

商业制冷设备 结构、调试 与维修技术

李援瑛 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



商业制冷设备结构、调试与维修技术

李援璞 主编



机械工业出版社

本书系统地讲授了热力学的基本参数;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、蒸发器以及电动机、起动继电器、过载保护器等的工作结构和原理以及常用制冷设备维修工具的结构与使用、操作方法。介绍了小冷库、冷藏柜、展示柜、冷饮机、制冰机等制冷设备电气系统的工作原理;重点讲授了小冷库、冷藏柜、展示柜、冷饮机、制冰机等制冷设备的维修操作技能。书中附有大量图表,非常适合轻松阅读、自学或在培训班中系统地学习商业制冷设备的使用与维修技术,帮助读者在商业制冷设备的使用维护和修理领域内谋得自己事业的一块领地。

本书适合读者自学商业制冷设备的使用维修技术,也可作为中、高等职业院校及在岗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

商业制冷设备结构、调试与维修技术/李援瑛主编. —北京:机械工业出版社, 2013.2

ISBN 978-7-111-41561-9

I. ①商… II. ①李… III. ①制冷装置-结构②制冷装置-调试程序③制冷装置-维修 IV. ①TB657

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 033128 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:徐明煜 责任编辑:徐明煜 顾谦

版式设计:霍永明 责任校对:刘秀芝 张晓蓉

封面设计:姚毅 责任印制:张楠

北京京丰印刷厂印刷

2013 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

148mm×210mm·7 印张·205 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-41561-9

定价:25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

为方便读者学习商业制冷设备维修技术，本着由浅入深、深入浅出的学习原则，书中系统地讲授了制冷的基本原理和小冷藏库、冷藏柜、展示柜、冷饮机、制冰机等制冷设备的原理结构，安装、维护及维修操作方法。为使读者能通过阅读本书，开卷有益，学有所得，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，尽快掌握小冷库与商业制冷设备的实用维修技术。为了提高本书的实用性，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小冷库与商业制冷设备维修中常见的技术问题，非常适合读者自学小冷库与商业制冷设备维修技术，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、朱宛宛等同志。

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。

作 者

目 录

前言

第一章 制冷剂和冷冻润滑油	1
第一节 制冷剂概述	2
一、对制冷剂的要求	2
二、制冷剂的分类与符号	3
第二节 常用制冷剂的特性	5
一、氟利昂 12 制冷剂	5
二、氟利昂 22 制冷剂	6
三、氟利昂 134a 制冷剂	6
四、共沸制冷剂	7
五、制冷剂的贮存与使用	7
六、制冷剂的分装方法	8
第三节 制冷剂的压焓图	9
一、压焓图的结构	9
二、制冷循环过程在压焓图上的表示方法	10
三、利用压焓图进行单级压缩制冷循环基本的参数计算	17
第四节 冷冻润滑油	19
一、冷冻润滑油的作用	19
二、冷冻润滑油的规格与选用	20
三、冷冻润滑油变质的原因及判断	21
四、判别冷冻润滑油的简单方法	21
第二章 制冷压缩机与辅助设备	23
第一节 全封闭活塞式制冷压缩机	23
一、全封闭活塞式制冷压缩机的基本结构	23
二、活塞式制冷压缩机的优缺点	23
第二节 半封闭与开启活塞式制冷压缩机	24
一、半封闭活塞式制冷压缩机的基本结构	24
二、小型开启活塞式制冷压缩机	25

第三节 活塞式压缩机的性能曲线	32
一、活塞式制冷压缩机的性能曲线	32
二、利用压缩机的性能曲线分析压缩机运行状态的方法	32
第四节 冷却塔	33
一、冷却塔的作用与分类	33
二、冷却塔的技术术语	34
三、冷却塔的结构	35
四、冷却塔的安装要求	41
五、冷却塔的水泵	41
第五节 冷凝器与蒸发器	44
一、冷凝器的分类	44
二、水冷式冷凝器的特点	44
三、风冷式冷凝器的特点	46
四、蒸发式冷凝器的特点	46
五、蒸发器	47
第六节 热力膨胀阀	49
一、热力膨胀阀的分类	49
二、常用膨胀阀的结构和工作原理	49
三、热力膨胀阀的选用安装与调试	52
第七节 其他辅助设备	52
一、油气分离器	52
二、气液热交换器	53
三、干燥器与干燥过滤器	54
四、贮液器	55
五、截止阀	55
六、安全阀	57
七、单向阀	57
八、易熔塞	59
九、蒸发压力调节阀	59
十、冷凝压力调节阀	60
十一、液流指示器	62
第三章 小型制冷设备	64
第一节 厨房电冰箱	64
一、厨房电冰箱的分类	64

