



现代空调用制冷设备

● 郑贤德

李伟安

主编

● 电子工业出版社

现代空调用制冷设备

郑贤德 李伟安 主编

电子工业出版社

(京)新登字 055 号

内 容 简 介

本书阐述了制冷技术基础理论,系统地介绍了从窗式空调机、分体式空调机、立柜式空调机到中央空调用冷水机组的制冷循环、油路系统、水系统、典型冷水机组的电气线路和自动控制元件的动作原理,以及制冷系统的运行、操作、维护管理等方面内容。

本书可作为空调用制冷设备操作、维护和安装调试人员的培训教材,也可作为空调用制冷设备的设计、制造和管理人员的参考书,以及大中专院校师生的教学参考书。

现代空调用制冷设备

郑贤德、李伟安 主编

责任编辑:深 民

★

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经营

电子工业出版社广州科技公司排版

人民卫生出版社印刷厂印刷

★

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18.25 字数: 340 千字

1994 年 11 月第一版 1994 年 11 月第一次印刷

印数: 6000 册 定价: 18.50 元

ISBN 7-5053-2006-8/TN·603

前 言

随着我国国民经济的发展和对外开放事业的蓬勃兴起,我国空调技术的发展和应 用突飞猛进,在国际交往、旅游文化设施、商业金融贸易、劳动环境、产品质量、交通运输、生活舒适等方面都竞相使用空调机。自 1979 年以来,北京、上海、广州等城市以及几个经济特区都引进了大量先进的空调设备。

据不完全统计,单深圳经济特区到 1990 年为止引进国外各种类型冷水机组总容量不小于 $1 \times 10^6 \text{KW}$ (约 30 万冷吨),所引进设备的技术先进性逐年也在提高。系统地介绍引进及国产的典型空调制冷设备,这对国内广大从事制冷的工程技术人员来说,无疑能起到很好的鞭策和促进作用。为了满足广大空调制冷设备安装、操作等维修人员以及有关工程技术人员的要求和希望,编写了这本《现代空调用制冷设备》。

这本书立足于国内实际状况,参照国外引进的典型设备及先进技术,尽可能地以通俗易懂、简明扼要的方式,着重阐述制冷技术基本理论,系统地介绍了从窗式空调机、分体式空调机、立柜式空调机到中央空调用冷水机组的制冷循环、油路系统、水系统、冷水机组的电气线路和自控元件的动作原理,以及制冷系统的运行操作、维护管理等方面的内容。

本书由华中理工大学郑贤德和深圳大学李伟安主编,参加本书编写的人员还有林秀诚、陈治春、陈之启、利宝基、徐国庆等。

本书编写过程中得到彭乃兴、刘付闻、车茂隆、叶克冬、卢耀麟、薛尚勤、杨辉爵等同志的大力帮助,在收集资料过程中还得到了国内外有关公司、厂家及兄弟院校的大力协助,在此一并致谢。

本书涉及面较广,更限于编写人员的水平,不当之处,恳切欢迎读者批评指正。

编 者

1992 年于深圳市

目 录

第一章 绪论

第一节 空气调节的任务与应用	(1)
第二节 空调用制冷设备的分类	(1)
第三节 空调用制冷设备的发展概况	(2)
第四节 深圳经济特区空调用制冷设备引进概况	(4)

第二章 制冷技术的热工基础

第一节 制冷技术的基础知识及单位制	(6)
一、制冷技术的基础知识	(6)
二、单位制	(11)
第二节 能量转换与热力学基本定律	(15)
一、热力学第一定律	(15)
二、热力学第二定律	(15)
三、逆卡诺循环	(15)
第三节 焓与焓压焓图($lsp-h$ 图)	(16)
一、焓	(16)
二、焓	(16)
三、压焓图($lsp-h$ 图)	(17)
第四节 湿空气的状态参数及焓湿图($h-d$ 图)	(18)
一、湿空气的状态参数	(18)
二、湿空气的焓湿图	(18)
三、焓湿图的应用	(19)

第三章 制冷原理

第一节 空调用制冷设备的基本组成	(21)
一、制冷剂循环系统	(21)
二、载冷剂循环系统	(21)
第二节 单级压缩制冷循环	(22)
一、理论循环	(22)
二、实际循环	(24)
三、单级实际制冷循环的热力计算	(25)
四、工作温度变化对制冷机性能的影响	(28)
五、制冷机工况	(29)
第三节 空调用离心式两级压缩制冷循环	(30)
第四节 制冷剂、载冷剂与润滑油	(31)
一、制冷剂	(31)
二、载冷剂	(34)
三、润滑油	(34)

第四章 制冷压缩机

第一节 制冷压缩机分类	(38)
一、按作用原理分类	(38)
二、按制冷量大小分类	(39)

