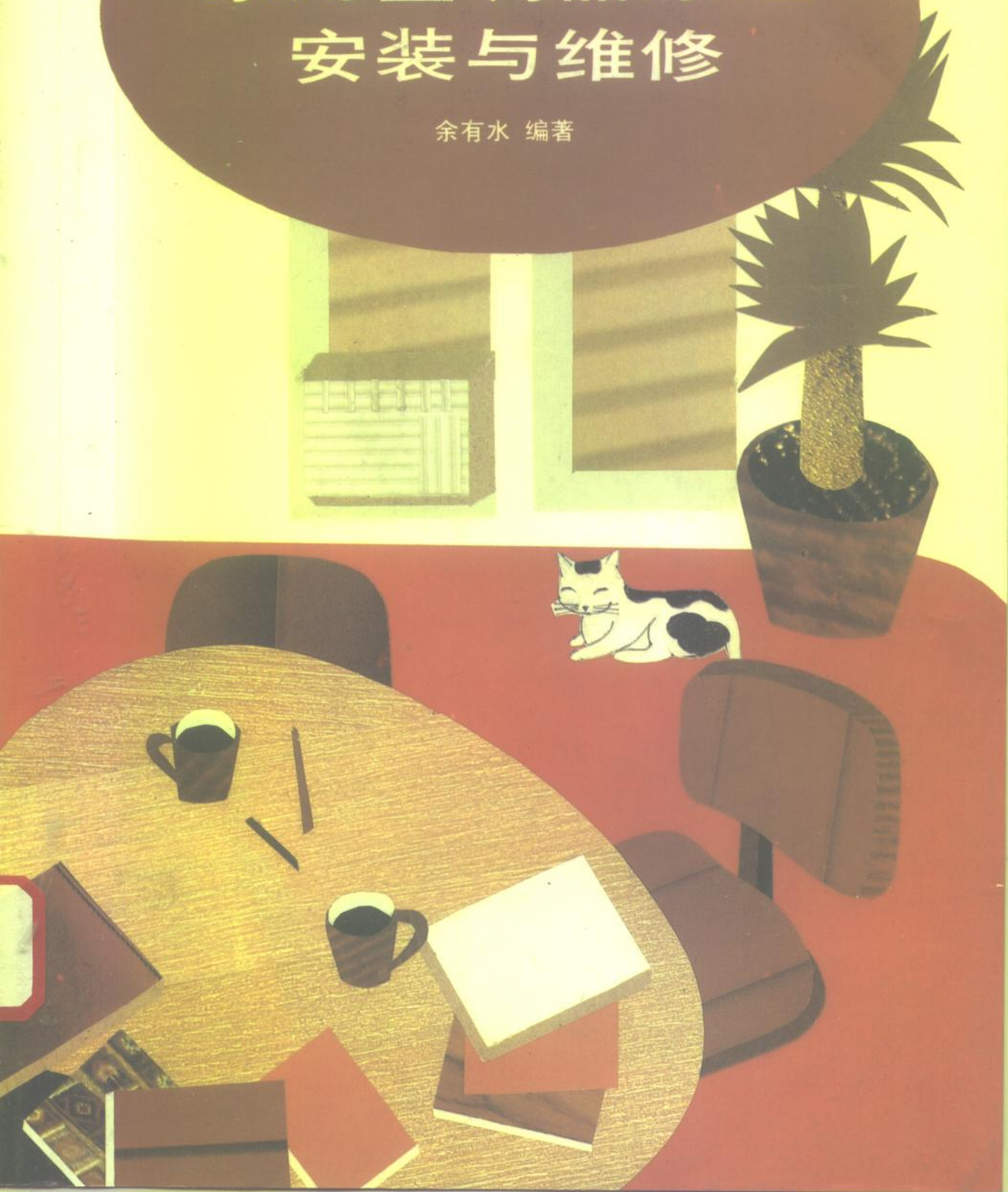


中央电视台讲座教材

家用空调器原理 安装与维修

余有水 编著



中央电视台讲座教材

家用空调器原理安装与维修

余有水 编著

人民邮电出版社

登记证号(京)143号

内 容 提 要

本书是中央电视台讲座的配套教材。书中以目前社会拥有量较大的小型家用空调器为重点,详细讲述了小型空调器的空调制冷原理,各组成系统和部件的结构、功能、工作原理,及与之相关的热力学理论知识。本书还系统介绍了小型空调器的选购、安装、使用与维护,故障分析与排除等实用技术。

本书理论与实际相结合,叙述深入浅出,通俗易懂,图文并茂。适合初中级空调器修理人员、空调器管理维护人员及广大空调器用户学习参考,也可作为各空调培训班教材。

人民邮电出版社出版发行

北京东长安街27号

北京京建照排厂激光照排

北京印刷一厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 1993年5月 第一版

印张:21 4/16 页数:170 1993年5月 北京第一次印刷

字数:528千字 印数:1—21 000册

ISBN7-115-04960-2/TN·638

定价:12.50元

前 言

近年来,随着我国人民生活水平的不断提高,各种小型空调器已大量进入家庭,且普及率还在迅速上升。空调器的结构虽然不十分复杂,但它却涉及到热力、机械运动、电器控制、流体力学等多种学科知识。为了向广大家用空调器用户普及使用、安装、保养常识,也为了满足生产、安装、维修家用空调器的技术人员的需要,我们编写了这本《家用空调器的原理、安装、使用与维修》。

