



世纪高等教育建筑环境与设备工程系列规划教材

制冷技术

解国珍 姜守忠 罗勇 主编

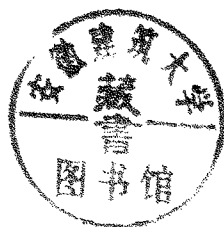
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高等教育建筑环境与设备工程系列规划教材

制 冷 技 术

主 编	解国珍	姜守忠	罗 勇
参 编	姜 坪	于 丹	张桂荣
主 审	孙嗣莹		



机 械 工 业 出 版 社

本书是高等院校建筑环境与设备工程专业教材,主要内容为制冷原理和设备、制冷用压缩机、制冷剂特性、吸收式制冷、热泵技术、制冷系统控制和制冷技术在空调工程中的应用。

本教材的思路是从基本概念、基本原理到实际工程应用;浓缩了制冷技术精华内容,增添了最新技术;写作力求深入浅出,概念准确;内容文图并茂。

另外,为了适应当前国内在建筑领域施行的注册公用设备工程师(暖通空调)执业资格考试的需要,本教材增添了普通制冷知识内容。因此,本教材也可作为从事暖通空调工作的设计师和工程师进行全国注册工程师资格考试的参考书籍。

本教材还介绍了部分制冷新技术,供从事制冷工程和暖通空调领域的技术人员扩充制冷知识所用。

本教材配有电子课件,免费提供给授课教师,请需要者根据书末的“信息反馈表”进行索取。

图书在版编目(CIP)数据

制冷技术/解国珍,姜守忠,罗勇主编. —北京:机械工业出版社, 2008. 6

ISBN 978-7-111-23723-5

I. 制… II. ①解…②姜…③罗… III. 制冷技术 IV. TB66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 033971 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:刘涛 版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔

封面设计:王伟光 责任印制:洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2008 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm · 29.25 印张·565 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-23723-5

定价:43.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379720

封面无防伪标均为盗版

序

建筑环境与设备工程专业是 1998 年教育部新颁布的全国普通高等学校本科专业目录中,将原“供热通风与空调工程”专业和“城市燃气供应”专业进行调整、拓宽而组建的新专业。专业的调整不是简单的名称的变化,而是学科科研与技术发展的需要,以及随着经济的发展和人民生活水平的提高,赋予了这个专业新的内涵和新的元素,创造健康、舒适、安全、方便的人居环境是 21 世纪本专业的任务。同时,节约能源、保护环境是这个专业及相关产业可持续发展的基本条件,因而它们和建筑环境与设备工程专业的学科科研与技术发展总是密切相关,不可忽视。

作为一个新专业的组建及其内涵的定位,它首先是由社会需求所决定的,也是和社会经济状况及科学技术的发展水平相关的。我国的经济持续高速发展和大规模建设需要大批高素质的本专业人才,专业的发展和重新定位必然导致培养目标的调整和整个课程体系的改革。培养“厚基础、宽口径、富有创新能力”,符合注册公用设备工程师执业资格,并能与国际接轨的多规格的专业人才,是本专业教学改革的目的。

机械工业出版社本着为教学服务,为国家建设事业培养专业技术人才,特别是为培养工程应用型和技术管理型人才作贡献的愿望,积极探索本专业调整和过渡期的教材建设,组织有关院校具有丰富教学经验的教授、副教授主编了这套建筑环境与设备工程专业系列教材。

这套系列教材的编写以“概念准确、基础扎实、突出应用、淡化过程”为基本原则,突出特点是既照顾学科体系的完整,保证学生有坚实的数理科学基础,又重视工程教育,加强工程实践的训练环节,培养学生正确判断和解决工程实际问题的能力,同时注重加强学生综合能力和素质的培养,以满足 21 世纪我国建设事业对专业人才的要求。

我深信,这套系列教材的出版,将对我国建筑环境与设备工程专业人才的培养产生积极的作用,为我国建设事业的发展作出一定的贡献。

陈在康

前 言

本书是为普通高等院校“建筑环境与设备工程”专业配合“制冷技术”课程而编写的专业教材。主要内容有制冷原理和设备、制冷用压缩机、制冷剂特性、吸收式制冷、热泵技术、空调用蓄冷技术、制冷系统控制和制冷技术工程应用等。各章节后附有思考题，供读者复习和巩固所学知识而用。本书也可供从事暖通空调工作的设计师和工程师进行全国注册工程师资格考试的参考书籍。本书还增补了部分制冷新技术、新方法和新知识，供从事制冷工程和暖通空调领域的技术人员扩充制冷知识所用。