第二节 往复式制冷压缩机	(39)
一、工作原理	(40)
二、总体结构与主要零部件	(42)
第三节 回转式制冷压缩机	(50)
一、滚动转子式制冷压缩机	(50)
二、螺杆式制冷压缩机	(51)
第四节 离心式制冷压缩机	(52)
一、离心式制冷压缩机的工作原理与总体结构	(53)
二、离心式制冷压缩机的主要零部件	(54)
第五章 热交换器及辅助设备	
第一节 概述	(57)
第二节 冷凝器	(57)
一、冷凝器的分类	(57)
二、空气冷却式冷凝器	(57)
三、壳管式冷凝器	(58)
四、冷凝器的选择计算	(60)
第三节 蒸发器	(61)
一、蒸发器的分类	(61)
二、冷风机	(62)
三、壳管式满液式蒸发器	(62)
四、壳管式干式蒸发器	(63)
五、蒸发器的选择计算	(65)
第四节 节流机构	(65)
一、毛细管	(65)
二、热力膨胀阀	(66)
三、浮球节流阀	(69)
四、节流孔板	(70)
第五节 辅助设备	(70)
一、干燥过滤器	(70)
二、气液分离器	(71)
三、回热器	(72)
四、湿度—液体指示器	(72)
第六节 风机盘管机组	(74)
第六章 窗式、分体式及立柜式空调机组	
第一节 使用小型空调机的一般常识	(78)
一、小型空调机的分类及特点	(78)
二、空调房间温湿度的选定	(79)
三、空调机制冷量的选配方法	(79)
四、空调房间应满足的技术要求	(81)
五、选购空调机应注意的问题	(81)
第二节 窗式空调器	(82)
一、窗式空调器的结构及其特点	(82)
二、窗式空调器的主要技术指标	(84)
三、窗式空调器的安装方法	(86)
四、窗式空调器的使用与操作	(87)
五、窗式空调器的维护与保养	(88)

第三节 分体式空调机组	(89)
一、分体式空调机组的结构及特点	(89)
二、分体式空调机组的技术指标	(92)
三、分体式空调机组的安装方法	(93)
四、分体式空调机组的使用与操作	(95)
五、分体式空调器的维护与保养	(100)
第四节 立柜式空调机组	(100)
一、立柜式空调机组的结构及特点	(100)
二、立柜式空调机组的主要性能指标	(102)
三、立柜式空调机组的安装方法	(105)
四、立柜式空调机组的使用与操作	(105)
五、立柜式空调机组的维护与保养	(105)
第七章 往复式冷水机组	
第一节 概述	(106)
一、发展概况	(106)
二、往复式冷水机组的特点	(106)
第二节 往复式冷水机组的流程	(107)
一、制冷系统	(107)
二、润滑油系统	(109)
三、冷水和冷却水系统	(110)
第三节 往复式冷水机组的验收与安装	(110)
一、到货验收	(110)
二、机组吊装	(110)
三、基础防振装置	(111)
四、水管安装及冷水系统保温	(111)
第四节 往复式冷水机组的能量调节及启停控制	(111)
一、机组的指示仪表及安全保护	(111)
二、机组的能量调节装置	(112)
三、机组的启停控制	(114)
第八章 螺杆式冷水机组	
第一节 概述	(115)
一、发展概况	(115)
二、螺杆式冷水机组的特点	(115)
第二节 螺杆冷水机组的流程	(116)
一、制冷系统	(116)
二、润滑油系统	(117)
三、冷水和冷却水系统	(118)
第三节 螺杆冷水机组的能量调节及启停控制	(118)
一、机组的指示仪表及安全保护	(118)
二、机组的能量调节装置	(119)
三、机组的启、停控制	(119)
第四节 单螺杆冷水机组	(120)
一、单螺杆压缩机结构和工作原理	(120)
二、单螺杆压缩机的能量调节机构	(122)
三、单螺杆冷水机组	(122)
第九章 离心式冷水机组	

第一节 概述	(124)
一、发展概况	(124)
二、离心式冷水机组的分类	(124)
三、离心式与往复式冷水机组的性能比较	(126)
第二节 离心式冷水机组的流程	(127)
一、制冷系统	(127)
二、离心式冷水机组的润滑系统	(128)
三、自动回油系统	(132)
四、抽气回收装置	(133)
五、冷水和冷却水系统	(136)
第三节 离心式冷水机组验收安装	(139)
一、到货验收	(139)
二、机组吊装	(140)
三、基础防震装置	(140)
四、水管的安装	(141)
五、水管的试漏和清洗	(142)
六、保温	(143)
第四节 离心式冷水机组的指示和安全保护仪表	(143)
一、指示仪表	(143)
二、安全保护仪表	(144)
第五节 离心式冷水机组的启动、运行和停机	(147)
一、启动准备工作	(147)
二、气密性检查	(147)
三、真空试验	(148)
四、加润滑油	(148)
五、制冷剂的充注	(148)
六、启动	(149)
七、运行	(150)
八、停机	(151)
第六节 离心式冷水机组的特性和调节	(151)
一、离心式冷水机组的特性	(151)
二、离心式冷水机组的调节	(154)
第十章 冷水机组的自动控制	
第一节 概述	(155)
一、实现冷水机组自动控制的优点	(155)
二、冷水机组自控系统的组成	(155)
第二节 常用控制电器	(156)
一、主电路控制设备	(156)
二、电控继电器和开关设备	(159)
三、温度控制器	(163)
四、压力控制器及压差控制器	(167)
第三节 冷水机组的启停控制	(170)
一、概述	(170)
二、压缩机组的常规启动控制方法和设备	(170)
三、冷水机组的启动	(178)
四、冷水机组的停机	(187)

