

北京集中绿化区气温对夏季高温天气的响应

王喜全¹ 王自发¹ 郭虎² 龚晏邦¹

1 中国科学院大气物理研究所竺可桢-南森国际研究中心, 北京 100029
2 北京市气象局北京气象台, 北京 100089

摘 要 利用自动气象站风、温、湿观测资料, 对北京城市集中绿地缓解夏季高温(最高气温 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$)的效果进行了初步研究。研究表明: 1) 所研究的集中绿地都具有缩短高温持续时间的作用, 但对最高气温的调节存在很大差异, 有些集中绿地对最高气温几乎没有缓解作用, 甚至有增温的可能。因此为发挥集中绿地缓解高温的效果, 应尽可能提高绿地的通风条件。2) 对北京城来说, 集中绿地面积 $\geq 20\text{ hm}^2$ 时, 降温效果比较显著。3) 在高温天气情况下, 集中绿地对高温的缓解作用对人体舒适度的改善, 可能会由于集中绿地相对湿度较高而被抵消。

关键词 城市绿化 夏季高温 绿化面积 人体舒适度 北京

文章编号 1006-9585 (2008) 01-0039-06 **中图分类号** P463.3 **文献标识码** A

Response of Air Temperature in Urban Greenbelts on Summer Heat Wave in Beijing City

WANG Xi-Quan¹, WANG Zi-Fa¹, GUO Hu², and GONG Yan-Bang²

1 *Nansen-Zhu International Research Center, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*
2 *Beijing Meteorological Observatories, Beijing Meteorological Bureaus, Beijing 100089*

Abstract From urban automatic weather station system data recorded in Beijing City during 2002, the effect of urban greenbelt on mitigating heat wave temperature during summer season in Beijing City is presented. The analysis demonstrates that urban concentrated greenbelt has discernable regulation on summer heat wave temperature by decreasing its maximum temperature and shortcutting its duration. The effect of greenbelt on ventilation must be considered and eliminated by planting and designing carefully. For Beijing City, when the square of urban concentrated greenbelt should be more than 20 hm^2 , the mitigating effect is striking then under moderate ventilation conditions. In the other respect, increasing relative humidity in concentrated greenbelt possibly counteracts the amelioration of physical comfort out of mitigating high temperature.

Key words urban planting, summer heat wave temperature, urban greenbelt area, physical comfort, Beijing

1 引言

每年夏季, 北京或多或少都会有几天高温天

气(最高气温 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$)^[1]。鉴于所处的地理位置及其气候背景, 北京地区不能说是受高温炎热天气影响最大的城市。但是, 随着城市人口的增加、城市规模的扩大, 北京的“城市热岛”强度表现

出逐年增强的趋势^[2]。另外,与 20 世纪 70、80 年代相比,目前北京的“城市热岛”强度在夏季最强且整天存在,即使在“城市热岛”强度最弱的午后,其平均强度也有 2℃左右^[3]。这势必增加北京城区出现高温炎热天气的可能性。

绿化是缓解“城市热岛”效应的有效手段^[4,5]。作为首都的北京,在城市绿化方面一直走在前列(1987 年城市植被覆盖率达 58.2%)。但从 20 世纪的 80 年代末开始至 90 年代末,由于城市化的快速发展,北京城区植被覆盖率明显下降(1998 年降为 52.1%)。可喜的是,近年来北京城市植被覆盖率出现逐年上升的迹象^[6]。北京的城市绿化,在保卫城市 and 居民安全、保护城市居民健康、保护城市居民区宁静不受噪音污染和保证城市小气候的舒适方面,正在发挥越来越大的作用。

在绿色植物由于蒸腾作用降低气温的同时,植物的存在也会降低城市的通风效率,从而减小热量的扩散能力,特别是城市人为排放热量的扩散。温度是描述环境影响人体的最好因素,但并不完善,特别是高温天气时,湿度对人体舒适度的影响更大^[7]。人体舒适程度是气温、湿度等因素综合作用的结果。北京地区夏季城市高温所导致的发病率增加、交通事故增多和城市用电用水的激增等问题,已引起城市管理部门的高度关注。因而研究城市绿化对“城市热岛”,特别是城市夏季高温天气的缓解作用,以及对人体舒适度的影响,具有非常实际的意义。

