

石文星 成建宏 赵伟 等 著

多联式空调技术 及相关标准实施指南



 中国标准出版社

多联式空调技术及 相关标准实施指南

◎ 石文星 成建宏 赵伟 等著

中国标准出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

多联式空调技术及相关标准实施指南/石文星等著.

—北京: 中国标准出版社, 2011

ISBN 978-7-5066-6182-9

I. ①多… II. ①石… III. ①空气调节设备-指南
IV. ①TU831.4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 007851 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码: 100045

网址 www.spc.net.cn

电话: 68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 9.75 字数 231 千字

2011 年 3 月第一版 2011 年 3 月第一次印刷

*

定价 28.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010)68533533

多联式空调(热泵)系统(简称:多联机)诞生于1982年,虽然只有近30年的发展历程,但由于其具有室内机独立控制、使用灵活、扩展性好、外形美观、占用安装空间小、可不设专用机房等突出优点,目前已成为最为活跃的中央空调系统形式之一。

进入21世纪以来,我国已成为多联机产品的生产与应用大国,其生产规模、产销量均突飞猛进,其产品质量也连年提高,然而国内外尚没有系统论述多联机的相关专著或教材,供产品和系统设计工程师以及大专院校学生学习、参考之用。为明确多联机产品及其系统的关键技术、了解多联机的产品和能效标准、掌握多联机系统设计、施工技术,为进一步加深人们对多联机系统的认识 and 了解,中国标准化研究院组织全国从事多联机研究开发的科研、检测机构和企业的核心技术人员联合撰写了本书,希望能够对我国多联机产品和技术的发展起到一定的推进作用,同时推动我国产品能效标准和标识理论体系的建设。

本书具有如下特点:

(1) 本书分三篇共8章较为全面地阐述多联机技术、标准和应用的相关问题。在技术篇中,主要阐述多联机系统的工作原理、控制策略和运行特性等理论与技术问题,有助于读者利用所述原理、方法开发多联机产品;在标准篇中,主要阐述产品标准和能效标准的制定原则、基本内容和实施方法,而非标准内容的转载,有利于加深读者对标准的理解;在应用篇中,突出多联机系统的设计与安装是多联机产品设计、装配的延续,重点阐述多联机系统的安装调试规程,并以多个应用案例说明其适应性问题;

(2) 本书作者均来自于多联机的技术研发、制造、检测与管理部门,所述内容均为各部门的实践经验和研究成果,通过简单易懂的语言和图表,无私地将众多技术奉献给读者,具有很好的参考价值,对多联机技术的发展具有指导意义;

(3) 本书较为全面地阐述了多联机的产品技术、产品及其能效标准的诞生原委以及多联机如何应用问题,内容全面,层次分明,有利于不同读者群阅读、使用。

本书各部分的作者及其工作单位如下:

第1章 清华大学:石文星、周德海

北京市建筑设计研究院:赵伟

- 第2章 北京市建筑设计研究院:赵伟
清华大学:石文星、周德海
珠海格力电器股份有限公司:熊建国、肖洪海、刘煜、宋培刚
广东美的商用空调设备有限公司:田明力、沈宝生、许永锋、张镜清、李葛丰
- 第3章 清华大学:石文星
珠海格力电器股份有限公司:冯宇杰、胡余生、刘煜、宋培刚
广东美的商用空调设备有限公司:张镜清、许永锋、李奇乡、程卓明、江燕京
海尔集团商用空调产品本部:毛守博、国德防
青岛海信日立空调系统有限公司:孟建军
- 第4章 清华大学:石文星
北京市建筑设计研究院:赵伟
中国科学院理化技术研究所:邵双全
- 第5章 合肥通用机械研究院:史敏、田旭东、钟瑜、张秀平
- 第6章 中国标准化研究院:成建宏
- 第7章 珠海格力电器股份有限公司:刘煜、宋培刚
广东美的商用空调设备有限公司:张镜清、李葛丰、许永锋、贺伟衡
青岛海信日立空调系统有限公司:孟建军、奚祥富
海尔集团商用空调产品本部:国德防、毛守博
北京市建筑设计研究院:赵伟
清华大学:石文星、周德海
- 第8章 北京建筑工程学院:邵宗义(8.1.1)
上海建筑设计研究院:张伟程(8.1.2)
上海华东建筑发展设计有限公司:陆继东(8.1.3)
珠海格力电器股份有限公司:苏玉海(8.2.1)
深圳麦克维尔空调有限公司:马川(8.2.2)
大连华宇建筑设计院有限公司:汤富胜(8.2.2)
同济大学设计研究院:刘毅(8.3.1)
北京市建筑设计研究院:刘国峰(8.3.2)
浙江省建筑科学研究院:李蓉樱(8.3.3)
清华大学:石文星(8.4)

全书由石文星、赵伟统稿。在本书编写过程中,参阅了大量的新近文献;全国众多的多联机企业、检测机构、设计院所积极参与本书的编写工作,提供了珍贵的数据、图表等技术资料。在此对引文作者以及给予作者支持和帮助的各位人士表示衷心的感谢!

