



双温冷源温度湿度独立控制 空调系统新风系统设计探讨

中国建筑设计研究院 郑 坤[☆] 潘云钢 韩武松 徐俊杰 郭丝雨

摘要 以北京市某工程双温冷源温度湿度独立控制空调系统为例,提出了新风系统设计新风量的确定方法,以保证送风不结露为目的所确定的新风量与室内设计相对湿度存在对应关系,并计算出了4种功能房间的设计人均新风量。分析了设计工况新风预冷处理参数和过渡季直接送入室外新风的可行性。

关键词 双温冷源 温度湿度独立控制空调系统 新风量 结露 预冷盘管

Outdoor air system design in the temperature and humidity independent processed air conditioning system based on double temperature cold sources

By Zheng Kun[★], Pan Yungang, Han Wusong, Xu Junjie and Guo Siyu

Abstract Taking a project in Beijing as an example, puts forward the determine method of the outdoor air rate. There exists a correspondence relationship between the indoor design relative humidity and the outdoor air rate which is determined by anti condensation. Meanwhile, calculates the outdoor air design rate per person of the rooms with four different functions. Analyses the outdoor air pre-cooling treatment parameters under design condition and the feasibility of supplying outdoor air directly into the room in transition seasons.

Keywords double temperature cold sources, temperature and humidity independent processed air conditioning system, outdoor air rate, condensation, pre-cooling coil

★ China Architecture Design & Research Group, Beijing, China

①

0 引言

温度湿度独立控制空调将空气显热与散湿量完全分开考虑和分别处理,是一种新的空调系统分析和设计方法^[1]。与传统的空调系统相比,该系统在冷源制备、介质输送和末端处理设备的形式等方面都有新的设备应用。其中,空气显热的处理一般由高温冷源负担,包含可再生能源热泵系统、高温冷水机组和免费冷源等。末端处理设备主要有干式风机盘管和辐射冷表面末端,并且使用辐射冷表面末端的系统冷水输送温差应满足末端供冷特性要求。很明显,空气显热的处理是温度湿度独立控制空调系统节能的主要部分,但是相对于显热的处理设备,空气除湿形式及其设备更具多样化和新颖性,且催生出了溶液调湿新风机组、转轮除湿机和透湿膜^[1]等新设备及新材料应用。

现阶段,空气除湿的形式主要有冷冻除湿、溶

液除湿和转轮除湿,各种形式在工程中均有应用,经过处理后空气的极限含湿量分别为:8,4,1 g/kg^[2]。本文主要介绍冷冻除湿的独立新风系统应用,具体到其系统的设计思路,是用不同能量品位的载冷剂分别处理显热和室内余湿。一般来说,采用高温冷水负担室内显热负荷,高温冷水和低温冷水共同负担除湿负荷,故此系统形式称为双温冷源温度湿度独立控制空调系统。

1 新风机组与新风处理过程

本文以北京市某工程为例阐述双温冷源温度

①☆ 郑坤,男,1982年11月生,工学硕士,工程师
100044 北京市西城区车公庄大街19号中国建筑设计研究院机电院
(010) 88327731
E-mail: zk20000421@126.com
收稿日期:2014-02-13
修回日期:2014-04-22

湿度独立控制空调新风系统并进行分析。所采用的新风机组的主要特点有:第一,该机组包含新风预冷的高温冷水盘管和深冷除湿的低温冷水盘管,其中预冷盘管兼作冬季供热盘管;第二,由于空调房间新风送风口周围的局部环境湿度较大,送风温度太低易造成风口局部结露和人员不舒适,采用热管式再热装置给新风提供热量从而提升送风温度;第三,为满足规范^[3]节能要求采用新排风显热回收装置。新风机组各功能段见图1,相应的新风处理过程焓湿图见图2,文中机器露点的相对湿度取90%。以下就新风系统设计的主要问题进行详细阐述。

