

文章编号:1673-9469(2009)02-0055-04

## 置换通风对地板供冷系统结露影响的初步分析

王蕾<sup>1</sup>,张子平<sup>1</sup>,佟娜娜<sup>2</sup>,梁博<sup>1</sup>

(河北工程大学 城建学院,河北 邯郸 056038;2.浙江省工程物探勘察院,浙江 杭州 310005)

**摘要:**地板供冷与置换通风相结合在国内外的工程中常采用。置换通风不但可以提供满足房间卫生要求的新风,还可以防止地板供冷系统地面结露。本文通过对置换通风与地板供冷结合的理论分析与实验分析,认为置换通风系统不能解决地板的结露问题,但在一定程度上可以缓解结露的严重程度。对置换通风的新风进行干燥处理,其处理状态与室内外的湿环境状态相关,对其进行实时监控和调节才能做到防止地面结露。

**关键词:**置换通风;地板供冷;地面结露;干燥新风

**中图分类号:** TU111

**文献标识码:** A

### Preliminary analysis on effects of displacement ventilation to condensation in cooling floor system

WANG Lei<sup>1</sup>, ZHANG Zi-ping<sup>1</sup>, TONG Na-na<sup>2</sup>, LIANG Bo<sup>1</sup>

(1. Institute of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China;

2. Zhejiang Engineering Geophysical Prospecting Institute, Hangzhou 310005, China)

**Abstract:** The combination of floor cooling and displacement ventilation is a common method, which was used in the engineering application. Displacement ventilation not only offers fresh air for room's sanitary requirement, but also prevents the floor surface from condensation. This paper analyzed the floor cooling and displacement ventilation in the experiment and the theory, which indicates that the displacement ventilation can not solve the condensation problem but reduce the condensation in some degree. It comes to the conclusion that the condition point of the dry fresh air in displacement ventilation is relation to the indoor and outdoor humidity environment, and real-time monitoring can prevent the surface from condensation.

**Key words:** displacement ventilation; floor cooling; surface condensation; dry fresh air

地板供冷系统中,当供水温度较低或室内湿度较大时,地板表面就会出现结露。地面结露不但影响房间的舒适性和美观,还削弱了地板的供冷能力,使其不能满足室内的冷负荷要求。国内外对地面结露的研究很多,其中一种方式是采用经过处理的干燥新风来防止结露<sup>[1]</sup>,这种方式在国内外的工程中也得到了广泛应用<sup>[2]</sup>。置换通风系统可以在地板表面形成冷空气湖,一层露点温度较低的干燥空气将地板覆盖,可以阻止室外渗入的热湿空气与低温地板直接接触从而防止地面结露。本文对这一问题进行理论与实验探讨,以期得到防止地面结露的有效方法。

### 1 置换通风简介

置换通风系统最早出现在欧洲,在欧洲早期的高大厂房内,置换通风可以有效地排除室内的污染物及粉尘,使室内的换气均匀,保持工作区的干净卫生,欧洲90%的工厂都采用这种系统。80年代地板供冷技术发展起来后,为了防止地面结露,提出了采用地板供冷与置换通风相结合的方式。

置换通风与地板供冷相结合,进一步提高了对置换通风的要求。首先,室内的送风速度降低

到  $2\text{m/s} - 3\text{m/s}$ , 防止室内人员有冷吹风感, 可以满足室内正压和卫生要求; 其次, 处理过程也着重于新风的干燥处理, 新风承担室内的所有湿负荷; 再次, 新风量大小也有要求。置换通风系统的引入, 增强了地面与室内空气的对流换热效, 有数据表明, 使用该系统时地面与室内空气的对流换热系数高出单独使用地板供冷时  $45\%$ , 导致总换热量高出  $30\%$ <sup>[3]</sup>。