与房间空调器、单元式空调机以及冷水机组等产品相比,多联机还是一个新兴的产品,有许多理论问题尚未得到清晰的认识,加之作者水平有限,书中难免存在错误和不足之处,敬请读者指正。

著者

2010年11月于北京

第一篇 技 术 篇

第 1 章 概 论	3
1.1 多联机的定义、特点、分类	3
1.2 多联机的发展历程	5
1.3 多联机技术的发展方向	11
第 2 章 多联机系统的工作原理	13
2.1 常规多联机系统的工作原理	13
2.2 多联机系统中的辅助回路	18
2.3 特殊多联机系统的工作原理	25
第 3 章 多联机系统的自动控制	32
3.1 多联机系统的控制策略	32
3.2 压缩机的容量调节技术	37
3.3 电子膨胀阀的容量调节技术	39
3.4 换热器的容量调节技术	44
3.5 多联机系统其他控制问题	45
第 4 章 多联机系统特性分析	50
4.1 多联机系统的变工况特性	51
4.2 多联机系统的部分负荷特性	56
4.3 室内外机组安装位置对多联机系统的影响	62
4.4 多联机系统的适用性	66



第二篇 标准篇

第 5 章 多联机的产品标准	73
5.1 多联机产品标准的构成	73
5.2 多联机的命名方法	78
5.3 多联机的热工性能参数	83
5.4 多联机产品的性能检测方法	86
第 6 章 多联机的能效标准与能效标识	93
6.1 制定多联机能效标准的必要性	93
6.2 能效标准基础	94
6.3 标准主要内容解读	95
6.4 多联机产品的能效标识	103

第三篇 应用篇

第 7 章 多联机系统的工程设计与安装	109
7.1 多联机空调系统的工程设计	109
7.2 多联机空调系统的工程安装与调试	117
第 8 章 多联机空调系统的工程应用	129
8.1 多联机系统的特殊使用优势	129
8.2 低温环境下多联机系统的应用	134
8.3 多联机系统在大型建筑中的应用	138
8.4 多联机系统在改建项目中的应用	145
主要参考文献	148

第一篇 技 术 篇

多联式空调系统是由一台或数台风冷室外机组连接数台不同或相同型式、容量的直接蒸发式室内机组所构成的单一制冷循环系统。根据多联机所提供的功能不同，可分为单冷型、热泵型和热回收型，其性能直接取决于系统形式、制冷剂种类、各部件性能、系统匹配关系、室外环境以及建筑物的负荷特性等。

本篇共分四章，简述多联机的基本特征、行业现状与发展方向；重点阐述多联机的的工作原理、控制方法与运行特性，为多联机的产品开发和工程应用奠定理论基础。

第 1 章

概 论

1.1 多联机的定义、特点、分类

多联式空调(热泵)系统在我国的国家标准《多联式空调(热泵)机组》(GB/T 18837—2002)中称之为多联式空调(热泵)机组(本文简称为:多联机),它是一类结构复杂、系统庞大、内部参数耦合、边界条件多样的复杂制冷系统^[1],自 20 世纪 80 年代初诞生之后,目前已成为各类商用建筑和住宅建筑中最为活跃的中央空调系统形式之一^[2]。

1.1.1 多联机的定义与基本工作原理

多联机是由一台或数台风冷室外机组连接数台不同或相同型式、容量的直接蒸发式室内机组所构成的单一制冷循环系统,它可以向一个或数个区域直接提供处理后的空气,其结构形式如图 1-1 所示。

多联机的工作原理与常规直接蒸发空调系统(如房间空调器)类似。也是由压缩机、冷凝器、节流装置以及蒸发器四大部件构成,其特殊性在于多联机系统具有多个冷凝器、蒸发器和膨胀阀,且各蒸发器或冷凝器的工作环境不一定完全相同,可以说,多联机是多末端(室内机)的房间空调器。图 1-2 示出了房间空调器和多联机的连接形式示意图。由于多联机需要对多个房间或区域进行制冷或制热,故其容量远大于房间空调器。

