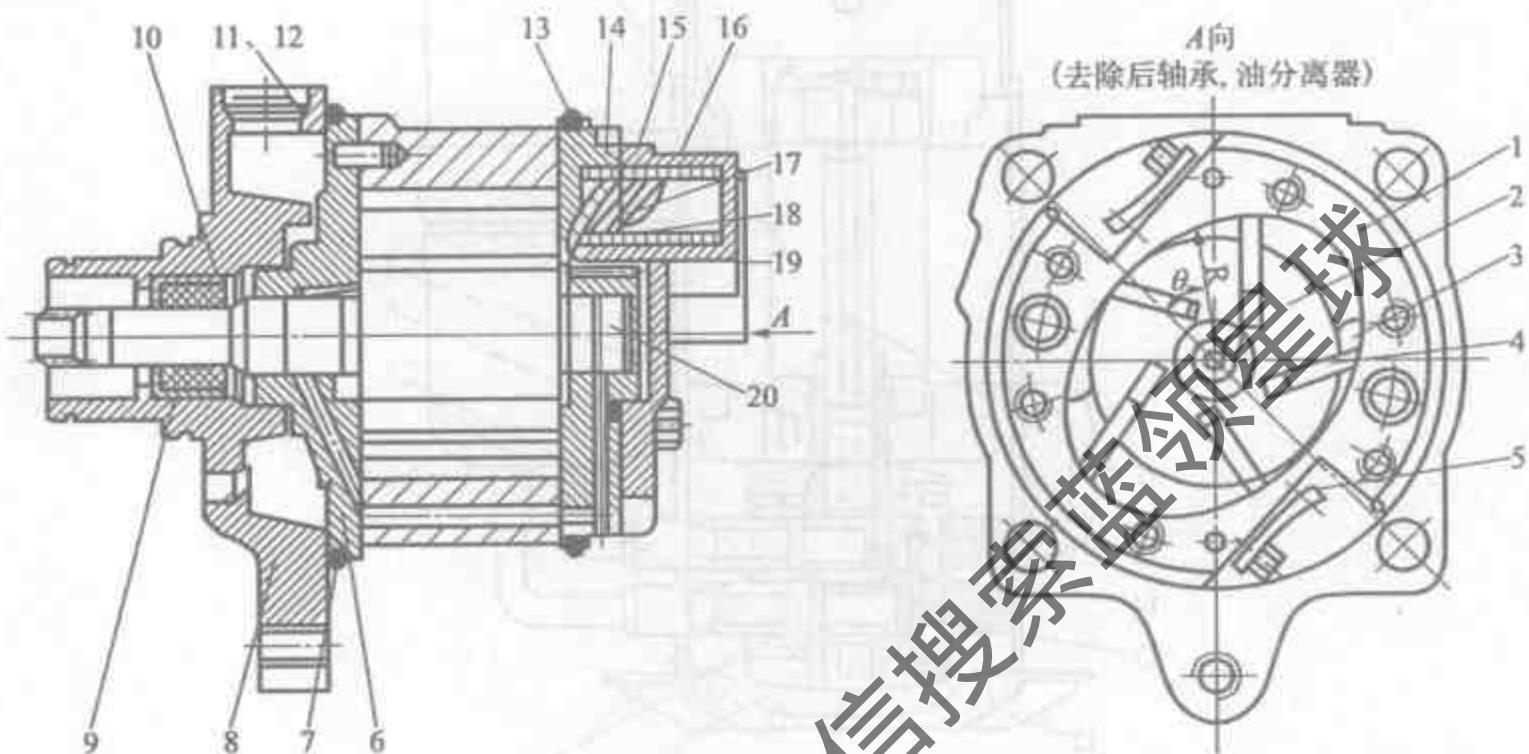
图 3.33 滑片式压缩机结构示意图

转子旋转一周,其单元容积从与吸入孔口相通到向排气口排气,将经历由最小逐渐变大,再由最大逐渐变小的变化规律。从而完成吸气、压缩、排气、膨胀等过程。

滑片式压缩机结构简单,制造容易,操作和维修保养方便。滑片式压缩机的主要缺点是滑片机械磨损较大。

(3)旋叶式压缩机。旋叶式压缩机是一种比滑片式压缩机效率更高、体积更小的一种新型回转式压缩机,在汽车空调器系统中得到了广泛的应用。

图 3.34 所示是用于汽车空调器中的旋叶式压缩机结构图。主要部件有气缸、转子、叶片和前后端盖(或称前后轴承座)。随着转子的旋转,每个基元容积完成吸气、压缩和排气过程,转子旋转一周,基元容积完成两次吸气、压缩和排气过程,图中转子旋转一周可以实现十次吸、排气及压缩过程。



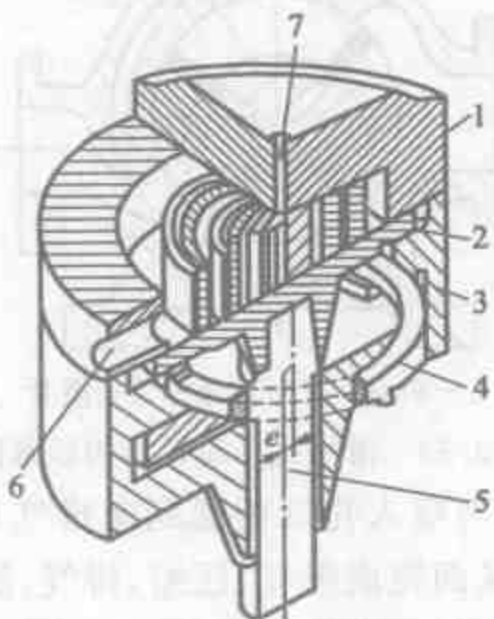
1—气缸 2—转子 3—吸气孔口 4—叶片 5—排气阀 6—前轴承 7—O型阀
8—前端盖 9—轴封 10—挡圈 11—扁销 12—圆柱销 13—大密封圈 14—后轴承
15—油分离器 16—滤网 17—单向阀弹簧 18—单向阀 19—小密封阀 20—转子轴

图 3.34 旋叶式压缩机结构示意图

3. 涡旋式压缩机

涡旋式制冷压缩机是 20 世纪 80 年代发展起来的一种新型容积式压缩机,它以效率高、体积小、质量轻、噪声低、结构简单且运转平稳等特点,被广泛用于空调和制冷机组中。

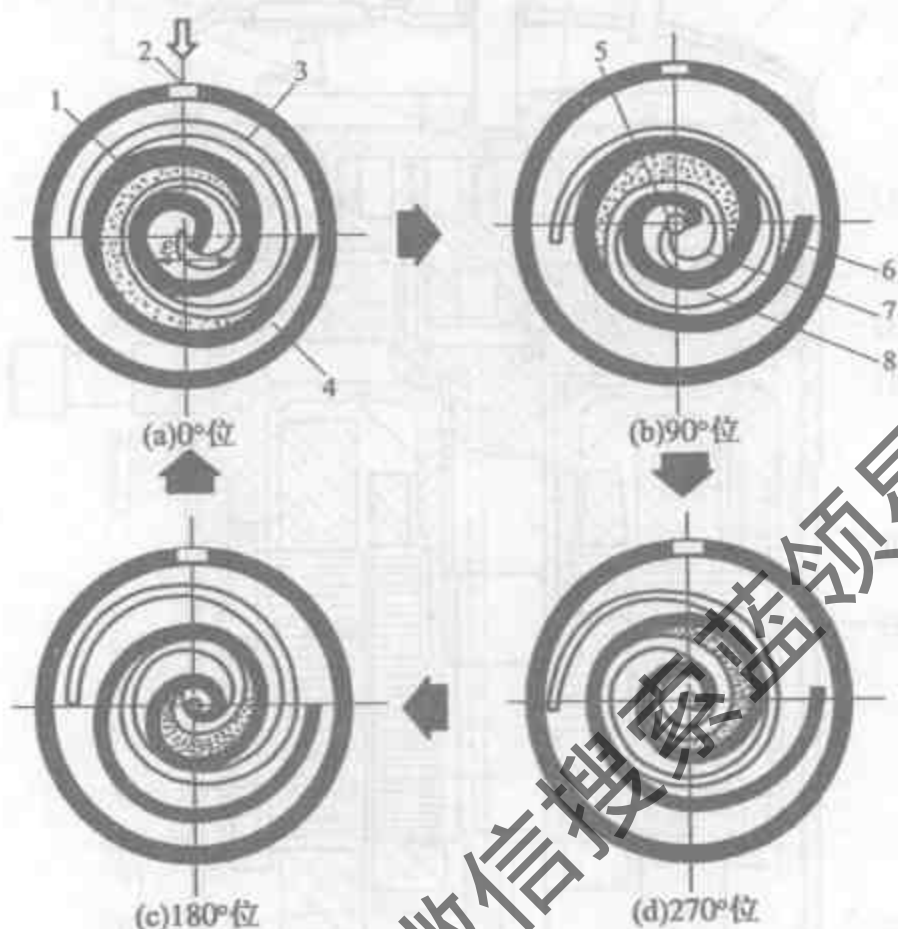
图 3.35 所示为一种涡旋压缩机的结构示意图。它由运动涡旋盘(动盘)、固定涡旋盘(静盘)、机体、防自转环、偏心轴等零部件组成。



1—动盘 2—静盘 3—机体 4—防自转环 5—偏心轴 6—进气口 7—排气口

图 3.35 涡旋压缩机的结构示意图

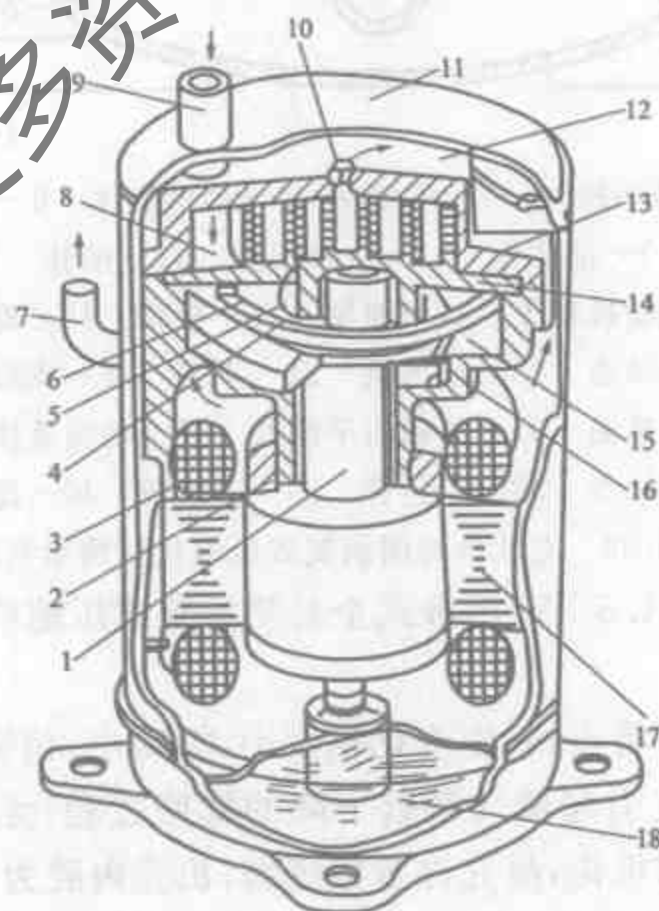
涡旋压缩机的工作过程如图 3.36 所示。由分析可以看出,涡旋压缩机的工作过程仅有进气、压缩、排气三个过程。而且是在主轴旋转一周内同时进行的,外侧空间与吸气口相通,始终处于吸气过程,内侧空间与排气口相通,始终处于排气过程,而上述两个空间之间的月牙形封闭空间内,则一直处于压缩过程。因而可以认为吸气和排气过程都是连续的。



1—压缩室 2—进气口 3—动盘 4—静盘 5—排气口 6—吸气室 7—排气室 8—压缩室

图 3.36 涡旋式压缩机工作原理示意图

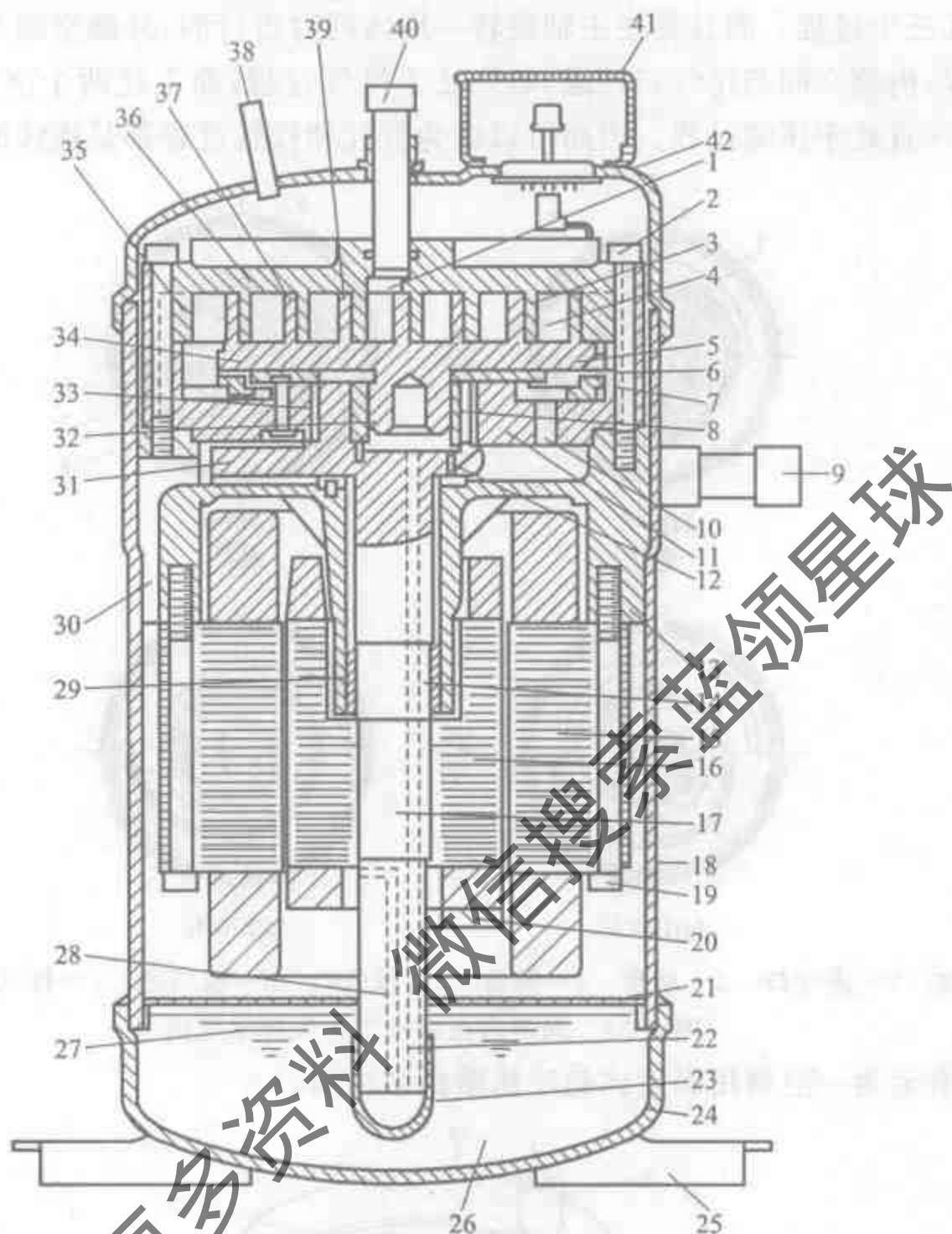
图 3.37 所示为一空调用涡旋式制冷压缩机结构图。



1—曲轴 2、4—轴承 3—密封圈 5、15—背压腔 6—防自转环 7—排气管 8—吸气腔 9—吸气管
10—排气口 11—机壳 12—排气腔 13—静盘 14—动盘 16—机架 17—电动机 18—润滑轴

图 3.37 空调用涡旋式制冷压缩机结构示意图

图 3.38 所示为另一立式全封闭涡旋式压缩机结构图。

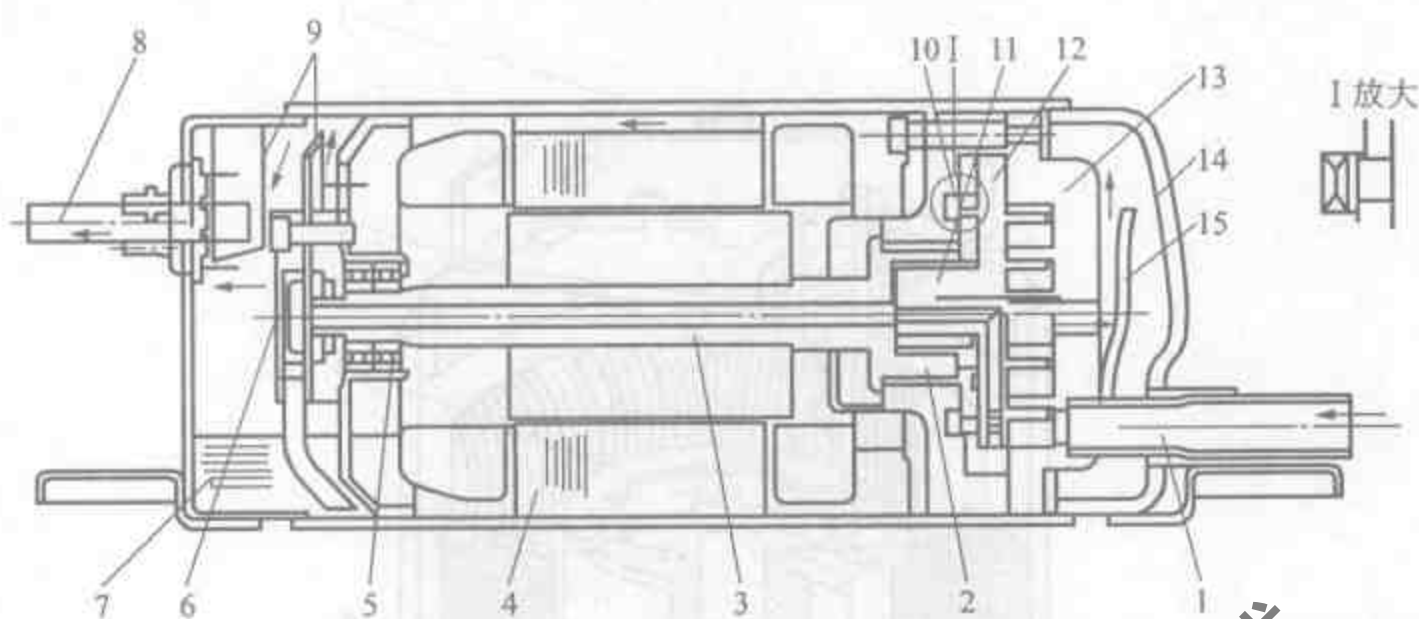


- 1—排气孔 2—螺栓 3—静涡旋体 4—压缩室 5—动涡旋体 6—推力轴承 7—十字联接环
 8—偏心套 9—排气阀 10—排油孔 11—主轴承座 12—油孔 13—副轴承座 14—油孔
 15—电动机定子 16—电动机转子 17—曲轴 18—机壳 19—螺栓 20—曲轴的平衡块
 21—油雾阻止物 22—偏心油道 23—液压泵 24—下盖 25—支脚 26—油池 27—润滑油
 28—排气孔 29—副轴承 30—排油 31—曲轴的平衡块 32—动涡旋体轴销 33—主轴承 34—底板
 35—吸气孔 36—端板 37—密封条 38—工艺管 39—密封槽 40—排气管 41—接线箱 42—上盖

图 3.38 立式全封闭涡旋式压缩机结构示意图

图 3.39 为一台制冷量为 1.8 kW 的卧式全封闭涡旋式压缩机,它适用于压缩机高度受到限制的机组。

涡旋式制冷压缩机有如下特点:转矩变化幅度小、振动小;相邻两室的压差小,气体的泄漏量少;没有余隙容积,故不存在引起输气系数下降的膨胀过程;无吸、排气阀,效率高,可靠性高,噪声低;由于采用气体支撑机构,故允许带液压缩;机壳内腔为排气室,减少了吸气预热,提高了压缩机的输气系数;涡线体型线加工精度非常高,必须采用专用的精密加工设备;密封要求高,密封机构复杂。



1—吸气管 2—主轴承 3—曲轴 4—电动机 5—副轴承 6—摆线形转子油环 7—油池
8—排气管 9—排油抑制器 10—轴向柔性密封机构 11—径向柔性密封机构
12—动涡旋体 13—静涡旋体 14—机壳 15—排气阀

图 3.39 卧式全封闭涡旋式压缩机

4. 变频压缩机

变频压缩机采用变频调速技术进行能量调节,使其制冷量与系统负荷协调变化,并使机组在各种负荷条件下都具有较高的能效比。这种调节方式因其具有节能、舒适、启动快速、温控精度高及易于实现自动控制等优点而成为压缩机的发展趋势。图 3.40 所示为日立公司的交流变频式滚动转子式制冷压缩机结构图。

四、制冷压缩机的性能指标

制冷压缩机的性能指标是衡量制冷压缩机性能好坏的重要依据,主要由以下几项组成:

(1)输气量:有质量输气量和容积输气量两种表达形式。

(2)制冷量:表示制冷压缩机的工作能力的重要指标之一,即单位时间内所能产生的制冷量。

(3)输气系数:表示制冷压缩机气缸工作容积的有效利用率,即压缩机实际输气量与理论输气量的比值。

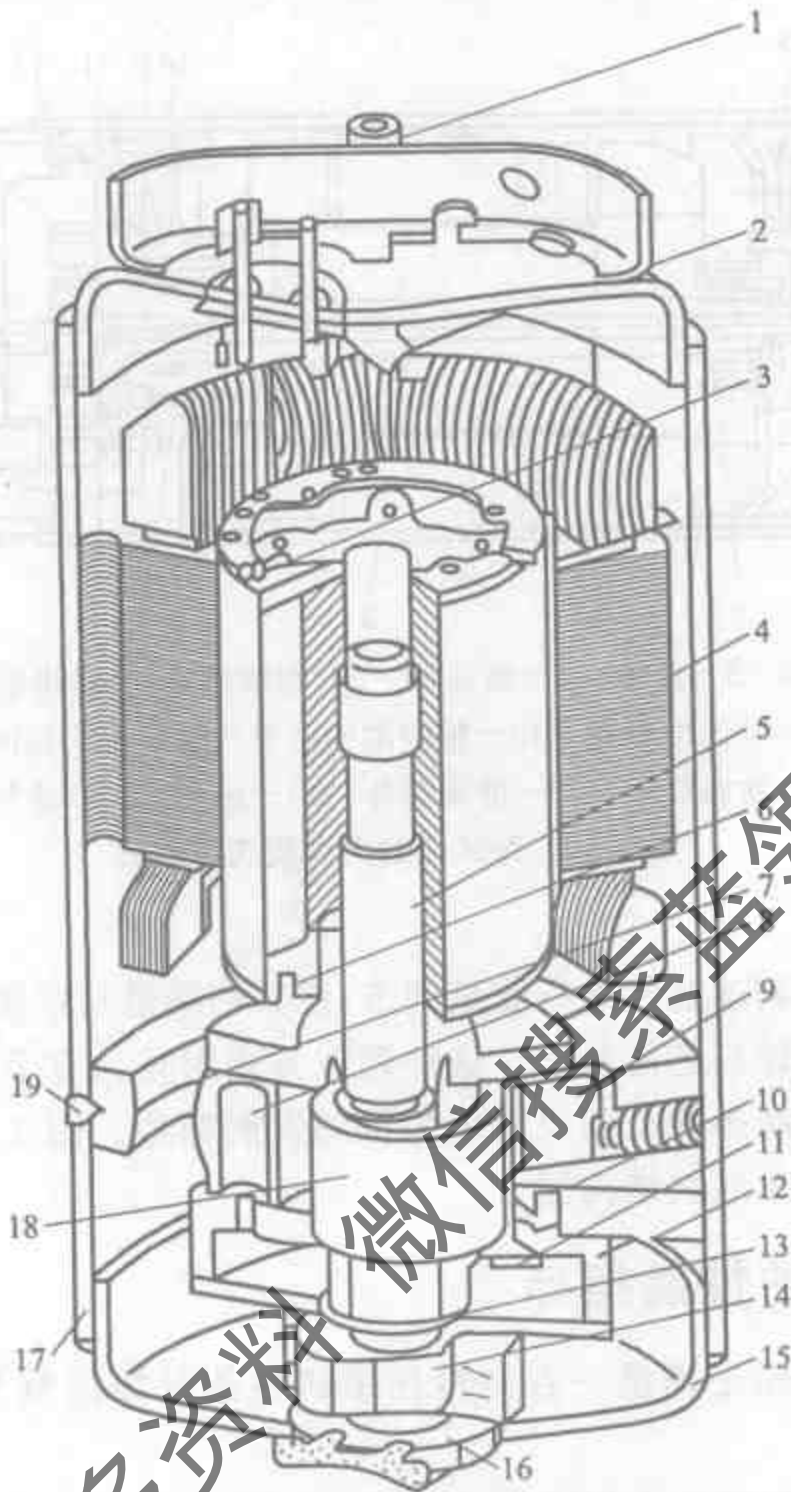
(4)指示功率和指示效率:单位时间内所消耗的指示功就是压缩机的指示功率。制冷压缩机的指示效率就是压缩 1 kg 工质所需绝热循环理论功与实际循环指示功的比值。

(5)轴功率、轴效率和机械效率:由电动机传到制冷压缩机主轴上的功率,称为轴功率。制冷压缩机的等熵理论功率与轴功率之比,称为轴效率,一般用以评定压缩机主轴输入功率利用的完善程度。机械效率是压缩机的指示功率和轴功率之比,用以评定压缩机摩擦损耗的大小程度。

(6)电功率与电效率:从电源输入驱动电动机的功率就是压缩机所消耗的电功率。电效率是等熵理论功率与电功率之比,用以评定电动机输入功率利用的完善程度。

(7)能效比:为了最终衡量制冷压缩机在动力消耗方面的制冷效果,常采用能效比来作为衡量指标,其定义为制冷压缩机所产生的制冷量与所消耗功率之比。有相对于轴功率与相对于电功率之区别。





1—排气管 2—回油管 3—平衡孔 4—变频电动机 5—曲轴 7—气缸 8、10—消声孔
 9—滑片 11—排气阀 12—消声器 13—底座 14—平衡块 15—下盖 16—磁铁 17—机壳
 18—滚动转子 19—焊接点

图 3.40 变频式全封闭滚动转子式压缩机结构示意图

第 2 节 蒸发器和冷凝器

蒸发器和冷凝器是进行热量交换的设备,统称换热器,它们是蒸气压缩式制冷系统中必不可少的设备。低温低压的制冷剂液体在蒸发器中吸收被冷却物体的热量而蒸发成制冷剂蒸气。制冷压缩机排出的高温高压制冷剂蒸气在冷凝器中冷凝成制冷剂液体并将从被冷却物体吸收的热量散发出去。由此可见,两器(蒸发器和冷凝器)的性能好坏将直接影响制冷系统的工作性能,本节将重点介绍电冰箱和空调器中常见蒸发器和冷凝器的原理、结构及应用。

一、蒸发器

1. 蒸发器的工作原理

蒸发器是制冷系统的主要换热部件之一。经节流降压后的低温低压制冷剂液体在其内蒸

发(沸腾)变为制冷剂蒸气。在蒸发器内吸收被冷却物体的热量而蒸发成制冷剂蒸气,从而使物体温度下降,达到制冷的目的。在电冰箱和空调器中,制冷剂通过蒸发器冷却周围的空气,达到对空气降温、除湿的作用。蒸发器内制冷剂的蒸发温度越低,被冷却物体的温度也越低。在电冰箱中一般制冷剂的蒸发温度调整在 $-20\sim-26\text{ }^{\circ}\text{C}$,在空调器中调整在 $5\sim8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。制冷剂蒸发过程中会呈现复杂的两相流状态,图3.41所示仅为制冷剂在蒸发器中的变化示意图。

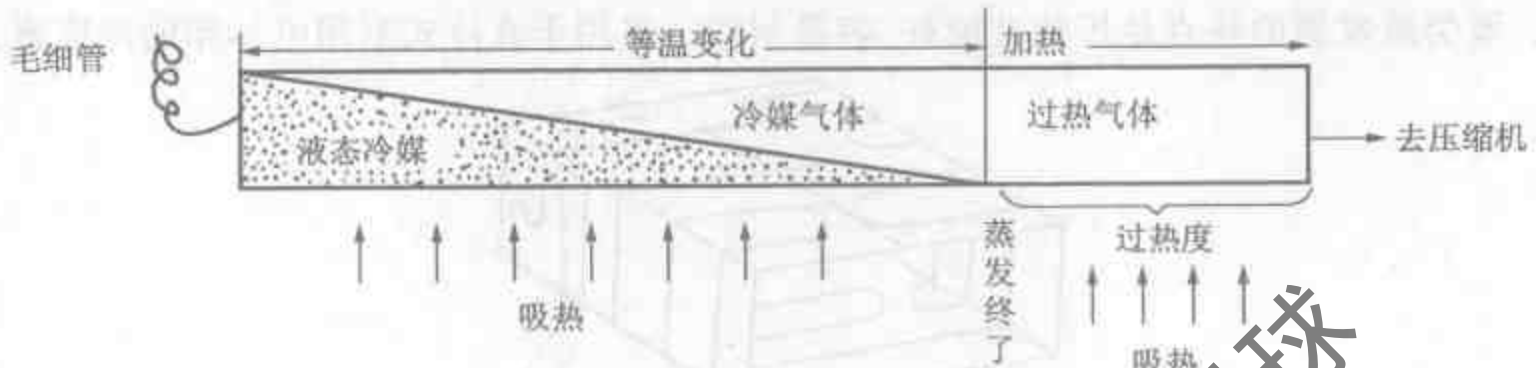


图 3.41 制冷剂在蒸发器中的变化示意图

蒸发器的传热量和换热面积、传热温差及传热系数有关。对一定的蒸发器而言,换热面积一定,因此除适当提高蒸发器的传热温差外,主要应设法提高蒸发器的传热系数,因此应了解影响蒸发器传热的因素。

(1)制冷剂特性对蒸发器传热的影响。制冷剂的许多物理特性,如导热系数、黏度、密度、表面张力、汽化潜热等都对蒸发器的传热有着影响。当导热系数增大、黏度下降、密度增大、汽化潜热增大时,都能使制冷剂侧的传热系数增大。

(2)被冷却介质的特性对蒸发器传热的影响。空气、水和盐水是制冷装置中常见的被冷却介质,蒸发器的传热性能除与其物理性质有关外,还与其流动速度、流动途径(如管内、管外、自由空间流动等)及流动的几何形状等因素有关。流速大,流动的几何形状和流动的途径合理,则传热系数增大,但相应的动力消耗及基本设施费用也增大。应通过技术经济分析、比较确定最佳流速与流体通道的布局。

(3)换热面状况对蒸发器传热的影响。制冷剂液体在润湿的表面上汽化时,汽化形成的气泡容易离开加热表面上升,显然润湿的换热表面有利于蒸发器传热。当换热面上形成油膜时,显然增大了传热热阻而不利于蒸发器传热。

(4)蒸发器结构形式对蒸发器传热的影响。蒸发器的结构形式很多,在设计和制作时应使制冷剂蒸气能很快离开传热表面和保持合理的液面高度,有效地充分利用传热表面。另外,在蒸发器换热管制冷剂侧的管壁上加肋,可增大换热面积,提高换热效果。

2. 蒸发器的种类及结构

按照被冷却物体的性质来分,蒸发器可分为以下三大类:

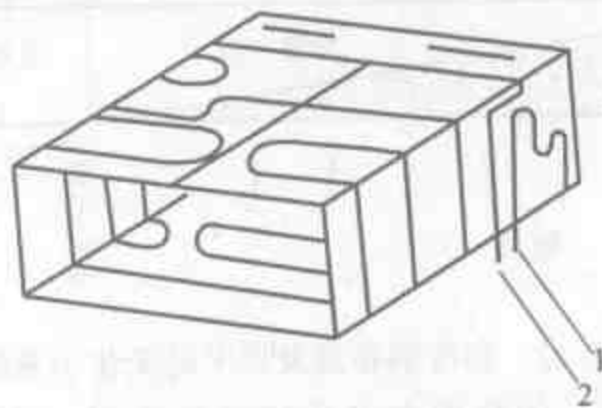
(1)冷却空气的蒸发器。目前为止,几乎所有的家用电冰箱和空调器使用的都是冷却空气的蒸发器。通常制冷剂在管内蒸发,空气在管外自然循环对流或空气强迫循环流动并冷却。空气以自然对流方式冷却时,称为排管式蒸发器;空气以强迫对流方式冷却时,称为空气冷却器或冷风机。

(2)冷却液体的蒸发器。这类蒸发器一般应用于一些大中型制冷与空调装置中。其中既有制冷剂在管内蒸发的,也有在管外蒸发的,液体载冷剂可在泵的作用下进行开式或闭式循环。根据结构不同,冷却液体的蒸发器可分为壳管式、立管式、螺旋板式、板式等。

(3)冷却固体的蒸发器。这是随着冷冻工艺的发展而出现的一种新类型的蒸发器,制冷剂在间壁的一侧蒸发,另一侧与被冷却或冻结的固体直接接触,省去了载冷物质,使传热效果提高。冻结食品的平板冻结器即属于这种蒸发器。

电冰箱与空调器中常用的蒸发器有:

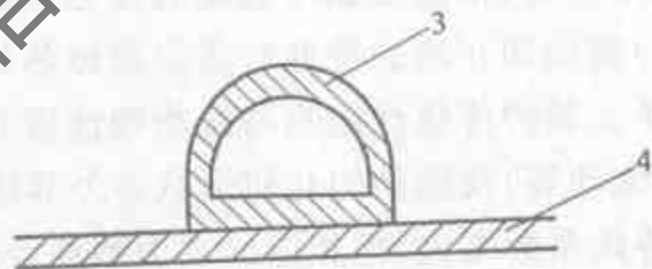
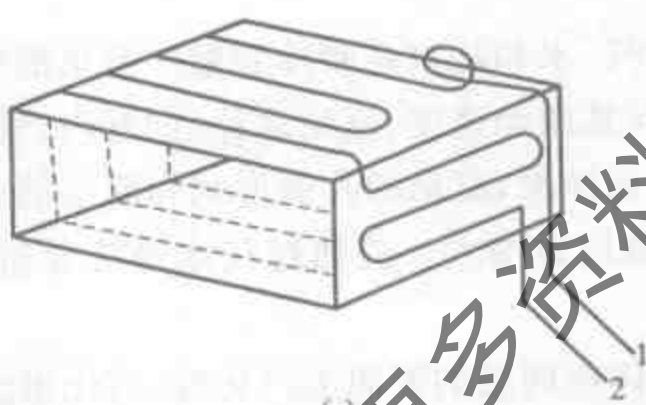
(1)铝合金复合板式蒸发器。其结构如图 3.42 所示,它由两薄板模合而成,其间吹胀形成管道。该类蒸发器的特点是传热性能好,容易制作。多用于直冷式家用电冰箱的冷冻室。



1—进口铜接头 2—出口铜接头

图 3.42 铝合金复合板式蒸发器

(2)蛇形盘管式蒸发器。其结构如图 3.43 所示,在铝合金薄板制成的壳体外层,盘绕上 $\phi 8 \sim 12$ mm 的铝管或紫铜管。将圆管轧平紧贴在壳体表面,目的是增加接触面积,提高传热性能。该类蒸发器工艺简单,不易损坏,泄漏性小,用于直冷式家用冰箱的冷冻室。



1—进口 2—出口 3—金属管 4—薄壳

图 3.43 盘管式蒸发器

(3)光管式蒸发器。其结构如图 3.44 所示,用 $\phi 8 \sim 12$ mm 铝管、紫铜管或不锈钢管,根据需要的形状和管长盘制而成,并加以固定。它便于安装和清洗,但单位管长制冷量小,一般用于家用冰柜和小型冷库等处。

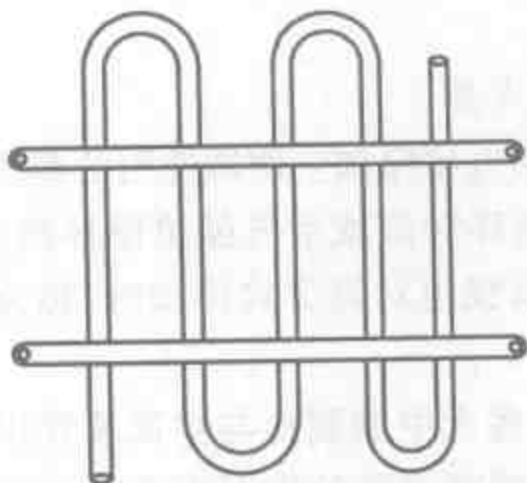


图 3.44 光管式蒸发器图

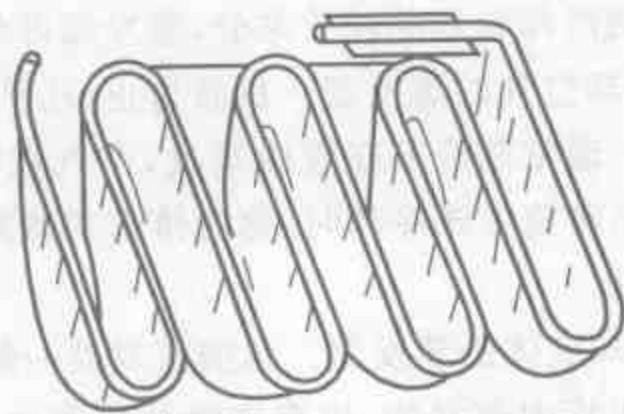


图 3.45 单侧翅片式蒸发器

(4)单侧翅片式蒸发器。其结构如图 3.45 所示,在光管的同一侧连接上一条铝制带状翅片,然后再弯曲成形,该类蒸发器较之光管式蒸发器而言,换热面积增加,传热效果明显提高,一般用于直冷式家用电冰箱的冷藏室。

(5)翅片管式蒸发器。其结构如图 3.46 所示,制作 0.15 mm 左右的薄铝片(翅片)多层,每层保持相同的间隔,将弯成 U 形的紫铜管穿入翅片的孔内,再在 U 形管的开口侧相邻的两管端口插入 U 形弯头,并焊接连成管道,这种结构使蒸发器的传热面积增加,热交换效率提高,体积减小,性能稳定。另外,常把平板形翅片的孔与孔之间的空白处,冲压成凹凸不平的波浪形,或切出长短不等的许多条形槽缝,以增加对流动空气的搅拌作用,空气在槽缝内串通流动,进一步提高热交换性能。这种蒸发器多用于间冷式冰箱或空调器中。

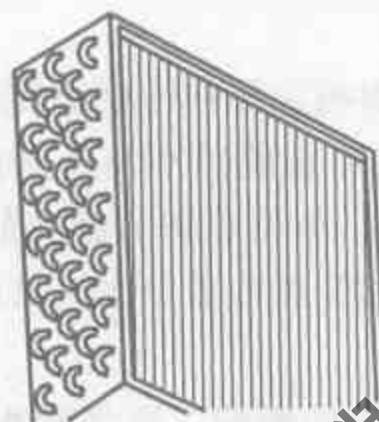


图 3.46 翅片管式蒸发器

二、冷凝器

1. 冷凝器的工作原理

冷凝器是制冷系统的主要换热部件之一。由压缩机排出的高温高压制冷剂蒸气在其内向冷却介质放热冷凝成为制冷剂液体,制冷剂在蒸发器内吸收的被冷却物体的热量以及压缩过程耗电转化成的热量在冷凝器内向冷却介质(水或空气等)放出,从而使制冷剂温度下降,实现制冷循环。制冷剂冷凝过程中也会呈现复杂的两相流状态,图 3.47 所示仅为制冷剂在冷凝器中的变化示意图。

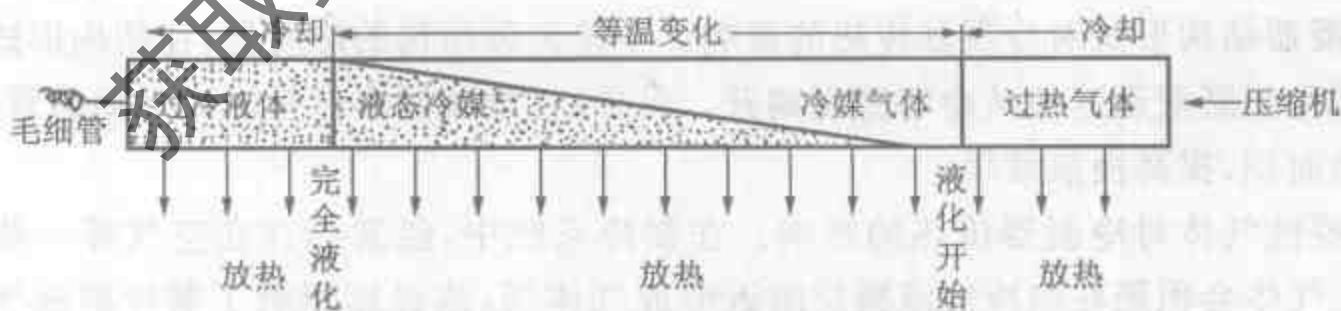


图 3.47 制冷剂在冷凝器中的变化示意图

制冷剂进入冷凝器的热量实际上包括以下三部分:

- (1)蒸发器吸收的热量。即液态制冷剂在蒸发器中汽化时从被冷却物体中吸收的热量。
- (2)压缩功转变的热量。即低温低压的制冷剂蒸气在压缩机中受压缩时接受由外加机械功转化的热量。

- (3)低温管道吸收的热量。即低温的制冷剂在管道和设备中流动时从外界传入的热量。

制冷剂在冷凝器中冷凝为液体,经过以下三个放热过程:

- (1)过热蒸气冷却为干饱和蒸气。由压缩机排出的高压高温过热蒸气经过放热,变为冷凝

温度、冷凝压力下的干饱和蒸气。这个过程较快,占用管道长度很短。

(2)干饱和蒸气冷却为饱和液体。在保持冷凝压力不变的条件下,干饱和蒸气在冷凝管中流动、放热,逐渐凝结为饱和液体,成为气、液两相混合的湿蒸气。这个过程占用冷凝管道较长,放热量较大。

(3)饱和液体冷却为过冷液体。饱和液体在冷凝器中继续放热,制冷剂液体温度将下降至冷凝温度以下,但压力仍为冷凝压力,故此时的制冷剂液体成为过冷液体。这个过程在冷凝器的末端,放热量虽少,但过冷液体的过冷度对制冷量有较大影响。

冷凝器的传热量和换热面积、传热温差及传热系数有关。同蒸发器一样,对已选定的冷凝器而言,换热面积一定,因此除提高冷凝器的传热温差外,主要应设法提高冷凝器的传热系数,因此应了解影响冷凝器传热的因素。

(1)制冷剂特性对冷凝器传热的影响。影响冷凝器传热特性的主要是制冷剂的导热系数、比热、黏度、密度等。导热系数大的制冷剂能减小制冷剂内部以及与冷却壁面之间的导热热阻,增大传热系数。当比热和密度大时,单位容积的制冷剂就可以携带更多的热量,故其以对流换热方式转移热量的能力就大,当然传热系数也大。黏度下降、密度增大、汽化潜热增大时,都能使制冷剂侧的传热系数增大。

(2)冷却介质的特性对冷凝器传热的影响。空气和水是制冷装置中最常见的冷却介质。由于水的热容量大于空气的热容量,因此用水作冷却介质的冷凝器的传热性能要优于用空气作冷却介质的冷凝器的传热性能。冷凝器的传热性能除与其物理性质有关外,还与其流动速度(一般冷凝器内最佳水流速度为 $0.8\sim 1.5\text{ m/s}$,空气流速约为 $2\sim 4\text{ m/s}$)、流动途径及流动方式(如自然对流、强迫对流等)等外界因素有关。流速大,流动的几何形状和流动的途径合理,则传热系数增大。

(3)换热面状况对冷凝器传热的影响。如冷却壁面光洁、液膜流动阻力就较小,凝结的制冷剂液体就能较快地流去,使液膜层减薄,放热系数就能相应增大。但当凝结雷诺数大于140后,粗糙的冷凝器传热表面的传热系数有可能高于光滑管。当换热面上形成油膜时,显然增大了传热热阻而不利于冷凝器传热。

(4)冷凝器结构形式对冷凝器传热的影响。不论何种结构的冷凝器,在结构形式上都应注意设法使制冷剂尽快地从冷却壁面离开。另外,在冷凝器换热管制冷剂侧的管壁上加肋,可增大换热面积,提高换热效果。

(5)不凝性气体对冷凝器传热的影响。在制冷系统中,经常会存在空气等一些不凝性气体。不凝性气体会积聚在制冷剂液膜层附近形成气体层,这显然影响了制冷剂蒸气的进一步凝结放热。为防止系统中积聚过多的不凝性气体,通常在制冷装置中设有空气分离器,用以及时排除不凝性气体。在小型氟利昂装置中,一般不专设空气分离器,若系统需要放空气时,可通过放空气管(或阀)将其直接排出系统。

2. 冷凝器的种类及结构

按冷却介质来分,冷凝器可分为空气冷却和水冷却两大类。家用制冷设备大都采用空气冷却,大型制冷装置则采用水冷却。空气冷却按空气流动方式又分为自然对流和强迫对流两种。

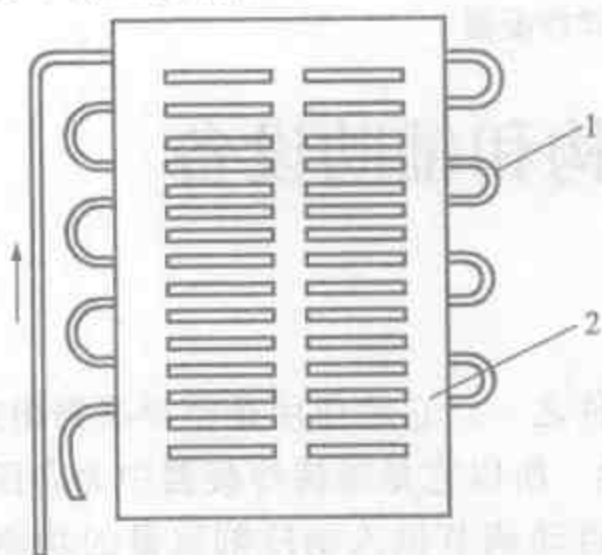
电冰箱和冰柜的冷凝器采用空气冷却,一般采用自然对流方式,这种方式具有结构简单、噪声低、不易损坏等优点,但换热效率很低。冷藏容积在 300 L 以上的电冰箱一般采用强迫通

风对流冷却。

空调器的冷凝器有水冷和风冷(主要是强迫通风对流)两种。前者可用于柜式空调器和单元式空调器,后者多用于房间空调器。其主要结构形式有:

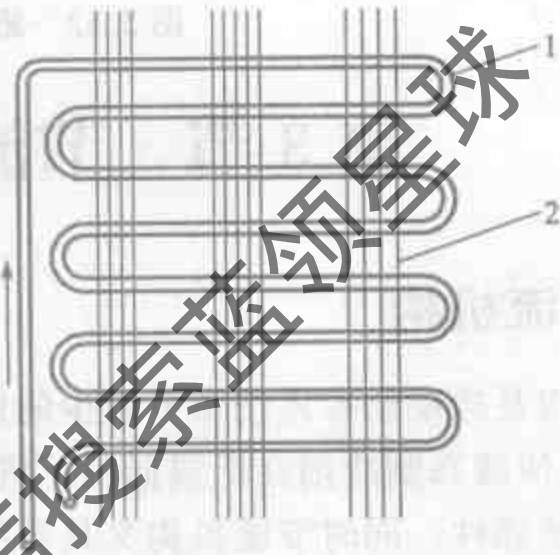
(1)百叶窗式冷凝器。用直径为5 mm左右、壁厚为0.75 mm的铜管或复合管弯曲成蛇形管,然后将蛇形管嵌在冲压成百叶窗形状的铁制薄板上,靠空气的自然流动散发热量,其结构如图3.49所示。薄板的厚度约为0.5~0.6 mm,冷凝管直径约为5~6 mm。

(2)钢丝式冷凝器。在冷凝器蛇形盘管平面两侧点焊上数十条钢丝,钢丝直径约1.5 mm,钢丝间距5~7 mm,其结构如图3.50所示。钢丝式冷凝器具有单位尺寸散热面大、工艺简单、成本低等优点。



1—冷凝管 2—百叶形板

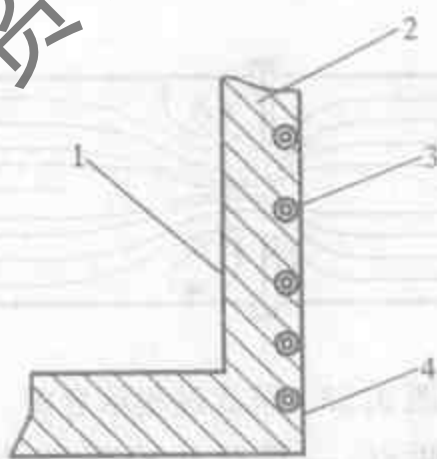
图 3.49 百叶窗式冷凝器



1—冷凝管 2—钢丝

图 3.50 钢丝式冷凝器

(3)内藏式冷凝器。将冷凝器盘管附在薄钢板的内侧,薄钢板的外侧作为箱体外表面的后壁或侧壁,由此向外散热,其结构如图3.51所示。这种冷凝器散热效果较差,但箱体美观。



1—箱内壳 2—隔热层 3—冷凝管 4—箱体外壳(金属)

图 3.51 内藏式冷凝器

(4)翅片盘管式冷凝器。这是在空调器上经常采用的一种空气强迫对流式冷凝器。它的结构为翅片盘管式,即在 $\phi 9\sim 10$ mm的U形铜管或钢管上,按一定的片距套装上一定数量的片厚为0.2 mm的铝质或钢质翅片,经机械胀管和用U形弯头焊接上相邻的U形管口后,就构成一排排带肋片的管内为制冷剂通道、管外为空气通道的冷凝器,其结构如图3.52所示。翅片形状常用的有平面形翅片、波纹形翅片、平面条孔翅片、波纹条孔翅片等,其中波纹条孔翅片散热效果最好。

该类冷凝器具有结构紧凑、散热效率高,冷却能力大等优点。但因为其翅片密集,空气通过时流动阻力大,所以一般需加装风机来强迫空气对流,增加散热效果。

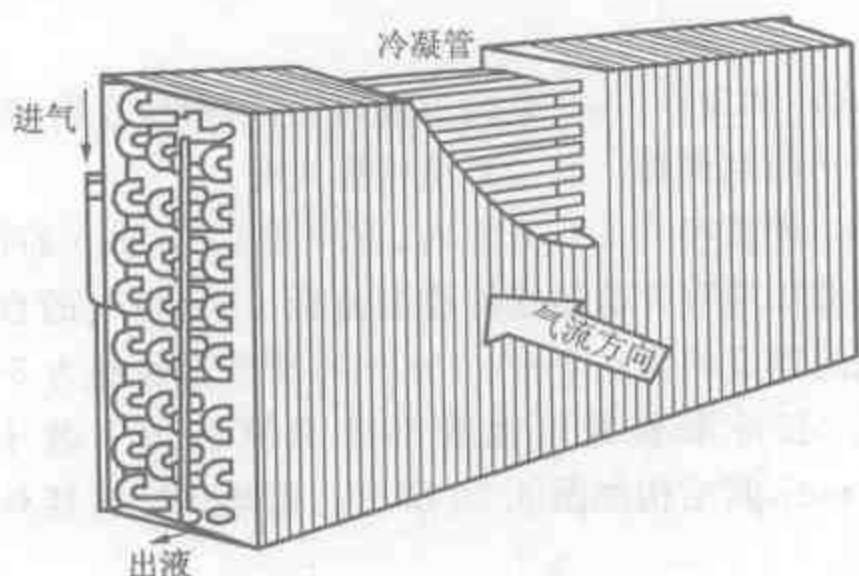


图 3.52 翅片盘管式冷凝器

第 3 节 节流机构和辅助设备

一、节流机构

节流机构是构成制冷系统不可缺少的四大部件之一。其作用是使冷凝器出来的高压液体节流降压,使液态制冷剂在低温低压下汽化吸热。此外它是维持冷凝器中为高压、蒸发器中为低压的重要部件。同时节流机构又具有手动或自动调节供入制冷剂流量的功能,以适应制冷系统制冷量变化的需要。

如图 3.53 所示,当制冷剂流体流过一小孔时,一部分静压力转变为动压力,流速急剧增大,成为湍流流动,流体发生扰动,摩擦阻力增加,静压下降,从而使流体达到降压和调节流量的目的。

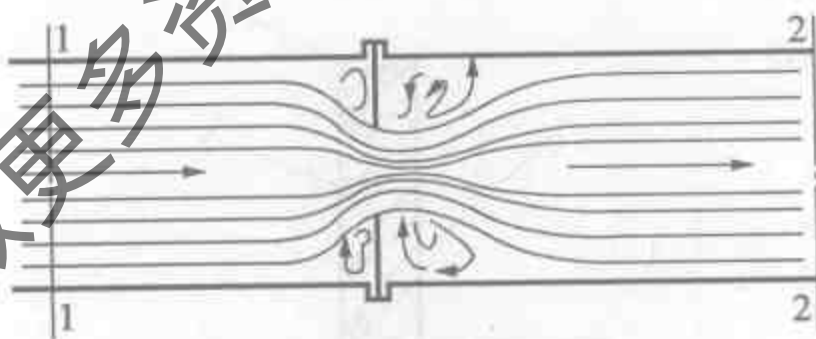


图 3.53 节流过程示意图

制冷循环中节流机构的作用有两点:一是对从冷凝器中出来的高压制冷剂液体进行节流降压,使制冷剂液体的压力降为蒸发压力;二是根据系统负荷的变化,调节进入蒸发器的制冷剂液体的流量。

常见的节流机构有毛细管、膨胀阀、浮球阀、节流孔板等。考虑到电冰箱与空调器中主要用到的是毛细管和膨胀阀,因此下面主要就这两种节流机构作具体介绍。

(1)毛细管。毛细管即是一根直径很小的有规定长度的紫铜管。因其具有结构简单、价格低廉、工作可靠等优点而广泛地应用于电冰箱、空调器和小型冷库中。

毛细管的内径和长度应和制冷装置相匹配,其尺寸值的确定是可以按照具体的条件经过理论计算而得,但过程相当复杂。在电冰箱与空调器的维修中,我们往往并不采用计算的方法,而是简单选用和原尺寸相同的毛细管。或者依据表 3.14 来确定毛细管的具体尺寸。

表 3.14 毛细管与制冷机的匹配尺寸

压缩机/W	制冷剂	冷凝器的种类	应用温度范围	适用机种	蒸发温度/℃		
					-23~-15	-15~-6.7	-6.7~-2
					长(m)× 内径(mm)	长(m)× 内径(mm)	长(m)× 内径(mm)
61	R12	自然对流	低	电冰箱	3.66×0.66	3.66×0.79	
92	R12	自然对流	低	电冰箱	3.66×0.66	3.66×0.79	
123	R12	自然对流	低	电冰箱	3.66×0.79	3.66×0.92	
184	R12	自然对流	低	家用冷冻箱	3.66×0.92		
368	R12	强制	低	低温冷藏柜	3.05×0.73	4.68×1.37	
551	R12	强制	中	室内空调器		3.05×1.78	3.05×2.03
551	R12	强制	低	低温冷藏柜	3.05×1.5	3.66×1.63	
735	R22	强制	中	室内空调器 (热泵式)		3.66×1.63	
735	R12	强制	低	低温冷库	3.66×1.63	3.05×1.78	
1 470	R22	强制	中	室内空调器 (热泵式)		2.44×1.78 (2根)	3.05×2.04 (2根)
1 470	R22	强制	低	冻结箱	3.05×1.63	3.05×2.04 (2根)	
2 205	R12	强制	低	低温冷藏库	3.66×1.63 (3根)	3.05×1.78 (3根)	
3 675	R22	强制	高	柜式空调器		3.05×2.04 (5根)	1.05×1.63 (3根)

毛细管在制冷装置中起着节流和调节流量的作用,其具体工作过程是依靠其流动阻力沿长度方向的压力降,来控制制冷剂的流量和维持冷凝器与蒸发器之间的压力差。当高压过冷的制冷剂液体进入毛细管后,沿着流动方向产生压力和状态变化,先是过冷液体随压力的逐步降低,先变为相应压力下的饱和液体,这段称为液相段,其压降不大,且呈线性变化;从毛细管中出现第一个气泡开始到毛细管末端,为气液两相段,该段内饱和蒸气含量沿流动方向逐步增加,因此压降呈非线性变化,越到毛细管末端,其单位长度上的压降就越大,当压力降低至相应温度下的饱和压力时,制冷剂液体自身就会蒸发降温,也即随着压力的降低,制冷剂的温度也相应降低,即降低至相应压力下的饱和温度。图 3.54 反映出了制冷剂液体在毛细管中的压力及状态变化。

毛细管节流的特点如下:

- 1) 一般采用铜管拉制而成,结构简单,制造方便,价格便宜,不易产生故障。
- 2) 没有运动部件,本身不易产生故障和泄漏。
- 3) 对制冷剂流量的调节能力低。

4) 制冷剂液体在冷凝压力和蒸发压力的差值一定时,流经毛细管的流量是稳定的,但当制冷负荷变化时,通过毛细管的流量将随入口压力的增加而增加,同时也随出口外部压力的降低而增加,这一特点称为毛细管的自动补偿性,以适应负荷变化对制冷剂流量的要求,但毛细管的自动补偿能力很小,在达到极限值以后,制冷剂流量即不随压力的变化而变化了。因此,毛

细管仅适合有比较稳定的冷凝压力和蒸发压力的制冷装置。

5) 制冷压缩机停止运转后, 制冷系统内的高压侧压力和低压侧压力可迅速得到平衡, 再次启动运转时, 制冷压缩机的电动机启动负荷较小, 运转较省力, 故不必使用启动转矩大的电动机作为制冷压缩机的动力。

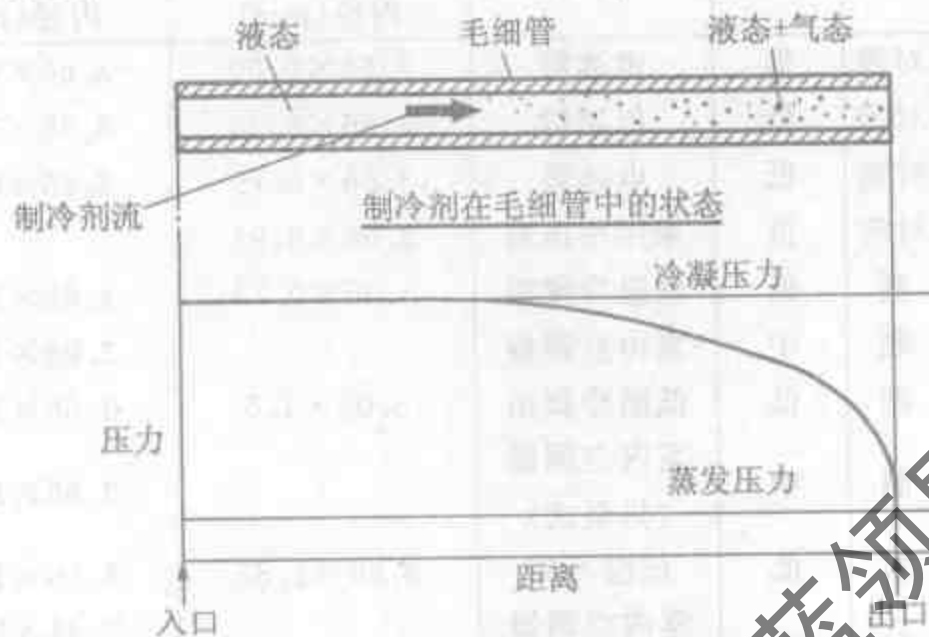


图 3.54 制冷剂在毛细管中的压力及状态变化

(2) 膨胀阀。膨胀阀普遍应用于大、中型制冷与空调装置中, 通过感温机构的作用, 随蒸发器出口处制冷剂的温度变化而自动变化, 达到调节制冷剂供液量的目的。

膨胀阀有以下几种常见类型:

1) 手动膨胀阀。手动膨胀阀是最简单的膨胀阀, 它适用于制冷系统手动控制的场合。它实际是一种带有细牙螺纹调节的针阀, 可手动调节阀的开启度。当压缩机停机后, 必须关闭手动膨胀阀, 以切断液体通路。手动膨胀阀的缺点是不能随蒸发器负荷的变化而自动适应, 全凭经验依据制冷系统中的反应进行手动操作。目前已逐渐成为备用设备, 设在旁通管路上, 或者和电磁阀配合实现自动控制。

2) 自动膨胀阀。自动膨胀阀是依靠作用在膜片(或波纹管)上相应的吸气压力来控制液体流量的一种自动阀, 当阀全开时, 制冷剂液体进入蒸发器, 引起蒸发器压力的升高, 同时会导致膨胀阀的关小。当压缩机抽吸蒸发器中的蒸气时, 压力降低, 这种趋势会促使膨胀阀开打, 这样它能自动调节阀的开启度。制冷系统运行时, 阀永远不会全关。当压缩机开动时, 针阀立即开大; 当压缩机停止时, 蒸发器中的压力可使膨胀阀全关。

3) 热力膨胀阀。热力膨胀阀是一种根据蒸发器回气过热度的变化, 而自动调节阀口开启度的改进型的自动膨胀阀, 广泛用于制冷和空调装置中。热力膨胀阀的种类很多, 结构大致相同, 按传力零件的结构分为薄膜式和波纹管式两种; 按使用条件又可分为内平衡式和外平衡式两种。

图 3.55 所示为一热力膨胀阀的结构图。膜片或波纹管上部的压力来自远距离感温包压力的响应。感温包内充有与制冷系统相似的工质, 感温包紧固在蒸发器出口附近的吸气管上, 用毛细管与膨胀阀膜片(或波纹管)腔室相连。毛细管的作用是将感温包内由温度的变化而产生的压力变化传导到阀顶气箱中的波纹薄膜上方。波纹薄膜的断面呈波浪形, 和罐尖的底盖类似, 随着压力的变化能做上下 2~3 mm 的位移变形。波纹的位移推动其下方的传动块, 再经过传动杆的传递作用于阀针座。这样, 当波纹薄膜向下移动时阀针座也向下移动, 阀开启度增大; 反之, 则阀口开启度减小。阀针座的下部为调节部分, 由弹簧、座和调节杆组成。这部分

的作用是用以调整弹簧的弹力以调整膨胀阀的开启过热度。

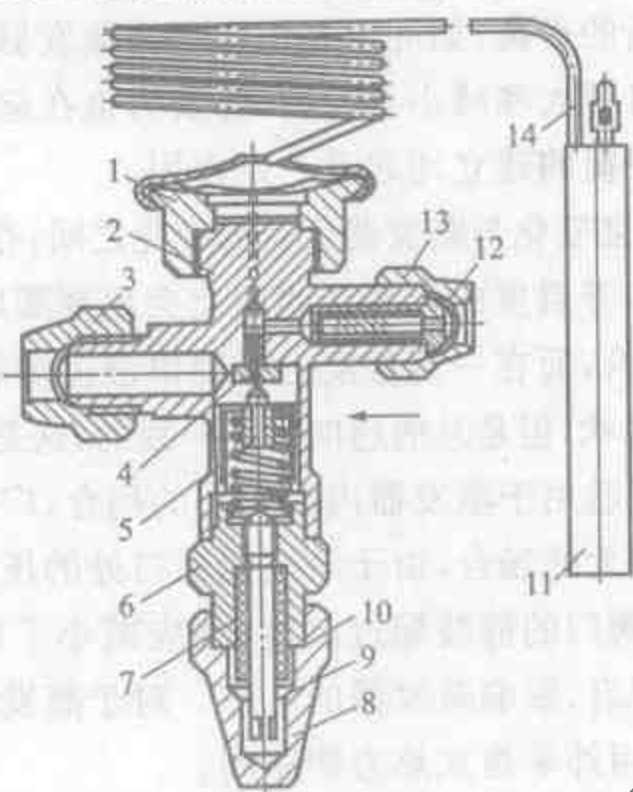


图 3.55 热力膨胀阀结构图
 1—感应机构 2—阀体 3—螺母 4—阀座 5—阀杆 6—调节杆座 7—填料
 8—帽罩 9—调节杆 10—填料压盖 11—感温包 12—膜片 13—螺母 14—毛细管

热力膨胀阀是利用密封在元件内制冷剂饱和压力增减来控制流经阀孔的制冷剂量的。如图 3.56 所示,热力膨胀阀的动作基本上取决于以下主要压力:

- 感温包压力:它作用在使阀趋向开启的膜片一侧。
- 蒸发压力:它作用在膜片的另一侧,可使阀趋向于关闭。
- 阀杆底座的弹簧力:它通过阀杆传递到膜片的蒸发压力侧,帮助关闭阀孔。



图 3.56 热力膨胀阀的工作原理

热力膨胀阀在安装后调试时,根据预定的回气过热度要求(一般定为 5°C)调定弹簧的压紧度,使得感温压力等于蒸发压力和弹簧力的合力。若忽略蒸发器的流动阻力,那么蒸发器中制冷剂的蒸发压力可视为不变。当蒸发器在运行时,会由于蒸发器负荷变化及阀口开启度决定的供液量的过多或过少,使得蒸发器出口处回气过热度发生变化,从而使上面的平衡被破坏,自动调整阀口的开启度,同时使三种压力重新调整,直到建立新的平衡。

例如:当蒸发器的负荷增大,制冷剂的蒸发速度加快,从而提高蒸发压力,此时供液量会显得不足,使得回气过热度增大,当感温包压力大于蒸发压力与弹簧压力之和时,阀口开启度就会增大,使得供液量增多,由此建立新的平衡。当供液量增加过多时,又会使得回气过热度减

小,感温包中的温度和压力下降,蒸发压力升高,使上述新的平衡又被破坏,阀口开启度会被减小,使得供液量减小,再建立新的平衡,如此反复不已。当蒸发器的负荷小时,也将出现与上述分析反向的自动调节。在阀口开大和减小的时候,弹簧力也在起着相应的增大和减小的变化,对于旧的平衡被破坏和新的平衡的建立均起着一定作用。

由于感温包接受回气过热度变化与蒸发器负荷的变化之间,存在着热惰性的影响,以及阀体动作的灵敏度的影响,使得阀口开启度的调节在时间上会出现滞后现象,所以供液量的变化,不能和蒸发器的负荷变化完全吻合,而在一定程度上显得供液过多和供液过少。蒸发器负荷变化为光滑曲线,供液量变化呈折线状,但是总的趋向则是一致的,这是热力膨胀阀的工作特性。

内平衡式热力膨胀阀只能适用于蒸发器内阻较小的场合,广泛应用于小型制冷空调装置。对于大型装置及蒸发器内阻较大的场合,由于蒸发器出口处的压力比进口处下降较大,若使用内平衡式热力膨胀阀,将增加阀门的静装配过热度,相应减小了阀门的工作过热度,导致热力膨胀阀供液不足或根本不能开启,影响蒸发器的工作。对于蒸发器管路较长或是多组蒸发器装有分液器的情况,就需要采用外平衡式热力膨胀阀。

外平衡式热力膨胀阀的结构与内平衡式基本相同,其不同之处在于作用在波纹膜片下方的不是蒸发器入口处的制冷剂压力,而是以由平衡管连通的蒸发器出口处的制冷剂压力。这样就避开了蒸发器的内阻问题,不论内阻是大是小,作用于膜片上方和下方的力可以根据要求的过热度进行调节。外平衡式热力膨胀阀可以改善蒸发器的工作条件,但其结构比较复杂,安装和调试麻烦,因此只有当蒸发器的压力损失较大时才用此种膨胀阀。

热力膨胀阀的阀体应安装在蒸发器入口的供液管上,阀体应该垂直,不能倾斜更不可颠倒安装。蒸发器配有分液器的,分液器应直接装在膨胀阀的出口侧,这样使用效果较好。当蒸发器和膨胀阀安装在贮液器上方时,若安装高度超过一定限度,会由于管内压力低于其温度相对应的饱和压力而使得产生闪发蒸汽,因而降低了热力膨胀阀的工作稳定性。如果必须提升相当的高度,应保证高压液体具有足够的过冷度。

感温包的位置十分重要,有时它可决定制冷装置工作性能的好坏。感温包应安置在蒸发器出口处的回气管上,应该用专用的金属带牢牢地将感温包固定在清洁的回气直管上,在包扎前应除去回气管和感温包表面的氧化层,使新的金属表面贴合一起并使之紧固,避免由于接触不良而降低传感的灵敏度。包扎固定后可用软质塑料再包扎,使之免受外界气温的影响。为得到满意的膨胀阀控制,感温包同吸气管路之间应有良好的接触。安装感温包时,需要注意以下几点:

无论在何种情况下,感温包均不能设在回气管中有可能积液或积油的地方,以避免传感误差;感温包固定在水平管段上较好。如果条件所限只能垂直安装,应当使它的毛细管一端向上;多台蒸发器长联安装时,管路的布置应使得各路的回气不影响别路的感温包。

充注液体的感温包,其安装位置应低于膨胀阀的阀体。倘若条件不允许,应将毛细管向上引起,使感温包内存有液体。

热力膨胀阀安装完毕后需要在制冷系统调试的同时予以调整,使它能在规定的工况条件下执行自动调节。所谓调整,实际上是调整阀下方的弹簧的压紧程度。拧下底部的帽罩,用扳手顺旋(由下往上看为顺时针方向)调节杆,使弹簧压紧而关小阀门,蒸发压力会下降。反旋调节杆,使弹簧放松而开大阀门则蒸发压力上升。

调整热力膨胀阀时,最好在压缩机的吸气截止阀处装一只压力表,通过观察压力表来判定

调节量是否恰当。如果蒸发器离压缩机甚远,亦可根据回气管的结霜(中、低温制冷)或结露(空调用制冷)情况进行判别。在空调用的制冷装置中,蒸发温度在 0°C 以上,回气管应当结露滴水。但若结露直至压缩机邻近,则说明阀口过大,应调小一些;如果在装有回热器的系统中,回热器的回气管出口处不应结露,相反,如果蒸发器的出口处不结露,则说明阀口过小,供液不足,应调大一些。调试工作必须要细致耐心,一般分粗调和细调两段进行。调时每次可旋转调节杆一周左右,当接近需要的调整状态时再进行细调。细调时每次旋转 $1/4$ 周,调整一次后应观察一段时间,直到符合需要为止。

4)电子膨胀阀。电子膨胀阀(电子控制膨胀阀)的组成如图3.57所示。它主要由检测、控制和执行3部分构成。

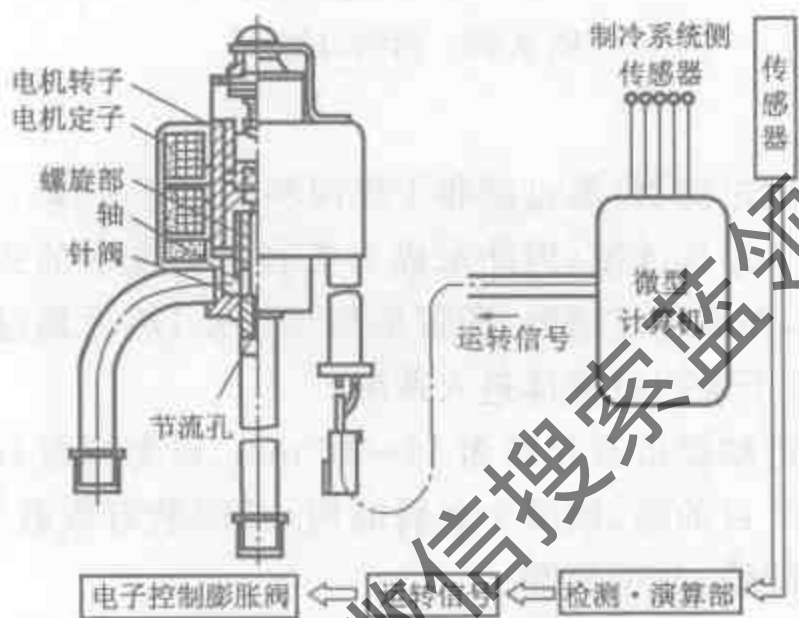


图 3.57 电子膨胀阀

电子膨胀阀的工作原理是:电子膨胀阀接收由微型计算机传来的运转信号进行动作,根据运转信号驱动转子回转,并将螺旋回转运动转换为轴的直线运动,以轴端头的针阀调整节流孔的开口度,进而调节制冷剂的流量。

电子膨胀阀较之原先的热力膨胀阀的优点体现在以下方面:

- 流量调节不受制冷剂压力变化的影响;
- 对膨胀阀前制冷剂过冷度的变化具有补偿作用;
- 由于电信号传递快,执行动作迅速、准确,故能够及时、精确地调节流量,即使负荷变化剧烈,也能避免振荡;
- 能够将蒸发器出口过热度控制到最小,从而最大限度地提高蒸发器传热面积的利用率;
- 在装置的整个运行温度范围内,可以有相同的过热度设定值;
- 可以根据装置的实际情况决定调节规律,不仅限于采用比例调节,还可以采用比例积分或其他调节规律,并且能够进行调节参数整定。

二、常用的辅助设备

制冷装置中除了必不可少的压缩机、冷凝器、膨胀阀和蒸发器等四大设备之外,还需要设置许多辅助设备,它们对于提高运行的经济性,保障设备的安全运转是很重要的。小型制冷空调装置中常见的有污物过滤器、干燥过滤器、气油分离器和气液分离器等,现分别予以讨论。

1. 污物过滤器

污物过滤器的作用是清除制冷剂中的机械性杂质,如金属屑、焊渣、砂粒、氧化皮等,这些

杂质大都是由于系统安装后排污不尽所遗留下来的,倘若不清除掉会导致制冷系统发生脏堵。

污物过滤器一般制作成筒形,图 3.58 所示为污物过滤器的结构示意图。液体从左侧进入铜丝滤网,然后由右侧流出。滤网在拆下底盖后可取出清洗或更换。

污物过滤器的阻力一般都不大,但有了污垢就会增大。

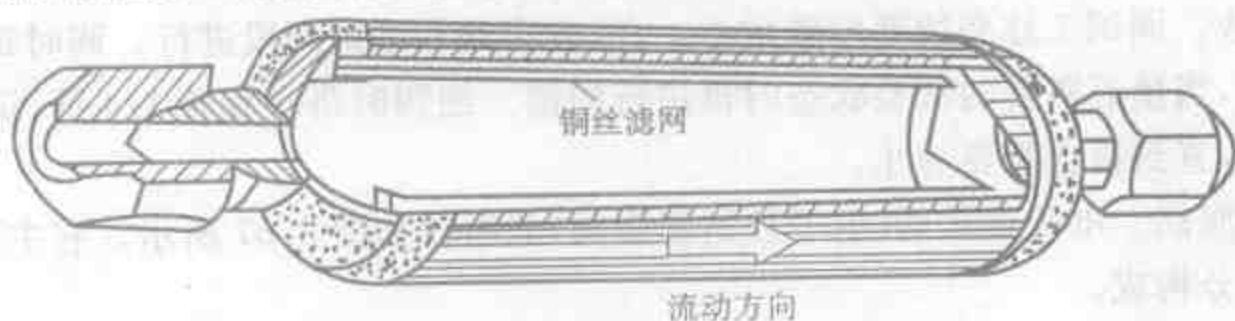


图 3.58 污物过滤器

2. 干燥过滤器

制冷系统中使用的干燥过滤器,集过滤和干燥两种功能于一体。氟利昂系统中,由于氟利昂和水几乎互不相溶而容易形成冰塞,因此水成为氟利昂系统中的大敌,必须予以清除。制冷剂流过干燥过滤器时,先通过过滤器,截留机械性杂质,然后经过干燥段吸收水分。干燥段的两端还设有滤网,防止干燥剂随液体进入系统。

如图 3.59 所示,干燥过滤器由直径约为 14~16 mm、长度约为 100~180 mm 的粗铜管制成,进出口处装有 120~200 目的粗、细两个金属滤网,中间装有吸收水分的干燥剂,也称吸湿剂。目前常用的干燥剂有硅胶、分子筛等。

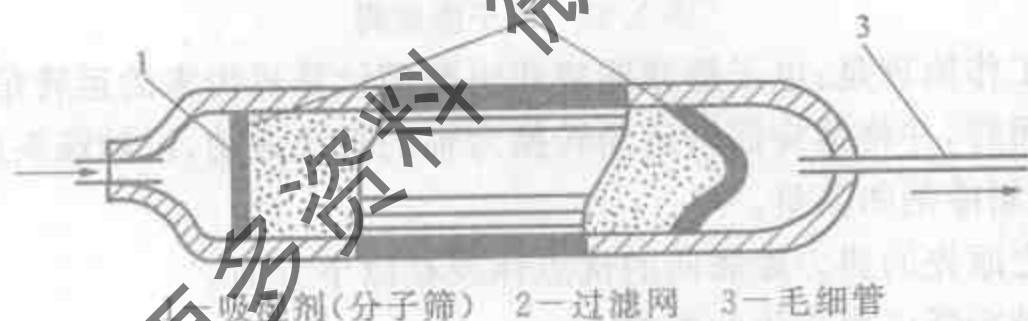


图 3.59 干燥过滤器

硅胶颗粒大小约为 0.5 mm,选用干燥器时应注意液体在其中的流速以 0.013~0.033 m/s 为宜,过大的流速会使硅胶颗粒破碎而增大阻力。利用分子筛的吸附作用也可实现干燥过滤器的脱水作用。

干燥过滤器一般设置在毛细管或膨胀阀前。在装设干燥过滤器的部位还需要装有旁通管(加阀),因为脱水的过程只需 12~15 min 即可完成,时间过久会增大流动阻力,装设旁通是便于将干燥过滤器拆下,更换干燥剂或清洗过滤器。小型氟利昂装置可不设干燥器,只需在添加制冷剂时使其通过临时的干燥器即可。

3. 气油分离器

润滑油是高速运转的压缩机中必需的润滑剂。气缸中的一部分润滑油雾化后随高速的排气气流离开压缩机,这些油雾在被冷却后即会聚集,如果进入冷凝器和蒸发器等换热设备,就会在传热管上形成油膜,使得传热性能恶化。氟利昂系统中虽无此种情况,但也需要及时将油收回压缩机,以免对蒸发器的性能产生不良影响。为此在系统中需要设置气油分离器。

气油分离器设置在冷凝器前压缩机的排气管路中,其安装位置如图 3.60 所示。它可以将

压缩机排出的大部分润滑油予以分离并截留。汽油分离器的基本工作原理大致相同,都是利用油滴和制冷剂蒸气的比重有很大的差别,借助于降低流速,使之沉降分离;改变流向,借惯性分离,以及离心、过滤、洗涤等辅助手段达到分油的目的。



图 3.60 气油分离器安装位置

常用的油分离器形式,氨用的有洗涤式和离心式等;氟利昂系统的主要是过滤式油分离器。

如图 3.61 所示,过滤式气油分离器的分油作用是依靠降低流速、改变流向和几层金属丝网的过滤作用来实现。气油分离器的油可以通过浮球控制的自动回油机构返回压缩机的曲轴箱。当周期性地自动回油时,回油管也应有周期性的发热和变冷的现象,即回油时发热,不回油时变冷,如果没有这种变化,则说明浮球阀失灵,应进行检修。检修期间改用手动的旁通阀回油。

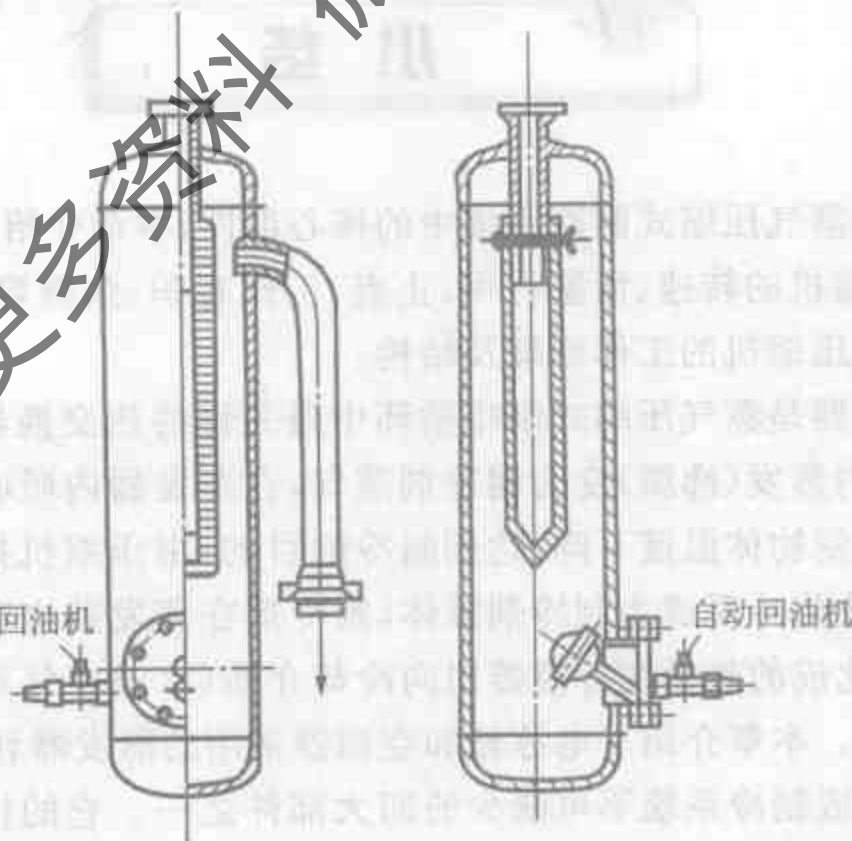


图 3.61 过滤式油分离器示意图

4. 气液分离器

气液分离器是设置于制冷系统吸入流程上的保护压缩机的装置,它可以对进入压缩机的回气进行气液分离,避免返回压缩机的低温、低压制冷剂蒸气携带过多的液滴而导致“液击”现象。

图 3.62 所示为气液分离器的结构图,由图可以看出,从蒸发器出来的液态制冷剂由吸入管入口进入分离器中,气态制冷剂直接进入压缩机压缩,而液态制冷剂因本身重力而落入分离器筒底,然后再回到蒸发器继续蒸发。



图 3.62 气液分离器结构图

资料搜索蓝领星球

小结

(1) 制冷压缩机是蒸气压缩式制冷系统中的核心部件,本章介绍了制冷压缩机的不同分类方法及活塞式制冷压缩机的转速、活塞行程、止点、工作容积、余隙容积、制冷压缩机工况等基本概念;以及常见制冷压缩机的工作原理及结构。

(2) 蒸发器和冷凝器是蒸气压缩式制冷循环中最关键的热交换器。经节流降压后的低温低压制冷剂液体在蒸发器内蒸发(沸腾)变为制冷剂蒸气,在蒸发器内吸收被冷却物体的热量而蒸发成制冷剂蒸气,从而使物体温度下降,达到制冷的目的;由压缩机排出的高温高压制冷剂蒸气在其内向冷却介质放热冷凝成为制冷剂液体,制冷剂在蒸发器内吸收的被冷却物体的热量以及压缩过程耗电转化成的热量在冷凝器内向冷却介质(水或空气等)放出,从而使制冷剂温度下降,实现制冷循环。本章介绍了电冰箱和空调器常用的蒸发器和冷凝器的类型及其结构。

(3) 节流机构是构成制冷系统不可缺少的四大部件之一。它的作用是使冷凝器出来的高压液体节流降压,使液态制冷剂在低温低压下汽化吸热。所以它是维持冷凝器中为高压、蒸发器中为低压的重要部件。同时节流机构又具有手动或自动调节供入制冷剂流量的功能,以适应制冷系统制冷量变化的需要。本章介绍了电冰箱和空调器常用的毛细管及膨胀阀的工作原理及结构。



实训项目

实训项目一:活塞式制冷压缩机整机的拆卸与装配

实训目的:掌握活塞式制冷压缩机整机的拆卸与装配的顺序,并能部分操作,了解拆装过程中应注意的事项,为活塞式压缩机的维修打下基础。

实训设备及工具:活塞式制冷压缩机,各种扳手,木锤,橡皮锤,吊环等。

实训项目二:换热器的清洗

实训目的:了解换热器常用的除垢方法,掌握除垢的操作步骤

实训设备及工具:蒸发器、冷凝器、除垢扁铲、锤子、扳手、容器等



复习思考题

1. 制冷压缩机的分类方法有哪些?
2. 什么是活塞式压缩机的止点?什么是活塞式压缩机的活塞行程?
3. 什么是活塞式压缩机的余隙容积,哪些部位存在余隙容积?
4. 描述活塞式压缩机的工作过程。
5. 阐述蒸发器的工作原理。
6. 影响蒸发器传热的因素有哪些?
7. 阐述冷凝器的工作原理。
8. 影响冷凝器传热的因素有哪些?
9. 毛细管节流的特点是什么?
10. 膨胀阀有哪些常见类型?
11. 制冷系统中的干燥过滤器有何作用?

第4章

电冰箱与空调器的电气与控制



学习目标

- 了解电冰箱与空调器压缩机电机的原理。
- 熟悉常见的电冰箱与空调器压缩机电机的启动与保护元件的结构及工作原理。
- 掌握常见温度控制器的结构和工作原理。
- 掌握电冰箱的除霜控制系统原理及组成。

第1节 压缩机中的电动机

一、制冷压缩机中的电动机的性能要求及种类

1. 制冷压缩机中的电动机的性能要求

电动机是为压缩机提供动力,将电能转换成机械能以驱动压缩机实现制冷循环的重要电气设备。目前,电冰箱与空调器一般均使用全封闭式压缩机,其电动机长期在一定的压力和高温下工作,因此,对电动机的性能有以下特殊要求:

(1)电动机处于制冷剂和冷冻机油长期浸泡的环境中,因此必须具有良好的化学稳定性以及良好的耐制冷剂、耐冷冻机油的特性;另外还要求电动机的绝缘材料在高温下保持可靠的绝缘性能。

(2)密闭在压缩机钢壳内的电动机,其工作环境温度经常在 70°C 以上,工作时温升可达 $100\sim 120^{\circ}\text{C}$ 左右,因此要求电动机的绕组线圈及绝缘材料具有抗高温、抗老化性能。

(3)电动机经常在满载或超载的情况下启动,因此要求电动机的启动转矩大,且能够在超载时正常运转,并能适应一定范围的电压波动和频繁启动的要求。

(4)电动机容易受到启动电流引起的电磁力的冲击、制冷剂进入壳内的冲击、急剧蒸发的热冲击以及启动和停机时的机械振动等,因此要求电动机的电磁线圈具有一定的机械强度,且能够耐振动、耐冲击。

(5)为了提高制冷系统的性能系数,还要求电动机具有较高的效率。

2. 制冷压缩机中的电动机的种类

制冷装置的压缩机使用的电动机有单相电动机和三相电动机,一般家用电冰箱及空调器等小型制冷装置多采用单相电动机,而商用冷藏箱及中、大型制冷装置一般采用三相电动机。

(1)单相电动机。单相电动机采用单相交流电源作为动力,而单相交流电是一个随时间按正弦规律变化的电流,其产生的磁场是一个脉动的磁场,所以单相电动机无法获得启动转矩。为了使单相电动机旋转,一般采用在主绕组(又称运行绕组)之外再增加一个副绕组(又称启动绕组)的方法。主绕组和副绕组并联,由于启动绕组的匝数少、线径细、电阻大,而运行绕组的匝数多、线径粗、电阻小,因而两组绕组的电感、阻抗不相等。通电以后,由于运行绕组电感阻抗很大,使它与启动绕组的电流形成相位差。也就是说,电阻大、电抗小的启动绕组的电流比相邻的运行绕组的电流先达到最大值,两绕组之间的电流有 $\pi/2$ 角度的相位差,因而定子电流也就产生了旋转磁场,电动机也跟着旋转磁场沿同一个方向转动起来,一旦电动机启动旋转,由于转动惯性和异步的关系,切断启动绕组,则运行绕组继续维持电动机旋转。

(2)三相电动机。三相电动机以三相交流电源作为动力。三相电动机启动转矩大,效率和功率因数也较高,一般不需要启动电容器或启动继电器。三相交流电三个相的电流的最大值及有效值相等,相与相间的相位差各为 $120^\circ(2\pi/3)$,三相均为正弦交流电。当在定子绕组中接入三相电源时,定子绕组就会产生一个旋转磁场。电流每过一个周期,旋转磁场在空间旋转一周,即旋转磁场的旋转速度与电流的变化是同步的。转子在磁场的作用下产生感应电流,形成转子磁场,转子就转动起来。

三相电动机的接线方法有三角形(Δ)和星形(Y)两种。电压为 380 V 的全封闭式压缩机所用的三相电动机按星形连接时,相电压为 380 V ,按三角形连接时,相电压为 220 V 。

二、单相电动机的启动与保护元件

1. 单相电动机的启动方式与启动元件

单相电动机是依靠电流通过两个绕组共同启动的,电动机一经启动,启动绕组的电流便中断,而运行绕组继续运行。

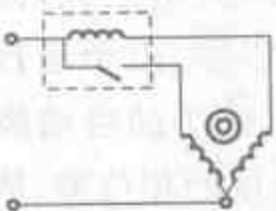
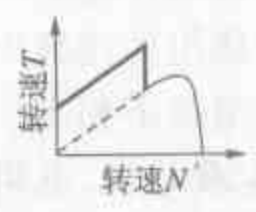
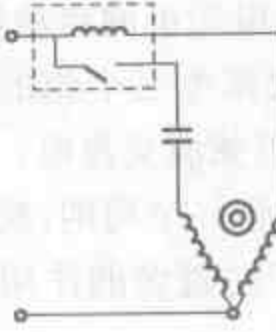
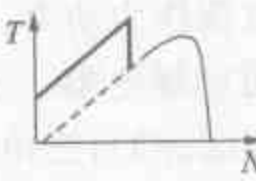
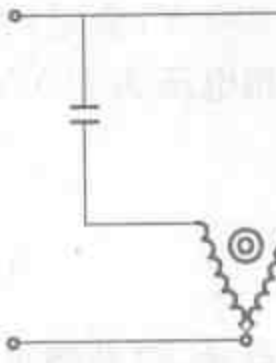
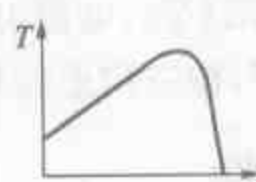
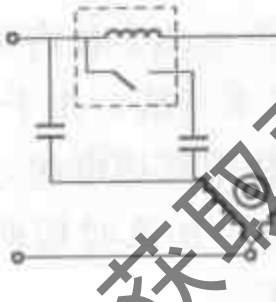
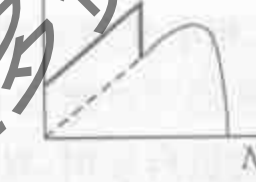
根据启动元件和接线方式的差异,常见的单相电动机有表4.1所示的多种启动方式。

单相异步电动机的启动必须依靠电容器或继电器等外接启动元件来完成。用于电冰箱专用的电流继电器称为启动继电器,其作用是:当电动机启动时,使启动绕组接通电源,随即电动机转子加速旋转。当电动机运行绕组即可维持运行速度时,运行电流减小并及时切断启动电路。所以,启动时如不在启动绕组中通入电流,则容易导致启动绕组烧毁。

常见的单相电动机的启动元件有PTC启动器、电流继电器等。下面分别对这两种启动元件加以介绍。

(1)PTC启动器。PTC启动器又称半导体启动器,它是一种在陶瓷原料中掺入微量稀土元素烧结后制成的半导体晶体结构,且具有正温度系数的热敏电阻器件。因为PTC启动器具有随温度的升高而电阻值增大的特点,因此这种启动继电器有着无触点开关的作用。PTC启动器的工作原理如图4.1所示,PTC元件与启动绕组串联,当电动机开始启动时,PTC元件的温度较低,电阻值也较小,可近似地认为是短路。因为电动机启动时电流很大,是正常运转电流的 $5\sim 7$ 倍,PTC元件在大电流的作用下温度升高,当温度达到 100°C 时,PTC呈高阻状态,而流过PTC的电流恰好维持PTC的温度使之呈高阻状态。这样与之串联的启动绕组也就相当于断路,而运行绕组继续使电动机正常运行。

表 4.1 单向电动机的启动方式

种类	接线图	电机特性	输出功率	特点与应用
阻抗分相启动(RSDR)		 $T_s = 140\% \sim 200\%$ $T_m = 200\% \sim 300\%$	40~150 W	结构简单,启动转矩小,启动电流大。常用于电冰箱及小型陈列柜
电容启动式(CSIR)		 $T_s = 200\% \sim 350\%$ $T_m = 200\% \sim 300\%$	40~300 W	启动转矩大,启动电流小。用于电冰箱、冷饮机等
电容启动转式(PSC)		 $T_s = 140\% \sim 200\%$ $T_m = 200\% \sim 300\%$	400~1 100 W	启动转矩小,效率高。常用于小型空调器
电容启动运转式(CSR)		 $T_s = 200\% \sim 350\%$ $T_m = 200\% \sim 300\%$	100~1 500 W	启动转矩大,启动电流小。适用大型空调器、制冰机等

当压缩机停止运转后,PTC 温度开始下降,当温度低于 70 ℃ 以下时,PTC 呈现低阻状态,为下一次启动准备了条件,但是如果启动间隔时间过短,PTC 温度还没有降至 70 ℃ 以下,此时 PTC 仍为高阻状态,这时如启动压缩机,启动绕组不能得到足够大的电流,电机无法启动,严重时甚至可造成压缩机烧毁。因此,采用 PTC 启动器的压缩机起、停间隔时间不能过短。

PTC 启动器的优点是没有触点,成本低,可靠性好,无噪声,寿命长,对电压波动的适应性强,但由于 PTC 元件的热惯性,必须待其温度降至临界温度以下时才能重新启动。

(2) 电流继电器。电流继电器分重锤式和弹力式两种。弹力式电流继电器启动噪声大,构造复杂,只用于老式旧冰箱上。目前广泛采用的是重锤式电流继电器。重锤式电流继电器的工作原理如图 4.2 所示。

当电动机未工作时,衔铁由于重力的作用而处于下落位置,与它相连的动触点与静触点处

于断开状态。电动机接通电源后,电流通过运行绕组的启动器的励磁线圈,使启动器的励磁线圈强烈磁化,磁场的引力大于衔铁的重力,从而吸起衔铁,使动触点与静触点闭合。将启动绕组的电路接通,电动机开始旋转,随着电动机转速的加快,当达到额定转速的75%以上时,运行电流迅速减少,使励磁线圈的磁场引力小于衔铁的重力,衔铁因自重而迅速落下,使动、静触点脱开,启动绕组的电路被切断,电动机进入正常工作状态。

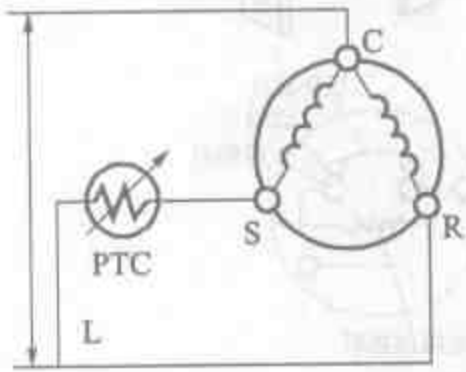
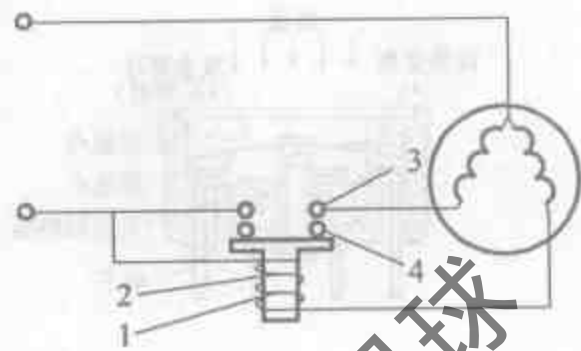


图 4.1 PTC 启动器的工作原理



1—衔铁 2—励磁线圈 3—静触点 4—动触点

图 4.2 重锤式电流继电器的原理

重锤式电流继电器的优点是体积较小,可靠性强。但当电压波动较大时,容易因触点接触不良或粘连而引起电机故障或损坏。

PTC 启动器损坏,可用重锤式电流继电器代换。接线接好后在钳形电流表的监测下进行启动试验,主要根据吸合、释放电流来调整启动器内励磁线圈的匝数,若吸合不好,需增加线圈匝数;若释放不好,则减少线圈匝数。要通过若干个启停周期才能确定是否合适。需注意,与电冰箱合理匹配的吸合、释放电流是按照一定条件确定的。典型情况是:释放电流是在环境温度为 15℃,输入电压调整到电冰箱允许的最高值,电冰箱停用不少于 12 h 后,所测得的冷态释放电流值;吸合电流是在环境温度为 45℃,输入电压调整到电冰箱允许的最低值,电冰箱运行不少于 4 h 后,所测得的热态电流值。

重锤式电流继电器的主要故障是触点烧蚀,造成接触不良。较彻底的修理方法是:拆下启动器的动、静触点,用什锦锉将坏触点锉掉,找一小型交流接触器上的触点,用焊锡焊牢在启动器上,再用细砂纸磨光触点接触面,调整后即可使用。

2. 电动机的保护装置

制冷压缩机中的电动机的保护装置主要是指过载过热保护器。其作用是:当电压太高或太低时,通过电动机的电流会增大,如果电流超过了额定电流的范围,过电流保护器就能有效地切断电路,保护电动机不会因负载过大而烧毁。若制冷系统发生故障,电动机长时间运转,电动机的温度就会升高,当温升超过允许范围时,过热保护器就会切断电源,使电动机不会被烧毁。电冰箱使用的保护器大多具有过电流过热保护的双重功能。

常用的保护装置有双金属碟形保护器和内埋式保护器。

(1)碟形保护器。其结构如图 4.3 所示。正常情况下,触点为常闭导通状态。当电流过大时,电阻丝发热,碟形双金属片受热向反方向拱起,使触点断开,从而切断电源;双金属片安装在紧贴机壳的侧壁上,感受壳温比较灵敏,当电流正常,而机壳温度过高时,双金属片会因受热变形而拱起,从而使触点断开,切断电源。因此,这种保护器具有过电流、过热两种保护作用。

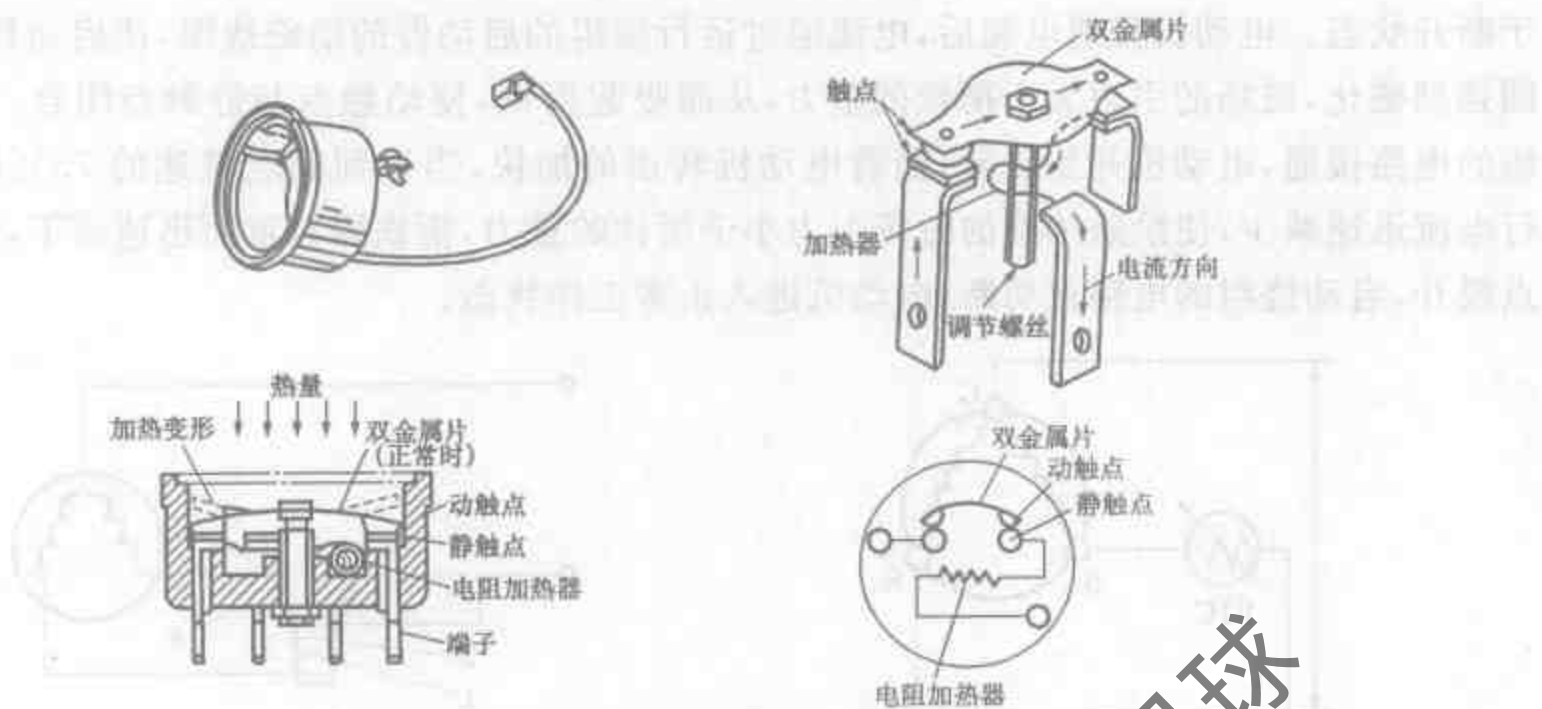


图 4.3 碟形保护器构造原理图

(2)内埋式保护器。其结构如图 4.4 所示。这种保护器被置于压缩机机壳内,安装在电动机的定子绕组中。当电动机电流过大或温升过高时,保护器内的双金属片就会变形拱起,从而断开电动机的电源。

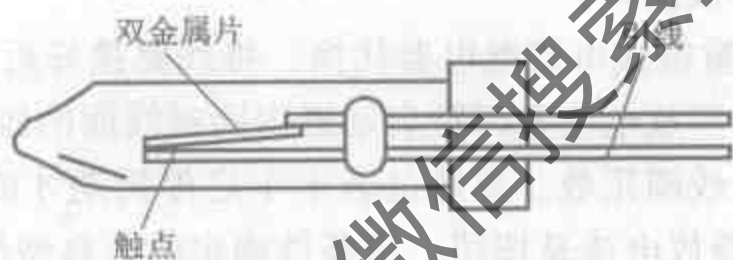


图 4.4 内埋式保护器

内埋式保护器的特点是体积小,对电机的过热保护作用好,密封的绝缘外套可防止润滑油和制冷剂的渗入。但其一旦发生故障,检修比较困难。

3. 启动与保护的组合装置

目前,电冰箱采用较多的是集启动功能和保护功能为一体的组合装置。

这种组合式热保护启动装置由启动继电器与过载过热保护器构成,用结构件把它们组装在一起,再安装在压缩机外壳侧壁上,如图 4.5 所示。其中,过载过热保护器采用双金属碟形保护器,启动继电器有的采用 PTC 启动器,有的采用重锤式电流继电器。这种组合式的启动保护装置使用广泛,安装方便,且具有结构简单,性能可靠的优点。

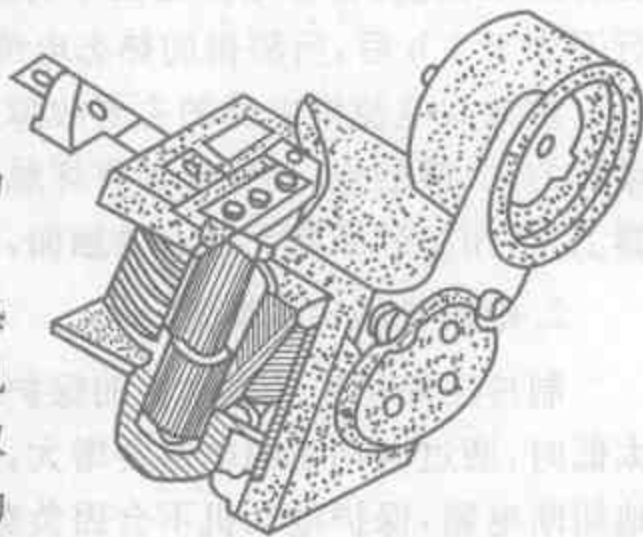


图 4.5 组装式启动保护器

第 2 节 温度控制器

使用电冰箱必须使箱内的温度保持在储藏食品所需要的一定范围之内。因此在电冰箱中设置了控制温度变化的装置,即温度控制器,又称温控开关,简称温控器。它是电冰箱电气控制系统中的主要部件之一,它是利用感温元件,将温度的变化转换成电气接触点的切换变化,达到控制电路的通与断,使电冰箱内的温度保持在设定的温度范围内。目前常用的温控器有

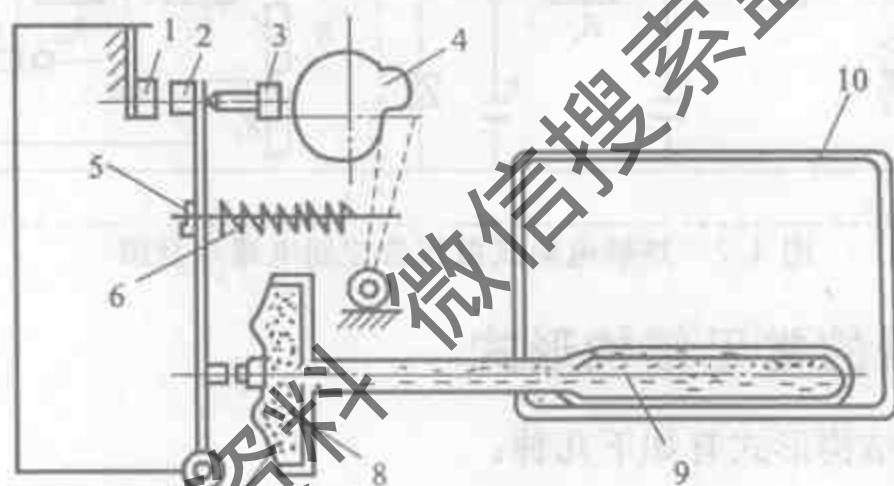
两种:压力式温控器和热敏电阻式温控器。

一、温度控制器的工作原理

1. 压力式温控器

目前电冰箱中广泛使用压力式温控器作为温控元件,压力式温控器是利用气体或液体在温度作用下的膨胀和收缩来推动触点,从而实现电路的接通与切断。

压力式温控器的工作原理如图 4.6 所示。它是由感温元件(感温管、感温包)、毛细管、波纹管(或弹性金属膜片)和一组微动开关组成。感温管和感温包连同波纹管内充注的感温剂(氯甲烷或 R12)组成一个密闭的系统,当电冰箱蒸发器的温度降低时,感温管和感温包内的压力也下降,波纹管相应地发生收缩,经过机械杠杆机构把收缩量加以放大。主弹簧的拉力大于波纹管的压力,拉动触点向右移动,从而切断电源,使压缩机停止运行。此后,随着电冰箱蒸发器温度的逐渐上升,感温元件内部的压力也同时升高,从而使波纹管膨胀。当波纹管的压力超过了主弹簧的拉力时,触点便因此而向左移动,使电路接通,压缩机开始运行,箱内温度也逐渐降低。压力式温控器即是如此反复地工作,从而实现控制温度的作用。



1—触点 2—动触点 3—温差调节螺钉 4—调节凸轮 5—温度范围调节螺钉
6—主弹簧 7—膜片 8—膜盒(波纹管) 9—感温包 10—蒸发器

图 4.6 压力式温度控制器工作原理图

用触点的“通”“断”来控制电动机的启、停,仅能够控制一定的温度范围,调节控制温度的高低则是通过转动调节旋钮来实现的。温度调节是利用凸轮的作用改变主弹簧的拉力。一般压力式温控器的凸轮与调节旋钮固定在一起,转动调节旋钮时,凸轮同时转动,凸轮角度的变化使主弹簧的拉力增大或减小,与此同时,传递给波纹管的压力也随之改变,而只有感温剂感受的箱内温度也随其变化时才能使波纹管的压力与主弹簧的拉力相平衡,从而达到调节温度的目的。

当调节旋钮仍不能使箱内温度满足要求,即起控温度过低或过高时,可以调节温度范围调节螺钉和温差调节螺钉。温度范围调节螺钉顺时针方向旋转,可使主弹簧的拉力增大。如前所述,若使触点闭合,箱内温度必须提高,使波纹管的压力增大才能克服主弹簧的拉力。这便使温度控制范围向高的方向变化,即温度范围的始点和终点相应提高了。反之,逆时针旋转时,温度则降低。温度范围调节螺钉在出厂前已调好,一般不轻易调动。

温差调节螺钉可以改变触点的间距。逆时针方向旋转时,触点间距变大,使通、断温度差额增大,反之则温差减小。显然,温差小时,压缩机启动次数就会增加,而当触点完全闭合后,

压缩机就处于不停机状态。温差调节螺钉出厂前已调好,使用时一般也无需调动。

2. 热敏电阻式温控器

目前,热敏电阻式温控器也在电冰箱中得到日趋广泛的应用,它是利用热敏电阻的负温度系数特性(温度越低,阻值越大)与平衡电桥配合来控制箱内温度,通过调节电位器的阻值,可调节箱内温度,其控制电路如图 4.7 所示。目前该种温控器已采用集成电路,可靠性高并且用数字显示温度。

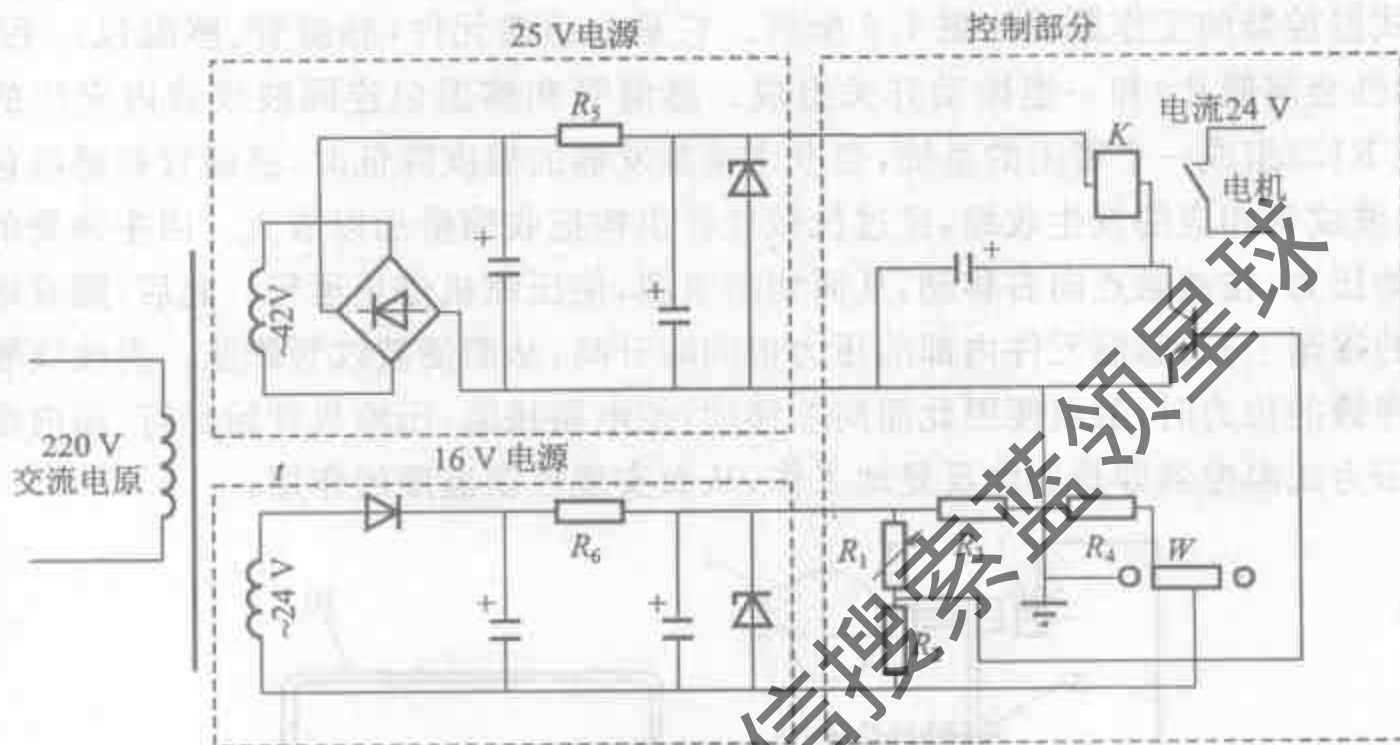


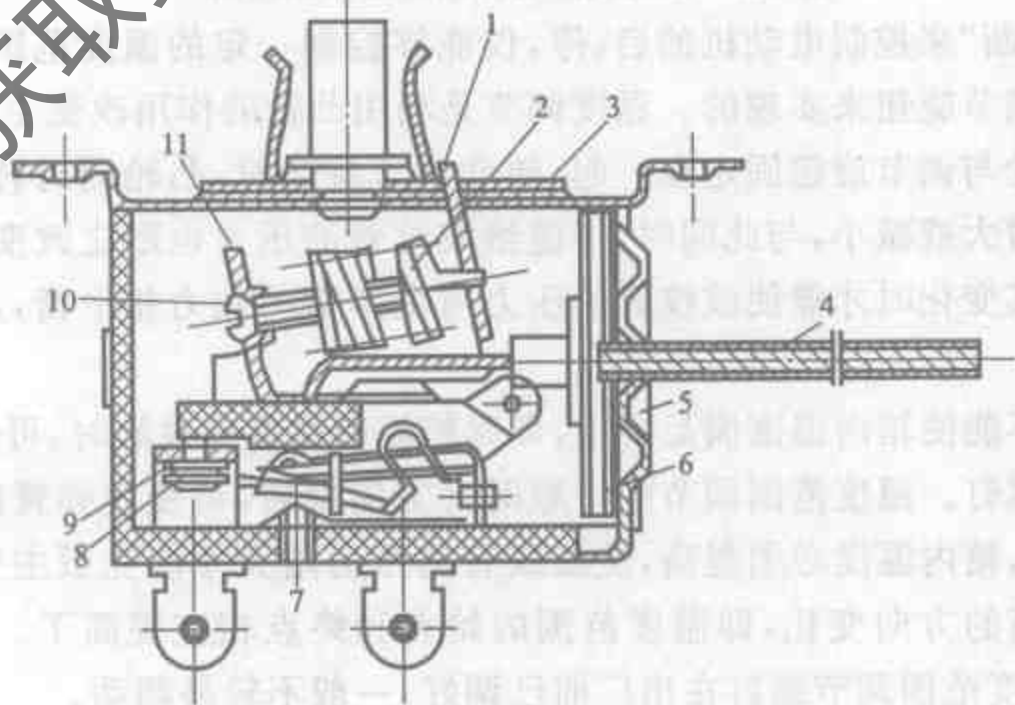
图 4.7 热敏电阻式温控器控制电路示意图

二、温度控制器的常见结构形式

温度控制器的常见结构形式有以下几种:

1. 普通温度控制器

这种温控器具有控温功能,没有除霜功能,需要除霜时人工关掉电冰箱的电源,除霜结束后再人工启动,其结构形式如图 4.8 所示。

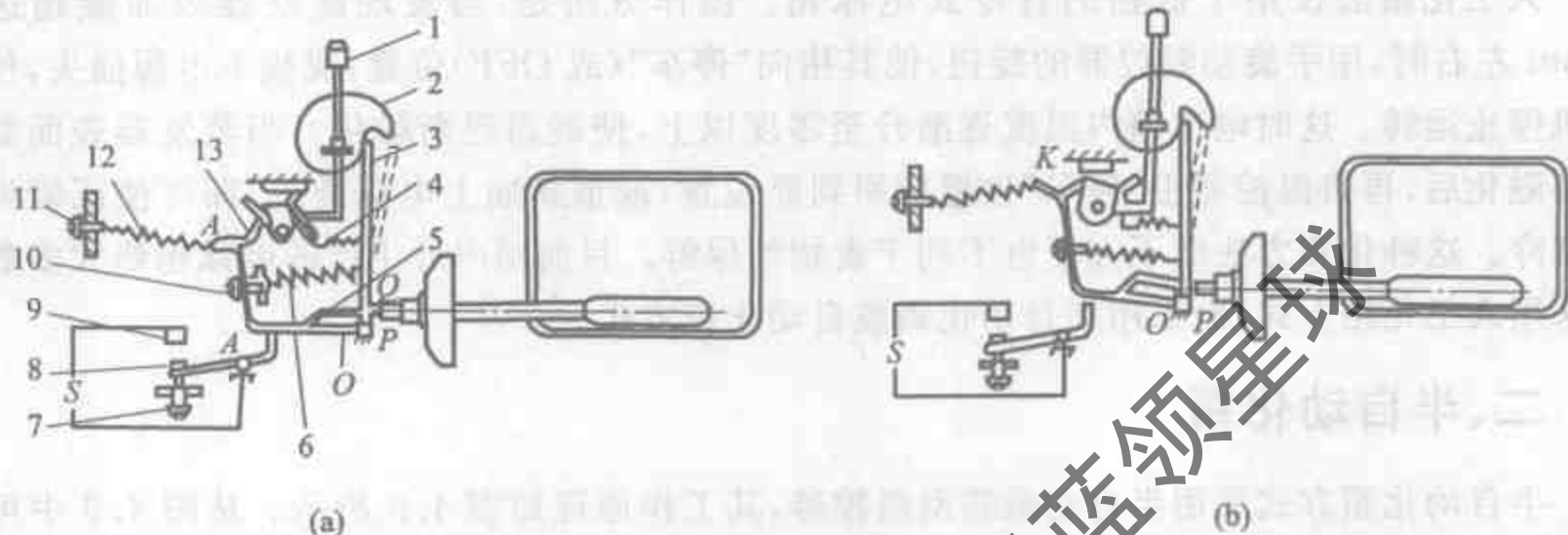


1—温度控制板 2—主弹簧 3—调温凸轮 4—感温管 5—感温腔 6—传动膜片
7—温差调节螺钉 8—快跳活动触头 9—固定触头 10—温度调节螺钉 11—主架板

图 4.8 普通温度控制器

2. 化霜复合型温控器

这类温控器除具有控温的功能外,还具有除霜功能。按下温控器旋钮中心处的除霜按钮时,则停机化霜。冰霜融化后可自动开机制冷。因此这种温控器也称为半自动化霜温控器,其结构如图4.9所示。从图中可以看出,它与普通型温控器的结构相同,只不过多加了一套控制化霜的机构。半自动化霜温控器使用方便,直冷式电冰箱多采用这种形式。



1—化霜按钮 2—温度高低调节凸轮 3—拉板 4—化霜平衡弹簧 5—主架板 6—主弹簧
7—温差调节螺丝 8—快跳活动触点 9—固定触点 10—最低温度极限调节螺丝
11—化霜温度调节螺钉 12—化霜弹簧 13—化霜控制板

图4.9 半自动化霜温控器

3. 定温复位型温控器

这类温控器多用于双门直冷式电冰箱,是一种最简单的自动除霜方法,其结构与普通型温控器类似。感温元件一般置于冷藏室的蒸发器上,它的停点温度是根据调节旋钮设定的位置而变化的,但开机的温度一般恒定在温度上升至 5°C 左右,因此冷藏室蒸发器总能保持无霜状态。

4. 风门温度控制器

风门温度控制器主要应用于双门间冷式无霜电冰箱冷藏室的温度控制,由波纹管、感温元件、平衡弹簧及风门调节钮等组成,它与冷冻室温控器相配合,可以对冷冻室、冷藏室分别进行控制。其工作原理与压力式温控器类似,也是利用感温剂压力随温度变化的特性,通过波纹管的压力变化和温压转换部件,带动并改变风门开闭的角度,控制流经风门的循环风量以控制冷藏室温度,压缩机的开停则由冷冻室温控器来实现。也有的电冰箱以冷藏室温控器控制压缩机,而另加一个手动风门来调节冷冻室的温度。当风门关闭时,由冷冻室进入冷藏室的风量减小,冷藏室的温度下降较慢,压缩机运转时间长,冷冻室处于较冷状态。风门全开时则正好相反。

第3节 电冰箱的除霜控制系统

电冰箱运行一段时间,蒸发器表面就会凝结一层霜。造成电冰箱结霜的原因主要有:电冰箱中所存的食物含有水分;制取冰块,冰盒内盛水;打开电冰箱箱门,室内的潮气会进入电冰箱内等。由于霜层的传热性能差(霜的热传导系数 $\lambda=0.1\sim 0.5\text{ W/mK}$),如果凝结的霜层过厚,

将会使蒸发器热交换性能大大降低,出现压缩机长时间运转,而电冰箱内温度却不能正常降低的故障现象。因此当霜层达到 5 mm 左右时,就需要及时将凝霜除掉。常见的除霜方式有人工化霜、半自动化霜和全自动化霜三种。

一、人工化霜

人工化霜法仅用于低档的直冷式电冰箱。操作方法是:当发现蒸发器表面凝霜达到 5 mm 左右时,用手旋动温控器的旋钮,使其指向“停车”(或 OFF)位置,或拔下电源插头,使压缩机停止运转。这时电冰箱内温度逐渐升至零度以上,使凝霜逐渐融化。当蒸发器表面凝霜全部融化后,再将温控器由“停车”位置旋回到原位置,或重新插上电源插头,即可使压缩机重新制冷。这种化霜方法既不方便也不利于食物的保鲜。目前国内外生产的电冰箱绝大多数已不采用人工化霜方式,而采用半自动化霜或自动化霜方式。

二、半自动化霜

半自动化霜方式采用半自动融霜型温控器,其工作原理如图 4.9 所示。从图 4.9 中可以看出这种温控器是在普通型温控器上加装了一套化霜机构或部件。所增加的部分包括化霜平衡弹簧、化霜温度调节螺钉、化霜弹簧和化霜控制板等。其化霜工作原理如下:

化霜时,按下化霜按钮,温控器处于如图 4.9 (b)所示的化霜控制工作状态。这时通过内部的传动杆件使化霜控制板变为左高右低,铰链 K 带动主架板按顺时针方向绕轴 O 转过一定角度,致使快跳活动触点与固定触点迅速脱离,压缩机断电停车,箱内温度回升。三个弹簧工作位置与状态的改变,使得它们对力点 P 的合力增大。只有当蒸发器的表面温度回升到 6°C 左右(冷藏室温度为 10°C)时,感温腔内感温剂的压力才能使力点 P 顶动主架板,并沿逆时针方向转动,温控器恢复到如图 4.9 (a)所示的位置,并使快跳活动触点和固定触点闭合,压缩机恢复运转。同时,化霜按钮跳回,又恢复对原冷点进行温度控制。这就是该温控器的化霜原理。因为开始化霜时需要人工参与,故称为半自动化霜。

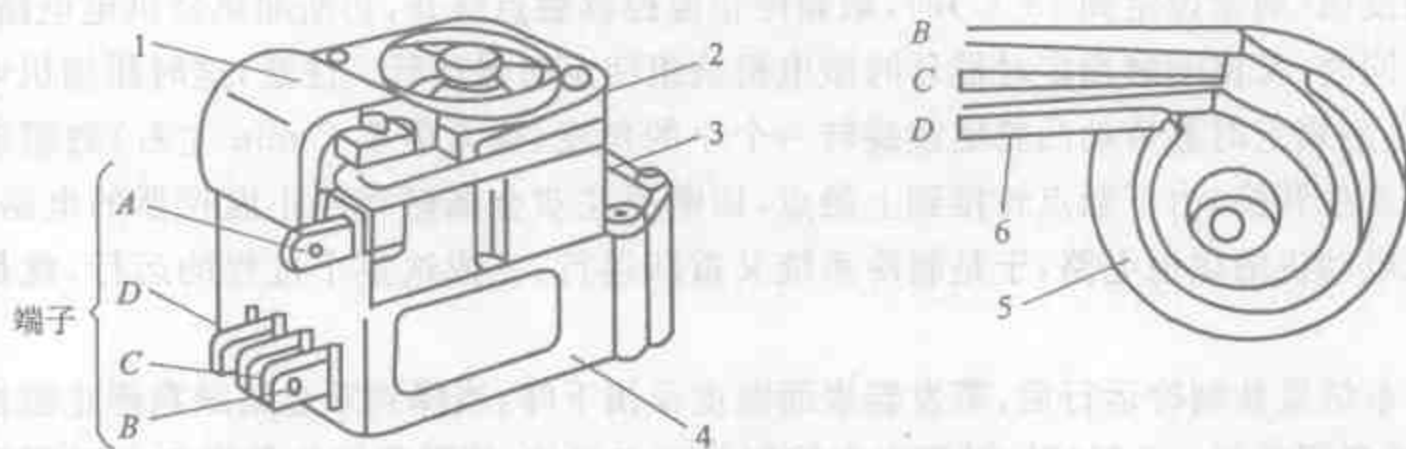
三、全自动化霜

采用半自动化霜方式时,虽然在蒸发器表面上的凝霜融化后能自动启动压缩机恢复制冷循环,但在化霜开始时仍需人工参与,并且化霜结束时箱内温升较高,影响食物的鲜度。因此,目前部分高档电冰箱采用的是自动化霜方式。所谓自动化霜就是整个化霜操作无需人工参与,电冰箱按一定的时间间隔自动地完成化霜操作,间冷式电冰箱定时融霜装置一般均采用全自动化霜方式。

间冷式电冰箱定时融霜装置一般由定时融霜继电器、双金属融霜停止温控器、融霜加热器、融霜保护熔断器四部分组成。

1. 定时融霜继电器

定时融霜继电器又称融霜定时器,由定时器微电机、齿轮箱、开关组 and 外壳等组成,是全自动定时融霜系统中的关键部件。其作用是累计压缩机的运转时间,当压缩机连续运转 $8\sim 12\text{h}$ (由出厂时设定)后,断开压缩机接通融霜电路。融霜定时器结构如图 4.10 所示。



1-定子绕组 2-定子 3-齿轮箱 4-开关箱 5-凸轮 6-端子板

图 4.10 定时融霜继电器结构

2. 双金属融霜停止温控器

双金属融霜停止温控器的作用是控制融霜温度，当融霜温度达到 13°C 时，切断融霜电路， -5°C 时复位。

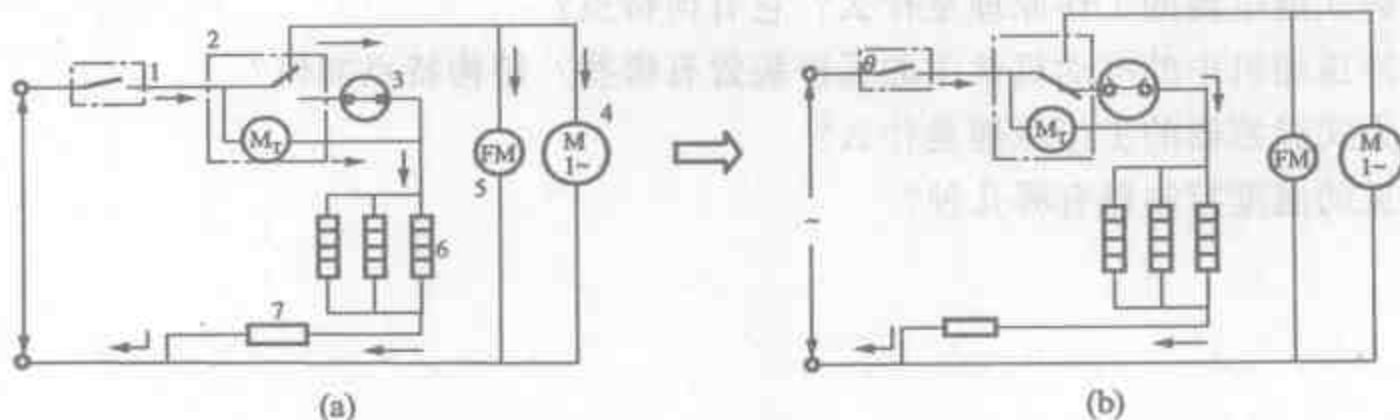
3. 融霜加热器

间冷式电冰箱的融霜加热器多采用玻璃管状加热器，加热功率为 $120\sim 150\text{ W}$ 。

4. 融霜保护熔断器

融霜保护熔断器又称温度保险丝，是为避免加热融霜超热而设置的，它卡装在蒸发器上，直接感受蒸发器的温度变化。当双金属融霜温控器发生故障， 13°C 未跳开时，蒸发器温度将升高，达到 65°C 左右，串接在融霜加热器电路中的融霜保护熔断器将自行熔断，切断加热器电路以防止事故的发生。融霜保护熔断器是一次性使用部件，当故障排除后，要重新更换。

图 4.11 所示是间冷式电冰箱定时融霜原理示意图。从图中可知，融霜定时器的计时微电机定子绕组与融霜加热器相串联，由于前者电阻值($7\ 055\ \Omega$)比后者电阻值($320\ \Omega$)大得多，因而在电冰箱制冷运行时，加热器上分得的电压很低，产生的热量可以不计。当融霜定时器与压缩机电动机同时运行到预定融霜时间间隔(8 h 或 12 h)时，融霜定时器转换开关触点由上触点转接到下触点，切断压缩机电动机的供电电路，制冷系统停止运行。同时，通过双金属融霜停止温控器接通融霜加热器电路，使其加热融霜，并使融霜计时微电绕组短路而停止计时，系统进入融霜工作状态。



1-温控器 2-定时融霜继电器 3-双金属融霜停止温控器 4-压缩机
5-风扇电动机 6-加热器 7-融霜超热保护熔断器

图 4.11 间冷式电冰箱定时融霜原理

当蒸发器表面凝霜完全融完时，使卡装在其上的双金属融霜停止温控器的温度达到设定

的跳开温度值(通常设定到 13 ℃)时,融霜停止温控器触点跳开,切断加热器供电电路,使它停止加热。同时,又接通融霜定时器计时微电机绕组使定时器运行。注意,这时压缩机电动机还未运转,待融霜定时器带动凸轮继续旋转一个小的角度(通常需要 2 min 左右)融霜定时器的转换接点发生转换,由下触点转接到上触点,切断通往双金属融霜停止温控器的电路,重新接通压缩机电动机的供电电路,于是制冷系统又重新运行,完成这整个过程的运行,就是一个融霜周期。

制冷系统重新制冷运行后,蒸发器表面温度很快下降,当降到双金属融霜停止温控的复位温度值(通常调整到 -5 ℃)时,融霜温度控制器触点复位,将融霜加热器重新与融霜定时器的转换接点接通,为下一次加热融霜做准备。

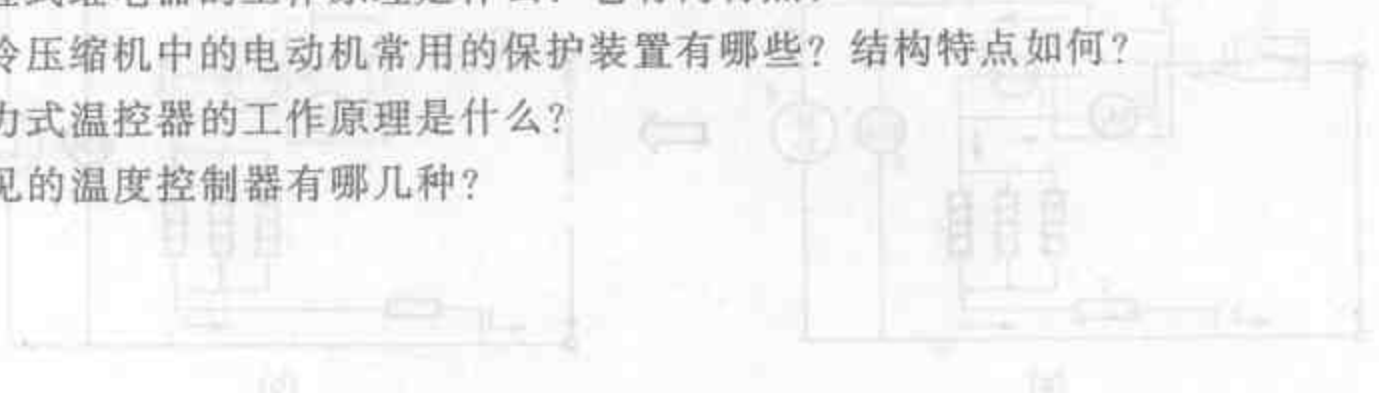
小结

(1)电动机是制冷压缩机中的动力源,本章主要介绍了电冰箱与空调器中常用的单相电动机的启动与保护装置。单相电动机常见的启动装置有 PTC 启动器和电流继电器,常见的保护装置有碟形保护器和内埋式保护器。

(2)为使电冰箱室内保持一定的温度,须设置温度控制器,本章介绍了电冰箱常用的几种温度控制器,并分别介绍了它们的结构形式及工作原理。

复习思考题

1. 制冷压缩机中的电动机的性能要求有哪些?
2. 制冷压缩机中常用的电动机的种类有哪些?
3. 什么是 PTC 启动器?
4. 电流继电器分为哪几种?
5. 重锤式继电器的工作原理是什么?它有何特点?
6. 制冷压缩机中的电动机常用的保护装置有哪些?结构特点如何?
7. 压力式温控器的工作原理是什么?
8. 常见的温度控制器有哪几种?



