干盘管系统中多区域新风机组的控制方式

华东建筑设计研究院有限公司 沈列丞☆
同济大学 龙惟定

摘要 介绍了基于最不利区域信号的控制方式和基于区域信号权重处理的整体性控制方式。利用系统仿真软件 TRNSYS 建立了干盘管系统仿真器,在区域温湿度控制能力和系统能量需求方面比较了这两种控制方式,结果表明后一种控制方式优于前一种。

关键词 干盘管系统 多区域 新风机组 控制方式

Control methods of fresh air handling units serving for multi-zone in dry coil systems

By Shen Liecheng★ and Long Weiding

Abstract Presents the method based on signal from critical zones and the method based on weighted multi-zone signal. Using TRNSYS, establishes a simulation platform for dry coil systems. Through simulation, compares the two control methods in temperature and humidity control ability and system energy requirements. Concludes that the latter control method is superior to the former one.

Keywords dry coil system, multi-zone, fresh air handling unit, control method

★ East China Architecture Design Institute Co., Ltd., Shanghai, China

①

1 研究背景与问题的提出

SARS 暴发后,国内有相当多的学者对干盘管系统进行了深入研究[1-5]。与传统的风机盘管加新风系统不同,干盘管系统中的新风机组在负荷的承担和控制方面起着关键的作用。在普通的风机盘管加新风系统中,新风机组通常以机组出口空气状态点接近其设定值为控制目标,其控制目的仅是为了克服室外空气参数变化所带来的扰动;在干盘管系统中,由于新风承担湿负荷,必须以所服务区域的湿度为信号来调节其出口新风参数,从而控制服务区域的室内空气状态。干盘管系统通常采用的是一台新风机组服务于多个区域的系统布置形式,这些区域的负荷变化情况并不完全同步和一致,甚至在有些情况下可能会出现相反方向的变化,而新风机组服务于多区域的特性又决定了当新风机组为了满足某一个负荷变化区域的温湿度要求而调节新风出口参数时,必将影响到其他区域的温湿度。因此,如何解决好多区域新风机组的控制方式问题,兼顾好各区域的整体性要求,是干盘管系统应用过程中的一个关键技术。

2 多区域新风机组控制方式的探讨

2.1 基于最不利区域信号的控制方式

该控制方式是多区域系统控制方式中应用最广泛的一种,始终以最不利区域控制信号逼近其设定值为目的来调节系统,控制逻辑相对简单,性能稳定。然而在干盘管系统中,新风机组在对新风除

①☆ 沈列丞,男,1980 年 9 月生,硕士研究生
200135 上海市德平路 1189 弄 90 支弄 34 号 403 室
(0) 13651744387
E-mail: weaker_shen@126.com
收稿日期:2005-10-10
一次修回:2006-01-20
二次修回:2006-02-14

湿的同时也降低了新风的温度，对于一个多区域系统而言，若一个非重要区域成为了最不利区域，在保证这个区域湿度控制要求的同时，可能会造成其他重要区域的室内空气过冷、湿度过小，如果此时采用新风再热措施，虽然能解决室内过冷问题，但将造成能量的浪费。为了满足一个非重要区域的控制要求，而破坏了各区域的整体状况，增加了系统的能耗，这显然是不合理的。因此在干盘管系统中，对于服务于多区域的新风机组采用基于最不利区域信号的控制方式会存在一定的问题。

2.2 基于区域信号权重处理的整体性控制方式

该控制方式是将各区域信号进行权重化处理，得到一个代表整体性的信号，并把这一信号作为控制多区域新风机组的信号，从而大大减弱了个别非重要区域的极端状况对于整体、尤其是一些重要区域的影响。

