

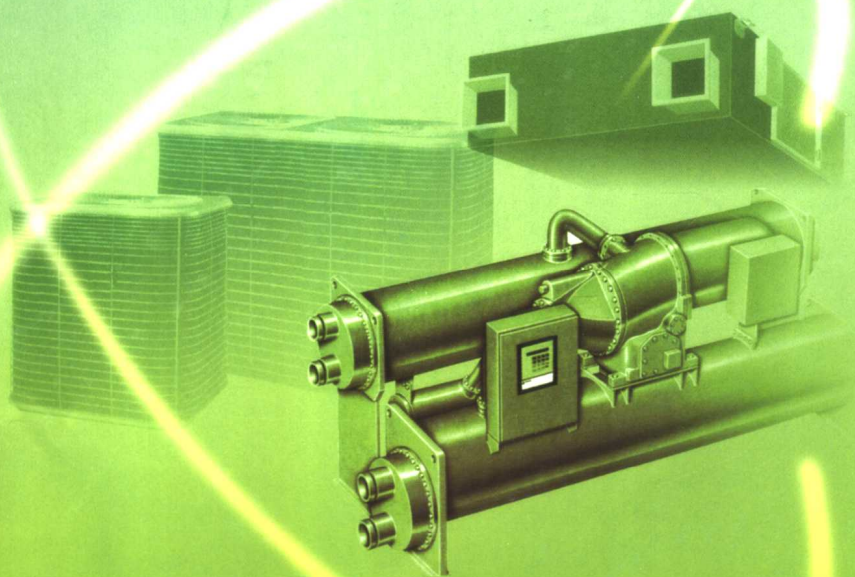



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

制冷空调装置 操作安装与维修

(制冷和空调设备运用与维修专业)

陈福祥 主编



 机械工业出版社



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

制冷空调装置操作安装与维修

(制冷和空调设备运用与维修专业)

主 编 陈福祥
参 编 宋学敏 李秀副 靳兆文
责任主审 匡奕珍
审 稿 邹新生



机械工业出版社

本教材主要讲授：制冷空调装置的安装施工技术，运转调试方法，安全管理与维修的操作规程，制冷系统故障分析、故障判断和故障处理技能，压缩机的拆卸、解体、测量、修理、装配的工艺流程和技术标准，空调系统常见故障与排除方法等。

本教材以能力为本，注重职业技能的培养，是中等职业教育（中专、技校和职高）的教学用书，也可作为高等职业教育、就业前培训教育和专业技术人员的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

制冷空调装置操作安装与维修/陈毅编. —北京：机械工业出版社，2002.

中等职业教育国家规划教材 制冷和空调设备运用与维修专业

ISBN 7-111-10561-3

I. 制… I. 陈… ①制冷-空调调节设备-安装-专业学校-教材②制冷-空调调节设备-维修-专业学校-教材 N. TB657.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2002）第 050650 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：倪少秋 版式设计：霍永明 责任校对：程俊巧

封面设计：姚毅 责任印制：闫焱

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·16 印张·393 千字

0 001—3 000 册

定价：20.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话（010）68993821、68326677-2527
封面无防伪标均为盗版

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，教育部组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲编写而成的，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定通过。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中、初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均做了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2001 年 5 月

前 言

本教材属于面向 21 世纪中等职业教育国家规划教材,是依据教育部中等职业学校制冷和空调设备运用与维修专业“制冷空调装置操作安装与维修”教学大纲而编写的。

本教材以培养应用型人才为目标,把传授职业技能作为核心内容。教材在总结制冷系统热力循环的基础上,系统地阐述了制冷空调装置的安装技术、调试方法、操作规程、检测标准和修理工艺,讲述了制冷空调装置运行中的常见故障现象、故障分析方法和故障处理过程。教材遵循教育对象的认知规律,把心智技能和操作技能两方面的培养内容,进行集约化、标准化、条理化,使之易懂、易记、易用,具有直观性、适宜性和应用性的特点,突出了以学生为主体、以能力为本位的职业教育思想。

教材编写分工如下:

陈福祥:绪论、第二章、第三章、第四章和第五章;

宋学敏:第一章;

靳兆文:第六章和第八章;

