

# 新型家用中央空调 原理与维修技术

赵先美 刘胜利 编著



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

7  
Sc  
(

# 新型家用中央空调 原理与维修技术

赵先美 刘胜利 编著



机械工业出版社

本书介绍了家用中央空调的发展现状、最新技术成果及技术发展趋势,系统地阐述了家用中央空调系统的工作原理、结构、类型、功能与特点,制冷系统与控制系统及各组成部件形式、特性及设计计算方法等;重点介绍了家用中央空调系统负荷计算及设计技术,对冷热水空调系统、风管式空调系统、多联机空调系统、水环热泵空调系统、地源热泵空调系统、家用燃气空调系统等各类家用中央空调系统的设计技术要点和特性进行了详细阐述与总结;对家用中央空调的安装调试与验收要求作了介绍;此外,还重点介绍了家用中央空调系统常见故障分析方法与维修技术;最后详细介绍了国内外著名家用中央空调产品的特点、性能、规格、技术参数等。为了方便广大读者,本书附录中还列出了家用中央空调的有关标准和规程。

本书内容丰富、取材新颖、条理清晰、由浅入深、图文并茂,是一本实用性很强的专业技术书籍,适用于从事家用中央空调产品设计、制造、安装、调试、维修、保养的技术人员与管理人员,以及家用中央空调用户阅读与使用,也可作为有关专业教学、技术培训的教材与教学参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

新型家用中央空调原理与维修技术/赵先美,刘胜利编著. —北京:机械工业出版社,2006.10

ISBN 7-111-20117-5

I. 新... II. ①赵...②刘... 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(2006)第123945号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:牛新国 责任编辑:顾谦 版式设计:霍永明

责任校对:张晓蓉 封面设计:鞠杨 责任印制:李妍

北京中兴印刷有限公司印刷

2007年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·19印张·1插页·476千字

0 001 4 000册

定价:33.00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)68326294

编辑热线电话(010)88379768

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

我国改革开放使人民生活水平日益提高，人们对生活质量有了更高的要求。家用普通空调已不适合入住大户型、复式住宅和别墅的家庭，家用中央空调才能满足其需求。可以预见，随着我国经济的持续发展，居民收入不断增加，生活水平的提高和住宅建筑的发展，家用中央空调将成为未来空调的主流。我国家用中央空调在20世纪90年代中期起步，近年来发展迅速，生产厂家如雨后春笋，家用中央空调普及率迅速提高，一些沿海和经济发达地区已达到10%左右，且每年以20%~30%速度递增。预计未来几年内将形成使用家用中央空调的消费高潮。

从20世纪90年代后期开始，我国开始对家用中央空调进行研究和应用，随着家用中央空调的不断普及，其市场前景十分看好，需求量不断攀升。为了适应家用中央空调发展的需要，促进其应用技术的普及和提高，笔者决定撰写一本关于最新家用中央空调原理、结构、设计、安装调试、常见故障与维修保养的书籍，向广大读者介绍家用中央空调知识，希望借此推动家用中央空调技术的发展与提高。

本书介绍了家用中央空调的发展现状、最新技术成果及技术发展趋势，系统阐述了家用中央空调系统的工作原理、结构、类型、功能与特点，制冷系统与控制系统及各组成部件形式、特性及设计计算方法等；重点介绍了家用中央空调系统负荷计算及设计技术，对冷热水空调系统、风管式空调系统、多联机空调系统、水环热泵空调系统、地源热泵空调系统、家用燃气空调系统等各类家用中央空调系统的设计技术要点和特性进行了详细阐述与总结；对家用中央空调安装调试与验收要求作了介绍；此外，还重点介绍了家用中央空调常见故障分析及维修方法，常用维修工具及维修操作工艺，压缩机、换热器、节流装置、控制系统、通风换气系统常见故障及维修方法，维修后性能检测方法，大量具体维修实例及维护保养常识；最后介绍了大量最新国内外家用中央空调的特点、性能、规格、技术参数，使用选购常识及家用中央空调的有关标准和规程。

为适应新形势发展需要，本书注重新技术介绍，如压缩机部分重点介绍了涡旋式压缩机发展的一些最新进展，控制系统部分重点介绍了变频控制系统。

家用中央空调系统设计部分专门介绍了节能及降噪设计,以及发展前景广阔的多联机空调系统设计、水环式热泵和地源热泵空调系统设计新技术。常见故障与维修部分重点介绍了一些新型变频家用中央空调的维修方法和实例,最后的产品介绍突出介绍一些名、优、新品,尽可能将最新的技术和产品展示给广大读者。

本书由赵先美高级工程师、刘胜利工程师编著。其中,赵先美负责制定编写大纲,并编写第1章、第2章、第4章、第6章、第7章及附录,刘胜利编写第3章、第5章,全书由赵先美负责统稿。在本书的编写过程中,参考了大量国内外文献资料,并得到了约克(YORK)国际(北亚)公司、美国吉姆(GOODMAN)制造公司、特灵(TRANE)中国空调公司、日本大金(DAIKIN)株式会社、广州松下空调器公司、大连三洋空调机公司、广州日立冷机公司、深圳麦克维尔空调公司、清华同方人工环境公司、青岛海尔空调公司、广东美的商用空调公司、珠海格力电器公司、广州华凌空调公司及青岛澳柯玛制冷设备公司等国内外著名厂商的大力支持。在此,对在本书编写过程中提供资料及信息的相关人员表示深深的谢意!

