

# LonWorks 技术 在变风量空调系统控制中的应用

| 湖南大学智能楼宇研究所 王 瑛 张国强  
| 北京阿科普机电工程有限公司 陈兆平

**【摘要】** 本文简要介绍了变风量系统的概念、特点及控制方案，重点分析了总风量控制法及 LonWorks 技术在变风量系统控制中的优势。以上海国际航运大厦变风量系统为例，提出了运行良好的变风量系统的控制内容。

**【关键词】** 变风量系统 LonWorks 技术 总风量控制法

## 1 变风量系统简介

在我国智能建筑高速发展的过程中，变风量 (VAV) 系统的应用由于其技术特点已经成为智能建筑建设中的热点问题，引起工程界和学术界的广泛重视。

由于空调房间热湿负荷不可能经常处于最大值，而是在全年的大部分时间低于最大值。所以按房间最大热湿负荷确定送风量的集中式定风量空调系统 (CAV) 在室内负荷减小时，只能靠调节再热量以提高送风温度 (较小送风温差) 来维持室温的，这样造成冷热量互相抵销，既浪费热量，又浪费冷量。而变风量系统采用减少送风量 (送风参数不变) 的方法来维持室内温度不变，则不仅节约了提高送风温度所需的热量，而且还由于处理风量的减少，降低了风机功率电耗以及制冷机的冷量。变

风量系统的运行费用相当经济，对于大容量的空调装置尤为显著。

## 2 变风量系统的控制

变风量系统的基本控制可以分成以下三部分：  
① 室内温度控制；② 系统静压控制；③ 空气处理装置控制。

### 2.1 室内温度控制

室内温度控制主要是通过变风量末端装置对风量的控制来实现的，这是变风量系统的基本控制环节。变风量末端装置的控制，如果按基本控制模式分类，可分为以下几种类型。

#### 2.1.1 压力有关型

VAV 末端装置的风阀的执行机构直接由温控器根据室内实测温度与设定值之间的差值进行控制，采用的多为 PI 算法或 PID 算法。最大和最小风量的调节是由手工设定。风管内压力发生变化时，即使室内温度未发生变化，风量也可能发生变化，压力有关型主要用于风管压力可以保持不变的场合。

#### 2.1.2 带最大和最小风量设定的压力无关型

VAV 末端装置内的风量 (或风速) 传感器检

测风管内风量(风速),室内温控器根据室内温度的变化重新修正控制器的风量设定值,控制器根据实测和设定值之间的差值调节风阀的开度。风阀的最大流量和最小流量是可调的,送风与管内压力变化无关。

### 2.1.3 最大风量设定的压力无关型

空气压力开关通过流量传感器检测流量,温控器根据室内温度变化控制VAV末端装置风阀,调节送风量,空气压力开关可调节最大风量的设定值,限制最大风量,最小风量可以手工调节。

## 2.2 系统静压控制

变风量系统进行系统静压控制,是为了在送风量发生变化的情况下,保持系统压力稳定,防止送风机在低负荷运行时,送风系统和变风量末端装置处产生多余的静压。

目前变风量空调机组调节和控制风机的方法主要有两种,最主要的是变频器调节电机转速的方法,也可以通过调节和控制风机入口的导向叶片或者送风管道的特性来实现。而其具体的控制依据和原则有定静压方式和变静压方式。

### 2.2.1 定静压法

定静压法的原理是在送风系统管网的适当位置设置静压传感器,控制调节送风机的送风量,将设定点的静压维持在一个设定值上,从而达到保证系统静压稳定的目的。在空调系统中,送风机的能耗占有重要比重,在掌握了送风机的动力特性的条件下,利用对送风机的调节来控制静压能够使风机的能量消耗尽量的小,将可以有效地降低整个系统的能耗水平。

