

文章编号: 1004-4965 (2001) 03-0265-08

低纬高原城市冬季南北朝向室内温湿特征的初步分析

张一平, 李佑荣, 王进欣, 刘玉洪, 马友鑫

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223)

摘 要

通过对低纬城市——昆明冬季室内、外气温观测资料的分析, 探讨了不同天气下南北朝向室内的气温、湿度特征。得出昆明地区冬季各种天气状况下室内最低气温和日均气温的增温效应均十分显著, 与庭院相比, 南向室内的增温幅度为 $7.7 \sim 10.0$ 和 $4.6 \sim 5.8$; 北向室内为 $4.6 \sim 7.0$ 和 $1.3 \sim 4.4$; 最高气温南向室内高于室外, 而北向室内一般低于室外。另外, 建筑物不但可维持较高的室内温度, 而且减缓了室内气温的变化幅度, 不论南向室内还是北向室内, 气温日较差均小于室外, 变幅仅为室外的 $40\% \sim 48\%$ (南向) 和 $20\% \sim 30\%$ (北向), 且最高气温出现时间比室外约迟 2 小时, 显示了建筑物内温度变化的惰性。研究还得出南向室内的相对湿度均小于北向, 南北差异以晴天最大, 阴天最小。室内相对湿度的日变化特征为夜间湿度大, 变化小, 昼间湿度小, 变化大。以上结果可为低纬城市气候的深入研究, 建筑的合理设计提供科学基础。

关 键 词: 房屋朝向; 温湿度; 不同天气; 冬季; 低纬城市

中图分类号: P463.2.4

文献标识码: B

1 引 言

随着城市的发展, 城市气候效应不断增强, 越来越受到人们的关注。目前国外亚热带到温带的中高纬地区的发达国家城市气候的研究较多, 低纬热带及发展中国家的研究很少^[1]。我国城市气候的研究, 也多限于上海、北京及沿海等大中城市^[1~6], 对西部低纬高原地区的研究较少, 昆明地区仅用短期观测对城市内外的气候差异进行了探讨^[7~9]。

房屋乃是人类为了获得安全、提供可抵御各种不适条件而建造的避难所。现在房屋已演变为具有综合功能和人类生活必不可少的生活用品。为满足人们的需求, 建筑物

收稿时间: 2000-02-25; 修订时间: 2000-05-22

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (59836250) 资助

作者简介: 张一平 (1957-), 男, 云南人, 研究员, 博士, 主要从事生态气候的研究。

内部环境的研究也日益受到关注。其中,室内的温湿状况乃是衡量内部环境好坏的重要指标之一,受到广泛重视。在建筑领域中,环境条件对居住环境的影响已有较多研究和探讨^[10~12],但对低纬高海拔地区不同朝向室内温湿特征的研究尚不多见。

冬季房屋的保温、御寒功效是建筑合理设计的重要指标,研究建筑物的保温、御寒的功能,可为建筑设计提供具有参考价值的依据。本研究利用冬季昆明城区庭院地上和3楼南北朝向(窗户朝向,下同)室内的气象观测资料,探讨了低纬高原城市的冬季不同天气状况下,南北朝向室内的气温和湿度的特征,及其与庭院地上的差异。其结果可为低纬高原城市气候的深入研究,建筑的合理设计提供科学依据。

2 研究概况

昆明市地处低纬(25°N , 103°E),高海拔(1892 m)地区,受大气环流、地理位置和海拔高度的共同影响,形成了“四季如春”的气候环境。但冬季在强冷空气南下时也会发生较强降温。由于昆明地区基本上没有使用取暖设施,所以昆明的自然条件对探讨外界环境变化对室内气温的影响提供了较好场所。

观测地点在中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部的庭院地上、屋顶和3楼南、北向办公室内。观测要素为干、湿球温度,最高、最低气温,在庭院内和屋顶观测风速、风向,屋顶同时观测总云量和低云量。观测从1998年11月开始,按气象规范要求进行,每日观测3次(08时、14时、20时)。自记观测用自记温度计(TR~71,日本T&D公司制),于1999年12月25日~2000年1月18日,每间隔5分钟记录干湿球温度。

