

文章编号:1000-0690(2002)06-0724-06

昆明城市气候水平空间分布特征

何云玲, 张一平, 刘玉洪, 马友鑫, 李佑荣, 窦军霞, 郭 萍

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223)

摘要:以昆明城市为研究对象,对城市西南-东北剖线的实测资料比较研究,从气温、水汽压、相对湿度、风速、风向等方面分析了昆明城市气候特征、变化规律及城市热岛效应。研究表明:在昆明存在热岛效应,以夜间最为明显,其最强效应可达 5.0℃,出现时刻(3时)与国内外多数研究结果(傍晚)有所不同;昆明城市昼间呈现明显的干岛效应。所得结论可为探讨昆明城市气候特征和形成机制,城市环境污染防治及建筑规划、设计等提供依据。

关键词:城市气候;气象要素;水平空间分布;低纬高原城市

中图分类号:P463.3 **文献标识码:**A

由于城市独特的热力特性影响,在城市区域形成了特殊的局地气候——城市气候^[1]。

目前看,城市气候的研究多集中于亚热带到温带的中高纬地区的发达国家,低纬热带及发展中国家的研究很少^[1]。我国城市气候研究多限于上海、北京及沿海大中城市^[1],而对西部低纬高原地区研究较少^[2,3]。过去的研究多是采用城市内外对比的方法进行,而横穿城市的剖面观测研究尚不多见。另外,过去研究所用的郊外对照点(气象站)已进入城郊接合部,其代表性已减弱。

本文以低纬高原城市昆明为例,利用城市西南-东北剖面(5个测点)的实测资料,分析了昆明城市气候的特征、变化规律及城市热岛效应的强度和时空变化。可为探讨低纬高原城市气候特征和形成机制、城市环境污染防治及建筑规划与设计等提供依据,并可为其它地区城市气候研究提供参考。

昆明市位于 102°43'E、25°02'N,地处云南滇池盆地北端,海拔约 1 900 m,属亚热带气候带。北有高山天然屏障,受西南季风环流的影响及滇池水面调节作用,形成四季如春、雨量充沛、日照长、常年盛行西南风的自然环境。

昆明城市化进程迅速,城建区面积由 1950 年 7.8 km²^[4]扩展到 1994 年 116 km²^[5],44 年城建区面积扩大 15 倍,1999 年达 141 km²^[6];城市人口也迅速增加(图 1)。城市化加之建筑物的大型化、高

层化,使城市内的粗糙度及日照、风速、温度等气象要素发生改变,将引起城市区域气候发生变化。

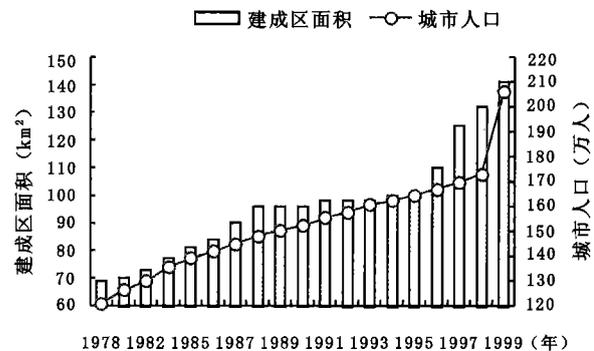


图 1 昆明市城市建成区面积和城市人口的年变化

Fig. 1 Annual variation of urban built-up area and urban population in Kunming City

1 研究方法

1.1 观测地点

此次观测沿西南-东北向,在城郊-城郊结合部-城市中心-城郊结合部-城郊共设置了 5 个站点(表 1):具体位于昆明城西南郊外滇池之畔的云南民族村公园(SW2)、西南城郊结合部的昆明气象站(SW1)、城市中心区的金碧广场(C)、位于东北城郊结合部的昆明城建学校(NE1)和城东北郊外的西南林学院(NE2)。

收稿日期:2001-08-28; 修订日期:2001-12-28

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(59836250)。

作者简介:何云玲(1978-),女(汉族),云南人,硕士研究生,主要研究方向为生态气候。E-mail: hyl@xtbg.ac.cn

表1 研究地概况

Table 1 Study sites

名称	云南 民族村	昆明 气象站	金碧 广场	城建 学校	西南 林学院
下垫面	草地	草地	混凝土	混凝土	草地
距离(km)	-8.8	-2.9	0	3.5	5.6
标识	SW1	SW2	C	NE1	NE2

