

1951~1990年中国极端气温变化分析

任福民 翟盘茂

(国家气候中心, 北京 100081)

摘 要 利用中国 1951~1990 年极端温度资料, 在消除台站迁移和城市热岛效应的影响, 并经过资料质量控制的基础上, 对我国极端温度的变率和变化趋势的区域分布以及季节变化特征进行了分析研究。结果发现, 近 40 年中国季极端最低温度的变率以春、秋两季为最大, 大变率区域主要集中在北方; 夏季是极端最低温度变率最小的季节。我国季极端温度的变化趋势存在较大的季节性差异; 极端最低温度在冬、秋季增温趋势分别具有 99%、97% 的显著水平; 极端最高温度只有在秋季, 其降温趋势具有 90% 的显著水平。极端温度的变化趋势还存在明显的地域性差异; 东北、华北北部、内蒙古中东部和川藏交界等地极端最低温度在各季表现出明显的增温趋势; 长江流域地区极端最高温度在秋、冬季具有较为明显的降温趋势, 黄河下游地区则在春、夏季表现出降温趋势。

关键词 中国 极端温度 变化

1 引言

近年来, 气候变化引起气象界和政府越来越多的关注, 各国气候学者从不同角度对这一问题作了研究, 获得了许多有意义的结果。IPCC^[1]对全球范围气温的研究指出, 全球平均温度自 19 世纪末以来升高了 $0.3\sim 0.6^{\circ}\text{C}$; Angell 对最新全球大气资料分析表明, 1979 年以来, 对流层 850 hPa~300 hPa 温度平均升高了 0.1°C , 而平流层低层 100 hPa~50 hPa 的温度却以 $-0.34^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的趋势在下降^[1,2]; Karl 等最近对全球最高、最低温度研究结果表明, 近 40 年全球平均温度的变暖过程中, 表现出明显的日夜温度变化的不对称性, 并使得日较差呈变小的趋势^[3~6]。IPCC^[1]不仅对平均温度变化的观测研究极为关注, 而且十分重视极端温度的变化研究。Karl 等^[3]以及 Cooter^[7]的研究结果指出, 过去几十年中, 极端最低温度发生频率和霜冻期长度出现了下降趋势。

我国学者对中国平均温度的变化研究已有不少很有成效的工作。这些结果表明中国近百年平均气温的变化与全球的增温趋势大体相似, 但在具体的变化过程、转折时间和程度上又与全球有一定区别, 同时也表现出较大的地域性差异^[8~11]。然而, 对中国最高、最低温度的变化研究却刚刚开始^[11]。在研究气候变暖过程中, 研究极端温度的变化特征, 了解它们在不同区域和不同季节的变化特点, 有助于深入理解气候变化规律与探讨气候变化的原因。

1996-09-06 收到, 1997-09-01 收到再改稿

2 资料及处理方法

2.1 资料选取与质量控制

所用资料为中国大陆 369 站逐月极端最高温度和极端最低温度, 时间跨度一致取为 1951 年 1 月至 1990 年 12 月。对资料不足 35 年的测站则予以剔除。

气候变化研究必须建立在可靠的资料基础上。而实测的资料由于受台站迁移、城市热岛效应等因素的影响, 大都存在序列的不均一性, 这样会掩盖真实的并产生虚假的气候变化。因此, 在进行气候变化分析之前, 先对资料做均一性检查和质量控制, 最大限度地提高资料的可靠性是非常必要的。为此, 依次对资料进行如下三个方面的处理。

2.1.1 消除城市热岛效应影响

赵宗慈在对 160 站资料的研究中发现, 城市热岛效应的作用随人口增加而加大^[14]。为此, 我们将热岛效应影响最显著的特大城市 (人口 ≥ 100 万) 和大城市 (人口 ≥ 50 万) 测站去掉。这样就基本上消除了资料中热岛效应的影响。

2.1.2 消除台站迁移的影响

考虑到水平变化和垂直变化对温度的影响, 气象台站的迁移必然会给资料带来系统性偏差, 造成序列的不均一性^[15]。因此, 分析之前应去除其影响。

在剔除城市测站的基础上, 对资料进行台站迁移检查。处理方法如下:

对于具有 N 次站址的台站 (X_j, Y_j, H_j) , $j=1, \dots, N$, 其中 X_j 、 Y_j 和 H_j 分别为第 j 次站址的经度、纬度和海拔高度, 定义 i 、 j 两次站址间距: $D_{ij} = \sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2}$; i 、 j 两次站址间海拔高度差: $\Delta H = |H_i - H_j|$ 。

