

建筑平面布局和朝向对室内自然通风影响的数值模拟

丁 勇, 李百战, 沈 艳, 苏莹莹

(重庆大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400045)

摘要:合理的建筑设计可增强室内自然通风,使室内环境的舒适性得到明显的改善。为了对比建筑设计对室内自然通风效果的作用,结合重庆市的最佳户型评选活动的部分建筑户型,利用数值分析的方法,对建筑进行了建筑布局 and 建筑朝向的不同设计情况下室内速度场分布、温度场分布和室内 PMV 分布的分析。分析表明,通过改变建筑朝向和局部改变建筑布局设计,室内产生的最大气流可从 0.24 m/s 增强到 0.82 m/s,显著改善了室内的自然通风效果;半小时后室内温度较原朝向降低 0.9℃,室内的 PMV 值更接近舒适。由此可见,建筑布局 and 建筑朝向的合理设计,是保证建筑良好室内舒适环境的前提。

关键词:建筑布局;建筑设计;建筑朝向;数值分析;自然通风;室内舒适度

中图分类号:TU-023 文献标志码:A 文章编号:1674-4764(2010)01-0090-06

Simulation for the Effect of Building Plan and Orientation on Natural Ventilation

DING Yong, LI Bai-zhan, SHEN Yan, SU Ying-ying

(Key Laboratory of the Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment, Chongqing University, Ministry of Education, Chongqing 400045, P. R. China)

Abstract: Indoor thermal comfort can be significantly improved by natural ventilation with reasonable architectural design. In order to compare natural ventilation effect, the distribution of velocity field, temperature field and the PMV in different architecture layout and orientation design were analyzed with house types in Best House Type Competition. It was found that indoor natural ventilation effect was obviously improved by means of altering the layout and orientation, where the maximum velocity varied from 0.24m/s to 0.82m/s. And the temperature decreased 0.9℃ and the value of PMV was more approximate to comfort.

Key words: architecture layout; architecture; architecture orientation; numerical analysis; natural ventilation; indoor comfort degree

自然通风是利用自然资源来改变室内环境状态的一种纯“天然”的建筑环境调节手段,合理的自然通风组织可有效调节建筑室内的气流效果、温度分布,对改变室内热环境的满意度可以起到明显的效

果^[1-6]。然而,由于自然通风的实现是一种依赖于建筑设计的被动式方法,因此其应用效果很大程度上依赖于建筑的朝向、平面布局等设计效果。良好的建筑设计有助于增强室内自然通风的效果,同样,建

收稿日期:2009-09-07

基金项目:国家自然科学基金项目(50838009,50678179);国家“十一五”科技支撑重大项目课题(2006BAJ02A09,2006BAJ02A13-4)

作者简介:丁勇(1975-),男,博士,副教授,主要从事可持续建筑环境与建筑节能研究,(E-mail)dingyongqq@163.com。

筑设计上的差异,也会给建筑通风效果产生较大的影响^[7-9]。正是由于自然通风在实际应用中的众多不确定性,目前关于自然通风在建筑中的应用研究仍主要集中在对技术理念的研究^[10-11],而对于具体的应用效果缺乏相关的具体数据说明。这也使得建筑师在建筑设计上往往对如何加强室内自然通风以及室内的实际通风效果尚缺乏客观的数据支撑,仅能根据感觉予以设计,因而实际的应用往往存在些许片面。

在对重庆住宅建筑自然通风实测效果研究的基础上^[14],结合重庆市 2008 年的最佳户型评选活动中的部分建筑的平面设计,利用数值分析方法,从建筑朝向和建筑室内布局两方面出发,分析了布局设计和朝向设计不同对室内通风效果的影响,对不同设计下的室内自然通风环境的热舒适度进行了定量的分析,利用数据的对比,为建筑设计人员进行建筑自然通风策略应用时提供客观作用效果的指导。

