

人力资源和社会保障部职业技能鉴定推荐教材

21 世纪
高等职业教育

规划教材
双证系列

冷库运行管理与维修

主 编 聂玉强 李明忠
副主编 孙兆礼
主 审 徐德胜

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

上海交通大学出版社

21 世纪高等职业教育**规划教材**编审委员会
双证系列
制冷与空调专业委员会

主任：匡奕珍

副主任：徐德胜 崔建宁 陈 礼 谢一风

委员：(按姓氏笔画排序)

王一农 王 琪 王寒栋 朱 立 刘佳霓 余华明

邵长波 花严红 邹新生 林永敬 林 刚 罗 伦

郑光文 郝瑞宏 聂玉强 逯红杰 徐言生 殷 浩

隋继学 黄 敏 程瑞端 魏 龙

秘书(兼)：殷 浩

前 言

2004年,教育部对高等职业教育进行改革,提出了“以市场需要为目标,以服务为宗旨,以就业为导向,走产学研结合的发展道路”的指导思想。根据教育部的最新精神,高职教育将以“就业导向、产学结合、改革学制、推行双证、订单培养、打造银领”为工作方针,加快培养社会紧缺的制造业技能型、应用型人才。专家指出,在高等职业教育中实行“双证制度”,将职业资格证书(或技术等级、待业培训证书)制度推向高职院校,用证书推动培养模式和教育学内容的改革,既是国外职业教育的历史经验,也是我国发展职业教育的必由之路。

从2004年开始,21世纪高职教材编委会组织了全国各地50多所高职院校的教师对“高职‘双证课程、加强实训’专业课程体系与教材改革方案”进行研究和论证,制定了30个专业“双证课程”的教材编写计划,并从2007年开始由上海交通大学出版社陆续出版。《冷库运行管理及维修》是高职院校制冷与空调专业的双证课程之一。编写过程中结合了我国冷库行业对专业知识的需求,并在内容上融入国家职业资格标准,具有轻理论、重实用、补充新技术和新工艺的特点,体现了高职教育“以就业为导向”的特色。

本书由广东交通职业技术学院系主任聂玉强高工和中船总公司第九设计院李明忠高工任主编,上海工程技术大学孙兆礼副教授任副主编,上海交通大学徐德胜教授任主审。有关院校的老师参加了部分章节的编写工作,并对书稿提供了宝贵的意见,有助于书稿质量的提高。在此,编者向他们一并致谢!书中如有缺点和错误,恳请广大读者批评指正,以便在本书修订时采纳大家的宝贵意见。

主 编

2008年5月

目 录

第 1 章 冷库知识简介	1
1.1 冷库的类型及组成	1
1.1.1 冷库的类型.....	1
1.1.2 冷库的组成.....	2
1.2 冷加工能力及冷间容量	7
1.2.1 冷加工能力.....	7
1.2.2 冷藏间和冰库的容量.....	8
1.2.3 各冷间的温度要求.....	9
1.2.4 食品的冷藏条件	11
1.3 冷库内的配套设施.....	14
1.3.1 冷库门	14
1.3.2 冷库内的运输设备	17
1.3.3 冷库托盘货架贮存系统	19
1.4 典型冷库概要.....	21
1.4.1 万吨级上海吴泾冷库	21
1.4.2 4000 吨装配式冷库	25
1.4.3 800 吨气调式冷库	28
第 2 章 食品冷加工工艺及装置	35
2.1 食品冷加工基本知识.....	35
2.1.1 食品的成分	35
2.1.2 食品变质的原因	37
2.1.3 食品冷加工的特点	37
2.1.4 食品冷加工过程	38
2.2 食品冷加工工艺.....	41
2.2.1 肉类的冷加工	41
2.2.2 禽类的冷加工	46
2.2.3 鱼类的冷加工	47
2.2.4 蛋的冷加工	51
2.2.5 果蔬的冷加工	52
2.2.6 其他一些物品的冷加工工艺流程	53
2.3 食品的冻结方法和冻结装置.....	54
2.3.1 搁架式排管冻结装置	54
2.3.2 吹风冻结装置	56
2.3.3 连续输送式冻结装置	60

2.3.4	平板冻结装置	63
第3章	制冰工艺及设备	66
3.1	盐水制冰及设备	66
3.1.1	制冰及制冷工艺	66
3.1.2	对盐水的要求	66
3.1.3	制冰主要设备	70
3.1.4	盐水制冰的有关计算	71
3.2	快速制冰设备	73
3.2.1	桶式快速制冰	74
3.2.2	沉箱管组式快速制冰	75
3.2.3	管冰机	77
3.2.4	片冰机	77
第4章	水汽电供给及污水处理	81
4.1	冷库供水	81
4.1.1	水温、水质要求	81
4.1.2	用水量估算	83
4.1.3	水源选择	84
4.1.4	冷凝器冷却用水的供水方式	85
4.1.5	循环供水的冷却方式	86
4.1.6	净水设备	88
4.2	污水处理及排放	89
4.2.1	污水的种类、水质和水量	89
4.2.2	库区内排水管道的设置原则	90
4.2.3	局部处理设施和污水泵房	90
4.2.4	废水处理	91
4.3	供汽和采暖	92
4.3.1	供汽	92
4.3.2	采暖	93
4.4	电气	94
4.4.1	冷库用电的特点	94
4.4.2	供电	94
4.4.3	电力和照明	96
4.4.4	建筑防雷和电气安全	97
4.4.5	屠宰车间用电	97
第5章	制冷系统的安装、操作与运行	98
5.1	制冷系统的安装	98
5.1.1	制冷系统的特点和特殊性	98
5.1.2	安装前的准备工作	99
5.1.3	安装的一般原则	99

5.1.4	制冷压缩机及辅助设备的安装	99
5.1.5	制冷管道安装	101
5.2	制冷系统的吹污和气密性试验	106
5.2.1	系统吹污	106
5.2.2	气密性试验	106
5.3	制冷剂的充注和取出	111
5.3.1	制冷剂的充注	111
5.3.2	制冷剂的取出	113
5.4	制冷装置的试运转	116
5.4.1	压缩机启动前的准备和检查工作	116
5.4.2	制冷装置的试运转	116
5.4.3	制冷装置的调试	117
5.5	活塞式制冷压缩机的操作	121
5.5.1	单级氨压缩机操作	121
5.5.2	双级压缩机组的操作	122
5.5.3	单机双级压缩机操作	122
5.5.4	氟利昂压缩机操作	123
5.5.5	制冷装置的停车	123
5.6	制冷系统放油和放空气操作	125
5.6.1	润滑油的添加	125
5.6.2	润滑油的排放	126
5.6.3	制冷系统放空气操作	127
5.7	螺杆式制冷压缩机的操作	129
5.7.1	螺杆式制冷压缩机开机前的准备	129
5.7.2	螺杆式制冷压缩机的开机操作	129
5.7.3	螺杆式制冷压缩机正常运行标志	129
5.7.4	螺杆式制冷压缩机停机操作	130
5.8	制冷系统与设备的操作调整	130
5.8.1	制冷系统的调整	130
5.8.2	制冷设备的操作	131
5.9	制冷装置的故障分析和处理	132
5.9.1	检查故障的方法和正常运行的标志	132
5.9.2	活塞式制冷压缩机的故障分析	134
5.9.3	制冷装置的故障分析	141
5.9.4	制冷系统常见故障分析和排除方法的综合表	150
第6章	制冷系统的维护与检修	161
6.1	活塞式制冷压缩机的拆卸	161
6.1.1	拆卸注意事项	161
6.1.2	压缩机的拆卸	162

6.2	活塞式制冷压缩机的检修和装配	164
6.2.1	检修内容	165
6.2.2	压缩机零部件的检查和测量	165
6.2.3	压缩机的零部件修理	168
6.2.4	压缩机的装配与调整	172
6.3	螺杆式制冷压缩机的拆卸和修理	175
6.3.1	压缩机的拆卸	175
6.3.2	零件的检查与修理	176
6.3.3	螺杆式压缩机的密封	179
6.3.4	压缩机的装配与调整	179
6.3.5	螺杆式制冷装置的调试	181
6.4	制冷设备的检修	182
6.4.1	容器与换热器的检修	182
6.4.2	阀门的修理	187
第7章	冷库库房管理	192
7.1	库房操作管理	192
7.1.1	正确使用冷库和保证安全生产	192
7.1.2	加强管理工作和确保商品质量	193
7.2	库房卫生管理	196
7.2.1	冷库的卫生和消毒	196
7.2.2	食品冷加工过程中的卫生管理	198
7.3	冷库节能与科学管理	200
7.3.1	采用新工艺、新技术、新设备的设计方案	200
7.3.2	及时进行冷藏食品的结构改革	201
7.3.3	加强科学管理	201
7.4	制冷系统安全运行管理	206
7.4.1	安全装置	206
7.4.2	安全操作	211
7.4.3	制冷剂钢瓶的使用和管理	213
7.4.4	人身安全及救护	214
7.5	气调冷库管理	217
7.5.1	气调库运行管理	217
7.5.2	气调设备的维修与管理	218
7.5.3	气调库安全管理	218
附录	制冷工国家职业标准	222
	参考文献	228

第 1 章 冷库知识简介

冷库是冷藏库的简称。冷藏库又称冷冻厂,是以人工制冷方法专门加工和冷藏食品的企业总称。它包括冷藏间(库房)、冷却间、冻结间、制冰间、冰库、冷冻机房、变电站、屠宰或理鱼加工车间、锅炉房、一般仓库、行政办公房及装卸货月台等。狭义的冷藏库仅指能提供低温条件的食品仓库。冷库的功能是对易腐食品进行冷加工和低温贮存。冷库的特征是“内冷外热温差大,库容吞吐量大,投资和能耗大”。因此,无论设计、施工、生产和管理都要给予极大的重视。冷库又是国家经济的五大库(金库、粮库、棉库、油库、冷库)之一,与国民经济和人民生活密切相关。

1.1 冷库的类型及组成

1.1.1 冷库的类型

1. 按冷库的使用性质分类

(1) 生产性冷库。一般建在货源产地或货源集中地,货源或以鱼为主,或以肉为主,或两者兼有;也有以蔬菜为主,或以果品为主,或以蛋类为主。前者多为低温库,后者多为高温库。

它的特点是易腐食品经过适当的加工,再进行冷却、冻结加工,经过短期贮存后即发往销售地区。其生产能力大,并配有一定容量的周转性冷库及一定运输能力的车辆和船舶。

(2) 分配性冷库。一般建在大中型城市、港口、车站及人口密集区域,作为当地食品供应、运输中转和贮备食品之用。

它的特点是冻结能力小,库容量大。

在许多大城市近郊建有两重性的冷库,即既有生产性功能,又有分配性功能。这是因为大城市郊区具有一定的货源,同时又因交通发达可从外地调进货源的缘故。

(3) 生活服务性冷库。一般建在菜场、宾馆、饭店及厂矿等单位,主要为自己生活需要或经营需要贮存食品。其特点是容量小,贮存期短。

2. 按冷库的库容量分类

(1) 大型冷库。是指库容量 3000~10000t 及更大型的冷库。

(2) 中型冷库。是指库容量 1000~3000t 的冷库。

(3) 小型冷库。是指库容量 250~1000t 的冷库。

3. 冷库分类表

根据冷库自身的用途、结构、制冷及运行等特点,冷库的详细分类见表 1-1。

表 1-1 冷库分类

分类方式	类 型
按冷库围护结构形式	土建式冷库、装配式冷库、移动式冷库
按库温范围和温度要求	高温冷库(冷却物冷库) 低温冷库(冻结物冷库) 变温冷库
按冷库的用途	原料冷库、生产性冷库、分配性冷库和生活服务性冷库,后者包括各类商业用冷库(含冷藏柜和陈列柜等)
按冷加工功能	冷却库、冷却物冷藏库、冻结库、冻结物冷藏库、解冻库、制冷间、贮冰库、气调库等
按贮藏商品种类	肉类冷库、水产冷库、蛋品冷库、果蔬冷库、冷饮品冷库、药物和生物制品冷库,以及粮食、棉花和花卉等冷库

注:上述各库的组成库房也称冷间。

1.1.2 冷库的组成

1. 冷库的建筑总平面布置

冷库实际上是一个以主库为中心的建筑群,它由主库、生产设施和附属建筑组成。其建筑组成大致分为:生产区、原料区、行政生活区、隔离区等。生产性冷库的平面布置见图 1-1,建筑物组成区划分见表 1-2。

冷库建筑的总平面布置首先要满足生产工艺的需要,保证生产流程的连续性和合理性,应把所有建筑物、道路、管线等按生产流程进行组合,尽量避免作业线的交叉和迂回运输。具体

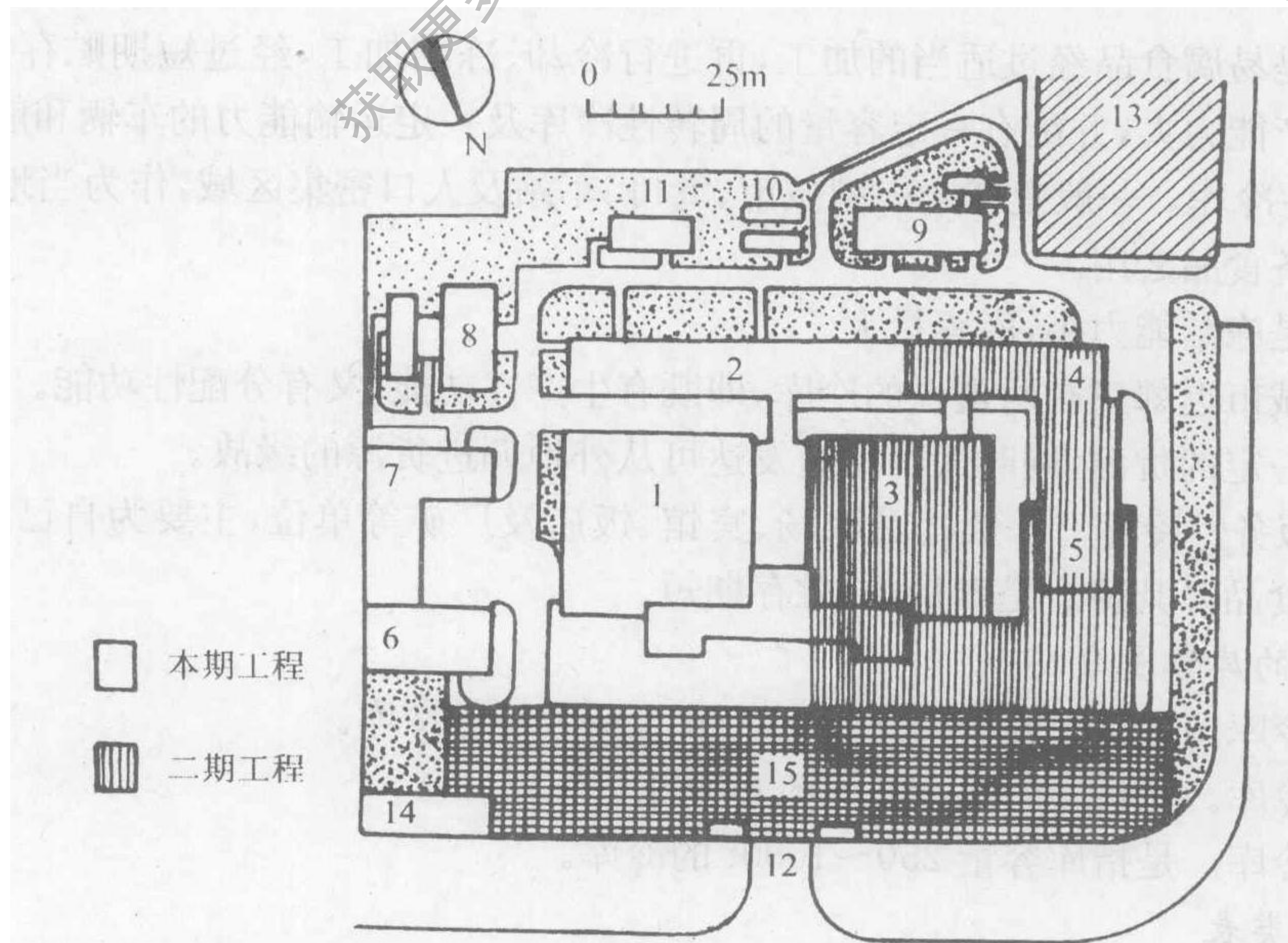


图 1-1 某生产性冷库总平面布置图

1-高温冷库;2-机房;3-低温冷库;4-制冰、贮冰;5-冻结间、理鱼间;6-办公、仓库;7-机修、车库;8-食堂;
9-浴室、锅炉房;10-循环泵房;11-木工房;12-传达、业务办公;13-职工生活区;14-商店;15-停车场

地说,就是要满足冷冻食品生产和贮藏的工艺要求,并从便利原料和产品的运输出发,合理布置各车间和库房的相对位置。

水产品、肉类和禽类冷加工的工艺流程如图 1-2、图 1-3 和图 1-4 所示。

表 1-2 生产性冷库库区划分表

类别	组成部分
生产区	冷库、单独建造的冻结间、机房、制冰间、冰库、变配电间、工人休息室、烘衣更衣室、铁路专用线、水塔、冷却水池、机修间、洗衣间、仓库等。 整理间(蛋品、果蔬)、理鱼间(水产)、候宰间、屠宰车间、副产品加工间、复制间、分割肉间、化验室、锅炉房、水泵房等
原料区	码头、卸鱼场、卸猪站台、验收分级栏、饲养栏、断食栏、喂食栏、病猪栏、饲料仓库、煮饲料间、动物饲料加工间等
行政福利区	办公楼、医务室、食堂、浴室、集体宿舍、家属宿舍、招待所、托儿所、哺乳室、厕所、自行车棚等
隔离区	危险品仓库(氨库或汽油库)、汽车库、急宰间、工业油加工间、皮毛晒场、污水处理场等

注:分配性冷库的区划可按上表除去有关屠宰的建筑物。

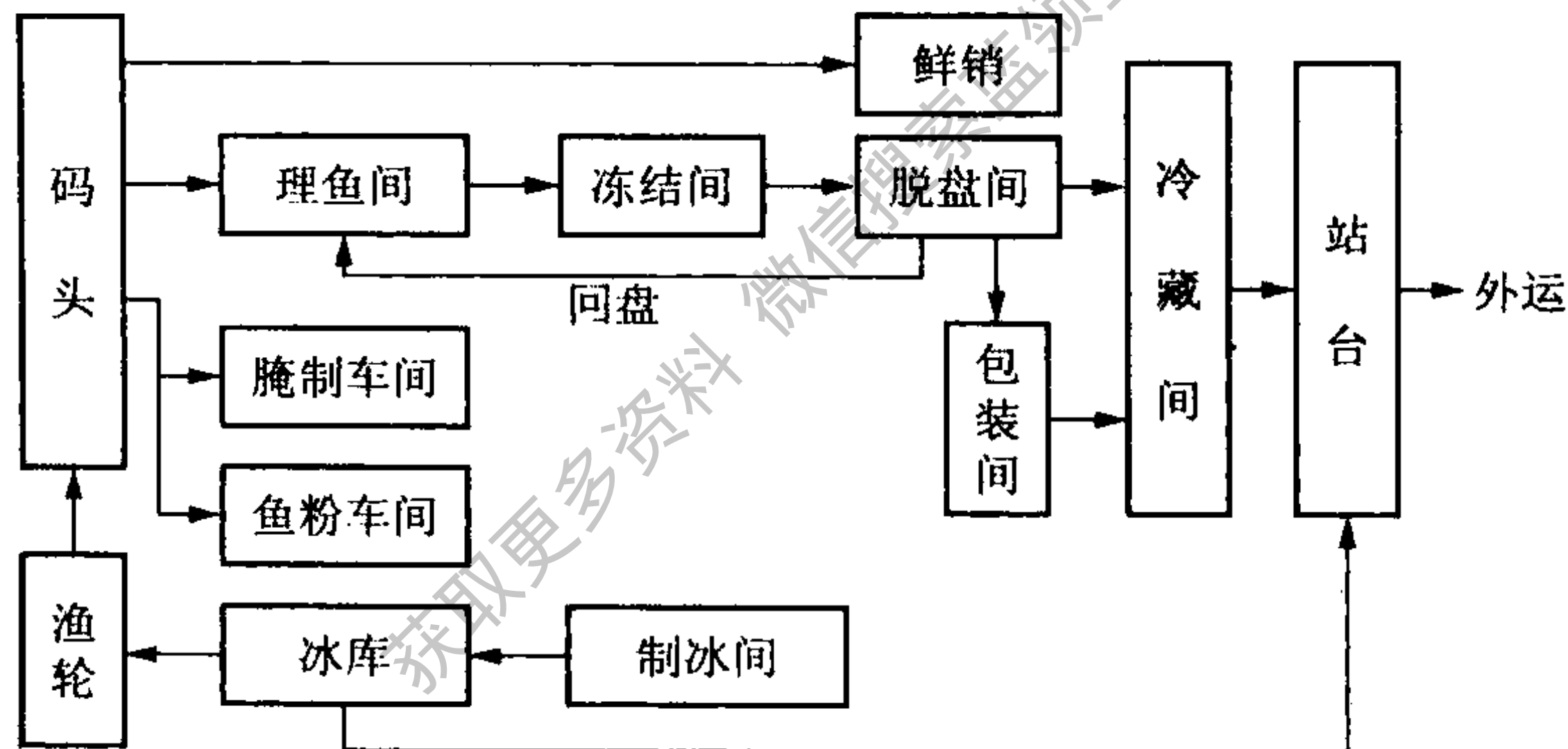


图 1-2 水产品生产工艺流程图示意图

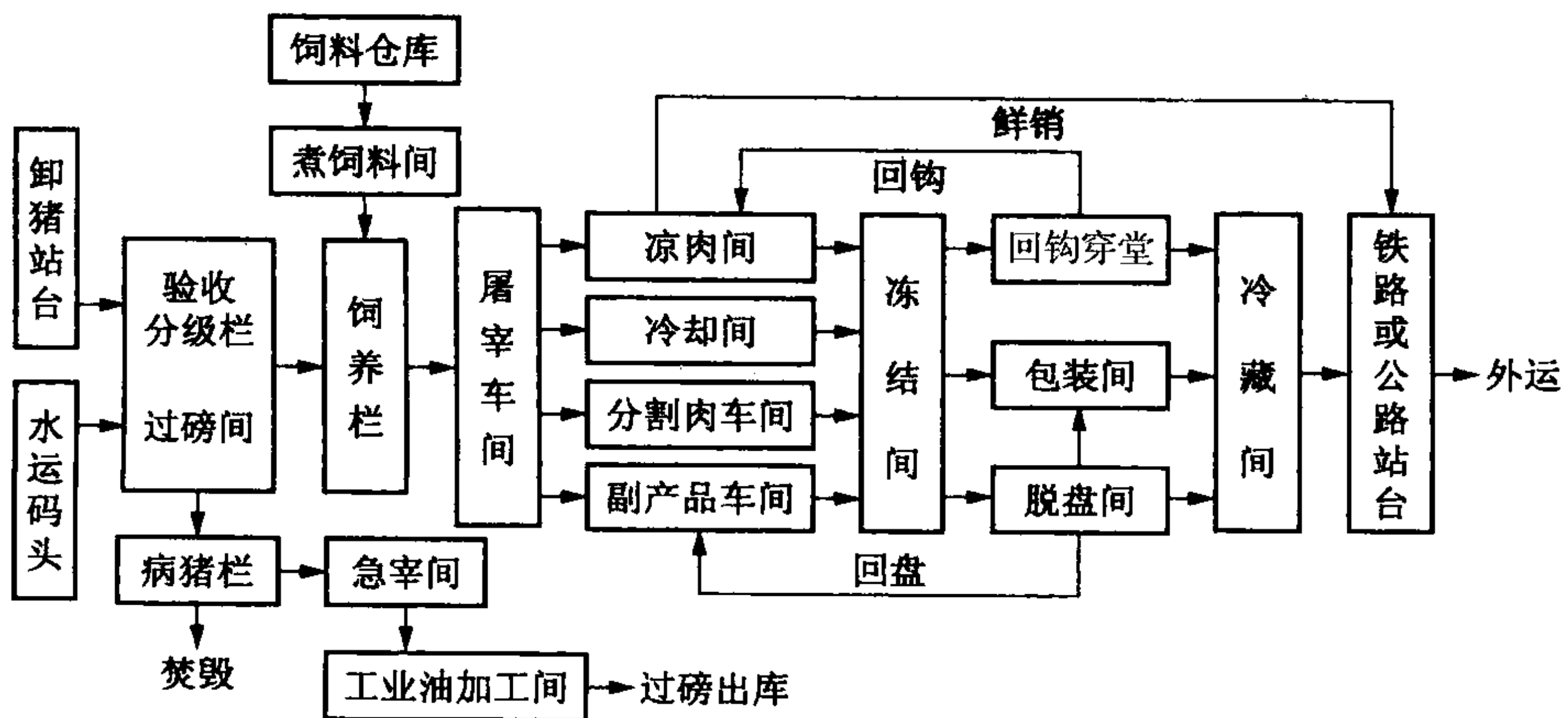


图 1-3 肉类生产工艺流程图示意图

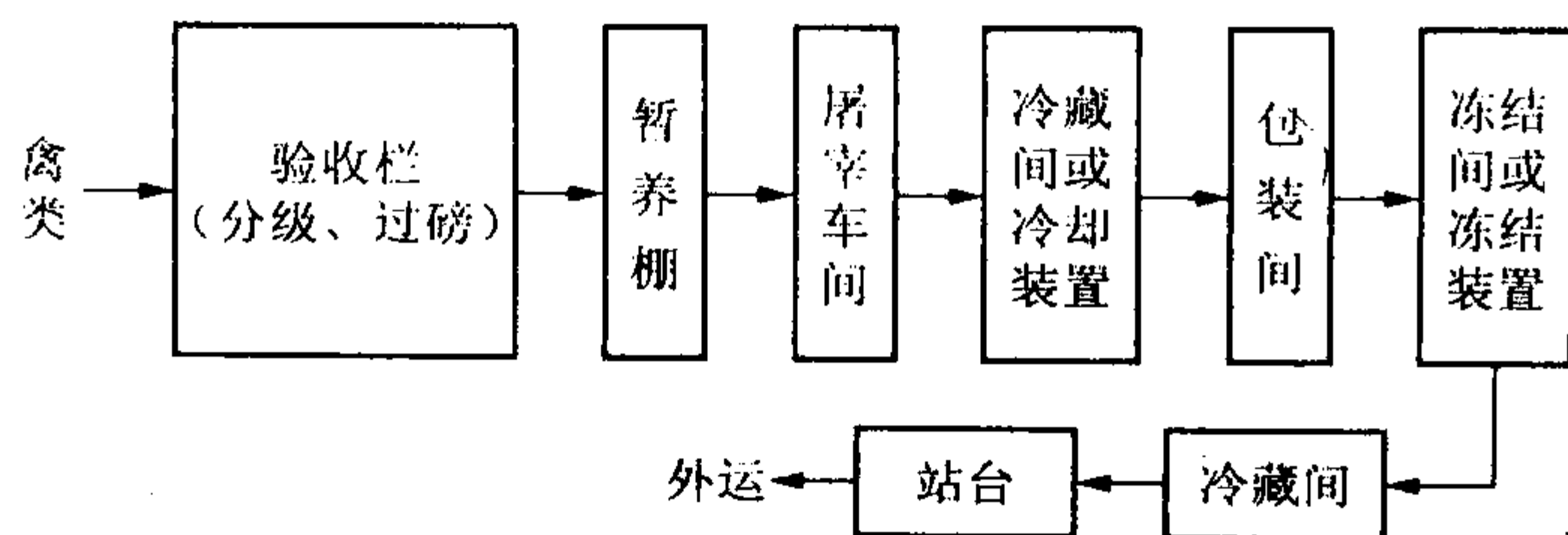


图 1-4 禽类生产工艺流程示意图

2. 冷库的建筑形式

我国冷库的建筑形式大致有两类：一类是较大跨度的单层冷库，另一类是适当跨度的多层冷库，如图 1-5 和图 1-6 所示。为了节约用地，大中型分配性冷库宜采用多层建筑。生产性冷库或综合性冷库的建筑层数应根据生产流程的方向来确定，如为竖向布置时应采用多层建筑，如水平布置则采用单层建筑。小型冷库及货物进出频繁的中型冷库均宜采用单层建筑。

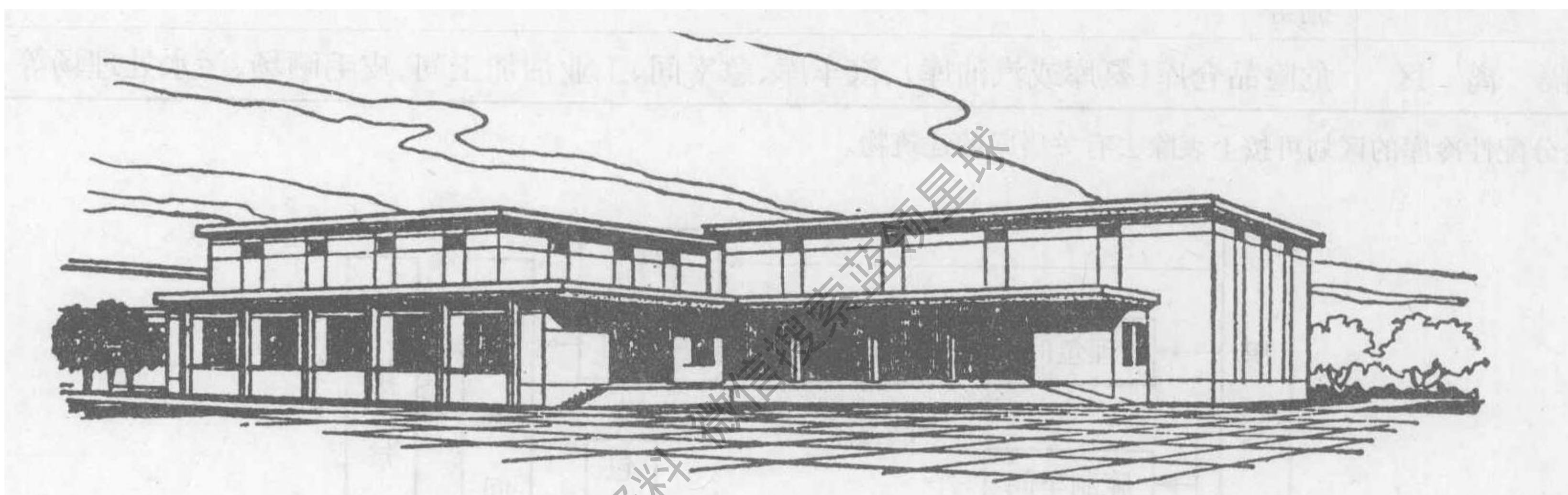


图 1-5 单层冷库透视图

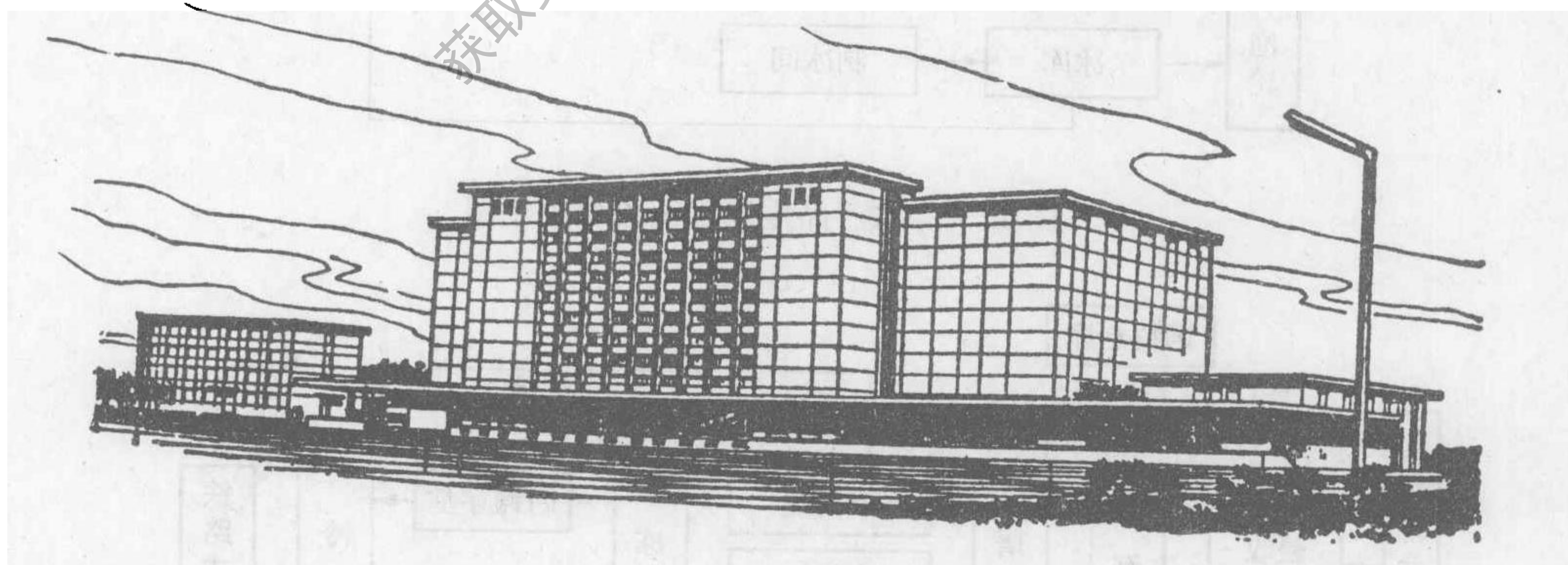


图 1-6 多层冷库透视图

由于冷藏食品大部分采用标准容器包装，适合于搬运和库内堆垛工作的完全机械化，因此单层冷库的建造趋广泛，单层冷库的层高大多为 6~15m。在冷库建筑中，2~3 层的建筑是不适宜的，因为对二层以上的冷库，货物垂直运输要装电梯，但电梯的利用率很低，在投资和设备利用上不经济。由于冷库的动荷负很大，7 层以上的冷库要大大增加基础投资，造价高，同时垂直运输量也增加。因此，多层冷库以 4~6 层为宜。同时，冷库主体建筑的形状能接近于立方体，以减少围护结构的表面积，节省投资。

单层和多层冷库的比较见表1-3。

表1-3 单层和多层冷库的优缺点比较

项 目	单 层 冷 库	多 层 冷 库
优 点	<ol style="list-style-type: none"> 1. 货物进出方便,便于迅速吞吐 2. 易于实现装卸运输的机械化和自动化 3. 基础处理比较简单,地坪承载能力大,库房净高可达10m以上,提高了单位面积的载货量 4. 能采用较大的跨度,可减少柱子所占面积,扩大了建筑面积利用系数 5. 建筑和结构比较简单,柱网布置灵活,有利用采用预制装配式构件,施工方便,投产快 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 占地面积少,能节约用地 2. 在库容量相同的条件下,其外围护结构的表面积比单层冷库小,这样耗冷量可以减少,也降低了食品的干耗,机器设备费用和经营管理费用相应减少,同时,由于节省了隔热材料,单位面积的土建造价低,投资费用较小 3. 能合理利用多层位置,如地下室可用作冷却物冷藏间,屋顶阁楼层建成制冰间等
缺 点	<ol style="list-style-type: none"> 1. 占地面积大 2. 冷库外围护结构表面积大,故隔热材料用量较多,耗冷量和食品干耗也较大 3. 对于低温库房,地坪防冻处理的工程量;当冷库建在地下水位高的地方,处理不当,容易造成地坪冻臃 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 库房垂直运输量大,货物进出各操作管理都不如单层冷库方便 2. 楼层高度受楼板荷载能力的限制,各冷间的容积利用率较低 3. 多层冷库建在地耐力较差的地基上时,基础施工复杂,造价较大 4. 采用预制装配构件时,需用较大施工设备,施工期较长

3. 主库的分区及基本单元

主库是冷库的主体,其组成可按生产加工工艺和需要的商品冷加工工艺的要求,由生产加工区、贮藏区、进出货及其操作区组成。这三个区域可由以下基本内容组成。

(1) 冷却间。它是冷却畜肉类或果品蔬菜等产品的场所。畜肉类冷却间的功能是:把屠宰加工后的胴体或分割制品,在规定的时间内冷却至 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$,然后贮存或直接供应市场。这种冷却又分缓慢冷却和快速冷却。前者是在 -2°C 的库房间,经过 $12\sim 20\text{h}$ 冷却到 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$;后者是在 $-7\sim -25^{\circ}\text{C}$ 的库房内,仅经 $0.5\sim 8\text{h}$ 冷却至 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ 。果蔬冷却间是把采摘和收获的果蔬整理后,迅速冷却降温,然后进库贮藏或进入市场。果蔬冷却的方式有水冷式、风冷式、差压式和真空式冷却等。

(2) 冻结间。它是用来冻结食品的场所。冻结间可以是有隔热围护结构的建筑物内设冻结设备,也可以是带有隔热设施的冻结装置。常见的冻结间有搁架式冻结间和风冻间。冻结装置除了平板冻结机外,大多采用连续冻结,如流态化冻结机、螺旋式冻结机和隧道式冻结机、液氮冻结机等。其冻结方式有风冻式、接触式、半接触式、浸渍式和喷淋式等。

(3) 制冰间和冰库。制冰间的建筑不同于冷库,建筑物本身一般不需要隔热,而制冰设备则需要隔热设施。如盐水制冰的制冰池,其四周和底部均需设隔热层,顶部要加木盖。管冰机和颗粒冰机的蒸发器也应隔热。片冰机和板冰机的周围应设置隔热板。

冰库又称贮冰间。冰库的建筑一般和冷却物冷藏间相同。通常冰库的冷却系统接入 -15°C 的蒸发温度系统,以保持冰库 $-4\sim -10^{\circ}\text{C}$ 的库温。冰库的围护结构应做隔热处理。冰库一般采用光滑排管作冷却管。库内可设有提冰和堆垛设备。

(4) 原料暂存间。在速冻蔬菜厂、冷饮品厂和冷冻食品厂等,均设有原料暂存间,用于贮

藏季节性大量到货的商品,或者生产加工中的原料和半成品等。原料暂存间根据需要,应设有冷却降温系统,维持其一定的低温存放环境。

(5) 解冻间。解冻间一般用于冷冻食品加工厂。通过用空气、水或微电解液等方法,对冻结物原料进行加热,使其温度升至 $0\sim-2^{\circ}\text{C}$,以便于分割加工。

(6) 低温加工或包装间。根据食品卫生的要求,食品加工和包装一般需要在 $6\sim15^{\circ}\text{C}$ 室温的车间内进行。这样的车间必须设置冷却设备,并考虑操作人员对新鲜空气的要求。

(7) 冷却物冷藏间。库温范围为 $-5\sim20^{\circ}\text{C}$ 。根据不同的商品及贮存期要求,确定相应的冷间温、湿度。冷却物冷藏间多用于贮存水果、蔬菜、鲜蛋、花卉、中药材,以及高档家具和衣物等商品。用于鲜活商品贮存的冷间,还须设有通风换气装置和充氧设备。

(8) 冻结物冷藏间。库温范围为 $-18^{\circ}\text{C}\sim-35^{\circ}\text{C}$ 。一般肉类的冷冻贮藏温度为 $-18^{\circ}\text{C}\sim-25^{\circ}\text{C}$,水产品贮藏温度为 $-20\sim-30^{\circ}\text{C}$,冰淇淋制品贮藏温度为 $-23\sim-30^{\circ}\text{C}$ 。某些特殊的水产品要求更低的贮藏温度,达 -40°C 以下。我国通常采用的冻结物冷藏间温度为 $-18\sim-30^{\circ}\text{C}$ 。

(9) 穿堂。又称川堂,即冷库货物进出的通道,也是联系各库(间)的交通枢纽。穿堂按温度要求的不同,有低温、定温(也称中温)和常温三种。根据有利货物进出时的质量保证和冷库节能,以定温穿堂为宜,其温度范围为 $5\sim10^{\circ}\text{C}$ 。若有特殊要求,可为 0°C 左右,甚至更低。

(10) 月台。即供货物装卸的台架。为适应装卸作业,则有铁路月台、汽车月台和联系月台之分。大中型冷库的铁路月台,应视机械保温列车的长度或车辆节数而定,一般有 128m、220m 等不同长度。汽车月台的长度,按冷库的体型、货物吞吐量和运输方式加以确定。月台宽度一般 $6\sim9\text{m}$,小型月台为 $4\sim6\text{m}$ 。月台的高度可取 $0.9\sim1.4\text{m}$,视运输车辆而定,也可设置月台高低调节板。铁路月台应高于钢轨面 1.1m。

冷库月台有敞开式和封闭式两种。前者多为单棚式,设有大跨距的立柱,立柱中心至月台边缘留 $1.2\sim1.5\text{m}$ 间距,月台边缘距铁路中心线的距离为 1.75m,这种月台适用于火车装卸;后者用于汽车装卸,装卸货不受天气影响。

(11) 门斗。它一般设在冷库或冷间内,在冷藏门的内侧,其作用是减少库内外的热湿交换。门斗有保温型和非保温型、固定式和非固定式之分,通常与冷藏门配套的风幕和透明塑料门帘组合在一起,可以有效地阻止库内外的热湿交换。图 1-7 为门斗的示意图。

(12) 楼梯和电梯间。多层冷库设置楼梯和电梯间,作为货物运输和人员上下之用。楼梯和电梯间应符合消防和安全生产要求,其大小和数量视货物吞吐量而定,位置以方便货物进出为准。冷库电梯的运输能力常用 2t 和 3t 型,其运输能力分别为 13t/h 和 20t/h。

4. 生产设施

生产设施及为其配置的建筑物,均根据生产工艺的需要而定。生产设施中与制冷有关的

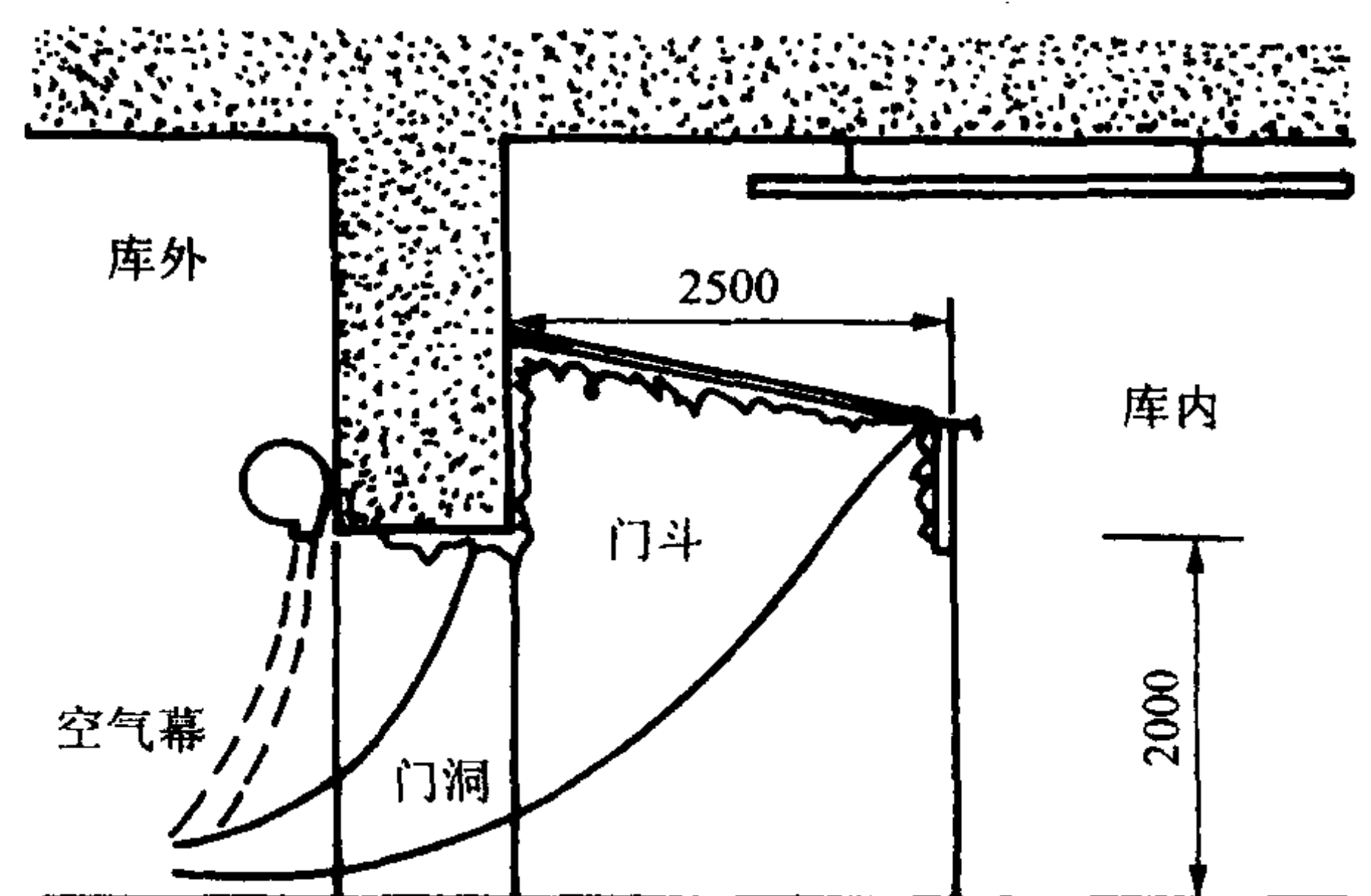


图 1-7 门斗示意图

内容,除了上述主库的(1)~(8)之外,还有工艺冷却水、快速冷却和冷冻去皮机等设施。

5. 冷库附属建筑

冷库附属建筑按冷库的功能及生产需要加以配置,其基本配置如下:

(1) 主机房。主机房设有制冷压缩机和制冷系统的其他设备等。主机房一般有两个进出口,大小应考虑设备和人员方便进出。主机房门窗应向外开启,并有良好的采光、通风条件,主机房温度一般不低于 12°C ,通风设备采用防爆型,高寒地区冬季应采用非明火采暖设备。

冷库主机房一般采用单层建筑,净高 $4\sim 6\text{m}$ 。其操作维修通道应保持不小于 1.5m 的宽度,宜作隔振、降噪声处理。另外,为了放置制冷辅助设备,通常在主机房相邻处设辅助设备间,其建筑结构要求随主机房而定。

(2) 变配电间和电控室。电控室内设有制冷压缩机和辅助动力设备电气起动控制柜,制冷系统的操作控制柜,并可配以模拟图或数据采集系统,以及主、辅机运行操作流程和安全报警系统。自动化程度较高的冷库,主、辅机房内的电控室,可实现遥控指令操作或全自动控制。控制室内的噪声应不超过 $70\text{dB}(\text{A})$ 。冷库变配电间一般靠近主机房,要有良好的通风条件,并满足消防要求。

(3) 其他辅助设施。如充电间、发电机房、锅炉房、氨库或氟库(存放制冷剂用)、化验室、浴室、办公室,以及休息更衣室等,它们是冷库群体不可少的辅助设施。

冷库库房与辅助建筑的卫生防护距离、消防和防爆要求,均应符合 GB50072—2001 冷库设计规范和现行国家有关强制性标准的要求。

1.2 冷加工能力和冷间容量

冷库组成部分的各库房称冷间,如冷却间、冷冻间(冻结间)和贮冰间等。冷却间和冷冻间的日生产能力称为冷加工能力,它根据冷加工的形式和时间来确定。冷库的冷却物冷藏间和冻结物冷藏间的容量总和称为冷库的总容量。

1.2.1 冷加工能力

1. 吊挂式冷却间和冻结间

对于吊挂式的冷却间和冻结间,生产能力可按下式计算:

$$G = lgn/1000 \quad (\text{t/d})$$

式中: G ——冷却间或冻结间每天的冷加工能力, t/d ;

l ——吊轨的有效长度, m ;

g ——吊轨单位长度的净载重量, kg/m ,对于肉类为 $170\sim 230\text{kg/m}$,鱼 400kg/m ,虾 270kg/m ;

n ——每天冷却或冻结的周转次数, $n = 24/T$, T 为冷却或冻结的周期, h 。

2. 搁架排管式冷却间和冻结间

其生产能力按下式计算:

$$G' = \frac{n'Ag_n}{a \times 1000} \quad (\text{t/d})$$

式中: G' ——冷却间或冻结间每天的冷加工能力, t/d ;

n' ——搁架的利用系数,对于盘装、听装和箱装食品,可分别取 0.85~0.95,0.7~0.75,0.7~0.85;

A ——各层搁架水平面积之和, m^2 ;

a ——每件(盘、听、箱)冷加工食品容器所占的面积, m^2 ;

g ——每件食品的净质量, kg ;

n ——每天冷却或冻结的周转次数, $n = 24/T$, T 为冷却或冻结的周期, h 。

3. 小车装载式冷却间和冻结间

其生产能力按下式计算:

$$G'' = \frac{agn}{1000} \quad (t/d)$$

式中: G'' ——冷却或冻结间每天的冷加工能力, t/d ;

a ——冷间内可容纳小车的数量;

g ——每辆小车可装食品的净质量, kg ;

n ——每天冷却或冻结的周转次数, $n = 24/T$, T 为冷却或冻结的周期, h 。

1.2.2 冷藏间和冰库的容量

冷库的容量有三种表示方法:

① 公称体积,为冷藏间或冰库的净面积(不扣除柱、门斗和制冷设备所占的面积)乘以房间净高而得。

② 冷库计算吨位,以代表性食品的计算密度、冷间的公称体积及其体积利用系数计算而得。

③ 冷库实际吨位,按实际堆货的情况计算而得。

公称体积较为科学,是与国际接轨的方法;计算吨位是国内常见的方法;实际吨位是具体贮藏的计算方法。下面介绍后两种计算方法。

1. 冷库计算吨位

冷库计算吨位可按下式计算:

$$G = \frac{\sum (V\rho\eta)}{1000} \quad (t)$$

式中: G ——冷库计算吨位, t ;

V ——冷藏间或贮冰间的公称体积, m^3 ;

ρ ——食品的计算密度, kg/m^3 , 见表 1-4;

η ——冷藏间或贮冰间的容积利用系数, 见表 1-5。

2. 按实际堆货体积计算冷库实际吨位

其计算公式为:

$$G = \frac{\sum (V\rho)}{1000} \quad (t)$$

式中: G ——冷库实际吨位, t ;

V ——冷藏间或贮冰间的实际堆货体积, m^3 ;

ρ ——食品的密度, kg/m^3 。

表 1-4 常见食品的密度

食品名称	密度/(kg/m ³)	食品名称	密度/(kg/m ³)
冻猪白条肉	400	纸箱冻兔(带骨)	500
冻牛白条肉	330	纸箱冻兔(去骨)	650
冻羊腔	250	木箱鲜鸡蛋	300
块装冻剔骨肉或副产品	600	篓装鲜鸡蛋	230
块装冻鱼	470	篓装鸭蛋	250
块装冻冰蛋	630	筐装新鲜水果	220(200~230)
冻猪油(冻动物油)	650	箱装新鲜水果	300(270~330)
罐冰蛋	600	托板式活动货担存菜	250
纸箱冻家禽	550	木杆搭固定货架存蔬菜 (不包括架间距离)	220
盘冰鸡	350	篓装蔬菜	250(170~340)
盘冻鸭	450	机制冻	750
盘冻蛇	700	其他	按实际密度采用
纸箱冻蛇	450		

3. 按货架有效托盘计算冷库实际吨位
计算公式如下:

$$G = \frac{\sum(ang)}{1000} \quad (t)$$

式中: G ——冷库实际吨位, t ;

a ——每层货架上的托盘数;

n ——货架层数;

g ——每托盘食品净质量, kg 。

1.2.3 各冷间的温度要求

食品冷藏包括冷却食品和冻结食品的冷藏,前者简称冷藏,后者简称冻藏,其目的都是抑制食品中的各种变化。冷藏的库温高于 $0^{\circ}C$,即稍高于食品冻结点的温度,主要用于蔬菜、水果、蛋、奶类食品,也适用于鱼、肉、禽等食品的短期保鲜贮藏。冻藏的温度一般在 $-18^{\circ}C$ 以下,相对湿度为 $96\% \sim 100\%$,在这样低的温度下,食品中脂肪的氧化,蛋白质的分解和变性,酶和微生物的作用都变得非常缓慢,因此冻藏的期限较长。

由于冷藏和冻藏的要求条件不同,以及不同食品也对贮藏温度有不同的要求,因此冷库对不同冷间有不同的温度要求,表 1-6 为食品冷库各冷间的制冷温度要求。

表 1-5 冷藏间、贮冰间的体积利用系数

类型	冷藏间公称体积 贮冰间净高	体积利用系数 η
冷藏间	500~1000m ³	0.4
	1001~2000m ³	0.5
	2001~10000m ³	0.55
	10001~15000m ³	0.6
	>15000m ³	0.62
贮冰间	≤4.2m	0.4
	4.21~5.0m	0.5
	5.01~6.0m	0.6
	>6.0m	0.65

注:① 一般装配式冷库比土建冷库的冷藏间体积利用系数大 0.05;

② 蔬菜冷库的体积利用系数,按上述系数乘以 0.8。

表 1-6 食品冷库各冷间制冷温度的一般要求

类型	室温 /℃	相对湿度 /%	制冷设备	进货温度 /℃	出货温度 /℃	冷加工时间 /h	1m 吊轨载货量 /kg	1m ³ 容积载货量 /kg	1m ² 地板载货量 /kg	备注
冷却间	①肉(半胴体)	-2	90	干式冷风机	35	4	20/10*	200~230		*分母为快速冷却
	②分割肉副产品	0	90	干式冷风机	30	4	20		100	
冻结间	①肉	-23~-30		干式冷风机	30/4*	-15	20/10**	200~230		*分子为一次冻结 **分母为快速冻结
	②副产品、分割肉	-23~-30		干式冷风机或吹风式搁架排管	30/4*	-15	20/24~72**	每 m ³ 搁架 60~80	200	*分子为未经冷却 **分母为分割肉,24h 为铁盘装,72h 为纸盒装
	③禽、兔	-23~-30		干式冷风机或吹风式搁架排管	30~25	-15	24~40/80*	每 m ² 搁架 68~80		*分子为铁盘装 分母为纸盒装
	④盘装冰蛋	-23~-30		干式冷风机或吹风式搁架排管		-15	24	每 m ² 搁架 68~80		
	⑤听装冰蛋	-23~-30		干式冷风机或吹风式搁架排管		-15	52			
	⑥鱼虾	-23~-30		干式冷风机或吹风式搁架排管	15	-15	12/8*	400~540/270**		*分子为鱼,分母为虾 **吊笼吊挂,分子为鱼,分母为虾
冷却物冷藏间	0~-2	85~90	干式冷风机	25/4*	0~-2	24~72		230~260		*分子为未经冷却
冻结物冷藏间	-18~-20	90~95	干式冷风机或墙、顶排管	-15/-8	-18~-20	24/48		400~600		用干式冷风机时货间风速应不大于 0.3m/s
冷却物包装间	常温或空调间									
冻结物包装间	-5		干式冷风机或墙管							
贮冰间	-4~-6		干式冷风机或顶排管	0	-4			750		不能采用翅片管
再冻间	-23		干式冷风机	-8	-15	20	200~230			

1.2.4 食品的冷藏条件

食品的冷藏条件是指冷库(间)为食品贮存提供的最终温度和空气的相对湿度。食品的贮藏期是指保持该食品新鲜与高的商品质量而言的贮藏时间。食品的贮藏温度一般是指长期贮藏的最佳温度,它是指食品本身的温度,而不是周围空气的温度。

1. 肉鱼蛋类食品的冷藏条件

表1-7、1-8和1-9分别列出了肉类、鱼贝类和禽蛋类食品的冷藏条件。

2. 果蔬类食品的冷藏条件

表1-10和1-11分别列出了水果和蔬菜类食品的冷藏条件。

3. 乳品及其他食品的冷藏条件

表1-12列出乳品及其他商品的冷藏条件。

表1-7 肉类食品的冷藏条件

食品名称	贮藏温度 /°C	相对湿度 /(%)	贮藏期 ^①	食品名称	贮藏温度 /°C	相对湿度 /(%)	贮藏期 ^①
猪肉				牛肉			
新鲜(平均)	0~1.1	85~90	3~7d	新鲜(平均)	-2.2~1.1	88~95	1w
胴体(47%瘦肉)	0~1.1	85~90	3~5d	牛肝	0	90	5d
腹部(35%瘦肉)	0~1.1	85	3~5d	小牛肉(瘦)	-2.2~1.1	85~90	3w
脊背部肥肉	0~1.1	85	3~7d	冻牛肉	-23.3~ -17.8	90~95	6~12m
(100%肥肉)				羔羊肉			
肩膀肉(67%瘦肉)	0~1.1	85	3~5d	新鲜(平均)	-2.2~1.1	85~90	3~4w
冻猪肉	-23.3~ -17.8	90~95	4~8m	冻羊肉	-23.3~ -17.8	90~95	8~12m
香肠							
散装	0~1.1	85	1~7d				
烟熏	0	85	1~3w				

① d—日;w—星期;m—月。

表1-8 鱼、贝类食品的冷藏条件

食品名称	贮藏温度 /°C	相对湿度 /(%)	贮藏期 ^①	食品名称	贮藏温度 /°C	相对湿度 /(%)	贮藏期 ^①
鱼类				贝类			
黑线鳕、鳕、河鲈	-0.6~1.1	95~100	12d	扇贝肉	0~1.1	95~100	12d
狗鳕、牙鳕	0~1.1	95~100	10d	虾	-0.6~1.1	95~100	12~14d
庸鲽(大比目鱼)	-0.6~1.1	95~100	18d	龙虾	5.0~10.0	在海水中	单个保藏
鲱鱼				牡蛎、蛤(肉及汁液)	0~2.2	100	5~8d
腌过的	0~2.2	80~90	10d	牡蛎(带壳)	5.0~10.0	95~100	5d
烟熏的	0~2.2	80~90	10d	冷冻贝类	-34.4~ -20	90~95	3~8m
大麻哈鱼	-0.6~1.1	95~100	18d				
金枪鱼	0~2.2	95~100	14d				
冷冻鱼	-28.9~ -20	90~95	6~12m				

① d—日;m—月。

表 1-9 禽、蛋类食品的冷藏条件

食品名称	贮藏温度 /℃	相对湿度 / (%)	贮藏期 ^①	食品名称	贮藏温度 /℃	相对湿度 / (%)	贮藏期 ^①
禽类				冷冻蛋			
家禽(新鲜)	-2.2~0	95~100	1~3w	全蛋	-17.8		12m 以上
鸡肉	-2.2~0	95~100	1~4w	蛋黄	-17.8		12m 以上
鸭	-2.2~0	95~100	1~4w	蛋白	-17.8		12m 以上
冷冻家禽	-23.3~ -17.8	90~95	12m	兔肉(新鲜)	0~1.1	90~95	1~5d
蛋类							
带壳蛋	-1.7~0	80~90	5~6m				
带壳蛋(冷却过)	10.0~12.8	70~75	2~3w				

① d—日;w—星期;m—月。

表 1-10 水果类食品的冷藏条件

食品名称	贮藏温度 /℃	相对湿度 / (%)	贮藏期 ^①	食品名称	贮藏温度 /℃	相对湿度 / (%)	贮藏期 ^①
苹果	0~3.3	90~95	3~8m	草莓	-0.6~0	90~95	5~7d
苹果干	5~8.9	55~60	5~8m	黑莓	-0.6~0	90~95	3d
梨	-1.7~-0.6	90~95	2~7m	紫草莓	-0.6~0	90~95	2w
桃子	-0.6~0	90~95	2~4m	香蕉	13.3~14.4	85~95	2w
桃干	0~5	55~60	5~8m	西瓜	4.4~10	90	2~3w
杏子	-1.1~0	90~95	1~3w	椰子	0~1.7	80~85	1~2m
李子	-0.6~0	90~95	2~4w	无花果干	0~4.4	50~60	9~12m
柑桔、香橙	0~1	85~90	8~12w	无花果(新鲜)	-0.6~0	85~90	7~10d
红桔	4.4	90~95	2~4w	柚子	14.4~15.6	85~90	6~8w
樱桃				猕猴桃	-0.6~0	90~95	3~5m
酸的	0	90~95	3~7d	芒果	10.0~12.8	85~90	2~3w
甜的	-1.1~-0.6	90~95	2~3w	橄榄	5.0~10.0	85~90	4~6w
葡萄	-0.6~0	85~90	2~8w	柿子	-1.1	90	3~4m
柠檬	11.1~12.8	85~90	1~4m	菠萝(熟的)	7.2	85~90	2~4w
枇杷	0	90	3w	石榴	4.4	90~95	2~3m
荔枝	1.7	90~95	3~5w	罗马甜瓜	2.2~4.4	95	5~15d
				速冻水果	-24.4~-17.8	90~95	18~24m

① d—日;w—星期;m—月。

表 1-11 蔬菜类食品的冷藏条件

食品名称	贮藏温度 /℃	相对湿度 / (%)	贮藏期 ^①	食品名称	贮藏温度 /℃	相对湿度 / (%)	贮藏期 ^①
卷心菜	0	98~100	5~6m	甜菜			
胡萝卜				根茎	0	95~100	4~6m
上部未成熟	0	98~100	4~6w	叶	0	95~100	10~14d
上部已成熟	0	98~100	7~9m	黄瓜	7.2~10	95	10~14d
花椰菜	0	95~98	3~4w	茄子	7.2~12.2	90~95	7~10d
芹菜	0	98~100	2~3m	甜玉米	0	95~98	4~8d
欧芹	0	95~100	1~2m	蒜头(干)	0	65~70	6~7m
芦笋	0~1.7	95~100	2~3w	韭菜	0	95~100	2~3m

(续表)

食品名称	贮藏温度 /°C	相对湿度 /(%)	贮藏期 ^①	食品名称	贮藏温度 /°C	相对湿度 /(%)	贮藏期 ^①
莴苣(头)	0~1.1	95~100	2~3w	小萝卜(红或白色)			
蘑菇	0	95	3~4d	春季	0	95~100	3~4w
洋葱				冬季	0	95~100	2~4m
绿色、新鲜	0	95~100	3~4w	马铃薯	3.3~4.4	90~95	5~8m
干的	0	65~75	1~8m	胡椒(干的)	0~10.0	60~70	6m
豌豆				番茄(西红柿)			
绿色、新鲜	0	95~98	1~2w	绿色成熟的	12.8~15.6	90~95	1~3w
干的	10.0	70	6~8m	红色成熟的	7.2~10	90~95	4~7d
蚕豆				蔬菜种子	0~10	50~65	10~12m
绿色、新鲜	4.4~7.2	95	7~10d	白薯(红薯)	16.1	85~90	3~6m
干的	10.0	70	6~8m	水田芥菜	0	95~100	2~3w
菠菜	0	95~98	10~14d	蔬菜叶(新鲜)	0	95~100	10~14d
南瓜	10~12.8	50~75	2~3m	速冻蔬菜	-23.3~		6~12m
大黄	0	95~100	2~4w		-17.8		

① d—日;w—星期;m—月。

表 1-12 乳品及其他商品的冷藏条件

食品名称	贮藏温度 /°C	相对湿度 /(%)	贮藏期 ^①	食品名称	贮藏温度 /°C	相对湿度 /(%)	贮藏期 ^①
奶油(白脱)	0	75~85	2~4w	面包	-17.8		3~13w
速冻奶油	-23.3	70~85	12~20m	罐头食品	0~15.6	70 或更低	12m
冰淇淋				杂货类			
10%脂肪	-29~-26	90~95	3~23m	可可粉	0~4.4	50~70	12m 以上
上等的	-34~-40	90~95	3~23m	咖啡、绿	1.7~2.8	80~85	2~4m
牛奶				蜂蜜	10.0		12m 以上
液态,巴氏消毒	3.9~6.1		7d	啤酒花	-2.2~0	50~60	几个月
A 级(3.7%脂肪)	0~1.1		2~4m	熟猪油(无氧化)	-17.8	90~95	12~14m
生鲜的	0~3.9		2d	坚果类	0~10	65~75	8~12m
全脂奶粉	21.1	低	6~9m	植物油、色拉油	21.1		12m 以上
脱脂奶粉	7.2~21.1	低	16m	人造黄油	1.7	60~70	12m 以上
糖果				桔子汁	-1.1~1.7		3~6w
牛奶巧克力	-17.8~1.1	40	6~12m	香烟、烟草			
花生脆片糖	-17.8~1.1	40	1.5~6m	大桶装	10~18.3	50~65	12m
软质奶糖	-17.8~1.1	65	5~12m	大包	1.7~4.4	70~85	12~24m
果汁软糖	-17.8~1.1	65	3~9m	卷烟	1.7~7.8	50~55	6m
杂货类				雪茄烟	1.7~10.0	60~65	2m
啤酒				毛皮和织物	1.1~4.4	45~55	若干年
桶装(45 升以上)	1.7~4.4		3~8w				
瓶装或罐装	1.7~4.4	65 或更低	3~6m				

① d—日;w—星期;m—月。

4. 冷藏食品出货时的结露和结霜

从冷库(间)取出的冷藏食品要防止在其表面结露或结霜。这是因为当空气露点高于冷却食品或包装材料的表面温度时,空气中的水蒸气遇冷就会结露。当食品表面温度低于 0℃时,食品表面就会结霜。这种情况会影响食品的质量,有利于微生物的生长和繁殖,所以食品的包装可起到防止食品表面的结露。装在托盘里的冷却或冷冻食品出货时,必须在托盘上加盖(罩),以减少结露或结霜。

对于采用封闭式站台的冷库,当有制冷设备使站台温度保持在 5~7℃时,从冷间里取出冷却食品时,一般不会产生结露。这是封闭式站台的优点之一。

1.3 冷库内的配套设施

冷库内的配套设施主要包括冷库门、防止开门时冷量损失的设施(如门帘、门斗、空气幕)、货物进出库装卸口设施、库内运输和贮存设施等。

1.3.1 冷库门

1. 对冷库门的要求

(1) 对冷库门的基本要求如下:

- ① 有良好的隔热性和气密性,以减少冷量损失。
- ② 门框防露和防冻,如在门与门框接触部位设电加热装置。
- ③ 门有强度又轻便,开关灵活。
- ④ 坚固耐用,能防冲击。
- ⑤ 设有安全灯,操作人员被锁在库内时有呼救及自开启装置。
- ⑥ 门洞尺寸应方便货物进出和装卸作业,门应在大门上开个小门,以解决经常有小物品进出库既方便又节能。
- ⑦ 冷间进出门口处地坪要防止“冷桥”产生,还能承受装卸机械及所载货物的重量。

表 1-13 冷库门类型

形 式		开启动力				
		手动门	电动门	气动门	液压门	
嵌入式	平开门	√				
	平开门	√	√			
外贴式	平移门	√	√	√	√	
	滑升门	垂直式	√	√	√	
		弧形式	√	√	√	
		折叠式	√			

注:冷库门有单门和双门两种形式;表中未列入气调库门,因为它有气密性要求,属于特殊冷库门。

2. 冷库门的种类和特点

冷库门根据冷间的性质分类,有高温冷库门、低温冷库门和气调库冷库门等。根据门与门洞的相对位置和连接方式分类,有嵌入式和外贴式冷库门,后者的外形简单,开启形式多样,适用范围广。根据开启的动力分类,有手动门、电动门、气动门和液压门。后三种作为自动开启型冷库门,各有其优缺点,相对而言,电动门安装方便,使用最多。

冷库门的分类见表 1-13。

3. 典型冷库门

(1) 平开手动冷库门。它有以下两种形式:

- ① 外贴式平开手动冷库门。它以 SLM 型为代表,通常有左开和右开两种,开启角有

180°、135°和 90°三种。门边上装有防冻电加热器和高强度 e 型橡胶密封条。用这种冷库门时,它的门扇框架可以是木结构或玻璃钢结构,门面板有 A、B、C 种,分别为金属板包面、不锈钢板包面和防锈铝板包面,但木框结构门一律采用 B 或 C 全包面。

② 嵌入式平开手动冷库门。它分为单扇门和双扇门两种,在小型冷库上应用较多。其缺点是一旦门发生变形或门框变形,会造成门密封损坏,维修比较困难。

(2) 平移式手动冷库门。它借助门扇上下的滑轮可横向开启或关闭,并靠压紧机构实现密封,见图 1-8。它也有单扇门和双扇门两种形式。多采用彩钢或不锈钢板做面板,内部采用聚氨酯泡沫塑料板作隔热材料。

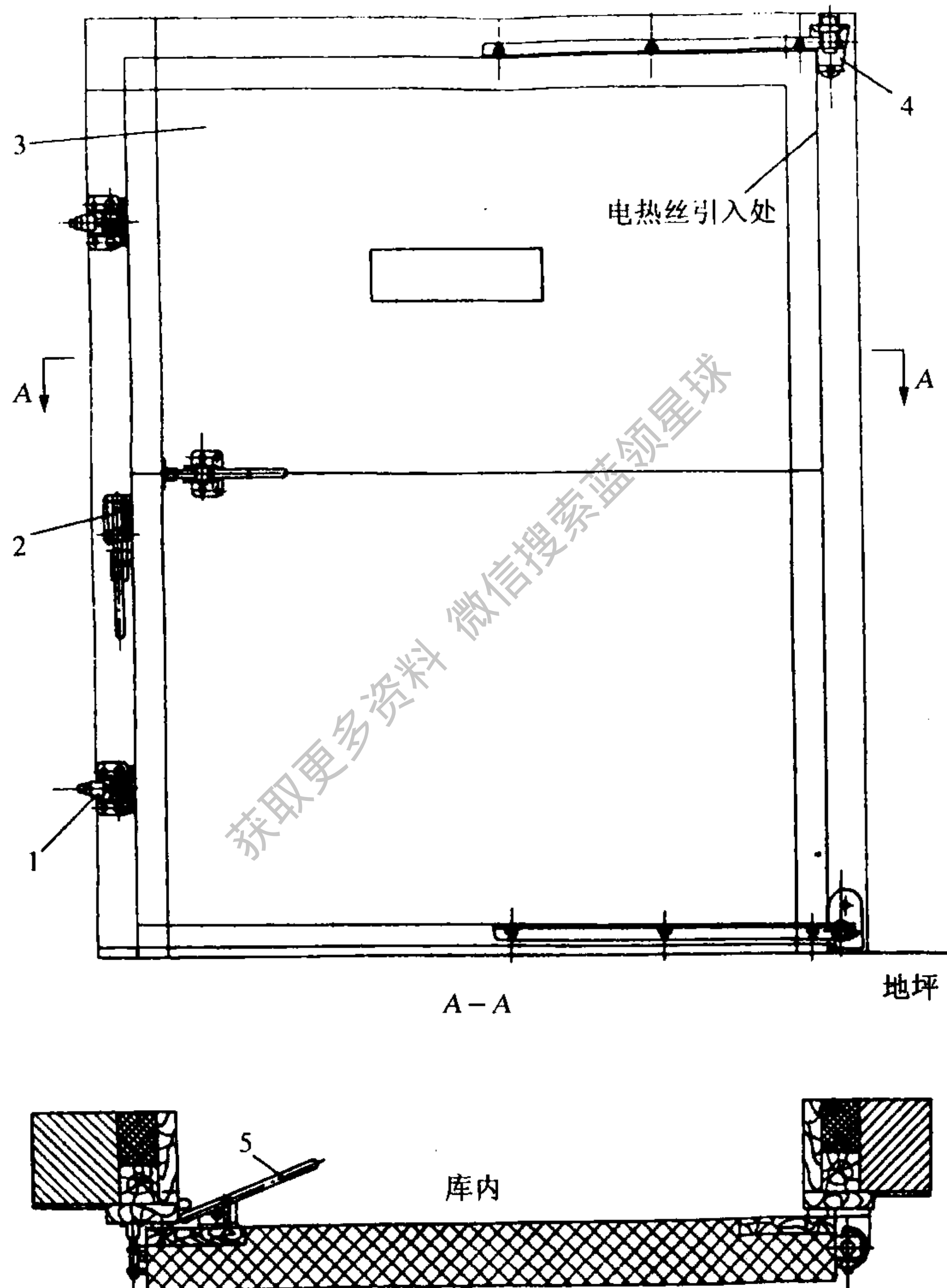


图 1-8 平移式手动冷库门

1—压紧定位装置;2—外部门拉手;3—门扇;4—铰链和提升滑轮;5—内部门拉手;6—门框

(3) 滑升式冷库门。它有手动折叠式、手动弧形式和手动垂直式三种。

① 手动折叠滑升式冷库门。由上下两门板用合页连接而成,配上重铁作平衡系统后,能自由开闭,并能自锁。图 1-9 为手动折叠式冷库门的工作原理图,门两侧为铝合金立柱 4,内有重铁 5,钢丝绳 2 的一端连接重铁,另一端绕过滑轮 1 后与门 3 的下合页连接。当门提升时

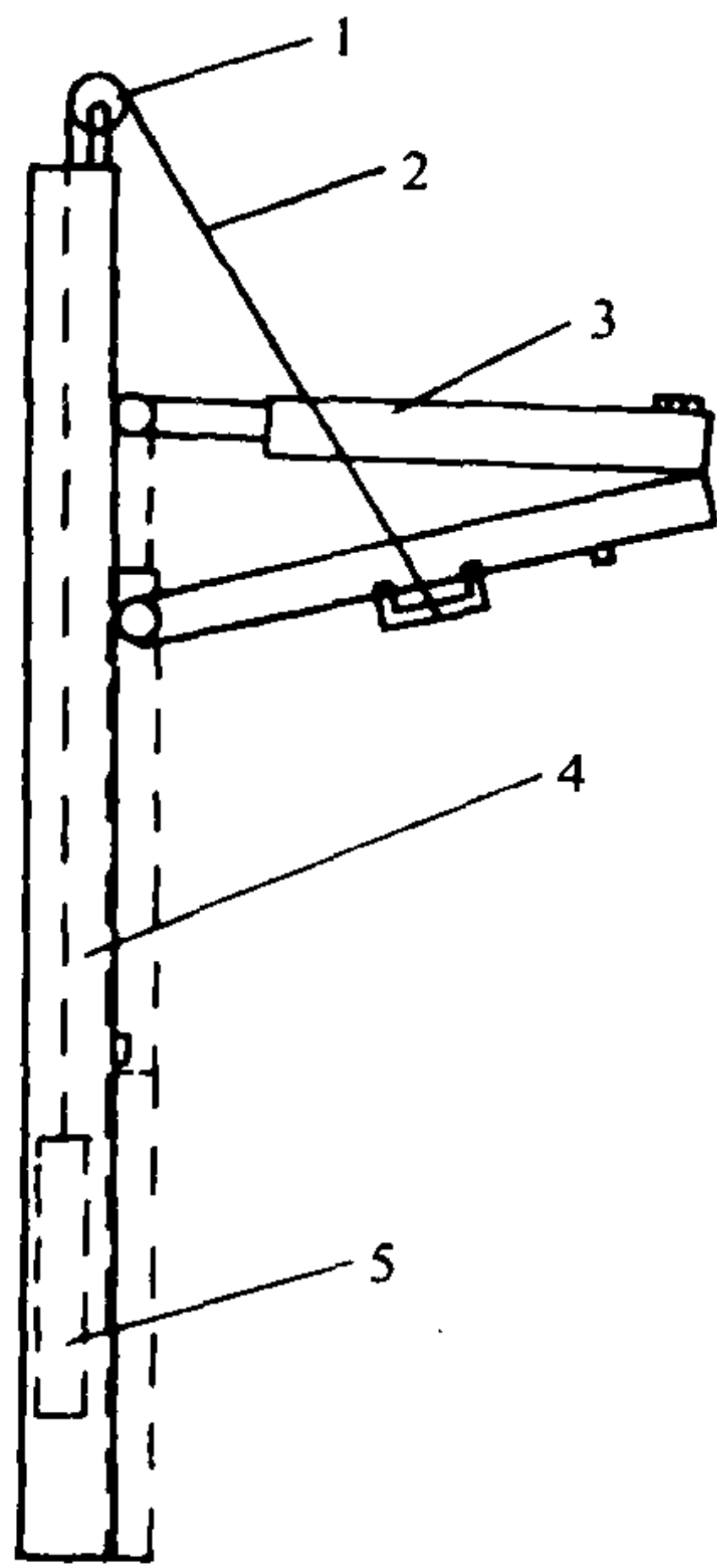


图 1-9 手动折叠式滑升冷库门
1—滑车；2—钢丝绳；3—折叠门板；
4—边门柱；5—平衡重铁

开始折叠，平衡重铁下落，使开启非常轻便，图示位置是折叠门处于全开的状态。这种门的优点是开闭时不占通道，方便铲车进出作业，开闭平稳省力。

② 手动弧形滑升式冷库门。这种门由多块横条形门板连接而成，在门框垂直轨道里可上下滑动，上滑时上部门板作弧形转弯后可在水平轨道上滑动。开闭门可用手动或电动。它适用于小型冷库。

③ 手动垂直滑升式冷库门。其结构和动作与手动弧形滑升门相似。由于是垂直滑升，门板不需多块连接，一般为两块。

(4) 电动式冷库门。它多为平移式，分为单扇门和双扇门两种。图 1-10 为双门平移式电动冷库门。两扇平移门吊装在上门框上部的吊轨上，通过电动机、减速器和链条的传动，使门向两边移开，或向中间合拢关闭。开门速度一般为 0.2m/s。

4. 冷库门的附属设备

冷库门开启之后，必然会造成冷库内外冷热气流的交换，库外的热湿负荷侵入库内，造成冷库的冷量损失，不但使库内温度很快回升，门内侧的顶板和墙壁会结露滴水。进而使地面结冰，对库存食品质量和运输带来不利。

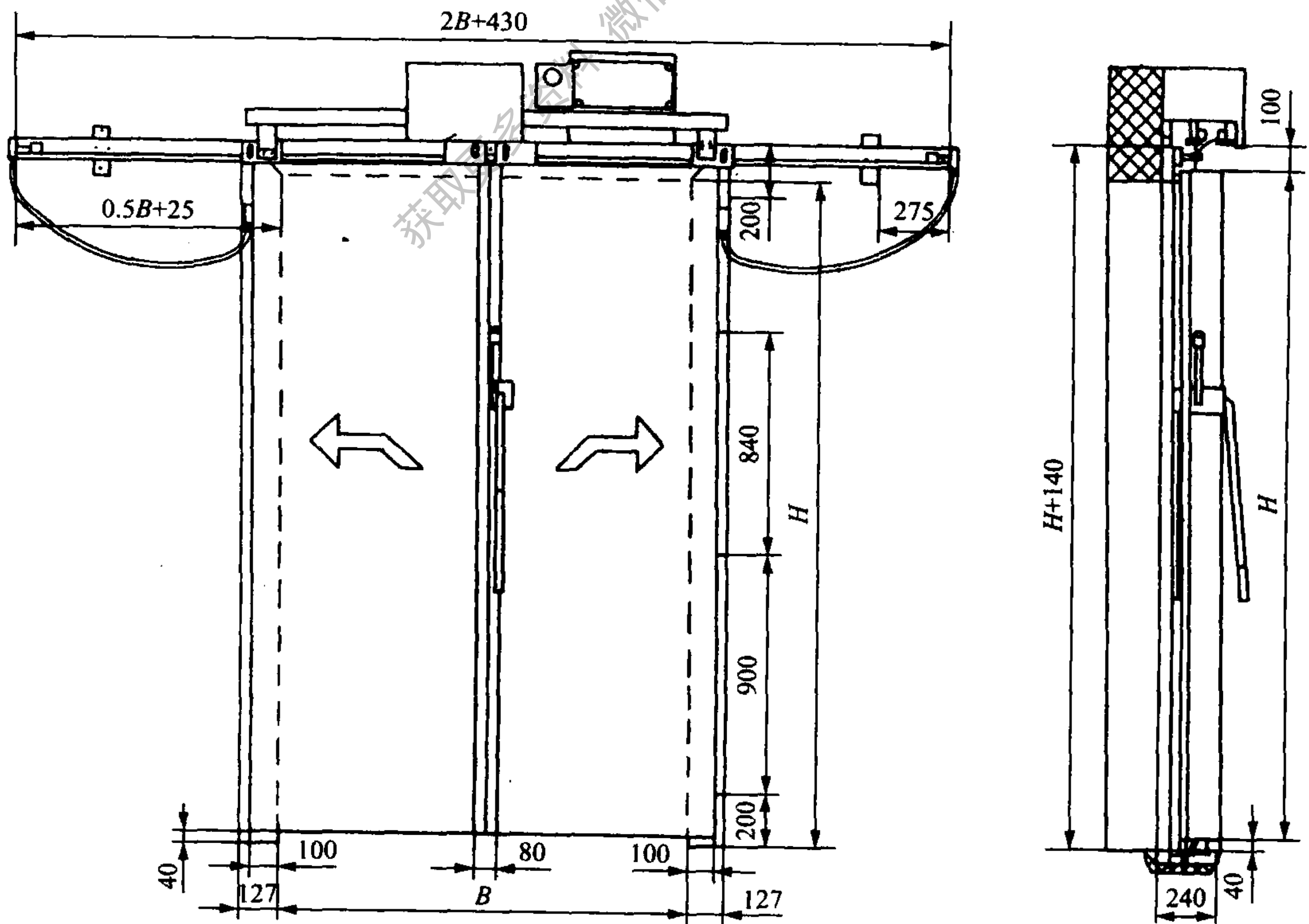


图 1-10 双扇平移式电动冷库门

防止热湿负荷侵入,减少冷库开门后的冷量损失的措施是配置门帘和门斗,并在冷库门上方装空气幕。

(1) 门帘。门帘一般挂在冷库门内侧并紧贴冷库门。早期多使用棉门帘,因重而不卫生,阻挡视线和易损坏等缺点,逐渐被透明的软塑料门帘代替。门帘的作用是阻隔冷库门内外的热湿交换,减少冷量损失。

(2) 空气幕。由吹风机喷口吹出的气流幕来阻隔冷库门内外空气的热湿交换,既方便装卸作业的人员及机械进出,又减少了冷库的冷量损失。空气幕的吹风机装在冷库门的上方,向下吹出一股幕式的气流,由于风速和喷口角度的作用,在库门口形成气幕,最后向库外流散。图 1-11 为空气幕的示意图。空气幕采用的吹风机通常为轴流式和贯流式风机。

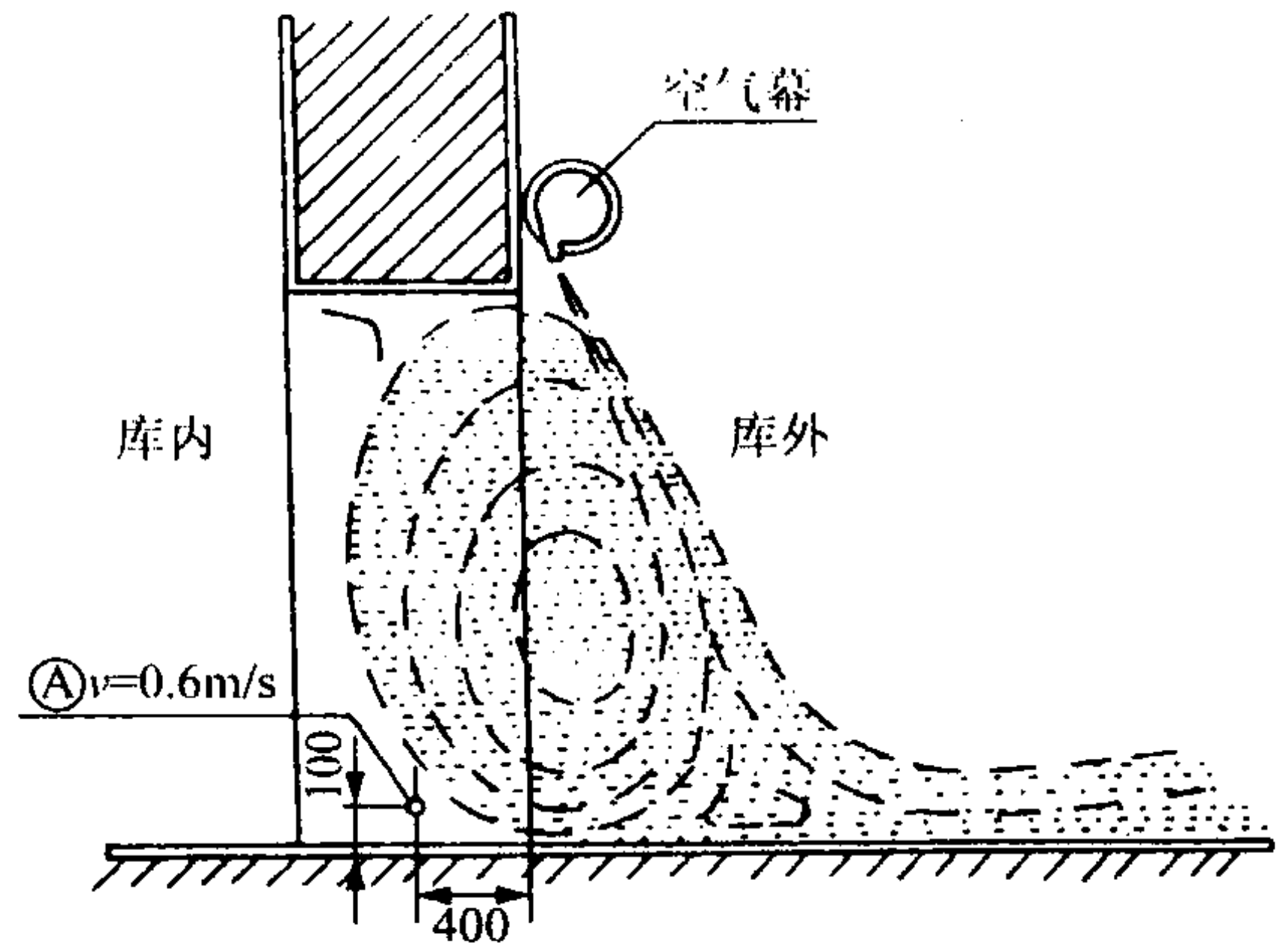


图 1-11 冷库门空气幕示意图

(3) 门斗。见图 1-7,它设在冷库门的内侧,其宽度和高度约 3m,与冷库门宽度及铲车长度相适应,高度略高于冷库门的门框,顶部由内向外有一定的倾斜,便于排除结露而产生的滴水。门斗的地坪应有电加热措施,防止滴水结冰。门斗的空间成为冷库内外的一个过渡区,减少了冷热空气的对流和库内外的热湿交换。

1.3.2 冷库内的运输设备

1. 手推车

它是冷库或配送中心常用的人力搬运工具,一般要求装卸方便,承载量大,灵活轻便。常用的有尼龙轮手推车、小轮胎手推车、家禽冻结手推车和液压托盘搬运车等。

(1) 尼龙轮手推车。前后车轮直径分为 150mm 和 200mm 两种,轮子采用滚珠轴承,一人就可以推动,推动时灵活而省力,承载量可达 400kg。

(2) 小轮胎手推车。轮胎直径一般为 64mm,前轮为充气轮胎,后轮为硬橡皮轮。每次可装载 12~16 片冻猪肉,一个人能轻便地推动。

(3) 家禽冻结手推车。一般为折叠式,前后橡皮轮为 250mm 和 200mm,通常为 6 层,可放 12 个盘架,车子底部用尼龙板承载货物重量。

(4) 液压托盘搬运车。它是一种小巧轻便的搬运工具,采用高强度聚氨酯轮子,操纵灵活,安全可靠,并有超负荷自动卸载装置,可保护车架等主要构件不受损伤。

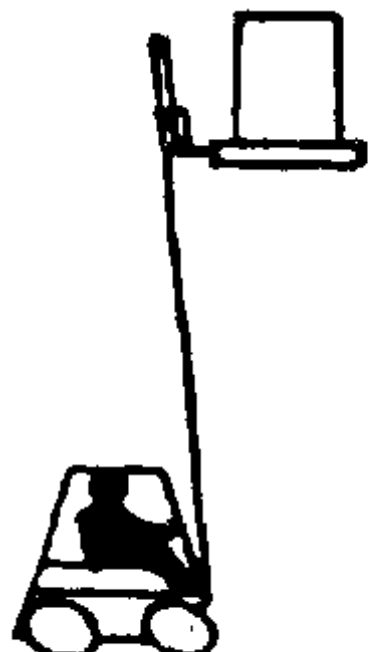
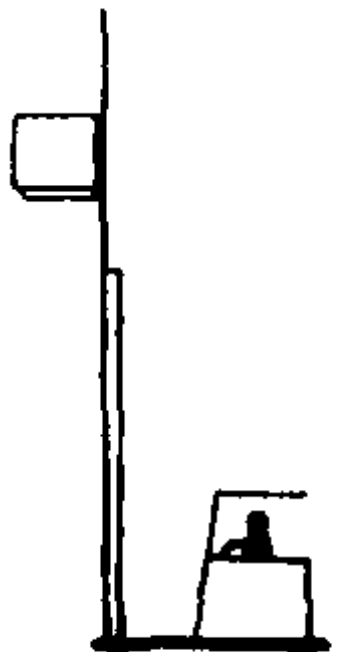
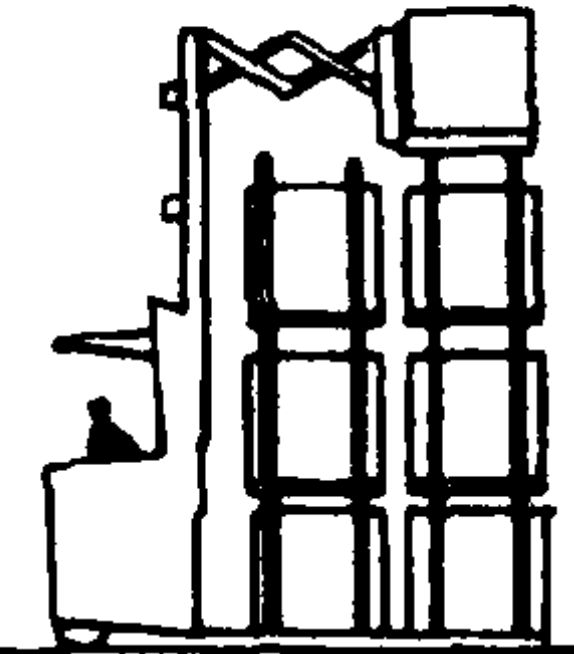

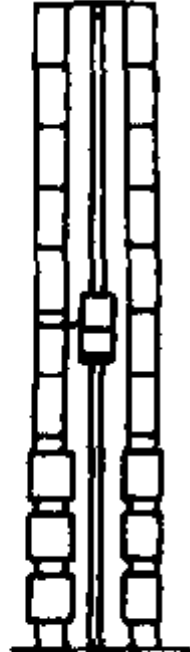
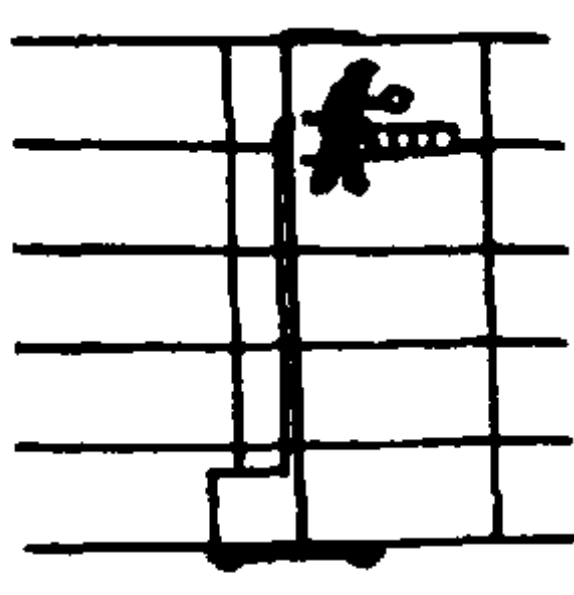
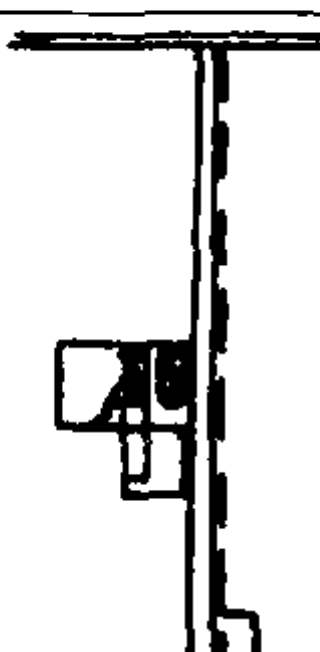
2. 输送机

冷库中常用的有辊子式和电动带式输送机。前者把货物放在辊子上,由人力向前推动;后者把货物放在电动传送带上,由电动机自动传送。

3. 冷库搬运机械

对于冷库和配送中心,采用新型的贮运设备是提高工作效率的关键,现代先进冷库已有固定货架贮存,活动货架贮存、高架立体自动贮存等多种形式,机械化运输和电脑管理得到应用。我国低温食品配送中心已广泛应用托盘货架贮存系统,其典型的搬运机械列于表 1-14。

表 1-14 冷库常用的贮存搬运起重机械

名称	简图	结构与应用特点	适用场所
平衡式起重叉车		用大轮胎,稳定性好,适用于室外和适当坡度上作业,作业通道宽度为 4m	适用于多种贮存货架
前移式起重叉车		有举重的架和货叉,能进入货架中作业,通道宽度比平衡重式叉车略小,约 2.7m,能在平坦的窄道中灵活作业	适用于多种贮存货架
伸臂式起重叉车		有伸缩功能的货叉,上下滑动的门架及撑脚组成,其货叉可伸入深贮式货架中取物,并具有良好的稳定性	适用于双重深贮型或电控移动型货架
巷道特高起重铲车		又称塔楼式叉车,因搬运托盘不需在通道中转向,只要通道比托盘稍宽即可。提升高度一般为 14m,沿道轨移动取存货物迅速,货物流量大	适用于巷道型货架
电动堆垛型起重机		当货架高度超 1m 时尤为适用。它是在移动的塔架上装配可伸缩性货叉,通常每条通道配一台起重机。但在货物流量小时,也可转轨而用多条通道。控制方式为手动、半自动或全自动	适用于巷道式自动贮存型货架
升降拣货型铲车		铲车有一升降平台,能把操作人员提升到各个货架面上,在一块托盘或一个货格中挑选小批量商品,移动方式与巷道特高起重铲车相同	同上
轻便拣货型起重机		一种电动轻便型堆垛起重机,人工操作可达 10m 高度。一般固定装置在货架上,操作安全,拣寻方便	同上

1.3.3 冷库托盘货架贮存系统

现代化冷库因物流功能的需要,根据自身的特点,要求和物流种类的不同,配置不同的托盘货架贮存系统。这种系统在国外冷库中已得到广泛应用,我国部分新建冷库也开始采用这种先进的贮存系统。例如上海吴泾冷库采用了标准型托盘货架和叉车驶入型货架贮存系统;江苏太仓和路雪冷库采用电控移动型托盘货架贮存系统。

表1-15列出了8种典型的托盘货架贮存系统,其中4种托盘货架贮存系统的示意图见图1-12。

表1-15 托盘货架贮存系统的特点及应用

货架名称	结构及使用特点	备注
标准型托盘货架	结构简单、安装方便、投资少,适用于不同搬运机械。该货架每块托盘可单独存入、移动、货物流通量大、装卸迅速、货架强度大,能有效利用库房上层空间。但货架通道面积大,贮存密度较低	参见图1-12(a)
双重深贮型货架	贮存深度双倍于标准型、贮存密度较大、库房利用率高。但需用特殊搬运叉车进行作业。贮存高度一般不超过6~8m	
巷道型货架	一般货架较高。巷道铲车可在高达14m的高度下作业,其贮存密度大。因货架较高。要求有较高强度的货架,并有严格的结构安装。以保证巷道铲车正常作业和货架本身的安全、稳定。新型货架及采用电脑自动定位控制对高层货架托盘作业	参见图1-12(b)
自动存取型货架	货架高度可达30m,可执行手动、半自动或全自动控制进行作业。适用对不同品种货物,应用电脑控制与受理进出库。有长期效益。但一次性投资较大。设计策划技术要求较高	
电控移动型货架	每组货架均可电力驱动,单独在轨道上移动,一条通道可解决多组货架作业,货架高达12m。该货架库房地面利用率高,不需要专门搬运机械。生产成本较低。要求配备遥控装置	参见图1-12(c)
叉车驶入型货架	叉车可以在整体货架中作业、作业效率高、库房贮存密度大。货架高达10m,生产成本低。适用于品种单一、数量较大的货物存取	
托盘自滑动型货架	存货时托盘从货架斜坡高端进入滑道,通过导向轮下滑逐个存放。取货时从货架斜坡低端取出,其后托盘逐一下滑待取。适用大批量单一品种贮存,库房冷间利用率较高,但设计安装技术要求高	参见图1-12(d)
后推型货架	结构类同托盘自滑动型货架,设有倾斜可伸缩的轨道货架,托盘均在同方向存取,适用于自动存取系统,库房空间利用率很高、货损少。要求操作人员谨慎小心操作	

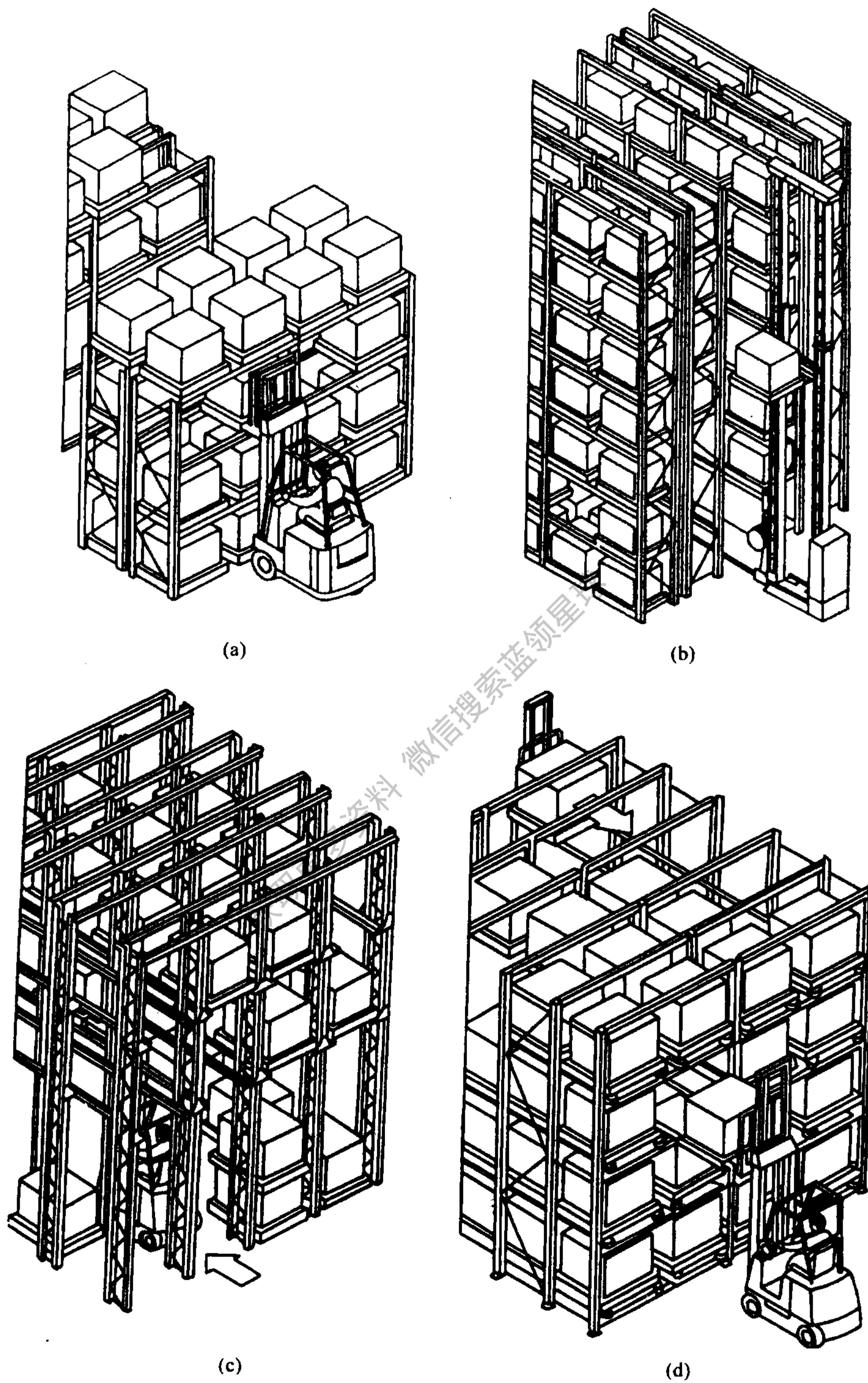


图 1-12 典型托盘货架贮存系统示意图
(a) 标准型; (b) 巷道型; (c) 叉车驶入型; (d) 托盘自滑动型

1.4 典型冷库概要

本节收集了典型冷库的实例,它们是万吨级吴泾冷库、4000t 装配式冷库和 800t 气调式冷库,下面分别作概要介绍。

1.4.1 万吨级上海吴泾冷库

1. 冷库概况

它建于上海市黄浦江边上的吴泾地区,是一个万吨级的大型冷库群,也是一个低温的大型物流中心。冷库总平面布置见图 1-13。总长 435m,总宽 150m,总面积 65250m²。东侧是黄浦江,建有冷藏船码头;自西向东的铁路线穿过南、北侧主库之间,两条各 328m 长的铁路站台和四周贯通的公路,与 4 个库的 8 个汽车站台相接,形成船舶、火车、汽车综合运输网络,货物吞吐十分便利;西侧 A、C 库底层为冷冻食品生产区;北侧 C、D 库及封闭站台、理货间形成低温物流区。A、B、C、D4 座单体冷库,机房设备间及办公楼,辅助建筑等于 1982 年和 1984 年分两期建成。冷库原按存放猪半胴体设计,每座库贮藏 13000t,总共可贮藏 52000t。

该库为多层冷库,每座主库为 7 层建筑,底层为架空层,2~7 层为冷藏库库房,总高 39.85 m。每库 4 台电梯作为垂直交通工具。主库库体外墙天棚围护结构采用稻壳隔热,热惰性大,电耗低,近年电耗仍保持 0.17kW/(t·d)。冷库采用中央集中式机房,氨为制冷剂,氨泵强制供液。

1989 年和 1994 年,先后分两期将 A 库底层架空层和 C 库底层架空层改建为上海日冷食品公司的冷冻机器车间,引进隧道冻结机(带小车冻结)为冷冻食品的冻结设备。原料暂存采用装配式小冷库。机房增配蒸发式冷凝器。1997~2000 年,先后三次技术改造,将 D、C 库主库库温由 -20℃ 改为 -25℃。B、D 库架空层改建为 8 间冷却物冷藏间。C、D 库旁新建 4 间冷却物冷藏间(兼配货间、加工间)。新建冷却物冷藏间均采用预制装配式结构,库顶和外墙采用聚氨脂(PU)或聚苯乙烯(PE)预制隔热库板。地坪均用 PU 现场发泡。这样,使总体库房温度范围自 -25℃ 至 20℃,温度范围宽,适应了货物贮藏品种和温度多样化的要求。

C、D 库改造时,还将原有常温穿堂和敞开式汽车站台改为定温穿堂和封闭式汽车站台,增设液压升降平台、滑升门和柔性密闭接头,使冷藏车直接和汽车站台相连,形成冷藏链不间断的我国首座大型低温物流中心。同时,C 库改造中,局部冷却物冷藏间和穿堂、站台采用了分散式制冷系统,使单间库房适应性更强,库温变化更灵活。

2. 机房设备间

由于分几次进行技术改造,压缩机既有活塞式,也有螺杆式。供液方式为液泵强制循环供液。冷凝器有淋激式冷凝器($F=150\text{m}^2 \times 9$ 组),也有蒸发式冷凝器(ZLC-220)。该库主要采用中央集中机房、氨制冷系统、氨泵强制循环供液;C 库局部采用以 R22 为制冷剂的分散式制冷系统,全封闭式或半封闭式压缩冷凝机组。

机房内现设有 7 个蒸发温度系统,各系统设备配置情况见表 1-16。

为便于设备维修,上述各蒸发温度系统间部分压缩机可以互相调剂。另外,机房设备间内高压系统设备有 TYF-150B(直径 $D=1000\text{mm}$)油氨分离器 2 台,ZA-0.5 贮氨器 2 台,ZA-4.0 贮氨器 1 台,集油器 2 台,空气分离器 1 台,紧急泄氨器 1 台,油处理设备 1 套。

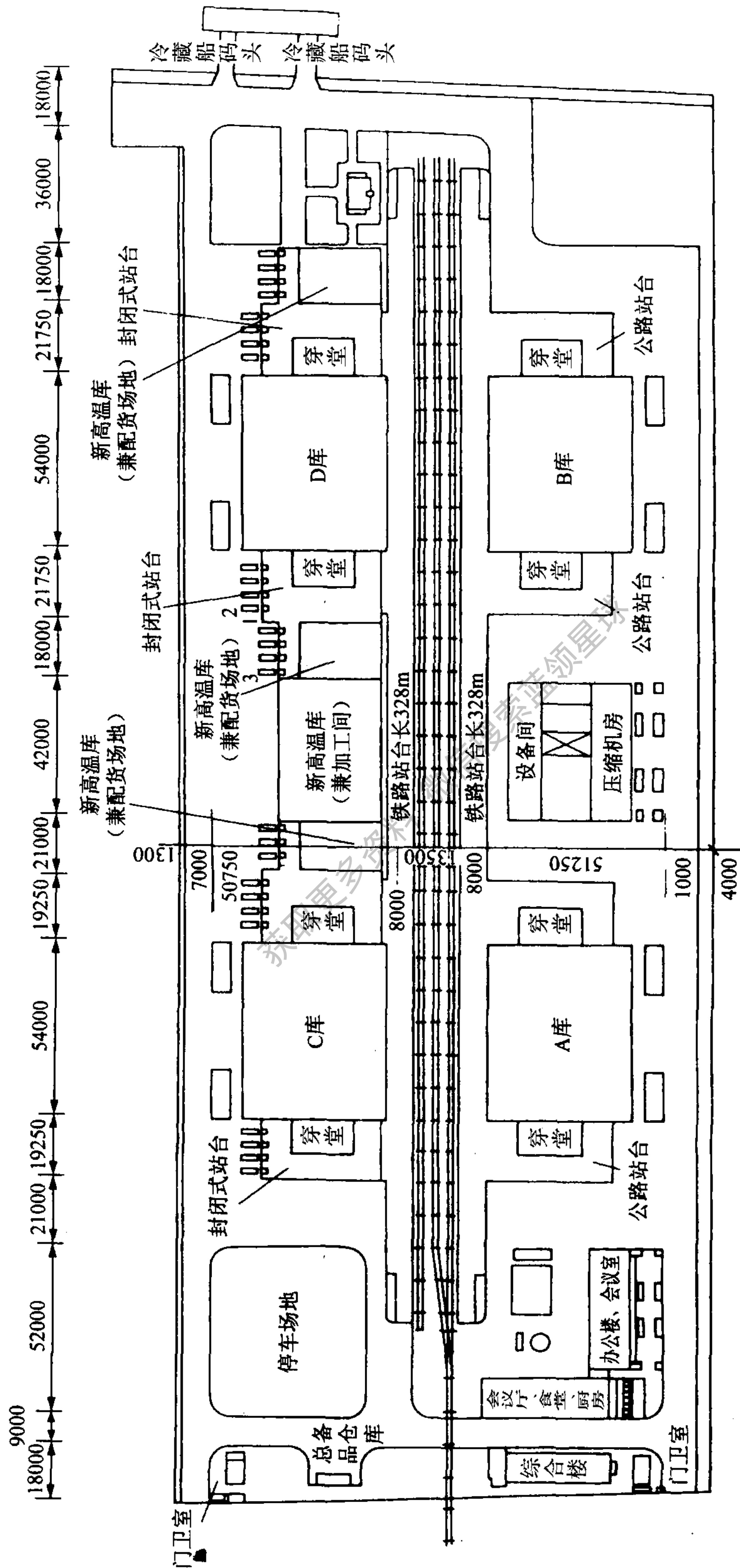


图1-13 上海市吴泾冷库总库平面布置图

表 1-16 机房设备间蒸发温度系统划分和设备情况

蒸发温度系统	氨压缩机	中间冷却器	低压循环贮液器	氨 泵	对应库房
-35℃ 低温冷藏系统	8ASJ17,3 台	XQ-100,1 台 (φ1000)	DXZ-3.5,3 台	40P-40,6 台	C库 2~7 层 D库 2~7 层
-30℃ 低温冷藏系统	8ASJ17,2 台	XQ-100,1 台 (φ1000)	DXZ-3.5,3 台	40P-40,3 台 40P-10×4,3 台	A库 2~7 层 B库 2~7 层
-40℃ 冻结系统	8ASJ17,3 台	XQ-100,1 台 (φ1000)	DXZ-5.0,1 台	ZCN-5.5/4-1,2 台	日冷一期速冻
-40℃ 冻结系统	JZ1KA20,2 台		DXZ-3.5,1 台	40P-40,2 台	日冷二期速冻
-10℃ 高温冷藏系统 (兼站台穿堂)	8ASJ12.5,1 台 4AV12.5,1 台		DXZ-5.0,1 台	40P-40,2 台 R82-316H ₄ M -0204T1B1,1 台	D库一层 D库配货间 (兼高温库) D库站台穿堂
-10~10℃ 高温冷藏系统	8ASJ12.5,1 台		DXZ-5.0,1 台	40P-40,2 台	B库一层
0℃ 空调系统	8ASJ12.5,1 台				日冷一期空调

3. 库房

(1) 冻结物冷藏间。总公称容积约 239632m³, 有两个蒸发温度系统, 两种库温。一种是一20℃(A、B库), 贮藏一般肉类、禽类和水产类等货物, 码垛堆放; 另一种为一25℃(C、D库), 主要贮藏冰淇淋类、小包装分割肉类、高档水产品类等货物, 货架堆放。两种库温适应了不同客户、不同货物对低温贮藏的不同要求。货物进出库均采用电瓶叉车装卸。

冻结物冷藏间和设备配置情况见表 1-17。

表 1-17 冻结物冷藏间及设备配置情况

主库	隔热材料	蒸发温度 /℃	库温 /℃	冷却设备型式	冷间(库)编号	库房公称容积 ^① /m ³	冷却设备蒸发面积/m ²
A 库	2 层楼面 200mm 厚软木, 外墙 530mm 厚稻壳, 7 层天棚 1020mm 厚稻壳	-30	-20	双列蛇形顶排管 + 单列蛇形高墙排管	201~202	5010	775
					301~602	5114	595
					701~702	4488	756
B 库	2 层楼面 200mm 厚软木, 外墙 530mm 厚稻壳, 7 层天棚 1020mm 厚稻壳	-30	-20	双列蛇形顶排管 + 单列蛇形高墙排管	201~202	5010	775
					301~602	5114	595
					701~702	4488	756
C 库	2 层楼面 200mm 厚软木, 外墙 830mm 厚稻壳, 7 层天棚 1020mm 厚稻壳	-35	-25	双列蛇形顶排管 + 单列蛇形高墙排管	201~202	5010	767
					301~602	5114	572
					701~702	4488	748
D 库	2 层楼面 200mm 厚软木, 外墙 830mm 厚稻壳, 7 层天棚 1020mm 厚稻壳	-35	-25	双列蛇形顶排管 + 单列蛇形高墙排管	201~202	5010	767
					301~602	5114	572
					701~702	4488	748

① 库房公称容积是指每间冷间(库)的容积。

(2) 冷却物冷藏间、站台及穿堂。冷却物冷藏间总公称容积约 35684m³ (含兼配货间、加工间的库房)。氨蒸发温度系统有两个。库温有两种: -3~5℃ 和 -3~20℃。可根据货物品种、对库温的要求, 设定和控制库温。其中两间新建冷却物冷藏间(C 库), 采用氟利昂压缩冷凝机组配冷风机的分散式制冷系统, 库温也为 -3~20℃, 使用更加灵活。这样, 冷却物冷藏间温度范围宽适应了不同品种货物的贮藏要求。

冷却物冷藏间、站台、穿堂和设备配置情况见表 1-18。

表 1-18 冷却物冷藏间及设备配置情况

主库	房间名称	公称容积/m ³	隔热材料	蒸发温度/℃	库温/℃	冷却设备	备注
B 库	一层冷却物冷藏间二间	2600/间	PU 预制库板	-10~10	-3~20	进口吊顶式冷风机 IBL-A735, 8 台	
	一层冷却物冷藏间二间	2000/间	PU 预制库板				
C 库	配货间(兼冷却物冷藏间)一间	2938	PE 预制库板	-10~10	-3~20	进口吊顶式冷风机 MIE-372, 2 台	配室外氟利昂压缩冷凝机组
	加工间(兼冷却物冷藏间)一间	9470	PE 预制库板		-3~20	进口吊顶式冷风机 MIE-427, 4 台	配室外氟利昂压缩冷凝机组
	站台二间		PU 预制库板	~-3	5~10	进口吊顶式冷风机 CAE5267~5467, 9 台	配室外氟利昂压缩冷凝机组
	穿堂十二间			~5	20~25	进口吊顶式冷风机 CAN5264, 12 台	配室外氟利昂压缩冷凝机组
D 库	一层冷却物冷藏间二间	2600/间	PU 现发	-10	-3~5	落地式冷风机 F=500m ² , 2 台+送风道	
	一层冷却物冷藏间二间	2000/间	PU 现发		-3~5	落地式冷风机 F=400m ² , 2 台+送风道	
	配货间(兼冷却物冷藏间)二间	2938/间	PU 预制库板		-3~5	进口吊顶式冷风机 IBL-A753, 4 台	
	站台二间		PU 预制库板		5~10	进口吊顶式冷风机 DE185, 8 台	
	穿堂十二间		PU 预制库板		5~10	进口吊顶式冷风机 DE93~104, 12 台	

注: PU 为聚氨酯泡沫塑料的英文缩写; PE 为聚苯乙烯的英文缩写。

(3) 冻结装置。吴泾日冷公司为冷冻食品生产企业, 其生产车间内配有冷冻食品的冻结装置。一期和二期工程各配隧道式冻结装置一台, 蒸发温度 -40℃, 冻结负荷 102kW, 具体见表 1-19。

表 1-19 冻结装置配置情况

主库	房间名称	蒸发温度/℃	库温/℃	冻结设备
A 库	日冷公司一期速冻车间	-40	-33	TL1-120N 隧道式速冻机
C 库	日冷公司二期速冻车间	-40	-33	TL1-120N 隧道式速冻机

4. 制冷自动控制装置

吴泾冷库自动控制装置的原配有: ① 库房温度自动控制系统; ② 库温自动检测、记录、打印系统; ③ 氨泵自动控制系统; ④ 压缩机安全保护系统; ⑤ 制冷系统安全保护系统; ⑥ 半自

动放空气系统等。

1998 年结合 D 库功能拓展,对原有电控室和自动控制系统作了以下的扩充改造:

① 增加数据采集系统。采用工业控制机和支支持 WINDOWS 环境图形化组态软件,用 2 台 21 英寸彩色监视器,对系统的 135 个温度、液位、压力等模拟量和 192 个开关,以动态图形方式进行监控。系统具有超限报警、事故打印以及设备每日运行数据报表打印功能,还可对库温度变化制作长期记录曲线。

② 用一组积木式全模拟操作屏代替原有的仪表柜。以低压配电系统图为背景,构成制冷系统用电主要设备的操作屏,并反映即时运行状态。

③ 制冷系统自动控制回路采用可编程序控制器,代替原有的继电器回路,以提高系统的可靠性和灵活性。

1.4.2 4000 吨装配式冷库

1. 冷库概况

该冷库由上海 21 世纪冷藏运输有限公司投资建造,是一座库容量为 4000t 的装配式冷库。主要为食品冷藏、销售、流通及铁路、公路冷藏运输服务。冷库采用了加拿大 AERO 公司的先进技术和主要设备。冷库的墙、顶的隔热采用 200mm 厚的阻燃聚苯乙烯夹心板,地坪采用 250mm 厚的软木板隔架空层。库房采用大跨度单层装配式结构,库内净高 7m,屋顶采用空间钢网架,并在上面敷设压型彩色钢板。

冷库位于上海铁路分局的杨浦站内,由于已有铺好的铁路专用线,铁路站台位置已经固定,所以冷库建在靠近它的一块三角形空地上,长约 160m,宽约 18~76m,占地面积约 7200m²。图 1-14 为冷库的总平面布置。

2. 冷藏间、穿堂及站台

(1) 冻结物冷藏间。共两间冻结物冷藏间,每间长 42m、宽 24m、容量为 1500t/次。库

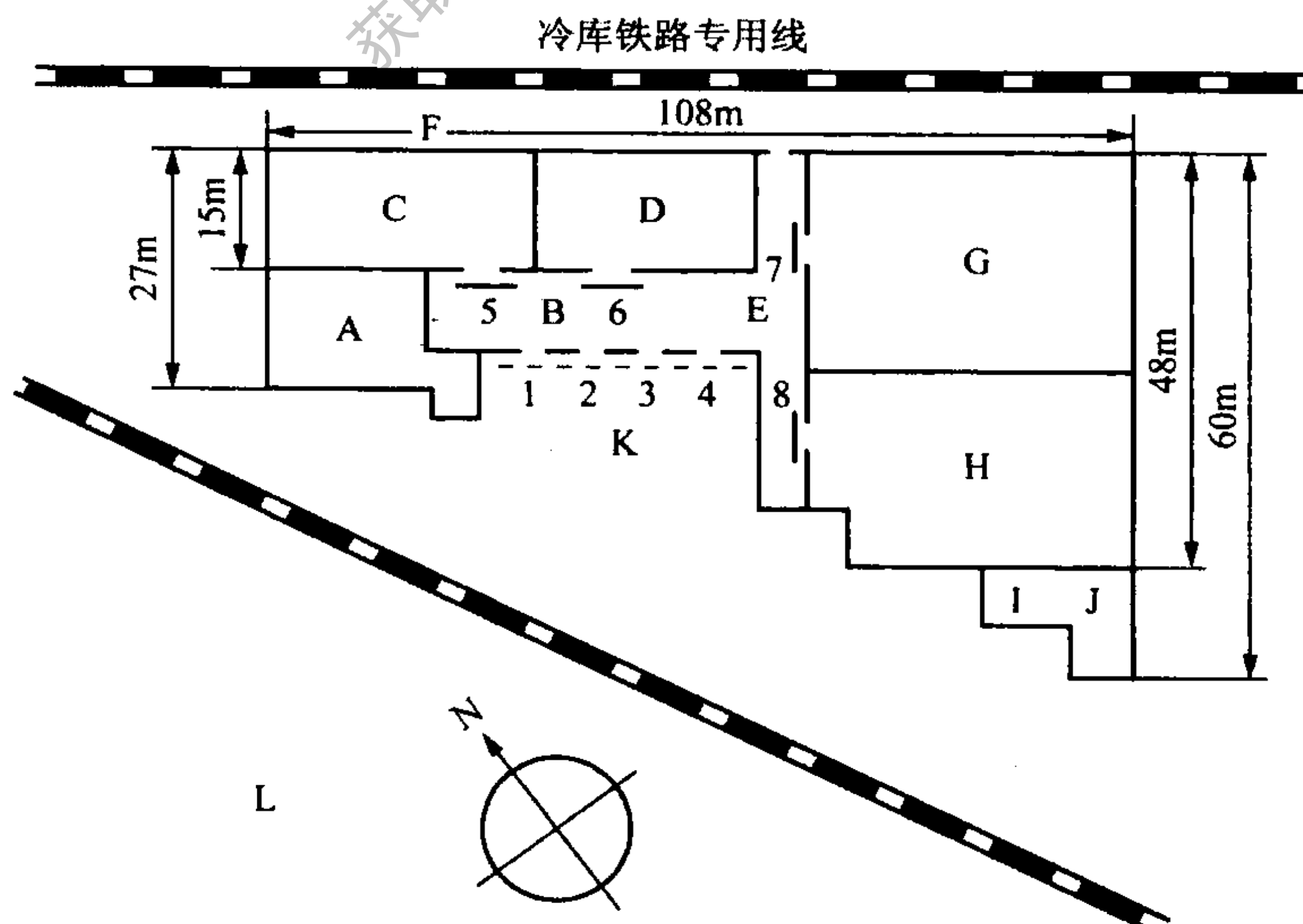


图 1-14 4000t 装配式冷库总平面布置图

A—办公楼;B—封闭式汽车站台;C、D—变温间(-25~0℃);E—穿堂(5℃);F—铁路站台;
G、H—冻结物冷藏间(-25℃);I、J—制冷机房和自控室;K—冷藏汽车回车场;L—铁路杨浦站;
1、2、3、4—汽车站台滑升门;5、6、7、8—平移式电动冷库门

温 -25°C ，每间配有传热面积为 351m^2 的吊顶式空气冷却器两台，轴流风机的射流贴附在天花板下，沿着冷间长度方向 40m 处流动，不设送风道，冷间降温时，均能达到设计温度 -25°C 的要求。

(2) 变温间。共两间，每间长 30m 、宽 15m ，容量为 500t/次 。供冻结物冷藏时，库温为 -25°C ；供冷却物冷藏时，库温为 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ 。每间配有传热面积为 123m^2 的吊顶式空气冷却器两台，均不设送风道。

(3) 穿堂。长 42m 、宽 6m 、净高 4.5m ，保持温度为 5°C 。穿堂直接与汽车站台相连，内设传热面积为 176m^2 的吊顶式空气冷却器两台，均不设送风道。

(4) 汽车站台。为封闭式站台，温度保持在 5°C 左右。站台长 42m ，宽 6m ，净高 4.5m 。站台围护结构均有隔热处理，内部安装吊顶式空气冷却器一台，传热面积为 220m^2 。冷藏汽车或冷藏集装箱可直接靠在站台的门洞上，门洞外侧四周装有弹性泡沫塑料，使装卸货口四周密封。站台对外的冷库门为滑升式，手动操作，按所需高度可定位在一定位置上。

(5) 铁路站台。敞开式站台，与一般冷库的铁路站台相同。

3. 制冷系统的供液与融霜

(1) 冻结物冷藏间与变温间。均采用重力供液方式，由一个氨液分离器向两台空气冷却器供液，其控制方法见图 1-15。

(2) 穿堂与汽车站台。均采用直接膨胀供液方式，向空气冷却器供液，见图 1-16。

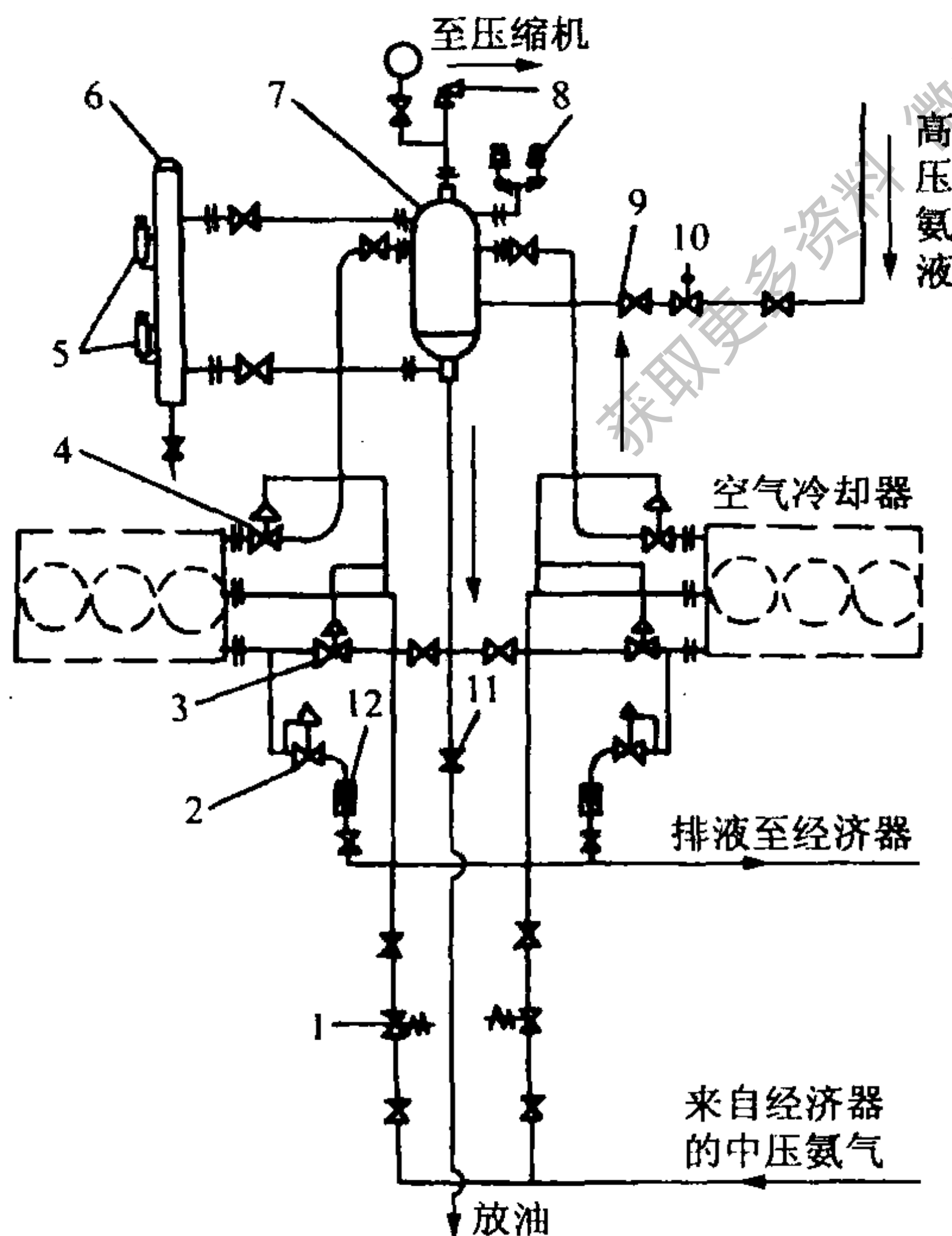


图 1-15 冻结物冷藏间氨重力供液系统

- 1—热氨融霜电磁阀；
- 2—热氨融霜电磁主阀(控制压力不超过 500kPa)；
- 3、4—气动阀；5—高液位与正常液位浮球控制阀；
- 6—浮动式液柱；7—氨液分离器；8—安全阀；
- 9—手动节流阀；10—供液电磁阀；11—放油阀；
- 12—止回阀

