

制冷与空调技术

王长生 编
中南工业大学出版社

王长生 编
中南工业大学出版社
制冷与空调技术

制冷与空调技术

中南工业大学出版社
王长生 编

制冷与空调技术

中南工业大学出版社
王长生 编

制冷与空调技术

中南工业大学出版社
王长生 编

内 容 提 要

本书分为十三章，分别叙述了制冷技术的发展与应用，制冷原理与方法，热力学基础知识，制冷装置的工作原理和结构，制冷设备的选择，安装调试与运行管理，故障的分析与排除，定期检修等。书后还附有常用的数据、图表和冷饮配方及冰箱冷点制作方法等。

本书内容实用，叙述通俗，结构图尽量采用立体图，避免了繁琐的数学推导。适合具有初中以上文化水平，从事制冷与空调设备的使用、维修、生产、销售等专业的技术人员和工人阅读，也可供制冷空调专业的学生参考。

制冷与空调技术

王长生 编

责任编辑：雷丽云

插图责任编辑 刘楷英

中南工业大学出版社出版发行
湖南省岳阳印刷厂印装
湖南省新华书店经销

开本：787×1092 1/16 印张：23.75 字数：563千字

1989年9月第1版 1989年9月第1次印刷

印数：00001—6000

ISBN 7—81020—240—5/T B·001

定价：7.40元

前 言

随着科学技术的迅猛发展和人民生活水平的提高，制冷与空调设备的应用范围日益广泛，并已逐渐进入家庭。随之而来的是广大用户，希望有一本简明实用的技术书籍，指导自己选购理想、经济的制冷或空调设备，并能正确地使用与维护，从而获取最高的效益。本书为适应用户的迫切需要而编写的。如得此书，定能为你分忧解愁。

本书共分十三章，前四章主要介绍热力学基础和制冷原理，第五章至第九章说明了制冷设备的工作原理和结构，后四章论述了制冷设备的选择、安装调试、运行管理、故障排除方法及定期检修等。书中综合了国内外制冷与空调设备的使用维修经验，结合介绍了岳阳制冷设备总厂引进美国、西德的新技术、新产品。

本书可作为制冷装置操作、维修人员的培训教材，也可供从事制冷工程的技术人员及制冷空调专业的学生参考。

本书在岳阳制冷设备总厂培中心全体教职员工的通力合作下完成。培中心主任、高级教师王巨舰同志具体领导这次编写工作，并参与了校阅工作。

本书由岳阳制冷设备总厂、岳阳制冷设备研究所、岳阳汽车空调研究所总工程师，高级工程师王久生同志主审。参加审稿的还有副总工程师王德先，高级工程师张亚辉、杨允实及其他工程技术人员。袁铁光同志承担了插图的描绘工作。

由于本书内容涉及面广，时间仓促，更兼编者水平有限，错误和缺点在所难免，恳请读者不吝批评指正。

编 者

1989年4月

目 录

第一章 概论

- 第一节 制冷技术的发展..... (1)
- 第二节 制冷技术的广泛应用..... (2)
- 第三节 制冷与空调..... (5)

第二章 制冷原理与方法

- 第一节 各种制冷方法..... (7)
- 第二节 单级蒸汽压缩式制冷循环系统的工作原理..... (11)
- 第三节 两级压缩制冷..... (13)
- 第四节 各种制冷压缩机简介..... (15)
 - 一、容积式制冷压缩机..... (15)
 - 二、速度型制冷压缩机..... (21)

第三章 热力学基础知识

- 第一节 表示物质状态的基本参数..... (23)
- 第二节 温度和露点温度..... (25)
- 第三节 热力学第一定律..... (25)
- 第四节 焓与熵..... (27)
- 第五节 显热与潜热..... (29)
- 第六节 饱和蒸汽、饱和温度与饱和压力..... (31)
- 第七节 蒸发与冷凝..... (32)
- 第八节 压焓图..... (33)
- 第九节 热力学第二定律..... (35)
- 第十节 湿空气的性质..... (36)
- 第十一节 湿空气的焓湿图..... (41)
- 第十二节 传热..... (43)