室外庭院观测点基本上位于庭院中央,温湿度观测仪器设置在百页箱中,下垫面为草地;屋顶观测点位于4层楼的办公楼屋顶上,下垫面为混凝土预制砖;室内观测地点位于办公楼3楼东侧的南北朝向办公室内,观测位置基本上位于房屋中央;两办公室的面积相近(约 35 m^2),东墙和南(北)墙均为外墙;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%;房屋相向而对,中间有走廊相隔。

分析中天气状况的划分指标为:晴天的日平均低云量 <3 成,阴天的日平均低云量 >8 成,低云量 $3\sim 8$ 成为多云天。

本文主要用1998年12月~1999年2月南北朝向的室内和庭院的干湿球温度和最高、最低气温资料,对晴天、多云天、阴天的气温、湿度平均值进行分析。对气温、湿度的日变化,采用1999年12月25日~2000年1月18日5分钟间隔的观测资料,用正点前10分钟到正点后10分钟,共5个观测值的平均作为正值。

3 结果与分析

3.1 平均气温

3.1.1 不同天气状况下的平均气温特征

各测点的平均最高气温（图 1a）以晴天最高，阴天最低；庭院晴天的最高气温比阴天高 4.5℃；南向室内晴天的最高气温比阴天高出 3.9℃；而北向室内最高气温晴天比阴天高 7.0℃。

不同天气状况的平均最低气温分布（图 1b）是庭院中的最低气温以受冷空气影响较大的阴天为最低，最大值不出现在晴天，而是在多云天，这显示了晴天夜晚，由于没有云层的遮蔽，使热量丧失较多，而多云天的夜晚，向外的长波辐射受云层阻挡，导致冬季庭院中多云天的最低气温高于晴天。晴天、多云天不同朝向的室内最低气温差异不大；阴天，南向室内比晴天低 1.5℃，北向比晴天低 5.4℃。综合平均最低气温南北向室内均与晴天相近。

不同天气状况平均气温分布（图 1c）与最高气温相似，各测点均以晴天最高，阴天最低。

由以上分析可知，昆明的冬季，即使在受冷空气影响的阴天，庭院中的平均最低气温也有 5.6℃，平均最高气温可达 8.9℃，表现出“春城”的气候特征。

3.1.2 不同天气状况下的室内外气温差

表 1 显示不同天气状况下南北朝向室内与室外庭院的气温差。可见，室内外各气温差值以最低气温差异最大，南向室内的最低气温可提高 7.7~10.0℃，北向室内也提高 4.6~7.0℃。显示了低纬高原地区，房屋的保暖作用十分明显。

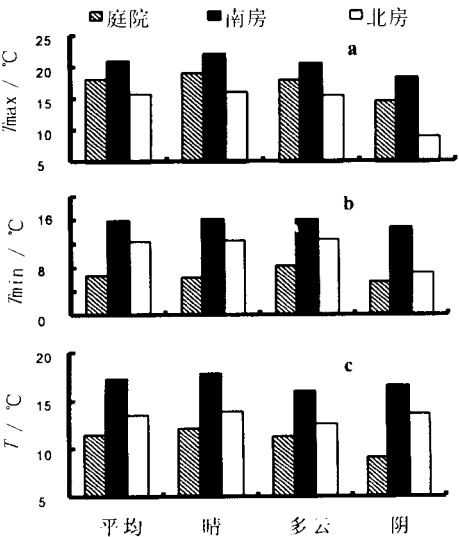


图 1 各种天气状况的平均气温(℃)
a. 平均最高气温；b. 平均最低气温；c. 日均温。
Fig.1 The average air temperatures on the different weather condition(℃).
a.Tmax; b.Tmin; c.T.