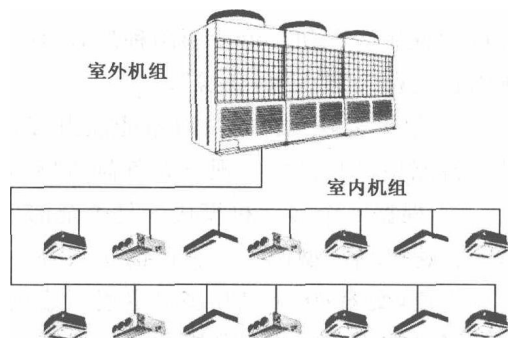


图 1-1 多联机空调系统

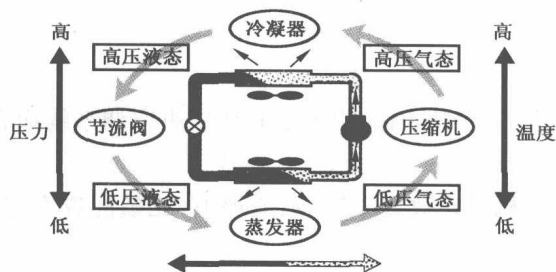


图 1-2 房间空调器和多联机的工作原理示意图

多联机系统是一类以制冷剂作为能量输配介质、通过调节压缩机的制冷剂循环量和进入室内换热器的制冷剂流量,适时地满足室内冷、热负荷要求的风冷式、变容量直接蒸发式空调系统。需采用变速压缩机、多极压缩机、卸载压缩机或多台压缩机组合等来实现压缩机

容量控制;在制冷系统中需设置容量调节范围较宽的膨胀阀及其他辅助回路,以调节进入各室内机的制冷剂流量;通过控制室内、外换热器的风扇转速、传热面积,调节换热器的能力^[3]。在变频调速、数码涡旋压缩机技术和电子膨胀阀技术逐渐成熟之后,多联机系统普遍采用交流变频、直流调速、数码涡旋(变容)压缩机和电子膨胀阀,它们是多联机系统实现制冷循环控制和容量控制不可缺少的条件之一。

1.1.2 多联机的类型

多联机的分类方式有很多种,一般的分类方式如下:

① 根据多联机所提供的功能不同,可分为单冷型、热泵型和热回收型三大类^[3]。其中,热回收型多联机又根据室外机与室内机之间的制冷剂输配管数量分为三管制和二管制两种形式。热回收型多联机可利用同一套系统同时向不同房间供冷或供热,故在有内区的建筑中具有良好的应用前景。

② 从压缩机的变容调节方式可分为变速多联机和变容多联机两类。其中,变速多联机可包括直流调速和交流变频两种形式,而变容多联机目前以采用数码涡旋压缩机为主,故行业内将之称为“数码多联机”。

③ 根据多联机是否具有蓄能能力可分为蓄能型(蓄冷、蓄热型)多联机和非蓄能型多联机。蓄能型多联机可实现电力负荷的“移峰填谷”,从1995年开始得到发展^[4]。

④ 根据一个多联机模块中是否全部采用变速或变容压缩机,可分为全变速(变容)型和部分变速(变容)型两类。目前的多联机一般为部分变速(变容)型,就是在一个模块中采用一台变速(变容)压缩机和多台定速压缩机,通过定速压缩机的启停和改变变速(变容)压缩机的容量方式来实现多联机的容量控制。

⑤ 根据原动机能源形式一般可分为电驱动型(EHP)和燃气发动机驱动型(GHP)两种类型。一般的多联机采用电能驱动,GHP型多联机从2002年开始得到发展^[5]。

多联机的分类方式还有很多种形式,如按采用制冷剂的种类分为R22、R410A、R407C型多联机,按室外机组的构成方式分为单模块型、多模块组合型等。

由于我国多联机主要采用了变速和变容两大技术路线,故习惯按压缩机的变容调节方式对多联机进行划分。

1.1.3 多联机的特点

多联机作为中央空调形式之一得到快速发展,这是因为相对于其他中央空调系统而言,具有其独特优点:

① 对于中小规模的多联机系统而言,室外机可以放置于屋面、地坪上,无须配置专用机房,可节省机房建筑投资。

② 直接相变传热,减少了传热环节和能量输配系统的能耗,有利于提高系统的整体性能;且属于变容量制冷系统,依靠压缩机等设备的变容调节,改善系统的部分负荷性能,在合理使用的条件下,其季节运行性能系数(如SEER、SHPF、APF)较高。

③ 依靠相变制冷剂携带和输配能量,其传送的热量约为200 kJ/kg,大致是水的8倍和空气的16倍(参见表1-1),故制冷剂管径小,占用装修空间小,节约楼层空间高度。