## 2 置换通风对地板结露的影响

地面结露的根本原因是地板表面温度低于室内空气露点温度导致地板表面过冷。要改变这种结露状况, 有两种方案: (1) 提高地板表面温度, 这要从改变供回水温度入手。提高置换通风所承担冷负荷的比例, 有利于给供回水温度的降低幅度带来一个大范围的空间, 保证地面温度高于露点温度; (2) 降低室内空气的露点温度。露点温度  $t_d$  与室内温度  $t_i$  和室内相对湿度  $\phi$  两参数有关。舒适性空调系统的室内空气温度的变化精度为  $26^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ , 相对湿度的变化为  $30\% - 70\%$ 。Fanger. P. O 教授的研究<sup>[4]</sup>表明相对湿度对人体舒适性的影响不是很大, 所以室内空气的相对湿度在舒适性空调中的波动范围较大。空气相对湿度的变化与露点温度的变化有着直接的关系, 从焓湿图查出, 假定室内温度  $26^\circ\text{C}$ , 室内相对湿度  $\phi$  是  $30\%$ ,  $50\%$ ,  $70\%$  时, 对应的露点温度  $t_d$  分别是  $7^\circ\text{C}$ ,  $15^\circ\text{C}$ ,  $20.2^\circ\text{C}$ <sup>[5]</sup>。

由上文可知, 在  $26^\circ\text{C}$  的室内环境下, 相对湿度的变化导致室内的露点温度在  $7^\circ\text{C} - 20.2^\circ\text{C}$  之间变化, 在相对湿度为  $30\%$  的环境下, 地板表面温度保证在  $7^\circ\text{C}$  以上, 都可以防止地面结露, 而相对湿度高于  $70\%$  时, 要保证不结露, 地板表面温度需要保持在  $20^\circ\text{C}$  以上, 这样就很容易有结露现象产生。所以要控制室内的相对湿度尽量低一些, 这样可以提高地板的供冷能力, 保证系统正常运行。

在置换通风系统对新风的干燥处理也是基于这一方面来改善室内的湿环境。干燥的新风带走室内余湿量, 保证室内的相对湿度在一定值上, 从而保证室内露点温度值。常用的空气处理机组, 采用冷冻水来处理新风或新回风混合风, 空调机组冷冻水温度  $7^\circ\text{C} - 12^\circ\text{C}$ ,  $7^\circ\text{C}$  冷水处理新风的过程在焓湿图表示如图 1。图 1 的室外温度是邯郸市的夏季空调室外设计温度。

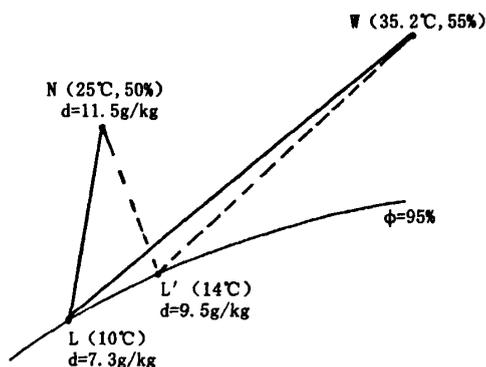


图1 新风处理焓湿图

Fig.1 The psychrometric chart of fresh air handling

机组预处理的空气温度约  $10^\circ\text{C}$ , 考虑到冷水管管道和风管升温, 处理后的送风温度约  $14^\circ\text{C}$ 。按照余湿量计算公式, 对于普通两人办公室来说,  $14^\circ\text{C}$  新风可以把室内余湿量带走, 维持室内  $50\% - 60\%$  的相对湿度。但对于潮湿的室外环境来说, 当室外的相对湿度达到  $80\%$  以上, 室内的湿负荷也随人员湿负荷与渗透湿负荷增大而增大, 要维持室内的湿环境稳定, 新风的处理温度应低于  $10^\circ\text{C}$  时, 才能把余湿量带走。而机组的处理能力有最低限制, 在潮湿的外环境下, 邯郸市某地板供冷系统的送风温度为  $14^\circ\text{C}$ , 地板表面出现大面积结露现象。

在潮湿地区采用转轮除湿机或溶液除湿对新风进行干燥处理, 这样处理的新风不受空气处理机组最低处理能力的限制, 新风的处理状态可以达到温度为  $14^\circ\text{C}$ , 相对湿度  $30\%$  以下, 处理后的新风如图 2 所示。处理状态点可以满足湿度较大的外环境。文献[6]指出, 在冬冷夏热的长江中下游地区, 适宜采用置换通风系统加除湿设备。笔者

