

昆明南北朝向室内壁面热流量变化特征

张一平¹, 何云玲^{1,3}, 白学文², 刘玉洪¹, 马友鑫¹, 李佑荣¹, 窦军霞^{1,3}, 郭萍¹

(1. 中国科学院 西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223, E-mail:yipingzh@xtbg.ac.cn;

2. 云南大学 地球科学系, 云南 昆明 650091; 3. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要:以昆明城市区域内建筑物作为研究对象,利用南北朝向室内壁面热流量实测资料,对各壁面的热流量进行了分析.得出:南北朝向房屋不同壁面热流量存在显著的时间和季节变化.12月室内壁面热流量变化受房屋朝向影响十分显著,而在4月和8月房屋朝向对室内壁面热流量传递影响较小.昼间南向室内4方位壁面热流量多为正值,热量从室内向壁面传递;夜间则反之;北向室内壁面热流量数值和传递方向随季节变化较大.考虑房屋壁面热流总量时,12月室内壁面热流总量的南北朝向呈现较大差异,而4月与8月,房屋朝向对室内壁面热流总量的影响较弱.

关键词:建筑物;室内;壁面;热流量

中图分类号: P463.3

文献标识码: A

文章编号: 0367-6234(2005)03-0317-04

Characteristics of heat flux on different internal surfaces of south and north houses in Kunming city

ZHANG Yi-ping¹, HE Yun-ling^{1,3}, BAI Xue-wen², LIU Yu-hong¹, MA You-xin¹,
LI You-rong¹, DOU Jun-xia^{1,3}, GUO Ping¹

(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, CAS Kunming 650223, China, E-mail:yipingzh@xtbg.ac.cn;

2. Earth Science Department of Yunnan University, Kunming 650091, China;

3. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: The microclimatic observations were conducted on different internal surfaces of building in the Kunming City, and surface heat fluxes were analyzed by using these data. The results indicate that heat fluxes have different temporal and seasonal variations for different internal surfaces of south and north houses. Different orientation has obvious influence on the variation of heat flux in December, but it nearly has no influence in April and August. For the south house, values of heat flux are positive in the daytime, which indicates heat transfers from indoors to internal surface, but they are negative in the evening. For the north house, values and directions of heat flux intensity vary notably with the change of season. Average total surface heat fluxes have marked differences between south and north house in December, but it nearly have no differences in April and August. The results can serve as a foundation for more research on building microclimate and rational design of urban architecture. The findings may also be a reference for study concerned in other regions.

Key words: building; indoor; internal surface; heat flux

在建筑领域中,环境条件对居住状况的影响已有较多的研究和探讨^[1,2],但在低纬高原地区对不同朝向的室内壁面热流量的研究尚不多见.

城市区域内不同表面的温度递减率、冷却率、蓄热、放热量^[3-6];太阳高度角的不同,造成不同朝向的建筑物外壁面的辐射状况和表面温度不同^[6-8];不同朝向室内的温度状况^[9-11]等将导致室内壁面的热流量出现差异.本研究利用昆明城区建筑物中占主导的4层建筑的3楼南北朝向

收稿日期: 2002-10-24.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(59836250).

作者简介: 张一平(1957-),男,研究员,博士生导师.

(窗户朝向,下同)室内壁面的热流量观测资料,分析了昆明城市南北朝向室内壁面热流量的时空变化特征,以探讨不同朝向室内空气与壁面间的热量传递特征及时空变化规律.其结果可为低纬高原的昆明地区城市小气候研究及建筑物的合理设计提供科学的依据.

1 研究方法

1.1 观测地点

观测地点位于昆明(25°N,103°E)坐北朝南,4层建筑,选取3楼东侧尽头的北向(窗户朝向)和南向办公室(以下简称北屋、南屋),两办公室的面积相近(约40 m²).文中分析所用的方位是以办公室中心为参考点,墙壁所在方位为壁面方位;室内Top高度3.2 m,外墙厚0.33 m,窗户为单层玻璃窗,位于南(北)墙面,约占墙面面积的40%;南北房屋相向而对,中间有走廊相隔.

