

南北朝向室内光照温度水平分布特征初探

张一平¹, 何云玲¹, 王震², 刘玉洪¹, 李佑荣¹, 窦军霞¹, 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: yiping@public.km.yn.cn;

2. 云南大学 地球科学系, 云南 昆明 650091)

摘要: 通过对低纬高原城市——昆明 12、4 和 8 月小气候观测资料的分析, 研究了城市建筑南北朝向室内的太阳光照、地表温度和气温的时空分布特征、变化规律及差异。结果表明: 南北朝向房屋的光照强度、地表温度和气温存在显著的时间和季节变化; 南屋冬季 12 月的光照最强, 北屋则在夏季 8 月光照达到最强; 12 月室内各要素特征变化受房屋朝向影响十分显著, 而 4 月和 8 月房屋朝向对各要素影响较小。太阳光照、地表温度和气温特征的室内的空间分布在临近窗户 1~2 m 小范围内变化梯度相当大, 随着远离窗户, 变化基本趋于一致。所得结论可为探讨建筑物的采暖、采光、空调设计等方面提供依据。

关键词: 房屋朝向; 光照; 地表温度; 气温

中图分类号: P463.3

文献标识码: A

文章编号: 0367-6234(2004)02-0171-06

Indoor light and temperature of south and north houses in urban area

ZHANG Yi-ping¹, HE Yun-ling¹, WANG Zhen², LIU Yu-hong¹, LI You-rong¹, DOU Jun-xia¹, GUO Ping¹

(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Kunming 650223, China, E-mail: yiping@public.km.yn.cn;

2. Dept. of Earth Science, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: Indoor light, surface temperatures and air temperatures in April, August and December in Kunming, a city located on low latitude plateau, were investigated. The results indicate those microclimatic factors have different temporal and seasonal variations for different orientation in south and north houses. The indoor light is strongest in the south house in December, but in the north house in August. Different orientations have obvious influence on the variation of meteorological elements in December, but differences between different orientations are less in April and August. Variation grades of indoor light, surface temperatures and air temperatures are the largest within the distance of 1~2 m close to windows of south and north houses. The results can serve as a basis for further research on building microclimate and urban architecture designs. It gives also suggestions for similar studies in other area.

Key words: Orientation of room; light; surface temperature; air temperature

随着城市的发展, 建筑物密度在不断增加, 人们越来越关心与自身生存密切相关的居住环境, 其中小气候状况就是影响住区环境好坏的一个重要因素。由于建筑物南北朝向的房屋受到的太阳辐射量不同, 势必引起屋内的地表温度、气温及其他热力性质的差异。昆明市因为所处的纬度位置, 太阳基本上处于偏南的方向, 南屋受到的太阳直

射程度比北屋高, 导致两屋的热力状况差异也较明显。以往对城市区域内建筑物的小气候环境已有了一些研究^[1~8], 但是关于南北朝向室内光照和热力状况时空分布特征和变化规律的研究尚不多见。本文主要利用 12、4 和 8 月昆明城市区域南北朝向(窗户朝向, 下同)室内的小气候观测资料, 初步探讨了城市建筑南北朝向室内的光照、地表温度和气温的时空分布特征和变化规律。目的在于为低纬高原城市气候的深入研究, 建筑物的采暖、采光、空调合理设计等方面提供科学依据。

收稿日期: 2003-05-19.

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(59836250).

作者简介: 张一平(1957), 男, 博士, 研究员.

1 研究概况

昆明市位于 $102^{\circ}43'E, 25^{\circ}02'N$, 地处云南中部盆地, 著名湖泊——滇池的北端, 海拔约 1 900 m, 属亚热带气候带, 常年盛行西南风. 由于北有高山天然屏障, 并受西南季风环流的影响及滇池水面的调节作用, 形成了四季如春的气候特征.