本书思路是从基本概念、基本原理到实际工程应用。浓缩和涵盖制冷技术精华内容，增添最新技术；写作力求深入浅出，语言通俗易懂，概念准确；内容图文并茂，详略得当。

本书由解国珍、姜守忠和罗勇主编，全书共13章。第1、5章由北京建筑工程学院解国珍教授编写；第7、10、12章由石家庄铁道学院罗勇教授编写；第4、6、9章由浙江理工大学姜守忠副教授编写；第11章由浙江理工大学姜坪副教授编写；第3、13章由北京建筑工程学院于丹讲师编写；第2、8章由石家庄铁道学院张桂荣讲师编写。全书由解国珍教授统稿。本书由北京工业大学孙嗣莹教授担任主审。孙嗣莹教授对本书的编写大纲和书稿的内容、结构、语言和插图提出许多宝贵的建设性意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，且本书涉及的内容比较广泛，有不妥和错误之处，恳请读者予以批评指正。

编 者

目 录

序

前言

第1章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 制冷技术内容	2
1.3 各种制冷方法简介	4
1.4 热泵技术简介	14
1.5 热力学在制冷中的应用	15
思考题	19
第2章 制冷工质	20
2.1 制冷剂的种类、性质与命名	20
2.2 制冷剂及其应用	30
2.3 载冷剂及其应用	40
2.4 蓄冷剂及其应用	44
思考题	45
第3章 单级蒸气压缩式制冷循环	47
3.1 单级蒸气压缩式制冷理论循环	47
3.2 单级蒸气压缩式制冷的实际循环	57
3.3 单级蒸气压缩式制冷机变工况特性分析	65
3.4 单级蒸气压缩式混合工质制冷循环	67
思考题	70
第4章 多级蒸气压缩式与复叠式制冷循环	71
4.1 简述	71
4.2 两级往复式蒸气压缩制冷循环	73
4.3 多级离心式蒸气压缩制冷循环	88
4.4 复叠式制冷循环	90
4.5 自复叠式制冷循环	92
思考题	95
第5章 制冷用压缩机	97
5.1 简述	97

5.2 活塞式制冷压缩机	103
5.3 螺杆式制冷压缩机	137
5.4 离心式制冷压缩机	147
5.5 涡旋式制冷压缩机	159
5.6 滚动转子式制冷压缩机	162
5.7 CO ₂ 压缩机	164
思考题	167
第6章 制冷系统热交换设备	169
6.1 蒸发器	169
6.2 冷凝器	180
6.3 制冷系统其他热交换设备	191
6.4 强化热交换设备传热特性的途径	197
思考题	200
第7章 制冷机的其他辅助设备	201
7.1 节流装置	201
7.2 各种阀门	211
7.3 辅助设备	214
思考题	219
第8章 制冷系统的控制及其元器件	221
8.1 制冷系统热力参数控制	221
8.2 制冷系统运行自动控制	238
8.3 变频调速技术在制冷系统中的应用	264
思考题	268
第9章 溴化锂吸收式制冷	269
9.1 吸收式制冷循环基本原理及工质对	269
9.2 单效溴化锂吸收式制冷循环	280
9.3 双效溴化锂吸收式制冷循环	289
9.4 直燃式溴化锂吸收式冷、热水机组	295
9.5 溴化锂吸收式制冷循环的性能分析	300
思考题	316
第10章 热泵技术	317
10.1 热泵的基本知识	317
10.2 热泵循环	319
10.3 热泵热源及驱动方式	324
10.4 热泵机组及其应用	331

思考题	343
第 11 章 制冷技术应用	345
11.1 空调冷水机组设计	345
11.2 空调冷冻机房制冷工艺设计	348
11.3 冷冻冷藏系统设计	356
11.4 制冷系统管道设计	367
思考题	373
第 12 章 空调用蓄冷技术	375
12.1 蓄冷技术基本知识	375
12.2 水蓄冷原理及系统	386
12.3 冰蓄冷原理及系统	390
12.4 共晶盐蓄冷技术	397
思考题	400
第 13 章 制冷空调新技术简介	402
13.1 二氧化碳制冷技术	402
13.2 制冷空调系统仿真技术	409
思考题	416
附 录	417
附录 A 附表	417
附录 B 附图	439
参考文献	454