表 1 室内与室外庭院的气温差值(℃)

Table 1 Difference of air temperature between indoors and outdoors(℃)

	最高气温		最低气温		日均气温	
	S	N	S	N	S	N
晴天	3.1	-2.6	9.1	5.4	5.8	1.7
多云	2.0	-3.0	7.7	4.6	4.6	1.3
阴天	4.0	0.1	10.0	7.0	7.4	4.4
平均	3.0	-2.2	8.9	5.5	5.8	2.1

南北向室内最高气温与室外庭院的差异是不同的，南向室内最高气温差值均为正，在 2.0~4.0℃ 之间，与美国海法研究所的结果（3.5℃）^[11] 相近；而北向室内最高气温差值多为负，且小于美国的结果^[11]。显示了南向室内不仅提高最低气温，而且也提高最

高气温值,但在北向室内,最低气温高于室外,最高气温则低于或接近室外。日均温南北朝向均是室内大于室外,南向大于北向。

从不同天气状况来看,南北朝向室内外气温差较大的正差值均以阴天最大,多云天最小。阴天日均气温的室内外差值可达 7.4 (南向)和 4.4 (北向),显示了低纬高原地区即使没有采取取暖措施,冬季房屋内日均气温也可提高 4.4~7.4 。

3.1.3 南北朝向室内气温差异的特征

进一步讨论南北朝向对室内气温的影响(表 2)。不论是晴天、多云天还是阴天,南向室内气温(最高、最低、平均)均高于北向室内,差值大小排列为最高气温>平均气温>最低气温;南北朝向室内气温差异以晴天最大,阴天最小。从综合平均可知,南北朝向室内气温差值:最高气温为 5.2 ,最低气温为 3.4 ,日均温为 3.7 。

表 2 室内平均气温的南北差值()

Table 2 North-south difference of mean air temperature indoors()

	最高气温	最低气温	日均气温
晴天	5.6	3.7	4.1
多云	5.0	3.1	3.3
阴天	3.9	3.0	3.0
平均	5.2	3.4	3.7

3.2 不同天气状况气温日较差特征

进一步分析各点的气温日较差(图 2)可见,在各种天气状况下,室内气温日较差较小,不足室外庭院中气温日较差的 50%,其比率南向室内(40%~48%)大于北向(20%~30%)。气温日较差在不同天气的差异以室外庭院最大,北向室内最小。各种天气状况中,晴天的气温日较差最大,多云天次之,阴天较小。但阴天时室外庭院的气温日较差仍有 8.9 ,充分显示了昆明地区高原气候特征;而室内气温日较差则较小,为 3.6 (南向)和 1.8 (北向),显示了阴天时房屋对气温的稳定作用。

3.3 平均相对湿度特征

室内和室外的平均相对湿度(图 3)总的趋势都以阴天最大,晴天较小。晴天和多

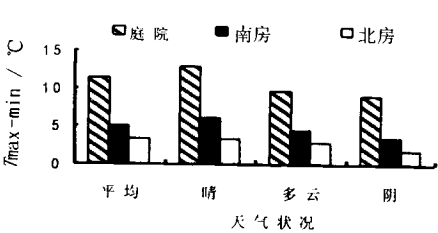


图 2 各种天气状况的气温日较差()
Fig.2 Diurnal range of air temperatures
on different weather condition().

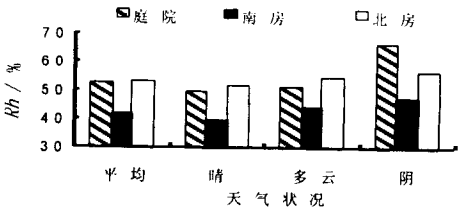


图 3 各种天气状况的平均相对湿度(%)
Fig.3 Average relative humidity on
different weather condition(%).

