



银领工程

制冷与空调技术专业领域

制冷原理与设备

姜守忠 主编



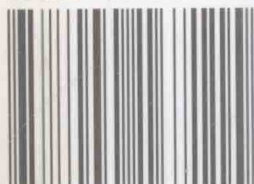
高等教育出版社

银领工程

制冷与空调技术系列

- | | |
|-------------|-----|
| ■ 热工基础 | 陈 礼 |
| ■ 流体力学及泵与风机 | 陈 礼 |
| ■ 制冷原理与设备 | 姜守忠 |
| ■ 制冷压缩机(配盘) | 朱 立 |

ISBN 7-04-016711-5



9 787040 167115 >

定价 24.50 元

银领工程

制冷与空调技术专业领域

制冷原理与设备

姜守忠 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是教育部“银领工程”制冷空调专业领域教材。本书介绍了制冷剂与载冷剂特性;蒸气压缩式制冷循环、溴化锂吸收式制冷循环的工作原理和热力学分析方法;制冷系统热交换设备、分离与贮存设备,制冷剂液泵与防护设备,节流器与阀件、制冰设备的作用、种类、基本结构和工作原理。书中还介绍了蒸气压缩分凝式制冷循环、蒸气喷射式制冷循环、空气压缩式制冷循环及半导体制冷。

本书可作为高等专科学校与高等职业学校制冷与空调专业教材,也可供从事制冷空调工程的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

制冷原理与设备/姜守忠主编. —北京:高等教育出版社,2005.6

ISBN 7-04-016711-5

I.制... II.姜... III.①制冷—理论—高等学校:技术学校—教材②制冷—设备—高等学校:技术学校—教材 IV.TB6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 036413 号

策划编辑 赵亮 责任编辑 胡纯 封面设计 于涛 责任绘图 朱静
版式设计 张岚 责任校对 殷然 责任印制 韩刚

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100011

总机 010-58581000

经销 北京蓝色畅想图书发行有限公司

印刷 北京原创阳光印业有限公司

开本 787×960 1/16

印张 18.75

字数 440 000

插页 2

购书热线 010-58581118

免费咨询 800-810-0598

网址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>

<http://www.landaco.com.cn>

版次 2005年6月第1版

印次 2005年6月第1次印刷

定价 24.50元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 16711-00

前 言

随着国民经济的发展和人们生活水平的提高,制冷技术得到了广泛的应用。为了教学需要,我们编写了本书,以供高校制冷空调专业学生和从事制冷空调技术的有关技术人员学习和参考。

本书分“制冷原理”与“制冷设备”两部分。

制冷原理部分着重介绍了制冷剂与载冷剂的特性,人工制冷的热力学原理,蒸气压缩式制冷循环和溴化锂吸收式制冷循环的工作原理及热力学分析方法。在分析工作原理时,较详细地讨论了影响各种循环性能的因素,以便读者理解和掌握提高制冷循环效率的方法。本书还介绍了蒸气压缩分凝式制冷、蒸气喷射式制冷、空气压缩式制冷及半导体制冷,各校在组织教学时,可根据情况选学或指导学生自学。

制冷设备部分着重介绍了制冷系统热交换设备、分离与贮存设备、制冷剂液泵与防护设备、节流器与阀件、制冰设备的作用、种类、基本结构和工作原理。

本书由姜守忠任主编,季阿敏、董哲生任副主编。参加编写的有浙江理工大学姜守忠(第三、四、五、八章)、哈尔滨商业大学季阿敏(第六、七章)、天津商学院黄明颖(第一、十一章)、南昌高等专科学校董哲生(第九、十章)、金昀(第二章)。

