

文章编号:1673-9468(2008)04-0061-04

基于建筑热环境数值模拟的优化设计

晋文,齐静,张伟捷

(河北工程大学 建筑学院,河北 邯郸 056038)

摘要:为研究建筑设计因素对建筑热环境的影响,暂且考虑了影响建筑热环境的4个设计因素。通过CFD软件模拟和正交试验方法,找出了在自然通风建筑设计中,室内温度平均值和PMV平均值随各设计因素的变化趋势,并得出了使室内热环境相对较好的4个设计因素的最佳搭配。结果表明,北京地区通过改善建筑设计因素,能够有效提高室内热舒适水平。

关键词:建筑方案设计;建筑热环境模拟;CFD软件;正交试验法

中图分类号:TU111

文献标识码:A

Optimal design for building environment by numerical simulation research

JIN Wen, QI Jing, ZHANG Wei-jie

(School of Architecture, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

Abstract: Building thermal environment is influenced by design factors of architecture. Four affecting factors of architecture on building thermal environment are considered. The optimal combination of these four factors is obtained by CFD simulation and orthogonal experimental method in order to get a better natural building thermal environment with lower mean temperature and mean PMV. The results reveal that improving affecting factors of architecture helps to make better indoor thermal comfort.

Key words: schematic design of architecture; building thermal environment simulation; CFD software; orthogonal experimental method

从20世纪60年代中期开始,各国学者便开展建筑热环境及控制系统的模拟技术研究,并逐步开展CFD(Computational Fluid Dynamics)模拟和自然通风模拟等相关研究^[1]。但是大部分的研究仅是针对个别案例的分析,并且主要是用来对已有的建筑热性能进行评价,并不能被普遍使用来指导和优化建筑方案设计,因此运用正交试验方法和模拟分析手段相结合指导建筑设计有助于更好地实现建筑节能目标。

影响建筑热环境的设计因素很多,本文暂且考虑了4个建筑设计因素。为了研究自然通风条件下的较舒适的室内热环境,利用CFD模拟和正交试验法得到了这4个因素的最优组合,并分析了随着这4种因素的不同组合而引起的自然通风条件下室内热环境的变化。

1 模型的建立

1.1 房间模型

本文选取了北京市某三层办公楼建筑中间层的一个自然通风、南北朝向的房间为研究对象,假设房间中仅配备办公设施和一个工作人员,入风口和出风口设在楼道隔墙上。

为简化研究工作,暂且选取了4个影响建筑热环境的建筑设计因素:窗墙面积比(A),外窗的传热系数(B),外墙的传热系数(C)和房间的尺寸(进深/高/开间)(D)。每个因素分别具有三个变化水平。采用正交试验法进行研究。各因素及其水平如表1所示。

收稿日期:2008-07-02

作者简介:晋文(1982-),女,河北邯郸人,硕士研究生,从事建筑节能的研究。

1.2 基本假设

模型房间为建筑中间层的某个房间,北墙为楼道隔墙,假设各房间具有相同的室内温度,即通过房间东、西内墙及上、下楼板的传热量为零。

表 1 影响因素及水平取值

Tab.1 Affecting factors and changing levels

水平	A	B(W/(m ² ·℃))	C(W/(m ² ·℃))	D(m)
1	0.35	4.7	1.1	5/3/4
2	0.10	3.6	1.7	5/4/3
3	0.60	2.0	0.4	4/5/3/1.3

1.3 固有条件

1)大气参数。因模拟时间为夏季,故参照《中国建筑热环境分析专用数据集》^[2],设置夏季空气

调节室外计算干球温度为 33.6℃,大气压为 99987Pa,水蒸气相对湿度为 58%。

2)室内热源。设备及照明发热量:电脑为 108W/台,电灯 20W/盏;室内人员活动强度条件参照办公室打字人员,即代谢率为 1.1met。

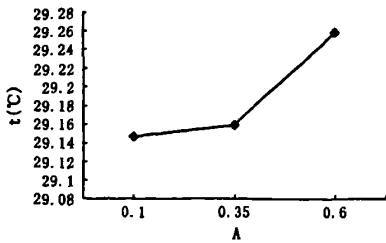
3)入风口、出风口温度的设定。入风口和出风口均与楼道相连,与楼道内的空气形成自然通风。参照《采暖通风与空气调节设计规范》^[3],楼道内空气的温度根据公式 $t_{in} = t_{wp} + \Delta t_{in}$ 计算。

