

近 10 年上海盛夏高温及热岛强度变化趋势

漆梁波

(上海中心气象台, 上海 200030)

摘要 对上海地区 11 个观测站的近 10 年的 7 月最高气温观测资料进行分析发现:(1)2003 年 7 月,上海城区和郊区的最高气温均突破过去 30 年的极值,但 2003 年的热岛效应强度却并不是近 30 年来最高的一年;(2)过去 10 年的观测资料表明,郊区平均最高气温变化不大,上海城区的平均最高气温则呈明显的上升趋势,这表明城区环境变化所导致的热岛效应是城区气温逐年升高的主要原因;(3)热岛效应强度年际变化存在猛增阶段和平稳升高的阶段,这种变化主要由人为因素所致,平稳增加的阶段热岛效应强度的波动与区域气温的波动呈正相关;(4)未来几年,上海的热岛效应强度仍将缓慢增加,但上海市政府合理的城市发展规划可使这一增加趋势减缓,最终达到一个平稳的强度。

关键词 高温 热岛强度 趋势分析

引言

我国通常把日最高气温超过 35°C 的日子定义为高温日^[1]。2003 年,罕见的高温天气使上海自 1873 年有记载以来气象史上多项高温纪录被改写:2003 年 7 月 8 两月的市区平均气温达 29.9°C ,比常年高 2.1°C ,为上海 130 年来同期之最;7 月 29 日市区日平均气温达 34°C ,7 月下旬平均气温和平均最高气温分别达到 31.9°C 和 36.9°C ,也是 130 年来同期最高值。异常的城市高温往往使本地经济发展遭受损失,市民正常生活受到影响,主要表现为五高一低:供水、供电、发病率、交通事故发生率和生活垃圾量出现高峰,工业产值出现低值,夏季高温天气已经演变为上海地区的一种重要气象灾害^[1]。20 世纪 90 年代以来,上海地区夏季高温有加强的趋势^[2]。过去的许多研究已经表明,除了气候变暖的原因,城市建设发展导致的热岛效应是本地区夏季高温加强的重要原因^[3,4]。

近 10 年以来,上海的经济的发展非常迅猛,全市 GDP(国内生产总值,下同)的年均增长连续 11 年超过 10%,城市建设也大幅发展,与城市发展有密切联系的城市热岛效应的变化情况如何呢?未来又会

有何种变化趋势呢?本文对上海地区 11 个观测站的 30 年及近 10 年的 7 月最高气温观测资料作了对比分析,以期对这些问题有所解答。本文分为 3 部分:首先分析近 30 年和近 10 年上海地区夏季最高气温的演变及热岛效应强度的变化情况,然后深入分析导致热岛效应强度变化的原因以及未来可能的演变趋势。

1 最高气温及热岛效应的变化情况

气候统计上,一般用 7 月的气象要素值来代表夏季的气象要素状况^[5],下文中提到的夏季均表示 7 月。以下首先来考察 1971 年至今上海徐家汇测站(位于城区,以下简称为城区)7 月最高气温的变化情况。图 1 是 33 年来徐家汇站 7 月的高温天数变化。统计表明,1971~2000 年中,城区夏季的平均高温日为 5~6 天,而从图中可以发现,自 20 世纪 90 年代以来,高温天数明显增加,超过 10 天以上的年份也越来越多,2003 年更是达到 19 天,为 30 年之最。图中粗黑色的滑动平均线也描述了这一变化特征,90 年代以后,滑动平均的高温天数虽然有所波动,但始终在 6 天以上,而且保持增长的趋势。近 10 年(1993~2002 年)的滑动平均天数更是在 9 天以上,这说明对

上海城区而言,近 10 年是 30 年中最热的夏季。而 2003 年夏季又是近 10 年中最热的夏季,这在城区极端最高气温的观测值中能得到体现:1971~2000 年的 30 年间,大于 38℃高温日总共出现了 8 天,极端最高气温为 38.6℃,而 2003 年夏季大于 38℃的高温日就出现了 6 天,其中大于 38.6℃的高温日就有 4 天,极端最高气温更是达到 39.6℃。