由于家用中央空调的应用在我国尚属起步与快速发展阶段,而且有关技术发展较快,由于作者水平及时间条件所限,书中尚有不尽人意之处,甚至存在缺点和错误,恳请同行及广大读者批评指正。

**编著者**

2006年7月

# 目 录

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 前言                                 |     |
| <b>第 1 章 家用中央空调概述</b> .....        | 1   |
| 1.1 家用中央空调制冷原理 .....               | 1   |
| 1.2 制冷剂与润滑油 .....                  | 1   |
| 1.3 家用中央空调的功能、类型与特点 .....          | 7   |
| 1.4 家用中央空调的现状与发展趋势 .....           | 15  |
| <b>第 2 章 家用中央空调制冷系统</b> .....      | 18  |
| 2.1 家用中央空调系统概述 .....               | 18  |
| 2.2 家用中央空调压缩机 .....                | 27  |
| 2.3 家用中央空调冷凝器 .....                | 53  |
| 2.4 家用中央空调蒸发器 .....                | 60  |
| 2.5 家用中央空调节流膨胀机构 .....             | 70  |
| 2.6 家用中央空调制冷系统附件 .....             | 83  |
| <b>第 3 章 家用中央空调控制系统</b> .....      | 86  |
| 3.1 家用中央空调电动机 .....                | 86  |
| 3.2 家用中央空调控制部件 .....               | 88  |
| 3.3 家用中央空调变频控制系统 .....             | 96  |
| 3.4 家用中央空调控制电路 .....               | 101 |
| <b>第 4 章 家用中央空调负荷计算及系统设计</b> ..... | 117 |
| 4.1 家用中央空调的负荷计算 .....              | 117 |
| 4.2 家用中央空调系统设计 .....               | 127 |
| 4.3 家用中央空调节能及降噪设计 .....            | 153 |
| <b>第 5 章 家用中央空调的安装、调试及验收</b> ..... | 162 |
| 5.1 家用中央空调的选购 .....                | 162 |
| 5.2 家用中央空调系统的安装与调试 .....           | 164 |
| <b>第 6 章 家用中央空调的常见故障与维修</b> .....  | 175 |
| 6.1 家用中央空调系统维修基本操作 .....           | 175 |
| 6.2 家用中央空调常见故障的分析方法 .....          | 176 |
| 6.3 家用中央空调制冷机组的常见故障与维修 .....       | 179 |
| 6.4 家用中央空调制冷系统的常见故障与维修 .....       | 186 |
| 6.5 家用中央空调控制系统的常见故障与维修 .....       | 192 |
| 6.6 几种新型家用中央空调故障代码含义及检修实例 .....    | 203 |
| 6.7 家用中央空调检修后的性能检测 .....           | 235 |
| 6.8 家用中央空调系统的使用 .....              | 236 |
| 6.9 家用中央空调的日常维护与保养 .....           | 238 |
| <b>第 7 章 国内外家用中央空调产品介绍</b> .....   | 241 |
| 7.1 约克 (YORK) 家用中央空调 .....         | 241 |
| 7.2 美国吉姆 (GOODMAN) 家用中央空调 .....    | 243 |
| 7.3 特灵 (TRANE) 家用中央空调 .....        | 245 |
| 7.4 大金 (DAIKIN) 家用中央空调 .....       | 246 |
| 7.5 广州松下家用中央空调 .....               | 250 |
| 7.6 大连三洋家用中央空调 .....               | 251 |
| 7.7 广州日立家用中央空调 .....               | 252 |
| 7.8 深圳麦克维尔家用中央空调 .....             | 255 |
| 7.9 清华同方家用中央空调 .....               | 256 |
| 7.10 海尔家用中央空调 .....                | 260 |
| 7.11 美的家用中央空调 .....                | 263 |
| 7.12 格力家用中央空调 .....                | 266 |
| 7.13 华凌家用中央空调 .....                | 272 |
| 7.14 澳柯玛家用中央空调 .....               | 274 |
| <b>附录 家用中央空调的有关标准和规程</b> .....     | 282 |
| <b>参考文献</b> .....                  | 297 |

# 第 1 章 家用中央空调概述

## 1.1 家用中央空调制冷原理

家用中央空调又称户式中央空调、户用中央空调、单元式中央空调或别墅型空调机组。

家用中央空调实际上就是一个小型化的独立空调系统，在制冷方式和基本构造上大体类似于大型中央空调系统。由一台机组通过风管或冷（热）水管连接多个末端出风口，将所需的冷暖空气送往居室内，由此实现和完成对多个房间温度、湿度、气流速度和空气洁净度调节的目的。

家用中央空调通常采用蒸气压缩式循环完成制冷，该循环由压缩机、冷凝器、节流阀、蒸发器以及连接管道等组成。制冷剂在制冷系统中依次经过压缩、冷凝、节流、蒸发四个过程完成制冷循环，通过不断将被冷却物体的热量转移到外界环境进行热量交换而制冷。

如图 1-1 所示，家用中央空调制冷系统的压缩机吸入来自蒸发器的低温低压制冷剂蒸气，将其在气缸中压缩成高温高压的过热蒸气，送入冷凝器。室外侧空气在轴流风扇作用下，进入机组与冷凝器中的制冷剂进行热交换，向室外空气放出冷凝热后，制冷剂过热蒸气变成高压过冷液，经节流阀节流降压后变成低温低压的液体，进入蒸发器中，吸收蒸发器与冷冻水组成的热交换器中冷冻水的热量，变成低温低压的蒸气，经回气管过热，再被压缩机吸入，进行下一次循环。如此循环往复。

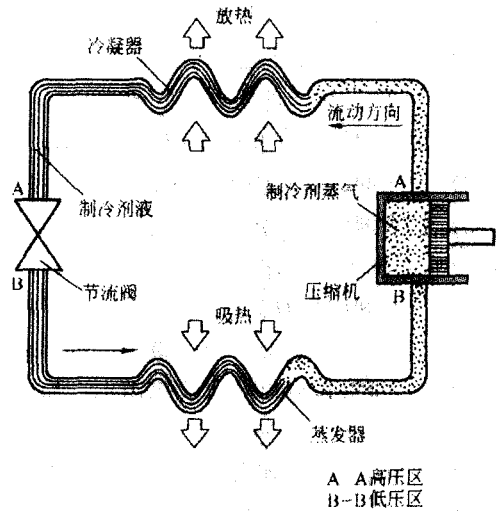


图 1-1 家用中央空调制冷原理示意图

## 1.2 制冷剂与润滑油

### 1.2.1 制冷剂的一般性质

#### 1. 制冷剂的分类

制冷剂按化学组成主要分三类。

(1) 无机物，如氨 ( $\text{NH}_3$ )、二氧化碳 ( $\text{CO}_2$ )、水 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 等。