李秀副:第七章。

本书由陈福祥任主编,山东商业职业技术学院匡奕珍任责任主审,武汉商业服务学院邹新生审稿。北京联合大学张恩祥也审阅了全稿,在此一并表示感谢。

作者

2002 年 3 月

目 录

前言

绪论 1

第一章 制冷系统及设备的安装 8

第一节 冷库制冷系统的组成和供液方式 8

第二节 冷库制冷系统安装前的准备工作 13

第三节 制冷机和制冷设备的安装 16

第四节 制冷管道和阀门的安装 22

第二章 制冷设备及系统的调试 31

第一节 活塞式制冷压缩机的调试过程 31

第二节 制冷系统的压力检漏 33

第三节 制冷系统的抽真空 37

第四节 制冷系统充注制冷剂 40

第五节 制冷系统的运行调试 46

第六节 螺杆式制冷压缩机的调试 51

第七节 离心式制冷压缩机的调试 53

第八节 水系统安装质量的检查 54

第九节 制冷系统的防腐与保温 56

第三章 制冷系统及设备的操作 59

第一节 活塞式制冷压缩机的操作程序 59

第二节 螺杆式制冷压缩机的操作程序 64

第三节 离心式制冷压缩机的操作程序 66

第四节 制冷设备的管理操作程序 68

第五节 冷冻机油的管理操作程序 73

第六节 制冷系统的放空气操作程序 79

第七节 冷库的除霜方法和操作程序 82

第四章 制冷系统的管理及维修 88

第一节 制冷系统正常运行工况参数 88

第二节 制冷系统常见故障分析及排除方法 89

第三节 制冷系统故障的处理过程 102

第四节 冷凝器的维护与检修 111

第五节 蒸发器的维护与检修 114

第六节 管道和法兰的维护与检修 115

第七节 阀的维护与检修 117

第八节 制冷系统的节能措施 119

第五章 制冷压缩机的维护与修理 123

第一节 机器零件的损伤原因及磨损规律 123

第二节 机器零部件装卸的基本工艺 125

第三节 活塞式压缩机的常见故障分析 127

第四节 活塞式压缩机的检修内容和准备工作 134

第五节 活塞式压缩机的拆卸工艺 137

第六节 活塞式压缩机零部件的检查与测量 139

第七节 活塞式压缩机零部件的修理 144

第八节 活塞式压缩机的装配工艺 147

第九节 螺杆式压缩机的检修及故障分析 154

第十节 离心式制冷压缩机的检修及故障分析 162

第六章 溴化锂制冷机的安装调试和运行管理 167

第一节 溴化锂制冷机的安装要求 167

第二节 溴化锂制冷机的调试 168

第三节 溴化锂制冷机的操作与维护管理 175

第四节 溴化锂制冷机的常见故障及处理 185

第七章 空调系统的安装操作与故障排除 199

第一节 风管的布置与安装 199

第二节 水管的布置与安装 202

第三节 空调系统防振、消声、消防设施的安装 204

第四节	水系统设备与风机的安装	206	第三节	安全操作	226
第五节	空调系统的调试	212	第四节	制冷剂钢瓶的使用和管理	229
第六节	空调系统常见故障分析及 处理	215	第五节	人身安全及紧急救护	230
第八章	制冷系统的安全技术	222	附录	232	
第一节	安全技术制冷系统中的 意义	222	附录 A	部分制冷剂的热力性质	232
第二节	安全装置	222	附录 B	部分制冷剂的压焓图	245
			参考文献	248	

绪 论

制冷原理很简单。

制冷系统内部的制冷剂是不可见的。但是，作为空调制冷装置的安装维修操作人员，掌握制冷系统内部制冷剂的热力变化过程和规律，又是非常必要的。只有这样，才能把握住制冷系统正常运转的标志，深刻地分析故障现象，准确地判断故障原因，制订出最合理的故障处理方案。在职业技能的开发过程中，心智技能的培养和动作技能的培养是相统一的，阐述制冷系统内部制冷剂的变化与规律，是本课程在培养心智技能中的首要任务。

透视制冷系统内部制冷剂的变化规律，可从日常制冷现象说起。

一、日常制冷现象

制冷原理并不难。在日常生活中，我们经常遇到下述现象：炎热的夏季往地面洒水，会使室内温度有所下降；用酒精擦皮肤时，会感到一股凉意；持续喷射“喷雾型”杀虫剂，盛杀虫剂容器的铁壳会变得凉手；当打火机内的液化汽发生泄漏时，漏点周围会出现结霜现象。

综合分析上述制冷现象，我们可以发现其内在的规律：在液体转变为气体的过程中，总是伴随着制冷现象的产生。

二、制冷剂的相态变化

气体、液体和固体是制冷剂的三种相态。其中气体和液体之间的相互转变，才真正实现了蒸气压缩式制冷循环中的制冷和放热过程。

1. 汽化

由液体转变为气体的过程称为汽化。汽化的重要物理特性是“汽化吸热”，而吸热就是制冷。

汽化包括蒸发和沸腾两种形式。仅仅在液体表面发生的汽化现象叫蒸发。蒸发可在任意温度下进行，是无条件发生的，但蒸发吸热是比较缓慢的。在液体表面和液体内部同时发生的剧烈的汽化现象叫沸腾。沸腾仅在沸点温度下进行，是有条件发生的，但沸腾吸热是非常剧烈的。例如，从 0°C 到 99°C ，水都能发生蒸发现象，但吸热却比较缓慢；只有在 100°C 下，水才能沸腾，而且沸腾时的吸热是最剧烈的。在制冷技术中，我们往往利用剧烈的沸腾吸热来达到制冷的目的。如电冰箱、空调器、冷藏柜、商用空调、冷库以及中央空调等设备之所以能够制冷降温，就是利用蒸发器内制冷剂的“沸腾吸热”来实现的。

发生沸腾的条件是：①在一定压力下，液体的温度等于或高于沸点；②液体周围有热源，液体能够从中吸收热量。这两个条件缺一不可。如图 0-1 所示，

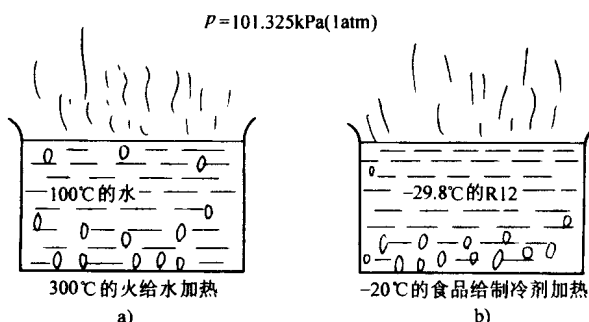


图 0-1 标准大气压下水和 R12 的沸腾过程

a) 水吸收火的热量而沸腾 b) 制冷剂吸收食物的热量而沸腾

101.325kPa (1atm) 下水的沸点是 100°C ，冰箱制冷剂 R12 的沸点是 -29.8°C 。水沸腾时就要吸收炉子的热量，R12 沸腾时就要吸收食物的热量。假如没有热源炉子和食物， 100°C 的水、 -29.8°C 的 R12，是不会发生沸腾的；从另外一个角度说，即便是有热源炉子和食物，而水的温度低于 100°C 、R12 的温度低于 -29.8°C 时，也是不会发生沸腾的。

