

# 低纬高原城市昆明的气候特征<sup>①②</sup>

张一平<sup>1③</sup> 彭贵芬<sup>2</sup> 李玉麟<sup>3</sup>

(1 中国科学院昆明生态研究所, 云南省昆明市 650223)

(2 昆明气象局, 云南省昆明市 650034)

(3 云南省环境科学研究所, 云南省昆明市 650034)

**摘 要** 以低纬高原城市昆明为研究对象, 利用城市内的实测资料与城郊昆明气象站的资料进行了比较研究, 分析了城市内外的气候特征、变化规律及其差异, 得到了一些有益的结果, 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城市建筑的规划、设计提供依据。

**关键词** 低纬高原 城市气候 热岛效应

中图法分类号 P46

随着城市的不断扩大, 城市的大部分区域已由植被变为由混凝土或沥青构成的不透水的路面和屋顶面, 由于其独特的热力特性的影响, 在城市区域形成了特有的局地气候——城市气候。

在城市气候研究中, 热岛效应( 城内外气温差) 乃是研究最多的内容, 但从现状来看, 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<sup>①</sup>。为此, 1989 年在日本京都举行的“城市气候·计划·建筑”国际会议上, 指出了低纬热带地区开展城市气候研究的紧迫性, 并制定了“热带地域城市气候研究计划(Tropical Urban Climate Experiment, 简称 TRUCE) ”。

目前, 我国城市气候的研究多限于上海、北京及沿海大中城市<sup>①</sup>, 而对西部低纬高原地区的研究较少。本文以低纬高原城市昆明为例, 利用在城内进行的小气候观测资料和城郊国家气象站( 昆明气象站) 资料, 分析了城内外的气候特征、变化规律及其差异。这不仅可探讨低纬高原地区城市气候的形成机制, 同时还可为城市建筑规划、设计、污染防治提供科学依据, 以及为其他地区的城市气候研究提供参考。

① 收稿日期: 1996- 09- 17; 改回日期: 1997- 02- 21

② 国家教委留学回国科研启动基金(1996) 和中国科学院留学经费择优支持回国工作基金(1995) 资助项目“低纬度高原城市——昆明市生态气候研究”

③ 第一作者简介: 张一平, 男, 1957 年 8 月出生, 博士, 副研究员, 主要从事农业气象、森林气象、山地气候和城市气候的研究

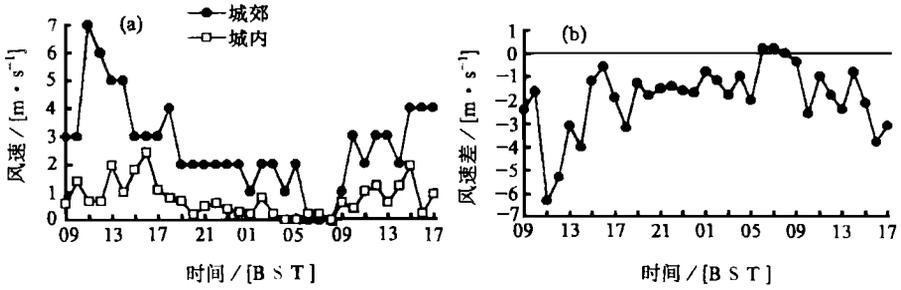


图 2 1996年5月3~4日的风速变化

(a) 风速, (b) 城内外风速差

Fig. 2 Variation of wind speed on May 3~4, 1996.

(a) Wind speed, (b) difference of wind speed.

城内外的气温差值如图 3 所示。总的情况与国内外大多数研究结果<sup>[1,5-12]</sup>相似,即城内的气温高于城郊。日落后,由于城郊比较开阔,加之地处高原,其大气密度仅为海平面的 80%,所以辐射冷却使气温降低快;而城内的观测点由于周围有较高大的建筑物,不但削弱了辐射放热,而且建筑物所释放的热量对近地层也产生影响,加之风速较小(图 2a),热量交换弱,使气温降低较缓,形成了夜间城内外气温差较大,呈现出较强的城市热岛现象。由于天气十分晴朗,在日出前城郊外为静风(图 2a),非常有利于辐射冷却,气温降低较多,于日出前 07:00 达最低值,而城内因周围遮蔽物的影响,其减温率小于城郊,因此造成本次观测的热岛强度最大值在 07:00 出现(1.7),与国内外城市热岛的最大强度多出现在傍晚时分的结果<sup>[1,5-12]</sup>有所不同。