第5章

制冷与空调维修技术基础



学习目标

- 熟悉制冷与空调维修中常用仪器仪表的构造。
- 学会使用制冷与空调维修中常用的仪器仪表。
- 熟悉常见的制冷与空调维修工具并能熟练使用。
- 了解制冷与空调维修相关焊接技术。

第1节 仪器仪表的使用

在制冷与空调维修过程中,需要经常使用到一些仪器仪表,如万用表、钳形电流表、检漏仪等。为便于大家熟练使用这些仪器仪表,本节介绍一些常用的仪器仪表的结构及使用方法。

一、指针式万用表

1. 万用表的构成

万用表是一种可进行电压、电流等多种电量测量、多量程、便携式的电气仪表,可以用于测量交、直流电压,直流电流、电阻及部分常用电子元件的特性。

图 5.1 所示为 MF-27 型指针式万用表的外形图。表的前面板安装有表头、测量表笔插孔、转换拨子旋钮及欧姆调零旋钮。表头是万用表的关键部件,表头的性能决定着万用表的准确度、灵敏度等性能,因此,一般的万用表都使用量程为数十微安的磁电式电流表作为表头。表头上有几条刻度线,分别用来指示电压、电流及电阻等。使用时根据转换拨子旋钮所指示的量程及电参量,从刻度线上读出相应的数值。

表 5.1 所示为万用表的表头面板上常见的一些符号及字母的具体含义。

转换拨子装置是多刀、多位开关。有的万用表用一只,也有的万用表用两只。在拨子旋钮的周围都标有拨子处于此位置时的测量功能及量程。由图 5.1 可以发现, MF-27 型万用表只有一只拨子旋钮,有 15 个量程。

2. 万用表的功能

(1) 交、直流电压测量。将红色表笔插入有“+”号的插孔,黑色表笔插入有“-”号的插孔。转动转换拨子旋钮至交流电压或直流电压功能挡中所需的量程,然后将表笔两端并接于待测电压的两端。

(2) 电阻测量。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

换拨子旋钮至电阻功能挡,先使两表笔短路,指针向满刻度偏转,轻轻调动零欧姆调节旋钮,使指针指零欧姆,再将表笔两端与待测电阻的两端接触。



图 5.1 MF-27 型指针式万用表外形图

表 5.1 万用表常用字母与符号的意义

	表头的转动是永磁动测试
	交流显示为整流式
Ω	欧姆值刻度
DC 或—	直接电参量测量
AC 或~	交流电参量测量
20 000 Ω/V—	直流电压挡灵敏度值
5 000 Ω/V~	交流电压挡灵敏度值
-2.5	直流电压挡准确度值(±2.5%)
~4.0	交流电压挡准确度值(±4.0%)
3 kV	电表的绝缘等级值
+,-	测量表笔的正、负极性

(3)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。转动转换拨子旋钮至电流功能挡中所需的量程,将表笔按正确的方向串接于待测电路中。

(4)二极管极性的判别。二极管的单向导电性表现为正向电阻很小,反向电阻很大,利用二极管的单向导电性可以使用万用表进行二极管极性的判断。当使用指针式万用表判断二极管极性时,把转换拨子旋钮放在×1 k 挡,再用表笔两端与二极管两端接触。由于万用表内部电路的结构,测电阻时红色表笔(+)端输出负电压,黑色表笔(-)端输出正电压。测量时若电阻读数较小(几十到几百欧姆),二极管处于正向偏置,即与黑色表笔相接触的是二极管正极,

与红色表笔相接触的是二极管负极；测量时若电阻非常大，表明二极管处于反向偏置，即与黑色表笔相接触的是二极管负极，与红色表笔相接触的是二极管正极。二极管正、反向电阻差别越大，其质量也就越好。若二极管正、反向电阻都很小或都很大，说明二极管内部出现短路或断路，二极管已损坏。

(5) 三极管类型、管脚的判断及 β 值的估测。使用指针式万用表的 $\times 1\text{ k}$ 挡，还可以进行三极管类型、管脚的判断及 β 值的估测。测量时将红色表笔接触三极管的一只管脚，黑色表笔接触另外两只管脚。若万用表显示的电阻值都很小，说明红色表笔所接触的是三极管基极，并且此管属于PNP型。此时若将红、黑色表笔从插孔处对调一下，万用表应该显示出很大的电阻值。

仍用万用表的 $\times 1\text{ k}$ 挡且红、黑表笔分别插入“+”“-”插孔，如果黑色表笔接触三极管的一只管脚，用红色表笔接触其他两只管脚时，万用表都显示很小的阻值，则黑色表笔所接触的管脚是三极管的基极，而且此三极管是NPN型。

对于PNP型三极管，当用手指把红、黑表笔与其余两个电极接触，并用舌尖轻轻接触基极时，会看到万用表指针有一定的偏转；再把三极管的两个电极对换，重新用上述方法测量，又会看到万用表的指针发生偏转。两次测量指针偏转角度不同，对于偏转大的那次测量，红色表笔接触的是三极管的集电极，黑色表笔接触的是三极管的发射极。

对于NPN三极管，测量方法与PNP型三极管的完全相同。此时，对于偏转较大的那次测量，黑色表笔所接触的是三极管集电极，红色表笔所接触的是发射极。

对同一类型的三极管，使用上述方法也可估测 β 值，偏转角大的三极管其 β 值也大。

3. 万用表的正确使用

只有正确使用万用表才能既保证万用表测量结果的准确度，同时又不损坏仪表。在使用万用表时应注意以下方面。

每次测量前应把万用表水平放置，观察指针是否指零，指针不指零时用旋具微调整表头的机械零点螺钉，使指针指零。

红、黑色表笔应正确插入万用表插孔。转换拨子旋钮应放置在所要测量的电参量的量程挡上，绝不可误用。如不清楚所测电压、电流值的大概范围，应首先使用表上的最大挡，经初步测量后，判断其适合的量程挡，再将转换拨子旋钮置于该量程挡测量。

如果不清楚所要测的电压是直流电压还是交流电压，可先用交流电压的最高挡来估测，以得到电压的大概范围，再用适当量程的直流电压挡进行测量，如果此时万用表表头指针不发生偏转，则可断定此电压为交流电压，若有读数则为直流电压。

如果不清楚被测电路的正、负极性，可将转换拨子旋钮放于最高一挡，测量时用表笔轻轻碰一下被测电路，同时观察指针的偏转方向，从而确定出电路的正、负极。

测量电流、电压时，不能因为怕损坏表而将量程选择很大，这样会导致测量结果误差很大。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。测量电压时应加倍小心转换拨子旋钮的位置，绝不能放于电阻或电流挡上，否则将会使表头损坏，轻则造成表针被打弯，重则使万用表电路元件或游丝、偏转线圈烧毁。

测量电阻时，每改变一次量程，都要重新调整零欧姆旋钮。如发现调零欧姆旋钮不能使指针指零欧姆，不应使劲扭旋钮，而应更换新电池。测量装在仪器上的电阻时应关掉仪器电源，

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电阻。测量高阻值电阻时,不要用双手接触电阻的两端,以免将人体电阻并接到待测电阻上。

读数时两眼应垂直观察指针,不应斜视。

保存万用表时应把转换拨子旋钮放到交流电压最高挡处。长时间不用时应将电池从表中取出,且应将万用表放置在干燥、通风、清洁的环境中。

二、数字式万用表

1. 数字式万用表概述

用数字显示测量电参量数值的万用表叫数字万用表,其测量原理与指针式万用表完全不同,其结构和使用方法也存在差异。随着半导体集成工艺的发展,由集成电路构成的数字式万用表价格大幅下降,且其具有高灵敏度和准确度,显示清晰直观,性能稳定,过载能力强,便于携带等特点。

数字式万用表种类很多,其每一种又有若干序号。从显示的位数来讲,有四位数字和五位数字之分。因最高一位只能显示 0、1 两种数字,称做半位,故便携式数字万用表有三位半和四位半两种。如 DT830 型便携式数字万用表使用四个显示单元,不考虑小数点显示范围为 0 000~1 999。

图 5.2 所示为 DT830 型便携式数字万用表的面板图。表的前面板安装有数字液晶显示器、量程选择开关、电源开关、输入插孔、三极管放大系数(h_{EF})插孔等。

数字液晶显示器使用大字号液晶显示器,最大显示值为-1 999 或 1 999,仪器具有自动调零和自动显示极性功能。当电源电压低于正常工作电压时,显示屏左上方显示电压低符号“←”。测量时超过量程,显示屏显示“1”或“-1”,视被测电量的极性而定。小数点由量程开关同步控制,随量程变化左移或右移。

量程开关为六刀二十档,可同时完成测试功能和量程的选择。直流电压(DCV)有五挡,最小量程“200 mV”灵敏度为“0.1 mV”。交流电压(ACV)也有五挡。直流电流(DCA)和交流电流(ACA)尽管有四挡,但有五个量程,其中“20 mA”和“10 A”在同一挡位置,其区分通过面板上的插孔来定。电阻(Ω)有六挡,还有两挡测量二极管极性和导通电压及导线的通断(通时蜂鸣器鸣叫)。当量程开关指在 NPN 时,可通过 h_{EF} 插孔测 NPN 管的放大倍数;开关指在 PNP 时,可通过 h_{EF} 插孔测 PNP 管的放大倍数。

电源开关:在字母“POWER”下边注有“OFF(关)”“ON(开)”,把电源开关拨至“ON”,接通电源,显示屏显示数字,使用结束,把开关拨至“OFF”。

输入插孔:有四个插孔,分别标有“10 A”“mA”“COM”及“V· Ω ”。在“V· Ω ”和“COM”之间标有“MAX750~1 000 V”字样,表示可输入的最高电压。“COM”表示地端。

h_{EF} 插孔:采用四芯插座,上面标有 B、C、E。E 孔有两个,在内部连在一起。测量时将三极管的三只管脚相应插入,显示屏就显示出放大系数 β 。

电池盒:位于万用表后面板,在标有“OPEN”(打开)的位置,按箭头指示方向拉出活动抽板,即可更换电池,盒内也放有 0.5 A 的熔断管,当测量不慎严重超载时,保险管内金属丝熔断,以保护仪表不受损失。



图 5.2 DT830 数字万用表面板图

2. 数字式万用表的功能及使用

同指针式万用表相比,数字式万用表的测量准确度及量程都有增加,有的数字式万用表(DT890C)还增加了测量电容和温度的功能。此时在面板上增加了5个电容挡以及两个仅用来测电容的插孔Cx。每个插孔上有几个彼此相通的小孔,以备测量体积大小不同的电容,面板上还有专为测电容用的零位调节旋钮“ZERO ADJ”。测量时首先通过零位调节旋钮,使初始值显示零,然后再放入待测电容,每次更换挡时需重新调零。测量温度时,把量程开关放测温挡,把随仪表的测温传感头插入面板上的测温插孔,显示屏上就直接显示出待测温度。

尽管数字式万用表采取了过流保护和过压保护,但仍需注意防止操作上的失误(如用电流挡或电阻挡去测量电压)。测量前要仔细核查量程开关的位置是否合适。为了延长数字式万用表的寿命,使用中应注意以下方面。

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。

不要用电池或万用表电阻去检查液晶显示器的好坏。

不要将数字万用表置于高温($>40\text{ }^{\circ}\text{C}$)、高湿(相对湿度 $>80\%$)、寒冷($<0\text{ }^{\circ}\text{C}$)等恶劣环境中,以免损坏液晶显示器。

不要随意打开数字式万用表后盖或拆卸元件,不要揭下表盖内部贴的喷铝纸,在其下面的“COM”的连线不要弄断。

三、兆欧表

1. 兆欧表的概述

兆欧表又叫摇表,是由一台手摇发电机和磁电式比率表组成的一种专门用于测量电机绕组、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500 V、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的兆欧表。

图 5.3 所示为兆欧表的面板图。图中 A 为摇把、E 为接地端钮、L 为线路端钮、G 为保护

端钮,表头为指针式显示。整个仪表由金属外壳封装。

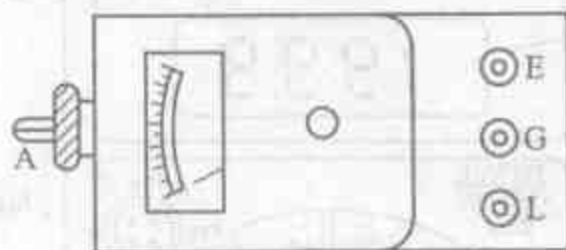


图 5.3 兆欧表面板图

2. 使用前的准备工作

兆欧表本身在工作时产生高压电,测量对象又是高压电器设备,为避免事故,在用兆欧表测量之前应做好如下准备工作。

- (1) 切断被测设备电源,并接地进行放电。
- (2) 用兆欧表测量过的电气设备,也要及时放电后方可进行再次测量。
- (3) 测量前要对兆欧表进行开路 and 短路检查,即在兆欧表未接入被测电阻之前摇动手把,使发电机达到额定转速,观察指针是否指在“∞”位置;然后再将“L”和“E”短接,缓慢摇动手把观察指针是否指在“0”位置。如不符合要求应对其检修后再用。

3. 兆欧表的测量与维护

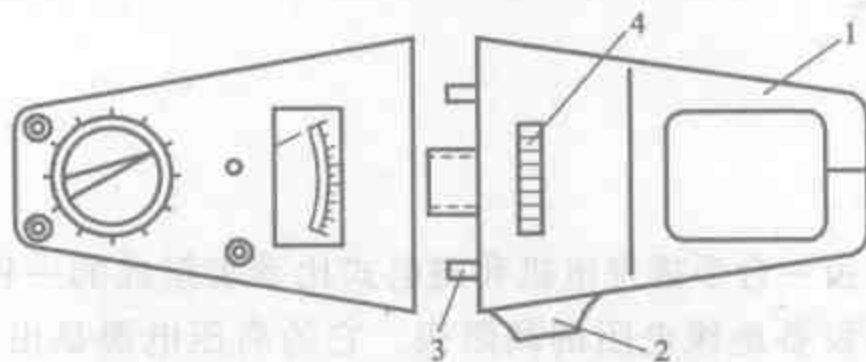
- (1) 测量时兆欧表应水平放置,切断外电源。转动兆欧表手把保持转速 $90 \sim 150 \text{ r/min}$ 。发现指针指零即停止摇动。
- (2) 测量时被测电路接 L 端,电气外壳、变压器铁芯或电机底座接 E 端。测量电缆芯与电缆外皮绝缘电阻时,除将 L 端接缆芯、E 端接外皮外,应将芯、皮之间的绝缘材料接 G 端。
- (3) 要求绝缘电阻等级不同的电器应选用不同规格的兆欧表测量。
- (4) 测量后须待兆欧表停止转动,被测物接地放电后,方能拆除兆欧表与被测电器之间的连接导线。以免触电或因电容放电损坏兆欧表。

四、钳形电流表

钳形电流表又叫钳表,是专门用于测量交流大电流的电工仪器。早期的钳表是指针显示单功能的,现在一般将钳形表与万能表组合成一体,形成多功能数字显示或指针显示仪表。

1. 钳形电流表的构造与功能

图 5.4 所示为一多用指针式钳形电流表的外形图,左半部分即是指针式万用表,只是在转换拨子旋钮挡处增加了交流大电流挡;图右半部分是钳形电流互感器,二者通过连接旋钮、电极连接线柱连接在一起。图中钳形铁芯通过铁芯按钮打开或闭合。



1—钳形铁芯 2—铁芯按钮 3—电极连接线柱 4—连接旋钮

图 5.4 多用钳形电流表外形图

2. 钳形电流表的使用与维护

用钳形表测量交流电流时,只将一根导线置于钳形铁芯窗口内,适当改变量程就可读出电流值。在测量时应该注意事项大多与万用表类似,另外还应注意以下方面。

通过铁芯按钮将被测导线放入窗口后,要注意钳口的两个面有良好的吻合,不能让其他物体隔在中间。

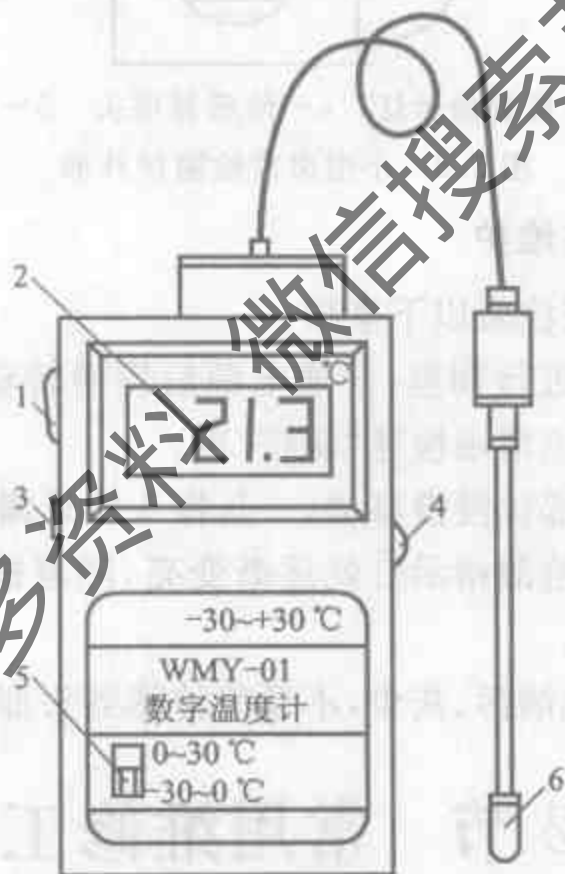
钳形表的最小量程是 5 A,当测量较小电流时显示误差会较大。这时可将通电导线在钳形铁芯上绕几周后再测,所得读数除以圈数后便是所要测量的结果。

五、电子温度计

1. 电子温度计的结构

电子温度计是数字显示式温度计,专门用于测量环境、冰箱及冷库中的温度的测温设备。电子温度计以热敏电阻或半导体二极管作为温度传感元件,性能稳定,显示滞后性小。

电子温度计的具体结构如图 5.5 所示。



1—电源开关 2—数字显示屏 3—校准按钮 4—满度调整旋钮

5—测量温区开关 6—温度传感器及套筒

图 5.5 电子温度计面板图

2. 电子温度计的使用与维护

在使用电子温度计测温时应注意以下方面:

(1)使用前对温度计满度进行调整,测量温区开关放在 0~30 °C 处,液晶屏显示出环境温度。按下校准旋钮 3,调整满度旋钮 4,使读数为 30 °C。根据测量温区不同,校正时也可把量程开关放在 -30~0 °C 位置。

(2)要正确放置传感器的位置,测量物体温度时应将传感器紧密接触物体,若测空间温度,传感器就应放在空间中央;另外,传感器是易损部件,切勿碰砸。

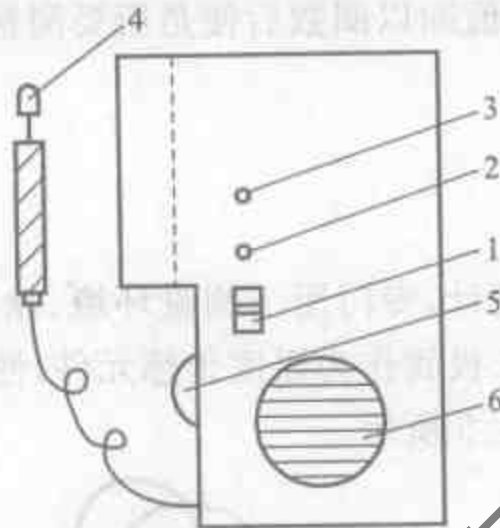
(3)当显示数字不清楚或满度不能校准时应及时更换电池。

(4)存放时避免高温、高湿的环境。

六、卤素检漏仪

1. 卤素检漏仪的结构

卤素检漏仪是检查制冷系统氟利昂制冷剂有无泄漏的专用工具,具有使用方便、灵敏度高等优点。图 5.6 所示为一小型卤素检漏仪的外形图。



1—电源开关 2—电源指示灯 3—检漏指示灯 4—传感器探头 5—工作状态调节旋钮 6—报警喇叭

图 5.6 小型卤素检漏仪外形

2. 小型卤素检漏仪的使用与维护

在使用小型卤素检漏仪时应注意以下事项。

(1)在检漏前对仪器工作点进行调整,接通电源后慢慢转动工作状态调节旋钮 5,使检漏指示灯 3 微微发亮,报警喇叭发出清晰响亮的“嘀嗒”声。

(2)将传感器探头靠近被检部位慢慢移动,一旦探头接近漏源,被泄漏的氟利昂吸入探头,报警喇叭的嘀嗒声频率就加快,检漏指示灯就逐渐变亮,随着被检气体浓度增大,喇叭声频率增高,则喇叭声频率最高处为漏源。

(3)应保持传感器洁净,避免油污、灰尘,不要使传感器头部受到撞击,更不要随意拆卸。

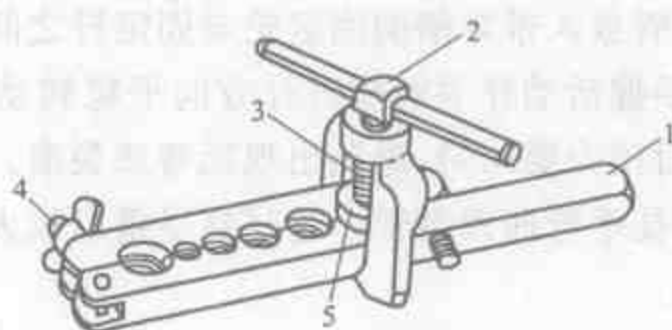
第 2 节 常用维修工具

一、管工工具及其使用方法

1. 扩管器

扩管器又称涨管器,主要用来制作铜管的杯形口和喇叭口。杯形口则在两个铜管连接时,一个管插入另一个管管径内使用。喇叭口形状的管口用于螺纹接头或不适用于对插接口时的连接,目的是保证对接部位的密封性和强度。扩管器的结构如图 5.7 所示。

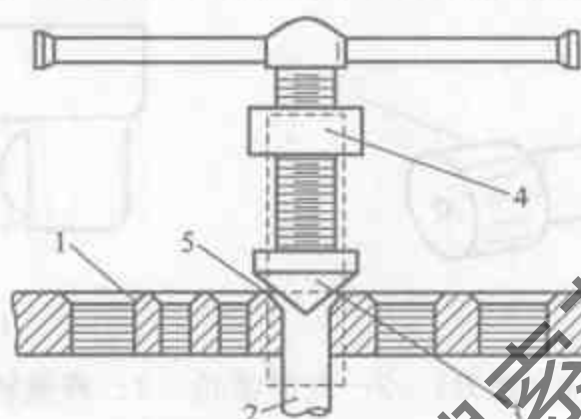
扩管器的夹具分成对称的两半,夹具的一端使用销子连接,另一端用紧固螺母和螺栓紧固。两半对合后形成的孔按不同的管径制成螺纹状,目的是便于更紧地夹住铜管。孔的上口制成 60° 的倒角,以利于扩出适宜的喇叭口。



1—扩管器夹具 2—顶压装置(弓形架) 3—螺杆 4—夹具紧固螺母 5—扩管锥头(或涨头)

图 5.7 扩管器的结构

扩管时首先将铜管扩口端退火并用锉刀锉平,然后把铜管放置在相应管径的夹具孔中,拧紧夹具上的紧固螺母,将铜管牢牢夹死。具体的扩口操作方法如图 5.8 所示。



1—夹具 2—铜管 3—扩管锥头 4—弓形架 5—铜管的扩口

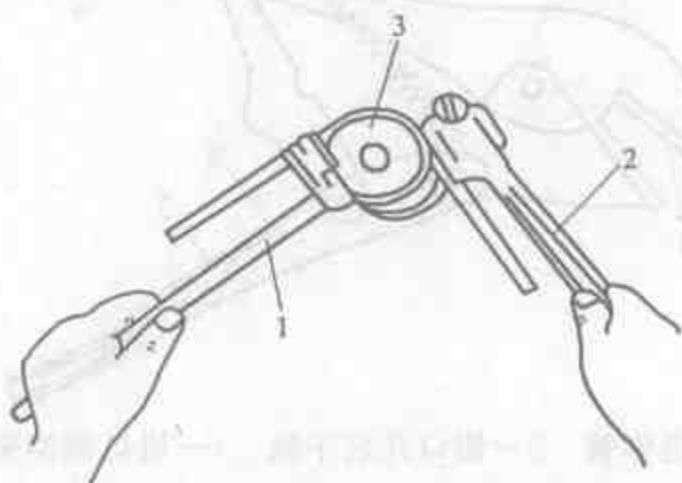
图 5.8 扩口的操作示意图

扩制杯形口时,夹具仍必须牢牢地夹紧铜管,否则扩口时铜管容易后移而变位,造成杯形口的深度不够。管口露出夹具表面的高度应略大于涨头的深度。扩管器配套的系列涨头对于不同管径的涨口深度及间隙都已制作成形,一般小于 10 mm 管径的伸入长度大约为 6~10 mm,间隙为 0.06~0.10 mm。扩管时,需将与管径相应的涨头固定在螺杆上,然后固定好弓形架,缓慢地旋进螺杆。此时应注意旋进螺杆时不要过分用力,以免顶裂铜管。一般每旋进 3/4 圈后再倒旋 1/4 圈,这样反复进行直至扩制成形。最后扩成的杯形口要光滑、圆正、无裂纹。

扩喇叭形口时管口必须高于扩管器的表面,其高度大约与孔倒角的斜边相同,然后将扩管锥头旋固在螺杆上,连同弓形架一起固定在夹具的两侧。扩管锥头顶住管口后再均匀缓慢地旋紧螺杆,锥头也随之顶进管口内。具体操作方法与扩杯形口时相同。

2. 弯管器

弯管器是弯曲紫铜管的专用工具。弯管器的构造和使用方法如图 5.9 所示。



1—固定杆 2—活动杆 3—带导槽的固定轮

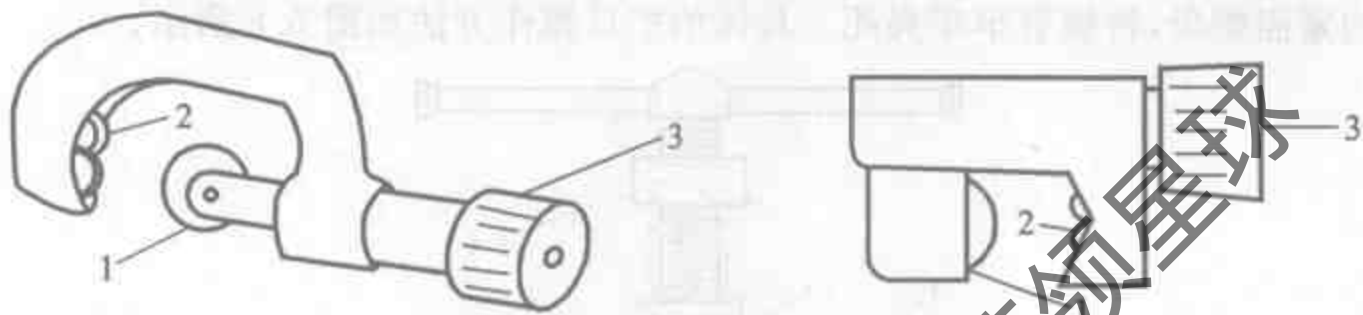
图 5.9 弯管器的构造和使用方法

使用时,将退过火的紫铜管放入带导槽的固定轮与固定杆之间,然后用活动杆的导槽导住铜管,用固定管紧固住铜管,手握活动杆手柄顺时针方向平稳转动。这样,紫铜管便在导槽内被弯曲成特定的形状。操作时用力要均匀,避免出现死弯或裂痕。

在日常维修时,有时需要徒手弯曲紫铜管。这时要尽量以较大的半径加以弯曲,用力要缓慢平稳,否则容易将铜管弯瘪。

3. 割刀

割刀也称割管器,是专门用于切断紫铜管、铝管等金属管的工具。直径4~12 mm的紫铜管一般不允许用钢锯锯断,而必须使用割刀切断。图5.10所示为割刀的构造图。



(a)

1—割轮(割刀) 2—支撑滚轮 3—调整转柄

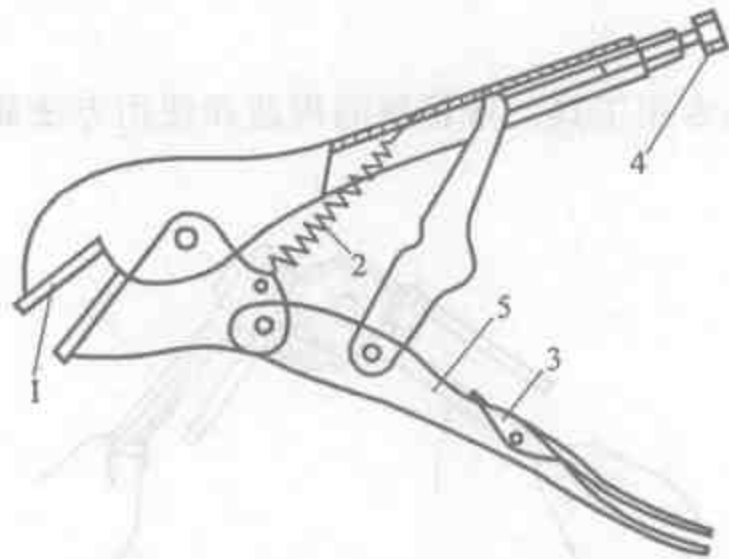
图 5.10 割刀的结构图

使用时,将铜管放置在滚轮与割轮之间,铜管的侧壁贴紧两个滚轮的中间位置,割轮的切口与铜管垂直夹紧。然后转动调整转柄,使割刀的压刀切入铜管管壁,随即均匀地将割刀整体环绕铜管旋转。旋转一圈后再拧动调整转柄,使割刀进一步切入铜管,每次进刀量不宜过多,只需拧进1/4圈即可,然后继续转动割刀。此后边拧边转,直至将铜管切断。切断后的铜管管口整齐光滑,适宜涨扩管口。

注意,切断毛细管时,一般不用割刀,而是用专门的毛细管钳,或用锐利的剪刀夹住毛细管来回转动划出裂痕,然后用手轻轻地折断。

4. 封口钳

封口钳主要用于电冰箱、空调器充注完制冷剂并经修理测试符合要求后,封闭修理管口时使用。其外形结构如图5.11所示。



1—钳口 2—钳口开启弹簧 3—钳口开启手柄 4—钳口调整螺钉 5—封口钳手柄

图 5.11 封口钳的结构图

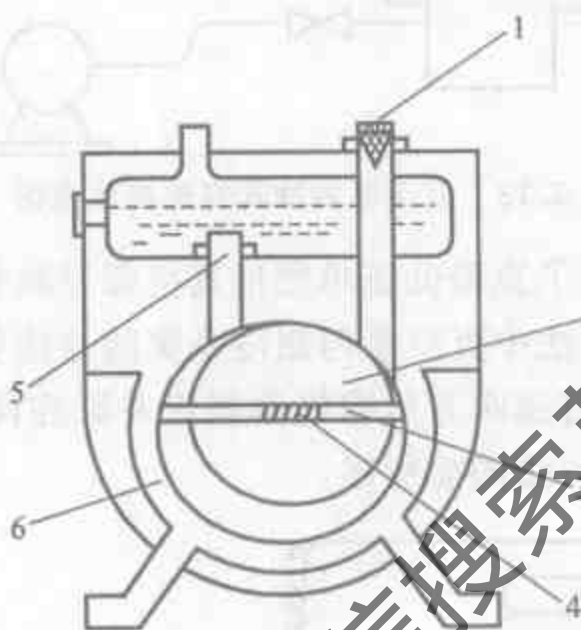
实际操作中首先要根据管壁的厚度调整钳柄尾部的螺钉,使钳口的间隙小于铜管壁厚的

两倍,过大时封闭不严,过小时易将铜管夹断。调整适宜后将铜管夹于钳口的中间,合掌用力紧握封口钳的两个手柄,钳口便把铜管夹扁而铜管的内孔也随即被侧壁挤死,起到封闭的作用。封口后拨动开启手柄,在开启弹簧的作用下,钳口自动打开。

二、抽真空加氟工具及其使用方法

1. 真空泵

真空泵是抽取制冷系统里的气体以获取真空的专用设备,其基本结构如图 5.12 所示。



1-进气口 2-偏心转子 3-旋片 4-弹簧 5-排气口 6-泵体

图 5.12 真空泵的基本结构

制冷与空调装置维修时,常用的真空泵结构为旋片式结构。旋片式真空泵是利用镶有两块滑动旋片的转子,偏心地装于定子腔内,旋片分割了进、排气口,旋片在弹簧的作用下,时时与定子腔紧密接触,从而把定子腔分割成了两个室,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压缩,然后由排气阀排出,从而达到排除气体获得真空的目的。对制冷系统进行抽真空有以下三个方面的作用:

(1)在充注制冷剂之前必须对整个系统抽真空,使系统内的真空度不低于 133 Pa。

(2)将系统内部残存的气体抽出,排除系统内部的湿蒸气和不凝性气体,从而使系统保持干燥。

(3)对制冷系统进行检漏。若在抽真空过程中系统一直达不到所要求的真空度,表明系统存在泄漏。

电冰箱、空调器等制冷系统抽真空的方法主要有以下三种:

(1)低压单侧抽真空。该抽真空方法工艺简单,容易操作。该方法真空泵与制冷系统的连接如图 5.13 所示。确定放完系统内的制冷剂后,将真空泵的抽气口用一根耐压胶管与带有真空压力表的直通阀连接,然后先关闭直通阀的开关,启动真空泵,随即再缓慢打开直通阀的开关开始抽真空,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,继续抽真空 3~4 h。停止抽真空时,先关闭直通阀的开关,然后再切断真空泵电源。

低压单侧抽真空的方法简单易行,但由于仅在低压一侧抽真空,高压侧的气体受到毛细管流动阻力的影响,使高压侧的真空度比低压侧约低 10 倍左右,因此需要较长的时间才能达到

所要求的真空度。

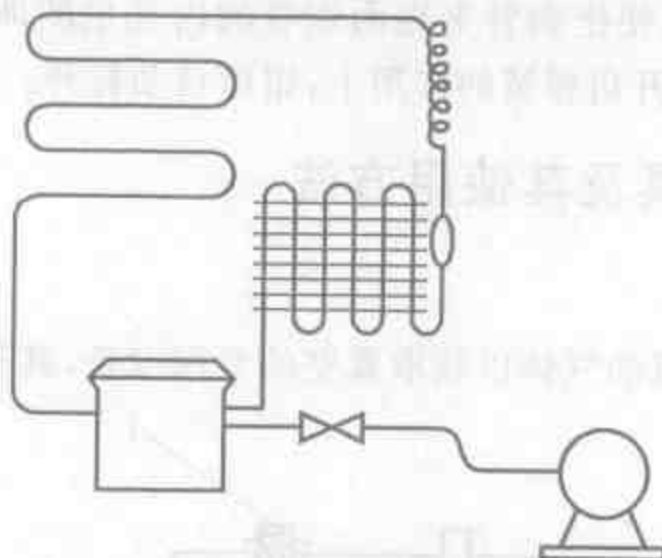


图 5.13 低压单侧抽真空连接示意图

(2)高、低压两侧抽真空。为了克服低压单侧抽真空需要较长的时间的缺点,可以采用高、低压两侧抽真空的方法。该方法中真空泵与制冷系统的连接如图 5.14 所示,在干燥过滤器的工艺管上焊接一根铜管,通过直通阀与压缩机修理管并联在真空泵上,然后高、低压两侧同时进行抽真空,具体操作方法同前所述。

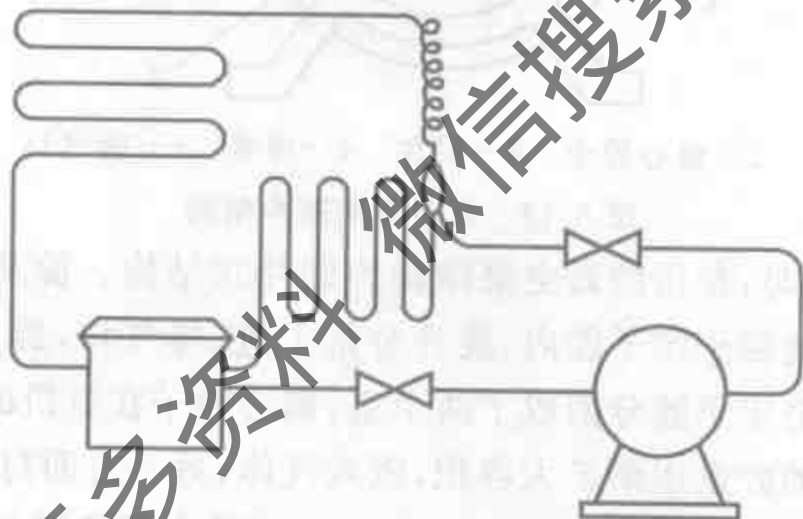


图 5.14 高、低压两侧抽真空连接示意图

高、低压两侧抽真空的方法有效地克服了毛细管流动阻力对高压侧真空度的不利影响,提高了整个制冷系统的制冷性能,而且适当地缩短了抽真空的时间,但这种方法增加了焊接点,提高了工艺要求,操作也较为复杂。

(3)复式抽真空。复式抽真空就是对整个制冷系统进行二次以上的抽真空,从而获得理想的真空度。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,取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,再开启真空泵进行第二次抽真空,抽气时间至少在 30 min 以上。这样反复的抽真空,能使系统内的气体进一步减少,以达到规定的真空度。

复式抽真空的方法比单侧抽真空效果要好,但增加了制冷剂的损耗,因此,维修中一般多采用高、低压两侧抽真空的方法。

在使用真空泵过程中,应注意以下方面:

- 1)启动真空泵前要仔细检查各连接处及焊口处是否完好,泵的排气口胶塞是否打开。
- 2)瞬间启动真空泵,观察泵的电机旋转方向是否与三角皮带轮上的箭头方向一致。

3) 停止抽真空时,应首先关闭直通阀的开关,使制冷系统与真空泵分离。

4) 不使用真空泵时要用胶塞封闭进、排气口,以避免灰尘和污物进入泵内,从而影响真空泵的内腔精度。

5) 要经常保持真空泵的整洁,随时观察油窗上的润滑油标志,加强对真空泵的日常保养,提高设备的完好率。

6) 放置真空泵的场地周围要干燥、通风、清洁,真空泵与制冷系统连接的耐压胶管要短,而且要避免出现折弯。

2. 真空压力表与各种阀门

(1) 真空压力表。真空压力表是制冷设备维修中必不可少的测试仪表。它既可测量电冰箱制冷系统中 $0.1 \sim 1.6 \text{ MPa}$ 的高压压力,又可测量抽真空时低于 105 Pa 的真空度大小。

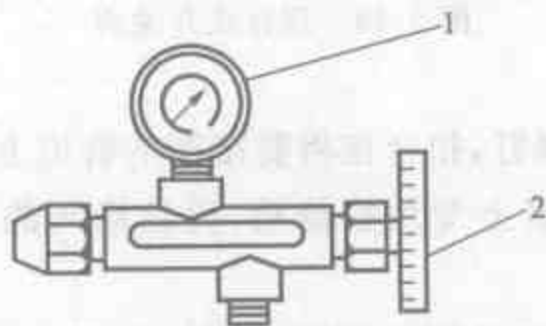
图 5.15 所示的是一种常用的真空压力表。在表盘上由里向外共有两圈数值刻度,指出两种压力数值。一种是英制表示,一种是国际单位制表示。



图 5.15 真空压力表

(2) 阀门。

1) 直通阀。又称三通截阀,是最简单的修理阀之一,常在抽真空加氟时使用。其形状如图 5.16 所示。



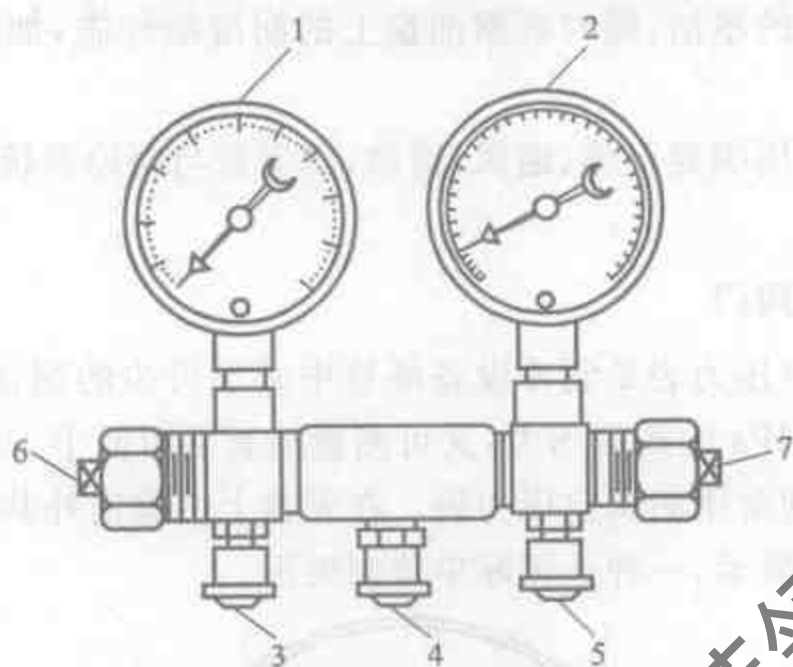
1—压力表 2—阀开关

图 5.16 直通阀

直通阀共有三个连接口:与阀门开关平行的连接口多与设备的修理管相接。与阀门开关垂直的两个连接口,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,充注制冷剂时接钢瓶。直通阀结构简单,但使用时不太方便。

2) 专用组合阀。由于直通阀在使用时受限制,维修中应用较多的是专用组合阀。其结构如图 5.17 所示。该种阀门上装有两块表,一块是压力表,用来监测充注制冷剂时的压力;一块

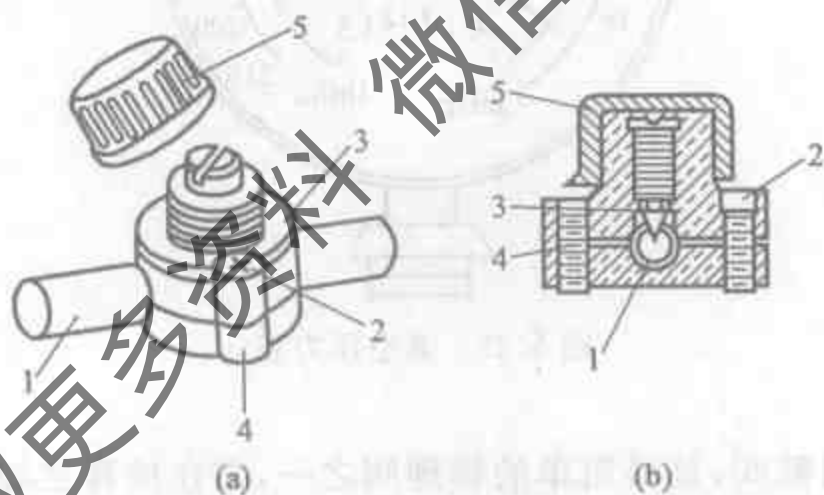
是真空表,用来监测抽真空时的真空压力。三个连接口分别与氟利昂钢瓶或定量充注器、压缩机、真空泵相接。如图 5.17 所示,进行抽真空时阀门 7 打开,阀门 6 关闭;进行制冷剂加注时,阀门 6 打开,阀门 7 关闭。这种阀门可以使抽真空与加注制冷剂连续进行,因此使用起来较方便。



1—压力表 2—真空表 3—钢瓶 4—压缩机 5—真空泵 6、7—阀开关

图 5.17 专用组合阀

3) 顶针式开关阀。从制冷系统中回收制冷剂时要使用专用阀门,这种阀门称为顶针式开关阀,也叫施拉德阀,其结构如图 5.18 所示。



1—制冷管道 2—紧固螺钉 3—上瓣 4—下瓣 5—阀帽

图 5.18 顶针式开关阀

其使用方法如下:

- i) 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。
- ii) 打开顶针开关阀的阀帽,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。
- iii) 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。
- iv) 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。

在现场维修时使用这种阀门十分方便,并且也可以用于制冷系统的抽真空、充氟等工序中,从而省掉了焊接操作。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压紧管壁所开之圆孔,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。



3. 软管及连接

在制冷设备维修中,常常使用软管作为连接管路,如系统与真空泵、钢瓶、定量加液器的连接,检测仪表阀门与设备的连接等。用于连接的软管大多是耐高压的橡胶软管,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。目前用于充注制冷剂的软管也有用透明聚氯乙烯制作的,主要是为了便于观察制冷剂的充注情况。选择连接软管的长度时最好以短为宜,并且要经常保持软管的干燥与清洁,避免沾上油污或接近锐器。

具体的抽真空、检漏及加氟操作,下文将作详细介绍。

三、制冷剂钢瓶及分装方法

1. 钢瓶

钢瓶是贮藏和运输制冷剂的专用容器。由于各种制冷剂在常温下的饱和压力不同,对钢瓶耐压程度的要求也不同,用来贮存 R12、R22 的钢瓶,要求其耐压程度在 2.5 MPa 以上。目前,市场上出售的钢瓶在出厂前都经过了耐压试验,因此只要避免在使用中不受外力碰撞或热力烘烤,一般不会发生意外。尽管如此,为保证安全,规定制冷剂钢瓶必须定期检验,逾期不能使用。

钢瓶的容积有 5~50 l 不同的规格,钢瓶外还标有制冷剂的种类和瓶重。不同的制冷剂应使用不同标志的固定钢瓶盛装,不能随便混用。钢瓶中制冷剂的存贮量要根据钢瓶容积的大小来定,不可超过规定限额。一般充装量以钢瓶容积的 2/3 为宜,以免遇热膨胀压力增大而爆裂。钢瓶上口装有黄铜制成的开关阀,使用时要避免磕碰,使用后要关严。钢瓶应放在阴凉处、避免日光曝晒。

2. 制冷剂的分装

因制冷维修部门使用的钢瓶容积较大,入户维修时不太方便,所以经常需要将制冷剂从大钢瓶分装到小钢瓶,下面介绍一种制冷剂分装的方法,如图 5.19 所示,先将制冷剂大钢瓶倒置在三角铁架上;对小钢瓶进行抽真空、检漏,确定没有问题后放在磅秤上称出小钢瓶的质量,调整好充装制冷剂后小钢瓶的质量砝码;用耐压胶管连接大钢瓶、干燥过滤器、小钢瓶。连接处不应有泄漏并且管路要尽量短,以减小对称重的影响;松开连接小钢瓶耐压胶管的管帽,微微开启大钢瓶的阀门,让制冷剂把连接通路中的空气排出,当管帽处喷出制冷剂液体时迅速拧紧管帽;开启小钢瓶阀门、打开大钢瓶阀门,注意观察磅秤的变化,符合要求后立即关闭大钢瓶的阀门,然后关闭小钢瓶的阀门。

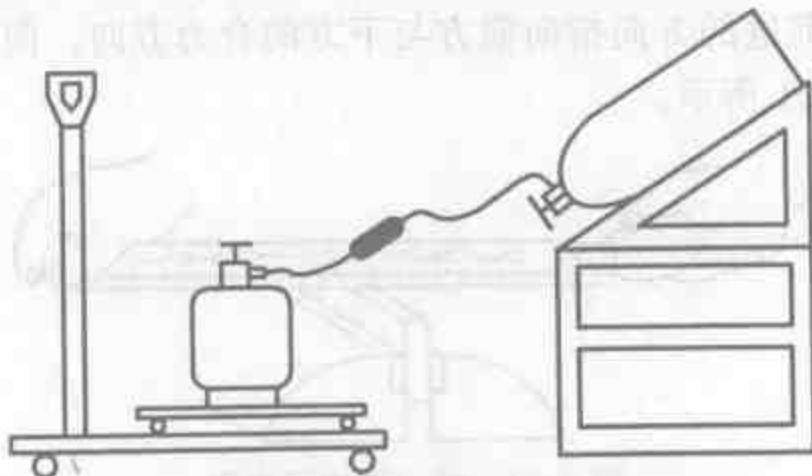


图 5.19 制冷剂分装示意图

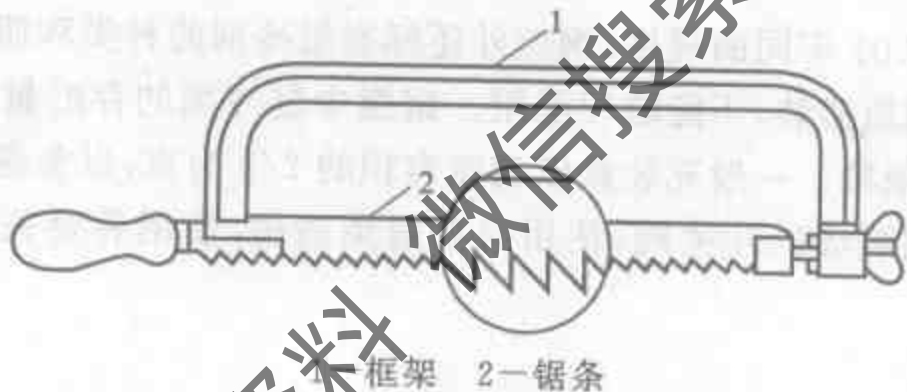
在充注制冷剂时,有时还需要将制冷剂从大钢瓶分装到定量加液器中,该操作方法和将制冷剂从大钢瓶分装到小钢瓶的方法类似,需要注意的是:在分装过程中,由于加液器上部存在制冷剂的饱和气体,制冷剂难以进入,此时可微微打开加液器的出气阀门,在压差的作用下,制冷剂便可以进入加液器中。充装完毕后再关闭各阀门。

四、钳工工具及使用方法

在制冷与空调装置维修过程中,经常需要对一些零配件进行加工、改制和修理,因此掌握常用钳工工具的使用方法是制冷与空调装置维修人员必不可少的技能。根据制冷与空调装置维修的特点,需要使用的钳工工具主要有:台钳、剪刀、各种规格的螺旋旋具、钢锯、各种扳手、各种锉刀、钢丝钳、尖嘴钳、什锦锉、镊子及手电钻等。下面介绍几种常用钳工工具的使用方法。

1. 钢锯

钢锯是一种锯切工具,使用非常广泛。制冷设备维修中经常使用钢锯锯切各种金属管壁,如紫铜管、铁管及压缩机壳等。钢锯的构造如图 5.20 所示。使用时首先要掌握锯条的安装方法。锯条的锯齿直边应朝前进的方向,用锯架上那个紧固螺母把锯条固定好。锯条的松紧程度要调节适当。锯条过紧,使用时容易折断;锯条过松,容易扭曲。



1—框架 2—锯条

图 5.20 钢锯结构示意图

用钢锯锯切金属时,起锯压力要轻,动作要慢,推锯要稳。锯在工件上的往复距离要由短而长。在锯切管道时,先锯透一段管壁,然后转动管子沿管壁锯断,这样锯条就不会被锯口卡住而折断。

2. 锉刀

锉刀是锉削金属的工具。锉刀的种类很多,常见的有平板锉、方锉、三角锉、圆锉、半圆锉等。锉齿表面有粗、中、细之分。

使用锉刀时,用右手的拇指压在锉柄上,掌心顶住锉柄的端面;左手手掌轻压锉刀前部的上面。锉削金属时,锉刀前进的方向指向前方与下方的合力方向。向前推锉时要稳而有力,往复距离以长为宜,如图 5.21 所示。

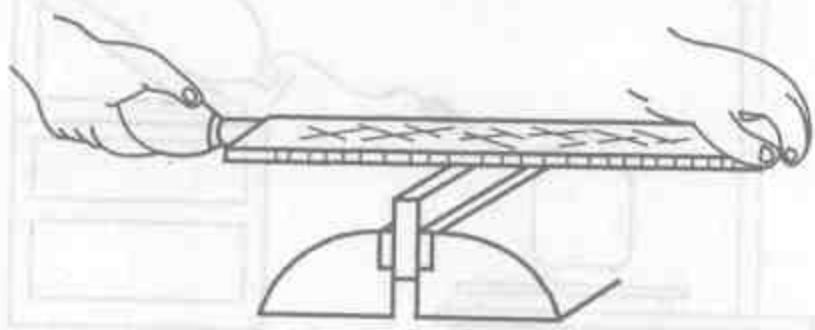


图 5.21 锉刀结构示意图

小零配件的修整和装配精度要求较高时,常常需要用什锦锉来完成。什锦锉分5件一组、8件一组等,也称为组锉。使用时单手操作即可。

3. 锉子

锉子是锉切金属的工具。使用锉子锉切金属时要根据锉切对象的材料用砂轮把锉口磨出不同角度的楔角。锉切硬钢、硬铸铁的楔角为 $65^{\circ}\sim 75^{\circ}$,锉切一般钢、铸铁的楔角为 60° ,锉切铜材料的楔角为 50° 。用锉子锉切金属,要掌握使用锉子和锤子的正确方法。

握锉子的方法有三种:水平锉切金属用正握法,如图5.22(a)所示;侧平面锉切金属用反握法,如图5.22(b)所示;平面垂直锉切金属用立握法,如图5.22(c)所示。

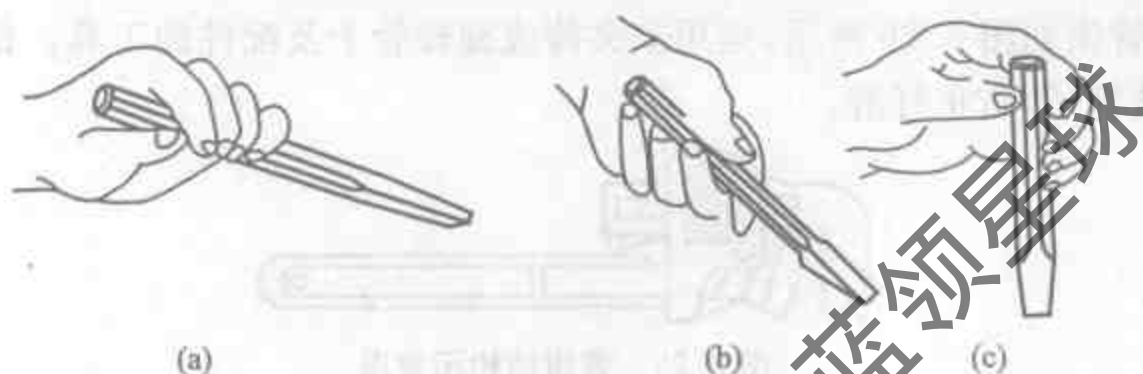


图 5.22 锉子的握法示意图

锤子的握法要根据锉切材料的硬度和厚度灵活掌握。锉切软而薄的材料时宜轻握锤柄,用劲适宜,缓而有力;锉切硬而厚的材料时宜握紧锤柄,用力锤击;锤击锉柄时要稳、准、狠,避免轻点锤击式的锉切。另外,要注意安全操作,防止击伤手部。

4. 钳子类工具

钳子是一种用来夹紧的工具,有些钳子还具有切断功能,不同的钳子都有一个用于夹紧材料的部分,称之为“钳口”。制冷与空调装置维修中常用的钳子有尖嘴钳、钢丝钳和管钳三种。

(1)尖嘴钳。尖嘴钳也称为修口钳,如图5.23所示,主要适用于在狭小的空间内作业。

使用钳子时用右手握柄,将钳口朝内侧,便于控制钳切部位,用食指伸在两钳柄中间来抵住钳柄,张开钳口,这样可以灵活分开钳柄。如图5.24所示。

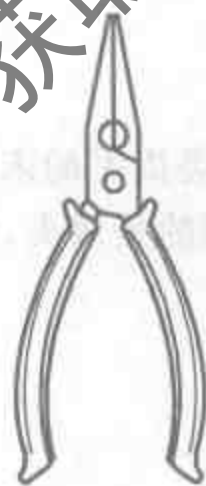


图 5.23 尖嘴钳结构示意图

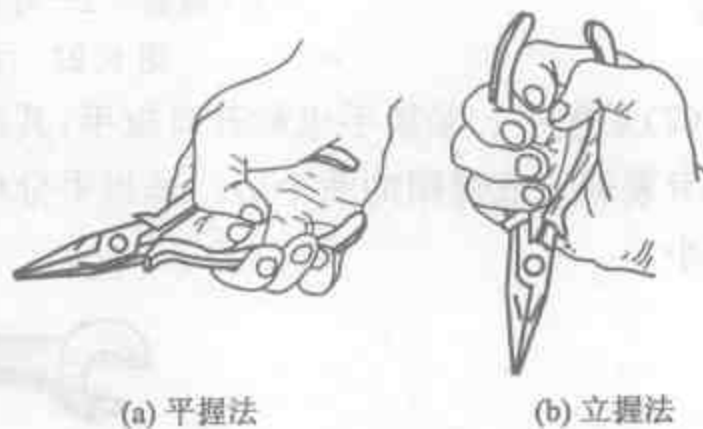
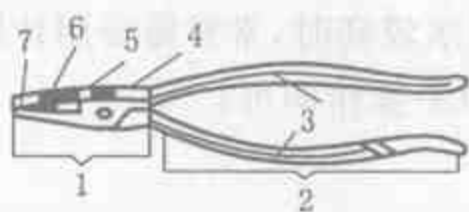


图 5.24 尖嘴钳的握法

(2)钢丝钳。钢丝钳的结构如图5.25所示。结构分为钳头和钳柄两部分,钳头包括钳口、齿口、刀口和侧口,钳柄上套有绝缘管。常用的钢丝钳有150 mm,175 mm,200 mm及250 mm等多种规格。可根据内线或外线工种的需要选择和使用。



1—钳头 2—钳柄 3—绝缘管 4—侧口 5—刀口 6—齿口 7—钳口

图 5.25 钢丝钳结构示意图

钢丝钳除用于装配和拆卸外,还有许多功能,如钳子的齿口可用来紧固或拧松螺母,钳子的刀口可用来剖切软电线的橡皮或塑料绝缘层,钳子的刀口也可用来剪切电线、铁丝。钳子的侧口可以用来切断电线、钢丝等较硬的金属线。

(3)管钳。管钳如图 5.26 所示,是用来夹持或旋转管子及配件的工具。钳口上有齿,以便拧紧螺母时咬紧管子,防止打滑。

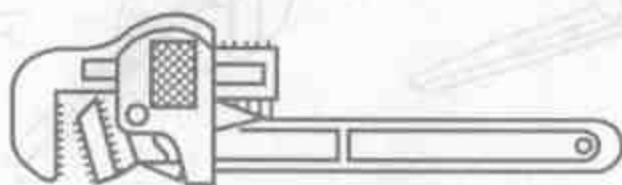
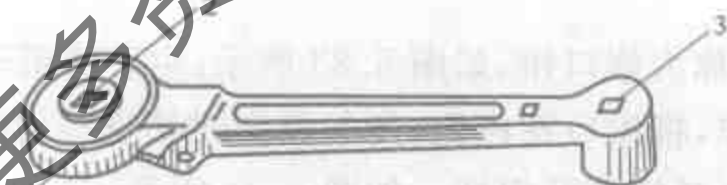


图 5.26 管钳结构示意图

5. 扳手类工具

扳手是机械装配和拆卸过程中的常用工具,一般由优质结构钢或合金钢制成。常见的扳手类工具有活扳手、呆扳手、套筒扳手、内六角扳手和整体扳手等。

(1)方榫扳手。方榫扳手是专门用于旋动各类制冷设备阀门杆的工具,结构如图 5.27 所示。扳手的一端是可调的方榫孔,其外圆为棘轮,旁边有一个撑牙由弹簧支撑,使扳孔只能单向转动。扳手的另一端有一大一小的固定方榫孔,小榫孔可用来调节膨胀阀的阀杆。这种扳手使用起来十分方便快捷。



1—棘轮 2—可调方榫孔 3—固定方榫孔

图 5.27 方榫扳手结构示意图

(2)呆扳手。呆扳手也称开口扳手,其结构如图 5.28 所示,此类扳手的末端有 U 形开口,方便卡紧螺栓或螺帽的两个边。呆扳手分单头和双头两种,较常用的是双头,每头的开口有不同大小。

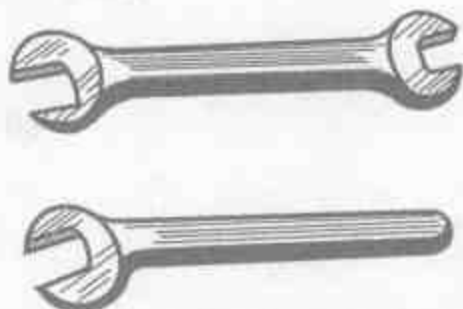


图 5.28 呆扳手结构示意图

呆扳手主要用于拆装标准规格的螺栓或螺母。在使用前,先得看螺栓或螺母的尺寸,依据

其尺寸选择符合规格的扳手,然后将开口卡在欲坚固或松动的螺栓及螺母上,握紧扳手柄,用力扳旋螺栓或螺母即可。

常用的开口扳手有6件和8件一套的两种。其适用的范围在6~24 mm之间。

(3)活扳手。活扳手又称活络扳手,通常用于旋紧或拧松有角螺丝钉及螺母,其结构如图5.29所示,包括手柄、头部活动钳口、头部固定钳口和调节蜗杆四部分。

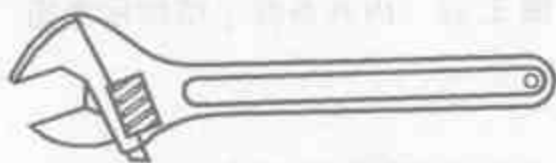


图 5.29 活扳手结构示意图

使用前,先用右手握住扳手头部,大拇指和食指上下夹持捻动蜗杆,调整活动钳口的大小,使钳口尺寸和要旋动的螺母尺寸相吻合。再用调好的钳口卡住螺母,握紧扳手柄,用力拧紧或旋松螺母。

(4)套筒扳手。套筒扳手是一种组合型工具,由梅花套筒和弓形手柄构成,尺寸不等的梅花套筒组成一套套筒扳手,其结构如图5.30所示。

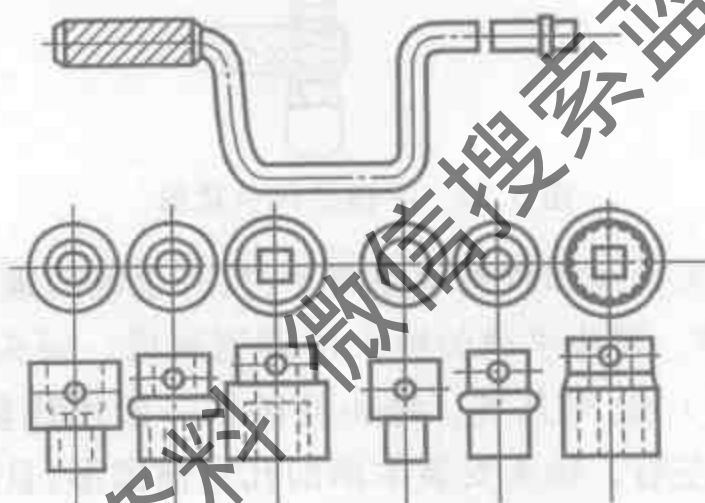


图 5.30 套筒扳手结构示意图

套筒扳手在使用时可根据需要,选用不同规格的套筒和各种手柄进行组合。套筒扳手在拆装不易接近部位的螺栓、螺母时更显方便、实用。

(5)整体扳手。整体扳手有正方形、六角形、十二角形等几种,其结构如图5.31所示。

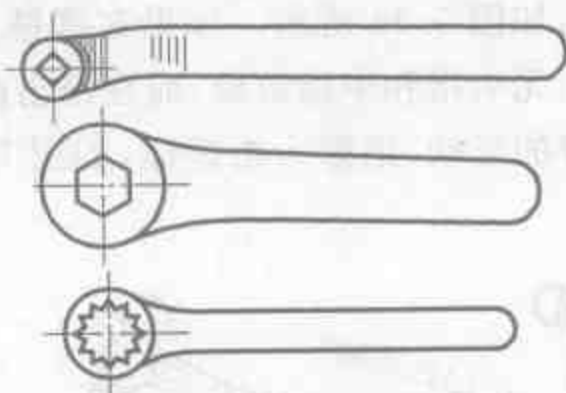


图 5.31 整体扳手结构示意图

十二角形扳手又称为梅花扳手,是应用最广泛的一种整体扳手,梅花扳手两端是套筒式圆环状的,圆环内一般有12个棱角,能将螺母或螺栓的六角部分全部围住,工作时不易滑脱,安全可靠。其用途与开口扳手相似,尤其常用于拆装部位受到限制的螺母、螺栓处。

梅花扳手常用的有6件和8件一套的两种,其适用范围在5.5~27 mm之间。

(6)内六角扳手。内六角扳手如图5.32所示,一般专用于装拆内六角螺钉。

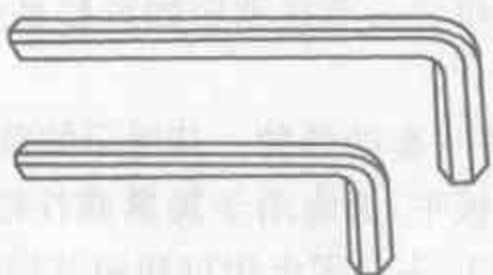


图 5.32 内六角扳手结构示意图

6. 手锤的使用

手锤俗称榔头,是校直、整削和装卸零件等操作中必不可少的敲击工具。手锤由锤头和锤柄两部分组成,如图 5.33 所示。

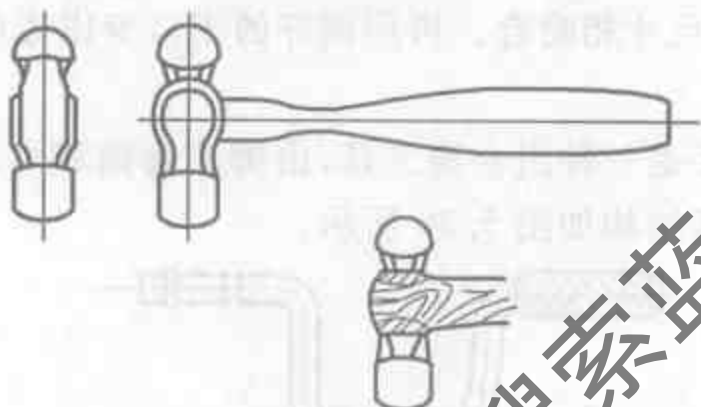


图 5.33 手锤结构示意图

手锤的种类一般分为硬头手锤和软头手锤两种。软头手锤的锤头是铅、铜、硬木、牛皮或橡胶等制成,多用于装配工作中。硬头手锤的锤头由碳钢制成。硬头手锤的规格用锤头的质量表示,有 0.25 kg、0.5 kg 和 1 kg 等几种。锤头的锤柄一般用比较坚固的木材制成,常用的 1 kg 锤头的柄长为 350 mm 左右。锤头安装木柄的孔呈椭圆形,且两端大,中间小。木柄紧装在孔中后,端部应再打入金属楔子,以防松脱。

使用时,一般用右手握锤,采用五个手指满握的方法,大拇指轻轻压在食指上,虎口对准锤头方向,锤柄尾露出约 15~30 mm。

在敲击过程中,手指的常用握法有紧握锤和松握锤两种。紧握锤是指从挥锤到击锤的全过程中,全部手指一直紧握锤柄,如图 5.34 所示。如果在挥锤开始时,全部手指紧握锤柄,随着锤的上举,逐渐依次地将小指、无名指和中指放松,而在锤击的瞬间,迅速将放松了的手指又全部握紧,并加快手腕、肘以至臂的运动,则称为松握锤,如图 5.35 所示。松握锤可以加强锤击力量,而且不易疲劳。

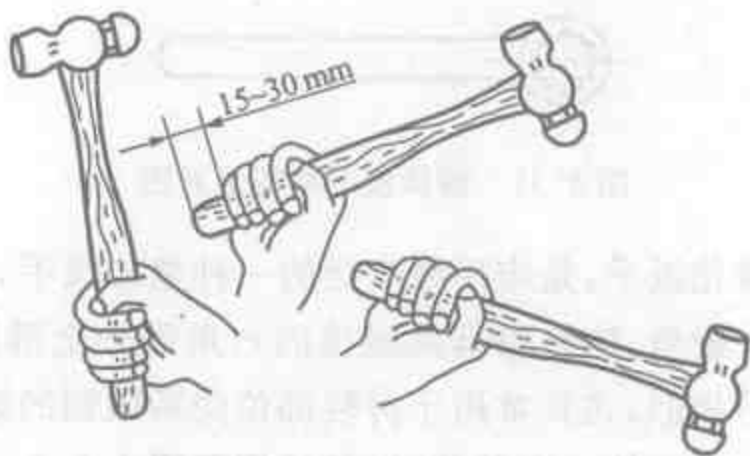


图 5.34 手锤的紧握法

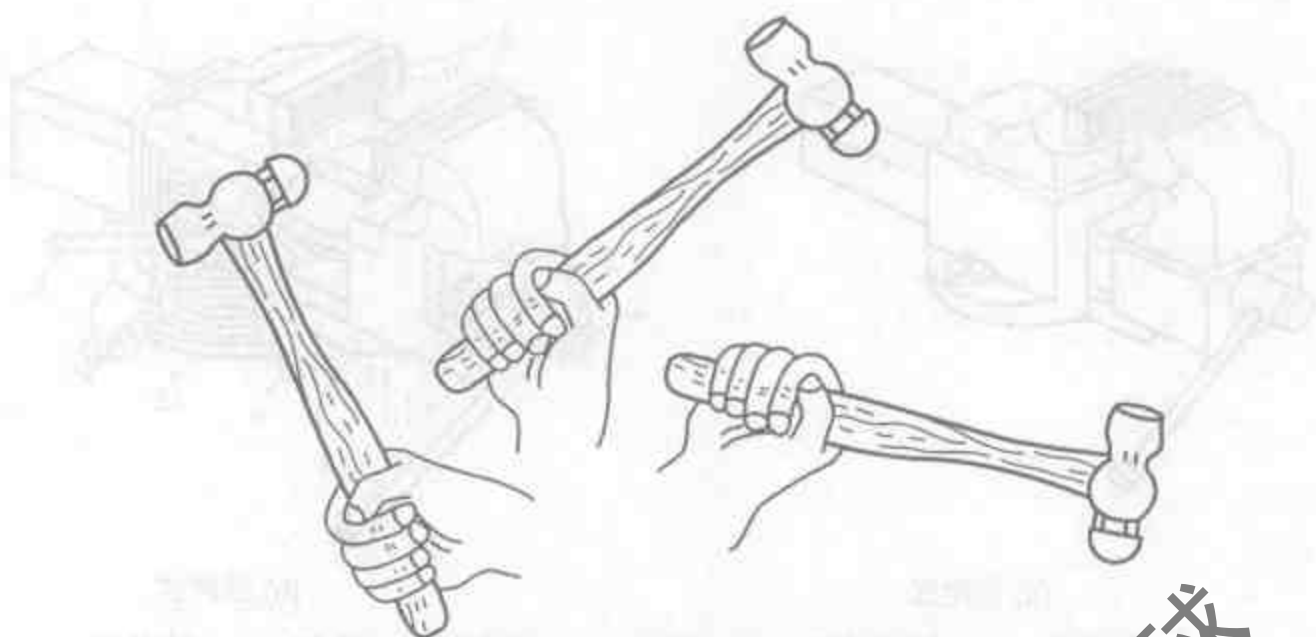


图 5.35 手锤的松握法

手锤的挥锤方法有手挥法、肘挥法和臂挥法三种,如图 5.36 所示。



(a) 手挥

(b) 肘挥

(c) 臂挥

图 5.36 手锤的挥锤方法

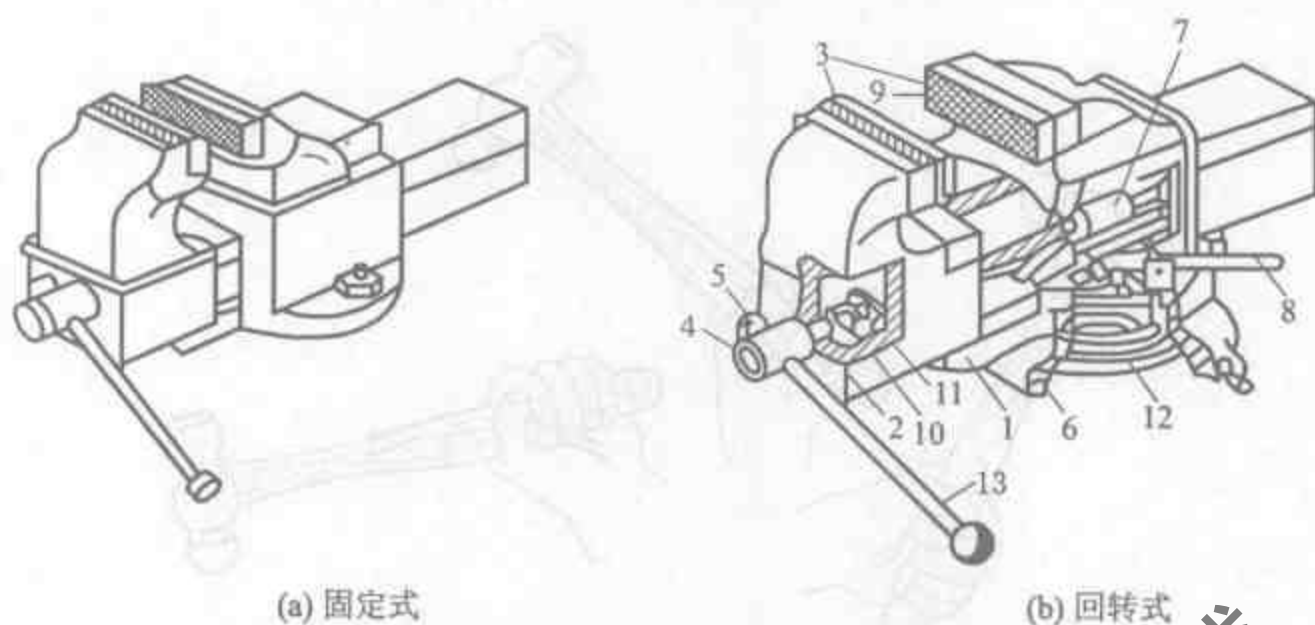
手挥法只作手腕的挥动,采用紧握法握锤,敲击力较小,多用于整削余量较少及整削开始或结尾。肘挥法指手腕和肘部一起挥动,采用松握法握锤,敲击力较大,应用较广。而臂挥法指手腕、肘部和全臂一起挥动,其锤击力最大。

制冷与空调装置维修中大多采用的是手挥法。

7. 台虎钳和钳工台的使用

(1) 台虎钳。台虎钳是用来夹持工件的通用夹具,如图 5.37 所示,分为固定式和回转式两种。图 5.37(a)所示为固定式台虎钳外形图,图 5.37(b)为回转式台虎钳外形图。

回转式台虎钳的主体部分用铸铁制造,有固定钳身 1 和活动钳身 2 组成。活动钳身通过方形导轨与固定钳身的方孔导轨配合,可作前后滑动。丝杆装在活动钳身上,可以旋转,但不能轴向移动,它与安装在固定钳身内的螺母 7 配合。摇动手柄 8 是丝杆旋转,可带动活动钳身相对固定钳身作进退移动,起夹紧或放松工件的作用。弹簧 10 靠挡圈 11 固定在丝杆上,当放松丝杆时,能使活动钳身在弹簧力的作用下及时退出。在固定钳身上装有钢质钳口 3,并用螺钉 9 固定,钳口的工作表面刨有交叉的网纹,使工件夹紧后不易产生滑动。固定钳身装在转座上,并能绕座轴心转动,当转到所需位置时扳动手柄 8,使夹紧螺钉旋紧,便可在夹紧盘 12 的作用下把固定钳身紧固。转座通过三个螺栓与钳工台固定。



(a) 固定式 (b) 回转式
 1—固定钳身 2—活动钳身 3—钳口 4—螺杆 5—手柄 6—转盘
 7—固定螺母 8—手柄 9—螺钉 10—弹簧 11—挡圈 12—夹紧盘 13—摇动手柄

图 5.37 台虎钳结构示意图

(2) 钳工台。钳工台也称为钳台、钳桌，其主要作用是用来安装台虎钳、放置工具和工件等。

钳工台通常是用木料或钢料制成，其式样可以根据要求和工作条件而定，一般形状为长方形，如图 5.38 所示。钳桌长、宽尺寸由工作需要而决定，高度则为 800~900 mm，以便安装上台虎钳后，让钳口的高度与一般操作者的手肘平齐，使操作方便省力。

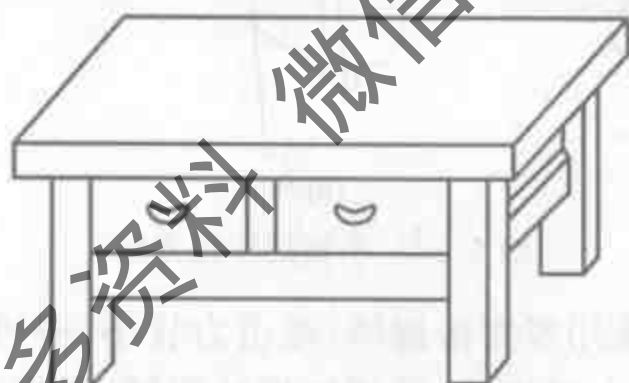


图 5.38 钳工台结构示意图

8. 吊环的使用

吊环又称吊钩，其下部具有螺纹，上部做成圆环形结构，是活塞式制冷压缩机中气缸套和活塞组拆卸和装配的专用工具。其使用如图 5.39 所示。将吊环拧入气缸套顶部两个对称的螺纹孔内，即可提起气缸套进行拆卸或装配。

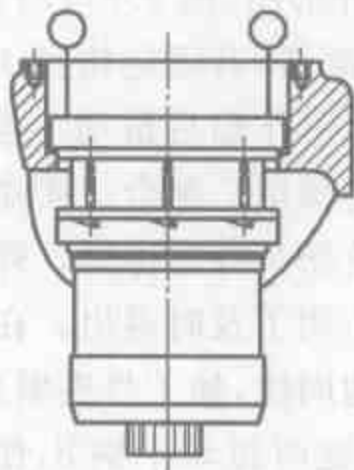


图 5.39 吊环的使用

第3节 焊接技术

制冷中的焊接主要是指铁管、铜管、铝管等金属管之间的焊接。焊接方法常以钎焊为主。钎焊分为硬钎焊和软钎焊两种。熔点温度在 450 ℃ 以上的为硬钎焊,焊料大多为合金焊条;熔点温度在 450 ℃ 以下的为软钎焊,焊料大多为焊锡。下面分别介绍这两种焊接工艺的操作方法和知识。

一、硬钎焊

硬钎焊简称为钎焊,钎焊使用的焊具为焊枪(焊炬),所需要的焊接设备有氧气钢瓶、乙炔气钢瓶(或液化石油气钢瓶)、减压表及连接软管等。使用的焊料大多为铜磷合金焊条或银基焊条。

制冷与空调系统中的管道连接,一般采用钎焊焊接。用熔点比被焊材料的金属或合金作为焊料,通过可燃气体和助燃器体在焊炬中混合燃烧时产生的高温火焰,加热被焊材料,熔化焊料使之成为充填间隙的金属,从而使焊件连接,这种焊接方法称之为钎焊。

1. 气体的性质

(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,密度比空气稍大。氧气的化学性质很活泼,极易和其他元素化合生成氧化物,一般把激烈的氧化反应称为燃烧。氧气本身并不能燃烧,但它具有很强的助燃作用。钎焊正是利用可燃气体和氧气混合后燃烧时所放出的热量作为热源的。高压氧气在常温下能和油脂类物质发生化学反应,引起发热、自燃或爆炸,因此使用中氧气瓶嘴、氧气表、焊炬及连接胶管里面切不可沾污油脂。

(2)液化石油气的性质。液化石油气是炼化石油时的副产品。其主要成分是丙烷、丁烷、丙烯、丁烯等碳氢化合物,在常温常压下它以气体状态存在,但只要加不大的压力(约 0.78~1.47 MPa)就可变成液体。液化石油气呈气态时是略带臭味的无色气体,比空气重。

液化石油气中几种主要成分与空气或氧的混合气体具有爆炸性,但比使用乙炔气安全方便,与氧气混合后可获得理想的火焰。目前,制冷设备维修中比较广泛的使用液化石油气作燃烧气体。

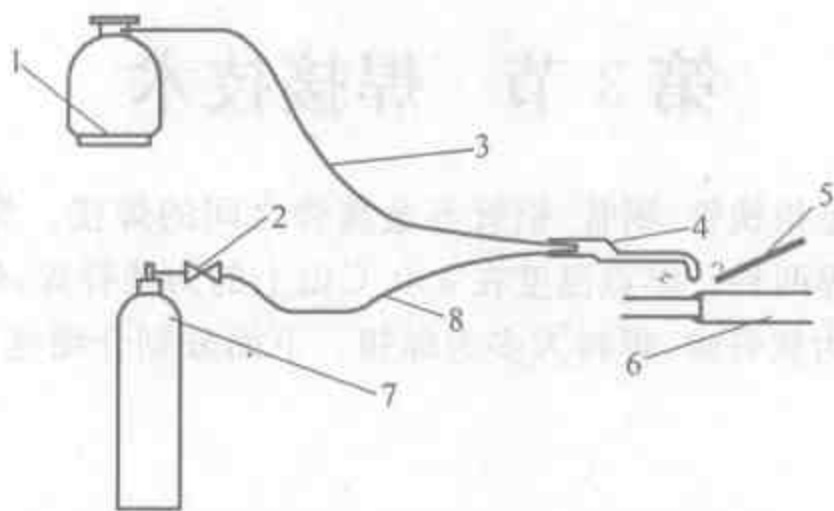
(3)乙炔气的性质。乙炔是一种无色的碳氢化合物,分子式为 C_2H_2 ,乙炔气中含有 93% 的碳与 7% 的氢。由于乙炔气中含有硫化氢和有毒的磷化氢等杂质,所以带有刺鼻的异味。乙炔气本身并不能完全燃烧,当与适当的氧气混合后,点火即可产生 3 200 ℃ 的高温火焰,是气焊理想的可燃气体。

乙炔气在高温或 196 kPa 以上的压力下,有自燃或爆炸的危险。在常温下撞击也有爆炸的危险,使用时应特别注意。

2. 钎焊的设备与工具

形成焊接火焰的气体流程如图 5.40 所示。

(1)氧气钢瓶。氧气瓶是贮存和运输氧气的一种高压容器。一般气瓶的容积为 40 L,标准压力为 14.7 MPa。维修使用的轻便型氧气瓶容积约 2~10 L。



1—(乙炔)液化石油气钢瓶 2—减压器 3—(乙炔)液化石油气胶管
4—焊炬 5—焊条 6—工件 7—氧气钢瓶 8—氧气胶管

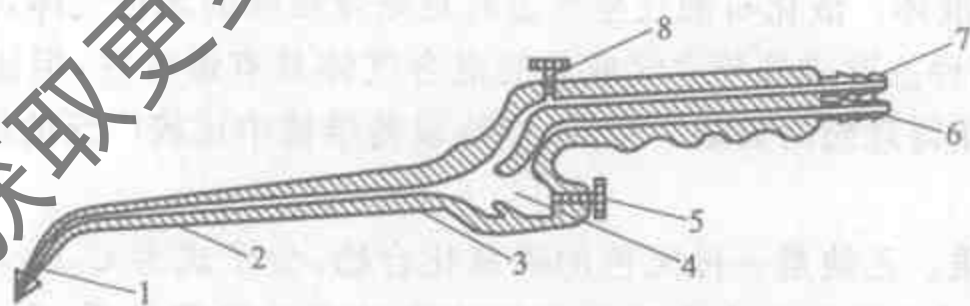
图 5.40 钎焊装置示意图

(2)减压器(氧气表)。减压器的作用是将瓶内高压气体调节成工作需要的低压气体(约 0.2 MPa),并保证气体的流量和压力稳定不变。

(3)液化石油气钢瓶。贮气量一般为 3~15 kg,最大工作压力为 1.57 MPa,一般都配置减压器,工作时无需调节。

(4)乙炔气钢瓶。乙炔气钢瓶的最高工作压力为 2 MPa,需配置专用的减压器。

(5)焊炬(焊枪)。焊炬的作用是将可燃气体(乙炔或液化石油气)和氧气按需要的比例混合,并由一定孔径的焊嘴喷出燃烧,产生符合焊接要求的、燃烧稳定的火焰。焊炬的构造如图 5.41 所示。打开氧气阀 5,具有一定压力的氧气经氧气导管 6 进入喷嘴 4,并以高速喷入射吸管 3,使喷嘴周围空气形成真空,而将乙炔管道 7 中的乙炔(打开乙炔阀针 8 时)吸入射吸管 3,经混合管 2 充分混合后由焊嘴 1 喷出,点燃而成火焰。焊接火焰的大小可通过两个针阀控制调整,焊接不同的材料、不同的管径时,所需的焊炬大小和火焰温度的高低不同。



1—焊嘴 2—混合管 3—射吸管 4—喷嘴 5—氧气阀
6—氧气导管 7—乙炔(液化石油气)导管 8—乙炔(液化石油气)阀

图 5.41 焊炬的构造

3. 焊剂和焊料

(1)焊剂。焊剂也称焊药。在钎焊过程中,焊剂的作用主要是防止被焊工件金属及焊料的氧化。钎焊时如不使用焊剂,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,但熔剂的熔渣堆金属有腐蚀作用,焊完后必须全部清除。

钎焊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。铜管与钢管或铜管与钢管的焊接,用银铜焊料或铜锌焊料时,要选用活化性焊剂。

(2)焊料。钎焊常用的焊料有银铜焊料、铜磷焊料及铜锌焊料等。为有效的保证焊接质量,要根据焊接材料正确的选择适宜的焊料。紫铜管之间的焊接一般选用铜磷焊料,这种焊料具有流动性(漫流)好、填缝和润湿性强、价格便宜等优点,而且不需要焊剂。钢与铜、钢与钢的钎焊,可选用银铜焊料和适当的焊剂。

常用国产钎焊焊料的牌号及适用范围见表 5.2。

表 5.2 国产钎焊焊料的牌号及适用范围表

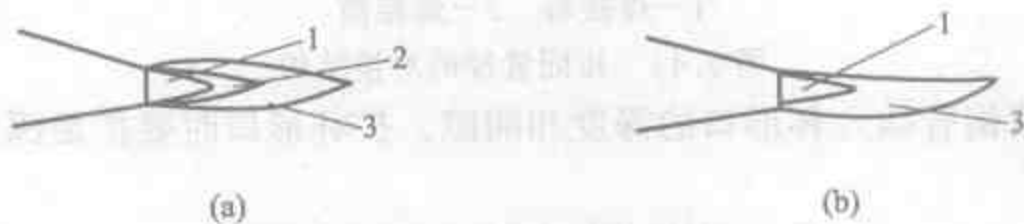
焊料	焊号	焊接温度 t/℃	适用范围
铜磷焊料	料 909	715~730	铜—铜,不用焊剂
	料 204	640~815	
	料 203	650~700	
钢铜焊接	料 301	815~850	铜—铜、铜—钢、钢—钢,使用焊剂
	料 312	595~605	铜—钢、钢—钢,使用焊剂
钢铜焊料	料 103	635~800	铜—铜、铜—钢、钢—钢,使用焊剂

4. 火焰的种类和性质

焊接火焰是钎焊的热源,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-液化石油气焊火焰。该类气焊火焰共分以下两类:

1)碳化焰。当液化石油气的含量超过氧气的含量时,火焰为碳化焰,如图 5.42(a)所示。碳化焰的火焰分为三层,焰心呈白色,内焰为淡白色,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 ℃左右,适用钎焊铜管与钢管。



1—焰心 2—内焰 3—外焰

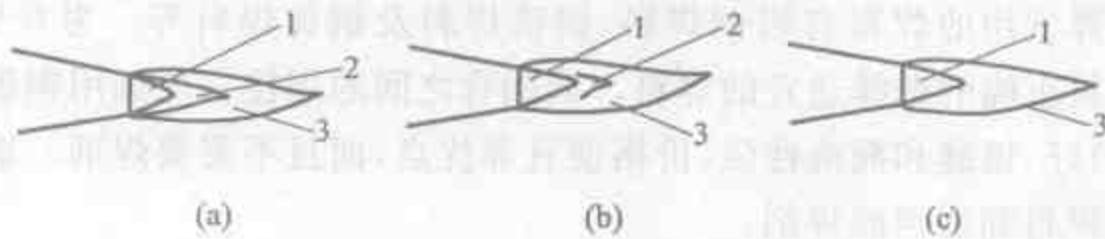
图 5.42 氧气-液化石油气火焰

2)氧化焰。当氧气超过液化石油气的含量时,喷出的火焰为氧化焰,如图 5.42(b)所示。氧化焰的火焰只有两层,焰心为尖形呈青白色,外焰为淡白色。氧化焰的温度在 2 900 ℃左右。适于钎焊铜管与铜管,钢管与钢管。

(2)氧气-乙炔气焊火焰。该类气焊火焰共分以下三类:

1)碳化焰。当乙炔气的含量超过氧气的含量时,火焰燃烧后的气体中尚有部分乙炔未曾

燃烧,喷出气体的火焰为碳化焰,如图 5.43(a)所示。碳化焰的火焰明显分为三层,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,温度为 2 700 ℃左右,适用钎焊铜管与钢管。



1—焰心 2—内焰 3—外焰

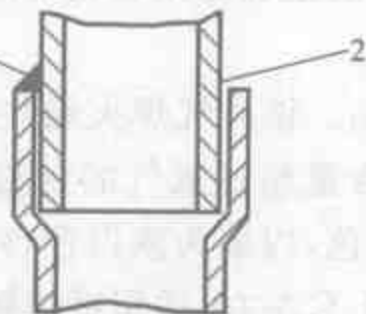
图 5.43 氧气-乙炔气火焰

2)中性焰。中性焰时氧气和乙炔的含量适中,此时乙炔可充分燃烧,如图 5.43(b)所示。中性焰的火焰也分为三层,焰心呈尖锥形,色白而明亮,内焰为蓝白色,呈舌状,外焰由里向外逐渐由淡紫色变为橙黄色。中性焰的温度在 3 100 ℃左右,适用钎焊铜管与铜管,钢管与钢管。

3)氧化焰。当氧气超过乙炔气的含量时,喷出的火焰为氧化焰,如图 5.43(c)所示。氧化焰的火焰只有两层,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 ℃左右。氧化焰由于氧气供应量较多,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。

5. 焊接的结构形式

(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,应采用插入式的焊接结构,如图 5.44 所示。紫铜管的一端用扩管器扩成杯形口,接口部分内外表面用纱布清整擦亮,不可有毛刺、锈蚀或凸凹不平,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。



1—焊接后 2—焊接前

图 5.44 相同管径的对接结构

插焊时要注意紫铜管插入杯形口的深度和间隙。扩杯形口时要扩足深度。一般插焊的深度和间隙见表 5.3。

表 5.3 紫铜管焊接插入长度和配合间隙

接管外径/mm	5~8	8~12	12~16	16~25	25~35	35~45
插入长度/mm	6	7	8	10	12	11
配合同隙/mm	0.05~0.35	0.05~0.35	0.05~0.45	0.05~0.45	0.05~0.55	0.05~0.55

如果插焊受到管路长度限制,可采用图 5.45 所示的短套管结构和扩喇叭形口的结构。

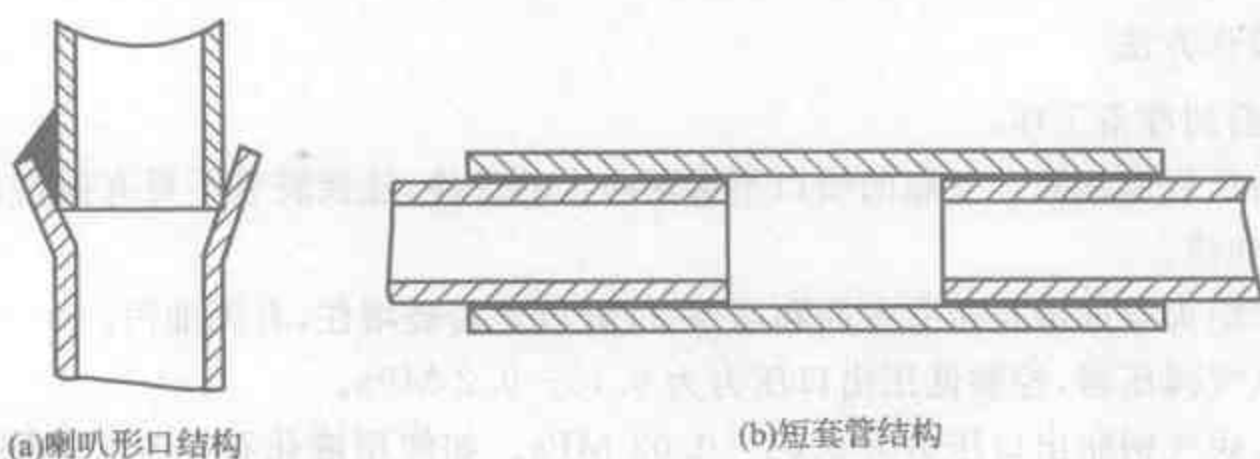


图 5.45 相通管径紫铜管焊接结构

(2) 钢管的对焊。钢管的对焊可采用电弧焊,也可用气焊。所焊管子端部应加工成适当坡口再进行焊接。

(3) 压缩机导管与制冷剂管焊接结构。制冷剂管插入压缩机管的深度必须大于 10 mm,若小于 10 mm,在加热时插入管易变位(向外移动),从而导致焊料堵塞管口,如图 5.46 所示。

电冰箱、空调器的制冷剂管插入压缩机导管的间隙要掌握在 $0.15 \sim 0.20$ mm。间隙过大,焊料难以均匀的渗入,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。

(4) 毛细管与管径不同的紫铜管焊接结构。焊接前要用夹钳把大于毛细管管径的紫铜管管口夹扁。夹时将毛细管先插入铜管内,插入长度约为 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。夹时应注意不能将毛细管夹扁从而导致堵塞,如图 5.47 所示。

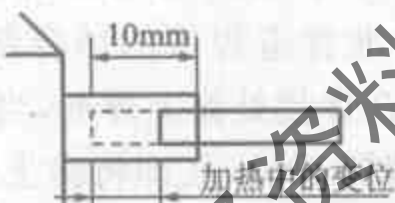


图 5.46 压缩机导管与制冷剂导管的焊接结构

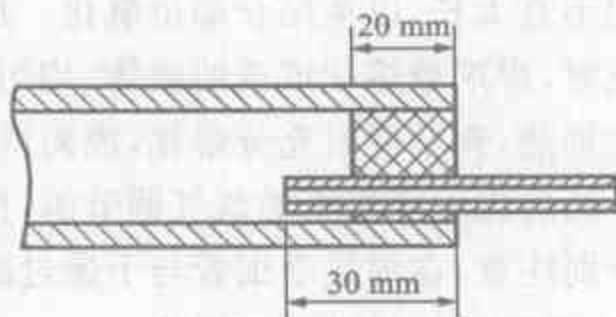


图 5.47 毛细管插入外管焊接结构

(5) 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,从而增大堵塞的可能性;如插入过浅,焊料会流进毛细管端部,使阻力加大,造成堵塞。图 5.48 中,图(a)为正确的位置,图(b)、(c)为错误位置。

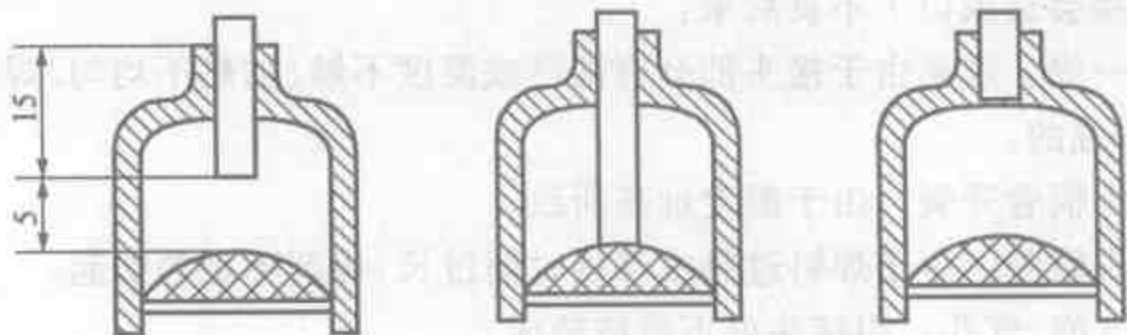


图 5.48 毛细管与过滤器焊接结构

图 5.48 毛细管与过滤器焊接结构

6. 焊接操作方法

(1) 焊接前的准备工作。

1) 检查高压气体钢瓶。气瓶的喷口不得朝向人的身体,连接胶管不得有损伤,减压器周围不能有污渍、油渍。

2) 检查焊炬火嘴前部是否有弯曲和堵塞,气管口是否被堵住,有无油污。

3) 调节氧气减压器,控制低压出口压力为 0.15~0.2 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器,只需稍稍拧开瓶阀即可。

5) 检查被焊工件是否修整完好,摆放位置是否正确。焊接管路一般采用平放并稍有倾斜的位置,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,首先打开乙炔阀,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,使火焰成为所需要的火焰。一般认为中性焰是钎焊的最佳火焰,几乎所有的焊炬都可使用中性焰。调节的过程如下:

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)。

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)。

调节的具体方法应在焊接时灵活掌握,逐渐调整。

(3) 焊接。首先要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。加热时间不宜太长,以免结合部位氧化。加热的同时在焊接处涂上焊剂,当管道(铜管)的颜色呈暗红色时,焊剂被熔化成透明液体,均匀地润湿在焊接部位,立即将涂上焊剂的焊料放在焊接处继续加热,直至焊料充分熔化,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。然后先关闭焊炬的氧气调节阀,再关闭乙炔气调节阀。

要特别注意,在焊管毛细管与干燥过滤器的接口时,预热时间不能过长,焊接时间越短越好,以防止毛细管加热过度而熔化。

(4) 焊接后的清洁与检查。焊接时,焊料没有完全凝固时,绝对不能使铜管动摇或振动,否则焊接部位会产生裂缝,使管路泄漏。焊接后必须将焊口残留的焊剂、熔渣清理干净。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。最关键的是绝无泄漏,这需要通过试压检漏去判别。

不正确的焊接会造成以下不良后果:

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) 焊接时被焊铜管开裂。由于温度过高所致。

3) 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。

4) 焊接处有气泡、气孔。因接头处不清洁造成。

5) 结合部开裂。这是由于未焊牢时,铜管被碰撞、振动所致。

二、软钎焊

软钎焊所使用的焊料大多为锡基合金,因此又称为锡焊。锡焊所使用的焊炬为喷灯或电烙铁。焊料统称为焊锡。锡焊具有熔点低、机械强度高、腐蚀小、焊接可靠等优点。

1. 电烙铁的结构及使用

(1)电烙铁的结构。电烙铁是手工锡焊的主要工具。它为熔融焊料、加热焊点和使助焊剂发挥作用提供热能,结构如图 5.49 所示。电烙铁主要由烙铁头和烙铁芯组成,烙铁芯通过传热筒对烙铁头加热。加热方式分外热式和内热式两种。内热式电烙铁具有质量轻、体积小、发热快、效率高等特点,外热式电烙铁大多功率较小。制冷设备维修中使用的电烙铁一般以 50 W、100 W 或 300 W 内热式为宜,选用时要根据焊接点的面积大小及散热情况而定。



1—烙铁头 2—烙铁加热芯 3—烙铁柄

图 5.49 电烙铁结构示意图

为使电烙铁有良好的导热性,要对电烙铁进行修整。首先将烙铁头表面的氧化物锉干净,然后再将其锉成楔形,并使烙铁头端面与平面呈 15° 的斜角,如图 5.50 所示。



图 5.50 烙铁头

(2)电烙铁的使用方法与注意事项。新烙铁使用前要镀锡。烙铁头经修整后接通电源,当烙铁头加热至开始变红紫色时,先在它上面涂上一层松香,再将烙铁头放到焊锡上轻擦,使烙铁头均匀地涂上一层薄薄的锡。对于旧烙铁,如果烙铁头上有一层黑色氧化物或出现凹坑,需要用锉刀修整,然后按新烙铁镀锡的方法重新上锡。电烙铁使用后,也应该把烙铁头上完锡后再拔掉电源。

要经常调节电烙铁的温度。焊接时,为防止加热过度或不易上锡,在加热一段时间后(约 2~3 h),就要拔掉电源冷却一下,然后继续使用。

使用烙铁柄时,注意不要触及加热部分,以免烫伤手指。使用烙铁时,不要猛力敲打,以免烙铁芯的电阻丝或引线振断。

焊接时,应以烙铁头的一面去接触焊接点,这样传热面大,焊接又快又好。不要用烙铁点去接触,更不要用烙铁头在焊接点周围来回移动或用力下压,以免使漏孔加大。

电烙铁应保持干燥,避免受潮而引起漏电。

2. 焊剂和焊料

锡焊是依靠焊剂的化学作用,通过电烙铁加热将两种或两种以上的金属良好地熔合起来。

因此焊剂和焊料是锡焊中必不可少的材料。

(1)焊剂。焊剂也称助焊剂,作用主要是传递热量,去除锈污,并且能够防止焊接过程中金属表面的氧化,帮助焊料润湿焊件表面,增加焊料的流动性,使焊点光洁、牢固。

用焊锡焊接管路或不含漏孔时,一般选用的焊剂属无机焊剂,如氯化锌溶液或酸性焊膏,这种焊剂活性很强,能溶蚀很厚的锈污层,但焊剂残渣具有很强的吸湿性和腐蚀性,焊接后必须将残余的溶液擦净,以免腐蚀焊接点。焊接电子元件时一般直接采用管内装有焊剂(松香)的焊丝,但对其密闭性、耐压性要求较高。

(2)焊料。锡焊的焊料通常为熔点在 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右的锡铅合金,称为焊锡。其特点是熔点低、凝结快、机械强度高、附着力强。在焊锡中加入一些铋,可增加它的坚固性。常用的焊锡熔点约为 $240\text{ }^{\circ}\text{C}$,其中锡 30% 、铅 68% 、铋 $1.5\sim 2\%$ 。

焊锡通常制成条状,俗称锡条。常见的焊锡丝,则将焊锡做成直径为 $2\sim 3\text{ mm}$ 的细管状,管内装有松香,焊接时可不必再加焊剂。

3. 焊接方法与注意事项

在进行软钎焊时应注意以下方面:

(1)净化焊件表面。焊接前焊接表面的清洁工作是保证焊接质量的关键。焊接前一定要用小刀或砂纸刮除焊接表面的氧化层,用干净的浸有天水酒精或汽油的湿布擦去油污,使待焊表面呈现金属光泽,随即进行上锡工作。净化后的表面不要用手触摸。

(2)控制焊接温度。焊接温度要适当,欠热不能充分熔融焊锡;过热会使焊剂失效。焊剂涂抹焊件表面后,要及时用电烙铁沾上焊锡加热工件,并适当加大接触压力。焊接时,只有当烙铁头的温度高于焊锡的熔点,并掌握好焊接时间和烙铁头与焊件的接触面,才能使焊锡牢固地附着在金属物上。否则会形成“虚焊”,造成“微漏”而不易察觉。

(3)掌握焊锡的数量。焊锡量应适当,焊锡过多,内部不一定焊透,也会焊不牢固。

(4)注意焊接安全。焊锡未凝固时,不可移动工件,否则会使焊锡附着不牢造成“虚焊”。用毕电烙铁要拔下电源插头,电烙铁不可与电源线相碰。

三、焊接安全

1. 使用安全

(1)安全使用高压气体,开启瓶阀应平稳缓慢,避免高压气体冲坏减压器。调整焊接用低压气体时,要先调松减压器手柄再开瓶阀,然后调压;工作结束后,先调松减压器再关闭阀门。

(2)氧气瓶严禁靠近易燃品和油脂。搬运时要拧紧瓶阀,避免磕碰和剧烈振动。接减压器之前,要清除瓶嘴上的污物。要使用符合要求的减压器。

(3)氧气瓶内的气体不允许全部用完,至少要留 $0.20\sim 0.50\text{ MPa}$ 的剩余气量。

(4)乙炔气钢瓶的放置和使用与氧气瓶的方法相同,但要特别注意高温高压对乙炔气钢瓶的影响,一定要放置在远离热源、通风干燥的地方,并且要求直立放置。

(5)焊接操作前要仔细检查瓶阀、连接胶管及各个接头部分,不得漏气。焊接完毕要及时关闭钢瓶上的阀门。

(6)焊接工件时,火焰方向应避免设备中的易燃易爆部位,应远离配电装置。

(7)焊炬应存放在安全地点。不要将焊炬放在易燃、腐蚀性气体及潮湿的环境中。

(8)不得无意义地挥动点燃后的焊炬,避免伤人或引燃其他物品。

2. 维修安全

(1)维修中,安全用电至关重要。在检修设备之前,应仔细阅读电路检修仪器的使用说明,严格按照安全操作的技术规范和要求使用仪器仪表。

(2)检查设备故障原因之前,首先拔下接地插头,仔细检查电线的绝缘情况,外皮是否破损、电器件是否潮湿、是否有接地保护装置。在潮湿季节,必须确认已接地后再做修理。通电试机时禁止用湿手接触电器。需要移动设备时,应首先切断电源。

(3)维修过程中,要可靠地进行布线连接。当设备出现异常气味、异常噪声及温度过高时,应立即停止维修并进行检查。拔下电源插头后,必须过3~5 min再插入电源插座。

(4)所有维修使用的电气仪表设备及用电器具,必须经常检查,一旦发现安全隐患,必须及时排除。维修过程中,暂时离开现场或不使用器具时应切断电源。

(5)禁止使用其他金属丝代替熔断丝,并严格按照原规定更换。禁止用一般胶布等非绝缘品代替电工胶布。

(6)维修中经常接触清洗用化学药品,维修人员在掌握化学药品的性质的基础上,一定要注意安全使用。化学药品如酒精、无水氯化钙、甲醇及汽油等,要存放在干燥、通风的地方,并且要远离热源。使用时要避免碰撞,使用后要及时盖好盖子,放置在安全地点;浸润化学药品或汽油的棉纱、纸屑不得随意丢弃。

第4节 制冷系统抽真空及检漏

一、概述

在向制冷系统充注制冷剂之前,必须对整个制冷系统抽真空。这是因为空气在制冷系统中存在会严重影响系统的性能。

空气中含有水蒸气,因此当制冷系统中混有空气时也就意味着含有水分,水分的存在会严重影响制冷系统的性能。首先,当制冷系统中有水蒸气时,由于水不溶于氟利昂制冷剂,处于游离状态的水经毛细管时因节流降温而很容易造成“冰堵”,从而影响制冷剂的正常流动,使制冷系统性能下降甚至不能正常工作。其次,水还可以使氟利昂分解为氯化氢、氟化氢,这些分解物可以与铜发生化学反应生成氯化铜,从而对铜管产生腐蚀并在毛细管、压缩机吸、排气阀片等处产生“镀铜”现象,以致影响正常的节流、吸排气和密封。再次,水分的存在还会对电机线圈产生腐蚀,造成压缩机绝缘性能下降,并且耗功增加。

另外,制冷系统中含有空气时,由于空气在制冷系统中属不凝性气体,因空气的密度比制冷剂的密度小得多,因此制冷系统中的大部分空气会积聚在冷凝器的上部(空调器在运转时),使制冷剂的冷却面积减小,导致冷凝温度和冷凝压力的升高,从而造成制冷量减小、耗功增加,同时随着压力、温度和耗功的增加,制冷系统有可能发生压缩机过载停机。

由于空气和空气中所含水分的危害,所以对系统的真空度有一定的要求,一般要求真空度小于等于133 Pa。较大的制冷系统,真空度要求应更高一点。适当地延长抽真空时间,不仅对真空度的提高有一定的帮助,系统中的水分也可以被较为彻底的抽出。小型制冷装置所用

真空泵的抽真空能力为 2~4 L/min,一般抽真空时间为 30 min 左右,如果分体机配对使用三通阀,则可在高低压两处同时抽真空,因此抽真空时间可以相对缩短。对于较大型空调机,则抽真空时间要相对延长。当制冷系统的真空度达到要求停止抽真空时,要立即充注一些制冷剂气体,这样可以防止大气中的空气渗入制冷系统。

另外目前制冷系统所用的不少氟利昂制冷剂都含有氯原子,氯原子的存在会严重破坏臭氧层;同时,制冷剂的泄漏也会造成制冷系统不能正常工作,因此充注制冷剂后必须进行检漏。

抽真空以及检漏,是电冰箱与空调器维修中最重要的基本操作之一。

组合式歧管压力表俗称双表,结构如图 5.51 所示,它是电冰箱与空调器维修中最常用的工具,不仅可以用来对制冷系统进行抽真空,还可以用于充注制冷剂 and 测量压力。图 5.52 所示为抽真空操作时组合式歧管压力表的开关状态。

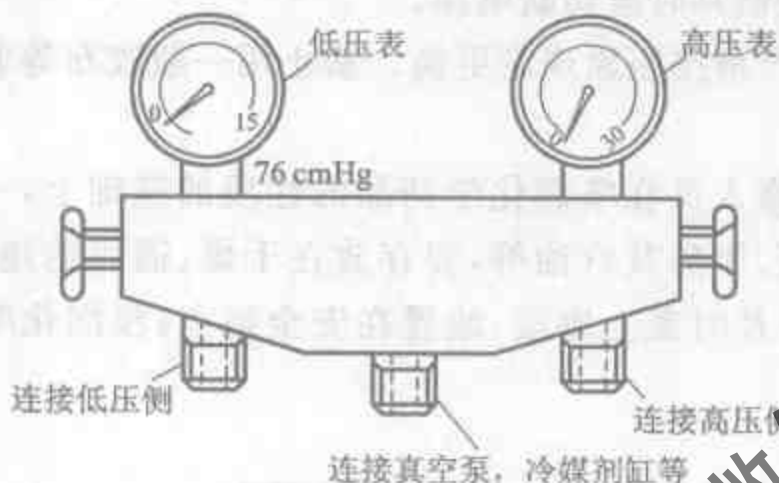


图 5.51 组合式歧管压力表结构示意图

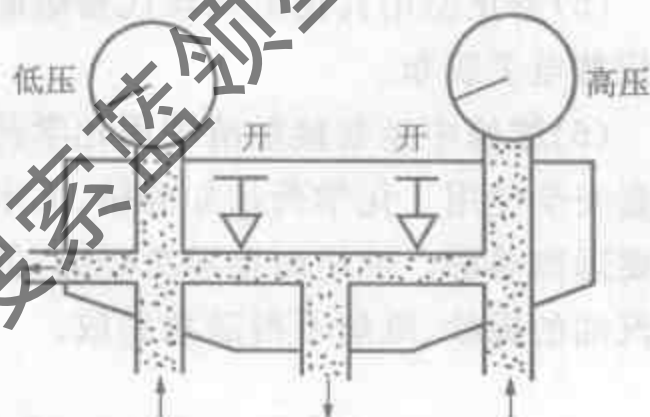


图 5.52 抽真空操作开关状态示意图

二、制冷系统抽真空操作

电冰箱的压缩机上都留有一个工艺管,抽真空时,先在工艺管上焊上一个施拉德阀(原理和轮胎上的气门嘴一样,所以通常称其为气门嘴),压力表的软管一端通过与该气门嘴连接而和电冰箱制冷系统相通,然后用软管将真空泵与压力表连接,这样即可实现抽真空操作,抽真空和充注制冷剂操作完成后,须将工艺管夹扁封死。

在空调器的抽真空操作中,窗机等整体式空调器没有专门的维修口,而和电冰箱类似有一根工艺管,操作方法也和电冰箱类似,抽真空操作时也需要在工艺管上焊接一个气门嘴,便于和组合式歧管压力表软管相连。分体机的抽真空操作相对于整体式空调器来说要简单一些。因为分体机室外机上有高低压截止阀,截止阀上有一个专门用于抽真空、测量压力和充注制冷剂的维修口,可直接与组合式歧管压力表软管相连。本节主要介绍分体机的各种抽真空操作。

高低压截止阀的配对使用情况不同,分体机抽真空操作的方法也有所不同。一般来说,分体机抽真空操作有以下几种形式:

(1)对室内机进行单独抽真空,也称为排空,分两种情况:室内外机连接配对使用三通阀和室内外机连接配对使用二、三通阀。

(2)对室外机进行单独抽真空,和对室内机进行单独抽真空一样,也分“室内外机连接配对使用三通阀”和“室内外机连接配对用二、三通阀”两种情况。

(3)对室内机抽真空的“全系统抽真空”,也和上述两种方法一样分为“室内外机连接配对

使用三通阀”和“室内机连接配对用二、三通阀”两种情况。

1. 抽真空操作的步骤

针对上述不同的抽真空形式,下面分别介绍其操作步骤:

(1)室内机抽真空,室内外机连接配对使用三通阀。这种形式的抽真空操作主要用于空调器安装时的室内机排空,其具体操作步骤如下:

1)将组合阀的低压软管与低压三通截止阀相连,组合阀的高压软管与高压三通截止阀相连,组合阀的中间软管与真空泵相连。

2)将组合式歧管压力表的低压侧和高压侧合流阀打开。

3)关闭三通阀,如为新安装的空调,因三通阀处于关闭状态,所以这一步可以省略。

4)检查各连接点密封是否完好,开启真空泵,抽真空至系统真空度达 133 Pa 以下。

5)关闭组合式歧管压力表的高低压合流阀。

6)关闭真空泵,完全打开两三通阀,室内外机连通,室外机里的制冷剂自动进入室内机,并达到压力平衡。

7)拆下软管,拧紧高低压阀密封螺母和维修口螺母,开机试运行。

(2)室内机抽真空,室内外机连接配对使用二、三通阀,这种抽真空形式的具体操作步骤如下:

1)将组合阀的低压软管与低压三通截止阀的维修口相连,组合阀的高压软管与真空泵相连,组合阀的中间软管与氟瓶相连。

2)打开组合式歧管压力表的高低压合流阀,关闭氟瓶阀门。

3)将三通阀关闭,同上面介绍的抽真空形式一样,如为新安装的空调,因三通阀处于关闭状态,故这一步也可以省略。

4)检查各连接点密封是否完好,开启真空泵,运转真空泵至系统真空度在 133 Pa 以下。

5)关闭组合式歧管压力表的高低压合流阀。

6)关闭真空泵,然后打开氟瓶阀门,氟利昂气体则自动进入制冷系统。

7)完全打开两三通阀,室内外机连通,室外机里的制冷剂自动进入室内机,并达到压力平衡。

8)拆下软管,拧紧高低压阀密封螺母和维修口螺母,开机试运行。

(3)室外机抽真空,室外机配对使用三通截止阀。这种抽真空形式的具体操作步骤如下:

1)将组合阀的低压软管与低压三通截止阀相连,组合阀的高压软管与高压三通截止阀相连,组合阀的中间软管与真空泵相连。

2)将组合式歧管压力表的低压侧和高压侧合流阀打开。

3)用塞子堵住两低压三通阀的室内机连接口。

4)根据两三通阀的结构特点,决定阀芯的打开位置:逆时针旋开到底或旋至中间位置,使维修口和室外机完全连通。

5)检查各连接点密封是否完好,开启真空泵,运转真空泵至系统真空度在 133 Pa 以下。

6)关闭组合式歧管压力表的高低压合流阀。

7)关闭真空泵,将组合式歧管压力表的中间软管从真空泵上取出,将其与氟瓶连接。让中间软管与组合式歧管压力表处于半连接状态,稍打开氟瓶,让制冷剂流过中间软管将其中的空

气排出后,再将中间软管与组合式歧管压力表连接紧,然后完全打开氟瓶的阀门,氟里昂气体则自动进入制冷系统。

8)到氟瓶和制冷系统的制冷剂压力平衡时,关闭氟瓶,完全关闭高低压截止阀,拆下软管,拧紧高低压阀密封螺母和维修口螺母。

(4)室外机抽真空,室外机配对使用二、三通阀。这种抽真空形式的具体操作步骤如下:

1)将组合阀的低压软管与低压三通截止阀的维修口相连,组合阀的高压软管与真空泵相连,组合阀的中间软管与氟瓶相连。

2)将组合式歧管压力表的高、低压侧合流阀打开,关闭氟瓶阀门。

3)用塞子堵住低压三通阀的室内机连接口。

4)根据三通阀的结构特点,决定阀芯的打开位置:逆时针旋开到底或旋至中间位置,使维修口和室外机完全连通。

5)检查各连接点密封是否完好,开启真空泵,运转真空泵至系统真空度在 133 Pa 以下。

6)关闭组合式歧管压力表的高压侧合流阀。

7)关闭真空泵,打开氟瓶阀门,氟里昂气体则自动进入制冷系统。

8)待氟瓶和制冷系统的制冷剂压力平衡时,关闭氟瓶,然后完全关闭高低压截止阀,拆下软管,拧紧高低压阀密封螺母和维修口螺母。

在采用“室外机抽真空,室外机配对使用三通截止阀”和“室外机抽真空,室外机配对使用二、三通阀”这两种形式的抽真空操作时要注意:通常情况室外机抽真空完毕时,还没有形成制冷系统,故不能边运行边充注制冷剂,而只能采用称重的方法,此时,氟瓶应平放或倒置,并且要高于室外机放置,从而让制冷剂以液体的形式流入。

(5)全系统抽真空,室内外机连接配对使用三通阀。这种抽真空形式的管路连接如图 5.53 所示,其具体操作步骤如下:

1)将组合阀的低压软管与低压三通截止阀相连,组合阀的高压软管与高压三通截止阀相连,组合阀的中间软管与真空泵相连。

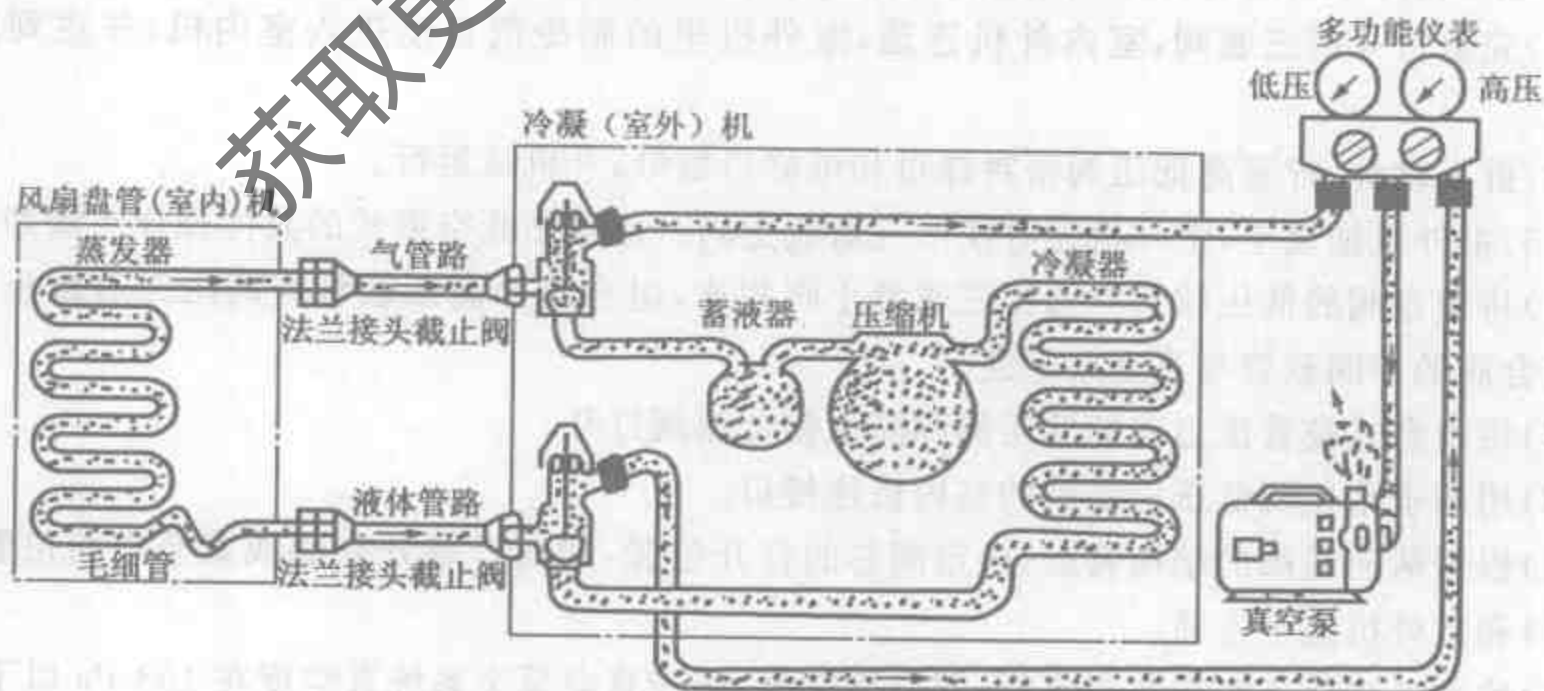


图 5.53 全系统抽真空示意图(室内外机连接配对使用三通阀)

2)将组合式歧管压力表的低压侧和高压侧合流阀打开。

3)根据三通阀的结构特点,决定阀芯打开位置,逆时针旋开到底至中间位置,使室外机彻底相通。

4)检查各连接点密封是否完好,开启真空泵,运转真空泵至系统真空度在 133 Pa 以下。

5)关闭组合式歧管压力表的高低压合流阀。

6)关闭真空泵,将组合式歧管压力表的中间软管从真空泵上取出,并与氟瓶紧连接。将中间软管与组合式歧管压力表处于半连接状态,稍稍打开小氟瓶,让制冷剂流过中间软管将其中的空气排出后,再将中间软管与组合式歧管压力表连接紧,然后完全打开氟瓶的阀门,氟利昂气体则自动进入制冷系统。

7)待氟瓶和制冷系统的制冷剂压力平衡时,关闭氟瓶,完全打开高低压截止阀,拆下软管,拧紧高低压阀密封螺母和维修螺母。

(6)全系统抽真空,室内外机连接配对使用二、三通阀。制冷量在 3匹以下的空调器一般只在低压处使用三通阀,故只能进行单侧抽空。其操作步骤基本同全系统抽真空,其管路连接如图 5.54 所示,具体操作步骤如下:

1)将组合阀的低压软管与低压三通阀截止阀的维修口相配,组合阀的高压软管与真空泵相连,组合阀中间软管与氟瓶相连。

2)将组合式歧管压力表的高、低压侧合流阀打开,关闭氟瓶阀门。

3)根据三通阀的结构特点,决定阀芯的打开位置,逆时针旋开到底或旋至中间位置,使室内外机彻底相通。

4)检查各连接点密封是否完好,使真空泵运行直至系统真空度达 133 Pa 以下。

5)关闭组合式歧管压力表的高压侧合流阀。

6)关闭真空泵,然后打开氟瓶阀门,氟里昂则以气体形式自动进入制冷系统。

7)待氟瓶和制冷系统的制冷剂压力平衡时,关闭氟瓶,完全打开高、低压截止阀,拆下软管,拧紧高低压阀密封螺母和维修螺母。

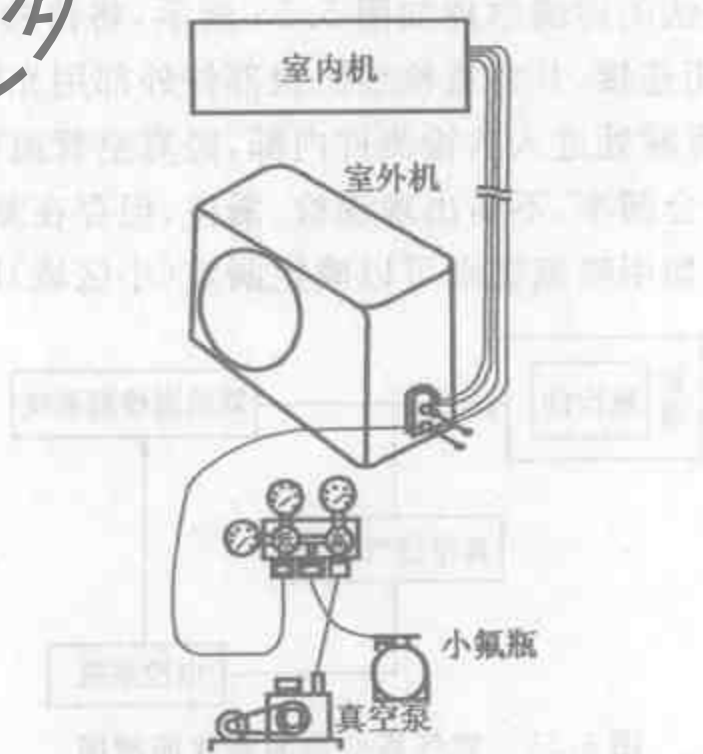


图 5.54 全系统抽真空示意图(室内外机连接配对使用二、三通阀)

在采用全系统抽真空时要注意:通常情况下,全系统抽真空完毕时,应开启空调机运行,继续充注制冷剂到标准值,关于制冷剂充注将在后面介绍。

三、制冷系统检漏

对电冰箱与空调器的制冷系统来说,气密性非常重要。在电冰箱与空调器的生产和维修中常用的检漏方法有压力检漏、真空检漏及仪器检漏三种。压力检漏是最常见也是平常用的较多的一种检漏形式;真空检漏则是根据系统的保真空能力来判断是否泄漏,但该方法不能发现具体的泄漏位置;仪器检漏则是用卤素检漏仪和氦质谱检漏仪等仪器来进行泄漏的检测。

1. 压力检漏

运用压力检漏时,先向制冷系统中充入一定压力的氮气或经过处理的干燥洁净的空气,然后使用中性肥皂水,用毛刷涂抹在可能发生泄漏的焊接处,观察有无气泡生成,如有气泡发生,则说明该处存在泄漏。

2. 真空检漏

对制冷系统进行抽真空,使系统内压力达 133 Pa 以下,然后进行真空保压,观察系统压力的变化,如压力升高明显,则说明系统存在泄漏。使用这种方法只能检查整个制冷系统管道是否泄漏,而不能发现泄漏的具体位置。

3. 仪器检漏

(1)用卤素检漏仪检漏。卤素检漏仪是一种对氟利昂非常敏感的仪器,其灵敏度为 $10 \sim 5 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$,即可以检漏到的泄漏量为 5 g 。用卤素检漏仪检漏前,先在制冷系统管道中充入含有少量卤素的高压氮气或洁净空气,然后即用卤素检漏仪查找漏点。为了保持卤素检测仪的正常寿命和灵敏度,应尽量避免长时间吸入卤素气体,当检测到漏点发出响声时,应迅速移开探测管。

(2)用氦质谱检漏仪检漏。在大批量生产过程中,有时也使用氦质谱检漏仪,其灵敏度为 $10 \sim 7 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$,其具有其他检漏技术无法比拟的优点。

1)真空氦气检漏。该方法的检漏原理如图 5.55 所示,将待检电冰箱、空调器或部件内部抽成真空,然后与氦质谱仪连接,并将被检整机或部件外部用充满氮气的罩子罩住。如果被检测处有泄漏,氦气则通过泄漏处进入被检测件内部,经真空管道吸入氦质谱检漏仪来测定其漏率。该方法能确定整体综合漏率,不易出现误检、漏检,但存在氦气不能回收利用、对不合格产品无法指导返修缺点。如用喷氦法则可以确定漏点(小区域)以指导返修。



图 5.55 氦气真空检漏装置原理图

2)充氮吸枪法检漏。该方法的检漏原理如图 5.56 所示,将待检电冰箱、空调器或部件的内部充入一定压力的氮气,在被检件的外部用吸枪将工件内泄漏出的氮气吸入到氦质谱检漏仪来测定其漏率。此方法适用于生产过程中确定整机或部件的漏孔的多少、漏孔的具体位置

和漏率的大小,可指导返修。这种检漏方法的氦气可以回收。生产厂家多采用此种方法检漏。



图 5.56 充氮回收检漏装置

第5节 制冷剂充注及充注量的确定

充注制冷剂是电冰箱与空调器维修中最常见的问题。随着电冰箱与空调器长年的运行,管道可能会产生泄漏,从而使制冷剂全部泄漏到大气之中。对于分体式空调器来说,因为室内、外机组分开通过阀门连接,因此很容易缓慢泄漏而造成制冷剂不足,而需要补充制冷剂。在给制冷装置充注制冷剂时需要考虑以下两个问题:制冷剂如何充注以及如何确定制冷剂的充注量。

不同的电冰箱与空调器,其设计的制冷剂充注量是不同的,制冷剂充注的过多或过少,都会引起空调器性能的下降、耗功的增加且可能会导致电冰箱与空调器寿命的缩短。

当电冰箱与空调器的制冷系统出现下列情况时,需要补充或重新充注制冷剂:

- (1)分体式空调器安装时连接管加长,需要按照标准补充适量的制冷剂。
- (2)电冰箱与空调器长时间运转泄漏造成系统制冷剂不足,需要补充制冷剂。
- (3)电冰箱与空调器的制冷系统管道存在焊点漏或铜管破损,则需要放出制冷剂进行封焊,待检漏和抽真空后,重新充注制冷剂。

一、制冷剂充注量的确定

目前,电冰箱经常使用 R134a 制冷剂,家用空调器大都使用 R22 制冷剂,根据 R134a 和 R22 等制冷剂的热力特性,在运行工况条件下,制冷剂的充注量由以下参数确定。

(1)低压压力。电冰箱的蒸发压力近似于压缩机回气管处的压力,对于 R134a 来说,该处的压力一般在 0.02 MPa(绝对压力值约为 0.12 MPa)左右,具体根据冰箱的设计蒸发温度来定;对于空调器来说,该处的压力值一般为 0.5 MPa(绝对压力值为 0.6 MPa)左右,其对应的蒸发温度为 5℃。

(2)吸气温度。对于电冰箱来说,压缩机吸气管处的温度一般在 -20℃左右,吸气管不结霜、不结露,表面温度略低于常温,用手摸有明显凉的感觉;而对于空调器来说,压缩机吸气管处的温度应在 7~15℃之间,吸气管出现凝露,而不结露。附录 2 列出了电冰箱与空调器常用的制冷剂——R134a、R22 饱和状态下的热力性质,在进行制冷剂充注时,可根据该表查出电冰箱与空调器蒸发温度与冷凝温度对应的饱和压力,也可由该表查出低压压力、高压压力对应的冷凝温度与蒸发温度。

(3)运行电流。不管是电冰箱还是空调器,其压缩机的运行电流一般不应超过其铭牌上标

称的额定值。

(4)称质量。当重新充注制冷剂时,如果有条件,可使用电子秤按照铭牌的标称进行称质量充注,这是最准确的一种方法。

以上几个参数,对于电冰箱和空调器均适用,下面三个参数则主要是针对空调器而言的。

(5)室内机进出风温差。制冷时,空调器的回风和送风温差在 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上;制热时室内机的进出风温差应在 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上。

(6)高压压力。因电冰箱一般只有低压充注,因此这个参数也是专门针对空调器而言的,空调器制冷系统的高压压力约为 $1.5\sim 1.9\text{ MPa}$ 。

(7)高低压截止阀的温度。正常情况下,分体机的低压截止阀处的温度比高压截止阀的温度稍低,凝露更多。

对于使用R22的空调器来说,验算高压压力时,在测得环境温度的基础上加 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$,例如,测得环境温度为 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$,则制冷剂在冷凝器中的实际温度约为 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$,查附表2,可知高压压力约为 16.3 MPa (相对压力);验算低压压力时,蒸发温度设定为 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$,冷凝温度为 $5\sim 7\text{ }^{\circ}\text{C}$,查得低压压力为 0.58 MPa (相对压力)。

在具体的制冷剂充注操作中,应综合以上参数确定制冷剂充注量。不同类型和牌号的电冰箱与空调器,上述条件不完全一致,因此难以全部满足,尤其是使用多年的空调器,差异更大,更需综合各种条件进行具体分析。例如当某空调器的蒸发压力小于 0.5 MPa 时,压缩机的运行电流已达到额定值,为了压缩机的安全使用,蒸发压力只能调整在小于 0.5 MPa 的状态,这时空调器的制冷量将有所降低,这种牺牲制冷量的选择是合理的。

二、制冷剂的充注

电冰箱与空调器的种类和大小不同,制冷剂需用量不同,充注的方法也不同。

根据前述已知,电冰箱压缩机上预留有一个工艺管,管上焊上一个施拉德阀,通过施拉德阀即可较容易地实现抽真空和充注制冷剂操作,操作完成后,将工艺管夹扁封死。

对于空调器来说,窗式空调器也有一工艺管,其制冷剂的充注操作与电冰箱类似,而分体式空调器则差别较大,具体如下:

1. 由高压阀充注制冷剂

在高压截止阀的维修口接带顶针的专用充氟软管,将顶针接头旋紧,排除软管内的空气后,将制冷剂容器倒立,打开容器阀门,液体制冷剂将流入空调器的高压侧。当系统和容器中的压力平衡后,制冷剂停止流入系统,这时可用温水提高容器的温度,即提高容器内的压力,使制冷剂液体继续流入制冷系统。整个操作过程是在压缩机不工作的状态下进行的。

由高压侧充注制冷剂适用于充注量较大的设备或设有储液器的设备,一般采用“称重”的方法控制充入量。不具备“称重”条件时,则靠经验估计充入量。对于没有储液器或充注量要求的设备,可把充注工具再转接至低压阀,按照从低压阀充注制冷剂的方法,补充或排放部分制冷剂。

2. 由低压阀充注制冷剂

空调器制冷剂冷量较小、制冷剂需用量较少,一般采用由低压侧充注制冷剂气体的方法。这种方法充注速度较慢,但易于控制而且安全,家用空调的制冷剂充注一般都采用低压侧充

注,具体方法如图 5.57 所示。

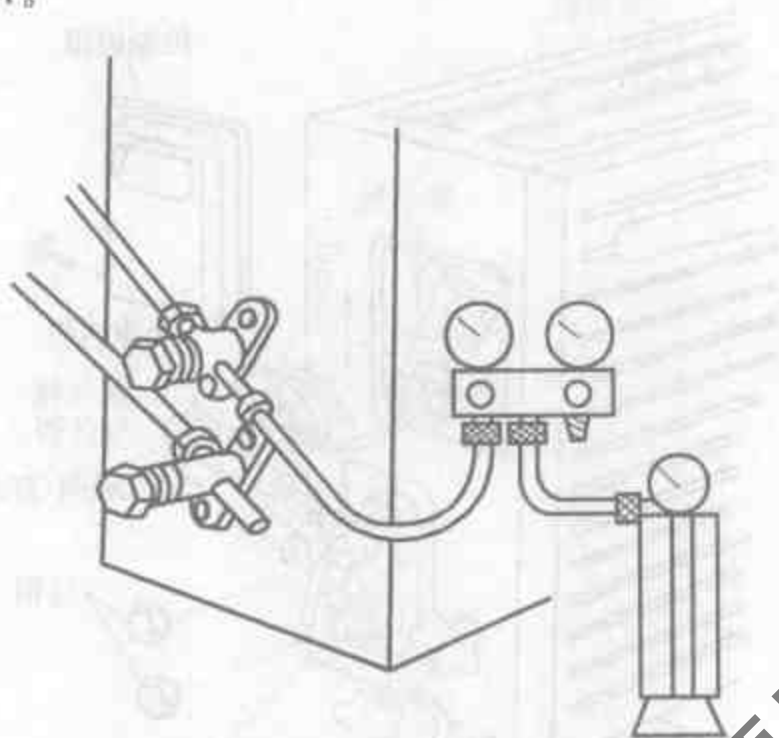


图 5.57 制冷剂充注示意图

(1)将中间软管与氟瓶相连,并将组合式歧管压力表的低压软管与截止阀的维修孔相连,如需抽真空则将高压软管与真空泵相连,先进行抽真空操作,抽真空方法如前节所述。

(2)拧紧顶针接头,用系统的制冷剂蒸气(或氟瓶制冷剂)将软管内的空气冲洗干净。若之前有连接氟瓶的真空操作,则无需进行排除空气操作。

(3)启动空调器,运行稳定后,观察低压压力值,判断系统内制冷剂的存量。打开容器阀门,制冷剂气体将流入制冷系统,同时观测并控制低压压力,最终调整到空调器的标准蒸发压力。

(4)从低压阀充注制冷剂,制冷剂以气体形式进入系统。当容器内的气体压力与系统内的压力平衡时,可用温水对容器加热,提高容器内的气体压力,使制冷剂从容器内继续流入制冷系统。操作过程中不得将制冷剂和容器倒立,防止“液击”事故的发生。

第6节 分体式空调器室内机的排空操作

我们知道制冷系统内存在空气会严重影响制冷系统的正常工作,对于分体式空调器来说,不论室内机在生产厂家是如何封装的(可能已经充入少量的制冷剂气体或氮气),在安装过程中室内机都难以避免会进入空气,所以安装过程中必须进行排空操作。我们把进入室内机热交换器和连接管中的气体排出去的操作称为排空。

分体式空调器的排空操作主要有利用室外机本身的制冷剂排空、抽真空排出空气、使用制冷剂钢瓶排出空气等三种常见的方法,现分别介绍如下:

一、利用室外机本身的制冷剂排空

在日常进行空调器安装与维修时,因生产中充注制冷剂时已经预留了排空所用的制冷剂,因此经常使用室外机自身的制冷剂进行室内机排空操作。无论配对使用三通阀还是配对使用二、三通阀,都可按下述操作步骤进行排空操作,如图 5.58 所示。



图 5.58 排空操作示意图

- (1) 从高低压截止阀上拆下端部的盖形螺母。
- (2) 拆下低压截止阀维修口上盖形螺母。
- (3) 将高压截止阀的阀芯逆时针旋转 90° , 使高压截止阀处于微开状态并保持 10 s, 此时室外机的制冷剂将进入连接管和室内机, 然后关闭截止阀。
- (4) 检查连接管的连接部位是否漏气。
- (5) 在进行第(3)步操作的同时, 用六角扳手一直顶住低压截止阀维修口的气门嘴, 使制冷剂将配管和室内机的空气通过维修口带出来。
- (6) 重复(3)和(5)3次, 每次间隔 1 min。

二、抽真空排出空气

这种排空方法在前一节已经介绍过, 在这里再进一步详细介绍。

1. 配对使用二、三通截止阀

配对使用二、三通截止阀抽真空排出空气的管路连接如图 5.59 所示, 具体操作步骤如下:

- (1) 卸下三通截止阀维修口的盖型螺母。
- (2) 将充气软管分别连接到真空泵和粗径管路端截止阀。
- (3) 完全打开组合式歧管压力表的低压阀, 关闭组合式歧管压力表的高压阀。
- (4) 开启真空泵, 大约抽 10 min 左右。
- (5) 关闭组合式歧管压力表的低压阀。
- (6) 关掉真空泵。
- (7) 卸下二、三通截止阀端部的盖形螺母。
- (8) 逆时针旋转两截止阀的阀芯到底, 制冷剂的通路被打开, 室外机所注入的制冷剂流入室内机。
- (9) 卸下截止阀上的充气软管。

(10)将维修口的盖型螺母和截止阀端部的盖形螺母旋紧。

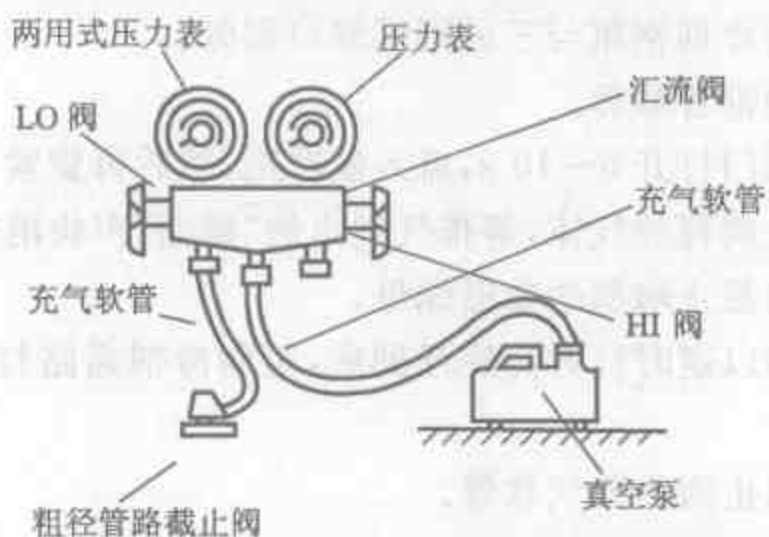


图 5.59 单抽排空示意图

2. 配对使用三通截止阀

配对使用三通截止阀抽真空排出空气的管路连接如图 5.60 所示,具体操作步骤如下:

- (1)将两三通截止阀维修口的锥形螺母、阀头的盖形密封螺母卸下来,注意不要将卸下来的锥形螺母、盖形螺母弄脏或丢失。
- (2)抽气软管按图 5.60 所示进行连接。
- (3)将组合式歧管压力表的高压端旋钮及低压端旋钮逆时针方向旋转,使其打开。
- (4)开启真空泵,大约抽 10 min 左右。
- (5)关闭合流阀的高压端旋钮及低压端旋钮。
- (6)关掉真空泵。
- (7)将两三通阀的阀芯按逆时针方向旋到底,再作 1~2 次拧紧、放松,使之关紧,制冷剂的通路被打开,室外机所注入的制冷剂流入室内机。
- (8)将抽气连接软管从截止阀上拆除下来。
- (9)将截止阀上的盖形螺母拧紧。

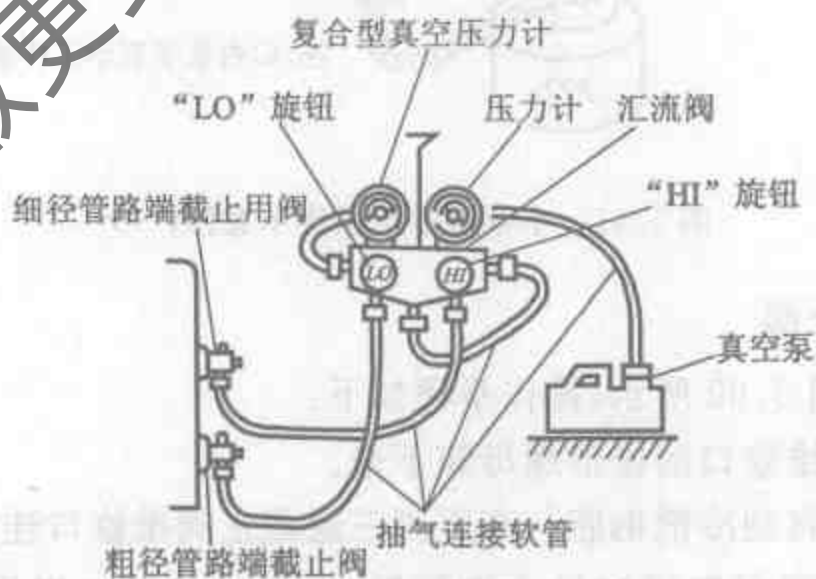


图 5.60 双抽排空

三、使用制冷剂钢瓶排出空气

1. 配对使用二、三通截止阀

该方法管路连接如图 5.61 所示,具体操作步骤如下:

- (1) 卸下三通阀维修口上的盖形螺母。
- (2) 用充气软管连接制冷剂钢瓶与三通阀维修口部分。
- (3) 旋松高压截止阀的锥管螺母。
- (4) 将制冷剂钢瓶的阀门打开 5~10 s, 流入制冷剂, 然后再旋紧。
- (5) 自细径管路端截止阀释放气体, 等排气发出的“嘶嘶”声快消失前, 旋紧锥管螺母。
- (6) 卸下粗径及细径两截止端部的盖形螺母。
- (7) 将两截止阀的阀芯以逆时针方向旋开到底, 则制冷剂通路打开, 室外机的制冷剂流入室内机。
- (8) 卸下粗径管路端截止阀的充气软管。
- (9) 将截止阀上的三个盖形螺母拧紧。

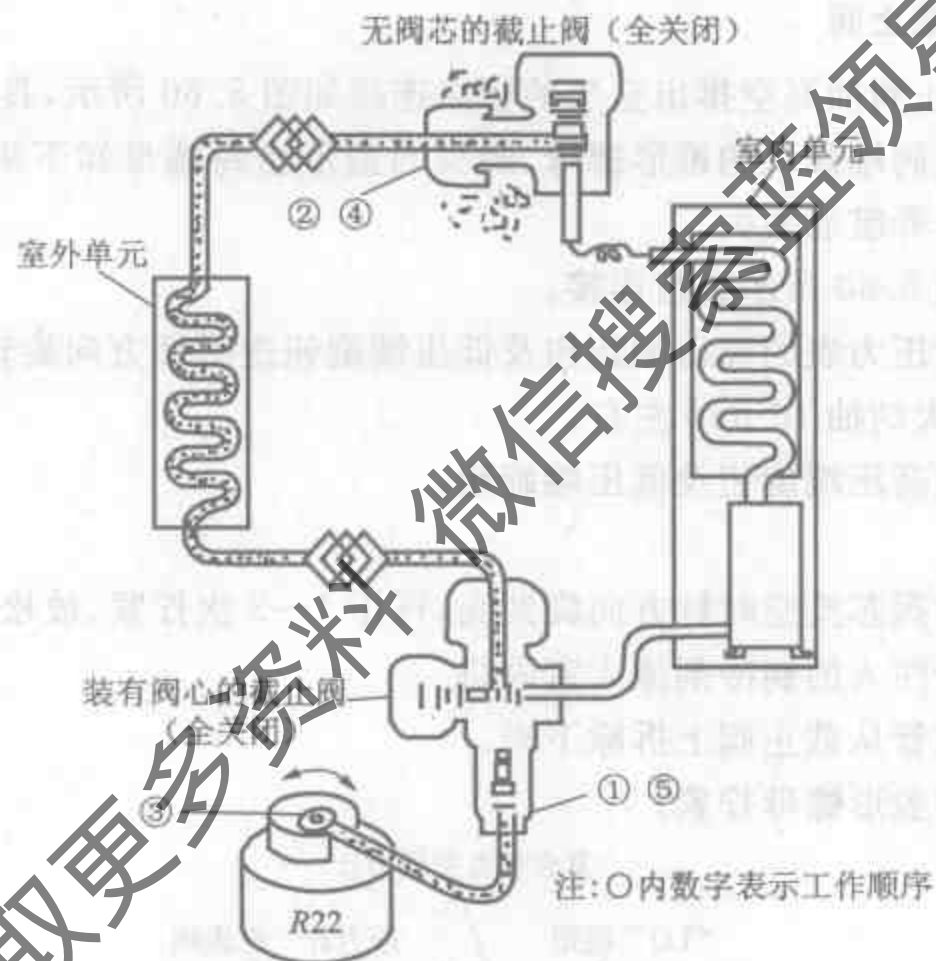


图 5.61 小氟瓶排空操作示意图(一)

2. 配对使用三通截止阀

该方法管路连接如图 5.62 所示, 操作步骤如下:

- (1) 将两三通截止阀维修口的锥形螺母卸下来。
- (2) 用抽气连接软管将制冷剂钢瓶与高压侧三通截止阀维修口连接起来。
- (3) 将制冷剂钢瓶的阀门向逆时针方向旋转, 放松 5~10 s 以后, 再按顺时针方向旋转拧紧。
- (4) 同时用内六角顶住低压侧三通截止阀维修口上的气门嘴, 使其发出“嘶嘶”的声音, 制冷剂从这里跑出来。
- (5) 当“嘶嘶”的连续声音变小时, 拧紧锥形螺母。
- (6) 卸下截止阀的盖形螺母。

(7)将两高低压截止阀(细径管路的及粗径管路)的阀芯按逆时针方向旋到底,然后重复1~2次拧紧、放松,再将其拧紧,则制冷剂的通路被打开,室外机的制冷剂流入室内机。



图 5.62 小氟瓶排空操作示意图(二)

第7节 制冷系统的清洗、吹污及充注冷冻油

在进行电冰箱与空调器的制冷系统检修以后,其制冷系统必须要进行清洗或吹污,然后方可进行气密性试验和充注制冷剂。由于各种制冷设备结构不同,清洗和吹污的方法也不相同。

一、制冷系统的清洗

当制冷系统需要维修或其内受到污染以后,常常在维修中需要对制冷系统进行清洗、吹污。

电冰箱与空调器制冷系统的污染程度可分为轻度和重度。若制冷系统内冷冻油没有完全污染,从压缩机的工艺管放出制冷剂 and 润滑油时,油的颜色是透明的,若用石蕊试纸试验,油呈淡黄色(正常为白色),则说明制冷系统受到轻度污染。如当打开压缩机的工艺管时,立即可闻到焦油味,从工艺管倒出冷冻油,颜色发黑,用石蕊试纸浸入油中,5 min 后,纸的颜色变为红褐色,则说明制冷系统受到重度污染。

目前,房间空调器常用的制冷剂仍为 R22,清洗剂可用 R113($C_2F_5Cl_3$ ——三氯三氟乙烷),清洗方式如图 5.63 所示。图中虚线方框以内的部分在干燥处理时一定要与管路部分断开,并在压液管、吸液管的法兰盘上安装盲板,然后用真空泵对系统进行抽真空,在抽真空过程中,要同时给制冷管路外面吹送热风,以利于快速干燥。最后将制冷管路按原样装好,更换新的压缩机和过滤器。

(1)清洗前先放出制冷系统管路内的制冷剂,要检查一下冷冻油的颜色、气味,以明确制冷系统污染的程度。

(2)拆卸压缩机,从工艺管中放出少量冷冻油,检查其色、味,并看其有无杂质异物。

(3)先将清洗剂 R113 注入液槽中,然后开启泵,使之运转,开始清洗。对于轻度的污染,只要循环 1 h 左右即可,而严重污染的,则需要 3~4 h。若长时间清洗,清洗剂已脏,过滤器也有堵塞脏污,应更换清洗剂和过滤器以后再进行。

(4)洗净后,清洗剂可以回收,经处理后方可再用,在储液器中的清洗剂要从液管回收。

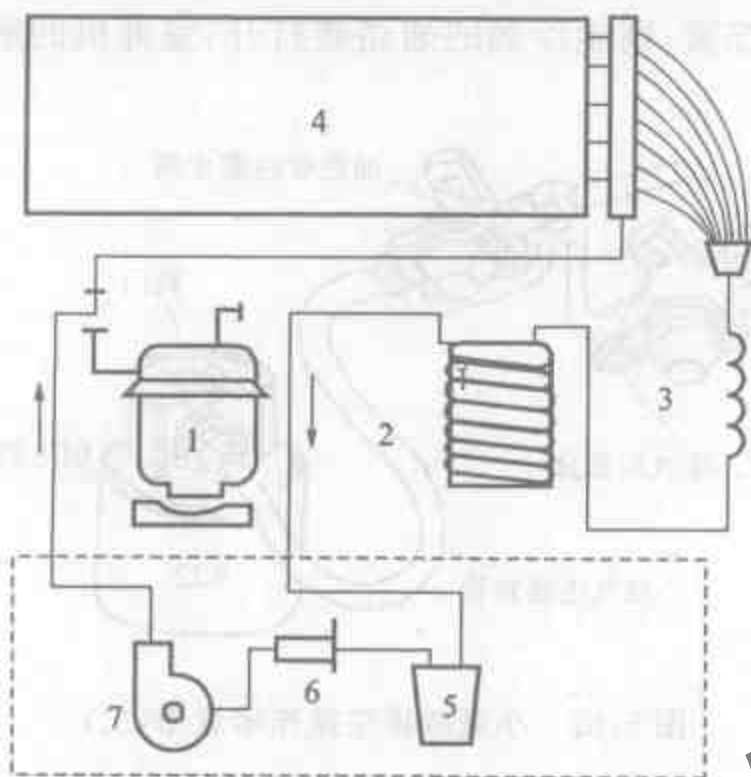


图 5.63 清洗方式示意图

(5)清洗完毕,应对制冷管路进行氮气吹污和干燥处理。

在清洗制冷系统时应注意以下事项:

- (1)为不形成清洗剂的泄漏,应采用耐压软管,接头部分一定要用胶带包扎紧密。
- (2)将毛细管或膨胀阀用旁通管或耐压软管代替,使蒸发器和冷凝器直接连接起来。
- (3)若制冷系统内进入水分,一定要将水分排净。
- (4)因压缩机烧毁而生成酸时,必须注意用氮气吹净。
- (5)对压缩机、膨胀阀(毛细管)、过滤器的清洗,应先采用汽油清洗,之后再用氮气吹干。

二、制冷系统的吹污

制冷设备经过拆卸以后,系统内部难以避免地会有焊渣、铁锈等杂质和水分等。这些杂质污物残留在制冷系统内,与运转部件相接触会导致磨损加大,例如使气缸或活塞表面划伤、拉毛等;杂质污物与一些部件接触会压出凹坑,例如会使压缩机的阀片不平,截止阀阀芯受损等。有时,污物还会使制冷系统堵塞,在膨胀阀、毛细管和过滤器等处发生堵塞(脏堵)。污物和水分与制冷剂、冷冻油发生化学反应还会导致腐蚀。目前,用清洗设备对制冷系统进行清洗的方法已经很少用,一般采用高压氮气吹污的办法,对被污染的制冷系统进行处理。

吹污的气压一般为 0.6 MPa (6 kgf/cm^2),可以用制冷压缩机、氮气瓶或空气压缩机对系统加压(氟利昂系统不可用压缩空气)。最好采用分段的方法进行,其排污口应选择在各段的最低点。在每段的排污口应事先用木塞堵住(用钢丝拴牢)。使排污系统充压至 0.6 MPa (6 kgf/cm^2) 以后,停止充压,然后将木塞迅速拔出,利用高速气流将系统中的污染排出。

排污是否彻底,可在排污口处挂一白色纱布,视其情节程度而定。若白纱布已清洁,表明随气体冲出之污物已无,可停止;若白纱布仍有污点,应继续吹污。

三、压缩机充注冷冻油

制冷系统在正常运转时,消耗的润滑油极少。当有水分、空气、杂质时,它们和润滑油及制

冷剂将产生化学反应。运转一段时间后,由于摩擦产生的金属粉末、检修焊接产生的氧化皮以及腐蚀产生的淤渣,都会使润滑油污染,甚至恶化变质。

正常时,冷冻油的颜色是白色透明的,如果冷冻油呈轻微的淡黄色,尚且可用,但如果呈黄色或红色,且有焦油味,则必须更换。

换油时,应倒出原有冷冻油,清洗制冷管道系统、压缩机等之后,重新充油,并多加约10%,表5.4所示为充油量的参考值。

表 5.4 充油量参考表

压缩机功率/W	122	123	367	551	735	1 102	1 470	2 205
充油量/L	0.2	0.25	0.50	0.75	1.5	2.0	2.0	2.5

往复式压缩机加油方法比较简单,加油时只要把压缩机工艺管端部开口割开,接上一透明软管,将润滑油倒入量杯,然后把透明软管另一端放进油杯里,启动压缩机,冷冻油就可以由工艺管吸入。待量杯中油面降到一定位置,随即关机,停止加油。

第8节 制冷剂的回收

在电冰箱与空调器的维修时,我们应注意不要随意将制冷剂排向大气,使得环境受到不利影响,因此经常需要对制冷系统中的制冷剂进行回收操作。制冷剂回收的操作有以下两种方式:将制冷剂回收至室外机、使用制冷剂回收机将制冷剂回收至容器中。

一、制冷剂回收至室外机

如图5.64所示,该种回收方式的具体操作步骤如下:

- (1)将组合式歧管压力表的低压软管与低压截止阀的维修口相连。
- (2)顺时针旋转高压截止阀的阀芯,使高压截止阀处于关闭状态。
- (3)逆时针旋转低压截止阀的阀芯1/4圈,使低压截止阀处于中间打开状态(中间状态可以适应不同结构的阀体,使维修口与制冷系统内部相通)。
- (4)将低压软管与组合式歧管压力表连接处的螺口旋松约1s的时间,使软管中的空气排出之后再旋紧。
- (5)开机运转,制冷剂通过压缩机自动吸排到冷凝器中。
- (6)收氟运行约40~60s,低压压力降至0.05 MPa左右时,关闭低压截止阀阀芯。
- (7)关闭低压阀之后,系统的制冷剂压力会回弹,可以再打开低压阀进行复抽,当压力降至0.05 MPa左右时,顺时针关闭低压截止阀阀芯。
- (8)停机、拆管、收氟完毕。

在进行回收操作时,要注意当制冷系统较大时,可适当延长运行收氟时间,并可采用复式收氟两到三次,收氟过程中要监视制冷系统的压力值,防止出现负压,以免使得外界空气被吸入制冷系统中。

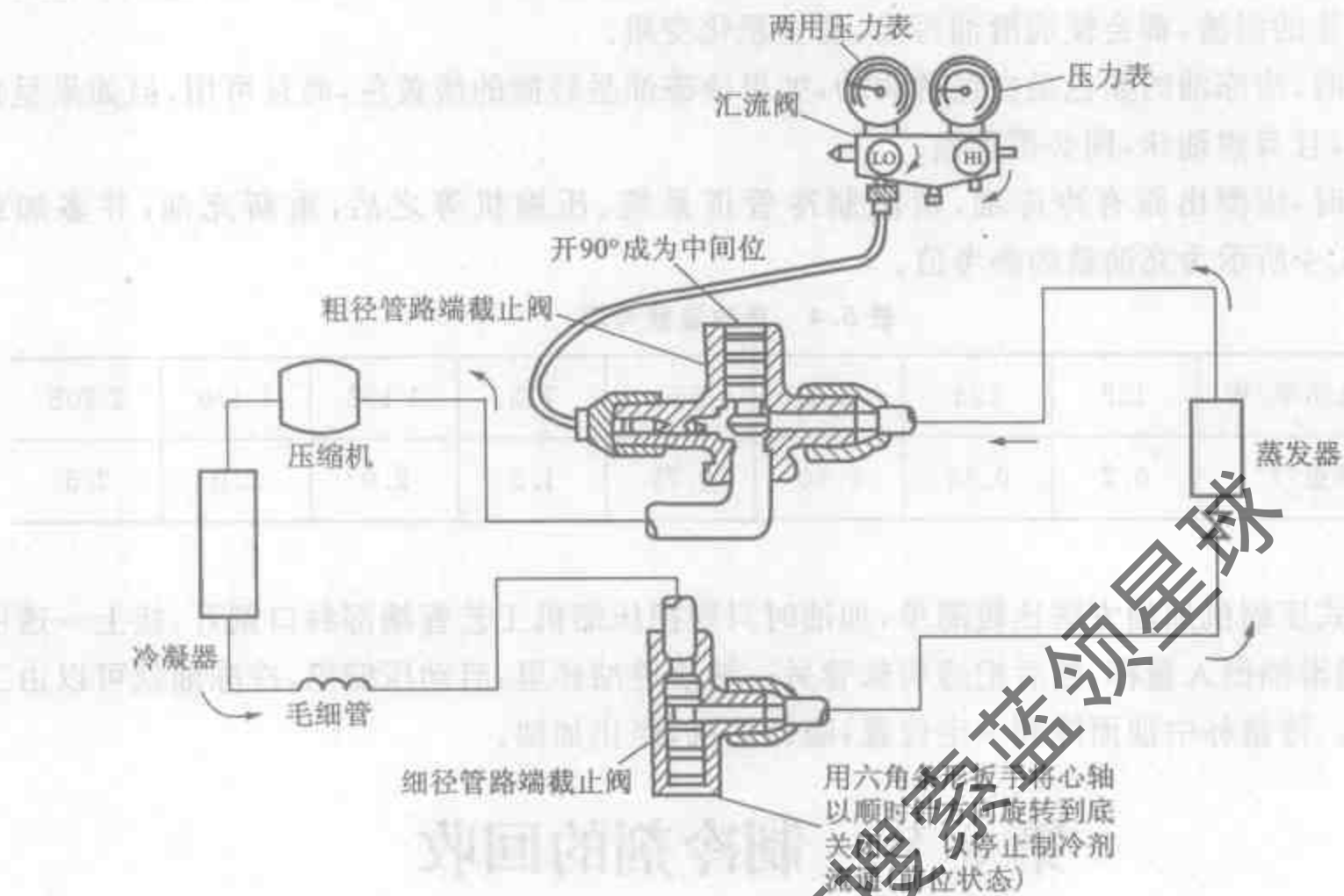


图 5.64 制冷剂回收示意图

二、使用回收机回收制冷剂

制冷剂回收机主要由压缩机、冷凝器、风冷却系统、油气分离系统、泵出系统、制冷剂储液器以及电控系统组成。回收机有专门的生产厂进行制造。简易的制冷剂回收机可以由一台室外机除去毛细管改造而成。

制冷剂回收机是利用压缩机将制冷剂以低压气体的形式吸入，经过压缩机后以高压高温的气体排入冷凝器中，冷却为常温的液体，再排入制冷剂储液器中来实现制冷剂的回收的。

小结

- (1) 电冰箱与空调器的维修中经常要用到一些仪器仪表，如万用表、钳形电流表、温度计及检漏仪等，本章介绍了一些常用仪器仪表的功能及其使用方法。
- (2) 电冰箱与空调器维修中经常要使用到一些像割刀、扩管器、封口钳、各种扳手、抽真空及制冷剂充注设备等工具，本章详细介绍了这些常用工具的使用方法。
- (3) 电冰箱与空调器维修中也经常会使用钎焊来进行管路等的焊接，本章还介绍了一些钎焊的工具及设备，并具体介绍了钎焊的操作方法及应注意的安全事项。
- (4) 在电冰箱与空调器维修中，抽真空、检漏、加氟、清洗、制冷剂回收等操作，都是经常要进行的，本章后面几节对这几种基本操作作了较为详细的介绍。



实训项目

实训项目一：电动机的测量

实训目的：掌握万用表、兆欧表、钳形电流表的使用方法；掌握电冰箱与空调器的电动机的测量方法；掌握判断电动机好坏的方法。

实训设备及工具：万用表、兆欧表、钳形电流表、电冰箱压缩机、空调器压缩机、电冰箱风扇电动机、电冰箱、房间空调器。

实训项目二：电气零部件的检查与测量

实训目的：掌握用万用表检查和测量启动继电器、碟形过电流器与过热保护继电器、电容器、温度控制器的性能，并能根据测量结果判断电气零部件的好坏。

实训设备及工具：万用表、重锤式启动继电器、PTC启动器、电容器、电冰箱温度控制器、电冰箱。

实训项目三：电冰箱与空调器的抽真空与检漏

实训目的：掌握运用真空泵对电冰箱及空调器的制冷系统进行抽真空的技能，学会运用卤素检漏仪或肥皂水对制冷系统进行检漏。

实训设备及工具：电冰箱、空调器、组合式歧管压力表、真空泵、卤素检漏仪、氟瓶、封口钳等。

实训项目四：电冰箱的制冷剂充注

实训目的：掌握对电冰箱充注制冷剂的方法，学会如何确定制冷剂的充注量。

实训设备及工具：电冰箱、组合式歧管压力表、真空泵、氟瓶、施拉德阀（顶针阀）、活动扳手、封口钳等。

实训项目五：分体式空调器的制冷剂充注

实训目的：掌握对分体式空调器充注制冷剂的方法，学会如何确定制冷剂的充注量。

实训设备及工具：分体式空调器、组合式歧管压力表、真空泵、氟瓶、活动扳手、封口钳等。

实训项目六：制冷剂的回收

实训目的：掌握房间空调器收氟的操作技能。

实训设备及工具：分体式空调器、组合式歧管压力表、真空泵、氟瓶、活动扳手、封口钳、六角匙、双向氟回收瓶、电子秤、特制回收机等。

 **复习思考题**

1. 指针式万用表有哪些功能?
2. 什么是钳形电流表?
3. 什么是卤素检漏仪? 如何使用与维护?
4. 割刀的使用方法是什?
5. 扩管器的使用方法是什?
6. 弯管器的使用方法是什?
7. 电冰箱、空调器等制冷系统抽真空的方法主要有哪几种?
8. 使用真空泵过程中应注意哪些?
9. 如何进行制冷剂的分装?
10. 使用电烙铁时应注意哪些事项?
11. 在进行软钎焊时应注意哪些方面?
12. 钎焊安全包括哪些方面?

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

第6章

电冰箱

学习目标

- 熟悉电冰箱的不同的分类。
- 了解电冰箱的结构组成和特点。
- 明白电冰箱制冷系统的原理和组成部件。
- 学会分析常见的电冰箱控制电路。

电冰箱是一种以消耗电能来获取低温的装置,具有一定的容积和绝热的箱体。由于低温环境可以有效抑制食物组织中的酵母作用,阻碍微生物的繁殖,所以电冰箱可以在较长时间内储存食物而不变质,也可以制作一些冷饮食品。随着人们物质生活水平的不断提高,电冰箱已逐渐成为人们生活中不可或缺的家用电器。下面我们从电冰箱的分类、结构、制冷系统和电路方面进行介绍。

第1节 电冰箱的分类

电冰箱是一个笼统的称呼,类型很多,分类方法也很多,常见的分类方法有:按用途分类、按冷却方式分类、按箱门分类、按星级分类、按气候带分类等。

一、按用途分类

电冰箱按用途的不同,可以分为冷藏箱、冷藏冷冻箱和冷冻箱三类。

1. 冷藏箱

所谓冷藏箱,是指储存食物时,食物的汁液不冻结,食物的储存温度在 0°C 到 10°C 之间,以冷藏保鲜为主,一般除了专门的冷冻箱、冰柜外,普通的单门侧开冰箱都是以冷藏为主,是冷藏箱。

2. 冷藏冷冻箱

这类冰箱一般是双门和多门冰箱,既有冷冻室又有冷藏室,分别用于冷却储藏和冻结储藏食品,冷藏室温度和冷藏箱温度一样,冷冻室温度一般在 -12°C 或 -18°C 以下。冷藏室和冷冻室之间绝热而且各自设置可开启的独立箱门,互不干扰,容积多为 $100\sim 300\text{L}$ 。各自都由隔架或抽屉分隔成若干空间。

3. 冷冻箱

冷冻箱又称冷柜,箱内只设温度在 -18°C 以下的冷冻室,用以冷却储藏和冻结储藏食品,

储存期可达三个月。它多数为卧式上开门结构,少数为立式侧开门结构,如图 6.1 所示,其适合包装冻结食品的储藏。

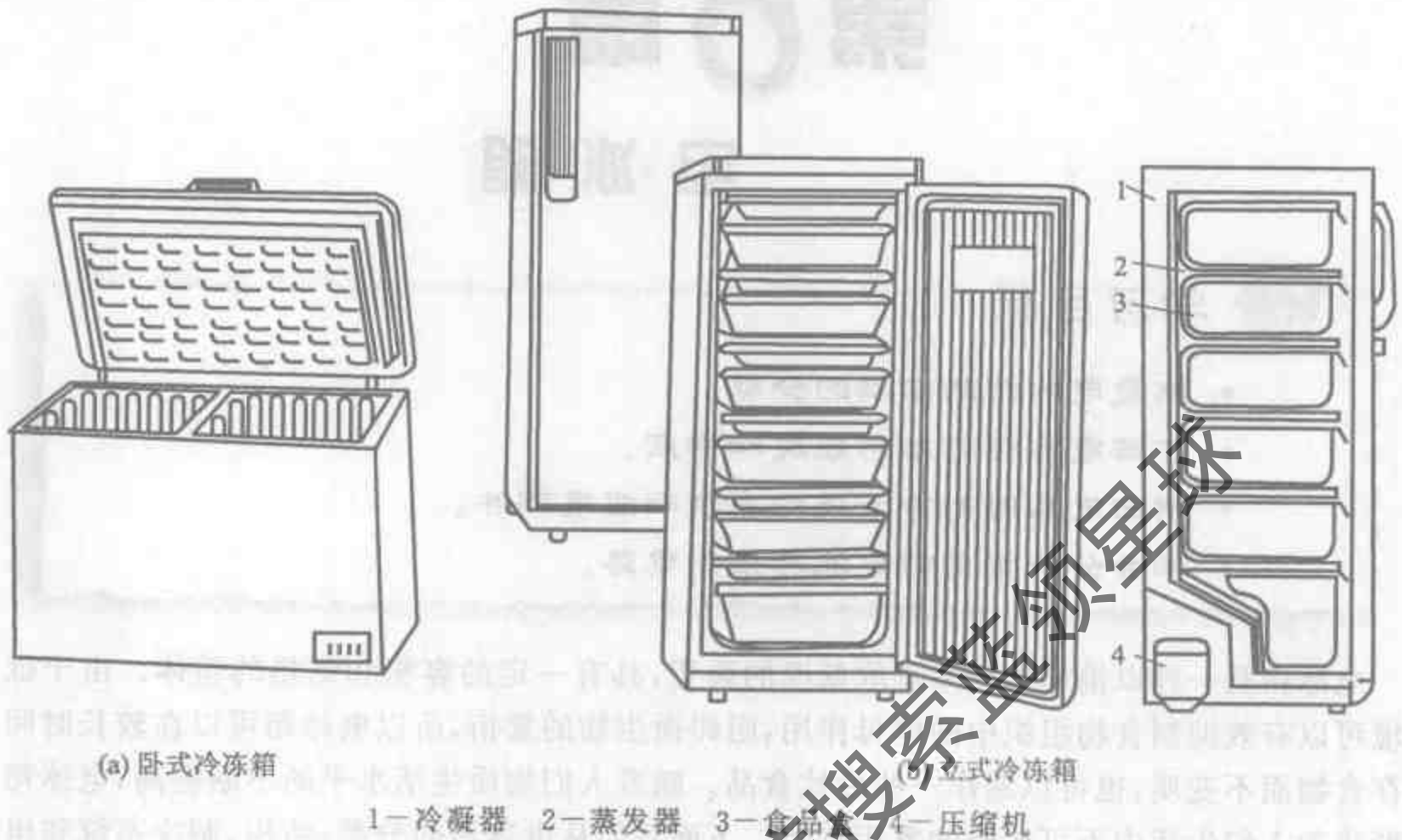


图 6.1 冷冻箱

二、按箱门分类

按箱门分类是指按箱门的数量来区分冰箱的种类,一般分为单门、双门、多门电冰箱等。

1. 单门电冰箱

单门电冰箱只有一个箱门,单门电冰箱内的冷冻室或冷藏室共用一个蒸发器,容积一般在 200 L。如图 6.2(a)所示,它的结构简单、售价低、维修方便,但冷冻室容积小、储藏温度高,主要用于冷藏食物。也有专门的冷冻箱也是单门的,比如卧式或立式冷柜。

2. 双门电冰箱

双门电冰箱有上下两个门,一般上面是冷冻室,下面是冷藏室,如图 6.2(b)所示。双门电冰箱冷冻室容积大、功能全、使用方便,既可冷藏食物也可冷冻食物。也有的双门电冰箱的门制成左右并列式,容积比上下开门的略大。冷藏室的下部一般有一个储存蔬菜和水果的果蔬盒,并加盖玻璃盖板。双门电冰箱与单门电冰箱相比,冷冻室的容积相对较大,一般占总容量的 30% 以上。冷冻室的温度较低,一般都在 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,致使冷冻食品的储存期增长,可达到三个月。冷藏室的容积相对减少,且耗电量要比单门冰箱大。

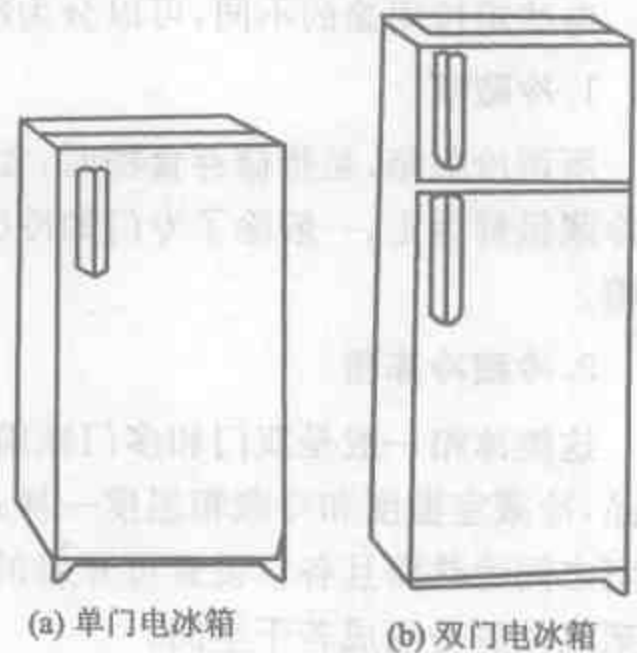


图 6.2 单门及双门电冰箱

3. 多门电冰箱

三门冰箱是指箱门分为上、中、下三扇门或四扇(或者更多门)的电冰箱,如图 6.3 所示一般除设有冷冻室和冷藏室外,另加急冻室(制冰室)、鱼肉室(冰温室)和蔬菜室(冷却室)。可以得到多个低温。

三门冰箱比双门冰箱多一个果蔬室,也就是将双门冰箱下部的果蔬盒辟为一室。果蔬室往往被安排在最下面的门内,其室内温度为 $8\sim 14\text{ }^{\circ}\text{C}$,用来储存水果和蔬菜,能明显延长水果、蔬菜的保质、保鲜时间。

四门冰箱一般是在三门冰箱的基础上增加一个专供储藏新鲜鱼、肉的冰温室,其室内温度为 $-2\sim 3\text{ }^{\circ}\text{C}$,使所储存食品处于“微冻结”状态,既不破坏食物的组织结构,又能保持食品的新鲜风味和营养成分。微冻结法是当今最大限度保持肉类食品营养价值和新鲜程度的最新冷藏方法,它的保鲜期可达 7 天左右。另外多门冰箱的冷冻室内还常常多设一个急冻室。

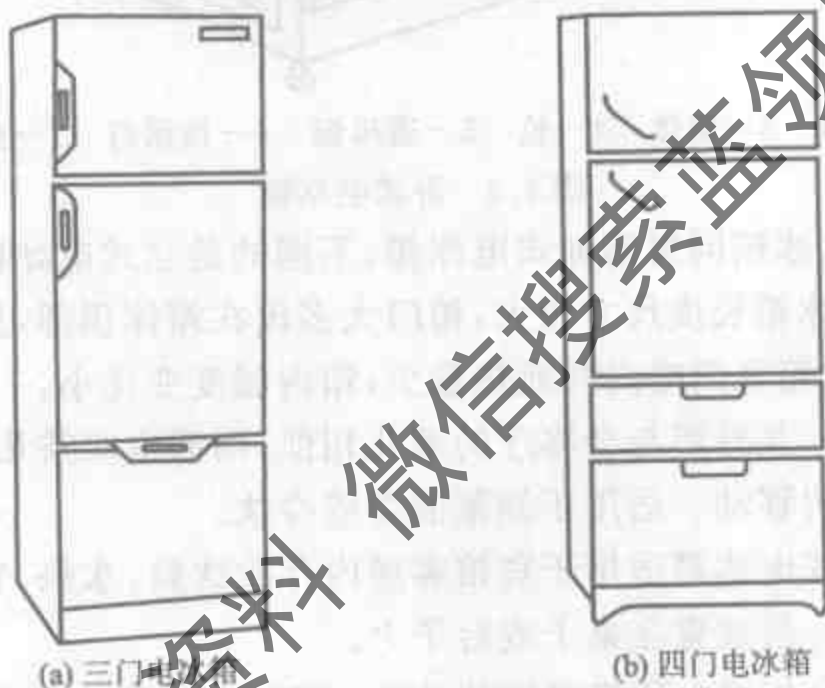


图 6.3 三门及四门电冰箱

三、按容积分类

电冰箱的容积有毛容积和有效容积之分,毛容积是指冰箱门关闭,内壁所包围的容积。

毛容积包括不能供储藏物品的各结构部件所占的容积,如门内胆凸出部分及托架等。有效容积是指关上箱门后,箱内可供储藏物品的实际容积。有效容积等于毛容积减去各部件所占的容积和不能用于储存食品的空间后所得的容积。目前我国全部采用有效容积表示电冰箱的容积,国外厂家也多数使用有效容积的概念。

我国电冰箱容积的单位是 L(升)。美国、意大利等国以 ft^3 (立方英尺)表示电冰箱的容积,即 $1\text{ ft}^3=28.32\text{ L}$ 。

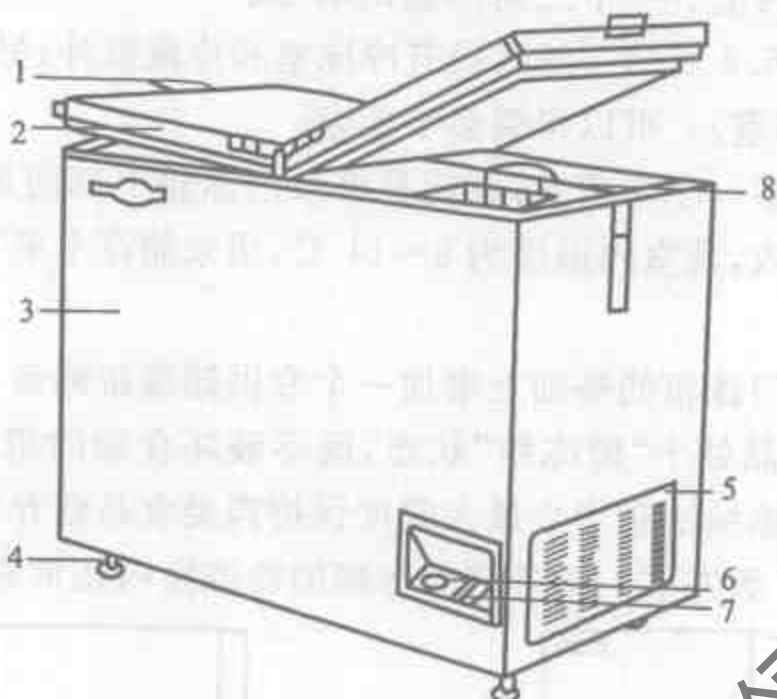
四、按放置方式分类

根据电冰箱放置形式的不同,电冰箱可分为自然放置式、嵌入式和挂壁式三类。

1. 自然放置式电冰箱

(1) 立式电冰箱。立式电冰箱包括单门、双门、多门和立式冷冻箱等,便于放置室内任意位置,占地面积小。

(2) 卧式电冰箱。卧式电冰箱(又称冷柜)包括卧式冷冻箱、卧式冷藏箱和卧式冷冻冷藏箱,占地面积较大,存取物品不大方便,如图 6.4 所示。



1—门把手 2—上盖 3—箱体 4—轮 5—通风窗 6—指示灯 7—温控旋钮 8—菜筐

图 6.4 卧式电冰箱

立式电冰箱和卧式电冰箱同属落地式电冰箱,不同的是立式电冰箱高度方向尺寸最大,箱门设在正前方,而卧式电冰箱长度尺寸较大,箱门大多设在箱体顶部,呈上开启式,因而也称顶开启式电冰箱。卧式电冰箱开门时向外泄热量少,箱内温度变化小。

(3) 可移动式电冰箱。其外形与会客厅的茶几相似,因而也叫茶几式电冰箱。它底部有四只自由的轮脚,便于在室内移动。适用于储藏肉类或冷饮。

(4) 台式电冰箱。台式电冰箱适用于宾馆客房内存放饮料、水果,它一般容积为 30~50 L 的小容积电冰箱,使用时一般放置在桌子或台子上。

(5) 台柜式电冰箱。台柜式电冰箱高度约 750~850 mm,常放置在厨房内,底部可作为台板使用,也可与组合式厨具配套。

(6) 炊具组合式电冰箱。炊具组合式电冰箱上部左侧是单孔煤气灶或电灶,上部右侧是个洗涤池,下部为电冰箱,三位一体。它适用于人员少,面积小的家庭,具有一定的优点。

2. 嵌入式电冰箱

嵌入式电冰箱是专门设置在厨房墙壁内预留位置的一种电冰箱,可使厨房陈设显得十分整齐,又不占空间,但拆装不太方便。此类电冰箱在国外使用得比较普遍。






3. 挂壁式电冰箱

挂壁式电冰箱是一种在厨房墙壁的一定高度上用吊钩悬挂的电冰箱,这样能充分利用室内空间。

五、按星级分类

冷冻电冰箱和冷藏冷冻电冰箱的温度等级都是以冷冻室的温度来区分的,其温度以星标来表示,有一星级、二星级、高二星级、三星级和高三星级等。一个星标代表 -6°C ,星标一般标在冷冻室门上。不同温度级别的冷冻室温度及食品的大约储藏期见表 6.1。

表 6.1 电冰箱按星级分类

星级	星级符号	冷冻室温度	冷冻室食品的一般储藏期
一星级		$< -6\text{ }^{\circ}\text{C}$	两星期
二星级		$< -12\text{ }^{\circ}\text{C}$	1个月
高二星级		$< -15\text{ }^{\circ}\text{C}$	1.8个月
三星级		$< -18\text{ }^{\circ}\text{C}$	3个月
速冻三星级 (高三星级)		$< -18\text{ }^{\circ}\text{C}$	3个月

表中高二星级为日本标准,未纳入我国的国家标准中,其冷冻室温度在 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,通过多加一条星标边框线表示与二星级相区别。

四星级在我国的国家标准中未作规定,而欧洲许多国家以及国内有些厂家将速冻三星级(或高三星级)称为四星级,严格来讲这是不妥的。因为高三星级与三星级冷冻室温度相同均为 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,不同之处是高三星级冷冻能力较强,具有一定的速冻功能。根据国家标准高三星级电冰箱冷冻室加满负载并稳定在 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以后,放入不少于相当每100 L冷冻室容积4.5 kg (45 L以下不少于2 kg)的鲜负载(如鲜瘦牛肉),能够在24 h内从环境温度冻结到 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下。而一般三星级电冰箱只要求能使 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冷冻负载在冷冻室内长期保持温度不高于 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 即可。高三星级的标志是在三星标志的左侧附加一个不同色调的星标。

六、按气候带分类

电冰箱按适用的环境气候带分类,可分成四种类型。

1. 亚温带型

代号 SN,使用环境温度 $10\sim 32\text{ }^{\circ}\text{C}$,我国的东北、内蒙古北部、新疆等地适用亚温带型电冰箱。

2. 温带型

代号 N,使用环境温度 $16\sim 32\text{ }^{\circ}\text{C}$,我国华北、内蒙古南部地区适用此型。

3. 亚热带型

代号为 ST,使用环境温度 $18\sim 38\text{ }^{\circ}\text{C}$,我国的华中等地适用此型。

4. 热带型

代号为 T,使用环境温度 $18\sim 43\text{ }^{\circ}\text{C}$,我国的广东、海南等地适用此型。

七、按制冷方式分类

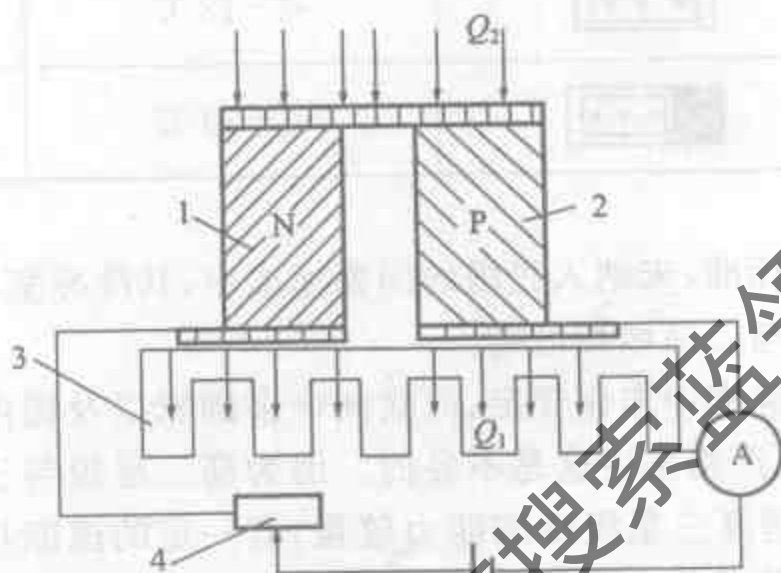
按制冷方式不同可分为半导体式电冰箱、吸收式电冰箱和蒸气压缩式电冰箱。其中蒸气压缩式是使用最多最广的电冰箱。

1. 半导体式电冰箱

半导体式电冰箱是利用半导体制冷器件进行制冷的。它是根据法国的珀尔帖发现的半导

体温差电效应制成的一种制冷装置。

一块 N 型半导体和 P 型半导体连接成电耦,电耦与直流电源连成电路后就能发生能量的转移。当电流由 N 型元件流向 P 型元件时,其 PN 结合处便吸收热量而成为冷端;当电流由 P 型元件流向 N 型元件时,其 PN 结合处便释放热量而成为热端。冷端紧贴在吸热器(蒸发器)平面上,置于箱内用来制冷;热端装在箱背上,用冷却水冷却或加装散热片靠空气对流冷却。其制冷原理如图 6.5 所示。串联在电路中的可变电阻用来改变电流的强度,从而控制制冷的强弱。改变电流方向,即改变电源极性,则冷、热点互换位置,可使制冷变为制热,故可实现可逆运行。



1—N 型半导体 2—P 型半导体 3—散热器 4—可变电阻器

图 6.5 半导体电冰箱制冷循环原理图

半导体式电冰箱无机械运动部件,结构简单,体积小,质量轻,制造方便,无噪声,无震动,无污染,维修方便,使用寿命长,但制造成本高,制冷效率低,且必须使用直流电源,只适宜小容量制冷,故只限于使用在汽车、实验室等特定场合。

表 6.2 所示为电动机压缩式、吸收式和半导体式电冰箱的特点比较表。

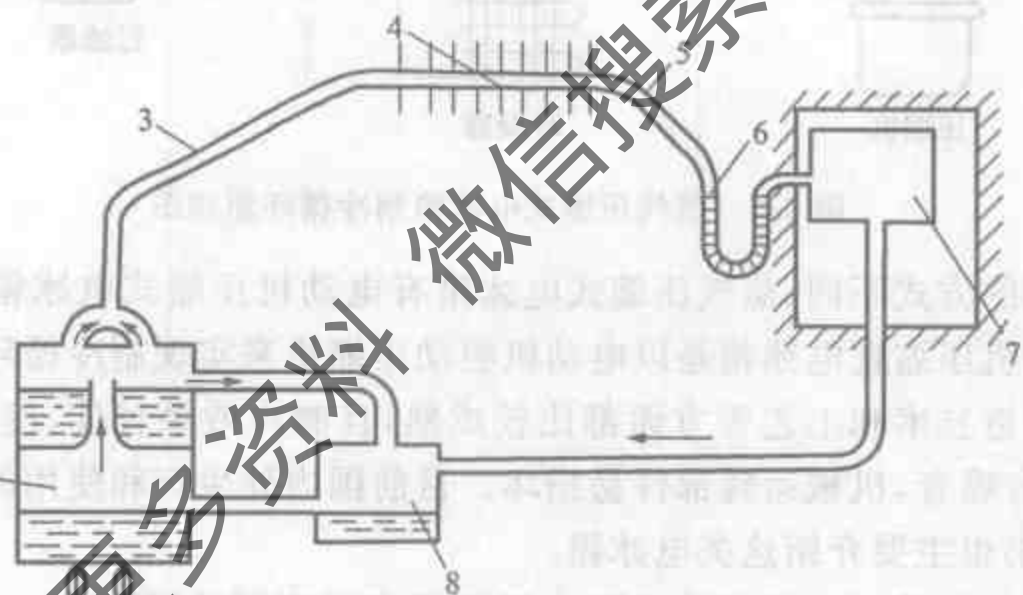
表 6.2 三种制冷方式电冰箱的特点

类型	电动机压缩式电冰箱	吸收式电冰箱	半导体式电冰箱
原理	利用压缩循环,氟利昂汽化吸热制冷	以热能为动力,氨-水-氢吸收扩散制冷	利用半导体的珀尔帖效应制冷
容积范围/L	50~1 600(电动机压缩式) 30~100(电磁振动式)	20~200	10~100
单位容积功耗 $W \cdot L^{-1}$	1.5~1.2(150 L 以下) 1.2~0.8(200~400 L) 0.8~0.3(400~1 600 L)	1.5~5	2.5~5
应用能源	多为单相交流电源	电、煤油、煤气、太阳能、沼气等	直流电源
制冷效率	较高	较低	较低
噪声	50 dB(A)以下	无噪声或噪声较小	无噪声
使用环境温度	43 ℃以下	30 ℃以下	无规定
重量/容积	100%	120%	160%

类 型	电动机压缩式电冰箱	吸收式电冰箱	半导体式电冰箱
制造工艺	精密	焊接工艺要求高	元器件质量要求高
同容积成本比较	一般	便宜	昂贵
适应范围	有电源场所	无电源地区	小型或微型制冷

2. 吸收式电冰箱

吸收式电冰箱制冷循环的原理如图 6.6 所示。吸收式电冰箱的最大特点是：利用热源作为制冷原动力，没有电动机，所以无噪声，寿命长，且不易发生故障。家用吸收式电冰箱的制冷系统是由制冷剂、吸收剂和扩散剂所组成的气冷连续吸收扩散式制冷系统（即连续吸收—扩散式制冷系统）。它在不断地加热的情况下可以连续地制冷。吸收式电冰箱若把电能转换成热能，再用热能作为热源，其效率就不如压缩式电冰箱的效率。但是，它可以不使用其他热源，如天然气、煤气等。



1—热源 2—发生器 3—精馏管 4—冷凝器 5—斜管
6—储液器与液封 7—蒸发器 8—吸收器

图 6.6 吸收式电冰箱制冷循环原理图

在吸收式电冰箱的制冷系统中，注有制冷剂氨(NH_3)、吸收剂水(H_2O)和扩散剂氢(H_2)。在较低的温度下氨能够大量地溶于水形成氨液，但在受热升温后又要从水中逸出。吸收式电冰箱制冷系统工作原理简述如下，若对系统的发生器进行加热，发生器中的浓氨液就会产生氨水混合蒸气（以氨蒸气为主）。当热蒸气上升到精馏管处时，由于水蒸气的液化温度比氨蒸气的液化温度高，故先凝结成水，沿管道流回到发生器的上部。氨蒸气则继续上升至冷凝器中，并放热冷凝为液态氨。液氨由斜管流入储液器（储液器为一段 U 形管，其中存留液氨以防止氢气从蒸发器进入冷凝器），然后进入蒸发器。液氨进入蒸发器吸热后部分汽化，并与蒸发器中的氢气混合。氨向氢气中扩散（蒸发）并强烈吸热，从而实现了制冷的目的。氨不断增加，使蒸发器中氨氢混合气体的比重加大，于是混合气体在重力作用下流入吸收器中。吸收器中有从发生器上端流来的水，水便吸收（溶解）氨氢混合气体中的氨，形成浓氨液并流入发生器的下

部,而氢气由于比重较轻又回到蒸发器中。这样就实现了连续吸收—扩散式的制冷循环。

3. 蒸气压缩式电冰箱

这类电冰箱采用蒸气压缩式制冷循环方式。在消耗电能的条件下,利用制冷剂(如氟利昂)在系统中蒸发来大量吸收箱内的热量,实现制冷的目的。蒸气压缩式电冰箱采用“制冷剂蒸发→压缩→冷凝→节流→再蒸发”的不断循环系统,其制冷循环原理如图 6.7 所示。

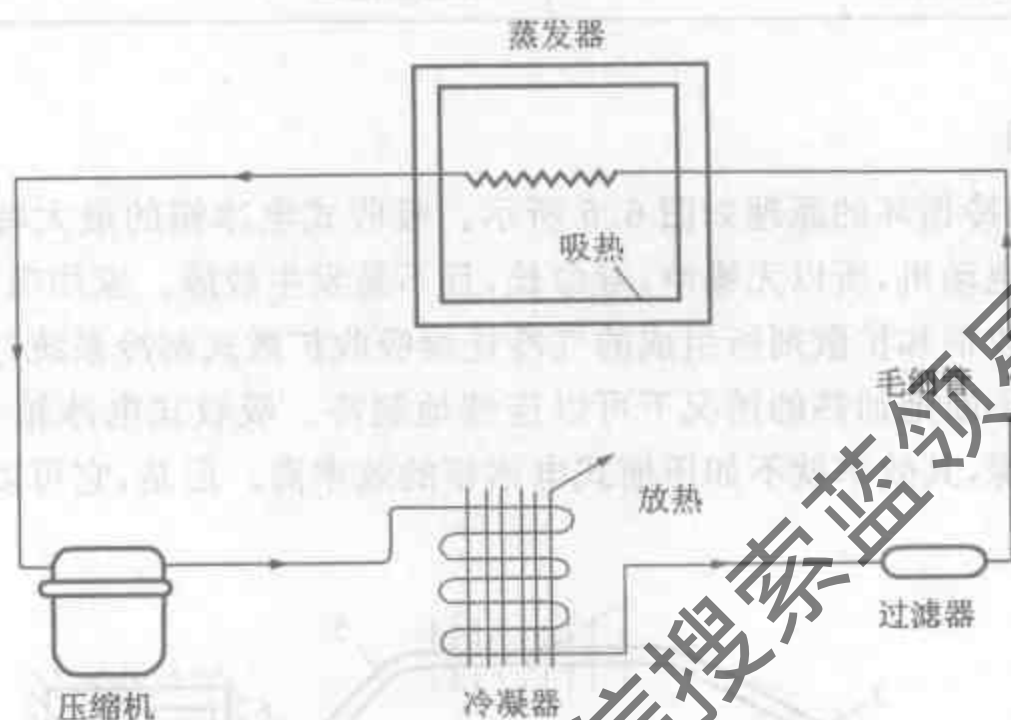


图 6.7 蒸气压缩式电冰箱制冷循环原理图

按驱动压缩机的方式不同,蒸气压缩式电冰箱有电动机压缩式电冰箱和电磁振动式电冰箱两种类型。电动机压缩式电冰箱是以电动机驱动压缩机来实现制冷循环的。电动机压缩式电冰箱从理论到制造技术和工艺等方面都比较成熟,且制冷效果较佳,使用寿命可达 10~15 年以上,但使用时有噪音,机械运转部件易损坏。目前国内外生产和使用的电冰箱绝大多数都属于这种类型,本书也主要介绍这类电冰箱。

电磁振动式电冰箱是以电磁振动机驱动压缩机来实现制冷循环的。该压缩机结构简单、紧凑,不需启动装置,但受电压波动影响大,仅适用于小型压缩机。目前这种电冰箱尚未普及。

八、按冷却方式分类

电冰箱按冷却方式可分为间冷式、直冷式和间冷直冷并用式三种。

1. 间冷式电冰箱

间冷式电冰箱也称冷气强制循环式电冰箱,它依靠风扇吹风来强制箱内冷、热空气对流循环,从而实现间接冷却。因箱内食品不与蒸发器接触,故称为间冷式电冰箱。它只需一个蒸发器,蒸发器设置在箱内夹层中(横卧在冷冻室和冷藏室之间的隔层中,或竖立在冷冻室后壁隔层中),如图 6.8 所示。利用一小风扇把被蒸发器吸收了热量的冷风分别吹入冷冻室和冷藏室,形成冷、热空气,强迫对流循环,从而使食品得以冷却和冷冻。间冷式电冰箱一般设置两个温控器,分别控制冷冻室和冷藏室内的温度。由于箱内食品蒸发出的水分随时被冷风吹走,在通过蒸发器时冻结在蒸发器表面,并由全自动除霜装置自动清除,所以食品表面不会结霜,箱内也看不到霜层,故又称之为无霜型电冰箱。



间冷式电冰箱的优点如下:

(1)箱内冷却空气采用风扇强制循环,因而箱内温度分布的均匀性较好,而且变化较小,不超过 5°C ,对储藏食品十分有利。

(2)冷冻室的温度靠温度控制器调节和控制,而冷藏室内温度的高低靠风门开启的大小来进行调节。冷冻室和冷藏室的温度可通过调节冷风量分别进行控制,使用起来十分方便。

(3)冷冻食品不会冻结在冷冻室表面,取放食品方便。

(4)由于水分都集中冻结在蒸发器的表面,结霜过多时就要阻碍冷空气的对流循环,使箱内温度偏高,甚至不能降温。因此,间冷式电冰箱配备了全自动除霜装置。一般每昼夜除霜一次,不需人去管理,适合高纬度地区使用。

间冷式电冰箱的缺点如下:

(1)由于增加了一套完整的全自动除霜系统、一个循环风扇和一个冷藏室风门调节器,间冷式电冰箱在结构上比双门直冷式电冰箱复杂。

(2)由于部件增多,结构复杂,致使维修不便,其价格也比直冷式电冰箱高。

(3)由于增设风扇和除霜电热器等,耗电量比直冷式电冰箱高15%左右。

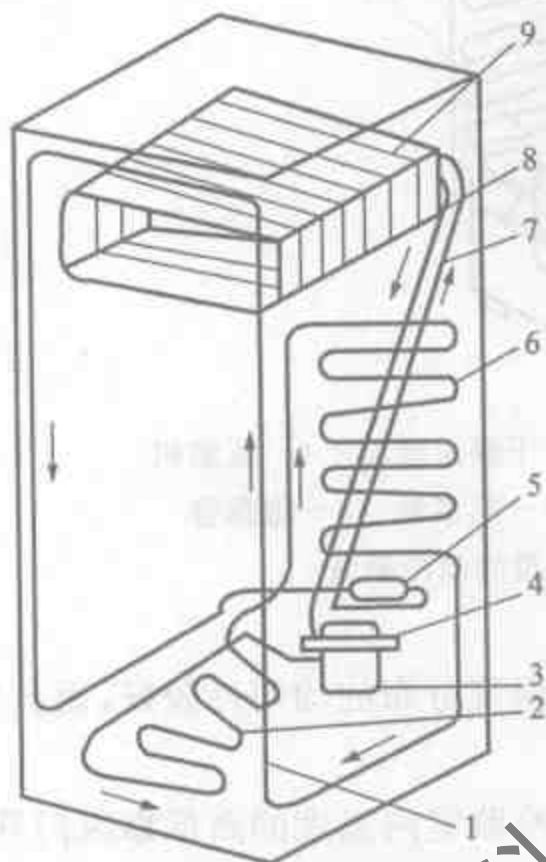
(4)由于箱内采用强制对流循环,冷空气对流风速较高,食品干缩较快,因此存放的食品应装入食品袋内以防止干缩。

2. 直冷式电冰箱

直冷式电冰箱又称冷气自然对流式电冰箱,其箱内蒸发器周围冷空气的比重大,向下流向所储存的食品,吸热后温度上升,比重减小,又回到蒸发器周围,以此使箱内空气形成自然对流。另外,箱内部分水分会在蒸发器周围冻结成霜,故直冷式电冰箱还称为有霜式电冰箱。

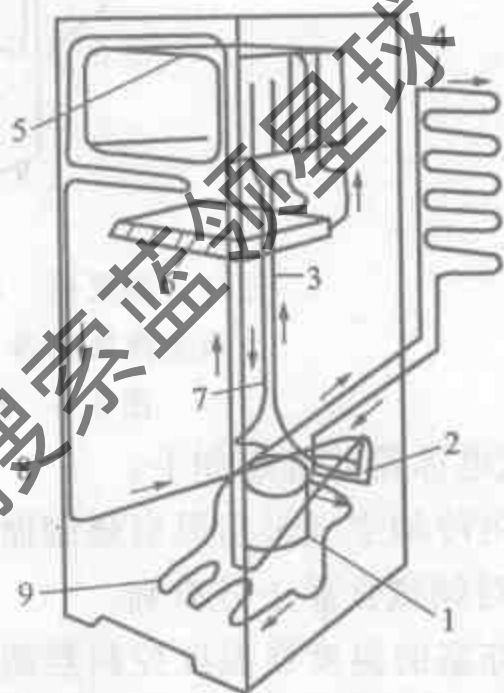
直冷式电冰箱的冷冻室由蒸发器直接围成,食品置于其中,除冷空气自然对流冷却外,蒸发器还直接吸取食品的热量进行冷却降温。冷藏室内食品是利用箱内冷热空气的自然对流而

直接冷却的,故称为直冷式电冰箱。目前,国内外生产的单门电冰箱基本上都属于直冷式电冰箱,它只设置一个蒸发器,且安装在箱内上部,化霜时多采用较方便的按钮式半自动除霜方式。而双门直冷式电冰箱除了冷冻室有一个蒸发器外,冷藏室内还设有一个蒸发器,如图 6.9 所示。蒸发器有外露式和内藏式两种形式,如图 6.10 所示。外露式蒸发器的金属表面在冷冻室或冷藏室内直接与物品或空气相接触,因此霜会结在蒸发器表面。内藏式蒸发器虽用不易结霜的整体 ABS 塑料隔离,但在工作时仍会有少量结霜。冷藏室的蒸发器内藏后,对充分利用冷藏室的空间十分有利。



1—防露管 2—蒸发盘加热管 3—压缩机
4—抽空加液管 5—干燥过滤器 6—冷凝器
7—毛细管 8—回气管 9—蒸发器

图 6.9 单门直冷式电冰箱的制冷系统



1—压缩机 2—干燥过滤器 3—毛细管
4—冷凝器 5—冷冻室蒸发器 6—冷藏室蒸发器
7—回气管 8—防露管 9—蒸发盘加热管

图 6.10 双门直冷式电冰箱的制冷系统

双门直冷式电冰箱有以下优点:

(1)箱内温度一般由安装在冷藏室内的温控器进行调节。冷冻室一般采用人工除霜或半自动电加热除霜方式,冷藏室用自动化霜方式,因此结构简单,制造方便。

(2)由于箱内冷空气自然对流,因此空气流速低,食品干缩小。另外,由于冷冻室和冷藏室互不相通,可使食品互不串味。

(3)冷冻室和冷藏室的蒸发器直接吸收物品中的热量,加之冷冻室内有相当一部分物品直接与蒸发器表面相接触,加速了热量的传递,故冷却速度较快。

(4)由于不需要循环风扇和除霜电热器,与同规格的间冷式电冰箱相比,耗电量略低。据测试,在 32℃ 室温下每天可节电约 0.1 kW·h(千瓦时,度)。

(5)结构简单,零部件少,因此价格比一般同规格的间冷式电冰箱便宜 10%~15%。

双门直冷式电冰箱的缺点如下:

(1)由于箱内依靠空气自然对流来冷却物品,因此箱内温度分布的均匀性不如间冷式电冰箱好。

(2)冷冻室内会结霜,当霜层超过 5 mm 时必须除霜。而每次除霜时都需要将物品从冷冻

室中搬出,致使物品温度变化幅度较大,对食品的储藏不利。同时,除霜需人工操作,食品易被冻结在蒸发器上且表面结有霜层,这使得电冰箱使用时不很方便。

(3)双门直冷式电冰箱通常只设一个温控器,通过对冷藏室温度的检测来控制压缩机的开停,因此不能对冷冻室温度和冷藏室温度分别进行调节和控制。所以冷冻室和冷藏室的温度要高一起高,要低一起低。冬季环境温度降低,由于冷藏室温度与环境温度相接近,压缩机的工作时间缩短,致使冷冻室温度出现偏高的现象。如果环境温度过低,甚至会出现压缩机无法启动的现象。为避免这种现象的发生,必须在冷藏室蒸发器板上增设电加热器,以改善电冰箱在低温时的工作状况,但这样会使耗电量增加。

3. 间冷直冷并用式电冰箱

这种类型的电冰箱(也称冷气强制循环及自然对流并用式电冰箱)是将直冷式和间冷式的特点结合起来,冷冻室采用间冷式,冷藏室采用直冷式,通常是在箱内夹层中设主蒸发器,利用风扇使冷冻室内空气强制循环(间冷),同时在冷藏室设有蒸发器(直冷),如图 6.11 所示。也有些间冷、直冷并用式电冰箱在冷冻室内增设一块直冷式快速冷冻板(即板管式蒸发器),以此来弥补间冷式冷冻室内食物冷冻速度慢的缺点。这种电冰箱具有直冷式和间冷式两种电冰箱的优点,不但具有制冷功能,可以制冰,而且冷冻室不结霜,同时主蒸发器可以自动除霜。其缺点是:结构较复杂,价格高,耗电量较大,多属于多门大容积豪华型电冰箱。

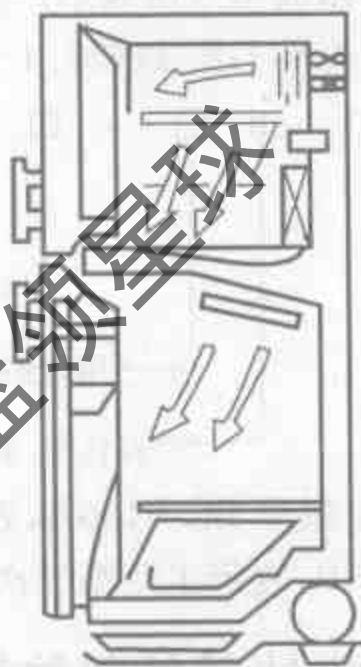


图 6.11 间冷直冷并用式电冰箱

第2节 电冰箱的结构

电冰箱的结构包括箱体结构和制冷系统、电路控制部分组成,直接影响电冰箱的耗电量、外观、使用寿命以及使用性能。

一、电冰箱的规格与型号

1. 电冰箱的规格

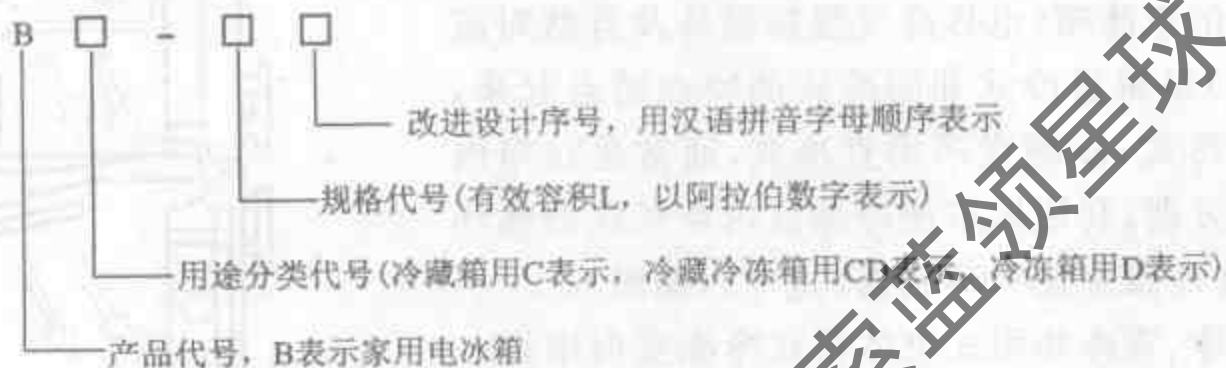
根据我国国家标准 GB/T8059.1—1995 的规定,家用电冰箱的规格以有效容积表示。电冰箱内的容积可用毛容积和有效容积两种方法来表示。毛容积又称公称容积、标称容积和名义容积,它是电冰箱门(或盖)关闭后内壁所包围的容积。毛容积中包括一些不能用来储藏物品的容积,例如门内的突出部分,蒸发器及蒸发器小门所占的容积等。而有效容积是指毛容积中减去不能用于储藏食品的容积后所余的箱内实际可用的容积。因此,毛容积数一般大于有效容积数。我国以前生产的电冰箱规格表示比较混乱,有的厂家采用有效容积表示,有的厂家则采用毛容积表示。有效容积的计算方法是以实物为基础,结合图样或模具进行测算而得到的。现在本着对用户负责和有利于用户选购的精神,国家标准规定电冰箱的规格均采用有效容积表示,其单位是 L(升)。电冰箱的有效容积值可从型号中看出。考虑到制造误差,又顾及

用户利益,标准规定了有效容积测算值不应小于铭牌标定容量的 97%。

国家标准对电冰箱的规格并没有系列规定。目前,国外家庭对电冰箱的规格要求趋向于大型化。如日本家庭选购的电冰箱有效容积一般都在 300 L 左右,美国家庭所选购的电冰箱有效容积则在 400 L 以上。目前我国生产的电冰箱也开始向大型化、多门化和豪华无氟型方面发展,有效容积超过 220 L 的电冰箱已大量进入市场。

2. 电冰箱的型号

无论是国内还是国外,在电冰箱上都标有产品型号,而且每一型号都有其各自特定的含义。电冰箱的型号由表示产品名称、类型、有效容积等基本的参数字母和数字组合而成。按照我国国家标准 GB/T8059.1—1995 的规定,家用电冰箱的型号命名为:



例如:型号 BC-150A,表示工厂第一次改进设计,其有效容积为 150 L 家用冷藏箱;型号 BCD-185B,表示工厂第二次改进设计,其有效容积为 185 L 家用冷藏冷冻箱。

二、电冰箱的整体结构

无论是单门电冰箱还是双门或多门电冰箱,无论是直冷式电冰箱还是间冷式电冰箱,虽然它们的外形各有不同,但其主要结构大体相同,主要由箱体、制冷系统、电气控制系统和附件组成,如图 6.12 所示。

箱体是用来隔热保温的,由外箱、内胆、箱门和绝热层组成,箱内空间一般分成冷藏和冷冻两个部分。内外均匀填充绝热材料。制冷系统的作用是将箱内的热量转移到箱外环境空气中去,使箱内温度降低,以达到冷藏、冷冻食物的目的。电气控制系统是用于保证制冷系统按照不同的使用要求自动安全地工作,将箱内温度控制在一定范围内,以达到冷藏、冷冻的需要。附件是为完善和适应冷藏和冷冻的不同要求而设置的。

三、电冰箱的箱体结构

电冰箱的箱体由外箱、内胆、箱门和绝热层组成,箱门由门壳(门面板)、绝热材料、门内衬、磁性门封条、门铰链和手柄等组成。外箱壳与内胆之间填充隔热材料用来降低漏热。箱体使用的材料及涂层除满足结构设计的强度要求之外,还要求无毒、无气味、防霉菌、耐弱酸和弱碱以及耐潮湿气候的腐蚀等。非金属材料应耐低温,不易收缩变形和开裂等,隔热材料应不易吸水,隔热性能良好等。除制冷系统外,箱体的保温和箱门的密封性是电冰箱制冷效果好坏的关键。箱体的热损失主要表现为如下两个方面:一是箱体绝热层的热损失,占总热损失的 80%~85%左右;二是箱门和门封条的热损失,约占总热损失的 15%~20%。为了保证电冰箱箱体的绝热性能。箱外壁与内胆之间的绝热层厚度一般控制在 40~50 mm 左右,通常采用硬质聚氨酯泡沫塑料(PUF),该材料绝热良好、质量轻、黏接性强、不吸水。为了防止从箱门

与箱体贴合处泄露冷气,箱门四周均采用软质聚氯乙烯门封条,在封条内插入塑料磁条,再用螺钉压板固定在箱门上。塑料磁条的磁力将门与箱体外壳紧紧吸合在一起,对电冰箱的绝热起着重要的作用。门封可以阻止箱体内外空气的对流,所以如果门封条材料老化或箱体门框有裂缝,就会造成箱内外空气的对流,从而导致热损失。



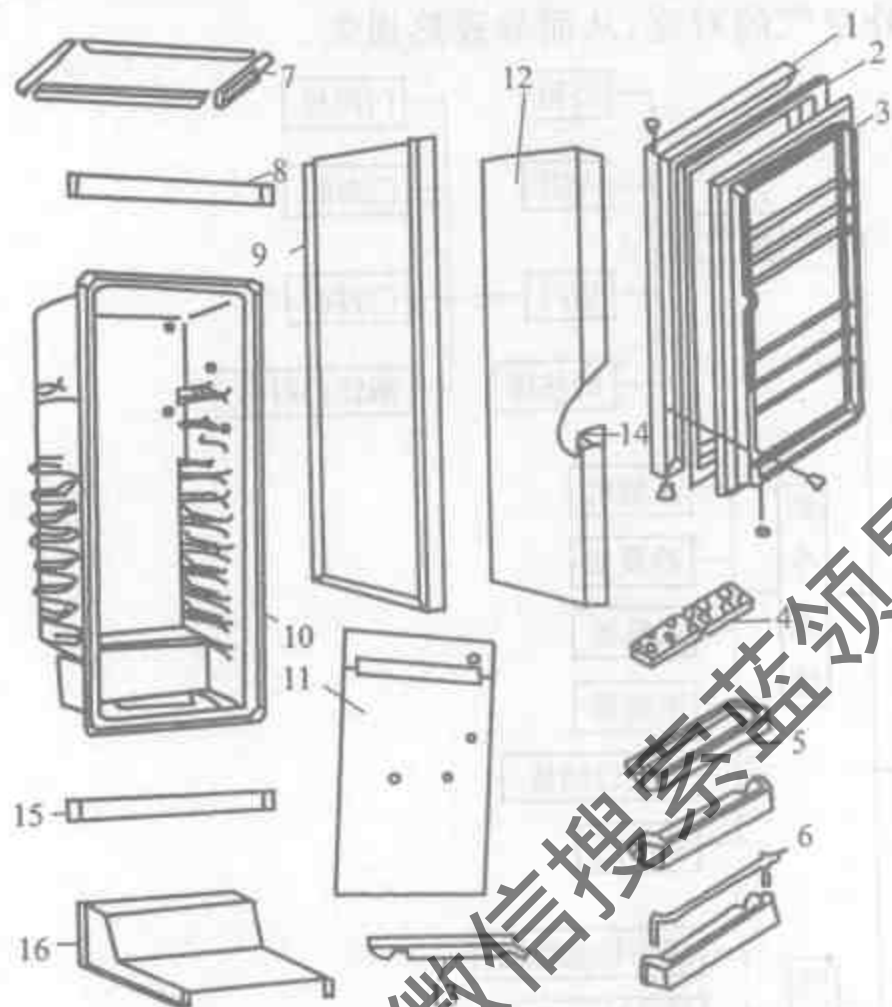
图 6.12 电冰箱的结构组成

1. 外箱

电冰箱箱体结构有拼装式和整体式两种形式。拼装式如图 6.13 所示,即由左右侧板、后板、斜板等拼装成一个完整的箱体。其优点是不需要大型辊轧设备,箱体规格变化容易,具有多规格、多系列的产品特点,但对每块侧板要求高,强度不如整体式好。整体式如图 6.14 所示,即将顶板与左右侧板按要求辊轧成一倒“U”字形,再与后板、斜板点焊成箱体,或将底板与左右侧板弯折成“U”字形,再与后板、斜板点焊成一体,前者要求辊轧线长度较长,而后者要求

辊轧宽度较宽。

拼装式结构的电冰箱多为欧洲厂家技术,而整体式结构的电冰箱多为美国和日本厂家生产。我国引进的电冰箱生产设备多为欧洲厂家技术,因此电冰箱的结构也多为拼装式结构。



1—门外壳 2—门封条 3—内衬板 4—蛋架 5—瓶架 6—瓶栏杆
7—上顶边框 8—上前梁 9—右侧板 10—箱体内胆 11—后背板 12—左侧板
13—后梁 14—除露管 15—下前梁 16—下底

图 6.13 拼装式箱体结构

外箱壳及门壳一般是由 $0.6 \sim 1.0$ mm 的冷轧钢板经剪切、冲压、折边、焊接而制成的。外表面经磷化、喷漆或喷塑处理。喷塑是喷环氧树脂或丙烯酸树脂粉。喷塑的表面耐腐蚀性和附着性好,不易碰坏,但表面色泽度不如喷漆。近年来,国外已开发出了各种彩板(包括在门面板上压膜各种大小不同的彩色图画),既改变和丰富了产品的外观,又免除了繁杂的涂覆等工艺程序,保护了环境。

2. 内胆

电冰箱内胆(包括箱内胆和门内胆),一般是采用丙烯腈—丁二烯—苯乙烯(ABS)板或高强度改性聚苯乙烯(HIPS)板,经加热至 60 °C干燥后采用凸模真空成型或凹模真空成型。板材厚度一般在 1.0 mm 以下,表面光洁,呈白色。也有部分国外产品采用经过搪瓷处理的薄钢板、经过喷涂环氧树脂处理的薄钢板、防锈铝板或不锈钢板。

总体上说电冰箱内胆大量采用塑料内胆。塑料内胆由于可一次真空吸塑成型,生产效率高,成本低,呈白色,光洁度好,耐酸碱,无毒无味,重量轻。因而在家用电冰箱中得到了广泛应用。其不足之处是硬度和强度较低,易划伤,耐热性较差,使用温度不允许超过 70 °C。因此箱内若有电热器件,则必须加装防热和过热保护装置。下面我们依次介绍些塑料内胆:

(1) 聚苯乙烯(PS)。聚苯乙烯是应用范围很广的热塑性塑料,其主要缺点是脆性大,抗冲击性能差,耐热较差,高温时会变形,表面硬度较低。

(2)高强度改性聚苯乙烯(HIPS)。将聚苯乙烯链枝接在橡胶分子上成为改性聚苯乙烯,便可使其既有聚苯乙烯特性又兼有刚性和韧性。



图 6.14 整体式箱体结构

(3)ABS 塑料。它是苯乙烯、丁二烯、丙烯腈三组分的共聚物。三元共聚物的特点使其兼有三种组合的共同性能:A 代表的丙烯腈使其耐化学腐蚀和具有一定的表面硬度;B 代表的丁二烯使其具有橡胶状韧性;S 代表的苯乙烯使其具有良好的热塑性和染色性。

ABS 和 HIPS 的热稳定性和流动性均非常好,易加工成形,成形时收缩小,制品尺寸稳定,加工方便。所以常用 ABS 和 HIPS 制作的内胆,从外观看来 ABS 塑料强度高,轻便,表面硬度大,非常光滑,易清洁处理;而用 HIPS 制造的内胆,不如 ABS 的光洁平滑,内胆壁也稍厚。ABS 内胆与聚氨酯(发泡剂)相黏,内胆与箱体成一体,刚性感强。HIPS 与聚氨酯粘连不紧,箱体的刚性感差。此外,ABS 内胆在冲切或装配时较 HIPS 内胆出现的裂纹要少。HIPS 的各种物理性能与 ABS 相仿或稍低,但价格要低 1/3~1/2。故选用 HIPS 制作电冰箱内胆是比较合适的。

除了塑料内胆外,也有部分产品采用非塑料内胆,如搪瓷处理的薄钢板、经过喷涂环氧树脂处理的薄钢板、防锈铝板或不锈钢板。下面我们作简单介绍:

(1)钢板喷涂环氧树脂干粉涂料的内胆具有生产效率高、成本低的优点,但喷涂工艺必须保证耐水、耐腐蚀和经久耐用等;现在美国的西屋公司、通用公司等生产的电冰箱仍然采用这种内胆。

(2)钢板搪瓷内胆具有强度高、耐酸碱、寿命长等优点,缺点是质量大、有硬脆性、制造工艺复杂、成本高等。由于它优点较多,且目前又研制出低温搪瓷,因此现在国外一些大型高档家用电冰箱仍然采用搪瓷内胆(如美国旋涡公司)。

(3)用铝板和不锈钢板做成的内胆具有搪瓷的特点,且无硬脆性,多用于高档电冰箱和大型冷柜等。采用金属内胆时,与外壳的结合部必须以导热性能很低的非金属材料作过渡连接,以减少漏热。

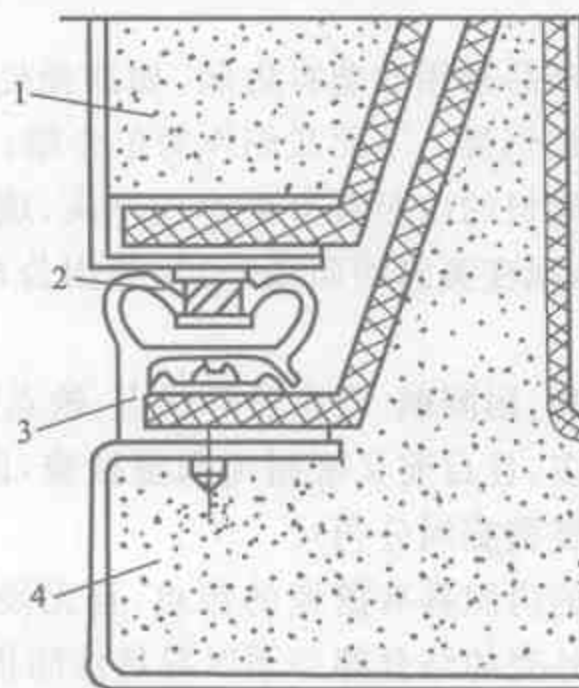
表 6.3 ABS 和 HIPS 性能比较

	ABS	HIPS
真空成型工艺	成形工艺要求严,加工较困难,可直接发泡,与聚氨酯粘结良好	成形工艺与加工容易,需外套聚乙烯膜后再发泡,较复杂
外感	光泽好,对食品无污染,清洗后不留痕迹,吸灰	光泽不如 ABS 好,有污染现象,但没有 ABS 那种气味,不吸灰
钢性感	钢性感强,内箱与箱体成一体	HIPS 与聚氨酯不粘连,钢性感差
抗化学性	肉、油及化妆品对 ABS 无影响	接触油类多时会产生裂纹
耐久性	在 20 MPa 应力作用下,可耐压 1 000 至 10 万小时;在 10 MPa 应力作用下,经 100 万次弯曲振动而不裂	在 20 MPa 应力作用下,5 h 断裂;在 10 MPa 应力作用下,经 10 万次弯曲振动而断裂
成本	比 HIPS 贵 1/3~1/2	比 ABS 便宜
装配	冲切或装配时裂纹少	冲切或装配时裂纹多
寿命	大于 10 年	大于 10 年

3. 箱门

电冰箱的箱门一般由门面板、门内胆、门衬板和磁性门封条等组成。为了使外观更加美观,又在门周边加上了门框。近年来随着工艺水平的不断提高,出现了一种不需要门衬板及固定螺钉的整体式箱门结构,这种方法可减薄门内胆厚度。由于门内胆与门面板间均匀充满绝热泡沫塑料,既提高了冰箱隔热性能、节省电能,又可加强门内胆强度,防止门搁架储物过重而导致门内胆变形,同时也降低了产品成本。但该框架结构门体依靠绝热泡沫定形,故要求绝热层发泡材料稳定性好,工艺要求也相对提高。

为了防止从箱门与箱体结合处泄漏冷气,电冰箱的箱门上均装有磁性门封,如图 6.15 所示。磁性门封由塑料门封条和磁性胶条两部分组成。磁性门封是在软质聚氯乙烯门封条内插入磁性胶条而形成的。聚氯乙烯门封条和磁性胶条的配方如表 6.4 和表 6.5 所示。



1—箱体 2—塑料磁条 3—塑料门封 4—门体

图 6.15 磁性门封结构

磁性门封是用螺钉压板固定在箱门上的。电冰箱正是靠磁性胶条的磁力将箱门与箱体铁皮紧紧吸合在一起的,这样既可防止冷气外泄,又可阻止潮气侵入。由于冷冻室与箱外环境的温差比冷藏室与箱外环境的温差大,为了改善隔热性能,冷冻室与冷藏室的门封结构也不相同。冷冻室一般采用双气室门封,而冷藏室则采用单气室门封,其各种结构形式如图 6.16 所示。

表 6.4 塑料门封条配方

材料名称	质量/g
聚氯乙烯树脂	100
苯二甲酸二辛酯	37
苯二甲酸二丁酯	20
硬酯酸镉	1
40号月桂酸二丁基锡	1.5
亚磷酸三苯酯	0.5
碳酸钙	5
钛白粉	2

表 6.5 磁性胶条配方

材料名称	质量/g
天然橡胶	1500
氧化锌	100
硬酯酸	60
硫磺	40
促进剂	40
磁粉	2400
煤油	200mL

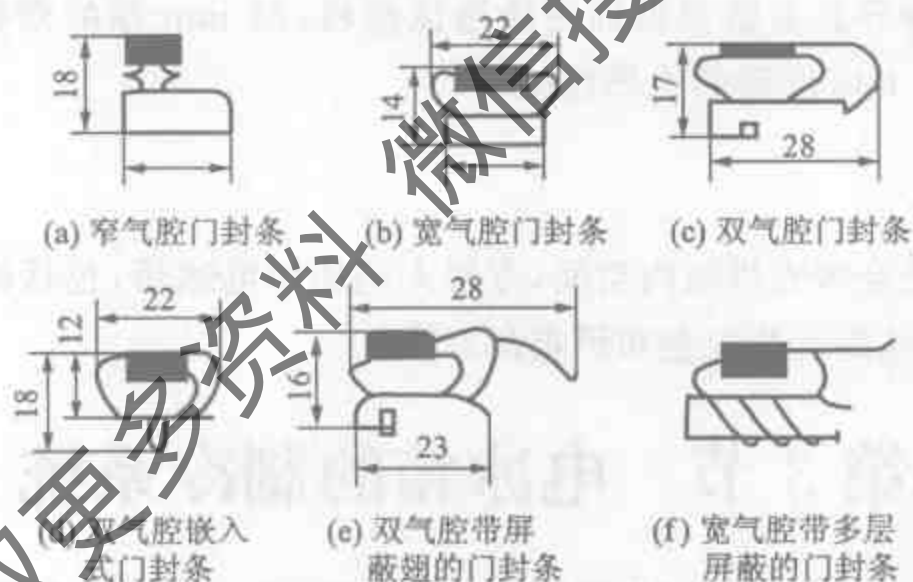


图 6.16 各种门封条截面图

对门封的严密性要求是:关门后门封条周边均能夹持住 $0.08\text{ mm} \times 50\text{ mm} \times 200\text{ mm}$ 的纸条而不滑落,纸条抽出时有一定阻力。

对磁性胶条的要求是:其磁感应强度应为 $0.05 \sim 0.07\text{ T}$ (特斯拉),当门与箱体接近时可自动吸合严密。

对箱门的强度和耐久性的要求是:在门格架加满负载的情况下,冷藏室门开闭 10 万次、冷冻室门开闭 5 万次,不应出现变形、位移和磨损等现象。

4. 绝热层

在电冰箱箱体外壳和箱内胆之间、门壳和门内胆之间,都充满了隔热材料作为绝热层。隔热材料热损失占总热损失的 $80\% \sim 85\%$,因此选用合适的绝热材料甚为重要。电冰箱发展至今,其绝热材料经历了木屑、硅藻土、超细玻璃棉、聚苯乙烯硬泡沫,直至现在的硬质聚氨酯泡沫塑料,其热导率越来越低,绝热性能越来越好,使电冰箱隔热层可以越来越薄。目前日本已

研制成功热导率为 $0.01 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 的真空绝热方法, 现已用于电冰箱生产中。箱体常用的隔热材料有以下几种:

(1) 超细玻璃纤维。超细玻璃纤维的外观类似棉花, 俗称玻璃棉, 其导热系数为 $0.032 \sim 0.045 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。有时用树脂将玻璃纤维粘成块状绝缘材料, 避免长时间使用后纤维沉积到下部。由于它容易吸湿, 吸湿后绝缘性能变差, 因此有的电冰箱在内胆上开有一些小孔, 使夹层中的水蒸气被低温蒸发器吸附。

(2) 聚苯乙烯泡沫。聚苯乙烯泡沫导热系数为 $0.038 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 左右, 多用做衬垫, 如用在台面板下面。由于它可以制成任何形状, 所以使用极为方便。

(3) 聚氨酯泡沫。聚氨酯泡沫(Poly Urethane Foam, 简称 PUF)是目前使用最广泛、绝热性能最优良的绝热材料, 其导热系数为 $0.019 \sim 0.026 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。它是将外壳与内胆用胎具固定后, 在多元醇及异氰酸酯两种主要原料中加入催化剂、发泡剂等后注入外壳与内胆之间的空腔内, 使之发生化学变化, 再经熟化处理后制成的。其外观如发酵的馒头, 呈淡黄色。它与软海绵不同, 称为硬泡, 具有一定的强度, 而且能牢固地黏住外壳和内胆, 使之成为一体, 所以它增强了电冰箱箱体的刚性。聚氨酯泡沫内部形成均匀细密的微孔。这些微孔是封闭的, 水蒸气不会侵入, 所以它的吸湿性很微小, 长期使用后导热系数变化很小。微孔内有的是空气, 有的是导热系数比空气小的 R11, 所以导热系数很小。

聚氨酯泡沫是一种导热系数很低的硬质泡沫塑料, 50 mm 厚的聚氨酯泡沫层相当于 45 mm 厚的矿物棉或 860 mm 厚砖的绝热性能。

四、附件

电冰箱附件一般是合理安排箱内空间, 方便人们使用电冰箱, 包括冰盒、搁架、果蔬盒、鱼肉盒和冷水盒等, 有的还配有蒸发器除霜刮刀等。

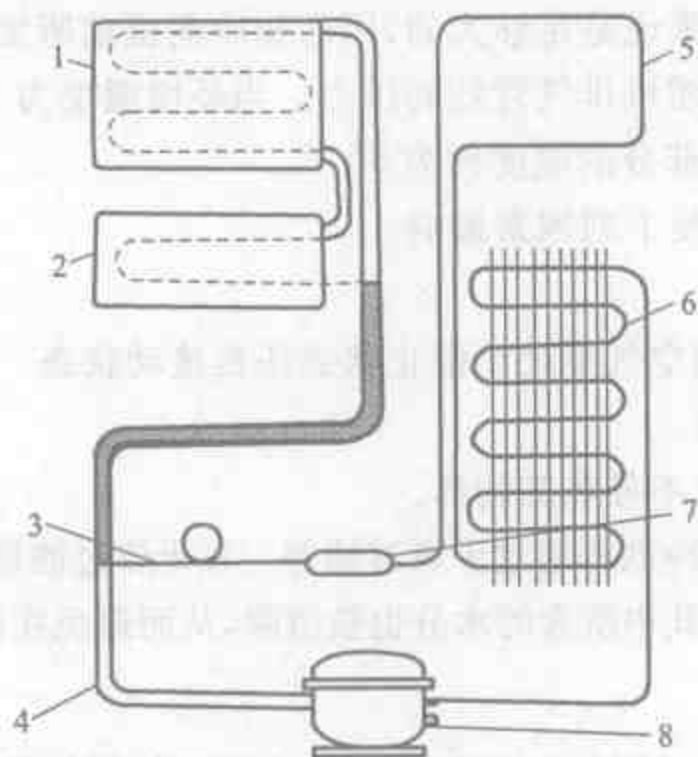
第8章 电冰箱的制冷系统

家用电冰箱的制冷系统如图 6.17 所示, 主要由压缩机、蒸发器、冷凝器和毛细管等关键部件组成, 其中充注有一定量的制冷剂, 制冷剂经历压缩→冷凝→节流→蒸发→压缩的循环完成从电冰箱内部吸热传送到外界, 从而达到制冷的过程。下面我们依次介绍电冰箱制冷系统的零部件组成、制冷过程和几种常见的制冷系统。

一、电冰箱制冷系统的制冷过程

在电冰箱的制冷系统中, 充注有一定量的制冷剂。制冷剂在压缩机、冷凝器和蒸发器作用下从气态变为液态, 再从液态变为气态。只要压缩机在运转, 这种转化状态就始终不断地重复进行。在这些变化中, 温度和压力有时升高, 有时下降。非常重要的一点是, 制冷剂从制冷系统的某一固定部位(蒸发器)吸取热量, 而在另一部位(冷凝器)将热量加以散发。这样, 制冷剂在制冷系统中起到将(蒸发器中)热量吸收、运送和传递给外界环境(与冷凝器相接触的空气)的作用从而产生制冷效果。

制冷系统中制冷剂的状态变化过程是“压缩→冷凝→节流→蒸发→吸入→压缩”的循环过程。



1—冷冻室蒸发器 2—冷藏室蒸发器 3—毛细管 4—回气管
5—防露管 6—冷凝器 7—过滤器 8—压缩机

图 6.17 电冰箱的制冷系统

1. 制冷剂的压缩

在整个制冷系统中,压缩机是最主要的部件,它将电能转变为机械能,同时将制冷剂蒸气吸入、压缩和排出。如果没有压缩机的这种机械能,制冷剂就不能在制冷系统中循环流动,以后的各个制冷循环过程就不能实现。在压缩机将电能转化为机械能的同时,也提高了制冷剂的压力和温度。

制冷剂的初始温度同制冷系统周围的环境温度相差无几。从这一初始温度起,借助于压缩机活塞作往复运动时所产生的力以及气阀的作用力,制冷剂的气体温度就升高到排气温度。

与此同时,制冷剂气体的压力从压缩机外壳内的压力升高到气阀和排气管所在处的排气压力。在压缩机运转时,气体压力从进气管处的 0.03 MPa 提高到了排气管处的 1.2 MPa 左右。

在进行这一过程时,制冷剂始终处于蒸气状态。如果压缩机停机或由温控器切断电源,吸气管和排气管的压力趋于平衡状态,其压强在 0.3 MPa 左右。在某些情况下,压缩机停机时在残存压力的作用下,制冷剂蒸气能经毛细管和蒸发器回到压缩机而使高、低压获得平衡。该压力值相当于在环境温度下制冷剂的饱和蒸气压力,即它和处于停机状态的压缩机的作用无关。

2. 制冷剂的冷凝

制冷剂的冷凝发生在制冷剂被压缩之后。紧接着制冷剂气体在压缩机内升高压力和温度后,制冷剂在压力差的作用下流经冷凝器时,冷凝器起着两个作用:一是降低制冷剂的温度;二是将制冷剂从气体状态冷凝到液体状态。

在冷凝器的前面部分,高温制冷剂气体通过管壁和肋片将一部分热量散发到外面空气中,温度随之降低。随着制冷剂蒸气温度的降低,制冷剂将逐渐由气态变为液态。在随着热量继续向外散发,温度的继续降低。在冷凝器的最后部分,所有的制冷剂蒸气都冷凝成了液体。

该部分的制冷剂压力实际上同压缩机排气管处的压力基本相同。这是由于冷凝器的管子

截面对流过的制冷剂的数量来说是足够大的,因而制冷剂流动所受到的阻力是很小的,即冷凝器中制冷剂的压力略低于压缩机排气管处的压力。当环境温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,冷凝器前面部分入口温度接近于 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$,而最后部分的温度约为 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

冷凝器的进出口温度差受下列因素影响:

- (1)环境温度。
- (2)与冷凝器表面接触的空气是处于静止状态还是流动状态。
- (3)冷凝器表面的清洁度。
- (4)冷凝器的表面是否有不导热的物体。

紧靠着冷凝器的出口,制冷剂将通过干燥过滤器。在干燥过滤器中,制冷剂的状态不变但其中所含的杂质被清除,特别是其中所含的水分也被清除,从而避免在制冷运转中产生不良影响。

3. 制冷剂的节流

制冷系统的这一部分由过滤器、毛细管和穿有毛细管的回气管组成(即将毛细管与之并焊在一起)。毛细管内径很小,且有相当的长度,因而流经毛细管的制冷剂在其进口与出口之间形成相应的压力降。毛细管的全部长度几乎都穿在回气管中(或焊在回气管上),回气管中的制冷剂温度比毛细管中的制冷剂温度低,两者又逆向流动。因此,毛细管中的制冷剂在向蒸发器流动的同时继续散发热量,并将热量散发给了回气管中的制冷剂。这一特殊措施的目的是为了利用循环中回气管中制冷剂的低温,让毛细管中的制冷剂液化得更好,以提高其制冷能力。换句话说,即使整个毛细管暴露在空气中,不与回气管进行热交换,制冷剂的循环也同样能进行,但其制冷能力就明显减弱了。

4. 制冷剂的蒸发

此时制冷剂由毛细管进入蒸发器并在蒸发器中产生特定的制冷效果。蒸发器是制冷系统的一个重要部件,它有多种结构形式。但不管哪种结构形式的蒸发器,它的内部总容积都比毛细管的总容积大。由于蒸发器的总容积大,毛细管又有节流作用,因此液体状态的制冷剂在压差的作用下进入蒸发器时迅速膨胀、蒸发,占据蒸发器内全部的容积,同时液态制冷剂变成了气态。

制冷剂在蒸发器管路内迅速膨胀的同时,会从四周吸收大量的热量,这样就获得了预期的制冷效果,即蒸发器周围环境的热量通过蒸发器管壁传给了制冷剂。在这一阶段中,制冷剂发生状态变化时的温度为 $-25\sim-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。

这是制冷循环中的一个主要阶段,蒸发器周围环境的热量(即电冰箱内的热量)主要是在这一阶段被移去的。这个过程中,制冷剂的温度保持不变,其数值为 $-25\sim-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。非常重要的一点是,在设计完善的蒸发器中制冷剂液体将全部变为蒸气。

5. 制冷剂的吸入

在制冷剂的这个状态变化的过程中,制冷剂始终处于蒸气状态,并且其温度逐渐从蒸发温度(例如 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$)升高到周围环境的温度(假如此时为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$)。

在这一阶段中制冷剂蒸气温度提高有两个原因:一是由毛细管中流动的高温制冷剂传来的一部分热量;二是另一部分热量来自温度较高的环境,并经回气管表面传入。回气管内制冷剂的压力由压缩机的吸气作用所确定,制冷剂又回到初始状态,此时一个循环结束,又一个循

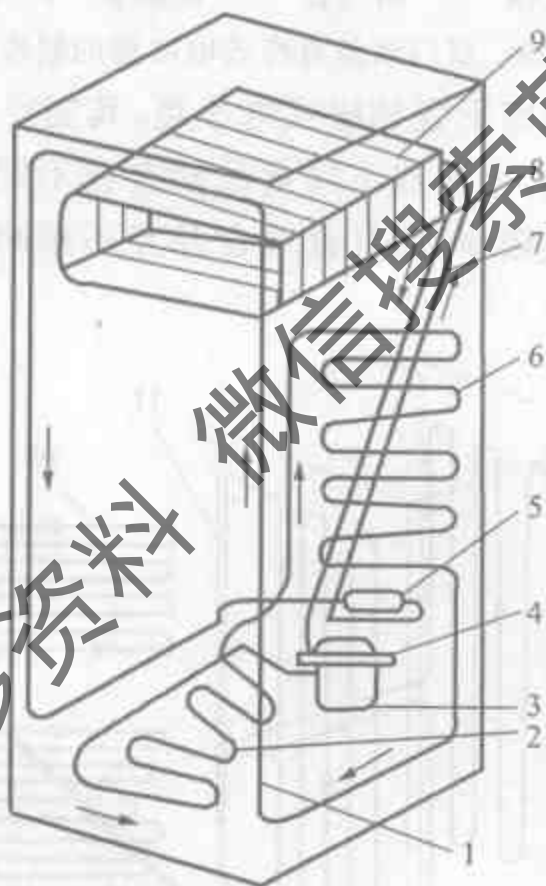
环即将开始。

二、几种常见的电冰箱制冷系统

电冰箱制冷系统很多,我们按箱门和制冷方式分类依次介绍这几种最常用的制冷系统。

1. 单门双温直冷式电冰箱的制冷系统

单门双温直冷式电冰箱的制冷系统如图 6.18 所示。它只有一个蒸发器,靠蒸发器下面的接水盘将电冰箱分隔成冷冻室和冷藏室。由于蒸发器在冷冻室内,所以冷冻室温度较低。蒸发器的一部分冷量由接水盘与箱壁间的缝隙传递至冷藏室,而冷藏室本身没有蒸发器,因此冷藏室的温度相对比较高。在冷藏室,上面的空气离冷源近,温度低,密度大,因此自然地向下流动,并且吸收冷藏物品的热量使温度升高,随着空气温度的升高,密度减小而又随之上升,上升至蒸发器附近时又放热降温而向下流动。就这样依靠箱内空气自然对流冷却,最终使冷藏室自上而下温度逐渐降低,并相对稳定。



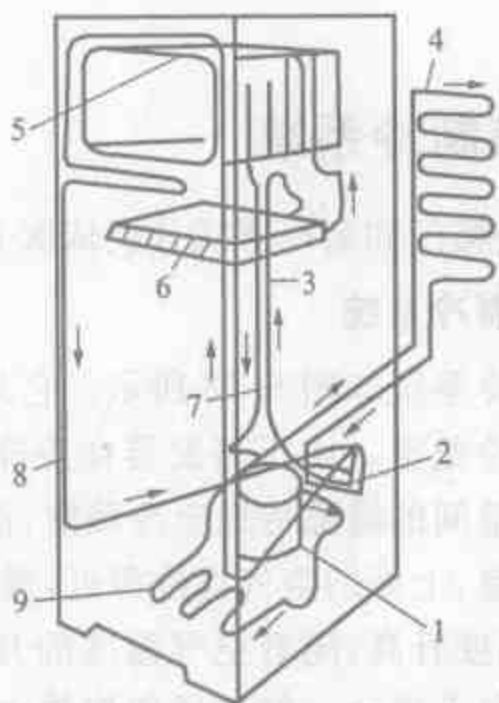
1—防露管 2—蒸发盘加热管 3—压缩机 4—抽空加液机 5—干燥过滤器
6—冷凝器 7—毛细管 8—回气管 9—蒸发器

图 6.18 单门双温直冷式电冰箱的制冷系统

图 6.18 中的防露管,是冷凝器管道的一部分。其作用是利用冷凝器的热量将门框周围外表面的温度提升,以防止门框在湿热的气候条件下结露。而蒸发盘加热器也是冷凝器管道的一部分,从压缩机排出的高温、高压制冷剂气体经过蒸发盘加热器管道,加热位于加热器上的蒸发盘,使蒸发盘中存留的融霜水得以蒸发。

2. 双门双温直冷式电冰箱的制冷系统

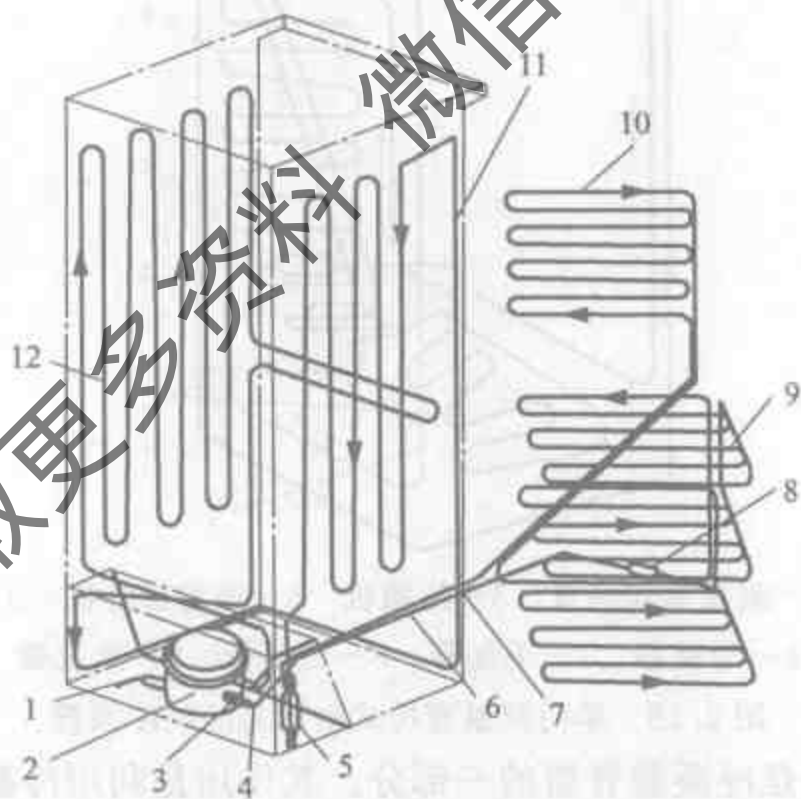
双门双温直冷式电冰箱的制冷系统如图 6.19 所示。双门双温直冷式电冰箱也是依靠箱内空气自然对流冷却的,与单门双温直冷式电冰箱不同的是它的冷藏室和冷冻室各有一个蒸发器。冷藏室与冷冻室箱体间相互隔离。制冷剂的流向一般是先进入冷藏室蒸发器,然后进入冷冻室蒸发器靠蒸发器管路的换热面积来决定冷藏室与冷冻室的箱内温度。