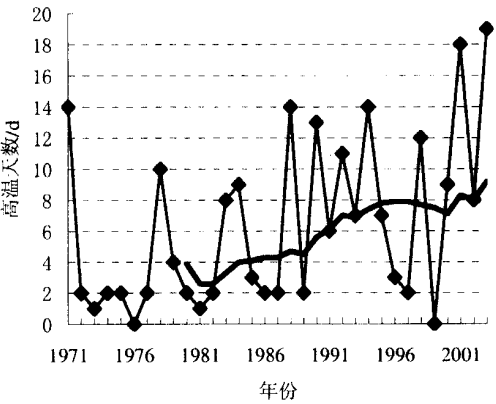


图 1 1971~2003 年上海城区夏季(7 月)高温天数的变化
(图中粗黑色线为 10 年滑动平均趋势线)

下面考察近 10 年上海夏季热岛效应的变化情况。关于热岛效应的强度计算目前尚无统一标准,以往的研究中,根据研究目的不同,表达热岛强度分别采用日平均最高气温、最高气温、最低气温或月平均气温、年平均气温等要素的城郊差值来描述^[6]。前人的工作还表明,季风气候区城市热岛强度以秋冬季最强,春夏季则较弱;而且同一季节,也以夜间的热岛强度为最大^[6]。但正如本文的引言中所提到的,夏季高温天气已经演变为上海地区的一种重要气象灾害,作为对气象灾害的关注,以下选择城区与郊区夏季平均最高气温的差值来表示热岛效应的强弱,来分析近 10 年上海城市热岛效应的变化。城区的观测值采用前文提到的位于城区的徐家汇测站的观测资料,郊区的观测值采用上海 10 个郊区气象局观测值的平均值来代表。选择 10 个郊县的观测平均值来作郊区观测值的代表有两个原因:①由于上海市三面环水(东临大海,北接长江,南靠杭州湾),各郊县站由于所在地理位置的差异(靠近水面或不靠近水面),其观测值之间本身就有明显的差异,任一郊县站的观测值与城区观测值之间的差异都不能完全反映城区热岛效应的强弱,10 站的平均值就能很好地描述上海郊区的平均气温状况,而且

可以剔除少数测站在 10 年间进行搬迁或改造而带来的影响。②10 个测站平均值的变化也能很好地代表上海地区的平均气候状况,这一气候状况基本上排除了城市发展对气温观测的影响,更多地反映区域气候本身的自然变化。

表 1 是上海城区及郊区夏季(7 月)平均最高气温在不同时间段的变化。从表中可以看出,1990 年以前,平均热岛效应为 0.38℃,而近 10 年的平均热岛效应则猛升到 1.06℃,这正是对应上海城市建设大发展的 10 年。而近 10 年间郊区平均气温与长期气候平均值相同,这表明从 10 年尺度来讲,对上海地区而言,气候环境并不处在增暖之中,由城区环境变化导致的热岛效应是城区气温逐年升高的主要原因,甚至可以说是唯一原因。同时,将近 5 年(1998~2002 年)的平均值与近 10 年的平均值作比较可知:近 5 年的平均热岛效应为 1.17℃,虽然仍保持增长,但其变率已经开始减缓(近 5 年的平均热岛效应变化为 0.11℃,远小于近 10 年的平均变化值 0.68℃)。2003 年夏季虽然是 30 年来最热的夏季,热岛效应达到 1.45℃,但热岛效应的变化也仅为 0.39℃(与近 10 年的平均值相比),这说明经历了 90 年代前期和中期热岛效应的急剧增加之后,近 5 年,上海城市热岛效应步入平稳增长期,这也与上海城市建设的发展轨迹是吻合的,即经历了城市建设的高速发展之后,上海目前的城市发展正步入一个平稳而有序的增长期。