第四章 制冷剂、载冷剂及润滑油

- 第一节 对制冷剂性质的一般要求及制冷剂的种类..... (48)
- 第二节 常用制冷剂的性质..... (52)
- 第三节 载冷剂..... (54)
- 第四节 润滑油..... (56)

第五章 活塞式制冷压缩机

- 第一节 活塞式压缩机的工作原理..... (59)
- 第二节 制冷压缩机的分类和总体结构..... (61)
 - 一、开启式压缩机——8 FS10型..... (65)
 - 二、半封闭式压缩机——70系列..... (66)

三、全封闭式压缩机——3 FM 4 G型	(66)
四、老产品压缩机——2 F 4·8型与2 F 6·3型	(69)
第三节 制冷压缩机零部件的作用与结构	(70)
一、活塞	(70)
二、活塞销	(71)
三、活塞环	(72)
四、连杆	(75)
五、曲轴	(77)
六、汽阀	(78)
七、轴封	(82)
八、机体和其它固定件	(85)
九、轴承	(87)
十、截止阀	(89)
十一、开启式压缩机的传动装置	(90)
第四节 制冷压缩机的制冷量调节	(94)
一、压缩机间歇运行	(95)
二、吸汽节流	(95)
三、顶开吸汽阀	(95)
第五节 制冷压缩机的工作、运行特性与技术指标	(97)
一、制冷压缩机的工作	(97)
二、制冷压缩机的运行特性(性能曲线)	(99)
三、制冷压缩机的技术指标	(100)
第六节 制冷压缩机的润滑	(102)
一、飞溅式和甩油盘润滑	(102)
二、压力润滑	(103)
三、润滑油泵	(104)
四、压缩机润滑系统油温、油压控制	(105)
第六章 制冷系统的设备	
第一节 冷凝器	(107)
第二节 蒸发器	(110)
第三节 制冷装置中的其它换热器	(115)
第四节 节流机构	(117)
第五节 辅助设备	(121)
第七章 制冷装置的电气控制	
第一节 自动控制电器元件	(124)
一、温度继电器	(124)
二、压力继电器	(130)
三、压差继电器	(137)

四、电磁阀	(140)
第二节 常用控制电器	(142)
一、磁力起动器	(142)
二、中间继电器	(146)
三、电子继电器	(147)
四、晶体管位式调节器	(148)
五、时间继电器	(149)
六、起动继电器	(149)
七、变压器	(152)
八、按钮、闸刀开关、铁壳开关、熔断器	(153)
第三节 电气控制线路	(153)
一、电气线路常用图形符号	(155)
二、交流电动机的基本知识	(156)
三、单相基本电气线路	(158)
四、三相基本电气电路	(158)
五、温度继电器间接控制的电路	(167)
六、产品电路举例	(169)
第八章 制冷装置简介	
第一节 制冷装置的种类和功用	(172)
第二节 压缩冷凝机组	(173)
第三节 冷藏装置	(177)
一、冰箱	(177)
二、冷藏柜(箱)	(182)
三、冷库	(182)
四、运输式冷藏装置	(188)
第四节 试验用制冷装置	(193)
第五节 制冰装置	(196)
第六节 冷饮设备	(202)
第九章 空调用制冷设备	
第一节 空调用制冷装置概述	(205)
第二节 冷水机组	(206)
第三节 汽车空调机	(208)
一、国内发展概况	(208)
二、国外技术概况及发展趋势	(208)
三、汽车空调机的主要结构及工作原理	(209)
四、汽车空调系统	(215)
五、汽车空调系统的温度控制	(218)
六、汽车内的空气净化	(226)