针对上述户型在不同朝向和建筑布局时的室内通风效果,采用 AIRPAK2.1 数值模拟分析的方法对不同建筑朝向和不同建筑布局设计的情况进行了模拟。由于重点是利用对比的手段,探讨不同的建筑布局及朝向对室内气流组织的影响,为了简化模拟分析的复杂程度,文中假设在设定的条件下,室外环境状态恒定,并且忽略周围环境对该户型室外环境的影响^[12];同时不考虑室内热源影响。

1 建筑朝向设计对室内自然通风效果的影响

对于建筑朝向的分析,我们采用评选活动中评选出来的最佳舒适户型,如图 1,该户型为 3 室 2 厅双阳台,套内面积为 83.08 m²,专家对其评价是户型布局优雅大气,重视起居室和阳台的功能,强调产品的舒适性。为了客观评价该产品的室内舒适性,我们开展了如下研究。

根据《中国建筑热环境分析专用气象数据集》^[13]中的 5 月~9 月的环境参数平均值,以及针对建筑在关闭门窗测试的室内温度平均值^[14],确定分析工况为:

工况 1:西北风 1.5 m/s,环境温度 27.0 °C,相对湿度 78%,室内初始温度 30.1 °C,户型本来朝向如图 1 所示。

工况 2:西北风 1.5 m/s,环境温度 27.0 °C,相对湿度 78%,室内初始温度 30.1 °C,改变户型朝向,将原朝向逆时针旋转 90°。

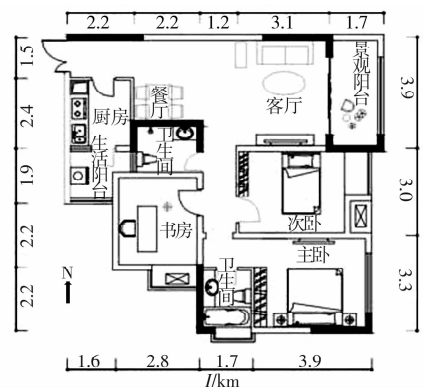
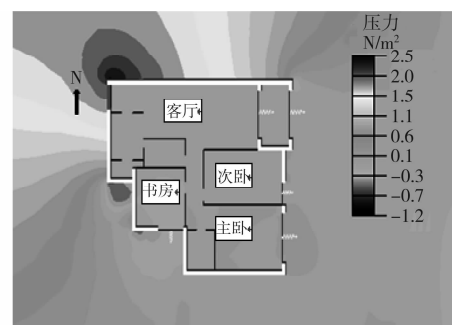


图 1 户型平面图

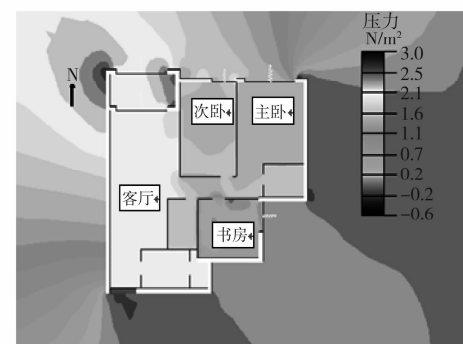
1.1 风压分布

工况 1 为户型的本来朝向,其压力分布图如图 2(a)所示。图 2(b)为改变户型朝向之后的工况 2 的压力分布图。

从图 2(a)可以看出,迎风面风压为正,由于建筑的结构原因,西向的书房和厨房为负压。主卧室的窗户处由于气流组织的回流,其内外产生压差,使主卧窗户成为进风口。而客厅和次卧的窗户内外压力分布颜色几乎一致,这说明其压差非常小,不易形成明显的气流组织。当改变建筑朝向,使大多数的开口处于迎风面时,得到图 2(b)。从图可以看出,迎风面形成正压,背风面为负压,客厅阳台压力处压力大于其它房间压力,而在书房内形成负压,这样更容易形成良好的气流组织。



