

变风量空调系统控制

华东建筑设计研究院有限公司 杨国荣[☆]

摘要 简述了变风量末端装置控制的功能和传感器设置。详细阐述了变风量空气处理机组基本控制要求、控制原理图及风量控制方法。介绍了新风的控制要求、控制原理图及最小新风量的控制要求。

关键词 变风量空调系统 末端 空气处理机组 控制 方法 原理 最小新风量

Control of variable air volume air conditioning system

By Yang Guorong[★]

Abstract Briefly describes the function of VAV terminals and sensor setting. Expounds the basic control requirement, control principle chart and air volume control methods of VAV air handling units. Represents the control requirement and control principle chart of outdoor air and the minimum outdoor air rate demand.

Keywords VAV air conditioning system, terminal, air handling unit, control, method, principle, minimum air rate

★ East China Architectural Design & Research Institute Co., Ltd., Beijing, China

①

0 引言

自 20 世纪 90 年代上海 13 栋高层及超高层办公建筑采用变风量空调系统^[1]起,变风量空调系统逐渐在高级办公建筑中得到应用。到 21 世纪初,变风量空调系统已普遍应用在高级、高层办公建筑。近年来,变风量空调系统开始应用到别墅等非办公类民用建筑中。

变风量空调技术的发展与其控制技术的发展同步进行,自控技术的突破与发展引领了变风量空调技术的发展。自变风量空调系统在我国应用以来,暖通空调和楼宇控制方面许多专家对该系统的控制策略和控制方式进行了大量研究,得到了丰硕的成果,推进了变风量空调技术的发展。《变风量空调系统设计》全面介绍了变风量末端装置及其系统的控制原理和要求^[2]。童锡东等人在分析变风量末端装置和空调方式的基础上总结了各种变风量系统的控制特点^[3]。陈武等人根据变风量空调系统的热力模型,通过仿真研究建立变风量空调系统的动态模型和风机控制方法^[4]。刘涛及胡益雄等人根据变风量空调系统的基本特点,研究了该系统及末端的模糊控制策略^[5-6]。李超等人与钱以明等人结合全空气系统特点研究了变风量空调系统新风控制要求的控制策略^[7-8]。

在工程实践方面,我国基本建立起从末端装置、控制系统到运行调试的整个变风量空调系统供应体系。数百栋办公建筑采用了变风量空调系统。但是,就已建成的采用变风量空调系统的办公建筑而言,运行和控制效果良好的建筑物不是很多,节能的建筑物很少。究其原因,主要可归纳为以下几方面。

1) 设计方面:空调系统设计不合理,不能满足或难以满足空调使用和运行要求;变风量末端装置选型不合理,偏大或偏小;空气处理机组的组合方式不合理,其功能不能满足使用要求,机组的风量或机外余压偏大或偏小;控制策略和控制要求不明确,没有向自控承包商提供要求明确的控制需求信息。

2) 业主方面:将变风量系统中的末端装置采购与控制系统采购分开进行,没有一个承包商对整个系统负责;重视末端装置与控制器等硬件设备,轻视调试等软件服务,采购合同中服务部分所占费用比例较低,难以保证系统调试质量。

①[☆] 杨国荣,男,1957 年 6 月生,工学硕士,教授级高级工程师,机电中心主任兼总工程师
200002 上海市江西中路 246 号 6 楼
(021) 63217420-6043
E-mail:guorong_yang@ecadi.com
收稿日期:2012-07-20

3) 承包商方面:控制技术人员对变风量系统控制要求和策略不清楚;系统调试工作不够精细和完整,在系统完成完全调试之前就提交业主使用;控制程序调用失误、冬夏季工况转换失误、传感器设置失误、传感器和控制器连线失误等均会影响变风量空调系统的使用效果。

4) 物业方面:管理人员不专业,对系统不了解,不能及时发现系统设备运行故障,难以对系统实现节能运行。

就变风量空调系统设计而言,合理的系统设计方案、正确的变风量末端装置选型和清晰明确的系统控制策略是实现控制良好、经济节能变风量系统的基础。本文侧重探讨变风量空调系统的控制,以期明确变风量空调系统的控制要求。