(2) 氟利昂（学名为氟氯烷），如二氟二氯甲烷 (R12)、二氟一氯甲烷 (R22)、一氟三氯甲烷 (R11)、R134a、R407C、R410A 等。氟利昂是电冰箱、空调等中小型制冷装置的主

要制冷剂。

(3) 碳氢化合物，如甲烷、乙烷、异丁烷、环戊烷、乙烯、丙烯等。

## 2. 对制冷剂的要求

(1) 热力学性质方面的要求。

1) 在标准大气压 [ $1\text{atm}$  (标准大气压) =  $101.325\text{kPa}$ ] 下制冷剂的蒸发温度要低，一般不应高于  $-10^\circ\text{C}$ 。在标准蒸发温度下的蒸发压力要高，应高于或接近于标准大气压，以免空气渗入制冷系统。

2) 在工作温度范围内，制冷剂的冷凝压力不宜过高，一般不宜超过  $14.7\text{MPa}$ 。若冷凝压力太高，其对制冷设备的强度也就相应地提高，这样不仅会使设备初投资加大，而且还会导致压缩机功耗增加。

3) 制冷剂的单位容积制冷量 ( $q_v$ ) 要大。因为  $q_v$  值大，表明在压缩机缸径和行程相同的条件下，可以获取较大的制冷量。蒸气的比热容要大，液体的比热容要小，导热性好。

4) 制冷剂的临界温度要高些，以便容易液化和蒸发，即在常温或普通低温下能使气态制冷剂液化；制冷剂的凝固温度要低些，以便在使用中获得较低的蒸发温度。

(2) 物理、化学性质方面的要求。

1) 制冷剂的粘度和密度应尽可能小，以减少制冷剂在系统中的流动阻力。

2) 制冷剂应有较强的换热性能，以提高换热器的效率。

3) 制冷剂应有一定的吸水性，这样，当制冷系统中混入微量水分时，不易形成冰堵，以致影响系统正常工作。

4) 制冷剂应具有化学稳定性，在工作压力及工作温度范围内不燃烧，不爆炸，在高温下不分解，对人体无害，无刺激性，对环境污染越小越好，不腐蚀制冷系统的材料，电绝缘性能要好，对密封材料的溶解作用小，与润滑油不起化学反应。

## 3. 选择制冷剂的原则

制冷剂的选择必须考虑其对当地环境可能产生的影响，更应考虑对全球环境的潜在影响，还要考虑制冷剂对特定制冷系统的适用性，具体说明如下：

(1) 具有环境可接受性。所选制冷剂的 ODP (臭氧消耗潜能) 值与 GWP (全球变暖潜能) 值必须是零或尽可能小。如果有必要采用 ODP 值或 GWP 值大于零的制冷剂，那么必须尽量减少其充注量，并使制冷系统的设计及安装能防泄漏。所选制冷剂应不危害水，不形成雾，能回收重新使用或易于处置。

(2) 热力学性质满足指定要求，能量效率高。制冷剂在给定的工况下进行制冷循环时循环特性好，其中包括单位容积的制冷量和单位质量的制冷量较大；压力和压力比适中；排气温度不要过高；等熵压缩的比功小；制冷系数较大；制冷机的传热性能和流动性能好。如果制冷剂对环境的影响仅仅是全球变暖效应，则在能量效率和充注量不能同时满足的情况下，必须优先考虑能量效率。

(3) 制冷系统的运行安全可靠。制冷剂的化学稳定性 (高温高压时) 和热稳定性好；对钢及其他金属不腐蚀；与润滑油相溶；无毒；无刺激性气味；不燃、不爆或燃爆性很小，使用安全。

(4) 价格适当，可在市场上采购。事实上，找到完全符合上述要求的制冷剂很困难。选择的制冷剂是否合适，应根据使用要求、使用条件、系统容量和装置类型来综合评价。为了保护和改善人类生存环境，对于任何所选择的制冷剂，其 ODP 值和 GWP 值为零或接近零



的条件是必须满足的。

## 1.2.2 家用中央空调制冷剂及其特性

### 1. R22 制冷剂及其替代物

家用中央空调一般采用 R22 作制冷剂。R22 是常用的中温制冷剂，无色无味，不易燃易爆，毒性比 R12 略大，能部分溶解于润滑油中。其主要性质和循环特性如表 1-1 所示。