云天以室外庭院较大,南向室内较小;而在阴天时,室外庭院的相对湿度最大,北向室内次之,南向室内仍是最小。南向室内可比室外约低 20 %。综合平均相对湿度以北向室内与室外相近,南向室内最小(41.8 %)。

从室内与室外平均相对湿度的差值来看(表 3),南向室内总是负,在晴天和多云天时,北向室内为正,说明只有晴天和多云天时,北向室内的相对湿度高于室外,阴天时南向室内的湿度最低。另外,南北室内相对湿度的差以晴天最大(-12.1 %),阴天最小(-9.8 %),综合平均为-11.3 %。以上分析了不同天气的室内外温湿度特征,以下进一步分析室内外温湿度的日变化特征。

表 3 不同天气状况下相对湿度的差值 (%)

Table 3 Difference of relative humidity on different weather condition(%)

		晴天	多云	阴天	平均
与室外差	S	-9.8	-7.2	-19.7	-10.8
	N	2.3	3.3	-9.9	0.5
南北差		-12.1	-10.5	-9.8	-11.3

3.4 温湿度日变化特征

3.4.1 气温日变化特征

冬季南北朝向的室内气温的日变化基本相似(图 4a),最大值均出现在 17 时左右;最小值的出现时间不尽一致,南向室内在 8 时左右,北向室内则出现在 7 时左右。南向室内与北向室内的最大差值出现在 17 时,最小值在 9 时。另外,从图 4b 中南北室内的气温

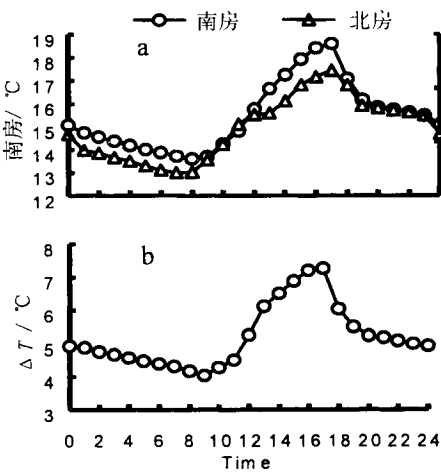


图 4 平均室内气温(a)及南北差值(b)的日变化()

Fig.4 Daily variation of average air temperature indoor(a) and difference between south and north side(b) ().

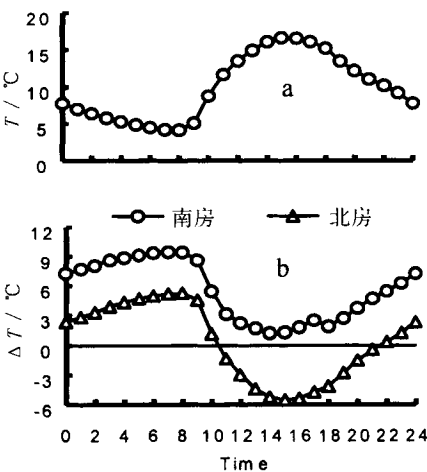


图 5 庭院平均气温(a)及室内与庭院的气温差值(b)日变化()

Fig.5 Daily variation of average air temperature in yards (a) and difference between indoor and yards(b) ().

差的日变化曲线可见,在最高值出现后,气温下降幅度较大,室内气温上午的增温变率小于下午的降温变率。

室外庭院气温的日变化(图 5a)与室内有所差异,气温最低值出现时间与南向室内相同,在 8 时左右,最高值则出现在 15 时,比室内提早 2 小时左右,从另一方面表明建筑物昼间对室内气温极值出现时间具有延迟作用。图 5b 显示了南北朝向室内气温与室外庭院气温差值的日变化,南向室内全天 $T > 0$,差值夜间大,昼间小,最大差值出现在 8 时,最小差值出现在 14 时;北向室内与室外庭院的气温差值的日变化则是夜间正,昼间负,其日变化大于南向室内。

3.4.2 相对湿度日变化特征

室内相对湿度的日变化特征(图 6a)为夜间湿度大,变化小,昼间湿度小,变化大。南向最大值出现在 9 时,比北向(7 时)迟约 2 小时;最小值南北朝向均出现在 17 时。室内相对湿度的南北差(图 6b)均为负值,显示了南向室内较北向室内干燥。

