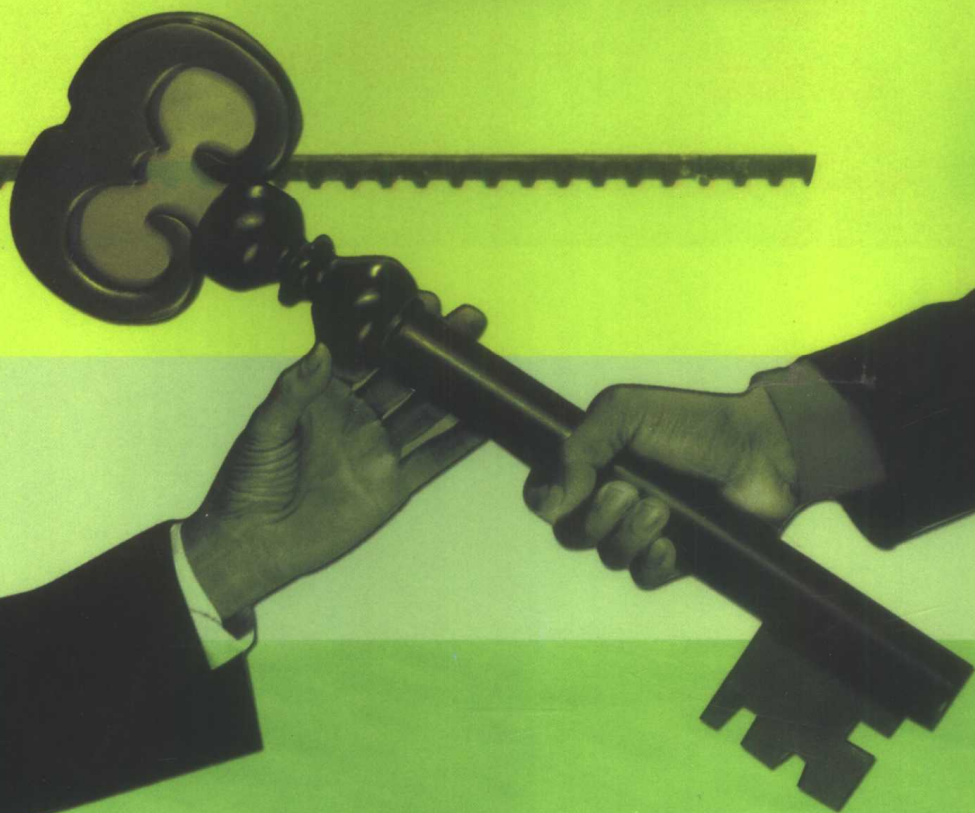


JIAYONG ZHONGYANG KONGTIAO YUANLI YU WEIXIU

家用中央空调

原理与维修

方贵银 等编著



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



家用中央空调原理与维修

方贵银 等编著



机械工业出版社

本书系统地阐述了家用中央空调装置的工作原理与结构、热湿负荷、气流组织与通风系统、自动控制系统、空调系统设计以及实用维修技术。其中，重点介绍了家用中央空调装置的结构、自动控制系统以及实用维修技术。为了方便广大读者，本书附录中还列出了制冷空调中常用单位换算以及部分制冷剂的压—比焓图和湿空气的比焓—湿图。

本书取材新颖、内容丰富、条理清晰、通俗易懂、易于接受和掌握，可供从事制冷空调的技术人员、维修人员参考和自学，也可作为制冷空调培训班的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

家用中央空调原理与维修/方贵银等编著. —北京: 机械工业出版社, 2003.1

ISBN 7-111-11340-3

I. 家… II. 方… III. ①集中空气调节系统—理论②集中空气调节系统—维修 IV. TB657.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 099239 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: 舒莹 版式设计: 张世琴 责任校对: 刘志文

封面设计: 陈沛 责任印制: 闫焱

北京第二外国语学院印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm × 1092mm $\frac{1}{16}$ · 26.25 印张 · 1 插页 · 651 千字

0 001—4 000 册

定价: 40.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

近年来，随着我国国民经济的发展和人民生活水平的不断提高，人们居住空间逐渐增大，人们对居住环境的要求也越来越高。目前，家用空调器已较普及，但无论是窗机还是分体机，都不能理想地满足多个房间同时供冷、供暖的需要，而且室内空气质量也不令人满意。因此，家用中央空调装置便应运而生，它填补了中央空调和家用空调之间的空白，开辟了一个新的空调领域。

为了让广大空调技术人员和维修人员了解和掌握家用中央空调装置的结构原理、使用维护及维修技术等方面的知识，我们在总结实践经验和搜集有关资料的基础上编写了本书。本书可供制冷空调维修人员与用户自学和参考，也可作为制冷空调培训班的教学参考书。

本书系统地阐述了家用中央空调装置的工作原理与结构、热湿负荷、气流组织与通风系统、自动控制系统、空调系统设计以及实用维修技术。重点介绍了家用中央空调装置的结构、自动控制系统以及实用维修技术。这些知识具有较强的实用性和可操作性，它将有助于广大用户掌握家用中央空调的使用和维护保养知识，同时对广大的制冷空调维修人员也具有直接的指导作用。

参加本书编写的人员还有李辉、赵德平、徐建平、王斌、刘文骏、张向明、马文涛、江志伟、陈宇、胡昌华、杨卫国、孙伟、陈耀东、徐春林、张明、程国华、李涛、张敏华、丁剑峰、李健、罗忠林、肖亮、刘东升、李明扬、陈铁林。在编写本书时，我们参阅和引用了一些文献资料，对这些文献资料的作者，在此表示诚挚的谢意。