表 1 城区及郊区夏季(7 月)平均最高气温
在不同时间段的变化 ℃

	平均最高气温			
	1961~1990 年	1993~2002 年	1998~2002 年	2003 年
城 区	31.60	32.28	32.58	35.09
郊 区	31.22	31.22	31.41	33.64
城郊温差	0.38	1.06	1.17	1.45
城区气温变化	—	0.68	0.30	2.81
郊区气温变化	—	0.0	0.19	2.42
热岛效应变化	—	0.68	0.11	0.39

图 2 是 1993~2003 年上海夏季郊区平均最高气温及城市热岛效应强度的变化(图中为对比方便,已将郊区平均最高气温的数值除以 10)。正如前文所提到的,郊区平均最高气温的变化反映了上海区域气候的变化。从图 2 中可以看出,近 10 年来,上海地区的夏季平均最高气温总体呈现一种平稳波动的状态,2003 年夏季平均最高气温达到 33.64℃,

是近 10 年的最高值,但也仅比 1994 年夏季的 $33.48\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高 $0.16\text{ }^{\circ}\text{C}$,还在一个合理的波动范围之内。而相对应的热岛效应强度则呈现出一种波动上升的趋势,2001 年的热岛效应强度达到 $1.49\text{ }^{\circ}\text{C}$,2003 年达到 $1.45\text{ }^{\circ}\text{C}$,很明显,2003 年虽然是 30 年中最热的夏季,但热岛强度并不是最高的一年。另外,对比观察热岛效应强度的变化及郊区平均最高气温的变化,可以看出,热岛效应强度的变化与郊区平均最高气温的变化是同步的,两条曲线基本以同位相波动,即区域气候气温升高的年份,热岛效应也变强,区域气候气温降低的年份,热岛效应相对变弱一些。

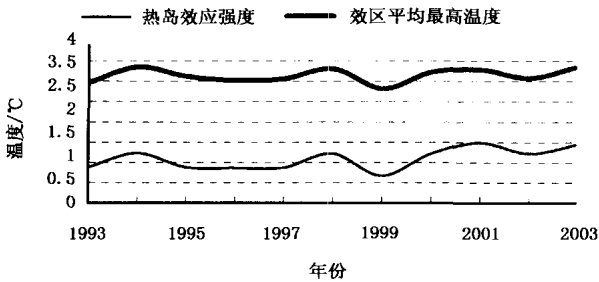


图 2 1993~2003 年上海夏季郊区平均最高气温及城市热岛强度的变化

(为方便起见,图中的郊区平均气温值为实际值除以 10 后的值)

前人的综合研究表明:城市热岛效应强度基本上都是与风速、云量、气温直减率和区域气温成负相关,与人为热成正相关^[6]。与区域气温的负相关主要表现在热岛效应强度秋冬比春夏强,夜里比白天强,这其实只是反映了热岛效应的季节变化和日变化。本文上面的分析则表明:对于年际变化,热岛效应强度的变化存在猛增阶段和平稳升高的阶段,而且,在平稳升高的阶段中,热岛效应强度的波动与区域气温的波动不是负相关,而是正相关的,即区域气温升高的年份,热岛效应也变强,区域气温降低的年份,热岛效应相对变弱一些。

2 导致热岛效应强度变化的原因以及演变趋势

城市热岛是在人为因素(城市化)和局地天气气象条件共同作用下形成的。在人为因素中以下垫面性质的改变、人为热和过量温室气体的排放等尤为重要。在局地天气气候条件中则与天气形势、风、云量等关系最为密切。前面的分析指出:对于年际变化,上海热岛效应强度的变化存在猛增阶段和平稳