1.2 观测内容及方法

观测内容为壁面热流量(热量板,中国预防医学科学院环境与卫生工程研究所);分别在南、北两屋内的东(E)、南(S)、西(W)、北(N)朝向的壁面、屋顶(Top)和地板(Floor)等6处设置观测点,共计12个观测点.观测时间为1999年12月25~27日、2000年8月3~12日、2001年4月20~22日.每间隔1h观测一次.热流量的方向以从室内向室外传递为正,反之为负.观测期间相对应的太阳高度角分别为41.5°(12月)、76.5°(4月)、79.4°(8月).观测期间的天气状况:12月和4月基本上为晴好天气,8月基本上为多云天气,均为昆明地区同期的典型天气状况.

2 结果与分析

2.1 室内热流量的日变化

2.1.1 南屋室内壁面热流量的日变化

南屋室内S壁、E壁、N壁和W壁面热流量在不同季节的日变化趋势大体一致,昼间高,夜间低;但各方位的日变化特征又存在许多差异.

12月,各壁面的热流量数值较大,日变化也十分明显,显示了室内外通过壁面传导热量的作用十分显著.昼间,4方位壁面的热流量均为正值,说明冬季昼间室内外温差较大时,室内的热量向壁面或通过壁面向外传递;数值以E壁最大(20.9 W/m²),W壁最小(12.0 W/m²);另外,热流量最大值出现时刻以S壁最早(13:00),其余3壁面均在15时出现最大值.夜间,各朝向壁面的热流量差异较大,E壁和N壁数值较小,维持在 Q

$> 0 \text{ W/m}^2$,热量从室内向壁面传递;S壁和W壁则呈现 $Q < 0 \text{ W/m}^2$,热量从壁面向室内传递,尤其S壁在建筑物南向外墙,昼间其外侧所接受的太阳直接辐射较多,吸收了大量的热量,夜间逐渐传递到墙内壁,进而传递到室内,使其热流量呈现较高的负值(-11.6 W/m²).

4月,昆明处于干季后期,晴天较多,太阳辐射较强,各壁面的热流量数值小于12月.昼间,S壁、N壁和W壁热流量均为正值,其中S壁数值最大(10.5 W/m²);E壁仅在昼间11:00~15:00热流量为正值(最大值仅为2.7 W/m²).夜间,S壁、N壁和W壁的热流量均较小,呈现平衡状态;而E壁热流量为负值,显示了室内E壁由于处于建筑物外墙,其外壁面受太阳辐射(主要是上午)的影响,获得大量热量向建筑物壁面传递,下午时分由壁面传入室内,23时达到最强(-6.6 W/m²).另外,4月各壁面热流量的位相差更大,最大值出现时刻最早的E壁(12:00)与最迟的W和N壁(16:00),相差可达4 h.

8月,昆明处于雨季,不同壁面热流量数值、日变化幅度和位相差均较小.昼间,各壁面热流量为正值,最大值在4.4~5.8 W/m²,均在15时出现.夜间,W壁和N壁多为正值,而S壁和E壁多为负值,但热流量的绝对数值均不大.显示了8月由于太阳高度角最高,加之多云天气状况影响,建筑物外壁面受太阳直接辐射量减小,室内外气温差较小,使得室内外通过壁面传输热量的作用减小.

南屋室内Top、Floor的热流量在12月除了15时左右Floor面受太阳辐射的影响使热流量急剧增加达到35.2 W/m²外,昼间受太阳辐射强度的影响都较小,热流量变化趋势基本一致,均为正值,显示热量由室内向Top和Floor壁面传递;夜间,两壁面热流量接近零值,热量传递不是很明显.4月,Top和Floor热流量数值比12月小得多,即热量的传导作用没有12月显著,两壁面热流量基本上在12:00~20:00为正,其余时间为负,且Floor壁面热流量变化幅度大于Top面.8月,Top和Floor面的热流量最小(-2~4 W/m²).

