

苏南地区居住建筑夏季自然通风实测分析与设计策略

张 群^{1,2,3}, 车晓敏^{1,2}, 刘加平^{1,2,3}, 慧善康³, 吴小翔³

(1. 西安建筑科技大学建筑学院, 陕西 西安 710055; 2. 陕西省西部绿色建筑协同创新中心, 陕西 西安 710055;

3. 苏州市建筑科学研究院有限公司企业院士工作站, 江苏 苏州 215104)

摘要:通过对苏南地区两栋不同年代居住建筑的夏季室内通风及热环境状况进行实地测试, 比较分析测试结果, 从平面布局、辅助空间、围护结构等角度出发, 研究影响夏热冬冷地区居住建筑自然通风环境的因素, 提出改善夏热冬冷地区居住建筑通风环境的设计策略, 为创造经济与节能型、健康与舒适型的居住建筑提供设计参考。

关键词: 苏南地区; 居住建筑; 自然通风; 实测分析; 设计策略

中图分类号: TU241.5

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2015)01-0087-04

Test analysis and design strategy on the summer natural ventilation for residential buildings in southern Jiangsu Province

ZHANG Qun^{1,2,3}, CHE Xiaomin^{1,2}, LIU Jiaping^{1,2,3}, HUI Shankang³, WU Xiaoxiang³

(1. School of Architecture, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China;

2. Shanxi Provincial Collaborative Innovation Centre of Green Building in Western, Xi'an 710055, China;

3. Enterprise Academician Workstation for Suzhou Academy of Building Research, Suzhou 215104, China)

Abstract: Through test on the indoor ventilation and thermal environmental parameters of 2 separately residential buildings in summer period, located in the summer-hot and winter-cold zone, the practical test results are compared and analyzed. According to the plane layout, the auxiliary space and the enclosure structure, the factors on natural ventilation of residential buildings in this zone are studied, and conclusions drawn about improving architectural design strategy on the natural ventilation. As a result, this paper suggests an improvement on the architectural design quality on the natural ventilation.

Key words: southern Jiangsu Province; residential building; natural ventilation; test analysis; design strategy

随着绿色建筑概念的推广, 在追求居住舒适性的同时, 更加注重控制建筑运行阶段能耗与改善建筑的环境特性。夏热冬冷地区, 夏季室内温度与湿度较高, 热舒适性差, 通过空调制冷虽然能够有效满足舒适性的物理指标, 但是在经济上不节约, 而且长时间滞留空调环境, 也会对人体健康产生不利影响^[1]。自然通风作为一种简单、有效的被动式建筑设计手段, 具有提高建筑舒适性、改善室内空气质量、降低建筑运行能耗等诸多优点, 成为兼顾经济与节能、健康与舒适的最佳选择^[2]。以苏南地区苏州市两栋不同年代的低层居住建筑为例, 对室内外通风及室内热环境进行实测与数据分析, 从建筑平面布局、辅助空间设计、围护结构设计等方面探讨改善居住建筑自然通风的设计策略。

1 测试基本情况

测试对象与测点布置。本次测试分 A 与 B 两个样本, 均位于太湖东畔、苏州市吴中区新峰村。样本 A 与 B 的主要朝向为南向, 东西向外墙无门窗洞

口。其中, A 是 80 年代建造的两层砖混结构民居建筑, 主要有起居室、卧室、卫生间、杂物间及楼梯间等, 建筑面积 132.0 m²、层高 4.0 m、砖墙厚 240 mm、(钢筋)混凝土楼地面; B 为清末建造的两层木结构民居建筑, 主要有起居室、卧室、卫生间、杂物间等, 建筑面积 142.0 m²、层高 3.7 m、墙体由单层厚 40 mm 的双层木板组成, 木质楼地面(测试期间, 样本 B 客厅、卧室北侧的木格栅均为关闭状态)。本次测试只针对建筑一层进行, 测点布置在客厅及主要使用卧室。样本 A 与 B 的平面图与测点布置分别见图 1(a)和 1(b)。为反映实际使用状态、保证测试数据的有效性, 测试期间不改变居民开关门窗等生活习惯。