(a) 工况 1



(b) 工况 2

图 2 压力分布图

1.2 风速分布矢量

图 3 为更改朝向前后的速度矢量分布图,由图可见,工况 1 中户型没有任何开口处于迎风面,进风口位于背风面的主卧室以及次卧室的窗口。工况 2 中,气流主要从客厅阳台及次卧的开口处进入,从书房和主卧室的窗口处流出,其气流组织情况明显优于工况 1。

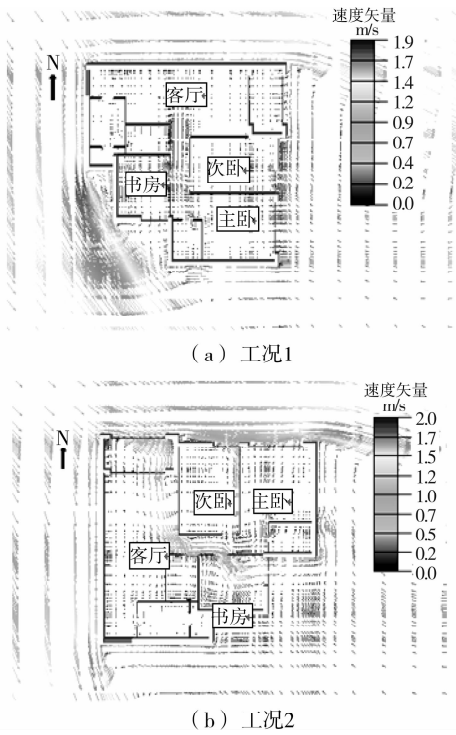


图 3 风速分布矢量图

1.3 速度大小分布

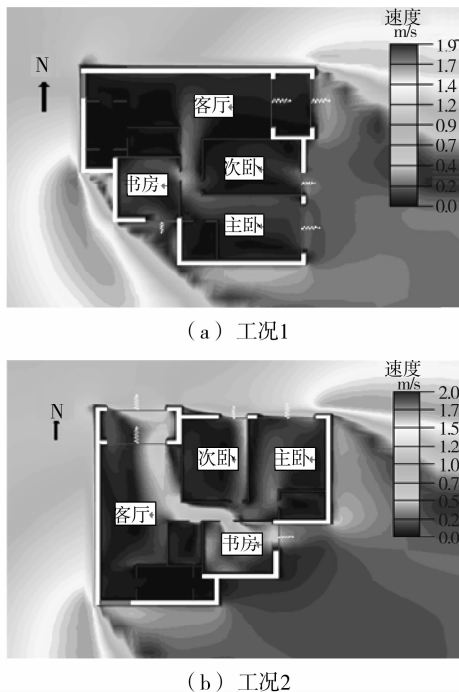


图 4 速度分布云图

图 4 为更改朝向前后的速度分布云图,由图可知,工况 1 中室内形成的最大风速位于书房的门口处,为 0.47 m/s。在主卧室内产生的风速最大为 0.22 m/s,次卧室的窗户处产生了 0.25 m/s 的风速,但其突变较快,未能在室内形成良好的气流形式。而阳台处风速几乎为零,此处较大的开口形同虚设。工况 2 中室内最大的风速产生于过道和书房入口处,达到了 0.78 m/s。阳台为风速最大的进风口,窗户口产生的风速为 0.90 m/s,次卧室窗口的进风速度也达到了 0.82 m/s。而书房和主卧窗口为气流出口,使得这 2 个房间内的平均风速比较大。

1.4 温度分布

自然通风的其中一个很重要的作用是当室外温度高于室内温度时,能起到降低室内温度的作用,这从更改朝向前后的室内温度分布云图 5 可以看出来。从前面的分析中,我们知道,工况 2 的自然通风气流组织是优于工况 1 的,因此,当室外温度为 27.0 °C,室内温度为 30.1 °C,在良好的气流组织下,工况 2 各房间温度降低比较快,室内温度的分布更均匀,室内平均温度更接近于室外温度。工况 1 中客厅的温度降低最慢,这与前面分析的客厅室内外压差较小、风速较小的结论相符合,2 种工况室内温度相差 0.9 °C。