本书由重庆大学刘宪英教授主审,编者特致深切谢意。

作者在编写过程中虽尽了最大努力,但限于水平,书中缺点及不足之处在所难免,恳请专家和读者批评指正。

作 者
2005年1月

出版说明

为了认真贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》，落实《2003—2007年教育振兴行动计划》，缓解国内劳动力市场技能型人才紧缺现状，为我国走新型工业化道路服务，自2001年10月以来，教育部在永州、武汉和无锡连续三次召开全国高等职业教育产学研经验交流会，明确了高等职业教育要“以服务为宗旨，以就业为导向，走产学研结合的发展道路”，同时明确了高等职业教育的主要任务是培养高能人才。这类人才，既要能动脑，更要能动手，他们既不是白领，也不是蓝领，而是应用型白领，是“银领”。从而为我国高等职业教育的进一步发展指明了方向。

培养目标的变化直接带来了高等职业教育办学宗旨、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面的改变。与之相应，也产生了若干值得关注与研究的新课题。对此，我们组织有关高等职业院校进行了多次探讨，并从中遴选出一些较为成熟的成果，组织编写了“银领工程”丛书。本丛书围绕培养符合社会主义市场经济和全面建设小康社会发展要求的“银领”人才的这一宗旨，结合最新的教改成果，反映了最新的职业教育工作思路和发展方向，有益于固化并更好地推广这些经验和成果，很值得广大高等职业院校借鉴。我们的这一想法和做法也得到了教育部领导的肯定，教育部副部长吴启迪专门为首批“银领工程”丛书提笔作序。

我社出版的高等职业教育各专业领域技能型紧缺人才培养培训工程系列教材也将陆续纳入“银领工程”丛书系列。

“银领工程”丛书适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2004年9月

目 录

绪论	1
第一章 制冷剂与载冷剂	5
第一节 制冷剂的分类与命名	5
第二节 制冷剂的选择与 CFCs 存在的问题	7
第三节 常用制冷剂的性质	12
第四节 载冷剂	21
第二章 单级蒸气压缩式制冷理论循环	26
第一节 可逆逆向循环与热力完善度	26
第二节 单级蒸气压缩式制冷理论循环	32
第三章 单级蒸气压缩式制冷实际循环	41
第一节 单级蒸气压缩式制冷实际循环	41
第二节 实际工况及制冷剂的变化对制冷循环的影响	53
第三节 单级蒸气压缩式制冷实际循环的热力计算	65
第四章 多级蒸气压缩式与复叠式制冷循环	72
第一节 采用多级蒸气压缩式制冷循环的原因	72
第二节 多级蒸气压缩式制冷循环	73
第三节 两级蒸气压缩式制冷循环的热力计算	88
第四节 复叠式制冷循环	103
第五章 溴化锂吸收式制冷循环	110
第一节 吸收式制冷循环的基本工作原理及工质对	110
第二节 溴化锂吸收式制冷循环	117
第三节 影响溴化锂吸收式制冷循环性能的主要因素	126
第四节 溴化锂吸收式制冷循环的热力分析	134
第六章 其他形式的制冷方式	146
第一节 蒸气压缩分凝式制冷循环	146
第二节 蒸气喷射式制冷循环	152
第三节 空气压缩式制冷循环	156
第四节 半导体制冷	161

第七章 制冷系统热交换设备	169
第一节 冷凝器	169
第二节 蒸发器	179
第三节 冷却设备	191
第八章 制冷系统的分离与贮存设备	197
第一节 制冷剂分离与贮存设备	197
第二节 润滑油分离与贮存设备	206
第三节 空气分离器	213
第九章 制冷剂液泵及防护设备	217
第一节 制冷剂液泵	217
第二节 防护设备	223
第十章 节流器、阀件与液位指示器	229
第一节 节流器	229
第二节 阀件	237
第三节 液位指示器	242
第十一章 制冰设备	246
第一节 盐水制冰设备	246
第二节 快速制冰设备	252
附录	262
附表一 制冷剂编号和安全性分类	262
附表二 R12 饱和热力性质表	266
附表三 R22 饱和热力性质表	268
附表四 R123 饱和热力性质表	270
附表五 R134a 饱和热力性质表	271
附表六 R407C 沸腾状态液体与结露状态气体热力性质表	273
附表七 R410A 沸腾状态液体与结露状态气体热力性质表	275
附表八 R717 饱和热力性质表	277
附表九 氯化钠水溶液的热物理性质表	279
附表十 氯化钙水溶液的热物理性质表	280
附表十一 乙二醇水溶液的热物理性质表	282
主要参考文献	284
附图一 R12 压-焓图	285
附图二 R22 压-焓图	286
附图三 R123 压-焓图	287