限于编者的水平，书中难免有错误和缺点，敬请广大读者批评指正。

作 者

目 录

前 言

第一章 家用中央空调概述..... 1

第一节 家用中央空调的功能与特点 1

一、家用中央空调的功能 1

二、家用中央空调的特点 2

第二节 家用中央空调的现状与发展方向 ... 3

一、家用中央空调的现状 3

二、家用中央空调发展方向 4

第二章 家用中央空调系统的工作原 理..... 8

第一节 家用中央空调基础知识 8

一、制冷热力学基础 8

二、制冷传热学基础 16

三、湿空气热力学基础 19

四、家用中央空调空气处理过程 26

第二节 家用中央空调制冷循环及工作原 理 31

一、家用中央空调制冷循环 31

二、家用中央空调制冷原理 40

第三节 家用中央空调制冷剂与润滑油 43

一、家用中央空调对制冷剂的要求 43

二、常用制冷剂的种类和性质 44

三、家用中央空调新型替代工质 48

四、对冷冻润滑油的要求 60

五、冷冻润滑油性能指标 61

六、冷冻润滑油的种类和选择 62

七、新型冷冻润滑油 63

第三章 家用中央空调系统的结构与 性能 65

第一节 家用中央空调系统类型 65

一、风管式系统 65

二、冷(热)水机组系统 66

三、VRV系统 66

第二节 家用中央空调压缩机的结构与性 能 69

一、往复式压缩机 70

二、螺杆式压缩机 93

三、滚动活塞式压缩机 108

四、旋转滑片式压缩机 116

五、涡旋式压缩机 123

第三节 家用中央空调冷凝器和蒸发器的 结构与性能 136

一、冷凝器的结构与性能 136

二、蒸发器的结构与性能 147

三、板式换热器 167

第四节 家用中央空调节流膨胀装置的结 构与性能 171

一、热力膨胀阀 171

二、热电膨胀阀 179

三、电子膨胀阀 180

四、毛细管 183

第五节 家用中央空调制冷系统常用辅助 部件 189

一、干燥过滤器 189

二、气液分离器 190

三、储液器 190

四、分配器 191

五、电加热器 192

六、四通换向阀 193

七、电磁阀 195

八、其他控制阀件 197

第四章 家用中央空调系统冷湿负 荷 201

第一节 家用中央空调的舒适性 201

第二节 家用中央空调室内外空气参数的确 定 204

一、家用中央空调室外空气参数确定 204

二、家用中央空调室内空气参数确定 207

第三节 家用中央空调冷湿负荷的计算 208

一、家用中央空调冷负荷计算 208

二、家用中央空调湿负荷计算 229

第四节 家用中央空调送风量的确定 230

一、夏季送风量和送风状态的确定 230

二、冬季送风量和送风状态的确定·····	231	第七章 家用中央空调系统设计 ·····	307
第五章 家用中央空调空气循环系统与 气流组织 ·····	232	第一节 家用中央空调制冷系统设计 ·····	307
第一节 家用中央空调空气循环与净化 系统 ·····	232	一、家用中央空调制冷系统设计参数的 确定·····	307
一、空气循环系统·····	232	二、家用中央空调制冷压缩机的选型与 确定·····	308
二、空气净化系统·····	233	三、家用中央空调制冷系统蒸发器的 设计·····	309
第二节 家用中央空调系统气流组织 ·····	235	四、家用中央空调制冷系统冷凝器的 设计·····	315
一、送、回风口型式·····	235	第二节 家用中央空调换热器的选择与确 定 ·····	318
二、气流组织形式·····	236	第三节 家用中央空调末端处理机组的选 择与确定 ·····	320
三、气流组织计算·····	237	第四节 家用中央空调循环泵、溶液膨胀 箱、管道与阀门的选择与确定 ·····	322
四、VRV 系统室内机气流组织·····	244	一、循环泵的选择与确定·····	322
第三节 家用中央空调系统通风管道及 噪声 ·····	247	二、溶液膨胀箱的确定·····	323
一、家用中央空调通风管道及其设计 计算·····	247	三、管道与阀门的选择与确定·····	324
二、家用中央空调噪声及降噪技术·····	262	第八章 家用中央空调的选购、安装 及日常维护 ·····	327
第六章 家用中央空调自动控制系 统 ·····	264	第一节 家用中央空调的选购 ·····	327
第一节 家用中央空调电动机 ·····	264	一、空调房间耗冷量的确定·····	327
一、对电动机的要求·····	264	二、选购家用中央空调时注意事项·····	328
二、单相电动机·····	266	第二节 家用中央空调安装 ·····	329
三、单相电动机的类型及特点·····	266	一、对用电的要求·····	329
四、三相电动机·····	268	二、空调机安装要求·····	330
第二节 家用中央空调系统常用控制 部件 ·····	269	三、家用中央空调的安装·····	331
一、起动与保护装置·····	269	第三节 家用中央空调的正确使用及日常 维护 ·····	334
二、温度控制器·····	271	一、家用中央空调的正确使用·····	334
三、化霜控制器·····	273	二、家用中央空调的日常维护·····	338
四、压力控制器·····	274	第九章 家用中央空调实用维修 技术 ·····	342
五、遥控器·····	275	第一节 家用中央空调常见故障分析 方法 ·····	342
第三节 家用中央空调模糊控制系统 ·····	277	一、分析空调系统常见故障的原则·····	342
一、模糊控制系统的工作原理·····	277	二、判断空调系统故障的简便方法·····	342
二、空调装置模糊控制系统·····	279	第二节 家用中央空调常见故障的分析与 排除 ·····	342
第四节 家用中央空调变频控制系统 ·····	282	一、冷(热)水机组系统常见故障的分析 与排除·····	342
一、变频器工作原理·····	283		
二、空调用变频器基本构成·····	287		
三、空调变频控制系统·····	287		
第五节 家用中央空调控制电路分析 ·····	289		
一、机械式温度控制电路分析·····	291		
二、电子式温度控制电路分析·····	293		
三、微电脑温度控制电路分析·····	300		