本书围绕小型家用空调器的原理及结构,讲述了一些常用的热力学知识、机械运动常识、电器控制原理及流体力学等基础知识。为了使读者既能掌握空调技术知识,又避免涉及高深理论计算,本书在叙述中力求深入浅出,使专业技术与科普知识相结合,理论与实际相结合,基础与提高相结合。本书还较全面地介绍了我国 10 多年来,特别是近几年来引进国外小型空调器的生产过程中汲取的新技术、新工艺、新品种、新结构,并系统介绍了小型家用空调器日常维护、故障分析和检修方法。为了帮助家用空调器用户买好、用好空调器,本书还介绍了家用空调器选购、安装、使用常识及操作注意事项。

在本书编写过程中,参阅了《小型氟利昂冷藏装置》、《封闭式制冷机》等专业书籍,仅此向这些书的作者表示感谢。

由于时间短促和编者水平所限,本书难免有缺点、错误,敬请读者指正。

本书第四、六章由余志东编写,第九章由陆建平编写,其余各章由余有水编写。全书由余有水统编。

编 者

目 录

第一章 小型空调器原理及结构	1
1.1 小型空调器原理概述	2
1.2 小型空调器的基本结构型式	5
1.3 空调基础知识	6
1.4 小型空调器的性能指标及工作特性.....	19
第二章 小型空调器的类型	24
2.1 按主要功能分类.....	24
2.2 按结构分类.....	26
2.3 热泵工作原理.....	32
第三章 蒸气压缩制冷原理	34
3.1 单级压缩制冷原理.....	34
3.2 热力学基础知识.....	37
3.3 单级压缩制冷循环在压焓图上的表示.....	43
3.4 制冷循环的热力计算.....	47
第四章 制冷剂与载冷剂	49
4.1 制冷剂的特性.....	49
4.2 氟利昂制冷剂.....	51
4.3 使用、管理制冷剂注意事项	55
4.4 载冷剂.....	56
第五章 制冷压缩机	57
5.1 往复式压缩机.....	57
5.2 旋转式压缩机.....	68
5.3 压缩机的热力计算.....	74
5.4 压缩机的性能.....	79
5.5 压缩机的润滑.....	82
5.6 封闭式压缩机所用电动机的启动和运转.....	90
5.7 接线柱.....	92
第六章 空调换热器	93
6.1 换热基本原理.....	93
6.2 换热器的传热计算	104
6.3 传热计算理论的应用	114
6.4 空调蒸发器	126
6.5 空调冷凝器	132
第七章 节流元件	137

7.1	热力膨胀阀	138
7.2	热电膨胀阀	146
7.3	膨胀阀的选择和安装	148
7.4	膨胀阀的调试	151
7.5	分配器	151
7.6	毛细管	154
第八章	制冷系统辅助元件	161
8.1	过滤器和干燥过滤器	161
8.2	视液镜	166
8.3	旁通电磁阀	167
8.4	单向阀	168
8.5	电磁换向阀	169
8.6	气液分离器	174
8.7	冷凝压力调节阀	176
8.8	气门嘴	177
8.9	水量调节阀	177
8.10	管路关闭阀	178
第九章	电气控制系统	180
9.1	非自动切换电器	180
9.2	接触器	182
9.3	继电器	183
9.4	异步电动机	191
9.5	非触点控制	197
9.6	电气线路分析举例	200
第十章	通风系统	205
10.1	通风机的结构型式与工作原理	205
10.2	通风机的性能	208
10.3	通风机的代号	218
10.4	通风机的选择	220
第十一章	小型空调器的选购与安装	222
11.1	小型空调器的选购	222
11.2	小型空调器的安装与试运行	228
11.3	影响空调房间降温效果的因素	239
11.4	空调节能措施	242
第十二章	小型空调器的使用与维护	247
12.1	小型空调器的性能指标及使用常识	247
12.2	空调器的安全保护功能	253
12.3	小型空调器的日常维护与保养	255
第十三章	小型空调器故障检查	256
13.1	小型空调器的检查方法	256

13.2 电气部分的检查	258
13.3 制冷系统的检查	261
13.4 通风系统的检查	265
13.5 制冷系统检修的基本操作知识	267
13.6 常用仪表、工具及设备	272
第十四章 空调器的故障分析与排除	276
14.1 检查前的准备工作	276
14.2 制冷系统的故障分析	276
14.3 全封闭压缩机故障分析	281
14.4 电气系统故障分析	283
14.5 通风系统故障分析	287
14.6 空调器故障综合分析与排除	288
14.7 三个系统故障汇总方框图	295
附录	
一、法定计量单位	297
附表1 基本单位	297
附表2 导出单位示例	297
二、单位换算表	298
附表3 长度	298
附表4 温度	298
附表5 质量	298
附表6 力	299
附表7 压力及应力	299
附表8 比容	299
附表9 密度	299
附表10 功、能及热量	300
附表11 功率	300
附表12 比热及熵	300
附表13 导热系数	301
附表14 传热系数及放热系数	301
附表15 运动粘度及导温系数	301
附表16 动力粘度	301
附表17 内能、焓、熵及汽化热	301
附表18 制冷量	302
三、有关空气参数	302
附表19 室外气象参数	302
附表20 饱和空气的 $t_{\text{sat}}-h$ 表	303
附表21 自然对流时,干、湿球温度差与相对湿度 ϕ 的关系	304
附表22 通风干、湿球温度差与相对湿度 ϕ 的关系	305
附表23 湿空气的密度、水蒸气压力、含湿量和焓	306