附图四	R134a 压-焓图	288
附图五	R407C 压-焓图	
附图六	R717 压-焓图	
附图七	溴化锂溶液焓-质量分数图	
附图八	溴化锂溶液熵-质量分数图	

绪 论

一、人工制冷

人工制冷也称“人工致冷”，是指用人为的方法不断地从被冷却系统(物体或空间)排热至环境介质中去,从而使被冷却系统达到比环境介质更低的温度,并在必要长的时间内维持所需的低温的一门工程技术。

根据人工制冷所能达到的低温,一般将人工制冷技术分为制冷技术、低温技术和超低温技术。在制冷技术领域内人们又习惯将应用于食品冷加工、空调制冷、某些生产工艺用冷等的制冷技术称为普通制冷或普通冷冻(简称普冷);将应用于气体液化、分离等的制冷技术称为深度制冷或深度冷冻(简称深冷)。普冷与深冷一般不严格地按温度标准来划分,而是根据制冷原理、制冷剂及制冷机的种类和工程应用特点来大致划分。本书只叙述普通制冷的工作原理和热力分析方法。文中所叙述的制冷除特殊说明外均指普通制冷技术。

二、人工制冷的的基本方法

人工制冷的的方法很多,大致可分为物理方法和化学方法两类,而绝大多数的人工制冷方法属于物理方法。在普通制冷技术领域内,应用最广泛的物理方法有相变制冷、气体膨胀制冷;其次是热电制冷、固体吸附制冷以及研究中的涡流制冷等。

(一) 相变制冷

相变制冷是利用某些物质在发生相变时的换热效应进行制冷的的方法。因为物质在发生相变的过程中,当物质分子重新排列和分子运动速度改变时,需要吸收或放出热量,即相变潜热。在现代制冷技术中,主要是利用制冷剂液体在低压下的汽化过程来制取冷量,如蒸气压缩式制冷、吸收式制冷及蒸气喷射式制冷等。相变制冷中,制冷剂的汽化潜热大小与制冷剂的性质有关,并影响其制冷能力:

(1) 制冷剂的相对分子质量越小,其汽化潜热量越大;

(2) 任何一种制冷剂的汽化潜热随汽化压力的提高而减少,当达到临界状态时,其汽化潜热为零。所以,制冷剂的临界温度与凝固温度是液体汽化相变制冷循环的极限工作温度范围。

固体如干冰、水冰、溶液冰等的熔化和升华也能使物体或空间冷却。单纯利用干冰、水冰、溶液冰,一般能满足短时间的降温要求,这只是一个简单的冷却过程,而不能称为制冷。因为制冷过程是一个通过制冷循环使热量不断地从低温热源传到高温热源的连续过程,这一过程必须依靠制冷机来实现。

(二) 气体膨胀制冷

气体膨胀制冷是基于压缩气体的绝热节流效应或压缩气体的绝热膨胀效应,从而获得低温气流来制取冷量的制冷技术,常用的有空气压缩式制冷循环等。气体膨胀制冷根据使用的设备不同表现出气体膨胀时的不同特性。通过节流装置来实现的称为气体绝热节流效应,在制冷中利用的是绝热节流的冷效应。通过膨胀机实现的称为气体等熵膨胀效应,气体等熵膨胀效应总是冷效应。事实证明:等熵膨胀效应所能达到的低温及制冷能力都比绝热节流效应有效,并且等熵膨胀过程中可回收膨胀功,循环的效率较高。但绝热节流不采用结构复杂的膨胀机,只采用结构简单、便于调节的节流装置,因而绝热节流也有其明显的优越性。在实际工程中,气体的绝热节流效应和等熵膨胀效应都应用于制冷技术中,具体选择视工程的实际情况而定。