室外庭院的相对湿度(图 7a)同样显示了夜间大,昼间小的日变化特征,但最大值出现在 8 时,早于南向室内而晚于北向室内;最小值出现时间(15 时)早于室内约 2 小时;日变幅也大于室内。从室内、外的相对湿度差(图 7b)可见,南向室内与室外庭院的差值在夜间为负,绝对值也较大,最大差异出现在 8 时(-32.7%),在 11~20 时差异较小,相对湿度基本与室外相当。而北向室内与庭院相对湿度的差值呈现夜间为负,昼间为正的,差异夜间小,而昼间大,正最大差值出现在 14 时,负最大差值出现在 8 时。

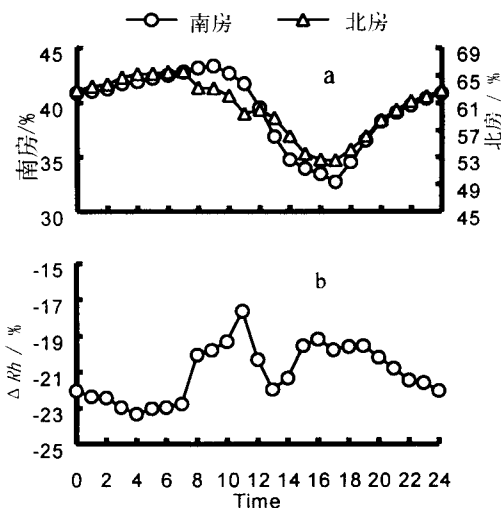


图 6 平均室内相对湿度(a)及南北差值(b)的日变化

Fig.6 Daily variation of average relative humidity indoor(a) and difference between south and north side(b).

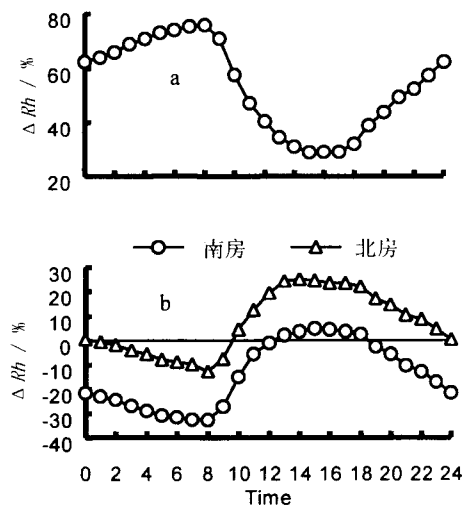


图 7 庭院平均相对湿度(a)及室内与庭院的湿度差值(b)日变化

Fig.7 Daily variation of average relative humidity in garth (a) and difference between indoor and yards(b).

4 结 论

室内的气温和湿度是衡量建筑物舒适度的主要指标之一,通过分析低纬高原城市昆明冬季南北朝向室内的温湿度及其与室外的差异,得出以下结果。

(1) 昆明的冬季,由于建筑物保温作用,在各种天气状况下,房屋内即使没有取暖,其日均气温和平均最低气温均是室内高于室外,特别是阴天更为显著;但最高气温则是南向室内高于室外,北向室内一般低于室外。

(2) 房屋对气温日较差有明显的减小作用,各种天气的室内气温日较差不足室外庭院中气温日较差的 50 %,其比率南向室内(40 %~48 %)大于北向(20 %~30 %)。

(3) 昆明地区建筑物昼间对室内最高气温出现时间的延迟作用也较明显,室内气温最高值出现时间比室外推迟约 2 小时。

(4) 不同朝向室内气温与室外庭院气温差值的日变化特征也有较大区别,南向室内全天 $T > 0$, 差值夜间大,昼间小,最大差值出现在 8 时,最小差值在 14 时;北向室内的气温差值则是夜间为正,昼间为负,其日变幅大于南向室内。