从理论上而言，对各区域信号进行权重化处理似乎不存在技术上的问题。然而从工程实际应用的角度出发，由于各区域的功能或使用情况可能会发生一定的变化，因此各区域信号的权重因数应该具有可调性(如一个区域处于不使用的情况下，这个区域信号的权重因数就应该被设置为 0，而其他一些区域信号的权重因数也应作相应的调整)，以便现场维护人员按实际情况进行调整。然而，权重因数的重新计算和给定相当烦琐，因此在实际工程应用中，让现场维护人员去精确地给定每个区域信号权重因数的做法并不可取，而可采用仅让现场维护人员对各区域进行等级划分的方法，利用多区信号权重化处理器通过一定的算法去计算各区域信号的权重因数，从而结合各区域信号得出所有区域的整体性信号。图 1 给出了多区信号权重化处理器的计算流程。

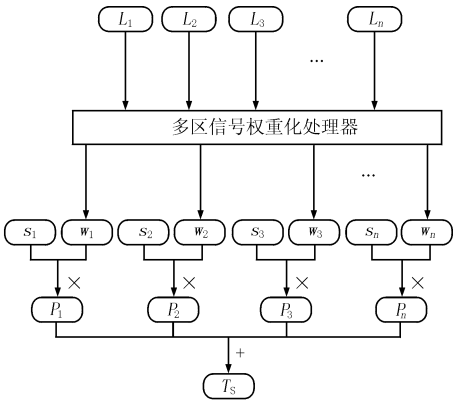
下面将以可划分 3 种不同等级区域的多区信号权重化处理器为例，给出此类权重因数的计算方法。

3 种不同等级的区域分别代表“关闭”、“一般”和“重要”3 种性质的区域，对应的区域数量分别为 N_0, N_1, N_2，对应的权重因数分别为 P_0, P_1, P_2。

$$P_0 = 0 \tag{1}$$

$$P_1 = \frac{BL}{N_1 + N_2} \tag{2}$$

式中 BL 为一个需给定的参数，其取值范围为



L_n 第 n 个区域信号的等级 W_n 第 n 个区域信号的权重因数 S_n 第 n 个区域信号 P_n 权重化处理后的第 n 个区域信号 T_S 所有区域的整体性信号

图 1 多区信号权重化处理器的计算流程示意图

(0,1]，该参数体现了重要和一般两个等级权重因数之间的接近程度，当该值越接近 1 时，表明两个等级权重因数越接近，当其等于 1 时，表明这两个等级权重因数相等。

$$N_0 P_0 + N_1 P_1 + N_2 P_2 = 1 \tag{3}$$

结合式(1)～(3)，得

$$P_2 = \frac{1 - N_1 P_1}{N_2} = \frac{(1 - BL) N_1 + N_2}{(N_1 + N_2) N_2} \tag{4}$$

可以看到，在引入了多区信号权重化处理器后，任何区域使用状态发生变化时，现场维护人员仅需调整该区域信号等级，程序便能自动计算各区域信号的权重因数，而无需对它们进行一一计算给定。

3 基于系统仿真多区域新风机组控制方式的分析与比较

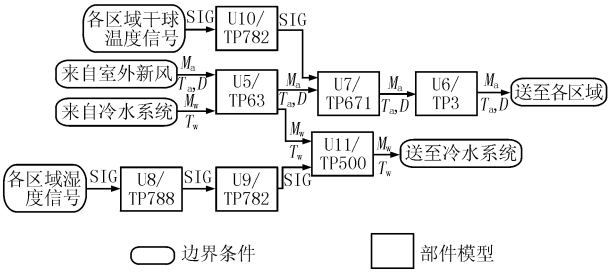
3.1 系统仿真器的构建

借助于系统仿真软件 TRNSYS[①]，构建了干盘管系统仿真器。由于篇幅所限，笔者仅对干盘管系统仿真器中的新风系统及其相应的控制部件进行简单介绍，新风系统与整个干盘管系统仿真器之间的连接关系用边界条件加以表示，有关干盘管系统仿真器的具体形式可见文献[6]。表 1 给出了分别采用基于最不利区域信号的控制方式和基于区域信号权重处理的整体性控制方式的新风系统仿真器的 DECK 文件清单，图 2，3 分别给出了该两种仿真器的 DECK 文件流程图。