当台站迁移达到下列情形之一时, 则将该站资料剔除: $D_{ij} \geq 20$ km; $\Delta H \geq 50$ m。

2.1.3 质量控制

由于观测仪器、资料处理和传输过程可能引起的误差影响, 资料中很难避免存在一定的错误, 因此先对资料进行质量控制的技术处理, 最大限度地减少这些错误的可能影响是非常必要的^[15]。

首先, 将所有落在以本站为中心、250 km 为半径的圆内的测站定义为邻站。假设某站具有 m 个邻站, 对于该站的分要素逐月序列 X_j , $j=1, \dots, n$, n 为序列的样本长度, 容易求出相应的标准化序列 S_j 和各邻站标准化序列 $P_{\bar{j}}$, $j=1, \dots, m$; $i=1, \dots, m$ 。采用如下的质量控制方法:

$$\begin{aligned} n_1 &= \sum R_i, \text{ 其中 } R_i = \begin{cases} 1, & S_j P_{\bar{j}} > 0 \\ 0, & S_j P_{\bar{j}} \leq 0 \end{cases} \\ n_2 &= \sum T_i, \text{ 其中 } T_i = \begin{cases} 1, & S_j + 1.5 \geq P_{\bar{j}} \geq S_j - 1.5 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \\ n_3 &= \sum Q_i, \text{ 其中 } Q_i = \begin{cases} 1, & S_j + 0.5 \geq P_{\bar{j}} \geq S_j - 0.5 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \end{aligned}$$

当 $S_j \leq 2.0$, 认为正确。

当 $2.0 < S_j \leq 4.0$, 且 $m=0$, 认为正确。

当 $2.0 < S_j \leq 4.0$, 且 $m>0$ 时, 则要求满足以下两个条件才认为正确: (1) $n_1 \geq 2$ (当 $m=1$ 时, $n_1=1$); (2) $n_2 \geq 1$ 。

当 $4.0 < S_j \leq 5.0$ 时, 要求满足以下两个条件才认为正确: (1) $n_1 \geq 2$ (当 $m=1$ 时, $n_1=1$); (2) $n_3 \geq 1$ 。

未满足以上条件的数据, 均作为可疑资料并以缺省值代替。

2.2 资料生成

经过以上处理, 大大提高了资料的可靠程度, 基本达到了最初的目的。在此基础上, 进一步生成季、省和中国平均的资料。

2.2.1 季资料生成

按天气年划分季节, 每年的春、夏、秋、冬分别代表 3~5 月、6~8 月、9~11 月和 12~次年 2 月。极端温度的季资料取该季中 3 个月的极端值, 但要求 3 个月中至少 2 个月有观测值, 否则季资料为缺省值。

2.2.2 省资料生成

由于各台站之间存在一定的气候差异, 并且存在一定数量的缺省资料。为去除这些影响, 首先将单站资料距平化, 然后再对距平资料做省内平均, 即为省平均资料。

2.2.3 中国资料生成

由于全国台站在分布上东多西少, 若按站点等权平均生成全国资料, 无疑相当于增加了东部地区的权重, 这样不能客观地反映全国的总体平均状况。为避免这种情况, 我们利用省资料, 采用按省的面积加权平均的办法得到中国平均资料。

2.3 计算方法

极端温度的变率以标准差来衡量。对资料序列 $T(t)$, $t=1, 2, \dots, n$, 其标准差可通过下式求得:

$$S = \sqrt{\frac{\sum [T(t) - T_m]^2}{n}},$$

式中 $T_m = \sum T(t) / n$ 。

以线性函数 $Y = a + bt$ 来拟合资料序列 $T(t)$, 按最小二乘法可求出常数项 a 和趋势项 b , 计算公式如下:

$$a = \frac{\sum t^2 \sum T - \sum t \sum t T}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}, \quad b = \frac{n \sum t T - \sum t \sum T}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}.$$

3 结果分析

3.1 极端温度的变率分布

图 1 为近 40 年全国季极端温度的标准差分布。图中显示, 极端最低温度的变率在春、秋两季最大, 中国北方大部地区和长江中下游局部地区标准差大于 3°C , 其余地区秋季一般在 $1.5 \sim 3^\circ\text{C}$ 之间, 春季在 $1 \sim 3^\circ\text{C}$ 之间; 在冬季, 标准差大于 3°C 的地区主