制冷剂的沸点越低，与热源（如上述的炉子、食物）的温差就越大，吸热量就越大，制冷越好。而沸点的高低，取决于制冷剂所承受的压力的大小：压力不变，沸点不变。压力越高，沸点越高。例如，水在北京的沸点等于 100°C ，在青藏高原的沸点低于 100°C ，在高压锅内的沸点高于 100°C 。同样是水，但沸点却不尽相同，这是由于压力不同造成的。压力和沸点是一一对应关系，也就是说：一个压力下只有一个沸点，若压力升高，则沸点升高；压力降低，则沸点也降低。因此，若降低制冷剂的沸点，就必须降低制冷剂的压力。

2. 冷凝

由气体转变为液体的过程称为冷凝，也称液化。冷凝的重要物理特性是“冷凝放热”。例如，高压锅内水沸腾后停止加热，待高压锅冷却降温后，打开锅盖就会发现其内侧出现一层凝结水，这就是锅内水蒸气放热后变成的液态水。

在实际应用中，发生冷凝的条件是：①在某压力下，气体的温度等于或低于冷凝温度；②气体周围有冷源，气体能够向冷源释放热量。这两个条件缺一不可。如图 0-2 所示，有两个容器，内部压力恒定为 1.01325MPa (10atm)，全部是 R22 气体。通过查表得知，该压力下对应的冷凝温度为 40°C 。若 R22 气体的温度为 35°C 而容器外部的温度为 45°C ，则 R22 气体没有冷源，就不会发生冷凝，如图 0-2a 所示；若 R22 气体的温度为 50°C 而容器外部的温度为 45°C ，虽然 R22 气体有冷源，但由于气体的温度高于冷凝温度，也是不会冷凝的，如图 0-2b 所示。又如，电冰箱后背的黑色冷凝器以空气作为冷源，若空气的温度过高或制冷剂的冷凝温度过低，都很难实现冷凝放热过程。

制冷剂气体的冷凝温度越高，与冷源的温差越大，放热量也越大，冷凝的效果越好。冷凝温度的高低取决于冷凝压力的大小，压力越高，冷凝温度越高；压力越低，冷凝压力就越低。因此，为了使冷凝器给蒸发器提供充足的液态制冷剂，除要保持较低的冷源之外，还要保持一定高的冷凝温度。假如压缩机容积效率降低，造成冷凝压力不足，则冷凝温度也下降，气体的放热量减少，液化量也下降。

3. 饱和压力与饱和温度

在相同压力下，制冷剂的沸点和它的冷凝温度是相等的。例如，在 101.325kPa (1atm) 下，水的沸点是 100°C ，而水蒸气的冷凝温度也是 100°C ；在一个标准大气压下，R22 的沸点是 -40.8°C ，而它的冷凝温度也是 -40.8°C 。我们把沸点和冷凝温度统称为饱和温度。从一定意义上说，饱和温度是液体存在的最高温度，也是气体存在的最低温度。

制冷剂液体或气体所受的压力发生了改变，则饱和温度也发生相应的改变。对于同一种制冷剂来说，一个压力下只能存在一个饱和温度。压力升高，饱和温度也升高，压力下降，饱和温度也随之下降。饱和温度和所受压力之间是一一对应关系。这个压力就称为该饱和温度

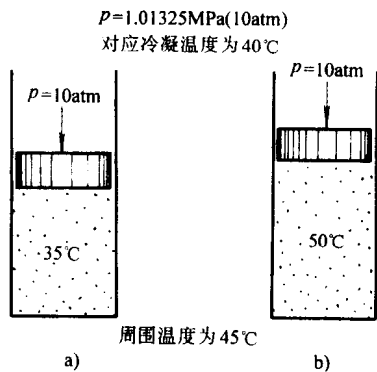


图 0-2 R22 气体冷凝的必要条件

- a) 虽低于饱和温度但不能放热
b) 虽能放热但高于饱和温度

下的饱和压力。

但是，饱和压力和饱和温度之间的一一对应关系，是受一定条件限制的，这个条件就是制冷剂必须处于饱和状态。所谓饱和状态是指制冷剂的实际温度等于所受压力下的饱和温度。不管制冷剂是否处于相变过程，也不管制冷剂是气体、液体还是气液混合物，只要其温度等于饱和温度，就是处于饱和状态。在实际应用中，只要单一的制冷剂处于气液混合物状态，就是处于饱和状态。例如，沸腾过程中和冷凝过程中的水正在发生着相变，处于饱和状态。煤气罐内的液化气和钢瓶内的氟利昂，虽没有发生相变，但也是处于饱和状态。

液体的温度低于饱和温度，称为过冷液体。例如， 20°C 的自来水是过冷状态，给它加热，一直到 99°C ，仍然是过冷状态。可见，在过冷状态下，一个压力却有无数个过冷温度与之对应，不存在一一对应关系。

气体的温度高于饱和温度，称为过热气体。例如，水沸腾的温度是 100°C ，这就是饱和状态；若水干锅后继续加热，使之高于 100°C ，达到 101°C 、 111°C 或 211°C ，这都是过热状态。不难看出，在过热状态下，一个压力有无数个过热温度与之对应，不存在一一对应关系。

