

文章编号: 1000-2022(2005)05-0672-07

合肥市夏季热岛特征研究

石春娥^{1,2} 王兴荣², 吴必文²,
何彬芳², 吴息¹, 陈万隆¹

(1 南京信息工程大学 应用气象学系, 江苏 南京 210044; 2 安徽省气象科学研究所, 安徽 合肥 230031)

摘要: 根据 2002 年夏季高温期间合肥市城市小气候考察的资料, 分析了合肥市夏季城市热岛特征以及热岛强度的历史变化。结果表明: 1) 合肥市夏季热岛强度的日变化与冬季明显不同, 夏季晴天一天中热岛强度只出现一个峰值, 其基本特征与 Oke 提出的理想状态下的城市热岛强度日变化的模式曲线非常相似, 而冬季与高纬地区的加拿大卡尔加里城市的热岛强度日变化特征接近。这反映了冬、夏两季人类活动、能源消耗量的不同; 2) 随着城市范围的扩大和城市绿化工程的实施, 合肥市热岛面积、分布形状有了一定的改变, 但主要分布特征和强度基本没有变化。

关键词: 城市气候; 城市热岛; 合肥

中图分类号: P467 **文献标识码:** A

对城市气候的研究可以追溯到 150 a 前^[1]。城市气候最突出的特征就是城市近地层的气温比郊区高, 这种现象被称为城市热岛。城市热岛现象十分普遍, 国内外不少学者都对它进行了大量的观测和模拟研究^[1-14]。有很多因子影响着城市热岛的形成^[2-4], 除了一些普遍的共同特征, 如人类活动, 人为热等以外, 各城市还有由其特有的局地因素, 如人口密度, 城市规模, 城市结构, 地形, 地理位置等不同而具有的独特的城市热岛分布特征。对同一城市而言, 其热岛特征也会因城市规模和布局的发展改变而改变。

对城市热岛的研究不仅仅是为了了解人类活动对局地气候的影响, 更是为了解决城市发展中遇到的一些实际问题, 如怎样避免因城市热岛引起局地环流而造成高浓度大气污染等不利于人体健康的现象出现, 如何在城市规划中避免因城市热岛而导致城市中夏季极端高温的出现等。

安徽省省会城市合肥在过去的 10 a 经历了城市规模和工业生产等方面的迅速发展, 其发展已对城市气候, 尤其是气温产生了明显的影响^[15]。已有不少科学工作者对合肥市的热岛效应进行过研究^[14-16], 这些研究分别采用不同的方法研究了不同年代合肥市的热岛强度分布特征。吴可军等^[14]利用 NOAA 卫星遥感资料得到了合肥市气温分布, 认为合肥市不仅存在城市热岛, 而且 02 时(北京时, 下同)和 08 时经常存在冷岛, 02 时出现的频率(40%)高于 08 时

收稿日期: 2003-09-09 改回日期: 2005-04-04

基金项目: 安徽省合肥市城市规划局资助项目(2002-01)

作者简介: 石春娥(1970-), 女, 安徽人, 博士, 高级工程师, 研究方向: 大气物理与气候变化。E-mail: shichun@ sina.com.

