

无师自通 系列书

商用制冷设备检修 即学即用

李援瑛 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

无师自通 系列书

商用制冷设备检修 即学即用

李援瑛 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书通过制冷设备维修工小刘与培训班李老师之间的对话,简要地讲解了制冷原理,制冷剂、载冷剂和冷冻润滑油的基础知识;用大量文字介绍了制冷系统中的压缩机、冷凝器、节流装置、蒸发器以及电气控制系统的电动机、启动继电器、过载保护器等零部件的结构、工作原理以及常用制冷设备维修工具的结构与使用操作方法。

本书针对小型冷藏库、冷藏柜、展示柜、冷饮机、制冰机等商用制冷设备,重点讲解了其维修操作技能和电气系统的工作过程。

本书通过小刘在工作中的疑惑和李老师的解惑,既告诉读者平时工作中应该怎样操作,又为读者解析了这样操作的原因,为读者以后技术水平提升打下良好的基础。

本书适合读者自学商用制冷设备的使用维修技术,可作为中、高等职业院校,在岗位职工职业技术培训班进行专业教学的教材用书。

图书在版编目(CIP)数据

商用制冷设备检修即学即用 / 李援瑛编著. —北京:中国电力出版社, 2013. 2

(无师自通系列书)

ISBN 978 - 7 - 5123 - 4072 - 5

I. ①商… II. ①李… III. ①制冷装置 - 检修 IV. ①TB657

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 029591 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 4 月第一版 2013 年 4 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 8.25 印张 214 千字

印数 0001—3000 册 定价 19.80 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

小刘是一名制冷设备维修工，在一家制冷设备公司上班。他没有系统学过制冷技术，一开始上班就是跟着老师傅一起干活，慢慢的也能独立进行一些操作。这样干了两年，工作按部就班，工资也一直没涨。通过平时工作中与同事的接触，小刘了解到社会上有制冷技术的专门培训班，可以考取社会认可的制冷维修等级证书，于是他报名上了李老师教的培训班。通过培训班的学习，小刘系统学习了制冷基本原理和小冷藏库、冷藏柜、展示柜、冷饮机、制冰机等商用制冷设备的原理、结构、安装、维护及维修操作方法，这正好和他的平时工作对象一致。

本书通过小刘上培训班的过程以及和李老师的交流，从一个制冷设备维修初学者的角度组织全书内容。本书的编写原则是：讲透彻基本原理和基本结构及其工作原理，讲清楚基本电路知识，重点放在实用操作技能的讲述上，使读者能读得懂、学得会，尽快掌握小型冷藏库等商用制冷设备的实用维修技术。为了提高教材的实用性，作者们在编写过程中积几十年的教学心得，力求基础扎实，可操作性强，使读者在学习过程中犹如“师傅”在手把手地教。本书中所涉及的维修技术内容，概括了商用制冷设备维修中常见的技术问题，非常适合读者自学小型冷藏库及其他商用制冷设备维修技术，更适合中等职业学校和制冷技术培训班作为培训教材用书。

本书由李援瑛同志主编，参加编写的人员还有李燕京、李银峰、高萍萍、赵丽珍等同志。

由于受编写水平所限，书中难免有不妥和错误之处，恳请广大读者批评指正。

前言

第一章 制冷技术基础知识	1
第一节 冷是怎么制出来的	1
第二节 制冷剂概述	4
一、对制冷剂的要求	4
二、制冷剂的分类与符号	5
第三节 常用制冷剂的特性	8
一、氟利昂 12 制冷剂的基本特性	8
二、氟利昂 22 制冷剂的基本特性	9
三、氟利昂 134a 制冷剂的基本特性	9
四、共沸制冷剂的基本特性	10
五、制冷剂的储存与使用	11
六、制冷剂的分装方法	11
第四节 制冷剂的压焓图	13
一、压焓图的结构	13
二、制冷循环过程在压焓图上的表示方法	15
三、利用压焓图进行单级压缩制冷循环基本的 参数计算	22
第五节 冷冻润滑油	25
一、冷冻润滑油的作用	25
二、冷冻润滑油的规格与选用	26
三、冷冻润滑油变质的原因及判断	27
四、判别冷冻润滑油的简单方法	28