本文利用自动气象站观测的数据,对集中绿地缓解北京夏季高温炎热天气的效果进行了初步的研究。

2 集中绿化区简介

任何年代,任何城市,公园都是城市绿化的典范。这为研究集中绿地缓解城市夏季高温效果提供了天然合适的场所。根据有无自动气象站观测和“冷岛”(夏季卫星遥感地面温度的低温区域)的分布,选取北京大观园(占地面积 13 hm²)、青年湖公园(占地面积 17 hm²,其中水面面积 6 hm²)、东直门地区绿化带(占地面积 23 hm²)、紫竹院公园(占地面积 46 hm²,其中水面

面积 15 hm²)和朝阳气象站地区(占地面积 148 hm²)作为研究区域,选择天安门广场(占地面积 44 hm²)作为集中绿地的对比区域。

3 夏季集中绿化区气温、风速统计

位于 5 个集中绿化区 and 对比区的自动气象站,由北京市气象局设立,严格遵守气象站建站和气象观测规范,每天逐时记录风、温、湿等气象数据。表 1 给出 2002 年夏季(6~8 月)有效观测记录的气象要素统计数据。从表 1 的统计结果可得到如下结论:

(1) 与天安门广场比较,大观园和青年湖绿地对最高气温几乎没有缓解的作用。从平均最高气温看,这两处集中绿地的平均最高气温比天安门广场的高,说明这两处的集中绿地有增温的倾向。从这两处绿地的平均风速和静风频率看,绿地造成的通风减小,可能是使最高气温不降反升的重要因素。考虑到两公园的绿化面积如此之大,且不能有效地降低气温,说明了通风作用对调解北京城市夏季气温的影响。这点在紫竹院公园表现得更加明显,紫竹院的平均最高气温只比天安门广场低 0.1℃。

(2) 从天安门广场和东直门地区的比较来看,两地的平均风速和静风频率相当,东直门地区的平均气温、平均最低气温和平均最高气温比天安门广场都低近 1℃左右。这说明在通风作用相当的情况下,对北京城来说,要使绿化起到比较明显的降温作用,集中绿化区的面积要大于 20 hm²(东直门地区绿化带的面积)。这点从朝阳气象站地区与天安门广场的对比中看得更清楚,朝阳气象站地区的平均气温、最低气温和最高气温,比天安门广场的分别低 2.4、3.2 和 1.5℃。

4 集中绿化区对夏季持续高温的缓解作用

为了进一步说明集中绿化面积及其通风效率对缓解城市高温的作用,本节分析了 2002 年 7 月 11~16 日,持续 6 天的北京城市高温天气过程。图 1 是这 6 天 5 个集中绿化区 and 对比区的地面气温日变化曲线(由于大观园、紫竹院与青年湖相当,

表 1 2002 年夏季北京城区集中绿化区气温、风速及静风频率统计

Table 1 the statistics of air temperature, wind speed and calm wind frequency at the urban greenbelts of Beijing City in summer season of 2002

集中绿化区	平均气温/℃	平均最低气温/℃	平均最高气温/℃	平均风速/m·s ⁻¹	静风频率/%
北京大观园 (13 hm ²)	26.2	22.3	30.5	0.6	40
青年湖公园 (17 hm ²)	26.0	22.0	30.3	0.4	43
东直门地区 (23 hm ²)	25.2	21.6	29.1	1.0	26
紫竹院公园 (46 hm ²)	25.5	21.5	29.9	0.3	67
朝阳气象站 (148 hm ²)	23.8	19.4	28.5	1.4	11
天安门广场 (44 hm ²)	26.2	22.6	30.0	1.6	30