在定静压控制中,静压点的选取是至关重要的。为了保证系统中每个VAV末端都能正常工作,要求主风道内各点的静压都不低于VAV装置所要求的最低压力。所以在主风道压力最低处安装静压传感器,根据此点测出的压力,调整送风机转速,使该点的压力恒定在VAV末端所要求的最小压力值,即可保

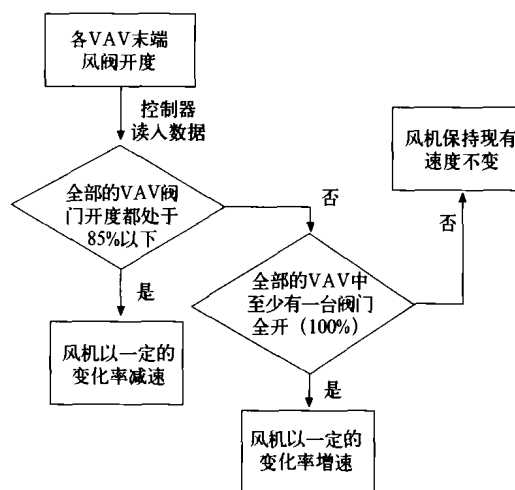
证其他末端正常工作。目前国内外许多文献建议将参考测压点前移至总风道上距末端1/3处。

一般来说,在五层或五层以上建筑的VAV空调系统中,测点应设置在离空调机最远的楼层的送风干管处;在2~4层楼的VAV空调系统中,应设置在离空调机最远的楼层的送风干管与首层送风支管之间;在仅为一层楼提供服务的VAV系统中,则应放在离空调机2/3远的主送风管上,或放在主送风管中大约有50%~75%总风量的地方。

定静压法的不足之处是,在管网较复杂(如双风管系统或不对称风管系统等)时,静压传感器的设置位置和数量很难确定。而且当节流式变风量空调系统处于低负荷时,若采用定静压送风方式,消耗在末端装置上的静压就会增加,这显然对节能是不利的。

### 2.2.2 变静压法

正是因为定静压法具有这些不足之处,于是,在保证系统风量要求的同时尽量降低送风静压的变静压法随之而生。其控制原理是通过变频来调节送风机的输出,以保证系统至少有一个末端装置(具有最大静压值的那一个)是风阀开度处于或接近全开状态,以降低其风速和入口静压,从而降低整个系统的静压,节约送风动力。目前合适的以各末端装置阀门开度来计算和调节风机转速的数学模型和



控制方法,在实际应用中通常采用图1所示的试错法的控制方法。

这种控制方法中并没有计算阀门开度的具体目标值,控制器只给出变化方向,无法迅速改变风机转速以追随阀门开度变化。但由于风量变化没有送风温度的变化对室温的影响大,同时房间的温度对外部干扰的响应较慢,所以在实际应用中的效果还是不错的。但是,由于它要求各VAV末端装置带有阀门开度信号的传感器,因而增加了末端装置的成本,限制了适用范围。

### 2.2.3 总风量控制法

对定静压和变静压的控制方法进行的实验研究和工程实践都表明这两种控制方法基本上都能完成系统的控制要求,但都有一些不能令人满意的地方:定静压方法控制简单,但末端阀位多处于偏小状态,静压损失大,风机能耗较高,相应地还带来了噪声问题。变静压方法能最大限度地节省风机能耗,但控制算法复杂,实现较为困难,笔者对目前主流的BA系统产品进行调查表明,其产品基本上都不提供通用的变静压的控制算法,在实际工程应用中需要控制人员现场编程、调试,工作量太大。同时受专业背景的限制,目前现场控制调试人员往往对空调系统的运行不太熟悉,也影响了控制效果。

为了改变传统的变风量系统控制方法一是视静压为调节风机转速的唯一参数的现状,提出了变风量系统风机转速的总风量控制方法。

图2显示的是压力无关型变风量末端的控制原理图:

◆ 整个控制环路中有两个测量量,即温度、流

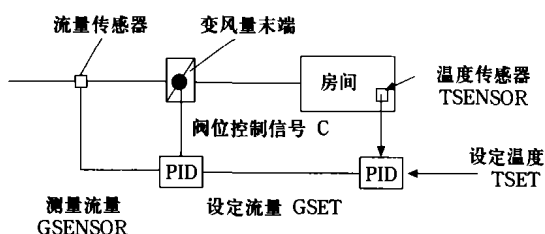


图 2

量测量信号;

- ◆ 直接设定参数一个,即设定温度 TSET;
- ◆ 中间变量一个,即设定风量 GSET;
- ◆ 输出给末端的阀位控制信号 C。

在以上这些数量中,只有设定风量 GSET 是经过控制器后综合体现了空调区域的实际冷、热状况的一个控制参数,所以总风量控制法就以 GSET 为调节风机转速的依据。GSET 反映了该末端所带房间目前要求的送风量,那么所有末端设定风量之和则显然是系统当前要求的总风量。这就是总风量控制法的基本原理。

对于采用了 DDC 控制的变风量空调系统,就可以直接测取各个 VAV 末端装置的送风流量。通过加权平均的方法进行叠加计算,再根据计算值去调整送风机的流量。由于 DDC 系统读入的参数是送风量,为了取得良好的控制效果,就需要将系统的调节性能曲线程序(即风机转速和送风量的关系)写入该系统的调节程序。而要取得某个系统的调节性能曲线,就需要进行较长时间的仔细调试。

## 2.3 空气处理装置的控制

对变风量系统空气处理装置的控制主要有两个内容:一是对新风和回风的混合比进行控制。在变风量系统中,由于风量调节阀的流量特性随通过风阀的风量变化而变化,因此使得新风量的问题变得复杂起来,为解决这个问题,相继提出了各种控制方法。二是对送风温度进行再设定的控制。

### 2.3.1 新风量控制

根据工程实践,在变风量系统中采用的新风控制方法主要有:

#### 2.3.1.1 新风量直接测量法

这是最简单的变风量系统新风量控制方法,该方法在室外新风的引入口设置一个检测点,对新风流量进行测量,通过该测量值与设定值相比较对新风阀门进行调节。这种测量方法最大的问题就是测

量精度问题，由于新风管尺寸往往按照全新风经济运行时设计，为了将新风气流局部加速到易于准确测量的速度水平，通常会采用固定截面积的节流型测量机构，而工程实测表明它很难做到在新风量从最大一直变到最小的整个范围内，都能精确地测量流量。在最小新风量运行时，因风管内风速过低，风量测定误差势必很大。

### 2.3.1.2 风机检测跟踪法 (图 3)

这种方法同时测量送风机和回风机风量，并控制回风机的流量，试图在它们之间保持一个固定的差值，这个差值就是新风阀门通过的新风量。一般认为由于送风机和回风机风量远大于新风量，风管内风速较高，所以测量误差相对较小，新风量应该等于送风机和回风机风量之差，控制这一差值即可。

