

文章编号: 1004-4965(2010)04-0509-04

城市化进程对南京市气温变化影响的主成分分析

刘霞¹, 景元书¹, 王春林², 麦博儒³

(1. 南京信息工程大学应用气象学院, 江苏 南京 210044; 2. 广东省气候中心, 广东 广州 510080;
3. 南京信息工程大学大气物理学院, 江苏 南京 210044)

摘 要: 为揭示城市环境气象的蠕变过程, 利用南京站 1956—2007 年逐日气温资料及南京市 1995—2006 年的统计年鉴数据, 通过主成分分析法, 研究了南京市年平均气温变化与城市化进程之间的关系。结果表明:

(1) 1956 年以来南京市年平均气温、年平均最高、最低气温总体呈上升趋势, 增温率分别为 0.28 °C/(10 a)、0.18 °C/(10 a)、0.33 °C/(10 a), 特别是 1990 年以后, 增温速率进一步加大。(2) 城市化进程中影响气温变化的主导因子为: 城市下垫面性质、工业排污和人口数量。(3) 1990 年代后南京市城市化进程与年平均气温和年平均最低气温之间存在显著的正相关关系。

关 键 词: 应用气象学; 统计特征; 主成分分析; 城市化进程; 气温变化

中图分类号: P423.3.2

文献标识码: A

Doi: 10.3969/j.issn.1004-4965.2010.04.018

1 引 言

IPCC 第四次评估报告^[1]指出, 在 1906—2005 年的 100 年间, 全球地表平均温度上升了 0.74 °C(0.56~0.92 °C), 近 50 年来, 我国气温增暖尤其明显, 其中年平均地表气温升高了 1.1 °C, 增温速率为 0.22 °C/(10 a), 同时也指出: 人类活动“很可能”(信度为 90%)是导致过去 50 年气候变暖的主要原因。城市是人类活动的集中表现, 城市化发展对城市气候及城市环境的影响已引起人们更加关注。自 1833 年 Howard^[2]通过对比伦敦城区与郊区气温发现了城市热岛效应之后, 国内外涌现出大量关于城市气候变化的报道, 其中尤其以对城市热岛的研究最为突出。1980 年代开始, 我国对上海^[3]、北京^[4]、广州^[5]城市气温进行研究, 获得大量关于城市化对城市气温^[3-5]、湿度^[6]、辐射^[7]、降水^[8]、风场^[9]等影响的研究成果, 但大多关注城市化进程中环境气象因子的变化, 而对于表征城市化进程的各种特征指标对城市气温影响的研究鲜见报道。

本文选取南京气象观测站 1956—2007 年的逐日气温资料及 1995—2006 年统计年鉴中表征城市化进程的部分数据, 系统分析了该市不同城市化特征参数对气温变化的影响效应及机制, 为揭示城市环境气象的蠕变过程、改善生态环境及可持续发展提供有效的方法和途径。

2 研究区概况

南京市位于 31°14′~32°37′N, 118°22′~119°14′E, 属亚热带湿润气候, 四季分明, 夏热冬冷, 春秋短暂, 雨量集中, 年平均气温为 16 °C, 主导风向夏半年为西南风, 冬半年为东北风; 市城区内地形复杂, 沿江、河、湖的两岸是平原区, 腹地是丘陵山区, 江河、山丘相互交错; 是江苏省政治、经济、文化中心, 也是华东地区重要的综合性工业生产基地和交通枢纽。南京气象观测站曾两次搬迁: 1905—1955 年位于南京市鼓楼区北极阁, 1956 年迁移至秦淮区小校场, 该场从 1990 年代后随着南京城区扩张与城市建设的发展, 逐渐被纳入了密集商业住宅区; 2008 年元月迁至江宁区青龙山。本文所用资料均由小校场国家基准气象观测站获得。

