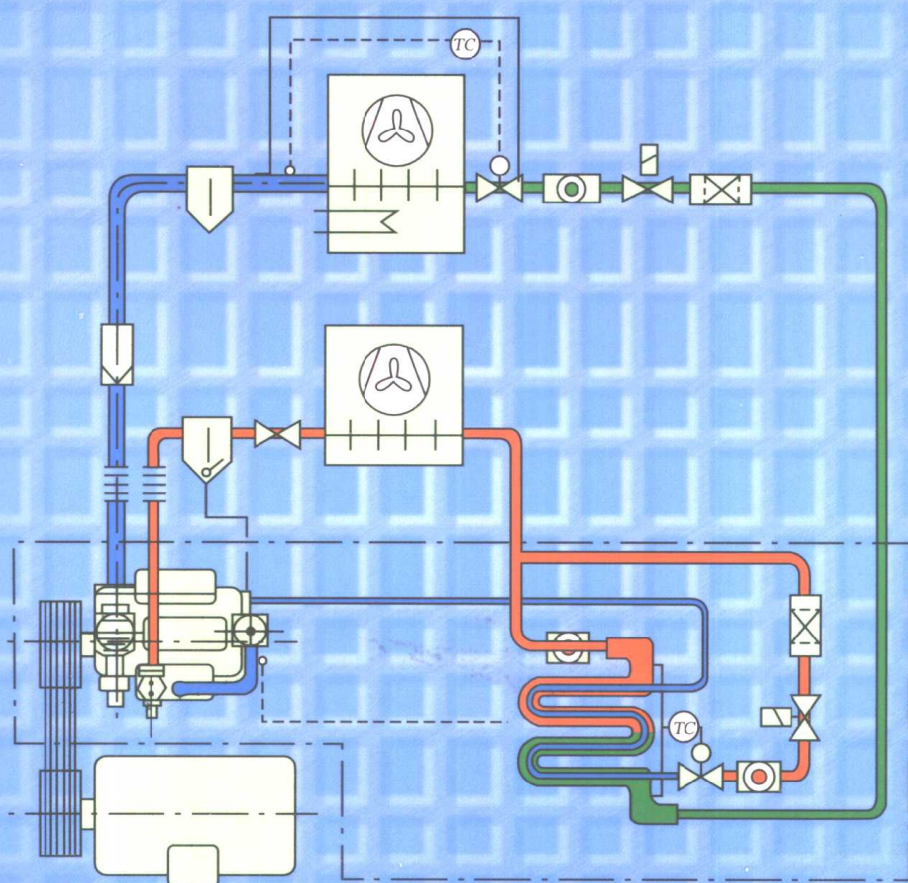


制冷与空调装置

袁秀玲 主编 田怀璋 张华俊 副主编



西安交通大学出版社

制 冷 与 空 调 装 置

袁秀玲	主 编	
田怀璋	张华俊	副主编
任金禄	主 审	

西安交通大学出版社

内 容 简 介

本书比较全面地阐述了各种制冷与空调装置的基本结构和特点。主要内容包括冷库、生活及商业用冷藏装置、运输用冷藏装置、空调用制冷装置、运输用空调装置、冷水机组、干燥装置、实验用制冷装置、制冰和制干冰装置等。对于国内外制冷空调行业的迅速发展而不断涌现出来的新型制冷装置,在本书中也进行了有关介绍。为了适合不同层次专业人员阅读,本书花了少量篇幅介绍了制冷方法、热力学基本原理、制冷循环及简单理论热力计算及 CFCs 工质替代技术等。

本书适用于高等院校制冷专业的学生作为专业课教材,在学习过“制冷原理与设备”和“制冷压缩机”专业课程后使用,也可供从事制冷空调工作的技术人员、工程设计人员自学和参考。

2008

图书在版编目(CIP)数据

制冷与空调原理 / 袁秀玲编著. —西安: 西安交通大学出版社, 2001.3
ISBN 7-5605-1367-0

I. 制... II. 袁... III. ①制冷装置—理论②空气调节设备—理论 IV. TB65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 11989 号

*

西安交通大学出版社出版发行
(西安市兴庆南路 25 号 邮政编码: 710049 电话: (029) 2668315)
陕西省轻工印刷厂印装
各地新华书店经销

*

开本: 787mm×1 092mm 1/16 印张: 18.125 字数: 431 千字
2001 年 3 月第 1 版 2001 年 11 月第 2 次印刷
印数: 3001~5000 定价: 22.00 元

