

文章编号: 1004-4965 (2008) 06-0737-06

南京 56 年来夏季气温变化特征分析

缪启龙¹, 潘文卓¹, 许遐祯^{1, 2}

(1. 江苏省气象灾害重点实验室/南京信息工程大学, 江苏 南京 210044;
2. 江苏省气象局气候中心, 江苏 南京 210009)

摘 要: 利用南京市 1951 年 1 月~2007 年 2 月逐日温度观测资料, 分析讨论了南京 56 年夏季平均气温、极端最高气温、热积温和高温日数的变化趋势和特征, 利用候温法研究了南京夏季候平均气温 22 的候数变化和南京夏季时间尺度的演变, 探讨了南京夏季各温度指标的年代变化和凉夏、酷暑的分布。结果表明, 56 年来南京夏季平均气温是上升的, 而极端高温和热积温 1990 年代以前是下降的, 但本世纪头几年回升明显; 当今南京的夏季始于 5 月下旬或中旬, 终于 9 月下旬或 10 月上旬, 南京夏季时间尺度的明显增长与全球变暖相对应; 南京 1950、1960 年代夏季较热, 酷暑年较多, 1970、1980 年代较凉, 凉夏年较多, 1990 年代以后夏季气温回升, 但本世纪头几年南京夏季虽较热但未有凉夏、酷暑的异常年出现。南京温度及热积温的变化与大气环流演变和热带海洋-气相互作用紧密相联, 致使南京相应降水日数、日照时数等的变化, 可引起南京夏季气温的相应变化。

关 键 词: 南京; 夏季气温; 热积温; 候温; 酷暑; 凉夏

中图分类号: P423.3.2

文献标识码: A

1 引 言

南京属于北亚热带季风气候区, 四季分明。灾害性天气发生的频次高, 灾害种类多, 分布广, 成灾比例高, 是气候灾害的频繁发生区。近年经常出现的气候异常, 对农业生产的影响很大。

全球气候变暖是现在全世界热议的话题, 世界各国的专家学者都对其展开了大量的研究, 也引起了各国政府的高度重视。第四次 IPCC 评估报告指出, 最近一百年 (1906~2005 年) 全球平均地表温度上升了 0.74 ± 0.18 [1]; 自 1850 年以来最暖的 12 个年份中有 11 个出现在近期的 1995~2006 年 (除 1996 年), 过去 50 年升温率几乎是过去 100 年的 2 倍 [2]。已有众多的专家、学者指出, 我国气候变暖在冬季更加的明显 [3~7], 对全球变暖的敏感率冬季大于夏季 [8]; 变暖的地区主要在北方 [9~11], 研究表明在 1980 年代气温有变暖突变 [5~6, 12~13], 处于长江中下游的南京地区的长期气候变化趋势是否与全球变暖的背景相一致? 南京夏季气温的演变情况如何? 本文利用南京 1951 年 1 月~2007 年 2 月的逐日温度观测资料, 对南京地区 56 年来的夏季气温变化特征进行分析研究。

2 资料的选取

本文资料取自气象资料日值记录, 选取南京测站 1951 年 1 月 1 日~2007 年 2 月 28 日的逐日气温、最高气温、最低气温、日照时数、降水时数等气象资料, 研究 56 年来南京地区的夏季气温变化特征, 资料准确、可靠。

3 南京夏季平均温度的变化

根据气候学对夏季的定义, 候平均气温高于 22 的季节为夏季 [14]。则南京地区的夏季一般始于 6 月, 有时 5 月就开始出现, 终于 9 月。56 年来南京地区全年平均温度为 15.6, 夏季平均温度为 25.8; 5~9 月的平均温度分别为 20.3、24.5、28.0、27.6、22.9。

比较 1951~2006 年夏季平均温度、全年平均温度的变化趋势 (图 1) 可以知道, 56 年来南京夏季气温的升温趋势率为 $0.106 / (10 \text{ a})$, 全年的升温趋势率为 $0.218 / (10 \text{ a})$, 可见夏季的升温比较明显。夏季 1950 年代低于平均水平, 从 1950 年代开始有个较明显的增温过程, 而 1960 年代明显高于平均水平, 是夏季的高温期, 1970 年代后逐步下降, 1980 年代达到低谷, 1970 年代和 1980 年代的