① Klein S A, Beckman W A, Mitchellet J W, et al. TRNSYS: a transient system simulation program. Version 15. Solar Energy Laboratory, Univ of Wisconsin-Madison, USA, 2000

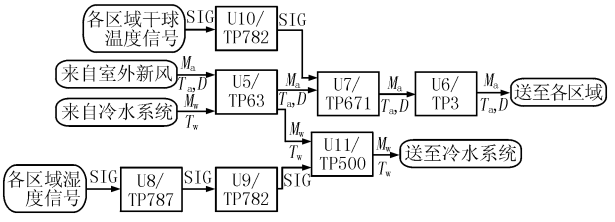
表 1 两种控制方式下的新风系统仿真器 DECK 文件清单

基于最不利区域信号的控制方式			基于区域信号权重处理的整体性控制方式		
UNIT 编号	TYPE 名称	模型子程序内容	UNIT 编号	TYPE 名称	模型子程序内容
UNIT 5	TYPE 63	表冷器	UNIT 5	TYPE 63	表冷器
UNIT 6	TYPE 3	风机	UNIT 6	TYPE 3	风机
UNIT 7	TYPE 671	电加热器	UNIT 7	TYPE 671	电加热器
UNIT 8	TYPE 788	最不利信号选择器	UNIT 8	TYPE 787	多区信号权重化处理器
UNIT 9	TYPE 782	新风机组冷水阀 PID 控制器	UNIT 9	TYPE 782	新风机组冷水阀 PID 控制器
UNIT 10	TYPE 782	电加热器输出功率 PID 控制器	UNIT 10	TYPE 782	电加热器输出功率 PID 控制器
UNIT 11	TYPE 500	冷水阀	UNIT 11	TYPE 500	冷水阀



U UNIT TP TYPE M_a 空气质量流量 M_w 水质量流量 T_a 空气温度 T_w 水温度 D 空气含湿量 SIG 控制信号

图 2 基于最不利区域信号的控制方式下新风系统仿真器 DECK 文件流程图



图例同图 2

图 3 基于区域信号权重处理的整体性控制方式下新风系统仿真器 DECK 文件流程图

3.2 仿真对象及情景的确定

仿真对象为一办公建筑的标准层，实际空调面积为 480 m^2，有一台风量为 2 900 m^3/h 的新风机组服务于该层的各个办公区域。

仿真时间为系统供冷期内的一个典型工作日，表 2 给出了该典型工作日设计工况下各时段的人员在室率。

表 2 设计工况下各时段的人员在室率 %

	时间段						
	01:00～08:00	08:00～09:00	09:00～12:00	12:00～14:00	14:00～18:00	18:00～20:00	20:00～01:00
人员在室率	0	50	95	80	95	30	0

本次仿真通过情景设定的方法来分析比较基于最不利区域信号控制和基于区域信号权重处理的整体性控制这两种多区域新风机组控制方式。

情景描述：

该标准层中有一 20 m^2 的特殊区域(即非重要区域)，在 18:00～20:00 期间由于人员停留，人员在室率为 100%，其余时段人员在室率均与表 2 相同。

3.3 分析比较项的确立

两种多区域新风机组控制方式的分析比较主要建立在区域温湿度控制能力和能量需求情况两方面，为此确立了以下分析比较项。

3.3.1 区域整体性温度的偏离度 $Z_{t,a}$

$$Z_{t,a}=\frac{1}{3\ 600}\int |\ t_a-t_{set}\ |\ d\tau \qquad (5)$$

式中 $Z_{t,a}$ 为区域整体性温度的偏离度，℃ · h；3 600 为换算系数，s/h；t_a 为区域整体性温度(经权重因数处理后所得的区域温度)，℃；t_{set} 为区域设定温度(取为 25 ℃)，℃；τ 为时间，s(积分限为本次仿真的时间)。

