

潘文卓, 缪启龙, 许遐桢. 1951—2006 年南京气温变化特征 [J]. 南京气象学院学报, 2008 31(5): 694-701

1951—2006 年南京气温变化特征

潘文卓¹, 缪启龙¹, 许遐桢^{1, 2}

(¹ 南京信息工程大学 江苏省气象灾害重点实验室, 江苏 南京 210044

² 江苏省气象局 气候中心, 江苏 南京 210008)

摘要: 利用南京市 1951 年 1 月—2007 年 4 月逐日温度观测资料, 分析了南京市平均气温、极端气温、冷积温和热积温的变化趋势和特征。结果表明, 在全球气候变暖的背景下, 56 a 来南京平均气温明显上升, 尤其是春、冬季升温显著, 且春季升温大于冬季升温, 而年极端最低气温和冷积温显著上升, 年极端最高气温和热积温略有下降; 冷冬皆分布在 20 世纪 80 年代以前, 暖冬主要分布在 90 年代以后; 春季提前并略有加长; 夏季加长了约 4 候; 秋季延迟并缩短了约 2 候; 冬季缩短了约 3 候。

关键词: 南京; 气温变化特征; 冷积温; 热积温

中图分类号: P467 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-2022(2008)05-0694-08

Temperature Variation Characteristic in Nanjing during 1951—2006

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

(¹ Jiangsu Key Laboratory of Meteorological Disaster, NUIST, Nanjing 210044, China

² Jiangsu Climate Center, Jiangsu Meteorological Bureau Nanjing 210008, China)

Abstract Based on the daily temperature data during January 1951 to April 2007 in Nanjing, the change trends and characteristics of mean temperature, yearly maximum temperature, yearly minimum temperature, cold accumulated temperature and hot accumulated temperature in Nanjing are analyzed. The change of cold winter, warm winter, cool summer and hot summer are discussed. The results show that the mean temperature tends to rise obviously, especially in spring and winter with the former larger than the latter. The yearly minimum temperature and cold accumulated temperature tend to rise remarkably, and the yearly maximum temperature and hot accumulated temperature tend to descend slightly. In recent 56 years, the all cold winters have appeared before 1980s and the warm winters are frequently observed after 1990s. The spring comes earlier with the time lengthen a little. The length of summer has prolonged for about four pentads. The length of autumn has shortened for about two pentads with starting time about ten days later. The length of winter has shortened for about 3 pentads.

Key words Nanjing temperature variation characteristic; cold accumulated temperature; hot accumulated temperature

0 引言

南京地处北亚热带的北缘, 属于北亚热带季风气候区, 四季分明, 灾害性天气频次高, 灾种多, 分布广, 成灾比例高, 是气候灾害的频繁区之一。近年经常出现的气候异常, 对经济社会、人类活动和农业生

产造成很大的影响。

全球气候变暖, 已引起世界各国专家学者和政府的高度重视。IPCC 第 4 次评估报告指出, 最近 100 a (1906—2005 年) 全球平均地表温度上升了 $(0.74 \pm 0.18) ^\circ\text{C}^{[1]}$ 。自 1850 年以来最暖的 12 a 中有 11 a 出现在近期的 1995—2006 年 (除 1996 年),

收稿日期: 2007-07-09 改回日期: 2008-02-27

基金项目: 江苏省气象灾害重点实验室资助项目 (KLME05004)

作者简介: 潘文卓 (1982—), 男, 江苏常州人, 硕士, 主要从事气候变化的研究, panwenzhuo@163.com.

过去 50 a 升温率几乎是过去 100 a 的 2 倍^[2]。在 20 世纪出现了两个最热的时期, 即 1910—1945 年和 1976—2000 年^[3]。Chen 等^[4]分析了近几十年中国气候的变化。刘宣飞等^[5]分析了中国气温场与全球温度场变化的关系及其相应的环流异常。缪启龙等^[6]、王翠花等^[7]及史岚等^[8]先后对我国半个世纪以来的最高气温和最低气温做了分析研究。于淑秋^[9]研究了我国近 50 a 以来日平均温度、各种界限温度日数、生长季节长度及有效积温的变化趋势。周自江等^[10]建立了全国及 8 个区域近 46 a 冬季气温的时间序列, 并分析了其变化特征。郭志梅等^[11-12]分析了近 50 a 来北方地区气温的变化趋势特征, 并对其突变性做了分析研究。刘莉红等^[13]分析并验证了近百年来我国气温变化的突变点位置。唐国利等^[14]利用近 44 a 来南京气候观测资料分析了南京地区的气温变化特点, 并对其可能原因进行了分析。这些研究指出, 我国气候变暖在冬季更加明显, 变暖的地区主要在北方, 在 20 世纪 80 年代气温有变暖突变。而处于长江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? 南京季节的演变情况如何? 本文利用南京测站 1951 年 1 月至 2007 年 4 月的逐日平均干球气温、最高气温和最低气温的逐日温度资料 (资料取自气象资料逐日气温记录), 分析南京地区 56 a 来的气温变化。