四、部分工质与水的热力性质表	308
附表 24 R-12 饱和状态下的热力性质	308
附表 25 R-22 饱和状态下的热力性质	312
附表 26 R-502 饱和状态下的热力性质	315
附表 27 水和水蒸气在饱和状态下的热力性质	318
附表 28 R-12 的单位容积制冷量 q''_v	323
附表 29 R-22 的单位容积制冷量 q''_v	324
附表 30 R-502 的单位容积制冷量 q''_v	325
五、部分工质的热物理性质	326
附表 31 R-12 饱和液体热物理性质	326
附表 32 R-22 饱和液体热物理性质	326
附表 33 R-502 饱和液体热物理性质	327
附表 34 水和水蒸气在饱和状态下的热物理性质	327
附表 35 某些气体的物性值	327
六、部分工质的热力性质图	328
附图 1 R-12 压-焓图	328
附图 2 湿空气的焓-湿图	329
附图 3 R-22 压-焓图	330

第一章 小型空调器原理及结构

众所周知,空调器的主要功能是调节房间空气的温度、湿度,并过滤空气中一部分灰尘,同时按需要补充一部分新鲜空气(称新风),使人们能在清新舒适的环境中生活。

世界上最早把人工制冷用于空调是 1844 年,一位美国医生采用刚发明的机制冰,在一所医院里进行气温调节,他把空气从悬挂在屋顶的储冰器的冰上通过,取得冷空气用来降低室温。1851 年苏格兰天文学家提出采用空气制冷机来作空调器。1890 年空调器才获初步成功。空调器发展是从 1923 年开始,1930 年后发展得更迅速。1930 年首次把用于房间空调的整体空调器商品化,并在空调器中采用了 R-12 制冷剂。1936 年采用了 R-22 制冷剂,并开始投入批量生产。我国从本世纪 50 年代开始研制生产空调器(包括大型空调设备),1964 年国内第一台窗式空调器也在上海研制成功,经过 20 多年的努力,我国的空调工业已得到发展壮大,特别是改革开放以后,各地区陆续投资或中外合资建厂,引进技术和设备,产量飞速增长,产品质量和技术水平也突飞猛进,型式和品种已基本齐全,近几年来,家用空调器的发展又进入高潮,使我国空调工业又向前迈进一步。近几年来,世界空调技术高速发展,各国都采用了许多高、新技术。特别是在电气控制系统方面、绝大部分空调器已采用微电脑控制与遥控,几乎达到全自动程度。实现自动控温,自动去湿,自动时控,节能运行,热泵自动除霜,自动调整温控参数等新功能。同时换热器传热效率的提高,旋转式压缩机的体积、重量下降,制冷效率的显著提高,使整台空调器的主要性能参数得到很大的改善。

目前空调器的种类很多,一般常说的小型空调器是指不包括大型集中控制的中央空调系统在内的空调器的统称。家庭和企事业单位常用的大多为这种空调器。而这两种用途之间又没有严格的界限。它主要由房间的大小和对温湿度的要求而定。可以大一些,也可以小一些,但都属于小型空调器范畴,所以本书在各章节叙述中一律称为小型空调器。根据目前统计,对于家庭使用的小型空调器,在国外一般制冷量为 7000W 以下。在我国目前生活和住房还不富裕的情况下,一般在 2000W 左右,且以窗式空调器为主。随着我国空调工业的高速发展,以及人们生活水平的逐步提高,挂壁式和其他形式的小型空调器已进入市场,且有一定销售量。由于其突出的优点是噪音低,室内机组造型美观,已引起人们的关心。虽然现在价格还比较高,但它代表着家用空调器的发展趋势。本书中提到的房间空调器是小型空调器的一种,它特指采用空冷冷凝器、全封闭制冷压缩机、制冷量在 9000W(7740kcal/h)以下的小型空调器。

空气调节器根据使用对象,可分为舒适性空调和工业性空调两大类。

舒适性空调是以室内人员为对象,创造舒适环境为目的,如住宅、办公室、宾馆、商店、娱乐场所等采用的就属这一类。选用的空调器大部分为小型空调器。是使用面最广的一类空调器。

工业性空调是以符合室内生产工艺、存放物品或对车间内运行设备以及仪表所需要的空气环境要求为主要目的,而将维持室内人员的舒适感为次要目的。如工厂、车间、电话局、电子计算机房的空调就属这一类,它们对空气环境的温度与湿度有较高的要求,使用的空调设备有一定的特殊性要求。

本书主要叙述舒适性空调技术,即小型空调器原理、结构、操作及维修。这类空调器比较适

合家庭使用。

小型空调器是独立结构,它集制冷、制热、除湿、滤尘、电控于一体。

1.1 小型空调器原理概述

1.1.1 小型空调器的组成及其功能

小型空调器由制冷系统、通风系统、电气控制三部分组合而成。这三部分组装于一个箱体(整体式)或二个箱体(分体式)内。它们相互配合、共同完成处理环境空气的任务。下面分别叙述它们的功能与工作过程。