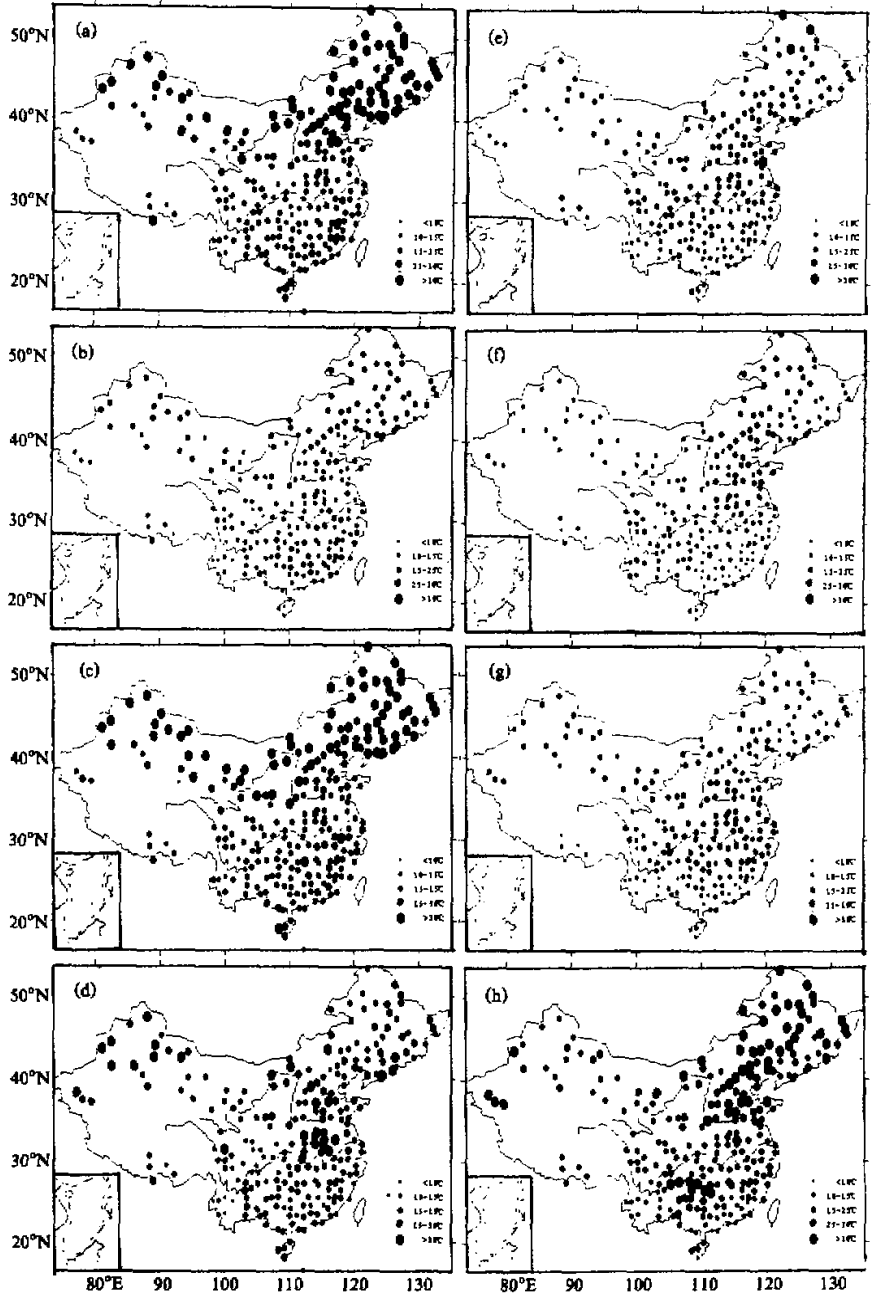


图 1 1951~1990 年季极端温度标准差的全国分布图
极端最低: (a) 春季, (b) 夏季, (c) 秋季, (d) 冬季
极端最高: (e) 春季, (f) 夏季, (g) 秋季, (h) 冬季

要有新疆北部和西部、江淮流域、华北中部、内蒙古中部和长白山地区, 而云南的变率最小, 在 1.5°C 以下; 夏季是极端最低温度变率最小的季节, 标准差都不超过 2.5°C 。