发行科电话: (029) 2668357, 2667874

《制冷与空调装置》编辑委员会

主任委员:束鹏程(原西安交通大学副校长、教授、博士生导师)

副主任委员:甄兆威(香港捷丰集团董事长)

穆传江(大连冰山集团总经理)

于元波(烟台冰轮集团董事长)

张宏智(大连冰山集团副总经理、总工程师)

张裕衡(萍乡矿业集团有限公司董事长)

姜增辉(大连三洋冷链有限公司技术部部长)

李功振(广州银燕空调公司总经理、总工程师)

曹俊(浙江盾安三尚机电有限公司总经理)

承勇(陕西长岭集团股份有限公司总经理)

任金禄(合肥通用所教授级高工)

袁秀玲(西安交通大学教授、博士生导师)

(以上排名不分先后)

秘书长:田怀璋 张华俊

委员:吴进发 吴祖舜 宋焱臻 何雅玲 韩树衡

吕金虎 黄虎 尹静 武俊梅 郭航

杜建通 刘元璋 何茂刚 张兴群 潘金健

主编:袁秀玲

副主编:田怀璋 张华俊

主审:任金禄

前 言

国内出版的《制冷装置》教材多出自 80 年代,而近 20 年来,国内外制冷空调行业发展迅猛,新的制冷空调装置有了更大发展。为适应这一发展趋势,使高等院校制冷专业的学生及从事制冷空调专业各层次的技术人员能有一本内容齐全、新颖、实用性较强的教材和参考书,在西安交通大学教务处及出版社的大力支持下,特编写《制冷与空调装置》一书。

本书由西安交通大学袁秀玲教授任主编,负责策划、制定编写大纲、编写部分章节和统稿工作;西安交通大学田怀璋副教授、张华俊副教授任副主编,参与策划、编写部分章节及有关章节的审改工作;合肥通用所任金禄教授级高工担任主审并编写部分章节。参与编写的人员有:吴进发(第 9 章部分)、任金禄(第 8 章和第 9 章部分)、韩树衡(第 9 章部分)、吴祖舜、潘金健(第 4 章)、宋焱臻(第 9 章部分)、张华俊(第 1 章和第 5 章部分)、何雅玲(第 2 章部分)、袁秀玲(第 2 章和第 3 章部分)、何茂刚(第 3 章部分)、杜建通(第 5 章和第 11 章部分)、武俊梅(第 5 章和第 11 章部分)、杨一帆(第 5 章部分)、刘小军(第 5 章部分)、吕金虎(第 6 章)、田怀璋(第 7 章部分)、黄虎(第 7 章部分)、张兴群(第 8 章部分)、尹静(第 8 章部分)、郭航(第 10 章部分)、王小华(第 11 章部分)。

本书的编辑工作,得到了西安交通大学、香港捷丰集团、大连冰山集团、烟台冰轮集团、大连三洋冷链有限公司、萍乡矿业集团、浙江盾安三尚机电有限公司、长岭集团等单位的大力支持;此外,李功振校友给予了母校制冷与低温工程专业和本书大力支持与热情帮助,在此一并致谢。

西安建筑科技大学李树林教授对本书进行了审阅,提出了宝贵的修订意见和建议,编著者在此表示衷心的感谢。

由于编写水平有限,参加编写人员较多,错误和不妥之处在所难免,敬请同行和读者批评指正。

编著者

2000 年 12 月 于西安交通大学

目 录

前言

第 1 章 制冷与空调装置概述

1.1 制冷与空调装置及其分类	(1)
1.1.1 冷藏制冷装置	(1)
1.1.2 速冻制冷装置	(1)
1.1.3 空调制冷装置	(1)
1.1.4 工业冷却装置	(1)
1.1.5 商用制冷装置	(2)
1.1.6 液氮制冷装置	(2)
1.1.7 真空冷冻干燥装置	(2)
1.1.8 工程用制冷装置	(2)
1.1.9 试验用制冷装置	(2)
1.1.10 其他制冷装置	(2)
1.2 制冷空调装置在国民经济中的应用	(2)
1.2.1 冷藏链的形成	(2)
1.2.2 工业冷却	(2)
1.2.3 创造舒适环境	(3)
1.2.4 科学研究	(3)
1.3 制冷空调装置的发展趋势	(3)
1.3.1 微电子和计算机技术的应用	(3)
1.3.2 节能型制冷与空调装置	(3)
1.3.3 新材料的应用	(3)
1.3.4 制冷剂替代	(4)

