

# 石家庄市环境形态的热效应分析<sup>①</sup>

张书余

(河北省气象科学研究所, 石家庄 050021)

## 提 要

利用大量的观测资料,详细分析了石家庄市环境形态的热效应。结果表明,城市绿地对局地气温有调节作用;不同的下垫面地温有明显差异,沥青、水泥地面及建筑物等对城市增温有贡献;城市发展,建筑物和硬化路面增加,绿地减少等是城市“热岛”形成的主要因素。

**关键词:** 环境形态 热效应 下垫面

关于城市热环境,特别是城市热岛现象,人们从城郊温度对比分析入手做了许多工作。但是从城市规模、绿化、建筑物和道路材料性质等多项因素对城市热环境影响讨论的较少。这里将从这些方面介绍一下城市形态对热环境的影响。

### 1 城市绿化对气温有调节作用

城市绿化地带对气温具有良好的调节作用,这主要是由于树冠能遮挡太阳光,减少日射,调节风速的缘故。众所周知,太阳辐射直接加热空气的作用是很小的,每小时能升高 $0.02^{\circ}\text{C}$ ,而太阳辐射到地面,通过地表散热,才是直接加热空气的主要热源。由于植物减少了太阳辐射,尤其是到达地表的辐射,使加热空气的主要热源明显减弱,因此,植物遮荫可以起到降低小环境温度,调节城市过热现

象的作用。不同的树种其降温效果差异很大,它与树冠大小、树叶的疏密度及叶片的质地有关。表1是1999年6月在石家庄市测定的在直接日照和不同树种树荫下的温度对比表。它们的降温效果依次按刺槐、叶杨、梧桐、柳树、槐树排列。

植物还可以通过叶面大量蒸腾水分来增湿散热,使周围空气产生凉爽效应,栽种植物的地方,地面长波辐射热比水泥等建筑材料

表1 街道绿树遮荫降温对比

树种	阳光下温度/ $^{\circ}\text{C}$	树荫下温度/ $^{\circ}\text{C}$	温差/ $^{\circ}\text{C}$
刺槐	40.0	35.5	4.5
杨树	40.3	36.8	3.5
梧桐	40.6	37.9	2.8
柳树	38.2	35.6	2.6
槐树	40.7	37.8	2.5

铺设的地面低得多,从而降低气温。2000年6月,在石家庄市观测了树荫下、阳光下、水泥面上的温度如图1所示,三种不同地面类型上的气温有明显的差异,伴随日出日落有明显的日变化。其中在午后14时前后,三种不同的地面温度差最大,水泥面比树荫下温度高14℃,阳光直射比树荫下温度高4℃,阳光与树荫下的温度在20时至次日7时日出前是一致的,而水泥面与树荫下的温度仅在23时至次日7时日出前后是一致的。这是水泥面的热容量大,日落后持续散热的缘故。由此可见,硬化路面和建筑物越密,绿地越少,城市的热岛效应就越显著,城市的环境就越恶劣。

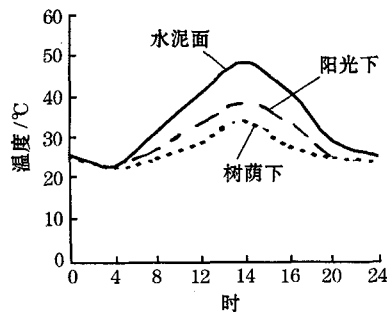


图1 2000年6月21日石家庄三种类型地面气温分布图

## 2 城市下垫面形态对热环境的影响

### 2.1 下垫面材料性质与城市热环境的关系

城市下垫面的铺装材料对市民户外活动的舒适感有明显的影 响,蓄热、导热大的材料地表温度高,长波辐射大,导致气温增高。表2是2000年7月1~31日对石家庄市连续观测一个月各种铺装材料的最高、最低温度。其中沥青地面及水泥地面均具有较高的地表温度,它们对局地热贡献大。草地地表温度最低,对局地气温有调节作用。

表2 石家庄市2000年7月1~31日各种下垫面地表温度与气温观测

类别	最高/℃	最低/℃	31天平均/℃
沥青地面	48.7	26.8	43.1
水泥地面	46.1	25.7	40.4
草地	41.9	24.7	37.2
空气温度	32.9	23.7	29.0

另外铺装不同下垫面地温晴雨天也有不同(见表3),夏季晴天,各种下垫面最高温度比最高气温高8.9~16.2℃,平均升高14℃,由高向低排序,依次是沥青、水泥面、黄土、草坪。雨日各种下垫面与气温极端值的差明显变小,增幅在1.1~6.6℃之间,平均值为3.6℃,同晴日温度比,下降了近10℃。