七、汽车空调机的操作要领·····	(226)
第四节 冷(热)风机·····	(227)
一、集中式空调·····	(228)
二、分段式空调·····	(232)
三、立柜式空调·····	(240)
第五节 空气去湿机·····	(241)
第六节 恒温恒湿机·····	(243)
第十章 制冷设备的选择	
第一节 空调机的选用·····	(246)
第二节 压缩机的选择计算·····	(250)
第三节 冷凝器的选择计算·····	(251)
第四节 蒸发器的选择计算·····	(253)
第五节 电冰箱的选择·····	(255)
第六节 冷藏柜的选择·····	(255)
第七节 节流装置的选择·····	(256)
第八节 送风管尺寸的选择计算·····	(257)
第九节 保温材料的选择·····	(258)
第十节 热泵的选择·····	(261)
第十一节 温度计的选择·····	(261)
第十二节 其它辅助设备的选择计算·····	(261)
第十一章 制冷装置的安装调试与运行管理	
第一节 安装与接管·····	(264)
第二节 压缩机的试车·····	(267)
第三节 系统吹污与气密性试验·····	(268)
第四节 系统充氟·····	(271)
第五节 制冷压缩机的运行程序及注意事项·····	(273)
第六节 氟利昂制冷装置操作特点·····	(276)
第七节 水分对氟利昂制冷装置的影响·····	(277)
第八节 氟利昂制冷系统中的空气·····	(278)
第九节 油对氟利昂制冷装置工作的影响·····	(280)
第十节 制冷装置运行参数的分析·····	(281)
第十二章 制冷设备故障的分析与排除	
第一节 检修的基本操作·····	(285)
第二节 检查判断故障的基本方法·····	(289)
第三节 漏与堵的分析·····	(290)
第四节 压缩机的常见故障·····	(292)
第五节 故障原因和解决方法一览表·····	(300)
一、冷藏(冷库与冷藏柜)·····	(300)

二、空调	(316)
三、1、热泵(制冷循环)	(309)
2、热泵(制热循环)	(310)
3、热泵(制热循环或制冷循环)	(312)
四、1、制冰机(冰块机)	(315)
2、制冰机(冰棒机)	(317)
五、汽车空调	(318)
六、电冰箱	(322)
第十三章 制冷设备的定期检修	
第一节 制冷压缩机的拆卸与清洗	(325)
第二节 压缩机拆卸后的测量	(327)
第三节 曲轴的修复及更换	(332)
第四节 滑动轴承与阀板组的检修	(334)
第五节 对压缩机的装配与调整的要求	(338)
第六节 辅助设备及阀件的检修	(344)
第七节 检修用的通用工具、材料与专用工具	(347)
附 录	
一、盐水性能表	(354)
二、制冷技术常用的国际单位和工程单位换算表	(355)
三、饱和湿空气的物理性质表	(356)
四、制冷设备检修图例	(358)
五、各种食品冷藏温、湿度要求及物理特性	(394)
六、1980年冰棒冷饮统一配料表	(365)
七、饮料配方有关知识介绍	(365)
八、冰箱冷点的制作	(368)

第一章 概 论

第一节 制冷技术的发展

远古时代，人类的祖先就晓得冷的利用和简单的人工制冷方法。用冰窖作冷贮室，用泉水冷却贮藏室，已有五千多年的历史。

近代制冷技术作为一门技术科学，起步才两百多年，并在19世纪中期和后期发展起来的。随着科学技术的发展，人们逐渐的掌握了人工制冷的的方法。

1834年，在伦敦工作的美国发明家波尔金斯造出了第一台以乙醚为工质的蒸汽压缩式制冷机，并正式申请了英国第6662号专利。这是后来所有蒸汽压缩式制冷机的雏型。这台机器的重要进步是实现了闭合循环。

继而，空气绝热膨胀会产生显著降温的现象开始用于制冷。1844年，美国医生高里用封闭循环的空气制冷机为发烧病患者建立了一座空调站，空气制冷机使他一举成名。威廉·西门斯在空气制冷机中确立了回热器原理。