第 2 章 制冷与空调装置的工程热力学基础

2.1 工质的基本状态参数	(5)
2.1.1 温度	(5)
2.1.2 压力	(6)
2.1.3 比体积	(6)
2.2 理想气体的热力性质	(6)
2.2.1 理想气体与实际气体	(6)

2.2.2 理想气体状态方程式	(7)
2.2.3 理想气体的比热容	(8)
2.3 能量及其传递和转换	(8)
2.3.1 能量	(8)
2.3.2 功量和热量	(8)
2.4 热力学基本定律	(10)
2.4.1 热力学第一定律及其应用	(10)
2.4.2 热力学第二定律	(11)
2.5 蒸气的性质	(13)
2.5.1 气液相变与饱和	(13)
2.5.2 蒸气的定压发生过程	(14)
2.5.3 蒸气常用的热力性质表和图	(15)
2.5.4 蒸气的基本热力过程	(17)
2.6 湿空气的焓湿图及其应用	(17)
2.6.1 湿空气的组成和状态参数	(17)
2.6.2 湿空气的焓湿图及其应用	(18)

第3章 制冷原理

3.1 人工制冷方法及其应用	(22)
3.1.1 液体气化制冷	(22)
3.1.2 气体膨胀制冷	(23)
3.2 制冷剂与载冷剂	(24)
3.2.1 制冷剂的热力性质	(24)
3.2.2 制冷剂的实用性质及其应用	(26)
3.2.3 常用制冷剂及替代工质	(29)
3.2.4 载冷剂	(31)
3.3 单级压缩蒸气制冷循环	(33)
3.3.1 单级压缩蒸气制冷机的理论循环	(33)
3.3.2 液体过冷、吸气过热及回热循环	(34)
3.3.3 单级压缩制冷机的实际循环与热力计算	(35)
3.3.4 冷凝温度及蒸发温度的变化对制冷机性能的影响	(37)

第4章 冷冻冷藏与气调设施

4.1 食品贮藏保鲜原理	(39)
4.1.1 食品冷加工原理	(39)
4.1.2 气调贮藏原理	(40)
4.2 冷库的建筑	(43)
4.2.1 冷库的分类	(43)
4.2.2 冷库的建筑组成和结构特点	(43)
4.2.3 冷库的基本构造	(44)

4.2.4 冷库建筑的隔热与防潮隔汽·····	(47)
4.2.5 冷库容量的确定·····	(49)
4.3 冷库的制冷系统与速冻装置·····	(50)
4.3.1 冷库冷间负荷计算·····	(50)
4.3.2 冷库的制冷系统·····	(55)
4.3.3 制冷系统自动化·····	(57)
4.3.4 速冻装置·····	(62)
4.4 气调库和气调设备·····	(64)
4.4.1 气调库的建筑构造和制冷系统·····	(64)
4.4.2 气调系统及设备·····	(66)
第5章 生活及商业用冷藏装置	
5.1 冰箱·····	(69)
5.1.1 冰箱的种类及表示方法·····	(69)
5.1.2 冰箱的结构·····	(71)
5.1.3 设计方法·····	(73)
5.1.4 主要产品技术参数及规格·····	(77)
5.2 冰淇淋机·····	(79)
5.2.1 冰淇淋机原理·····	(79)
5.2.2 冰淇淋机的结构·····	(79)
5.2.3 典型装置介绍·····	(81)
5.2.4 冰淇淋机的冷负荷计算·····	(81)
5.3 冷柜·····	(83)
5.3.1 概述·····	(83)
5.3.2 总体结构·····	(84)
5.3.3 冷柜的热负荷估算·····	(85)
5.4 陈列柜·····	(86)
5.4.1 概述·····	(86)
5.4.2 陈列柜的热负荷的估算·····	(88)
5.4.3 陈列柜的结构特点·····	(91)
5.4.4 陈列柜的技术规格·····	(93)
第6章 运输用冷藏装置	
6.1 运输用冷藏装置的要求及特点·····	(96)
6.2 铁路冷藏车·····	(97)
6.2.1 加冰冷藏车·····	(97)
6.2.2 机械冷藏车·····	(98)
6.2.3 冷板式冷藏车·····	(99)
6.3 冷藏汽车·····	(100)
6.3.1 冰冷冷藏汽车·····	(100)