一、制冷系统

空调器的主要功能是制冷和制热。制冷系统可将室内热量移到室外,所以是提供冷源的设备如将室外的热量移到室内,则成为提供热源的设备。它的工作过程如下。

制冷系统由4个基本部分——压缩机、冷凝器、节流器、蒸发器组成,并由铜管将这4个元件相互连接组合成一个封闭系统。系统内充制冷剂,一般充以氟利昂-22(R-22)。这是一种蒸气压缩制冷系统。目前的小型空调器都采用这种制冷系统。图1-1为空调制冷系统示意图。

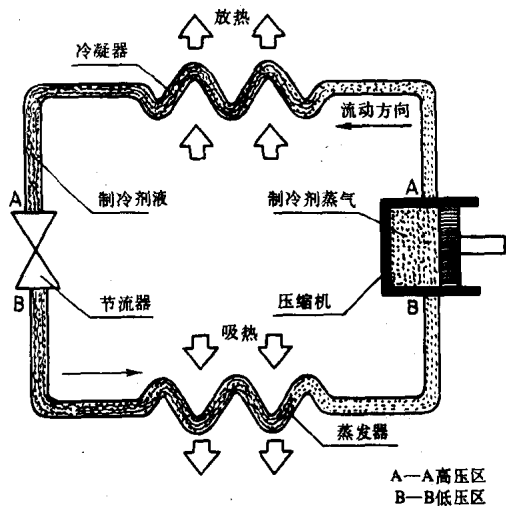


图 1-1 空调制冷系统示意图

蒸气压缩制冷的基本原理是利用较理想的制冷剂液体在低压力下气化吸热的特性,制造冷源,以达到冷却物体的目的。要使制冷剂充分发挥其制冷特性,需要有一套完善的热力系统来配合它工作,这套系统称为制冷系统。

制冷系统是使制冷剂产生热力变化的热力系统。制冷剂在系统内经过四个热力变化过程,热力学上称“状态变化”,才能产生连续不断的制冷效应。这四个过程是压缩、冷凝、节流、蒸发,这四个过程分别由四个部件按顺序完成。

1. 压缩过程

此过程由压缩机来完成。它将系统内的制冷剂蒸气吸入汽缸,并进行压缩,提高其压力再排出汽缸,促使制冷剂在系统内循环流动。因此,它的主要任务是推动制冷剂在系统内流动,是制冷剂

流动的动力源;而压缩机又需要其它动力来补充,一般用电动机来拖动。

2. 冷凝过程

此过程由冷凝器来完成。蒸气状态的制冷剂在冷凝器中把所吸收的热量排放出系统,同时制冷剂蒸气凝结为液体,以便再使用。因此,冷凝器就是一个散热器。它应放在室外以便将热量排放到室外环境空气中。

3. 节流过程

节流过程也可以认为是降压过程。制冷剂液体在流动中需要再气化,必须降低压力。其方法是用节流元件来减小其流量,降低压力,使液态制冷剂有膨胀的空间条件。在小型空调器中,一般采用细长的毛细管来实现节流过程,也有的用热力膨胀阀进行节流。

4. 蒸发过程

这是气化吸热过程,制冷剂经节流过程后,成为气液混合体,但其中液体占比例大部分。降压后的制冷剂液体在蒸发器的流动过程中,激烈进行吸热气化,称为沸腾,这一步才是我们要获得制冷效应的热力过程,是制冷系统的最终目的。这一过程在蒸发器内进行。此后,变为气态的制冷剂再经过压缩进入冷凝过程。

上述四个热力过程就是制冷获得制冷效应的基本过程,缺少任何一个过程都将不能达到制冷目的。

现在我们按图 1-1 所示的制冷系统,按制冷剂在制冷系统内循环流动时压力与温度的变化简述它的制冷过程。

压缩机吸入来自蒸发器的干蒸气,经压缩后其压力升高,被排出压缩机进入冷凝器放热,在这个过程中,高压高温蒸气逐步转变为高压高温液体。即在状态变化过程中,其排出压力保持不变(流动阻力除外),其压力称为“冷凝压力”,其温度称“冷凝温度”。高压高温液体进入毛细管(节流元件)进行降压(称节流),流出毛细管的已是低压低温的气液混合体(液体占极大比例)。这时制冷剂已具备了膨胀、吸热、气化条件,当它流入蒸发器管内就会大量吸热而气化,进入沸腾过程,这时的压力与温度也保持不变,称为“蒸发压力”和“蒸发温度”。制冷剂在蒸发器中完成了制冷任务,又变为干蒸气,它再进入压缩机,进行下次的循环工作。制冷剂在制冷系统内如此连续不断循环流动,并在各部件中进行热力变化,从而达到连续制冷的目的。

值得注意的是空调器中的制冷剂,如 R-22 和 R-12,在常温下是一种高压流体,其压力比环境大气压高 10 倍左右,气温越高,压力越大,而整个制冷系统是密封体系,每个部分都充满了制冷剂,不可随意去扳动零件,若有损坏,系统内的制冷剂将全部泄漏,因此操作时应注意安全,谨慎小心。