1 南京平均气温的变化

本文将 3—5 月作为春季, 6—8 月为夏季, 9—11 月为秋季, 12 月—次年 2 月作为冬季。

由图 1 可知, 56 a 来南京冬季气温的升温趋势率为 $0.30\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$, 春季为 $0.35\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$, 夏季为 $0.07\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$, 秋季为 $0.14\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$, 全年为 $0.22\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ (冬、春、秋季和全年升温趋势通过 0.01 的显著性检验, 夏季通过了 0.05 的显著

性检验), 表明南京春、冬季的增温大于秋、夏季, 且春季增温最为显著。这与文献 [15-20] 得到的我国北方以冬季增温最显著的结论不一致, 与文献 [21] 得到的青岛平均气温春季增温最大的结论一致。冬季气温在 20 世纪 80 年代以前皆低于平均水平, 且波动不大; 80 年代开始急剧上升, 并且 21 世纪头几年达到了最高峰。春季气温在 20 世纪 60 年代至 80 年代接近于多年平均水平, 而自 90 年代以后迅速上升, 且上升趋势较大。夏季 20 世纪 60 年代稍高于平均水平, 而 90 年代以后又明显上升, 并且在 21 世纪头几年超过了 20 世纪 60 年代的水平。秋季气温在 20 世纪 80 年代以前变化不大, 其中 70 年代温度较低, 自 80 年代以来呈持续上升的趋势。南京全年平均气温在 20 世纪 80 年代以前处于平均水平以下, 这与春、冬季气温变化相似; 但进入 90 年代以来, 温度急剧上升, 变暖明显, 21 世纪头几年的平均气温已远远高于常年的水平, 表明 90 年代以来的南京气温在全年和四季都表现为明显上升。冬、春、夏、秋季平均温度的变化对全年平均温度变化的贡献分别为 34.9%、40.7%、8.1%、16.3%。这些事实与文献 [14] 的结论基本一致, 只是由于最近 6 a 显著的持续升温, 冬、春、秋季和年线性变暖趋势更大, 夏季为弱上升趋势。

如果按照文献 [22] 划分季节的温度标准, 即候平均气温小于等于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的季节为冬季, 大于等于 $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为夏季, 候平均温度介于 10 与 $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间的为春、秋季, 那么分析相应四季的平均温度变化 (图略) 表明, 四季平均气温年代际变化较小, 且夏季线性变化趋势与图 1 中的符号相反 (表 1), 与前文分析的四季平均温度变化有较大差异。这主要是由于以温度为标准划分的各季中温度的平均时间长度各年不一样所致。

表 1 以温度为标准划分的四季平均温度距平年代际变化及其线性趋势
Table 1 Interdecadal variations and their linear trends of seasonal mean temperature departures
based on the seasonal division standard by temperature

	1951—1960 年	1961—1970 年	1971—1980 年	1981—1990 年	1991—2000 年	2001—2006 年	线性趋势 / ($^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{ a})^{-1}$)
冬季	-0.14	-0.37	-0.24	-0.11	0.64	0.34	0.16
春季	0.03	-0.21	0.2	-0.13	0.2	-0.19	0.02
夏季	-0.02	0.33	0.01	-0.31	-0.13	0.24	-0.03
秋季	-0.32	0.09	0.13	-0.04	0.15	-0.04	0.04

