

# 多联机与水系统集中 空调技术差距及对策

南通大学 周鹏晨<sup>☆</sup>

**摘要** 从实用角度对比分析了进口多联机与传统水系统集中空调的技术差距和发展前景,认为传统集中空调设备厂家应该具有危机感,政府应该重视和支持企业的技术创新和组织管理。鉴于冷(热)媒水量(能量)调节已成为制约集中空调市场竞争力的关键技术难题,研制了基于功能材料的传感-控制-驱动/执行|体化自适应控制器,认为其经济、可行。

**关键词** 集中空调 多联机 自适应控制 功能材料 能量调节

## Technical differences between multi-split air conditioners and water cooling central air conditioning systems and countermeasures

By Zhou Pengchen<sup>★</sup>

**Abstract** From the practical perspective, compares and analyses their technical differences and prospects. Points out that the manufacturers of conventional central air conditioners should be aware of the crisis they are faced with, and the government should emphasize and support technical innovation and management of enterprises. Whereas the adjustment of cold or hot water flow has been critical technology restricting the competition of central air conditioners, develops an integral adaptive controller based on sensing, controlling and driving/operating of functional materials. It is feasible technically and economically.

**Keywords** central air conditioning, multi split air conditioner, adaptive control, functional material, energy adjustment

★ Nantong University, Nantong, Jiangsu Province, China

①

### 0 引言

近年来多联机进入中国市场,并且在中国本土投产,先进的加工和自动控制技术,加上成熟的市场策略和理念,使传统水系统集中空调(简称传统空调)的市场份额逐渐被侵占。2005年福建省公共建筑空调设备市场中,商用多联机占45.6%<sup>[1]</sup>,据一份对上海及周边地区的调查分析,多联机、风管机、冷热水机组、单元式机组分别占70%,13%,12%,5%<sup>[2]</sup>。由于缺乏对多联机与传统空调的综合分析对比,在民众中造成了两个误区:1)多联机是高档产品,传统空调是低档产品,不利于用户理智地选用空调系统;2)空调厂家心存疑惑,要么争上多联机项目,与日本有关公司合资,要么陷入低价恶性竞争,最后因

经济效益低下而淡出空调市场。本文综合分析了多联机与传统空调的特点,找出了多联机与传统空调控制技术和市场理念上的关键差距,提出了适合我国国情的研发应对策略。

### 1 多联机与传统空调综合对比

在将两者进行对比时,需要从技术构成、设计便利性、对建筑的适应性、节能和维护性能等多方面综合考虑,还要剔除传统空调已经解决的技术问题(如管道泄漏等),以及多联机特有的、集中空调

① ☆ 周鹏晨,男,1958年2月生,硕士,副教授  
226007 南通市青年东路40号南通大学建筑工程学院  
(0513) 85015578  
E-mail: jack6136@sina.com  
收稿日期:2006-04-29  
修回日期:2006-07-10

系统不敏感的技术问题(如回油、总容量限制等问题)。由于空调设备属于大型耗能设备,讨论问题时不能忽视中国现行的能源策略背景,限于篇幅,仅将逐项对比结果列于表1。由表1可得出如下结论:

表1 多联机与传统空调技术对比

	多联机(A)	传统空调(B)	评价
能源适应性	电	电、热水、蒸汽	B更适合国家热电联产的能源政策
外部冷却形式	风冷	风冷、水冷	水冷有利于降低能耗,但管理麻烦,对建筑有一定要求;B适应性强
单压缩机容量	3~7.15 kW 涡旋式压缩机,按模数组合	30~50 kW 螺杆式压缩机或大型离心式压缩机	A模数组合有利于组织生产,降低制造成本和供货周期,降低库存;B压缩机COP高
制冷剂流量调节	基于计算机控制技术的电动热力膨胀阀	水力平衡阀、管路阀门调节	A能适应用户负荷、运行户数变化;B无自动调节功能
制冷剂种类	R407C, R410A	R407C, R22, 水	A环保性好,日本对室内充灌制冷剂有严格的法律规定,我国尚无有关立法;B火灾危险性小
制冷机制冷系数COP	3~4	4~5	B全负荷运行费用低,末端无能量调节;A末端有能量调节,部分负荷运行费用低
冬季化霜问题	多单元或多机组轮换化霜,或辅助电加热 <sup>[5-6]</sup>	依赖外界热源,无化霜问题	B适应高可靠要求和大量容量的场合,A适应无法获得外界热源的场合
自控完善度	整个系统自控	除制冷机外,自控需第三方设计配套	A有利于建设单位选择
机组服务范围	号称最远配管70m,最大落差50m <sup>①②</sup>	技术上无限制	A需以牺牲制冷系数为代价达到大的服务范围
承包方式	一体化工程总承包	制冷机、空调器、安装三方或更多方工程承包	A有利于保证工程质量,有利于提高自控水平,降低自控系统造价,对建设方管理要求低
新风系统	无	可按需要设置	B室内空气质量好
故障检测技术	全机组计算机在线检测	仅制冷机组有计算机检测	A对售后服务有利
室外机组噪声	A声级噪声58 dB	水冷型A声级噪声>70 dB	A适应性好;B采用风冷型与A相当
冷凝水排放	0.5 m扬程冷凝水排水泵已成为标准配置	进口冷凝水排水泵需要另配,仅少数工程使用	A配套排水泵使安装形式更加灵活,便于与装潢配套
企业规模	大型	中小型	A可置信度高,研发能力强
宣传手段与力度	重视,多种形式,多方位	限于财力,重视不够	A宣传力度提高了市场认可程度
工程造价(相对值)	100%	<75%	在能够使用多联机的场合,均为A胜出,B陷于同行低价竞争之中