1859年，卡列发明了氨水吸收式制冷系统，申请了他的原理专利。到1875年，卡列和林德用氨作制冷剂，克服了乙醚工质易爆的缺点。从此蒸汽压缩式制冷机开始占了统治地位。

1913年，美国一位工程师J·M·Iverson制造出世界上第一台手动的家用冰箱。1918年，美国康维他（Kelvinator）公司第一次生产出自动的电冰箱供商业和家庭使用。1920年，封闭式电冰箱研制成功。1927年家用吸收式冰箱问世。19世纪30年代，美国GE公司发明了氟利昂12，代替了以往使用的SO₂这种具有臭味的制冷剂，从而促进了压缩式电冰箱及整个制冷工业的发展。全世界冰箱的发展与普及，是在第二次世界大战以后至60年代初。发达国家中，电冰箱的普及率超过95%，美国和日本的普及率已接近百分之百。

空调器最早是在1920年由美国“开利亚（carrier）”公司制造出来，它是开启式压缩机组装的卧式柜型空调器。本世纪50年代初，窗式空调器问世。以后经过结构上的改进，增设了减音隔音设施，使空调器在创造宁静、安逸的环境方面得到了完善，品种日趋增多。

旧中国没有独立的制造各种制冷设备的能力，只有上海、广州等地有几家修理厂。制冷设备，甚至修配用的零件都要依赖进口。沿海城市的几个大冷库，全部是帝国主义者为了掠夺中国资源而建立的。

解放后，制冷设备发展很快。在1954年就能自行制造活塞式制冷机，并制造了第一台冰箱。到本世纪60年代，我国各大城市差不多都建立了制冷机厂。由专业生产厂、研究所

及高等学校联合,逐步形成了制冷机行业。1964年起我国制冷工业走上了自行设计的道路。

目前,由于引进国外的先进技术和设备,生产能力增长很快,品种日益增多。1986年电冰箱的产量即超过了220万台,预计1990年(包括农村)冰箱的普及率在15%左右。到1990年全国单相空调器的产量将突破60万台,社会拥有量超过260万台。我国自己已能设计制造冷量达8141kW的大型制冷机,制冷量为58W的小型制冷机,甚至冷量仅为12W的半导体制冷机。制冷设备的生产厂已遍及全国各地。为了开发新能源,也开始了对太阳能制冷及地热制冷的研究。

现代世界制冷技术的发展,表现在:

1、对混合工质进行了大量研究,并已大量使用共沸混合工质,为蒸汽压缩式制冷机的发展,开辟了新的道路。

2、制冷温度范围的扩展。一方面,制冷技术扩展到环境温度范围内。另一方面,卡麦林·昂纳斯开辟了氮的温度范围。西门用顺磁盐绝热退磁效应达到1K以下的低温。现在,用 ^3He 溶液制冷机可以连续制取 10^{-2}K 的低温,用原子核绝热退磁的方法可以间断地达 10^{-3}K 的低温。

3、设备规模不断扩大,机器的种类和型式不断增多。成套建筑空调用的冷水机组制冷量可达7000kW。

4、电子计算机在制冷技术上的应用。包括辅助设计、辅助测试、自动控制、生产管理四个方面。计算机技术突飞猛进,推动了制冷技术的蓬勃发展,预示着更加美好的未来。

第二节 制冷技术的广泛应用

制冷最早用来保存食品和调节一定空间的温度。但制冷技术发展到今天,它的应用已渗透到国民经济的各个部门及人们的日常生活中。

一、食品方面

制冷在新鲜的鱼、肉、蛋、果类、蔬菜等易腐食品的生产、运输和保存过程中的应用极为广泛。因为在低温下,可使食品产生腐败变质的微生物的活动能力和生化能力都受到抑制(以牛奶为例,温度为 5°C 时,保存1~2天,牛奶中的酵菌数目几乎不增加;保存4天,酵菌增殖4.5倍。但当温度升高到 15°C 时,4天内牛奶中的酵菌增殖达230000倍,已不能保存),故可使食品得以长期保存,且可最大限度地保持易腐食品的新鲜状态和香味,使营养成分的损失降低到最低限度。