(31%), 并指出这主要是由于市区内两类不同特点的下垫面所造成的。严平等^[15]根据 1976—1990 年合肥市城市气候综合跟踪调查分析以及 1985 年大规模布点观测研究认为, 合肥市全年都存在热岛效应, 且热岛强度在 6、7 月份最强, 12 月、次年 1 月份最弱; 热岛强度日变化在冬季有两个峰值, 分别在 08:00 和 16:00 前后, 正午时较弱, 同时根据灰色理论预测了合肥市热岛强度随着人口的增长而逐年增强, 1998 年最高值达到 5.9℃, 估计到 21 世纪初, 随着人口的增长, 热岛强度可达 9.2℃。但这个结论是根据冬季资料做出的, 也没有讨论夏季热岛强度的日变化特征^[15]。石春娥等^[16]利用合肥市气象站及周边县站近 40 a 的历史资料, 采用滤波的方法分析表明: 1988 年以前, 城市发展对合肥市气象站的年平均气温基本没有影响; 1988 年以后, 随着工业总产值的明显增加, 城市发展对合肥市气象站的年平均气温影响也明显增加, 合肥市气象站与周围气象站之间的年平均气温温差的演变趋势大致与合肥市工业总产值演变趋势一致; 至 1994 年, 因城市发展引起的合肥市与周围气象站的年平均气温温差增加至 0.25℃, 最高气温温差变幅低于最低气温温差变幅。虽然文献 [14] 和 [15] 已对合肥市的热岛效应做了比较详尽的研究, 但研究所用资料基本上是 1990 年以前的, 而在 1990 年以后合肥市不论是城市规模还是工业产值都得到了较大的发展, 到 20 世纪 90 年代中期已对合肥市气温产生明显的影响^[16]。为了对安徽省省会城市合肥市进行科学规划和合理工业布局, 改善城市生态环境和营造适宜人类居住空间, 受合肥市规划局委托, 2002 年夏季, 在合肥进行了为期半个月的城市气候考察。本文通过对这次考察结果及文献记载的合肥市历史上热岛状况的比较分析, 对合肥市热岛分布和演变作了一些探讨。

1 高温日数分析

合肥市地处长江流域的江淮分水岭南侧, 地势由西北向东南倾斜, 四周岗冲起伏, 气候属于北亚热带季风气候, 每年的 5—9 月是该地区的温暖湿润的季节, 典型的雨季是开始于 6 月结束于 7 月的梅雨。根据 1953—2001 年合肥市气象站资料, 合肥市年极端最高气温均在 35℃ 以上, 极端最高气温 41.0℃, 出现在 1959 年 8 月 23 日; 虽然 35℃ 以上高温天气每年都有, 但不同年份高温日数和持续天数相差很大, 最多的年份为 1967 年, 有 45 d 最少的年份为 1987 年, 仅有 1 d 平均 15.1 d。最多的 10 a 为 1958—1967 年, 10 a 年平均为 23.1 d 最少的 10 a 为 1980—1989 年, 10 a 年平均为 10.0 d。从 90 年代开始, 35℃ 以上高温日数开始增加, 10 a 年平均上升为 15 d 左右。用 1971—2000 年南京和合肥气象站同期资料进行比较, 可以看出: 合肥 35℃ 以上高温日数 30 a 平均为 13.4 d, 比号称“火炉”的南京 11.6 d 多 1.8 d。90 年代以来, 合肥 35℃ 以上高温 10 a 平均日数 14.9 d 比南京 12.8 d 多 2.1 d 可见合肥热岛现象比南京严重, 35℃ 以上高温天气年平均日数多 2 d 左右。

2 观测试验和仪器

2002 年 7 月 8 日梅雨结束, 此后安徽省在副热带高压控制下, 天气晴好, 炎热。城市气候考察组在合肥市不同下垫面条件和不同功能区布点进行小气候观测。设立的气象观测点有: 市府广场、国投药业仓库(文昌新村附近)、平塘王保护区(蔬菜田)和西山景区(庐阳饭店草坪)。此外还在平塘王杉林地和义兴镇东部(黄镇 12 队)水稻田设立了辅助气象观测点, 并采用差值法^[17]将这两个点观测值做超短序列延长订正。以上测点均按国家气候站观测规范进行观测。在一环、二环公路上 11 个测点还进行气温流动观测。测点分布如图 3 所示。各测点的下垫面情况及对应的功能区见表 1。此外, 分析时还使用了 3 个固定气象站(合肥市气象

站,合肥西郊区和琥珀山庄的环境监测点)的资料。观测日期为 2002 年 7 月 4—18 日,20 日进行补充观测;流动观测站观测的时间为 15 日的 08 时、14 时和 20 时,只观测干球温度。在市府广场还有温度自记观测。