制冷剂水的相态变化过程如图 0-3 所示。

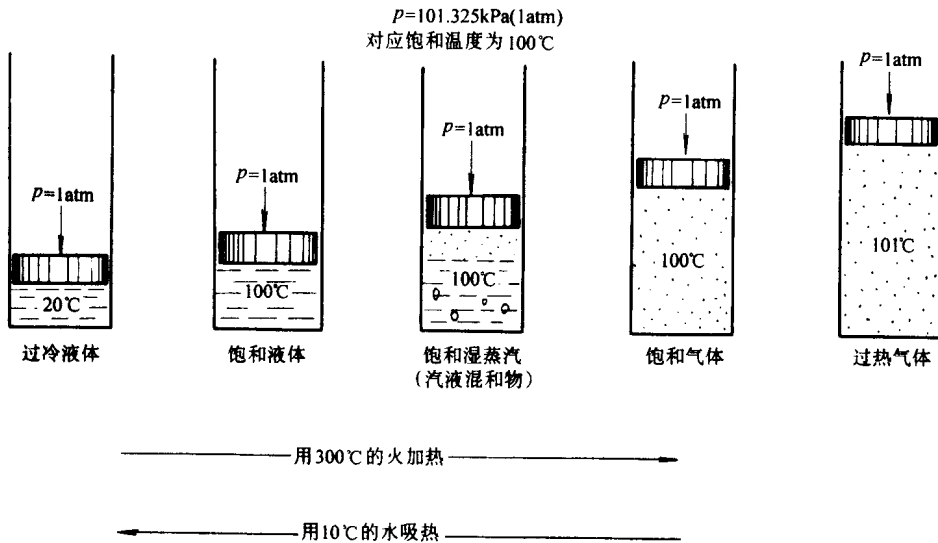


图 0-3 制冷剂水的相态变化过程

三、制冷循环的实现过程

1. 蒸发器

如图 0-4 所示，保温箱内的管路是蒸发器。蒸发器进口端连接倒置的 R12 制冷剂钢瓶，出口端连通大气。打开钢瓶阀门，制冷剂液体进入蒸发器。由于阀门的阻力作用，使蒸发器内制冷剂的压力有所下降，阀门的开口大小决定了蒸发器内压力的大小。假定蒸发器内的压力为 1.5 个标准大气压，则对应的饱和压力（沸点）为 -20°C 。由于制冷剂进入蒸发器后自身的温度等于甚至高于沸点 -20°C ，加之在蒸发器外部热源（食物和空气等）的作用下，使制冷剂具备了沸腾的条件，能够产生剧烈的沸腾吸热，使食物的温度得以下降。考虑到换热温差（假定温差为 10°C ）的影响，食物的冷藏温度（即实际制冷温度）约为 -10°C 。

因此，制冷剂在蒸发器内边流动、边沸腾吸热，从 1 点的低压低温的饱和液体（实际上

含有少量的气体,即干度值很小的湿蒸汽)转变为3点的低温低压饱和气体。3点以后气体继续吸热,温度升高,大于饱和温度,成为过热气体。

在整个蒸发器管路内,若不考虑阻力损失的影响,1点到4点压力是相同的,均为 1.5atm ,但是其温度不尽相同。从1点到3点均为 -20°C ,属于饱和温度,从3点以后温度逐渐升高,直到3点的 $+15^{\circ}\text{C}$,属于过热温度。

2. 冷凝器

在图0-4中,将汽化后的气体排放到大气中,以维持蒸发器内的低压压力,其目的是实现制冷剂的持续沸腾吸热。这是制冷设备的雏形,但这是根本不可行的。为保护大气层、提高设备运行的经济性,需将制冷剂气体收集起来,使其液化,并重新投入循环使用。如图0-5所示,为使制冷剂气体液化,首先要利用压缩机来提高气体的压力,以提高冷凝温度,增大制冷剂与环境温度的差值,便于冷凝放热。

在冷凝器内,若不考虑阻力损失的影响,各点的压力是相等的,但温度不尽相同。图0-5中,冷凝器内的压力均为 1.2159MPa (12atm),对应的饱和温度为 49°C 。5点状态的制冷剂是由压缩机提供的高温高压的过热气体,温度为 75°C 。从5点开始过热气体向周围环境散热,温度逐渐下降到 49°C ,变成6点状态的 49°C 的饱和气体。6点的温度仍然高于环境温度,具备了冷凝的条件,制冷剂开始冷凝放热,一直到7点状态的 49°C 的饱和液体。7点状态的饱和液体继续放热,变成过冷液体,一直到8点状态。8点状态的 $+35^{\circ}\text{C}$ 的过冷液体流入制冷剂钢瓶,准备再次进入蒸发器沸腾吸热,以实现制冷剂的循环使用。

从5点到9点,制冷剂的压力相同,但温度不尽相同。5点到6点是过热气体的冷却放热过程,温度逐渐下降,未发生相变;6点到7点是饱和气体的冷凝放热过程,温度不变,发生了相变;7点到9点是过冷液体的冷却放热过程,温度下降,但未发生相变。

3. 节流机构

图0-4中的钢瓶阀门开口越小,蒸发器内的制冷剂就越少,蒸发压力就越低。这个阀门起到了节流降压作用,我们称之为膨胀阀。它和毛细管又统称为节流机构。

膨胀阀的开口越小或毛细管越细越长,

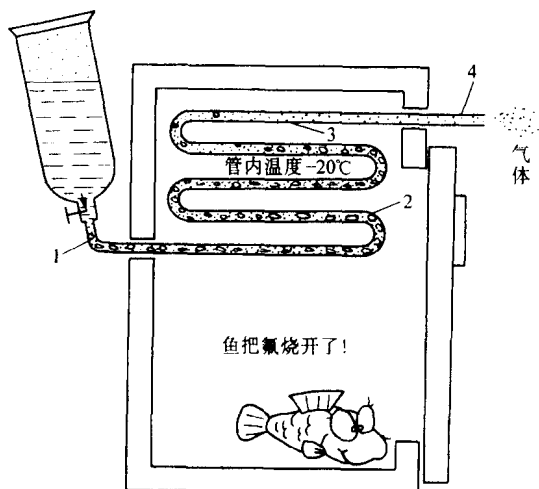


图0-4 制冷的实现过程

1— -20°C 的饱和液体(含少量气体) 2— -20°C 的饱和湿蒸汽(气液混合物) 3— -20°C 的饱和气体
4— $+15^{\circ}\text{C}$ 的过热气体