注：静风定义为风速≤0.2 m·s⁻¹

东直门与朝阳相当，图中只给出青年湖、朝阳和天安门 3 站的日变化)。从图 1 的气温日变化特征，可以得出如下结论：

(1) 与天安门广场比较，大观园、青年湖公园和紫竹院公园的集中绿地几乎未起到降低午后高温的效果，甚至会出现其气温高于对比区的现象。这和上节的结论一致，其原因同上节。

(2) 与天安门广场比较，东直门地区和朝阳气象站地区的集中绿地对缓解城市高温的作用开始显现，特别是朝阳气象站地区的集中绿地的作用更明显。为了说明这两处集中绿化区对此次高温过程的缓解作用，表 2 给出了这两块集中绿化区 and 对比区的最高气温差和高温（≥35.0℃）持续时间。表 2 的数据表明，面积≥20 hm²的集中绿地，对缓解夏季北京城市高温有两方面的作用，一是降低最高气温，二是缩短高温的持续时间。就缩短高温的持续时间来看，集中绿地的效果更可观。7 月 14 日是此次高温的高峰，东直门绿地的最高气温只比天安门低 0.8℃，但高温持续时间却比天安门缩短了 3 h，近 25%。

5 高温天气条件下集中绿地对人体舒适度的调解作用

人体舒适度是人体热应力舒适程度的指标，可用有效温度（T_E）表示：

$$T_E = T_D - 0.55(1 - H)(T_D - 58)(^{\circ}\text{F})$$

其中，T_D 为干球温度，T_D([°]F)=(9/5)×T_D([°]C)+32；H 为相对湿度（%）。北京气象台直接利用 T_E，建立了北京地区人体舒适度指数范围和感觉程度之间的关系^[8]。当气温为 35℃且 H<10%的情

表 2 北京 2002 年 7 月 11~16 日一次持续高温过程

Table 2 Persistent high air temperature from 11 to 16 Jul 2002 in Beijing

日期	集中绿化区	最高气温/℃	最高气温差/℃	持续时间/h
11 日	东直门地区	37.3	−1.6	3
	朝阳气象站地区	33.4	2.3	0
	天安门广场	35.7	0	5
12 日	东直门地区	36.8	−0.1	6
	朝阳气象站地区	33.7	3.0	0
	天安门广场	36.7	0	7
13 日	东直门地区	33.5	1.0	0
	朝阳气象站地区	32.1	2.4	0
	天安门广场	34.5	0	0
14 日	东直门地区	39.3	0.8	9
	朝阳气象站地区	37.4	2.7	7
	天安门广场	40.1	0	12
15 日	东直门地区	36.8	1.7	2
	朝阳气象站地区	35.2	3.2	1
	天安门广场	38.5	0	4
16 日	东直门地区	33.5	1.7	0
	朝阳气象站地区	31.4	3.8	0
	天安门广场	35.2	0	1

况下，人体舒适度指数在 74~76 的范围内，虽然绝大多数人感觉有点热，但完全可以接受。在空气很干燥（H<10%）且气温达 40℃的情况下，人体舒适度指数约为 79，与气温为 35℃且相对湿度为 20%时的舒适度相当。这时少数人有闷热很不舒适的感觉。这说明在气温≥35℃，湿度对人体舒适度的影响开始起显著作用。因此有一种可能性，即在高温（≥35℃）天气情况下，集中绿地对高温的缓解作用和对人体舒适度的改善，会由于集中绿地的相对湿度较高而被抵消。图 2 给