注:表1中距离是以金碧广场为中心,东北为正来表示。

1.2 观测内容

与本文相关的观测要素为干湿球温度、风速、风向、总云量、低云量。其中干、湿球温度是用自记温度计(TR-71,日本T and D株式会社)观测,风速用微风风速仪(VF-1,长春气象仪器研究所)观测;云量用目测,观测时间为2000年11月4日9时至11月5日18时(北京时,下同),每小时1次。

观测期间天气状况为:11月4日白天特别午后13~17时时为多云天气(低云量4~8成),其后天气转晴,11月5日基本为晴好天气。

分析中各气象要素的城市效应是各测点与城市东北郊外的西南林学院(NE2)测点(基准)的差值。统计中的昼间为8~18时,夜间为4日21时至5日6时,日间为4日19时至5日18时。

2 观测结果及分析

2.1 气温

1) 气温时空变化:从气温的时空变化(图2)明显看出,城内外各测点气温的时间变化基本相似(图2a),为昼高夜低,最低值出现在日出前(6~7时),最高值出现在午后(15时);多云天(4日)气温低于晴好天(5日),且昼间变化也较晴天平缓。而水平空间分布呈现城内气温高于城外,昼间气温空间差异相对较小,而夜间较大。

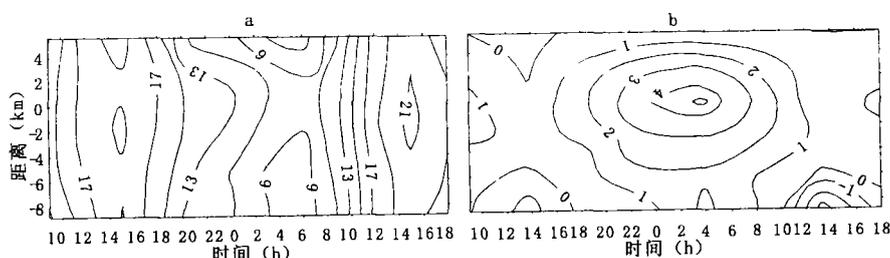
各测点与城外基准站(NE2)的气温差值时空变化如图2b所示,总的情况与国内外大多数研究结果^[1,7-10]相似,即夜间气温差值为正,城内气温高于城郊,呈现明显的城市热岛效应。其效应以城市中心的金碧广场(C)最为显著,城市热岛效应(ΔT)均大于 3.4°C ,最大值出现在3时(5.0°C),为热岛中心,这与国内外城市热岛最大强度多出现在傍晚时分的结果有所不同^[1]。城郊结合部的昆明气象站和昆明城建学校也显示出城市热岛效应,其强度低于城市中心。值得注意的是,同样是城市郊外的云南民族村(SW2)夜间的气温也高于西南林学院(NE2),显示了昆明滇池湖泊水体的增温效应。

昼间城内外气温差值较小,并且个别时刻还出现负值,呈现了城市热岛效应在昼间强度较小,热岛强度的日变化为昼低夜高。特别是云南民族村(SW2)昼间的气温差多为负值,显示了水体效应。

2) 平均气温状况:统计了城内外各测点昼间、夜间和日间3个时段的平均气温的城内外分布(图3a),求算了各测点与基准站西南林学院(NE2)的平均气温差值(城市效应)(图3b)。统计结果与国内外的研究结果^[1]相似,昆明存在明显的城市热岛效应,平均气温由郊外向城内逐渐升高,城内的平均气温高于城郊;白天差值较小,夜间差异较大,热岛效应十分显著。夜间平均气温城中心金碧广场为 12.6°C ,而位于郊区的西南林学院只有 8.3°C ,其差值达 4.3°C 。

2.2 水汽压

1) 水汽压时空变化:图4看出,晴天城内外水汽压日变化比较突出(图4a)。清晨日出后,因气温升高快(图2a),地面水分开始蒸发,空气中水汽压上升,特别是城外(SW2, NE2)因下垫面水分供