1—压缩机 2—干燥过滤器 3—毛细管 4—冷凝器 5—冷冻室蒸发器
6—冷藏室蒸发器 7—回气管 8—防露管 9—蒸发盘加热器

图 6.19 双门双温直冷式电冰箱的制冷系统

现在国内比较流行的是冷冻室下置抽屉式电冰箱,其制冷系统如图 6.20 所示。这种冰箱的冷冻室采用搁架盘管式蒸发器,生熟或不同食品储存在不同层抽屉中,相互不串味,冷冻室温度比较均匀,制冷速度快,结霜量较少,而且存取食品互不影响,既提高了食品的储存质量,又降低了能耗。



1—工艺管 2—压缩机 3—压缩机排气管 4—压缩机吸气管 5—干燥过滤器 6—毛细管
7—回气管 8—储液器 9—冷冻室蒸发器 10—冷藏室蒸发器 11—左冷凝管 12—右冷凝管

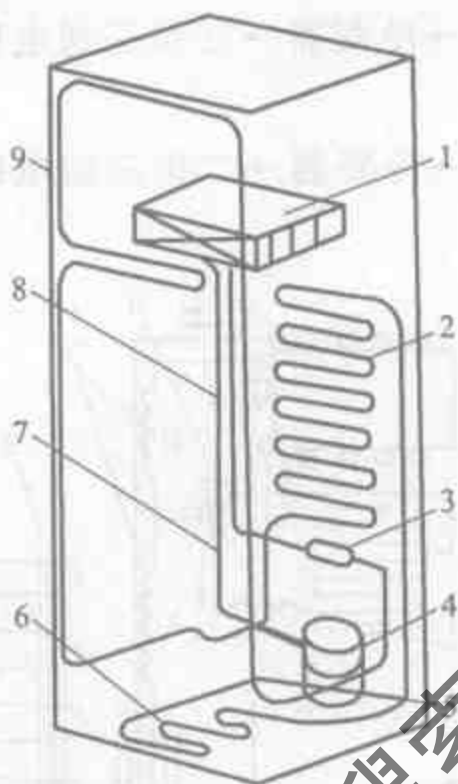
图 6.20 双门双温直冷抽屉式电冰箱的制冷系统

直冷式电冰箱一般采用冷藏室温度控制器,通过它来控制压缩机的开停,即冷冻室温度随冷藏室内的温度升降而升降,因而两个蒸发器的匹配要求相当严格。在环境温度较低时,有时会出现压缩机不启动的现象,此时需采用低温补偿加热装置来解决这个问题。

3. 间冷式无霜电冰箱制冷系统

间冷式无霜电冰箱,不管是双门还是多门,其制冷系统基本相同,即采用一个翅片盘管式

蒸发器,通过循环风扇使箱内空气强迫对流,通过风道及风门温度控制器对冷气进行合理分配和调节控制,来满足冷冻室、冷藏室等不同的温度要求,图 6.21 所示是双门间冷式无霜电冰箱的制冷系统。间冷式无霜电冰箱的制冷系统因其采用压缩机的形式不同可分为两类:一类采用往复式压缩机,另一类采用旋转式压缩机。



1—蒸发器 2—冷凝器 3—干燥过滤器 4—工艺管 5—压缩机 6—水蒸发加热器
7—吸气管 8—毛细管 9—防露管

图 6.21 双门间冷式无霜电冰箱的制冷系统

(1)采用往复式压缩机的制冷系统。采用往复式压缩机的间冷式无霜双门双温电冰箱的制冷系统如图 6.21 所示。可以看出,它与直冷式双门单温控电冰箱的制冷系统基本相同。图中毛细管与低压吸气管也以一定的方式构成气液热交换器。所不同的是制冷系统中的蒸发器采用翅片管式蒸发器。万宝 BCD-210W 型和沙松 BCD-170W 型电冰箱即属于此类。

(2)采用旋转式压缩机的制冷系统。图 6.22 所示为国产上菱 BCD-180W 型无霜电冰箱的制冷系统,系统中采用旋转式压缩机。由于旋转式压缩机没有吸气阀,故在吸气管道上增设了单向阀和消音器,消音器除消音外,还起着气液分离器的作用。

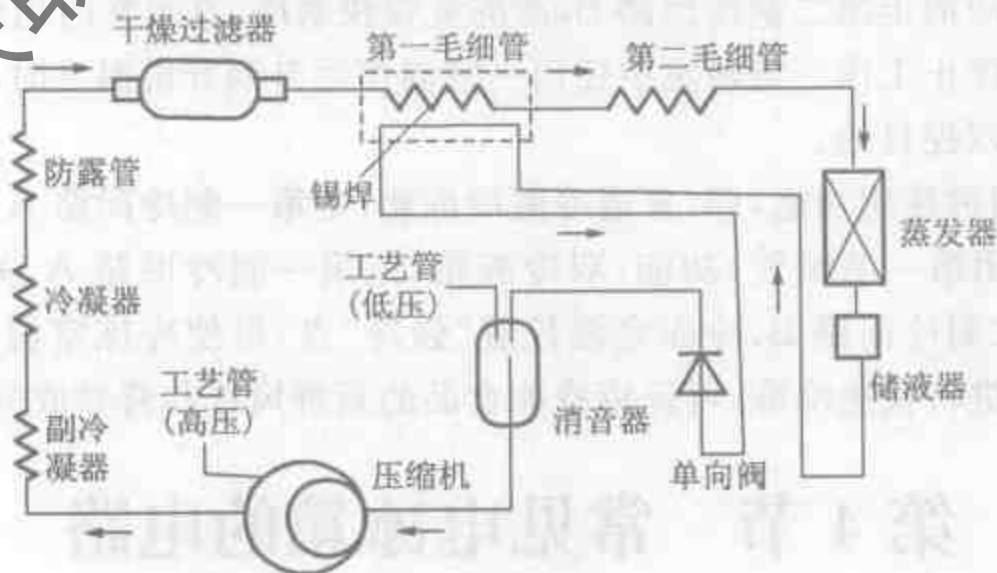


图 6.22 上菱 BCD-180W 型无霜电冰箱的制冷系统

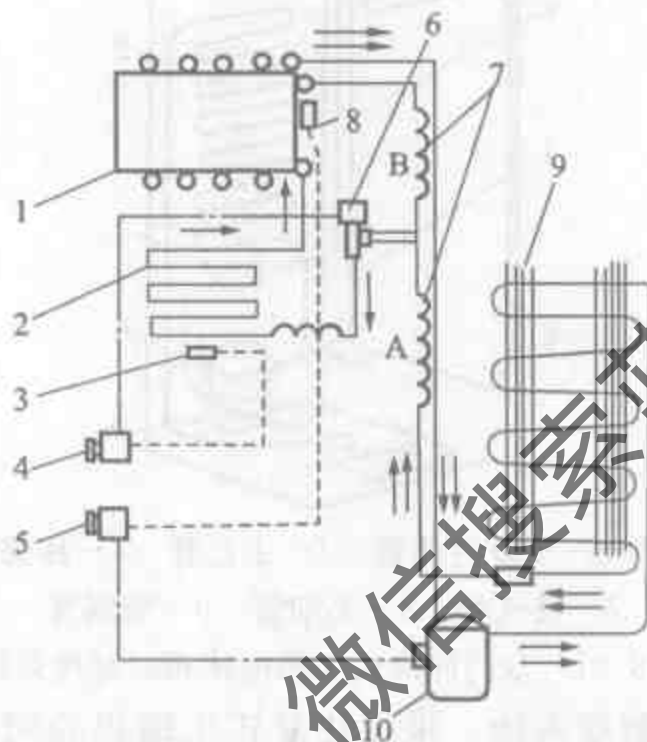
4. 双温双控电冰箱的制冷系统

双温双控电冰箱的制冷系统的电冰箱分为直冷式、风直冷混合式两种,均采用两个蒸发

器,由两个温控器分别进行控制。前者冷冻室蒸发器为板管式或层架式结构,需人工除霜,后者是翅片盘管式,可自动除霜。双温双控电冰箱采用双蒸发器、双毛细管加二位三通电磁阀,并在冷冻室和冷藏室各装一只温度控制器,对两室分别进行控制,其制冷系统示意图如图6.23所示。该电冰箱的制冷工作原理如下:

(1)第一制冷回路 A。压缩机→冷凝器→二位三通电磁阀→第一毛细管→冷藏室蒸发器→冷冻室蒸发器→压缩机。

(2)第二制冷回路 B。压缩机→冷凝器→二位三通电磁阀→第二毛细管→冷冻室蒸发器→压缩机。



1—冷冻室蒸发器 2—冷藏室蒸发器 3—冷藏室感温包 4—冷藏室温控器 5—冷冻室温控器
6—二位三通电磁阀 7—第一毛细管 8—冷冻室感温包 9—冷凝器 10—压缩机

图 6.23 双温双控电冰箱的制冷系统示意图

当冷藏室、冷冻室温度均高于温控器设定温度时,两室温控器处于闭合状态,压缩机工作,制冷剂走第一制冷回路 A,第二毛细管关闭,两室均制冷。由于冷藏室蒸发器相对较大,因而室内很快达到设定温度,冷藏室温控器断开,同时二位三通电磁阀接通,第一毛细管关闭,第二毛细管接通,此时制冷剂走第二制冷回路 B,冷冻室很快制冷,直至室内达到设定温度,冷冻室温控器断开,压缩机停止工作。当两室中任何一室温度回升到开机温度时,均可使压缩机启动运转,从而达到双温双控目的。

这种电冰箱有四种使用功能,即:普通冷藏冷冻箱(走第一制冷回路 A)功能;单冷冻箱(走第二制冷回路 B,关闭第一毛细管)功能;双冷冻箱(走第一制冷回路 A,关闭第二毛细管)功能;速冻保鲜(走第二制冷回路 B,冷冻室温控置“强冷”点,可使冷冻室温度迅速达到 $-25\sim-30^{\circ}\text{C}$,对储存食品进行快速冷冻,可保持冷冻食品的新鲜风味和营养成分)功能。

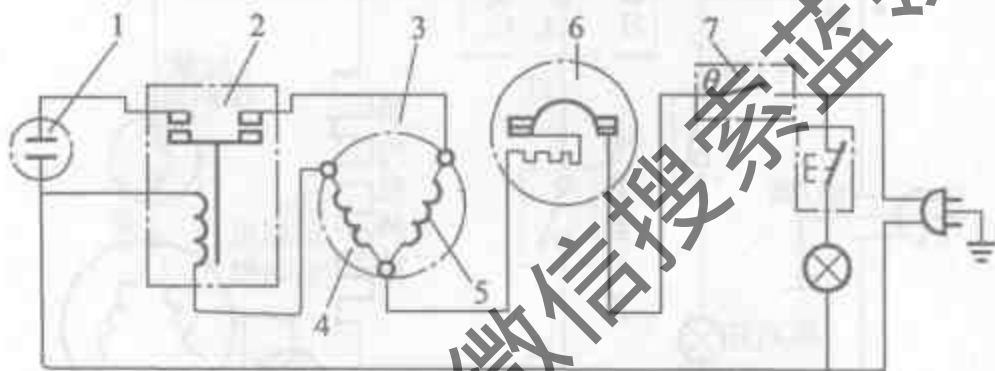
第 4 节 常见电冰箱的电路

电冰箱的电气控制系统由电冰箱的压缩机电动机启动和保护系统、温度自动控制系统和除霜控制系统等组成。电冰箱通过其控制系统来保证在各种使用条件下安全可靠地正常运行。将上述各种控制线路连接起来,就构成了各种电冰箱电路,概括起来主要分为直冷式电冰

箱电路、间冷式电冰箱电路和电子温控式电冰箱电路。

一、单门直冷式电冰箱控制电路

图 6.24 所示为单门直冷式电冰箱(重锤式启动器启动)控制电路示意图。其中启动电容器、重锤式启动继电器、压缩机电动机和过流过热保护继电器构成启动保护电路;温控器、灯开关与灯构成照明电路。当箱内冷冻室的温度高于温控器调定的温度时,温控器接通。压缩机接通电源,电流经运行绕组流过重锤式启动继电器的电流线圈。当电流为吸合电流时,电流线圈励磁将重锤式启动继电器的重锤衔铁吸起,接通触点,于是启动绕组与运行绕组共同形成旋转磁场,使压缩机电动机启动运转。电动机启动后,重锤式启动继电器断开启动绕组的电路,仅让运行绕组继续通电,使电动机运转。启动电容器的作用是对压缩机电动机启动绕组电流移相,增大启动转矩,改善启动性能。当电路出现故障、使压缩机电动机过电流或过热时,碟形过电流过温升保护继电器的双金属片变形、弹开,切断压缩机电动机电源,以保护压缩机的安全。当电冰箱内温度下降到用户所设定的温度时,温控器断开而使电冰箱停止制冷。



1—启动电容器 2—重锤式启动继电器 3—压缩机电动机 4—运行绕组
5—启动绕组 6—过载继电器 7—温度控制器

图 6.24 单门直冷式电冰箱(重锤式启动器启动)控制电路示意图

图 6.25 所示为单门直冷式电冰箱(PTC 启动器启动)控制电路示意图。在电路通电的瞬间,由 PTC 元件刚刚通过电流产生的热量很少,温度较低,电阻值很低,处于接通状态。此时电动机的启动绕组与运行绕组同时接入电路,电动机启动运转。经过 1~5 s 后,电流的热效应使 PTC 元件的温度迅速升高,阻值也很快增大。当温度达到 150 ℃ 左右时,PTC 元件呈高阻状态,使流过启动绕组的电流大大减小,致使启动绕组相当于断路。而流过 PTC 元件的小电流(约 10~15 mA)恰好起到维持高阻温度的作用,使启动绕组保持在断路状态,压缩机完成了启动过程。

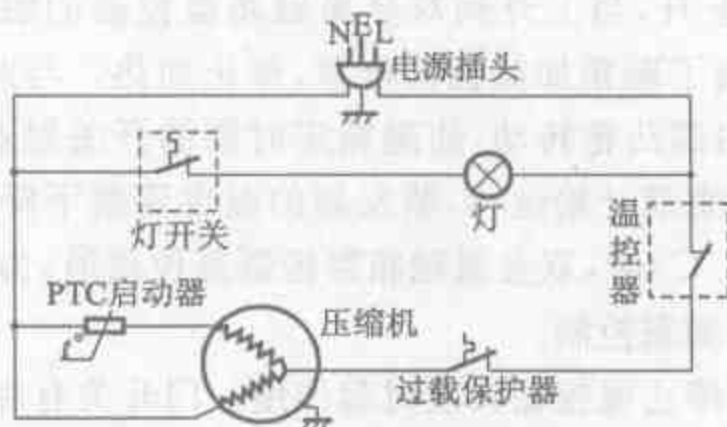


图 6.25 单门直冷式电冰箱(PTC 启动器启动)控制电路示意图

当电冰箱内温度降至预定的温度时,温控器的触点断开,压缩机电动机停车,PTC 元件断电、冷却。当温度降至 100 ℃ 以下时,PTC 元件恢复低阻状态,为下次启动做好准备。

二、双门直冷式电冰箱控制电路

双门直冷式电冰箱控制电路与单门直冷式电冰箱的控制电路大致相同,图 6.26 所示为双门直冷式电冰箱控制电路图。当电源接通时,电流依次经插头端、温控器、过载保护器、压缩机、启动器,进入插头另一端,压缩机通电运转。箱内照明灯由门开关控制。图 6.26 中电加热回路是利用温控开关来控制其通断的,L 与 C 为温控器的温控开关,在此开关两触点之间连接了一段箱内加热丝。当压缩机运转、L 与 C 接通时,由于加热丝的电阻值高于压缩机绕组的电阻值,加热丝就无法通电发热。只有当冷藏室温度达到温控器设定值、L 与 C 断开停机时,电流依次经 L 点、加热丝开关(应在闭合状态)、箱内加热丝、过载保护器、压缩机运行绕组构成回路,这时加热丝便通电发热。这类电冰箱利用温控断开加热的方法较多,大致可分为温控器加热器、除霜加热器等。

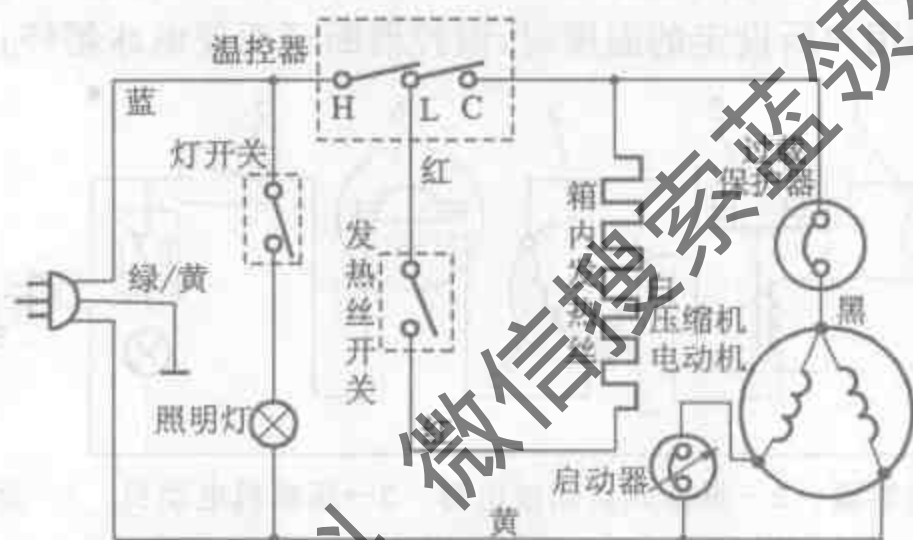


图 6.26 双门直冷式电冰箱控制电路图

三、双门间冷式电冰箱控制电路

图 6.27 所示为松下双门间冷式电冰箱的电路原理图。压缩机通电开始运转,此时融霜定时器中的微电机 M_1 与压缩机开始同步运行。当压缩机运行了预定时间(8~12 h)后,融霜定时器开关触点进行转换:触点①断开,压缩机随之停机;触点②接通,立即接通融霜温控器。由于双金属融霜温控器的内阻很小,可忽略不计,故把融霜定时器的微电机 M_1 短路,电压全部加到融霜电加热器(排水电加热器与它并联)上,对蒸发器进行加热融霜。蒸发器上的凝霜全部融完后,蒸发器的温度就上升,当上升到双金属融霜温控器的触点跳开温度(一般为 $13 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$)时,触点跳开,于是切断了融霜加热器的电源,停止加热。与此同时,融霜定时器中的微电机 M_1 开始转动,带动其内部凸轮转动,使融霜定时器的开关触点在 2 min 后复位,即触点②断开,触点①接通,压缩机重新开始运转,蒸发器的温度逐渐下降。直至降到双金属融霜温控器的复位温度(一般为 $-5 \text{ }^\circ\text{C}$)时,双金属融霜温控器复位接通,为下一次融霜做好准备。这样就实现了周期性的全自动融霜控制。

温度熔丝当双金属融霜停止温控器失效时起作用。门开关有冷藏室门开关和冷冻室门开关两个。冷藏室门开关控制冷藏室照明灯,门打开时开关闭合,灯亮,反之灯灭。冷藏室和冷冻室门开关同时控制风扇电动机,制冷系统工作时,门关闭,则风扇电动机工作,反之,风扇电动机停止工作。

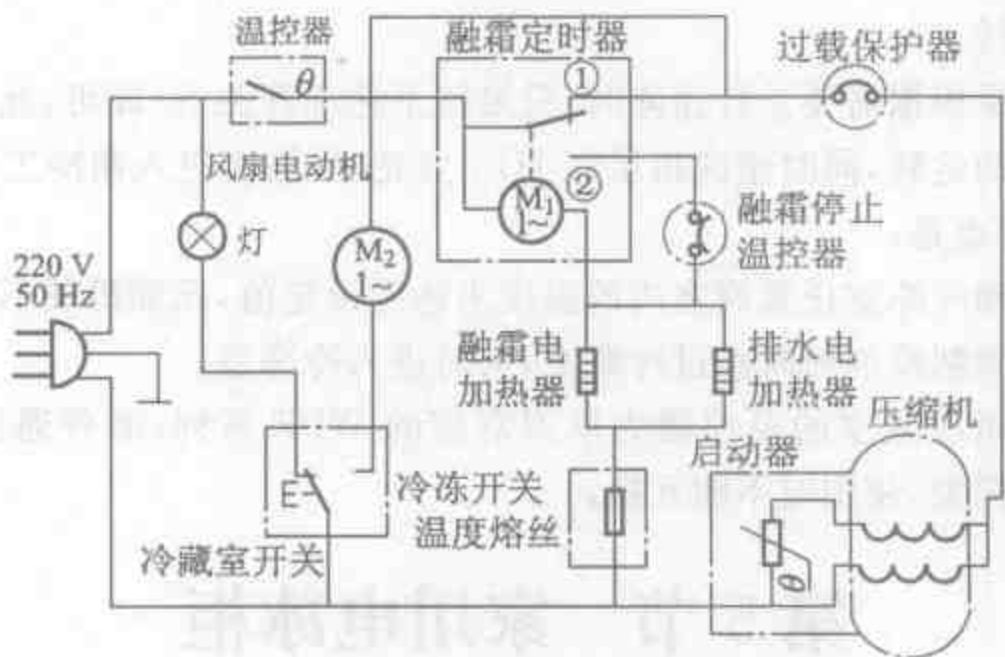
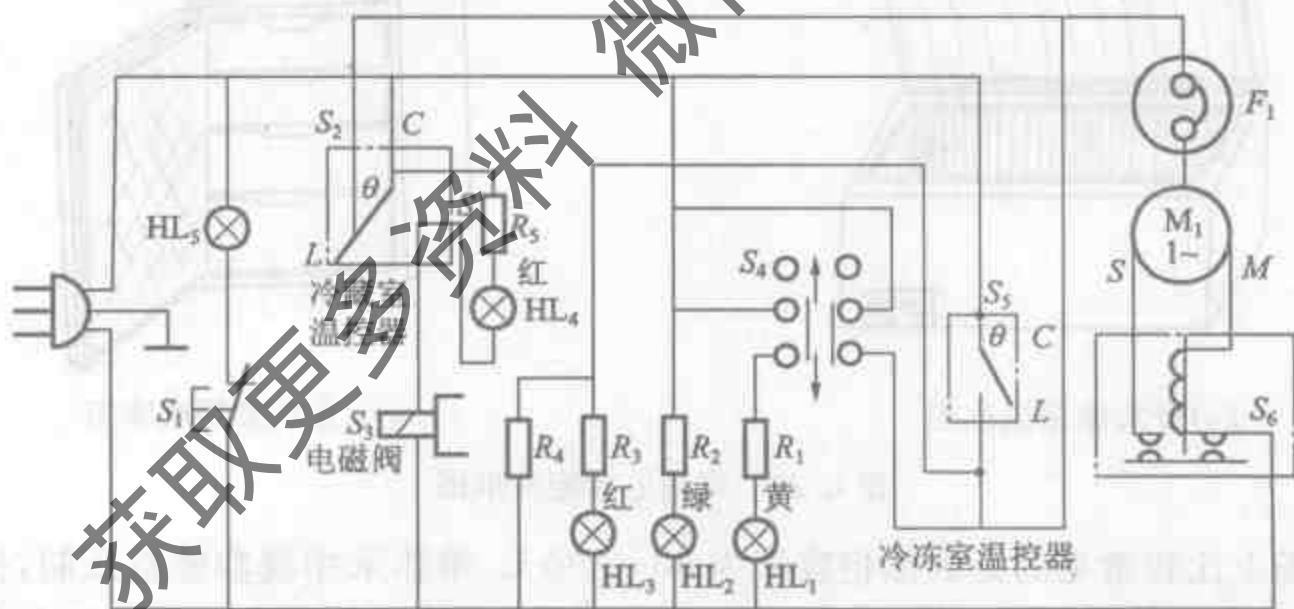


图 6.27 松下双门间冷式电冰箱的电路原理图

四、双门双控电冰箱控制电路

双门双控电冰箱的控制原理如图 6.28 所示。当冷藏室温度升高时，冷藏室温控器的 L-C 触点接通，电磁阀 S_3 与 HL_4 和 R_5 串联，由于 S_3 上的电压很小，所以电磁阀 S_3 不导通。此时冷冻室温控器触点 L-C 也接通，压缩机 M_1 通电，电动机运转，制冷剂先经冷藏室循环，再经冷冻室至压缩机循环制冷，冷藏室温度下降。指示灯 HL_3 、 HL_4 点亮。



- S_1 —冷藏室门开关 S_2 —冷藏室温控器 S_3 —电磁阀 S_4 —速冻开关 S_5 —冷冻室温控器
- S_6 —启动继电器 HL_1 —速冻指示灯 HL_2 —电源指示灯 HL_3 —冷冻室制冷指示灯
- HL_4 —冷藏室制冷指示灯 HL_5 —冷藏室照明灯 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 —限流电阻
- S_4 —冷藏室蒸发器加热器 F_1 —过载保护器 M_1 —压缩机

图 6.28 双门双控电冰箱控制电路原理图

当冷藏室温度达到设定值后，冷藏室温控器的 L-C 触点断开，S-C 触点接通，指示灯 HL_4 熄灭，电磁阀通电吸合，切换制冷剂通路。此时冷冻室温度尚未达到设定值，冷冻室温控器 L-C 继续接通，压缩机继续运行，制冷剂直接从毛细管到冷冻室蒸发器，而不再经冷藏室管道循环，指示灯 HL_3 点亮。当达到设定温度后，冷冻室温控器触点 L-C 断开，指示灯 HL_3

熄灭,压缩机停止运转。

在该电路中,如果根据需要进行速冻时,只要按下速冻开关 S_4 即可,此时压缩机不经任何温控器控制,直接启动运转,同时速冻指示灯 HL_1 点亮,压缩机进入制冷工作状态。

这类电冰箱的特点是:

(1)只要冷藏室和冷冻室任意两室内的温度未达到设定值,压缩机便不会停车。

(2)电磁阀指挥着制冷剂何时经过冷藏室,何时进入冷冻室。

(3)双温双控冰箱冷藏室的温控器为单刀双掷的 WPF 系列,而普通型双门电冰箱多是 WDF 系列的双刀双掷型,使用时不能互换。

第5节 家用电冰柜

家用电冰柜也称家用冰柜。它与电冰箱有所不同,只能用于冷冻不能冷藏,冷冻箱内温度在 $-18\sim-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之内,容积在 $80\sim370\text{ L}$ 之间,采用全封闭式压缩机的单级压缩制冷方式,具有耗电省,制冷速度快,坚固耐用等特点。除单独使用外也可与电冰箱配套使用。

一、家用电冰柜的结构

家用电冰柜的外形如图 6.29 所示。

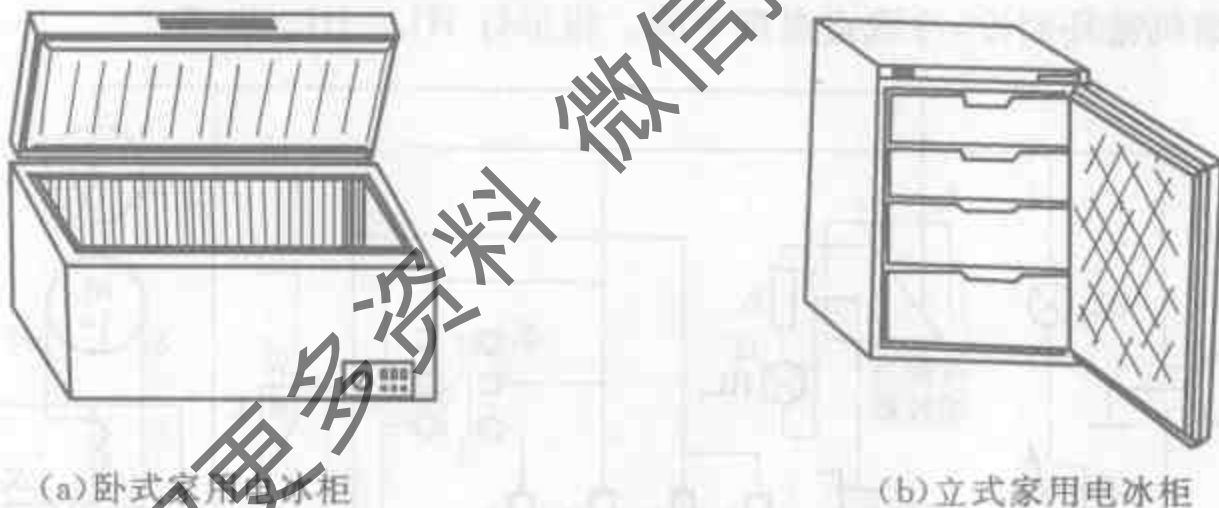


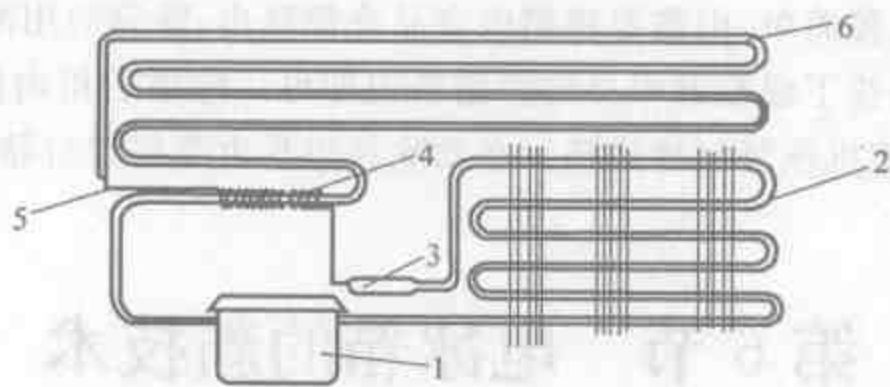
图 6.29 家用电冰柜外形图

目前市场上最常见的卧式冰柜容积为 $80\sim300\text{ L}$,箱体采用覆塑铁板压制,保温层用聚氨酯整体发泡隔热性能好。外表面经喷塑工艺后美观耐用。在内外箱壳之间有内衬式蒸发器,传热均匀,制冷快。冷凝器采用内藏式或固定在箱后。温控器设在前箱体表面下侧或箱底后部压缩机左侧。制冷压缩机采用全封闭单级压缩,运行平稳,噪声小。制冷系统运行时,可使箱内温度降至 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下。

立式冰柜多为前开门,箱内有 4 个以上的大抽屉,每个抽屉都带有分类保存各种物品的标志。蒸发器多为框架式,设在抽屉的下部和后部,冷却均匀。温控器设置在箱体上部,美观方便。冷凝器设在箱体后部。这种冰柜设计精巧,使用方便,可与家用冷藏箱配套使用。

二、家用电冰柜的制冷系统

家用电冰柜采用 R12 制冷剂,单级压缩循环,整个制冷系统由压缩机、冷凝器、干燥过滤器、毛细管、蒸发器等组成,如图 6.30 所示。其制冷原理基本与家用电冰箱相同。



1—压缩机 2—冷凝器 3—干燥过滤器 4—热交换器 5—毛细管 6—蒸发器

图 6.30 电冰箱制冷系统原理图

图 6.31 所示为立式电冰柜的制冷系统。因为立式冰柜的箱内为抽屉式，所以蒸发器以搁架式冷冻器的形式出现。毛细管与低压吸气管相接触，这在电冰箱制冷系统中也可见到，这种回热循环的热交换方式可防止出现“液击”现象，提高制冷量。

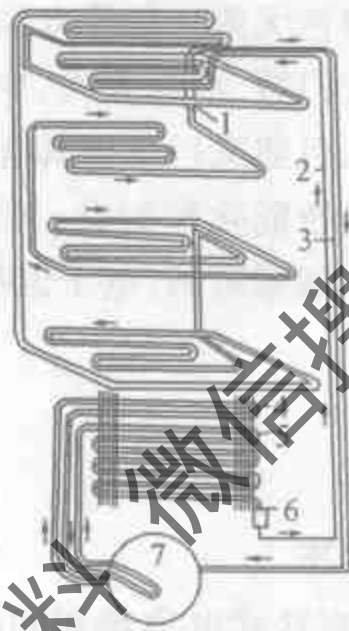


图 6.31 立式电冰柜制冷系统示意图

制冷剂从冷凝器出来经干燥过滤器后进入毛细管节流，然后先进入顶搁架盘管，再至底搁架盘管，后至中搁架盘管。这样在几个不同的抽屉内便获得不同的低温，便于食品的分类贮藏。从搁架盘管回到压缩机的制冷剂要经过集液器，将制冷剂的液体与气体分开，以防止发生“液击”现象。

三、家用电冰柜的控制电路

家用电冰柜的控制电路与电冰箱大同小异。在温度控制上都是以感温装置来检知箱体内的温度变化，这种变化通过温控器的传动机构使触点动作，从而控制压缩机的开停，即箱内温度升高时，触点吸合，压缩机启动运转；箱内温度降低至调定点时，触点释放，压缩机电路断开，停止运转。

家用电冰柜与家用电冰箱的温控器不同之处在于，除控制箱内温度外，还控制信号指示灯（有些牌号电冰箱也装有信号灯），在接通压缩机电路的同时，也接通了信号灯电路。一般绿灯表示电源已接通，正常时处于常通状态。红灯表示压缩机正在运转，当箱内温度达到要求时，红灯灭。黄灯表示压缩机连续运转，不停机，一般为速冻显示。开机时，红绿黄三个信号灯全通，停机时红黄灯灭，只有绿灯亮。

家用电冰柜的除霜也与电冰箱一样，有手动除霜、半自动除霜、全自动除霜三种方式。手

动除霜的方法和要求比较简单,但需要将箱内食品全部移出,除霜后用海绵沾温水擦拭并吸干冰水。半自动除霜只要按下温控器中央的除霜按钮即可。除霜后箱内温度上升至 8°C 时,除霜按钮可自动复位,压缩机恢复制冷运转。自动除霜也是由除霜定时器控制的定时除霜,一般无需人工操作。

第6节 电冰箱的新技术

随着科学技术的发展和水平的提高,电冰箱销售势头强劲,普及率日益提高。但产品的竞争也非常激烈,未来的电冰箱市场只属于具有远见卓识的企业家和开拓进取的企业,因此各厂家都从消费者心理、食品发展动向和市场调查着眼,不断设计开发出各种新型电冰箱。各种新技术可归结为食品储藏新技术、节能省电新技术、冷冻冷藏转换式新技术、电冰箱箱体制造新工艺、新式电冰箱控制系统以及绿色无氟环保等方面。

国内外新型电冰箱在原来按用途、门数、冷却方式、冷冻室温度等级、环境温度分类的基础上,从新技术、新工艺的应用角度出发,目前又可分为具有鲜明时代特色的几大类:即绿色环保类、大冷冻能力类、多门或多抽屉类、全智能化控制类。国内外近年来研制的这些新型电冰箱具备了无霜保湿、冰温保鲜、抗菌除臭、搁架可调、电子温控、超温报警、深冷速冻、超静低噪、超级节能等特殊功能。

一、食品储藏新技术

1. MSV 保湿无霜保鲜变容节能技术

MSV 电冰箱属混合式电冰箱,即直冷式电冰箱和间冷式电冰箱的结合体,通常冷冻室为间冷式,冷藏室为直冷式。但 MSV 电冰箱采用了当今国际制冷行业的先进技术,比普通的混合式电冰箱节能,保鲜效果更好。它的冷藏室由于采用了直冷式,使得蔬菜、水果能得到理想的湿度。有的还设置了可调保湿果蔬盒,果蔬盒的湿度可以任意调节,即通过调节保湿盒盖上的弧形温度控制钮,就调节了盒内温度,这样保湿盒内存放的果菜始终能保持最佳的新鲜度。尤其广东科龙电器公司在科龙牌电冰箱最新使用的养鲜魔宝专利气调技术,可有效吸收果菜释放的催热气体乙烯,抑制果菜生长,缓解营养成分的流失。当箱内湿度过大时,自动吸收水分。当湿度过低时,自动适度释放水分,有效延长了保鲜期。MSV 电冰箱的冷冻室采用风冷式,配以同步风道,由多风口、多风道同时吹送冷风,不仅冷冻速度快,而且冷冻十分均匀,保鲜效果佳。MSV 电冰箱利用抽屉式结构,各室不但保持无霜,而且食品不串味,同时能避免冷风直接吹到食品表面,使食品风干程度低,水分散失少水果蔬菜长期存放不干瘪。冷冻室设置的节能搁板,可根据冷藏食品的多少来调节容积,从而实现了变容节能的目的。

利用光合作用将被动保鲜变为主动保鲜是目前电冰箱保鲜新技术。光合作用是指绿色植物通过叶绿体把二氧化碳和水转化为储存能量的营养物质,并释放出氧气的过程。然而普通电冰箱内部是黑暗状态,失去了光,果蔬就失去了生命力,即使有温度控制,养分仍不断地流失。海尔“鲜+”变频电冰箱内置光波发生器,优选并组合 5 种有益于果蔬吸收的仿太阳光波,对电冰箱中的果蔬进行持久而有效的刺激,果蔬继续进行光合作用,进而不断合成维生素等各种养分,激活并呵护果蔬茎、叶、根、实的全面成长,7 天内营养增加 30%,实现了光波增鲜。

2. 新型抗菌除臭等新技术

电冰箱内的臭味主要来自食品中的硫化物,各种除臭方法就是处理这些硫化物。目前世界各国生产的电冰箱除臭方法有电子脱臭,就是利用高压放电制造臭氧,并随循环系统送至电冰箱内的各个部分,性质不稳定的臭氧在电冰箱内与硫化物产生化学反应,把制造臭味的“元凶”消除掉。与此同时,电冰箱中的气体又可以再经高压放电产生臭氧,继续进行除臭工作。还有的电冰箱使用紫外线和远红外线除去臭味,方法是在电冰箱内装置杀菌灯管,以紫外线和远红外线加热照射食物,借助杀菌来除去臭味。

抗菌除臭的另外一种方法是在新型电冰箱中,安装有除臭除霜加热管,它是在加热器表面层叠加涂敷白金、锰晶、陶瓷除臭催化剂而制成的,其抗菌除臭原理为:在压缩机进行制冷循环时,箱内循环的气体同除臭除霜加热器表面的除臭催化剂接触,这时箱内食物混合产生的臭气及气体中含有的其他异味均被加热管表面的催化剂所吸收,已净化的空气返回到箱内,起到了抗菌除臭的作用,在压缩机累计运行 8 h 要进行自动化霜时,除臭除霜加热管同时又对被催化剂吸附的臭气,进一步加热氧化分解成对人体无害的其他物质,消除了臭味。本方法自动周期进行,保持抗菌除臭功能寿命长,有效率可达 95% 以上。缺点是只能定时对电冰箱进行除臭,且必须插接电源,成本较高。目前更为先进的是多重高效抗菌除臭技术。首先在抗菌方面,采用了全室抗菌技术。因为电冰箱内部是一个封闭的环境,电冰箱长期使用后,内部容易滋生细菌。而本技术对电冰箱内外部的门拉手、门封条、层架、搁架、冰温室等主要塑料零部件,在注塑过程中都进行了特别的抗菌处理,并尽量使用能抑制细菌生产的塑料材料。在自动除臭方面,采用了低温抗菌冷触媒技术,又称清味神药,如在风道口等处设置低温抗菌触媒,吸收分解电冰箱内的异味,无需插接电源,自动对电冰箱进行除臭。同时还能净化食品储存空间的空气,防止空气中浮游的细菌在箱内滋生繁殖,减少食物串味,延长食品保质、保鲜期。应指出的是在上面已介绍的调气保鲜技术,不仅能有效吸收分解果菜释放的催熟气体乙烯和调节室内湿度,而且还具有除臭杀菌功能,这样和全室抗菌技术、低温抗菌触媒自动除臭技术一起,共同达到多重高效抗菌除臭的效果。

二、节能省电新技术

1. 变频技术

各厂商将单片机人工智能控制变频技术,引入到电冰箱控制系统中,推出了家用变频电冰箱,如日本东芝公司 GR-470K 双冷却系统五门家用变频电冰箱、我国的科龙公司 BCD-272/HCP 变频电冰箱等,从而大幅度改善了传统电冰箱耗电量、噪声、冷冻能力等常规工作性能。其中采用的平衡变频节能技术,其原理是基于变频压缩机能合理调整转速。即电冰箱刚开始通电运行或放入大量食物后,箱内温度较高,负荷较大,变频控制器会自动提高压缩机运行电压,使压缩机高速运转,增大制冷量,电冰箱内温度会快速下降,待电冰箱达到设定温度时,变频控制器会自动降低压缩机运行电压,使压缩机低速运转,进而有效地控制了输出功率,能耗极少,比传统的电冰箱耗电量降低了 32%,平衡变频超静技术,是采用高效静音变频压缩机,新型电磁阀,同时优化制冷管道连接系统,降低冷媒流动的“流水声”,做到了立体降低噪声,使静音程度可达到 35 dB 以上,平衡变频保鲜技术,是采用三温四控方式,根据电冰箱中食物储量及温度变化情况,自动调节变频压缩机转速,实现了三种冻态全面保鲜:即食物刚放

时,冷冻速度提高 40%,速冻及时鲜;食物多时,超冻处处鲜;食物少时,微冻样样鲜。

目前,海尔电冰箱采用宇航变频技术—变频速冻 007。新鲜食品放入后,启动变温室调节键进行 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 深冷速冻,快速通过最大食物细胞膜,锁住营养。食品冻透后,智能系统迅速自动转入 $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温,保鲜存放,使食物保鲜期大大延长,并且食用时无需解冻,美味再升级,真正实现活性保鲜效果。

2. 超级节能技术

选用 cop 值为 1.6 左右的超高效压缩机,提高电冰箱的工作效率;加热绝热发泡层,降低漏冷量;采用新型薄型门封和双门封,可拆卸门封条,便于清洗,减少冷气泄露;采用自感应技术,根据环境温度变化自动化进行温度补偿,增强了节能效果,多项节能技术的综合利用,使超级节能达到或超过欧洲能耗 A 级水平。

3. 自动制冰技术

通过电脑程序控制制冰过程的抽水、注水、制冰、剥冰,实现了制冰过程的自动化,只要轻轻一按“自动制冰”键即可,并配置有“制冰暂停”“制冰停止”功能。

4. 超宽电压启动

普通电冰箱的启动电压范围为 $182\sim 242\text{ V}$ 之间,新型电冰箱海尔金统帅系列采用了超宽电压带技术,可在 140 V 超低压下启动,电压波动适应范围为 $140\sim 252\text{ V}$ 之间,提高了电冰箱抗干扰能力,使电冰箱在超低压的情况下照常运行,不需稳压器,解决了用户的烦扰。

5. 安全存储系统

由标记滑块、食品形象图、月份数组成的安全存储信息系统,可以让用户随时了解到抽屉内存放食品种类和保鲜保质期限。

6. 故障显示报警

具有故障自我诊断功能,可自行判定故障起因,并通过电脑显示板显示出来,提醒用户注意,实现了电冰箱的优化控制。

7. 停电记忆、延时保护

能记忆停电前电冰箱运行状态设定,在电源恢复后,恢复停电前的状态,停电超过 5 min 后不延时启动,若不足 5 min ,补足与 5 min 的差值后,再启动压缩机。

这些新技术都起到了很好的节能效果。

三、冷冻冷藏转换式新技术

普通的直冷式电冰箱,在规定的使用环境温度下,冷藏室的温度只能在 $0\sim 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ST、T 冰箱)范围内变化,冷冻室温度根据星级不同,分别在 $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下(二星级)或 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下;而双温双控电冰箱的冷藏室温度调整范围可进一步扩大,起到冷冻冷藏之间互相转换的作用,当储藏水果蔬菜时,可以正常做冷藏室使用;当储藏肉食较多时,可将冷藏室温控器调到强冷点,使冷藏室温度到 $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,作为冰温室使用,既可保鲜又可解冻;而当冷藏室无东西时,用户还可手动将冷藏室温控器调到停机点,这时冷藏室停止工作,电冰箱只作为小冰柜使用,同样冷冻室也打破了星级界限,既可实现连续运行的速冻要求,也可在速冻后将冷冻室调到

-12℃左右,实现冷冻储存。

为了扩大电冰箱的使用功能,实现冷冻冷藏转换,具有20世纪90年代国际先进水平的BCD-268W三门多功能无霜电冰箱设置了独特的变温室,其温度变化范围为-6~3℃,可作冰温保鲜室和功能扩展使用,存放鲜肉、鱼、乳制品等食物,既能保持食品的原有新鲜风味,又无需取出即可入厨;该室还可做解冻室,用于解冻已冻食品;该室温度可在冷冻和冰温之间转换温度控制旋钮调至“7”,其室温可达-6℃以下,使储存食品存放更长时间。因此,大大方便了不同生活方式消费者的使用。

四、电冰箱箱体制造新工艺

在近年来国内外推出的新型电冰箱中,不仅坚持不懈地追求高科技的应用,力求卓越品质,其外观造型也豪华考究,气派非凡,外箱壳体和门板采用进口喷塑彩色不锈钢板,有的运用计算机辅助设计(CAD),采用国内外最新流行的高档皮纹钢板门或钛铂门、三维流线型暗把手,布条通过电镀镶银处理,高雅美观;其箱内部设有可调整的钢化玻璃搁架和灵巧搁盘、瓶栏、瓶座、果菜盒及淡绿色全透明抽屉,不开抽屉即可了解到抽屉内的食物,内置式吸顶灯设计,光线柔和,照明率高,范围大;底部设有移动脚轮,移动方便,开门止挡、闭门门锁装置让用户使用放心;为了进一步提高省电节能效果,节能新贵电冰箱还采用了6种工艺。

1. 超微孔发泡

通过控制模具胶化时间,调整发泡料配方,新工艺,实现了超微孔发泡,不仅保证在高低温条件下的绝热性能优良,而且长时间使用,保温性能基本不变。

2. 双气囊加薄门封

增加气囊数量,使用双气囊,并使气囊与门内胆严密黏合,同时减薄门封厚度,增加门体与箱体吸附力,使通过门封散失的冷量大大减少,保冷节能。

3. 超厚保温层

依据电冰箱内外温差、热负荷大小来进行适当分配。如在内外温差较大的冷冻室部位增加保温层厚度,最大限度提高节能效率。

4. 电冰箱箱体整体折弯技术

采用第二代箱体折弯技术。箱体一次性整体折弯成形,无任何拼接与焊接点,箱体强度大,刚性好,不易变形。一次性发泡成形的特质保温层,无接缝,无气泡,防止冷气泄露,提高保温效果50%以上。

5. 三层密封科技

采用美国太空舱密封技术,硬密封与软密封相结合,层层锁住冷气。

6. 银离子抗菌

在电冰箱内胆中加入银离子抗菌添加剂,利用银离子对细胞膜的破坏作用,抑制附在内胆上的细菌。

五、绿色环保无氟冰箱

地球上的生命千百年来一直受到大气中一层特殊物质的保护,这一保护层主要由臭氧组

成,它吸收紫外线,像一道屏障保护着我们不受紫外线的伤害。如果这一保护层消失了,那么太阳的紫外线将足以毁灭地球上的绝大部分生命。

臭氧分子(O_3)由三个氧原子组成。我们日常呼吸的氧气(O_2)由两个氧原子组成的。臭氧有毒,有刺激性气味,人吸入后有致命危险。在大气的臭氧平流层中,臭氧在紫外线的作用下分解为单个氧原子。此氧原子又与其他氧分子结合成臭氧,处于一种动态的平衡中,很稀薄地分布在地面上空大约 11~48 km 的地方。臭氧层就像一个过滤器,有效地滤掉了几乎全部有害的太阳紫外线。而这种有害的太阳紫外线进入地表后会对人及环境造成严重的伤害,有资料表明:

(1)若过量接收这种紫外线辐射,会损害肌体的免疫系统,导致皮肤癌、皮肤黑色素瘤,甚至会导致白内障、眼球晶体变形以及远视等眼科疾病。白内障是世界上导致失明的第一凶手。

(2)若过量接收这种紫外线辐射,还会使农作物减产和森林遭到破坏。它还会通过损害水生生物(即海洋食物链的一部分)来影响整个海洋生物群,因为它们会使食物链中上层部分的鱼类减少。

目前世界上公认,排放到大气中的一些含氯人造化合物是导致臭氧减少的主要原因。这些化合物主要包括 CFCS 和哈龙(灭火剂),CFCS 长期被用作制冷剂、溶剂和发泡剂。这两种化学品都具有稳定的化学结构,但进入大气层以后,由于强烈的紫外线破坏了它们的稳定结构而分解出氯,而氯又会作为催化剂使臭氧分解,成为臭氧层的杀手。而这些化学物质寿命很长,氟利昂 11 ($R11$)在大气中可存在 60 年,氟利昂 12 ($R12$)在大气中的存在时间平均达 120 年,氟利昂 113 ($R113$)在大气中的存在时间平均为 90 年。因此,一旦排出这些化学物质,人类将面临长期的臭氧减少的威胁。

在发现大气臭氧层被含氯和含溴的卤代烃类物质破坏之前,全世界的电冰箱几乎都使用氯二氟甲烷(CF_2Cl_2)等作为制冷剂。该制冷剂的性能优异,沸点适中,被广泛应用于电冰箱等制冷领域,为人类的生活,服务了半个多世纪。然而 20 世纪 70 年代,科学家们发现大气中的氟里昂(CFCS)会严重污染环境,破坏地球高空中的臭氧层。粗看起来,似乎高空臭氧层与人们生活无关,可是臭氧层保护了地球上的生命不受过多的宇宙紫外线的辐射,臭氧的减少就会造成白内障、皮肤癌发病率的增高,另外,氟利昂能够反射来自地球表面的辐射,它的这种反射辐射能的能力,比之大气层中所含的能够反射辐射能的气体,如二氧化碳和甲烷等气体要高出许多倍,加剧了温室效应,为此,电冰箱制冷剂的无氟替代技术研究便提上了日程,并于 1987 年国际上签订了蒙特利尔公约,将氟利昂列为首批禁用物质,我国政府许下了到 2005 年停止有氟电冰箱生产和销售的承诺,同时宣布实行环境标志认证,经过认证的产品也就是达到了绿色环保标准,目前绿色环保新型电冰箱采用了一些 CFC 的替代品,其中有美国杜邦(DuPont)公司推出的制冷剂 HFC-134a 和发泡剂 HCFC-141b,这两种替代产品也是氟利昂的一种,只是 HFC 对臭氧层不会造成破坏,而 HCFC 比 CFC 对臭氧层的破坏力也小得多,有人称这种采用 HFC-134a 制冷剂的绿色环保电冰箱为“无氟电冰箱”,实际上是一种不正确的说法,国内新飞牌、美菱牌电冰箱就是使用的 HFC-134a 制冷剂,科龙和海尔牌电冰箱采用的是异丁烷 HC-500a($R600a$)制冷剂。

六、新式电冰箱控制系统

随着社会经济的发展,消费者对电冰箱的功能已不再满足于一般简单的冷藏冷冻,而是要

求电冰箱增加或增强功能。自从模糊控制技术的出现,才真正实现了从传统控制到现代人工智能控制的飞跃。目前采用人工智能控制的电冰箱已经上市,如日本三菱电机公司推出的MR-V33 J/V35 模糊控制电冰箱,我国推出的上菱BCD-418 W 智能化电冰箱、容声(科龙)BCD255W 和BCD-348W/H 电冰箱、海尔金王子微笑系列电冰箱等。使用时,只要按人工智能键,电冰箱便进入全自动运行状态,通过感温探头感应及中央处理系统进行数字处理,控制电冰箱全自动运行,省心省力,真正做到了模拟人脑的神经网络,进行学习、记忆、组织、适应及处理的能力。

采用模糊控制技术的电冰箱具有温度控制、智能除霜、故障自诊断等功能,同时还具有控制精度高、性能可靠、省电等优点,是电冰箱发展的主要方向。

在日常生产和生活中,许多被控对象难以建立精确的数学模型,因此经典的控制理论难于应用,这就需要发展新的控制技术。模糊控制技术就是为满足这一需要而产生的,模糊控制的优势在于:

- (1)它不需知道被控对象或过程的数学模型,即不需要建立精确的数学模型。
- (2)对于不确定性系统,如随时间变化的系统和非线性系统,能有效地进行控制。
- (3)对被控对象和过程有较强的健壮性。健壮性是指参数变化和受干扰时仍能保持控制效果的性能。

模糊控制不需要建立数学模型,而是以自然语言描述控制模式,即以if(若)—then(则)规则的集合来描述。这些规则的建立涉及有多少影响因素就有多少语言变量,每个语言变量有哪几个语言值,以及每个语言值所对应的隶属函数是什么,最后才是这些规则的综合。这是模糊控制应用的关键。

模糊控制是以规则库和推理算法为基础的。模糊推理的小前提中“ A_1, \dots, A_n ”也是模糊集,但是在实际控制中,由传感装置检测得到的是精确量而不是模糊量。这些精确量要变成模糊量才能进行推理,这个过程叫做模糊化。此外,模糊推理出来的结果也是模糊集,它是无法实际执行的。传输到操作系统进行执行的也是精确量。因此,要将推理结果的模糊集转换成精确量,这个过程叫做精确化,也被称作去模糊或反模糊。

实现模糊控制,或者说开发模糊控制装置和模糊控制器,其核心技术是用计算机来实现模糊规则的存储和模糊推理的运算。目前,以通用单片机加模糊控制软件的方法开发模糊控制装置是最基本的办法,家用电器的模糊控制也是如此。为了使这一开发过程更加简单,不少单片机生产厂家还生产了各种模糊控制软件开发工具。这些开发工具一般都有一个友好的人机界面,用户可以方便地输入语言变量,确定对应的隶属函数,建立控制规则,修改和编辑规则库。同时,这种工具软件还提供了模糊化、精确化和推理算法的各种方法以供用户选择。它们一般还可将用户建立的模糊控制全部软件转换成某一特定的单片机汇编代码,以便于写入单片机。这类工具大多还有一个计算控制面,也就是模拟输入、输出关系的算法,以使用户判断开发出的模糊控制器是否能满足预定的要求。

一个完整的模糊控制器,当然还需有其他相应的电器来满足相应的功能,如A/D、D/A 转换等。此外,传感装置常用来检测被控对象的状态,进行模糊控制的输入,更是必不可少的部分。对于不同的被控对象,必须有一套可靠的传感装置。

目前,模糊控制与传统的PID控制和人工智能专家系统相结合,形成了功能更灵活、控制

效果更好的控制系统。此外,与神经网络结合,特别是将人工神经网络的学习功能和模糊推理结合起来,形成了具有在线自学功能的模糊控制器,使开发出的模糊控制器能适应被控对象变化的状况或自动学习使用者的经验,改善控制效果。目前,还可与遗传算法相结合,形成了新的发展方向。

家用电冰箱一般包括冷冻室和冷藏室,冷冻室温度一般为 $-6\sim-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,冷藏室温度为 $0\sim10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。显然,电冰箱的主要作用是通过保持箱内食品的最佳温度达到食品保鲜的目的。但电冰箱内的温度要受诸如存放物品的初始温度、散热特性及其热容量、物品的充满率及开门的频繁程度等因素影响。电冰箱内的温度分布极不均匀,数学模型难以建立,只有采用模糊控制技术,才能达到最佳的控制效果。

为了适应家用电冰箱向大容量、多功能、多门体、多通道风冷式结构的方向发展,达到高精度、智能化控制的目的,一些新型电冰箱采用了智能化温度控制技术和除霜控制技术。温度控制就是要根据电冰箱内存放食物的温度和热容量,控制压缩机的开停、风速和风速和风门开启度等,使食物达到最佳保存状况。这就需要使用传感器来检测环境温度和各室温度,并运用模糊推理来确定食物温度和热容量。智能除霜就是根据霜层厚度,选择在门开启次数最少的时间段,即温度变化率最小时快速除霜,这样对食物的影响较小,有益于保鲜。这就要运用模糊推理来确定霜层厚度并考虑箱门开启状况,经模糊推理确定除霜指令。另外,该系统还具有故障自诊断及运行状态的显示等功能。

该系统采用高性能的8位87C552单片机为控制器,传感器采用热敏电阻,主要有冷冻室、冷藏室、冰温室及环境温度等传感器。门体检测电路采用多个状态开关共用一根输入线,通过输入线状态变化和箱内温度变化来确定是冷冻室门打开还是冷藏室门打开。显示电路由LED显示和数码显示两部分组成。LED显示电冰箱运行状态,数码显示则为维修人员全面检查电冰箱故障提供了有力的手段。压缩机断电时间检测克服了传统的只要控制主板上断电,无论压缩机是否已延迟3 min,都需要再延迟3 min后才能启动压缩机的缺陷,实现了无论是压缩机自动停机还是强制断电停机,只要压缩机停电时间超过3 min,就可以启动压缩机。

跨入21世纪以后,我们展望信息时代的未来,已经预感电冰箱技术正在实现网络化。包含规范家庭综合服务体系(HIS)、实时家庭操作平台(HOP)智能集散控制系统(ICS)的计算机网络电冰箱技术已进入实用阶段。人们可通过广域网获取家庭之外的各种服务,如上网查询资料、信息、发电子邮件、网上看电影、网上购物等。能通过各种传感器来自动传递水、电、煤气的读数,以方便网络交费;能通过局域网对家庭内网络化设备进行实时智能控制,如家庭保安监视报警系统、电子门禁系统、家用电器、娱乐设施、家庭的温度分区控制、房间灯光协调控制等,并能确保用户在不同地点实现对家庭设备的控制。同时在网上厂家服务器可对上网的每一台智能化电冰箱,自动进行包括诊断和维护的远程实时监控。

小结

(1)电冰箱的分类方式有按用途分类、按冷却方式分类、按箱门分类、按星级分类、按气候

带分类、按容积分类、按放置方式分类、按制冷方式分类等。

(2)电冰箱的结构包括箱体结构和制冷系统、电路控制等组成部分,直接影响电冰箱的耗电量、外观、使用寿命以及使用性能。箱体是用来隔热保温的,由外箱、内胆、箱门和绝热层组成,箱内空间一般分成冷藏和冷冻两个部分。内外均匀填充绝热材料。制冷系统的作用是将箱内的热量转移到箱外环境空气中去,使箱内温度降低,以达到冷藏、冷冻食物的目的。电气控制系统是用于保证制冷系统按照不同的使用要求自动、安全地工作,将箱内温度控制在一定范围内,以达到冷藏、冷冻的需要。附件是为完善和适应冷藏和冷冻的不同要求而设置的。

(3)家用电冰箱的制冷系统,主要由压缩机、蒸发器、冷凝器和毛细管等关键部件组成,其中充注有一定量的制冷剂,制冷剂经历压缩→冷凝→节流→蒸发→压缩的循环完成从电冰箱内部吸热传送到外界,从而达到制冷的过程。在电冰箱的制冷系统中,充注有一定量的制冷剂。制冷剂在压缩机、冷凝器和蒸发器作用下从气态变为液态,再从液态变为气态。只要压缩机在运转,这种转化状态就始终不断地重复进行。在这些变化中,温度和压力有时升高,有时下降。非常重要的一点是,制冷剂从制冷系统的某一固定部位(蒸发器)吸取热量,而在另一部位(冷凝器)将热量加以散发。这样,制冷剂在制冷系统中起到将(蒸发器中)热量吸收、运送和传递给外界环境(与冷凝器相接触的空气)的作用从而产生制冷效果。

(4)电冰箱的电气控制系统由电冰箱的压缩机电动机启动和保护系统、温度自动控制系统和除霜控制系统等组成。电冰箱通过其控制系统来保证在各种使用条件下安全可靠地正常运行。将上述各种控制线路连接起来,就构成了各种电冰箱电路,概括起来主要分为直冷式电冰箱电路、间冷式电冰箱电路和电子温控式电冰箱电路。

(5)家用电冰柜也称家用冰柜。它与电冰箱有所不同,只能用于冷冻不能冷藏,冷冻箱内温度在 $-18\sim-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之内,容积在 $80\sim 370\text{ L}$ 之间,采用全封闭式压缩机的单级压缩制冷方式,具有耗电省,制冷速度快,坚固耐用等特点。除单独使用外也可与电冰箱配套使用。

(6)各种新技术可归结为食品储藏新技术、节能省电新技术、冷冻冷藏转换式新技术、电冰箱箱体制造新工艺、新式电冰箱控制系统以及绿色无氟环保等方面。

实训项目

实训项目一:双门直冷式电冰箱控制电路的组装与测试

实训目的:掌握双门直冷式电冰箱控制电路的组成,了解并熟悉电路中各元器件的相互关系和连接方法;掌握电冰箱电路系统的测试方法,学会正确判断电冰箱电路系统的工作状态。

实训设备及工具:双门直冷式电冰箱、三接头温度控制器、重锤式启动继电器、碟形过电流过热保护器、节电开关和电加热器、连接导线、接点叉片、组合工具、万用表、电烙铁、焊锡、照明灯及其开关。

实训项目二:电冰箱温控器的调整

实训目的:熟悉温度控制器的结构、工作原理和控温性能,能根据温控器的控温性能和故

障现象进行正确调整。

实训设备及工具：电冰箱、温度计、组合工具、螺丝刀、万用表、钳形电流表。

复习思考题

1. 简述电冰箱按用途的不同可分为哪几类，各有何特点。
2. 电冰箱内的容积可用哪两种方法来表示？
3. 电冰箱内胆常用的塑料材料有哪些？请简述其性能。
4. 简述箱门的组成。
5. 简述电冰箱制冷系统的制冷过程。
6. 简述单门双温直冷式电冰箱的制冷系统。
7. 阐述电冰箱电气控制系统的组成。
8. 目前市场上比较常见的电冰柜是哪一种？
9. 目前电冰箱的新技术主要有哪几种？

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球



第7章

电冰箱故障检测与维修



学习目标

- 掌握电冰箱常见的故障检查方法。
- 掌握制冷系统的检漏方法。
- 掌握控制电路系统元器件更换的方法。
- 判断冰箱故障点,并给予排除,培养实际维修能力。

电冰箱主要由箱体、制冷系统和控制电路系统组成,这些系统相互协调运作,有相互影响,任意一个系统的某一个部分出现问题,都会影响电冰箱的正常工作,从而对人们生活造成影响。本章我们主要从电冰箱的箱体、制冷系统和控制电路系统三个系统入手来学习电冰箱的检测与维修。

第1节 电冰箱的常见故障现象及检测方法

电冰箱在维修过程中,首先应根据故障现象,对制冷系统进行全面分析和判断,准确的判断是确保维修质量提高工效的基础。从某种意义上讲,故障的判断更重要于对故障本身的维修。电冰箱故障主要就是电气控制系统和制冷系统两方面的故障,当然箱体结构也会出现故障。但在实际维修中,往往内外故障要综合起来分析,电气故障经常表现为制冷系统的不正常。因此在分析故障时,应全面考虑、综合分析。

一、检查电冰箱故障的方法

要知道电冰箱是否有故障,首先应判断电冰箱正常工作的标志是什么,所以电冰箱故障的判断应分为两部分,即非故障的判断和故障判断。

1. 正常运行标志的判断

判断电冰箱工作情况是否正常,简单易行的基本方法是“一看、二摸、三听”,下面以双门直冷式电冰箱在 32 ℃ 环境温度下工作为例,介绍判断经验。

电冰箱接通电源后,就可以听到电冰箱后部发出轻微“咯”的一声,这是启动器触点闭合的声音,随之压缩机启动、运转。在正常运转约 30 min 后,整个制冷系统进入稳定运行状态,此时压缩机外壳的温度可达 85 ℃ 左右,手摸时应有烫手的感觉;冷凝器进口处(距压缩机排气口 15 cm 处)温度可达 60 ℃ 左右,此处有较烫手的感觉;在冷凝器的出口处(即干燥过滤器前 15 cm 处)温度为 35 ℃ 左右,手摸此处时有略高于室温的感觉。顺着冷凝器的走向,用手摸各段

的管路,应有较均匀的温度递减差。如装有防露管,则手摸箱门框四周时应有略高于室温的感觉。打开冷冻室门,应有冷气逸出,蒸发器上结有一层均匀的薄霜,用手指蘸一点儿水去摸蒸发器,手指有被黏的感觉,耳朵靠近蒸发器可听到蒸发器内有“嘶嘶”的气流声或类似的流水声,由此可判定电冰箱的制冷系统工作情况良好。

将电冰箱温控器旋钮调到中间点或说明书所要求的位置,然后关闭箱门。待电冰箱工作一段时间后,箱内温度下降到温控器所控制的温度点时,使温控器触点断开,切断电源,压缩机停止工作,完成一次制冷循环。一旦受环境温度的影响,箱内温度会随时间而缓慢回升,当升高到温控器所控制的温度点时,温控器触点闭合,接通电源,压缩机启动、运转,又开始下一次制冷循环。在完成制冷循环的过程中,压缩机的开、停时间受温控器设定温度值的控制,停机时间一般稍大于开机时间(电冰箱刚开始使用或一次性放入较多食品的情况除外)。停机时间越长,开机时间越短,则箱体保温性能和门密封性越好,压缩机制冷量大,制冷速度快,制冷效率也就越高。

双门直冷式电冰箱正常工作时,冷藏室温度应保持在 $0\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 内,冷冻室温度一般应在 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下。

2. 电冰箱故障的检测方法

在确定存在故障的电冰箱,对制冷系统的检查通常采用一问、二看、三摸、四听的方法,对电冰箱故障点作出初步判断,而对电气控制系统则采用仪器仪表测量的方法进行检查判断。

(1)问。问的目的在于:其一,澄清电冰箱的故障现象,是否由于误操作而使电冰箱出现非故障性的假故障现象,例如在炎热的夏季,温控器调节得太低,使电冰箱工作时间过长或长时间不停机等。其二,了解故障电冰箱所在使用地的使用环境,以便查清故障原因,例如当地的电压是否稳定,是否经常停电(特别是停电后在不到 3 min 内又给电)。其三,了解用户的使用是否规范合理。其四,了解近期电冰箱的工作使用情况,以判断电冰箱的故障性质,例如电冰箱不制冷现象,是逐渐形成的还是瞬间形成的,等等。

(2)看。根据电冰箱正常运行的标志,看制冷系统中蒸发器是否有均匀的结霜,结霜是否呈周期性等,以便判断是否由系统内的冰堵或其他原因所致。电冰箱运转 30 min 后,还未结霜,说明制冷系统可能出现了微漏,使得制冷能力下降。

看制冷管道是否有渗漏,仔细检查电冰箱各裸露部位的制冷管道,特别是各焊接口处是否有油渍现象,如果有油渍说明有漏点。同时注意冷冻室的蒸发器有无损伤,因为作为人工除霜的直冷电冰箱,在除霜时,有可能将蒸发器管道(铝制)碰破而产生制冷剂泄漏现象。

看电冰箱冷藏室达到 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,冷冻室是否已达到星级所规定的温度值,如果达到,则说明冷冻室的冷冻速度正常。

(3)摸。主要是用手触摸制冷系统的各段管道,以判断其温度是否达到要求。手摸压缩机应有烫手感觉,但不能触摸后,有反射性回缩,此时说明压缩机温度过高;如果温度过低,说明压缩机的阀片可能损坏。温度过高或过低都说明压缩机有故障,应及时修复。

手摸压缩机的吸、排气管路。在夏季吸气管应发凉,管壁有时有霜水,冬季则应冰凉;在夏季手摸排气管应有烫手感,而冬季则应很热。

手摸冷凝器时应有长时间能承受的热感,否则可能会有故障;手摸干燥过滤器时应有一定的微热感,如果明显低于环境温度或结霜,说明内部有脏堵;用沾水的手摸直冷式电冰箱冷冻

室的蒸发器表面(电冰箱制冷工作状态时),应有被黏住的感觉,说明蒸发器工作正常。

(4)听。首先听压缩机的工作情况是否正常。接通电源后,压缩机内部应有微弱的电动机响声,说明电动机工作正常;若听到内部有“嗡嗡”的声音,则说明电动机没有启动,应立即关掉电源。注意听压缩机内部是否有异响,若有异响说明压缩机内部有故障。若听到压缩机内部有“吱吱”的流水声,则说明压缩机内高压气体窜入机壳;若听到压缩机内部有“嗒嗒”的异常声音,则说明压缩机内部运动部件有损坏;如果压缩机在运行过程中发出“当当”的撞击声,说明压缩机壳内的吊簧松脱或折断,造成压缩机倾斜运转,使得机座与外壳内壁发生撞击。

听制冷系统内冷凝器、毛细管、蒸发器中的声音,如果听到流水声则表明制冷系统内有堵塞。

3. 电冰箱故障的仪表检测

通过对电冰箱的上述检查后,若要进一步对故障作出判断,则需要用相关的测量仪器进行检查,一般是检查电气控制系统。

首先用兆欧表检测电冰箱电气系统绝缘电阻是否达到要求(应大于 $2\text{ M}\Omega$),若不满足此数值,应对压缩机电动机、温度控制器、启动器等进一步检查,确定电气系统是否有漏电点。

然后再用万用表检测压缩机电动机启动绕组和运行绕组阻值是否正常,并检查启动器、温度控制器、风扇电动机、化霜加热器、化霜定时器及双金属化霜温控器是否正常。

二、检查电冰箱故障的步骤

学习了电冰箱的检查方法后,电冰箱的检查步骤根据其制冷方式不同有两种:间冷式电冰箱故障检查步骤如图 7.1 所示,直冷式电冰箱故障检查步骤如图 7.2 所示。

三、电冰箱常见的故障现象

电冰箱常见的故障有以下几种:

1. 电冰箱不启动

(1) 外界原因。

1) 电源熔断丝烧断,插头、插座接触不良或接线脱落。

2) 电源电压过低。

3) 温度控制器调节旋钮置于“停”的位置。

4) 间冷式冰箱的时间继电器处于化霜位置。

(2) 电冰箱电路原因。

1) 照明灯不亮,电源线有故障。

2) 照明灯亮,启动元件与压缩机接触不良或损坏。

(3) 温度控制器感温剂泄漏,触点不闭合。

(4) 启动电容断路或短路。

(5) 热保护器损坏。

(6) 启动继电器损坏。

(7) 电动机绕组断路。

(8) 压缩机抱轴或卡缸。

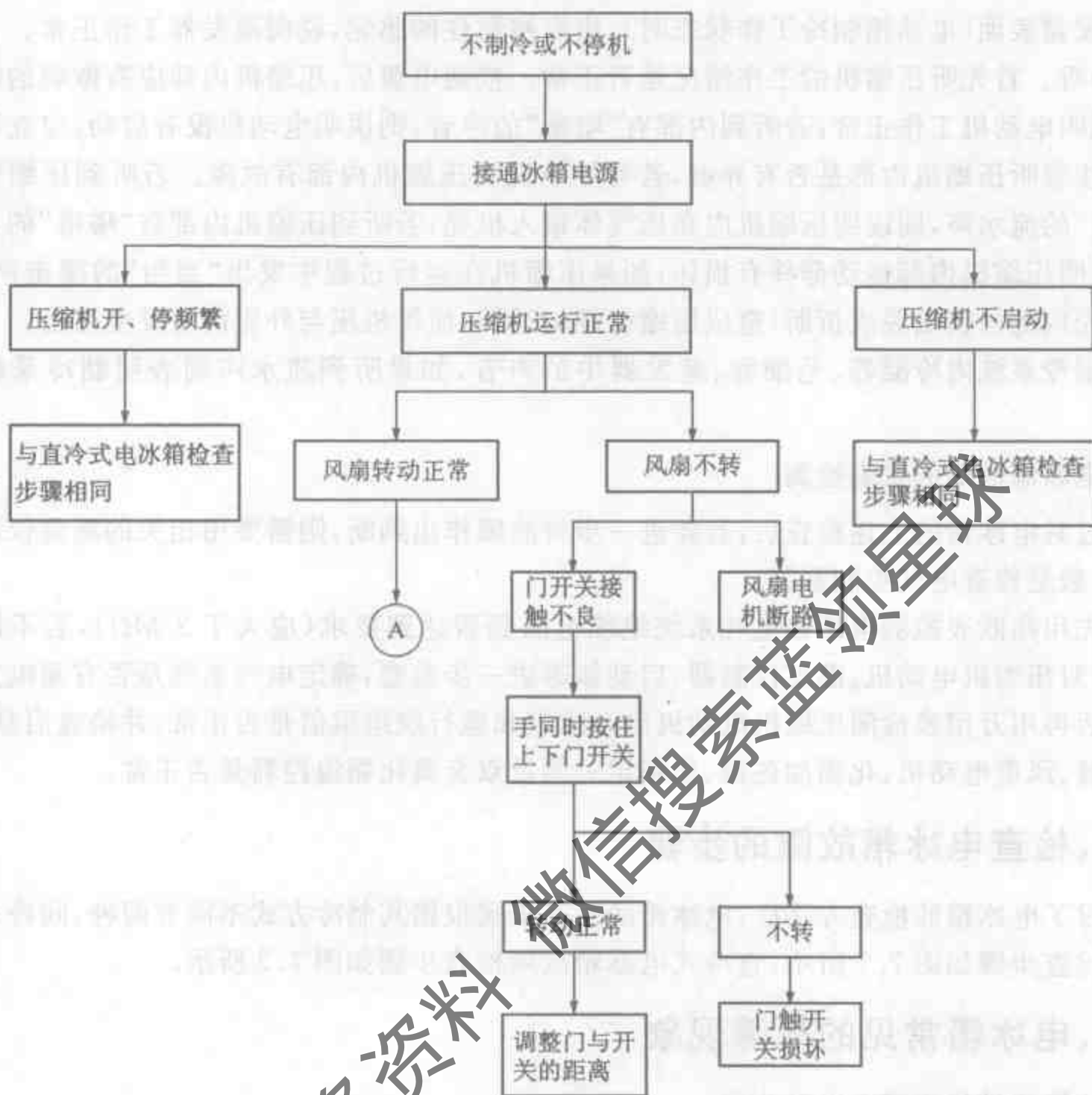


图 7.1 间冷式电冰箱故障检查步骤

2. 压缩机启动后不能正常运行

(1) 压缩机运转电流过大, 使热保护器跳开。

1) 压缩机电机绕组匝间短路。

2) 压缩机电机漏电。

3) 压缩机机械摩擦阻力过大。

(2) 电源电压波动过大, 时高时低。

(3) 热负荷过大, 压缩机长时间运转温升过高, 使热保护器跳开。

(4) 启动器、热保护器与压缩机功率不匹配。

(5) 温控器感温管位置不当。

3. 电冰箱运转而不制冷

(1) 制冷剂严重缺少。

(2) 毛细管或干燥过滤器堵塞。

(3) 压缩机排气能力下降。



图 7.1 间冷式电冰箱故障检测步骤(续)

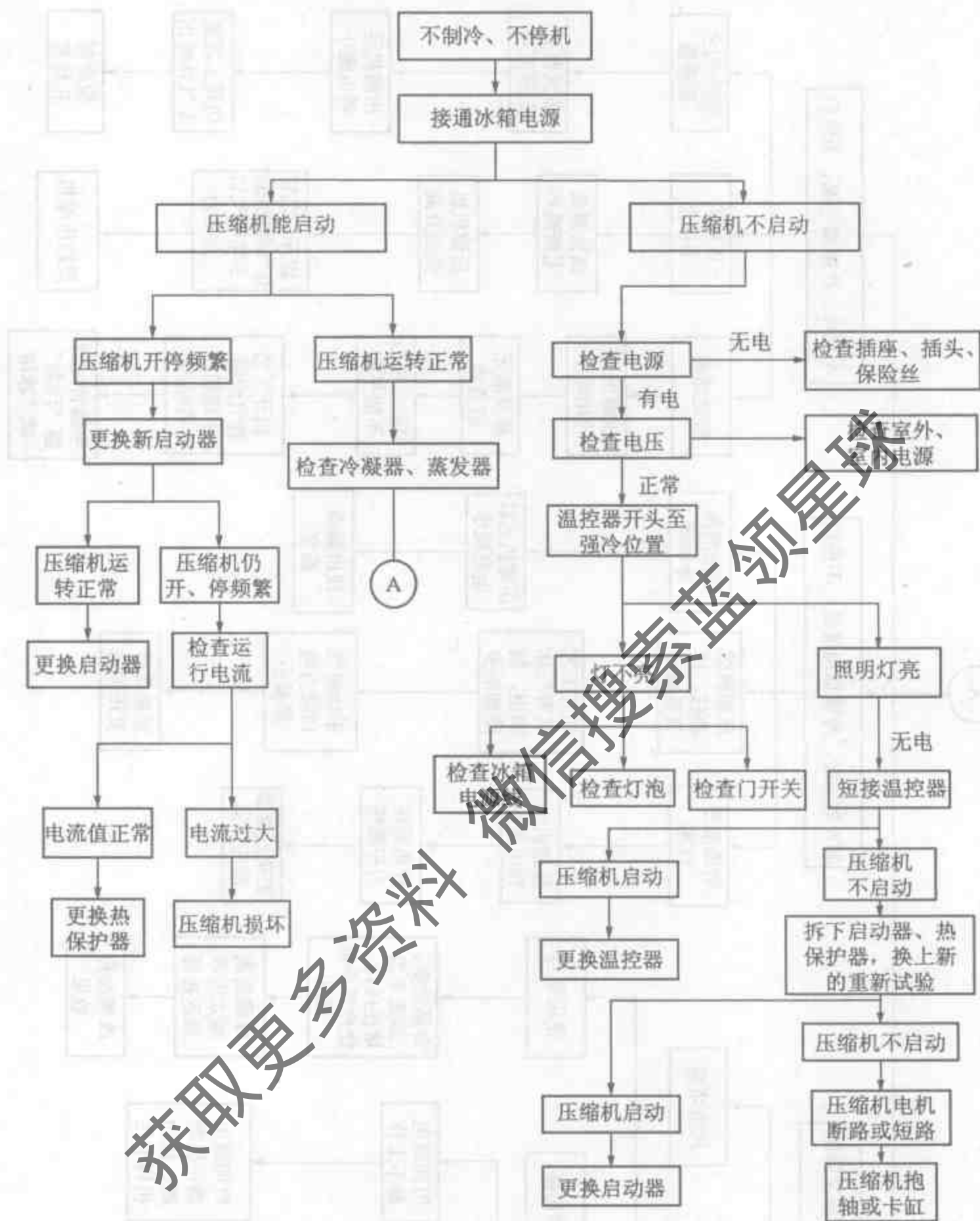


图 7.2 直冷式电冰箱故障检查步骤

(4) 间冷式冰箱风扇电机不转, 风道堵塞。

(5) 间冷式电冰箱除霜系统失灵, 结霜过厚堵塞风道。

4. 电冰箱内温度偏高

(1) 使用不当, 如食品存入量过多、温控器旋钮置于弱冷、靠近热源、结霜太厚等。

(2) 制冷剂减少。

(3) 充注制冷剂过多。

(4) 门封关闭不严。

(5) 间冷式电冰箱风门调节不当或失灵。



图 7.2 直冷式电冰箱故障检修步骤(续)

- (6) 制冷循环系统不畅。
- (7) 压缩机排气效率降低。
- (8) 系统中含空气量过多。

5. 电冰箱内温度过低而不停机

- (1) 温控器旋钮位置不当,置于强冷或速冻。
- (2) 温控器触点粘连或动作失灵。
- (3) 温控器控温范围漂移。
- (4) 温控器感温管装夹件松脱。
- (5) 电路接错。

四、电冰箱修复后的检测

家用冰箱完成后,在交还用户之前应做各种检查,判断维修效果,并对其使用寿命作出实际而科学的分析。

1. 工作电流分析

压缩机的功率为确定值。制冷系统维修后,压缩机的工作状态应调整到合理范围。压缩机工作电流变大,如 125 W 压缩机工作电流达 1 A 以上,可能的原因是氟利昂充注量过多、压缩机的电机性能变差或是由于压缩机机械传动阻力增大。这样的压缩机使用寿命较短。压缩机工作电流偏小,则是氟利昂充注量不足、高压管道不畅或毛细管阻力增大等原因造成的。因此,当压缩机正常稳定运转、冷冻室温度为 -15°C 时,压缩机实际工作电流不应超过额定工作电流的 115%。超过这个偏差值应对冰箱重新修理和调整。

2. 吸气压力和排气压力分析

压缩机吸气压力与排气压力之比,称为压缩机的压缩比。压缩机的压缩比一般不超过 1:8。压缩机的吸气压力也就是蒸发压力,当蒸发压力调整在 0.02~0.06 MPa(蒸发温度为 $-26\sim-18^{\circ}\text{C}$),那么排气压力便可计算出来,如当吸气压力为 0.02 MPa,压缩比按 1:8 计算,排气压力应为 0.16 MPa。

维修冰箱过程中,吸气压力与排气压力同时用压力表监测,由两个压力值推算出压缩机的压缩比,从而判断压缩机的工作状态是否正常。假如压缩比超过 1:8,压缩机的排气效率将明显下降。因此由吸气压力和排气压力及压缩机的压缩比这三个基本数据,可判断冰箱的工作状态及效果。

3. 冷凝器温度

压缩机的排气口与冷凝器连接处的温度应为冷凝温度加上环境温度。冷凝器的尾部与干燥过滤器相连接处的温度应为环境温度。用手触摸冷凝器的初端至末端,温度应逐渐降低而且冷凝器的整体应该温热。用手实际感受的温度与上述要求温度相比较,可判断冰箱工作效果。

冷凝器初端温度偏高,干燥过滤器的温度也高时,说明制冷剂充注量偏多,冷凝不充分。冷凝器初端温度偏高,而冷凝器只有一部分温热,干燥过滤器前边的一段冷凝管变为室温时,则是制冷系统内空气含量多,或是压缩机的效率低下等原因造成的。当冷凝器初端温度不高,

冷凝器前边一部分冷凝管温热,后边一段不热而为室温时,则是制冷系统中氟利昂不足。

电冰箱压缩机排气温度过高的主要原因可归纳为:

- (1)系统中含有空气或不凝性气体过量,系统抽真空时真空度不够高。
- (2)制冷剂充注量太多,流体制冷剂占有冷凝器的容积过大,使换热面积减少。
- (3)压缩机的压缩比大,使压缩机排气阻力增大,气缸热损失变大,功率消耗增加。
- (4)冷凝器散热效果不良,污垢积累太多或通风不好,周围环境有热源等。
- (5)压缩机阀门关闭不严或存有内部泄漏。
- (6)制冷剂不足,过热度增大。吸气管温度升高,经压缩后温度也升高。

4. 压缩机吸气管温度

压缩机的吸气温度是指制冷剂在吸气阀处的温度。为防止产生“液击”,要求吸入的蒸气应为过热蒸气,即比蒸发温度要高,这个差值叫做过热度,过热度一般控制在 5°C 。

吸气温度与吸气管道的保温效果有关,也与吸气管道与毛细管的连接形式,即热交换效果有关。电冰箱压缩机的吸气温度应低于 15°C ,在吸气管处的温度应在 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 之间,从经验的角度讲,吸气管处不应出现结霜现象,允许凝结露珠。

电冰箱出现吸气温度过高故障的主要原因如下:

- (1)系统中制冷剂不足;
- (2)毛细管或干燥过滤器不畅;
- (3)压缩机机壳内高压高温气体回流至低压;
- (4)吸气管道过长;热负荷过大等。

第2节 电冰箱箱体故障分析与检修

电冰箱使用很长时间后,由于自身结构老化或人为的碰撞,电冰箱箱体结构受到损害,从而影响到电冰箱的正常工作,给人们生活带来麻烦。常见的箱体故障有箱门的错位、门封的失效、内胆的裂纹和箱内照灯等故障。

一、箱门的错位

电冰箱的箱门会因运输、长期使用等原因而产生错位,应给予调整。下面我们介绍箱门的各种不正常现象、原因及其调整方法。

表 7.1 箱门的各种不正常现象、原因及其调整方法

不正常现象	原因	其调整方法
上门向左下方倾斜	上铰链向左侧偏移,故应向右侧调整	1. 取下固定顶部面板(装饰板)前框上的自攻螺钉; 2. 把顶部面板前框向自己方向拉出并取下; 3. 把固定上铰链的螺钉松开,将上铰链向右边移动
下门向左下方倾斜	下铰链向右侧偏移,故应向左侧调整	1. 电冰箱向后倾斜,露出下铰链的螺钉; 2. 松开3只螺钉,把下铰链向左侧移动
上门向左下方倾斜, 下门向左上方倾斜	中铰链向右侧偏移,故应向左侧调整	打开下门,松开用以固定中铰链的两个螺钉,然后向左侧移动

续表

不正常现象	原因	其调整方法
门关闭不严	门垫中央部分受低温影响,故关闭不严密	1. 用电吹风在有间隙的门封处加热,加热温度不宜太高以免门封熔化; 2. 用手拉出凹进部分,使其稳定; 3. 恢复密封状态后,静放 10~20 min
门封角落出现间隙	门封中央部分伸长,以致门封角落出现间隙	为了增高间隙处门封角高度,可填塞海绵或软胶带
下门左下脚有间隙	门面由于扭曲不平而产生间隙	1. 把固定下门垫的自攻螺钉放松 1~2 圈; 2. 扭正门面直到门缝消除; 3. 把自攻螺钉放回原处并扭紧

二、门封的失效

电冰箱使用很长时间后,它的磁性门封条容易出现老化变形、起褶、粘连、翘起等毛病,造成箱门关闭不严、隔热不好、压缩机长时间工作而不停机等故障。

检查门封密封性除了采用前述用薄纸检查的方法外,还可用漏光检查法。具体做法是:切断电冰箱电源,准备一到两只手电筒,打亮后头朝内放入箱内,然后关闭箱门。白天最好遮掉房间内光线,晚上应关掉房间内灯光。双眼沿门封四周仔细观察,以不漏光为合格。若有漏光现象,可用圆珠笔在门封胶条上标出漏光位置。

对于箱门关闭不严的故障,在修理时可根据不同情况采用不同方法予以修理解决。当粘连时,应将门封条清洗干净,然后涂上一层滑石粉(痱子粉亦可)即可。当门封条起褶或翘起时,可关好箱门用电吹风机在门封起褶或翘起变形的地方来回晃动对其加热直到门封条变软,然后用塑料薄板压紧变形处,使门封条与箱体贴严贴紧。待自然冷却到环境温度后,再拿开塑料薄板即可。如果磁性门封条的局部有凹陷,可把门封条翻起,用十字螺丝刀将固定门封条的螺丝拆下,使故障部位的门封从门壳上脱离开,然后在门封条凹陷位置垫上合适的薄胶片,再固定好螺钉,可使门封条恢复平整。有的门封条四周密封不好,可用同样方法拆开,然后填进适量的海绵状软物质即可。若采用以上方法仍不见效,说明门封条已经老化到无法使用的地步,则应更换新的磁性门封条。

三、内胆的裂纹

目前电冰箱的内胆大都采用 ABS 塑料制作,虽然耐热性好,硬度强,耐冲击好,绝缘性能好,并可进行金属电镀和喷漆,但耐老化性能差,一旦与冰醋酸或某些植物油接触,就容易老化,出现裂纹。下面介绍一种简便的修补方法。

先准备 ABS 碎料少许、化学试剂氯仿(三氯甲烷)或丙酮一小瓶、小玻璃瓶两个(有瓶盖)、蓬头毛笔一支、砂布一小块、剪刀一把。然后将 ABS 边角料剪成碎块后放入玻璃瓶,再加入氯仿,使其浸没碎片。放置一天后,ABS 碎料充分溶解成浆糊状。如太稀,可再加入适量碎料。这就是补内胆用的“胶水”。另外用一只玻璃瓶装氯仿,专供洗去毛笔上“胶水”用,还可用来在

补丁上罩光。

修补时,先用砂布在裂缝部位轻轻打磨,去除污迹,再在内胆裂口的两端各打个小洞,以防止修补裂口延长。用钢锯片或锋利的刀片刮裂口的两边,使缝隙增大,成“V”字形,如图 7.3 所示。用毛笔蘸取“胶水”涂在破裂部位,过数分钟待“胶水”干后再涂第二遍。这样多次涂补,胶层干得透,强度较好。在裂口补胶略高于周围后,将不平整的地方用砂纸磨平。最后用洗净的毛笔蘸取氯仿涂在补过的部位,使表面光亮。如果内胆破损面积较大或有一个洞,则可剪一块比破洞稍大一点儿的 ABS 薄片,用氯仿当胶水,在接触面上均匀地涂上后迅速黏合,待黏牢后再用砂纸打磨。然后在补丁边沿补上“胶水”,以弥合和遮盖接缝。

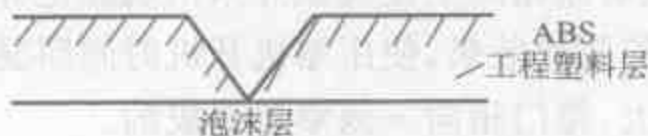


图 7.3 内胆修复示意图

这里须注意的是:第一,所用剪刀的刀口如已生锈,应磨亮后再用,否则补好的 ABS 会由于铁离子的存在而发黄;其次,氯仿不能接触电冰箱里的保温材料——发泡聚氨酯,以免发生化学作用而产生大量气体,将补上去的 ABS 吹出泡来,造成修补失败。用这种方法补的内胆,“胶水”同内胆融为一体,两者热膨胀系数相同,不易再次破裂。

四、照明灯的故障

电冰箱照明灯出现的最普遍故障有两种:

1. 灯泡损坏

可取下灯泡观察或用万用表检查灯丝是否断开,若灯泡已坏,则更换新灯泡即可。

2. 照明灯开关损坏

可拆下照明灯开关盒,将电源线与开关断开,用万用表测量开关,若开关处在接通位置,它的直流电阻值为无穷大,可能是开关触点积碳或接触不良。可用一把小螺丝刀将开关的顶盖撬开,用小镊子夹住通断片的接触片,左右转动把接触片从空隙处取出,这时可看到一个小弹簧,用镊子轻轻拨动使它会自动伸出。用手把这个小弹簧稍拉长一点儿来增加弹簧的弹力,促使触点接触良好。若触点已积碳,则可用细砂纸轻轻打磨后,再重新装好即可。如果灯开关损坏严重,已无法修复,则应更换新的照明灯开关。

五、检修实例

1. 箱门下沉、歪斜的检修

故障现象:一台单门电冰箱箱门不正,从电冰箱的正面看,靠门把手的一侧下沉。另一台双门电冰箱箱门边与门框四周的结合面偏斜、不平行。

故障原因:箱门下沉、门歪斜是由门铰链位置不正引起的。

故障排除:对于单门电冰箱,将箱门打开,把上门轴和下门轴的固定板紧固螺钉按反时针方向旋松,调整固定板的位置,使门的方位端正,然后将固定螺钉旋紧。

对于双门电冰箱,固定螺钉分上、中、下三组,上面的一组螺钉是用来调整上门位置的,中、下两组螺钉是用以调整下门位置的。上门下沉、歪斜时,先将电冰箱后上方边框上的三个螺钉

取下来,然后将电冰箱顶盖的装饰板向后拉出,便见到一条胶带(有的电冰箱没有胶带)。将胶带揭开,就会看到固定上门用的螺钉。反时针方向旋松螺钉,将上门调整到合适的位置,再将固定螺钉旋紧。下门歪斜时,将中、下两组螺钉按反时针方向旋松。把下门调整到合适位置后,旋紧固定螺钉,把装饰板盖好即可。

2. 门轴与轴孔间的间隙增大而引起箱门密封不好的检修

故障现象:一台电冰箱原来运转时开机与停机时间相当,近来开机时间延长(约 20 min),而停机时间明显缩短(约 4 min)。

故障原因:经检查发现,该电冰箱除上述现象外未出现其他异常情况。仔细检查发现箱门有漏缝,这会严重影响冷藏室的制冷效果,使压缩机开机时间明显延长。漏缝是由于门轴与轴套磨损,使它们之间的间隙增大,箱门稍向一侧倾斜造成的。

故障排除:门轴与轴套磨损后,可以更换新轴,也可以修理。修理时可用铜片垫嵌在轴套中。必要时还可将门轴固定板上的螺钉松开,重新校正门边与门框四周的平行度。把箱门移动到合适位置后,再把门轴固定板与箱体连接螺钉旋紧。

3. 门密封胶条变形的检修

故障现象:一台 BCD-175 型电冰箱使用多年后,潮湿天气时箱门四周常有凝露出现,门密封胶条与箱体局部明显不贴合,蒸发器结霜太快,制冷效果下降。

故障原因:经检查发现,这台使用多年的电冰箱磁性门密封胶条已老化变硬,失去弹性,个别地方已有裂缝,致使箱内冷气外逸,箱门四周温度低于空气露点,所以出现凝露现象。

故障排除:可采用以下三种方法。

(1) 更换门密封胶条。对于这种情况,门密封胶条应全部更换。在拆去旧的门密封胶条之前,应先将磁条抽出,让其吸在箱体上以免碰坏、折断。旋下将门密封胶条紧固在箱门上的螺钉,取下整个门密封胶条。从市场上买回的新门密封胶条由于捆扎等原因局部弯曲不平,如不经整形处理而换上,效果不好。这时可准备一盆 60℃ 左右的热水,将待装的新门密封胶条置于水中四五分钟后捞出,然后用手捏住两端将其拉直,等其自然冷却后放在平整的地方。如一次不能校直,可反复几次,直至门密封胶条变直为止。

将门密封胶条按箱门尺寸用刀片割成四段,各段端部割成 45°角,然后装到箱门上。在装磁条时,要在箱体上试验一下磁条两面吸力的大小,有的磁条两面吸力是不一样的,吸力强的一面应朝向箱体。将磁条装入胶条后,在胶条四个角的 45°接缝处用电烙铁加热,使其熔合。电烙铁温度不宜过高,以免胶条过分熔化而不能熔合。熔合后用刀片修整接缝,使其平整,确保胶条与箱体的密封性。

(2) 用衬垫法纠正门密封胶条的变形。如果电冰箱箱门门密封胶条变形区域较大,可用衬垫法纠正。操作时,先确定漏光的位置和大小以及漏光的严重程度等情况,然后将干净的泡沫塑料等弹性柔软物,按照门密封胶条的漏光区域的形状,剪成合适的长度。用手轻轻掀开漏光部分门密封胶条的翻边,将剪好的衬垫物慢慢放入门密封胶条翻边与箱门之间的夹缝中。放垫物时注意放平,不能放得太厚,应边放边观察漏光情况,直至漏光刚好消失为止。

采用衬垫法修整门密封胶条的密封性时,应视门密封胶条变形的程度和密封性恢复的情况决定衬垫的时间,一般至少数月,个别变形较严重的要求永久衬垫下去。经过衬垫后,箱门密封性得以恢复,凝露消失。

(3)用加热整形法修整门密封胶条的变形。如果电冰箱门密封胶条局部变形区域较小,可用加热整形的办法来修整。操作时,用600~800 W电吹风机对准门密封胶条起褶部位往返加热。当门密封胶条温度升高变软时,停止加热。然后用小刀或其他扁平金属片压住门密封胶条起褶部位,使其与箱体紧贴,待门密封胶条自然冷却后,拿开小刀,门密封胶条便能与箱体紧密贴合在一起。门密封胶条密封不严时也可用电吹风机靠近门密封胶条吹,并轻轻用手拉,边吹边拉,直至门密封胶条与箱门密封为止。经过上述方法处理后,门密封胶条的密封性得到改善,故障排除,电冰箱工作正常。

4. 门密封胶条与箱体接触面粘连的检修

故障现象:一台双门直冷式电冰箱使用一段时间后,尤其在夏季与梅雨季节,开门很费力,甚至把门密封胶条拉出固定槽。

故障原因:箱体与箱门上的门密封胶条的接触面上有很多形状不规则的小孔隙。夏季或梅雨季节空气很潮湿,湿空气在孔隙中形成凝露。箱门关上时,凝露将孔隙中的空气排出,形成负压。这就像在两块平板玻璃中间加上水,然后合在一起,不易分开一样。加上门密封胶条原有的磁力以及夏季高温环境中胶条产生的粘合力,所以在打开电冰箱时就会感到很费力。

故障排除:用软布擦去箱体与箱门接触平面上的凝露,并在接触平面上略敷一层滑石粉(痱子粉亦可),箱门即可正常开启。

第3节 电冰箱制冷系统故障分析与检修

电冰箱常见故障一般为制冷系统和电气控制系统两部分,而这两部分的故障有时是有联系的,在分析时应综合考虑,准确判断。这一节我们从制冷系统的故障进行分析,当制冷系统出现故障后,其表现形式为电冰箱的制冷能力降低,或根本不制冷、压缩机工作不止等。

制冷系统主要有压缩机、冷凝器、干燥过滤器、毛细管和蒸发器所组成,下面我们就制冷系统的组成部件逐一分析。

制冷能力降低或不制冷,当电冰箱运转正常,但制冷能力下降,随着时间的推移,最终变为电冰箱不制冷。制冷量不足的表现:冷凝温度和压力下降、冷凝器前半部分温热、后半部分为室温;蒸发压力和温度降低、蒸发器前半部分结霜而后半部分无霜;压缩机的运行电流、震动和噪声均减小;电冰箱不停机或运转时间过长。

一、压缩机的故障分析及检修

1. 压缩机故障分析

压缩机不从电冰箱上拆下来的可直接进行下列检查。

(1)压缩机工作时,机壳内有“嘶嘶”声,但停机时没有,冷凝器不热,说明高压S管破裂。如果听到的是很大的金属撞击声或“突突”声,但当电冰箱向某一方向倾斜时,声音能减轻或消失,说明其中有一只吊簧脱落或吊簧断了。

(2)在电冰箱插头、温控器、启动继电器、过载保护继电器等部件都正常的情况下(电压也正常),通电后电冰箱不启动或只“嗡嗡”响而不启动,就说明压缩机组有故障。断电后用万用

表 $R \times 1$ 挡分别测量压缩机的三个接线柱间的电阻。如果阻值为无穷大,则说明机组内的接线柱脱落或线圈烧毁而发生断路;如果阻值比正常值小得多,则说明机组内的线圈短路;若只“嗡嗡”响而不启动,则说明机组内供油系统管路不畅通或缺油,导致活塞和气缸体之间发生干摩擦而产生高温。时间稍长,活塞与气缸产生“吱吱”的响声,将活塞卡在气缸内而不能转动,所以机组无法启动运转。

(3)若接线柱上有油迹,将其擦干后又出现新的油迹,则说明接线柱有漏气。

(4)放净制冷剂,在加液管上焊接一只三通检修阀,将制冷系统抽真空后,加等量制冷剂,使压缩机连续运转 1 h 左右。如果低压一直保持在 0.1 MPa 以上,低压吸气管不挂霜,冷凝器温度比正常时低,且在放掉一些制冷剂,使低压降到表压力 0.05 MPa 左右时,蒸发器不完全结霜,说明压缩机排气效率下降。

(5)在检修电冰箱时,有时会遇到这样的故障现象:通电后压缩机没有正常启动,仔细听时可听到压缩机有“嗡嗡”声,热保护器在很短的时间内就动作。一段时间后热保护器复位,接通电压机电源,很快再次动作。如此反复,压缩机均不能启动。检查电气控制系统后发现,除热保护器动作外其他均正常。再检查压缩,发现也正常。由此可以判断压缩机发生了抱轴或卡缸故障。

若想进一步确定压缩机故障,可将压缩机从电冰箱上卸下,进行下列检查。

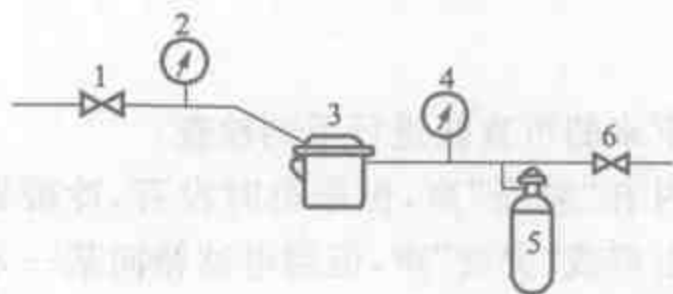
(1)让压缩机运转,同时将高压排气口按住,低压吸气管通大气,这时有下列三种情况:

1)高压排气量很小甚至没有,说明高压气缸盖纸垫击穿、气缸体纸垫击穿或高低压阀片击碎;

2)高压排气不足,说明压缩机效率较差;

3)没有高压排气,但能听到“嘶嘶”声,如果“嘶嘶”声较响,且停机后还有几秒钟的延续,说明高压缓冲 S 管与机壳连接处断了。如果“嘶嘶”声较轻,但停机后就消失,说明高压缓冲 S 管与出气帽连接处断裂或出气帽垫被冲破而漏气。

(2)如图 7.4 所示,将压缩机移到测试台上,将放气阀打开,并将压缩机接线柱插在压缩机插座上。在测试前需将压缩机冷冻油内混杂的 R12 清除干净,否则会影响测试精度。测试时,将开关打开,让压缩机运转,如果电压不到 AC 220 V,则需调节调压器使电压达到 AC 220 V,然后切断电源,将放气阀关闭,低压吸气管与大气相通。记下时间后,再次让压缩机运转。运转 65 s 后,压力为零,高压要求达到 1.176 MPa 即为合格。再使压缩机停止运转 3 min,压力下降幅度不得大于 0.05 MPa。若下降幅度大于 0.05 MPa,说明在高压端中(如高压阀片、气缸体压紧螺栓、出气帽和纸垫等)有漏气。高压保持在 1.17 MPa,当电压下降到 187 V 时,压缩机能正常启动。



1—进气阀 2—真空泵 3—待测压缩机 4—压力表 5—压力容器 6—放气阀

图 7.4 管路连接图

2. 压缩机非开壳维修

发生了抱轴、卡缸故障后,不能轻易地进行开壳维修,也不能武断地直接更换压缩机,这时可应用下述方法进行非开壳修理。

(1)敲击法。具体做法是:拔下电源插头,将一块垫板(木质或塑料均可)放在压缩机顶盖上,然后用小锤(用木锤或橡皮锤更好)从中心向四周逐圈敲打。顶盖敲过之后,再将垫板移在压缩机外壳四周的中下部位,继续用小锤敲动。注意,敲时用力要适当,不可过重。同时,注意不要损伤压缩机进气管和排气管。一般经这样处理之后,一通电压压缩机即可启动。若仍不启动的话,再将上述过程重复一两次即可。

电冰箱的这种抱轴故障就是因压缩机运转件缺乏润滑油而引起的。

(2)浸润法。当电冰箱使用的是小型压缩机时,如果只是因为久置不用而无法启动,用上述敲击法处理后也不能恢复工作,则可将压缩机从电冰箱上取下,将三个管口堵住,然后把它倒置 24 h 以上,让润滑油将机件浸泡透后再进行敲击处理,一般即可排除故障。

(3)烘烤法。将压缩机拆下后放入烘箱,温度保持在 110°C , 2h 。该法对因油路不畅或因机械死点造成的抱轴故障都能排除。

(4)串联交流电容器法。可在启动绕组中串联一个 $75\sim 100\ \mu\text{F}/300\ \text{V}$ 以上的交流电容器,并提高电源电压,其目的是增大电动机的转动力矩,如图 7.5 所示。具体操作方法是:先插上电源插头,将电源电压调到 AC220 V,闭合 SA_1 , 后再快速按下 SA_2 , 看压缩机是否启动。如不启动,5 min 后将电压逐渐调高再试。每次调高 $5\sim 10\ \text{V}$, 切勿一次调得过高。经过这样处理后,一般的抱轴、卡缸故障均可得到排除。

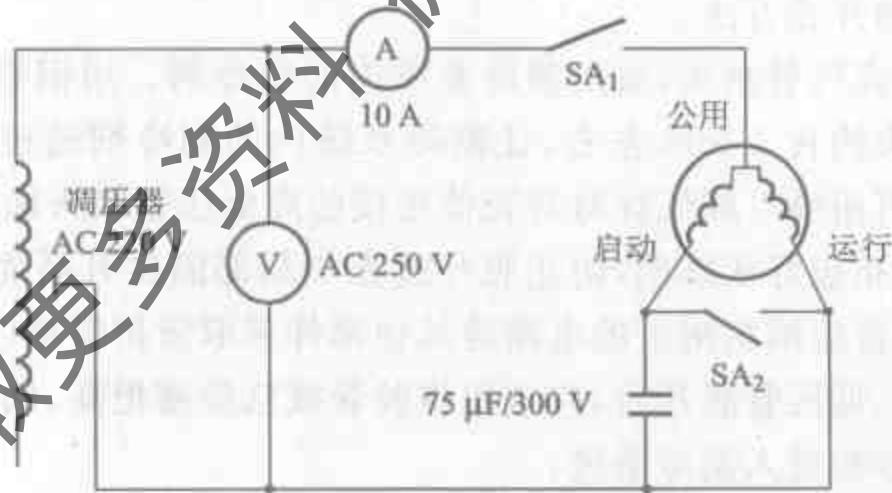


图 7.5 启动绕组中串联一个 $75\sim 100\ \mu\text{F}/300\ \text{V}$ 以上交流电容器示意图

(5)电冰箱单相电动机改双相电机法。这种方法是在第 4 种方法无法排除故障的前提下使用的。由图 7.6 可见,副绕组在通电时产生两相合成的旋转磁场,负载电流降低,转矩增大,功率因数提高。经使用这种方法后,压缩机抱轴或卡缸故障能得到排除。



图 7.6 单相电机改为双相电机示意图

(6)高压强行启动法。这种方法是在第 4 和第 5 两种方法均无法奏效的情况下使用的。

其具体操作方法如下:如图 7.7 所示,将导线分别连接电动机的 S、C、M 端,然后将其接入三相电路中,再将闸刀开关 SA 合上,让其通电 10~15 s,接着停 2 min,连续做三次。然后调换 C 和 M 端接线,按上述方法通电三次。这样做的目的是使主机换向转动。因为电动机绕组大多采用 QF 等级高强度漆包线(至少要用 QE 等级高强度漆包线),具有很好的绝缘性和耐压性,所以利用这种方法完全可以达到目的。

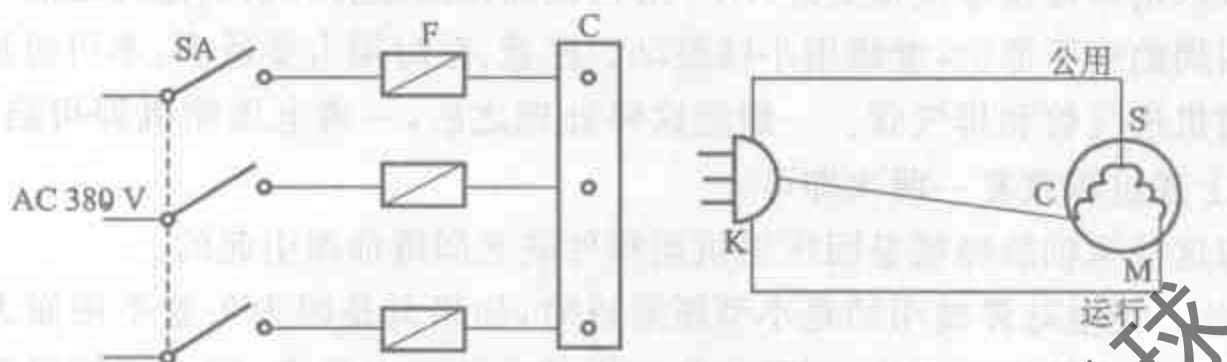


图 7.7 高压强行启动法操作示意图

这种方法的特点是:增加电流,增强转动力矩。因而启动主机的功率很高,这样电冰箱压缩机抱轴或卡缸的故障均可得到满意解决。

对于采用上述方法处理后仍无法恢复运转的压缩机,只有进行开壳维修,或直接更换同型号的压缩机。

3. 压缩机开壳维修

全封闭式压缩机一旦出现故障,需切开外壳后才能进行内部的修理。下面介绍开壳与封壳的方法。

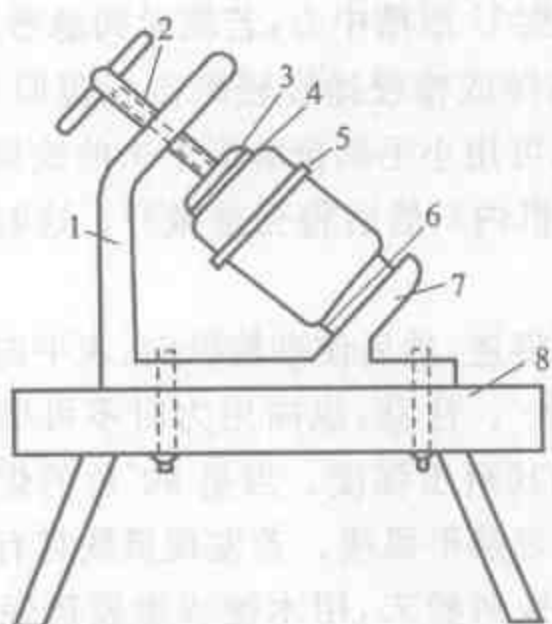
(1) 全封闭压缩机的开壳方法。

1) 切开压缩机上的充气管封头,放出制冷系统内的制冷剂。用钢锯或割刀在充气管封口处割开一个小口,孔径大约在 1 mm 左右,让制冷系统内的制冷剂通过这个小口慢慢向外泄出。待制冷剂泄完后,可用喷灯或气焊对与壳体连接的高低压管接头加热,使管子与压缩机脱开。在此之前应先用湿布包好压缩机,防止脱开过程中局部温度升高而使压缩机中的电动机线包被高温烤坏。还要对压缩机附近的电路等其他部件采取防护措施以防止火焰喷射到其上面而烧坏。压缩机与高低压管脱开后,应该用橡胶管或软胶塞把高、低压管管口塞紧,防止湿空气和空气中的尘土、沙粒进入制冷系统。

2) 把固定压缩机的地脚脚栓卸下并放好,然后取下压缩机。这时应准备一个瓶子,将压缩机倒置,把吸气管口对准瓶子,将压缩机、内部的润滑油倒出,注意放出油量的多少,修复时应按照原放油量加油。

3) 将压缩机夹在特制的卡具工作台上,如图 7.8 所示。然后使用板锉将电焊口沿圆周锉平,再用钢锯沿焊口接缝锯开,也可以采用车床车开等其他方法。

4) 压缩机的外壳形式有多种,如图 7.9 所示。形式不同,开口位置也不同。虽然拆卸步骤一样,但开口方法也是各不相同的。图中的 1、2 开口位置均为对口焊接。可用钢锯开壳;3、4 分别为上插口和下插口,不能使用钢锯开壳,而应用专门工具将其打开,如图 7.10 所示。利用上、下两夹紧箍将钢壳夹紧,然后拧紧顶力螺栓,使钢壳受拉力而分开。但这种方法较费力。



1—弓形钢架 2—紧固丝杠 3—压盘 4—橡胶垫
5—压缩机焊口 6—托盘 7—托架 8—工作台

图 7.8 开启压缩机钢壳工作参照台

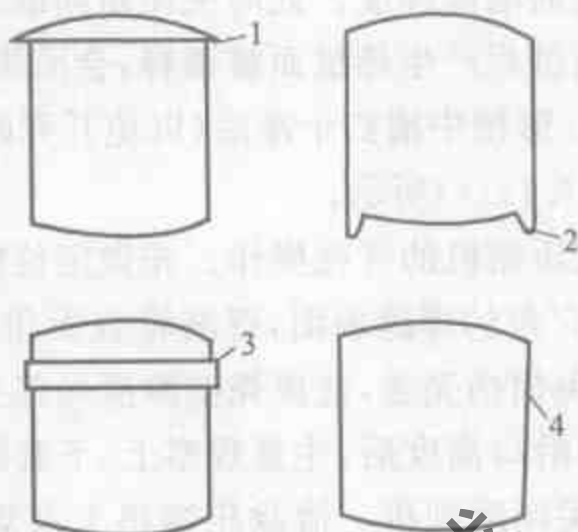
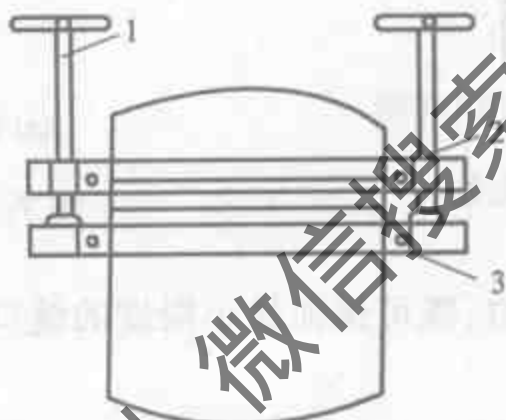


图 7.9 几种不同形式压缩机外壳的开口位置



1—顶力螺 2—上夹紧箍 3—下夹紧箍

图 7.10 利用拉力拆卸插口式压缩机钢壳参考图

利用电动工具开启压缩机钢壳。图 7.11 所示为 SIMJ-100 角向磨光机，它的额定电压为 220 V，功率为 370 W，转速为 10 000 r/min。开壳的原理是利用电动机带动砂轮高速旋转，以此来磨削硬度很强的材质。使用起来比较方便，也较省时省力，对不同的压缩机剖壳方法如下。

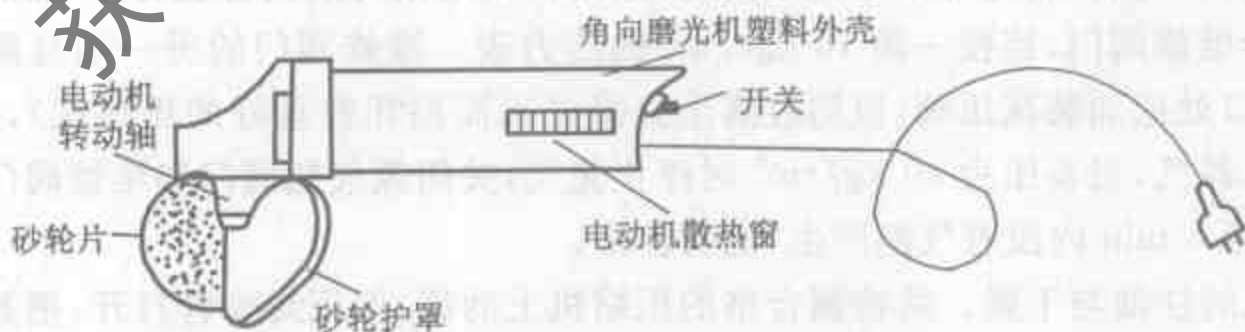


图 7.11 SIMJ-100 角向磨光机

对焊式压缩机的开壳操作。把将要开壳的压缩机放在工作台上，然后固定好。打开角向磨光机电源开关，对焊缝垂直磨削一道痕迹，作为定位标记。然后使砂轮侧面徐徐靠近焊缝表面，进行磨削，即可把突出部分的焊流铁质磨平，如图 7.12(a)、(b)所示。再移至压缩机对焊位置的翻边外沿，将角向磨光机水平端稳，使砂轮厚度沿面沿上、下两翻边接合中心进行开槽磨削。注意用力要均匀，不可用力过大（因砂轮的安全速度在 80 r/s 以下）。当压缩机上、下

翻边接合部的端面呈现的 U 形槽渐渐加深时,随时观察 U 形槽中心,若能看到隐形黑线,证明已达到合适的磨削深度。此时关闭角向磨光机并用木锤或橡胶锤轻轻敲击壳盖四周,机内润滑油因磨削过程产生热量而被稀释,会沿黑线处浸出,可用小毛刷把磨削下来的铁屑粉末从压缩机上及 U 形槽中清扫干净后(以免开壳时铁屑落入机内),然后将壳盖掀开。这时开壳工作完成,见图 7.12(c)所示。

套焊式压缩机的开壳操作。先做定位标记的垂直痕迹,然后使砂轮纵向、水平向下的同时受力于呈 45° 角的焊缝表面,逐渐将表面角度磨削成 90° 。注意,纵向用力时不可磨削压缩机的壳材,以免损伤壳盖,造成壳壁厚度局部变薄而影响其耐压强度。当呈 90° 角的焊料逐渐降低至接口的沿口高度后,注意观察上、下套缝间是否出现隐形黑线。若发现黑线且有润滑油浸出时,即可关闭磨削机。清除压缩机上及焊缝周边的铁屑粉末,用木锤或橡胶锤轻轻敲击四周,壳盖即能慢慢拔出。套焊式压缩机焊缝角度可参见图 7.13 所示。



图 7.12 对焊式压缩机的接口位置



图 7.13 套焊式压缩机焊口接缝

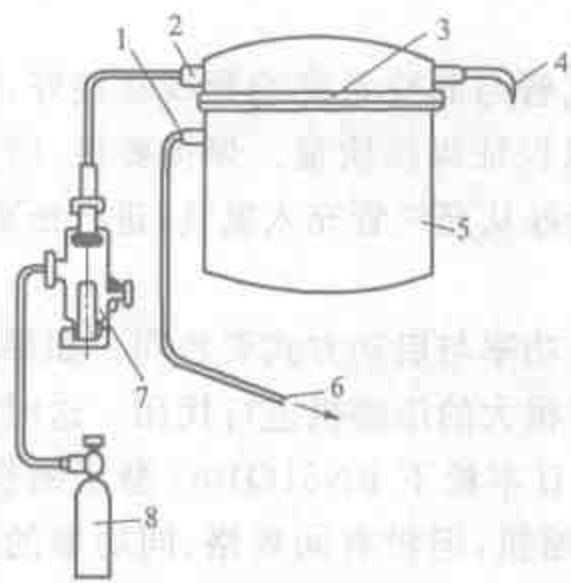
利用角向磨光机开壳的压缩机焊口,既可保证最小程度的缝口间隙,又可以有效地防止再次焊接时焊渣进入壳体内。

(2)全封闭式压缩机的封壳方法。压缩机在封壳前,先将机壳内的三个悬吊弹簧挂好,然后再倒入润滑油进行试机。确认没有问题后,再用冲子把固定压点砸紧,把润滑油倒出,准备封壳焊接。

1)压缩机的封壳。采用气体保护焊焊接,如图 7.14 所示。这种方法叫做二氧化碳保护焊,可避免压缩机因高温在内部产生氧化物。焊接时采用电弧焊,电流要大,时间要短,质量要高,焊缝应有一定的机械强度,无泄漏现象。

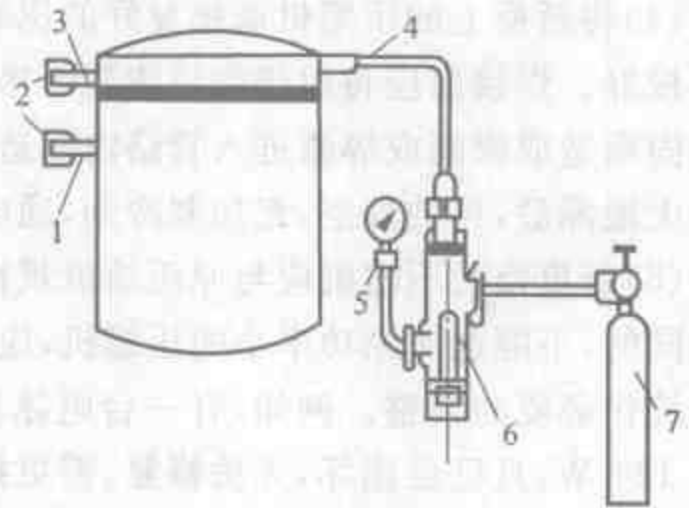
2)压缩机的检漏。将封好的压缩机高、低压出口用略粗的紫铜管套封住,然后在充气修理管上焊接一个维修阀门,连接一块 16 kg/cm^2 的压力表。维修阀门的另一端与氮气钢瓶连接(氮气钢瓶出口处应加装减压阀,以防过高压直接进入而损坏修理好的压缩机),如图 7.15 所示。然后充入氮气,当表压为 10 kg/cm^2 时停止充气,关闭氮气瓶阀门和维修阀门。再把压缩机放入水中,若 5 min 内没有气泡产生,说明合格。

3)压缩机的注油与干燥。将检漏合格的压缩机上的高、低压封套管打开,把氮气放掉。再使一根连接管与压缩机的排气管相连,并与真空泵连接。另用一根连接管一头连接压缩机的吸气管口,另一头放在盛有定量新润滑油的油瓶内,启动真空泵。利用真空泵对压缩机抽空,润滑油被吸入压缩机,如图 7.16 所示。采用这种方法比较安全,不会因压缩机无油运转而损坏部件。压缩机注油后,将其放入烤箱内烘烤、干燥。烤箱内的烘烤温度不超过 110°C ,烘烤时间为 2 h。待其自然降温到 50°C 时,再往压缩机内充入 1.5 kg/cm^2 表压的氮气,以保证干燥效果。然后从箱内取出,为制冷系统的连接做好准备工作。



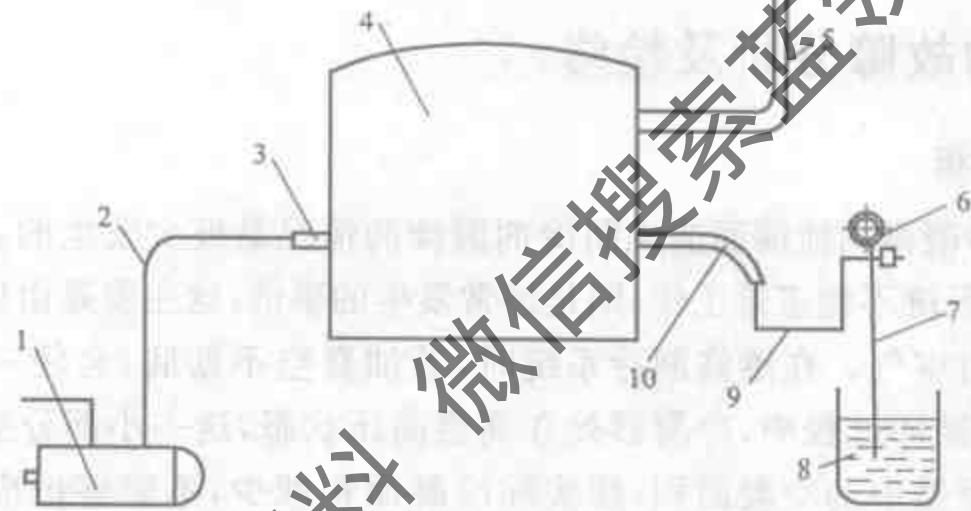
1—排气管口 2—吸气管口 3—焊接部位
4—充气用管口 5—压缩机 6—氮气排出口
7—修理阀 8—氮气钢瓶

图 7.14 二氧化碳保护焊示意图



1—排气管口 2—套封粗铜管 3—吸气管口
4—充气管口 5—压力表 6—修理阀
7—氮气钢瓶

图 7.15 压缩机充气检漏示意图



1—真空泵 2—真空软管 3—排气管 4—压缩机 5—吸气管
6—修理阀压力表 7—连接软管 8—冷冻油瓶 9—连接管 10—充气管

图 7.16 利用真空泵对全封闭式压缩机加油示意图

4. 压缩机更换

当压缩机出现严重故障而无法修复时,就需更换新的压缩机,具体做法如下:

(1)割开原制冷系统中压缩机上的充气管,放出制冷剂。用气焊对原压缩机与高低压气管的连接口加热,使其烧熔、脱开,拆下压缩机上的4颗底脚螺栓后就可取下压缩机。

(2)当压缩热电动机烧坏时,会产生大量的酸性氧化物并存留在制冷系统内,容易造成脏堵,且容易毁坏新换上的压缩机,缩短压缩机使用寿命。为此在重新装压缩机之前,应对制冷系统进行必要的清洗。要用有一定压力的氮气从制冷系统的高压排气管端吹入,从制冷系统的低压吸气管排出,并将一张干净白纸或白布放在吸气管端口。直至吹出的气体在白纸或白布上不留污物时方为合格。同时应更换新的干燥过滤器。

(3)检查原压缩机底座的防震橡胶垫,如老化、变形或损坏,则应更换。将完好的防震橡胶垫放在压缩机的底座上,然后把新压缩机或修复的压缩机安装在压缩机底座上,适度拧紧安装固定螺栓,拧紧程度以噪声、震动较小为合格。如果螺栓拧得过紧或过松,都会造成电冰箱在工作中噪声和震动增大。在修理中遇到老式电冰箱时应注意,老式电冰箱的压缩机底脚一般采用弹簧减震,在运输时为了防止晃动可使螺栓压紧减震弹簧,所以维修时必须将螺栓完全松

开,使其自由晃动,进行减震,否则会加大噪声。

(4)将新换上的压缩机或修复好的压缩机高、低压气管与制冷系统的管线套接好,再用银焊焊接好。焊接前应将焊接部位清理干净,打磨光亮,以保证焊接质量。焊接要快,防止焊接不牢固而造成渗漏或焊渣进入管路内而造成堵塞。焊接好从充气管充入氮气,进行压力试验。确定无泄漏后,再抽真空,充加制冷剂,通电试运转。

(5)新更换的压缩机应与原压缩机规格相同,主要是功率与启动方式要相同。如果没有功率相同的,不能选比原功率小的压缩机,应选择比原功率稍大的压缩机进行代用。这时应对制冷系统作必要的调整。例如,有一台电冰箱的压缩机是日本松下 FN51Q10G 型压缩机,其功率为 124 W,且已经损坏,无法修复,需更换一台新的压缩机,但没有同规格、同功率的压缩机进行更换。这时可选用功率为 135 W 的压缩机进行代用。此时应对制冷系统中的毛细管进行更换、加长,以此来限制气流量,充加制冷剂时并要观察充气管上的压力和电冰箱中的温度,以此来控制制冷剂的充加量,使其达到更换新压缩机后的电冰箱所获得的要求。