升高的阶段,以下来具体分析人为因素变化和这一变化规律的关系。随着城市规模的不断发展,城市下垫面的改变主要由水泥路面和水泥建筑物的增多来体现。图 3 是上海市自 1989 年至 2007 年的人均居住面积的增长图,其中 2003 年的数字为估测值,2007 年的数字为预测值^[7]。从图中可以看到,1989 年,上海人均居住面积在 6 m^2 左右,到 1997 年增加到 9 m^2 ,近几年也保持平稳增长。虽然下垫面性质的改变不能完全由住宅面积的改变来体现,但可以肯定,住宅面积的增加对城市热岛效应的增强有很大作用。另外,根据上海电力局的统计^[8],由于城市规模和住宅建设的不断扩大,每年夏季用电的相当比例是空调用电,这一比例在 1990 年约为 20%(当年夏季峰值负荷为 $400\times 10^4\text{ kW}$),到 1999 年上升到 36%(当年夏季峰值负荷为 $900\times 10^4\text{ kW}$),2003 年这一比例达到 44%(当年夏季的峰值负荷则达到 $1362\times 10^4\text{ kW}$,其中空调用电约为 $600\times 10^4\text{ kW}$)。很显然,空调的增加使得越来越多的住宅中气温保持相对凉爽,但大量的空调散热器则很大程度上提高了户外气温。其实住宅面积的变化和空调用电的增加恰恰是人为因素中下垫面变化和人为热变化的重要体现。能体现城市发展轨迹的还有城市的 GDP 增长率,上世纪 80 年代,上海的 GDP 增长非常缓慢,基本上和全国的平均水平相当,年均增长率在 3%~5%之间,但 1992~2002 年间,连续 11 年,每年的 GDP 增长在 10%以上。上海热岛效应强度的变化趋势正好与这种发展趋势一致,即存在 90 年代初期的猛增阶段和 90 年代中后期的平稳升高阶段。

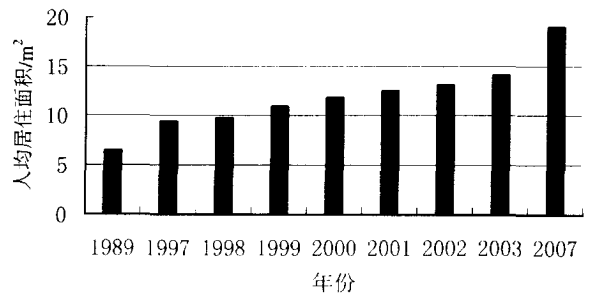


图 3 上海市 1989~2007 年的人均居住面积的变化

如前文所分析,上海城市热岛效应强度随着城市平稳发展而平稳上升的同时,也将随着区域气候气温的波动而波动。“十五”期间,预计上海 GDP 年

均增长 9%~11%,到 2007 年,人均 GDP 达到 7500 美元^[7]。国外发达国家的数据表明,人均 GDP 达到 4000~8000 美元之间,是住房消费发展的快速增长期^[9]。2001 年上海人均 GDP 已突破 4500 美元,而 2007 年上海市政府的目标是达到 7500 美元,显然,未来几年,上海的城市规模及城镇住宅建设仍将保持快速增长。如果按过去 5 年的速度,这将使得上海的热岛效应强度继续以每年约 0.02 °C(1998~2002 年之间平均热岛效应强度增加 0.11 °C)的速度增加。但是,从上海市政府 2002 年制定的“十五”计划看,未来上海市的城镇建设将改变中心城区蔓延扩张、郊区分散布点的格局,重点发展新城和中心镇,加快郊区城镇化的集聚,促进人口的有序集中,构筑上海现代城镇体系。这样的规划会大大缓解中心城区建筑和人口的密集度,从而减缓热岛效应强度的增加速度。另外,从“九五”开始,上海的园林绿化建设取得突破性进展,到 2000 年底,市区人均公共绿地面积从 1996 年年初的 1.69 m² 提高到 4.5 m²,绿化覆盖率从 16%提高到 21%，“十五”期间,将继续朝着建设国家园林城市的目标努力,预计 2005 年市区绿化覆盖率达到 28%~30%^[7]。城镇建设的合理规划及绿化建设的加强客观上改变了影响热岛效应强度的人为因素,从而减缓城市热岛效应的加剧。前人关于上海绿地建设和环境规划对热岛效应有减弱作用的工作也证明了这一点^[10]。因此,可以预见,尽管未来几年,上海的城市发展仍将保持稳定增长,热岛效应强度仍将缓慢增加,但上海市政府合理的城市发展规划将使得这一增加趋势持续减缓,最终达到一个平稳的强度。