表 1-1 R22 及其替代物 R407C、R410A 的一般性质和理论冷冻循环特性对比

| 制冷剂名称                          |            | R22                        | R407C                   | R410A          |      |
|--------------------------------|------------|----------------------------|-------------------------|----------------|------|
| 项 目                            |            |                            |                         |                |      |
| 成分                             |            | HCFC-22                    | HFC 32/HFC-125/HFC-134a | HFC-32/HFC-125 |      |
| 混合比例 (%)                       |            | 100                        | 23/25/52                | 50/50          |      |
| 分子量                            |            | 86.47                      | 86.2                    | 72.59          |      |
| 沸点 / °C                        |            | -40.8                      | -43.6                   | -51.6          |      |
| 凝固点 / °C                       |            | -160                       | -115                    |                |      |
| 临界温度 / °C                      |            | 96.15                      | 85.62                   | 71.47          |      |
| 临界压力 / MPa                     |            | 4.99                       | 4.613                   | 4.923          |      |
| 临界密度 / (kg/m <sup>3</sup> )    |            | 513                        | 495                     | 486            |      |
| 饱和蒸气密度 / (kg/m <sup>3</sup> )  |            | 0.0225                     | 0.0229                  | 0.0119         |      |
| 饱和液体密度 / (kg/m <sup>3</sup> )  |            | 1191                       | 1136                    | 1061           |      |
| 蒸发潜热 / (kJ/kg)                 |            | 233.5                      | 250.3                   | 274.8          |      |
| 允许浓度 / ×10 <sup>-6</sup>       |            | 1000                       | 1000                    | 1000           |      |
| 可燃性                            |            |                            | 不可燃 (A1/I)              |                |      |
| 粘度 / mPa·s                     | 饱和液        | 0.178                      | 0.161                   | 0.178          |      |
|                                | 常压蒸气       | 0.0128                     | 0.0128                  | 0.0132         |      |
| 比热容 / (kJ/kg·K)                | 饱和液        | 1.256                      | 1.554                   | 1.711          |      |
|                                | 常压蒸气       | 0.662                      | 0.835                   | 0.818          |      |
| 热导率 / (W/m·K)                  | 饱和液        | 0.0869                     | 0.0863                  | 0.0801         |      |
|                                | 常压蒸气       | 0.0113                     | 0.0131                  | 0.0128         |      |
| 臭氧破坏系数 ODP(R11=1)              |            | 0.055                      | 0                       | 0              |      |
| 地球变暖系数 GWP(CO <sub>2</sub> =1) |            | 1700                       | 1500                    | 1700           |      |
| 理论冷冻循环特性                       | 蒸发压力 / kPa | 498                        | 499                     | 804            |      |
|                                | 冷凝压力 / kPa | 1943                       | 2112                    | 3061           |      |
|                                | 排气温度 / °C  | 70.3                       | 67.4                    | 72.5           |      |
|                                | 温度滑移 / °C  | 0                          | 4.3                     | 0.07           |      |
|                                | 制 冷        | 制冷量 / (kJ/m <sup>3</sup> ) | 3010                    | 2947           | 4190 |
|                                |            | COP 性能系数                   | 4.14                    | 5.03           | 3.69 |
|                                | 制 热        | 制热量 / (kJ/m <sup>3</sup> ) | 3737                    | 3762           | 5326 |
|                                |            | COP 性能系数                   | 5.14                    | 5.03           | 4.69 |

注：以上循环条件为蒸发温度 0°C，冷凝温度 50°C，过冷、过热温度均为 0°C。

由于空调及热泵行业广泛使用的 HCFC—22 制冷剂对臭氧层有破坏作用,并且会产生温室效应,因而研制对臭氧层无破坏作用而且无温室效应的替代制冷剂,并使之商品化,已成为目前制冷空调界所面临的共同课题。目前,对于 HCFC—22 制冷剂,国际上有两条不同的替代技术路线:一条替代技术路线是以美国、日本为代表,主张采用氟化烃(HFCs)类作为替代物,另一条替代技术路线则以德国和北欧的部分国家为代表,主张采用天然制冷剂作为替代物。

HFCs 类替代物综合考虑了安全、性能和环境要求之间的平衡,发展前景较好,但由于此类替代物的工作压力偏高,有温度滑移,热力特性稍有下降,与矿物油不相溶而需将润滑油更换为酯类油(POE),而酯类油的高吸水性、起泡和扩散性等均不如矿物油优越,因而对制冷系统设计、系统制造提出了更高的要求,并且 HFCs 类替代物仍然具有较高的 GWP 值。

天然制冷剂(如碳氢化合物、二氧化碳、氨等)的 ODP 值和 GWP 值均为零,因而环境因素远优越于 HFCs 类替代物。天然制冷剂的不足在于其可燃性、刺激性及毒性等安全性方面的缺陷,而且氨与润滑油不相溶等,使其在实际生产和使用上受到限制。

从当前及今后的发展趋势看,HFCs 类替代物已被大多数国家及企业所接受,很有可能成为今后一段时间内较为现实的替代制冷剂。

(1) R22 制冷剂的禁用期限。1992 年 11 月《蒙特利尔议定书》缔约国第四次大会通过了哥本哈根修正案,把 34 种 HCFC 物质列为第二类要管制与逐步淘汰的 ODS,规定发达国家在 1996 年 1 月 1 日的 HCFCs 最高限值为:本国 1989 年 HCFCs 消费量推算值乘以 0.028,并以此值定为 100%,到 2004 年削减到 65%,到 2010 年削减到 35%,到 2015 年削减到 10%,到 2020 年削减到 0.5%,到 2030 年全面禁止。对于发展中国家的 HCFCs 逐步淘汰期限相应可推后 10 年。

1999 年 11 月《蒙特利尔议定书》缔约国第十一次大会通过了北京修正案,其第三项内容明确规定:关于氢氟氯烃(HCFCs),决定第二条国家(指发达国家)于 2004 年将其 HCFCs 生产冻结在 1989 年生产和消费的平均水平上,并在其后可以生产不超过其冻结水平的 15%来满足其国内基本需求;决定第五条国家(指发展中国家)于 2016 年将其 HCFCs 生产冻结在 2015 年生产和消费的平均水平上,并在其后可以生产不超过其冻结水平的 15%来满足其国内基本需求;而且决定自 2004 年起禁止缔约方同非缔约方的 HCFCs 贸易。