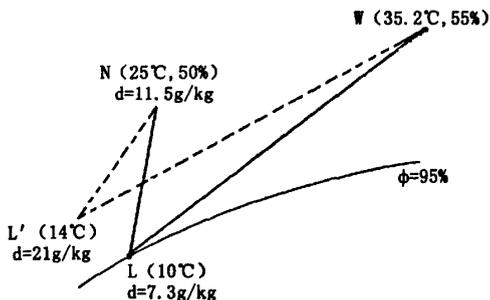


图2 新风除湿处理焓湿图

Fig.2 The psychrometric chart of fresh air dehumidification handling

对邯郸市 2007 年 8 月份的室外相对湿度测试,每天测试三次,取平均值,结果用 EXCEL 表绘制,如图 3 所示。

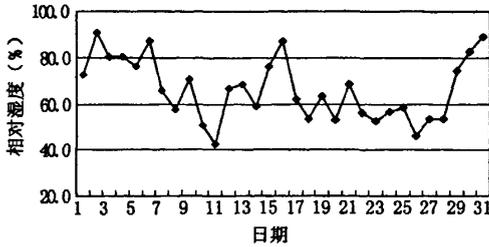


图3 邯郸市室外相对湿度变化曲线

Fig.3 The change of outdoor relative humidity in Handan

2007 年 8 月邯郸市潮湿多雨,室外温度为  $25^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$ ,室外相对湿度较大,为  $70\% - 90\%$ 。新风处理过程如图 1 所示,室内普遍存在结露现象。邯郸市地处寒冷地区,按系统设计规范要求,不需加除湿设备,而对于地板供冷系统来说,置换通风系统不能满足这种需求。所以笔者认为对地板供冷系统的新风处理应考虑除湿处理,防止在高温多雨季节系统出现结露现象。

### 3 实验分析

实验测试对象为邯郸市某办公楼,建筑面积  $5\,000\text{m}^2$ ,采用地板供冷加置换通风系统,地盘管供水温度为  $18/21^{\circ}\text{C}$ ,新风处理到  $14^{\circ}\text{C}$ ,露点送风。由于邯郸市八月份天气潮湿,系统运行期间,大部分房间出现结露现象。表 1 是笔者测试数据中一

部分,选择同一房间,当新风不同时,比较分析新风对地面结露的影响。

测试仪器:室内温湿度采用干湿球温度计测量,精度为  $0.2^{\circ}\text{C}$ ;采用热球风速仪测量风速;用红外线测温仪测量地板表面温度,精度为  $0.5^{\circ}\text{C}$ 。

地面表面为瓷砖饰面,表 1 反应出地面温度低于露点温度时,在理论情况与实际情况下都有结露现象发生。当新风温度高于露点温度时,不会出现结露现象,结露现象是否出现与新风量的大小无关,这一点与理论分析相吻合。

当地面温度低于露点温度时,如序号 3-8 都有结露现象产生;其中对于序号 3 和 4,其它参数相似的条件下,风速分别为  $0.6\text{m/s}$  和  $1.8\text{m/s}$  时,对结露的影响不是很大,都有轻微结露现象,表现在局部有积水,地面潮湿。当地面温度低于露点温度约  $1.5^{\circ}\text{C}$  时,地面有面积结露现象,如序号 5 和 6 所示,新风风速为  $0.75\text{m/s}$  时,室内的结露现象比风速为  $2.5\text{m/s}$  时更严重。从序号 7 中的数据,我们可以看出,当关闭室内的新风时,室内结露更加严重,出现大面积地面积水。

以上论述说明,新风对系统结露有缓解作用,但是,单纯的提高新风量并不能解决结露问题。所以与传统的空调系统一样,在实际工程中对新风进行过滤、冷却等处理不能满足地板供冷中置换通风的需求,误认为只要地板供冷与置换通风相结合就可以解决结露问题是不正确的,必须把新风的处理状态点与室内外环境的空气状态点相结合进行分析,通过把地面温度与露点温度都设定到一个合理值才能满足室内舒适性的要求。