现代化的食品工业,从食品生产、贮运到销售已经形成一条完整的冷链。所采用的制冷装置有冷库、冷藏汽车、冷藏船以及冷藏列车等。另外,还有供食品零售商店、食堂、餐厅等用的商业冷藏柜、各类冷饮设备和各种带有制冷设备的商品陈列柜。

二、空气调节与去湿方面

这是制冷技术应用的又一个广阔领域。根据使用领域的不同,空气调节可分为;

为生活用的舒适性空调。例如宾馆、剧场、地下铁道、汽车、船舶飞机座舱、办公室、居民住宅等，往往要使室内的空气保持一定的温度(23°C左右)和湿度(相对湿度50~70%)，为人们提供适宜的生活环境，不仅有益于身心健康，而且可以提高生产和工作效率。

大型集中式空调系统。例如：我国的首都机场，拥有空调冷量1.2万kW；美国的“世界贸易中心大楼”，楼高410m，总建筑面积120万m²，拥有空调冷量17万kW；日本大阪的“国际博览会”，建筑面积80万m²，拥有空调冷量10万kW；法国某居民住宅的空调系统，拥有空调冷量7万kW，可向6000户居民、100万m²的居住面积供冷。

为生产用的工艺性空气调节系统。例如：纺织厂、造纸厂、印刷厂、胶片厂、手表厂、糖果食品厂、精密仪器车间、高温生产车间、精密计量室、科研实验室、计算机房等处的空调，为各生产、实验环境提供其所必需的恒温恒湿条件，以保证产品的质量或机器、仪表的精度，或精密设备的正常特性。

较重要的地下建筑都要安装空调去湿机，以保障工作人员的健康和防止机器设备的锈蚀。空调去湿，就是用制冷的办法，使空气中高含量的水蒸汽冷凝后排除。

三、工业生产方面

机械制造中，对钢进行冷处理(-70~-90°C)，可以改变其金相组织，使奥氏体变成马氏体，提高钢的硬度和强度。从而可防止油泵喷嘴、纺织机梭子、光学仪器零件等精密零件的变形，提高其使用寿命(如经过冷处理的刀具，其使用寿命可延长30~50%)。在机器的装配过程中，利用低温能方便地实现精密零件的过盈配合(代替热装配)。至于各种电子元件和仪器仪表、各种材料、各种器械(包括整辆汽车)等在低温环境中工作的性能测定与检验，都需要用制冷机来创造特定的低温环境。

化学工业中，借助于制冷，可使气体液化，混合气分离，溶液浓缩，带走化学反应中的反应热。盐类结晶、润滑油脱脂需要制冷；石油裂解，三大合成(橡胶、塑料、纤维)，化肥、农药、酸碱等的生产需要制冷；天然汽液化、贮运也需要制冷。

在钢铁工业中，高炉鼓风需要用制冷的办法先将其风除湿，然后再送入高炉，以降低焦化比，保证铁水质量，一般大型高炉需几千千瓦冷量。

在国防工业中，高寒条件下工作的发动机，汽车、坦克、大炮等常规武器的性能，需作环境模拟实验；航空仪表、火箭、导弹中的控制仪器，也需在地面模拟高空低温条件进行性能实验，所有这些都需要制冷为其提供实验的环境条件。原子能反应堆的控制也需要制冷。