二、通风系统

通风系统是强迫空气对流、加速空气流动、提高换热器的热交换效率的组合部件。因为无论是蒸发器的吸热还是冷凝器的放热,若单靠室内、室外空气的自然对流换热,其传热效果相当差,以致空调无法连续运行,所以必须用风机鼓风,使室内流经蒸发器的空气以及室外经过冷凝器的空气形成强迫对流,提高它们的换热效率。所以蒸发器一侧和冷凝器一侧都装有风机和风道。一般蒸发器侧的风机为离心风机,其特点是风压比较高,而风量偏小些。它可克服流动时的阻力,使吸入的空气经蒸发器进行热交换后,成为冷空气,再送入室内,并能吹出一段距离,一般可达到 4~5m。冷凝器侧的风机为轴流风机,其特点是风压较低,风量较大,因其风道距离短,它把周围的空气吸入与冷凝器热交换后,只要将热空气吹出冷凝器就行了,不需要吹出一段较远距离,因而其风压可小些,而风量则要大些。故采用轴流风机比较合理、经济。

空调器的室内侧噪声来自风机吸、送风的气流声,研究和改进风机结构和风道是改善空调器噪声性能的主要内容之一。近几年来,国内外的科技人员在这方面进行了大量的探索与研究,并获得较好效果。

三、电气控制系统

空调器有一套完善的电气控制系统,它包括启动与关闭装置,功能选择装置,安全保护装置、自动恒温调节装置等。空调器的一切动作都由电控系统来操纵。

我国生产的空调器的电控技术,正处在新老交替阶段,老的电控系统为强电控制,大多为机械控制型。其缺点是控制精度差、自动化程度低,控制功能少。除恒温自动控制及延时控制外,其余都是人工操作控制。新型电控系统采用了集成电路,主要由电脑来控制各个功能的选择和操作,例如自动恒温控制,间歇开停除湿控制,经济制冷控制,睡眠功能控制,热泵自动融霜功能控制,以及红外线遥控等。

1.1.2 小型空调器工作原理

各种小型空调器的工作原理大同小异。

下面以窗式空调器为例,简述小型空调器的工作原理。

图 1-2 是窗式空调器工作原理示意图。其冷凝器是空气冷却式即空冷式,这种空调器可分室内部分与室外部分,这两部分虽组合在一个机箱内,但其内部是用隔热板分隔开,以免室内、外空气互相串通而降低了空调器的制冷效果,压缩冷凝机组在室外,蒸发机组在室内。

窗式空调器运行时,其压缩机及风机启动运转。蒸发器开始制冷,室内侧风机将室内空气吸入,与蒸发器进行热交换,蒸发器吸收空气的热量与水蒸气后,再送入室内。水蒸气凝结成水流到室外。蒸发器吸收的热量,由压缩机输送的制冷剂带到冷凝器中放热。冷凝器室外侧风机的鼓风,将冷凝器的热量排放在周围环境中。空调器连续不断地工作,室内的余热和水蒸气就不断地排向室外,使室内获得并维持一个舒适的气温环境。

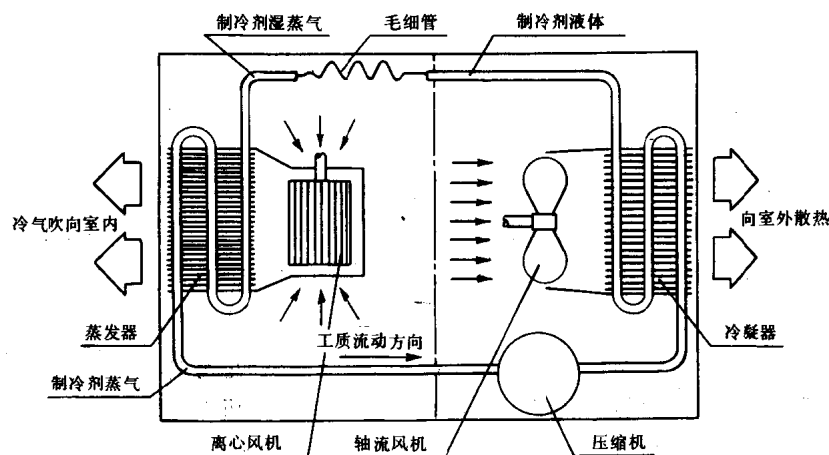


图 1-2 窗式空调器工作原理示意图

当室内达到设定温度时,恒温控制器自动切断压缩机电源,压缩机停止运转,空调器停止供冷。但蒸发机组内的风机仍在运行,室内空气必须不断循环流动,才能恒定室内各个位置气温。当室内气温高于设定气温时,恒温控制器又自动接通压缩机电源,压缩机便启动运行,开始制冷。

空调器不但能制冷,带有热泵装置和电加热器装置的空调器还能制热,其中采用热泵装置的不是用电加热器加热,而是通过制冷系统的反向循环,把室外热量吸进室内,增加室内热量。

热泵空调器是单冷空调器的派生产品,它们之间的主要区别是:在制冷系统中装上一套四通导向阀(又称换向阀),通过导向阀的切换导向,改变制冷剂的流动方向,空调器就能制热。图