1 变风量末端装置控制要求简述

1.1 变风量末端装置控制

常用的变风量末端装置有单风道节流型、串联式和并联式风机动力型末端装置。变风量末端装置及其控制系统是集多种传感器、执行器及控制器于一体的机电一体化设备。该一体化装置可检测一次风风量和空调区空气温度值,调节一次风调节风阀和热水再热盘管电动调节阀,设定空调区空气温度值等。图 1 为配再热盘管的串联式风机动力型末端装置控制原理。在各种变风量机电一体化装置中,该装置的控制点最多,控制功能最复杂。

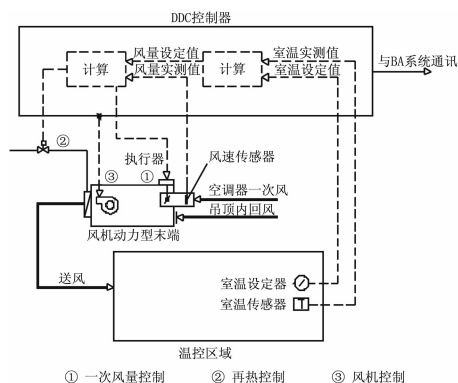


图 1 变风量末端控制原理

变风量末端装置主要完成以下控制功能。

1) 一次风量控制。变风量末端装置的 DDC 控制器根据风量设定值与实测值的偏差信号比例积分调节一次风送风量。

2) 再热控制。变风量末端装置一般采用热水再热盘管或电加热器进行再热。对于热水再热盘

管,DDC 控制器根据室内温度设定值与实测值的偏差,比例积分或双位调节热水再热盘管供热量;对于电加热器,DDC 控制器则以单级或多级调节电加热器的加热量。

3) 末端装置内置风机控制。对于串联式或并联式风机动力型末端装置,DDC 控制器根据末端类型及运行工况,联锁启停末端装置内置风机。一般情况下,串联式风机动力型末端装置内置风机连续运行;并联式风机动力型末端装置内置风机可间歇运行,也可连续运行。若间歇运行,小风量供冷或供热时风机运行,大风量供冷时风机不运行;若连续运行,小风量供冷或供热时风机运行,大风量供冷时定速或变速运行。

4) 与中央监控系统通讯。末端装置 DDC 控制器根据需要可与中央监控系统实现以下通讯联系:室内空气温度检测值与设定值输出;风量检测值与设定值输出;末端装置运行状态输出;末端装置调节风阀阀位输出;室内温度再设定输入;末端装置运行状态变更输入等。

1.2 变风量末端装置室温传感器设置

变风量末端装置室温传感器主要有墙置式温度传感器和吊平顶式温度传感器两种类型。对于小空间办公室与会议室一般采用墙置式室温传感器,而对于大空间办公室,可采用吊平顶式温度传感器。室温传感器必须设置在温度控制区内通风、背阳处,切忌为图室内装修美观随意设置在不通风的角落或将多台末端装置的室温传感器设置在一起;防止内区室温传感器设置在外区热风侵入处,外区室温传感器设置在内区冷风侵入处或窗边冷气流下降处;设计时应根据空调系统要求,将室温传感器位置标在施工图上,以免被室内装修设计随意设置。

2 变风量空调系统风量控制

变风量空调系统主要由机电一体化的变风量末端装置、可实现变风量运行的空气处理机组及风道系统组成。

2.1 空气处理机组基本要求及其控制

变风量空调系统的另外一个主要部件是空气处理机组。该空调机组一般采用组合机组,它可以是四管制或两管制机组,可以是单风机或双风机机组,也可以设置或不设置热回收装置。该空调机组的循环风机采用变频装置驱动,具有宽广的工作特性,在频率变化范围内及空调系统循环风量变化范

围内能稳定、高效运行,远离喘振线。

图 2~5 分别为单风机两管制空气处理机组控制原理图、单风机四管制空气处理机组控制原理图、双风机两管制空气处理机组控制原理图及双风机四管制空气处理机组控制原理图。