第 1 章

绪 论

1.1 概述

制冷技术是研究和处理低温工程问题,满足人们对低于环境温度的空间或低温条件的需要而产生和发展起来的一门学科。

人类生活在地球上,从事各种社会的和科学的活动,利用大自然的资源,对赖以生存的环境进行开发、改进和完善。在长期的日常生活、科学研究和生产实践中,人们所从事的各种活动和现象均与温度密切相关。

日常生活中,人在冬天感到寒冷而需要加热环境空气,在炎热的夏天需要把室内空气温度降低而使人凉爽,对于潮湿的空间人们需要将水分除掉,对于干燥的环境又需要加湿。这种用于调节空气温度和湿度的技术,称为空调制冷技术。

在挖掘矿井、隧道、建筑江河堤坝时,或者在泥沼、沙水中掘进时,采用冻土法将工作面冻结,避免坍塌和保证施工安全;制作大型独柱混凝土构件拌合混凝土时,用冰代替水,利用冰的熔解热抵消水泥的固化反应热,有效地避免大型构件因散热不充分而产生热内应力和裂缝等缺陷,需要普通制冷技术。

对于食品和饮食,为了保持食品长时间新鲜度,需要低温环境来抑制食品中酵、霉菌的增殖,延缓食品的新鲜度,需要冷藏冷冻技术。

医学界为了保持血浆的质量;生物科学中保持各类疫苗的特性;机械、电子和材料领域,研究机械材料、塑料、橡胶等的冷脆特性;在探讨金属的导电性与温度关系时,当温度降到某一确定值时某些元素或化合物出现超导性(电阻变为零);掌握各种电子元器件在低温环境中的特点和可靠性。上述活动必须创造低温条件,需要低温制冷技术。

化工中利用物质状态与温度的关系,通过降温发生物态变化,使气体液化(如天然气液化,空气液化和分离,氢及氦气还原,氧气、氮气、氟气和氢气液化)而便于贮运;在低温状态下将低沸点稀有气体和珍贵气体分离开来;在航天实验室

模拟太空中各种可能遇到的自然环境条件, 其中低温环境模拟是重要的一部分。这一切均应用超低温制冷技术。

综上所述, 为了满足人们生产、科研和生活的各种需求, 需要通过制冷技术提供不同低温条件。当前, 随着我国国民经济的飞速发展, 科学技术大踏步地跃进, 人民生活水平的不断提高, 高新技术层出不穷, 制冷技术这一学科在工业、农业、国防、建筑、航天、医学、科学等国民经济各个部门中的作用和地位将日益重要。

当前, 在制冷和空调领域面临的主要问题:

1) 如何实现 CFCs 和 HCFC 的完备替代, 以免大气臭氧层继续遭受破坏和温室效应的蔓延, 在提高人们生活质量、改善居住条件的舒适性和不断改进食品保存环境的同时, 和谐地、友好地与自然环境相处, 可持续性地利用天然资源, 保护生态平衡。

2) 进一步提高和改善制冷和空调设备以及制冷循环系统的效率, 以减少能源消耗, 达到节约能源的目的, 同时开发和利用可再生能源的制冷和空调设备。

3) 高新技术在制冷和空调系统中的应用。设计高性能、多功能、有利环保的制冷产品, 使研究高新制冷技术的要求迫在眉睫。其结果, 制冷空调设备的制造工艺、可靠性、舒适性和噪声控制等方面将得到相应提高。

1.2 制冷技术内容

1.2.1 制冷定义

制冷(refrigeration)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降温, 使其温度降到环境温度以下, 并保持这个低温。

制冷定义中包括以下几个问题:

制冷是把被冷却物体温度降低到环境温度以下的过程。将一块灼热发红的铁放在空气中, 通过辐射和对流向环境散热, 逐渐冷却到环境温度, 这种将高于环境温度的物体降低到环境温度的过程是自发降温, 属于自然冷却, 不是制冷。

制冷过程是热量转移过程。制冷是通过某种装置或设备, 从被冷却空间或流体中吸取热量, 并将该热量排放到环境介质中去, 使该空间或流体的温度低于环境。

制冷过程是消耗能量的过程。不消耗外界能量的物体降温是自然降温过程, 根据热力学定律, 制冷过程中, 所选用的制冷装置或设备必须消耗能量才能完成将热量从低温向高温的传递功能。所消耗能量的形式有机械能、电能、热能、太阳能或其他形式的能量。