在晴好天气的中午时分,太阳高度较高,城内受周围遮蔽物影响最小,日射增强,表面温度升高,所放出的热量增多,且由于下垫面为不透水的混凝土,湿度较小,蒸发耗热降低,风速小(图 2a),热量不易散失,加之气温受地表面温度滞后性的影响,使得城内气温在 15:00 达到最高值;而城郊由于表面为草地,湿度较大,蒸发耗热较强,风速大,热量散失较多,直到午后 17:00 才出现气温最高值,所以,在晴天 15:00 热岛强度出现次极大值(1.2)。而在晴天(4日)午前(09:00~10:00),城内因受遮蔽物影响较大,至 09:19 才受到日照,增温率低于遮蔽较小、日照较早的城郊,城内外的气温差为负值,出现城市凉岛现象。另外,在天空遮蔽较大、低云较多的白天,由于日射的影响,形成了城内外气温差值的较大波动。由此可见,在各种因素的影响下,城市热岛效应的变化较复杂,即使在出现热岛现象的同一天中也会出现凉岛现象。

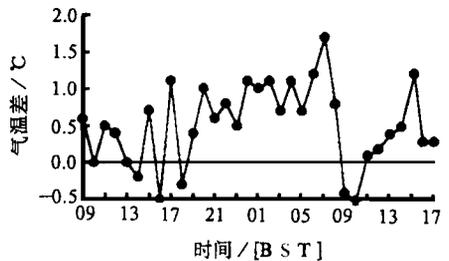


图 3 1996年5月3~4日城内外气温差变化

Fig. 3 Variation of difference of air temperature in the city and suburbs on May 3~4, 1996.

由此可知: 城内的湿度状况主要受下垫面和周围环境的影响, 因此, 在不同时段、不同天气状况下, 城内外的湿度(特别是相对湿度)差异是不同的。

## 2.4 平均状况

我们分别统计了城内外多云白天(3日 09:00~17:00)、晴天白天(4日 09:00~17:00)和夜间(3日 19:00~4日 07:00)平均气象要素的城内外差值(图5)。

由此可见, 我们的统计结果与国内外的研究结果<sup>[1]</sup>相同, 城内的平均气温均高于城郊, 白天差值较小, 而夜间差异较大, 可达白天差异的3倍以上。对于平均风速, 则由于城内外位置和遮蔽状况的影响, 无论是多云天还是晴天, 不管是白天还是夜间, 均是城内小于城郊, 其差异白天较大, 夜间较小。

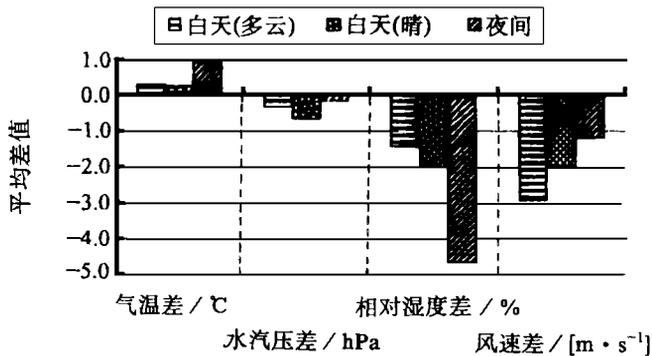


图5 各时段城内外气象要素平均差

Fig. 5 The averaged difference of meteorological elements in the city and suburbs at daytime and night.

从图5中还可以看出: 平均水汽压城内外的差值, 白天为负, 晴天差异较大, 即城内空气中所含的水汽少于城郊; 从夜间平均状况看, 城内外的水汽含量基本相同, 差值趋于零。城内外的平均相对湿度, 因受气温、水汽压、风速等多种因素的影响, 其差值与平均水汽压的差值不同, 昼夜均为负值, 且夜间差异较大, 其绝对值约比白天大1~2倍。

由以上分析可知, 城市内外气象要素的差异, 受到时间、天气状况、地域周围遮蔽状况以及下垫面性质等多种因素的影响, 造成了城市气候的复杂性。

## 3 结 论

- (1) 城市由于周围环境的影响, 风速均小于城郊, 其差值白天较大。
- (2) 城内的气温大多数情况下高于城郊(出现城市热岛), 以夜间较为明显。但因受各种因素的影响, 即使在出现城市热岛的同一天中也会出现城市凉岛现象, 显示了城市区域热力状况的复杂性。
- (3) 城内的湿度状况受下垫面和周围环境的影响, 一般小于城郊, 但在不同时段、不同天气状况下其差异是不同的。
- (4) 城内外的气象要素特征和变化规律存在差异, 必然引起热力特性的不同; 另外,