本次观测所用的仪器主要有通风干湿温度表(阿斯曼),干湿球温度表,地温表和自记温度计等仪器。在热岛观测前后,分别将上述仪器置于合肥市气象站同类仪器旁进行观测和自然鉴定。自记温度计精度为 0.2°C ,其他均不超过 0.1°C ,符合观测要求。

表 1 不同功能区与下垫面类型的对应关系

Table 1 Corresponding relation between functional areas and types of underlying surface

功能区	下垫面类型	观测点
市中心	水泥地,建筑物	市府广场
园林与小水域	城市绿地	庐阳饭店
半开发区	水泥地、建筑物与草地混合区	国投药业仓库与合肥气象站
旱田	蔬菜地	平塘王
水田	水稻田	义兴镇东北

3 夏季高温期间合肥市热岛特征分析

3.1 合肥城市热岛强度日变化

城市热岛强度通常定义为城市区的气温与郊区的气温差。利用观测期间合肥市中心的市府广场和位于接近郊区的合肥市气象站的温度自记资料得到合肥市热岛强度(市府广场气温与气象站气温差)日变化(图 1)。由图 1 可以看出,城市热岛强度夜晚强,白昼午间弱,大约 21—23 时最强,09—12 时最小。这种变化特征与 Oke 根据中纬度大量观测记录归纳出来的“理想状态”下(城郊地形平坦,天气晴朗、风小)的城市热岛强度日变化模式曲线^[3]非常相似,但与文献[15]给出的 1985 年 1 月合肥市晴天观测结果(图 2)完全不同;在 1985 年冬季一天中热岛强度有两个峰值,分别在 08 时、18 时前后,分别与城市里早晚上下班高峰期车流量增多对应,正午时最弱,其变化特征与加拿大艾伯塔洲的卡尔加里城市 1974—1975 年间的热岛强度日变化有些类似。

热岛的形成与城市下垫面性质、人为热、空气污染及气象条件等有关。合肥市近 20 a 来城市发展迅速,建设了大量的楼房,新增了许多道路,从而使下垫面性质发生了很大变化;工业迅速发展,能耗增大,车辆大量增加,从而使人为热明显增大,使空气中温室气体和污染颗粒物增加。在城市化过程中,下垫面性质的显著变化对城市热岛的增强起着极为重要的作用,与郊区下垫面相比,城市里下垫面增加了钢筋水泥,水面和湿地明显减少,由于潜热释放明显减少,这就使得其白天吸收的太阳热量远大于郊区,夜间长波辐射及人为释放的热量叠加使城里气温下降缓慢,从而导致夜间热岛强度大于郊区。另外,空气污染物的增多,特别是气溶胶粒子的大量增加,也会使夜间热岛强度增大。最近的研究^[18-20]表明,由于人类活动的影响,城市上空空气中的颗粒物(大气气溶胶)的浓度要比郊区大几个数量级,这些大气气溶胶根据成分的不同,对太阳的短波辐射和地球长波辐射都有不同程度的散射、吸收作用,因而能使白天到达城市地面的直接辐射减弱,称为“阳伞效应”,即对城市白天的增温不利。到晚上,这些颗粒物往往形成“雾障”,笼罩在城市的上空,增加地表长波辐射的逆辐射,不利于近地层降温,所以白天城乡气温差小,夜晚气温差大,有利于夜间城市热岛^[6]的形成。

从一天(北京时,下同)的变化情况看,如图 1 所示,日出之后,郊区由于建筑物密度小,阳光直射到地面,地面增温率大于城区,因而日出后城郊温差迅速下降,热岛强度减弱,到了近中午的时候一般风速比夜间大,湍流增强,城区和郊区间的水平和垂直方向的混合增强,城、郊气温差别更小,热岛强度达到最小。午后,随着太阳高度角的减小,郊区空旷,天穹可见度小,有效辐射强,地表散热快。而在城市中,由于下垫面不透水面积很大,用于蒸散的潜热远比郊区少,因而下垫面温度比郊区高,导致热岛强度急剧上升。特别是日落前后,城区因下垫面温度高,白天蓄积的热量多,地面长波辐射和湍流显热提供给城区大气的热量尚较多,因此气温下降缓慢,相对于快速降温的郊区大气来说,城市热岛进一步增强。子夜以后,城、郊气温冷却率相近,热岛强度逐渐减小。总而言之,随着合肥城市 20 余来年的大发展,其夏季晴天城市热岛