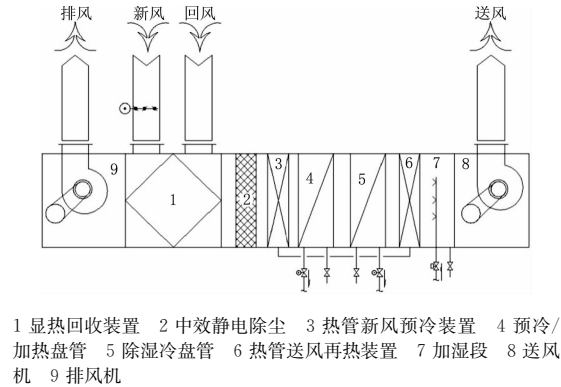


图1 双温冷源温度湿度独立控制新风机组

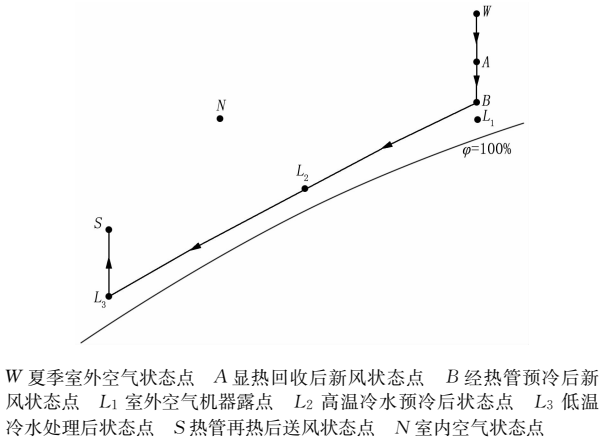


图2 新风处理过程焓湿图

2 人均新风量的确定

一些文献对温度湿度独立控制空调设计新风量的选择作了阐述^[2,4],笔者认为没有完全体现冷冻除湿的特点,设计新风量的选取应满足以下4种要求:1) 人员卫生要求,即 GB 50736—2012《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》^[5]满足人员卫生要求的最小新风量;2) 去除室内湿负荷的要求;

3) 新风机组送风含湿量大于采用冷冻除湿方式的极限含湿量;4) 送风温度不会造成风口局部结露。其中,满足后3条要求的新风量可以通过对空气处理过程的计算确定,本文选择建筑中人员密度不同的4种典型功能房间(办公室、会议室、休闲过厅和餐厅)进行分析。另外,由于节能规范^[3]对排风热回收的要求,办公室、会议室、休闲过厅新风机组设置新排风热回收段,餐厅新风机组不设新排风热回收段。相关计算参数见表1。

表1 计算参数

显热净回收效率 ^[3] /%	55
4排U形热管循环式净回收效率/%	30
无排风热回收机组热管循环式净回收效率 ^[3] /%	40
空调室外计算干球温度 t_w ^[5] /℃	33.5
空调室外计算湿球温度 ^[5] /℃	26.4
空调室内设计温度 t_N ^[3] /℃	26
成人人均劳动散湿量 ^[6] /(g/(人·h))	109
人均饭菜散湿量 ^[7] /(g/(人·h))	34.9

对于办公室,计算在送风温度不会造成风口结露的条件下,去除室内湿负荷所需的人均新风量。其中, $t_w=33.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_N=26\text{ }^{\circ}\text{C}$, 室内设计相对湿度取50%,查焓湿图可得:室内空气机器露点温度为 $16.4\text{ }^{\circ}\text{C}$, 室内空气含湿量 d_N 为 10.76 g/kg 。为保证送风不结露,新风送风温度需达到 $16.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 即 $t_S=16.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 显热回收后新风温度 $t_A=t_w-(t_w-t_N)\times 55\%=29.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。设置4排U形热管作为新风再热装置,故深冷除湿处理后满足下式

$$(t_A-t_{L_3})\times 30\%+t_{L_3}=t_S \tag{1}$$

计算得到 $t_{L_3}=11\text{ }^{\circ}\text{C}$, 状态点 L_3 对应的含湿量 $d_{L_3}=7.52\text{ g/kg}$, 与室内空气的含湿量差 $\Delta d=3.24\text{ g/kg}$ 。同理可以得到室内设计相对湿度分别为55%,60%,65%时除湿后的状态点。另外,具有相同新风机组段的办公室、会议室和休闲过厅空气处理过程相同,计算结果见表2。