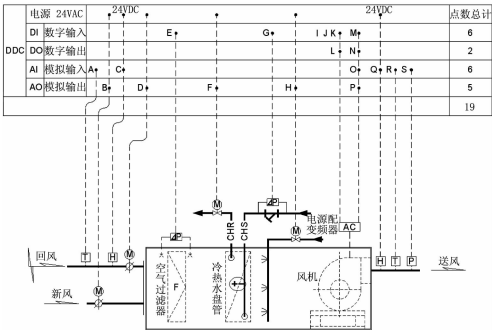


图 2 单风机两管制空气处理机组控制原理图

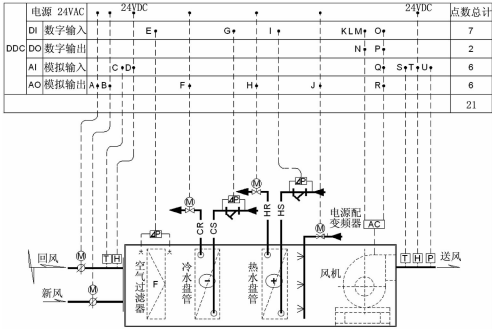


图 3 单风机四管制空气处理机组控制原理图

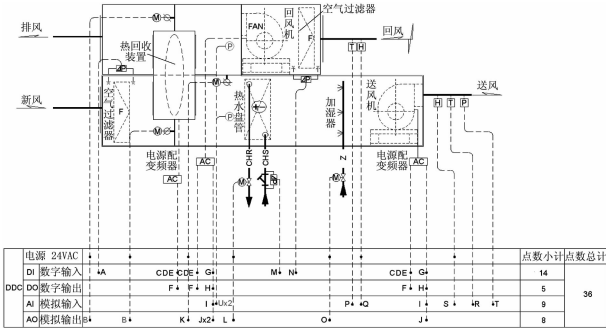


图 4 双风机两管制空气处理机组控制原理图

单风机两管制空气处理机组主要设备是空气过滤器、冷热水盘管、加湿器与风机。该控制系统应检测回风温度、回风湿度、空气过滤器压差、Y 型过滤器压差、送风温度、送风湿度、送风管静压等信号;反馈风机状态与故障信号和变频器频率信号;控制风机启停、变频器、新风与回风调节风阀、电动调节水阀、加湿器控制阀。系统根据送风温度检测数据控制冷热水盘管电动调节阀开度;供热工况

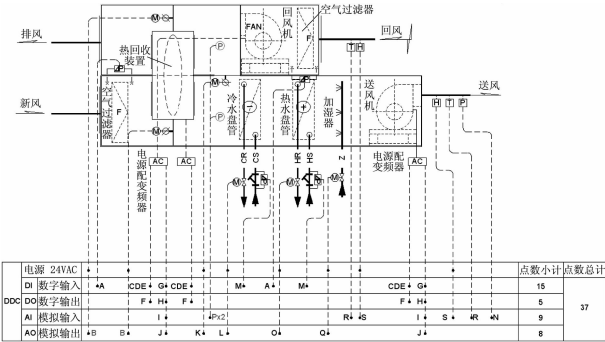


图 5 双风机四管制空气处理机组控制原理图

下,根据回风湿度控制加湿器调节阀;根据变风量系统风量控制方法(定静压法、变定静压法、变静压法和总风量法等)调节变频器频率,实现风机变风量运行。

对于单风机四管制空气处理机组,冷热水盘管分成冷水盘管与热水盘管,系统增加冷水盘管与热水盘管电动调节阀的控制。

双风机两管制空气处理机组主要设备是空气过滤器、冷热水盘管、全热或显热热回收装置、加湿器与风机。该控制系统应检测回风温度、回风湿度、空气过滤器压差、Y 型过滤器压差、送风温度、送风湿度、送风管静压、混风箱压力等信号;反馈风机状态与故障信号和变频器频率信号;控制风机启停、变频器、热回收装置旁通调节风阀、电动调节水阀、加湿器控制阀。系统根据送风温度检测数据控制冷热水盘管电动调节阀开度;供热工况下,根据回风湿度控制加湿器调节阀;根据变风量系统风量控制方法(定静压法、变定静压法、变静压法和总风量法等)调节变频器频率,实现风机变风量运行。