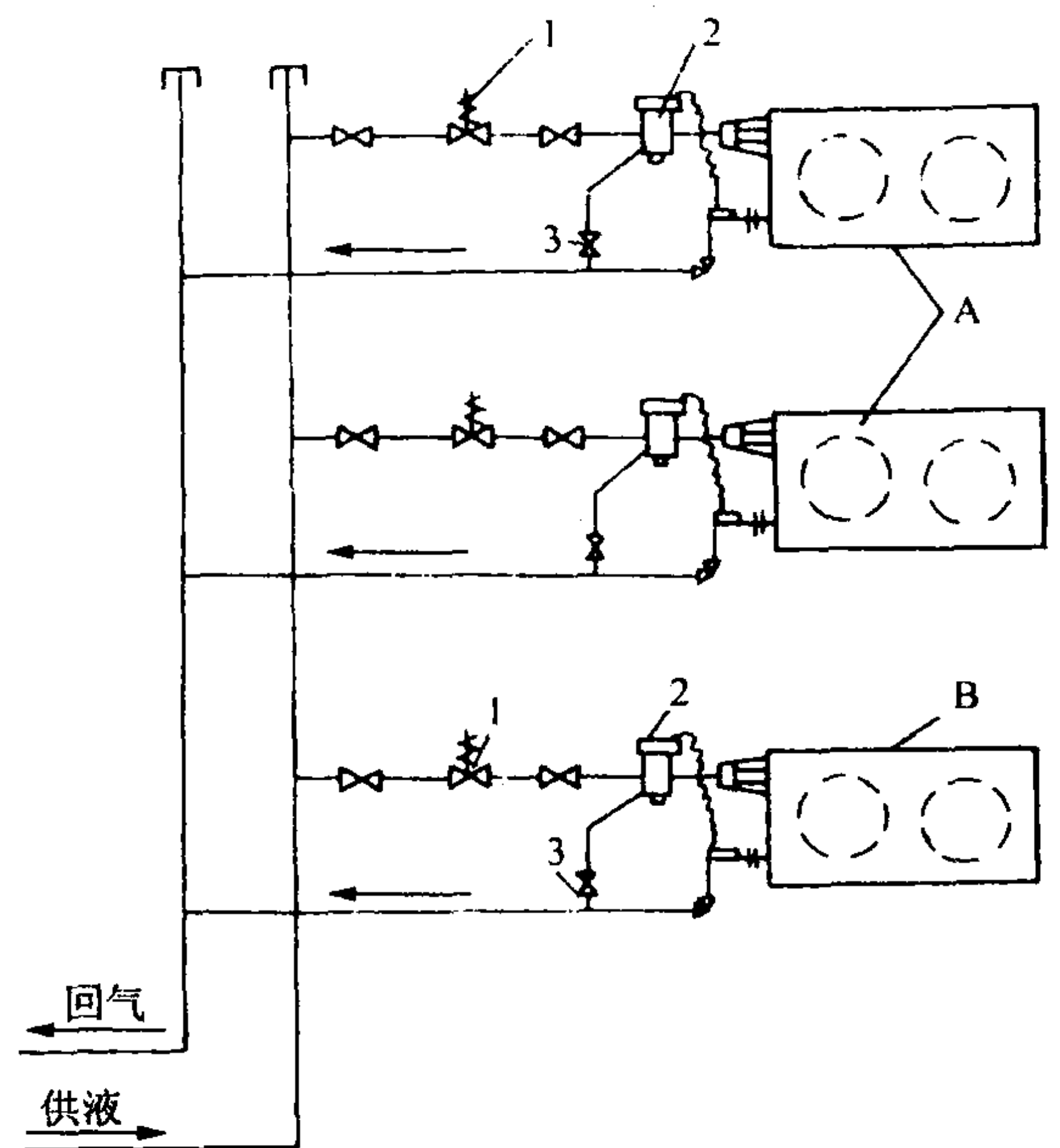


图 1-16 穿堂与汽车站台空气冷却器直接膨胀供液系统

- 1—供液电磁阀；2—外平衡式热力膨胀阀；
- 3—热力膨胀阀平衡阀；A—穿堂空气冷却器；
- B—汽车站台空气冷却器

(3) 融霜方式。冻结物冷藏间与变温间的空气冷却器均采用热氨自动融霜法,融霜周期为 8~12h。穿堂与汽车站台的空气冷却器均采用空气融霜法。

4. 制冷机及主要设备

(1) 压缩机。该库选用日本 MYCOM 公司生产的螺杆压缩机 3 台,供下列情况下使用:

① 冻结物冷藏间 2 间耗冷量为 175.8kW,变温间 2 间供冻结物冷藏使用时,耗冷量为 78.5kW。总共耗冷量为 254.3kW,选配 N160VM-TE-125 型螺杆压缩机 2 台,在蒸发温度 -32°C 、冷凝温度 35°C 时,每台制冷量为 143.5kW,2 台总共制冷量为 287kW。压缩机电机功率为 93.2kW,转速为 2950r/min。以上 2 台压缩机均与经济器相连接。

② 穿堂耗冷量为 29.8kW,汽车站台耗冷量为 30.9kW,总共耗冷量为 60.7kW,送配 N125S-T-60 型螺杆压缩机一台,在蒸发温度 -1°C 、冷凝温度 35°C 时,制冷量为 179.3kW,这台压缩机主要供变温间冷却物冷藏及穿堂、汽车站台的空气冷却器降温使用。3 台螺杆式压缩机的油冷却,均采用高压液体热虹吸式冷却系统,见图 1-17。

(2) 经济器。单级螺杆式制冷压缩机系统中增设经济器后,可使制冷量、制冷系统均有较大幅度的提高。结合该厂的特点,两台螺杆压缩机合用一台经济器,其功能有以下三方面:

① 穿堂与汽车站台内的 3 台空气冷却器的回气进入该经济器。

② 冻结物冷藏间、变温间内的空气冷却器在融霜时,排液入经济器,这样可节省一台融霜排液桶。

③ 高压液态制冷剂的再冷却。

经济器的结构示意图见图 1-18。

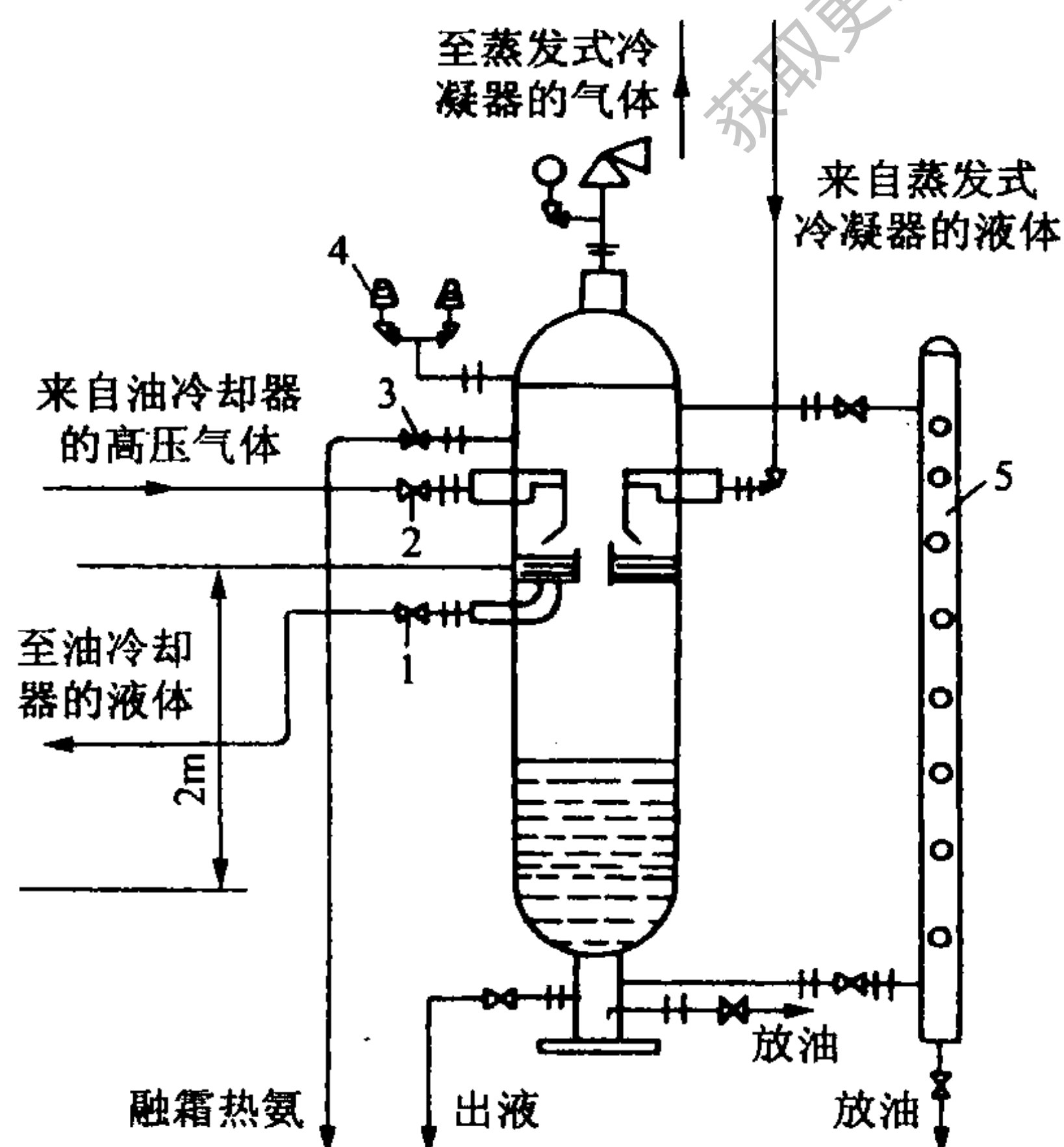


图 1-17 热虹吸器、高压贮液器的管理连接
1-热虹吸器出液阀(入油冷却器);
2-油冷却器回气阀;3-热氨气体融霜阀;
4-安全阀;5-液位指示器

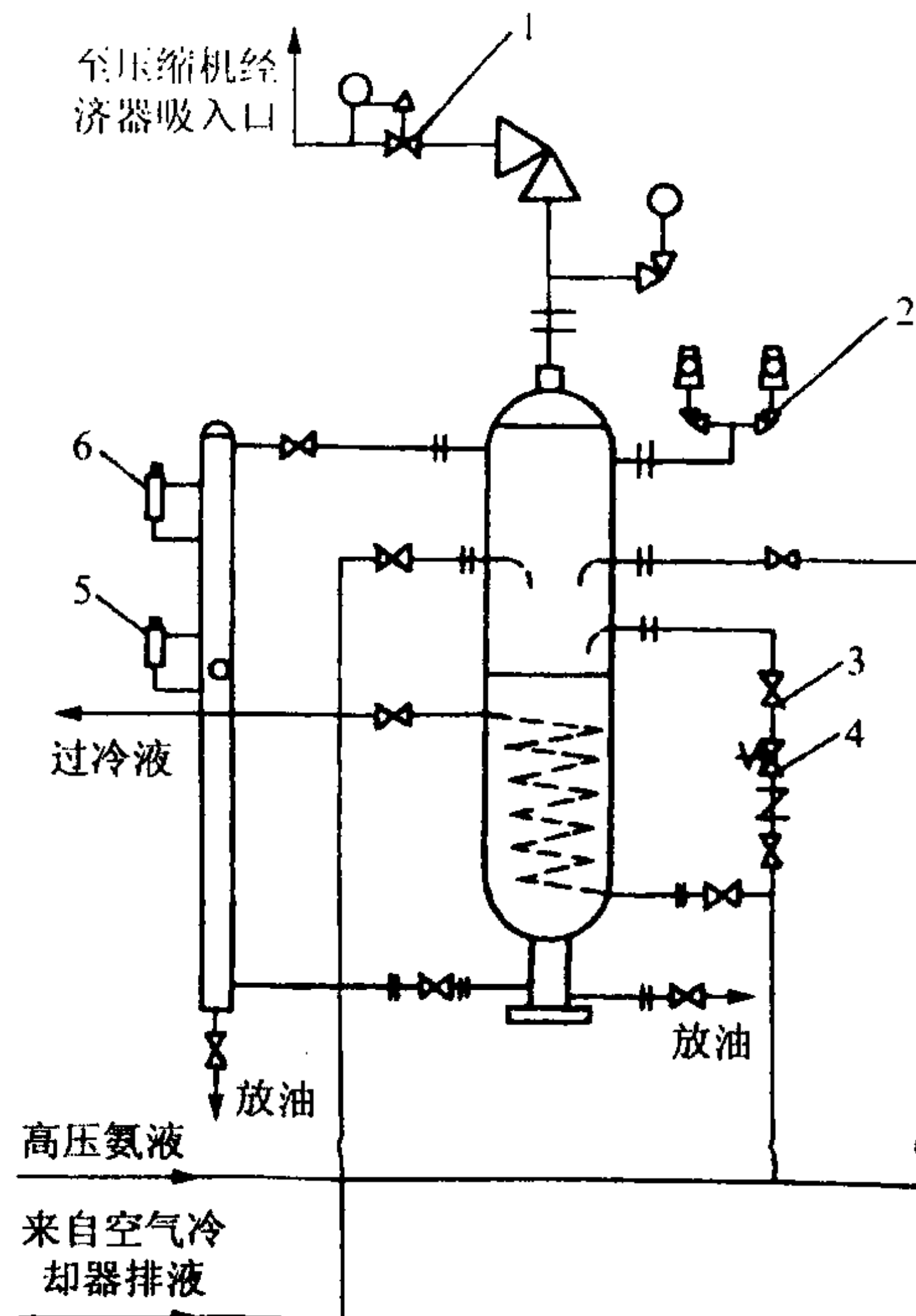


图 1-18 经济器结构示意图
1-经济器压力调节阀;2-安全阀;
3-手动节流阀;4-电磁阀;
5-正常液位浮球控制阀;6-高液位浮球控制阀

5. 库内货物堆垛与运输

库内货物堆垛与运输的机械化、自动化是大中型冷库的一个重要方面。从叉式码垛车到全自动化、计算机控制的立体式货架系统,已在国际上取得了一定进展。由于该厂冷库室内净高为 7m,已采用了高货架与叉式码垛车相结合的货物装卸方式,取得了较好的效果。叉式码垛车是德国 Linde 公司(厦门)生产的,运转灵活、提升高度可达 6m 以上,并可在货架内作业。

1.4.3 800 吨气调式冷库

1. 气调式冷库概况

800t 气调式果蔬保鲜冷库是上海市菜篮子工程的一个组成部分,主要供果蔬的气调贮藏,延长保鲜期,调节市场供应。冷库共分 8 间,总容量为每次 800t(按苹果计算)。它是单层地面建筑,装配式结构。库体用 150mm 厚阻燃型聚苯乙烯夹芯板,地坪用 150mm 厚硬质聚苯乙烯板隔热,库内净高 4.5m。冷库全部引进意大利技术和设备。

气调式冷库位于上海嘉定区江桥镇附近,一期工程先建 800t 气调式冷库,它不包括货物挑选和包装间,库区由 8 个气调间和恒温穿堂组成,气调设备集中置于气调机房内,电脑控制仪表置于仪表房内,总平面布置见图 1-19。冷库建有封闭式汽车站台,温度保持 5~7℃。

2. 冷库制冷系统

(1) 主要设计参数:

- ① 室外计算干球温度为 33℃。
- ② 室外计算湿球温度为 27℃。
- ③ 蒸发温度:气调保鲜库蒸发温度为 -10℃,室温为 0~4℃;恒温穿堂及封闭式汽车站台蒸发温度为 -4℃,室温为 5~7℃。

(2) 制冷剂供液及融霜方式。冷间采用分散式供冷,每间配一台 R22 制冷压缩机组,直接膨胀式制冷系统。空气冷却器融霜方式,采用电加热融霜,每台空气冷却器的翅片管组内均装有电热棒,功率 1~1.5kW,380V。空气冷却器融霜下水管内也设置电热棒,融霜时同步接通电源,并有指示灯显示。

(3) 制冷压缩机组:

- ① 每间气调保鲜库配有半封闭式制冷机组一台(水冷式),型号为:3DF-1200(RG),在 $t_c=37.8^\circ\text{C}$ 、 $t_e=-9.4^\circ\text{C}$ 时,制冷量为 25.7kW,电动机功率 9kW。
- ② 恒温穿堂配有半封闭式制冷机组一台(风冷式),型号为:3DB-1000(RG),在 $t_c=37.8^\circ\text{C}$ 、 $t_e=-3.9^\circ\text{C}$ 时,制冷量为 27.2kW,电机功率 7.5kW。
- ③ 封闭式站台配有半封闭式制冷机组一台(风冷式),型号为:2DD-0500(RG),在 $t_c=37.8^\circ\text{C}$ 、 $t_e=-3.9^\circ\text{C}$ 时,制冷量为 13.7kW,电动机功率 3kW。

以上 8 台制冷压缩机组,均设置在恒温穿堂上面的机房内。机组与气调保鲜库内的空气冷却器之间的距离很短,便于操作,又可减少制冷剂在管道内的流动阻力,提高制冷效果。

(4) 冷却塔。8 台水冷式制冷机组选用 30m²/h 圆形标准集水式冷却塔 2 台(4 台机组合用一台),冷却塔型号为:BLST-30 型,流量 30m²/h,功率 1.1kW。在冷却塔出水管上配有管道泵,功率为 4kW。

(5) 制冷系统自控方式:

- ① 配有 WKXS 型制冷电脑控制装置,对每一气调间的制冷压缩机组、空气冷却器、融霜

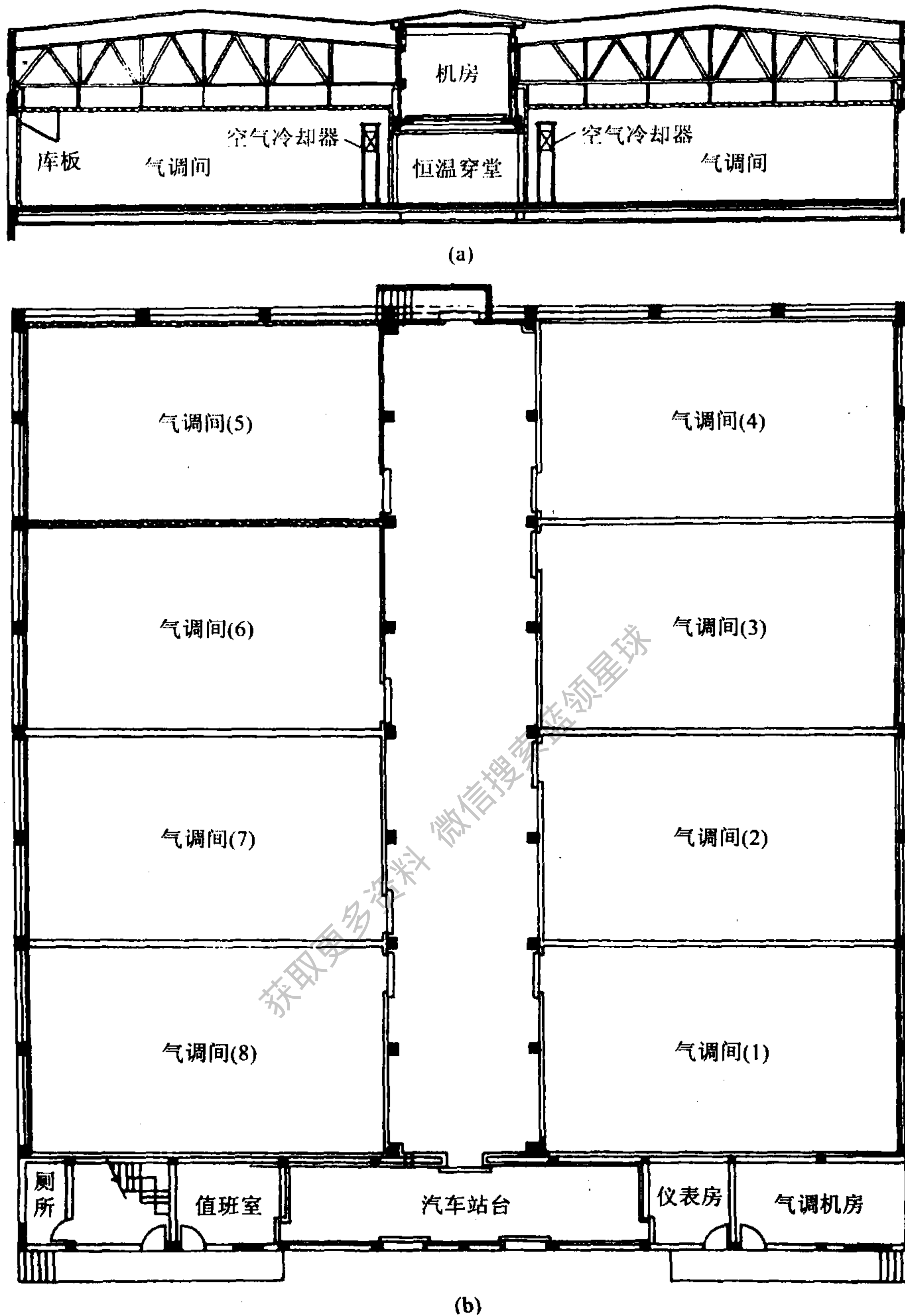


图 1-19 800t 气调式冷库布置图
(a) 剖面图; (b) 平面图

电热器及冷却塔和水泵等组成一个回路,实现微电脑全自动控制。

② 配有 XH-101 型多点温度巡检仪,对压缩机吸气温度、冷凝器进水温度、冷间温度等采用微电脑和通讯技术相结合,实现温度自动检测、显示和记录。

3. 气调系统和主要设备

该气调库的气调系统,主要由降氧系统、二氧化碳脱除系统及除乙烯系统组成。

(1) 降氧系统。由一套 FIGHTER400 型中空纤维制氮机组构成,包括:FIGHTER400 主机一台,制氮量为 $31\text{m}^3/\text{h}(97\%\text{N}_2)$,与一台螺杆式空气压缩机相匹配。

(2) 二氧化碳脱除系统。由 2 台 DELTA GEM 型二氧化碳洗涤机构成,每台控制 8 个气调间,轮流进行。二氧化碳的脱除量当体积分数 2% 时为 $50\text{kg}/24\text{h}$ 。

每间气调库的降氧与二氧化碳脱除所需进出管道,均合并在一起(降氧与二氧化碳脱除的操作分开进行)。设置在气调机房内的降氧与二氧化碳脱除调节站,可方便地进行降氧与脱除二氧化碳的操作。

(3) 除乙烯系统。该气调库还配有 BS150 型除乙烯机一台,每小时能处理的气体量为 150m^3 ,可对 8 个气调间轮流处理掉所产生的乙烯气体。除乙烯机安置在制冷机的机房间内,每个气调间除乙烯的进、出管道从天花板引出,再与除乙烯机连通。

(4) 气调系统的电脑控制及其他设备。该气调系统配有 GAC-1100 型电脑控制装置一套,附有 8 个果实温度探头、8 个湿度探头、1 个 16 线数字式信号转换器、及 1 台 BW 打印机。

每个气调间的温度、氧气含量、二氧化碳含量、相对湿度,均可在电脑控制装置上显示。并控制降氧机和二氧化碳脱除机的自动工作。在每个气调间的库体外侧都设置一个安全阀,库顶有贮气袋,以保护库体内压力升高时,一部分气体进入贮气袋,使库体免受损坏。

4. 气调式冷库管理

气调式冷库不仅在贮藏条件、建筑结构、设备配置等方面,不同于果蔬冷却物冷藏间,而且在操作管理上有自己的特殊要求。

(1) 果蔬贮藏的生产管理。它包括果蔬贮前、贮中和贮后全过程,具体内容如下:

① 果蔬贮前生产管理。它是气调贮藏的首要环节,入库果蔬质量的好坏,直接影响气调贮藏的效果。具体包括果蔬成熟程度的判定,注意收采方法,入库前减少时间上的延误,重视入库前的装卸、运输,注意挑选和入库后堆垛等环节,以及将库房、贮藏用标准箱消毒等。在保证入库质量的前提下。入库速度越快越好,一般控制在 3~5 天,最长不超过 7 天,装满后冷库迅速关门降温。

② 果蔬贮中的生产管理。它是指入库后到出库前的一个阶段,主要是按气调贮藏的技术要求,调节库温、湿度和气体成分,并做好贮藏果蔬的质量监测工作。具体要求如下:

③ 贮藏条件的控制。先是库房预冷和果蔬的预冷,注意降温时保持库内外的压力平衡,只可关门降温,不可封闭降温,以免围护结构内外产生压差,对库体结构造成威胁。封闭气调应在货温基本稳定后进行,降氧速度应尽可能地快。气调状态阶段的主要任务,是维持气调参数的基本稳定。接气调贮藏的技术要求,温度波动范围在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 以内,氧气和二氧化碳含量变化也应在 $\pm 0.5\%$ 以内,乙烯含量在允许值以下,相对湿度应为 $90\%\sim 95\%$ 。表 1-20 列出了果蔬气调贮藏的技术参数。

④ 贮藏中的质量管理。包括经常从库门和技术走廊上的观察窗进行观察和取样,进行检测分析。从果蔬入库到出库,始终要做好果蔬的质量监测工作,千万不要片面地认为,只要保证气调贮藏的技术参数稳定,果蔬的贮藏质量就可得到保证。

⑤ 贮后的生产管理。它包括出库期间的管理,确定出库时间后,尽量打开一间,出空一间,出库前应解除气密状态,停止气调设备运行,通过自然通风换气,使气调库内恢复到大气状态。出库后的发运过程及上架之后要进行质量跟踪。

表 1-20 果蔬的气调贮藏条件

果蔬种类	品种	产地	贮藏参数				可能贮藏期限 /d
			$t/^\circ\text{C}$	$\varphi/(\%)$	$\varphi(\text{CO}_2)/(\%)$	$\varphi(\text{O}_2)/(\%)$	
苹果	金冠	瑞士	2.5	92	4	2	240
		德国	2	95	3~5	2.5	210
		意大利	2~3	90~95	2	3	150~210
		美国	-0.5~0		2	3	
		中国	0~1	90~95	3~5	3	150*
	元帅	澳大利亚	2		2.5	2.5	
		加拿大	-1~0		2~3	2.5~3	
	红星	美国	-1~1		2	3	
	红冠	意大利	1~1.5		0~1	2.5~3	
		中国	0~1	90~95	3	3	150*
	翠玉	美国	4.5		4~5	3~7	219
	秦冠	中国	0~1	90~95	3	3	180~220*
富士	中国	0~1	90~95	3	3	180*	
梨	鸭梨	美国	-1~0		0.5~2.5	2~3	180~210
		瑞士	0	92	2	2	180
		瑞士	0	92	2	2	150
		德国	0	90~95	4	2.5~3	90
		法国	0	—	4	2	180
		中国	0	90~95	0	7~10	210*
猕猴桃	秦美	中国	0~1	85~90	<5	2~10	120~150*
杏		美国	1	90~97	2.5	5	30~45
柿子		中国	-1	90	8	3~5	90~120*
樱桃		德国	0~2	90~95	10	2~3	28
柑桔	温州蜜柑	中国	3	85~90	2	10	180*
	甜橙	以色列	0~7	—	0	1	90
		日本	—	80~85	2	12~15	90~120
桃		中国	0	85~90	5	3	42*
		日本	0~2	—	2~4	5~7	35
		意大利	0		5	1	42~63
		德国	-1~0	90~95	2~3	2	42
		美国	0	85~90	5	1	42~63

(续表)

果蔬种类	品种	产地	贮藏参数				可能贮藏期限 /d
			$t/^\circ\text{C}$	$\varphi/(\%)$	$\varphi(\text{CO}_2)/(\%)$	$\varphi(\text{O}_2)/(\%)$	
李子		德国	0	90~95	3	3	14~42
		英国	-0.5~1		0~0.2	1~2	28~42
葡萄		德国	-1	95	3	2	180
		意大利	8~10	85~90	0~0.5	7	180
草莓		加拿大	4	90	0	3	14
		瑞士	4	90	5	1	14
		德国	0	90~95	10	1~2	10
		美国	0.5		0	1	10
香蕉		德国	13~14	95	5~8	4~5	21~28
		菲律宾	15		6~8	2	21
		美国	15.5		0	1~7	18
栗子		法国	0	80	11	10	150
花椰菜		瑞士	0	92~95	0~3	2~3	40~50
		德国	0	90~95	5	3	42
		意大利	0	90~95	10	5	60~90
		荷兰	0	95	5	16	56
绿四季豆		比利时	2	—	5~10	4	10~14
		德国	7~8	90~95	3~5	2	14
		美国	7		5~10	2~3	15
绿豌豆		比利时	1		5~10	4	14
		英国	0		5~7	5~10	20
黄瓜		瑞士	14	90~93	5	5	15~20
		德国	7~10	95	5	2	14~21
马铃薯		德国	6~8	90~95	<1	2~3	240
大蒜		意大利	3	75	5	3	180~240
甜椒		瑞士	13	92	5	3	14~21
		德国	8~9	90~95	2~3	2	21
萝卜		德国	0	≤95	5	2	14
莴苣 (生菜)		德国	0	≤95	4	1~2	21
		美国	0	85~90	0	1	28~42

(续表)

果蔬种类	品种	产地	贮藏参数				可能贮藏期限 /d
			$t/^\circ\text{C}$	$\varphi/(\%)$	$\varphi(\text{CO}_2)/(\%)$	$\varphi(\text{O}_2)/(\%)$	
芹菜	球茎芹菜	德国	-0.5	≤ 95	2~3	3~4	210
		美国	0~0.5	90~95	0	0.5~1	16
菠菜		日本	5		9~42	8.6~12.5	21
		美国	1和7		9	4	9
蕃茄		加拿大	12.7	90~95	2.5和5	2.5	84
		瑞士	12~13	95	0	3	14~21
		美国	12.8	—	0	3	20~40
甜玉米		德国	0~2	90~95	3	1~2	8~10
甜瓜		美国	>7		10	5	35
绿韭菜		瑞士	0.5		11	10	90
		德国	0	≤ 95	3(10)	3(10)	90
茴香		瑞士	0	95	3	3	60~90
甘蓝	球茎甘蓝	瑞士	0	92	3	3	44
		德国	0	90~95	5	3	21
	抱子甘蓝	德国	0	≤ 95	4~5	2~3	60~90
		比利时	2	—	5	16	27
	红球甘蓝	瑞士	0~1	90~92	3	3	200
		德国	-0.5~0	90	4~5	2~3	210~240
	皱叶甘蓝	德国	-0.5	90~95	10	2~3	150
		瑞士	0	90~92	0~3	3	130

注：* 为陕西省苹果气调贮藏研究中心提供。其余选自《水果蔬菜气调贮藏》。

(2) 设备和库房管理。它包括以下内容：

① 果蔬入库前。每年果蔬入库前，要对所有气调库进行气密性检测和维护。气密性标准可采用：当库内压力由 100Pa 降到 50Pa 时，所需时间不低于 10min。

② 果蔬贮藏中。要对制冷设备、气调设备、气体测量仪表进行检查与运行。操作人员应经常巡视机房和库房，检查和了解设备运行状况及库内参数的变化，做好设备运转记录和参数变化记录，观察安全阀内的液柱变化及库内外压差情况，并根据巡视结果进行调节。

③ 果蔬全部出库后。停止全部设备的运行，对库房结构、制冷设备和气调设备进行全面检查和维护，更换机器的易损件，配备库存零配件等。

(3) 气调库的安全运行。由于气调库的特殊性，气调库的安全管理也是一项十分重要的工作。

① 库房围护结构的安全管理。气调库是一种对气密性有特殊要求的建筑物，库内外温度

变化,在运行过程中可能引起围护结构内外的压差变化。当压差超过一定限度后,围护结构会遭受破坏,这点要引起注意,不要因设置了安全阀和调气袋而掉以轻心。

② 人员安全管理。操作管理人员一定要掌握气调库的安全知识:气调库内的气体不能维持人的生命安全,不能像进入冷库那样贸然进入气调库,进入人员必须熟练掌握呼吸器的使用方法。为了更好地保证人身安全,必须采取以下措施:

① 在每扇气调库的气密门上,书写醒目警示标志:“危险! 库内缺氧,未戴氧气面罩者禁止入内”。封库后,气密门以及小门应加锁,防止闲杂人员误入库内。

② 需要进入气调库内维修设备或检查贮藏物质量时,必须 2 人同行,且均要戴好呼吸面罩,一人入库,一人在观察窗外进行密切观察,严禁两人一同入库作业。

③ 至少备有两套完好的呼吸装置,并定期检查工作可靠性。

④ 经常性地开展安全教育,使全体操作和管理人员树立强烈的安全意识。

思考题和习题

1. 结合参观和实习,冷库有哪些生产区域及组成的基本单元?
2. 冷库有哪些配套设施,有什么功能?
3. 什么叫气调式冷库,它的制冷系统有什么特点?
4. 气调式冷库的管理有哪些要点?
5. 果蔬进入气调库前,为什么要进行库房的气密性检测?

第2章 食品冷加工工艺及装置

利用低温保藏食品又称为食品冷加工,它的主要优点是,使食品在较长时间的保藏过程中,能基本保持原有的营养成分、味道和色泽。食品冷加工包括以下几个过程:食品的冷却、冻结和冷藏。

冷却,是将食品的温度快速降低到指定的温度,但应高于食品汁液的冻结点。一般冷却食品的温度为 $\pm 4\sim 0^{\circ}\text{C}$ 。在这样的温度下,既能延长食品的保藏期限,又能最大限度地保持食品的新鲜状态。但由于在这样的温度下,部分微生物仍能生长繁殖,因此,经过冷却的鱼肉类食品只能作短期保藏。

冻结,是将食品中所含的水分大部分冻结成冰,也就是将食品的温度快速降低到低于食品汁液的冻结点,并达到某一指定温度。食品冻结后,由于低温和缺水,部分微生物被杀死,其余微生物活动极弱。因此,经过冻结的食品可以作较长时期的保藏。

冷藏,是在维持食品冷加工最终温度的条件下,将食品作不同期限的保藏。根据冷加工最终温度的不同,食品的冷藏可分为冷却物冷藏(高温冷藏)和冻结物冷藏(低温冷藏)两种。

2.1 食品冷加工基本知识

2.1.1 食品的成分

食品的成分可分为有机物和无机物,属于有机的有蛋白质、糖、脂肪、维生素等,属于无机的有水和矿物质等。

1. 蛋白质

蛋白质是一类复杂的有机化合物,是高分子的含氮物质。它是一切生命活动的基础,是构成生物体细胞的主要原料。

蛋白质由多种氨基酸组合而成。目前已知蛋白质中的氨基酸共有三十多种,每种蛋白质至少含有十种以上的氨基酸。由于各种蛋白质中所含氨基酸的种类和数量不同,因而其营养价值也不同,按蛋白质中所含氨基酸种类的不同可分为完全蛋白质和不完全蛋白质。食品中如肉、鱼、蛋、乳等动物蛋白质都是完全蛋白质。一般植物性食品所含蛋白质为不完全蛋白质。蛋白质在动物性食品中含量较多,植物性食品中含量较少,如牛肉含20.1%,猪肉含16.9%,鸡蛋含14.8%,鲤鱼含18.1%,苹果含0.2%,番茄含0.6%。但是大豆类植物性质食品所含的蛋白质也较多。

由于微生物的作用,能使蛋白质分解而产生氨、硫化氢等各种有毒的物质,这种现象称为腐败。

2. 糖类

糖是由碳、氢、氧三种元素组合而成的有机物质,其中氢和氧的比例对绝大多数糖来说,是

与水中的氢和氧比例一样。因此,糖又称为碳水化合物。

糖是供给人体热量的最主要和最经济的原料。在动物性食品中,糖含量不多,约占2%,在植物性食品中含有大量糖,大多是淀粉和维生素,约占80%。

糖可分为单糖、双糖、多糖三类。

单糖是不能被水解的简单糖分子。属于单糖的有葡萄糖、果糖、半乳糖等数种。

双糖水解后能生成两分子单糖。属于双糖的有蔗糖、麦芽糖和乳糖等多种。

多糖在水解时能生成多分子的单糖。属于多糖的有淀粉、纤维素和糖元。

水果、蔬菜中的糖,在保管和运输过程中,由于呼吸作用被空气中的氧所氧化成二氧化碳和水,并放出热量。在缺氧呼吸时,则生成酒精和二氧化碳。

3. 脂类

脂类可分为脂肪与类脂两类。

脂肪是由各种不同的脂肪酸和甘油结合而成的三脂肪酸甘油酯。

构成脂肪的脂肪酸分为饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸。

类脂是一些类似脂肪的物质,其理化性质与脂肪相似,但其化学组成中,除含有脂肪酸、甘油等外,还含有磷、胺基、糖等成分。

脂肪的氧化分解过程与温度有关。温度高时,氧化作用进行得快些。所以,降低温度能保证脂肪的质量。

4. 维生素

维生素是低分子的有机化合物,它在食品中含量很少。但对人体的新陈代谢起着重要作用。

维生素分为脂溶性维生素和水溶性维生素两大类,脂溶性维生素包括维生素A、D、E、K。水溶性维生素包括维生素B₁、B₂、B₆、B₁₂、C、P、PP及生物素等。

5. 酶

酶是由生物细胞中所产生的一种特殊蛋白质。酶在食品中的含量很少,起着生物催化剂的作用,它能加速生物化学反应,但本身不起变化,也不参加到反应后的生成物中去。

酶的性质与蛋白质相似。酶的作用强弱与温度有关。酶不耐热,一般在40~50℃时活性最强,而低于0℃时或高于70~100℃时,酶的活性即变弱终止。每一种酶都有其最适宜的温度。

各种酶有不同的最适宜的酸碱值(pH值)。一般在中性或弱酸、弱碱的介质中,酶具有最大的活性。

6. 水分

一切食品中均含有水分,但含量多少不同。有的食品含水量较多,如水果、蔬菜中约含95%,肉含50%,鱼含70%~80%;有的食品含水量较少,如乳粉含3%~4%,食糖含1.5%~3%。

食品中的水分是以游离水和胶体结合水两种形式存在。游离水含于食品的汁液和细胞液中,是良好的溶剂。胶体结合水是位于胶体空间以及胶粒周围水膜中的水。胶体结合水与游离水的性质不同,它失去了普通水的流动性,比热容较游离水小些。其冻结点较游离水低得多,一般在-25℃以下。

食品中由于含有大量水分,造成了微生物生长繁殖的良好条件,容易引起食品质量发生变化。

7. 矿物质

矿物质是构成生物组织细胞所不可缺少的成分,它直接参加机体的新陈代谢过程,维持渗透压以及血液、淋巴等生物体液的酸碱值。

各种食品中都含有少量的矿物质,一般占其总重量的0.3%~1.5%左右。

食品中所含的矿物质如钠、钾、钙、镁、铁、磷、碘等,是以可溶性盐类和有机化合物的形态存在的。在鱼、肉和蛋品中多半是酸式盐;在乳、水果、蔬菜中主要是碱式盐。

2.1.2 食品变质的原因

新鲜的食物在常温下放置一段时间后会变质、腐烂,以致完全不能食用。引起食物变质的主要原因如下:

1. 由微生物的作用所引起的变质

由于食物中含有多种营养物质和一定量的水分,适合于细菌、酵母、霉菌等微生物的生长、繁殖活动。大量的微生物在生活过程中分泌各种酶类物质,促使食物发生分解,由高分子的物质分解为低分子的物质,首先降低食物的质量,进而发生变质和腐烂。因此,在食物变质的原因中,微生物的作用往往是最主要的。

微生物的生存和繁殖需要一定的环境条件,如氧气、温度、湿度等。其中温度是微生物生存的重要条件。

一般来说,温度在0℃左右即可阻止微生物的繁殖。但对某些嗜冷性微生物,如霉菌、酵母菌,它们的耐低温能力很强,即使在-8℃的低温下,仍可进行繁殖。大部分水中细菌也都是嗜冷性微生物,它们在0℃以下仍能繁殖。因此,用低温保藏食物,必须维持足够低的温度,才能抑制微生物的作用,使它们停止生长、繁殖活动,丧失分解食物的能力。

2. 由酶的作用引起的变质

酶是一种特殊的蛋白质,是活细胞所产生的一种有机催化剂。

无论是动物性食物还是植物性食物,它们本身都含有酶。酶在适宜的条件下,会促使食物中的蛋白质,脂肪和碳水化合物等营养成分分解。另外,霉菌、酵母、细菌等微生物对食物的破坏作用,也是由于这些微生物生活过程中分泌的各种酶所引起的。

酶的活性与温度有关。在低温(0℃以下)时,酶的活性很小。随着温度升高,酶的活性增大,催化的化学反应速度也随之加快。温度每升高10℃,反应速度增加2~3倍。因此,食物保持在低温条件下,可以防止由酶的作用而引起的变质。

3. 非酶引起的变质

有一部分食物的变质与酶无直接关系。如油脂的酸败是由于油脂与空气接触,发生氧化反应,产生品质酸败。维生素C、天然色素等,也会发生氧化破坏。

无论是由细菌、霉菌、酵母引起的食物变质,还是由酶或非酶引起的变质,在低温环境下,都可延缓、减弱其作用,但是低温并不能完全阻止它们的作用,即使在冻结点以下的低温,食物进行长期贮藏时,其质量也会有所降低。因此,各类食物都规定有合理的冷藏期限。但已经变质的食物,在低温情况下也不能改变它原来的状态。

2.1.3 食品冷加工的特点

食物可分为植物性食物和动物性食物两大类。由于它们具有不同的特性,因此,利用低温

进行贮藏时,应采用不同的处理方法。

1. 植物性食品

水果、蔬菜等植物性食品在贮藏时,它们仍然是具有生命力的有机体。因此,它们能控制体内酶的作用,并对外界微生物的侵入有抵抗能力。但另一方面,由于它们是活体,要进行呼吸,同时它们与采摘前不同的是不能再从母株上得到水分与其他营养物质,只能消耗其体内的物质而逐渐衰老。因此,为了长期保藏植物性食品,就必须维持它们的活体状态,同时又要减弱它们的呼吸作用。低温能减弱果蔬类植物性食品的呼吸作用,延长食品的贮藏期限。但温度又不能过低,温度过低会引起植物性食品生理病害,甚至冻死。因此,贮藏温度应该选择在接近冰点但又不使食品冻坏的温度。如同时采用气调措施,调节气体的含氧、二氧化碳量,就能取得良好的贮藏效果。

2. 动物性食品

畜、禽、鱼等动物性食品,在贮藏时,因物体细胞都已死亡,因此不能控制引起食品变质的酶的作用,也不能抵抗微生物的侵害。如果把动物性食品放在低温条件下,则酶的作用受到抑制,微生物的繁殖受到阻止,体内起的化学变化就会变慢,食品就可较长时间维持它的新鲜状态。因此,贮藏动物性食品时,要求在冻结点以下的低温保藏。

2.1.4 食品冷加工过程

1. 食品冷加工中的热交换

食品冷加工的过程也就是食品与周围介质进行热交换的过程。食品冷加工的热交换是一极复杂的过程,它是以传导、辐射、对流、呼吸、水分蒸发五种形式进行的。热交换的速度与食品的导热系数、形状、散热面积、呼吸强度、食品和介质之间的温度差以及介质的性质、流动速度等因素有关。

食品冷加工时热交换的速度与食品本身的导热系数成正比。食品的导热系数越大,单位时间传导的热量就越多,食品冷却或冻结得就越快。各种食品由于化学组成不同,其导热性也不相同。水比脂肪的导热系数大些,因此含水多,含脂肪少的食品传热速度就快;而含水少,含脂肪多的食品传热速度就慢。

食品的散热表面积的大小与热交换的速度有直接关系。散热表面积大,单位时间内食品与周围介质之间交换的热量也就越多,因而食品冷却或冻结就越快。

食品与周围冷却介质之间的温度差,对热交换的速度有决定性的影响。温差越大,热交换就进行得越强烈。

在食品冷加工中,食品的形状、导热系数以及食品本身的温度都是固定的因素,为了加速食品冷加工过程,根据热交换的原理,可以采取下列几种方法:

① 减少食品的厚度。冻结时间是与冻品厚度平方成正比,所以减少冻品厚度是缩短冻结时间的有效方法。

② 降低介质的温度。介质温度和冻品初温之间的温差与冻结时间成反比。因此降低冷却介质温度也能缩短冻结时间。但要降低介质温度,冷冻机耗能增大,所以要选择合理的低温。

③ 提高食品表面对介质的放热系数。这种方法在实际生产中应用较为广泛,如采用强烈吹风的隧道式冻结装置,采用导热性较好的不冻溶液和金属平板接触冻结等,其目的都是提高

食品的放热系数。另外,当冻品厚度较大(如超过 20cm),即使增大放热系数,冻结时间也不会缩短得很多。

2. 食品冻结过程中的冰结晶

食品冻结是将食品中所含的水大部分转变成冰的过程。因此,结晶表现了冻结过程的最基本的实质。当食品中液态水分结成固态冰晶时,便有大量热量从食品中传出,同时食品的温度也随之降低。

(1) 食品中溶液的冻结。溶液的冻结与纯水不同,它的冻结点较水的冰点低些。溶液的冻结点与溶液的浓度、溶质的离解程度及溶剂的性质有关。

食品冻结时,溶液浓度的变化过程较普通溶液复杂得多,因为在食品所含的水中溶有多种矿物质和有机物质。因此,在冻结过程中,随着汁液中的水分析出而形成冰结晶,使尚未冻结的汁液的浓度增大,冻结点降低。食品中剩余的汁液越少,其浓度越大,汁液冻结点也就越低。这样,食品的继续冻结就需要在温度大大降低的条件下进行。

大多数食品的冻结点在 $-1\sim-2^{\circ}\text{C}$ 。含有大量溶质(糖、盐、酸)的食品,其冻结点较低,约为 $-3.5\sim-5^{\circ}\text{C}$ 左右。一般食品温度在 -20°C 时,有 90%左右的水分冻结成冰。

食品的冻结最终温度越低,被冻结的水量就越多,因而也就有利于食品的长期保藏。一般要求食品的冻结最终温度(中心温度)为 $-12\sim-15^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 食品冻结的温度曲线和冰结晶最大生成带。食品冻结时的温度曲线是根据冻结速度而变化的,但不论是快速冻结或慢速冻结,在冻结过程中,温度的下降可分三个阶段;见图 2-1。

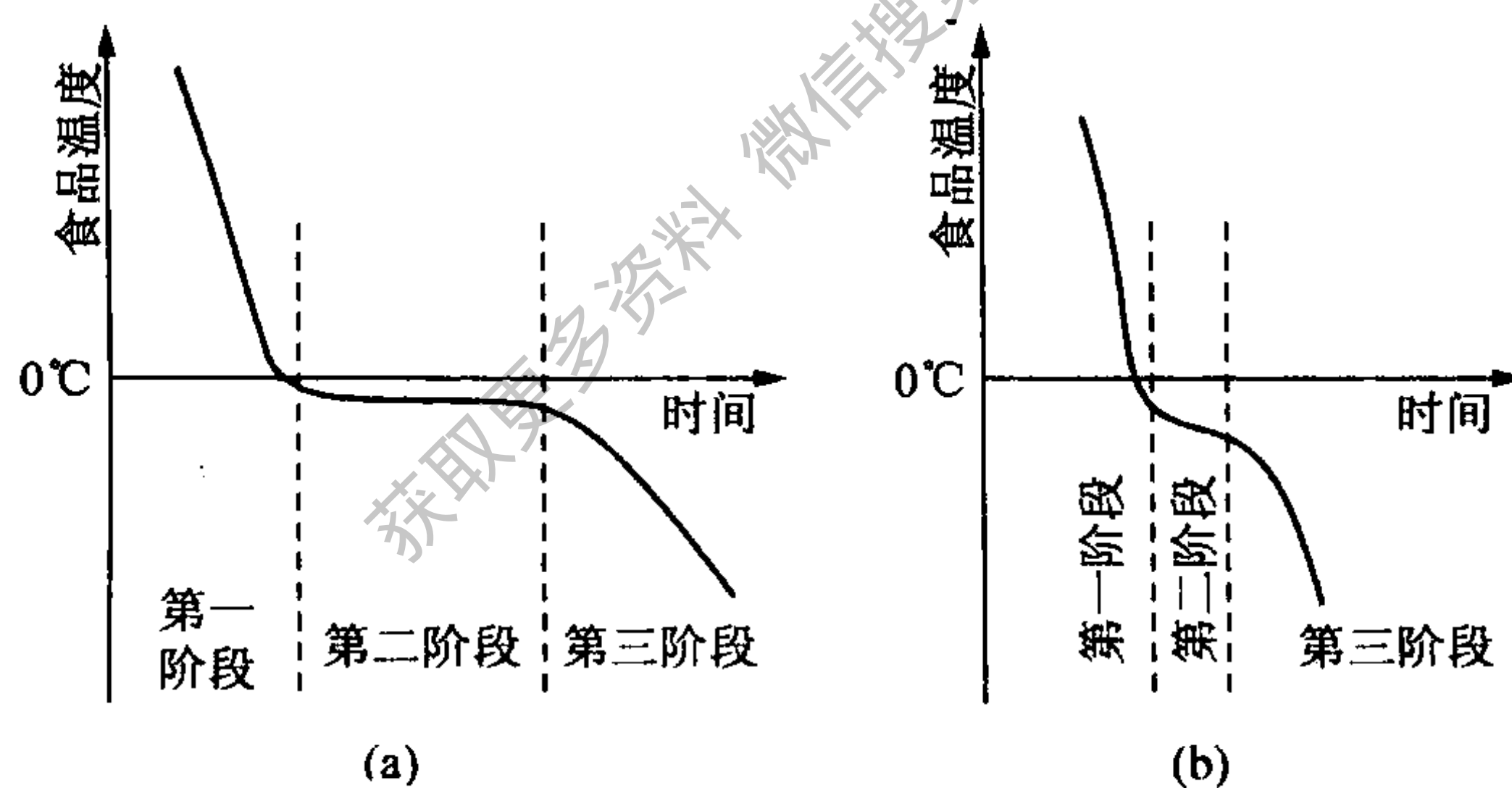


图 2-1 食品在冻结时温度下降情况
(a) 慢速冻结; (b) 快速冻结

在最初阶段,食品的温度迅速下降,直到降低至结晶温度为止。第二阶段即冰晶形成阶段,以近于水平线段表示。这阶段在 $0\sim-5^{\circ}\text{C}$ 左右,这时食品内部 80%以上水分都已冻结,这种大量形成冰结晶的温度范围,称为冰结晶的最大生成带。在冰结晶形成时放出的潜热相当大,因此,通过最大冰结晶生成带时,热负荷最大,相对需要较长的时间。当慢速冻结时,食品内冰晶的形成以较慢速度由表面向中心推移,而食品中心温度在很长时间内处于停滞阶段水平线段较长。当快速冻结时,由于强烈的热传导,冰晶形成很快的从食品表面层推移到食品中心,因此水平线段很短。最后,进入第三阶段,此线段表明冻结后的食品继续冻结到规定的最终温度的降温过程。

(3) 冻结速度与冻结晶的分布。食品中的水分分布,大致可分为两部分:细胞内的水分和细胞间隙中的水分。在食品的细胞间隙内,水蒸气张力比细胞内小,盐的浓度也小些,冻结点

则高些。当食品冻结时,细胞间隙内水分首先结成冰晶。由于冰的饱和蒸气压较水低,因此,在食品冻结初期,当细胞外的水分已冻成冰,而细胞内的水分因冰点较低仍处在液体状态时,由于两者饱和蒸气压的不同,致使细胞中的水分以蒸气状态透过细胞膜而扩散至细胞间隙中。如果是慢速冻结,就使大部分水冻结于细胞间隙内,并形成较大的冰结晶。水在转变成冰时,体积约增大 $9\% \sim 10\%$,结果使细胞因受压挤而变形,甚至造成细胞膜破裂。于是当食品解冻时,冰晶融化成水,食品汁液流失。

如果采用快速冻结时,由于冰结晶形成的速度大于水蒸气的扩散速度,因而冰结晶可均匀地分布在食品细胞内与细胞间隙中,并形成小的结晶体。这样就不会使细胞变形和破裂。

食品在快速和慢速冻结时,其组织内冰结晶分布见图 2-2。

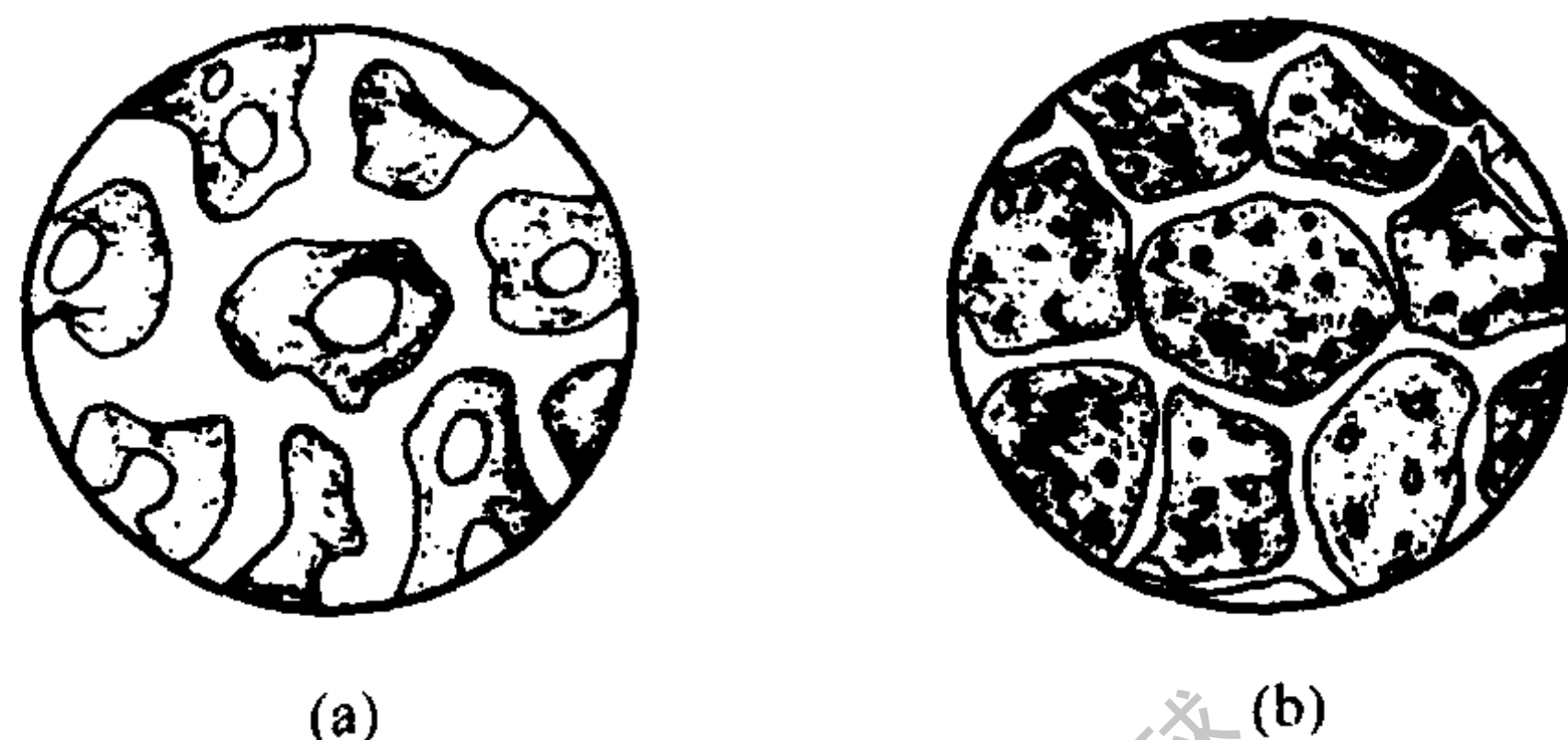


图 2-2 食品组织内冰结晶的分布情况
(a) 慢速冻结; (b) 快速冻结

3. 食品冷加工过程中的水分蒸发

食品在冷加工过程中,会产生食品表面水分蒸发(又称干耗),随着水分蒸发虽会有热量散出,能加速食品的冷加工过程,但这种蒸发不仅造成食品的重量损失,使食品发生干缩现象,而且降低了质量,使食品的味道和外观变坏。

产生干耗的原因在于食品表面水蒸气压力与冷间内空气中水蒸气压力之间存在着差值。食品表面的水蒸气压力处于饱和,而空气中水蒸气压力处于不饱和。水蒸气的压力差引起食品表面水分的蒸发,而食品蒸发的水汽即被冷间内不饱和空气所吸收。水蒸气的这种转移过程又叫扩散过程,在扩散过程中,食品表面水分的蒸发又造成食品内部水分浓度比例的变化,因而使食品中心的水分向表面转移。水分在食品内部转移叫作内部扩散。

冻结食品的水分蒸发与冷却食品不同。冷却食品表面水分蒸发表现为内部扩散和外部扩散,冻结食品的水分蒸发类似冰的升华过程,而没有食品内部的扩散现象。由于冰的升华,经过若干时间后,使冻结食品表面形成了海绵状的脱水层,水蒸气通过脱水层在压差作用下扩散到周围空气中去,同时,空气不断充满海绵层,使食品内氧化作用加强,造成食品形状、颜色改变,质量降低。

冷间内制冷设备运行时,空气温度与制冷设备内的蒸发温度存在较大的温差($5 \sim 10^{\circ}\text{C}$)。空气流过冷却排管时,温度到达露点并析出水分,然后流至食品,外墙处受热,其相对湿度降低,又可吸收从食品表面蒸发的水分,随后空气又至冷却排管处冷却,并将吸收的水分冷凝在冷却排管上。

冷间空气温度与蒸发温度之间的温差,对食品干耗影响极大。要求冷间空气保持较高的相对湿度,就必须减小温差。冷间内空气的流动速度对食品干耗也影响极大,一般冷藏间以自然对流为最佳,当采用强制循环时,空气流速一般控制在 0.3m/s 以下。另外,食品在冷间的

干耗量还与食品的种类、大小、表面状态、堆放位置、保藏期、冷间容量大小、开门次数、周围空气的状态等因素有关。减少冷藏食品干耗的主要办法有下列几种：

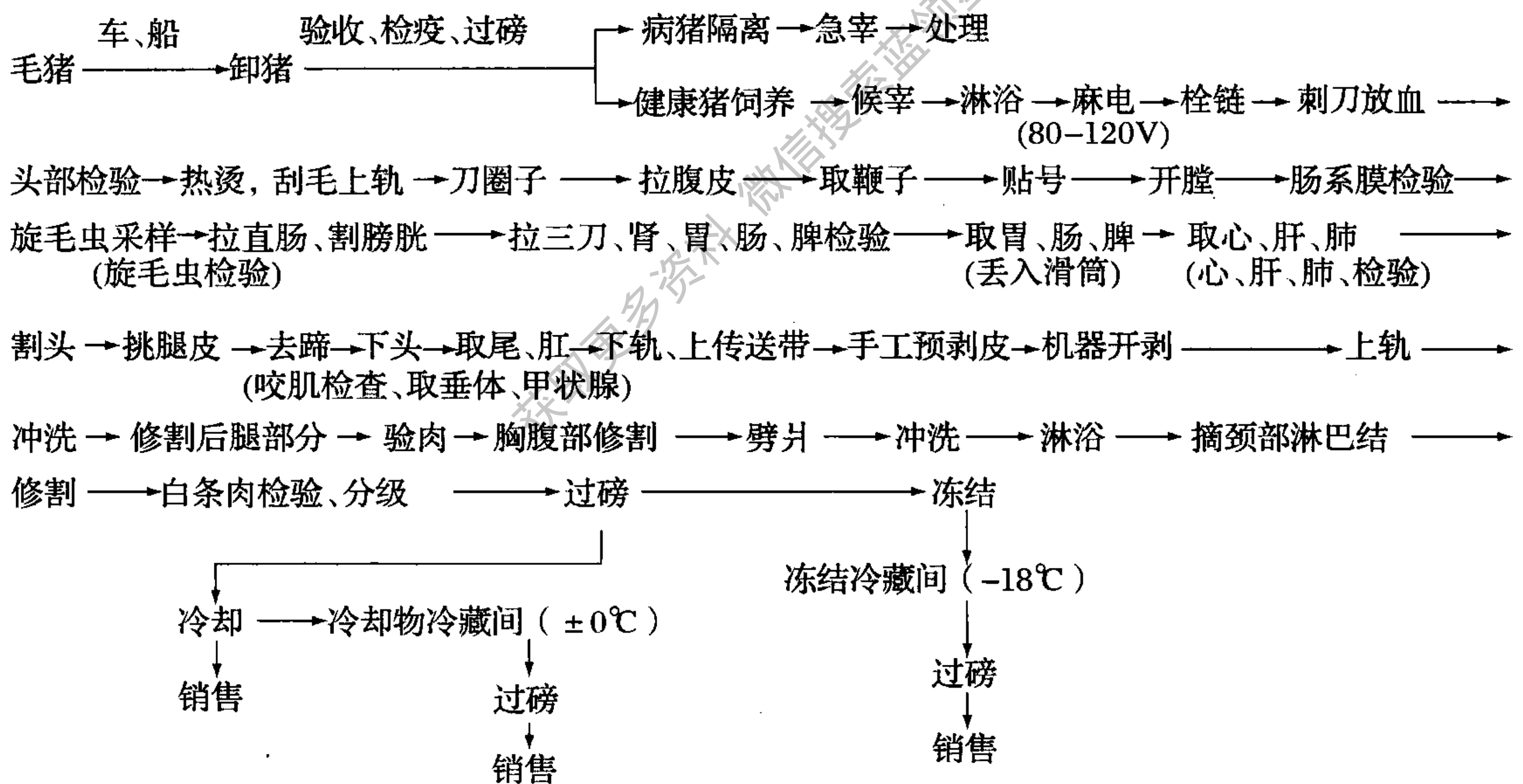
- ① 用聚乙烯(无毒)塑料薄膜袋对食品进行密闭式包装。
- ② 对冷藏食品入库前进行镀冰衣,冷藏过程中进行定期喷水或重镀冰衣。
- ③ 减小冷间空气温度与蒸发温度的差值,保持冷间空气有较高的相对湿度。
- ④ 减小强制空气循环中的气流速度。

2.2 食品冷加工工艺

2.2.1 肉类的冷加工

肉是一种营养价值很高的食品,含有丰富的蛋白质、脂肪、糖类、矿物盐类和维生素等多种营养成分。这些营养成分不仅人体需要,而且容易被消化吸收,特别是肌肉内的蛋白质,含有构成人体组织所必需的一切氨基酸。

肉食品生产必须执行国家的卫生标准,并按规定的工艺流程进行。白条肉生产工艺流程如下:



1. 肉的冷却

牲畜在刚屠宰完时,体内的热量还没有散去,肉体温度一般为 $38\sim 39^{\circ}\text{C}$ 。在宰后短时间内,体内的新陈代谢作用大部分仍继续进行,并放出热量。因此,宰杀后的牲畜肉体体温会略有上升。肉体的体温和湿润的表面最适于微生物生长和繁殖,这对肉的保藏极为不利。

肉类冷却的目的在于迅速排除肉体内部的热量,降低肉体深层的温度,并在肉体的表面形成一层干燥膜(亦称干壳)。肉体表面的干燥膜可以阻止微生物的生长和繁殖,延长肉的保藏时间,并且能够减缓肉体内部水分的蒸发,便于短期贮存,调节市场供应;同时使销售时肉味鲜美。

目前在我国冷库里,肉的冷却都是在空气介质中进行的,即采用冷风机进行吹风冷却。

各种肉类在冷却间内都是吊挂在吊运轨道的带滚轮的吊钩上进行冷却。冷库的吊轨宜采用自动传送链条装置,以减轻体力劳动,提高产品质量。

(1) 肉的一次冷却工艺。肉的冷却过程宜在最短的时间内完成。因此,在冷却时,应采取尽可能低的温度,但不能使肉体内部冻结。

肉的冷却工艺都采用干式冷风机,室内空气温度一般在 0°C 左右。在冷却开始时,相对湿度一般可以维持在 $95\%\sim 98\%$ 之间,随着肉温下降和肉体中水分蒸发强度的减弱,相对湿度应逐渐降低到 $90\%\sim 92\%$ 左右。空气在肉体间流速约在 $0.5\sim 1.5\text{m/s}$ 之间。冷却时间,在一般情况下,猪白条和 $1/4$ 片牛肉为 20h ,羊整腔为 $10\sim 12\text{h}$ 左右。当肉体大腿最厚部分的中心温度达到 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$,即可结束冷却过程。

为了缩短冷却时间,在装肉之前,冷却间内除风机外,其他制冷设备都应开始工作,预先将冷却间的空气温度降低至 $-2\sim -3^{\circ}\text{C}$ 。在挂满肉体之后,由于肉体中热量的散发,冷却间的室温允许有一定幅度的上升,但经过 10h 后,室温应保持稳定,不能有较大幅度的波动。

肉的一次冷却条件见表2-1。

表2-1 肉的一次冷却条件

冷却过程	半片猪白条肉		四分之一片牛肉体		羊整腔	
	室温	相对湿度	室温	相对湿度	室温	相对湿度
装入冷却间以前	$-3\sim -4^{\circ}\text{C}$	$90\%\sim 92\%$	-1°C	$90\%\sim 92\%$	-1°C	$90\%\sim 92\%$
冷却间装满以后	$\pm 0\sim +3^{\circ}\text{C}$	$95\%\sim 98\%$	$\pm 1\sim +3^{\circ}\text{C}$	$95\%\sim 98\%$	$\pm 0\sim +4^{\circ}\text{C}$	$95\%\sim 98\%$
装入 10h 以后	$\pm 0\sim -2^{\circ}\text{C}$	$90\%\sim 92\%$	$\pm 0\sim -1^{\circ}\text{C}$	$90\%\sim 92\%$	$\pm 0\sim +1^{\circ}\text{C}$	$90\%\sim 92\%$
装入 20h 以后	$\pm 0\sim -3^{\circ}\text{C}$	$90\%\sim 92\%$	$\pm 0\sim -1^{\circ}\text{C}$	$90\%\sim 92\%$		

(2) 肉的二次冷却工艺。二次冷却工艺的主要方法是,先在较低温度下,将肉体表面温度降低到 -2°C 左右,迅速形成干膜,然后再用一般的冷却方法进行第二次冷却。采用二次冷却工艺的优点是:肉品的干耗损失少,比一般冷却方法可减少 $40\%\sim 50\%$;肉的质量也较好,表面干燥,外观良好。

二次冷却的工艺是:第一阶段,先把肉体放在 $-10\sim -15^{\circ}\text{C}$ 室温的冷却间内,空气流速在 $1.5\sim 3\text{m/s}$ 的工况下,冷却 $2\sim 3\text{h}$,这时,肉体表面温度为 -2°C 左右,内部温度为 $18\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。第二阶段,用一般冷却方法,或放在冷却物冷藏间内,即将肉体放在 $0\sim -2^{\circ}\text{C}$ 室温下冷却 $10\sim 16\text{h}$,肉体内部温度达 $3\sim 6^{\circ}\text{C}$ 左右,即完成冷却。

二次冷却的设备有两种形式。一种是先在有连续输送吊轨的冷却间中进行,然后再输送到一般冷间中。另一种是两次冷却都在同一冷却间中,但前后两个阶段所用的风速和风温不同。

2. 肉的冻结

经过冷却的肉虽能保藏一定的时期,但不能长时间贮藏,因为冷却肉的温度在冰点以上,细胞组织中的水分尚未冻结。这样的温度和湿度,对于微生物和酶的活动能力虽有一定程度的抑制,但不能使其终止。因此,要使肉能长期贮存并适于长途运输,必须将肉冻结,也就是将肉的温度降低到低于汁液冻结温度,一般在 $-15\sim -20^{\circ}\text{C}$,使肉中大部分汁液冻结,以造成不利于微生物生长、繁殖和延缓肉内各种生化反应的条件。

冻结肉的质量一般与鲜肉相接近,但冻肉在解冻后总有一部分汁液流失,营养成分减少。解冻后再冻的肉、质量更差。

(1) 冻结速度和冻结方法。肉的冻结速度,一般按在单位时间内肉体冻结的速度(cm/h)来表示,通常分为三种:

- ① 冻结速度为 0.1~1cm/h,称为缓慢冻结;
- ② 冻结速度为 1.1~5cm/h,称为中速冻结;
- ③ 冻结速度为 >5cm/h,称为快速冻结。

对大多数肉食品来讲,冻结速度以 2~5cm/h 即可避免质量下降。对于中等厚度的半片猪肉体,在 20h 以内由 0~4℃ 冻结至 -18℃,冻结质量是好的。从肉的冻结质量上要求,冻结速度越快,质量越高,干耗损失越少。

我国白条肉的冻结间大都采用强烈吹风冻结装置,在冻结间内装有干式冷风机,装有吊运轨道以挂运肉体。以猪白条肉为例,一般冻结间温度为 -23℃,空气流速为 0.5~2.0m/s,经冷却的肉在 24h 内(包括进出货时间),肌肉深部温度达 -15℃。有些冷库进行技术革新,采用增加冷却设备的面积和用自动传送链条(可使肉体温度均匀)的措施,把白条肉冻结时间缩短到 12h 以内,达到一天两周转。影响肉类冻结速度的因素与冷却过程相同,特别是取决于冻结间空气温度和流速及肉片的厚度等。

(2) 肉的直接冻结工艺。直接冻结,就是在牲畜屠宰后不经过冷却过程,直接送往冻结间进行冻结,直接冻结是一项较新的工艺。实践证明,猪肉直接冻结与经冷却后再冻结相比具有相同甚至更好的质量。

① 白条肉直接冻结工艺。分级晾肉→冻结间降温到 -15℃ 一次进货→冻结降温(肉温在 0℃ 左右时冲霜一次)→出冻后进冷藏库(20 小时,中心温度 -15℃)。

② 直接冻结工艺的优点如下:

a. 缩短冷加工时间 直接冻结时,由于一开始空气温度就较低,散热速度大,使肉体表面温度迅速下降。由于表面层很快冻结,使肉体内层与表面层的温差增大。同时,由于表层水结成冰,导热系数增大,因而加速了肉体深处的散热过程,缩短了肉体冻结时间。直接冻结的冻结时间可掌握在 16h 左右,冷加工工艺周期为一天。这样,采用直接冻结工艺比经冷却后再冻 32~36℃ 小时可节约时间 50% 以上。

b. 降低干耗 经过试验,采用直接冻结工艺生产的冻肉,干耗较少,约比非直接冻结降低 88%。

c. 节省耗电量 经测定,直接冻结工艺每冻结 1 吨肉,耗电量为 63kW·h,而经冷却后再冻结 1t 肉,耗电量为 23.6kW·h(冷却)+57kW·h(冻结)=80.6kW·h。直接冻结工艺每吨肉省电 17.6kW·h。

d. 减少建筑面积 以每日冻结 100t 的冷库为例,仅需两间共晾 40t 肉的晾肉间,不需再设冷却间,这样,约可减少建筑面积 30%。

e. 节约劳动力 由于直接冻结不经过冷却过程,因此可减少搬运量,节约劳动力约 50% 左右。

目前,肉类直接冻结工艺在我国已广泛采用。

3. 肉的冷藏

(1) 冷却肉的冷藏。经过冷却的肉,如需作短期贮藏,应立即送入冷却物冷藏间内。肉在

冷藏间放置的方法与冷却时完全相同。冷却物冷藏间的空气温度为 $+1\sim-1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度应保持在 $85\%\sim90\%$ 。库温降低时，相对湿度可增大些。

冷却物冷藏间的空气流速缓慢均匀，自然循环即可，一般库内空气流速为 $0.05\sim0.1\text{m/s}$ 。

冷却肉的冷藏时间按肉体温度和冷藏条件来定。一般为 $15\sim20$ 天。

冷却肉在冷藏时的变化，主要是成熟过程的继续进行，肌肉的颜色由于水分蒸发和氧化而变暗。如冷藏时间过长，在微生物作用下，会使肌红蛋白和血红素呈淡灰色，并使其表面发粘。

(2) 冻结肉的冷藏。经过冻结的肉，立即进入低温冷藏才能使其保藏较长的时间。

冷藏间的温度是以冻结后的肉体最终温度决定的，需要长期贮藏的肉类的冷藏温度应不高于 -18°C 。因为在此温度下，微生物的发育几乎完全停止，食品内部的生物化学变化受到很大抑制，表面水分的蒸发量也较小，能保持较好的质量。我国肉类冷藏温度普遍采用 -18°C ，对一些大型贮藏性冷库、外贸出口冷库，也有采用 -20°C 的，这对保证长期贮藏冷冻食品的质量更为有利。

对于商场和企业用的小型冷藏库，因贮藏期一般都在2个月以内，冷藏间的温度可采用 $-15\sim-18^{\circ}\text{C}$ 。

在生产性冷库中，冻肉在进入冷藏库时，其中心温度要求在 -15°C 左右。分配性冷库，由于冻肉长途运输，肉温有所上升，但也应在 -8°C 以下，如高于这一温度，说明冻肉已开始软化，必须进行复冻。冻肉的融化程度可按肉体温度求出，见表2-2。

表 2-2 不同温度下冻肉的融化程度

冻肉的温度/ $^{\circ}\text{C}$	± 0	-2	-4	-6	-8
肉的融化程度/ $\%$	100	58	29	17	9

冷藏间的温度应保持稳定，其波动幅度要求不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。如温差过大，会造成肉体组织内晶体融化和再结晶，并增加干耗损失和加速脂肪酸败。

冷藏间空气的相对湿度越高越好，并且要求稳定，以尽量减少水分蒸发，因此一般采用 $95\%\sim98\%$ ，其变动范围不超过 $\pm 5\%$ 。

冷藏间的空气只允许有微弱的自然循环，如采用冷风机，其风速亦应控制在 0.25m/s 速度以下。不宜采用强烈吹风循环，否则会增加肉的干耗。

4. 分割肉的冷加工

按照销售规格的要求，将肉体按部位分割成小的肉块，然后进行整形包装或放置在金属容器内冻结成块状，称为分割肉。

猪、牛、羊肉体都可以加工冷冻成分割肉。根据国内外市场需要，可分为带骨分割肉、剔骨分割肉及剔骨去皮肉和去脂分割肉等不同规格。

(1) 分割肉的优点。与冻白条肉比较，分割肉具有下列优点：

① 可以减少冷加工过程中的干耗 在空气温度为 -23°C 条件下，冻结猪白条肉，干耗为 1.7% 左右，而冻结分割肉，干耗为 0.3% 以下。分割肉由于体形规则，在冷藏过程中，可以堆码得整齐、紧密，使肉与空气的接触面小，冷藏干耗约比白条肉减少一半以上。

② 可以提高冷藏库单位容积的载重量 根据实践经验，冻结白条肉一般冷藏时的堆垛密度为 $350\sim420\text{kg/m}^3$ ，而分割肉的堆垛密度可达 $650\sim800\text{kg/m}^3$ ，即提高冷藏能力 $85\%\sim90\%$ （楼板负荷与其适应）。

③ 可延长肉的保藏期限 冻结分割肉比冻结白肉条可以贮存更多的时间。

④ 便于运输和装卸 这是冻结分割肉的最大优点之一。每块分割肉在 20~30kg 左右。由于其体形整齐,易于采用机构化运输和堆码。

(2) 分割肉的冷加工工艺。分割肉的冷加工工艺根据加工产品的规格不同而有差异。例如,加工猪分割肉(剔骨、去皮和脂肪),需将每片猪肉分割成颈背、前腿、大排、后腿肌肉等四块。每块均需去骨,去皮和皮下脂肪。生产工艺如下:

① 分割 将宰后的肉体进行分割:

第一刀:一般从五、六根肋骨中间斩下的颈背和前腿部位为颈背、前腿肌肉原料;

第二刀:从腰椎与脊椎连接处,斩下的后腿肌肉原料;

第三刀:在脊椎骨下约 4~6cm 肋骨处,平行斩下有脊背部位为大排肌肉原料;

分割时,一般用电锯分割。

② 去皮和皮下脂肪。

③ 剔骨和修整 剔骨、修整时要保持肌肉完整,并注意除去伤斑、出血点、淋巴结、疮疤等。操作过程力求在短时间内完成,不得过久,以免影响肉的质量。

④ 冷却 肌肉平摊在镀锌铁盘内,放置在有搁架的冷却间进行冷却,要求在 24 小时内,肉温达到 4℃ 以下。

⑤ 包装 冷却后,每块分割肉均用长方形聚乙烯薄膜或玻璃纸包裹两圈半以上,然后按品种分别用纸箱包装。

⑥ 冻结 把包装好的纸箱放在搁架式的冻结间冻结。如在普遍冻结间冻结时,则将纸箱放在垫木上,作骑缝式堆码,以保证冷空气畅通。

用纸箱包装后冻结,因导热系数小,需时较长,一般需 72h 左右。有些冷库先将分割肉放在铁盒中冻结(铁盒上有盖,箱体比纸箱稍小一些),然后再将肉块倒入纸箱,可缩短冻结时间。

⑦ 冷藏 当肉体中心温度达到 -15℃ 时,即可送进冷藏间进行冷藏,冷藏的要求与冻肉相同。

5. 副产品的冷加工

牲畜经过初步加工处理后,除白条肉体外,副产品也占很大比重。牲畜的副产品有着极其广泛的用途。除大部分可供食用外,其他部分都是工业和医药原料。供食用的副产品中,大部分营养价值很高。蛋白质和脂肪的含量几乎与肉相等。

牲畜副产品和肉类同样易于腐败,需及时加工冷藏。如保藏条件不良,很快就会变质。特别是各种内分泌腺体,如在短时间内不加处理,其中所含的有效成分即被破坏,而失去其使用价值。

(1) 食用副产品冷加工:

① 品种 食用副产品包括头(或头肉)、蹄、尾、舌、耳、胃、肠、肾脏(腰子)、蹄盘、碎肉、漕头等。此外,心、脾脏(沙肝)、肝脏、肺等,虽然也是脏器药品原料,但按照习惯,还是列在食用副产品内。

② 冷却。食用副产品的冷却是按不同牲畜、不同品种分别装在镀锌铁盘中或平摊在搁架上的不锈钢板上进行。盘内副产品的厚度不超过 10cm。腰子、心、脑和舌每盘只能放置一层,而且不能过于紧密。体积比较大的副产品,如胃、头等,可用挂钩吊挂冷却。

副产品的冷却,最好利用专门的冷却间。冷却间内如有吊轨,应设有多层活动框架;如无吊轨,则应设固定搁架。

副产品冷却时,对空气温度、湿度和流动速度的要求与肉类冷却相同。冷却时间应超过24h。经过冷却的副产品只能保藏3~5天,如需长期贮存,必须立即冻结,进行低温贮藏。

③ 冻结 副产品经冷却后,应进行整形、装盘、包装、然后进行冻结。

在实际生产中,有些副产品不经冷却而直接装盘冻结。冻品厚度应不超过150mm,要求在24h内冻结完毕。

副产品的冻结可在搁架排管形式的冻结间中进行,也可采用立式平板冻结器冻结,效果很好。副产品冻结中心温度为-15℃。

④ 冷藏 经过冻结的食用副产品,在-18℃冷藏库中可保藏8个月。

(2) 脏器药品原料冷加工:

① 品种及质量要求 脏器药品原料主要包括以下几种:脑下垂体、胆汁、肾上腺、胰脏、胃膜、脑髓、脊髓、甲状腺、胎盘、睾丸、气管、软骨、膀胱、卵巢、胸腺、乳腺、十二指肠和眼球等。

为了最大限度地保存各种腺体的有效成分,必须在放血停止后20~30min内采摘完毕,在分离内分泌腺体时。要去除附着的脂肪,不应使器官受到损伤。采摘下来的各种脏器药品原料,应按不同种类分别放置在经过良好消毒的不锈钢盘内,立即送往冻结间进行冻结。

② 冻结 对脏器药品原料的冻结,最好采取快速冻结的方法,这对保全这些原料的有效成分是有利的。

③ 冷藏 脏器药品原料经冻结后,应小心地从盘内取出,经包装后送入-18℃冷藏间贮藏。

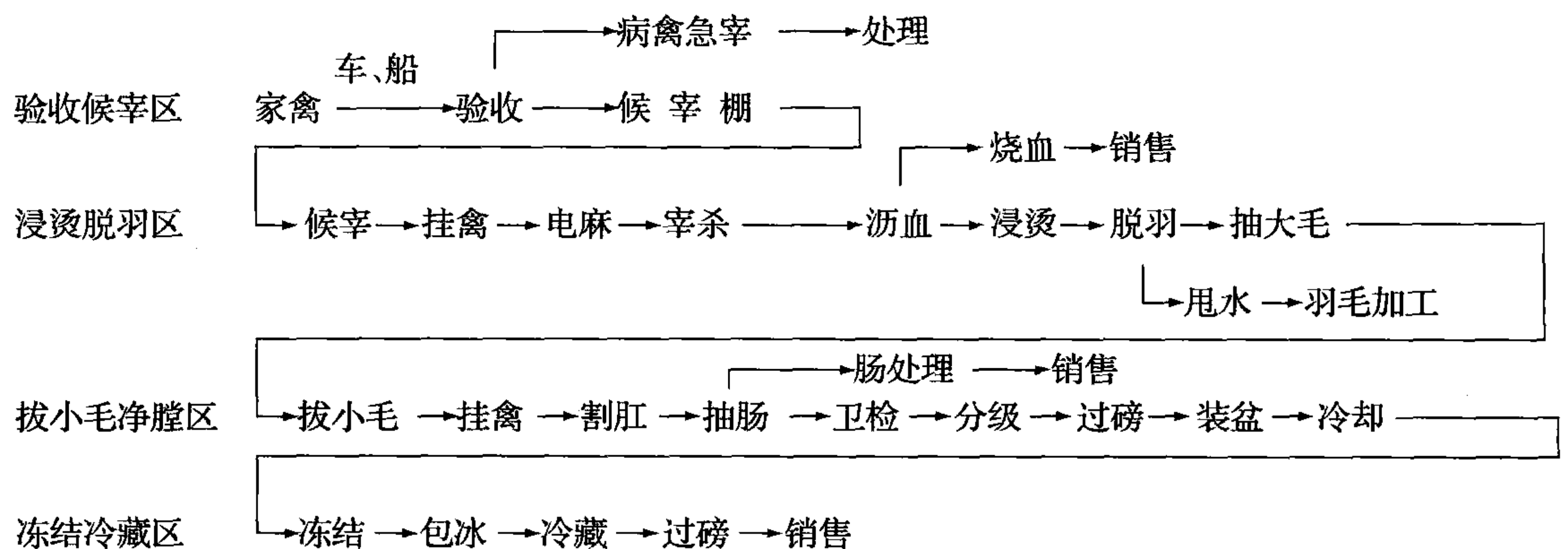
2.2.2 禽类的冷加工

禽肉中的营养成分很丰富,含有人体所必需的各种主要营养物质,而且肉质细嫩,易于消化和吸收。禽肉的结构与畜肉一样,也是由肌肉组织、脂肪组织、骨骼组织和结缔组织所组成。

禽肉(家禽)的成熟和腐败过程基本上与畜肉相同。

1. 冷加工对禽体的要求

禽肉进行冷加工之前,必须进行初步加工,加工工艺流程是:



为了保证冻禽的质量,对冻结前的禽肉有以下要求:

- ① 禽体表面必须洁净,无残留羽毛、血迹或污物存在。
- ② 放血彻底,体内不得有残留的淤血。
- ③ 拉肠时不能将肠、胆拉破,体腔内不允许有粪便和胆汁。

④ 嗉囊必须完整的去除,颈部不能有积食和淤血。

冻鸡的加工目前有全鸡(分净膛和半净膛)和分割鸡两种。

全鸡的加工工艺流程是:初步加工→剪去颈皮→挖肫→挖心、肝、胆→去除肫皮和胸口腺体→真空吸水→挂鸡→揩血水

分割鸡的加工工艺流程是:初步加工→割翅膀→割腿→拆骨→剪骨→挖内脏→斩颈→挖油→剔肉→送骨。

2. 禽的冷却

宰杀后的家禽,肉体温度近 40°C 。为了抑制微生物的生长和繁殖,应及时进行冷却,使肉体温度降至 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ 左右。

家禽的冷却方法很多,如用冷水、冰水和空气冷却等。一般认为家禽在宰杀后包装前用冰水浸泡冷却较好,特别是分割鸡,冰水浸泡冷却是鸡体分割前必不可少的一环。对于全鸡的加工,目前很多冷库都采用直接冻结的方法,但在冻结前必须把禽体水分晾干,才能确保产品质量。

对于肝、心、颈皮、鸡尾、肫等产品,在室外气温 25°C 以上时,要放在冷却间进行30min至1h的冷却,避免肉变质。

宰杀后的家禽,在冻结前要进行塞嘴、包头和整形工作,可防止微生物从口腔中侵入,并使禽体美观。整形的方法通常是采用翻插腿翅法。

3. 禽的冻结和冷藏

禽的冻结一般都是在空气介质中进行的,采用搁架排管或强烈吹风等方式。

冻全禽时,如果用塑料袋包装,可放在带尼龙网的小车或吊篮上进行吹风冻结。没有包装的禽大部分放在金属盘内(盘可放在搁架、吊笼或推车上)进行冻结,脱盘后再镀冰衣冷藏,分割禽大多数采用先包装,后装盘冻结。

冻结间的温度一般为 -23°C ,外贸出口货物要求 -30°C ,空气相对湿度在 $85\%\sim 90\%$ 之间。当禽体最厚部位肌肉中心温度达 -15°C 时,可结束冻结,转入冷藏($-18\sim -20^{\circ}\text{C}$)。在冻结过程中,禽体因水分蒸发(无包装禽体)而减轻重量,重量损失一般为 $2\%\sim 3\%$ 。

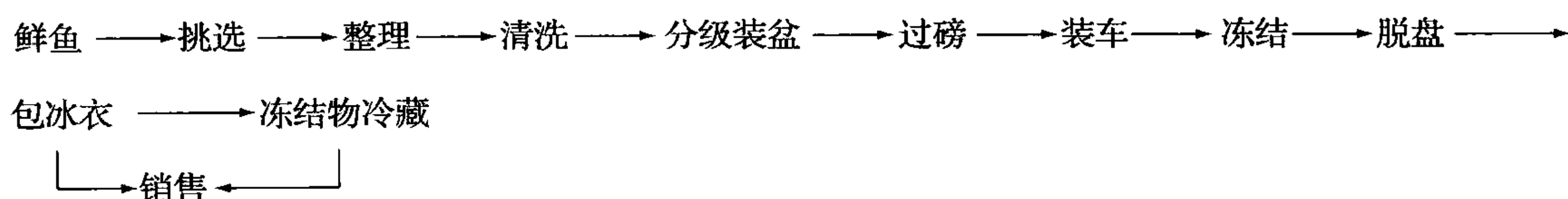
肉用鸡的冻结时间,目前大部分采用的冻结周期为6~8小时。

冷藏间的温度应保持在 $-18\sim -20^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 $95\%\sim 98\%$ 之间,空气流速以自然循环为宜。在 -18°C 温度条件下冷藏,鸡可保藏6~10个月,鸭、鹅可保藏6~8个月。

2.2.3 鱼类的冷加工

鱼类等水产品是产量较高、营养丰富的动物性食品。鱼类等水产品的生产具有产地、季节和产量都高度集中的特点,而且它们容易腐败变质,这就造成了保藏、运输上的困难。采用冷加工方法,可以使大多数鱼类等水产品较长时间保持其原有的营养和味道,并便于保藏和运输,这对调节市场供应,丰富人民的生活具有重要的意义。

鱼类生产工艺流程如下:



1. 鱼类的冷却

鱼体内水分和蛋白质的含量较多,而结缔组织较少,因此极易腐败。除部分淡水鱼在捕获后可活着运输外,大多数鱼类为了保持其鲜度,一般是在捕捞现场迅速将死去的鱼进行冷却,使鱼体温度降到 $5\sim 0^{\circ}\text{C}$,即冷却到接近肌肉汁液的冻结点($-0.6\sim -2.2^{\circ}\text{C}$)。冷却抵制了鱼体微生物的活动能力,延缓了鱼体内生化反应过程,在短期内可保持鱼的鲜度。目前冷却鱼类的方法有碎冰冷却法和液体介质冷却法。

(1) 碎冰冷却法。这是目前应用最广泛的方法。用碎冰冷却鱼体时,冰与鱼体直接接触,冰在融化时从鱼体吸收热量而使鱼体冷却。此法速度较慢,而且鱼体温度达不到 0°C 。

鱼体冷却的速度与加冰量有关,见表2-3。

表2-3 鱼体冷却时间(分钟)和加冰量的关系

冷却程度	加冰量(对鱼重的%)				备注
	100	75	50	25	
$20^{\circ}\text{C}\rightarrow 1^{\circ}\text{C}$	134	139	310		每尾鱼平均重 1.25kg 冰块 $4\times 4\times 4(\text{cm}^3)$ 气温 10°C
$20^{\circ}\text{C}\rightarrow 5^{\circ}\text{C}$	63	68	110	236	

鱼体冷却速度与鱼的品种、大小有关系。多脂鱼或大型鱼类的冷却速度较少脂鱼或小型鱼类慢,如由 20°C 冷却到 1°C 时,当鱼体厚度为5cm时需110min,6cm需150min,7cm需235min,8cm需325min。

从保鲜要求来看,冷却用的冰最好是机制冰,冰块大小要均匀,以便增大鱼体与冰块的接触表面,加快冷却速度,同时也可避免鱼体变形和机械损伤。

用海水冰冷却鱼类比淡水冰好,因海水冰融点比淡水冰低(-1°C),并有较强的抑制酶活性的作用,用海水冰保藏鱼类可不失去天然色泽和硬度。海水冰可在渔船出海过程中在船上自行产生,有片状、柱状、雪花状等多种。用冰冷却的鱼不能长期保藏,一般为8~10天,最多不超过13~14天。用防腐冰或抗菌素冰可延长冷却鱼的贮藏期。例如用次氯酸钠冰(含有效氯0.005%)冷却鱼,可保藏17~18天。

用冰冷却鱼类,一般以箱或桶为容器。先在容器底部放5~10cm的碎冰(随季节不同),然后将鱼均匀而紧密地排列在冰层上。后在排列的鱼层上均匀地撒一层冰再放一层鱼。这样一层冰一层鱼,直到最后上部再撒一层5~10cm的冰。此法可使鱼体温度在2~4h降至 3°C 左右。

(2) 液体介质冷却法。一种方法是用浓度2%的食盐溶液对鱼进行冷却。这种溶液的渗透压和鱼肉汁液的渗透压非常接近,故对冷却鱼的质量的不良影响很小。盐水加冰后的温度可降到 -1°C 。为了防止冰块上浮,可将冰用金属网罩上。缺点是盐水浓度会因冰的融化而逐渐降低,需要定期补充食盐。

另一种方法是用冷海水冷却鱼类,在渔船上最近有较大的发展。它的优点是:

- ① 减轻了繁重的冰鱼操作,省时省力。
- ② 鱼在海水中冷却迅速,并在保持在 -1°C 的低温下,保鲜效果好。
- ③ 鱼在海水中具有浮力,不会被压坏。
- ④ 适用于吸鱼泵等机械化装卸。
- ⑤ 设备比较简单,投资不多,安装使用方便。

此方法要求用含盐量为3%浓度(冰点为 -2°C)的清洁海水。冷海水冷却鱼类的制冷方式,可由制冷装置或加冰和制冰装置兼用来实施。鱼类捕获后立即装入贮有 $0\sim 1^{\circ}\text{C}$ 冷海水的专用舱内,鱼与冷海水的重量比为7:3。鱼遇冷迅速死亡。当鱼装满后,即密闭舱盖,开动制冷装置,在5~6h内将舱内海水温度降到 $0\sim 1^{\circ}\text{C}$ 。在以后的整个航次中,每天分几次间歇降温,保持恒温冷却,这样可减少破肚鱼。用此法冷却鱼类,保鲜期限为10~12天。如果冷却后取出装箱,并放在 -2°C 的冷库内暂存,保藏期可达15天或更长。冷却鱼在陆上运输过程中,必须再加入相当于鱼重50%的冰块。

2. 鱼类的冻结和冷藏

冷却后的鱼并不能长期贮藏,一般只用于鲜鱼运输和加工或销售前的暂时贮藏。为了长期贮藏,必须将鱼体温度降得更低。在生产中,冻鱼的最终温度根据冻结设备、工艺和贮藏期的不同而异。如只需短期贮藏的鱼类,可将鱼层表面5~10mm厚的一层冻至 $-3^{\circ}\text{C}\sim -5^{\circ}\text{C}$,鱼体内部只有 $0\sim -1^{\circ}\text{C}$,贮存于 -3°C 库房中,可贮藏20天左右,这种方法称为“微冻保鲜”。如要长期贮藏,冻鱼的温度要降到 -15°C 以下,此时鱼体中85%以上的水分已经冻结。对某些鱼类(如金枪鱼等),有采用 $-18\sim -20^{\circ}\text{C}$ 甚至更低的温度。在这样的冻结过程中,鱼体内发生的不良变化很小,能够贮藏较长时间,解冻后新鲜度较好,产品质量较高。

(1) 鱼类冻结前的清洗和整理。鲜鱼在冻结前必须经过挑选和整理。先剔去已腐败变质和受机械损伤的鱼和杂鱼,然后将鱼放在清洁水中洗涤(最好 $3\sim 4^{\circ}\text{C}$ 水),以清除鱼体上的粘液和污物(无鳞而多脂的鱼,如带鱼、鲳鱼等则不必清洗,因洗涤会使其在冷藏过程中因脂肪氧化而迅速变黄)。清洗时要轻拿轻放,鱼在水中停留时间不得过长。

需装盘冻结的鲜鱼,必须经过整理,因为鱼整理得是否平直整齐会影响到鱼的质量和损耗。

各种鱼类的整理方法和要求如下:

① 对鱼体色泽容易消失的鱼类,如大黄鱼、小黄鱼等,在整理装盘时,一般分上、下两层(鱼体过小的可分三层),底层背部向下,腹部向上;上层背部向上,腹部向下,使鱼体腹部的金黄色不与空气接触,保持本色,头尾位置相互错开,鱼体倾斜排列。

② 墨鱼背部的色素在冷藏过程中与空气接触容易变红,整理装盘时,将贴在鱼盘四周的鱼体的腹部向外,背部藏在鱼体中间,头尾位置可不加整理。

③ 对扇形的淡水或海水鱼类,一般习惯将其腹部藏入鱼体中间。整理方法与大、小黄鱼相同。

④ 对长条形的鱼类,如带鱼、鳗鱼等,在装盘时,将鱼体沿鱼盘四周围成长圆形,背腹位置与黄鱼相同。在圈成长圆形时,应将头部圈入鱼体中间,尾部圈在外面。

⑤ 虾类整理方法,有长方形的盘装和圆形的篮装两种。采用盘装时,虾背放置盘的两端,头部放置在盘中间。用小容量的虾盘装虾时,一般将虾整理成双层相同的两行。采用篮装时,虾的头部放置在篮的中心,拱形的虾体整理成倾斜状折扇形,从篮底盘旋向上。

⑥ 鱼体高度不能超出或接近鱼盘高度,防止脱盘困难和损伤鱼体。

⑦ 整理好的鱼应立即运入冻结间冻结。如放置过久,鱼体内的血液和水分外泄,影响鱼体质量。

(2) 鱼类的冻结。鱼类的冻结方法大体可分为两种,间接冻结法和直接冻结法。现有冷库大部分采用强烈吹风冻结和搁架式冻结。强烈吹风的冻结装置,目前采用隧道冻结形式,即

将鱼盘放入小车或吊笼中进行冻结。冻结间温度在 $-20\sim-25^{\circ}\text{C}$ 情况下,可在8h左右冻好。搁架式冻结装置,是将鱼盘放在冻结管架上,用通风机强制空气循环流动。鱼类在冻结过程中,主要通过接触传热和冷空气对流传热而散失热量。冻结间温度在 $-20\sim-25^{\circ}\text{C}$,可以10~12h冻好。

另外,平板冻结和盐水沉浸冻结方法也在各地冷库中广泛采用。

(3) 冻鱼的脱盘和包冰衣。冻结完成后的鱼应立即脱盘和包冰衣,然后进入冷藏库。现在大多采用浸水融脱的方法,即将鱼盘通过常温水槽,使鱼块与盘融化脱离,然后立即将盘反扣,倒出鱼块。鱼盘在水槽内的时间以刚能使鱼块与盘脱离为宜。生产性冷库都设有机械脱盘装置。

脱离鱼盘的鱼块必须立即包冰衣,其目的是防止鱼体发生冰晶升华,脂肪氧化和色泽消失等变化。冻鱼包冰衣是冻鱼工艺的重要工序,也是保持冻鱼质量,延长保存时间的重要环节。

包冰衣水槽的水应预先冷却,水温在 $+5^{\circ}\text{C}$ 左右,水质要求为食用水标准。脱盘后的鱼块立即滑入水槽内浸泡3~5s,然后使其滑到一条滑道上滴除过多的水分,体外很快凝结成一层冰衣。鱼体温度越低,包冰衣越厚。包冰衣一次,每盘鱼可增重1kg左右。

如果需要用较厚的冰层保护鱼类冻品,可在冻结过程中加水,使鱼类完全冻结在冰块中间。如对虾的冻结常采用这种包冰衣工艺。

3. 其他水产品的冷加工

这里介绍几种出口的冻虾、冻墨鱼片、冻蛭肉的加工工艺。

(1) 冻无头对虾(一级品)。原料虾要求品质新鲜,色泽正常,卵黄按不同产期呈现自然色泽,气味正常,虾肉组织紧密有弹性。虾的分段以每磅只数分:8~12只,13~15只,16~20只,26~30只,31~40只,41~50只,51~70只,71~100只。

冷加工工艺过程为:原料→挑选分级→清洗→去头→清洗→称重→装盘→速冻→脱盘包冰衣→包装冷藏(-18°C 以下)。

(2) 冻蛭肉。原料要求新鲜、活力强,规格在4cm以上(蒸煮冷却后,蛭肉可达3cm以上者),采收后及时运输,防止中途压碎、日晒和雨淋。

蛭肉的分级,按长度分为:一级(5cm以上),二级(4cm以上),三级(3cm以上)。

冷加工工艺过程如下:原料→洗涤→浸泡吐沙→蒸煮(或烫煮)→脱壳取肉→洗肉→挑选分级→初检→蛭烫浸洗→称重→排盘→冻前检验→冻结→脱盘包冰衣→包装→冷藏。

(3) 冻墨鱼片。原料要求,具有新鲜墨鱼固有的色泽,皮层不得呈红、紫色及其他异色。具有新鲜墨鱼气味,肉体有弹性,触须柔软,不僵硬。

分级规格,A-15片/kg,B-130片/kg。

冷加工工艺过程如下:原料→挑选→洗乌墨→去螺蛳、内脏、头→初洗(加冰保鲜或冷冻保鲜)→复洗→去黑膜→剥皮→洗净→验收→分级→过磅→盐水固定→装盘→加冰水→贴标签,半成品检验→冻结→脱盘→包冰衣→包装→冷藏。

由于墨鱼片冻结后脱盘时容易碎散,所以在冻结过程中过两小时后加水,每盘加水125克,使墨鱼片冻成块状。

4. 鱼类冷藏

冻鱼包冰衣后,才能送入冷藏间作长期贮藏。对不同品种的鱼有不同的贮藏温度。一般对于含脂肪多的鱼(如带鱼、鲑鱼等)和色泽容易变化的(如墨鱼、黄鱼、对虾等)库温应

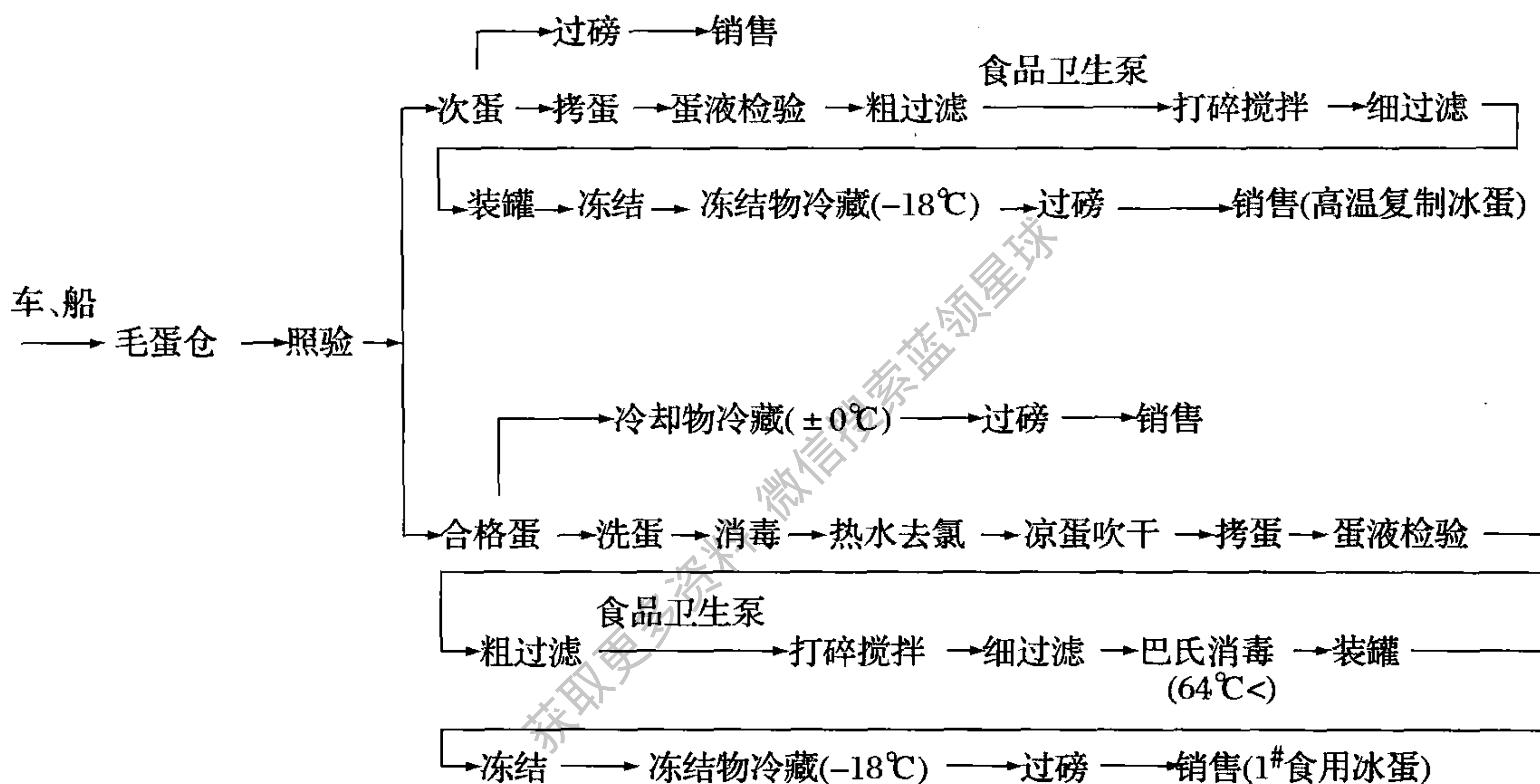
在-18~-20℃或更低。

鱼类含有大量不饱和脂肪酸,极易氧化,特别是多脂肪鱼类,在低温情况下其稳定性也极低。因此,冻鱼除在冻结后包冰衣外,在冷藏过程中也要定期在垛外表面喷洒低温水,以加厚冰衣。

2.2.4 蛋的冷加工

鲜蛋在冷却和冷藏前,必须经过严格的挑选、检查和分级。长期保藏的鲜蛋应逐个检查,剔出次劣蛋,一般采用肉眼和灯光透视相结合的方法进行检查。新鲜蛋的特征是,气室很小,固定在蛋的大头不动,略发暗,全蛋透明,根据蛋壳的厚薄不同而呈现淡桔黄、桔红或稍淡的暗红色泽,看不见蛋黄,蛋内无任何不透光的斑点或斑块。

蛋品生产工艺流程如下:



1. 鲜蛋的冷却

蛋的内容物系半液体状态的均质物质,如骤然遇冷,内容物收缩变小,蛋内压力略降低,这时,空气中的微生物会随空气一并进入蛋内,使鲜蛋逐渐变质。因此,鲜蛋在冷藏前,应有一个冷却过程。

鲜蛋冷却可在专用的冷却间进行,或利用冷库的川堂、过道等。每隔1~2h降温1℃。当鲜蛋温度降到1~2℃时,可转入冷藏间。一般冷却过程在24~48h内完成。旺季生产时,可在有冷风机的冷藏间内进行冷却。要求鲜蛋一批进库,然后逐步降温,达到温度后就可在室内贮藏,不需转库。有的冷库在鲜蛋进行挑选、整理过程中就降温冷却,然后再入库冷藏,质量也能得到保证。

2. 鲜蛋的冷藏

在鲜蛋入库以前,必须对冷藏间进行彻底消毒,墙面、地坪、垫木等不得有霉菌。这是保证鲜蛋冷藏质量的重要环节。

贮藏鲜蛋时,一般库温在0~-1.5℃,相对湿度80%~85%左右。对于需长期贮存的鲜蛋,库温在-2~2.5℃,相对湿度85%~90%更好些,因为较低的库温有利于保持蛋的品质,

蛋黄不易贴壳,内容物的变化也缓慢,蛋的干耗量也小。这种过冷却保藏,要求室温均匀,隔热层性能良好,单层库地坪要做防冻处理,以防地坪冻坏。

贮藏鲜蛋应防止库温忽高忽低,要求在24小时内,温度波动幅度变化不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

冷藏期间的鲜蛋,还应注意按时进行翻箱和抽检工作。翻箱是为了防止在冷藏期间产生浮黄,靠黄等次蛋。在 $0\sim-1.5^{\circ}\text{C}$ 温度下,每月翻箱一次;在 $-2\sim-2.5^{\circ}\text{C}$ 温度下,每隔二、三个月翻箱一次。另外,约隔10~20天应在每垛中抽检2%~3%,以鉴定其质量,确定保藏时间的长短。翻箱和抽检时间视蛋的质量而定,如蛋的质量好,可间隔时间长些。一般优质鲜蛋可保藏6~8个月左右。

3. 冷藏蛋出库前的升温

当外界气温与库内温度相差很大时,经过冷藏的鲜蛋出库供应市场应先进行升温,不然蛋壳表面会凝结成一层水珠,会使蛋壳外膜破坏,气孔完全暴露,为微生物侵入蛋内创造了有利条件。同时蛋壳有水珠后也易感染微生物,或使包装受潮发霉,加速蛋的变质。

冷藏蛋的升温应缓慢进行,即逐步将蛋的温度升高,当蛋的温度比外界温度低 3°C 左右时,就可出库。

4. 冰蛋的生产

鲜蛋除冷藏外,还可加工成冰蛋。即将蛋去掉壳,将蛋液装听或装入塑料袋,进行冻结处理,然后冷藏。这种贮藏方法与冷藏鲜蛋比较,其优点是:便于搬运,节省冷库容积,并损耗量小。冰蛋可分为冰全蛋、冰蛋白和冰蛋黄三种。

冰蛋在加工过程中应严格卫生制度,不然会使产品中细菌数增加。为了消灭蛋液中细菌,一般在装听前采用巴氏消毒器消毒,巴氏消毒器是用不锈钢制造的片状热交换器,蛋听加热 $60\sim 64^{\circ}\text{C}$,经3min后,冷却至 5°C 再装听。

2.2.5 果蔬的冷加工

对于长期保藏的果蔬,应在产地进行冷却,充分散发“田间热”,并在冷却状态下运到冷库冷藏。实践证明,果蔬在采收后冷却得愈快,则后熟作用和病害发展过程愈慢。

1. 果蔬的冷却

果蔬的冷却最好在专用冷却间进行,也可在冷库的川堂内冷却。冷却间的温度视果蔬的品种而定,一般在 $0\sim 5^{\circ}\text{C}$ 范围内。空气的相对湿度保持在85%~90%,空气流速一般为 0.5m/s 。在这样的冷却条件下,24h后容器中心温度达到 $+5^{\circ}\text{C}$,即完成冷却过程。有些果蔬(如栗子、毛豆)需要拆包后倒在席子上摊开冷却,待冷却后再行包装。

对于直接入库冷藏的果蔬,可采取逐步降温的方法,使果蔬由常温逐渐冷却,然后定温冷藏。

果蔬的生产工艺流程如下:→挑选→分级→过磅→装箱→冷却→冷藏→过磅→销售。

2. 果蔬的速冻

大多数果蔬的平均冰点在 $-1\sim-2.2^{\circ}\text{C}$ 之间。所以速冻时,当果蔬品温降至冰点时,因发生相变而放出大量潜热,增长了降温时间。冻结过程要求降温快速,其冰结晶小,成品质量高。一般冻结时间要求在45~120min之间,使用平板冻结器、螺旋输送式冻结装置和水平输送式冻结装置,可以达到速冻要求。

速冻果蔬的一般工艺流程如下:原料→分级→顶处理(去皮、去籽等)→清洗→烫漂→冷却→装入容器→加糖水(或加盐水)→速冻→包装→冷藏。

3. 果蔬的冷藏

(1) 冷却果蔬的冷藏。果蔬经过冷却后,即可送入冷藏间。冷藏温度的高低直接影响果蔬的呼吸作用。温度过高,呼吸作用加快,果蔬容易变质腐烂,不耐贮藏,同时也有利于微生物的生长和繁殖,容易发生病害。但温度过低。又会冻伤果蔬。不同品种的果蔬要求有不同的冷藏温度,应按温、湿度要求分库冷藏。

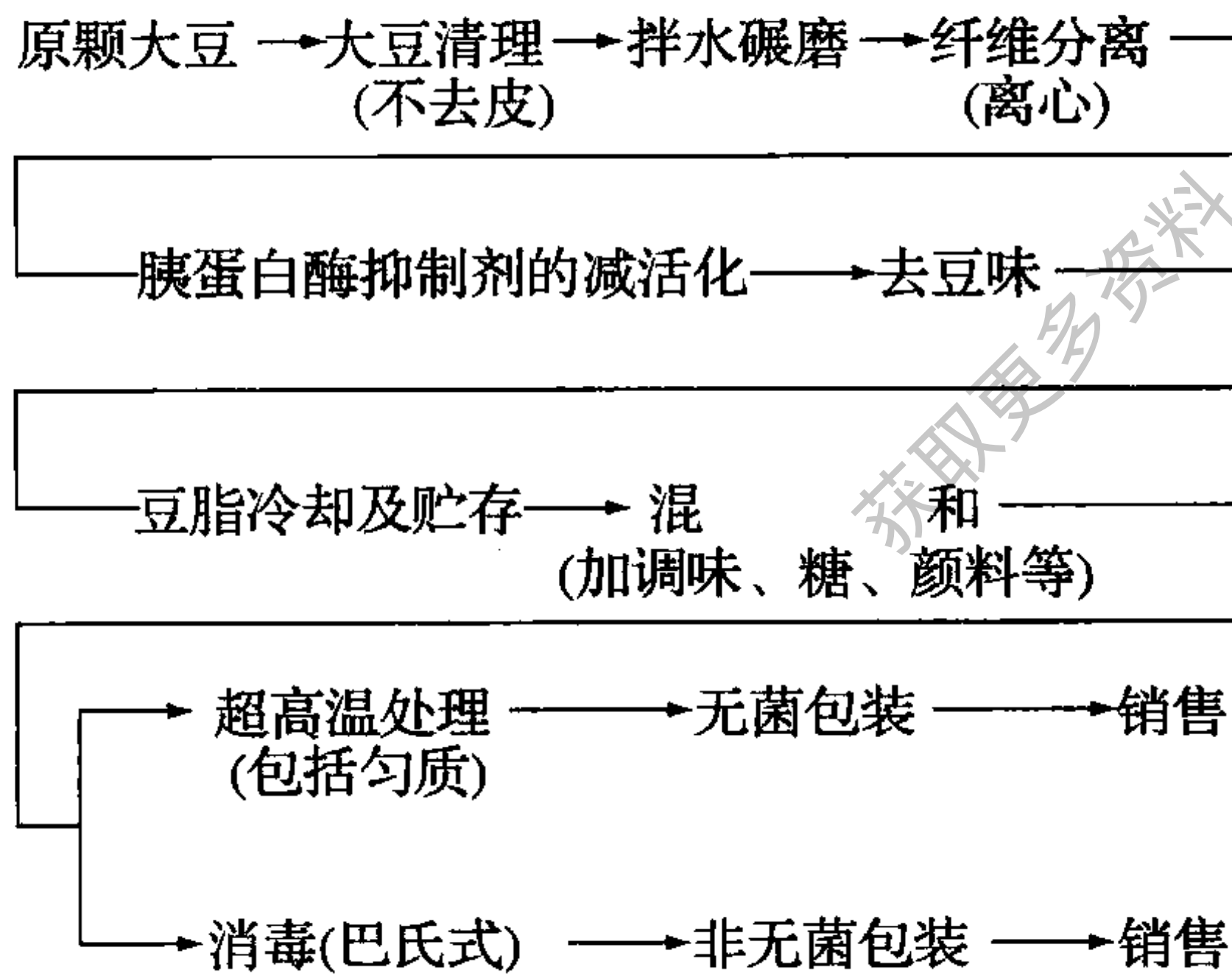
鸭梨的冷藏比较特别,应采取逐段降温方法。一般分为三个阶段:第一阶段,库温保持10℃约一星期左右。第二阶段,使果温从10℃逐渐下降到2~4℃,约一个半月至两个月。第三阶段,将库温降至±0℃左右,进行长期贮藏。逐段降温法,可防止鸭梨在冷藏早期出现黑心病,降低腐烂率。

入库初期的通风换气也是逐步减少,刚入库时,鸭梨体温较高,呼吸旺盛,一般一天两次,随着温度降低,可一天一次,一到三天一次,逐步减少到一星期一次,要视库内空气的具体情况而定。通风换气的时问一般可安排在夜间和拂晓前进行,此时库外空气温度较低,不易引起库温的波动。

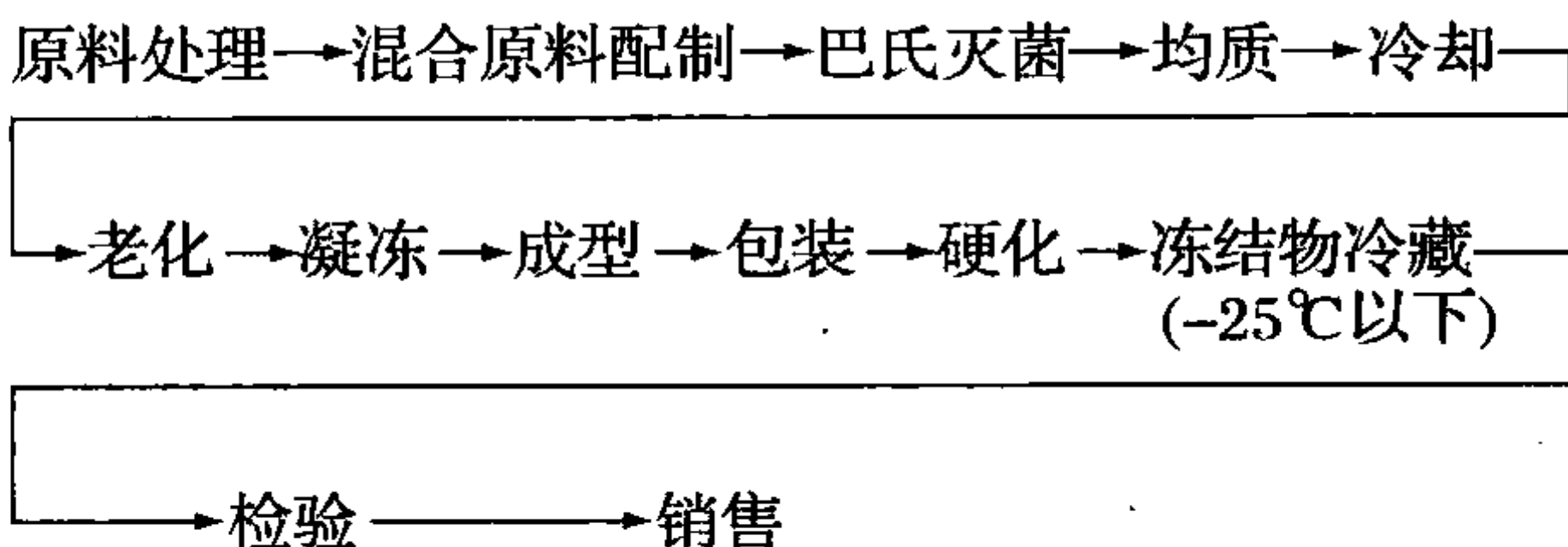
(2) 速冻果蔬的冷藏。一般速冻果蔬的冷藏温度为-18℃,现在有些国家采用的冷藏温度达-30℃,甚至更低。

2.2.6 其他一些物品的冷加工工艺流程

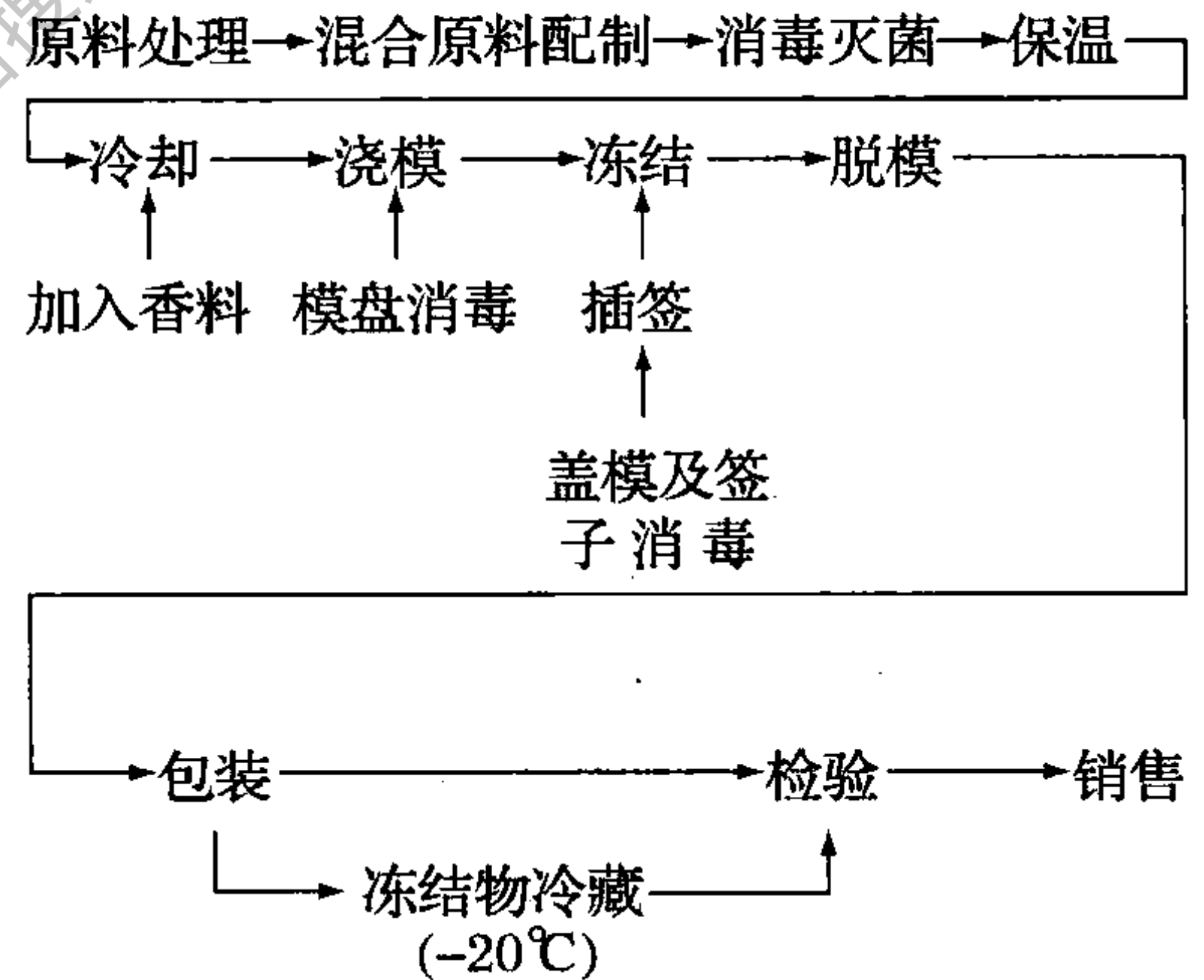
1. 豆乳制品加工过程



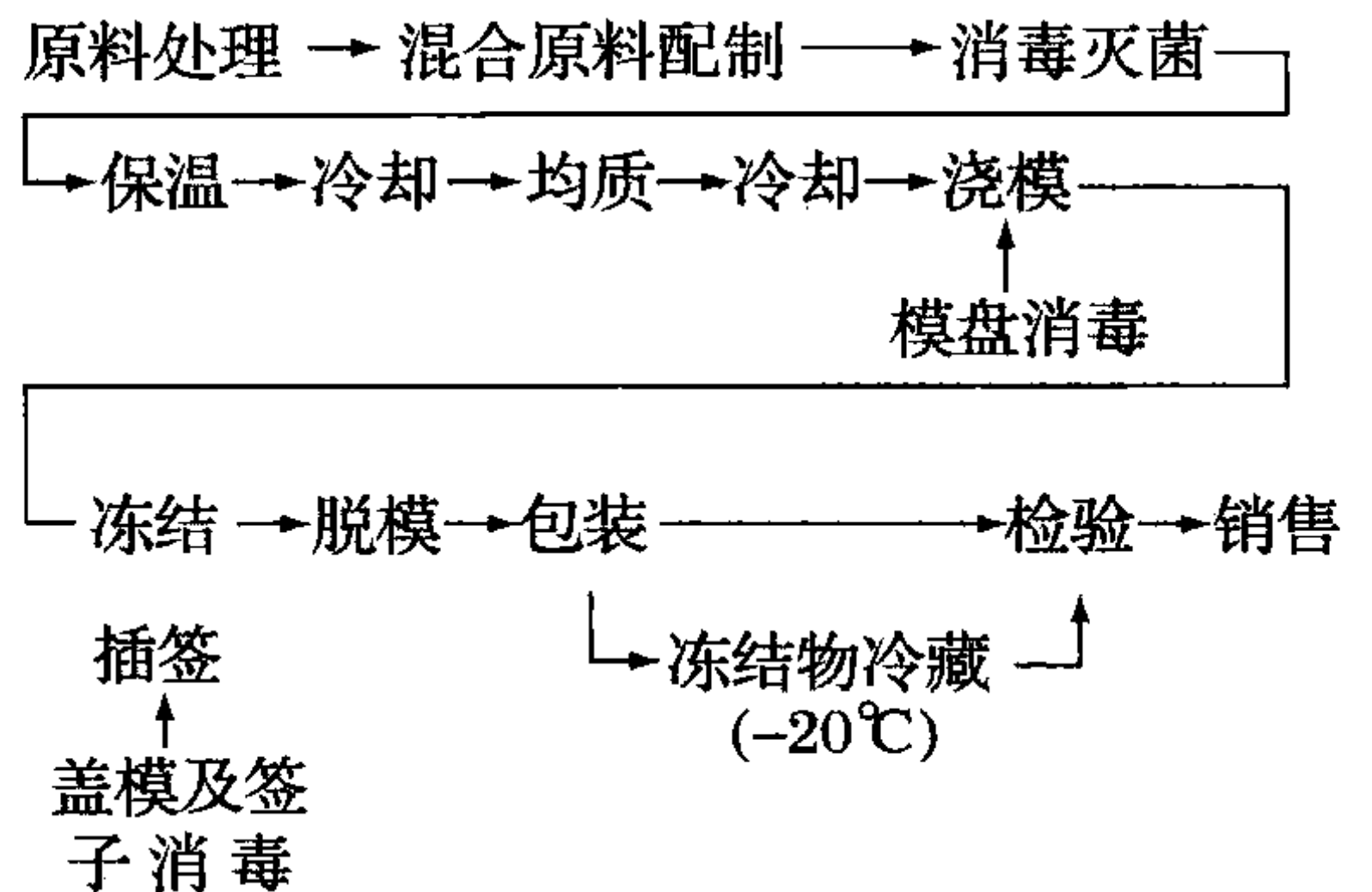
3. 冰淇淋



2. 棒冰



4. 雪糕



2.3 食品的冻结方法和冻结装置

2.3.1 搁架式排管冻结装置

这种冻结装置是用光滑排管组装成的搁架,冻结货物直接放置在搁架上,其构造见图2-3。

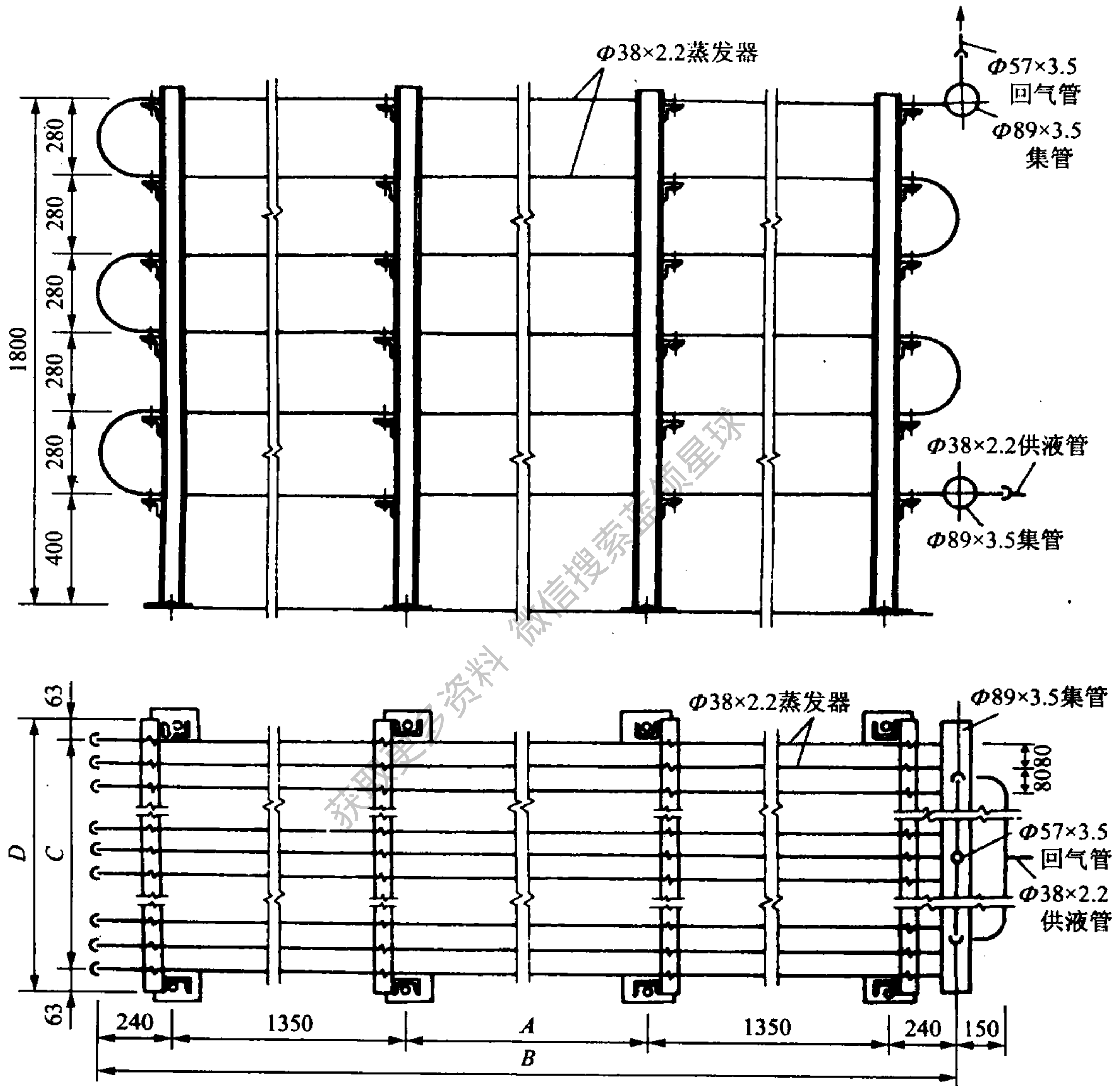


图 2-3 $\Phi 38 \times 2.2$ 管制搁架式排管

在氨重力供液系统和下进上出式氨泵系统中,氨液由下部供入供液集管,而后顺次流经各层横管,吸热蒸发后形成的气体或气液混合物,则经设置于排管上部的回气集管排入回气管道。