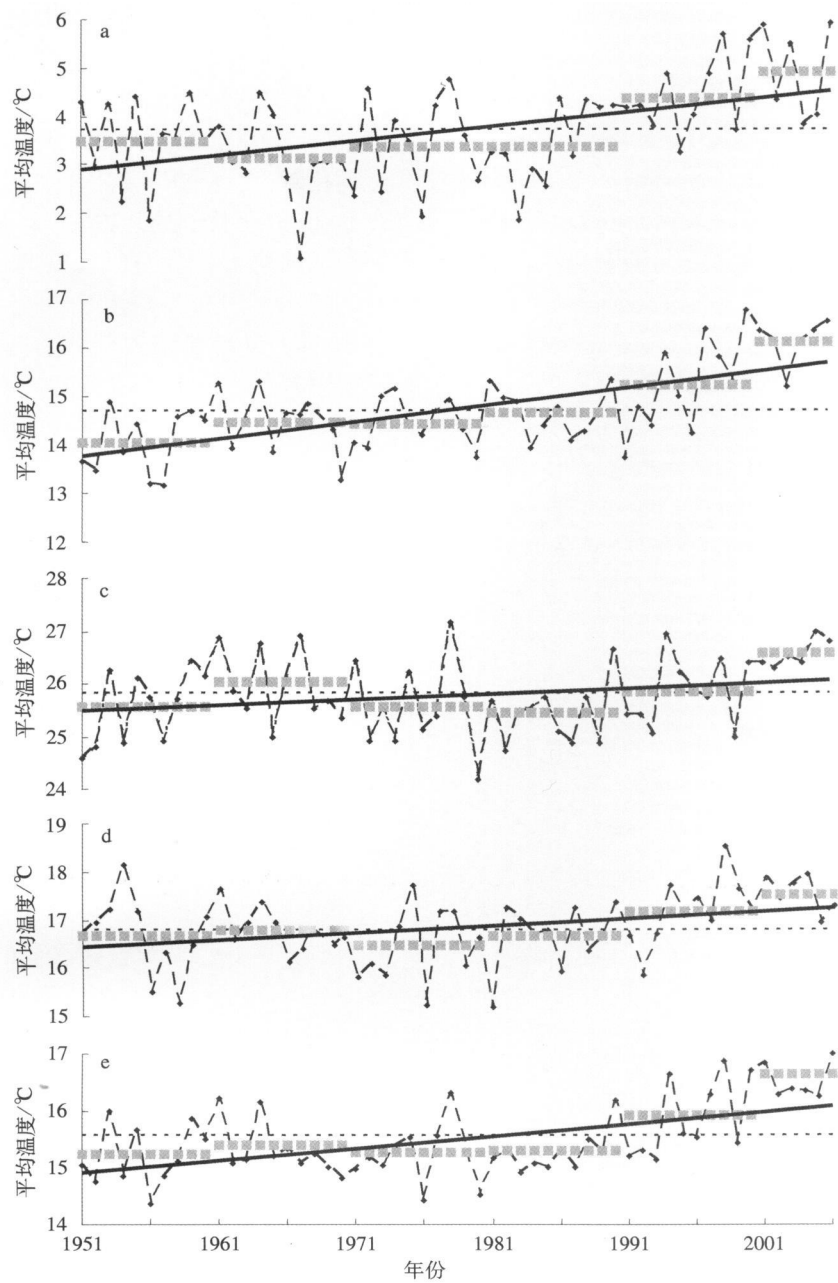


图 1 1951—2006 年南京冬 (a)、春 (b)、夏 (c)、秋季 (d) 及全年 (e) 平均温度的变化 (单位: $^{\circ}\text{C}$)
(点虚线为逐年变化, 粗实线为线性趋势, 粗虚直线为各年代平均值, 细虚直线为多年平均)

Fig 1 Temporal variations of (a) winter (b) spring (c) summer (d) autumn and (e) annual mean temperatures during 1951 to 2006 in Nanjing (units $^{\circ}\text{C}$)

(Dotted dash line interannual variation; thick solid line linear trend;

thick dashed line mean temperature per 10-yr; thin dashed line temperature averaged from 1951 to 2006)

2 南京年极端气温变化

年极端最低气温是指该年 11 月到次年 3 月间极端最低的一个气温值, 南京 56 a 的年极端最低气温平均值为 -8.6°C 。由图 2a 可以看出, 南京年极端最低气温变化趋势率为 $0.62^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$, 远大于

冬季和全年气温变化的线性增长率。年极端最低气温在 20 世纪 50 年代和 60 年代较低, 自 70 年代以来不断上升, 虽偶有年极端低温记录出现 (如 1991 年出现了 -13.1°C 的低温记录), 但自 1992 年以后, 连续 15 a 年极端最低气温皆在 -8°C 以上, 远高于 56 a 平均值。