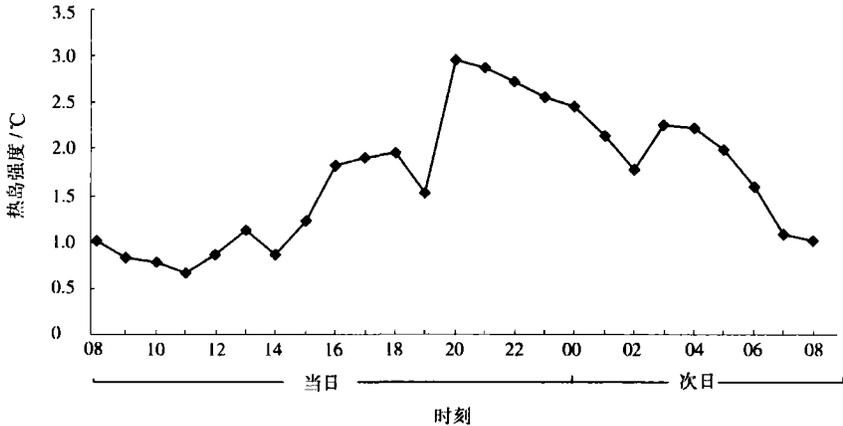


图 1 合肥市夏季晴天热岛强度(城乡温度差)日变化

Fig 1 Diurnal variation of the heat island intensity of urban Hefei in summer sunny days

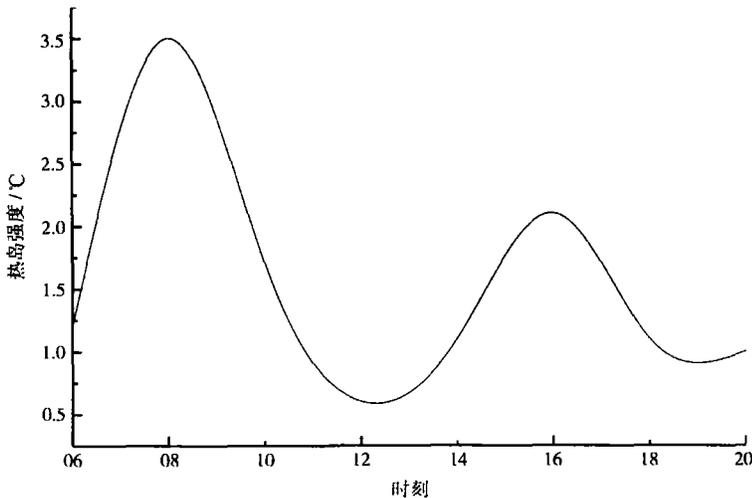


图 2 合肥市冬季热岛强度(城乡温度差)日变化^[15]

Fig 2 Diurnal variation of the heat island intensity of urban Hefei in winter^[15]

强度的日变化特征已接近于“理想状态”下的变化模式。

3.2 合肥市热岛中心日变化

2002年 7月 15日,合肥市为副高控制下的晴朗、小风、少云天气。除固定观测外,还进行

了流动观测。根据所有观测的温度资料,绘制了合肥市温度分布(图 3 4)。由图可见,合肥城市热岛中心具有明显的日变化。08时,热岛中心位于合肥市的东南象限,大体呈东西走向,中心与郊区的最大温差为 1.5°C 。14时,热岛强度略有上升,但热岛中心仍在城市的东南区域。20时,城市热岛强中心移到了合肥市的东北区域,最大热岛强度上升到 3°C 。在城市的西北象限气温一直偏低。与 1989年夏季温度分布^[12]相比,合肥市城市热岛的面积和形状有了一定的改变:市府广场虽然在高温区内,但已不是城市热岛的强中心,这可能是对市府广场综合治理和绿化的结果所致;城市热岛面积显著扩大,这与城市范围扩大有关。