3 资料和方法

(1) 1956—2007 年南京站逐日平均气温、最高气温、最低气温资料。

(2) 在城市化进程指标中, 选取总人口、城市居民人均可支配收入、人均住宅建筑面积、第三产业生产总值、第三产业生产总值/国民生产总值、每万人拥有公共交通工具、人均拥有道路面积、人均公共绿地面积、污水处理率等 9 个参数来反映南京市城市化水平^[10]。数据

收稿日期: 2009-03-05; 修订日期: 2009-06-09

基金项目: 江苏省科学技术厅项目(BS2006059)资助

通讯作者: 刘霞, 女, 山西省人, 在读硕士研究生, 主要从事应用气象的研究。E-mail: yulu2001lx@163.com

来源于南京市 1996—2007 年统计年鉴。

(3) 利用 SPSS 11.0 统计软件 (Statistical Package for the Social Science) 对以上 9 个特征指标和气温资料进行主成分分析。

4 结果与分析

4.1 南京市气温的时间变化特征

图 1 是南京市年平均气温变化及线性拟合结果。由图可知, 1956—2007 年 52 年间, 年均气温为 15.6 °C, 年平均气温的线性上升率为 0.28 °C/(10 a)。其中在 1990 年以前, 年平均气温整体低于 16 °C (15.3 °C), 1990 年代后除了初期的气温稍微偏低外, 南京市年均气温均呈显著上升趋势, 增温率为 0.7 °C/(10 a), 特别是 2006、2007 年两年的年平均温度均达到 17 °C 以上。

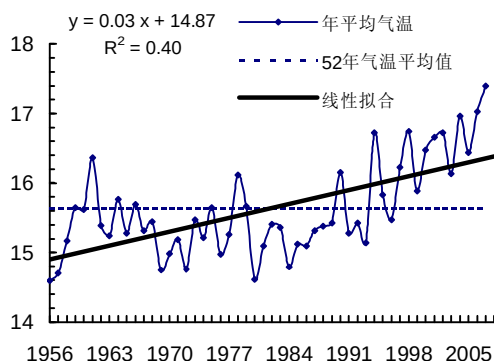


图 1 1956—2007 年南京市年平均气温(°C)变化及线性拟合 横坐标为年份。

由图 2 可知, 南京市 1956—2007 年的年平均最高气温、最低气温呈上升趋势, 增温率分别为 0.18 °C/(10 a)、0.33 °C/(10 a), 年均最低气温增幅较大。1950 年代后期到 1980 年代末的年平均最高气温、最低气温变化不大, 1990 年之后的年平均最高气温、最低气温的增温率达到 0.7 °C/(10 a)、1.00 °C/(10 a)。可见, 南京市 1990 年后气温变化进入快速增长期, 因此深入探讨其影响因素及变化特征将有助于揭示其环境气象的演变过程。

4.2 南京市城市化进程与气温变化的定量分析

4.2.1 南京市城市化进程

城市化是一个复杂的动态过程, 本文选取了 9 个参数: 总人口 (x_1)、城市居民人均可支配收入 (x_2)、人均住宅建筑面积 (x_3)、第三产业生产总值 (x_4)、第三产业生产总值/国民生产总值 (x_5)、每万人拥有公共机动车辆 (x_6)、人均拥有道路面积 (x_7)、人均公共绿地面积 (x_8)、污水处理率 (x_9) 来反映南京市城市化水平。其中总人口代表城市人口规模; 城市居民人均可支配收入代表城市居民生活水平; 人均住宅建筑面积代表城市建设规模; 第三产业生产总值代表城市服务

设施水平; 第三产业生产总值/国民生产总值代表城市产业结构合理化水平; 每万人拥有公共机动车辆代表尾气排放量; 人均拥有道路面积代表下垫面性质或结构改变; 人均公共绿地面积代表城市绿化情况; 污水处理率用以反映工业排污量。

参照李雪铭等^[11]的方法, 通过对数函数关系构建代表 1995—2006 年间城市化进程的综合性指标 F , 即,

$$F = \lg (x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 \cdot x_5 \cdot x_6 \cdot x_7 \cdot x_8 \cdot x_9)。$$