由此可见,不论是哥本哈根修正案,还是北京修正案,现阶段只要求发达国家开始逐步淘汰 HCFCs。对于缔约的发展中国家,当务之急只是按要求履行其淘汰 HCFCs 的义务,其逐步淘汰 ODS 的政策与策略是利用 HFCs 技术加快 HCFCs 的淘汰。我国已加入哥本哈根修正案,应按哥本哈根修正案的要求履行淘汰甲基溴和 HCFCs 等消耗臭氧层物质的义务。因此,在 2015 年以前,我国的制冷空调行业仍可继续使用 HCFCs,这适合于我国现阶段的技术经济条件,无需立即花数十亿资金建设 HCFCs 化工生产厂,消费者也无需花比 R22 贵 5~10 倍的价钱购买 HCFCs 制冷剂。2015 年之后,即使在还找不到比 R22、R134a、R123 在环境、安全、热力性能上更好的替代制冷剂,而又要逐步削减 HCFCs 生产量和消费量的情况下,还可以通过提高制冷系统的密封性,采取回收、重复使用与再生等措施让 HCFCs 制冷空调产品继续生产 10 年,使用 20 年。这也是《蒙特利尔议定书》的修正案所允许与提倡的。

由于发达国家对 R22 制冷剂替代进程大大加快, 其中德国、澳大利亚及瑞士等国家已于 2000 年禁用 R22, 美国和日本也将在 2010 年禁用。随着我国加入 WTO, 市场竞争日益激烈, 国内市场国际化, 国际市场一体化。我国家电产品出口愈来愈多, 特别是家用空调。为了扩大其出口创汇, 与国际接轨, 消除国际贸易中的“绿色技术壁垒”, 应尽早开展 R22 替代物的试验研究, 尽快掌握 R22 替代物的关键技术, 在出口到欧盟各国、美国及日本等国的产品中采用替代制冷剂。

(2) R22 制冷剂及其替代物 R407C 和 R410A 的特性比较。目前国内外已研制成功很多 R22 替代物, 有的已进入使用阶段, 国际上应用较普遍的是 R407C、R410A 等, 下面就两种制冷剂与 R22 的异同点进行分析。表 1-1 是 R22 及其替代物 R407C、R410A 的一般性质和理论冷冻循环特性对比表。

## 2. 采用 R407C 和 R410A 制冷剂空调的设计要点

表 1-2 是采用 R22 及其替代物 R407C 和 R410A 制冷剂空调的设计及生产工艺对比情况。

表 1-2 采用 R22、R407C 和 R410A 制冷剂空调的设计及生产工艺对比情况

| 部 件   | 制冷剂 | R22     | R407C   | R410A   |
|-------|-----|---------|---|---|
| 压缩机   |     |         | 专用压缩机   |   |
| 润滑油   |     | 矿物油     | POE 或 PVE   |   |
| 冷凝器   |     |         | 系统设计压力增大到 3.3MPa, 对铜管的耐压性能需重新校核<br>增大换热器面积, 加大风扇直径, 降低冷凝温度<br>针对温度漂移, 采用制冷剂和空气逆向流动的管路方式 | 由于冷凝压力增大 60%, 系统耐压设计为 4.15MPa, 为安全起见, 一般采用直径为 8mm 或 7mm 的铜管 |
| 蒸发器   |     |         | 对铜管的耐压性能需重新校核; 通过改变热交换器通路数、制冷剂分流、制冷剂和空气逆向流动等方法提高效率                                      | 对铜管的耐压性能需重新校核   |
| 节流装置  |     |         | 建议采用膨胀阀或内表面加工精度高、内径大的毛细管  | 建议采用膨胀阀或内表面加工精度高、内径大的毛细管; 对节流装置的耐压需重新校核                     |
| 干燥过滤器 |     |         | 因 R32 分子直径小, 建议采用分子筛为 XH-10C/11C 的干燥过滤器   |   |
| 四通阀   |     |         | 专用  | 专用  |
| 二、三通阀 |     |         | 专用  | 专用  |
| 铜管    |     |         | 系统压力增加 10%, 对配管的耐压性能需重新确认<br>提高部分配管的壁厚  | 对铜管的耐压性能需重新校核, 不能使用壁厚在 0.7mm 以下的配管                          |
| 高分子材料 |     | CR 合成橡胶 | HNBR 合成橡胶   |   |
| 换热器加工 |     |         | 残留水分、异物要减少<br>加工设备改用 POE 挥发油  | 残留水分及异物要减少<br>加工设备改用 POE 挥发油<br>室外换热器管径缩小, 设备需更换            |

(续)

| 部 件        | 制冷剂 | R22      | R407C           | R410A       |
|------------|-----|----------|-----------------|-------------|
| 焊接加工       |     |          | 采用无氯离子的助焊剂      |             |
| 检漏设备       |     |          | 需要适应新制冷剂的检漏仪    |             |
| 水分和清洁度控制指标 |     |          | 基本与 R134a 的要求相同 |             |
| 真空度要求      |     | 100Pa 以下 |                 |             |
| 制冷剂充注机     |     |          | 需要适应新制冷剂的充注机    | 需要耐高压的新设备   |
| 制冷剂充注方式    |     |          | 液态充注；充注压力需变更    |             |
| 商检模拟机      |     |          | 专用              |             |
| 外包装        |     |          | 增加 R407C 标识     | 增加 R410A 标识 |

### 3. 冷冻润滑油

(1) 冷冻润滑油的作用：冷冻润滑油简称润滑油。润滑是保证压缩机长期、安全、有效运转的关键。润滑油的作用主要是润滑相互摩擦的零件表面；带走摩擦热，使摩擦零件的温度保持在合适的范围内；渗入压缩机各摩擦件密封面形成油封，阻挡制冷剂泄漏；不断冲洗摩擦面，带走磨屑，减少摩擦件的损失；可利用润滑系统的压力油作为卸载机构动作的液压力。

(2) 对冷冻润滑油的性能要求：润滑油与制冷剂混合时应有足够的粘度，氟利昂压缩机多采用 13 号、18 号和 25 号润滑油；润滑油的凝固点应较低，一般低于制冷剂蒸发温度 5~10℃；润滑油的闪点应比其排气温度高 20~30℃；润滑油不应含有水分和杂质；应具有良好的化学稳定性，对机械不产生腐蚀作用；具有良好的绝缘性，其击穿电压应高于 2500V。

