



不同通风方式下室内空气质量的研究

中国市政工程西北设计研究院有限公司 袁丽丽[☆] 刘 斌

摘要 介绍了国内外不同的研究背景,综述了不同通风方式下室内空气质量的研究情况。指出了新型通风方式——碰撞射流通风存在的研究难点和今后的研究方向。

关键词 室内空气质量 碰撞射流通风 通风方式

Study of indoor air quality for different ventilation modes

By Yuan Lili[★] and Liu Bin

Abstract Presents the differences in research backgrounds at home and abroad, and reviews the study status of indoor air quality of different ventilation modes. Points out the difficulties and future trend in research of a new ventilation type—impinging jet ventilation.

Keywords indoor air quality, impinging jet ventilation, ventilation mode

★ CSCEC AECOM Consultants Co., Ltd., Lanzhou, China

①

0 引言

通风的主要目的是提供新风和排出受污染的空气,降低室内颗粒物的浓度,改善室内热舒适环境。不同的通风方式和气流组织形式稀释和排除室内污染物的效果不同,室内人员可感受的空气质量也不同。室内空气质量问题在很多情况下是由通风不当引起的。因此,研究通风方式对空调室内空气质量的影响是很重要的。

对于空调房间而言,提高室内空气质量的有效措施就是设计合理的室内气流组织和增大新风量。然而,新风量的增大会使建筑的能耗增大。20 世纪 70 年代的全球能源危机给增大新风量措施亮起了红灯。如何在新风量有限的情况下设计出合理的通风方式来改善室内气流组织,值得探索和研究。

传统的通风方式有混合通风、置换通风(displacement ventilation, DV)等形式。在大量的应用和研究中发现,混合通风具有很低的通风效率和能效比^[1-4]。20 世纪 70 年代的能源危机使混合通风方式面临了严峻的考验。与混合通风相比,置换通风系统污染物的浓度分布存在着明显的梯

度,污染物相对浓度的分布随房间高度的增加呈上升趋势。由于污染物在人员停留区不横向扩散,而是被上升气流直接带到上部非活动区^[5],所以上部污染物浓度高,房间下部工作区污染物浓度低,空气质量接近送风质量。但是它的一个很明显的缺点是只能用于供冷系统而不能用于房间的供热系统^[1],其应用受到一定的限制。

近年来,国外的一些研究者致力于研究一种新的通风方式——碰撞射流通风(impinging jet ventilation, IJV)^[6]。基于碰撞射流通风并被誉为“the air queen”的气流分布方式首先在瑞典出现并得到发展。它是在置换通风的基础上发展起来的,结合了混合通风和置换通风的优点。它主要是通过设置在房间内的喷口将具有较高动量(送风速度

①☆ 袁丽丽,女,1981 年 12 月生,硕士研究生,硕士,助理工程师
730000 甘肃省兰州市定西路 459 号中国市政工程西北设计
研究院有限公司燃气所 1408 室

(0931) 8761660

E-mail: yll2512@163.com

收稿日期:2008-09-16

一次修回:2008-11-25

二次修回:2009-12-04

大约为 2 m/s) 的空气在距地面一定高度处向下送到地面, 气流碰到地面后动量急剧衰减并向四周扩散, 但仍有足够的动量到达较远的地方, 从而形成了一个近似空气湖的流场, 克服了置换通风有些地方气流无法到达的缺点, 由于送入的空气一般贴近地面前进, 不会产生高强度的湍流, 从而改善了室内空气质量。扩散的气流遇到热源被加热, 在浮力的作用下向上运动, 成为室内的主导气流。室内的气流分布近似为活塞流, 新鲜清洁空气被直接送入工作区, 先经过人体, 这样能保证人体处于一个相对清洁的空气中, 从而有效地提高工作区的空气质量。对这种新的送风方式下的室内空气质量进行研究具有重要意义。