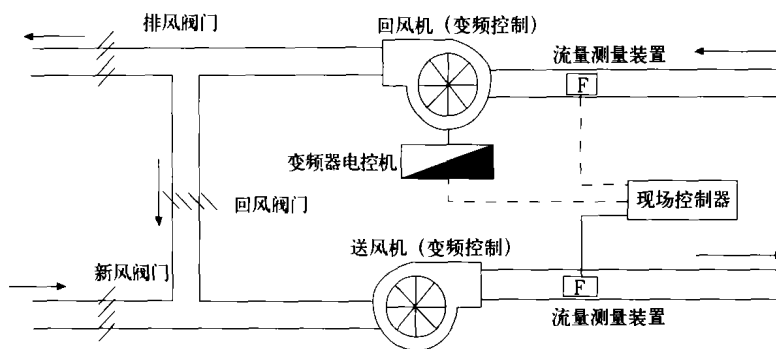


图 3

### 2.3.1.3 新风风机新风量控制法 (图 4)

正如上面分析，通过新风风阀的风速太低，准确测量是很困难的，同时由于新风管道通常较短，在空调机房获得合理测量新风量的直风管和提供安装风量测量装置的地方比较困难。为解决这些问题，在原有的新风管道的旁边平行的引入一条旁通风管，设立单独的新风风机和新风管，新风风机与空调系统同步运转，由安装在新风管内速度传感器调节风阀维持最小新风量。因直接测定新风量，该方法误差比通过测定送风机和回风机的风量来调节新风量要小得多。该方法由于需要另设最小新风管，新风阀加上新增加的新风管使用户一次投资明显增加。

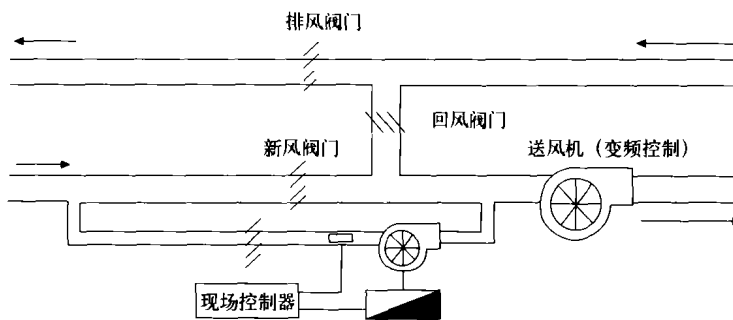


图 4

### 2.3.1.4 CO<sub>2</sub> 浓度监控法

这种方法将CO<sub>2</sub>传感器置于空调房间代表性位置，当CO<sub>2</sub>浓度高于设定值时，即增大新风量，这种按需求进行控制的方法从原理上来讲是最直接、最有效的方法。在这种方法中，CO<sub>2</sub>传感器安装位置对控制效果起着决定性的作用，而由于空调房间

气流分布变化较大，所以CO<sub>2</sub>传感器的最合适的安装位置还值得商榷。

### 2.3.2 送风温度控制

变风量系统的基本特点是变送风量、定送风温度。变风量末端装置的送风量是由室内温度设定值控制，与送风温度无关。但是在夏季，当变风量末端的阀门已维持在最小开度而室内热负荷仍继续减小时，可自动重新调整送风温度的设定值，提高送风温度以满足室内温度平衡。研究表明，夏季温度设定值升高1℃，约可以节省8%的冷量，对节约运行费用和节能有重要的意义。同时，送风温度设定不合理有可能造成末端装置的噪声过大，耗能过高。

## 3 LonWorks 技术在变风量系统控制中的应用

### 3.1 传统控制技术的缺陷 (图 5)

传统的控制网的体系结构是集中式的，直到最

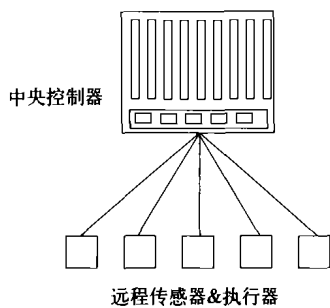


图5 传统集中式控制体系

近,它还是大部分控制系统的典型。传感器和执行器接线到辅助面板,后者又通过专用的主/从通信总线连接到控制面板。控制面板包括一个运行定制应用程序的高效微处理器。应用程序为所有连接到微处理器 I/O 点执行控制逻辑。在大系统中,该控制器可以通过另一专用通信总线和其他控制器通信。传感器和执行器是典型的“哑”终端,也就是说它们没有内部智能或通信能力。系统通常有一个专用的人机接口。每个系统必须有一个定制的应用程序,该程序使用专门的编程语言和厂商规定的非标准软件工具开发,但是制造商往往并未尝试使工具系列或编程模型标准化。