式中 t_{in} - 邻室计算平均温度,℃; t_{wp} - 夏季空气调节室外计算日平均温度,29.1℃; Δt_{in} - 附加温升,取邻室平均温度与室外平均温度的差值(0℃ ~ 2℃),取 0.9℃。故设置入风口和出风口的周围温度为 30℃(29.1℃ + 0.9℃)^[3]。

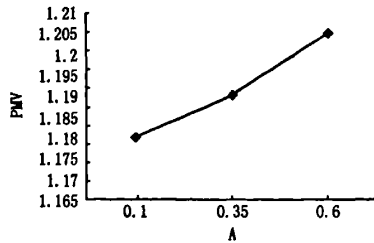
表 2 正交试验表

Tab.2 Orthogonal experimental table

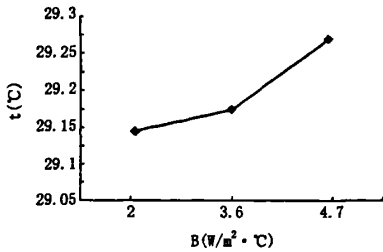
试验号	因素				\bar{t} (℃)	$\overline{ PMV }$
	A	B	C	D		
1	1(0.35)	1(4.7)	1(1.14)	1(5/3/4)	29.1001	1.17097
2	1	2(3.6)	2(1.70)	2(5/4/3)	29.2126	1.19537
3	1	3(2.0)	3(0.49)	3(4/5/3)	29.2727	1.20444
4	2(0.10)	1	2	3	29.4698	1.25647
5	2	2	3	1	28.9003	1.12482
6	2	3	1	2	28.0668	1.15989
7	3(0.60)	1	3	2	28.2568	1.20565
8	3	2	1	3	29.4219	1.23937
9	3	3	2	1	28.099	1.17019
K_{1j}	\bar{t}	87.585	87.828	87.588	87.099	
	$\overline{ PMV }$	3.57	3.633	3.57	3.465	
K_{2j}	\bar{t}	87.438	87.534	87.78	87.537	
	$\overline{ PMV }$	3.54	3.561	3.621	3.561	
K_{3j}	\bar{t}	87.777	87.438	87.429	88.164	
	$\overline{ PMV }$	3.615	3.534	3.534	3.699	
\bar{K}_{1j}	\bar{t}	29.159	29.276	29.196	29.033	
	$\overline{ PMV }$	1.190	1.211	1.190	1.155	
\bar{K}_{2j}	\bar{t}	29.146	29.178	29.260	29.179	
	$\overline{ PMV }$	1.180	1.187	1.207	1.187	
\bar{K}_{3j}	\bar{t}	29.259	29.146	29.143	29.288	
	$\overline{ PMV }$	1.205	1.178	1.178	1.233	
R_j	\bar{t}	0.113	0.130	0.117	0.355	
	$\overline{ PMV }$	0.025	0.033	0.029	0.078	
因素主→次 D→B→C→A						
最优方案						A ₂ B ₃ C ₃ D ₁



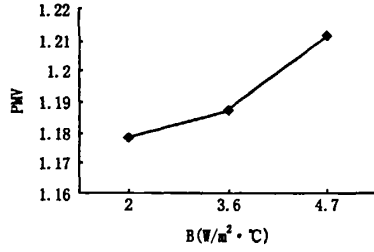
a. 随窗墙面积比的变化



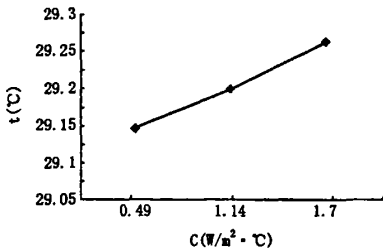
a. 随窗墙面积比的变化



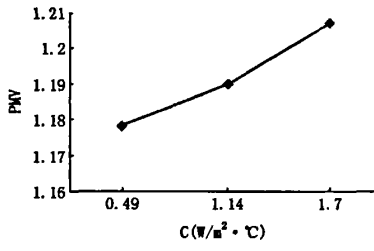
b. 随窗的传热系数的变化



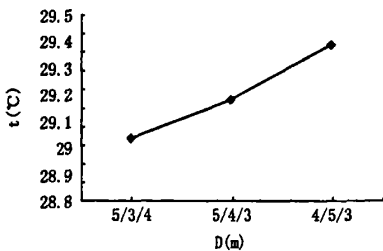
b. 随窗的传热系数的变化



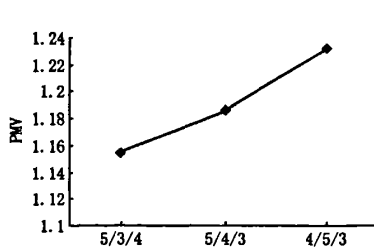
c. 随墙的传热系数的变化



c. 随墙的传热系数的变化



d. 随房间比例的变化



d. 随房间比例的变化

图1 室内温度平均值随各因素的变化

Fig.1 The changes of mean temperature of indoor air with the changes of each factor