2.2 变风量空调系统风量控制方法

末端装置与空气处理机组风量控制是变风量空调系统最主要的控制内容之一。当空调区域负荷减小、变风量末端装置一次风量减少时,控制器应依照某种系统风量控制方法减小系统循环风量;反之,当空调区域负荷增加、变风量末端装置一次风量增加时,控制器应增大系统循环风量。这种变风量运行是依据某种系统风量控制方法对变风量末端装置和可实现变风量运行的空气处理机组的系统风量控制实现的。

目前成熟的变风量空调系统的风量控制方法主要有定静压法、变定静压法、变静压法和总风量法等。变风量空调系统风量控制方法根据各温度

控制区实测温度值与设定温度值的偏差,调节一次风调节风阀的开度,检测并控制送入该温度控制区的一次风风量,实现温度控制区温度控制要求;系统根据送风管内静压检测值与设定值之间的偏差,或末端装置调节风阀的开度,或末端装置检测风量之和与设定风量之间的偏差,调节空气处理机组风机变频装置的频率,实现风量调节与冷热水盘管送风温度的调节。

定静压法、变定静压法、变静压法和总风量法等各系统风量控制法均有其时代特色,在此本文不展开叙述。一般说来,定静压法历史最悠久,节能效果较差,适用于大型、末端装置数量较多且负荷

变化规律不一致或空气处理机组就位,环状送风主管安装完毕,但变风量末端装置未定的空调系统;变静压法和变定静压法比较节能,该风量控制方法适用于系统较小、变风量末端装置数量不多且负荷变化规律较一致的空调系统;总风量法的节能效果界于上述两者之间,适用于枝状管道为主的变风量空调系统。设计人员应根据系统特点和控制原理合理确定系统风量控制方法。从近 10 年变风量系统风量控制方法的发展来看,定静压法的应用将逐渐减少,总风量法和变静压加总风量法的应用将越来越多。表 1 为上述几种常用的变风量系统风量控制方法的基本原理和特点。

表 1 变风量系统控制方法基本原理及特点

基本原理		特点
定静压法	在送风管最低静压处设置静压传感器,将实测静压值与设定静压值进行比较,控制空气处理机组变频驱动风机转速,确保风管内静压值恒定	控制简单,操作容易;但该控制方法静压传感器的设置位置影响静压测量,产生静压值波动;风管内静压值较高,风机能耗较大。该控制方法早期运用较多,现在逐渐减少
变定静压法	克服定静压法中静压值不能重新设定的缺点,变定静压法根据各独立分区变风量末端装置信息按各分区最大静压需求值重新设定静压设定值	该方法比定静压控制法复杂;其核心是增加了变风量末端装置阀位反馈信息,控制信息处理量较大。由于风管内静压值可根据需求重设,风机运行能耗比定静压法小
变静压法	变静压法也称变静压变送风温度控制法。系统读取每个末端装置需求风量和阀位开度,根据末端需求风量累计值及空调机组风量与风机转速对照表初步确定转速,再根据末端装置调节风阀开度微调风机转速,风机转速微调步长可调整	充分利用 DDC 数据通信优势,累计各末端需求风量,确定风机初始转速,再根据末端阀位对风机转速进行微调。当末端装置风阀开度较小时,可降低风机转速,实现风机节能运行。该方法是一种比较节能的系统风量控制方法
总风量法	总风量法是在建立系统设定风量与风机设定转速的函数关系的基础上,用各变风量末端装置需求风量的求和值作为系统设定总风量直接求得风机设定转速。该方法无需设置静压传感器	利用 DDC 数据通信优势,直接从末端需求风量求取风机设定转速,反应速度快,比较实用,避免静压检测与控制中的诸多问题。无需静压传感器。该控制方法较粗糙

3 系统新风控制

3.1 新风系统控制要求

定风量空调系统新风量控制比较简单,一般采用手动调节新风阀与回风阀的开度,使系统满足新风量需求。变风量空调系统因系统送、回风量在变化,空气处理机组新、回风混合处的静压值也随着变化,从而引起系统新风量的变化。因此,变风量系统必须进行新风量自动控制。