表 1-1 制冷剂、空气和水输配能量特性的比较

传输介质	R22	空气	水
蒸发潜热或比热	199 kJ/kg (蒸发温度 7 ℃)	1.172 kJ/(kg·℃) (温度为 18 ℃)	4.19 kJ/(kg·℃) (温度为 7 ℃)
单位质量制冷量	160 kJ/kg (干度 0.22, 过热度 5 ℃)	9.38 kJ/kg (温差 8 ℃)	20.95 kJ/kg (温差 5 ℃)

④ 具有室内机独立控制、使用灵活、扩展性好、外形美观的优点,特别适用于具有个性化要求(如:室内温度不同、室内机启停自由控制、分户计量、分期投资需求)的建筑物中。

但由于多联机是一类结构复杂、系统庞大、内部参数耦合、边界条件多样的复杂制冷系统,因此必须将多联机系统的设计、安装等同时纳入产品开发范畴,故多联机的开发难度高;由于多联机是直接蒸发制冷系统,因此一套系统的容量和安装高差具有一定限制;此外,多联机的制冷剂充注量大,一旦泄漏将影响整套系统的运行和性能,同时对环境造成影响。

1.2 多联机的发展历程

1.2.1 多联机的技术进程

对于世界直接蒸发式空调行业而言,在 20 世纪 90 年代以前,60%的产品由日本制造,并且在设备研发和控制技术上都处于世界最前沿,故可以从日本空调技术的发展可以看出世界空调行业的变迁过程。直接蒸发式空调系统的发展过程,大致可以分为摇篮期(20 世纪 40 年代中期)、品种扩大期(1955~1970 年)、电子化进展期(1970~1982 年)、高度电子化成熟期(1982~1986 年)和 AI 进展期(20 世纪 80 年代中期以后)五个阶段。其技术发展主要集中在三个方面^{[6][7]}:

① 追求空调系统的高效节能,特别是在 1972 年石油危机以后,改善压缩机、热交换器、风扇的性能,加强对制冷循环特性的研究,优化制冷系统,实现了空调系统的小型化、低能耗、低噪音、高可靠性。

② 追求室内环境的高舒适性,从单一的温度控制发展到室内热环境特性(如 PMV 等)的综合控制,从简单的双位控制发展到人工神经网络与模糊技术相结合的智能控制,以实现人们对舒适性的要求。

③ 追求空调系统的多功能化、多元化,从单冷型窗式空调器发展到单冷、热泵、蓄能及热回收型多联机空调系统,极大地拓宽了直接蒸发式空调系统的应用范围,开辟了中央空调系统的新领域。

图 1-3 示出了日本直接蒸发式空调系统及相关技术的纵、横向发展状况和我国的多联机发展进程^{[3][4][6][8]}。随着制冷循环控制技术的研究及其成果的应用,1982 年日本大金公司开发出多蒸发器空调系统,这就是多联机的雏形,标志着多联机诞生。随着变频技术、微电脑技术和电子膨胀阀技术的不断成熟,1987 年大金公司开发出世界上第一台变频多联机系统,此后,三菱、日立、夏普、松下、东芝等日本知名企业陆续开发出自己的多联机系统,进一步推进了小型独立分散空调系统的技术进步。