(5) 不同天气的室内相对湿度,在晴天和多云天时,北向室内较大,且大于室外;南向室内较小,且小于室外。阴天则是室外最大,南向室内最小,且比室外低。综合平均相对湿度是北向室内与室外(52.6 %)相近。

(6) 南向室内的相对湿度均小于北向,南北差异以晴天最大,阴天最小。

(7) 室内相对湿度的日变化特征为夜间湿度大,变化小,昼间湿度小,变化大;相对湿度最大值南向出现在 9 时,晚于室外,而北向(7 时)早于室外。

参 考 文 献

- [1] 周淑贞,束 炯. 城市气候学[M]. 北京:气象出版社,1994. 244-334.
- [2] 周淑贞. 上海近数十年城市发展对气候的影响[J]. 华东师范大学学报(自然科学版),1990,4(4):64-73.
- [3] 周淑贞. 上海城市发展对气温的影响[J]. 地理学报,1983,38(4):397-405.
- [4] 陈沈斌,潘莉卿. 城市化对平均气温的影响[J]. 地理学报,1997,52(1):27-36.
- [5] 北京市气象局气候资料室. 北京城市气候[M]. 北京:气象出版社,1992. 110-120.
- [6] 葛向东,赵咏梅. 城市化对上海的增温效应[J]. 云南地理环境研究,1999,11(1):44-50.
- [7] 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.
- [8] 张一平,彭贵芬,李玉麟. 低纬高原城市昆明的气候特征[J]. 高原气象,1997,16(3):319-324.
- [9] 黄逸生,王霞斐,陈明森,等. 昆明城市热岛及大气质量探测报告[A]. 滇池地区生态环境与经济综合考察报告[C]. 昆明:云南科技出版社,1988. 131-149.
- [10] L 巴赫基. 房间的热微气候[M]. 傅忠诚,等译. 北京:中国建筑工业出版社,1985. 218-280.
- [11] 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. 189-220.
- [12] 陈启高. 建筑热物理基础[M]. 西安:西安交通大学出版社,1991. 1-40.

**THE CHARACTERISTICS OF INDOOR AIR TEMPERATURE
AND HUMIDITY OF SOUTH AND NORTH SIDE OF
CITY BUILDINGS IN WINTER ON
LOW-LATITUDE PLATEAU**

ZHANG Yi-ping, LI You-rong, WANG Jin-xing, LIU Yu-hong, MA You-xin

(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden CAS, Kunming 650223, China)

Abstract

The data are available from the observation of indoor and outdoor air temperature in Kunming City. The characteristics of indoor air temperature in the different weather condition of south and north sides of city buildings were discussed. The result indicates that effect of temperature-increasing on different weather condition is significant. Compared with yard, the increase of indoors minimum and mean air temperature on south-side is $7.7 \sim 10.0$ and $4.6 \sim 5.8$; The increase of indoors minimum and mean temperature on north-side is $4.6 \sim 7.0$ and $1.3 \sim 4.4$. It shows that the ability on keep-warm and frigidity-proof of indoor exceeds that of outdoor. Indoor maximum temperature of south-side exceeds that of outdoor, outdoor maximum temperature exceeds that of north-side; the buildings maintain high temperature. In the same time, it weakens the range-ability of indoors air temperature, the daily increase of indoors air temperature is less than outdoor, the daily increase of indoors air temperature on south-side and north-side is $40 \sim 48$ % and $20 \sim 30$ % of outdoor respectively. Time of maximum temperature fall behind by 2 hours in the room than outdoor. It shows that indoor temperature take on lag-time. The indoor relative humidity of south-side is less than that of north-side and the difference of the south-side and north-side is the maximum in clear days. In the same time, it is minimum in cloudy days. Daily variation of humidity shows that nightly humidity is more than day-time and the nightly humidity variation is less than day-time. This result will be scientific basis for urban climate research and city planning.

Key words: orientation of room; air temperature and humidity; different weather condition; winter season; city on low-latitude plateau