(三) 热电制冷

热电制冷,亦称温差电效应制冷。它是利用珀尔帖效应(Peltier effect)来达到制冷目的的一种制冷技术。珀尔帖效应是由两种不同金属组成的闭合环路,当直流电流通过这个环路时,在环路的一个接点出现吸热、另一个接点出现放热的效应。由于半导体材料内部结构的特点,决定了它产生的温差电现象要比金属显著得多,所以当前热电制冷多采用某些特种半导体材料作为其热电堆,亦称为半导体制冷。半导体制冷器具有体积小、无噪音、无磨损、运行可靠、冷却速度快、易控制等优点,但半导体制冷的工作效率较低,使其应用受到一定限制。

(四) 固体吸附式制冷

某些固体物质(如沸石等)在一定的温度及压力下能吸附某种工质的气体或水蒸气,而在另一温度及压力下又能将它释放出来。这种吸附与解析的过程将导致工质的压力变化,从而起到了“压缩机”的作用。固体吸附式制冷就是利用了这一工作原理。固体吸附式制冷可利用太阳能作工作热源。利用太阳能的固体吸附式制冷亦称为太阳能-固体吸附式制冷。

(五) 气体涡流制冷

气体涡流制冷是利用作为工质的压缩气体经过涡流管产生的涡流,分离出冷、热两种气流,其中的冷气流用来获得冷量的制冷方法,即兰克-赫尔胥效应(Renque-Hilsch effect)。涡流管由喷嘴、涡流室、分离孔板及冷、热两端的管子等组成。涡流管制冷具有结构简单,维护调节方便和能达到较低温度的优点,但其效率低、经济性差,现在应用还不普遍。

热泵循环是另一种逆向循环的应用,热泵循环以环境介质为低温热源,并从中获取热量将其转移给高于环境温度的加热系统(高温热源)的逆向循环。热泵循环与制冷循环的形式、原理相同,甚至使用的设备和工质也相近,但循环工作区间的温度与获得能量的目的不同。另外,用同一台制冷机同时实现制冷循环和供热循环的,称为热化循环或联合机循环,这是一种有效利用能源的方法。从热力学的角度来看,它们三者都属于逆向循环的范畴。

图 0-1 是制冷循环、热泵循环和热化循环的基本工作原理示意图。图中 Q_0 表示逆向循环从低温热源(或称冷源)获取的热量; Q_K 表示向高温热源(或称热源)放出的热量; W (或 Q)表示完成这一逆向循环所消耗的功或热。并且

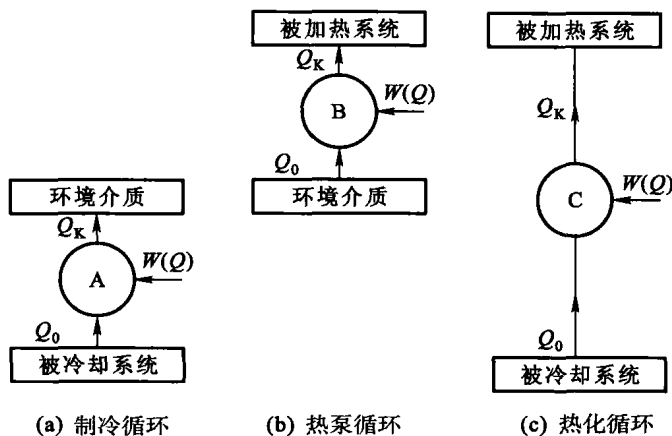


图 0-1 制冷循环、热泵循环和热化循环

A—制冷机; B—热泵; C—热化机

$$Q_k = Q_0 + W \quad (0-1)$$

或

$$Q_k = Q_0 + Q \quad (0-2)$$

三、制冷技术在国民经济中的应用

自 1834 年美国 J. Perkins 首次研制成功用人力转动的、以乙醚作为制冷剂的制冷机开始,一百多年来,随着科学技术的不断发展,制冷技术已广泛应用于工业生产过程、产品性能试验、建筑工程、空气调节、食品加工业、农业生产、生物工程、医疗卫生、文化体育及日常生活等国民经济和人类生活的各个领域。