二、冷剂循环系统常见故障的分析与排除	349
第三节 家用中央空调常用维修设备、工具及其操作使用方法	359
一、修理空调机应配备的专用设备、仪表、工具及材料配件	359
二、修理空调机时的焊接操作技术	360
三、检修空调机时常用仪表的使用方法	363
四、修理空调机时常用管道工具的操作要领	365
五、空调室内、外机组的管道连接及移装	366
第四节 家用中央空调实用维修操作技术	369
一、空调制冷系统的吹污与气密性检验	369
二、空调制冷系统的检漏	370
三、空调制冷系统的抽真空	372
四、空调制冷系统加注润滑油	374
五、空调制冷系统充注制冷剂	376

六、空调制冷系统的清洗及排放空气	380
第五节 家用中央空调制冷系统的维修	380
一、空调制冷压缩机的维修	380
二、空调冷凝器、蒸发器的维修	390
三、空调毛细管、膨胀阀的维修	391
四、空调干燥过滤器的维修	392
第六节 家用中央空调控制系统维修	392
一、起动继电器故障维修	392
二、过负荷保护器故障维修	393
三、除霜定时器故障维修	394
四、温度控制器故障维修	394
五、压缩机电动机故障维修	395
六、电磁换向阀、电加热器、电容器故障维修	397
七、空调维修好后性能检测	398
附录	400
附录 A 制冷空调常用单位换算	400
附录 B 湿空气的主要热物理参数	402
附录 C 常用制冷剂的压—比焓图	405
附录 D 湿空气比焓—湿图	见插页
参考文献	411

第一章 家用中央空调概述

第一节 家用中央空调的功能与特点

一、家用中央空调的功能

家用中央空调相对于传统的分散式家用空调型式而言,具有节能、舒适、容量调节方便、噪声低、振动小、不破坏建筑外观等优点。因此,它受到了市场的青睐和生产厂家的重视。国外在这方面的工作开展得较早,美国和日本早在20世纪80年代即已开始大量地应用家用中央空调系统。从20世纪90年代中后期开始,我国开始了在这方面的研究和开发,并已有成功的工程应用。

家用中央空调系统是由一台室外主机通过冷(热)水管连接室内侧风机盘管机组或通过制冷剂冷媒管道连接分体式空调器室内机,也可以是通过风管连接多个室内末端出风装置,将处理过的空气送到需要的区域,实现对多个房间温湿度调节。它集大型中央空调和房间空调器优点于一身,可供房间较多、面积较大的家庭、别墅、办公楼、中小型歌舞厅和超市等场所使用。当用于多居室家庭时,大大减少了室外机数量,从而美化了室外建筑环境,因此,家用中央空调无疑是一种较好的选择。

家用中央空调是利用人工的方法,按照不同使用目的,将封闭的空间、房间或区域的空气,自动调节到适宜的状态。它不仅可以用于夏天防暑降温,装有制热装置的,冬季还可用来升温采暖。

家用中央空调一般具有如下功能:

1. 调节室内温度 一般情况下,人们居住或工作的环境,与外界的温差保持在 $5\sim 7^{\circ}\text{C}$ 是比较适宜的。若温差过大,每当受到“热冲击”或“冷冲击”时,都会使人感到不舒服。因此,对大多数人来说,空调房间夏季保持在 $24\sim 28^{\circ}\text{C}$ 、冬季保持在 $18\sim 20^{\circ}\text{C}$ 是比较理想的。

2. 调节室内湿度 在过于潮湿或干燥的空气环境中,人们会感到不舒适,适合人们需要的相对湿度是在 $40\%\sim 70\%$ 之间。空调器的湿度调节,是通过增加或减少空气中的潜热来实现的,夏季降温除湿,冬季升温加湿。

3. 调节室内气流速度 人们处在适当低速流动的空气中要比处在静止的空气中感觉良好,处在变速气流中要比处在恒速气流中感觉良好,因此,家用中央空调室内机上设有风速调节器,能将室内气流速度调至 $0.15\sim 0.30\text{m/s}$ 之间。

4. 净化室内空气 空气中一般都有悬浮状态的固体或液体微粒,它们很容易随着人们的呼吸进入气管、肺等器官,粘附在其上面,这些微尘还常常带有细菌,传染各种疾病,因此,无论是室外新风还是室内循环风,都要通过室内机上的空气过滤网,将空气中灰尘等过滤掉,以保证室内空气的新鲜和清洁。