上述方法也适用于修理好的制冷系统的重新安装。

二、冷凝器的故障分析及检修

1. 冷凝器故障分析

在正常情况下,冷凝器因泄漏而造成制冷剂漏掉的情况是极少发生的。但由于冷凝器工作条件的恶化而使制冷系统不能正常工作,则是经常发生的事情,这主要是由以下原因造成的:

(1)制冷系统中有空气。在维修制冷系统时,若抽真空不彻底,会使一小部分空气存留在制冷系统中。在制冷循环过程中,冷凝器处在高温高压状态,这一小部分空气在冷凝中成为不凝性气体,占据了冷凝器中的冷凝面积,使实际冷凝面积减少,不能够把应有的制冷剂气体冷凝成液体。这将使散热条件恶化,造成冷凝器中的压力和温度升高,使冷凝器的工作条件越来越差,最后导致蒸发器的吸热能力降低,压缩机的压缩比增大,排气温度增高,制冷能力下降,从而电冰箱箱内温度降不下来。

(2)冷凝器中的油垢太多。冷凝器内管壁制造粗糙,制冷系统运转一段时间后,少部分冷冻润滑油会随着压缩机的排气连同制冷剂气体一起进入冷凝器,在冷凝器坑凹部位存留下来,形成储油槽,使油垢在管壁上形成油垢,从而使冷凝器中的制冷剂气体与冷凝器盘管外的冷却空气的换热效果降低,造成冷凝压力和温度升高。

(3)冷凝器外表面的灰尘、油污太多。冷凝器外露在电冰箱箱体的后部,直接与空气接触,时间一长,冷凝器外表面就积满灰尘。或因电冰箱放置在有油烟的房间内,冷凝器外表面会积满油污,形成热阻,使冷凝器中的制冷剂气体与空气冷却介质不能很好地进行热交换,放不出应有的热量,从而造成冷凝压力和温度升高。

(4)充加制冷剂过多。在维修制冷系统时,由于没有把握好充加制冷剂的量,而充加得过多,多余的制冷剂存留在冷凝器内,占据了冷凝器内的空间,使冷凝面积减小,造成冷凝器散热效果差,压缩机的排气压力和温度升高,使制冷效果下降。

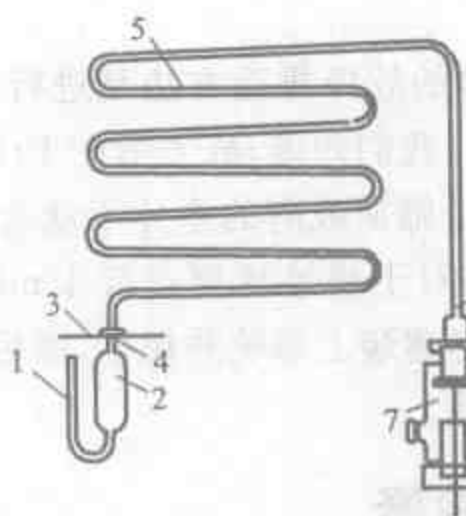
2. 对冷凝器检修

(1)电冰箱的放置位置要远离有油烟的房间,防止油烟落到冷凝器的散热片上。一旦发现冷凝器上落有油烟,应及时擦洗干净。

(2)经常清扫冷凝器散热片上的灰尘,防止形成灰尘热阻,以提高冷凝器的放热效率。

(3)维修制冷系统时,抽真空一定要彻底;充加制冷剂时一定要适量,不能过多。

(4)当冷凝器中的油垢过多时,先将压缩机上充气管口割开,放出制冷剂,再把冷凝器从与压缩机和干燥过滤器的连接位置上的接口分离,并用橡胶塞堵住压缩机的高压排气口和干燥过滤器的进口端。在冷凝器的进口端进行焊接,用连接管将其与氮气钢瓶连接好,然后用氮气吹洗冷凝器中的油垢,如图 7.17 所示。在冷凝器的出口端放一张干净的白纸,直至吹到白纸上的气体没有污点为止。



1—毛细管 2—干燥过滤器 3—干净白纸 4—橡胶塞 5—冷凝器
6—冷凝器的进气口 7—检修阀 8—氮气瓶

图 7.17 氮气吹洗冷凝器示意图

(5)当制冷系统中有空气时,应先放掉制冷系统中的制冷剂,再对制冷系统重新干燥、抽真空,必要时更换新的干燥过滤器。抽真空的方法可参照本书关于制冷系统的检漏、抽空、充加制冷剂等维修技术进行操作。

三、干燥过滤器的故障分析及检修

由于电冰箱制冷系统中的 R12 或 R22 制冷剂和冷冻油中都含有微量水分,如在修理时不更换干燥过滤器或干燥过滤器不经干燥就使用,容易产生冰堵故障。在没有新的干燥过滤器更换的情况下,对过滤器可采用迅速干燥的方法,其具体修理方法如下述。

1. 烘烤干燥过滤器

用焊枪将干燥过滤器与毛细管连接处的毛细管拆下,用酒精灯烘烤干燥过滤器,使分子筛得到活化,水分子从过滤器与毛细管接头处蒸发。水分完全蒸发后,焊接好毛细管与过滤器,对整个制冷系统加热,抽空到 133 Pa 的负压且经 12 h 无回升时,即可加定量制冷剂。

2. 改制干燥过滤器

有的旧电冰箱过滤器里面只有黄铜网,没有分子筛等干燥剂,故只能对制冷系统中的污物起一定的过滤作用,而无法吸收制冷系统中的水分。这种过滤器需更换或改制,具体方法如下:先利用钢锯将过滤器按图 7.18 (a)所示的方法,从中间锯开,接着按如图 7.18(b)所示那样,准备一段紫铜管,其长度为 25 mm,内径与过滤器外径相同,并用四氯化碳清洗干净。将其一端用 120~180 目铜丝网堵住,紫铜管里灌满 4 A 分子筛,然后将锯开的过滤器分别插入紫铜管的两端,分别用银焊焊好。在焊接的同时,对分子筛进行干燥。这样,干燥过滤器即改

制成功,如图 7.18 (c)所示。

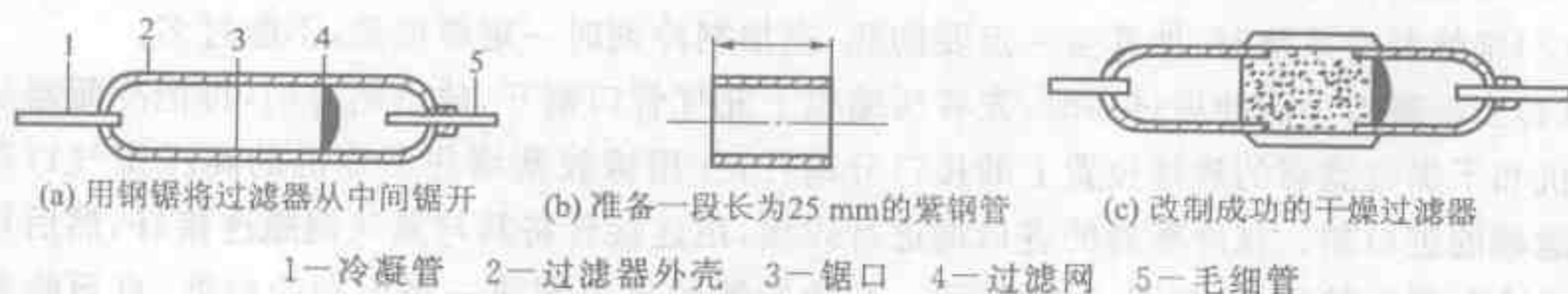


图 7.18 干燥过滤器的改制示意图

3. 干燥过滤器的再生利用

电冰箱制冷系统发生冰堵时,通常的故障排除方法是进行系统除水处理,同时更换过滤器。其实更换干燥过滤器是一种浪费。我们知道,分子筛在 $101\ 325\ \text{Pa}$ ($1\ \text{atm}$)下的再生温度为 $150\sim 300\ ^\circ\text{C}$ 。在这样的温度下,分子筛所吸附的水分子就会脱附。因此发生冰堵后可将过滤器脱焊取下,用 $\text{O}_2-\text{C}_2\text{H}_2$ 中性焰对干燥过滤器进行 $1\ \text{min}$ 时间的均匀加热,使水分脱附。待干燥过滤器稍微冷却后用钳子迅速装上系统并焊牢,然后以高压氮气进行系统排污、逐水,再用二次抽空法处理,冰堵即可消除。

四、毛细管的故障分析及检修

1. 毛细管的故障分析

毛细管最容易出现的故障是堵塞,堵塞往往造成制冷量下降,甚至不制冷。这是因为毛细管中制冷剂的流量是与电冰箱所需温度下的制冷系统中蒸发温度的产冷量互相适应的。对于一台电冰箱来说,其制冷系统是根据规定的使用温度,严格地注入一定量的制冷剂。毛细管的流量是按照电冰箱的使用温度已调定在一定的蒸发温度所需范围之内。如果毛细管不畅通,或者出现堵塞,对制冷剂的流动阻力增大,蒸发器中的压力随之降低,使压缩机排气量降低,产冷量下降,严重时则不制冷,引起电冰箱内的温度降不到原来所需的温度或者根本不降温。造成毛细管堵塞的原因主要是脏堵和冰堵。

脏堵也叫油堵,发生脏堵的主要原因有:充入的制冷剂不干净、有杂质;在维修中不慎将金属屑带进制冷系统;过滤器中的干燥剂质量差;毛细管在加工和安装中由于不细心,使毛细管局部内径变小。脏堵会使压缩机的吸气温度升高,吸气压力降低,同时使压缩机电机的温度超高,并会带来压缩机中的排气阀组烧黑以及电动机受损等不良现象。

冰堵常发生在毛细管的出口与蒸发器的结合部位。开始时制冷系统能正常工作,但随着制冷系统工作时间的延长,毛细管出口部位开始结冰,而且越结越大,进而造成堵塞,这种现象就是冰堵。一旦出现冰堵,说明制冷系统基本被污染。冰堵主要是由制冷系统中存留的水分引起的,水分主要来自如下几个方面:

- (1) 在维修制冷系统时,抽真空、干燥不彻底。
- (2) 在充加制冷剂时不慎将空气(空气中含有水分)带入制冷系统。
- (3) 制冷剂质量差,含有水分、杂质。
- (4) 制冷系统中的分子筛干燥过滤器失效。

过去曾用对制冷系统加甲醇的方法来降低系统内水分的冰点,以防止出现冰堵现象。但随着科学技术的发展,发现甲醇在制冷系统中对压缩机有腐蚀作用,会降低电动机的绝缘强

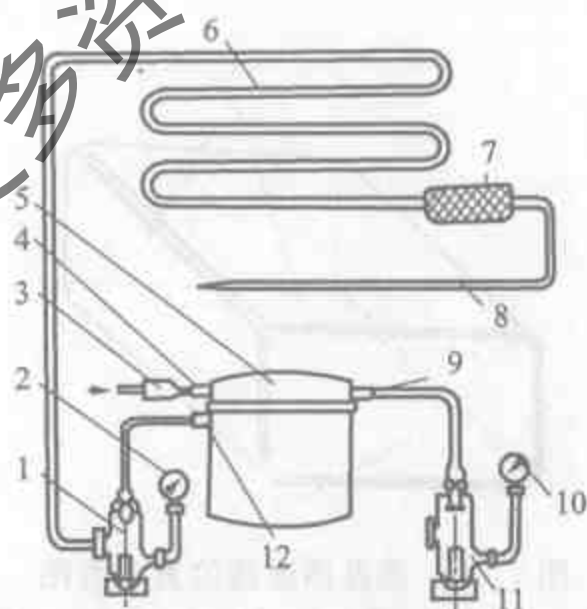
度,产生镀铜现象。水分存留在制冷系统中与甲醇作用会造成更坏的后果,缩短电冰箱压缩机的使用寿命,此种方法是不可采用的。

2. 毛细管的故障维修

(1)脏堵故障的维修。当电冰箱工作时,用手摸毛细管,手感到什么部位最凉,说明这个位置有堵塞。确定堵塞位置后,做好记号。然后割开压缩机上的充气管,放出制冷剂,再对毛细管与蒸发器和干燥过滤器的连接部位加温,取下毛细管后在毛细管的堵塞位置进行退火,使其变软。在退火过程中,将毛细管内的堵塞物烧化,再用氮气压力吹通。如此方法不见效果,应更换新的毛细管。

(2)冰堵故障的维修。当电冰箱工作时,若发现制冷系统出现冰堵,应切断电冰箱压缩机的电源,使其停止工作。当冰堵位置的冰还没有溶化时,及时把冰堵去掉,再迅速将管线连接好。但解决该问题的最好办法是放出制冷系统中的制冷剂,更换分子筛干燥过滤器,对制冷系统重新抽真空并充加制冷剂。必要时可对进入制冷系统中的制冷剂进行干燥、过滤后再加入制冷系统,以保证充注制冷剂的质量。

(3)更换新的毛细管。这时要做流量检测,毛细管的流量检测如图 7.19 所示。检测时,毛细管的出口先不要与蒸发器入口焊接,在压缩机高、低压进、出口处连接高、低压维修阀,并在高、低压维修阀的阀口连接高、低压压力表。充气管连接一个干燥过滤器并通大气。准备好后,接通电源,启动压缩机,从低压阀吸入过滤后的空气,直到低压维修阀上压力表所指示的压力与外界大气压力相等时,高压维修阀的压力表指针稳定在某个定值上。如果压力超过 $10\sim 12\text{ kg/cm}^2$,说明毛细管过长,可截去一段毛细管,直到合适为止。如果压力低于 $10\sim 12\text{ kg/cm}^2$,说明新换的毛细管不够长,应重新换一根长的并重新测定。直到流量合适后,再将毛细管与蒸发器的进口管连接起来。



1—高压修理阀 2—高压压力表 3—修理用干燥过滤器 4—吸气管口 5—压缩机
6—冷凝器 7—系统干燥过滤器 8—毛细管 9—充气管口 10—低压压力表
11—低压修理阀 12—排气管口

图 7.19 检测毛细管流量示意图

五、蒸发器的故障分析及检修

1. 蒸发器的故障分析

目前蒸发器出现的故障主要是泄漏,它是由三个方面的因素造成的。

(1)电冰箱在长期使用中,由于储存物品中的碱性物质流淌到蒸发器表面,又不及时清洗干净,就会腐蚀蒸发器的金属表面,尤其对铝复合板式蒸发器的腐蚀极为严重,使其表面形成微小的漏点,渗漏制冷剂。所以在使用中要根据情况,对于鱼、肉类的物品应用塑料袋封装后,再放进冷冻室内储存,并定期清扫箱内卫生,使之没有异味和脏物,保持蒸发器表面的清洁。

(2)蒸发器质量差,在局部有微小的金属残渣,使用中制冷剂冲刷蒸发器内表面,容易出现微小的渗漏。另外,金属残渣容易堵塞制冷系统的管道,或进入压缩机造成更坏的后果。经过长时间运转后,蒸发器上的漏孔逐渐增大,制冷剂的泄漏量增加,制冷剂的循环量不足,使电冰箱箱内温度降不下来,甚至不制冷。

(3)电冰箱在使用中没有及时除霜,使蒸发器表面结有很厚的冰霜,将冷冻物品与蒸发器牢固地冻结在一起。为了取下物品,用较锋利的器具来撬动,使蒸发器表面损坏。时间一长,蒸发器表面会出现腐蚀小孔,造成制冷剂泄漏。所以在使用中一定要注意把存放物品包装好,减少水分进入冷冻室,减少蒸发器上的冰霜。同时有了冰霜,不能用锋利的器具来除霜和撬动冻结的物品,以防止划破蒸发器表面,造成不必要的故障。

2. 蒸发器出现泄漏后的修理

(1)蒸发器维修前的准备工作与要求。

1)蒸发器的拆卸。根据蒸发器漏孔位置是否影响修补工作来确定是否需要拆卸。若漏点位置在蒸发器的下内侧靠前端,如图 7.20 中 b 点所示部位,就无需拆卸蒸发器。如果漏点在蒸发器后部或侧面位置,如图 7.20 中 a 点所示部位,不利于修补工作的进行,就应将蒸发器拆卸下来。拆卸时先割开压缩机上的充气管,放出剩余的制冷剂,再脱焊开蒸发器与吸气管的连接口和蒸发器与毛细管的连接口,这样就可把蒸发器单独取出来。但在蒸发器拆卸之前,要仔细检查蒸发器泄漏位置,做好明显的记号,以免拆卸后找不到蒸发器的漏点,焊错位置,造成不必要的麻烦。

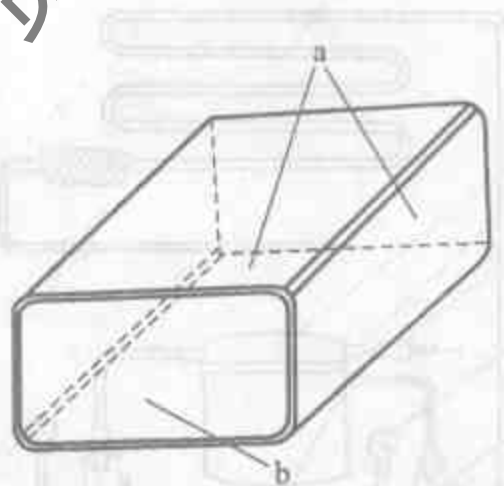


图 7.20 蒸发器泄露位置示意图

2)不需拆卸蒸发器的修理要求。应先割开压缩机上充气管的封口,用以排除因补焊时产生的剩余制冷剂受热而产生的蒸气。在修补蒸发器时,虽然制冷系统中的制冷剂很少,但蒸发器被加热后温度会升高,使存留在系统中的少量制冷剂气体受热膨胀,产生压力,导致修补工作的失败。

3)补漏过程要求。焊补时间要短,补漏要准确,要一次补漏成功,避免蒸发器被火焰加热、烘烤时间过长,引起变形。要用小号的焊枪嘴来修补,火焰不能太强烈,因为蒸发器上的漏孔都很小。用不锈钢板制造的蒸发器应用银焊,用铝合金板制作的蒸发器应用铝焊。

(2)不锈钢蒸发器的气焊修补方法。

1) 焊药的配方和调制。用 2/3 硼酸、1/3 硼砂、适量氯化钾(不超过硼酸和硼砂重量的 10%)进行调制。先将氯化钾用蒸馏水溶解,然后加入硼酸与硼砂,调成糊状。

2) 蒸发器的表面处理。将蒸发器的修补位置用细砂纸打磨干净,使之露出光洁的不锈钢金属表面,然后涂上调制好的焊药,焊条蘸上焊药即可进行焊补。

3) 焊接操作。用乙炔碳化焰对需焊补位置从外向里旋转地进行预热烘烤,直到糊状焊药干燥,然后调节火焰为中性乙炔焰,加热需补焊位置。当看到焊药熔化时,加上焊条(含银 45%的焊条),这时火焰偏向焊条,将焊条熔滴在需补焊部位,再稍加热,使焊条熔滴熔化均匀并与之不锈钢蒸发器表面成为一体,焊补完毕。

(3) 铝蒸发器的补焊修补方法。

1) 铝铝补焊修补法。

i) 先用铝焊粉加蒸馏水调成糊状,再用细砂纸将蒸发器的补焊部位清理干净,露出清洁的铝表面。如有漏洞,应将漏洞边缘清理干净。然后涂上调制好的焊药,焊条也蘸上焊药。

ii) 用 2 号焊枪装上 3 号焊枪嘴,调节火焰为中性乙炔焰,预热补焊部位和铝焊条,温度控制在 70~80℃左右。然后集中火焰加热补焊位置(焊枪倾斜 45°),同时将焊条靠近火焰,保持焊条的温度。当看到加热位置有微小气泡出现时,迅速将焊条移向需补焊处,焊条向补焊点轻轻一触,火焰和焊条马上离开焊补位置。焊补完毕,用清水把蒸发器外表面的熔渣清洗干净,注意水不能进入蒸发器内部。

iii) 注意焊补温度不能过高,动作要快,以防焊补表面被氧化。不必讲究表面光洁,只要不泄漏就可以了,因为铝蒸发器的壁面很薄,1 mm 厚。当采用铝铝补漏时,操作难度较大,成功率较低。

2) 锡焊铝修补法。先准备好三乙醇胺 100 mL,氟硼酸锌 13 g,氟硼酸胺 11 g,然后将粉末状的氟硼酸锌和氟硼酸胺倒入装有乙醇胺的容器中,在电炉上加热并不断搅拌,至氟硼酸锌与氟硼酸胺完全溶解后从电炉上拿下,放凉。把蒸发器有漏洞的部位用细砂纸处理干净后,再把放凉后的药剂涂于需补焊的位置,用电烙铁进行锡焊。有条件的最好使用松香芯锡焊条,修补效果更佳。

3) 锡铝补焊修理法。先将蒸发器有漏洞的边缘用细砂纸处理干净,再用 1% 稀磷酸溶液处理,片刻后再涂一层三氯化铁。约 1 min 后,再用强水(氯化锌溶液)作助焊剂,用电烙铁进行锡焊。补焊完毕后把残留在蒸发器表面的强水清洗干净。这种补焊方法最适合铝蒸发器表面漏洞的焊补修理。

4) 铝蒸发器的胶补。常用的胶黏剂有 CX212 型胶黏剂(北京椿树橡胶厂)、盘石牌 302 强力环氧胶(湖南省浏阳县镇头盘石化工厂)、JG311 型胶黏剂(江西省宜春化工厂)等。补漏时应把制冷系统中的氮气放出(卸压),然后将漏孔周围胶接面用刀片轻轻刮研,再用汽油或酒精清洗,并擦净、干燥。由于 R12 与冷冻油能相互溶解,因此漏孔周围清洗后,冷冻油又会从蒸发器通道内侧渗透出来,为此要经过多次清洗,做到最后一次清洗后漏孔周围不再渗油,否则补不牢。从胶黏剂配套的 A、B 两管中挤出等量的原料于玻璃板或塑料板上,混合后充分调匀,涂在漏孔周围,以能覆盖孔洞周围 2 mm 宽为好。在室温(20~25℃)下,胶黏剂固化时间为 24 h。若要缩短时间,可用 25 W 或 40 W 灯泡烘烤胶黏剂,等胶黏剂固化后方可试压检漏。

遇到天冷季节,胶黏剂不易挤出时,可将胶管放至温暖处稍等片刻即可。有的胶黏剂,如

盘石牌 302 强力环氧胶,不适宜在温度低于 15℃ 时固化,为此可采用电灯泡烘烤、预热胶接件或放置在火炉附近等措施。

若要增加胶结强度,可进行第二次增补,但应在第一道胶黏剂固化后,用细砂纸轻轻打磨胶黏剂及周围的金属表面,方可将胶黏剂涂上,其范围可比第一次稍宽。做增补时,一次用胶量不可太多。

若漏孔较大,可先剪下一块厚度约为 1 mm、面积略大于孔洞的方形金属片,擦净、除油后置于孔洞上,用针尖顶住后上胶,固化后再作第二次增补。

注意:除铝蒸发器外,不锈钢蒸发器、铝蒸发器的铜铝管接头、冷凝器及管路的泄漏,均可用胶黏剂修补,但毛细管接头处宜用黏补,以免毛细管堵塞。

(4) 铝蒸发器的铜、铝管接头的焊接。

1) 焊接操作。选用 3 号焊枪以及 2 号或 3 号焊枪嘴,乙炔压力控制在 $0.4 \sim 0.8 \text{ kg/cm}^2$ 之间,氧气压力不超过 2 kg/cm^2 。在焊接前,蒸发器应用清洗液清洗干净并烘干,不能有水分、杂质。若铜、铝管的接合部位漏气,没有断开,也应重新烧断后再焊。烧断时,用中性火焰在铜管部位加热即可,严禁火烤接合处或铝管部分,否则有烧坏铜管的危险,给重新焊接带来困难。铜铝管的断面要处理干净。如是高温烧焊的,管口断面一定要清洁干净,因铜、铝在高温时易被氧化,断面不干净,不利于焊接。用平板锉刀把铜、铝管断面锉平,铜与铝管对合后不应有明显的裂缝。锉蒸发器铝管时,应将蒸发器铝管平放并使管口朝下,防止铝屑掉进蒸发器内。管口断面清理干净后,立即涂上用蒸馏水调成糊状的铝焊粉。然后用手钳夹住铜管的一端,另一端与铝管对正(稍加压力),在距焊缝 10 mm 的铜管部位加热,火焰不能烧到铝管部分,加热要缓慢,不能着急。铜的熔点在 $1083 \text{ }^\circ\text{C}$,铝的熔点在 $658 \text{ }^\circ\text{C}$,铜管在 $658 \text{ }^\circ\text{C}$ 时发暗红色。加热时要注意,当铝管端面熔化时应立即停止加热,同时加压并稍微旋转一下铜管,然后用碳化焰烘烤、保温,使之缓慢冷却,以保证焊接质量。

2) 焊接注意事项。铝在高温时,特别是温度达到熔点时和氧气的结合力很强,容易生成一层熔点高达 $2050 \text{ }^\circ\text{C}$ 的氧化铝膜,难以与焊接金属结合。所以焊接时要选用中性焰或轻微的碳化焰,将乙炔的流量控制在 30 L/min 以下,严禁使用氧化焰,避免引起剧烈氧化,影响焊接效果。

3) 焊接后的处理与使用要求。因铝焊粉的主要成分是氯和氟的混合物,对铜和铝都有腐蚀作用,所以焊接后要用清水把焊接部位刷洗干净,以免时间长了焊接口被腐蚀。另外在焊接铝蒸发器与吸气管和毛细管的连接口时,加热时间不要过长,防止将焊接处烧断或烧裂,最好用湿布敷在铝管部分以吸收焊接时的热量,防止铝管熔化。在安装时,要避免过度的弯曲和碰撞。

(5) 对修补后蒸发器的处理。修补后的蒸发器要进行耐压检漏试验。充入氮气,压力不得超过 6 kg/cm^2 ,用肥皂液进行检漏。若保压 24 h 且不掉压,说明修补后的蒸发器可以使用。

(6) 利用紫铜管制作蒸发器。铝复合板式蒸发器的强度和耐腐蚀性差,容易出现渗漏故障。一旦出现渗漏,修复很困难,修复后还会出现腐蚀漏点。所以蒸发器出现渗漏时,可利用原蒸发器作内胆,选配尺寸合适的紫铜管制作蒸发器盘管,盘在原蒸发器内胆的外壁,同样能够达到原蒸发器的制冷效果,并提高了强度和抗腐蚀性能。

用紫铜管制作蒸发器时,管径要合适,长度要适当,在弯曲前要退火。紫铜管退火后,要清

除管内壁的氧化物,一定要清除干净,在弯曲过程中不能有死弯,紫铜管不能有凹陷现象。紫铜管内径可依据原蒸发器的管内径选择,长度应根据原蒸发器的管长度来确定。制作好的蒸发器管口与毛细管和吸气管的连接部位采用套接方法进行焊接。

六、常见制冷系统的故障分析及检修

1. 常见的制冷系统故障

(1) 泄漏。电冰箱在长期工作中,由于受使用不当、制冷系统内外的腐蚀、制造工艺缺陷以及材料先天缺陷等的影响,再加上氟利昂制冷剂极强的渗透性,都会使制冷系统发生泄漏。泄漏容易发生在各个焊口、铜铝过渡接头、铝制蒸发器和全封闭式压缩机电动机的接线柱等处。

(2) 脏堵。脏堵分为干燥过滤器堵塞和毛细管堵塞两种。造成脏堵的杂质主要有制冷零部件残存的污物、品质差的制冷剂和干燥剂脱落的粉末。一般情况下,脏堵故障是系统内杂质过多,在干燥过滤器的过滤网处沉积而造成堵塞。在制造或搬运过程中,使毛细管变形、造成弯曲,流通面积变小。机械杂质容易积聚,也会造成毛细管堵塞。另外,对于使用很长时间的电冰箱,因氟利昂制冷剂与冷冻油有共溶性,经长期循环,油中的蜡成分会在低温下析出,逐渐沉积在温度很低的毛细管出口附近的管壁上,使毛细管口径变小,直至堵塞,这种脏堵亦称为结蜡。

(3) 压缩机不做功。压缩机不做功指的是电动机启动、运转正常,也无运转异响,但不能压缩制冷剂。其故障原因是压缩机吸、排气阀片损坏、缸垫击穿或压缩机内高压排气缓冲管断裂等。

2. 制冷系统故障的分析判断

(1) 通过检查外观来确定故障部位。由于漏油必漏气,因此应仔细检查制冷系统各个裸露部位的表面是否有漏油现象。若故障是在清理或搬运后发生的,则要注意制冷系统的管路和零部件是否有机械损伤。例如,直冷式电冰箱的冷冻室中为了分离冻结在蒸发器上的物品,使用尖锐的金属工具硬撬,而导致铝制蒸发器泄漏、损坏。

(2) 通过加电运转来判断故障部位。通过加电运转来判断故障部位,是在电气系统绝缘良好、压缩机电动机能够正常启动的情况下进行的。使电冰箱连续运转 20~30 min 后,通过对制冷系统各个主要部件的感官检查,初步判断制冷系统的故障。

直冷式电冰箱经通电运转后,其蒸发器表面应结霜。如果根本不结霜,则泄漏、脏堵和压缩机不做功等故障均有可能出现,必须再检查其他部位以便进行综合判断。若结霜很少,则微堵或微漏的可能性很大。间冷式电冰箱的蒸发器不易直接观察,可用半导体温度计测量冷冻室风扇出口处的温度,压缩机运行后此处温度应明显下降。电冰箱发生泄漏和压缩机不做功时,冷凝器温度没有升高。制冷系统堵塞时,最初运行可出现发热现象,但很快就降为常温。停机时制冷剂充满制冷系统各处,最初运行中压缩机将低压侧的制冷剂压缩至高压侧,在冷凝器放热液化。当低压侧抽空后,高压侧没有制冷剂放热,所以冷凝器又恢复常温。这个过程很短,检修时要细心领会。

将电冰箱冷冻室的门打开,正常制冷时可听见毛细管内制冷剂的流动声。泄漏、微堵和压缩机不做功时,毛细管内的流动声断续、微弱。堵死的情况是启动时有过液声,继而无声。

通过对蒸发器的表面状态观察,手摸冷凝器的温度并聆听毛细管的过液声,即可对故障作



初步的判断,其结果如表 7.2 所示。

表 7.2 对蒸发器、冷凝器和毛细管感观对制冷系统的判断

故障现象	蒸发器结霜	冷凝器温度	毛细管声音
微漏	无或很少	温升很小	断断续续的微弱声音
泄漏	无	无温升	极微弱的声音
微堵	无或很少	温升很小	断断续续的微弱声音
堵死	无	无温升	无
压缩机不动作	无	无温升	

由上述可见,对于不同故障,感官状态差别不大,因此要准确地查出故障部位,还必须打开制冷系统。

(3)利用放气检查法判定故障部位。将制冷系统打开,利用放气检查法判定故障必须在通电运转之后进行。打开制冷系统的部位如图 7.21 所示。将干燥过滤器后大约 10 mm 处的毛细管剪断,剪断处必须密封。判定故障部位的基本思路是:在压缩机运转一定时间后,如果制冷系统堵塞,则液态制冷剂聚积在冷凝器的下部;如果是泄漏故障,则无制冷剂气体;如果故障为压缩机不做功,管路中则有大量气态制冷剂。



图 7.21 制冷系统的部位

利用放气检查法判定故障部位的具体步骤为:

- 1)使压缩机运转 20~30 min,然后停机。
- 2)将毛细管剪断,两端仍处在密封状态。
- 3)将左侧毛细管打开,会出现以下现象之一:无制冷剂气体;有大量制冷剂液体喷出;有制冷剂气体喷出。看清后立即夹封住。
- 4)在无制冷剂气体的情况下,打开干燥过滤器的工艺管,如果仍然无制冷剂气体,则判定为泄漏。如果有大量制冷剂液体喷出,则判定为干燥过滤器堵塞,但不排除毛细管同时堵塞的可能性。
- 5)在有制冷剂液体喷出的情况下,打开干燥过滤器工艺管,如果仍有制冷剂液体喷出,则判断为毛细管堵塞。
- 6)在有制冷剂气体喷出的情况下,打开干燥过滤器工艺管,如果有大量制冷剂气体喷出,则判断为压缩机不做功。如果有大量制冷剂液体喷出,则判定为干燥过滤器脏堵,很可能是毛细管同时堵塞。
- 7)将低压吸气管从压缩机吸入口上用气焊加热后拔下,通入 0.8 MPa 的氮气,打开毛细

管右侧剪断处,有气体喷出则说明毛细管通畅,否则判定为毛细管脏堵。

8)如果判断为压缩机不做功,则将压缩机高、低压管均用气焊加热后拔下,启动压缩机,用拇指堵住压缩机排气口。若无压力,则判断为压缩机内的排气系统发生故障。

电冰箱在修理后,仍然会出现上述故障。由于在低压侧装入了修理用压力真空表,表压力指示对判定故障非常有效。一般电冰箱在正常运转时,修理表压力指示值为 0.03 MPa 左右。如果制冷剂充注量正确,检测修复的压缩机时,运转中表压力过高,则应继续对压缩机的压缩能力进行检验。如果表压力过低,呈负压状态,则要考虑仍有堵塞现象。

(4)通过监测电动机运行电流来判断故障部位。一台技术指标符合规定的电冰箱,在正常使用情况下,电动机的运行电流应该等于铭牌标称的额定电流。当电动机及压缩机工作异常时,或因制冷系统出现各种故障时,电动机可能会出现运行电流增大或减小现象。因此通过监测电机运行电流的大小,可以判断出制冷系统有无故障及故障的部位。

1)电动机运行电流大小的监测方法。将一量程小于 3 A 而大于 1 A 的交流电流表串接在电冰箱的电源电路中,如图 7.22 所示,来监测电动机的运行电流。然后将一个短路开关并联在交流电流表两端。在电动机启动前通此短路开关以保护交流电流表。如果想进一步监测启动电流,可增加一个量程大于或等 10 A 的交流电流表(注:启动电流为运行电流的 7~8 倍),其接法如图 7.23 所示。

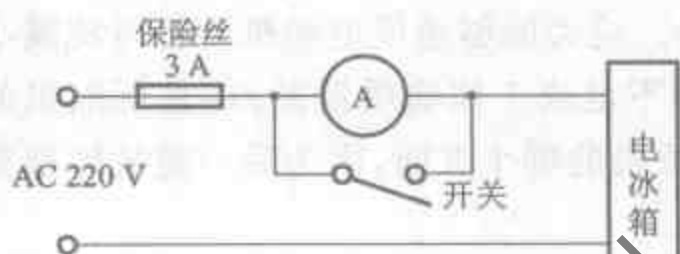


图 7.22 监测电动机启动电流示意图一

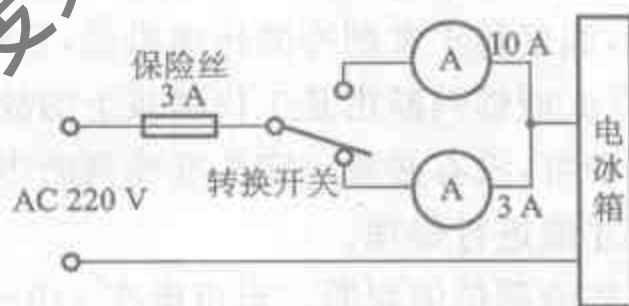


图 7.23 监测电动机启动电流示意图二

2)引起电动机运行电流增大的原因。

i)制冷系统出现脏堵与冰堵(冰堵缓解后例外)时,系统内的压力比和压力差会增大。制冷系统内的工作物质(CCl_2F_2)充注量过多时,高、低压端的压力会同时升高。压缩在此状态下运转,其运转的负荷就会增加,其运行电流一般比额定电流大 20%~30%。

ii)压缩机内冷冻油标号不正确(正确标号应为 18 号),冷冻油充注量不足或油品过脏,油泵吸油嘴堵塞或脱落,电动机旋转方向错误而不上油等。这一类弊端均会造成压缩机润滑不良,机械摩擦阻力过大,从而造成电动机运行电流增大。由此所造成的电流增大是随着压缩机运转时间的增加而增加的,同时有温升较快、温度较高的特点。往往出现这样状况时,压缩机在冷态时运行电流基本正常,但在压缩机钢壳出现温升后(60~70℃),运行电流可大于额定电流 30%~50%。若油泵由于某种原因而根本不上油,则压缩机开始运转时电流稍大,运转 3~5 min 后电流就可上升 2~3 倍。此时压缩机转速急剧降低,过电流保护器触点即跳开。同时,压缩机抱轴或卡缸的事故随时都有可能发生。相反,若冷冻油充注量过多,则会造成电动机的转子与定子被油浸没,直接降低电动机的转速而引起电流增加。这种原因造成的电流增加在压缩机开始运转时就能表现出来,运行电流可大于额定电流 30%~50%,同时压缩机壳内有很明显的液体搅动声。

iii) 压缩机装配间隙不当,电动机转子与定子间隙不均,或定子因固定不牢经震动而改变了间隙。若电冰箱有这一类弊端,则这时压缩机(包括电动机)在冷态下能够运转,运行电流稍大于额定电流。但当压缩机钢壳升温后,运行电流可大于额定电流 20~40%。这时若断电,即使过数分钟之久也无法再次启动压缩机。而当压缩机得到充分冷却后,一般都能再启动,这是这类故障的典型特点。

iv) 电动机绕组的绝缘强度降低以及绕组匝间发生短路。有这一类弊端时,压缩机的温升极快,温度极高(一般为 100~110℃),电动机的运行电流一般都大于额定运行电流 50%以上,甚至大于额定电流几倍。对于绕组匝间短路较为严重的电动机,由于它的直流电阻明显减少,同时运行电流也大于额定电流几倍,所以很容易判断。对于绕组在热态时绝缘强度才严重降低或绕组匝间短路较轻微者,用万用表测其冷态直流电阻是不易察觉的。此时必须通过检测电动机的运行电流,比较冷、热态的直流电阻并根据电动机的温升情况来判断电动机绕组的好坏。

3) 引起电动机运行电流减小的原因。制冷系统工作物质不足或泄漏,压缩机气缸座垫损坏,气阀机构不严(漏气)或阀片损坏,气缸与活塞磨损严重,压缩机高压输出缓冲管(压缩机壳内)断裂,均会使电动机处于空负荷或轻负荷运转状态,造成运行电流不同程度地减小。特别是系统内工作物质全部漏失时,运行电流将低于额定电流的 50%~40%。并且压缩机外壳温升较慢,温度较正常制冷的压缩机低,运转声响也减小。这类能够造成电动机运行电流减小的故障,只要能够判断出是工作物质上的故障(工作物质不足或工作物质泄漏)还是压缩机的机械故障即可,没有必要一定要准确判断出故障发生在压缩机的哪个方面,因为后一类故障都要开机壳后才能进行修理。

4) 故障部位的判断。当市电在 210~220V 范围内,根据监测到的运行电流,再对制冷系统的故障现象进行综合分析,即可进一步缩小故障范围。然后再结合“一看、二听、三摸”的方法判断具体故障部位。

最后须提醒读者的两点是:第一,原电冰箱的压缩机电动机如经更换或拆修过(绕组指标改变),按铭牌数据检测运行电流时就失去了意义;第二,检测电动机的运行电流,必须以电动机运转 5~10 min 后的数据为准。电冰箱在刚开机运转时,由于箱内温度上升,制冷系统的压力尚未稳定(排气压力较高,压力差与压力比较大),以及压缩机内冷冻油受低温的影响而黏度增加,机械运动部位尚未得到良好的润滑等,因而运行电流稍大于额定电流。

3. 制冷系统故障的维修

电冰箱开背修理。内漏是指埋藏在电冰箱箱体内部的管子破裂或焊点不良而使制冷剂泄漏的现象。内漏故障出现的初期表现为电冰箱制冷性能下降,过一段时间后电冰箱就会完全失去制冷能力。电冰箱箱体内埋藏的管子主要有蒸发器、防露管、部分毛细管和内藏式冷凝器。防露管、内藏式冷凝器在箱体的隔热层外,开背修补后不必发泡,只需箱体外壳整形。毛细管有故障后一般用更换法,需发泡。蒸发器的泄漏是常见故障,最难找也最难处理。处理内漏最好的方法是开背修理,它不割开内胆(割开内胆易使水分进入隔热层,使之失效)而是从冰箱背后入手,故称开背法。

电冰箱的开背修理是针对有关内藏制冷管路及其焊接点出现泄漏故障而进行的。开背修理会给电冰箱外观造成不同程度的损坏,甚至会破坏隔热层绝热保温性能,所以在开背之前必

须正确判断,同时应充分了解所修电冰箱的内部管道走向和接头焊接位置,以免开背后无法找到故障部位,引起误判。

下面介绍开背修理的操作工艺:

(1)用锋利的斧头切割开电冰箱后背。将斧头放在预先画好的轮廓线上,用小锤打击斧背部,这样切割既规则,又对箱体外观损伤较小。切割时需注意:以切开后板为准,切忌切得过深,以免对埋在箱体外壳内的导线、电热丝和制冷管路造成操作损伤,扩大故障。

(2)挖开泡沫绝热材料层。这时也要注意夹在其中的导线和制冷管路。因此,这一步要小心,用力不能过猛。

(3)检漏。可用氮气打压,结合肥皂水检漏,也可用其他方法检漏,详见前面有关内容。找到漏点后作记号,以便修补。

(4)修补漏点。对于低压系统可用胶粘法,也可用气焊法。一般情况下,蒸发器可用胶粘法,而铜管则用气焊法。气焊时,必须注意箱体各部位的防护,可用石棉、铁板等物遮挡,以免烧坏箱体。

(5)修复后,要经过打压检漏。无漏点时,要保压 24 h,然后抽真空,充注制冷剂试运行。试运行时必须达到温度要求方可补发泡。

(6)当试运行合格后,便可补发泡。补发泡就是恢复泡沫绝热层,不能简单地将挖出的绝热泡沫回填,以防空气从缝隙中进入。若空气进入后,其中的水汽会因绝热材料缝位内部温度低而凝结形成“冷桥”,严重破坏绝热保温性能,增加能耗。正确的方法是使用 PUF 发泡原料,现场发泡填满缺乏部分。发泡时,将双份“药水”按 1:1 调匀,在尚未反应时,迅速将液体倒入已挖掉绝热层的部位。为了用料准确,避免浪费,可用估算法预先算好“药水”用量,我们常用的聚胺酯“药水”经验数据常按 36 cm^3 计算,即配制好白“药水”1 g,发泡体积是 36 cm^3 。因此,要求挖绝热层时应工整,便于计算。发泡快慢与环境温度、材料渗水性等因素有关,环境温度高,渗水多,发泡快,反之则慢。由于发泡时会产生大量热量(放热反应),因此,应将箱体平卧(开顶盖时不必平卧),封闭发泡部位,用重物压住施加压力,使发泡牢固致密,用背板或其他板材代用时,中间要垫一层废纸,以免黏接。这时应将压缩机拆下来(指将冰箱平卧时),不必切割管路,但应转动方向,防止“压缩机脱钩”。另外,发泡产生高温,在封闭情况下有一定压力,这个压力可能使冰箱内胆变形,甚至炸裂。因此,视情况在箱内“打撑”,以防意外发生。

(7)结尾工作。包括箱体整形、背(顶)板合缝、压缩机回位、管道整理,做到压缩机要安装牢固平稳,管道排布讲究工艺,不碰撞,不超出箱体。为了保证箱体的完整与美观,采用一根适当长度的平整木方,通过捶击木方达到平整箱体而合缝。视情况,可与发泡同时进行。

4. 无氟冰箱检修技术

由于无氟电冰箱使用的制冷剂与普通电冰箱所用制冷剂,在性质上有许多不同点,所以在维修方面也有很多不同。下面以使用 R134a 制冷剂为例,对无氟电冰箱的维修特点与普通电冰箱的维修进行分析比较,说明其差异。

(1)检修设备的不同。普通电冰箱制冷系统所用真空泵的润滑油是矿物油,由于矿物油易对 R134a 制冷剂系统形成污染,所以用脂类油作为润滑油。

制冷剂充注机的不同,根据 R134a 制冷剂特性,采用该制冷剂电冰箱的充注量较之普通电冰箱制冷剂的充注量要少 15% 左右,且所有制冷管道要求均不含氟,因此,需要更高精度的

专用充注机。

检漏仪器的不同,由于 R134a 中不含氯,因此卤素检漏仪不再适用,应采用电子检漏仪器等方可完成测漏操作。

由于要求所有管路均无氯元素,所以应用不含氯的清洗剂对管道进行高清洁度的清洗,然后充氮气封闭;所有铜管和压缩机露空时间不超过 15 min,干燥过滤器要用塑料封装或用专用干燥箱存放,拆封后 20 min 要安装到系统中;焊接时尽量不使用助焊剂;制冷系统抽真空时间较普通电冰箱制冷系统抽真空时间要长一些,以确保真空度为 60 Pa 以下。如采用二次抽真空方法即第一次抽真空 5 min,再充注 10 g 左右的 R134a,然后再抽真空 20 min 即可,这样可大大缩短操作时间。

(2) 常见故障与维修。将以 R12 与 R134a 为制冷剂的两种制冷系统的吸、排气压力等参数列于表 7.3 中。

表 7.3 制冷系统的吸、排气压力参数

制冷剂	R134a	R12	增加量/(%)
吸气压力	0.095	0.111	-14.100
排气压力	1.043	0.984	4.900
压力比	11.010	8.000	24.000
相对制冷量	0.920	1.000	-8.000
性能比(COP)	2.910	2.920	-0.340

采用 R134a 为制冷剂的电冰箱,其主要故障是不制冷,造成此故障的原因如下:

1) 制冷剂泄漏,应先确定漏点位置。检修时,焊下干燥过滤器,用高压氮气清吹管路,同时用 R134a 气体冲洗管路,再换上同一型号新干燥过滤器。此时,可检漏、抽真空(时间应长一些确保足够的真空度),再充注适量的 R134a 制冷剂,封口、检漏、电冰箱运行 1.5h,证明制冷无误则可结束维修。因 R134a 制冷剂对制冷系统中的残留物、水分、杂质等含量有严格的要求,所以整个维修过程的用时应尽量短暂,并应该用专用材料和专用设备检漏,不能与 R12 检漏设备混用。

2) 脏堵,由于管路中的水分或氯与油脂类反应,形成沉淀物而阻塞管路或毛细管,最终导致电冰箱不制冷。维修时,首先拆下干燥过滤器,找出毛细管阻塞之处,一般在毛细管与干燥过滤器焊接部位。按常规方法排除后,吹净管路,换上同型号的干燥过滤器,并检漏、抽真空和充注制冷剂。

3) 冰堵,由于 R134a 的水溶性比 R12 还差,因此更容易发生冰堵故障。维修时首先将干燥过滤器拆下,用高压氮气清吹管路,同时用 R134a 气体冲洗管路,再换上同一型号新干燥过滤器。然后检漏、抽真空、充注制冷剂。

上述三种故障,如果追求更好的维修效果,应更换新压缩机,焊下压缩机后应马上封口。

4) 压缩机故障,由于管路不洁净,水与脂类油反应生成酸,造成电动机绝缘层的腐蚀;或脂类油与残留矿物油、水分合成又发生分解,导致压缩机润滑变差,磨损增大,最终使压缩机性能下降甚至不制冷。此情况下一般应更换新压缩机。

其他故障与普通电冰箱的维修基本一样,这里不在详述。

第4节 电冰箱控制电路系统故障分析与检修

电冰箱控制电路系统的故障也很常见,主要有:不启动或不停机、运转时间太长或太短。间冷冰箱还有风扇不转,不能自动融霜等故障。一般电气控制系统和制冷系统这两部分的故障有时是有联系的,在分析时应综合考虑。

控制电路系统主要由压缩机电动机启动和保护系统、温度自动控制系统和除霜控制系统组成,下面我们简单介绍控制电路系统故障分析与检修。

一、压缩机电动机启动和保护系统故障分析与检修

压缩机电动机启动和保护系统故障主要体现在电动机不启动、运行存在问题或不停机。首先检查与分析电源。当电冰箱接通电源后,压缩机不启动时,应首先检查户室电路的熔丝是否烧损,电源插头与插座的接触是否良好,用万用表测量电源电压是否正常(电压应大于180V)。如果均无问题,可拆除压缩机上的接线盒,用万用表测量电源线与压缩机接触是否良好,电动机绕组及内部引线有无断路或虚接等。另外,还有可能因电源线与插头断路所致。

1. 压缩机电动机故障的检查与判断

(1)压缩机的启动绕组与运行绕组的判别。在修理电冰箱电路故障时,常常需要区分冰箱压缩机的启动绕组与运行绕组。下面介绍如何用万用表的电阻挡来进行判断。电冰箱压缩机绕组的接法一般有两种,如图7.24所示。在图7.25(a)中,运行绕组和启动绕组连接于外抽头2。在图7.24(b)中,运行绕组的中心抽头与启动绕组连接,外抽头2是启动绕组的另一端。因绕组阻值一般为几欧到几十欧,所以测量时应首先将万用表置于 $R \times 1$ 或 $R \times 10$ 挡。然后将表笔分别搭在1-2、2-3、1-3之间进行测量。如果三次测得的阻值都不相同,则压缩机绕组接法为图7.24(a)所示。从三次测量中阻值最小者一般是运行绕组的两个引线端,中间阻值为启动绕组,最大阻值为启动绕组与运行绕组阻值之和。三次测量中,如果有两次测量的阻值相等,那么这种压缩机绕组接法就如图7.24(b)所示。其测量的阻值中有一次测量的阻值与另外两次测量的阻值不等,那么所测的绕组是运行绕组。启动绕组因串接在运行绕组的中心抽头上,所以它的阻值通过换算可以得出,即两次测量相同的绕组中的阻值减去运行绕组阻值的一半,就可得到启动绕组的阻值。

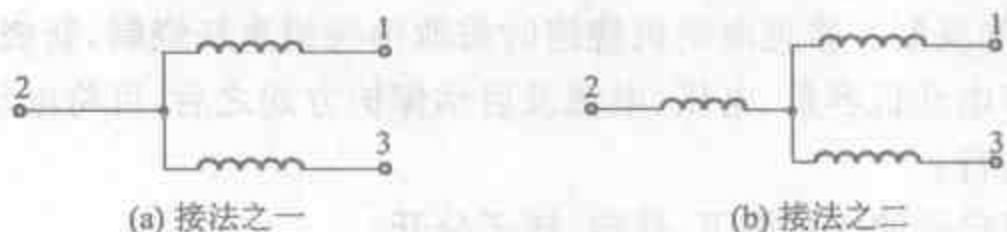


图 7.24 电冰箱压缩机绕组的接法

(2)断路。无论是电动机启动绕组还是运行绕组的电磁线断线,压缩机都不能启动,电动机有轻微的“嗡嗡”声,且电流大,继电器重复动作。断线一般发生在启动绕组中,因启动绕组线径较小,如扎线过紧而拉断电磁线或匝间短路、层间短路而烧断启动绕组。另外,进口电冰箱或引进的压缩机,线槽未加槽楔固定,运行时受震动、摩擦,也会使电磁线烧断。用万用表欧

姆档测量接线端子 M、S、C 时会发现 S 对 C、M 的电阻值为无穷大。

(3) 短路。短路分为启动绕组匝间短路、运行绕组匝间短路、启动绕组与运行绕组层间短路三种。电磁线轻微短路时,电动机尚可启动,但电流大;电磁线严重短路(绕组烧坏)时,电动机不能启动,而且电流很大,电动机温升快,继电器跳动频繁。万用表检查,发现 M—C、S—C、M—S 电阻值近似等于或小于原机电阻值。

(4) 接地。电磁绕组与定子铁芯相连时,绝缘电阻很小或等于零。在进口电冰箱或引进压缩机组中,电动机槽绝缘垫纸采用聚酯绝缘的较多。压缩机温度高于 120℃ 时,聚酯绝缘垫纸就熔化,同时绕组尼龙扎线熔断,电磁线击穿,使电磁绕组某一点或多次搭铁接地。如 VKXXAR 型日立机,这种机型的部分产品质量不良,一般运行三年左右时间,易发生绕组烧毁接地故障。其原因是冷冻油质量欠佳,根据烧坏的压缩机解体均发现冷冻油严重变质,而且油的数量很少,一般少于 60 g,定子铁芯有多处锈迹,说明冷冻油,及制冷剂含水量多,使电动机绝缘电阻降低,导致匝间短路或层间击穿,电动机温度升高,绝缘垫纸熔化,造成绕组搭铁接地。

2. 压缩机电动机故障的维修

电冰箱压缩机单相电动机的检修主要是针对绕组和接法进行的。单相电动机主要容易发生断路、匝间短路、碰壳通地等故障,必须先用万用表予以检查。

(1) 电动机绕组的检查。电动机发生断路时,将万用表的两个表笔接到任何两个绕组的接线端,测其电阻值。若绕组的电阻值为无穷大,则表明绕组断路了。

电动机绕组发生匝间短路时,短路的两个绕组导线导通,局部短路的电动机还可能运转,但会产生过大的电流。短路时可用万用表的电阻挡进行测量,先将表的指针调至零位,若所测绕组的电阻值小于正常值,表明此绕组短路。

电动机碰壳通地时,绕组或内部导线与压缩机外壳相碰,即形成了短路,保险丝也因此熔断。一般用万用表测量每个绕组与机壳之间的电阻。若所测电阻值很低,则表明绕组已经碰壳。

(2) 电动机的拆卸。剖开机壳,取出机芯,将电动机定子的四个紧固螺钉拆下,取出电动机定子,拔下电动机引线,并记好接插位置。然后将三个引出线在与电磁线接头处剪下。剪断时应在每个引出线接头处留一小段电磁线,供电动机修复接线时参考。记下电动机出线的位置后,即可拆电动机绕组。拆绕组时,先将捆扎线和槽楔去掉。若没有所拆电动机绕组的技术数据,拆卸时应将运行绕组和启动绕组各组的每个线包都保留完整。

(3) 电动机绕组的绕制。修理电动机绕组时需取出绕组重新绕制,新绕线应采用同型号的耐氟漆包线。在了解电动机容量、电压、电流及启动保护方式之后,可将电动机绕组重新绕制,具体应按如下步骤进行:

- 1) 将固定电动机定子的螺钉旋下,使定、转子分开。
- 2) 记下电动机引线位置,拆除绕组,记下电动机匝数、极数、定子槽数等数据。
- 3) 量出运行绕组和启动绕组漆包线的线径。
- 4) 记下运行绕组和启动绕组的匝数、匝间距离以及运行绕组与启动绕组的相互位置。
- 5) 记下定子槽内绝缘材料的尺寸和种类。
- 6) 将定子槽内绝缘纸清洗干净,重新垫入涤纶薄膜青壳纸。

7)按照启动绕组线圈和运行绕组线圈的尺寸做好木模及挡板。

8)电动机绕线一般采用手工绕制,启动线圈和运行线圈可采用联绕或分绕的方法进行。绕制时须细心,新漆包线的规格应与原漆包线相同。

9)电动机下线。先将电动机定子槽按照原来各槽绝缘材料的尺寸垫好绝缘纸箔。根据拆卸电动机时记下的标记,先下运行绕组,并在运行绕组各槽上插一层薄的绝缘纸,再垫第二层绝缘纸并压紧,然后再下启动绕组,覆盖绝缘纸。待全部装好后,用万用表测量各绕组的直流电阻,最后塞入楔块以固定绕组等。

(4)电动机的装配。当选定电动机的旋转方向,接好引出线后,即可将定子装配在机架上。装配时应检查线圈有无与机架直接接触,若有触碰处,应重新对线包进行整形,或在触碰处垫上绝缘纸。装好定子后,将固定定子的四个螺钉旋入,但不要旋紧然后调整定子和转子之间的间隙,其间隙一般为 $0.20\sim 0.25\text{ mm}$ 。调整时用塞尺从转子的四周垂直插入测量,若有插不进处,表明此处间隙过小。用木锤击打定子,直至间隙合适。调整后的定子和转子的间隙误差不能超过 $\pm 0.05\text{ mm}$,否则将产生单边磁拉力,影响电动机的启动和运行。当定子和转子各处的间隙调好后,可将四个定子固定螺钉对角旋紧,并再次检查间隙。一切正常后将电动机三根引出线按原位置接在机壳内的三个接线柱上。

(5)电动机修复后的性能检查。电动机修复后在未封壳前,应对其进行如下方面的性能检验。

1)检测其绝缘电阻值。用兆欧表的一根接线与电动机的任意一根引出线相接,表的另一根接线与机壳相接,摇动兆欧表,观察表针指向的绝缘电阻值,不得小于 $2\text{ M}\Omega$ 。

2)检测启动性能。用手堵紧排气管,启动电动机时应能连续顺利启动三次以上为好,并且启动时间在 $1\sim 2\text{ s}$ 内。若用手堵住排气管,电动机启动不起来,或者电动机启动后用手堵住排气管时能将电动机憋住,表明电动机定子和转子的间隙调整不当,应重新进行调整。

3)检测电动机电流值。启动电动机时,观察运行电流值,正常情况不得比额定电流值大 0.1 A 。

4)检查润滑油情况。掀起压缩机上盖,观看冷冻油飞溅情况是否良好。

当电动机各项性能检测合格后,即可进行封壳焊接。在压缩机封壳后,在低压侧充入 1 MPa 的氮气,在温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水槽中检查,历时 1 min 无气泡出现即为合格。

3. 启动与过载保护继电器的检修

启动器是确保压缩机启动的重要元件。经常出现的故障是:触点粘连,活动触点常闭;触点烧损或重锤卡住,造成活动触点常开。在检查时,应首先按重锤的直立方向,用手上下摇动并听到内部的撞击声,以初步判断其质量状态,然后用万用表测量其电阻值。

(1)重锤式启动继电器好坏的判别。电流线圈重锤式启动继电器一定要垂直安装。检查其触点接触是否良好时,可采用如下方法。将电流线圈重锤式启动继电器垂直放置,再将万用表置于 $R\times 1$ 挡,两支表笔分别插入运行和启动两插孔内,此时测得的电阻值应为无穷大。再将启动继电器翻转 180° ,测得的电阻值应近似为零。恢复直立后万用表指针又回到无穷大,说明继电器的动、静触点接触良好。再用万用表测其电流线圈电阻值,应为 $1\sim 2\ \Omega$,若电流线圈外观无任何烧焦变色现象,则说明该启动继电器是完好的。如果发现触点接触不良,则可拆开上盖,用什锦锉和金相细砂纸修整好触点,继续使用。如果触点烧损严重或电流线圈损坏,则

必须更换新的。

(2) PTC 启动继电器好坏的判别。该启动继电器的启动元件是 PTC 元件,可用如下方法判断其启动性能:

1) 用万用表 $R \times 1$ 挡测量其直流电阻值,应为 $15 \sim 40 \Omega$ 。若阻值为零或阻值过大,则不能使用。

2) 用一只 220 V 、 100 W 电灯泡与 PTC 元件串联后接入 220 V 电源,此时灯泡应立即点亮,十几秒钟后很快变暗淡,继而完全熄灭。此时切断电源,3 min 后重新接入电源,灯泡再次点亮,并重复上述现象。

3) 切断电源后,迅速测量 PTC 元件两端的电阻,其电阻值应大于 $20 \text{ k}\Omega$ 。手摸 PTC 元件时应有灼热感。

4) 待 PTC 元件的温度降至室温时,再测量其电阻值,发现又回到起初的阻值。

PTC 元件只要满足上述检查结果,则可判定该元件的启动性能完好,否则,说明该元件是坏的。PTC 元件应防水防潮,一旦受潮,接通电源后会马上碎裂损坏。PTC 元件受潮,可将其放入烘箱中(温度控制在 $110 \text{ }^\circ\text{C}$ 左右)烘 2 h 以上,即会活化。

(3) 过载保护继电器好坏的判别。过载保护继电器与启动继电器组合在一起,并插接在压缩机机壳的接线柱上。它对压缩机电动机起过电流与过热保护作用。无电流时,断开温度为 $100 \sim 110 \text{ }^\circ\text{C}$;在 $90 \text{ }^\circ\text{C}$ 时,断开电流为 $1.3 \sim 1.5 \text{ A}$;在温度为 $70 \sim 84 \text{ }^\circ\text{C}$; $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 时,断开电流为 $4.5 \sim 7 \text{ A}$ 。断开前延时 $1 \sim 14 \text{ s}$ 。判别过载保护继电器好坏的简易方法是:用万用表测量此元件 1 和 3 接线柱间的电阻值(应近似为无穷大),然后用 30 W 电烙铁的金属管部分加热保护继电器的开口端,不久应能听到“啪”的动作声,此时万用表指示应变为无穷大。移开电烙铁约 2 min,继电器触点复位,万用表指示回零,这说明该保护继电器性能良好。否则,说明其蝶形双金属片动作失灵。

4. 更换继电器

虽然重锤式启动继电器具有工作可靠、可连续启动、正常运转后启动绕组不消耗电能等优点,但在实际应用中,一旦出现故障,在缺乏资料的情况下选配合适的重锤式继电器较为困难。

PTC 启动继电器只有对启动时间的要求($0.2 \sim 2 \text{ s}$),而对吸合电流与释放电流没有要求,因此同一种 PTC 元件能适应较大功率范围内的压缩机(如泰康 AZ1328D 78 W 至 AE1355D 135 W 等五种压缩机均采用同一种型号的 PTC 元件作为启动继电器)。在具体选配时,不必过多考虑其阻值等参数,只需通过直接试验,看能否获得满意的启动性能来检验。如果选择功率相近(可根据压缩机铭牌上标定的额定功率或额定电流确定)的压缩机上所用的 PTC 元件及过载保护器,则更容易满足要求。因此,维修人员常采用合适的 PTC 启动继电器取代损坏的重锤式启动继电器。

有些维修人员还采用彩色电视机中的 PTC 消磁热敏电阻(电阻值为 $18 \sim 27 \Omega$)来替代重锤式启动器,也获得了良好的效果。应指出的是,在替换前应采用前述方法对所选的 PTC 消磁热敏电阻进行启动性能检查,证明合格后方可代换。替代工作一般分以下三步实施。

(1) 确定接线柱的排列。不同的压缩机,其接线柱的排列方式也不尽相同。在安装 PTC 启动继电器前应确定接线柱的排列形式,即确定公共端、启动端和运行端。确定接线柱的排列

一般有两种方法:一种方法是根据压缩机的原接线排列方式来确定,与过载保护器相连者为公共端;另一种方法是在重锤式或 PTC 启动继电器上有一根接线和两个插至压缩机接线柱上的插孔处,用万用表电阻挡检查,与接线相通的插孔即为运行端插孔,与其对应的接线柱即为运行端,另一端接线柱对应的为启动端。

(2)安装。根据已确定的接线柱排列方式,即可进行 PTC 启动继电器的安装。安装时,若插孔距离与接线柱不符,则可将启动端接线柱插入 PTC 启动器上对应的插孔中。运行端接线柱直接用导线与 PTC 启动器的那根接线相连。需要说明的是,应尽可能将 PTC 元件同与之相配套的过载保护器同时替代有故障的重锤式启动继电器和过载保护器。

(3)试机检查。安装完毕后即可通电试机。通电约 20 min 后切断电源,5 min 后再通电,压缩机应能正常运行。

二、温度自动控制系统故障分析与检修

1. 故障检查与分析

温度控制器出现的故障一般有几种情况:温度控制器触点粘连,动作机构失灵,温度控制器感温管装夹松脱,温度控制器感温管内感温剂过多或漏或泄漏。

当温度控制器出现故障时,不要忙于拆除温度控制器,应根据检查中发现的不同故障进行分析。当电冰箱制冷正常,制冷能力不降低,但压缩机不能停机的情况下,可将温度控制器旋钮从最冷挡调到中间挡,如果此时压缩机能正常停开,说明温度控制器还能继续使用,不必拆下修理。有些温度控制器有温差调节螺钉,可通过调节调整螺钉达到正常的使用要求,但不要随便调节,以免破坏工作和停机时间的合理比例。

对于电子温度控制器常出现的故障是电位器接触不良。将调节钮反复滑动几次,然后将其置于“1”挡,若压缩机还不停,说明此电位器接触不良。下面将温度控制器故障引起电冰箱非正常工作的各种情况总结于表 7.5 中,以便速查。

表 7.5 温度控制器故障引起电冰箱非正常工作的各种情况

序号	温度控制器故障	引起电冰箱故障
1	感温管与蒸发器 温度控制器触点粘连	压缩机不停机
2	感温管中感温剂泄漏 触点烧损或变形,使其接触不良 平衡弹簧断裂	压缩机不启动
3	感温管距蒸发器太近 温度控制器通断温差偏小	压缩机开、停机频繁,耗电量增加
4	接通温度过低 感温管装夹不当	冷藏室蒸发器冰霜层变厚 开停机频繁
5	温度控制器通断温差过大	开、停机时间过长,冷藏食品冻结,只结冰不结霜
6	停点温度过高	开机时间短,制冷效果差

续表

序号	温度控制器故障	引起电冰箱故障
7	停点温度过低	电冰箱制冷效果良好,但不停机
8	化霜温度偏高	箱内温度上升并已化霜,压缩机仍不启动
9	化霜温度偏低	箱内的霜尚未化完,压缩机即启动
10	触点绝缘值过低,开关潮湿引起漏电	箱体带电

2. 温度控制器的检修与更换

(1) 检查温度控制器感温剂。温度控制器是压缩机控制回路中的一个感温自动开关,只有这一开关(触点)闭合时,压缩机控制电路才能构成回路。所以,当排除了其他诸如启动、保护元件和外部原因之后,才应检查温度控制器的触点闭合情况。可拆下温度控制器,将其旋至温度最低挡(逆时针旋足),然后,将感温毛细管部分放入电冰箱中(或电冰箱冷冻室),用万用表的两表笔测量接线端子,观察表针是否指零,如果几分钟之后仍不能接通,说明感温剂已泄漏,无法对温度变化作出反应,应更换温度控制器或对感温腔重新充注感温剂。对于电子控温的电冰箱,应根据技术说明书的要求,检查接线是否有脱焊和接触不良的现象。同时用万用表测出常温和低温下阻值的变化,如果阻值不能随温度变化或改变的幅度偏离了温度—阻值特性曲线,则说明热敏电阻已损坏。若热敏电阻正常,则要检查继电器的工作情况和控制器各管脚的电压,找出故障原因并加以排除。

(2) 温度控制器的检查。对于压力式机械温度控制器,一般的故障现象为触点粘连、机械结构失灵而使温控范围漂移;另外,感温剂泄漏也会使其失灵。在检修时,可用万用表通过接线端子间的通断关系,检测出温度控制器的性能和质量。温度控制器接线端子的通断关系,反映出温度控制器内部的机械放大机构的动作状态。温度控制器接线端子分布形式如图 7.25 所示。不论是哪一种,其外壳均有一个接地端子。主电路中连接电源与压缩机的接线端子是 1 和 3。它们之间受温度变化而产生通断关系。同时也受到温度控制器旋钮的控制,即逆时针拨至最低挡位时,1 和 3 两个接线端子间呈断开状态,此时用万用表的电阻挡测量其值应为 ∞ ;顺时针旋至任何位置时,电阻应为零。反之则说明温度控制器出现故障。温度控制器的 1,2 接线端子则在任何状态下永远处于开通状态。它实际上是供照明灯电路而设置的,此处应接电源进线,即电源进线应接在 1 处,照明电路接在 2 处,与压缩机相连的电源接头应接在 3 处。如果将 3 接在电源进线,1 与压缩机相连接,则会出现压缩机停转时,电冰箱内照明灯不亮的故障。

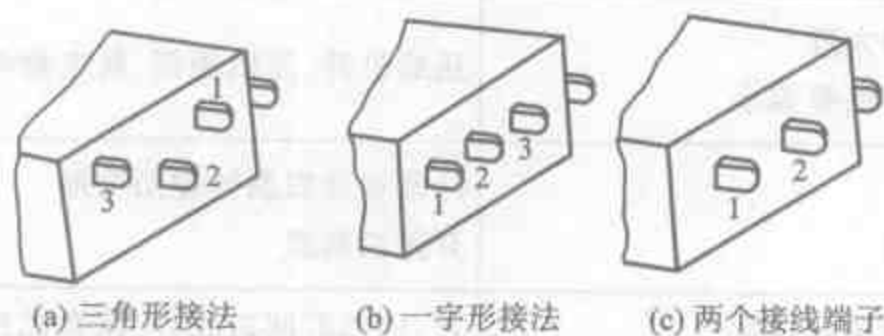


图 7.25 温度控制器接线端子分布图

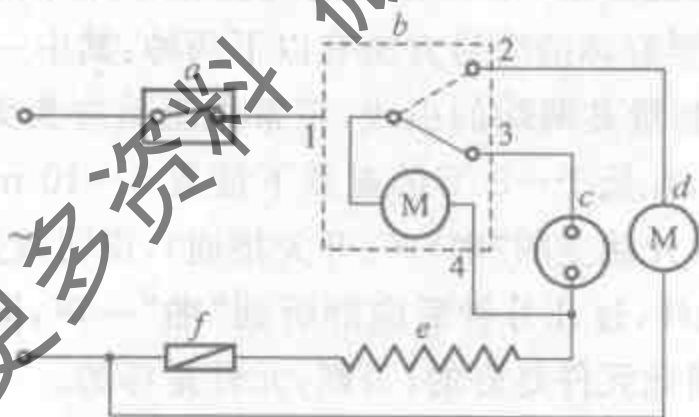
常温下测量各接线端子间应是常通状态,把温度调节钮逆时针方向旋至终点后,再稍加用力旋转时会有机械动作声响,即把1、3两端断开。此时用万用表测量1和3之间的电阻值为 ∞ ,但测量2和3之间的电阻应为零。通过这些测量可区分各接线端子的用途。

如何区别在低温下温度控制器的状态,是确保维修质量的重要环节。检修时,将温度控制器调节旋钮旋至中间位置,把感温管近一半的长度置于 $-15\sim-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的电冰柜中,保持5~10 min后,可听到温度控制器机械动作的声音,这时可用万用表测量各接线端子,其结果应是1与3断开,2与3仍为接通,由此,可断定温度控制器具有在低温下切断电路的功能。把感温管从冰柜中取出1~2 min后,1与3应能接通,此时说明温度控制器性能良好,否则如果在低温下长时间不能使1与3断开,说明温度控制器粘连或失灵。

(3)温度控制器的更换。当确定温度控制器已经损坏时,可用新品将其换之。检修时,打开电冰箱的门,起下螺钉盖帽,旋下螺钉,取下温度控制器塑料盒体。将电源线及接灯线的引线插头从温控器上拆下,再将与化霜定时器连接的插头从温控器上卸下,用同一型号温度控制器按原来的接线方式连接好后,安装于原处即可。

三、除霜控制系统故障分析与检修

除霜系统常见的故障是化霜定时器失灵、双金属化霜温控器跳开后不能复位、化霜加热器及温度熔断器断路等。间冷式电冰箱的化霜加热器一般是卡在蒸发器上或其底部,可用万用表测量其电阻值,应在 $200\sim350\ \Omega$ 范围内,否则说明发生了故障。现将间冷式电冰箱的自动除霜电路如图7.26所示,并将电路中主要电气控制部件的检修方法介绍如下:



a—温控器 b—时间继电器 c—双金属化霜温控器 d—压缩机 e—加热器 f—超热保险

图 7.26 自动化霜电路

1. 化霜时间继电器的检修

化霜时间继电器的故障可分为电气故障和机械故障两类。

(1)电气故障的检修。检查化霜时间继电器的电气故障时,首先打开电冰箱后背化霜时间继电器的扣盖,用万用表的电阻挡测量其触点的接触是否良好。当其处于制冷位置时,1—2触点间应为接通状态,而1—3触点间应为断开状态。然后慢慢地旋动继电器的手控制钮轴,在听到触点动作的声音后(需仔细听)再测,1—2触点应由接通变为断开,而1—3触点由断开变为接通,即继电器由制冷状态变为化霜状态。再旋转手控制钮轴,继电器又由化霜状态变为制冷状态。这说明继电器的触点接触良好;否则,说明其触点接触不良、若其触点出现接触不良,需用零号细砂纸磨去结碳或氧化物,并用无水酒精将触点擦洗干净。如果继电器的各触点接触良好,再用万用表的 $R\times 1\text{ k}$ 挡测量继电器电钟电动机绕组的直流电阻值(正常时应在 $7\text{ k}\Omega$ 以

上)。万宝 155 型采用的 TMDE807CC 型化霜时间继电器,电钟电动机绕组的电阻值为 $7.5 \sim 8.2 \text{ k}\Omega$ 。高宝 178 型采用 TD20 型化霜时间继电器,绕组电阻值为 $26 \text{ k}\Omega$ 。松下系列电冰箱采用 TMDE-802AF 型化霜时间继电器,绕组电阻值约为 $10 \text{ k}\Omega$ 。如果电阻值正常,可以给电冰箱通电,仔细地听一下电钟电动机的运转声音。如果运转声轻而匀,则为正常;否则,可能出现了机械故障(如机械卡壳等)。

(2)机械故障的检修。在通电检查化霜时间继电器的运行情况时,如果听到电钟电动机发出“嗡嗡”声,电机不转,则可判定电动机电路正常,故障为继电器内的齿轮发生机械卡壳。其检修方法如下:将电源关闭,拔掉继电器上的接线头,打开继电器上盖,检查齿轮箱内是否有脏物及齿轮的损坏情况,并拆下齿轮。若有脏物,可用酒精清洗各零部件,以清除其表面的脏物。清洗完毕后,加少许钟表油,再将齿轮重新装好。

若齿轮有毛刺或轻微磨损,可用较细的什锦锉或金刚砂条锉掉毛刺,修整好磨损的齿轮牙,继续使用。如果齿轮牙严重损坏,则须更换新的化霜时间继电器。

由于继电器中装有多片齿轮,因此在检修过程中一定要注意齿轮的拆卸和安装顺序,最好在拆卸时编号,切不可装错。

继电器装配完毕后,应旋转手控钮轴,检查齿轮能否灵活旋转,并用万用表电阻挡测量各触点是否接触良好。如一切正常,即可将化霜时间继电器重新复位装好,通电使用。

(3)双金属化霜温控器的检修。双金属化霜温控器在电冰箱化霜终了时起开关作用。此元件一般卡装在蒸发器的翅片边缘。当蒸发器表面的霜化尽并被继续加热到 $13 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ 时,其触点应跳开;当蒸发器表面温度降至 $-5 \text{ }^\circ\text{C}$ 左右时,其触点复位接通。

判别双金属片化霜温控器好坏的简易方法有以下两种:其中一种方法是在室温(一般高于 $15 \text{ }^\circ\text{C}$)下用万用表的电阻挡测量其两端的引线,正常电阻值应为无穷大。再将其置于另一台运行正常的电冰箱冷冻室中,在低至 $-5 \text{ }^\circ\text{C}$ 的温度下放置 $5 \sim 10 \text{ min}$,其电阻值应由无穷大跳变为零,同时还能听到双金属片跳变的“啪”声(开关接通),说明双金属化霜温控器是好的。另一种方法是用 R12 喷射此元件,过几分钟后应能听到“啪”一声,同时万用表指示值由无穷大跳变为零(触点接通),也说明此元件是好的;否则,元件是坏的。

2. 过热保险丝的检修

过热保险丝也卡装在翅片管式蒸发器的翅片边缘,直接感受蒸发器的温度。其作用是:当化霜温控器出现故障,蒸发器温度上升至 $70 \text{ }^\circ\text{C}$ 左右时,该元件便熔断,防止蒸发器管路内压力不断升高,以免管路爆裂。

判别此元件好坏的简易方法是:用两枚小缝衣针分别插进该元件引线两端,再用万用表电阻挡测其电阻值。正常值应为零,否则说明过热保险丝已损坏,需更换。

3. 化霜加热器的检修

蒸发器化霜加热器卡装在翅片管式蒸发器中间,与蒸发器组合成一个整体,在电路中起加热化霜作用。其功率一般为 $120 \sim 150 \text{ W}$,电阻值为 $260 \sim 320 \Omega$ 。

判别该元件好坏的简易方法是:在化霜加热器两端的引线中分别插入一枚小缝衣针,用万用表的 $R \times 10$ 挡测量其阻值。若阻值在 $260 \sim 320 \Omega$ 之间,则说明加热器是好的;否则,说明它是坏的,应更换新品。

四、常见的电冰箱控制电路系统故障分析与检修

1. 通风系统的故障分析

间冷式电冰箱的通风或化霜系统出现故障后,会影响制冷效果。通风系统故障的主要特征是这样的,压缩机运行时间长,但箱内温度不下降;电流和功率较小;冷凝器只有微热感。其主要原因有门触开关接触不良、风扇叶片被障碍物卡死或冰塞卡住及风扇电动机故障造成风扇不能正常运转。

2. 通风系统的故障检修

风扇将翅片管式蒸发器产生的冷风经过风道和风门吹入冷冻室与冷藏室进行降温。当风扇机组或电路出现故障时,箱内的制冷效果将大大降低,造成冷冻室和冷藏室温度升高、压缩机长时间运转不停的故障。

间冷式电冰箱出现制冷效果不良的故障时,首先用手摸一下冷凝器是否热。如果冷凝器热,则说明制冷系统工作正常。此时可打开冷冻室箱门,按下冷冻室门开关,观察风扇电动机是否运转,有无冷风从后栅板吹出。若风扇不转或转速低,则可判断风扇机组或电路有故障。故障原因大致可以分为两种类型:一类属电气故障,另一类属机械故障。

(1) 电气故障的原因及其检修方法。

1) 门开关触点接触不良或门开关接线松脱。可用万用表电阻挡查出故障点,并修复之。

2) 风扇电动机绕组烧毁或断路。检查时,可打开箱体背后的风扇电动机扣盖,先查看绕组线圈是否有烧毁的痕迹,或闻一闻电动机绕组有无烧毁的糊味,再检查电动机的接线插口是否脱落。然后用万用表的 $R \times 10$ 挡测量电动机绕组的电阻值(正常值多为 $300 \sim 500 \Omega$)。若查出故障为电动机绕组烧毁或断线,则可更换新的风扇电动机或重新绕制电动机绕组。

3) 风扇限温保险器熔断造成停转。这一故障一般发生在安置在冷冻箱外部的电动机上。如日立机型及万宝 BYD-155V 型等电冰箱,在风扇绕组中串接了一只 $250 \text{ V}/142 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ A}$ 的限温保险管。检查时,可剥开保险管的外绝缘管层,测其两端的电阻值。若为无穷大,则说明已烧坏。需选择接近于原值的限温保险管更换。若无合适的限温保险管,可暂时找一支 $220 \text{ V}/3 \text{ A}$ 的电灯保险管来代替。

(2) 机械故障的原因及其检修方法。

1) 风扇的扇叶被凝霜卡住或扇叶的固定螺丝松动。如果原因为前者,则应拆开冷冻室的塑料后壁,检查风扇扇叶孔圈加热器是否烧断。若该加热器损坏,则应更换新的加热器,也可用相同规格的电热丝自行绕制。若原因为后者,则只需将扇叶固定螺钉拧紧即可。

2) 主轴轴承缺油或转子动平衡不良造成扇叶滞转。风扇电动机轴承多采取滑动铜轴承,前后塑料轴承盖的油毡内注入有机硅油润滑,以黏度适中的甲基硅油为佳。正常情况下,三年内无需补充。需注油时,若无专用润滑油,可选择凝固点低的压缩机用冷冻机油代替。这是因为置于冷冻箱内的风扇,环境温度为 $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ 左右。若转子与定子铁芯摩擦造成滞转,需重新对中,并上紧紧固定螺钉。上菱、华凌牌电冰箱的风扇机组常出现铝框架一端开裂的现象,此时需先用万能胶将铝框架重新胶合、固定,并用细铁丝扎紧、对中,待万能胶干固后再拆除铁线。

3. 电子温控式电冰箱电气控制系统检查

检测时应分清故障类型,分析故障内在的起因。常见的故障为不停机、不启动、不除霜或除霜不止。电子控制电冰箱的控制系统分为主控制基板和温度检测基板。可简单地把故障范围分为温度传感器和主控制基板两部分,然后根据类属,分别对两部分进行检测。确定故障元件,决定是维修元件还是更换基板。

当电冰箱不启动时,可首先检测电源电路,使用万用表检测电源变压器的一次和二次绕组,检查抗干扰过流保护元件,检查压缩机绕组线圈是否断路或短路。如这些检查均正常,可将控制压缩机起停的温度传感器短路后,再启动压缩机,如仍不可启动,则再分别检查继电器和温度传感器。

各种温度传感器检查时,首先将温度传感器取下,放入电冰箱冷冻室或与之相应的温度范围区域内,用半导体点温计和万用表对其测量,将测量结果与温度传感器的温度—阻值特性进行对照比较,以确定其是否损坏。如果温度传感器性能正常,则应用万用表检查微电脑的外围电路,可根据控制板上元件的标示值进行检测。检测前应对电气控制原理进行逻辑分析,研究高电位与低电位的逻辑变换关系。对于控制电路的检测,还应检查活动接插件的接触情况,元件是否有虚焊现象。

第5节 电冰箱常见故障分析与处理

一、电冰箱常见的故障分析及处理

电冰箱的故障其表现形式一般为压缩机不工作、制冷量不够或不制冷等现象。产生这种现象的原因可能是制冷系统,也可能是电气控制系统造成的。下面将电冰箱常见故障的分析判断和处理方法归纳于表 7.5 供维修时查阅。

表 7.5 电冰箱常见的故障分析及处理

故障	故障分析	故障处理
压缩机不启动但可听到“嗡嗡”声响,测得电流很大	1. 电源电压过低 2. 启动继电器触点故障或继电器与压缩机不匹配 3. 电动机启动绕组断路或短路 4. 电容器断路或短路 5. 压缩机损坏或润滑不良 6. 充注制冷剂过多	1. 量电源电压,其值不应低于额定电压的 15% 2. 选用合格的启动继电器 3. 更换压缩机或开壳重绕电动机绕组 4. 检测或更换电容器 5. 更换压缩机,充注冷冻油 6. 减少制冷剂,排除堵塞
压缩机不能启动,也听不到“嗡嗡”声,电流为零	1. 启动继电器内绕组烧断 2. 过热保护器触点未闭合,或热电阻丝烧断 3. 温控器触点未闭合,感温剂泄漏 4. 温控器在停车位,电源有故障 5. 电路接线松脱,电路未接通 6. 电动机运行绕组断路	1. 更换启动器 2. 更换过热保护器 3. 更换温控器 4. 调整温控开关,检修电源插座和插头 5. 检查电路,接通电路 6. 更换压缩机或开壳重绕

续表

故障	故障分析	故障处理
压缩机运行中,过热保护器呈周期性跳开和接通	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源电压过低 2. 过热保护器容量减小 3. 启动继电器与压缩机功率不匹配 4. 电动机线圈有短路,或对地绝缘不够 5. 电动机冷却不良出现过热 6. 压缩机摩擦阻力过大,运转电流增大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查并提高电压 2. 测量运转电流,更换额定容量的过热保护器 3. 再换合适的启动器 4. 检查电动机线圈电阻,测量对地的绝缘电阻,更换压缩机 5. 检查调整制冷系统 6. 测量运转电流更换压缩机
压缩机运行一段时间又停机或压缩机过热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 压缩机工作压力过高,或系统内有空气 2. 压缩机润滑不良 3. 制冷剂不足,制冷量低 4. 电动机线圈短路或对地漏电,使过热保护器触点调开 5. 压缩机排气阀片碎裂,或排气管有漏孔 6. 毛细管有冰堵或脏堵 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 放出少量制冷剂,并排出系统内空气 2. 补充冷冻油 3. 充注制冷剂 4. 更换压缩机或重绕电动机的绕组 5. 更换或修理压缩机 6. 排出系统内水分,去除冰堵;排出污物消除脏堵
压缩机运行但不停机	<ol style="list-style-type: none"> 1. 门封不严 2. 制冷剂充注过多或过少 3. 环境温度高,温差大 4. 电冰箱放置处通风差 5. 电冰箱内放食物过多 6. 照明灯开关失灵,灯常开发热量大 7. 温度控制器失灵 8. 温度控制器感温包安装位置不当或松脱 9. 温度控制器温控点漂移 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换门封条 2. 调整充氟量 3. 改变环境温度 4. 调整电冰箱位置,改善通风 5. 减少箱内食物 6. 检修或更换门开关 7. 更换温度控制器 8. 调整感温包安装位置或紧固感温包 9. 更换或调整温度控制器
压缩机长时间运行才会停机,且制冷量小	<ol style="list-style-type: none"> 1. 制冷剂泄漏 2. 制冷剂充注过多使蒸发压力过高,不容易获得停机温度 3. 温度控制器调节太低 4. 毛细管或过滤器堵塞 5. 冷凝器周围空气流通差,或其上灰尘太多,散热不好 6. 蒸发器表面结霜太厚 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检漏、补焊,充注制冷剂 2. 放少量制冷剂,调整蒸发温度 3. 重新调节温度控制器 4. 更换毛细管或过滤器 5. 清除灰尘,使电冰箱周围空气畅通 6. 按时化霜

续表

故障	故障分析	故障处理
压缩机运行时噪声大	<ol style="list-style-type: none"> 1. 箱体未放平产生共振 2. 间冷式电冰箱风扇与其他部件相碰 3. 管道与电冰箱或管道与管道相碰 4. 压缩机机壳与箱底盘接触 5. 接水盘震动 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整、垫平 2. 调整风扇 3. 调整管道位置 4. 加减震胶圈 5. 重新安装接水盘
压缩机工作时间长,蒸发器表面无结霜,只凝结水珠或蒸发器前半部分结霜	<ol style="list-style-type: none"> 1. 毛细管过长,使低压过低 2. 毛细管过短,使低压过高 3. 压缩机阀片破裂,有脏物或阀门关闭不严使排气能力下降 4. 管路漏气,制冷不足 5. 毛细管或过滤器堵塞 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整毛细管长度 2. 调整毛细管长度 3. 更换压缩机或开壳修理 4. 检漏,充注制冷剂 5. 更换毛细管或过滤器
压缩机、启动器、热保护器烧损	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源电压过低 2. 电源电压过高 3. 压缩机开、周期短 4. 启动器、热保护器、压缩机三者不匹配 5. 压缩机电动机或机械部分有故障造成运转电流过大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提高电压使其为额定电压 2. 降低电压使其不高于额定电压的 10% 3. 减小温控器温差范围,减少开停次数 4. 重新更换适当规格的启动器和热保护器 5. 更换压缩机或开壳修理
电冰箱温度正常,但启动频繁	<ol style="list-style-type: none"> 1. 温度控制器感温管与蒸发器感温管直接接触 2. 温度控制器温差太小 3. 热保护器中电热丝距双金属片太近或电热丝太细 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整感温管与蒸发器的安装间隙并加固之 2. 调整温差范围或更换温控器 3. 更换热保护器
双门电冰箱冷藏室温度偏高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 开门频繁,门封不严 2. 间冷电冰箱风门开度不够 3. 间冷电冰箱风扇工作不正常 4. 计时化霜器损坏,或化霜电热丝烧毁或化霜保险丝断 5. 压缩机排气能力降低 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 减少开门次数,更换门封 2. 风门温控调至冷点时,检查风门开度 3. 修复或更换风扇 4. 修复化霜装置 5. 修理或更换压缩机
冷藏室温度太低	<ol style="list-style-type: none"> 1. 加热补偿器损坏 2. 直冷电冰箱温度控制器放置最冷点或在速冻挡 3. 间冷电冰箱风门温度控制在冷点 4. 风门温度控制器损坏 5. 风门关不上 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换加热补偿器 2. 调整温控器旋钮位置 3. 调整风门温度控制位置 4. 更换风门温度控制器 5. 排除障碍物

续表

故障	故障分析	故障处理
冷冻、冷藏室温度均偏高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 间冷电冰箱翅片蒸发器被冰霜堵塞 2. 间冷电冰箱风扇电动机损坏 3. 温度控制器调定值偏高或损坏 4. 冷凝器灰尘过多或通风不良 5. 制冷剂减少, 制冷量下降 6. 门封不严, 热漏量大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查化霜电热丝、温控器、熔丝和计时器 2. 检查电动机和电源 3. 调整温控器或更换之 4. 清扫灰尘改善电冰箱放置位置 5. 检漏、抽真空、充注制冷剂 6. 整修或更换门封
冷凝器表面温度过高, 明显超过冷凝温度	<ol style="list-style-type: none"> 1. 制冷剂充注量过多, 造成高温制冷剂蒸气不能较快地冷凝液化, 使温升过高 2. 充注制冷剂时, 空气一同进入制冷系统 3. 冷凝器换热条件差或积尘过多 4. 箱内食品过多或门封不严 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 放出多余制冷剂, 调整制冷剂充注量 2. 排除空气, 抽真空进行干燥处理 3. 改善冷凝器的换热条件 4. 减少存放食品, 修理门封
电冰箱制冷正常, 但箱内照明灯不亮或关门后, 照明不熄灭	<ol style="list-style-type: none"> 1. 灯损坏或灯与灯座接触不良 2. 门开关接触不良 3. 门开关位置与箱门的相对位置不当 4. 照明灯回路断线 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换灯或整修灯座 2. 更换门开关或修复开关弹簧 3. 调整门开关位置 4. 用万用表检测电路给予修复
压缩机不工作且照明灯也不亮	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源插头或插座连线断路 2. 户室熔丝烧断 3. 电源插头与插座接触不良或电源线存在断路 4. 无供电 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用万用表检测电路并接通 2. 更换熔丝 3. 用万用表测量线路导通情况 4. 检查原因恢复供电

二、电冰箱维修实例

以上将电冰箱常见故障的判断、分析和维修的基本方法作了详细介绍, 根据经验, 对理论的知识, 需要经过实际的实践后, 才能灵活运用。为此, 对电冰箱实际应用中出现故障的维修实例进行分析介绍, 以营造现场教学环境。

实例一 松下 NR-105TAH 电冰箱故障及维修

(1) 故障表现形式及询问情况。接通电源后, 压缩机不启动。

(2) 检查与检修。该电冰箱属于小型冷藏冷冻箱, 采用单温控制方式, 即在冷藏室内设有一只温度控制器。化霜方式为手动式。电气控制电路如图 7.27 所示。用万用表按照图示采用排除法, 检测出启动继电器线圈阻值为 ∞ , 进一步检查是线圈引出端与接线柱虚焊所致。重新焊接后故障排除。

(3) 总结。故障表现形式很典型, 应首先检查最有可能发生故障的部位(启动继电器), 并本着由简单到复杂, 由内到外的原则进行检查, 以免做无用功。

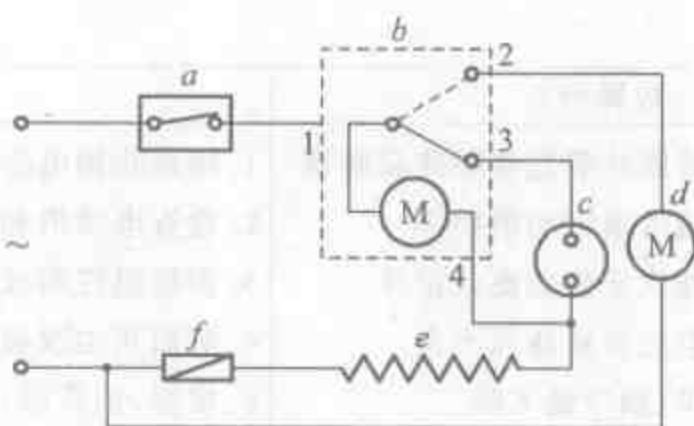


图 7.27 松下 NR-105TAH 电气控制图

实例二 东芝 GR 系列电冰箱故障及维修

1. 压缩机停机比例不正常

(1)故障表现形式。压缩机启、停比例小。

(2)询问情况。电冰箱内食物冻结不硬；压缩机启、停频繁。

(3)检查。该电冰箱属于间冷式电子温度控制式，其电路如图 7.27 所示。因压缩机可启、停，所以断定 Q802 正常。重点检查 Q802 比较器各输入端的比较电压是否正常。在改变温度调节旋钮时，测 Q802 的 6 脚电压应在 1.5~2 V 之间变化，5 脚电压比正常值(4 V)低 1 V 左右，这说明压缩机在停机过程中，不等冷藏室温度上升到预定值时，4 脚电压便超过 5 脚电压，导致 2 脚提前发出开机信号。进一步检查 Q802 5 脚电压分压元件，发现电阻 R801 由 20 kΩ 上升到 35kΩ，阻值明显增大，说明该电阻有故障。

(4)检修。将原电阻拆下，换上一只 1/8 W、20 kΩ 的新电阻并将其焊接好，则压缩机起、停机时间比例恢复正常。

2. 东芝 GR204G 电冰箱的整流二极管击穿

(1)故障表现形式及询问情况。接通电源后操作面板无任何反应。

(2)检查。接通电源后，操作面板上的相应指示灯应亮起，但该电冰箱无任何反应。重点检查电源电路，220 V 电源经过 F801、VD805、VD806 和 C806 后，产生 14 V 电源供给 Q811 和 Q812，在经限流电阻 R807 和 VD808 稳压后，产生 6.8 V 的电压供集成电路工作。

经查 F801 已熔断，断开 14 V 和 6.8 V 电源的负载，更换 3 A 熔丝后再试机又熔断，从而判断电路中有元件被击穿造成电源严重短路。断电后检查 VD805 发现其被击穿。

(3)检修。用 IN4005 或 IN4007 代换原来的 VD805，焊接后并更换熔丝试机，则故障排除。

3. 冷藏室温度传感器损坏

(1)故障表现形式及询问情况。冷藏室温度下降到 0℃ 以下，压缩机仍然工作。

(2)检查。首先将温度调节钮来回滑动几次，然后置于“1”(冷藏室最高温度位)位置，观察压缩机是否停转，如果停转，说明调温电位器接触不良。

检查冷藏室温度传感器，拔下控制电路板 P801 插座，使传感器处于开路状态，通电后，压缩机立即停机，说明传感器有故障，测量冷藏室传感器的电阻值正常情况下应为 8 kΩ。若通电压压缩机仍然运转，则应测量控制电路板 P802 插座“SVR”与 Q802 的 6 脚之间电压是否正常，调节调温电位器 R124 时，其电压应在 2.1~3 V 范围内变化。

如果测得电压在 2 V 以下，说明集成运放 A₂ 输出(1脚)始终在高电位，可检查 P802 接触

是否良好或 R123、R124 是否开路。

接着检查 Q802、Q801 后面的电路是否正常,如果测得 Q802 的 4 或 7 脚电压低于 2.7V,而其他各电压异常,则 Q802 或 Q801 损坏,若电压正常,则判断晶体管 Q811 被击穿或继电器 K_1 触点粘连。图 7.29 为冷藏室温度过低而压缩机不停机故障的检修流程图。

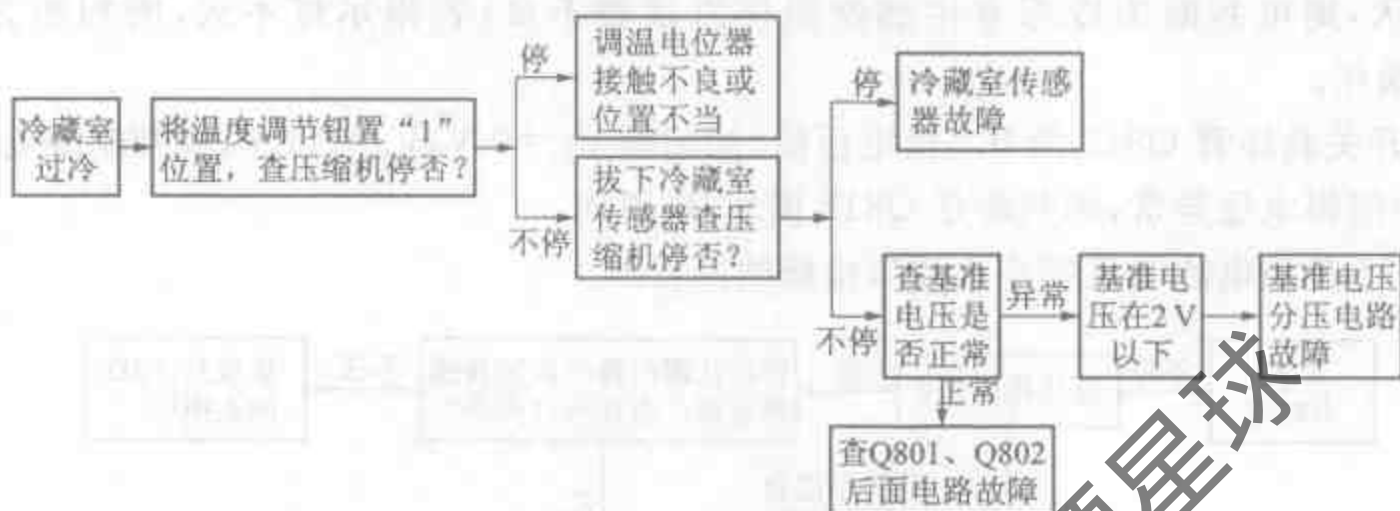


图 7.29 冷藏室温度过低但压缩机不停机检修流程图

4. 化霜继电器和化霜加热器故障

(1)故障表现形式及询问情况。按下化霜钮后,化霜指示灯不亮,不化霜。

(2)检查。检查冷藏室温度在 0°C 以下,按化霜按钮,化霜指示灯不亮。首先检查冷冻室传感器,拔下电路控制板的 P803 插座,使送入 P802 的输入电压为 0V ,此时, Q802 的 14 脚 $V_{14} = 6.7\text{V}$,再按下化霜按钮,若指示灯亮,则判断冷冻室传感器损坏。若指示灯不亮,则检查 Q802、Q801、测量开关晶体管 Q812 是否正常。在化霜状态时, $V_B = 0.7\text{V}$, $V_C = 0.3\text{V}$,如果电压异常,则判断 Q812 损坏或电阻 R811、R814 开路。

电压值正常,指示灯亮,如果仍不能化霜,则应检查继电器 K_2 和化霜加热电路,测量继电器 K 两端无 220V 电压,则可判断继电器出现故障;若有 220V 电压,则可判断化霜加热电路出现故障。图 7.30 是电冰箱不能化霜故障检修的流程图。

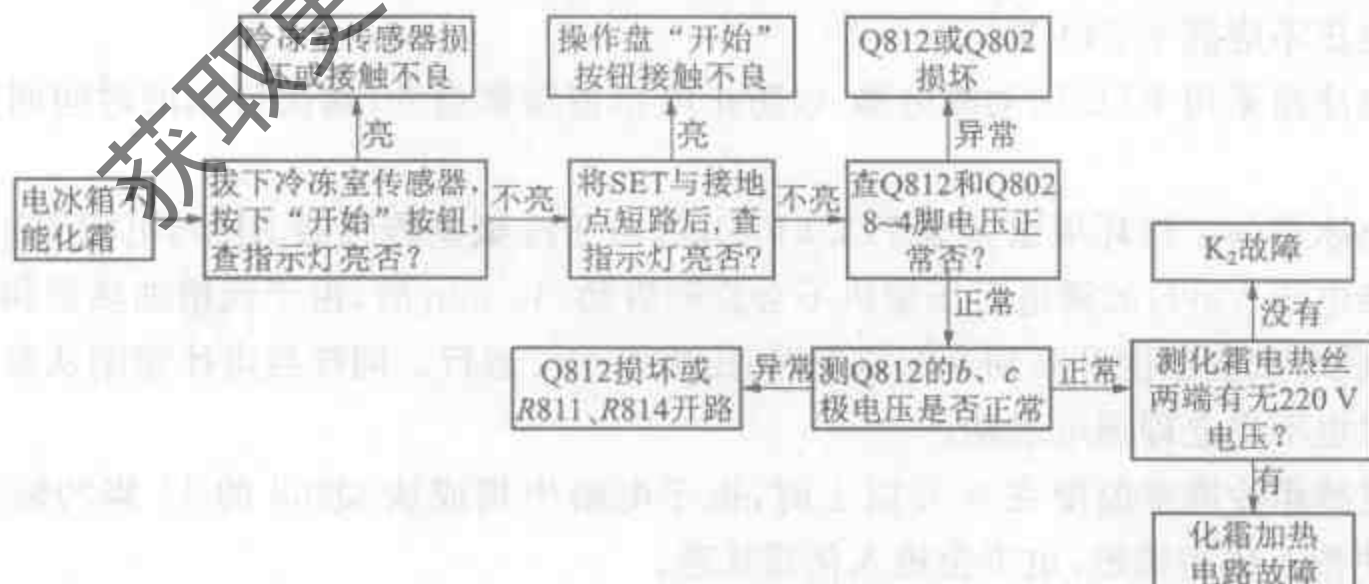


图 7.30 电冰箱不能化霜故障检修的流程图

5. 控制化霜电路的晶体管损坏

(1)故障表现形式。电冰箱化霜不止,压缩机不启动。

(2)询问情况。电冰箱在化霜状态时,冷冻室内温度不断升高,冷藏室内温度已达 8.5°C

以上,压缩机还不启动,不能进行制冷。

(3)检查与检修。按下化霜按钮(停止)后,指示灯灭,但化霜不停止,则判断继电器 K_2 的触点粘连,应进行修理或更换;如果按下停止按钮(停止)后,指示灯灭且化霜停止,则判断是自动化霜失控,故障点应在 Q802 化霜比较器部分;在化霜状态,将控制板 P803 插座短路,若化霜指示灯灭,则可判断为冷冻室传感器损坏或接触不良;若指示灯不灭,则判断为集成块 Q802A3 损坏。

检查开关晶体管 Q812 的 b、c 极电压值,如测得 $V_b=0\text{ V}$, $V_c=14\text{ V}$,则判断继电器 K_2 有故障,如果测得电压异常,则判断是 Q812 损坏,应更换。

图 7.31 是该电冰箱化霜不止故障检修的流程图。



图 7.31 电冰箱化霜不止故障检修的流程图

(4)总结。在使用东芝 GR 系列电冰箱时应注意以下几点:

1)电冰箱电源控制板中变压器 T801 的一次绕组并联一个压敏电阻(属于过压保护元件),因此电压不应高于 240 V。

2)该电冰箱采用 Q801 启动继电器,以防止电冰箱频繁启动,两次启动的时间间隔不应少于 3 min。

3)当电冰箱的工作环境温度低于 $3.51\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,由于冷藏室传感器 RJ1 与电阻 R806 的分压值低于基准电压 V_{svr} ,故通电后压缩机不会立即启动,30 min 后,由于流槽加热器和管道加热器的加热,使冷藏室温度升高到 $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上时,压缩机才可运行。同样当电冰箱刚从寒冷的室外搬入室内时也不应立即通电启动。

4)当电冰箱冷冻室温度在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上时,由于电路中集成块 Q802 的 14 脚的输出电压为 0 V ,故即使按下化霜按钮,也不会进入化霜状态。

5)东芝 GR204G 电冰箱所用的熔丝 F801 的外形极为特殊,不同于常规熔丝。它采用易熔金属箔制成,镶嵌在印制电路板上,好像一条印制电路线,烧断后无配件,可在原处焊接国产 5 A 熔丝代用,但要注意处理好绝缘。

实例三 阿里斯顿系列电冰箱故障及维修

(1)故障表现形式及询问情况。压缩机不停机。

(2)检查与检修。经检查压缩机工作正常,冷冻室和冷藏室温度却很高,检查后确认冷冻室蒸发器穿孔泄漏,根据各方面条件综合考虑决定,采用嵌入式蒸发器给予修复。修复过程如下所述。

1)确定蒸发器蒸发面积和铜管的长度。根据冷冻室容积计算出蒸发器用铜管的尺寸。一般铜管直径 $\phi=8\text{ mm}$,壁厚为 0.4 mm ,制作的蒸发器必须与毛细管相匹配,如果蒸发器面积过小会使制冷剂蒸发不完全,有液体流向压缩机造成液击现象;如果蒸发器面积过大,会使回气温度过高,导致能效比降低而及能耗增加;如果冷冻室蒸发器制作的过长,制冷流动阻力将增加,蒸发压力提高,从而影响制冷的最低温度;若蒸发器铜管过短则制冷量不够,制冷度达不到要求。冷冻室容积与制作蒸发器铜管长度的关系为:

冷冻室容积为 20 L 时,铜管长度应在 3.3 m 左右;

冷冻室容积为 35 L 时,铜管长度应在 5.0 m 左右;

冷冻室容积为 50 L 时,铜管长度应在 6.8 m 左右。

2)正确安装蒸发器。根据铜管长度的不同,应采用不同的安装方式。本例中由于铜管长度小于 3.3 m ,可采用平板式蛇形的安置方式,蒸发器安装在冷冻室的顶部,如图7.32所示。

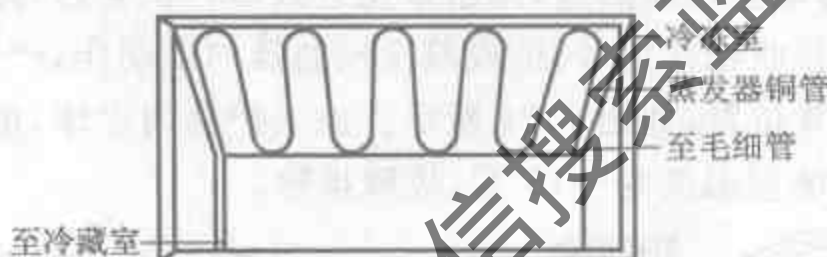


图 7.32 蒸发器的蛇形安装

实例四 美菱—阿里斯顿电冰箱故障及维修

(1)故障表现形式。压缩机运行正常,但冷冻室食物不冻结。

(2)询问情况。用户反映该电冰箱最近逐渐出现制冷量下降,近一两天发现压缩机连续运行,但冷冻室食物却不冻结,电冰箱两室温度基本相同。

(3)检查与检修。采用分段检漏法,发现制冷管路有内漏。在修理该电冰箱内漏时,应注意其制冷系统采用的是分流板结构,维修时先在后背中部挖开背板和隔热层,可见到分流板,如图7.33所示。此分流板上原毛细管仍然可以利用,将板上三个管道锉断,其中一个管内有毛细管,它与分流板相连接,用焊具烘烤分流板,并用钳子夹住分流板左边缘用力拉动,待烘烤到一定程度,分流板可被拉脱时,再从箱体后背左下方低压管进入箱体位置,将低压管切断(注意内部的毛细管,在切断时只切外面的粗管,不要将内部的毛细管切断),然后握住粗管向下用力将毛细管拉出,利用此毛细管制成低压管总装后使用。

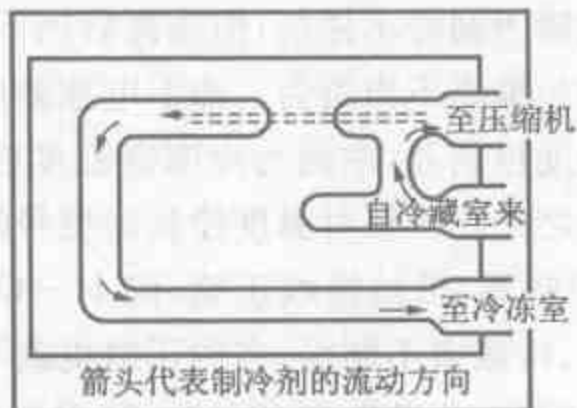


图 7.33 阿里斯顿电冰箱分流示意图

在维修过程中如果发现分流板也出现腐蚀泄漏点时,可应用双管胶或 AB 胶按规定量匹配后粘补漏点,72 h 后用肥皂水检漏,合格后可充注制冷剂。

实例五 长岭 BCD203B 故障及维修

1. 冷藏室温控异常

(1) 故障表现形式。冷冻室食品冻结不实。

(2) 询问情况。该电冰箱曾作过自然化霜处理,并没有使用尖锐工具除霜,因此不存在蒸发器泄漏问题,但用户在擦冷藏室时,把固定温控器感温包的塑料圆盖拆下并用软布擦洗感温包和冷藏室内胆。复位后便出现温控异常。

(3) 检查。通电试机,将温度控制器旋钮调到“7”位,使压缩机强制运行约 30 min 后,经查冷冻室沾手,冷藏室结霜均匀,回气管冰凉,排气管烫手,由此判断制冷系统工作正常。初步结论为温度控制器故障,导致压缩机开机时间短,停机时间长,使冷冻室达不到低温要求。

进一步检查温度控制器,用手沿着感温管摸至尾部,没有发现异常。卸下感温管的塑料圆盖时,发现从感温管的塑料护套内流出了很多水,水来自于冷藏室流下的露水,由于温度控制器的感温管紧贴在冷藏室内胆后壁,露水难免进入塑料护套内,露水遇到低温时很容易结冰,其结果使温度控制器接收错误信号,造成温度控制器的误动作,产生上述故障。

(4) 维修。调整感温管位置,如图 7.34 所示。擦去护套内水珠,重新开机试运转正常。测量冷藏室温度为 5°C ,冷冻室温度为 -15°C ,故障排除。



图 7.34 调整温度控制器安装位置示意图

(5) 总结。对于制冷能力下降故障的维修,不应忽略由于感温包安装位置的不当而造成的原因。否则将会误换温控器,甚至于切盲管进行打压、检漏等,从而造成不必要的工时浪费和经济损失。

2. 温度控制器和电磁阀故障

(1) 故障表现形式。电冰箱不制冷。

(2) 询问情况。电冰箱原故障为制冷不停机,但维修后仍不停机,冷藏室反而也不制冷了。

(3) 检查。初步判断此故障为维修不当所为。卸下电冰箱后背顶部温度控制器的外罩,从电冰箱背面看,右侧为冷藏室温度控制器,左侧为冷冻室温度控制器,将两温度控制器实际接线与原理图比较,没有发现错接之处。在核对温度控制器型号时,发现冷藏室温度控制器采用了一只 WDF 双刀双掷型温度控制器,虽然接线正确,但 H—C 端始终是接通的,电磁阀始终吸合,即制冷循环不经过冷藏室,冷藏室不制冷,当然压缩机就不可能停机。

(4) 维修。卸下冷凝器固定螺钉,将其取下,卸下冷藏室温度控制器,换上一只 WPF 系列原生产厂家的温度控制器,确认接线无误后试机,结果制冷效果良好,故障排除。

(5)总结。对于双温双控电冰箱的温度控制器,千万不可随意替代,它所用的温度控制器是单刀双掷型的 WPF 系列。普通电冰箱所用的是 WD、WDF 等系列。这两种温度控制器的接点形式和特点是不同的。

实例六 新飞 BCD—260 无氟故障及维修

(1)故障表现形式。压缩机运行时间长,停机时间短且不制冷。

(2)询问情况。逐渐发现压缩机运行时间长,停机时间短且不制冷。

(3)检查。将电冰箱通电,压缩机运行正常;触摸冷凝器有热感;听毛细管与蒸发器接口处有制冷剂断续的流动声音,但声音逐渐消失,且冷凝器变凉,初步断定毛细管有冰堵。用热毛巾加热毛细管与干燥过滤器、毛细管与蒸发器的结合部,几分钟后听到系统内有液体的流动声,此时可肯定是冰堵,说明系统内有水分和杂质。

(4)维修。打开压缩机工艺管封口,有制冷剂喷出,到后期,喷射声音时大时小,说明制冷管路不畅通。在工艺管上焊接好修理阀,将毛细管在距离过滤器 10 mm 处切断,通过修理阀接口向系统内充注氮气,发现过滤器出口(毛细管端口)气流较大,而毛细管流出气流很小,说明毛细管内有杂质阻塞了管道。将过滤器上的一段毛细管封住,使充入系统内的氮气压力增大,当压力上升到 0.8 MPa 时,发现从毛细管内喷出的气流夹带有发黑的冷冻油,在 0.8 MPa 压力下吹除 4 min,净化主、副蒸发器,保证毛细管畅通。最后拆下旧过滤器,用 0.9 MPa 压力的氮气吹除冷凝管道 5 min。此时,可封住毛细管口,换上新的干燥过滤器,用焊接的方法将制冷管道焊接好,在用压力为 1.2 MPa 的氮气充注到系统内部并保压 24 h,压力应保持不变。

(5)总结。在处理无氟电冰箱冰堵故障时一定要检查是否存在脏堵,以便彻底处理其故障,抽真空时间一定要足够多,确保系统内部的清洁程度。

实例七 上菱电冰箱故障及维修

1. 上菱 BCD—180W 电冰箱

(1)故障表现形式。制冷效果差,有时不制冷。

(2)询问情况。近期制冷效果不好,若停机半天或一天,再使用可恢复制冷,运行一天后又渐渐失去了制冷能力。

(3)检查。这是一种比较典型的故障,首先应检查化霜定时器的工作是否正常。卸下冷藏箱顶端的调节盒,观察化霜定时器,通电后透过常见四瓣形式的窥视孔,发现电动机转子不动。该电冰箱采用 JS—802 型定时器,耐压为 200~240 V,定时器线圈的正常电阻为 6.5 kΩ,测量时应脱开连接线,测得结果是两线圈阻值无穷大,说明化霜定时器有故障。

(4)维修。根据线圈结构知,线圈内层的首尾端为引线,引线的焊锡头容易磨穿其他线路而造成断路。在维修时,先用什锦锉刀沿定时器外壳锉一道深沟,注意不可损伤漆包线,拆开外壳,检查外层线圈有无断路点,然后,在进一步检查深层线圈损坏情况,找到了断路点。将绝缘层刮去后,重新焊接好,并套塑料套管或加强绝缘处理,通电试机,电冰箱运转正常并恢复制冷能力,故障被排除。

(5)总结。此故障很像是冰堵,但对于无霜电冰箱,如果化霜定时器有故障,也会出现不制冷问题,因此,在维修过程中应注意电冰箱的类型,以准确判断故障点。

2. 上菱 BCD—202W 电冰箱

(1) 故障表现形式及询问情况: 制冷效果差。

(2) 检查。根据该电冰箱的电路关系, 如图 7.35 所示, 应进行下列各方面的检查。

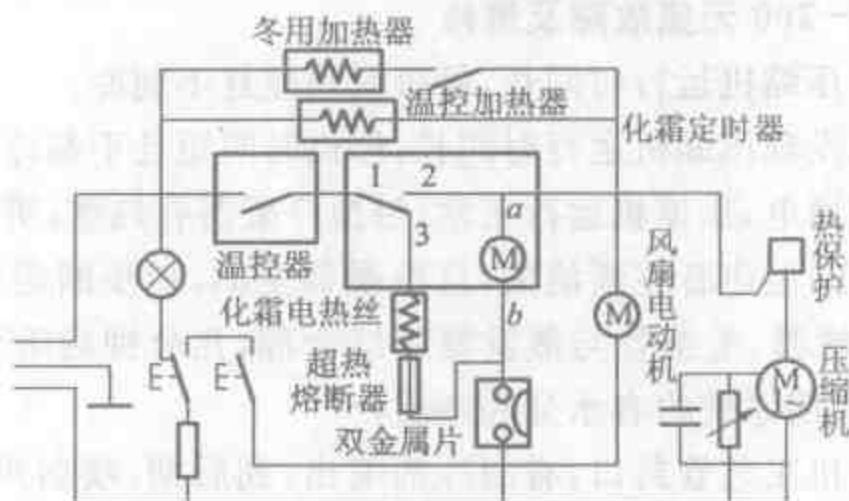


图 7.35 上菱 BCD—202 电冰箱电路图

1) 检查风扇电动机是否烧坏或卡死, 也可用万用表 $R \times 1$ 挡测量电动机。电动机直流电阻值 (300Ω), 如果阻值偏小或开路, 则说明电动机已损坏。风扇电动机开路故障一般是电动机进线端的熔丝烧损所致, 如果其已断损, 则可更换新熔丝即可。

2) 用万用表 $R \times 1k$ 挡测量化霜定时器电动机的直流电阻 (8Ω)。如果阻值偏小, 则线圈短路; 如果阻值偏大, 则线圈断路; 如果阻值正常, 则接通电源后观察化霜定时器的手控钮轴是否转动, 如果不转动, 说明内部机械齿轮有故障。

3) 用万用表 $R \times 1$ 挡测量化霜温控器, 常温下应为开路状态, 将温度控制器放入电冰箱冷冻室测量其阻值应为零, 即导通状态, 说明温控器的质量完好无损。若放入电冰箱冷冻室对其进行测量, 不通或有几十欧的阻值, 说明温控器已损坏。

4) 用万用表 ($R \times 1$ 挡) 测量化霜电热丝和排水电热丝 (两发热丝为并联), 其阻值为 320Ω 左右。如果测量阻值明显偏大或不导通, 则证明电热丝已经损坏。

5) 用万用表 ($R \times 1$ 挡) 测量化霜加热熔丝 (65°C) 应为通路, 否则说明此熔丝已损坏。

(3) 维修。上述各部件损坏后, 均应更换新部件。

(4) 总结。无霜电冰箱出现制冷效果差的原因, 在排除其他原因后, 对化霜定时器应分别检查, 最终确定故障点。

实例八 华凌 BCD182 双门风冷式电冰箱故障及维修

(1) 故障表现形式。不制冷。

(2) 询问情况。压缩机运行一段时间后, 电冰箱仍不制冷且蒸发器无结霜。

(3) 检查与维修。初步判断可能是泄漏或堵塞。卸下后盖板, 发现旋转式压缩机高压管断裂, 制冷剂已漏完。经过充高压氮气进行检漏, 然后在抽真空充氟, 试机 2 h, 发现箱内冷气不足, 工艺管处压力表 (旋转式压缩机工艺管为高压端) 指示值偏低, 压缩机及整个管路系统不漏。触摸过滤器、毛细管均为常温。蒸发器基本无喷流声, 初步判断为堵塞。

进一步检查是冰堵还是脏堵。用木锤敲击过滤器毛细管端, 边敲边听边摸, 无明显变化, 很有可能为冰堵。华凌电冰箱第一毛细管 (内径为 0.6 mm) 与第二毛细管的接点处于箱体内部, 第二毛细管 ($\phi 3 \times 1.8$) 与蒸发器相连接, 以便使节流后的蒸气制冷剂进一步膨胀液化, 以提高制冷效果。因焊接点在箱体内部酒精灯烤不到, 故可采用停机自然溶化冰堵方法将冰堵

溶化,果然再次启机后,制冷正常了。

采用二次抽真空法并在抽真空的同时用高温烘烤制冷系统,使内部水分蒸发成气体被抽出。该电冰箱采用的是翅片式蒸发器,紧靠冷冻室内胆,先将蒸发器外移,将温度熔断器、双金属开关等拆下,用焊枪来回烘烤蒸发器,放出制冷剂后接真空泵,30 min后充注制冷剂,试运转,手摸高压管、过滤器有温热感,说明制冷正常。但当准备封口时,又发现箱体不热,说明有冰堵,应再仔细检查。

旋转式压缩机管路系统为防止停机后,气缸内的高压气体沿进气口反流到蒸发器,在回气口处装有单向阀。在压缩机运转时,阀内尼龙塞受吸力而单向导通,制冷剂通过单向阀回到压缩机,在这方面有别于往复式。又由于旋转式压缩机腔内为高压,工艺管为高压端子,故在抽真空时,只抽了高压管路,压缩机腔内和蒸发器内未能抽干净,这就是多次形成冰堵的主要原因。重新双侧同时抽真空(时间应加长一些),充注制冷剂后试机,制冷正常,故障排除。

(4)总结。根据旋转式压缩机的特点,即单向阀与压缩机达到回气口之间装有一个消音器,其上还有一个工艺管即低压端。应该对高、低压侧同时抽真空,抽真空时间一定要足够长,同时对过滤器进行烘干处理,此时,可将系统内部的空气和水分彻底抽尽,确保系统无水分而无冰堵。

实例九 万宝电冰箱故障与维修

1. 万宝 BCD—166B 电冰箱

(1)故障表现形式。不制冷。

(2)询问情况。购买后约2年,逐渐出现不制冷。

(3)检查。启动压缩机后,测量工作电流其值偏低,冷凝器不热,气流声微弱,冷冻、冷藏室蒸发器只凝露而不结霜,用手触摸门防露管与冷凝器连接处两侧发现有温差。初步判断为堵塞。

(4)维修。停机后切开工艺管并修理阀,充注制冷剂检查,低压表压力呈负压,说明确有堵塞。停机用割刀断开门框防露管焊接端,靠门框防露管一侧排气畅通,而靠冷凝器一侧的排气甚微,可初步判断堵塞在焊头处,清除处理后重新焊接。然后在抽真空、充注制冷剂封闭后试机,制冷正常,故障排除。

(5)总结。由于电冰箱在焊接过程中施焊不当,将积焊物流入接头内,电冰箱在开始使用时,系统内还能有少量制冷剂,随着时间的推移,沉积物越积越多造成二次堵塞,因没有形成完全堵塞,所以会产生温差,依据这一点可判断不完全堵塞故障。

2. 万宝 BCD—188 电冰箱

(1)故障表现形式及询问情况。通电后压缩机不启动,热保护器动作。

(2)检查与维修。该故障现象大多为电动机绝缘烧损后,出现短路或压缩机机械卡死现象造成过载,导致高热使热保护器动作。这种故障一般应更换压缩机,更换时按以下步骤进行:

1)切开工艺管,放掉制冷剂(应集中回收以保护环境)。

2)用焊具割开压缩机的高压排气管和低压排气管的连接部位,卸下压缩机的安装螺钉,取下压缩机。

3)取出原压缩机底座的防震橡胶垫(橡胶垫一般应更换),将质量完好的橡胶垫置于新压缩机底板上,适度拧紧螺母,以噪声最小为准。

4)压缩机烧损后,会有很多酸性氧化物积聚与制冷系统内,在运行过程中容易出现堵塞,

所以应使用高压氮气对系统进行吹扫。

- 5) 更换压缩机时,一般同时也更换干燥过滤器。
- 6) 将新压缩机的高压排气管、低压回气管与制冷系统焊接好,最好采用银焊,焊接前应将焊接部位彻底清理干净并打磨,以确保焊接质量,焊接要迅速准确,防止焊接不牢造成泄漏或焊渣流入管路引起堵塞。
- 7) 检查整机系统是否有泄漏,确认无误后,可抽真空、充注制冷剂。

(3) 总结。更换压缩机时,应选择与原压缩机规格、功率等相等的相同型号的压缩机,如果用替代品,应对制冷系统进行调整,即毛细管的长度等,要调整装配好。

3. 万宝 BCD—186 W 电冰箱

(1) 故障表现形式。接水盘无化霜水。

(2) 询问情况。电冰箱冷藏室内无水流出,接水盘无水。

(3) 检查。根据用户反映,可初步排除由于排水管路堵塞所致,有可能是化霜加热器或排水加热器故障所致。通电试机,冷冻室制冷系统正常,风扇也正常工作,当冷冻室温度达到 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下时,微调电冰箱后盖内定时器上的黑色旋钮,听到“叮”的一声,接通化霜回路(压缩机停止运行),测量化霜电路电流为 0.5 A ,正常值为 0.8 A , 30 min 后压缩机自动恢复运转,说明化霜回路基本正常,但其电流有一些偏小,怀疑排水加热器开路。

做进一步检查,首先断掉电冰箱的照明回路,在冷冻室温度达到 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下时,使化霜温控器复位,接通化霜回路,此时定时器触点接通化霜温控器、并联的加热器、温度熔丝、电源插头等部件而构成回路,因加热电阻丝及定时器触点阻值已知,用万用表 $R\times 1$ 挡检测电源插头两端电阻值为 $450\ \Omega$,说明排水加热器断路(若阻值为 $967\ \Omega$,说明化霜加热器开路;若阻值为 $8\ 000\ \Omega$,则说明化霜温控器损坏)。

(4) 维修。打开冷冻室搁板,蒸发器下部充满霜,证明排水加热器失效,导致化霜水不能及时排出,形成二次冻结,将积霜全部融化后,检测排水加热器为断路,将其焊接后,并试机,化霜正常,故障排除。

(5) 总结。该故障形式可能由两种原因所致:其一是排霜水管路堵塞,但应伴随箱内有流水的现象;其二就是化霜电路有问题,对于化霜电路问题要进行具体分析,应根据电冰箱的化霜电路特点去寻找故障点。在判断故障点时,应详细全面地分析,以作出准确的判断。

实例十 容声系列电冰箱故障及维修

1. BCD—190W 电冰箱故障及维修

(1) 故障表现形式及询问情况。压缩机“嗡嗡”响,但不启动。

(2) 检查。此现象一般是启动继电器故障,经检查确实是此故障。

(3) 维修。由于无重锤式启动继电器,则用 PTC 启动继电器代替。大多数情况下替换都会获得成功,但也有烧损的情况。

(4) 总结。从理论上讲,用 PTC 电阻代替启动器后,由于启动绕组串入了电阻,这时运行绕组中的电流与启动绕组中的电流形成一定的相位差,产生的转矩数值较小,因而只适用于容易启动的压缩机电动机。如果用 PTC 代替重锤式启动继电器,则需将其串入启动绕组回路中,去掉运行绕组中串联的启动器线圈,即减少了启动器的阻抗值,如图 7.36 所示。