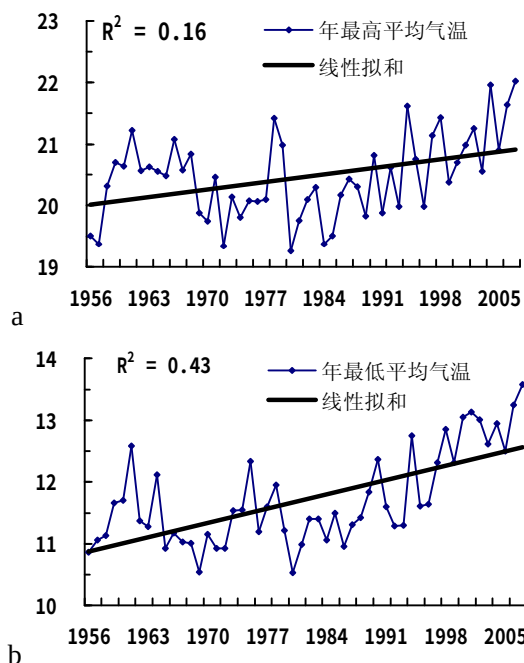


图 2 南京市年平均最高(a)和最低(b)气温(°C)的时间变化及线性拟合 横坐标为年份。

从表 1 可知, F 值逐年增大, 表明南京市城市化发展逐步加快。

表 1 1995—2006 年南京城市化进程的综合性指标 F

年份	F	年份	F
1995	15.48	2001	17.19
1996	15.85	2002	17.27
1997	16.07	2003	17.45
1998	16.24	2004	17.83
1999	16.57	2005	18.19
2000	16.79	2006	18.59

4.2.2 南京市城市化进程与气温变化的关系

城市的发展除改变和破坏了原有的自然条件, 致使绝大部分的自然植被被建筑物、水泥和沥青马路所代替外, 人们的生产和生活活动还增加了额外的热源, 同时工业生产、交通运输以及城市建设等还会产生大量的烟尘和气溶胶, 从而导致城市气温发生变异。以上因素可归结为人口、交通、绿化、污染等方面的综合影响^[12]。因此, 本文从 9 个城市化进程因子中选取总人口 (x_1)、

人均住宅建筑面积(x_3)、每万人拥有公共交通工具(x_6)、人均拥有道路面积(x_7)、人均公共绿地面积(x_8)、污水处理率(x_9) 6 个较具有代表性的因子, 来分析城市化进程对南京市气温变化的影响。

为去除全球变暖影响, 作者把南京市气温变化与长江三角洲区域进行了对比, 发现在 1959—2005 年间, 南京市年平均气温增温率为 $0.23\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$, 明显高于同时期长江三角洲地区的气温变化 ($+0.20\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$)^[13], 说明南京城市化的发展对本地气温变化影响较显著。

表 2 主成份的特征值、贡献率和累积贡献率

主成分因子	特征根	贡献率/%	累积贡献率/%
Z1	4.90	81.64	81.64
Z2	0.91	15.22	96.86
Z3	0.12	2.08	98.94
Z4	0.03	0.50	99.43
Z5	0.03	0.43	99.87
Z6	0.01	0.13	100

表 3 主成份因子载荷矩阵

变量	Z1
x_1	0.907
x_3	0.992
x_6	0.503
x_7	0.987
x_8	0.967
x_9	0.964

下面研究南京市气温变化与城市化进程主导因子的关系。经过主成分分析获得 5 个成分因子, 把这 5 个因子视为自变量, 通过对数函数关系构建反映影响城市气温变化的城市化进程因子综合参数 F_t ,

$$F_t = \lg(x_1 \cdot x_3 \cdot x_7 \cdot x_8 \cdot x_9)。$$

从图 3 可以看出, 年平均气温随着城市化进程的加速而逐年升高。通过 SPSS 11.0 对 F_t 与年平均气温、年平均最高、最低气温进行相关性分析, 发现 F_t 分别与年平均气温、年平均最低气温呈显著正相关(表 4), 且城市化进程对年平均最低气温的影响大于对年平均气温的影响, 而对年平均最高气温的影响则不明显。

