

# 个性化通风在改善大空间空气质量中的应用

王焱<sup>1</sup>, 朱琨<sup>1</sup>, 张金萍<sup>1</sup>, 李仕国<sup>2</sup>

(1.兰州交通大学环境与市政工程学院,甘肃 兰州 730070; 2.兰州理工大学后勤集团总公司,甘肃 兰州 730050)

**摘要** :针对某大型超市的空气质量调查结果从健康与舒适性角度提出了个性化通风的必要性,并对个性化通风在开敞大空间中应用的可行性及空气质量改善效果进行了论证。研究结果对于空调通风系统的设计、运行管理以及超市的经营策略的不断完善有一定的借鉴作用。

**关键词** :大空间建筑; 热环境; 空气质量; 主观调查; 个性化通风

**中图分类号** :X51 **文献标志码** :A **文章编号** :1003-6504(2008)07-0155-03

## Personalized Ventilation in Improving Air Quality in Large Space Building

Wang Ye<sup>1</sup>, Zhu Kun<sup>1</sup>, Zhang Jin-ping<sup>1</sup>, Li Shi-guo<sup>2</sup>

(1.School of Environmental and Municipal Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China;

2.Logistic General Company, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

**Abstracts** :Based on the results of investigation on air quality, personalized ventilation is emphasized to use in a big supermarket with respect to health and thermal comfort. The effect on improving air quality and the feasibility of personalized ventilation being applied to large space building have been demonstrated simultaneously. Results of this study are useful for the design of HV&AV, field management and improving the running strategy.

**Key words** :large space building; thermal environment; air quality; subjective investigation; personalized ventilation

现代生活中,人们90%的时间都是在室内度过的,室内空气品质直接影响着人们的健康状况、工作效率以及生活方式,所以,室内空气品质越来越受到人们的重视。大量的研究表明,有效的通风和合理的气流组织对于改善室内空气品质、控制室内污染物水平、实现健康建筑与舒适建筑的统一有重要的基础作用<sup>[1-2]</sup>。

传统的空调通风系统设计是以送风射流为基础,考虑平衡空间内的自然空气气流或辐射效应,同时保证空间内的温度、湿度和气流速度维持在所要求的范围内,通过反复迭代对温度和速度进行校核,最后找到合理的送回风方案和参数并对整个空间以同一组参数进行送风<sup>[3-4]</sup>。但对于开敞大空间,由于存在较大的温度和速度梯度、污染物的扩散以及投入运营以后各分区的实际功能和特殊需求等问题,这种设计往往达不到使用者对空气质量和热舒适性实际要求。比如,一些大型超市由于经营商品的种类不同,在同一送风方式下接受同一参数的各分区的空气质量就有显著差异。这就使得顾客在购物时对那些空气质量差的区域产生恐惧心理,有的还表现出头晕、喉干舌燥、胸闷、烦躁、恶心等症状。针对这一现象,笔者以兰州

市某一有代表性的大型超市为研究对象,对该超市的热环境质量进行了主观问卷调查和现场实测<sup>[5]</sup>,并从舒适与健康的角度提出了在超市这样开敞大空间中实行传统通风与个性化通风相结合的通风策略。

### 1 空气质量调查

关于空气质量的调查是按照“适中”、“新鲜”、“较差”三个等级分“早上、中午、晚上”三个阶段进行的。本次调查共发放了360份问卷(每阶段120份),收回318份。被调查对象文化素质较高,基本上都能理解调查项目的含义并很认真地填写了相关内容。

#### 1.1 调查结果

图1为调查问卷的统计结果。本次调查持续时间长、样本数量大、调查对象文化素质较高,所以,统计数据能较客观、准确地描述超市空气质量的实际情况。

#### 1.2 调查结果分析

从图1可以看出,有82%的人对超市早上的空气质量满意;分别有23%、39%的人认为中午的空气质量新鲜和适中,认为晚上空气质量为新鲜和适中的比例分别只有12%、31%,而认为晚上空气质量较差的比例