1) 多联机在制冷剂流量调节、自控完善度、故障检测、承包方式、企业规模和营销等多方面比水

系统空调占优,技术落后的传统空调不能单凭价格优势获得市场青睐。

2) 多联机依赖电力,容量(制冷系统总制冷量或装机总功率)受服务范围 and 火灾安全性制约(我国目前没有相关标准),传统空调由于采用水作制冷剂,对容量(一般指制冷机总制冷量)没有限制,除了用电外,还能利用热电厂发电尾气(蒸汽),能源适应性好,服务范围大,具有发展和应用空间,我们不应该放弃对传统空调的技术投入和技术创新。

3) 多联机属于国外技术,我国除了少数企业在其基础上作了一些开发外<sup>[3]</sup>,作为多联机技术特别是核心的电子膨胀阀技术,没有相应的知识产权,导致相应的经济效益外流。

4) 在已建的多联机系统中,几乎都没设新风系统,而传统水系统集中空调可以按需配置新风系统,在国际空调界日益重视室内空气质量的时候和经历SARS后的中国,在公共场合(人员密集)频频采用多联机令人困惑。

5) 国内传统空调厂家应该向多联机企业学习,更新市场理念,重视与第三方用户(设计单位)的合作关系。集中空调毕竟是工程产品,据资料介绍,37%的空调工程通过设计院获得用户,24%的工程由生产厂家直接联系用户获得。虽然这些数据无法核准,但新建工程必然需要通过设计单位认可。目前设计多联机系统,设计单位只需要选定室内外机组型号、安装位置、配电、结构承重,而设计传统空调需要考虑水力平衡<sup>[4]</sup>、自控、计费、机房等问题,设计收益不如多联机系统。

6) 多联机企业采用系统集成的技术路线,强调销售的不仅仅是产品,而是包括服务在内的系统,设计、施工、售后服务都由一家完成。改变了传统空调出现问题时设计、施工等单位互相推诿的现象,更容易被用户接受。

7) 国内除了合资生产多联机的空调企业,一些大型企业由于上市,受资金回报效益的影响,开始淡出空调市场,另一些企业大多是中小型企业,研发力量较弱。政府应该对传统空调自控技术创新开发重点扶持,引导空调行业走出困境。

① 美的集团有限公司.美的中央空调多联机产品样本.2005

② 三菱重工.KX4系列商用多联机环保型中央空调产品样本.2005

## 2 多联机自控系统特点

据上所述,传统空调系统与多联机在技术上的差距不是一朝一夕形成的,如果全盘照搬多联机的模式,无论在科技投入和时间上均有不少困难,价格也难与多联机竞争,难以被市场所接受。必须分析多联机关键技术特点,寻找突破口,采取重点投入攻关,才能扭转不利局面。

### 2.1 多联机制冷剂流量(能量)控制技术发展及其特点

早期的多联机采用热力膨胀阀调节制冷剂流量,现以吸气过热度控制系统为例说明其工作原理<sup>[7]</sup>。充有制冷剂的感温包感受蒸发器出口的温度,作用于膜片上方,膜片下方感受蒸发器中的压力和弹簧作用力。制冷剂供应量小时,过热度大,感温包内压力高,推动膜片移动,阀门开启度增大,加大制冷剂供应量。制冷剂供应量小的时候,过热度小,调节作用相反。传统的热力膨胀阀在标准工况下能保证制冷机有较高的COP值,而运行工况改变或制冷量变化时,会出现调节误差和动作滞后。