观测地点位于昆明城区内的中科院西双版纳热带植物园昆明分部的办公楼(坐北朝南, 4 层建筑), 选取 3 楼东侧的南北朝向两间办公室(后分别称南屋、北屋). 两办公室的面积相近(约 40 m^2), 南屋的东墙、南墙和北屋的东墙、北墙为外墙; 室内高度为 3.2 m, 外墙为桔黄色的马赛克, 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%; 南北两屋相向而对, 中间有走廊相隔.

分别在南、北两屋的窗外各设 1 个点、室内设 4 个点, 共 10 个观测点. 观测要素为光照强度(JD-3 数字照度计, 上海嘉定学联仪表厂)、表面温度(红外辐射温度计, COMPAC3, 日本国 Minolta 株式会社)、气温(TR-70 自记温度计, 日本 T and D 株式会社). 观测时间分别为 1999 年 12 月 25~27 日; 2000 年 8 月 3~12 日; 2001 年 4 月 20~22 日. 光照强度的观测从 8 时开始, 20 时结束, 地表温度和气温的观测为全天 24 h, 整点时观测.

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, 均代表了昆明地区同期的典型天气状况.

2 结果与分析

2.1 南北屋室内光照和温度的分布特征

2.1.1 平均光照强度的时空分布特征

南屋和北屋室内平均光照强度的时空分布如图 1、2 所示. 在 3 个月份内, 两屋室内的光照都呈现一个共同的分布特征: 距离窗户越远, 光照强度有逐渐减弱的趋势. 南屋室内在临近窗户的小范围内可以受到太阳光直射, 大部分时间则是太阳光的漫反射和散射辐射; 而北屋因朝向原因, 全年几乎受不到太阳直射, 只受到太阳光的漫反射和散射辐射; 所以南北屋光照强度的高值区基本上均集中在室内靠近窗户附近的 1~2 m 范围内; 并且在邻近窗户的小范围内光照强度变化梯度很大, 距离窗户越远, 光照强度的空间变化梯度越小; 在室内距离窗户 2 m 以上的区域, 各点的平均光照强度变化基本一致.

另外, 南屋室内太阳光照强度的数值和分布

范围(图 1)均 > 北屋(图 2), 特别是在太阳高度角较低的 12 月, 南屋因为日照时间长, 室内太阳光照强度最大值可达 70 000 lx 以上, 而且可以到达距窗户较远的区域; 特别是在中午前后, 距离窗户 3 m 以外的范围内还有较强的光照分布, 显示了 12 月南屋室内基本上全都受到较强的光照影响. 而北屋 12 月室内的光照强度很弱($< 4\ 000\text{ lx}$), 而且分布范围仅限于距窗户 1 m 之内. 4 月和 8 月, 太阳高度较高, 南屋室内光照强度与分布范围明显 < 12 月. 北屋室内光照强度与分布范围的季节变化很小, 远远没有南屋明显, 在 8 月的数值略高些. 说明了太阳高度角的变化对南屋室内光照强度的影响较大, 对北屋的影响较小.