6.3.2 机械冷藏汽车	(100)
6.3.3 冷板式冷藏汽车	(101)
6.3.4 液氮(N ₂)喷淋冷藏汽车	(102)
6.4 冷藏船	(102)
6.4.1 船舶制冷系统	(103)
6.4.2 直接蒸发冷却系统	(103)
6.4.3 间接冷却系统	(104)
6.4.4 吹风冷却系统	(104)
6.5 冷藏集装箱	(106)
6.5.1 冷藏集装箱的种类及制冷方式	(107)
6.5.2 航空冷藏集装箱	(109)
第7章 空调用制冷设备	
7.1 空调机组的分类	(111)
7.2 房间空调器	(111)
7.2.1 窗式空调器	(111)
7.2.2 分体式空调器	(113)
7.2.3 房间空调器的形式和产品型号	(115)
7.2.4 房间空调器设计	(117)
7.2.5 变速房间空调器	(120)
7.3 单元式空调机与专用空调机	(121)
7.3.1 单元式空调机的型式与技术要求	(121)
7.3.2 单元式空调机的制冷系统与控制系统	(122)
7.3.3 专用空调机	(125)
第8章 运输用空调设备	
8.1 汽车空调	(129)
8.1.1 汽车空调分类及特点	(129)
8.1.2 汽车空调的结构	(131)
8.1.3 汽车空调制冷系统	(132)
8.1.4 汽车空调热负荷的估算	(135)
8.1.5 汽车空调主要产品参数指标及规格	(136)
8.2 铁路客车空调	(136)
8.2.1 铁路客车空调的结构与特点	(136)
8.2.2 车顶单元机组	(140)
8.2.3 铁路客车空调通风系统	(141)
8.2.4 客车空调电气控制系统	(144)
8.2.5 铁路客车热负荷的估算	(144)
8.3 船用空调	(148)
8.3.1 船用空调特点	(148)

8.3.2 船用空调设备	(149)
8.3.3 空调负荷简易计算方法	(152)
8.4 飞机空调	(154)
8.4.1 飞机空调设备的特点	(154)
8.4.2 飞机空调装置	(155)
8.4.3 待场飞机空调设备	(157)
8.5 宇宙空间站空调	(159)
8.5.1 国际空间站(International Space Station, 以下简称 ISS)空调系统要求	(159)
8.5.2 空间站空调设备	(163)

第9章 冷水机组

9.1 冷水机组的分类、特点	(167)
9.2 冷水机组的选择	(169)
9.3 活塞式冷水机组	(170)
9.4 螺杆式冷水机组	(178)
9.5 离心式冷水机组	(187)
9.5.1 离心式冷水机组的结构	(187)
9.5.2 离心式冷水机组制冷系统	(191)
9.5.3 离心式冷水机组的负荷调节	(194)
9.6 溴化锂吸收式冷水机组	(195)
9.6.1 溴化锂吸收式制冷机的特点及分类	(195)
9.6.2 溴化锂吸收式机组结构及性能	(205)
9.7 涡旋式冷水机组	(208)
9.7.1 涡旋式冷水机组结构和特点	(208)
9.7.2 涡旋式冷水机组的制冷系统和控制系统	(209)
9.8 模块化冷水机组	(210)
9.8.1 模块化冷水机组结构和特点	(210)
9.8.2 模块化冷水机组的制冷系统和控制系统	(211)
9.8.3 主要产品基本参数及规格	(212)
9.9 小型中央空调机组	(214)
9.10 吸附式冷水机组	(221)
9.10.1 吸附式冷水机组原理	(221)
9.10.2 冷水机组的流程和结构	(223)
9.10.3 冷水机组的性能和特点	(224)
9.10.4 吸附剂	(225)
9.10.5 冷水机组的应用	(226)
9.11 吸贮氢合金式热泵	(226)
9.11.1 吸贮氢合金	(226)
9.11.2 热泵原理	(227)