3.3.2 区域整体性相对湿度的偏离度 $Z_{\varphi,a}$

$$Z_{\varphi,a}=\frac{1}{3\ 600}\int |\ \varphi_a-\varphi_{set}\ |\ d\tau \qquad (6)$$

式中 $Z_{\varphi,a}$ 为区域整体性相对湿度的偏离度，% · h；φ_a 为区域整体性相对湿度(经权重因数处理后所得的区域相对湿度)，%；φ_{set} 为区域设定相对湿度(取为 50%)，%。

3.3.3 特殊区域温度的偏离度 $Z_{t,s}$

$$Z_{t,s}=\frac{1}{3\ 600}\int |\ t_s-t_{set}\ |\ d\tau \qquad (7)$$

式中 $Z_{t,s}$ 为特殊区域温度的偏离度，℃ · h；t_s 为特殊区域的温度，℃。

3.3.4 特殊区域相对湿度的偏离度 $Z_{\varphi,s}$

$$Z_{\varphi,s}=\frac{1}{3\ 600}\int|\varphi_s-\varphi_{set}|\,d\tau \qquad (8)$$

式中 $Z_{\varphi,s}$为特殊区域相对湿度的偏离度，%·h；φ_s 为特殊区域的相对湿度，%。

3.3.5 该标准层系统总供冷量 Q_c

$$Q_c=Q_p+\sum Q_f \qquad (9)$$

式中 Q_c 为标准层系统总供冷量，kJ；Q_p 为标准层新风机组的供冷量，kJ；$\sum Q_f$ 为标准层内所有风机盘管的供冷量，kJ。

3.3.6 该标准层系统总再热量 Q_{rh}

为了避免部分负荷下出现室内过冷的问题，系统对新风设立了再热措施（本次系统仿真中再热设定温度为 24 ℃），Q_{rh}为此期间采用再热措施所提供的总再热量，kJ。

3.4 仿真结果与分析

通过图 4，5 可以看出，在基于最不利区域信号

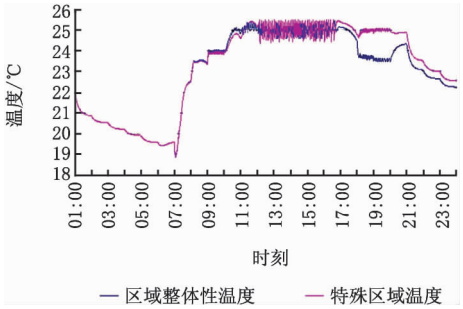


图 4 基于最不利区域信号控制区域内温度变化

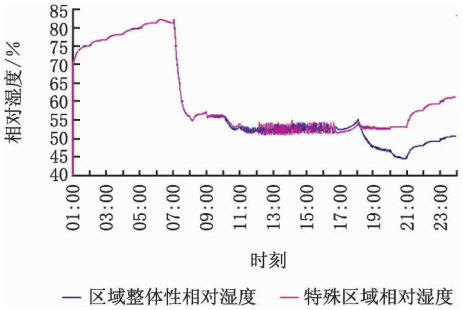


图 5 基于最不利区域信号控制区域内相对湿度变化

的控制方式下，当特殊区域成为最不利区域时，该区域的湿度信号即为新风机组冷水阀开度的控制信号，因此该区域内的空气干球温度和相对湿度都接近其各自的设定要求（系统运行期间各区域室内空气干球温度设定值为 25 ℃，相对湿度设定值为 50%）；而区域整体性温度和相对湿度都较低，即区域整体呈现过冷和过干现象，由于系统再热措施的采用，过冷问题得到一定程度的缓解，但再热能耗是很高的。