收稿日期: 2007-05-21; 修订日期: 2008-02-21

基金项目: 江苏省气象灾害重点实验室课题 (KLME 05004) 资助

通讯作者: 潘文卓, 男, 江苏常州人, 硕士研究生, 主要从事气候变化的研究。E-mail: panwenzhuo@163.com

夏季平均气温皆低于平均水平，进入 1990 年代以后夏季温度明显上升，且在本世纪头几年夏季气温已经超过了 1960 年代高温期的水平。

全年平均气温变化与夏季气温变化趋势一致，只是 1950 年代~1980 年代皆处于平均水平以下，但进入 1990

年代以来，温度急剧上升，变暖尤其明显，本世纪头几年的平均气温已远远高于常年的水平，即 1990 年代以来的气温在全年和夏季都表现为明显的上升趋势。

图 2 是南京 5~10 月的平均温度随时间演变的变化趋势，可以看到，唯 8 月呈下降的趋势，这可能与长江中下

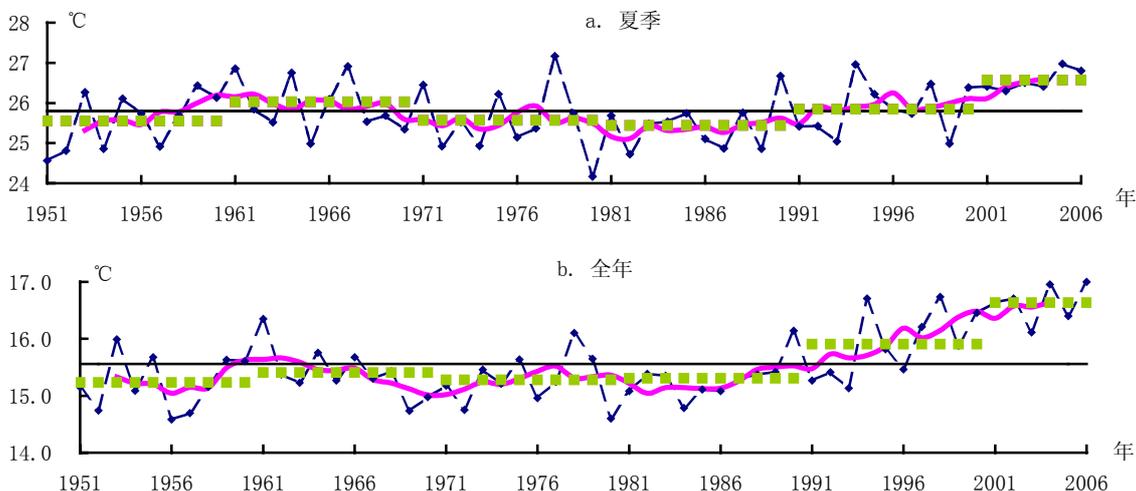


图 1 1951~2006 年南京夏季(6~9月)(a)、全年(b)平均温度的变化趋势
点虚线为逐年变化，实曲线为 5 年滑动平均，虚直线为各年代平均值，细直线为多年平均。