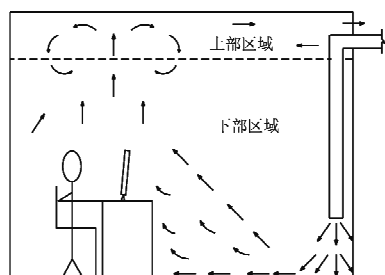


图 1 IJV 系统原理

1 碰撞射流通风房间和采用其他空调方式房间的室内热环境研究

空调房间的热环境是评价空调系统优劣的主要指标。近年来人们对空调房间热环境进行了大量的研究。

Senter 等人研究了一个移动表面上的湍流碰撞射流的流场, 结果表明射流存在 3 个不同的区, 即射流核心区、过渡区和碰撞射流区^[7]。Peter 等人用大涡模拟研究了一个固体平面上的碰撞射流的热不均匀性, 结果发现所研究的特殊几何体内的湍流温度的改变和平面温度有很大的相关度^[8]。Karimipannah 等人对碰撞射流通风方式下室内温度的分布特征进行了研究, 给出了碰撞射流的试验数据和越过地板的速度的量纲一衰减公式。另外, 在一个模拟通风的教室中对两种通风系统进行对比, 得到了通风效率、当地平均空气龄和其他一些特征参数的试验和数值解^[9]。以上研究表明, 碰撞射流通风能克服置换通风有些地方气流无法到达的缺点, 且不会产生高强度湍流, 从而改善了室内空气质量, 同时还克服了置换通风只能用于供冷的

缺点。

置换通风的流场和温度场与碰撞射流通风有相似之处, 但置换通风是基于空气的密度差形成的热气流上升、冷气流下降的原理。在置换通风系统中, 新鲜空气直接从房间底部送入人员活动区。由于送风温度低于室内空气温度, 送风在重力作用下先蔓延至整个地板表面, 随后在后继送风的推动和室内热源作用下产生的热对流气流的卷吸下, 由下至上流动, 形成室内空气运动的主导气流, 最后从房间顶部排出室外^[10]。如果设计合理, 置换通风系统的分层效应会使呼吸区具有良好的温度分布、较高的通风效率和较好的热舒适性^[11]。刘传聚以办公室为研究对象, 通过在靠近后墙的地板上安装落地式低速散流器来实现置换通风, 用热电偶记录房间内不同高度上气流的温度, 发现了滞留区污染物浓度与送风温差的关系^[12]。在置换通风中, 热源引起的对流气流使室内产生竖直的温度梯度, 但置换通风系统的除热能力相对混合系统来说则比较有限。冬季供暖情况下, 置换通风系统排风的温度高于室内工作区温度, 使得资源严重浪费, 不适合用于冬季供热。

人们对混合通风已经有很深入的研究。Lin 等人在对一个公交换乘站通风系统进行研究时发现, 基于吊顶送风的混合送风系统和置换通风系统都可以提供足够的通风量, 在保证室内温度和热舒适性方面, 混合通风具有明显的优势, 但其节能性较差^[1]。赵秀国等人对机动手术舱室混合通风系统的性能进行了研究, 分析了其气流组织形式和温度分布规律^[13]。马秀力等人对一个混合通风空调房间的热环境进行了 CFD 模拟, 得到了空气温度、流速的分布图, 并对模拟房间进行了实验测试, 研究结果表明, 室内空气温度分布在水平方向上比较均匀一致, 在竖直方向上出现了分层现象^[14]。

2 空调房间室内空气质量的研究

对空调房间室内空气质量进行研究是改善人们居住环境的前提。如果空调房间室内空气质量达不到人们的健康要求, 就会对人们的健康产生非常不利的影响。因此, 对空调房间室内空气质量进行研究显得尤为重要。

在混合通风系统中, 新鲜空气在到达呼吸区之前与室内空气混合, 对于居住者来说这意味着不太好的空气质量。Zhao 等人用混合通风和置换通风

两种系统研究了室内固体颗粒物的扩散性能,结果表明,送风速度较大时,基于吊顶送风的混合通风系统对于大粒径颗粒物的排除具有很大的优势^[2]。Gao 等人用一个采取坐姿的人体模拟研究了个性化混合通风系统,发现人周围热羽气流的存在导致进入呼吸区的空气量减少,解决的办法是在正确确定气流方向的前提下向房间提供稳定的空气流^[4]。Cermak 等人发现在与混合通风系统结合使用时,个性化通风可以为呼吸区提供更好的室内空气质量^[15]。可见混合通风房间内空气的质量在很大程度上不能满足人们的健康舒适要求,而要和其他送风方式配合使用。这种通风方式的应用受到了一定的限制。