表3 2000年7月石家庄市在晴雨条件下不同下垫面最高地温分析/℃

	下垫面种类				气温
	沥青	水泥面	黄土	草坪	
晴天最高	50.6	50.1	49.6	43.3	34.4
变幅	+16.2	+15.7	+15.2	+8.9	+14.0(平均)
雨天最高	31.4	29.4	26.9	25.9	24.8
变幅	+6.6	+4.6	+2.1	+1.1	+3.6(平均)

### 2.2 不同下垫面地温的季节变化

通过对石家庄1999年10月至2001年4月不同下垫面,包括沥青、水泥、黄土、草坪的地温和气温的观测分析得知:春、夏、秋三个季节不同下垫面地温变化有显著的差异,冬季地温变化基本上不受地面铺垫条件的影响;在夏季不同下垫面的地温变化幅度:沥青变化最大,混凝土其次、草坪最小。在同一变化周期内,下垫面为沥青的最大值达59℃,草坪为49℃,相差10℃度左右,沥青、混凝土下垫面的地温均高于黄土,而草坪的地温低于黄土。目前,气象常规观测点上的标准地温记录是取自于黄土作下垫面的地温。

### 2.3 不同下垫面对气温的影响

气象观测获得气温是在开阔地带,下垫面为草地,高1.5m的百叶箱中测得的。在城市这种环境条件是不具备的,大量的绿地被沥青、混凝土、黄土地所代替,对城市气温带来显著的影响。如表4,沥青或水泥路面使气温增加0.6~4℃,与之相反草地使城市气温下降。因此,在城市建设中要注意增加草坪面积。

表4 2000年7月不同下垫面对最高气温的影响

项目	下垫面种类			
	沥青	水泥面	黄土	草坪
平均最高地面温度	48.7	46.1	43.3	41.9
平均最高气温	33.8	31.7	30.4	29.8
与草坪下垫面的差	+4.0	+1.9	+0.6	+2.2(平均)

### 2.4 城市下垫面结构变化引起的增温

城市具有复杂的空间结构、市内建筑、道路、广场、绿地、水体都对地表能量平衡产生影响。道路、广场都是人工铺筑的,透水性差,同时两者也存在着差别。广场一般是水泥铺就的空旷场地,而道路两侧往往与建筑物相伴,广场直接接收太阳辐射,道路接收的太阳辐射部分被建筑物或树木遮挡,实际接受的太阳辐射比可能接受的要少得多。文献[1]研究指出城市热岛效应与街道广场有如下关系:

$$\Delta T = 7.54 + 3.97 \ln(H/W)$$

其中  $H$  为街道两侧的建筑物高度,  $W$  为街道宽度,街道的增温效应与  $H/W$  成正比,街道越宽,建筑物越低,增温作用就越大。在中纬度地区,对于东西向街道,若  $H$  与  $W$  之比为 1:2 时,夏至日的平均遮挡系数为 0.068;对于南北走向的街道,夏至日的平均遮挡系数为 0.31。对于河北省省会石家庄来说,  $H/W$  增加 40% 时,气温最大增幅达 1.32℃。另外街道还有一特征就是两侧的绿化树,它对城市气温的调节作用也比较明显。

建筑物对城市增温效应也有贡献,建筑物的墙面和屋顶材料比自然地表具有更大的导热、蓄热特性。在石家庄夏季建筑物表面温度比自然地表最高 25℃ 左右。建筑物对城市增温作用还有另外几个因素,一是建筑物表面之间的长波辐射多次反射增热;二是大量不透水材料的作用,降低了潜热交换,也造成增温。

绿地和水体也是城市地表的组成部分,绿化可改善城市的微热环境,水体也明显地具有调节环境的功能。图 2 是 2000 年 6 月 21 日在石家庄市民心河东明桥水面和省气象局院内测定的水面气温和建筑物环境下的气温。从中可以看出,水面上气温比建筑物周围的气温低 1.6℃。日落以后水面上气温反而比建筑物周围的气温高,这说明水体热容量比建筑物高,散热量小。

### 3 城市发展产生的热效应

图 3 是石家庄市 1947 年以来 50 多年城

区面积和人口发展演变图。城区面积由 1947 年的 12km<sup>2</sup> 发展到今天的 120km<sup>2</sup>,人口由 9.7 万发展到 145 万多。城区人口密度平均为 9400 人/km<sup>2</sup>,其中平安、中华、广安分区人口密度高达 3.3 万/km<sup>2</sup> 以上。城区绿化总量偏低,据 1998 年实测,城区人均公共绿地为 1.3m<sup>2</sup>,绿地率仅为 12.6%,这个数字与 1993 年国家规定要求差距很大(国家规定人均公共绿地为 7m<sup>2</sup>,绿地率为 30%),与国际标准相差更远。各种绿地占城市绿地总面积的百分比分别是:公共绿地占城市绿地总面积的 11.83%、道路绿地占 10.66%、居住区绿地占 4.08%、单位绿地占 65.48%、生产绿地占 7.9%、防护绿地占 0.045%。与环境质量、生活质量有关的公共绿地和居住绿地明显偏低,各种功能的防护用地几乎空白,市区外围目前还没有大片的生态林地。