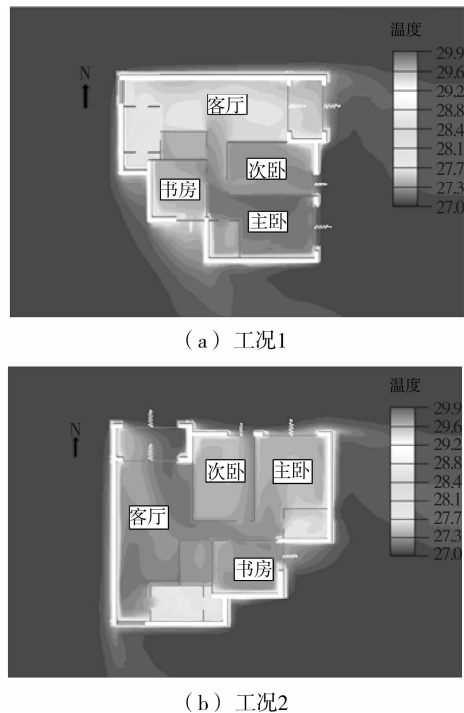


图 5 温度场分布情况

1.5 PMV 分布

在进行 PMV 计算的过程中,参数的选取主要是参照 ANSI/ASHRAE Standard55-2004^[15],对计

算值也作了相应的修正^[16]。图 6 为 2 种工况的 PMV 值分布,综合体现了各因素对人体热舒适的影响情况。对比图 6(a)、(b)2 图可以看出,工况 1 中仅有主卧室房间部分的 PMV 值较接近于零,而工况 2 的客厅、书房、主卧和次卧的 PMV 值更多的接近于零。从对人体热舒适的影响来看,工况 2 更利于创造良好的室内热环境。

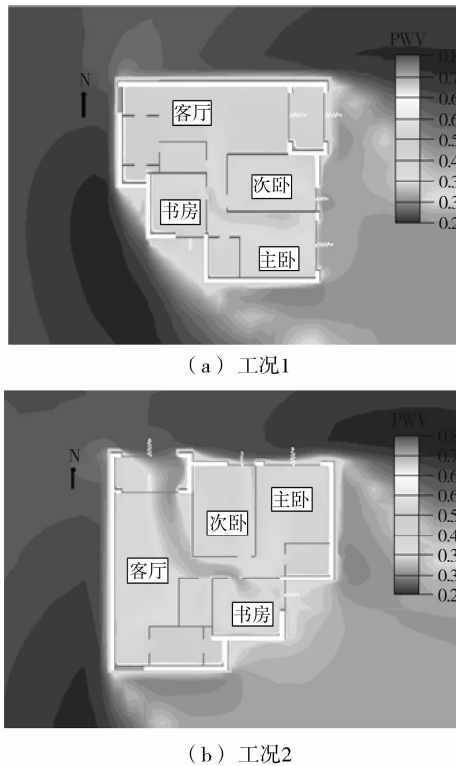


图 6 PMV 分布云图

根据上述数值分析的对比研究,我们可以看出,在建筑中有效利用自然通风,可以在过渡季节有效改善室内热环境,温度降低幅度接近 1℃,室内热环境舒适度更趋于均匀。但是,这一功效不是仅仅依靠在建筑上多开口、开大口就可以实现的,合理有效的室内自然通风,必须结合建筑的朝向予以合理设计,建筑的开口应充分结合风向,使建筑的开口在风向的作用下,有效形成正、负压位置,从而满足自然

风的流通。

2 建筑布局设计对室内自然通风效果的影响

对于建筑布局改变的分析户型来源于评选活动评选出来的最佳舒适户型,如图 7 的平面图,为 5 室 2 厅双阳卫生,套内面积为 138.96 m²,专家对其评价空间设计开敞、流动的,采光明亮充足、细部做工精致,房间功能齐全,通风采光使生活舒适惬意。同样,为了客观衡量该户型的通风舒适性,我们开展了如下研究。