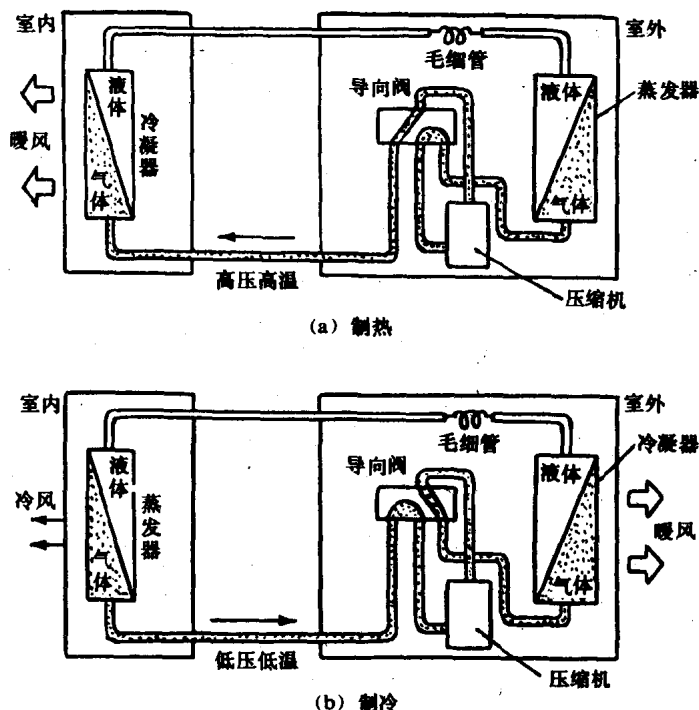


图 1-3 热泵空调器工作原理示意图

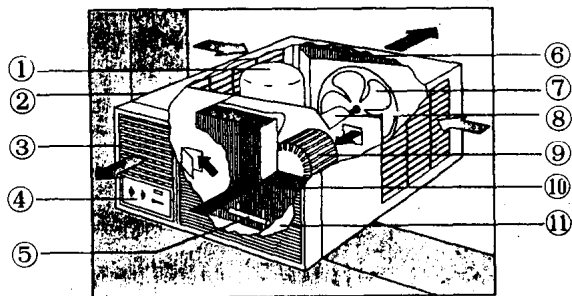
1-3 是热泵空调器的工作原理示意图。当导向阀切换导向后,压缩机排出的高温制冷剂蒸气流向室内蒸发器中放热,变蒸发器为冷凝器,将热量向室内排放,然后通过毛细管节流降压,在室外机组的冷凝器中蒸发吸热,变冷凝器为蒸发器以吸收室外空气中的热量,热泵空调器就是这样吸收室外空气热量,向室内空气环境排放。它比单纯用电加热器制热节电、快速、安全,且室内温度分布均匀,特别适应于南方地区使用,很有发展前途。

1.2 小型空调器的基本结构型式

一般空调器冷凝器的冷却介质是水和空气,而小型空调器几乎全是空气冷却式冷凝器,其优点是节省水资源,而且安装方便。采用空冷式冷凝器的小型空调器,其基本结构型式分为二种:一种是整体式,目前以窗式空调器为典型产品;另一种是分体式。分体式把一套空调器分为二部分,一部分为室内机组,又称蒸发机组;一部分为室外机组,也称压缩冷凝机组。两部分用二根铜管连接为一套空调器。分体式的形式比较多,目前最受用户欢迎的是挂壁分体式空调器。以上二种结构的小型空调器见图 1-4 和图 1-5。

实际上,整体式空调器也分为二部分,只是把二部分装在一个机箱内,前一部分是蒸发机组,它包括蒸发器、风机、风道以及电控系统。后一部分是压缩冷凝机组,它包括压缩机、风机、电机、冷凝器等。如果是热泵空调器,需再加一套换向阀。前、后两部分用隔热板隔离开,以防冷热空气的互串。

这两种形式空调器在安装方式上虽不相同,但其要求还是相同的。也就是室内机组要装在室内,室外机组要装在室外。对分体式空调器比较容易区别出来,但对于整体式的窗式空调



1—压缩机 2—外壳 3—出风栅 4—电控开关 5—温控器
6—冷凝器 7—轴流风叶 8—风机电动机 9—离心风叶
10—蒸发器 11—滤尘网

图 1-4 窗式空调器结构

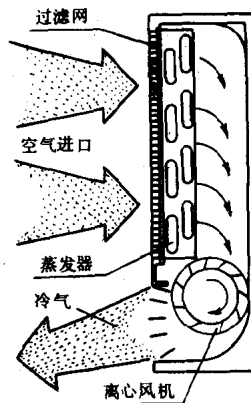


图 1-5 挂壁式空调器室内部分
结构剖面示意图

器,就需将整体的一大部分伸出室外,小部分伸入室内,才能满足安装要求。

整体式小型空调器安装方便,不需要专业人员的帮助也可以安装,价格便宜,但其噪声较高。

分体式小型空调器造型美观,噪声特别低,但安装较麻烦,一般需专业人员来安装、调试运行,并且价格较高。

1.3 空调基础知识

空气调节以处理空气为主,对空气进行加热、冷却、加湿、减湿等的种种处理。为此,我们对空气的成分以及空气的物理性质要有一粗略了解,以帮助我们掌握空调原理。

1.3.1 空气的成分和物理性质

一、空气的组成

环绕地球周围的大气层中的空气,是由许多种气体加上水蒸气和其它物质组成。其中主要包括氮、氧、氩、二氧化碳、氡、水蒸气以及其它一些微量气体和浮尘颗粒。

在工程热力学中,为了更加明确,将含有水蒸气的空气称为湿空气。将不含水蒸气的空气称为干空气。空调中的介质均为湿空气,湿空气中水蒸气的含量随条件变化而改变。本书中所说的“空气”,则是湿空气和干空气的统称。