第四节 压缩机组的能量调节	(189)
一、往复式压缩机组的能量调节	(189)
二、离心式压缩机组的能量调节	(191)
第五节 冷水机组的安全保护	(192)
一、制冷系统的安全保护	(193)
二、压缩机主电机的安全保护	(194)
第六节 冷水机组自动控制技术进展概况	(196)
一、微处理机控制的典型电路图	(197)
二、低负荷运行时的负荷调节法	(199)
三、HONEYWELL 微机直接数字控制系统	(201)
第十一章 制冷机组的运行操作技术	
第一节 运行操作规范及运行记录	(202)
一、机组运行前的检查与准备	(202)
二、运行操作规程与技术要求	(205)
三、停机操作要点	(209)
四、运行记录	(210)
第二节 机组的运行参数分析	(213)
一、蒸发压力与蒸发温度	(213)
二、冷凝压力与冷凝温度	(213)
三、冷水的压力与温度	(214)
四、冷却水的压力与温度	(214)
五、压缩机的吸气温度	(215)
六、压缩机的排气温度	(215)
七、冷水机组的中间压力与温度	(216)
八、油压差、油温与油位高度	(216)
九、机组运行电流与电压	(217)
第三节 制冷系统的气密性	(217)
一、气密性试验的意义和作用	(217)
二、设备的耐压试验和气密性试验压力	(217)
三、气密性试验及保持机组气密性的方法	(218)
第四节 制冷系统的真空试验	(219)
一、抽真空的目的	(219)
二、抽真空的方法	(219)
第五节 润滑油的充注与排放	(221)
一、制冷系统中润滑油对机组性能的影响	(221)
二、润滑油的充注与排放	(223)
三、润滑油品质变化的判别	(224)
四、润滑油的管理	(225)
第六节 制冷剂的管理	(225)
一、制冷剂的含水量控制	(225)
二、制冷剂的充注与排出	(227)
三、制冷剂的再生	(231)
四、R11 离心式冷水机组中制冷剂的冬季管理	(233)
第七节 制冷系统除湿	(233)
一、干燥过滤器的清洗与干燥剂更换	(233)
二、使用时应注意的几个问题	(234)

第八节 指示仪表及安全保护仪表的调定	(235)
一、压力指示仪表的校验	(235)
二、高压控制器的调定	(236)
三、低压控制器的调定	(237)
四、油压差控制器的调定	(238)
第十二章 制冷机组的保养与维修技术	
第一节 制冷机组检修的一般规则与程序	(239)
一、检修规则	(239)
二、故障处理的基本程序	(245)
三、安全保护措施	(252)
第二节 往复式冷水机组的常见故障与排除	(252)
第三节 离心式冷水机组的常见故障与排除	(253)
第四节 设备的维修	(255)
一、蒸发器的漏水故障处理	(255)
二、冷凝器的维修	(257)
三、抽气回收装置的维修	(258)
第五节 制冷机组检修常用工具与检修阀	(260)
一、组合式压力仪表及连接管	(260)
二、真空泵	(262)
三、检漏仪	(262)
四、专用维修工具	(264)
五、通用维修工具和必备材料	(265)
六、三通截止阀和快速接头	(267)
附 录	
附表 1-1. 力单位换算表	(270)
附表 1-2. 压力单位换算表	(270)
附表 1-3. 功、能和热量单位换算表	(271)
附表 1-4. 功率单位换算表	(271)
附表 1-5. 导热系数单位换算表	(272)
附表 1-6. 运动粘度单位换算表	(272)
附表 1-7. 动力粘度单位换算表	(272)
附表 1-8. 冷冻吨换算表	(273)
附表 1-9. 传热系数单位换算表	(273)
附表 1-10. 比热单位换算表	(273)
附表 1-11. 热焓单位换算表	(273)
附表 1-12. 温度换算表	(273)
附表 1-13. 放热率单位换算表	(273)
附表 1-14. 容积放热率单位换算表	(273)
附表 2 R-11 饱和温度(℃, °F)与饱和 压力(公制单位、国际单位、英制单位)对照表	(274)
附表 3 R-12 饱和温度(℃, °F)与饱和 压力(公制单位、国际单位、英制单位)对照表	(277)
附表 4 R-22 饱和温度(℃, °F)与饱和 压力(公制单位、国际单位、英制单位)对照表	(280)

