

变风量空调系统应用于别墅设计探讨

总参工程兵第四设计研究院 王 戎[☆] 姜建中 毛 维
解放军理工大学 耿世彬 张 华 李 永

摘要 以某别墅工程为例,介绍了单风道单冷型变风量系统在住宅中的应用。探讨了单风道变风量空调系统的负荷计算方法,总结了变风量空调系统在运行调试过程中出现的问题及采取的应对措施,分析了变风量系统对室内空气质量的影响。

关键词 变风量系统 负荷计算 空气质量 别墅

Design of VAV air conditioning system for a villa

By Wang Rong[★], Jiang Jianzhong, Mao Wei, Geng Shibin, Zhang Hua and Li Yong

Abstract Taking a villa project as an example, presents the application of single duct VAV air conditioning cooling system to residences. Discusses the load calculation method for the air conditioning system. Summarizes the problems occurring in the operation commissioning of VAV air conditioning system and the countermeasures. Analyses the effects of the system on indoor air quality.

Keywords variable air volume (VAV) system, load calculation, air quality, villa

★ No. 4 Engineering Design & Research Institute, GSHQ, Beijing, China

①

目前多用于高级住宅、别墅、小型办公用房等场所的空调系统可归纳为以下几类:

1) 可变制冷剂流量直接蒸发式一拖多系统,如变制冷剂流量系统。

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。

3) 空调箱制备冷、热风,通过末端单风道变风量调节装置送风到每个房间。笔者将这种系统定义为户式变风量空调系统。

前两种空调方式应用较为广泛,而第三种空调方式既可引入新风,又可对室内空气进行过滤、加湿、除臭等处理,空气质量好,同时无冷凝水、无漏水危险,结构简单,易损件少,检修方便,是最为接近集中空调的空调方式。本文结合实际工程对第三种系统进行探讨。

1 建筑概况

该项目位于北京,由多栋别墅组成,每栋别墅建筑面积 1 600~2 000 m²。地下 2 层,地上 3 层,其中地下 1 层有下沉式庭院。空调机房位于地下 2 层,根据房间的使用功能,合理划分空调系统。每栋别墅设置 2~3 台空调机组。

2 系统介绍

由于业主对空气质量、空调舒适度的要求很高,在与业主反复沟通后,最终确定采用单风道单冷型变风量空调系统。

该工程设计的变风量空调系统主要由 4 部分构成:变频空调机组、末端单风道变风量调节器、末端数字控制器和中央控制器。其中变频机组的构成见图 1,单风道变风量调节器见图 2。

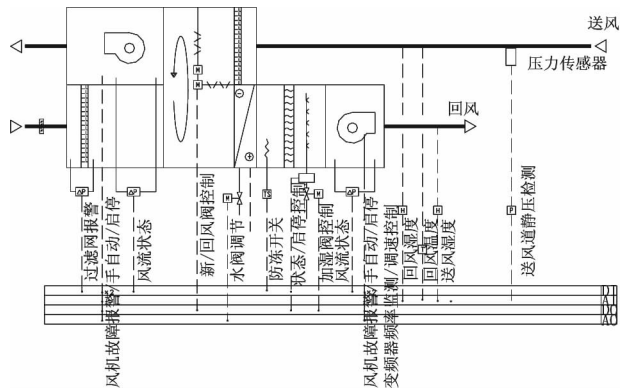


图 1 变频空调机组

①☆ 王戎,女,1972 年 1 月生,大学,高级工程师
100036 北京市太平路 24 号总参工程兵第四设计研究院二
室
(010) 51950227
E-mail: kstw2004@163.com
收稿日期:2012-06-18
修回日期:2012-08-06

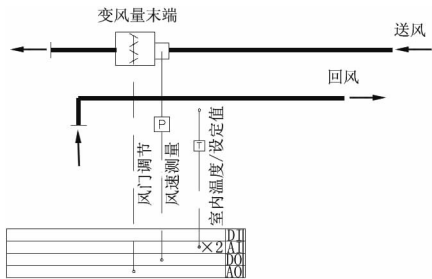


图2 单风道变风量调节器

3 单风道变风量空调系统计算方法简介

3.1 夏季最大送风量计算^[1]

