

城市区域内建筑物表面温度特征*

张| 平 李佑荣

(中国科学院昆明生态研究所, 昆明 650223)

摘要 本文以低纬高原城市昆明市为研究对象, 利用城市区域内气象要素实测资料, 定量地分析了城市区域内建筑物的表面温度特征、变化规律及其与屋顶面的差异, 得出屋顶表面温度时间变化呈现不对称性; 昼间各壁面温度的数值和变化规律存在较大差异, 小于屋顶表面温度; 昼间屋顶面和各壁面的变温率具有不同特征, 屋顶面多数时间处于增温过程, 东向壁面的变温率为下降趋势, 西向壁面为上升趋势。其结果可为探讨城市气候形成以及城市建筑的规划、设计提供科学依据。

关键词 城市 建筑物 表面 表面温度

1 前言

随着建筑物密度的加大和高层化, 建筑物表面积已占城市总表面积的很大比例。由于各壁面的朝向不同, 在太阳辐射的影响下, 表面温度有很大差异, 这势必影响附近的大气温度, 特别是屋顶面, 昼间基本上都受太阳照射, 具有独特的热力特性, 对城市气候的影响是不可忽视的。另外, 建筑物表面温度, 对建筑物的保暖(隔热), 空调设计等方面, 也是十分重要的。

国外对建筑物表面的热力状况和变化规律已有研究^[1~6], 而我国在该领域的研究尚不多见。因此本文利用城市区域内屋顶面和不同朝向壁面的表面温度观测资料, 分析了建筑物表面温度特征和变化规律。

2 研究方法

2.1 观测地点

在位于昆明城区内, 云南大学北院的地球科学系教学楼屋顶(5F)和院内建筑物的东(E)、西(W)、南(S)、北(N)朝向壁面的上下共设置了9个观测点, 其中屋顶面高度为19.8m, 下垫面为混凝土; 各壁面的观测点高度为: 下部离地面约3m, 上部离地面约15m。

2.2 观测内容及方法

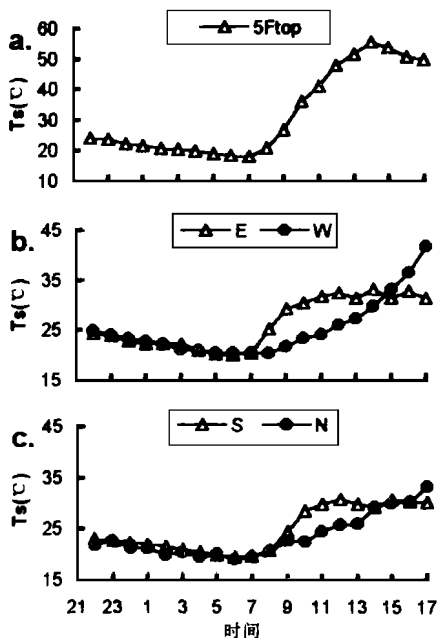
观测要素为表面温度, 观测间隔1h; 采用红外辐射温度计, 每次读取5个观测值, 求均值。观测期间为1996年5月3日9:00~4日17:00。本文对晴好天气的5月3日22:00至5月4日17:00的观测资料进行了分析。分析中将同朝向壁面上部和下部的观

测值平均, 作为该壁面的表面温度值。

3 观测结果与分析*

3.1 表面温度的时间变化特征

各测点的表面温度时间变化如图1所示。可见, 各测点的表面温度, 夜间变化基本相似, 随时间增加, 温度逐渐降低, 日出前达最低值。昼间各测点间差异较大: 屋顶表面温



a. 屋顶 b. 东西壁面 c. 南北壁面

图1 屋顶面与各壁面的表面温度的时间变化(1996.05.03/04)

* '国家教委留学回国科研启动基金'1996资助项目; '中科院留学经费择优支持回国工作基金'1995年资助项目。

收稿日期:1996-11-21

度的时间变化呈现不对称, 最大值出现在午后 14 00, 与作者在日本广岛屋顶面的观测结果^[5]一致。但是不同朝向壁面的表面温度时间变化则不同: E 壁面和 S 壁面在日出后太阳高度角较低时(10 00 前), 受太阳直射的影响, 温度升高很快; 在太阳升高后, 直射日射量减小, 壁表面温度趋于一定值; W 和 N 壁面的温度变化为上升趋势, 17 00 达最大值; W 壁面因午前受直接日射较少, 午后较大, 其温度增加率大于 N 壁面。