第一章 绪 论

第一节 空气调节的任务与应用

空气调节的任务,就是在任何环境下,将室内空气维持在一定的温度、湿度、气流速度以及一定的洁净度。这是所有空气调节系统的一般要求。具体要求的数值和允许波动范围,则视各种工业建筑和民用建筑的类别和性质而有所不同。

公共建筑物的空气调节是改善工作条件,提高工作效率的一项重要措施。由于环境噪声的影响,目前,新建的高层建筑物多采用密封窗,以免受外界的干扰。这样一来,必须有专门的空调系统来供给新鲜空气并要带走计算机等办公设备,灯光及人体所散发出来的热量。所以近十年来,即使夏季气候比较凉爽的西欧,空调也得到广泛的应用。1960年美国政府的一次调查表明,由于采用了空调,办公人员的效率提高了9%。目前,大厦、商场、宾馆、大饭店、大会堂、展览馆、图书馆、博物馆、影剧院、音乐厅、体育馆、医院、办公楼、学校、民用住宅等等,都必需具备上述四项要求的空气调节系统。

为了保证产品的质量和必要的工作条件,如纺织工业、印刷工业、钟表工业、胶片工业、食品工业、卷烟工业、地下建筑、水下隧道、粮食仓库、矿井、农业温室等部门都不可缺少空气调节系统。再如,电子工业、仪表工业、精密机械工业、合成纤维工业、以及有关工业生产过程和有关科学研究过程所需的控制室、计量室,计算机房等,都要求除了上述四项目的外,同时还规定温度、湿度的上下波动幅度,规定气流速度不得大于或小于一定范围,并规定室内含尘浓度不得超过某一数值。又如:制药工业和医院的手术室等,不但要求室内空气具有一定的温、湿度,还要求不超过一定的含尘浓度,而且规定其含细菌数的最大限度。此外如通信,航天飞行中的座舱、飞机、轮船、车辆等等均需采用空气调节。

我国空气调节的应用,已经日趋广泛。很多公共建筑以及各种工厂的有关车间,都已设置了空气调节系统。空气调节的耗能量亦越来越大,这就要求我们不仅要在空调系统设计中考虑节能,尚需在空调系统运行、操作与管理中注意节能。

第二节 空调用制冷设备的分类

从低于环境温度的物体中吸取热量,并将其转移给环境介质的过程,称为制冷。由于热量只能自发地从高温物体传给低温物体,因此实现制冷必须包括消耗能量(如电能、热能或太阳能等)的补偿过程。

实现制冷所必需的机器和设备,称为制冷机。例如,单级蒸气压缩式制冷机包括压缩机、蒸发器、冷凝器和节流阀;单效溴化锂吸收式制冷机包括发生器、冷凝器、蒸发器、吸收器和节流机构等。将制冷机同使用冷量的设施结合在一起的装置称为制冷装置,亦可统称为制冷设备,如冰箱、冷水机组、空调机组等。

将空气处理设备和制冷机、风机等组合一起成为整体的机组—即空调器或空调机组,它可

直接装在要求空调的房间内进行空调(如窗式空调器),也可以放在相邻的房间内用很短的风管与房间相连接。这种系统最大特点是投资少,上马快且可以满足不同房间的不同空调要求,使用灵活,移动方便,尤其适合于分散房间等。而目前高层建筑中较大型的空调系统大多采用具有集中处理空气(一般只处理新风)的新风柜和风管,同时又在各空调房间内设有局部处理装置(或称末端装置,如风机盘管机组等)。现代空调用制冷设备主要指当今比较先进的空调机组及给空调系统提供冷水的冷水机组。

空调用制冷设备通常可按选用的制冷机进行分类。表1-1列出各类制冷机的特点及适用的冷量范围。在这些制冷机中,蒸气压缩式制冷机和溴化锂吸收式制冷机使用较为普遍。往复式制冷机历史最悠久,技术最成熟,使用最广泛,但结构比较复杂,运动部件比较多,再加上气阀寿命及往复运动惯性力等因素的影响,难以提高转速,因此八十年代以来已逐渐被回转式制冷机所取代。回转式制冷机由于结构简单、零部件少,效率高,但密封精度对零件材质及加工工艺提出较高的要求。依照制冷量范围,回转式又可分为滚动转子式、涡旋式和螺杆式。而离心式制冷机大多用于大型冷冻空调系统。溴化锂吸收式制冷机适用有蒸气,热水,余热或直燃式等热源的情况下。