从图 1e~h 可以看出, 极端最高温度冬季的变率在全国范围普遍高于其他季节, 其中, 东北、华北、内蒙古、黄土高原东部、新疆西部、贵州大部 and 湖南西部地区的标准差超过 3°C , 其余地区变率在 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ 之间。在春、夏、秋三个季节里, 全国范围温度变率的季节性变化不大, 数值一般不超过 2.5°C , 并且都以华南沿海地区为最小, 变率在 1.5°C 以下。

气温的极端异常会引起农业气象灾害。生物的生长发育要求一定的环境温度, 环境温度低于适宜温度下限, 会出现低温灾害; 环境温度高于适宜温度上限, 会出现高温热害。在极端最低温度变率大的地方出现异常极端低温的可能性大, 因此, 容易发生低温灾害; 同样, 在极端最高温度变率大的地方, 则容易发生高温热害。对极端温度变率的研究, 有助于理解和防御气象灾害。图 2 是中国北方冬小麦冻害农业区划图, 可以看出, 冻害严重程度与图 1d 中冬季极端最低温度的变率大小吻合得很好。

3.2 极端温度变化的季节性差异

图 3 给出了中国季极端温度在近 40 年中的演变及趋势。图中折线为季极端温度的演变曲线, 直线为 40 年里季极端温度的线性趋势。从图中看出, 极端最低温度在四季里均表现为增温趋势, 只是在程度上有所不同; 通过统计检验的有冬、秋、春三季, t -检验显著水平分别达到 99%、97% 和 89%。增温最强出现在冬季, 40 年里全国平均增温超过 2.5°C ; 秋季和春季分别上升了 1.8°C 和 1.1°C 以上。极端最高温度除在春季趋势不明显外, 其余三个季节都表现为下降趋势, t -检验结果表明, 只有秋季的降温是比较显著的, 显著水平达到 91%, 40 年里全国平均降温约 0.6°C 。

图 4 为中国月极端温度的变化趋势逐月变化情况。可以看出, 中国月极端最低温度的变化除在 7 月份表现出微弱的降温趋势外, 其他月份中均为增温趋势; 而且冬半年月份的增温趋势明显高于夏半年月份, 以 1 月份的增温趋势为最大, 达到 $0.69^{\circ}\text{C}/10\text{a}$; 中国月极端最高温度的变化在 2、3、4、6、7 和 9 月里表现出明显的降温趋势, 在 1 月和 12 月有明显的增温趋势, 而在其他月份则无明显的变化趋势。一个显著的特点是, 各月极端最低温度的变化趋势均大于极端最高温度的变化趋势, 这表明近 40 年各月气温变化范围正在逐步减小, 极端温度趋于缓和。

3.3 极端温度变化的区域性差异

中国极端温度的变化在趋势上不仅表现出较大的季节性差异, 而且也反映出明显的地域性差异。

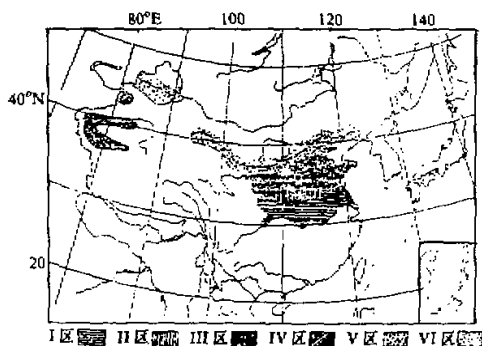


图 2 中国北方冬小麦冻害农业区划图^[16]