表2 办公室、会议室及休闲过厅除湿后状态参数

	相对湿度/%			
	50	55	60	65
$t_{L_3}/^{\circ}\text{C}$	11.0	13.1	15.1	17.0
$\rho_{L_3}/(\text{kg}/\text{m}^3)$	1.24	1.23	1.22	1.22
$d_{L_3}/(\text{g}/\text{kg})$	7.52	8.65	9.87	11.16
$\Delta d/(\text{g}/\text{kg})$	3.24	3.21	3.09	2.90

餐厅新风机组不含排风热回收,其热管再热装置净回收效率应满足规范要求^[3],取最小值40%。故深冷除湿处理后满足下式

$$(t_w-t_{L_3})\times 40\%+t_{L_3}=t_S \tag{2}$$

计算得到 $t_{L_3}=5.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 状态点 L_3 对应的含湿量 $d_{L_3}=5.05\text{ g/kg}$, 与室内点 ($t_N=26\text{ }^{\circ}\text{C}$, 相对湿度取 50%) 的含湿量差 $\Delta d=5.71\text{ g/kg}$ 。同理可以得到室内设计相对湿度为 55%, 60%, 65% 时除湿后状态点, 结果见表 3。

表 3 餐厅除湿后状态参数

	相对湿度/%			
	50	55	60	65
$t_{L_3}/^{\circ}\text{C}$	5.2	7.7	10.0	12.2
$\rho_{L_3}/(\text{kg}/\text{m}^3)$	1.27	1.26	1.24	1.23
$d_{L_3}/(\text{g}/\text{kg})$	5.05	6.00	7.03	8.15
$\Delta d/(\text{g}/\text{kg})$	5.71	5.86	5.93	5.91

室内散湿量主要包括人员散湿、新风渗透散湿、饭菜散湿以及植物散湿。对于办公室而言, 由于人员密度较小, 一般只有人员散湿和新风渗透产湿, 且新风渗透产湿量约占总湿负荷的 20%^[2], 折合人均散湿量 $W=109\text{ g/h}\div 0.8=136.3\text{ g/h}$; 对人员密度较大的会议室, 仅考虑人员散湿, 折合人均散湿量 $W=109\text{ g/h}$; 对人员密度较小的休闲过厅, 考虑人员散湿、新风渗透产湿和植物散湿, 且后两项约占总湿负荷的 30%^[2], 折合人均散湿量 $W=109\text{ g/h}\div 0.7=156\text{ g/h}$; 对于人员密度较大的餐厅, 考虑人员散湿和饭菜散湿, 折合人均散湿量 $W=109\text{ g/h}+34.9\text{ g/h}=143.9\text{ g/h}$ 。除湿所需人均新风量满足下式:

$$L=\frac{W}{\Delta d\rho_{L_3}}\tag{3}$$

式中 L 为除湿人均新风量, m^3/h 。

根据式(3)得到的不同室内设计相对湿度条件下的除湿所需人均新风量见图 3。可以看出, 除餐

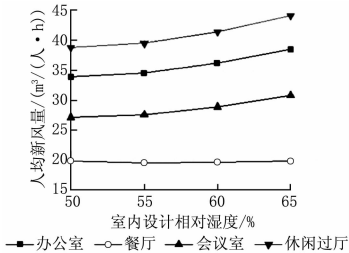


图 3 除湿所需人均新风量随室内设计相对湿度的变化

厅外, 除湿所需人均新风量均随室内设计相对湿度的增加而缓慢增加。为了减小末端机组能耗, 在大于冷冻除湿方式的送风极限含湿量的条件下, 人均新风量越小越好。

综合以上分析, 该工程 4 种典型的功能房间满足上述要求的室内设计参数和设计人均新风量见

表 4。可以看出, 办公室、会议室和休闲过厅的室

表 4 设计人均新风量及相关参数

	办公室	会议室	休闲过厅	餐厅
$d_{L_3}/(\text{g}/\text{kg})$	8.65	8.65	8.65	8.15
相对湿度/%	55	55	55	65
$d_N/(\text{g}/\text{kg})$	11.86	11.86	11.86	14.06
$L/(\text{m}^3/\text{h})$	34.5	27.6	39.5	19.8
最小新风量 ^[5] / $(\text{m}^3/(\text{人}\cdot\text{h}))$	30	14	19	25
设计人均新风量/ $(\text{m}^3/(\text{人}\cdot\text{h}))$	34.5	27.6	39.5	25

内设计相对湿度不能低于 55%, 办公室的设计人均新风量略大于满足卫生要求的最小新风量, 会议室、休闲过厅的设计人均新风量约为满足卫生要求的最小新风量的 2 倍; 餐厅的室内设计相对湿度不能低于 65%, 设计人均新风量为满足卫生要求的最小新风量。

3 设计工况新风预冷处理参数的确定

通过上述设计人均新风量的确定过程, 可以得到新风夏季处理初始和终状态的参数, 但是无法得到过程中高温冷水预冷盘管处理后 (L_2) 的参数。从图 2 可以看出, L_2 是机器露点连线上高、低温冷水盘管处理的分界点, 其干球温度越低, 高温冷水供冷越充分, 越有利于新风机组节能。从理论上讲, L_2 在焓湿图上的位置主要取决于盘管面积和高温冷水温度, 这是两个相关的参数, 设计时需先给定一个参数。

高温冷水设计供回水温度为 $16\text{ }^{\circ}\text{C}/21\text{ }^{\circ}\text{C}$, 一般考虑 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 传热温差^[1], 所以 L_2 的干球温度取 $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。同时, 夏季预冷和冬季供热使用同一盘管, 设计盘管面积参数时应取其中的大值, 使盘管的供冷、供热量分别满足要求。本文仅作设计阶段简单判断, 故作出以下假设: 1) 盘管供冷、供热传热系数相等; 2) 盘管冷、热水与空气的传热近似认为逆流换热; 3) 忽略排风热回收和热管对新风的预冷作用。

盘管面积按下式计算:

$$A=\frac{Q}{K\Delta t_m}\tag{4}$$

式中 A 为盘管换热面积, m^2 ; Q 为新风冷却或加热量, W ; K 为盘管传热系数, $\text{W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$; Δt_m 为对数平均温差, $^{\circ}\text{C}$ 。

对于冬季供热工况, 盘管热水供回水温度为 $60\text{ }^{\circ}\text{C}/45\text{ }^{\circ}\text{C}$, 根据空气等焓加湿的处理过程, 需将新风从 $-9.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 等含湿量加热到与室内状态点等

焓的点,此点干球温度为 $31.3\text{ }^{\circ}\text{C}$,相应的 $\Delta t_m = 40.4\text{ }^{\circ}\text{C}$;夏季预冷工况,盘管高温冷水供回水温度为 $16\text{ }^{\circ}\text{C}/21\text{ }^{\circ}\text{C}$,将新风从 $33.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 预冷到 $21\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\Delta t_m = 8.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。通过焓湿图计算,冬季供热工况盘管处理比焓差为 39.6 kJ/kg ;夏季预冷工况处理比焓差为 26.2 kJ/kg 。冷、热盘管面积比为 3.3 ,故应按夏季预冷工况进行盘管设计。

4 过渡季新风机组运行策略

热管式再热装置的净回收效率是基于设计工况室外温度确定的,过渡季室外干球温度较低,无法满足新风冷冻除湿后再热的需求,进而送风温度过低,易造成人员不舒适。结合建筑使用功能,考察过渡季(3—5月及9—11月)室外空气含湿量随室外干球温度的变化情况,如图4所示。可见,在室外空气干球温度为 $18\sim 26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,大部分时间室外空气含湿量较低,直接送入室外新风不仅不会引入显热负荷,还能在一定程度上去除室内湿负荷。