在氟利昂制冷系统中,大多数采用直接膨胀供液,上进下出,进入排管前用配液器对每路排管分别供液,回气总管上升时应设回油弯。

搁架式排管一般设置于冻结间或小型冷藏库的冷藏间内,对鱼类、家禽、兔子和小水产,以及棒冰和冰淇淋等食品进行冻结与硬化。

搁架式排管一般采用 $\Phi 32 \times 2.2$ 或 $\Phi 38 \times 2.2$ 无缝钢管制作。每排管子的水平中心距为

80~10mm。每层管子的垂直中心距一般为 250~400mm。最低一层距地坪的高度不宜小于 250mm,最高一层管子距地坪的高度不宜大于 1800mm,以便于操作。搁架式排管的宽度当单面为走道时应为 800~1000mm,双面为走道时应为 1500~2000mm。排管层数以偶数为宜,进液和回气集管位于排管的同一侧,以便于安装和操作。用搁架式排管冻结食品时,由于排管与放在其上的货物或盛盘直接接触,在换热过程中,除了以对流和辐射的方式换热外,还通过排管与货物或盛盘的接触面进行传导换热,因而其传热系数较盘管式墙排管提高了 2 倍左右,高达 62.8~75.4kJ/(m²·h·°C)。为了增加接触传导换热,有些冷藏库中采用在每层盘管上加铺 0.6~1.0mm 厚的薄钢板,并保持钢板表面的平整和与盘管紧密贴合。这样既提高了搁架式排管的传热系数,缩短了冻结时间和加速了周转,又便于工人的操作。

搁架式排管的传热还可以通过增大空气的流速得到进一步提高,空气流速的提高可由通风机(轴流通风机)的作用来实现。空气流速的增大不仅提高了空气和排管之间的对流换热,同时也增大了空气和冻结食品之间的对流换热,可以大大缩短食品的冻结时间。一般情况下,有组织强制通风的搁架式排管较之自然对流下的搁架式排管约可缩短一半冻结时间,因而加快了周转和减少了冻结间的投资。

搁架式冻结装置冻结货物时,其冻结时间与冻结间空气温度、货间空气流速的关系见图 2-4。

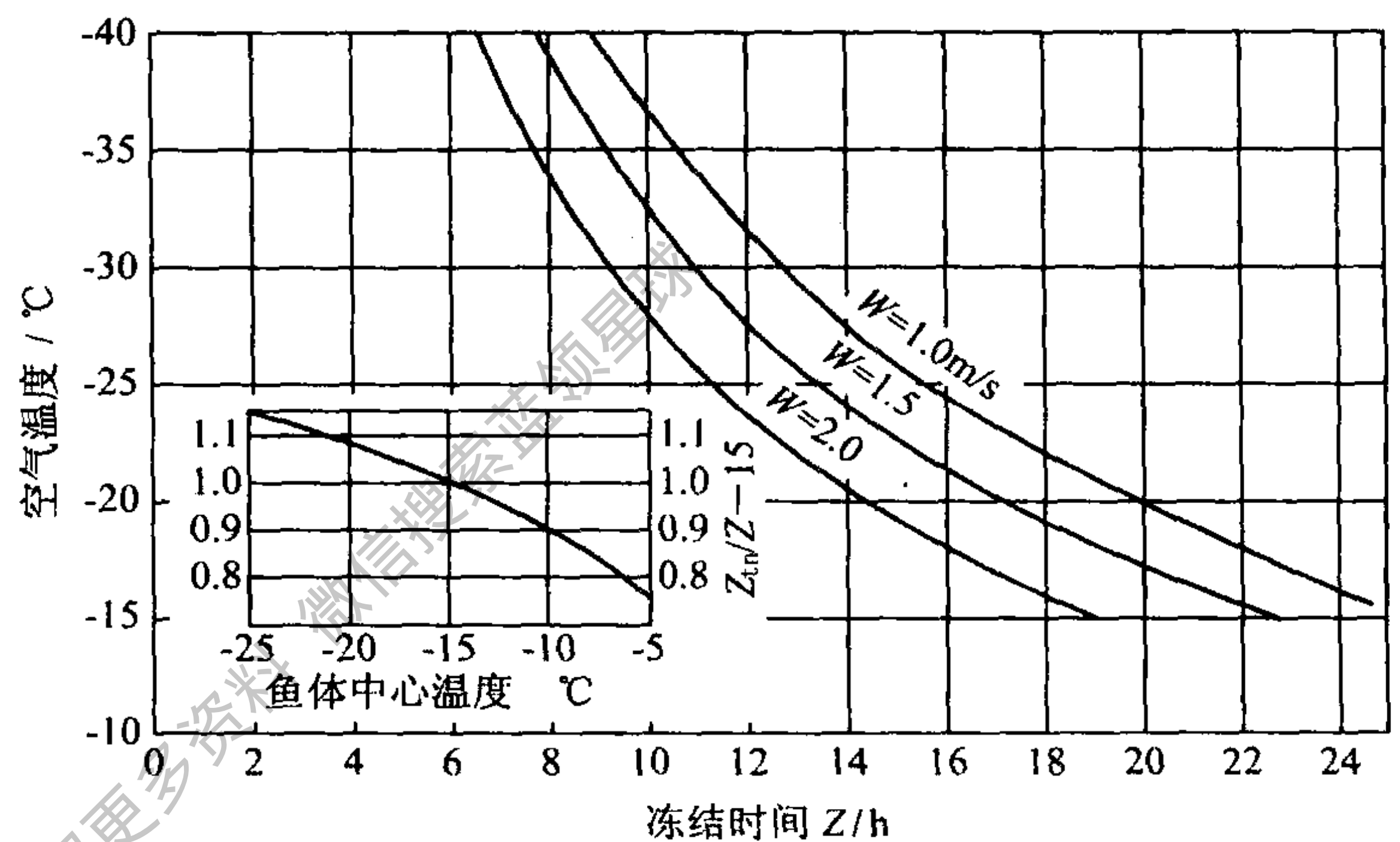


图 2-4 吹风型搁架式排管冻结鱼类时所需的冻结时间

根据冷冻工艺要求的不同,搁架式排管的吹风方式有下列三种:

① 顺流吹风型搁架式排管(图 2-5)。轴流通风机一般设置在搁架式排管进液和回气集管的另一端上方,空气流经放置盛盘或冻结货物的有效通风截面上的风速一般采用 3m/s,一

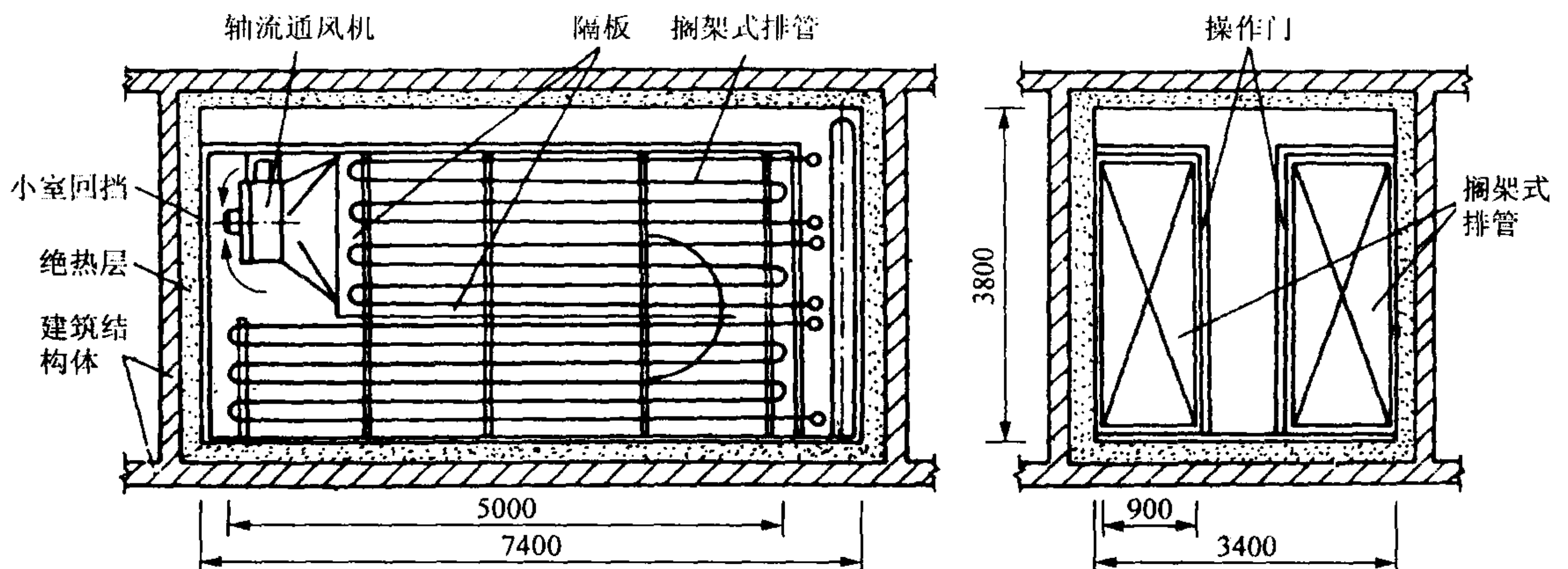


图 2-5 顺流吹风型搁架式排管

般传热系数为 $84\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

② 直角吹风型搁架式排管(图 2-6)。这种型式的排管专门设置了空气分配和循环系统。空气在通风机的作用下,经送风管道和送风口吹向搁架式排管和排管上的冻结货物,而后经回风口和回风管道返回通风机,如此实现库内空气的不断循环。有效截面上的风速一般采用 $1.5\sim 2.0\text{m/s}$ 。这种搁架式排管的传热系数,由于空气的流向和盘管相互垂直,故较顺流吹风型的高。

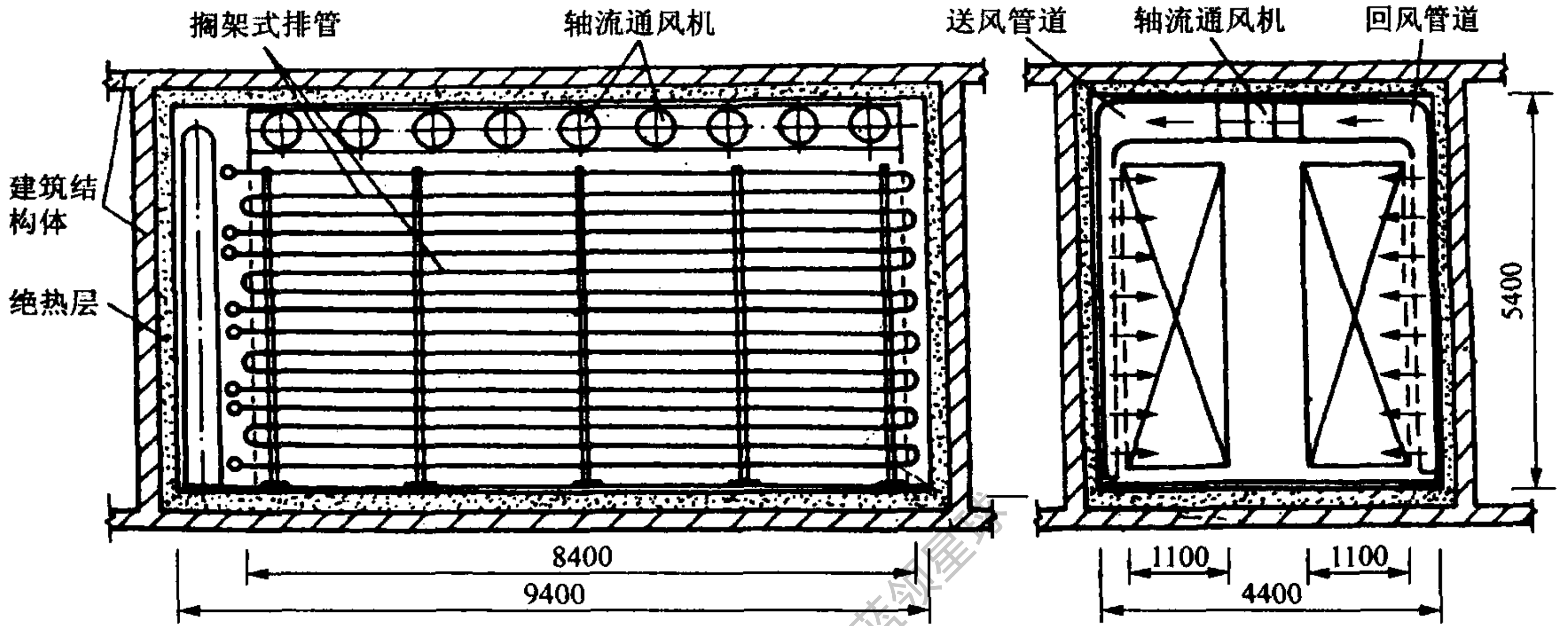


图 2-6 直角吹风型搁架式排管

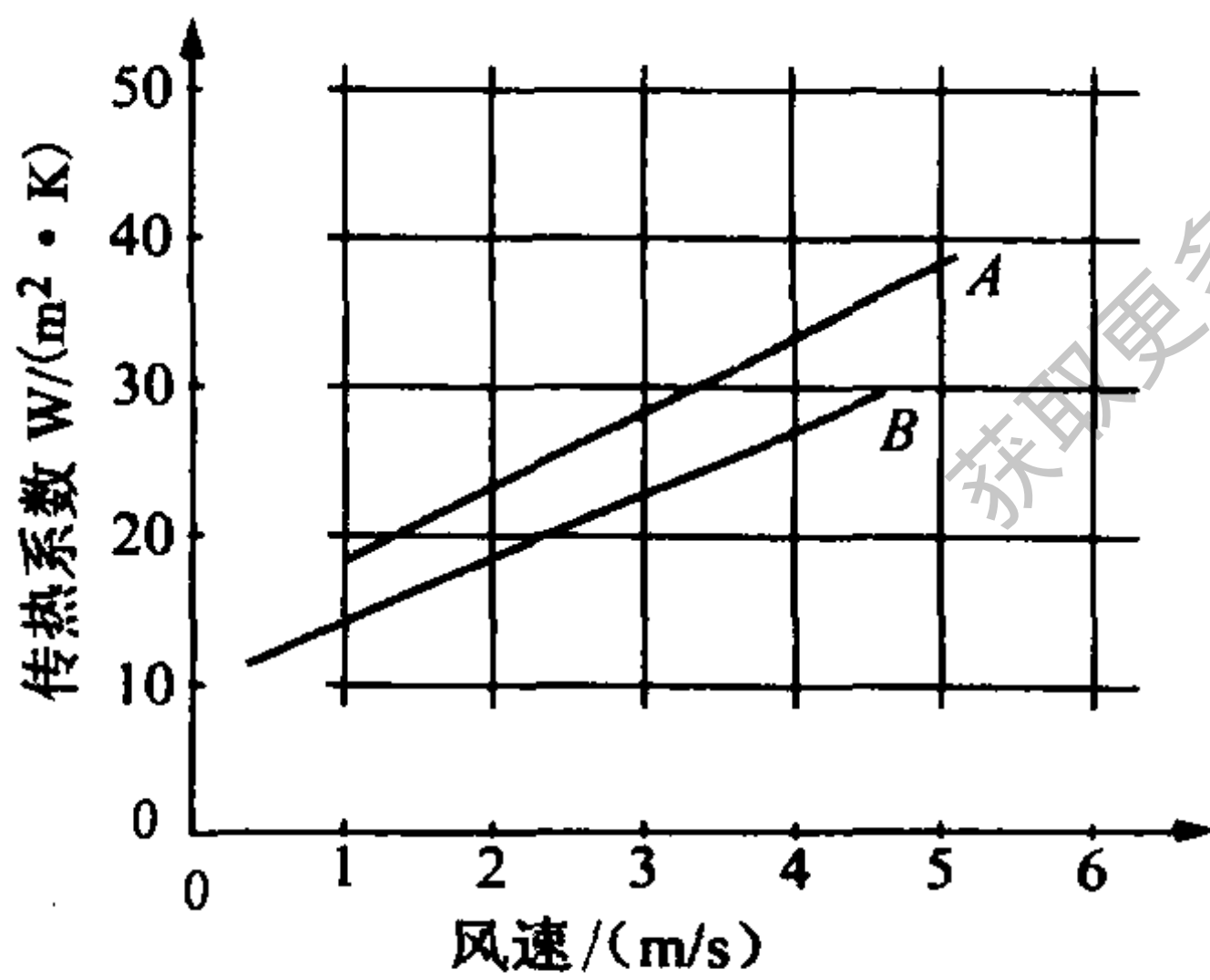


图 2-7 吹风型搁架式排管的传热系数
A—直角吹风型; B—顺流吹风型

③ 混流吹风型搁架式排管。混流吹风时,冻结间的气流呈无组织流动,有风速要求的盘管和冻结货物处的空气流速小,而且不均匀。因此,排管的传热差,冻结货物的温度不均匀和冻结时间长,这种吹风方式很不理想,不宜采用。

对于顺流吹风型和直角吹风型搁架式排管的传热系数,与截面风速密切相关,可参见图 2-7。

2.3.2 吹风冻结装置

食品采用强烈吹风冻结装置冻结时,必须合理组织气流,尽量使库内气流均匀,才能有效地缩短冻结时间,提高冻结质量。

常用的吹风冻结装置有下列几种:

1. 白条肉冻结间

白条肉冻结间采用吊轨吊挂白条肉,冻结能力可按下式计算:

$$G = LgN = Lg \frac{24}{t} \quad (2-1)$$

式中: G ——冻结间每昼夜的冻结能力, t ;

L ——吊轨有效总长度, m ;

g ——吊轨单位长度载货量, t/m ;

N ——冻结加工的周转次数, $\text{次}/24\text{h}$;

t ——冻结工序时间(冻结加工时间和进出货时间)。

吊挂白条猪肉,当轨距为 750~820mm 时,每米吊轨可装载 4.5~5 头猪,每头猪的白条肉重量按 40~50kg 计。采用吊钩吊挂时,一般每米吊轨只能吊挂 5~7 片,装载量就大为减少。

白条肉冻结间的冷分配设备采用的是落地式冷风机。虽然落地式冷风机需要占去一定的建筑面积,但与吊顶式冷风机相比,它的安装、操作与维修都比较便利,融霜排水比较容易处理,气流组织设计也比较易于适应白条肉冻结的特点,所以用得比较广泛。

白条肉冻结间的布置特点是,宽度一般为 6m,轨道股数不多于 5 道,冷风机沿冻结间长度方向布置,见图 2-8。这种布置比设置通风夹层要好,冻结速度也较快,一般 24h 以内可周转一次,也可冻结分层搁置的盘装食品(在冻结间内设临时货架或吊笼),适用性较强,已被广泛采用。

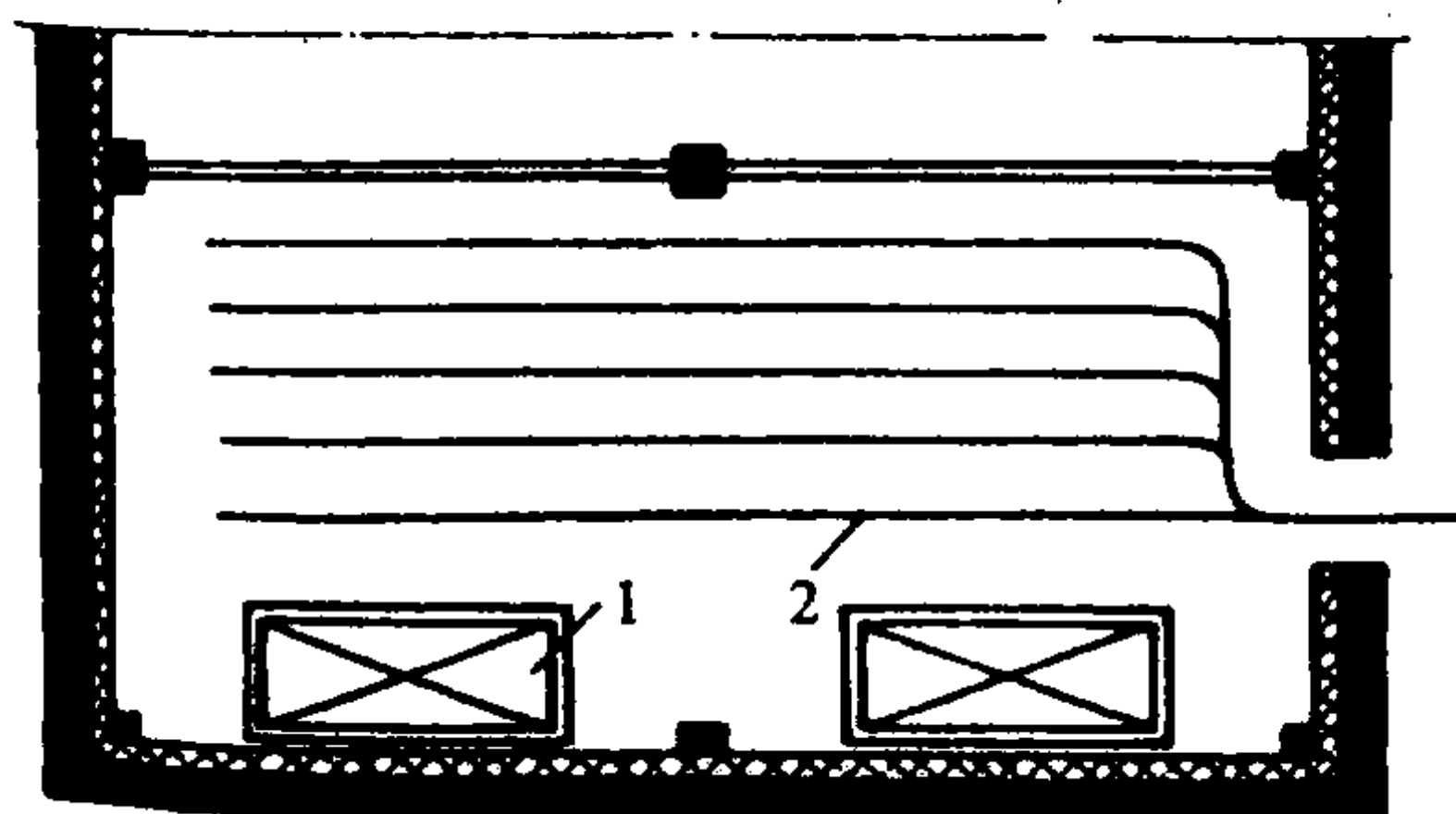


图 2-8 冻结间平面布置
1—冷风机;2—吊轨

轨道布置时,靠近冷风机一侧处于冷空气的回流区内,冻结速度不如冷风机对面靠墙一侧快。因此,应优先从冷风机对面靠墙一侧开始,不留走道。冷风机离最近一股轨道之间留 1.2~1.5m 的距离。对于单间冻结能力在 20t/24h 以上的冻结间,为了使每股轨道上冻品的冻结速度均匀,宜采用回转式传道链条,在每一冻结周期中定时开动链条顺序移动,使每股轨道上的冻品都有机会得到最好的冻结条件。

2. 轨道吊笼冻结装置

盘装食品(鱼、虾、肉类副产品等)多是用吊笼装载,挂在轨道上进行冻结,吊轨单位长度载货量按下式计算:

$$g = U_p m n \frac{1}{l} \quad \text{t/m} \quad (2-2)$$

式中: U_p ——每盘装食品净重,t;

m ——吊笼装盘层数,一般为 7~10 层;

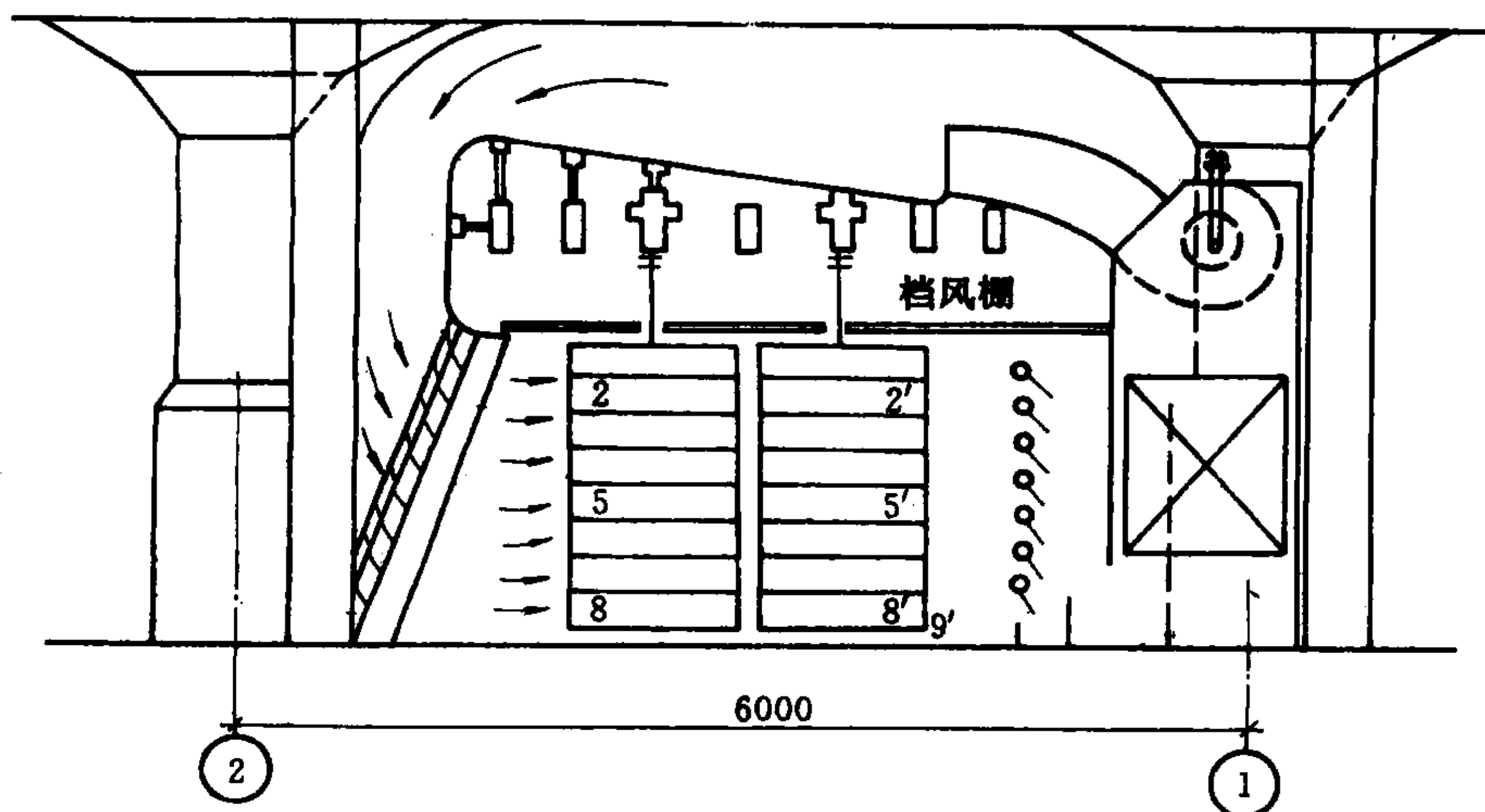


图 2-9 鱼类冻结间

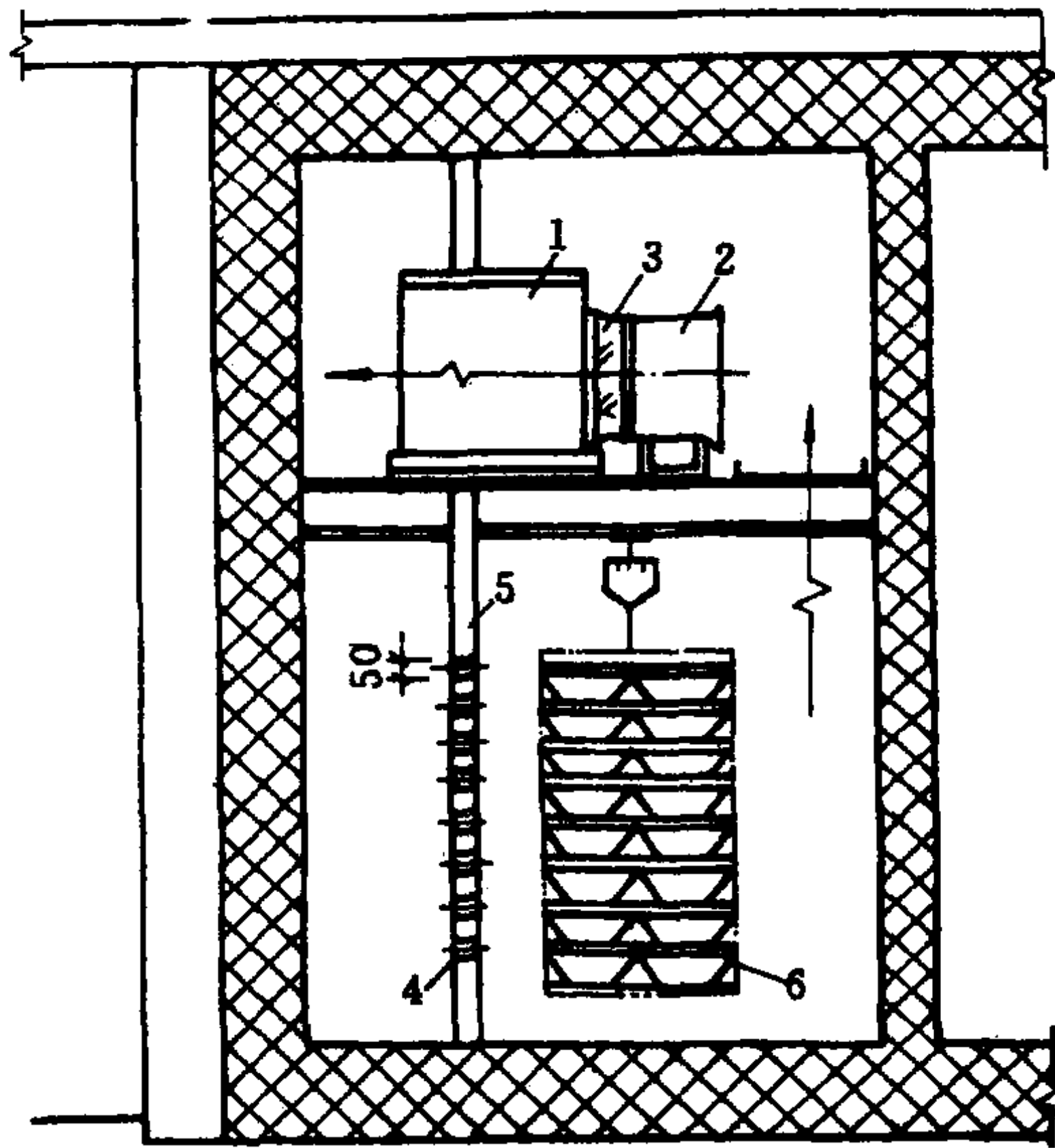


图 2-10 采用吊顶式冷风机的盘装食品冻结间
1—吊顶式冷风机蒸发器；2—电动机；3—帆布接管；
4—条缝送风口；5—木制竖风道；6—吊笼

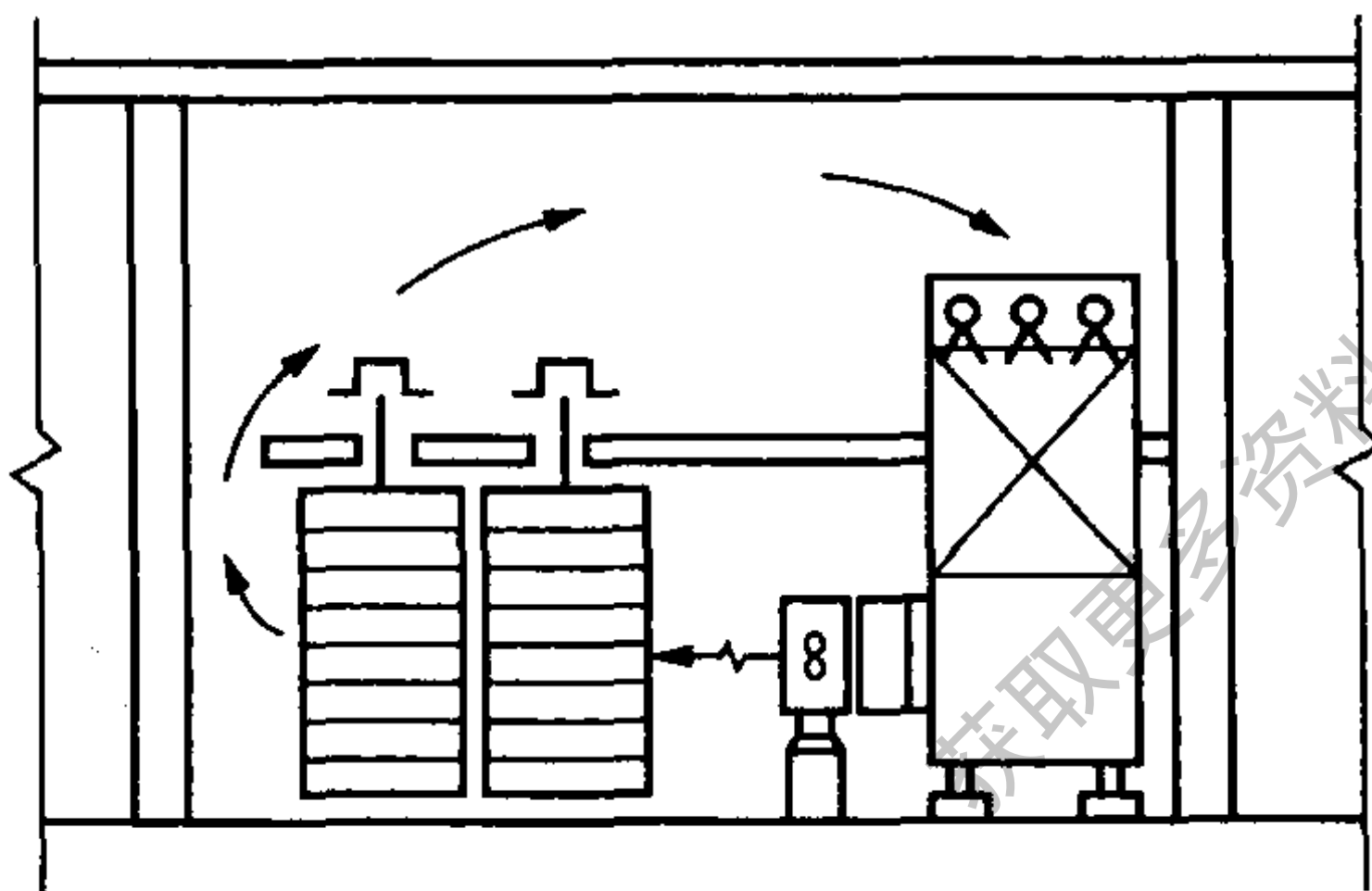


图 2-11 采用落地式冷风机的盘装食品冻结间

n ——每层装载的盘数，一般为 1~2 盘；

l ——吊笼顺轨道方向的长度，m。

标准鱼盘的尺寸为 $600 \times 400 \times 110 \sim 130$ mm，每盘食品净重为 15kg；吊笼规格为 $720 \times 880 \times 1780$ mm，共分 10 格，每格载 2 盘，每个吊笼共载 20 盘。两根轨道中间的距离为 800~1000mm。

这种冻结间的冷分配设备应采用整体式或组合式的冷风机，循环冷风的气流组织应为横向气流，冻结间的温度分布和各个断面上的气流速度应力求均匀。气流组织设计首先应强调送风的均匀性，尽量缩小吊笼上下的空间，减少旁通风量，迫使气流均匀地吹过吊笼中的货盘。出风口的分布应与吊笼的长度、高度和层数相适应。鱼类冻结间效果较好的气流组织见图 2-9。

采用吊顶式冷风机的冻结间的气流组织见图 2-10。

对于鱼类冻结，常见一种直吹上吸风式冻结间，见图 2-11，这种冻结装置，轴流风机直接对着吊笼吹风，这种方法可以提高迎风面上气流轴心附近的食品的冻结速度，但气流速度的分布不均匀，使得冷空气流通差的货盘冻结时间较长，影响冻结的加工质量。这种装置的最大优点是，轴流风机安装在地坪上，检修非常方便。

3. 货车(架)吹风冻结装置

对于盘装、箱装食品的冻结，还广泛采用手推车承放，手推车的规格应根据食品盘或箱的情况确定，一般冻结鱼类，手推车规格为 $760 \times 900 \times 1800$ mm，载货净重为 300kg 左右。冻结间冷却设备采用冷风机，气流组织有纵向吹风冻结和横向吹风冻结。

(1) 纵向吹风冻结间。在冻结间一端装置冷风机，房间上部铺设挡风板，挡风板与房顶间形成风道使空气流通。挡风板的形式有两种：一种是在端头留风口，空气沿挡风板吹到房间的另一端，通过风口向下，吹过货车(或架)，回到冷风机吸入口，见图 2-12。这种形式的特点是，空气流通距离长，食品冻结不均匀，所以要求房间长度不能太长，一般为 12~15m。另一种是在挡风板上沿着货车方向开长孔，冷风从孔中吹出，见图 2-13。这种形式食品冻结速度较均匀。出风孔的宽度为 30~50mm，靠近冷风机的孔为 60~70mm。

这种吹风形式的冻结间的优点是：能沿吊挂的肉体方向吹风，气流阻力小，耗电少，系统简单，投资少。缺点是：空气流通距离长，室内风速和温度不均匀，不宜于冻盘、箱装食品。

近年来，纵向吹风的冻结间，大都不设置挡风板，冷风从冷风机的风机口吹出，自然流过冻结货物。距离较远时，在出风口装设短风管，以增加冷风射程。

(2) 横向吹风冻结间。在冻结间一侧装置冷风机，使气流横向流过冻结间的断面。这种

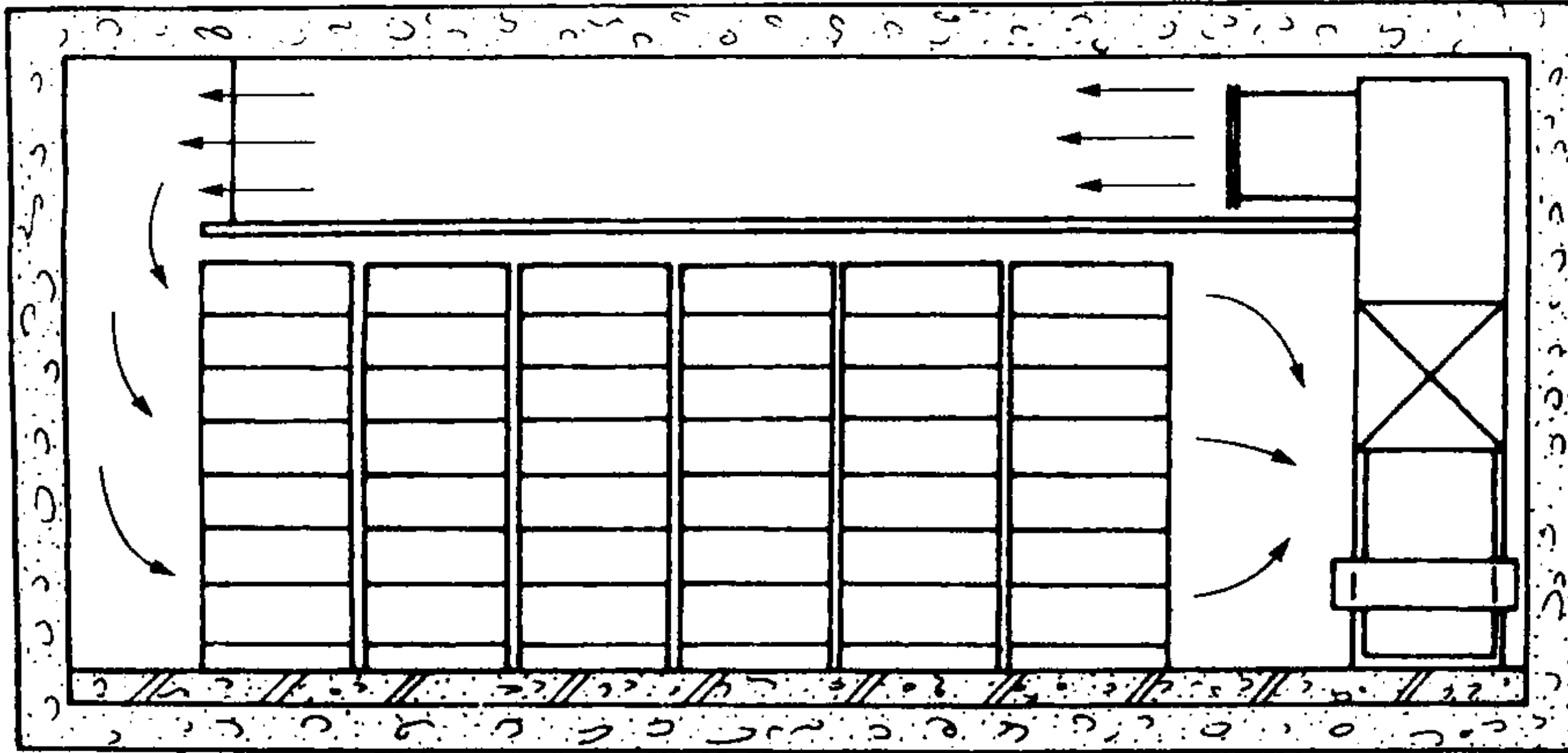


图 2-12 纵向吹风冻结间(挡风板不开孔)

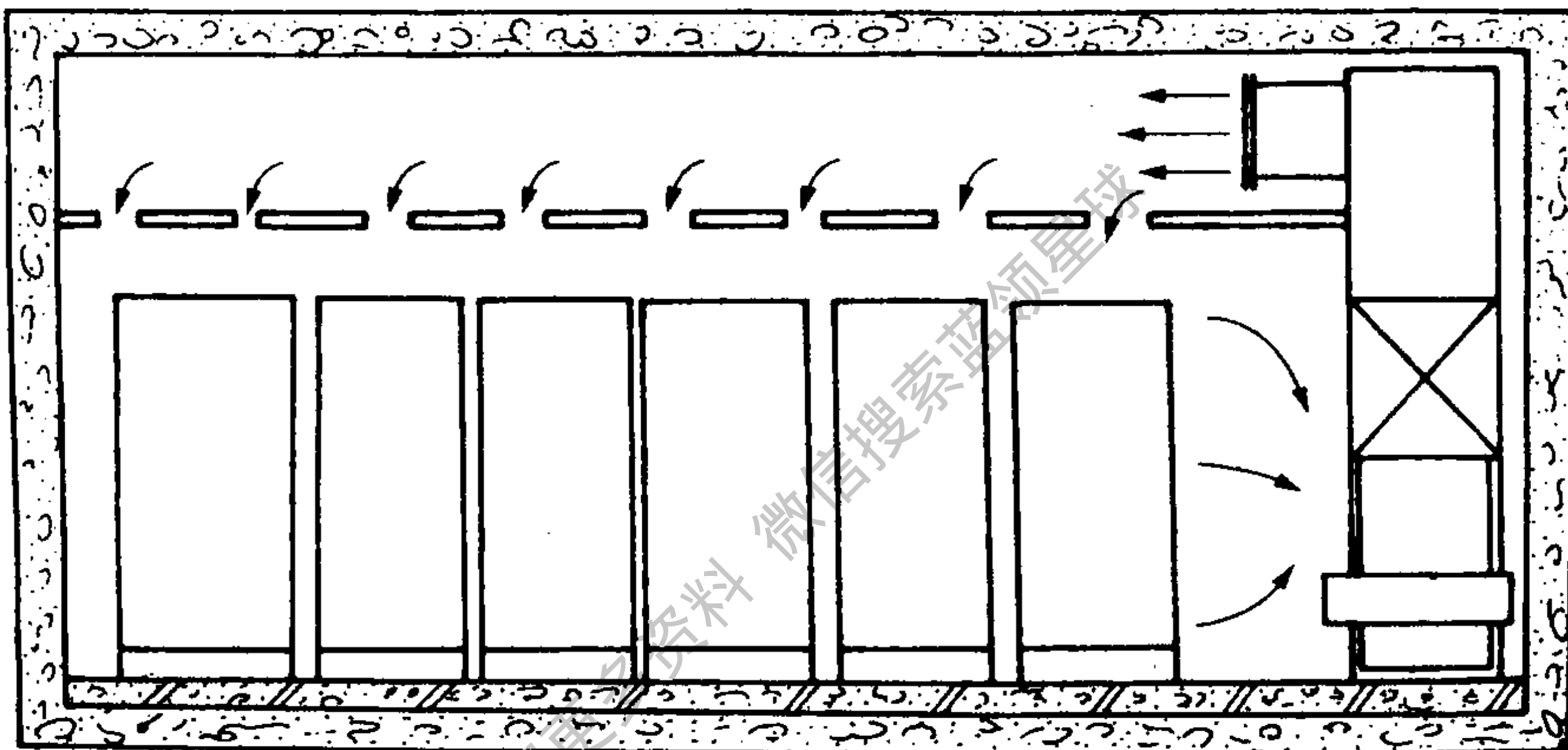


图 2-13 纵向吹风冻结间(挡风板开孔)

冻结间的优点是空气流程距离短,为 3~7m,风压小,可以布置较多风机,适合于冻多种品种。

冷却设备采用落地式冷风机和吊顶式冷风机,气流组织有向下压风式,向上吸风式等。为了使气流均匀,常采用挡板送风,(参见图 2-9),出风口装设导风板等措施。对气流组织要求不高的冻结间,可采用无组织送风。

通过冻结间各部分的空气阻力见表 2-4。

表 2-4 通过冻结间的空气阻力

名称	阻力/Pa
70°扩散管	74.1
90°直角弯头	74.1
蒸发器阻力	60.6
出风口 90°直角弯头	49.2
缝隙阻力	65.0
白条肉阻力	3.1
局部阻力总和	252.0

采用强制空气循环的冻结间,所需风量一般每平方米冷风机冷却面积约配 100~120

m^2/h ,如按货物间截面风速计算风量,一般要求风速为 $0.8\sim 1.5\text{m/s}$ 之间。

2.3.3 连续输送式冻结装置

连续输送式冻结装置是采用冷风机强烈吹风,食品在各种形式的传送带上进行连续输送和冻结的装置。

1. 悬架连续输送式冻结装置

这种冻结装置目前主要在快速冻结家禽(肉用鸡)的生产中采用,其工艺流程是:家禽经宰杀并晾干后,用塑料袋包装,再装入吊篮中,每只吊篮分五格,每格放四只,然后输送到冻结间内,采用不冻液(乙醇溶液)喷淋和强烈吹风相结合的冻结方法。袋装的肉用鸡进入冻结间后,首先被强烈冷风吹十多分钟,使禽体表面快速冷却,起到色泽定型作用。然后用 $-24\sim -25^\circ\text{C}$ 的乙醇溶液(浓度约 $40\%\sim 50\%$)喷淋 $5\sim 6\text{min}$,使禽体表面层快速冻结,随后再经强烈吹风加快冻结速度。吊篮在冻结室内连续运行,从不同角度受到风吹,使禽体各处温度均匀下降。

经过使用测定,在不用乙醇喷淋(仅用强烈吹风)时,传送带线速度为 $1.2\text{m}/\text{min}$,经 3h 的冻结,可使禽体中心温度降至 -16°C 。如采用乙醇喷淋时,冻结时间还可缩短。当然,传送带线速度必须提高。所用冻结装置的生产能力为 $2.7\text{t}/\text{h}$ 。

2. 水平输送连续冻结装置

主要用于冻结蔬菜、水果、亦适用于其他小包装的水产和肉类等食品。

这种装置的工艺流程是:食品装入货盘后,在隧道入口处一次推进两盘,由液压推动机构将货盘经过三层平面输送并经设置在货盘上部的冷风机强烈吹风,快速冻结后,在上层出口处推出。传送速度可由时间继电器控制电磁阀调整。 4cm 厚的蔬菜,经 $50\sim 62\text{min}$ 即可冻到 -8°C 。

这种装置的特点是:连续生产,冻结速度快,构造简单,造价较低。其构造除有一间长 14.2m 、高 4m 、宽 4.4m 的隔热隧道室外,还有冷风机、液压传动机构及货盘推进和提升装置等。

隧道内的蒸发器由四组 600m^2 冷风机组成,每组冷风机配有 6 台 4 号轴流风机(风量 $7700\text{m}^3/\text{h}$)进行强烈吹风。

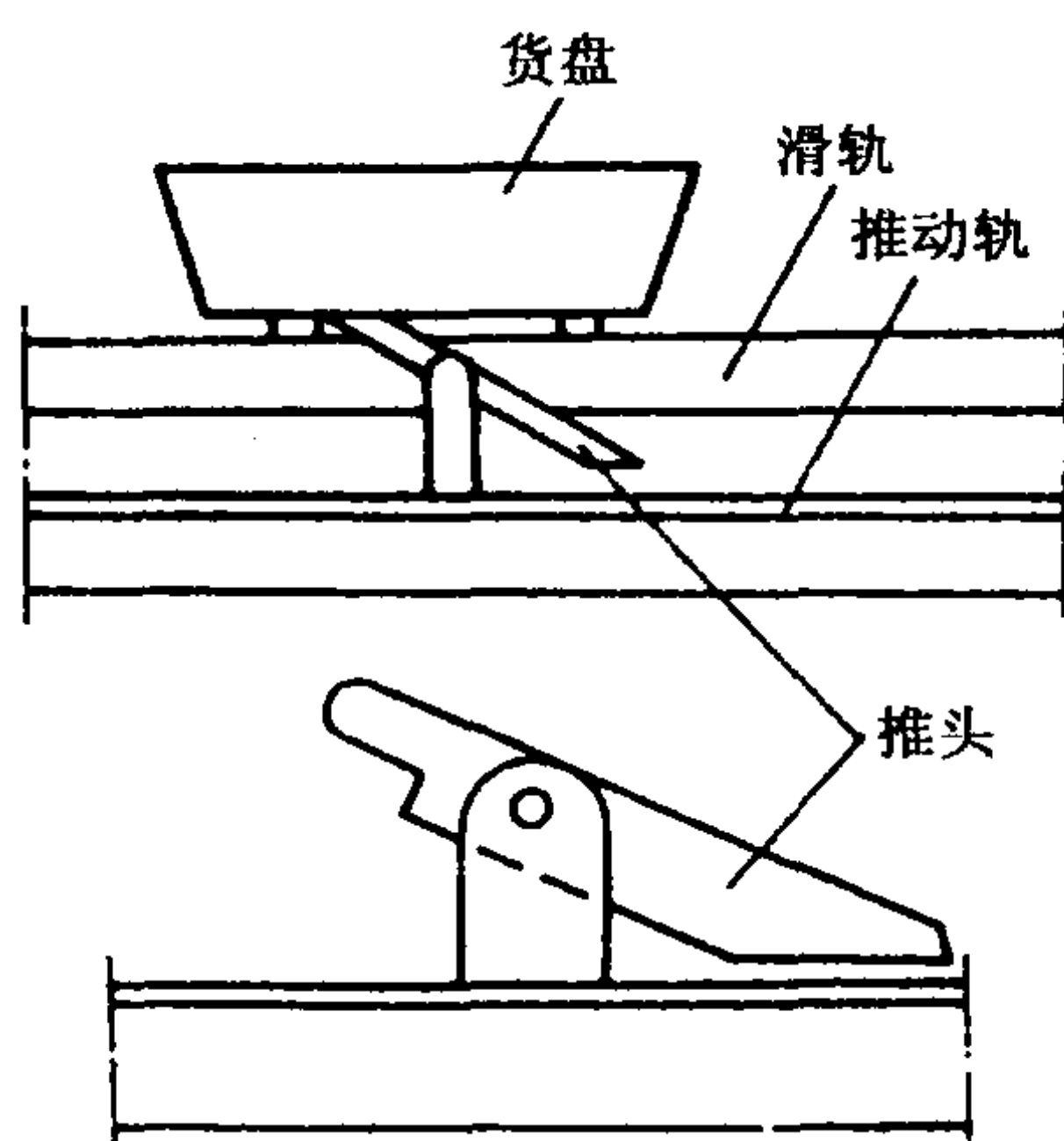


图 2-14 货盘推头装置

货盘规格为 $700\times 400\text{mm}$,每盘间距 50mm ,每个盘底下焊有两道扁铁,承放在轨道上,每对轨道有两个推动装置,当液压系统将推动装置推动时,推头顶住盘底的扁铁,即将货盘向前推进。当推动装置后退复位时,推头被后面的扁铁压下,滑过后,由于偏心作用,推头便自动顶起,卡住扁铁。当推动装置作第二次推动时,推头又把货盘向前推进。通过这样反复动作,货盘便向前移动。两道扁铁的距离要与推动距离相适应。另外还有两个提升装置,将货盘分层提升。推头装置见图 2-14。

液压传动装置是由叶片油泵、油缸活塞、板式电磁阀、节流阀、溢流阀和止逆阀组成。液压传动装置的动作是由 5 个油缸分 8 次动作,其中 1、3、5 缸负责一、二、三层平面输送动作,2、4 缸是负责一、二层前后两组货盘提升之用。

这种冻结装置也可以根据具体情况做成多层和多排输送装置。冷风机可放在旁侧吹风,效果也较好。

(2) 流态化冻结装置。这种装置除具有一般连续快速冻结的特点外,还由于在隧道入口处,采用强烈吹风,把食品吹起,使其呈悬浮状态,防止其互相粘连,因而提高了产品质量。是一种专用于食品单个速冻的装置。

食品冻结的工作原理是,该装置在隔热的壳体中设置了长条形的金属制槽道,槽道底面开有许多小孔,槽道的侧面或下方设有蒸发器组和离心风机,以强力吹风形式使风速为 $6\sim 8\text{m/s}$ 的 -30°C 冷风由槽底小孔吹出,置于槽道内的待冻食品(形状和大小应比较均匀)被上升冷气流吹动,悬浮在气流中而彼此分离,呈翻滚浮游状态,出现了流态化现象。在一定风速下,冷空气形成了气垫,悬浮的食品颗粒好像流体般自由流动。当食品从进口处加入此倾斜的槽道后,就向低的一端移动,于是食品就在这低温气流中一边移动一边冻结,而不需要设传送带。见图2-15。由于食品在冻结过程中呈悬浮分离状态,食品冻结后就不会粘结在一起,实现了单个速冻。每个冷冻食品的表面都有一层薄的冰膜,故干耗很小,而且这样可以与大气中的氧隔离,能确保食品原有的鲜度、色泽和滋味。又因由下方吹进的冷空气形成了气垫,有助于被冻食品的移动运送,防止食品的破损。

这种冻结装置适用于直径约 40mm 或长约 125mm 的食品,如豌豆、豆角、胡萝卜丁、整蘑菇及片、球芽甘蓝、玉米段及切成块、片、条状的蔬菜,还有草莓、苹果片、菠萝片、虾仁、肉丁等。

各种型号冻结装置的生产能力如表2-5。

表2-5 流态化冻结装置规格

型号	18m	27m	35m	44m	50m	70m
尺寸、产品						
长度/m	2.4	3.4	4.4	5.4	6.2	8.5
宽度/m	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4
高度/m	3.4	3.4	3.4	3.4	3.6	3.6
豌豆/(t/h)	0.9	1.4	1.9	2.4	3.3	4.6
胡萝卜丁/(t/h)	0.7	1.1	1.5	1.9	2.6	3.6
草莓/(t/h)	0.5	0.7	1.0	1.3	2.0	2.7
法式炸土豆片/(t/h)	0.7	1.1	1.5	1.9	2.8	3.9
虾仁/(t/h)	0.5	0.7	1.0	1.2	—	—
苹果片/(t/h)	0.6	1.0	1.3	1.7	2.5	3.5

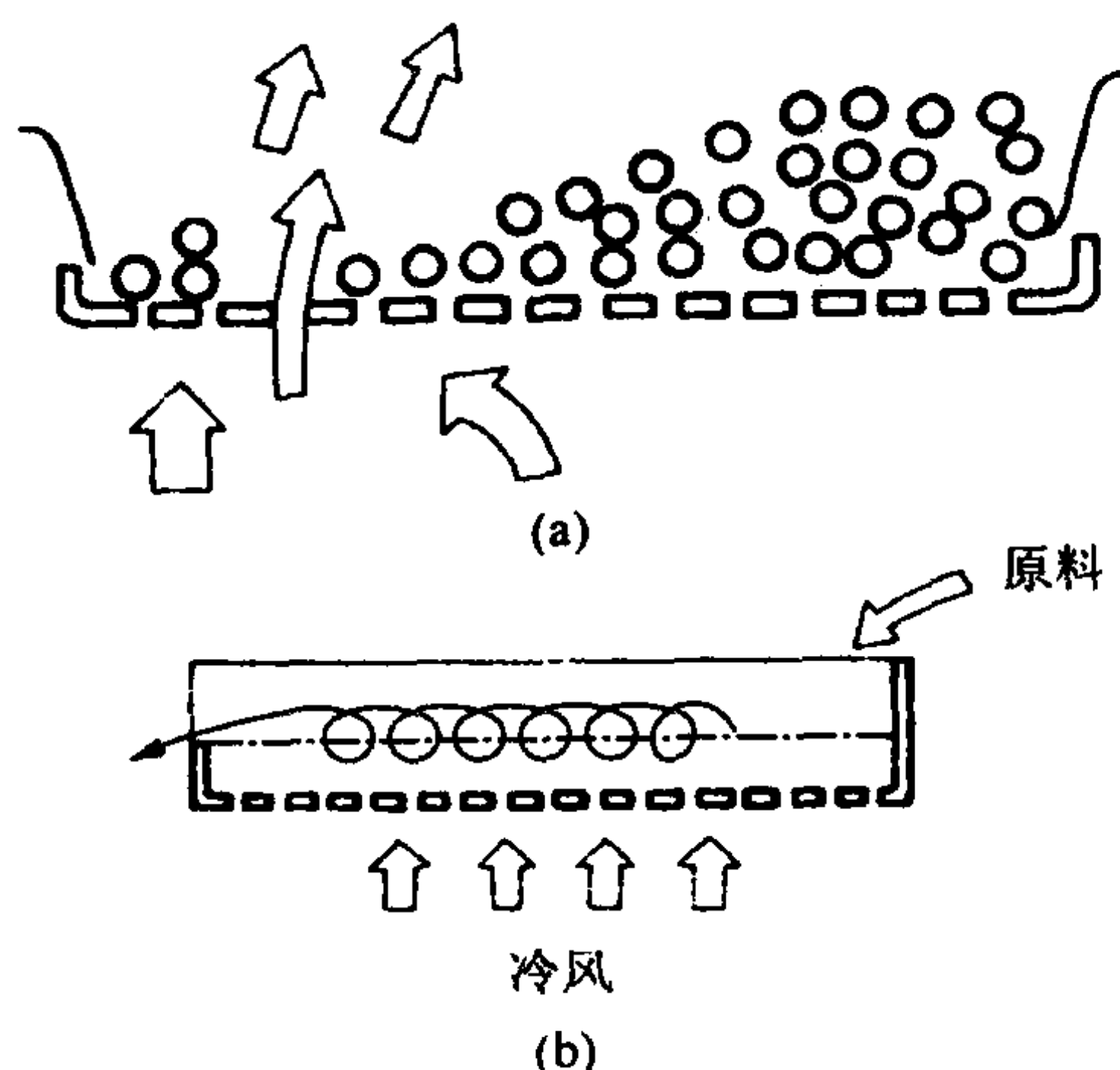


图2-15 流态化冻结的原理
(a) 冷气流的吹动;(b) 流态化冻结

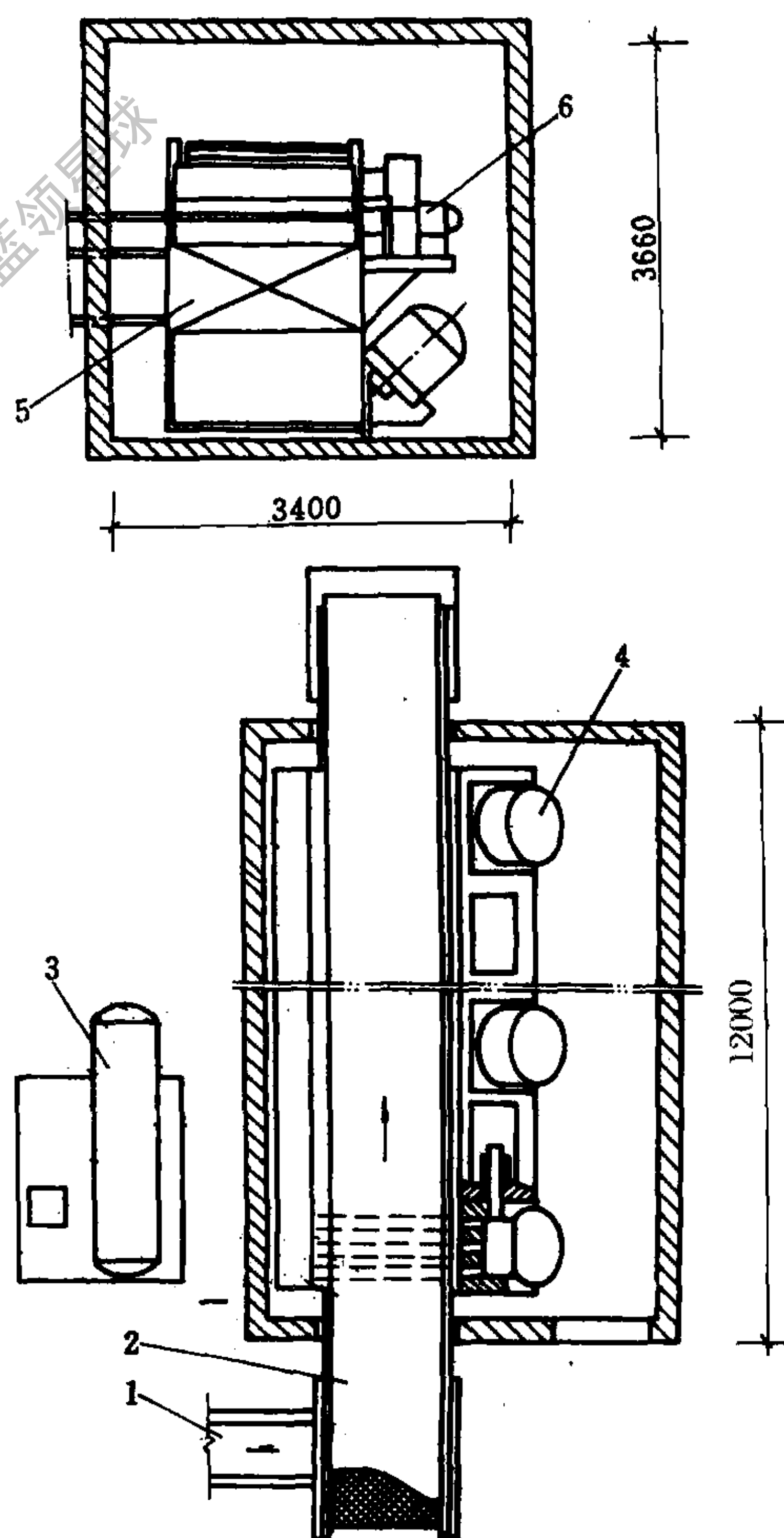


图2-16 传送带水平输送冻结装置(流态化)
1—进料机构;2—不锈钢网状传送带;
3—制冷设备;4—轴流风机;
5—翅片管蒸发器;6—传动装置

流态化冻结装置的结构参见图 2-16。

3. 螺旋输送冻结装置

这种装置是把食品放置在金属传送带上,进行螺旋输送冻结,因而占地面积小,只有一般水平输送带面积的 25%。这种装置由蒸发器、风机、转筒及其驱动装置、特制的弹性传送带、清洗装置、控制屏等组成,隔热的外壳在现场装配。弹性传送带是靠转筒的摩擦力带动的,传送带螺旋转动时,带上的张力很小,故驱动功率不大,传送带的寿命也很长。被冻食品直接放在传送带上,根据需要也可采用冻结盘,食品随着传送带进入冻结装置后,由下盘旋传动而上,并在传送过程中冻结,冻好的食品从出料口排出。传送带是连续的,它由出料口又折回到进料口。见图 2-17。

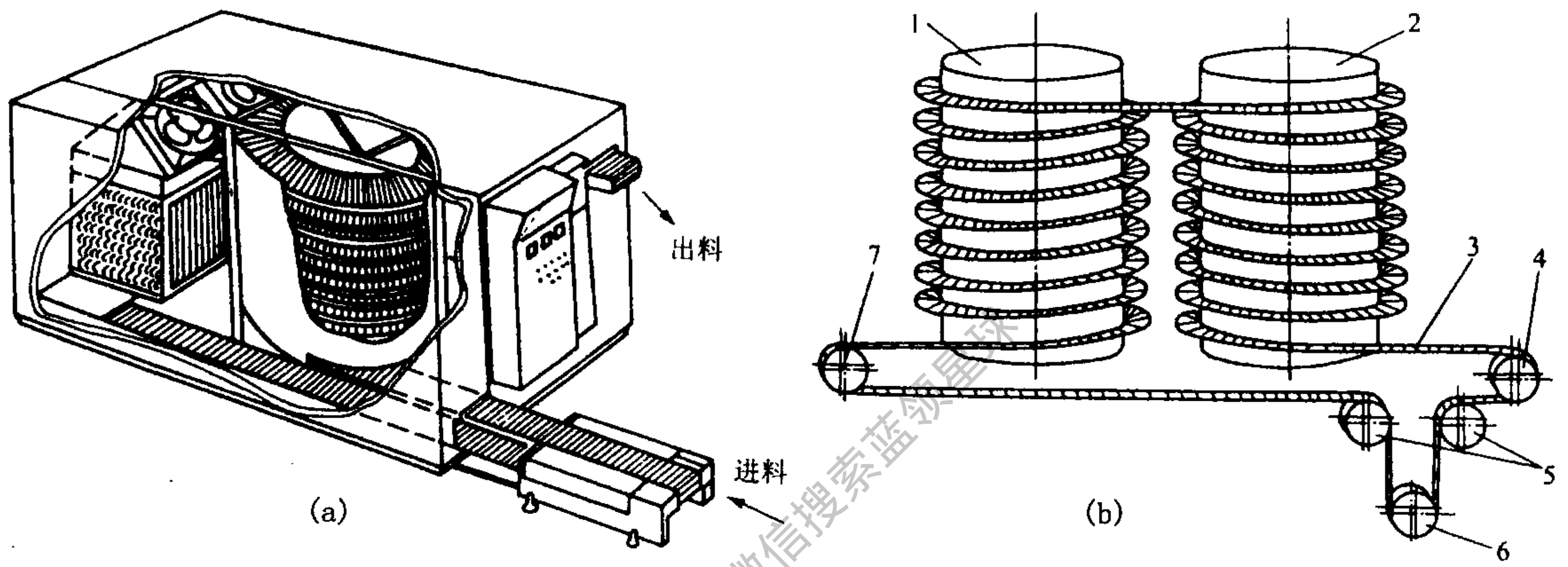


图 2-17 螺旋带式冻结装置

(a) 单转筒式; (b) 双转筒式

1—上升转筒; 2—下降转筒; 3—不锈钢传送带; 4、7—进出料链轮; 5—固定轮; 6—张紧轮

这种冻结装置具有如下特点:

- ① 多功能性,它适用于需要冻结时间 10min 至 3h 之内的各种食品。
- ② 它有一个特殊的冷风循环系统,冷风从顶面垂直向下吹过所有各层传送带,且直接从食品表面吹过,其干耗比一般冻结装置少 50% 左右。
- ③ 紧凑性,由于采用螺旋式传送,整个冻结装置的面积较小,如生产能力为 1.4~1.8t/h 的装置,占地仅 46m² 左右。
- ④ 可以通过调整传送带的速度(1~18m/min)来改变食品的冻结时间(10min~3h),用以冷冻不同种类或品质不一的食品。对于 20 层带的螺旋带式冻结装置,转筒与传送带之间的速比为 4:1。

⑤ 传送带的上升角度为 2°,几乎接近于水平,冻结盘不会下滑。

⑥ 传送带可以倒转,可以清洗,洗涤装置包括第一槽——温水洗涤槽、第二槽——化学洗涤槽、第三槽——温水喷射槽和高速空气吹干装置。必要时一天洗涤一次,也可连续清洗。

螺旋带式冻结装置又可分为单转筒和双转筒两种。单转筒结构如图 2-17(a),其缺点是机器高度大,出料口在上部,操作不便,并容易造成冻品的损伤。双转筒结构如图 2-17(b)所示,它的优点是降低了机器的高度,进料和出料口在同一水平位置上,操作方便。根据带宽(20"、24"、30"、36")螺旋带式冻结装置有 4 种标准型。标准型的产量为 2200kg/h,其相应耗冷量为 134kW。

标准型的4种规格见表2-6,生产能力见表2-7。

表2-6 螺旋带式冻结装置规格

装置尺寸	20"	24"	30"	36"
长度/m	6.1	7.3	9.8	10.7
宽度/m	5.0	5.7	6.8	7.8
高度/m	3.7	3.7	4.5	4.5

表2-7 螺旋带化冻结装置的生产能力

食品	产量/(t/h)	冻结时间/min
生汉堡牛肉饼	0.5~2.5	22
炸汉堡牛肉饼	0.5~2.3	30
盘装预制食品	0.3~2.2	130
鱼条	1.0~3.5	17
鸡块	0.6~2.5	40
水果馅饼	0.4~1.6	90

这种冻结装置还有一种M型,它的尺寸是 $5.4 \times 3.0 \times 2.45\text{m}^3$,产量为 $300 \sim 1000\text{kg/h}$,典型产品有炸小鱼、鱼片、汉堡牛肉饼、肉丸、鸡块、意式馅饼和小包装食品。

2.3.4 平板冻结装置

平板冻结装置是以若干块平板蒸发器为主体组成的冻结设备;它的工作原理是将食品放在各层金属平板之间,并借助油压系统使平板与食品紧密接触,此空心金属平板的通道内流动着低温工质(氨、氟利昂),由于金属平板有良好的导热性能,被夹紧的食品便得以迅速冻结。当食品两面加压时(接触压力一般为 $0.07 \sim 0.3 \times 10^5\text{Pa}$),其表面传热系数为 $93 \sim 174\text{W/m}^2\text{C}$ 。

平板冻结装置主要适用于分割肉、肉副产品、鱼类、虾及其他小包装食品的快速冻结。它的特点是:

- ① 对厚度小于50mm的食品来说,冻结快、干耗小,冻品质量高。
- ② 在相同的冻结温度下,它的蒸发温度可比吹风式冻结装置提高 $5 \sim 8\text{C}$,而且不用配置风机,故电耗比吹风冻结间减少 $30\% \sim 50\%$ 。
- ③ 不占用冷间,可在常温下工作,改善了劳动条件。
- ④ 操作方便,冻结产品的外形整齐。
- ⑤ 占地少,建筑面积只有吹风搁架式冻结间的四分之一,节约了土建费用,建设周期也短。它的缺点是厚度超过90mm以上的食品(如全鸡)不很适用,未实现自动化装卸的平板冻结装置仍需较大的劳动强度。

平板冻结装置亦称接触式冻结装置,常见有卧式和立式两种型式。卧式平板冻结装置的冻结平板系水平安装,一般有 $6 \sim 16$ 块平板。平板之间的间距由液压装置调节,平板上升时两板间的最大净距约 $110 \sim 115\text{mm}$,下压时两板间的间距视食品盘的高度而定。间距扩大时将

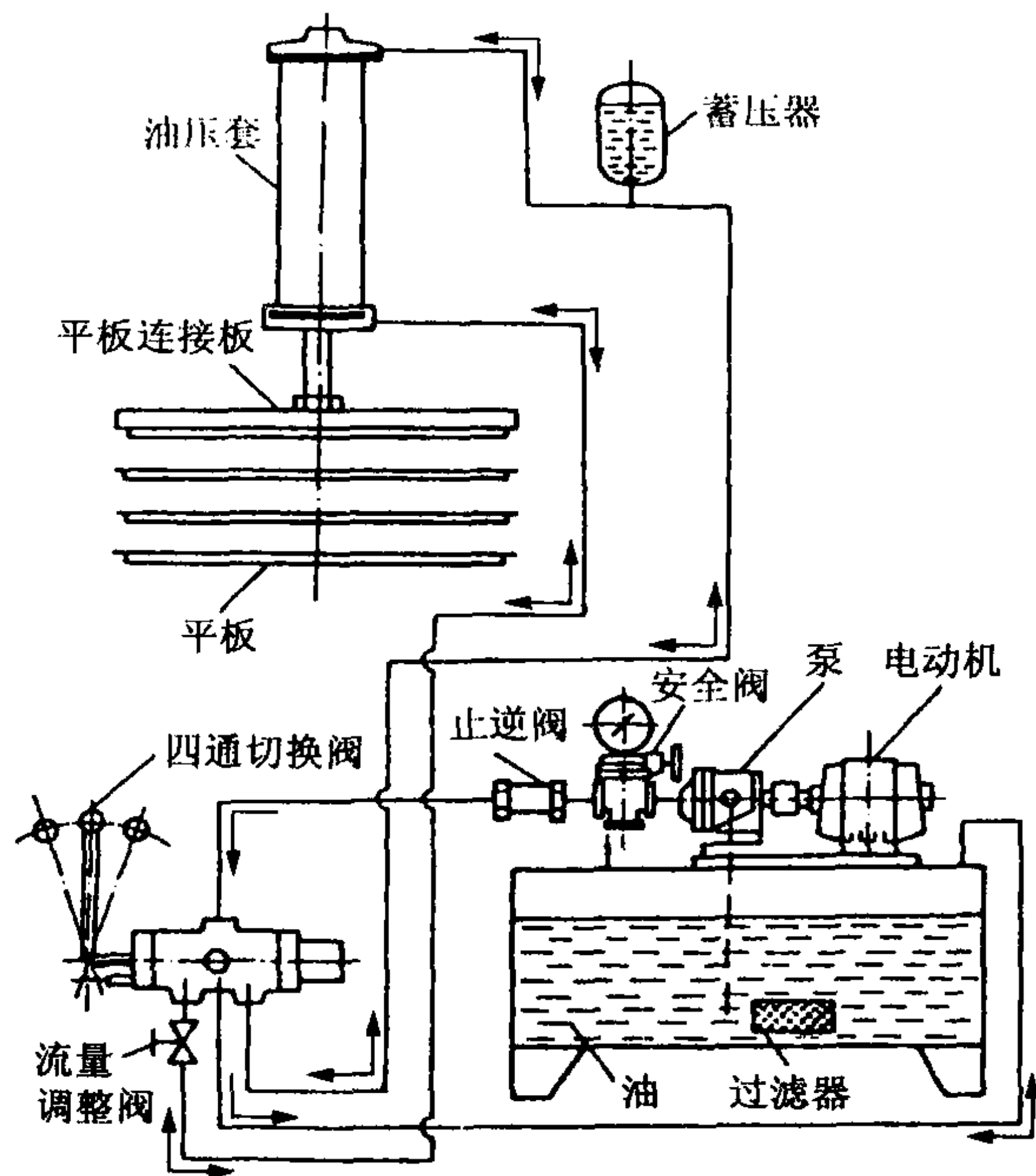


图 2-18 卧式平板冻结装置的液压系统

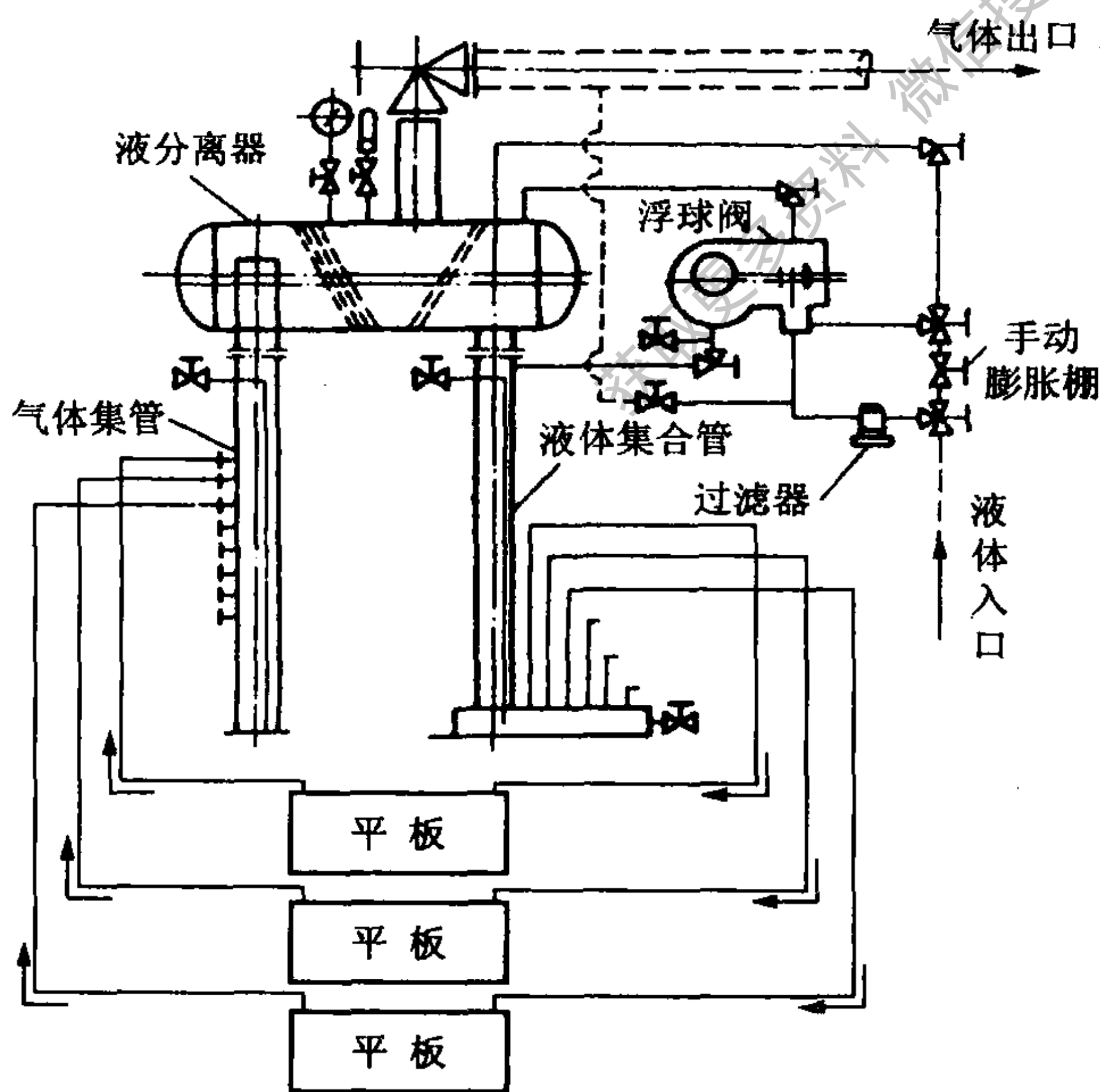


图 2-19 满液式供液系统

被冻食品(装盘或盒)放入,启动液压油缸(液压 20~45MPa),使被冻食品紧密接触平板而进行冻结。为了防止食品变形和压坏,可在平板之间放入与食品厚度相同的角钢作为垫块。液压油缸一般位于平板冻结装置外壳的上部,为双作用形式,下压时使食品压紧于平板之间,当食品冻好时又将平板与食品拉开。卧式平板冻结装置的液压系统可见图 2-18。

卧式平板冻结装置以采用满液式和液泵强制循环式这两种供液方式为主,船用的平板冻结装置还采用盐水循环式冷却。满液式供液系统如图 2-19 所示,气液分离器放在装置的顶部,它连接供液和回气集管各一根。由于冻结平板需上下移动,故用耐低温的橡胶软管连接。橡胶软管的内层用丁基橡胶,并加入 2~3 层编织物,外包金属丝保护套,它的使用寿命约 2 年左右。如使用 R22 作制冷剂,也可采用不锈钢软管。

平板冻结装置的主体框架多用槽钢及角钢焊接而成,外壳内外两面采用镀锌钢板,外表面涂上耐酸碱的涂料,中间用软木或硬质聚胺酯泡沫塑料作为隔热材料。冻结平板有三种制作方法。一种是用铝合金挤压成形,板内为矩形孔,板的一边为燕尾槽,一边为燕尾槽榫以便拼装,也有用铝合金板钎焊加工而成。一种是用 2~3mm 厚钢板按所需大小裁好,另外再用槽钢复扣在钢板上进行焊接。在另一块钢板上根据槽钢间中心距(75mm)每隔 50~60mm 钻孔,孔径 15mm;冻结平板内如用盐水时槽钢间中心距为 150mm。将此钢板覆盖在槽钢上进行焊接,然后焊

上端板及其他附件。成品完成后,用三联轧辊校平,水平允许误差为 1mm。第三种是采用异形钢管焊接而成。有的用方形无缝钢管焊接后刮平成板;有的将方形管并列在两块薄钢板之间,四周焊接成板,平板外面镀锌。铝合金平板比钢管焊接平板轻一半左右,表面放热系数高 10%~45%,且较卫生。

几种平板冻结装置的技术数据见表2-8。

表2-8 平板冻结器的技术数据

项目 \ 型号	PDS-0.75	PDS-0.96	PDS-1.2
冻结能力/(t/次)	0.75	0.96	1.2
蒸发面积/m ²	29	34	43
耗冷量/kW	29	30	38
冻结时间/h	4~5	4~5	4~5
外形尺寸/mm	2500×1700×2800	2700×1700×2800	2950×1700×2900
重量/kg	1500	1800	2000
制冷剂	R717	R717	R717

思考题和习题

1. 什么叫冻结温度曲线和冰结晶的最大生成带？它们与速冻食品的保鲜有什么关系？
2. 食品在冷冻时为什么会产生干耗？它对食品质量产生什么影响？
3. 用简图表示肉类冷加工的主要工艺过程。
4. 用简图表示禽类冷加工的主要工艺过程。
5. 简述鱼类冷加工的工艺过程。
6. 果蔬的冻结为什么要速冻？速冻食品解冻后保鲜质量高是什么原因？
7. 食品的冻结方法有哪几种？采用什么样的冻结装置？

第3章 制冰工艺及设备

冰在食品保鲜中用途非常广泛,食品冷加工生产中需要用冰,渔轮出海捕鱼需要用冰,鲜货长途运输需要用冰,医疗、科研、生活服务等部门也常需要用冰。

冷库中常采用的制冷设备有,盐水制冰设备、桶式快速制冰设备、沉箱管组式快速制冰设备和小型快速制冰设备。不同的食品生产工艺,需要用不同的制冰设备,各种制冰设备有其各自的特点。

3.1 盐水制冰及设备

盐水制冰是使用较早的制冰方式,制出的冰坚实,不易融化,便于贮藏和搬运,目前国内冷库(特别是水产冷库)中,使用得比较普遍,而且大规模生产的还是盐水制冰。

3.1.1 制冰及制冷工艺

1. 制冰工艺

把固定在冰桶组合架上的若干个冰桶加满水,用吊车把冰桶架吊送至制冰池内,制冰池内的盐水被蒸发器冷却到 -10°C 左右,利用这低温盐水将冰桶内的水冻结成冰。冰冻好后,再用吊车将冰桶架一组一组地依次吊送至融冰池,在池中浸 $2\sim 3\text{min}$,待水桶与冰的接触面融化后,再将冰桶置于倒冰架上,令其倒翻,冰块就很快脱离冰桶倾倒在带有坡度的滑冰道上,然后使冰块滑入贮冰间。空冰桶在倒冰架上复至平放,用加水器对冰桶加满水后重新入池。

2. 制冷工艺

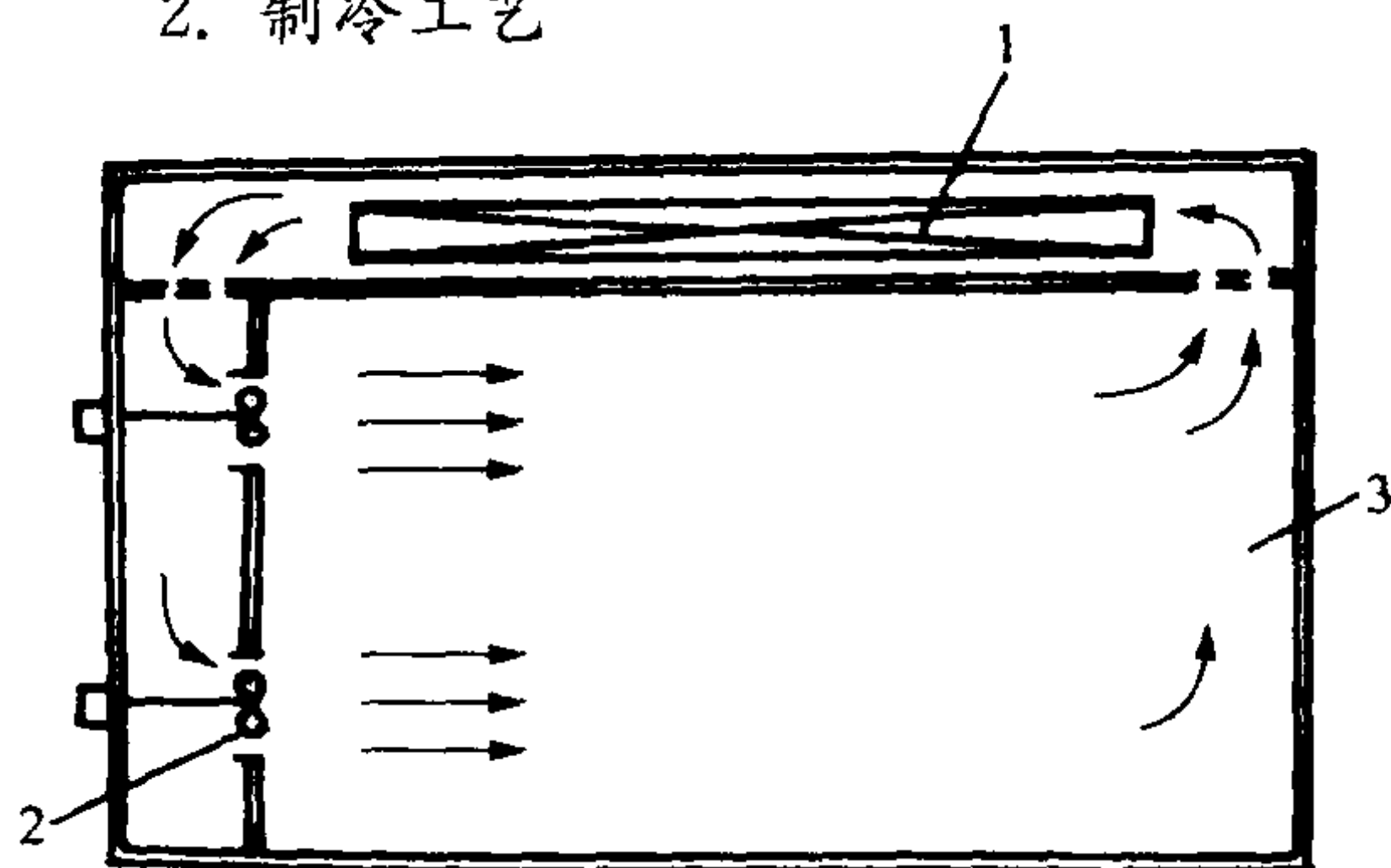


图 3-1 制冰池示意图

1—蒸发器;2—搅拌器;3—盐水池

盐水制冰属间接冷却系统,制冷剂(氨)通过制冰池中的蒸发器蒸发吸热,使流过蒸发器的盐水温度降低,低温盐水流过冰桶时,吸收冰桶中水的热量,使水的温度迅速下降,凝结成冰。流过冰桶后的盐水,温度升高,再次流过蒸发器而被冷却,如此不断循环,使冰桶中的水全部结成冰。池中盐水的循环依靠搅拌器来完成,见图 3-1。

制冷系统多为重力供液式,制冷系统的氨液分离器及管道布置,应不妨碍吊车运行,防止被吊车及冰桶等碰撞,防止管道的绝热层受潮。

3.1.2 对盐水的要求

1. 有关温度的确定

(1) 盐水平均温度 t_y 。 t_y 直接影响到结冰速度及冰的质量。 t_y 降低, 结冰速度加快, 但制冷

剂的蒸发温度要求较低,使压缩机的制冷量下降; t_y 升高,则不利于盐水与冰桶之间换热,结冰速度减慢,一般情况下, t_y 取 -10°C 。

(2) 盐水平均温度与蒸发温度的温差 Δt 。取较大的 Δt ,虽可加快盐水和制冷剂的换热,有利于盐水的降温。但随着 Δt 增大,必将要求更低的蒸发温度,会导致压缩机单位功耗的增加。因此,蒸发温度与盐水温度之差取 5°C 。

(3) 盐水的凝固温度。要使冷盐水在制冰池中不断循环,就必须保证它在低温下不会冻结。如果盐水的凝固温度接近蒸发温度。盐水就有冻结的危险,如果盐水的凝固温度过低,则因盐水浓度的增加将使搅拌器的功耗增大,因此,一般将盐水凝固温度定为比蒸发温度低 $6\sim 8^{\circ}\text{C}$ 。

2. 盐水的配制

制冰常用的盐水是氯化钠或氯化钙溶液。盐水的配制应考虑既要满足制冰工艺所要求的温度,又要尽量减少对金属的腐蚀。

(1) 浓度的确定。盐水温度与浓度的关系见图 3-2。

在图中共晶点 E 的左侧,盐水凝固温度随浓度增大而下降;在 E 点的右侧,则凝固温度反而随浓度的增大而上升。因此可根据图确定的凝固温度,由表 3-1,表 3-2 查到对应的盐水浓度。

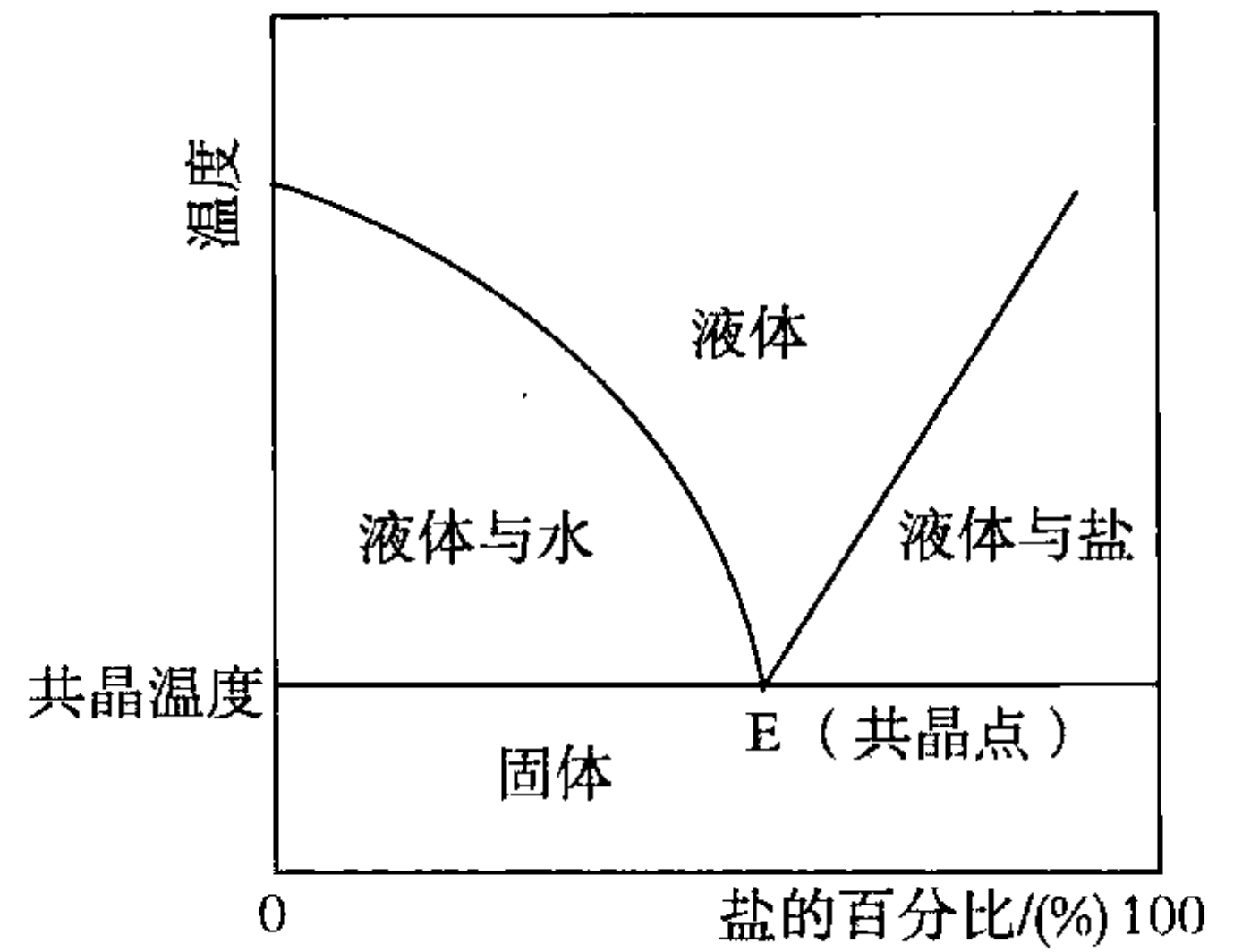


图 3-2 盐水温度-浓度图

表 3-1 氯化钠(NaCl)溶液特性表

密度 /(kg/L)	波美度 /($^{\circ}\text{Be}'$)	盐的含量 /(g/100g 水)	凝固点 / $^{\circ}\text{C}$	比热容 /(kJ/(kg·K))		动力粘性系统 μ /($10^4 \text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$)			导热系统 λ /(W/(m·K))			
				-10°C	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	$\pm 0^{\circ}\text{C}$	-5°C	-10°C	-15°C
1.00	0.1	0.1	0.0		4.18			0.582				
1.01	1.6	1.5	-0.8		4.07				0.578			
1.02	3.0	3.0	-1.7		4.00				0.576			
1.03	4.3	4.5	-2.7		3.94				0.573			
1.04	5.7	5.9	-3.6		3.88				0.571			
1.05	7.0	7.5	-4.6		3.83				0.569			
1.06	8.3	9.0	-5.5		3.77	23.03			0.566	0.547		
1.07	9.6	10.6	-6.6		3.72	23.72			0.564	0.544		
1.08	10.8	12.3	-7.8		3.68	24.40			0.561	0.542		
1.09	12.0	14.0	-9.1		3.63	25.19			0.557	0.540		
1.10	13.2	15.7	-10.4	3.58	3.59	26.07			0.556	0.537		
1.11	14.4	17.5	-11.8	3.54	3.55	27.15	33.42		0.554	0.535	0.519	
1.12	15.6	19.3	-13.2	3.50	3.51	28.32	34.89		0.551	0.533	0.516	
1.13	16.7	21.2	-14.6	3.47	3.48	29.69	36.75		0.549	0.531	0.514	

(续表)

密度 /(kg/L)	波美度 /(°Be')	盐的含量 /(g/100g 水)	凝固点 /°C	比热容 /(kJ/(kg·K))		动力粘性系统 μ /(10^4 N·s/m ²)			导热系统 λ /(W/(m·K))			
				-10°C	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	$\pm 0^\circ\text{C}$	-5°C	-10°C	-15°C
1.14	17.8	23.1	-16.2	3.43	3.44	31.16	38.71	47.73	0.545	0.529	0.512	0.497
1.15	18.9	25.0	-17.8	3.40	3.41	32.73	40.77	50.08	0.544	0.527	0.509	0.495
1.16	20.0	26.9	-19.4	3.36	3.37	34.40	43.02	52.72	0.542	0.525	0.507	0.493
1.17	21.1	29.0	-21.2	3.33	3.34	36.36	45.57	55.76	0.541	0.522	0.506	0.491
1.175		30.1	-21.2			37.44	47.04	57.43	0.540	0.521	0.505	0.490
1.18	22.1	31.1	-17.3	3.30	3.31	38.51	48.61	59.29	0.538	0.520	0.504	0.489
1.19	23.1	33.1	-11.1	3.27	3.28	40.67			0.536	0.519		
1.20	24.2	35.3	-2.7		3.26				0.534			
1.203	24.4	35.7	0.0		3.25				0.530			

表 3-2 氯化钙(CaCl₂)溶液特性表

密度 /(kg/L)	波美度 /(°Be')	浓 度 (每 100kg 溶液 中钙量)/kg	结晶 温度 /°C	比热容 /(kJ/(kg·K)) (在 0°时)	动力粘度 μ /(10^4 N·s/m ²)			导热系统 λ /(W/(m·K))			
					0°C	-15°C	-25°C	0°C	-10°C	-20°C	-30°C
1.00	0.1	0.1	0.0	1.166	17.74			0.566			
1.01	1.6	1.3	-0.6	1.147	18.03			0.565			
1.02	3.0	2.5	-1.2	1.126	18.33			0.563			
1.03	4.3	3.6	-1.8	1.105	18.62			0.562			
1.04	5.7	4.8	-2.4	1.084	19.21			0.561			
1.05	7.0	5.9	-3.0	1.064	19.80			0.559			
1.06	8.3	7.1	-3.7	1.046	20.29			0.558			
1.07	9.6	8.3	-4.4	1.026	20.87			0.557			
1.08	10.8	9.4	-5.2	1.007	21.56			0.556			
1.09	12.0	10.5	-6.1	0.990	22.25			0.555			
1.10	13.2	11.5	-7.1	0.972	22.93			0.553			
1.11	14.4	12.6	-8.1	0.956	23.81			0.551			
1.12	15.6	13.7	-9.1	0.940	24.70			0.550			
1.13	16.7	14.7	-10.2	0.925	25.58			0.549	0.534		
1.14	17.8	15.8	-11.4	0.909	26.56			0.548	0.533		
1.15	18.9	16.8	-12.7	0.896	27.64			0.547	0.532		
1.16	20.0	17.8	-14.2	0.882	28.71			0.545	0.531		

(续表)

密度 (kg/L)	波美度 (°Be')	浓度 (每 100kg 溶液 中钙量)/kg	结晶 温度 /°C	比热容 (kJ/(kg·K)) (在 0°时)	动力粘度 μ ($10^4 \text{ N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$)			导热系统 λ (W/(m·K))			
					0°C	-15°C	-25°C	0°C	-10°C	-20°C	-30°C
1.17	21.1	18.9	-15.7	0.869	29.89	61.45		0.544	0.530		
1.18	22.1	19.9	-17.4	0.857	31.16	63.11		0.543	0.528		
1.19	23.1	20.9	-19.2	0.846	32.73	65.86		0.542	0.527		
1.20	24.1	21.9	-21.2	0.834	34.40	68.80		0.542	0.526	0.513	
1.21	25.1	22.8	-23.3	0.823	36.16	71.93		0.541	0.525	0.512	
1.22	26.1	23.8	-25.7	0.814	38.12	75.46	115.54	0.540	0.523	0.511	
1.23	27.1	24.7	-28.3	0.805	40.18	79.28	121.52	0.537	0.522	0.509	
1.24	28.0	25.7	-31.2	0.797	42.53	83.59	128.97	0.535	0.521	0.508	0.494
1.25	28.9	26.6	-34.6	0.789	45.18	88.59	137.00	0.533	0.520	0.507	0.493
1.26	29.8	27.5	-38.6	0.780	48.62	94.37	147.00	0.531	0.518	0.506	0.492
1.27	30.7	28.4	-43.6	0.772	51.16	100.74	159.25	0.530	0.517	0.505	0.491
1.28	31.6	29.4	-50.1	0.765	54.88	107.80	175.13	0.528	0.516	0.504	0.490
1.286	32.3	29.9	-55.0	0.761	56.84	111.92	183.26	0.528	0.515	0.503	0.489
1.29	32.5	30.3	-50.6	0.757	58.80	116.13	190.90	0.527	0.515	0.503	0.487
1.30	33.4	31.2	-41.6	0.750	63.31	125.83	210.70	0.526	0.514	0.501	0.486
1.31	34.2	32.1	-33.9	0.743	68.21	137.30	229.32	0.526	0.513	0.498	0.485
1.32	35.1	33.0	-27.1	0.736	73.79	150.33	248.92	0.525	0.512	0.498	
1.33	35.9	33.9	-21.2	0.729	80.07	164.93	—	0.525	0.511	0.495	
1.34	36.7	34.7	-15.6	0.722	86.44	181.10	—	0.523	0.510		
1.35	37.5	35.6	-10.2	0.716	93.10	—	—	0.523	0.508		
1.36	38.3	36.4	-5.1	0.709	100.25	—	—	0.521	0.507		
1.37	39.1	37.3	0.0	0.702	109.07	—	—	0.521			

(2) 酸碱度。盐水对金属的腐蚀性与盐水的 pH 值有关,一般以略带碱性为好,即 pH 值在 7~9 之间,为使盐水的腐蚀作用减弱,可向其内加缓蚀剂。常用的缓蚀剂用重铬酸钠和氢氧化钠配成,其配比为每 100kg 重铬酸钠加 27kg 氢氧化钠,用量见表 3-3。

根据经验,氯化钠盐水的密度在 1.15~1.18kg/L、氯化钙盐水的密度在 1.20~1.24kg/L 之间腐蚀性最弱,使用较为适宜。总之,配制盐水时其浓度不应超过其共晶点。

在使用过程中,由于盐水与空气接触或因系统中有氨漏入盐水池,将使配好的盐水浓度稀释,或使其偏离合适的 pH 值,为此应定期检查,及时调整。

表 3-3 防腐剂与氯化钙和氯化钠之比

氯化钙溶液		氯化钠溶液	
盐水密度/(kg/L)	每 100kg 氯化钙(73%纯度) 应用重铬酸钠/kg	盐水密度/(kg/L)	每 100kg 氯化钠 应用重铬酸钠/kg
1.160	0.695	1.118	1.79
1.169	0.656	1.126	1.67
1.179	0.621	1.134	1.57
1.188	0.587	1.142	1.47
1.198	0.556	1.150	1.39
1.208	0.528	1.158	1.32
1.218	0.502	1.166	1.24
1.229	0.478	1.175	1.18
1.239	0.455		
1.250	0.453		

3.1.3 制冰主要设备

盐水制冰设备已经有标准成套设备,常用的规格为 3t/24h、5t/24h、10t/24h、15t/24h、20t/24h、30t/24h、60t/24h、120t/24h、180t/24h、240t/24h。

1. 制冰池

制冰池体是用 6~8mm 厚的钢板制成,多为长方形,主要作用是承放盐水、蒸发器和冰桶。一般是将蒸发器放置在制冰池纵向的一侧,用钢板隔离,构成盐水循环流道。池体四周及池底均设有隔热层,常用 150~200mm 软木,以减少冷量损失。为防止地坪冻结,可在池底设通风管道或做地垄墙架空。同时,在隔热层的下面或外面相应做防潮层,池上面盖有 50~60mm 厚的木盖。池体要求严密不漏水。

2. 蒸发器

常用的蒸发器有螺旋管式、V 型管式、立管式等。

3. 冰桶

冰桶用 1.5~2.0mm 厚钢板焊制而成,桶的上下两端均有钢板箍加固。为了便于脱冰,应做成上大下小的矩形,见图 3-3。常用冰桶规格见表 3-4。

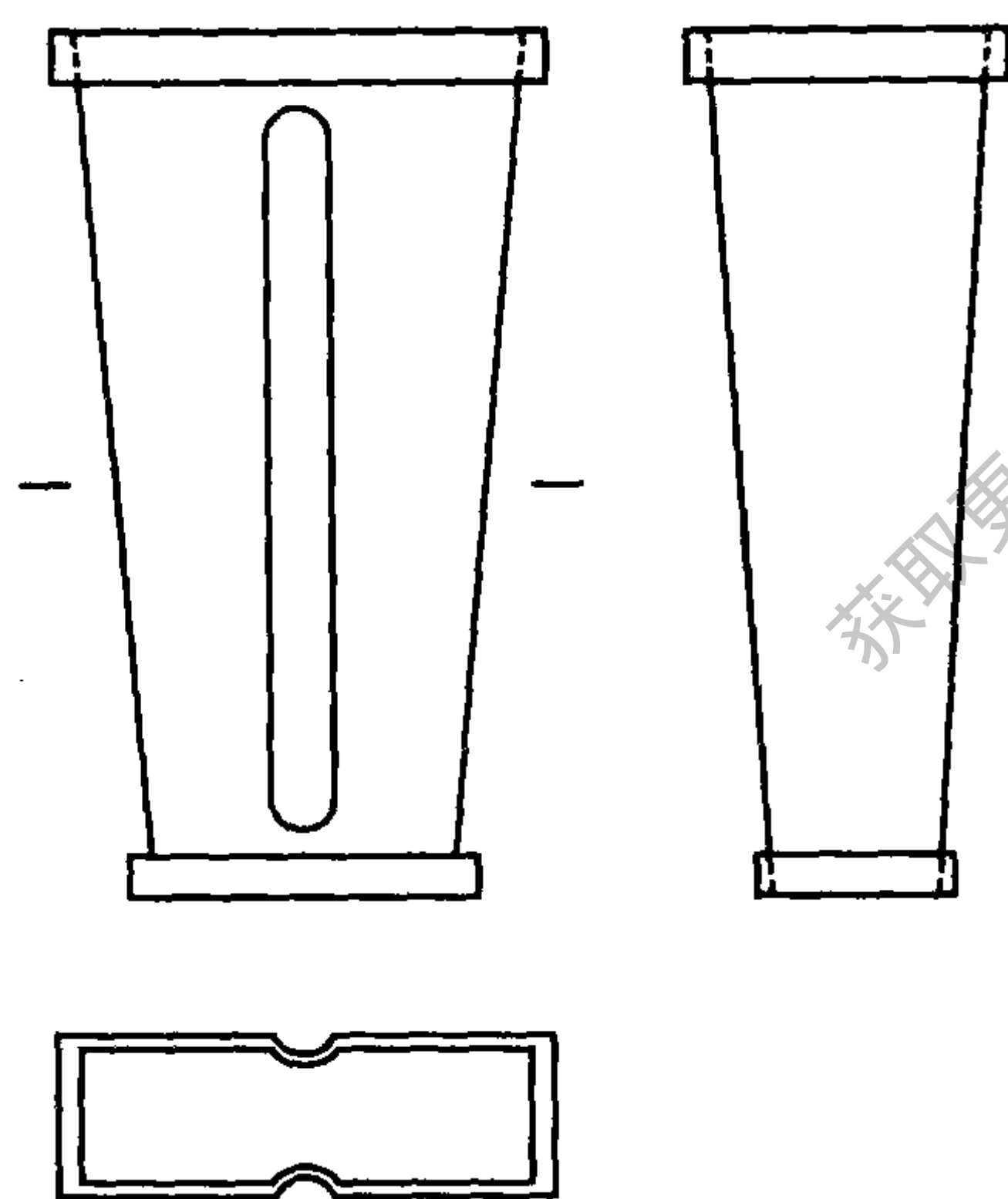


图 3-3 冰桶

表 3-4 常用冰桶规格

冰块重量 /kg	冰桶内尺寸/mm			壁厚 /mm	桶重 /kg
	上部	下部	高		
25	260×130	230×110	1100	1.5	12
35	342×115	313×123	1100	1.5	16.5
50	380×190	340×160	1100	1.5	17.2
100	500×250	466×216	1175	2.0	34
125	550×275	522×247	1175	2.0	38.6

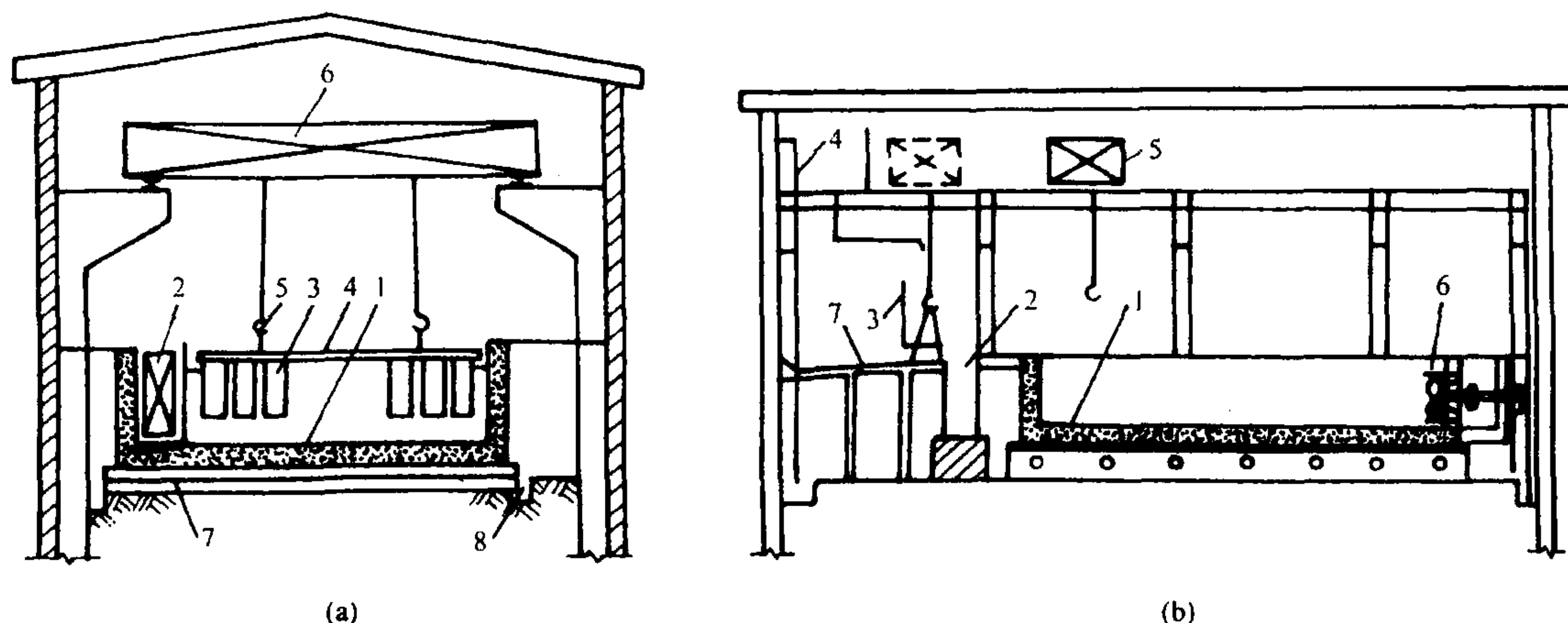


图 3-4 制冰间纵剖面 and 横断面

(a): 1—制冰池; 2—蒸发器;
3—冰桶; 4—冰桶架; 5—起吊钩; 6—吊车;
7—通风管; 8—排水沟

(b): 1—制冰池; 2—融冰池; 3—倒冰架; 4—注水器;
5—吊车; 6—搅拌器; 7—滑冰台

4. 盐水搅拌器

搅拌器有立、卧式两种。立式安装在池面上, 卧式安装在池的侧壁上。其作用是驱动池内盐水循环流动。流过蒸发器的盐水流速不小于 0.7m/s , 制冰池中冰桶间盐水流速取 0.5m/s 。

5. 冰桶架

冰桶架是用 8mm 厚扁钢制成, 用于搁置冰桶和提冰。

6. 融冰池

可用钢板或混凝土制作, 尺寸应比冰桶架大些。通常在池中设有摇摆架, 以加快冰块脱模。池上设有进水和排水管道, 以便补充高温水及排除低温水。

7. 倒冰架

多用槽钢、角钢和钢板制作, 成 L 形, 两端用轴承支撑, 靠冰桶重量和倒冰架的偏心作用翻动。两端装有平衡锤, 用以减缓倒冰时的速度和易于复位。

8. 加水器

它是根据一组冰桶架上的冰桶数来设置, 每格的容量为一个冰桶容积的 90% , 设有溢流管, 以保证冰桶加水的容量。通常用 $2\sim 3\text{mm}$ 钢板焊制而成。

9. 双构桥式吊车

用于冰桶出冰、加水、入池时的吊运。一般应能水平和垂直方向移动。对于一个制冰池设双排冰桶架时, 吊车还应能横向水平移动。纵向运动速度为 0.2 、 1.0m/s 两档、横向运动速度为 0.2 、 0.8m/s 两档。

制冰设备在制冰间的布置见图 3-4(b)。

3.1.4 盐水制冰的有关计算

1. 冻冰时间

冰的冻结时间与盐水平均温度、冰块尺寸及盐水流速有关, 可按下列经验公式计算:

$$Z = -A\delta(\delta + B)/t_y \quad (3-1)$$

式中: Z ——水在冰桶中冻结的时间, h;

δ ——冰块上端厚度, m;

A, B ——系数, 与冰块横断面长边与短边之比有关, 见表 3-5;

t_y ——制冰池内盐水温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

表 3-5 系数 A, B 值

长、短边之比	1	1.5	2	2.5	4
A	3120	4060	4540	4830	5320
B	0.036	0.030	0.026	0.024	0.023

2. 冰桶数量

冰桶数量可按下式计算, 并结合冰桶排数和每排的冰桶个数确定。

$$n = \frac{(Z + Z_g)G}{24g} \times 1000 \quad (\text{个}) \quad (3-2)$$

式中: n ——冰桶个数, 个;

Z ——冻冰时间, h;

Z_g ——操作时间, h, 一般取 0.1~0.15h;

G ——制冰能力, t/24h;

g ——冰块的重量, kg。

3. 制冰冷负荷的计算

制冰时的冷负荷包括制冰池渗入热量, 水冷却和冻结热量, 冰桶热量、搅拌器热量和脱冰时融化热量。

$$\sum Q = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5)1.15 \quad (3-3)$$

(1) 制冰池渗入热量(Q_1):

$$Q_1 = KF(t - t_y) \quad (\text{W}) \quad (3-4)$$

式中: K ——制冰池的传热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$, 取 0.58;

F ——制冰池底、壁、顶面的面积, m^2 ;

t ——制冰间空气温度($^{\circ}\text{C}$), 一般取 15~20 $^{\circ}\text{C}$;

t_y ——盐水温度($^{\circ}\text{C}$)一般取 -10 $^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 水冷却和冻结的热量。冰桶的水降至 0 $^{\circ}\text{C}$ 要放出显热, 0 $^{\circ}\text{C}$ 的水结成冰要放出潜热, 0 $^{\circ}\text{C}$ 的冰降至终温还要放出显热。所以冻冰耗冷量为:

$$\begin{aligned} Q_2 &= 1000G[C_1(t_s - 0) + L + C_2(0 - t_b)]0.2778/24 \\ &= 277.8G(C_1t_s + L - C_2t_b)/24 \quad (\text{W}) \end{aligned} \quad (3-5)$$

式中: G ——制冰池生产能力, t/24h;

C_1 ——水的比热容, $\text{kJ}/\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$;

C_2 ——冰的比热容, $\text{kJ}/\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$;

L ——水的潜热, kJ/kg ;

t_s ——制冰用过的温度, $^{\circ}\text{C}$;

t_b ——冰的终温(一般较盐水温度高 2°C), $^{\circ}\text{C}$;

0.2278——kJ/h 换算成 W 的换算系数。

(3) 冰桶的热量:

$$\begin{aligned} Q_3 &= 1000G \cdot g_d(t_s - t_y) \cdot C \times 0.2278/24g \\ &= 277.8G \cdot g_d(t_s - t_y) \cdot C \times 24g \end{aligned} \quad (3-6)$$

式中: G ——制冰池生产能力,t/24h;

g_d ——每个冰桶的重量,kg;

g ——每块冰的重量,kg;

t_s ——原料水温度, $^{\circ}\text{C}$;

t_y ——盐水温度, $^{\circ}\text{C}$;

C ——钢的比热,kJ/kg $\cdot^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 搅拌器热量:

$$Q_4 = 1000P \quad (\text{W}) \quad (3-7)$$

式中: P ——搅拌器功率,kW。

(5) 融冰的热量:

$$Q_5 = 917F_b \cdot \delta \cdot Q_2/g \quad (\text{W}) \quad (3-8)$$

式中: F_b ——每块冰的表面积, m^2 ;

δ ——冰块融化层厚度,m,一般采用0.002;

g ——每块冰的重量,kg;

917——冰的密度,kg/ m^3 。

4. 蒸发器面积的计算

盐水制冰蒸发器常用立管式、V型管式和螺旋管式三种,蒸发面积按下式计算:

$$F = Q/K \cdot \Delta t_m = Q/q_F \quad (3-9)$$

式中: F ——蒸发器传热面积, m^2 ;

K ——蒸发器传热系数,W/ $\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$,取465;

q_F ——蒸发器单位面积负荷,取2300,W/ m^2 ;

Δt_m ——制冷剂和载冷剂之间对数平均温差,4~ 6°C 。

5. 盐水搅拌器流量

盐水搅拌器流量可按下式计算:

$$q = \omega_y f \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (3-10)$$

式中: q ——盐水搅拌器流量, m^3/s ;

ω_y ——盐水流速,蒸发器管间取0.7,冰桶间取0.5m/s;

f ——蒸发器或冰桶间盐水流通的净截面积, m^2 。

3.2 快速制冰及设备

快速制冰设备是制冰业的发展方向,与盐水制冰设备相比,具有冻结快、设备小巧、占地少、投资小、无腐蚀、成套性强等诸多优点。

以前的快速制冰设备主要有,桶式快速制冰和沉箱管组式快速制冰。最近几年又出现了

管冰机和片冰机。

3.2.1 桶式快速制冰

1. 原理与流程

(1) 原理。桶式快速制冰采用指形蒸发器和冰桶组成的直接蒸发式冰桶，氨液在冰桶夹层和指形蒸发器内同时蒸发，直接吸收冰桶内水的热量，使冰桶内壁和指形蒸发管上同时结冰，从而大大加速了冻结过程，达到快速制冰的目的。图 3-5 为桶式快速制冰系统原理图。

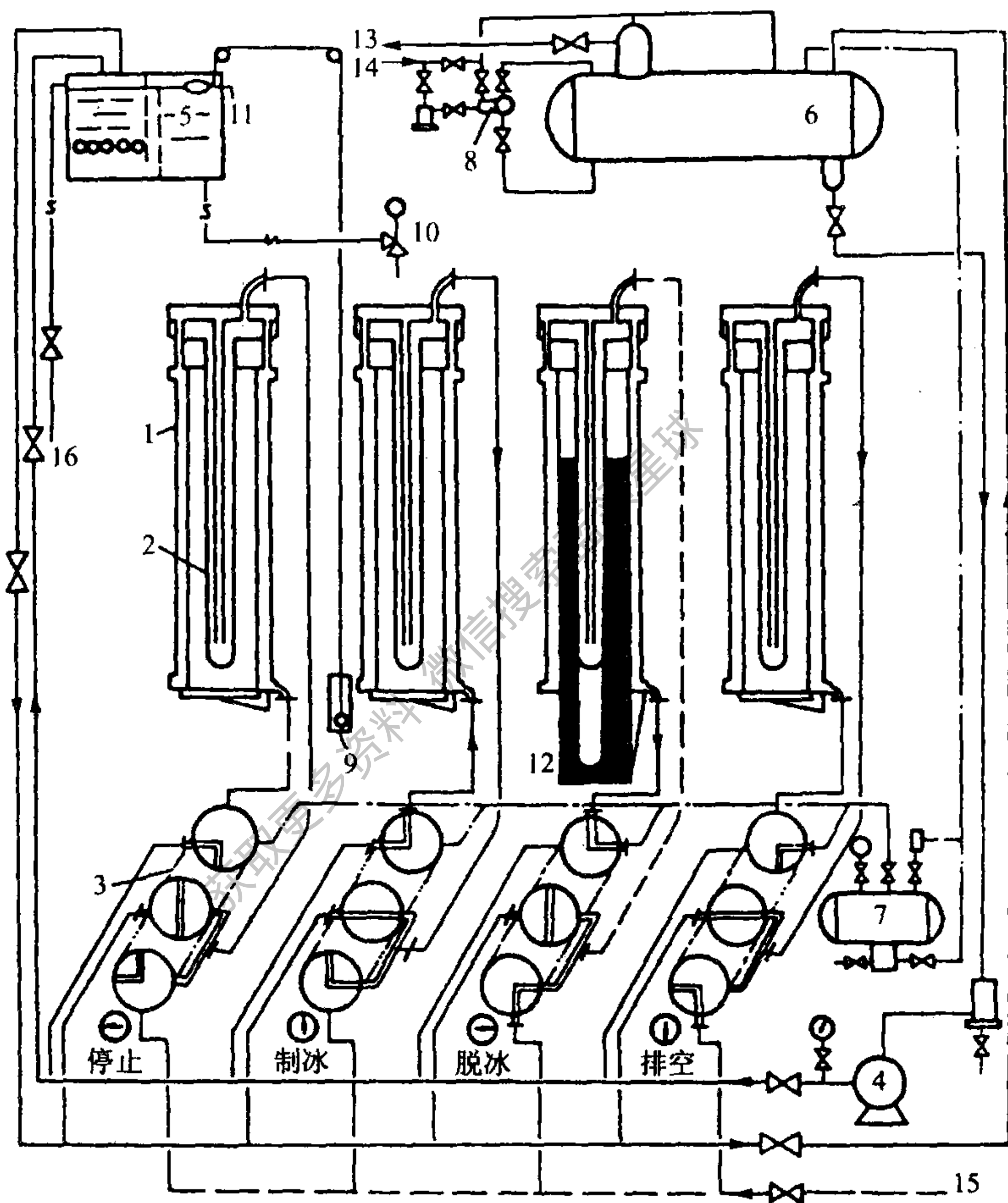


图 3-5 AJB-15/24 桶式快速制冰机原理

1—冰桶；2—指形蒸发器；3—多路阀；4—氨泵；5—预冷器水箱；6—低压循环桶；
7—排液桶；8—浮球阀；9—水位计；10—拉线给水阀；11—溢流管；12—冰块；
13—吸入管；14—供液管；15—热氨管；16—上水管

(2) 制冰工艺流程：

① 预冷水过程。当水箱充满一组冰桶所需要的水时，经装在水箱中蒸发器吸热降温，使水温降至 $6\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，即可加入冰桶。

② 冰桶加水过程。向冰桶加水以前，必须首先使冰桶底的弹簧活动底盖密封。因此必须首先向冰桶中加少量的水，使冰桶壁和底盖都被润湿，同时将多路阀转至“制冰”位置，使氨液进入桶壁夹层蒸发吸热，桶壁和底盖的润湿水都冻结，起密封桶底的作用；然后徐徐将水加入冰桶。

③ 制冰过程。氨液连续不断由氨泵经多路阀送入冰桶夹层,经夹层顶部进入指形蒸发器顶部集氨器上夹层,再进入指形蒸发器内套管,转入内外套管之间的夹层,然后上升至集氨器的下夹层,由回气管经多路阀进入氨液分离器。在此过程中,氨液逐渐蒸发吸热,冰桶内壁和指形蒸发器外壁同时结冰,并向周围发展,直到全部冻透结成冰块,大约需时 90~100min。

④ 脱冰过程。当冰块结成以后,即可将多路阀转向“脱冰”位置,此时氨泵供液通路切断,热氨通路接通,热氨经多路阀由冰桶组的回气管进入冰桶组,最后从冰桶组的进液管经多路阀,将氨液排至排液桶。在此过程中,指形蒸发器的外壁和冰桶内壁的冰层被溶开,冰块借自重推开弹簧底盖落在托冰小车上。

⑤ 运冰过程。托冰小车载着一组冰桶脱下的四块冰,借运冰装置驱动,将冰块运向翻冰架,冰块经滑道进入贮冰间。

2. 主要部件

以 AJB-15/24 型桶式快速制冰机为例,主要部件有:

(1) 冰桶。共 24 个,分成 6 组,每组 4 个,用 1.5~2mm 钢板焊制而成。上部断面 $175 \times 270\text{mm}^2$,下部断面 $195 \times 290\text{mm}^2$,高 1200mm,冰桶四周有空夹层,供氨液蒸发,桶底有弹簧活动底盖,供出冰。

(2) 指形蒸发器。由 11 根 $\Phi 18$ 和 $\Phi 10$ 无缝钢管制成套管组,每个冰桶配一组,并与冰桶夹层相连通。

(3) 多路阀。由阀芯、阀体等组成,具有组合阀特点,有 6 个接口,起着 6 个普通截止阀的作用。在制冰过程中,控制制冰时的供液和回气,脱冰时的热氨和排液,脱冰后的排空及停车时的关闭。

(4) 氨泵。单级叶轮泵,流量 $3\text{m}^3/\text{h}$,功率 1.1kW。

(5) 预冷水桶。水箱内装有预冷蒸发器,使原料水先经预冷再进冰桶。

(6) 其他部件。还包括有氨液分离器、排液桶、托冰车和翻冰架、配电箱、系统管路及阀门。

主要技术参数为:

制冷剂蒸发温度	-15°C
预冷后的水温	$6\sim 10^\circ\text{C}$
产冰量	15t/24h
冰块重量	50kg/块
出冰次数	13 次/24h
压缩机耗冷量	87~104kW/h

3.2.2 沉箱管组式快速制冰

沉箱管组式快速制冰,是一种比较简易的制冰设备,比较适用于小型冷库。

1. 原理与流程

沉箱管组式快速制冰,是将指形蒸发器管组与沉箱组合,沉浸在水池中,氨在指形蒸发管组内蒸发吸热,指形管外壁即结冰。九根或八根指形管所结的冰互相联结成为整体,即为一块冰。因指形管外面是水,每块冰的外形和重量只是大致相同。

指形蒸发管为双重套管,制冰时氨液在套管夹层中蒸发,氨气由内管中回去。脱冰时热氨

气由内管中进入。指形管组的供液总管和回气总管装于密闭的沉箱中。沉箱顶盖有一夹层，脱冰时热氨进入夹层，即可将冰块的端面与沉箱融开，同时，进入指形管的热氨将冰块与指形管融开，冰块即浮至制冰水池的水面。沉箱夹层边缘四周有一圈水管，制冰时自来水经常流过，水流带来的热量即可阻止沉箱夹层的侧面结冰。一般情况下，通过这一圈水管加入制冰水池中的水量，应能与制冰生产量平衡，以使制冰水池的水位保持相对稳定。

沉箱端部设透气管，与回气管连通。透气管上装压力表，观察压力表显示压力的变化，可以帮助判断沉箱内的管道在使用过程中是否有渗漏。

沉箱管组的平、剖面图可见图 3-6。

一般每一个沉箱可以组装 5~6 组指形管。当结冰部分指形管的高度为 750mm，冰块横断面为 $300 \times 300\text{mm}^2$ 时，每块冰的重量约 50kg。