制冷过程通过制冷机械来实现。制冷过程中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(refrigerant)。制冷机工作时,制冷剂在制冷机中进行状态变化和循环流动,同时不断地从低温热源吸取热量,向高温热源排放热量,完成热量转移,达到制冷效果。制冷剂一系列状态变化的综合称为制冷循环。图 1-1 为制冷过程能量消耗和热量传递示意图。

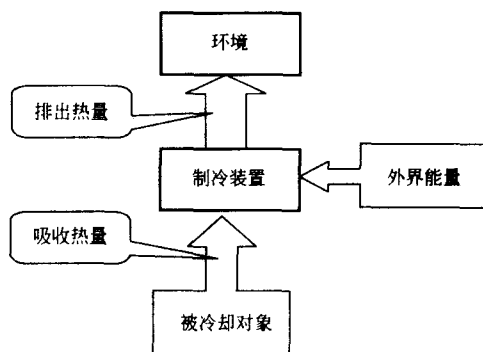


图 1-1 制冷过程示意图

1.2.2 制冷技术重点

1. 各种制冷方法及其循环特点

制冷的方法是多样化的。有机械式制冷、热电式制冷、磁制冷式及热化学式制冷等,将热量从低于环境温度的对象传递到环境的方式和机理各不相同。了解和掌握各自的内部规律,详细分析每一种制冷循环的结构和能效转换特点,为进一步提高制冷机的循环效率奠定基础。

2. 制冷循环热力学分析和计算方法

从事制冷空调专业的工程技术人员,熟悉各种制冷方法和原理,掌握热力学方法分析制冷循环,熟练地运用 $\log P-h$ 图,利用状态点参数准确地计算制冷循环的各种热力学性能参数,是建筑环境与设备、制冷工程技术人员的基本技能,有利于空调工程设计中有效地选择制冷设备、在设计高效率的制冷设备产品时做出最佳性能预测方案。

3. 制冷剂性质

制冷循环是通过制冷剂的热力状态变化得以实现制冷效果,制冷剂性质优劣对制冷机的效率和可靠性至关重要。掌握制冷剂的热力性质是进行制冷循环分析和计算的基础;掌握制冷剂的热物理性质是进行制冷循环的机械设备传热分析和流体动力计算的前提;熟悉制冷剂的物理化学特性(例如:ODP 和 GWP 指标)是评价制冷剂的环境指标优劣的依据,为制冷机提供环保指标和热力性能好、传热效果佳、动力特性强的工作介质。

4. 制冷机械设备性能

熟悉制冷设备的工作原理、性能分析、结构特点,以及制冷装置的系统流程和系统辅助设计,是完成制冷循环设计,将设计图样付诸于制冷空调设备的制造以及将该设备应用于制冷空调工程中的重要环节。在熟悉这一环节时,建立制冷

空调工程应用概念,了解各个部件的原理、结构和功能,以及制冷装置的加工工艺流程等。同时,了解制冷空调装置或设备性能测试评价的国家标准及其使用运行工况的行业规范。

5. 制冷装置自动化和智能化技术

随着机械加工、自动控制和计算机技术的飞速发展,在制冷空调装置和设备中应用自动控制的水平越来越高,部分设备甚至达到智能型控制。例如:PCL控制、微处理机控制和数码控制技术等,在当前的制冷空调设备中得到普遍应用。因此,掌握机电一体化和计算机知识,对制冷装置和设备的优化匹配、实现最佳运行效果、提高装置的效率、节约能源、增强装置和设备的可靠性及安全性非常重要。

1.2.3 制冷区域定位

制冷的温度范围通常在环境温度与绝对零度之间。按照制冷技术所得到的温度范围,制冷温度区域定位如下:

普通制冷:制冷温度在120K以上;深度制冷:制冷温度在120~20K;低温制冷:制冷温度在20~0.3K;超低温制冷:制冷温度在0.3K以下。

制冷温度范围分为以上几个阶段,一则使科研工作者和工程技术人员根据制冷技术学科的温度特点去探索和应用;二则表明制冷温度范围不同,所采取的制冷方式、制冷原理和制冷装置所使用的制冷工质和设备都有很大差别。