在食品加工业中,制冷技术是较早被应用的。在食品加工业中,制冷技术不仅作为加工手段,能使食品在低温下获得更好的质量,更普遍的是作为贮藏手段,使食品能较长时间地保持原有的营养价值与商品价值。为了使食品从生产、运输、贮藏至销售、消费全过程中都保持在所要求的低温条件的冷藏链下,就需要采用冷库、冷藏船、冷藏列车、冷藏汽车、冷藏销售柜以及冷藏箱等一系列的制冷装置。食品加工业中制冷技术的应用,使食品生产可不受季节性和地区性的限制,从而达到保证质量、调剂淡旺季、保障供应、促进贸易的目的。目前冷藏库和冷藏运输工具的应用还扩大到保存贵重皮毛、服装、药材和图书、绘画作品、文物等范围。

空气调节工程中的冷却降温和调湿过程也是制冷技术应用的一个主要内容。为了满足人们保持身心健康和提高工作效率的要求,在宾馆、会堂、剧场、医院、体育馆、机场候机厅、地下铁道候车室、车间、实验室、办公楼,甚至列车、客轮、飞机等交通工具都需要利用人工制冷来降温调湿,以达到舒适性空气调节的要求。

在工业生产方面制冷技术的应用也很广泛。例如在石油化工、有机合成(橡胶、塑料、化纤、药物、染织等)、基本化工(酸、碱)等工业中的分离、精炼、结晶、浓缩、液化、控制反应速度等单元

操作工段都需应用制冷技术。电子计算机、现代通信、雷达等电子设备的可靠运行也需应用制冷技术。许多航天航空仪表,航空发动机以及高寒地带使用的车辆、武器、机械产品也都需要在人工气候低温模拟室中进行性能实验。在核工业中制冷技术被用来控制核反应速度,吸收核反应过程中放出的热量等。

在建筑工业中,用冻土法来挖掘矿井、隧道、建造堤坝、码头和桥梁基础,可提高施工效率,保障施工安全。在水电站大坝等大型混凝土建筑中,应用冷风冷却和碎冰冷却能使混凝土均匀冷却,消除大型建筑构件的热应力,保证浇注质量。

在农业方面,应用制冷技术来进行种子的低温处理和低温保存。

在医药卫生方面,使用冻结干燥法来生产药物,利用低温来保存血浆、疫苗、菌种、器脏和药物,低温麻醉、人工冬眠、低温冷冻外科手术等也都是制冷技术应用的实例。

在许多近现代尖端科学技术部门中,如高速电子计算机、卫星通信、激光技术及高真空、红外技术等都需要应用制冷技术。

在文化体育事业中,像摄影棚中人工雪景布置、人工冰场和滑雪道人工降雪也都是制冷技术的应用实例。

制冷技术(包括低温和超低温技术)的应用是非常广泛的,并随着国民经济的发展、科学技术的进步和人们生活水平的提高,制冷技术的应用将展示出无限广阔的前景。

四、制冷原理与设备课程的主要内容

“制冷原理与设备”是制冷与空调专业的主要专业课程之一,其主要内容包括:

- (1) 理想制冷循环、理论制冷循环等理想模型的热力分析。
- (2) 各种实际制冷循环的热力性能和影响循环效率因素的分析及热力循环计算。
- (3) 各种制冷工质的热物理特性以及在制冷循环中的热力性质变化分析。
- (4) 常用制冷设备的种类、基本结构、工作原理及工作特性的分析。