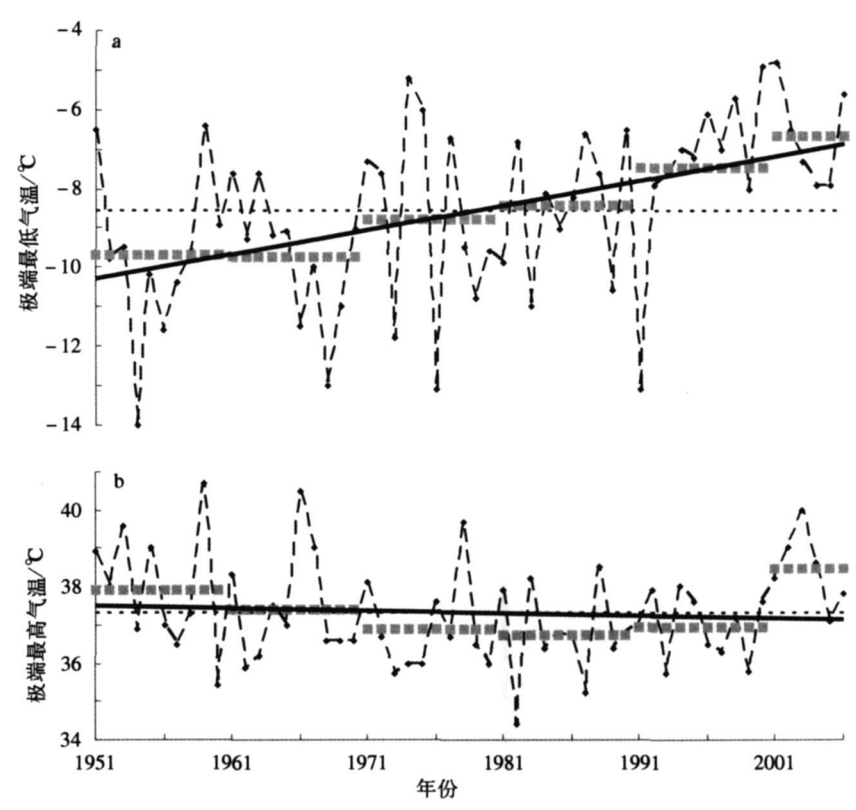


图 2 1951—2006 年南京年极端最低气温 (a) 和年极端最高气温 (b) 的变化 (单位: $^{\circ}\text{C}$)
(点虚线为逐年变化, 粗实线为线性趋势, 粗虚线为各年代平均值, 细虚直线为多年平均)

Fig 2 Temporal variations of yearly (a) maximum and (b) minimum temperatures during 1951–2006 in Nanjing (units $^{\circ}\text{C}$)
(Dotted dash line interannual variation, thick solid line linear trend, thick dashed line mean temperature per 10-yr, thin dashed line temperature averaged from 1951 to 2006)

年极端最高气温是指夏半年中极端最高的气温, 南京年极端最高气温的平均值为 37.3°C 。由图 2b 可以看出, 南京年极端最高气温变化趋势率为 $-0.064^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$, 56 a 总体是略降的。年极端最高气温在 20 世纪 50 年代比较高, 随后不断下降, 至 80 年代达到最低, 可见 80 年代是最凉的夏季。21 世纪头几年年极端最高气温上升很快, 年极端最高气温均高于 37°C , 高温水平已超过了 50 年代的高温期, 可见 21 世纪头几年是一个新的夏季高温时期。历史上出现过 3 次高于 40°C 极端高温记录, 分别为 40.7°C (1959 年 8 月 22 日)、 40.5°C (1966 年 8 月 7 日) 和 40°C (2003 年 8 月 2 日)。21 世纪头几年的极端最高、最低气温的变化与文献 [14]、[23] 的结论一致, 所不同的是由于近十多年的显著升温, 致使极端最高气温的降温趋势变小, 极端最低气温的升温趋势变大。

3 南京冷积温和热积温的变化

冬季的严寒和偏暖主要体现在低温日数和最低

气温等气象要素上, 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。本文定义冷积温 T_{cat} (cold accumulated temperature) 来表示冬季的寒冷程度, 为一低温指数; 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。

冷积温指的是某年 -5°C 以下的低温日的日最低气温与 -5°C 的差值的和, 即

$$T_{\text{cat}} = \sum_{i=1}^n [T_{\text{mini}} - (-5^{\circ}\text{C})], \quad (1)$$

热积温指的是某年日最高温度在 35°C 以上的高温日的日最高气温与 35°C 的差值的和, 即

$$T_{\text{hat}} = \sum_{i=1}^n [T_{\text{maxi}} - 35^{\circ}\text{C}]. \quad (2)$$

式中: T_{mini} 为日最低气温; T_{maxi} 为日最高气温。

分析 1951—2006 年各年冷积温 (图 3a) 表明, 南京平均冷积温为 -16.7°C , 线性趋势率为 $4.5^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 。在 20 世纪 50、60 年代是一个较低温的时期, 60 年代为最低谷, 进入 70 年代以后冷积