表1-1 常用制冷机分类

制冷机种类				特 点	单机制冷量 10 ⁴ 千卡/小时	
蒸气压缩式	容积式	往复式	全封闭式	技术成熟,效率比较高,使用广泛。但结构复杂,由于往复运动惯性力的影响提高转速较难	5 以下	
			半封闭式		0.4~12	
			开启式		15~50	
		回转式	滚动转子式		结构简单,零部件少,已逐渐取代往复式。但加工工艺要求较高。	0.2
			涡旋式			0.2~6
			螺杆式	单螺杆		25~200
				双螺杆		15~100
				离心式		开启式
		半封闭式				
	溴化锂吸收式		单效	用热水,太阳能,余热或 0.5 公斤力/厘米 ² (表)蒸气作动力	0.6~300	
两效			用 4~7 公斤力/厘米 ² 蒸气作动力			
蒸气喷射式		单效、多效	用 2~7 公斤力/厘米 ² 蒸气作动力 噪声大,热效率较低	1.7~220		

第三节 空调用制冷设备的发展概况

空调用制冷设备的发展与空调系统的发展密切相关。空调系统由全空气系统发展到空气—水系统是空调技术的一次重大突破。大截面风管由水管代替,既节约了许多金属材料,又节省了风管占用的建筑物的空间,经济效益显著。空气—水系统的末端装置在六十年代已逐步由

诱导器改为风机盘管机组。这样就消除了诱导器噪声大、耗能多和调节不易等主要缺点,使空气—水系统更加具有生命力,这就促进了各种型式冷水机组的发展。当然,除了半集中式的空气调节系统之外,整体式空调机组亦取得很大进展。整体式空调机组是指包括制冷机、通风机、空气处理设备、自控等组合在一起的成套空调设备。对于窗式、分体式及立柜式空调机,在冬季不太冷的地区,利用机组的制冷设备作热泵运行,从周围环境的低温热能中吸取热量作供暖使用,这种热泵的应用则是近期发展起来的。

目前世界上制冷空调设备产量最高的国家是美国,按 1976 年产量,美国占世界的 50%,其次为日本,占 25%,再其次为英国、德国、法国和丹麦等。1977 年~1982 年,上述几个主要国家的制冷空调设备生产继续增长,他们各自在世界的地位,基本没有改变。美国约有 700 余家制冷空调设备生产厂,其中不到十家公司,如开利(Carrier)、特灵(Trane)、约克(York)、练诺斯(Lennox)、顿汉·布什(Dunham Bush)等,控制了美国制冷空调行业生产的绝大部分。日本的制冷空调生产企业也控制在三菱、日立、松下、东芝、三洋等各大财团的下属公司和东洋开利、大金、荏原等主要企业手中。

制冷空调设备的品种虽然很多,但就目前社会拥有量来说,往复式制冷机始终占绝对优势。1976 年~1982 年,据美国统计(以产值计算),空调用制冷压缩机构成的比例数据如下:螺杆式制冷机由于发展较晚,比例很小;往复式制冷压缩机的比重占 66—72%;溴化锂吸收式制冷机的比例呈下降趋势,即 1976 占 4.35%到 1982 年降至 1.63%;离心式制冷压缩机占 24.3~31.7%,其构成比例也持续下降。出现这种趋势的原因是诸如原子能电站、区域空调站和大型集中空调等需要大型化机组的项目毕竟有限,而更多的工程则越来越多地使用数台中小型往复式制冷机并联运行,以简化产品品种,扩大零部件的通用化程度,并便于调节系统容量。日本的产品品种构成比例变化趋向与美国的类似。所不同的是,日本能源贫乏,对节能产品更为重视,溴化锂吸收式制冷机产量比美国大,1980 年美国生产溴化锂吸收式制冷机 280 台,而日本却是 1100 台。三洋电机公司所产的世界最大型溴化锂吸收式制冷机容量达到 1500 万千瓦/时。据介绍,1990 年日本三洋电机公司溴化锂吸收式制冷机产量跃升为 2000 台套,其中 30~430 万千瓦/时产量为 1000 台套,30 万千瓦/时以下为 1000 台套。