当氨蒸发温度为 -15°C 时，冻结时间约 4h。

2. 主要部件

沉箱管组式快速制冰装置主要由指形蒸发管沉箱，制冰水池和制冷系统组成。

(1) 指形蒸发管沉箱。它由 9 根套管构成的指形管组和带有供液集管、回汽集管、脱冰夹层和水管的沉箱组成。

(2) 制冰水池。它是容纳指形蒸发管沉箱和制冰用水的小池，应维持一定的水平，以满足制冰和浮冰的需要。

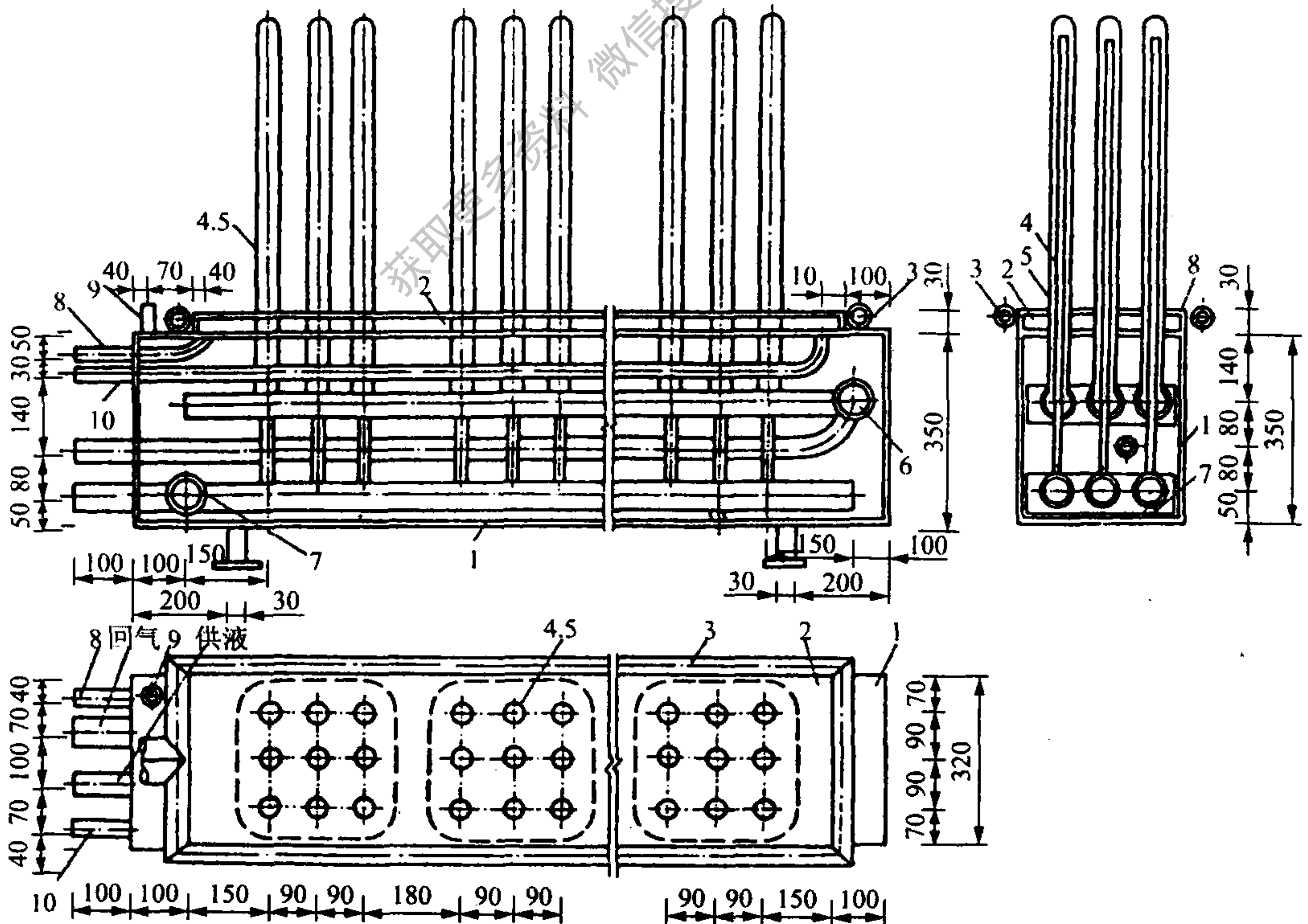


图 3-6 沉箱管组

1—沉箱；2—脱冰夹层；3—水管；4—内套管；5—外套管；
6—供液集管；7—回气集管；8—夹层热氨管；9—透气管；10—夹层排液管

3.2.3 管冰机

管冰机是一种间歇产冰装置,与盐水制冰相比,它具有结构紧凑、占地面积少、生产成本低、高效节能等优点。

1. 制冰原理

管冰机的结构如图3-7所示,由蒸发器、低压贮液器、水泵、水箱、旋转刀片等组成。蒸发器的形状与立式冷凝器相似,有一直立的圆筒形钢制外壳,两端有封板,封板之间焊有多根通径为50mm的无缝钢管——制冰管。制冷剂在制冰圆筒内管壁之间蒸发吸热,制冰水从上部经分流器沿管子内壁呈薄膜状往下流动,受管壁外面的制冷剂冷却,冻结成冰。开始时为冰壳,不断制冷,冰壳层逐渐加厚成为冰管,如果继续结冰就成为冰柱。冰层达到需要的厚度后,停止供水,蒸发器停止供液,通入热氨气将蒸发器内氨液排入低压贮液器,并开始用热氨脱冰,使管壁外的冰层融化,冰管脱离管壁后,由于自重而往下降落,此时在制冰机下部的旋转刀片作用下,往下落的冰管被切成一定长度的小冰管,通过滑台排出制冰机外。冰管全部下落后,将氨液从低压贮液器压回蒸发器,对蒸发器重新供液,蒸发器重新开始制冰。

蒸发器内的供液与排液由浮球阀和低压贮液器等装置自动调节,制冰用水由水泵不断循环供给。

制冰机的蒸发器高度为3~4m,生产的管冰外径50mm,壁厚10~15mm,长50~80mm。管冰的冻结时间约为15min,冻结成冰柱的时间约为40min,排液和脱冰时间约为10min。

2. 制冷系统

管冰机采用重力供液系统,高压氨液制冷剂经膨胀阀节流后进入低压贮液桶,低压贮液桶设置在制冰机的上方,氨液靠重力供入制冰机内。管道的连接见图3-8。

3.2.4 片冰机

片冰机是一种能快速、连续制取片冰的机械,它广泛适用水产渔业上鱼类保鲜、食品冷藏、冷饮以及水利、化工、轻工、医药等需要用冰的部门。

1. 特点

- (1) 机器结构紧凑、体积小、占地省。
- (2) 机器连续快速制冰,随制随用,不需破碎。
- (3) 片冰表面干燥,过冷,可以贮藏使用,不会结成大块。
- (4) 建造费用省,周期短。
- (5) 操作简便,节省劳动力。

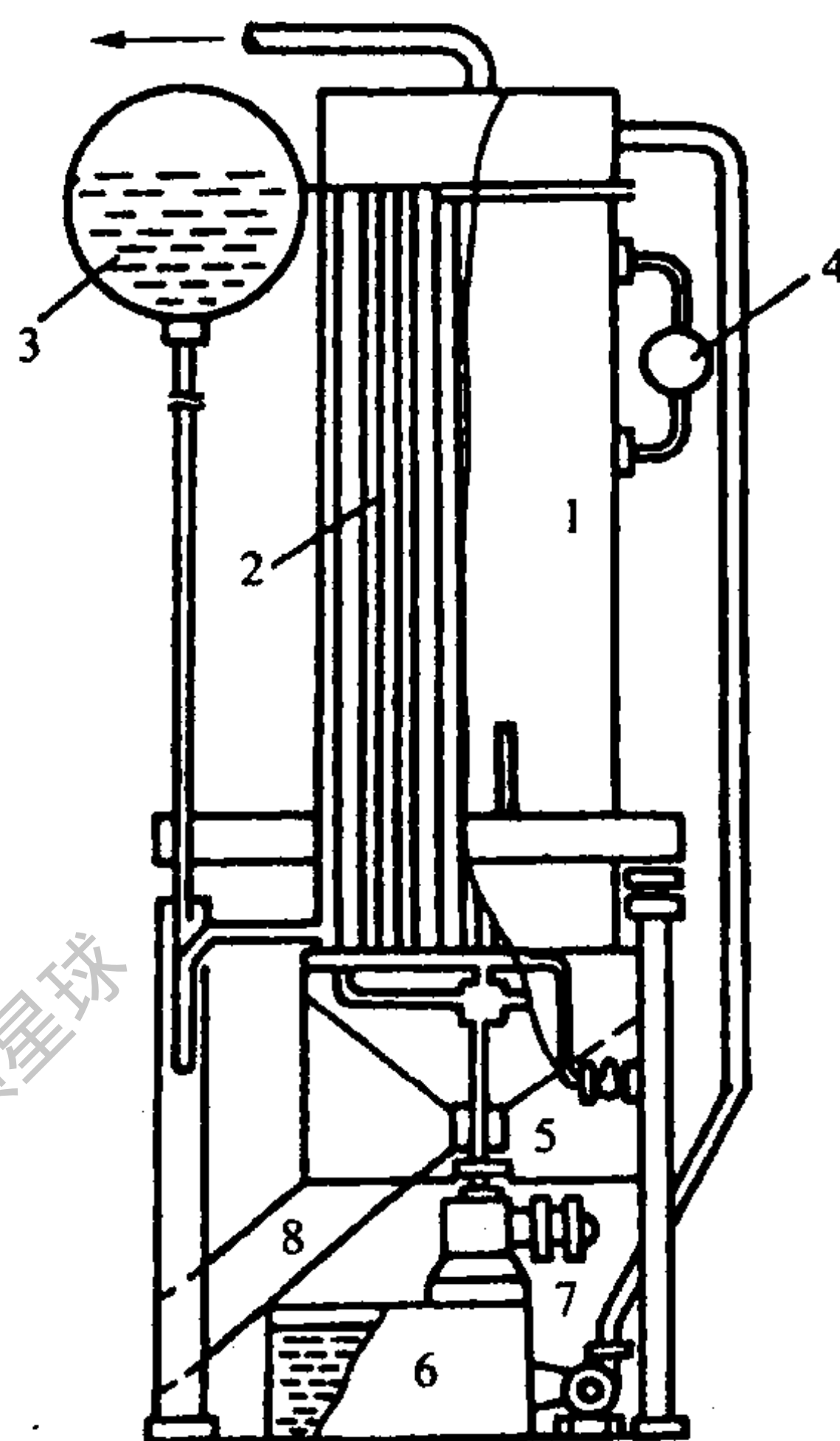


图3-7 管冰机

1—机体;2—制冰管;3—低压贮液器;
4—浮球阀;5—旋转刀片;6—水箱;
7—水泵;8—滑冰台

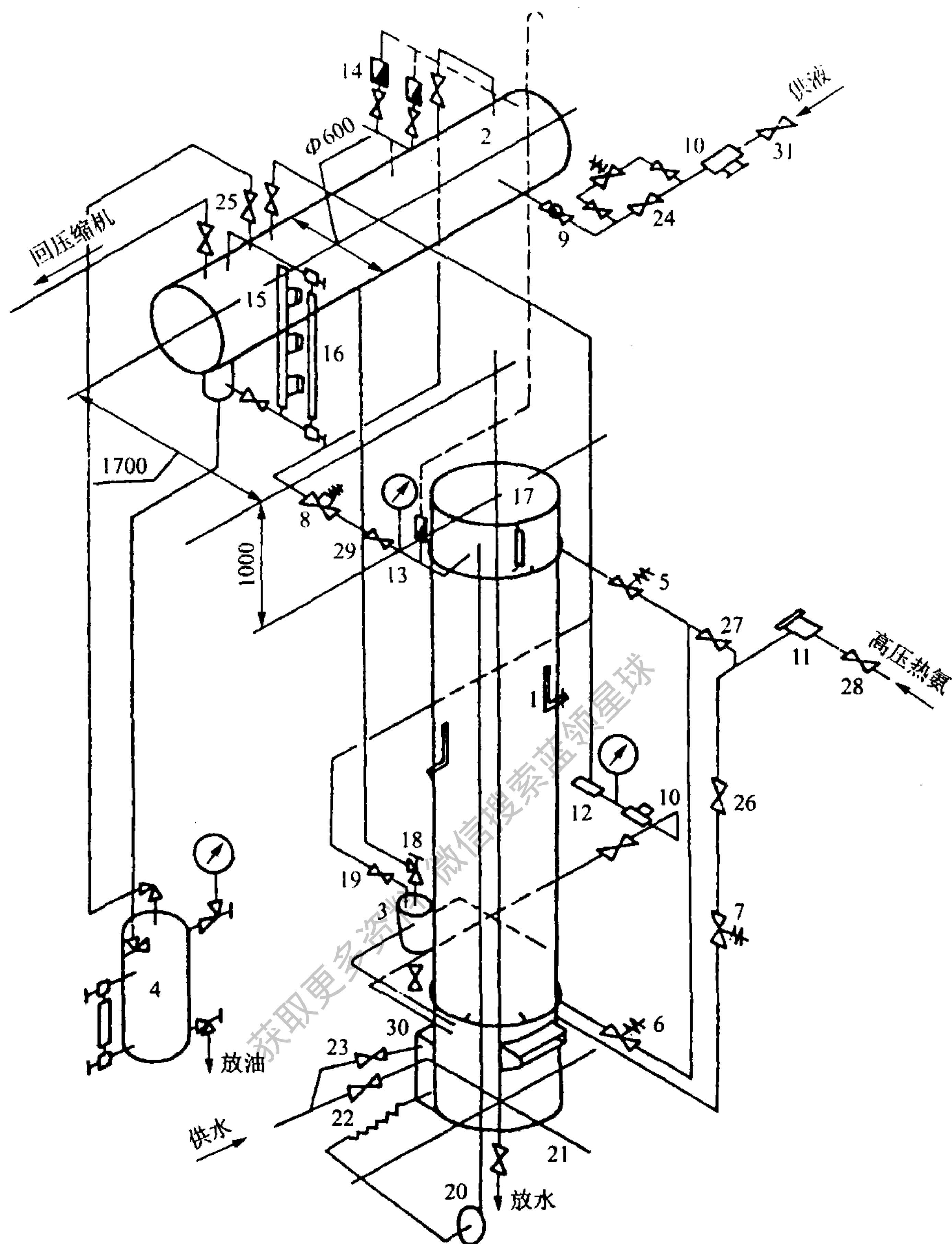


图 3-8 管冰机系统原理图

- 1—制冰器；2—贮液桶；3—集气阀；4—集油器；5—上加热阀；6—下加热阀；7—底部加热阀；
 8—主阀；9—节流阀；10—氨液过滤器；11—氨气过滤器；12—节流阀；13—压力表；
 14—安全阀；15—浮球液位控制器；16—液位计；17—浮球液位控制器；18—截止阀；
 19—截止阀；20—水泵；21—放水阀；22—供水阀；23—供水阀；24—供液旁通阀；25—截止阀

(6) 制取片冰温度低，表面干燥，能均匀地与冷却食品接触、冷却效果好。

(7) 片冰洁净、冰鲜食品卫生。

2. 工作原理

低温低压液体制冷剂从制冰机空心轴内部的进液管进入，经分配器进入螺旋状的圆筒蒸发器，制冷剂在蒸发器吸热气化使周围水得到冷却，低压蒸气回气管由空心轴的夹层回气至制冷压缩机。如此不断地循环，产生连续的制冷效应，使与结冰圆筒接触的水温急剧下降凝结成冰，并附在圆筒表面上，随着圆筒的旋转，冰被冰刀轧碎落下。国产 PBL-2×112 型片冰机采

用氨作为制冷剂,氨泵强制供液。

3. 主要部件

(1) 结冰圆筒。冰机结冰圆筒采用双筒立式布置,立式旋转的结冰圆筒是冰机的主要工作部件,冰筒为一夹套形结构,冰筒外层材料为不锈钢板,内层材料为普通钢板,筒的夹套通道截面应能保证氨液在一定流速下进行吸热气化。结冰圆筒两端用不锈钢板封牢,由筒中心的空心轴支承,形成一个密闭的整体。

(2) 轧冰刀。轧冰刀刀刃呈螺旋状,其刀体用 $D76 \times 7\text{mm}$ 无缝钢管制作,刀刃为硬质不锈钢条,轧冰刀依靠冰层摩擦带动。刀刃同圆筒应保持一定的间隙($0.1 \sim 0.15\text{mm}$)并使其轴心与旋转筒轴平行。

(3) 传动机构。由 2.2kW 的电动机带动减速器、减速器带动结冰圆筒旋转。减速器采用双级齿差式行星变速器,其总速比为 702。

(4) 输水装置。设有专用水箱、制冰原料水为淡水,制冰水由水泵输入淋水管,直接淋浇于圆筒外表面。

(5) 配套部件。应另行配套制冷压缩机组及辅助设备。

4. 主要技术性能(国产 PBL-2×112 型)

形式	立式双结冰圆筒
生产能力	30t/24h
冰厚	1.5~2.5mm
冰温	$-5^{\circ}\text{C} \sim -11^{\circ}\text{C}$
制冷剂	氨
制冷剂蒸发温度	$-18 \sim -22^{\circ}\text{C}$
水箱进水温度	低于 15°C
标准工况耗冷量	273kW
结冰圆筒转速	1.02r/min
传动结冰圆筒功率	$2.2\text{kW} \times 2$
电机转速	720r/min
进液管直径	$\Phi 70\text{mm}$
回气管直径	$\Phi 108\text{mm}$
外形尺寸	$2510 \times 1580 \times 211(\text{mm})$
重量	约 6t

国内外几种片冰机的性能比较见表 3-6。

表 3-6 各国片冰机性能比较

国别	型号	产冰量 /(t/24h)	外形尺寸(长×宽×高) /m×m×m	实际耗冷量 /kW	吨冰耗冷量 /(kJ/h)	重量 /t
丹麦	A20	20	$4.25 \times 2.45 \times 3.32$	116.3	502.416	9.8
日本	TPI-1001	10	$2.19 \times 2.19 \times 2.17$	70.8	611,942	
(原)苏联	JTrr-20	24	$11.1 \times 5.1 \times 4$	174.45	628,020	11
英国	HALL MARK-20	20	$2.52 \times 2.79 \times 3.4$	102.3	442,120	4.16
中国	PBL-2×112	30	$2.51 \times 1.58 \times 3.01$	156.9	456,579	6.2

思考题和习题

1. 什么叫盐水制冰？制冰池中的盐水为什么要流动？
2. 盐水制冷要哪些主要设备？其用途是什么？
3. 什么叫快速制冰？有哪些方法？

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

第 4 章 水汽电供给及污水处理

4.1 冷库供水

冷库供水包括下列各种用水：制冷压缩机和冷凝器冷却用水、制冰用水、融霜用水、气调设备冷却用水、加湿器用水、饲养用水、清洗食品用水、冷却食品用水、冻结食品脱盘和镀冰衣用水、生活用水和消防用水等。

4.1.1 水温、水质要求

1. 水温

制冷设备冷却用水和水温应不高于下表的规定(见表 4-1)。

表 4-1

设备名称	进水温度/°C	进出水温差/°C
制冷压缩机	30~32	5~10
立式冷凝器	≧31	2~3
卧式冷凝器	≧29	4~6
淋浇式冷凝器	≧31	2~3
融霜用水	15~25	
催化燃烧降氧机	<32	

2. 水质

生活用水、清洗食品及制冰用水应符合我国《生活饮用水卫生标准》，见表 4-2。

设备冷却用水、融霜用水不能腐蚀和污染设备，其水质应符合表 4-3 的规定。

取海水作为设备冷却水水源时，应采取措施防止海水对管道、设备的腐蚀及贝藻类在管道中附着寄生或造成堵塞。

设备前的进水压力一般应达 0.15~0.20MPa，但不大于 0.3MPa。

表 4-2 生活饮用水标准

编号	项 目	标 准
	感官性状指标：	
1	色	色度不超过 15 度，并不得呈现其他异色
2	浑浊度	不超过 5 度

(续表)

编号	项 目	标 准
3	嗅和味	不得有异臭,异味
4	肉眼可见物	不得含有
	化学指标:	
5	pH 值	6.5~6.8
6	总硬度(以 CaO 计)	不超过 250mg/L
7	铁	不超过 0.3mg/L
8	锰	不超过 0.1mg/L
9	铜	不超过 1.0mg/L
10	锌	不超过 1.0mg/L
11	挥发酚类	不超过 0.002mg/L
12	阴离子合成洗涤剂毒理学指标	不超过 0.3mg/L
13	氟化物	不超过 1.0mg/L, 适宜浓度 0.5~1.0mg/L
14	氰化物	不超过 0.05mg/L
15	砷	不超过 0.04mg/L
16	硒	不超过 0.01mg/L
17	汞	不超过 0.001mg/L
18	镉	不超过 0.01mg/L
19	铬	不超过 0.05mg/L
20	铅	不超过 0.1mg/L
	细菌学指标:	
21	细菌总数	1mg 水中不超过 100 个
22	大肠杆菌	1L 水中不超过 3 个
23	游离性余氯	在接触 30min 后应不低于 0.3mg/L

表 4-3 设备冷却用水的水质要求

指 标	最大允许含量	备 注
浑浊度/(mg/L)	50~100	洪水期 100~200
硫化氢/(mg/L)	0.5	
铁/(mg/L)	0.3	
硫酸钙/(mg/L)		
暂时硬度/(度)	≠15~20	上限用于卧式和淋浇式冷凝器
pH	7~8	下限用于立式冷凝器

4.1.2 用水量估算

1. 冷凝器冷却水量按冷凝热负荷进行计算

$$G_w = \frac{3.6 \sum Q_k}{1000 \Delta t c} \quad (4-1)$$

式中： G_w ——冷却用水量，t/h；

$\sum Q_k$ ——冷凝热负荷，W；

Δt ——冷凝器进出水的温差， $^{\circ}\text{C}$ ；

c ——水的比热容， $c=4.1868, \text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ；

3.6——W 换算成 kJ/h 的系数。

在粗略估算冷却水量时，可采用下式：

$$G_w = FA \quad (4-2)$$

式中： F ——冷凝器的传热面积， m^2 ；

A ——冷凝器单位面积冷却水用量， $\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。见表 4-4

表 4-4 冷凝器单位面积冷却水用量

冷凝器形式	$A / (\text{t}/\text{m}^2 \cdot \text{h})$	备注
立式壳管式	1.0~1.7	$\Delta t=2\sim3^{\circ}\text{C}$
卧式壳管式	0.5~0.9	$\Delta t=4\sim6^{\circ}\text{C}$
淋浇式	0.8~1.0	补充水量为循环水量的 10%~12%
蒸发式	0.15~0.20	补充水量为循环水量的 5%~10%

2. 压缩机气缸冷却水量

制冷压缩机的气缸冷却水量一般可采用产品样本规定的数值，当缺少资料时可按下式计算：

$$G_j = \frac{3.6 N_e \xi}{1000 C \Delta t} \quad (\text{t/h}) \quad (4-3)$$

式中： G_j ——压缩机气缸冷却水用量，t/h；

N_e ——压缩机轴功率，W；

ξ ——冷却水移热量占全部热量的百分比，一般取 0.13~0.18；

Δt ——气缸水套进出水温差，一般为 5~10 $^{\circ}\text{C}$ ；

c ——水的比热容， $c=4.1868(\text{kJ}/\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ；

3.6——W 换算成 kJ/h 的系数。

在粗略估算时，每 1kW 制冷量需冷却用水 13~22kg。

3. 冷风机融霜用水量

一般可按产品样本提供的数值，也可采用下式进行计算：

$$G_s = 0.035 F \cdot 20/60 \quad (\text{t/次}) \quad (4-4)$$

式中： G_s ——融霜用水量， $\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{次})$ ；

0.035——冷风机融霜用水定额，t/h；

F ——冷风机换热面积, m^2 ;

20——融霜时间, min。

在粗略估算中,一般可按 $10kg/(m^2 \cdot \text{次})$ 计算。

4. 其他生产用水量

可按定额进行计算:屠宰猪清洗 $200 \sim 250kg/\text{头}$,水产品清洗 $3 \sim 3.5m^3/t$,制冰用水 $1.1m^3/t$,冲洗地面用水 $3 \sim 6kg/(m^2 \cdot \text{次})$ 。

5. 生活用水量

职工生活用水量的多少与当地气候条件、人们的生活习惯和卫生设施数量有关,可按表 4-5 进行计算。

表 4-5 各种设施的生活用水量

项 目	单 位	用水量/L	小时变化系数
家属宿舍	每人每日	30~250	1.7~3.0
集体宿舍	每人每日	50~150	2.5
办公室	每人每班	10~25	2~2.5
幼儿园、托儿所	每人每日	25~50	2~2.5(不住宿)
厂校	每人每日	10~30	2~2.5
食堂	每人每餐	10~15	1.5~2
理发室	每人每次	10~25	1.5~2
浴室	每人每次	40~90	1.5~2.0 淋浴人数按 60% 计
车间职工	每人每班	25~35	2.5~3.0

6. 消防用水量

消防用水量及水压应符合公安部颁布的《关于建筑设计防火原则规定》,冷军品按生产的火灾危险性分类属于戊类,不设库内消防。但氨制冷机房属乙级防火,且有防爆要求,应设计房内消防水管。对于生产性冷库(如肉联厂)要考虑消防设施,一般室外用水量为 $10 \sim 25L/s$,水枪充实水柱不小于 $10m$,室内消防用水量为 $5L/s$,水枪充实水柱不小于 $7m$ 。在计算冷库给水总量时可不计消防用水量,万一发生火警,可调整生产和生活用水量加以解决。

4.1.3 水源选择

冷库用水的来源一般有以下几种:

① 地面水。指江河、湖水。它们的水量大,取水方便,费用较低,水中溶解物质少。缺点是浑浊度和细菌含量较高,须经过净水设备处理后方可使用。

② 地下水。指深井水或浅井水,水质较清,细菌含量少,水温较低且常年恒定,取水费用也较低。由于打井和取水设备价格较贵,故它的初次投资较高,且水中无机盐的浓度较高,应进入软化处理后使用。水质和水量也因地而异。

③ 城市自来水。优点是可以直接使用,基建投资很少,缺点是要得到自来水主管部门的允许才能大量使用,而且水价较高,经常性费用大。

④ 水源选择的原则。水源选择时,应符合冷库用水对水质、水温和水量的要求,并结合当地气象资料、所用冷凝器型式、供水方式、水冷却设备等条件,经过详细的技术经济比较来确定。选用水源时,应尽量避免或减少进行水质处理,如必须进行水质处理时,应同时作出水处理的技术方案。

沿海地区只有在不易取得地下水和地面水时,才允许选用海水作为水源。

4.1.4 冷凝器冷却用水的供水方式

根据冷却用水的水源情况和用水量的大小,供水方式一般可分为两种。

1. 直流式供水系统

这种系统比较简单,一般在水源的水量充足、水温适宜、排水方便的地区可优先考虑采用。冷却水从水源用水泵送到有关设备中经过换热后直接排入下水道或农用灌溉系统,见图4-1。

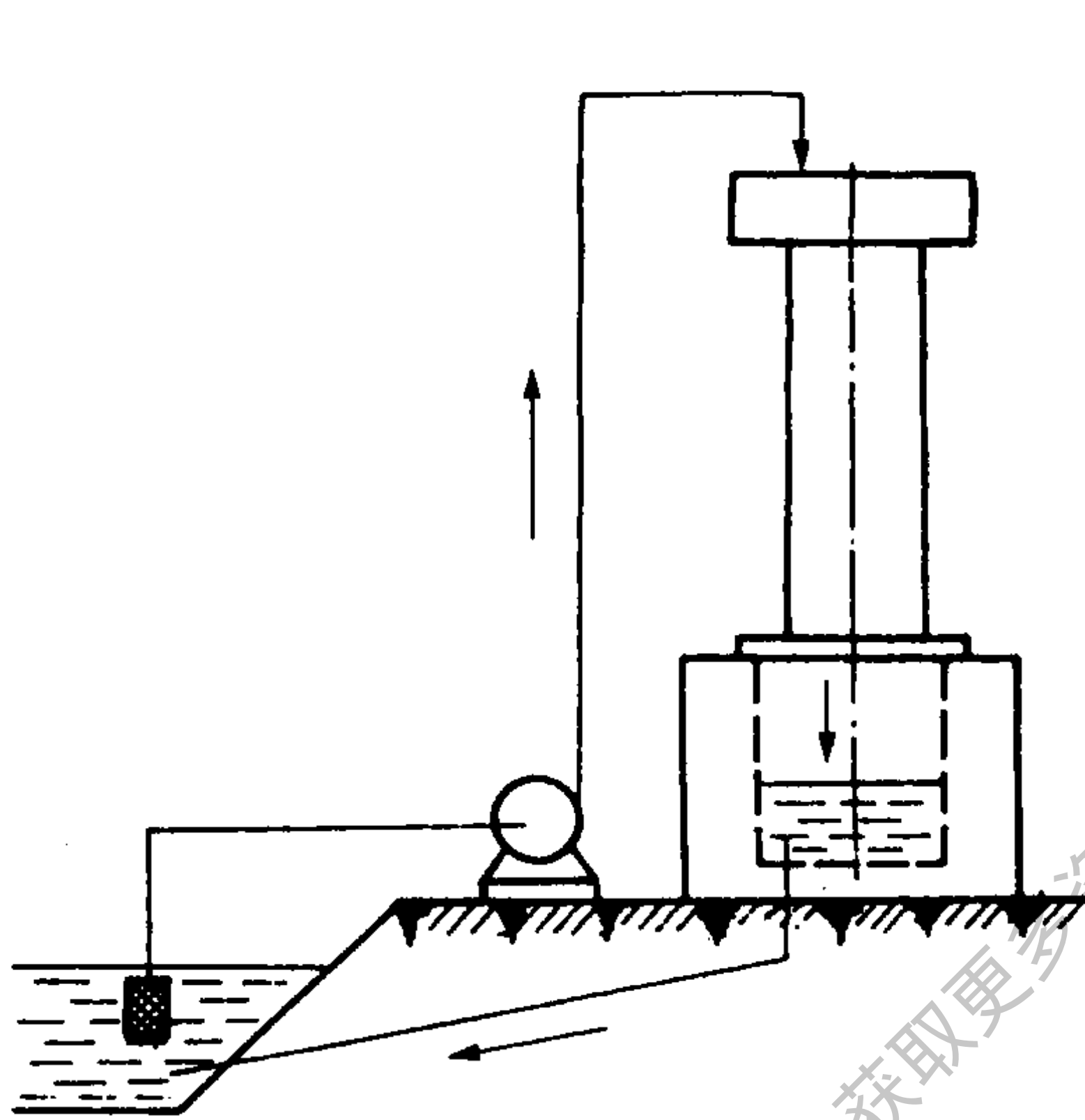


图 4-1 一次供水系统

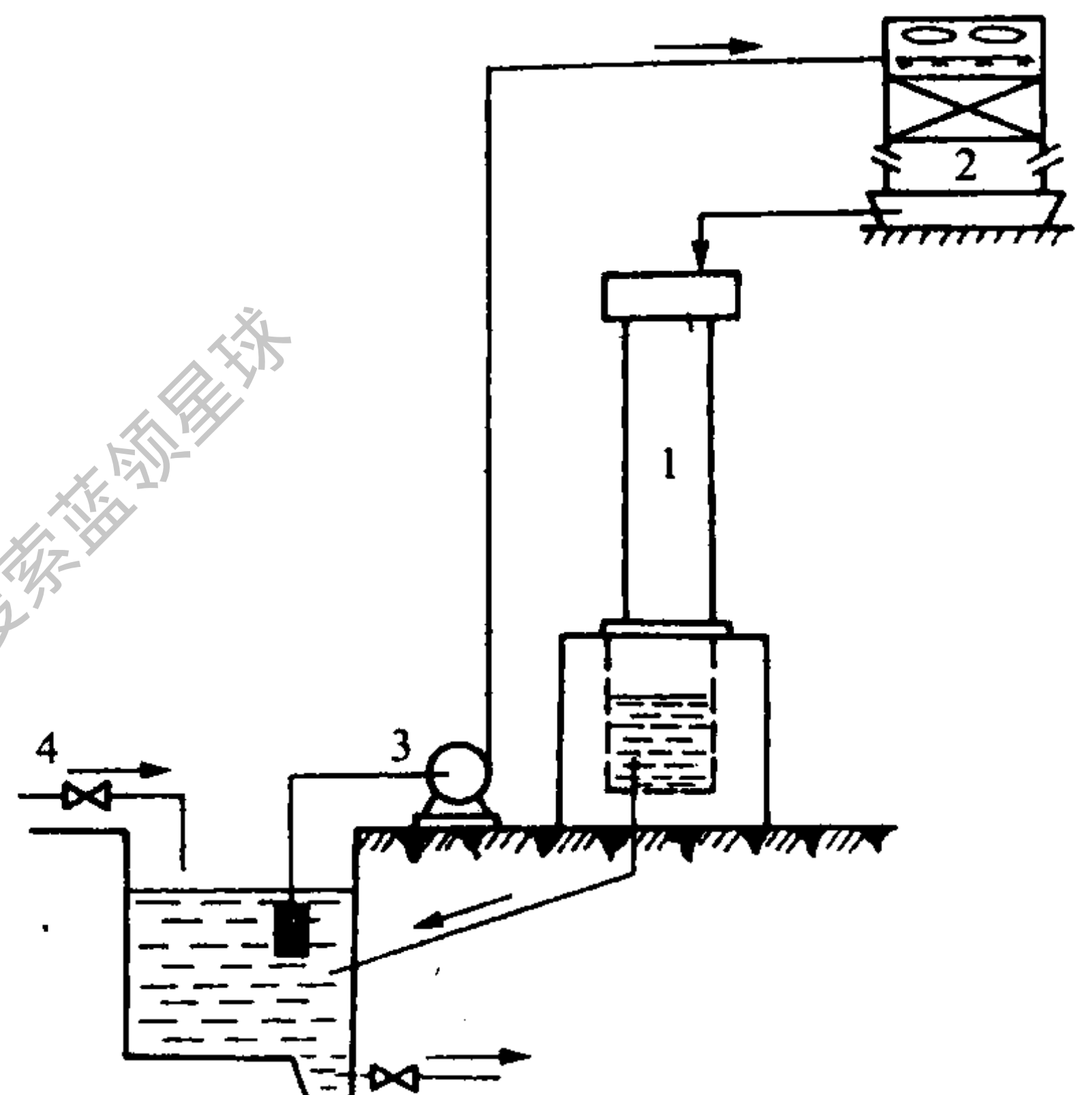


图 4-2 循环供水系统
1—立式冷凝器;2—冷却塔;3—水泵;4—补充水源

2. 循环供水系统

这种系统的冷却用水经过水冷却设备冷却后循环使用,只需补充少量水。它适用于水源水量较少、水温较高的地区,但它需增设水冷却设备(或构筑物),见图4-2。对于淋浇式冷凝器和蒸发式冷凝器的循环用水,不需另设冷却设备。

另外,为了节约用水和利用温度较低的融霜排水,可采用综合循环用水方案,其示意图见图4-3。

冷库中普遍采用循环供水系统,水质稳定,节能效果好。

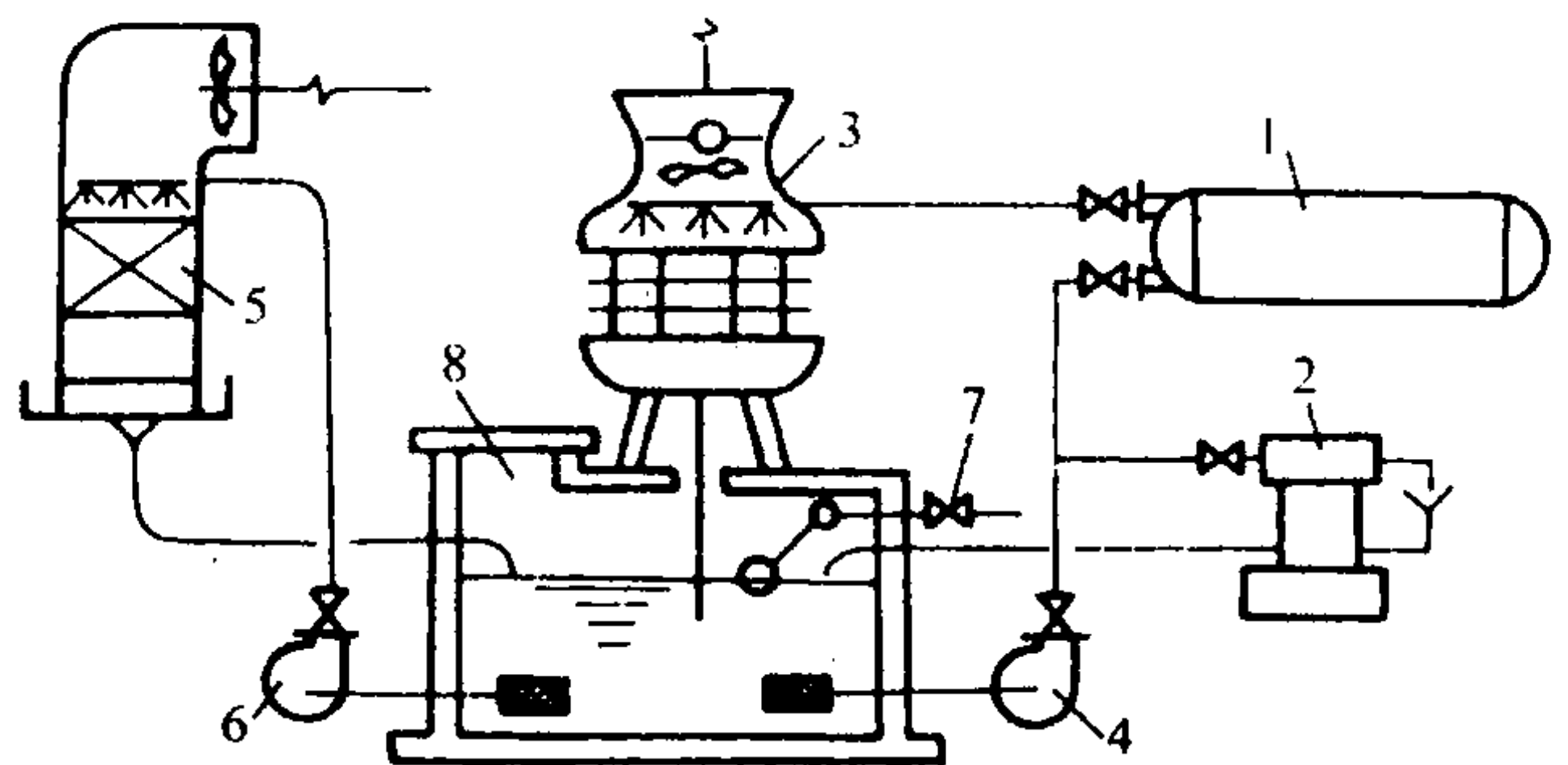


图 4-3 综合循环用水示意图
1—冷凝器;2—压缩机;3—冷却塔;4—冷却水循环泵;
5—冷风机;6—融霜水泵;7—补给水;8—水池

4.1.5 循环供水的冷却方式

循环用水的冷却是通过水与空气接触、由蒸发散热、接触散热和辐射热三个过程共同作用的结果。这三种散热过程所起的降低水温作用,因空气的物理性质不同而异。在春、夏、秋三季内,室外气温较高,蒸发散热起主要作用;在最炎热的夏季,它的散热量可达总散热量的90%以上。在冬季,由于气温降低,接触散热的作用增大,从夏季的10%~20%增加到50%,严寒情况下甚至可达70%。辐射散热量主要由温差的大小而决定,因温差较小,故一般可忽略不计。由于循环水的冷却是按夏季气温高的不利条件考虑的,所以冷却装置的计算主要以水的蒸发散热为基础。

冷库中常用的水冷却装置有以下三种类型:

- ① 喷水池。人工或天然的水池(池塘、湖泊),池面上装有带喷嘴的水管,水历经喷嘴呈涡流喷出,借流动空气冷却后,落入水池。见图4-4(a)。
- ② 自然通风冷却塔(开放式冷却塔)。见图4-4(b)。
- ③ 机械通风冷却塔。对于机械通风冷却塔,按空气流向不同,又可分为横流式与逆流式两种。见图4-4(c)。

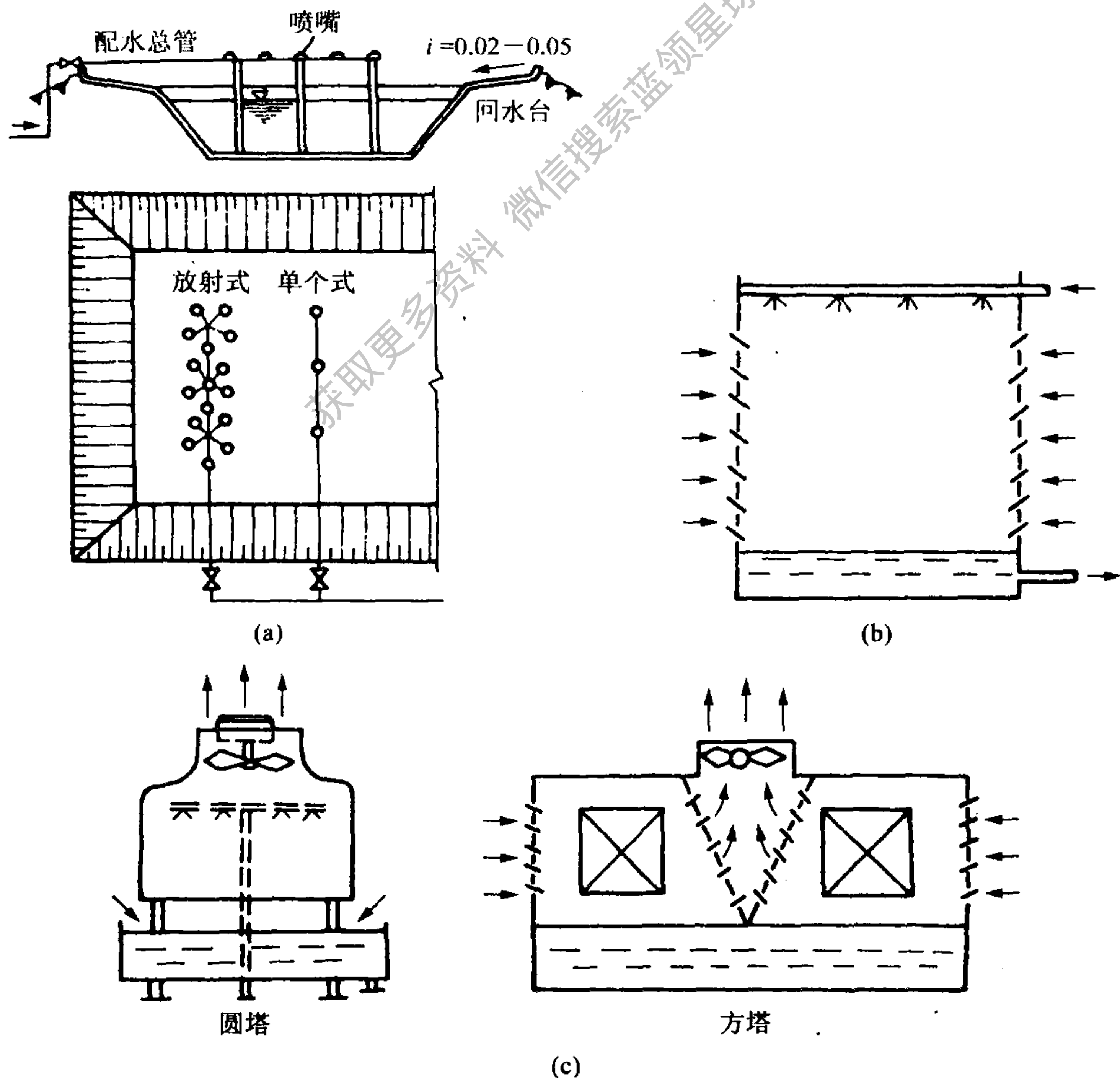


图4-4 各类冷却塔示意图

横流式:空气从横向进入塔内进行换热的形式称为横流式。其优点为:高度矮、体积小、结构与配水装置简单、空气进出口方向可任意选择,有利于布置。当处理水量在 100t/h(单台)以下时,采用横流式较合适。缺点为填料利用效率差,热交换比逆流式低些。

逆流式:空气从底部进入塔内,与水流方向相反而进行换热的形式称为逆流式。其优点为热交换性能好,占地面积小。逆流式冷却塔以多面进风的形式最为普遍。

现在使用最广泛的是逆流式圆形玻璃钢冷却塔,它具有耐腐蚀、耗电省、噪声小、轻巧、布水均匀、气流组织好、冷却性能高等特点,是较理想的水冷却设备。

各种冷却装置的优缺点和适用条件、技术指标可见表 4-6、表 4-7。

表 4-6 各种冷却构筑物的优缺点和适用条件

名称	优点	缺点	适用条件
喷水池	结构简单,造价低,可就地取材	占地面积大,风吹损耗大,有水雾影响附近交通	要有足够大的开阔场地,冷却水用量小
开放式冷却塔	造价较其他冷却塔,冷却效果较喷水池高	冷却效果受风力影响,冬季形成水雾,风吹损耗较其他冷却塔大	气候干燥、风速较大地区,冷却水用量较小,对冷却后的水温及其稳定性要求不高
自然通风冷却塔	冷却效果较开放式冷却塔稳定,且受风的影响小,风吹损耗小,占地较小	造价高,冬季维护困难,不适用于高温高湿地区	适于空气湿球温度 $\tau < 22^{\circ}\text{C}$ 场合
机械通风冷却塔	冷却效果高,也较稳定,布置紧凑,风吹损耗小,造价较自然通风冷却塔低	耗电多,机械设备维护较复杂,鼓风式冷却塔的冷却效果易受塔顶排出热湿空气回流影响	气温、湿度较高地区,场地狭窄、通风条件不良,对冷却后的水温及其稳定性要求严格

表 4-7 冷却构筑物技术指标

名称	淋水密度 $q/(\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h})$	冷却水温差 $\Delta t/^{\circ}\text{C}$	冷却幅度 $(t_2 - \tau)/^{\circ}\text{C}$
喷水池	0.7~1.2	<5~10	大于水温差
开放式冷却塔	喷水式	1.5~3.0	<10~5
	点滴式	2.0~4.0	
自然通风冷却塔	喷水式	≤ 4	>7~10
	点滴式	$\leq 4\sim 5$	
	薄膜式	$\leq 6\sim 7$	
机械通风冷却塔	喷水式	4~5	允许很大
	点滴式	3~8	
	蜂窝式	10~12	
	点波式	>12	
	斜波式	>12	

4.1.6 净水设备

使用地面水为水源时,须使用净水设备对水源进行处理。

新型的净水设备将传统的混凝、沉淀、澄清、过滤等净化工艺过程紧密地组合在一起,具有处理效果显著、水质好、长期运行稳定、投资省、投产快等优点。处理源水的浊度在 500 度以下(短期内可处理 1000 度以下源水),处理后的水质浊度小于 5 度,符合国家规定的生活饮用水卫生标准。

常用净水设备的规格、性能见表 4-8。

表 4-8 净水设备规格及性能

型 号	处理水量 /(m ³ /h)	源水浊度 /(mg/L)	出水浊度 /(mg/L)
ZJS-3	3	<500	<5
ZJS-5	5	<500	<5
ZJS-10	10	<500	<5
ZJS-15	15	<500	<5
ZJS-20	20	<500	<5

1. 构造原理和工艺流程

该装置由进水定量箱、机械搅拌反应池、斜管沉淀池、快滤池、虹吸出水管组成。

源水由水泵吸入,同时吸入混凝剂和消毒剂,经水泵混合,流经定量箱进入机械搅拌反应池,然后经斜管沉淀池把澄清水和活性泥渣分离,澄清水经快滤池过滤即可得到清水。

净水设备的工艺流程见图 4-5。

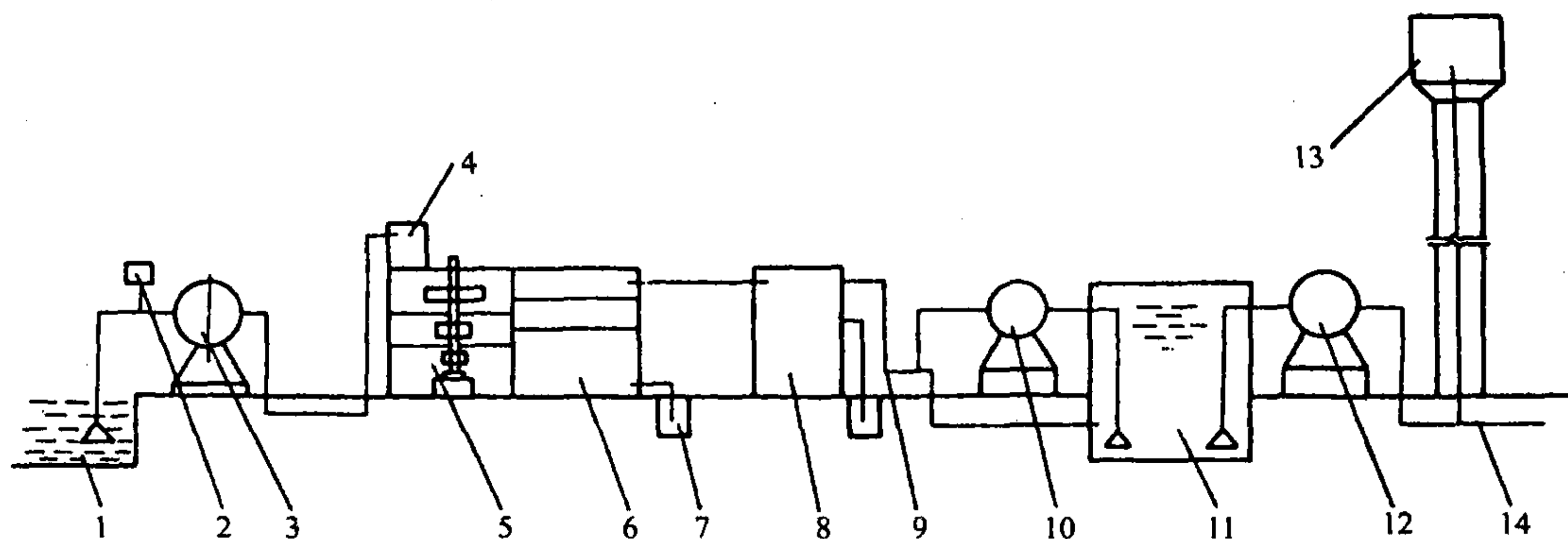


图 4-5 净水设备工艺流程示意图

1—源水;2—投药器;3—进水泵;4—进水定量箱;5—机械搅拌反应池;6—沉淀池;7—排泥沟;
8—快滤池;9—虹吸出水管;10—反冲洗泵;11—清水池;12—出水泵;13—水塔;14—输出水管

2. ZJS-20 型净水器的主要技术参数

常用的净水器 ZJS-20 型主要技术参数见表 4-9。

表 4-9 ZJS-20 型净水器主要技术参数

序号	名称	技术参数	序号	名称	技术参数
1	净水流量	20m ³ /h	8	清水上升流速	2mm/s
2	进水源水	<500mg/L	9	沉淀停留时间	15min
3	反应时间	16min	10	冲洗浊度	14l/(m ² ·s)
4	搅拌转速	18r/min	11	冲洗时间	2min
5	斜管上升流速	4mm/s	12	冲洗压力	3×10 ⁵ Pa
6	颗粒沉降速度	0.3mm/s	13	进水工作压力	>10 ⁵ Pa
7	滤速	2.8mm/s	14	冲洗周期	8~16h

4.2 污水处理及排放

4.2.1 污水的种类、水质和水量

1. 生产性冷库(肉联厂)的污水

(1) 生产污水。无油脂污水:来自宰前淋浴、屠宰、烫毛、厂房地坪冲洗;油脂污水:来自家禽家畜解剖、胴修、副产品加工、洗油和油脂加工;胃房污水:来自剖洗胃房工序,污水内含大量未消化食物等;清洗食品污水:来自整理间或理鱼间;家禽家畜粪便污水:来自候宰间、饲养栏和洗车场;制药污水:来自脏器剂车间;

(2) 生活污水。来自办公楼、宿舍、车间卫生设施、洗衣房、锅炉房、食堂、浴室等厂内福利设施。

(3) 生产废水。冷却水:采用直流式供水的冷凝器、压缩机冷却排水;融霜水:采用直流式供水的冷风机融霜排水;制冰排水:来自制冰间。

肉联厂库区污水排放情况示意图见图 4-6。

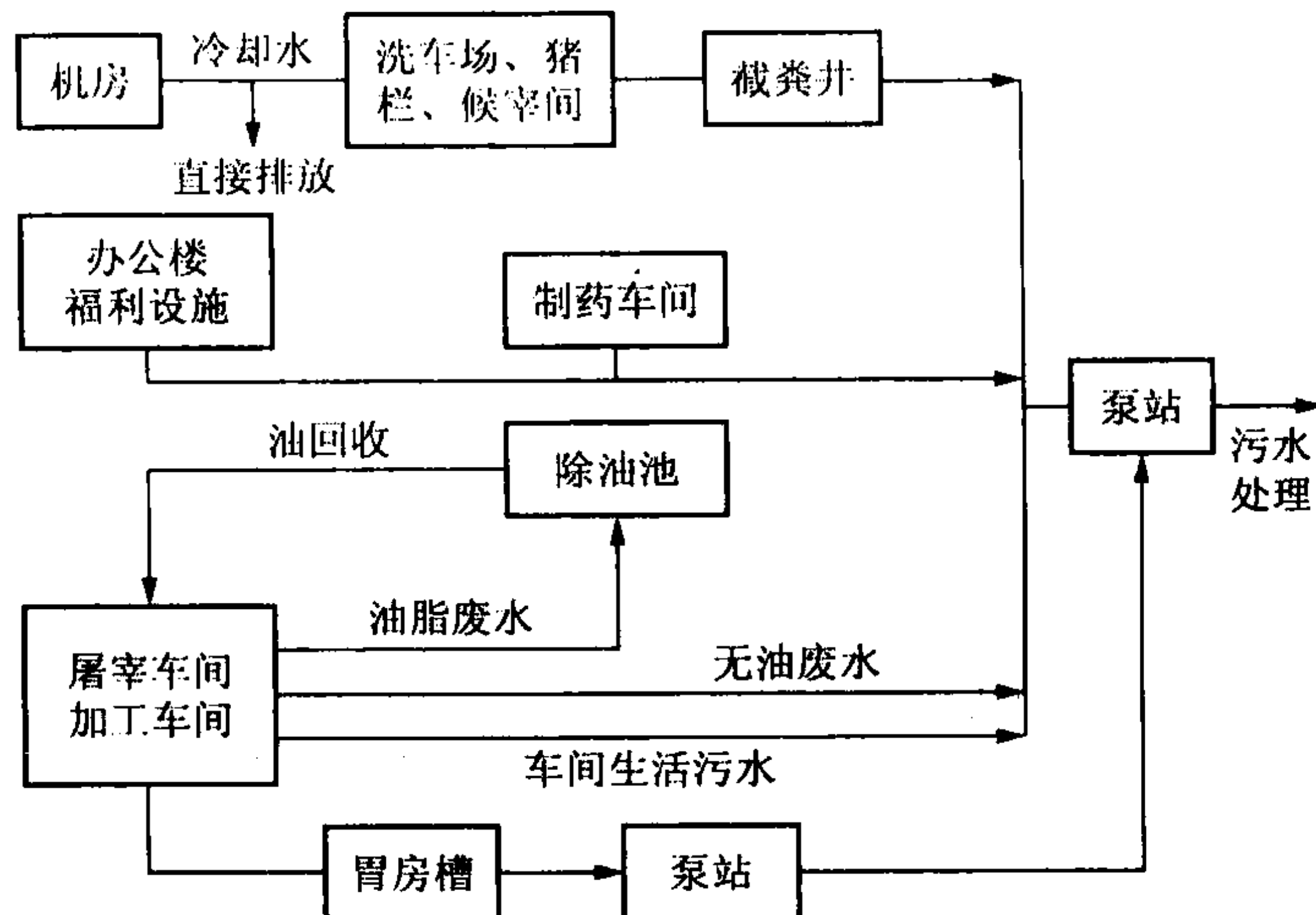


图 4-6 肉联厂库区排水情况示意图

2. 污水的水质与水量

混合污水含有大量的有机物和氮、磷、钾肥分,而且不含有毒物质,经过适当处理后可用于灌溉农田和养鱼。混合污水的化验结果见表4-10。

污水水量大致为:猪饲养废水 $0.015\sim 0.025\text{m}^3/(\text{头}\cdot\text{日})$,屠宰猪 $0.2\sim 0.3\text{m}^3/\text{头}$,油脂废水 $0.3\sim 0.35\text{m}^3/\text{头}$,屠宰羊 $0.13\sim 0.15\text{m}^3/\text{头}$,屠宰牛 $0.9\sim 1.4\text{m}^3/\text{头}$,淋浴水 $40\text{L}/(\text{人}\cdot\text{班})$,车间生活污水 $25\sim 35\text{L}/(\text{人}\cdot\text{班})$,居住区生活污水 $40\sim 100/(\text{人}\cdot\text{日})$ 等。

表4-10 冷藏库混合污水水质指标

序号	项目	单位	猪废水	牛羊废水
1	pH	mg/L	7.2	7.6~8.5
2	总碱度	mg/L	334mg/L	7.3~9.35mg 当量/L
3	总固体	mg/L	1580~1740	1131~2960
4	悬浮物	mg/L	573~710	360~1300
5	五日生化需氧量	mg/L	471~840	453~710
6	氨态氮	mg/L	32~68.5	23.4~85.6
7	总氮	mg/L	179~207	23~36
8	磷酸盐	mg/L	47~78.4	55~116
9	钾	mg/L	24~27	25~48
10	硫酸盐	mg/L	25.5~46.6	23~36
11	氯化物	mg/L	49~203	96~210
12	钙	mg/L	24~52.8	60~91
13	镁	mg/L	22.3~30.6	30~40
14	钠	mg/L	45~85.6	
15	油脂	mg/L	115~262	

4.2.2 库区内排水管道的设置原则

库区排水管网一般采用污水、雨水分流系统。雨水一般采用地面明沟直接排放。

屠宰车间内污水在排入局部处理设施以前的管段多采用宽而浅的明沟,上加铸铁篦子盖,以便随时清除沉渣,避免淤积。

融霜排水管的坡度不小于2%,在通过高温库、川堂等处时应考虑防止结霜措施。

室外排水一般采用混凝土管,其管顶埋设深度一般不宜小于0.7m,如在严寒地区其管顶应在冰冻线以下0.4~0.6m。由于冷库污水中含固形物、油脂较多,为防止淤寒,管道设计流速宜大于0.8m/s,最小管径不小于200mm,并采用5%的坡度。检查井的间距不宜大于15m。

4.2.3 局部处理设施和污水泵房

在屠宰车间的劈半、剖腹、拆肠等有冲洗水处应设集油槽,随时回收含油脂污水表面的油脂。集油槽的原理是降低污水流速和改变流向,并利用油脂比水轻的特点收集浮在水面上的油脂。集油槽可用薄钢板焊制,其容积一般可按10~15min的冲洗水量来确定,构造形式可参照图4-7所示。

胃房(即猪肚)中未消化的食物如带入污水中,易使排水管道堵塞,因此在翻胃时应将胃房物单独排除运走,冲洗胃房的污水也要经过设在车间外污水排出处的截留井处理。截留井的构造形式可见图4-8,其沉淀区容积可按最大小时流量停留10min,沉渣区容积可按全日沉渣

量 20%~30% 计。每日沉渣量以全日胃房污水量的 10% 计。

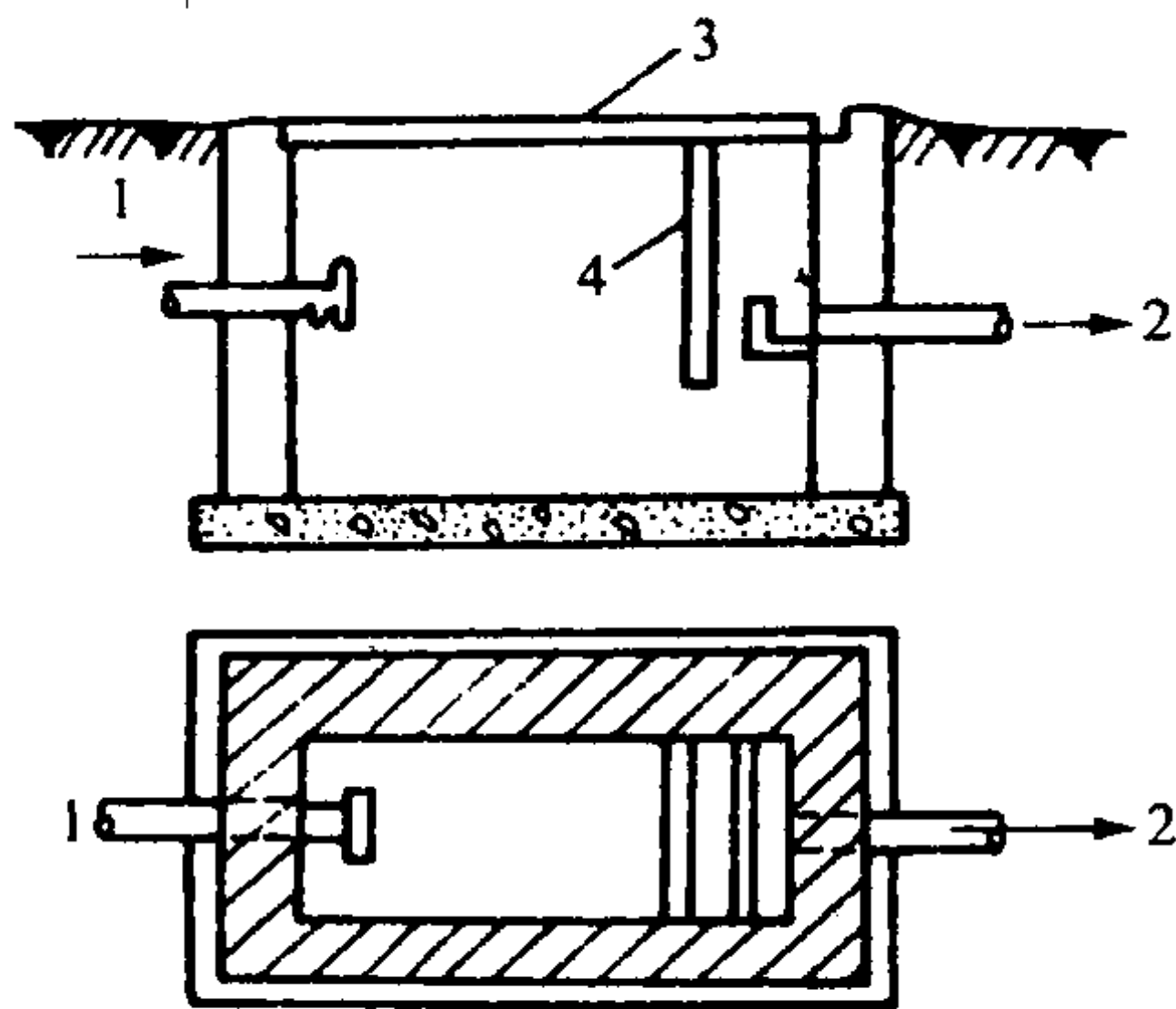


图 4-7 集油槽

1—进水管；2—出水管；3—盖板；4—隔板

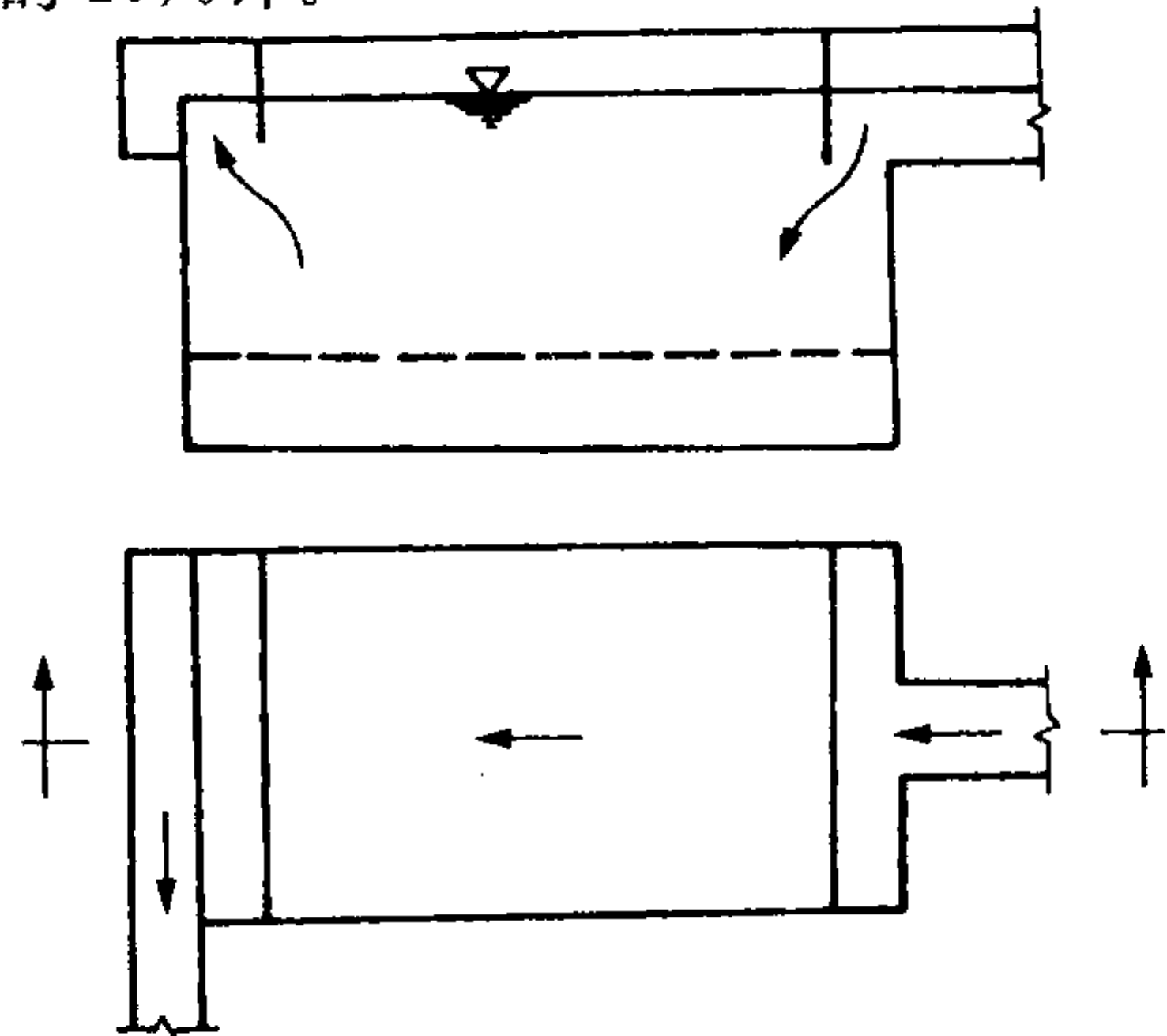


图 4-8 截留井

为了防止排水管道阻塞,饲养栏各猪圈冲洗污水排出处均应设置截粪井。截粪井的构造可参见胃房物截留井的型式,其沉淀区的容积可按各猪圈冲洗时排水量停留 10min 计,其沉渣区可按全日沉渣量 40%~50% 及每日清理次数决定。全日沉渣量以全日饲养废水量的 10% 计。

污水泵房的型式根据地形、气温、水泵型号等条件综合考虑。水泵机组的计算水量按最大时流量设计;污水泵房内应设一台与最大出水量相同型号的备用泵。污水池进口须设格栅,以除去废水中所含的大块固形物和杂质。如集中处理设施中采用水力循环式厌氧接触池时,为避免喷嘴受阻,可在格栅后加设格网。污水池的有效容积一般不小于最大一台水泵 5min 的出水量。

4.2.4 废水处理

肉联厂经常采用的废水处理构筑物有:

1. 厌氧塘

它的厌氧条件下利用厌氧性活性污泥的生物吸附消化作用处理废水,一般适用于气候温暖地区,并有单个或几个天然池塘可资利用的地方,厌氧塘设计停留时间可采用 24h,即它的容积等于日废水量。厌氧塘宜建成长方形塘,进水应从池塘一端的底部进入(如能多处分散进水更好),从另一端溢流出水。出水堰前应设障板,以挡住浮渣,障板淹没深度为 0.5~1m。塘深宜采用 2~5m,深塘处理效果比浅塘好,多级塘处理效果比单级好,夏季比冬季好。当停留时间为 24h、 BOD_5 负荷 $486\sim 580\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ (属强污水)时,处理效果可除去 37%~48% BOD_5 和 51%~66% 的悬浮固体。废水经厌氧塘处理后无明显臭气,适宜于灌溉农田。3~6 月清理一次污泥。

2. 厌氧接触池

系在厌氧消化条件下,利用厌氧性活性污泥的生物接触吸附作用处理废水。它较厌氧塘占地面积小,池身周围应填土保温,寒冷地区应置于室内。厌氧接触池的构造见图 4-9,废水从底部进入,流经污泥区,与厌氧活性污泥接触,产生生物吸附作用,再进入沉淀区,沉淀后从出水堰溢流排出。设计停留时间按最大日废水量停留 8h 计,即池水容积等于最大日废水量的三分之一。直径与池深的关系可取 $H=1.1\sim 1.3D$,中心管直径 d_0 采用 200~400mm。停留时间 8h,在夏季的处理效果为去除 BOD_5 48%,冬季可去除 29%。废水处理后可用于农田灌溉,一般 10~20 日排泥一次。

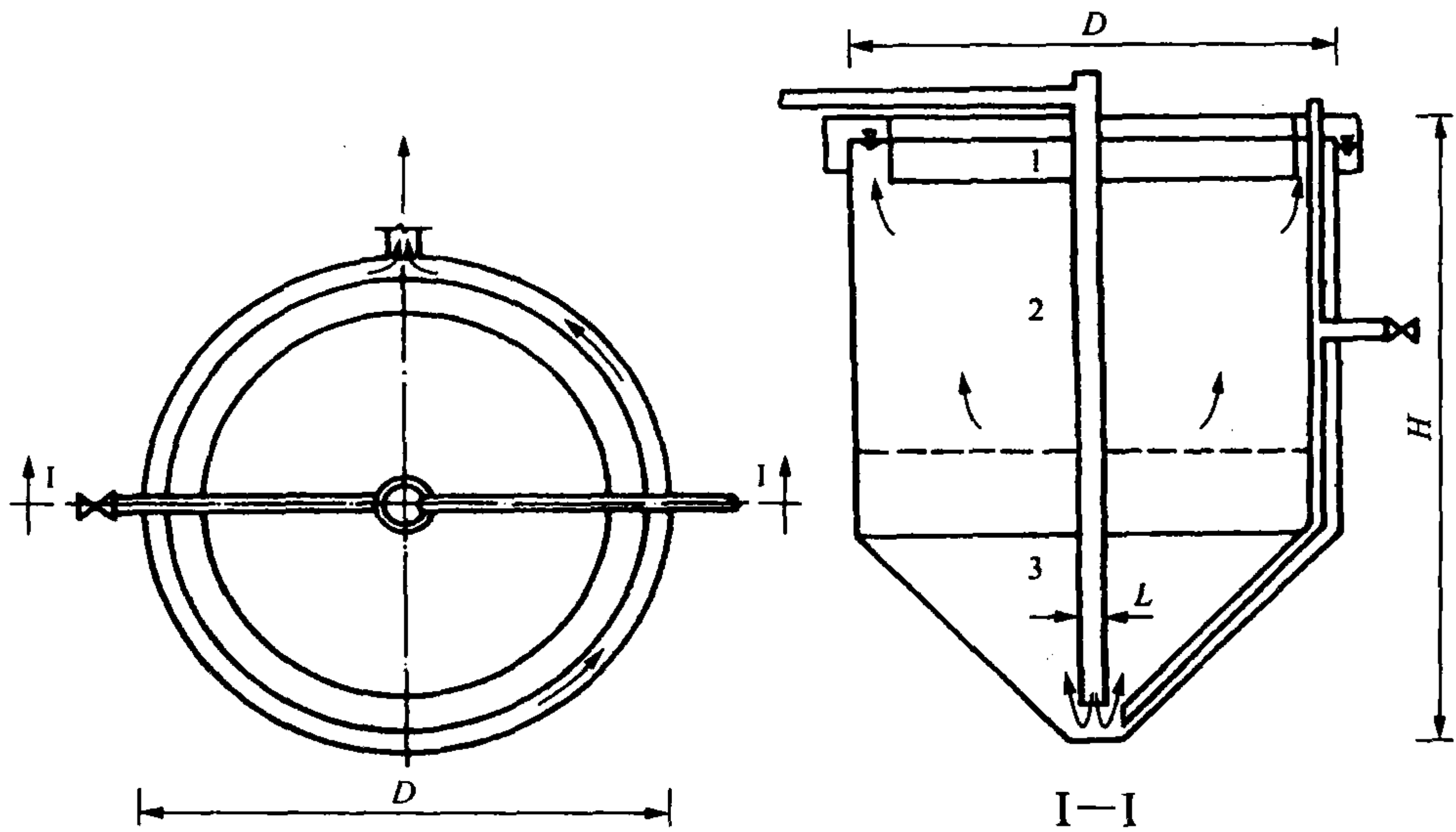


图 4-9 厌气接触池
1—浮渣区；2—沉淀区；3—污泥区

3. 厌气塘及氧化塘

可利用单个或多个天然池塘或砖砌池组成，混合废水经厌气塘处理后流入氧化塘，见图 4-10。氧化塘平均水深可为 0.6~1.5m。氧化塘的处理作用在于塘中繁殖藻类所产生的光合作用，其处理效果一般夏季高、冬季低。当在厌气塘停留一天，氧化塘停留 5 天时， BOD_5 降低了 85%。氧化塘出水可排入鱼塘养鱼，排入流量视出水水质而定。

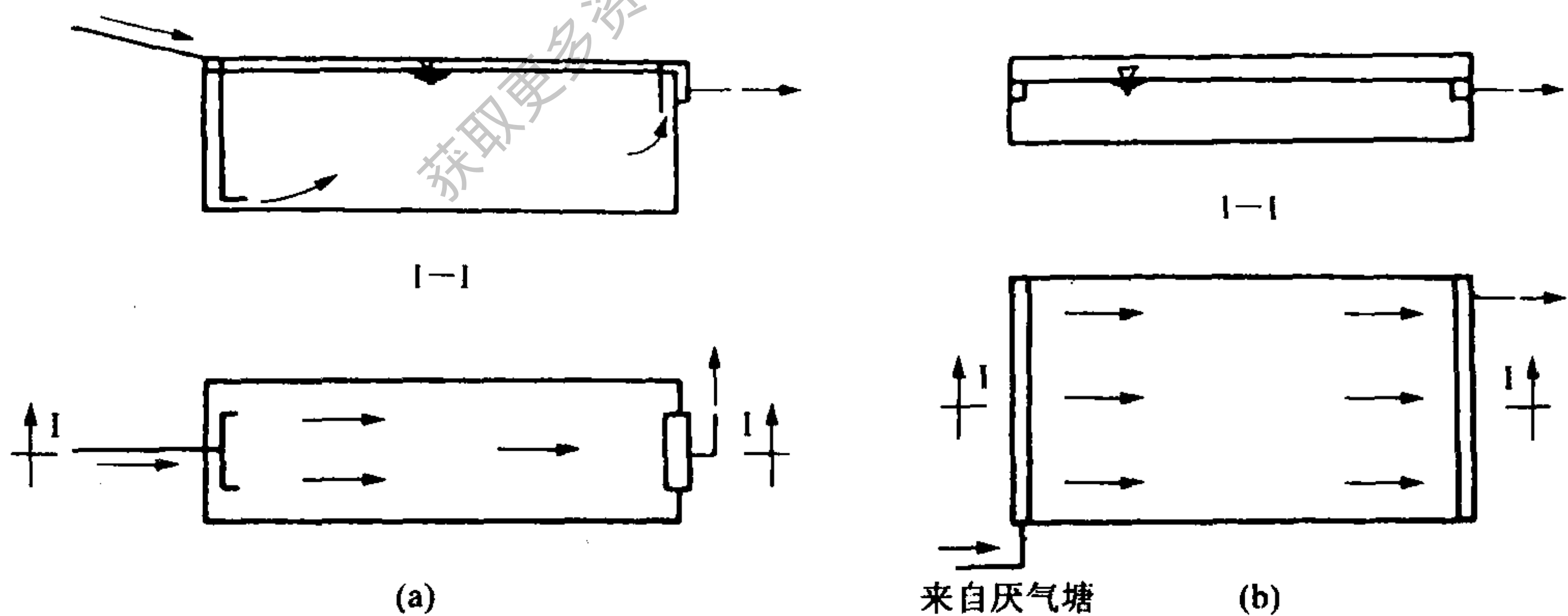


图 4-10 厌气塘及氧化塘
(a) 厌气塘；(b) 氧化塘

4.3 供汽和采暖

4.3.1 供汽

只有生产性冷库(肉联厂、肉食品厂等)为了满足宰杀加工工艺的要求才需要供汽(生活供汽除外)。锅炉房的容量应根据每小时生产和生活的最大用汽量，并考虑到同时使用系数、管

网损失、锅炉房自用汽量等确定。肉联厂各车间生产需用蒸汽量可参见表4-11。

表4-11 各车间生产需用蒸汽量

蒸汽用量 / (t / h) 班宰能力 / 头 车间名称	500	1000	2000	3000~5000
屠宰车间	2	3	4	5
制药车间	1	2	3	4
高温肉加工间	0.2	0.25	0.4	0.6
蛋白胨加工间	0.3	0.3	0.6	0.9
血粉加工间	0.6	0.7	1.7	1.5
洗衣间	0.03	0.04	0.06	0.12
浴室	0.28	0.34	0.4	0.45
烘衣房	0.07	0.09	0.16	0.22
厨房	0.2	0.3	0.3	0.4

注：屠宰加工以剥皮为主时，其蒸汽量可酌情减少。

为了适应冷库生产的季节性带来用汽负荷的变化，锅炉的台数不宜少于2台。锅炉房应位于全年主导风向的下风侧，同时尽可能接近用汽负荷大户。锅炉房属于丁类生产厂房，其建筑耐火等级不低于二级。对于锅炉房的设计，应按《工业企业锅炉房设计规范》执行。

冷库附近有热电厂或其他企业的余热可利用时，应优先考虑利用余热，可不设锅炉房。

4.3.2 采暖

位于采暖地区的冷库，其附属建筑物的采暖参照当地采暖标准，也可参考表4-12。

表4-12 冷库采暖温度

房间名称	采暖计算温度/℃	房间名称	采暖计算温度/℃
机房间	16	办公室	16~18
设备间	12	洗衣间	18
制冰间	12~16	烘衣间	40
变配电间	16	食堂	14
电瓶车充电间	12	厕所 盥洗室	12
候宰间	10	更衣室	23
麻电间	10	淋浴室	25
烫毛间	18~20	理鱼间	18
熟食加工间	16	其他加工间	16~18
分割肉加工间	14~16		
副产品加工间	16~18		

冷库附属建筑的采暖一般采用蒸汽或热水集中采暖系统，用铸铁散热器。如用蒸汽热源，工作压力一般为0.2MPa；如用热水热源，热水温度一般为95℃或130℃两种。机房内不准用

明火采暖。

采暖系统冬季耗热量可由下式估算：

$$Q = PV(t_n - t_w) \quad (\text{W}) \quad (4-5)$$

式中： P ——热指标， $\text{W}/\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ （有通风房间 $P=1.2$ ，无通风房间 $P=1.0$ ）；

V ——房间容积， m^3 ；

t_n ——房间采暖温度， $^\circ\text{C}$ ；

t_w ——室外计算温度，取当地采暖设计温度， $^\circ\text{C}$ 。

4.4 电气

4.4.1 冷库用电的特点

冷库用电与一般的建筑有所不同，它主要有以下几方面的特殊要求：

① 为了保证冷藏食品的质量，库温不允许有过大的波动。因此，要求供电应有可靠的保证。

② 冷库中的理鱼间、屠宰加工间等属高湿环境，冷藏库内属低温高湿环境，对这些环境内的电气设计和选用电气器材，应考虑用电安全、防潮和防腐蚀方面的要求。

③ 根据安全保护条例中的规定，灯具安装高度低于 2.4m 的高潮湿房间，其照明电压应 $\leq 36\text{V}$ 。

④ 冷库（如水产冷库）的生产有比较明显的淡旺季节性。

4.4.2 供电

冷库供电一般属三级负荷，当冷库公称容积等于或大于 15000m^3 ，或日冻结量等于或大于 60t 时，属二级负荷，可采用一回路专用线供电。冷藏库一般不设备用电源，若因条件需要考虑保安电源时，则其容量应以运转一台制冷压缩机及其有关辅助设备、冷库中一台电梯和库房照明等必须的用电量来决定。

对于生产季节性强、负荷变化大、负荷率低的大中型冷库，受电变压器容量大于 315kVA 时，宜选用两台变压器。

对了选用供电系统的变压器等设备，必须确定用电负荷。冷库最大电力设计负荷，一般按需要系数法计算：

$$P_j = P_e k_e \quad (4-6)$$

式中： P_j ——最大电力计算负荷， kW ；

P_e ——用电设备容量之和， kW ；

k_e ——用电设备的需要系数。

高限系数 k_m 是最大电力计算负荷与最大负荷季度的平均负荷 P_{cm} 之比，即

$$k_m = \frac{P_j}{P_{cm}}$$

季度平均负荷 P_{cm} 与设备容量 P_e 之比，称为利用系数 k_a ，可用下式计算：

$$P_{cm} = P_e k_a \quad (4-7)$$

则

$$P_j = P_e k_a k_m \quad (4-8)$$

冷库用电在一年中随着季节不同有显著的变化,在寒冷季节的用电量往往只有最大负荷的50%。而在一昼夜内负荷变化不大,一般在第一班中的负荷要比其他各班大20%~25%。 k_m 可取1.1,则

$$k_c = k_a k_m = 1.1 k_a$$

或

$$k_a = 0.9 k_c$$

利用这个关系式可以由 k_a 换算成 k_c 。最大无功负荷为:

$$Q_m = P_j \tan \varphi \quad (4-9)$$

最大计算负荷为:

$$S_m = P_j / \cos \varphi = \sqrt{P_j^2 + Q_m^2} \quad (\text{kVA}) \quad (4-10)$$

式中: $\cos \varphi$ 、 $\tan \varphi$ ——用电负荷的平均自然功率系数及其正切值。

变压器的容量可根据冷库总计算负荷选取,一般留有20%的富裕量,即:

$$S_e = 1.2 \sum S_m$$

有关冷库用电设备的需要系数、功率因数和最大负荷的年利用小时数可参考表4-13。

表4-13 冷库用电设备有关数据

用电设备及部门	需要系数(k_c)	功率因数($\cos \varphi$)	最大负荷的年利用小时数(T_a)
压缩机	0.7	0.8	5400
氨 泵	0.7	0.8	5400
水 泵	0.7	0.8	3000
冷库风机	0.5	0.8	3000
装卸设备	0.35	0.6	2000
机修车间	0.4	0.7	2500
锅炉房	0.7	0.8	4000
充电间	0.75	0.8	1500
食 堂	0.5	0.85	1200
洗衣房	0.5	0.8	1500
冷冻食品车间	0.55	0.75	3500
冻结间	0.6	0.75	2000
包装间	0.6	0.8	4000
鱼品加工车间	0.75	0.9	3000
地坪电加热	0.6	0.6	5000
室内照明	0.5	0.95	2000
室外照明	1.0	0.95	2500
全 厂	0.4	0.8	4000

按规定,低压用户的功率因数应不低于 0.85,高压用户的功率因数应不低于 0.9。达不到规定时,多采用低压静电电容器装于配电间集中补偿。冷库的功率因数较低,补偿前为 0.78,补偿后的功率因数根据当地电业部门的要求决定,一般低压侧补偿到 0.85 左右,补偿所需容量为:

$$Q_c = P_j(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad (\text{kvar}) \quad (4-11)$$

式中: $\tan \varphi_1$ 、 $\tan \varphi_2$ ——补偿前后功率因数角的正切值。

全库总电力负荷需要系数可采用 0.55~0.7。

冷库一般是动力和照明共用一个电源。供电电压低压为 380/220V 三相四线制,高压 10kV(目前还有 6kV)。

氨压缩机房和设备间的事故排风机,应独立供电(不受压缩机控制线路控制),起动开关应设置在机房间门外。

4.4.3 电力和照明

氨压缩机房属于 Q_3 级爆炸危险场所,事故排风机、照明都须采用防爆设备和灯具。

冷库中的冻结间、冷却间、冷藏间、内川堂、整理间、制冰间、理鱼间等属于高潮湿房间,设置在其中的电动机应采用全封闭型,灯具采用防潮型或防水型。其配电及起动设备、开关应采用密封防潮型,或集中安装在机房、常温川堂等干燥场所。

低于 0°C 的冷间电气线路应采用铜芯耐低温绝缘电线或电缆,并宜明敷。

电气线路穿过建筑物的隔热层时,必须采取可靠的防火(钢套管)和防止冷桥的措施。库房阁楼内不得装置电气设备或敷设电气线路。

冷藏门、地面等防冻电热线的电压不宜超过 36V。电热线严禁穿过建筑物的隔热层。

冷藏间内宜设呼救信号装置(36V)。

冷藏各车间、场所的照度标准可参考表 4-14。

表 4-14 冷库各车间及场所的照度标准

车间名称	白炽灯		日光灯	
	照度/lx	安全系数	照度/lx	安全系数
冻结间、冷藏间	20	1.5	—	—
分发、清洗、制冰间	50	1.3	—	—
设备间	20	1.4	—	—
穿堂、站台	30	1.5	—	—
烘衣间	20	1.4	—	—
铁路、公路站台	50	1.4	150	1.6
机房、机修、电工、过磅间	50	1.4	150	1.6
化验室	150	1.3	200	1.5
包装间	100	1.4	150	1.6

冷藏间内照明灯具应布置在顶排管两侧,并与之平行,安装高度应稍低于顶排管。

4.4.4 建筑防雷和电气安全

冷库属于潮湿建筑物,故高层冷库必须设防雷装置。单层冷库应根据当地雷击情况及周围建筑物的高度等予以设置。各种建筑物的防雷高度见表4-15。

表4-15 建筑防雷参考高度

分区	年雷电日数	建筑物需考虑防雷的高度
轻雷区	小于30天	高于24m
中雷区	30~75天	平原高于20m,山区高于15m
强雷区	75天以上	平原高于16m,山区高于12m

电气设备的工作接触、保护接地或保护接零的接地电阻不大于 4Ω 。水塔、烟囱、高层厂房等三类建筑防雷的接地装置与电气装置的接地装置可以共用。可以利用自来水管或钢筋混凝土基础作为接地装置。

4.4.5 屠宰车间用电

屠宰车间是多油脂的房间,为了避免油脂对橡胶制品的不良作用,不宜采用橡皮电线及用橡皮绝缘的电气器材。对于安装于屠宰设备上的电动机按钮、行程开关及电气装置,必须选用密封防水型。屠宰车间的照明,应采取均匀照明与局部照明相配合的方式,局部照明可沿屠宰加工的流水线布置。

思考题和习题

1. 冷库供水有哪几方面?
2. 为什么对冷却水也有一定的水质要求?
3. 怎样计算压缩机冷却水的用量?
4. 冷库供水有哪些方法?
5. 冷却塔有哪些形式?简述一种冷却塔的工作过程。
6. 冷库中有哪几种污水?怎样处置?
7. 冷库对电气有哪些特殊要求?

第5章 制冷系统的安装、操作与运行

5.1 制冷设备的安装

制冷设备的安装和调试工作是制冷工作中的重要环节。安装的质量好坏,对装置运行性能和操作维修是否方便具有长期的影响。专业厂生产的制冷设备,根据产品的大小、结构、使用情况不同,出厂时,有的是整体式,有的是组装式,较大型制冷设备则是散装式。

小型的制冷设备绝大多数是装配成整体式,如空调器、冷藏箱、活动冷库、冷饮水箱、电冰箱等,这些设备几乎没有安装和接管的问题,只有按技术要求供电、供水,即可进行试运转,检查整套设备质量是否合格。

组装式的制冷设备,一般以压缩机组(包括压缩机、冷凝器、贮液器、分油器、过滤器及机组架等)为一组;而蒸发系统(包括蒸发器及膨胀阀等设备)为另一组。安装时,按产品说明书的要求,将两组用管子连接起来,成为一个系统,然后再进行校验。

大型散装式的制冷设备,它的压缩机、冷凝器、蒸发器、膨胀阀及其他辅助设备是散装供给的。这就要按产品说明书和制冷系统设计原理图提出的技术要求,先将各部件安装固定,再将各部件间的管路连接起来,然后进行校验。

制冷设备的安装,主要是散装式制冷设备的安装问题。总体上来看氨制冷工程比氟制冷工程更困难些。

5.1.1 制冷系统的特点和特殊性

制冷设备的安装与其他机械设备的安装有所不同,有它的特殊性。制冷设备安装不仅难度较大,辅助设备较多,涉及到的工种面广(如管、钳、焊、电、木、瓦、沥青工等),并且还有其特殊要求:

① 所有设备如管路,均为受压容器,一般情况下它所受的压力比大气压高几倍到十几倍,而且变化较大,有的设备有时在真空下工作,因此都有一定的强度要求。

② 氟利昂制冷剂无色无味,并有很强的渗透性,极容易从微小的不严密处渗透泄漏,而且不容易被发现。氨制冷剂具有毒性,而且能燃能爆,因此对所有的设备,部件和管件等气密性要求很高。

③ 设备和连接管路内部的氧化皮、焊渣及其他杂质必须清除干净,否则会引起气缸、活塞、气阀、膨胀阀和油泵等部件很快磨损,或者造成堵塞,使制冷装置无法正常运转。

④ 氟利昂不溶于水,若系统内含有水分,会在系统低温部分结冰,形成冰塞,为此要求系统内高度干燥。对已清洗干净并经过干燥处理的设备和管道,应逐一严格封口,妥善保存。在安装中,切勿长时间地打开机器及设备的氟利昂一侧,以免空气中的水分渗入。在系统安装好后,应认真做好气密性试验,在充注制冷剂前必须充分抽除系统中的不凝性气体和水分。

⑤ 氟利昂一般都能溶于油(R12和油无限溶解,R22和油是有限溶解),因此润滑油常与制冷剂一起在系统内循环。在安装管道时,应考虑能使润滑油很好地返回曲轴箱,否则润滑油会在管道中沉积,增加流动阻力,或者引起润滑油积聚在冷凝器和蒸发器的传热面上,形成油膜,恶化传热,降低制冷效果,甚至还会造成压缩机失油,致使轴承和滑动部件的损坏。

由于上述制冷装置的特殊性,因此在安装时要注意每一个细小环节。

5.1.2 安装前的准备工作

① 熟悉和审查各种技术资料是否齐全,按图纸的要求检查和核对机房内设备的底座位置与尺寸。

② 清点全部设备和附件,数量上是否齐全,质量上是否符合设计要求;若有缺,则应补齐;若有不符合要求的,则应调换或修改图纸。

③ 对存放已久的设备,因保管不当,设备腐蚀碰伤严重的,若从外观检查无把握时,应在设备安装之前,需进行强度和气密性试验。

④ 准备好安装工具,起重设备和各种必要的物质材料。

⑤ 编制好安装施工计划和进度,组织好各类施工人员,会同土建、电气、水管工等密切配合,保证能及时安装设备,供电、供水、以缩短施工周期。

5.1.3 安装的一般原则

① 制冷系统的布置应根据制冷工艺流程及便于使用和管理来考虑,且主要是使用。制冷机组应靠近冷库,压缩机尽量与蒸发器、冷凝器靠近,缩短接管,以减少管道的流动阻力与冷量损失。并应远离炉灶、烘房等有热源的设备。

② 机房应宽敞,空气要畅通,必要时墙壁上应安装排风扇,加强机方的通风,以利机组的散热。在机组的四周应留有1m左右的空地,供管理人员的操作和检修用。机房环境温度不应超过40℃,也不要低于0℃。

③ 机组的电机应专线供电。冷却水管应专管供水,其压力应不低0.12MPa。进水管上应装有阀门以调节水量(最好装有自动调节阀)。水管要考虑到冬季能放尽冷凝器的积水,以免冷凝器管子冻裂。

④ 组装式的制冷设备在出厂前已进行过运转试验,并充注了制冷剂,安装前需进行外观检查。分组式供应的设备,其压缩机组或冷凝机组在出厂前都做过运转试验。无特殊情况,一般无需拆检机器的内部。但对单独分装的蒸发器和冷凝器等,则应检查内部的清洁情况,并用氮气或干燥的压缩空气吹净,清洁工作应尽量做得彻底。

⑤ 各连接管路均应十分清洁,管路布置应正确合理和整齐美观,尽量减少管路阻力损失。合理安排好各辅助设备的位置,并应考虑不妨碍其他设备的维护和检修。

⑥ 包扎低压回气管的绝热层应在系统检漏符合要求后进行。

5.1.4 制冷压缩机及辅助设备的安装

1. 压缩机的安装

在制冷压缩机就位之前,依据图纸“放线”找出地基基础中心线,如有多台压缩机时,应使中心线平行并且对齐。用强度足够的钢丝绳套在压缩机的起吊部位(不许套在轴上及碰伤仪

表等设备)。按吊装的技术安全规程将压缩机吊起,穿上地脚螺钉,对准基础中心线,放在预先浇注好的混凝土基础上,用垫木垫稳,在地脚螺钉孔两侧摆上垫铁(互成 90°),一切准备妥当之后,将压缩机慢慢放在垫铁上。

将水平仪放在压缩机的加工基准面上(对于立式或六缸、八缸压缩机,则利用飞轮基准面或曲轴伸出端进行检查),利用垫铁调至水平。安装精度是轴向和横向水平偏差每米为 0.1mm ,当然精度越高越好。垫铁与机底不能有间隙,使其受力均匀。

水平调整后,用不低于基础标号的水泥砂浆,浇注在地脚螺钉孔中,连浇边捣实,同时填实机底与基础间的空隙。用气焊割去伸出基础外的垫铁,如系两块垫铁重合,必须用焊点牢。最后待基础孔中混凝土全干后(约 $3\sim 4$ 天,冬季应适当延长)再作一次校正,拧紧地脚螺钉,用 $1:2$ 水泥砂浆粉抹平,并覆盖垫铁。

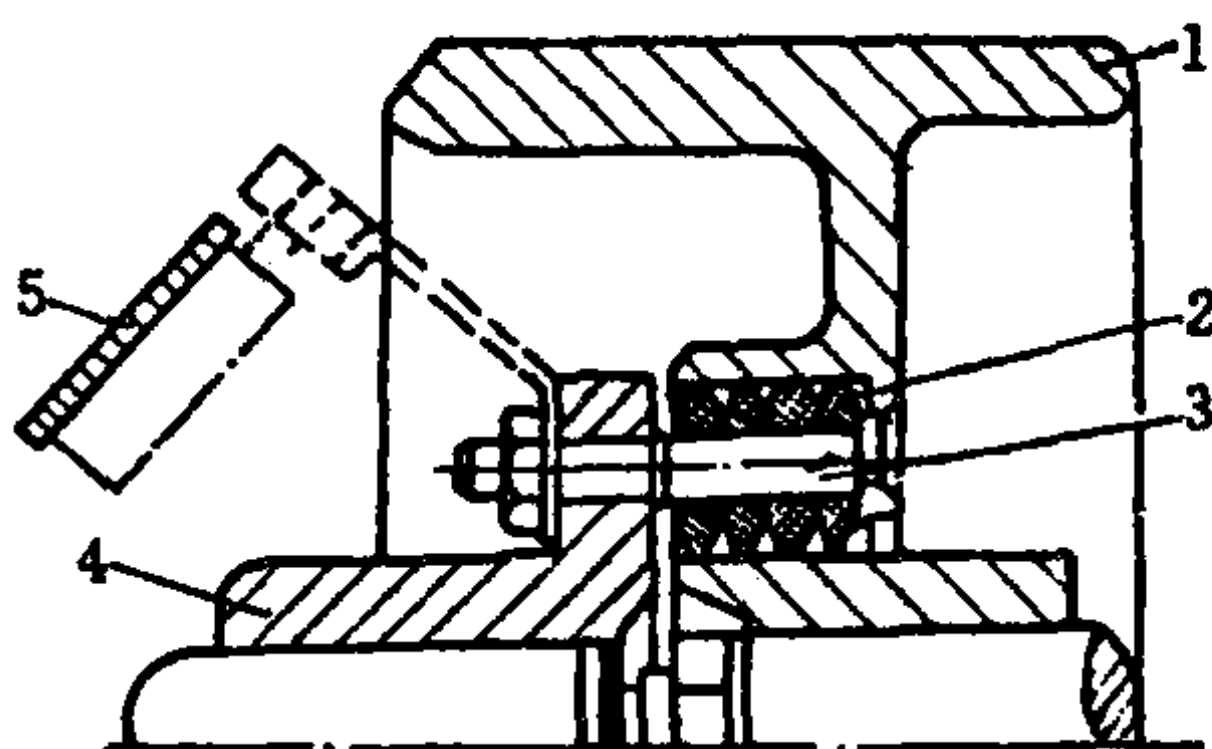


图 5-1 找同轴度示意图
1—压缩机飞轮;2—弹性橡皮;
3—联轴节螺钉;4—电动机半联轴节;
5—千分表

如果电动机和压缩机无公共底盘,在安装压缩机的同时,将电动机及电动机导轨安装好,并用拉线的办法使电机和压缩机皮带轮在一个平面上。若是直接传动,还需调节电动机和压缩机两轴同心,其径向偏差数不大于 $0.2\sim 0.3\text{mm}$,否则弹性橡皮易坏,并能引起振动。方法如图 5-1 所示。

两机轴线同轴度调整得愈精确愈好。在调整时往往是固定压缩机,调整电动机。将千分表的支架固定在电动机的轴上或电机半联轴带上,表的测头,触在压缩机飞轮上,或飞轮的内倒角上,旋转一周,根据千分表读数来调整电机的左右和上下偏差,直到偏差符合要求为止。为了提高校正速度,也可用两只千分表同时进行,一个测头放在飞轮端面上即垂直方向,另一个测头触在水平方向,这种方法找同心较精确。

压缩机的安装,除上述方法外,还有事先将地脚螺钉预埋基础中,这样作地脚螺钉较牢固。但是这种方法必须计算精确(如地脚螺钉露出地面高度,相互间的距离等),否则设备就无法安装就位。

对于机组的安装比较简单,可参考上述办法及产品说明书进行。对于整体式设备,安装工作量更简单,只需放平、防振、接上水、电即可。

2. 辅助设备的安装

(1) 冷凝器。对于立式冷凝器应按图纸对基础进行“放线”,以确定冷凝器就位方向。冷凝器安装大体与压缩机相同,不过要用铅垂线来保证安装垂直,不许偏斜和扭转。操作检修平台要牢固可靠,并能承受因排气管受热后的水平推力。卧式冷凝器安放在支架上,往往与贮液器一起安装在同一垂直面上,并在支架(半圆形垫木)上垫以 $10\sim 20\text{mm}$ 厚的石棉板,用水平尺找平,但需略倾斜于放油端。

(2) 蒸发器。蒸发器分卧式及立式两种。卧式蒸发器安装与卧式冷凝器相仿。在支座上放与绝热层同厚的圆弧形垫木(垫木经浸泡沥青处理),在垫木上,再放上石棉板,使其受力均匀。立式蒸发器普遍用于空调,它的安装比卧式蒸发器复杂。

立式蒸发器的基础用混凝土垫层、“两毡三油”、绝热材料及与绝热层厚度相同的浸沥青枕木组成,枕木的数量根据蒸发器的重量及长度而定。当基础作好之后,将试水压不漏的蒸发器箱体安放在基础上,再吊装蒸发器束并予以固定。管束安装略倾斜于放油端。

(3) 贮液器。贮液器的安装与卧式冷凝器相同。根据使用的具体情况,贮液器可以不用地脚螺丝而直接放在支座上。

冷凝器和贮液器安装时的相对高度,如图 5-2 所示。其相对高度应予保证,使冷凝后的制冷剂液体靠重力流入贮液器的可能性。

如果两个贮液器并联,可在两个贮液器下面之间设一连接管,管道上装一截止阀,以保证两个液面一致。

在安装贮液的时候,必须注意安装方向,使出液口是靠近节流阀一边,有的进、出口液管口径一样,而且是对称布置,因此必须弄清贮液器出液口

的位置,有的贮液器放油口在上面也要判别清楚,不过放油管进入贮液器的深度比出液更深。

其他辅助设备如油分离器,空气分离器,中间冷却器,氨液分离器可参考上面的办法进行安装。

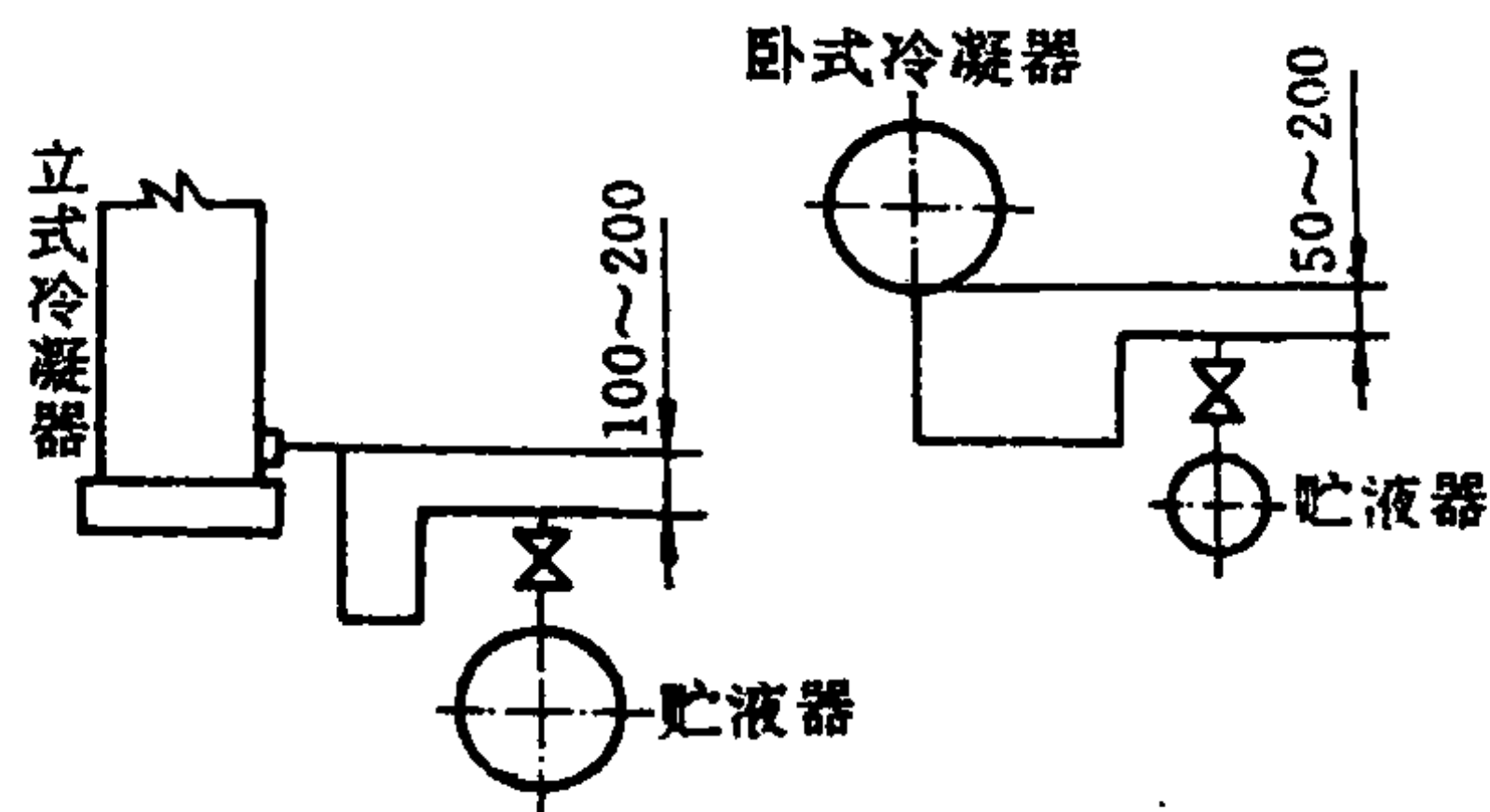


图 5-2 冷凝器与贮液器安装时相对高度

5.1.5 制冷管道安装

当组装式或散装式制冷设备的各部件如压缩机、冷凝器、蒸发器、膨胀阀及其他辅助机件等安装就绪,就开始连接其间的管路。装配管路包括制冷管道、冷却水管道、冷冻水管道等。这里重点介绍制冷管道的安装。

1. 管道的材料

常用管子的材料有紫铜管和无缝钢管两种。氨管一律采用无缝钢管,不能用铜管或其他有色金属管。无缝钢管的特点是质地均匀,强度高,易于加工,内壁内滑,以钢代铜能节约大量的有色金属。无缝钢管有薄壁和厚壁之分。制冷装置中一般使用的均为薄壁钢管。其中又分冷拔和热轧两种。冷拔管径小,热轧管径大。制冷中常用 10 号无缝钢管。常用无缝钢管的规格列于表 5-1 中,供参考。

表 5-1 常用无缝钢管规格(YB231-70)

冷轧钢			热轧钢		
外径 /mm	壁厚 /mm	重量 /(kg/m)	外径 /mm	壁厚 /mm	重量 /(kg/m)
6	1.2	0.142	32	2.5	1.76
8	1.6	0.253	32	3.5	2.46
10	2	0.395	38	2.5	2.19
14	2	0.592	38	3.5	2.98
16	2	0.691	45	2.5	2.62
18	2	0.789	45	3.5	3.58
18	3	1.11	50	3.0	3.48
22	2	0.986	50	4.0	4.54
22	3	1.41	57	3.5	4.62

(续表)

冷轧钢			热轧钢		
外 径 /mm	壁 厚 /mm	重 量 /(kg/m)	外 径 /mm	壁 厚 /mm	重 量 /(kg/m)
25	2	1.13	57	4.5	5.83
25	3	1.63	70	3.5	5.74
32	2.2	1.62	70	4.5	7.27
32	3.5	2.46	76	3.5	6.26
38	2.2	1.94	76	4.5	7.93
38	3.5	2.98	89	3.5	7.38
45	2.2	2.32	89	4.0	8.38
45	3.5	3.58	89	4.5	9.38

氟利昂管可采用紫铜管或无缝钢管,紫钢管的特点是质软,易弯曲加工,耐腐蚀,管壁光滑,但强度稍弱。一般,公称管径在 25mm 以下可能紫铜管,25mm 以上应采用无缝钢管。紫铜管的规格列于表 5-2。

表 5-2 常用铜管规格(YB447-70)

拉 制			拉 制		
外 径 /mm	壁 厚 /mm	重 量 /(kg/m)	外 径 /mm	壁 厚 /mm	重 量 /(kg/m)
3	0.5	0.035	12	1	0.307
3	0.75	0.047	13	1	0.335
4	0.75	0.066	16	1	0.419
4	1	0.084	16	1.5	0.608
5	1	0.112	19	1.5	0.734
6	1	0.140	22	1.5	0.859
7	1	0.168	28	2	1.453
8	1	0.196	30	2	1.565
10	1	0.252	35	2.5	2.270

盐水管采用无缝钢管或焊接钢管,也可使用铜管。冷凝器供水管采用镀锌钢管,输送海水时用铝黄铜等合金管。

紫铜管在弯曲前应烧红退火,退火后的紫铜管内壁有氧化皮,要予清除。清除的方法有两种:一是酸洗,即把紫铜管放在浓度为 98% 的硝酸(占 30%)和水(占 70%)的混合液中泡数分钟,取出后再用碱水中和,并用清水冲洗烘干;另一是用纱头拉洗,即用纱头扎在铅丝上,浸以汽油,将铅丝伸入管内从另一端穿出,使纱头在管内拉过。注意:纱头进入铜管时应是紧紧地通过才有效果,经拉洗数次(每次拉时都要将纱头在汽油中清洗过),最后,用干纱头干拉一次。

无缝钢管的清洗可用汽油或三氯乙烯,洗净后用压缩空气吹净。

2. 管道的连接工艺

为了保证管与管之间精确的连接,管道的弯曲是制冷工程中很难避免的。其方法分热弯和

冷弯。冷弯在专门的弯管机上进行。热弯是利用炉子或气焊先把管子加热,然后用人工或机械的办法将管子弯曲。管子弯曲半径一般为 $4\sim 5d$ (d 为管子的外径),大管宜用偏大的弯曲半径。在氟利昂制冷系统中,由于氟的重度大,管道弯曲应平滑而不能太急,一般用 $5\sim 6d$ 作弯曲半径。管子连接方式一般有三种:焊接、螺纹连接以及法兰连接。

(1) 焊接。管道的焊接可采用电焊、银钎焊、铜焊等,紫铜管与无缝钢管都适用。

紫铜管的焊接最好采用银钎焊,因为银钎焊在焊接时温度低,焊料的流动性能好。常用银钎料牌号为 LAg45,含银量为 45%,其余为铜。助焊剂为 XH4210,在没有银钎焊的条件下,也可采用铜焊,铜焊的焊接强度比较高,但由于铜焊所需的温度高,容易引起紫铜管的氧化变质,使管子的强度下降,所以铜焊时应注意掌握温度。

相同直径紫铜管的对焊,应采用插入焊的结构形式,见图 5-3。紫铜管的一端用钢冲模冲成扩口,将接头部分内外表面用砂布擦亮,并插入扩口内压紧,以免焊接时焊料从间隙流进管内,焊接时最好将管子垂直安放。同管径对接时,不宜采用如图 5-4 所示的焊接方式,因紫铜管壁薄,难保证焊接质量。

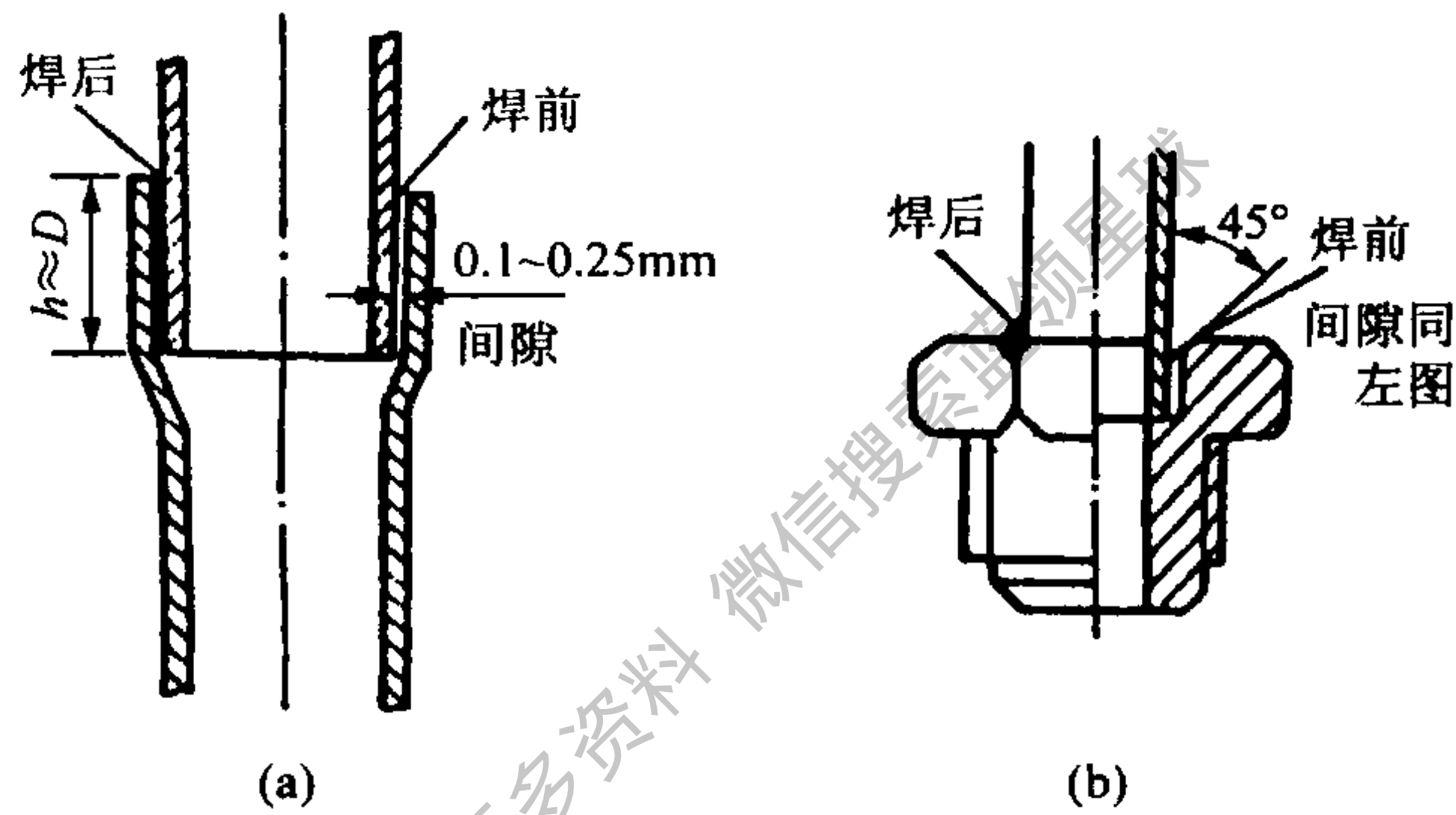


图 5-3 紫铜管焊接的装置形式
(a)铜管与铜管;(b)铜管与接头

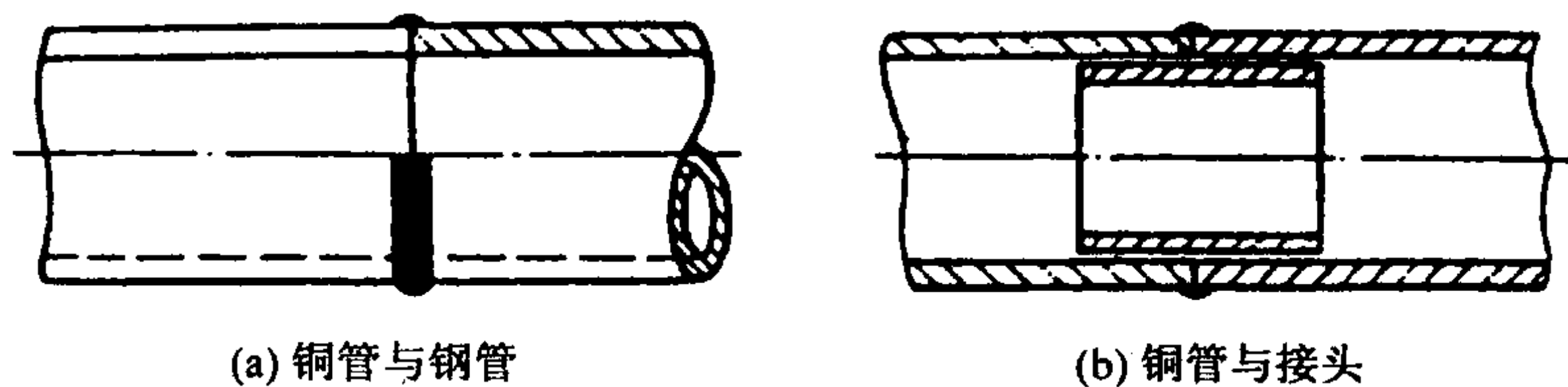


图 5-4 不宜采用的铜管对接形式
(a)铜管对接;(b)铜管加内套管对接

如果要连接三通管,则应预制三通接头,应按图 5-5 所示的方式焊接,不宜采用如图 5-6 所示的焊接方式。

无缝钢管一般采用电焊,不宜采用气焊,因为气焊的应力难以消除,可采用对接方式进行焊接,如图 5-7 所示。管口应事先加工成适当的坡口才可以进行焊接。焊料为低碳焊条,材料的牌号:气焊——08 钢气焊条,电焊——结 422 或 426。管路焊接后,经检漏发现有渗漏点时应进行补焊,补焊时应注意:

① 不可在管路系统内有压力存在的情况下进行补焊,否则操作既不安全,补焊质量也不好。

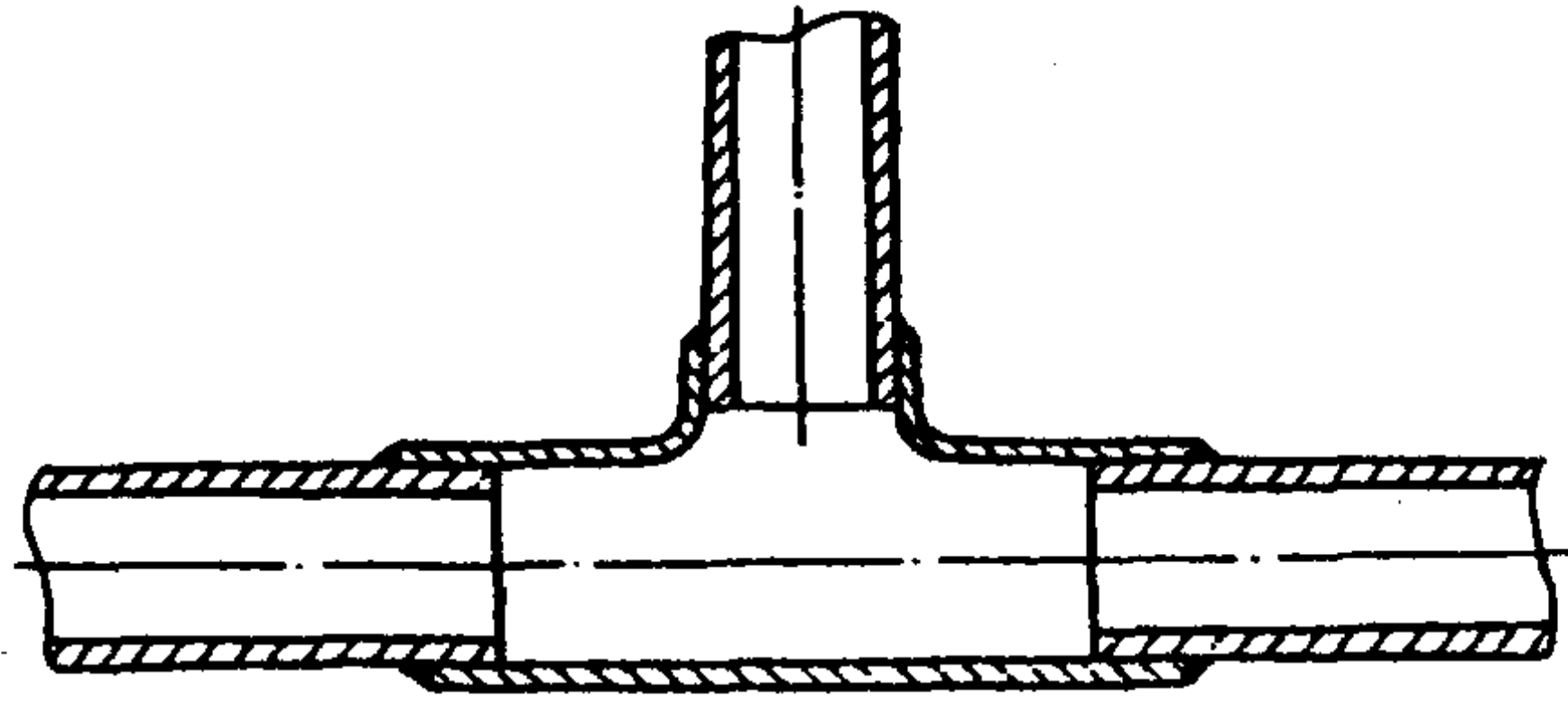


图 5-5 三通的焊接形式

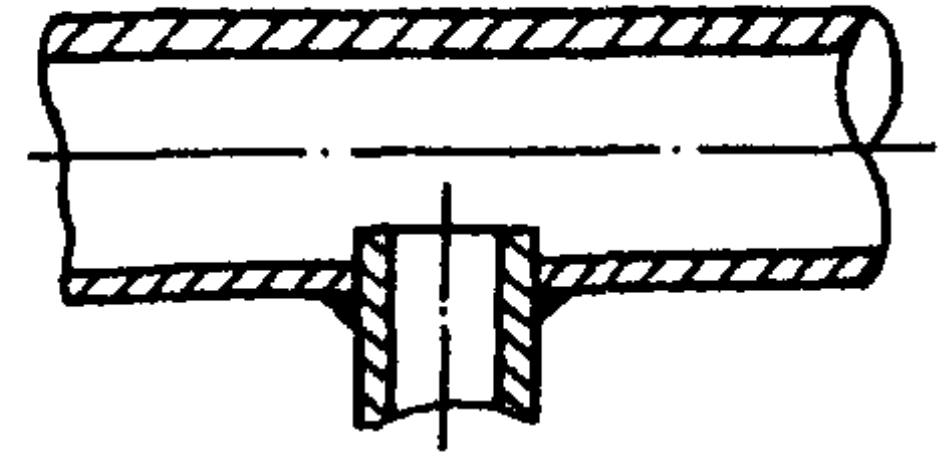


图 5-6 不宜采用的焊接形式

- ② 补焊前要清除表面的油漆,锈层,并用砂布擦净。
- ③ 原为铜焊的可用银钎料补焊,能达到满意的质量要求。原为银钎焊的应仍用银钎焊进行补焊;磷铜焊的只能因磷铜焊料进行补焊;锡钎焊也只能为锡合金补焊。

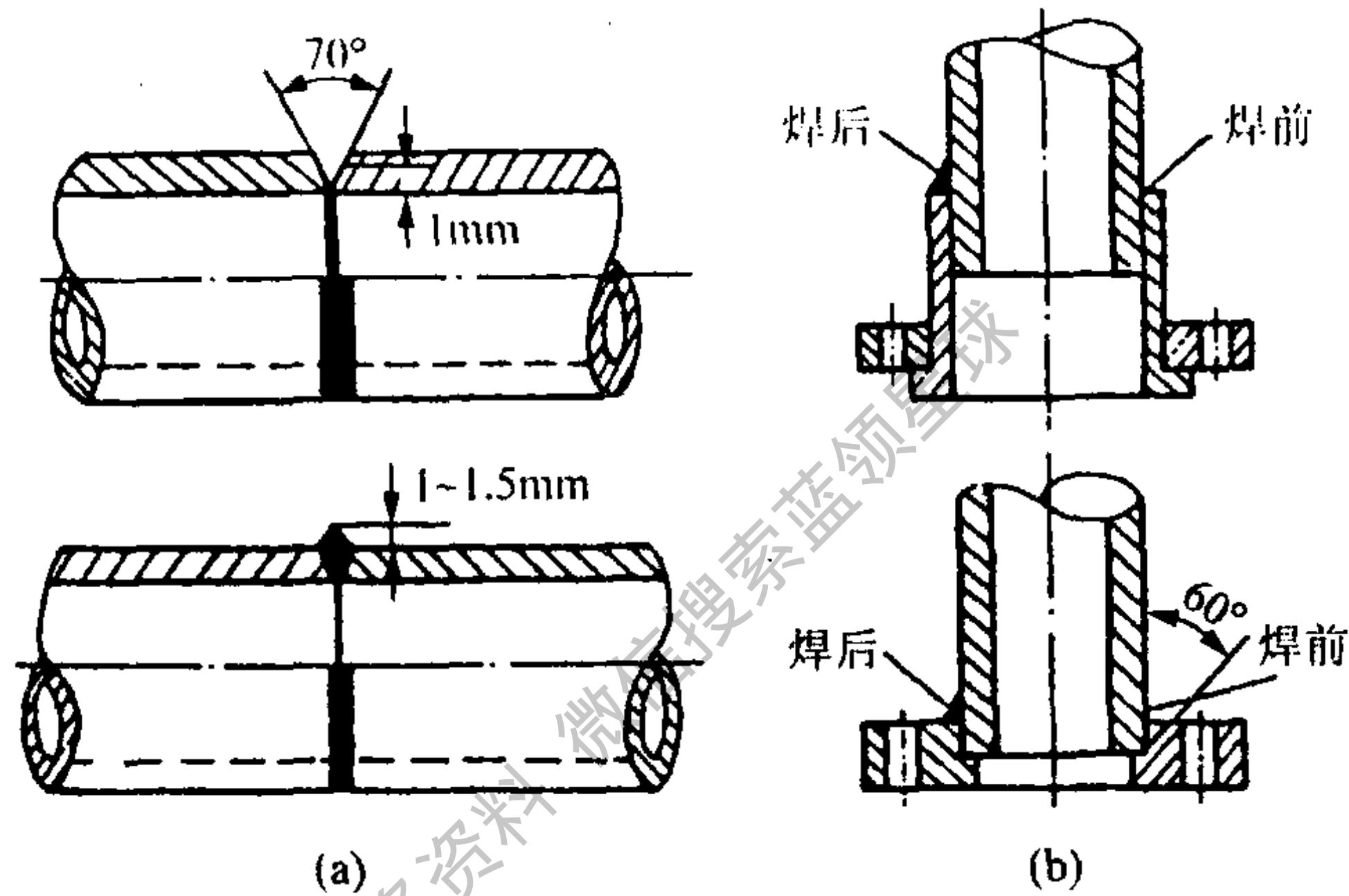


图 5-7 无缝钢管的对接焊
(a)钢管对钢管;(b)钢管对法兰

(2) 螺纹连接或法兰连接。螺纹连接用于紫铜管,法兰连接用于无缝钢管。这两种连接方式均可拆的。

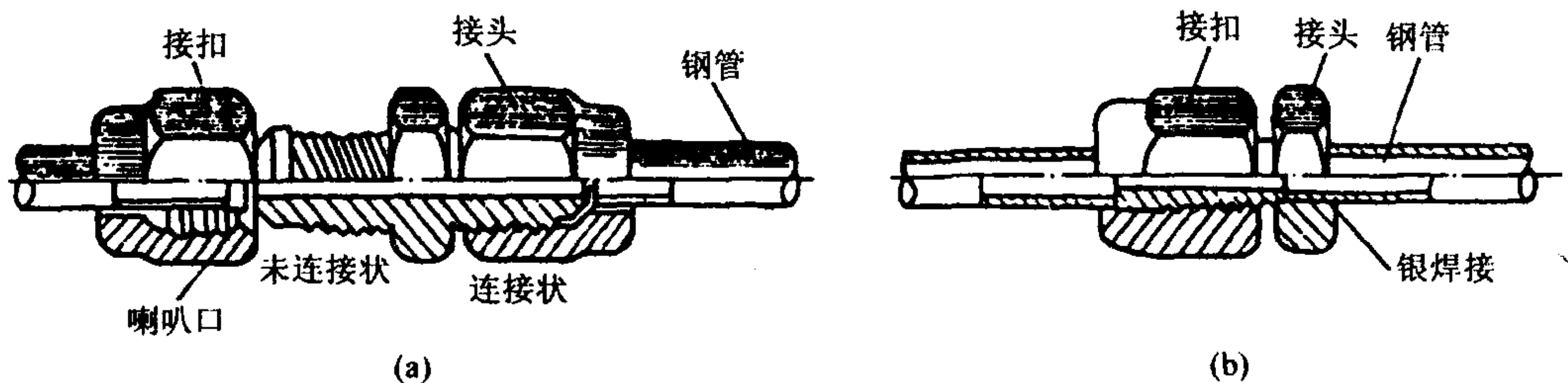


图 5-8 紫铜管的螺纹连接
(a)全接头连接;(b)半接头连接

紫铜管的螺纹连接有两种形式:全接头连接,即两端都为螺纹连接,如图 5-8(a);半接头连接,如图 5-8(b),左面的铜管用螺纹连接,右面的铜管则与接头连接。后一种形式用得较普遍。螺纹连接在紫铜管上套上接扣后,把管口胀成喇叭口形,然后将接扣的阴螺纹与接头的阳螺纹接上旋紧。扩张喇叭口需采用扩管工具(见图 5-9)。为了保证胀口的质量,应注意下列问题:① 应将扩口的管端部退火处理,使其软化,并把管口锉平,刮光管口内外毛刺。② 扩

口时铜管的安放位置应使其露出工具喇叭口斜面高 $\frac{1}{3}$ 的尺寸,见图 5-9。喇叭口应是平整 45° 的角,不能搞成带弧度的 45° 喇叭口,见图 5-10。喇叭口不应有裂纹和麻点的缺陷。