测试时间与内容。测试时间为 2014 年 8 月 17 日 8:30 ~ 18 日 17:30, 期间均为阴天。记录了包括风速、空气湿度、相对温度、壁面温度等数据。风速每 30 min 采集一次、空气温湿度每 10 min 采集一次、围护结构内表面温度每 30 min 采集一次。为避免住户夜间、下班后使用空调降温、风扇机械通

风及人员活动对通风测试的影响、提高有效性和准确性,本文仅截取8月17日8:30~17:30无人在家逗留期间的数据进行分析研究。

测试仪器: Swema 3000 微风仪,分辨率1h,精度 $\pm 0.1\%$; Thermo Recorder TR-72U 双通道温度湿度记录仪,分辨率 0.1°C 、 $1\%\text{RH}$,精度为 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 、 $\pm 5\%\text{RH}(25^\circ\text{C}, 50\%\text{RH})$; Center 309 Date Logger Thermometer 热电偶,分辨率 $\pm(0.3\%\text{rdg})+1^\circ\text{C}$,精度 $\pm 0.3\%\text{rdg}+1^\circ\text{C}$ ($-200^\circ\text{C}\sim 1370^\circ\text{C}$)。

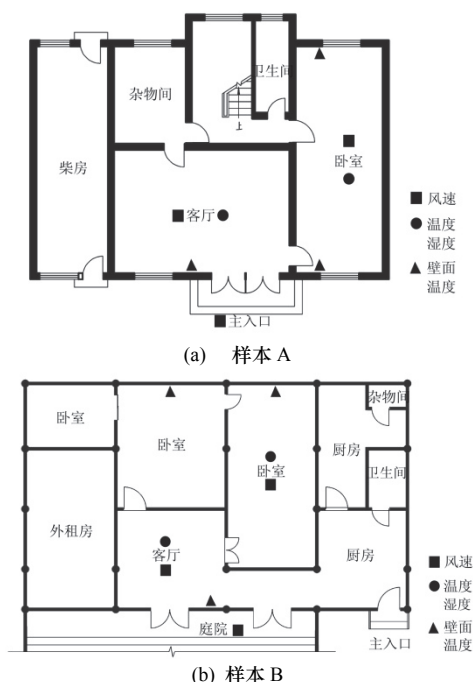


图1 测试样本平面及测试点分布图

Fig.1 The test samples plan and the distribution map of measuring places

2 实测结果及分析

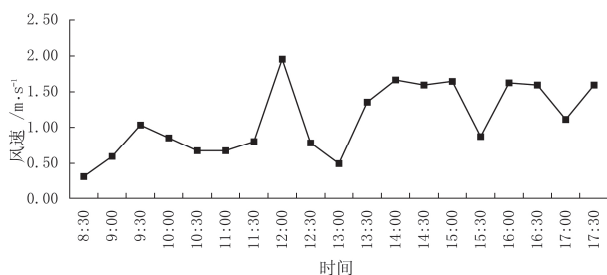


图2 室外风速图

Fig.2 The outdoor anemograph of the test day

图2可知,测试期间室外风速波动范围为 $0.31\sim 1.95\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,平均值为 $1.15\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。建筑室外风环境的状态与自然气候、建筑选址与朝向、群体布局、建筑体型等存在一定关系。建筑物本身对风的减弱或阻挡作用,对临近建筑室内、外的风环境均有一定的影响。两样本的选址与朝向相同,处于相同的风环境条件下,建筑自身的特征成为决定室内