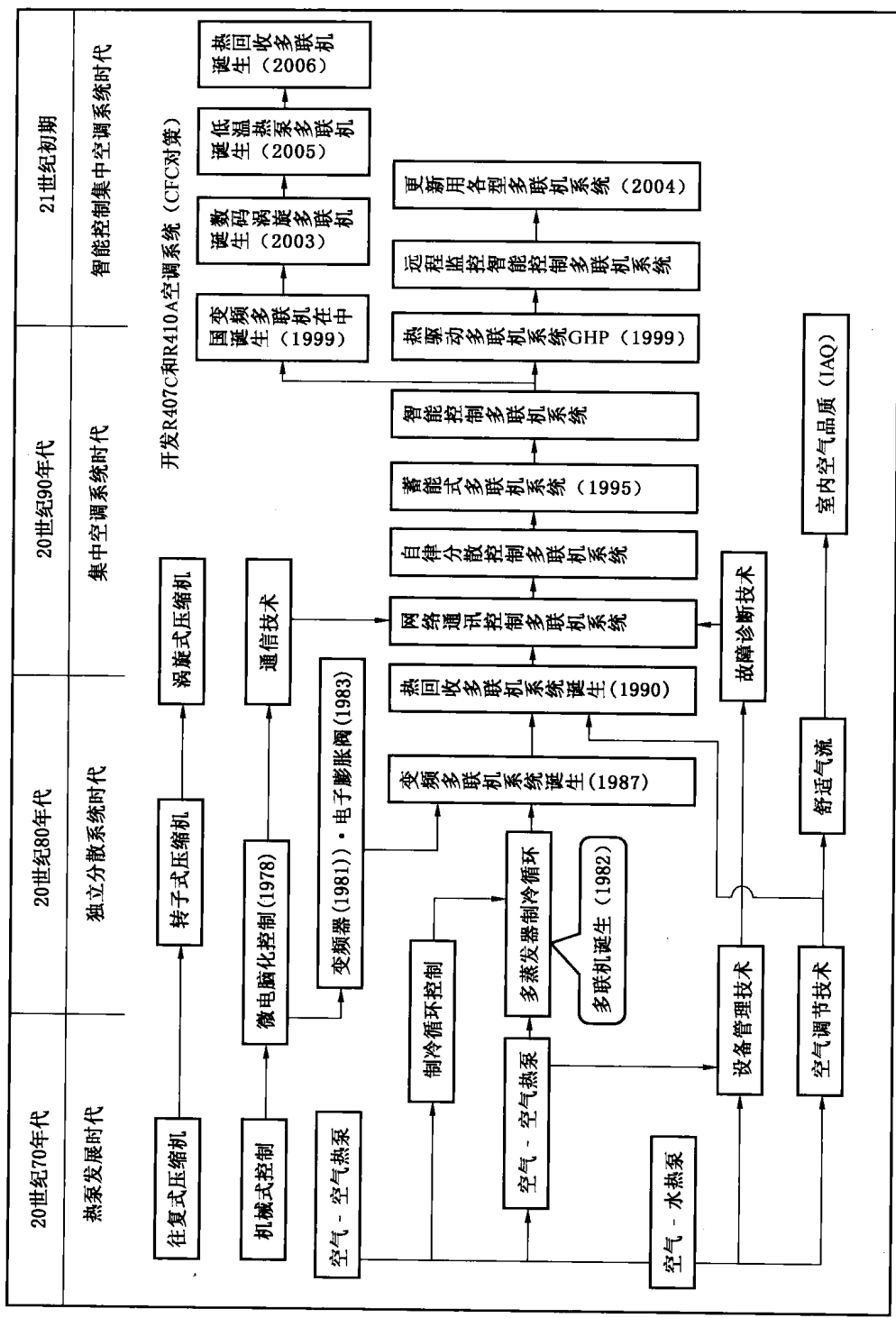


图 1-3 直接蒸发式空调系统的技术进展^[9]



进入 20 世纪 90 年代后,计算机通讯、制冷循环控制、设备管理、故障诊断等技术的发展,加速了空调系统网络控制的进程,自律分散协调控制在多联机空调系统中的应用成功,使网络控制技术得到了进一步简化,推进了小型独立分散空调系统向大型集中空调系统和热回收型多联机空调系统的转化。

随着电力负荷峰谷差的增大,为解决电力负荷的“移峰填谷”问题。蓄能型多联机系统 1995 年已开始得到发展。日立和三菱电机公司分别开发出了蓄冰式多联机系统^[6]和蓄冷蓄热型多联机系统^[7]。蓄冷(热)运行时,以蓄冷(热)槽换热器作为蒸发器(冷凝器),将冷(热)量贮存在蓄能介质中;取冷(热)时,系统以蓄冷(热)槽换热器为再冷器(蒸发器),提高了制冷系统的高压液体制冷剂的再冷度(制热时提高了蒸发温度),从而压缩比减小,降低了压缩机在电力高峰运行时的压缩机功耗而实现“移峰填谷”。

多联机从诞生之日起到目前为止已有 20 多年的历史,最初安装的系统已经老化,面临更新。由于多联机安装结构紧凑,制冷剂管路大部分设置在建筑的装修夹层中,给空调系统的更新带来巨大的成本代价,因此,到了 2005 年后,各企业开始瞄准这一市场,开发更新用多联机设备,希望采用原有系统的制冷剂连接管和电缆,提升更新产品的性能。