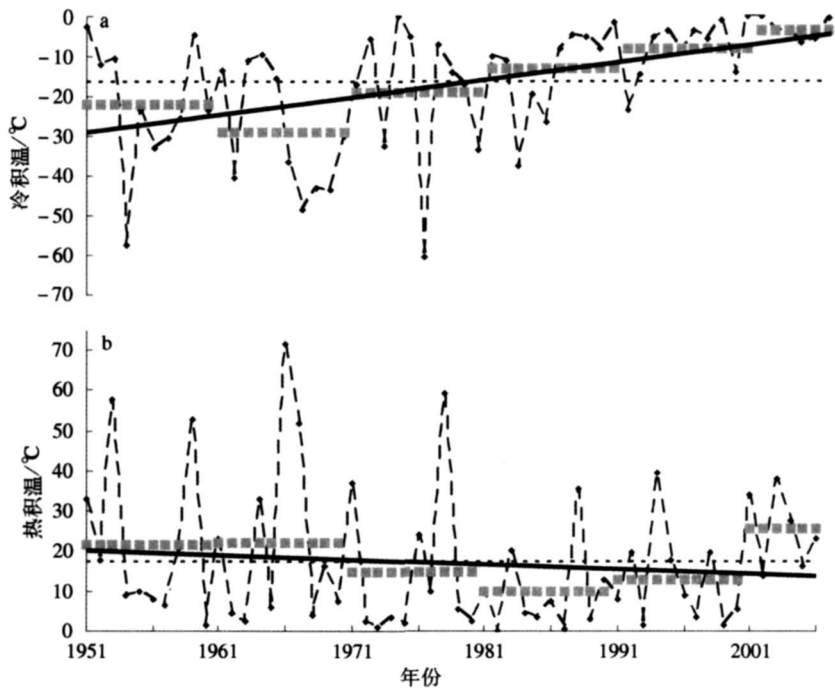


图 3 1951—2006 年南京冷积温 (a) 和热积温 (b) 的变化趋势 (单位: $^{\circ}\text{C}$)

(点虚线为逐年变化, 粗实线为线性趋势, 粗虚线为各年代平均值, 细虚直线为多年平均)

Fig 3 Temporal variations of (a) cold and (b) hot accumulated temperatures during 1951—2006 in Nanjing (units $^{\circ}\text{C}$)

(Dotted dash line interannual variation, thick solid line linear trend,

thick dashed line mean temperature per 10-yr, thin dashed line temperature averaged from 1951 to 2006)

温持续上升, 21 世纪头几年, 冷积温已越来越接近于 0 值, 可见南京冬季处于持续较暖过程。

分析 1951—2006 年各年热积温 (图 3b) 表明, 南京平均热积温为 16.5°C , 56 a 的线性趋势率为 $-1.2^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$, 表明 56 a 来南京炎热的程度有所下降。在 20 世纪 50 年代和 60 年代热积温较大, 其后至 80 年代都呈下降的趋势, 进入 90 年代以来, 热积温有明显的上升, 21 世纪头几年的平均值已经超过了 20 世纪 60 年代的平均水平。

4 南京冬夏气温异常的变化

冬季气温异常主要表现在整个冬季为冷冬或暖冬, 是基于多年平均而言出现的异常。判断暖冬或冷冬, 以冬季 3 个月 (12 月、次年 1 月、2 月) 的月距平值来划定, 有国家气候中心的判断标准和江苏省的标准, 本文采用后者, 即: 对于某个月, $\Delta T \leq -1.5^{\circ}\text{C}$ 则为冷冬月, $\Delta T \geq 1.5^{\circ}\text{C}$ 为暖冬月; 若冬季 3 个月中有 2 个月的 ΔT 达到暖冬月或冷冬月标准, 或虽只有 1 个月的 ΔT 达到标准, 但其他两月均与冷冬月或暖冬月的 ΔT 值同号, 则定该年为冷冬年或暖冬年^[23]。

依据上述标准, 计算结果表明, 南京 1951—2007 年属冷冬年的有: 1952—1953、1954—1955、1956—1957、1966—1967、1967—1968、1973—1974、1976—1977、1980—1981、1983—1984、1984—1985 年, 共 10 a; 属暖冬年的有: 1951—1952、1978—1979、1994—1995、1997—1998、1998—1999、2000—2001、2001—2002、2003—2004、2006—2007 年, 共 9 a。

由表 2 可以看出, 56 a 来, 冷冬出现的次数呈减少的趋势, 且都分布在 20 世纪 80 年代以前, 分布较为均匀, 平均 4 a 一遇, 而 90 年代以来未出现冷冬; 暖冬的出现次数在 80 年代以前很少, 40 a 仅有 2 次, 但 90 年代以来出现次数急剧上升, 且很频繁, 近 10 a (1997—2006 年) 2 a 一遇, 最近的 2006—2007 年冬天就是个典型的暖冬。可见, 20 世纪 90 年代以来冬季气温的上升已使南京的冬季出现了持续偏暖异常, 与文献 [23] 结论一致。