户式变风量空调系统夏季空气处理过程焓湿图见图3。以其中1个空调系统为例,介绍夏季最

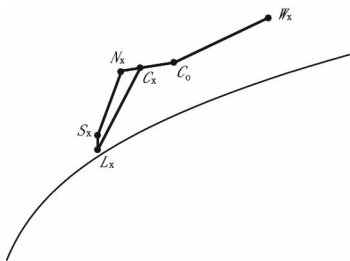


图3 夏季计算工况 h-d 图

大送风量的计算。已知室内最大计算得热量为48.31 kW,计算散湿量为5.27 kg/h,则热湿比为33 001 kJ/kg。由图3可以得到表1中数据。

表1 空调系统计算参数

状态点	干球温度/℃	湿球温度/℃	相对湿度/%	比焓/(kJ/kg)
室内设计状态点 N_x	25.0	17.9	50.0	50.6
室外状态点 W_x	33.2	26.4	60.0	19.1
送风状态点 S_x	17.0	14.0	79.1	41.7
新风混合状态点 C_x	25.1	18.1	50.8	51.3
新风经全热交换器后状态点 C_o	28.5	23.3	67.0	69.0

根据式(1)计算系统最大风量:

$$L_{\max} = \frac{Q_{x, \max}}{\rho \Delta h_{x, s}} = \frac{Q_{x, \max}}{\rho (h_{nx} - h_{sx})} \quad (1)$$

式中 $L_{\max}$ 为系统最大风量, m^3/s ; $Q_{x, \max}$ 为系统最大得热量, kW; ρ 为空气密度, kg/m^3 ; $\Delta h_{x, s}$ 为送回风比焓差, kJ/kg; h_{nx} 为室内设计状态下空气的比焓, kJ/kg; h_{sx} 为送风状态下空气的比焓, kJ/kg。

与一般全空气系统一样,作为舒适性空调,应尽量取较大的送回风比焓差,以避免在夏季出现送风再热情况。计算得到 $L_{\max} = 15\ 619\ \text{m}^3/\text{h}$ 。

3.2 夏季冷量计算

在计算冷量之前,需要确定新风量。对于设置新风系统的低密人群居住建筑的新风量标准,消除

建筑污染物所需的新风量一般要高于人员对于新风量的需求。考虑低密人群建筑特性,参照ASHRAE 相关标准,当人均居住面积大于 $50\ \text{m}^2$ 时,设计最小新风量按换气次数不小于 $0.45\ \text{h}^{-1}$ 计算,求得新风量为 $1\ 200\ \text{m}^3/\text{h}$ 。在 $h-d$ 图上确定新、回风的混合点 C_x 进而求得夏季冷量为 $67\ \text{kW}$ 。

3.3 冬季热量及加湿量的计算

本工程中,冬季室内负荷由散热器承担,空调系统仅维持一定新风量,满足换气和加湿要求,新风处理至室内状态点。冬季计算工况 $h-d$ 图见图4。

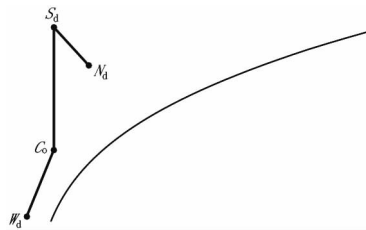


图4 冬季计算工况 h-d 图

冬季室外新风经全热交换器后参数为:干球温度 $12.8\ ^\circ\text{C}$,相对湿度 60% ,得到 C_o 点参数。

4 户式变风量空调系统设计策略

变风量空调系统风量改变时,会导致房间的新风量减少,同时会影响房间的气流组织。在设计阶段就应该考虑这个问题。

4.1 新风量问题

本工程冬季空调系统为定风量全新风工况运行,不存在新风量不足的情况;夏季控制新风量采用了调节回风阀的方法。如图5所示,在1,2两点设置压力探头,排风机的转速由1点的压力控制,回风阀的开度由2点的压力调节。控制2点的负压值就能保证新风摄入量。