图 1-4 给出了日本(以大金公司的技术进展为基础进行了扩展)和我国多联机的标志性技术进展。

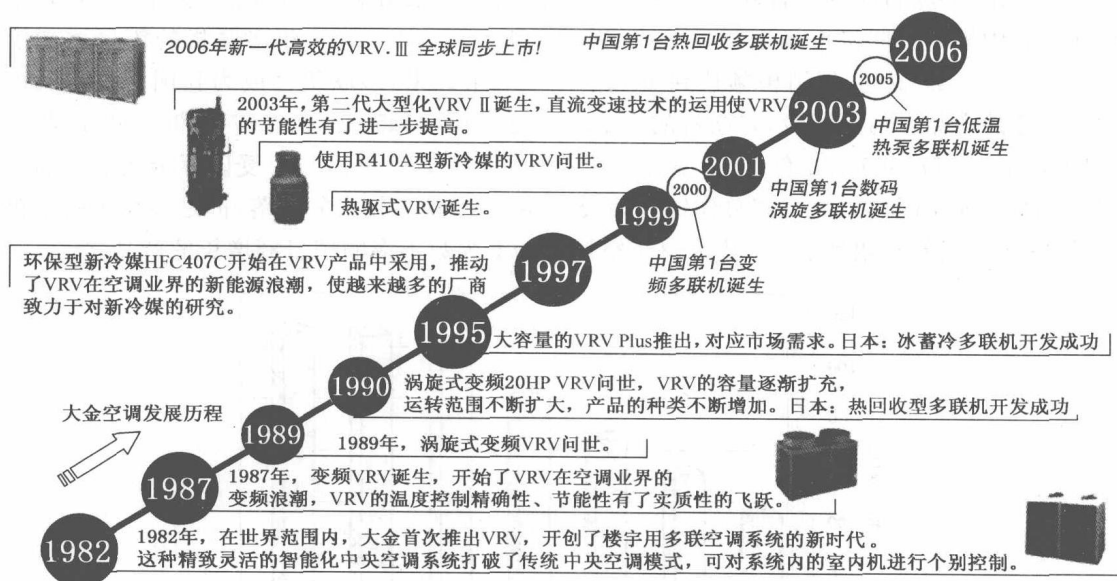


图 1-4 多联机的技术发展历程

我国的多联机技术起步较晚,从 20 世纪 90 年代末期引进日本技术开始,发展异常迅速,目前已逐步形成了变速(包括变频)与变容并存的技术路线,开始向中央空调提出挑战,已作为中央空调的形式之一广泛应用于商用和民用建筑中。表 1-2 给出了我国多联机技术从 20 世纪 90 年代末起步到 2007 年为止的重要的技术发展历程。

表 1-2 中国多联机的主要技术进展

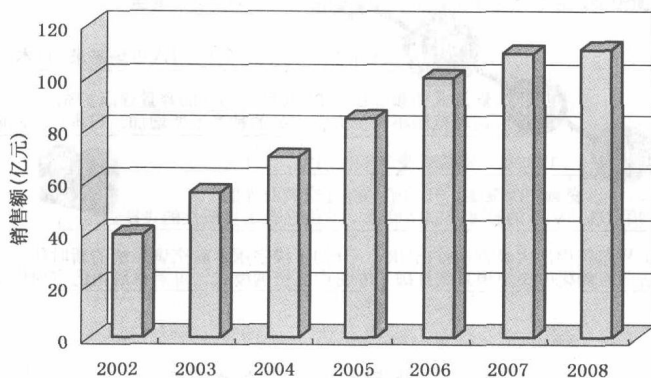
技 术	年份	厂家	备 注
开发出变频多联机	1996	海尔	海尔商用空调,采用交流变频技术
开发出可匹配多种室内机的变频多联机	2000	美的	25 kW(10 hp)变频中央空调室外机及可匹配的系列室内机
开发出数码涡旋多联机	2002	美的	与谷轮公司合作开发
开发出双变多联机	2004	海尔	“MRV-Ⅱ代”,并联能力达到 100 kW(40 hp)
开发出低温热泵多联机	2005	格力	采用喷气增焓技术实现低温制热
开发出直流调速多联机	2006	海尔	R410A 直流全变多联中央空调,能力达到 120 kW(48 hp)
开发出热回收多联机	2006	格力	一些室内机制热的同时,另一些室内机实现制冷,提高了能源利用效率
开发出变容量水冷多联机	2007	麦克威尔、三星	冷却工质由空气变为水,从而提高系统性能

在对 IAQ 要求越来越高的今天,综合考虑节能、能源利用结构优化和提高空调设备的可靠性和室内环境的舒适性,相信智能控制多联机空调系统将会在今后得到快速发展。

1.2.2 我国多联机行业现状

1.2.2.1 我国多联机的行业概况

近年来,多联机作为一种新型的空调系统,在商用和家用空调领域越来越占有举足轻重的地位。中国的多联机市场迅猛发展,如图 1-5 所示,2002—2008 年多联机的销量增加了一倍多^{[9][11]}。继 2006 年销售额达到 100 亿元人民币以来,多联机已成为我国中央空调市场最主流的产品。与此同时,多联机的产量也高速增长,2005、2006、2007 三年产量分别为:151 687、210 277、369 652 套;增长率分别为:126%、31.1%、86.7%。受国际金融危机的影响,我国 2008 年国内中央空调总体销售额较 2007 年出现了较大的回落,但是多联机的销售额较 2007 年仍然小幅增加^[12],成为整个空调市场上为数不多的销量额增长的产品之一。