夏季西太平洋副热带高压直接控制南京地区, 极易出现高温少雨天气, 如出现频率较高则易形成酷暑; 反之, 若夏季降水较多, 则易造成盛夏气温偏低、高温日数偏少, 出现冷夏的情况。根据文献

[23-24], 本文确定酷暑和凉夏的标准为: 盛夏 7 月、8 月两月平均温度高于 29 ℃, 大于等于 35 ℃高温日数多于 20 d 则确定为酷暑; 7 月、8 月平均温度低于 27 ℃, 大于等于 35 ℃高温日数少于 10 d 则确定为凉夏。

依据上述标准, 南京 1951—2006 年属酷暑年的有: 1953 1959 1961 1964 1966 1967 1971 1978 1994 1998 年, 共 10 a 属凉夏年的有: 1952 1954 1972 1974 1980 1982 1986 1987 1989 1993 1999 年, 共 11 a。

由表 2 可以看出, 56 a 来酷暑出现的次数呈减少趋势, 20 世纪 70 年代以前酷暑明显偏多, 70 年代以后凉夏明显偏多, 可见南京夏天自 70 年代至 80 年代呈变凉的趋势, 但 90 年代之后有所缓和, 酷暑凉夏出现的几率均较低, 且出现次数相等, 尤其是 21 世纪头几年甚至还未出现过酷暑或凉夏的异常年, 这与文献 [23] 的分析结果一致, 南京酷暑有所缓解。

表 2 南京各年代冷冬、暖冬和凉夏、酷暑出现的次数

Table 2 The numbers of warm winter/cold winters hot/cold summers during 1951—2006 in Nanjing

时间	冷冬	暖冬	凉夏	酷暑
1951—1960 年	3	1	2	1
1961—1970 年	2	0	0	4
1971—1980 年	3	1	3	2
1981—1990 年	2	0	4	0
1991—2000 年	0	4	2	2
2001—2006 年	0	3	0	0

5 南京四季候数的变化

本文将一年分成 72 候, 从 1 月 1 日到 1 月 5 日称第 1 候, 其余类推。每月分为 6 候。

5.1 冬、夏季候数的变化

分析南京 56 a 来每年冬季半年候平均小于等于 10 ℃的时间及其变化趋势 (图 4a) 可见, 平均冬季长度约为 24 候 (即 120 d), 其线性趋势率为 -0.54 候 / (10 a)。80 年代以前平均为 25 候, 而近 10 a (1997—2006 年) 平均为 22 候, 比 20 世纪 80 年代以前减少了 3 候, 可见冬季的时间跨度在显著缩短 (表 3)。

分析南京 56 a 来候平均大于等于 22 ℃的时间及其变化趋势 (图 4b) 可见, 平均夏季长度为 23 候

(即 115 d), 其线性增长率为 0.74 候 / (10 a)。候平均大于等于 22 ℃的时间从 22 候增长至 26 候, 即夏季从三个半月增长到四个多月。尤其是最近的 10 a 平均为 26 候, 可见夏季的时间跨度在显著变长。

由表 3 可见, 近 10 a 的 5 月、6 月、9 月、10 月的夏季时间均有增加, 表明目前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 a 来南京盛夏炎热程度虽然未有很明显的增长, 但夏天时间长度则明显增长, 这是对全球变暖响应的另一种表现形式。

表 3 南京 20 世纪 50 年代与近 10 a 候平均温度小于等于 10 ℃以及大于等于 22 ℃的时间

Table 3 The durations with the pentad mean temperature $\leq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ or $\geq 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ in 1950s and in recent 10 yr in Nanjing 候

年代	候平均 $\leq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的时间					
	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月
50 年代	2	6	6	6	4	1
近 10 a	2	6	6	6	2	0

年代	候平均 $\geq 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的时间					
	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
50 年代	1	5	6	6	4	0
近 10 a	2	6	6	6	5	1

注: 近 10 a 为 1997—2006 年。

5.2 春、秋季候数的变化

从 56 a 来各年上半年候平均大于 10 ℃且小于 22 ℃的时间及其变化趋势 (图 5a) 可以看出, 平均春季长度为 13 候 (即 65 d), 其线性增长率为 0.1 候 / (10 a), 56 a 来仅增长了约半候, 占春季的 3.8%。春季由原来从 3 月下旬开始、5 月下旬或 6 月上旬结束, 变为现在 3 月上旬或中旬开始、5 月中旬结束 (表 4), 总体上春季在全年的时间段上表现为提前。

从 56 a 来各年下半年候平均大于 10 ℃且小于 22 ℃的时间及其变化趋势 (图 5b) 可以看出, 平均秋季长度为 12 候 (即 60 d), 其线性趋势率为 -0.3 候 / (10 a), 56 a 来减少了约 2 候, 占秋季的 16.7%。主要是开始时间由原来 9 月中旬或下旬, 推迟为 9 月底或 10 月初。