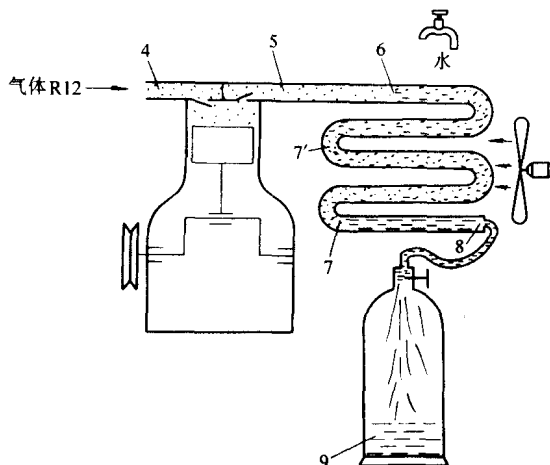


图0-5 制冷剂气体的回收与液化

4—来自图0-4的 15°C 的过热气体 5— 75°C 的过热气体 6— 49°C 的饱和气体 7— 49°C 的饱和湿蒸汽(气液混合物) 7— 49°C 的饱和液体 8— 35°C 的高压过冷液体 9— 33°C 的过冷液体

则节流损失越大，流出的制冷剂的的压力就越低。例如，自来水龙头就类似于膨胀阀，其开口越小，出水压力越低。又如，园丁浇水用的胶皮管就类似于毛细管，胶皮管越细越长，出水压力越低。

节流机构的节流降压作用，给蒸发器内的制冷剂提供了一个低压环境，使制冷剂可在低压下沸腾吸热，以获得较低的制冷温度。如图 0-6 所示，9 点的 R12 制冷剂的的压力为 12atm，对应的饱和温度为 49°C，实际温度为 33°C，属于过冷状态。流出节流机构后，进入蒸发器的 R12 的压力为 1.5atm，对应的饱和温度为 -20°C，周围有热源，具备了沸腾吸热的条件。

因此，节流机构把冷凝器蒸发器连接起来，把 9 点的高温高压的过冷液体转变为 1 点的低温低压的饱和液体，为蒸发器的沸腾吸热做好了准备工作。

4. 压缩机

为把冷凝器中的气体变成液体，首先要提高气体的压力和温度，以加大制冷剂与环境之间的放热温差。而提高冷凝器的压力，必须由压缩机来实现。另外，节流机构不断的向蒸发器内供液，压缩机只有不断从蒸发器内吸气，才能保证蒸发器内的压力恒定。因此，压缩机既保证了冷凝器的高压，又维持了蒸发器的低压。

压缩机不断对制冷剂做功，以此为代价，将热能从低温环境中“搬移”到高温环境中。这就类似于以消耗人的体能为代价，把一桶水从山下提到山顶一样。

压缩机把蒸发器和冷凝器连接起来，把 4 点的低压低温的过热气体转变为 5 点的高压高温的过热气体，这与节流机构的作用恰恰相反。

总之，蒸发器沸腾吸热，冷凝器冷凝放热；压缩机升温升压，节流机构降温降压。冷凝器、节流机构和压缩机都是为蒸发器服务的。

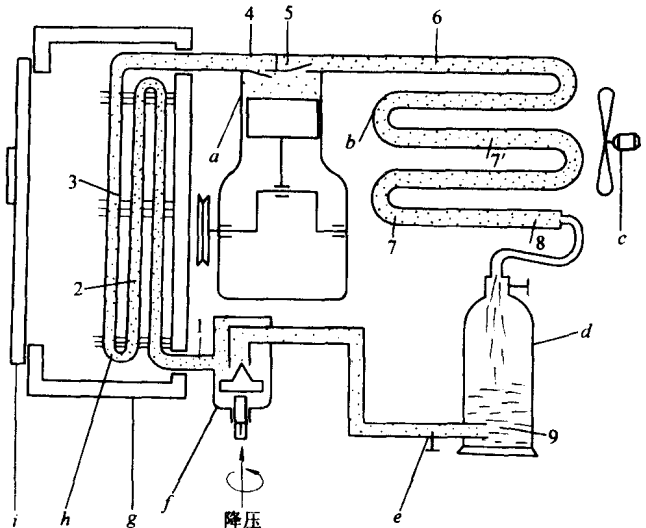


图 0-6 制冷剂的循环使用过程

a—压缩机 b—冷凝器 c—冷凝风扇 d—钢瓶(即贮液器)

e—出液阀 f—手动膨胀阀 g—保温箱

h—蒸发器 i—保温箱门

四、制冷循环中制冷剂的热力变化过程

如图 0-6 所示的制冷循环中，假设 R12 制冷系统在标准工况下运行，制冷剂的的压力、温度和相态的变化过程如下：

1. 制冷剂的的压力变化过程

$$p_1 = p_2 = p_3 = p_4 < p_5 = p_6 = p_7 = p_8 = p_9$$

2. 制冷剂的的温度变化过程

$$t_5 > t_6 = t_7 = t_8 > t_9 > t_1 = t_2 = t_3 < t_4 < t_5$$

3. 标准工况下各点的相态及参数

1 点：低温低压的饱和湿蒸汽(气液混合物，仅含少量气体)， $t_1 = -15^\circ\text{C}$ ， $p_1 = 0.183\text{MPa}$ ；