上述合肥市城市热岛中心的日变化,主要与城市各地下垫面性质及人为热源不同有关。在合肥市的西北部有两个面积较大的水库,水库周围是绿化带,在夏季相当于两个大的冷源,而且水分蒸发耗热对空气亦有降温作用,所以在整个夏季那里的气温较低。而在合肥市中心及东北区域,建筑物密集,还有人工铺砌的道路和广场,经过白天的阳光直射,储积了大量的热量,日落以后下垫面温度和近地面气温下降速度比其他地方慢,因而在 20时形成了城市热岛强中心。在合肥市东部及南部的两个市区内,存在着诸如钢铁厂、化肥厂等许多重工业厂,有大量人为热释放,而且建筑物密度不及市中心及其北部地区,早晨升温要比市中心及其北部地区快,因而 08时的城市热岛中心偏向于合肥市的东南区域。

由以上分析可知,要改变城市热岛状况和强度,必须对城市建设科学规划,必须扩大城市绿化带。此外,城市内水网对减轻城市热岛强度,改善城市小气候亦起着十分重要的作用。

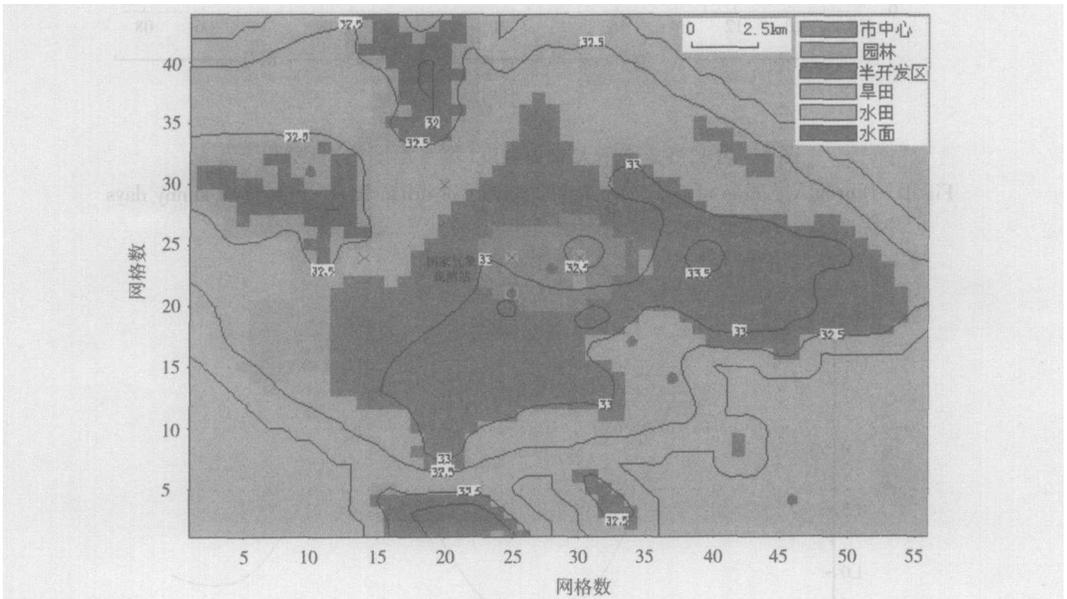


图 3 合肥市 2002年 7月 15日 08时地面空气温度分布

(单位: $^{\circ}\text{C}$; 圆圈点代表临时气象观测站, 叉号代表流动气象观测站)

Fig. 3 Surface air temperatures at 08:00 on Jun 15 2002 in urban Hefei

(units $^{\circ}\text{C}$; dots and crosses stand for temporal meteorological observatory stations and moving observatory stations, respectively)