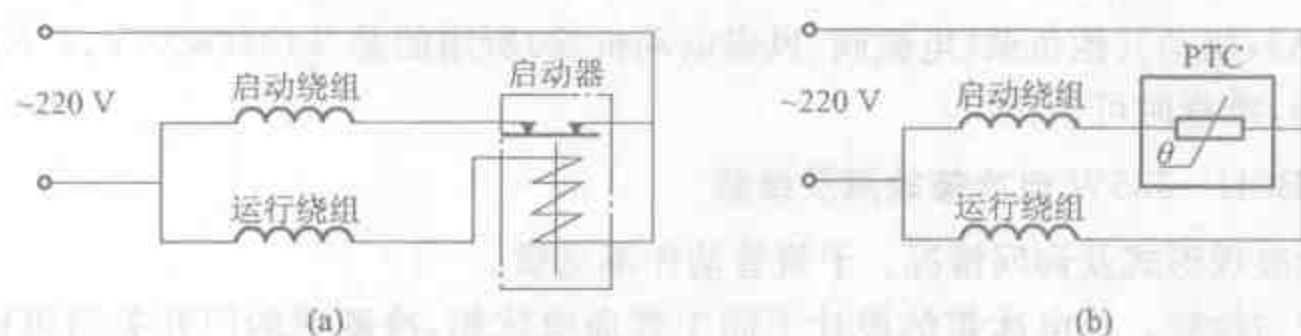


图 7.36 启动器接线图

从 PTC 实验特性曲线知,启动绕组中的电流衰减时间仅为 1.5 s 左右,如果启动绕组串入电阻产生的启动力矩小,势必会造成启动时间加长。若启动时间与 PTC 电流衰减时间不匹配,则将有 4~7 倍的启动电量由运行绕组承担。能否用 PTC 电阻代替重锤式启动继电器,受到 PTC 的选择和电冰箱自身、温度环境、散热能力等多方面因素的制约,应根据具体情况而定,不可强行替换,以免损坏压缩机。

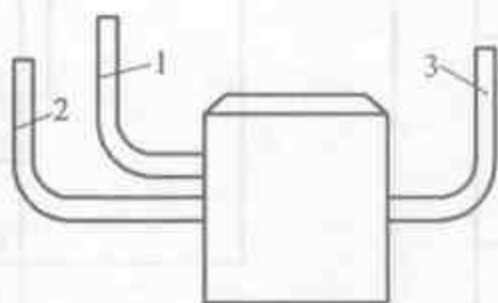
2. 容声 BCD—255W 电冰箱故障及维修

(1)故障表现形式及询问情况。电冰箱工作时,电磁阀噪声过大。

(2)检查与检修。遇此故障时应区别噪声是来自电磁阀本身造成,还是电路板上的控制元件(晶闸管)造成的。

1)检查电磁阀。卸下压缩机后罩,在压缩机运行情况下(冷冻室可设定为“超冻”状态),打开冷藏室门,使冷藏室实际温度大于冷藏室设定温度 2℃ 以上,然后其中一个人按冷藏室的“使用/停用”键的最右边的按键“O”,另一个人耳朵靠近电磁阀部位,仔细听电磁阀的声音,无论冷藏室是在使用状态还是在停用状态,只要电磁阀有异常声音,就可确认为电磁阀故障。

2)电磁阀本身故障和晶闸管故障的区别。第一,如果冷藏室在使用状态时,听到电磁阀有异常噪声,可判断是晶闸管故障。换一只良好的晶闸管,进一步检查。若在冷藏室停机状态时,电磁阀有异常噪声,而在冷藏室处于使用状态时,电磁阀无异常噪声,即可判断是由于电磁阀本身原因所致。可检查电磁阀的安装是否牢固,如果将其紧固后仍有异音,就要更换电磁阀。第二,拔下有噪声的电磁阀连接插头,换上一个质量完好的电磁阀,其工作原理如图 7.37 所示。插上连接插头,注意不要动制冷管路,电磁阀最好用海绵垫住以防震动,然后再按步骤 1)进行检查,如果电磁阀仍有噪声,可判断是电路板晶闸管损坏,更换一只好的晶闸管,如果电磁阀无噪声则故障被排除。



1—电磁阀进口 2—接冷藏室毛细管(常闭出口) 3—接冷冻室毛细管(常开出口)

图 7.37 三通电磁阀示意图

(3)总结。当晶闸管半导体等故障较轻微时,可按步骤 1)检查,听不到噪声,可将电冰箱停电一次后立即通电,此时压缩机因处在延迟保护状态而不会启动。如果电磁阀有噪声,可判断电路电磁阀有故障。

在本机控制电路中所用的双向晶闸管有两种形式,驱动压缩机所用晶闸管是 BTA20

(800 V, 20 A); 驱动其他负载(电磁阀、风扇电动机等)所用的是 T435(800 V, 4 A)或 BTA06(800 V, 6 A), 维修时可供代用。

3. 容声 BCD—255W 电冰箱故障及维修

(1)故障表现形式及询问情况。干簧管动作不灵敏。

(2)检查与检修。该电冰箱的设计不同于普通电冰箱, 冷藏室的门开关用机械式接触开关, 冷冻室则用干簧管作为门开关。将磁芯装在门上, 当门打开或关闭时将引起磁场的变化, 反映到干簧管上使其闭合和断开。当电冰箱故障符合如下特征时, 则可判断为干簧管故障。干簧管的工作原理如图 7.38 所示。

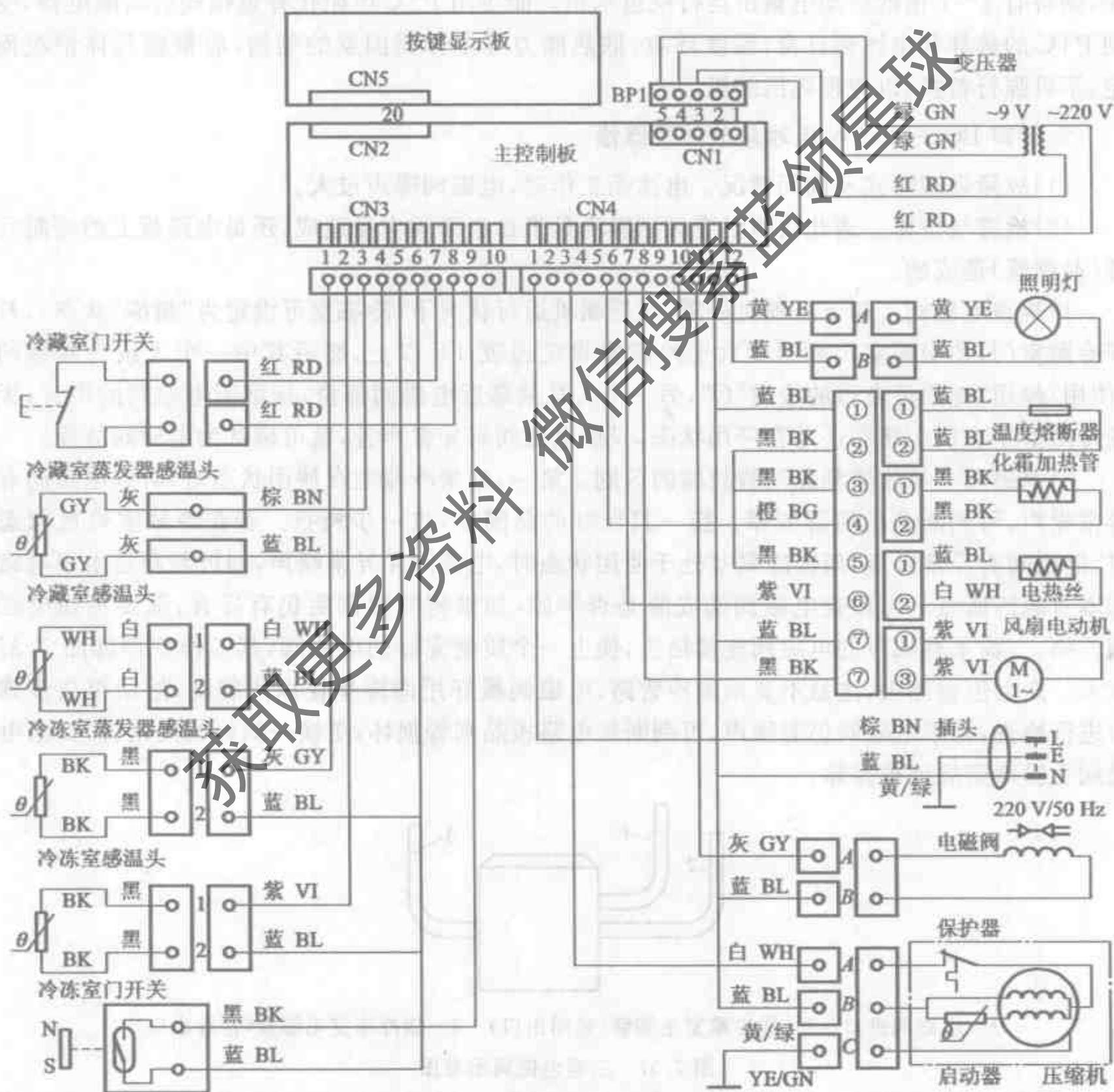


图 7.38 容声 BCD—255W 电路图

1) 当门自检时(同时按下禁止蜂鸣键和冷藏室温度键 3 s 以上), 在 90 s 时间内冷藏室温度显示的十位数字(左边第一位数字)应随冷冻室门的开关对应成“1”、“0”变化, 如果此时该数

字一直显示为“1”或“0”，则需要进一步验证。

2) 检查并确认冷冻室磁心无故障，且装配正常。

3) 断电后卸下盖板，取出电路板，用万用表电阻挡测量电器盒内的 10 芯插座（靠近左边的那个）的 6、9 脚（从左向右数）之间的电阻值，如果此阻值随冷冻室门的开、关，对应的呈“∞”“0”之间变化，则应检查电路板与插座的接触是否良好或电路板本身是否有故障，如果此阻值无论冷冻室门开或关，都是“∞”或“0”，则判断为干簧管故障。

(3) 检修。用开孔器在底板靠近干簧管处钻开一个直径 100 mm 左右的圆孔，挖出泡沫后，检查并确认干簧管装配是否正确是否到位；取出干簧管组件，并在靠近干簧管组件处，将两引线剪断后去掉绝缘层，其长度约为 12 mm；将同型号的干簧管组件引线剥去 12 mm 的长度后与上述引线连接，用端子压紧并装上电路板、显示板后进行门自检，应能随冷冻室门的开、关对应成“1”、“0”变化，则说明工作正常。在端子处涂热熔胶以防潮气进入管内；将干簧管组件按原位置装好（应装正并紧贴内胆）用免水胶固定；补泡、修平并用棉布剪成规则状覆盖；通电进行门自检。应随冷冻室门的开关，对应成“1”、“0”的变化，则故障被排除。

4. 容声 BCD—255W 电冰箱故障及维修

(1) 故障表现形式及询问情况。冷冻室达不到设定的温度，压缩机工作时间长。

(2) 检查与维修。实测冷藏室内温度正常，而冷冻室达不到设定的温度且压缩机工作长时间。根据该电冰箱的制冷系统、制冷剂循环示意图（图 7.39）和制冷循环流程关系逐段进行检查。

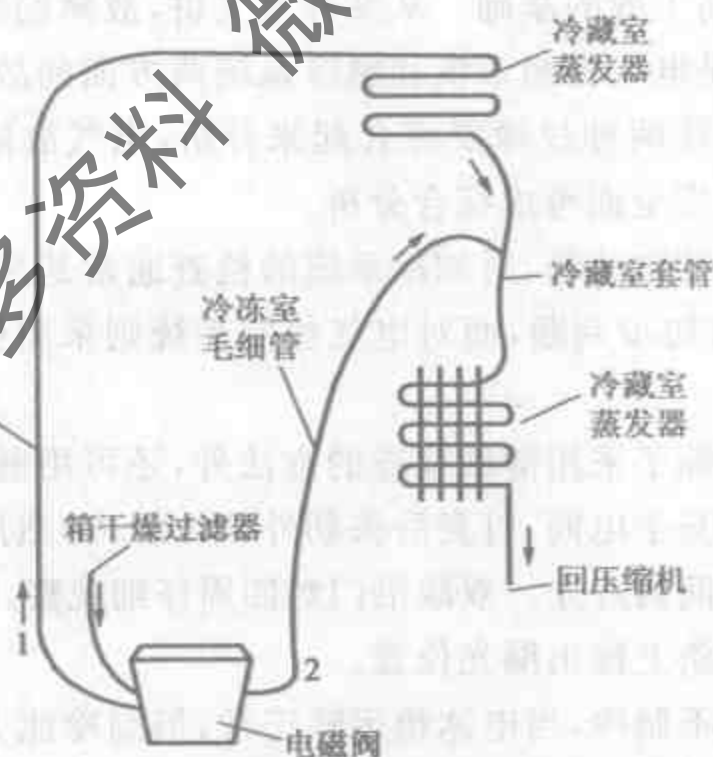


图 7.39 容声 BCD—255W 电冰箱制冷剂循环示意图

电冰箱制冷时形成两个回路，其一为常开回路，即冷冻室毛细管→冷冻室蒸发器→冷冻室套管→冷藏室蒸发器→压缩机构成的回路。这一回路类似于直冷抽屉式电冰箱。其二为常闭回路，即冷藏室毛细管→冷冻室套管→冷藏室蒸发器→回压缩机构成的回路。这一回路类似于单门电冰箱。

造成冷冻室达不到设定温度故障的原因有以下几种情况：

1) 冷冻室内的风扇不转，使得冷冻室内温度不能强制对流交换，温度难以降低。

2) 冷藏室毛细管堵塞,当冷藏室达到设定温度时,电磁阀上的冷藏室毛细管接通,但由于此时冷藏室毛细管堵塞,使得冷冻室无法继续制冷,导致冷冻室温度回升。

3) 制冷剂泄漏,使制冷回路制冷剂流量减少,同时由于蒸发温度降低,在冷藏室蒸发器表面更易结霜,从而使冷冻室难以冷却到设定温度,导致压缩机工作时间过长。

4) 化霜加热丝烧损,有关控制电路发生故障,造成冷藏室蒸发器表面结霜,大大影响了冷藏室蒸发器表面的换热效率,使冷冻室温度难以达到设定温度。

依次检查风扇电动机、冷藏室毛细管、化霜发热管和制冷剂情况,用适当方法将其故障排除;检查毛细管是否堵塞时,可按住“O”键,关闭冷藏室,通电运行一段时间,如果冷冻室温度反而升高,则为毛细管堵塞。

在维修时,依次取出抽屉、蓄冷器盘、层架、拆下蒸发器盖、风道板,拔掉化霜发热管的插头,放出制冷剂,拆下蒸发器,换上质量完好的发热管,然后重新装上蒸发器,再焊接、检漏、抽真空、充注制冷剂,完成后,通电试机。

小结

(1) 电冰箱在维修过程中,首先应根据故障现象,对制冷系统进行全面分析和判断,准确的判断是确保维修质量提高工效的基础。从某种意义上讲,故障的判断更重要于对故障本身的维修。电冰箱故障主要就是电气控制系统和制冷系统两方面的故障,当然箱体结构也会出现故障。但在实际维修中,往往两种故障要综合起来分析,电气故障经常表现为制冷系统的不正常。因此在分析故障时,应全面考虑综合分析。

(2) 在确定存在故障的电冰箱,对制冷系统的检查通常是采用一问、二看、三摸、四听的方法,对电冰箱故障点作出初步判断,而对电气控制系统则采用仪器仪表测量的方法进行检查判断。

(3) 检查门封密封性除了采用薄纸检查的方法外,还可用漏光检查法。具体做法是:切断电冰箱电源,准备两只手电筒,打亮后头朝外放入箱内,然后关闭箱门。白天最好遮掉房间内光线,晚上应关掉房间内灯光。双眼沿门封四周仔细观察,以不漏光为合格。若有漏光现象,可用圆珠笔在门密封胶条上标出漏光位置。

(4) 制冷能力降低或不制冷,当电冰箱运转正常,但制冷能力下降,随着时间的推移,最终变为电冰箱不制冷。制冷量不足的表现:冷凝温度和压力下降、冷凝器前半部分温热、后半部分为室温;蒸发压力和温度降低、蒸发器前半部分结霜而后半部分无霜;压缩机的运行电流、震动和噪声均减小;电冰箱不停机或运转时间过长。

(5) 冷凝器工作条件的恶化而使制冷系统不能正常工作,则是经常发生的事情,这主要是由以下原因造成的:制冷系统中有空气、冷凝器中的油垢太多、冷凝器外表面的灰尘、油污太多、充加制冷剂过多。

(6) 常见的制冷系统故障有:泄漏、脏堵、压缩机不做功。

(7) 处理内漏的最好的方法是开背修理,它不割开内胆(割开内胆易使水分进入隔热层,使

之失效)而是从冰箱背后入手,故称开背法。

(8)电冰箱控制电路系统的故障也很常见,主要有:不启动或不停机、运转时间太长或太短、间冷冰箱还有风扇不转以及不能自动融霜等故障。

(9)温度控制器出现的故障一般有几种情况:温度控制器触点的粘连,动作机构失灵,温度控制器感温管装夹松脱,温度控制器感温管内感温剂过多或过少或泄漏。



实训项目一:更换电冰箱干燥过滤器

实训目的:掌握在电冰箱上拆卸和更换干燥过滤器的方法和步骤,进一步熟悉管路焊接操作方法。

实训设备及工具:电冰箱、干燥过滤器、扩口器、割刀、组合工具、气焊设备、真空泵、制冷剂罐、专用连接软管、三通修理阀、焊条和焊剂、细砂纸、氮气钢瓶、歧管压力表等。

实训项目二:更换电冰箱压缩机

实训目的:掌握在电冰箱上拆卸和更换压缩机的方法和步骤;掌握新电冰箱压缩机的性能检查方法。

实训设备及工具:压缩机有故障的电冰箱、同规格的新压缩机、扩口器、割刀、组合工具、气焊设备、真空泵、制冷剂罐、专用连接软管、三通修理阀、焊条和焊剂、细砂纸、氮气钢瓶、歧管压力表、扳手等。

实训项目三:电冰箱的开背修理

实训目的:掌握电冰箱开背修理的技能;掌握自制蒸发器的方法;掌握隔热层的制作方法。

实训设备及工具:存在内漏的电冰箱、组合工具、气焊设备、焊条和焊剂、真空泵、弯管器、扩口器、割刀、制冷剂罐、专用连接软管、金工工具、木锤、保温胶带、胶带纸、木板或塑料板、发泡剂、卷尺、三通修理阀、氮气钢瓶、歧管压力表等。

实训项目四:电冰箱制冷系统的组装

实训目的:掌握电冰箱制冷系统组装的方法和步骤;掌握毛细管流量的测量方法;掌握蒸发器和冷凝器的固定方法。

实训设备及工具:电冰箱箱体、电冰箱用铝制蒸发器、冷凝器、压缩机、毛细管、组合工具、气焊设备、焊条和焊剂、真空泵、弯管器、扩口器、割刀、制冷剂罐、专用连接软管、金工工具、木锤、保温胶带、胶带纸、木板或塑料板、发泡剂、卷尺、三通修理阀、氮气钢瓶、歧管压力表等。

实训项目五:电冰箱门封条的更换

实训目的:掌握电冰箱门封条的更换方法。

实训设备及工具:门封损坏的电冰箱、新箱门塑料封套、新磁性芯条、剪刀、螺丝刀、组合工具、气焊设备、焊条和焊剂、金工工具、木锤、木板或塑料板、发泡剂、卷尺、三通修理阀、氮气钢瓶、歧管压力表等。

 **复习思考题**

1. 简述电冰箱故障的检测方法。
2. 电冰箱不启动可能的原因有哪些?
3. 电冰箱修复后的检测可从哪几方面进行分析?
4. 常见的箱体故障有哪些?
5. 电冰箱照明灯出现的最普遍故障有哪两种?
6. 简述全封闭压缩机的非开壳方法有哪几种?
7. 冷凝器故障原因有哪些?
8. 简述开背维修的步骤。
9. 电冰箱控制电路系统常见的故障主要有哪些?
10. 简述压缩机电动机修复后的性能检测。

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

第8章

空调器



学习目标

- 熟悉空调器的分类。
- 掌握各类空调器的结构特点及其工作原理。
- 熟悉小型中央空调的结构及原理。
- 熟悉常见房间空调器的控制系统并学会分析。

第1节 房间空调器概述

空调系统是由被调节对象、空气处理设备、空气输送设备和空气分配设备所组成的一个完整的系统。空调系统的主要任务是通过一定的空气处理过程,来调节被调对象的温度、湿度、空气流动速度及洁净度,从而满足人的舒适及生产工艺的需要。房间空调器则是一种向房间或其他类似区域直接提供经过处理的空气的一种紧凑的空调系统,可以实现对房间及类似区域的空气进行温度调节、湿度调节、风速调节和净化等,一般由制冷系统、空气循环系统和电气控制系统等组成,多采用风冷热泵和全封闭制冷压缩机。

一、空调系统的分类

空调系统的分类方法很多,下面介绍两种常见的分类方法:

(1)按空气处理设备的集中程度分类,空调系统一般可分为集中式空调系统、半集中式空调系统和分散式空调系统。

集中式空调系统是指所有的空气处理设备(如加热器、冷却器、加湿器、过滤器等)以及水泵、风机等全部设置在一个集中的空调机房内;半集中式空调系统则是指除了设有集中在空调机房的空气处理设备外,还有分散布置的空气处理末端设备(如风机盘管等);分散式空调系统则是指将空气处理设备全部放置在被调区域或相邻区域内。可以看出,房间空调器属于分散式空调系统。

(2)按承担室内热、湿负荷所用的介质分类,空调系统一般可分为全空气系统、全水系统和空气—水系统。

全空气系统是指房间的热、湿负荷全部由经过处理的空气来承担,如集中式空调、房间空调器等;全水系统则是指房间的热、湿负荷全部靠水作为介质来承担,早期的风机盘管属于这一类,这种系统一般不单独使用,还需另设换新风装置;空气—水系统是指由空气和水共同承担房间的热、湿负荷,如风机盘管加新风系统。

二、房间空调器的分类及命名

由空调系统的分类方法可见,房间空调器属于一种分散式的全空气系统。房间空调器的分类如下所示,按其结构不同可分为整体式和分体式两种。



不管是整体式还是分体式,按其功能及采暖方式又可分为冷风型、代号 L(也可省略),热泵型、代号 R,电热型、代号 D 及热泵及辅助电热型、代号 Rd。四者之间的主要区别是:冷风型只有制冷除湿功能;热泵型有制冷、除湿及制热功能,制热是通过制冷系统进行热泵运行来实现的;电热型有制冷、除湿功能和制热功能,不通过制冷系统制热而是通过电加热器消耗电能制热;热泵及辅助电热型的功能和电热型一致,区别在于其既有制冷系统制热,又有通过电加热器消耗电能制热。

整体式与分体式的主要区别在于:整体式房间空调器的全部器件被组装成一体,使用时穿墙安装,空调器的蒸发器部分置于墙内,冷凝器部分置于墙外侧。分体式房间空调器则将空调器分成室外机组和室内机组两部分,使用时由管路和线路连接为一体。室内机按其结构不同,可安放在地板(落地式)、挂在墙壁上(挂壁式)、窗台上(台式)、吊装在天花板下(吊顶式)或嵌装入天花板内(嵌入式)。

整体式房间空调器包括窗式空调器和移动式空调器,代号为 C;分体式房间空调器代号为 F,室外机组代号为 W,室内机组按其不同的安放形式其代号分别为:吊顶式 D,挂壁式 G,落地式 L,嵌入式 T。

国产房间空调器的型号按 GB7725—96 标准规定命名,其命名方法如下:

K 1 2 3 4 5 6 7

K—表示产品代号,K 指的是房间空调器;

1—表示气候类型代号(一般为 T1 型,T1 型气候环境最高温度为 43 ℃,T1 型代号省略);

2—结构形式代号(空调器按结构形式分为整体式和分体式,整体式空调器又分为窗式和移动式,代号分别为:分体式—F、窗式—C、移动式—Y);

3—功能代号(空调器按功能主要分为单冷型、热泵型及电热型,单冷型代号省略,热泵型、电热型代号分别为 R、D);

4—规格代号(额定制冷量,用阿拉伯数字表示,空调器制冷量在 10 000 W 以下的,其单位为 100 W;制冷量大于或等于 10 000 W 时,其单位为 1 000 W);

5—整体式结构分类代码或分体式室内机组结构分类代号(室内机组结构分类为吊顶式、

挂壁式、落地式、天井式、嵌入式等,其代号分别为D、G、L、T、Q等);

6—室外机组结构代号(室外机组代号为W);

7—工厂设计序号和特殊功能代号等,允许用汉语拼音大写字母或阿拉伯数字表示。

下面举例对房间空调器的命名作简单说明:

KCD-46(4620):K表示房间空调器、C表示窗机、D表示电热型、46表示制冷量是4600W;

KFR-27GW T1:表示为T1型气候类型、F表示分体式、R表示热泵型、GW表示挂壁式空调器(包括室内机组和室外机组)、额定制冷量为2700W;

KFR-25GW/E(2551):其中K表示房间空调器、F表示分体式、R表示热泵型、25表示制冷量是2500W、G表示挂壁式、W表示室外机代号、E为格利冷静王系列产品;

KFR-50LW/BP、T1:表示为T1型气候类型、F表示分体式、R表示热泵型、LW表示落地式空调器(包括室内机组和室外机组)、BP表示为变频空调器,额定制冷量为5000W;

KC-25Y:表示T1气候类型、移动式空调器,额定制冷量为2500W。

三、房间空调器的选购

在选购房间空调器时,应根据实际需要,考虑房间面积、品牌、质量、服务、价格等诸多方面因素,这样才能买到满意的空调。表8.1列出了几种空调类型空调的特点及其适用的场合。

表8.1 不同类型空调的特点及其适用场合

空调类型	特点及其适用场合
窗式	室内、外机组合为一体,适于面积较小的房间,安装方便且价格便宜,缺点是噪音大,因要整体穿墙安装而显得不够美观
分体挂壁式	不受安装位置限制,容易与室内装饰搭配,噪声较小,缺点是安装较窗式空调器麻烦,维护及维修不方便,对高层居民尤其如此
分体柜式	功率较大,风力较强,适合于面积较大的房间,并可进行多个房间的调温,但价格比分体挂壁式空调器贵
移动式空调	适用于局部制冷,可以很方便地在不同使用场合之间移动,如厨房、客厅、工地、办公室等,但噪声较大
冷风型	适用于夏天较热而冬季较暖或冬季供热充足(不需要空调器供暖)的地区
冷暖型	适用于夏季炎热冬季寒冷地区,为确保制热效果应注意选择制热量大于制冷量的空调

另外,在选购房间空调器时,空调器功率的大小应根据房间面积、朝向、楼层高低、居住人数等来确定。正常情况下,按房间面积计算,每平方米制冷量选110~220W较为合适,具体可根据实际情况选择偏大或偏小值。房间空调器的功率经常用匹(P)来描述,匹是通俗的说法,准确地应该用W来标定。房间空调器的功率大多在0.5~3匹(制冷量)之间,一般0.5匹相当于1600~2000W,0.8匹相当于1800~2400W,1匹相当于2200~2800W,1.5匹相当于3200~4000W,2匹相当于4000~5000W,3匹相当于6500~7200W。表8.2可作选定空调器功率时参考。

表 8.2 房间空调器功率和房间面积的匹配

类型	功率/P	适用面积/m ²
定速空调器	1	13~16
	1.25	15~18
	1.5	17~22
	2	22~35
变频空调器	1.2	15~20
	大 1.2	12~22
	1.5	20~25
	2	25~35
	大 2	30~40

在选购房间空调器时,除合理确定空调器制冷量外,还应注意空调器表面是否有剥落、气泡、划伤、锈痕等;室内机导风板是否拨在任何位置都能定位;开关遥控器是否灵活,一般无障碍遥控距离不得低于 7~8 m。

现以一 58 m² 的两室一厅户型(客厅 18 m²,卧室 15 m²,书房 14 m²)为例。如果只考虑安装一台空调,建议在客厅安装 1.5P 的定速空调或大 1.2P 的变频空调。功率选择稍微偏大,主要是因为这样可以满足客厅会客时人数较多的需要。如果想把空调安装在卧室,选择 1P 的空调就可以了,要注意在睡眠时不宜把空调温度调得太低,而且应选择静音效果好的空调,以免影响睡眠效果。

四、房间空调器的总体结构

从总体上来看,房间空调器一般由制冷系统、空气循环系统、电气控制系统及箱体与面板四大部分组成,各系统所包含的结构主要包括:制冷系统组件、空气处理组件、空气循环系统组件、电气控制系统组件、钣金件、塑料件、防振隔音件、密封隔热件等。

1. 制冷系统

制冷系统是房间空调器的制冷降温及除湿部分,主要由压缩机、冷凝器、蒸发器、节流机构、制冷管道以及辅助设备等组成。辅助设备有储液器、(干燥)过滤器、配管和消音器等,对于热泵型空调器来说还有电磁四通换向阀,另外冬季采用电辅助加热的空调器还有电辅助加热器等。

2. 空气循环系统

空气循环系统是房间空调器内促进房间空气流动及换热部分,主要由风机、风扇(轴流、贯流、离心风扇)、风室(腔)以及空气处理装置(换新风装置、负离子发生装置、光触媒装置等)等。

3. 电气控制系统

房间空调器的电气控制系统是房间空调器内促使压缩机、风机等安全运行和温度控制部分,分为机械开关触点控制式和微电脑控制式。机械开关触点控制式系统主要包括主控开关、温控器、风向开关、继电器、定时器和电器元件等;微电脑控制式又分为遥控式、键控式和线控式三种方式,其电气控制系统一般包括电脑主控板、电源板、显示板、接收板、键控板、遥控器、线控器和相应的电气元件等。通常,遥控式主要用于分体机的控制上,线控式和机械式主要用

于窗式空调器上,而键控式主要用于柜式空调机上。

4. 箱体与面板

这是房间空调器的框架、各组成部件的支撑座和气流的导向部分。

第2节 窗式空调器

一、窗式空调器的特点

窗式空调器具有以下特点:

(1)结构紧凑,制冷剂密封在制冷系统内,出厂前需经过密封性检测,因此窗式空调器的制冷管道系统不容易发生泄漏;

(2)制造用材少,成本低,因此价格相对于分体式空调器要便宜;

(3)安装及维修和保养较为方便;

(4)控制系统可以做成简单的机械控制式;

(5)设有调温装置及进风、排风装置,可以自动调节温度及排出室内污浊空气,补进室外新鲜空气;

(6)噪声较大,这是由于窗式空调器的压缩机和风扇与室内不是完全隔离的,因而在室内能明显感觉到噪声;

(7)由于受结构的限制,能效比(EER)较低,制冷量一般只能做到7 000 W以内。

(8)由于目前一般居室在建筑设计上没有预留空调器位置,因此,窗式空调器安装在窗子上会影响采光。

二、窗式空调器的工作原理

图 8.1 所示为一冷风型窗式空调器制冷系统的原理图。由图可以看出,冷风型窗式空调器制冷系统的工作原理同其他蒸气压缩式制冷系统一样,从蒸发器出来的低温低压制冷剂蒸气进入压缩机后,被压缩成高温高压的过热蒸气,然后排出;从压缩机排出来的高温高压蒸气进入冷凝器后同室外空气进行热交换,使过热的制冷剂蒸气逐渐变成饱和蒸气,进而变成饱和液体或过冷液体;从冷凝器出来的高压制冷剂液体经过滤器过滤后进入毛细管进行节流降压,变为低压液体;节流降压后的制冷剂液体进入蒸发器,从房间吸收热量而蒸发成气体,这样即可使房间实现降温。

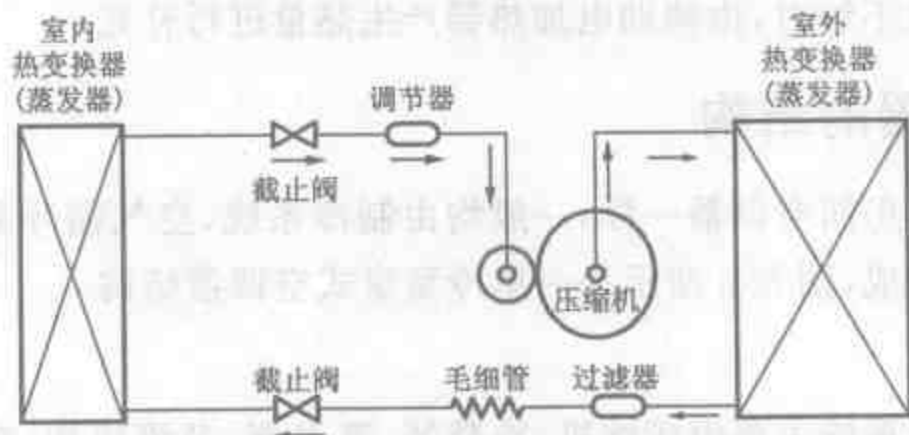


图 8.1 冷风型窗式空调器制冷系统原理图

图 8.2 所示为一热泵型窗式空调器制冷(热)系统原理图。由图可以看出,热泵型空调器多了一个电磁四通换向阀,电磁四通换向阀可以根据制冷和制热的不同要求来改变制冷剂的流动方向,使作为换热器的蒸发器和冷凝器的作用可以互换,从而实现夏季制冷和冬季制热的转换。

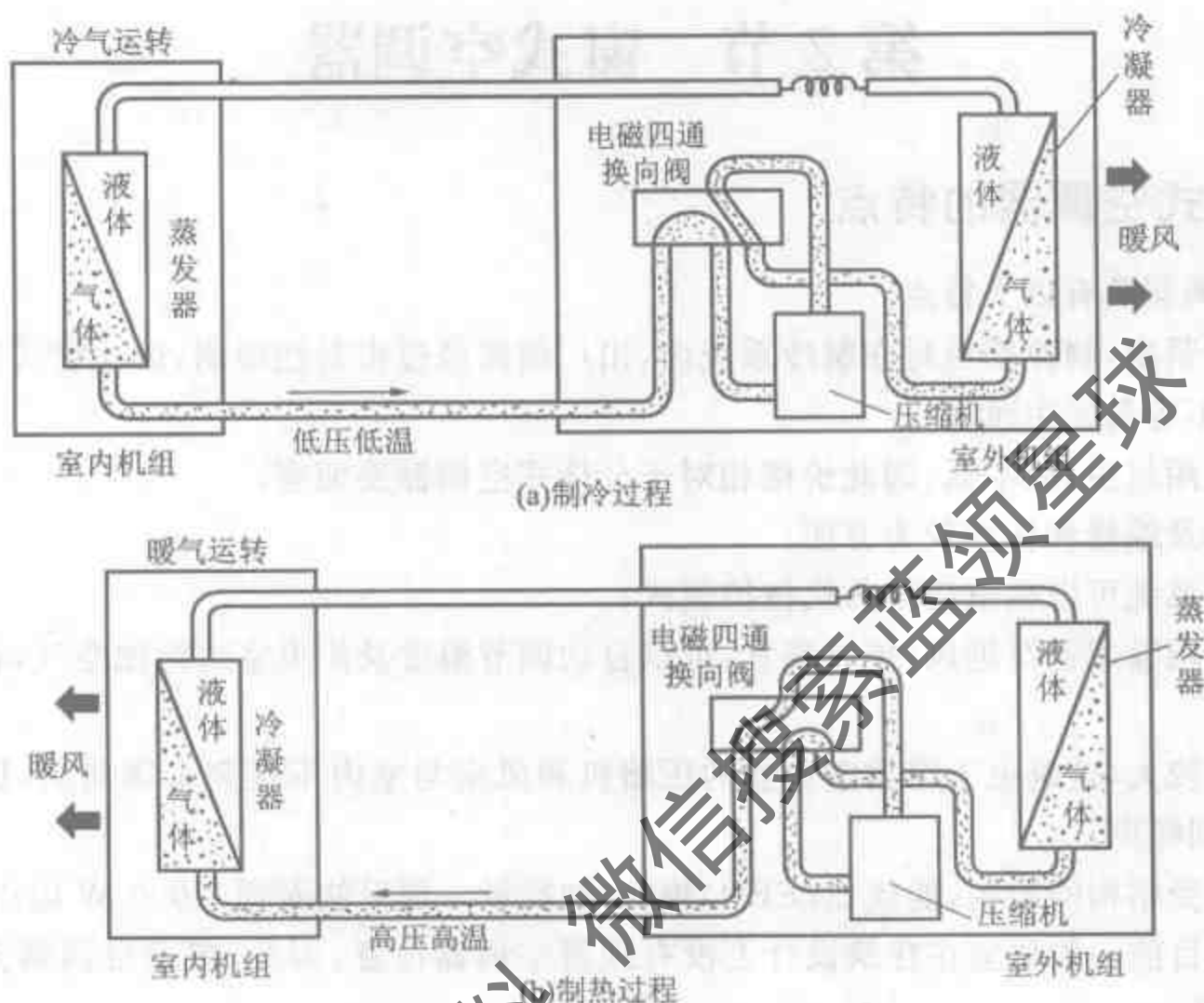


图 8.2 热泵型窗式空调器制冷(热)系统原理图

夏季时,系统按制冷循环运行,其工作原理与冷风型窗式空调器制冷系统的原理一样;冬季时,系统则通过电磁四通换向阀改变制冷剂的流动方向,从而使循环按制热过程运行,此时室内的换热器起着冷凝器的作用,高温高压的制冷剂蒸气通过其向室内放热,室外的换热器则起着蒸发器的作用,低温低压的制冷剂液体通过其从室外吸收热量。

电热型空调器制冷时,其工作原理则和冷风型窗式空调器制冷系统的原理完全一样,其原理图不再给出;冬季制热时,则制冷循环停止工作,热量完全依靠电加热器产生的热量由风机吹出。

对于热泵辅助电热型空调器,制冷(热)循环和热泵型窗式空调器相近,不同之处在于当冬季热泵运行提供的热量不够时,由辅助电加热器产生热量进行补充。

三、窗式空调器的结构

窗式空调器和其他房间空调器一样,一般均由制冷系统、空气循环系统、电气控制系统及箱体与面板四大部分组成,图 8.3 所示为一单冷型窗式空调器结构。

1. 制冷系统

窗式空调器的制冷系统主要由压缩机、冷凝器、蒸发器、节流机构、制冷管道以及过滤器、配管及消音器等辅助设备等组成。如为热泵型窗式空调器,则有电磁四通换向阀,另外如采用

电辅助加热的窗式空调器还有电辅助加热器。

2. 空气循环系统

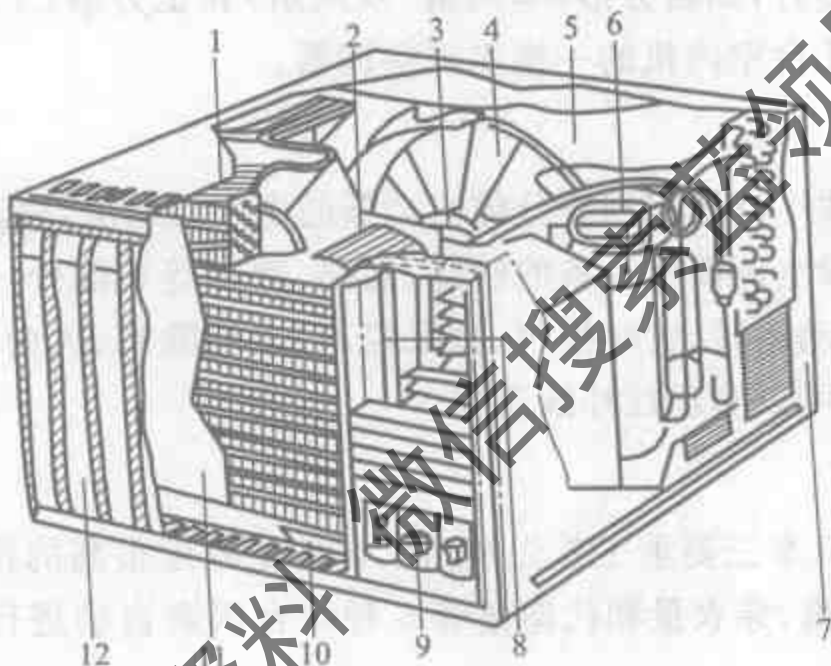
窗式空调器的空气循环系统主要由风机(一般为轴流)、风室(腔)以及空气处理装置(换新风装置等)组成。

3. 电气控制系统

窗式空调器的电气控制系统相对较简单,一般为机械开关触点控制式。机械开关触点控制式系统主要包括主控开关、温控器、风向开关、继电器、定时器和电器元件等;也有采用微电脑控制的电气控制系统,主要采用线控式控制方式。

4. 箱体与面板

窗式空调器的箱体与面板如图 8.3 中的外壳、面板、格栅以及侧面的新风引入装置等。



1—蒸发器 2—室内风扇 3—风扇电动机 4—室外风扇 5—冷凝器 6—压缩机
7—外壳 8—格栅 9—旋钮 10—底盘 11—空气过滤网 12—面板

图 8.3 单冷型窗式空调器结构

第3节 分体式空调器

一、分体式空调器的特点

整机包括室内机和室外机两部分,两机组之间以连接管道和电气控制线路相连的空调器即为分体式空调器。分体式空调器结构灵活,且室内机造型新颖,优雅别致,安装位置不受限制,常见的分体式空调器按室内机安装形式不同可以分为挂壁式、落地式、吊顶式、嵌入式等。安装时,只要将室内机和室外机的连接管道对接,即可使用。安放在室内的机组,拆卸较为方便。维修时,由于机组分体安放,当室外机置于阳台、院子等地方时,则较容易观察和维护;当分体空调安装于高层建筑时,则观察和维护均较困难。

分体式空调器具有以下特点:

1. 噪声低

由于分体式空调器将其主要运转部件,如压缩机和冷凝风扇等一起安装于室外,墙壁隔离

了这些噪声源,使其运转引起的振动与噪声不会被传入室内,因此,它比整体式空调器的噪声要低得多。分体式空调器室内侧噪声的主要来源是室内风扇电机的噪声和气流的摩擦声,因此室内侧噪声较低,一般室内机的噪声在 40dB 以下,往往感觉不到。

2. 外形美观

分体式空调器的室内机造型轻巧美观,无论是分体挂壁式还是分体落地式及吊顶式、嵌入式等均各有特色,可以成为房间内的一种装饰品,但需要注意将室内机和室外机的连接管路及连线妥善埋于墙内,以保持住宅的整体美观性。

3. 品种多

为适应不同建筑物和生活条件的需要,分体式空调器设计有多种不同形式的室内机和室外机。如室内机有挂壁式、卧式落地式、细长立柜式、方柱式、吊顶式以及嵌入式等;室外机也因机组的型号不同而有多种,如扁方形(单风扇、双风扇)和正方形(上吸下吹)等。近年来又出现了一台室外机带动几台室内机的一拖多式空调器。

4. 功能全

由于微电脑技术已被广泛地应用于分体空调器的电气控制,使其功能日益完善,自动化程度日益提高。除了一般空调器所具备的制冷、制热、除湿功能外,目前市场上的分体式空调器还具有空气净化、自动运转、定时控制、睡眠控制、电加热除霜、风向自动控制和保护及故障自动诊断功能,操作上还可以实现红外线遥控。

5. 自动化程度高

20 世纪 90 年代初,日本三菱重工首先推出了自动化程度很高的模糊控制空调器,它可以根据温度、湿度、辐射、气流、穿衣量和日照量等 6 种综合因素自动进行调节,为室内提供舒适的环境。

结合了变频技术的模糊控制空调器,还可以根据冷热负荷的大小改变压缩机的转速。在以较大的功率快速制冷或制热后,以较小的功率运转维持室温,节能效果更加明显。

6. 能效比高

由于分体式空调器分为室内机、室外机两部分,因而结构空间较大,蒸发器和冷凝器的设计较为方便,可以较为充分地考虑换热器的换热面积,同时送风系统的设计也较为方便,对流换热的效果也可得到加强,这些优点都使得分体式空调器的制冷效果比窗式空调器要好。

7. 制冷能力强

由于分体式空调器的结构空间大,因而可以将单机制冷量做得更大,一些分体式空调器已经做到了 8 匹以上(20 000 W)。

8. 容易泄漏

分体式空调器因室内、外机组的连接而增加了多个可能的泄漏点,因而比整体式空调器更容易造成泄漏。

9. 安装、维护和维修麻烦

分体式空调器需要分别在室内、室外安装,工作量大,操作也比较困难,且技术性较强;另

外由于分体式空调器有室内机、室外机两个单元,并且室外单元多为高空悬挂安装,因此维护和维修较为麻烦。

10. 价格贵

分体式空调器的结构较窗式空调器明显复杂,制造成本当然明显要高,因此分体式空调器的价格相对较贵。

11. 存在安全隐患

室外机安装于高层时,大多都是由支架支撑,而室外机支架易锈蚀,因此存有安全隐患。

12. 费电

因制冷机管路较长,沿程阻力及冷量损耗较大,因此运行费用较整体式空调器要高。

二、分体挂壁式空调器

分体挂壁式空调器和其他房间空调器一样,也是由制冷系统、空气循环系统、电气控制系统及箱体与面板四大部分组成,图 8.4 所示为一分体挂壁式空调器的结构图。

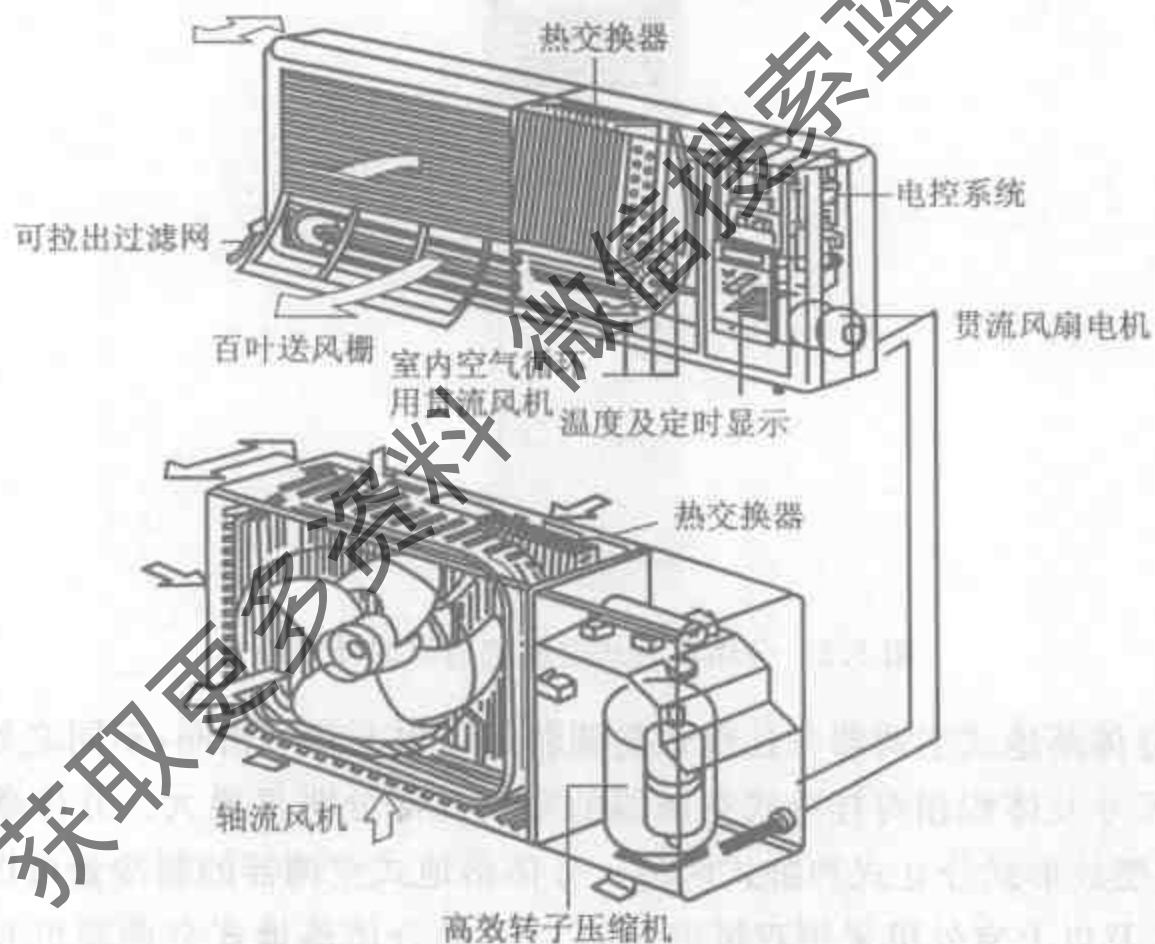


图 8.4 分体挂壁式空调器结构

由图 8.4 可见,与窗式空调器相比,分体挂壁式空调器的室内机和室外机的结构相对较简单,但总起来看,分体式空调器的零部件要明显多于整体式空调器,例如室内、外机组之间的连接管和高、低压截止阀。

1. 制冷系统

分体挂壁式空调器的制冷系统部分同前一节所述的窗式空调器制冷系统类似,主要包括室内、外机组的热交换器、节流机构、压缩机以及其他辅助设备。

2. 空气循环系统

与窗式空调器相比,分体式空调器有两套独立的空气循环系统,室外空气循环系统有单风

道和双风道两种,风机为铁壳电机,风扇多为轴流风扇;室内空气循环系统的电机则一般为塑封电机,风扇一般为贯流风扇。

3. 电气控制系统

与窗式空调器相比,分体式空调器的电气控制系统要复杂很多。目前的分体式空调器几乎全部为微电脑控制,控制功能更加齐全,使用也更加方便。

4. 箱体与面板

分体挂壁式空调器的箱体与面板主要包括室内、外机组的外壳、框架、各组成部件的支撑座以及导风格栅等气流的导向部分。

三、分体落地式空调器

分体落地式空调器又称柜式空调器,和其他房间空调器一样,同样是由制冷系统、空气循环系统、电气控制系统及箱体与面板四大部分组成,图 8.5 所示为分体落地式空调室内机的外形图。



图 8.5 分体落地式空调室内机的外形图

总体来看,分体落地式空调器与挂壁式空调器在结构上基本相同,不同之处在于室内机落地摆放,其外形尺寸及体积相对挂壁式空调器的室内机部分明显要大。分体落地式空调器按其室内机的具体摆放形式分立式和卧式两种。分体落地式空调器的制冷量可以做到比挂壁式空调器更大,5 匹及以上室外机采用双风道,8 匹以上的分体落地式空调器也有采用水作载冷剂的,即室内蒸发器为水冷式,室外冷凝器为风冷式。另外,分体落地式空调器的节流装置一般靠近蒸发器安装(小冷量的分体落地式空调器除外),故我们所看到的分体落地式空调器的毛细管绝大部分都设置在室内机上。

分体落地式空调器室外机在结构上与挂壁式空调器室外机类似,但两者的室内机在结构上存在着相当大的区别。分体落地式空调器的室内机的结构相对于挂壁式空调器室内机来说较为复杂,送风系统经常使用离心风扇。

1. 制冷系统

分体落地式空调器的制冷系统大多增加了专门的储液器、消音器和压力保护开关,并且由于室内侧的蒸发器较大,所以还增加了制冷剂平衡分配器和毛细管束。

2. 空气循环系统

分体落地式空调器的制冷能力较大,所以室内、外侧都有一个或两个风机和风扇,室内机的风道也较为特别,风向采用直角折转,间接吹扫过蒸发器(分体挂壁式空调器和窗式空调器是空气吸扫过蒸发器),风压较分体挂壁式空调器要大。

3. 电气控制系统

根据室内机落地安装的特点,分体落地式空调器的电气控制系统有独立键控或键控与遥控混合控制两种,而且其显示和操作部分相比之下更为美观和完善。

4. 箱体与面板

同分体挂壁式空调器一样,分体落地式空调器的箱体与面板主要包括室内、外机组的外壳、框架、各组成部件的支撑座以及导风格栅等气流的导向部分,不同的是因为分体落地式的室内机落地安装等特点,而使得其室内机的外壳、面板与分体挂壁式空调器存在较大区别。

四、分体嵌入式空调器

分体嵌入式空调器的室外机与分体挂壁式空调器的室外机一样,室内机则做成扁形,嵌在天花板内部,进、出风口表面露在天花板外面,一般为侧出风,中间回风,冷凝水则通过抽水泵被排至室外。图 8.6 所示为分体嵌入式空调器室内机。

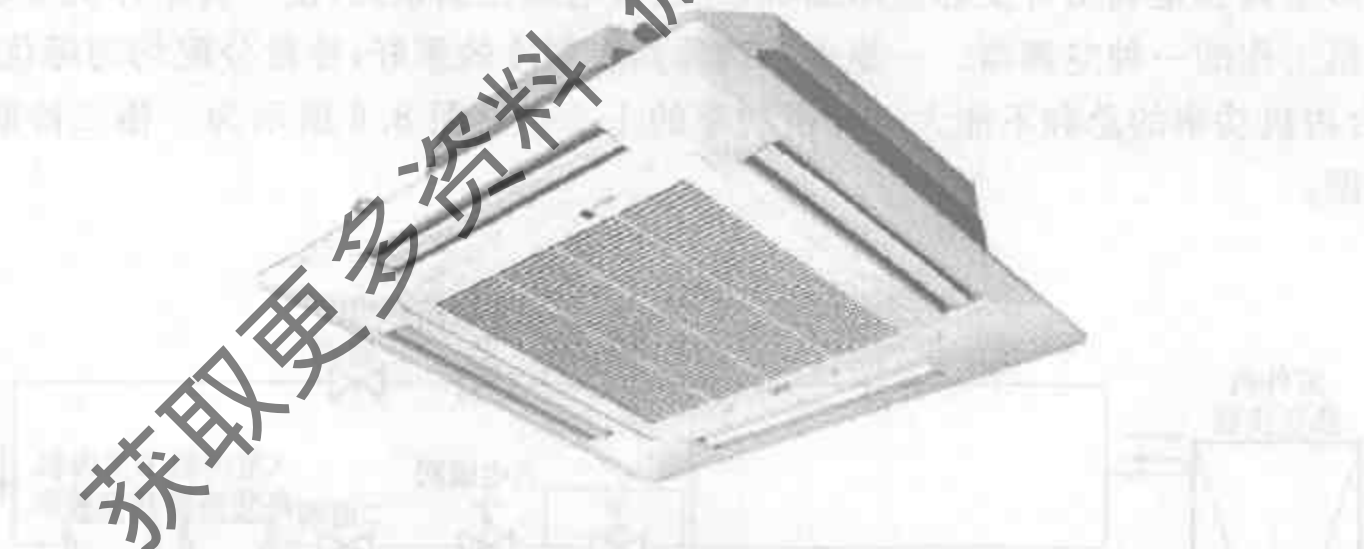
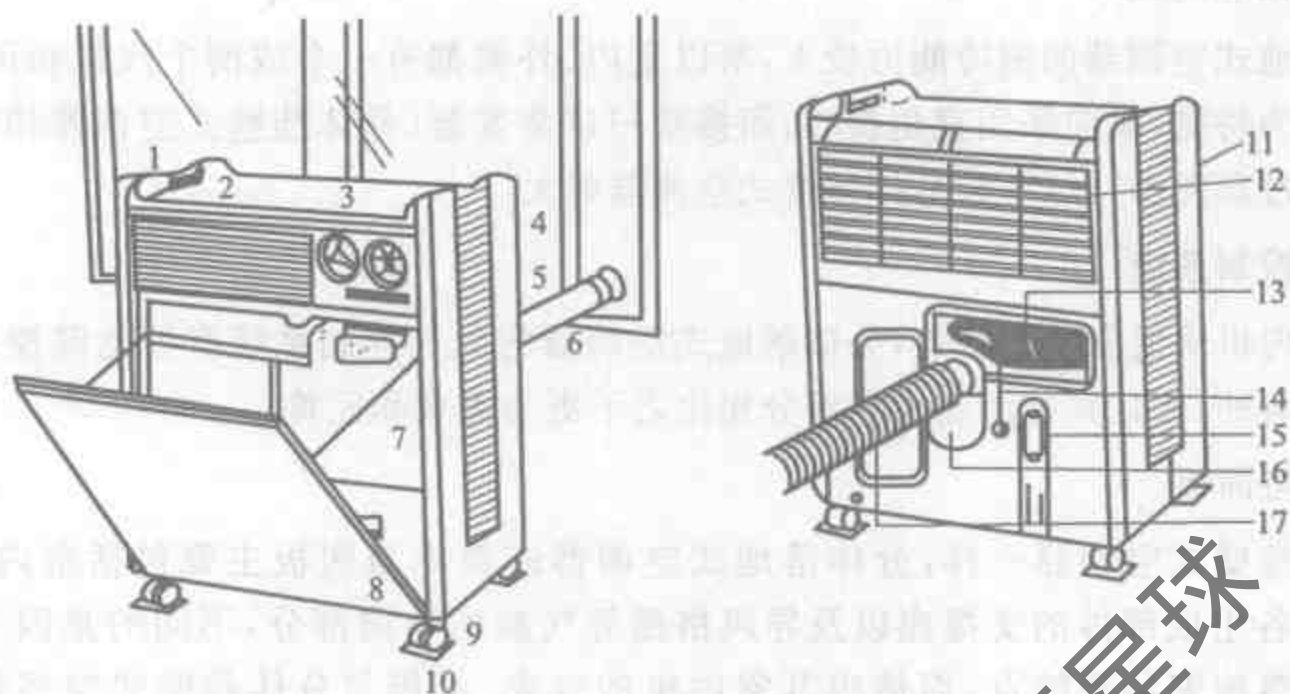


图 8.6 分体嵌入式空调室内机的外形图

第 4 节 其他形式的房间空调器

一、移动式空调器

移动式空调器与窗式空调器一样,都属整体式空调器,因为其可以移动,所以称其为移动式空调器。移动式空调器具有结构紧凑、节能、使用灵活、噪音较小等优点。移动式空调器的冷凝器的热量通过冷却水冷却,并以蒸气的形式通过管道排出室外。图 8.6 所示为移动式空调器的外形及结构示意图。



1—空气出口盖 2—空气出口 3—定时器 4—选择开关 5—温控器 6—高压开关
7—水桶 8—前门 9—脚轮 10—脚轮座 11—空气过滤器 12—空气入口 13—装线盒
14—电源线 15—排水管 16—排气管 17—排气管

图 8.7 移动式空调器的外形结构示意图

二、一拖多空调器

一拖多空调器是利用可变容量压缩机,通过微电脑控制系统,使一台室外机带动两个或以上的室内机工作的一种空调器。一拖多空调器具有制冷效果好,冷量分配均匀等优点,正常情况下,多台内机功率的总和不能大于室外机功率的 1.2 倍。图 8.8 所示为一拖二冷暖空调器的工作原理图。

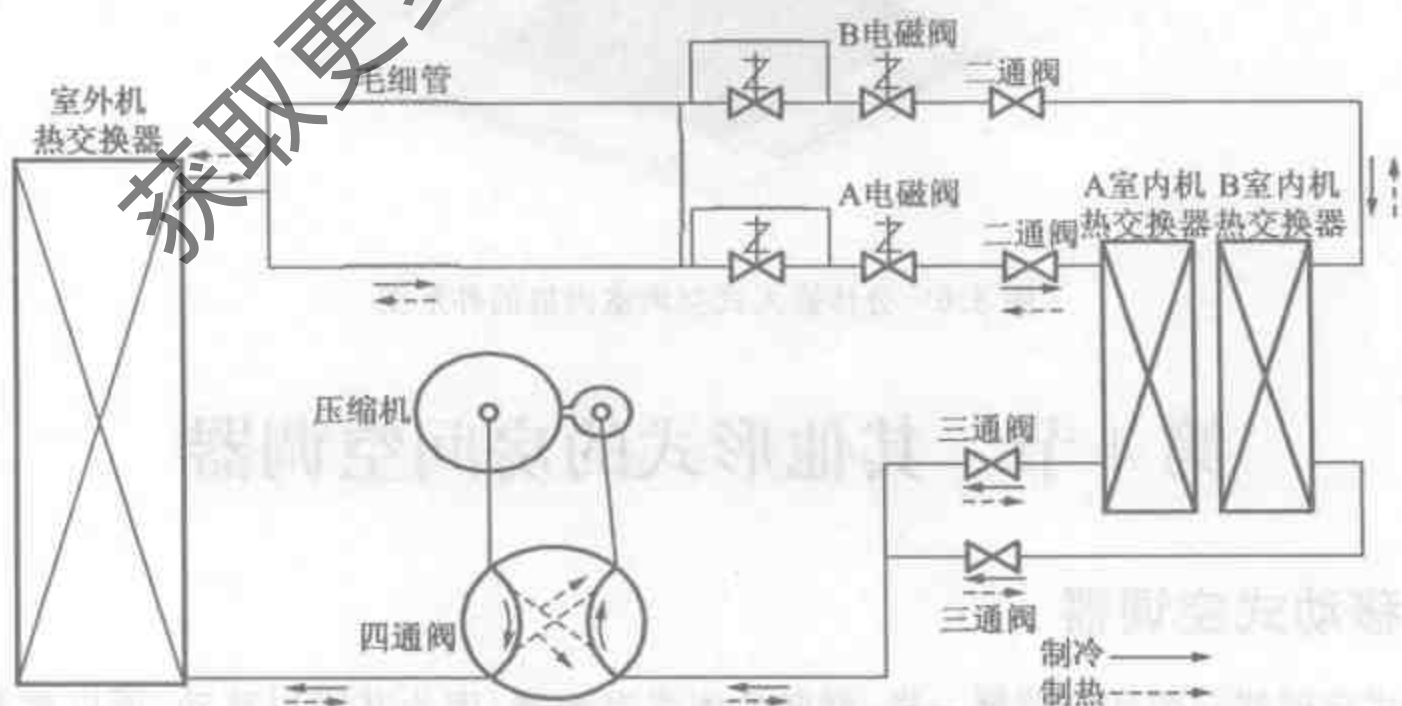


图 8.8 一拖二冷暖空调工作示意图

一拖多空调器经常在以下情况下使用:

(1)多个房间相邻时。因为多个室内机共用同一个室外机,安装时,多个室内机的连接管

同时与同一个室外机连接,如果多个房间相邻,就可避免使用较长的连接管来连接室外机和室内机。连接管过长不仅加大了安装难度,增加了安装成本,而且容易导致制冷效果不好。

(2)房间大小相差不太大时。一拖多空调一般采用两个相同制冷量的系统或制冷量相差不太大的系统,这就要求房间面积相同或相差较小。

一拖多空调器一般有两个独立电源、多个压缩机,它的多个室内机和压缩机可以实现独立运转,且互不干扰。其自动控制系统包括压缩机容量控制、制冷剂调节和分配、温度控制、风量控制等,以实现对整个系统的控制。变容压缩机包括变频式、双速式、双压缩机等。室外机也可以采用模块式。

三、家用小型中央空调

中央空调是集中处理空调负荷的系统形式,其冷(热)量是通过一定的介质输送到空调房间,一直以来,主要应用于大型建筑物的空调系统,但近些年,中央空调日益广泛地应用于住宅及类似的小型民用建筑,我们称这种应用于住宅及类似小型民用建筑的中央空调为家用小型中央空调。

1. 家用小型中央空调的特点

相对于传统的分散式家用空调而言,家用小型中央空调具有节能、舒适、容量调节方便、噪声低、振动小等特点,具体如下:

(1)家用小型中央空调是小型化的中央空调系统,可满足用户多居室需求,以家庭为单元,可适合用户的个性化需求,不受其他用户影响。

(2)由于家用小型中央空调采用了分体式空调室内机与室外机相分离的结构形式,使主机与末端装置相分离,这样就保证了宁静的家居环境,符合空调低噪声的发展趋势。

(3)家用小型中央空调室内末端装置可采用多种方式安装,如暗藏、半暗藏、明装等方式,极适宜配合室内装修。

(4)家用小型中央空调主机由微电脑控制,在室内可完成全部操作,且操作简便。由于采用了先进的电子控制系统,因此可根据实际负荷自动运行,节约能源及运行费用。

(5)价格高,安装与维修的技术含量较高,涉及的工种较多,例如需要管道安装、电工技术等,一般要由生产厂家或专业公司来完成,安装维修的成本较大。

2. 家用小型中央空调系统的形式

按照家用小型中央空调输送介质的不同,常见的家用小型中央空调可以分成以下三种主要形式。

(1)风管式系统。风管式系统以空气为输送介质,其原理与大型全空气中央空调系统的原理基本类似,是一个小型化的全空气中央空调系统。它是利用室外主机集中产生冷(热)量,将从室内引回的回风进行冷却(加热)处理后,再送入室内消除其空调冷(热)负荷。

按照处理回风的介质的不同,风管式系统又可分为单元空调系统(如图 8.9 所示)和空调箱系统(如图 8.10 所示)。单元空调系统是将空气直接与直接蒸发式换热器相接触,由制冷剂直接对空气进行处理;空调箱系统是由冷水机组产生冷(热)水,然后将冷(热)水送入空调箱内,由冷(热)水集中处理空气。

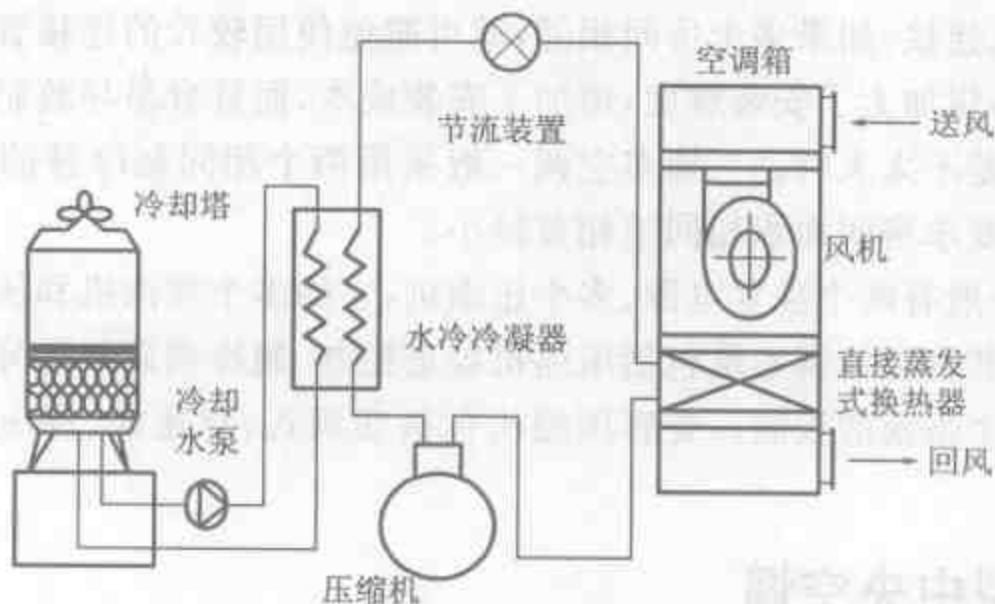


图 8.9 风管式单元空调系统原理图

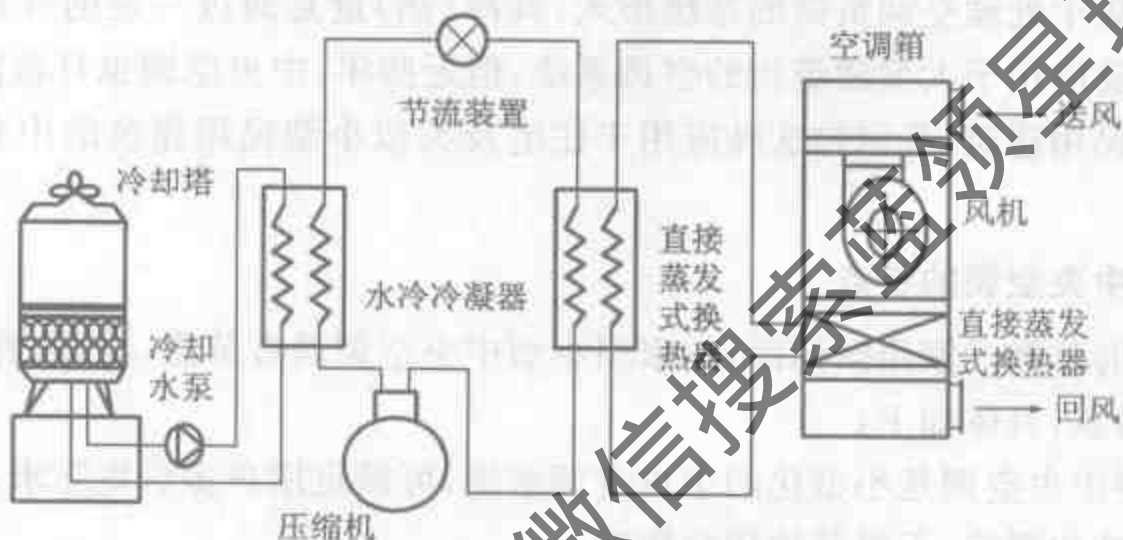


图 8.10 风管式空调箱系统原理图

此外，由于风管式系统对空气进行集中处理，因此新风的引入比较方便。如若在系统中引入部分新风，并将之与回风混合后进行集中处理，则称其为带新风的风管式家用小型中央空调系统(如图 8.11 所示)。

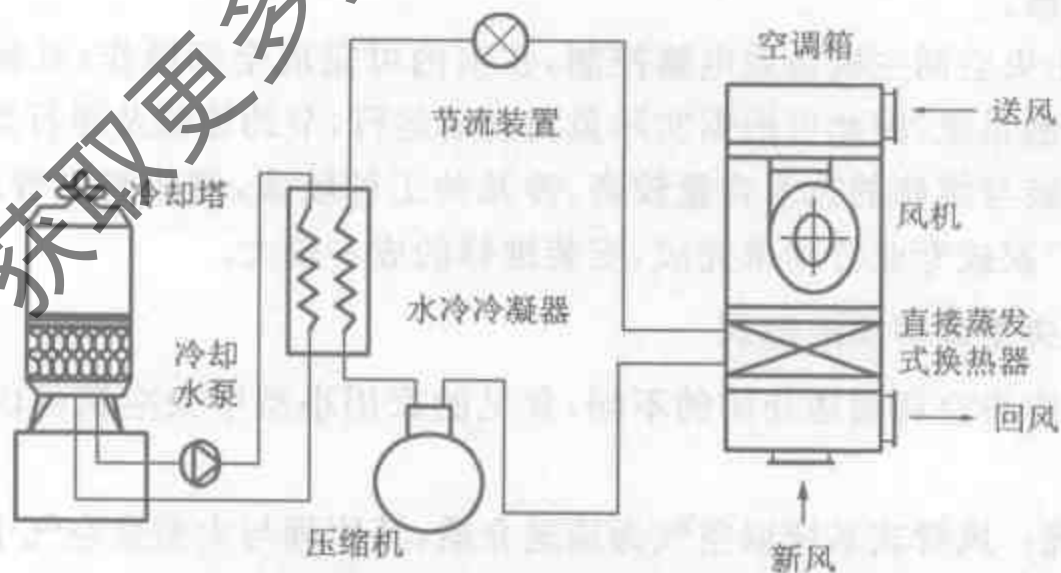


图 8.11 带新风的风管式单元空调系统原理图

相对于其他的家用小型中央空调系统形式，风管式系统初投资较小，如若引入新风，其空气品质能得到较大的改善，但风管式系统的空气输配系统所占建筑物空间较大，一般要求住宅有较大的层高，而且它采用统一送风的方式，在没有变风量末端的情况下，难以满足不同房间不同的空调负荷要求。而变风量末端的引入将会使整个空调系统的初投资大大增加。

(2)冷/热水机组。冷/热水机组的输送介质通常为水或乙二醇溶液，它的基本原理与通常

所说的风机盘管系统类似,通过室外主机产生出空调冷/热水,由管路系统输送至室内的各末端装置,在末端装置处冷/热水与室内空气进行热量交换,从而消除房间负荷。它是一种集中产生冷/热量,但分散处理各房间负荷的空调系统形式(如图 8.12 所示)。

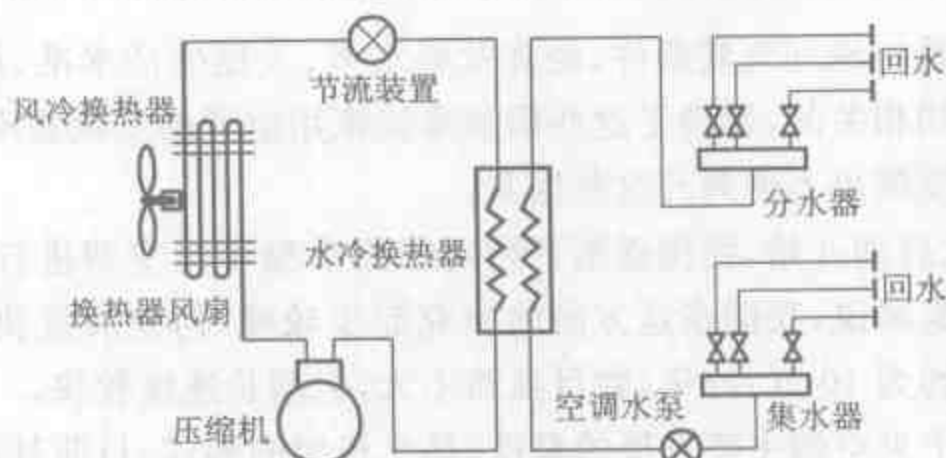


图 8.12 冷/热水机组原理图

该系统的室内末端装置通常为风机盘管。目前风机盘管一般均可调节其风机转速,从而调节送入室内的冷/热量,因此该系统可以对每个空调房间进行单独调节,满足不同房间不同空调负荷的需求,同时其节能性也较好。此外,由于冷/热水机组的输配系统所占空间很小,因此一般不受住宅层高的限制,但此种系统一般难以引进新风,因此对于通常密闭的空调房间而言,其舒适性较差。

(3)VRV 系统。变制冷剂流量(简称 VRV)空调系统是一种制冷剂式空调系统,它以制冷剂为输送介质,室外主机由室外侧换热器、压缩机和其他制冷附件组成,末端装置是由直接蒸发式换热器和风机组成的室内机。一台室外机通过共用管路能够向若干个室内机输送制冷剂液体,通过控制压缩机的制冷剂循环量和进入室内各换热器的制冷剂流量,适时地满足室内冷(热)要求,是一种可以根据室内负荷大小自动调节系统容量的节能、舒适、环保的空调系统(如图 8.13 所示)。

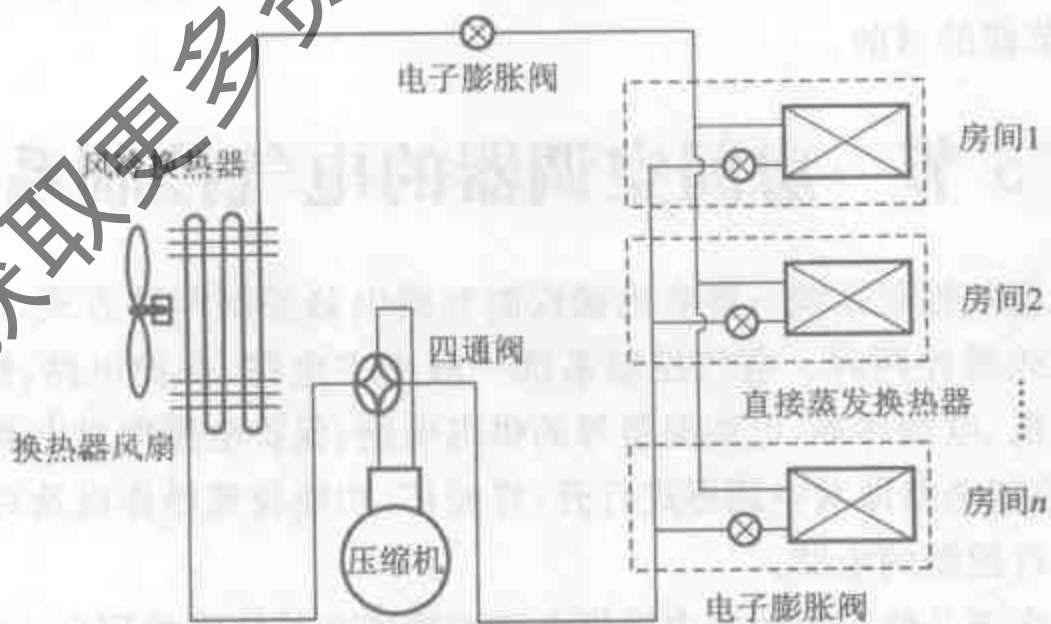


图 8.13 变制冷剂流量(VRV)系统原理图

VRV 系统具有节能、舒适、运转平稳等诸多优点,而且各房间可独立调节,能满足不同房间的不同空调负荷的需求。但其系统控制复杂,且初投资高。

除了风管式系统、冷(热)水机组、VRV 系统这三种基本的系统形式以外,还可以互相交叉衍生出一些新型的系統。例如,将冷(热)水机组和风管式系统进行组合,往室内送冷(热)水处理房间空调负荷,而新风统由新风机组处理后分别送入各个房间。

此外,在燃气利用便利的地区,冬季由燃气炉提供热量的方式使用得也较多,燃气炉可以集成在家用小型中央空调系统里,也可以单独设置。

3. 我国家用小型中央空调发展现状

家用空调的发展是与地理气候条件、经济发展水平、人民生活水准、居住住宅形式以及社会人文环境等因素密切相关的,脱离了这些因素来谈家用空调的发展是不现实的。同样,分析家用小型中央空调的发展也不能离开这些因素。

从上世纪90年代后期开始,我国逐渐开始对家用小型中央空调进行研究和应用,相对于美国和日本等发达国家来说,我国在这方面的研究起步较晚,但发展较快。目前,我国家用小型中央空调的年产量约为10万台/年,数目虽然不大,但增长速度较快。

我国的家用小型中央空调主要发展的是冷/热水机组的形式,目前其产量在我国家用小型中央空调总量的70%以上。此外也有风管式系统,但其数量比冷/热水机组少得多,VRV系统的数量就更少。之所以会出现这种局面,主要有以下几个原因:

(1)冷/热水机组的室外主机实际上就是一个风冷热泵装置,室外一端是风机盘管。而目前我国的风冷热泵技术经过多年的探索和研究,已经基本成熟,而在风机盘管技术上我国目前已经处于世界领先水平,因此我国发展冷/热水机组有技术上的保证。

(2)冷/热水机组不需要占用太多建筑层高,在住宅中布置较为方便,且施工简单,安装费用低。而风管式系统的设置需与建筑结构相配合,占用建筑空间大,且施工不方便。对于VRV系统,目前国内在此领域的技术尚不成熟,还存在流量控制问题、管道材质问题、现场焊接问题、管道施工问题等需进一步研究和完善的问题。且VRV系统的初投资太高,限制了它的推广。

(3)从舒适性的角度考虑,风管式系统由于调风、调温的问题解决得不好,无法同时满足多个空调房间不同的空调负荷需求,而冷/热水机组则可以很方便地进行各房间的独立控制和调节,同时也能达到节能的目的。

第5章 房间空调器的电气控制系统

房间空调器的电气控制系统一般有机电控制和微电脑控制两种方式,微电脑控制方式又分为有线遥控和无线遥控两种。电气控制系统一般由主电路、保护电路、操作和控制电路组成。主电路即电动机、电加热器、电加湿器等供电电路;保护电路即对电动机、压缩机进行保护的电路;操作和控制电路即对空调器进行开、停操作,功能设置操作以及对温度、湿度、风量、风速以及风向等进行控制的电路。

制造厂家通常在产品使用说明书中提供电路原理图和接线图给用户。电路原理图表明了各不同电气元器件的关系及其功能作用,它可帮助分析了解电路运行规律;接线图表明不同电气元器件在空调器中的实际接线关系,对安装维护有很大作用。

一、机械控制式电控系统

机械控制式电控系统主要用于窗式空调器,主要部件有:温控器、过载保护器、选择开关、压缩机电容以及风扇电机电容等。

1. 单冷型窗式空调器电路

如图 8.14 所示为一单冷型窗式空调器的电路原理图。其风扇电动机是具有内部过载保护的双速电容运转单相电动机，其转速通过选择开关人为设定；压缩机电动机为电容启动电容运转式单相电动机，通过电压式启动控制器实现启动电路的接入和切除。

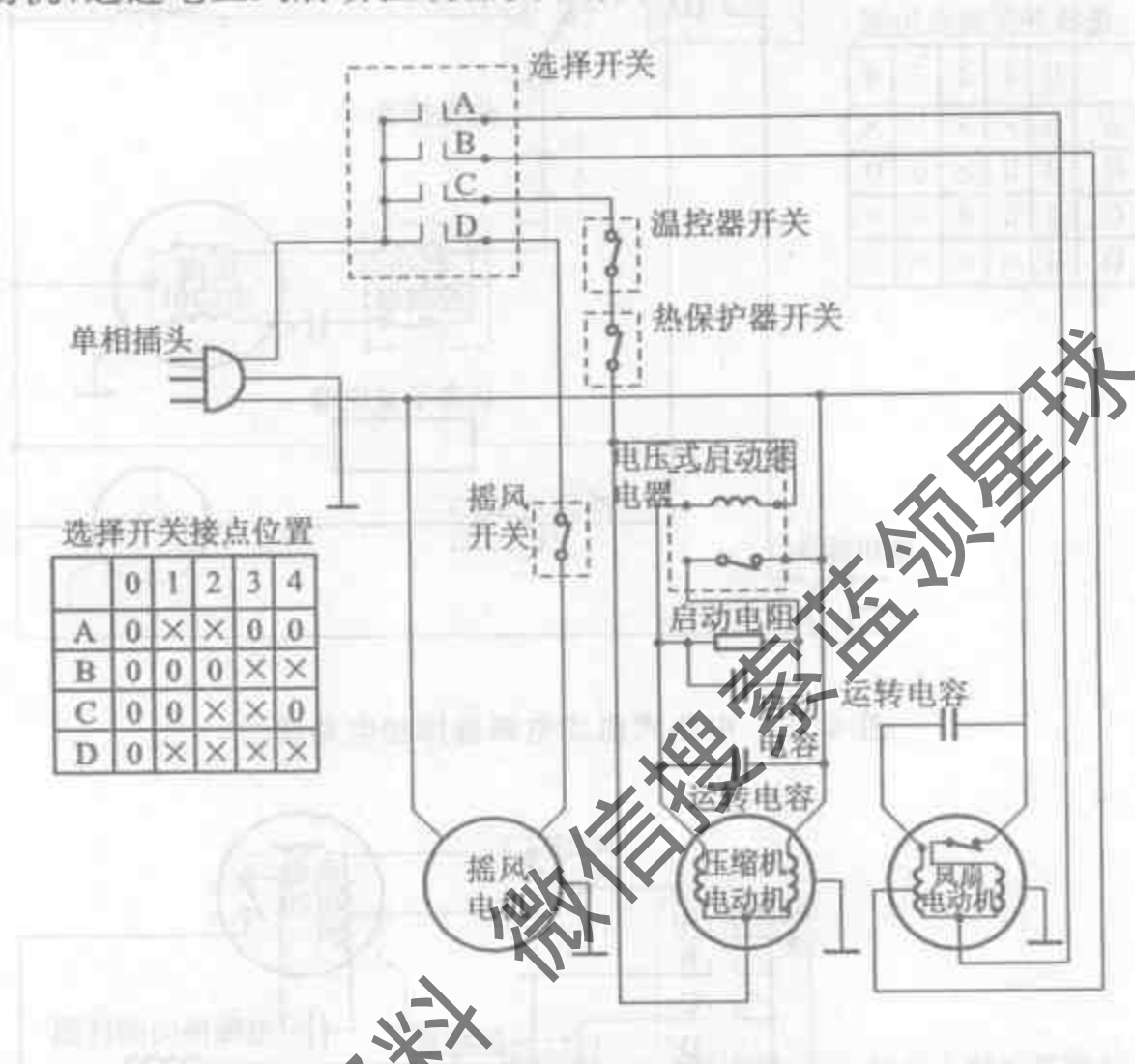


图 8.14 单冷型窗式空调器原理电路图

单冷型窗式空调器的工作由设于面板上的选择开关设定。当选择开关置于 0 挡位置时，选择开关的四个接点均处于断开状态，空调器不工作；置于 1 挡位置时，接点 A、D 接通，使风扇电动机以高速运转，对室内空气进行循环滤清，并使摇风电机运转，以改变送风风向；置于 2 挡位置时，接点 A、C、D 接通，C 接点接通制冷系统电路，制冷系统投入制冷运行，空调器通过高速运转的风扇和摇风装置向室内送出强冷气流；置于 3 挡位置时，接点 B、C、D 接通，空调器通过低速运转的风扇和摇风装置向室内送出弱冷气流；置于 4 挡位置时，接点 B、D 接通，空调器向室内送出微风。对于摇风电动机另外设有专门开关，以控制其开、停。

2. 电热型窗式空调器电路

如图 8.15 所示为一电热型窗式空调器的电路原理图。该空调器在冬季时是通过电加热器来获取热量的。冷、热功能的转换是通过选择开关和温控器实现的。风量选择则是通过风量开关来控制的。

3. 热泵型窗式空调器电路

如图 8.16 所示为一热泵型窗式空调器的电路原理图。其压缩机电动机为电容启动式单相电动机，通过电流式启动控制器实现启动电路的接入和切除；风扇电动机是具有内部过载保护电路的电容运转式双速电机，其转速的选择由单独设置的风量开关位置决定。

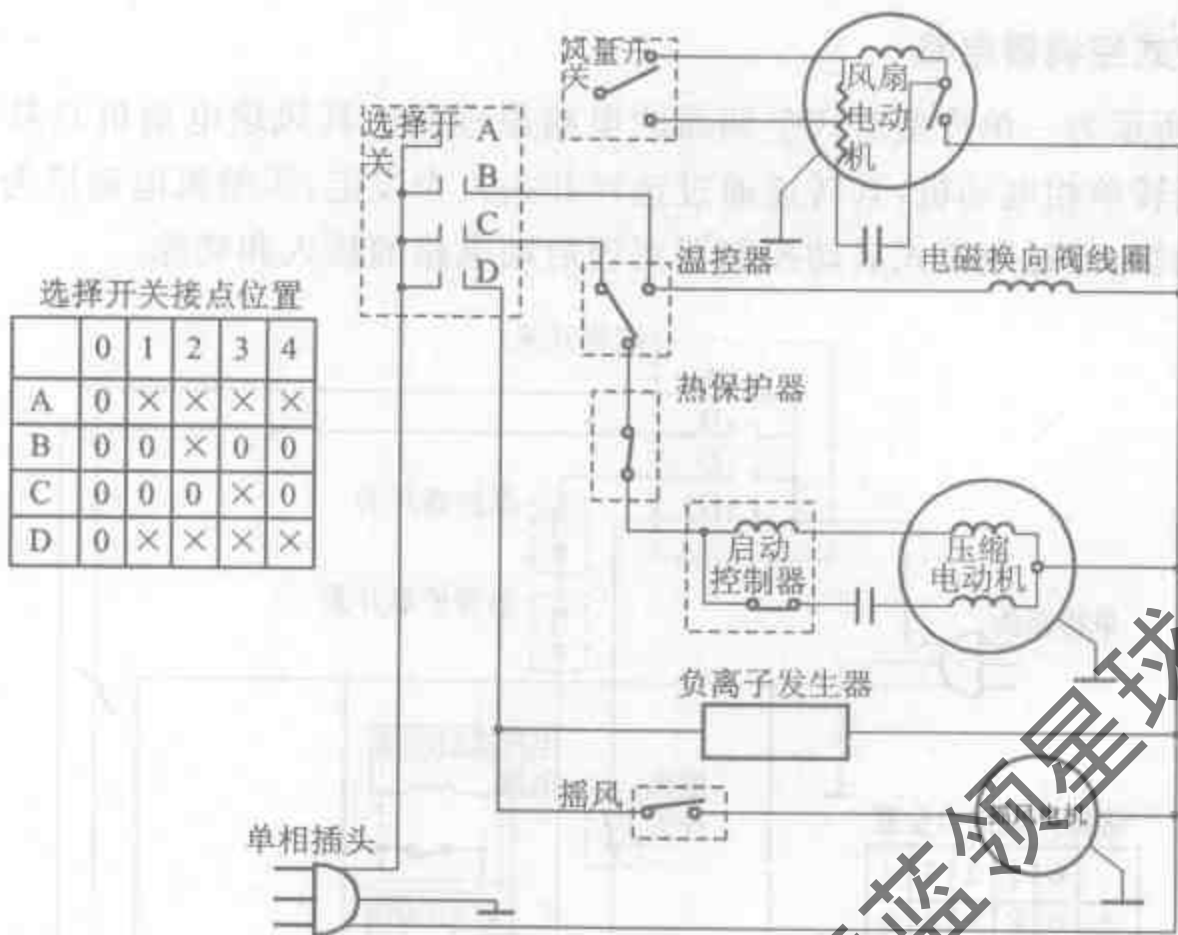


图 8.15 电热式窗式空调器原理电路图

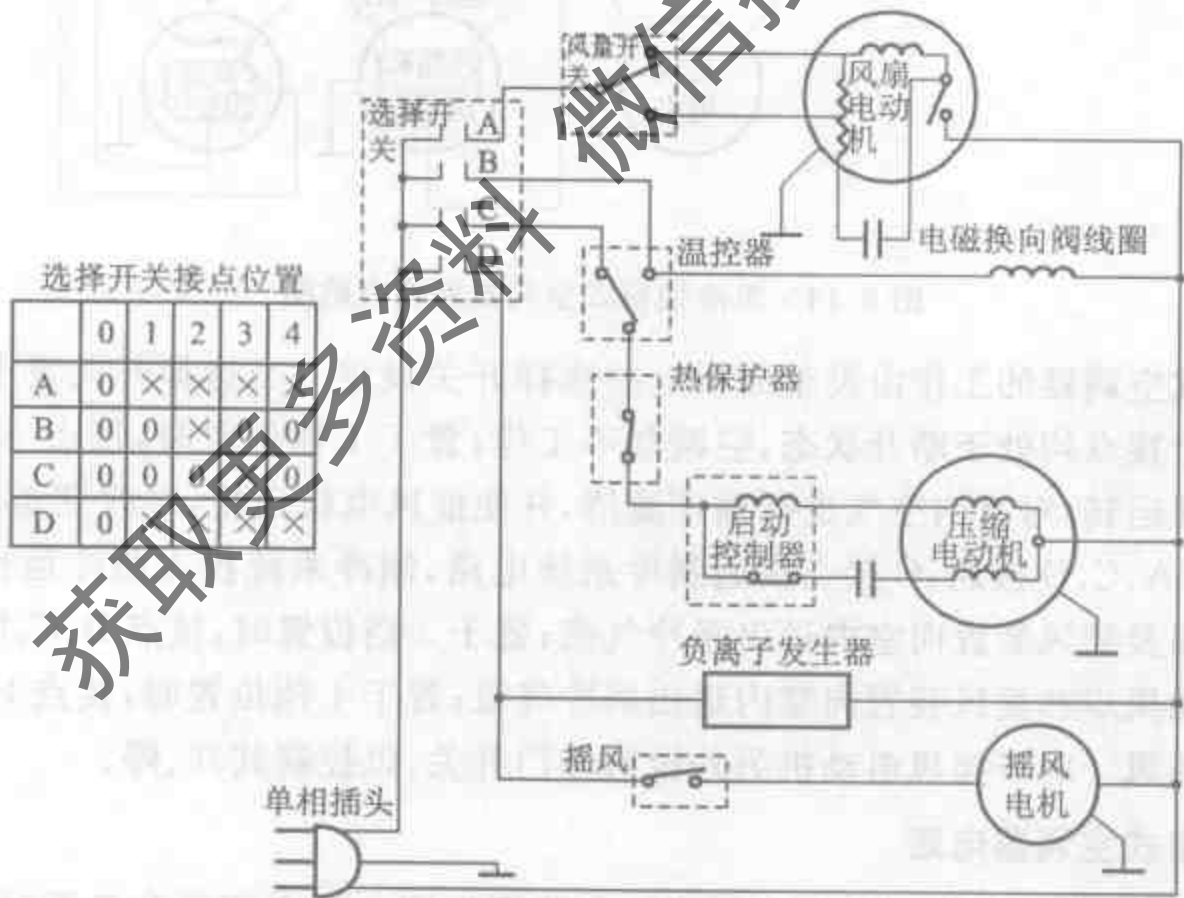


图 8.16 热泵型窗式空调器电路图

热泵型窗式空调器的运行状态由选择开关的位置确定。当选择开关置于 0 挡位置时，空调器停止运行；置于 1 挡位置时，处于单独送风状态，送风的强弱由风量开关的位置确定；置于 2 挡位置时，且温控器接点转向右侧时，通过 B 接点将电磁四通换向阀的线圈接通，制冷系统处于制热循环状态，空调器供热运行；置于 3 挡位置时，B 接点断开，C 接点接通，且温控器接点转向左侧时，制冷系统处于制冷循环状态，空调器供冷运行。其他如前所述。该空调器内部还安装有负离子发生器以补充空气中负离子的不足。

二、微电脑控制式电控系统

微电脑控制式电控系统主要用于分体空调器。下面从分体空调器的主控板分立电路开始,介绍微电脑控制式空调电路的控制原理。

1. 直流电源稳压电路

直流电源是为驱动电路和单片机提供能量的。

如图 8.17 所示为一分立元件的直流稳压电路。220 V 经保险管 FU 至变压器 T 初级,电容 C_1 、压敏电阻 RV 与电源并联。当电源电压超过 245 V 时,压敏电阻由截止变为击穿,电流增大熔断保险管 FU,从而保护主电路板不被烧坏。 C_1 高频旁路电容的作用则是防止高频干扰。

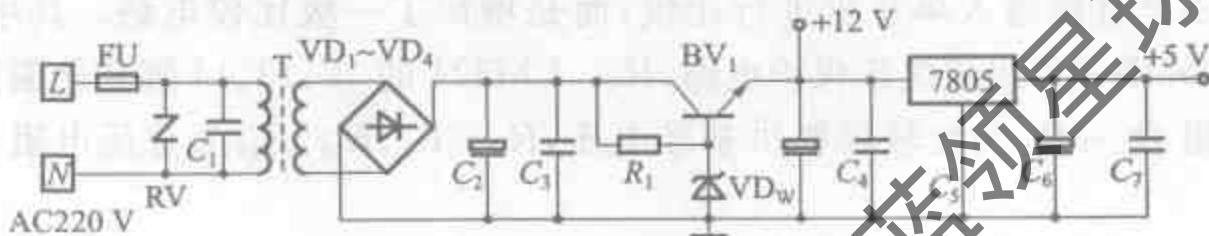


图 8.17 直流电源稳压电路

变压器次级输出的 13 V 交流电,经 $VD_1 \sim VD_4$ 桥式整流输出 14 V 直流电, C_2 、 C_3 低高频滤波电容,电阻 R_1 与稳压二极管 VD_w 构成稳压电路,它为电源调整管提供基准电压。这样 14 V 直流电经 V_1 电源调整管后输出稳定的 12 V 直流电。

当电源或负载的变化使输入电压降低时,由于电阻 R_1 与稳压管 VD_w 使电源调整管 V_1 基极电压保持不变,而 V_1 发射极的输出电压降低,使 U_{be} 上升,引起基极电流 I_b 增大,此时集电极电流 I_c 相应增大, U_{ce} 减小,这样也使调整管 V_1 发射极电压上升,所以保持了输出电压稳定不变。当电源负载变化而使输入电压上升时,稳压过程与上述过程相反。

该电路为阶梯式稳压电源,12 V 直流电为驱动电路和三端稳压 7805 提供直流能量,此电压经三端稳压 7805 后输出 5 V 直流电,为主芯片与外围电路提供直流电源。 C_2 、 C_3 、 C_6 为低频滤波电容, C_4 、 C_5 、 C_7 为高频滤波电容。

如图 8.18 所示为集成稳压电路。该电路和直流分立稳压电路的主要区别如下:

(1)在变压器初级串有风机温度保护器 K_T ,当室内风机温度超过 100 °C 时,切断变压器供电回路,当温度降低到一不定期值又自动接通变压器回路。

(2)用全桥 DB 替换 $VD_1 \sim VD_4$ 极管,用 7812 替换下 V_1 、 R_1 、 VD_w ,使稳压电路中元件减少,增强了电路的可靠性。

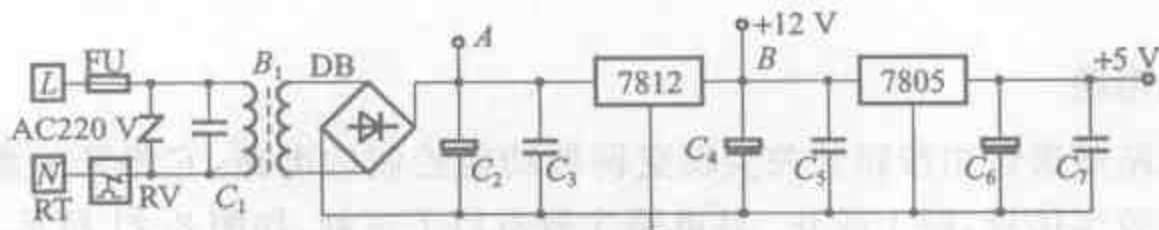


图 8.18 集成稳压电路图

2. 电源过欠压电路

过欠压电路一般分为两种:第一种是将采样电压直接输入单片机进行比较控制;第二种是通过比较器将基准与采样电压先进行比较,然后输入单片机进行比较控制。

图 8.19 所示为前一种过欠压电路。电路中, B 为变压器, DB_1 为全桥, R_1 、 R_2 为分压电阻, C 为滤波电容。220 V 经变压器 B 降压、 DB_1 整流、 R_1 限流、 R_2 分压后, 经滤波电容 C 滤波后送入单片机进行比较控制。当电源电压过高或过低时, 因采样电路只整流不稳压, 所以直流输出电压也随之变化, 此电压经单片机内部分析后, 确定是否进行过欠压控制。

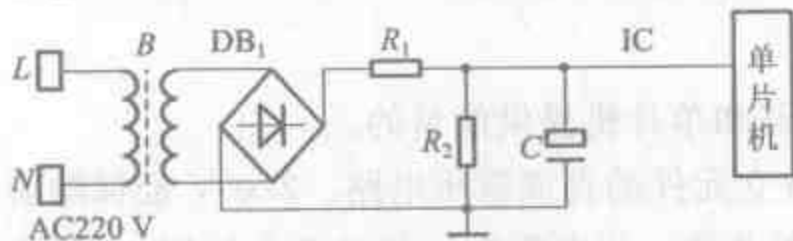


图 8.19 电源过欠压电路图

图 8.20 所示为后一种过欠压电路。它与前一种过欠压电路相比, 整流电路完全相同, 其主要区别在于不是直接输入单片机进行比较, 而是增加了一级比较电路。其中 R_{w1} 、LM324 的 8、9、10 脚和外围元件组成欠压保护电路; R_{w2} 、LM324 的 12、13、14 脚和外围元件组成过压保护电路。电阻 $R_5 \sim R_8$ 为比较器提供基准电压, $R_1 \sim R_4$ 、 R_{13} 、 R_{14} 为分压电阻, VD_1 、 VD_2 为耦合二极管。

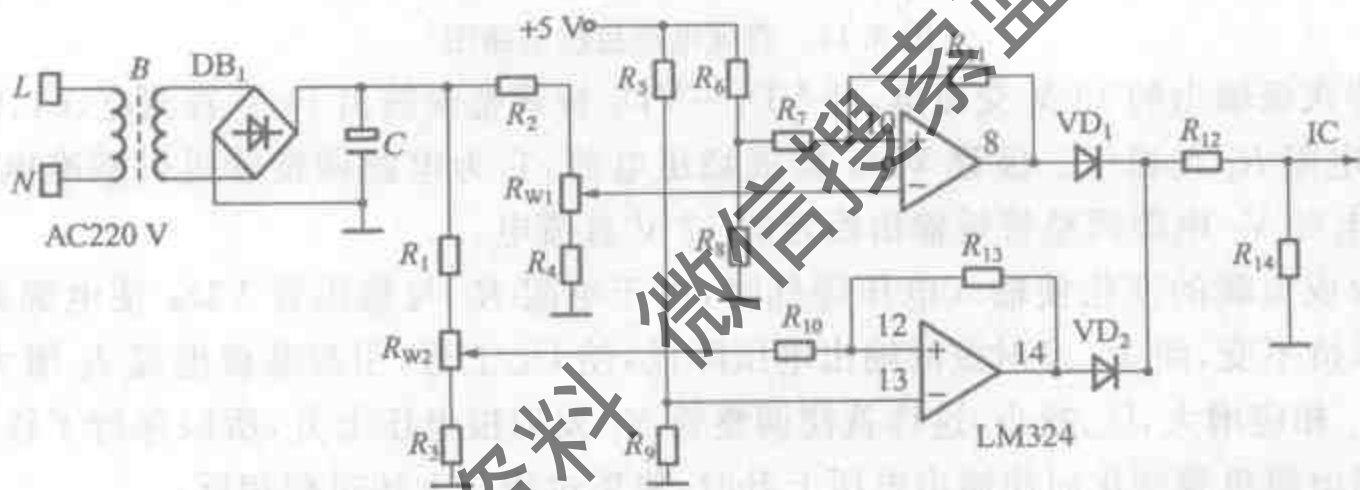


图 8.20 电源过欠压电路图

当电源电压正常时, R_2 输出电压使 LM324 的 9 脚电位大于 10 脚电位, 其 8 脚输出低电平, 单片机判断电源电压正常。当电源电压低于 190 V 时, R_{w1} 输出电压使 LM324 的 9 脚电位小于 10 脚电位, 其 8 脚输出高电平, 经 VD_1 、 R_{13} 、 R_{14} 分压送入单片机进行欠压判断控制。

当电源电压正常时, R_{w2} 输出电压使 LM324 的 12 脚电位小于 13 脚电位, 其 14 脚输出低电平, 单片机判断电源电压正常。当电源电压高于 245 V 时, R_{w2} 输出电压使 LM324 的 12 脚电位大于 13 脚电位, 其 14 脚输出高电平, 经 VD_2 、 R_{13} 与 R_{14} 分压送入单片机进行过压判断控制。

3. 开关输入电路

开关输入电路是通过用按钮开关实现空调器功能控制的电路, 它将开关量信号转换成单片机所能接收的数字信号, 即 1 或 0。其电路主要有以下三种, 如图 8.21 所示。

(1) 如图 8.21(a) 所示, 当开关 K 断开时, 三极管 VT 处于截止状态, 其集电极为高电平 1; 当开关闭合后, 5 V 通过 R_1 、 R_2 分压送入三极管基极, 此时三极管 VT 正偏导通, 其集电极由高电平 1 变为低电平 0。这样通过输入电路就将开关的闭合与断开转换成数字信号 0 或 1, 并输入到单片机进行功能自动控制。

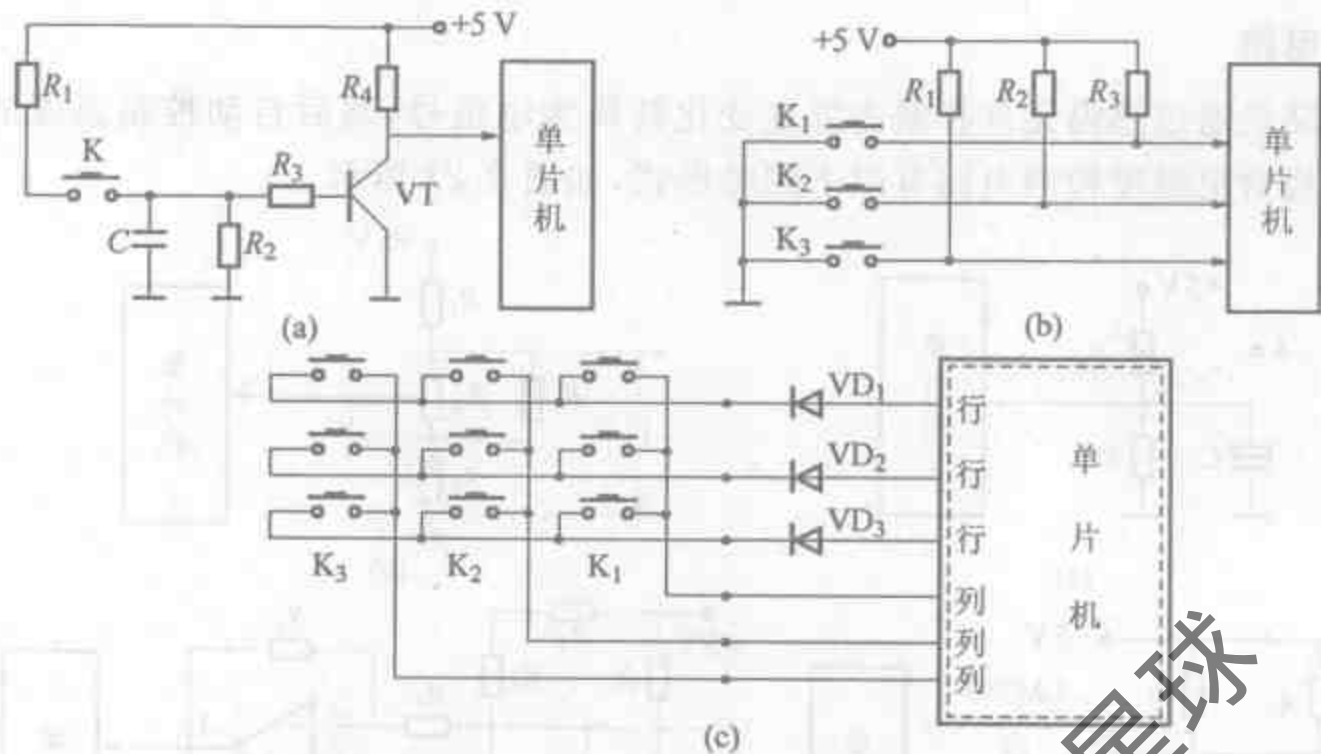


图 8.21 开关输入电路图

(2)如图 8.21(b)所示,当开关 K_1, K_2 断开时,由于 $R_1 \sim R_3$ 上拉电阻的作用,单片机三个信号输入端均为高电平 1。当某开关闭合时,由于开关一端与“地”相接,所以此时单片机输入脚也相应为低电平 0。单片机经内部分析判断后,控制相应的输出电路工作。

(3)如图 8.21(c)所示的开关输入电路中,正常时按键按钮为常开状态,此时单片机对整个键盘进行一次扫描,看是否有键按下。如果有键按下,则进行逐行扫描,以判断按下的键在哪一行哪一列。扫哪一行时单片机就向该行发出信号,该电路中二极管 $VD_1 \sim VD_3$ 用以防止输入信号对输出信号的干扰。

4. 过流检测电路

过流检测电路是通过检测压缩机的运行电流,从而实现控制压缩机开、停的电路。常见过流检测电路有图 8.22 所示的两种形式。

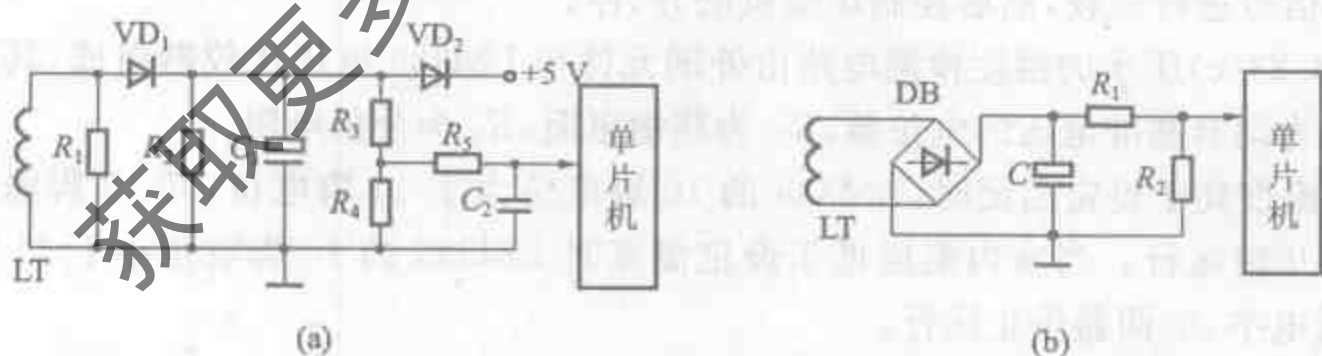


图 8.22 过流检测电路图

(1)图 8.22(a)所示的过流检测电路中,LT 为互感器,VD₁ 为整流二极管, R_1, R_2 为负载电阻, C_1, C_2 为低高频滤波电容, R_3, R_4 为分压电阻,当断电后,VD₂ 为电容 C_1 提供放电通路。当压缩机电流正常时,电流互感器 LT 输出交流电压经二极管 VD₁ 整流, R_3, R_4 分压,送入单片机进行过流控制。当压缩机过电流时,电感 LT 两端交流电压较高,此时输送到单片机的直流电压也较高,单片机经内部判断后使压缩机停止,这样就保护了压缩机在过流时不被损坏。

(2)图 8.22(b)所示的过流检测电路与图 8.22(a)所示的过流检测电路原理基本相同,其主要区别是用桥式整流集成块替换整流二极管 VD₁,从而使电路更加简单。

5. 温控电路

温控电路是通过感温元件将室内温度变化转换为电信号,然后自动控制温度的电路。空调器主电路板常见温度检测电路有以下四种形式,如图 8.23 所示。

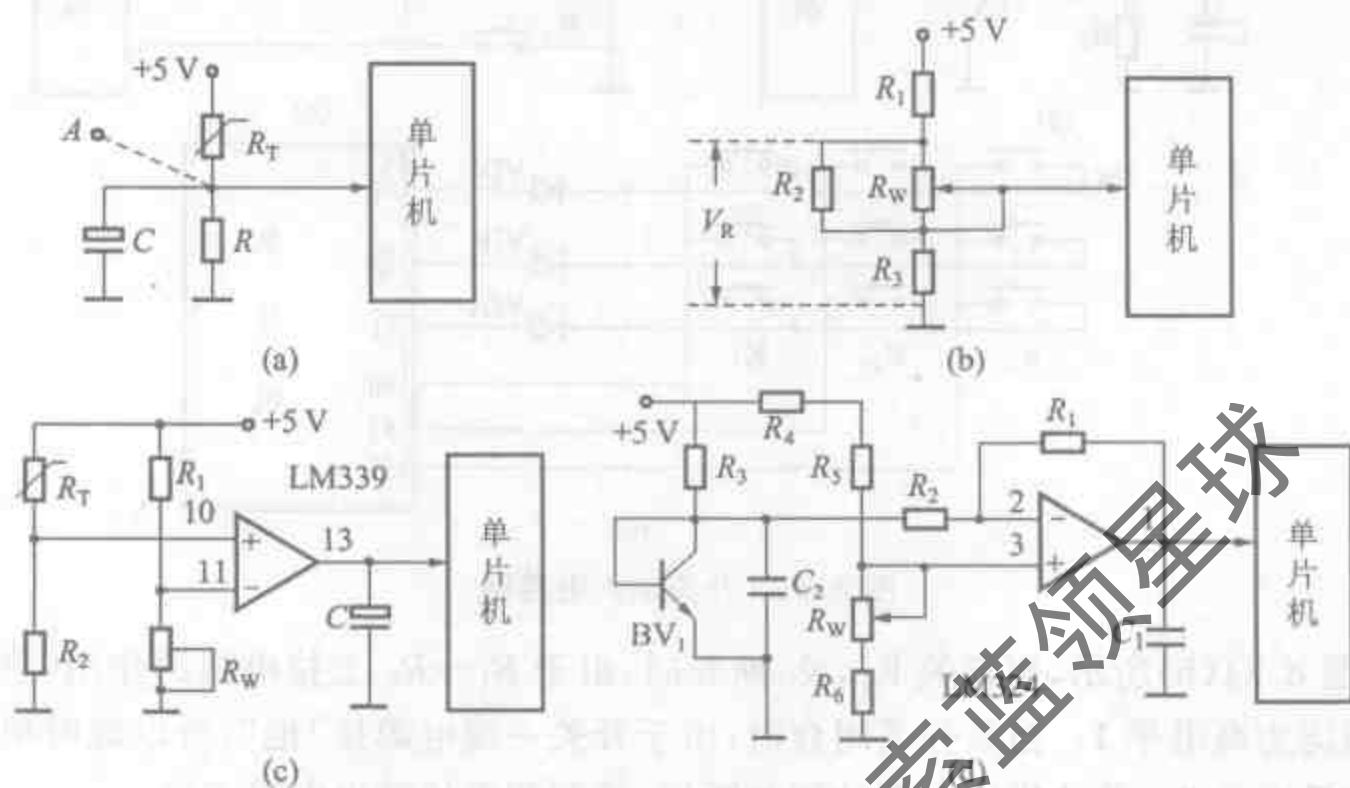


图 8.23 温控电路

(1)图 8.23(a)所示的温度检测电路是将室温变化通过热敏电阻 R_T 与电阻 R 分压转换成电压信号,此信号在单片机内与基准信号进行比较,最终控制压缩机的开、停。电容 C 用于防止电压变化过快。 R_T 为负温度系数热敏电阻,当温度降低电阻值增大,温度升高电阻值减少。通常热敏电阻值是指在 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 时所测到的电阻值。

(2)图 8.23(b)所示的温度检测电路是通过改变电位器 R_w 中心抽头位置来改变电压 V_R 大小,这样就决定了压缩机开停机时间的长短。 R_1 、 R_3 为温控电路提供基准电压,在单片机内与温度采样信号进行比较,然后控制压缩机的开、停。

(3)图 8.23(c)所示的温度检测电路由外围元件与 LM339 电压比较器组成,其中 R_1 为分压电阻, R_w 为调节基准电压的电位器, R_T 为热敏电阻, R_2 为分压电阻。

当室内温度高于设定温度时,LM339 的 10 脚电位大于 11 脚电位,其 13 脚输出高电平,此时压缩机开始运行。当室内温度低于设定温度时 LM339 的 10 脚电位小于 11 脚电位,其 13 脚输出低电平,空调器停止运行。

(4)图 8.23(d)所示的温度检测电路由 LM324 和感温三极管 ST102 和外围元件组成。该感温元件利用了三极管 b、e 串联后,为 LM324 反相输入端提供温度采样电压。 R_4 、 R_5 、 R_6 、 R_w 为集成运放器 LM324 同相输入端提供基准电压。当 LM324 反相输入端低于同相输入端电位时,LM324 输出高电平。当反相输入端高于同相输入端电压时,LM324 输出脚为低电平。单片机通过对 LM324 输出脚电位高低的检测,实现室温的自动控制。 R_1 为反馈电阻, C_1 、 C_2 为高频滤波电容。

6. 驱动电路

常见的驱动电路有以下四种形式,如图 8.24 所示,这四种形式的驱动电路的原理基本相同。

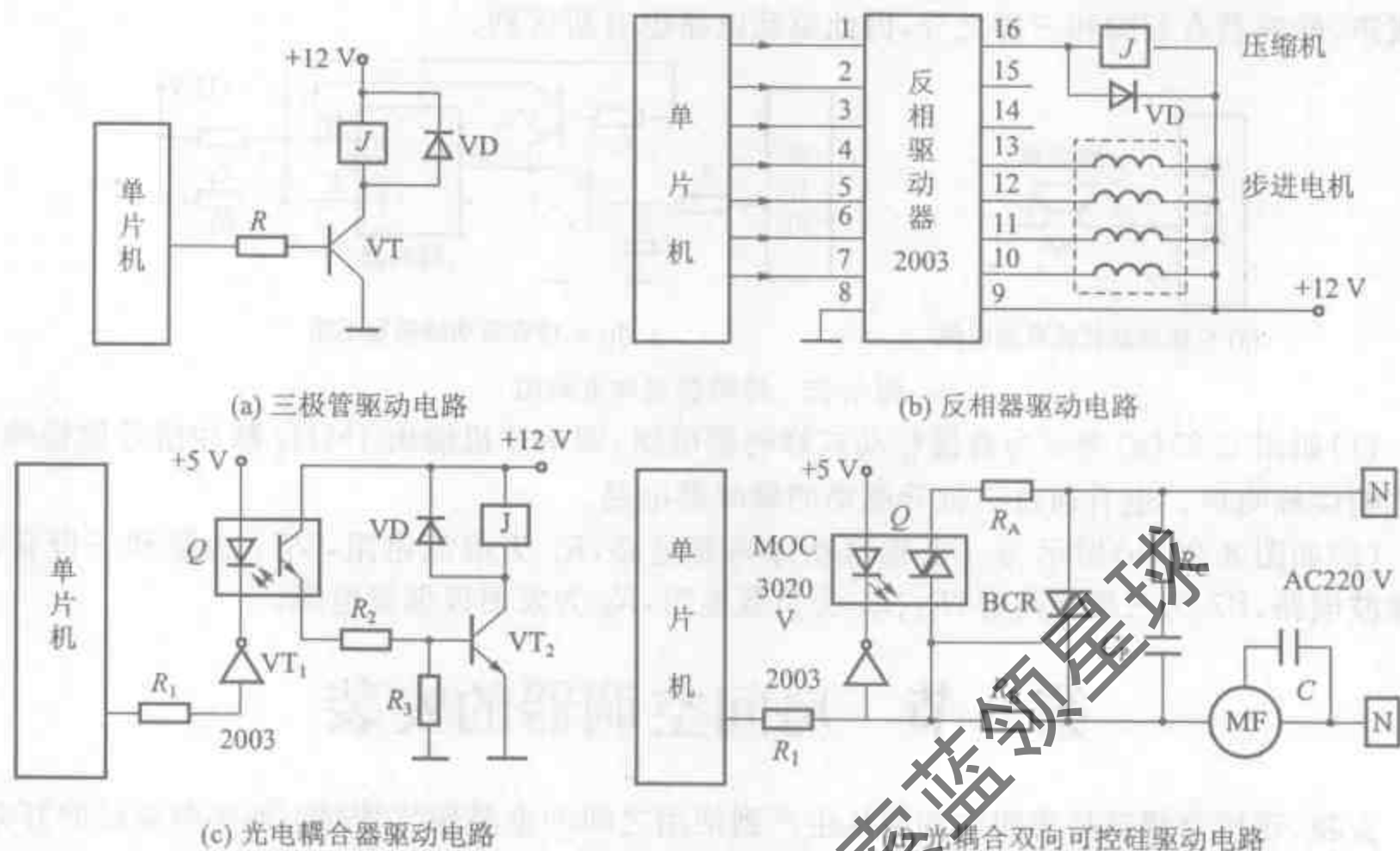


图 8.24 驱动电路

(1)图 8.24(a)所示的是最简单的驱动电路。电路中, R 为限流电阻, VT 为反相驱动三极管, J 为继电器线圈。当单片机输出高电平时,三极管 VT 导通,继电器线圈两端有 12V ,其触点吸合控制相应电气元件工作,当单片机输出低电平时,三极管 VT 截止,继电器线圈断电,其触点开路,使相应电气元件停止工作。

(2)图 8.24(b)所示的是反相驱动集成电路。电路原理与简单驱动电路相同,即单片机输出高电平经 1413 或 2003 反相驱动器输出低电平,使继电器线圈通电触点吸合,以控制相应电气元件动作。当单片机输出低电平时其原理与上述过程正好相反。

(3)图 8.24(c)所示的是光电耦合器驱动电路。当单片机输出高电平时,经 R_1 限流, VT_1 2003反相驱动器输出低电平,由于光电耦合器输入端加有 5V 电压,所以光电耦合器输出高电平,使三极管 VT_2 导通,即继电器线圈两端加有 12V 电压,具体过程与图 8.24(a)所示的电路完全相同。

(4)图 8.24(d)所示的是光耦合双向可控硅驱动电路。该光电耦合输入电路同图 8.24(c)原理完全相同,下面介绍不同之处。光耦合输出端通过 R_A 限流接 220V , R_B 门极电阻用于提高抗干扰能力, R_C 和 C_P 主要用于保护双向可控硅不被击穿, MF 为风扇电机, C 为风机运转电容。

当单片机输出控制信号时,光电耦合器4脚输出触发信号使双向可控硅导通。由于可控硅串联在风机电路中,所以通过改变双向可控硅的触发脚就可改变交流输出电压,从而达到改变风机转速目的。双向可控硅在交流过零时,单片机才输出控制信号使可控硅导通,单片机输出触发信号由风机测速电路提供。

由于蜂鸣器与步进电机在驱动时和其他电气元件的驱动过程有所区别,所以下面介绍各自电路的驱动过程。

蜂鸣器驱动电路和一般驱动电路完全相同,只是单片机输出的是脉冲信号,所以蜂鸣器才

能发声,蜂鸣器有两脚和三脚之分,因此驱动电路也有所区别。

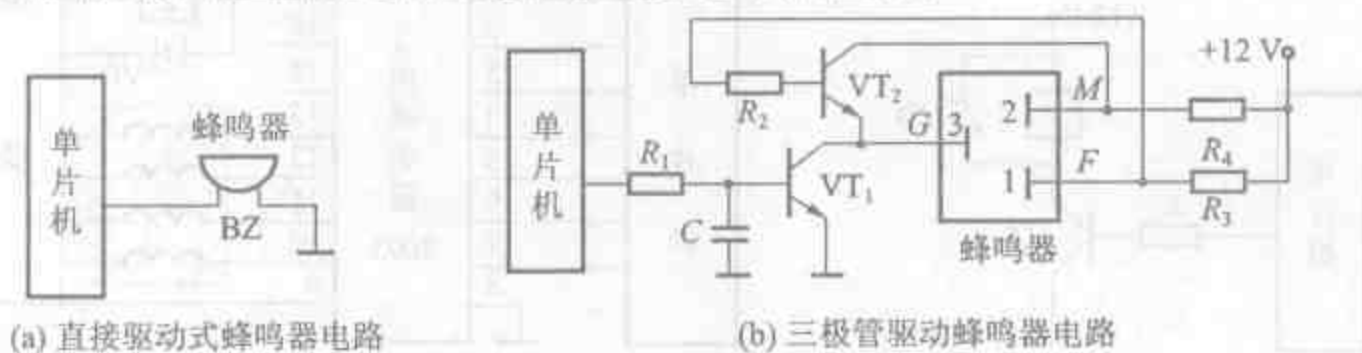


图 8.25 蜂鸣器驱动电路图

(1)如图 8.25(a)所示为直接驱动式蜂鸣器电路,即单片机输出 4MHz 脉冲信号使蜂鸣器发生断续蜂鸣声。也有通过三极管驱动的蜂鸣器电路。

(2)如图 8.25(b)所示为三极管驱动蜂鸣器电路, R_1 为限流电阻, VT_1 为驱动三极管, C 为滤波电路, BZ 为三脚蜂鸣器, R_3 、 R_4 为负载电阻, R_2 为发射极偏置电阻。

第 6 节 房间空调器的安装

安装、连接与调试是房间空调器从生产到使用之间的关键环节,安装、连接与调试的好坏,将直接影响到用户的人身财产,环境安全和使用效果,并成为保障空调正常工作运行的关键环节。空调业内有“三分质量、七分安装”之说。分体式房间空调器出厂时,室内机、室外机、连接管道(线)分开包装,严格意义上说,正确安装以前,只能算是个半成品,而只有在现场进行正确安装、连接与调试后,才能形成一个完整的空调系统。

2005 年,中国家用电器维修协会抽查发现空调器的安装环节仍然存在着不同程度的问题,包括:部分空调生产、销售、专业服务企业没有专业、稳定的安装队伍;空调安装服务规范不健全;企业内部无空调安装质量检查人员;空调安装人员草草培训上岗,甚至出现空调安装旺季安装工无证上岗等现象。

一、安装工具、配件及材料的准备

1. 安装工具的准备

根据房间空调器的结构特点及用户安装要求等实际情况,应准备不同的安装工具。常用的安装工具有:冲击钻、真空泵、钳工工具、管工工具、梯子、安全带、嵌形电流表、万用表、温度计、组合式歧管压力表、检漏仪、内六角扳手和便携式焊具等。

2. 安装配件的准备

查看随机箱附带的零部件。一般情况下,分体挂壁式空调器的随机附件主要有:室内机挂板、内外机连接管、排水管、电源线、信号连线、过墙套筒、保温管、包扎带和膨胀螺栓等,有的厂家还配有安装支架。

3. 安装用材料的准备

安装材料主要有:铜管、氟罐、焊料、氧气、乙炔气等。

二、窗式空调器的安装

窗式空调器安装以前,首先要进行安装位置的选择。窗式空调器的安装位置应尽量避免

阳光直接照射,对我国来说,朝北、朝东较好,朝南、朝西较差。如果朝西安装,在炎热的夏季,有时会因冷凝器无法正常散热而不能正常运行。

窗式空调器可以穿墙安装,也可安装在窗户上。但一般来说,穿墙安装比安装在窗户上优越,既不影响采光,又可避免振动引起的噪声。

1. 安装要求

安装窗式空调器时应该使用固定架,厂家出厂的资料里都有安装说明书,具体的安装方法可参照说明书。安装时一般应注意以下几个问题:

(1)仔细检查放置窗式空调器的地方是否具有足够的强度,并且不会发生共振。

(2)选择安装位置时,应注意窗机与上、左、右、后侧墙面有一定的间隙,以保证内侧和外侧的通风流畅;安装位置应该离门较远,从而减少开门引起的振动;安装位置高度以1.5~2 m为宜,便于操作和维修。

(3)应避免阳光直射、并远离热源,附近应无可燃性气体和腐蚀性气体,条件允许时,应安装遮阳、防雨篷。

(4)窗式空调器安装后,在室内外之间应有1~3 cm的高差,以便于凝露水流出室外,但左右应呈水平放置。

(5)安装位置的选择应避免噪声及排出的风直接影响邻居。

(6)开墙孔时,其开孔范围尽可能小,并注意与房间协调装饰。

2. 安装步骤

根据安装位置的不同,窗式空调器有几种安装方式:穿墙式、落窗式和专用放置窗式(建筑预留,可以放置窗机和分体室外机)。其中以穿墙式安装最为复杂。窗式空调器的具体安装步骤如下:

(1)根据用户的意见结合窗式空调器的安装要求综合考虑,确定好合适的安装位置。

(2)根据窗式空调器的外形尺寸及墙体的厚度,制作一个围框,围框的内部尺寸比窗式空调器外壳要放大1~2 cm,然后将围框贴在要安装的墙面上(或窗户上),画好开孔线。