第二章 制冷压缩机与辅助设备	29
第一节 全封闭活塞式制冷压缩机	29
一、全封闭活塞式制冷压缩机的基本结构	29
二、活塞式制冷压缩机的优缺点	29
第二节 半封闭与开启式活塞式制冷压缩机	31
一、半封闭式活塞式制冷压缩机的基本结构	31
二、小型开启式活塞制冷压缩机	31
第三节 活塞式压缩机的性能曲线	39
一、活塞式制冷压缩机的性能曲线	39
二、利用压缩机的性能曲线分析压缩机 运行状态的方法	40
三、利用压缩机的性能曲线设定压缩机运行参数	40
第四节 冷却塔的结构	41
一、冷却塔的分类	41
二、冷却塔的技术术语	42
三、冷却塔的结构	43
四、冷却塔安装要求	48
五、冷却塔的水泵	49
第五节 冷凝器与蒸发器	52
一、冷凝器的分类	52
二、蒸发器	56
第六节 热力膨胀阀	58
一、热力膨胀阀的分类	58
二、常用膨胀阀的结构和工作原理	58
第七节 其他辅助设备	63
一、油气分离器	63
二、气液分离器	64
三、干燥器与干燥过滤器	65
四、储液器	66

五、截止阀	67
六、安全阀	68
七、止回阀	68
八、易熔塞	69
九、蒸发压力调节阀	71
十、冷凝压力调节阀	72
十一、液流指示器	73
第三章 小型制冷设备	76
第一节 厨房电冰箱	76
一、冷藏、冷冻柜的分类	76
二、冷藏柜、冷冻柜的制冷系统	78
三、冷冻、冷藏柜的电气控制系统	80
第二节 超市陈列柜	84
一、陈列柜的分类	84
二、陈列柜的结构特点	87
三、陈列柜的风幕	90
第三节 冷饮设备	93
一、制冰机	93
二、冷饮机	96
三、冰淇淋机	100
第四节 冷藏运输设备	106
一、铁路冷藏车	106
二、公路冷藏保温车	112
三、冷藏运输船	115
四、冷藏集装箱	117
五、冷藏货物运输方法	121
第五节 小型冷藏库	126
一、小型冷藏库的分类	126
二、土建式小型冷藏库的基本结构	128

三、拼装式小型冷藏库的基本结构	129
第六节 水冷式小型冷藏库的制冷系统	133
一、水冷式氟利昂制冷系统的组成	133
二、水冷式氟利昂制冷系统工作过程	133
三、风冷式氟利昂制冷系统的组成	133
四、风冷式氟利昂制冷系统的工作原理	133
第四章 小型制冷设备的电气控制系统	136
第一节 单相电动机	136
一、压缩机使用的单相电动机类型	136
二、全封闭式压缩机单相电动机起动方式	137
三、电容器	139
第二节 三相电动机	139
一、类型	139
二、结构	139
三、工作原理	140
第三节 起动控制与保护装置	141
一、重锤式起动继电器	141
二、PTC 起动继电器	143
三、碟形保护器	145
四、热继电器	147
五、交流接触器	149
六、温度控制器	151
七、压力控制器	157
八、压差控制器	163
九、按钮开关	166
十、自动空气断路器	166
第四节 电磁阀	168
一、电磁阀的分类	168
二、直接作用式电磁阀的结构和工作原理	168