图2 室内PMV平均值随各因素的变化

Fig.2 The changes of indoor mean PMV with the changes of each factor

2 CFD 模拟

CFD 技术在室内热环境模拟中的应用是基于室内不可压缩气体质量、动量、能量守恒微分方程的离散化处理及其数值解析^[4]。本文采用 Fluent 公司推出的专业软件 Airpak2.1 进行模拟计算。紊流数值模拟采用标准 $k-\epsilon$ 两方程模型,并应用

Boussinesq 假设。数值方程的离散采用有限体积分法。采用六面体结构化网格对计算区域进行离散,并在进风口处局部加密。其他网格划分规则统一规定为:流体窄缝 (fluid gap) 的最小网格数为 3,固体边的最小网格数为 2,单元的宽高比最大为 2:1,零网格高度最大值为 0.001,圆柱形与三角形的表面最小网格数均为 4。

3 模拟结果及分析

笔者选用 $L_9(3^4)$ 型正交表^[5], 不考虑因素之间的交互作用。正交试验表见表 2。

利用 CFD 软件逐一模拟了 9 种试验方案的结果, 整个房间的温度平均值和 PMV 平均值随四个因素的变化分别如图 1、图 2 所示。本文省略了 K_v , \bar{K}_v 和 R_v 的计算过程, 仅将计算结果列于表 2 中。确定最优方案的评价标准为: 夏季室内温度平均值越低越好, $|\overline{PMV}|$ 越小越好。

通过正交试验分析, 最优方案为: $A_2B_3C_3D_1$ 。因为最优方案并没有包含在正交表中已做过的 9 个试验方案之中, 这正体现了正交设计的优越性^[5]。笔者对其另做模拟, 模拟结果为: $\bar{t} = 27.695^\circ\text{C}$, $|\overline{PMV}| = 1.01862$ 。

4 结论

通过 Airpak 软件模拟结果及正交试验分析可知, 在这 4 个建筑因素中, 从温度平均值和 PMV 平均值的变化来看, 房间比例对建筑热环境的影响最大, 外窗的保温性能的影响次之, 窗墙面积比和

外墙的保温性能较前两者对建筑热环境的影响相对较小。

对于本文所选的三个水平, 最优方案为: $A_2B_3C_3D_1$, 即窗墙面积比为 0.1, 外窗的传热系数为 $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, 外墙的传热系数为 $0.49 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, 房间进深 \times 高 \times 开间为 $5\text{m} \times 3\text{m} \times 4\text{m}$ 。通过 Airpak 的模拟结果可知, 最优方案较其他方案具有较舒适的室内热环境。由此可见, 北京地区通过改善建筑设计因素, 能够有效提高室内热舒适水平。

参考文献:

- [1] 夏春海, 朱颖心, 林波荣. 方案设计阶段建筑性能模拟方法综述[J]. 暖通空调, 2007, 27(12): 32-40.
- [2] 中国气象局气象信息中心气象资料室, 清华大学建筑技术科学系. 中国建筑热环境分析专用气象数据集[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [3] GB50019-2003, 采暖通风与空气调节设计规范[S].
- [4] 袁凤东, 由世俊, 杨向劲. 地铁侧式站台空调气流 CFD 模拟[J]. 西南交通大学学报, 2005, 40(3): 303-307.
- [5] 庄楚强, 何春雄. 应用数理统计基础[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2006.
- [6] 王惠想, 张伟捷. 建筑空调能耗与城市热岛效应[J]. 河北建筑科技学院学报, 2004, 21(1): 67-69.

(责任编辑 闫纯有)

(上接第 60 页)

- [23] VEZZULLI L, PRUZZO C, FABIANO M. Response of the bacterial community to in situ bioremediation of organic-rich sediments[J]. Marine pollution bulletin, 2004, 49: 740-751.
- [24] 王琳, 王迎春, 李季, 等. 微生物菌剂处理富营养化景观水体的室内试验研究[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(1): 88-91.
- [25] 庞金钊, 杨宗政, 孙永军, 等. 投加优势菌净化城市湖泊水[J]. 中国给水排水, 2003, 19(6): 51-52.
- [26] 井艳文, 胡秀琳, 许志兰, 等. 利用生物浮床技术进行水体修复研究与示范[J]. 北京水利, 2003, (6): 20-22.
- [27] 齐玉梅, 高伟生. 凤眼莲净化水质及其后处理工艺探

讨[J]. 环境科学进展, 1999, 7(2): 136-139.