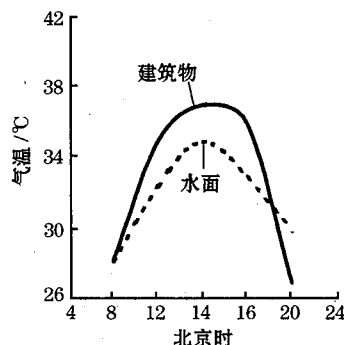


图 2 2000 年 6 月 21 日石家庄市水面与建筑物环境的温度比较图

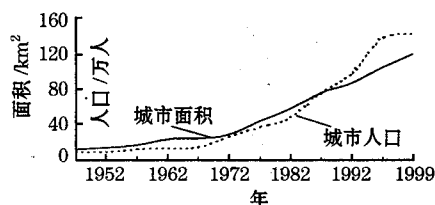


图 3 石家庄市区面积、人口变化图

城区人口的高度集中,也派生出工业生产、商业餐饮、生活采暖的相对集中。据环保部门统计,目前城区有锅炉 3000 余台、燃煤窑炉 200 多座、饭店餐饮炉灶 1800 多眼等,这些炉灶大量的排热,加剧了城市的热效应。

石家庄城市建筑物和硬化的下垫面总面

积约占城市总面积的90%，上述城市环境形态的研究已经表明，沥青、水泥面温度比气温高出十几度，这种下垫面有明显吸收太阳辐射、存储热量的作用，也加剧了城市热效应。另外，由于城市建筑密度、高度及布局不均匀，城市下垫面忽高忽低凹凸不平，粗糙度加大，使市区风速减小，风向多变，不利于城市热量扩散，也加速了城市热效应。

综上所述，石家庄市市区气温随着城市规模的发展不断上升。如图4所示，1977年以前是城市低速发展时期，年平均气温为12.9℃，1978~1990年城市进入快速发展期，年平均气温逐步上升到13.3℃，1995年平均气温达到了13.8℃，1996~2000年城市进入高速发展期，1997~2000年平均气温达到了14.7℃。50多年石家庄5年年平均气温上升了1.8℃，最高气温上升了1.2℃，最低气温上升了2.5℃。

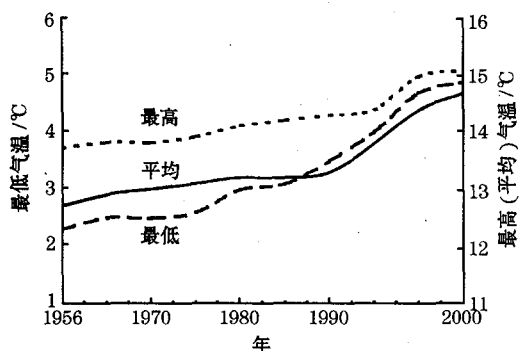


图4 石家庄多年平均温度演变图

#### 4 结论

(1)城市绿化对气温有调节作用，不同的树种其降温效果差异很大，其中刺槐降温效果最佳。

(2)不同下垫面地温有明显的季节变化，春、夏、秋变化差异大，冬季变化不受地面铺垫条件影响；硬化地面对局地热量增加贡献大，其中硬化地面的温度，晴天比最高气温平均高14℃左右，雨日高3.6℃。

(3)在不同下垫面测得的气温有明显的差异，其中沥青或水泥面使气温增加了1.9~4℃，与之相反草地使气温下降。城市街道的增温效应与街道宽度、街道两侧的建筑物高度有关，街道越宽，建筑物越低，增温作用就越大。

(4)水体对城市气温有调节功能，白天水面上的气温比建筑物环境下的气温低，夜间反之。

(5)城市发展形成“热岛”的主要因素是城市建筑物和硬化下垫面面积增加，绿地、水体面积减少；城市粗糙度加大，市区风速减少；城市人口、工业集中，排热量增加等，加剧了城市热效应。

#### 参考文献

- 1 T. R. oke. Street design and urban canopy layer climate. Energy and Buildings, 1988, 11: 103—113.

## Analysis of Thermal Effect of Environmental Conditions in Shijiazhuang City

Zhang Shuyu

(Hebei Institute of Meteorological Sciences, Shijiazhuang 050021)

#### Abstract

Besed on the observation data, thermal effect of environmental conditions in Shijiazhuang is analyzed in detail. The results indicate that the greenbelt of city can adjust the local temperature. The ground temperatures of different underlying surface have obvious diversity. The building or underlying surface, such as asphaltum and cement surfaces have contributed to the increasing temperature of the city. The city enlarging, buildings and hard road surface increasing, and greenbelt reducing are the primary cause which makes the city form thermal island effect.

**Key Words:** environmental condition thermal effect underlying surface