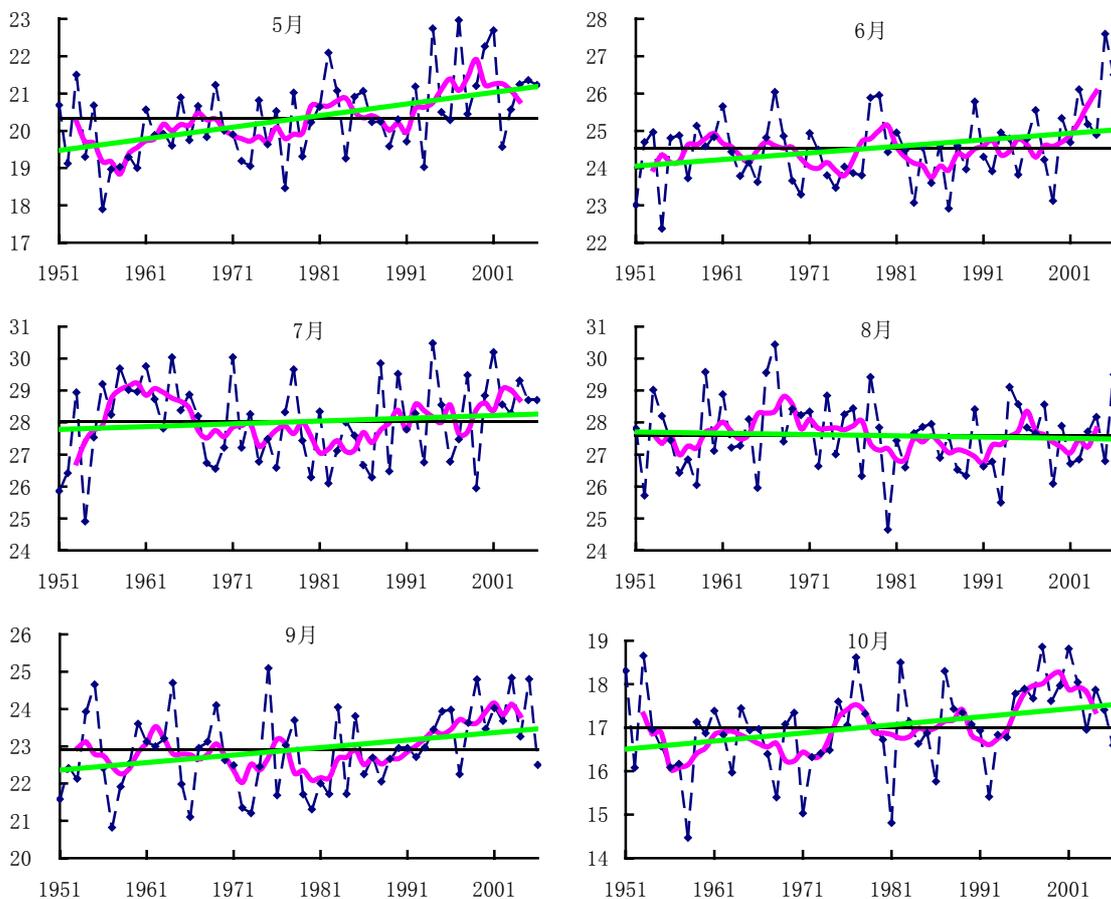


图 2 南京 5~10 月平均温度的变化趋势
横坐标单位为年份；纵坐标单位为 。
点虚线为逐年变化，实曲线为 5 年滑动平均，实直线为趋势线，虚直线为多年平均。

游夏季降水天气增多、云量增加、日照时间减少以及伴随的温度下降或与大气活动中心的调整有关^[6, 15]。其余 5 个月的平均温度的多年变化均呈上升的趋势，7 月上升和 8 月下降的线性趋势都很小，2 个月的气温趋势率分别为 0.087、-0.04 / (10 a)；而 5、6、9 和 10 月的上升趋势都很明显，气温趋势率分别为 0.31、0.18、0.20、0.19 / (10 a)。从各月的气温分布情况看，5、6、9、10 月在 1980 年代以前气温皆处于较低的水平，大部分年份的月均温都处于 56 年平均以下，而 1990 年代以来气温上升幅度都很大，本世纪头几年各月气温都处于较高的水平，其中 6 月在 2000 年以来出现了 3 次 56 年来平均温度的最高值；7 月平均气温在 1950 年代末、1960 年代初高于平均水平；8 月在 1960 年代末、1970 年代初高于平均水平；7、8 两月的平均气温在 1980 年代均明显低于平均水平；而在 1990 年代以后 7、8 两月的平均气温均未出现明显增长，这与其它月份以及全年的气温变化有明显的不同。

4 南京夏季极端最高气温的变化

南京夏季极端最高气温的平均值为 37.3 ，由图 3 可以看出，南京夏季极端最高气温变化趋势率为 -0.064 / (10 a)，56 年总体是略降的。夏季极端气温在 1950 年代是比较高的时期，1960 年代也偏高于多年平均，而 1970、1980、1990 年代极端高温皆低于平均水平，1980 年代以前呈不断下降的趋势，其中 1980 年代达到最低谷；由于夏季平均气温 1980 年代也为最低谷（图 1），可见 1980 年代是最凉的夏季。本世纪头几年极端最高气温上升很快，已达到了 1950、1960 年代时的高峰水平。历史上出现过 3 次高于 40 极端高温记录，分别为 40.7 （1959 年 8 月 22 日）、40.5 （1966 年 8 月 7 日）和 40 （2003 年 8 月 2 日），仅有 1 次全年极端最高气温小于 35 的记录，出现在 1982 年，为 34.4 。本世纪头几年的极端最高气温均高于 37 ，高温水平已超过了 1950 年代的高温期，可见本世纪头几年是新的夏季高温的时期。