a. 气温; b. 气温城市效应

图2 气温时空变化

Fig.2 Temporal-spatial variation of air temperature

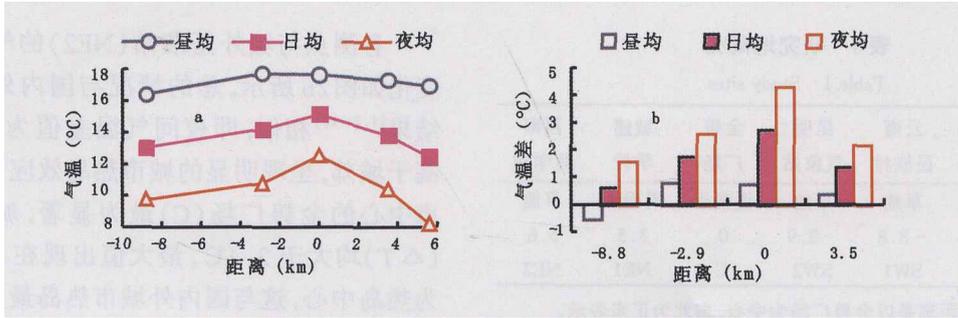
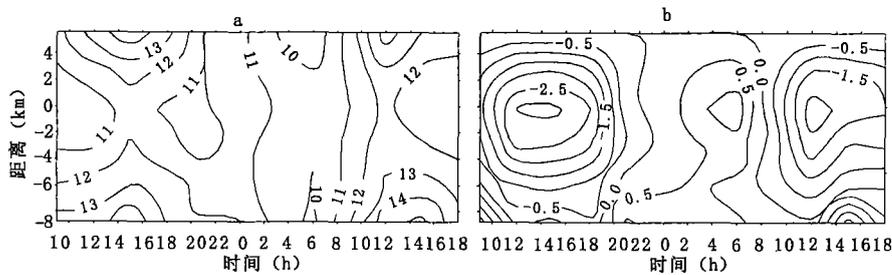


图 3 平均气温空间分布

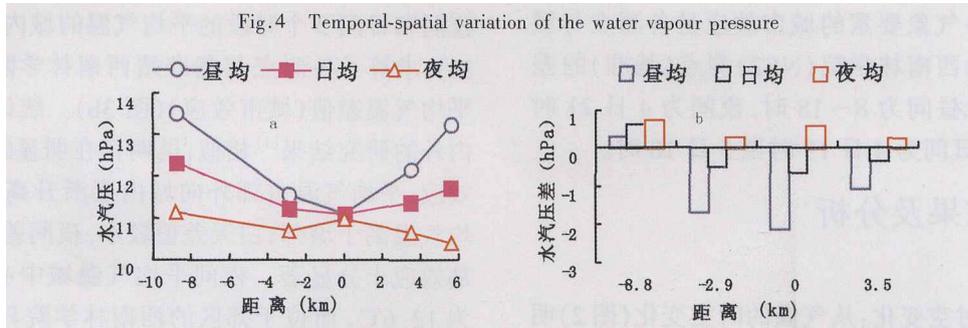
Fig.3 Spatial distribution of average air temperature



a.水汽压; b.水汽压城市效应

图 4 水汽压时空变化

Fig.4 Temporal-spatial variation of the water vapour pressure



a.平均水汽压; b.平均水汽压城市效应

图 5 平均水汽压空间分布

Fig.5 Spatial distribution of average water vapour pressure

应充足,水汽压变化最为显著,分别在 13 时和 15 时呈现最大值。城内 3 站(SW1, C, NE1)因下垫面和周围环境影响,出现最大值时早于城外(12 时左右),且最大值城外 2 站要大于城内 3 站。各站均在日出前(6 时)达到最低值。

另外,从图 4a 可见,城外的水汽压时间变化大于城内,城中心站水汽压的时间变化最小,水汽压低值中心位于城中心。

从水汽压城市效应的时空分布(图 4b)可清楚看到,城内各站差值白天基本为负值,且绝对差值较大;两天午后都出现明显的城市干岛现象,干岛中心位于城中心,由城内向城外沿剖面方向水汽压逐渐升高;而夜间城内外水汽压差值较小,一定时段(2~8 时)城中心水汽压差值甚至出现正值。

2) 平均水汽压状况:不同时段水汽压平均状况如图 5a,昼均和日均水汽压由郊外向城中心降低,即城内空气中所含水汽压少于城郊:位于城郊的云南民族村公园和西南林学院昼间平均水汽压分别为 13.5 hPa 和 13.2 hPa,市中心金碧广场仅为 11.1 hPa。夜间城内外平均水汽含量相差不大。这和国内外大多数研究结果相似^[1,10~14]。

从平均水汽压城市效应(图 5b)可见,昼间城市内平均水汽压均低于城外,以城市中心差异最大。夜间则反之,水汽压差均为正值,但差异较小。

2.3 相对湿度

1) 相对湿度时空变化:城内外相对湿度日变化为单峰型,夜高昼低(图 6a),时间变化与气温日变化(图 2a)相反,最高值出现在日出前(6~7 时),

午后(14~17时)出现较小值。任何时刻均是城内的相对湿度较小,最小值位于城中心。相对湿度城市效应时空变化(图6b)与水汽压城市效应时空变化有所不同,表现为昼夜均为负值,城内出现相对湿度低值区十分明显,夜晚尤为突出。