二、空气的状态参数

空气的物理性质不但与其组成成份有关,还与它所处的状态有关。空气的状态通常以温度、压力、密度比容等状态参数表示。

1. 温度

温度是标志物质冷、热程度的参数。而物质温度的升高与降低,表示物质内部分子热运动平均动能的增加或减少。温度标志方法称温标,它是温度的标尺,以量度物质温度的高低。

目前,常用的有三种温标。

(1)摄氏温标

它是一种百度温标,以符号 t 表示,单位符号为 $^{\circ}\text{C}$ 。它规定在一个标准大气压下(760mm 汞柱),水的冰点为 0°C ,沸腾点为 100°C ,中间为100等分,每一份为 1°C 。

我国所采用的温标是摄氏温标。

(2)华氏温标

其单位符号为 F ,它规定在标准大气压下,水的冰点为 $32F$,沸腾点为 $212F$,中间分180等分,每一份为 $1F$ 。美国及西欧国家习惯采用这种温标。

以上二种温标的等分量不同,所以 $1^{\circ}\text{C} \neq 1F$,而是: $1^{\circ}\text{C} = 1.8F$,它们之间的换算可用下面公式解决:

$$t_c = \frac{5}{9}(t_F - 32) \quad (1-1)$$

(3)开氏温标

它又称绝对温标或热力学温标,其单位符号为 K ,是国际计量最基本的一种温标。它规定水的三相点,也就是水的固、液、气共存状态为绝对温度的基本点,定为 $273.15K$ 。开氏温标的零点为绝对零度,它是物体的最低温度极限,也就是 -273.15°C 。由于 $0^{\circ}\text{C} = 273.15K$,摄氏温标和开氏温标换算关系如下:

$$T_k = t_c + 273.15 \quad (1-2)$$

2. 压力

垂直作用在物体单位面积上的力,称压力,也称压强。其关系式为:

$$P = F/S \quad (1-3)$$

式中: P ——压力

F ——垂直作用力

S ——物体面积

在制冷系统内,其压力就是制冷剂的作用力向制冷系统的内壁单位面积上撞击的力。因此,制冷系统内每一处都承受着制冷剂的压力。

压力的度量单位有很多种,一般常用的有三种:

(1)大气压力

大气压力是地球周围的大气重量而产生的压强,其压力大小与大气层厚度(高度)、温度等有关,一般来说,大气压是随着离地平面的高度增加而减小。例如,高山上的大气压就比地面上的大气压小得多。

大气压分标准大气压与工程大气压,其单位用帕斯卡(Pa)或千克力/每平方厘米(kgf/cm²)表示,那么:

$$1 \text{ 标准大气压} = 1.0333 \text{ kgf/cm}^2 = 1.0133 \times 10^5 \text{ Pa},$$

$$1 \text{ 工程大气压} = 1 \text{ kgf/cm}^2 = 0.980667 \times 10^5 \text{ Pa}.$$

标准大气压是指在海平面上(纬度 45°)大气的平均压力。而工程大气压是便于工程计算而用的单位。

(2)液柱高度

为方便起见,过去在压力测量中常用液柱高度表示压力,一般用汞柱或水柱高度来表示,汞柱与水柱高度及大气压力关系为:

1 工程大气压 $\doteq 10\text{mH}_2\text{O} = 735.6\text{mmHg}$

1 标准大气压 $= 10.333\text{mH}_2\text{O} = 760\text{mmHg}$

因液体的体积会随着温度的改变而膨胀或收缩,上述关系式是在某特定温度时的数值,在其它温度下,应对其高度进行修正。

(3) 国际单位制与国家法定计量单位

我国颁布的国家法定计量单位中采用了一部分国际单位制单位。例如过去常用压力、压强、应力的非法定计量单位与国家法定计量单位(SI 单位)的换算关系见表 1-1。其他物理量单位的换算关系见附录。