三、电磁阀选用与安装	168
第五章 维修工具的使用方法	171
第一节 常用仪器仪表的工作原理和使用方法	171
一、指针式万用表的工作原理和使用方法	171
二、数字式万用表的工作原理和使用方法	174
三、钳形电流表的工作原理和使用方法	178
四、绝缘电阻表的工作原理和使用方法	179
第二节 专用维修工具的使用方法	181
一、铜管加工工具的使用方法	181
二、压力表及使用方法	185
三、封口钳及使用方法	188
四、钢锯及使用方法	188
五、真空泵的使用方法	189
六、检漏工具的使用方法	190
七、电子卤素检漏仪及使用方法	193
第三节 气焊设备与操作方法	195
一、焊接的基础知识	195
二、设备与辅料	195
三、气焊的要求及操作方法	204
四、气焊的操作	206
第六章 制冷设备维修操作技能	211
第一节 制冷系统的维护保养	211
一、小型制冷系统正常运行的状态	211
二、制冷装置的运行操作程序	211
三、冷风机进风温度与蒸发温度的温度差要求	215
第二节 活塞式压缩机常见故障分析	215
一、活塞式压缩机常见故障分析	215
二、活塞式压缩机常见故障排除方法	218
第三节 辅助设备的维护操作方法	220

一、热力膨胀阀常见故障和排除方法	220
二、干燥过滤器常见故障和排除	223
三、壳管式水冷式冷凝器的维护方法	225
第四节 制冷系统故障的维修	229
一、小型氟利昂制冷系统故障的分析方法	229
二、小型制冷设备检修时应注意的问题	230
三、小型冷藏库电气系统常见故障的分析与 排除方法	232
四、热继电器及常见故障处理方法	233
五、交流接触器及常见故障处理方法	234
六、电磁阀及常见故障处理方法	235
七、小型冷库电气系统常见故障分析与排除方法	236
八、小型制冷系统的检漏操作	238
九、小型制冷系统的干燥处理操作	240
十、小型制冷系统的抽真空操作	242
十一、小型制冷系统的充注制冷剂操作	242
十二、小型商用制冷系统排除空气的操作	245
十三、小型商用制冷压缩机润滑油的补充与 更换充灌	246
附录 压焓图	251
参考文献	254

第一章

制冷技术基础知识

小刘是一名制冷设备维修工，在工作实践遇到了许许多多的问题，十分渴望能有个系统学习制冷原理、制冷设备结构和工作原理、维修方法的机会，于是小刘报名参加了由特级教师李老师主讲的制冷设备维修培训班学习。见到了李老师小刘激动地说：“李老师，我是干制冷维修的，之前是在老乡开的家用电器维修服务部干了一段时间，我想换个工作环境，多学点东西，就由老乡介绍到蓝光制冷维修公司上班来了。我在这个公司是个专业维修小冷藏库、冷藏柜、展示柜、冷饮机、制冰机、车船冷藏设备等商用制冷设备的公司，这段时间在工作中遇到好多问题，特别想系统学习一下关于制冷原理、制冷设备结构和工作原理、维修方法的知识，您说我应从哪学起呀？”

听了小刘的诉说，李老师说：“你这样渴望学习专业知识的想法十分可贵，制冷设备维修是个大有作为的行业，现在从事这行业的人不少，要是想混口饭吃，掌握一般的技术并不难，经过简单的培训和实践就能做到，而能成为行业中的技术骨干者则很少，这是因为制冷设备维修是一个技术含量比较高的行业，要求从业者不但要有扎实的专业理论知识，还要有娴熟的操作技能，这样才能有发展的后劲，才能在不断迅速技术更新的时代不被淘汰，而成为行业中的佼佼者。小刘这样吧，我建议你从零开始，一步一个脚印，踏踏实实学起，经过学习和锻炼，你会成为行业中的佼佼者的。”

第一节 冷是怎么制出来的

李老师说：“制冷、制冷，究竟冷是怎么制出来的，小刘，

你说说看。”小刘想了半天，不好意思地摸摸脑袋，对李老师说：“平常总对人说我是干制冷的，您要真问制冷是怎么回事，嘿嘿，还真说不上来。以前公司有几个老师傅，平时干活都是他们带着干，后来慢慢的类似的活儿我自己也能干一些，但这个问题看似简单，老师傅没讲，估计他们也不太清楚。您还是快说说吧。”