四、农牧业方面

利用制冷对农作物种子进行低温处理，创造人工气候室育秧，进行微生物除虫和良种的贮存，保存家畜家禽的良种精液以便进行人工配种等。

五、建筑工程方面

利用制冷、可实现冻土法开采土方。在挖掘矿井、隧道、建筑江河堤坝时，或在泥沼、砂水处掘进时，可采用冻土法使工作面不坍塌，保证施工安全。拌和混凝土时，用冰

代替水，借冰的溶化热补偿水泥的固化反应热，可以制出大型的混凝土构件，可有效地避免大型构件因得不到充分散热而产生内应力和裂缝等缺陷。

六、医疗卫生方面

冷冻手术，如心脏、外科、肿瘤、白内障、扁桃腺的切除手术，皮肤和眼珠的移植手术及冰袋、“冷刀”、低温麻醉等，均需要制冷技术。除了低温保存疫苗、药品外，医药中还用冻结真空干燥法保存血液及皮肤。制药也需制冷。

七、其他方面

溜冰场。把冷的制冷剂或盐水的输送管道埋在沙或木屑之中，在上面泼上水并使之冻结，就构成了一个人造溜冰场。表 1—1 列出了制冷技术的一些应用范围。

海水淡化。海水淡化的一种可行办法是从海水中冻结出含盐较少的冰，把冰分离后再次融化就得到新鲜的淡水。

表 1-1 制冷技术的分级应用

温 度		应 用 范 围
K	℃	
300~273	27~ 0	热泵、空调装置
273~263	0~ -10	苛性钾结晶、冷藏运输、运动场的滑冰
263~240	-10~-33	冷冻运输、食品常期保鲜、燃气（丙烷等）的液化装置
240~223	-33~-50	滚筒装置的光滑冻结、矿井工作面的冻结
223~200	-50~-73	低温环境实验室、制取固体CO ₂ （干冰）
200~150	-73~-123	乙烷、乙烯的液化、低温医学和低温生物学
150~100	-123~-173	天然气液化
100~50	-173~-223	空气液化、空气分离、稀有气体分离、合成气分离、氢及氩气的还原、液氧、液氮。
50~20	-223~-253	氦和氢的液化、宇航舱空间环境模拟
20~4	-253~-269	超导、氦液化
4~10 ⁻⁶	-269~-273.15	³ He的液化、 ⁴ He的超流动性、约瑟夫逊效应测量技术、物理研究

此外，在微电子技术、能源、新型原材料、卫星通讯、红外线探测与摄影、制取高真空、半导体激光、高速电子计算机、宇宙开发、生物技术这些尖端科学领域中，制冷技术也有重要的应用。

第三节 制冷与空调

本书是介绍制冷与空调知识的。那么什么是“制冷”，什么是“空调”，他们的关系又是什么，就有必要首先在这里阐述清楚。

一、制冷

作为一门科学，制冷是指用人工的方法在一定时间和一定空间内将某物体或流体冷却，使其温度降到环境温度以下，并保持这个低温。

这里所说的“冷”是相对于环境温度而言的。灼热的铁块放在空气中，通过辐射和对流向环境传热，逐渐冷却到环境温度；一桶开水置于空气中，逐渐冷却成常温水，类似这样的过程，都是自发的传热降温，属于自然冷却，不是制冷。只有通过一定的方式方法将铁块或水冷到环境温度以下，才可称为制冷。因此，制冷就是从物体或流体中取出热量，并将热量排放到环境介质中去，使其物体或流体低于环境温度的过程。

机械制冷所需机器和设备的总和称为制冷机。

制冷机中使用的工作介质称为制冷剂。制冷剂在制冷机中循环流动，并且不断地与外界发生能量交换，即不断地从被冷却对象中吸取热量，向环境介质排放热量。制冷剂一系列状态变化过程的综合称为循环。为了实现制冷循环，必须消耗能量。该能量可以是机械能、电能、热能、太阳能及其他形式的能量。