4 讨 论

(1) 合肥市夏季热岛强度的日变化与冬季明显不同, 夏季晴天一天中热岛强度只出现一

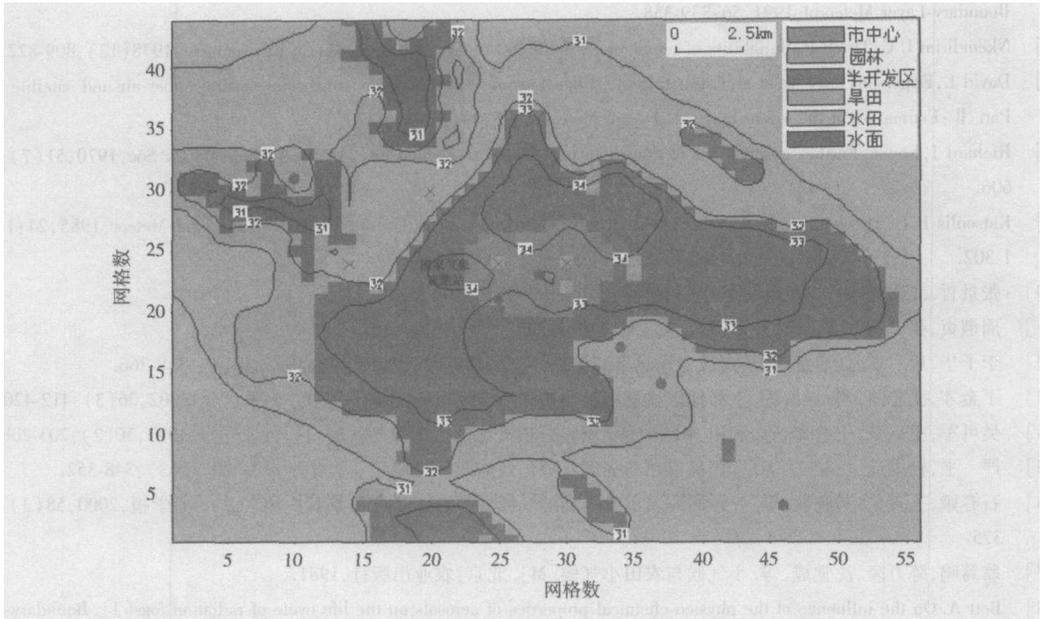


图 4 合肥市 2002 年 7 月 15 日 20 时地面空气温度分布

(单位: $^{\circ}\text{C}$; 圆圈点代表临时气象观测站, 叉号代表流动气象观测站)

Fig 4 Surface air temperatures of urban Hefei at 20:00 on July 15 2002

(unit: $^{\circ}\text{C}$; dots and crosses stand for temporary meteorological observatory stations and moving observatory stations, respectively)

个峰值, 其基本特征与 Oke 提出的理想状态下的城市热岛强度日变化模式曲线非常相似, 而冬季与高纬地区的城市加拿大卡尔加里城市的热岛强度日变化特征接近。这反映了冬、夏两季人类活动、能源消耗量的不同。

(2) 通过考察期间观测结果与历史文献的对比发现, 随着城市范围的扩大和综合治理绿化工程的实施, 合肥市热岛面积、分布形状虽然有了一定的改变, 但主要分布特征和强度基本没有变化。

(3) 近十年来合肥热岛现象比南京严重, 35°C 以上高温天气年平均日数比南京多 2 d 左右。

致谢: 南京信息工程大学李子华教授对本文提出了宝贵的修改意见, 中国科学技术大学袁仁民博士对论文的完成给予了帮助, 王玉兰、王峰等参与了观测, 在此一并表示感谢!

参考文献:

- [1] Kazimierz K, Krzysztof F. Temporal and spatial characteristics of urban heat island of Lodz Poland [J]. Atmospheric Environment 1999, 33(3): 885-3 895
- [2] Oke T R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations [J]. J Climate 1981, 1: 237-254
- [3] Oke T R, Maxwell J. The energetic basis of the urban heat island [J]. Q J R Meteorol Soc 1982, 108(45): 1-24.
- [4] Oke T R. The heat island of urban boundary layer: characteristic causes and effects [C] // Cernek J E, Davenport A G, Plate E J, et al Wind Climate in cities Dordrecht Kluwer Academic Publishers 1995: 81-107.
- [5] Oke T R, Johnson G, Steyn D, et al Simulation of surface urban heat island at night Part two diagnosis and causation [J].