表 1 房间各测试参数

Tab.1 The test parameters of the room

序号	新风风速 (m/s)	室内温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	相对湿度 (%)	室内露点 温度( $^{\circ}\text{C}$ )	地板表面 温度( $^{\circ}\text{C}$ )	理论结露 情况	实际结露 情况
1	3.5	25.4	75	20.7	21.5	无	无
2	0.52	24.6	83	20.9	20.8	无	无
3	0.6	26.6	83	23.5	22.8	有	轻微
4	1.8	26.8	81	23.5	22.8	有	轻微
5	0.75	24.6	79	21.5	20	有	有
6	2.5	24.8	83	21.6	20	有	轻微
7	0	24.6	82	21.5	20.5	有	严重
8	2.7	25	78	21	20	有	有

注:“无”表示地板表面无结露现象;“轻微”表示地板表面潮湿或某一处有结露现象;“有”表示地板表面大面积有结露,但没有出现大面积积水现象;“严重”表示地面有面积积水现象。

## 4 结论

1) 置换通风的新风除湿过程应根据当地气候条件来确定,除西北干燥地区外,应加设除湿设备,以保证及时排出室内湿负荷。

2) 置换通风系统不能解决结露问题,它只能在一定程度上缓解结露的严重程度。要解决结露问题应从新风的处理状态点和室内相对湿度两方面进行考虑。

3) 地板供冷系统中,室内的相对湿度和温度一样,是一个重要的控制参数。实时监测与控制,并采用一定措施,才能保证地面不结露。

## 参考文献:

- [1] 张 焯. 地板辐射空调系统的研究分析[J]. 南京师范大学学报, 2003, 3(2): 31-34.
- [2] 徐 宁. 谈地板辐射供冷的应用与推广[J]. 低温与特气, 2007, 25(4): 1-3.
- [3] 蔡 宁. 地板辐射供冷结合置换通风复合式系统的应用研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2007.
- [4] 苗 平. 湿空气对人体舒适性的影响[J]. 洁净与空调技术, 2003, (3): 13-16.
- [5] 赵荣义, 范存养, 钱以明, 等. 空气调节[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [6] 郁文红, 杨 昭. 辐射冷却技术与住宅空调[J]. 节能, 2005, (6): 42-44.

(责任编辑 闫纯有)

(上接第 41 页)

2) 试验得出新型气浮装置最佳工艺参数为: 回流比 20%, 溶气压力 0.60 MPa, 反应器设置扩径且速率控制在 0.80 m/s 左右。

3) 新型气浮装置处理含油废水, 在试验条件下对油和悬浮物的去除率分别达到 96% 和 85%, 出水水质良好, 运行稳定, 在含油废水及更为广泛的废水处理领域有着广阔的应用前景。

## 参考文献:

- [1] 谷玉洪, 刘凯文, 周光元. 3 种气浮设备处理油田污水的试验[J]. 油气田地面工程, 2000, 19(4): 21-22.
- [2] 李健光. 涡凹气浮在石化污水预处理中的应用[J]. 石油化工安全环保技术, 2007, 23(3): 38-39.

- [3] 陈 红, 张 坚. 高效气浮的技术关键及对含油废水的净化效果[J]. 钢铁, 2001, 36(5): 66-68.
- [4] 申龙涉, 刘德俊, 姜维民, 等. 组合式气浮装置在油田废水处理中的应用[J]. 工业水处理, 2007, 27(2): 86-87.
- [5] 王颀军, 李福勤, 王宏伟, 等. ADAF 处理油田采出水的应用研究[J]. 中国给水排水, 2008, 24(17): 53-55.
- [6] 张玉芳, 徐志霞, 张志刚, 等. 加压溶气气浮法处理矿井水中悬浮物的研究[J]. 河北建筑科技学院学报, 2004, 21(3): 8-11.
- [7] 吴 莎. 光合细菌-膜生物反应器处理 VB<sub>12</sub> 废水的研究[J]. 河北科技大学学报, 2008, 29(1): 23-26.
- [8] 吴 莎. 光合细菌处理 VB<sub>12</sub> 废水降解动力学研究[J]. 河北科技大学学报, 2008, 29(3): 242-245.

(责任编辑 闫纯有)