5. 调节送风方向 室内机出风口上设有水平格栅和垂直格栅,水平格栅用来调节气流

出口倾角。夏天送冷风时向斜上方送出，冬季送热风向斜下方送风。垂直格栅能左右调节，即调节气流在室内扩散范围。

6. 产生负离子 有些家用中央空调室内机上安装有负离子发生器，使房间负离子浓度增加。负离子对人体有良好的生理作用，可降低血压、抑制哮喘，对神经有镇静作用，并能促进疲劳的消除。

7. 控制房间温度波动 在 $15 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 之间，能自动调节室内温度，控制精度一般在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

二、家用中央空调的特点

家用中央空调广泛应用于空调使用面积 $80 \sim 800\text{m}^2$ 之间的公寓、花园别墅、单元住宅楼、小型办公楼、餐厅、娱乐中心等。机组运行、能量调节、自我保护均实现微电脑全自动控制，使整个空调系统始终保持最高的运行效率，机组还能进行有效的远程监控，该空调机组具有如下特点：

(1) 采用集中空调的设计方法，送风量大，送风温差小，房间温度均匀。送风方式多样化，不同于普通家用空调只有一种送风方式，家用中央空调可以实现多种送风方式，能够根据房型的具体情况制定不同的方案，增强人体的舒适性。

(2) 该机组尽管一次性投资稍大，但总体运行效率高，且能量自动调节，运行费用省，以 130m^2 的三室二厅室为例，用 10kW 冷量的家用中央空调主机一台，配置相应的末端设备，以 1h 满负荷计算，运行电费低于 4 台家用普通空调所耗费用。

(3) 室内机形式的多样性。家用中央空调所面对的消费群体主要是家庭住宅、别墅、宾馆、写字楼、店铺等。由于用户使用环境的多样性决定了家用中央空调室内机形式的多样性，用户可根据自己的需求任意选择不同形式的室内机。如柜式、壁挂式、嵌入式、吊顶式等。

(4) 家用中央空调机组使用寿命比普通空调长一倍，总体故障率低，设备维护保养简单方便。而普通空调是多个空调安装，发生故障概率大。

(5) 家用中央空调机组能真正实现一台机组，多个房间同时享用的功能，室外只有一台主机，不会破坏建筑的整体造型；而多个房间同时使用普通家用空调时，建筑外墙需多处悬挂室外机，易破坏建筑整体美观。

(6) 可以根据房间大小和形状，配置送回风口的位置，进行有效的气流组织，以保证室内温度均匀。

(7) 通过引入新风，配合厨房、卫生间的排风，保证室内空气的新鲜卫生，还可以四季换气，满足人体的卫生要求，使人感到更加舒适。

(8) 该机组由细小的冷水管道与风机盘管组成，不占用房间使用面积，且能与装潢配合，室内噪声极低。而普通家用空调占用室内多处空间，墙体需打洞，且运行噪声较大。

(9) 该机组可四季运行。夏季，制冷机组运行，向空调房间供冷；冬季，可以使用热泵空调机组向室内供暖，也可安装小型壁挂式燃气热水器作为热源，使用热水盘管向室内供暖；在春秋过渡季节可以用新风直接送风，达到节能、舒适的效果。

(10) 由于家用中央空调使用环境的特殊要求，决定了空调操作控制和使用的便利性，它应具备集中控制、单独控制、网络控制等组合控制，满足用户在不同条件下的使用要求。

第二节 家用中央空调的现状与发展方向

一、家用中央空调的现状

据了解,家用中央空调起动是在1999年,一直到2001年销量才开始增长。目前使用家用中央空调的主要是一些别墅和高档小区住户,其中别墅中应用的比例达90%。从城区来看,由于新开发的楼盘多,住房面积越大,使用家用中央空调的概率越高。不仅如此,不少房地产开发商开始在新推出的精装修商品房中使用家用中央空调,大大带动了家用中央空调的销量。从价格上来看,家用中央空调的价格正在逐渐同传统家用空调拉近,相信在不久的将来,越来越多的家庭将使用上家用中央空调。

家用中央空调适用于80~800m²的住宅,随着我国房地产业的发展,100m²以上的住宅在新建住宅中的比例越来越大,这就为家用中央空调提供了一个发展的空间。目前我国家用中央空调的年产量约为10万台/年,并且保持很快的增长速度。国内市场上出现的家用中央空调产品主要有传统家用空调制造商推出的一拖多空调,如MRV家用中央空调、MDV家庭中央空调、家用VRV智能空调;有暖通空调制造商提供的户型中央空调,如各种款式的风冷式冷热水机组。从热输送介质方式看,上述产品可划分成三种类型,一种以制冷剂为热输送介质的氟利昂制冷系统,如一拖多空调;一种以水为冷热媒体供应室内末端装置,属于以水系统换热的空气—水热泵机组;另一种是以空气为热输送介质的全空气型式系统,如风管式空调。以下说明现有三条家用中央空调技术路线,第一条技术路线以VRV系统为典型代表,这一在20世纪80年代初创立的VRV技术,现已融入变频与智能控制技术,结构上采用了便于灵活组合的模块化形式,具有十分强大的竞争力。第二、第三条技术路线运用了传统中央空调设计思想,实际上是对大型中央空调作小型化处理使之适合家庭使用,其技术已相当成熟。