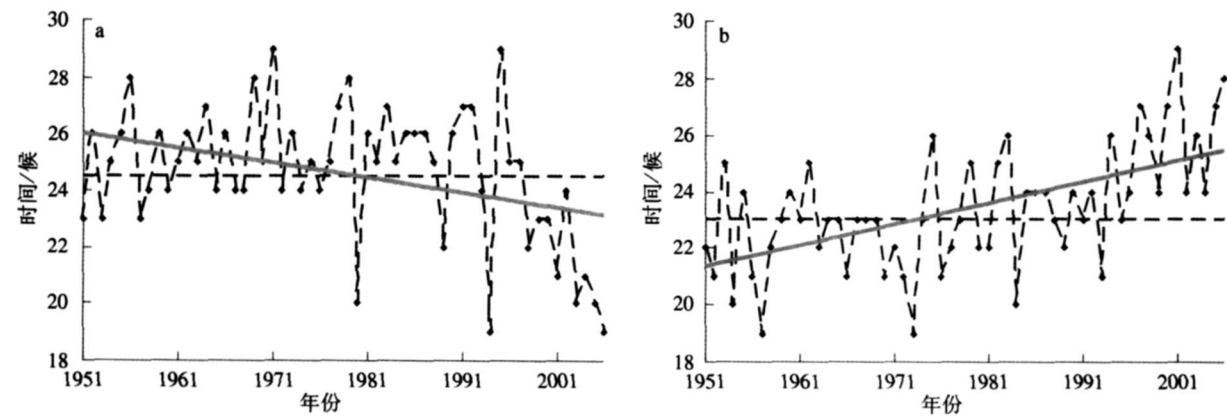


图 4 南京候平均小于等于 10 °C 的时间 (a) 以及候平均大于等于 22 °C 的时间 (b) 及其线性趋势
(点虚线为逐年变化, 细虚线为多年平均, 粗实线为趋势线)

Fig 4 Interannual variations of the duration and its linear trend with (a) the pentad mean temperature $\leq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ and (b) $\geq 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ during 1951–2007 in Nanjing
(Dotted dash line interannual variation; thin dashed line temperature averaged from 1951–2006; thick solid line linear trend)

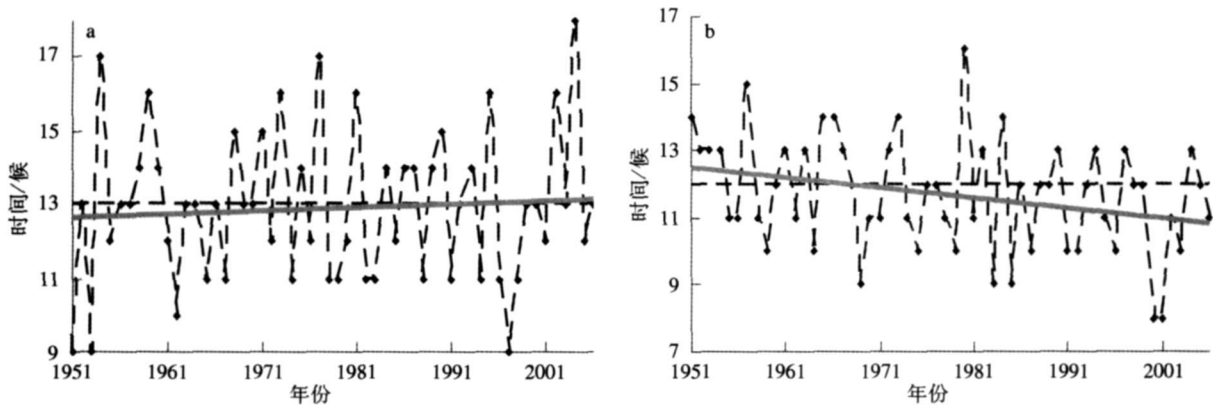


图 5 南京上半年 (a) 和下半年 (b) 候大于 10 °C 且小于 22 °C 的时间及其线性趋势
(点虚线为逐年变化, 细虚线为多年平均, 粗实线为趋势线)

Fig 5 Temporal variations of the duration and its linear trend with the pentad mean temperature $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $< 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ in (a) the first and (b) second half years in Nanjing
(Dotted dash line interannual variation; thin dashed line temperature averaged from 1951–2006; thick solid line linear trend)