### 3.2 LonWorks 技术在变风量系统控制中的优势

变风量系统的控制具有被控设备分散、控制变量之间相互关联性强的特点。主风道变风量空调机组的变频风机和各个末端分布位置分散,同时各个末端风阀的开度数据是对变频风机进行控制的依据,这就要求采用的控制设备能够具有智能,同时设备之间还要有通信能力,而且在工程实现上比较容易。

基于 LonWorks 技术的分布式控制体系结构(图6),基于 LonWorks 技术的控制器内部采用神经元芯片,并将其用作控制处理器,神经元芯片是一种半导体装置,专门设计用于为低价控制装置提供智能的联网能力。神经元芯片基本上是一个“芯片上的系统”,由多个微处理器、读写存储器和只读存储器(RAM和ROM)、通信和 I/O 接口组成。ROM 中包含有操作系统、LonTalk 通信协议和 I/O 功能数据库系统。神经元芯片功能强大,而且价格低廉,某些种类的价格不到3美元。为了在广域网范围内实现控制设备之间的数据通信,采用 LonWorks 技术的网络控制器可以利用 TCP/IP 之类

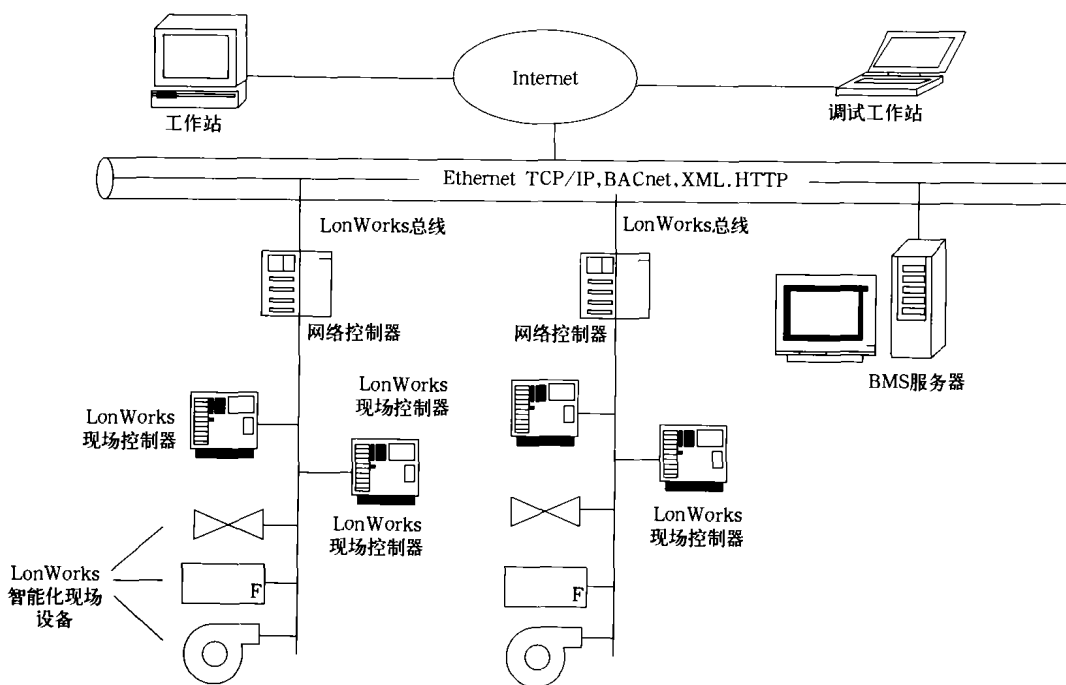


图6

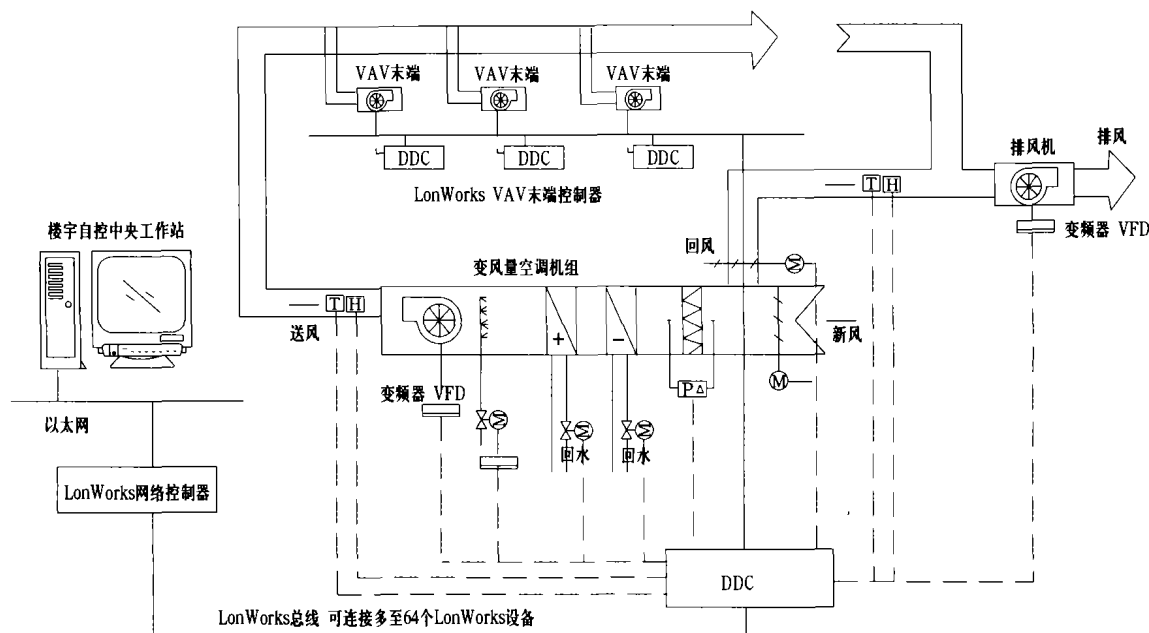


图 7

的标准数据传输技术来实现。某一控制网段的LonWorks报文通过网络控制器被封装在TCP/IP数据包中，在TCP/IP网中发送，广域网使用不同的寻址方法把这个大包发送到已编址的远地LonWorks网络段，在那里卸去外封，然后把LonWorks报文放到目的控制网段上，这样可以实现远距离分散设备控制数据的共享。