3.2 各测点表面温度差异的变化特征

分析 S-N 壁面和 E-W 壁面的温度差异(图 2)可见: 夜间不同朝向壁面的温差较小。2 00 前 S 壁面的温度略高于 N 壁面, 而 E, W 壁面的温差趋于零。日出后 S-N 壁面温差和 E-W 壁面温差均迅速增加, 差值为正; 于正午前达最大值。随后温度差值减小, 于 15 00 左右趋近于零, 其后差值转为负值, 于 17 00 达负极大值。另外, E-W 壁面差值的变化数值和程度均大于 S-N 壁面, 显示了壁面朝向对壁表面温度的影响。

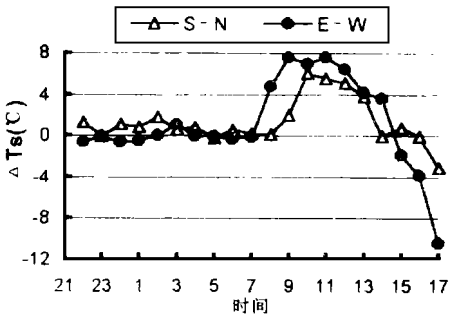
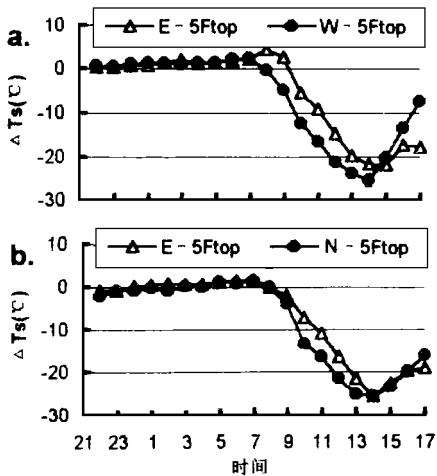


图 2 不同朝向壁面的表面温度差值的时间变化 1996. 05. 03/04

各朝向壁面与屋顶面的表面温度差值的时间变化如图 3 所示。夜间差异较小, E 和 W 壁面的温度略高于屋顶面温度, 而 S 和 N 壁面温度与屋顶面温度基本一致。日出后, E 壁面受日射直射, 且入射角大于屋顶面, 使壁表面温度大于屋顶表面温度, 随着太阳升高(10 00 后), 屋顶面的入射角大于 E 壁面, 并由于所受遮蔽较小, 表面温度迅速升高, 温

差转为负值, 且不断增加, 于 14 00 达最大值, 其后差值减小。W 壁面日出后由于未受太阳直射, 壁表面温度低于屋顶面, 差值呈现下降趋势(差值增加), 其绝对值大于 E 壁面, 同样在 14 00 达最大值。午后, W 壁面开始受太阳直射影响, 壁表面温度升高, 差值迅速减小, 其减率大于 E 壁面。对于 S 和 N 壁面, 由于受太阳直射少于屋顶面, 壁表面温度均小于屋顶面, 差异最大值出现在 14 00; 在午前 S 壁面的差值小于 N 壁面, 午后 S 和 N 壁面间的差异趋于零。



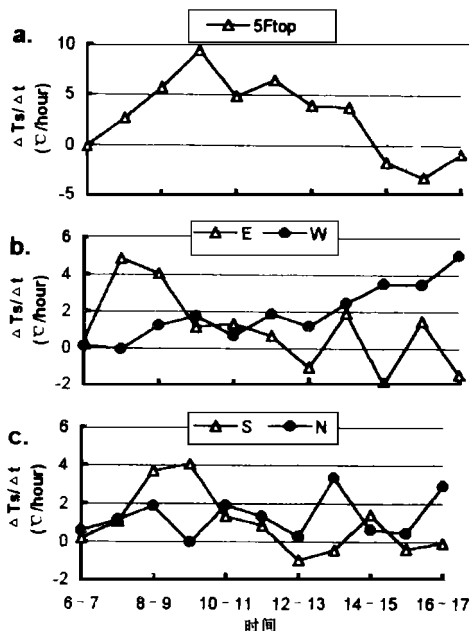
a. 东西壁面 b. 南北壁面

图 3 各测点与 5 楼屋顶的表面温度差值的时间变化(1996. 05. 04)

