

文章编号: 1000-2022(2003) 06-0768-05

合肥东南引风口对城区热岛调节作用的评估

吴 息¹, 陈万隆², 刘春岩²,
吴必文³, 石春娥³, 王兴荣³

(1. 南京气象学院 资源环境与城乡规划系, 江苏 南京 210044;

2. 南京气象学院 应用气象学系, 江苏 南京 210044;

3. 安徽省气象科学研究所, 安徽 合肥 230061)

摘 要: 通过观测资料分析, 认为合肥市东南引风口的夏季通风作用对合肥市夏季城市热岛强度起到一定的调节作用。并通过热量平衡方程的数值模拟, 分析了该区域下垫面状况的改变对合肥市区夏季平均温度的可能影响。

关键词: 城市热岛; 调节作用; 影响分析

中图分类号: P463.3 **文献标识码:** A

随着城市化的发展, 由于城市的特殊环境背景, 逐渐形成与周围环境不同的城市气候, 如城市热岛等。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, 气候属北亚热带季风气候。根据长期气象资料对比分析, 由于人口、工业及能耗的不断增加, 合肥市城市热岛有不断增强的趋势^{[1], 1)}。

由于合肥夏季盛行东南风, 为保持城市的通风效应, 调节城市生态, 在合肥市城市开发扩展过程中, 在城市的东南侧一直保留一片未开发的农田保护区, 给合肥市留下一个东南风的引风口, 这是历年来合肥市城市规划的一个基本理念。随着近年合肥城市的快速发展, 周边工业区的不断扩张, 城市空间扩张的压力越来越大, 东南引风口地区土地的商业开发问题不得不提到议事日程上。为了解和评价东南引风口地区开发后对合肥市区夏季热环境的影响程度, 受有关部门委托, 南京气象学院与安徽省气象科学研究所共同于 2002 年 7 月对合肥城市热岛分布特征进行了实际观测和分析, 并初步评价了该区土地开发及下垫面状况的改变对合肥市区夏季平均气温的可能影响。

关于城市热岛特征及长期趋势的分析以及热岛成因的方面的研究, 已经有许多的研究成果^[1-4]。但城市开发对城市温度影响的预评估目前国内尚无成熟的理论和方法, 本研究试图在此方面进行一些有益的探讨。

收稿日期: 2003-04-22; 改回日期: 2003-06-16

作者简介: 吴 息(1957-), 男, 江苏南京人, 副教授, 学士, 研究方向: 应用气候与统计气候。

1) 南京大学城市规划设计研究院. 合肥市东南引风口地区保护与开发研究报告[R]. 2002.

1 观测点概况

本研究采用分析各种典型下垫面代表性气温的差异为基本方法。以合肥市气象站为基准站(位于市区西部, 一环路和二环路之间), 四周为一般建筑为主的城区, 下垫面为标准气象观测场; 另选择市府广场为市中心商业密集区代表站(位于市区中心), 四周高层建筑密集, 下垫面为水泥地; 国投药业仓库为初步开发的城郊过渡区代表站, 为水泥地、旱地混合地(位于市区东南部, 一环路和二环路之间), 下垫面以泥地为主; 平塘王乡为未开发的郊区代表站(位于东南郊, 二环路以外), 下垫面及四周为蔬菜田; 庐阳饭店为城区绿地代表点, 下垫面为草坪。另外分别在平塘王杉树林和义兴镇东部水稻田设立了辅助观测站, 其中市府广场、国投药业、平塘王乡和义兴镇等观测站基本上沿东南方向分布(图略)。观测时间为 2002 年 7 月 4 日—7 月 17 日, 每日 08 时、14 时和 20 时观测 3 次。

2 东南引风口对城市温度调节作用的观测分析

所谓引风口对市区温度的调节作用是指城乡间的局地热量平流输送作用, 即由郊区向市区的局地冷平流。如果这种城市气候调节作用存在, 则东南风时的合肥城市温度分布特征相对其他风向会有较明显的差异。对考察期间东南风(E、ESE、SE、SSE、S 5 个方位)与其他风向条件下的城市温度分布进行了对比分析(表 1)

表 1 东南风与其他风向时各测点平均温度
Table 1 The temperature contrast at various observational sites southeasterly and other wind directions