2 点：低温低压的湿蒸汽(气液混合物)， $t_2 = -15^\circ\text{C}$ ， $p_2 = 0.183\text{MPa}$ ；

- 3点：低温低压的饱和气体， $t_3 = -15^\circ\text{C}$ ， $p_3 = 0.183\text{MPa}$ ；
 4点：低温低压的过热气体， $t_4 = +15^\circ\text{C}$ ， $p_4 = 0.183\text{MPa}$ ；
 5点：高温高压的过热气体， t_5 约 65°C 左右， p_5 稍大于 0.75MPa ；
 6点：高温高压的饱和气体， $t_6 = +30^\circ\text{C}$ ， $p_6 = 0.75\text{MPa}$ ；
 7'点：高温高压的饱和湿蒸汽（气液混合物）， $t_{7'} = +30^\circ\text{C}$ ， $p_{7'} = 0.75\text{MPa}$ ；
 7点：高温高压的饱和液体， $t_7 = +30^\circ\text{C}$ ， $p_7 = 0.75\text{MPa}$ ；
 8点：高温高压的过冷液体， $t_8 = +25^\circ\text{C}$ ， $p_8 = 0.75\text{MPa}$ ；
 9点：高温高压的过冷液体， $t_9 = +24^\circ\text{C}$ ， $p_9 = 0.75\text{MPa}$ ；
 4. 制冷剂的热力变化过程

(1) 蒸发器 1点状态的低温低压的饱和湿蒸汽进入蒸发器后，开始等温沸腾吸热（潜热加热），转变为3点的低温低压饱和气体。3点的低温低压饱和气体继续升温吸热（显热），转变为4点的低温低压过热气体。

(2) 压缩机 4点的低温低压过热气体进入压缩机，被压缩机做功后，温度升高压力升高，转变为5点的高温高压过热气体。

(3) 冷凝器 5点的高温高压过热气体进入冷凝器，降温放热（显热减少）后，转变为6点的高温高压饱和气体。6点的高温高压饱和气体开始等温冷凝放热（潜热减少），转变为7点的高温高压饱和液体。7点的高温高压饱和液体开始降温放热（显热减少），转变为8点及9点的高压高温过冷液体。

(4) 膨胀阀 8点的高温高压过冷液体进入膨胀阀，被节流降压后，温度下降，压力下降，转变为1点低温低压的饱和湿蒸汽。湿蒸汽进入蒸发器后，开始沸腾吸热。

五、制冷循环的能效比分析

制冷机的制冷量或制热量，与压缩机输入功率的比值，就是制冷系数或制热系数；二者统称为能效比。

正常工况下，能效比的值总是大于1的。如图0-7所示，一台输入功率为1000W的热泵型空调器，它的制冷量可达到2500W，制热量可达到3500W。这是因为制冷量与输入功率之间不是能量转换关系，不存在能量守恒问题。2500W的制冷量不是由1000W的输入功率转变过来的，而是将其从一个位置“搬移”到另一个位置，只不过“搬移”过程中所消耗的功率是1000W，这就如同一个人吃了200g米饭，把100kg大米从某个位置“搬”到另一个位置一样。

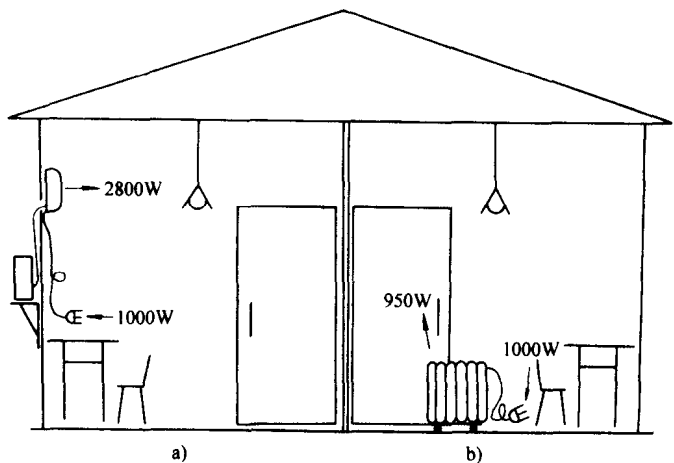


图0-7 热泵制热与电加热的能效比比较

- a) 房间：热泵空调；输入功率为1kW；制热量却大于1kW
 b) 房间：电暖气；输入功率为1kW；制热量不超过1kW

制冷剂从蒸发器外部吸收的2500W的热能，通过冷凝器向外释放；另外，所输入1000W的电转变成了压缩机的机械能，压缩对制冷剂做功后，机械能最终以热能的形式通过冷凝

器向外释放。因此在理论上，冷凝器的放热量（制热量）3500W 等于蒸发器的吸热量（制冷量）2500W 与压缩机的输入功率 1000W 之和。

与热泵空调器相比，若电暖气的输入功率为 1000W 的电暖气，它的制热量不会超过 1000W，因为它遵循能量守恒定律，其能效比（即热效率）永远小于 1。相比之下，热泵空调制热时的经济性就比电暖气高出许多。

六、总结

- 1) 蒸发器沸腾吸热；冷凝器冷凝放热。
- 2) 压缩机升温升压；膨胀阀降温降压。
- 3) 蒸发压力越低，蒸发温度也越低。
- 4) 冷凝压力越高，冷凝温度也越高。
- 5) 冷凝器的放热量包括蒸发器的吸收的热量，也包括压缩机给制冷剂做功而转变成的热能。
- 6) 压缩机的制冷系数是大于 1 的，若压缩机的输入功率是 1kW，制冷量可以达到 2kW，甚至 3kW。

第一章 制冷系统及设备的安装

第一节 冷库制冷系统的组成和供液方式

冷库是指在特定的温度和湿度下，对食品进行加工和储存的建筑物，所以又称食品冷藏库。由于冷库是用来冷却、冷冻、冷藏食品的，必须为食品提供必需的温度、湿度条件及配套设施，使食品能够保鲜并长期储存，这就要求冷库必须有完善、合理的制冷系统和保温结构。

