

户式中央空调变风量系统设计探讨

李向东, 王慧, 牟灵泉

(山东省建筑设计院, 山东 济南 250001)

摘要: 分析了户式中央空调的各种形式及存在的问题, 指出了采用变风量系统是提高住宅室内空气品质的最佳手段, 并详细论述了户式中央空调变风量的构成及控制系统。

关键词: 户式中央空调; 变风量系统; 设计

中图分类号: TU834

文献标识码: B

文章编号: 1006-8449(2001)04-0043-05

1 引言

1.1 户式中央空调发展较快的原因

户式中央空调是介于中央空调和家用空调设备(窗式空调机、分体空调机等)之间, 为住宅、别墅、小型办公用房等场所提供供暖、空调的一种方式。近几年获得了较快的发展, 其原因如下:

- a) 住宅业的迅猛发展, 使得住宅从数量到质量、功能都有了大幅度提高;
- b) 人民生活水平的提高, 对室内热舒适环境提出了更高的要求;
- c) 我国供暖区各大城市冬季煤烟型大气污染日益严峻, 使得各地相继出台了一些限制燃煤锅炉的政策。因此, 采用电和天然气等清洁能源的户式中央空调的应用具备了能源上的先决条件;
- d) 为房地产开发商减少投资环节、降低开发费用、简化物业管理程序提供了便利;
- e) 户式中央空调本身具备的优越性。

1.2 户式中央空调的形式

1.2.1 可变冷媒直接蒸发式一拖多系统, 如VRV系统。此种方式具有多种室内机类型可供选择, 安装方便, 但价格较高, 冷媒入户, 氟利昂用量大且有泄漏危险。

1.2.2 室外机为小型空气-水热泵机组, 制备冷(热)水供应室内多台风机盘管。其优点是水管较细, 容易拐弯或穿墙; 风机盘管容易控制, 较易实

现节能运行。缺点是水管入户, 存在漏水危险, 对施工要求严格; 风机盘管集水盘容易滋生细菌。

1.2.3 室外机为小型空气-空气热泵, 制备冷(热)风通过风管送到每个房间。其优点是采用空气系统没有漏水危险; 采用直接蒸发制冷(热)并且不用水泵, 能效比高于空气-水热泵, 耗电小; 可引入新风, 可对室内空气过滤、加湿、除臭等处理, 空气质量好, 是最为接近中央空调系统的形式。

其缺点是风管外加保温层后管径较大, 房间层高应加大; 分室温度控制较难实现, 普遍的应用情况是一开全开, 一关全关, 造成耗能较高, 噪音较大。有的虽采用电动风阀调节, 但对主机没有联动控制, 效果较差。如能提高控制水平, 实现分室温控, 降低运行费用, 该形式应是最理想的户式中央空调。本文将探讨利用变风量控制技术, 改善这种全空气型的户式中央空调形式。

2 中央空调变风量系统简介

2.1 变风量系统的优点

中央空调变风量(VAV)系统20世纪70年代初由国外研究推出, 目前是欧美等发达国家主流的空调系统, 它根据空调负荷的变化以及室内要求参数的变化来自动调节各末端及空调机组风机的送风量, 最大程度地保证空调环境的舒适性, 降低空调机组的运行能耗。一般来说它具有以下显著特点:

a) 舒适性。能实现各个空调区域的灵活控制, 可根据负荷变化或个人的要求自行设定环境温度。

b) 节能。由于空调系统绝大部分时间是在部分负荷下运行, 而变风量空调系统是通过改变送风量来调节室温的, 因此能够合理的分配气量, 减少风机能耗, 降低运行电费及总装机容量。

c) 不会发生过冷或过热。由于温度控制的灵活、有效, 可避免常规空调常见的局部区域过冷或过热, 既提高舒适感, 又节约能量。

d) 系统噪声低。如果风量减小是通过风机转速降低实现的, 则会使系统噪声大幅度降低。

e) 无冷凝水烦恼。变风量系统是全空气系统, 冷水管路不经过吊顶空间, 可以避免冷冻水、冷凝水滴漏污染吊顶。

f) 系统灵活性好。其送风管与风口之间采用软管, 送风口的位置可以根据房间的变化而任意改变, 也可根据需要适当增减风口。

2.2 变风量系统末端装置

变风量系统的基本组成是带有变频调节风机的空气处理器、风道、变风量末端装置以及控制系统, 后两者是构成变风量系统的核心部分。常见的变风量末端装置可分为两大类: 风阀调节型及风机动力型, 两类各有特点。风机动力型提高了室内空气流的诱导特性, 但送风量的控制仍采用风阀调节。风阀调节风量存在如下问题:

a) 当流量减少时, 流过风阀的空气与阀门叶片摩擦, 会产生噪声。

b) 为使末端风量满足要求并具有良好的调节特性, 就需要使阀门的压降占支管总压降较大的比例, 即增加风阀所消耗的能量。由于户式中央空调室内机的送风余压本身就很小, 在使用阀门调节风量时, 会将风量阻隔在风管内, 减少进入房间的风量, 降低空调系统的送风能力。

c) 对于户式中央空调, 若采用风阀控制, 而机

组总送风量不加以控制, 则不能同时将所有房间的阀门关闭, 否则会烧毁机组。而当部分阀门关闭时, 迫使空气流到未关闭的房间, 造成空调系统紊乱、局部送风过大、温度超差等一系列问题。

d) 阀门容易变形、机械故障率高。因此常规的变风量末端对户式中央空调不适应。

2.3 变风量系统的控制方法

变风量系统一般采用静压控制法, 有定静压控制、变静压控制等。由于户式中央空调送风管路较短, 送风压头较小, 控制的误差必然较大, 失去实际应用价值。因此, 户式中央空调要实现变风量控制, 必须要寻找新的末端控制装置及控制方法。

3 户式中央空调变风量控制系统(rVAV)

3.1 系统介绍

rVAV 是专为家庭住宅、商住两用房等户式中央空调设计的一套变风量控制系统。它配合风冷空调机组、热水盘管或暖风炉, 达到控制室温、节约能耗的目的。该系统可对新风进行调节, 以保证室内空气品质。除制冷状态, 还可以对热水盘管或暖风炉的供暖状态进行控制。另外, 还可以实现远程监控, 通过小区物业管理中心的计算机对所有用户的空调系统进行集中监控, 随时监测并判断故障。

rVAV 系统是采用风机取代风阀及总风量控制法下的变风量控制系统, 它运用现代计算机控制技术和多变量控制理论对户式中央空调进行集散控制。通过各房间的数字式温控器, 采用模糊逻辑控制技术无级调节相应的风机的转速, 从而调节房间的送风量, 以达到温控的目的。通过系统中央控制器实现两个控制功能: 一是采集各房间温度和风量参数, 控制室内机的送风量以及室外机的变频或启停; 二是与小区网络连接, 实行远程集中管理。

rVAV 系统的末端变风量箱采用带动力的风机箱, 可使每个出风口的压力提高 60~90Pa, 明显提高送风能力, 降低空调室内机对机外余压的需求。

由于做到分室独立调节和控制、风机自动变风量以及机组的自动控制等控制手段，实现连续工况的调节，彻底杜绝普通户式空调系统一开全开的不合理状况，对主机装机容量可以明显降低，空调耗电量、噪声、空间占用等均可减少。

3.2 系统构成

rVAV 系统构成见图 1，主要组成如下。

3.2.1 空调机组

可选择任何型号的风冷冷风或热泵空调机组。定速机组或变频机组均可，资金许可时，尽量选用变频机组。

3.2.2 末端数字控制器 (rEDC)

采用微处理器及人工智能的模糊逻辑控制技术，瞬态响应时间快。rEDC 控制器集温控器与执行器于一体，由置于温控器内的温度传感器实时检测室内温度，与用户预先设定的室内温度进行比较，实时自动平滑地调节风机转速，从而实现风机送风量的自动控制和无级调节，控制精度可以达到 $\pm 0.75^{\circ}\text{C}$ ，能够准确地调整风量，并使其随负荷变化保持动态平衡。

3.2.3 变风量终端箱 (FTB)

FTB 变风量箱是带有动力的风机箱，风压 60Pa (标准型)、90Pa (高静压型)，构造如图 2 所示。由

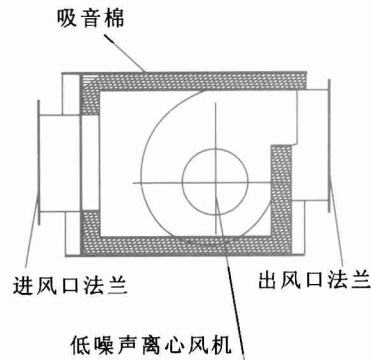


图 2 变风量终端箱结构

离心风机、电容式电机、吸音箱体、保温吸声板等组成。风机为大轮径、大风量、低转速、低能耗、低噪声离心风机，电机为高效、低噪声单相电容电机，箱体内贴保温吸声板，不但可以确保箱体表面不会暴露，同时可以降低箱体噪声。

3.2.4 中央控制器 (Master)