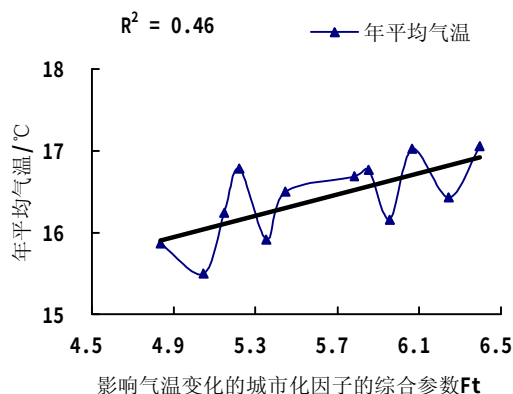


图 3 年平均气温与城市化进程关系

表 4 城市化进程与气温变化的相关关系(r)

气温/ $^{\circ}\text{C}$	年平均气温	年平均最高气温	年平均最低气温
F_t	0.678*	0.495	0.699*

注: *表示通过 0.05 的显著性检验。

影响气温变化的城市化进程主导因子的选取, 采用 SPSS 11.0 统计软件对以上 6 个因子进行主成分分析, 由主成分因子载荷矩阵(表 2)中可看出, 只有第一主成分 Z1 的特征根超过 1, 其贡献率达 81.64%, 且第一主因子 Z1 主要由 x_1 、 x_3 、 x_7 、 x_8 和 x_9 决定(表 3), 其中 x_1 为人口数量, x_3 、 x_7 和 x_8 均为城市土地的不同利用方式, 一定程度上代表下垫面性质, 其在主因子 Z1 中载荷达 0.600, x_9 为污水处理率。由此可以得出影响城市气温变化的主导因子依次为下垫面性质、工业排污及人口数量。

5 结论与讨论

(1) 南京市 1956—2007 年的年平均气温、最高和最低气温总体呈上升的变化趋势, 与长江三角洲地区及全国多数省市的基准站的变化趋势一致, 但年平均气温增温率 ($0.28\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$) 大于同期全国的年平均增长水平 ($0.22\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$)^[13], 从另一方面反映了近年来南京市经济和城市化建设的变化特征。

(2) 近年来随着南京市城市化进程的逐步加快, 城市气温增温率也逐年增大, 城市化进程与城市气温变化存在显著正相关关系, 且对城市年平均最低气温的变化影响较大, 即对夜间热岛效应影响明显。事实上, 在 21 世纪初, 南京市撤县设区, 目前已基本形成“主城-新市区-新城-重点城镇-一般城镇”5 级从大到小级别合理的市域城镇等级结构, 至 2006 年南京市总人口已经达 524.64 万人, 城市建设面积、人均公共绿地面积、人均道路面积也分别增至 574.94 km^2 、 13.2 m^2 、 17.14 m^2 。在城市发展的同时, 南京市城市环境气象蠕变加速: 温室效应增加、雾霾的频率明显加大、热岛效应显著。周强^[14]的研究中也指出, 城市热岛的空间分布与延展基本与城市建设区的轮廓相一致, 并且随着城市的发展有向外扩张的趋势。

此外, 城市化进程中工业的发展对城市气温变化也有很大作用, 赵海江等^[15]和苏伟忠等^[16]研究指出, 南京市高温区主要分布在南京市的工业区, 并非出现在人口密集、经济繁荣的商业区以及居住区。

(3) 当前, 我国正处于城市化发展的高峰期, 在全球变暖的背景下, 城市环境问题越来越引起人们的关注, 其总体趋势不容忽视。为保持城市的可持续性发展,

建立良好的城市人居环境,减少城市气候的变化,建议建设规模;② 增加绿地面积;③ 减少污染物的排放;应采取以下措施:① 合理规划城市土地利用类型及城市④ 严格控制城市人口数量等。

参 考 文 献:

- [1] IPCC. Summary for policymakers of climate change 2007: The physical science basis: Contribution of working group i to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change[M]. Cambridge: Cambridge University Press, United Kingdom and New York, 2007: 996.
- [2] HOWARD L. The climate of London deduced from meteorological observations[M]. 1833.
- [3] 周淑贞. 上海城市热岛效应[J]. 地理学报, 1982, 37(4): 372-381.
- [4] 林学椿, 于淑秋, 唐国利. 北京城市化与热岛强度关系的研究[J]. 自然科学进展, 2005, 15(7): 882-886.
- [5] 范绍佳, 董娟, 郭璐璐, 等. 城市发展对广州温度场影响的分析[J]. 热带气象学报, 2006, 21(6): 623-627.
- [6] 郑思轶, 刘树华. 北京城市化发展对温度、相对湿度和降水的影响[J]. 气候与环境研究, 2008, 13(2): 123-133.
- [7] 张一平, 何云玲, 刘玉洪, 等. 城市区域下垫面性质和位置差异对太阳辐射平衡的影响[J]. 热带气象学报, 2004, 20(1): 97-105.
- [8] 周建康, 黄红虎, 唐运忆, 等. 城市化对南京市区域降水量变化的影响[J]. 长江科学院院报, 2003, 20(4): 44-46.
- [9] 高媛媛, 何金海, 王自发, 等. 城市化进程对北京区域气象场的影响模拟[J]. 气象与环境学报, 2007, 23(3): 58-64.
- [10] 欧名豪, 李武艳, 刘向南, 等. 区域城市化水平的综合测度研究——以江苏省为例[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(5): 408-412.
- [11] 李雪铭, 张春花, 张馨, 等. 城市化与城市人居环境关系的定量研究——以大连市为例[J]. 中国人口·资源与环境, 2004, 14(1): 92-97.
- [12] 徐祥德, 汤绪, 徐大海, 等. 城市化环境气象学引论[M]. 北京: 气象出版社, 2002.
- [13] 崔林丽, 史军, 杨引明, 等. 长江三角洲气温变化特征及城市化影响[J]. 地理研究, 2008, 27(4): 775-786.
- [14] 周强. 南京地区城市热岛效应研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2008.
- [15] 赵海江, 景元书. 南京市城市化进程对城市增温的影响分析[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(28): 12 364-12 366; 12 397.
- [16] 苏伟忠, 杨英宝, 杨桂山. 南京市热场分布特征及其与土地利用/覆被关系研究[J]. 地理科学, 2005, 25(6): 697-703.

ANALYSIS OF PRINCIPAL COMPONENTS OF THE EFFECTS OF URBANIZATION PROCESS ON TEMPERATURE CHANGES IN THE CITY OF NANJING

LIU Xia¹, JING Yuan-shu¹, WANG Chun-lin², MAI Bo-ru³

(1. College of Applied Meteorology, NUIST, Nanjing 210044, China;

2. Climate Center of Guangdong Province, Guangzhou 510080, China;

3. Institute of Environmental Science and Engineering, NUIST, Nanjing 210044, China)

Abstract: Based on 1956—2007 day-by-day temperature data and 1995—2006 Jiangsu Statistical Yearbook urbanization process documents, the relationships of temperature variation to urbanization are investigated via principle components analysis to reveal the gradual process of urban environmental meteorology. The results indicate as follows. (1) Nanjing's annual average temperature, maximum and minimum temperatures have been increasing in general since 1956, with the warming rates of 0.28 °C/(10 a), 0.18 °C/(10 a), and 0.33 °C/(10 a), respectively, and the annual average temperature, maximum and minimum temperatures have been up to 0.7 °C/(10 a), 0.7 °C/(10 a), and 1.00 °C/(10 a) respectively since 1990. (2) The dominant factors having important influence on temperature variations are mainly the underlying surface property, the amount of industrial pollution and population. (3) After the 1990s the process of urbanization in Nanjing is positively correlated with the annual average temperature in large margin.

Key words: applied meteorology; statistical characteristic; principal component analysis;
urbanization process; temperature change