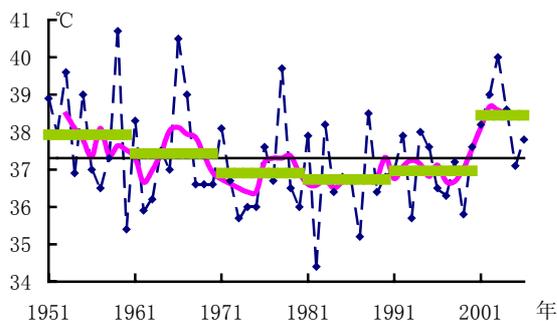


图 3 1951~2006 年夏季极端最高气温的变化趋势
说明同图 1。

5 南京夏季 35 的日数及热积温的变化

夏季的酷热和偏凉主要体现在高温日数和极端高温等气象要素上，本文定义热积温 T_{hat} (Hot Accumulated Temperature) 来表示夏季的炎热程度，为一高温指数。热积温指的是夏季日最高温度在 35 以上的日最高气温与 35 的差值之和，即

$$T_{hat} = \sum_{i=1}^n (T_{max} - 35^{\circ}C)$$

其中 T_{max} 为日最高温度大于 35 的日最高气温。

对 1951~2006 年夏季的各年热积温进行分析（图 4），南京平均热积温为 17.1 ，56 年的增长趋势率为 -1.5 / (10 a)，表明 56 年来南京的变热的程度有所下降。在 1950 年代和 1960 年代是一个热积温较大的时期，热积温从 1950 年代一直至 1980 年代都呈下降的趋势，而到 1980 年代到达了最低谷，尤其进入 1990 年代以后，热积温转为上升的趋势，本世纪头几年的平均值已经超过了 1960 年代的平均水平。

从高温日数(35)的距平分布情况可以看出(图 5)，56 年平均为 15 天，1950、1960 年代的高温日数相对于其它年代是偏多的，且高温年的高温日数距平比较显著；1970、1980 年代的高温日数是偏少的，尤其其中 1979~1987 年，连续 9 年的高温日数距平都为负，在 1982 年高温日数为零，是历史上唯一的零高温日数年；相比于 1980 年代，1990 年代的高温日数有所增长。本世纪头几年除 2002 年以外，高温日数皆为正距平，值得注意的是正距平值都不大，未达到 1960 年代的水平，相比于极端高温和热积温在本世纪初的较高值，可见虽然极端气温有明显增长，但是高温的时长并未有明显的增长。

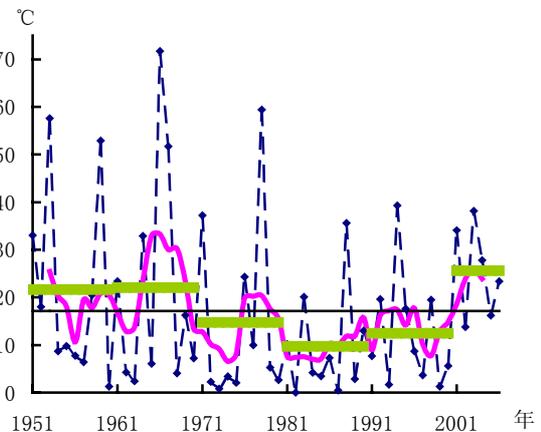


图 4 1951~2006 年夏季热积温的变化趋势
说明同图 1。

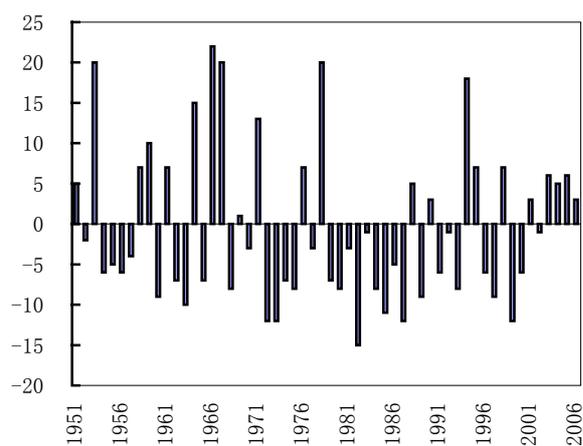


图5 南京56年夏季高温日数(≥35℃)的距平分布
横坐标单位为年份;纵坐标单位为日数。

6 南京夏季日数的变化

候温法是气候学上常用的划分四季的方法,候平均气温大于22℃为夏季^[14]。本文采用的划分候的方法为把一年分成73候,从1月1~5日称第一候,其余类推。每月分为6候。图6是南京56年来候平均≥22℃的候数及其变化趋势,平均夏季长度为23个候(115天),其线性增长率为0.74候/(10a),56年来增长了约4个候。每年的候平均≥22℃的候数从22个候增长至26个候,即夏季长度从三个半月增长到四个多月,夏季的天数56年来增长了约20天,尤其是最近的10年,平均为26候,最少也有24候以上。可见,夏季的时间跨度在显著变长。