表 4 南京 20 世纪 50 年代与近 10 a 候平均大于 10 °C 且小于 22 °C 的时间

Table 4 The durations with the pentad mean temperature $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $< 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ in 1950s and in recent 10 yr in Nanjing

	in 1950s and in recent 10 yr in Nanjing						候
年代	3月	4月	5月	6月	9月	10月	11月
50年代	2	5	5	1	2	6	4
近 10 a	4	6	4	0	1	5	4

注: 近 10 a 为 1997–2006 年。

6 结论

(1) 南京地区 56 a 来, 冬、春、夏、秋季平均气温和年平均气温均呈增温态势, 春、冬季表现出很显著的增暖趋势, 冬季升高了 1.7 °C, 春季升高了 1.8 °C; 夏季的升温趋势较不明显; 全年升温明显, 56 a 来南京年平均温度升高了 1.2 °C, 这主要是

春、冬季的贡献。南京春季增温大于冬季增温这一事实与中国北方以冬季升温最显著是不同的。
(2) 冬季年极端最低气温和冷积温显著上升, 56 a 来年极端最低气温上升了 3.5 °C, 冷积温上升了 25.2 °C; 年极端最高气温和热积温却略有下降, 56 a 来年极端最高温度下降了 0.36 °C, 热积温下降了 6.7 °C。这表明, 56 a 来南京地区冬季严寒程

度在明显减弱, 夏季炎热程度也在减弱, 21 世纪头几年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, 夏季炎热减弱的趋势在减缓。冷冬皆分布在 20 世纪 80 年代以前; 暖冬主要分布在 90 年代以后, 近 10 a 为 2 a 一遇, 90 年代以来, 南京冬季出现了持续的偏暖异常; 酷暑主要分布在 50、60 年代, 凉夏主要分布在 70、80 年代, 21 世纪头几年虽较热但未有凉夏酷暑的异常年出现。可见, 冬季气温变暖在增强, 而夏季高温有所减缓。

(3) 南京 56 a 来四季时间的变化表明, 半个多世纪以来, 南京各季的时间长度和时间分布皆产生了明显的改变, 即春季略有加长, 表现为“前移”; 夏季“头尾伸长”, 约加长了 4 候; 秋季开始时间后延, 减短了约 2 候; 冬季结束时间提前, 缩短了约 3 候。

参考文献:

- [1] IPCC. Climate change 2007: The physical science basis Summary for policymakers[R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [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] 雷 W, 查尔斯 A L. 全球气候变化及其影响[J]. 水科学进展, 2003, 14(5): 667-674.
- [4] Chen Longxun, Shao Yongning, Dong Min, et al. Preliminary analysis of climatic variation during the last 39 years in China[J]. Adv Atmos Sci, 1991, 8(3): 279-288.
- [5] 刘宣飞, 朱乾根. 中国气温与全球气温变化的关系[J]. 南京气象学院学报, 1998, 21(3): 390-397.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 于淑秋. 近 50 年我国日平均气温的气候变化[J]. 应用气象学报, 2005, 16(6): 787-793.
- [10] 周自江, 王颖. 中国近 46 年冬季气温序列变化的研究[J]. 南京气象学院学报, 2000, 23(1): 106-112.
- [11] 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.
- [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(4): 176-182.
- [13] 刘莉红, 郑祖光. 近百余年我国气温变化的突变点分析[J]. 南京气象学院学报, 2003, 26(3): 378-383.
- [14] 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.
- [15] 王菱, 谢贤群, 苏文, 等. 中国北方地区 50 年来最高和最低气温变化及其影响[J]. 自然资源学报, 2004, 19(3): 337-343.
- [16] 于淑秋, 林学椿, 徐祥德. 我国西北地区近 50 年降水和温度的变化[J]. 气候与环境研究, 2003, 8(1): 9-18.
- [17] 桑建人, 陈楠, 杨侃宁, 等. 宁夏气温变化趋势及环流差异特征分析[J]. 南京气象学院学报, 2007, 30(1): 128-133.
- [18] Li Xiaowen, Zhou Xiuji, Li Weiliang, et al. The cooling of Sichuan province in recent 40 years and its probable mechanisms[J]. Acta Meteorologica Sinica, 1995, 9(1): 57-68.
- [19] Zhai P, Sun A, Ren F, et al. Changes of climate extremes in China[J]. Climate Change, 1999, 42(1): 203-218.
- [20] 徐宗学, 孟翠玲, 赵芳芳. 山东省近 40 a 来的气温和降水变化趋势分析[J]. 气象科学, 2007, 27(4): 387-393.
- [21] 庞华基, 高靖, 李春, 等. 青岛百年气温变化及其影响因素分析[J]. 南京气象学院学报, 2007, 30(4): 524-529.
- [22] 张宝堃. 中国四季之分布[J]. 地理学报, 1934, 1(1): 1-18.
- [23] 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.
- [24] 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.