李老师不慌不忙地说：“你刚才提到那些曾经干过的那些制冷设备，绝大部分都是通过蒸气压缩方式来进行制冷的，来，咱们先了解一下蒸气压缩式制冷是怎么回事，蒸气压缩式制冷循环这个词你不熟悉，但系统里面的具体零部件你肯定都见过，还有可能都修过。”

蒸气压缩式制冷系统又称机械压缩式制冷系统，是对制冷剂蒸气采用机械进行压缩的一种制冷系统。最简单的蒸气压缩式制冷系统是用管路将压缩机、冷凝器、干燥过滤器、毛细管、蒸发器部件组成一个封闭的系统，在其中充入适量的制冷剂，即可形成一个单级压缩制冷系统（见图1-1）。

小刘听了这些马上说：“这些设备我知道，大部分都拆装过，也修过，只是以前只知道它们的名字，听您说它们之间应该有一些比较密切的关系，您再详细说说。”

李老师见小刘非常好学，就拿出一张图（见图1-2），指着图对小刘说：“蒸气压缩式制冷装置工作时，从蒸发器中流出的是低温低压制冷剂过热蒸气，被压缩机吸入，在汽缸中受到压缩，温度、压力均升高后排至冷凝器中。在冷凝器中受到冷却水或空气的冷却而放出凝结热，自身变成冷凝压力下的过冷液体。过冷液体经毛细管节流减压到蒸发压力。在节流中的节流损失是以牺牲制冷剂的內能作为代价，所以节流后的制冷剂温度也下降到蒸发温度。节流后的饱和湿蒸气进入蒸发器，由于面积增大，被冷却物提供热量，所以制冷剂在蒸发器中汽化，吸收大量的汽化潜热使被冷物温度降低。汽化后的制冷剂，又被制冷压缩机吸回，完成一个热力循环。由于制冷剂连续不断循环，被冷物的热量不断地被带走，从而获得低温，以此达到制冷的目的（见图1-2）。 ”

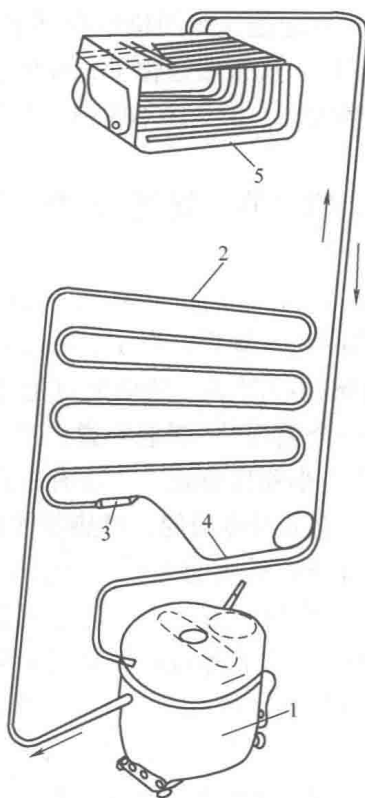


图 1-1 单级蒸汽压缩式制冷系统

1—制冷压缩机；2—冷凝器；3—干燥过滤器；4—毛细管；5—蒸发器

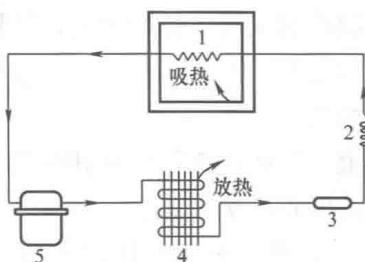


图 1-2 蒸汽压缩式制冷原理

1—蒸发器；2—毛细管；3—干燥过滤器；4—冷凝器；5—制冷压缩机

听了李老师的叙述，小刘看着图对李老师说：“您说的这些，我有好多不太明白，您能把这张图借给我回去研究研究吗？”李老师笑着说：“没问题，这张图送你了，你回去好好看看，再结合咱们课上讲的琢磨琢磨，要是还不明白，咱们再交流。”