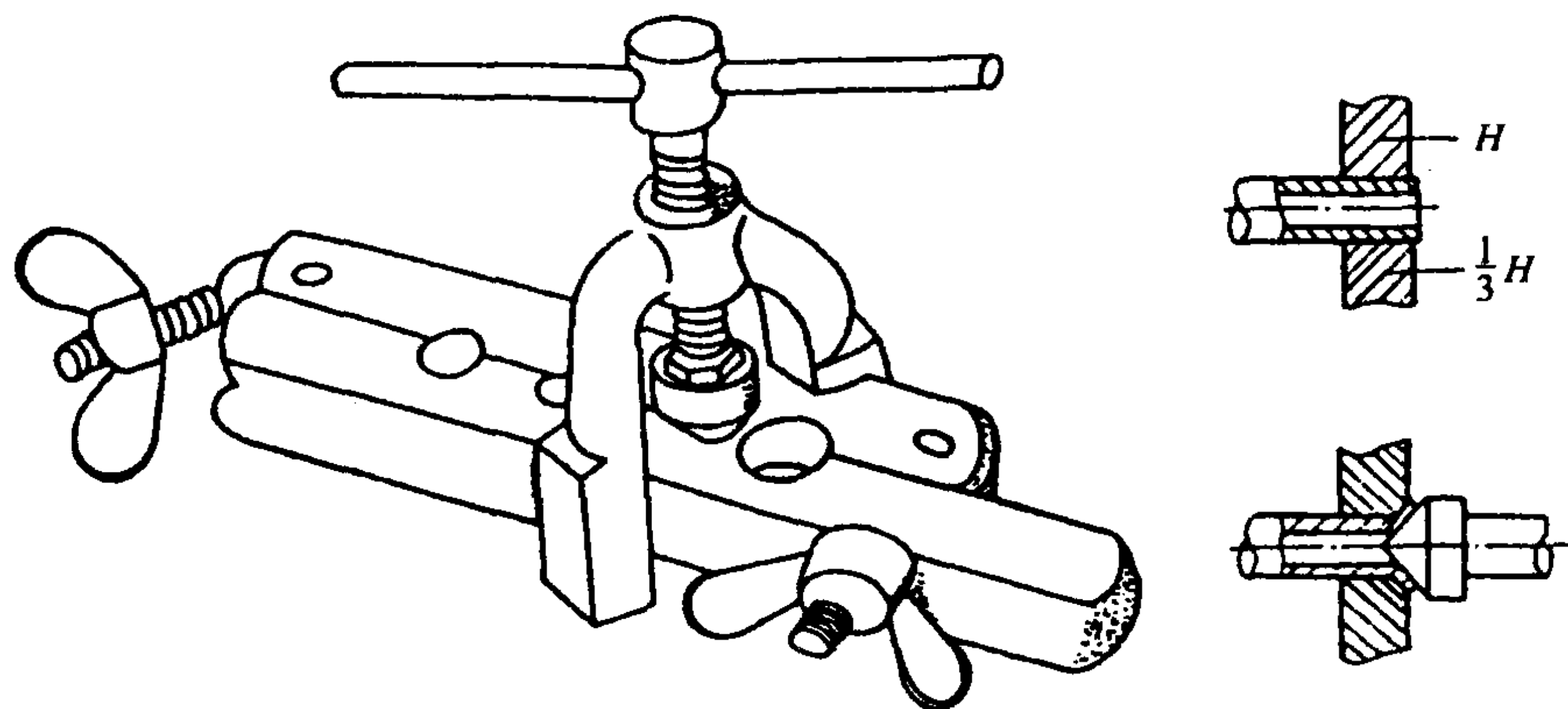


图 5-9 胀管工具

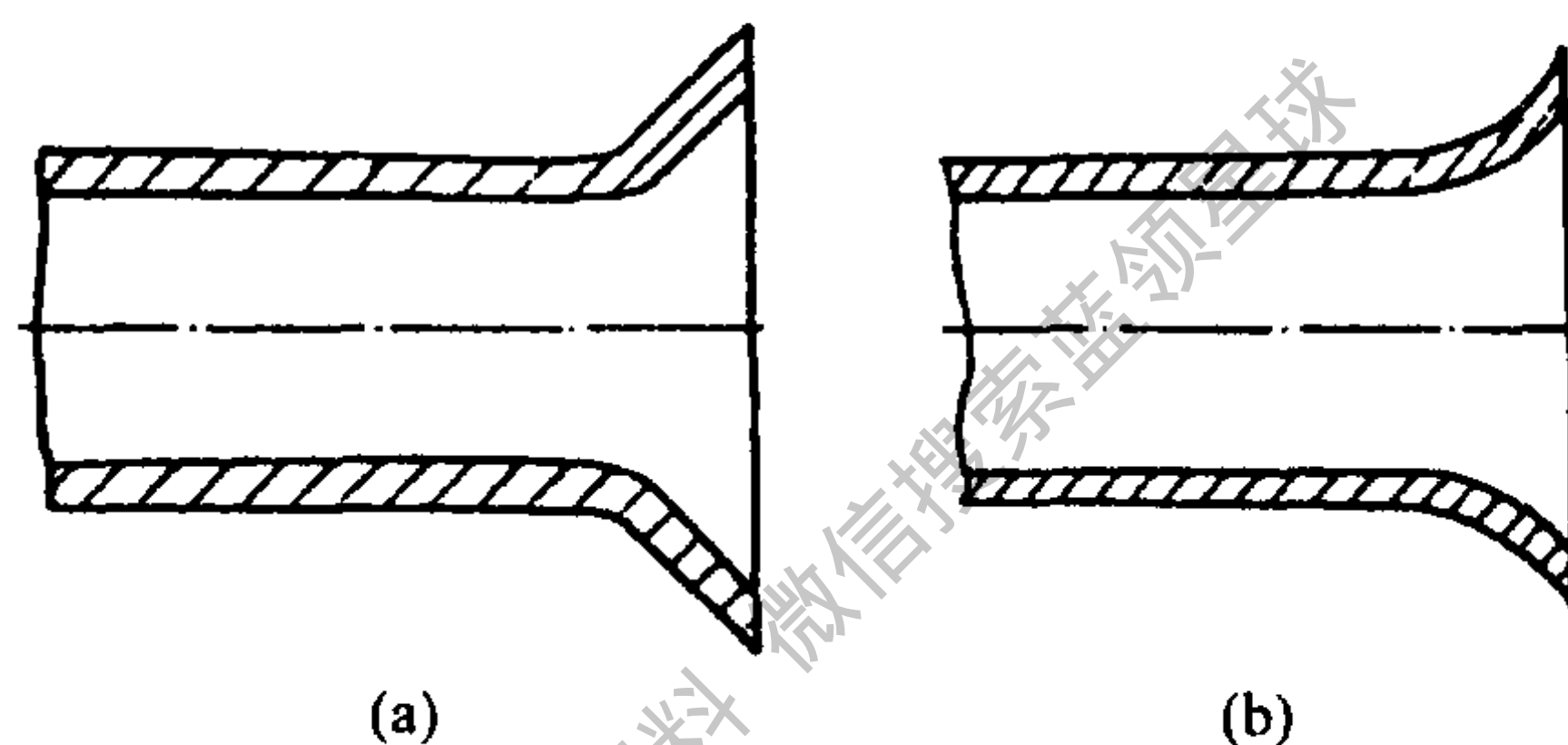


图 5-10 喇叭口的形状
(a)正确;(b)不正确

无缝钢管的法兰连接是采用电焊。为了保证法兰连接的密封质量,最好采用如图 5-11 所示的凹凸型法兰。

以上两种连接方式的采用要根据使用场合的具体情况而定。一般,焊接不易渗漏,而螺纹连接或法兰连接便于拆检。因此,凡是不需拆检的场合,用焊接为好,对需经常拆检的部位,可采用螺纹连接或法兰连接。

3. 管道安装的要求

以氟利昂制冷系统为例,其管路有排气管(压缩机排气截止阀至冷凝器进口之间的接管)、输液管(冷凝器出口至贮液器进口;冷凝器或贮液器出口至膨胀阀之间的接管)和吸气管(蒸发器出口至压缩机吸气截止阀之间的接管)之分。对这三种管路接管工艺的共同要求如下:

- ① 检查各组件进、出口接头的清洁程度。这些接头出厂时都经封口,若发现封口被损坏,为可靠起见,最好用压缩空气吹净。
- ② 接管内壁应事先清除管内氧化皮及污物等。对经过焊接的管道都应仔细清除焊渣,以利清洁和检漏。
- ③ 各管径大小应按产品说明书或设备所要求的规格配备,不应随便更改,以保证其必要

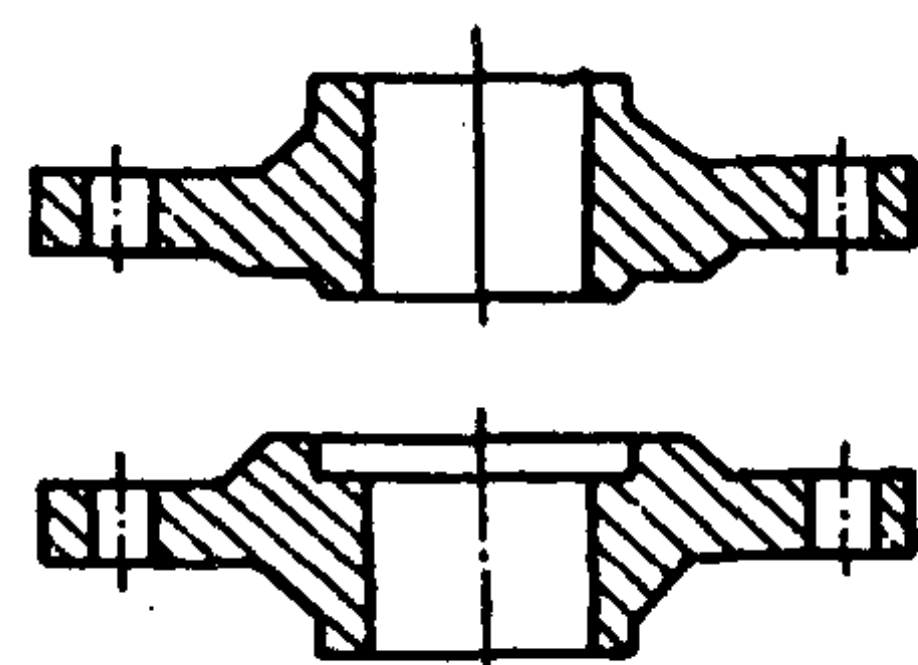


图 5-11 凹凸型法兰

的耐压强度以及较小的管道流动阻力损失。特别是氟利昂的供液管,不能任意缩小,过小时会使压力降增大,容易造成在膨胀阀前闪发气体。

④ 接管应尽量缩短长度,尽量减少不必要的弯头。这样,即可减少流动阻力损失,又可省料省工。弯管应用弯管机或弯管工具加工,以保证弯管圆滑平整,节流阀应尽可能靠近蒸发器,以减少冷量损失。

⑤ 接管应有防震措施,较长的接管应有架子支撑,以免震动损坏或碰伤。较大管子与设备连接时,严格要求垂直和水平,以使制冷剂沿直线方向运动而减少震动。如冷热管道过墙时,应设管套,否则冷热管道过墙将会对墙产生拉力和推力。

⑥ 对并联设备(特别是蒸发器排管),配管时一定要对称布置,以便供液均匀,管子排列外形要整齐、美观。

5.2 制冷系统的吹污和气密性试验

5.2.1 系统吹污

制冷系统经过安装后,其内部难免有焊渣、铁锈、氧化皮等杂质留在系统内,如果不清洗干净,制冷装置在运行时,使阀门阀芯受损,经过气缸,气缸的镜面会“拉毛”,经过过滤器,会使过滤器堵塞。为此在制冷装置试运转前必须对系统进行仔细吹污。吹污一般用 0.5~0.6MPa 的压缩空气或氮气。在无压缩空气或氮气的场合,也可用制冷压缩机代用,但使用时应注意制冷压缩机的排气温度,不超过 125℃,否则会降低润滑油的粘度,引起压缩机运动部件的损坏。系统吹污宜分段进行,先吹高压系统,后吹低压系统,排污口应分别选择较低的部位。在排污口放上一张净白纸,当纸上无污点出现时,可认为系统已吹干净。

另外在制冷系统全面检修时,也需要用压缩空气将系统中残存的油污,杂质等吹除干净。为了使油污溶解,便于排出,可将适量的三氯化乙烯灌入系统,待油污溶解后进气吹污,三氯化乙烯对人体有害,因此,使用时要注意室内通风,操作者要适当远离。

5.2.2 气密性试验

制冷装置中的制冷剂具有很强的渗透性,装置稍有不严密处,就会造成制冷剂大量泄漏,影响制冷装置的正常工作。同时,有的制冷剂还带有毒性,如氨,泄漏后对人体有害;氟利昂虽无毒,但当它的泄漏量在空气中超过 30%时(容积密度),会引起人们窒息休克。另外,如有空气渗入系统会使装置工作不正常。为了杜绝漏洞,保证安全生产和装置正常工作,一定要对安装好的或大修好的制冷装置进行气密性试验。

气密性试验是在制冷装置主要部件的各单件经过耐压试验和系统吹污工作完成之后而进行的工作,是检查安装、修复质量的一个极为重要的环节,所谓耐压试验是指制冷设备(如冷凝器、贮液器、压缩机缸体、蒸发器等)用水或油等液体最大压力试验,一般均有生产厂进行单件耐压试验。安装时不需要重做。

制冷装置的气密性试验包括压力试漏、真空试漏和制冷剂试漏三个程序。下面分别介绍。

1. 压力试漏

系统试验压力标准见表 5-3 所示。

表 5-3 制冷系统气密性试验压力(表压)

工质名称	高压系统试验压力 /MPa	低压系统试验压力 /MPa
NH ₃	1.76	1.18
R22	1.76	1.18
R12	1.57	0.98
R13	1.76	1.18

压力试验是对整个制冷系统充以一定压力的氮气或空气,使管壁设备内壁受压,以检查安装后的接头、法兰、管材、设备等是否有泄漏。

在氟利昂系统中,因为氟对系统含水量要求很严,因此试压时,多采用工业用的氮气。氮气具有无腐蚀,无水分,不燃不爆,价格便宜,操作方便等优点。尽量不采用压缩空气,因它含有水分和杂质。严禁用氧气充压,因为有危险性,在没有氮气的情况下,亦可采用干燥压缩空气试漏(就是压缩空气出口处装一只大型的干燥器,尽量减少压缩空气中的水分)。

图 5-12 为以 R12 制冷系统充分操作示意图。

采用压缩氮气试漏的操作步骤如下:

(1) 充氮前应在高、低压管路上接上压力表,氮气瓶满瓶时其压力为 14.7MPa,氮气必须经减压阀再接到压缩机的多用孔道上或高压管路的充注阀上。

(2) 关闭所有通大气的阀门和压缩机的吸、排气截止阀,分油器的回油阀。打开膨胀阀的旁通阀(手动节流阀)和管路口其他所有阀门。由于压缩机出厂前做过气密试验,所以可关闭其两端的截止阀。若有需要也可把它按低压系统的试验压力进行复试。

(3) 打开氮气瓶阀门,将氮气充入系统,为了节省气源,可采用逐步加压的方式,先升到 0.3~0.5MPa,检查有无大的漏处,在排除漏洞后再加压到低压系统的试验压力值,如 R12 制冷剂加压到 0.98MPa。在整个系统不漏的情况下,关闭手动节流阀前的截止阀及手动节流阀,再继续充压到高压系统的试验压力值,如 R12 加压到 1.5MPa,然后停止充氮,关闭氮气瓶的阀门,对整个系统进行仔细的检漏。

(4) 采用空气试压工作是应用空气压缩机来进行的。如空气压缩机确定无法解决,用制冷压缩机泵打空气时,应注意下列几点:

① 将压缩机过滤器用纱布包扎进气口,防止灰尘进入机器,运转中须注意油泵情况,如不上油时,应停车检查。

② 在气密性试验进行前,首先将试验系统的最末端阀门与大气相通,在机器开动后待阀

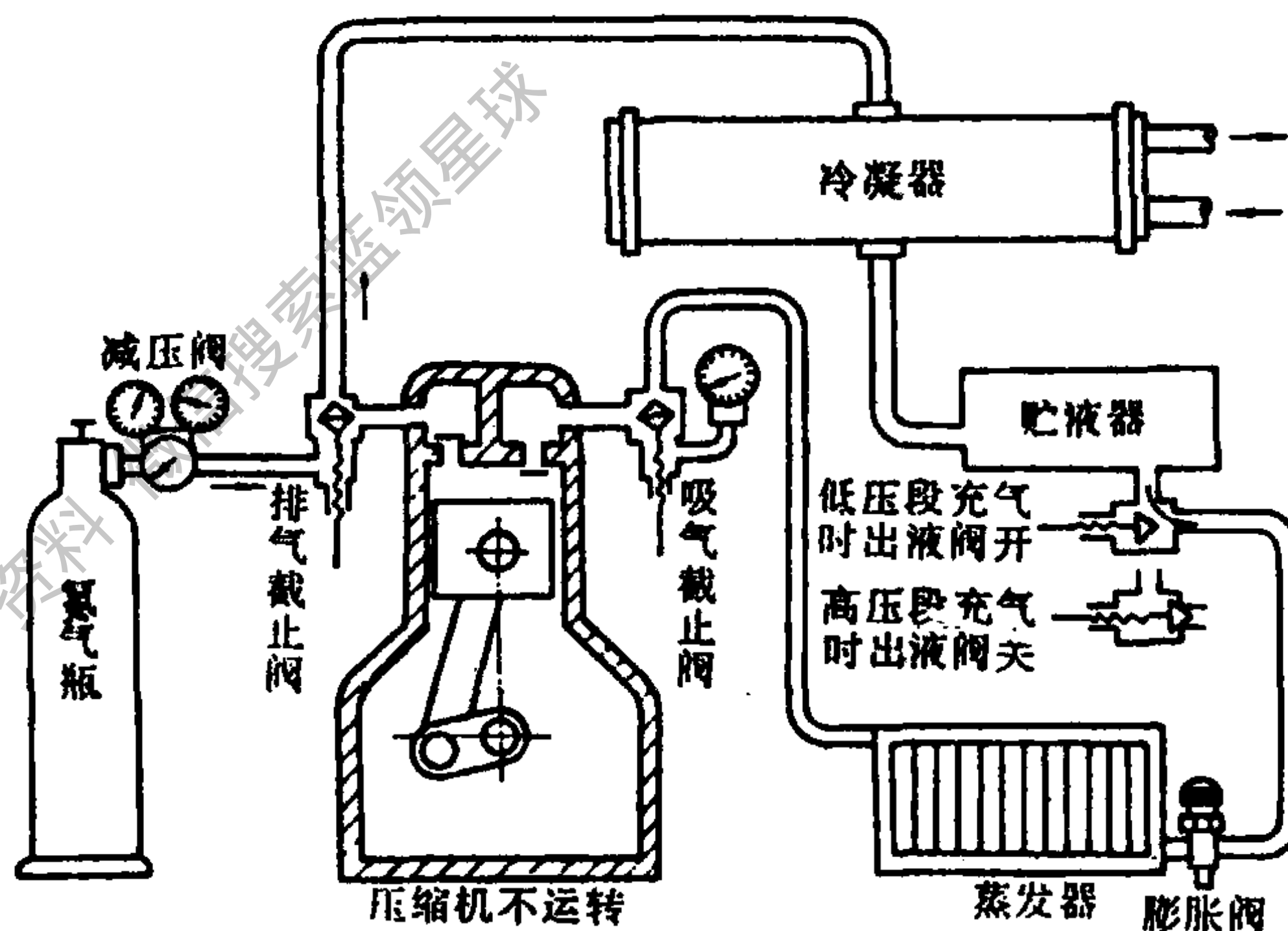


图 5-12 制冷系统充气检漏

门有气体压出时关闭,这样可确认系统是畅通的。

③ 由于空气绝热指数较大($K=1.4$),压缩终点温度很高,压缩机要实行间歇运行,逐渐加压。每升高 0.49MPa 左右暂停一次,每次排气温度不能超过 125°C ,压缩机吸、排压差不得超过 1.37MPa 。当压差上升到 1.57MPa 时,制冷压缩机上的安全阀会自动跳开。跳开后的安全阀,一般都关闭不严密容易形成串气现象,故需要卸下修理,重新定压。为了克服安全阀过早开启,可待低压系统气密试验合格后,启动压缩机,慢慢开启吸气阀,调节吸气压力为 $0.196\sim 0.245\text{MPa}$,使低压系统的空气经制冷压缩机压缩后进入高压系统,由于低压系统具有一定的压力,则高压上升到 1.76MPa 时,高压系统的安全阀就会跳开。

④ 对于经过大修后氨系统的试压,应注意系统内不得留有氨。如使用本身氨压缩机试压时,机器应经过拆检除氨气,以免可能引起爆炸事故。

检漏工作必须认真、仔细。检漏用的肥皂水要有一定的浓度,不宜太稀,否则涂在检查处停留的时间太短,难以发现漏处。当用毛笔或小刷帚把肥皂水涂于各连接处与焊缝处时,每涂一处即仔细检查,如发现有冒泡现象就是该处有渗漏。一般大气泡容易发现,而对于细微的气泡或经过一段时间才出现的微小气泡的微漏处,往往容易疏忽,故检漏工作必须仔细,要反复检查数次才行。另外也可采用听声音的方法查漏,凡有渗漏处会发出一些微弱的响声,在安静的时间能找到漏处。在有条件让检查处放在水中的,这种查漏是行之有效的。对于系统比较大时,也可采用分段查漏的方法进行。

凡在检查中查明的渗漏点,应做好记号,等全部检查完毕后进行补漏工作。补漏工作不宜在充压状态下进行,因为它不安全,应将氮气放掉后再做补漏工作。做好补漏工作后应再次充压试验直至整个系统不漏为止。

按照规范规定:压力试验时,系统中应承受规定的压力(按表 5-3)24h,前 6h 的压力降不应超过 2%,其余 18h 应能保持压力稳定。

进行压力试验时,应考虑到环境温度变化对系统压力值的影响。因环境温度下降而引起的压力降,不能误认为是泄漏。温度对压力的影响应符合下列关系式:

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{273 + t_2}{273 + t_1}$$

式中: p_1 和 t_1 ——试验开始时的压力(MPa)和温度值($^{\circ}\text{C}$);

p_2 和 t_2 ——试验终止时的压力(MPa)和温度值($^{\circ}\text{C}$)。

(5) 在检漏过程中如发现压力有下降,但在系统中又一时无法找到渗漏处,这时应注意以下几种可能性:

- ① 冷凝器中制冷剂一侧向水一侧有泄漏,应打开水一侧两端封盖进行检查。
- ② 如果是对旧的系统进行检修,则应注意低压管路包在绝热材料里面的连接处有否泄漏。
- ③ 各种自动调节设备和元件上也有可能产生泄漏,如压力继电器的波纹管等等。

2. 真空试漏

在压力试漏工作完成后就进行真空试漏。真空试漏的目的有两个,一是检查系统在真空条件下的密封性,二是抽除系统中残留的气体和水分。

从制冷工作原理知道:制冷剂在制冷系统内循环流动时,它的状态是在不断变化着,压缩时为气体,冷凝后变为液体,蒸发后又变为气体。但属于不凝性的空气或氮气在常温下或在一般的低温下是不会凝结为液体的。这部分不凝性气体存在于冷凝器中并占去了部分容积,从

而影响了冷凝器的散热能力,使冷凝压力升高,影响正常的制冷效果,所以一定要把系统中不凝性气体抽尽。

根据有关规定:进行真空试验时,氟利昂系统内的压力应降到 5.33kPa 以下(即真空度要在 96.0kPa 以上),并在 8h 内压力的回升不超过 1.33kPa 以下。对真空度的要求,也应随着各地大气压力不同而异,一般来说,用当地当天的大气压力乘上 0.96 的系数即为所需抽的真空度。

进行真空试漏时,应采用真空泵来抽真空。对于小型制冷系统或者没有真空泵的情况下,也可利用制冷压缩机本身来抽真空,见图5-13。具体操作方法如下:

- ① 关闭排出阀,打开排出阀上的多用通道或排空阀,以便排放空气。
- ② 关闭系统中通大气的阀门(如充注阀、放空气阀等),打开系统中其他所有阀门。
- ③ 放尽冷凝器中的冷却水,否则会因冷却水温低而使系统内的水分不易蒸发,难以被抽尽。
- ④ 将油压继电器的接点强迫常通,然后启动一下压缩机并立即停车,查看一下旋转方向是否正确,排空孔道中有否排气,最后才正式启动压缩机抽空。抽空时压缩机的吸气阀不能开大,尤其是大型制冷压缩机,否则排气口来不及排气,有打坏阀片的可能。抽真空应分几次间断地进行,因为抽吸过快,积聚在系统内的水分和空气亦不易一下子被抽尽。
- ⑤ 抽好真空后,先关闭排空孔道,然后停机,以防止停机后因阀片的不密合而出现空气倒流现象。

在使用制冷压缩机抽空的过程中,假如压缩机自身带滑油泵时,则随着系统内真空度的提高会使滑油泵工作条件恶化,引起机器运动部件的损坏,所以当油压(指压差)小于 26.7kPa 时,应立即停车。为了检查是否已将系统内的水分、空气等抽尽,可在压缩机排出阀的多用孔道上接一临时管子,待系统中的大量空气排出后,将管子的另一端放入一只盛有冷冻油的容器内。若系统内还有水分、空气等,油里就会出现气泡,一直要抽到在较大的一段时间里不出现气泡,说明系统内的水分、空气等已抽尽。如果在较长一段时间内仍有气泡连续不断地产生,则可先关闭压缩机的吸入阀,检查一下压缩机本身有否泄漏,若压缩机不漏,则盛油容器里就不出现气泡,同时也说明是系统里有毛病;若压缩机有漏,气泡就会连续产生,这往往是轴封不密合所造成的,如果气泡的出现是开始大,逐渐变小,气泡出现的间隔时间也越来越长,这说明轴封从不密合到逐渐密合。若发现管端(插入面不深的情况下)有将滑油反复吸进吐出的现象,当将管端插到油内深处就看不出此现象,一般是阀片不密合所致,经重负荷使用后会好转的。

对全封闭式压缩机所组成的制冷系统,是不能用本身压缩机来抽真空的,故需要另接真空泵来完成这项工作。

由较大型的压缩机或半封闭压缩机所组成的制冷系统,一般也不宜用自身压缩机抽空。

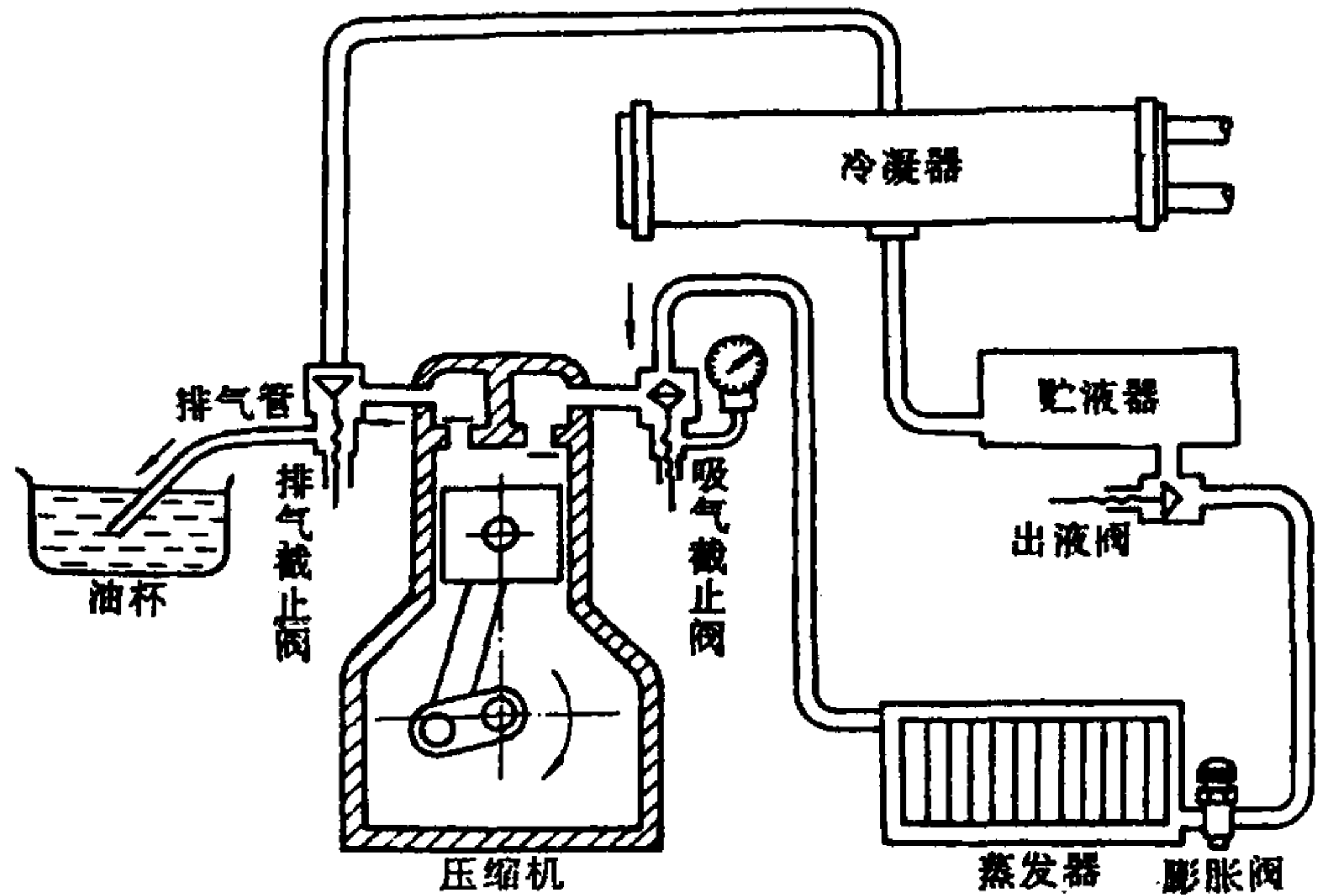


图 5-13 系统抽真空操作图

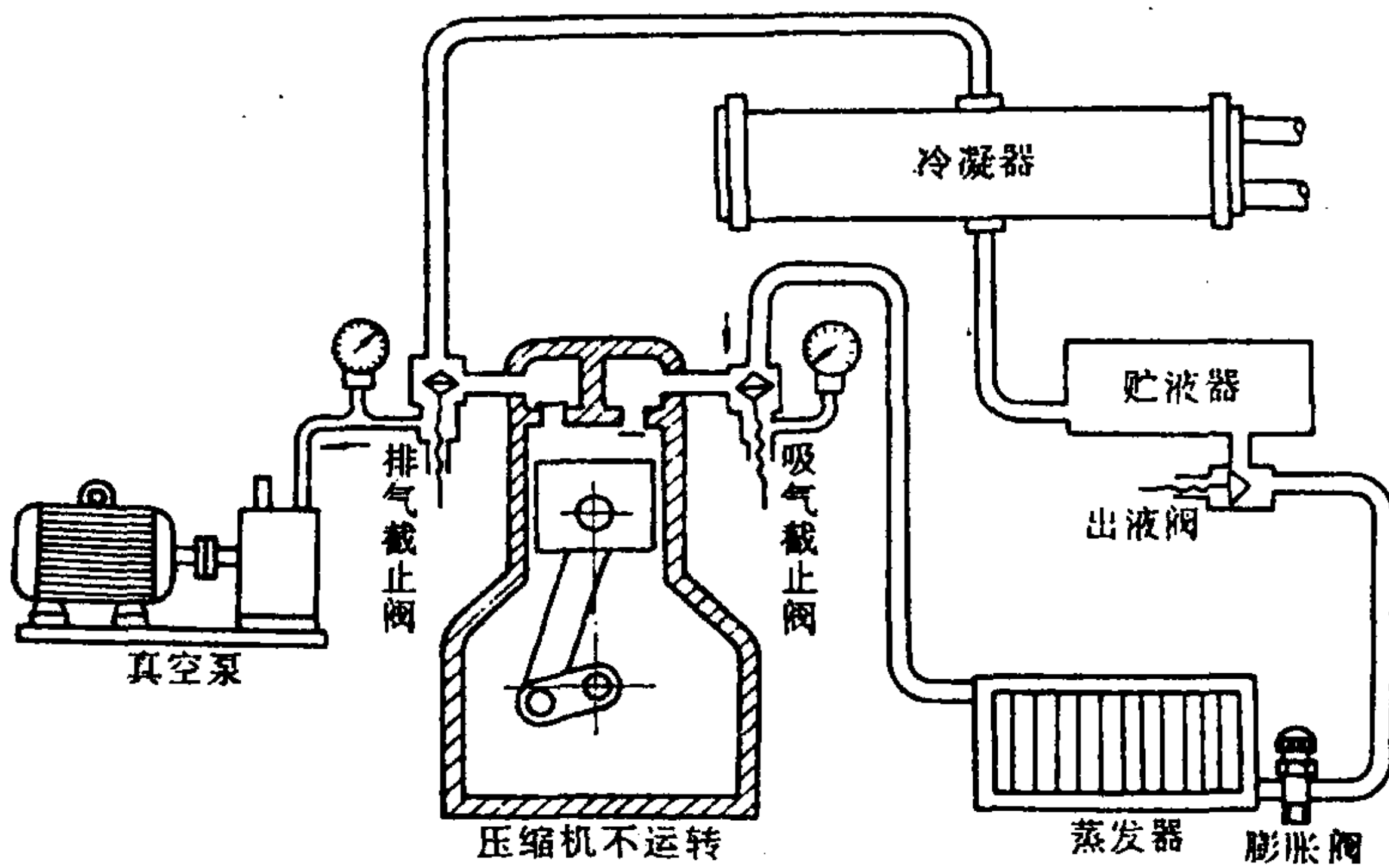


图 5-14 用真空泵抽真空

因大缸径压缩机用自身抽空有危险(因为排气口较小),而半封闭压缩机用自身抽空时,电动机冷动条件差。用真空泵抽真空的示意图如 5-14 所示。

3. 充注制冷剂试漏

在完成压力和真空试漏后,就可以进行充注制冷剂检漏试验。用制冷剂检漏的目的是为了进一步检查系统的严密性,因为制冷剂的渗透性强,若系统有渗漏处,会使充注的大量制冷剂造成泄漏损失。

充氟利昂检漏时,可在系统内充入少量的氟利昂气体,使系统内压力达 0.2~0.3MPa,然后开始检漏,氟利昂检漏可使用卤素灯,卤素检漏仪。卤素灯又名校漏仪,它的结构见图 5-15 所示。

在使用卤素灯查漏时要注意以下几点:

① 查漏工作要认真、过细,粗枝大叶是做不好查漏工作的。

② 在查漏时突然发现火焰变绿,不要急于判断,而应把卤素灯移远,待火焰恢复蓝色后,再移近至刚才检查位置的四周过细地查一遍,看在哪里火焰变绿的程度最大,则泄漏处就可能在那里。

③ 查漏时,吸气软管不要碰到壁,否则管口堵塞,使吸入空气量减少,造成燃烧不完全,引起火焰变色,以致出现判断错误。

④ 如氟利昂大量泄漏,则不宜用卤素灯检漏,避免引起光气中毒,同时因氟利昂散布很广,用卤素灯查漏亦无法判断泄漏位置。碰到这种情况应配合肥皂水查漏。

⑤ 卤素灯用完后,阀芯旋钮不可关得很紧,以防熄火后冷却收缩造成阀座和阀芯的损坏。灯的内部应保持清洁,以免脏物堵塞喷嘴。

卤素灯具体使用时,先将底盘卸下,加满乙醇(即酒精,含量应在 99.5%以上)或甲醇。再将底盘盖上旋紧,把灯直放在平地上,向黄铜烧杯内注入乙醇,并把它点燃,以加热灯体和喷嘴,以热量传给灯筒,并加热筒中的乙醇,使乙醇汽化,压力升高。待盘内乙醇快要烧光时,就要微开阀杆,让乙醇蒸汽

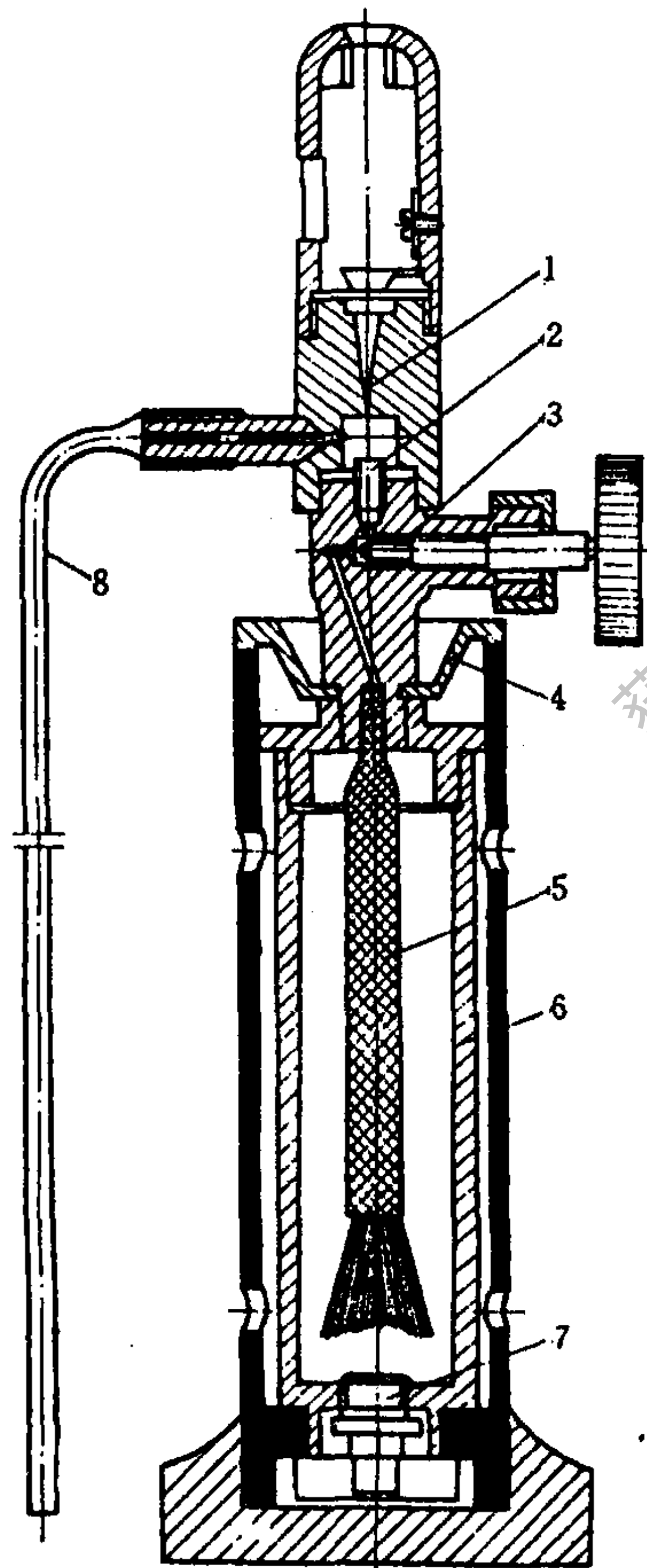


图 5-15 卤素灯结构图
1—灯头;2—喷嘴;3—阀芯旋钮;
4—黄铜烧杯;5—灯芯;6—灯筒;
7—底盖;8—吸气软管

从喷嘴喷出,蒸汽连续燃烧。喷嘴的上面有一个旁通孔接上吸气软管,由于喷嘴的高速喷射,使喷射区内的压力低于大气压,空气就经旁道管被吸入,若被检查的空气中含有氟利昂蒸汽与喷灯火焰相接触,使化合生成氟化铜气体($\text{Cu} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CuCl}_2$),这时火焰的颜色随空气中含氟利昂多少而变化。详见表 5-4。

表 5-4 漏氟浓度与卤素灯火焰色变化表

卤素喷灯火焰的颜色	R12 浓度/%(以容积计)
橙红色	0
于暗处时微绿色	0.004
于明处时淡绿色	0.006
草绿色	0.013
绿色兼微紫	0.044
绿紫色	0.070
紫绿色	0.120
紫色(气体分解)	0.600

对于氨制冷系统要进行充氨检漏,氨系统常采用酚酞试纸检漏,酚酞试纸用 100mL95% 纯度的酒精,加 20mL 甘油,再加 0.1g 酚酞配成的溶液,将白色吸水棉纸条,浸过酚酞溶液后,取出晾干即可。检漏时,只要把试纸用水浸湿后放在查漏部位。若有漏氨,则试纸就会变成粉红色,颜色越深说明泄漏量越大。在用酚酞试纸检漏时,注意酚酞试纸不可与被检表面接触,因为检查地点,均涂过肥皂水,酚酞试纸遇肥皂水时也略变红。为了可靠起见,可先用破布将被检处肥皂水擦拭干净,再检漏。

5.3 制冷剂的充注和取出

5.3.1 制冷剂的充注

当系统完成了气密试验后,就可以开始对系统正式充注制冷剂。

在充注前,先确定该系统应该灌入的制冷剂数量。一般充剂量应按照设计文件要求的数量灌注。若无具体规定,则可按系统各设备的具体情况,按照表 5-5 中推荐的数值进行估算,然后根据估算的数量来灌注。

表 5-5 制冷设备的充液量

设备名称	充液量占设备容积/%	设备名称	充液量占设备容积/%
各式冷凝器	15	立式蒸发器	80
贮液器	80	卧式冷凝器	80
中间冷却器	30	盘管式墙排管	60
再冷器	100	顶排管	50
氨液分离器	30	冷风机	50
低压循环桶	30	供液管	100
洗涤式油分离器	15~20		

注:液态氨的密度按 0.65kg/L、R12 按 1.43kg/L、R22 按 1.3kg/L 计算。

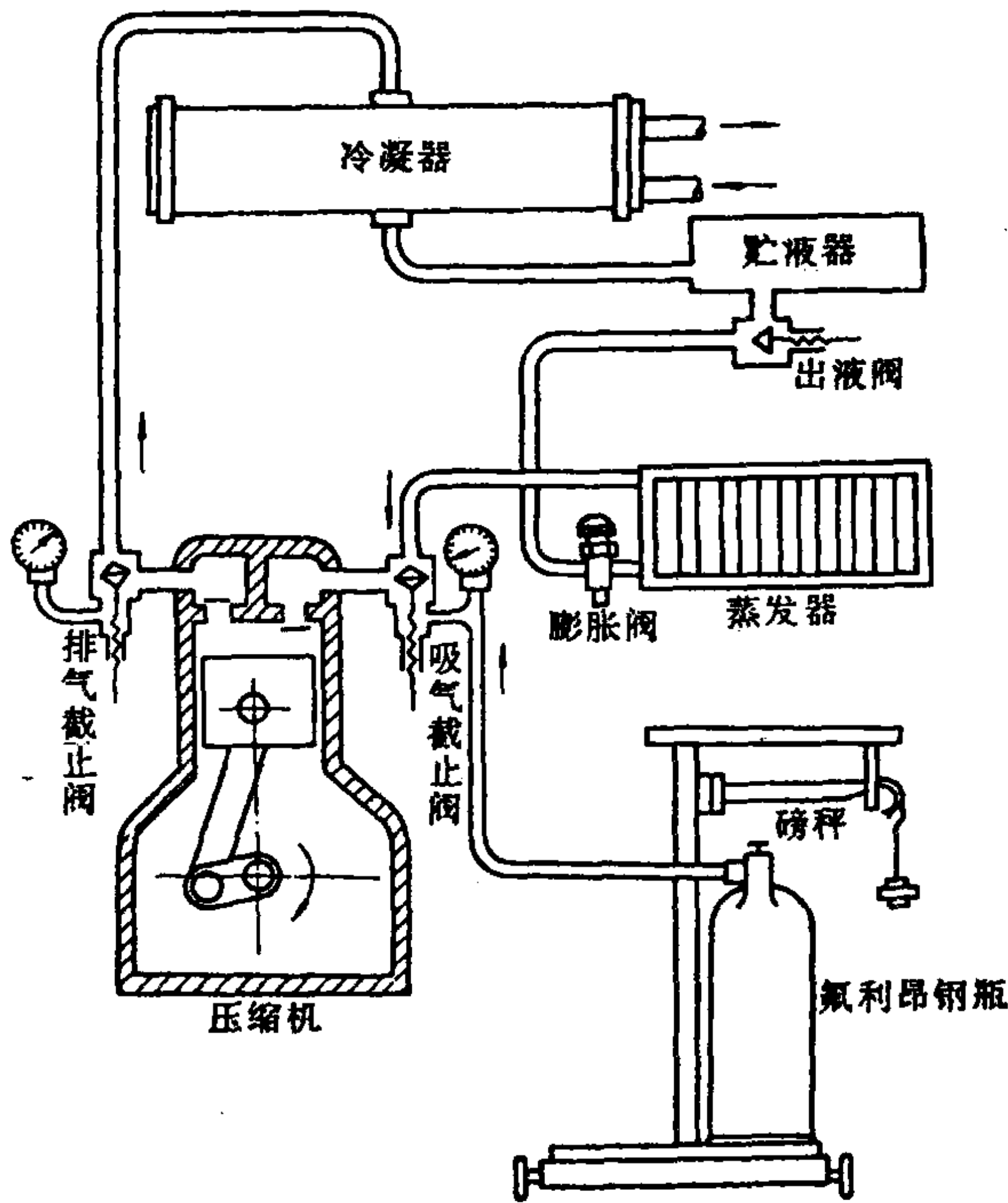


图 5-16 低压段充灌制冷剂

充注氟利昂的操作办法如下：

① 准备一架磅秤，将氟利昂钢瓶过磅，记录总重量。若扣去钢瓶的自重后，就是钢瓶内氟利昂的净重。

② 把钢瓶安放在磅秤上，见图 5-16 所示。用 $\Phi 6 \times 1$ 紫铜管一段，用专制的螺纹一头接至钢瓶上，另一头接到压缩机吸入阀的多用孔道上。接多用孔道螺母暂不扳紧，先把钢瓶阀开启一点，随即又马上开掉，则把接管内的空气排净，然后把螺母旋紧。

③ 氟利昂是以湿蒸气形式充入的，所以打开钢瓶阀时要恰当，以防压缩机发生液击。同时旋开压缩机吸入阀的多用孔道，开始充灌制冷剂。若系统内是呈真空状况，则钢瓶内的制冷剂就会自动注入系统，待系统内压力与钢瓶内压力平衡时，制冷剂就停止进入。这时若系统内制冷剂量还未加足，则可先关闭钢瓶阀，贮液器出口阀，手动膨胀

阀和压缩机的吸入阀，启动冷凝器的冷却水泵，然后启动压缩机。为了防止液击冲缸，应慢慢开启吸入阀，把系统内的制冷剂都抽入贮液器，系统低压部分又被抽成真空，然后打开钢瓶阀，让制冷剂再次自动灌入系统。如此反复进行，直至加足系统所需的制冷剂量。也可以在系统再次抽成真空后，打开贮液器出口阀和小开膨胀阀，让系统正常运行，然后打开钢瓶阀，并逐渐关小吸入阀（既开启多用孔道），让钢瓶内的制冷依靠瓶内压力与吸入压力之差流入系统（应注意不能产生液击）。当充注到满足要求时，马上关闭钢瓶阀，然后让接管中残留的制冷剂尽可能被吸入系统，最后关闭多用孔道，停止压缩机运行，充注制冷剂工作基本结束。

除了吸入阀多用孔道充注制冷剂方法外，也可用将氟利昂液体直接由排出阀多用孔道充入系统。这种方法的优点是灌注速度快而安全。适用于系统内抽成真空第一次灌注制冷剂的情况，见 5-17 所示。灌注时钢瓶位置应比系统的贮液器高，靠钢瓶内的制冷剂与系统之间的压力差与高度差自行进入系统。当系统内压力高于 0.3MPa 时，应停止在高压侧充液。若充注量不够可改为吸入侧充注制冷剂蒸汽。采用高压测充注氟利昂时，切不可启动压缩机，并注意排气阀不能漏泄，否则会产生液击。

另一种方法是在贮液器与膨胀阀之间管道专门设置一个充氟阀，这主要用于大型氟利昂系统，与充氨很相似。

在充注过程中有一点应注意，一般不允许采用对氟利昂钢瓶加温的方法来加快充注速度。因为它很不安全。除非外界温度很低的场合，才可用适当加温的办法来加快充注速度，但也应注意加温不宜过高。

充氨的步骤与上述充氟相似，其充注过程大致是：充氨时，可直接从加氨站加入，如图 5-18 所示。

系统初次充氨时，可将系统抽成真空，连接阀 1 和阀 2，利用系统和氨瓶内的压力差，把氨

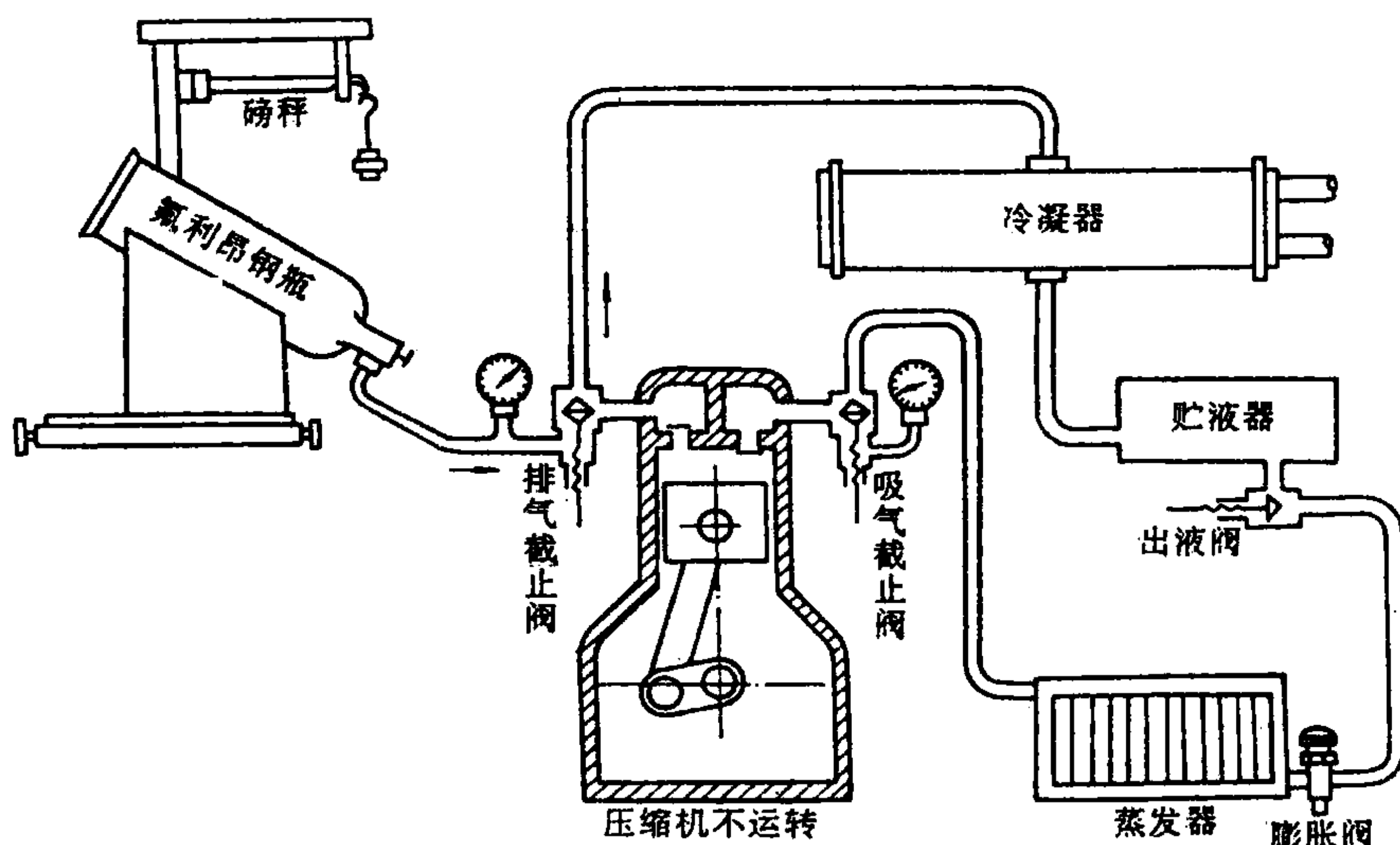


图 5-17 高压段充灌制冷剂

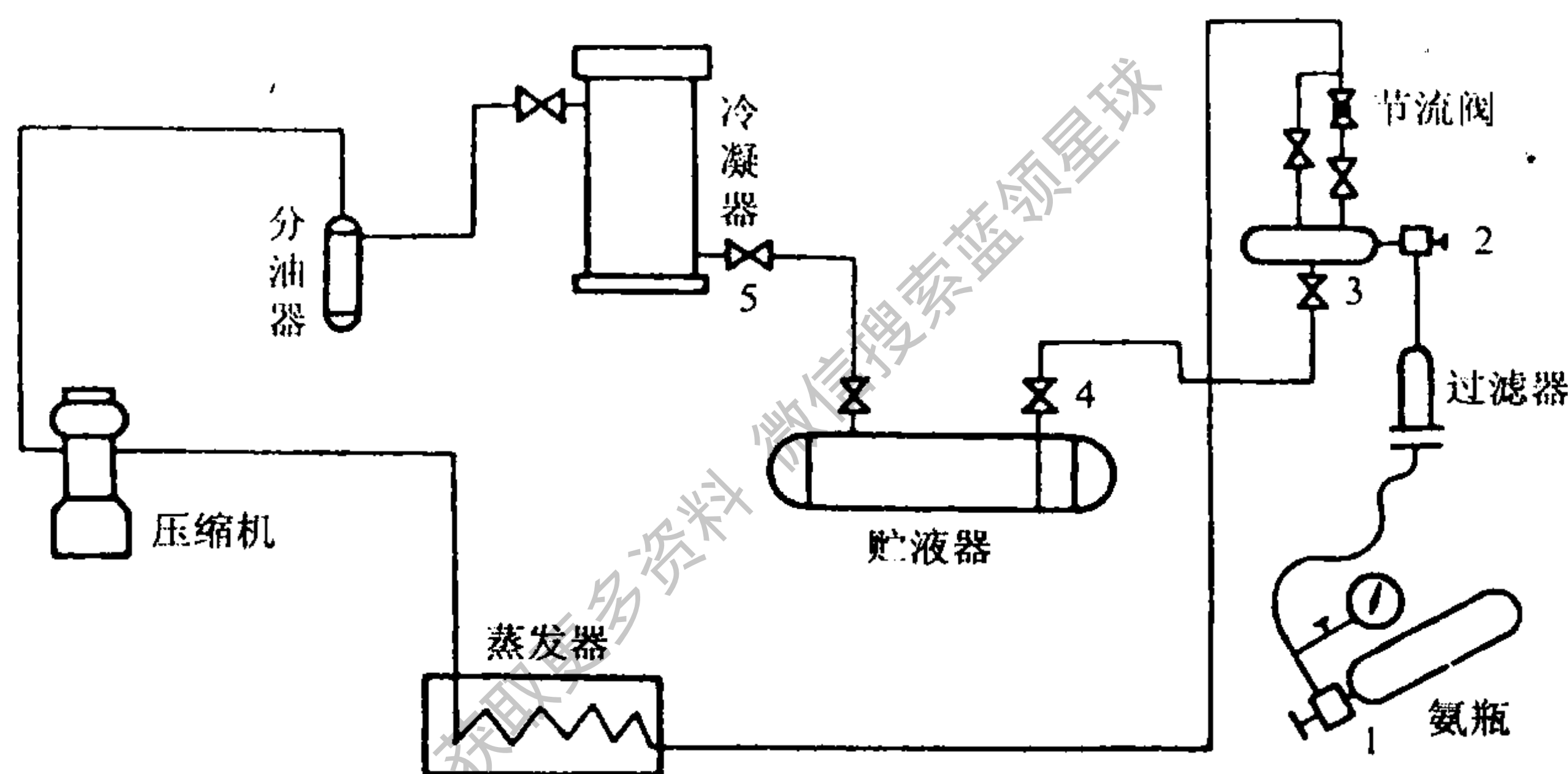


图 5-18 系统充氮示意图

1—氨瓶阀；2—充氨阀；3—供液总阀；4—贮液器出液阀；5—冷凝器出液阀

注入系统。待系统压力升高到 0.2MPa 左右，为了加快充氨，则把系统中高压部分与低压部分切断，同时关闭阀 4 或关闭节流阀前的供液总阀 3，然后开动冷却水泵，启动压缩机，把低压部分压力降低，让氨气大量充入，直至充氨计算总量的 50%~70% 暂停充氨，让其进行试运转，视试运转的情况后，发现不足时再继续添加。

5.3.2 制冷剂的取出

在制冷系统的检修中，如果从压缩机排出阀至贮液器出口阀这段系统的部件中有故障需拆修，为了减少环境污染和浪费，就应将制冷剂取出贮存到另外的容器中。装置的其他任何部件需拆修，就不必将制冷剂取出。另外，制冷装置若长期停用，为了防止泄漏，或者需要换制冷等原因，也需要取出制冷剂。制冷系统取氟和取氨的基本操作方法有两种。一种是将液态制冷剂直接灌入钢瓶，它抽取部位选在贮液器（或冷凝器）出液阀与节流阀之间的液体管道上。另一种方式是将制冷剂以过热蒸汽形式直接压入钢瓶，与此同时对钢瓶进行强制冷却，促使进入钢瓶的制冷剂过热蒸汽变成液态而贮存在于钢瓶中，它抽取部位选在压缩机排出端。两种

方法相比。前者取出制冷剂速度快,但不能抽取干净。后者抽取速度慢,但能把系统中制冷剂抽尽。前者用于大容量系统,后者用于小容量的制冷系统。无论采用哪种方法,其抽取原理都是靠压力差进行的。

除上述基本方法外,对于因压缩机本身结构特点而不能抽取制冷剂时(如半封闭、全封闭式),就必须用另外一台压缩机来协助完成抽取制冷剂的任务。

现将从制冷系统中取氨取氟时的操作方法及步骤分述如下。

1. 制冷系统取氨

① 准备一定数量的氨瓶,磅秤、取氨工具、劳保用品及操作工具,按图 5-19 进行接管。

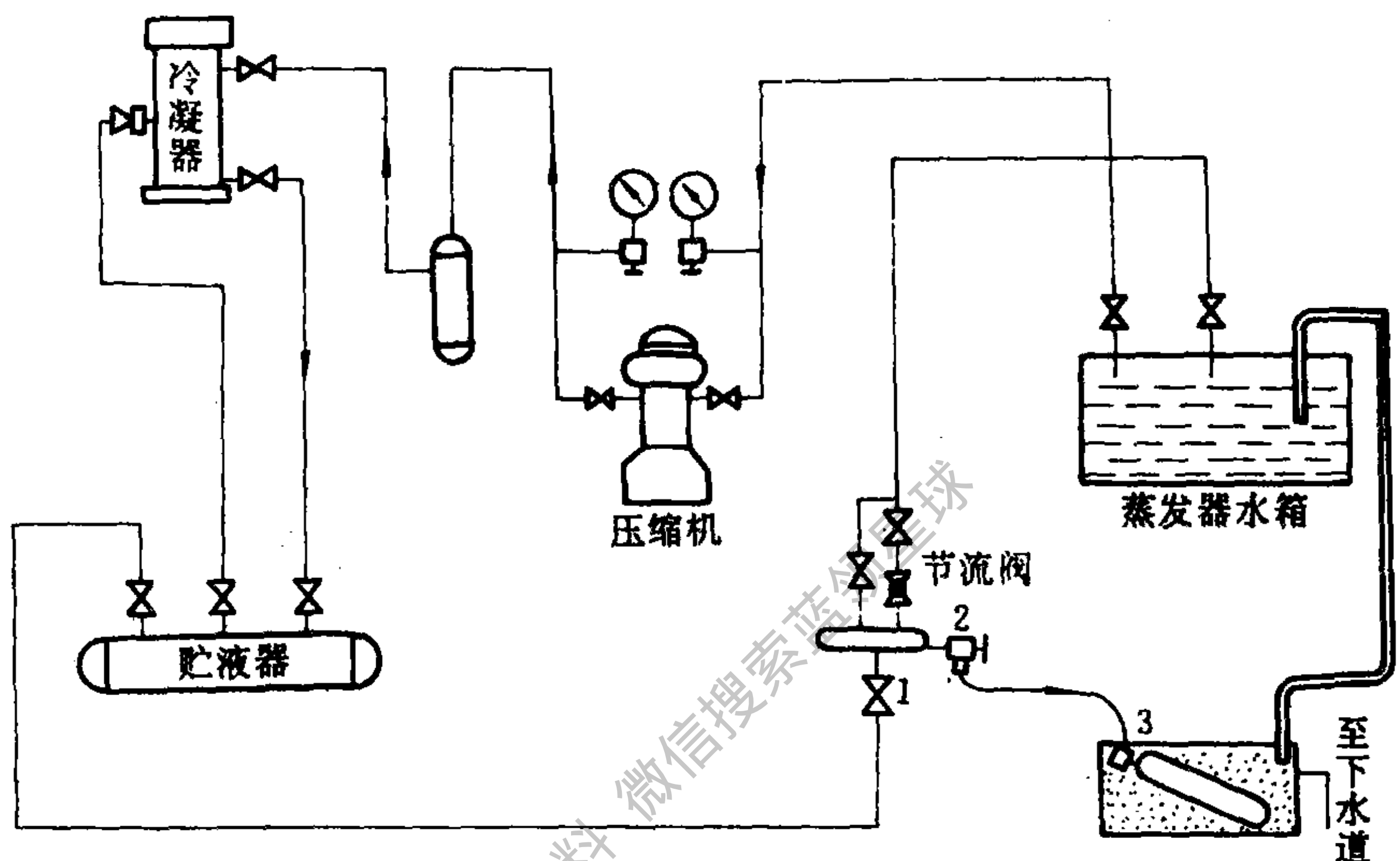


图 5-19 制冷系统取氨示意图

1—供液总阀;2—充氨阀;3—氨瓶阀

② 按正常程序启动制冷系统进行制冷,使冷量积存于蒸发器水箱中。逐步关小节流阀,蒸发器水箱中水温接近于 0°C 时,关闭节流阀,使蒸发器压力维持在 0.098MPa 左右,停止制冷系统工作。

③ 在停止制冷系统工作之前,关小冷凝器冷却水,有意提高冷凝压力到 1.25MPa 左右。

④ 停车之后,蒸发压力不应上升,否则还须启动压缩机再次对蒸发器进行抽氨。

⑤ 将蒸发器水箱内的低温水引出,淋浇于放在槽内的氨瓶上,并经常搅动槽内低温水,使氨瓶受到均匀冷却。然后开启阀 1 及阀 2 和氨瓶阀 3,氨瓶内制冷剂由于受到低温水的冷却而相应的饱和压力不高,这样氨瓶内的压力和贮液器压力就形成了一个压力差,此时贮液器中的液态氨在压力差的推动下迅速进入空的氨瓶内。

在抽取氨的过程中,应严格控制液氨进入氨瓶中的重量(经常用秤称),一般不得超过氨瓶的容积的 60% 。如果将氨瓶灌满液氨,当氨瓶从低温水中取出时,受到高于低温水的环境温度影响,氨瓶内压力将会上升很快,加之瓶内无膨胀余地,其后果是比较危险的。

⑥ 氨瓶中装足了规定的重量后,关阀 2 及氨瓶阀 3,另换一瓶再抽取,直到贮液器内压力下降到与氨瓶受低温水冷却时的饱和压力相等时,可以认为制冷系统取氨基本完毕。系统所剩部分为氨气体及其油污杂质,可以通过紧急泄氨器或系统中最低点放入下水道,或者用水稀释成为氨水作肥料。

2. 制冷系统取氟

① 将氟压缩机排气阀和冷凝器出液阀开足,此时氟截止阀 B 处多通用孔即被关闭,取下堵头,按堵头尺寸加工 T 形或直形接头(直形接头可参考图 5-21 进行加工),依照图 5-20 接好取氟管(一般用 $\Phi 6 \times 1$ 紫铜管作成)。

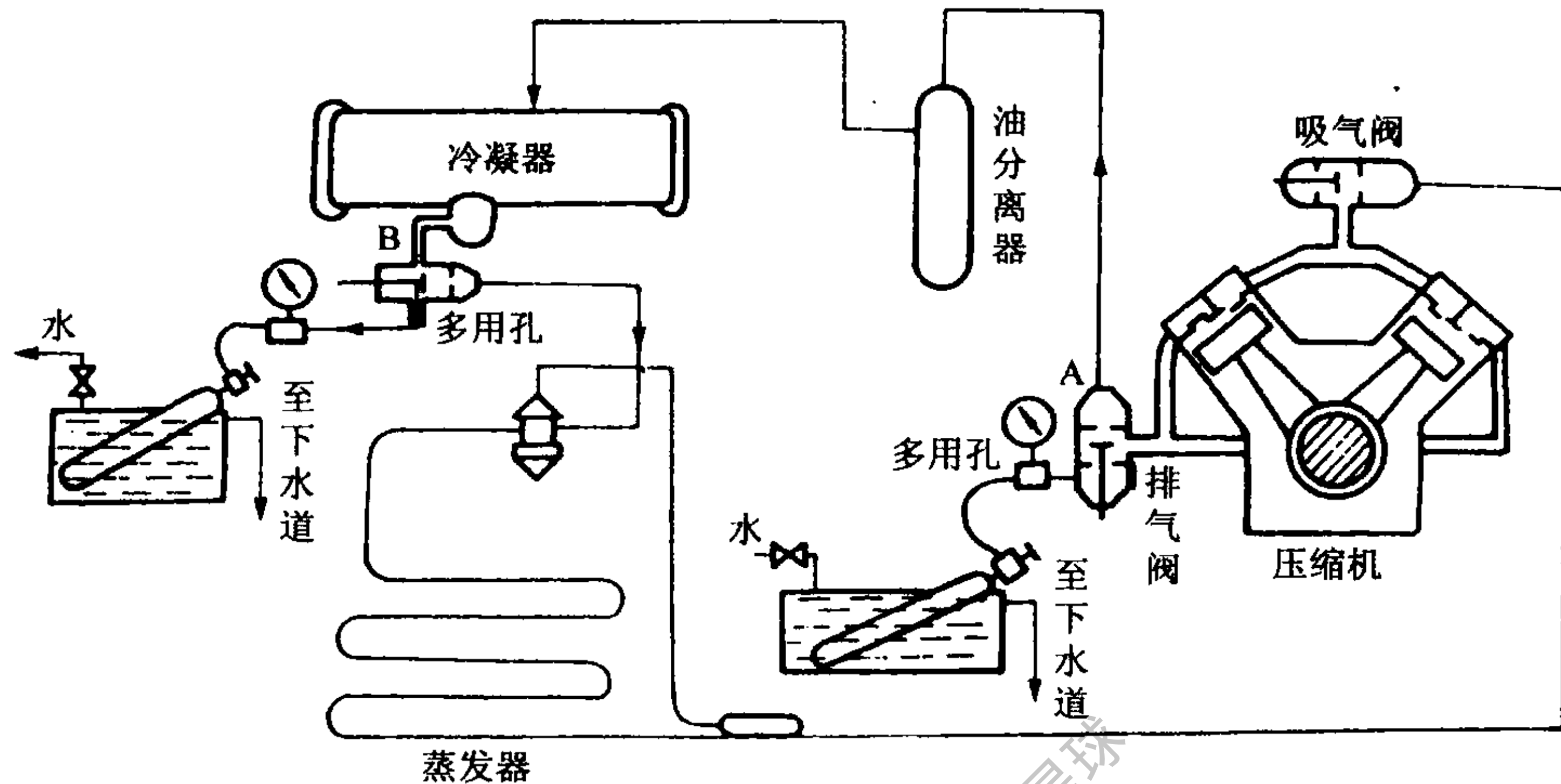


图 5-20 制冷系统的取氟示意图

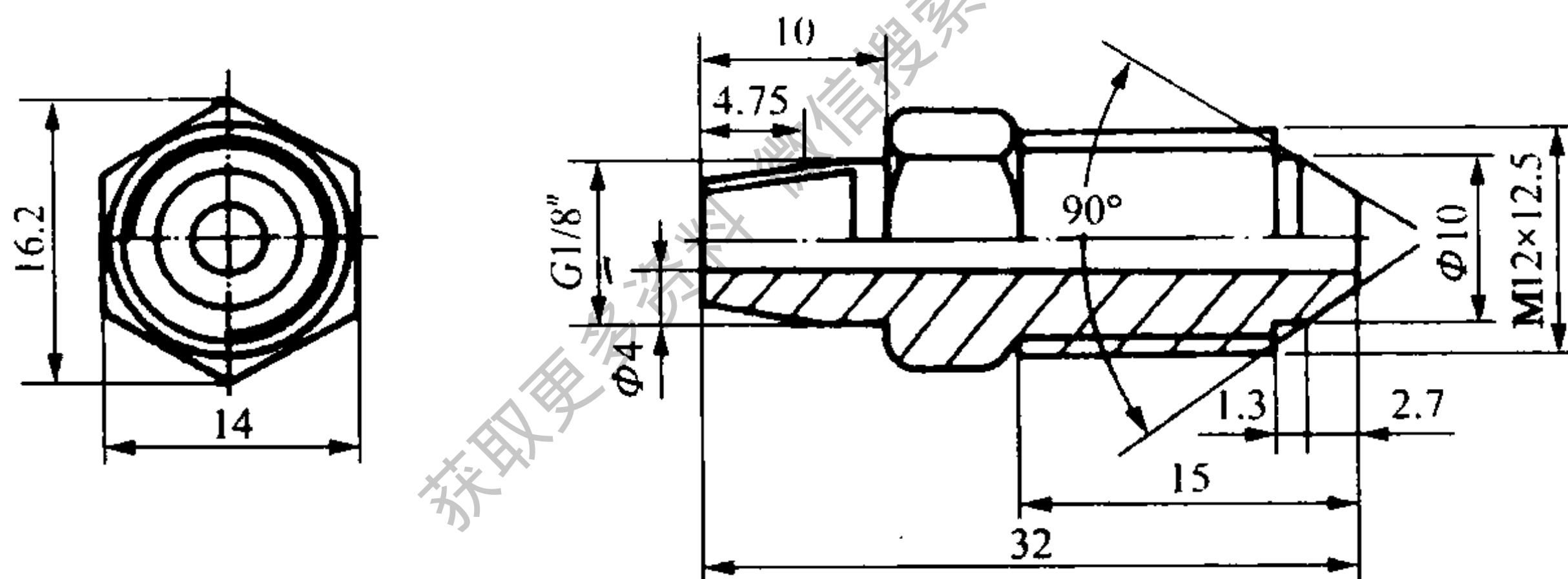


图 5-21 直形接头

② 用系统中的氟把取氟管中的空气赶走(待用)。

③ 接好冷却水管,使氟瓶淹没在水中,并使水搅动(水温不能高于冷凝器冷却水温度),降低氟瓶内压力。

④ 打开氟瓶阀,逐步关小冷凝器出液阀,则氟利昂液体在压力差的作用下进入氟瓶。如果氟液体进入氟瓶有困难,可按正常启动的程序启动氟制冷系统,关小冷凝器冷却水,有意提高冷凝器内压力,此时氟制冷剂将迅速进入氟瓶。每瓶所装容积要求与氨相同。

⑤ 随着系统内氟利昂的减少,高压压力就会降低,因此在 B 处取氟将会十分困难,可以换在 A 处取氟。利用 A 处取氟,应调节压缩机吸入截止阀之大小,以排气压力不超过 0.98MPa 为宜。

⑥ 当低压系统中的压力为 0.098MPa 时,系统中的制冷剂已基本抽取完毕,留下的只是少量的制冷剂蒸气,这时可以停车,关闭氟瓶阀。

⑦ 停车之后,观察排气压力表和吸气压力表指示值的回升情况,如果压力表回升至 0.98MPa 以上,就要重新打开氟瓶阀,启动压缩机继续抽取。如果压力表并不回升,这才说明

系统内没有液态制冷剂了。

5.4 制冷装置的试运转

对于大修后的压缩机,在经过拆卸、清洗、检查测量、装配完毕后,必须进行试运转,以鉴定机器大修后的质量和运转性能。一般压缩机要经过空车、空气负荷和带制冷剂负荷三个阶段的试运转。空车试运转主要检查各运动零部件配合是否良好;滑油系统是否正常及卸载装置是否灵活准确等。空气负荷试运转是检测制冷压缩机有负荷的运转情况下,以鉴定维修装配质量以及密封性能是否良好。带制冷剂负荷的试运转,不论是大修后的压缩机,还是新安装好的制冷装置都应进行。它是在制冷剂充灌好以后进行的,本节着重介绍带制冷剂负荷的试运转,至于空车和空气负荷试运转请参考其他书籍。

5.4.1 压缩机启动前的准备和检查工作

- ① 打开冷凝器的冷却水阀门,开动水泵,若是风冷式冷凝器,则开动风机,并检查供水或风量是否正常。
- ② 检查和打开压缩机的吸排气截止阀及其他控制阀门(除通大气外)。
- ③ 检查压缩机曲轴箱内油面高度,一般应保持在油面指示器的水平中心线上。
- ④ 用手盘动皮带轮或联轴器数圈,或开电源开关试启动一下即关,检听是否有异常杂声和其他意外情况发生,并注意飞轮旋转方向是否正确。
- ⑤ 经过仔细检查,认为没有问题后,即可启动压缩机试运转。

5.4.2 制冷装置的试运转

在制冷装置调试之前,先进行试运转。在试运转中应注意以下一些问题。

- ① 检查电磁阀是否打开(指数有电磁阀系统),可用手摸电磁阀线圈外壳,若感到发热和微小震动,则表明阀已被打开。
- ② 油泵压力是否正常,它的油压(指油泵出口压力及吸气压力之差值)应是 0.075~0.15 MPa;对于新系列压缩机使用转子式油泵,有能量调节装置,它的油压应是 0.15~0.30 MPa。若发现不符要求,应进行调整。对油压继电器的低油压差动作试验,检查油泵系统油压差值低于规定范围时,看油压继电器能否工作。
- ③ 注意润滑油的温度,一般应不能超过 60℃(许可条件是 $\leq 70^\circ\text{C}$)。因为油温过高会降低润滑油的粘度,影响润滑效果,但油温也不宜过低,如低于 5℃,粘度太大,也会影响润滑效果。
- ④ 注意压缩机的排气压力和排气温度。按照规定,排气压力 R12 不能超过 1.18 MPa, R22 及 R717 不能超过 1.67 MPa,排气温度 R12 不能超过 130℃, R22 及 R717 不能超过 150℃,对于老系列产品不能超过 100℃。排气温度过高会使润滑油结碳,缩短阀片寿命,加快气缸与活塞的磨损。

对于高压继电器的试验:将吸入阀开足,关小冷凝器冷却水阀,使排气压力逐渐升高,看高压继电器动作时的排气压力值是否与要求的压力值相符合。若不相符合,则应进行调整,直至符合要求为止。

- ⑤ 氟利昂系统的吸气温度一般应不超过 15℃,吸气温度的增高要引起排气温度的升高,

油温也会升高。对低压继电器的试验:在压缩机运转以后,慢慢关小吸入阀,使吸气压力逐渐下降,检查低压继电器动作时是否与要求的压力值相符。若不相符则应进行调整,直至与要求相符为止。

⑥ 检查分油器的自动回油情况。正常情况下,浮球阀会自动地周期性开启、关闭,若用手摸回油管,应该有时热时冷的感觉(当浮球阀开启时,油流回曲轴箱,回油管油就发热,否则就发冷)若发现回油管长时间不发热,就表示回油管有堵塞或浮球阀搁煞等故障,应及时检查排除。

⑦ 听压缩机运转的声音。正常运转时,只有进、排气阀片发出的清晰均匀的起落声,气缸、活塞、连杆及轴承等部分不应有敲击声,否则应停机检查,并及时排除故障。

⑧ 对备有能量调节装置的压缩机,应检查该机构的动作是否正常。

⑨ 检查整个系统的管路和阀门,是否存在泄漏处。

在运转正常的情况下,即可着手对制冷装置的工作进行调试。

5.4.3 制冷装置的调试

制冷装置的调试就是把装置运行参数调整到所要求的范围内工作。从而使制冷装置的工作既能满足设计要求,同时装置的运行参数工作在既安全又经济的范围内。

制冷装置运行的主要参数有:蒸发压力和蒸发温度;冷凝压力和冷凝温度;压缩机的吸气温度和排气温度;膨胀阀(或节流阀)前制冷剂温度等。这些参数在制冷装置运行的过程中不是固定不变的,而是随着外界条件(如库内热负荷,冷却水温,环境温度等)的变化而变化的,所以在调试过程中,必须根据外界条件和装置的特点,把各运行参数调整在合理的范围内。下面对主要运行参数分别给予说明。

1. 蒸发温度 t_0 和蒸发压力 p_0

蒸发温度 t_0 是蒸发器内制冷剂在一定压力下汽化时的饱和温度,该压力即为蒸发压力 p_0 。

装置运行的蒸发温度 t_0 应根据被冷却介质的温度的要求及它的工作特点来确定。例如:对于直接蒸发式冷库来说,空气自然对流时,蒸发温度比要求冷库温度低 $10\sim 15^\circ\text{C}$;空气为强制循环时,蒸发温度比冷库温度低 $5\sim 10^\circ\text{C}$ 。对于冷却液体的蒸发器,它的蒸发温度 t_0 应比被冷却液体平均温度低 $4\sim 6^\circ\text{C}$ 。

在制冷装置运行过程中,蒸发温度 t_0 (或蒸发压力 p_0) 并不是固定不变的,它将随着工作条件的变化(库内热负荷的变化,压缩机能量的变化等)而产生相应的变动。从制冷装置的工作原理可知;在冷凝压力 p_k 不变的情况下,装置的制冷量是随着蒸发温度的下降而减小的。而单位制冷量的耗功却随着蒸发温度的下降反而增大。

2. 冷凝温度 t_k 和冷凝压力 p_k

冷凝温度 t_k 是制冷剂气体在冷凝器中冷凝时的温度,对应于冷凝温度 t_k 下的饱和压力就是冷凝压力 p_k 。

冷凝温度的大小是取决于冷却水(或空气)的温度、冷却水在冷凝器中的温升及冷凝器的型式。

冷凝温度 t_k 与冷却大进水温度 t_w 的关系是:

$$t_k = t_w + \Delta t_1 + \Delta t_2$$

式中： t_w ——冷却水进水温度(°C)；

Δt_1 ——冷却水在冷凝器中的温升(即进出水温度)，一般 $\Delta t_1 = 2 \sim 4^\circ\text{C}$ ；

Δt_2 ——冷凝温度与冷却水出口水温度之差，一般情况下冷凝温度比冷却水温度高 $5 \sim 9^\circ\text{C}$ 。

当用空气冷却时，冷凝温度比空气温度高 $8 \sim 12^\circ\text{C}$ 。

冷凝温度决定也是通过技术经济分析的，降低冷凝温度对装置工作有利的，但一般需要增大冷却水量(风量)，而增大冷却水量需投入外加能量，故应全面考虑。另外，过高冷凝温度将造成排气压力和排气温度过高，这对制冷装置的运行极不安全。按照规定：R12 装置的冷凝温度 $t_k \leq 50^\circ\text{C}$ (最好能在 40°C 以下)；R22 和 R717 装置 $t_k \leq 40^\circ\text{C}$ (最好不超过 38°C)。

同时从制冷装置的工作原理可知：冷凝温度 t_k 的升高，不仅使装置的制冷量下降，而且造成耗功增大(一般 t_k 增加 1°C 使制冷量减少 $1\% \sim 2\%$ ，耗功增加 $1\% \sim 1.5\%$ 单位耗电量增加 $2\% \sim 2.5\%$)。

下面用具体例子，当冷凝温度 t_k 或蒸发温度 t_0 分别变化时，其单位制冷量 q_0 ，单位 L 及制冷系数变化情况，参见图 5-22 和图 5-23。

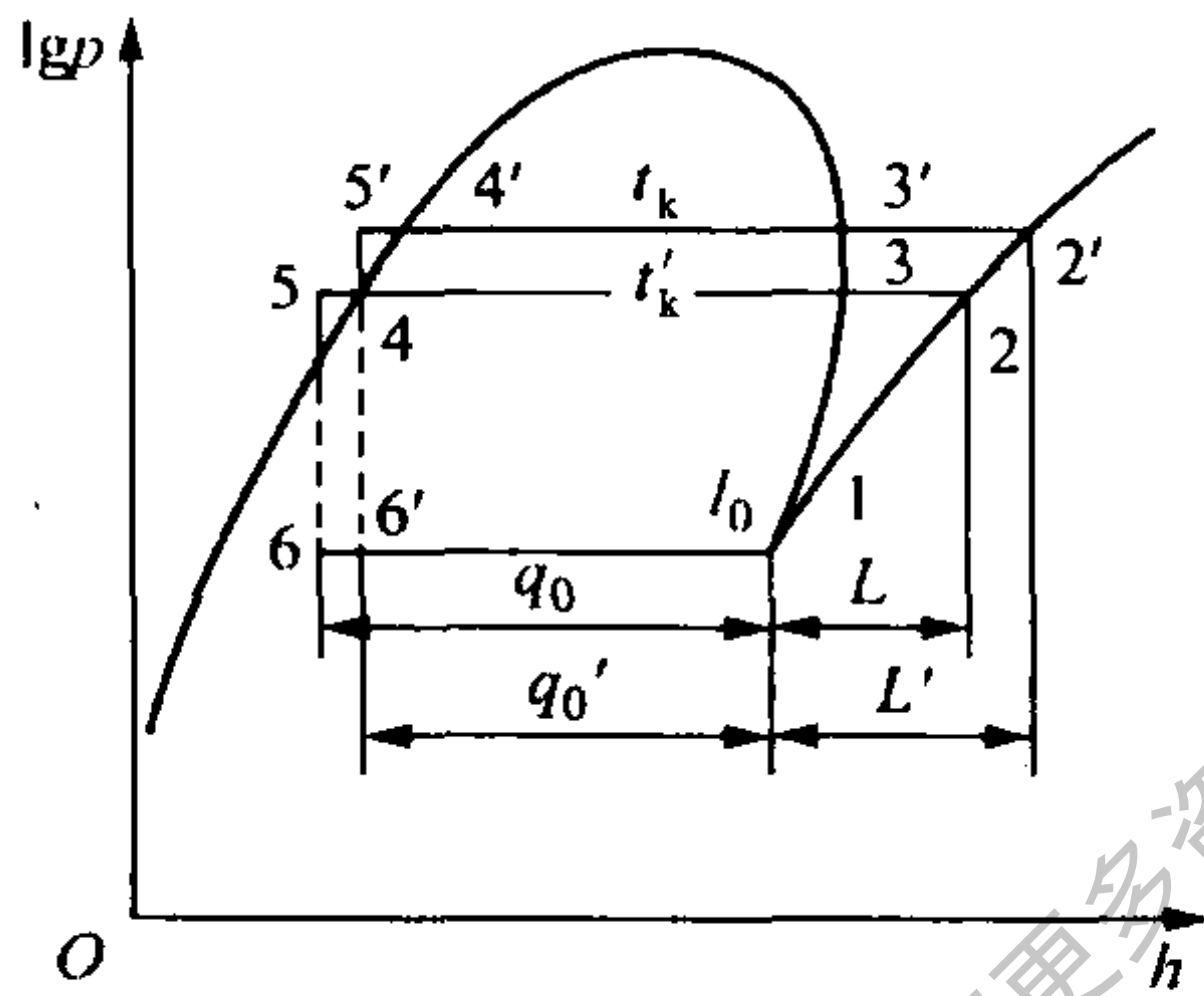


图 5-22 t_0 常数时， q_0 、 L 和 t_k 的关系

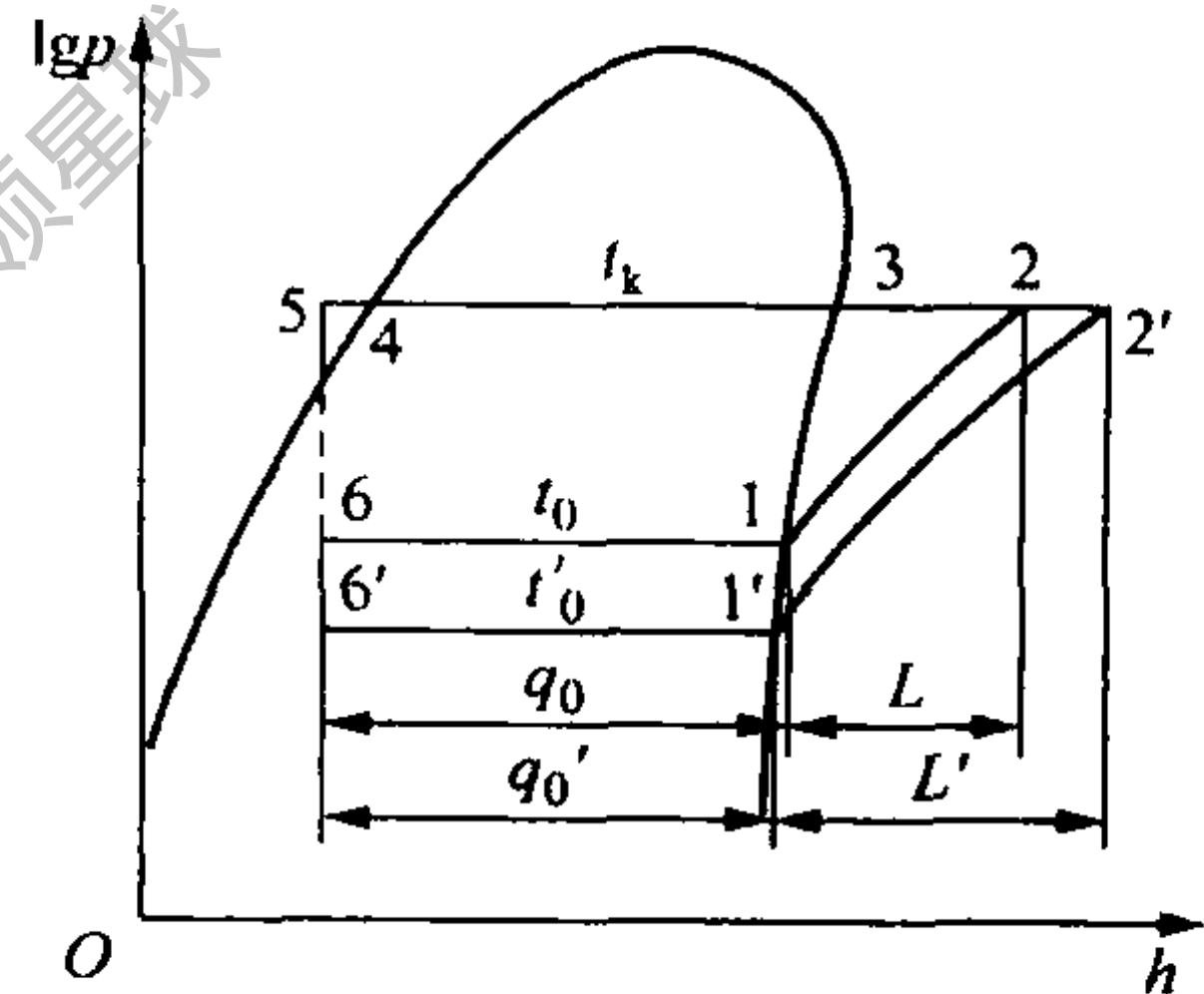


图 5-23 t_0 常数时， q_0 、 L 和 t_k 的关系

在图 5-23 中，冷凝温度等于 t_k 时，单位制冷量等于饱和蒸气的焓值(h_1)减去过冷液体的焓值(h_5)，即：

$$q_0 = h_1 - h_5$$

单位功等于绝热压缩后蒸气的焓值(h_2)减去压缩前蒸气的焓值(h_1)，即：

$$L = h_2 - h_1$$

制冷系数 ϵ_0 可用上述焓值差之比计算，即：

$$\epsilon_0 = \frac{q_0}{L} = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1}$$

当蒸发温度不变(即 $t_0 =$ 常数)时，如果冷凝温度(压力)由 $t_k(p_k)$ 升高至 $t_k'(p_k')$ ；那么制冷循环将由 $1-2-5-6-1$ 变为 $1-2'-5-6-1'$ ，单位制冷量由 q_0 减为 q_0' ，单位功由 L 增至 L' 。其制冷系数随之减小。以 R12 制冷机为例，当蒸发温度 $t_0 = -15^\circ\text{C}$ 不变时，如果冷凝温度由 20°C 升至 30°C ，其性能变化如下：

$$t_k = 20^\circ\text{C}, h_1 = 566.9 \text{ kJ/kg} (-15^\circ\text{C} \text{ 时蒸气的焓})；$$

$$h_2 = 582.9 \text{ kJ/kg} (20^\circ\text{C} \text{ 时蒸气的焓})，$$

$$h_5 = 438.2 \text{ kJ/kg} (20^\circ\text{C} \text{ 时液体的焓，未考虑过冷})。$$

$$q_0 = h_1 - h_5 = 128.7 \text{ kJ/kg}$$

$$L = h_2 - h_1 = 16 \text{ kJ/kg}$$

$$\epsilon_0 = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1} = \frac{128.7}{16} \approx 8$$

$t_k = 30^\circ\text{C}$ 时, $h_1 = 566.9 \text{ kJ/kg}$ (不变); $h_2 = 586.9 \text{ kJ/kg}$ (30°C 时蒸气的焓); $h_5 = 448. \text{ kJ/kg}$ (30°C 时液体的焓, 未考虑过冷)

$$q_0' = h_1 - h_5 = 118.7 \text{ kJ/kg}$$

$$L' = h_2 - h_1 = 20 \text{ kJ/kg}$$

$$\epsilon_0' = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1} = \frac{118.7}{20} \approx 5.9$$

过冷液体的焓值(h_5) 小于饱和液体的焓值(h_4), 制冷剂液体过冷可以提高单位制冷量 ($h_1 - h_5 > h_1 - h_4$)。在计算中为方便起见, 可近似用相同温度下饱和液体的焓值代替过冷液体的焓值。

在图 5-23 中, 当冷凝温度不变 (即 $t_k = \text{常数}$) 时, 如果蒸发温度 (压力) 由 $t_0(p_0)$ 降至 $t_0'(p_0')$; 那么, 制冷循环将由 1-2-5-6-1 变为 1'-2'-5'-6'-1, 单位制冷剂量由 q_0' 减为 q_0 , 单位功由 L 增至 L' 。其制冷系数随之减小。以 R12 制冷机为例, 当冷凝温度 $t_k = 30^\circ\text{C}$ 不变时, 如果蒸发温度由 $+5^\circ\text{C}$ 降为 -15°C , 其性能的变化如下:

$$t_0 = 5^\circ\text{C} \text{ 时, } q_0 = 128.1 \text{ kJ/kg}$$

$$L = 10.6 \text{ kJ/kg}$$

$$\epsilon_0 = \frac{128.1}{10.6} \approx 12$$

$$t_0 = -15^\circ\text{C} \text{ 时, } q_0' = 118.7 \text{ kJ/kg}$$

$$L' = 20.1 \text{ kJ/kg}$$

$$\epsilon_0' = \frac{118.7}{20.1} \approx 5.9$$

上述分析表明, 同一台压缩机的产冷量和消耗的功率, 是随工作温度的变化而改变的。例如一台 8AS12.5 型氨压缩机, 当冷凝温度为 $+30^\circ\text{C}$, 蒸发温度为 $+5^\circ\text{C}$ 时, 产冷量为 230 kJ/h , 消耗的功率为 90 kW 。冷凝温度不变, 降低蒸发温度至 -15°C , 此时的产冷量仅为 88 kJ/h , 而消耗的功率约为 71 kW 。也即是说冷凝温度 t_k 不变, 蒸发温度 t_0 由 $+5^\circ\text{C}$ 降为 -15°C , 每获得 1 kJ 冷量所消耗的功率将增加 1 倍以上。如果蒸发温度继续降低, 产冷量将进一步减少, 每获得 1 kJ 冷量所消耗的功率将进一步增加。

因为蒸发温度较高时, 压缩机的产冷量较大, 每获得 1 kJ 冷量所消耗的功率较少; 随着蒸发温度的降低, 压缩机的产冷量则随之减少, 每获得 1 kJ 冷量所消耗的功率反而增大。因此, 在能够满足使用要求的情况下, 一般不宜将蒸发温度调得过低。

3. 压缩机的吸气温度

压缩机的吸气温度是指吸入阀处的制冷剂温度。为了保证压缩机的安全运转, 防止液击冲缸现象, 吸气温度要比蒸发温度高一点, 也就是使制冷剂气体成为过热气体, 有一定的过热度。一般情况下, 在没有气液过冷器的氟利昂制冷装置, 吸气温度应比蒸发温度高 5°C 左右 (即有 5°C 过热度) 是比较适宜的; 在有气液过热器时, 保持 15°C 的吸气温度是合适的, 对于氨制冷装置, 吸气过热度一般为 $5 \sim 10^\circ\text{C}$ 。

吸气过热度过大或过小都应避免,若过热度过大,则会使制冷量下降,排气温度升高,耗功增大;反之,过热度过小,易产生液击冲缸现象。

4. 压缩机的排气温度

压缩机的排气温度是指排气阀处的制冷温度。为了保证压缩机的安全运行,规定 R12 装置的排气温度不能超过 130℃,R22 和氨的装置不能超过 150℃。排气温度过高,会引起润滑油因温度升高而降低粘度,使润滑效果变差,易造成运转部件的损坏。当排气温度升高到接近润滑油闪点时,还容易出危险。

排气温度是与压缩比 $\frac{p_k}{p_0}$ 及吸气温度有关。吸气温度超高,压缩比越大,则排气温度越高,否则反之。

排气温度比冷凝温度要高得多。例如氨压缩机在标准工况下运行,按理论循环计算,得到排气温度为 106℃左右,而冷凝温度则为 30℃,由排气温度为 106℃的过热气体,冷却至冷凝温度 30℃饱和气体,放出显热约占 15%;由 30℃的饱和气体,冷凝为 30℃的饱和液体,放出冷凝潜热约占 83%,温度 30℃的饱和液过冷为 25℃的过冷液体,放出显热为 2%左右。由此可见,饱和蒸气的冷凝放热是主要的,起着决定性的作用。

5. 液体制冷剂的过冷温度

为了防止液体制冷剂在膨胀阀(节流阀)前的液管中产生闪发气体,保证进入膨胀阀的制冷剂全部是液体,则应让液体制冷剂具有一定的过冷度。不同的装置,按照膨胀阀(节流阀)前液管总的压力损失的不同,所需的过冷度也不一样,表 5-16 是建议采用的最小过冷度值。

为了达到过冷的要求,可采用气液过冷器。在 R12 的装置中还常见把液管和回气管包扎在一起,达到过冷目的。

表 5-16 最小过冷度值

过冷度 / °C	阀前液管总的压力损失 /MPa						
制冷剂	0.049	0.098	0.147	0.196	0.245	0.294	0.343
R12	2.5	4.5	7.0	9.5	12	15	18.5
R22	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5

下面就一冷库的调试实例来说明制冷系统调试的操作过程和要求。

例:有一制冷装置,制冷剂为 R12,要求保持冷库温度是 -10℃,调试时冷凝器冷却水温度为 30℃。

启动压缩机让制冷装置投入调试运行,在开始调试时由于库温比较高,我们把膨胀阀的开度调至能看到蒸发器出口开始结霜后,再稍开大一点,然后让它运行一段时间。此时低压的数值一般情况可在 0.098MPa(表压)左右(对应的蒸发温度为 -12℃(左右)。应当指出,膨胀阀开度不宜过大,过大易产生液击,但也不能把阀开度调得过小,因为过小造成制冷量过小,降温速度很慢。在这段时间里,我们要注意低压的变化及蒸发器的结霜情况,因为随着库温的逐步下降,低压值和结霜都会有些变化。待运行比较稳定后,再调节膨胀阀,调至霜层结到回气管的端头(即压缩机的吸入口),但最好不要使霜结到压缩机气缸上,因为这样易引起液击。在调节膨胀阀的操作过程中,一次的调节量不能过大,一般每次调 1/2~1/4 圈,而且调整一次后,

让它有 20min 左右的运转时间。经多次反复调整,使库温下降至 -10°C 时,低压值处于 0.49 MPa(表压)(即蒸发温度为 -20°C)。在调整膨胀阀的同时,应注意高压的运行数值,按照冷凝温度与冷却水温度之间的关系,在 30°C 冷却水的情况,合理的冷凝温度应比 30°C 高 $5\sim 9^{\circ}\text{C}$,相应的冷凝压力在 0.784MPa 左右,若高压能工作在 0.784MPa 上下,同时蒸发器的结霜连续均匀,吸气温度在 $-5\sim 0^{\circ}\text{C}$ (若有气液过冷器,保持在 15°C 过热度为宜),如无吸气温度计,则能见到霜刚好结到压缩机的吸入口,调试到此基本达到了设计要求。

5.5 活塞式制冷压缩机的操作

压缩机启动时,由原来的静止状态转变成为运动状态。若带负荷启动,所需电流比正常运转时大 5 倍以上,电动机和电器设备容易受到损坏。因此除小型的制冷压缩机配备大电机外,为了减少初投资及长期运行中的浪费,必须设法减小电机的启动电流。活塞式制冷机通常有以下几种方法,一种是在机体的吸排气腔之间装一只旁通阀,在压缩机启动时,吸入和排出阀门关闭,开启旁通阀,然后迅速打开排气阀,关闭旁通阀,再缓慢打开吸气阀,使压缩机投入正常工作;另一种是系列化压缩机采用能量调节装置是减少启动负荷,其结构与原理前已讲述。

5.5.1 单级氨压缩机操作

有关单级压缩机的操作规程,在前面压缩机试运转中已基本讲述,这里只讲启动时操作。

(1) 首先要看车间记录。了解停车原因和停车时间,若事故停车或压缩机定期修理,应检查是否修复并交付使用;若是工作需要停车,由值班组长负责开车;若连续停车时间超过一个月或压缩机大修,则压缩机启动应由车间主任和技术员指挥。

(2) 检查压缩机:

① 检查压缩机与电动机各运转部位有无障碍物,并扳动皮带轮或联轴器转 $2\sim 3$ 圈,所有控制仪器保护装置是否良好。

② 观察曲轴箱压力,如果超过 0.2MPa,应先降压,若经常发生此情况,应查明原因,加以消除。

③ 检查曲轴箱的油面,正常油面应是下玻璃视孔的 $2/3$ 以上,上玻璃视孔的 $1/2$ 以下。

④ 检查各压力表阀是否打开,各压力表是否灵敏准确,对已损坏者予以更换。

⑤ 能量调节装置的指示器是否在“0”位或缸数量少的位置(装有旁通阀压缩机应将旁通阀打开)。

⑥ 油三通阀的指示位置是否处在运转位置。

⑦ 检查电动机的启动装置是否处于启动位置。

(3) 检查高低压管道系统及设备,有关阀门是否全部处于准备工作状态。

① 从压缩机高压排出管线到冷凝器,从冷凝器到调节站,有关阀门是否打开,调节阀应是关闭的。

② 从蒸发器到压缩机和低压吸入管线的有关阀门是否打开。压缩机的吸入阀应是关闭的。

③ 压缩机若联接有中冷器管道的,其阀门必须关闭。

④ 冷凝器与高压贮液器的均压阀应开启。压力表阀,液面指示器应稍开启。

(4) 检查贮液器的液面:

① 检查高压贮液器的液面,不得超过 80%或不得低于 30%。

② 检查循环贮液桶或氨液分离器的液面,应保持在浮球控制高度,在浮球失灵或无浮球阀时,液面应控制在最高不得超过 60%,最低不得低于 20%。

(5) 如果是用氨泵供液方式的,应检查氨泵各运转部位有无障碍物。

(6) 启动冷却水泵,向冷凝器,压缩机水套和曲轴箱冷却水管等供水。

(7) 在供电电压不低于额定电压 10%的情况下,即可通电启动压缩机。

(8) 启动后的制冷系统操作管理要求同试运转相同,不再重复。

5.5.2 双级压缩机组的操作

(1) 检查中间冷却器的进出液阀、蛇形管的进出阀是否全部打开。

(2) 检查中间冷却器液面,应保持在浮球中心线高度,其压力超过 0.5MPa 时,应进行降压。

(3) 双级压缩必须首先启动高压机,当中间压力降至 0.1MPa 时,方可启动低压机,在启动低压机吸入阀时,应注意中间压力与高压机电流负荷,不得超过规定要求。低压机如有两台以上的,应先启动一台,当运转正常后,再逐台启动。高压机及低压机启动操作方法与单级相同。

(4) 高压级压缩机排气温度达到 60℃,开始向中间冷却器供液。

(5) 根据库房热负荷情况,适当开启有关供液阀,如用氨泵供液,应按照氨泵操作步骤启动氨泵,向液体分调节站供液。

(6) 中间压力应与蒸发压力、冷凝压力相适应,它随着高、低压压缩机的容积比,冷凝温度和蒸发温度的变化而影响,最高不得超过 0.4MPa。并注意高压机电流负荷,不得超过电机额定电流,电动机温升不得超过规定要求。

(7) 低压机与高压机的排气温度应与蒸发温度、冷凝温度相适应(高压机的排气温度不超过 120℃)。否则就是反映操作不正常,应检查原因予以调整。低压机吸气温度与排气温度剧烈降低时,应首先关小低压机吸入阀,再关小高压机的吸气阀,密切注意中间压力不得升高,压缩机的油压不能降低,同时检查中间冷却器的浮球阀是否失灵,液面是否过高,必要时进行排液处理,若湿冲程严重,应紧急停车,但必须先停低压机,再停高压机。

(8) 机组双运转中的压缩机改为单级运转时,必须停车,然后进行管路系统阀门调整后再启动。

5.5.3 单机双级压缩机操作

(1) 扳动飞轮或联轴器 2~3 圈,检查压缩机是否正常,然后开启高、低压气缸的排出阀,再启动电动机。

(2) 慢慢打开高压缸的吸入阀,如发出有液击声时,应迅速关闭吸入阀,检查中间冷却器的液面情况,待正常后再慢慢打开吸入阀。高压缸运转时,应注意高压缸排气压力不得超过 1.5MPa。

(3) 当中间压力降至 0.1MPa 时,将能量调节阀逐级调至正常工作位置,同时根据电动机的正常电流负荷,慢慢打开低压缸的吸入阀。如发现有液击声时,应迅速关闭吸入阀,检查循

环贮液桶或氨液分离器的液面,待调整正常后,再慢慢打开低压缸的吸入阀,注意中间压力不得超过 0.4MPa,电流负荷不得超过电动机的额定电流。

(4) 当高压缸排气温度达到 60℃时,应向中间冷却器供液。

(5) 根据库房负荷情况,适当开启有关供液阀。如用氨泵供液,按照氨泵操作步骤启动氨泵。

5.5.4 氟利昂压缩机操作

氟利昂制冷压缩机的操作,基本上与氨压缩机操作相同,由于 R12 具有能与润滑油互相溶解的特性,因此要经常注意查看回油情况,保证曲轴箱有足够的润滑油。

1. 氟利昂制冷压缩机开机的准备

除与氨制冷压缩机开机前准备相同外,氟利昂制冷压缩机还要检查:

①如冷凝器为水冷却时,要开水阀供水,采用风冷式的冷凝器时要开风机。

② 检查温度继电器、低压继电器、高压继电器、油压继电器,装有电磁阀的系统还要注意查看电磁阀等部件是否正常。

2. 氟利昂制冷压缩机的开机操作

(1) 开启氟利昂制冷压缩机的排汽阀、吸气阀和其他有关阀门。

(2) 盘动制冷压缩机的联轴器,检查一下是否过看。

(3) 启动制冷压缩机,监听压缩机的运转声音是否正常,如无杂音,即可正常运行。

(4) 开启膨胀阀,根据需要确定开启大小(若系统采用热力膨胀阀时,开机后能自动开启)。

3. 正常运行的标志

(1) 采用 R12 制冷剂的压缩机的正常排汽温度最高不超过 130℃,采用 R22 制冷剂的最高排汽温度不超过 150℃。

(2) 检查温度控制器,应能按预定温度停机或开机。

(3) 膨胀阀内制冷剂流通正常,无阻塞现象,它的低压侧结霜。

(4) 油分离器装有自动回油装置应能自动回油。

5.5.5 制冷装置的停车

1. 正常停车

(1) 关闭节流阀或供液总阀,降低蒸发器的压力,以便下一次启动。若是氟利昂系统,应关闭贮液器或冷凝器出液阀。

(2) 关吸入阀,当曲轴箱表压降到 0.03~0.05MPa 时,切断电流,关闭排出阀,如停车不当,曲轴箱表压已降到负压,需使曲轴箱表压上升到“0”MPa 以上。

(3) 将油浸启动变阻器手轮,从运行位置移到启动位置。对于新系列产品应将能量调节位置移向“0”位。

(4) 待 2~3min 后,将冷却水系统和冷冻水系统关闭,停止搅拌机,记录停车时间及作好交班准备。

(5) 若是长期停车,除全封闭式制冷机外,都应将制冷剂收集而贮存于冷凝器或贮液器中,即把贮液器或冷凝器出液阀关闭,将蒸发器中制冷剂抽回。这时,除安全阀的截止阀、表

阀、均压阀、液面指示器阀开启外,其他阀门均呈关闭状态。然后消除制冷剂漏泄处,作好机器设备的油封工作。并每隔半月盘车一次。对于氟阀门除压紧阀杆填料之外,还应把阀帽旋紧。

(6) 关于氨用双级压缩机的停车,首先关闭调节站节流阀,适当降低蒸气器压力;再关中间冷却器的供液阀,然后停止低压机的运转。待中间压力下降至 0.1MPa 以下时,停止高压机工作,其他停车步骤可参考单级压缩机进行。

各种制冷装置,在长期停车中,应将系统中的水放掉,以防因环境温度较低,而冻坏设备。若在南方地区,因气温较高,可不必放水,因放水后空气进入,对管内壁腐蚀比有水的情况下要严重。

2. 事故停车

事故停车是制冷装置在运行过程中,遇到意外设备故障或因外界影响将对制冷系统带来严重威胁时所采取的应急措施。有的需要紧急停车,有时需要作停车处理。总之要根据情节和危害程度来采取相应办法。在处理紧急停车时应沉着而迅速,切忌因惊慌失措而乱关闭控制阀门或电气开关,谨防事故的蔓延和扩大。

(1) 遇下列情况,应作紧急停车处理(即不按正常停车程序进行):

① 电源突然中断停车。应立即关闭调节站节流阀,停止向蒸发器供液,以免下次启动时,因蒸发器液体过多而产生湿压缩,然后关闭制冷机吸排气阀。对于氟系统有电磁阀的条件下,可不作处理,拉下电源开关。检查停车原因。在确认事故排除后,可重新启动。

② 突然停水停车。由于检修管路或其他原因,冷却水突然中断,应立即切断电源,停止制冷机运转,避免冷凝压力过分升高。然后再关节流阀、制冷机吸排气阀(对水冷式氟制冷机同样要切断电源)。经查明原因并消除之后,可再行启动。如因停水,系统或设备安全阀超压跳开,还应对安全阀试压一次。

③ 遇火警停车。当与冷冻站相邻的建筑物发生火灾并危及到冷冻系统的安全时,应立即切断电源。迅速打开贮液器、油分离器、蒸发器各放油阀(一般设计时,这些放油阀与紧急泄氨器相连),开启紧急泄氨器,使系统氨液集中于紧急泄氨口并迅速排出,以防因火灾蔓延而使制冷系统发生爆炸事故。

(2) 遇下列情况时,应作停车处理:

- ① 油压过低或升不上压;
- ② 油温已超过允许值;
- ③ 轴封处泄漏制冷剂严重;
- ④ 气缸中有敲击声;
- ⑤ 比较严重的湿压缩现象;
- ⑥ 排气压力及温度过高;
- ⑦ 能量调节或卸载机构失灵;
- ⑧ 润滑油太脏;
- ⑨ 气缸“拉毛”或连杆大头轴瓦“咬住”;
- ⑩ 皮带打滑等。

(3) 湿压缩故障停车操作。制冷机发生湿压缩现象是因为制冷剂液体或未完全蒸发的液体微粒进入气缸并压缩,叫湿压缩或湿冲程,有的地主称为走潮车,严重时又称液击现象。

在运行中如果发生湿压缩,应根据其发生的原因和程序分别处理。对于轻者,关小或关闭

吸入阀及节流阀；对于较重者应立即关闭吸入阀及节流阀；对于严重者应立即停车，关闭节流阀、吸入阀、排出阀，放掉曲轴箱中制冷剂或利用其他制冷机抽出曲轴箱和气缸中的制冷剂，同时更换冷冻油。

5.6 制冷系统放油和放空气操作

5.6.1 润滑油的添加

压缩机正常运转时，润滑油是不需要经常添加的。但当制冷机运转一段时间后，润滑油就逐渐消耗，特别是老设备耗油量大，因此需要添加一定的润滑油。添加时要注意视油镜的油位。润滑油过多也不利，它将使进入压缩机和系统中的油量过多，可能引起油击，冷凝器、蒸发器传热恶化以及通过膨胀阀的制冷剂流量减少等不正常现象。

添加的润滑油应与系统内润滑油牌号相同，不允许将不同牌号的润滑油相互混合，以防润滑油的性能发生变化。

添加润滑油的操作过程如下：

1. 停车时加油

添加少量润滑油或小型压缩机添加润滑油时，可利用吸入阀多用孔道来添加，其步骤是：

① 关闭吸入阀多用孔道，用接管的一端接多用孔道，另一端能到盛油容器中，见图 5-24。

② 稍稍开启多用孔道，用制冷剂来吹净管内空气，随即托揪住，不让漏气。

③ 关闭吸入阀（即开启多用孔道），启动压缩机，瞬时即停（低压继电器应强迫常通），以免奔油。这样反复二、三次，然后运转几分钟，把曲轴箱抽成真空后，让它继续吸油，直至油位达到视油镜 $1/2 \sim 1/3$ 时，停止抽吸。

④ 关闭吸入阀的多用孔道，拆除吸油接管。

2. 在运转中加油

新系列产品有放油三通阀，压缩机可实现不停机加油。其方法如下：

① 把放油三通阀置于运转位置（阀芯应退足），旋下外通道螺塞，接上加油管，油管通至盛油容器。盛油器的油面应高于曲轴箱的油面。

② 关小吸入阀，使曲轴箱压力（即低压值）略高于“0”MPa。将放油三通阀芯向前（右）旋转少许，置于放油位置，让曲轴箱内的油流出，赶走管内的空气。然后迅速将阀芯向前（右）旋至极限位置，处于装油位置，盛油器内的油就被泵吸入。

③ 待油加至要求油位时，把入油三通阀转至运转位置。然后拆下油管，并把装置调整在正常的运转工况。

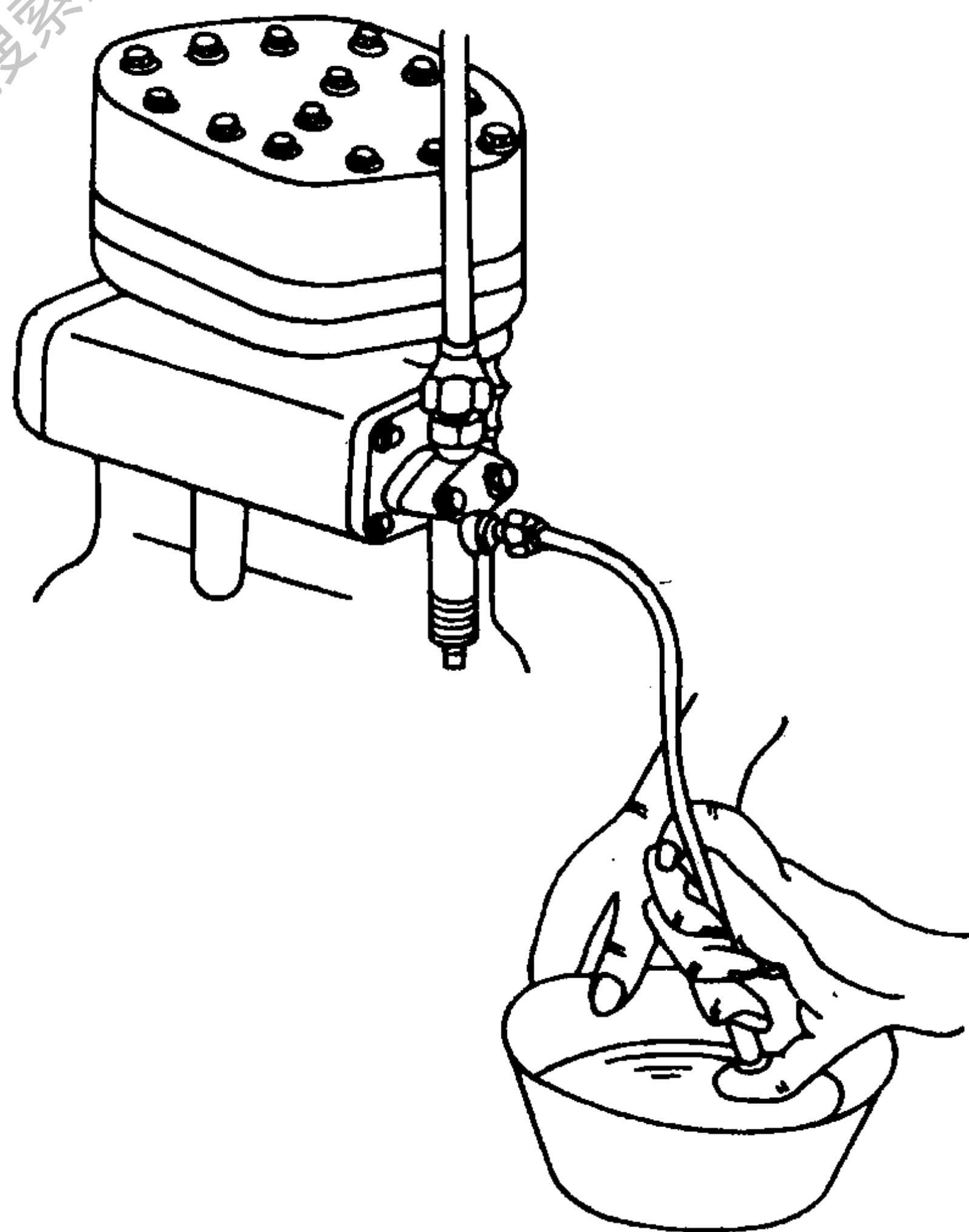


图 5-24 从吸入阀添加润滑油示意图

5.6.2 润滑油的排放

在氨为制冷剂的系统中,由于氨不溶解于油,需要经常排放润滑油。利用氨比润滑油轻的原理,在压力差的作用下,使系统中的油经专门的放油放置——集油器排放出来。

1. 润滑油进入系统的可能性

(1) 制冷机在工作时,压缩终点温度较高,特别是氨和 R22 单级压缩时,排气温度一般在 $70\sim 130^{\circ}\text{C}$ 之间变化。在高温下,冷冻油将有部分变成蒸气,伴随制冷剂热蒸气进入系统。润滑油随着温度升高,其蒸发量也增大。如 80°C 时,蒸发率为 3.13% ; 100°C 时蒸发率为 7.6% ; 120°C 时蒸发率为 16.03% ; 140°C 时蒸发率为 34.68% 。这些情况在空气负荷试车时,就能见到排出的气体是带有油烟的。

在排气温度较高的情况下,润滑油还要炭化结焦。吸附在排气阀片及排气腔内,直接影响到阀片的工作。

(2) 由于制冷剂在气缸中运动的速度很快,压缩机的排气速度高达 $24\sim 30\text{m/s}$,这样很容易把部分润滑油带入制冷系统。或因刮油环失效,活塞与气缸之间的间隙增大,润滑油就沿着气缸壁被升至活塞顶部,再随排气管道进入系统,虽然在管路中有油分离器,但仍然会有润滑油带入系统,特别是维护工作不健全时,这种现象更为严重。

2. 系统中存油的害处

(1) 当氨系统中进入冷冻油后,随着管道、设备和制冷剂温度的下降,润滑油以一种油膜状态吸附在热交换设备(如冷凝器、蒸发器)的传热面上,这就大大增加了热阻,降低了设备的热交换能力,对提高制冷效率不利。而 R12 与油互相溶解。传热表面油膜状态的形成就微弱多了。

(2) 油积存在辅助设备和管道内,必然使其工作容积减少。由于温度下降,油的粘度变大,污物和机械杂质与油混合附着在管道内壁上。这样就严重地影响了制冷剂的通道面积,从而形成阻力。

上述两种害处如不及时排除,时间长了就会导致制冷机制冷量下降,电能消耗增加,设备工作效率降低,因此要定期放油。

3. 放油操作

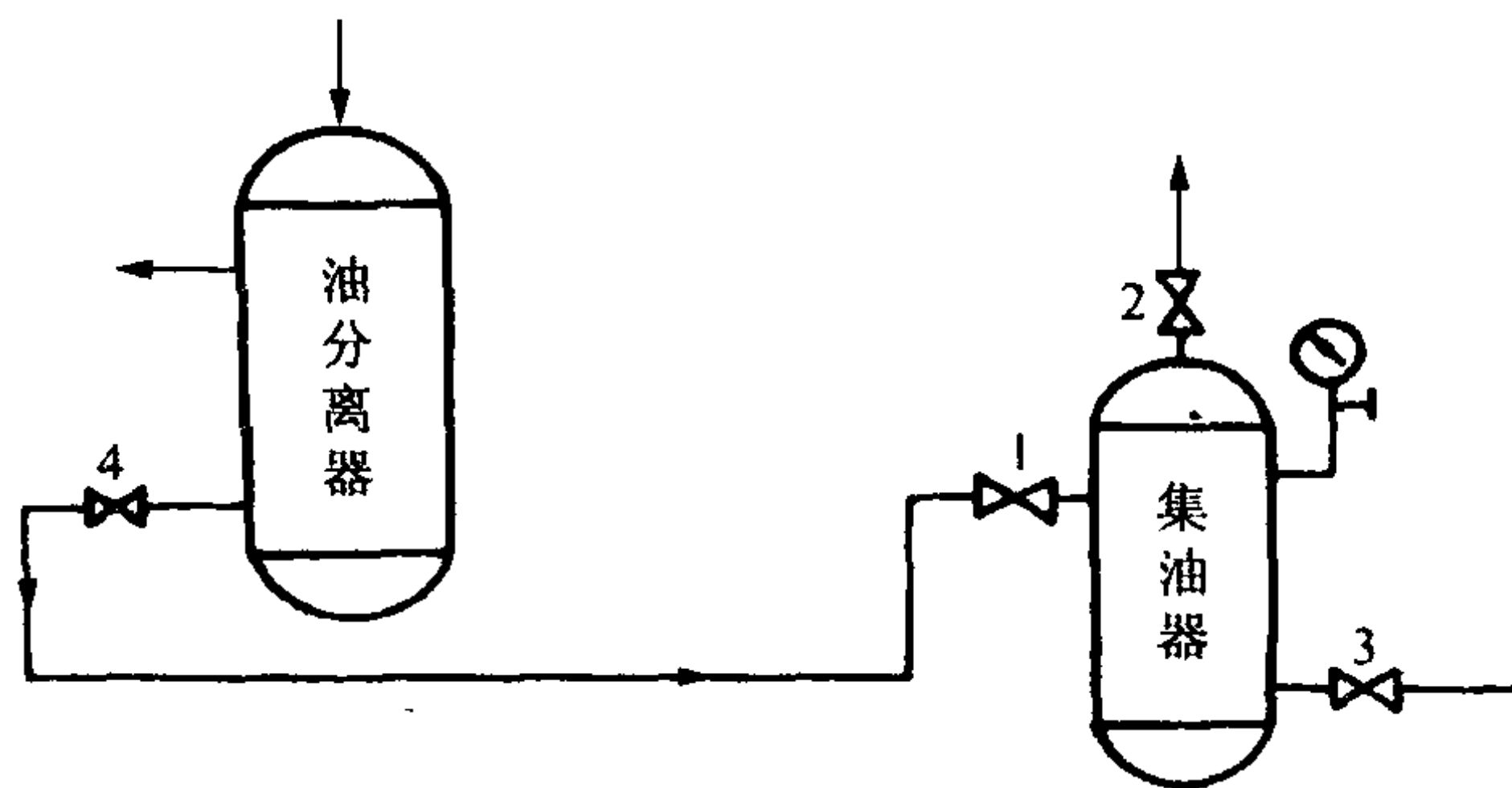


图 5-25 放油操作

1—集油器进油阀;2—回气阀;3—放油阀;4—油分离器放油阀

如图 5-25 所示,在氨制冷系统设计时,油分离器、贮液器、蒸发器、冷凝器、中间冷却器、低压循环桶、氨液分离器等,均有放油管与集油器进油口相连。氨油分离器放油时,其步骤如下。

① 停止氨油分离器工作,由于氨液比重小,而油与氨液分离后下沉。

② 打开阀 2,降低集油器压力,当与吸气压力相近时再关阀 2。

③ 打开阀 4 及阀 1,由于压差关系,氨油分离器中的油及少部分氨进入集油器,待油放至集油器占容器 80% 时,关阀 4 及阀 1。

④ 微开阀 2,使油中的氨蒸发,氨气沿阀 2 被制冷机吸气管抽走。当集油器压力降至吸气压力时,关闭阀 2,视集油器压力是否上升,如果上升再开阀 2,如不上升,可开启阀 3 放油。放油结束关闭阀 3,使集油器仍保持待工作状态。这种放油法是在低压下进行的,所以比较安全。

其他辅助设备要放油时,程序与上相同。氟制冷系统,因氟与油互溶,因此无放油设备。

4. 放油操作注意事项

① 对于蒸发器等低压设备放油时,一定要停止其工作,静置 20~30min,或更长一点时间,待蒸发压力上升,大于集油器压力时,才能把油放进集油器。

② 高压设备一般不许就地放油,必须通过集油器放出,否则不安全。

③ 放油前,集油器一定保持空状。

④ 润滑油放出之后,如果继续使用,则必须经过化验、过滤才能注入设备使用。

⑤ 放油时,如有阻塞现象,严禁用开水淋浇集油器,以防爆炸。

⑥ 在放油抽氨过程中,从集油器结霜的位置,可以判断油位的多少。同时注意不要把氨液带进制冷机气缸内。

5.6.3 制冷系统放空气操作

1. 空气进入系统的可能性

(1) 制冷系统在投产前或大修后,因未彻底清除空气(即真空试漏不合格),故空气存在制冷系统中。

(2) 日常维修时,局部管道,设备未经抽真空,就投入工作

(3) 系统充氨、充氟、加油时带入空气。

(4) 当低压系统在负压下工作时,不严密处窜入空气。

2. 空气进入系统的害处

(1) 导致冷凝压力升高。在有空气的冷凝器中,空气占据了一定的体积,且具有一定的压力,而制冷剂也具有一定的压力。根据道尔顿定律:一个容器(设备)内,气体总压力等于各气体分压力之和。所以在冷凝器中,总压力为空气和制冷剂压力之和。冷凝器中空气越多,其分压力也就越大,冷凝器总压力自然升高。

(2) 由于空气的存在,冷凝器传热面上形成的气体层,起到了增加热阻的作用,从而降低了冷凝器的传热效率。同时,由于空气进入系统,使系统含水量增加,从而腐蚀管道和设备。

(3) 由于空气存在,冷凝压力升高,会导致制冷机产冷量下降和耗电量增加。

(4) 如有空气存在,在排气温度较高的情况下,遇油类蒸气,容易发生意外事故。

3. 系统中有空气存在的检查法

(1) 制冷机排气压力表指针出现摆动。压力表指针摆动,不只因系统有空气才产生,有时排气量不均匀也能使压力表指针摆动。因此,应加以区别。如果排气量不连续,这时指针摆动与活塞频率相同。指针摆动较快,摆幅较小。而有空气存在时,指针摆幅略大,摆动较慢。

(2) 排气压力与排气温度都大于正常的压力和温度。

(3) 通过计算的办法可以确定系统是否有空气。如果系统有了空气,其冷凝压力偏高。

设含有空气的冷凝器总压力为 p , 冷凝压力为 p_k , 则空气在冷凝器中的含量 g 为

$$g = \frac{p - p_k}{p} \%$$

式中: p 及 p_k 均采用绝对压力。

[例 5-1] 实测到含空气的氨冷凝器压力表读数为 1.127MPa, 又测得冷凝温度为 28℃, 试问冷凝器中是否有空气?