1. 风管式系统 风管式系统以空气为输送介质,其原理与大型全空气中央空调系统的原理基本相同。它利用室外主机集中产生冷(热)量,将从室内引回的回风(或回风和新风的混合风)进行冷却(加热)处理后,再送入室内消除其空调冷(热)负荷。相对于其他的家用中央空调型式,风管式系统初投资较小。如若引入新风,其空气品质能得到较大的改善。但风管式系统的空气输配系统所占用建筑物空间较大,一般要求住宅要有较大的层高。而且它采用统一送风的方式,在没有变风量末端的情况下,难以满足不同房间空调负荷的要求。而变风量末端的引入将会使整个空调系统的初投资大大增加。

美国的家用中央空调型式是以风管式系统为主,其具体形式多种多样。这主要是由于美国的别墅型住宅具有宽敞、高大的特点,通常由中、高收入的家庭居住。由于其层高较大,具有足够的建筑空间用于布置风道,因此在美国,风管式系统在家用中央空调中所占的比重相当大。同时,由于美国居民对家用中央空调舒适性的要求较高,因此多采用有新风的风管式系统。

2. VRV系统 变制冷剂流量(Varied Refrigerant Volume)空调系统是一种冷剂式空调系统,它以制冷剂为输送介质,室外主机由室外侧换热器、压缩机和其他制冷附件组成,末端装置是由蒸发器和风机组成的室内机。一台室外机通过管路能够向若干个室内机输送制冷剂液体。通过控制压缩机的制冷剂循环量和进入室内各换热器的制冷剂流量,可以适时地满足

室内冷、热负荷要求。VRV 系统具有节能、舒适、运转平衡等诸多优点，而且各房间可独立调节，能满足不同房间不同空调负荷的需求。但该系统控制复杂，对管材材质、制造工艺、现场焊接等方面要求非常高，且其初投资比较高。

日本的家用中央空调是以制冷剂式系统（即 VRV 系统）为主。这是由于在 20 世纪 90 年代以前，日本在空调设备开发和控制技术上都处于世界最前沿，这为日本发展 VRV 系统提供了技术保证。同时，日本人口密度非常大，其住宅多属于高密度住宅，其层高一般均较低，不适合布置需要占用较大层高的风管式空调系统。家用空调作为能源消耗大户，其节能技术的开发尤其受到重视。VRV 系统的节能性是其在日本得到广泛应用的一个重要原因。以上这些因素决定了日本家用中央空调的型式以 VRV 系统为主。

3. 冷（热）水机组 该机组的输送介质通常为水或乙二醇溶液。它通过室外主机产生出空调冷（热）水，由管路系统输送至室内的各末端装置，在末端装置处冷（热）水与室内空气进行热量交换，产生出冷（热）风，从而消除房间空调负荷。它是一种集中产生冷（热）量，但分散处理各房间的空调系统型式。该系统的室内末端装置通常为风机盘管。目前风机盘管一般均可以调节其风机转速（或通过旁通阀调节经过盘管的水量），从而调节送入室内的冷（热）量，因此该系统可以对每个空调房间进行单独调节，满足各个房间不同的空调要求，同时其节能性也较好。此外，由于冷（热）水机组的输配系统所占空间很小，因此一般不受住宅层高的限制。但此种系统一般难以引进新风，因此，对于通常密闭的空调房间而言，其舒适性较差。

我国的家用中央空调主要是以冷（热）水机组为主，目前其产量占我国家用中央空调总量的 70% 以上。这主要是由于我国的风冷热泵技术经过多年的探索和研究，已经基本成熟，而在风机盘管技术上我国目前已经处于世界领先水平。因此我国发展冷（热）水机组在技术上有保证。另外，冷（热）水机组不需要占用太多建筑层高，在住宅内布置较为方便，且施工简单，安装费用低；而风管式系统的设置需与建筑结构相配合，占用建筑空间大，且施工不方便。对于 VRV 系统，还存在流量控制问题、管道材质问题、管道施工问题等需进一步研究和完善的方面；且 VRV 系统的初投资较高，限制了它的广泛使用。

二、家用中央空调发展方向

由于我国的国情与美国和日本有很大的不同，因此，在发展家用中央空调产业时，不能一味地照搬他们的发展模式。

我国是一个地域辽阔的国家，地理、气候条件极为复杂；各地区间的经济发展不平衡；能源供应也相对较为紧张。这就要求我们发展家用中央空调必须遵循多样化、多层次的原则，对各种型式的家用中央空调进行研究和开发，不应当只强调某一种型式的系统而忽视其他类型。在研究和设计家用中央空调过程中，应当充分考虑到中国在地理气候条件、居住住宅型式、人们生活习惯等诸方面的因素，针对中国的用户开发出适合我国国情的家用中央空调系统。

家用中央空调的发展离不开技术的支持。要很好地研究和开发适合于我国国情的家用中央空调，首先应当发展一些关键技术。只有掌握了这些关键技术，家用中央空调才能够真正达到节能、舒适的目的。这些关键技术主要表现在如下诸方面。

（一）向变频及智能控制技术发展

变频空调器在我国发展迅速，各大厂家均集中力量研制生产，目前我国许多分体式（包

括一拖多) 空调器均为变频式, 社会拥有量逐年增加, 有许多优点:

1. 起动快 利用高频率, 提高压缩机转速, 快速达到制冷、制热效果。
2. 制热效果好 一般空调器选用是以夏天制冷需要为主, 到冬天就显得热量不够, 由于变频空调器可以在高速下运转, 制热效果好。
3. 舒适性好 变频空调器依靠电源频率的变化、压缩机常开来控制室温, 因而室温变化小, 没有忽冷、忽热的感觉。
4. 节电 变频空调器控制室温避免了压缩机开停机, 在实际使用中, 房间负荷是变化的, 变频空调器能自动调整适应, 特别是在低负荷时有较高的能效比, 因此, 变频空调器可节约用电 30% 左右。
5. 变频空调器可以发展为一拖多系统 一个带有变频压缩机的室外机, 可连接 2~8 台室内机, 甚至还要多, 满足多房间用户的需要。