正是由于LonWorks技术在控制领域具有分散智能控制、控制设备远距离网络化通信的特点，使得基于LonWorks技术的楼宇自动系统产品在变风量系统控制领域有广阔的应用前景。

## 4 上海国际航运大厦变风量系统控制的LonWorks技术特色

### 4.1 变风量控制系统简介

上海国际航运大厦，位于上海浦东陆家嘴金融贸易区，大厦建筑高度232m，地上50层，地下3层，总建筑面积约为12万m<sup>2</sup>，是集商务办公、航运交易、专业通信、餐饮娱乐、商业金融及酒店等功能于一体的智能型现代化大厦。

上海国际航运大厦HVAC系统设计内容中既有

传统的新风机（定风量空调）系统+风机盘管、定风量全空气系统，也使用了目前最为流行的内、外分区的VAV变风量系统。内区采用单冷型VAV末端，外区采用带末端再加热盘管的VAV末端。VAV末端还有串联风机、并联风机和不带风机的区别。

其中变风量空调系统控制采用美国Invensys的产品。Invensys的VAV系列控制器特点为：

- ◆ 符合LonMark现场总线标准，在LonWorks网络上可以实现互操作；
- ◆ 控制器可由WorkPlace Tech工具软件组态，也可直接引用应用程序库中的预设定程序，适用于控制各种带或不带再热功能的压力无关型变风量末端；
- ◆ 既可独立运行，也可接入LonWorks FTT-10拓扑通信网络；
- ◆ 采用控制器、风门执行器和压力变送器一体化设计的方式；
- ◆ 控制器均带有轴向安装的一体化风门执行器，具备手动控制功能，可单独设定比例控制(P)、比例积分控制(PI)、比例积分/微分控制(PID)；
- ◆ 带有专利设计的微压力变送器，空气流量