自然通风及热舒适的主要因素。

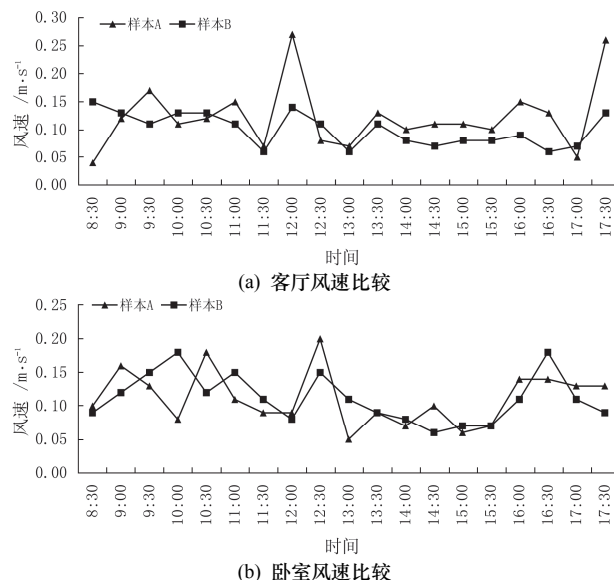


图3 样本A与B室内风速逐时对比图

Fig.3 The difference on wind speed indoor of Sample A and B every half hour

图3显示,样本A客厅的风速波动范围 $0.04\sim 0.27\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,平均值 $0.12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,样本B客厅的风速波动范围 $0.06\sim 0.15\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,平均值 $0.10\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;样本A卧室的风速波动范围 $0.05\sim 0.20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,平均值 $0.11\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,样本B卧室的风速波动范围 $0.07\sim 0.18\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,平均值 $0.08\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。综合判断,测试期间样本A的室内自然通风状况略好于样本B。影响室内自然通风情况有诸多因素,如建筑体型、功能布局、层高、窗墙比、围护结构做法、门窗开启情况等等。样本A与B因建设年代不同,因此平面布局、空间组织、围护结构等方面存在的差异是造成室内风速差异的主要因素。

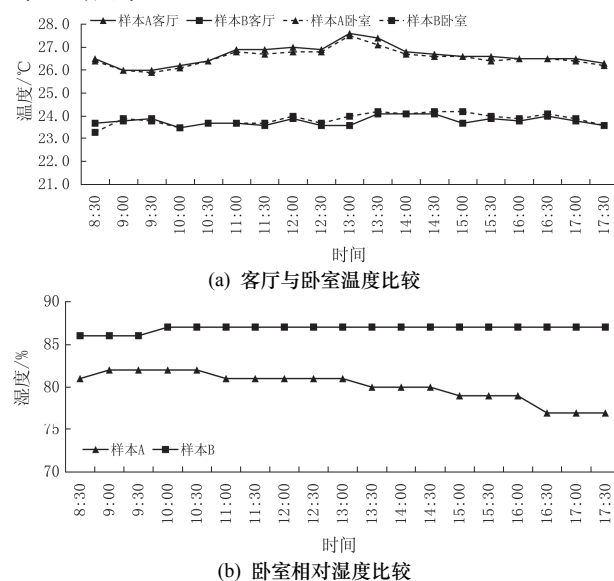


图4 样本A与B室内温度、湿度逐时对比图

Fig.4 The difference on air temperature and humidity

indoor of Sample A and B every half hour

图4(a)温度比较显示,样本A的客厅、卧室温度均高于B、最高差值 3.5°C ,说明在相同的室外温度条件下,较高的自然通风速度会将夏季白天室外热量带入室内;样本A的早、中、晚温差较小,值为 0.4°C ,说明砖混结构材料的热惰性指标及热容在起作用,室内热稳定性比木结构建筑好。

图4(b)湿度比较显示,样本A室内空气相对湿度显著低于B,且曲线变化稳定。建筑在自然通风状态下,室内空气的相对湿度大小主要取决于室外相对湿度、室内温度、室内人为加湿及建筑材料自身调蓄热湿的性能。对于本次测试,样本A与B室外气候条件相同,且室内无人为加湿,一方面说明样本A较高的室内空气温度造成相对湿度的降低,另一方面也说明砖混结构材料与混凝土地面的隔潮性能较好。对于样本B平直的曲线形态,说明了木结构建筑和木材自身的呼吸特点、木地板隔潮能力差,导致地下土壤水分通过毛细效应、蒸发增加了室内湿度,同时也说明样本B室内已经达到露点,开始结露。

对于夏热冬冷地区,夏季室内较高的相对湿度会增加人体闷、湿感,热舒适满意度PMV变得更差,所以强化夏热冬冷地区夏季建筑自然通风对于降低相对湿度、防止壁面结露是非常必要、且有效的技术措施。