二、冷藏柜、冷冻柜的外形结构	64
三、厨房电冰箱的制冷系统	64
四、冷冻、冷藏箱电气控制系统	67
第二节 超市陈列柜	69
一、陈列柜的分类及特点	69
二、陈列柜的内部结构	71
三、陈列柜的风幕	73
第三节 冷饮设备	75
一、制冰机	75
二、冷饮机	81
三、冰淇淋机	84
第四章 冷藏运输设备	89
第一节 铁路冷藏运输车	89
一、铁路冷藏运输车的分类	89
二、冷藏运输车的工作原理	90
第二节 公路冷藏保温车	93
一、机械冷藏保温车	94
二、液氮冷藏保温车	95
三、冷却板冷藏保温车	95
第三节 冷藏运输船与集装箱	95
一、冷藏运输船的分类	95
二、冷藏运输制冷装置的特点	96
三、冷藏集装箱	97
四、冷藏集装箱的分类	98
五、常用冷藏集装箱的特点	100
第四节 冷藏货物的运输方法	101
一、鱼虾类的冷却运输	101
二、活鱼的运输	102
三、蛋类的冷藏运输	102
四、果蔬的冷藏运输	103
第五章 小型冷藏库	106
第一节 小型冷藏库的结构	106
一、小型冷藏库的分类	106
二、土建式小型冷藏库的基本结构	107

三、装配式小型冷藏库的基本结构	109
第二节 水冷式小型冷藏库的制冷系统	110
一、水冷式氟利昂制冷系统的组成	110
二、水冷式氟利昂制冷系统的工作过程	111
三、风冷式氟利昂制冷系统的组成	112
四、风冷式氟利昂制冷系统的工作原理	112
第三节 单相电动机	113
一、压缩机使用的单相电动机类型	113
二、全封闭式压缩机单相电动机的起动方式	114
三、电容器	115
第四节 三相电动机	115
一、三相电动机的类型与结构	115
二、三相异步电动机的工作原理	117
第五节 起动控制与保护装置	117
一、重锤式起动继电器	117
二、PTC 式起动继电器	119
三、碟形过载保护器	120
四、热继电器	123
五、交流接触器	124
六、温度控制器	125
七、压力控制器	132
八、压差继电器	137
九、按钮	139
十、断路器	139
第六节 电磁阀	141
一、电磁阀的分类	141
二、直接作用式电磁阀的结构和工作原理	141
三、电磁阀的选用与安装	142
第六章 维修工具的使用方法	143
第一节 常用仪器仪表的工作原理和使用方法	143
一、指针式万用表的工作原理和使用方法	143
二、数字万用表的工作原理和使用方法	146
三、钳形电流表的工作原理和使用方法	149
四、绝缘电阻表的工作原理和使用方法	150

第二节 专用维修工具的使用方法	152
一、铜管加工工具的使用方法	152
二、压力表及其使用方法	156
三、普通修理阀及其使用方法	157
四、封口钳及其使用方法	158
五、钢锯及其使用方法	158
六、真空泵的使用方法	159
七、卤素检漏灯的使用方法	160
八、电子卤素检漏仪及其使用方法	162
第三节 气焊设备与操作方法	163
一、焊接的基础知识	163
二、氧气瓶	164
三、乙炔气瓶	165
四、减压器	168
五、胶管	170
六、焊炬	170
七、气焊的要求及操作方法	171
八、气焊的焊条与焊药	173
九、气焊的操作	174
第七章 制冷设备维修操作技能	178
第一节 制冷系统的维护保养	178
一、小型制冷系统的正常运行状态	178
二、制冷装置的运行操作程序	178
三、冷风机进风温度与蒸发温度的温度差要求	181
第二节 活塞式压缩机常见故障分析及排除方法	181
一、活塞式压缩机常见故障分析	181
二、活塞式压缩机常见故障排除方法	184
第三节 辅助设备的维护操作方法	186
一、热力膨胀阀常见故障和排除方法	186
二、干燥过滤器常见故障和排除方法	188
三、壳管水冷式冷凝器的维护方法	189
四、风冷式冷凝器的维护方法	193
第四节 制冷系统故障的维修	193
一、小型氟利昂制冷系统故障的分析方法	193