变频空调器的开发离不开控制系统的配合, 只有控制系统不断完善, 才能充分发挥变频空调器的优势, 因此, 开始采用比模糊控制更加完善的神经网络控制。

神经网络控制是模仿人脑神经的特点, 通过“学习”、“记忆”、“判断”、“联想”等进行信息处理。控制空调器按照人的感觉在最舒适又最节能的条件下运转, 调节出风温度、风量和风向。

(二) 不断提高空调器能效比

节能始终是房间空调器技术进步的重要标志, 单一工况的能效比已不能满足要求, 更要求季节能效比高。为了提高空调器的能效比, 各空调器生产厂家都投入大量的人力、财力进行研究, 采取各种技术措施。

1. 选用高性能压缩机 开发出新型涡旋式压缩机和双转子旋转式压缩机。在压缩机结构和材料上进行改进, 提高压缩机的效率。

采用高磁通量的直流无刷电动机, 转子部分采用稀土金属永久磁铁, 省电节能, 可提高效率 15%。

2. 提高换热器的换热效果 除了继续采用小管径内肋管、亲水膜处理的翅片外, 室内换热器改成三折弯曲形, 这样可使换热面积增加 30%, 同时有足够空间使贯流风扇直径加大, 风量提高 20%。

3. 变频技术的采用 采用 PAM 脉幅调制变速控制或 PAM + PWM 脉宽调制变速控制, 减少频繁开停机的损耗。除了压缩机用直流电动机外, 室内外风机电动机也采用直流电动机, 全面提高电动机效率。

4. 改进室外机轴流风扇的设计 开发重叠式斜流扇, 降低噪声, 使风量增加 20%, 有利于降低制冷时的功耗和提高制热时的吸热量。

5. 与智能控制相配合 采用电子膨胀阀, 达到最佳的制冷系统匹配。

(三) 空调器功能更加完善, 使用上追求舒适、健康

1. 净化空气 家用中央空调室内部分无新风装置, 长期使用, 室内空气质量会下降。为了净化空气, 清除室内的灰尘、花粉、霉菌等颗粒以及烟雾等各种生活异味, 一般可采用静电过滤器吸附、过滤 $0.01\mu\text{m}$ 的颗粒灰尘, 用活性炭吸收去除室内异味, 使室内空气更为清新。

静电过滤器可以用带静电材料制造, 但要定期更换。如果用电子过滤器, 通过正负极放

电吸附，只要定期清洗即可，先进的电子过滤器除吸附 $0.01\mu\text{m}$ 的颗粒外，还有脱臭功能，分解室内的各种异味，并定期进行自动净化。

此外，采用强烈的光再生脱臭装置，能在 90min 内将空气中的臭气和烟气降低到初期的 5%，同时能起到有效的防霉效果。

2. 改善热泵制热的舒适性 提高热泵效率、快速制热、合理化霜、提高制热量使制热量比制冷量增加 30%~50% 及扩大热泵使用季节等。目前已解决空调器制热时吹送的热风向上飘而造成空调器采暖很难使脚部暖和的缺点。

一种通过“脚部监控器”和“直角气流”的新方法，即利用高灵敏度传感器检测地面温度，当预测到脚部温度下降时，立即通过调节三片结构的风栅，以垂直气流向地面集中吹送 35°C 以上的热风，使脚部温度比过去提高 4°C 。

另一种采用“双风扇气流”，通过辅助风扇“阻挡”主风扇的热风，使它吹向地面，地面形成一层热风层，实现头凉脚暖的舒适效果。

3. 开机后的快冷、快热功能，为了在开机后尽快使房间达到所需温度，空调器的控制系统需要快冷、快热的功能，即在制冷模式下，开机后一段时间里，控制系统将温度调节到比设定温度低 $1.5\sim 2^{\circ}\text{C}$ ，运转一段时间后，温度自动回复到设定温度；在制热模式下，开机后一段时间里，控制系统将温度调节到比设定温度高 3°C 左右，运转一段时间后自动恢复到设定温度。

4. 温和除湿和加湿 将空调器蒸发器分成两部分，在除湿运行时，前一半蒸发器作蒸发器运行，后一半蒸发器作冷凝器运行。因此，室内空气温度不会降低，且可节省除湿时的耗电量。空调器在除湿运转开始后的 30min 内，控制温度比设定温度低 1°C ，风量从微风转为超微风，上下导风叶向上，使气流吹向上方，左右导风叶使气流向房间中心左右摇摆吹风，并可采用专门的加湿器与遥控器联动，当冬季制热时，如果房间内太干燥，可按遥控器启动加湿器，使房间保持在最舒适的湿度（相对湿度为 50%~60%）。

（四）不断降低空调器噪声

用户使用空调最直观的感觉就是冷（热）量与噪声，为了追求低噪声，空调器的结构发生了重大变化，从窗式发展到分体式，室内噪声大大下降。为了降低噪声，同时也要兼顾提高能效比，降低成本。