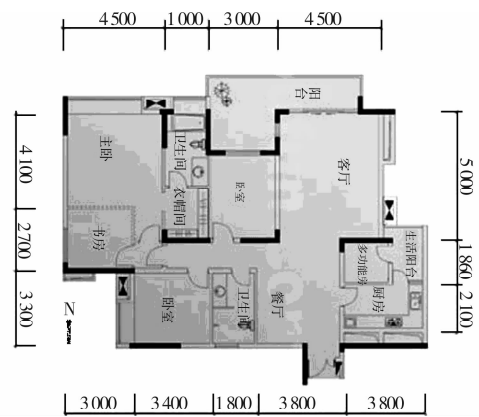


图 7 户型平面图

按照与前相同的分析思路,首先确定分析的工况如下:

工况 1:西北风 1.5 m/s,环境温度 27.0℃,相对湿度 78%,室内初始温度 30.1℃,户型本来布局。

工况 2:西北风 1.5 m/s,环境温度 27.0℃,相对湿度 78%,室内初始温度 30.1℃,改变户型细部布局。

按照上述设定的工况,通过计算分析,得到在工况 1 的状态下,该户型室内的压力分布、风速分布、速度分布以及 PMV 值的分布图,如图 8。

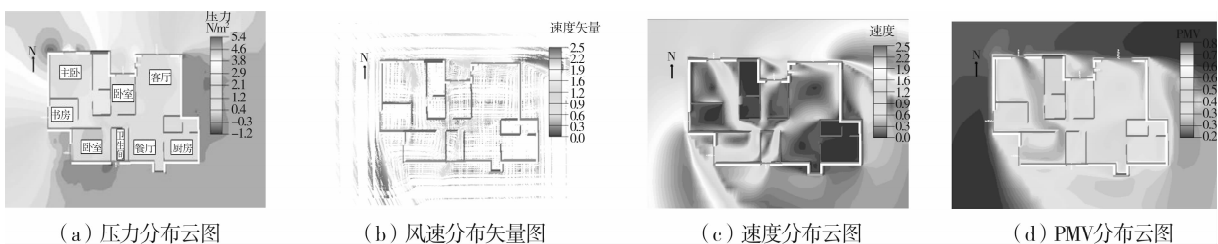


图 8 工况 1 模拟结果

从图 8 中我们可以做出以下分析:

1)该户型的迎风面西向和北向为正压,因此主

卧、北向次卧及客厅窗口为进风口,南向次卧和南向卫生间窗口为出风口,在图中显示为负压区。主卧窗口处为最大正压区,南向次卧为最大负压区,有利于强化自然通风。

2)从风速矢量图可以看到,建筑室内的气流由主卧、北向次卧及客厅窗口流入,从房间门口流出,再流入南向次卧和南向卫生间,从其窗口流出。书房窗口有少量气流进入,未形成明显气流组织。

3)住宅最大气流产生于主卧窗口和南向卧室出风口处,风速大小达到 1.2 m/s,室内最大风速为 0.8 m/s,平均风速为 0.24 m/s,其次为客厅和南向卫生间。由于卫生间为出风口,所以不会与室内产生串味现象,说明此设计中就自然通风方面设计者考虑得比较细致。

4)主卧室、客厅、南向卧室的室内热环境最佳,厨房和卫生间为人员短暂时间停留的地方,可不用着重考虑。整个户型中 PMV 值接近零的区域比较大,但遗憾的是书房为人员长时间停留的地方,但该房间内气流组织情况欠佳,造成其热舒适环境较其他房间要差。