二、小型制冷设备的检修注意事项	194
三、小型冷藏库电气系统常见故障的分析与排除方法	195
四、热继电器及常见故障处理方法	196
五、交流接触器及常见故障处理方法	197
六、电磁阀及常见故障处理方法	198
七、冷库电气系统常见故障分析与排除方法	199
八、小型制冷系统的检漏操作	200
九、小型制冷系统干燥处理的操作	203
十、小型制冷系统抽真空操作	204
十一、小型制冷系统的充注制冷剂操作	205
十二、小型商用制冷系统排除空气的操作	207
十三、小型商用制冷压缩机润滑油的补充与更换充灌	208
附录 R22 $\lg p-h$ 图	212
参考文献	213

第一章 制冷剂 and 冷冻润滑油

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式制冷系统，如图 1-1 所示。

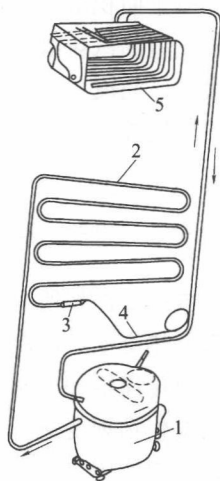


图 1-1 单级蒸气压缩式制冷系统

1—制冷压缩机 2—冷凝器 3—干燥过滤器 4—毛细管 5—蒸发器

蒸气压缩式制冷装置工作原理如图1-2所示，从蒸发器中流出的低温低压的制冷剂过热蒸气被压缩机吸入，在气缸中受到压缩，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内

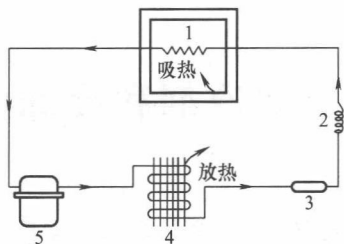


图 1-2 蒸气压缩式制冷原理

1—蒸发器 2—毛细管 3—干燥过滤器 4—冷凝器 5—制冷压缩机

能作为代价的，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，故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，又被冷冻机吸回，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。

第一节 制冷剂概述

制冷剂是制冷系统中完成制冷循环所必需的工作介质，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地传递给外界环境，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。

一、对制冷剂的要求

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、液间的状态变化。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如下:

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

常用的制冷剂分类方法如下:

(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、非共沸制冷剂五种。

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:

1) NH_3 (氨) ——R717;

2) H_2O (水) ——R718。

2. 卤族化合物制冷剂 (氟利昂制冷剂)

氟利昂(来自英语 Freon 的音译)。氟利昂是中、小型空调器,食品冷藏与家用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相互溶合而成。它的性质与单纯的制冷剂的性质一样，在恒定的压力下具有恒定的蒸发温度，且气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，其后的两位数字按使用的先后次序编号，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，其组成及有关热力特性见表 1-1。

5. 非共沸制冷剂

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。典型的例如 R407C 就是由 R32/R125/R134a 组成的，R410a 由 R32/R125 组成。

表 1-1 共沸制冷剂的组成及有关热力特性

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			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	11350
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				
R507A	R125/R143a	50/50	-46.7	70.74	3715	0	3300
R508A	R23/R116	39/61	-122.3			0	10200
R508B	R23/R116	46/54	-124.4			0	10400
R509A	R22/R118	44/56	-47.1			0.032	4580

(二) 根据制冷剂使用的温度范围分类

可将制冷剂分为高温、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。其蒸发温度为 $-50\sim 0^{\circ}\text{C}$ ，冷凝压力为 $1.5\sim 2.0\text{MPa}$ ，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。

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，主要用于低温制冷设备中，如复叠式低温制冷装置。

第二节 常用制冷剂的特性

一、氟利昂 12 制冷剂

氟利昂 12 制冷剂（分子式 CF_2Cl_2 ，代号 R12）的特性如下：

1) R12 是一种无色透明液体，无毒、无刺激性气味。其蒸气在任何浓度下，对人眼和呼吸系统都无刺激性。当其在空气中的浓度超过 20% 时，人才会有不适感；当其在空气中的浓度超过 80% 时，会引起窒息。

2) R12 不燃烧、不爆炸。但当其蒸气温度达 400°C 时，遇明火会产生有毒的光气。

3) 虽然 R12 不腐蚀金属，但是它是一种强洗涤剂，能把金属表面的锈层清洗下来，堵塞管道。

4) R12 对含 2% 镁的铝合金有腐蚀作用。

5) R12 属中温中压制冷剂。在标准大气压下，沸点为 -29.8°C ，凝固点为 -155°C 。用水进行冷凝时，冷凝压力在 1.0MPa 以下；用空气冷凝时，冷凝压力不超过 1.2MPa 。