解 将冷凝器总压力 p 换成绝对压力, 得

$$p = 1.127 + 0.098 = 1.225 \text{ (MPa)}$$

查氨温度与饱和压力对应表, 当温度为 28℃ 时 $p_k = 1.098\text{MPa}$ (绝对压力), 则空气含量

$$g = \frac{1.225 - 1.098}{1.225} = 10.4\%$$

空气进入系统后, 一般都贮存在冷凝器和贮液器中, 因为在该设备内有液氨存在, 而形成液封, 空气不会进入蒸发器。假如低压系统因不严密而进空气, 则空气也会与制冷剂蒸气一道, 被制冷机吸入送至冷凝器中。由于空气不凝, 它的比重比氨气重而又比氨液轻, 故空气存在于氨液与氨气的交界处。正是这个道理, 立式氨冷凝器水凝气体出口, 设在冷凝器的中下部位。

对于氟利昂系统来说, 空气比氟气轻, 因而空气是存于卧式冷凝器的上部, 放空气时, 可从制冷机排气阀多用孔道进行。

系统内有了空气, 对制冷工作不利, 应及时放出。兹将氨制冷系统放空气程序介绍如下。

4. 放空气步骤

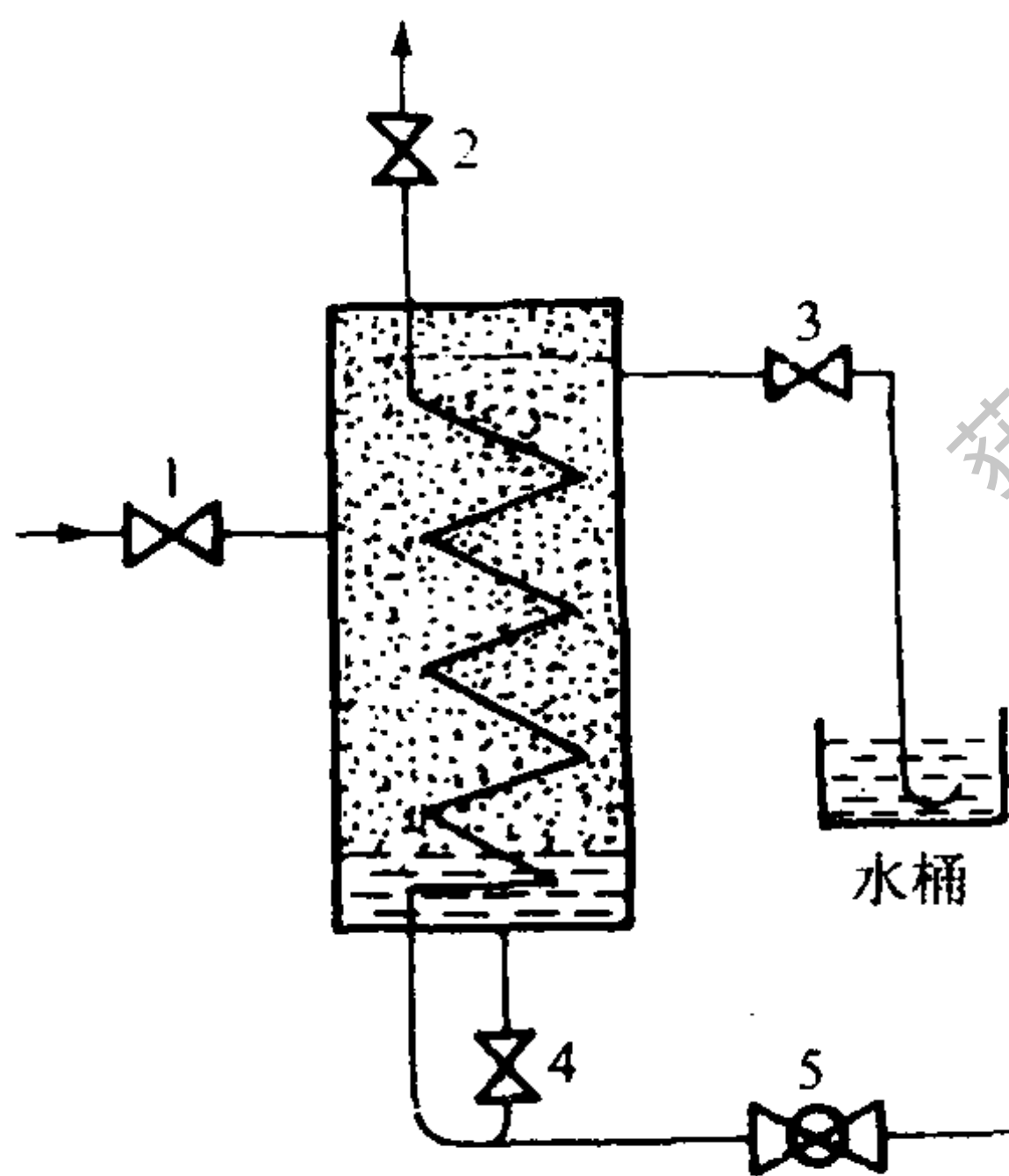


图 5-26 氨系统放空气原理图

1—混合气体入口阀; 2—回气阀;
3—放空阀; 4—回液阀;
5—节流阀

(1) 如图 5-26 所示, 首先开阀 1, 让冷凝器不凝气体与氨之混合物进入空气分离器(开阀 1 前, 空气分离器处于待工作状态), 不进时再关阀 1。

(2) 开回气阀 2, 使盘管内与制冷机吸入口相通。

(3) 然后微开节流阀 5, 使氨液经节流阀减压进入盘管内蒸发, 吸收混合气体热量, 使混合气体中氨气冷凝成液体下沉, 空气集于上部。

(4) 稍等一会儿, 开阀 3 放空。空气放完后, 关阀 3 及阀 5。然后微开阀 4, 使冷凝下来的氨液重复使用, 最后关阀 4 及阀 2, 恢复空气分离器原状。如一次未完成, 可按上述办法和程序反复进行。

上述为立式空气分离器放空气步骤, 也适用于套管式空气分离器。

5. 放空气时注意事项

(1) 节流阀 5 不能开得过大, 因盘管面积有限, 以防蒸气不完全使制冷机产生湿压缩。阀 5 开启大小可根据回气管结霜情况及制冷机排气温度高低来调节。一般回气管结霜不超过 2m。如果制冷机吸入压力较高, 回气管可能不会结霜。这时控制排气温度应不低于 70℃。

(2) 阀 1 应全开, 以减少混合气体进入空气分离器的阻力。

(3) 为促进混合气体中氨气冷凝,提高空气分离效率,减少氨的损失,保证环境不受污染,阀3应开小一些。阀3开的程度可根据水桶中气泡情况加以调整。如气泡呈圆形上升而无体积变化,水温也不上升,则放出的是空气。由于氨易溶于水,如果放出的气泡体积变小,并有氨味溢出,水渐呈白色,同时水中能听出爆竹声则应关闭阀3。

如果是氟里昂系统,它无专门的放空设备。因此,平时尽可能注意不要让空气进入系统。如有空气时应停车(最好是上早班前放),打开冷凝器顶部的放空阀或制冷机排出阀多通用孔堵头,空气从最高处放出,用手触摸气体,若是冷风就继续放,如有凉气感觉,说明有氟跑出,应堵上堵头。

这里需要指出,氟冷凝器放空时,氟气跑出往往是过热气体,不一定会有凉的感觉。因此氟系统放空时,应首先对系统是否有空气作出明确判断,确有空气时才进行放空,否则就会浪费氟利昂。

5.7 螺杆式制冷压缩机的操作

5.7.1 螺杆式制冷压缩机开机前的准备

螺杆式制冷压缩机开机前的准备工作可参见活塞式制冷压缩机。

开机前对螺杆式制冷压缩机要进行以下检查:

- ① 四周有否障碍物。
- ② 观察油位,看润滑油是否达到油面线(油镜中间位置偏上)。
- ③ 冷凝器、油冷却器水路是否畅通。
- ④ 排汽阀是否开启。
- ⑤ 滑阀是否在0%的位置。

5.7.2 螺杆式制冷压缩机的开机操作

- ① 再一次检查排汽阀是否开启。
- ② 观察高低压情况,高低压不平衡时,要开启平衡阀(吸汽过滤器旁通阀),使高低压力平衡后,再关平衡阀。
- ③ 启动油泵,待油压上升后启动螺杆制冷压缩机。
- ④ 按螺杆式制冷压缩机启动按钮,启动主机。
- ⑤ 主机启动运转正常,指示灯亮后,缓慢开启吸汽阀,将油阀调到所需的能量位置,不应长时间空载运行。
- ⑥ 主机启动后应注意观察油压和各温度变化,若局部温度剧变和有不正常声音应立即停机。
- ⑦ 供液与活塞式制冷压缩机开机后的供液操作顺序相同。
- ⑧ 开机10~30min后,排气温度稳定在60~90℃,油温在40℃左右是正常的。

5.7.3 螺杆式制冷压缩机正常运行标志

见表5-7和5-8。

表 5-7 单级压缩正常的运转状态

主要参数	R22
排气压力/ 10^5 Pa	10.8~14.7(表压)
排气温度/ $^{\circ}$ C	45~90
油压/ 10^5 Pa	排压 1.96~2.94(表压)
供油温度/ $^{\circ}$ C	35~45

表 5-8 两级压缩正常的运转状态

主要参数	R22		R717	
	单机高压级	低压机	单机高压级	低压机
排气压力/ 10^5 Pa	8.82~14.7	0.49~5.88	8.82~14.7	0.49~5.88
吸气压力/ 10^5 Pa	0~0.49	0~5.88	0~4.4	0~4.4
油压/ 10^5 Pa	1.96~2.94	1.96~2.94	1.96~2.94	1.96~2.94
排气温度/ $^{\circ}$ C	45~90	35~70	50~90	40~70
吸气温度/ $^{\circ}$ C	-40~15	-40~15	-40~15	-40~15
供油温度/ $^{\circ}$ C	35~55	35~55	20~50	20~15
压缩机油泵轴封泄漏	6滴/min		6滴/min	

5.7.4 螺杆式制冷压缩机停机操作

- ① 关闭调节站有关的供液阀。
- ② 缓慢关闭吸入阀。
- ③ 停机,关闭排汽阀。
- ④ 停机时出现几次倒转属于正常。当出现多次倒转是止逆阀没有关严造成的。
- ⑤ 冬季停机后放掉冷水式冷凝器和油冷却器中的水,以防冻裂。
- ⑥ 切断控制设备的电源。

5.8 制冷系统与设备的操作调整

5.8.1 制冷系统的调整

制冷系统在操作调整前,必须熟悉各个设备的性能、制冷剂的流向、阀门的开启和关闭情况。

系统正常运行工况标志:

- ① 蒸发温度应比冷库温度低 8~10 $^{\circ}$ C。
- ② 重力供液系统,严格控制调节阀的开启大小,保持氨液分离器中的液面稳定,当库房热负荷变化时,要相应地调节液体分配站上供液阀的开启度,供液适当,库房能保持稳定的低温。
- ③ 采用氨泵供液系统,主要是依靠遥控液位器或浮球阀控制低压循环桶内的液面,同时要注意电磁阀和其他阀门的灵敏情况和氨泵运行情况。

④ 冷凝温度一般比冷却水出水温度高 $5\sim 7^{\circ}\text{C}$ 。当采用循环水冷却系统时,要视水温情况补充新水(如井水)。

⑤ 应根据热负荷来确定制冷系统中制冷机运行的台数和开机时间。

如一个日冻结 200t 猪肉的冻结间,初入库时肉温为 $+35^{\circ}\text{C}$,此时其焓值为 318kJ/kg ,而冻结终了肉温为 -15°C ,其焓值为 12.2kJ/kg ,出入库的热量相差为 $6120\times 10^4\text{kJ}$,从这个数字就可以看出,冻肉的焓值是变化的。所以在运行中,制冷压缩机应根据冷负荷的大小来调配开机的台数和运行时间。

5.8.2 制冷设备的操作

制冷系统除制冷压缩机外,还有油分离器、冷凝器、中间冷却器、贮液器、集油器、空气分离器、低压循环桶、排液桶、空气冷却器等设备,这些设备按使用情况又分为高压、中压、低压三个压力部分。现分别叙述如下:

1. 高压部分

(1) 油分离器在冷库制冷系统中一般采用洗涤式油分离器和填料式油分离器,氟利昂制冷系统采用过滤式油分离器。

关于洗涤式油分离器的操作,在正常运行的系统中,油分离器的进、出气阀和供液阀是开启的,放油阀是关闭的,根据开机时间长短和油分离器下部存油情况确定放油时间。

(2) 冷凝器。立式壳管式冷凝器正常运行时注意冷却水不能中断,压力不得超过 $14.7\times 10^5\text{Pa}$,除放油阀、放空气阀,其他各阀应开启,根据压力和冷凝温度,决定是否需要放空气和是否要清除水垢。卧式冷凝器冬季停止运行后,要将冷却水放净,以免冻坏设备。

蒸发式冷凝器运行时,应先启动排风机、循环水泵,再开启上端进氨汽阀门和下端出液汽阀门。在运行中压力不得超过 $14.7\times 10^5\text{Pa}$,冷却水不得中断,喷水嘴应畅通,使水喷向盘管,定期清除水垢,冬季停止工作时,应将存水放净,以免冻坏设备。

(3) 贮液器。贮液器是贮存从冷凝器来的高压液体制冷剂,以保证系统中制冷剂不间断循环和调剂冷库因热负荷增减供液不相适应的矛盾。贮液器液面不得超过其容积的 80% 和少于 30%。液面高了容易发生容器爆裂危险,液面过低,不能保证正常制冷循环。工作时,放油阀、放空气阀应是关闭的,其余各阀均应开启。贮液器的工作压力不得超过 $14.7\times 10^5\text{Pa}$ 。

2. 中压部分

中间冷却器的操作,中冷器供液是由手动调节膨胀阀和遥控液位器控制。液面过低,不能充分冷却低压级排出的过热气体,致使高压级吸汽过热,降低制冷效果。液面过高,会引起高压级制冷机走潮车,所以,值班人员应根据液面指示器显示的液面高度和高压级制冷机吸汽温度来调整供液阀的开启度。

中间冷却器在停止工作时,中间压力不应超过 $3.92\times 10^5\text{Pa}$,超过时应采取降压措施。

3. 低压部分

(1) 低压循环桶的操作。首先检查放油阀、出液阀是否呈关闭状态,其他各阀均应开启。然后开启供液阀,待桶内液面达到预定的高度时,打开低压循环桶的出液阀,启动氨泵向系统供液。

在运转过程中要注意液面,严防液位阀控制失灵,造成“敲缸”或氨泵不上液等故障。要定期放油。

(2) 空气分离器的操作。系统设备中若有空气时可将混合气体经空气分离器放出。操作顺序:

① 放空气时首先打开回汽阀。

② 开启混合气体进入阀。

③ 微开供液膨胀阀,冷却混合气体,视结霜情况,决定供液膨胀阀的开启大小。

④ 等空气分离器外壳凉了,可开启放空气阀,要控制开启度。放空气管插入水中(在放空气阀口上接一根橡胶软管插入水桶中放比较安全)。若发现水桶中的水色呈乳白色,这说明空气已放净,氨气已进入水中,应立即关闭放空气阀,停止放空气。

(3) 排液桶的操作:

① 打开排液桶进液阀,把需要排出的液体排入桶内。

② 排液完了,关闭进液阀,等 30min 后打开放油阀,放一下液体中的润滑油,放油完毕,关好放油阀,开启加压阀加压到 $(5.88 \sim 6.86) \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

③ 关闭调节站或贮液器向低压循环桶的供液阀,开启排液桶出液,将液体送到低压循环桶或氨液分离器。排液完毕关闭出液阀,开启调节站或贮液器去低压循环桶的供液阀,恢复正常供液。

(4) 氨液分离器的操作。氨液分离器在工作时,放油阀应是关闭的,其他各阀均应开启。注意液面指示器显示的液位,防止因液位过高造成压缩机“液击”。

(5) 冷风机的操作。冷风机启动前应检查一下轴流风机翼片有否与外壳摩擦或轴承润滑不良等情况。在运行中翅片管组应均匀结霜,若结霜不匀或下部结霜(下进上出的供液方式)、或上部不结霜,说明供液不正常应进行调整,需加大供液量。若运行中霜层太厚应进行融霜,否则因霜层厚而阻碍空气流通,降低热交换效果,致使降温时间延长或温度降不下去。

5.9 制冷装置的故障分析和处理

5.9.1 检查故障的方法和正常运行的标志

1. 检查故障的方法

由于制冷装置是由制冷机、冷凝器、蒸发器、膨胀阀以及许多设备附件所组成的相互联系而又相互影响的复杂系统。因此一旦制冷装置出现了故障,不应把注意力仅仅集中在某一个局部上,而是要对整个系统进行全面检查和综合分析。这就需要实践经验的积累和理论的指导。操作人员通过长期实践的总结,摸索出不少检查故障的经验,归纳成“一听、二摸、三看、加分析”一套基本方法。

“一听”:听压缩机、膨胀阀等设备在运行中的声音是否正常。

“二摸”:摸系统中有关部件及管道连接处的冷热变化情况,摸压缩机的冷热情况和振动情况。

“三看”:看运行中高、低压力值的大不,油压的大小,水压的大小;看压差继电器、温度继电器、压力继电器的调定值的大小;看油位、液位的高低;看蒸发器、回气管和输液管上的结霜、凝露情况;

“分析”:运用制冷装置工作的有关理论,对现象进行分析、判断,找到产生故障的原因,并

有的放矢地去排除。

2. 制冷装置正常运行的标志

当制冷机启动以后,首先应知道制冷系统运行是否正常。下面就运行正常的内容和标志作简要介绍:

① 制冷机启动后,气缸中应无杂声,只能听见吸气阀片正常的起落声。运行时可用螺丝刀进行“听诊”,多听就能辨别排除其他声源干扰的正常与反常规律。

② 冷凝器冷却水应足够,水压应满足 0.12MPa 以上,水温不能太高。

③ 对新系列产品,油泵压力表读数应比吸气压力高 0.15~0.3MPa;老系列产品,油泵压力表读数应比吸气压力高 0.05~0.15MPa。

例如,一台 2AL15 型老系列制冷机,油压表读数为 0.29MPa,在空调工况下工作,其吸气压力为 0.26MPa。显然油泵真正油压只有 $0.29 - 0.26 = 0.03\text{MPa}$ 是不正常的,应及时调节使油压上升到 0.31~0.4MPa,就算正常。

④ 氨制冷机吸气温度比蒸发温度高 5~10℃,氟制冷机最高不超过 15℃。吸气温度在吸气管或制冷机吸气口温度计插座处测量。设备上没有的,安装时应增设温度计插座。小型制冷机组一般没有温度计插座,可用半导体点温度计测量制冷机吸气口外壁的温度,然后减去适当的温差,即为吸气温度。

⑤ 气缸壁不应有局部发热和结霜情况,表面温差不大于 15~20℃。对于冷藏和低温装置,吸气管结霜一般可到吸气口,而空调用的制冷机,吸气管应不结霜,一般结露为正常(结露情况还取决于空气露点温度的高低)。

⑥ 曲轴箱油温在任何情况下,氟制冷机不超过 70℃,氨制冷机不超过 65℃,最低不低于 10℃。正常运行情况下,润滑油应不起泡沫(氟制冷机除外)。

⑦ 关于制冷机的排气温度,新系列产品氨和 R22 不超过 135℃,R12 不超过 110℃,R13 不超过 125℃。排气温度进一步上升就与国产冷冻油的闪点(160℃)相差极小,这对设备是不利的。所以从使用角度出发,排气温度不能太高,太高时应停车查明原因。制冷形式不同,对此温度的要求也应不同。如在空调工况下工作的制冷机,排气温度就比标准工况下工作的制冷机高,这都是正常的。

⑧ 冷凝压力的高低,主要是根据水源情况、冷凝器结构形式及使用制冷剂所确定。一般情况下,对于新系列产品,水冷式冷凝器,R22 和氨不超过 1.37MPa,R12 不超过 1.18MPa。老系列产品 R22 和氨不超过 1.37MPa,R12 不超过 1MPa。在运行中,冷凝压力太高对制冷效率的提高是有害的。因此,使用中应根据具体条件尽可能降低冷凝压力,而不是非要达到上述操作上限值。另外,在刚开车时,由于冷凝器负荷较大,压力在较短时间内高一些也是正常的。

⑨ 贮液器液面不低于液面指示计的三分之一。曲轴箱油面不低于指示窗的水平中心线(如果是两块油面指示窗,其油面应在两块玻璃中心线之间)。

⑩ 氟油分离器自动回油管,应时冷时热为正常,冷热周期为 1h 左右。液体管道的过滤器前后不应有明显的温差,更不能出现结霜情况,否则就是堵塞。氟制冷机气缸盖上应半边凉,半边热。氟系统各接头不应渗油,渗油说明漏氟。氨系统各阀门及连接处,不应有明显漏氨现象。

⑪ 运行中用手触摸卧式冷凝器时,应上部热下部凉,冷热交界处为制冷剂液面。油分离器也是上部热下部不太热,冷热交界处为油面或液面。制冷机安全阀或旁通阀接低压一端应

发凉,若不凉就说明高低压窜气。

⑫ 运行中蒸气压力与吸气压力应近似,高压端的排气压力与冷凝压力、贮液器压力相近,如不相近就不正常。

⑬ 在一定的水流量下,冷却水进出应有温差,如没有温差或温差极微,说明传热交换器设备传热面有污垢,需停车清洗。

⑭ 制冷机本身应是密封的,不得渗漏制冷剂和润滑油。对于轴封,标准产冷量 $\leq 1.26 \times 10^5$ kJ/h,轴封允许有微量渗油,标准产冷量 $> 1.26 \times 10^5$ kJ/h的制冷机不许有多于每小时 10 滴的漏油现象。氟制冷机轴封不许有滴油。

⑮ 制冷机轴封和轴承温度不超过 70°C 。

⑯ 膨胀阀阀体结霜或结露均匀,但进口处不能出现浓厚结霜。流体经过膨胀阀时,只能听到沉闷的微小声。

⑰ 系统中各压力表指针应相对稳定,温度计指示正确。

5.9.2 活塞式制冷压缩机的故障分析

压缩机是制冷装置中最容易发生故障的设备,这是因为压缩机在运转时不断地进行机械运动。其中一些运动件容易磨损和损坏;而且压缩机的零件多,产生的故障种类也多。这里将经常容易发生的几种故障加以讨论。

1. 压缩机有敲击声

压缩机发生敲击声一般来自两方面的原因:

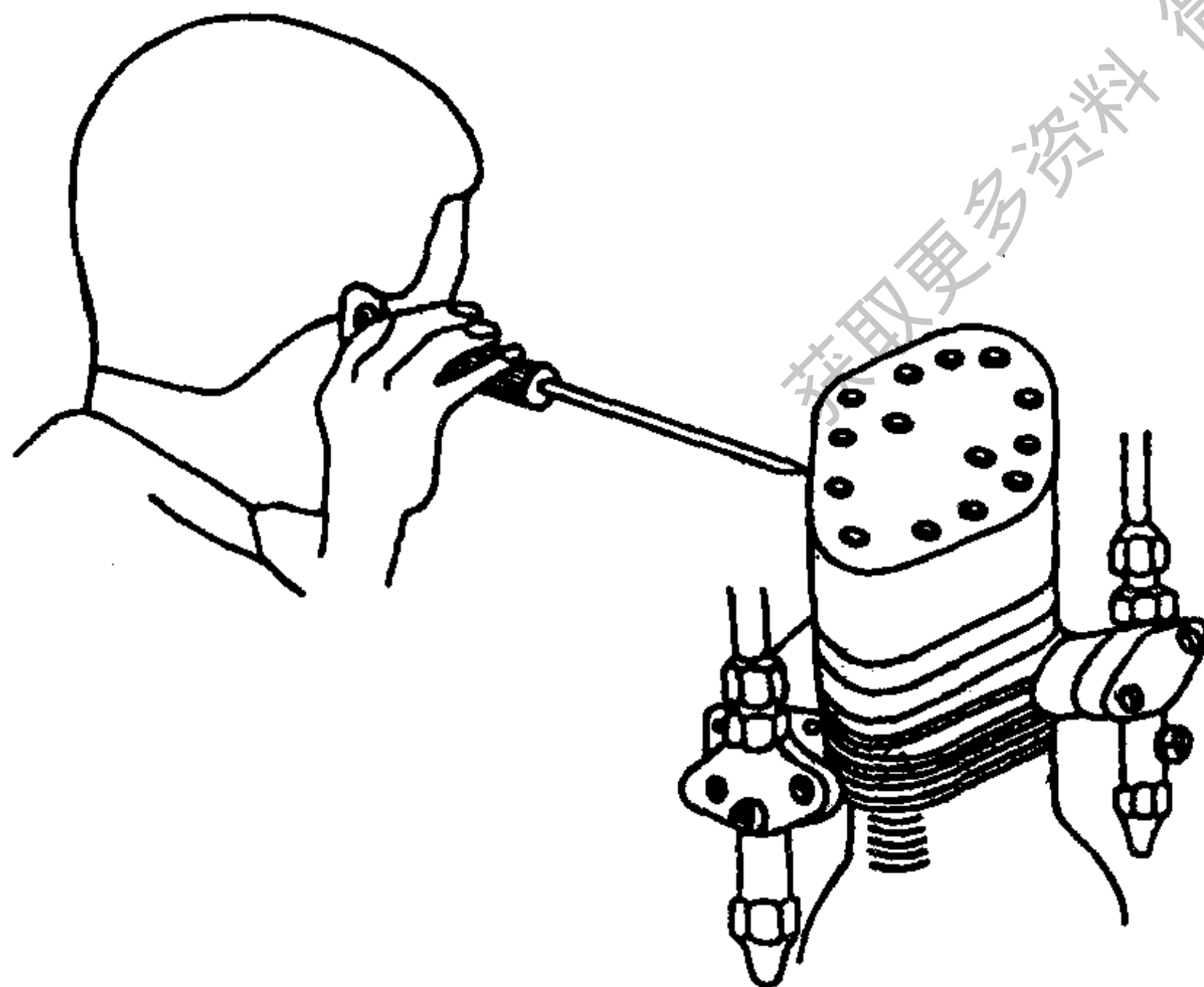


图 5-27 用螺丝刀听响声源

压缩机本身零部件配合松动或损坏而发生撞击。如压缩机运转时有金属敲击声,在停车的一瞬时,敲击声显得特别响,这种现象说明压缩机中有的零件配合松动而发生撞击。敲击声可来自三个方面:从气缸内传出;从曲轴箱内传出;在压缩机外部产生。怎样区别这三个不同的声源呢?有经验的检修工人常用螺丝刀作为“听筒”、“听诊”响声的来源(图 5-27)。只要在工作中反复实践,掌握这种方法并不困难。现在来分析响声所反映的故障实质。

(1) 压缩机的敲击声从气缸里传出的三种可能性:

① 活塞撞击阀板。活塞撞击阀板是余隙太小的缘故。这多数是由于检修压缩机时,调换了曲轴或连杆、活塞后而没有注意测量,使余隙太小,致使累积公差过大而在运转时产生“嗒嗒嗒”的敲击声。要证实这一故障,只要拆下气缸和阀析,将活塞盘至上止点,查看活塞是否高出气缸平面,高出气缸平面的肯定会撞击阀板;若和气缸平面一样平,也很有可能要撞击阀板;只有比气缸平面低 $0.1 \sim 0.2$ mm(用高度游标尺或高度分厘卡测量),才不致撞击阀板。活塞比气缸平面低多少,可按压缩机的余隙减去纸箔厚度而定。处理这种故障的一种方法是更换高度公差小的曲轴、连杆或活塞。但这种做法,对使用单位自行检修来讲是难办到的。另一种最方便的做法是在气缸平面上再加一张薄纸

箔,将阀板垫高。活塞撞击阀板一般在空车试运转时就能暴露出来。

也有阀板吸气螺钉凸肩过厚而与活塞撞击的可能,如2F4.8型和2F6.3型压缩机中所见的那样。

② 活塞销与连杆小头或活塞销座之间的间隙增大。活塞销与连杆小头衬套或活塞销座之间的配合间隙,因磨损而增大得很厉害时,就会出现“嗒嗒嗒”的敲击声。应及时拆下检查修理。

根据检修工人经验,配合间隙大于活塞销原配合间隙最大值的2~3倍就有可能产生撞击声,即使听不出撞击声也应更换活塞销或连杆小头衬套。

③ 阀片断裂后落在气缸中。压缩机吸、排气阀片因局部断裂落入气缸。活塞往复移动时,阀片碎片在阀板和活塞中间互相撞击,发出“嗒嗒嗒”响声。可以从吸、排气压力表指针是否有抖动现象作出初步判断,最后还是要靠拆下气缸盖与阀板查看而定。

(2) 压缩机敲击声从曲轴箱传出的四种可能性:

① 连杆大头轴瓦与曲柄销之间的配合间隙因磨损而过大。

② 前、后主轴承与主轴颈之间的配合间隙因磨损而过大。

以上两种配合间隙过大的情况在受力方向改变时,就会产生撞击而发生敲击声。当空载运转时,这种敲击声会显著增强,利用这一特点可初步判断这两种声源。但最后还要根据拆检而定。这两对摩擦副的极限配合间隙应不大于原配合间隙最大值的2倍,超出此值,即使没有撞击声也应考虑更换磨损件。

③ 连杆螺钉,螺母松动。连杆螺钉的销紧装置得不牢靠,会造成螺母松动,连杆大头上下轴瓦松开(指螺母没有脱下)的危险。压缩机运转时,曲轴就在大头轴瓦中上下冲击并发出敲击声,很容易将大头轴瓦敲坏。这时,应及时停车检修。

④ 油泵齿轮磨损后有松动。油泵齿轮因磨损严重,啮合间隙增大,以致相互冲击而发生敲击声,油压下降,严重的甚至不能泵油,会引起咬轴事故,因此,要注意觉察油泵噪音大,同时油压又很低的反常现象,应予及时检查。齿轮磨损过大,则应更换新的齿轮。

(3) 敲击声发生在压缩机的外部,一般可从三个方面检查:

① 飞轮的键与键槽的配合间隙过大,有两种情况。一种是装配时配合间隙就留得过大,加载运转后,键槽受到键的冲击挤压,使键槽的宽度愈挤愈大,而键又受到键槽的冲击剪切,使键变形。另一种是飞轮的锥孔与轴的锥度相差较大,或飞轮螺母没有旋紧,也会使键与键槽受到冲击破坏。

这两种情况都会产生“贡贡贡”的撞击声,长期下去就会将键切断或键槽破坏,损伤接合面,对此应及时检查。

检查方法:停车,将飞轮左右盘动几下,若有松动,应拆下飞轮检查。键变形应换上新键;键槽冲坏就要拆下曲轴重新铣槽,新槽铣在原键槽顺转向90°角的方位上。

② 皮带损坏或过松,联轴器的弹性圈磨损。皮带损坏主要是皮带内部蜡线(俗称“嵌发丝”)被拉断。压缩机运转时,被拉断的橡胶蜡线与皮带拍打,产生“啪啪啪”的声音,越打越响,最后皮带被拉断。

皮带太松,以致电动机皮带轮打滑,严重的会发出像汽车急煞车的尖叫声,并因剧烈摩擦而冒烟。此时应立即停车,调整皮带紧度,即移动电动机位置使皮带张紧。

联轴节的弹性圈是用橡胶材料做成,严重摩擦后,就会发出“咯吱咯吱”的金属摩擦声,若

不换掉,它就会磨坏联轴节。

③ 压缩机、电动机或机组的底脚螺母松动。若机组的振动突然厉害起来(俗称“痉动”),一般是由于底脚螺母松动。应停车检查,对松动的螺母随手板紧。

(4) 油击或液击而产生的敲击声:

① 油击。油击现象多发生在氟利昂中小型设备,从吸气阀多用孔道加油时,由于控制不当而产生。此外,由于气缸与活塞磨损,间隙增大或活塞环密封性能差所引起的气缸跑油,将油推至活塞顶部,即产生油击。

气缸是否跑油,在空试车中应该发觉。对于这类问题的处理,严重时应拆下活塞连杆组,检查气缸的椭圆度,然后检查活塞环的间隙,进行必要的更换。

② 液击(又称湿压缩,湿冲程等)。液击是指制冷机气缸内吸入液体。由于液体不可压缩,被活塞推至顶部,安全压板弹簧被压缩,于是排气阀座随着活塞的往复运动,产生“当当当”的巨响。声音有连续的,有不连续的,只要把吸气阀一关,响声就会逐渐消失。这种故障,无论制冷工况如何常常都能遇到。

制冷机发生液击的原因有以下几个方面:

① 调节阀(或膨胀阀)开启过大,进入蒸发器液体制冷剂过多,结果液体蒸发不完全就被制冷机吸入。

② 蒸发器面积过小,与制冷机的制冷量不配套,大量的湿蒸气来不及蒸发被吸入制冷机内。主要原因是配机不当,即小负荷开大车或压缩机运转台数不变,突然停止某些库房的制冷时所引起的。

③ 蒸发盘管结霜太厚,造成传热热阻增大,使制冷剂进入蒸发盘管后吸热蒸发困难。这时蒸发压力明显下降、造成液击。

④ 阀门操作调整不当。例如当压缩机刚开始投入运转时,或系统冲霜后,吸入阀开启过大,使蒸发器压力突然下降,引起剧烈沸腾和吸气速度增大,这时制冷剂液体就有可能被压缩机吸入。

⑤ 设计安装不合理。如放空气器、集油器上的抽气管,直接与压缩机吸气管相连;或几个低压循环贮液器并联在一根总回气管上,而未设液面平衡管,由于接受库房回液不相等,对于接受回液较多的贮液器,易使与其相连的压缩机产生液击。

⑥ 系统内积油过多,特别是重力供液系统的排管,搁架式排管和水池蒸发器等,由于积油,一方面传热系数降低,另一方面使制冷剂液体供不进去,造成液体分离器中液体过多,压力降低而易引起液击。

⑦ 在双级压缩的制冷循环中,当低压级吸入阀门突然关小或开大(或运转台数突然减少或增多),以及中间冷却器中蛇形盘管突然进液,这时易引起高压级压缩机的液击。

⑧ 其他如系统中加入制冷剂过多,或热负荷突然增加等原因,都有可能引起压缩机的液击。

判断液击故障,不是仅以吸气管结霜情况为依据,而主要从排气温度的急剧下降来判断。这时吸排气压力不会有多大变化,但气缸、曲轴箱、排气腔均发冷或结霜。液击时,它可以破坏润滑系统,使油泵工作恶化,气缸壁急剧收缩,严重时可将缸盖打穿。

处理液击事故应当机立断,严重时应作紧急停车处理,不严重时先关吸入阀、节流阀,同时观察油压,实在不行应作停车处理。在关吸入阀后,因曲轴箱内液体制冷剂慢慢蒸发被抽走,

同时制冷机各运动面摩擦产生的热量将霜化掉。当曲轴箱内制冷剂抽完后,因制冷剂分子稀薄,排气升温。这时可微开吸入阀,并注意缸壁上因开吸入阀后究竟是溶霜还是结霜,排气温度是升高还是下降,若是后者应再关吸入阀。

如有多台制冷剂并联时发生液击,可以利用其他制冷机抽去制冷剂。

若是氨泵供液系统,在关闭低压循环桶上的供液阀同时,应将低压循环桶内的液体用氨泵迅速地送入蒸发器(冷库排管),不使液体制冷剂继续进入压缩机。

如果回气管道中已有液体制冷剂,可以采用间歇的办法开动制冷压缩机,同时注意吸气阀的开启大小,避免“敲缸”,使回气管内的液体不断气化,以至最终完全排除液击现象。当排气温度上升达 70°C 以上后,可逐渐全开压缩机的吸气阀,恢复压缩机的正常运转。

在处理湿冲程过程中,应注意压缩机的油压和油温的降低,如果油压明显下降,润滑条件恶化,应采取措施,避免发生压缩机严重磨损事故,一般可以采用增加油冷却器内水的流量和温度,这样做即能提高油温,还可以防止油冷却器管组的冻裂。

在处理两级制冷压缩机发生湿冲程时,如果采用两级配组,即既有低压机和高压机时,低压机发生湿冲程的调整与单级基本相同。如高压级发生湿冲程时,主要是因为中间冷却器内液面过高而引起的,调整时首先关闭低压机的吸气阀,使低压机全部卸载运转,再关闭中间冷却器的供液阀,同时关小高压机的吸气阀,将中间冷却器内多余的液体排至排液桶,待高压机恢复正常后,再开启低压机吸气阀,使机组恢复正常运行,视中间冷却器的液位高低再调节供液阀。

2. 气缸拉毛和压缩机咬煞

气缸拉毛是制冷机的严重故障之一,虽然不会造成人身事故,但对制冷机的技术性能及使用寿命会产生不良后果。

气缸常和制冷剂接触,冷却条件较好,一般不会有拉毛现象。特别是R12和油互溶,氟利昂所到之处,皆可起到某些润滑作用,所以氟制冷机比氨制冷机拉毛现象更为少见。如气缸因缸油所拉毛,必须针对拉毛的轻重情况进行处理。如果损坏严重,应更换。

倘若设备长期不用,气缸内因进空气而锈蚀,破坏了气缸镜面。因此,设备在长期停车过程中,每隔半月左右,就需用手盘飞轮,以便维持气缸油膜,减少锈蚀。

另外,如活塞环搭口间隙小,气缸受热后,活塞环膨胀无余地,产生局部拉毛。这在运行中,用手触摸就会感到气缸沿轴线方向局部受热。打开气缸盖检查,就会发现气缸有固定的拉毛痕迹。活塞销固定卡簧断裂,也能出现上述类似现象。

如气缸内壁出现沟槽,而相邻表面又无毛刺,这是因为吸气阀片击碎后,缸内未清除干净的缘故。

总之,气缸拉毛大部分原因是缺油和冷冻油变质或有杂质引起,故在运行中经常观察油压、油质、检查气缸壁发热情况,便可以避免气缸拉毛事故。

所谓压缩机咬煞是指运动件的磨合面相互抱合而不能运动。压缩机咬煞一般发生在前后主轴承、连杆轴承、活塞销轴承以及活塞与气缸等部位,要确定抱合的部件,只有拆机检查才行。

一般来讲,前后主轴承、活塞与气缸以及连杆轴承发生抱合的可能性较大。拆机时,若发现某摩擦副拆不下来,又转不动,那它肯定是咬煞了。但要注意不要把活塞销和活塞销座这对过渡配合(某些压缩机是这样配合的)的摩擦副误认为咬煞。咬煞的摩擦副一般要用木棒或黄

铜棒在咬轴的端面用榔头敲击,才能分得开来。抱轴后的轴承内表面如受到严重的破坏,需要进行更新。对用钢或铸铁制造的轴,若其表面拉丝痕迹较浅,可用细砂皮擦光洁后再使用。如拉丝痕迹深且多,则要更换新曲轴。

压缩机轴承咬煞的主要原因是断油。当曲轴箱内冷冻机油不足时,轴承处得不到所需的供油量,于是,轴承油膜遭到破坏,摩擦副表面出现局部的直接接触,磨损加剧,摩擦热量又散不出去,温度急剧上升,最终导致轴颈咬煞而不能转动(俗称抱轴)。摩擦表面被拉出一条条深痕,严重时会使轴承的部分内表面熔化。

活塞与气缸的咬煞主要是锈蚀所引起,由于断油而抱活塞的情况是少见的,其原因是气缸散热条件好,壁面受力比主轴承小,压缩机少油后,氟利昂制冷剂中溶有的冷冻机油多少可以起到一些润滑气缸镜面的作用。因此首先出现的故障总是主轴承抱轴,这样,活塞的咬煞情况就不可能产生。至于因间隙配合不当而引起的活塞咬煞,则是另一回事了。压缩机的锈蚀是压缩机长期搁置不用且又维护不当,有潮气浸入的情况下才会发生。

压缩机的活塞是否咬煞,只要拆下气缸盖和阀板便可看出。对活塞锈蚀咬煞的处理是设法盘动活塞。先在气缸壁上浇些火油,让它渗透到锈缝中去,等一段时间,然后用木棒的一头轻轻敲击活塞上平面,松动后,就可盘动飞轮使活塞上、下移动几下再拆下,检查活塞与气缸的锈蚀程度(包括磨损在内),以确定是否需要更换气缸体(或套)和活塞。鉴定之间应先用 000# 铁砂皮擦去活塞的外圆柱面与气缸镜面的锈蚀,并清洗揩干。鉴定的方法有两种:一种是测量气缸与活塞的配合间隙否超出许用范围,但因目前修理厂对此没有统一的规定,只能凭经验而定。对无活塞环的活塞,其密封要靠活塞与气缸的严格配合来保证。因此,它的配合间隙是经选配的,有极限磨损间隙一般认为应不超出其活塞与气缸的公称公差的最大配合间隙,即应不超出气缸与活塞最大装配间隙的 1.5 倍。对有活塞环的活塞,主要磨损在活塞环外圆面的磨损量应不超过搭口最大公称间隙的 1.5 倍。

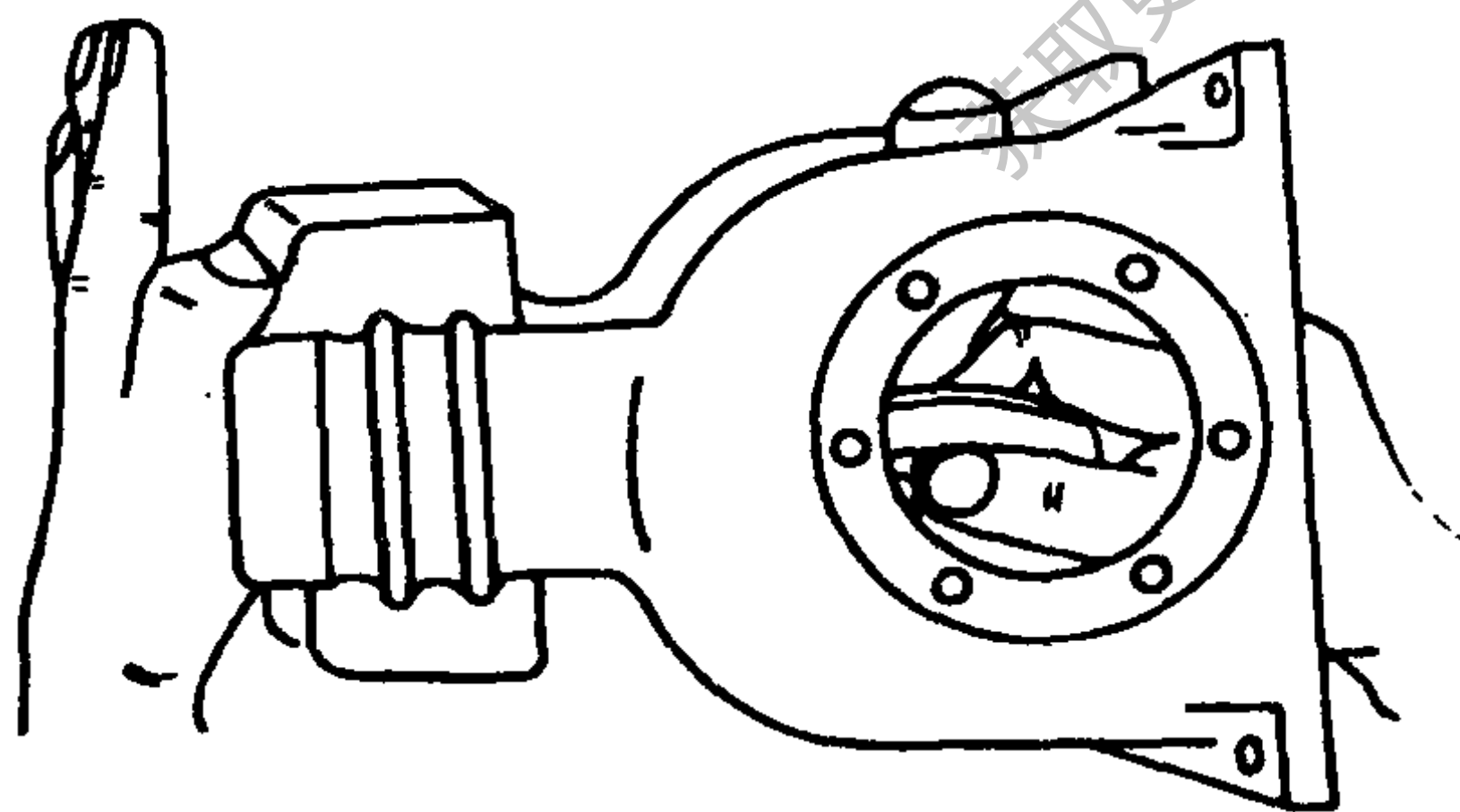


图 5-28 土法检查活塞与气缸密封性

另一种是土方法,见图 5-28,将连杆活塞组重新塞进气缸,并推至顶部,用一只手掌封住汽缸上端面(一般指小缸径的压缩机),另一只手抓住连杆大头往外拉。拉下一段距离后,如果封住气缸的手掌有被吸得很牢靠的感觉,而且将连杆继续往下拉觉得较费劲,拉连杆手一放,活塞能自动弹回去,则说明气缸与活塞之间的漏气量不大,可以继续使用。如果封气缸的手掌感觉不到有吸力或吸力不大,将连杆慢慢

往下拉也不费劲,甚至连杆活塞组会很快地自行落下,则表明气缸间隙过大,漏气严重,一般应更换活塞,必要时需镗磨气缸或更换气缸套(对于采用气缸套的结构)。

3. 油泵压力不正常

在采用压力润滑的压缩机中,油泵的进、出口油压差过高或地低,都属不正常现象。当油压差很小时,压差继电器就会动作而切断电源,使压缩机停车。对于没有压差继电器的机组,要经常注意油泵的压差变化,它等于油压表指示值减去蒸发压力。为何要强调油压差呢?这是因为在油路系统中的润滑油流量是决定于这个压力差的压差。若增大说明管路中有阻塞不畅的可能。相反,压差减小,说明润滑油流量下降。经验证明,油压差维持在 0.15~0.30MPa

范围内可以保证各摩擦副得到必要的润滑油量。当油压差过高或过低时,应及时进行检查。先查外部管路系统,然后调整油压调节阀,若调整无效,就要检查机内油路。

(1) 油泵无压力,可从以下几方面检查:

① 油压表是否损坏,可另换一只油压表校验。

② 油压表管路是否堵塞。关闭油压表阀,拆下接管吹一吹看是否畅通。

③ 油泵吸油管堵塞。拆下吸油管前应将曲轴箱内制冷剂抽空,停车。拆下后要及时将油孔临时堵住,以免冷冻机油流出。吸油管堵塞情况很少见,可放在最后检查。

④ 油泵内有空气。这种故障多发生于刚检修过的油泵上。应向油泵内灌满冷冻机油(从接油压表的接管上灌注),将空气排出。

⑤ 油泵传动块八字形。油泵轴与压缩机曲轴后轴颈端面的传动连接,有一传动块,它有一开口槽(图 5-29),油泵轴端的方榫插入槽内,以带动油泵转动。当排油压力过高或经常受到冲击,开口槽变形成八字式,使方榫打滑,油泵不会转动,需拆开换一新传动块。

⑥ 油泵齿轮的齿隙或端面间隙磨损过大,失去油压的功能,应调整(缩小)端面间隙或更换齿轮(指齿轮磨损)。

(2) 油压差过高,原因如下:

① 油压表损坏,应检查。

② 油泵排出管道阻塞,应检查和排除。

③ 油泵压力调节阀被误调节(调小)过,使旁通量小。此时可试调以观压力是否会下降,若能下降,可调至 0.15~0.30MPa 范围内。但要注意油压调节阀未误调节过的不能轻易调节,可能是排出管阻塞而使油压升高的。

(3) 油压表过低的原因如下:

① 曲轴箱内油量太少,可从油面指示器处查明。若油量少就应加油。

② 吸油管不畅通或滤油器堵塞,检查及处理方法与吸油管阻塞相同。

③ 油压调节阀被误调整(调大)过,使旁通量大,油压会下降。可试调确定,并调整至正常。但需注意,若油压调节阀未误调过的不能轻易去调节,应先检查吸油管并确认畅通,再考虑调节阀的调整。

④ 曲轴箱内冷冻机油中溶解有多量的氟利昂:从油面指示器中看进去,如果曲轴箱内冷冻机油呈泡沫状并不断翻腾,这说明冷冻机油内溶解着较多的氟利昂。因为当吸气压力降低时,曲轴箱压力也随着下降,冷冻机油内的制冷剂就会沸腾汽化而脱离油面,使冷冻油剧烈翻滚。而油泵吸入含有较多制冷剂的冷冻油,制冷剂在吸油管中汽化,将占去油管的部分容积,减少了油泵的输油量,结果油压便会相应降低。

曲轴箱内油中溶有较多的制冷剂,原因是由于膨胀阀孔的开度太大,使吸气压力高,过热度小,有制冷剂湿蒸气吸入压缩机并部分进入曲轴箱而溶解于油中。此时可调小膨胀阀开度。降低吸气压力,使油中的制冷剂随气压的下降而汽化,脱离油层,进入吸气腔。

4. 轴封泄漏

轴封泄漏为制冷机常见。漏氨很容易发现,漏氟则不易被发觉。轴封漏气,前兆是漏油。往往在运行时不易漏,停车后易漏氨(氟),运行时漏油,停车后一定泄漏,这是轴封泄漏的一般

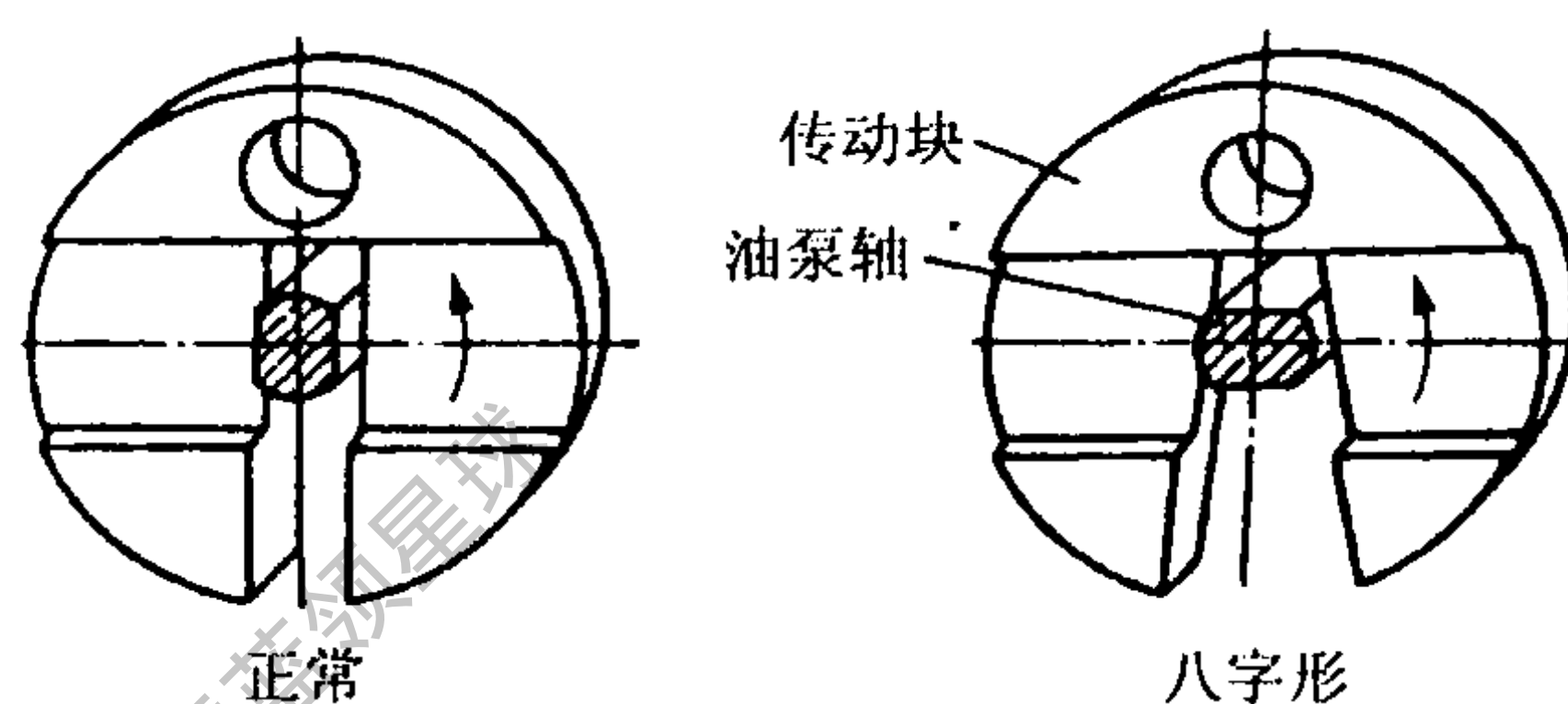


图 5-29 传动块八字形

规律。轴封泄漏的主要原因如下:

①轴封活动环和固定环在制冷机零部件中是较精密的,由于检修装配不当,或零件本身存在缺陷,而造成泄漏是轴封漏气的主要原因之一。接触面不只是要求光洁度高,关键还在于两摩擦面平行度偏差不超过 $0.015\sim 0.02\text{mm}$ 。

②密封橡胶圈老化,变硬或膨胀,这也是轴封漏气的主要原因。橡胶之类的物质,长期在油和制冷剂中浸泡,肯定是要变形的。当然材料不同变形快慢也有差异(如在氟制冷机上要采用丁腈橡胶,目的为抵抗氟的浸蚀作用。氨制冷机上用耐油橡胶)。正是因为橡胶圈易变形,所以轴封只要不漏,尽量少拆,否则拆下后,其橡胶圈不易复原。

③轴封的密封作用是在冷冻油的协助下建立起来的。如果少轴封缸油,就会造成接触面的干摩擦。这是在检修后忘记向轴封室内加油或进油管路堵塞所引起。干摩擦的结果会使轴封发热,摩擦面也会损坏而出现伤痕。因此在检修时,切记加油。

5. 曲轴箱的温度太高

按机电部颁发的中小型活塞式制冷机技术性能规定,曲轴箱的温度最高不超过 70°C 。为此,有的制冷机曲轴箱内设有冷却管,帮助带走热量。老系列产品中,曲轴箱都较大,散热条件较好。新系列产品结构紧凑,曲轴箱的散热要差一些。一般曲轴箱内温度保持在 $35\sim 55^{\circ}\text{C}$ 比较适宜。

由于曲轴箱为所有润滑油的集中之地,各运动摩擦面的摩擦热都要被带到曲轴箱来,所以曲轴箱也要发热,其原因如下:

①连杆大小头轴瓦、前后轴承的装配间隙过小,这是曲轴箱发热的主要原因。在整台制冷机中前后轴承及连杆大头轴瓦是受力最大,摩擦面也大的地方,但这些摩擦面间隙小,足以引起发热。当刚启动时,用手触摸曲轴箱颈部和轴封处,再与气缸外表发热情况比较,就可以判定热源从何而来,然后再拆卸检查。

②高低压窜气也是引起曲轴箱温升的主要原因,经压缩后的高温制冷剂蒸气,通过气缸或其他不严密处,窜到曲轴箱引起发热。这种现象对于维护不良,缺乏正常修理的制冷机是常见的。窜气的原因有气阀不严密、气缸磨损严重、老系列氨制冷机的安全阀及旁通阀不严密等、氟制冷机中的油分离器回油阀关不严密等。针对这些毛病,应及时检修或更换。如是气缸窜气严重,修复比较困难,往往需要换缸套或镗缸,然后配用加大的活塞和活塞环。这里需要指出,加大活塞时,所有活塞都应加大,否则将出现曲轴受力不均的严重后果。

③冷冻油太脏或变质,同样也会引起摩擦面发热加剧。因而要经常检查油的清洁情况。拆下曲轴箱侧盖,辨认油中杂质的来源。如系黑色金属粉末(不多)属于正常磨损。如粉末中含有发亮的金属屑就要引起注意,若怀疑大轴瓦被磨损还是怀疑前后轴承被烧坏,其方法是迅速盘车,分别检查从前后轴承中挤出的油是否含有巴氏合金粉末。

6. 制冷机启动不了或启动后很快停车

制冷机启动不起来,其原因不外乎两个方面,即电机故障和制冷机械故障,现分述如下:

①首先检查主电路,电源是否有电,保险丝是否被烧,开关触头接触是否良好,是否缺相运行。当三相电源被烧坏一相后,电动机也能转动,但声音反常,转速也会减慢。发现这种情况应立即停车,否则容易烧电动机。

②若电源电压太低,启动后电动机声音也会不正常。电压应不低于额定电压的 90% ,否则电动机的额定功率明显下降,无法拖动压缩机。当输入线路允许的电流较小,不能满足电动

机需要,电机同样拖不动压缩机。

③ 应检查压差继电器、高低压继电器。因压差继电器和高低压继电器都是制冷机安全运行所采取的继电保护。当制冷机油压(高压和低压)不正常时,均可使制冷机停止运行。

查压力继电器的触头是否断开,并检查是否因高压调定值太小,或低压调定值过大而造成继电器断开。另外,系统中有阀门没有打开,也会引起压力继电器断开。

查压差继电器触头是否断开。若油压建立不起来,会使该触头断开;启动时没按复位按钮,该触头处于自锁的断开状态下;断电器工作一次后,需隔 5min 才能复位,若在 5min 内,则因加热元件仍使触头处于断开状态,故无法启动。

④ 当温度继电器感温包内工质泄漏,或调节有误,这时触头是常开的,必不能启动。如判断工质泄漏,可旋转继电器调节杆到低温标度区,看触头是否闭合。如不闭合,拆下温度继电器,把感温包浸入温水中,再看触头是否动作,若还不通,证明是温包内工质泄漏,需要修理。

⑤ 在连杆大头轴瓦,曲轴前后轴承发生抱轴时,制冷机是不能启动的。另外,因排气温度过高,使油焦化,当停车冷却后,焦化的冷冻油将气缸与活塞粘着,迫使制冷机不能运转。总之,启动前先盘车,如果证明无机械性阻碍后,制冷机仍不能启动,则纯属电气问题。

5.9.3 制冷装置的故障分析

在制冷装置的故障中,以“漏”和“堵”引起的故障为最普遍。

“漏”——就是制冷剂的泄漏。特别是氟利昂制冷剂的渗透性很强,装置稍有不严密处。制冷剂就会泄漏。这一方面造成制冷剂的不足,使制冷量下降;另一方面在装置的低压部分往往有空气渗入,从而引起高压升高,压缩机耗功增大,制冷量下降。为此不仅在安装中要严格检查,而且平时在运行管理中,要勤检查,一旦发现漏及时排除。

“堵”——最普遍的是脏堵和冰堵。

冰堵多数发生在膨胀阀上,这是由于制冷剂中含有水分,当制冷剂经膨胀阀时,因节流降温,使水分析出并结成冰粒,部分或全部堵塞膨胀阀的阀孔。冰塞后,因制冷剂流量急剧减小,故使用期制冷量下降,蒸发器及回气管霜层融化,库温降不下来。

脏堵是由脏物引起的堵塞,多数发生在干燥器、过滤器、膨胀阀进口滤网等处,有时在管路阀件上也会发生。

此外,在 -60°C 以下的低温设备中,还会在膨胀阀阀孔上发生油堵。这是由于使用了凝固点过高的润滑油,当溶解于氟利昂制冷剂中的润滑油,经过阀孔被节流后的低温部分析出,并成糊状粘在阀孔上造成堵塞。

下面就一些常见故障进行分析说明:

1. 压缩机在运行中突然停车或者停开频繁

(1) 排气压力升高,超过允许值,压力继电器自动切断电源,压缩机就实行保护性停车。引起高压升高的主要原因有:

① 装置中有空气。空气在常温下不能凝成液体。因此空气积贮在冷凝器内,其结果会减弱冷凝器的传热效果,造成冷凝温度和冷凝压力均升高。同时空气本身也具有一定的分压力,排气压力应是冷凝压力与空气分压力之和。综合这两个因素,使排气压力升高,随之排气温度也升高,如用手摸排气管和气缸盖,将会很烫手。

装置中有了空气,在排放空气之前应检查空气是如何进入系统的。造成空气进入装置的

原因有：一是低压段有渗漏点，尤其是低温制冷装置，吸气压力低于大气压、一旦低压段有渗漏点，则空气就会渗入装置。最易渗漏的地方是轴封和管路接头处，如发现渗漏点，应及时排除。二是加制冷剂前，装置内空气未抽干净，或是在添加制冷剂（或添加润滑油）时，操作不严密，空气渗入系统。

氟利昂制冷装置放空气的操作如下：关闭贮液器出液阀或冷凝器出液阀。启动压缩机，把低压段的制冷剂全部抽入冷凝器或贮液器，待低压段抽成稳定真空后停车。打开冷凝器顶部的放空气阀，或压缩机排出阀的多用孔道，向外放空气。

为了判断放出来的是否空气，可用手挡住放气口试验，若是空气，手的感觉只是像风吹过一样，若手感到有油迹和发冷的感觉，说明空气已基本放净，出来的已是制冷剂气体了，此时马上关闭放空气阀（有时冷凝器温度较高，放出来的制冷剂气体，并未有发冷的感觉，此时就要靠经验决定空气是否放净）。另外，为了检查空气是否放净的程度，可观察排气阀处的压力表数值，若此值与此时冷凝温度所对应的饱和压力值相等，或略高一些，则说明空气已放净；若压力表值高于饱和压力值较大，则说明系统内还有空气，应再次放空气，直至满足要求为止。

氨制冷装置可用操作空气分离器来放空气，这在前面已作了介绍。

② 冷却水量（或风量）不足或水量调节阀失灵。冷却水量（或风量）不足，则冷却水（或风）带走的热量减小，使冷凝温度升高，排气压力随之升高。造成冷却水量不足的原因有：冷却水进水阀开度太小；或是水压太低（一般应在 0.1MPa 以上）；或是进水管路有堵塞；或是水量调节阀失灵等。要判断这一点，可在制冷装置运行过程中，测冷却水进出水的温差。正常情况，一般该温差在 2~4℃，若该温度超过这数据较大，则能判定冷却水量不足，因为随着冷却水量的减少，水在冷凝器内流动时间增长，则使进出水温差增大。

在风冷却的制冷装置中，由于风机未开，周围环境气温太高（高于 40℃），冷凝器等散热效率很低，都会使压力显著上升。在这种情况下，即使没有压力继电器，也会因电机超载，使热继电器动作而切断电源。

装有水量调节阀的制冷装置中，若水源的水压足够，但冷凝器的冷却水供应量却不足，这时，就应检查水量调节阀是否有问题。一般情况是弹簧压力调得不适当而使阀门开不大，此时可调节弹簧使阀门开大。

③ 冷凝器有水垢。有了水垢后热阻增大，传热效果大大下降，造成冷凝温度升高，排气压力相应地升高。如结水垢严重，冷凝压力可比正常压力高出 0.1~0.2MPa。在这样情况下，往往能发现进出水温差还略有降低。此时，就需要对冷凝器进行清洗。

内冷翅片式冷凝器的散热片表面积灰太厚，同样会影响传热效果。同时因为片隙的缩小，吹过的空气阻力增大，使冷却风量显著减少，而使冷凝器的散热率明显降低。对此，只要用手电筒查看散热片之间的结灰情况，若绝大部分的片间空隙已不能透过光线，则说明结灰已很严重，应进行清洗。

④ 制冷剂太多。制冷装置中加入的制冷剂量太多，结果多余制冷剂占去冷凝器的一部分容积，使冷凝器传热面积减小，从而引起高压升高。一时发现制冷剂太多，应停机，把多余的制冷剂抽出来。

⑤ 排气管道不畅通或油分离器进口滤网堵塞。排气管或冷凝器的管道不畅通，一般发生在新安装或刚修过的装置中。由于安装和检修不注意清洁工作，使管道内粘有垃圾，或粗心大意地将封口的纱头塞在管内，结果一开车，故障就暴露出来。

另外,突然奔油时,油排入油分离器的进口滤网时来不及流下来,使滤网暂时堵塞。

以上两种情况,均使排气压力突然增加,使压力继电器马上动作而停车。

(2) 低压(即吸气压力)过低,低于允许值,压力继电器自动切断电源,保护性停车。当库温达到调定值,温度继电器动作,切断电磁阀电源,电磁阀关闭,停止向蒸发器供液,低压随即降低,当降低至低压调定值时,压力继电器动作,切断电源,压缩机停车。这是自动运行工况下的正常停车,不要误作故障。

若在正常停机后,虽库温尚未回升,电磁阀仍处在关闭状态,但压缩机却又很快自动启动,启动后马上停机,出现停、开频繁时,这一般是压缩机阀片泄漏,高压气体渗漏到低压去,引起低压很快回升,使压力继电器触头闭合,压缩机又启动,但启动后,一下子又马上停机,造成停、开频繁;或是油分离器的自动回油阀(即浮球阀)泄漏,引起高压气体向低压泄漏,造成停、开频繁。

另外由于以下一些原因,造成蒸发压力过低,引起停车。

① 节流阀或膨胀阀开启过小,制冷剂流量不足,蒸发器大部分空间用于制冷剂蒸气过热,由于制冷剂气体传热性能小于液体制冷剂,所以产冷量下降,蒸发压力也下降。

② 蒸发面积过小,或产冷量不相适应。这种现象无论怎么调节,蒸发压力也不能升高,即使是暂时升高,也会很快自动下降。这里需要强调指出,若确因蒸发面积过小,决不能用调节蒸发压力的办法去适应制冷能力的需要,而只能用增加面积或降低制冷能力的办法来解决,否则制冷机必然产生液击。

③ 搅拌机转速不够或规格不符,使载冷剂流速得不到保证,从而保证蒸发器表面包冰,增加了热阻,影响了传热及蒸发速度,使蒸发压力逐步降低。直接蒸发表冷器表面结霜与包冰相同,也会降低蒸发压力。

④ 在氟利昂制冷系统中,影响蒸发压力低的因素还有干燥过滤器堵塞,电磁阀不工作,膨胀阀冰塞等。

(3) 油压太低,供油压力低于调定值,结果油压继电器动作,切断电源停车,引起油压(油泵出口压力与吸气压力的差值)过低,一般是曲轴箱内润滑油量太少;或是吸油管不畅或过滤器堵塞;或是曲轴箱内的润滑油中溶解过多的氟利昂制冷剂(尤其是在吸气压力降低时),从而减少了油泵的供量,油压就降低。

(4) 电动机超载,造成热继电器动作或保险丝熔断,切断电源而停车。

2. 冷却量不足,库温降不下来

制冷装置运行中,常常碰到库内温度虽有下降,但下降的速度很慢,或者降不到所要求库温。造成这一故障的原因有:

(1) 冷库的密封性或隔热性能差,冷损耗大。冷库或冰箱的密封性或隔热性能差,造成制冷装置消耗电能所获得的冷量被逃掉,这种现象叫“逃冷”或冷耗。同于设备、管道、隔热墙等的保温厚度不够,隔热效果不好,或者保温结构防气层被破坏,使保温材料受潮,受潮时间一长还会腐烂。无论是受潮或腐烂,都会使材料的隔热性能显著下降,逃冷量明显增加,特别是低温设备尤为严重。另外引起冷耗的有蒸发器水箱盖不严密,空气处理室或冷库门密封条不严密,空调管道及房间门窗泄漏等。

冷库门密封条是否严密,只要把门关上,检测密封条(也称橡皮圈)与门框之间的缝隙大小,一般用厚0.2~0.3mm,宽20~30mm的硬纸板插试,若硬纸板插得进,说明这处的缝隙

大。缝隙大的地方,就要设法修理,否则,冷损耗严重,会使库温降不下来。若门的四周有结露(冒汗)或冷库的隔热壁某处有结露现象,这是“逃冷”严重的表现,应及时修理。

由于更换保温材料工作麻烦,修理时难以保持防气层的完整性,因此,在制冷工程中,一定要注意隔热层的施工质量。

(2) 霜层太厚。对于库温在 0°C 以下的冷库来说,空气中的水蒸气碰到蒸发器表面就会结霜。蒸发器上所结的霜层以薄薄一层为佳,若霜层很厚,甚至结成冰棍似的,那么蒸发器的传热性能大大降低,造成制冷量下降,库温打不冷。在这种情况下,应及时除霜。

在有融霜装置的系统,则按融霜操作要求进行融霜。若无融霜装置,可停机,打开库门,让温度回升后自行融霜,也可用自来水融霜,但冲霜时要把冷冻物搬出库。融霜或冲霜后,应把库内的霜、水都打扫干净。在融霜或冲霜过程中,不能用木棒或铁器敲打蒸发器,以免造成蒸发器的损坏。

(3) 膨胀阀流量过大或过小。膨胀阀的流量是与制冷设备所需的蒸发温度下的制冷量相适应的。一般来说,制冷设备在安装调试时,膨胀阀的流量已按规定的吸气过热度,调整到制冷系统所需的蒸发温度范围内,在正常运行中,会根据热负荷的大小而自动调整其流量。如果因系统的某些原因使制冷系统的工况发生变化,如压缩机的排量下降,冷凝温度偏高,系统充注制冷剂量的变化(检修时添补)等,都会引起膨胀阀的流量超出自动调节范围,这时,就必须进行人工重新调整。

蒸发器压力过高但又降不下来,则说明蒸发温度高,冷冻室内温度就降不下来。要使蒸发温度下降,只有重新调整膨胀阀。但不能调得过低,过低会使冷冻室制冷量不足,也使冷冻室的温度降不下来,这时要再重调膨胀阀。

膨胀阀流量的大小,可以根据吸气压力表所反映的蒸发压力变化并观察吸气管的结霜变化情况进行判别。蒸发压力过高,白霜又结到吸气截止阀处,表示膨胀阀的流量过大。反之,蒸发压力过低,白霜结不到吸气管,则表示膨胀阀流量过小。但要注意,判断蒸发压力的高低,只有当制冷设备连续运转相当长的时间(至少1h以上),其蒸发压力不变化或变化很小,而且冷冻室内的热负荷变化不大的情况下才是正确的。

调整膨胀阀时,每次旋转阀杆 $1/4\sim 1/2$ 圈,运转20min左右,观察吸气压力变化情况。若吸气压力仍无变化或变化不显著,可再调节阀杆。

调节膨胀阀的过程是校验制冷机的主要过程,要在运转中仔细地边调节边观察,急于求成是调不好的。若一下子把膨胀阀孔调得过小。流量急剧下降,蒸发压力不降过多,反而会使降温速度减慢,甚至达不到规定的温度。膨胀阀每调节一次后之所以要等20min左右的原因,是因为冷冻室内的热交换和膨胀阀温包处的过热度需要经过一定时间才能反应和动作。

(4) 膨胀阀及其他部件堵塞。膨胀阀的堵塞主要有以下三种形式:

① 冰塞。一旦制冷剂中含有水分,当制冷剂流经膨胀阀时,因节流度突然下降,水被析出并结成冰粒,部分或全部堵塞阀孔。出现冰塞后,制冷剂流量减少,吸气压力下降,排气压力也下降,制冷量就下降。

排除冰塞的办法,一般是更换干燥剂,把制冷剂中的水分吸除;有时也可以拆下膨胀阀,用酒精清洗,排除留在阀内的水分;当系统内含水量较大时,可拆除系统中原来的干燥器,临时装一只大型干燥器来吸湿,也可以将系统抽真空,从而达到排除水分的目的。

② 脏堵。系统中脏物在膨胀阀进口滤网上造成堵塞。该处被堵后,会使阀吸入口马上结

霜。排除方法是拆下膨胀阀清洗。

③ 油堵。这种现象一般是由于选用了凝固点太高的润滑油引起的。当制冷剂流过膨胀阀时,因节流降温,使部分油分离出来,并凝成糊状,粘住阀孔,造成堵塞。这故障多数发生在一 -60°C 以下的低温装置上。

除了膨胀阀堵塞外,在干燥器、过滤器、连接管道等处也会产生堵塞,一旦被堵塞,同样造成库温打不冷的后果。若用手摸被堵处前后,则会发现有明显温差。发现堵塞后,应及时排除。

(5) 压缩机效率差 所谓压缩机的效率差,就是指在工况不变的情况下,输气系数降低,其实际排量显著下降,使制冷机的制冷量相应减少,产生冷量不足的现象。

对于一台经过长期运行的压缩机,其排量下降的原因大多数是由于运动件已有相当程度的磨损,配合间隙增大,或是气阀密封性能下降,引起漏气量增加的缘故。

怎样判断压缩机效率差呢? 换句话讲,效率差到什么程度,才会使产冷量显著下降,致使冷冻室内温度达不到原来要求呢? 检修工人根据实践经验,采用如下的方法:

见图 5-30 关闭吸气截止阀,让压缩机运转几分钟,将曲轴箱内的制冷剂抽入冷凝器,停车并立即关闭排气截止阀,在吸、排气截止阀的旁通孔各装上高、低压表。再开车,微松吸气截止阀旁通孔接管的接扣(见图中的 A 处),让空气缓慢吸入压缩机,使压缩机的排气腔内压力慢慢上升。当升至一定压力,一般为 0.98MPa 表压力时,旋紧接扣停止吸入空气,并让压缩机继续运转几分钟停车。停车 10min ,看低空真空度回升情况。若 10min 内高、低压力平衡了,这说明阀板有严重渗漏,需予拆修。然后,装好再作 0.98MPa 充气工作,并继续运转,根据吸气下降值来判断压缩机的效率。吸气压力下降到什么数值的真空度,压缩机才算好用呢? 不同用途的制冷设备有不同的要求,可参考表 5-9 中的数据。

若吸气压力达不到上述数值,这就说明这台压缩机效率很差,需要拆检修理。若吸、排气压力能达到表 5-9 的数值要求,压缩机还可以使用。

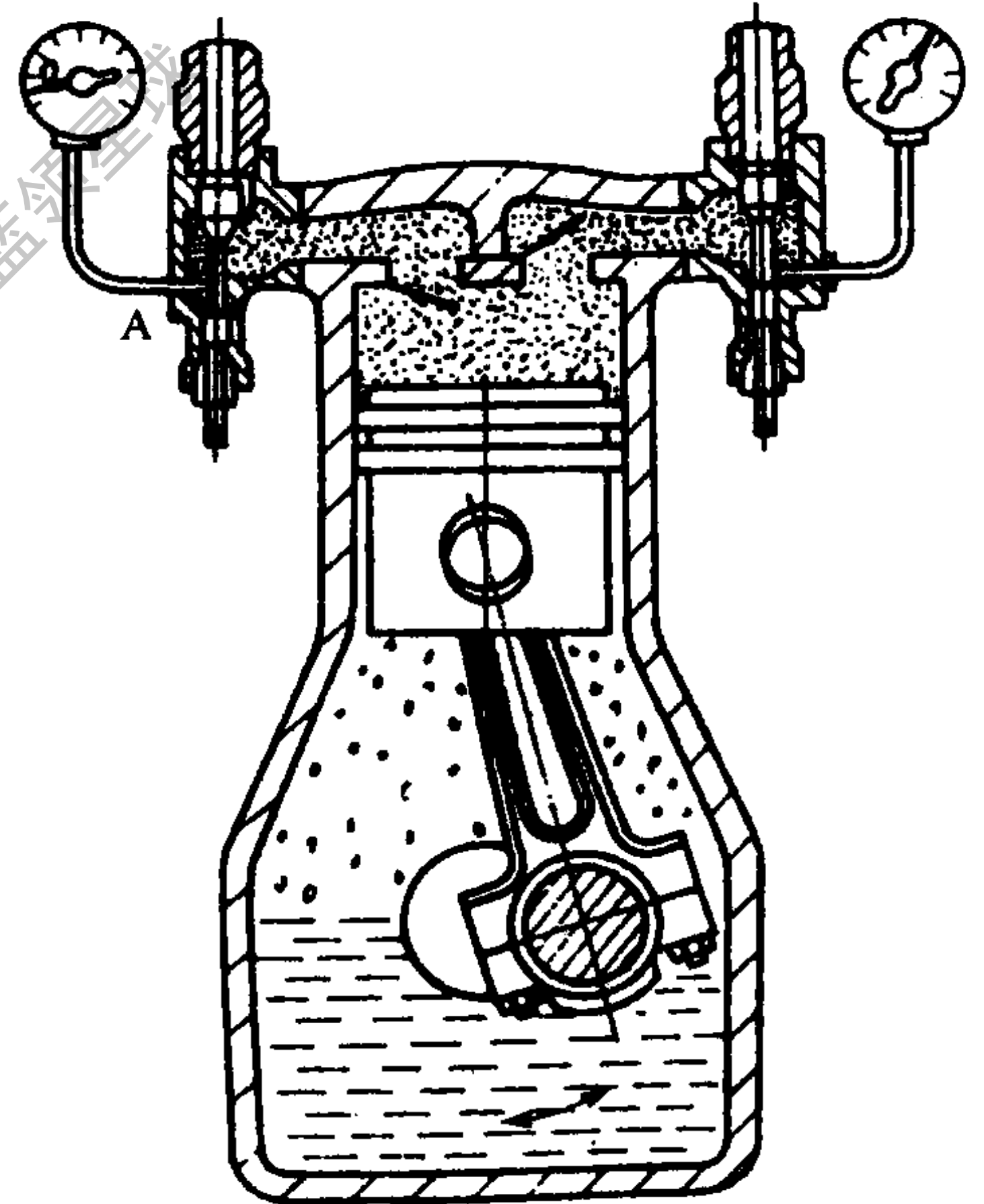


图 5-30 压缩机吸排气阀

表 5-9 根据吸排气压力值来确定压缩机效率

设备名称	冷室温度/ $^{\circ}\text{C}$	排气表压力/ MPa	吸气压力真空度/ MPa
空调室	$20\sim 27$	0.98	0.033
一般冰箱和冷库	$-5\sim -30$	0.98	0.067
低温箱	$-30\sim -80$	0.98	0.080

(6) 制冷剂过多或过少。这和前面所述的制冷剂注入量太多的情况相类似,所不同的是注入量多少的程度有差别。前面所讲的是制冷剂多到使冷凝器内几乎都被液体灌满,一开车排气压力就剧升,使有关的保护继电器随即动作而停车。而这里所指的是虽然制冷剂注入过

多了些,吸、排气压力偏高些,但制冷机还允许转动,只不过冷室温度很难降下去。遇到这类情况也必须将多余的制冷剂排出系统,才能顺利地降温。处理方法与前述相同。

系统中循环的制冷剂量不足,使冷量不足。制冷剂量不足的反常现象是吸、排气压力都低,但排气温度较高,膨胀阀处可听到断续的“吱吱”气流声,且响声比平时大,若调大膨胀阀孔,吸气压力仍无上升,停车后系统的平衡压力可能低于环境温度所对应的饱和压力。

制冷剂不足,显然是由于系统有渗漏点所引起,制冷系统漏氨漏氟是最常见的故障。所以,我们不能急于添加制冷剂,而应先找出渗漏部位,修复后再加制冷剂。

一台采用开启式压缩机的制冷机组,其接头多,密封面多,氟利昂又是无臭、无色、无刺激的流体,其渗透性很强,且又不易发觉它的渗漏。但只要我们多检查,常总结,摸索易漏的薄弱环节,就能掌握检漏技术,及时查出渗漏部位和补漏。经验告诉我们,以下几个部位是容易产生渗漏:

① 压缩机的油封渗漏。压缩机的轴封经长时间运转后,其动静摩擦环的磨擦是不均匀的,磨损面的不平整引起缝隙的出现。当缝隙极小时,它会被冷冻机油填充而保持密封,当缝隙扩大后,其间的冷冻机油就密封不住,氟利昂就要渗漏出来。因此,要经常用卤素探漏灯校漏(停车校漏),边校边盘动飞轮,一次盘 $1/4$ 圈,要盘几次校几次才行。若轴封有渗漏就要拆下修理。但要注意,对长期未使用的压缩机,若轴封检查出有微漏,不要急于把轴封拆下,可先让其运转几小时后再校漏,在一般情况下,这种微漏会消失的。若渗漏止不住,再拆下修理。因为轴封长期不运转,磨合面的冷冻机油蒸发干了,没有冷冻机油协助密封,轴封就会出现微漏,经运转后冷冻机油就渗入磨合面间,极小的缝隙被填充而封住。

② 阀门的阀杆填料处渗漏。膨胀阀、截止阀、关闭阀等的阀杆,在维护和检修过程中,要经常转动以打开和关闭阀门。阀杆的经常旋转会使填料疏松而渗漏,这时,可用扳手扳紧填料螺丝。若无效,则要卸下填料螺丝以添加密封填料。但要注意:加填料之前,对截止阀来说,应将其阀杆“倒足”,对膨胀阀和关闭阀,则应将阀内制冷剂预先抽排掉。另外,当维护和检修工作结束后,各阀杆的帽盖应旋上扳紧,以加强密封。

③ 接头、接扣和法兰处渗漏。制冷机的管路连接常用接头、接扣或法兰组成的可拆卸形式。由于压缩机运转时有振动,特别是与压缩机的吸、排气截止阀相连接的喇叭口或法兰口,最容易振裂而渗漏。要经常对它进行检漏。

④ 电磁阀芯的套管与阀体焊接处渗漏。有电磁阀的制冷设备,其电磁阀开闭很频繁。当磁力吸开阀芯时,阀芯上移的冲击较大,因此,阀体与套管钎焊的焊缝处容易产生裂纹(锡焊更容易开裂),应对这部位经常检漏。若有渗漏,就应将整个电磁阀杆拆下补焊。

以上四处是检漏的重点部位,当然,下面几个部位也要予以注意。

⑤ 蒸发器的各个连接点。蒸发器进出口接头或法兰圈、弯头的钎焊部位。壳管式蒸发器的端盖密封处和出水管口(在停车和不开水阀情况下用检漏灯探测)。

⑥ 冷凝器的各个连接点。冷凝器的进出口接头或法兰、风冷式冷凝器的管子弯子焊缝;壳管式冷凝器的端盖密封处和出水口(在停车和停水情况下探测)。

⑦ 压缩机的各个密封处和连接管。压缩机的油面指示器、各盖板的密封面等。

⑧ 阀门与管子的连接部分、水量调节阀的波纹管、压力表与压力继电器的接管等。各检漏点处若有油迹、应揩干净,若以后发现又有油迹,作为渗漏疑点,应立即检漏。

(7) 系统内有空气。这和本章第九节三、(一)段中所述的系统内有空气的情况有类似之

处,所不同的是空气含量的多少有差别。前面所讲的系统内有空气是指含量很多的情况,由于含空气量很多,量变引起质变,已经不是冷量足不足的问题,而是制冷机能不能安全运转的问题。这里所要讲的系统内有空气是指含量较少的情况,这是吸、排气压力均升高,引起冷量不足,但其排气压力还未超过压力继电器的动作值。处理方法与前述相同,也可以不收制冷剂,只需停车几分钟,从排气截止阀旁通孔放空气。

(8) 蒸发器内有冷冻油。蒸发器中冷冻油太多,也能引起制冷量不足而降温缓慢。氨立式蒸发器中存油,可直接通过其油面的冷热分界线来判断。如油位过高应及时放出。

有些氟利昂与冷冻机油互相溶解。因此,系统里的制冷剂在循环流动时,就免不了会有冷冻机油残留于各部件。冷冻机油残留在换热器内会影响传热系数。特别是当冷冻机油进入蒸发器后,若结构设计或安装不合理时,冷冻机油就会只进不出或多进少出,使蒸发器里残留的冷冻机油愈来愈多,严重影响其吸热效果,出现冷量不足的情况,到这地步不处理温度就降不下去,因此,必须进行放油工作。

如何判断蒸发器内留有较多的冷冻机油而影响制冷是件较困难的事情。若遇到这种情况,则会出现一个明显的反常现象,即蒸发管上的白霜是稀稀拉拉地结得不完全,并且呈浮霜,若无其他故障的话,那很可能是蒸发管内残留冷冻机油太多的缘故。

清除蒸发器内冷冻机油,必须将它拆下来,进行吹洗再烘干。对排管式蒸发器,因拆卸很不方便,可将蒸发器的进口用压缩空气吹,然后用喷灯烘蒸发管。

3. 无冷气

制冷机在运转却无冷气,也就是说冷冻室内不降温,可想而知产生这类故障的原因是系统内制冷剂不能循环流动。显然,制冷剂不能流动的原因是某一部分通路被堵塞,压缩机无蒸气可压送,或是系统内制冷剂全部泄漏。因此,当发现制冷机无冷气时就应从下述几个方面去考虑分析故障原因。

(1) 膨胀阀温包内膨胀剂泄漏。前面曾详细讨论了膨胀阀的结构和原理,已经知道阀针上受着三个力的作用而使阀针平衡在某一开度位置。作用在膜片上部的膨胀剂压力就是其中一个作用力。如果温包、气箱盖或连接的毛细管有裂缝,膨胀剂就会漏掉,膨胀剂的作用力也就消失,结果,膜片下面两个作用力推动膜片向上移(图 5-31),从而使阀孔关闭,系统的制冷剂不能流进蒸发器,制冷机就不能制冷。

这种故障带来的反常现象是吸气压力呈很低的真空度,以及膨胀阀不结霜。但这两点反常现象并不是它所独有的特征,单凭这两点还是难以断定是否膨胀阀的温包泄漏。为了进一步证实这一点,第一步先确定是不是膨胀阀的故障,这可用扳手松一下膨胀阀的进液接扣,观察是否有制冷剂液体从中喷出,若无液体喷出,相反是吸入空气,则不是膨胀阀上的故障,若有液体喷出,则基本肯定是膨胀阀出故障。观察到膨胀阀进口是喷液还是吸气后,应立即将接扣旋紧。第二步是确定膨胀阀出的是什么故障。此时应将膨胀阀拆下来检查,拆膨胀阀前应关闭贮液器输液阀和排气截止阀,停车

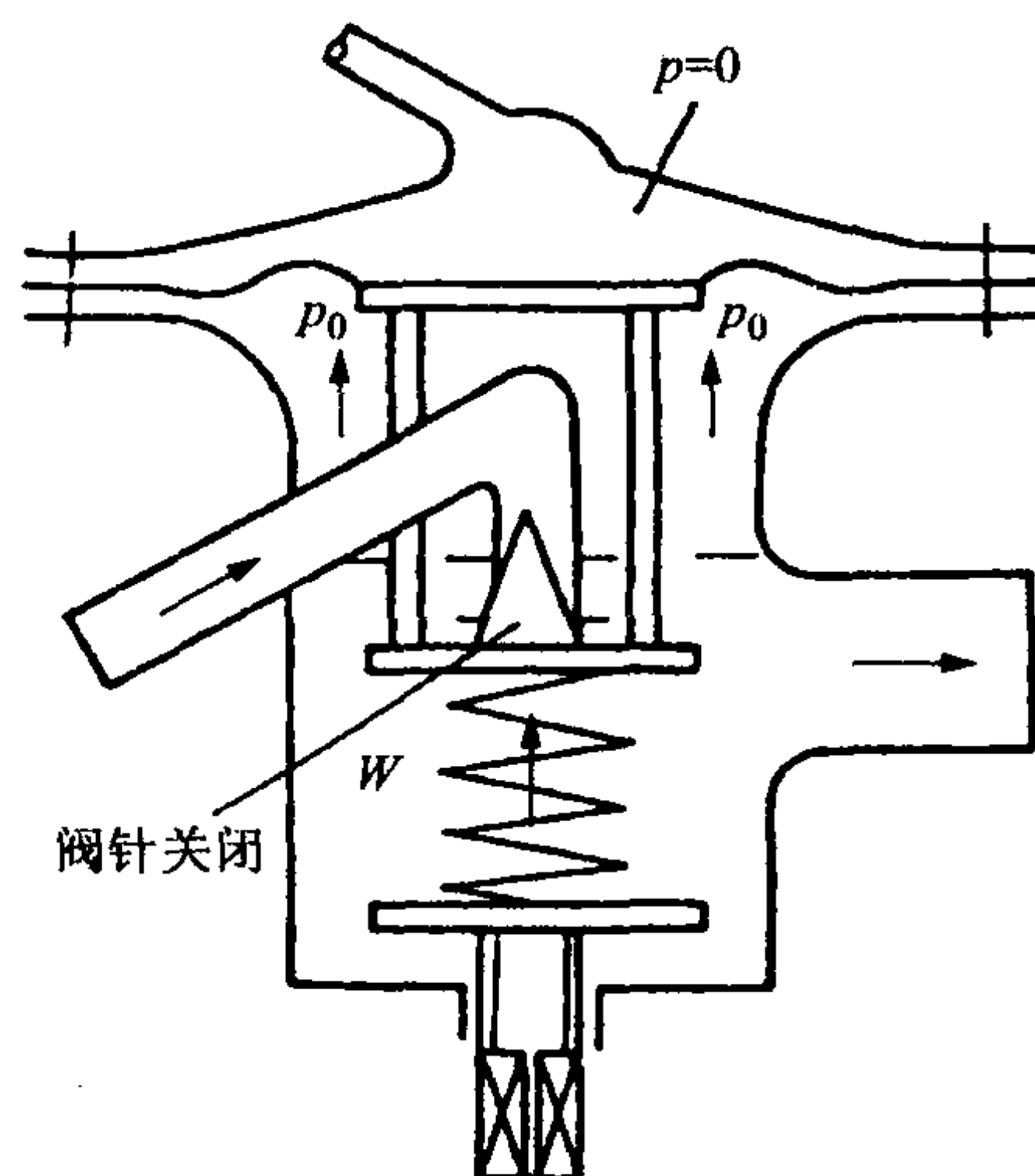


图 5-31 温包泄漏后的膨胀阀阀针受力图

后再进行。旋下膨胀阀进口接扣,这时,留在滤网内和输液管内的制冷剂只好放掉。取出过滤网看是否有污垢堵塞。若是过滤网没有堵塞,可将膨胀阀出口接扣旋下,用嘴对着出口接头吹气或吸气,若是吹、吸不通,则表明是阀针关闭,一般说来这只能是温包内膨胀剂泄漏掉所引起的结果。温包泄漏的检修,若无专用设备和一定的经验,是较难解决的,因此,可送交有关工厂调换或修理。

(2) 膨胀阀堵塞。膨胀阀堵塞有以下两种情况。

阀孔冰塞,一般也有两种可能:

① 系统中的氟利昂含有过量的水分,引起膨胀阀阀孔冰塞,制冷剂无法流动,停止了制冷。原因已讨论过了,不再重复。

② 在 -60°C 以下的低温设备中,若选用的润滑油的凝固点较高,而又能溶解于氟利昂中(其溶解量与温度有关,温度高,溶解量大),此时,当氟利昂液体经膨胀阀孔时,温度突降,部分润滑油被析出并冻成厚浆糊状,堵住了阀孔,使制冷剂不能流动,制冷便停止。

阀孔堵塞的反常现象也使吸气压力呈很低的真空度,阀不结霜,也无气流声,但这些反常现象还不足以说明一定是膨胀阀孔堵塞。为了进一步证实这一点,可对膨胀阀体加热,使阀孔冰粒或凝固油熔化。加热片刻后,如听到气流声,吸气压力上升,则可证实阀孔是被冰塞了。

阀孔堵塞如何处理呢?加热只能证实故障的判断正确与否,最多也只是临时救急的措施。因为当制冷机运转一段时间后,阀孔还会堵塞。要彻底解决只有用干燥剂过滤制冷剂进行吸潮的方法解决。

膨胀阀进口滤网堵塞:膨胀阀进口处有一个过滤网,其作用是防止污垢进入阀孔而影响膨胀阀的正常工作。若系统内污垢较多,而且是较粗的粉状物,则滤网很容易被堵塞而不通。

滤网堵塞所引起的反常现象与阀孔冰塞相类似,但加热是无效的。为验证故障的性质,可用扳手柄轻敲膨胀阀进口侧面之后,若能听到“啾啾”的气流声,吸气压力也上升一点,这就证实是滤网被堵塞。这时需要将滤网拆下清洗烘干后,再装上运转。若轻击无效,那就很难下结论。可能是堵塞也可能是冰塞,也有可能是温包泄漏。

膨胀阀不通的上述三种故障所引起的反常现象都相同。因而,往往一时难于区分是哪一种故障。在这种情况下,一般是采取逐项检查分析,逐项消除疑点的办法来判别。例如:先加热膨胀阀体以检查是否冰塞或冰冻油结冻堵塞。若加热无效,那就消除了一个疑点。再用扳手轻击阀体的进口侧面,以检查是否滤网堵塞,若仍然无效(注意:此法一般都有效,但污垢过多也有例外),则剩下的唯一可能是温包泄漏了。实际上总是先进行加热或轻击,无效时再拆下膨胀阀作彻底检查。

(3) 过滤器堵塞。过滤器被污垢堵塞后的反常现象也是低压段呈真空状,排气压力低。为证实这一故障,可用扳手柄轻击过滤器外壳,之后,若吸气压力能有所提高,则表明确实是过滤器被堵塞,若轻击后无任何反映,就很难下结论。

要使过滤器恢复畅通,应先按“收制冷剂”的方法进行操作,然后拆下过滤器,并将过滤器用拆洗方法进行拆洗,烘干装上后,再抽空气(低压段),旋开阀门运转。

(4) 连接管路堵塞。输液管或吸气管棉纱或钎焊料流进而堵塞,制冷剂不能流动,也就不能制冷。它所引起的反常现象也是吸气压力呈真空状和排气压力低等。管路堵塞只有拆下管子,清除障碍物,清洗后再装上。

管路堵塞一般出现在检修后。因工作疏忽,或把作为临时封头的棉纱遗留在管中,或因焊

缝间隙大,钎焊时焊料流进管中堆积而堵塞通道。但对于已经过一段时间正常运转的制冷机,类似这种堵塞现象是少见的。

以上四种堵塞故障都属系统内某一环节被堵塞而不能制冷,其共同点是所出现的反常现象都是吸气压力呈真空状,高压压力下降,因此,要识别这四种故障,达到正确的判断是要按照一定的方法,并耐心细致地检查才行,为此,应该采取逐段检查的办法来确定故障所在部位。因为开启式压缩机(封闭式例外)的各个部件间的管路是用接头和接扣(或法兰)连接的,因此,检查时可先停车,然后按顺序一段段地旋松各种接头和接扣:

① 旋松贮液器出液阀的接口(或法兰),若有制冷剂液体喷出,证明出液阀畅通无阻,立即旋紧。

② 旋松过滤器出口端(若要试这段输液管也可先旋松进口端)接扣检查该段管路是否畅通。

③ 旋松膨胀阀进出口接扣检查该段管路是否畅通。若某一段接扣旋松后没有制冷剂液体喷出,则说明这一段里的部件有堵塞故障,然后就可针对这个部位作进一步检查。

(5) 压缩机气缸盖的纸箔中筋被击穿。在气缸盖的密封纸箔垫片中部有一条筋(图5-32),其作用是将吸、排气腔隔离密封,它所承受的压力有时会比其他部位的垫片大,所以较容易被击穿。一旦发生这种情况,高、低压腔之间就会出现大量制冷剂的短路回流,使制冷机不能制冷。

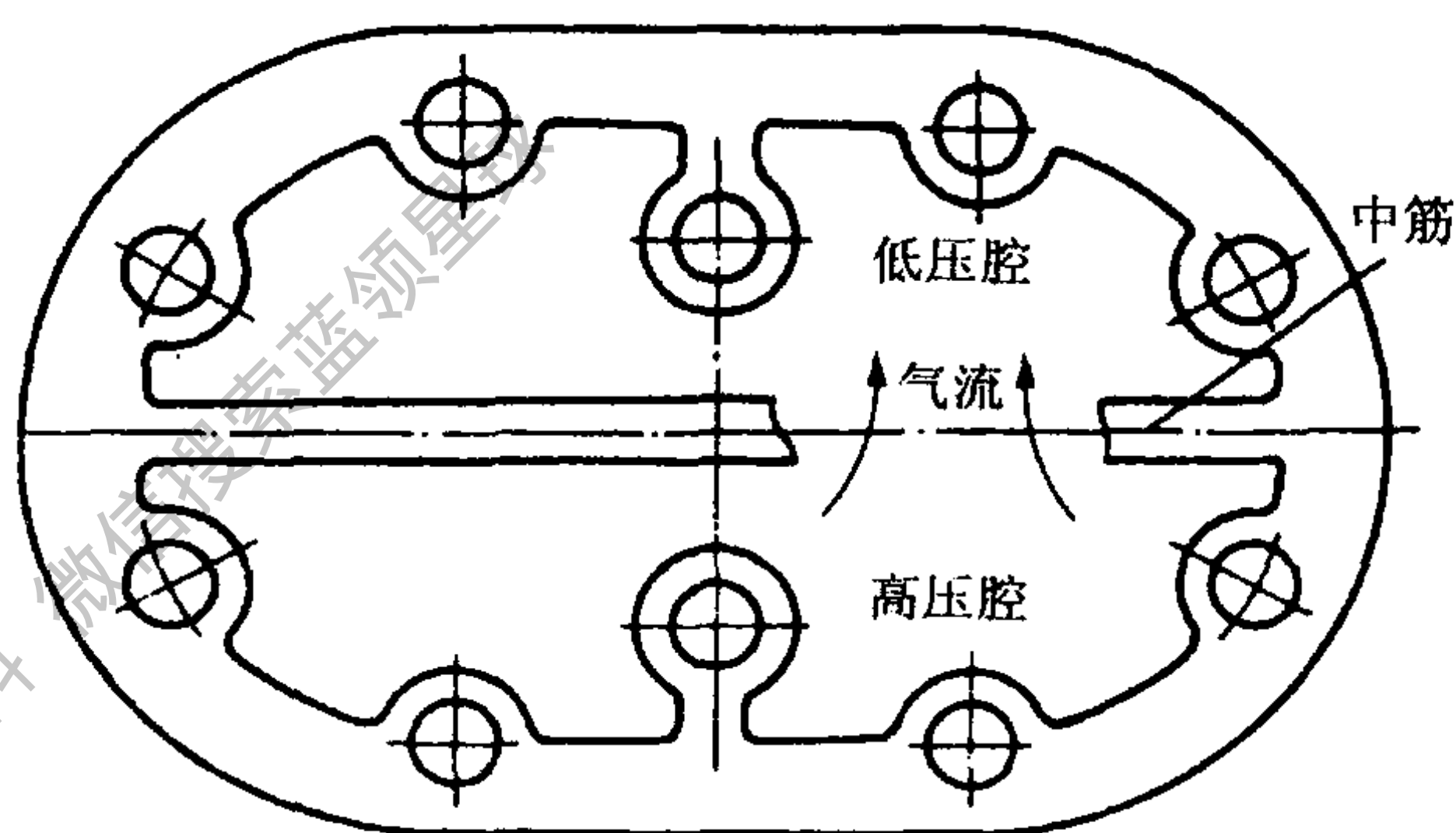


图5-32 气缸垫片中筋击穿

纸箔筋被击穿后所带来的明显反常现象是吸气压力过高,排气压力偏低,高低压压差很小,压缩机气缸及盖很烫手,甚至连手烫而摸不上,机体其他部位温度也上升。当发现这种现象并判断出故障后就及时停车,不宜运转过久,以免损坏机件。

纸箔筋被击穿需要重换垫片,为此先关闭吸气截止阀,从排气截止阀旁通孔处空气压缩机内的剩余制冷剂,拆下气缸盖,更换新垫片。气缸盖复位后,启动压缩机,排出机外空气然后旋紧旁通孔螺塞,开启吸、排气截止阀(先开排气阀),进行运转校验。

(6) 压缩机吸、排气阀片击碎。阀片是吸、排气阀的阀门。若吸气阀片被击碎,高压蒸气就在气缸与吸气腔间来回。若排气阀片被击碎,高压蒸气就在气缸与排气腔间来回。可见,无论是哪一种阀片被击碎,氟利昂就无法由压缩机排出去,制冷系统就不能制冷。

当吸气阀片被击碎后,排气压力表指针摆动很激烈,吸气压力很高,吸气温度也高。当排气阀片被击碎时,吸气压力表指针摆动很激烈,吸气压力很高,气缸与气缸盖很烫手。当发现这种现并判断出故障后,就及时停车,关闭吸、排气截止阀,将压缩机的剩余制冷剂蒸气从排气截止阀旁通孔放空,打开气缸盖检查阀片并进行修理。

(7) 系统内制冷剂几乎全部泄漏。如制冷系统某处有较大的泄漏点,又未及时发现,以致使系统内制冷剂几乎全部漏掉。没有制冷剂,制冷机当然不能制冷。

制冷剂几乎全部泄漏后的反常现象是吸气压力呈真空,排气压力极低,排气管不热等。在

重加制冷剂前,应预先对制冷机进行压力检漏并补漏,然后再控空气及重加制冷剂。

4. 能量调节装置故障

在多缸,高速的制冷机中,为了适应制冷能力的变化,采用能量调节装置。能量调节装置主要故障为调节不灵,不能实现能量控制,引起的原因如下:

① 油压不足,不能推动卸载机构的油活塞。当油压不足时,使卸载机构中的油活塞处于靠法兰盘一侧,气缸中所有吸气阀片被顶死,使制冷机只能空载运转而不能制冷。因此必须查明油压低的原因,调节油压达到规定的要求。

② 推杆位置不妥,使顶杆未落入转动环斜面最凹处(这相当于吸气阀片打碎的情况),阀片行程缩小,形成阀片关不严密,直接影响产冷量的大小,故需停车调整推杆的位置,使油活塞在最深位置时,顶杆恰好在转动环斜面最凹处,或者更换失灵的油活塞弹簧。

③ 曲轴箱内有液体制冷剂时,油要起泡,油压下降。另外,制冷剂进入油活塞的油缸中时,液体制冷剂蒸发,也推不动油活塞,造成卸载机构失灵。

④ 卸载机构与能量调节阀之间的油路堵塞,也可能使卸载机构失灵。可在运行时如松一下进油缸处的接头,若无油喷出,而其他供油又都正常,则说明油路堵塞。

⑤ 由于在检修中,油缸未清洗干净或油中有杂质,则油活塞被杂质卡住,需要油活塞工作时,不能产生位移。

⑥ 由于长期自然磨损,使顶杆长度不足,而检修中又未更换,造成吸气阀片顶不死,使卸载机构不能卸载。在其他正常情况下,空载启动制冷机,如果气缸仍在进行微弱的压缩,吸气压力逐步降低,说明顶杆已磨损而变短,应予以更换。

⑦ 当转入自动控制时,能量调节阀的弹簧调节不妥,也能使吸气阀片工作不正常或阀片不呈卸载状况。这时应按工况需要重新调节。

5.9.4 制冷系统常见故障分析和排除方法的综合表

表 5-10 氨活塞式制冷压缩机常见故障和排除方法

故障情况	主要原因	排除方法
压缩机不能正常启动运行	1. 供电电压过低:电动机线路接触不良 2. 排气阀片漏气,造成曲轴箱内压力太高 3. 能量调节机构失灵 4. 温度控制器失调或发生故障 5. 压力继电器失灵	1. 检查电压过低原因,如系电网临时出现降压,待电网电压恢复后再次启动,检修线路及电动机有关连接处 2. 检查漏气阀片、研磨阀片与阀座的密封线 3. 检查供油管路是否堵塞、压力过低、油活塞卡住等情况,根据查出原因进行修理 4. 调整温度控制器,检修发生的故障 5. 检修压力继电器,重新调定压力参数
压缩机启动、停机频繁	1. 由于排气阀片漏气,使高低压部分压力平衡,造成进气压力过高 2. 温度继电器幅差太小 3. 由于冷凝器缺水或出液阀关闭,造成压力过高,压力继电器动作	1. 拆卸缸盖,研磨泄漏的排气阀片和阀座密封线 2. 调整或更换温度继电器 3. 检查冷凝器的冷却水量和出液阀

(续表)

故障情况	主要原因	排除方法
压缩机启动后,没有油压或运转中油压不起	<ol style="list-style-type: none"> 1. 油泵管路系统连接处漏油或管道堵塞 2. 油压调节阀开启过大或阀芯脱落 3. 曲轴箱太少 4. 曲轴箱内有氨液,油泵不进油 5. 油泵严重磨损,间隙过大 6. 连杆轴瓦和主轴瓦,连杆小头衬套和活塞销严重磨损 7. 压表表阀未打开 8. 曲轴箱后端盖垫片错位堵塞泵进油通道 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查通道,疏通油管路,紧固接头 2. 调整油压调节阀,将油压调至需要数值,属于阀芯脱落的,要重新装好并紧固 3. 应及时加油 4. 及时停车,排除氨液 5. 修理或更换零件 6. 修理更换严重磨损零件 7. 打开表阀 8. 拆卸检查,纠正错位的垫片
油压过高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 油压调节阀未开或开启太小 2. 油路系统内部堵塞 3. 油压调节阀阀芯卡住 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整油压调节阀,使油压达到要求值 2. 检查疏通油路系统 3. 检修调节阀,属于阀芯卡住的要修好
油泵不上压	<ol style="list-style-type: none"> 1. 油泵零件严重磨损,致使间隙过大不泵油 2. 油压表不准,指针失灵 3. 油泵的部件检修后装配不适当 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检修油泵零件或换新零件 2. 检查更换新油压表 3. 检查部件装配情况或重新拆卸,再按要求装好
曲轴箱中润滑油起泡沫	<ol style="list-style-type: none"> 1. 润滑油中混有大量氨液,压力降低时由于氨液蒸发引起泡沫 2. 曲轴箱加油过多连杆大头搅动润滑油引起 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 将曲轴箱中氨液抽空 2. 将曲轴箱中润滑油放出,使油位达到规定油面线
油温过高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 曲轴箱油冷却器没有供水 2. 轴与瓦装配不适当,间隙过小 3. 润滑油中含有杂质,致使轴瓦拉毛 4. 轴封摩擦环安装过紧或摩擦环拉毛 5. 吸、排气温度过高 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 打开供水阀 2. 调整轴、瓦装配间隙,使之符合要求 3. 更换新油,把拉毛瓦刮平,瓦片严重拉毛时要换新瓦片 4. 检查修理轴封或更换摩擦环 5. 调整系统供液阀
油压不稳定忽高忽低	<ol style="list-style-type: none"> 1. 油泵吸入有泡沫的油 2. 油路不畅通 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 消除油起泡沫的原因 2. 检查疏通油路
压缩机耗油量过多	<ol style="list-style-type: none"> 1. 油环严重磨损,装配间隙过大 2. 油环装反,环的锁口安装在一条垂直线上 3. 活塞与气缸间隙过大 4. 排气温度过高,使润滑油被气流大量带走 5. 曲轴箱油面过高 6. 油分离器的自动回油阀不灵,油不能自动回到曲轴箱而被排走 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换新油环 2. 重新装配油环 3. 调换活塞环,必要时更换缸套 4. 查明排气温度过高的原因并消除 5. 将多余的油放出 6. 检修油分离器自动回油阀

故障情况	主要原因	排除方法
曲轴箱压力升高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 活寒环密封不严造成高压向低压串气 2. 排气阀片关闭不严 3. 缸套与机座不密封 4. 曲轴箱内进入氨液, 蒸发后致使压力升高 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查修理 2. 检查排气阀片与阀座密封线是否严密、平整、阀片如有破裂应更换 3. 拆下缸套后把接合处清洗干净重新装配 4. 抽空曲轴箱氨液
能量调节机构失灵	<ol style="list-style-type: none"> 1. 油压过低 2. 油管堵塞 3. 油活塞卡住 4. 拉杆与转动环安装不正确 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 增大油压 2. 清洗疏通油管 3. 拆卸清洗, 换去脏油, 按正确要求重新组装 4. 检查装配情况, 修理至转动灵活转动
排气温度过高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 冷凝压力太高 2. 回气压力太低 3. 回气过热 4. 活塞上死点余隙过大 5. 缸盖冷却水泵量不足 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 加大冷凝器的冷却水理, 放除空气 2. 调整调节阀或向系统加氨 3. 按“下项”1~3 办法解决 4. 按出厂说明书要求调整 5. 加大缸盖冷却水流量
回气过热过高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蒸发器中氨液太少, 供液阀开得小 2. 固气管道隔热保温不良或保温层受潮损坏 3. 吸气阀片漏气或破裂 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 适当开大供液阀, 若系统缺氨, 应立即被充 2. 检查保温层或更换隔热材料 3. 检查研磨阀片或更换阀片
排气温度过低	<ol style="list-style-type: none"> 1. 压缩机湿冲程 2. 冲冷器供液过多 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调节阀开得过大, 应关小 2. 中冷器供液阀应关小
压缩机吸气压力比正常蒸发压力低	<ol style="list-style-type: none"> 1. 供液阀开启太小, 供液不足, 因而蒸发压力下降 2. 吸气管路中阀门未全开 3. 吸气管路中阀门的阀芯脱落 4. 系统中液氨量不足, 虽然开大供液阀, 压力仍不上升 5. 吸气过滤器太脏 6. 回气管路有“液囊”现象 7. 回气管太细 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 供液阀适当开大些 2. 将应全开的阀门都开足 3. 检查修理 4. 按照实际情况补充液氨 5. 清洗过滤器 6. 将管路中有“液囊”段拆掉重新焊接管道 7. 按设计要求调整管径
压力表指针跳剧烈	<ol style="list-style-type: none"> 1. 系统内有空气 2. 压力表指针松动 3. 表阀开启过大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 放掉空气 2. 检修压力表或换新压力表 3. 关小表阀
压缩机排气压力比冷凝压力高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 排气管道中阀门未全开 2. 排气管道内局部堵塞 3. 排气管道设计不合理 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 开足排气管道中的阀门 2. 检查去污, 清理堵塞物 3. 应进行重新设计计算, 改变管径
压缩机湿冲程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 供液阀开启过大 2. 启动时吸气并开启过快 3. 冷库融霜恢复正常降温时吸气阀开启太快 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 关小供液阀 2. 开时时应缓慢开启气阀 3. 要缓慢开启吸气阀, 并注意压缩机运转情况, 若回气温度下降过快, 应暂停开启, 待运转正常后继续慢慢开启

(续表)

故障情况	主要原因	排除方法
气缸中有敲击声	<ol style="list-style-type: none"> 1. 活塞上死点余隙过小 2. 活塞销与连杆小头孔间隙过大 3. 吸排气阀片固定螺松动 4. 安全弹簧变形,弹力变小 5. 活塞与气缸间隙过大 6. 润滑油过多或不干净 7. 阀片断裂掉入缸中 8. 连杆扭曲 9. 气缸与曲轴连杆中心线不正 10. 液氨冲入气缸产生液击 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 按规定重新调整 2. 列换连杆小头衬套或换活塞销 3. 紧固螺栓 4. 更换弹簧 5. 检修更换活塞环或缸套 6. 清洗换油 7. 停机检修更换阀片 8. 矫正或更换阀片 9. 检查修理 10. 调整操作
曲轴箱有敲击声	<ol style="list-style-type: none"> 1. 连杆大头瓦与曲拐轴颈的间隙过大 2. 主轴承与主轴颈间隙过大 3. 开口销断裂,连杆螺母松动 4. 联轴器中心不正或联轴器键槽处松动 5. 主轴承(如采用滚动轴承时)轴承钢珠磨损,轴承架断裂 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整或更换新瓦 2. 修理或换新瓦 3. 更换新开口销,紧固连杆螺 4. 调整联轴器或检修键槽或更换新键 5. 换新轴承
气缸壁温度过高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 油泵故障,油压过低或油路堵塞 2. 活塞与气缸壁间隙太小或活塞走偏 3. 安全块或假盖密封不严,高低压窜气 4. 吸气温度过高 5. 润滑油质量不好,粘度太小 6. 冷却水套内水垢太厚或水量不足 7. 吸排气阀片损坏 8. 活塞环严重磨损 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 停机检修 2. 检查修理 3. 检查修理 4. 调整操作 5. 更换新油 6. 清除水垢后加大冷却水量 7. 检查更换阀片 8. 更换新环
气缸拉毛	<ol style="list-style-type: none"> 1. 活塞与气缸间隙太小,活塞环光脚口尺寸不正确 2. 吸气中含有杂质 3. 润滑油粘度太低或有杂质 4. 排气温度过高,引起油的粘度降低 5. 连杆中心与曲轴颈不垂直,活寒走偏 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 按要求间隙重要装配 2. 检查吸气阀处的过滤器,并清洗 3. 更换润滑油 4. 调整操作,降低排气温度 5. 检修校正
阀片漏气或断裂	<ol style="list-style-type: none"> 1. 压缩机湿冲程,阀片变形或皮裂 2. 阀片安装不平或装歪 3. 阀片材质不合格 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整操作,避免压缩机湿冲程 2. 检查阀片时要注意,把阀片安放平稳 3. 使用合乎要求的阀片
轴封漏油严重	<ol style="list-style-type: none"> 1. 装配不良 2. 动环与固定环磨擦面拉毛 3. 橡胶密封圈老化或松紧不适当 4. 轴封弹簧力减弱 5. 固定环背面与轴封压盖不密封 6. 曲轴箱压力过高 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 正确装配 2. 检查研磨密封面 3. 更换橡胶圈 4. 更换弹簧 5. 检查拆卸固定环,把背面清洗干净重新装配好 6. 调整操作,停车前使曲轴箱降压,并检查排气阀是否泄漏

(续表)

故障情况	主要原因	排除方法
轴封油温过高	1. 润滑油不足 2. 润滑油不干净 3. 动环与固定摩擦面压得过紧 4. 填料压盖过紧 5. 主轴承装配间隙过小	1. 检查油泵与油管路是否堵塞 2. 清洗过滤器, 更换新油 3. 调整弹簧强度 4. 均匀紧固压盖螺母 5. 调整间隙达到正确要求
连杆大头瓦熔化	1. 润滑油中杂质太多, 致使轴瓦拉毛发热熔化 2. 油泵不供油形成干摩擦熔化 3. 连杆大头轴瓦装配间隙小 4. 曲轴油孔堵塞	1. 更换新油, 装配新瓦片 2. 检修油泵, 更换新瓦片 3. 正确安装: 按规定调整间隙 4. 检查清洗曲轴中的油路
压缩机主轴承发热	1. 主轴承径向间隙过小 2. 二个主轴承同轴度超差或曲轴翘动 3. 皮带过紧 4. 润滑油不足或断油 5. 主轴瓦拉毛	1. 检查调整间隙 2. 检查主轴承与曲柄平行度, 进行校正 3. 调整皮带的松紧度 4. 检查油泵油路或补充新油 5. 检修换新瓦
活塞气缸中卡住	1. 润滑油低劣, 杂质多 2. 气缸缺油 3. 气缸温度变化剧烈 4. 活塞环搭口间隙太小	1. 更换合格润滑油 2. 疏通油路 3. 调整操作, 避免气缸温度剧烈变化 4. 按规定调整装配间隙

表 5-11 小型氟利昂制冷压缩机常见故障和排除方法

故障情况	主要原因	排除方法
压缩机在运转中突然停机	1. 吸汽压力过低, 低于压力继电器的低压下限值 2. 排气压力过高, 引起高压继电器动作断电 3. 油压过低, 油压继电器动作继电 4. 电动机过载, 热继电器动作断电	1. 检查原因, 属于管道堵塞的要畅通管道, 如系统制冷剂不足就补充 2. 检查冷凝器的冷却量或冷却风量 3. 检查输油系统管道和油泵 4. 检查电源电压是否偏低或冷负荷过大
排气压缩过高	1. 水冷冷凝器冷却水量不足或风冷冷凝器的冷却风量不足 2. 冷凝器管簇表面水垢过厚或油污太厚, 造成散热困难 3. 制冷系统内有空气 4. 制冷剂灌注过多 5. 排气管道中阀门发生故障, 造成压力过高	1. 检查不阀是否全开、加大供水或检查电动机电压, 转速, 传动皮带是否过松 2. 清洗水垢, 刷洗油污, 使冷凝器管簇表面清洁干净 3. 放掉空气 4. 排出多余的制冷剂 5. 检查修正阀门
压缩机的湿冲程	1. 热力膨胀阀失灵, 开启度过大 2. 电磁阀失灵, 停机后大量制冷剂进入蒸发排管, 再次开机时进入压缩机 3. 系统灌注制冷剂量过多 4. 热力膨胀阀的感温包松动未绑扎, 致使热力膨胀阀开启度增大	1. 关闭供液阀, 检修热力膨胀阀 2. 检修电磁阀 3. 放出多余的制冷剂 4. 检查感温包的绑扎情况

(续表)

故障情况	主要原因	排除方法
压缩机卡死	1. 润滑油中有脏污杂质 2. 油泵输油管阻塞,使气缸缺油活塞卡死 3. 油泵主齿轮插入曲轴中的柄销折断,致使油系统断油	1. 更换新油 2. 检修油泵管路 3. 检修更换油泵主齿轮轴
气缸中有异声	1. 气缸上死点余隙过小 2. 活塞销与连杆小头衬套间隙过大 3. 阀片断裂 4. 曲轴曲拐或连杆大头泼油所产生的油液击声	1. 调整加厚气缸垫片 2. 更换活塞销或衬套 3. 立即停机更换阀片 4. 短时间可不必停机,如长达几分钟后要停机检查
曲轴箱中有声	1. 连杆螺母松动 2. 连杆大头轴瓦间隙过大	1. 停机重新紧固 2. 更换瓦片
压缩机启动不起来	1. 电源断电或保险丝接触不良、烧断 2. 启动器的立接触点接触不良 3. 温度控制器失调或发生故障 4. 压力继电器的调定不适	1. 检查电源、保险丝 2. 检查启动器,用砂布擦净触点 3. 检查温度指示位置,检查各元件 4. 检查压力继电器各元件或调定值
压缩机制冷量不足	1. 活塞环磨损或活塞与气缸间隙因磨损而过大	1. 更换新活塞环或检修换新部件
压缩机与电动机联轴器有杂声	1. 压缩机与电动机联轴器配合不当 2. 联轴器的键和键槽配合不当 3. 联轴器的弹性圈松动或损坏 4. 皮带过松 5. 联轴器内孔与轴配合松动	1. 按正确装配要求重新装配 2. 调整键与键槽的配合,换新键 3. 紧固弹性圈或换新件 4. 调整拉紧皮带 5. 调整装紧联轴器

表 5-12 螺杆式制冷压缩机常见故障和排除方法

故障情况	主要原因	排除方法
启动负荷大或不能启动	1. 排气压力过高 2. 排气止回阀泄漏 3. 能量调节未在零位 4. 机内积油或液体过多 5. 部分机械磨损 6. 压力继电器故障或调定压力过低	1. 打开吸气阀,使高压气体回到低压系统 2. 检查止回阀 3. 卸载复原至 0% 4. 用手盘压缩机联轴器,将机腔内积液排出 5. 拆卸检修、更换、调整 6. 同上
机组启动后连续振动	1. 机组地脚螺栓紧固 2. 压缩机与电动机轴线错位偏心 3. 压缩机转子不平衡 4. 机组与管道的有振动频率相同而共振 5. 联轴器平衡不良	1. 塞紧调整垫块,拧紧地脚螺栓 2. 重新找正联轴器与压缩机同轴度 3. 检查、调整 4. 改变管道支撑点位置 5. 校正平衡
机组启动后短时间振动,然后稳定	1. 吸入过量润滑油或液体 2. 压缩机积存油而发生液击	1. 停机用手盘车使液体排出 2. 将油泵手动启动,一段时间后再启动压缩机

故障情况	主要原因	排除方法
运动中有异常响声	1. 转子内有异物 2. 止推轴承磨损破裂 3. 滑动轴承磨损, 转子与机壳磨损 4. 运转连接件(联轴器等)松动 5. 油泵汽蚀	1. 检修压缩机及吸气过滤器 2. 更换 3. 更换滑动轴承, 检修 4. 拆开检查, 更换键或紧固螺栓 5. 检查并排除汽蚀原因
压缩机无故自动停机	1. 高压继电器动作 2. 油温继电器动作 3. 精滤器压差继电器动作 4. 油压差继电器动作 5. 控制电路故障 6. 过载	1. 检查、调整 2. 检查、调整 3. 拆洗精滤器、调整 4. 检查、调整 5. 检查修理控制线路元件 6. 检查原因
制冷能力不足	1. 喷油量不足 2. 滑阀不在正确位置 3. 吸气阻过大 4. 机器磨损间隙过大 5. 能量调节装置故障	1. 检查油泵、油路、提高油量 2. 检查指示器指针位置 3. 清洗吸气过滤器 4. 调整或更换部件 5. 检修
能量调节机构不动作或不灵	1. 四通阀不能, 控制回路故障 2. 油管路或接头不通 3. 油活塞间隙过大 4. 滑阀或油活塞卡住 5. 指示器故障: (1) 定位计故障 (2) 指针凸轮装配松动 6. 油压不高	1. 检修四通阀和控制回路 2. 检修吹洗 3. 检修更换 4. 拆卸检修 5. 检修 6. 调整油压
排气温度或油温过高	1. 压缩比过大 2. 油冷却器传热效果不佳 3. 吸入过热气体 4. 喷油量不足	1. 降低压缩比或减少负荷 2. 清除污垢, 降低水温、增加水量 3. 提高蒸发系统液位 4. 提高油压或检查原因
压缩机机体温度高	1. 机体摩擦部分发热 2. 吸入气体过热 3. 压缩比过高 4. 油冷却器传热效果差	1. 迅速停机检查 2. 降低吸气温度 3. 降低排气压力或负荷 4. 清洗油冷却器
耗油量大	1. 一次油分离器中油过多 2. 二次油分离器有回油	1. 放油至规定油位 2. 检查回油通路
油压不高	1. 油压调节阀调节不当 2. 喷油过大 3. 油量过大或过小 4. 内部泄漏 5. 转子磨损, 油泵效率降低 6. 油路不畅通(精过滤器堵塞) 7. 油量不足或油质不良	1. 调整油压调节阀 2. 调整喷油阀, 限制喷油量 3. 检查油冷却器, 提高冷却能力 4. 检查更换“O”形环 5. 检修或更换油泵 6. 检查吹洗油滤器及管路 7. 加油或换油

(续表)

故障情况	主要原因	排除方法
油面上升	1. 制冷剂溶于油内 2. 进入液体制冷剂	1. 继续运转提高油温 2. 降低蒸发系统液位
压缩机及油泵油封	1. 磨损 2. 装配不良造成偏磨振动 3. “O”形密封环变形腐蚀 4. 密封接触面不平	1. 运转一个时期,看有否好转,否则停机检查 2. 拆卸检查调整 3. 检修或更换 4. 检查更换
停车时压缩机反转不停(有几次反转是正常的)	1. 吸入止回阀卡住,未关阀 2. 吸入止回阀弹簧弹性不足	1. 检修 2. 检查、更换

表 5-13 氨制冷系统的故障分析和排除

故障情况	主要原因	排除方法
冷凝压力过高	1. 冷却水量不足 2. 冷却水温过高 3. 冷却水分布不均匀 4. 冷凝器管内壁水垢太厚 5. 高压贮液器已满或排液阀未全开,致使液氨占去冷凝器传热面积 6. 冷凝器中有大量空气 7. 冷凝面积不够 8. 冷凝器断水 9. 当采用蒸发式冷凝器时风机因故停转	1. 增加冷却水流量 2. 检查原因,采取相应措施 3. 调整配水器,检查疏通 4. 清洗除去水垢 5. 检查贮液器面的阀门,如果液氨已满,应排液 6. 放空气 7. 增加冷凝器 8. 检查供水阀门和水泵 9. 检查修理
中间压力过高	1. 蒸发压力过高 2. 高压机配比小 3. 高压机阀片破裂 4. 中间冷却器隔热层损坏 5. 供液量太小,致使低压机排出的气体不能得到冷却 6. 中间冷却器蛇形盘管损坏	1. 调整回气阀门,或因负荷太大增开压缩机 2. 调整压缩机,使配比适当 3. 检查修理,换阀片 4. 修理包扎隔热层 5. 开大供液阀,同时注意变化情况 6. 停止使用盘管,等大修时更换修理
蒸发压力过高	1. 压缩机制冷剂冷量小于实际负荷 2. 压缩机阀片泄漏,或活塞环泄漏和旁通阀漏气 3. 供液量过多 4. 冷藏间进货量过多 5. 能量调节机构失灵	1. 增加压缩机运行台数或减少负荷 2. 检查修理 3. 关小节流阀 4. 控制进货量 5. 检查修理
蒸发压力过低	1. 节流阀开启过小,供液不够 2. 供液管堵塞,或阀头掉下卡住 3. 蒸发排管内外表面有油污或霜层太厚 4. 氨液分离器下端油污太多,油管堵塞 5. 系统内氨液不足 6. 供液管道中有“气囊” 7. 盐水池内盐水浓度不够,蒸发器外表面结冰	1. 开大节流阀 2. 检查管路阀门,并进行修理 3. 清扫排管表面,并进行融霜 4. 及时放油排除油污 5. 补充液氨 6. 采取措施排除,必要时应将“气囊”管段切除 7. 用比重计检查盐水浓度,加盐达到要求浓度

(续表)

故障情况	主要原因	排除方法
冷库降温困难	<ol style="list-style-type: none"> 1. 进货量太多 2. 节流阀未调好或阀芯堵塞 3. 排管内表面油污太厚,或外表面霜层太厚 4. 冷库外墙隔热层隔热材料受潮 5. 冷库门关闭不严或开门次数过多 6. 冷库蒸发排管面积小 7. 如采用温度自控元件时,温度控制器失灵 8. 系统中制冷剂太少 9. 压缩机效率低,制冷量达不到原标准 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 控制进货数量 2. 适当开启节流阀或检查阀门 3. 及时清除油污或融霜 4. 检查隔热材料,并进行翻晒(指松散隔热材料) 5. 检修冷藏门,并减少开门次数 6. 根据需要增加蒸发排管 7. 检修温度控制器 8. 向系统补充制冷剂 9. 更换新的气缸套或活塞环等
冷库蒸发排管结霜不匀或不结霜	<ol style="list-style-type: none"> 1. 供液量太小 2. 系统内制冷剂不足 3. 蒸发排管内表面有油污或存油过多 4. 供液管路中有“气囊” 5. 供液管设计安装不合理 6. 液体分配站加工制做时,插入管过长 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整节流阀或供液阀开启度 2. 向系统内补充制冷剂 3. 进行融霜,并及时放油 4. 检查修理 5. 改进供液管路 6. 切除液体插入管过长管头(这项工作应在大修时进行)
氨泵启动后不上液	<ol style="list-style-type: none"> 1. 氨泵内有气体 2. 系统压力低,氨泵密封器漏汽 3. 氨液过滤器污物堵塞 4. 氨泵进入液阀未打开 5. 氨泵拆装后装配不当 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 打开抽气阀抽掉氨气 2. 检修泵轴密封器 3. 清洗过滤器 4. 打开进液阀 5. 重新装配
氨泵排出压力过低	<ol style="list-style-type: none"> 1. 氨泵部件严重磨损 2. 进液管路有堵塞 3. 氨液过滤器堵塞 4. 氨泵中心与低压循环桶液位差过小 5. 氨泵流量不够或氨泵出液阀开启过大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检修更换零件 2. 检查排除 3. 清洗排除 4. 调整供液阀的开启度,加大供液量 5. 适当调整供液阀的开启度

表 5-14 氟利昂制冷系统的故障和排除

故障情况	主要原因	排除方法
冷库或冷藏柜降温不正常	<ol style="list-style-type: none"> 1. 冷库或冷藏柜门关闭不严,缝隙大、跑冷多 2. 蒸发排管结霜太厚 3. 压缩机的效率低 4. 膨胀阀的流量太大 5. 膨胀阀的流量太小 6. 系统内有空气,冷凝液过冷度小,制冷量下降 7. 过滤器油污过多,影响流量 8. 制冷系统中氟利昂不足 9. 蒸发排管中积油过多 10. 热力膨胀阀感温包内制冷剂泄漏 11. 热力膨胀阀产生冰堵 12. 热力膨胀阀产生脏堵 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检修冷藏门 2. 进行融霜 3. 检修压缩机 4. 调整膨胀阀,减少供液 5. 调整膨胀阀,适当加大供液 6. 排除系统内空气 7. 清洗过滤器 8. 补充灌注氟利昂 9. 进行放油、并查明原因、修理 10. 检修感温包,灌注制冷剂(查明原灌注的制冷剂牌号) 11. 更换过滤器中吸湿剂 12. 清洗膨胀阀

(续表)

故障情况	主要原因	排除方法
高压侧压力偏高	详见表 5-11	详见表 5-11
压缩机吸入压力偏高	1. 膨胀阀开启太大 2. 压缩机的吸汽阀片漏	1. 关小膨胀阀 2. 检修研磨阀片,使阀板与阀片保持密封
压缩机吸入压力偏低	1. 膨胀阀开启过小 2. 装在液体管道中的过滤器有污物堵塞 3. 制冷系统中氟利昂不足 4. 有过多的润滑油和氟利昂混合在一起	1. 调节膨胀阀的开启度 2. 检查清洗过滤器 3. 补充氟利昂 4. 检查油面计、油分离器的回油装置是否正常,如果确实油多应放出
压缩机的高压控制器动作频繁	1. 冷凝器中冷却水供给量不足 2. 压缩机高压控制器的工作压力值定得太低 3. 系统中加的制冷剂太多,减少了热交换面积致使压力升高	1. 在水泵不停止工作时检查水管路是否有堵塞,如系阀门开启太小,可开大 2. 根据实际需要重新调定 3. 放出多余的制冷剂
压缩机的低压压力控制器动作频繁	1. 蒸发器管组表面霜层太厚 2. 压缩机排汽阀有泄漏,当压缩机停机后,低压立刻上升 3. 膨胀阀的感温包中制冷剂泄漏,致使低压偏低 4. 低压压力控制器压力值定得偏高	1. 清扫蒸发器上霜层 2. 停机检修,研磨排汽阀片,必要时换新片 3. 检查更换膨胀阀 4. 根据冷库或冷藏柜温度要求重新调定低压压力控制值
压缩机不停地运转	1. 压力控制器或温度控制器失灵或工作情况不佳 2. 压缩机的排气阀片或吸气阀片泄漏严重	1. 检修控制器,调定压力或温度参数值 2. 停机检修或更换阀片
压缩机运转时噪音太大	1. 压缩机机座上脚螺栓松动 2. 制冷剂中混入润滑油过多,发生液击 3. 压缩机发生湿冲程 4. 活塞销或轴承等 5. 管路振动	1. 紧固底脚螺栓 2. 检查曲轴箱油面,放出多余的润滑油 3. 关小供液阀,恢复正常运行 4. 停机检修,更换部件磨损严重,造成间隙大、松动 5. 加固或增加管路支撑
压缩机不停地运转	1. 压力控制或温度控制器失灵或工作情况不佳 2. 压缩机的排气阀或吸气阀片泄漏严重	1. 检修控制器,调定压力或温度参数值 2. 停机检修或更换阀片
气缸盖密封垫片漏气	1. 紧固螺栓松动或垫片碎裂 2. 发生湿冲程或液击把气缸盖垫片冲烂	1. 紧固螺栓或更换新垫片 2. 停机更换垫片
冷却水中断	1. 水电磁阀失灵 2. 水阀中有污物堵塞	1. 检修电磁阀 2. 检修水阀

电磁阀常见故障及排除:

目前设计、安装的制冷系统,大多采用氨泵供液方式。电磁阀在运行中常常出现一些故障,直接影响正常运行,现将一段常见的故障和排除方法列于表 5-15。

表 5-15 电磁阀常见故障及排除方法

故障情况	主要原因	排除方法
接通电源后阀门没开启	1. 电流电压低于额定的 85% 2. 线圈接间脱落或线圈烧坏 3. 阀头卡住	1. 调整电压在额定电压的±10%范围内 2. 检查修理或更换线圈 3. 拆卸清洗
关闭不及时	1. 阀塞侧面小孔堵塞 2. 弹簧强度减弱	1. 清洗小孔内污物 2. 更换弹簧
阀塞与阀座间不密封有泄漏现象	1. 有污物杂质 2. 阀塞上的密封环磨损 3. 阀的前后压差低于公称压力	1. 清洗干净 2. 更换密封圈 3. 按说明书要求正确调整

思考题和习题

1. 制冷压缩机安装有哪些要点?
2. 制冷管道安装前应做哪些处理?
3. 紫铜管扩喇叭口时要注意哪些操作要点?
4. 什么叫制冷系统吹污? 如何操作?
5. 制冷系统的气密性试验如何进行? 怎样才算合格?
6. 停机状态下如何充制冷剂? 开机状态下如何添加制冷剂?
7. 从系统中取出制冷剂怎样操作?
8. 如何调整制冷装置的运行参数?
9. 简述单级氨压缩机的开机步骤?
10. 简述单级氟利昂压缩机的开机步骤?
11. 为什么有润滑油进入制冷系统中? 有什么害处?
12. 氨制冷系统中如何进行放空气操作?
13. 氟利昂制冷系统正常进行的标志主要指哪些方面?
14. 活塞式压缩机有哪些主要故障?
15. 详细阅读制冷系统故障排除表,对重点问题可进行老师指导下的课堂讨论。

第 6 章 制冷系统的维护与检修

制冷装置能否处于完好的运转状态,主要取决于能否正确合理地进行操作管理与正常的维护检修两个方面的工作。制冷装置经过一定时间运行后,各运动部件与摩擦件都会出现相应的磨损或疲劳,有的间隙增大,有的丧失工作能力。静止的设备也因腐蚀、振动、结垢等因素而影响正常工作。检修的目的,就是对制冷系统的部件进行拆卸清洗和测量检查,观察部件的磨损或损坏的情况,用修理或更换零部件的办法,恢复零部件的运转性能,以保证制冷装置的正常运行。

6.1 活塞式制冷压缩机的拆卸

各类活塞式制冷压缩机的拆卸工艺虽然基本相似,但由于结构不同,因此,拆卸的步骤和要求也有所不同,必须制订不同的拆卸工艺规程。

6.1.1 拆卸注意事项

(1) 拆卸之前压缩机应进行抽空,切断电源(电闸拉掉),关闭机器与高低压系统连通的有关阀门,拆除完全防护罩等工作,具体方法如下:

① 若机器内的压力在 $0.49 \times 10^5 \text{ Pa}$ (表压)以下时,可将放汽阀接好塑料管或橡皮管通向室外,开启放汽阀,将微量的余氨直接放出室外。

② 若机器内的压力较高,应查明原因进行排除。一般是排汽阀泄漏造成的,这时应启动压缩机将氨汽排入系统内,使曲轴箱接近真空状态,然后停机,同时关闭机器的排汽阀和排汽总阀,等 10min 后观察曲轴箱压力,如压力微升,则可以进行放汽(其方法同上)。关闭与水系统连通的阀门,将汽缸盖和曲轴箱冷却水管内的积水放掉,可将曲轴箱侧盖的堵塞旋掉,待压力升至与外界压力相等时,利用油三通阀将润滑油放出,准备拆卸机器。

(2) 拆卸静配合的零件,要注意方向,防止击坏零件。对固定位置不可改变方向的零件,都应做好记号,以免装错造成事故;对体积小的零件拆卸后,要及时清洗并装在有关的零件上,防止丢失。

(3) 对拆卸的零件要按它的编号(如无编号要自行打印),有顺序地放到专用支架和工作台上,不要乱放乱堆,以免损伤零件。

(4) 对拆卸的油管、汽管和水管等,清洗后要用布包好孔口,防止进入污物。零件拆完后及时清洗,除油,用布盖好,防止灰尘。

(5) 拆卸压缩机,一般是先拆卸部件,然后再由部件拆成零件,由上到下,由外到里,防止碰伤,拆卸零件时,用力不宜过大,当拆不下时,要找出原因,用适当的方法进行拆卸,防止损伤零件。

6.1.2 压缩机的拆卸

整台压缩机的拆卸步骤和方法,以 8AS-12.5 氨制冷压缩机为例。

1. 拆卸的程序

(1) 拆卸气缸盖。先将水管(塑料管)拆下,再把气缸盖上螺母拆掉,在卸掉螺母时,两边长螺栓的螺母最后松开,松开时两边同时进行,使气缸盖随弹力平衡升起 2~4mm 时,观察纸垫粘到机体部分多,还是粘到气缸盖部分多,用螺丝刀将纸垫铲到一边,防止损坏。若发现气缸盖弹不起时,注意螺母松得不要过多,用螺丝刀从贴合面轻轻撬开,防止气缸盖突然弹出造成事故,然后将螺母均匀地卸下。

(2) 拆卸排气阀组。取出假盖弹簧,接着取出排气阀组和吸气阀片,要注意编号,连同假盖弹簧放在一起,便于检查和重装。

(3) 拆卸曲轴箱侧盖。拆下螺母可将前后侧盖取下,同时要注意油冷却器,以免损伤。若侧盖和纸垫粘牢,可在贴合面中间位置用薄镊子剔开,应注意不要损坏纸垫。取下侧盖时,要注意人的脸不应对着侧盖的缝隙,以免余氨跑出冲到脸上,然后检查曲轴箱内有无脏物或金属屑等。

(4) 拆卸活塞连杆部件。首先将曲轴转到适当的位置,用钳取出连杆大头开口销或铅丝,拆掉连杆螺母,取下瓦盖,然后将活塞升至上止点位置,把吊栓拧进活塞顶部的螺孔内,利用吊栓可将活塞连杆部件轻轻地拉出(连杆大头为斜剖式),防止擦伤气缸表面,当活塞连杆部件取出后,再将瓦盖合上,防止瓦盖的编号弄错,以免影响装配间隙。

取出的活塞连杆部件与配合的气缸套应是同一编号,要按次序放在支架上并用布盖好。

若连杆大头为平剖式,可将活塞连杆部件和气缸套一起拉出,若拉不出时,用木棒轻轻敲击气缸套底部或用木块一端放在曲轴上,而另一端与气缸套底部接触,这时将曲轴微量转动一下即可拉出。

(5) 拆卸卸载装置。先拆卸油管的连接头,应注意微量的余油。在拆卸机体的卸载法兰时,螺母应对称拆掉,再将留下的两只螺母均匀地拧出,因里面有弹簧,要用手推住法兰,将螺母拆下即可取出法兰和油活塞。若油缸取不出时,可在机器的吸入腔内用木棒敲击油缸,将油缸、弹簧和拉杆等零件取出。

系列化机器有一套、三套或四套卸载装置,气缸套的座孔与机体侧面的距离不同,因此,拉杆的长度也不同,取出后要作好标记,以免装错。

(6) 拆卸气缸套。先将两只吊栓旋进气缸套顶部的螺孔内,借助吊栓拉出气缸套,拉出时,要注意气缸套台阶底部的调整纸垫,防止损坏。

(7) 拆卸油三通阀与粗滤油器。先拆卸油三通阀与油泵体的连接头和油管,再拆下油三通阀,注意六孔盖不能掉下,以免损伤,还要注意其中的纸垫层数,取出粗滤油器(网状式)。

(8) 拆卸转子式油泵与清滤油器。先拆下滤油器与油泵的连接螺母,取下滤油器(梳状式)、油泵和传动块。

(9) 拆卸吸气过滤器。先将法兰螺母拧下,再将留下的两只螺母对称均匀地拧出。因有压紧弹簧,拆卸时要用手推住法兰,以免压紧弹簧弹出,取下法兰、弹簧和过滤器。

(10) 拆卸回油过滤器。粗滤油器(机器携带油分离器)拆卸时,将螺栓拆下取出网式滤芯。

(11) 拆卸回油浮球阀。先拆卸浮球阀的出油孔与曲轴箱的进油孔连接螺母,再拆下机体(高压级吸入腔左侧)的出油孔与浮球阀的进油孔连接螺母,然后拆下机体(高压级吸入腔右侧)与浮球阀平衡管的连接螺母。

(12) 拆卸联轴器。先将压板和塞销螺母拆下,移开电动机及电机侧半联轴器,从电动机轴上拉出半联轴器,取下平键。拆下压缩机半联轴器挡圈和塞销,从曲轴上拉出半联轴器并取下半圆键,把键放好便于重装。

另一种联轴器的拆卸:首先拆下传动块、电动机半联轴器和中间接筒的连接螺栓,移开电动机,再拆下压缩机半联轴器与中间接筒的连接螺栓,取下中间接筒,拆下曲轴端挡块,然后敲击联轴器,分别将两个半联轴器和键从电机轴和压缩机轴上取下,并把键放好。

(13) 拆卸轴封。首先均匀地松开轴封端盖螺栓,对称留两只螺母暂不拆下,其余的螺母均匀拧下,用手推住端盖,对称螺母慢慢地拆下,同时应将端盖推牢,防止弹簧弹出。顺轴取出端盖、外弹性圈、固定环、活动环、内弹性圈、压圈及轴封弹簧时,应注意不要碰伤固定环与活动环的密封面。

(14) 拆卸后轴承座。首先将曲柄销用布包好,防止碰伤,再用方木在曲轴箱内把曲轴垫好,将前后轴承座连接的油管拆掉,然后拧下后轴承座周围的螺母,用两只 $D10\text{mm}$ 的专用螺栓拧进后轴承座的螺孔内,把轴承座均匀地顶开,同时注意纸垫不要损坏,慢慢地将轴承座取出,防止用力过猛卡住将曲轴带出,抬下时防止损坏轴承座的密封平面。

(15) 拆卸曲轴。曲轴从后轴承座孔抽出,抽曲轴时,后轴颈端用布条缠好防止擦伤,曲轴前端面有两个螺孔,用两只 $D16\text{mm}$ 的长螺栓拧进,再套上适当长度的圆管,以便抬曲轴用。曲轴抽出放平,注意曲拐部分不要碰伤后轴承座孔。

(16) 拆卸油分配阀。拆卸油管接头,取下油管,再拧下手柄头,将油分配阀与控制台连接的螺丝拆掉,取下油分配阀。沉头螺钉及时与阀盖旋上以免丢失。

(17) 拆卸完全阀。将螺母拆掉取下完全阀,同时注意纸垫不要损坏。

(18) 拆卸压力表。拧下时应注意不要用力过猛,如果突然撞击部件,造成失灵或损坏表面。

(19) 拆卸吸入和排出截止阀。首先将阀盖周围的螺母拆下,并做好阀盖与阀体的记号,以免方向装错。

2. 部件的拆卸

部件拆卸时,要注意各零件的编号和方向,避免把零件搞错。

(1) 拆卸排气阀组。取出气阀弹簧时不能硬拉,以免变形。如果过紧可用手轻旋,使弹簧的直径稍微变小即可取出。拆卸钢碗时,应注意汽阀的连接螺栓是否松动。拆下开口销和连接螺栓,取下内阀座,再拆下阀盖与外阀座连接螺栓,使排气阀片和气阀弹簧与外阀座分开,并将密封面向下放在布上,以免碰伤。

(2) 拆卸活塞连杆组。先拆卸汽环和油环。拆卸有三种方法:

① 用两块布条套在环的锁口上,两手拿住布条轻轻地向外扩张把环取出,应注意不能用力过猛,以免损坏汽环和油环。

② 用三四根 $0.75\sim 1\text{mm}$ 厚、 10mm 宽的铁片或用锯条(磨去锯齿),垫在环与槽中间,便于环均匀地滑动取出,如图 6-1 所示。

③ 用专用工具拆卸汽环和油环,如图 6-2 所示。

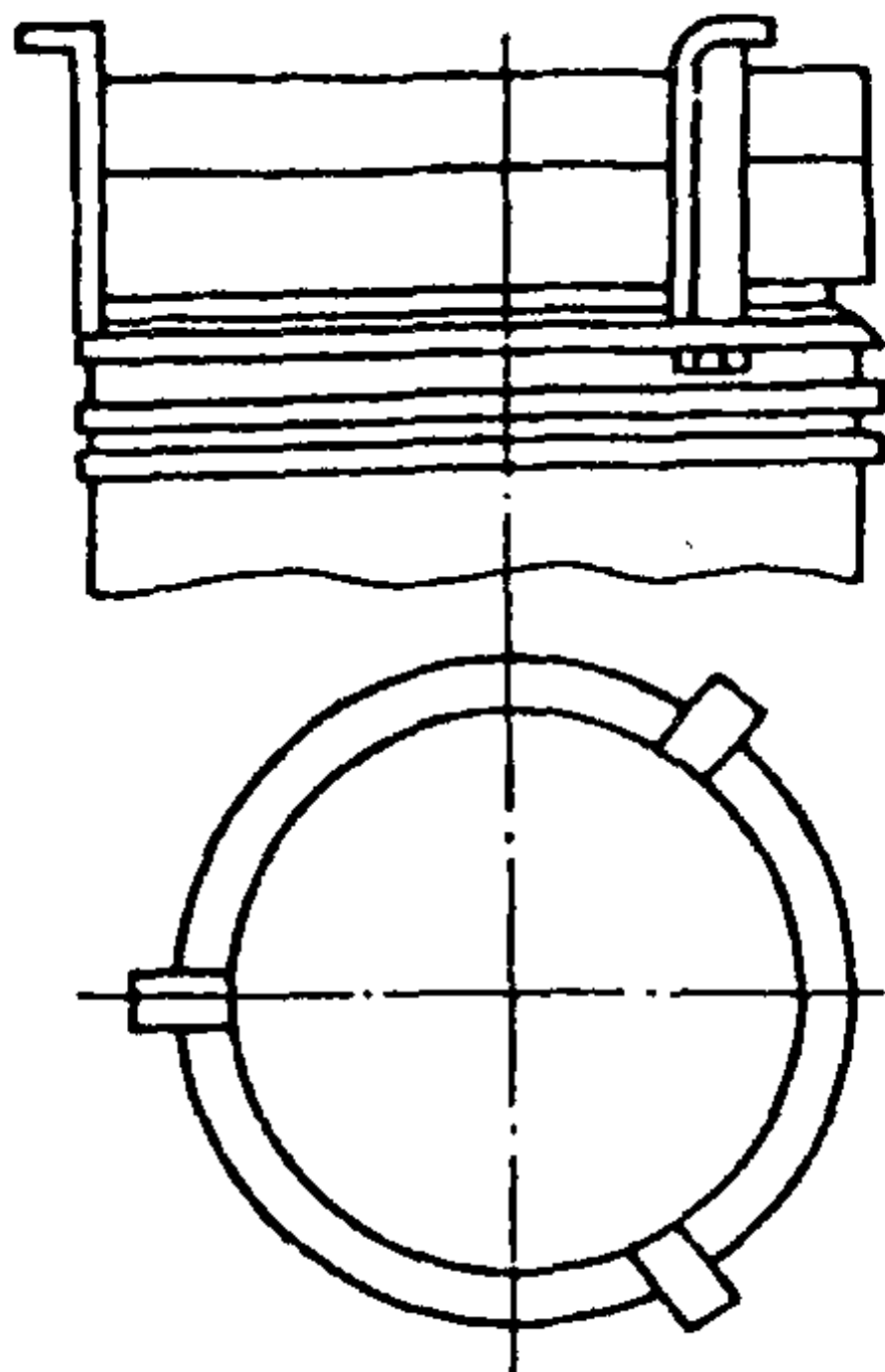


图 6-1 拆卸、装入活塞环的方法

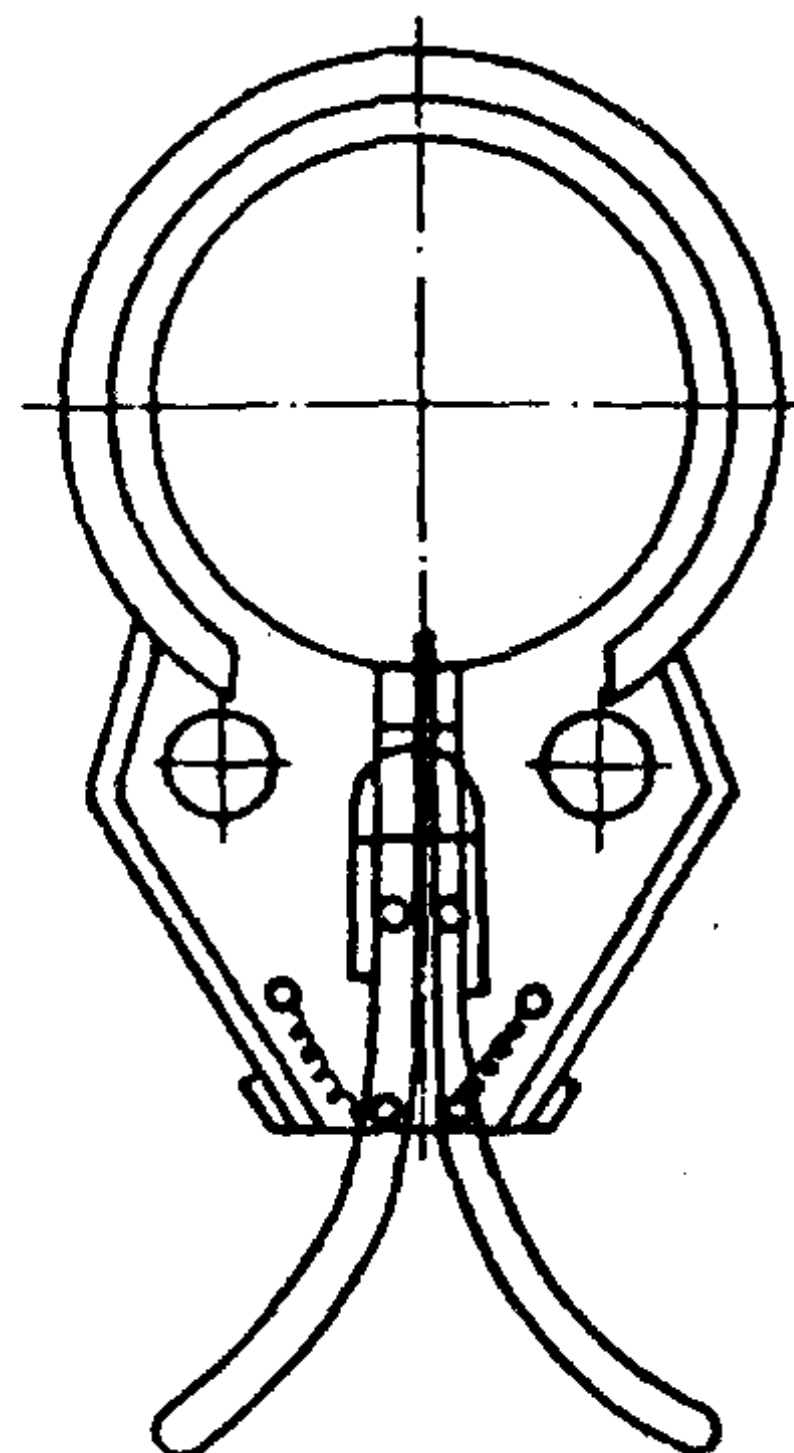


图 6-2 拆卸、装入活塞环的工具

拆卸活塞销时,先用尖嘴钳把活塞销座孔内的钢丝挡圈拆下,垫上软金属后,用木锤或用铜棒轻击,将活塞销敲出。如上述方法困难时,可将活塞和连杆小头一同浸在 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ 的油中加热几分钟后,使活塞膨胀,然后用木棒从座孔内将活塞销很容易地推出,活塞销和连杆即被拆开。

拆卸系统 S8-12.5 氨制冷压缩机的高压组连杆小头滚针轴承时,取下钢丝挡圈的方法与上述相同。活塞和连杆小头没有加热前,应准备引套,要求引套的直径与滚针轴承滑配(滚针轴承的内径为 42mm)。加热活塞和连杆小头,当活塞销移动时,可将引套放入座孔内移至小头轴承的末端,把活塞销取出。注意滚针不能掉下,以免丢失或损伤,便于检查测量或重装。

(3) 拆卸气缸套部件。气缸套上的零件有定位销和卸载部分,而卸载部分又包括:弹性圈(钢制)、垫环、转动环(分左右)、开口销、弹簧和顶杆,拆卸时应按上述顺序进行。拆卸前应检查顶杆的高度是否相同,若高低不等易将吸汽阀片顶歪或工作时产生转动,加速磨损和损坏,同时检查顶杆弹簧是否完好。

(4) 拆卸精滤油器。在拆卸滤芯盖螺栓之前,先转动一下枢轴,如转不动时,说明梳片与夹片之间有脏物或梳片表面有毛刺卡住,这时应拆下清洗、修理或更换新梳片及夹片。

(5) 拆卸油泵。先转动一下泵轴是否灵活,再将螺栓拧下取出泵盖,然后取出主动齿轮和被动齿轮。拆出油道垫板记住方向。

(6) 拆卸主轴承。将主轴承座装在固定位置,用螺旋式工具拉出,或用压床压出,应注意轴承座孔不能碰伤,取下定位圆销放好以备重装。

6.2 活塞式制冷压缩机的检修和装配

压缩机在运转过程中,运动机件的磨损或损失是有一定期限和限度的。如果磨损超过一定的限度,不及时检修,发展到一定的程度,压缩机会发生突然故障,迫使进行事故检修,为此对压缩机要实行有计划的检修。

6.2.1 检修内容

检修一般可分小检修、中检修、大检修三种。具体检修内容表见 6-1。

表 6-1 活塞式制冷压缩机检修的时间与内容

主要部件名称	小检修修理周期约 700h 主要工作内容	中检修修理周期约 2000~3000h 主要工作内容	大检修每年一次 主要工作内容
阀片与阀	检查清洗阀片,并调整其开启度,更换损坏的阀片、弹簧及其他零件,试验阀的密封性	检查测量余隙,并进行调整,检修或更换不严密的阀	检查修复和校验各控制阀,安全阀;更换填料,必要时应重新浇铸轴承合金或更换新阀
气缸与活塞	检查气缸的光洁度;清洗缸壁污垢	检查气环、油环的锁口间隙,环与槽的高度、深度的间隙,严重的应更换新的活塞环;检查活塞销的间隙及磨损状况	测量活塞的磨损度,需要时浇铸轴承合金层修复,以适应配合尺寸。必要时更换新活塞以及相应的活塞环。检查活塞销和衬套或更换新品
曲轴和主轴承	检查曲轴和主轴承表面光洁度,清洗表面的污垢	测量各主轴承间隙,需要时应修整	测量曲柄扭摆度,水平度,主轴颈与连杆轴颈的平行度,以及各轴颈的磨损度(椭圆度和圆锥度)和裂纹,以便修整或更换曲轴。修整主轴承或重新浇铸轴承合金
连杆和连杆轴承	检查连杆螺栓和开口销,防松铁丝,有无松脱,折断现象	检查连杆大头轴瓦和小头衬套;测量配合间隙;需要时应进行刮拂修整	依照修复后的连杆轴颈修整连杆轴瓦,或重新浇铸轴承合金。检查连杆大小头孔的平行度和连杆本身的弯曲度,加以修复
轴封		检查调整轴封器各零件的配合情况,清除内部和进出油道	检查摩擦环和橡胶密封环与弹簧的性能,必要时应进行研磨调整或更换新品
润滑系统	更换润滑油,清洗曲轴箱和滤油器	清洗三通阀和润滑系统,检查油泵配合间隙	修整或更换油泵齿轮轴承和齿轮与泵腔配合间隙,必要时应更换新齿轮
其他	检查卸载装置的灵活性	检查电动机与压缩机传动装置的振摆度,检查压缩机基础螺栓和飞轮的加固情况	检查与校验压缩机的控制仪表和压力表,清除水套的水垢

6.2.2 压缩机零部件的检查和测量

1. 检查气缸余隙

将一定粗细的软铅保险丝放置在活塞顶部,前后左右共放四处(点),装好排气阀组、安全压板弹簧,盖好气缸盖,转动飞轮 1~2 圈,然后取出保险丝,用外径千分尺测量其厚度,取其四点的平均值即为活塞死点间隙。然后与说明书死点间隙比较,找出偏差修理的处理。

2. 活塞与气缸的间隙

用塞尺测量活塞与气缸配合面的上、中、下三个部位的间隙。测量时仍然分四点进行。为了精确起见,当上述测量完毕之后,将活塞环全部取出,再作一次测量,并记录测量数据,以供分析参考。

气缸(或气缸套)的椭圆度和圆锥度是用内径千分表,分上、中、下三个部位进行测量的。

经过上述测量,即可确定活塞和气缸是否需要检修或更换。若气缸(或气缸套)磨损比原气缸标准尺寸大 $0.15\sim 0.25\text{mm}$ 时,必须进行检修。或者是气缸与活塞的间隙超过 $0.45\sim 0.6\text{mm}$ 时也应进行检修。当活塞最大磨损在 $0.3\sim 0.35\text{mm}$ 时,应更换活塞。

检修时如果气缸尺寸加大,则活塞、活塞环也相应加大。一般情况,加大的数值以 0.25mm 为加大一级, 0.5mm 为气缸加大二级。

3. 检查活塞环

将活塞连杆组取出气缸之外,用塞尺直接测量活塞环与环槽的轴向间隙。而活塞环的锁口(也称搭口)间隙,是活塞环放入相当于气缸公称直径的量规(按基孔制二级精度的孔公差制造)中,用塞尺测量的。

在运行过程中,活塞环丧失工作性能是常见毛病之一。活塞环一般不进行修理,当有下列情况之一时就应进行更换。

(1) 活塞环在工作状态时的锁口间隙。超过 $0.004D\pm 0.2\%$ (直径 D 小于 120mm)和 $0.004D\pm 0.3\%$ (直径大于 120mm)时,应进行修理或更换。

(2) 活塞环高度(轴向)磨损超过 0.15mm 。

(3) 活塞环厚度(径向)磨损超过 1mm 。

(4) 活塞环与气缸接触面小于圆周长三分之二,其他不接触部分与气缸壁间隙大于 0.03mm 。

(5) 活塞环端面翘曲度超过 $0.04\sim 0.05\text{mm}$ (活塞环的直径越小,其端面翘曲度要求就越小)。

(6) 活塞环重量减轻了 10% 或丧失弹力。

4. 检查连杆大小头轴瓦

(1) 连杆小头轴瓦与曲柄销中心线的平行度的测量是在装有连杆的曲轴,放在专门校正好的装置上进行的。用千分表测量活塞销的倾斜度(曲柄销在最低、最高位置各测一次),测得的差值,判断两个中心线的平行度。如果倾斜度过大,说明连杆弯曲。平行度在 100mm 长度上不大于 0.03mm 。

(2) 连杆小头孔与端面的不垂直度,在 100mm 的长度上不大于 0.05mm ,否则需要检修。

(3) 连杆螺栓孔的不平行度在 100mm 长度上不大于 0.02mm 。

(4) 连杆大头轴瓦与曲柄销的间隙测量,一般用压铅法进行。对于小型冷冻机,其间隙过小,可用千分表直接测量大头轴瓦的内径与曲柄销的外径,以此确定间隙的大小。

(5) 连杆大小头孔的轴线的不平行度,在 100mm 长度上不大于 0.05mm 。

5. 检查曲轴

(1) 曲柄销轴线与主轴颈轴线的不平行度的测量是在车床上,以主轴颈的两端中心孔为基准,在 100mm 长度上不大于 0.02mm ,否则应检修。

(2) 检查主轴颈及曲柄销的椭圆度和圆锥度,测量主轴颈的磨损是用外径千分表在距轴

肩或轴承边缘 10mm 处进行。如果主轴颈有椭圆度,可使轴在运转中由于中心线位置在变动,而产生轴的径向振摆。这不仅破坏了制冷机工作的稳定性,同时也会使主轴承加快磨损。另外,如果主轴颈有圆锥度,曲轴将产生轴向位移,使制冷机主轴承受很大的轴应力,同时也是加速轴承磨损的一个原因。因此主轴颈是不允许出现圆锥度的。一般情况,曲柄销和主轴颈的椭圆度和圆锥度,不大于二级精度直径公差之半,否则应检修。

主轴颈表面对轴线的跳动量大于 0.03mm 时应检修。

(3) 曲柄销比标准尺寸磨损超过 0.25~0.30mm 时,应检修或更换。最大修理尺寸为 0.5mm,此时应更换连杆大头轴瓦。

6. 检查活塞销

用外径千分尺检查活塞销外圆柱面的椭圆度及圆锥度,当活塞销和连杆小头轴瓦的径向间隙超过 $0.001D$ 时,其椭圆度、圆锥度超过直径公差之半时,应更换连杆小头轴瓦。

活塞销磨损比标准尺寸小 0.15mm 时,应更换活塞销。

当活塞销孔轴线对活塞轴线的不垂直度,在长度 100mm 上大于 0.2mm 时,应进行检修或更换。

7. 气阀的检查

气阀的检查主要是测量吸、排气阀片的开启度以及关闭的严密性。开启度过大,则阀片运动速度大,阀片容易击碎;如果开启度过小,则制冷剂蒸气通过阀片的阻力增大,影响吸、排气效率。阀片开启度与压缩机的转速有关,一般转速越低则开启度越大,反之,转速越高开启度越小。阀片开启度的测量是用深度尺或塞尺均可。阀片的密封性考查,是用煤油作渗漏试验进行的。

当阀片有轻微磨损或划伤应重新研磨和检修。

当阀片磨损使其厚度比原标准尺寸小 0.15mm 时应更换。

8. 检查轴封

(1) 轴封装置良好时,不需拆卸。因轴封零件每拆一次就变动一次位置,加之轴封橡胶圈被冷冻油浸泡发胀,拆后不再恢复到原来尺寸。轴封换油,可拆卸轴封室上下接头,直接灌油清洗。

(2) 轴封装置内两个摩擦面平行度偏差超过 0.015~0.02mm 时,应检修或更换。

(3) 轴封漏油每小时超过 10 滴时,应拆卸检查,并仔细研磨密封面。对于橡胶圈因老化、干缩变形,丧失弹性和密封能力时应更换。

9. 检查卸载机构

(1) 在拆卸气缸套时,必须检查气缸套转动环的顶杆是否能灵活上下滑动。转动环锯齿形斜面是否磨成凹坑,如果有轻微磨损,可用挫刀修正。伤痕太大应更换。

(2) 检查顶杆的磨损情况。当顶杆的长度不使卸载机构卸载时应更换顶杆。

(3) 当推动气缸套的转动环推杆凸圆磨损比原尺寸少 0.5mm 时应更换。

(4) 卸载机构油活塞弹簧丧失弹性时,应更换。

10. 润滑装置的检查

用内外径千分尺测量齿轮油泵的径向间隙,再用压铅法检查油泵齿轮端面间隙。

(1) 在油泵工作正常的情况下,油泵装置最好不拆卸检查。

(2) 油泵齿轮与泵体及泵盖之间的侧向和径向间隙大于说明书所规定值时应检修。齿轮

的齿廓工作面剥蚀变形、啮合不好时,需检修或更换。

(3) 油压调节阀阀针磨损,不能满足油压调节的需要时应检修。

11. 仪表和安全弹簧的检查

(1) 高低压压力表,油压表是用来监视制冷机运动情况的仪表,不允许失灵,其精度等级不应低于 2.5 级。如果指示误差超过表的精度等级乘以表的最大刻度值的正负允许差值时,应校验或更换。

(2) 温度计指示误差超过标准温度计正负 1°C 时应更换。

(3) 将整台压缩机各气缸上的完全弹簧在平板上比较,或与新弹簧在平板上比较,如果自由高度缩短太多(5~10mm 以上),说明弹簧退火了,要进行修复或换新弹簧。若弹簧有裂纹必须更换新弹簧。

6.2.3 压缩机的零部件修理

磨损的零部件,应本着力求节约的精神进行修复。其中最容易磨损的零部件有前后主轴承、连杆大小头轴瓦、活塞环、阀片及轴封装置等,下面就这些零部件修复工作介绍如下:

1. 主轴承

主轴承分为滚动、滑动轴承两种。老系列制冷机中多数采用滚动轴承,它的修理比较简单,不能用时只需换新件即可。更换时往往会遇到拆卸困难,可用皮带拉头或破坏轴承的方法进行拆卸,但切勿损伤主轴颈表面及其相对的形位公差。装配时检查过盈量,如过盈量大,可用温差装配法:先用金相或零号细砂纸打磨主轴颈,除去毛刺或浮锈,然后将轴承放入 80°C 左右的油池中加热,待轴承加热后轴承孔胀大时即可装配。

除滚动轴承外,在制冷机结构中广泛采用了滑动轴承,这类轴承的修理是以刮为主的研磨技术,刮研时要着色找点,两端的点子要密,中间的点子要略疏一些。接触面达到贴合要求后,压铅加垫找间隙,其间隙要求应符合产品说明书或间隙表的间隙标准。在正常运行中,只要装配适度,保持良好润滑,磨损也不会十分严重。因而 3~4 年内可以不作大的检修。对于新系列制冷设备多采用薄壁轴瓦,由于没有多少刮研余量,通常超过间隙就予以更换。

2. 连杆大小头轴瓦

连杆大小头轴瓦的修理,仍然是以刮研为主。将大头轴瓦夹持在虎钳上,要求水平,用三角刮刀,刀口与刮削面成 30° 角,吃刀量不能太深,从轴瓦对剖分面边缘向中心刮削。在油槽附近 5mm 处要求贴合面大,以减少润滑油的泄漏,或不能形成油膜。当轴瓦与曲柄销对研着色找点时,曲柄销必须放置水平,或者将曲轴装在已修好的前后轴承上水平放置,切忌倾斜或直立安放,否则轴瓦要刮偏。刮研中要求点子大小要均匀,刮后应达到在 $25 \times 25\text{mm}$ 的面积上有 19~25 点。若同一轴上有几副轴瓦,则每副轴瓦之间点数、点子的大小应尽量一致,不宜悬殊过大,否则也会烧瓦。轴瓦刮研好后,一般用增减剖分面间的垫片来保证其间隙要求数值。在调整中垫片的总厚度一般不宜超过 0.3mm,过大将影响质量。然后将各轴瓦对号入座,装配在曲柄销上,旋紧连杆螺母(最好用测力扳手),使各螺母紧度一样。最后分别将各连杆,从水平位置上轻轻放下,如图 6-3 所示。如果连杆缓缓绕着轴线向下转动,且到铅垂位置时无多大来回摆动,即可认为轴瓦刮研良好。

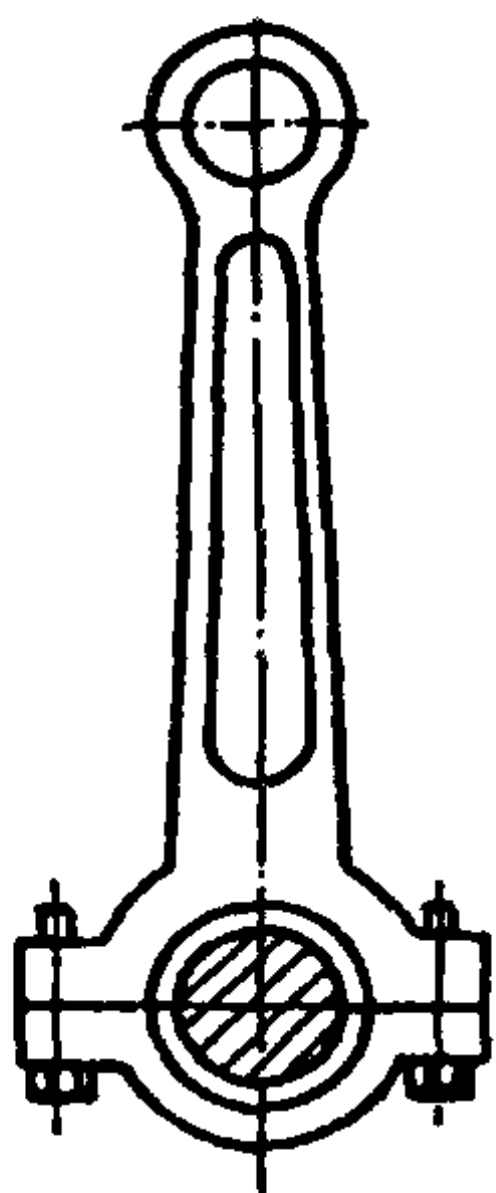


图 6-3 连杆大头

连杆大头轴瓦可以沿轴向有平行移动,但不能扭动,否则说明轴瓦刮偏或曲柄销有严重的椭圆度、圆锥度。一般说来,一副轴瓦上半瓦点子比下半瓦多些为好。对于上半轴瓦或上半轴瓦本身而言,轴瓦顶部点子也应比轴瓦的两侧部和两端部的点子稀疏一些。总之,各轴瓦的点子稀密最好一致,否则运行中势必要烧点子密的轴瓦。

当连杆活塞装入气缸时,也可进一步检查轴瓦的刮研质量。从活塞顶部用塞尺检查活塞与气缸的间隙,如果间隙不均,则说明轴瓦偏了,需要纠正。对于气缸布置形式为V或W型,则从活塞顶部观察,因为重力作用关系,上、下、左、右四点中,下一面可能没有间隙,但左右不应有间隙不均的现象。

对于薄壁轴瓦,由于合金层很薄(不到1mm),只有极微的刮研量,故磨损到一定程度后就应更新。

3. 气缸、活塞、活塞环

当气缸缺油或其他原因被烧后,缸内表面会出现毛刺或径、轴向伤痕,这称为气缸“拉毛”,由于干摩擦而产生高温,局部地方产生脱碳现象,致使气缸镜面变毛变硬。如此种“拉毛”现象严重时,可采用研磨恢复其镜面光洁度。如果研磨还不能恢复,就必须镗缸,将缸径尺寸加大一级,然后再研磨到镜面光洁度,此时活塞与活塞环也随气缸相应加大一级。

对于一般轻微的气缸“拉毛”现象,允许用条形油石拌煤油进行研磨。在研磨中,油石不能只停留在一个位置,应涉及整个毛面,当磨出气缸镜面之后,用标准活塞环推入气缸进行着色找点,然后再研磨,直到符合要求为止。

应该指出,镗缸、研磨加大一级时,一般可按内燃机修理的规定准则进行,加大一级即指加大气缸直径0.25mm,通常加大一级即可排除气缸“拉毛”现象。特殊情况下可加大二级,即0.5mm,甚至可加大三级、四级。按规定一般加大尺寸最好不超过四级。如果气缸直径加大很多,则应考虑下面的情况,即加大活塞,且不能只考虑单缸加大,否则曲轴将受力不均,容易造成事故。由于气缸加大,制冷机吸气量加大,对于电机功率、气阀、曲轴强度等都要综合考虑。新系统产品多采用气缸套的结构,当气缸套磨损严重时更新即可。

活塞环在拆卸后,一般都很难按原位置装入气缸,所以有条件的应全部更换。如不全部更换,至少第一道环应采用新环。这是因为第一道活塞环接近顶部,润滑较差,受力严重,又处在高温条件下工作,所以磨损严重。

新换上的活塞环锁口间隙,略小一些问题不大,运行一段时间后,活塞环锁口间隙会增大,但应能满足活塞环因受热膨胀的间隙要求。

活塞连杆在装入机体之前应抹上冷冻油,活塞环锁口应错开,对于顺流式的制冷机切忌锁口正对吸气窗口,以免造成卡断活塞环或拉毛气缸事故。装配活塞连杆组时,可借助活塞环装卸套,如图6-4所示,缓缓装入气缸即可。图中 D_0 与气缸直径一致。

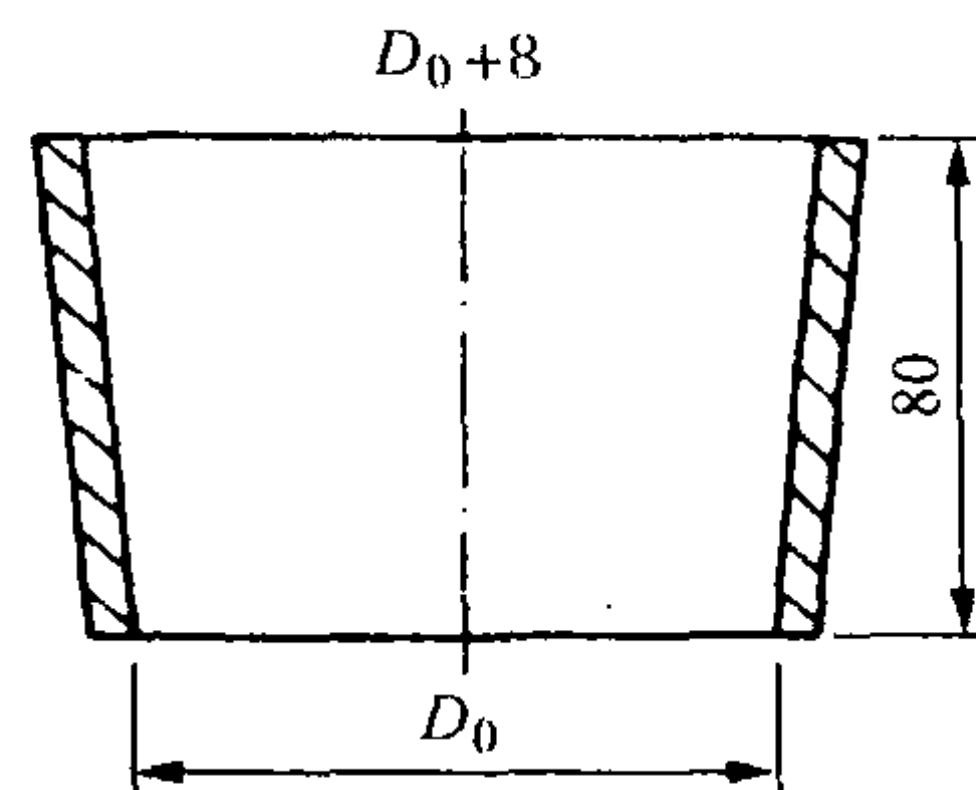


图6-4 活塞环装卸套

4. 轴封的修理

轴封是一个组合件,在修理中,对变形、老化失去弹性和尺寸的密封橡胶圈应更换。磨损和划伤的动、静密封环,就必须进行仔细的研磨。

研磨技术除用于轴封摩擦面研磨外,对于阀片、阀座及各类阀门之阀芯、阀座都可适用。故刮研及研磨在制冷设备修理中,是使用广泛且难度较大的两项技术。

为使摩擦面或密封面获得满意的研磨效果,还须有一个较好的压砂平板。实践证明,用它研磨要求 和平面度高的工作面,是行之有效的办法。所谓压砂平台是用 0.5、1.5 及 2.5 μm 的三种规格金刚砂,以强力嵌压的办法将它分别嵌入三个互相对研过的且精度达到 1 级的平板上,这些为数极多的具有坚硬锋利切削刃的微粒金刚砂,被研磨的零件表面就被迫嵌入平板显微组织的石墨组织中,它们像一块具有无数切削刃具又达到 1 级平面度平板可以往复地在平板上研磨,且受到金刚砂粒切削,这样研磨使其光度及平面度可以快速获得很高的表面精度。

压砂平板制作简单,将三种不同的金刚砂,分别盛于不同的容器,加汽油浸泡,分别洒在三个精度为 1 级的 400 \times 400mm 的平板上。然后再用少许煤油抹平,加上一点硬脂酸酯,帮助润滑,涂抹均匀,用压铁(端面光度 为直径约为 80mm,长约 85 μm 的铁棒)来回压,直到金刚砂均匀嵌镶在平板表面,然后用布擦光即可看见暗灰色点状镜平面。

零件研磨时,可根据零件磨损或划伤的程度,分别在 0.5、1.5、2.5 μm 的平板上研磨(其中 0.5 μm 平板为精研磨,2.5 μm 为粗研磨)。开始来回直推,然后着力均匀地用 ∞ 字形研磨,就能达到足够的精度。研磨后零件表面的不平度,可以用平晶或用零级刀口尺检验。前者可检验平面度达万分之几毫米的精度,后者可达到千分之几毫米的精度。氟利昂制冷机轴封用的非金属石墨环也可用它研磨。当压砂平板切削力减弱时,平板须重新压砂。

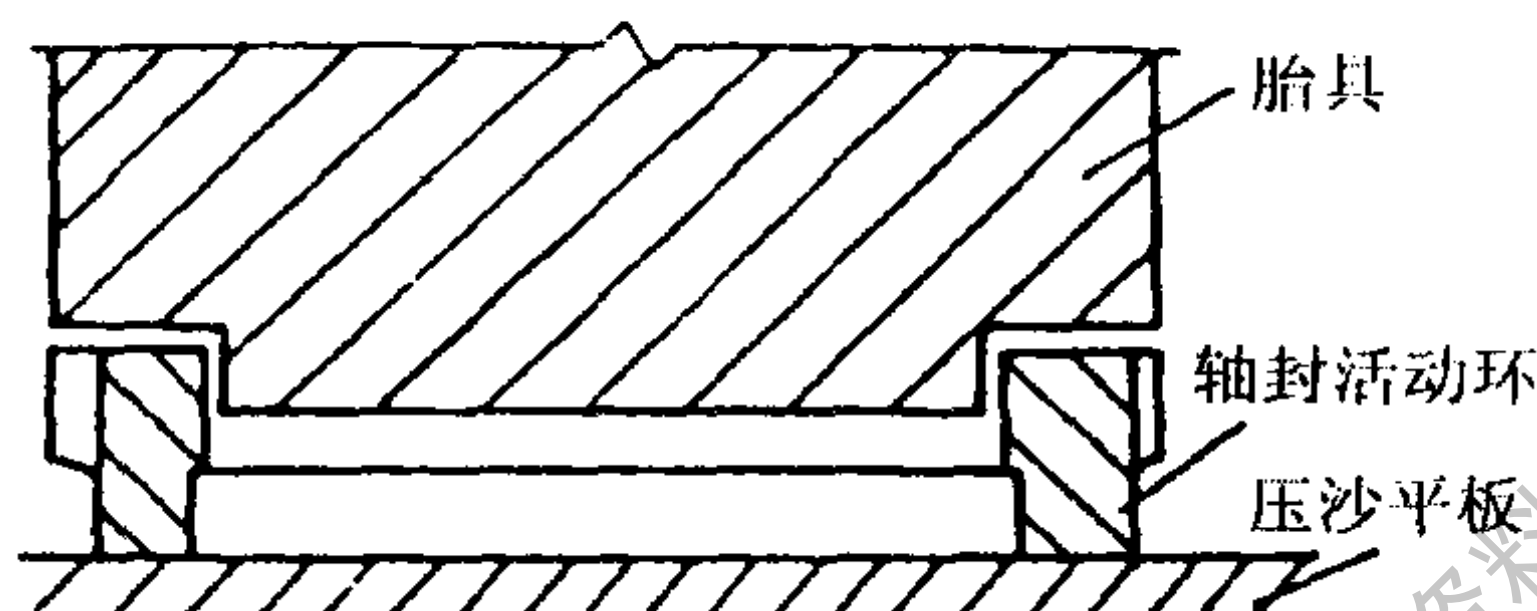


图 6-5 研磨胎具

为使零件研磨均匀,应根据零件的特征,制作一胎具,一边研磨一边旋转。图 6-5 为 2AL15 型制冷机轴封动密封环研磨用的胎具。

如果条件较差,也可用毛玻璃(但一定要平)作平板进行研磨。这种研磨平板,金刚砂或研磨膏呈浮动状态,相对切削量小,故速度极慢,并且还有少许研磨料嵌入被研零件表面。在精研时必须用绸布或麂皮涂上研料和冷冻油在玻璃板上精研,这样才能达到 光洁度。但是,这种方法研磨零件其平面性是较差的。

轴封零件组装时,其摩擦面要抹冷冻油,以免初运行时因缺油干摩擦而发生烧伤故障。

5. 气阀

气阀组合件中,阀片及阀座的阀线为检修重点。所谓阀线是指阀片和阀座的密封线。如密封线上有凹痕或磨损时,也应研磨,研磨阀线是根据环形阀片的形状结构,车一个胎具,用研磨膏研磨,而阀片可在压砂平板上研磨。被研磨好后,组装的气阀,可用温度为 50 $^{\circ}\text{C}$ 的煤油做渗漏试验,3~5min 不漏为合格。对于小型制冷机气阀组的密封性试验,可用皮碗逐个对着气孔,能在 10s 吸住,即认为阀片与阀座的密封性能是可靠的。

如果密封线上有较深的伤痕,无法用研磨方法消除时,应将阀座或阀片予以车削或磨削,然后再进行研磨。如果遇到阀线缺口,可用焊补方法解决。

焊补系用锡铋合金焊条加焊接剂浓盐酸和锌,在被焊处先用丙酮洗涤数次,然后涂上焊接剂,用电烙铁将锡、铋合金焊条,焊接在需要焊补的部位上。凡经过焊补的地方,往往焊料堆积,毛刺也多,因此必须加工和研磨,以达到零件加工要求为止。

阀片或阀座的阀线经多次车削、磨削及研磨后,其阀片升程要改变。因此对其他相邻的零部件要作相应的调整。

6. 卸载机构

卸载机构中,顶杆与转动环是容易磨损的,特别是顶杆的长度不可过长,也不可过短。过长会把吸气阀片顶变形或者顶杆本身弯曲,过短又顶不死阀片,使气缸不能卸载。尤其是当吸气阀座阀线经几次研磨后,顶杆也相对地变长。因此必须用锉修方法使顶杆缩短到要求尺寸。

卸下清洗的卸载机构,在装配时,它与气缸套组合件之间的位置关系不能弄错或颠倒。比如转动环缺口的方向;同一台制冷机卸载机构的油活塞推杆长度都不一样;转动环的缺口是否与油活塞推杆凸圆对准等,都应保证其原来的装配位置,切忌混淆。最后用螺钉从油活塞外盖上的油孔旋入,推动卸载机构油活塞,观察顶杆是否能灵活上升或下降。如果灵活,说明卸载机构装配正确,否则拆卸重装。

7. 润滑系统的修理

系列化压缩机主要采用三种油泵,即外啮合齿轮泵,月牙盘式内啮合齿轮泵,内啮合齿轮转子泵(简称转子泵)。

(1) 外啮合齿轮泵,由于吸油和排油侧之间的压力不同,可能造成吸油部位的轴和轴套,齿轮与泵壳之间的偏磨现象,装配不良,造成齿轮之间啮合不匀或使泵盖磨损,以及油内有污物形成拉毛现象。若泵壳径向偏磨过大,在没有备品和技术条件具备的情况下,可在车床上镗大内腔,用镶套法恢复原有尺寸,见图6-6。

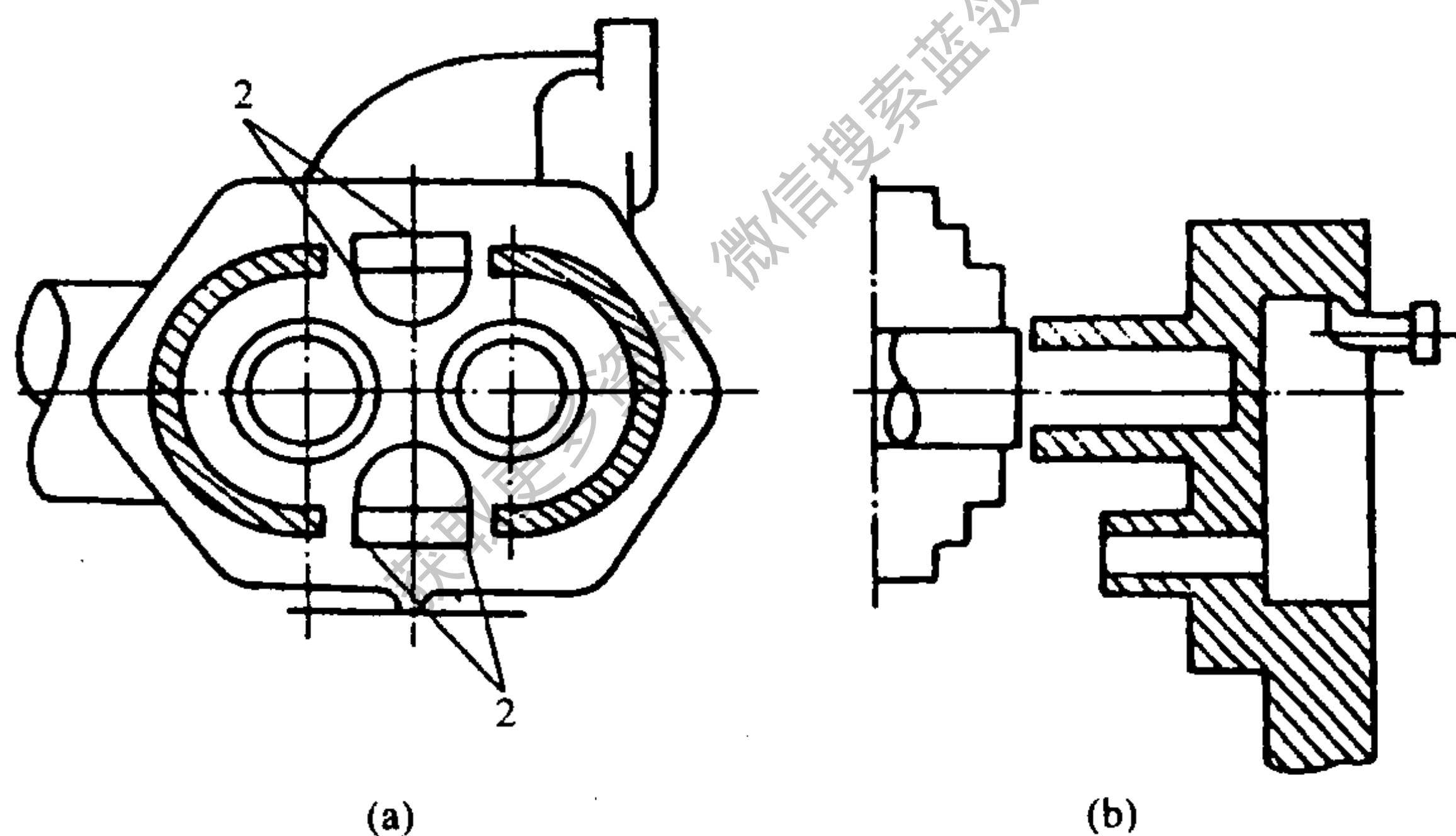


图6-6 在油泵壳内镶套
(a) 镶制衬套;(b) 在车床上镗孔;1—衬套;2—焊道

若泵盖磨损,可在平板上研磨,并研磨齿轮的端面,如间隙小可增加适当的耐酸纸或金属垫片。

若齿轮轻微磨损可用砂布打磨,严重磨损超过齿厚的10%以上时,应更换新品。

(2) 月牙盘式内啮合齿轮泵,从使用情况看,被动齿轮的心轴容易形成偏磨,主要原因是被动轮太重,或加工精度不够,改用聚四氟乙烯塑料做被动轮或其他轻型耐磨材料做被动齿轮,克服以上缺点。主动齿轮和泵壳出现轻微拉毛,可用280号砂纸打磨修理。

(3) 转子泵,转子泵在使用中出现的缺陷,主要是主动、被动转子啮合不匀,齿轮端面与泵盖偏磨,冷冻油中有砂粒造成拉毛等现象;或者两轴套中心线加工或安装不正确造成某部位的偏磨。

以上现象出现时,可用涂色法找到偏磨处,用刮刀进行修刮或用细砂纸打磨修理。若转子

严重拉毛或有掉块出现,应更换内、外转子。

6.2.4 压缩机的装配与调整

制冷压缩机的装配与调整工作是检修工艺的最后阶段,零件经过拆卸,检查与修理之后,即可重新组装起来,组装的程序是:先将零件组装成部件,然后进行总装。

1. 部件组装

凡备件和修理后的零件都应经过检查,看其表面有无损伤和锈蚀,同时必须清洗干净后才能组装。

(1) 气缸套。将顶杆和弹簧装入气缸套的外孔内,用开口销锁牢,再将转动环(分左右)和垫环以弹性圈装好,最后检查转动环的移动位置是否灵活。

(2) 活塞连杆:

① 连杆小头与衬套的装配。

② 将钢丝挡圈装入一端活塞销座孔槽内,查对活塞与连杆的编号,防止装错。

③ 活塞销装配时,可将活塞浸在 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ 的热油中加热,然后将活塞销插入一端活塞销孔和连杆小头衬套孔,可用木棒轻轻地敲打,最后把钢丝挡圈装入活塞销座孔槽内。若环境温度较低,活塞销也要略微加热,这是为了避免:活塞与活塞销因金属材料不同,其膨胀系数也不相同,若销太凉,插入孔内局部传热快,没等活塞销装好,活塞销座孔急剧收缩,装不进去。

④ 将气环和油环装入活塞环槽内,装配方法与拆卸方法相反,可参见活塞环的检查。

⑤ 对于连杆小头是滚针轴承的,在装配前,首先将夹圈和滚针装入轴承外壳内,然后把引套推入。装配时,将一只孔用弹性挡圈,用尖嘴钳装入小头孔的凹槽内,用加热小头的方法,将轴承挡圈和滚针轴承装入小头孔内,再放入轴承挡圈,然后装上另一只孔用弹性挡圈。

(3) 油泵:

① 装轴衬时,油槽应得到良好的润滑,否则,里侧不进油引起轴衬烧坏。

② 将油道垫板装好,再把内、外齿轮装入泵体,泵轴转动灵活即可。

③ 将泵盖对准定位圆销装在泵体上,对称旋紧螺钉。

④ 将传动块装入曲轴端槽内,转动灵活。

(4) 排气阀组:

① 装配时,阀盖应没有毛刺,气阀弹簧不能装偏,气阀弹簧要挑选长短一致的,用手旋转装入阀盖座孔内,决不能用劲硬往里塞,以防汽阀弹簧变形。

② 装配前将密封面擦干净,阀片要装平。阀盖与外阀座装配时,将外阀座密封面与阀片密封面贴合,使外阀座凸台进入阀盖凹槽内,然后用两只螺钉对称拧紧,检查阀片启用是否灵活,然后装上其余螺钉。

③ 阀盖和外阀座与内阀座装配时,将内阀座密封面与阀片密封面贴合,将气阀螺栓装入内阀座和阀盖的中央,用冕形螺母拧紧,同时注意拧入的螺栓底平面,不能高出内阀座下平面,以防撞击活塞。

④ 排气阀组装好后,测量阀片的开启度,其技术要求可参见吸、排气阀的检查,如不符合要求应进行调整,然后试漏,其方法可参见吸、排气阀的修理。

(5) 油三通阀:

① 油三通阀装配时,将阀芯有孔处对准出口,再把弹性圈、圆环和阀盖装好,然后将标牌

面螺钉装平,以防阀杆转动不灵活。

② 手柄装配时,注意手柄箭头指示要与标牌上的位置相符,最后用螺钉紧牢。

(6) 油分配阀:

① 油分配阀零件在清洗时,不要用棉纱或棉织纤维多的布。阀芯与阀体的径向间隙为0.03mm左右。

② 在装配时,应注意将阀芯有油孔一侧,对准上载接头,另一侧对准泄压管(油回至曲轴箱)接头,如图6-7和图6-8所示。

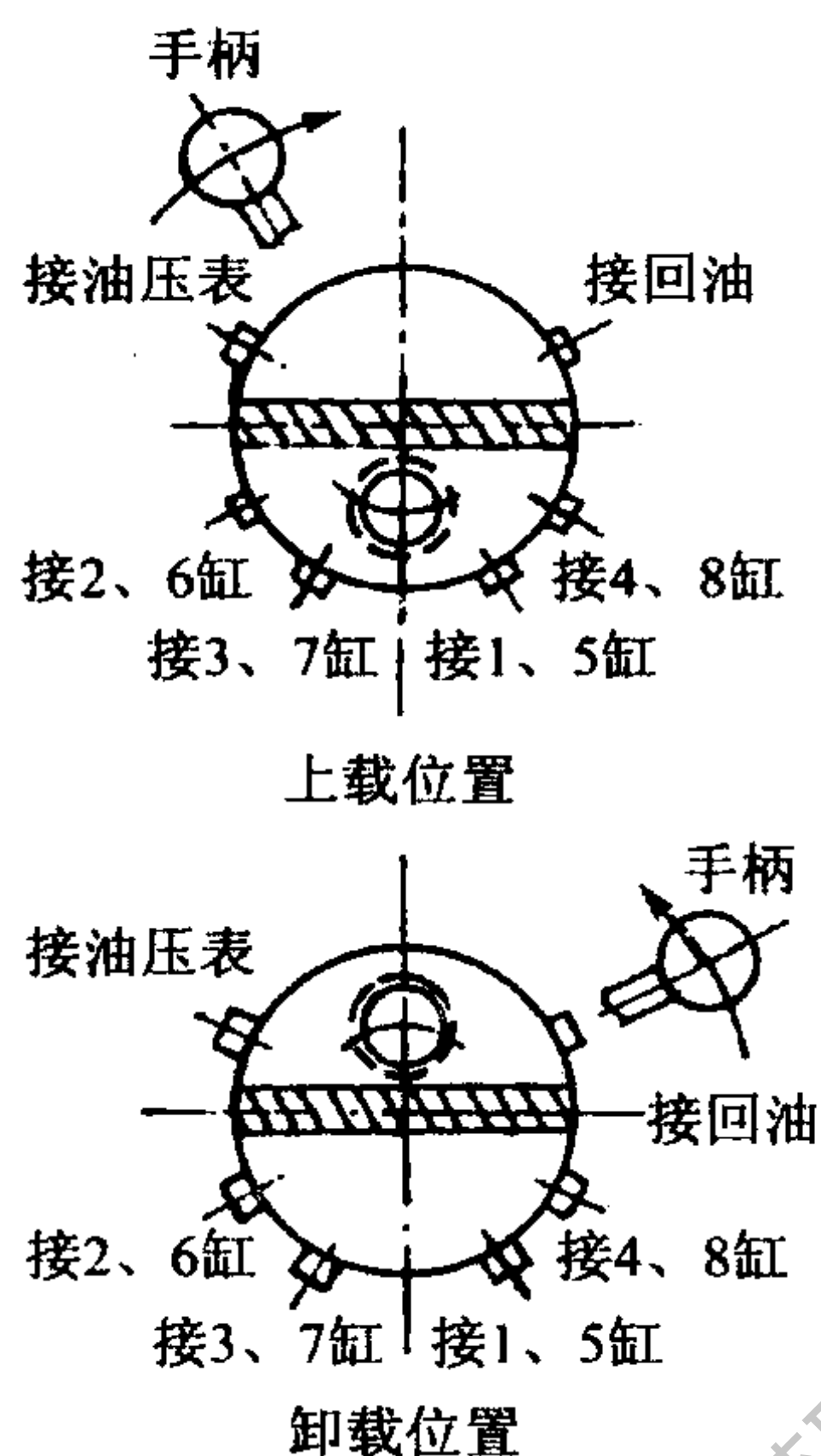


图6-7 油分配阀上下载位置

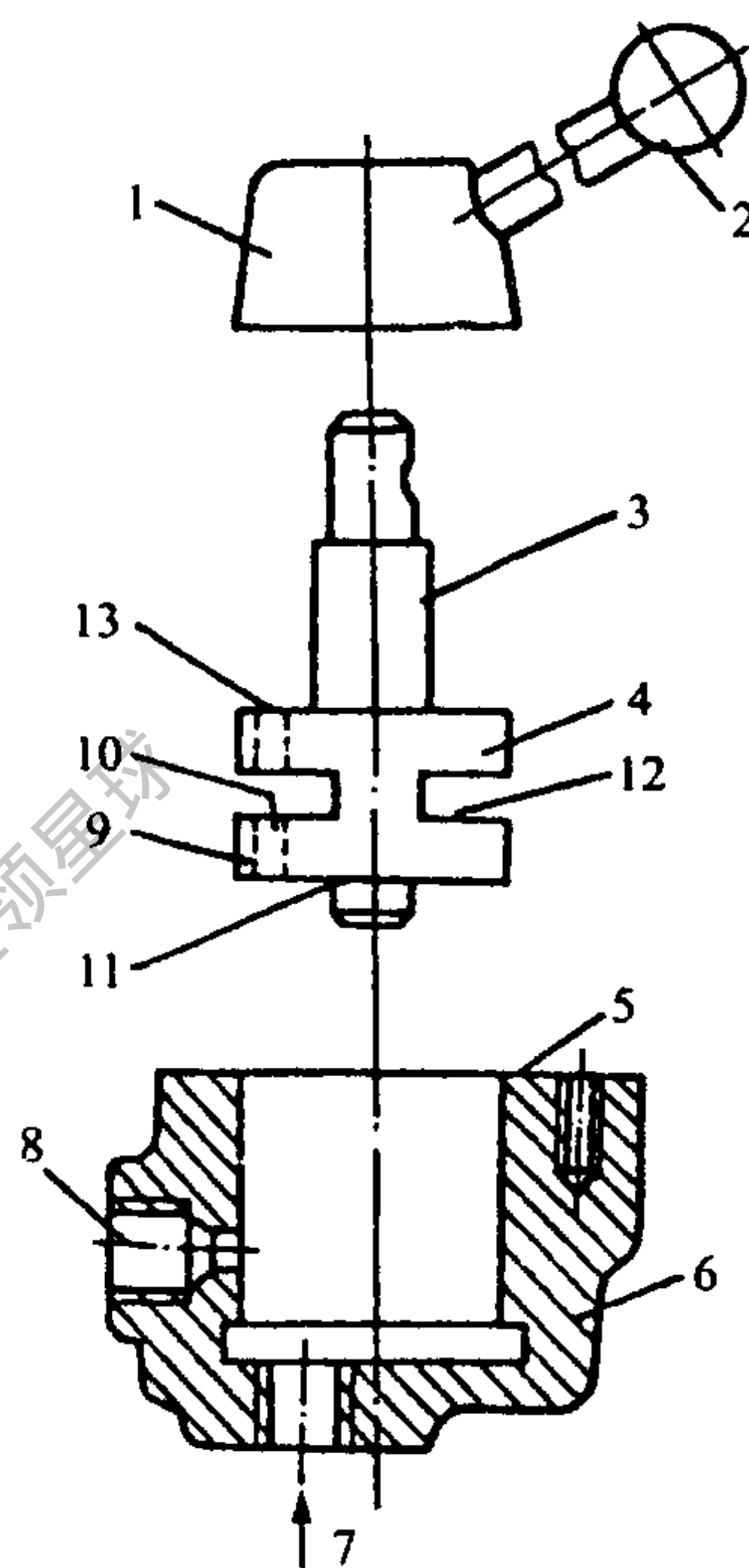


图6-8 油分配阀零件

1—手柄头;2—手柄;3—阀杆;4—阀芯;5—弹性圈;
6—阀体;7—进油孔;8—油缸接头;9—弹簧座面;
10—下油孔;11—增压侧;12—泄压侧;13—上油孔

③ 阀芯和弹簧装入阀体后,将套筒与弹性圈以入阀盖装好,用沉头螺钉拧紧,试通时,可用手指按住接头孔,从进油口吹气,按数字从“0”位到“1”位逐个检查,同时检查一个回油孔的通向是否符合要求,然后将油分配阀装入控制台孔内,将标牌装好,手柄箭头指示“0”位,用螺钉紧牢。

④ 装油管连接螺母时,先将垫圈装好,对应接头拧紧螺母。

(7) 安全阀:

① 阀芯和弹簧放入阀体要平整,不能装偏。

② 试压时,要注意调节螺丝,如压力过高才能跳起,可调松一点;如不到规定压力,便跳起,可调紧一点。要做到压力调准(具体规定值,可参看安全阀的修理)为止,调整装好后进行铅封。

(8) 截止阀(机器上的吸、排气阀):

① 截止阀装配时,将半环垫圈和阀杆装入阀盖内,再把塑料网装进填料盒内,用压紧螺母

拧上即可。

② 密封圈(塑料)放入活瓣凹槽内,将压紧盖装上,用螺钉拧紧,再把活瓣放入阀杆,一同装入阀体内,然后将周围的螺钉对称拧紧。

(9) 浮球阀。将阀杆与浮球下杆用开口销固定,然后把阀芯装在阀座密封面上,再将浮球上杆放入浮球支脚的孔内,用螺钉将浮球支脚与阀盖连接一体。应注意浮球与阀芯的垂直度。

2. 总装配

总装配是将各个组装好的部件逐一装入机体。在进行总装配时,对每个部件要仔细检查相对位置和互相关系是否正确,同时还要检查有无碰伤,如有碰伤要及时修理。各个零部件都应用煤油或汽油清洗干净。在装配过程中,凡有相互运动的零件表面均要涂上润滑油,既防腐蚀又便于装配。凡与外部接触的部件结合面都应加耐油石棉橡胶纸垫,以保证密封性。凡与机体装配有间隙的结合面(如前、后轴承座与机体座孔的结合面等),其纸垫厚度应按要求选用,不得任意改变;凡是要拧紧的螺母都要用力均匀。总装配的程序及注意事项如下:

① 曲轴。安装时,将曲轴从后轴承座孔装入机体内,移动时要水平,慢慢移至正常位置,并注意安全,不能碰伤部件。将曲轴支承好,装置前、后轴承座,然后把保护主轴颈的布条去掉。

② 前轴承座。装配前应检查石棉耐油橡胶纸垫有无损伤,若已损坏或折断,需按原来的厚度重新制做。安装纸垫时,应涂上润滑脂,使纸垫贴牢,使以后拆卸时不易损坏。装配时,将前轴承孔对准曲轴端推入座孔内,最后将螺栓对称拧紧。

③ 后轴承座。检查石棉耐油橡胶纸垫的要求与前轴承座一样,安装时,防止碰伤主轴承,装好后,应转动曲轴是否灵活,测量装配后的轴向间隙,如不符合技术要求时,可用石棉纸垫的厚薄调整。

④ 轴封。检查石棉纸垫与上同。先将外弹性圈套在固定环上,装入轴封盖,密封面要平整,然后将弹簧、压圈、内弹性圈及活动环装入,再将轴封盖慢慢推进,使固定环与活动环的密封面对正,然后将螺栓对称拧紧。在装配时内弹性圈的松紧度,以活动环推进后稍微弹出为好。

⑤ 联轴器。将曲轴键槽位置转向上,在轴上涂些润滑脂,半圆键装入键槽,键的两个侧面应与键槽贴合,装配压缩机联轴器时顺曲轴锥形端推进,装上挡圈,用螺钉拧紧。

将电动机轴键槽位置朝上,在轴上涂些润滑脂,平键装入键槽,将电动机联轴器内孔上键槽与键对准,轻敲使孔入键及轴上。

对准两联轴器柱销孔,插入柱销、锁紧螺母。

弹性联轴器装配时,应注意两轴同心,一般允许径向偏差在 $\pm 0.3\text{mm}$ 范围内,角度偏差 $\leq 1^\circ$ 。

⑥ 气缸套。装前要检查气缸套的编号,转动环有左、右之分,不能搞错。把纸垫装在气缸套的外平面上,注意转动凹槽对准拉杆凸缘和定位销的位置。

⑦ 卸载装置。按拆卸时的编号安装,装好油缸外石棉纸垫,将拉杆套入油缸中央,装上弹簧和挡圈等,再一同装入机体孔内,装上油活塞,将纸垫装在油缸顶端,然后装上卸载法兰,将螺栓对称拧紧,法兰装好后,可用螺丝刀插入法兰中心孔内,推动油活塞,活动灵活即可。

⑧ 活塞连杆。先将曲柄销上的布条拆除,把曲柄销转到上止点位置,将导套放入气缸套上,用吊栓将与气缸套对号的活塞连杆部件吊起,从大头轴瓦油孔中向活塞销加油,并向活塞

外表面与气缸套内表面以及曲柄销上加油,注意活塞环和油环的锁口应错位 120° ,将活塞经导套装入气缸套内,连杆大头轴瓦装到曲柄销上,将大头轴瓦盖装上,随即将连杆螺栓拧紧,转动曲轴是否灵活,然后装上开口销固紧。

活塞连杆部件装配时,若连杆大头轴瓦为斜剖式,应按上述方法进行装配;若连杆大头轴瓦为平剖式,可将活塞连杆部件和气缸套一同装入机体内。

⑨ 油泵与精滤油器。检查石棉纸垫油孔要与油路孔对准,先将滤油器芯装入壳体内,再检查滤油器壳体与油泵之间石棉纸垫的油孔与油路孔是否对应,装上滤油器,然后将螺栓均匀拧紧。

油泵装好后应转动曲轴,要求油泵转动灵活。

⑩ 油三通阀与粗滤油器。先将石棉纸垫装入机体座孔内,再把粗滤油器装入曲轴箱内。装配时,要注意滤油器与曲轴箱之间的石棉纸垫要贴牢,弹性圈应装入六孔盖的凹槽内,再一同装进阀体上。将石棉纸垫装入滤油器顶端,同时将油三通阀装好,然后用螺栓对称拧紧。连接油管时,两端的垫圈要装好,并分别与油泵的进油孔和油三通阀的出油孔对好,拧紧螺母。

⑪ 排气阀组合与安全弹簧。装排气阀组前,将卸载装置用专用螺钉顶起,使顶杆落下,处于工作状态,避免吸气阀片压死顶杆或放不正,以及滑到气缸套顶面上。装上后再将排气阀组活动一下,检查有无卡住现象,然后装上安全弹簧。安全弹簧必须与钢碗垂直。

⑫ 气缸盖。首先检查耐油石棉纸垫是否完好,将气缸盖装上,同时注意弹簧座孔要与安全弹簧对准。还要注意气缸盖冷却水管的进、出水方向,防止冷却水走短路。

装上气缸盖后,先均匀地拧紧两根较长的螺栓上的螺母,然后将气缸盖的螺母全部均匀地拧紧。

气缸盖装好后,应转动曲轴,如发现有轻重不均和有碰击的感觉(如活塞顶碰击内阀座),则说明余隙太小,将气缸套取出,适当调整石棉纸垫的厚度。

⑬ 浮球阀。对于S8-12.5制冷压缩机的回油浮球阀,在装配前,先将油管两端垫圈放好,再将高压级吸入腔右侧油孔与浮球阀平衡管的连接螺母拧紧,高压级吸入腔左侧出油孔与浮球阀进油孔的连接管螺线拧紧,然后装上浮球阀出油孔与曲轴箱进油孔的连接管,并拧紧螺母。

⑭ 其他零部件。装配曲轴箱侧盖(包括油冷却器)、气体过滤器、回油阀与过滤器(如油分离器携带的)、安全阀、控制台(如压力表、高低压控制器以及油压差控制器)、油管,放气阀及水管等,均按原来的位置装好,应注意垫圈或纸垫不能漏装。

机器装配完毕后,要以曲轴为基准校平,拧紧地脚螺栓,将曲轴箱侧盖上的加油孔帽盖拧下,向曲轴箱内加润滑油(25号或30号),油量符合要求时,将帽盖旋上,准备试车。

6.3 螺杆式制冷压缩机的拆卸和修理

6.3.1 压缩机的拆卸

1. 拆卸的注意事项

(1) 首先将压缩机进行抽空,切断电源,关闭吸、排气截止阀。若机器内压力不上升时,可开启放空阀,将机器内的少量气体制冷剂放掉。

(2) 若机器内压力升高,应查明原因,加以排除,拆卸压缩机时要有步骤地进行,一般是由

外到里,然后将部件拆成零件,防止碰伤。

(3) 在拆卸过程中,应细致地作好记号,标明方向,以防装错。

2. 以 KA20C 压缩机为例及其拆卸步骤和方法

(1) 润滑系统的拆卸步骤如下:

① 将各部件的连接油管和控制台以及四通阀拆下。

② 关闭有关阀门,拆下粗、精滤油器。

③ 拆卸转子油泵的连接油管,拧下油泵的地脚螺栓和支架螺钉,取下油泵。注意联轴器的方形垫块(胶木制)不能损坏。

(2) 拆卸联轴器,先将压板和传动芯子拆下,然后把飞轮推向电动机一侧。

(3) 将吸、排气口的连接螺栓拆下,吊下吸气过滤器。

(4) 拆卸压缩机的底脚螺栓,然后将压缩机吊到修理台上平放。

① 拆下吸气止回阀和轴端(靠近主动转子侧)的压紧螺母,然后敲击联轴节,将压缩机联轴器和半圆键取下。

② 拆下能量指示器的帽盖,取下能量指示器组件。

③ 拆下内六角螺钉,拔出定位销后,平等地移出吸气端盖。

④ 再用吊环螺钉(专用工具)拉出油活塞部件,然后用尖头钳取出挡圈和垫圈,抽出气缸套。

⑤ 拆下平衡活塞螺丝、挡圈、平衡活塞以及平衡油缸套(内外侧作好标记)。

⑥ 拆卸轴封。

⑦ 拔出定位销钉后,拆下排气端盖和轴封护圈,然后取出轴封组件。

(5) 以压缩机的吸气端座为底,并在其下垫上木块,竖直放置。

① 拆下压缩机螺母。

② 拆下定位销钉和六角螺钉后,用两只吊环螺丝对称地旋入排气端座的螺孔内,水平吊起,并放在平台上,然后用专用工具拉出轴承,取下调整块。

③ 用吊环螺栓旋入主动转子阳螺杆,慢慢地吊出,此时,从动转子阴螺杆就会跟随转动,使主动转子旋出。

④ 在拆下与吸气端座相连的螺钉和销钉后,可用两只吊环螺钉对称旋入机体,这样就可吊离机体,然后取下滑阀组。

⑤ 取出挡圈后,可用螺旋工具将滑动轴承拉出,然后再拆下止推轴承。

(6) 拆卸润滑系统的部件:

拆卸油泵的步骤:

① 拆下联轴器,以及机械轴封组件(含静环、动环以及弹性圈等零件);

② 拆下泵体端盖,压紧螺母,然后拆下轴承座(包括滚珠轴承);

③ 拆下内、外齿轮、偏心套以及油道垫板,最后取出轴承(滚珠轴承)。

拆卸粗精滤油器:拆下粗滤油器盖,取出过滤网;精滤油盖拆下后,取下永久磁铁和过滤网。

6.3.2 零件的检查与修理

螺杆式压缩机的检查测量工作,应伴随零部件的拆卸过程同时进行。因为各部件的配合

必须有一定的间隙,对拆下的零件测量部位、间隙和磨损情况,应进行认真检查,如发现问题,及时分析,找出原因,提出修理或更换方法。其主要部件的配合见表6-2。

表6-2 螺杆式制冷压缩机装配间隙表

单位:mm

序号	配合部件	间隙或过盈		
		KA16C	KA20C	备注
1	转子排气端面与排气端座间隙	0.08~0.10	0.10~0.12	—
2	转子吸气端面与吸气端座间隙	0.30~0.40	0.30~0.45	—
3	机体孔与转子径向间隙	0.18~0.24	0.20~0.25	—
4	滑阀与机体径向间隙	0.05~0.06	0.04~0.08	装配时选配 0.04~0.06
5	滚动轴承孔与转子轴颈间隙	0.06~0.08	0.06~0.10	装配时控制在 0.08~0.115
6	滚动轴承内圈与轴颈间隙	—	0~0.028	—
7	主轴承外径与机座孔间隙	—	-0.026~+0.014	装配时选配 -0.026~-0.005
8	平衡活塞与平衡活塞缸套间隙	0.08~0.10	0.08~0.135	—
9	轴承护圈与单列向心轴承外圈端面间隙	0.01~0.02	0.005~0.01	—
10	滑阀导块宽部间隙	—	0~0.044	—

1. 机体和滑阀的检查与修理

(1) 机体和滑阀的检查:

- ① 用内径千分尺测量机体内径尺寸(取上、中、下三处),同时也测量滑阀的尺寸。
- ② 检查机体内表面和滑阀表面有无摩擦痕迹。
- ③ 用塞尺测量主动转子和从动转子与机体之间的间隙(主动转子和从动转子未吊出机体时进行检查)。

(2) 机体和滑阀的修理:

- ① 机体。若机体内表面有轻微磨损或因杂质引起的拉毛痕迹,可在机床上加以修光。如拉毛严重超过极限尺寸,则不作修理。
- ② 滑阀。滑阀表面有不太严重的磨损或因杂质引起的拉毛,其修理方法与机体相同。

2. 主动转子和从动转子的检查与修理

(1) 主动转子和从动转子的检查:

- ① 用外径千分尺测量转子的外径尺寸和轴颈尺寸,检查转子表面磨损情况。
- ② 检查转子两端与吸、排气端座间有无相互摩擦痕迹。
- ③ 检查转子端面轴向间隙(吸、排气端面与吸、排气端座之间),用塞尺测量,即可得出上述数值。

(2) 主动转子和从动转子的修理:

- ① 转子:阴、阳转子表面有稍许局部磨损或拉毛时,可用细油石磨光。转子轴颈表面和轴封部位表面不允许有锈斑、裂纹等缺陷。微量磨损或拉毛可用细砂布打光,然后测量尺寸,以便决定滑动轴承的装配间隙。

② 零件若在机床上进行磨光,必须把零件校正精确,以减少不必要的磨削量。

对于机体与转子任何一个机件的磨损量较大时,都必须按实际情况考虑更新,否则,长期运转会降低制冷量和增加耗电量。

3. 主轴承的检查与修理

(1) 主轴承的检查。主轴承从端座拆下前,用内径千分尺测量主轴承内径尺寸。

(2) 主轴承的修理:

① 主轴承的磨损量若超过与轴配合的间隙限度范围时,应更换新的。

② 更换主轴承后,如需要刮削内孔时,必须保证主轴承内孔与机体的同心。

③ 主轴承在更换时,应保证油槽在机壳内的位置不变。

4. 止推轴承的检查

(1) 检查止推轴承的滚道和滚珠(或圆锥滚柱)的光洁度及磨损情况,若发现滚道光洁度下降、光泽变暗时,应更换新的。

轴承间隙超过极限尺寸时,亦必须更换新的。

(2) 重新装配和更换轴承应注意的问题:

① 若发现紧固轴承无间隙时,应停止紧固,否则会损伤轴承。

② 更换轴承时,首先应测量新旧轴承的内、外圈厚度和两侧内外圈高度差,然后根据测量结果,调整端面间隙。

5. 轴封的检查与修理

(1) 检查轴封。检查轴封的动环和静环的摩擦面有无斑点、拉毛或掉块等现象,以及磨损程度,同时检查密封环和撑环是否老化,以及接触面有无斑痕,否则应更换新的。

(2) 轴封的修理。轴封的动环和静环的修复,以及轴封弹簧的检查和修理,与活塞式制冷压缩机相同。

6. 油活塞的检查

检查油活塞的密封圈与轴封密封圈的检查方法相同,如不符合要求,应更换新的。用内径千分尺测量油缸套的磨损情况,如超过极限值应更换新的。

7. 平衡活塞和平衡油缸套的检查

(1) 检查平衡活塞。用外径千分尺测量平衡活塞的磨损情况。

(2) 检查平衡油缸套。用内径千分尺测量平衡油缸套的磨损情况。

若平衡活塞和平衡油缸套磨损量超过极限值的,应更换新的。

8. 润滑系统的检查与修理

(1) 润滑系统的检查:

① 检查油泵。检查油泵的内、外齿轮间的间隙和磨损状况。其方法与活塞式压缩机油泵相同。

② 检查油泵轴封。检查静环和动环两摩擦表面的磨损量以及是否拉毛,检查弹性圈是否老化,以及弹簧的弹力是否减弱。

③ 检查滚珠轴承的磨损状况。

④ 检查粗、清滤油器的过滤网有无腐烂现象。

(2) 润滑系统的修理:

① 油泵内、外齿轮和油泵轴封的修复方法,与活塞式压缩机相同。

② 滚珠轴承的磨损超过极限值,应更换新的。

③ 四通阀的修理与装配 四通阀的结构与油分配阀相似,其修理和装配方法,可参阅活塞式制冷压缩机的部件组装。

9. 止回阀检查或更新

装在机组上的吸、排气止回阀,应定期检查阀瓣的填料、弹簧、螺钉等,对已损坏或老化的填料应更新。

6.3.3 螺杆式压缩机的密封

压缩机机体平面的密封是采用厌氧胶。拆卸机器时,表面上的厌氧胶要刮净,最后用汽油清洗干净。

装配时,将机器的密封面呈平放状,表面清洗干净,不能有任何油污,待表面干燥后,在密封面上涂上一层很薄的厌氧胶。装配后,应静放几分钟,待厌氧胶干燥之后,才能将机器翻身,否则,未凝固的厌氧胶将流到机器的运动部位,影响运转。

6.3.4 压缩机的装配与调整

压缩机的零部件通过检查、测量、修理和清洗后,就可进行装配工作,其步骤如下:

1. 以压缩机的吸气端座为底,并在其下垫上木块,竖直装配

(1) 将各主轴承按号装入吸、排气端座内,再将吸气端座的两个主轴承各装上挡圈。在压入主轴承后,查看是否变形,并测量主轴承内径尺寸,使与转子轴颈配合的间隙符合表 6-2 的要求。

(2) 将吸气端座平放在平台上,其平面涂上厌氧胶,吊起机体,呈垂直状装在吸气端座上,压入定位销后,才可拧紧螺钉。

(3) 装上滑阀组件,但滑阀导向块(导键),应按出厂要求装配,不得前后调换,如图 6-9 所示。

将机体内和待装入的转子表面涂上润滑油,用吊环螺栓将阴转子吊起,垂直装入机体内,

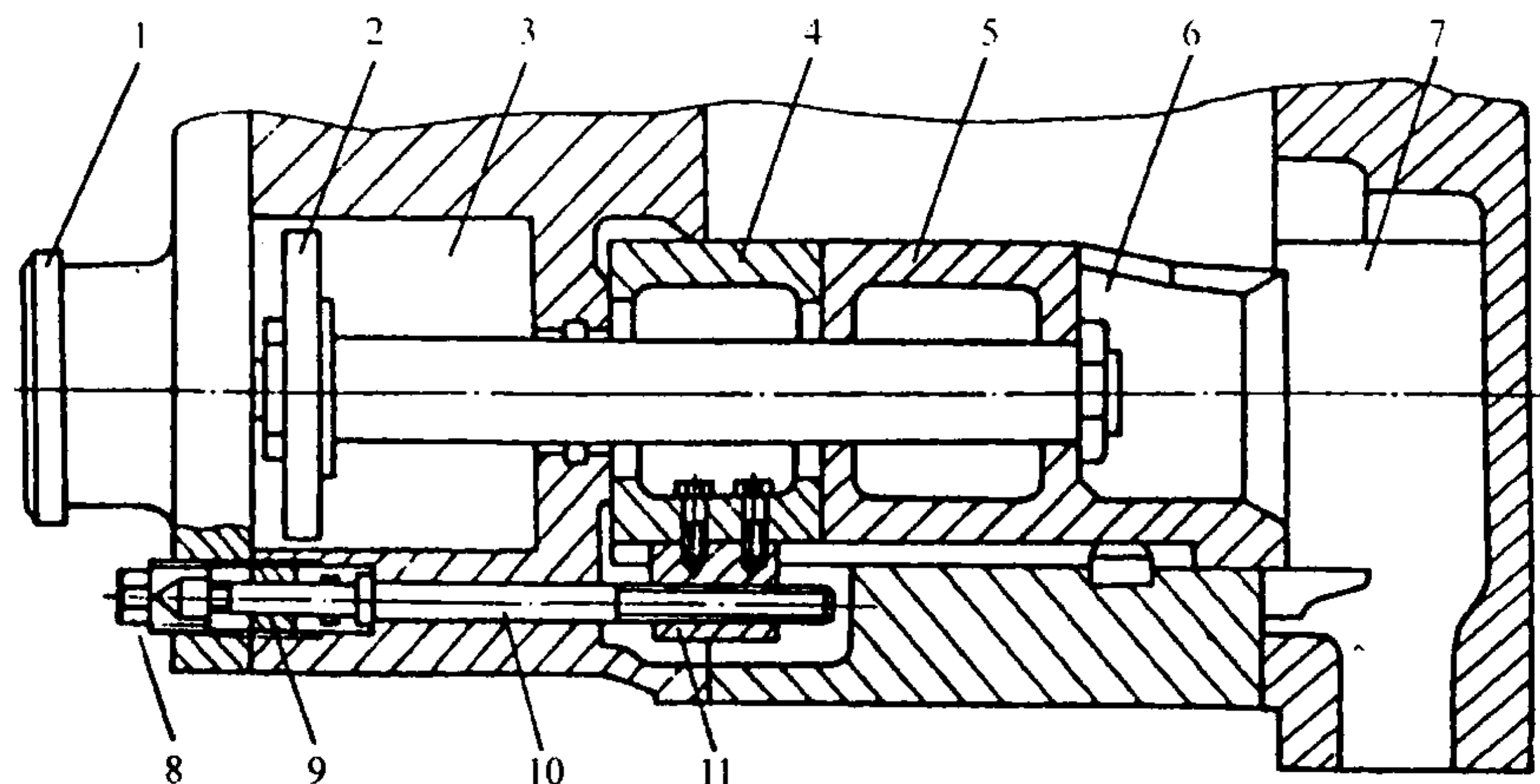


图 6-9 滑阀组件

1—能量指示装置;2—油活塞;3—油缸;4—固定端(可调滑阀);5—滑阀;6—排气口;7—排气腔内容积比调节组件;
8—密封帽;9—锁紧螺母;10—调节丝杆;11—导向块

然后用吊环螺栓吊起阳转子,慢慢地旋入机体内,此时,阴转子要跟随阳转子旋转恢复原来位置。

(4) 当转子放入机体后,待转子的下端已与吸气端座紧靠,可测量转子排气端面与机体端面的间隙。

(5) 用两只吊环螺栓水平地吊起排气端座,然后通过转子轴端装入机体上,在放置时,勿使轴端碰伤主轴承表面。

(6) 放入调整垫块。将止推轴承装入排气端转子轴(阴螺杆)上,然后将圆锥滚柱轴承装在吸气端的轴上。

在各转子轴上旋上锁紧螺母(必须拧紧),装上止推轴承压板,用螺钉压住。

注意用手盘动转子应是轻便无阻力,且能惯性转动若干转。

(7) 用两个吊环螺栓垂直而慢慢地吊起排气端座,此时转子也跟着上升,使转子露出适当高度,垫上垫块,用塞尺测量转子排气端面与排气端座的间隙,其值见表 6-2。

若排气侧的间隙过大,可减薄调整垫块;如间隙过小,则加厚调整垫块。调整结束后,将机体平面按上述方法涂上厌氧胶。

转子的吸气端面与吸气端座的间隙,其调整方法与上述相同。

(8) 排气端座平面放上纸垫,对准定位销和紧固连接螺钉装上排气端盖。

(9) 轴封。装上轴封弹簧座、弹簧、推环、密封圈、动环座、动环及静环等零件,最后将轴封盖的连接螺钉坚固,如图 6-10 所示。在装配上述零件时,应涂上润滑油。

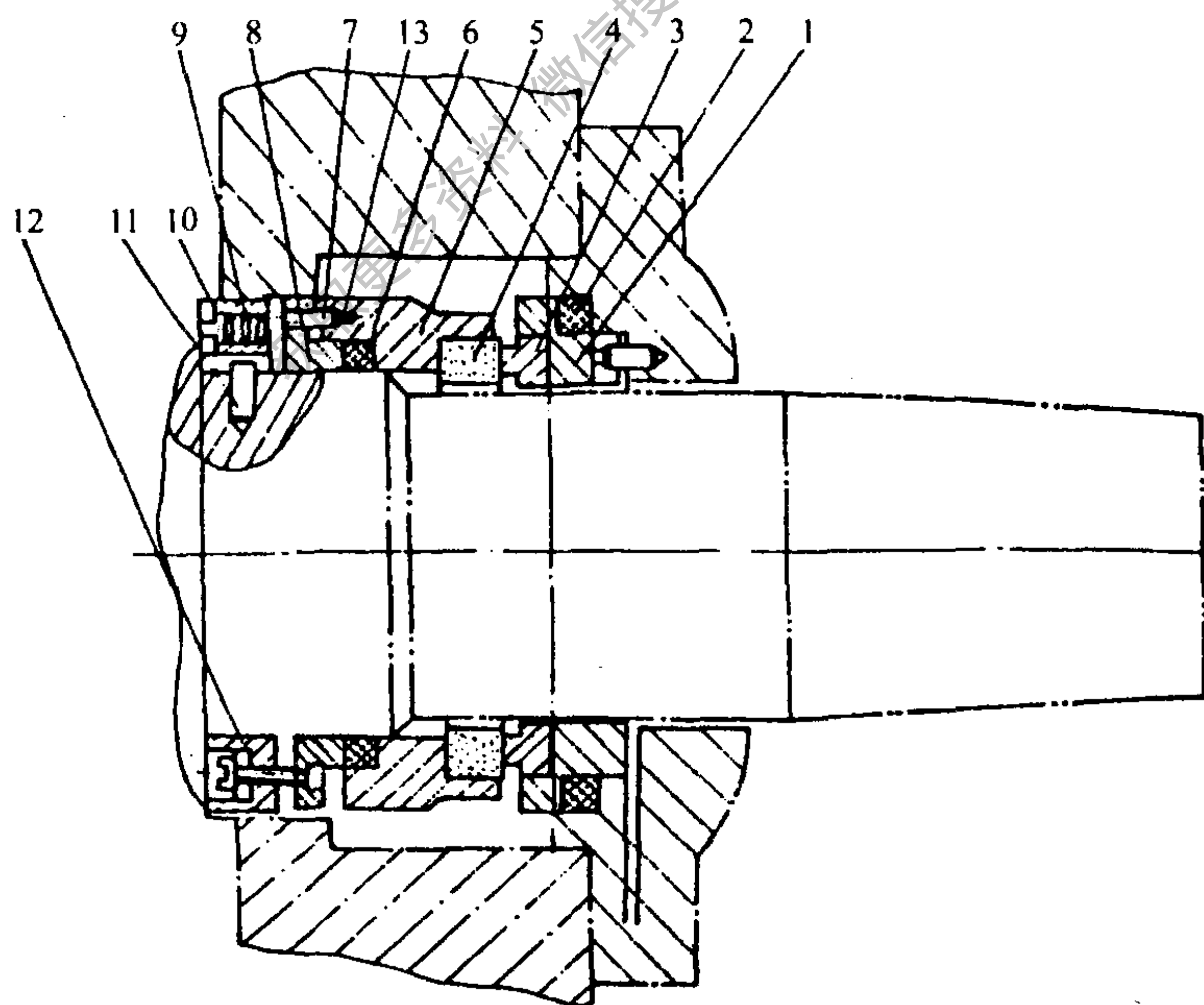


图 6-10 轴封

1—静环座;2—静环密封圈;3—静环;4—动环;5—动环座;6—V形密封圈;7—动环传动销;
8—推环;9—弹簧;10—弹簧座;11—圆柱销;12—传动螺钉;13—撑环

2. 压缩机水平放置后的装配

(1) 装上平衡油缸套和平衡活塞,以及油缸套和油活塞(包括密封圈和压板)。

(2) 将吸气端座平面放上纸垫,装上吸气端盖,要对准定位销和紧固连接螺钉,然后装上

能量调节指示器、组件和帽盖。

(3) 装上压缩机的联轴节,将压缩机装到机组上。

(4) 联轴器的安装:

① 将飞轮与电动机半联轴器的连接螺钉紧固。

② 将千分表固定在压缩机半联轴器上,如图6-11所示。

测量飞轮的外圆表面和端面,应达到下列要求:两轴的不同心度偏差应小于或等于0.04mm;飞轮的端面跳动量小于或等于0.10mm。

(5) 装上止回阀,气体过滤器,安全阀以及油压调节阀。

3. 润滑系统的装配

(1) 油泵装配:

① 将轴承和轴装入壳体内,再把油道垫板放入泵体,方向不要装错,以防油泵不上油。

② 将内、外齿轮以及偏心套装入泵体,用手转动是否灵活。

③ 将轴承装入轴承端座上,与泵体和连接螺钉紧固。

④ 拧紧轴承两端的锁紧螺母,再装上后端盖。

⑤ 轴封的装配步骤与拆卸相反。

⑥ 把油泵装到机组上,校正联轴器,紧固底脚螺栓,然后再把支架与泵体和连接螺钉拧紧。

(2) 装上粗、精滤油器,以及各部位的连接油管。

(3) 将四通阀装入控制台,并与油管连接。

6.3.5 螺杆式制冷装置的调试

压缩机经过检修后,须进行空载试运转与调整,其步骤如下:

1. 对压缩机组进行试漏

压缩机未装上联轴器前,应检查电机转向(螺杆压缩机不允许倒装),然后接上联轴器,用手盘动联轴器应能轻便转动。

2. 油泵油压试验

使油压压差维持在 $(1.96 \sim 2.94) \times 10^5 \text{ Pa}$ (表压),油压可通过装在机组上的油压调节阀调节。

3. 启动压缩机

注意其振动、响声、油压及油温等情况。

4. 开动油泵

用手动按钮进行加载或减载,试验滑阀的动作,检查机器负荷能否由0%增至100%或由100%减至0%。

当能量调节指示在0%的位置,即可停机。当压缩机停止运转后,用手盘动联轴器,应能

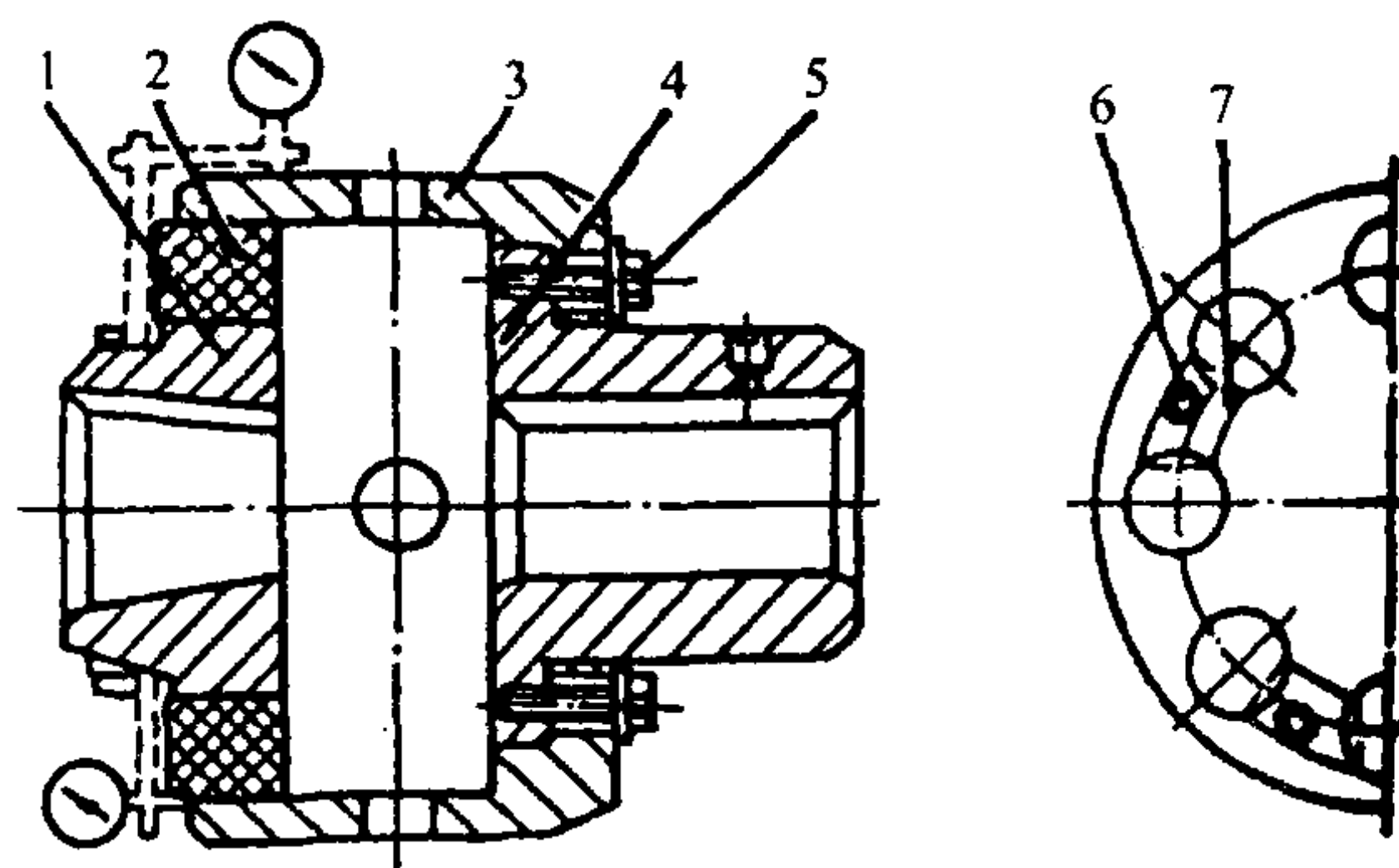


图6-11 联轴器校正

1—压缩机半联轴器;2—传动芯子;3—飞轮;
4—电动机半联轴器;5—螺钉;6—螺钉;7—压板

轻便转动。

6.4 制冷设备的检修

制冷设备的检修分为故障检修和定期检修两种。故障检修是在设备发生故障后,根据情况加以修理。定期检修根据设备腐蚀损坏的情况定期检查和修理。定期检查的范围见表6-3所示。

表 6-3 制冷设备检修的内容

设备名称	中 小 修		大 修	
	工作内容	修理时间 /h	工 作 内 容	修理时间
冷凝器 蒸发器 冷却排管	清洗并调整冷却水配水装置和盐水配水装置,及时堵塞制冷剂、盐水和水的渗漏	700	清除换热器表面上的脏物,检查密封性和消除不严处,进行割管检查管壁的厚度(设备投入生产五年以后),校验安全阀,进行防锈措施,检查阀门密封线,必要时更换腐蚀严重的设备	一年一次,一般在每年冬季
离心泵	清洗轴承,更换润滑油,检查轴的振摆情况	2000	拆卸清洗泵的零件,检查轴的磨损情况,轴承间隙,修理轴和轴承,校正泵轴及电动机轴的中心线,必要时更换磨损的轴和泵的叶轮	每年冬季
风机	清洗轴承,并更换润滑油	2000	拆卸叶轮,检查并修理轴,更换磨损的滚珠轴承,校正轴的中心线,更换磨损的轴和叶轮	同上
冷却水管	清洗喷嘴及水池的脏物	2000	拆卸并清洗喷嘴、四路通,管道刷漆,修理水池与水槽;更换锈蚀严重的四路通及喷嘴	同上
氨截止阀	检查阀门的灵活性和严密性		进行拆卸和清洗,更换有故障阀门的垫圈和填料,研磨阀门或重新浇铸轴承合金,修理阀杆,对装配好的阀进行严密性检查,更换损坏的阀	同上
水阀和 盐水阀	检查阀门的灵活性和严密性		将有故障的阀和零件进行拆卸和清洗,更换垫圈和填料,修刮阀座与阀芯使相密合,对装配好的阀进行密封性试验,更换损坏的阀	同上

6.4.1 容器与换热器的检修

制冷装置的容器,在氨制冷系统中,包括高压贮液桶、中间冷却器、集油器、氨液分离器、排液桶、低压循环贮液桶等。换热器包括冷凝器、蒸发器、再冷却器和冷却排管等。容器和换热器的型式较多,作用不同,损伤的原因及修复的方法都相类似。

这些容器和换热器处于长期的压力和温度变化下使用,受到氨、盐水、空气中水汽的腐蚀,其结构和材料都会发生不同程度的减薄或变形,达到极限程度就可能发生事故。另外如换热器中的冷凝器长期与冷却水接触,结有水垢,使传热效果降低,压力升高,制冷效率降低,同时也增加了不安全因素。为了防止事故发生必须重视检修工作。下面将检修的情况作以介绍:

1. 容器与换热器损伤的原因及表现

(1) 工作表面污染。容器与换热器的工作表面受污染,就会减少有效面积和容积,降低热交换效率,增加流体阻力。工作表面被污染的原因:

① 机械杂质、润滑油等进入设备内,尤其是进入低压设备,油的粘度增大,加上杂质的混合,容易使管路出现堵塞现象。

② 在换热器外表面结有水垢及盐水溶液中产生结晶与沉淀现象。

③ 设备和管路防锈漆脱落,在其外表面出现锈蚀现象。尤其是在室外的管路设备经过雨淋日晒,防锈漆很容易脱落,使设备管路出现严重锈蚀。有的厂就出现类似问题,应引起重视。

材料的锈蚀物、机械杂质、油碳化微粒和其他杂质多积存于设备管路的工作表面,有时随液体或气体的流动积存于管路、阀门的拐弯处或容器的低部。若积存于管路的拐弯处,容易造成管路堵塞。若积存于阀门的拐弯处容易使阀门的密封线损坏。

(2) 连接处丧失密封能力。制冷设备各个部分的连接,都处于密封状态,若丧失密封能力,就会造成泄漏,影响生产,丧失密封能力的主要原因:

① 法兰的螺栓的预紧力不符合要求,螺栓连接过松,不能保证预紧力。过紧可能使螺栓发生塑性变形或将填料压坏。此外由于振动和高温的影响,也能造成预紧力逐渐降低;另外法兰螺栓锈蚀等原因使其疲劳变形,使预紧力降低。

② 在法兰处或阀门的阀杆处填料受腐蚀、磨损或老化。

③ 金属材料疲劳、冷脆引起的焊缝裂纹。

(3) 厚度减少。制冷设备受到介质的腐蚀和其他物体的摩擦,厚度不断减少,当厚度接近强度计算的最小允许数值时,设备应降压使用或者报废。

(4) 局部变形。局部变形是指失去设备的正确几何形状,如截面成椭圆,局部凹陷和凸出等。其主要原因是设备局部区域材料强度降低(如被腐蚀等)或超负荷运行,结果引起形状变化,使设备或管路的牢固性降低。

(5) 裂纹或针状小孔。裂纹或针状小孔,常出现在焊缝附近、管道弯头、翅片管点焊处及设备管路防锈漆脱落后锈蚀严重的地方。另外极个别情况下无缝管本身有漏点。其主要原因是材料本身和加工制作以及长期使用金属材料腐蚀造成的缺陷。例如高压管路的吊架间隔很大,当机器运行时,引起高压管路振动,时间长后,使焊缝或焊缝附近出现裂纹。又如低压管道过长,由于热氨冲霜时的胀缩,导致焊缝处产生裂纹。此外,焊接部位不符规定,也会使焊缝处产生裂纹(见图6-12所示)。

针状小孔多发生在焊缝处和翅片管点焊处以及管卡联接处。这主要是焊缝处的某点焊接厚度不够又加上防锈漆脱落后金属受腐蚀所造成。翅片管点焊时,应注意不得把管壁处熔化过重,致使管壁减薄,再加上金属腐蚀致使在该处出现针形小孔。如某厂结冻间冷风机出现漏点,焊缝处没有找到漏点,后来全部查找,发现翅片管点焊处出现漏点。

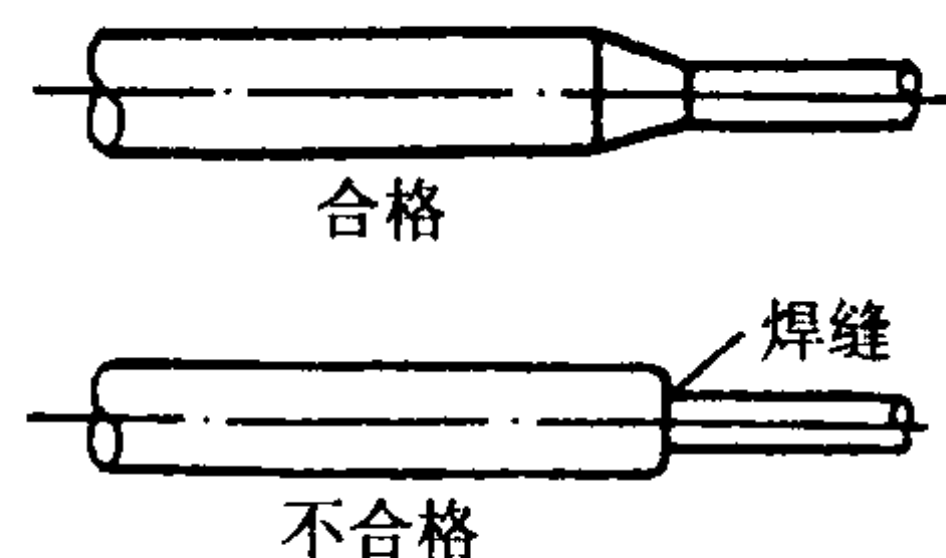


图6-12 管子的焊接

2. 容器和换热器的修理

(1) 在修理容器与换热器及管道时应事先做好准备工作。注意以下几点:

① 对氨系统应准备好防毒面具、橡皮手套、通风机及临时急救药物等,以免在拆修中由于阀门泄漏或其他事故发生时能及时抢救。

② 将所修理的设备管路与其他部分隔断。做这一工作时必须认真细心,把所关闭的每一个阀门都要做好明显的记号,以防设备管路检修时,操作人员开错阀门造成事故。

③ 被修理的容器或管路进行抽空。若高压液体设备如高压贮液桶的检修,应先把液体抽净。其方法:首先关闭与冷凝器联系的有关阀门,切断与冷凝器的联系。然后把通向总调节站上的调节阀开大,把桶内的液体供到冷库各房间。若冷库排管液体过多,再供液体压缩机就要发生湿冲程事故,这时桶内的液体可通过加氨调节站放到贮氨罐或者氨瓶内。液体处理后,可直接用供液管将桶内压力抽至与低压系统压力相平衡,以观察桶内压力升高情况。如果桶内压力上升较快,应找出原因加以消除。若桶内压力上升很小,可视为阀门不漏,可将桶内剩余气体通过放油管道和集油器的有关阀门管道放入水中。然后对缺陷处加以修理。

低压设备如冻结间冷风机针形小孔漏氨。首先应把氨液体处理好,如有水冲霜设备,可将正常工作的有关阀门关闭,打开冲霜回液阀,使其与排液桶或低压循环桶连通,降低桶内压力。系统管路调整后,可打开冲霜水阀进行水冲霜。这时蒸发器内氨液蒸发压力升高,利用升高的压力将蒸发器内的液体压回到排液桶或低压循环贮液桶,较安全地把液体处理干净。泄漏的氨气溶于水中,不致使房间内氨气味太大。还可利用这一管道通过低压循环贮液桶进行抽空工作,待抽 2~3 次压力不再上升或上升较小时,视为处理氨的工作结束。如果压力抽不下来,可找出泄漏的地方加以消除。再抽空至合格时为止。氨处理完毕后,再找到适当的连接处拆开,接通大气(放空)后加以修理。

以上抽氨的处理工作一定要慎重,对所属处理的设备管道每一环节都要考虑周到。如果马虎从事,就要造成事故甚至重大的人身伤亡事故。

(2) 垢层的清除。换热器设备的垢层,大多积聚于有介质通过的管子的内表面和外表面。常用除垢方法如下:

① 吹污。吹污是利用空气压力除去设备、管道和容器内的污垢,以提高换热器的传热能力和其他容器的利用率。

吹污一般用空气压缩机(如果没有空气压缩机也可用氨压缩机)进行,其工作压力为 0.59MPa。吹污时要求吹净。以白布检查出口气,到白布上无污垢痕迹时为止。

② 手工清除法。清除管子外表面的积垢,可用手锤沿着管壁轻轻敲击,或用专门刮刀、钢丝刷等工具除去水垢,并用砂纸将管子表面的铁锈打磨干净,刷上防锈漆。这些方法适用于清除淋浇式冷凝器、蒸发器 and 高压气、液体管路的外层积垢。若积垢在管子的内表面,如立、卧壳管式冷凝器,可用螺旋形钢丝刷清除水垢。若水垢较坚硬,用这种方法就会增加劳动强度,效率也很低。

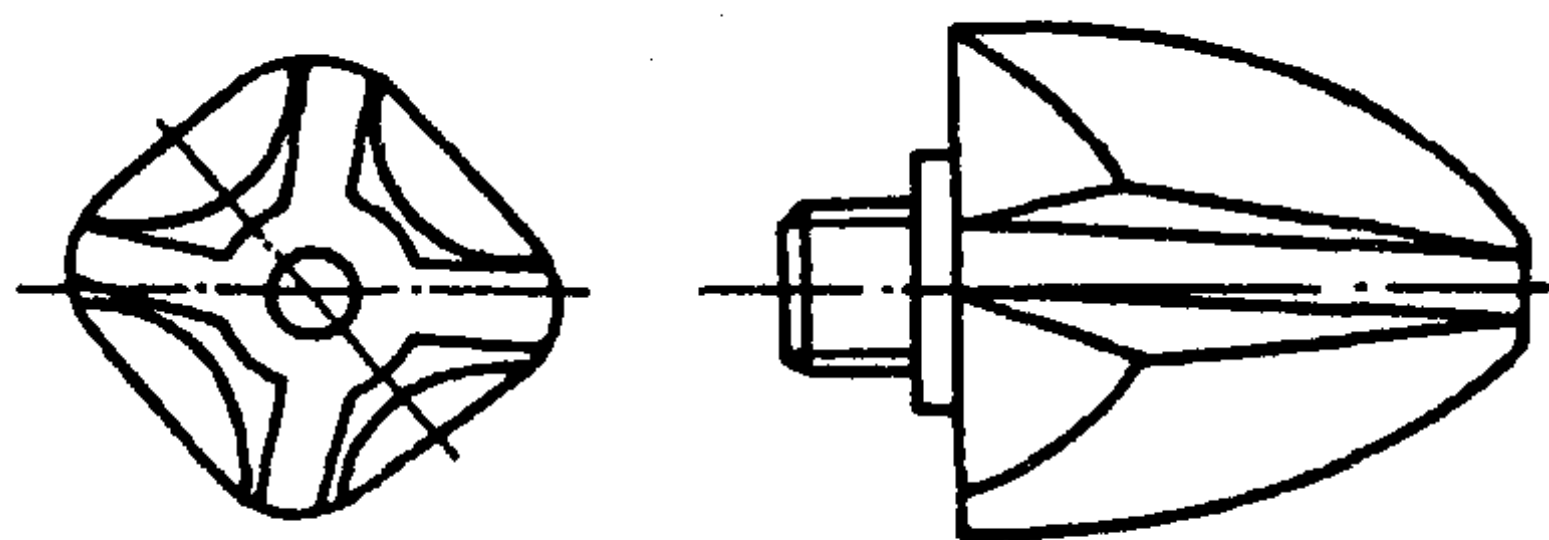


图 6-13 刮刀

③ 机械清除法。机械清除法是利用洗管器进行的。洗管器是将特制刮刀(见图 6-13)连接在钢丝软轴上,再与电动机连接。清除水垢时以水平位置或垂直方向,将洗管器插入管内,开动电动机进行刮削。同时注入冷水润滑和冲洗,效果较

好。这种方法适用于清洗立、卧壳管式冷凝器管内表面的水垢层。

④ 化学清除法。化学清除法是利用化学溶液与水垢接触时发生的化学变化,使水垢脱离管壁。它的方法有多种。在用化学法除垢时,应先化验水垢的性质,再配制不同成分的溶液。这里介绍两种常用的清洗方法。

第一种以5%~8%浓度的盐酸溶液,加入适量的动物血以防腐蚀,然后将配合好的溶液利用耐酸泵打入冷凝器,进行清洗。清洗时需要不断的加入新的溶液,维持浓度不变,连续循环冲洗20~30h(时间长短,可根据水垢的性质和厚度而定)。

酸洗后,将溶液放掉,再用1%的苛性钠溶液冲洗5min左右。此时可用螺旋钢丝刷或打结的绳子往复拉刷。清除管内的水垢及污物,最后将冷凝器打开,用清水清洗1~2h,直至出水清洁为止。

第二种以8%浓度的盐酸溶液1t,加入防腐剂纯苯胺4kg和甲醛(福尔马林)4kg的比例,配成酸洗溶液,利用耐酸泵打入冷凝器,进行清洗。配制溶液时,先做小样。其程序如下:

- ① 取70℃的温水10kg;
- ② 取浓度31%的盐酸0.8kg,缓慢的倒入温水内搅匀(溶液无色);
- ③ 放入0.5kg的苯胺搅匀(溶液无色);
- ④ 最后取0.5kg的甲醛,放入搅匀(溶液呈桔红色)。

小样调匀时,先后次序不可颠倒,尤其是③与④条禁止颠倒。

如配制8%浓度的盐酸溶液1t,要按上面方法先做小样8次,分别倒入125kg的8%浓度的盐酸溶液内搅匀,即可使用。

配制盐酸溶液及清洗过程,要防止酸类引起灼伤事故。

化学清除法也适用于压缩机水套内水垢的清除。其酸洗装置如图6-14所示。

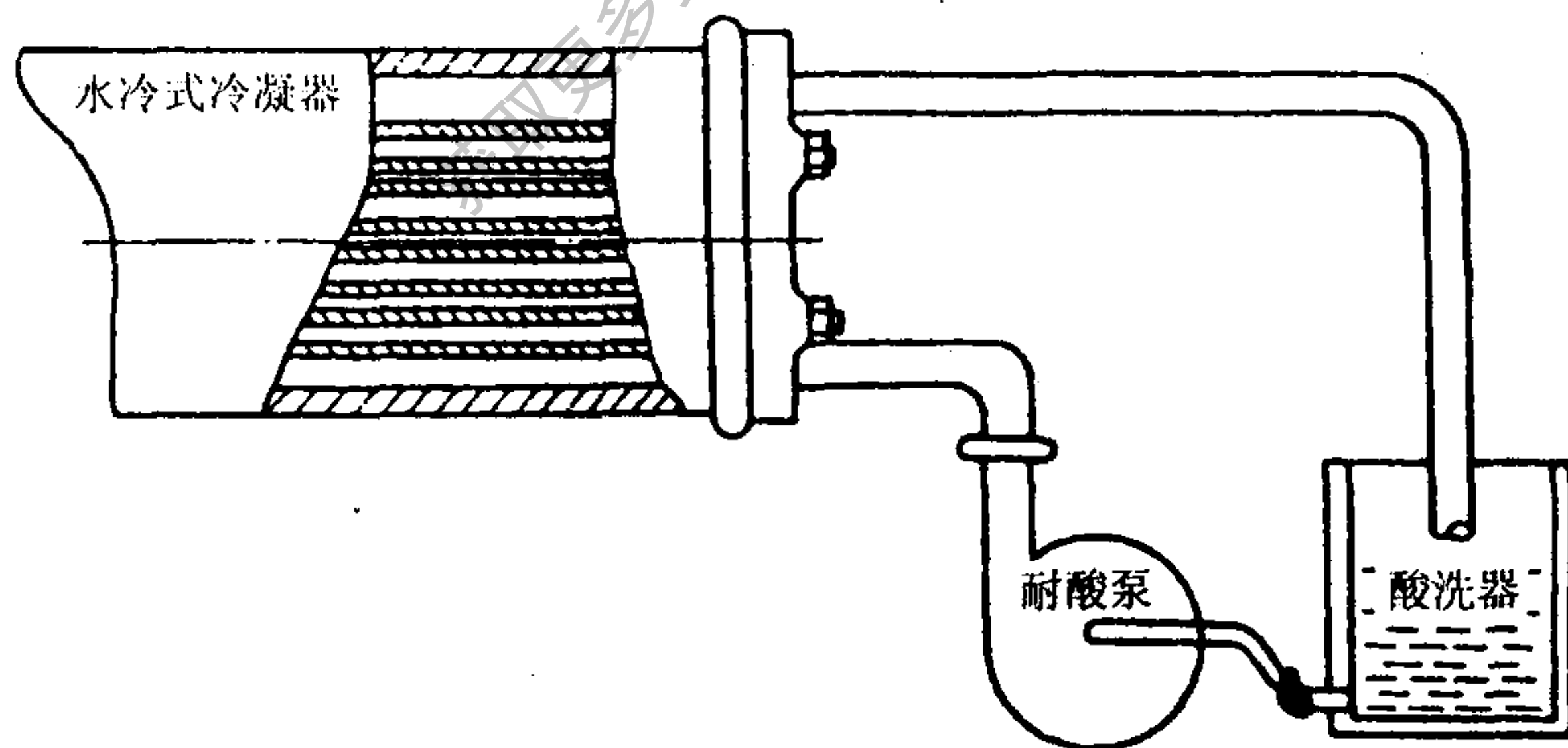


图6-14 酸洗装置

(3) 丧失工作能力的修理。制冷设备丧失工作能力,应根据检查结果进行修理。若因事故检修更应慎重处理。

① 法兰的连接处螺栓的预紧力不合适,如若松动,用扳手对称拧紧螺母,使其受力均匀,但不宜过紧。如螺栓变形或锈蚀严重,应更换新螺栓。

② 法兰连接处的石棉垫片腐蚀或烧坏而导致失去密封能力,应更换新垫片。在更换新垫片前应把原有的垫片刮去,并用炼油清洗干净,检查法兰密封线是否被腐蚀或损伤。若没有问题可换上新垫片对角均匀的拧紧法兰螺栓即可。若法兰密封面受严重腐蚀或密封线破坏,可

更换新法兰或者经修理合格后再装上新垫片,以防使用时再漏。

③ 焊缝不严密,应进行焊补修理。

④ 焊接时引起法兰翘曲,不符合装配要求的,应进行车削加工或者更换。

⑤ 安装时,两法兰中心线不一致,撬着管子拧上的法兰,其接触面吃力不匀,应截断管子重新对好再焊接。

(4) 厚度减少的修理。设备管道被腐蚀而厚度减少时,应先进行检查,检查的方法有两种:

① 钻孔法。发现设备腐蚀时,在可疑处钻直径 $2\sim 4\text{mm}$ 的孔,然后以带钩铁丝探入测量,做出记录,若未超过修理尺寸,则将小孔焊满或用丝锥套扣以螺钉密封。超过尺寸时需要修理。

② 截管法。根据设备管道使用的时间和锈蚀的情况,在生产淡季,进行设备大修时,把值得怀疑的管子截下 $2\sim 3$ 节进行检查。如淋浇式冷凝器、蒸发器、冷库排管,使用五年后都应做一次检查。在检查时,可将锈蚀严重的管路除锈后,用游标卡尺测量管子外径的损失量。正确确定截管的位置较为妥当。这样可避免截管检查的盲目性。

设备经检查后,如淋浇式冷凝器和蒸发器的厚度少于 1.5mm 时,应换新管;如高压容器的全部余量被腐蚀,应即更换。

如蒸发器或冷凝排管局部腐蚀出现微孔,又由于生产需要,不能停产修理,可暂用卡子加耐压橡皮垫与螺栓固定,堵住漏处,等淡季或检修时焊补。若无法用管子卡堵住漏氨处,只有停止使用进行抢修。

(5) 局部变形的修理。消除局部变形现象,必须从结构上和操作上找出发生的原因。如冷却排管受积霜负荷太大引起的变形,应加强除霜工作;若管路过长,支架或吊架间距大,应增加支架或吊架。

受压凸出变形的管子,视其变形程度而定,若变形不大,不影响继续使用,可待大修时再修整,但应加强检查维护工作。管子弯曲严重,可在抽净氨后,割断管子的弯曲部分,放在校正器上校直。加压时要求均匀缓慢,不要用大锤敲击,校直后的管子再接到排管上。

若设备变形,如卧式壳管式冷凝器端的隔板部分凸起,应检查钢板的厚度。若厚度仍能承担压力,则不需更换,可削去分水板的高度进行校正。如容器受撞击而产生凹陷,应视凹陷程度进行修理。若凹陷不大又无裂纹,可用锤击或压模校正。若有裂纹,则必须将裂纹处割去,换上同样厚的钢板。

(6) 裂缝和针形小孔的修理。对于裂缝不大和有针形小孔的设备,一般都采用焊补的方法修复。在容器上如发现有较宽的裂纹时可采用补板的方法修理,补板的宽度不应小于 250mm ,且应比缝隙长 $50\sim 100\text{mm}$ 。若用气焊补漏,焊补漏点时,不应超过2次,否则应换管处理。

焊接漏点时,禁止在氨味较大的环境下工作,以防氨遇明火发生爆炸事故。

(7) 壳管式冷凝器的修理。壳管式冷凝器经过一个时期的运行后,管子的接口处会发生松弛和泄漏,管内因锈蚀会发生裂缝或小孔等缺陷。检查壳管式冷凝器的裂缝、小孔、腐蚀等,无法用钻孔和截管法进行检查。只能用水压或气压试验检查。若发现管头和多孔板结合处泄漏,可用粉笔记上标志后再进行修理。如检查管子本身裂缝或小孔时,可用气压检查,即将加压后的冷凝器装满水,看哪一根管子有气泡,就是哪根管子泄漏。另外也可将使用中的冷凝器

停水,用酚酞试纸在每根管子试验,找出哪一根管子泄漏。记录后,进行修理。

对于多孔钢板处的管子发现泄漏时,可采用焊接或更换新管的办法修理。一般对胀管的冷凝器不采用焊接的办法,可采用更换新管重新胀装的办法,如没有新管更换,可采用重胀的方法。

管子本身有漏点,其管子数目不多,因生产不能停止,或没有备用管子时,可将管子堵死,待大修时更换。

更换胀管时,用錾子錾去管子的胀接部分,即可取出旧管子而不会损坏多孔钢板。

胀管前,把管子两端约 20~50mm 的长度,用砂纸或锉刀打磨光亮(但不得过分打磨以致影响其本身强度),除去灰尘、锈和油渍,使管子外壁与多孔钢板口能良好的胀接。并把管头 200~250mm 的一段退火,退火后用胀管器(见图 6-15)胀接在多孔板上,但必须注意管子须长出多孔板平面 1~2mm。板孔内径与管子外径之差一般限度为 0.25~0.75mm 之间,小于和大于此数都是不允许的,以保证胀管的严密性。

胀管时首先进行管子的固定操作。把胀管器塞入管板内的管孔中,使管板滚柱和管板对齐,壳上的止推盘与管头保持 10~20mm 的距离。胀管器装好后,用手推进胀杆,使滚柱胀开,把外壳稳住,并与管子内壁紧靠,然后用扳手转动胀杆,这时管柱在管中滚压,并和外壳一起旋转,整个胀管器向前移动,待管子胀大到与孔壁完全结合时,胀管器外壳上的止推盘也就靠着管头,并且顶着不动(见图 6-16)。