I 区: 轻度冻害偶发区, II 区: 轻度冻害区,
III 区: 中等冻害区, IV 区: 重冻害区,
V 区: 严重冻害区, VI 区: 不宜种植区

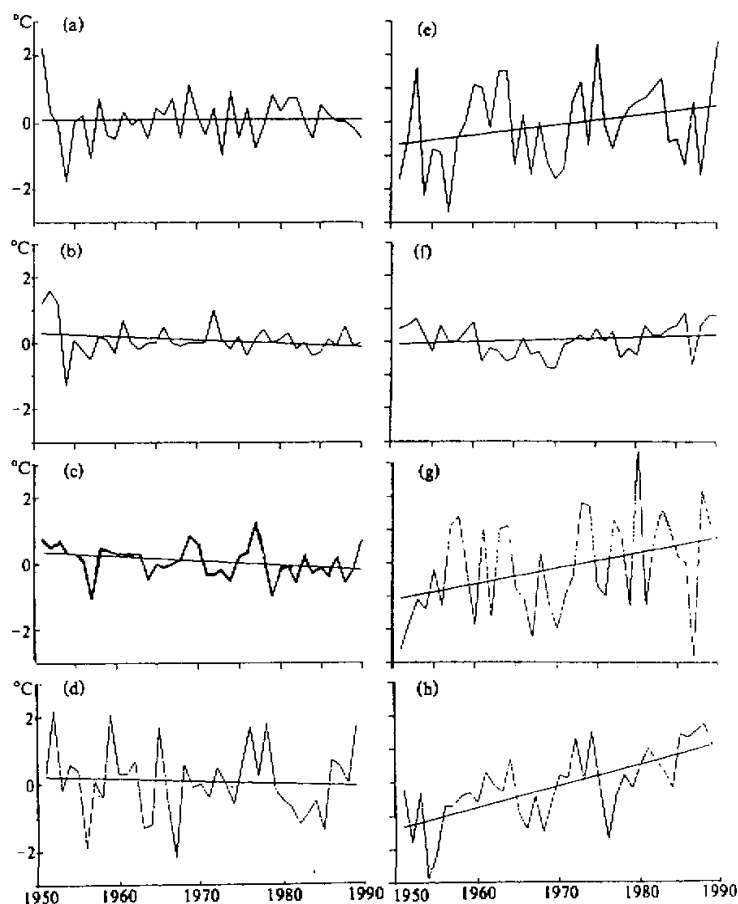


图 3 1951~1990 年中国季极端温度距平的演变及其线性趋势

极端最高: (a) 春季, (b) 夏季, (c) 秋季, (d) 冬季

极端最低: (e) 春季, (f) 夏季, (g) 秋季, (h) 冬季

图 5a~d 显示, 春季极端最低温度在东北、内蒙古中东部和华北大部增温趋势最强, 一般都大于 $1^{\circ}\text{C}/10\text{a}$; 江淮流域和川藏交界亦有明显的增温趋势, 而四川盆地、新疆大部 and 东南沿海大部则出现降温趋势。夏季极端最低温度有明显增温趋势的区域是东北、内蒙古东部和黄河下游; 西北大部亦表现为弱的增温趋势, 而长江流域及其以南部分地区有弱的降温趋势。秋季极端最低温度在全国大部地区表现出增温趋势; 较强的增温趋势出现在东北、内蒙古中东部及新疆北部的部分地区。冬季极端最低温度明显出现全国性的增温趋势; 中心在东北南部、内蒙古中部、华北、江淮流域、华南沿海和新疆北部, 增温超过 $1^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。

从图 5e~h 可以看到, 极端最高温度在春季增温的范围主要集中在东北北部、内蒙古东部、长江中下游以及新疆部分地区; 而黄河下游则出现低于 $-0.5^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的较强降温趋势。在夏季, 华北、黄淮流域和四川盆地而降温区, 而增温主要发生在川藏交界。在秋季, 全国大部分地区极端最高温度表现为降温趋势; 明显的降温区集中在东北南部、内蒙古中部、长江流域及其以南地区。在冬季, 极端最高温度降温区出现在东北中部、华中地区、湖南、广西西北部 and 新疆中部; 增温主要发生在东北南部和西北的东部。

表 1 为中国各省逐月极端温度的变化趋势。从表 1 进一步显示出: 极端最低温度在冬季尤其是 1、2 月份表现为全国各省普遍性的强增温趋势; 极端最高温度在秋季特别是 9 月份则出现全国大范围的降温趋势。在其余月份里都表现出与图 5 相吻合的区域性差异。

极端最低温度在四季里表现出相对稳定增温的地区有东北、华北北部、内蒙古中东部和川藏交界; 黄河下游在冬、春、夏三季有较强增温; 新疆北部在夏、秋、冬三季增温亦十分明显; 华南沿海和西北的东部在秋、冬两季增温明显; 而东南沿海在春、夏表现出降温趋势。极端最高温度在长江流域秋、冬季有显著的降温趋势, 黄河下游地区在春、夏季出现明显降温趋势。

4 小结与讨论

通过上述分析和讨论, 得出如下结论:

(1) 近 40 年中国季极端最低温度的变率在春、秋两季表现最大, 并主要以北方大部地区最为突出, 标准差大于 3°C ; 在冬季, 变率大的地区主要有江淮流域和北方的部分地区, 而云南的变率最小; 夏季是极端最低温度变率最小的季节。极端最高温度在冬季的变率明显高于其他季节; 在其他季节里, 极端最高温度变率的季节性变化不大, 并且都以华南沿海地区为最小。

(2) 中国季极端温度的变化存在较大的季节性差异。极端最低温度在冬、秋和春三个季节增温趋势较强, 其中, 冬、秋季其增温趋势分别具有 99%、97% 的显著水平, 并以冬季增温最强, 40 年里全国平均上升了 2.5°C ; 秋、春两季分别升高 1.8°C 和 1.1°C 。极端最高温度只有在秋季呈现显著变化趋势, 显著水平超过 90%, 40 年里全国平均下降了 0.6°C ; 而其余三季的变化趋势并不明显。

(3) 各月极端最低温度的变化趋势均大于极端最高温度的变化趋势, 表明近 40 年各月气温变化范围正在逐步减小, 极端温度正趋于缓和。

(4) 极端温度变化存在较大的区域性差异。极端最低温度在四季里都表现出增温趋

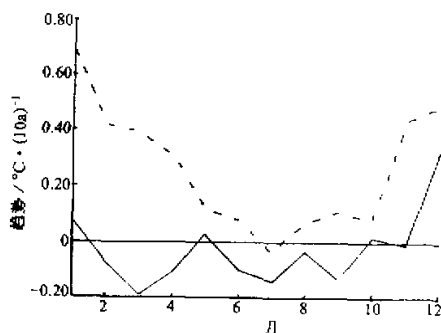


图 4 1951~1990 年中国月极端温度的线性变化趋势
虚线代表最低, 实线代表最高

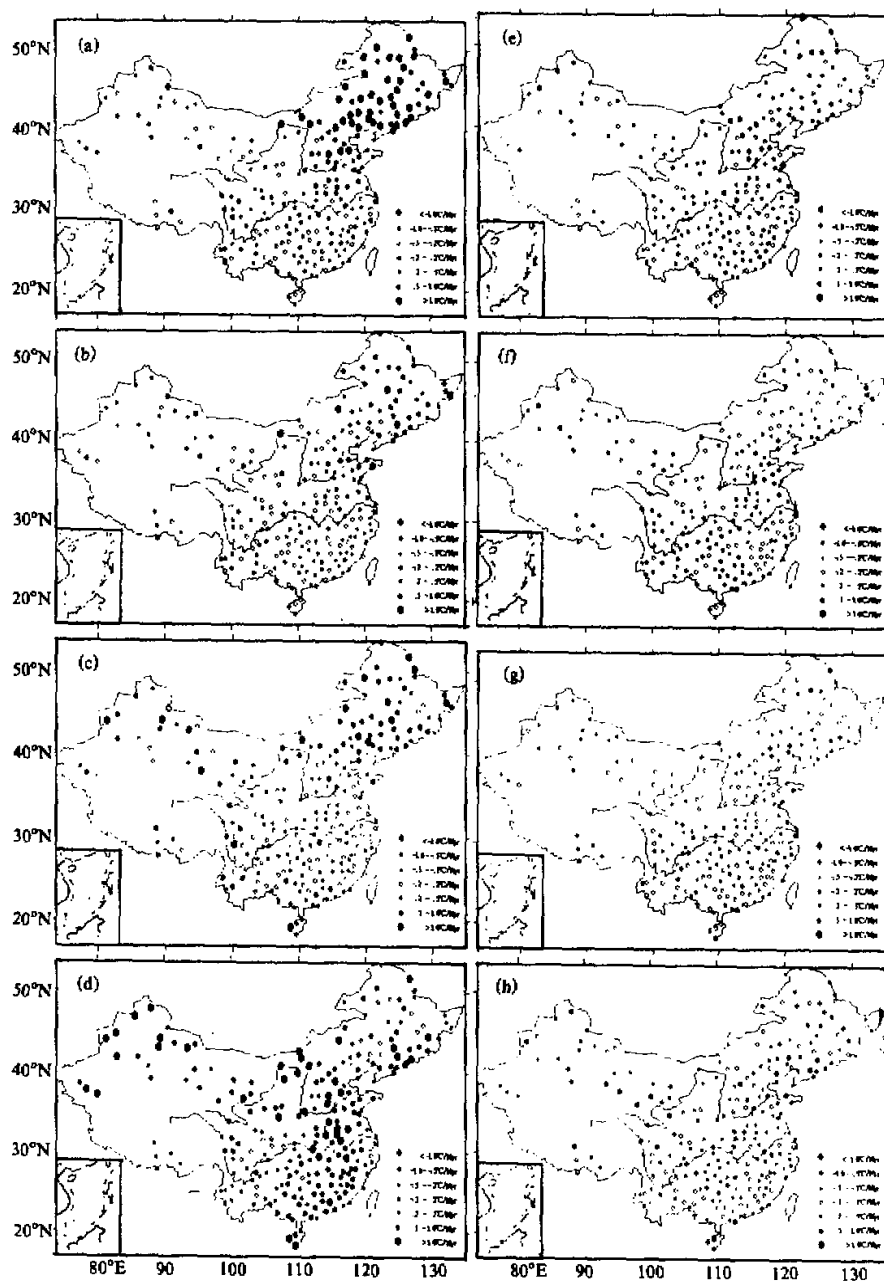


图 5 1951~1990 年季极端温度变化线性趋势的全国分布
 极端最低: (a) 春季, (b) 夏季, (c) 秋季, (d) 冬季
 极端最高: (e) 春季, (f) 夏季, (g) 秋季, (h) 冬季

表 1 中国各省份 1951~1990 年极端温度变化趋势 ($^{\circ}\text{C}/10\text{a}$)