我国生产并普遍使用的润滑油其性能参数见表 1-3。

表 1-3 国产润滑油性能参数

| 项 目                                     | 牌 号 | 石油 1213-59<br>13 号润滑油 | 石油 1220-65<br>18 号润滑油<br>(代号 HD-18) | 石油 1219-65<br>25 号润滑油<br>(代号 HD-25) |
|---|-----|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 运动粘度/cSt(50℃时)                          |     | 11.5~14.5             | >18                                 | >25.4                               |
| 凝固点/℃ (不高于)                             |     | -40                   | -40                                 | -40                                 |
| 闪点 (开口点)/℃ (不低于)                        |     | 160                   | 160                                 | 170                                 |
| 酸值/(mgKOH/g)(不大于)                       |     | 0.14                  | 0.03                                | 0.022                               |
| 灰分 (%) (不大于)                            |     | 0.012                 |                                     | 0.02                                |
| 浊点/℃ (不高于)                              |     |                       | -28                                 |                                     |
| 抗氧化稳定性<br>氧化后沉淀物 (%)<br>氧化后酸值/(mgKOH/g) |     |                       | ≤0.005<br>≤0.05                     |                                     |
| 水溶性酸和碱                                  |     | 无                     | 无                                   |                                     |
| 机械杂质 (%)                                |     | 无                     | 无                                   | ≤0.007                              |
| 水分                                      |     | 无                     | 无                                   | 无                                   |

注：1cSt(厘斯)= $1 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 。

对于 R22 的替代物 R407C 和 R410A, 由于与矿物油不溶, 润滑油更换为 POE 润滑油或 PVE 润滑油, 而 R134a 系统的润滑油为 PAG 润滑油或 POE 润滑油, 见表 1-4。

表 1-4 矿物油与 PAG 润滑油及 POE 润滑油的性能比较

| 润滑油      |         | 矿物油 | PAG 润滑油 | POE 润滑油 |
|----------|---------|-----|---------|---------|
| 性能       |         |     |         |         |
| 吸湿性      |         | 较好  | 差       | 较差      |
| 热稳定性     |         | 好   | 差       |         |
| 润滑特性     |         | 较好  | 差       | 较好      |
| 电绝缘性     |         | 好   | 差       | 较好      |
| 抗镀铜能力    |         | 好   | 差       | 较好      |
| 与弹性材料相容性 |         | 较好  | 差       | 差       |
| 互溶性      | 与 R22   | 很好  | 不溶      | 很好      |
|          | 与 R134a | 不溶  | 较好      | 很好      |
|          | 与 R410A | 不溶  | 差       | 很好      |
|          | 与 R407C | 不溶  | 差       | 很好      |

## 1.3 家用中央空调的功能、类型与特点

### 1.3.1 家用中央空调的功能

相对于传统的分散式家用空调而言, 家用中央空调具有节能、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。我国从 20 世纪 90 年代中后期才开始这方面的研究和开发, 近几年房地产的飞速发展, 极大地促进了家用中央空调的工程应用。

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管道连接分体式空调室内机; 也可以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的调节。它集大型中央空调和房间空调优点于一身, 可供房间较多、面积较大的居室、别墅、办公室、中小型歌舞厅和超市等场所使用。当用于多房间居室时, 家用中央空调可大大减少室外机数量, 美化室外建筑环境, 因此成为消费者一种较好的选择。

家用中央空调利用人工的方法, 按照不同的使用目的, 将封闭的空间、房间或区域的空气, 自动调节到适宜的状态。它不仅可用于夏天防暑降温, 若装有制热装置, 冬天还可用于采暖升温。

家用中央空调的功能主要有以下几点。

(1) 调节室内温度。家用中央空调可将室内温度调节至舒适温度。一般来说, 空调房间夏季保持在 24~28℃, 冬季保持在 18~20℃ 比较适宜。

(2) 调节室内湿度。家用中央空调通过增加或减少空气中的潜热实现对空调房间的湿度

调节,做到夏季降温除湿,冬季升温加湿。适合人们需要的相对湿度为40%~70%。

(3) 调节室内空气流速。家用中央空调室内机上设有风速调节器,一般可将室内空气流速调节到比较适宜的0.15~0.30m/s。

(4) 净化室内空气。无论是室外新风还是室内循环风,都能通过室内机上的空气过滤网,将空气中的灰尘等过滤掉,从而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,一般夏季送冷风时向斜上方送出,冬季送热风时向斜下方送风。垂直格栅能左右调节,以调节气流在室内的扩散范围。

(6) 控制房间温度波动。在环境温度为15~30℃时,能自动调节室内温度,控制精度一般在±1℃左右。

(7) 产生负离子。由于负离子对人体有良好的生理作用,可降低血压,抑制哮喘,并能消除疲劳,因此部分家用中央空调的室内机上安装有负离子发生器,以增加房间内的负离子浓度。

### 1.3.2 家用中央空调的类型

家用中央空调的种类很多,按冷却方式分类,可分为水冷式和风冷式。水冷式以水为冷却介质,如水冷式热泵机组等。风冷式以空气(强制通风)为冷却介质,如风冷式热泵机组等。家用中央空调按功能分类,可分为冷(热)水机组、直接冷却器和风管机组。冷(热)水机组可以向室内末端装置(如风机盘管)输送冷水或热水;直接冷却器以制冷剂在蒸发器或冷凝器中的汽化或冷凝完成制冷或供热,如一拖多分体机等;风管机组可通过风管向不同房间吹送冷风或新风。家用中央空调按设备类型分类,可分为多机分体式、风冷热泵式、VRV变频控制式、水源热泵式、地源热泵式、水冷热泵式和吸收式。

(1) 多机分体式,又称一拖多式,如一拖二式、一拖三式等,适用于一室一厅、一室两厅的居室。

(2) 风冷热泵式,又称户式或复式户型空调,室外机为主机,安装于隐蔽处可悬可立,也可置于屋顶;室内机形式多样,如壁挂式、吊顶式、吸顶式、柜式等。该类空调适用于一般居室、别墅、公寓及超市等。