制冷剂与载冷剂

第一节 制冷剂的分类与命名

国家标准 GB/T 7778—2001《制冷剂编号方法和安全性分类》规定:对于技术性应用,前缀“Refrigerant”(制冷剂)的首写字母“R”作为制冷剂的代号,在“R”后用规定的编号(数字及字母)来表示制冷剂的种类和化学构成,例 R12、R134a 等。对于非技术性应用,在制冷剂编号前加 C、H、F、B 说明含有的“碳”、“氢”、“氟”、“溴”等元素,例 CFC-12、HCFC-22、BCFC-12B1、HFC-134a、CFC/HFC-500 等。

一、GB/T 7778—2001 对制冷剂的分类与命名

(一) 卤代烃类制冷剂

卤代烃类制冷剂是饱和碳氢化合物的卤素(氟、氯、溴)衍生物的总称,即氟利昂(Freon)。用于生产氟利昂制冷剂的饱和碳氢化合物主要有甲烷(CH_4)、乙烷(CH_3CH_3)及丙烷($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$)等。饱和碳氢化合物的分子通式是 $\text{C}_m\text{H}_{2m+2}$ 。被氟(F)、氯(Cl)、溴(Br)部分或全部取代后所得的衍生物——氟利昂的分子通式是 $\text{C}_m\text{H}_n\text{F}_p\text{Cl}_q\text{Br}_r$ 。其中 m 、 n 、 p 、 q 、 r 分别表示构成该种氟利昂制冷剂的 C、H、F、Cl、Br 元素的原子个数,有关系式:

$$2m + 2 = n + p + q + r$$

氟利昂代号是用字母 R 和跟随的编号数字 $(m-1)(n+1)(p)B(r)$ 组成。在编号中:

(1) 如果 $r=0$,则 $B(r)$ 可省略。

(2) 对于甲烷系列,R 后面用两个数字表示,例如氯二氟甲烷 CHClF_2 , $m-1=0$, $n+1=2$, $p=2$, $r=0$,命名为 R22。

(3) 当乙烷系列有异构体时,编号不变。结构最对称的只用编号表示,随着异构体不对称性增大,附加小写字母 a、b、c……以示区别。例如:二氯四氟乙烷, $\text{CClF}_2\text{CClF}_2$, 命名为 R114; CCl_2FCF_3 , 命名为 R114a。

(4) 当丙烷系列有异构体时,每一种异构体有相同的编号,编号后用两个小写字母来区分其不对称性。第一个字母表示中间碳原子(C2)的取代基(表 1-1),第二个字母表示两端碳原子(C1 和 C3)取代基的相对对称度。最对称的异构体为 a,随着不对称性的增加,指定连续的字母,例 $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CF}_3$, R218; $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_3$, R245cb。

表 1-1 丙烷系列 C2 的取代基代号

C2 取代基	代号	C2 取代基	代号	C2 取代基	代号
—CCl ₂ —	a	—CF ₂ —	c	—CFH—	e
—CClF—	b	—CClH—	d	—CH ₂ —	f

(二) 环状有机化合物类制冷剂

环状有机化合物类制冷剂的命名是在 R 后面先加一个字母 C, 然后按氟利昂的编号规则书写。

(三) 饱和碳氢化合物类制冷剂

饱和碳氢化合物类制冷剂的命名同氟利昂。

(四) 混合物类制冷剂

混合物类包括共沸溶液制冷剂和共沸溶液制冷剂。

共沸溶液制冷剂是由两种或两种以上互溶的单组物质, 在常温下按一定的质量比或容积比相互混合而成的制冷剂。它在一定的压力下具有恒定的沸点, 在饱和状态下气液两相组分相同。已商品化的共沸溶液制冷剂的命名是 R 后依应用先后在 500 序号中顺次编写。