由以上分析可以看出: 建筑物的各表面具有各异的热力特征, 势必对近傍的大气产生影响, 特别是屋顶面, 由于遮蔽较小, 昼间表面温度远高于各壁面, 加之所在位置较高, 将对城市大气产生不可忽视的影响。

3.3 不同测点表面温度变温率特征

各测点表面温度的变温率($\Delta T / \Delta t$)时间变化如图 4 所示。可见, 屋顶面 15 00 前(图 4a), 变温率均为正值, 即表面温度均在升高, 以 10 00 增温率最大(约 9.4 $^{\circ}\text{C} / \text{h}$), 15 00 温度下降, 变温率转为负值, 但数值较小(< 3.2 $^{\circ}\text{C} / \text{h}$), 这同样反映了屋顶面表面温度变化的不对称性。



a. 屋顶 b. 东西壁面 c. 南北壁面
图4 昼间屋顶面与各壁面的表面温度
变温率的时间变化(1996.05.03/04)

E 和 W 壁面的变温率的时间变化(图 4b)反映了壁面受太阳照射的差异: E 壁面趋近于下降趋势,日出后数值最大(4.9 /h),午后差值在零值上下波动; W 壁面变温率基本上为正值。为上升趋势,最大值出现在 17 00(5.1 /h)。S 和 N 壁面的变温率(图 4c)的时间变化规律较差,S 壁面在午前变温率为正值,11 00 最大(4.1 /h),午后变温率趋近于零; N 壁面的变温率值一般较小,多小于 2 /h。

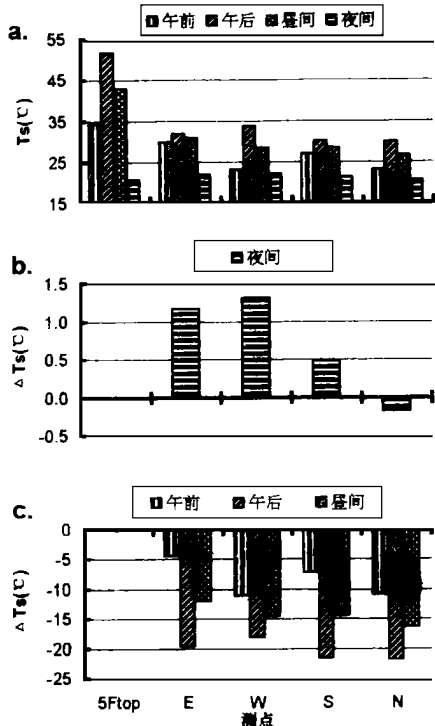
3.4 平均表面温度特征

分别统计各测点午前(08 00 ~ 12 00)、午后(13 00 ~ 17 00)和夜间(22 00 ~ 7 00)的平均表面温度(图 5a),以及各测点与屋顶面的差异(图 5b, c)。由图 5a 可见,屋顶面各时段平均表面温度差异最大;而各壁面中, W 壁面差异较大, E 壁面差异最小。

由图 5b 可见: 夜间屋顶面由于遮蔽较小,热量散失较大,平均表面温度均低于 E、W、S 壁,仅略高于 N 壁面;其中, W 壁面受

午后日射影响最大,壁表面温度最高。显示了各壁面朝向对夜间壁表面温度也存在影响。

从图 5c 可见: 午前、午后和昼间,各壁面平均表面温度均小于屋顶面,其综合结果,昼间平均表面温度差值以 N 壁面最大(- 16.5), E 壁面最小(- 12.2)。



a. 各测点的平均表面温度 b. 夜间各测点与 5F 屋顶的平均表面温度差值 c. 午前、午后和昼间各测点与 5F 屋顶的平均表面温度差值
图5 各时段不同测点的表面温度时间变化
(1996.05.03/04)

另外,计算了不同朝向壁面(S-N, E-W)的平均表面温度差值(图 6)。结果是昼间 S 壁面高于 N 壁面, E 壁面高于 W 壁面,其差异值相近。夜间,各壁面间差值趋近于零。