9.12 冷水机组的设计和使用工况条件·····	(228)
第 10 章 干燥装置	
10.1 概述·····	(234)
10.2 真空冷冻干燥装置·····	(235)
10.2.1 真空冷冻干燥的原理及应用 ·····	(235)
10.2.2 真空冷冻干燥过程及其装置 ·····	(236)
10.2.3 真空冷冻干燥装置的制冷系统 ·····	(241)
10.3 热泵干燥技术·····	(242)
10.3.1 热泵干燥装置的工作原理、特点及分类 ·····	(243)
10.3.2 热泵干燥装置的典型流程·····	(243)
第 11 章 低温及环境试验装置	
11.1 简介·····	(245)
11.1.1 环境试验·····	(245)
11.1.2 环境试验装置分类·····	(245)
11.2 各种人工环境的获得方式·····	(246)
11.2.1 制冷系统·····	(246)
11.2.2 加热系统·····	(248)
11.2.3 真空系统·····	(248)
11.2.4 环境试验装置的加湿系统·····	(249)
11.3 环境试验设备·····	(249)
11.3.1 低温试验设备·····	(249)
11.3.2 高低温试验设备·····	(250)
11.3.3 高低温低压试验设备·····	(252)
11.3.4 高低温湿热试验设备·····	(256)
11.4 制冰和制干冰装置·····	(256)
11.4.1 盐水制冰装置·····	(256)
11.4.2 快速制冰装置和其它制冰装置·····	(257)
11.4.3 人造冰的贮藏·····	(260)
11.4.4 制干冰装置·····	(260)
11.4.5 人造冰场·····	(262)
参考文献 ·····	(264)
附录	
各种单位制常用单位换算表·····	(266)
附图	
附图 1 湿空气的焓湿图 ·····	(268)
附图 2 R12 的压焓图 ·····	(269)
附图 3 R22 的压焓图 ·····	(270)
附图 4 氨的压焓图 ·····	(271)

附图 5	R134 a 的压焓图	(272)
附图 6	R600 a 的压焓图	(273)
附图 7	R407C 的压焓图	(274)
附图 8	R290 的压焓图	(275)

第1章 制冷与空调装置概述

1.1 制冷与空调装置及其分类

制冷与空调装置是将制冷设备和耗冷设备组合在一起的装置。它除了制冷主机、辅机及由连接管道组成的制冷系统外,还包括与建筑、结构相适应的给水排水、采暖通风、机械传送、电力照明及自动控制等系统。所以,研究制冷与空调装置不仅要研究提供冷量的各种类型的制冷系统及设备,而且要研究制冷与空调装置的性能与特点,以及如何根据用户冷量的要求选择合适的制冷系统及设备。

根据用途、性能及特点,制冷与空调装置有不同的类型。随着国民经济的发展及现代技术的进步,空调与制冷装置的型式越来越多。目前使用比较广泛的空调与制冷装置主要有下面几种。

1.1.1 冷藏制冷装置

冷藏制冷装置主要用于食品的保鲜贮存冷藏链,主要有冻结库、冷藏库、冷藏汽车、冷藏火车、冷藏船、冷藏集装箱、冷藏陈列柜、厨房冰箱、冰柜和冰箱等。除此以外,冷藏装置还可贮存药品、生物疫苗和感光材料等。

1.1.2 速冻制冷装置

速冻制冷装置有平板速冻机,流态化速冻床,网传送式、链传送式、盘传送式速冻机,各种隧道式速冻机,螺旋速冻机等,这些速冻制冷装置大部分采用低温冷加工和变频无级调速自动传送,大大提高了产品质量和减少了劳动强度。这类新型制冷装置具有很好的发展前景。