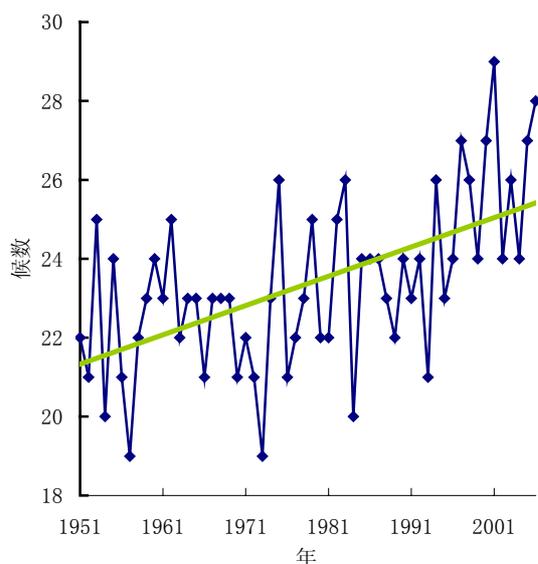


图6 南京候平均≥22℃的候数分布及其变化趋势

由前分析可知,盛夏(7、8月)56年的变率不大,而5、6、9和10月都有较显著的增热趋势,这是夏季长度变长

的主要原因。其中5月的增温趋势最显著,56年增加1.74℃,6、9、10月分别增加1.01、1.12和1.06℃。

分析南京56年来5~10月≥22℃的候数分布及其1950年代平均与近10年平均的对比(表1)表明,6月≥22℃的候数从平均5个增加到6个,平均气温为24.5℃,已成为完全的夏季月;9月从平均4个候增加到5个,平均气温为22.9℃,也是较完整的夏季月;而5月从平均1个增加到2个,且大部分分布在5月的下旬或中旬;10月≥22℃的候数从平均0个增加到1个,主要分布在10月上旬。

可见,当今南京的夏季已是始于5月下旬或中旬,终于9月下旬或10月上旬。南京夏季“头尾”变长,即夏季开始变早,结束变晚。同时考虑最高气温变化,可见56年来南京盛夏炎热程度虽然未有明显的增长,而夏天时间长度则明显增长,这是和全球变暖响应的另一种表现形式。

表1 南京候平均气温≥22℃的候数变化 单位:个。

月份	1950年代平均	近10年平均
5	1	2
6	5	6
7	6	6
8	6	6
9	4	5
10	0	1

7 南京夏季气温的年代际变化

夏季西太平洋副热带高压直接控制着南京地区,极易出现高温少雨的天气,如出现频率较高则易形成酷暑。反之,若夏季降水较多,则易造成盛夏日气温偏低、高温日数偏少的情况,出现凉夏。根据文献^[16-17],本文采用的确定酷暑和凉夏的标准为:7、8月平均温度>29℃、≥35℃的高温日数>20天为酷暑;7、8月平均温度<27℃、≥35℃的高温日数<10天为凉夏。由南京1951~2006年盛夏温度及高温日数(表略)表明,盛夏高温日数平均为13天,7、8月平均温度为27.8℃。酷暑年有:1953、1959、1961、1964、1966、1967、1971、1978、1994、1998年,共10年。凉夏年有:1952、1954、1972、1974、1980、1982、1986、1987、1989、1993、1999,共11年。

由表2可以看出,56年来酷暑出现的次数呈减少的趋势,其出现的高峰期在1960年代;而凉夏出现的次数呈增多的趋势,其出现的高峰在1980年代。从酷暑、凉夏出现的时间分布来看,1970年代以前酷暑明显偏多,而之后凉夏明显偏多,可见南京的夏天自1970年代~1980年代间呈变凉的趋势,1990年代之后温度稍有上升,