测点		温度/			
		08 时	14 时	20 时	日平均
平塘王	东南风向	27. 7	32. 5	28. 7	29. 2
	其他风向	28. 5	32. 7	28. 4	29. 5
	东南风较其他风向时的温差	- 0. 8	- 0. 2	0. 3	- 0. 3
国投药业仓库	东南风向	27. 9	33. 4	30. 1	29. 9
	其他风向	28. 6	33. 4	29. 8	30. 1
	东南风较其他风向时的温差	- 0. 7	0. 0	0. 3	- 0. 2
市府广场	东南风向	28. 7	33. 9	31. 7	30. 8
	其他风向	29. 0	33. 4	30. 7	30. 6
	东南风较其他风向时的温差	- 0. 3	0. 5	1. 0	0. 2
庐阳饭店	东南风向	29. 1	33. 2	30. 5	30. 5
	其他风向	29. 3	32. 9	29. 3	30. 2
	东南风较其他风向时的温差	- 0. 2	0. 3	1. 2	0. 3
气象站	东南风向	28. 7	33. 3	31. 2	30. 5
	其他风向	29. 0	33. 1	30. 0	30. 3
	东南风较其他风向时的温差	- 0. 3	0. 2	1. 2	0. 2

在 14 d 的考察期间, 东南风向为主的天数有 7 d。在此期间, 当风向为东南风时, 天气一般都为晴好(考察期间东南风时的平均总云量为 3, 而其他风向时的平均总云量为 8, 并出现几次

降水过程), 太阳辐射强烈。单从太阳辐射热来考虑, 东南风期间平均气温应该较其他天气条件时明显增高。但从表 1 中可以看到, 各测点温度并没有明显的上升甚至下降, 08 时的观测结果尤其如此。如处在东南引风口的平塘王测点的日平均气温相对于其他风向期间的气温不升反降, 下降 0.3 , 接近平塘王的国投药业仓库的日平均气温也是不升反降, 下降 0.2 , 而距离东南引风口较远的市府广场、庐阳饭店、气象站则是日均气温略有上升。从 08 时温度分布上看, 距离东南引风口越近, 降温越明显; 而在 14 时、20 时则是距离东南引风口越远, 升温的趋势越明显。这说明, 吹东南风时显然存在着从郊区向市区的局部冷平流输入作用。由于冷平流的作用, 抵消了太阳辐射增加的效应, 遏制了气温的上升。这种城郊局地冷平流作用存在的特征是城郊温差梯度较大, 但城市温度值并没有显著上升, 甚至降低。以 14 时为例, 国投仓库、庐阳饭店、市府广场、气象站与平塘王的温差在其他风向时分别为 0.7 、0.2 、0.7 、0.4 , 而在东南风期间则分别为 0.9 、0.7 、1.4 、0.8 , 除国投药业仓库外, 温差基本增加了一倍, 而温度值没有显著地相应增加。这些现象表明东南风时东南引风口的存在有乡村向市区的局地冷平流作用, 它可对市区的温度起到一定的调节作用。

3 东南引风口下垫面改变后对温度调节作用的影响

在城市热岛的形成原因中, 主要是城市下垫面导致热量平衡各分量的改变及城市人为热排放等因素, 此外, 郊外的热量平流也能够调节和改变城市热岛的强度分布特征。从气候意义上说, 城市周边地区下垫面的状态不直接影响城市本身的下垫面特征和人为热, 风口对城市的气候调节作用主要是通过平流作用来产生的, 而平流又主要包括水汽平流和热量平流。当城区与郊区之间存在水汽梯度时, 则会产生城乡间的水汽通量。就热岛效应来说, 由于水汽平流带来的水分基本是水汽形式, 它基本上不参与蒸散过程, 因此不影响潜热通量的特征, 对其他各热量平衡分量的影响也很微弱, 仅对城市湿度分布产生作用。因此, 引风口对城市热岛的气候调节作用主要是体现在热量平流上。通过热量平衡方程, 可对东南引风口的改变对合肥市城市温度的特征变化进行分析和模拟预测。