1.3 各种制冷方法简介

制冷技术的主要功能是将热量从低温向高温的传递和转移。可以完成这一功能的制冷方法有多种。机械式通过制冷剂循环的制冷方法有:蒸气压缩循环式、吸收式、吸附式、蒸气喷射式和空气膨胀式制冷;通过流体分子能量相互作用的制冷方法有:脉管式和涡流管式制冷;通过电效应、磁效应和声效应等制冷方法有:热电制冷、磁制冷、热声制冷和磁流体循环制冷等。下面简要介绍几种。

1.3.1 蒸气压缩式制冷

顾名思义,这种制冷方式是以压缩蒸气来实现制冷效益的。这里包含两个内容:一是利用制冷剂来转移热量;二是机械式压缩制冷剂而完成相变制冷。

1. 蒸气压缩式制冷原理

蒸气压缩式制冷系统是由制冷机械设备和制冷剂相互结合而成。一方面,制冷剂在低压换热器中由液体汽化变为蒸气,汽化时吸收的汽化热(潜热)来自被冷却对象,使被冷却对象(低温热源)的温度降低到环境温度以下,产生制冷效果。

同时,环境(高温热源)向被冷却对象不断地传递热量。要维持被冷却对象在某一低温,制冷剂必须连续地循环,系统需要连续制冷。另一方面,利用气体升压设备,将从低温热源吸收热量而汽化的制冷剂压力提高,在环境介质(空气或冷却水)的冷却下,在换热器中,由气体液化成为液体,释放液化热(潜热),达到向高温热源放热的目的。因此,蒸气压缩式制冷循环是由制冷剂液体低压下汽化、蒸气被压缩升压、高压制冷剂气体液化和高压液体降压四个基本过程组成。制冷效应是制冷剂由液体变为气体,再由气体变为液体的相变过程转移热量来达到。

2. 蒸气压缩式制冷系统

如图 1-2 所示,蒸气压缩式制冷系统由压缩机、冷凝器、节流装置、蒸发器组成,用管道将其连成一个封闭的系统。

节流装置将由冷凝器来的高压液体制冷剂节流,压力降低;低压制冷剂在蒸发器内与被冷却对象(低温热源)发生热量交换,吸收被冷却对象的热量 Q_0 而汽化(蒸发);汽化产生的低压制冷剂蒸气被压缩机吸入,经压缩后以高压排出;压缩机排出的高温高压气态制冷剂在冷凝器内与环境介质(高温热源)进行热交换,释放出热量 Q_k 被液化(凝结);高压制冷剂液体再次流经节流装置而降压。如此周而复始,产生连续制冷效应。制冷剂被压缩过程必须消耗由原动机输入的能量 W 。

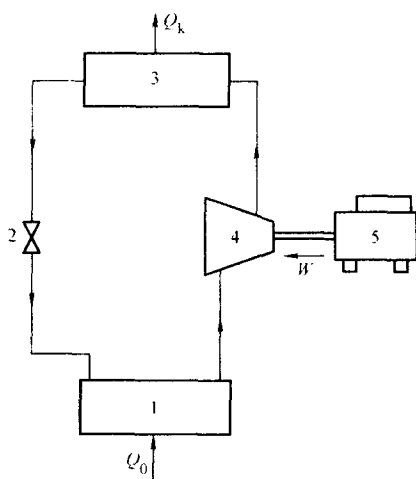


图 1-2 蒸气压缩式制冷系统

1—蒸发器 2—节流装置 3—冷凝器
4—压缩机 5—原动机

蒸气压缩式制冷的机械设备与制冷剂的相结合工作过程见图 1-3。图中方框表示制冷剂的状态,粗实线上名称表示制冷剂状态变化所需要的制冷机械,箭头表示制冷剂循环方向。

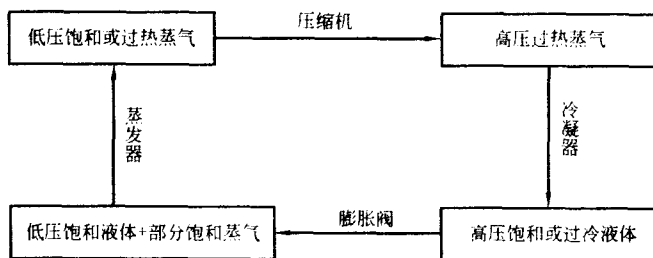


图 1-3 蒸气压缩式制冷循环机械设备与制冷剂结合示意图

蒸汽压缩式制冷循环在制冷空调装置中应用比较普遍。其特点是系统结构简单,使用方便,循环系统热力性能较高,能量调节灵活,制冷温度调节范围广,机电一体化程度较高,各种压缩机适应性能好。但系统使用机械动力或电力等二次能源,单级制冷循环的制冷温度过低时效率较低,压缩机的运动部件导致系统可靠性下降。