而在对置换通风室内空气质量的研究中发现,置换通风的重要特性就是热力分层,即室内气流分成上下两区,上区存在气流回返,温度与污染物浓度较高,下区为单向流,空气温度较低而且清洁。上下两区内温度梯度和污染物浓度梯度均很小。在两区之间存在一个不稳定的过渡层,是在对流湍流和热力扩散的平衡作用下形成的,其厚度虽小,但温度梯度和污染物浓度梯度却很大,空气的主要温升过程就是在此区内实现的,所以应控制过渡层位于所要求控制的分层高度之上,才能使人所处的停留区保持最好的空气质量。Liu 等人用欧拉-拉格朗日方法研究了一个采用置换通风系统的房间内的灰尘沉降对室内空气质量的影响,他们发现灰尘数量和颗粒大小是重要的影响因素^[16]。Yuan 等人用 CFD 程序研究了一个拥有置换通风系统的房间内的空气流动,测量了空气流速、流速的波动以及污染物的浓度等参数,与模拟结果的对比显示模拟与实验结果吻合得较好^[17]。研究表明,虽然置换通风在去除余热方面比不上混合通风,但是其去除污染物的效率是很高的,对于保障室内人员不受室内污染物危害为目的的通风,可以选择此种形式,如果要同时满足排除余热和污染物的要求,那么就要和其他系统,比如吊顶供冷、地板供冷系统等结合使用。

近年来,国外的研究者对碰撞射流通风方式的室内流场和温湿度分布特征展开了研究^[9]。碰撞射流通风基于高动量的气流直接向下喷向地板的原理,射流碰到地板后仍有足够的动力流动很长的距离,在地板上形成一个很薄的空气

层,不同于置换通风和混合通风系统的流场特征。有研究表明,碰撞射流通风在室内形成的流场和温湿度场,兼具混合和置换通风的优点,而没有明显的缺点^[18]。Papakonstantinou 等人对教室中混合射流通风空气的质量、热舒适性参数和效率进行了研究,结果表明碰撞射流可以在底部的工作区产生一个干净的空气区,并且相对混合通风系统有一个很高的空气交换率,与置换通风相比也稍微好一些^[19]。

3 结语

碰撞射流通风是一种新的送风方式,还没有得到人们足够的关注和重视。虽然有学者对采用碰撞射流通风系统的房间的室内热环境进行了研究,但是其广度和深度还不够,还需要进一步的深入研究。这种通风方式下室内空气质量究竟如何有待于进一步的研究。

参考文献:

- [1] Lin Z, Jiang F, Chow T T, et al. CFD analysis of ventilation effectiveness in a public transport interchange [J]. Building and Environment, 2006, 41 (3): 254-261
- [2] Zhao B, Zhang Z, Li X T. Numerical study of the transport of droplets or particle generated by respiratory system indoors [J]. Building and Environment, 2005, 40 (8): 1032-1039
- [3] Fanger P O. Human requirement in future air-conditioned environments; a research for excellence [C]//Proceeding of HVAC 99, 1999: 86-92
- [4] Gao N P, Niu J L. Modeling the performance of personalized ventilation under different conditions of room air and personalized air [J]. HVAC & R Research, 2005, 11 (4): 587-602
- [5] 倪波. 置换通风的实验研究[J]. 暖通空调, 2000, 30 (5): 2-4
- [6] Karimipناه T, Awbi H B. Theoretical and experimental investigation of impinging jet ventilation and comparison with wall displacement ventilation [J]. Building and Environment, 2002, 37 (2): 1329-1342
- [7] Senter J, Sollic C. Flow field analysis of a turbulent slot air jet impinging on a moving flat surface[J]. Heat and Fluid Flow, 2007, 28(5): 708-719
- [8] Peter R, Shian Gao. Numerical study of heat transfer from an impinging jet[J]. Heat and Mass Transfer, 1998, 41(5): 671-680
- [9] Karimipناه T, Sandberg M, Awbi H B. A comparative study of different air distribution systems in a classroom [C]// Proceeding of the Roomvent, Oxford: Elsevier, 2000: 1013-1018

(下转第 41 页)