由于变频调节的需要,于是出现了电子膨胀阀。吸气过热度控制系统由电子膨胀阀、压力传感器、温度传感器、控制器组成,工作时,压力传感器将蒸发器出口压力、温度传感器将压缩机吸气过热度传给控制器,控制器将信号处理后,输出指令作用于电子膨胀主阀的步进电动机,使膨胀阀的开度满足蒸发器供液量的需求,进而蒸发器的供液量能实时地与蒸发负荷相匹配,有效地控制过热度。另外,电子膨胀阀从全闭到全开状态用时仅需几秒钟,反应和动作速度快,开闭特性和速度均可人为设定。电子膨胀阀可在10%~100%的范围内进行精确调节,其调节范围可根据不同产品的特性进行设定。选用电子膨胀阀-吸气过热度控制,机组无论在标准工况、变工况,满负荷、变负荷运行均能保持较高的COP值。

设计多联机配管时,因为采用基于电子膨胀阀的计算机控制技术,对水力失调现象不敏感,配管设计较为简单。对比传统空调,采用同程式设计在管路差距大时调节能力有限,采用平衡阀不能随时调节(在使用单位换季调节也难做好)。传统空调设计、调试需要花费大量人力和时间。在设计工期紧,可以选用多联机的时候,设计单位推荐多联机

似乎是一种无奈的选择。

### 2.2 传统空调自控技术突破口的选择

#### 2.2.1 分级控制策略

多联机采用的是集中控制,依据安装于室内机上的传感器检测室内负荷,在调节室内机制冷剂流量的同时,调节压缩机负荷。传统空调制冷机与末端空调设备往往不是同一厂家生产,像多联机一样整合控制系统较为困难。对于传统空调系统,采用集散式控制改动量较小,分为三级:1) 制冷机负荷级自动控制,目前技术较为成熟;2) 水系统能量级控制,有待研发;3) 室温级控制,有多种产品,主要是风机侧控制,技术有待提高。这样分级控制的好处是,各级之间的数据传递较为容易:室温波动信号控制室内空调机风机转速(改变负荷)→负荷信号通过水温控制空调器水量→水量信号控制制冷机运转负荷。按照分级控制的技术路线,制冷机级和房间空调器级的自控装置可以得到保留,仅需要开发所缺的水系统能量级调节技术。

#### 2.2.2 能量计量收费问题

合理分摊空调费用,是用户和空调管理者提出的合理要求,多联机可以采用电力计量的方式解决计费问题。全国热电冷联产发展步伐加快,对传统集中空调有利,合理解决能量计量问题,有利于提高传统空调的市场竞争力。目前供暖系统中,采用热量计量方法的,单户计量装置投入可能达到1000元。

#### 2.2.3 通过技术创新解决集中空调水系统控制问题

鉴于目前还没有合适的自控产品可以达到上述控制要求(目前通用自控产品的应用还属于特殊行业,高可靠自控设备大多进口,价格昂贵),空调企业必须开发自己专用的控制设备(类似于多联机中电子膨胀阀),通过大批量生产降低成本和价格。在集中空调自控系统中,采用分级控制时,制冷主机或热源工况相对稳定,夏季制冷机供水温度为7℃,回水温度为12℃;冬季一般供水温度为55~60℃,回水温度为45~50℃。可以根据回水温升(降)来控制末端空调系统的水量,使之适应末端空调器负荷。图1为某工程中采用水系统能量调节控制的原理图,采用PLC控制,通过温度传感器感知空调设备回水温度(空调负荷),调节电动调节阀开度,达到空调水流量与负荷匹配的目的,进而稳

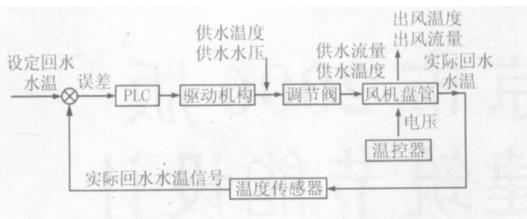


图1 采用可编程控制器 PLC 的水系统能量控制原理图

定回水温度。某重点工程采用 DDC 控制器, 电动调节阀口径  $D_g32$ , 自控系统造价为 2.7 万元。因此空调企业必须通过自主创新解决集中空调水系统控制问题。