酷暑、凉夏出现的几率较低，且出现的次数相等，尤其是本世纪头几年甚至还未出现过酷暑、凉夏的异常年。

表 2 南京各年代酷暑、凉夏年出现的次数

年代	凉夏年	酷暑年
1950	2	2
1960	0	4
1970	3	2
1980	4	0
1990	2	2
2001~2006	0	0

8 南京夏季气温变化的可能原因

南京夏季平均气温变化呈增温趋势是与全球和中国的气候变化背景分不开的，是全球和中国气候变暖的一种局地响应。同时南京夏季最高气温和热积温变化与大气环流背景有密切关系。夏季西太平洋副高和南海夏季风等气候因子的年代际变化和长期趋势变化表现异常强，则有利于长江中下游夏季降水偏多的振幅^[18]。同时南方涛动的强弱和亚洲极涡面积的大小与长江中下游的降水和气温有较好的统计关系，南方涛动异常偏弱意味着江淮流域多雨的可能性偏多^[19]。研究还表明，气候变暖使南京降水易出现偏多^[6]，表现出降水日数偏多、日照偏少。由南京市 56 年的日照时数、降水日数的资料计算了夏季最高气温、热积温与这些要素的相关性（表 3）表明，南京夏季最高气温、热积温与日照时数呈正相关，与降水日数呈负相关，相关系数分别为 0.82、-0.68，0.67、-0.64。因此可以认为，大气环流演变和热带海洋海-气相互作用引起的南京降水日数、日照时数变化正是使得南京夏季最高气温和热积温变化的可能原因。

至于城市发展的影响尚不易确定，且南京城市热岛在冬季最强、夏季最弱，且夜间强、白天弱^[20]，尽管南京城市人口和经济增长有迅速发展，但由于城市布局、建筑物密度等结构的变化，南京城市热岛强度是否有较大变化

尚待进一步的研究。

表 3 南京夏季最高气温、热积温与日照时数、降水日数的相关系数

	日照时数	降水日数
夏季最高气温	0.82	-0.68
热积温	0.67	-0.64

9 结 论

(1) 南京地区 56 年来夏季平均气温、盛夏（7、8 月）平均气温和年平均气温均呈增温态势，升温趋势率分别为 0.106、0.024 和 0.218 $^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ ，而夏季极端最高气温和热积温略有下降，趋势率分别为 -0.064 和 -1.5 $^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 。56 年来 7 月和 8 月的平均温度变化不大，而 5、6、9、10 月的平均气温上升趋势很显著。值得注意的是，本世纪头几年的极端最高气温和热积温不再下降，反而出现了很显著的上升趋势，这与平均气温的变化相呼应。

(2) 从南京夏季各月候平均气温 22 的候数变化及夏季各月的气温变化情况可以看出，56 年来夏季的长度增加了约 20 天。当今南京的夏季已是始于 5 月下旬或中旬，终于 9 月下旬或 10 月上旬。可见夏季时间尺度的变长也是与全球变暖的响应方式之一，这在已有的研究中仍未报道。

(3) 南京夏季各温度指标的年代际变化表明，1950、1960 年代是一个夏季高温期，而 1970、1980 年代夏季气温有所下降，1980 年代是一个夏季气温最低的时期，1990 年代和本世纪头几年的平均值普遍偏高，1990 年代以后是一个夏季变热的时期。酷暑主要分布在 1950、1960 年代，凉夏主要分布在 1970、1980 年代。值得指出的是，本世纪头几年虽较热但未有凉夏、酷暑的异常年出现。

(4) 南京地区气温的变化是全球和中国气候变暖的一种局地响应，且与大气环流演变和热带海洋海-气相互作用紧密相联，致使南京相应降水日数、日照时数等气候要素的变化，可引起南京夏季气温的相应变化。

参 考 文 献：

- [1] IPCC. Summary for Policymakers of Climate Change 2007: The Physical Science Basis[M]//Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007 (in Press).
- [2] 秦大河, 陈振林, 罗勇, 等. 气候变化科学的最新认知[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(2): 63-73.
- [3] 缪启龙, 周自江, 殷永元, 等. 中国近半个世纪最高气温变化特征[J]. 气象科学, 1998, 18(2): 103-112.
- [4] 王翠花, 李雄, 缪启龙. 中国近 50 年来日最低气温变化特征研究[J]. 地理科学, 2003, 23(4): 441-447.
- [5] 史岚, 王翠花, 李雄, 等. 中国近 50 a 来日最低气温的时间演变特征[J]. 气象科学, 2003, 23(2): 300-307.
- [6] 唐国利, 丁一汇. 近 44 年南京温度变化的特征及其可能原因的分析[J]. 大气科学, 2006, 30(1): 56-68.