↓ 第二节 制冷剂概述

第二天刚上课，李老师还没开始讲，小刘就站起来问道：“李老师，昨天那张图我大概看明白了，制冷剂是从蒸发器流到压缩机，从压缩机流到冷凝器，然后通过毛细管，再回到蒸发器，这是不是一个循环？”李老师说：“不错，小刘领悟能力不错，继续努力”。小刘接着说：“还有一点我不明白，怎么一会儿过热蒸气，一会儿过冷液的，过热蒸气有高温高压的，这我能理解，怎么还有低温低压的呢？”李老师问小刘：“你知不知道什么叫制冷剂吗？”“大概知道一点，就是我们维修时给制冷设备加的氟呗。”小刘说。李老师说：“氟其实称为氟利昂，只是制冷剂的一种，制冷剂有好多种呢，就氟利昂来说，也要细分为若干类。如果要给制冷剂下个定义，可以这样说：制冷剂是制冷系统中完成制冷循环所必须的工作介质，制冷剂在制冷系统中不断地与外界进行热交换。制冷剂借助压缩机的做功，将被冷却对象的热量连续不断传递给外界环境，从而实现制冷。

制冷剂在制冷系统中只发生物理变化，没有化学变化，如果制冷系统不泄漏，制冷剂就可以长期使用，等我们学完了这两节课，你们大概就明白是怎么回事了。”

一、对制冷剂的要求

李老师继续说道：“为了安全使用制冷剂，人们对制冷剂有什么要求呢？这概括起来有以下五点。”

(1) 制冷剂的工作温度和工作压力要适中。在蒸发温度与冷凝温度一定的制冷系统中，采用不同的制冷剂，就有着不同的蒸发压力与冷凝压力。一般要求是：蒸发压力不低于大气压，以

防止空气渗漏；冷凝压力不得过高，一般以不超过 1.5MPa 为宜，以减小对系统密封性能、强度性能的要求。

(2) 制冷剂要有较大的单位容积制冷量。制冷剂的单位容积制冷量越大，在同样的制冷量要求下，制冷剂使用量就越小，以利于缩小设备尺寸；若在同样规格的设备中，可以获得较大的制冷量。

(3) 制冷剂临界温度要高，凝固点要低。当环境温度高于制冷剂临界温度时，制冷剂就不再进行气体、液体间的状态变化。因此，制冷剂的临界温度高，便于在较高的环境温度中使用；凝固点低，在获取较低温度时，制冷剂不会凝固。

(4) 制冷剂的导热系数和放热系数要高，这样可以提高热交换的效率，同时减小系统换热器的尺寸。

(5) 对制冷剂其他方面的要求。

- 1) 不燃烧、不爆炸，高温下不分解。
- 2) 无毒，对人体器官无刺激性。
- 3) 对金属及其他材料无腐蚀性，与水、润滑油混合后也无腐蚀作用。

4) 有一定的吸水能力。

5) 价格便宜，易于购买。

二、制冷剂的分类与符号

“老师，我听说制冷剂分类和符号说起来可复杂了是吗”？小刘急切地问。李老师笑笑说：“别急，其实制冷剂分类方法，只要掌握了分类方法，理解起来就方便多了。根据咱们国家的相关规定，常用的制冷剂有这样几种分类方法。”