(3)在墙上(或窗户上)按画好的线开孔,孔底部适当外倾,并将孔口修平整,墙孔不宜过大,以容下围框为宜。

(4)将围框嵌入所开的孔并固定,注意围框一定要水平放置。

(5)将事先按空调器外形尺寸做好的支架固定到墙上(或窗户上),然后将主机从机壳中抽出,再将外壳放入围框里,然后将围框与支架之间用螺钉固定。

(6)装入窗式空调器,并安装遮阳防雨篷。

(7)装好排水弯头及排水管,将空调器放入墙孔(或窗户孔),并固定好。

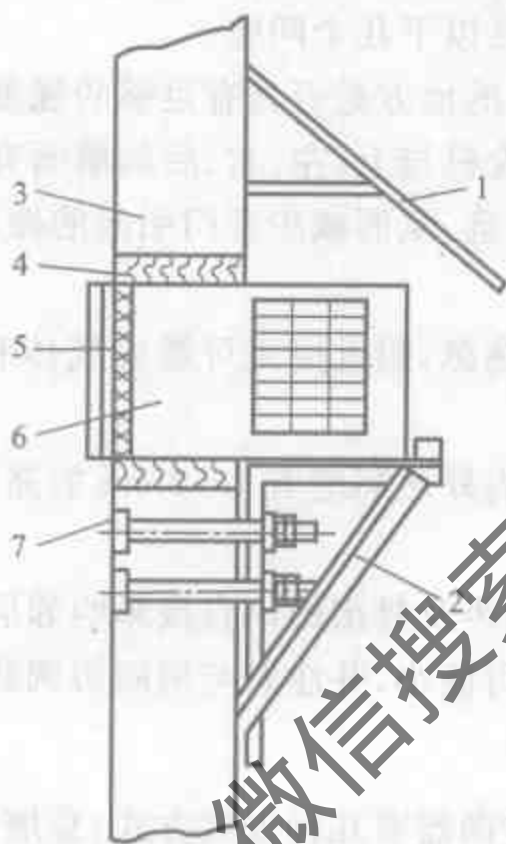
(8)用发泡剂或其他材料将缝隙填好、密封。

(9)将排水管引至合适的位置,安装排水软管时应特别注意防止水堵。

(10)安装结束,如图8.26所示;按使用手册接通电源,进行试运行。在试运行前应确认一下连线是否有错误。若为机械控制式,应拨动控制开关进行功能转换,调节温度旋钮进行温度调节,或拨动其他辅助功能钮,试验是否灵活或起控制作用。制冷循环试运行主要包括以下项目:

1)室内、外机运转部件是否正常运转,如压缩机、内外分扇电机等;有无异常噪声、振动。

- 2) 遥控器上各个按键所指示的功能是否正常, 比如风机调速功能是否正常, 出风格栅摆动是否正常。
- 3) 通过测量进出风温差, 判断制冷效果是否良好。制冷运行时, 进、出风温差应大于 13°C 。
- 4) 观察冷凝水是否能正常排到室外。
- 5) 测量稳态运行时的电流值是否与铭牌上标定的额定电流值相近。



1—遮阳防雨篷 2—支架 3—墙 4—密封材料
5—窗式空调器面板 6—窗式空调器外壳 7—膨胀螺栓

进行制热循环试运行, 主要需监测进出风温差。

试运行结束后, 安装人员还应向用户介绍空调器的使用方法以及维护保养的有关知识。另外应该注意的是: 空调机使用的电源有 220 V 或 380 V 两种, 一般均使用专线和专用三孔插座, 应有可靠接地, 导线与保险丝规格应与空调器的额定电流相符。

三、分体挂壁式空调器的安装

分体挂壁式空调器的安装较之窗式空调器的安装要复杂得多, 下面以三洋挂壁式空调器为例来介绍分体挂壁式空调的详细安装过程。

1. 分体挂壁式空调器的安装要求

- (1) 和窗式空调器一样, 分体挂壁式空调器的室外机应尽量避免安装在有日光直射及靠近热源的地方, 否则可能会因冷凝器不能正常散热而难以正常运行。
- (2) 分体挂壁式空调器应避免安装在有易燃气体泄漏和有油污的地方。
- (3) 根据空调器本身要求及用户要求选择最合适的安装位置。
- (4) 安装时应尽量使冷媒管和排水管通向室外的距离最短。
- (5) 安装时应保证分体挂壁式空调器室内机和室外机周围均有足够的空间, 以保证空气的

循环通畅,且便于操作维修,具体如图 8.27 所示。

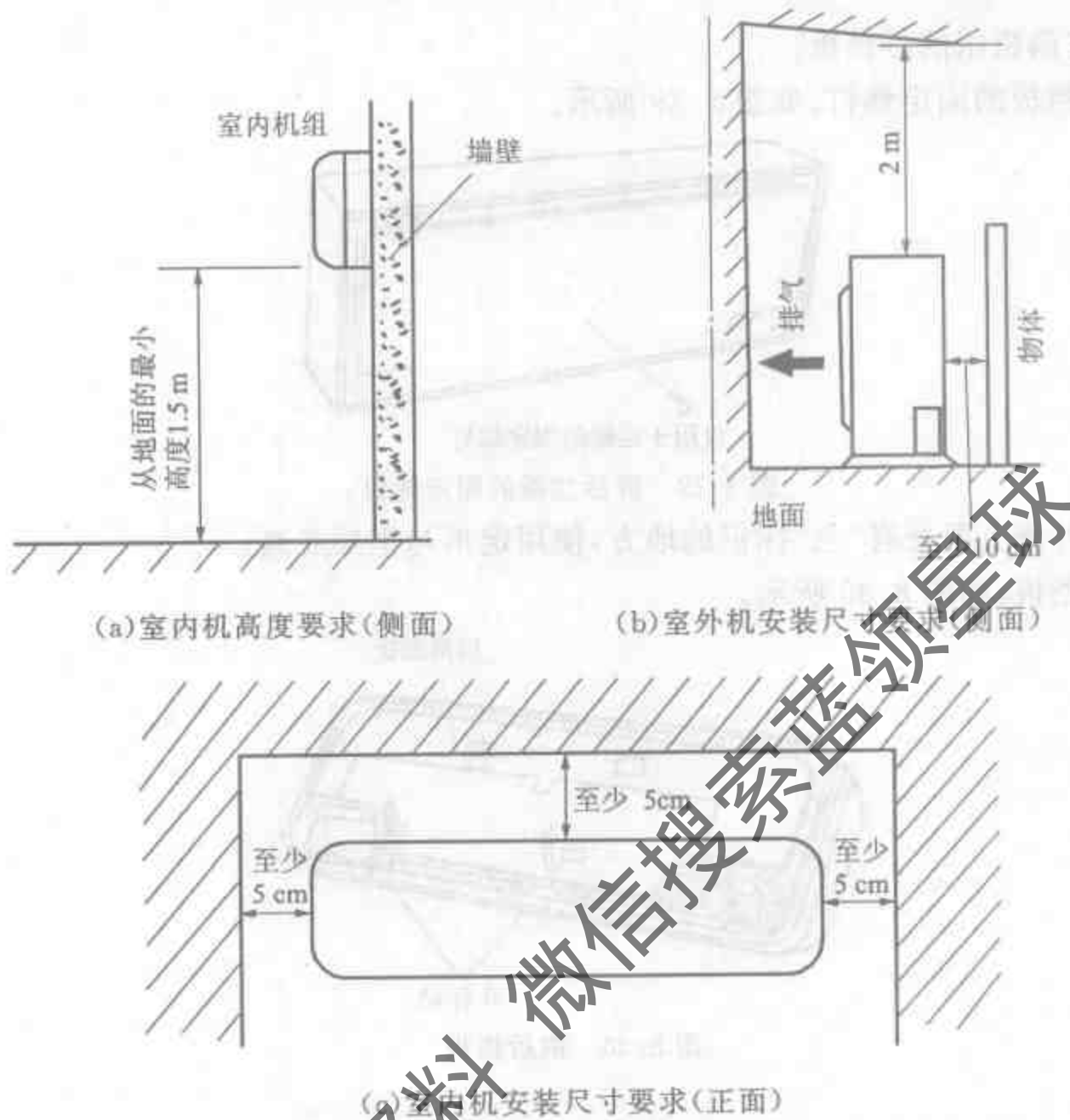


图 8.27 分体挂壁式空调器的安装空间

(6)安装时,室内外机组间高差(H)和管长(L)(图 8.28 所示)应符合厂家规定的高度和长度。表 8.3 是三洋某型分体挂壁式空调器所允许的管长和高差。

表 8.3 空调器安装高差(H)和管长(L)要求

出厂允许最大管长/m	管长限制/m	高差限制/m	补充制冷剂量/($g \cdot m^{-1}$)
7.5	15	7	15

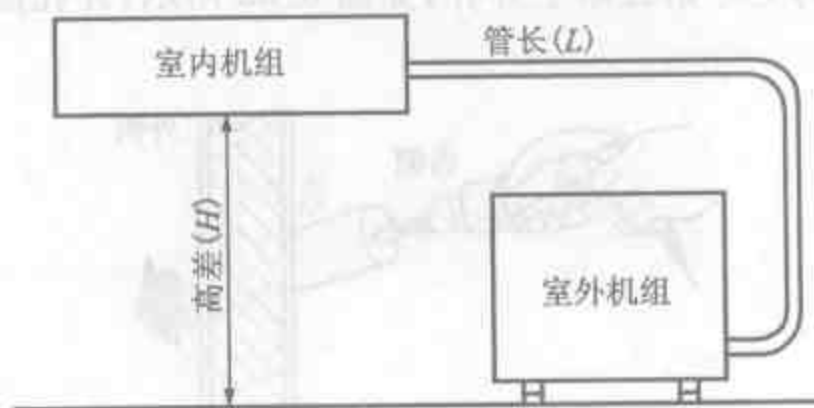
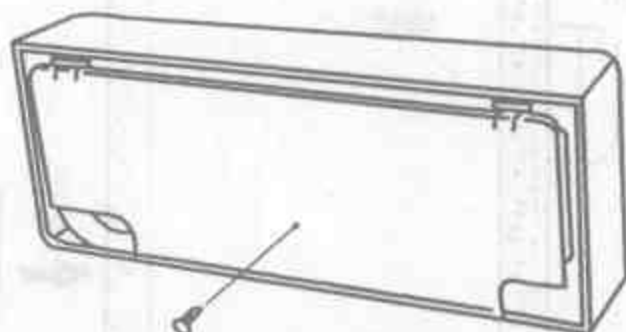


图 8.28 分体挂壁式空调器安装高差和管长

2. 分体挂壁式空调器的安装步骤

(1) 拆下空调机组的后挡板。

1) 拧下后挡板的固定螺钉,如图 8.29 所示。



仅用于运输的固定螺钉

图 8.29 拆后挡板的固定螺钉

2) 按框架外壳上两处有“△”标记的地方,使用定爪与框架脱离。

3) 取下后挡板,如图 8.30 所示。

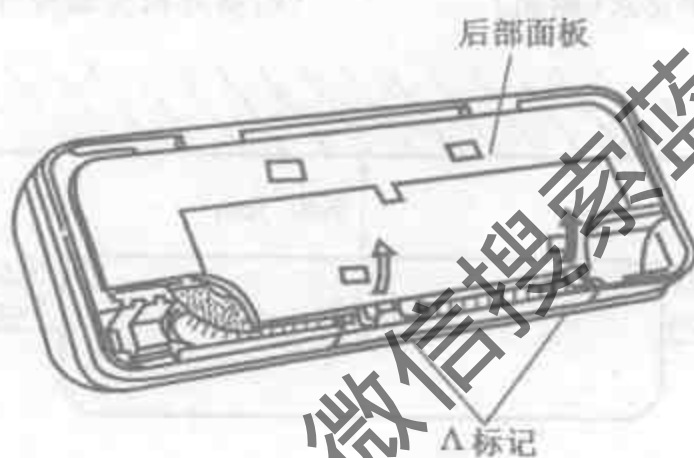


图 8.30 取后挡板

(2) 开孔。

1) 将室内机组的后挡板放在预先选择好的位置,然后画好线,注意务必保持水平,否则会因接水盘倾斜而导致出现漏水现象,如图 8.31 所示。

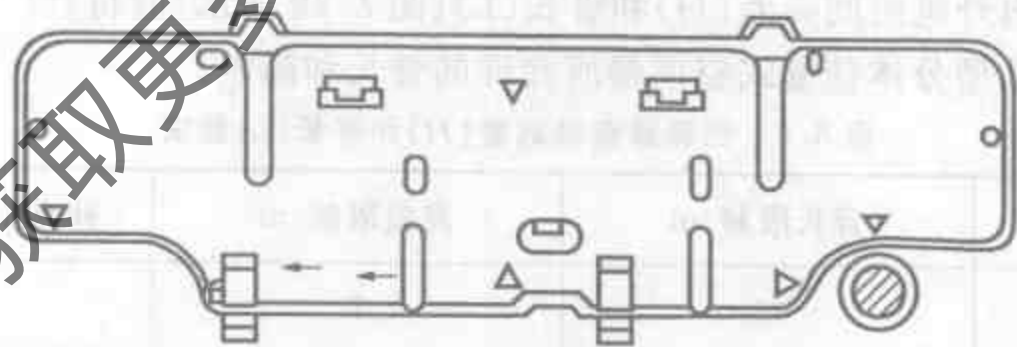


图 8.31 画线

2) 用直径为 56 mm 的空心钻在墙上开孔,如图 8.32 所示,开孔前应确认开孔处的墙壁内部没有管线通过。

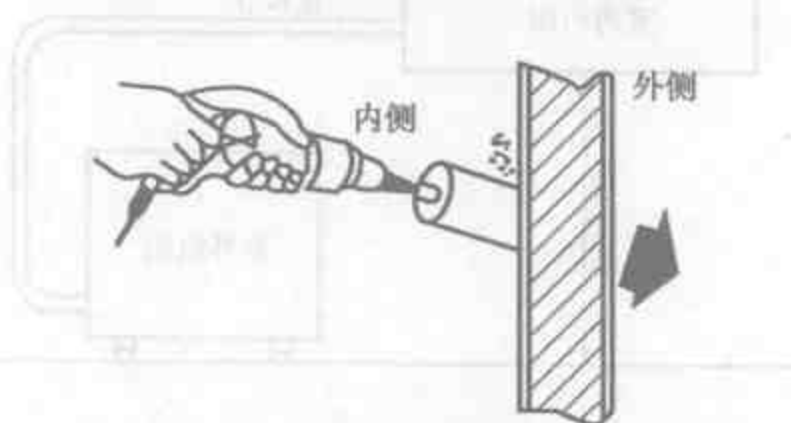


图 8.32 开孔

3) 安装穿墙管,并在室内侧安装塑料盖,如图 8.33 所示。



图 8.33 穿墙管安装

(3) 用随机附带的水泥钉,将后挡板固定在墙上;然后用卷尺和水平仪检查固定后的后挡板是否处于水平,以保证机器正常运转,如图 8.34 所示,只有图(b)所示位置才是正确的安装位置;确认后挡板固定牢固,防止因其松动而产生的振动和噪声。

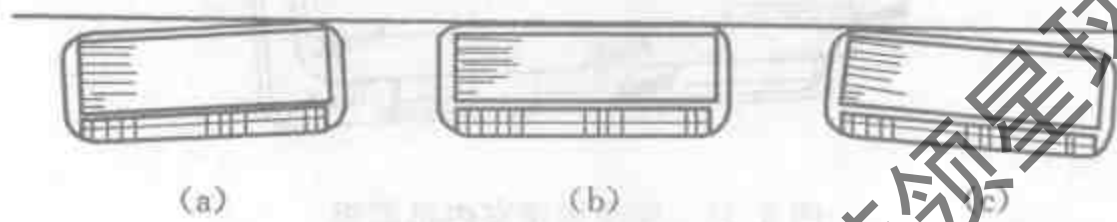


图 8.34 水平仪检查

(4) 卸装空调器面板。

- 1) 将导风板置于水平位置。
- 2) 拧下 2 颗固定螺钉,如图 8.35 所示。

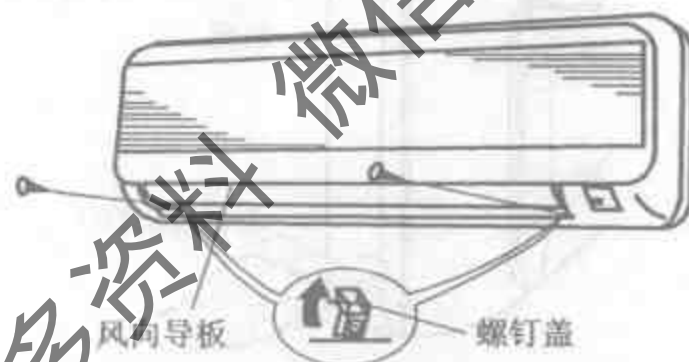


图 8.35 拧下室内机面板的固定螺钉

3) 用标准旋具向上按 6 个卡爪,卸下空调器面板,如图 8.36 所示。

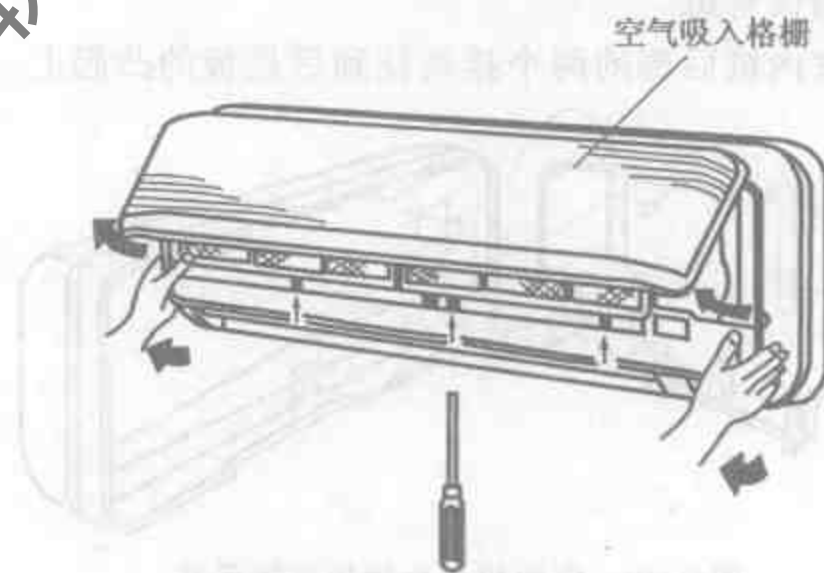


图 8.36 室内机面板的拆卸

4) 使导风板处于关闭状态,将面板安装在室内机组的下部,使卡爪插入卡槽下部,将面板安装到其位置,如图 8.37 所示。

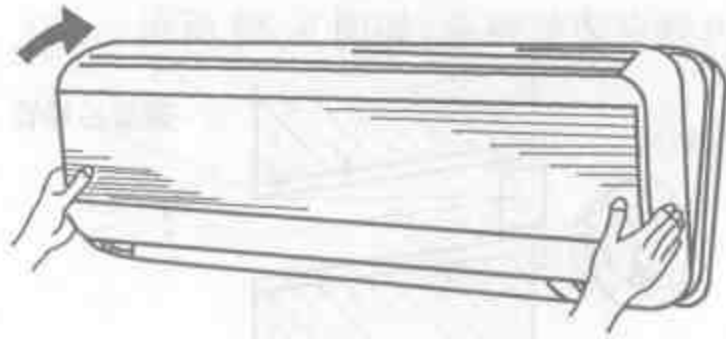


图 8.37 室内机面板的安装

5) 分别按 4 个卡爪, 使面板完全固定, 并检查面板与框架是否固定牢固, 如图 8.38 所示。

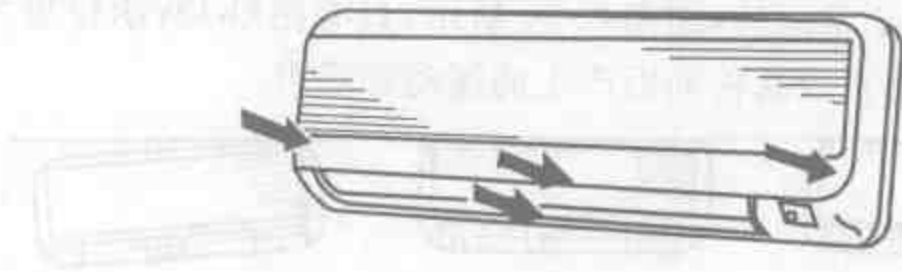


图 8.38 完全固定室内机面板

(5) 室内管的定位。

1) 管道向左或向右时用锯子锯掉外壳左角或右角的相应部分, 如图 8.39 所示(管道向左后方或右后方时不用锯掉)。

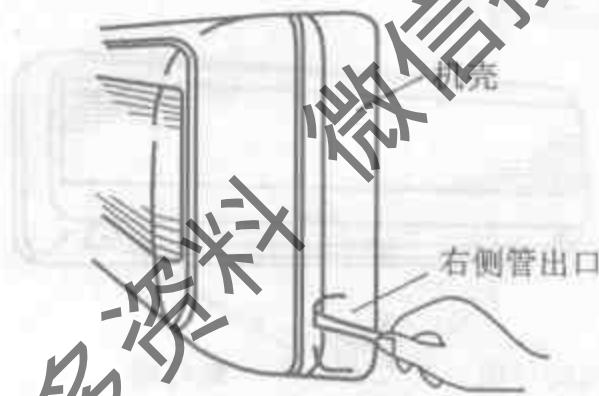


图 8.39 室内管的定位

2) 按空调器出管方向铺设管道。

3) 如图 8.40 所示, 将室内机后部的两个挂钩挂到后挡板的凸起上。

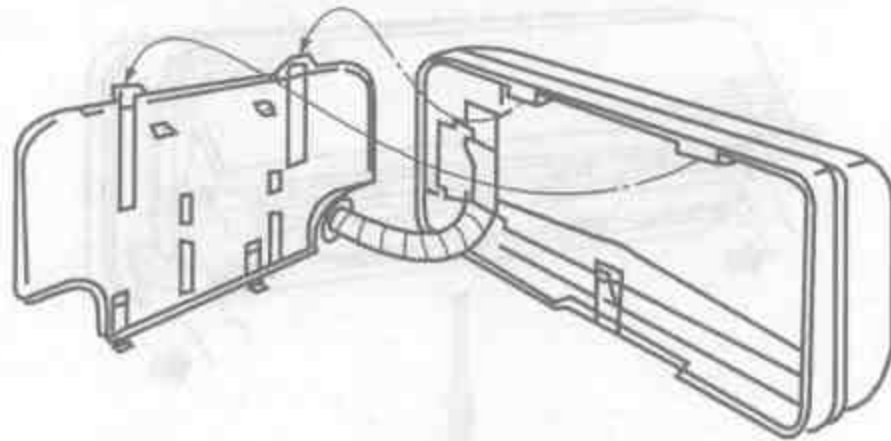


图 8.40 室内机与后挡板连接示意

(6) 室内机组的接线。

1) 抓住吸气面板的两个角, 将吸气面板打开。

2) 如图 8.41 所示, 拆下右侧盖板的螺钉, 打开盖板。

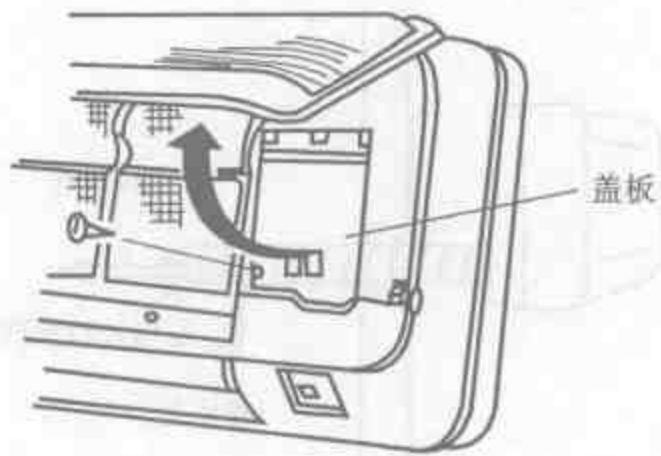


图 8.41 打开盖板

3) 将连于室内机组的电线插入墙壁上的孔内,使电线伸入室内,并从室内机的后面拉到前面进行连接,参考接线图 8.42,将电线连接到相应的端子,并用电线扣子将电线固定。

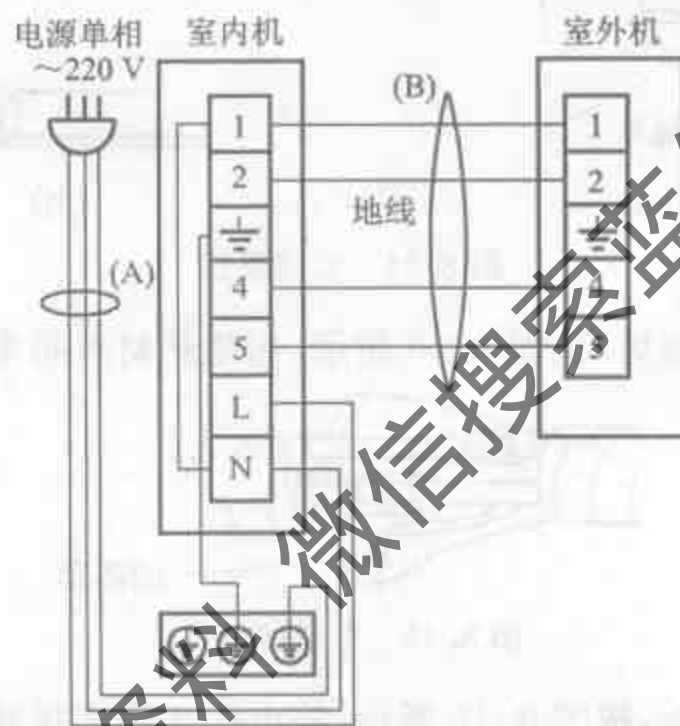


图 8.42 室内、外机电线参考接线图

4) 重新盖上盖板和吸气格栅。

(7) 室内机组的安装。向下握住挂在后挡板挂钩上的室内机组的空气出口,推室内机组的下部至其牢固地锁定在后挡板下部的两个固定挂上。

(8) 室外机组安装。

1) 将符合空调器室外机组底脚尺寸的支架用金属膨胀螺栓固定到墙上,确认固定牢固可靠。

2) 将室外机组放置到支架上(或预先浇注好的基础承台上)并用螺栓紧固,以减少振动和噪声。

3) 用水平仪检查外机水平情况。

(9) 管线连接。

1) 理顺制冷剂管道,沿着连接到室外机组的方向仔细弯曲管道,并使其顺利穿过墙壁上的孔,如图 8.43 所示。

2) 拆下机器上的防尘盖和管道上的防尘塞。

3) 将管道接口和螺纹口对直,开始时轻轻用手拧上旋紧螺母,以保证接口相通,然后再用两个扳手拧紧,以保证不泄漏,如图 8.44 所示。

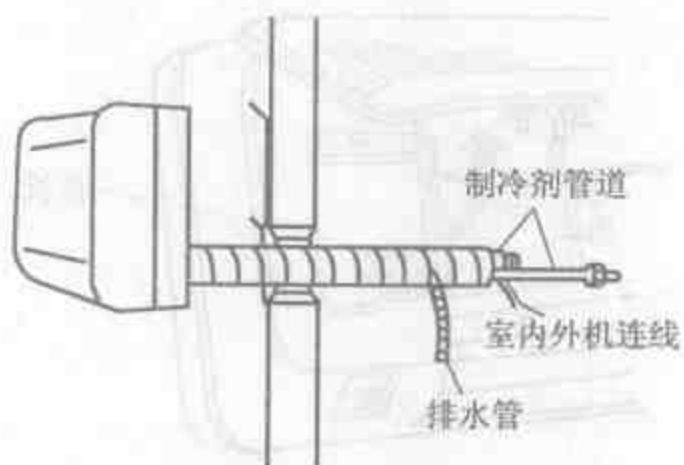


图 8.43 理顺制冷剂管道



图 8.44 管道连接

4) 在确认管道连接无泄漏后,按图 8.45 所示,用绝热材料将室内机管道连接处包扎严实。



图 8.45 管道的包扎

5) 拆下室外机接线盒盖板,按图 8.46 所示,将电线正确连接到相应的端子上。

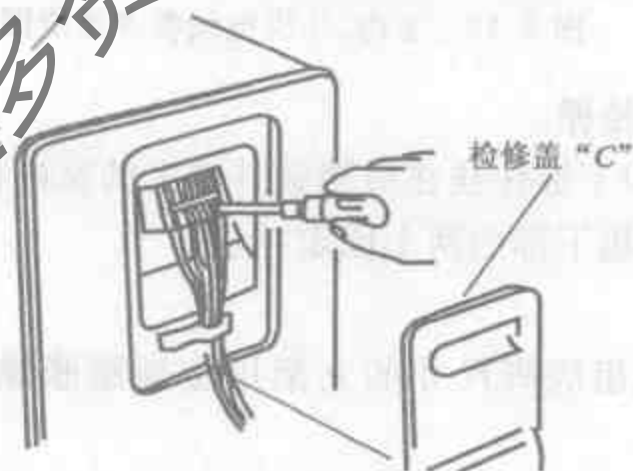


图 8.46 室外机连线

6) 用包扎带将两根冷媒管、电线及排水管包在一起形成一个管束,包扎时从室外机组下部往上一路包扎至室内机组出口。

7) 将包扎好的管束用管卡固定在墙上。

8) 将排水管引至合适位置。

9) 安装结束后用发泡剂或腻子封住墙壁上的孔,防止雨水漏入和漏风。

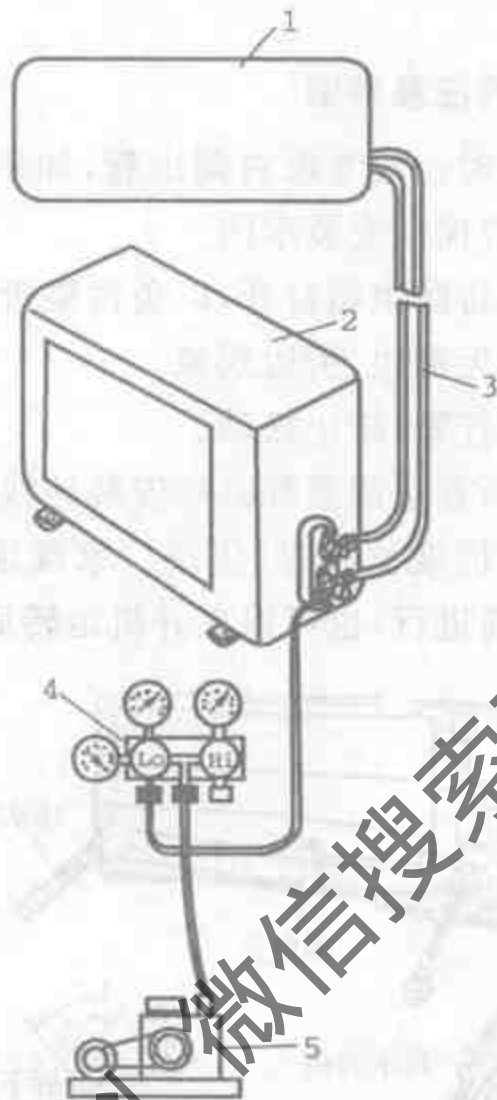
(10) 抽真空。

1) 抽空前应确认室内机组和室外机组间的所有管道都已正确连好,用于试运行的所有线

路都连接完好。

2) 用扳手打开室外机组上两个截止阀的阀帽。

3) 将真空泵和歧管压力表(双表)修理阀连接到粗管截止阀的检修口上,如图 8.47 所示。



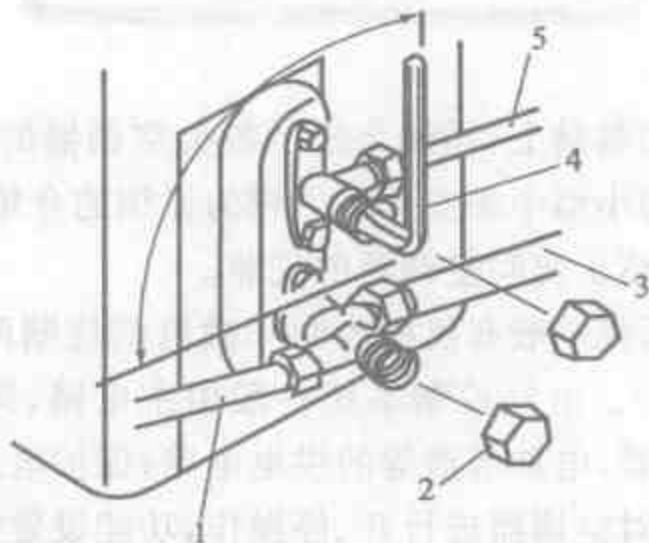
1—室内机组 2—室外机组 3—连接管 4—歧管压力表 5—真空泵

图 8.47 抽真空

4) 打开歧管压力表表阀,接通电源,开始抽真空。

5) 关闭歧管压力表表阀,然后再关闭真空泵,抽真空完成。

6) 用内六角扳手把制冷剂液体管(细管)的截止阀逆时针旋转 $1/4$ 圈,停留 10 s,然后再沿顺时针将阀杆旋紧,如图 8.48 所示。



1—连接软管 2—阀盖 3—低压管道 4—内六角扳手 5—高压管道

图 8.48 阀门开、关

- 7) 用肥皂水对管道连接处进行检漏。
- 8) 确认系统无泄漏后,用内六角扳手将两个截止阀杆按逆时针方向全部打开。
- 9) 用扳手旋紧两个截止阀的阀盖
- (11) 开机试运行。

3. 分体挂壁式空调器安装时的注意事项

- (1) 分体挂壁式空调器在出厂时一般考虑右侧出管,如果实际情况要求左侧出管,则应按图 8.49 所示变更排水管位置,且应保证安装牢固。
- (2) 制冷剂管道在连接前不要将防尘帽打开,以免污染管道。
- (3) 连接管道的喇叭口应光滑无翻边、折边现象。
- (4) 空调器的连接线应用旋具拧紧,防止松动。
- (5) 为了防止发生触电事故,所有空调器都必须安装地线。
- (6) 空调器连接管道长度超过标准长度时,应按厂家规定进行补充(见表 8.3),补充氟利昂可在抽真空之后开阀门打压之前进行,也可以在开机运转后进行。

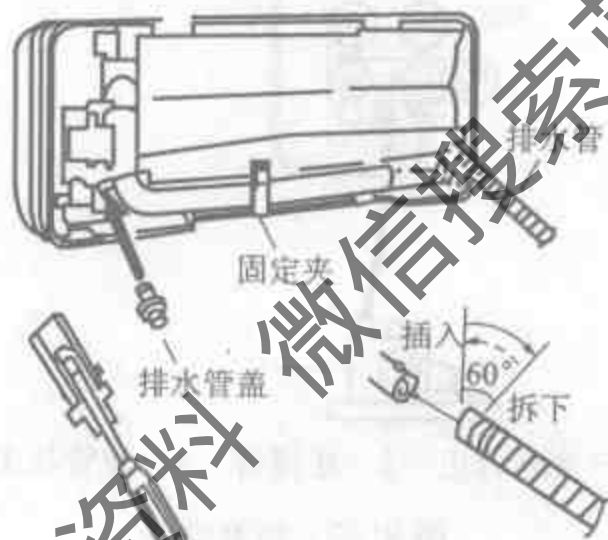


图 8.49 排水管位置的变更

小结

本章在介绍空调器分类的基础上,详细介绍了各类空调器的结构特点及其原理;另外,教材还对近些年使用日益广泛的小型中央空调作了较为详细的介绍;最后,介绍了常见的房间空调器的控制系统,并详细地介绍了房间空调器的安装。

房间空调器的电气控制系统一般有机电控制和微电脑控制两种方式,微电脑控制方式又分为有线遥控和无线遥控两种。电气控制系统一般由主电路、保护电路、操作和控制电路组成。主电路即电动机、电加热器、电加湿器等供电电路;保护电路即对电动机、压缩机进行保护的电路;操作和控制电路即对空调器进行开、停操作,功能设置操作以及对温度、湿度、风量、风速、风向等进行控制的电路。通过学习,应学会分析电气控制系统电路图。



实训项目

实训项目一：分体挂壁式空调器的安装

实训目的：掌握分体挂壁式空调器的安装方法，安装步骤和调试方法。

实训设备及工具：分体挂壁式空调器、电钻、孔芯钻头、力矩扳手、六角扳手、棘轮扳手、组合工具、锤子、电子温度计、安全带、膨胀螺栓、吊线铅锤、钢卷尺、扳手、歧管压力表、螺丝刀、万用表、制冷剂钢瓶、加氟管、扩管器等。

实训项目二：分体挂壁式空调器的调试

实训目的：掌握分体挂壁式空调器安装检查的内容；掌握空调器调试运行的步骤和方法。

实训设备及工具：分体挂壁式空调器、干、湿球温度计、电子温度计、组合工具、锤子、电子温度计、吊线铅锤、钢卷尺、扳手、螺丝刀、万用表、扩管器等。



复习思考题

1. 什么是房间空调器？
2. 空调系统常见的分类方法有哪些？
3. 阐述房间空调器的分类及命名情况。
4. 窗式空调器有哪些特点？
5. 简述窗式空调器的工作原理。
6. 分体式空调器有哪些特点？
7. 家用小型中央空调有何特点？
8. 常见的家用小型中央空调可以分成哪几种主要形式？
9. 阐述单冷型窗式空调器电路的原理。
10. 阐述电热型窗式空调器电路的原理。
11. 阐述热泵型窗式空调器电路的原理。
12. 房间空调器的电源过欠压电路一般分为几种？
13. 房间空调器的开关输入电路有哪几种？
14. 房间空调器的过流检测电路有哪两种形式？
15. 房间空调器的温控电路有哪些形式？

第9章

空调器的故障检测与维修



学习目标

- 掌握空调器的故障检测和分析方法。
- 学会对空调器的故障进行维修。
- 熟悉空调器维修后调试的内容及步骤。

第1节 房间空调器的常见故障及判断方法

一、房间空调器常见的故障现象

根据前文所述,我们知道房间空调器由制冷系统、空气循环系统、电气控制系统及箱体与面板组成,它们的工作环境和条件直接影响着空调器的运行状态,因此对空调器的故障分析需要综合考虑。修理人员应该熟悉各组成系统的功能及原理,这样在分析与处理故障时才会有清晰的思路和工作程序,从而能够正确地找出原因、排除故障。

从故障现象来看,房间空调器常见的故障有以下几种:

(1)断:包括电气线路断线、熔断器熔断;由于过热或电流过大引起过载保护器的触点断开;由于制冷系统压力不正常引起压力继电器的触点断开等。

(2)漏:包括制冷剂泄漏;电气(线路、机体)绝缘破损引起的漏电等。

(3)堵:包括制冷系统的脏堵与冰堵;空气过滤器堵塞;进风口、出风口被障碍物堵塞等。

(4)卡:包括压缩机卡住、风扇卡住、运动部件的轴承卡住等。

(5)烧:包括压缩机电动机的绕组、风扇电动机的绕组、电磁阀线圈、继电器线圈和触点等被烧毁。

(6)破损:包括压缩机阀片破损、活塞拉毛、风扇扇叶断裂以及各种部件破损等。

根据故障产生的原因,房间空调器的故障可分为两大类,一类为机外原因或人为(尤其是安装)故障,另一类则为机内故障。在分析处理故障时,机外原因较容易发现,因此首先应考虑这类原因。排除机外原因或人为因素造成的故障后,再考虑机内原因。按故障所在的系统,机内原因导致的故障可分为制冷系统故障、空气循环系统故障、电气控制系统故障三大类,之所以没考虑箱体及面板的故障是因为这部分较少发生故障,即使发生也非常容易发现和处理的。

无论是何种形式的空调器(整体式或分体式),出现故障时,其外在表现多数是冷气不足或没有冷气,突然停机,出现碰撞声或强烈振动等。从这些故障的表现,可以大致辨别出故障发生在哪一个系统。从一般规律看,其区别如下:

(1)空调器没有冷气产生或冷气不足或电动机拖不动,这是与制冷系统有关的问题,应从制冷系统的检查着手。

(2)空调器突然停机或压缩机不启动,这多数是电气系统中的故障,也可能制冷系统或通风系统引起的故障,因它是从电气控制系统中反映出来的,所以应先从电气系统的检查着手。

(3)空调器出现碰撞声或强烈振动,这是从运动部件中发出的声音,可能在空气循环系统,也可能在制冷系统,因此应从空气循环系统和制冷系统的检查着手。

上述故障的表现,仅能说明空调器发生了故障或是具体哪一类故障的预兆,我们并不能立即根据这些表现判断出故障发生的位置、是何故障,而需要通过观察、分析,才能作出正确的判断和处理。

二、故障判断的常见方法

在进行房间空调器的故障分析与处理之前,我们应该先对故障空调器作一个初步的检查。在进行空调器的故障检查时,一般将从人的视觉、听觉、触觉以及嗅觉中得到的信息综合起来进行分析、推理,然后再结合相关仪器仪表作进一步测量检查,最后再作出判断。对房间空调器常见故障的判断基本方法是:看、听、摸、测、析。

1. 看

仔细观察房间空调器各部件的工作情况,重点观察制冷系统、空气循环系统、电气系统三部分,判断它们工作是否正常。

(1)制冷系统:观察制冷系统各管路有无弯曲、破损、结霜与结露等情况;制冷管路之间、管路与壳体等有无相碰摩擦,特别是制冷剂管路焊接处、接头连接处有无泄漏,凡是泄漏处就会有油污(制冷系统中有一定量的冷冻机油),也可用干净的软布、软纸擦拭管路焊接处与接头连接处,观察有无油污,以判断是否出现泄漏;观察制冷系统的吸、排气压力,并结合室外环境温度来分析压力值正常与否,在房间空调器的制冷系统中没有设置压力表,需要自己安装工具压力表来测量系统压力,对于分体式空调器可将压力表接在室外机组进出口管关闭阀的旁通孔上;水冷式的整体式空调器可装在制冷系统的吸排气管的气门嘴上;窗式空调器没有装表接口,可以从盲管的封口割开,临时关闭阀后,再装压力表,这样做对系统内的制冷剂就要放空,以后要重新充注制冷剂,因此,窗式空调器一般是不装压力表检查的,而是用其他检查方法来估计它的压力情况;观察压缩机吸气管的结露情况来判断制冷量,看压缩机吸、排气管的抖动程度,一判断其机组的振动程度。

(2)空气循环系统:观察空气过滤网、热交换器盘管和翅片是否积尘过多;进风口、出风口是否畅通;风机与扇叶运转是否正常;风力大小是否正常等。

(3)电气控制系统:观察电气系统熔丝是否熔断,电气导线的绝缘是否完整无损,电路板有无断裂,连接处有无松脱等。特别是电气连接是否接触良好,接线螺丝、插接件极易松脱造成接触不良。装有故障指示灯的空调器,看指示灯是否亮来区别是否有故障。

2. 听

首先应该听用户反映房间空调器的使用情况以及出现了哪些不正常现象;然后使房间空调器通电运行,仔细听空调器压缩机的运转声音是否正常,有无异常声音,风扇运转有无杂音,噪声是否过大等;听节流元件——膨胀阀——或毛细管中制冷剂的流动声是否正常;听四通换

向阀切换方向时的气流声是否正常。

空调器在运行中,正常情况下振动轻微、噪声较小,一般在 50 dB 以下。如果振动和噪声过大,则说明存在故障,故障的可能原因如下:

(1)安装不当。如支架尺寸与机组不符、固定不紧或未加减振橡胶、泡沫塑料垫等,均容易使空调器在运转时振动加剧、噪声变大。尤其是在刚启动和停机时表现得最为显著。

(2)压缩机不正常振动。底座安装不良,支脚不水平,防震橡胶或防震弹簧安装不良或防震效果不佳等。如果压缩机内部发生故障,如阀片破碎、液击等也会发出异常声音。

(3)风扇碰击。风扇叶片安装不良或变形会引起碰撞声。风扇可能与壁壳、底盘相碰,风扇的轴心窜动,叶片失去平衡也会发出撞击声;如果风扇内有异物,叶片与之相碰也会发生撞击声。

3. 摸

用手摸空调器有关部位感受其冷热、震颤等情况,有助于判断故障的性质与部位。用手触摸机组的有关零部件包括:

(1)距压缩机 200 mm 处的吸气管,在正常情况下,其温度应与环境温度差不多。

(2)摸压缩机泵壳的冷热程度。

(3)摸压缩机的振动程度。

(4)摸换热器的冷热程度和温度是否均匀。正常情况下,冷凝器的温度是自上而下逐渐下降,下部的温度稍高于环境温度。若整个冷凝器不热或上部稍有温热,或虽较热但上下相邻两根管道温度有明显差异,则均属不正常。蒸发器在正常情况下,将蘸有水的手指放在蒸发器表面,会有冰冷黏住的感觉。

(5)干燥器、出口处毛细管在正常情况下应有温热感(比环境温度稍高,与冷凝器末段管道温度基本相同),如感到比环境温度低或表面有露珠凝结及毛细管各段有温差等均不正常。

(6)摸风机电动机外壳的温升程度。

(7)摸风机电动机外壳来衡量风机的抖动程度。

4. 测

为了准确判断故障的性质与部位,常常要用有关的仪器、仪表检查测量房间空调器的性能参数和状态,如用检漏仪检查有无制冷剂泄漏;用万用表测量电源电压、各接线端对地电流及运转电流是否符合要求;由电脑控制的空调器,还应测量各控制点的电位是否正常等。

5. 析

经过上述四种检查手段所获得的结果,大多只能反映某种局部状态。而房间空调器各部分之间是彼此联系、互相影响的,一种故障现象可能有多种原因,而一种原因也可能产生多种故障。因此,对局部因素要进行综合比较分析,从而全面准确地判定故障的性质与部位。

三、房间空调器故障的电参数检查方法

在房间空调器的常见故障中,不管是制冷系统、空气循环系统还是电气控制系统的故障,往往都可通过电参数的异常表现出来,因此我们可以通过电流、电压、电阻等电参数的检查来进行故障的分析与判断,具体的检查方法如下:

1. 电流检查法

电流检查法是通过测量电源的负载总电流以及集成块的工作电流来查找房间空调器故障的一种方法。因为测量电流必须把电流表串入电路,使用起来不太方便,因此直接测量电流的检查方法用得较少,若在电路中串联有电阻时,可以测量其电压降,间接计算出电流值。

2. 电压检查法

电压检查法是通过测量电路或元器件的工作电压并与正常值进行比较来分析判断房间空调器故障的一种方法,通常测试的是各级电源电压及晶体管、集成块的工作电压,它们都可作为判断电路是否正常的重要依据。通常,所测电压比正常值变化较大之处,一般即是故障所在部位。

按被测电压的种类不同,电压检查法一般可分为交流电压检查法和直流电压检查法两种。使用电压检查法可以测量电网电压,整流、稳压输出电压,各级供电电压,交流供电电压等是否正常;测量晶体管各极和集成块各脚对地电压,继电器、电动机的供电电压,以及晶体三极管的 b_e 结电压(正常放大状态下,硅管 $V_{b_e}=0.7\text{ V}$,锗管 $V_{b_e}=0.3\text{ V}$),可判断晶体管、集成电路、继电器、电动机等是否正常工作,还可以判断与它们相连的元件有无损坏。

3. 电阻检查法

电阻检查法是检修电气控制系统最基本的方法之一,它是用万用表电阻挡测量电路中的集成电路、晶体管各脚和各单元电路的对地电阻及各元件自身电阻值来判断故障的一种方法。此法对检查开路或短路性故障,找出故障元件最为有效。电路中大部分元器件均可用此法来做定性检查。电阻检查法分“开路”电阻测量法和“在线”电阻测量法两种。应注意的是,无论使用哪种方法,测量时均应切断电源。

“开路”电阻测量法是将被测元器件的一端或整个从印制电路板上取下后再进行测量的一种方法。用此方法测量时因要取下元件而显得较麻烦,但该法测量结果准确无误。对于集成电路来说,可以通过测量各相应脚以及各脚与地脚之间的正反向电阻,来大致判断其好坏。

“在线”电阻测量法就是直接在印制电路板上测量元器件的阻值。由于被测元件接在电路中,所以测得的数值有时偏差很大,因此须通过电路分析才能作出大致的判断。

四、集成块的拆装

进行集成块的拆卸时最好使用20 W 低压或带隔离变压器的吸嘴电烙铁。如果使用220 V 普通电烙铁,首先应检查电烙铁是否漏电。简单的方法是在插上电烙铁电源线后,用测电笔接触烙铁头,若氖泡发红光,则说明漏电,这时把烙铁电源插头拔出换一个方向再插下去,一般就能排除漏电故障。若仍然漏电,则应更换电烙铁或烙铁芯,否则有可能损坏集成块。其次是准备一些针尖已磨平的9号或16号注射针头,将针头套住集成块引脚,烙铁搭在焊点上,当焊锡熔化时刻立即把针头推进并转动,然后迅速移开烙铁,待焊锡凝固后拔出针头,这样把集成块全部引脚悬空,再用螺丝刀从正面空隙处轻轻一撬就可取下集成块。

集成块安装前应弄清楚其引脚的编号顺序,然后对照电路板上的引脚编号顺序小心插入,注意不要将引脚折断或折弯。焊接集成块时,使用不漏电的20~30 W 电烙铁,搭焊时间要尽量短,且引脚之间不能短路。焊接完后,还应清除引脚周围的污物,如焊锡渣、焊膏油等;同时

应检查各引脚有无虚焊,发现虚焊应及时补焊,以防使用后出现故障。

第2节 空调器制冷系统故障分析与检修

一、空调器运行状况的检查

1. 制冷系统运行状况的检查

(1)压缩机吸、排气压力的检查。制冷系统正常运行时,吸、排气压力应在一定的范围内,鉴于目前空调器常用的制冷剂仍是 R22,本节列出了 R22 制冷系统运行时的压力范围,如表 9.1 所示(表中括号内温度为冷凝温度和蒸发温度)。若超出表 9.1 所示的压力范围则属于不正常的运行压力,即系统的运行属于不正常情况。若环境温度高于表 9.1 所示的最高值,其压力也会升高,此时不能认为制冷系统发生故障,当然,如在超高温环境下运行,空调器是处在超负荷状态下,这就属于不正常的运行,会引起电气保护电路的动作,使它停机。

表 9.1 R22 制冷系统运行时正常的吸、排气压力值

	水冷 进水温度/℃		风冷 进风温度/℃	
	平时 28	最高 35	平时 35	最高 43
吸气压力	0.58~0.62 (5~7 ℃)	最高 2.31 (10 ℃)	0.58~0.62 (5~7 ℃)	0.68 (10 ℃)
排气压力	1.53(40 ℃)	1.72(45 ℃)	1.93(50 ℃)	2.31(58 ℃)

表 9.1 中,制冷系统的排气压力与其冷却方式和冷却介质的温度有关。一般来讲,用水冷却时,冷凝压力及冷凝温度相对较低,而风冷却时,冷凝压力及冷凝温度相对较高;另外,冷却介质温度高,冷凝压力及冷凝温度也相应升高。表 9.1 中给出的是正常情况下冷却介质的冷凝压力极限值,若超出表中压力范围,则系统压力运行不正常,应查找原因。对吸气压力而言,若其冷却介质在正常范围,其吸气压力很低,也属正常情况。但要注意的是,当冷却介质温度较低时,如秋天使用空调器时,风冷凝器的进风温度一般会在 30 ℃ 以下,水冷凝器的进水温度也会下降,此时系统的吸气(蒸发)压力也要下降。另外,使用节流元件的种类形式不同,其蒸发压力的变化规律也不同。用热力膨胀阀作为节流元件时,蒸发压力的变化与冷凝压力的变化关系不大,而与室内冷负荷关系密切相关。冷负荷大,蒸发压力上升;冷负荷小,蒸发压力下降。而用毛细管作为节流元件时的情况则不同,蒸发压力变化遇冷凝压力变化关系很密切。冷凝压力高,蒸发压力也随之升高,反之则下降。表 9.1 中的数值虽对节流情况都适合,但对毛细管的针对性强。

(2)室内机组进、出风温度差的检查。在室内机组的进、出风口各挂一支温度计,测量其进、出风温度,并算出温度差,以温度差来分析空调器的制冷效果。

每种型号及不同制造厂出品的空调器,其室内机组的进、出风温度差不尽相同,这与选用的风机有关。风量大,其温差小;风量小,则温差大。为了降低噪声,以不过分牺牲制冷量为原

则,设计、制造时都尽量减小风量。目前绝大部分空调器的室内机组的进、出风温差一般在 $12\sim 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,其制冷效果是好的。

(3) 压缩机吸气管结露程度的检查。

1) 压缩机吸气管不结露,排气温度高,泵壳热但不烫手,这说明制冷剂量偏小。对于用膨胀阀的系统,也可能是阀门开度过小。

2) 压缩机吸气管结露,以至压缩机泵壳有小部分(吸气管进泵壳处周围)结露,这时的吸气温度比较低,有利于降低排气温度,其制冷剂量液适中。

3) 压缩机的吸气管结露,以至全泵壳结露或大半只泵壳结露,说明制冷剂量偏多。若是装膨胀阀的系统,说明其阀门开得太大。对旋转式压缩机来说,因其泵壳内是高温高压气体,不会结露。其气液分离器的情况应与往复式活塞式压缩机的泵壳情况一样,可以从它的结露情况来判断系统制冷剂的多少。另一方面,也可从室内机组的排凝露水管的情况作大致判断。排水管有连续不断地滴水,说明空调器的运行是正常的。排水管间断性滴水或不滴水,则说明空调器运行不正常,有可能缺少制冷剂。

(4) 其他方面的检查。

1) 故障指示灯的查看。部分空调器电控板上设置了故障指示灯,当系统有故障时,电保护器切断电源,空调器停止运转,同时故障指示灯亮。故障排除后,指示灯灭,空调器运行。故障指示灯一般只能说明故障的有无,而故障在什么部位则需要进一步的分析检查才能确定。

2) 熔断器的查看。空调器不能工作时,首先应检查各种熔断器是否熔断。它虽属电控系统,但它是最容易检查和发现的保护器。熔断器熔断也只能说明空调器有无故障,具体是什么故障,故障在何处均须用仪表作进一步检查并结合分析判断方可确定。

3) 吸、排气管抖动程度的查看。压缩机的吸、排气管总有轻度抖动,但不应有较大地抖动,否则时间长了,管子会被振断。判断管子抖动的程度无具体标准可依,而只能通过比较而定,也可以凭经验来判断振动的大小。

4) 泄漏点的查看。查看接管各焊点是否有油迹,有油迹的接头处一般可能会泄漏。

2. 空调器运行声音的检查

空调器运行声音的检查主要包括节流机构的流动声、四通换向阀换向时的气流声以及运行噪声的检查,具体如下:

(1) 节流机构的流动声。无论是毛细管还是热力膨胀阀,由于节流时的流速突然剧增,所以其流动声音比较明显,可以通过听其流动声来辨别其流量,进而判别系统的制冷量是否充足。

正常的流动是气液混合体的流动,绝大部分为液体。若其流动声比较低沉,说明制冷剂量充足。如其声音明显比正常时要大,则说明气体较多,也即制冷剂量不足。

(2) 四通换向阀换向时的气流声。检查热泵空调器的四通换向阀,主要听它换向时的气流声,以辨别换向阀是否有故障,换向阀在正常换向时一般有两种声音,一个是当电磁阀线圈通电后,阀芯被吸引移动时,因速度快、冲击力大,与顶盖碰撞时的撞击声,但声音不是很响,仔细听可以听得出“嗒”的一声,随后就是急促的气流声“嚓……”。这是由于电磁阀换向的一瞬间,换向阀的一端与活塞间的筒体内的高压气体向吸气管释放的气体流动声。由于流速高,经毛细管向吸气管释放时的膨胀声,声音比较响,在机外也能听到。若听不到这两种声音,则说明

电磁阀有故障或四通换向阀有故障,若电磁阀有“嗒”的一声,而无气流声,则说明电磁阀是好的,而是四通换向阀有故障。

(3)运行噪声。空调器的运行噪声主要来自压缩机和风机。压缩机的噪声是由振动产生的,但压缩机经过一系列减振措施后,其运行噪声是比较低的,且有一定的规律。风机中的噪声主要是气流声,其次是电动机轴承摩擦声及电磁噪声。这些噪声正常时应该在允许的范围之内,如噪声超出允许的范围,则可能表现为较强烈的振动,这表明风机运行不正常。

表 9.2 所示为空调器运行时常见的噪声和振动故障分析与排除方法。

表 9.2 空调器在运行中发出异常噪声和振动故障的分析

检查部位	故障内容	故障特征	排除方法
风机部分	传动皮带损坏	发出“劈啪”声	更换皮带
	电动机底脚螺钉松动	电动机跳动厉害,并发出振动声	调整好位置,旋紧螺钉
	叶轮与分圈的碰撞声	发出金属摩擦的刺耳声,叶轮头螺钉松动而移位	纠正位置,旋紧支头螺钉
	电动机轴承严重磨损	轴跳动的振动声	更换轴承或电动机
压缩机	电动机过载发出较响的电磁噪声	压缩机振动较厉害,电流较高	查明原因,减轻电动机负载
	外排气管因压缩机振动而引起共振	排气管抖动厉害,抖动频率较高	改善压缩机振幅,排气管加减振器
	系统内制冷剂注入量过多,常引起回液	液体对气阀阀门的冲击声随之而产生振动,使压缩机抖动	排放掉一部分制冷剂
制冷系统部分	膨胀阀开度大引起回液	吸气压力高,吸气管及泵壳结露	调小开度
	制冷剂液与液进入气缸,活塞进行液体压缩	液体对气阀阀门的冲击声随之而产生振动,使压缩机抖动	若经常发生,应装设气液分离器
	轴承磨损较严重,电动机转子与定子相摩擦	发出摩擦声,电流较高	更换压缩机
	毛细管与膨胀的流动声	发出较刺耳的尖叫声	适当调整工况能避免尖叫声
整机部分	室外机组与基础的振动声	基础紧固螺栓松动	旋紧螺栓
	压缩机与底盘的共振声	压缩机振动厉害,引起底盘共振,压缩机底盘螺栓太紧	适当调整压缩机底盘螺栓

3. 机组有关部位冷热程度的检查

(1)压缩机泵壳冷热程度的检查。对于全封闭往复式压缩机来说,其泵壳的各部分温度是不同的。正常情况下,吸气管周围局部地方是冷的,甚至有结露现象。泵壳的上部一般微冷或微热,其温度一般在 30℃ 左右。另外,压缩机各运动件的摩擦热传给冷冻油,冷冻油回到泵壳

底部再将热量释放出来,从而使得泵壳的下部比较热,其温度一般在 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内,手在短时间内可以触摸。

一种不正常的情况是,泵壳上部温度过高,超过 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$,泵壳下部温度也过高,这些都对压缩机的润滑不利,从而加速了运动件的磨损,而且引起排气温度上升。导致这种情况的原因是制冷剂不足或膨胀阀未调整好。

另一种不正常的情况是,泵壳上部温度过低,甚至大半个泵壳结露,温度低至 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,泵壳下部温度也相应降低,但对运动件的润滑影响不大。导致这种情况的原因是制冷剂流量大或膨胀阀调得过大,这种情况会使空调器的制冷量有所下降。

(2)压缩机吸、排气管的冷热程度。制冷系统正常运行时,压缩机的吸气管温度较低,一般应在 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。因为结露,所以摸上去是湿润的。若手摸吸气管感觉不凉且无湿润感,则说明空调器运行不正常,且会引起排气温度上升。

制冷系统正常运行时,压缩机的排气管温度较高,夏季会达到 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,因此手摸排气管时要特别注意,动作要快,以免烫伤。若排气温度过高(如超过 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$)也不好,会使冷冻油结炭。结炭会损伤压缩机的阀片。若排气温度太低,手触摸时不发烫,这说明制冷剂可能不足或有其他故障存在。

二、空调器全封闭压缩机和四通换向阀的故障检修

1. 全封闭压缩机的故障分析与检修

目前,房间空调器几乎全部使用全封闭压缩机,全封闭式压缩机的常见故障有:

(1)制冷效率低下。制冷效率低下是指压缩机的实际排气量下降,达不到产品标定的名义制冷量,因而也就无法提供所需的冷量。制冷效率低下一般有以下四种原因:

1)活塞与气缸磨损严重(包括往复式压缩机)。活塞与气缸的配合间隙相当严格,其间隙中有层油膜起润滑与密封作用。若活塞与气缸配合间隙大了,则油膜将断开,造成气体泄漏;若配合间隙过小,则产生烧瓦(抱合)或启动困难。活塞与气缸的配合间隙范围非常小。在无活塞环的情况下,对直径为 40 mm 的气缸,它们的配合间隙为 $0.011\sim 0.018\text{ mm}$ 。当活塞与气缸严重磨损后,压缩机在排气时,气缸内便会有部分高压气体经间隙漏向泵壳内,从而使排气量下降。

2)气阀严重泄漏(包括旋转式压缩机)。阀板上的吸、排气阀片与阀板上的阀线配合不密封时,便有间隙存在,在吸、排气时,便会有一部分气体从间隙中倒漏回去,使压缩机的排气量受到损失。导致这类故障的原因主要有:系统内不清洁,有污泥混合在制冷剂中流动,污泥粘在阀线及阀片上,经阀片敲击,加速了阀片及阀线的磨损,从而使其密封性逐步减弱;过高排气温度的经常出现,会使一部分冷冻油逐步结粒,粘在阀结构上,从而破坏了阀的密封性;系统经常发生轻度液击,阀片受液体的冲击,逐步变形或损伤,或者加深了磨损,减弱了阀结构的密封性;阀板经受过严重液击,气阀损坏,以致阀片被击碎,密封性受到严重破坏。

3)气缸盖垫片筋破裂(往复式压缩机)。在气缸盖垫片中央有一条筋,它将吸排气腔隔开密封,阻止高压(排气)气体串向吸气腔,形成一部分气体的短路循环流动。当筋的某一段击破后,即会有一部分气体进行短路流动,从而使压缩机的排气量减少了一部分。为防止这类故障的产生,某些压缩机的垫片在钢片的两面涂上耐氟橡胶。若采用石棉橡胶垫片,这类故障发生

率相当高。

4) 泵壳内排气管断裂(往复式压缩机)。往复运动不平衡的压缩机,其机体振动厉害,使泵壳内的排气管被震裂或震断,致使制冷剂蒸气在泵壳内短路循环流动,蒸气不能顺利排出泵壳,系统的制冷量几乎等于零。

以上四种情况故障所表现出来的症状是:吸气压力升高,排气压力下降,吸、排气压力差较小或很小,严重的几乎等于零,与正常情况下的压力差相比差距很大,泵壳有不同程度发热,有的排气管很烫手。

(2) 压缩机不运转。当接通压缩机电源时,只听到泵壳内电动机有“嗡嗡”的声音,但不运转,约3~5 s时间,热保护起跳,切断电源。这种症状主要是由以下几种故障引起:

- 1) 气阀损坏,破碎的阀片落进气缸卡住活塞,使活塞不能往复运动。
- 2) 连杆断裂,相互被撑住,电动机拖不动。
- 3) 主轴颈与轴承或连杆大头与曲柄销因断油而已烧熔(俗称咬煞)。其主要原因是因为压缩机内少油或油孔堵塞。

(3) 压缩机内电动机损坏。压缩机内电动机损坏的症状是当接通电源后,熔断器就熔断或空气开关跳闸。导致这种症状的原因主要有以下四种:

- 1) 碰线。电动机电源导线绝缘损坏或被切断而碰壳。
- 2) 由于电动机定子绕组烧坏,使电磁线圈的绝缘层焦,绝缘被破坏,使绕组碰壳。原因是空调器长期超负荷运行,而保护器又失灵,使电动机长期在过热情况下工作,使绝缘层逐步老化,绝缘被破坏。
- 3) 匝间短路使电动机定子绕组中部分线圈绝缘层被击穿,部分线圈碰壳。原因是定子绕组或装配时,局部线圈受到轻度损伤,运行一段时间后,伤痕扩展而击穿绝缘层。

4) 电动机定子绕组绝缘层严重老化,但还未烧坏。它的症状与上面有点区别,即它能运行1~2 min,然后熔断器也烧断,或空气开关跳闸。其原因与绕组烧坏的原因基本相同,这种电动机也无法正常工作。

(4) 运行时有异常噪声。空调器运行时,产生有规律的、比较低和有节奏的噪声是不可避免的。若发出异常的刺耳声音,则是运行不正常的表现。若及时发现和处理,还会损坏机件,因此对这种异常的噪声应予以重视。泵壳内部零件松动后相互碰撞,一般有排气管碰泵壳、轴承磨损后引起活塞敲阀板以及定子与转子摩擦,电动机的电磁噪声等,其故障分析如表9.2所示。

2. 压缩机的更换

全封闭的压缩机出现故障,由于零配件难买到,即使电动机烧坏,重新绕线圈,其质量也难以保证,因此,往往都是通过更换压缩机来解决。要进行压缩机的更换,必须注意以下方面:

- (1) 更换前后的压缩机性能规格应相同或接近,最好是相同型号、相同规格的压缩机。如果没有相同型号的压缩机,其主要性能规格也应相同或接近,主要性能包括有名义制冷量(相同工况下)、电动机的电源和容量(电流、相数频率、电压等)、电容器的电容量等。
- (2) 更换前后制冷剂不能改变。
- (3) 电源电压要方便用户需要。
- (4) 更换后的空调压缩机效率不能低于更换前的压缩机。

(5)外形尺寸应相同或相当,以确保原压缩机位置能放置新压缩机。

(6)底脚尺寸应相同。若购不到相同底脚尺寸的压缩机,就需要改装空调器底盘的底脚尺寸。

(7)吸排气管的方向与位置应相同或接近。若不相同,就要重新安排接管尺寸。

3. 热泵式空调器四通换向阀的检修方法

在热泵式空调器中,四通换向阀是一个关键部件,它能根据需要改变制冷剂的流动方向,从而实现夏季制冷、冬季制热的目的。

(1)四通换向阀的结构。四通换向阀主要由控制阀与换向阀两部分组成,其结构如图9.1所示。

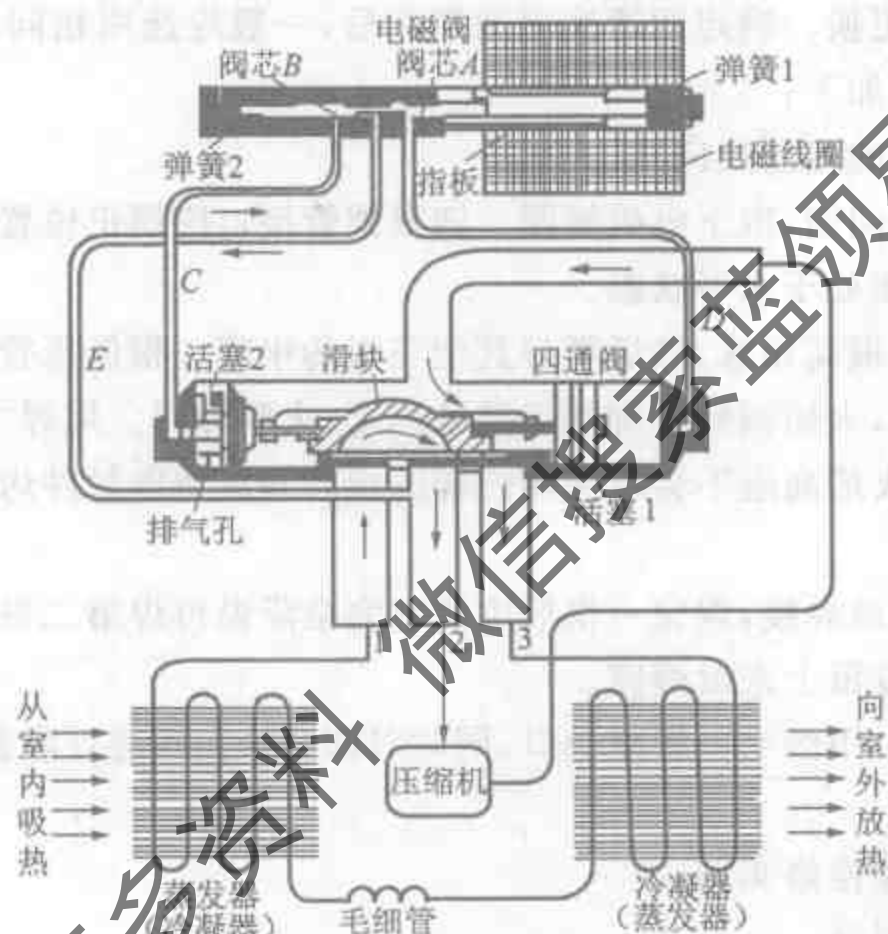


图9.1 四通阀结构图

通过控制阀上的电磁线圈和弹簧的作用力,打开和关闭其上的毛细管通道,使换向阀进行换向。在空调器制冷时电磁线圈不通电,控制阀内的阀芯将右方的毛细管与中间的公共毛细管的通道关闭,使左方毛细管与中间的公共毛细管的通道沟通,中间公共毛细管与换向阀低压吸气管相连,所以换向阀左端为低压腔。在压缩机排气压力的作用下,活塞向左移动,直至活塞上的顶针将换向阀的针座堵死。在托架移动过程中,滑块将室内换热器(即蒸发器)与换向阀中间低压管沟通,高压排气管与室外侧换热器(即冷凝器)相沟通,此时的空调器作室内制冷循环,向室内提供冷量。

在空调器制热时电磁线圈通电,控制阀芯在电磁力的作用下向左移动,关闭了左侧毛细管与公共毛细管的通道,打开了右侧毛细管与公共毛细管的通道,使换向阀后端为低压腔,活塞即向右移动直至活塞上的顶针将换向阀的针座堵死,这时高压排气管与室内侧换热器(即蒸发器)沟通,空调器作室内制热循环,使室内温度升高。

由上所述,四通换向阀的控制阀与换向阀两个部分结构紧密,互相连动。

一般来讲,热泵型空调器的故障率比单冷型空调器要高,主要原因有以下几个方面:

1) 冷冻机油变质。冷冻机油在压缩机内较高的温度下,长时间运转会使油色变黄、变深、变浊。变质的冷冻油没有润滑作用,零件间易磨损,并且对电动机的绕组有腐蚀作用,会使绝缘损坏,绝缘电阻下降,从而使压缩机寿命缩短。冷冻油变质产生的碳化物易使毛细管产生堵塞,从而导致四通换向阀换向困难。空调器出现冷冻机油变质,当打开压缩机的管口时,有难闻的气味,而且油稀。

2) 制冷系统有泄漏,致使系统中高压,低压压力差减少,从而导致四通换向阀换向困难。

3) 四通换向阀供电电压太低,产生的磁力不足,从而导致动作失灵。

4) 压缩机温度过高。由于制冷剂泄漏,压缩机得不到很好冷却,在温度较高的情况下,压缩机内部机器零件过热、变形,出现排气量减少、抱轴、线圈绝缘老化,工作效率低。

(2) 四通换向阀的更换。确定四通换向阀损坏后,一般应选用相同规格、相同型号的四通换向阀更换。更换步骤如下:

1) 换下空调器上旧的四通换向阀。

2) 换上新的四通换向阀,取下电磁线圈。四根铜管接口应摆正位置,保持原来的方向和角度,注意四通换向阀必须处于水平状态。

3) 焊接时应先焊单根高压管,然后再焊其他三根的中、低压管,最后再焊左右两根。

4) 选用适当的焊具,火焰调到立刻能焊接的程度,火到即焊。烧焊之前应用湿毛巾包住四通换向阀的阀体,保证火焰高温不会将阀体内部的橡胶和尼龙密封件烤变形,而导致四通换向阀泄漏损坏。

5) 按顺序一根一根地焊接,焊完一根后应使它完全降温再焊第二根。焊接时间要短、速度要快,待四通换向阀温度没上来就焊完。

6) 四根接口焊好后,用湿毛巾擦净焊点,同时对四通换向阀进行降温,检查焊口质量,校正四根焊管的角度。

(3) 四通换向阀故障检修实例。

1) 不能制冷,不能制热。

故障现象:华宝 KFR-250W 型空调器使用多年,制冷效果差,冬季制热运行时有热风,但热风不够。曾请人修理过,检查制冷系统在安装时接口处有微漏,而且管路转弯处有扭扁现象,经修理后制冷剂泄漏问题排除,但空调制冷、制热效果未见好转。在询问用户后得知,此故障是逐步形成的。

故障分析与处理:初步判断有两个可能,压缩机排气量不够或四通换向阀故障,有可能四通换向阀内漏气。首先判断压缩机质量及排气量,摘下四通换向阀,将其连接成为制冷运行状态,制冷效果很好,说明压缩机质量是好的,因此可以确定是四通换向阀的故障,造成阀体上的四根铜管内部串气,高压、低压短路循环。更换四通换向阀,故障排除。

2) 能制冷,不能制热。

故障现象:美的 KFR-35WB 型空调器使用几年后,出现不能制热的现象。

故障分析与处理:首先检查控制阀电磁线圈供电电压,用万用表测线圈两端为 220 V。停机测线圈电阻为 1 400 Ω ,基本正常。恢复原样供电试运行,能听到电磁吸合声,表明控制阀部分基本正常。用压力表测系统高压压力偏低,换向阀内部滑块不能滑动,致使制热运转时不能改变制冷剂流动方向。经检漏处理后提高系统压力,故障排除。

3)启动运转2~3次才能正常制冷。

故障现象:春兰KFR-32W型空调器需开、关机2~3次后,制冷效果才能正常。

故障分析与处理:按照四通换向阀的工作原理分析,估计是控制阀的阀芯密封性能差,存在压力串气。没有足够的压力封闭毛细管控制阀端,使换向阀的滑块无法一次导向成功。更换四通换向阀,故障排除。

4)设定在制冷运行状态而出现制热运行。

故障现象:东宝KFR-25W型空调器使用多年,曾因室外铜管震裂、漏氟而多次修理过。

故障分析与处理:试运行制冷时,万用表测电磁线圈无220V电压,检查电源供电电路正常。停机、开机试验多次,故障依旧。停机检查四通换向阀,发现换向阀内部卡死,无法进行换向。更换四通换向阀,故障排除。

第3节 房间空调器空气循环系统故障分析与检修

一、房间空调器空气循环系统的故障分析

房间空调器空气循环系统的故障症状主要表现在以下几个方面:

1. 电动机转不动

造成电动机转不动的原因主要有以下几种:

(1)轴承磨损严重,使转子与定子单边摩擦,电动机发出“嗡嗡”的声音,转不动或转速相当低,电流上升。断电后,用手转动电动机轴,有轻重感觉,并有摩擦声。

(2)绕组匝间短路,测量电阻值时发现电阻值有明显减小,其主要症状是运行电流大,运行瞬间保险丝便烧断。

(3)电动机绕组烧坏,用万用表测量绕组发现绝缘已被击穿,并碰壳。这种故障发生后,其电控保护也会反应出来。

(4)电动机轴承(滑动轴承)烧熔。其症状是用手转动轴时,转不动。

(5)长时间运行的空调器,电容很容易漏电失效,造成电容值下降,使电机的运行力矩减小,速度下降,风量减小。

(6)电容击穿,其症状是电容电阻为零。

2. 风量下降

风量下降是指风量有明显的减小。

用风速仪测量室内机组的粗略风量,再与产品说明书中标明的名义风量相比较,便可以发现风量下降。如没有风速仪,可用手感凭经验来判断它的风量大小,也可通过测量其进、出风温度差来判断其风量的大小。在制冷系统正常情况下,风量减小时,其进、出风温度差会增大,当风量下降明显时,蒸发器还可能结霜,并引起过冷保护停机。

对室外机组而言,因产品说明书上一般没有标出其名义风量,如果用风速仪测量出其风量没有对比,也说不清楚风量是否下降,一般通过测量其进、出风温差来判断。与室内机组情况一样,若风量下降,其温差会上升。另外,还可以从制冷系统的冷凝压力高低来帮助分析问题。当室外机的风量明显减少时,可能造成冷凝温度升高,发生过热、过载保护停机。

总之,风量下降的症状较难辨别,需要较丰富的经验,并结合其他症状综合起来分析。

引起风量下降的常见故障主要有以下几个方面:

(1)叶轮的紧固螺钉松动。风机叶轮的紧固螺钉(也称支头螺钉)没有旋紧或松动。当电动机运转时,叶轮打滑而空转,在这种情况下,其风量下降相当明显。

(2)皮带打滑。有些柜式空调器的室内风机与电动机是以皮带传动的。皮带使用久了就会拉长,当电动机转动时,皮带就会打滑,从而导致风机转速下降,风机的风量相应减小。

皮带松紧程度可以在停机检查时用手指按压皮带来判断。

(3)叶轮反转。三相电源的电动机因供电电路的相位变化而引起叶轮反转,单相双速电动机也会出现反转,这主要是接线错误而造成的反转。

(4)滤尘网结灰。如果室内机组滤尘网结灰而不清洗,空气的流动阻力就会增加,这也会导致风量显著下降。

(5)冷凝器结灰。如果冷凝器的散热片中有大量灰尘堵塞,空气流经冷凝器时,流动阻力就会明显增加,因此风量也会明显下降。

3. 运行噪声大

空气循环系统的运行噪声大,主要由以下几个原因导致。

(1)轴承磨损严重。虽然仍能运转,但运转时轴可发生抖动而导致噪声较大。

(2)皮带损坏,发出“噼啪”的声音。

(3)叶轮与风圈摩擦,会发出金属碰撞声,其原因是紧固螺钉较松,使叶轮产生位移现象。

(4)电动机底座螺栓松动,导致发出较大抖动声。

4. 频繁启、停且制冷(热)量不足

频繁启、停且制冷(热)量不足是空调器空气循环系统中最常见的故障。所谓启动频繁是指空调器运转大约一段时间后停机,约30 min左右又开机,如此反复。这主要是室外机电容失效所致。因为长时间运行的空调器,电容很容易漏电失效,造成电容值下降,使电机的运行力矩减小,速度下降,风量减小,冷凝器得不到正常的冷却,从而出现压缩机过热或过载保护停机。

二、房间空调器空气循环系统的故障检修

房间空调器空气循环系统故障的常见检修方法有:

1. 听风机的运转声

(1)电动机噪声。风机的电动机在正常运行时也有噪声,如发出的电磁声以及轴承的摩擦声。一般质量好的电动机噪声都在45 dB以下。若噪声过大,则说明电动机质量差或使用时间过长,轴承摩擦严重。轴承间隙过大,其转子和定子会发出摩擦噪声。同时其电流也会上升,这时应考虑更换轴承或电动机。检查时,停机用手径向摆动轴,如果感觉有间隙存在,就应更换轴承。另外,如果轴向推拿轴时也有松动,也说明轴承磨损严重,应予以更换。

(2)运行时碰撞声。这一般是风叶与风圈的碰擦声,包括轴流风叶与离心风叶,但主要是定位螺钉未拧紧而移位。遇到这种情况,必须调整位置后,拧紧螺钉,再试转,直至无碰擦声。

2. 触摸风机有关部位

(1)摸风机电动机的温升。风机电动机一般为封闭型,以防止潮气。电动机自身的热量是通过电动机外壳散发出去,它本身没有冷却风叶帮助散热,而是靠空调器的风机的风来帮助散热的。因此电动机外壳相对较热。绕组使用 A 级绝缘材料的工作温度为 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$,所以,电动机的外壳温升程度,只要手可以敏捷触摸,则表明其温升在正常范围内。

当手无法触摸时,其温升可能已到极限或超过极限,需检查原因。一般原因是超负荷运行或环境温度过高(高于 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$)。有的室外机组是吸风形式,风机处在冷凝器的出风口,其温度可达 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,在这样恶劣的温度环境下,电动机的工作温度自然会上升。为提高电动机的可靠性,有些厂家已采用绝缘材料的等级为 E 级甚至 B 级,它们的极限工作温度为 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $130\text{ }^{\circ}\text{C}$,电动机实际运行的外表温度会上升到 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,这时不能用手触摸,而应用温度计去测量。

(2)摸风机的抖动情况。风机抖动厉害,则说明风叶的平衡性能较差,从而引起离心力,或是电动机轴承磨损较大而引起抖动。遇到这种情况,可从两方面检查:一是调校叶轮的同心度;二是检查电动机轴径方向的摆动(停机时进行),以手感来辨别其间隙,如手能感觉到松动,则说明其间隙已很大,应更换轴承。

(3)手感风量小。一是检查蒸发侧滤尘网积灰情况,积灰多,可抽出清洗;二是检查冷凝器散热片间积灰情况,若有阻塞现象,可用压缩空气吹或用刷子刷,最好的办法是用水清洗。

3. 检测电容的电容值

如果电动机的转速减慢或不转动,检查其他方面也没有问题,就应该用万用表的电容测量挡测量室外机或室内机的电容值是否为零或明显减小。也可用电阻挡,如果电阻值为某一固定值说明电容已经失效,如果测得电阻值为零说明电容已经击穿。

4. 查看风机的有关部位

(1)风机电动机转不动。这可能是电动机的绕组故障或电容已经击穿,用电阻法即可找出故障元件。

(2)查看风机转速是否下降。用皮带传动的风机,运行时间长了,皮带往往会松弛,皮带与皮带之间会打滑。停机后,看到皮带下垂,用手按一按皮带感觉很松。这说明皮带已被拉长。此时需重新调整电动机的位置,以拉紧皮带。皮带损坏严重者则应更换。

(3)查看风叶是否打滑。当风机运行时,如果不能出风,则有可能是风叶打滑。其原因是定位螺钉松动,电动机轴在运转但风叶不转。检查时应先停机,再用手摆动风叶就能查出风叶是否松动,运转时也可看得出这种情况。在旋紧定位螺钉时,应对准电机轴的半圆平面上。若不锁定在半圆平面上,它还会松动打滑。

(4)查看风机的转动方向。当风机运行时,如果不能出风,另外一种可能就是风机反转。在接电源时,三相电源的风机电动机,若相位接反,如原来规定为顺转的,它却反转,使风机吹不出风,遇到这种情况,必须将相位线对换,使之顺转。这种情况容易出在初装或已经在使用的机组中,有时将电源插头插在另一个插座上,其相位也会错位而反转。每种空调器的风机转向不尽相同,有顺转的,也有反转的,不管是哪种转向,一般在轴流风机的风圈上有箭头指示的方向。若无箭头,可以让风机试转,如吹得出风且风量大者则为它的正确转向;或者通过看轴

流风叶扭转角朝向来辨别其转向。单相电动机一般接有运行电容,其火线和零线常通过电容的插脚与电机相连,如接线出错,也会反转,对于装有离心风叶的电动机,一般看不到蜗壳内的叶轮,难以辨别,只有试风量来判断它的正确方向。当它反向运转时,其风量几乎等于零。

第4节 房间空调器电气控制系统故障分析与检修

房间空调器的电气系统是控制和保护空调器制冷系统和空气循环系统的重要装置。其故障除了电气线路本身外,有相当一部分是发生在制冷系统和空气循环系统上,即便如此,其故障的主要症状往往都在电气控制上反映出来。因此,在分析电气控制系统故障时,经常要涉及制冷系统和空气循环系统的故障问题。

空调器的电气控制有弱电电子电路控制板与强电线路控制板之分,因它们的控制原理有所不同,故分别对它们的故障进行分析。

一、电子电路控制系统故障分析

电子电路控制系统的控制板部分是低电压控制电路,其控制电压一般为+5 V、+12 V 或+24 V。它具有体积小、安全可靠、控制功能多、控制面板美观等特点。

下面就部分常见电子电路控制系统故障进行分析。

1. 室内风机运转,但压缩机不运转,且故障灯闪烁

故障灯闪烁,则说明系统有故障。当然,这可能有电气上的故障,也可能有系统上的故障。

(1)电源缺相或电压过低,应检查电源并测量其电压值是否低于额定值的10%。

(2)风机过热或热保护器损坏(指室外机组风机)。当风机超负荷运行时,其绕组温升过高,热保护器便会起跳切断电源。可检查风机的进线接头是否导通。若不通,说明热保护器起跳,等冷却后复原。若不复原,则是热保护器损坏,应更换才能排除故障。

(3)压缩机电流过载,应检查压缩机泵壳上的热保护器是否起跳。通常当压缩机超载后电流过大,热保护器会起跳。三相电动机的保护器埋在泵壳内的电动机绕组中。无论单相和三相电源的电动机,都可在压缩机泵壳的接线盒处用万用表电阻挡测量绕组是否通,若不通则说明其过载保护器已起跳切断了电源,等5 min左右,一般会复原。

(4)交流接触器线圈断路。线圈断路,触点不能闭合,电动机无电源进入。

(5)接线头接触不良。风机电机的接线一般也用接插件接插,也可能产生接触不良情况,要加以检查。另外压缩机泵壳接线盒内的接线是否有松弛而接线不良。

(6)高压开关损坏。高压开关失灵,触点不闭合,可用万用表测量触点接头来检查是否导通。

(7)低压开关起跳。在制冷系统正常工作的情况下,低压开关触点为常闭状态。当制冷系统内发生故障或出现制冷剂泄漏时,会使系统内压力下降到低压开关起跳点以下,低压开关便起跳而切断电源。

(8)电子电路控制板损坏。

2. 开机后电源指示灯亮,室内风机运转,但压缩机不工作

根据故障现象,可以判断空调器制冷系统与空气循环系统无故障,而可能是误操作或恒温

开关存在故障,所以指示灯不闪烁。

(1)选择开关按错。有时未看清楚而使选择开关被置于通风挡,只要将选择开关改至制冷档即可正常工作。

(2)温度未到设定值。当恒温开关的温度设定值高于房间温度时,温控器的触点始终是打开的,制冷系统也就不会运转,应重新设定温度值。

(3)温控器的传感器(热敏电阻)损坏。它使温控器控温功能失常,可以用万用表测量其阻值与温度对应值来判断其好坏。

3. 开启后空调器无动作

当按空调器的运行键时,空调器不动作,也无一点声音,导致这种情况的原因应该是电源没有导通,应逐个检查与电源有关的电器,可按下列顺序进行检查:

(1)电源线中是否有电。要检查控制电源线的电器,如闸刀开关或空气开关是否将电源切断。

(2)电源是否缺相。供电源为三相的空调器,三相电网中有一相或二相断电的可能,因此需要检查电源供电是否有缺相。

(3)室内机控制板保险丝是否熔断或压敏电阻是否损坏。为预防过大电流或过高电压进入控制电路而损坏电路板,一般都装有保护器,一旦有大电压或大电流进入控制电路前就切断电源,从而达到保护电路板的目的。

(4)开关板与室内机控制板连线的接插件是否接触不良。分体式的电气控制系统由三部分组成,即开关板、室内机控制板和室外机控制板。开关板与室外机控制板的连接线接头是接插件,虽然它插接后能自锁,但也会松动或接触不良,应加以检查。

(5)按键开关是否损坏。检查运行键触点是否接触不良或按键零件是否损坏。

(6)室内电子控制板是否损坏。电子控制板上的电路或电子元件损坏,会使控制板失控,要对电控板的有关电路进行检修。

4. 空调器启动不久就停机,不能继续运行

(1)排气压力过高引起高压开关起跳。

(2)吸气压力过低引起低压开关起跳。

(3)风机电动机烧坏。

(4)热保护器起跳。

二、强电控制系统故障分析

所谓强电控制板是指控制线路电源为单相 220 V 或 380 V 的电压供电。强电控制方式主要集中在机械控制式空调器和水冷立柜式空调器。其特点是控制线路比较简单,故障查找比较容易。

下面就部分常见电子电路控制系统故障进行分析。

1. 压缩机和风机不运转

当合上开关后,压缩机和风机不运转。作为电气线路的故障有:

(1)电源无电。

(2)电源插座内断线。

(3)插头插座接触不良。

(4)保险丝熔断。

(5)选择开关内部断路。

(6)电源电压过低,电动机启动不起来,然后热保护器起跳,切断电源。

电气控制线路断路,其原因有些是因为操作不当,有些是因为插座、开关等元件的质量问题,有些则是制冷系统和风机系统引起的。例如保险丝熔断,除了电气线路有碰线、碰壳短路外,也可能是制冷系统和风机有故障而引起的。

2. 风机运转但压缩机不运转

(1)温控器旋钮调节不当,其原因是没有调节好。

(2)温控器的感温包中的制冷剂泄漏,温控器失灵而常开不闭合。其原因可能是碰坏感温部分零件,或制造质量有问题而泄漏了制冷剂。

(3)压缩机运转电容损坏。其原因可能是平时维护不当或受潮。

(4)过载保护器触点处于断开位置。其原因是运行时制冷系统有超载现象,使过载保护器跳开,也可能是过载保护器损坏。

(5)压缩机电动机烧坏。

3. 空调器运行后,压缩机启、停频繁

(1)电源电压不稳定,时高时低,原因是供电电网有问题。

(2)过载保护器的双金属片接触不良,造成断电电源时通时断。

(3)温控器的感温包安装位置离蒸发器太近,使它受到蒸发温度的影响。

4. 压缩机长期运转而不停机

(1)由于室内发热体多,热量大,使空调房间热负荷大。

(2)温控器内的触点发生粘连而不能断开。

5. 热泵型空调不制热

在制冷运行时能制冷降温,而制热运行时不能制热,这一般是热泵装置的四通换向阀或切换开关有故障。

(1)电磁阀内阀芯卡住或损坏。其原因是:

1)有污泥进入阀内硌住阀芯。

2)制造质量差,使用寿命短而损坏。

(2)冷热切换开关失灵,其毛病有机构损坏、触点表面被氧化不能导通等。

(3)换向阀不能换向。其原因是多方面的,但主要是制冷剂不清洁和制造装配质量有问题,使活塞不能运动。

(4)电磁阀的电磁线圈烧坏或断路,其原因是:

1)在恶劣环境下工作。

2)线圈停、开频繁。

3)长期在超常电压下工作,致使线圈经常处在超温升下工作,使绝缘层老化被击穿。

6. 电加热型空调不制热

(1)控制电加热器的交流接触器触点接触不良,其原因是使用时间长或选择容量不适当,触点常拉电弧而熔化。

(2)电热丝烧断,可能是质量不好,或装配不适,或使用寿命已到。

(3)加热保护器起跳或保险丝熔断,为确保安全,电加热器附近设置两种保护器,通常这两种保护器串接后串联在加热器控制线路中。保护器起跳或保险丝熔断原因是电加热器已超温制热运行引起的。超温原因可能是:

1)过滤尘网有灰尘,不畅通,风量明显下降,导致出风温度大幅度上升。

2)热保护器失灵或熔断器规格不适当。

3)停机时,风机无延滞运行装置。

7. 漏电

外壳有漏电现象,其原因是:某些电器的绝缘性能下降或受潮,电线接地不良或没有接地。

三、压缩机电动机故障的检查

由前文所述可知,空调器用全封闭压缩机的电动机有单相和三相之分。单相电动机有两个绕组,即启动绕组和运行绕组。在全封闭压缩机的外壳接线盒内有三个接线柱,如图9.2所示。接线柱分别用R、S、C标志,它们代表运行端、启动端和公共端。其中R、S两端之间是两个绕组的串连接点,电阻值是启动绕组和运行绕组的电阻之和;C、S两端之间是启动绕组接点;C、R两端之间是运行绕组接点。



图 9.2 单相电动机接线示意图

单相电动机常见的故障有绕组短路、断路和碰壳通电。检查时,用万用表 $R \times 1$ 挡分别测量三个接线端子中任意两个之间的电阻。大部分压缩机电动机绕组之间的电阻存在如下关系: $R_{SR} = R_{CS} + R_{CR}$, $R_{CS} \geq R_{CR}$, 其中 R_{CR} 运转绕组阻值; R_{CS} 为启动绕组阻值; R_{SR} 总绕组阻值。

上述规律并不适用所有的全封闭压缩机,有的产品 $R_{CS} > R_{CR}$, 有的产品 $R_{CS} = R_{CR}$, 还有的产品由于接线方式不同,不能用一般规律去判断主、副绕组。如图9.3所示的一种接线方式,它的启动绕组是串联两组运转绕组的中点上,因此在接线时一定要按照生产厂家提供的接线图正确连接。

1. 电动机绕组短路检查

绕组短路是指由于绕组的绝缘性变坏而产生短路。它包括绕组匝间短路、绕组烧毁、绕组与绕组间短路及相间短路。

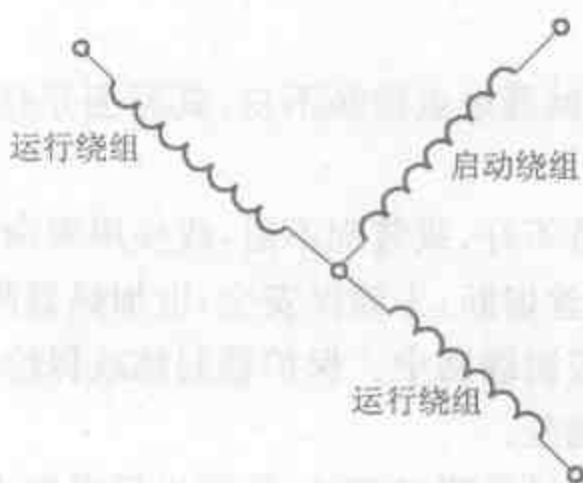


图 9.3 单相电动机绕组的特殊连接方式

在某些短路情况下,电动机还可以继续运转。但它运转时速度较慢而电流过大,速度和电流的大小取决于有多少绕组被短接。为检查短路与否,先将电动机的外部接线拆掉,然后用万用表 $R \times 1$ 挡测试电动机 CS 两点和 CR 两点间的电阻,若某一绕组端之间的阻值小于已知的正常电阻值,即表明该绕组发生短路。

2. 电动机绕组断路检查

若检查盒内的接线头焊接不牢或锁紧不牢,在长期使用中可能会出现松脱或者断线,另外绝缘线的绝缘变坏也会造成绕组烧断,断路使电动机完全不能启动。

检查时,先将电动机的外部接线拆下,然后用万用表 $R \times 1$ 挡检查一个接点与其他接点的导通情况。若某两接线端之间不导通,即电阻无穷大时,此绕组断路无疑,应找出断路点并重新接通。

3. 电动机绕组通地检查

电动机绕组受潮、绝缘层老化或绝缘损坏形成绕组和外壳短路时很容易发生电动机绕组通地(碰壳)的故障。此时,电动机难以启动,即使启动,也会立刻烧断保险丝、切断电路继电器。

检查绕组通地故障时,用万用表电阻挡或兆欧表检查,其一只表笔接公用端,另一只表笔接触电动机外壳,如电阻很小表明绕组碰壳通地。测试时,注意要将电动机的外壳上的漆皮去掉一小块,以露出金属进行测量。

三相电动机的绕组有星形(Y形)和三角形(Δ 形)两种接法。无论星形接法还是三角形接法,三个绕组的电阻值是相同的。三相电动机也会发生绕组短路、断路或碰壳通地,一般可用万用表进行检查。

对于星形接法的电动机,用万用表测试电阻时,应各相分别测试;而对三角形接法的电动机则应先将三相绕组的接头拆开后,再分别对每相进行测试。

四、电器开关、元件的检查

1. 选择开关的检查

检查选择开关好坏时,可以用万用表的电阻挡测量选择开关在各种功能操作时的相应触点是否导通,导通状态下电阻值应为零,不导通状态则为无穷大,否则说明选择开关有故障。

2. 保护继电器的检查

在通常情况下,保护继电器的触点是常闭的,用万用表的电阻挡测量,触点间应该是导通的,若不通则表明出现故障,应予以更换。

3. 运转电容器的检查

拆下连接电路中被测电容的一脚,用万用表的电阻挡测量电容器两端电阻值是否正常。如接通表笔,万用表指针迅速回摆,然后升为无穷大,则表示电容正常;如万用表的指针不动,电阻值始终为无穷大,则说明电容断路;如万用表指针摆到“0”后不动,即电阻值为零,则说明电容被击穿;当电阻值固定为某一值时,则说明电容漏电失效。

4. 温度控制器的检查

(1)电触点接触不良。由于温度的变化值较大,造成压缩机频繁启停,触点频繁通断,从而使电触点表面被电弧烧损严重,在触点之间形成碳层,使电传导断。触点虽然在接通位置,但不能接通电源。我们可以用万用表电阻挡来测量温控器触点工作状态的通断。检修方法是用无水酒精洗触点,重新使其导电良好即可。

(2)温度控制器复位弹簧张力减小。当伸缩囊中感温剂气体压力下降时,不能将支配连杆顶回,这就表明复位弹簧需要更换。

(3)电触点内表面不平,出现毛刺等使其粘连不脱。消除触点毛刺可用0号细砂纸将触点表面摩擦平滑。

(4)伸缩囊漏气,使内充的感温剂气体泄漏,不能根据外界温度的变化膨胀,从而不能支配连杆相应动作。判断的方法是用万用表电阻挡测量触点开关的“接通”与“断开”。旋动温度设定钮配合检查。当控制器无动作时可确定为伸缩囊漏气,需更换新的温控器。

5. 晶体管的检查

(1)二极管性能的检测。

1)整流、检波、开关、稳压二极管。从电路板上取下二极管,用万用表 $R \times 1$ 和 $R \times 100$ 挡可检测其单向导电性能。检测方法是:将两表笔任意接触二极管两端,读出电阻值,然后交换表笔再读出阻值。对正常二极管来讲,两次测量值肯定相差很大,阻值大的常称反向电阻,阻值小的称正向电阻。通常锗二极管正、反向电阻值分别为 $10 \sim 1\,000\ \Omega$ 和 $100\ \text{k}\Omega$ 以上;硅二极管的正向电阻为数百至数千欧,反向电阻在 $1\ \text{M}\Omega$ 以上。如实测正、反向电阻均为 ∞ ,则表明管子已断路;如测得反向电阻很小,则说明管子已被击穿;如果正、反向电阻相差不大或有一个阻值偏离正常值较多,则说明管子性能不良,一般不宜使用。但有些特殊品种的二极管不可用上述标准衡量,否则会出现误判。例如高压硅堆(正向电阻很大,通常用 $R \times 10\ \text{k}$ 挡测量时表针也仅微动)、某些稳压管(反向电阻仅 $20\ \text{k}\Omega$ 左右)等。

2)发光二极管。发光二极管除低压型外,其正向导通电压大于 $1.8\ \text{V}$,而万用表多用 $1.5\ \text{V}$ 电池($R \times 10\ \text{k}$ 挡除外),所以无法使管子导通,测其正反向电阻均为 ∞ 或很大,难以判断管子好坏。要检测发光二极管,可用有 $R \times 10\ \text{k}$ 挡、内装有 $9\ \text{V}$ 或 $9\ \text{V}$ 以上电池的万用表测量,方法是用 $R \times 10\ \text{k}$ 挡测量正向电阻,二极管会发光。而用 $R \times 1\ \text{k}$ 挡测反向电阻。判断方法与普通二极管相似。不论何种二极管,测量时还可判断出正、负极,即测得反向电阻时,红表笔所接的管脚为正极,黑表笔所接的管脚为负极。

(2)普通三极管性能的测试。测量参数主要是 I_{ceo} 和 h_{ie} 。按照图 9.4 所示,可以估测三极管的 I_{ceo} 。通常锗小功率及中功率管的实测阻值应在 $10 \sim 20 \text{ k}\Omega$ 以上;硅三极管应大于 $100 \text{ k}\Omega$,实测值实际多为 ∞ ,即看不出表针摆动。若实测阻值过小,表明 I_{ceo} 很大,这种管子性能及稳定性都较差,一般不宜使用,如果实测值接近于零,说明管子的 c, e 极间已击穿。用此法也可检测 I_{cbo} ,只要将笔表改接 b, c 极,测量 bc 结反向电阻即可。通常锗管的测量阻值应比测 I_{ceo} 时的阻值大,硅管则为 ∞ 。

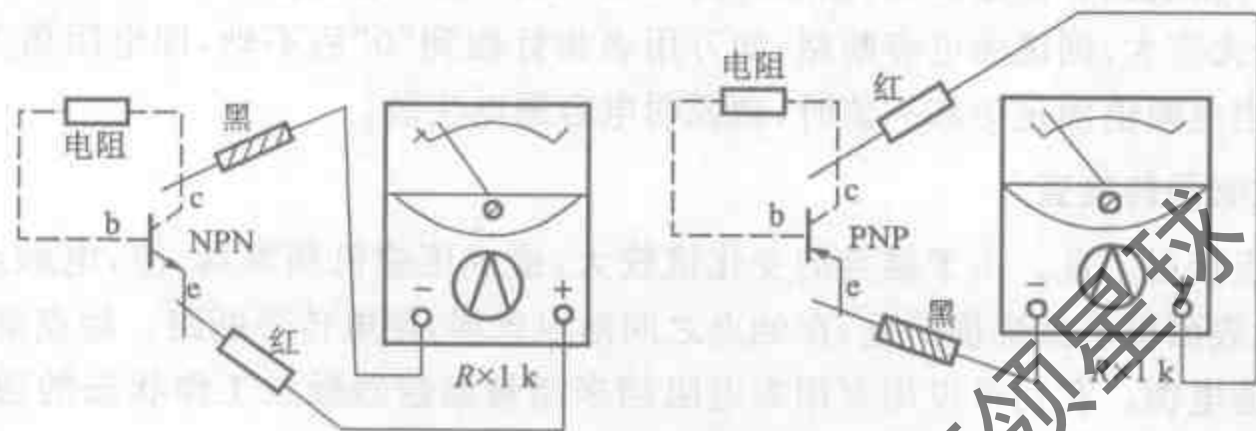


图 9.4 普通三极管性能检测示意图

在测 I_{ceo} 的基础上,再接一个 $100 \text{ k}\Omega$ 的电阻(硅管)或 $10 \text{ k}\Omega$ 的电阻(锗管)于管子的 b、c 极,如图 9.4 中虚线所示,便可检查管子的放大系数 h_{ie} 。接上电阻后,万用表表针示值变小越多,说明管子的 h_{ie} 越大;若阻值不变或改变很小,说明管子存在故障或放大能力差。实测时也可用湿手捏牢 b、c 极代替电阻,这是利用人体电阻的一种方法,但操作中不能让 b、c 极直接相碰。此外,近几年生产的万用表大多有测试小功率三极管 h_{ie} 的挡位,使用是按说明书先在规定的电阻档调好 0Ω ,再转到 h_{ie} 挡,将管子引脚按类型分别插入相应测试孔,此时可直接由 h_{ie} 标尺线读出放大系数。

第 5 节 房间空调器常见故障分析与处理

一、房间空调器的故障分析与检查

表 9.3~表 9.5 所示即为不同类型的房间空调器的故障分析与检查情况。

表 9.3 窗式空调器的故障分析与检查

故障现象	故障分析	故障检查
空调器不工作	电源没电	用电压表检查电源终端有无电压
	电路断开或短路	测量线路电阻,检查插座有无脱落或短路
	电源熔丝烧断	检查熔断器
	电源电压偏低	用电压表测电压,若低于铭牌电压 10% 则不合格
	温控器给定温度过高	检查温控器给定温度
	温度控制器故障	调至室温以下接点仍不通,即为故障

续表

故障现象	故障分析	故障检查
压缩机“嗡嗡”响,但不运转	电压偏低	检查电源电压
	线路短路或断路	检查线路电阻
	启动电容故障	检查启动电容器是否被击穿
	启动继电器故障	检查启动继电器是否失效
	压缩机电动机故障	检查压缩机电动机绕组的电阻
风机运转,但压缩机不运转	压缩机线路故障	测量电动机电压,若无电压即为故障
	压缩机电动机故障	检查电动机绕组有无断路或短路
	压缩机电动机启动电容器故障	检查启动电容器是否被击穿
	启动继电器故障	检查启动继电器,如接点在启动时不闭合而需跨接,即表明有故障
	压缩机过载保护器故障	检查过载保护器,如停在“开”的位置,即为故障
温度控制器故障	检查温控器,如在“最冷”位置仍不启动,即表明有故障	
压缩机运转,但风机不运转	风机电动机故障	检查电动机线圈有无烧毁、断路或短路
	风机运转电容器故障	检查风机运转电容器是否被击穿
冷、热不能切换	电磁四通换向阀故障	检查四通阀有无破损、漏气、线圈烧毁等
	电阻丝故障	检查电阻丝是否烧断
过载保护器故障	电压偏低	检查电源电压
	过载保护器不良	检查过载保护器
	运转电容器不良	检查电容器是否被击穿
负离子发生器失效	电路短路或断路	检查线路
	负离子发生器故障	检查负离子发生器
其他属于使用不当引起的故障	操作不当	检查各开关、按钮是否松脱、损坏

表 9.4 分体式空调器的故障分析与处理

故障现象	故障原因		故障检查	故障处理
旋转开关在“冷”或“暖”位置,室外风机和压缩机均不运转	旋转开关故障		检查线路	更换旋转开关
	温度调节器故障		检查是否短路运转	更换温度调节器
			比较吸入温度和给定温度	排除故障
	压缩机电动机的线圈故障	接触不良	检查接触器动作	修理触点或更换接触器
		线圈断线	检查线路	更换压缩机电动机
	辅助继电器故障	接触不良	测定接点间电压	修理触点或更换继电器
线圈断线		检查线路	更换继电器	
旋转开关在“冷”或“暖”位置,压缩机运转,但室外风机不运转	室外风机接触器故障	接触不良	测定接点间电压	修理触点或更换继电器
		线圈断线	检查线路	更换继电器
	室外风机熔断器故障	线路间短路	测定线间电阻	排除短路故障,换熔丝
		线路接地	测定绝缘电阻	排除短路故障,换熔丝
		室外风机电动机故障	测定线间电阻、绝缘电阻	换熔丝
	除霜用恒温器接触不良		检查线路	更换除霜恒温器
	室外风机电动机故障		测定线间电阻	更换电动机
停电		测定线路电压	等待恢复供电	
旋转开关在送风位置,但风机不运转	电源熔丝熔断	线路接地	测定绝缘电阻	排除短路故障
		线路间短路	检查线路是否破损	排除短路故障,换熔丝
		室外风机电动机故障	测定线间电阻和绝缘电阻	更换电动机和熔丝
		室内风机电动机故障	测定线间电阻和绝缘电阻	更换电动机和熔丝
		压缩机电动机故障	测定线间电阻和绝缘电阻	更换压缩机,换熔丝
室内风机电动机故障	线圈烧毁	测定绝缘电阻	更换电动机	
	线圈断线	测定线圈电阻	更换电动机	
旋转开关故障		检查线路	更换开关	

续表

故障现象	故障原因	故障检查	故障处理
旋转开关在送风位置,但风机不运转	线路间短路	检查线路是否有破损	消除短路,换熔丝
	操作线路接地	测定绝缘电阻	消除接地,换熔丝
	压缩机电动机的接触器线圈出故障	测定绝缘电阻	换接触器,换熔丝
	室外风机电动机的接触器线圈出故障	测定绝缘电阻	换接触器,换熔丝
	操作线路的熔丝熔断	测定绝缘电阻	换接触器,换熔丝
	电磁四通阀的线圈故障	测定绝缘电阻	换接触器,换熔丝
	辅助电加热器的接触器线圈故障	测定绝缘电阻	换接触器,换熔丝
旋转开关在“冷”或“暖”位置,室外风机运转,但压缩机不运转	除霜用恒温器线圈故障	检查线路	换除霜恒温器,换熔丝
	压缩机电动机故障	测定线间电阻	更换电动机
	压缩机本身故障	压缩机有杂音	更换压缩机

续表

故障现象	故障原因	故障检查	故障处理
	制冷剂过多	检查系统循环温度	回收部分制冷剂
	制冷系统内混入不凝性气体	检查气体压力与温度关系	重新抽真空,再充入制冷剂
	高压管路堵塞	检查堵塞	去除堵塞物
夏季制冷时,空调机运转,但是室内冷却效果不好	高压压力偏高	室外热交换器积垢过多	清洗
		室外热交换器出入口受阻	去除堵塞物
		室外风机转速不够	调整或更换电动机
	室外热交换器换热效果差	室外机组放置地方狭窄	保证室外机组足够的放置空间
		室外机组气流短路	去除障碍物
		室外机组附近有热源	去除热源
		通过室内热交换器的空气温度低	室内机组气流短路
低压压力偏低	室内机组出、入口受阻	消除堵塞物	
	通过室内热交换器的空气少	室内送风机电动机转速太慢	更换电动机

续表

故障现象	故障原因	故障检查	故障处理	
压缩机电动机的过流保护器动作	压缩机电动机的过流保护器故障	测定电动机电流	更换过流保护器	
	压缩机电动机绝缘不良	测定绝缘电阻	更换压缩机	
	压缩机轴承故障	检查轴承是否破损、卡住	更换轴承	
	压缩机运转电流过大	电源电压忽高、忽低	运转电压应为220 V	
		电源电压相间不平衡	测定各相电压	
		高压压力偏高	见后面内容	
	单相运转	电源熔丝熔断	更换电源熔丝	
		电源开关螺钉松动	将螺钉紧固	
		压缩机电动机的接触器接点粗糙不平	更换接触器	
	夏季制冷运行时 风机和压缩机 均不运转	压缩机电动机绝缘降低	测定绝缘电阻	更换压缩机
压缩机排气阀破损		检查压力与循环温度	修复更换排气阀	
压缩机轴承不良		检查压缩机轴承破损、卡住	更换轴承	
压缩机运转电流过大		见上面“压缩机运转电流过大”内容	见上面“压缩机运转电流过大”内容	
压缩机过热,内部的恒温器动作		吸入制冷剂蒸气温度高(过热)	制冷剂泄漏或不足	检漏、按规定充入制冷剂
			制冷机管路太细、太长	正确配管
			四通阀内部漏气、误动作	更换四通阀
			室外机组逆止阀误动作	更换逆止阀
		室内机组毛细管堵塞	更换毛细管	
	室内机组过滤器堵塞	更换过滤器		

续表

故障现象	故障原因	故障检查	故障处理	
夏季制冷运行时 风机和压缩机 均不运转	高压压力偏高,高压压力 继电器动作	高压制冷剂的 管路堵住	检查堵塞	去除堵塞物
		系统内混入不 凝性气体	检查气体压力与温度 关系	重新抽真空,再充入制 冷剂
		制冷剂过多	检查系统循环温度	回收部分制冷剂
		通过室外热交 换器的温 度高	室外机组气流短路	去除障碍物
			室外机组附近有热源	去除热源
		室外热交换器 换热效果差	室外热交换器积灰 过多	清洗
			室外热交换器出、入口 受阻	去除堵塞物
			室外风机转速不够	调整或更换电动机
			室外机组防止地方 狭窄	保证室外机组足够的放 置空间
		冬季采暖时,空调 机运转,但是室 内采暖效果 不好	高压压力偏高	制冷剂过多
制冷系统内混 入不凝性 气体	检查气体压力与温度 关系			重新抽真空,再充入制 冷剂
高压管路堵塞	检查堵塞			去除堵塞物
室内热交换器 换热效果差	室内热交换器积灰 过多			清洗
	室内热交换器出、入口 受阻			去除堵塞物
	室内风机转速不够			调整或更换电动机
	室内机组气流短路			去除障碍物

续表

故障现象	故障原因	故障检查	故障处理		
冬季采暖时,空调机运转,但是室内采暖效果不好	低压压力偏低	通过室外热交换器的空气温度低	室外机组气流短路	去除气流短路因素	
		除霜不彻底	检查除霜恒温器	更换除霜恒温器	
		通过室外热交换器的空气少	室外热交换器积灰过多	清除	
			室外热交换器堵塞	受阻	去除堵塞物
			室外机组放置地方狭窄		保证机组放置空间
		室外机组风机转速慢		调整或更换电动机	
		制冷剂泄漏或不足	检查过热情况	检漏、按规定充入制冷剂	
		制冷机管路太细、太长	现场测量管路	正确配管	
		室内机组逆止阀误动作	检查逆止阀前后温差	更换逆止阀	
		室内机组毛细管堵塞	检查过热情况	更换毛细管	
低压管路受阻	检查低压管路前后温差	清除堵塞			

续表

故障现象	故障原因	故障检查	故障处理	
冬季采暖运行时 风机和压缩机 均不运转	高压压力偏高,高压压力 继电器动作	高压制冷剂的 管路堵住	检查堵塞	去除堵塞物
		系统内混入不 凝性气体	检查气体压力与温度 关系	重新抽真空,再充入制 冷剂
		制冷剂过多	检查系统循环温度	回收部分制冷剂
		通过室内热交 换器的空气 温度高	室内机组气流短路	去除障碍物
		通过室内热交 换器的空 气少	空气过滤器积灰过多	清洗
			室内热交换器出 口受阻	去除堵塞物
			室内风机转速不够	调整或更换电动机
		室外热交换器 换热效果差	室外热交换器积灰	清洗
			室外热交换器出、入口 受阻	去除堵塞物
			室外风机转速不够	调整或更换电动机
			室外机组防止地方 狭窄	保证室外机组足够的放 置空间
			制冷剂泄漏或不足	检漏、按规定充入制冷剂
吸入制冷剂蒸 气的温度 过高	制冷剂管路太细、太长	正确配管		
	四通阀内部漏气、误 动作	更换四通阀		
	室内机组逆止阀误动作	更换逆止阀		
	室外机组毛细管堵塞	更换毛细管		
	室外机组过滤器堵塞	更换过滤器		
	压缩机过热	电源电压或高或低	电压应在 180~220 V	
		电源相间不平衡	测定相间电压	
高压压力变高		原因待查		
压缩机电动机 绝缘降低	测定绝缘电阻	更换压缩机		
压缩机排气阀 破损	检查压力与循环温度	修复更换排气阀或压 缩机		
压缩机轴承 不良	检查压缩机轴承破损、 卡住	更换轴承		

续表

故障现象	故障原因	故障检查	故障处理	
冬季采暖运行时 风机和压缩机 机构不运转	压缩机运转电 流过大	电源电压或高或低	电压应在 180~220 V	
		电源相间不平衡	测定相间电压	
		高压压力变高	原因待查	
	压缩机电动机 绝缘降低	压缩机电动机 绝缘降低	测定绝缘电阻	更换压缩机
		压缩机轴 承 不良	检查压缩机轴承破损、 卡住	更换轴承
		过电流继电器 故障	测定电动机电流	更换继电器
		单相运转	电源保险丝熔断	更换保险丝
		电源终端螺丝松动		紧固螺丝
接触器接点不平		更换接点		
室内空调负荷加大	进行负荷计算	查出原因,加大机组容量		

表 9.5 热泵型空调器的故障分析与处理

故障现象	故障分析	故障排除
压缩机运转但不制热(冬季)	制冷剂不足	检漏、修理后补充制冷剂
	四通阀故障	修复或更换
	压缩机阀片破损	更换阀板或压缩机
	除霜控制器故障	更换除霜控制器
压缩机运转但不制冷(夏季)	制冷剂不足	检漏、修理后补充制冷剂
	四通阀故障	修复或更换
	系统内有不凝性气体	抽真空后,充入制冷剂
	膨胀阀感温包失灵	扎紧感温包
	空气过滤器积灰	清除积灰
	换热器盘管积灰	同上
	制冷系统冰堵或脏堵	清除堵塞
	风扇皮带打滑	更换皮带
四通阀不能换向	四通阀故障	更换四通阀
	风扇继电器故障	更换继电器
	变压器烧毁	更换变压器
制冷过度,压缩机不停机	接线错误	重新接线

续表

故障现象	故障分析	故障排除
制冷过度,压缩机不停机	温度控制器故障	更换温度控制器
	温度控制器调整不当	调整温度给定值
制热过度,压缩机不停机	温度控制器调整不当	调整温度给定值
	制冷剂过多	回收多出的制冷剂
	压力高	排除形成高压的因素
	空气过滤器积灰	清除积灰
	风扇皮带打滑	更换皮带
	单向阀故障	更换单向阀
	室内盘管积灰	清理盘管
化霜运转启动后,盘管上冰不化	制冷剂不足	检漏,修理后再充入制冷剂
	除霜控制器调整不当	重新调整
	除霜控制器、定时器或继电器故障	更换除霜控制器、定时器或继电器
	除霜控制器感温件接触不良	扎紧
	室外盘管积灰	清除积灰
	室外机组风扇皮带打滑	更换皮带
除霜运转不能停止	压缩机故障或制冷剂不足	修复压缩机或补充制冷剂
	四通换向阀故障	更换四通换向阀
	除霜控制器调整不当	重新调整
	除霜控制器、定时器或继电器故障	更换除霜控制器、定时器或继电器

二、房间空调器维修实例

1. 三菱重工 SRK325 型空调器不制冷

(1)故障现象。空调器通电开机后不制冷。

(2)故障分析。导致空调器不制冷的原因较多,对于本机来说,可先从室外机的供电是否正常开始查起。

(3)故障检修。

1)对室外机的电源进行检查,未发现异常,但发现控制室外机的继电器线圈断路。

2)换一只同规格的新继电器装上后,空调运行正常,但意外发现室外机外壳带电。

3)通过询问用户和实际检查,结果发现室内空调插座的接地端接错,且漏电保护器被跨接,如图 9.5 中虚线所示。去除漏电保护器上的跨接线,将接错的接地保护连接正确后试机,空调外壳不再带电,故障全部排除。

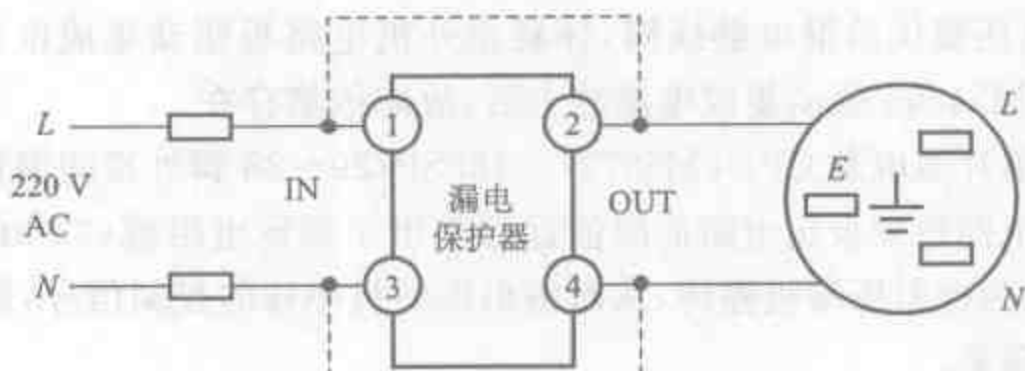


图 9.5 电源电路连接方式

注意在空调维修时,一般均要求不带电维修。若必须带电维修,也必须在插上插头后,通过操作指令 3~5 min(尤其是旧空调)后,经过电笔测试或用手背碰机器外壳确认不带电后再进行维修,以免被电击甚至击伤。

2. 三菱 KFR-50GW/A 型分体挂壁式空调器压缩机和室外机不运转

(1)故障现象。通电开机后,压缩机和室外风扇电机均不运行,此时,室温指示灯闪烁,设定温度指示灯亮,运行指示灯闪烁。

(2)故障分析。用遥控器启动空调,运行指示灯亮,其他指示灯也正常,延时约 3 min 后,室内电气控制板上的供室外机组电源的继电器 52C1×10 动作,但大约 3 s 后,继电器又回位了,室外机组失去供电,无法运行。

拔下电源插头,然后再插上,让室内机板控制系统复位,按一次室内机的应急开关按钮,进行制冷试运行(按 2 次为制热试运行),故障依旧,再进行制热试运行,故障仍然一样。

根据上面检查的现象来看,估计室温传感器和室内机热交换器盘管上的温度传感器(热敏电阻)等正常,故障可能在以下几个方面:

室内的外机供电控制驱动电路工作异常;室内、室外机连接线接触不良;室外机电气控制板电路有问题;室外风扇电机或压缩机(两者同时出问题的可能性较小)有损坏。

(3)故障检修。拔下电源插头,断开室内、室外机的连接线,短路室内机电气控制板上的 N 端和第③号端。

通电按一次试运行开关,测继电器(52C1×10)接通时 R132 电阻两端有 DC20V 电压,由此说明室内的外机供电控制环节正常。

断开电源,将室内、室外机连线接通,按 1 次试运行开关,测 N 端和②号端在继电器动作时有 AC220V 电压,室外机接线端的 N 端和②号端也有 AC220V 电压。

检查室内机③号端至室外机③号端的通信连线无断路现象,于是怀疑室外机电气控制板存在问题。

换一块新的室外机电气控制板,故障依然存在。最后查出故障是由于室外机电气控制板至室外机接线装置③号端的连接线头处短路。用烙铁将线头与连线焊牢,分别进行制冷、制热运行,一切恢复正常,故障排除。

3. 三菱 MDSH-17DC 型挂壁式空调器压缩机不运转

(1)故障现象。室内机运转及显示均正常,室外风机运转也无问题,但压缩机不转动。

(2)故障分析。从故障现象上看,可能是压缩机或执行机构存在问题,可重点先对这部分电路进行检查。

(3)故障检修。首先检查压缩机启动电容、继电器及接线未发现有问题。通电进行检查,

发现无直流 12 V 电压提供给继电器线圈,怀疑室外机电路板驱动集成电路 IC852(M54566)损坏。换一只新的 M54566 驱动集成电路装上后,故障依然存在。

当继续检查到单片微电脑 CPU(M50727-125SP)29~38 脚外接的偏置排阻 R852(223×10)时,结果发现有个别检测设定电阻的阻值远远超出了额定电阻值(22 kΩ)。个别电阻值变大以后,微电脑误以为控制压缩机停转,从而输出压缩机停转的控制信号,使压缩机不运转,从而导致了上述故障现象。

将上述变值的电阻全部换新件后,压缩机启动工作正常,空调器恢复了正常,故障排除。

4. 海尔 KFR-25GW/BP×2 一拖二变频空调器工作 10 min 后停机保护

(1)故障现象。每次通电工作约 10 min 后,面板上的运行指示灯会自动熄灭,整机停机保护,不制冷,但电源指示灯仍亮。

(2)故障分析。为了尽快确定故障的部位,先开机观察室内机、室外风机、压缩机,发现它们均能正常启动运转,10 min 左右用手摸压缩机外壳、贮液器,非常烫手(估计温度超过 120 ℃),估计故障是因压缩机温度过高引起保护性停机而造成的,应围绕这一原因进行检查。

(3)故障检修。先测压缩机管路低压压力大约为 1 MPa,显然太高。

经询问用户得知:该空调原故障是功率模块损坏,更换功率模块后,就出现了上述故障。由此怀疑系统中缺制冷剂。

对系统加了一点制冷剂后,上述故障依然出现。根据上述情况,排出一点制冷剂后,低压降至 0.9 MPa 左右,且压缩机有“嗡嗡”声,问题仍未解决,是否是前位维修者更换的元件有问题?