图 1-5 2002—2008 年我国多联机的销售额^{[9][11][13]}

在多联机产品中,由于变频多联机在技术和应用上相对更有优势,再加上部分厂家的有效推动,在目前的变制冷剂流量多联机产品中,变频多联机组凭借多年积累的市场优势,已经占据着绝对领先的市场份额,2008 年的统计结果显示,销售的多联机产品采用变频技术的占 90%,数码涡旋约占 10%,定频多联机已经基本退出市场^[11],从图 1-6 中合肥通用机电



产品检测院 2008 年检测的各类多联机产品数量上也基本可以反应这个趋势。

多联机目前常用的制冷剂为 R22 和 R410A。R22 已成为《蒙特利尔议定书》未来淘汰的目标,因此目前各厂家都在积极从 HCFC 类制冷剂向 HFC 类制冷剂转化,R410A 制冷剂成为首选。从图 1-7 中 2008 年的检测数据来看,80%以上的多联机采用了 R410A 制冷剂。

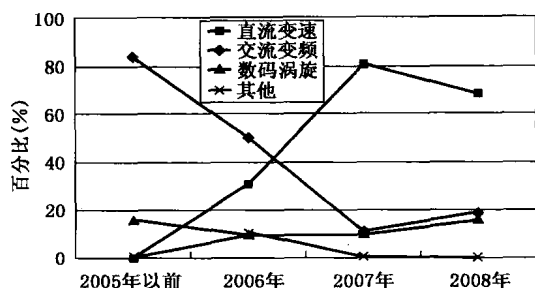


图 1-6 测试多联机压缩机类型分布^[14]

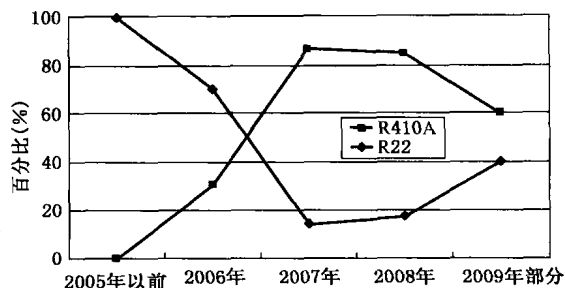


图 1-7 测试多联机制冷剂类型分布^[14]

综上所述,多联机已经成为我国中央空调的一种主要系统形式。可以预见,多联机产品在未来相当长一段时间内仍将保持高速的增长。因此,在我国当前紧张的能源形势下,设计好、使用好多联机具有非常重要的意义。

1.2.2.2 多联机产品的性能概况

《多联式空调(热泵)机组》(GB/T 18837—2002)规定了多联式空调(热泵)机组的制冷与制热运行的综合部分负荷性能系数 $IPLV(C)$ 、 $IPLV(H)$ 的测试工况(参见表 1-3),其 $IPLV(C)$ 、 $IPLV(H)$ 是产品合格与否的决定性性能指标。

表 1-3 GB/T 18837—2002 给定的部分负荷额定性能工况

试验条件	室内侧入口空气状态/℃		室外侧入口空气状态/℃	
	干球温度	湿球温度	干球温度	湿球温度
额定性能工况(制冷)	27	19	27	—
额定性能工况(制热)	20	—	7	6

2005 年,在《多联式空调(热泵)机组能效限定值及能源效率等级》(GB 21454—2008)制定过程中,国家压缩机制冷设备产品质量监督检测中心给出了 34 台套额定制冷量为 7~38 kW 多联机的 $IPLV(C)$ 、 $IPLV(H)$ 实测值,其分布如图 1-8 和图 1-9 所示。