- [7] 刘莉红, 郑祖光. 我国 1 月和 7 月气温变化的分析[J]. 热带气象学报, 2004, 20(2): 151-160.
- [8] 程炳岩, 丁裕国, 何卷雄. 全球变暖对区域极端气温出现概率的影响[J]. 热带气象学报, 2003, 19(4): 429-436.
- [9] 郭志梅, 缪启龙, 李雄. 中国北方地区近 50 年来气温变化特征的研究[J]. 地理科学, 2005, 25(4): 448-454.
- [10] 陈隆勋, 朱文琴, 王文, 等. 中国近 45 年来气候变化的研究[J]. 气象学报, 1998, 56(3): 257-271.
- [11] 刘学华, 季致建, 吴洪宝, 等. 中国近 40 年极端气温和降水的分布特征及年代际差异[J]. 热带气象学报, 2006, 22(6): 618-624.
- [12] 郭志梅, 缪启龙, 李雄. 中国北方地区近 50 年来气温变化特征及其突变性[J]. 干旱区地理, 2005, 28(2): 176-182.
- [13] 吴志权, 陈明先, 陈创买. 近 50 年来东莞气温年际变化的长期特征分析[J]. 热带气象学报, 2005, 21(1): 107-112.
- [14] 张宝堃. 中国四季之分布[J]. 地理学报, 1934, 1(1): 1-18.
- [15] 施能, 湛芸, 潘惠娟. 我国东部夏季气候基本态特征研究[J]. 热带气象学报, 2000, 16(2): 131-138.
- [16] 周曾奎. 南京地区 50 年冬夏气温特征分析和演变趋势[J]. 气象科学, 2000, 20(3): 209-316.
- [17] 张爱民. 酷暑凉夏及其对农作物的影响[J]. 中国农业气象, 1995, 16(1): 27-30.
- [18] 熊安之. 90 年代长江中下游异常多雨的气候变化背景分析[J]. 应用气象学报, 2001, 12(1): 13-117.
- [19] 赵振国. 中国夏季旱涝及环境场[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 297.
- [20] 缪启龙, 陈标金, 陈棘. 南京市最高温度场的数值模拟[J]. 南京气象学院, 1991, 14(1): 82-90.

CHARACTERISTIC ANALYSIS OF SUMMER TEMPERATURE IN NANJING DURING 56 YEARS

MIAO Qi-long¹, PAN Wen-zhuo¹, XU Xia-zhen^{1,2}

(1. Jiangsu Key Laboratory of Meteorology Disaster, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China; 2. Climate Center, Jiangsu Meteorological Bureau, Nanjing 210009, China)

Abstract: Based on the daily temperature data from January 1951 to February 2007, the change trends and characteristics of summer average temperature, yearly highest temperature, hot accumulated temperature and high temperature days in Nanjing in the recent 56 years have been analyzed and studied. With the pentad temperature method, the change tendency of pentads ≥ 22 °C and summer time scale in Nanjing have been analyzed. The change in the summer temperature indexes and the distribution of hot summer and cool summer have been discussed. The results show that the summer average temperature tends to rise in the recent 56 years, and that summer highest temperature and hot accumulated temperature tend to descend before the 1990s but rise back at the first several years in this century in Nanjing. Nowadays the summer of Nanjing starts from the last ten days or the middle ten days of May and ends on the last ten days of September or the first ten days of October. The evident increase of summer time scale in Nanjing is corresponding to global warming. The summers in the 1950s and 1960s are hot and the phenomena of hot summer appears more frequently, while the summers in 1970s and 1980s are cool and the phenomena of cool summer is more likely to be observed. After the 1990s summer temperature has risen up. At the first several years in this century the summer is hot in Nanjing but there are no abnormal years in which the situation of hot summer or cool summer appear. The temperature and hot accumulated temperature of Nanjing have close relationship with atmospheric circulation evolution and air-sea interactions in the tropical ocean, resulting in corresponding change in the number of days of precipitation, sunshine hours and other changes in Nanjing, and causing corresponding changes in Nanjing's summer temperatures.

Key words: Nanjing; summer temperature; hot accumulated temperature; pentad temperature; hot summer, cool summer