考虑到前位维修者更换过功率模块,故仔细检查功率模块的连线,结果发现压缩机的白线、红线插错位置了,正常时如图 9.6 所示,而前位维修者将黑线 C 接 W、白线 S 接在了 U、红线 R 接在了 V 端。这将致使压缩机不能启动或反转,造成工作电流增大使压缩机温升过高而引起了保护性停机,从而导致了上述故障。

把白线、红线重新按图 9.6 所示的正确连接方法改插好后,机器恢复正常工作,此时测低压降至 0.6 MPa,且制冷正常,压缩机不再烫手,故障排除。

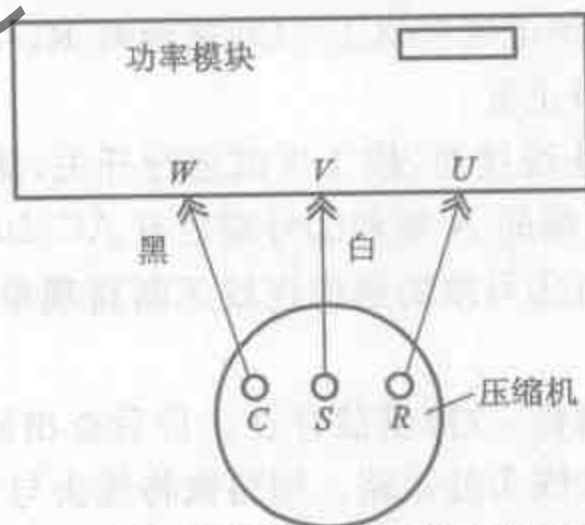


图 9.6 压缩机连线正确连接方式示意图

由本例可以看出,因空调器接插件很多,容易混淆,故如果需要更换电脑主板、功率模块或两个以上相同的插接件时,一定要先看仔细,记准确后,再动手处理,以免人为扩大故障,造成不必要的麻烦。

5. 海尔 KFR-32GW 型空调器不制冷

(1)故障现象。通电开机后,空调器不制冷。

(2)故障分析。经仔细观察,发现室外机风扇不转,根据经验,问题可能出在风扇电机启动电路上。

(3)故障检修。用螺丝刀拨动室外机风扇叶,风扇可旋转制冷正常。更换风扇启动电容后,故障排除。

由本例可以看出,电容损坏是室外机风扇电机不转的主要原因之一。电容断路、短路可用万用表测量,但电容变值,则检测较为困难,若采用替换法会使解决问题迅速、快捷。一般风扇电机电路如图 9.7 所示。本例主要是由于电容失效而无驱动力矩或驱动力矩不够大而导致了风扇不转。

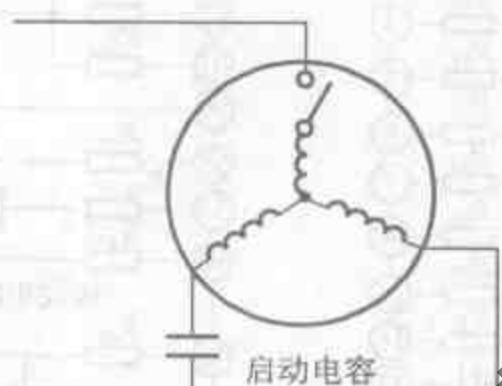


图 9.7 风扇电机连接电路

6. 海尔 KFR-35 型空调器不制热

(1)故障现象。通电开机进行制冷时,不能进行制热。

(2)故障分析。由于该空调器没有温控电路,出现不制热故障,应先检查遥控设定的温度是否高于室温。若设定温度低于室温,不制热是正常的。

若温度设定正常,则检查室外机是否运转。若室外机不运转,检查主控板输出的电压是否正常,若正常,检查 KARL1 控制板是否有 +16 V 电压,若有,且 IC3 有低电平,则可能是 KARL1 继电器损坏,如图 9.8 所示。

(3)故障检修。本例根据上述思路进行检查,结果发现故障是由于 KARL1 继电器损坏引起的。换一只同规格新的继电器装上后,故障排除。

如果上述检查室外机运转正常,再检查 IC1 ④脚输出是否为高电平(相关电路如图 9.8 所示)。如④脚无高电平则多为 IC1 损坏。若有高电平信号输出,应检查四通控制阀是否损坏(四通阀线圈的正常电阻值为 1.5 kΩ)而未换向。

如果以上检测均无问题,可用手触摸室内机盘管温度,如果它与室温相近,或者略高于室温,则故障原因可能是制冷系统有泄漏,从而导致了缺制冷剂,或压缩机排气不良、四通换向阀本身内部串气等原因引起的。

先检测制冷系统内的平衡压力值,其正常值应为:0 ℃时约为 0.4 MPa;10 ℃时约为 0.6 MPa;30 ℃时约为 1.1 MPa。

若测得压力值偏小则说明系统缺制冷剂,应先查找泄漏点,修复后再充注制冷剂。

确认平衡压力正常后,再检测工作压力,在正常制热时为 1.6~2.35 MPa。如测得工作压力偏低,也有可能是缺制冷剂,或是由于单向阀关闭不严,四通控制阀串气、压缩机排气不良等原因引起的。

如测得工作压力过高,则可能为制冷剂超量、管路堵塞、室内机通风不良等原因引起的,可

逐一进行检查、排除。只要仔细、认真地检查,问题一般不难发现。

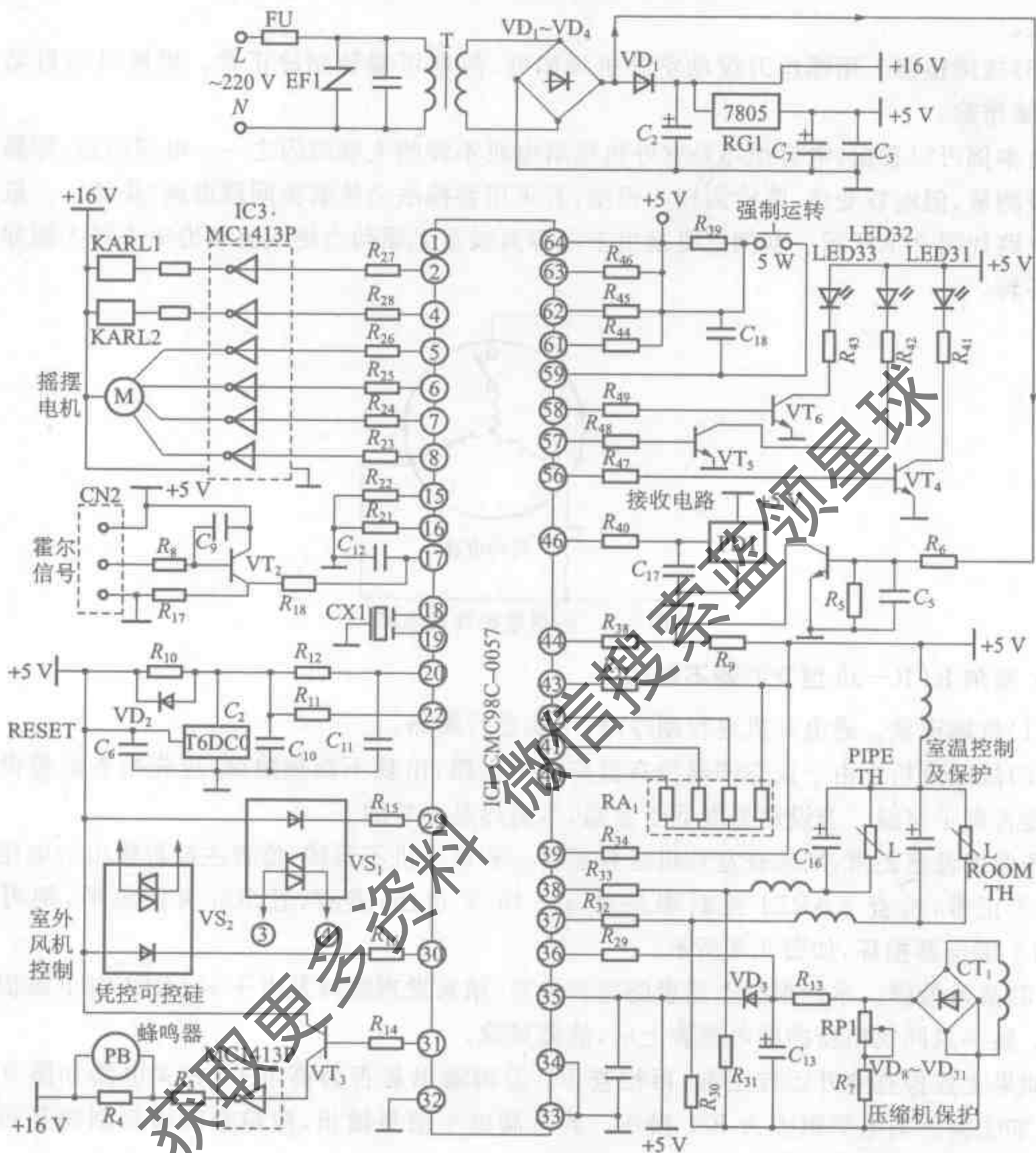


图 9.8 海尔 KFR-35 空调微电脑控制电路图

7. 海尔 KFR-50LW/BP 金元帅变频柜机制热效果较差

(1)故障现象。可以制热,但制热效果较差。

(2)故障分析。根据用户介绍的情况来看,此机是刚刚安装三个月的新机,所以工质泄漏的可能性较大,可先围绕这个方面进行检查。

(3)故障检修。仔细对空调器的各个接口进行检查,没有发现有工质泄漏的痕迹。

试对系统加注后试机,测得工作电流超过 18 A,且保险丝熔断。由此说明,制冷剂量并未减少。进一步对空调器进行检查,发现有大量的剩余铜管被一圈一圈地盘在室外机背后,由此怀疑该处可能有堵塞现象。

拆下管路,发现有大量的冷冻油排出。用四氯化碳和氮气冲洗后,把余下的管子割去,加

注制冷剂后试机,出风口温度达到 44 ℃左右,制热效果良好,故障排除。

由本例来看,该空调器的故障是由于冷冻机油过多地积蓄在管内造成节流,导致整机功率降低而引起的。在安装空调时,多余的管子应尽量将其割下,不要将其盘在室外机的背后,以免造成类似于本例的这种不常见的故障。

8. 海信 KFR-50LW 型柜式空调器有时不能开机

(1)故障现象。通电开机后,有时能正常运转,有时则不论是用遥控器还是用操作面板上的按钮,都不能使空调开机。

(2)故障分析。遇到这种情况时,首先要检查室内机下方的电脑板与操作面板的连线接触是否良好。

(3)故障检修。仔细对电脑板与操作面板的连线进行检查,未发现异常,再对操作面板后的电路板进行检查也未发现问题。

怀疑电脑板上通信电路有异常的较强电压信号干扰主控电路,从而导致“死机”。更换室内机电脑板后试机,制冷正常,故障排除。

9. 海信 KFR-50LW/D 型柜式空调器制热工作一段时间后转冷风

(1)故障现象。通电开机后可制热,但工作一段时间后转冷风,蜂鸣器每 5 min 左右鸣响一次,操作面板显示混乱。

(2)故障分析。在检修时发现,空调器运行约 1 h 一切正常(用户家的全部家电都打开),到了晚上,用户打开家里面的电子节能灯后不到 10 min,空调器的蜂鸣器就响一声,过了几分钟又响了一声,操作面板立即显示混乱,空调器由制热转为制冷。当关闭吊灯后,启动空调器,运行正常,故障排除。

(3)故障检修。检查故障原因是用户在室内安装着十几个 9 W 的电子节能灯,造成了对空调器的干扰。建议用户在使用空调时,不要开电子节能灯,这样问题即得以解决。

10. 海信 KFR-3602GW/BP 型变频空调器外机工作不正常

(1)故障现象。通电开机后,室外机工作不正常。

(2)故障分析。通电开机,观察室外机部分,发现室外机的 LED01 发光二极管指示灯不亮。由于该二极管与一只电阻 R_{18} 串联后并接在 300 V 直流电压输出端,故说明室外机的电源电路有故障,可由此入手查起。

(3)故障检修。检查室外机电源输入电路。测量室外机的约 300 V 直流电压输入端 CN02、CN07 插件两端电阻值为零;拔下功率模块 P、N 线,再测 CN02、CN07(相关电路如图 9.9 所示)两端电阻值仍为零,说明功率模块正常。

怀疑故障出在开关电源部分。经拆下开关管 VTQ01(2SC3150)测量,其已被击穿,更换后开机仍无反应。

测量时发现 VTQ01 管严重发热,经拆下检查其又被击穿。VTQ01 管再次被击穿,说明开关管可能一直工作在导通状态,其故障部位可能在反馈回路上。

经测量开关变压器反馈绕组正常,二极管 VD12(FR107)正常。取下 C_{17} (220 μ F/50 V)电解电容测量已无容量,其无容量后,将使负压达不到关闭的要求,故使 VTQ01 一直工作在导通状态下而烧毁。经更换 C_{17} 电容及 VTQ01 三极管后试机,故障排除。

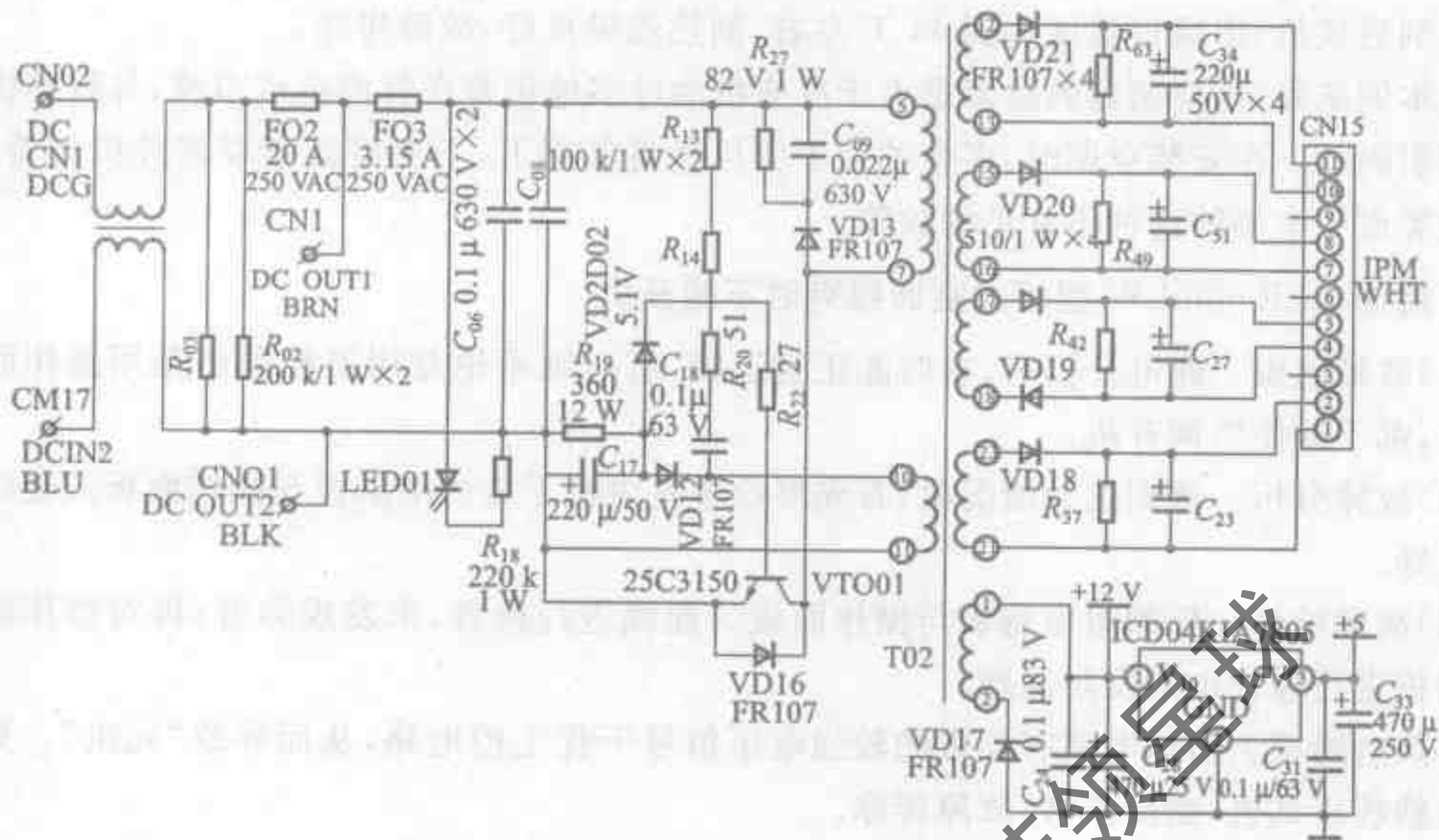


图 9.9 海信 KFR-3602GW/BP 空调室外机开关电源电路图

11. 美的 KFC-20×2GW/X 型一拖二冷暖空调器单开 A 机时, B 机蒸发器结霜

(1)故障现象。开双机时一切正常,单开 A 机时, B 机蒸发器结霜。

(2)故障分析。造成 B 机蒸发器结霜是制冷剂流入 B 机蒸发器造成的,而 B 机制冷剂流动与否由电磁阀 YU2 控制,由此判定 YU2 工作异常。

(3)故障检修。打开室外机壳,测 KARL302 已带电工作,导致 YU2 也带电工作(正常应无电)。测室外机与 B 机连接的电源约为 12V(正常时不应有),测 VD309、VD306 正反向阻值均为 $0\ \Omega$,显然已损坏。

换新件后,试将 KARL302 动触点断开,但 B 机蒸发器仍结霜,判断可能是电磁阀 YU2 卡死,更换电磁阀后运行正常,故障排除。

12. 美的 KFR-28GW/BPF 型变频空调器整机不工作

(1)故障现象。一开机,机器运转灯即熄灭,整机不工作。

(2)故障分析。这种故障先应测量电源电压是否大于 200 V。若正常,应检查是否为过流保护。可断开压缩机工作电源线,开机若正常,则大多为压缩机及其相关电路损坏。若仍不正常,检查是否为互感器 CT、VD6 损坏(如图 9.10 所示),使保护值减小。

(3)故障检修。按上述思路对相关电路进行检查,结果发现 VD6 损坏。用一只 NV4007 换上后,故障排除。

另外,应当注意当温度传感器 TR、TC 等异常时,也会导致上述故障。

13. 美的 KFR-75LW/B(D)型柜式空调器制冷或制热效果均较差

(1)故障现象。通电开机后,机组运转正常,但制冷或制热效果均较差。

(2)故障分析。根据该空调系统的结构,导致制冷和制热效果均较差。故障的原因主要有以下两方面:一是制冷剂不足;二是四通换向阀工作在临界状态,未完全到位。

(3)故障检修。本着先易后难的原则,先检查四通控制阀是否正常,相关电路如图 9.11 所示。

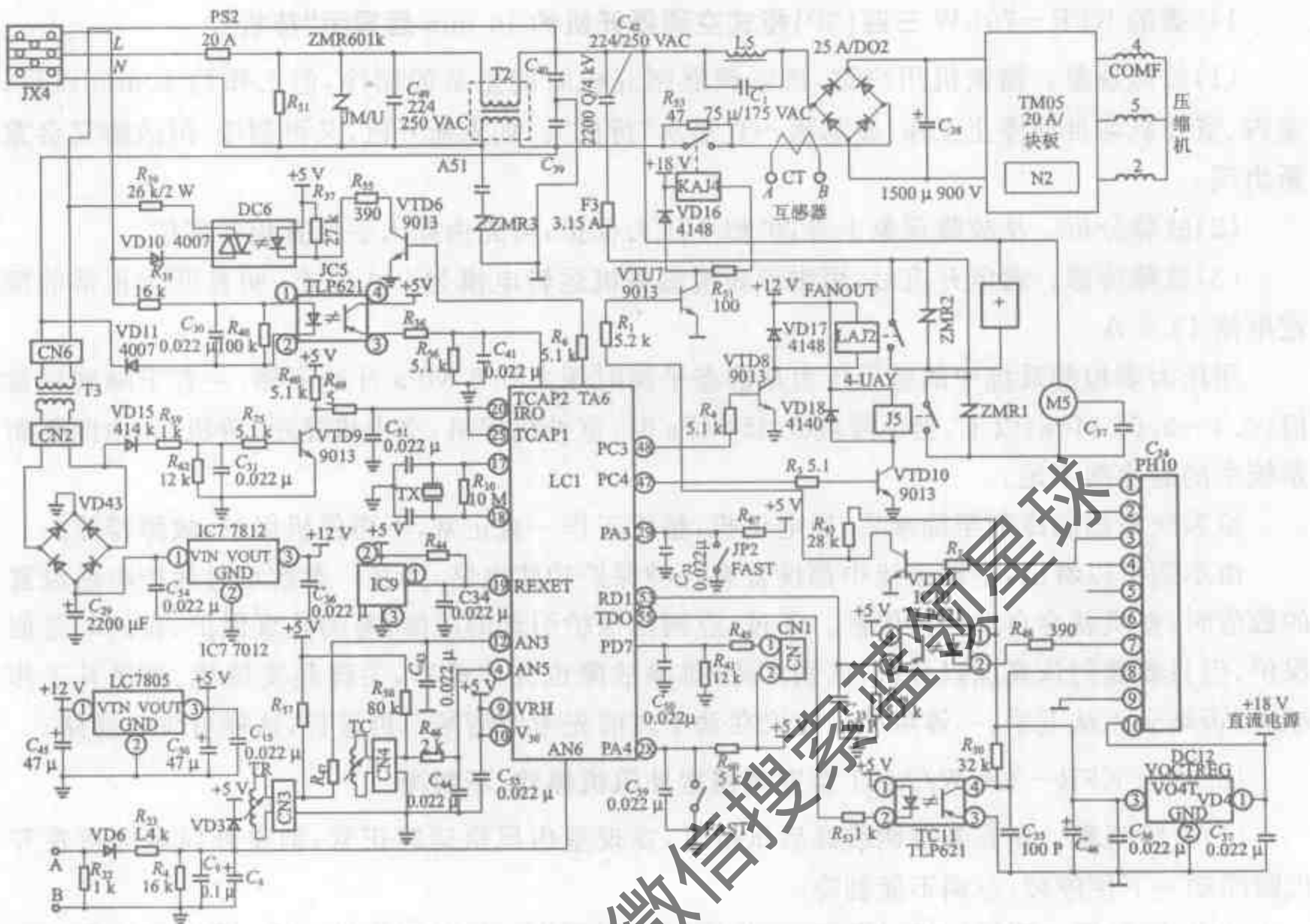


图 9.10 美的 KFR-28GW/BPF 空调室外机电路图

检查 ICU14 的 30 脚输出的高低电平信号无问题,再测 ICU16 的 3 脚上的输入电平、14 脚反相后输出的电平信号也无问题。

根据上面检测的结果,怀疑四通控制阀本身不良,试用一只新的配件换上后,分别进行制冷和制热均恢复正常,故障排除。

由本例可以看出,该空调器的四通换向阀控制驱动电路由 KARL14 继电器、ICU16 的③与⑭脚内的反相器及 ICU14 的⑩脚内电路等组成。正常工作时,四通换向阀状态控制信号来自于 ICU14 的⑩脚,该信号加至 ICU16③脚,经反相后从⑭脚输出驱动信号使 KARL14 继电器断电或得电,使其触点断开或闭合,以控制四通换向阀对制冷剂的流向进行切换,实现制冷或制热功能的转换。

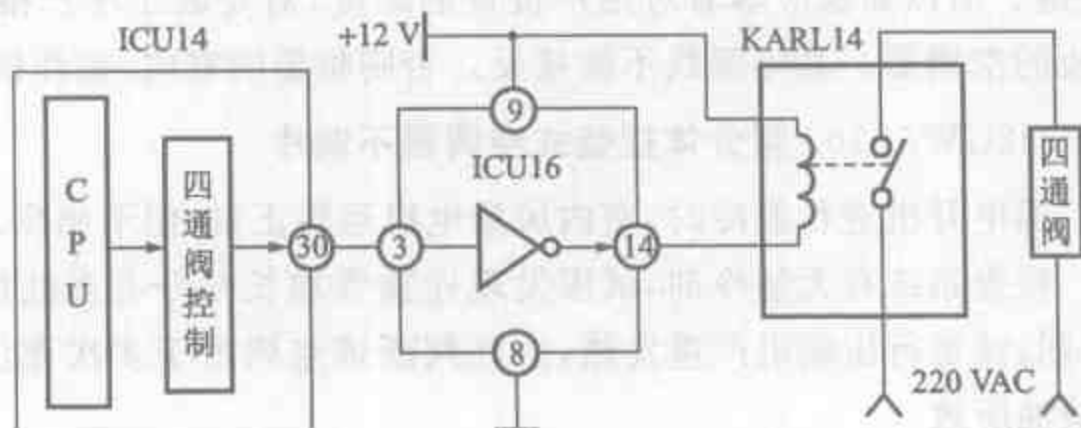


图 9.11 美的 KFR-75W/B(D)空调四通阀控制电路图

14. 美的 KFR-70LW 三匹(3P)柜式空调器开机约 10 min 后显示“待机”

(1)故障现象。据该机用户称,该空调器刚开机时能正常的制冷,但工作约 10min 以后,室内、室外机均自动停止工作,显示板一直显示“待机”。如重新开机,又可制冷,但故障又会重新出现。

(2)故障分析。从故障现象上看,类似于压力保护,可先由此入手检查相关部位。

(3)故障检修。通电开机后,用钳形表检测整机运转电流为 9 A 左右,明显低于正常的额定电流 13.5 A。

用压力表检测系统中的低压压力从静态平衡时压力 0.9 MPa 开始下降,一直下降到正常值(0.4~0.65 MPa)以下,当下降到 0.35 MPa 时,室外机停机,室内机显示“待机”。由此判断系统中的制冷剂不足。

给系统添加制冷剂至标准后,通电试机,整机工作一直正常,不再停机保护,故障排除。

由本例可以看出,空调系统中都设置有各种保护功能电路,当某一参数超过保护电路设置的数值时,整机就会自动停机保护。不过,空调因保护引起的故障,有的是真保护,有的却是假保护,但只要我们认真加以分析,区别对待,排除故障也并非难事。关键是要搞清、搞懂其工作原理,否则会无从下手、一筹莫展。建议在动手之前先考虑清楚后再进行,这样可少走弯路。

15. 格力 KFR-32GW/A101 型空调器室外风机停转,不制冷

(1)故障现象。新安装空调装好后试机时,发现室内风机运转正常,但室外风扇电机在开机瞬间动一下便停转,空调不能制冷。

(2)故障分析。现场试机时发现,室外压缩机刚开机一段时间运转正常,手摸供液管和回气管都凉,说明气路无问题。后因室外风扇电机不转,冷凝器由强制风冷变为自然冷却,冷凝温度太高,压缩机工作 5 min 左右保护停机。由此怀疑室内机电脑板有故障或安装工把线接错了。

(3)故障检修。本着先易后难的原则,先检查线路是否接错。该机室内、室外机连接有两条线路,一路是信号线,采用插接件方式,估计不会接错;另一条是三芯电源线,其中黄绿色为接地线,棕色为相线,蓝色为零线。

经对上述 3 根线的连接进行检查,发现室内机棕、蓝色线接反。改接正确后试机。故障立即被排除。

由本例可以看出,此故障为安装不当所致。由此可见,空调器的品牌、质量固然非常重要。但安装质量也很关键。所以商家应本着对用户负责的态度,对安装工序严格把关。此例也说明,室外机由控制板的空调器。其电源线不能接反。否则将影响室内、室外机的通信。

16. 格力 KFR-32GW/A103 型分体挂壁式空调器不制冷

(1)故障现象。通电开机进行制冷时,室内风扇电机运转正常,但不制冷。

(2)故障分析。检查系统有无制冷剂,试压发现连接管加长部分有多处沙眼,补焊后试压→抽真空→加制冷剂,试运行压缩机严重发热,由此判断该空调由于多次充注氟利昂,致使压缩机润滑油泄漏、缺油所致。

(3)故障检修。排空制冷剂,补充加注 2.5 L 润滑剂→抽真空→加注定量制冷剂。确认无误后试运行 3 h 左右一直正常,故障排除。

17. 格力 KFR-70LW/B(7050L 型)柜式空调器制热时自动进入制冷

(1)故障现象。据用户称,该空调夏天制冷运行一直正常,但到了冬季制热时,空调会自动进入制冷状态。

(2)故障分析。为了迅速确定故障的原因,先对空调的工况进行检查,经测量室外温度为 $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$,室内温度为 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。接通电源开机,室外机压缩机、风扇电机均进入运行状态,稍后辅助电加热器被接通,室内风扇电机的出风口温度尚可。

当室内风扇电机送风不到 10 min ,室内电加热器、室外机四通电磁阀和风扇电机同时断电,室内风扇电机送冷风稍后也停转。压缩机继续运行约 8 min 后,空调又进入制冷运行状态。但送风不到 10 min ,又重复上述程序,室内温度始终得不到升高。

根据上述观察的结果,结合该空调的工作原理来分析,初步判断故障可能是自动化霜电路频繁工作引起的。

空调的自动化霜功能的作用是室外热交换器表面结霜、换热效果变差时启动工作,进行除霜工作,使空调恢复制热功能。其工作过程为:

当设在室内热交换器表面上的热敏电阻所监测到的温度,低于化霜点温度 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,热敏电阻将温度变化转化为电阻值的变化,然后与分压电阻将 2 V 电压分压送到化霜电路板上,经该电路板上的有关电路进行比较、判断后,执行除霜工作程序,室内、室外风扇电机均停转,四通电磁阀断电复位,如有辅助电加热系统也同时断电,这时室内机热交换器作为蒸发器,室外热交换器作为冷凝器而散热,使其表面所结的霜层融化,达到化霜的目的。

该空调制热运行时间短,且观察外机热交换器表面并未结霜,由此说明问题可能出在化霜控制电路上,应重点先对该电路进行检查。

(3)故障检修。

判断故障的大概部位:打开室外机外壳,检查化霜感温热敏电阻及化霜电路。经检测热敏电阻的阻值从开机制热时的 $10\text{ k}\Omega$ 起,随着室外机感温点温度的降低,阻值逐渐增大(热敏电阻为负温度系数方式),直至四通电磁阀断电时阻值增加到 $25\text{ k}\Omega$ (为防止误判又做了一次检测)。在空调制热运行中,按下化霜热敏电阻接线插头(相当于热敏电阻值变为 ∞),空调马上进入化霜工作程序。

根据上述检查的结果来看,初步判断自动化霜功能良好,故障是由其他原因引起的。

经仔细观察,化霜热敏电阻安装在室外热交换器进气管侧处,此处温度偏低,相应的蒸发压力也必然会降低,而蒸发器进气口蒸发压力过低有可能是制冷剂不足引起的。而导致制冷剂不足很可能是制冷系统有泄漏处,应进一步对此进行检查。

查找故障部位:经过对空调器的管路进行检测,结果发现室内机热交换器上端的管路有漏痕点。经焊接处理,加 R22 制冷剂后,空调运行正常,故障排除。

由本例的故障分析与处理可以看出,本例故障主要是制冷系统有泄漏点,致使制冷系统中的制冷剂不足 \rightarrow 蒸发器进气口蒸发压力过低 \rightarrow 化霜热敏电阻值变大,造成化霜电路工作。待化霜程序结束,空调制热运行后,由于制冷剂的缺少,在很短的时间内会使室外机蒸发温度又变得较低,从而又引起化霜程序工作。就这样,室内温度总得不到提高。此时用复合压力双表测得的回气管压力为 0.35 MPa 。由于格力 70 柜机的制冷循环管路不同于春兰、奥克斯柜机,格力柜机的毛细管设在室内机,并且外机还设有辅助毛细管。如图 9.12 所示, 0.35 MPa 的压

力是不够的,再经辅助毛细管降压,压力就降得更低了,相对蒸发压力也就降低,蒸发器温度也就降低,造成空调化霜程序开始。待化霜结束,制热运行后,室外机蒸发温度又变低,又引起化霜程序开始,从而导致上述故障。

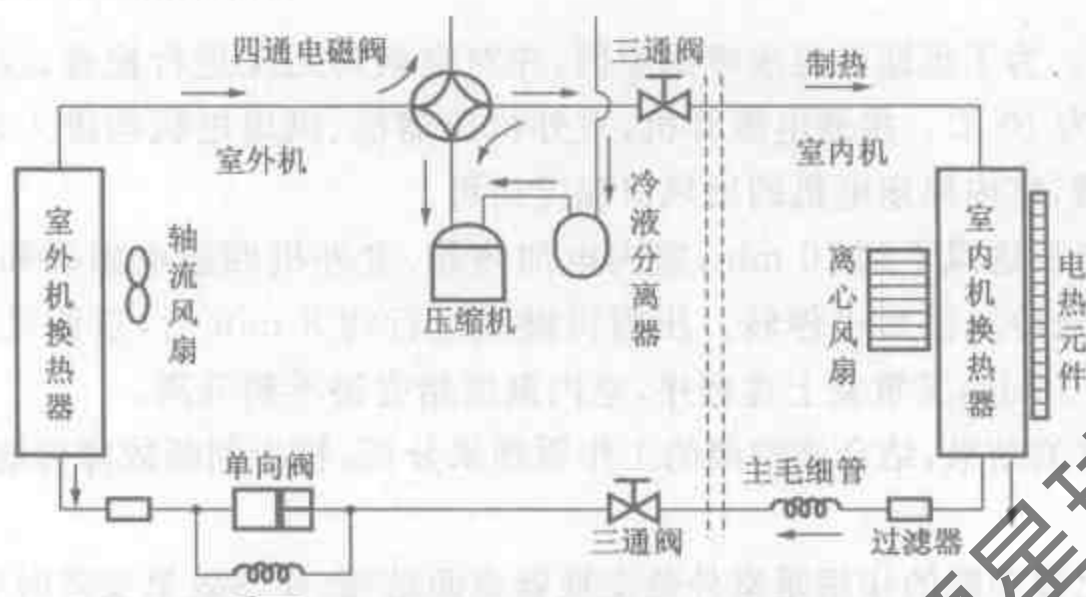


图 9.12 格力 KFR-70LW/B 空调热泵制热循环示意图

18. LGLP-2055HT 型空调器制热时忽工作(热)忽停机

(1)故障现象。通电开机进行制热时,整机出现忽工作(热)忽停止现象。

(2)故障分析。上门对空调进行仔细地观察,发现空调开机时工作正常,在空调刚吹热后即停,过一会儿又吹热风,刚吹又停,如此循环往复。根据这一现象,判断室外机工作应基本正常,故障可能出在控制系统电路中,而控制电路包括微电脑板及温度检测探头。

据询问用户得知,在冬季使用空调之前,曾对该空调搞过卫生。依据这一情况,确定先对该空调的外部设备及元件进行检查,以排除人为故障的可能性。

(3)故障检修。经对空调进行直观检查,结果发现,用户在打扫卫生时误将探头 RT1 直接插在蒸发器的翅片上,由图 9.13(a)变成了如图 9.13(b)所示的安装方式。

将上述插错的温度探头 RT1 按图 9.13(a)重新插正确后通电开机试运行制热工作,整机工作一直正常,故障排除。

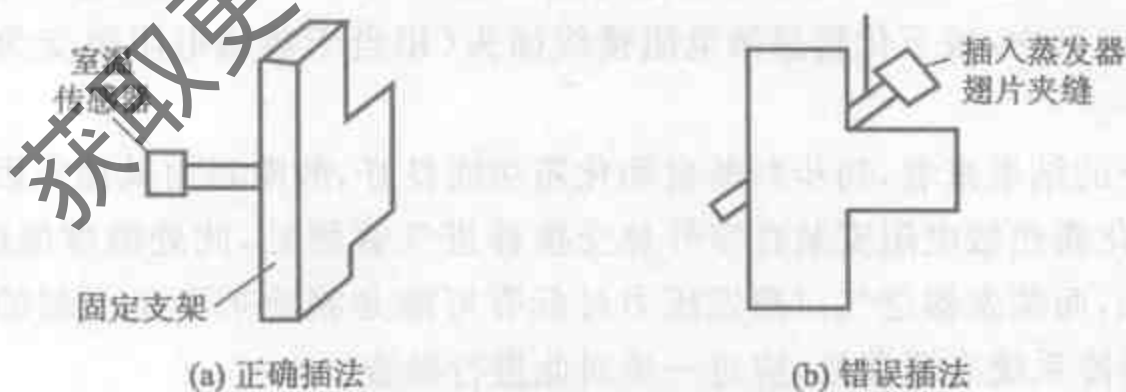


图 9.13 热敏电阻位置示意图

由本例可以看出,室温探头 RT1 测得的是室内温度(或称吸气温度),由于被用户误插在蒸发器翅片上,误将管温作为室温提供给微电脑,因此管温的急剧变化而使微电脑迅速运作,使空调忽热忽停,出现了上述故障。

19. LG-A2050HT 型柜式空调器制冷、制热均失效

(1)故障现象。通电开机后整机无反应,制冷、制热功能均失效。

(2)故障分析。整机无反应,制冷、制热功能均失效,说明空调器可能未工作,经开机检查风扇电机和压缩机均不运转也说明了这一点,估计问题出在主控微处理器的电源供电电路上,

应先由此入手查起,相关电路如图 9.14 所示。

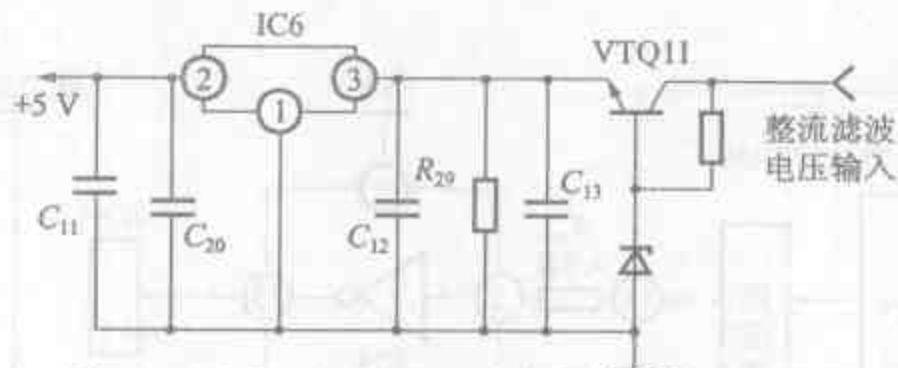


图 9.14 LG-A2050HT 型空调电源供电电路图

(3)故障检修。

判断故障的大概部位:

检查进入主机板上的交流市电电压基本正常。

测量调整管 VTQ11 管发射极输出的 +12 V 电压基本正常,但测 IC6 脚 2 输出的电压为 0 V(正常值应为 5 V),说明问题出在 5 V 供电电路上。

查找故障元件:

对 IC6 输出端的外接元件 C_{11} 、 C_{20} 进行检查,未发现有损坏现象。

换一只新的 CW7805 三端稳压集成电路代换 IC6 后,5 V 电压恢复正常,故障排除。

由该机的原理可知,主电路板的供电为 12 V 及 5 V 两种,分别由稳压电路 VTQ11 及 IC6 稳压后提供,其中 +12 V 供驱动器 IC2、IC4、IC10 及继电器供电,+5 V 供微处理器 IC1 工作。当 IC6 损坏无 +5 V 供电时,必然会导致整机不工作。

20. 志高 ZG388 型空调器室外风机不转

(1)故障现象。通电开机后,室外机风扇电机不转。

(2)故障分析。仅是室外机风扇电机不转,故障出在如图 9.15 所示的电路中,应重点先对该电路进行检查。

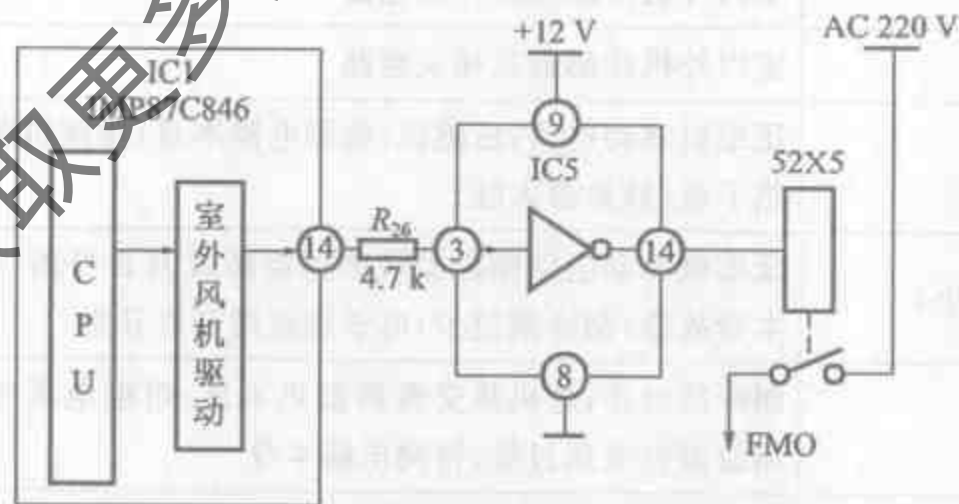


图 9.15 志高 ZG388 空调室外风扇驱动电路图

(3)故障检修。当室外风扇电机正常工作时,IC1 的 14 脚应为高电平,对应的 IC5 的 14 脚应为低电平,如果电压正常,则重点检查继电器 52X5。

本例经检查 IC1 的 14 脚,IC5 的 14 脚电平均正常,最后查出 52X5 继电器触点接触不良。换一只同规格新的继电器装上后,故障排除。

21. 志高 ZG388 型空调器制热吹出的仍是冷风

(1)故障现象。冬季制热时,吹出的仍然是冷风。

(2)故障分析。这种故障多发生在四通换向阀及其驱动控制电路中,相关电路如图 9.16 所示。

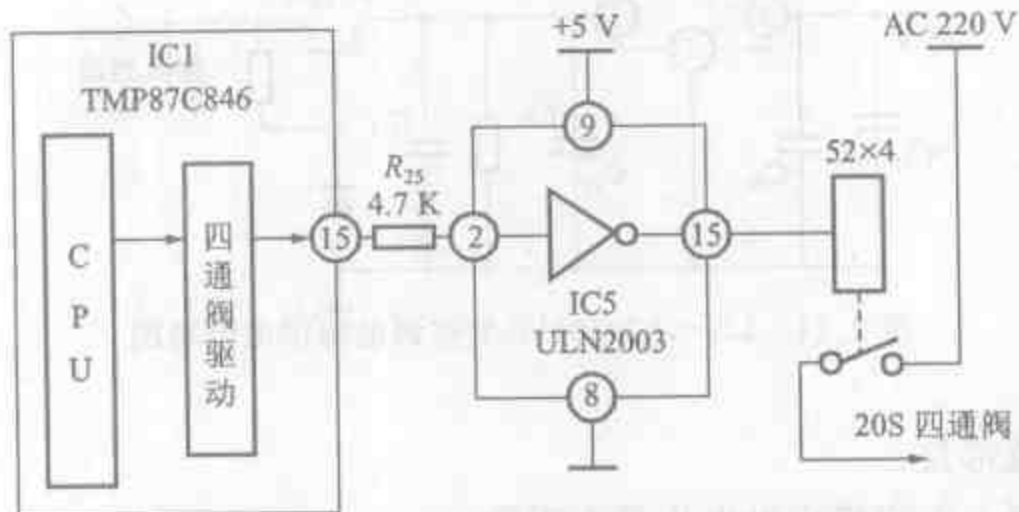


图 9.16 志高 ZG388 空调四通阀驱动电路图

(3)故障检修。检查电磁换向阀,无换向声音。在换向时,IC1 的 15 脚应为高电平,对应 IC5 的 15 脚应为低电平。若换向电压正常,应重点检查继电器 52X4。继电器正常时,则应更换电磁阀。

本例经检查发现四通电磁阀本身损坏。换新的配件后,制热恢复正常,故障排除。

三、微电脑控制器故障代码及其检修方法

目前,大多数新型空调器均采用微电脑控制,具有较完善的故障自我诊断功能,从而给故障的分析与处理带来了极大的方便。表 9.6 所示为微电脑控制的空调器常见的故障代码内容及检修方法。

表 9.6 常见故障代码内容及检修方法

代码内容	检查的部位
室内外传感器短路	室内外机传感器及相关电路
室内外传感器断路	室内外机传感器及相关电路
DC 峰值过电流	压缩机驱动电路;压缩机;检测电路本身;压缩机驱动电路的输出模块散热不良(散热器太脏)
AC 电流异常(一般为偏小)	压缩机驱动电路输出模块的保险断或其自身断;CT 断线或其检测电路本身故障;制冷剂过少;电子膨胀阀开启异常
AC 过电流	制冷剂过多;外机热交换器散热不良;市电电压过低;压缩机;主电源电路故障性电压过低;检测电路本身
压缩机(或其排气)高温异常	制冷剂过少;传感器;压缩机;管路系统堵塞;外机热交换器散热不良
通信异常	外机主副电源电路;通信电路;外机单片机;接线错误;市电有强干扰源(软性故障)

1. 故障代码显示机理

空调器故障代码的显示机理较为简单:由微电脑通过检测机器工作状态的电路对整机的各部分电路进行检测,一旦检测到不正常状态,微电脑即自动执行保护程序,同时将检测到的不正常状态的原因,用代码的形式通过 LCD 显示屏或 LED 的亮灭或闪烁显示出来。

因此,当微电脑控制的空调器发生故障时,应首先查看故障显示代码,并根据代码显示内容检查相应的部位,这样可以有的放矢,少走弯路。

2. 故障代码内容

微电脑空调器故障代码的显示,通常是在整机保护的同时显示故障代码的。空调器的停机保护通常有锁定保护和非锁定保护两种方式。

(1)锁定保护。锁定保护是空调运行过程中的一种停机保护。这种停机保护虽然能够自动恢复,但这种恢复如在一定时间内(10~40 min)内连续出现2~4次后,空调将锁定保护,无法实现自动恢复,而只能通过重新开机或断电方可重新启动。

锁定保护的内容主要有:各种温度传感器及部分机型的过欠压保护、电流过流、风扇电机异常、室内外热交换器过冷过热、室内机温度熔断器熔断、AC电源电压异常、室内外机E²PROM异常和压缩机堵转等。

(2)非锁定保护。非锁定保护是空调运行过程中的另一种停机保护,这种保护可以无限次的自动恢复,一般是先降低运行频率,运转一段时间后如果工况继续恶化再停机,当其工况恢复后又重新启动。这种状态时不一定显示保护内容。非锁定保护的内容较锁定保护的内容明显要少,主要为各种温度传感器及部分机型的过欠压保护等,部分机型还会转为锁定保护。

3. 依据故障代码检修故障的程序

对上述具有故障自动诊断功能的空调器故障检修程序如下:

首先根据要求调出故障代码或指示灯的工作状态→查出代码或指示灯(亮、灭或闪烁)的含义→根据得到的显示含义检查相应的部位→查出故障元件→排除故障。

附录4列举了目前国内外几种知名品牌空调器的故障代码及检修方法。

小结

本章详细地介绍了房间空调器的故障检测和分析的办法,并通过大量的故障检修实例介绍了空调器故障的检修方法。考虑到目前大多数新型空调器均采用微电脑控制方式,一般均具有较完善的故障自我诊断功能,因此本章最后介绍了房间空调器的故障自诊断功能,并在附录中给出了部分常见品牌空调器的故障自诊断代码,便于读者对这类空调器进行检修。

实训项目

实训项目一:分体空调器室内风扇电动机故障维修

实训目的:掌握分体式空调器室内风扇电动机的结构和故障检查判断方法。

实训设备及工具:分体挂壁式空调器、组合工具、万用表、电烙铁、新电容器、导线等。

实训项目二：窗式空调器更换压缩机

实训目的：掌握窗式空调器压缩机拆卸和安装过程中各种工具的正确使用方法；掌握空调器运转时充氟压力和运转电流的测量方法；通过观察分析换热器的工作状态，测量送风温度和回风温度，对该空调器的制冷效果做出正确的判断。

实训设备及工具：窗式空调器、同型号新压缩机、气焊设备及材料、制冷剂钢瓶、扩管器、三通阀、专用软管、弯管器、封口钳、扳手、组合工具、钳形电流表、湿度计等。

实训项目三：四通电磁换向阀的更换

实训目的：掌握四通电磁换向阀故障的检查方法；掌握四通阀的拆卸和安装方法。

实训设备及工具：热泵型空调器、新四通电磁换向阀、气焊设备及材料、制冷剂钢瓶、扩管器、割刀、修理表阀、专用扳手、氮气钢瓶、专用软管、弯管器、组合工具、钳形电流表等。



1. 房间空调器常见的故障有哪些？
2. 房间空调器故障判断的常见方法有哪些？
3. 房间空调器故障的电参数检查方法有哪些？如何检查？
4. 房间空调器全封闭式压缩机的常见故障有哪些？
5. 热泵型空调器的故障率比单冷型空调器要高的主要原因有哪些方面？
6. 阐述四通换向阀的更换步骤。
7. 房间空调器空气循环系统的故障症状主要表现在哪些方面？
8. 房间空调器空气循环系统故障的常见检修方法有哪些？



附录

附录 1 湿空气的密度、水蒸气压力、含湿量和焓

空气温度 t ℃	干空气密度 ρ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	饱和空气密度 ρ_h $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	饱和空气的水蒸气分压力 $p_{q, h}$ $\times 10^2 \text{ Pa}$	饱和空气含湿量 d_h $\text{g} \cdot \text{kg}_{\text{da}}^{-1}$	饱和空气焓 h_h $\text{kJ} \cdot \text{kg}_{\text{da}}^{-1}$
2	1.284	1.281	7.04	4.7	12.89
3	1.279	1.275	7.57	4.9	14.74
4	1.275	1.271	8.11	5.1	16.58
5	1.270	1.266	8.70	5.40	18.51
6	1.265	1.261	9.32	5.79	20.51
7	1.261	1.256	9.99	6.21	22.61
8	1.256	1.251	10.70	6.65	24.70
9	1.252	1.247	11.46	7.13	26.92
10	1.248	1.242	12.25	7.63	29.18
11	1.243	1.237	13.09	8.15	31.52
12	1.239	1.232	13.99	8.75	34.08
13	1.235	1.227	14.94	9.35	36.59
14	1.230	1.223	15.95	9.97	39.19
15	1.226	1.218	17.01	10.6	41.78
16	1.222	1.214	18.13	11.4	44.80
17	1.217	1.208	19.32	12.1	47.73
18	1.213	1.204	20.59	12.9	50.66
19	1.209	1.200	21.92	13.8	54.01
20	1.205	1.195	23.31	14.7	57.78
21	1.201	1.190	24.80	15.6	61.13
22	1.197	1.185	26.37	16.6	64.06
23	1.193	1.181	28.02	17.7	67.83
24	1.189	1.176	29.77	18.8	72.01
25	1.185	1.171	31.60	20.0	75.78

续表

空气温度 t ℃	干空气密度 ρ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	饱和空气密度 ρ_b $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	饱和空气的水蒸气分压力 $\frac{p_{q,h}}{\times 10^2 \text{ Pa}}$	饱和空气含湿量 $\frac{d_b}{\text{g} \cdot \text{kg}_{\text{da}}^{-1}}$	饱和空气焓 h_b $\text{kJ} \cdot \text{kg}_{\text{da}}^{-1}$
26	1.181	1.166	33.53	21.4	80.39
27	1.177	1.161	35.56	22.6	84.57
28	1.173	1.156	27.31	24.0	89.18
29	1.169	1.151	39.95	25.6	94.20
30	1.165	1.146	42.32	27.2	99.65
31	1.161	1.141	44.82	28.8	104.67
32	1.157	1.136	47.43	30.6	110.11
33	1.154	1.131	50.18	32.5	115.97
34	1.150	1.126	53.07	34.4	122.25
35	1.146	1.121	56.10	36.6	128.95
36	1.142	1.116	59.26	38.8	135.65
37	1.139	1.111	62.60	41.1	142.35
38	1.135	1.107	66.09	43.5	149.47
39	1.132	1.102	69.75	46.0	157.42
40	1.128	1.097	73.58	48.8	165.80
41	1.124	1.091	77.59	51.7	174.17
42	1.121	1.086	81.80	51.4	182.96
43	1.117	1.081	86.18	58.0	192.17
44	1.114	1.076	90.79	61.3	202.22
45	1.110	1.070	95.60	65.0	212.69
46	1.107	1.065	100.61	65.9	223.57
47	1.103	1.054	105.87	72.8	235.30
48	1.100	1.054	111.33	77.0	247.02
49	1.096	1.048	117.07	81.5	260.00
50	1.093	1.043	123.04	86.2	273.40
55	1.076	1.013	156.94	114	352.11
60	1.060	0.981	198.70	152	456.36
65	1.044	0.946	249.38	204	598.71
70	1.029	0.909	310.82	276	795.50
75	1.014	0.868	384.50	382	1080.19
80	1.000	0.823	472.28	545	1519.81

微信搜索蓝领星球

获取更多资料

续表

空气温度 t ℃	干空气密度 ρ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	饱和空气密度 ρ_s $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	饱和空气的水蒸气分压力	饱和空气含湿量	饱和空气焓 h_s
			p_{q-h} $\times 10^3 \text{ Pa}$	d_s $\text{g} \cdot \text{kg}_{\text{da}}^{-1}$	$\text{kJ} \cdot \text{kg}_{\text{da}}^{-1}$
85	0.986	0.773	576.69	828	2 281.81
90	0.959	0.656	843.09	3 120	8 436.40
95	0.973	0.718	699.31	1 400	3 818.36
100	0.947	0.589	1 013.00	—	—

附录 2 R134a 制冷剂的热力性质表

温度 t ℃	绝对压力 p kPa	比容		比焓		汽化热 r $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	比例	
		液体 V' $\text{dm}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$	蒸气 V'' $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$	液体 h' $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	蒸气 h'' $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$		液体 s' $(\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}$	蒸气 s'' $\text{kJ} \cdot (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}$
-60	16.317	0.678 73	1.050 20	127.283	360.230	232.947	0.701 39	1.794 27
-59	17.386	0.679 99	0.989 61	128.380	360.852	232.482	0.706 52	1.792 12
-58	18.513	0.681 25	0.933 11	129.481	361.474	232.013	0.711 65	1.790 02
-57	19.700	0.682 53	0.880 38	130.586	362.127	231.540	0.715 77	1.782 97
-56	20.949	0.683 82	0.831 14	131.691	362.759	231.064	0.721 88	1.785 96
-55	22.263	0.685 11	0.785 12	132.808	363.392	230.583	0.726 99	1.783 99
-54	23.545	0.685 41	0.742 09	133.925	364.024	230.099	0.732 10	1.782 06
-53	25.097	0.687 71	0.701 83	135.046	364.657	229.511	0.737 20	1.780 17
-52	26.621	0.689 03	0.664 13	136.171	365.290	229.118	0.742 29	1.778 32
-51	28.221	0.690 35	0.628 81	137.300	365.922	228.622	0.747 38	1.776 51
-50	29.899	0.691 68	0.595 70	138.433	366.565	228.121	0.752 46	1.774 74
-49	31.658	0.693 02	0.564 65	139.570	367.187	227.517	0.757 54	1.773 01
-48	33.501	0.694 37	0.535 50	140.711	367.819	227.108	0.762 61	1.771 31
-47	35.431	0.695 78	0.508 12	141.856	368.451	226.595	0.767 68	1.769 65
-46	37.451	0.697 10	0.482 39	143.005	369.083	226.078	0.772 74	1.768 02
-45	39.564	0.698 47	0.458 21	144.158	369.714	225.557	0.777 80	1.766 43
-44	41.774	0.699 85	0.435 45	145.314	370.345	225.031	0.782 85	1.764 88
-43	44.083	0.701 25	0.414 03	146.475	370.976	224.501	0.787 90	1.763 35
-42	46.495	0.702 65	0.393 86	147.640	371.606	223.967	0.792 94	1.762 86
-41	49.013	0.704 06	0.374 85	148.808	372.236	223.428	0.797 98	1.760 41
-40	51.641	0.705 48	0.356 92	149.981	372.865	222.885	0.803 01	1.758 98
-39	54.382	0.706 91	0.340 01	151.157	373.494	222.337	0.808 04	1.757 59

续表

温度 t ℃	绝对压力 p kPa	比容		比焓		汽化热 r $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	比例	
		液体 V' $\text{dm}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$	蒸气 V'' $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$	液体 h' $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	蒸气 h'' $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$		液体 s' $\text{kJ} \cdot (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}$	蒸气 s'' $\text{kJ} \cdot (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}$
-38	57.289	0.708 35	0.334 05	152.338	374.122	221.785	0.813 06	1.756 22
-37	60.217	0.709 80	0.308 98	153.522	374.750	221.228	0.818 08	1.754 89
-36	63.318	0.711 26	0.294 76	164.710	375.377	220.667	0.823 09	1.753 58
-35	66.547	0.712 73	0.281 29	155.902	376.003	220.101	0.828 09	1.752 31
-34	69.907	0.714 21	0.268 56	157.098	376.629	219.531	0.833 09	1.751 06
-33	73.403	0.715 70	0.256 51	158.298	377.253	218.956	0.838 09	1.749 84
-32	77.037	0.717 21	0.245 11	159.501	377.877	218.376	0.843 08	1.748 64
-31	80.816	0.718 72	0.234 32	160.709	378.501	217.792	0.848 07	1.747 48
-30	84.739	0.720 24	0.224 08	161.920	379.123	217.203	0.853 05	1.746 33
-29	88.815	0.721 76	0.214 38	163.135	379.944	216.609	0.858 02	1.745 22
-28	93.045	0.723 32	0.205 18	164.354	380.755	216.010	0.862 99	1.744 13
-27	97.485	0.724 88	0.196 46	165.677	381.558	215.407	0.867 96	1.743 06
-26	101.99	0.726 45	0.188 17	166.301	382.363	214.799	0.872 92	1.742 02
-25	106.71	0.728 03	0.180 30	168.014	382.220	214.186	0.877 87	1.741 00
-24	111.60	0.729 65	0.172 82	170.268	382.837	213.568	0.882 83	1.240 01
-23	116.67	0.731 23	0.165 77	170.506	383.452	212.946	0.887 75	1.739 04
-22	121.92	0.733 85	0.158 97	171.748	384.066	212.318	0.892 70	1.738 09
-21	127.36	0.734 48	0.152 53	172.993	384.679	211.685	0.892 64	1.737 16
-20	132.99	0.736 12	0.146 41	174.242	385.290	211.048	0.902 55	1.736 25
-19	138.81	0.737 78	0.140 59	175.495	385.901	210.405	0.907 49	1.735 37
-18	144.83	0.739 45	0.135 04	176.752	386.510	209.758	0.912 40	1.734 50
-17	151.05	0.741 14	0.129 26	178.012	387.118	209.106	0.917 31	1.733 66
-16	157.48	0.742 83	0.124 72	179.276	387.724	208.448	0.922 22	1.732 83
-15	164.13	0.744 54	0.119 91	180.544	388.329	207.786	0.927 12	1.732 03
-14	170.99	0.746 27	0.115 33	181.815	388.933	207.118	0.932 02	1.731 24
-13	178.08	0.248 01	0.110 96	183.090	389.535	206.445	0.936 91	1.730 47
-12	185.40	0.749 77	0.106 78	184.369	390.136	205.767	0.941 79	1.729 72
-11	192.95	0.751 54	0.102 79	185.652	390.735	205.084	0.946 67	1.728 99
-10	200.73	0.753 32	0.098 985	185.938	391.333	204.395	0.951 55	1.728 27
-9	208.76	0.755 12	0.095 344	188.227	391.929	203.702	0.956 42	1.727 58

续表

温度 t °C	绝对压力 p kPa	比 容		比 焓		汽化热 r kJ·kg ⁻¹	比 例	
		液体 V' dm ³ ·kg ⁻¹	蒸气 V'' m ³ ·kg ⁻¹	液体 h' kJ·kg ⁻¹	蒸气 h'' kJ·kg ⁻¹		液体 s' kJ·(kg·K) ⁻¹	蒸气 s'' kJ·(kg·K) ⁻¹
-8	217.04	0.756 94	0.091 864	189.521	392.523	203.003	0.961 28	1.726 89
-7	225.57	0.758 77	0.088 535	190.818	393.116	202.298	0.966 14	1.726 23
-6	234.36	0.760 62	0.085 351	192.119	393.707	201.589	0.970 99	1.725 58
-5	243.41	0.762 49	0.082 303	193.423	394.296	200.873	0.975 84	1.724 95
-4	252.73	0.764 37	0.079 385	194.731	394.884	200.153	0.980 68	1.724 33
-3	262.33	0.766 27	0.076 591	196.043	395.470	199.427	0.985 54	1.723 73
-2	272.21	0.768 19	0.073 915	197.358	396.054	198.695	0.990 35	1.723 14
-1	282.37	0.770 13	0.071 350	198.677	396.636	197.958	0.995 18	1.722 56
0	292.82	0.772 08	0.068 891	200.000	397.216	197.216	1.000 00	1.722 00
1	303.57	0.774 06	0.066 533	201.326	397.795	196.467	1.004 82	1.721 46
2	314.62	0.776 05	0.064 272	202.656	398.370	195.713	1.009 63	1.720 92
3	325.98	0.778 05	0.062 102	203.990	398.944	194.953	1.014 44	1.720 40
4	337.65	0.780 09	0.060 019	205.326	399.515	194.188	1.019 24	1.719 90
5	349.63	0.782 15	0.058 019	206.666	400.085	193.416	1.024 03	1.719 40
6	361.95	0.784 22	0.056 099	208.014	400.653	192.639	1.028 83	1.718 92
7	374.59	0.786 32	0.054 255	209.363	401.218	191.855	1.033 61	1.718 44
8	387.56	0.788 43	0.052 471	210.715	401.781	191.066	1.038 40	1.717 98
9	400.88	0.790 55	0.050 777	212.071	402.342	190.271	1.043 77	1.717 53
10	414.55	0.792 73	0.049 138	213.431	402.900	189.469	1.047 95	1.717 09
11	428.57	0.794 92	0.047 562	214.795	403.456	188.661	1.052 72	1.716 66
12	442.94	0.797 13	0.046 046	216.163	404.009	187.847	1.057 48	1.716 24
13	457.68	0.799 36	0.044 587	217.534	404.560	187.026	1.062 24	1.715 84
14	472.80	0.801 62	0.043 183	218.910	405.109	186.199	1.067 00	1.715 43
15	488.29	0.803 90	0.041 830	220.289	405.654	185.365	1.071 75	1.715 04
16	504.16	0.806 21	0.040 528	221.672	406.197	184.525	1.076 50	1.714 65
17	520.42	0.808 55	0.039 273	223.060	406.738	183.678	1.081 24	1.714 29
18	537.08	0.810 91	0.038 064	224.451	407.275	182.824	1.085 98	1.713 92
19	554.14	0.813 30	0.036 898	225.846	407.810	181.963	1.090 72	1.713 56
20	571.60	0.815 72	0.035 775	227.246	408.341	181.096	1.095 45	1.713 21
21	589.48	0.818 17	0.034 691	228.649	408.870	180.221	1.100 18	1.712 86

续表

温度 t °C	绝对压力 p kPa	比容		比焓		汽化热 r kJ·kg ⁻¹	比例	
		液体 V' dm ³ ·kg ⁻¹	蒸气 V'' m ³ ·kg ⁻¹	液体 h' kJ·kg ⁻¹	蒸气 h'' kJ·kg ⁻¹		液体 s' kJ·(kg·K) ⁻¹	蒸气 s'' kJ·(kg·K) ⁻¹
22	607.78	0.820 65	0.033 645	230.057	409.395	179.338	1.104 91	1.712 52
23	626.50	0.823 16	0.032 637	231.469	409.917	178.449	1.109 63	1.712 18
24	645.66	0.825 70	0.031 663	232.885	410.436	177.552	1.114 35	1.711 87
25	665.26	0.828 27	0.030 723	234.305	410.952	176.647	1.119 07	1.711 55
26	685.30	0.830 88	0.029 816	235.730	411.464	175.735	1.123 78	1.711 23
27	705.80	0.833 52	0.028 939	237.159	411.973	174.814	1.128 54	1.710 92
28	726.75	0.836 20	0.028 092	238.593	412.479	173.886	1.133 21	1.710 61
29	748.17	0.838 91	0.027 274	240.031	412.980	172.949	1.137 91	1.710 31
30	770.06	0.841 66	0.026 483	241.474	413.478	172.014	1.142 62	1.710 01
31	792.43	0.844 45	0.025 718	242.921	413.972	171.081	1.147 33	1.709 72
32	815.28	0.847 27	0.024 978	244.373	414.470	170.189	1.152 03	1.709 42
33	838.63	0.850 14	0.024 263	246.830	414.973	169.118	1.156 73	1.709 13
34	862.47	0.853 05	0.023 517	247.299	415.430	168.138	1.161 43	1.708 84
35	886.82	0.856 00	0.022 901	248.759	415.907	167.148	1.166 13	1.708 56
36	911.68	0.858 99	0.022 252	250.231	416.380	166.149	1.170 83	1.708 27
37	937.07	0.862 03	0.021 575	251.708	416.849	165.141	1.175 53	1.707 99
38	962.98	0.865 12	0.020 901	253.190	417.313	164.122	1.180 23	1.707 70
39	989.42	0.868 25	0.020 428	254.678	417.772	163.094	1.184 93	1.707 42
40	1 016.4	0.871 44	0.019 857	256.171	418.226	162.054	1.189 63	1.707 13
41	1 043.9	0.874 67	0.019 304	257.670	418.675	161.005	1.194 33	1.706 84
42	1 072.0	0.877 96	0.018 769	259.174	419.118	159.944	1.199 04	1.706 55
43	1 100.7	0.881 31	0.018 249	260.684	419.557	158.872	1.203 74	1.706 26
44	1 129.9	0.884 71	0.017 745	262.200	419.989	157.789	1.208 45	1.705 97
45	1 159.7	0.888 17	0.0172 56	263.723	420.416	156.693	1.213 16	1.705 67
46	1 190.1	0.891 69	0.016 782	265.251	420.837	155.586	1.217 87	1.705 37
47	1 221.1	0.895 27	0.016 322	266.786	421.252	154.466	1.222 58	1.705 06
48	1 252.5	0.898 92	0.015 875	268.327	421.660	153.333	1.227 30	1.704 75
49	1 284.8	0.902 63	0.015 442	269.875	422.061	152.187	1.232 02	1.704 43
50	1 317.6	0.906 42	0.015 021	271.429	422.456	151.027	1.236 75	1.704 11
51	1 351.0	0.910 28	0.014 612	272.991	422.844	149.853	1.241 48	1.703 78

附录3 R22 制冷剂的热力性质表

温度 t °C	绝对压力 p kPa	比容		比焓		汽化热 r kJ·kg ⁻¹	比例	
		液体 V' dm ³ ·kg ⁻¹	蒸气 V'' m ³ ·kg ⁻¹	液体 h' kJ·kg ⁻¹	蒸气 h'' kJ·kg ⁻¹		液体 s' kJ·(kg·K) ⁻¹	蒸气 s'' kJ·(kg·K) ⁻¹
-100	2.075	0.636 62	8.008 1	96.042	359.526	263.484	0.531 72	2.053 33
-99	2.273	0.637 64	7.352 8	96.982	360.011	263.029	0.537 13	2.047 39
-98	2.486	0.638 66	6.758 9	97.924	360.496	262.572	0.542 52	2.041 56
-97	2.717	0.639 69	6.219 9	98.866	360.982	262.116	0.547 89	2.035 82
-96	2.965	0.640 73	5.730 1	99.809	361.469	261.660	0.553 28	2.030 18
-95	3.232	0.641 77	5.284 6	100.753	361.956	261.203	0.558 54	2.024 64
-94	3.520	0.642 82	4.878 9	101.699	362.444	260.745	0.563 83	2.019 19
-93	3.830	0.643 87	4.508 9	102.645	362.932	260.287	0.569 09	2.013 84
-92	4.162	0.644 93	4.171 3	103.502	363.421	259.829	0.574 38	2.008 58
-91	4.518	0.645 99	3.862 8	104.540	363.910	259.370	0.579 55	2.003 40
-90	4.899	0.647 06	3.580 7	105.490	364.399	258.910	0.584 75	1.998 31
-89	5.308	0.648 13	3.322 3	106.441	364.890	258.449	0.589 93	1.993 31
-88	5.745	0.649 21	3.085 5	107.393	365.380	257.987	0.595 08	1.988 39
-87	6.212	0.650 30	2.868 2	108.346	365.871	257.525	0.600 22	1.983 56
-86	6.710	0.651 39	2.668 7	109.301	366.362	257.061	0.606 33	1.978 80
-85	7.242	0.652 49	2.488 2	110.258	366.854	256.596	0.610 42	1.974 13
-84	7.809	0.653 59	2.316 1	111.215	367.345	256.130	0.61550	1.969 53
-83	8.412	0.654 70	2.1609	112.175	367.837	255.662	0.62055	1.965 01
-82	9.054	0.655 81	2.0176	113.136	368.329	255.193	0.62559	1.960 56
-81	9.736	0.656 92	1.885 3	114.098	368.821	254.723	0.530 61	1.956 18
-80	10.461	0.658 07	1.763 2	115.063	369.314	254.251	0.635 51	1.95 188
-79	11.231	0.659 20	1.650 3	116.029	369.806	253.777	0.640 60	1.947 65
-78	12.047	0.660 34	1.545 8	116.996	370.298	253.302	0.645 57	1.943 48
-77	12.911	0.661 49	1.449 1	117.966	370.790	252.824	0.650 52	1.939 38
-76	13.827	0.662 55	1.359 4	118.937	371.283	252.346	0.655 46	1.935 35
-75	14.796	0.663 81	1.276 3	119.911	371.775	251.864	0.660 38	1.931 39
-74	15.820	0.664 98	1.199 1	120.886	372.267	251.381	0.665 28	1.927 48
-73	16.903	0.666 15	1.127 4	121.863	372.759	250.896	0.670 17	1.923 64
-72	18.045	0.667 33	1.060 7	122.842	373.250	250.408	0.675 05	1.919 86
-71	19.252	0.668 52	0.998 70	123.824	373.741	249.917	0.679 91	1.916 14
-70	20.524	0.669 72	0.940 94	124.807	374.232	249.425	0.684 76	1.912 48
-69	21.865	0.670 92	0.887 12	125.792	374.723	248.931	0.689 60	1.908 88

续表

温度 t °C	绝对压力 p kPa	比 容		比 焓		汽化热 r $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	比 例	
		液体 V' $\text{dm}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$	蒸气 V'' $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$	液体 h' $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	蒸气 h'' $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$		液体 s' $\text{kJ} \cdot (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}$	蒸气 s'' $\text{kJ} \cdot (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}$
-68	23.276	0.672 13	0.836 93	126.780	375.213	248.433	0.694 42	1.905 33
-67	24.762	0.673 35	0.790 09	127.770	375.703	247.933	0.699 22	1.901 84
-66	26.324	0.674 57	0.746 35	128.762	376.192	247.430	0.704 02	1.898 41
-65	27.966	0.675 81	0.705 47	129.756	376.681	246.925	0.708 80	1.895 02
-64	29.691	0.677 05	0.667 25	130.753	377.169	246.416	0.713 57	1.891 69
-63	31.502	0.678 29	0.631 47	131.752	377.657	245.906	0.718 33	1.888 41
-62	33.402	0.679 55	0.597 97	132.753	378.144	245.891	0.723 09	1.885 18
-61	35.394	0.580 81	0.566 58	133.756	378.630	244.874	0.727 81	1.882 00
-60	37.482	0.682 08	0.537 15	134.762	379.116	244.354	0.732 54	1.878 87
-59	39.669	0.683 36	0.509 54	135.771	379.601	243.830	0.737 25	1.875 79
-58	41.958	0.684 65	0.483 61	136.782	380.085	243.303	0.741 95	1.872 75
-57	44.353	0.685 95	0.459 25	137.795	380.568	242.773	0.746 64	1.869 75
-56	46.858	0.687 25	0.436 36	138.811	381.053	242.239	0.751 32	1.866 81
-55	49.475	0.688 55	0.414 83	139.829	381.538	241.703	0.755 99	1.863 90
-54	52.209	0.689 89	0.394 56	140.850	382.012	241.162	0.760 56	1.861 04
-53	55.064	0.691 22	0.375 48	141.877	382.491	240.618	0.765 30	1.858 22
-52	58.043	0.692 55	0.357 50	142.899	382.970	240.071	0.769 94	1.855 44
-51	61.150	0.693 90	0.340 55	143.927	383.447	239.520	0.774 57	1.852 71
-50	64.389	0.695 26	0.324 57	144.958	383.923	238.965	0.779 19	1.850 01
-49	67.764	0.696 63	0.309 47	145.992	384.398	238.405	0.783 80	1.847 35
-48	71.279	0.698 00	0.295 22	147.028	384.871	237.843	0.788 40	1.844 73
-47	74.938	0.699 39	0.281 75	148.067	385.344	237.277	0.793 00	1.842 15
-46	78.746	0.700 79	0.269 03	149.108	385.815	236.707	0.797 58	1.839 60
-45	82.706	0.702 19	0.256 99	150.152	386.285	236.133	0.802 15	1.837 09
-44	86.823	0.703 60	0.245 60	151.199	386.753	235.554	0.806 72	1.834 61
-43	91.102	0.705 02	0.234 82	152.249	387.220	234.971	0.811 27	1.832 17
-42	95.546	0.706 46	0.224 60	153.301	387.685	234.384	0.815 82	1.829 77
-41	100.16	0.707 90	0.214 92	154.356	388.149	233.793	0.820 36	1.827 39
-40	104.95	0.709 36	0.205 75	155.413	388.611	233.198	0.824 89	1.825 05
-39	109.92	0.710 82	0.197 04	156.474	389.072	232.598	0.829 42	1.822 74
-38	115.07	0.712 30	0.188 78	157.537	389.531	231.994	0.833 93	1.820 46
-37	120.41	0.713 79	0.180 93	158.602	389.989	231.387	0.838 44	1.818 22
-36	125.94	0.715 29	0.173 48	159.671	390.444	230.773	0.842 93	1.816 00
-35	131.68	0.716 80	0.166 40	160.742	390.898	230.155	0.847 42	1.813 81

续表

温度 t °C	绝对压力 p kPa	比 容		比 焓		汽化热 r kJ·kg ⁻¹	比 例	
		液体 V' dm ³ ·kg ⁻¹	蒸气 V'' m ³ ·kg ⁻¹	液体 h' kJ·kg ⁻¹	蒸气 h'' kJ·kg ⁻¹		液体 s' kJ·(kg·K) ⁻¹	蒸气 s'' kJ·(kg·K) ⁻¹
-34	137.61	0.718 32	0.159 67	161.816	391.350	229.534	0.851 91	1.811 65
-33	143.75	0.719 85	0.153 26	162.893	391.801	228.908	0.856 38	1.809 52
-32	150.11	0.721 39	0.147 17	163.972	392.249	228.277	0.860 85	1.807 42
-31	156.68	0.722 95	0.141 37	165.054	392.696	227.642	0.865 30	1.805 35
-30	163.48	0.724 52	0.135 84	166.139	393.140	227.001	0.869 76	1.803 30
-29	170.50	0.726 10	0.130 58	167.227	393.583	226.356	0.874 20	1.801 27
-28	177.76	0.727 69	0.125 56	168.317	394.023	225.705	0.878 63	1.799 28
-27	185.25	0.729 30	0.120 78	169.411	394.462	225.051	0.883 06	1.797 31
-26	192.99	0.730 92	0.116 21	170.507	394.898	224.391	0.887 48	1.795 36
-25	200.98	0.732 55	0.111 86	171.606	395.332	223.726	0.891 90	1.793 43
-24	209.22	0.734 20	0.107 70	172.707	395.764	223.057	0.896 30	1.791 53
-23	217.72	0.735 85	0.103 73	173.812	396.194	222.382	0.900 70	1.789 66
-22	226.48	0.737 53	0.099 936	174.919	396.622	221.702	0.905 09	1.787 80
-21	235.52	0.739 21	0.096 310	176.029	397.048	221.017	0.909 48	1.785 97
-20	244.83	0.740 91	0.092 643	177.141	397.469	220.327	0.913 85	1.784 16
-19	254.42	0.742 63	0.089 527	178.255	397.890	219.632	0.918 22	1.782 37
-18	264.29	0.744 36	0.086 354	179.376	398.308	218.932	0.922 59	1.780 60
-17	274.46	0.746 10	0.083 310	180.497	398.723	218.226	0.926 94	1.778 85
-16	284.93	0.747 86	0.080 400	181.621	399.136	217.515	0.931 29	1.777 12
-15	295.70	0.749 64	0.077 625	182.748	399.546	216.798	0.935 64	1.775 41
-14	306.78	0.751 43	0.074 957	183.878	399.954	216.076	0.939 97	1.773 72
-13	318.17	0.753 24	0.072 399	185.011	400.359	215.348	0.944 30	1.772 05
-12	329.89	0.755 06	0.069 947	186.147	400.761	214.614	0.948 62	1.770 40
-11	341.93	0.756 90	0.067 596	187.285	401.161	213.876	0.952 94	1.768 75
-10	354.30	0.758 76	0.065 339	188.426	401.558	213.132	0.957 25	1.767 14
-9	367.01	0.760 63	0.063 174	189.570	401.952	212.382	0.961 55	1.765 54
-8	380.06	0.762 53	0.061 095	190.718	402.343	211.625	0.965 85	1.763 95
-7	373.47	0.764 44	0.059 099	191.868	402.731	210.863	0.970 14	1.762 38
-6	407.23	0.766 37	0.057 181	193.020	403.117	210.097	0.974 42	1.760 83
-5	421.35	0.768 31	0.055 339	194.176	403.499	209.323	0.978 70	1.759 29
-4	435.84	0.770 28	0.053 568	195.335	403.878	208.543	0.982 97	1.757 76
-3	450.70	0.772 26	0.051 865	196.497	404.254	207.757	0.987 24	1.756 25
-2	465.94	0.774 27	0.050 227	197.662	404.254	207.757	0.991 50	1.754 76
-1	481.57	0.776 29	0.048 651	198.829	404.997	206.168	0.995 75	1.753 27

续表

温度 t °C	绝对压力 p kPa	比 容		比 焓		汽化热 r kJ·kg ⁻¹	比 例	
		液体 V' dm ³ ·kg ⁻¹	蒸气 V'' m ³ ·kg ⁻¹	液体 h' kJ·kg ⁻¹	蒸气 h'' kJ·kg ⁻¹		液体 s' kJ·(kg·K) ⁻¹	蒸气 s'' kJ·(kg·K) ⁻¹
0	497.59	0.778 34	0.047 135	200.000	405.364	205.364	1.000 00	1.751 80
1	514.01	0.780 41	0.045 675	201.174	405.727	204.553	1.004 24	1.750 35
2	530.83	0.782 49	0.044 270	202.351	406.087	203.736	1.008 48	1.748 90
3	548.06	0.784 60	0.042 916	203.530	406.443	202.913	1.012 71	1.747 47
4	565.71	0.786 73	0.041 612	204.713	406.796	202.083	1.016 94	1.746 05
5	583.78	0.788 89	0.040 355	205.899	407.145	201.246	1.021 16	1.744 64
6	602.88	0.791 07	0.039 144	207.089	407.491	200.402	1.025 37	1.743 25
7	621.22	0.793 27	0.037 975	208.281	407.834	199.553	1.029 57	1.741 86
8	640.59	0.795 49	0.036 849	209.477	408.172	198.695	1.033 79	1.740 48
9	660.42	0.797 75	0.035 762	210.675	408.507	197.832	1.037 99	1.739 12
10	680.70	0.800 02	0.034 713	211.877	408.838	196.965	1.042 18	1.737 75
11	701.44	0.802 32	0.033 701	213.083	409.165	196.092	1.046 37	1.736 41
12	722.65	0.804 65	0.032 723	214.291	409.488	195.217	1.050 56	1.735 07
13	744.33	0.807 01	0.031 780	215.503	409.807	194.304	1.054 74	1.733 74
14	766.50	0.809 39	0.030 868	216.719	410.122	193.403	1.058 92	1.732 42
15	789.15	0.881 80	0.029 987	217.938	410.432	192.494	1.063 09	1.731 10
16	812.29	0.814 24	0.029 136	219.160	410.739	191.579	1.067 26	1.729 79
17	835.93	0.816 17	0.028 313	220.386	411.041	190.655	1.071 42	1.728 40
18	860.08	0.819 22	0.027 521	221.615	411.339	189.724	1.075 59	1.727 20
19	884.75	0.821 75	0.026 757	222.848	411.632	188.784	1.079 74	1.725 91
20	909.93	0.824 31	0.026 003	224.084	411.921	187.837	1.083 90	1.724 63
21	935.64	0.826 89	0.025 282	225.325	412.205	186.880	1.088 06	1.723 35
22	961.89	0.829 54	0.024 585	226.569	412.481	185.915	1.092 20	1.722 07
23	988.67	0.832 21	0.023 910	227.817	412.758	184.941	1.096 34	1.720 81
24	1016.0	0.834 91	0.023 257	229.068	413.027	183.959	1.100 49	1.719 54
25	1043.9	0.837 65	0.022 624	230.324	413.292	182.968	1.104 63	1.718 28
26	1072.3	0.840 43	0.022 011	231.584	413.551	181.967	1.108 76	1.717 02
27	1101.4	0.843 24	0.021 416	232.848	413.805	180.957	1.112 90	1.715 77
28	1130.9	0.846 10	0.020 841	234.115	414.053	179.938	1.117 03	1.714 51
29	1161.1	0.848 99	0.020 282	235.388	414.296	178.908	1.121 17	1.713 26
30	1191.9	0.851 93	0.019 741	236.664	414.533	177.860	1.125 30	1.712 01
31	1223.2	0.854 91	0.019 216	237.945	414.765	176.820	1.129 43	1.710 76
32	1255.2	0.857 93	0.018 707	239.230	414.990	175.760	1.133 56	1.709 51
33	1287.8	0.861 01	0.018 213	240.520	415.210	174.690	1.137 68	1.708 26
34	1321.0	0.864 12	0.017 734	241.815	415.423	173.608	1.141 81	1.707 02
35	1354.8	0.867 29	0.017 268	243.114	415.630	172.516	1.145 94	1.705 76

附录 4 常见房间空调器的故障代码及检修方法

1. 海尔 KFR-28GW/BP 型空调器

海尔 KFR-28GW/BP 型空调器故障表现及其检修方法如附表 4.1 所示。

附表 4.1 海尔 KFR-28GW/BP 型空调故障代码及其检修方法

室内机显示灯			报警表示时期	被认为有故障的地方及零件	检查方法(复位用遥控器的运转、停止开关)
电源 (绿)	定时 (黄)	运转 (绿)		无电源 遥控无电池 或不亮 受信表示 基板 保险丝断掉	1. 确认室内机端子排的 1~2 间的电压 2. 确认室外机端子排的电压 3. 应急运转(遥控器显示颜色淡或没有) 4. 应急运转 5. 用电表确认耐冲击性保险丝(室外机控制基板)是否导通
灭	灭	灭		变压器 室内机控制 基板	6. 确认变压器、初次级线圈电阻为 500 Ω、 7. 用电表确认异常(室内机控制基板内)
室内, 室外 机不运转					
亮	闪烁	灭	启动报警 开关, 同时 报警表示 异常	温度 热敏电阻异常	检查电阻值
亮	灭	闪烁		基板上热 敏电阻异常	
闪烁	灭	灭		温调热敏 电阻异常	
闪烁	亮	亮		热交换器 热敏电阻异常	
亮	亮	闪烁		除霜热敏 电阻异常	
闪烁	亮	灭		功率变压 器热敏电阻 异常	
亮	闪烁	亮		热敏电阻 异常	
灭	灭	闪烁		室内外连 接软线误配线 接触不良 室外机附 近有大的噪声	1. 检查误配线、接触不良 2. 室外机附近有高频率机器, 如发电机、无线电机器等
室内机、室外 机共同运转 20 s 后, 运转灯闪 烁(电源打开后 2 min)			由于异常, 运转表示 异常	通信异常	

续表

室内机显示灯			报警表示时期	被认为有故障的地方及零件	检查方法(复位用遥控器的运转、停止开关)	
灭	闪烁	灭	压缩机启动 30~40 min 后 室内机、室外机 共同停止	排气管温 度超过 120℃ 排气管温 度过温升保 护(排气管温 热敏电阻动 作或不良)	漏气 后阀关闭 配管断裂 排气管温 热敏电阻 异常	1. 检查泄漏点(在冷媒泄漏状态排气温度 上升,用试运转和应急运转固定压机频率数 测定压力,根据运转特性表判断) 2. 确认后阀是否关闭 3. 目视配管,检查是否断裂 4. 检查电阻值
闪烁	闪烁	灭		过电流保 护动作 AC 电 流检测	电源瞬间 停止 电源电压 太低 压缩机抱轴	1. 再运转确定动作 2. 检测电源电压(是否使用电流容量 20 A 以上的电源)
闪烁	闪烁	亮	由于异常, 会一度停止 运转,电源灯 亮(温控器处 于关闭状 态)。3~20 min 后再启 动,异常再发 生,有警报 表示	DC 电流检 测过电流保 护动作 功率模块 温度过高 保护 功率模块 低电压检测	高负荷强 制运转 电源电压 太低 短路循环 室内机控 制基板或压 缩机功率模块 压缩机抱轴	1. 安装状况检查,风机转动检查 2. 检查电源电压(是否使用容量 20 A 以 上的电源) 3. 安装状况检查(室内机、室外机是否短 路循环,是否过填充) 4. 检查零件是否破损,接触不良,拔下功 率模块的 UVW 的导线,测量 U-V、V-W、 W-U 间的电压,是否有同等的电压,交流 0~160V
闪烁	闪烁	闪烁		制热时蒸 发器温度上 升(68℃以 上),或室内 风机运转但 风量小	过滤网 堵塞 热敏电阻 异常 室内机控 制机板 室内机风 机电机	1. 目视 2. 检查电阻值 3. 室内控制基板的室内风机电机端子处 无电压 4. 检查件是否破损、接触不良
灭	闪烁	亮		电压不足	电源容量 不足 电源瞬间 停止	1. 检查专用回路,配线粗度 2. 再运转以确认动作

2. 海尔 KFR-50LW/BP(BPF)型柜式空调器

(1) 海尔 KFR-50LW/BP(BPF)型柜式空调器出现故障时,可利用自检功能,直接显示出故障发生在室内机或室外机。

1) 室内机故障自检方法。按住室内控制面板的电源开关键,然后再插电源插头,即进入自检状态。此时室内机所有输出口均有输出。检修时只要确认各输出口的输出情况,即可确认或排除故障。若再按一次电源开关键,则退出自检状态。

2) 室外机故障自检方法。将室外机接线端子的③号(红色)通信线并接在①号(白色)电源线上,然后开机运行,即进入制热自检模式。此时压缩机工作频率为 60Hz 且低风速,四通换向阀得电。

将③号(红色)线与①号(白色)线分离,即进入制冷自检模式,此时,压缩机工作频率为 60Hz 且高风速,四通换向阀失电。

海尔 KFR-50LW/BP(BPF)空调故障代码的显示由室内机电源指示灯、定时指示灯和室外机主控板上 4 只 LED 灯按一定的亮灭编码程序组成。在检修故障时,利用面板电源或定时灯闪烁次数显示故障代码,再根据故障代码含义检修。海尔 KFR-50LW/BP(BPF)空调故障代码及原因如附表 4.2 所列。室内、室外温度传感器的正常电阻如附表 4.3 所示。

附表 4.2 海尔 KFR-50LW/BP(BPF)空调器故障代码及原因表

代码	故障原因	代码	故障原因
1 次	室内环温传感器故障	1 次	功率模块故障
2 次	室内管温传感器故障	2 次	压缩机异常
3 次	室内热交出口传感器故障	3 次	保留
4 次	制热时热交换传感器温度超过 72℃ 保护	4 次	压缩机过热保护
5 次	制冷时热交换传感器温度低于 0℃ 保护	5 次	总电流过流
6 次	瞬时停电时单片机复位(停机 3 min 后自动恢复)	6 次	室外环温传感器故障
7 次	通信回路故障(面板与主板)	7 次	室外管温传感器故障
8 次	室内风机故障	8 次	正常停机
9 次	瞬时停电	9 次	吸、排气压力(超或低)
10 次	电源过欠压	10 次	过电流保护
		11 次	瞬时停电
		12 次	制热过载
		13 次	除霜异常
		14 次	EEPROM 错误(单片机故障)
		15 次	单片机复位

附表 4.3 室内室外机温度传感器正常电阻

温度 ℃	室内传感器阻值		室外传感器阻值		
	环温传感器 kΩ	管温传感器 kΩ	环温传感器 kΩ	管温传感器 kΩ	吸气传感器 kΩ
0	50	31	50	165	150
5	38	24	38	128	117
10	30	19	30	100	92
15	23.5	15	23.5	78	73
20	18.7	12	18.7	62.5	58
25	15	10	15	50	46.5
30	12	8	12	40	37.5
100					3.06

(2)室内机。室内机故障代码由控制面板的电源指示灯闪烁次数表示。

1) 闪烁 1 次, 表示室温传感器故障。可能发生的故障部位为:

- CN3 插件接触不良或脱落, 传感器开路。
- 传感器电路中 L_1 、 L_2 、 C_{112} 、 R_{131} 、 R_{133} 不良或损坏。

2) 闪烁 2 次, 表示管温传感器或热交换器传感器故障。故障原因为:

- CN3 插件接触不良或脱落, 传感器开路。
- 传感器电路中 L_1 、 L_2 、 C_{111} 、 R_{131} 、 R_{132} 不良或损坏。

3) 闪烁 3 次, 该故障与闪烁 2 次故障检修方法相同。

4) 闪烁 4 次, 表示制热过热。其原因有:

- 室内过滤网脏堵, 或室内风扇电机故障。
- 传感器阻值偏差太大导致误报警。

5) 闪烁 5 次, 表示制冷结冰。故障原因有:

- 室内滤网太脏, 导致热交换不畅, 或系统缺氟, 室内风扇电机故障。
- 传感器阻值参数偏差太大, 导致误报警。

6) 闪烁 6 次, 表示瞬间停电时单片微电脑复位。其原因有:

- ICV202(7805) 三端稳压集成电路不良, 致使输出的 +5 V 电压不稳。
- ICV103、 R_{101} 、VD101、 C_{103} 、 R_{106} 中有元件损坏。
- 停机 3min 后自动恢复。

7) 闪烁 7 次, 表示通信回路故障。主要原因有:

- VD303、VD305、 R_{303} 、VD301、VD302、 R_{306} 、 C_{314} 、 C_{303} 、 R_{215} 、 R_{214} 中有损坏。
- 端子接线错误, 或室内主板与端子间接线错误。

8) 闪烁 8 次, 表示风扇电机故障。原因有:

- CN1 插件接触不良或脱落, 控制风扇电机的继电器有问题。
- 风扇电机启动电容或风扇电机本身故障。

9) 闪烁 9 次, 表示瞬间停电。其原因有:

- 用户电源接触不良, 或接线端子未锁紧。
- BG101、R₁₀₉、R₁₀₃、R₁₀₄、R₁₀₅、C₁₀₁ 不良或有损坏。

10) 闪烁 10 次, 表示过电流保护。其原因是室内机为电脑板过流。

(3) 室外机。室外机故障代码可由室内机面板的定时灯闪烁次数表示。

1) 闪烁 1 次, 表示功率模块故障, 其主要原因有:

- CN104 的 6 路变频信号插件, CN108 的 4 路开关电源控制插件接触不良或脱落。
- 功率模块自身损坏或其过热、过流保护, 可自行恢复。

2) 闪烁 2 次, 表示压缩机异常或无负载。其主要原因有:

- 室外电流互感器 CT 开路, 或交流电源线(灰色)未从 CT 线中穿过。
- VD1、VD2、VD3、VD103、VD101 故障, C₁₁₈、VD1、R₁₁₈、R₁₁₁ 损坏。
- 压缩机损坏或压缩机接线未接好。

3) 闪烁 4 次, 表示压缩机过热保护。其主要原因有:

- 压缩机温度超过 120℃, 压缩机工作时间太长, 换热器脏堵, 冷却后可自动恢复。
- 压缩机出气传感器温度感受偏差太大或出气传感器损坏。

4) 闪烁 5 次, 表示总电流过流。其原因有:

- 制冷时电流超过 15A 或制热时电流超过 17A。
- 不正确的充氟方法导致充氟不当, 或压缩机损坏。
- 电流检测 CT 线及电路中 R₁₁₁、R₁₁₁ 接错误或改变。
- 室外机安装位置不合理, 热源强烈, 散热不良等正常保护。

5) 闪烁 6 次表示室外温度传感器故障。其原因有:

- CN105 插件接触不良或室外温度传感器短路或断路。
- RA1、C₁₁₆ 损坏, 单片微电脑 A/D 口损坏。

6) 闪烁 7 次, 表示室外管温传感器(或称热交换传感器)故障。其原因有:

- CN205 插件接触不良或热交换传感器短路或断路。
- RA2、C₁₁₅ 损坏或单片微电脑 A/D 口损坏。

7) 闪烁 8 次, 表示正常停机。

8) 闪烁 9 次, 表示吸排气压力异常。其原因主要有:

- 压缩机或四通换向阀故障。
- 充氟不当。

9) 闪烁 10 次, 表示电源过压异常。其原因有:

- 电源电压高于 270V 或低于 130V。
- 室外电脑板 R₁、R₂、R₃、R₄、C₁₀₄、VD5 或微电脑芯片损坏。

10) 闪烁 11 次, 表示瞬间时停电。其原因有:

- 用户电源接触不好或室内、室外机连线接触不良。
- 室外机电控部分连线松动或接触不良。

11) 闪烁 12 次, 表示制热过载。其原因有:

- 热交换温度超过 72℃ 或热交换器脏堵、通风不良等。

• 传感器阻值偏差过大,或其电路中 R_{106} 、 C_{113} 损坏。

12) 闪烁 13 次,表示除霜异常。原因有:

• 室外热交换传感器故障或 IC2 损坏。

13) 闪烁 14 次,表示单片机故障。原因为:

• ICU8 引脚接触不良或其本身损坏。

14) 闪烁 15 次,表示 CPU 复位。其原因有:

• 室内、室外机连线接触不良,或室外机板 V7805 不良致使输出电压不稳。

• ICU6、 C_{101} 、VD102、RA2 或单片机损坏。

3. 海尔分体变频空调器

海尔分体变频空调器包括: KFR-26GW/BPF、KFR-26GW/ABPF、KFR-28GW/BPA、KFR-28GW/BPF、KFR-28GW/ABPF、KFR-40GW/BPF、KFR-40GW/ABPF、KFR-28GW/DBPF、KFR-36GW/DBPF、KFR-25GW×2/BPF、KFR-30GW×2/BPF、KFR-30GW×2/BPKF、KF-32G/AF、KR40G/F、KR60W/BP、KR-32G/A、KR-50L/F、KR-70W/BP 等,这些变频空调的维修故障代码如附表 4.4 中所列。

附表 4.4 海尔 KFR-26GW/BPF 等分体变频空调器故障代码

室内机显示灯			被认为是故障部位的零件	检查方法	备注	
电源	定时	运转				
闪	灭	灭	室内环境温度传感器	检查电阻值	只适用于一拖一机型	
闪	亮	亮	室内热交换传感器			
亮	亮	闪	室内除霜传感器			
闪	亮	灭	压缩机排气温度传感器			
亮	闪	灭	室外环境温度传感器			
闪	灭	亮	室外热敏电阻异常	检查室外机控制基板的警报确认灯(黄),通过闪烁的次数确定哪个热敏电阻不良		只适用于一拖二机型
				闪烁 1 次	气体管温传感器 A	
				闪烁 2 次	气体管温传感器 B	
				闪烁 3 次	除霜传感器	
				闪烁 4 次	室外环温传感器	
				闪烁 5 次	蒸发传感器	
闪烁 6 次	压缩机排气传感器					

续表

室内机显示灯			被认为是故障部位的零件	检查方法	备注	
电源	定时	运转				
闪	灭	亮	压缩机运转异常	1. 高负荷强制运转 2. 电源电压太低 3. 短路循环 4. 控制基板或压缩机功率模块 5. 压缩机抱轴	1. 安装情况、风机转动检查 2. 检查电源电压 3. 室内外机是否短路循环, 过填充 4. 检查零件是否破损, 接触不良, 拔下功率模块的 UVW 的到导线, 测量三相间的电压是否相等	只适用于一拖二机型
闪	闪	亮	1. DC 电源检测 2. 过电流保护动作 3. 功率模块温度过高保护 4. 功率模块低电压检测	同上	同上	
闪	闪	灭	过电流保护动作 AC 电流检测	电源瞬间停止、电压太低、压缩机抱轴	检查安装情况, 填充量是否过大	
闪	闪	闪	制热时, 蒸发器温度上升(68℃以上), 或室内风机量小	1. 过滤网堵塞 2. 热敏电阻异常 3. 室内控制基板 4. 室内风机	1. 目视 2. 检查电阻值 3. 内板的室内风机端子处无电压 4. 检查零件是否破损、接触不良	
闪	灭	闪	CT 断线保护	CT 线圈	检查 CT 线圈是否导通	
亮	闪	亮	功率模块异常	功率模块控制信号线接触不良	检查连线是否接触不良	
灭	灭	闪	通信异常	1. 联机线误配、接触不良 2. 室外机附近有噪音	1. 检查误配线、接触不良 2. 室外机附近有高频率机器	
灭	闪	灭	排气管温度超过 120℃	1. 漏气 2. 排气管热敏电阻异常	1. 检查泄漏点(用试运转或应急运转固定压机频率数测定压力, 根据压力判断) 2. 检查电阻值	
灭	闪	亮	电压不足	1. 电源容量不足 2. 电源瞬间停止	1. 检查专用回路, 配线粗度 2. 再运转以确认动作	
灭	亮	闪	控制基板异常 单片机读入 EEPROM 数据有错误	室内控制基板	通电 15 s 后报警为内板故障	只适用 28、36BPF 机型
灭	亮	闪		室外控制基板 室内机 EEPROM 异常	遥控开机 20 s 后报警为外板故障, 重新上电观察是否正常	
闪	亮	闪		室外机 EEPROM 异常	重新上电观察是否正常	

4. 海尔 KFR-35GW/BPF、KFR-35GW/ABPF、KFR-36GW/BP、KFR-36GW/BPF、KFR-36GW/ABPF、KFR-50GW/BPF 型分体变频空调器

海尔 KFR-35GW/BPF 等 6 种分体变频式空调器的维修故障代码及原因和检查部位如附表 4.5 中所列。

附表 4.5 海尔 KFR-35GW/BPF 等 6 种分体空调器故障代码及检修方法

序号	故障	故障原因	检查范围	备注
1	定时灯闪烁 1 次	功率模块过热、过流、短路	1. 功率模块 2. 压缩机 3. 室外机受高频干扰	室外机
2	定时灯闪烁 2 次	电流传感器感应电流太小	1. 电流传感器断路 2. 传感器电路	
3	定时灯闪烁 4 次	制热时压缩机温度传感器温度超过 120℃ 保护	1. 制冷剂泄漏 2. 压缩机温度传感器	
4	定时灯闪烁 5 次	过电流保护	1. 制冷剂充注不足 2. 电源电压低 3. 电流传感器电路	
5	定时灯闪烁 6 次	室外环温传感器故障	1. 传感器 2. 传感器插座接触不良 3. 传感器电路	
6	定时灯闪烁 7 次	室外热交换传感器故障	同上	室内机
7	定时灯闪烁 10 次	电源超欠压	1. 电源 2. 电源电压检测电路	
8	定时灯闪烁 11 次	瞬时断电保护	停机 3min 后自动恢复	
9	定时灯闪烁 12 次	制冷时室外热交换传感器温度超过 70℃ 保护	1. 室外风机 2. 室外热交换传感器太脏 3. 室外热交换传感器 4. 传感器电路	
10	定时灯闪烁 14 次	单片机写入 EEPROM 数据有错误	1. EEPROM 2. 单片机	
11	定时灯闪烁 15 次	瞬时断电时单片机复位	停机 3min 后自动恢复	室内机
12	电源灯闪烁 1 次	室内热交换传感器故障	同 5	
13	电源灯闪烁 2 次	室内热交换传感器故障	同上	
14	电源灯闪烁 4 次	制热时室内热交换传感器温度超过 72℃ 保护	1. 室内风机风量小 2. 过滤网堵塞 3. 室内热交换传感器 4. 传感器电路	
15	电源灯闪烁 5 次	制冷时室内热交换传感器温度低于 0℃ 保护	1. 室内外温度低 2. 室内风机风量小 3. 传感器电路	
16	电源灯闪烁 6 次	瞬时断电时单片机复位	停机 3min 后自动恢复	室内机
17	电源灯闪烁 7 次	通信回路故障	1. 通信回路接线 2. 电脑板故障 3. 外界电磁干扰	
18	电源灯闪烁 8 次	室内风机故障	1. 电机 2. 电机接插件	
19	电源灯闪烁 9 次	瞬间断电保护	停机 3min 后自动恢复	

5. 海尔 KFR-36GW/B、KFR-36GW/BFP、KFR-36GW/BPJF、KFR-28GW/BPJF 型分体变频空调器

海尔 KFR-36GW/B 等 4 种分体变频空调器的故障代码及检修方法如附表 4.6 中所示。

附表 4.6 海尔 KFR-36GW/B(BFP)、KFR-36GW/BPJF、KFR-28GW/BPJF 型空调器故障代码及检修方法

室内机显示面板灭	警报表示时期	被认为是故障的零件		检查方法
E1	启动报警开关同时表示	热敏电阻断路短路或接线端子接触不良	1. 室内环境温度传感器	检查电阻值
F2			2. 室内环境温度传感器	
F21			3. 室外环境温度传感器	
F25			4. 室外环境温度传感器	
F6			5. 室外环境温度传感器	
E3				
运转开始 20 s 后, (通电后约 2 min)	异常发生时, 运转表示转换为报警表示	通信异常	1. 室内外连线匹配或接触不良 2. 室外机附近有干扰源 3. 室外机保险丝熔断	检查误配线、接触不良 室外机附近有高频率机器, 如发电机、无线电机器等 确认室外机保险丝导通
F24 F4			1. CT 不良 2. 漏气	更换室外基板 压缩机频率固定在 58 Hz 测定
压缩机启动 30 ~ 40 min 后, 室内外机共同停止	由于异常, 会一度停止运转, 电源灯 3 ~ 20 min 后再启动, 异常再发生, 有报警表示	CT 断线 排气温度超过 120 °C, 排气管温度过高保护 (除霜温度传感器不良)	3. 二通阀或三通阀未开 4. 配管断裂 5. 排气温度传感器	压力, 根据运转特性表判断检查泄漏点 (在冷媒泄漏状态排气温度上升时) 压缩机频率固定在 58 Hz 测压力, 根据运转特性表判断, 确认阀体打开 目视检查配管是否断裂 检查电阻值

续表

室内机显示面板灭	警报表示时期	被认为是故障的零件		检查方法
F22		过电流保护 AC 电流检测	1. 高负荷(填充量过大时)强制运转	1. 检查安装情况(室内 外机是否短路循环) 2. 填充量是否过大
			2. 电源瞬时停电(遭 雷击时)	再次运转确认
			3. 电源电压过低	确认电源电压大于 15 V
F23		过电流保护 DC 电流运转	1. 高负荷(填充量过大时)强制运转	1. 检查安装情况(室内 外机是否短路循环) 2. 填充量是否过大
			2. 功率模块不良	拔下 UVW 导线,测量 三相间的电压(交流 0~ 160 V)
			3. 电源电压过低	确认压源电压大于 15 V
			4. 外机基板	用电表确认异常
E9	通电后 20s	制热时,蒸发器温度上升(68℃以上),或室内电机运转但无电压	1. 滤网堵塞	目视
			2. 热交换温度传感器异常	检查电阻值
			3. 室内机基板	确认风机输出端子有无电压
			4. 室内电机	检查电机是否破损,接触不良
F11		压缩机运转异常 功率模块异常	1. 高负荷(填充量过大时)强制运转	1. 检查安装情况(室内 外机是否短路循环) 2. 填充量是否过大
			2. 外机基板	部件破损或接触不良
			3. 电源电压过低	确认电源电压大于 15 V
			4. 功率模块不良	拔下 UVW 的导线,测量三相间的电压(交流 0~160 V)
			5. 压缩机锁住 压缩机功率模块控制 信号线接触不良	对压缩机进行检查 检查连线是否接触不良
E8		面板主板通电无异常	1. 主板电源不良 2. 高压集成板打火	1. 检查是否有干扰电源 2. 检查高压集成板是否打火

6. 海尔 KF(Rd) - 52LW/JXF、KF(Rd) - 62LW/F、KF(Rd) - 62LW/JXF、KF(Rd) - 71LW/F、KF(Rd) - 71LW/SF、KF(Rd) - 71LW/JXF、KF(Rd) - 120LW/F 型商用柜式空调器

海尔 KF(Rd) - 52LW/JXF 等 7 种商用柜式空调器故障代码及其含义如附表 4.7 中所列。

附表 4.7 海尔 KF(Rd) - 52LW/JXF 等 7 种商用柜机故障代码及其含义

故障代码	故障含义	故障代码	故障含义
E1	室温传感器故障	E6	管路压力保护
E2	室内盘管传感器故障	E7	室外低电压保护
E3	室外环境温度传感器故障	E8	面板与主板通信故障
E4	室外盘管传感器故障	E9	室内、室外机通信故障
E5	过电流保护		

KF(Rd) - 52LW/JXF、KF - 62LW/F、KF - 62LW/JXF、KF - 71LW/JXF 型空调器不具有 E3、E4、E5、E6、E9 故障代码显示。

7. 海信 KFR - 35GW/BP、KFR - 40GW/BP、KFR - 50GW/BP 系列变频空调器

(1) 故障代码调取方法。将室内机控制面板波段开关拨至“关”位置,此时由 3 只 LED 显示故障,如附表 4.8 所示。

指示灯①、②、③均有三种状态显示:“●”表示点亮,“○”表示闪烁,“×”表示熄灭,以下均相同。

附表 4.8 海信 KFR - 35GW/BP 等 3 种空调器故障代码及原因

①	②	③	故障内容	故障原因
○	×	×	室内温度传感器异常	传感器开路、短路,连接器接触不良
×	○	×	室内热交换温度传感器异常	传感器开路、短路、连接器接触不良
×	×	○	压缩机温度传感器异常	传感器开路、短路、连接器接触不良
○	×	○	室外热交换温度传感器异常	传感器开路、短路、连接器接触不良
×	○	○	室外温度传感器异常	传感器开路、短路、连接器接触不良
○	○	○	CT(互感线圈)异常	传感器开路、短路、连接器接触不良,HIC 不良(U、V、W 相无输出)
	×	×	信号通信异常	单元间配线错误,线端固定不良,线体与金属板接触不良,接线错误,绝缘不良,端子板用温度保险丝熔断
×	●	×	功率模块保护(电流、温度)	功率模块不良,信号线连接器接触不良,压缩机卡轴、磨损过大,室外基板不良,室外风机不运转,室外热交换器堵塞
●	●	×	室外机外部 ROM	OTP 数据未记入,线端固定不良,OTP 数据错误,IC 插座接触不良

续表

①	②	③	故障内容	故障原因
×	×	●	电流峰值关断	瞬时停电,电压下降功率模块不良,压缩机损耗
	×	●	电流控制异常	压缩机停转
×	●	●	压缩机排气温度过高保护	吸气压力过低,毛细管堵塞,压缩机温度传感器不良,冷风时室外风扇电机不转
●	●	●	室内风扇电机运转异常	风扇电机位置检测传感器不良,线圈开路连接器,风机驱动回路不良
●	○	○	四通换向阀切换异常	四通换向阀不能转换
●	○	●	输入交流电压异常	过电压、低电压保护动作

(2)故障代码消除方法。修理结束后,插入电源,将波段开关拨至“DEMO”位置,清除故障内容,然后将波段开关置于“关”“开”中间,确认故障内容并清除后,方可继续使用。

8. 海信 KFR-2601GW/BP、KFR-2801GW/BP、KFR-3501GW/BP、KFR-28GW/BP、KF-2601GW/BP、KF-2801GW/BP 系列变频空调器

上述这 6 种空调器故障代码调出方法如下:

按下遥控器上的“传感器切换”按钮 5 s 左右,开关面板上的 4 只指示灯(高效、运行、定时、电源)将会显示故障代码。室内机和室外机的故障代码如附表 4.9 和附表 4.10 所示。

附表 4.9 KFR-2601GW/BP 等 6 种空调器室内机故障代码及部位

序号	高效	运行	定时	电源	故障部位
1	×		×	○	室温传感器
2	×		○	×	热交换传感器
3	×	×	○	○	蒸发器冻结
4		○	×	×	制热过负荷
5		○	×	○	通信故障
6	×	○	○	×	瞬时停电
7	×	○	○	○	过电流
8	○	×	×	×	风扇无反馈

附表 4.10 KFR-2601GW/BP 等系列空调器室外机故障代码及部位

序号	高效	运行	定时	电源	故障部位
1	×	×	×	●	环温传感器
2	×	×	●	×	热交换传感器
3	×	×	●	●	压缩机过热
4	×	●	●	×	过电流

续表

序号	高效	运行	定时	电源	故障部位
5	●	×	×	×	电压异常
6	●	×	×	●	瞬时停电
7	●	×	●	×	制冷过负荷
8	●	×	●	●	正在除霜
9	●	●	×	×	功率模块保护
10	●	●	●	×	EEPROM

9. 海信 KFR-50LW/AD 型柜式空调器

海信 KFR-50LW/AD 型柜式空调器故障代码及故障原因如附表 4.11 中所列。

附表 4.11 海信 KFR-50LW/AD 型空调器故障代码及故障内容

故障代码	故障内容	故障代码	故障内容
E1	室内温度传感器	E6	防冻结保护
E2	室内热交换温度传感器	E7	防高温保护
E3	室外热交换温度传感器	E9	过电流保护
E4	室外环境温度传感器		
E5	过压、欠压保护		

10. 海信 KFR-2618GW/BPR 型变频空调器

海信 KFRE-3601GW/BP 型变频空调器故障代码显示及含义如附表 4.12 中所列。海信 KFR-2618GW/BPR 型变频空调器故障代码及故障原因如附表 4.13 中所列,表中故障代码显示的内容说明同海信 KFR-3601GW/BP。

附表 4.12 海信 KFR-3601GW/BP 型空调器故障代码显示及含义

故障名称	室内机代码	室外机显示		
		LED02	LED03	LED04
室内温度传感器故障	1			
室内热交换传感器故障	2			
室内热交冻结	3			
室内热交过热	4			
通信故障	5			
室内风机	6			
出风温度传感器故障	10			
亮度传感器故障	11			
室内机 E ² PROM 故障	13			

续表

故障名称	室内机代码	室外机显示		
		LED02	LED03	LED04
室外温度传感器异常	21	★		
室外热交换传感器异常	22		★	
压缩机过热	23	★	★	
过电流	26		★	★
无负载	27	★	★	★
供电电压异常	28	☆		
室外机瞬时停电	29		☆	
室外制冷过载	30	☆	☆	
正在除霜	31			☆
IPM 模块故障	33	☆		☆
室外 E ² PROM	33		☆	☆

附表 4.13 海信 KFR-2618GW 变频故障代码显示及含义

故障内容	编号	定时	运行	高效	电源
室温传感器	1				★
室内热交换传感器	2			★	
室内热交冻结	3			★	★
室内热交过热	4		★		
通信故障	5		★		★
瞬时停电	6		★	★	
室内风机	8	★			
室内数据存储器	13	★	★		★
以上为室内机故障,以下为室外机故障					
室外温度	1				☆
室外盘管温度	2			☆	
压机排气温度	3			☆	☆
通信	5		☆		☆
过电流	6		☆	☆	
无负载	7		☆	☆	☆
过/欠压	8	☆			

续表

故障内容	编号	定时	运行	高效	电源
室外热保护温度	10	☆		☆	
正在除霜	11	☆		☆	
功率模块故障	12	☆	☆		
室外数据存储器	13	☆	☆		

注:★表示常亮;☆表示闪亮

11. 春兰系列空调器故障代码及维修方法

(1)春兰挂壁式空调器。春兰挂壁式空调的功率一般都不大于2匹。在工作过程中,当某部件出现故障时,故障代码会由室内机右下角的三个发光二极管(指示灯)的不同闪亮,显示出来。

在室内机面板的右下角三个发光二极管自左向右分别为:红色的电源指示灯、绿色为压缩机工作指示灯、黄色为定时指示灯。

1)指示灯的正常状态工作情况。在正常情况下

- 红灯亮:表示接通空调电源,CPU处于待机状态,压缩机时室内机工作状态。

- 绿灯亮:表示室外机处于工作状态,室外风扇电机、压缩机得电运行。

- 黄灯亮:表示空调处于定时状态定时关或定时开。当定时的时间结束时,空调器便自动关机或开机。当空调出现故障时,即CPU采集到的各种数据中,有某一个超出一定范围或达到极限时,指示灯会以0.5 Hz的频率闪亮,分别显示不同的故障范围。

2)故障代码。各种指示灯的不同状态所代表的故障含义为:

1)绿灯闪亮:表示室外机压力传感器断开或室内机管温传感器开路或短路。

2)黄灯闪亮:表示室外机管温传感器开路或短路。

3)黄、绿灯同时亮:表示室内机温度保险丝开路或室内机风扇电机过热损坏。

4)红灯为电源指示,当空调通电时亮,若红灯熄灭,说明电源电路(主电源、变压器、整流桥、保险丝、三端稳压集成块7805和7806)等有故障。

春兰牌挂壁式空调器故障代码如附表4.14中所示。

附表4.14 春兰挂壁式空调故障代码及检修方法

电源灯(灯)	运行灯(绿)	定时灯(黄)	故障内容	检修方法
亮	闪		内机管温感温头异常	用电阻检测法
亮		闪	室外机管温感温头异常	用电阻检测法
亮	闪	闪	室内风机异常	1. 检查室内机温度保险 2. 检查风机线圈
灭	灭	灭	供电不良	检查供电及变压器

3)故障检修方法。

1)绿灯闪亮,检查室外机冷凝器是否过脏,室外机风扇工作是否正常。热机状态应检查室

内机过滤网是否太脏,蒸发器、风扇离心孔是否脏堵,电机转速是否过低,室内机管温传感器位置是否正确,阻值是否改变太大,制冷剂是否过多等。

2)黄灯闪亮,检查室内电机管温传感器的位置是否正常以及在线路板上的插件是否松动等。

3)黄、绿灯同时闪亮,检查室内电机旁边的温度保险丝或温度保护器是否动作。正常情况下其电阻值应为 0Ω ,动作后阻值为 ∞ 。只有在室内电机过热或损坏时,限流器才会动作,应找到其动作原因。另外,限流器在室内电控板的插头松脱或接触不良时,也会使黄、绿灯同时闪亮。

4)当电路板损坏时,也会出现上述故障代码。在检修时,若有代码指示找不到故障部位,应考虑到电路板损坏,最好用同型号的电路板代换试一试。

(2)春兰一拖二 KFR-32GW/BPA 型变频器。春兰一拖二 KFR-32GW/BPA 型变频空调器故障显示及故障类型如附表 4.15 中所列。

附表 4.15 春兰 KFR-32GW/BPA 空调故障显示及类型

指示灯	故障类型	灯指示
室内黄灯 KFR-50LW/BPY KFR-50LW/FPY	热熔断体断开,停机	一闪一停
	三次保护,停机	二闪一停
	变频器保护,停机	三闪一停
	总电流过大,停机	四闪一停
	压缩机过载保护器断开,停机	五闪一停
	排气温度过高,停机	六闪一停
	管温过高保护,停机	七闪一停
	制冷防冻保护,停机	八闪一停
室外黄灯 LED2	室外排气温度过低,禁止启动	九闪一停
	变频器保护	一短一长
	总电流保护	二短一长
	过载保护器断开	三短一长
	排气温度过高	四短一长
	通信故障	五短一长
	排气温度过低	六短一长

需要说明的是:

1)黄灯闪。黄灯亮 0.5 s,两次黄灯亮时间间隔为 0.5 s;黄灯停顿时间为 1.5 s。

2)电流超过 17 A 会发生总电流过大保护。一般室外温度不超过 41°C 制冷,不小于 9°C 制热,电流大于 11 A 时就控制电流不准上升了。

3)排气温度大于 120°C 发生排气温度过高保护,排气温度小于 -12°C 发生排气温度过低保护。需要检查氟利昂的多少,传感器阻值是否漂移等。

12. 格力系列空调器故障代码及检修方法

(1) 格力系列定频柜式空调器。格力系列定频柜式空调器包括: KF46~160LW1X、KFR46~160LW1X 所有带显示屏的机型。

1) 故障代码说明。当 CPU 检测到故障时, 整机进入保护状态, 屏显除不显示面板开、关机功能外, 其他所有功能(包括显示故障代码)均显示出来。

2) 故障代码及其含义。格力系列定频柜式空调器故障代码及其含义如附表 4.16 中所列。

附表 4.16 格力定频柜式空调器故障代码及其含义

代码	故障含义	故障检修方法
E1	压缩及高压保护	<ul style="list-style-type: none"> 将 OVC 线与零线短接后故障显示即可消除 检查室外及相序、高压开关、过流保护器
E2	蒸发器防冻结保护	<ul style="list-style-type: none"> 检测室内及管温传感器阻值是否正常(正常 25℃ 时的电阻值为 8kΩ) 检测室内及风路是否脏堵或低速挡运行
E3	压力过低保护	检测室外机风路是否通畅、室外机传感器阻值是否异常
E4	压缩机排气温度过高	检查室外机风路是否通畅、室外机传感器阻值是否异常
E5	低电压过电流保护	<ul style="list-style-type: none"> 检测供电电压是否太低(小于 170V) 检查电流检测电路

(2) 格力系列变频式空调器。格力系列变频式空调器故障代码及其含义如附表 4.17 中所列。

附表 4.17 格力变频式空调器故障代码及其含义

代码	故障含义	故障检修方法
E1	压缩机电流大、过热、排气温度过高, 模块保护	<ul style="list-style-type: none"> 检查过载保护器有无断路 压缩机排气感温包是否短路
E2	蒸发器防冻结保护	同格力定频柜式空调器故障代码中的 E2
E3	室内温度感温包开路或短路	用测阻法检测室内温度感温包阻值是否正常, 正常 25℃ 时的电阻为 8 kΩ
E4	室内管温感温包异常	<ul style="list-style-type: none"> 检测电阻值 检测室内风机风路是否堵塞 缺氟
E5	室内外机通信异常	<ul style="list-style-type: none"> 检查室内、室外机接线是否正常 观察室外机指示灯是否点亮

(3) 格力户式中央空调器。

1) 参数检测项目。冷冻水供水温度、回水温度、化霜温度及蒸发器防冻结防高温保护温度。

2) 内部参数设定。

i) 制冷温度设置为 7℃, 制热温度设置为 45℃。

ii) 除霜开始时温度为 -2℃, 结束温度为 20℃。

iii) 除霜周期时间为 35 min, 除霜时间为 4 min。

iv) 制冷防冻结保护温度为 3 ℃, 制热保护温度为 50 ℃。

以上温度及时间设定操作方法如下: 按下“ENTER”键, 将光标移动在数值上, 然后按“^”或“V”键进行调整, 调到需要值后, 按“ENTER”键即可。

3) 故障报警。

i) 机组出现故障时, 屏幕上会显示数字 1~6, 其含义如附表 4.18 所示。

ii) 根据显示, 排除故障后再将显示屏右边的“0”设置为“1”, 即可重新启动开机。操作步骤为: 按“ENTER”键, 将光标移至“0”处, 按“^”键将其设置为“1”, 然后按“ENTER”键即可。

附表 4.18 格力户式中央空调器故障代码及其含义

显示代码	故障含义	显示代码	故障含义
1	系统压力过高	4	泵电机过热
2	系统压力过低	5	水流故障
3	压缩机过载	6	冷凝头故障

13. 松下 CS-G90KW、CS-G120K 型变频空调器故障代码及检修方法

(1) 故障代码调取方法。当空调器发生故障时, 机组将自动停止运转, 定时器的指示灯闪烁表示机件失灵。同时, 故障种类将显示在红外接收器旁。关掉空调后, 诊断显示将自动消失。当需要恢复以往的故障显示时, 可在空调器通电的情况下, 按下遥控器电池后仓内的诊断按钮, 消失的故障代码又将显示 10s 左右。

(2) 故障代码消除方法。要想删除以往的故障代码, 可同时按下室内机上的测试开关按钮, 以及遥控器上的诊断开关按钮来启动空调制冷运转, 同时以往的故障显示代码也将被删除。

(3) 故障代码及其含义。松下 CS-G90KW、CS-G120KW 型变频空调器自诊断故障代码机器部位如附表 4.19 所列。

附表 4.19 松下 CS-G90KW、CS-G120KW 空调故障代码

故障代码	故障内容	运行状态	故障部位
H11	室内、室外机间通信异常	启动 1 min 后停机	内部、外部电缆连接不良 室内、室外机电路板故障
H14	室内机吸入口(室温)传感器异常	不启动	室温传感器失灵、接触不良或短路
H15	压缩机温度传感器异常	不启动	压缩机温度传感器失灵、接触不良或断路
H16	室外机电流互感器(CT)异常	不启动	室外机电路板 晶体管模块组件
H19	室内机风扇电机不转	不启动	室内机电路板 风扇电机
H23	室内机热交换器温度传感器异常	可短时制冷运行	热交换器温度传感器失灵、接触不良或断路
H27	室外气温传感器异常	可短时运行	室外气温传感器失灵、接触不良或断路

续表

故障代码	故障内容	运行状态	故障部位
H28	室外机热交换器温度传感器异常	可短时运行	室外机热交换其温度传感器失灵、接触不良或断路
H98	室内机高压保护	不启动	空气过滤器太脏 空气循环短路
H99	室内热交换器除霜保护	不启动	缺少冷冻剂 空气过滤器太脏
F11	制冷、制热非正常循环转换	40 min 内发生 4 次	四通换向阀 四通换向阀线圈
F91	制冷循环异常	30 min 内发生 2 次	无冷冻剂 三通阀未打开
F96	室内机晶体管模块组件过热保护	30 min 内发生 4 次	冷冻剂过量 环境温度过高 晶体管模块组件不良
F97	室外压缩机过热保护	20 min 内发生 4 次	缺少制冷剂 压缩机不良
F98	总运转电流过大保护	30 min 内发生 4 次	冷冻剂过量 环境温度过高
F99	室外机直流电(DC)峰值检测	连续发生 2 次	室外机电路板 晶体管模块组件 压缩机

需要说明的是:

1)当电流互感器(CI)开始时,总操作电流低于 1.88 A,指示的频率为 72 Hz(G90KW 型机)或 78 Hz(G120Kw型机)或以上。运转 3min 后,异常的信号从室外机传到室内机,故障显示“H16”。

2)当四通换向阀发生故障时,机器处于制热运转状态,运转 4 min 后,室内热交换器低温的如低于 5℃,空调器将停止运转,并在 3 min 后重新启动。若此现象在 40 min 内发生 4 次,则故障显示“F11”。

当机器处于制冷状态时,运转 4 min 后如室内热交换器的温度高于 45℃,空调器也将停止运转,并在 3 min 后重新启动。此现象在 40 min 内若发生 4 次,则故障也显示“F11”。

3)室外空气温度传感器,属负温度系数方式,在 25℃时的电阻值为 15 kΩ。

4)室外热交换器温度传感器,属负温度系数方式,在 25℃时的电阻值为 4.96 kΩ。

5)压缩机温度传感器,属负温度系数方式,在 25℃时的电阻值为 50 kΩ。

6)室外风扇电机,其绕组间的电阻值分别为:

引线色	蓝色线与黄色线间	黄色线与红色线间
G90 型机	253 Ω	322 Ω
G120 型机	161 Ω	227 Ω

14. 三洋 SPW-C253DH 系列空调器故障代码及故障原因

三洋 SPW-C253DH 系列空调器故障代码(即警告信号)及问题的可能原因如附表 4.20 中所列。

附表 4.20 三洋 SPW-C253DH 系列空调故障代码及原因

故障	可能出现问题的原因	警告信号
遥控器正在检测来自室内机的异常信号	串行通信信号的误收	E1
	串行通信信号的误发	E2
室内机在检测来自遥控器的异常信号(没有串行信号的误收)		E3
室内机正在检测来自室外机异常信号	串行通信信号的误收	E5
	串行通信信号的误发	
室外机正在检测来自室内机异常信号	串行通信信号的误收	E6
室内机异常	室内机受损 停电	
室外机发出错误信号	串行通信信号的误收	E7
串行通信错误 误设	室内机地址重复设定	E8
	遥控器地址开关(RCU、ADR)重复设定	E9
	在自动地址设定时,不要按另一室外机的自动设定按钮 SOO1:(A、ADD)	E12
	室内机向遥控器错误地发送了串行通信信号	E13
使用机组控制时,主室内机地址设置重复(对单以热泵式而言)		E14
自动地址设置异常(室内机的数量或容量被判断为很小)		E15
自动地址设置异常(室内机的数量或容量被判断为很大)		E16
室内机向另室内部件发送错误信号		E17
室内机正在检测来自另室内部件异常信号		E18

续表				
故障	可能出现问题的原因		警告信号	
保护装置的动作	室内机保护装置动作	室外风扇马达热保护器动作	P1	
	室外机保护装置动作	室内机风扇马达热保护器动作 压缩机热保护器动作 电源电压异常	P2	
		压缩机排气温度异常	P3	
		高压开关动作	P4	
		电源反相或缺相	P5	
	室内机保护装置启动	面板接线不当	P9	
		浮动开关动作	P10	
			标准压缩机的排气温度异常	P17
	压缩机及其线路的故障	压缩机保护装置的动作	压缩机电机过载	H1
压缩机电机被锁住			H2	
压缩机电路电流异常			H3	
低压开关动作			H6	
交流接触器频繁吸合			H9	
各相之间电压不均衡			H10	
热敏电阻失灵	室内热敏电阻开路或损坏	不能测出室内盘管温度(E1=TH1)	F1	
		不能测出室内盘管温度(E2=TH2)	F2	
		不能测出室内盘管温度(E3=TH3)	F3	
		不能测出压缩机排气温度	F4	
	室外热敏电阻开路或损坏	不能测出室外盘管液体温度(C2=THOC)	F6	
		不能测出室外盘管液体温度(C1=THOE)	F7	
		其他热敏电阻开路或损坏	F9	
	主室内机地址没有设定	L1		
	室内机的设定与室外机不匹配	L2		
	机组控制时,主室内机地址重复设定(由室内部件判断)	L3		
	室外机地址重复	L4		
	室内机优先设定重复	L5		
	室内机(进行个别控制的机组连线)接线不当	L7		
	室内机地址(或机组地址)没有设定	L8		
	室内机容量号码没有设定	L9		
	室外机容量号码没有设定	L10		
	机组控制接线不当	L11		

参考文献

- [1] 吴业正. 制冷原理与设备. 西安: 西安交通大学出版社, 1997.
- [2] 华自强. 工程热力学. 北京: 高等教育出版社, 1986.
- [3] 杨世铭, 陶文铨. 传热学. 北京: 高等教育出版社, 1998.
- [4] 俞佐平, 陆煜. 传热学. 北京: 高等教育出版社, 1995.
- [5] 黄敏. 热工与流体力学基础. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [6] 薛殿华. 空气调节. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [7] 邢振禧. 空气调节技术. 北京: 中国商业出版社, 2001.
- [8] 姜守忠, 匡亦珍. 制冷原理. 北京: 中国商业出版社, 2001.
- [9] 朱立. 制冷压缩机. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [10] 朱立. 制冷压缩机与设备. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [11] 崔建宁. 制冷与空调设备. 北京: 中国商业出版社, 2001.
- [12] 姜守忠. 制冷原理与设备. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [13] 《职业技能鉴定教材》编审委员会. 制冷设备维修工. 北京: 中国劳动出版社, 1996.
- [14] 王寒栋. 制冷空调测控技术. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [15] 单翠霞. 制冷与空调自动化. 北京: 中国商业出版社, 1997.
- [16] 林钢. 小型制冷装置. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [17] 龙建佑. 小型制冷装置及其维护. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [18] 李金川. 空调运行管理手册——原理、结构、安装、维修. 上海: 上海交通大学出版社, 2000.
- [19] 李天立, 马旭升. 小型制冷设备与维修. 上海: 上海交通大学出版社, 1998.
- [20] 顾久康. 电冰箱、空调器检修实例. 上海: 上海交通大学出版社, 1997.
- [21] 孙余凯, 项绮明, 等. 制冷电器故障检修技巧与实例. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
- [22] 尹选模. 电冰箱与空调器维修实训指导. 北京: 中国商业出版社, 2001.
- [23] 王琪. 制冷压缩机与设备实训. 北京: 机械工业出版社, 2008.