(3) VRV变频控制系统(以下简称VRV系统),又称多区域装配式中央空调系统,由日本大金公司首创。该系统一台室外机可搭载8台室内机或更多。室外机可以置于楼顶,室内外机之间的实际配线长度可达100m,即使建筑物为15层楼房也可适用。VRV系统采用多种控制方式,在一个独立的控制系统中最大能控制256台室内机组。VRV系统家用中央空调除有一般形式外,还有H热回收系列、K热回收系列及变频器K系列等多种。

(4) 水源热泵是一种热回收的空调系统,节约能源的优势尤其在过渡季节和冬季更为显著。水源热泵机组与冷却塔、加热器、循环水泵、水管环路、水系统控制箱和室内温控器等组成一个空调系统。室外主机有卧式、立式、落地式等多种,有整体式、分体式之分,室内的空调也有多种形式。

(5) 地源热泵是一种投资较少的向房间提供空调、供暖及生活热水的系统。地源热泵系统的最大特点是不需要一般的燃料。空调是以埋在地下的或浸没在湖泊、池塘中的封闭管路

收集或释放自然界中的热量为能源，实现空调和供暖地源热泵。不仅节能，而且对环境没有污染。这种新型的空调供暖方式已有 30 余年的历史，在美国和加拿大已广泛应用。

(6) 水冷热泵空调采用自来水循环冷却，适用于家庭的热泵机组。

(7) 吸收式小型中央空调是以人工煤气、液化石油气、天然气等多种燃料为能源的吸收式制冷机，可产生 7℃ 的冷水用于空调，适用于住宅及商业等建筑，有单冷型和冷暖两用型供选择。

以家用中央空调冷热负荷输送介质的不同，可将家用中央空调分为冷热水系统（输送介质为水）、风管系统（输送介质为空气，又称全空气系统）和 VRV 系统（输送介质为制冷剂）三种。图 1-2 表示家用中央空调系统类型示意图，家用中央空调系统的组成见表 1-5，三类家用中央空调的综合比较见表 1-6。

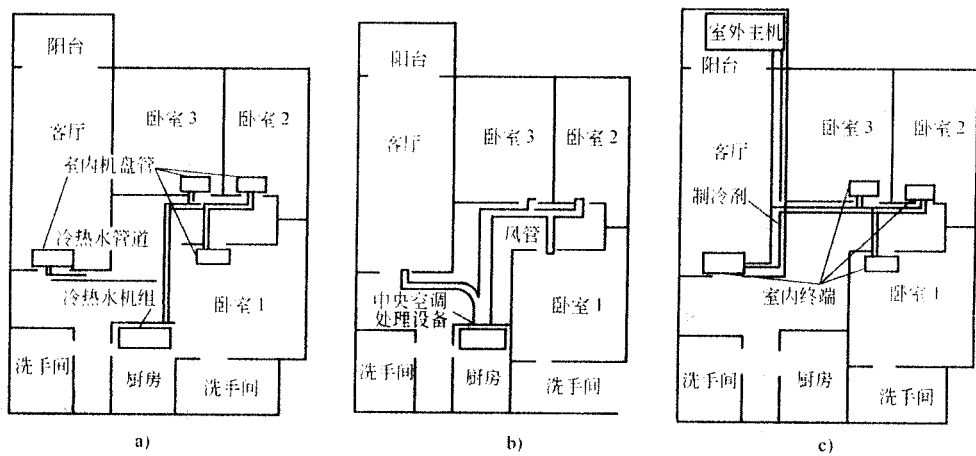


图 1-2 家用中央空调系统类型示意图

a) 冷热水系统家用中央空调 b) 风管系统家用中央空调 c) VRV 系统家用中央空调

表 1-5 家用中央空调系统的组成

| 输送介质    | 室外机类型                 | 室内机类型         | 备注                |
|---------|-----------------------|---------------|-------------------|
| 水（钢管输送） | 空气源热泵冷热水机组            | 集中空调箱         | 寒冷地区需辅助加热         |
|         |                       | 各种形式的风机盘管     |                   |
|         |                       | 集中空调箱+变风量末端装置 |                   |
|         | 空气源热泵冷热水机组+热水炉（或其他热源） | 集中空调箱         | 可同时供应生活热水         |
|         |                       | 各种形式的风机盘管     |                   |
|         |                       | 集中空调箱+变风量末端装置 |                   |
|         | 土壤源（地源、水源）热泵冷热水机组     | 集中空调箱         | 可利用地下水、地表水、土壤作为热源 |
|         |                       | 各种形式的风机盘管     |                   |
|         |                       | 集中空调箱+变风量末端装置 |                   |
|         | 直燃型溴化锂冷热水机组           | 集中空调箱         | 可根据需要供应生活热水       |
|         |                       | 各种形式的风机盘管     |                   |
|         |                       | 集中空调箱+变风量末端装置 |                   |

(续)

| 输送介质       | 室外机类型                | 室内机类型                            | 备注           |
|------------|----------------------|----------------------------------|--------------|
| 空气 (风管输送)  | 空气源热泵机组, 整体式柜 (箱) 机  |                                  | 寒冷地区需辅助加热    |
|            | 空气源热泵机组              | 直接蒸发室内机 (空调箱)                    |              |
|            |                      | 直接蒸发空调箱+变风量末端装置                  |              |
|            | 空气源单冷机组+燃气热风炉 (或热水炉) |                                  | 可同时供应生活热水    |
|            | 水环热泵机组               | 水环热泵机组, 整体式柜 (箱) 机               |              |
| 水环热泵机组     |                      | 直接蒸发室内机 (空调箱)<br>直接蒸发空调箱+变风量末端装置 |              |
| 制冷剂 (铜管输送) | 压缩机台数控制空气源热泵机组       | 多台各种形式的直接蒸发室内机                   | 俗称一拖多分体式空调   |
|            | 压缩机台数变频控制空气源热泵机组     |                                  | 俗称变频多联式分体式空调 |
|            | 压缩机台数及旁通控制空气源热泵机组    |                                  | 俗称变制冷剂分体式空调  |
|            | 压缩机台数及数码控制空气源热泵机组    |                                  | 俗称数码控制分体式空调  |