2.1.2 北屋室内壁面热流量的日变化

因朝向原因,北屋受太阳高度角和辐射强度的影响比南屋小得多,室内各方位壁面热流量数值小于南屋.12月,各壁面热流量的日变化存在明显的位相差,位于建筑物外墙的N壁热流量数值最大,且昼夜均为正值,热量由室内向壁面传递;E壁、S壁和W壁的热流量呈现昼间为正夜间

为负的日变化趋势,但数值相对较小。4月,N壁和12月相似,热流量昼夜均为正值,但其数值和日变化幅度均比12月小;E壁热流量在11:00~16:00数值为正,热量从室内向壁面传递,其他时段热流量为负,热量由壁面向室内传递;S壁和W壁的热流量昼间为正,但数值较小;夜间趋于零值。从位相来看,各壁面热流量最大值出现时刻以E壁最早(13:00),S壁和W壁最晚(17:00)。8月,北屋各壁面热流量日变化的数值和位相差均较小。

北屋Top、Floor面的热流量变化在各季节变化趋势和南屋基本相似,同时间内热流量的传递方向大体相同。但对应月份北屋热流量的变化幅度都比南屋小,即热量传递没有南屋明显。另外,南屋由于受太阳辐射强度和太阳高角的影响,昼间大部分时间Floor面的热流量高于Top面,而北屋则呈现相反的趋势。

由以上分析可知,南屋由于不同季节太阳高度角和辐射强度的变化使各壁面热流量出现峰值的时间不一致,热流量开始上升的时间随着日出时间的变化而改变,墙体的物理特性决定了壁面接收和释放热量有时间差异,能接收到太阳直接辐射的壁面热流量比其它壁面的高。无论是南屋还是北屋,热流量的变化幅度从12月到4月再到8月逐渐减小。

2.2 南北屋对应壁面热流量的比较分析

在南、北屋不同方位的观测点中,E壁、W壁、Top和Floor受室内外环境因子变化影响基本类似,可以进行不同朝向房屋对应内壁面热流量的比较,通过计算得出南北屋对应内壁热流量差值(南屋-北屋),分析其日变化特征。

南、北屋对应E壁和W壁热流量差异在12月最大;E壁热流量差值在日出后开始增加,17:00达到最大值(19 W/m^2),说明南屋E壁从室内向壁面传递的热流量大于北屋,即南向房屋的室内热力效应大于北屋;夜间,E壁热流量差值远小于昼间,接近 0 W/m^2 。W壁热流量差值的变化趋势与E壁相似,但其数值较小,且夜间多为负值。4月,南、北屋E壁热流量差值在昼间11~17时为负值,南屋室内向壁面传递的热量小于北屋,而夜间差值多为正值,出现与昼间相反的趋势;W壁面热流量差值在8:00~13:00为负值,其余时间基本上趋于 0 W/m^2 。8月,E、W壁的南、北屋热流量差值不大($\pm 2\text{ W/m}^2$),显示了在雨季8月,南、北屋对应壁面的热流量趋向相近数值,房屋朝向的影响减弱。

再比较Top、Floor面热流量的南、北屋差异,12月其差值仍然是最大,在昼间为正值,南屋热流量值大于北屋,即南屋室内向壁面传递热量要比北屋显著,差值在15:00达最大;夜间南、北屋热流量差值较小,接近 0 W/m^2 。4月,Top、Floor面热流量的南、北屋差异呈现Top面与Floor面相反的时间变化,如在11:00~19:00Floor面的差值为正,而Top面的差值为负,显示了南北朝向室内Top面和Floor面的热量传递呈现相反的变化趋势。8月,Top、Floor面热流量的南、北屋差异最小。

比较南屋与外墙相邻的S壁($R_s - S$)和北屋与外墙相邻的N壁($R_n - N$)的热流量可以得出:12月,南屋S壁与北屋N壁的热流量的日变化趋势呈现较大差异,南屋S壁的热流量昼间9:00~17:00为正,热量从室内传向壁面,夜间为负,室内从壁面获得热量;而北屋N壁热流量昼夜均为正值,热量从室内传向壁面。充分显示了南、北屋与外墙相邻壁面的热力效应的显著差异。4月和8月,南北屋与外墙相邻壁面的热流量的数值和日变化均相近,显示了朝向对与外壁相邻壁面的热流量的影响作用明显降低。