通过图 6～11 可以看到，在基于区域信号权重处理的整体性控制方式下，区域整体性相对湿度信号成为新风机组冷水阀开度的控制信号，因此区域

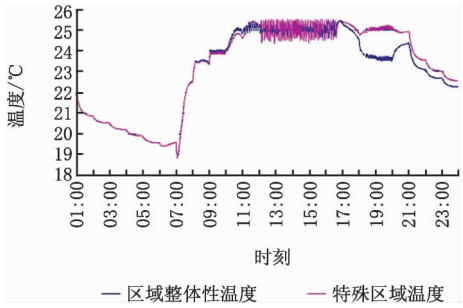


图 6 基于区域信号权重处理的整体性控制区域内温度变化（$BL=1.0$）

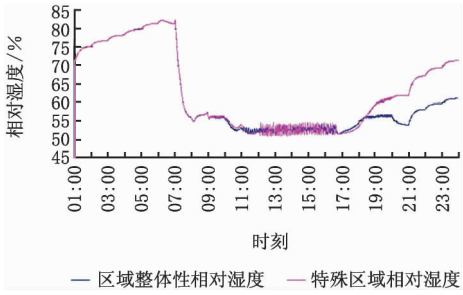


图 7 基于区域信号权重处理的整体性控制区域内相对湿度变化（$BL=1.0$）

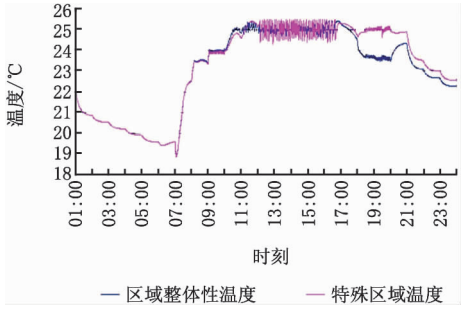


图 8 基于区域信号权重处理的整体性控制区域内温度变化（$BL=0.6$）

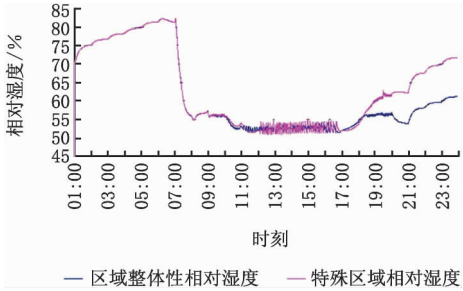


图 9 基于区域信号权重处理的整体性控制区域内相对湿度变化（$BL=0.6$）

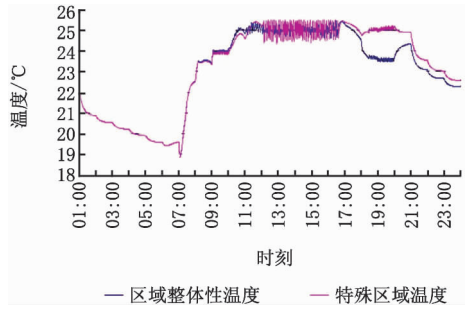


图 10 基于区域信号权重处理的整体性控制区域内温度变化($BL=0.2$)

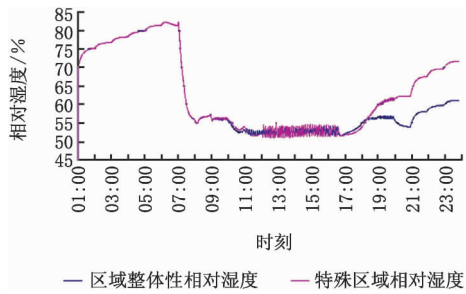


图 11 基于区域信号权重处理的整体性控制区域内相对湿度变化($BL=0.2$)

整体性相对湿度要比特殊区域相对湿度更接近设定要求,再热要求也相对较低;随着 BL 值的变化,区域整体性温湿度的变化并不明显,这主要是由于所取特殊区域的面积仅 20 m^2,为全部区域面积的 1/24,即使 $BL=1.0$,特殊区域信号在整体性信号中的比重也相当小,所以当 BL 值变化时,对于最终结果的影响不大,但可以预见当特殊区域的面积增大时,BL 值的影响也将进一步增强。