用于实时采集所有末端控制器的控制信号，判断温度变化趋势，在加以总解耦计算后控制室内风机的送风量，同时对室外压缩机进行变频控制或启停控制。

中央控制器上带有通信接口，可以通过网络进行计算机远程监控，实现小区集中管理。

3.3 控制过程

在每个独立温度区安装变风量末端 (变风量终端箱 + 末端数字控制器)，在机组室内机处安装一台主控制器。主控制器上带有两个 RS-485 通讯接口，其中一个与各室控制器的通讯接口通过一对双绞线相联，另一个接口可直接通过网络线与小区的微机相联。

原空调机组自带的控制面板，可作为机组的总电源开关，并用于选择工作模式 (制冷、制热、除湿、通风等)。面板上的风速调节键无效，现由

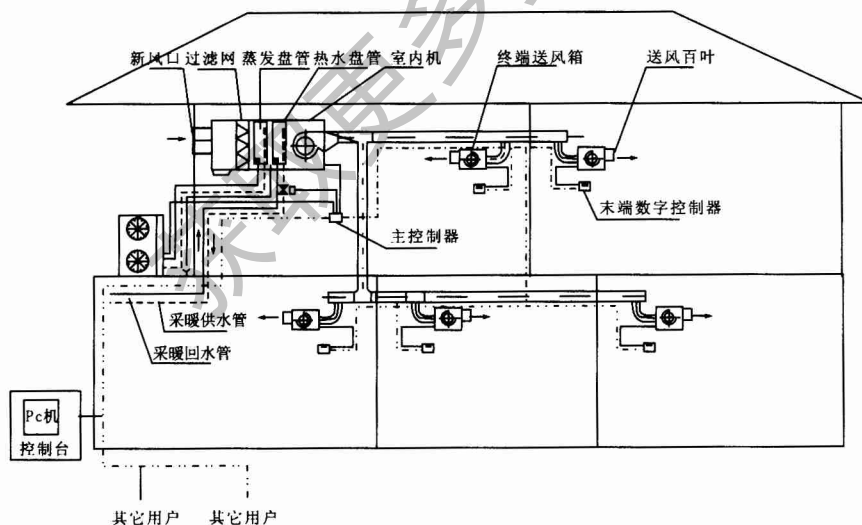


图 1 rVAV 系统构成

系统主控器实时根据各个房间空调的运行情况，用户设置温度与实际室温的温差来自动控制空调机组室内机送风量。

现以制冷状态为例，说明该系统的控制过程：

当第一台末端控制器打开时，设定温度低于室内温度 0.5°C 以上，室外机启动。当最后一台末端控制器关闭，或所有工作的末端数字控制器的室内温度低于设定温度 0.5°C 以上时，室外机停机。为防止室外机频繁启停，每次停开机时，系统都有检测程序，保证一定的连续运转或停机时间。

当不打开空调机组面板上的电源开关，只打开末端控制器时，空调机组压缩机不工作，只有室内风机工作，此时可作为房间通风换气之用。

每一台末端控制器实时检测设置温度与室内温度的温差，根据温度差值及差值的变化趋势，来自动调节变风量箱风机转速的无级变化，以控制该温区的送风量，达到调节温度的目的。

系统主控器实时检测每个末端控制器的运行参数，根据每个温控区所需风量总和及温度变化趋势来控制机组室内机运行在高档、中档或低档风速状态下或采用无级风量调节。

当空调系统有新风引入，在新风口处可安装一个手动调节阀或比例调节阀。当安装新风比例调节阀后，可由主控器根据室内机送风量大小来控制新风的风阀开度。

3.4 设计步骤

3.4.1 收集建筑资料，初步划分系统

同其他型式的空调系统设计一样，户式中央空调变风量系统设计前要完整准确地收集那些对冷热负荷会产生影响的建筑设计资料。对住宅建筑来说，除常规的一些资料如气候条件、热工性能等，还应对以下内容作重点了解：

a) 住宅的类型，如为多层、小高层、高层住宅，还是属别墅、度假村、或是为出租公寓类等；

b) 住宅户型设置情况，如户内面积、房间有无二次分隔的可能等；

c) 未来住户的基本情况，如职业、收入、生活习惯等；

d) 住宅区的能源情况，可以采用的热源种类；

e) 开发单位的物业管理要求。

在收集和研究了上述资料后，应初步确定：

a) 采用何种户式空调；

b) 室外主机及室内末端设备的安装位置；

c) 辅助加热设备的类型及安装位置；

d) 初步划分系统，毋庸置疑，对于普通住宅，应按户设置系统，但对于面积较大的跃层式住宅、别墅，或商住办公性质的公寓等，系统的划分应予考虑，如按层、按功能区、或采用一个系统。