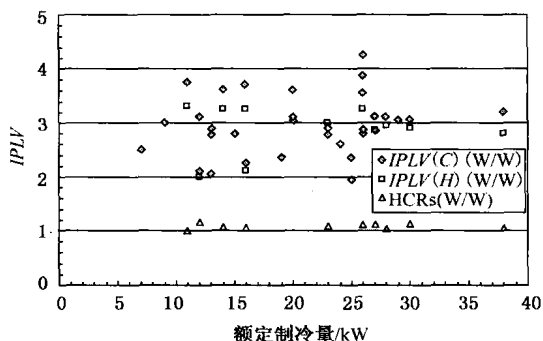


图 1-8 各厂家各型容量多联机的 $IPLV$ 和 $HCRs$ 分布

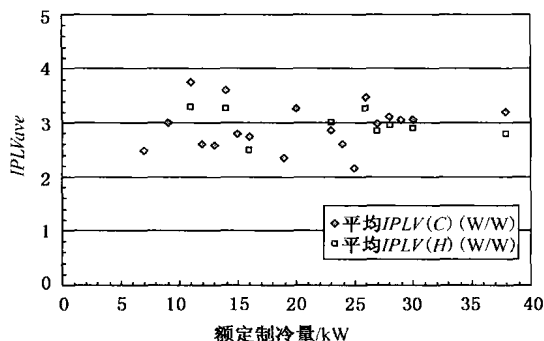


图 1-9 全国各型容量多联机的平均 $IPLV$ 分布

从图 1-8 和图 1-9 可以看出,2005 年各厂家多联机产品的 $IPLV(C)$ 的范围在 1.95~4.25(总平均值为 2.93), $IPLV(H)$ 为 2.0~3.3(总平均值为 2.98),相差非常悬殊,与其平均值的比分别为: $IPLV(C)$ 为 0.67 和 1.45, $IPLV(H)$ 为 0.67 和 1.11。相对而言,制冷性能相差更为悬殊(参见表 1-4),平均 $IPLV(C)$ 约为 4 级($IPLV(C)=3.0$)。

表 1-4 2005 年我国多联机的 $IPLV(C)$ 和 $IPLV(H)$ 差别

$IPLV$	平均值	最大值	最小值	最大值/ 平均值	最小值/ 平均值
$IPLV(C)$	2.93	4.25	1.95	1.45	0.67
$IPLV(H)$	2.98	3.30	2.00	1.11	0.67

自《多联式空调(热泵)机组能效限定值及能源效率等级》(GB 21454—2008)标准发布后,我国多联机能效水平出现了大幅度的提高。合肥通用机电产品检测院给出了在 2005—2009 年之间 159 台套额定制冷量为 7~38 kW 多联机的 $IPLV$ (制冷)实测值,其分布如图 1-10 所示^[14]。从图 1-10 可以看出,2005—2009 年之间,多联机性能稳步提升,特别是自 2007 年以来,我国多联机能效达到了较高的水平;2008 年,各厂家多联机的 $IPLV$ 的范围在 3.0~5.0 之间(总平均值为 4.0),不同厂家的产品性能相差仍然比较悬殊。

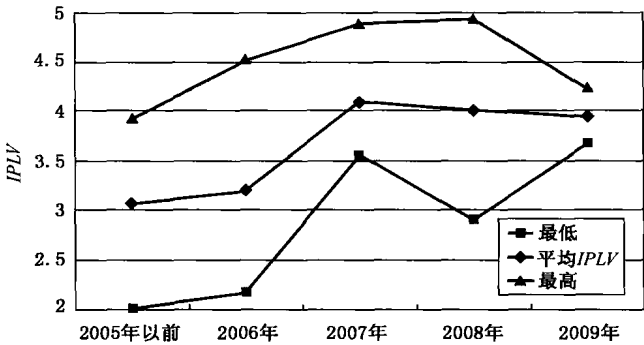


图 1-10 2005—2009 年多联机能效水平的变化^[14]

1.2.3 多联机的产品标准和能效标准

日本是多联机产品标准更新最快的国家,其多联机标准《パッケージエアコンディショナの期間エネルギー消費効率》(JRA 4048:2006 单元式空气调节机的季节能源效率)和《ルームエアコンディショナ》(JIS C 9612:2005 房间空调器)基本遵循了变频空调器的技术路线。早在 2001 年制定单元式空调机行业标准 JRA 4048(2001)时,就注意到多联机室内机独立控制的特点,指出需特殊进行研究,于是在 2003 年 6 月制定了《マルチ形パッケージエアコンの期間消費電力量算出基準》(JRA 4055 多联机季节耗电量计算基准)的行业标准;直到 2005 年 9 月日本才将 JRA 4048 和 JRA 4055 两个标准整合为《パッケージエアコンディショナの期間エネルギー消費効率》(JRA 4048:2006 单元式空气调节机的季节能源效率),并于 2006 年颁布实施。JRA 4048 标准扩展了单元式空调机的产品种类,将多联机产品纳入其中,标志着多联机产品在日本已正式出台行业标准。美国在 2008 年的单元式空调与热泵标准《Performance Rating of Unitary Air-Conditioning & Air-Source Heat Pump