表 3 给出了该情景下各分析比较项的计算结果。可以看到,基于最不利区域信号控制方式下系统的总供冷量和总再热量都明显高于基于区域信号权重处理的整体性控制方式;前一种方式下的区域整体性温度和相对湿度的偏离度要高于后一种方式,而特殊区域温度和相对湿度的偏离度要低于后一种方式;由于本情景下特殊区域面积占全部区域面积的比例很小,所以不同 BL 值下各分析比较项的数值相差不大,但仍然可以通过现有的数据预见到随着 BL 值的减小,区域的整体性温度和相对湿度受到特殊区域的干扰减弱,系统所需供冷量和供热量也减小,但与此同时的确也增大了特殊区域温湿度的偏离度。

表 3 各分析比较项的计算结果

	Q_c/MJ	Q_{rh}/MJ	$Z_{t,a}$/(℃·h)	$Z_{\varphi,a}$/(%·h)	$Z_{t,s}$/(℃·h)	$Z_{\varphi,s}$/(%·h)
基于最不利区域信号控制	753.312	127.334	9.825	50.543	9.073	51.872
基于区域信号权重处理的整体性控制($BL=1.0$)	699.310	113.311	9.779	44.801	9.163	57.151
基于区域信号权重处理的整体性控制($BL=0.6$)	696.493	111.958	9.753	43.869	9.331	58.273
基于区域信号权重处理的整体性控制($BL=0.2$)	695.741	110.933	9.126	43.476	9.484	59.194

4 结论

本文提出了在干盘管系统建立过程中多区域新风机组控制方式选择的问题,通过系统仿真的手段分析得到:基于区域信号权重处理的整体性控制方式能较好地控制区域的整体性温湿度,尤其是在个别非重要区域室内负荷变动比较大且频繁时,能真正做到按需分配,具有一定的节能优势。对于办公建筑而言,由于其属于舒适性空调,并不要求严格控制每个区域的温湿度,并且办公建筑中的确会存在一些负荷波动大而频繁的非重要区域,因此从保证整体性温湿度和节能的角度出发,建议在应用于办公建筑的干盘管系统中,对于多区域新风机组冷水阀采用基于区域信号权重处理的整体性控制方式。

参考文献

[1] 周俊凯,周伟坤,陈国邦. 干工况风机盘管加冰蓄冷新风系统空调过程研究[J]. 低温与超导,2003(2)
[2] 李春,沈晋明,郁惟昌. 干盘管技术与系统的适用性[C]//全国暖通空调制冷 2004 年学术文集. 北京:中国建筑工业出版社,2004
[3] 沈德强,沈晋明. 防 SARS 抗菌型干工况运行风机盘管空调系统设计理念[J]. 节能,2004(2)
[4] 沈德强,沈晋明. 医院病房防 SARS 抗菌干盘管空调系统研究[J]. 暖通空调,2004, 34(5)
[5] 王红朝. 对《医院病房防 SARS 抗菌干盘管空调系统研究》一文的质疑[J]. 暖通空调,2004,34(8)
[6] 沈列丞. 风机盘管干工况运行空调系统在办公建筑中的应用[D]. 上海:同济大学,2006

·简讯·

隔离病房科研课题取得突破

《科技日报》2005 年 12 月 27 日发表的题为《隔离病房科研在空调所取得突破》的报道说,最近,一种隔离病房隔离原理的新理念、新措施在北京中国建筑科学研究院空调所由第 5 届光华工程科技奖获得者许钟麟研究员提出,为不用高负压、密封门、全新风,设计和建设社会急需的有效、经济、节能的隔离病房提供了依据。许钟麟研究员及其课题组突破了传统上采用高负压的办法(静态隔离),提出了能隔离病人面对医护人员的传播和开门时有人进出的传播这样一种理念(称为动态隔离),这是没有人提过的新理念。根据新理念提出了动态隔离原理和采用缓冲室的基本措施,经实验证明其隔离效果大幅度提高。

(本 刊)