不同位置、不同天气状况、不同下垫面的气候效应也有较大差异,这充分显示了城市气候的复杂性。

致谢:在此对给予本工作大力支持的云南大学地球科学系 琚建华副系主任、罗红明和王冰老师以及不辞辛劳参加昼夜小气候观测的地球科学系 96 届天气动力专业的张建忠、张秀琼、张小玲、邓 崧、张浩翰等同学表示衷心感谢。

## 参考文献

- 1 周淑贞,束 炯编著. 城市气候学. 北京:气象出版社,1994. 244~334
- 2 昆明市规划设计管理处. 昆明市城市总体规划说明(1981~2000年). 1982. 7~10
- 3 云南省统计局编. 云南统计年鉴(1995). 北京:中国统计出版社,1995. 517~549
- 4 Ackerman B. Climatology of Chicago area urban-rural differences in humidity. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 1987, 26: 427~430
- 5 Oke T R. The distinction between canopy and boundary layer urban heat island. *Atmosphere*, 1976, 14: 411~437
- 6 高桥日出男,福冈义隆. 都市域における风速の铅直分布と $z$ - $u$  の立体构造. *地理学评论*, 1994, 67A: 530~550
- 7 Goward S N. Thermal behavior of urban landscapes and urban heat island. *Physical Geography*, 1981, 2: 19~33
- 8 张一平. 都市气候の立体构造に与える屋上面の役割に関する研究(博士论文). 广岛大学大学院生物圏科学研究科, 1995. 20~25
- 9 Oke T R, G B Maxwell. Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver. *Atmos Environ*, 1975, 9: 191~200
- 10 Oke T R. The energetic basis of the urban heat island. *Quart J R Met Soc*, 1982, 108(455): 1~24
- 11 Chandler T J. The climate of London. London: Hutchinson, 1965. 100~118
- 12 Hag e K D. Urban-rural humidity differences. *J Appl*, 1975, 14: 1277~1283

# THE CHARACTERISTICS OF URBAN CLIMATE OF KUNMING IN LOW LATITUDE AND PLATEAU AREA

Zhang Yiping<sup>1</sup> Peng Guifen<sup>2</sup> Li Yulin<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> Kunming Institute of Ecology, Chinese Academy of Sciences, Kunming, Yunnan 650223)

(<sup>2</sup> Kunming Meteorological Bureau, Kunming, Yunnan 650034)

(<sup>3</sup> Yunnan Institute of Environmental Science, Kunming, Yunnan 650034)

**Abstract** The microclimatic observation was carried out over ground in the city and suburbs of Kunming City of China. The main results obtained in this paper are summarized as follows:

(1) The wind speed in the suburbs are larger than in the city, and its differences are notable at daytime.

(2) In the city, the air temperatures are higher than suburbs. Its differences are larger at nighttime. Because the influences by different factors, in the day when the urban heat island is appeared, the urban cool island may appear too. This shown complicated characteristic of thermodynamics in the city.

(3) In the city, the humidity is littler than in the suburbs, but its differences are different for different time and sky and surface conditions.

(4) Because the characteristic and the variation of meteorological element are different in the city and the suburbs, therefore the characterisitics of the urban climate are different. The urban climate complexities are shown up.

**Key words** Low latitude and plateau Urban climate Urban heat island

# 1 研究方法

## 1.1 昆明市概况

昆明市纬度(25°N, 103°E)低,海拔(1892m)高。城建区面积由1950年的 $7.8\text{km}^2$ <sup>[1]</sup>发展到1994年的 $116\text{km}^2$ <sup>[6]</sup>,44年来城区面积扩大约15倍;其次,建筑物的大型、高层化,使粗糙度及日射、风速、温度等气象要素发生了改变,引起城市区域的气候发生了变化。

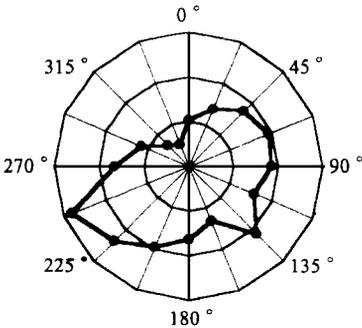


图1 城内观测点的遮蔽度  
Fig. 1 The shading degree in the urban observation point.