大型离心式制冷机美国的产量就超过日本,1970~1983 年间每年产量稳定在 3000~5000 台套;而日本为 400~1200 台套。国外空调用离心式制冷机的发展趋势是低噪声、高效率、结构紧凑、运行可靠和采用微机的全自动化,并采用变频调速方法来改变离心式空调机组的容量。但是由于离心式制冷机组大多采用 R11、R12 等对大气层有污染的受控制的制冷剂,故美国目前除了发展 R22 离心式冷水机组外,亦已准备大力发展溴化锂吸收式制冷机作为大型空调用制冷机。此外,由于螺杆式冷水机组大多采用 R22 作为制冷剂,近十几年来无论单螺杆或双螺杆制冷机的发展速度亦很快,甚至在大中型制冷量范围出现了与离心式制冷机竞争的趋势。八十年代中期发展起来澳大利亚 Multistack 模块化冷水机组今后亦有一定发展前途,它采用单元式机组拼装的积木式组合,每一单元 R22 冷水机组制冷量为 130 千瓦(11.2 万千瓦/时),可组合的最大制冷量 1690 千瓦(145 万千瓦/时),在中等制冷量方面可以与螺杆式及离心式制冷机竞争,其主要特点是采用全封闭制冷压缩机,因此体积小、重量轻、噪声低;系统采用微机控制,具有较高的自动控制功能;采用板式换热器作为蒸发器和冷凝器,使机组更为紧凑。

空调机品种多样化也是一种明显的趋势。为适合各种不同使用场合,除一般常规形式之外,还开发了多种产品。如以一台室外机组带动多台室内机组的分体机;有温湿度控制的计算机房专用空调机;有放置于屋顶露天使用的屋顶式机组;还有适用于不能回风的全新风机组;适用于不同安装位置的窗式、嵌入式、挂壁式及落地式等机组。近年来,空调机在舒适性、可靠性不断改善的同时,在高效、轻型、低噪声、变容量等方面也得到了新的发展。美国特灵公司生

产的 20 冷吨及 25 冷吨空调机的能效比达到了 3.63; 日本日立生产的薄型挂壁式房间空调机, 厚度只有 98 毫米; 三菱重工公司 DP-20 型整体式空调机单位重量制冷量高达 120 千卡/时·公斤; 1980 年日本东芝公司率先, 而后日本大金公司继而将变频技术应用于空调机, 实现变容量无级调速, 收到极佳的效果。

由于制冷压缩机在相当程度上, 决定了整台空调机的能效比、冷重比指标和体积指标, 因此各厂家都始终把改善压缩机的性能放在首位。也正因为如此, 才使得空调用压缩机不断更新。1978 年, 日本三菱电机成功地研制出了涡旋式压缩机, 和同容量的往复式压缩机比较, 其绝热效率提高 10%, 噪声降低 5 分贝, 体积减少 40%, 重量减轻 15%, 目前很多公司都在研制和生产这种先进机型。此外, 1982 年日本三菱重工开发了 RK 系列高效旋转活塞式压缩机, 特别是因采用特殊合金钢制造滑片而大大延长了使用寿命。此机用于窗式空调机后收到了可靠、节能、小型、轻量的效果。除日本三菱重工、三洋、东芝、大金等公司之外, 欧美有几家公司亦生产该种机型。旋转活塞式压缩机名义制冷量一般为 1 千瓦或者更小些, 涡旋压缩机为 1—15 千瓦。目前回转式压缩机在各个冷量范围的性能系数几乎都已超过往复式压缩机。现今回转式机型全面取代往复式机型已是不可逆转的发展趋势。

目前窗式与分体式空调机也设有遥控装置, 美、日等很多公司的产品已实现红外线进行遥控, 控制功能亦增加了很多项目, 如自动调温及定时、自动调整送风方向、自动除湿、自动换气、睡眠时温控及定时等, 有的公司产品还安装有光传感器, 它可根据晴天、阴天、夜间的光线强弱来自动微调空调机的温度设定值, 满足人们高标准的生活需求。

总之, 国外空调用制冷设备的技术水平发展迅速, 尤其在节能、自控、使用可靠性、轻量化等方面取得了更加显著的进步。日本、美国等都对空调用制冷设备明确提出了最低能效比的限值, 并广泛采用微电子控制技术以及变频技术, 控制调节运行参数, 达到经济运行的目的。

我国空调用制冷设备的品种规格亦繁多, 制冷量从 1000 千卡/时至数百万千卡/时, 产品亦有窗式、分体式、立柜式空调机和冷水机组, 使用的制冷机有往复式、回转式、离心式和溴化锂吸收式冷水机组。

国内溴化锂吸收式制冷机的技术水平不断提高, 除蒸气单效型外, 先后开发了蒸气两效型、热水型、直燃式等, 目前已有数百台国产机组在运行, 制冷量大多在 30—300 万千卡/时。制冷量从几万—几百万千卡/时各种容量的冷水机组亦得到迅速发展。小冷量配用全封闭式或半封闭式往复式机组, 大冷量配用开启式或螺杆式、离心式制冷机, 近年来亦有合资企业生产模块式冷水机组。为了提高传热效率、降低材耗、减少体积, 不少冷水机组的冷凝器、蒸发器已开始采用高效传热管, 亦有合资企业采用板式换热器。与外国同类产品比较, 国内生产的冷水机组的效率、体积、重量均偏大, 特别是自动化水平和机组使用可靠性差距更大。