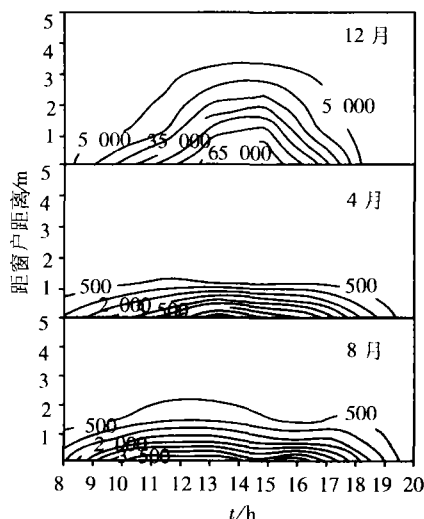


图 1 南屋室内光照的时空分布

Fig. 1 Temporal-spatial distribution of light in south house

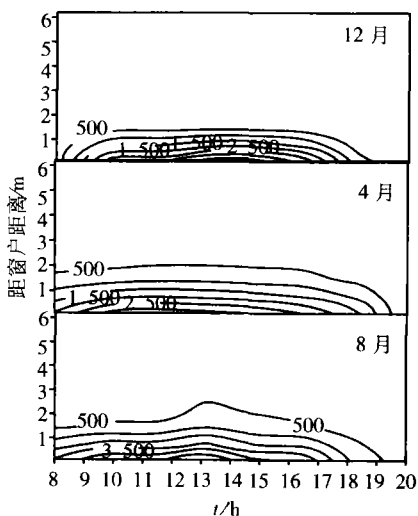


图 2 北屋室内光照的时空分布

Fig. 2 Temporal-spatial distribution of light in north house

2.1.2 平均地表温度的时空分布特征

分析南、北屋室内地表温度的时空分布特征(图 3、4), 可以看出, 3 个月份内, 平均地表温度

空间分布特征也出现和光照强度分布类似的结果,即临近窗户的小范围内(1 m 左右)地表温度增加或减小的变化梯度大,距离窗户较远的区域,地表温度变化趋于平缓。

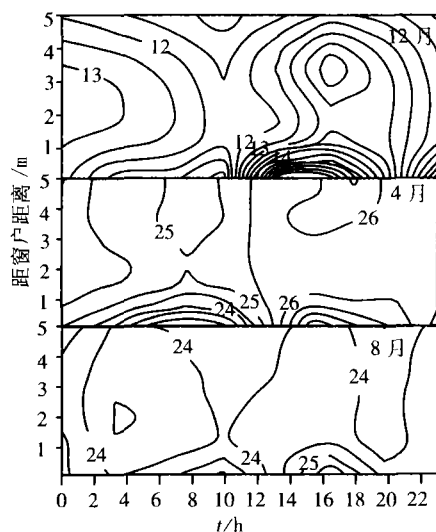


图3 南屋室内地表温度的时空分布

Fig. 3 Temporal-spatial distribution of surface temperature in south house

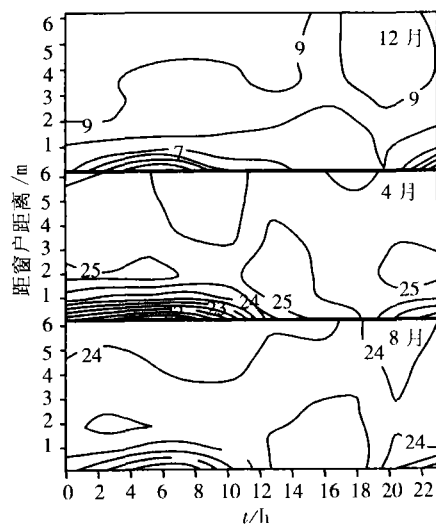


图4 北屋室内地表温度的时空分布

Fig. 4 Temporal-spatial distribution of surface temperature in north house

12月,南屋室内地表温度在午前是临窗附近出现较低值;午后则在临窗有较高值,距窗越远,地表温度呈现逐渐降低趋势,且在距窗3 m 左右的位置出现地表温度暖中心。而北屋全天地表温度变化程度不大,随着与窗户的距离越远,地表温度逐渐升高。另外,南屋地表温度的最低值为10.8℃,而北屋的最高值也仅为9.3℃,显示出12月南北屋光照强度的不同对地表温度室内分布的较大差异影响很大。

4月和8月,南、北屋室内地表温度的分布特

征基本相似,且数值相差不大。时间变化上,地表温度均表现为昼高夜低,日出后开始逐渐升高,13时左右升高趋势有所减缓,18时左右又开始下降。空间分布上,午前,地表温度在室内的分布基本上由临窗位置向较远处逐渐升高,午后则相反,靠窗附近温度最高,距离窗户越远,温度逐渐降低。

总之,季节变化对南屋室内地表温度的分布影响大,而对北屋的影响小。12月,不同朝向对地表温度在室内的空间分布影响很大,从而产生了南北屋的明显差异。4月和8月,不同朝向对地表温度在室内的空间分布影响很小,上午光照强度对地表温度分布基本上没有影响,一直到午后才对地表温度空间分布逐渐产生影响;特别在8月,北屋在室内距离窗户1 m 以外的范围内,地表温度已基本呈现等温分布。