2) 平均相对湿度状况:相对湿度受气温、空气湿度等多种因素的影响,城市内因平均绝对湿度一般比郊区小,气温比郊区高,这使其相对湿度与郊区差异比水汽压更为显著。由图7a可见,无论昼均、夜均、日均相对湿度都以城区为最低值。城市

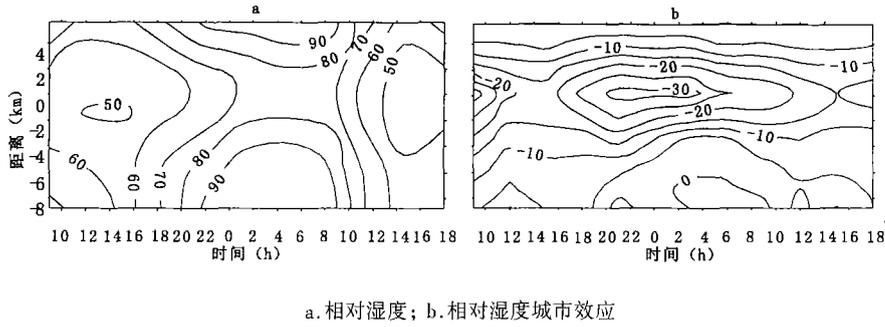


图6 相对湿度时空变化

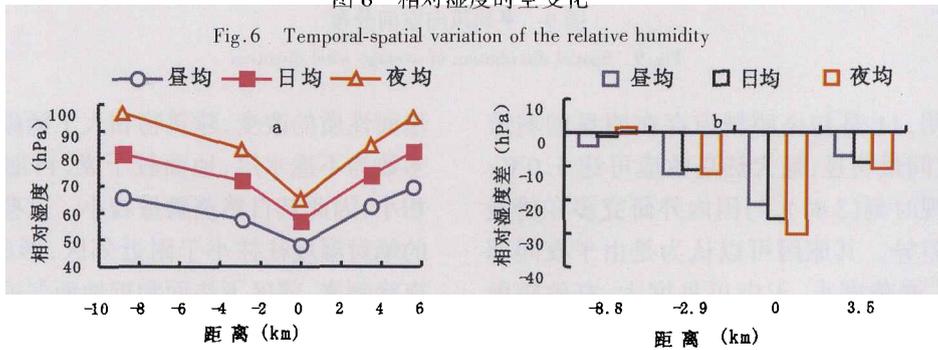


图7 平均相对湿度空间分布

Fig.7 Spatial distribution of average relative humidity

热岛强度大的时段,城市相对湿度降低现象也更为突出,可达白天差异的6倍以上。图7a可见,夜均相对湿度,郊区的民族村和林学院分别为96.6%、95.2%,愈近城市中心相对湿度愈低,城中心金碧广场平均相对湿度仅为65.0%。

图7b可见,不论昼夜,城市内平均相对湿度与城外差值均小于零,且夜间差异大于日间;其中以城市中心差异最显著,最大差值为31.6%。

2.4 风速

由图8可见,城内外风速均是白天大于夜间,风速的波动幅度也是白天较大,并且城郊的风速日变化大于城内。由于观测时白天的盛行风速小(<1.1m/s),城市下垫面粗糙度大对风速的影响不突出,城郊差异较小。夜间盛行风速更小时(<0.4m/s),城市中心区(c)风速反而大于郊区的风速(2时~5时)。这是由于夜间郊区空气层比较稳定,常有逆温现象出现;而市区因热岛效应,气温垂