3. 湿空气压力

湿空气就是平时我们所指的含有水蒸气的空气,也即是干空气与水蒸气所组成的混合气体。在 3 个大气压以内的湿空气服从于理想气体的定律。

表 1-1 压力、压强、应力非法定计量单位与法定计量单位换算系数表

单位名称 (括弧中为英文)	符 号	与 SI 单位的 换算系数	备 注
达因每平方米(dyne per square centimetre)	dyn/cm ²	0.1Pa	又 称: barye, 等于 1μbar
皮兹(pièze)	pz	1kPa	1sn/m ²
巴(bar)	bar	10 ⁵ Pa	10 ⁶ dyn/cm ²
千克力每平方米(kilogram-force per square metre)	kgf/m ² , kp/m ²	9.80665Pa	
千克力每平方厘米(kilogram-force per square centimetre)	kgf/cm ² , kp/cm ²	98.0665kPa	又称工程大气压 at
磅达每平方英尺(poundal per square foot)	pdl/ft ²	1.48816Pa	
磅力每平方英尺(pound-force per square foot)	lbf/ft ²	47.8803Pa	
磅力每平方英寸(pound-force per square inch)	lbf/in ² , (psi)	6894.76Pa	144lbf/ft ²
英吨力每平方英尺(UK ton-force per square foot)	tonf/ft ²	1.07252×10 ⁵ Pa	2240lbf/ft ²
英吨力每平方英寸(UK ton-force per square inch)	tonf/in ²	1.54443×10 ⁷ Pa	2240lbf/in ²
千磅力每平方英寸(kips per square inch)	1000lbf/in ² , (k. s. i.)	6894.76kPa	
毫米汞柱(millimetre of mercury)	mmHg	133.322Pa	1Torr(在 0℃)
毫米水柱(millimetre of water)	mmH ₂ O	9.80665Pa	1kgf/m ² , kp/m ²
英寸汞柱(inch of mercury)	inHg	3386.38Pa	(在 0℃)
英寸水柱(inch of water)	inH ₂ O	249.082Pa	(在 3.98℃)
英尺水柱(foot of water)	ftH ₂ O	2988.98Pa	(在 3.98℃)
托(torr)	Torr	133.322Pa	
工程大气压(technical atmosphere)	at	98066.5Pa	1kgf/cm ² , 1kp/cm ²
标准大气压(standard atmosphere, normal atmosphere)	atm	101325Pa	760mmHg
吨力每平方米(tonne-force per square metre)	tf/m ²	9806.65Pa	
短吨力每平方英尺(short ton-force per square foot)	sh tonf/ft ²	95760.5Pa	2000lbf/ft ²
盎司力每平方英尺(ounce-force per square foot)	ozf/ft ²	2.99252Pa	
磅达每平方英寸(poundal per square inch)	pdl/in ²	214.296Pa	
盎司力每平方英寸(ounce-force per square inch)	ozf/in ²	403.922Pa	
千磅力每平方英尺(kip per square foot)	kip/ft ²	47880.3Pa	

道尔顿定律指出:混合物的压力等于各组成部分的分压力之和,而自然界中大气压即是湿

空气的压力,那么湿空气的压力必然是干空气分压力和水蒸气压力之和:

$$p = p_g + p_z \quad (1-4)$$

式中: p ——湿空气压力,即大气压;

p_g ——干空气分压力;

p_z ——水蒸汽分压力。

从日常生活和分子运动理论可知,在一定温度条件下,水蒸气在空气中所占的份量越多,空气就越潮湿,水蒸气的分压力也越大。如果空气中水蒸气的含量超过某一限量(饱和点)时,空气中就有水珠析出。这说明在一定温度条件下,湿空气中容纳水蒸气的数量是有限度的,即湿空气中水蒸气的分压力有一个极限值。当大气中从水蒸发为水汽的分子数目与从空气中水蒸气凝结为水的分子数目相等时,大气中容纳的水蒸气的数达到了最大限度,这时湿空气处于饱和状态,称为“饱和”。此时相应的水蒸气分压力称为该温度时的饱和分压力(p_{zB})。 p_{zB} 仅决定于温度,即该温度下的饱和压力,可从水蒸气的饱和性质表中查出。

4. 密度和比容

单位容积空气所具有的质量称为空气的密度 ρ 。而单位质量的空气所占有的容积称为空气的比容 v 。两者互为倒数,其表达式为:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-5)$$

$$v = \frac{1}{\rho} = \frac{V}{m} \quad (1-6)$$

式中: m ——空气的总质量;

V ——空气的总容积。

由前述可知,湿空气为干空气与水蒸气的混合物,两者混合均匀并占有相同的容积。因此,湿空气的密度 ρ 为干空气密度 ρ_g 与水蒸气密度 ρ_z 之和:

$$\rho = \rho_g + \rho_z \quad (1-7)$$

三、湿度的表示方法

湿度是表示湿空气中水蒸气的含量,一般有三种表示方法。

1. 绝对湿度 γ_z

1m³ 的湿空气中含有水蒸气的质量,称为湿空气的绝对湿度,单位为 kg/m³,用 γ_z 表示。

绝对湿度只能反映湿空气在某一温度下在单位容积下所含水蒸气的质量,但不能直接反映湿空气的干、湿程度。例如,湿空气的温度为 20℃,其 $\gamma_z = 0.01722 \text{ kg/m}^3$ 则它已是饱和了,如果湿空气的温度为 30℃,其 γ_z 仍为 0.01722 kg/m³,而此温度下的饱和湿空气的 γ_{zB} 为 0.0302 kg/m³,那么它就显得比较干燥了。

2. 相对湿度 ϕ

相对湿度是表示湿空气中水汽接近其饱和状态的程度,即湿空气的干燥或潮湿程度。将湿空气的实际绝对湿度 γ_z 和在同温度下的饱和湿空气湿度 γ_B 的比值,即为相对湿度。一般用百分率表示,符号为 ϕ :

$$\phi = \frac{\gamma_z}{\gamma_B} \times 100\% \quad (1-8)$$

式中: γ_z ——湿空气的实际绝对湿度(kg/m³);

γ_B ——同温度下的饱和湿空气的绝对湿度(kg/m³)。