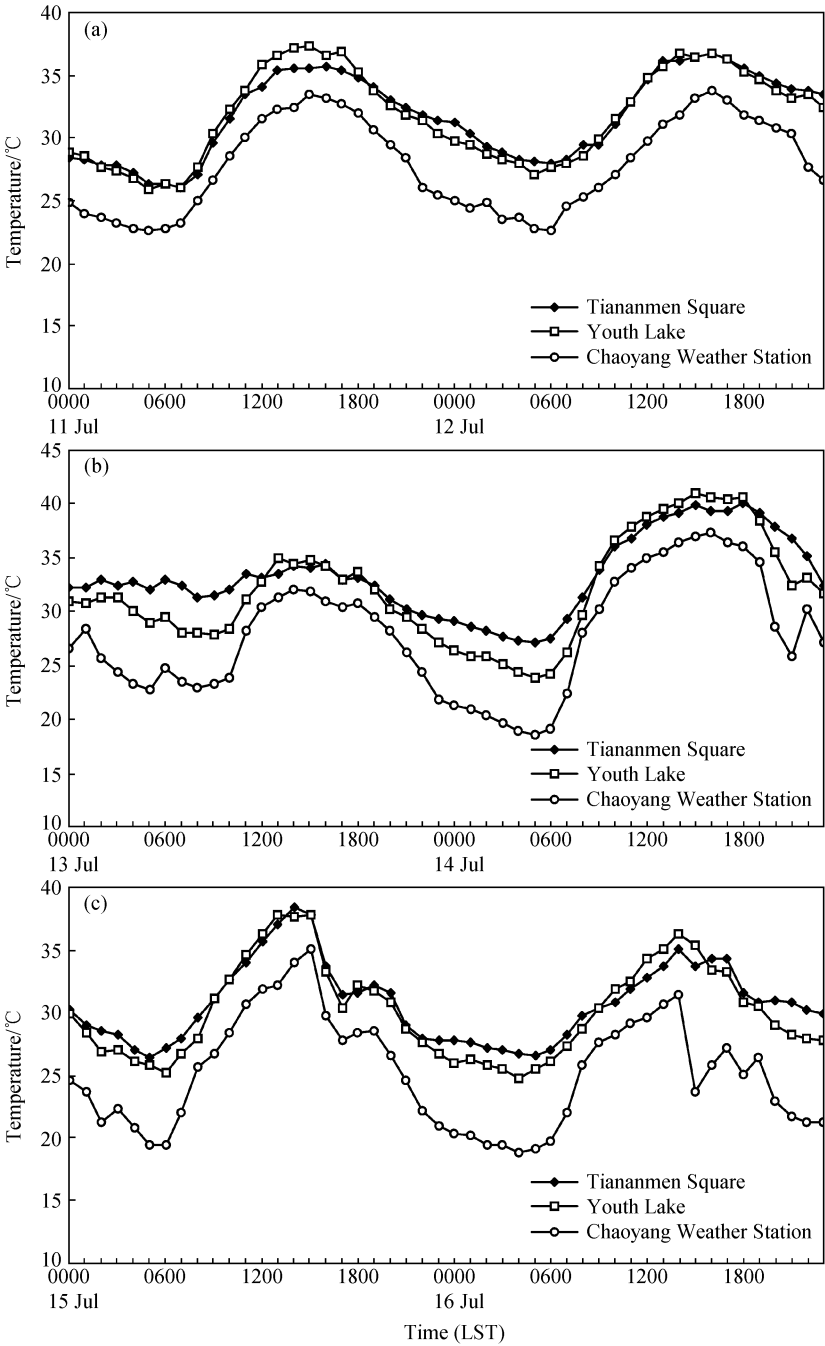


图1 2002年7月11~16日北京天安门、青年湖公园和朝阳气象站气温日变化: (a) 11~12日; (b) 13~14日; (c) 15~16日
Fig. 1 Diurnal change of air temperature from 11 to 16 Jul 2002 at Tiananmen Square, Youth Lake Park and Chaoyang Weather Station in Beijing: (a) 11-12 Jul; (b) 13-14 Jul; (c) 15-16 Jul

出2002年7月14日,朝阳站和海淀站气温、相对湿度和人体舒适度日变化曲线。图中16时(北京时,下同)朝阳站的最高气温为37.4℃,海淀站最高气温达41.4℃,相差约4℃;朝阳站 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 高温持续时间为7h(12~19时),海淀站为12h(9~21时),相差5h。这说明集中绿地对高温