## 1.2 观测地点

观测点设置在云南大学北院地球科学系教学楼近傍的道路上,下垫面为混凝土。由于北侧有教学楼,南侧有竹丛遮挡,遮蔽度很大(见图1),东、西侧有教学楼遮挡,遮蔽度为35左右,而在西南方西侧因有道路,所以遮蔽度较小。昆明气象站位于盛行风上风侧的城西南郊外,周围高层建筑物较少,遮蔽度较小,下垫面为草地。

## 1.3 观测内容及方法

城内温度用百叶箱中的水银温度表观测;风速、风向用三杯风速风向表(天津气象海洋仪器厂)观测(取每分钟平均);云量用目测。观测时间为1996年5月3日09:00~5月4日17:00(北京时,下同),每

小时观测一次。城郊用昆明气象站的定时观测资料。

## 1.4 观测期间天气状况

观测期间的天气状况是:5月3日白天为多云天(低云量4~8成),18:00后天气转晴(低云量在2成以下),4日为晴好天气。

# 2 观测结果及分析

## 2.1 风速

从风速的时间变化(图2a)可见:城内外的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。由于气象站位于盛行风上风侧,加之周围没有高大建筑物的影响,风速均大于城内,所以,城内外风速差值(图2b)多为负值,这与国内外的研究相似<sup>[1]</sup>;差异以白天较大,最大可达 $-6.3\text{m/s}$ ,夜间差异较小,日出前后差值接近零。由于风速对热量的交换起着重要作用,因此,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。

## 2.2 气温

城内外气温变化(图略)基本相似,最低值均出现在07:00,最高值出现在午后;多云天(3日)气温比晴天(4日)低。

### 2.3 湿度

城内外水汽压和相对湿度的变化趋势(图略)基本相同,白天的水汽压小于夜间,晴天小于多云天;特别是在晴好天气(4日)的午后(13:00~15:00),城内外均出现较小值(接近10hPa, 25%),以城内的13:00为极小(8.2hPa, 23%)。

由城内外水汽压差值变化(图4a)可见,城内不透水的混凝土下垫面缺乏水分来源,空气中所含的水汽少于城郊,差值多为负值,夜间与午前的差异也较小,但在晴天的13:00和14:00,由于城内混凝土表面受日射的照射最强,表面温度较高,水汽压迅速减小,差值达最大(-2.0hPa)。差值波动白天较大,夜间较小。

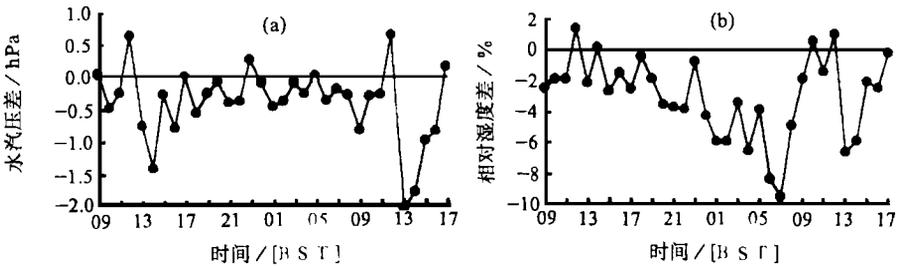


图4 1996年5月3~4日城内外湿度差变化

(a) 水汽压, (b) 相对湿度

Fig. 4 Variation of difference of humidity in the city and suburbs on May 3~4, 1996. (a) Vapour pressure, (b) relative humidity.

相对湿度差值的变化(图4b)与水汽压差值变化有所不同。夜间虽然城内的水汽压仅略小于城郊,但由于城内气温高于城郊(图3),所以造成夜间城内相对湿度小于城郊,且差异显著;特别是在4日07:00气温差达极大值时,使得相对湿度差也达极大(-9.5%)。这与上海相对湿度最大差值出现在傍晚的结果<sup>[1]</sup>有所不同,而与美国芝加哥的观测结果<sup>[2]</sup>相似。在晴天(4日)的中午,虽然城内气温仅略高于城郊,但是水汽压则明显低于城郊(图4a),同样造成相对湿度差异的增加,于13:00出现次极大值(-6.5%),与上海的结果<sup>[1]</sup>相近。在多云天的白天和晴天的午前、午后,由于城内外水汽压和气温的相互作用,相对湿度差异均不大。

从以上分析可知,由于城内的地表面多为不透水的混凝土或沥青构成,空气中水汽含量低于城郊,加之气温高于城郊,所以形成了相对湿度小于城郊的现象。但是昼夜差异的形成机制则有所不同:夜间因水汽压相差不大,所以气温起主要作用,在气温差异最大的07:00左右出现极大值;而在晴天中午时分所出现的相对湿度差异的次极大值,则是因为此时城内受周围遮蔽物的影响最小,日射强,表面温度高,加之下垫面为不透水的混凝土,无补充水分来源,水汽压迅速减小所致。而在多云天,由于日射受到云遮蔽的影响,城内外的气温差减小,使得湿度也减小;晴天午前,城内受遮蔽物的影响,升温较缓,蒸发也较小,所以城内外的湿度差较小;而午后,由于城郊受到长时间的太阳照射后,温度升高,蒸发加强,水汽压降低,也造成城内外湿度相差不大。