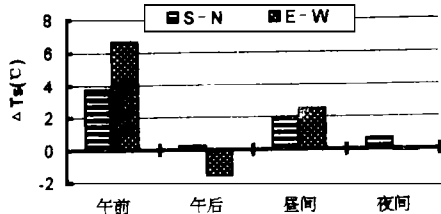


图6 各时段不同朝向壁面的平均表面温度
差值(1996.05.03/04)

4 结论

4.1 屋顶面的表面温度时间变化均呈现不对称性,最大值出现在 14 00。

4.2 昼间各壁面的表面温度时间变化受日射的影响,数值和变化程度存在较大差异,S 和 W 壁面 10 00 前急速上升,其后处于平稳状态;N 和 W 壁面则为上升趋势;另外,14 00 前 S 壁面高于 N 壁面,E 壁面高于 W 壁面,其后反之;其中,E-W 壁面差异最大。

4.3 昼间各壁表面温度低于屋顶面。14 00 差异最大。夜间略高于屋顶面。

4.4 昼间表面温度变温率。屋顶面 15 00 前为升温过程,10 00 增温率最大(9.2 / h),其后为降温过程,但降温率小于增温率;各壁面变温率变化趋势:E 壁面为下降,W 壁面为上升,S、N 壁面的变化规律性较差。

参考文献

1 小林守. 都市の表面と屋上面における長波放射収支

の比較観測. 地理学评论, 1979; 52: 251 ~ 260

2 朴惠淑.² - ス イ ド の 形 成 要 因 と し て の 都 市
ゃ ヨ の 天 空 比 と 夜 間 の 長 波 放 射 収 支 . 天 气,
1987; 34. 579 ~ 587

3 Nakamura Y. and Oke, T. R.. Wind, tempepture and stablilty condition in an east-west oriented urban canyon. Atmos. Environ, 1988; 22(2): 2691 ~ 2700

4 中村泰人ほか. 市街地空間における表面の温度および熱流性状に関する実験的研究. 日本建築学会計画画系論文報告集, 1986; 第 364 号, 57 ~ 65

5 張一平, 福岡义隆, 高桥日出男. 都市域の屋上面と近郊草地面における放射収支について. 中国・四国の農業気象, 1995; 8: 7 ~ 15

6 Landsberg, H. E. · Bioclimatology of housing, Meteorol. Monog. , 1954; 8(2) Amer. Meteorol. Soc: 81 ~ 89

7 云南省统计局编. 云南统计年鉴(1995). 中国统计出版社, 1995

作者简介: 张一平 男, 39 岁, 1982 年云南大学毕业, 1995 年日本广岛大学毕业。中国科学院昆明生态研究所, 生态气候研究室主任、学术博士、副研究员。已发表论文 20 余篇。

A STUDY ON THE CHARACTERISTIC OF TEMPERATURES ON THE DIFFERENT SURFACE OF BUILDING IN THE URBAN AREA

Zhang Yiping Li Yourong

(Kunming Institute of Ecology, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223)

Abstract The microclimatic observation was conducted at the different surfaces of buildings in the urban of Kunming City of P. China. The surface temperatures are analyzed by using the observed data. The main results obtained in this paper are summarized as follows:

①In the urban, the variations of surface temperature on the rooftop are asymmetry with the maximum at 14 00. ②In the daytime, the variations of surface temperatures on the different surface are affected by the sunshine. The values and the variations have great difference. On the S-wall and W-wall the variations before 10 00 are greater than that after 10 00. On the N-wall and W-wall the variation tendencies are in the form of rising. Before 14 00 the surface temperatures of S-wall are higher than N-wall. The E-wall higher than W-wall. The difference is the best on the E-wall and W-wall. ③In the daytime, the surface temperatures of the rooftop are higher than that of the wall. In the nighttime, the surface temperatures of the rooftop are lower than that of the wall. ④The tempepture changing ratios($\Delta T/\Delta t$) on each surface are in the form of rising before 14 00 with the maximum value of 9.2 /hour at 10 00. The ratios are different on the each wall, on the E-wall show a tendency to drop, but on the W-wall to rise. On the S-wall and N-wall, the regularity of the temperature change ratio is worse.

Key words urban area building surface surface temperature