收稿日期:2007-10-16;修回:2007-01-18

作者简介:王焱(1972-),男,博士研究生,讲师,主要从事强化传热及室内空气品质科研及教学工作(手机)13919879908(电子信箱)wy72000@163.com。

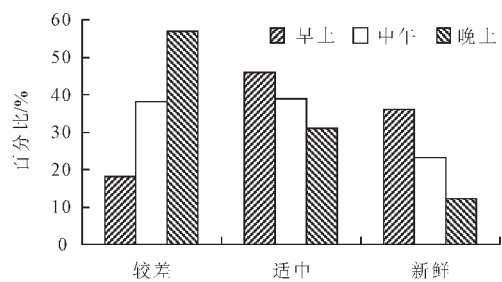


图1 室内空气质量满意度投票  
Fig.1 Vote for indoor air quality

竟高达 57%。早上室内空气质量较好与早上的顾客数量少及前一天晚上的通风有关 ,另外 ,不同商品之间的气味扩散还没有彻底展开。晚上的空气质量问题与一整天污染物的积累有关。所以 ,从整体来说 ,该超市的空气质量还是存在一定问题的。

被调查者反映最强烈的是测点 4、测点 7 以及测点 13 所在区域的空气质量。测点 4 在超市的回风口处 ,各种污染物聚集严重超标 ,所以 ,大部分顾客在这一区域均有窒息感 ;测点 7 位于油炸品区 ,柜台外缘周围 1m 处有浓烈的油炸味 ;测点 13 位于冷冻水产区 ,距柜台 1 米外还能闻见鱼腥味。这两个区虽然都有独立的排风道 ,但排风道的出口是接在总回风道上的。这种仅靠简单的抽吸作用是很难控制空气的流动方向的<sup>[4]</sup> ,也就不能将污染物排走。为此 ,笔者认为一个行之有效的办法就是对这些区域采取个性化通风。

2 个性化通风与改善空气质量的关联性分析

2.1 个性化通风的含义

传统的送风是将新风和室内回风混合后以同一组参数再送入室内 ,这样 ,对于有些呼吸区污染物浓度的稀释效果可能好一些 ,但对于部分区域的空气质量改善就不是很理想。尤其对于高大空间或室内各区域功能差异较大的情况 ,这种现象更为显著。而个性化通风正是为了克服以上不足 ,为适应不同区域空气质量要求的一种新型通风方式 ,它在许多情况下能起到明显改善空气质量、营造令人满意的热舒适环境。这种通风方式一般都单独设送排风道 ,其送风参数是根据送风点的空气质量要求通过计算确定的。文献[6]采用这种通风方式对不同粒径的污染物颗粒的净化效果进行了测试和模拟研究。结果表明 ,这种方法在处理粒径 $<2\mu\text{m}$  的污染物颗粒时才表现出其优越性 ;对于粒径 $>2\mu\text{m}$  的污染物颗粒 ,天花板送风则更有优势。而本文采用这一方法的主要目的是排除食品所散发的气味 ,随气流运动的颗粒物粒径也均 $<2\mu\text{m}$ 。

2.2 个性化通风在开敞大空间中应用的可行性

本研究中 ,测点 7 及测点 13 所在的区域是利用局部排风罩顶部风机的抽吸作用将柜台上散发的气味排至总回风道从而减少对室内环境污染的。但问卷调查结果表明 ,这种简单的措施在改善局部空气质量效果上是很不理想的。为减小污染物或异味对室内空气质量的影响 ,缩小对周围区域空气的诱导范围从而提高通风效率 ,笔者建议对现有的局部排风系统进行改造 ,将排风罩的下沿与柜台外缘之间用透明的有机玻璃做成封闭式销售窗口 ,如图 2 所示。图 2(a)中污染物的扩散范围显然要大于图 2 (b)的情况。只要满足  $P_1 > P_2 + h_{1-2}$  ,即 :风机的风压大于总回风道在支风道处的静压和支风道段的总阻力损失之和 ,并在支风道上安装逆风阻止挡板以避免交叉污染就可以保证该系统的正常运行。此时 ,在内外压差的作用下 ,销售小窗口就充当了送风口的角色。透明的玻璃维护结构既满足了顾客挑选商品的视觉需要 ,又避免了冷热辐射以及异味对顾客造成的不适感。从卫生的角度考虑 ,超市中未包装的食品是不允许顾客直接接触的。所以 ,这一措施并没有对购物者的自主权和购物情绪产生任何影响。另外 ,由此所产生的经济效益远远大于改造成本。