的缓解作用是比较显著的。但由于在高温持续期间,朝阳站的相对湿度(约25%)比海淀站(约12%)高出1倍左右,由此计算两站人体舒适指数都在80~83之间,大多数人都会有闷热很不舒适的感觉,两站之间几乎没有差别。这说明在 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 高温天气条件下,集中绿地的降温作用对人体舒适

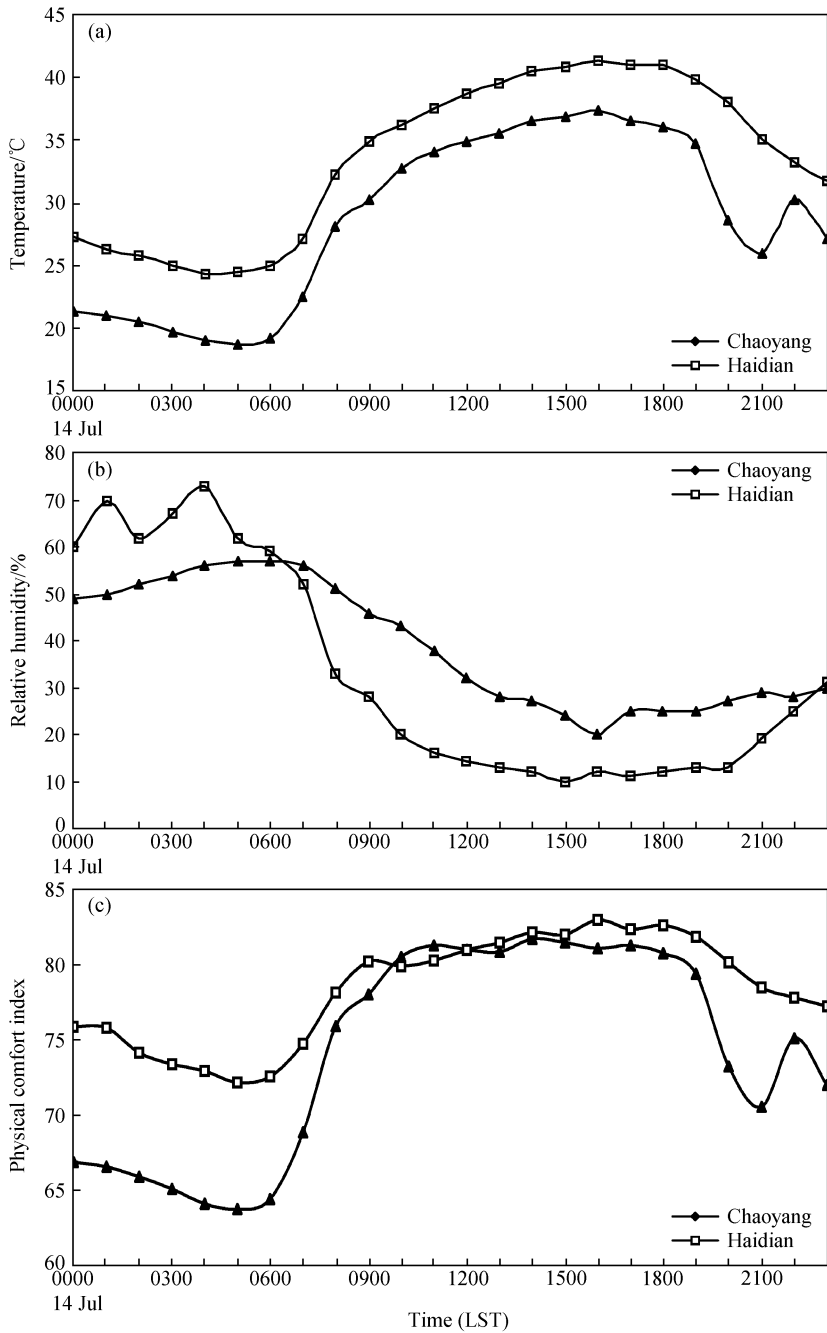


图 2 2002 年 7 月 14 日朝阳站和海淀站气温、相对湿度和人体舒适度指数日变化：(a) 气温；(b) 相对湿度；(c) 人体舒适度指数
Fig. 2 Diurnal changes of air temperature, relative humidity and physical comfort index at Chaoyang and Haidian weather station on 14 Jul 2002; (a) surface air temperature; (b) relative humidity; (c) physical comfort index