3 自然通风设计策略

3.1 合理组织建筑平面

合理组织建筑平面布局,高效利用穿堂风是有效的自然通风设计方法。这种通风方式主要由风压驱动,即当风吹向建筑时,建筑迎风面会产生正压力,侧面产生负压力,在建筑两侧形成风压差。若建筑一侧有门窗开口,则称为单侧通风,如图5(a)所示;若建筑两侧均有门窗开口,则称为双侧通风,即穿堂风,如图5(b)和5(c)所示。

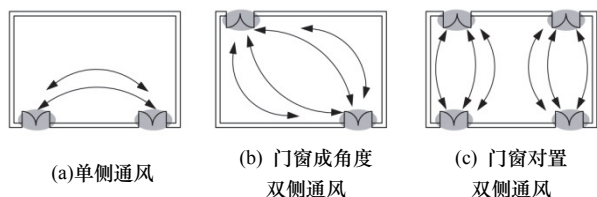


图5 室内风流向示意图

Fig.5 The schematic diagram of the indoor wind flow direction

单侧通风房间内气流交换是通过风的湍流、外部洞口及外部气流的共同作用来完成的,而室外天

气、风向均为不确定因素,因此,单侧通风的驱动力较小。穿堂风主要取决于进出风口之间的风压差的大小,在室外环境一定的情况下,风道顺畅、风道长短适宜、风口位置对置均可提高穿堂风效果。穿堂风可分为两种情况,一是对侧门窗成角度对置,如图5(b);二是对侧门窗正对设置,如图5(c)。综合而言,因5(c)风道短、且路径顺畅,所以(c)的通风效果要优于(b),而(b)、(c)均优于(a)。控制好建筑层高与进深的比例也可提高室内通风,一般而言,双侧通风的建筑进深宜小于建筑净高的5倍,单侧通风的建筑进深宜小于建筑净高的2.5倍。^[3]所以,设计之初,根据主导风向确定建筑朝向和平面组织,为创造良好的室内自然通风环境提供可能。

受海洋性气候影响,苏南地区夏季风感较强。夏季主导风向为东南风,建筑朝向或主要房间朝向正南、南偏东均可获得较好的室内通风效果。苏南传统院落居住建筑平面布局多沿纵向轴线布置,主轴线上依次布置门厅、轿厅、大厅、女厅和卧房等,这样的布局对形成穿堂风是有利的。若建筑朝向夏季主导风向,则所有门窗洞口也都迎向了夏季主导风向,形成了明显的通风通道,有效地加强了穿堂风的通风效果。测试样本A与样本B相比较,样本B北向为木格栅,均为关闭状态,室内为单侧通风,且样本A平面布局简单规整、南北通透,层高较B高,形成顺畅的风道,加强了室内通风效果。

3.2 注重设计辅助空间

竖向通高空间,强化热压通风效果。传统民居中的天井具有热压通风效果,而对于无天井民居,对其辅助空间的设计也可利用热压通风原理来加强自然通风效果。根据热压通风原理,将楼梯间、天井等纵向通高空间作为出风口,并在顶部设置开口。室内外空间贯通可提高热压通风效果,所以楼梯间位置选择应考虑尽量带动周边房间以改善建筑整体的通风效果。

平面辅助性空间,形成风压通风的“峡谷效应”。辅助性空间使用频率相对较低,居住者停留时间较短,且各房间内门经常处于关闭状态,自然通风状态不佳,所以设计时可将其整体布局,形成统一空间,避免分散布局而影响建筑风道的顺畅性。辅助性空间在建筑平面中的位置设置比较灵活,可利用辅助性空间营造良好的局部通风廊道。因廊道处宽度骤然收窄,形成峡谷效应,对风有较大的

加速作用(如图6)。

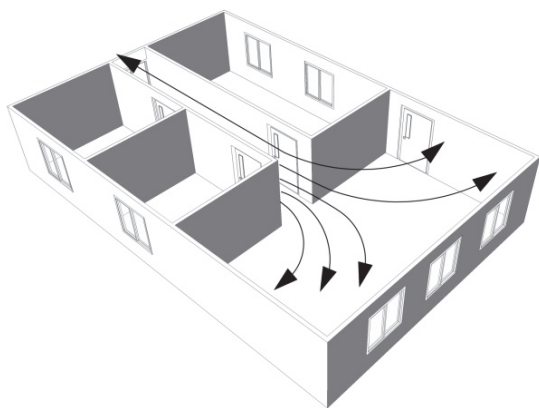


图6 “峡谷效应”室内风流向示意图

Fig.6 The schematic diagram of the indoor wind flow direction on “canyon effect”