图 6~9 为变风量空调系统常用的新风控制原理图。

图 6 为单独配置热回收装置控制的单风机空调系统新风控制原理图。在供冷与供热设计工况下,系统按最小新风量运行,新风通过热回收装置回收排风能量后进入空气处理机组;在过渡季节,热回收装置电动调节阀关闭,开启热回收装置旁通电动调节风阀,加大系统新风量和排风量,实现风侧经济器节能运行。

图 7 为内置热回收装置的双风机空调系统新

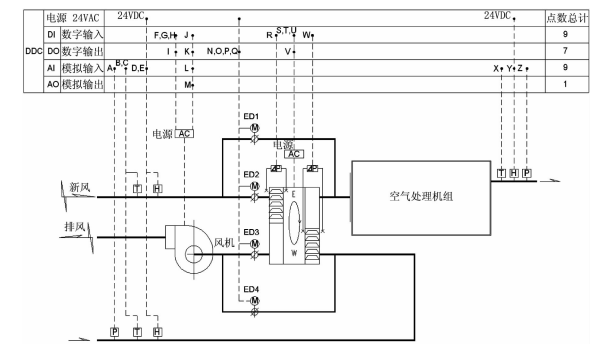


图 6 单独配置热回收装置控制的单风机空调系统新风控制原理图

风控制原理图。在供冷与供热设计工况下,系统以最小新风量运行,新风经热回收装置回收排风能量后通过空气处理机组内的冷热水盘管,经处理后送入空调房间;在过渡季节,热回收装置上下的旁通风阀打开,加大系统新风量和排风量,实现风侧经济器节能运行。

图 8 为单独配置排风机的单风机空调系统新

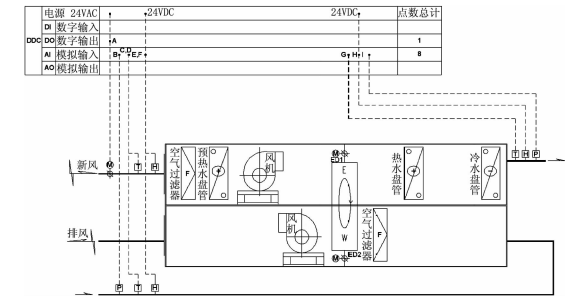


图 7 内置热回收装置的双风机空调系统新风控制原理图

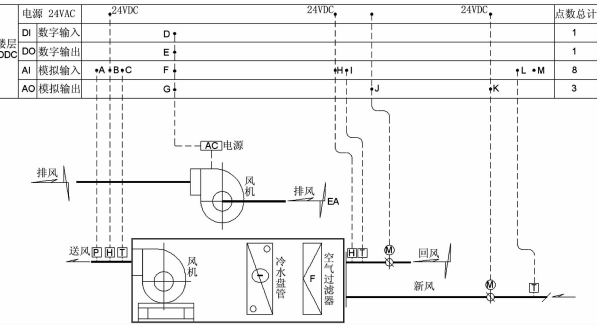


图 8 单独配置排风机的单风机空调系统新风控制原理图

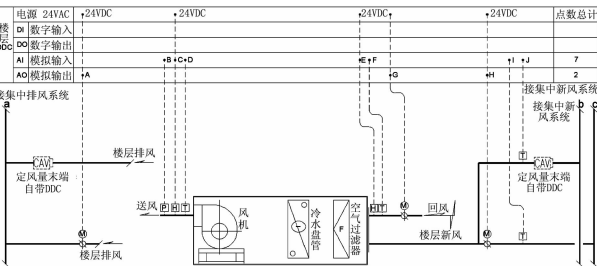


图 9 新、排风管设置定风量末端装置的单风机空调系统新风控制原理图

风控制原理图。该系统由可变新风量摄入的单风机空调机组与可实现变排风量运行的排风机组成。排风机可以是单台变频调速风机,也可以是多台定速风机。变频驱动风机必须保证风量变化范围内风机的安全运行。在供冷与供热设计工况下,系统以最小新风量运行,变频排风机以最小风量运行,多台定速风机开启 1 台风机;在过渡季节,系统开大新风调节风阀开度,关小回风调节风阀的开度,变频驱动风机提高风机转速,多台定速风机开启 2 台或全开,加大系统新风量和排风量,实现风侧经济器节能运行。