冷库主要由三大系统组成：①制冷系统，主要包括制冷压缩机、蒸发器、冷凝器、贮液器、节流机构、油分离器等制冷设备，对于水冷式的冷凝器，还包括冷却水塔、水泵、蓄水池、水量调节阀等设备；②围护结构，主要包括砖砌墙体、保温隔热层、隔汽层、防潮层以及保护层等；③电气系统，主要包括主电路和控制电路及其它的电气控制设备。

一、冷库的分类

1. 按冷库采用的制冷剂划分

按采用的制冷剂划分，冷库可分为氟利昂冷库和氨冷库。

(1) 氟利昂冷库 主要以氟利昂 R12 和 R22 作为制冷剂，R12 和 R22 的毒性相对氨制冷剂较小，蒸发温度较低，并且其制冷系统便于实现自动控制。氟利昂冷库一般采用直接膨胀供液方式，以热力膨胀阀与电磁阀配合对制冷剂的流量进行调节控制，所以其制冷系统结构较为简单，操作方便。近年来，氟利昂冷库得到了广泛的应用。

(2) 氨冷库 以氨 (R717) 作为制冷剂，其毒性较大，安装、操作、维护极为不便。氨冷库的制冷系统较为复杂，自动控制和调节相当落后，过去曾经应用于大、中型冷库中，现已逐步被淘汰，仅有少数的仍在延用。

2. 按冷库的结构型式划分

冷库按其结构形式分为土建式冷库和装配式冷库。

(1) 土建式冷库 是指冷库的主体结构和地下荷重结构为钢筋混凝土结构，其围护结构的墙体为砖砌而成。围护结构除承受外界风雨侵袭外，还要起到隔热、防潮的作用。承重结构则主要支承冷库的自重及承受货物和装卸设备的重量，并把所有承重传给地基。土建式冷库的隔热材料大都采用泡沫塑料、木屑、稻壳等。土建式冷库适用于大、中型冷库。

(2) 装配式冷库 其主体结构为轻钢结构，其围护结构的墙体为预制复合隔热板组装而成，隔热材料大都采用泡沫塑料。装配式冷库具有结构简单、安装方便、施工期短、质轻强度高、造型美观等优点，特别适用于小型冷库，具有广阔的市场前景。

3. 按冷库的库温分类

冷库按其使用库温的要求分为冷却库、冻结库和冷藏库等。

(1) 冷却库 又称高温库，库温一般控制在不低于食品汁液的冻结温度。用于果蔬之类食品的贮藏，冷却库的库温一般保持在 0°C 左右。并以冷风机进行吹风冷却。

(2) 冻结库 又称低温库，一般库温在 $-20\sim-30^{\circ}\text{C}$ 左右，通过冷风机或专用冻结装置

来实现对肉类食品的冻结。

(3) 冷藏库 即冷却或冻结后食品的贮藏库。通常冷却食品的冷藏间保持库温在 $4\sim 2^{\circ}\text{C}$ ；冻结食品的冷藏间保持库温在 $-18\sim -25^{\circ}\text{C}$ 。

二、冷库的制冷系统

冷库制冷系统是为了实现机械制冷，将压缩机、冷凝器、节流阀、蒸发器以及辅助设备（如油分离器、贮液器、阀件、仪表等）用管道连接成的密闭循环系统。

氟利昂制冷系统的基本构成如图 1-1 所示，氟利昂制冷系统主要包括压缩机、冷凝器、贮液器、干燥过滤器、电磁阀、气液热交换器、热力膨胀阀和蒸发器等。

在氟利昂制冷循环中，从蒸发器来的低温低压制冷剂蒸汽被压缩机压缩，变成高温高压过热状态制冷剂气体，进入油分离器分离出其中的润滑油，制冷剂气体又进入冷凝器，通过冷凝放热变为液体。制冷剂液体流过干燥过滤器，被干燥剂吸收水分，被过滤网过滤杂质，又经过气液热交换器过冷之后，进入热力膨胀阀进行节流降压。降压后的制冷剂液体进入蒸发器，开始沸腾吸热转变成气体，这些低压气体又被压缩机吸收，进行下一次的制冷循环。

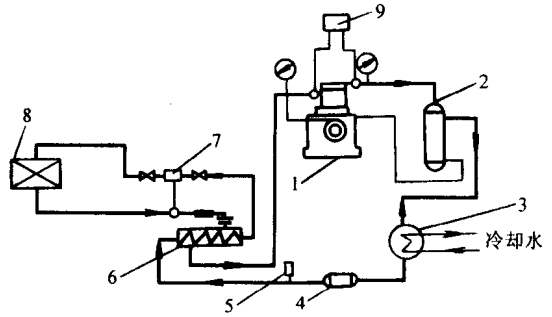


图 1-1 氟利昂制冷系统

- 1—制冷压缩机 2—氟油分离器 3—水冷式冷凝器
4—干燥过滤器 5—电磁阀 6—气液热交换器
7—热力膨胀阀 8—蒸发器 9—压力继电器

氟利昂制冷系统中各部件的作用如下：

1) 压缩机。压缩机是整个制冷系统的“心脏”，是能够实现制冷的动力装置。蒸发器中的气体制冷剂，被压缩机吸入、做功后变成高温高压的制冷剂气体，排入冷凝器。

2) 冷凝器。冷凝器是制冷系统中的散热设备，通过冷凝放热，高温高压制冷剂气体变成高温高压的制冷剂液体。

3) 贮液器。贮液器一般仅用于膨胀阀节流的制冷系统中。制冷剂的充注量是一定的，但膨胀阀的开启度是随热负荷的变化而变化的，这就要求制冷剂流量也总是不断变化。贮液器调节了冷凝器与蒸发器之间制冷剂液体的供需关系，即膨胀阀开启度变小时，贮液器收存多余的制冷剂；当膨胀阀开启度变大时，贮液器释放制冷剂。