苏南地区传统民居平面多以厅堂为中心展开平面布局,周围辅以廊道,且门窗相互对应,为自然通风营造良好的风道.实测样本A内东西向的走廊位于楼梯间南侧,走廊两侧门通常处于关闭状态,且东西向外墙无开窗.样本B的过厅东西两侧尽端无窗户.A与B均没有形成完整的通风系统,导致空气流动性不佳.若在走廊尽端设置通风口、走廊长轴与所在地区夏季主导风向一致等做法,可提高室内风环境质量.

3.3 高效利用围护结构

一个完整的通风体系包括进风口、风道与出风口^[4],进、出风口的位置、大小也对建筑室内通风效果有很大的影响.建筑围护结构包括围合建筑的墙体、门、窗、屋顶,相应的门、窗、屋顶洞口即为通风体系中的进、出风口.传统建筑因受木结构的限制,其开窗尺寸通常较小,新建砖混结构建筑可灵活的选择门窗尺寸与形式.在环境因素相同的情况下,空间通风量与窗墙比近似地成正相关关系,当总窗墙比一定时,前后开孔面积越接近,通风效果越好,当它们相等时,通风量为最大值^[5].

测试样本B的南向和北向窗户外均设置有木格栅构造,北向全部关闭、南向仅开启两扇,南向窗墙比为0.18,门洞口尺寸为 $1.4\text{ m} \times 2.8\text{ m}$.客厅、卧室平均风速分别为 $0.11\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $0.08\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,均低于《室内空气质量标准》中提出的夏季室内舒适空气流速 $0.30\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的标准^[6].在总窗墙比一定的前提下,保证前后门窗开孔面积相同,有利于提高室内自然通风效果.测试样本A为砖混结构,B为木结构,结合图7可知,在阴天气象工况条件的测试期间,样本A室内壁面温度均高于样本B,说明砖混结构材料的热惰性与蓄热性能较好,对于降低相对湿度、

消减湿热感起到了一定作用.因此,对于不同气候区的居住建筑,可根据不同的节能设计需求合理选择建筑材料.

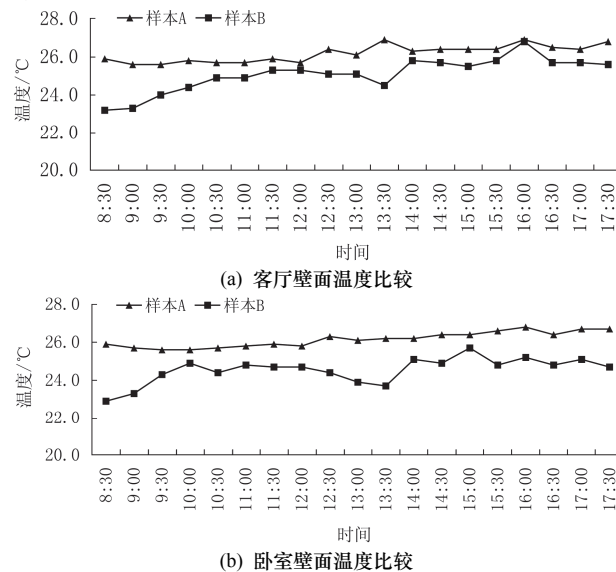


图7 样本A、样本B室内壁面温度逐时对比图

Fig.7 The difference on wall temperature indoor between Sample A and B every half hour

4 总结

对于夏热冬冷地区,采用自然通风手段调控室内相对湿度、改善热环境、降低环境控制能耗是一种直接、有效的被动式节能措施.本文通过对苏州地区两栋居住建筑通风状况进行实测,从平面形式、辅助空间、围护结构等方面研究了改善自然通风的建筑设计策略,得出如下结论:(1)根据夏季主导风向,合理选址与组织平面,保证建筑及主要使用房间利用穿堂风,并选择门窗双侧对置的布置形式提高室内空气流通效果.(2)合理布置楼梯间等纵向辅助空间,提高热压通风;灵活组织辅助性空间形成“峡谷效应”,强化风压通风.(3)围护结构材料方面,砖混结构材料比木材的蓄热性好,可加强热压通风效果,应根据通风设计需求合理选择建筑材料构成.