3.4.2 冷热负荷计算

冷负荷计算分两步，首先计算每个房间的逐时负荷，其最大负荷用来确定每个房间需要的最大送风量，据此选择末端送风装置的规格。然后根据每个房间的逐时负荷，考虑人员、灯光、家用电器等的同时使用系数，计算每户（一户一个系统）或每个系统（一户多个系统）的逐时空调冷负荷，取最大值作为选取制冷主机容量的依据。

冬季热负荷计算与常规空调相同。

3.4.3 风机箱选择

根据每个房间需要的送风量选择末端风机箱规格，房间送风量按下列计算：

$$L = \frac{3.6Q_q}{\rho(h_n - h_s)} = \frac{3.6Q_x}{\rho C(t_n - t_s)}$$

式中 L —送风量， m^3/h ；

Q_q, Q_x —空调房的全热和显热冷负荷， W ；

ρ —空气密度， kg/m^3 ，可取 $\rho = 1.2\text{kg}/\text{m}^3$ ；

C —空气比热， $\text{kJ}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$

h_n, h_s —室内空气和送风空气焓值， kJ/kg ；

t_n, t_s —室内空气温度和送风温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

空调系统的送风温度为表面冷却空气处理器后露点温度并考虑风机和管道的温升得热，全空气型户式中央空调均采用直接蒸发式的表面冷却器，实际运行时机器露点温度处在 $10^{\circ}\text{C}\sim 14^{\circ}\text{C}$ 范围内。风机较小，管道较短，温升可基本不考虑。当房间设定温度在 $24^{\circ}\text{C}\sim 28^{\circ}\text{C}$ 时，日送风温差在 $10^{\circ}\text{C}\sim 18^{\circ}\text{C}$ 。对于住宅来说，房间进深一般较小，送风射程短，即使在变风量末端装置送风量减少的情况下，一般也不会室内产生不舒适的下降气流，送风温差可以取较大值，以减小设备，提高经济性。

3.4.4 空气处理装置

户式中央空调的空气处理装置有分体管道机、分体柜机、穿墙机组等几种形式，一般按所负担房间的逐时冷负荷最大值并考虑一定的裕量系数选取，并按冬季空调工程校核。对于北方寒冷季节，冬季热泵出力一般不能满足热负荷要求，此时应设辅助加热装置。常用的辅助加热方式有：

- a) 在送风管道内设纯电阻式加热器；
- b) 在室内机组内增设热水盘管，利用用户自备的电或燃油、燃气的热水器加热；
- c) 冬季将送风管道切换到燃油、燃气暖风炉等设备。

3.4.5 风管系统设计

由于户式中央空调风量小、流程短、余压小、室内噪声要求高，不采用中央空调变风量系统常用的高速送风。送风系统的设计可按常规低速系统，风管尺寸按等摩阻法计算，风速一般不大于 5m/s 。回风有条件时宜设专用的回风管，也可利用相通的吊顶空间回风。仅靠门窗缝隙回风的做法，当晚间房门关闭后可能送不进风，应避免采用。

3.5 设计实例及经济比较

某三室二厅户型（面积约 120m^2 ），当分别采用

表1 全空气变风量系统主要设备及价格

序号	设备名称	型号	规格	数量	价格,元
1	卧式安装分体空调机	YCC-25GR	制冷量7.1kW 风量2040m ³ /h 功率5kW	1	14000
2	变风量终端箱	FTB-3L	额定风量300m ³ /h	1	830
		FTB-4L	额定风量400m ³ /h	2	1660
		FTB-5L	额定风量500m ³ /h	2	2060
3	房间数字控制器		设置及控制室温	5	3450
4	户式中央控制器		采集数据,自动控制 风量及室外机启停		2300
5	合计				24300

表2 风机盘管系统主要设备及价格

序号	设备名称	型号	规格	数量	价格,元
1	风冷式冷水机组	YCAC06H	制冷量7.5kW 内置水箱、水泵等	1	30000
2	变风量终端箱	FP3.5	额定风量350m ³ /h	1	1000
		FP5	额定风量500m ³ /h	5	5000
3	房间温度控制器		设定室温、控制风转速	5	1900
4	合计				37900

全空气变风量系统及风机盘管系统时，户式中央空调、所需要的主要设备及价格分别列于表1、表2。

两表均未考虑冬季辅助加热设施及管道、安装等费用，从表中可看到表1费用均明显低于表2。

4 结语

a) 全空气户式中央空调具有空气品质好的特点，应是高级住宅首选的空调形式。

b) 户式中央空调采用变风量系统能达到室温控制方便、节能、降噪的效果，避免全空气系统的缺点，发挥其优点。

c) 户式中央空调全空气变风量系统较风机盘管系统也具有价格上的优势。

参考文献：

[1] 蔡敬琅. 变风量空调设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.11
[2] 北京中立格林控制技术有限公司. 产品样本[Z].

收稿日期: 2001-08-31