4) 干燥过滤器。干燥过滤器是去除制冷剂中的杂质和水分的设备，以防制冷系统产生冰堵或脏堵。

5) 电磁阀。电磁阀是制冷系统的自动控制装置。电磁阀应设在冷凝器与蒸发器的连接管路上，以控制供液管的自动开启和关闭。即当压缩机起动时，电磁阀开启进行供液；当压缩机停机时，电磁阀立即关闭，以免大量液体继续流入蒸发器，防止下次启机时压缩机吸入液体而造成“液击”。

6) 热力膨胀阀。热力膨胀阀是节流降压装置，把高温高压的制冷剂液体变成低温低压的制冷剂液体（含少量气体）。热力膨胀阀一般安装在供液管路上，其感温包应安装在靠近蒸发器气体出口管上，以便于感受回气温度，调节日制冷剂的流量。

7) 蒸发器。蒸发器是通过制冷剂的沸腾吸热，给冷间货物降温，最终实现冷藏冷冻的目的。

三、冷库的冷却方式

冷库的冷却方式分为直接冷却方式和间接冷却方式。直接冷却方式是指蒸发器设在库房内，制冷剂通过管壁直接吸收库内货物的热量；间接冷却方式是指蒸发器先与载冷剂进行热交换，然后载冷剂再吸收库内货物的热量。

1. 直接冷却

直接冷却主要用于氟冷库中。一般可分为直接盘管冷却和直接吹风冷却。

(1) 直接盘管冷却 是指蒸发器的盘管和周围的空气以自然对流换热的方式来进行热交换，结构如图 1-2a 所示。其中蒸发器的盘管多采用排管式盘管，一般安装在侧墙壁上或库顶，应和墙壁及屋顶有一定的空隙，便于换热。盘管外装有挡板或挡条，以免货物或食品碰伤盘管。此种方式热交换速度较慢，但检修方便。

(2) 直接吹风冷却 是指把蒸发器的冷却盘管集中在一起，并与风机组成“冷风机”。“冷风机”运行时，强迫蒸发器与空气对流换热，结构如图 1-2b 所示。冷风机大多安放在冷库的一端，有的冷库还设置送风道。

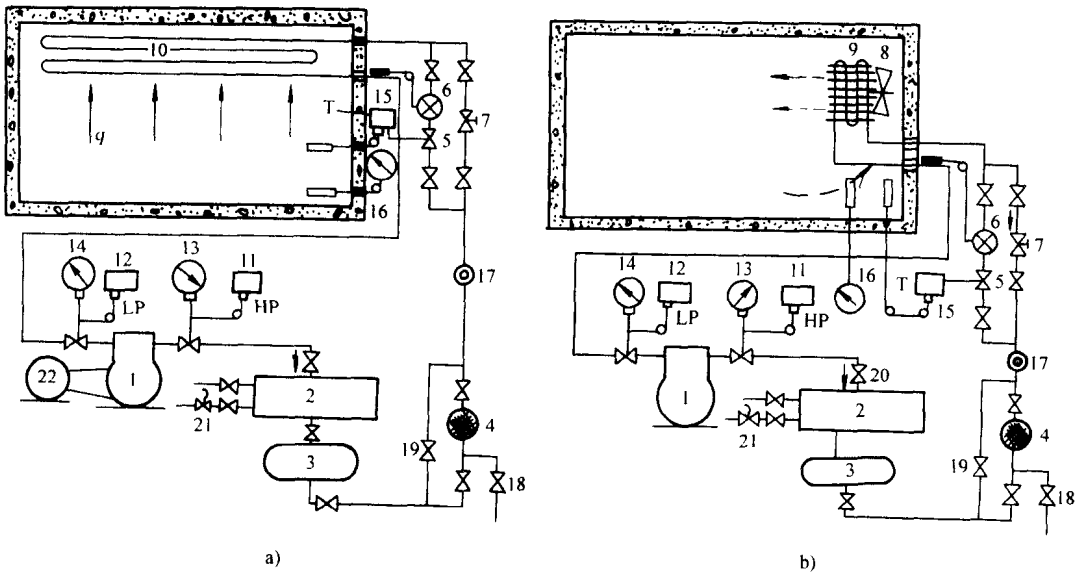


图 1-2 直接冷却系统结构示意图

a) 直接盘管冷却 b) 直接吹风冷却

- 1—压缩机 2—冷凝器 3—贮液器 4—过滤干燥器 5—供液电磁阀 6—膨胀阀 7—手动膨胀阀 8—冷风循环风扇 9—空气冷却器 10—冷却盘管 11—高压控制器 12—低压控制器 13—高压压力表 14—低压压力表 15—库温温度控制器 16—冷库温度指示器 17—管路视液器 18—加制冷剂阀 19—旁通阀 20—止回阀 21—冷却水电磁阀 22—电动机

图 1-3 所示为设有三个冷库的直接吹风冷却的氟利昂冷库制冷系统。由于三个冷库贮藏食品种类不同，分高温、中温、低温库。其高温库一般保持 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，用以贮藏粮食等；中温库一般保持 $0\sim 5^{\circ}\text{C}$ ，用以贮藏蔬菜、水果或乳品等；低温库库温一般保持在 $-5\sim -15^{\circ}\text{C}$ ，用以贮藏鱼、禽等。该系统采用回热式制冷循环。制冷剂被压缩机 1 压缩后，经油分离器 2 进入冷凝器 3 冷凝，并贮存于贮液器 4，然后制冷剂经干燥器 5，过滤器 6 和换热器 13 到供液