综合以上分析,我们可以看到该户型的气流组织形式较之第一种户型要好,房间布局设计强化了大多数房间的自然通风。但书房的窗户开口虽然比较大,却没起到强化自然通风的作用,客厅西向的小窗户处也可以考虑加大面积以强化面积较大的客厅的自然通风效果。因此,针对上述户型的细部稍作改进后,得到了以下模拟结果,如图 9 所示。

图 9 是在上述户型的基础上在书房南外墙上添加了一面 1.2 m 宽的窗户开口(此处不考虑其他建筑因素),由于建筑在客厅西外墙处产生回流,因此将客厅西外墙的小窗口加宽 0.3 m,如图中椭圆圈处。从图 9(a)、(b)可以看到,改动之后,室内更大的面积有良好的气流组织,主要表现在从主卧的进风口流入的气流部分流入书房内,从新增的窗口流出,强化了书房内的气流组织。原来的书房窗口此时也形成了进风口,不再形同虚设。客厅的小窗户面积加大后,产生了积极的作用,利用了建筑拐角处的回流,达到了强化自然通风的目的。从图 9(c)可以看到,通过改进后,房间内的主要区域的 PMV 值均低于 0.391,即不满意率在 8% 以内。

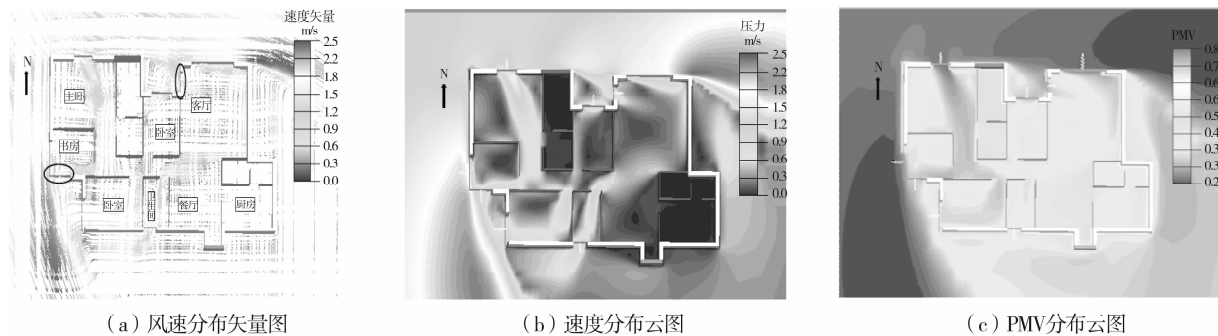


图 9 工况 2 模拟结果

根据上述分析我们可以看到,建筑中的自然通风效果的实现,除了合理考虑朝向的因素外,还应科学合理的开设建筑开口。而这里的开口绝不是仅凭感性就可以确定的,大开口不一定有大效果,而小开口可能会带来大收益。在本例的分析中,书房的原开口并未起到通风的目的,而增设的书房和客厅外墙开口,则有效的实现了室内的通风作用。

3 结论

对比分析了通过改变建筑布局和建筑朝向更好的利用自然通风来改善室内环境的数值模拟分析,得到了如下主要结论:

1)建筑朝向的选择对于室内自然通风的效果有着显著的影响,选择合适的建筑朝向,使建筑的主要开口在自然通风情况下位于合理的正、负压位置,形

成有组织的有效进风口和出风口,将会使建筑室内形成良好的气流流场,在相同条件下,对比更利于自然通风的建筑朝向与原建筑朝向(图 1)的情况下,室内产生的最大气流从 0.24 m/s 增强到 0.82 m/s,半小时后室内温度较原朝向低 0.9 °C,使得室内的 PMV 值更接近舒适。

2)在进行自然通风设计时,需进行流场数值分析,以确定不同建筑体型的正压区和负压区,以判断开口处是否能产生良好的通风作用,以免建筑开口形同虚设。通过对建筑布局的室内通风效果分析,进行建筑局部开窗位置和大小改动后,可使室内形成更通畅的气流流场,有效避免了气流涡流区的产生,大大改善了对室内热舒适的满意程度。