直分布仍是向上递减,热力湍流和机械湍流都比郊区大,上层风速较大的动能通过湍流交换向下层输送,因此夜间城区风速反而比同高度郊区大。

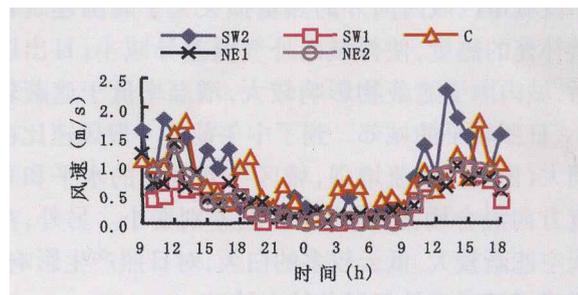


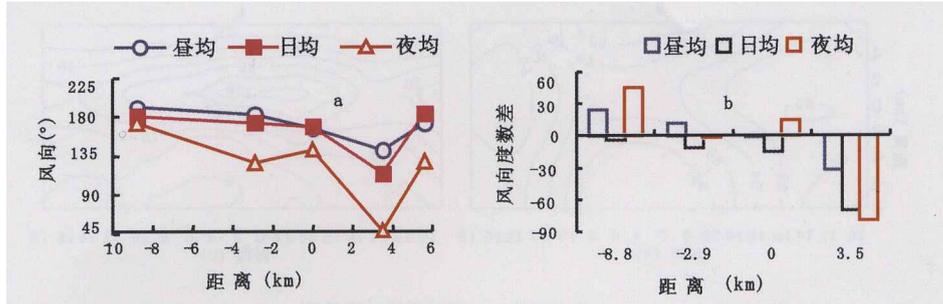
图8 风速时间变化

Fig.8 Temporal variation of wind speed

可见,城郊热量平衡、温度差异、湍流作用及摩擦效应都会影响城郊风速变化及差异。反过来,城内外风速分布必然引起城内外地面附近热量交换的不同。

2.5 风向

城市对局地风场的风向改变十分明显,平均风向愈向城区偏差越大(图9)。无论昼均、日均、夜均平均风向均有愈向城区及下风方向风向偏差越大的趋势;而远离市区、逐渐向郊区,风向又趋于稳定。主要是城市粗糙度与郊区差别显著所致。



a. 平均风向; b. 平均风向城市效应

图9 平均风向空间分布

Fig.9 Spatial distribution of average wind direction

研究表明,11月初昆明城市存在明显的城市热岛,且以夜间最明显,最大热岛效应可达 5.0°C ;最大强度出现时刻(3时),与国内外研究多在傍晚的结果有所差异。其原因可以认为是由于夜间郊区比较空旷、遮蔽度小、天穹可见度大、有效辐射强,加之地处高原,其大气密度比海平面低,大气失热降温较快^[2];而城内测点周围的建筑物不但削弱了辐射放热,建筑物所释放热量也对近地层产生影响,而且下垫面的性质导致其放热量较大。加之城内风速较小(图8),热量交换弱,使气温下降缓慢,相对于快速降温的郊区大气来说,形成了高温区域。但是由于高原大气较大的失热性能,导致后半夜城市区域内向外的热量损失大于周围建筑物所补充的热量,使得城内外气温差异减小;日出以后,城内因受遮蔽物影响较大,增温率低于遮蔽较小、日照较早的城郊。到了中午前后一般风速比夜间大(图8),湍流增强,城区与郊区间水平和垂直方向混合增强,城内外气温差别变小。另外,在天空遮蔽较大、低云较多的白天,对日照产生影响,形成了城市内外气温差较大波动。

研究还表明,城市的湿度状况受下垫面和周围环境影响,但在不同时段、不同天气状况下呈现不同的特征。其城市效应,昼间大于夜间,昼间城内水汽压低于城郊,呈现显著的“干岛效应”,而后夜间可出现城中心水汽压高于城郊的“湿岛效应”。这与上海的研究结果^[1]相似。这是由于城市中下

3 小结与讨论

我们主要利用11月初横穿城市剖面几个点的观测资料,对昆明这一特殊的低纬高原城市气候水平空间分布特征、变化规律进行比较分析,得出一些初步结果,其它季节的情况尚待研究。

垫面性质的改变,建筑物和人工铺砌的坚实路面大多数为不透水层,地面较干燥,再加上植被覆盖面积小,因此其自然蒸腾量较小。这些因子导致城区的绝对湿度往往小于附近郊区,形成“城市干岛”;夜晚到来,郊区下垫面和近地面气温下降速度比城区快,在风速小,空气层结稳定的情况下,有大量露水凝结,致使其近地面空气层中的水汽含量锐减;而城内观测点因存在热岛效应,气温比郊区高,凝露量比郊区少;夜晚湍流又比白天减弱,由下向上输送的水汽量少。因此在后半夜,城市近地面空气层的水汽压反比郊区大,形成“城市湿岛”。