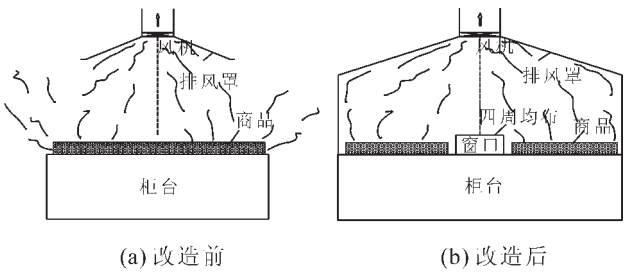


图2 污染物扩散示意图  
Fig.2 Scheme of contamination diffusion

需要说明的是 ,这种对通风系统的局部性改变必然会影响其它区域的通风效果 ,甚至会引起部分区域污染物浓度的上升。所以 ,在对这两个区域的排风系统改造并检测完之后 ,还要对整个超市的通风系统进行调试。

2.3 空气质量改善的效果

2.3.1 空气质量改善的效果预测

在风压一定的情况下 ,风机的抽吸作用所产生的诱导范围越大 ,其排除污染物的效率越低<sup>[7]</sup>。所以 ,柜台由开式变成封闭式后 ,一方面杜绝了气味向四周的扩散 ,另一方面也缩小了诱导气流的范围 ,从而提高了风机的效率。这样 ,对典型的污染区进行局部化处理后 ,顾客对超市空气质量的可接受程度必然会大幅上升。

2.3.2 对空气质量改善效果的定性分析

为了证明个性化通风对空气质量改善的贡献 ,笔者对 50 名学生做了如图 3 所示的调查研究。每个学生两种情况下的煤油灯下各学习 2h ,之后通过问卷的形式了解他们的感受。结果如图 4 所示。有 80% 的学生对裸露的煤油灯下的空气质量不满 ,并且他们的鼻孔及睫毛处均有黑色的油烟 ,学习效率低下 ;有灯罩的情况下 ,有 90% 的学生对空气质量表示满意 ,面部各处也没有油烟的痕迹 ,学习效率明显高于前一种情况 ,如图 5 所示。

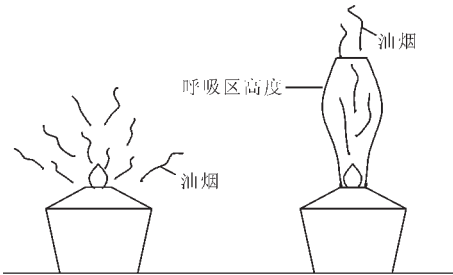


图3 油烟扩散范围比较示意图  
Fig.3 Comparison of oil smoke diffusion

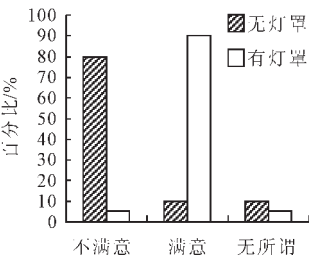


图4 空气质量调查投票  
Fig.4 Vote for air quality questionnaire

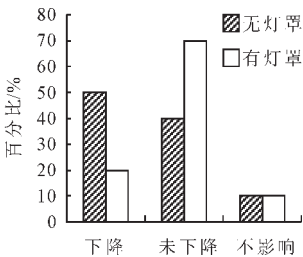


图5 学习效率调查投票  
Fig.5 Vote for study efficiency questionnaire

在这一研究中 ,是利用热压作用和灯罩的几何特征将油烟排至受试者的呼吸区高度之外 ,所以 ,才会产生以上两种截然不同的结果。而超市局部排风罩的改造是利用风压作用和封闭式排风罩的几何特点实现了污染物排除效率的提高。两者有可比性 ,所以 结论也有互证性。