2.1.3 平均气温时空分布特征

南、北屋室内气温在不同季节的变化趋势大体一致(图5、6),夜间低,昼间高;但分布特征又存在许多差异。

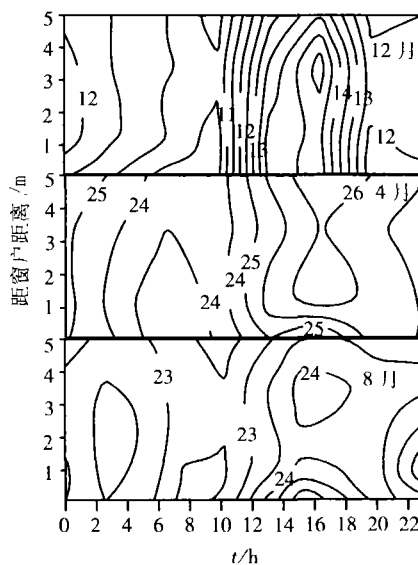


图5 南屋室内气温的时空分布

Fig. 5 Temporal-spatial distribution of air temperature in south house

12月,昆明虽然是晴好天气,但由于太阳高度较低,室内气温在12、4、8月3个月份中最低。室内气温分布的南北朝向差异十分明显,显示了12月不同朝向对室内气温的影响较显著。南屋室内气温夜间变化平缓,日出后气温迅速增加,午后17时左右在室内距窗3 m 的位置出现暖中心,随后室内气温的降温率也较大。而北屋全天气室内气温的变化都较平缓,室内气温的低值中心出现在午前距窗最远的位置,高值中心出现在午后临窗

附近.

4月,昆明处于干季后期,天气晴朗,太阳辐射在全年较强,加之太阳高度高,南北屋室内气温均较高.南屋室内气温时空分布与12月相似,午后出现一个较暖中心,但数值 $\gg$ 12月,而且气温的变化程度 $<$ 12月.北屋室内气温的分布变化与12月相反,午前室内气温在临窗附近出现较低值,午后则在距窗较远的位置(4 m左右)出现较高值.

8月,昆明基本上为多云天气,南、北屋室内气温稍低于4月,而且室内气温的变化程度均减小,全天变化均较平缓,屋内各点气温变化起伏不大,差异在各月份中最小,午前和午后均在屋内中部位置上出现一个较暖中心.说明8月不同朝向对室内气温的影响已经很小.

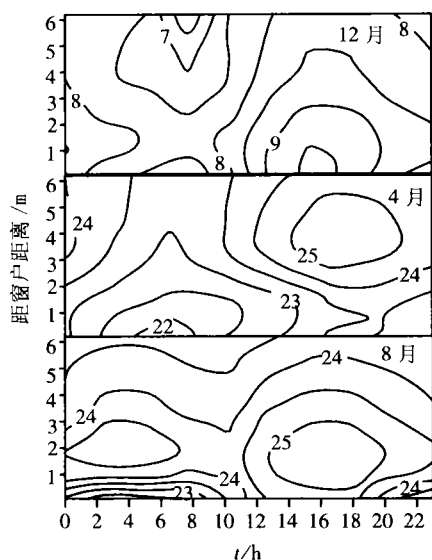


图6 北屋室内气温的时空分布

Fig. 6 Temporal-spatial distribution of air temperature in north house

2.1.4 平均气温与地表温度差值的时空分布特征

进一步分析室内的平均气温与地表温度差值(平均气温-地表温度)在南、北屋的时空分布(图7、8).南屋室内气温与地表温度的差值在不同季节的变化趋势大体一致(图7),3个月份内以12月的差值最大.夜间室内气温低于地表温,差值为负,昼间室内气温高于地表温,差值为正;正差值和负差值的最大绝对值均出现在屋内距窗2~3 m的位置上.