1.1.3 空调制冷装置

空调系统由制冷、冷风或冷水系统等组成。空调制冷装置的设置是为了保证产品质量(如纺织厂等)和舒适性的条件(如会议室、写字楼等)。

1.1.4 工业冷却装置

根据产品生产工艺要求所配置的冷却系统主要用于石油化工,有机合成等工业中的分离、结晶浓缩,提纯催化,控制反应温度等单元操作中。目前,工业冷却制冷装置越来越被人们所重视。

1.1.5 商用制冷装置

商用制冷装置常指小型制冷装置,如商用冷柜、冰淇淋机、陈列柜、小型冷库等,多应用于商业、零售业、超市或酒店及宾馆等。

1.1.6 液氮制冷装置

目前,液氮制冷装置主要应用于冷冻医疗、冷冻美容,以及超导等方面。

1.1.7 真空冷冻干燥装置

真空冷冻干燥装置俗称冻干机,是一种升华脱水的制冷装置。由于经过冻干处理,可以无限期贮存而不变质,这对于血液、精子贮存及遗传生物工程研究,以及食品制作等具有独特意义。

1.1.8 工程用制冷装置

例如在建筑大、中型水电枢纽的混凝土工程中,混凝土浇灌必须应用制冷装置。

1.1.9 试验用制冷装置

试验用制冷装置专门用于进行产品的性能试验及科学研究,以检查它们在低温条件下能否保证所规定的性能指标以及能否正常工作。

1.1.10 其他制冷装置

采用风能、海洋能、太阳能等新能源的制冷装置,以及半导体制冷的制冷装置,都在深入研究,并取得不少成果,有的已研制出一些样机;

另外,随着氯氟烃(CFCs)和含氢、氯、氟的不完全卤代烃(HCFCs)的替代进展,以及扩大使用氨 R717,使开发其它制冷装置势在必行。

1.2 制冷空调装置在国民经济中的应用

1.2.1 冷藏链的形成

冷藏链是指食品从产地进行冷加工后冷藏运输至冷藏库贮存,然后通过冷藏销售柜由市场进入家用冰箱。世界各国都十分重视食品冷藏链,它表示了食品从生产到消费的各个环节,都必须采用冷藏方法来保存。食品从采集、加工、冷冻、运输、贮藏、零售到消费者等各个环节构成了完整的食品冷藏链,它的各个环节均需要不同型式的制冷装置。

由于我国还未真正形成冷藏链,每年腐败变质的食品达 30% 以上。因而,应尽快开发更多的制冷装置使冷藏链早日完善。

1.2.2 工业冷却

在石油化工、激光电子、生物制药、仪器仪表、纺织、建筑等行业中,许多生产工艺过程需要在低温条件下进行,才能保证生产和产品质量。在工业领域内,越来越广泛地应用制冷装置来为工业产品工艺冷却,以提高产品质量。

1.2.3 创造舒适环境

人们为了创造一个舒适环境,在娱乐场所、宾馆、体育馆、大会堂、图书馆、办公楼、医院、学校、商店直至民用住宅,都采用了各种不同制冷装置,以提高工作效率,便利生活。

1.2.4 科学研究

我们开展的许多科研课题的研究工作,如气象科学中所需的云雾室、高寒地区农作物的培育等都需要制冷装置。

1.3 制冷空调装置的发展趋势

现代制冷工业正处于一个飞速发展的时期。随着市场的迅猛增长,国际竞争愈演愈烈,以节能的迫切性和环境保护的紧迫性为背景,受微电子、计算机、新型原材料和其它相关工业领域技术进步的渗透和促进,现在制冷空调装置在技术进步上取得了一些突破性的进展,同时也面临一场新的挑战。

1.3.1 微电子和计算机技术的应用

由于计算机技术和现代控制技术的发展,制冷装置自动化,包括最佳运行工况调节、蒸发器供液量调节、冷间温度及蒸发温度调节、自动融霜、冷凝压力自动调节、制冷机自动启停及能量调节、制冷辅助设备的自动控制等的要求愈来愈高。这是一项综合技术,涉及到先进的控制方法、可靠的集成块芯片及专门的控制模块、精良的传感器、高效压缩机、电动机以及新型制冷控制器件的开发和应用。当前的制冷与空调装置采用计算机控制系统已极为普遍,如变频空调器等。新的控制系统使制冷装置可靠节能运行,另外也提高了空调的舒适性和改善了食品的保存品质。