图 9 为新、排风管设置定风量末端装置的单风机空调系统新风控制原理图。该系统方式在高层或超高层办公建筑的核心筒内设置空调机房比较合适。一般来说,空调机房内设置一大一小两根新

风管和排风管,较小的新风管与排风管上设置定风量末端装置,较大的新风管与排风管上设置电动调节风阀。在供冷与供热设计工况下,系统以最小新风量运行,打开新风与排风定风量末端装置,关闭新风与排风管电动调节风阀;在过渡季节,系统打开新风与排风电动调节风阀,根据实际情况打开或关闭新风和排风定风量装置,加大系统新风量和排风量,实现风侧经济器节能运行。

3.2 最小新风量控制要求

1) 定风量末端装置控制

定风量装置是一种压力无关型单风道变风量末端装置,其风量设定值固定(也可再设定)。当装置前后因压差变化而引起风量变化时,装置便通过调节风阀的开度进行补偿,使流经装置的风量保持恒定。变风量空调系统常利用定风量装置的这种特性来控制并保证系统最小新风量。有时还将定风量装置设置在排风系统上,以控制系统最小排风量。

定风量装置的额定风量有限,因此它一般用于中、小型变风量空调系统,其作用也仅限于最小新风量控制,不适合用于全新风或风侧经济器运行。

2) 新回风混合箱压差控制

在图 10 中,当系统处于最小新风量运行时,新风调节风阀关闭,新、排风阀开启并作适当调节。在新、回风混合静压箱内设置静压差传感器,传感器以室外空气的静压值为零点。系统变风量运行时,当风量增加或减少引起混合静压箱内的负压值减小(或增加)、系统新风量减小(或增加)时,系统控制器将自动关小回风阀,以维持混合静压箱内一定的负压值(如 -75 Pa)。反之,则开大回风阀。新、回风混合箱压差控制法比较适合大、中型变风量空调系统。

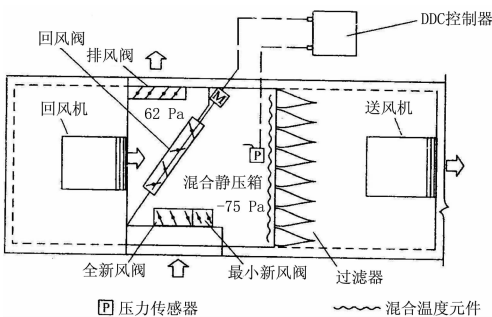


图 10 新回风混合箱压差控制

—————
(上接第 19 页)

4 结语

变风量空调系统运行的经济性和可靠性关系到设计、安装、调试和运行管理各个环节。其中设计是一个重要环节。设计人员不但应保证系统能满足使用要求,末端装置及空调机组选型正确,还应明确变风量空调系统的控制要求,将控制要求文件化,使自控承包商也明确系统的控制要求,并努力实现设计意图,才能建成满足使用要求的、经济的、节能的变风量空调系统。

参考文献:

- [1] 叶大法,杨国荣,胡仰耆. 上海地区变风量空调系统工程调研与展望[J]. 暖通空调,2000,30(6):30-33
- [2] 叶大法,杨国荣. 变风量空调系统设计[M]. 北京:中

国建筑工业出版社,2007

- [3] 童锡东,程大章. VAV 空调系统控制策略的研究[J]. 智能建筑与城市信息,2005(8):53-58
- [4] 陈武,邓世明,蔡振雄. VAV 空调系统的动态建模及其风机控制研究[J]. 暖通空调,2005,35(8):104-109
- [5] 刘涛. VAV 控制系统模糊解耦[J]. 辽宁行政学院学报,2005,7(5):150-152
- [6] 胡益雄,袁峰,张丽萍. VAV 末端装置的模糊控制设计探讨[J]. 长沙铁道学院学报,2002(4):39-43
- [7] 李超,马玉玲,张伟平. VAV 系统中的新风量确定及控制[J]. 控制系统,2006,22(2):80-82,216
- [8] 钱以明,杨书明. VAV 系统中新风量控制[J]. 暖通空调,1999,29(3):39-41