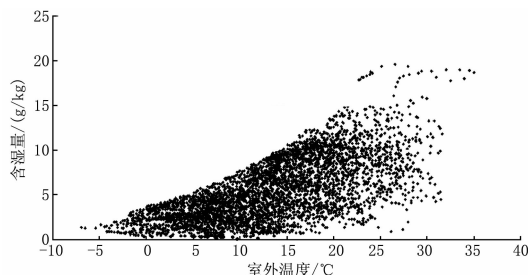


图4 过渡季室外空气含湿量随室外干球温度的变化

进一步分析,当室外空气含湿量小于 11.88 g/kg 时,办公室、会议室及休闲过厅直接送入室外新风可以对室内除湿;含湿量小于 14.08 g/kg 时,餐厅直接送入室外新风可以对室内除湿。过渡季室外空气在干球温度 $18\sim 26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时不同含湿量范围累积时间见图5。可见,北京地区在新风不引入显热

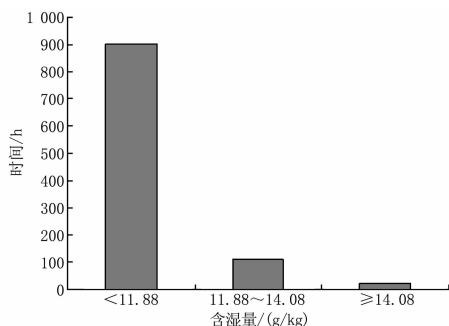


图5 过渡季室外空气在干球温度 $18\sim 26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时不同含湿量范围累积时间

负荷的过渡季节,大部分时间新风机组直接送入室外新风可以对室内进行除湿,87%的时间可以对办公室除湿,97%的时间可以对餐厅除湿。

5 结论

本文以北京市某工程为例介绍了所采用的双温冷源温度湿度独立控制空调系统的专用新风机组各功能段组成和空气处理过程,着重分析了4种功能房间的设计新风量、设计工况新风预冷处理参数及过渡季新风机组运行策略,在所述室内散湿量比例的前提条件下得到以下结论。

5.1 通过以送风不结露为目的的设计新风量的计算,可以准确得到新风除湿的终状态,进而得出与室内设计相对湿度对应的,且大于冷冻除湿送风极限含湿量和卫生所需最小新风量的设计人均新风量。本例中,办公室、会议室、休闲过厅的室内设计相对湿度不能低于55%,餐厅的室内设计相对湿度不能低于65%。

5.2 设计工况新风机组应充分利用高温冷水预冷,预冷兼加热盘管应按夏季预冷工况设计。

5.3 过渡季室外空气干球温度在 $18\sim 26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间时,直接送入室外新风不会引入显热负荷,大部分时间还可以对室内进行除湿,87%的时间可以对办公室除湿,97%的时间可以对餐厅除湿。

参考文献:

- [1] 刘晓华,江亿,张涛. 温湿度独立控制空调系统[M]. 2版. 北京:中国建筑工业出版社,2013
- [2] 刘拴强,刘晓华,江亿. 温湿度独立控制空调系统中独立新风系统的研究(2):送风参数的确定[J]. 暖通空调,2010,40(12):85-90
- [3] 北京市规划委员会. DB 11/687—2009 公共建筑节能设计标准[S]. 北京:2009
- [4] 王建奎,陆麟,曾宪纯. 温湿度独立控制系统中最小新风量计算方法研究[J]. 暖通空调,2010,40(1):29-32
- [5] 中国建筑科学研究院. GB 50736—2012 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2012
- [6] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 2版. 北京:中国建筑工业出版社,2008
- [7] 刘拴强,刘晓华,江亿. 温湿度独立控制空调系统中独立新风系统的研究(1):湿负荷计算[J]. 暖通空调,2010,40(1):80-84