Boundary-Layer Meteorol 1991, 56: 339-358

- [6] Nk emdirin L C, Truch P, Variability of temperature fields in Calgary[J]. Atmospheric Environment 1978(12): 809-822
- [7] David L, Epperson, Jerry M, et al Estimating the urban bias of surface shelter temperatures using upper-air and satellite data Part 1: Estimation of the urban bias[J]. J Appl Meteor 1995, 34(2): 358-370
- [8] Richard J Kopec. Further observations of the urban heat island in a small city[J]. Bull Amer Meteor Soc 1970, 51(7): 602-606
- [9] Katsoulis B D, Theoharatos. Indications of urban heat island in Athens Greece[J]. J Climate Appl Meteor 1985, 24: 1296-1302
- [10] 张景哲. 北京城市热岛的几种类型 [J]. 地理学报, 1984, 39(4): 428-435.
- [11] 周淑贞, 张超. 上海城市热岛效应 [J]. 地理学报, 1982, 37(4): 372-382.
- [12] 李子华, 唐斌, 任启福. 重庆市区冬季热岛和湿岛效应的研究 [J]. 地理学报, 1993, 48(4): 358-366
- [13] 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 [J]. 大气科学, 2002, 26(3): 412-420
- [14] 吴可军, 王兴荣, 王善型, 等. 利用 NOAA 卫星资料分析气温的城市热岛效应 [J]. 气象学报, 1993, 50(2): 203-208.
- [15] 严平, 杨书运, 王相文, 等. 合肥城市热岛强度及绿化效应 [J]. 合肥工业大学学报, 2000, 23(3): 348-352
- [16] 石春娥, 王兴荣, 马晓群, 等. 一种研究城市发展局地气候要素影响新方法及其应用 [J]. 气象学报, 2000, 58(3): 370-375
- [17] 翁笃鸣, 陈万隆, 沈觉成, 等. 小气候与农田小气候 [M]. 北京: 农业出版社, 1981.
- [18] Bott A. On the influence of the physicochemical properties of aerosols on the life cycle of radiation fogs[J]. Boundary-Layer Meteorol 1991, 56(1): 1-31
- [19] 王海啸, 黄建国, 陈长和. 城市气溶胶对太阳辐射的影响及其在边界层温度变化中的反映 [J]. 气象学报, 1993, 51(4): 457-463.
- [20] 李子华, 涂晓萍. 考虑湿度影响的城市气溶胶夜晚温度效应 [J]. 大气科学, 1996, 20(3): 359-366

A Study on the Summer Characteristics of Urban Heat Island in Hefei

SHI Chun-e^{1, 2}, WANG Xing-rong², WU Birwen²,
HE Bin-fang², WU Xi¹, CHEN Wan-long¹

(1. Department of Applied Meteorology, NUST, Nanjing 210044, China)

2. Anhui Institute of Meteorological Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract The characteristic of the summer heat island of urban Hefei is analyzed based on the microclimate data observed in urban Hefei during the period of high temperature in the summer of 2002. The development of the urban heat island intensity is analyzed in the light of relevant papers. The results of the present study indicate that the diurnal variation of the heat island intensity in summer is obviously different from one in winter and there is only one peak in the curve of the diurnal variation of heat island intensity. The basic character of diurnal variation in summer is very similar to that of the urban heat island under the ideal conditions put forth by Oke, while the basic character of diurnal variation in winter is similar to that of the Calgary in Canada of the high latitude area, which reveals that the human activity and energy consumption are different in summer and winter. With the enlargement of urban area and the carrying out of urban afforestation, both the area and distribution of the urban heat island have to some extent changed, but its main distribute character and intensity have no obvious change.

Key words urban climate, urban heat island, Hefei