度的改善由于绿地的增湿作用而被抵消。

6 总结

经过以上分析，我们得到以下初步结论：

(1) 所研究的集中绿地都具有缩短高温持续

时间的作用。但对最高气温的调节存在很大差异，有些集中绿地对最高气温几乎没有缓解作用，甚至有增温的可能性。部分原因可能是，北京的人为热排放是导致和加剧夏季高温的重要因素，而集中绿地对城市通风的影响，降低了人为热的扩散能力。因此，为发挥集中绿地缓解高温的作用，

应尽可能提高绿地的通风条件。

(2) 在通风条件良好的情况下(相比较而言,城市本身就是一个通风的限制因素),就北京市而言,绿化面积 $\geq 20 \text{ hm}^2$ 的集中绿地对缓解北京夏季城市高温的效果比较显著。就绿地对北京夏季高温的缓解效果来说,集中绿地在缩短午后高温的持续时间方面更有效。

(3) 在 $\geq 35^\circ\text{C}$ 高温天气条件下,绿地的降温作用对人体舒适度的改善,会由于增湿作用而被抵消。在绿化面积小而密实的绿地,人体舒适度可能会更加恶化。

因此,在有效发挥绿化降温作用的实践中,应在提高绿化覆盖率和降低绿化减小城市通风的矛盾中寻求平衡点。鉴于北京能有效减缓夏季高温的集中绿地面积临界点为 20 hm^2 左右,单纯靠绿化减缓夏季高温是不现实的,还应从增加城市通风条件,如调整街道和建筑物走向以及增加道路宽度等方面采取措施。

参考文献 (References)

- [1] 宋艳玲, 张尚印. 北京市近 40 年城市热岛效应研究. 中国生态农业学报, 2003, **11** (4): 126~129
Song Yanling, Zhang Shangyin. The study on UHI of Beijing City in recent years. *Chinese Journal of Eco-Agriculture* (in Chinese), 2003, **11** (4): 126~129

- [2] 林学椿, 于淑秋, 唐国利. 北京城市化进程与热岛强度关系的研究. 自然科学进展, 2005, **15** (7): 882~886
Lin Xuechun, Yu Shuqiu, Tang Guoli. Study on the relation between urbanization and Beijing UHI intensity. *Journal of Natural Sciences* (in Chinese), 2005, **15** (7): 882~886
- [3] 王喜全, 王自发, 郭虎. 北京“城市热岛”效应现状及特征. 气候与环境研究, 2006, **11** (5): 627~636
Wang Xiquan, Wang Zifa, Guo Hu. The study of the urban heat island in Beijing City. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2006, **11** (5): 627~636
- [4] Shashua-Bar L, Hoffman M E. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street an empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. *Energy and Buildings*, 2000, **31**: 221~235
- [5] Chen Yu, Wong Nyuk Hien. Thermal benefits of city parks. *Energy and Buildings*, 2006, **38**: 105~120
- [6] 李延明, 郭佳, 冯久莹. 城市绿色空间及对城市热岛效应的影响. 城市环境与城市生态, 2004, **17** (1): 1~4
Li Yanming, Guo Jia, Feng Jiuying. Urban green space and its effect on urban heat island effect. *Urban Environment and Urban Ecology* (in Chinese), 2004, **17** (1): 1~4
- [7] 朱瑞兆主编. 应用气候手册. 北京: 气象出版社, 1991
Zhu Ruizhao, Ed. *Handbook of Applied Meteorology* (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 1991
- [8] 吴兑, 邓雪娇, 编著. 环境气象学与特种气象预报. 北京: 气象出版社, 2001
Wu Dui, Deng Xuejiao, Eds. *Environmental Meteorology and Special Weather Forecast* (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 2001