进一步比较均是与走廊相邻的内壁即南屋N壁($R_s - N$)和北屋S壁($R_n - S$)的热流量得到:12月热流量数值和变化趋势较为明显,南屋N壁热流量昼夜均为正值,热量从室内向壁面传递,中午前后热流量可达 17.8 W/m^2 ;北屋S壁热流量数值除在昼间12:00~17:00 >0 ,热量由室内传向壁面,其余时间数值为负,热量从壁面向室内传递,但总的来说一日中热流量数值相对较小,显示了热量交换不是很显著。4月和8月,南、北屋与走廊相邻的两内壁面的热流量变化趋势基本相似,南屋N壁的热流量数值略大于北屋S壁。

2.3 热流量日总量特征

南屋不同月份各壁面热流量日总量值(图1(a))以12月较大,E壁可达 150.0 W/m^2 ,最低值S壁也有 8.9 W/m^2 ,说明昆明12月室内外热量传递显著;其数值均为正,说明总体上南屋均是室内向壁面进而通过壁面向外传递热量,显示了冬季比较暖和的春城昆明,室内的温度远高于外界,形成了由室内向室外传递热量的趋势。4月,南屋E壁热流量日总量为负值,从壁面获得热量;Top面则在一日中热量传递基本平衡,其它壁面的热流量日总量均大于 0 W/m^2 ,显示室内向壁面或通过壁面向外界传递热量,但数值要比12月小得多。8月,南屋各壁面的热流量日总量最小,各壁面的热量交换均是从室内向壁面传递。

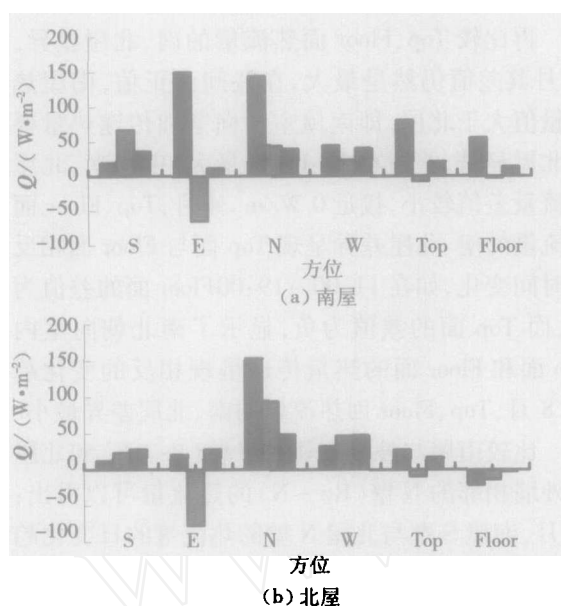


图1 各壁面热流量日总量

由图1(b)可见,北屋的N壁与建筑物外墙相邻且有窗体,热量交换十分显著,各季节中热流量日总量均是N壁最高. Floor面的热流量日总量数值最小,显示了北屋Floor面的热量交换不显著;其他壁面总体来看热流量日总量多小于南屋.

3 讨论

从南、北屋4方位壁面热流量的时空分布来看,南屋12月(图2(a))壁面热流量在昼间呈现较强的正值,高值中心出现在14:00的E壁;夜间各壁面的热流量多为负值,低值中心在S壁出现. 4月和8月(图2b、c),各壁面热流量仍出现昼正夜负分布趋势,但强度低于12月,并且昼间的正值中心4月出现在S壁,8月出现在E壁;夜间的负值中心4月和8月均出现在E壁.

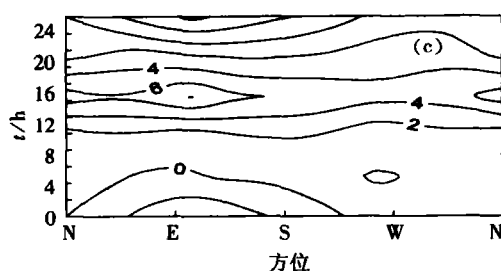
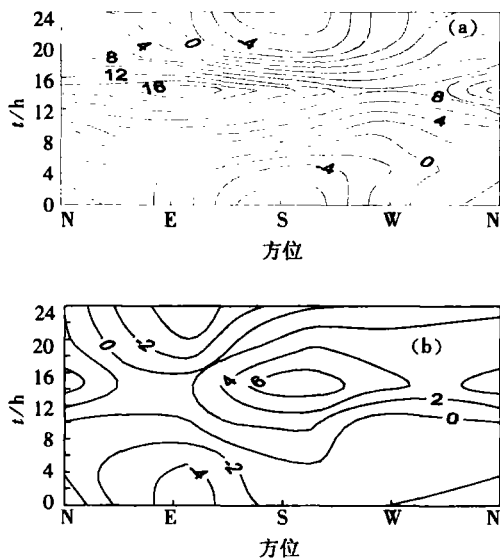