	极端最高												极端最低											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
河北	-0.08	0.07	0.26	0.01	0.13	-0.21	-0.46	-0.03	-0.39	0.29	-0.04	0.68	0.47	0.19	1.27	0.46	0.19	0.24	-0.02	0.03	0.21	0.08	0.26	0.48
山西	-0.17	-0.53	-0.92	-0.36	0.12	0.25	-0.09	-0.11	-0.07	0.46	0.12	0.40	0.99	0.00	0.17	0.54	0.26	0.25	-0.10	-0.15	0.32	0.25	-0.25	0.43
内蒙古	0.33	0.12	0.04	0.03	0.28	-0.13	-0.08	0.04	-0.13	0.15	0.01	0.52	0.92	0.74	1.47	0.63	0.50	0.44	0.22	0.18	0.14	0.13	0.81	0.87
辽宁	0.20	0.49	0.16	0.09	-0.17	-0.15	-0.37	0.06	0.23	0.20	-0.17	0.54	0.52	0.34	1.32	0.53	0.33	0.44	-0.09	0.05	-0.12	-0.11	0.61	0.59
吉林	0.33	0.39	0.24	0.21	0.06	0.18	-0.54	-0.02	0.35	0.08	0.12	0.54	0.77	1.17	1.40	0.64	0.49	0.45	0.02	0.25	0.02	-0.24	0.69	0.67
黑龙江	0.21	0.06	0.58	0.30	0.20	-0.04	-0.27	-0.10	0.14	0.16	-0.36	0.08	0.68	0.53	1.19	0.64	0.38	0.48	0.40	0.13	-0.20	0.30	0.58	0.46
上海	-0.07	-0.64	-0.22	0.26	0.46	-0.20	0.03	-0.18	0.52	0.00	-0.22	0.28	0.27	0.04	1.11	0.56	0.56	0.05	0.03	0.06	0.21	0.06	0.06	0.06
江苏	0.29	0.50	0.98	0.10	0.01	-0.54	-0.25	-0.45	-0.35	0.01	-0.04	0.52	0.58	0.03	0.39	0.20	0.16	-0.08	-0.14	-0.01	0.17	0.08	-0.08	-0.03
浙江	-0.13	-0.05	-0.33	-0.15	0.32	-0.20	0.06	-0.13	-0.43	0.17	-0.05	0.12	0.35	0.00	-0.02	0.22	0.06	-0.20	0.21	-0.23	0.11	-0.10	-0.14	0.10
安徽	-0.26	-0.54	-0.64	-0.18	0.06	-0.43	-0.21	0.40	-0.23	-0.15	-0.03	0.51	1.05	0.18	0.49	0.39	0.17	0.09	-0.18	0.01	-0.01	0.11	0.00	0.15
福建	0.24	-0.19	-0.13	-0.24	-0.07	0.00	-0.02	-0.18	0.17	-0.12	-0.08	0.01	0.56	0.22	-0.36	0.06	0.15	-0.21	-0.12	0.01	0.07	0.02	0.14	-0.06
江西	-0.42	0.45	0.44	0.31	0.13	0.06	0.07	-0.25	-0.31	-0.21	0.06	0.11	0.78	0.32	0.08	0.25	-0.04	0.07	-0.26	0.02	0.22	0.25	0.19	0.23
山东	-0.19	-0.35	-0.66	-0.35	-0.35	-0.48	0.47	-0.24	-0.24	0.08	-0.08	0.53	0.66	0.07	0.64	0.59	0.30	0.33	0.06	0.15	0.36	0.13	-0.11	0.11