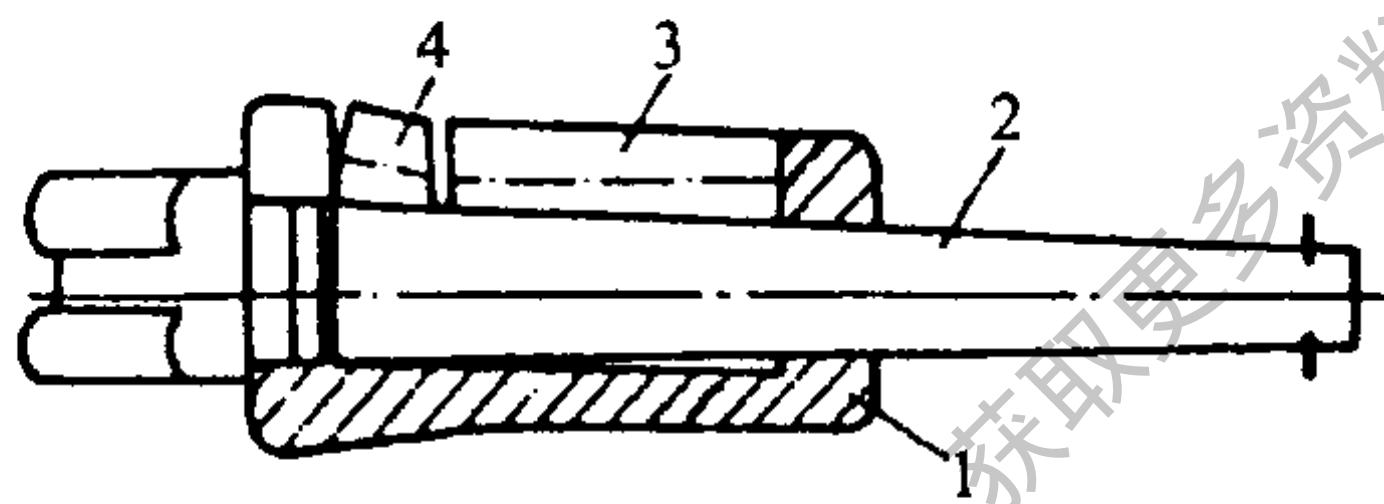


图 6-15 胀管器
1—外壳;2—胀杆;3—胀杆滚柱;4—滚柱

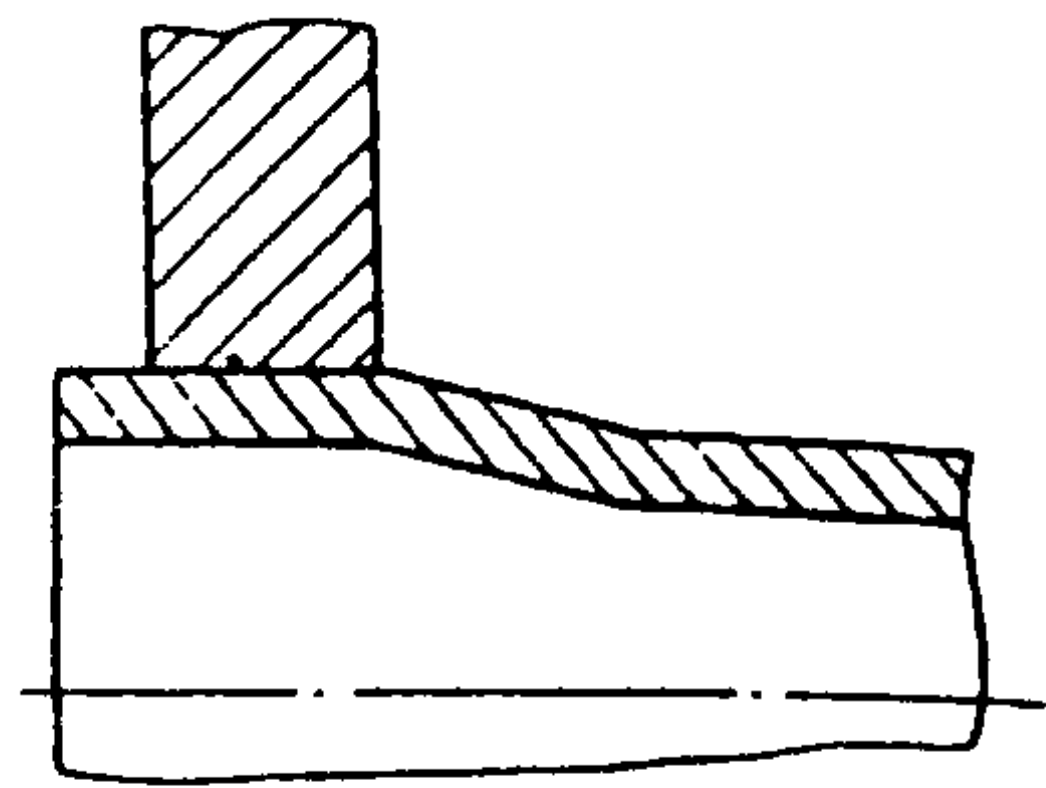


图 6-16 胀管后管子固定在管板上的形状

6.4.2 阀门的修理

制冷系统所采用的阀门,一般为中压阀。阀门随系统工质不同而分为氨阀和氟阀。氨阀使用材料一般为铸钢或铸铁,而氟阀则采用铸铜或铸钢,阀杆处用填料和阀帽双层密封。

阀门在使用过程中,一般都容易泄漏。而且其泄漏量占整个制冷系统泄漏量的很大一个比重,因而不可忽视。

1. 阀门故障

(1) 阀杆泄漏。这是制冷系统中最常见的现象之一。由于密封填料不足,使用时间过长,硬化而失去弹性,或因填料选择不当与工质的温度、压力及化学性质不适,都可造成阀杆泄漏。

(2) 阀杆弯曲或腐蚀。在输送工质的过程中,由于工质温度变化较大,特别是关闭过紧的阀门,遇热膨胀,会使阀杆弯曲。弯曲或腐蚀的阀杆,在一开一闭时,阀杆磨损加快,密封填料也会拉坏,从而造成硬伤而泄漏。所以平常维护时,阀杆关闭的紧度应适当,阀杆也应抹上黄油防腐。

(3) 阀门关闭不严密。因为腐蚀和剥蚀的因素,阀芯密封面逐渐变得粗糙,或因系统不干净,工质中夹杂异物,密封面受到嵌咬造成硬伤,在频繁关闭、开启过程中,伤痕逐渐扩大致使阀门关闭不严密。另外阀芯的松动或变形,也不能保证阀芯和阀座的紧密贴合,必然导致关闭不严密。

(4) 阀门难以转动和调节。因填料压盖压得太紧,或者填料选择不当。

2. 阀门的修理

(1) 更换填料。填料的主要作用是防止工质沿阀杆轴向泄漏而设置的。如遇轻微泄漏时,可旋紧填料压盖,如不能排除,可更换填料。更换时必须将阀杆开足,用填料拨针把旧填料拨出,再将准备好的新填料依次旋入,然后旋紧压盖。

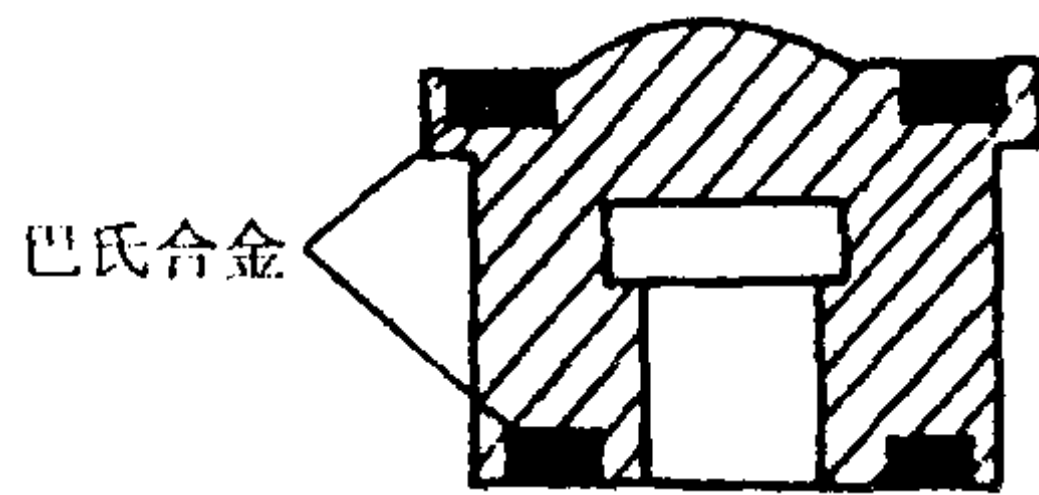


图 6-17 阀芯的巴氏合金层

(2) 修理阀芯。在制冷工程中,凡是大口径的阀门,其阀芯是依靠一层巴氏合金或氟塑料密封。阀芯的背面也同样有一层巴氏合金,作为倒转到最大位置时,能密封工质不沿阀杆向外泄漏,图 6-17 为阀芯双面挂有巴氏合金的示意图。

当阀门拆卸之后,首先校直阀杆去毛刺,然后更换阀芯的巴氏合金,与此同时,对阀座也应研磨,使阀芯和阀座互相严密。浇注巴氏合金的具体操作法如下:

将阀芯水平夹于虎钳上,加热阀芯待旧巴氏合金熔化除尽、打光,然后浇上新巴氏合金,边浇边捣实,以去除杂质和空气,冷却后上车床精车即成。如新浇巴氏合金层精车后出现气孔,则应按上述操作法重浇。另一种方法是挤压嵌塞,用条形巴氏合金或氟塑料,直接嵌入阀芯的凹形槽中,用榔头打紧嵌牢,然后车削即可。

对于小型铸钢或黄铜的阀门阀芯,这种阀门的密封全靠金属接触的一条线来获得的,因而叫线密封。由于是线密封,因而对阀座和阀芯都应仔细研磨,才能获得比较满意的密封效果。

阀门检修结束后,应按有关要求气密性试验。

制冷系统中安全阀的修理也大致与上相同,但由于巴氏合金较软,往往安全阀因超压而动作一次之后,很难恢复到原来位置,因此当压力降至关闭压力时,仍然关不严密。为了克服这一缺陷,有的产品已将巴氏合金改换成镍铬钛(质较硬)合金,或用聚四氟乙烯代之。

3. 膨胀阀及电磁阀的检修

(1) 热力膨胀阀。安装前,检查阀感温包内的充注工质是否泄漏。方法是:用口吸阀的出口,看其畅通程度是否随着调节弹簧的放松而增大,如是,则说明阀是良好的;若不畅通或不通,则说明充注工质有泄漏,此时可进一步检查,拆下阀的气箱盖,用手指揞压传动压块,若轻轻一压膜片就凹下去,传动压块就产生松动,则说明充注工质全部漏光,这样就必须更换膨胀阀。

对旧的膨胀阀除了检查充注工质是否有泄漏外,还应检查阀内各运动部件有否变形、卡死、锈蚀及阀关闭性能是否良好等。

凡经检查过的膨胀阀,在安装前都应用酒精或汽油清洗,再用氮气吹干,然后包扎封口,待装。

(2) 电磁阀。安装前,把新的电磁阀直立(线圈向上),在出口处用嘴吸,看阀的关闭性能是否良好;反之,把阀倒置,以检查其畅通程度。其次,通电检查其线圈磁力是否良好,开关性能是否良好,检查合格后,可用酒精清洗一下,然后用氮气吹干,包扎封口,等待安装。

旧系统在检修时,要检查电磁阀使用电压是否正常,检查有否堵塞现象,若拆开检修时,除了检查运动部件,阀芯,阀座外,对二次开启式阀应检查平衡小孔有否堵塞。

4. 泵的检修

(1) 离心水泵。离心水泵运动中常见故障有:

① 启动时不上水。吸水管或水泵内有空气。应灌引水将空气排出。若引水灌不满,吸入管止回阀关闭不严或有污物堵塞,应将止回阀拆下来清洗检查。另外还要检查吸入管法兰螺母拧得是否太松或法兰垫片损坏造成吸入管漏气。

② 运动时振动较大。水泵或电动机的地脚螺丝松动,应检查拧紧螺丝。水泵和电动机轴不同心,可调电动机的位置,使其达到同心度的要求。调整后用手盘动时转动灵活。另外水泵的排出管太重,使水泵体变形,这时应在排出管上增加支点或吊架。水泵零件的摩擦或损坏也能引起运转时的振动,应拆修水泵检查零件。

③ 上水量不足。除水泵吸入水位过低的原因外,水泵密封环、叶轮与泵壳之间的间隙过大,也能造成上水量不足。

④ 运转中有杂音。在轴承部分可能润滑油太少或粘度太低,甚至轴承损坏。在泵体内可能出现叶轮与泵壳的摩擦或叶轮与密封环的摩擦。

以上这些常见故障,在检查时应着重检查,以消除运转中的故障或故障因素。

⑤ 离心水泵零部件发生的缺陷及其原因:

泵壳体:泵的外壳一般不容易损坏,如果受到外界撞击或在振动力大的情况下使用,可能发生裂纹或局部凹陷。

轴和叶轮:泵在长时间运转中,由于受到突然的冲击、振动或者装配间隙不合格等原因,轴和叶轮就会发生不同程度的磨损甚至出现裂纹、弯曲或轴折断等现象。

密封环:密封环是安装在叶轮与侧盖之间的一个零件。在水泵运转时,转动的叶轮与固定的密封环容易发生摩擦,而使密封环磨损。水泵中有很多的泥砂或其他杂质,叶轮与密封环的间隙过小,或叶轮的振摆度大都会引起严重磨损。

密封填料处泄漏:填料使用一个时期后,容易磨损和老化,失去弹性和润滑作用,使水泵漏水和空气进入。压盖过紧,填料装配不当,填料质量不好,也会造成水泵漏水。

轴承:轴承为滚珠轴承,滚珠容易发生破碎现象,原因是装配不当和润滑不良。

⑥ 离心水泵的检修步骤:

泵壳体的检修:检修时首先将污垢冲刷干净,然后检查壳体有无裂纹。检查方法通常是用锤轻轻敲打,听其声音是否清脆,如声音破哑,就可能有裂纹。这时将壳体进一步擦净,仔细检查,找出裂纹的起点和终点。将裂纹的两头钻孔,打上销钉,使裂纹不致进一步扩大,然后在裂纹两边开V形槽,再用电、气焊焊补。焊补时注意保温。

轴和叶轮的检修:水泵轴在拆卸以后,用煤油或柴油清洗干净。然后检查磨损、弯曲和裂纹。如磨损时应根据磨损的程度,采取镀铬、喷钢和堆焊等方法修复。

若轴弯曲,轴径25mm以下的可采用手锤校直,但必须在受击处垫上软金属板,以免损坏轴的表面。轴的直径较大可在压床上校正。若轴出现裂纹时,一般应更换新轴。

叶轮检查前应擦洗干净。主要检查是否有磨损有裂纹,检查时可用小锤轻轻敲打,听其是否有异音。如有异音可用目测或用涂白粉的办法检查。根据裂痕的程度修复。

叶轮裂纹可用焊补法修理。焊补后的叶轮要用锉或车床加工光滑。

叶轮修理以后,要做静平衡检查,对不平衡的部分进行调整。其重量偏差不许超过0.02kg。叶轮装在轴上后,还应测量轮面的摆度,一般对于直径300mm以下的叶轮,摆值不超过0.2mm。

密封环的检修:密封环用轴承合金或铜合金制成,是水泵中最容易损坏的零件。一般用煤油清洗后,再检查表面有无磨损现象。若合金磨损,可采用堆焊法或重新浇铸法修复。装配时,密封环与叶轮的径向间隙为0.1~0.2mm,以不发生摩擦为宜。若磨损严重,需更换新密封环。

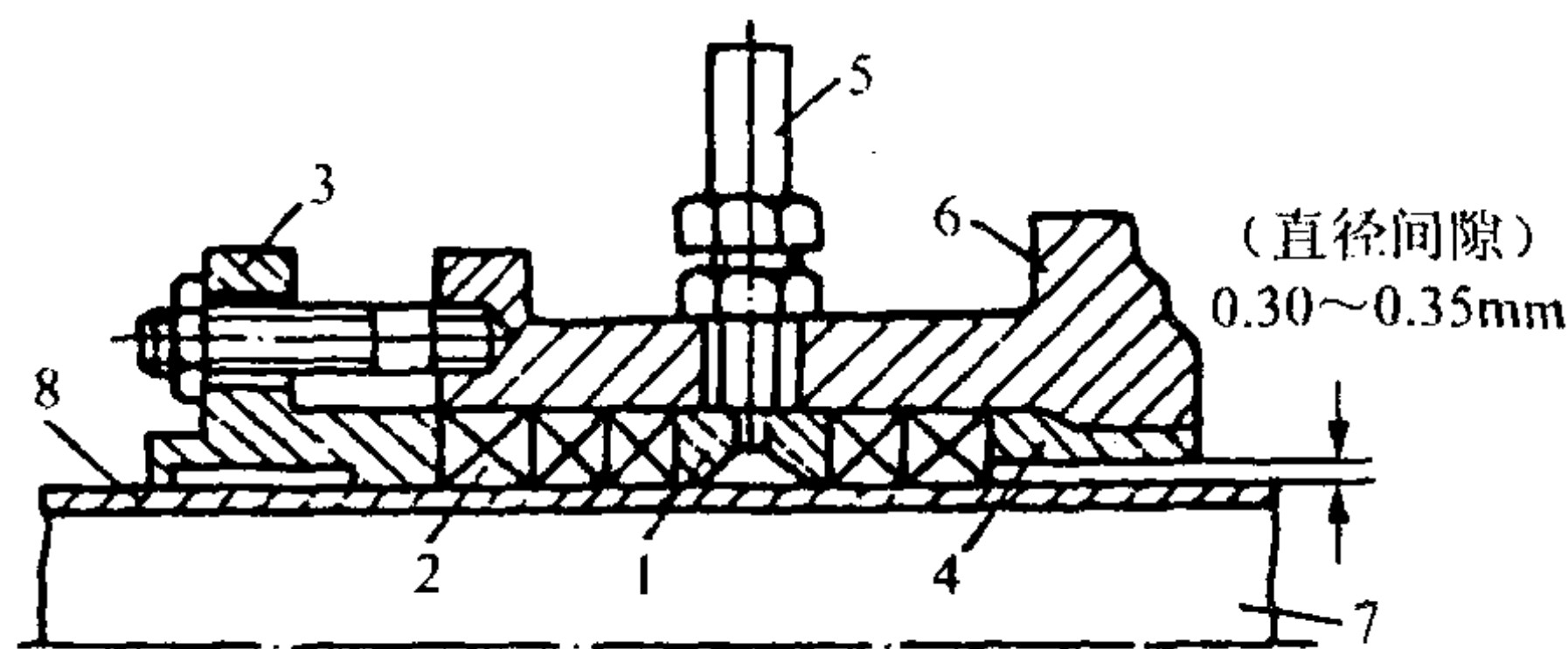


图 6-18 水泵轴封装置
1-水封环;2-填料;3-填料压盖;4-挡环;
5-水封引水管;6-填料盖座;7-轴;8-轴套

填料盒的检修:填料盒的构造见图6-18。填料盒不会发生摩擦,在检查时只要把各个零件拆下清洗即可。

填料盒上的水封环和引水管5,也要拆下清洗,使它保持畅通。在装配填料时应注意各部分的间隙,挡水环4和轴套8(没有轴套时指轴)之间的间隙应为0.3~0.5mm。填料盖与轴必须保持同心,其间的间隙应为0.4~0.5mm,间隙过小,容易和轴

发生摩擦。以上间隙标准应严格遵守,如不合格必须进行调节。

填料装配时,要把它切成正好盘成一圈的长度,填入填料盒内,对口处要稍留一些间隙,压紧压盖时,间隙就会消失。相邻两圈的填料缺口应错开120度。水封环的位置稍微装在偏左一些,当压紧压盖时,填料被压缩,水封环就向里边移动,能正好和引水管对准。

装完填料后,对称地压紧螺丝。

滚珠轴承的检修:将滚珠轴承拆下后放入煤油中清洗干净,检查内外环有无裂纹,内环与环之间的间隙是否在规定标准(见表6-4)内,检查滚珠有无损伤或破碎。如果超出规定尺寸,说明钢珠或内、外圈已经磨损,这时要更换同型号的新轴承。

表 6-4 滚珠轴承的滚珠和轴承之间的间隙

单位:mm

轴 径	间 隙	轴 径	间 隙
50~80	0.013~0.025	120~140	0.018~0.045
80~100	0.013~0.029	180~225	0.021~0.054
100~120	0.015~0.034	225~280	0.025~0.056

(2) 氨泵。国产氨泵主要有三种即齿轮氨泵、叶轮氨泵和屏蔽氨泵。当前冷库应用较多的是齿轮氨泵。氨泵运转中常见的故障和各厂氨泵运转中实际存在的问题相结合,进行检修工作。氨泵运转中可能发生的问题是:

① 轴封漏氨(屏蔽氨泵除外)。主要是橡胶密封圈磨损和老化;其次是摩擦环的摩擦面磨损;弹簧的弹力不够,或压盖螺丝拧得不均匀垫片损坏等原因所致,在检修时应着重检查这方面的问题。

② 氨泵启动时不上液或排出压力过低。除了安装时静液柱不够,或泵内有氨气。这样的问题应在安装时考虑解决,或在氨泵运转前抽气解决。在检修时应检查氨液过滤器是否有污

物和冷冻油堵塞造成氨泵不上液。这样的问题在新投产的冷库容易发生,另外在循环桶内不及时放油也能导致氨泵不上液。从氨泵零部件上看,由于运转中磨损严重或装配间隙不对,造成排出压力过低。在检修时,应仔细检查和调整,使之符合运转要求。

思考题和习题

1. 结合教材内容,进行活塞式压缩机的拆卸操作,掌握操作要点。
2. 掌握利用仪表对压缩机零部件的检查和测量方法。
3. 进行活塞式压缩机的装配实习。
4. 了解螺杆式压缩机的结构和拆解步骤。
5. 了解主要制冷设备的维护与检修要点。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

第7章 冷库库房管理

冷库是保证新鲜易腐食品长期供应市场、调节食品供应随季节变化而产生的不平衡、改善人民生活所不可缺少的一环。搞好库房的管理工作,对保证冷藏食品的质量和企业的经济效益非常重要。

7.1 库房操作管理

7.1.1 正确使用冷库和保证安全生产

冷库是用隔热材料建筑的低温密闭库房,结构复杂,造价高,具有怕潮、怕水、怕热气、怕跑冷等特性。最忌隔热体内有冰、霜、水,一旦损坏,就必须停产修理,严重影响生产。为此,在使用库房时,要注意以下问题。

1. 防止水、气渗入隔热层

库内的墙、地坪、顶棚和门框上应无冰、霜、水,要做到随有随清除。没有下水道的库房和走廊,不能进行多水性的作业,不要用水冲洗地坪和墙壁。库内排管和冷风机要定期冲霜、扫霜,及时清除地坪和排管上的冰、霜、水。经常检查库外顶棚、墙壁有无漏水、渗水处,如一旦发现,须及时修复。不能把大批量没有冻结的热货直接放入低温库房,防止库内温升过高,造成隔热层产生冻融而损坏冷库。

2. 防止因冻融循环把冷库建筑结构冻酥

库房应根据设计规定的用途使用,高、低温库房,不能随意变更(装配式冷库除外)。各种用途的库房,在没有商品存放时,要保持一定的温度,冻结间和低温间应在 -5°C 以下,高温间在露点温度以下,以免库内受潮滴水,影响建筑(装配式冷库除外)。原设计有冷却工序的冻结间,如改为直接冻结间时,要设有足够的制冷设备,还要控制进货的数量和掌握合理库温,不使库房内有滴水。

3. 防止地坪(楼板)冻臃和损坏

冷库的地坪(楼板)在设计上都有规定,能承受一定的负荷,并铺有防潮和隔热层。如果地坪表面保护层被破坏,水分流入隔热层,会使隔热层失效。如商品堆放超载,会使楼板裂缝。因此,不能将商品直接散铺在库房地坪上冻结。拆货垛时不能采用倒垛方法。脱钩和脱盘时,不能在地坪上摔击,以免砸坏地坪或破坏隔热层。另外,库内商品堆垛重量和运输工具的装载量,不能超过地坪的单位面积设计负荷。每个库房都要核定单位面积最大负荷和库房总装载量(地坪如大修改建,应按新设计负荷),并在库门上作出标志,以便管理人员监督检查。库内吊轨每米长度的载重量,包括商品、滑轮和挂钩的总重量,应符合设计要求,不许超载,以保证安全。特别要注意底层的地坪没有作通风等处理的库房,使用温度要控制在设计许可范围内。设计有地下通风的冷库,要严格执行有关地下通风的设计说明,并定期检查地下通风道内有无

结霜、堵塞和积水,并检查回风温度是否符合要求。应尽量避免由于操作不当而造成地坪冻臃。地下通风道周围严禁堆放物品,更不能搞新的建筑。

4. 库房内货位的间距要求

为使商品堆垛安全牢固,便于盘点、检查、进出库,对商品货位的堆垛与墙、顶、排管和通道的距离都有一定要求,详见表7-1。

库内要留有合理宽度的走道,以便运输、操作,并利于安全。库内操作要防止运输工具和商品碰撞冷藏门、电梯门、柱子、墙壁、排管和制冷系统的管道等。

5. 冷库门要经常进行检查

如发现变形、密封条损坏,电热器损坏,要及时修复。当冷库门被冻死拉不开时,应先接通电热器,然后开门。

6. 冷库门口是冷热气流交换最剧烈的地方

地坪上容易结冰、积水,应及时清除。

7. 库内排管除霜时,严禁用钢件击排管

所使用的工具不能损伤排气管表面。

表7-1 货位之间的距离

建筑物名称	货物应保持的距离 /mm
低温库顶棚	≠200
高温库顶棚	≠300
顶排管	≠300
墙	≠200
墙排管	≠400
风道底面	≠200
冷风机周围	≠1500
手推车通道	≠1000
铲车通道	≠1200

7.1.2 加强管理工作和确保商品质量

提高和改进冷加工工艺,保证合理的冷藏温度,是确保商品质量的重要一环。食品在冷藏间如保管不善,易发生腐烂、干枯(干耗)、脂肪氧化、脱色、变色、变味等现象。为此,要求有合理的冷加工工艺和合理的贮藏温度、湿度、风速等。各种商品的冷藏推荐条件见表7-2。

在正常生产情况下,冻结物冷藏库的温度应控制在设计温度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的范围内。冷却物冷藏库的温度应控制在设计温度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 的范围内。货物在出库过程中,冻结物冷藏库的温升不超过 4°C ,冷却物冷藏库的温升不超过 3°C 。进入冻结物冷藏库的冻结货物温度应不高于冷藏库温度 3°C 。例如,冷藏库温度为 -18°C ,则货物温度应在 -15°C 以下。

商品在贮藏时,要按品种、等级和用途情况,分批分垛位贮藏,并按垛位编号,填制卡片悬挂于货位的明显地方。要有商品保管帐目,正确记载库存货物的品种、数量、等级、质量、包装

以及进出的动态变化,还要定期核对帐目,出库一批清理一批,做到账货相符。要正确掌握商品贮藏安全期限,执行先进先出的制度。定期或不定期地进行商品质量检查,如发现商品有霉烂、变质等现象时,应立即处理。

有些商品(如家禽、鱼类和副产品)在冷藏时,要求表面包冰衣。如长期冷藏的商品,可在垛位表面喷水进行养护,但要防止水滴在地坪、墙和冷却设备上。冻肉在码垛后,可用防水布或席子覆盖,在走廊边或靠近冷藏门处的商品尤应覆盖好,要求喷水结成 3mm 厚的冰衣。在热流大的时候,冰衣易融化,要注意保持一定的厚度。

表 7-2 易腐食品冷藏推荐条件

类别 品名	温度/℃	相对湿度/%	预计冷藏期限/月	备注
1. 冷冻肉、禽、蛋类				
冻猪肉	-12	95~100	3~5	肥度大的猪肉冷藏期限还应缩短
	-18	95~100	8~10	
	-20	95~100	10~12	
冻猪分割肉(包装)	-18	95~100	10~12	肥度大的猪肉冷藏期限还应缩短
冻牛肉	-12	95~100	6~10	
	-18	95~100	10~12	
	-20	95~100	12~14	
冻羊肉	-12	95~100	3~6	
	-18	95~100	8~10	
	-20	95~100	10~12	
冻肉馅(包装,未加盐)	-18	95~100	6~8	
冻副产品(包装)	-18	95~100	5~8	
冻猪油(不包装)	-18	95~100	4~5	
冻猪油(包装)	-18	95~100	9~12	
冻家禽(包冰衣)	-12	95~100	3~4	
(包冰衣)	-18	95~100	6~10	
冻家兔	-18	95~100	5~8	
2. 冷冻水产类				
肥鱼:鳊、沙丁鱼等	-18~-25	95~100	6~10	
中等肥鱼:鳖、鳕鱼等	-18~-25	95~100	8~12	
瘦鱼:比目鱼、黄花鱼等	-18~-25	95~100	10~14	
虾类	-18~-25	95~100	6~10	
蛭、贝、蛤	-18~-25	95~100	6~10	
3. 冷冻水果、蔬菜类				
杏(加糖)	-18	95~100	12	
酸浆果(加糖)	-18	95~100	12	
甜浆果(加糖)	-18	95~100	8~10	
桃(加糖)	-18	95~100	8~10	
桃(加糖和维生素丙)	-18	95~100	12	
复盆子(加糖)	-18	95~100	18	
杨梅(加糖)	-18	95~100	12	

(续表)

类别 品名	温度/℃	相对湿度/%	预计冷藏期限/月	备 注
其他冻果	-18	95~100	12	
冷冻蔬菜包括: 青豌豆、青扁豆、花椰豆、 文竹、胡萝卜、菠菜等	-18	95~100	12	
蘑 菇	-18	95~100	8~10	
黄 瓜 片	-18	95~100	5	
4. 冷冻熟制品和其他类				
灌 肠	-18	95~100	8~4	
熏 肉	-18	95~100	5~7	
油煎鸡(包装)	-18	95~100	3~4	
炸肉末饼(包装)				
猪肉饼	-18	95~100	6~8	
牛肉饼	-18	95~100	8~10	
羊肉饼	-18	95~100	12	
冰 激 凌	-18~-23	85	2~6	
5. 冷却肉、禽、蛋类				
猪 肉	-1.5~0	85~90	1~2 星期	
牛 肉	-1.5~0	90	2~3 星期	
羊 肉	-1~0	85~90	1~2 星期	
猪 肉	-1~0	80~90	4~6 天	
	-1~0	95~100	3~5 天	
腊 肉	-3~-1	80~90	1	
副产品	-1~0	75~80	2~3 天	
家 禽	0~+1	85~90	1 星期	
家 兔	0~+1	85~90	3~5 天	
鲜 蛋	±0	85~90	4~6	
	-0.5~-0.25	85~90	6~8	
6. 冷却水果、蔬菜类				
苹 果	-1~+1	85~90	3~8	有些品种也可在 2~4℃下冷藏
杏	-1~0	90	2~4 星期	
香蕉(青的)	+11.5~+14.5	90	10~20 天	
(熟的)	+14~+16	90	5~10 天	
覆盆子	-1~0	85~90	2~3 星期	
椰 子	0	80~85	1~2	
葡 萄	-1~0	80~90	1~2	
荔 枝	0	90	5~6 星期	
芒 果	10	90	2~5 星期	
甜 瓜	+4~+10	85~90	1 星期	
核 桃	+7	70	12	
西 瓜	+2~+4	75~85	2~3 星期	

(续表)

类别 品名	温度/°C	相对湿度/%	预计冷藏期限/月	备注
木 瓜	+10	90	2~3 星期	
桃 子	-1~+1	85~90	1~4 星期	
菠萝(青的)	+10	90	2~4 星期	
(熟的)	+7	90	2~4 星期	
樱 桃	0	85~90	1~5 天	
柑	+4~+7	85~90	3~6	
橙	+4~+6	85	6	
梨	+0.5~+1.5	85~90	6~8	
土 豆	+3~+6	85~90	6~8	
韭 菜	±0	90~95	1~3	
莴 苣	±0	90~95	1~3 星期	
洋 葱	-3~0	70~75	6	
青豌豆	±0	80~90	7~21 天	
菠 菜	0~+1	90	10~14 天	
西红柿(生)	+11.5~+13	85~90	3~5 星期	
(熟)	±0	85~90	1~3 星期	
土豆(晚期)				
商 品	+4.5~+10	85~90	4~8	
种 子	+2~+7	85~90	5~8	
茄 子	+7~+10	85~90	10 天	
大 蒜	-1.5~0	70~75	6~8	
芹 菜	±0	90~95	1~2	
黄 瓜	+11.5	85~90	1~2 星期	
花卷心菜	±0	85~90	2~3 星期	
蘑 菇	±0	85~90	5 天	

7.2 库房卫生管理

食品进行冷加工,并不能改善和提高食品的质量,仅是通过低温处理,抑制微生物的活动,达到较长时间保藏的目的。因此,在冷库使用中,冷库的卫生管理是一项重要工作。要严格执行国家颁发的卫生条例,尽可能减少微生物污染食品的机会,以保证食品质量,延长保藏期限。

7.2.1 冷库的卫生和消毒

1. 冷库的环境卫生

食品进出冷库时,都需要与外界接触,如果环境卫生不良,就会增加微生物污染食品的机会,因而冷库周围的环境卫生是十分重要的。冷库四周不应有污水和垃圾,冷库周围的场地和走道应经常清扫,定期消毒。垃圾箱和厕所应离库房有一定距离,并保持清洁。

运输货物用的车辆在装货前应进行清洗、消毒。

2. 库房和工具设备的卫生与消毒

冷库的库房是进行食品冷加工和长期存放食品的地方,库房的卫生管理工作,是整个冷库卫生管理的中心环节。

在库房内,霉菌较细菌繁殖得更快些,并极易侵害食品。因此,库房应进行不定期的消毒工作。

运货用的手推车以及其他载货设备也能成为微生物污染食品的媒介,应经常进行清洗和消毒。

库内冷藏的食品,不论是否有包装,都要推放在垫木上。垫木应刨光,并经常保持清洁。垫木、小车以及其他设备,要定期在库外冲洗、消毒。可先用热水冲洗,并用2%浓度的碱水(50℃)除油污,然后用含有效氯0.3%~0.4%的漂白粉溶液消毒。加工用的一切设备,如铁盘、挂钩、工作台等,在使用前后都应用清水冲洗干净,必要时还应用热碱水消毒。

冷库内的走道和楼梯要经常清扫,特别在出入库时,对地坪上的碎肉等残留物要及时清扫,以免污染环境。

3. 消毒剂和消毒方法

(1) 抗霉剂。冷库用的抗霉剂有很多种,常与粉刷材料混合在一起进行粉刷。

① 氟化钠法:在白陶土中加入1.5%的氟化钠(或氟化铁)或2.5%的氟化铵,配成水溶液粉刷墙壁。白陶土中钙盐的含量不应超过0.7%或最好不含钙盐。

② 羟基联苯酚钠法:当发霉严重时,在正温的库房内,可用2%的羟基联苯酚钠溶液刷墙,或用同等浓度的药剂溶液配成刷白混合剂进行粉刷。消毒后,地坪要洗刷并干燥通风后,库房才能降温使用。用这种方法消毒,不可与漂白粉交替或混合使用,以免墙面呈现褐红色。

③ 硫酸铜法:将硫酸铜2份和钾明矾1份混合,取此1份混合物加9份水在木桶中溶解,粉刷时再加7份石灰。

④ 用2%过氧酚钠盐水与石灰水混合粉刷。

(2) 消毒剂。库房内消毒有以下几种方法:

① 漂白粉消毒:漂白粉可配制成含有效氯0.3%~0.4%的水溶液(1L水中加入含16%~20%有效氯的漂白粉20g),在库内喷洒消毒,或与石灰混合,粉刷墙面。配制时,先将漂白粉与少量水混合制成浓浆,然后加水至必要的浓度。

在低温库房进行消毒时,为了加强效果,可用热水配制溶液(30~40℃)。用漂白粉与碳酸钠混合液进行消毒,效果较好。配制方法是,在30升热水中溶解3.5kg碳酸钠,在70L水中溶解2.5kg含25%有效氯的漂白粉。将漂白粉溶液澄清后,再倒入碳酸钠溶液。使用时,加两倍水稀释。用石灰粉刷时,应加入未经稀释的消毒剂。

② 次氯酸钠消毒:可用2%~4%的次氯酸钠溶液,加入2%碳酸钠,在低温库内喷洒,然后将门关闭。

③ 乳酸消毒:每立方米库房空间需用3~5mL粗制乳酸,每份乳酸再加1~2份清水,放在瓷盘内,置于酒精灯上加热,再关门几小时消毒。

④ 福尔马林消毒:在库温20℃以上的库房,可用3%~5%的甲醛消毒(即7.5%~12.5%的福尔马林溶液),每立方米空间喷射0.05~0.06kg。在低温库房内喷射,效果较差。每立方米空间可用15~25g福尔马林,加入沸水稀释,与10%~20%的高锰酸钾同置于铝锅中,任其自然发热和蒸发,闭门1~2天后,经过通风,消毒工作即完成。因福尔马林气味很大,肉吸收

后即不能食用。为了吸收剩余的福尔马林,可在通风时用脸盆等容器盛氨水放在库内。福尔马林对人有很大的刺激作用,使用时要注意安全。

(3) 消毒和粉刷方法。库房在消毒粉刷前,应将库内食品全部搬出,并清除地坪、墙和顶板上的污秽,发现有霉菌的地方,应仔细用刮刀或刷子清除。在低温库内,要清除墙顶和排管上的冰霜。必要时需将库温升至正温。

库房内刷白,每一平方米消毒表面所消耗的混合剂约为 300mL 左右,在正温库房可用排笔涂刷,负温时可用细喷浆器喷洒,有时会出现一层薄溶液冻结层,经 1~3 天以后,表面会逐步变干。

冷库内消毒的效果,根据霉菌孢子的减少来评定。因此,在消毒前后均要做测定和记录。消毒后,每平方厘米表面上不得多于一个霉菌孢子。

(4) 紫外线消毒。一般用于冰棍车间模子等设备和工作服的消毒。不仅操作简单,节约费用,而且效果良好。每立方米空间装置功率为 1W 的紫外线光灯,每天平均照射 3h,即可对空气起到消毒作用。

4. 冷库工作人员的个人卫生

冷库工作人员经常接触多种食品,如不注意卫生,本身患有传染病,就会成为微生物和病原菌的传播者。对冷库工作人员的个人卫生应有严格的要求。

冷库作业人员要勤理发,勤洗澡,勤洗工作服,工作前后要洗手,经常保持个人卫生。同时必须定期检查身体,如发现患传染病者,应立即进行治疗并调换工作,未痊愈时,不能进入库房与食品接触。

库房工作人员不应将工作服穿到食堂、厕所和冷库以外的场所。

7.2.2 食品冷加工过程中的卫生管理

1. 食品冷加工的卫生要求

食品入库冷加工之前,必须进行严格的质量检查,不卫生的和有腐败变质迹象的食品,如次鲜肉和变质肉均不能进行冷加工和入库。

食品冷藏时,应按食品的不同种类和不同的冷加工最终温度而分别存放。如果冷藏间大而某种食品数量少,单独存放不经济时,也可考虑不同种类的食品混合存放,但应以不互相串味为原则。具有强烈气味的食品如鱼、葱、蒜、乳酪等和贮藏温度不一致的食品,严格禁止混存在一个冷藏间内。

对冷藏中的食品,应经常进行质量检查,如发现有软化、霉烂、腐败变质和异味感染等情况时,应及时采取措施,分别加以处理,以免感染其他食品,造成更大的损失。

正温库的食品全部取出后,库房应通风换气,利用风机排除库内的混浊空气,换入过滤的新鲜空气。

几种食品卫生的标准如下:

① 鲜猪肉卫生标准 GBn8-77 鲜猪肉系指生猪屠宰加工,经兽医卫生检验符合市场鲜销而未经冷冻的猪肉。

② 鲜牛肉、鲜羊肉、鲜兔肉卫生标准 GBn9-77 鲜牛肉、鲜羊肉、鲜兔肉系指活牛、羊、兔屠宰加工,经兽医卫生检验符合市场鲜销而未经冷冻的牛、羊、兔肉。

③ 鲜鸡肉卫生标准 GBn10-77 鲜鸡肉系指活鸡宰杀加工,经兽医卫生检验符合市场鲜

销而未经冷冻的鸡肉。

④ 鲜蛋卫生标准 GBn39—77 鲜蛋可进行感观检验,鲜蛋蛋壳坚固完整,灯光透视时整个蛋呈微红色,蛋黄不见或略见阴影。打开后蛋黄凸起完整并带有韧性,蛋白澄清透明,稀稠分明。

各种鲜肉的感观指标见表 7-3

表 7-3 各种鲜肉的感观指标

品种 项目	鲜猪肉	鲜牛、羊、兔肉	鲜鸡肉
色泽	肌肉有光泽,红色均匀,脂肪洁白	肌肉有光泽,红色均匀,脂肪洁白或淡黄色	皮肤有光泽,肌肉切面发光
粘度	外表微干或微湿润,不粘手	外表微干或有风干膜,不粘手	外表微干或微湿润,不粘手
弹性	指压后的凹陷立即恢复	指压后的凹陷立即恢复	指压后的凹陷立即恢复
气味	具有鲜猪肉正常气味	具有鲜牛、羊、兔肉的正常气味	具有鲜鸡肉正常气味
肉汤	透明澄清,脂肪团聚于表面,具有香味	透明澄清,脂肪团聚于表面,具特有香味	透明澄清,脂肪团聚于表面,具特有香味

2. 除异味

库房中发生异味一般是由于贮藏了具有强烈气味或腐烂变质的食品所致。这种异味能影响其他食品的风味,降低质量。

臭氧具有清除异味的性能。臭氧是三个原子的氧,用臭氧发生器在高电压下产生 O_3 ,其性质极不稳定,在常态下即还原为两个原子的氧,并放出初生态氧(O)。初生态氧性质极活泼,化合作用很强,具有强氧化剂的作用。因而利用臭氧不仅可以清除异味,而且浓度达到一定程度时,还具有很好的消毒作用。

利用臭氧除异味和消毒,不仅适用于空库,对于装满食品的库房也很适宜。臭氧处理的效能取决于它的浓度,浓度越大,氧化反应的速度也就越快。由于臭氧是一种强氧化剂,长时间呼吸浓度很高的臭氧对人体有害。因此,臭氧处理时,操作人员最好不留在库内,待处理后两小时再进入。利用臭氧处理空库时,浓度可达 $40\text{mg}/\text{m}^3$ 。对有食品的库,浓度则依食品的种类而定。鱼类和干酪为 $1\sim 2\text{mg}/\text{m}^3$,蛋品为 $3\text{kg}/\text{m}^3$ 。如果库内存有含脂肪较多的食品,则不应采用臭氧处理,以免脂肪氧化变质。

此外,用甲醛水溶液(即福尔马林溶液)或 5%~10%的醋酸与 5%~20%的漂白粉水溶液,也具有良好的除异味和消毒作用。这种办法目前在生产中广泛采用。

3. 灭鼠

鼠类对食品贮藏的危害性极大,它在冷库内不但糟蹋食品,而且散布传染性病菌,同时还

能破坏冷库的隔热结构,损坏建筑物。因此,消灭鼠类对保护冷库建筑结构和保证食品质量有着重要意义。

鼠类进入库房的途径很多,可以由附近地区潜入,也可以随有包装的食品一起进入冷库。冷库的灭鼠工作应着重放在预防鼠类进入。例如在食品入库前,对有外包装的食品应进行严格检查,凡不需带包装入库的食品尽量去掉包装。建筑冷库时,要考虑在墙壁下部旋转细密的铁丝网,以免鼠类空通墙壁潜入库内。发现鼠洞要及时堵塞。

消灭鼠类的方法很多,可用机械捕捉,毒性饵料诱捕和气体灭鼠等方法。用二氧化碳气体灭鼠效果较好。由于这种气体对食品无毒,用其灭鼠时,不需将库内食品搬出。在库房降温的情况下,将气体通入库内,将门紧闭即可灭鼠。二氧化碳灭鼠的效果取决于气体的浓度和用量。如在 1m^3 的空间内,用浓度为25%的二氧化碳0.7kg,或用浓度为35%的二氧化碳0.5kg,一昼夜即可彻底消灭鼠类。二氧化碳对人有窒息作用,可造成死亡。操作人员需戴氧气呼吸器才能入库充气 and 检查。在进行通风换气降低二氧化碳浓度后,方可恢复正常进库。

用药饵毒鼠,要注意及时消除死鼠。一般是用敌鼠钠盐来作毒饵,效果较好。其具体配方是:面粉100g,猪油20g,敌鼠钠盐0.05g,水适量。先将敌鼠钠盐用热水溶化后倒入面粉中,再将猪油倒入混匀,合好,压成0.5~1cm的薄饼,烙好后,切成2cm的小方块,作为毒饵。

7.3 冷库节能与科学管理

冷库是冷藏业中主要的用电部门,因此也是节能的核心部门。当前,冷库的制冷系统,每冻结1t白条肉平均耗电为110kW,其中高的耗电指标是每吨180kW,低的耗电指标是每吨70kW;对于冻结物冷藏间,贮藏1t冻食品,每天耗电平均为0.4kW,其中高的耗电指标是每天每吨1.4kW,低的耗电指标是每天每吨0.2kW;对于冷却物冷藏间,贮藏1t食品每天耗电平均为0.5kW,其中高的耗电指标每天每吨1kW,低的耗电指标是每天每吨0.3kW。由此可见,冷库的能耗随着地区之间、企业之间、设计和管理水平的不同存在着较大的差别。因此,对冷库制冷系统进行技术改造和科学管理以达到节能目的,其潜力是很大的。

7.3.1 采用新工艺、新技术、新设备的设计方案

1. 减少冷库围护结构单位热流量指标

在冷库设计中,低温冷库的外墙的单位热流量 q_F 一般采用 $11.63\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 左右,如果将 q_F 降到 $6.98\sim 8.14\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,则对于一座5000t至10000t级的低温冷库,据统计,动力费可下降10%左右。当然,由于单位热流量指标的降低,冷库围护结构的隔热层要加厚,一次投资要提高。但与冷库的运行费用的减少相比较,无论从经济角度,还是技术管理角度来考虑,采用降低冷库围护结构单位热流量指标的做法是合理的。

2. 缩小制冷系统制冷剂蒸发温度与库房温度的温差

当库房温度一定时,随着蒸发温度与库房温度温差的缩小,蒸发温度就能相应提高,此时如果冷凝温度保持不变,就意味着制冷压缩机制冷量的提高,也就是说要获得相同的冷量可以减少消耗电能。据估算,当蒸发温度每升高 1°C ,则可少耗电3%~4%。再则,小的温差对降低库房贮藏食品的干耗也是极为有利的。因为小的温差能使库房获得较大的相对湿度,能减缓库房内空气中热质交换程度,从而达到减少贮藏食品的干耗,尤其是对未包装贮藏食品,应该

采用小的温度差。

提高蒸发温度的措施主要是适当增大蒸发器的传热面积和增加通风量。

3. 根据不同的冷藏食品和不同的贮藏期确定相应的贮藏温度

人们可针对食品(特别是肉食品)在低温贮藏期间的生化变化及嗜低温细菌滋长和繁殖被抑制的程度,确定相应较佳的贮藏温度。如不超过半年的低温贮藏,一般采用的贮藏温度为 $-15\sim-18^{\circ}\text{C}$;超过半年的低温贮藏,贮藏温度应 $\leq -18^{\circ}\text{C}$;对于含脂肪量大的食品,如鱼类,为防止低温贮藏期脂肪的氧化,应采取低于 -18°C 的贮藏温度,最好是一 $25\sim-20^{\circ}\text{C}$ 的温度。由此可见,采取了不同贮藏温度后,对于某些产品,特别是属短时期贮藏者,就可适当提高制冷系统的蒸发温度,从而就提高了制冷压缩机的制冷量。

4. 冻结间配用双速或变速电机的冷风机

食品的冻结间冻结过程中,热量的释放,实际上是不均匀的放热过程,所以冻结过程对冷却设备的需冷量也是不均匀的。食品的冻结过程由三个阶段组成:第一阶段是冷却阶段,食品温度由 $>0^{\circ}\text{C}$ 降至 0°C 左右;第二阶段是冰晶形成阶段,食品温度由 0°C 左右降至 -5°C 左右;第三阶段是冻结降温阶段,食品由 -5°C 降至 -15°C 左右。在食品冻结的三个阶段中,第二阶段所需冷量最大,此时冻结间所配冻结设备要全部投入运转,而在第一和第三阶段,由于单位时间内热负荷较少,可适当降低风速,减少风量,以达到节能的目的,以往冻结采用的冷风机仅是一种转速,无法调节,如果冷风机配用双速或变速电机,冻结的循环风量可以得到调节,从而达到节能的目的。

5. 冷却物冷藏库配用双速电动机的冷风机

冷却物冷藏库一般都是既用作冷藏又用作冷却。在货物进库时,用作冷却,此时热负荷较大,冷风机需较大的风量,电动机为高速档。当货物经冷却后进入贮藏期,其热负荷较小,冷风机风量可小些,电动机为低速档。以达到节能的目的。

7.3.2 及时进行冷藏食品的结构改革

1. 在市场推广销售冷却肉

从卫生角度出发,市场出售的新鲜肉均应进行冷却,可达到明显的节能效果。

推广销售冷却肉,不仅在外观、营养等品质方面保持肉的最佳质量,在能耗上也只有冻结肉的40%左右。

2. 肉胴体进行分割剔骨后的节能

将肉胴体进行分割剔骨,改变过去白条肉冻结和冷藏的做法,据统计资料介绍,肉胴体经剔骨、去肥膘处理后进行冻结贮藏,可节省劳动力25%,节省冻结能耗50%,节省低温冷藏空间50%。

3. 冷藏肉食品包装后的节能效果

冷藏食品如无包装,在贮藏时干耗较大,能量消耗也较大。包装的冷冻食品在贮藏期间的干耗基本上接近零。由于食品的干耗大大减少,减少蒸发器融霜次数,制冷压缩机的无效功也降低到最小的程度,实际也就起到了节约能源的作用。

7.3.3 加强科学管理

加强科学管理是达到节能目的的重要一环。应建立完善管理制度,积极进行技术改选,尽

量降低能耗。

科学管理的主要内容有：

1. 建立能耗管理制度

(1) 日常运行管理：

① 填写工作日记。要坚持填写设备运行日记。主要填写内容是，压缩机、氨泵、水泵、风机等动力设备的启动和停车时间，每隔 2h 记录各种制冷设备工作的温度、压力状况（如蒸发温度、冷凝温度、中间温度和压力、排气温度、吸气温度、膨胀阀前液体温度、库温、水温、室外温度、相对湿度等），以便检查各种设备的工作状态和工作效率。日记填写内容见表 7-4。

② 按月进行统计。月平均工作状况，只有在一个月內，昼夜工作时数不变的情况下，才可以按算术平均数计算，否则要将每一个昼夜的日平均数乘以工作时数，然后将所有乘积加起来，除以一个月內总工作时数。

为了简化计算，月平均数可不以日平均数计算，而以全月记录合计数，除以全月记录次数求得。

表 7-4 冷库运行管理日记

压缩机号	工作条件		测量时间/h											日平均	工作时间/h	
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22			24
1# 单级机	蒸发温度															开车： 停车： 开车： 停车： 运转小时：
	吸入温度															
	排出温度															
	冷凝温度															
	电流表读数															
	电压表读数															
2# 单级机	蒸发温度															开车： 停车： 开车： 停车： 运转小时：
	吸入温度															
	排出温度															
	冷凝温度															
	电流表读数															
	电压表读数															
3# 双级机组	蒸发温度															开车： 停车： 开车： 停车： 运转小时：
	吸入温度	低压缸														
		高压缸														
	排出温度	低压缸														
		高压缸														
	冷凝温度															
	中间温度															
	电流表读数															
电压表读数																

(续表)

压缩机号	工作条件		测量时间/h												日平均	工作时间/h			
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24					
4# 双级 机组	蒸发温度																开车: 停车: 开车: 停车: 运转小时:		
	吸入温度	低压缸																	
		高压缸																	
	排出温度	低压缸																	
		高压缸																	
	冷凝温度																		
	中间温度																		
	电流表读数																		
电压表读数																			
设备名称	工作条件		测量时间/h												日平均	工作时间/h			
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24		开车	停车	运行	
1# 循环水泵	电流表读数																		
2# 循环水泵	电流表读数																		
1# 氨 泵	电流表读数																		
2# 氨 泵	电流表读数																		
3# 氨 泵	电流表读数																		
4# 氨 泵	电流表读数																		
1# 风 机	电流表读数																		
2# 风 机	电流表读数																		
3# 风 机	电流表读数																		
4# 风 机	电流表读数																		
5# 风 机	电流表读数																		
6# 风 机	电流表读数																		
冷凝水	进水温度																交接班签字 第一班: 第二班: 第三班: 车间主任:		
	出水温度																		
气候	室外温度																		
	室外相对湿度																		

(2) 制定单位冷量耗电量定额。单位冷量耗电量是按各制冷系统分别计算的每生产 1kW 冷量的耗电量。如，-15℃ 制冷系统压缩机的每月制冷量为 88430kW，压缩机每月耗电量为 23000kW·h，则每千瓦冷量耗电为 $23000 \div 88430 = 0.26 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。

单位冷量耗电定额是考核压缩机操作管理是否正常合理的指标。压缩机的蒸发温度应根

据库房温度要求掌握。蒸发温度过低或压缩机无负荷运转,都会导致单位冷量耗电量增加。单位冷量耗电定额就是按库设计温度要求达到的蒸发温度来计算的单位冷量耗电量。

表7-5和7-6是每分钟转速 ≤ 720 转和 ≥ 960 转的氨压缩机在各制冷系统不同冷凝温度下生产1kW冷量的耗电定额,它是根据压缩机的制冷量和功率计算编制的。每月终了时计算出压缩机实际单位冷量耗电量和定额进行比较,以考核压缩机操作管理情况。

计算单位冷量耗电定额时,蒸发温度按各制冷系统要求,冷凝温度按各制冷系统压缩机组实际月平均冷凝温度。

(3) 制定单位产品耗电量定额。单位产品耗电量是按每吨产品耗电量来计算的。

单位产品耗电量是衡量冷库耗电的综合指标,它不但反映制冷设备的设计、运行和管理情况,而且还反映冷库结构的设计、使用情况和冷库贮藏货物的管理情况(如库门的开启,人员进出时间和货物进出时间等)。每座冷库的单位产品耗电量是不可能相同的,应根据各自不同的情况制定单位产品耗电量定额。

表7-5 氨压缩机单位冷量耗电量 (转速:720r/min及以下) 单位:kW·h/kW

氨压缩机	高低缸容积比	蒸发温度/°C	冷凝温度 /°C												
			15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
单级机		-10	0.14	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.22	0.23	0.25	0.26	0.28	0.29	0.31
		-15	0.18	0.20	0.21	0.22	0.24	0.25	0.27	0.28	0.30	0.31	0.33	0.35	0.37
双级机组	1:2	-28	0.30	0.32	0.33	0.34	0.36	0.37	0.39	0.40	0.42	0.43	0.45	0.46	0.48
		-33	0.37	0.39	0.40	0.41	0.43	0.44	0.46	0.47	0.49	0.51	0.53	0.55	0.57
		-35	0.40	0.42	0.43	0.44	0.46	0.47	0.49	0.50	0.52	0.54	0.57	0.59	0.61
	1:3	-28	0.30	0.32	0.33	0.34	0.36	0.37	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46
		-33	0.37	0.38	0.39	0.40	0.42	0.43	0.45	0.46	0.48	0.49	0.52	0.54	0.56
		-35	0.40	0.42	0.43	0.44	0.46	0.47	0.49	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60

表7-6 氨压缩机单位冷量耗电量 (转速:960r/min及以上) 单位:kW·h/kW

氨压缩机	高低缸容积比	蒸发温度/°C	冷凝温度 /°C												
			15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
单级机		-10	0.14	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.22	0.23	0.25	0.26	0.28	0.29	0.30
		-15	0.18	0.20	0.21	0.22	0.24	0.25	0.27	0.28	0.30	0.31	0.33	0.35	0.37
双级机组	1:2	-28	0.29	0.31	0.32	0.34	0.36	0.37	0.38	0.40	0.41	0.43	0.44	0.46	0.48
		-33	0.35	0.38	0.39	0.40	0.41	0.43	0.44	0.46	0.48	0.50	0.51	0.53	0.55
		-35	0.39	0.41	0.42	0.44	0.45	0.46	0.48	0.49	0.51	0.53	0.54	0.55	0.57
	1:3	-28	0.29	0.30	0.31	0.33	0.34	0.35	0.36	0.38	0.39	0.40	0.42	0.43	0.45
		-33	0.34	0.36	0.38	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44	0.46	0.47	0.49	0.50	0.52
		-35	0.38	0.40	0.41	0.42	0.44	0.45	0.47	0.48	0.50	0.51	0.53	0.55	0.56

冷库产品分冷冻品和冷藏品两大类。计算单位产品耗电量时,冷冻品如机制冰、冻肉、冻副产品或冻鱼等,应分别按不同制冷设备进行计算。冷藏品应分别按高温贮藏(冷却物冷藏)和低温贮藏(冻结物冷藏)进行计算。对于各制冷系统共用的设备(如水泵、冷却塔风机等),可

按各制冷系统(冻结、制冰、贮冰、高温冷藏、低温冷藏)制冷压缩机的制冷量大小进行分配计算。

对于冷冻品和机制冰,制定单位产品耗电量的定额比较容易,因为环境温度变化对其影响很小(围护结构渗入热只占总耗冷量的5%~10%),可直接按下列公式计算。

$$\text{单位产品耗电量} = \frac{\text{设备总耗电量}}{\text{冷加工产品总数量}(t)}$$

对于冷藏品,制定单位产品耗电量的定额比较困难,因为环境温度变化对其影响较大。因而只能以设计工况下的单位产品耗电量作为定额依据,并随环境温度变化进行调整。可参照下列公式计算:

$$\text{单位产品耗电量} = \frac{\text{设备总耗电量(设计)}}{\text{贮藏数量}(t)} \cdot \xi$$

式中: ξ ——环境温度修正系数,可按 $\xi = \frac{t_{\text{实}} - t_{\text{库}}}{t_{\text{设}} - t_{\text{库}}}$ 进行计算, $t_{\text{实}}$ 为实际环境温度, $t_{\text{库}}$ 为库房温度, $t_{\text{设}}$ 为设计环境温度。

另外可参照以往类似冷库的使用经验。其单位产品耗电量见表7-7。

表7-7 某5000t冷库单位产品耗冷、耗电量计算表

产品名称	单位	产量	耗冷量/kW	耗电量/(kW·h)		单位产品耗冷量/kW	单位产品耗电量/(kW·h/t)
				制冷用电	风机用电		
猪肉冷加工	t	800	86458	45464	12500	108	72.45
机制冰	t	300	43981	15999		147	53.33
贮冰	t	3000	4356	2023		1.44	0.67
冷却物冷藏	t·日	32000	44450	16169	5000	1.38	0.66
冻结物冷藏	t·日	95000	61888	28749		0.65	0.30
合计		以月计	241133	108404	17500		

2. 及时进行技术改造,淘汰能耗大的设备

科学技术在不断地发展,各种能耗低、效益高的设备会不断地出现。要及时进行技术改造,用新技术、新设备替代旧设备、老技术。根据实际测定,各类旧型号制冷压缩机单位轴功率制冷量普遍比新系列的制冷压缩机低,能耗指标高。如上世纪50年代生产的5-135/12和5-200/12这两种型号的氨活塞式制冷压缩机与8AS-12.5氨活塞式制冷压缩机相比,单位轴功率制冷量分别降低15%和4%。

3. 合理堆垛,提高库房利用率

对商品进行合理堆垛,正确安排,能使库房增加装载量,即提高了库房的利用率(在设计许可条件下)。

(1) 改进堆码方式或提高堆码技术可提高商品堆码密度。如冻猪肉的堆码,四片井字垛头,平均每立方米库容可贮存375~394kg;三片井字垛头,每立方米库容只能贮存331~338kg。可见四片井字垛比三片井字垛能提高装载量约13%。

近年来,有的冷库广泛采用金属框架堆放猪肉为垛头,中间进行分层错排填装,平均每立

方米库容可贮 420~435kg 左右。

(2) 充分利用有效容积。由于商品质量、批次、数量、级别等不同,虽在货源充足的情况下也会有部分容积利用不足。因此,在使用中应采取勤整并、巧安排等办法,减少零星货堆,缩小货堆的间隙,适当扩大货堆容量,提高库房有效容积利用率。

4. 其他措施

(1) 对制冷系统定期放油、放空气、融霜和除水垢,以保持热交换设备良好的传热效果和充分利用传热面积,以达到降低制冷系统的能量消耗。

据资料介绍,蒸发器传热面如有 0.1mm 厚的油膜,为了保持已定的低温要求,蒸发温度就要下降 2.5℃,耗电增加 11%;当冷凝器的水管壁结水垢 1.5mm 时,冷凝温度要比原来上升 2.8℃,耗电增加 9.7%;当制冷系统中混有不凝结气体,其分压力达到 1.96×10^5 Pa 时,耗电要增加 18%。

(2) 对冷却水系统要注意改善水质,减缓热交换器上的结垢,保持热交换器良好的传热效果,降低冷凝压力(冷凝温度)以达到节能的目的。据计算可知,冷凝温度在 25~40℃ 之间,每升高 1℃,增加耗电量 3.2% 左右。

(3) 节约用水。节约用水既能达到节省水源,又达到节省电能。制冷系统用水主要是下列三个方面:冷凝器用水;压缩机汽缸冷却用水;冷风机冲霜用水。为了节约用水,大多数都采用循环用水。

(4) 制冷系统运行时,应根据库房的热负荷和外界环境温度,合理调配制冷设备(压缩机、氨泵、水泵、冷却塔风机、冷风机等)。

7.4 制冷系统安全运行管理

制冷系统承受的压力虽属于中低压范畴,但有些制冷剂(氨)具有毒性、窒息、易燃和易爆的特点,给系统的安全操作提出了严格要求。为了确保制冷系统的运行安全,不仅要做到正确设计、正确选材、精心制造和检验,而且还必须做到正确使用和操作。

制冷系统必须有完善的完全设备,所有制造材料的质量和机械强度,必须符合国家的有关技术标准。同时,正确地使用和操作,对保证制冷系统的运行安全是至关重要的。特别要求操作人员,对每项工作都要极端地负责任,要严格执行安全技术规程和岗位责任制。

7.4.1 安全装置

1. 压力监视及其安全设备

(1) 压力监视。制冷系统的运转是否处于安全状态,其主要监视手段是通过压力表显示系统各部位的压力。这样,一方面便于进行正常的操作管理,另一方面是为了能及时地察觉制冷设备内有无异常或超压现象,便于控制或报警。

对分散式制冷设备的氨制冷系统,每台氨压缩机的吸排气侧、中间冷却器、油分离器、冷凝器、贮氨器、氨液分离器、低压循环桶、排液桶、低压贮氨器、氨泵、集油器、加氨站、热氨管道、油泵、滤油装置以及冻结设备,均须装有相应的压力表。

这里必须强调指出,氨压力表盘上注有明显的“氨”字样。这是因为普通压力表是由铜合金制造的,当接触到氨制冷剂时,很快就被腐蚀。氨压力表是用钢材制造的,对氨有着相应的

化学稳定性。所以,氨压力表不允许用普通压力表代替。

制冷系统上的压力表,必须经过检验部门检验合格并铅封好,方可使用。

(2) 压力保护安全设备。为了防止超压运行,在制冷设备上皆设置安全阀或压力控制继电器,或压差控制继电器,以及自动报警等压力保护安全设备。一旦工作压力发生异常,出现超压运行时,安全设备即自动动作,把设备内的气体排至大气中,或自动停机,以保证制冷系统不致因超压运行而发生事故。因此,压力保护安全设备不得任意调整或拆除。

① 安全阀。制冷机器和设备上设置安全阀是严格的。例如,在氨压缩机的高压侧、冷凝器、贮氨器、排液桶、低压循环桶、低压贮氨器、中间冷却器等设备上均须装有安全阀。

为了便于检修和更换,要求在安全阀前设置截止阀。但是,这些阀都必须处于开启状态,并加以铅封,以免失去安全保护作用。

制冷设备上的安全阀必须定期检验,每年应校验一次,并加铅封。安全技术规程还规定:在运行过程中,由于超压而安全阀启跳后,需重新进行校验,以确保安全阀的功能。

在校验和维护安全阀时,有时需要清洗和研磨,然后应进行气密性试验。试验压力为安全阀工作压力的 1.05 倍至 1.1 倍,气密性试验合格的安全阀经过校正调整到指定开启压力,加以铅封。调整及复验时使用的压力表精度不低于 1 级。例如,氨压缩机上的高压安全阀,其开启压力为吸排气侧之间的压力差达到 $15.7 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时,应自动开启,对于两级压缩,压力差达到 $5.9 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时,应能自动开启,以保护氨压缩机。

在冷凝器,贮氨器等高压设备上的安全阀,当压力达到 $18.1 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时,应能自动开启。

在中间冷却器,低压循环桶,低压贮氨器等设备上的安全阀,当压力达到 $12.3 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时,安全阀应能自动开启。

几种常用制冷剂(R12、R22、R717)所用制冷设备的安全阀开启压力见表 7-8。

表 7-8 安全阀的开启压力

项 目	制 冷 剂 名 称		
	开 启 压 力/ 10^5 Pa		
	R12	R22	R717
冷凝器和高压贮液器	15.7	18.1	18.1
中间冷却器、低压循环桶、排液桶、低压贮液器	9.8	12.3	12.3

R22 两级压缩机的低压机,其中安全阀自动开启的压力与两级氨压机相同,故不赘述。规程规定:氨制冷系统高压侧的最高工作压力不得超过 $14.7 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。那么,为什么高压设备上安全阀的开启压力 $18.1 \times 10^5 \text{ Pa}$ 比最高工作压力还高出 $3.4 \times 10^5 \text{ Pa}$ 呢? 这主要是由于安全阀一旦在超压时自动开启,往往不容易恢复到完全密封状态,而造成制冷剂的经常泄漏损失。在这种情况下,绝对禁止用拧紧弹簧式安全阀的调整螺栓来消除泄漏(这也是安全阀必须铅封的主要原因之一),所以,规定安全阀的开启压力值高于最高工作压力,这样不会因压力波动就开启,更不会经常开启。不允许操作人员任意调整和提高安全阀的开启压力。

在设备上设置安全阀,最重要的一点是要求它在达到开启压力时必须具有足够的排气能力。因此,要求出厂的安全阀应经过额定排量试验合格。全安排放系统的气流阻力尽可能要小而且畅通,其管道的截面积应符合表 7-9 的要求,以确保迅速排除超压部分的制冷剂。

表 7-9 安全阀的通道直径与容器内贮液量的关系

贮液量 安全阀规格/mm	容器内制冷剂贮液量/kg				
	<1000	1000~2000	2000~3000	3000~4000	>4000
安全阀通道直径	10	20	30	40	50

目前,在制冷系统的氨泵回路和中间冷却器中,广泛应用的自动旁通阀是弹簧式安全阀的一种特定形式,也起着安全保护作用,即当压力超过调定值时,阀门自动开启,起旁通降压作用。

② 继电器保护安全设备。制冷系统的压力安全保护,除设有安全阀、带电信号的压力表和紧急停机装置外,还采用压力继电器、压差继电器等安全设备,以实现压缩机的高压、中压、低压保护、油压保护,以及制冷设备的断水保护。

压缩机高压保护的目的是当压缩机排出压力过高时切断电源,以防止发生事故。在生产运行中往往由于冷却水断水故障,或制冷系统中进入大量空气,或高压系统的阀门误操作等原因,使压缩机的排出压力超过规定值,此时,高压保护装置立即动作,压缩机自动停机。高压压力继电器常与安全阀并用,在这种情况下,高压压力继电器切断开关的动作压力,应调整到比安全阀的开启压力稍低为宜。因为,在发生异常高压时,压力继电器首先动作可以避免万一发生事故。同时也不会伴随有安全阀开启后所带来事后处理的麻烦。只有在高压压力继电器发生故障不能动作,或因火灾等异常情况时,安全阀才开启。

低压保护是:当压缩机在运转过程中,由于制冷剂泄漏和供液不足等原因,产生吸气压力过低,甚至出现抽空现象,此时,低压保护装置动作,压缩机作为故障停机,以便操作技工检查停机原因,消除故障。

使用低压压力继电器的机组,应与感温控制阀相配合,才能充分地发挥其作用。

中压保护是指两级压缩中的低压级排出压力的安全保护,其目的同单级压缩的高压保护相仿。当低压级排气压力(中压压力)超过规定值时,压力继电器立即动作切断电源,使压缩机作事故停机。凡单机两级压缩机,都需设置中压保护,而用单级机配套的两级压缩机,其中压保护可以用低压级压缩机的高压压力继电器,但其压力应调整到中压的安全保护调定值。

高压和低压继电器的调整压力值,依制冷剂的种类而定。表 7-10 列出常用的 R12、R22 和 R717 制冷剂,其压力继电器触点断开和启动的调整压力值。

表 7-10 高压和低压压力继电器的调整压力值

制冷剂	高压压力/ 10^5 Pa(表压)		低压压力/ 10^5 Pa(表压)	
	断 开	启 动	断 开	启 动
R12	12.7	比高压断开压力低 1.96~2.94	比蒸发温度低 5℃ 的 相应饱和压力,其值 不宜小于 0.098	比低压断开压力高 0.69~0.98
R22 R717	16.2	比高压断开压力低 0.98~2.94	比蒸发温度低 5℃ 的 相应饱和压力,其值 不宜小于 0.098	比低压断开压力高 0.98~1.96

中压压力继电器的调整值,应根据实际经验确定,一般情况下,其调整压力不大于

$7.84 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

对中、小型氟利昂制冷剂的制冷系统,一般不设置安全阀,仅用高、低压力继电器作安全保护设备。

压力继电器和压差继电器还可用于断水事故保护。一般采用两种方法:发生断水警报信号,并作事故停机;或者发出断水警报,经过一段延时作事故停机,延时时间约为 30s 左右。

润滑油压差保护是在压缩机运行时确保一定的油压。当油压低于某一定值时,压差继电器动作,压缩机必须停机,以免发生设备事故。油压保护不能使用压力断电器,只能采用压差继电器,因为曲轴箱或油箱是与压缩机吸入侧相通。其压差继电器动作的调定值是:旧式活塞式压缩机为 $0.49 \times 10^5 \text{ Pa}$;带卸载装置的系列活塞式压缩机为 $1.47 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

压差继电器,也是氨泵不上液的安全保护设备。用于氨泵的压差继电器的特点是量程范围小,在 $(0.098 \sim 1.47) \times 10^5 \text{ Pa}$ 的范围内,动作较为灵敏,同时采用延时措施。

综上所述,随着制冷系统自动控制程度的提高,压力保护安全设备也日益完善。

③ 熔塞。在贮液器和冷凝器上设置的熔塞也是一种安全设备,可以防止因火灾而出现的爆炸事故。熔塞因火灾等外部发生的高温而熔化。它和因操作管理上的失误而产生的高压,所设置的安全阀和压力继电器等安全设备不同。异常高压时,熔塞不起安全保护作用。

熔塞是镶在压力容器壁上的易熔合金塞子,其主要成分是铋(Bi)、铅(Pb)和锡(Sn)组成,其熔点为 $60 \sim 80^\circ\text{C}$ 。

2. 液位监视及其安全设备

为防止压缩机湿冲程,必须在气液分离器、低压循环桶、中间冷却器上设置液位指示、控制和报警装置,在低压贮液器上设液位指示和报警位置。排液桶、集油器等均应装设液位指示器。

如使用玻璃液位指示器时,必须采用高于最大工作压力的耐力玻璃管,不得以锅炉用玻璃管代替,并设有自动闭塞装置(例如弹子角阀,如有可能采用板式玻璃液位指示器则更好)。

为了保证使用安全,液位计应经耐压试验,其试验压力见表 7-11。

表 7-11 液位计的试验压力

制冷剂	最小试验压力/ 10^5 Pa		高压侧试验压力,相当制冷剂的饱和温度/ $^\circ\text{C}$
	低 压 侧	高 压 侧	
R717	11.76	19.6	51
R12	9.8	16.17	65
R22	11.76	19.6	52

注:耐压试验,是用水和压缩机润滑油为介质的液压试验,不应用制冷剂作试验介质。

液位计内应清洁,防止堵塞;玻璃管式液位计应设有金属保护管,定期检查液位指示、控制和报警装置,并保证灵敏可靠。

3. 温度监视及其安全设备

压缩机的吸排气侧、轴封器端、分配站、热制冷剂的集管上均设有温度计,以便监视和记录制冷系统的运行工况。为避免排气温度过高,一般还在压缩机排汽管上装置温度控制器。在大、中型电机上也设有温度计。

所用的温度计种类主要有热电偶温度计、电阻温度计、半导体温度计和电接点的水银温度计等。

压缩机的排气温度、润滑油温度和冷却水的进出口温度、电动机温度以及库房温度等都是检查制冷系统完全运行的重要参数。所以,要求温度显示准确可靠,并能进行有效地控制,测温元件的位置应全部浸入被测介质中,或被介质所包围,不得随意改变测温点的位置,以避免造成温度的异常和滞后。

采用电接点的水银温度计测温时,应采用电压为 36V 的电源。

压缩机吸气和排气侧的温度变化能反映出机器运转是否正常、中间冷却器供液的多少,甚至还能反映出阀片的损坏情况等,所以要求在压缩机排气管上的温度控制器感温元件应尽可能靠近排气腔。如果采用温度套管的形式,应在套管内加入润滑油,以便准确和迅速地反映排气温度的变化。当排气温度超过调定值时,即发出警报并使压缩机作为故障停机。

设置在压缩机曲轴箱中的温控器感温元件,当油温超过允许值时,温控器动作,发出警报,并使压缩机作故障停机。对于高速、多缸活塞式压缩机,其润滑油温的保护值可取 60°C (最高不超过 70°C)。

在氟利昂制冷系统中,由于润滑油中溶解有大量制冷剂,会造成开机时不起油压,使机器断油。为防止这一现象的发生,可以在曲轴箱内装设电加热器,在起动前,电加热器先自动加热,使溶解在油中的制冷剂受热蒸发,然后再自动起动压缩机。

4. 电气参数的监视及其安全设备

机器间应设置电压表,并定时记录电压数值。当电网的电压波动接近规定幅度时(即不应低于 340V,不高于 420V),应密切注意电流变化和电机温升,以防止发生电机烧毁事故。

每台压缩机、氨泵、水泵、风机都应单独装设电流表,并有过载保护装置。

冷藏库须设置库内解救报警装置,一旦有人困在库内,可在库门附近发生呼救信号,同时向机器间或值班室人员传达报警,以便及时解救。报警线路应采用 36V 以下电压。

冷库的隔热材料,如聚苯乙烯等,属于易燃物质,应注意电缆和电器设备不得直接与这类隔热板建筑物接触,以免因电器事故引起火灾。

5. 其他安全防护设备

(1) 为避免制冷剂倒流,在压缩机的高压排汽管道和氨泵出液管上,应分别装设止回阀。

这里值得提醒的是:中间冷却器、蒸发器、气液分离器、低压贮液器等设备的节流阀禁止用截止阀代替,以避免因供液不当而使制冷压缩机出现湿冲程。

(2) 冷凝器与贮液器之间设有均压管,在运行中均压管应是开启状态,两台以上贮液器之间还分别设有气体和液体均压管。这些均压管不得处于切断状态,使其起到保证高压设备之间的压力均衡、液态制冷剂流动畅通以及液位稳定的作用。

(3) 高压贮液器设在室外时,应有遮阳棚,以防止日光直晒,致使温度升高而影响安全运行。

(4) 机器的转动部位均需设置安全保护罩,设在室外的设备应设有防止非操作人员入内的围墙或栏杆。

(5) 在机器间和设备间内设有事故排风设备,以便在事故发生时能及时排除有害气体。在平时运行或检修时,也可减少室内空气的污染。其排风能力要求是每小时将室内空气更换不少于 8 次。而且在室内和室外都装设事故排风机的按钮开关,备有事故电源供电,在紧急情

况下能确保风机工作。

(6) 机器间和设备间的门应向外开,并应留有两个进出口,以保证安全。

机器间外设有事故开关、消火栓,机房配备带靴的防毒衣、橡皮手套、木塞、管夹、氧气呼吸器等防护用具和抢救药品,并把它们放在便于索取的位置,要专人管理、定期检查、确保使用。

(7) 为避免对邻近环境的污染和影响安全,要求安全阀的泄压管高出机房屋檐 1m 以上,或高出冷库四周 50m 以内的最高建筑物 1m 以上,或高出冷凝器操作平台 3m 以上,而且确保泄压管的畅通。

7.4.2 安全操作

制冷系统中的安全装置对生产运行中所出现的异常危险情况,防止发生爆炸或重大事故起到了良好的保证作用。但是,由于错误的操作,或违反安全技术规程而造成的重大事故还时有发生。因此,还必须制定科学而合理的安全操作规程,并严格遵守执行才能杜绝事故发生。

为了使制冷系统安全运转,有三个必要的条件。第一是使系统内的制冷剂蒸气不得出现异常高压,以免设备破裂;第二是不得发生湿冲程、液爆、液击等误操作,以免设备被破坏;第三是运动部件不得有缺陷或紧固件松动,以免损坏机械。

1. 阀门的安全操作

阀门是控制制冷系统安全运转所必不可少的部件,在制冷系统内应该有一定数量的调节阀、截止阀和备用阀。

向容器内充灌制冷剂时,阀门的开启操作应缓慢打开。过快的加载速度会使设备潜在的原有的微型缺陷,没有足够的时间产生滑移过程,应变速率在缺口根部区域增大,从而降低了材料的断裂韧性,容易引起脆性破坏。加载速度不同对材料断裂韧性的影响见图 7-1 所示。材料的断裂韧性 K_0 越低,设备发生脆性破坏的可能性就越大,所以,缓慢打开阀门,向容器内加载,有利于保证容器的安全。

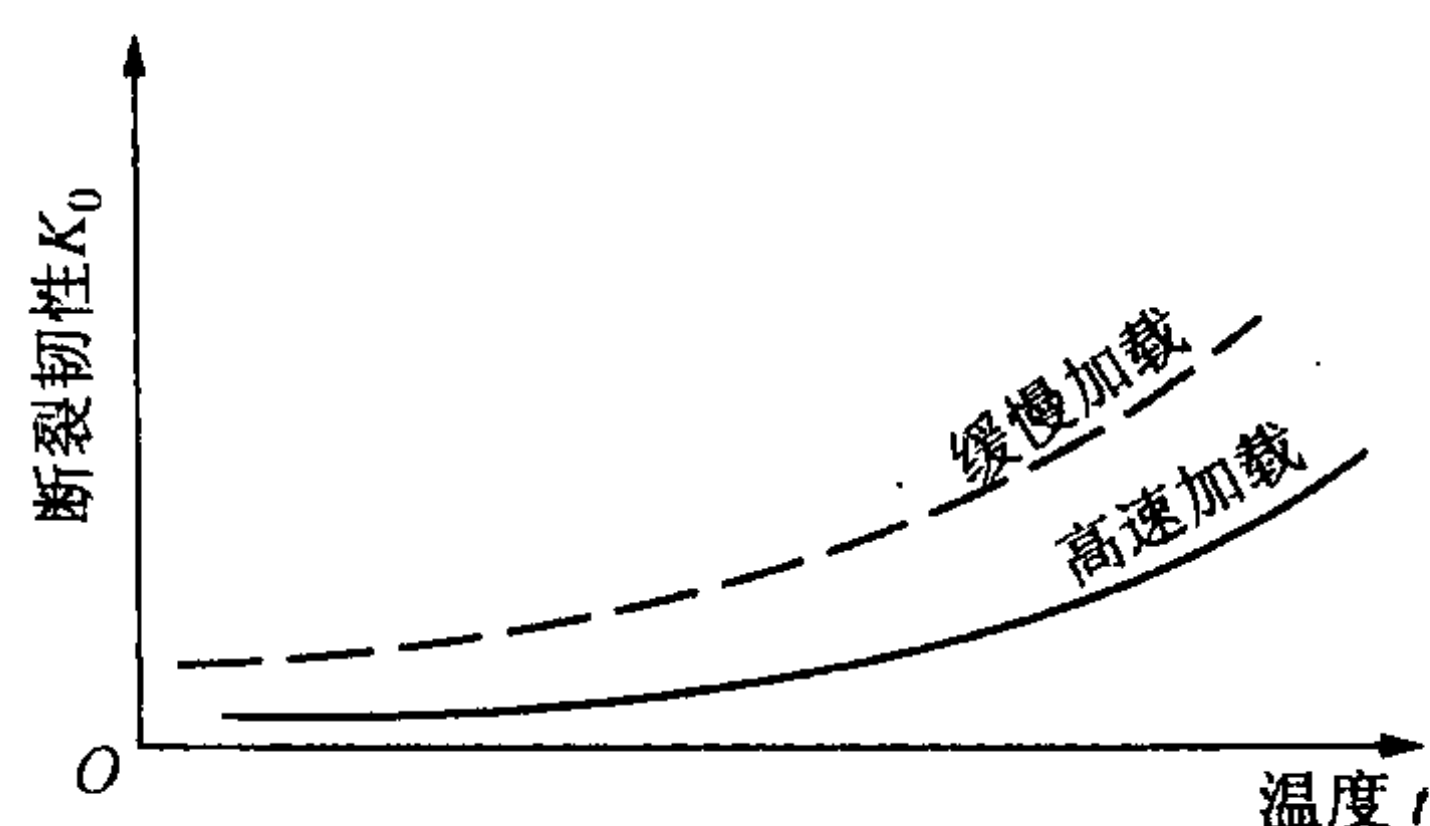


图 7-1 加载速率对材料断裂韧性影响

制冷系统中,有液态制冷剂的管道和设备,严禁同时将两端阀门关闭。尤其在工作状态下,供液管、排液管、液态制冷剂调节站等管道一般是充满液体的,在停运前都应进行适当抽空。否则,当在满液情况下,关闭设备或管道的进出口截止阀时,因吸收外界热量,液体产生体积膨胀而使设备或管道引起爆裂事故,通常称为“液爆”。一般情况下,液爆时大都在阀门处崩裂,事故的后果是很严重的。

由此可见,充满制冷剂的管路两端的阀门至少要有一个必须处于开启状态。同理,冷风机在用水冲霜时,严禁将分配站上的回气阀和排液阀全部关闭。

在制冷系统操作中,可能发生液爆的部位应特别加以注意,这些部位有:

- ① 冷凝器与贮液器之间的液体管道。
- ② 高压贮液器至膨胀阀之间的管道。
- ③ 两端有截止阀门的液体管道。
- ④ 高压设备的液位计。
- ⑤ 在氨容器之间的液体平衡管。

- ⑥ 液体分配站。
- ⑦ 气、液分离器出口阀至蒸发器(或排管)间的管路。
- ⑧ 循环贮液器出口阀至氨泵吸入端的管路。
- ⑨ 氨泵供液管路。
- ⑩ 容器至紧急泄氨器之间的液体管路等,均是有可能造成液封的管路。

开启回气阀时,也应缓慢动作,并注意倾听制冷剂的流动声音,禁止突然猛开,以防过湿蒸汽体冲入压缩机内,而引起事故。

开启阀门时,为防止阀芯被阀体卡住,要求转动手轮不应过分用力,当开足后应将手轮回转 $1/8$ 圈左右。

为了避免误操作阀门而发生事故,压缩机至冷凝器总管上的各阀门应处于开启状态,加以铅封。各种备用阀、灌液阀、排污阀等平时应关闭,并加铅封或拆除手轮。对连通大气的管接头应加闷盖。所有控制阀手轮上,可以挂启闭牌,调节站上的阀门应注明控制某冷间或某设备的标志。最好在所有靠近阀门的管道上标上制冷剂的流向箭头。

2. 设备的安全操作

制冷系统中的运动部件,如传动皮带、联轴器等应加防护装置,否则禁止运转。为了防止低压、低温管路在融霜时受到压力波动和温度变化的影响,规定进入蒸发器前的压力不得超过 $7.84 \times 10^5 \text{ Pa}$,并禁止用关小或关闭冷凝器进气阀的方法加快融霜速度。

为防止环境污染和氨中毒,从制冷系统中排放不凝性气体时,需经过专门设置的空气分离器排放入水中。

为防止高温、高压的气体制冷剂窜入库房,使机器负荷突增,规定贮液器液面不得低于其径向高度为 30%。

为了防止贮液器、排液器出现满液影响冷凝压力,使系统运行工况恶化,贮液器的液面不得超过径向高度的 80%。

由于制冷设备内的油和氨一般呈有压力的混合状态,为避免酿成严重的跑氨事故,严禁从制冷设备上直接放油。

另外,当设备间的室温达到冰点温度时,对所有用冷却水的设备,在停用时应将剩水放尽,以防冻裂。

3. 设备和管道检修的安全操作

为防止检修时因设备内残存的制冷剂造成操作者中毒和窒息,特别是为避免氨与空气混合到一定比例后遇到明火发生爆炸,以及氟利昂制冷剂遇到明火会分解出剧毒物质。在制冷剂未抽空或未置换完全而未与大气接通的情况下,严禁拆卸机器或设备的附件进行焊接作业。同时,还规定在压缩机房和辅助设备间不能有明火,冬季严禁用明火取暖。

为了防止触电事故,在检修制冷设备时,特别是检修库内风机、电器等远离电源开关的设备,须在其电源开关上挂上工作牌,检修完毕后由检修人员亲自取下,其他人员不允许乱动。

在检查和维修机器间和泵房内的机器设备和阀门时,必须采用 36V 以下电压的照明电源,潮湿地区应采用 12V 以下的照明电源。

在检修制冷系统的管道时,若需更换管道或增添新管路,必须采用符合规定的无缝钢管(氟利昂制冷系统可以采用无缝紫铜管),严禁采用有缝管和水暖管件。

制冷系统在大检修以后,应进行耐压强度和气密性试验,在设备增加焊接或连接管道后,

应进行气密试验,合格后方允许使用。

4. 充灌制冷剂的安全操作

新建或大修后的制冷系统,必须经过气密试验、检漏、排污、抽真空,当确认系统无泄漏时,方可充灌制冷剂,如用充氨试漏时,设备内的充氨压力不超过 $1.96 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

由于充氨操作危险性大,要求在值班班长的指导下进行。为防备万一,还应备有必要的抢救器材。向制冷系统内充灌制冷剂的数量应严格控制在设计的要求和设备制造厂家所规定的范围内,并认真做好秤量数据的记录。

氨瓶或氨槽车与充氨站的连接管必须采用无缝钢管,或用耐压在 $29.4 \times 10^5 \text{ Pa}$ 以上的橡皮管,与其相接的管头,需有防滑沟槽,以防脱开发生危险。

7.4.3 制冷剂钢瓶的使用和管理

盛装制冷剂的钢瓶,必须严格遵守国家劳动总局颁布的“压力容器安全监察规程”和“气瓶安全监察规程”的规定。

制冷剂钢瓶属于液化气体压力容器,钢瓶的爆炸是常见的事故,往往造成人身伤亡的惨痛后果。发生爆炸事故的主要原因是:

- ① 超过允许的充装量。
- ② 使用超过期限的钢瓶。
- ③ 使用受损有缺陷的钢瓶。
- ④ 使用了其他易爆或助燃气体的钢瓶而又未清理干净。
- ⑤ 存放地点的温度过高或暴晒。

据劳动部门统计,氨瓶爆炸事故中,约90%是因为超装而引起的。这说明事故的性质是属于责任事故。

经验证明,充满液氨的钢瓶,放在日光照射的场地上半个小时就能爆炸,爆炸率是百分之百。

为了保证生产和人身的安全,对制冷剂钢瓶的充装、使用、运输和贮存都必须遵守下列安全技术要求。

1. 充装的安全要求

(1) 钢瓶的检查。钢瓶充装前,须有专人检查,有下列情况之一者,不准充装:

- ① 漆色、字样和所装气体不符,字样不易识别的气瓶。
- ② 安全阀件不全、损坏、或不符合规定的气瓶。
- ③ 不能判别装有何种气体,或钢瓶内没有余压的气瓶。
- ④ 超过检查期限的气瓶。
- ⑤ 钢印标志不全,不能识别的气瓶。
- ⑥ 瓶体经外观检查有缺陷,不能保证安全使用的气瓶。

钢瓶不得用贮氨器或其他容器代替。钢瓶必须每三年交当地劳动管理部门指定的检验单位进行技术检验,检验合格后,打上钢印方可使用。

(2) 充装时的安全要求:

① 制冷剂的充装数量,可按钢瓶标定值,也可按下表7-12的规定。实际充装量为钢瓶容量乘以充装系数。

表 7-12 制冷剂的充装系数

制冷剂名称	化学式	充装系数
R717	NH ₃	0.53
R21	CF ₂ Cl ₂	1.14
R22	CHF ₂ Cl	1.02

② 认真填写充装记录,其内容应包括:充装日期、氨瓶编号、实际充装量、充装者和复验者姓名等。

③ 秤量衡器应保持准确。

2. 钢瓶使用的安全要求

(1) 操作人员启闭钢瓶阀门时,应站在阀的侧面缓慢开启。

(2) 钢瓶的瓶阀冻结时,应把钢瓶移到较暖的地方,或者用洁净的温水解冻,严禁用火烘烤。

(3) 立瓶应防止跌倒,禁止敲击和碰撞。

(4) 不得靠近热源,与明火的距离不得小于 10m,夏季要防止日光曝晒。

(5) 瓶中气体不能用尽,必须留有剩余压力。

3. 运输的安全要求

(1) 旋紧瓶帽、轻装、轻卸、严禁抛滑或撞击。

(2) 钢瓶在车上应妥善加以固定,用汽车装运时应横向排列,方向一致,装车高度不得超过车帮。

(3) 夏季要有遮阳设施,防止暴晒。

(4) 车上禁止烟火,禁止坐人,并应备有防氨泄漏的用具。

(5) 严禁与氧气瓶、氢气瓶等易燃易爆物品同车运输。

4. 储存的安全要求

(1) 专用钢瓶仓库与其他建筑物的距离规定为:距厂房,不小于 25m;距住宅和公共建筑物不小于 50m。

(2) 氨瓶仓库应为不低于二级耐火等级的单独建筑,地面至屋顶最低点的高度,应不小于 3.2m,屋顶应为轻型结构,地面应平整不滑。

(3) 仓库内不应有明火或其他取暖设备。

(4) 仓库内有良好的自然通风或有机械通风设备。

(5) 旋紧瓶帽,放置整齐,妥善固定,留有通道。堆放不应超过五层,瓶帽、防震圈等附近必须完整无缺。

(6) 氨瓶严禁与氧气瓶、氢气瓶同室贮存,以免引起燃烧、爆炸,并在附近设有消防、灭火器材。

(7) 禁止将有氨液的钢瓶贮存在机器设备间内。临时存放钢瓶,在室外要远离热源,防止阳光曝晒,在室内应选择通风良好、便于保管的独立建筑。

7.4.4 人身安全及救护

制冷系统的操作人员要做到安全生产,不仅要掌握制冷技术知识和具有熟练的安全操作

能力,而且还必须掌握有关人身安全和救护知识。

在冷库生产过程中,电器设备、运动机械、高温高压气体、低温环境、以及制冷剂等,都可能危及人身的安全。因此,必须认真贯彻执行有关的安全规定和条例。一般通用电器设备、运动机械、高温、高压等,均有完善的安全规定。这里主要介绍制冷剂对人体的影响及其紧急救护措施。

1. 制冷剂对人体生理的影响

制冷剂对人体生理的影响,较为重要的有中毒、窒息和冷灼伤。引起人中毒的制冷剂有氨和二氧化硫,引起人窒息的制冷剂有氟类,所有的制冷剂都会引起冷灼伤。

氟利昂类制冷剂本身是无毒、无臭、不燃烧、不爆炸。但是,当水和氧气混合时,再与明火接触则发生分解,生成氟化氢、氯化氢和光气,特别是光气对人体十分有害。氟利昂类制冷剂虽无毒,但它在常温下的气态密度比空气大,当其在空气中含量(容积浓度)超过 80% 时,会引起人窒息。

窒息可分为突然窒息和逐渐窒息两类。突然窒息是指在空气中制冷剂含量很高,操作人员立即失去知觉,好像头部受到打击一样而跌倒,可能在几分钟内死亡。这种窒息发生在设备检修中不按照安全技术规程进行操作的情况下。另一类是逐渐窒息,主要是由于制冷剂泄漏,使空气中的氧含量逐渐降低,而使人慢慢地发生窒息。这种情况通常很容易被人们所忽视,因此对人造成伤害的可能性就更大。要避免逐渐窒息对人员的危害,必先了解窒息对人体生理的影响。

当空气中的氧气含量降低到 14% (体积比) 时,出现早期缺氧症状。即呼吸量增大、脉搏加快。注意力和思维能力明显减弱,肌肉的运动失调。

当空气中的氧气含量降到 10% 时,仍有知觉,但判断功能出现障碍,很快出现肌肉疲劳,极易引起激动和暴躁。当空气中氧含量降到 6% 时,出现恶心和呕吐,肌肉失去运动能力,发生腿软,不能站立,直至不能行走和爬行。这一明显症状往往是第一个也是唯一的警告,然而已经发现为时已晚,严重者窒息已经发生。这种程度的窒息即使经过抢救可能苏醒,也会造成永久性的脑损伤。

制冷剂泄漏时,对人体的危害程度取决于制冷剂的化学性质及其在空气中的浓度,以及人在此环境中所停留的时间长短。

制冷剂的毒性分为 6 级,1 级毒性最大。二氧化硫为 1 级,它是一种早期采用的制冷剂,目前已很少使用。氨为 2 级,当空气中氨的浓度在 0.5%~1% 时,人在此环境中停留 30min 就会患重症或死亡;当氨浓度达到 15.5%~27% 时,遇明火即有爆炸的危险。

制冷剂毒性比较见表 7-13,按其对人体毒性和危险的大小进行排列。

空气中的含氨量对人体生理影响见表 7-14。

冷灼伤是指裸露着的皮肤接触低温制冷剂造成皮肤和表面肌肉组织的损伤。所以,在有可能直接接触制冷剂的场合,应采用防护措施。

2. 预防措施

制冷系统的操作人员对工作要极端地负责任,确保机器、设备和管道的密封,不能泄漏。凡是有可能接触到制冷剂工作的人员,应接受安全教育,严格遵守有关技术规程。

机房必须备有橡皮手套、防毒衣具(带靴的下水衣)、安全救护绳、胶鞋以及救护用的药品,并应妥善放置在机房进口的专用箱内,使之取用方便。

机房内应配备二氧化碳、“干粉”等灭火器材,以备事故发生时使用。

表 7-13 各种制冷剂的毒性比较表

制冷剂名称	毒性级别	对空气的相对密度	发生危险的条件	
			按容积计的蒸汽含量/%	停留时间/mm
二氧化硫	1	2.07	0.5~0.8	5
R717	2	0.55	0.5~0.8	30
二氯甲烷	3	2.74	5.0~10.0	30
R22	4	3.55	10.0~15.0	30
R11	4	4.44	5.0~10.0	30
R12	5	3.93	25.0~30.0	60

表 7-14 空气中氨含量对人体的生理影响

对人体生理的影响	空气中的含氨量/ppm*
可以感觉氨臭的最低浓度	53
长期停留也无害的最大值	100
短时间对人体无害	300~500
强烈刺激鼻子和咽喉	408
刺激人体眼睛	698
引起强烈的咳嗽	1720
短时间(30min)也有危险	2500~4500
立即引起致命危险	5000~10000

* ppm 为 10^{-6} 。

3. 氧气呼吸器的使用和保管

(1) 氧气呼吸器的工作原理是借助肺力而动作的一种呼吸器。由人体的肺部呼出的气体进入清净罐,二氧化碳被吸收剂清除掉,残余的气体与氧气瓶贮存的氧气混合后组成新鲜空气,被呼吸进入人体的肺部。

(2) 氧气呼吸器的使用方法:

① 使用时,将头和左臂穿过悬挂的皮带,然后落于右肩上,再用紧身皮带把呼吸器固定在左侧腰际。

② 打开氧气瓶的开关,手按补给钮,排出呼吸器内各部分的污气。

③ 把覆面由头顶套入,戴向下颚,它的大小以既能保持气密,又不太紧为原则。校正眼镜框的位置,使其适合视线。

④ 检查气压表的压力数,以便核对氧气呼吸器的工作时间。

⑤ 必要时可按气笛进行联系。

3. 氧气呼吸器的消毒和保管:

① 消毒:使用前后都必须消毒。消毒的主要部分是气囊、覆面以及呼吸用的软管。消毒时可用 2%~5% 的石炭酸溶液或酒精清洗。

② 保管:避免日光直接照射,以免橡胶老化或高压氧气部分降低安全度。保持清洁,防止灰尘,切忌与各种脂肪油类接触。每年应检查氧气瓶内的存氧情况和吸收剂性能,要及时充氧和更换吸收剂,使氧气呼吸器处于准备使用状态。

4. 紧急救护

(1) 发生漏氨时的急救措施。如果漏氨事故发生在机房内,应先正确判断情况,开启事故排风机,组织有经验的技工穿戴防护用具进入机房抢救。先关停所有运转设备,寻找出漏氨点。如在高压管道漏氨,应切断漏氨口两端的阀门和与有关设备相连通的管道。可采用放空的办法,待管内余氨放完,用新鲜空气吹扫管道,然后进行补焊。如在低压系统管道(如库房内冷却设备)漏氨,应迅速查明漏氨部位,关闭该冷间冷却设备的供液阀和回气阀。如果冷间氨汽甚浓,可开动风机排除氨汽,并用醋酸溶液喷雾中和,然后用管卡将漏点夹死,再将货物转移,待货物出空,库温升高后再行补焊(操作人员可根据制冷系统的不同特点和具体情况,灵活采用安全有效的处理方法)。

(2) 发生氨中毒的急救措施。氨对人体造成的伤害,大致可分为三类。

- ① 氨液溅到皮肤上会引起冷灼伤;
- ② 氨液或氨气对眼睛有刺激性或灼伤性伤害;
- ③ 氨气被人体吸入,轻则刺激呼吸器官,重则导致昏迷甚至死亡。

对造成伤害的急救措施是:当氨液溅到皮肤上或衣服上时,应立即把被氨液溅湿的衣服脱去,用水或2%硼酸水冲洗皮肤,注意水温不得超过46℃,切忌干加热,当解冻后,再涂上消毒凡士林、植物油脂或万花油等。

当呼吸道受氨气刺激引起严重咳嗽时,可用湿毛巾或用水弄湿衣服,捂住鼻子和口,由于氨易溶于水,因此,可显著减轻氨的刺激作用。也可用食醋把毛巾弄湿,再捂口、鼻,由于醋蒸气与氨发生中和作用,使氨变成中性盐。这样,也可减轻氨对呼吸道的刺激和中毒程度。

当呼吸道受氨刺激较大而且中毒比较严重时,可用硼酸水滴鼻漱口,并给中毒者饮入0.5%的柠檬酸水或柠檬汁。但切勿饮白开水,因氨易溶于水会助长氨的扩散。

当氨中毒十分严重,致使呼吸微弱、甚至休克、呼吸停止时,应立即进行人工呼吸抢救,并给中毒者饮用较浓的食醋,有条件时施以纯氧呼吸。遇到这种严重情况,应立即请医生或将中毒者送医院抢救。

不论中毒或窒息程度轻重与否,均应将患者转移到新鲜空气处进行救护,不让其继续吸入含氨的空气。

对腹部以下器官,当吸附氨而产生强烈刺痛感时,应立即跳进水池即可逐渐缓解。

7.5 气调冷库管理

7.5.1 气调库运行管理

1. 气调库运行前的准备

在货物进库之前,应检查库内所有的气调设备、冷冻设备和通风设备并作好使用前的准备工作。为了使气调库获得最大的效益,应把气调库迅速地装满,迅速地冷却。库内货物应进行合理的堆装,保证气流循环良好。

在库房关闭密封前,应做好下列工作:

- ① 给压力安全装置注水。
- ② 校正好遥测温度计。
- ③ 检查照明设备。
- ④ 给冲霜排水管水封注水。
- ⑤ 检查通风管道的密闭性。

2. 运行

(1) 运行操作:

① 快速降氧运行。通常是用催化燃烧降氧机或碳分子筛气调机进行,库房封闭后即行开始,通常将库内气体的氧含量从 21% 快速降到 10% 左右即可。同时做好运行记录。

② 二氧化碳脱除。可用消石灰、二氧化碳脱除机或碳分子筛气调机进行,一般降到 2% 即可。

③ 氧气的补充。气调库中的果蔬,其呼吸会消耗氧气,库内气体的氧含量会越来越低。为了保证不发生缺氧呼吸,必须根据各种货物对氧含量的要求定期补氧。通用的补氧方法是:用一根空气管从库外向库内送入氧含量高的新鲜空气。该空气管上有可供调节的孔,可通过开孔的大小控制库内气体的氧含量。也可用一台微型离心风机迅速地添加新鲜空气,风机在时间继电器控制下运行。在通风机运行时,也可以将气调门上的检修孔稍微打开,以释放库内压力。一般氧含量补充到 5%~8%。

(2) 气体成分测试和校正。每间气调库应装有两根取样管,一根供日常测试取样,另一根供校正用。对气调库中的气体成分,每天最少应检测一次,每星期最少应校正一次,每年对所有管线至少要做一次压力测试。

气调库运行前和运行期间,测氧仪和二氧化碳检测仪应经常用奥氏气体分析仪进行校核,确保使用仪表的测试准确度,避免因检测失误造成损失。

3. 打开气调库

为了安全起见,在人们进库前,必须用室外新鲜空气对库房进行通风换气若干小时,使库内气体的氧含量升到 21%。

7.5.2 气调设备的维修与管理

1. 正确操作使用设备

操作人员应严格按照产品操作使用说明书进行操作,并应指定经过专门培训的技工进行操作,做好工作记录。

对于催化燃烧降氧机的开机程序和关机程序可参见下表 7-15,表 7-16。

2. 设备维修

催化燃烧降氧机常见故障及修理见表 7-17。

二氧化碳脱除机常见故障及修理见表 7-18。

碳分子筛气调机常见故障及修理见表 7-19。

7.5.3 气调库安全管理

1. 掌握安全知识

(1) 操作维修人员必须了解气调库内的气体不能维持人的生命,当人们进入气调库工作

时,会窒息而死。因而要了解窒息的症状(见本章第四节第四段:人身安全及救护),懂得不同症状的危险程度。

(2) 操作维修人员必须熟练掌握呼吸装置的使用,装入呼吸器的应是空气(利用空压机或鼓风机)不是纯氧,呼吸面具要有带子绑牢。

表 7-15 催化燃烧降氧机开机程序

序 号	操 作 内 容	工 作 情 况 及 显 示
1.	1. 接好水源,打开冷却水量调节阀(序号 18) 2. 接好燃料管道,打开燃料油箱总阀(序号 5) 3. 接好三相四线电源,合上总开关 4. 调整好温度计,下限指针调到 260℃,上限指针调到 580℃ 5. 把机器顶盖上的电热偶(序 13)插入到反应器上端插口内	
2.	1. 打开电源开关 2. 合上报警开关 3. 打开风机上回流阀	1. 电源指示灯亮 2. 风机顺时针方向旋转 3. 反应器电炉预热,约半小时 4. 温度计指针直至上升到 260℃
3.	预热温度上升到 260℃时 1. 关闭风机上的回流阀 2. 调节燃料流量 (1) 用气体燃料时,因大转子流量计,关闭小转子流量计 (2) 用液体燃料时,用小转子流量计,关闭大转子流量计	1. 电磁阀自动打开, 2. 空气与燃料混合进入机器,催化剂开始反应 (1) 气体燃料流量控制在 300~400 刻度之间 (2) 液体流量在 7~12 刻度之间 3. 温度上升到 580℃,有一次高温冲击过程
4.	1. 温度第一次超越 580℃时... 2. 温度下降到 580℃以下时,适当关小阀门,使温度稳定在 500~580℃之间 3. 接好机器通罩帐或库房管道	1. 电磁阀关阀,燃料切断。同时反应器电炉关闭,催化剂不反应 2. 当温度下降到 500℃以下时,电磁阀打开,自动进燃料,电炉不工作,催化剂正常反应

表 7-16 催化燃烧降氧机关机程序

序 号	操 作 内 容	工 作 情 况 及 显 示
1.	1. 关闭燃料总阀 2. 关闭流量计的阀门	机器运行正常,流量计浮子跌落
2.	切断冷却水开关	机器运行正常
3.	切断机器与罩帐或库房的连接管道	机器运行正常
4.	1. 过五分钟左右关闭机器的电源开关 2. 合下报警消除开关 3. 机器长期不用时,应放掉冷却塔底部的水 4. 关闭总电源	机器停止运转

表 7-17 催化燃烧降氧机常见故障及修理

故障现象	故障原因及排除方法
1. 打开电源开关,工作指示灯不亮,电动机(风机)不运转	自控保险丝烧断 更换 整机保险丝烧断 更换
2. 电动机运转,风压指示灯(蓝)不亮	气体流量不够,开足调节阀,检查管道 电动机反向运转,重新接好三相线 微压差信号接触不良,调节螺帽,修理触点
3. 预热温度升不上,或指示不正常	交流接触器触点损坏 更换 热电偶接触不良,或±线接反 调整 电炉丝接头接触不良或烧断 修理或更换
4. 当温度上升到 260℃时,调节转子流量计阀门无燃料	电磁阀损坏 更换 燃料用尽 加足燃料
5. 超温报警	冷却水量过小 加大水量 冷却水温度高>30℃ 降低水温 滤器或喷头堵塞 清洗
6. 低温报警	库内气流短路 打开库内搅拌风机 库内氧含量低于 1.5% 停机与厂方联系 燃料用尽 加足燃料 催化剂中毒,活性下降 更换新的催化剂
7. 防爆膜破裂	空气与燃料混合比例过高,形成爆炸性气体,将防爆膜炸破 更换防爆膜(石棉橡胶板 0.8mm)

表 7-18 二氧化碳脱除机常见故障及修理

故障现象	故障原因及排除方法
1. 按下启动按钮,鼓风机不转动,所有指示灯不亮	① 电源保险丝断 换上保险丝 ② 自控保险丝断,内部电路接触不良,请专职电工检查、修复
2. 鼓风机运转,但指示灯全不亮	① 自控电路内部接触不良,请懂自控电路电工修理 ② 零件损坏,更换零件
3. 鼓风机运转有异响,切换指示灯不按程序控制闪亮	三相四线电源接错,改正
4. 气调库中氧含量迅速上升	① 气调库本身有漏气,查出泄漏部位,重新密封 ② 机器内阀门失控,检查阀门动作程序,找出原因,如联杆与弹簧、电压、微动开关、凸轮是否正常,阀门是否严密,阀板是否卡住
5. 气调库中二氧化碳含量下降太慢或不见下降	① 鼓风机电源接反 改正 ② 外接管道太细太长,阻力大 放大管径 ③ 管路堵塞,检查阀门是否开,放掉管中冷凝水 ④ 库内无气体搅拌机,加装气体搅拌机 ⑤ 循环计时器的延时时间太长,缩短循环计时器的延时时间 ⑥ 活性炭失效,查出失效原因(泡水或吸附上硫化物),设法再生或更换新鲜活性炭

(续表)

故障现象	故障原因及排除方法
6. 鼓风机噪音很大	铜荃轴承磨损, 润滑系统闭塞, 缺少润滑油, 检查马达主轴, 更换轴承, 疏通油路, 加足 10# 变压器油

表 7-19 碳分子筛气调机常见故障及修理

故障现象	故障原因及排除方法
1. 按下启动按钮, 电源指示灯不亮, 空压机不运转	电源保险丝断 更换
2. 电源有电, 空压机不运转, 真空泵不运转	① 空压机、真空泵保险丝断 更换 ② 自控线路故障 检修
3. 空压机和真空泵运转有异声	三机电源线接错 更正
4. 气调库中氧含量降不下	① 气调库本身有漏气 堵漏 ② 转换电磁阀失控或损坏 检修, 更换 ③ 系统密封不好, 真空度达不到, 检查系统, 重新试压, 修理真空泵 ④ 分子筛失效 再生或更换 ⑤ 系统中凝结水过多, 排放干净
5. 空压机、真空泵运转噪音很大	空压机、真空泵润滑系统闭塞, 轴承磨损, 疏通油路, 更换轴承

2. 安全措施

(1) 在气密门上安装一个可拆卸的检修门, 该门至少宽 600mm, 高 750mm, 使背后绑扎着呼吸装置的人员可以通过。

(2) 在靠近库内冷风机处, 放一架梯子, 以便检修设备时使用。

(3) 在每扇气密门上书写危险标志, 写明“危险——库内气体不能维持人的生命”。

(4) 至少要准备两套经过检验的呼吸装置。

(5) 进入气调库修理设备时, 至少要有两人, 一人进入库内, 一人在观察窗外观察, 库内人员不能远离观察人员的视线之外。

思考题和习题

1. 了解冷库操作管理的要点。
2. 库房卫生管理应注意哪些方面?
3. 冷库运行时如何做到节能?
4. 如何加强冷库的科学管理?
5. 冷库安全运行管理应注意哪些方面?
6. 冷库操作人员如何注意人身安全?
7. 气调冷库管理有哪些特点?

附录 制冷工国家职业标准

1. 职业概况

1.1 职业名称

制冷工。

1.2 职业定义

操作制冷压缩机及辅助设备,使制冷剂及载冷体在生产系统中循环制冷的人员。

1.3 职业等级

本职业共设四个等级,分别为:初级(国家职业资格五级)、中级(国家职业资格四级)、高级(国家职业资格三级)、技师(国家职业资格二级)。

1.4 职业环境

室内,常温。

1.5 职业能力特征

职业能力	非常重要	重要	一般
学习能力	√		
手臂灵活性		√	
动作协调性	√		
色觉		√	
手指灵活性		√	
计算能力		√	
表达能力	√		
形体知觉			√
空间感			√

1.6 基本文化程度

初中毕业。

1.7 培训要求

1.7.1 培训期限

全日制职业学校教育,根据其培养目标和教学计划确定。晋级培训期限:初级不少于 200 标准学时,中级不少于 150 标准学时,高级不少于 150 标准学时,技师不少于 100 标准学时。

1.7.2 培训教师

培训初级、中级、高级制冷工的教师应具有本职业技师

及以上职业资格证书或具有相关专业中级及以上专业技术职务任职资格;培训技师的教师应具有相关专业高级专业技术职务任职资格。

1.7.3 培训场地设备

理论培训应具有可容纳 20 名以上学员的标准教室,并配备投影仪、电视机及播放设备。技能操作培训应具有制冷系统的可操作实物教具一套。

1.8 鉴定要求

1.8.1 适用对象

从事或准备从事本职业的人员。

1.8.2 申报条件

——初级(具备以下条件之一者)

(1) 经本职业初级正规培训达规定标准学时数,并取得结业证书。

(2) 在本职业连续见习工作 2 年以上。

(3) 本职业学徒期满。

——中级(具备以下条件之一者)

(1) 取得本职业初级职业资格证书后,连续从事本职业工作 2 年以上,经本职业中级正规培训达规定标准学时数,并取得结业证书。

(2) 取得本职业初级职业资格证书后,连续从事本职业工作 4 年以上。

(3) 连续从事本职业工作 7 年以上。

(4) 取得经劳动保障行政部门审核认定的、以中级技能为培养目标的中等以上职业学校本职业(专业)毕业证书。

——高级(具备以下条件之一者)

(1) 取得本职业中级职业资格证书后,连续从事本职业工作 3 年以上,经本职业高级正规培训达规定标准学时数,并取得结业证书。

(2) 取得本职业中级职业资格证书后,连续从事本职业工作 5 年以上。

(3) 取得高级技工学校或经劳动保障行政部门审核认定的、以高级技能为培养目标的高等职业学校本职业(专业)毕业证书。

(4) 取得本职业中级职业资格证书的大专以上本专业或相关专业毕业生,连续从事本职业工作 2 年以上。

——技师(具备以下条件之一者)

(1) 取得本职业高级职业资格证书后,连续从事本职业

工作5年以上,经本职业技师正规培训达规定标准学时数,并取得结业证书。

(2) 取得本职业高级职业资格证书后,连续从事本职业工作6年以上。

(3) 取得本职业高级职业资格证书的高级技工学校本职业(专业)毕业生,连续从事本职业工作2年以上。

1.8.3 鉴定方式

分为理论知识考试和技能操作考核。理论知识考试采用闭卷笔试方式,技能操作考核采用现场实际操作方式。理论知识考试和技能操作考核均实行百分制,成绩皆达60分及以上者为合格。技师还须进行综合评审。

1.8.4 考评人员与考生配比

理论知识考试考评人员与考生配比为1:20,每个标准教室不少于2名考评人员;技能操作考核考评员与考生配比为1:5,且不少于3名考评员。

1.8.5 鉴定时间

理论知识考试时间不少于90min,技能操作考核时间不少于120min,综合评审时间不少于30min。

1.8.6 鉴定场所设备

理论知识考试在标准教室进行。技能操作考核在模拟教具或可操作实物数学系统上进行。

2. 基本要求

2.1 职业道德

2.1.1 职业道德基本知识

2.1.2 职业守则

- (1) 遵纪守法,爱岗敬业。
- (2) 努力学习,勤奋工作。
- (3) 严谨求实,一丝不苟。
- (4) 恪尽职守,不断进取。
- (5) 团结协作,安全生产。

2.2 基础知识

2.2.1 热工及流体力学知识

- (1) 工程热力学基础知识。
- (2) 流体力学基础知识。
- (3) 传热学基础知识。

2.2.2 制冷原理

- (1) 单级蒸气压缩式制冷循环。
- (2) 两级蒸气压缩式制冷循环。
- (3) 复叠式制冷循环。

2.2.3 制冷系统的实际流程

2.2.4 制冷系统的控制知识

- (1) 电工、电子学基础知识。
- (2) 计算机基础知识。

(3) 自动控制元件知识。

(4) 自控阀门知识。

2.2.5 制冷装置的安装与维修工艺知识

- (1) 机械常识。
- (2) 钳工工艺基础知识。
- (3) 金属材料基础知识。
- (4) 电、气焊操作基础知识。
- (5) 管道施工基础知识。
- (6) 安全用电知识。

2.2.6 相关法律、法规知识

- (1) 劳动法相关知识。
- (2) 中华人民共和国安全生产法相关知识。
- (3) 中华人民共和国国家标准冷库设计规范相关知识。
- (4) 氨制冷系统安装工程施工及验收规范相关知识。
- (5) 压力容器、压力管道及气瓶管理等相关安全生产的法规知识。
- (6) 中华人民共和国消防法及相关法规、规定。

3. 工作要求

本标准对初级、中级、高级和技师的技能要求依次递进,高级别涵盖低级别的要求。

3.1 初级

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
一、制冷压缩机、辅助设备冷却启动前的准备	(一) 查看交接班记录	能根据交接班记录判断制冷压缩机、辅助设备冷却设备是否正常	1. 制冷压缩机、辅助设备冷却设备的运行参数 2. 冷冻物的基本要求
	(二) 检查仪表、电器、设备	1. 能查看相关仪表的工作参数 2. 能查看相关电器的状态 3. 能查看制冷压缩机、辅助设备冷却设备的状态和工作参数	1. 温度、压力、液位、电压、电流及其他相关控制指示仪表的作用及识读方法 2. 制冷压缩机、辅助设备冷却设备的工作原理 3. 安全操作规程中关于启动前检查内容的规定
	(三) 确认启动方案	能理解启动方案并做好启动准备	1. 制冷系统基本原理 2. 制冷压缩机、辅助设备冷却设备的名称、规格、型号、用途及在系统流程中的位置

(续表) 3.2 中级

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
二、制冷压缩机、辅助设备冷却设备的启动	(一) 确定启动程序	能确定制冷压缩机、辅助设备冷却设备的启动程序	制冷压缩机、辅助设备冷却设备的启动方法与程序
	(二) 启动制冷压缩机、辅助设备冷却设备	能正确启动制冷压缩机、辅助设备冷却设备	1. 电气设备的安全要求 2. 相关安全规范
三、制冷系统的运行操作	(一) 巡视与检查	1. 能进行值班巡视 2. 能处理制冷系统运行中的一般问题	1. 正常运行的参数和状态 2. 制冷压缩机、辅助设备冷却设备的基本工作原理
	(二) 记录运行参数	能正确填写运行记录	运行记录填写的规范要求
	(三) 异常情况的处理	能及时发现运行中出现的异常情况并做出报告	制冷压缩机、辅助设备冷却设备的一般故障表现
四、制冷压缩机、辅助设备冷却设备的停机	(一) 正常情况停机	能按操作程序正常停机	1. 正常停机程序 2. 异常情况停机程序 3. 制冷系统安全运行的基本要求
	(二) 异常情况停机	能按异常情况处理程序停机	
五、制冷系统的交接班	交接班	1. 能正确填写交接班记录 2. 能在系统稳定运行时交接班	交接班规范

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
一、制冷压缩机、辅助设备冷却设备启动前的准备	(一) 确定启动方案	能根据制冷系统的负荷情况,确定冷量与启动方案	1. 制冷系统的工作原理 2. 制冷压缩机、辅助设备冷却设备冷量的基本知识 3. 负荷所需冷量的相关知识
	(二) 查看交接班记录	1. 能按交接班记录进行正常工作 2. 能对一般故障进行分析并予以排除	1. 分析机械故障的基本知识 2. 制冷系统中控制仪器仪表的知识
二、制冷系统的运行操作	(一) 制冷系统的排污及气密性试验	1. 能够用高压气体对制冷系统进行排污 2. 能够用高压气体对制冷系统进行气密性试验 3. 能填写气密性试验报告	1. 安全排污知识 2. 气密性试验的规范要求
	(二) 充加制冷剂	1. 能对制冷系统进行抽真空操作 2. 能对制冷系统充加制冷剂	1. 制冷剂的基本知识 2. 充加制冷剂的安全操作规范
	(三) 冷冻机油的更换	1. 能将冷冻机油从系统中放出 2. 能进行冷冻机油的加油操作	1. 冷冻机油的选择方法 2. 冷冻机油的更换指标 3. 冷冻机油的操作方法
	(四) 处理异常情况	1. 能处理制冷压缩机异常声响、异常温度等一般异常情况 2. 能处理制冷辅助设备液位过高或过低等一般异常情况 3. 能处理节流阀等处管道堵塞造成的制冷系统异常	1. 制冷系统的正常工作状态 2. 一般性异常情况的处理方法

(续表)

(续表)

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
	(五) 融霜操作	1. 能对蒸发器进行融霜操作 2. 能合理选择融霜时间	1. 融霜对局部环境的影响 2. 人工除霜、制冷剂热融霜、水融霜、电热融霜的安全操作规范
三、制冷系统的调整	(一) 调整制冷系统的基本参数	能调整温度、压力等基本参数	1. 制冷系统控制元件的基本知识 2. 影响系统参数的相关因素
	(二) 调试制冷压缩机、辅助设备 & 冷却设备	能对安装或维修后的制冷压缩机、辅助设备 & 冷却设备进行调试	1. 制冷压缩机、辅助设备 & 冷却设备的调试方法与规范 2. 运行参数的相互关系
四、制冷系统的故障排除及维护保养	(一) 处理正常长期停机	能对长期停机的制冷系统进行处理	长期停机制冷系统的安全处理方法
	(二) 分析、处理一般性故障停机	1. 能分析一般性故障停机原因 2. 能排除一般性故障停机	1. 制冷压缩机、辅助设备 & 冷却设备的常见故障分析知识 2. 常见故障的排除方法
	(三) 制冷压缩机、辅助设备 & 冷却设备的初级维护保养	1. 能对制冷压缩机、辅助设备 & 冷却设备进行初级维护保养 2. 能更换制冷压缩机、辅助设备 & 冷却设备的易损件	1. 制冷压缩机、辅助设备 & 冷却设备的维护保养知识 2. 专用工具、仪表的使用知识
	(四) 事故处理	能对轻微湿冲程等一般性事故进行应急处理	一般性事故的引发原因及处理方法

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
五、制冷系统的交接班	交接班	1. 能在制冷系统正常运行时接班,并能对运行参数进行分析 2. 能在制冷系统操作调整的状态下交接班,并能分析运行参数的变化趋势	1. 系统运行相关参数正常值的范围 2. 对相关参数的分析方法

3.3 高级

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
一、制冷系统的运行操作	(一) 确定系统运行方案	1. 根据制冷系统负荷变化的情况制定运行方案 2. 能看懂制冷系统图	1. 制冷系统负荷需求的处理方法 2. 制冷系统图的有关知识
	(二) 运行操作	1. 能按系统运行方案进行运行操作	1. 制冷系统中制冷压缩机、辅助设备 & 冷却设备的结构和原理
二、制冷系统的调查	调整制冷系统	能根据制冷系统的负荷变化调整制冷压缩机、辅助设备、冷却设备及载冷剂系统的运行状态	1. 制冷压缩机、辅助设备 & 冷却设备的结构原理与调整方法 2. 冷却系统的工作原理 3. 载冷剂的基本知识
三、制冷系统的故障分析及维修保养	(一) 分析、处理故障	能分析和处理系统故障	1. 制冷压缩机、辅助设备 & 冷却设备的故障分析知识 2. 电路、电器的基本知识
	(二) 事故处理	能对严重湿程及制冷剂泄漏等类事故进行应急处理	1. 电气安全知识 2. 易燃易爆气体处理知识 3. 制冷系统事故的处理方法
	(三) 制冷压缩机、辅助设备 & 冷却设备的维修保养	能组织制冷压缩机、辅助设备 & 冷却设备的维修保养	1. 机械零件知识 2. 机器、设备装配知识

3.4 技师

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
一、制冷控制系统参数的调整	(一) 确定控制系统的运行参数	1. 能确定系统的工作程序 2. 能确定系统的运行参数	1. 控制系统的工作原理 2. 控制系统中仪表、器件的性能及其使用方法 3. 数字电路、模拟电路基本知识
	(二) 制冷系统控制仪表、器件的调整	能根据负荷变化和工况变化,调整仪表和相关器件	控制仪表和相关器件的结构原理
二、制冷系统的调整	综合调整	1. 能根据负荷变化和工况变化对制冷系统进行综合调整 2. 能绘制制冷系统草图	1. 压焓图的应用知识 2. 制冷系统图的绘制知识 3. 制冷监控系统的基本知识
三、制冷系统的故障分析与处理	(一) 对负荷所需温度的分析处理	能找出负荷所需温度不达标的原因并做出相应处理	冷冻、冷却工艺知识
	(二) 分析、处理故障	1. 能分析制冷系统中制冷压缩机、辅助设备及其冷却设备的复杂故障 2. 能排除复杂故障	各种制冷压缩机、辅助设备及其冷却设备的原理、结构、性能相关知识
四、培训与指导	(一) 培训	1. 能编制培训计划和讲义 2. 能对低级别制冷工进行理论培训	1. 培训教学计划的编制方法 2. 应用文写作知识
	(二) 指导	能对低级别制冷工的操作和安全进行指导	生产实习教学的有关知识

4. 比重表

4.1 理论知识

项 目		初级 (%)	中级 (%)	高级 (%)	技师 (%)
基本要求	职业道德	5	5	5	5
	基础知识	25	25	—	—
相关知识	制冷压缩机、辅助设备及冷却设备启动前的准备	10	15	—	—
	制冷压缩机、辅助设备及冷却设备的启动	20	—	—	—
	制冷系统的运行操作	10	10	25	—
	制冷控制系统参数的调整	—	—	—	25
	制冷系统的调整	—	15	20	20
	制冷压缩机、辅助设备及冷却设备的停机	20	—	—	—
	制冷系统的故障排除及维护保养	—	20	—	—
	制冷系统的交接班	10	10	—	—
	制冷系统的故障分析及维修保养	—	—	50	—
	制冷系统的故障分析与处理	—	—	—	40
培训与指导	—	—	—	10	
合 计		100	100	100	100

4.2 技能操作

项 目	初级 (%)	中级 (%)	高级 (%)	技师 (%)
制冷压缩机、辅助设备及冷却设备启动前的准备	20	30	—	—
制冷压缩机、辅助设备及冷却设备的启动	30	—	—	—
制冷系统的运行操作	25	15	25	—
制冷控制系统参数的调整	—	—	—	30
制冷系统的调整	—	20	25	25
制冷压缩机、辅助设备及冷却设备的停机	20	—	—	—
制冷系统的故障排除及维护保养	—	25	—	—
制冷系统的交接班	5	10	—	—
制冷系统的故障分析及维修保养	—	—	50	—
制冷系统的故障分析与处理	—	—	—	40
培训与指导	—	—	—	5
合 计	100	100	100	100

本标准摘自《国家职业标准汇编(第二分册)》

中国劳动和社会保障部培训司编

参考文献

- [1] 李明忠,孙兆礼. 中小型冷库技术[M]. 上海:上海交通大学出版社,1995.
- [2] 河北水产学院. 冷藏库设计[M]. 北京:农业出版社,1983.
- [3] 尉迟斌,卢士勋等. 实用制冷与空调工程手册[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [4] 徐德胜,韩厚德. 制冷与空调——原理、结构、操作、维修[M]. 上海:上海交通大学出版社,1998.
- [5] 卢士勋. 制冷与空气调节技术[M]. 上海:上海科学普及出版社,1992.
- [6] 尉迟斌,徐德胜. 制冷工程技术辞典[M]. 上海:上海交通大学出版社,1987.
- [7] 商业部设计院. 冷库制冷设计手册[M]. 北京:农业出版社,1991.
- [8] 冯志哲. 水产品冷冻工艺学[M]. 北京:中国农业出版社,1997.
- [9] 商业部冷藏加工企业管理局. 冷库制冷技术[M]. 北京:中国财政经济出版社,1980.
- [10] 郭凤臻. 冷藏库制冷设备安装与试运转[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1981.
- [11] 中国科技情报所重庆分所. 冷库的安装与管理[M]. 重庆:科学技术文献出版社重庆分社,1981.
- [12] 聂玉强等. 经华大厦空调与通风设计[J]. 暖通空调,1999(3).
- [13] 聂玉强等. 中央空调系统高效节能技术分析与应用[J]. 重庆建筑大学学报,2007(1).
- [14] Nie Yuqiang. The Research of Energy Saving Optimization of Central Air-Conditioning System of Hybrid Approach of Aco and Ant-Group algorithm. ISHUA. 2007(第五届暖通空调国际学术会议,清华大学,2007年8月).
- [15] 张启同. 冷库制冷技术[M]. 北京:农业出版社,1980.
- [16] 厦门水产学院制冷教研组. 制冷技术问答[M]. 北京:农业出版社,1981.
- [17] 制冷手册编写组. 制冷设备手册[M]. 北京:国际工业出版社,1974.

上海交通大学出版社制冷图书特别推荐

英汉-汉英 制冷空调辞典

徐德胜主编,2005年出版,大32开精装,定价98元:全书5大部分:英汉对照词汇35000条,汉英对照词汇35000条,名词术语加释义4000条,专业名词英汉对照彩图108幅(对照名词4000条),制冷剂性质表30张和压焓图30张。全书220万字。

现代冷冻 与空调

[美国]奥尔特豪斯著,彦启森译,2001年出版,16开精装,1200页,230万字,定价148元。全书有图1000幅,其中彩图300幅。内容丰富精彩,既有理论知识,又有操作技能,全书32章,是引进版的权威工具书。

中小型冷库 技术(第二版)

李明忠、聂玉强主编,2008年出版,16开平装,定价34元。本书详细叙述了冷库种类与布局。土建式冷库结构、围护与隔热设计、装配式与气调式冷库、库容与冷负荷计算、制冷设备、自控系统和制冷系统等11章。可作高职院校的教材,也可供设计、安装、管理、操作人员参考。

中央空调 操作实训

陈维刚、罗伦主编,2008年出版,16开平装,定价36元。本书是制冷空调专业高职教材,内容有空调知识、空气处理方法和设备系统、中央空调操作管理、冷水机组操作、辅助设备操作、自动控制管理、测试与调整等7章。

制冷与空调 自动控制

邹新生主编,2008年出版,16开平装,定价30元。本书是高职教材,也可供高级技工和技术人员参考。全书有基础知识、传感器和变送器。检测与调节仪表、常用执行器、冷库和中央空调自控系统、控制回路分析和中央空调系统安装、调试和运行管理等9章。

制冷与空调 ——原理·结构·操作·维修 (第二版)

徐德胜、韩厚德主编,2008年重印,16开,平装,定价:37.5元。本书为制冷中级工培训教材,有制冷空调基础知识、制冷剂、压缩机、热交换器、自动控制、常用电器及电路、制冷设备运行与维修、中央空调及机组、汽车空调等19章。该书第一和第二版已累计发行15万册,曾获全国高校出版社优秀双效书奖。

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]

书名 = 冷库运行管理与维修

作者 = 聂玉强

页数 = 229

SS号 = 12557292

出版日期 = 2008.09

出版社 = 上海交通大学出版社

获取更多资料 微信搜索蓝领星球