图2 南屋室内平均热流量时空变化

北屋各壁面热流量的时空分布(图3)可见,3个月份的热流量时空分布趋势基本相同,正值中心均在N壁;负值中心也都在E壁;但是热流量的正负分布区间在不同月份有较大差异,显示了北屋壁面热流量时空分布的复杂性.

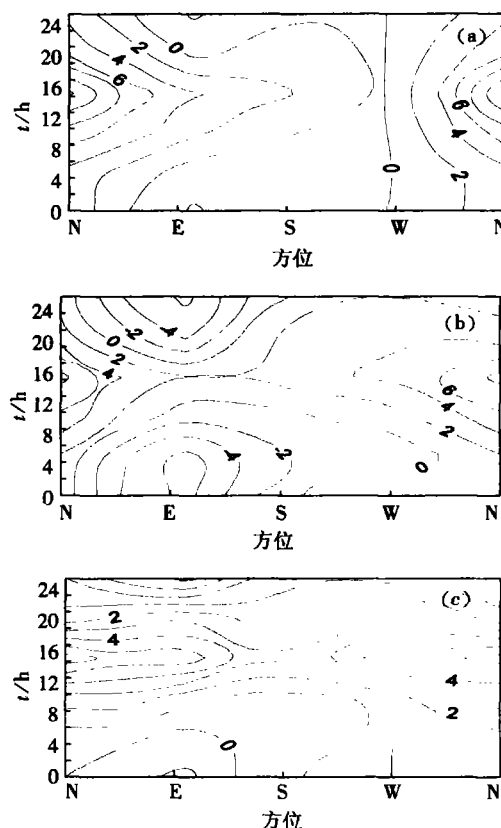


图3 北屋室内平均热流量时空变化

图4可见6个壁面(4方位壁面、Top、Floor)的热流量总和,12月南屋因受太阳辐射的影响,室温较高,整体上看热量是由室内向壁面传递,形成热源;夜间热流量总体上为负值,显示壁面向室内传递热量,形成了热汇,但其强度远小于昼间. 12月北屋昼间同样是热源,热量交换比南屋弱;夜间同样呈现弱的热汇.

4月和8月(图4(b)、(c))南北屋壁面热流总量的昼间变化分布趋势基本相似,昼间呈现明显的正值的日变化趋势,即房屋昼间是热源. 而夜间4月是热汇,8月则呈现弱的热源. 另外,值

(下转第335页)

6 结 论

1)建立的方钢管混凝土框架结构的非线性有限元分析模型计算结果较为精确,可以应用于方钢管混凝土框架的延性分析中。

2)方钢管混凝土框架的滞回曲线较为饱满,具有较好的延性和抗震性能。

3)框架延性随着方钢管混凝土柱长细比的增加而降低。

参考文献:

- [1]钟善桐. 高层钢-混凝土组合结构[M]. 广州:华南理工大学出版社,2003.
- [2]钟善桐. 钢管混凝土结构[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [3]韩林海. 钢管混凝土结构[M]. 北京:科学出版社,2000.

- [4]CHABOCHE J L. Constitutive equations for cyclic plasticity and cyclic viscoplasticity [J]. International Journal of Plasticity, 1989,5(3): 247-302.
- [5]SHKIR-KHALIL H. Pushout strength of concrete-filled steel hollow sections[J]. The Structure Engineer, 1993, 71(13), 230-233.
- [6]SHKIR-KHALIL H. Resistance of concrete-filled steel tubes to pushout forces [J]. The Structure Engineer, 1993,71(13), 234-243.
- [7]HAJJAR J F, SCHILLER P H, MOLODAN A. A distributed plasticity model for concrete-filled steel tube beam-columns with interlayer slip [J]. Engineering Structures, 1998, 20(8): 663-676.
- [8]陈倩. 方钢管混凝土框架抗震性能试验研究[D]. 天津:天津大学,2003.
- [9]朱伯龙. 结构抗震试验[M]. 北京:地震出版社,1989.