6) R12 有很强的渗透性，极易造成系统的渗漏。

- 7) R12 对有机物有腐蚀作用。
- 8) R12 不溶于水, 可与冷冻润滑油以任意比互溶。

二、氟利昂 22 制冷剂

氟利昂 22 制冷剂 (分子式 CHF_2Cl , 代号 R22) 的特性如下:

- 1) R22 在常温下无色、无味、不燃烧、不爆炸。
- 2) 在标准大气压下, R22 沸点为 -40.8°C , 凝固点为 -160°C 。
- 3) R22 属中温中压制冷剂, 冷凝压力约为 1.4MPa 。
- 4) R22 的单位容积制冷量大于 R12, 在空调工况下, 约大于 50%。
- 5) R22 能部分地与冷冻润滑油互溶, 在温度较高时, 能与冷冻润滑油充分溶解; 温度较低时, 会有分层现象。

- 6) R22 不能与水互溶。

7) R22 不腐蚀金属, 对合成橡胶和漆包线的腐蚀性强于 R12, 渗透性也强于 R12。

三、氟利昂 134a 制冷剂

氟利昂 134a 制冷剂 (分子式 $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$, 代号 R134a) 的特性如下:

1) R134a 是一种新型环保型制冷剂, 它的温室效应潜能很小, 对臭氧层几乎无害, 是目前替代 R12 的较为理想的制冷剂。

2) R134a 无色、无味、不燃烧、不爆炸, 与 R12 的性质很相近, 在标准大气压下, 沸点为 -26.5°C , 凝固点为 -101°C ; 对臭氧破坏系数为零, 化学性质稳定。

3) R134a 的导热系数明显高于 R12, 传热能力较 R12 好, 因此制冷剂的用量可大大减少。

4) 当温度在 17°C 以上时 R134a 的饱和压力与 R12 比较比 R12 高, 而低于 17°C 时, R134a 的饱和压力则比 R12 低。

5) R134a 对漆包线的腐蚀性强, 对橡胶材料的使用范围也发生了变化。R12 适用的橡胶材料主要有氯丁橡胶和丁腈橡胶。R134a 适用的橡胶材料主要有氯丁橡胶、高丁腈橡胶、尼龙橡胶。

6) R134a 气体比容较大, 因此在相同容量的压缩机条件下, R134a 系统工质流率较小。

7) R134a 不能与烷烃类润滑油互溶, 润滑油应改为与 R134a 相容的聚烯烃乙醇 (PAG)。

8) R134a 不能用卤素法检漏。

9) R134a 的溶水性与 R12 相近。

常用制冷剂性质见表 1-2。

表 1-2 常用制冷剂性质一览表

制冷剂	R12	R22	R134a
分子式	CF_2Cl_2	CHF_2Cl	$\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$
沸点/ $^{\circ}\text{C}$ (1atm)	-29.8	-40.8	-26.5
凝固点/ $^{\circ}\text{C}$ (1atm)	-155	-160	-101
毒性	无	无	无
对水的溶解性	不易溶于水	不易溶于水	不易溶于水
对冷冻润滑油的溶解性	极易溶解	部分溶解	不能与烷烃类润滑油互溶
可燃性	不可	不可	不可

注: 1atm = 101.325kPa。

四、共沸制冷剂

共沸制冷剂具有很多纯质制冷剂所不具有的特性。

1) 在一定的蒸发压力下蒸发时, 具有几乎不变的蒸发温度, 而且蒸发温度要比单一的纯质制冷剂低。

2) 在一定的蒸发温度下, 共沸制冷剂的单位容量制冷量要比组成它的单一制冷剂高。

3) 化学稳定性高。

4) 在封闭式制冷压缩机中能更好地冷却电动机, 电动机绕组温升减小。

如在小型制冷系统中用的比较多的共沸制冷剂 R502, 就是一种低温制冷工质, 具有冷冻容量高、制冷速度快的优异制冷性能。主要用在食品陈列、食品贮藏、制冷、冰箱、低温冰箱的制冷系统中。

共沸制冷剂 R502 是由 R125 与 R143 制冷剂混合而成的, 是一种不破坏臭氧层的环保制冷剂, 多用于中、低温商用制冷系统。

五、制冷剂的贮存与使用

制冷剂一般贮存在专用的钢瓶内, 贮存不同制冷剂的钢瓶其耐压的程度不同。为标明盛装不同种类的制冷剂, 一般在制冷剂钢瓶上刷以不同的颜色, 以示区别 (氨瓶为黄色, 氟瓶为银灰色), 同时注明