3 结论及建议

在超市空气质量调查的基础上 ,建立了局部通风系统新的物理模型 ,论证了排污效率提高的必然性 ,得到如下结论 :

- (1)该超市存在严重的空气质量问题 ;
- (2)超市的空调通风系统在投入运营以后还应该根据实际测试情况对其最初设计作以修正 ;
- (3)随意地在污染源附近布置回风口或排气扇 ,并不能达到彻底排走污染物的目的 ;

(4)个性化通风对于改善室内空气质量、提高舒适度、确保人们身心健康有着重要的现实意义和社会意义 ;

(5) 在开敞大空间中存在点源污染的情况下 ,个性化通风是一种排除污染、改善空气质量的有效措施 ;

(6)利用现场实测和数值模拟相结合的方法确定合理的气流组织形式 ,是局部个性化通风研究中值得探讨的问题。

[参考文献]

[1] H K Laia , M Kendallb , H Ferreira, et al. Personal exposures and microenvironment concentrations of PM<sub>2.5</sub> , VOC , NO<sub>2</sub> and CO in Oxford , UK[J]. Atmospheric Environment, 2004 ,38 : 6399 – 6410.

[2] 徐丽 ,王鹏飞 ,孙为民.三种通风方式下的室内气流组织和室内空气品质的数值分析[J].空气动力学学报 ,2003 21(3) : 311- 319.

Xu Li , Wang Peng-fei ,Sun Wei-min. Numerical analysis of indoor air distribution and indoor air quality on three ventilation patterns[J].ACTA Aerodynamic Sinica , 2003 , 21(3) : 311- 319.(in Chinese)

[3] 胡定科 ,荣先成 ,罗勇.大空间建筑室内气流组织数值模拟与舒适性分析[J].暖通空调 ,2006 ,36(5) :12- 16.

Hu Ding-ke ,Rong Xian- cheng , Luo Yong. Numerical simulation and thermal comfort analysis of indoor air quality distribution in large space buildings[J]. HV&AC , 2006 ,36 (5) :12- 16.

[4] F C 麦奎斯顿 ,J D 帕克 ,J D 斯皮特勒,俞炳丰 ,主译.供暖、通风及空气调节—分析与设计[M]. 北京:化学工业出版社,2005 :74- 93.

F C Makuiston , J D Spitora. Heating , ventilation and air condition- analysis and design[M]. Translated by Yu Bing-feng. Beijing :Chemistry and Industry Publishing Corp , 2005 :74- 93.(in Chinese)

[5] 王烨 ,张金萍 ,朱琨.兰州市某超市室内热环境调查与测试研究[J].建筑热能通风空调 ,2007 26(6) :73- 77.

Wang Ye ,Zhang Jin- ping , Zhu Kun. Test and investigation of thermal environment of supermarket in Lanzhou [J]. Building Energy & Environment ,2007 , 26(6) :73- 77.(in Chinese)

[6] Zhao Bing , Guan Ping. Modeling particle dispersion in personalized ventilated room[J]. Building and Environment , 2007 42 :1099- 1109.

[7] 成通宝 ,江亿.商业建筑室内空气污染控制研究[J].制冷与空调 ,2001 ,1(4) 21- 26.

Cheng Tong- bao , Jiang Yi. Indoor pollution control in commercial buildings[J]. Cooling and Air Condition , 2001 , 1(4) 21- 26.(in Chinese)