相对湿度城市效应与水汽压城市效应有所不同。表现为昼夜均为负值,城内出现相对湿度低值区十分明显,夜晚尤为突出。这是由于夜间虽然城内的水汽压高于城郊(图4b),但由于城内气温也高于城郊(图2b),饱和水汽压增大,所以造成夜间城内相对湿度小于城郊,且差异显著,与城市热岛同时出现;相对湿度低值中心也位于城中心,而且愈接近城内差值变化愈急促,相对湿度减小效应表现愈突出;由城内向城外沿剖面方向相对湿度的差值逐渐减小至消失。在白天,由于城内外水汽压和气温的相互作用,相对湿度差异较夜间减小。

而特殊的城市下垫面,具有较大的粗糙度,对低层气流和湍流特征产生显著的影响,导致了城市风场的具有较复杂的特点。

随着城市规模的扩大,城市气候特点必将加

剧,在城市规划和建设中,应充分考虑昆明城市小气候特点,合理布局,适当限制城市规模,控制污染,加强绿化,保留市区和近郊水体,使城市按照有利于人民身心健康、生态平衡和改善环境方向发展。

研究显示,由于昆明城市的发展,做为昆明地区气象的代表站点——昆明气象站(国家 1 类站)已进入了城郊结合部,受到较强的城市效应影响,温、湿度等要素均与城郊有较大差异。而如此状况在我国并非少数,城市化对气象站观测要素代表性影响研究也将是今后应当关注。

致谢:本次观测得到了昆明城乡建设学校、西南林学院、云南民族村和昆明气象台等单位的大力支持,在观测实施中,昆明城乡建设学校的张力进老师、范正祥、禹志福、魏平、徐家隆、肖杰和张锐等同学;西南林学院的陈先刚老师,陈海、安木恒、张长弘等同学;昆明师专的刘茗、彭瑞、苏坤生、夏金友等同学参加,在此表示感谢。

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] 张一平,彭贵芬,张庆平. 城市区域屋顶与地上的风速和气温特征分析[J]. 地理科学,1998,18(1):45~52.
- [3] 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.
- [4] 昆明市规划设计管理处. 昆明市城市总体规划说明(1981~2000年)[Z]. 1992. 7~10.
- [5] 云南省统计局(编). 云南统计年鉴(1995)[M]. 北京:中国统计出版社,1995. 517~549.
- [6] 云南省统计局(编). 云南统计年鉴(2000)[M]. 北京:中国统计出版社,1999. 397~399.
- [7] Karl Tr, Diaz Hf, Kukla G. Urbanization: Its detection and effect in the United States climate record [J]. J Climate, 1988, (1): 1099 - 1123.
- [8] Ernesto J. Heat island development in Mexico city[J]. Atmos Environ, 1997, 31: 3821 - 3831.
- [9] Goward S N. Thermal behavior of urban landscapes and urban heat island[J]. Physical Geography, 1981, (2): 19 - 33.
- [10] 李子华,唐 斌,任启福. 重庆市区冬季热岛和湿岛效应的研究[J]. 地理学报,1993,48(4):358~366.
- [11] Ackerman B. Climatology of Chicago area urban - rural differences in humidity[J]. Journal of Climate and Applied Meteorology, 1987, 26: 427 - 430.
- [12] Hage K D. Urban-rural humidity differences[J]. Journal of Applied Meteorology 1975, 14:1277 - 1283.
- [13] 陈云浩,等. 上海城市热环境的空间格局分析[J]. 地理科学,22(3): 317~323.
- [14] 张一平,等. 昆明城市发展对室内外平均气温影响的研究[J]. 地理科学,2001,21(3): 271~277.

A Study on the Horizontal-Spatial Characteristics of Urban Climate in Kunming City

HE Yun-Ling, ZHANG Yi-Ping, LIU Yu-Hong, MA You-Xin, LI You-Rong, DOU Jun-Xia, GUO Ping

(Xishuangbanna Tropical Botanic Garden, the Chinese Academy of Sciences, Kunming, Yunnan 650223)

Abstract: The characteristics and variations of meteorological elements such as air temperature, water vapour pressure, relative humidity, wind speed, and wind direction in both the urban area and suburbs are studied with the observational data in Kunming, a city in low latitude and high altitude. The main results indicate that the air temperatures in the urban area are higher than that in the suburbs at most times. At night the differences are larger, and the maximum is 5.0°C (at 03:00 hours). On the other hand, in the Kunming City, the humidity is less than that in the suburbs, and the dry island in the daytime is marked. These results would provide scientific basis for the city planning, architectural design, and prevention and control of the environmental pollution. Meantime, they could supply references for studying the urban climate in other regions.

Key words: urban climate; meteorology elements; horizontal-spatial distribution; low latitude and plateau