1. 室内噪声降低 一方面对贯流风机叶型、叶片角度与流道面积作改进设计；另一方面将换热器改为三折弯曲形，加大贯流风机直径，降低转速。

2. 室外噪声降低 选用振动小的低噪声的涡旋式压缩机和双转子旋转压缩机；改进轴流风扇设计，降低转速，另外在室外机结构上采取隔声措施。

（五）发展环保型空调器

目前大多数房间空调器都使用 R22 制冷剂，但它对大气臭氧层有破坏作用，欧洲已从 2000 年起逐步停止使用，日本、美国等将在 2020 年逐步停止使用。日本一些大的空调器公司正在积极开发对大气臭氧层无破坏作用的环保型房间空调器，目前较有成效的是在房间空调器中使用 R410A 制冷剂。

由于 R410A 制冷剂的工作压力比 R22 高 1.5 倍左右，因此，制冷系统所用的压缩机、蒸发器、冷凝器、连接管路等都要专门设计，绝对禁止与 R22 通用。

（六）向使用方便化发展

近年来，房间空调器的一个新举措是在室内机上增设显示运转状态信息的显示器。用户如要知道空调器当前的运转状态，只要按一下遥控器上的“告知”键，室内机上的液晶显示窗就会显示出空调器当前运转的是制冷模式，还是制热、除湿、通风、除霜、自动运转等模式。同时，还显示出室内温度、室外温度以及节能状态、过滤网清扫状态、定时器设定状态等信息，以方便用户使用和操作遥控器。开机时，“告知”窗显示当前的运转模式和参数，数 10s 后自动停止显示。

第二章 家用中央空调系统的工作原理

第一节 家用中央空调基础知识

一、制冷热力学基础

(一) 热力学参数

在制冷空调技术中，用于实现能量转换的物质称为制冷工质。常用的制冷工质有氨(R717)、氟利昂(R12、R22)等。在每一瞬间工质都具有一定的状态，决定工质状态的物理量称为工质的热力学参数。基本的热力学参数有压力、温度、比体积(或密度)，给出这三个参数，即可由工质的状态方程、热力学能量方程、熵的定义式等导出相关的其他热力学参数，如焓、熵、比热容、比内能等。如果是两相系，还要引入干度参数(x_i)，干度即气体在气液两相系工质中所占的份额；混合工质，还要引入组分含量(n_i)。

1. 温度 温度是表示物体冷热程度的物理量。当两个物体相互接触时，若有热量自甲物体传到乙物体，那末甲物体的温度就高于乙物体温度，反之，则乙物体的温度高于甲物体温度；若两者之间没有热交换，则两物体温度相等。温度是用温度计来测量的，常用的有水银温度计和酒精温度计。

测量温度的标尺称为温标。常用的温标有三种：摄氏温标($^{\circ}\text{C}$)、华氏温标($^{\circ}\text{F}$)和热力学温标(即开氏温标K)。

摄氏温标($^{\circ}\text{C}$)：它规定在一个标准大气压下，水的冰点为 0°C 、沸点为 100°C ，中间为100等分即每一份为 1°C 。其单位符号为 $^{\circ}\text{C}$ ，以符号 t_c 表示，我国所采用的温标是摄氏温标。

华氏温标：它规定在标准大气压下，水的冰点为 32°F ，沸点为 212°F ，中间分180等分，即每一份为 1°F 。其单位符号为 $^{\circ}\text{F}$ ，以符号 t_f 表示，美国及西欧国家习惯采用这种温标。

热力学温标：也称开氏温标，此温标把摄氏温标的 -273.15°C 定为绝对零度即0K，纯水在标准大气压下的冰点定为 $+273.15\text{K}$ ，沸点定为 $+373.15\text{K}$ 。

三种温标的换算关系如下：

摄氏温标 t_c 与华氏温标 t_f 之间的换算式为：

$$t_c = \frac{5}{9} (t_f - 32)$$

摄氏温标 t_c 与热力学温标 T_k 之间的换算式为：

$$T_k = t_c + 273.15$$

2. 压力 在一个充满气体的容器内，气体分子总是不停地进行热运动，气体分子之间不断地相互碰撞，同时气体分子与容器壁碰撞，大量分子碰撞容器壁形成了气体对容器壁的压力。通常是用垂直于容器壁单位面积上的力来表示压力的大小，这种压力称为气体的绝对

压力。

压力的定义式为：

$$p = F/S \quad (2-1)$$

式中 F ——整个容器壁受到的力，单位为 N；

S ——容器内壁的总面积，单位为 m^2 。

国际单位制 (SI) 规定压力 p 的单位为帕斯卡 (Pa)，也就是 $1Pa = 1N/m^2$ 。在工程计算中，由于 Pa 单位太小，经常用兆帕 (MPa) 来代替， $1MPa = 1 \times 10^6 Pa$ 。