### 3 基于功能材料的传感-控制-驱动/执行一体化能量调节技术

既然不能采用现有自控产品, 能否对图 1 所示的自控流程作一些简化, 从而节省自控系统造价, 达到同样的控制效果? 图 2 为简化后的控制流程图, 由于将传感-控制-驱动/执行装置安排在一起, 构成一个完整的自适应控制器, 称之为自适应能量调节装置。仅从能量控制需求的角度, 该装置几乎不需要信号线与外部连接, 因而可以简化设计和施工过程。

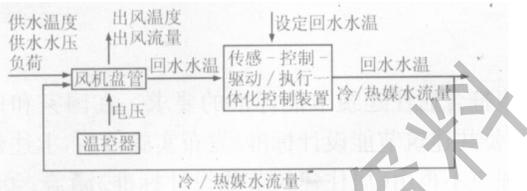


图2 采用自适应能量调节装置的控制原理图

#### 3.1 功能材料的选择

在热力工程中采用功能材料已经有悠久的历史, 制冷装置中的热力膨胀阀, 采用制冷剂既作为感温介质, 同时又提供驱动动力, 此外还有动力工程中用的自力式蒸汽调节阀、汽车中广泛使用的节温器(石蜡作为相变感温材料)、生活热冷水混合控制阀(记忆合金弹簧)等, 均具有温度传感和驱动功能。其特点是机构简单, 造价便宜, 工作可靠。缺点是不能输出信号, 与其他自控系统通讯困难。目前可以用于控制空调水系统的功能材料或器件性能可以达到 2 万次寿命, 寿命周期可以达到 2 a。在不需要频繁控制的场合, 已经达到实用程度。进一步改进后, 寿命可以达到 5 万次, 寿命周期达 5 a, 完全可以达到空调自控系统的要求。

#### 3.2 固态控制器<sup>8)</sup>

为了与具有传感-驱动功能的功能材料相匹配, 应该采用固态控制器。在计算机大规模应用之前, 航空工业的飞机-生命保障系统中就采用流体力学的原理, 将 PID 控制器做成机械形式: 比例(P)控制可以用杠杆原理或大小活塞来实现, 积分(I)控制可以通过空腔-量孔组合实现, 这种 PID 控制器可靠性极高, 至今仍在使用的。

#### 3.3 采用一体化能量调节的应用价值

将固态 PID 与功能材料(器件)结合, 构成一体化自适应能量调节装置, 装设于空调设备回水管路上, 依据回水温升(降), 调节阀门开度, 可以控制流量, 最终稳定回水温度。它能使空调器冷热媒水流量自动跟踪负荷变化, 有利于最大限度发挥水泵的变频节能效果, 而用户的能量计量也变得十分简单, 仅需要用水表计量流量。

一体化自适应调节器价格更具优势, 多联机中的电子膨胀阀, 单体价格达 400~500 元, 进口产品价格更高。如果计算配电、温度传感器、数据传送网络和计算机主机, 则单台分机控制系统折合成本达 800~1000 元。预计采用一体化的自适应能量控制装置, 用于单个房间的空调, 价格可以控制在电子膨胀阀方案的一半左右, 大批量生产价格可能会更低。

关于如何实现计算机与一体化自适应控制联机通讯和控制问题, 水系统动态调节问题<sup>9,10)</sup>, 有待今后解决。

## 4 结论

4.1 多联机与传统空调系统相比, 具有明显的技术优势, 其生产企业的市场策略更为合理, 值得传统空调企业学习。多联机不是完美无缺, 其固有缺点是造价高、耗电量大等。传统空调可以通过技术创新与之抗衡。

4.2 基于功能材料的传感-控制-驱动/执行一体化自适应能量控制技术, 是传统空调企业急需的技术, 应该列入国家重点科研项目, 集中资金, 重点投入研究开发。

4.3 目前传统空调企业规模小而分散, 研发资金投入少, 应该有效组织起来, 联合相关高校, 开发新型空调技术和产品, 形成技术同盟, 共同投资, 技术分享, 避免价格恶性竞争。

(下转第 74 页)

的相对变化值为 0.83%，完全满足稳态条件±2%的要求<sup>[5]</sup>。

### 3 实验结果分析

为了验证热媒和冷却控制系统以及流量水位控制系统的有效性，对河北某制冷净化设备厂的铜管铝串片式对流散热器进行了测试。对流散热器外罩尺寸为 600 mm × 120 mm × 1 000 mm，带后挡板，联箱内藏，顶部通气，有出口格栅；散热元件为 4 × 25 铜管，上下对角排列；表面无涂料；质量为 15.80 kg；散热面积为 8.55 m<sup>2</sup>。