国内各种空调机的年生产能力已超过数百万台。通过技术引进和成套加工设备的引进, 使一些厂家产品的主要性能指标已接近或基本达到国外同类产品的水平。但从总体上分析, 大部分产品, 特别是大型机组的能耗比, 较国外同类产品低, 单位重量制冷量亦低, 且产品规格不全、档次较少、自控水平及控制精度等方面, 尚不能充分满足市场需要。

第四节 深圳经济特区空调用制冷设备引进概况

深圳经济特区毗邻香港, 广大企事业单位自用的空调制冷设备都能享受到免税的优惠条件, 因此空调制冷设备基本上都是从国外引进的。一般说来, 小型空调制冷设备(如窗式、分体式空调机和立柜式空调机)以日本各公司的产品占绝对优势; 往复式冷水机组, 日本和美国各公司的产品都有; 离心式冷水机组前期还有日本各公司的产品, 到近期几乎是清一色的美国公

司的产品。据不完全统计,深圳经济特区自开办以来到 1990 年为止引进的各种类型冷水机组的总容量不下 1×10^8 千瓦(约合 30 万冷吨)。

目前深圳使用的空调用冷水机组除了往复式以外,还有涡旋式冷水机组、螺杆式冷水机组(包括单螺杆和双螺杆冷水机组)和离心式冷水机组。其中离心式冷水机组多数是采用单级压缩,也有两级压缩和三级压缩。深圳使用的离心式冷水机组的单机容量最大的已达 1000 冷吨(3.5×10^8 千瓦)。冷水机组大多采用水冷式冷凝器,个别也有采用风冷式的。深圳的冷水机组绝大多数是夏季作空调降温,个别的在冬季兼作热泵使用,为宾馆客房提供热水。

离心式冷水机组制冷量的调节,通常采用改变叶轮进口导叶。为了提高部分负荷时效率,达到更有效的节能,最近深圳引进的离心式冷水机组是通过调频改变主电机转速,从而实现制冷量连续调节。用调频改变电机转速来调节制冷量的方法,在分体式空调机中亦有采用。最近深圳引进的日本大金分体式空调机,一台室外运行的涡旋式压缩机可以同时拖动 8 台室内机运行,而室外机中制冷压缩机的转速是按照室内机实际运行的总负荷来进行连续无级调节。暗装式吊顶室内机可以和送风管相连接,也可以吸入室外新风。室外机可以设计成多台组合放置,扩大整个制冷系统容量。室外机和室内机垂直距离可以达到 50 米,单程铜管长度可以达到 100 米。

在储冰技术方面,为了转移日间用电高峰负荷,深圳市已经采取日间用电峰值和夜间谷值不同的计价办法,鼓励用户夜间用电。因而储冰技术是转移用电负荷或平衡用电负荷的方法,它能大大地降低日间空调用电量,节省用电费用。冷水机组可在夜间谷值时制冰,以满足次日空调负荷高峰的需要。国内第一个大型空调用储冰系统已经在深圳开始兴建,1993 年就可投入运行,此储冰系统采用了 3 台共 1600 冷吨(约合 4800 万千瓦/时)单螺杆冷水机组,夏季白天负荷高峰时作空调工况运行,夜间作制冰工况运行。

在自动控制方面,80 年代中期以前的制冷机组都是采用继电器,通过集成电路控制单元来控制。近年来深圳市引进的制冷设备带有微电脑控制中心,冲破了传统的继电器控制方式。新控制方式是从水流开关信号作为数字量输入,温度和压力信号作为模拟量输入,而水温控制,限制电流控制,设备周期运行控制和安全保护控制通过软件程序组成一个控制整体。传统的由继电器和接触器组成的 Y- Δ 起动器现在被电流保护固体电路起动器代替。目前,深圳新落成的高层建筑中,大部分都引进了“楼宇自动管理系统”。制冷机组的微电脑控制中心,可与整幢大楼集中的自动化控制系统接口,这样更有利于能源的集中调度与优化控制,更有效地实现节能。

深圳家庭现在所使用的分体式空调机和窗式空调机,已经淘汰了往复式压缩机,都是采用了新型的回转式压缩机,效率高、噪音小。在使用功能上增加了微电脑和遥控装置,能自动除湿、自动换气、风向气流的自动控制,睡眠时室温的高低、运行时间的长短和运行方式都能按主人的意思可以预先设定。

现在深圳兴建的居民住宅,在客厅和主卧室中都考虑到了空调机安装位置和专用的电源插座,预计深圳特区开放一线以后,将取消关税,进口家用电器的价格下调,那时家庭用空调机也会像电冰箱和电视机那样进入每一个普通居民家中,这时家庭用空调机的普及率将会有大幅度的提高。