压力通常用压力表、真空表或压力真空表来测量。这些测量仪器的结构原理均建立在压力平衡的基础上，其数值不是绝对值 (绝对压力)，而是相对于大气压的差值，即相对压力 (又称表压)。绝对压力与表压之间的关系为：

$$p = p_g + p_b \quad (2-2)$$

式中 p ——绝对压力，单位为 MPa；

p_g ——表压力，单位为 MPa；

p_b ——当地大气压，单位为 MPa。

当被测容器内压力低于大气压时，其表压为负值，工程测试中称为真空度，用 p_v 表示。根据压力平衡可表示为：

$$p_v = p_b - p \quad (2-3)$$

式中 p_v ——真空度，单位为 MPa；

p_b ——当地大气压，单位为 MPa；

p ——绝对压力，单位为 MPa。

从式 (2-3) 中可看出，表压力 p_g 和真空度 p_v 的大小都是相对值，而只有绝对压力才是一个真正能说明工质状态的热力学参数。

工质的绝对压力 p 、表压力 p_g 和真空度 p_v 之间的关系如图 2-1 所示。

3. 热量 热量是能量的一种形式，它表示物体吸热或放热多少的物理量。在国际单位制 (SI) 中，热量的单位用焦耳 (J) 或千焦耳 (kJ) 来表示，工程上，以前还用非法定单位卡 (cal) 或千卡 (kcal，也叫大卡) 来表示。

$$1kJ = 1000J$$

$$1kcal = 4.1868kJ$$

$$1kcal/h = 1.163W$$

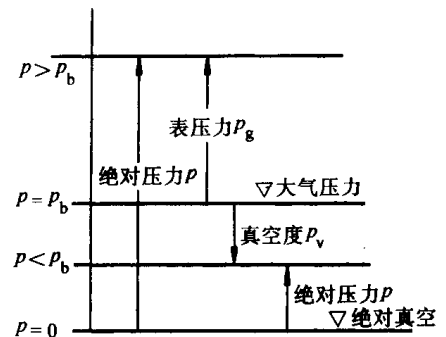


图 2-1 绝对压力、表压力和真空度的关系

4. 比热容 单位量的物体温度升高或降低 1K 所吸收或放出的热量，称为该物体的比热容。

比热容单位取决于热量单位和物理单位。对固体、液体而言，物量单位通常用质量单位 (kg)，则其比热容的单位为 $kJ/(kg \cdot k)$ ，也称之为质量热容。对气体除了用质量单位外，还常用标准容积 (m^3) 和千摩尔 (kmol) 作单位，则其比热容的单位又有 $kJ/(m^3 \cdot k)$ 或 $kJ/(kmol \cdot k)$ ，相应的称为容积热容或摩尔热容。

不同物体的比热容数值不同。即使同一物体，在不同温度下温度升高或降低 1K 所需的热量也是不同的。

上述比热容定义是对气体的任意过程而言。其实，气体比热容还随加热过程的不同而有所变化。如果气体在加热过程中容积保持不变，则称为比定容热容。如果气体在加热过程中所处的压力保持不变，则称为比定压热容。

5. 显热与潜热 对工质进行加热时，没有相态变化，可以用温度计测量其温度的变化，此时所加的热量称之为显热。例如在 0.1013MPa 气压（即通常大气压力的数值）下，对水进行加热，使水的温度逐渐升高，所加的热量称之为显热。如果对物质加热到一定程度，使物质引起了相态变化（此时用温度计无法测量其温度的变化，故温度不变），在此相变过程中所加的热量称之为潜热。如果使液体变为气体，则此放热量称之为汽化潜热。如果使气体变为液体，则此放热量称之为凝结潜热。例如在 0.1013MPa 气压下，把水加热到沸点 100℃ 时，继续加热，水的温度不再变化，此时所加的热量将使水在沸腾状态下变成蒸汽，温度却始终为 100℃，此时所加的热量即为汽化潜热，汽化潜热与压力、温度有关。如水在 0.1013MPa 压力时，相应的饱和温度（即沸点）为 100℃，使 1kg 饱和水全部变成饱和蒸汽时所需的汽化潜热为 2257.2kJ/kg，当压力为 0.12Mpa 时，水的相应饱和温度为 104.81℃，汽化潜热为 2244.4kJ/kg。

6. 焓 它是一个复合的状态参数。对 1kg 工质而言，称为比焓，用符号 h 表示，单位是焦耳/公斤 (J/kg)，它的定义式是：

$$h = u + pv \quad (2-4)$$

式中 u ——比能，单位为 J/kg；

p ——压力，单位为 Pa；

v ——比体积，单位为 m^3/kg 。

从式 (2-4) 可见，当工质处在某一定状态，其 p 、 v 、 u 均具有一定的数值，则 $u + pv$ 也就具有确定的数值，所以比焓 h 应该是一个状态参数。 G (kg) 工质的焓以 H 表示，即：

$$H = Gh \quad (2-5)$$

对于流动工质，焓是比能和流动功之和，此时焓具有能量意义，它表示流动工质的总能量中取决于热力状态的那部分能量。如果工质的动能和位能可以忽略，则焓就代表随流动工质传递的总能量。对于不流动工质， pv 不是流动功，所以焓只是一个复合的状态参数。

焓在热力工程中是一个重要而常用的状态参数，如在空调制冷技术中，压缩机绝热压缩所消耗的轴功等于被压缩气体焓的增加。

$$W = h_2 - h_1 \quad (2-6)$$

式中 h_1 ——压缩前气体的比焓，单位为 kJ/kg；

h_2 ——压缩后气体的比焓，单位为 kJ/kg；

W ——绝热压缩所消耗的轴功，单位为 kJ/kg。

在蒸发器、冷凝器等各种热交换器中，工质所吸收或放出的热量等于其比焓的增加或减少，如下式：

$$q = \Delta h \quad (2-7)$$

7. 熵 它是表征工质状态变化时，与外界换热程度的一个导出的热力状态参数。对于 1kg 工质而言，比熵用符号 s 表示，单位为 kJ/(kg·k)。与比焓一样，比熵的绝对值也无法