3.1 分析公式

根据气候学原理, 对热量分布均匀的平坦地面, 在无城市影响时(乡村)的地表热量平衡方程为^[2-3]

$$Q(1 - a) + G - \delta\sigma T^4 = P + LE + S. \quad (1)$$

式中 Q 为太阳总辐射, a 为地表反射率, G 为大气逆辐射, δ 为灰体辐射系数, σ 为斯蒂芬—波尔兹曼常数, T 为郊区气温(绝对温标), P 为感热通量, LE 为潜热通量, S 为土壤热通量。

设由于城市化作用而使城市气温升高了 ΔT , 即城市温度为 $T' = T + \Delta T$, 则城市对应蹬地表热量平衡方程为

$$Q(1 - a) + G' - \delta\sigma(T + \Delta T)^4 = P' + LE' + S' - M + A. \quad (2)$$

式中 M 为人为热排放通量, A 为城乡间热量平流通量, 上标 “'” 代表城市所对应的各分量。将式中 $(T + \Delta T)^4$ 按多项式展开, 由于式中 T 为绝对温标, 城郊温差 ΔT 比 T 小两个数量级, 可将多项式中 ΔT 幂次为 2 以上的高次项略去, 再把(1)式减去(2)式后, 可得

$$4\delta\sigma T^3 \Delta T = \Delta B + M - A. \quad (3)$$

式中 ΔB 为各热量分量的城乡差值的和,

$$\Delta B = (P - P') + (LE - LE') + (S - S') - [Q(1 - a) - Q'(1 - a')] - (G - G').$$

采用简单的箱体模式, 城乡间热平流输送项可用下式计算^[2, 4]:

$$A = \rho_{cp} \alpha u \Delta T. \quad (4)$$

式中 ρ 为空气密度, c_p 为定压比热, α 为与城市宽度和混合边界层高度之比, u 为近地面风速, 代入(3)后, 可得城乡温差:

$$\Delta T = (\Delta B + M) / (4\delta\sigma T^3 + \rho_{cp} \alpha u). \quad (5)$$

这里的参数 $(\Delta B + M)$ 与城市下垫面特征及人类生产活动强度有关, 在考虑外部冷平流作用时, 同一观测时次的 $(\Delta B + M)$ 可视为不变量。

3.2 市区与郊区平均温度的计算方法

根据大比例尺地形图, 将合肥市及郊区划分为 $500 \text{ m} \times 500 \text{ m}$ 的网格, 按照地形图所提供的各网格的下垫面特性信息, 将每个网格划分为(1)建筑物、水泥路面;(2)城市绿地;(3)水泥地, 旱田混合区;(4)旱田;(5)水稻田等5种下垫面类型。以市府广场的测点气温代表(1)型下垫面的典型温度; 庐阳饭店代表(2)型; 国投药业仓库与气象站测点的平均温度代表(3)型; 平塘王代表(4)型; 兴义镇水稻田测点温度代表(5)型下垫面的典型温度, 再按网格面积加权平均方法可得城区或郊区的平均温度:

$$\bar{t} = \frac{\sum f_i t_i}{\sum f_i}, \quad (i = 1, 2, \dots, 5). \quad (6)$$

式中 f_i 为第 i 类典型下垫面的网格数, t_i 为该类下垫面的代表温度。近似以二环路以内为市区, 由于是分析东南引风口的影响, 仅考虑二环路以外东南引风口方向处的郊区。以面积加权的方法分别计算出东南风期间的实际市区平均温度为 30.5 , 郊区实际平均温度是 $t = 28.9$, 东南风期间实际城乡平均温差 $\Delta T = 1.6$ 。

3.3 $(\Delta B + M)$ 的反演推算

由统计结果, 同期地面平均风速为 $u = 2.68 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。根据合肥市的城市规模, α 取 0.05 , 将以上数据代入(5)式, 反演推算得 $\Delta B + M = 293.1$, 并认为东南引风口郊区下垫面的改变对它的数值没有影响。