(一) 根据制冷剂的化学成分分类

可将制冷剂分为无机化合物、卤族化合物（氟利昂）、碳氢化合物、共沸混合物和非共沸混合物五种。

1. 无机化合物制冷剂

无机化合物制冷剂是使用较早的制冷剂，后来逐渐为氟利昂制冷剂所取代，但氨和水依然作为制冷剂应用于空调制冷行

业中。

无机化合物制冷剂的代号表示法是：字母 R 后的第一位数字为 7，其后是该物质分子量的整数部分，如 NH_3 （氨）为 R717、 H_2O （水）为 R718。

2. 卤族化合物制冷剂（氟利昂制冷剂）

氟利昂（来自英语 Freon 的译音）是中小型空调、食品冷藏与家用电冰箱中使用最普遍的制冷剂，也是目前对人体危害最小的制冷剂。

3. 碳氢化合物制冷剂

碳氢化合物制冷剂很少用于民用，在这里不做进一步介绍。

4. 共沸制冷剂

共沸制冷剂是由两种（或两种以上）互溶的单纯制冷剂在常温下按一定的比例混合而成。它的性质与单纯的制冷剂性质一样，在恒定的压力下具有恒定的蒸发温度且汽相与液相的组分也相同。共沸制冷剂在编号标准中规定 R 后的第 1 个字母为 5，其后的两位数字按实用的先后次序编号，目前已被正式命名的共沸制冷剂有 R500、R501、R503、R504、R505、R506、R507、R508 和 R509，其组成及相关热力参数见表 1-1。

表 1-1 共沸制冷剂的组成及相关热力参数

制冷剂 代号	组成	各组分的 质量 百分数 (%)	标准蒸发 温度 $t_0/^{\circ}\text{C}$	临界温度 $t_c/^{\circ}\text{C}$	临界压力 P_c/kPa	ODP	GWP (100 年)
R500	R12/R152a	73.8/26.2	-33.5	105.5	4423	0.74	6010
R501	R22/R12	75.0/25.0	-41	—	—	0.29	3150
R502	R22/R115	48.8/51.2	-45.4	82.2	4075	0.33	5260
R503	R23/R13	40.1/59.9	-88.7	19.5	4182	0.60	11 350
R504	R32/R115	48.2/51.8	-57.2	66.4	4758	0.31	4890
R505	R12/R31	78.0/22.0	-29.9	—	—	—	—
R506	R31/R114	55.1/44.9	-12.3	—	—	—	—

续表

制冷剂 代号	组成	各组分的 质量 百分数 (%)	标准蒸发 温度 $t_0/^\circ\text{C}$	临界温度 $t_c/^\circ\text{C}$	临界压力 P_c/kPa	ODP	GWP (100年)
R507A	R125/R143a	50/50	-46.7	70.74	3715	0	3300
R508A	R23/R116	39/61	-122.3	—	—	0	10 200
R508B	R23/R116	46/54	-124.4	—	—	0	10 400
R509A	R22/R118	44/56	-47.1	—	—	0.032	4580

5. 非共沸制冷剂

由两种以上, 沸点相差较大的相互不形成共沸的单组分制冷剂溶液组成。其溶液在加热时虽然在相同压力下易挥发比例大, 难挥发比例小, 使得整个蒸发过程中稳定在变化。所以其相变过程是不等温的, 能使制冷循环获得更低的蒸发温度, 增大制冷系统的制冷量。例如, R407C 就是由 R32/R125/R134a 组成。R410a 就是由 R32/R125 组成。

(二) 根据制冷剂使用的温度范围分类

可分为高温、中温、低温三大类。

1. 高温制冷剂

高温制冷剂又称低压制冷剂。其蒸发温度高于 0°C , 冷凝压力低于 0.3MPa , 如 R11、R21 等, 适合使用于离心式压缩机的空调系统。

2. 中温制冷剂

中温制冷剂又称中压制冷剂。其蒸发温度在 $-50 \sim 0^\circ\text{C}$ 之间, 冷凝压力在 $1.5 \sim 2.0\text{MPa}$ 之间, 如 R12、R22、R502 等。其适用范围较广, 适合使用于活塞式压缩机的电冰箱、食堂小冷库、空调用制冷系统、大型冷藏库等制冷装置中。

3. 低温制冷剂

低温制冷剂又称高压制冷剂。其蒸发温度低于 -50°C , 冷凝压力在 $2.0 \sim 4.0\text{MPa}$ 范围内, 如 R13、R14 等, 主要用于低温的