- [28] 姜应和, 宋涛. 受污染水体的水质恢复方法[J]. 环境污染治理技术与设备, 2003, 4(2): 69-72.
- [29] 田伟君, 翟金波. 生物膜技术在污染河道治理中的应用[J]. 环境保护, 2003, (8): 19-21.
- [30] FURUKAWA K, ICHIMATSU Y, HARADA C, et al. Nitrification of polluted urban river waters using zeolite-coated nonwovens[J]. Journal of Environmental Science and Health, 2000, 35(8): 1267-1278.
- [31] 唐玉斌, 刘宏伟, 郝永胜, 等. 外加碳源和生物激活剂对生物膜修复污染河水效果的影响[J]. 华东理工大学学报, 2003, 29(5): 489-492.

(责任编辑 闫纯有)

基于建筑热环境数值模拟的优化设计

作者: [晋文](#), [齐静](#), [张伟捷](#), [JIN Wen](#), [QI Jing](#), [ZHANG Wei-jie](#)
作者单位: [河北工程大学, 建筑学院, 河北, 邯郸, 056038](#)
刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2008, 25 (4)
被引用次数: 2次

参考文献(6条)

1. 夏春海;朱颖心;林波荣 [方案设计阶段建筑性能模拟方法综述](#)[期刊论文]-[暖通空调](#) 2007(12)
2. 中国气象局气象信息中心气象资料室;清华大学建筑技术科学系 [中国建筑热环境分析专用气象数据集](#) 2005
3. GB 50019-2003. [采暖通风与空气调节设计规范](#)
4. 袁风东;由世俊;杨向劲 [地铁侧式站台空调气流CFD模拟](#)[期刊论文]-[西南交通大学学报](#) 2005(03)
5. 庄楚强;何春雄 [应用数理统计基础](#) 2006
6. 王惠想;张伟捷 [建筑空调能耗与城市热岛效应](#)[期刊论文]-[河北建筑科技学院学报](#) 2004(01)

本文读者也读过(10条)

1. [晋文](#). [齐静](#). [魏一然](#) [基于CFD建筑热环境模拟的建筑方案优化设计研究](#)[会议论文]-2008
2. [田铖](#). [伍小亭](#) [CFD方法在建筑设计中的应用](#)[会议论文]-2005
3. [张志强](#). [王昭俊](#). [廉乐明](#). [Zhang Zhiqiang](#). [Wang Zhaojun](#). [Lian Leming](#) [严寒地区居住建筑室内热舒适模拟研究](#)[期刊论文]-[暖通空调](#)2005, 35(9)
4. [赵德清](#). [范静涛](#). [范静龙](#) [CFD方法在小区规划设计/高大空间建筑设计当中的应用](#)[期刊论文]-[建筑热能通风空调](#) 2003, 22(3)
5. [谢玲](#) [山地城镇不同地形特征的室外热环境特性研究](#)[学位论文]2006
6. [吴虎彪](#). [邹志军](#). [黄晨](#). [王非](#). [李浩](#). [杨子学](#). [Wu Hubiao](#). [Zou Zhijun](#). [Huang Chen](#). [Wang Fei](#). [Li Hao](#). [Yang Zixue](#) [基于热舒适的个体空调系统设计参数研究](#)[期刊论文]-[洁净与空调技术](#)2009(3)
7. [王文超](#). [李丽](#). [李晋](#). [赵立华](#) [CFD模拟在某体育馆方案设计前期的应用](#)[会议论文]-2008
8. [张伟捷](#). [晋文](#). [盛晓康](#). [Zhang Weijie](#). [Jin Wen](#). [Sheng Xiaokang](#) [基于CFD建筑热环境模拟的建筑方案优化设计研究](#)[期刊论文]-[暖通空调](#)2010, 40(3)
9. [李延钊](#) [西安某高校节能中心的热环境模拟优化设计](#)[期刊论文]-[城市建设](#)2010(13)
10. [赵敬源](#). [刘加平](#). [ZHAO Jing-yuan](#). [LIU Jia-ping](#) [数字街谷及其热环境模拟](#)[期刊论文]-[西安建筑科技大学学报\(自然科学版\)](#) 2007, 39(2)

引证文献(2条)

1. [智会强](#). [牛坤](#). [姜明理](#). [黄益良](#) [火灾数值模型的验证和确认](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2013(1)
2. [孙凤明](#). [郭占军](#). [田芳](#) [基于模拟室内光热环境的住宅阳台设计分析](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2011(3)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200804017.aspx