图 4 为散热器 3 种工况稳态测试数据图。工况 1：进出口平均温度 80 °C，进出口平均温度与基准点温差 59.94 °C，水温最大波动 0.19 °C，基准点温度最大波动 0.09 °C；工况 2：进出口平均温度 66.82 °C，水温最大波动 0.2 °C，基准点温度最大

波动 0.1 °C；工况 3：进出口平均温度 50.65 °C，水温最大波动 0.1 °C，基准点温度最大波动 0.09 °C。可以看出热媒和冷却控制系统完全能够达到标准所要求的控制精度<sup>[1-5]</sup>。

表 1 为 3 种工况稳态测试时的流量值，从表中可看出，流量的最大偏差为 0.81%，完全满足稳态条件±2%的要求<sup>[5]</sup>。

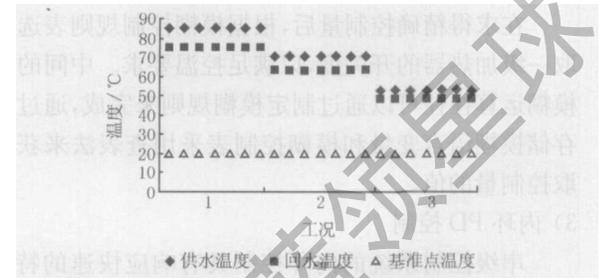


图 4 某散热器 3 种工况稳态测试数据

表 1 某散热器 3 种工况稳态测试流量值

	测试编号							平均值	最大偏差
	1	2	3	4	5	6	7		
工况 1	128.831 4	128.183 4	128.197 8	127.351 0	127.938 6	127.748 6	127.348 2	127.942 7	0.69%
工况 2	127.739 7	127.013 4	127.798 2	128.493 0	128.112 3	128.390 4	128.058 3	127.943 6	- 0.63%
工况 3	127.341 9	127.206 0	127.135 8	126.988 7	128.610 9	128.112 9	127.654 9	127.578 7	0.81%

### 参考文献

[1] 国家技术监督局. GB/T 13754—92 采暖散热器热量测定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1992

[2] ISO. ISO 3147—1975 Heat exchangers; Verification of thermal balance of water fed or steam fed primary circuits; Principles and test requirements[S], 1975

[3] ISO. ISO 3148—1975 Radiators, convectors and similar appliances; Determination of thermal output; Test method using air cooled closed booth[S], 1975

[4] ISO. ISO 3149—1975 Radiators, convectors and

similar appliances; Determination of thermal output; Test method using liquid cooled closed booth[S], 1975

[5] ISO. ISO 3150—1975 Radiators, convectors and similar appliances; Calculation of thermal output and presentation of results[S], 1975

[6] 楼顺天. 基于 MATLAB 的系统分析与设计——模糊系统[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2001

[7] 祁峰. 散热器性能标准试验台计算机自动测试系统[D]. 天津: 天津大学, 2002

(上接第 57 页)

### 参考文献

[1] 吴时晶. 《公共建筑节能设计标准》与商用多联机空调[J]. 暖通空调, 2006, 36(3): 47- 48

[2] 多联机将主导家用空调市场[J]. 中国建设信息供热制冷, 2005(8): 14

[3] 周祖毅. 双变或全变式多联机空调系统[J]. 暖通空调, 2005, 35(9): 107- 109

[4] 郑爱国. 谈空调水系统水力失调的解决办法[J]. 山西建筑, 2002, 28(4): 97- 98

[5] 毕建坤. 辅助热源多联机—HOT-MULTI 小型中央空调[J]. 流体机械, 2003, 31(增刊): 287- 288

[6] 景步云, 谷波, 黎远光. 基于模型的热泵空调化霜控制方法研究[J]. 流体机械, 2004, 32(1): 46- 64

[7] 庄嵘, 叶竞春, 尹翔天. 电子膨胀阀在变频一拖多空调系统中的应用[J]. 制冷, 2004, 23(3): 37- 40

[8] 南京航空学院, 北京航空学院. 航空个人防护设备[M]. 北京: 国防工业出版社, 1982

[9] 冯小平, 龙惟定. 集中供热空调系统水力工况的动态模拟和控制[J]. 江南大学学报, 2005, 12(4): 638- 641

[10] 刘贤坤. HVAC 系统多变量热力过程的自适应控制研究及应用[J]. 制冷与空调, 2003(3): 11- 14