3 结论和讨论

(1)2003 年 7 月,上海的城区和郊区的最高气温观测均突破了过去 30 年的极值,为近 30 年来最热的 7 月,但对应的热岛效应强度却并不是近 30 年来最高的一年。

(2)从气候意义讲,过去 10 年的观测资料表明,郊区的平均最高气温变化不大,上海城区的平均最高气温则呈明显的上升趋势。这表明从 10 年尺度来讲,对上海地区而言,气候环境并不处在增暖之中,由城区环境变化所导致的热岛效应是城区气温逐年升高的主要原因,甚至可以说是唯一原因。

(3)对于年际变化,热岛效应强度的变化存在猛增阶段和平稳升高的阶段,这种变化主要由人为因素的变化所致。而且,在热岛效应强度平稳增加的阶段中,热岛效应强度的波动与区域气温的波动呈正相关,即区域气温升高的年份,热岛效应也变强,区域气温降低的年份,热岛效应相对变弱一些。

(4)未来几年,上海的城市发展仍将保持稳定增长,热岛效应强度仍将缓慢增加,但上海市政府合理的城市发展规划可使得这一增加趋势持续减缓,最终达到一个平稳的强度。但要引起重视的是,这一减缓趋势中不可避免地包含区域气温变化所带来的波动,因此,在高温天气较多的年份,热岛效应强度将得到加强,进而会加剧城市热浪所带来的不利影响。

参考文献

- 1 丁金才,周国良,周红妹.上海城市高温灾害和气候成因的初步研究.大气科学研究与应用,1998,1:138-144
- 2 丁金才,张志凯,奚红,等.上海地区盛夏高温分布和热岛效应的初步研究.大气科学,2002,26(3):412-420
- 3 周红妹,丁金才.卫星在上海城市热场分布动态监测中的应用研究.大气科学研究与应用,1998,1:150-156
- 4 张光智,徐祥德,王继志,等.北京及周边地区城市尺度热岛特征及其演变.应用气象学报,2002,13(增刊):43-49
- 5 严济远,徐家良.上海气候.北京:气象出版社,1996
- 6 周淑贞,束炯.城市气候学.北京:气象出版社,1994
- 7 上海市政府.上海市国民经济和社会发展第十个五年计划纲要,2002
- 8 王晶.燃气空调缓解中国电荒.经济观察报,2003-08-18,122
- 9 冷君雷.资流入与上海房地产发展的理性思考.中国经济信息,2003,(2):23-24
- 10 周红妹,丁金才,徐一鸣,等.城市热岛效应与绿地分布的关系监测和评估.上海农业学报,2002,18(2):83-88

Trend Analysis of Midsummer High Temperature and Urban Heat Island Effect in Shanghai over Past 10 Years

Qi Liangbo

(Shanghai Meteorological Center, Shanghai 200030)

Abstract: After carefully analyzing of high temperature in July from 11 stations in Shanghai in the past 10 years, it is founded: (1) July 2003 is the hottest in recent 30 years with the maximum temperatures breaking the 30-years record both in urban and rural areas but the Intensity of Heat Island Effect (IHIE) was not the highest compared with the records of the past 30 years. (2) The suburban average maximum temperature changed slightly in the past 10 years while the average maximum temperature in the urban area went up distinctly. It indicates that the heat island effect resulted from environment exchanges is the main cause of the recent urban temperature increase. (3) The inter-annual variation of IHIE has a rapid period and a smooth period, which was caused by various human activities. The change of IHIE has a positive correlation with the regional temperature fluctuation. (4) IHIE in Shanghai will still increase slowly in the coming years, but if the Shanghai Municipal Government has a reasonable city development plan, the temperature increase will be slow down gradually, and IHIE in Shanghai will become stable finally.

Key words: high temperature, heat island effect, trend analysis