北屋室内气温与地表温度的差值的时空分布(图8),在不同月份有较大差异,显示了北屋内温度分布的复杂性.12月,夜间室内气温略低于地表温,差值为负,最大绝对值出现在距窗最远的位置;昼间室内气温高于地表温,差值为正,最大值

出现在临窗位置.4月,夜间室内气温低于地表温,差值也为负,但最大绝对值出现在距窗1~2 m的位置.8月,北屋室内气温与地表温度差异减小,除了午后一段时间内在临近窗户位置室内气温稍高于地表温外,全天大多数时候各点气温均低于地表温,差值为负,最大绝对值出现在夜间距窗最远的位置上.

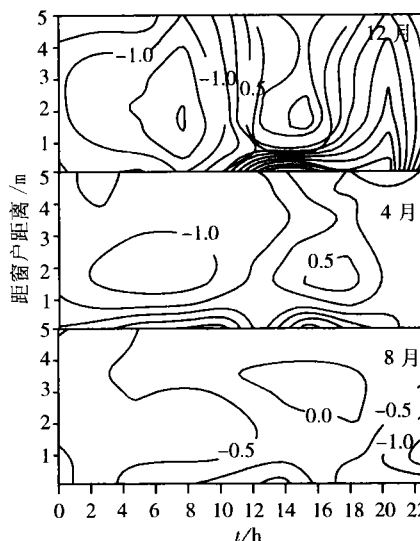


图7 南屋气温与地表温度差值的时空分布

Fig. 7 Difference between air temperature and surface temperature in south house

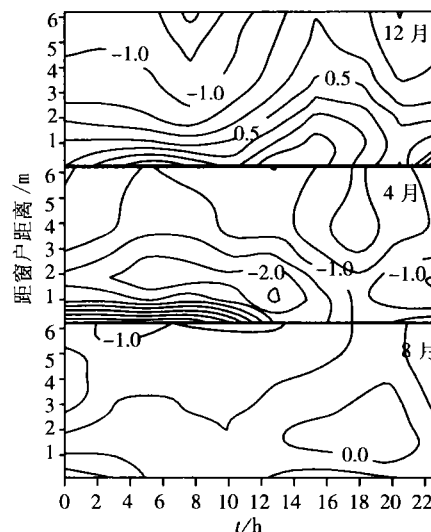


图8 北屋气温与地表温度差值的时空分布

Fig. 8 Difference between air temperature and surface temperature in north house

2.2 南北屋室内光照和温度的差异

2.2.1 平均光照强度比值的时空分布

各个月份南屋室内各测点的光照强度与北屋的比值(南屋/北屋)如图9所示.12月,南屋室内光照强度与北屋的比值在昼间可呈现闭合区;14时左右在距离窗户1~2 m,南屋室内光照强度可高达北屋的90倍以上,由这个高值中心向外,随

时间变化或与窗户的距离变化,室内各测点的南北屋光照强度的比值均下降.由此可见房屋朝向对室内太阳光照强度分布的影响很大,3个月中以12月的南北差异为最大.

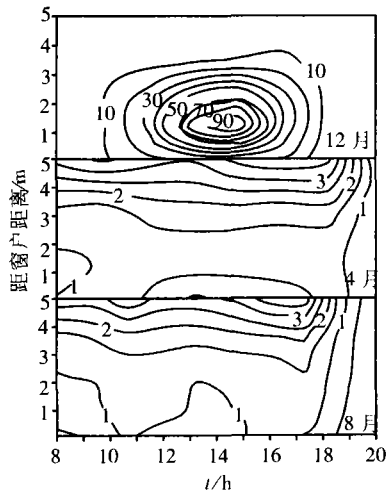


图9 南北屋平均光照强度比值

Fig. 9 Ratio of light in south house to north house

4月和8月,南屋室内光照强度与北屋的比值的时空分布特征十分相似,时间变化不明显;南屋室内的光照强度最大可达北屋的3倍左右,出现在室内距离窗户最远的位置;最小可达北屋的1倍左右,出现在临窗附近.说明4月和8月,南北屋室内光照强度的差异在临窗附近较小,随着与窗户的距离增大,差异增大.