3)自然通风对室内环境的影响虽然显而易见,然而在实际的应用过程中,由于建筑设计人员对所

设计的建筑在整个速度场中的相对位置不太了解,因而造成了建筑朝向不能满足气流贯穿、建筑平面布局阻碍室内气流流通、建筑开口所处风压位置不能有效产生通风效果等问题的出现,从而使得貌似通风良好的建筑实际的通风却不容乐观。通过文章的分析研究,有助于建筑设计人员提高对自然通风效果的认识,并为设计人员在建筑进行建筑设计时合理组织室内自然通风提供参考手段。

参考文献:

- [1] DOU QIANG. Ecological campus-jubilee campus, university of nottingham, UK[J]. World Architecture, 2004(8):64-69.
- [2] STEPHEN R LIVERMORE, ANDREW W WOODS. Natural ventilation of multiple storey buildings: the use of stacks for secondary ventilation[J]. Building and Environment, 2006, 41:1339-1351.
- [3] JYOTIRMAY MATHUR, SANJAY MATHUR, ANUPMA. Summer-performance of inclined roof solar chimney for natural ventilation [J]. Energy and Buildings, 2006, 38:1156-1163.
- [4] 丁勇,李百战,罗庆. 重庆市自然资源在改善室内热湿环境中的作用[J]. 重庆大学学报:自然科学版, 2007(9): 127-133.
- DING YONG, LI BAI-ZHAN, LUO QING, et al. Effect of natural resource on improving indoor thermal environment in Chongqing[J]. Journal of Chongqing University: Natural Science Edition, 2007(9): 127-133.
- [5] 丁勇,李百战,刘红. 重庆某“双层皮”外围护结构通风效果实测及分析[J]. 暖通空调, 2007(8):42-45.
- DING YONG, LI BAI-ZHAN, LIU HONG. Assessing of ventilation effect in “double-skin” facade in Chongqing [J]. Heating Ventilating & Air Conditioning, 2007(8): 42-45.
- [6] DING YONG, LI BAI-ZHAN, LUO QING, et al. Effect of natural resource on improving indoor thermal environment in Chongqing [J]. Frontiers of Architecture and Civil Engineering in China, 2009, 3(2):211-218.
- [7] 刘加平,杨柳. 室内热环境设计[M]. 北京:机械工业出版社, 2005.
- [8] CARDINAL N, MICUCCI M, RUGGIERO F. Analysis of energy saving using natural ventilation in a traditional italian building[J]. Energy and Buildings, 2005, 35:153-159.
- [9] ARVIND KRISHAN. 建筑节能设计手册—气候与建筑[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2005.
- [10] WANG SI-PING, CHEN JIAN, QIAN JIAN-HUA. Numerical simulation of radiation heating in large-space-taking the volleyball hall of Shenyang sport university as the example [J]. Journal of Shenyang Jianzhu University: Natural Science, 2008, 24(1):108-111.
- [11] 林晨. 自然通风条件下传统民居室内外风环境研究[D]. 西安:西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 2006.
- [12] 章熙民,任泽霈. 传热学[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2002.
- [13] 中国建筑科学研究院. 夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准 JGJ134-2001[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2001.
- [14] 沈艳. 重庆自然通风建筑室内热环境实测与模拟分析[D]. 重庆:重庆大学城市建设与环境工程学院, 2008.
- [15] ANSI/ASHRAE Standard55-2004. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy[S]. Atlanta: ASHRAE, 2004.
- [16] OLE FANGER P, JORN TOFTUM. Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates[J]. Energy and Buildings, 2002, 34(6):533-536.

(编辑 王秀玲)

更正启事

本刊第31卷第6期第96页“区域建筑冷负荷预测中的朝向因素分析及转换”一文作者“苑祥^a,龙惟定^b”更正为“苑翔^a,龙惟定^b”。特此更正并致歉!

《土木建筑与环境工程》编辑部