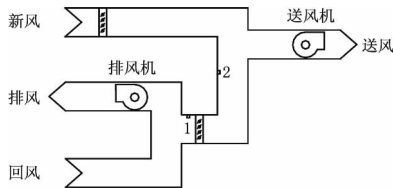


图5 新风量控制原理图

4.2 气流组织问题

变风量空调系统中,随着送风量的变化,室内的气流组织也会发生改变。对室内的温度场会产生影响。如果室内的温度梯度过大,会影响室内人员的舒适度。为此设计过程中采取了以下措施:1)每个风口的送风量尽量小于 $400\ \text{m}^3/\text{h}$,这样风量

减少,不会因冷空气下沉产生明显的吹风感。2) 按设计风量的 60%~80% 选用风口,因为大部分时间内,空调负荷在此范围内。3) 选用条缝型散流器。

5 户式变风量空调系统运行策略

该工程将单风道单冷型变风量系统应用在住宅中。夏季运行为供冷模式。冬季室内负荷由散热器承担,空调系统仅维持最小新风量,满足换气和加湿要求。过渡季全新风运行。该工程自 2010 年 12 月投入使用以来,冬季室内温度达到 21℃ 左右,相对湿度保持在 40% 以上;夏季室内温度 26℃ 左右。室内空气品质高于一般住宅项目,满足了大部分人员的生活需求。笔者在跟踪调试及实际运行的过程中,对如下一些运行情况进行了分析和研究。

5.1 室内温度控制滞后问题

本工程在投入使用后,有业主反映以下问题:

- 1) 房间达到设定温度时间略长。由于业主身份特殊,且大多为老者,对室内温度变化较敏感。
- 2) 在太阳照射很强的天气情况下,房间温度波动大。

温度调节滞后及温度波动较大的原因主要为:

- 1) 系统管路通过变风量末端向室内送风会受到管路压力的变化影响,当管路压力变大时,变风量末端的阀位没有根据管路的压力变化及时调整,因此造成送入房间的风量受到管路压力变化的周期性扰动影响,进而造成房间温度的波动。
- 2) 模拟控制器本身不具备直接数字(DDC)控制器对需求风量的精确计算能力,这直接导致房间温度的调节先是出现滞后进而出现超调,造成房间

温度震荡较大,用户感觉不舒适。

如果采用 DDC 控制器结合压力无关型变风量末端,滞后和温度波动大的问题将会得到有效解决。

5.2 室内 PM10 超标问题

本工程在投入使用前,对每个空调系统均进行了清洗,并且运行后每半年都要进行清洗,更换粗效过滤器滤网。但是业主在请专业空气品质检测公司进行检测后发现,仍有个别房间 PM10 指标超标。因为国家并没有出台 PM2.5 指标标准,所以 PM2.5 没有参照的依据。业主反映家具内外有极细的粉尘附着。在对空调箱内粗效过滤器、静电除尘器检查后发现,静电除尘器久未冲洗,电离后的颗粒厚厚地附着在其表面。同时表冷器表面也是清洗的难点和易遗漏点。由此可见运行管理也是确保变风量空调系统空气品质的必要条件。

6 结语

户式变风量空调系统具有空气品质好的特点,可以用于高级住宅。户式变风量空调系统应用于住宅中是否节能还有待探讨,在空调方案的选取时,应综合考虑项目性质、初投资、运行费用、检修方便与否等多方因素。

就户式变风量系统的设计而言,首先要针对空调系统的实际运行情况,进行空调负荷计算。除了要满足服务区域的室内负荷的波动外,更要对环境品质进行分析,否则就偏离了变风量空调系统可以提高房间空气品质的初衷。

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,2002