表 1-6 三类家用中央空调系统的综合比较

| 项目       | 冷热水系统形式  | 风管系统形式   | VRV 变频控制系统形式  |
|----------|--|--|---|
| 功能与使用    | 主要为制冷、制热, 技术成熟, 可靠性好, 但用水需防腐防冻, 使用不便                 | 主要为制冷、制热, 技术成熟, 可靠性好, 使用方便                         | 具有房间空调的多种功能, 控制方式灵活多样, 可靠性好, 使用方便, 系统容量易扩展                        |
| 节能水平     | 存在二次换热不可逆损失, 以及水侧换热器表面易结垢引起传热性能降低, 还消耗水泵功率, 机组总体效率较低 | 存在漏热损失, 机组效率一般                                     | 因制冷剂传热效率数倍于水及空气的传热效率, 故传热效率高, 因采用变频压缩机及电子膨胀阀, 节能能效比 (能量效率比 EER) 高 |
| 舒适性      | 空气温湿度控制精度一般, 噪声影响一般, 冬季制热能力不好, 舒适性一般, 换新风较难, 空气品质一般  | 空气温湿度控制精度一般, 室内噪声小, 冬季制热能力不好, 舒适性一般, 易换新风, 室内空气品质好 | 空气温湿度控制精度高, 噪声小, 冬季制热能力强, 可快速制冷制热, 舒适性好, 换新风较难, 空气品质一般            |
| 安装、维修与保养 | 安装工作量大, 系统管道需保温, 防凝露滴水, 维护保养难, 需防腐、防冻、清洗             | 安装较难, 风管布置易影响室内净空高度, 易维护保养                         | 安装维护工作量大, 制冷剂会泄漏, 需及时补充, 系统技术复杂, 需专业技术人员维护                        |
| 环境影响     | 有一定噪声污染, 有滴水, 制冷剂对大气臭氧层有不同程度破坏, 并有一定的温室效应            | 有噪声污染, 制冷剂对大气臭氧层有不同程度破坏, 并有一定的温室效应                 | 室外机噪声小, 变频器有较大电磁干扰, 有滴水, 制冷剂对大气臭氧层有破坏, 并产生温室效应                    |
| 成本       | 初始投资少, 但运转与维修成本较高                                    | 设备投资、运转与维护成本都少                                     | 初始投资较高, 但运转与维护成本少, 总体合算   |



### 1.3.3 各家用中央空调系统的综合比较

各类型家用中央空调系统互有长短，使用范围各异，它们的综合比较见表 1-7，其使用特点及适用范围见表 1-8。

表 1-7 各类型家用中央空调系统综合比较

| 项目<br>空调系统类型                         | 初投资 | 运行<br>费用 | 设备等<br>占用空间 | 主机变<br>负荷控制 | 室温控<br>制精度 | 新风<br>处理 | 室内噪声   | 安装<br>施工 | 维护<br>管理 |
|--------------------------------------|-----|----------|-------------|-------------|------------|----------|--------|----------|----------|
| 空气源热泵冷热水机组<br>(定频)                   | 中   | 较大       | 中           | 较难          | 中          | 一般       | 低      | 简便       | 简便       |
| 空气源热泵冷热水机组<br>(变频)                   | 较大  | 小        | 中           | 易           | 中          | 一般       | 低      | 简便       | 简便       |
| 空气源热泵冷热水机组<br>(定频) + 热水炉 (或其<br>他热源) | 中   | 中        | 中           | 中           | 中          | 一般       | 低      | 简便       | 简便       |
| 空气源热泵冷热水机组<br>(变频) + 热水炉 (或其<br>他热源) | 中   | 小        | 中           | 易           | 中          | 一般       | 低      | 简便       | 简便       |
| 空气源风管热泵机组                            | 小   | 大        | 大           | 难           | 低          | 易        | 高, 需降噪 | 中等       | 中等       |
| 空气源风管单冷机组 +<br>燃气热风炉                 | 中   | 大        | 大           | 难           | 低          | 易        | 高, 需降噪 | 中等       | 中等       |
| 直燃型溴化锂冷热水机<br>组                      | 大   | 中        | 中           | 中           | 中          | 一般       | 低      | 简便       | 简便       |
| VRV (制冷剂变流量)<br>热泵机组                 | 大   | 小        | 小           | 易           | 高          | 一般       | 低      | 专业安装     | 简便       |
| 地源热泵空调机组                             | 大   | 中        | 中           | 中           | 中          | 一般       | 低      | 中等       | 中等       |
| 水环热泵机组                               | 大   | 中        | 中           | 中           | 中          | 一般       | 高, 需降噪 | 简便       | 中等       |

表 1-8 各类型家用中央空调系统使用特点及适用范围

| 空调系统类型             | 使用特点  | 适用范围                                       |
|--------------------|---|--|
| 空气源热泵冷热水机组<br>(定频) | (1) 能量调节能力较差, 为得到较好的热稳定性需加大系统储水量<br>(2) 宜采用定水量系统                    | (1) 适用于冬冷夏热、温和及冬暖夏热地区<br>(2) 寒冷及重霜地区需配电加热器 |
| 空气源热泵冷热水机组<br>(变频) | (1) 主机负荷可随末端负荷变化, 节能运行<br>(2) 室内温度波动小, 舒适性好<br>(3) 冬季气温低时需考虑循环水结冰问题 | (1) 适用于冬冷夏热、温和及冬暖夏热地区<br>(2) 寒冷及重霜地区需配电加热器 |