按照制冷所达到的低温范围，制冷可分为如下几个领域：

120K以上，普通制冷；

120K~20K，深度制冷；

20K~0.3K，低温制冷；

0.3K以下，超低温制冷；

也有将120K以下的制冷统称为低温制冷的。

冷的期限为0K，相当于-273.15℃，称为绝对零度。

由于低温范围不同，所使用的工质、机器设备、采取的制冷方式及其所依据的具体原理有很大差别。

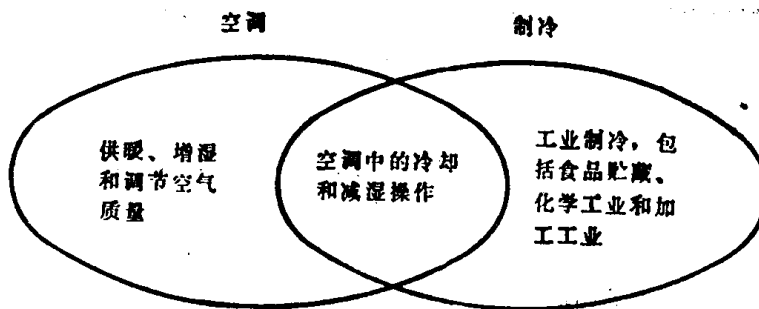
本书主要讨论普通制冷。

二、空调

空调是空气调节的简称。空调的定义是：分别或同时调节空气温度、湿度、洁净度和

进行分选的空气处理过程，使其满足空调场所的要求。同时进行上述调节的称为舒适空调。空调主要可以分为大中型建筑物的空调、工业空调、住宅空调、车辆空调四大类。

制冷与空调是相互联系的两个领域，但它们各有其范围。这种相互联系又相互独立的关系，可用图解表示如右。



制冷与空调的关系

制冷是一种冷却过程，其最大的应用是空调。除此之外，制冷还包括工业制冷过程，食品的加工和贮藏，从石油、化工厂的物质中移去热量，以及诸如制造工业和建筑业等部门中的许多特殊应用。

同样，空调中既有冷却，也包含着别的内容。从空调的定义知道，空调中除了制冷外，还包括整个供暖操作（除热泵外，不涉及制冷），以及速度、热辐射和空气质量的调节，包括去除尘埃和蒸汽杂质。

复习思考题

- 1、现代世界制冷技术的发展表现在哪些方面？
- 2、制冷技术主要应用在哪些方面？
- 3、制冷与空调是什么关系？

第二章 制冷原理与方法

第一节 各种制冷方法

制冷的方法很多，常见的有以下四种：液体汽化制冷、气体膨胀制冷、涡流管制冷和热电制冷。其中液体汽化制冷的应用最为广泛，它是利用液体汽化时的吸热效应实现制冷的。蒸汽压缩式、吸收式、蒸汽喷射和吸附式制冷都属于液体汽化制冷。另外，利用天然冰或人工制冷成果（机制冰或干冰），可以实现简单的单向制冷。下面作一简单介绍。

一、固体融解制冷

以天然冰、机制冰在融解过程中吸收周围空间的热量，使温度下降。每公斤冰的融解潜热为 333.6kJ 。要连续保持低温，就得不断地补充冰，一般可使被冷却物体周围降到 6℃ 左右。因此，冰被广泛用于冷藏降温。

二、固体升华制冷

固体不经融解而直接升华为气体的过程中吸收热量，冷却了周围介质。如固态二氧化碳（干冰）在大气压下升华，其升华温度为 -79.8℃ ，升华潜热为 573.6kJ/kg 。可见干冰不仅制冷量大，并能得到较低温度，应用也较广泛。

固体融解制冷与固体升华制冷一样，是一种单向制冷过程。

三、气体绝热膨胀制冷

气体被压缩冷却后，突然减压膨胀时能够得到低温。空气被压缩后冷却到常温，再进入一个膨胀容器内作绝热膨胀后，可以得到低温空气来作为制冷源。目前来看，采用该方法的制冷效率很低。然而，它也有结构简单，无公害等优点。故被小型汽车、飞机等作为空气调节方面的应用。