3.4 东南引风口地区开发, 下垫面特征改变后市区温度的可能变化

根据注文1)的低密度开发思路, 模拟土地开发后下垫面特征改变量, 将东南引风口(郊区)下垫面网格中增加 $1/2$ 的(3)类, 即增加 50% 的水泥地、旱地混合区, 用相同的面积加权平均方法得到此时郊区平均温度的估计值为 29.5 , $T^* = 302.65 \text{ K}$ (上标“*”表示下垫面改变后的估计值)。由平塘王、国投药业仓库、市府广场三测点的风速对比分析, 初步估计下垫面变性后风速下降 5% , 即 $u^* = 2.5$ 。再将数据 T^* 、 u^* 代入(5)式, 得到下垫面改变后的估计城郊温差 $\Delta T^* = 1.7$, 预计的城乡平均温差较现在值 ($\Delta T = 1.6$) 增加了 0.1 。东南风期间市区预计平均温度估计值则为 $t^* + \Delta T^* = 29.5 + 1.7 = 31.2$ 。

3.5 对合肥夏季平均温度的整体影响分析

以上是指东南风向期间的市区平均温度估计, 并不代表合肥市区的夏季平均温度。根据历史资料, 合肥市夏季(6、7、8月)东南风向频率(E、ESE、SE、SSE、S五个方位)为 46% , 用上述方法统计得其他风向时市区平均温度为 30.3 , 则现在夏季市区平均温度为 $0.54 \times 30.3 + 0.46 \times 30.5 = 30.4$ 。而东南引风口下垫面概变后的夏季市区平均温度则为 $0.54 \times 30.3 + 0.46 \times 31.2 = 30.7$ 。这样, 东南引风口下垫面改变对夏季市区平均温度的影响值约为 0.3 。以上计算结果说明, 东南引风口土地开发后, 由于下垫面特征的改变, 东南引风口地区气温将较未

开发前升高 0.6℃, 并且东南风向时的地面平均风速下降, 这将导致东南风期间郊区向市区的冷平流减弱, 从而使市区热量平衡发生改变。在其他条件不变时, 必然导致市区温度上升, 通过增加地表有效长波辐射和感热通量来平衡冷平流项 A 的减少, 东南风期间的上升幅度达到 0.7℃。对于 08 时、14 时、20 时 3 个时次也分别用上述方法估算了其影响值(表 2)。

4 小 结

(1) 通过对考察期间温度分布的分析表明, 东南风期间, 合肥市东南引风口地区存在由郊区向市区的冷平流, 对夏季市区温度起到一定的调节作用。

(2) 利用典型下垫面代表温度加权平均方法, 估计合肥东南郊现有农田保护区的下垫面改变 50 % 后, 东南风期间, 该区域气温预计将较现在上升 0.6℃, 市区温度上升 0.7℃。考虑所有风向时的加权平均, 夏季市区平均温度可能上升 0.3℃。

(3) 合肥东南引风口地区实行开发后, 对市区的平均温度会产生一定的影响, 预计影响幅度在 0.3~0.4℃ 之间。

表 2 东南风口下垫面改变对
市区夏季平均温度的影响估计值

Table 2 The influence of the change in the
underlying surface southeast of Hefei on
the urban mean temperature in summer

时间	现在市区 平均温度	东南风口改变后的 市区温度估计值	增量
08 时	28.8	29.0	0.2
14 时	33.4	33.8	0.4
20 时	30.5	30.9	0.4
日平均	30.4	30.7	0.3

参考文献:

[1] 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.
[2] 吴 息, 丁裕国, 王少文. 对城市热岛长期变化趋势分析方法的进一步探讨[J]. 南京气象学院学报, 1997, 20(1): 131-135.
[3] 周淑贞, 束 炯. 城市气候学[M]. 北京: 气象出版社, 1994.
[4] 边 海, 铁学熙. 天津市夜间城市热岛的数值模拟[J]. 地理学报, 1988, 43(2): 150-158.

Assessment of the Ventilation Adjust Effect of the
Southeasterly Wind on Hefei Urban Heat Island in Summer

WU Xi¹, CHEN Wan-long², LIU Chun-yan²,
WU Bi-wen³, SHI Chun-e³, WANG Xing-rong³

(1. Department of Geography, NIM, Nanjing 210044, China;
2. Department of Applied Meteorology, NIM, Nanjing 210044, China;
3. Anhui Institute of Meteorological Sciences, Hefei 230061, China)

Abstract: After analyzing the observational data, it is considered that there exists the adjust effect of southeasterly draught on the urban heat island in Hefei, and by using the heat balance equation, the impact of the change in the underlying surface southeast of Hefei on the urban mean temperature in summer is analyzed.
Key words: urban heat island; adjust effect; impact analysis