1.3.2 蒸汽喷射式制冷

蒸汽喷射式制冷也属于蒸汽压缩式制冷的一种。它是利用液体汽化吸收汽化热来传递热量达到制冷效果。该系统的压缩部件不是压缩机而是喷射式扩压器。

蒸汽喷射式制冷循环机械结构如图 1-4 所示,它由喷射器、冷凝器、蒸发器、节流装置、泵、锅炉和空调末端系统等部件组成。喷射器有喷嘴、扩压器和吸入室构成。

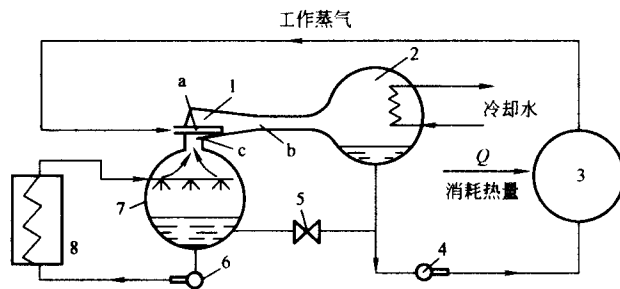


图 1-4 蒸汽喷射式制冷循环示意图

1—喷射器(a—喷嘴 b—扩压器 c—吸入室) 2—冷凝器 3—压力锅炉

4—制冷剂泵 5—节流装置 6—冷媒水泵 7—蒸发器 8—空调用户末端系统

蒸汽喷射式制冷循环工作原理:如图 1-4 所示,压力锅炉 3 消耗外界热量将其内水加热汽化产生高温高压工作蒸气。工作蒸气进入喷射器 1 的喷嘴进行膨胀。膨胀后的蒸气以高速流动,由管内流体的伯努利能量方程可知,渐缩喷管的喉部面积最小,蒸气流速最大,动能最大而压力能最小,在喷射器内形成低压力区。蒸发器 7 与喷射器 1 相连通而处于低压区。蒸发器 7 内部分水蒸发,从未汽化的水中吸收汽化热(低温热源)而降低未汽化水的温度,产生制冷效果。被降温的水通过冷媒水泵 6 送入空调用户末端吸收空调房间热量而升温,重新返回蒸发器内汽化和冷却,周而复始,连续制冷。蒸发器中产生的制冷剂蒸气经过吸入室与流动的工作蒸气在喷嘴出口处混合后经过扩压器而流入冷凝器 2。在扩压器中蒸气流速降低而压力升高,被环境介质(高温热源)冷却而凝结为液态水。液态水由冷凝器 2 引出,分为两路:一路经过节流装置 5 降压后送回蒸发器,继续蒸发制冷;另一路由制冷剂泵提高压力送回压力锅炉 3,重新加热产生工作

蒸气。

图 1-4 所示为一个封闭喷射式制冷循环系统，制冷剂、冷媒介质和工作蒸气均利用同一系统内的水。实际喷射式制冷循环系统可以是开启式，冷凝的水不进入锅炉和蒸发器而排入冷却水池，作为循环冷却水的补充水。蒸发器和锅炉内的补给水则另设水源提供。

蒸气喷射式制冷机除了水作为工作介质外，也可采用其他制冷剂作为工作介质。各种制冷剂的标准蒸发温度不同，可以得到不同的制冷温度，以满足民用和工业工艺的各种温度需求。比如，低沸点的氟利昂制冷剂，可获得零度以下的温度。

蒸气喷射式制冷循环结构简单，加工方便，没有运动部件，可靠性高，能利用一次能源。不足之处是所需工作蒸气的压力高，喷射器流动损失大而效率低。该循环中喷射器的增压效果被用来与蒸气压缩式制冷循环相结合使用，即：喷射器作为压缩机入口前的增压器，可以提高单级压缩制冷循环在低温制冷时的效率，弥补蒸气压缩式制冷循环的不足。

1.3.3 吸收式制冷

吸收式制冷循环是利用一种吸收剂将汽化的制冷剂蒸气吸收，制冷剂汽化带走汽化热而产生制冷效应。吸收了制冷剂蒸气的吸收剂在发生器中消耗热能而释放出制冷剂蒸气，重新恢复吸收能力。释放的制冷剂蒸气冷却液化后经过节流降压，再一次汽化。周而复始，连续制冷。由此可见，吸收式制冷循环是完成溶液热力学过程来取得制冷效应的。