第二章 制冷技术的热工基础

第一节 制冷技术的基础知识及单位制

制冷就是用人工的方法将某一物体或空间的热量带走,使该物体或空间的温度低于周围环境的温度。

制冷有多种方法,目前应用最广泛的是蒸气压缩式制冷,它的基本原理是利用工作物质(制冷剂)状态变化时吸热和放热的特性来实现制冷,图 2-1 是蒸气压缩式制冷系统的原理图。该系统主要是由制冷压缩机、冷凝器、节流阀(即膨胀阀)和蒸发器组成,它们之间用管道连接并充灌适量的制冷剂,它们的工作过程可由图 2-1 中制冷剂的循环过程看出:经压缩机压缩后的高温高压气态制冷剂进入冷凝器,在冷凝器中受到冷却而放出热量,冷凝成常温高压液态制冷剂,液体制冷剂从冷凝器流出,经节流阀降温降压后进入蒸发器,在蒸发器内低温低压液态制冷剂从被冷却物体中吸取热量而气化,而后低温低压制冷剂被压缩机吸入,并进行压缩,从而完成了一个制冷循环。以上介绍的是最简单的制冷循环,即单级压缩制冷循环,它是最基本并在空调中得到广泛应用的制冷循环。从蒸气压缩式制冷系统的工作过程可以看出,制冷系统中制冷剂有时变成气态,有时又变成液体,状态变化过程中又伴随有吸热或放热,并且温度、压力也发生相应的变化。为了弄清制冷装置中所发生的一系列变化,必须学习热工基础知识,以便了解制冷系统的内在联系及热工现象的本质,从理论上掌握和分析制冷装置是否正常运行的必要知识。

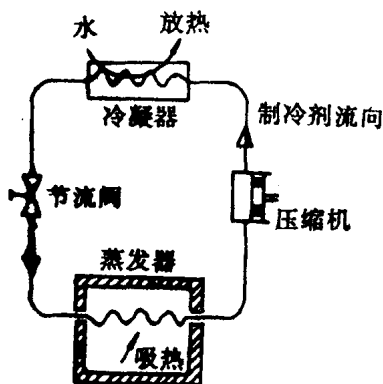


图 2-1 蒸气压缩式制冷系统原理图

一、制冷技术的基础知识

1. 温度

温度是物体冷热程度的量度,常用 T 和 t 表示,国际单位制(SI)中采用热力学温标,也叫开尔文(简称开氏)温标(或称绝对温标),用 T 表示,单位为开(K),同时并用的还有摄氏温标,以 t 表示,单位为度($^{\circ}\text{C}$)。绝对温标与摄氏温标的分度方法相同,即摄氏温差 $1(^{\circ}\text{C})$ 就是绝对温差 $1(\text{K})$,它们之间换算关系如下:

$$T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273.15 \quad (2-1)$$

换句话说,摄氏温标的零点比开氏(绝对)温标的零点高出 273.15 度。在英制中也用华氏温标,用符号 $^{\circ}\text{F}$ 表示,它与摄氏温标之间关系为

$$t(^{\circ}\text{C}) = 5/9(t(^{\circ}\text{F}) - 32) \quad (2-2)$$

物体温度的高低用温度计测量,在制冷机中常用的温度计有水银温度计和半导体温度计等,制冷设备中各部位温度的测量是检查制冷机运行正常与否的重要手段。

2. 压力

通常垂直作用于单位面积上的力来表示压力的大小(即压强),气体的绝对压力(即气体的真实压力)

$$P = \frac{F}{A} \quad (2-3)$$

式中: P 为压力,〔帕〕; F 为垂直作用力,〔牛〕; A 为面积,〔米²〕。

国际单位制中压力的单位为帕斯卡(Pa)。巴(bar)和物理大气压(也称标准大气压 atm)为暂时并用单位。在工程单位制中压力单位常采用公斤力/厘米²(kgf/cm²)、毫米水柱(mmH₂O)和毫米汞柱(mmHg)等单位,在英制单位制中常采用磅力/英寸²(lbf/in²)。

工程设计计算中,需要的是压力的实际数值,由于测量压力的仪表通常处在大气环境中,故仪表测得的数值不是压力的实际数值(绝对压力),而是和当时当地的大气压力的差值(如图 2-2)。

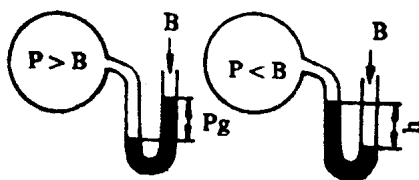


图 2-2 用 U 形管压力计测压

当容器内气体的绝对压力高于大气压时,压力表所指示的是绝对压力超出大气压力的部分,称为表压力,用 P_g 表示,即

$$P_g = P - B \text{〔帕〕} \quad (2-4)$$