非共沸溶液制冷剂是由两种或两种以上相互不形成共沸溶液的单组物质混合而成的制冷剂。它在定压相变时会产生一定的温度滑移现象。已商品化的非共沸溶液制冷剂的命名是 R 后依应用先后在 400 序号中顺次编号。

为区别组分相同而比例不同(质量分数)的混合物制冷剂, 应在识别编号后加大写字母 A、B、C 等后缀。

(五) 有机化合物类制冷剂

有机化合物类制冷剂主要是烃类、有机氧化物、有机硫化物、有机氮化物。有机化合物类制冷剂的命名是 R 后在 600 序号中编写, 6 后 1 代表氧化物、2 代表硫化物、3 代表氮化物, 第三位编号任选; 而烃类物质丁烷、异丁烷分别编为 R600、R600a。

(六) 无机化合物类制冷剂

无机化合物类制冷剂的代号由字母 R 和 700 序号组成。700 序号中的后两个数字表示该化合物的相对分子质量。当有两种或两种以上的制冷剂相对分子质量相同时, 可在其余的制冷剂编号后加 A、B……以示区别。

(七) 不饱和碳氢化合物及其卤族元素衍生物类制冷剂

不饱和碳氢化合物及其卤族元素衍生物类制冷剂的命名编写是在 R 后面先写一个 1, 然后按氟利昂命名规则编写。

GB/T 7778—2001 对制冷剂的分类编号详见附录一。

二、工程应用分类

在工程中, 按标准沸点 t_s 和 30 ℃ 下的冷凝压力 p_K 可分为高温低压、中温中压、低温高压

制冷剂(表 1-2)。

表 1-2 制冷剂按 t_s 和 p_k 分类

类别	标准沸点 t_s (101 kPa)/ $^{\circ}\text{C}$	冷凝压力 p_k (30 $^{\circ}\text{C}$ 时)/kPa	制冷剂举例	应用举例
高温低压制冷剂	>0	<300	R11、R21、R114	空调、热泵
中温中压制冷剂	$-60\sim 0$	$300\sim 2\,000$	R717、R12、R22、 R134a、R502	制冰、冷藏
低温高压制冷剂	<-60	$>2\,000$	R13、R14、R503	复叠循环低温部分

第二节 制冷剂的选择与 CFCs 存在的问题

一、制冷剂的选择

制冷剂的性质将直接影响制冷机的种类、构造、尺寸和运行特性,同时也会影响制冷循环的形式、设备结构及经济技术性能,因此,合理选择制冷剂是一个很重要的问题。通常对制冷剂的性能要求从热力学方面、物理化学方面、安全性方面、全球环境影响方面和经济性方面等加以考虑。

(一) 热力学方面的要求

(1) 沸点要低,可获得较低的蒸发温度。同时,沸点低的制冷剂具有较高的蒸气压力。

(2) 临界温度要高、凝固温度要低,以保证制冷剂在较广的温度范围内安全工作。临界温度高的制冷剂在常温条件下能够液化,即可用普通冷却介质使制冷剂冷凝,同时能使制冷剂在远离临界点下节流而减少损失,提高循环的性能。凝固点低,可使制冷剂在达到较低蒸发温度时不发生凝结现象。

(3) 要求制冷剂具有适宜的工作压力。要求制冷剂的蒸发压力接近或略高于大气压力,避免制冷系统低压部位出现真空而增大空气渗入系统的机会。要求冷凝压力不能过高。冷凝压力低可降低制冷设备、管道的强度和施工要求,减少制冷系统的建设投资和制冷剂向外泄漏的可能性。要求冷凝压力与蒸发压力的压力比(p_k/p_0)和压力差($p_k - p_0$)小。这样,不仅可降低制冷机的排气温度,减少压缩耗功,同时也可提高制冷机的输气性能,减少制冷系统的压缩级数,改善制冷机运行机构的受力,从而使制冷设备结构紧凑、简化;运行平稳、安全。