四、热电制冷

热电制冷又称为“半导体制冷”或“电子制冷”。它是利用热电子效应，最初是应用在热电偶电位计方面，它是采用两种不同的金属导线，将它们两端连接，一端作为冷接点，另一端为热接点。此时在回路中串连的电位计指示回路中电位的大小，这一现象称为“塞贝克效应”。当电路中通以直流电流，回路中就有电流流过，此刻，在金属导线的两端将发生一端冷一端热的现象。这一现象称为“珀尔帖效应”。目前已经发展到实用阶段的半导体

热电制冷，就是应用该原理。

热电制冷无运转部件，工作时无有害气体。因此在国外已广泛地应用在医疗仪器、电子仪器、家用制冷设备方面。

目前热电制冷元件材料价格昂贵，国内在主要的元件与连接铜片的焊接工艺质量方面，还没有完全解决，产品寿命有一定差距，所以虽能生产，却还未能广泛地应用。

五、液体蒸发制冷

液体在蒸发过程中吸收蒸发潜热使其周围温度下降。在实际制冷技术中，主要就是利用某些物质的沸腾原理来进行制冷。常见的有以下四种方法：

1、蒸汽压缩式制冷

蒸汽压缩式制冷系统应用最为普遍。制冷中选用什么液体为制冷剂十分重要。目前应用最广泛的是氟利昂和氨水。

如果简单地把制冷剂液体直接进行气化制冷，然后将其放掉，这样既不经济又不实用。必须用一种机器把气化后的制冷剂气体收回，进行循环压缩，并使用冷却介质（空气或水）将其冷却，放出热量重新还原为液体。再使制冷剂液体进行气化，吸收被冷却物体的热量，使物体不断降温……。如此周而复始，完成制冷的循环过程。

蒸汽压缩式制冷系统，主要由压缩机、冷凝器、节流阀和蒸发器四大部份组成。目前应用最广的压缩机是活塞式压缩机。

一般的电冰箱、低温箱、冰棒机、冷库、冷风机等，都是根据这种制冷循环原理制成的。

2、吸收式制冷

蒸汽吸收式制冷与压缩式制冷不同，它只需直接消耗热能就能工作。但热能的取得只有在利用余热及煤气的环境下才是经济的，若采用电热，则电能的消耗要比压缩式制冷大2至5倍。吸收式制冷系统的循环原理图，如图2-1所示。吸收式制冷机中，常采用氨水为制冷剂，其工作原理是：来自蒸发器的沸腾吸热后的氨蒸汽流入吸收器。使来自发生器的低浓度氨水吸收氨蒸汽后变成高浓度的氨水。通过吸收器与发生器的连通管，依靠氨水浓度的不同而流入发生器中。经热源加热，氨汽从发生器中分离出来进入冷凝器放热后，变成氨液进入蒸发器重新沸腾吸热，又变成氨汽再流入吸收器中，形成制冷循环。在实际系统中常常充入中性气体——氢作为扩散剂。

吸收式制冷中的溴化锂吸收制冷方式，常用于有余热可以利用的大型空调系统中。

3、蒸汽喷射式制冷

在制冷技术中，还用水在真空条件下蒸发吸热达到制冷目的。如水在常温下每公斤水变成水蒸汽需要吸收2428kJ的热量，蒸汽喷射泵制冷机就是利用此原理制冷。

这种制冷循环系统的原理图，如图2-2所示。在这种装置中，从锅炉中来的高压蒸汽进入喷射器，通过喷嘴的作用，形成高速低压蒸汽流。此蒸汽流从蒸发器内带出水蒸汽，而使蒸发器内的压力逐渐减低，形成一定的真空，因而使蒸发器内的水在较低温度下沸腾吸热，形成制冷作用。很明显，这种制冷方法所得到的沸腾温度不可能低于0℃。这种制冷方式多用在大面积空气调节设备上。