(编辑 赵丽莹)

(上接第320页)

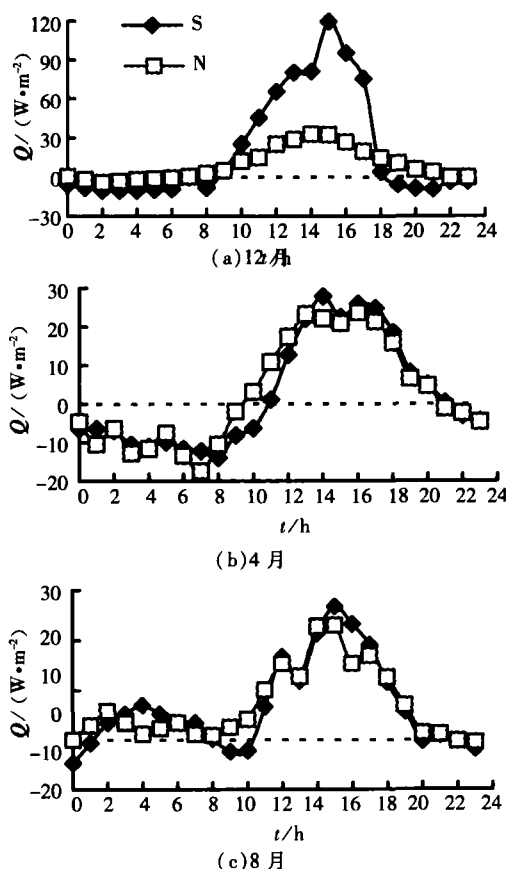


图4 南屋与北屋壁面热流量总量时间变化

值得注意的是,南北屋的各壁面的热流总量差异较小,显示了在4月和8月房屋朝向对室内壁面热流总量的影响程度较弱。

由此可认为若在冬季,室内外气温差异较大时,受到太阳辐射直接影响的南屋,室温较高,其

昼间的热源效应远大于未受太阳直接辐射影响的北屋;而在春季和夏季,房屋呈现的昼间热源和夜间热汇、弱热源的效应,且南北朝向的差异减弱。

参考文献:

- [1]B. 吉沃尼. 人·气候·建筑[M]. 陈士麟译. 北京:中国建筑工业出版社,1982:92-128.
- [2]L. 巴赫基. 房间的热微气候[M]. 傅忠诚译. 北京:中国建筑工业出版社,1987:87-144.
- [3]NUNEZ M, OKE T R. Long-wave radiation flux divergence and nocturnal cooling of the urban atmosphere (II) Above an urban canyon [J]. Boundary-layer Meteor. 1976, 10: 121-135.
- [4]NUNEZ M, OKE T R. The energy balance of an urban canyon [J]. Journal of Applied Meteorology, 1977, 16: 11-19.
- [5]NUNEZ M, OKE T R. Modeling the daytime urban surface energy balance [J]. Geographical Analysis, 1980, 12: 373-386.
- [6]陈启高. 建筑热物理基础[M]. 西安:西安交通大学出版社,1991.
- [7]朱志辉. 墙面太阳辐射的理论计算与模式估计——以上海为例[J]. 地理学报,1987,42(1):28-40.
- [8]张一平,李佑荣. 城市区域内建特区建筑物表面温度特征[J]. 城市环境与城市生态[J],1997,10(1):39-42.
- [9]张一平,李佑荣,王进欣,等. 低纬高原城市冬季南北朝向室内温湿特征的初步分析[J]. 热带气象学报, 2001,7(3):265-271.
- [10]张一平,彭贵芬,张庆平. 城市区域屋顶与地上的风速和温度特征分析[J]. 地理科学,1998,18(1):45-52.
- [11]张一平,马友鑫,李佑荣,等. 低纬高原地区城市化对室内外气温的影响研究[J]. 高原气象,2001,20(3):311-317.

(编辑 姚向红)