蒸气吸收式制冷系统如图 1-5 所示。制冷循环系统的主要部件有：发生器、冷凝器、制冷剂节流装置、蒸发器、吸收器、溶液节流装置和溶液泵。为了充分利用能源，提高制冷循环效率，系统中通常增加溶液换热器，回收热量。

如图 1-6 所示，吸收式制冷系统主要包括两个循环回路：一个是制冷剂循环回路，由部件 1、2、3、4、5、6、1 构成；另一个是吸收剂循环回路，由部件 1、2、7、6、1 构成。部件 6、1

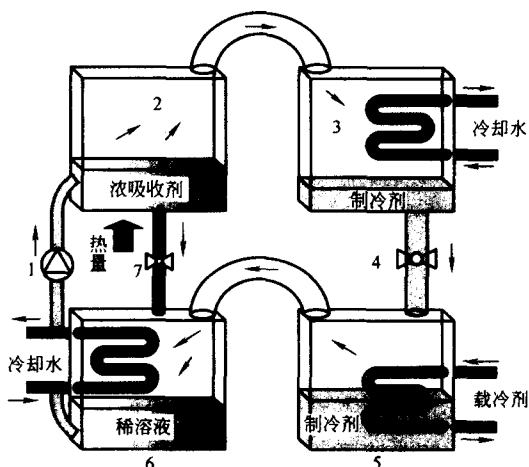


图 1-5 吸收式制冷循环图

1—溶液泵 2—发生器 3—冷凝器 4—制冷剂节流装置
5—蒸发器 6—吸收器 7—吸收剂节流装置

和2是两个循环回路的公共部分,体现吸收式制冷循环中制冷剂和吸收剂的相互作用,吸收剂对低压制冷剂蒸气吸收(在吸收器6)以及消耗热能加热后释放出高压制冷剂蒸气(在发生器2)的特点。

比较图1-2和图1-6,两个制冷循环图的特点是均具有蒸发器、冷凝器和节流装置,不同点是前者的压缩机部件被后者吸收剂循环回路所替代,把吸收器比作压缩机吸入侧,发生器比作压缩机排出侧,发生器接受外界热能对其内稀溶液加热,提高制冷剂蒸气压力。

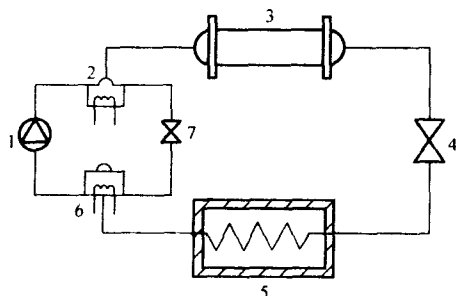


图 1-6 吸收式制冷系统示意图

吸收式制冷系统的工作过程: 1—液体泵 2—发生器 3—冷凝器 4—制冷剂节流阀

①制冷剂循环回路由冷凝器3、制

5—蒸发器 6—吸收器 7—吸收剂节流装置

冷剂节流阀4、蒸发器5、吸收器6、液体泵1和发生器2组成。制冷机工作时,外界热量给发生器2内稀溶液加热,稀溶液沸腾后产生高压制冷剂蒸气进入冷凝器3,被环境介质(高温热源)冷却后冷凝为液体,高压制冷剂液体经制冷剂节流装置4降压后到蒸发器5内从载冷剂(低温热源)获得汽化热而蒸发,产生制冷效应。蒸发的低压制冷剂蒸气进入吸收器6内由浓吸收剂吸收。②吸收剂循环回路由发生器2、吸收剂节流装置7、吸收器6、液体泵1和溶液换热器(图中未表示)组成。工作时,发生器2内稀溶液被加热沸腾释放出高压制冷剂蒸气后变为浓吸收剂(浓溶液),吸收剂经过节流装置7降压后进入吸收器6内吸收从蒸发器5来的低压制冷剂蒸气而变成稀溶液,稀溶液由液体泵1提高压力后送入发生器2加热释放制冷剂蒸气重新变为浓溶液,周而复始,持续循环。