2.2.2 平均地表温度差值的时空分布

通过计算得出南北屋室内地表温度的差值(南屋-北屋),分析其时空变化特征(图10).12月,南北屋室内地表温度差异在3个月份内最

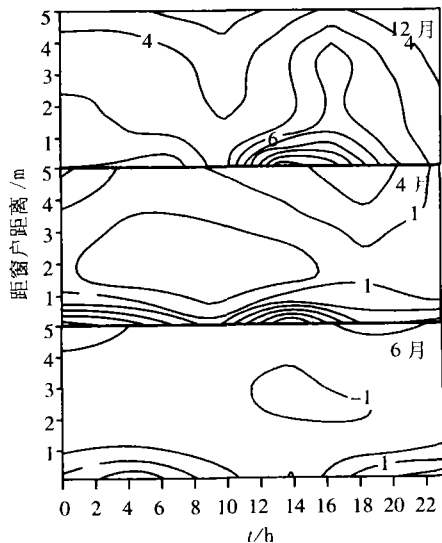


图10 南北屋地表温度差值

Fig. 10 Difference of surface temperature between south and north houses

大,南屋地表温度昼夜均大于北屋,差值为正,且差值昼间大于夜间,最大值出现在14时左右的临窗附近.4月和8月,南北屋室内地表温度差异减小,全天差值时间变化不明显,临窗附近变化梯度稍大;而且差值维持在 $\pm 1^\circ\text{C}$,总的说来,4月和8月南北屋室内地表温度的数值已十分接近.

2.2.3 平均气温差值的时空分布

南、北屋室内气温差值(南屋-北屋)的时空变化特征如图11所示.12月,南北屋室内气温差值在3个观测月份内最大,南屋室内气温昼夜均高于北屋,差值为正;昼间差值大于夜间.夜间,随时间增加,南北屋室内气温差值逐渐减小,较小值出现在9时左右距窗1m的位置;之后,随时间增加,南北屋室内气温差值迅速增加,较大值出现在16时距窗3~4m的位置;然后气温差值又迅速下降,仍然在距窗1m的位置出现一较小值.4月,南屋室内气温昼夜均高于北屋,差值为正,昼间差异大于夜间,但数值及变化程度明显小于12月,最大值出现在午后15时距窗1m左右的位置.8月,南北屋室内气温的差值最小,距离窗户1m以内的范围内差值的变化梯度大,差值为正,南屋室内气温略高于北屋;1~2m差值为负,南屋室内气温略低于北屋;2m以外的区域差值的变化平缓,数值为正,南屋室内气温略高于北屋.但总的说来,8月南北屋室内气温已相当接近.

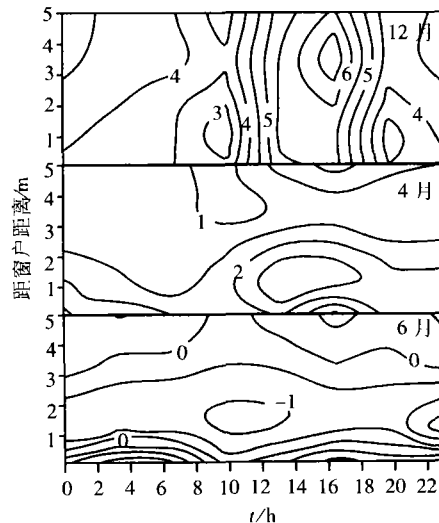


图11 南北屋气温差值

Fig. 11 Difference of air temperature between south and north house

3 讨论

以上分析表明:室内各要素的分布变化特征,都一致表现为在临近窗户的小范围内(1m左右)变化梯度都相当大,随着远离窗户,变化逐渐基本

趋于一致. 南屋内各小气候要素的数值、变化幅度和分布范围均大于北屋, 显示了南屋的热力环境好于北屋, 与周淑贞以及 B. 吉沃尼等的研究结果一致^[9,10].