(4) 要求制冷剂的汽化潜热大。制冷系统在得到相同的产冷量 Q_0 时,可减少制冷剂的循环量。同时也可减少制冷机、设备的投资;降低运行能耗,提高制冷效率。

(5) 对于大型制冷系统,要求制冷剂的单位容积制冷量 q_v 尽可能大。在产冷量一定时,可减少制冷剂的循环量,缩小制冷机的尺寸和管道的直径。但对于小型制冷系统,要求单位容积

制冷量 q_v 小,可适当增大制冷剂的通道截面,减少流动阻力。

(6) 要求制冷剂的绝热指数 κ 小,可使压缩耗功减少,排气温度降低,改善运行性能和简化系统设计。

(7) 对于离心式制冷压缩机应采用相对分子质量适中的制冷剂。因为相对分子质量大,可增大每一级的升压比,在系统的压力比(p_k/p_0)一定时,可减少压缩级数;另外,大多数物质在沸点下汽化时,其摩尔熵增相似,因此标准沸点相近的制冷剂,相对分子质量大时,汽化潜热就小。

(8) 导热系数要求高,可提高换热设备的传热系数,减少换热设备的换热面积。

(二) 物理化学方面的要求

(1) 制冷剂的粘度要小,减少制冷剂在系统中的流动阻力,缩小制冷系统管道直径,降低金属消耗量。粘度小也可增加制冷剂的传热性能。

(2) 制冷剂的纯度要高,所选用的制冷剂应无不溶性杂质、无污物、无不凝性气体、无水。要求制冷剂具有一定的吸水性,当制冷剂中渗进极少的水分时,虽会导致蒸发温度升高,但不致在低温下产生冰塞而影响制冷系统的正常工作。

(3) 制冷剂的热化学稳定性要好,高温下不易分解。制冷剂与油、水相混合时对金属材料不应有明显的腐蚀作用。对制冷机的密封材料的膨润作用也要尽可能小。

(4) 制冷剂的溶油性表现为完全溶解、微溶解和完全不溶解。当制冷剂与润滑油完全溶解时,能为机件润滑创造良好条件,在冷凝器等换热器的换热面上不易形成油膜,传热效果较好;但会使制冷剂的蒸发温度提高,低温下的润滑油粘度降低,还会使制冷剂沸腾时泡沫增多,蒸发器中的液面不稳定以及在运行时使制冷机的耗油增大,系统回油不易。当制冷剂与润滑油完全不溶时,对制冷系统的蒸发温度影响较小,但在热交换器换热表面易引成油膜而影响换热。微溶解于油的制冷剂的优缺点介于两者之间。

理解制冷剂与润滑油的互溶性,有利于掌握制冷系统的运行特性。一般可认为 R717、R13、R14 等是不溶于油的制冷剂;R22、R114 等是微溶于油的;R11、R12、R21、R113 等是完全溶于油的。同时,制冷剂与润滑油的互溶性,除了与制冷剂的种类有关外,还与温度、压力、润滑油的成分有关。

(5) 在半封闭和全封闭式制冷机中,压缩机的电动机线圈与制冷剂、润滑油直接接触,不仅要求制冷剂具有良好的电绝缘性,同时也要求制冷剂对线圈绝缘材料的作用应尽可能小。制冷剂的电绝缘性可用电击穿强度、介电常数、导电系数三项指标表示。其中电击穿强度的大小对全封闭和半封闭式制冷机的影响最大。同时还应注意的是,即使是介电常数高的制冷剂,若含有微量杂质和灰尘,也会使其绝缘电阻明显下降,使半封闭、全封闭式制冷机的绝缘性降低。

(三) 安全性方面的要求

(1) 要求制冷剂在工作温度范围内不燃烧、不爆炸。必须使用某些易燃、易爆制冷剂时,一定要有防火防爆安全措施。一些易燃制冷剂的爆炸特性见表 1-3。