测量稳定、精确，以S-Link的方式与传感器互联，带LED显示；

◆ 配置有VAV流量平衡软件，该软件的算法基于“总风量控制法”，为组网运行或独立应用模式的VAV控制器进行流量平衡控制。

其中，Invensys变风量控制系统图见图7。

## 4.2 变风量系统控制内容

上海国际航运大厦的变风量系统分成三部分：裙房带风机变风量空调系统、裙房变风量空调系统以及办公室变风量系统。主要控制内容是：

(1) 变频风机状态监视、故障报警，自动监视过滤器两端压差超限报警，便于维修人员及时更换，保证过滤效果。

(2) 单冷型VAV末端。当室内温度高于设定值时，VAV控制器比较室内墙装式温度传感器测得的温度值和温度设定点，自动增加末端风门的开度，当室内温度降低时，风门开度减小，当末端风门已维持在最小开度而室内热负荷仍继续减小时，可自动重新调整送风温度的设定值，提高送风温度以满足室内温度平衡。

(3) 单冷型带串联风机的VAV末端。送风机将一次风(Primary Air)和回风相混合，送入室内，起到共同调节室温的作用。

(4) 带并联风机的VAV末端。在工作状态时，室内温度高于设定值时，风机关闭，VAV控制器比较室内墙装式温度传感器测得的温度值和温度设定点，自动比例调节末端风门的开度，改变送风量。当室内温度降低时，风门开度减小。当风门开度维持在室内换风量的最小位置，室内热负荷仍继续减少时，可自动重新设置(Reset)送风温度，提高设定点以维持室内温度。

(5) 末端有再加热盘管的VAV末端。在末端风门维持在最小开度而室内温度仍低于设定值时，自动打开，同时根据室内温度比较设定值自动调节相应风门开度，当室内温度升高超过设定值时，热

水阀关闭。

(6) 在正常工作中，根据总风量控制法控制变频风机的输出，在最节能的工作状态下，满足负荷需求。

(7) 自动连锁调节风门开度，维持送风量和排风量的差值恒定，以保证足够的新风量，也可强制调整送风量和排风量。

(8) 根据室外温度控制新风阀、回风阀及排风阀的开度。在过渡季节，可根据室外温度控制新回风阀的开度，也可实现全新风运行。

(9) BAS系统在监控中心内可通过监控软件自动监测回风温湿度、送风温湿度、新风送风流量、送风压力、送回风机变频器的运行状态、送回风机变频输出、滤网两端的压差信息、冷水阀的开度、新回排风阀的开度各个室内温度、末端风机的运行状态。

上海国际航运大厦的变风量系统的实际运行已有三年多，客户反映良好，基于LonWorks技术的变风量控制系统的控制效果在实践中得到了验证。

## 5 结论

随着人们对办公、居住环境要求越来越高，以及建筑可持续性发展的观点逐步深入人心，舒适、健康、经济、节能的变风量系统在工程中得到了广泛的应用。

## 参考文献

- 1 戴斌文,狄洪发,江亿.变风量空调系统风机总风量控制方法.北京:暖通空调,1999
- 2 江亿.暖通空调系统的计算机控制管理.北京:暖通空调,1997
- 3 赵荣义等.空调调节.第三版.中国建筑工业出版社,1994
- 4 徐朝汉.智能大厦楼宇自动化系统设计方法.北京:电子工业出版社,1996
- 5 Bjørn R. Sørensen. A decipol Predictive Controller for VAV Systems. Presented at the 18TH ANNUAL AIVC CONFERENCE, ATHENS, GREECE, 1997 (9): 23~26

□