建筑方案设计阶段应从上述方面综合考虑,提高夏季室内自然通风特性,满足舒适性的居住需求,达到兼顾经济与节能、健康与舒适的目标.

参考文献 References

- [1] 戴自祝. 室内空气质量与通风空调[J]. 中国卫生工程学, 2002(1): 60-62.
DAIZizhu. Indoor air quality and ventilation with air conditioning[J]. Chinese journal of public health engineering, 2002(1): 60-62.
- [2] 王战友. 自然通风技术在建筑中的应用探析[J]. 建筑节能, 2007(7): 20-23.

(下转第114页)

(上接第90页)

- WANG Zhanyou. Research on natural ventilation technique used in Building[J]. Building energy efficiency, 2007(7): 20-23.
- [3] 西安建筑科技大学绿色建筑研究中心. 绿色建筑[M]. 北京: 中国计划出版社, 1999.
Research center of green architecture XAUAT. Green building[M]. Beijing: China planning Press, 1999.
- [4] 曾志辉, 陆琦. 广州竹筒屋室内通风实测研究[J]. 建筑学报, 2010(S1): 88-91.
ZENG Zhihui, LU Qi. Research and measurement of indoor ventilation in GuangZhou Zhutong house[J]. Journal of architecture, 2010(S1): 88-91.
- [5] 陈勇, 王旭, 孙炳楠, 等. 单体房间室内通风多影响因素的试验研究[J]. 浙江大学学报: 工学版, 2012(4): 658-664.
CHEN Yong, WANG Xu, SUN Bingnan, et al. Wind tunnel experimental study on single room ventilation affected by miscellaneous factors[J]. Journal of Zhejiang University: Engineering Science, 2012(4): 658-664.
- [6] GB/T18883-2002 室内空气质量标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
GB/T18883-2002 Indoor air quality standard[S]. Beijing: Chinese Standards Press, 2002.
- [7] 石莹. 中美建筑通风系统标准对比及自然通风应用效果分析[D]. 重庆: 重庆大学, 2013.
SHI Ying. Building ventilation system standards contrast between China and the US and natural ventilation application performances analysis[D]. Chongqing: Chongqing University, 2013.
- [8] 付衡, 龚延风, 余效恩, 等. 夏热冬冷地区自然通风对居住建筑热环境和能耗的影响[J]. 建筑节能, 2013(8): 21-28, 41.
FU Heng, GONG Yanfeng, YU Xiaoen, et al. Natural ventilation influencing residential building's thermal environment and energy consumption in Hot summer and cold winter area[J]. Energy efficiency, 2013(8): 21-28, 41.
- [9] 徐永平. 湿热气候区高层公寓建筑自然通风组织设计研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
XU Yongping. Study on the natural ventilation organization design in Hot-humid climate zones with high-rise apartment buildings[D]. Guangzhou: South china university of technology, 2013.
- [10] 陈晓扬, 薛家薇, 郑彬. 泉州手巾寮民居夏季热环境实测分析[J]. 建筑学报, 2010(S1): 84-87.
CHEN Xiaoyang, XUE Jiawei, ZHENG Bin. Field study on thermal environment of Quanzhou traditional ShoujinLiao residence in summer[J]. Journal of architecture, 2010(S1): 84-87.
- [11] 解明镜. 湘北农村住宅自然通风设计研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2010.
XIE Mingjing. The study on the natural ventilation design of rural residential houses in the north of Hunan Province[D]. Changsha: Hunan University, 2010.
- [12] 周军莉. 建筑蓄热与自然通风耦合作用下室内温度计算及影响因素分析[D]. 长沙: 湖南大学, 2009.
ZHOU Junli. Calculation of indoor air temperature and analysis of relative Factors in natural ventilated buildings coupled with thermal mass[D]. Changsha: Hunan University, 2009.

(本文编辑 桂智刚)