另外, 从图 5 可见, 南屋室内气温变化的时间梯度大于空间梯度, 夜间随时间增加, 气温呈现降低趋势; 昼间随时间增加, 气温呈现升高趋势; 受太阳辐射的季节和时间变化影响较大. 而北屋(图 6)室内气温变化的空间梯度大于时间梯度, 室内会出现暖中心, 气温在暖中心两侧递减, 受太阳辐射季节和时间变化影响较小. 显示了城市建筑对维持热量平衡、减少温度变化幅度有显著作用.

总的来说, 太阳高度角和辐射强度的变化是造成城市建筑物热力效应差异的重要原因, 显著影响了室内外热力性质的分布特征. 使南、北屋室内光照强度、表面温度和气温具有明显的季节变化和时间变化, 对南屋影响大, 对北屋影响小, 因此导致了南北屋的巨大差异, 12 月的各要素南北差异是 3 个月中最大的. 就日变化而言, 无论南屋还是北屋, 各要素的变化幅度从 12 月到 4 月再到 8 月逐渐减小, 显示了 12 月室内的光照强度、表面温度和气温变化受房屋朝向影响十分显著, 而在 4 月和 8 月房屋朝向对各要素变化的影响较小.

分析南北屋内各测点的平均光照、平均地表温度、平均气温, 表明 12 月南屋室内的平均光照、地表面温度和气温不论在数值上, 还是日变幅上均与北屋有较大差异, 南屋各要素值远高于北屋, 其日变幅也大于北屋, 显示了南屋由于朝向的影响, 获得较多的辐射和外界传导的热量, 比北屋有较好的增温、保暖特性. 4 月, 南屋各要素值仍高于北屋, 但是数值的差异减小, 且日变化也呈现相似趋势. 8 月南北屋的各要素的数值和日变幅

差异进一步减小, 显示了在昆明的雨季, 朝向对南北屋室内平均光照、平均地表面温度和平均气温的影响已不显著.

致谢: 本单位硕士研究生王进欣、何永涛、周虹霞, 云南大学地球科学系尹利伟、于春、赵获、陈宇、段玮、刘文俊, 昆明师专的刘茗等同学参加了观测及数据录入工作, 在此表示感谢.

参考文献:

- [1] 杨士莹. 建筑内部空间环境与人类生活[J]. 建筑学报, 2000(1): 56-64.
- [2] 张旭, 官燕玲. 我国中部地区连续供暖房间室内热环境动态分析[J]. 暖通空调, 1997, 27(6): 10-24.
- [3] CROOME D J. Building services engineering - the invisible architecture[J]. Building Serv Eng Res Technol, 1990, 11: 27-31.
- [4] TANG Mingfang, CHEN Qigao. Simple expression for internal surface temperature distribution in corners of external walls[J]. Building and Environment, 1997, 32(4): 313-316.
- [5] 巴赫基 L. 房间的热微气候[M]. 傅忠诚译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1987.
- [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] 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, 1997, 10(1): 39-42.
- [8] 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.
- [9] 周淑贞, 束炯. 城市气候学[M]. 北京: 气象出版社, 1994.
- [10] 吉沃尼 B. 人·气候·建筑[M]. 陈士麟译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1982.

(编辑 杨波)

《哈尔滨工业大学学报》2003 年第 1、2 期被 Ei Compendex 收录情况 (第一作者/期)

贾英宏/1	赵辉/1	张筱磊/1	修立军/1	马骥/1	王华昌/1	赵杰/1	谷吉海/1
张超/1	李争起/1	林玉荣/1	周松/1	祁欣/1	李海晨/1	程树康/1	许峰/1
王鹏飞/1	徐创文/1	武中德/1	孙中华/1	何瑾/1	薛月菊/1	李昊/1	孙涛/1
董沛武/1	龙顺游/1	尚静/1	孙立宁/2	吕成国/2	陆哲明/2	曹健/2	董世运/2
刘艳秋/2	裴玉龙/2	戎贤/2	王亮/2	罗小川/2	姜宝成/2	邓宗全/2	高大文/2
吕薇/2	张伟/2	张雪丽/2	张金祥/2	王殿龙/2	王焕定/2	李卫东/2	李东/2
谢怀勤/2	高西成/2						