需要指出,吸收式制冷循环系统工作中,吸收剂吸收制冷剂蒸气的过程伴随着释放出吸收热量,为了保证吸收过程的持续进行,必须冷却吸收剂,将吸收热量排至高温热源。

吸收式制冷系统中工作介质是制冷剂和吸收剂,被称为吸收对。吸收剂通常是液体,要求它对制冷剂蒸气有强的吸收能力,与制冷剂组成非挥发性二元溶液。要求制冷剂蒸气较容易被所选吸收剂吸收,汽化热大,粘度小。吸收对的种类有许多种,除了要求它们具有良好的溶液热力性能以外,还应对制冷设备无腐蚀,对环境和生态无破坏作用。人们可以根据需要的制冷温度来选择吸收对。比如:溴化锂吸收式制冷循环中的溴化锂和水作为吸收对,溴化锂是吸收剂,水是制冷剂,可以用来制取空调系统使用的冷媒水。氨和水也是一双吸收对,水是吸收剂,氨是制冷剂,该吸收对可以得到零度以下的制冷温度,用以冷藏冷冻。

吸收式制冷循环有如下特点:以一次能源热能为驱动能源,可以利用高、低

品位热能(例如:余热、废气热、废水热);节约电耗;运转部件少,噪声低;机组在真空状态下运行,无高压危险,安全可靠;采用冷热电联产的运行模式时,可以有效地提高能源利用效率。

1.3.4 吸附式制冷

吸附式制冷与吸收式制冷的机理相类似,但又不尽相同。相同点:二者均是利用制冷剂的相变(蒸发和冷凝交替进行)制冷,均利用工质对相互作用而达到制冷效果。区别点:前者是利用固体多孔介质作为吸附剂来吸附制冷剂蒸气,当吸附剂吸附制冷剂蒸气达到饱和状态后需要脱附而恢复吸附能力;而后者是利用液体作为吸收剂来吸收制冷剂蒸气,当吸收制冷剂蒸气达到某一浓度后需要发生出气体来恢复吸收能力。

吸附式制冷系统如图 1-7 所示。系统主要部件有:吸附床 3、冷凝器 2 和蒸发器 1。另外,还有截止阀、换热器、加热流体、冷却流体、载冷剂和液体泵等。吸附床由固体并带有微孔结构的颗粒状吸附剂或已烧结成型的吸附剂填充成为一个大容器。蒸发器 1 和吸附床 3 之间用管道连接形成一个密闭系统。

吸附式制冷系统工作原理:众所周知,固体微孔材料具有吸附气体的特性,某一种的固体吸附剂对某种制冷剂气体具有吸附作用,吸附能力随吸附剂温度而变化。如图 1-7 所示,由蒸发器 1、连接管道、冷凝器 2 和吸附床 3 组成的密闭装置是吸附式制冷的基本吸附单元。吸附单元内排出空气等不凝结气体,吸附床内填充吸附剂,并充灌制冷剂。

吸附式制冷分为两个过程:吸附过程和脱附过程。吸附过程是基本吸附单元中吸附床吸附制冷剂蒸气,蒸发器内制冷剂蒸发,从载冷剂(低温热源)中吸收热量 Q_0 ,相当于蒸气压缩式制冷中制冷剂节流降压和蒸发吸热的制冷过程;脱附过程是外界加热热量 Q_h 于吸附床,使被吸附气体脱离吸附剂,通过冷凝器凝结向冷却流体(高温热源)释放热量 Q_k ,相当于蒸气压缩式制冷中制冷剂蒸气由“压缩机”升压后经过冷凝器的放热过程。因此,吸附式制冷是吸附过程和脱附过程交替进行的间歇性制冷过程。如图 1-7 所示,当吸附制冷系统处于吸附状态时,阀门 A、B、E、F 关闭,

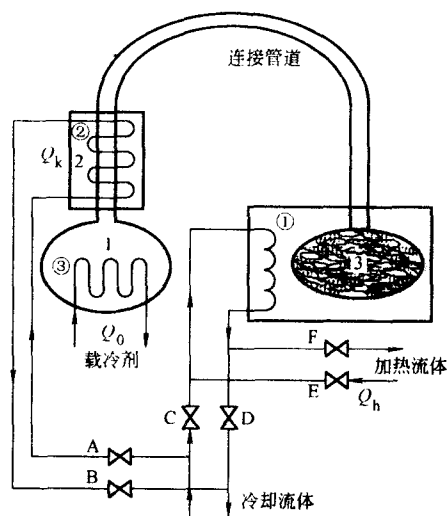


图 1-7 吸附式制冷系统示意图

1—蒸发器 2—冷凝器 3—吸附床