1.3.2 节能型制冷与空调装置

为满足各种用冷需要,制冷产品的种类、型式多样,新品种层出不穷,装置性能的提高和改进日新月异。

压缩机以高效、可靠、振动小、噪声低、结构简单、成本低廉为追求目标,由往复式向回转式发展,如新型双转子滚动转子压缩机、螺杆式压缩机、涡旋式压缩机等,都具有优良特性和竞争力。

变频器用于压缩机的驱动设备上,空调和热泵等的变速驱动,带来节能方面的极好效果。

1.3.3 新材料的应用

将陶瓷用烧结法渗入溶胶体一次成形零件或用作零件的表面涂釉,改善零件表面性能。

聚合材料用作电器绝缘、减振件和软管材料,以及利用聚合材料的热塑性,以高级工艺通过热定型的方法制做压缩机中的复杂零件。

新材料的应用,带来产品性能、寿命和成本效益的提高。

1.3.4 制冷剂替代

由于臭氧耗损和温室效应引起严重的环境问题,导致了 80 年代末开始全球性地禁止 CFCs 物质。压缩式制冷面临更新制冷剂的问题。对制冷工业而言,它扰乱了制冷工业已有的发展步序,同时又提供了新的发展机遇,当前乃至今后,机械式制冷要面对由于制冷剂更换所涉及的一系列工作,并且必须在此方面重新取得进展。此外,其他制冷方式和制冷机种的研究步伐也将加快。

第2章 制冷与空调装置的工程热力学基础

2.1 工质的基本状态参数

在热力工程中,用来实现能量转换的物质叫工质。如内燃机以空气和油的燃烧物作为工质,蒸汽动力装置以水和水蒸气作为工质,而制冷装置则是以氨、卤代烃(商品名称为氟里昂)等作为工质。在给定瞬间,工质都会呈现一定的宏观物理状况即状态,描述工质状态的宏观物理量称为工质的状态参数。常用的状态参数有6个,即温度 T ,压力 p ,比体积 v ,热力学能 U ,焓 H 和熵 S 。要强调指出的是,状态参数是状态的单值函数,即状态参数的值仅取决于所处的状态,而与达到这一状态的路径无关。

常用的6个状态参数中,温度 T ,压力 p 和比体积 v 可以直接测量,称为基本状态参数。其他的状态参数可依据与这些基本状态参数之间的关系间接地导出。

2.1.1 温度

温度是衡量物体冷热的尺度,也是决定物体间是否存在热平衡的物理量。如果两物体的温度相等,则两物体间不发生热量传递而处于热平衡状态,换言之,处于热平衡状态的物体温度必相等;如果两物体的温度不相等,一定有热量从高温物体传到低温物体,处于非平衡状态。

温度的数值表示法称为温标。温标的建立一般需要选定测温手段、规定基准点及分度方法。

在国际单位制中,温度采用热力学温度,符号为 T ,单位为开[尔文](K)。热力学温度是取水的三相点为基准点,并定义其温度为273.16 K,热力学温度的每1开(K)是水的三相点温度的 $\frac{1}{273.16}$ 。与热力学温度并用的还有摄氏温度,符号为 t ,单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。摄氏温度的定义式为:

$$t = T - 273.15 \quad (2-1)$$

即规定了热力学温度的273.15 K为摄氏温度的零点,同时规定了以 $^{\circ}\text{C}$ 和K为单位的两种温度间隔相同,即 $\Delta t(^{\circ}\text{C}) = \Delta T(\text{K})$ 。

少数欧美等国习惯上采用华氏温标 $t(^{\circ}\text{F})$,它与摄氏温标之间的关系为:

$$\frac{t_{\text{F}}}{^{\circ}\text{F}} = \frac{9}{5} \frac{t}{^{\circ}\text{C}} + 32 \quad (2-2a)$$

或

$$\frac{t}{^{\circ}\text{C}} = \frac{5}{9} \left(\frac{t_{\text{F}}}{^{\circ}\text{F}} - 32 \right) \quad (2-2b)$$