河南	-0.32	-0.57	-0.82	-0.32	-0.15	-0.50	-0.43	-0.37	-0.21	-0.01	-0.13	0.44	1.22	0.36	0.58	0.42	-0.10	-0.02	-0.05	0.15	0.04	0.03	0.18	0.29
湖北	0.04	-0.56	-0.86	0.18	0.42	-0.34	-0.14	-0.07	-0.17	0.07	-0.04	0.41	0.81	0.22	0.15	0.22	-0.06	-0.10	-0.26	0.09	0.05	0.10	0.11	0.28
湖南	-0.34	-0.51	-0.72	-0.19	0.11	0.14	0.00	-0.14	-0.25	-0.27	-0.01	0.29	0.52	0.17	0.14	0.21	-0.11	-0.22	-0.34	0.04	0.24	-0.06	0.29	0.15
广东	-0.22	-0.22	-0.06	-0.13	-0.21	0.17	0.22	-0.14	-0.14	-0.13	-0.11	0.02	0.73	0.30	-0.17	-0.01	-0.03	-0.08	-0.08	0.00	0.09	0.12	0.25	0.19
广西	-0.33	-0.04	0.37	-0.10	-0.07	0.10	0.11	0.05	-0.05	0.20	-0.10	-0.08	0.43	0.24	0.02	0.04	0.30	-0.04	-0.14	-0.02	0.18	-0.10	0.16	0.18
海南	-0.09	0.01	0.02	-0.35	0.17	0.22	0.20	-0.19	-0.03	-0.15	-0.06	0.13	0.70	0.26	-0.06	0.33	-0.03	0.04	0.20	0.14	0.22	0.26	0.55	0.41
四川	-0.11	-0.15	-0.62	-0.35	-0.01	-0.15	-0.25	0.15	-0.38	-0.04	-0.19	-0.08	0.28	0.30	-0.08	0.04	-0.13	0.03	0.26	-0.05	0.05	0.02	0.14	0.14
贵州	-0.29	-0.26	-0.22	-0.31	0.01	-0.06	-0.07	0.05	-0.27	0.17	-0.16	0.01	0.28	0.17	-0.06	0.13	0.21	0.04	-0.33	0.19	0.19	-0.13	0.16	0.15
云南	-0.10	0.01	-0.09	-0.29	-0.21	0.04	0.00	0.00	-0.14	-0.11	-0.08	0.09	0.18	0.15	-0.17	0.05	-0.23	0.22	-0.23	-0.15	0.07	-0.21	0.24	-0.03
西藏	0.17	-0.04	0.30	-0.42	-0.12	0.28	0.11	0.24	0.21	0.24	0.20	0.15	0.15	0.36	0.20	0.27	-0.11	-0.10	0.01	0.06	-0.25	0.14	-0.03	0.00
陕西	0.04	0.05	-0.85	-0.60	0.19	-0.15	-0.07	0.11	0.07	0.41	0.03	0.22	0.97	0.41	-0.11	0.12	0.25	-0.13	-0.17	0.15	0.55	-0.02	0.00	0.24
甘肃	0.10	0.32	-0.87	-0.49	0.09	0.29	0.22	-0.05	-0.08	-0.01	0.14	0.53	0.80	0.33	0.06	0.31	0.05	0.11	-0.24	-0.11	0.34	0.05	0.35	0.39
青海	0.40	0.54	-0.75	-0.46	0.25	0.17	-0.12	0.31	0.00	0.03	0.26	0.83	0.92	0.72	0.22	0.53	0.45	0.52	0.23	0.50	0.65	0.63	0.57	0.77
新疆	0.32	-0.22	-0.23	0.10	0.05	-0.11	-0.16	0.09	-0.25	0.04	0.13	0.53	1.20	0.53	0.19	0.29	0.24	0.14	-0.01	0.13	0.14	0.36	1.02	1.13

势的地区在东北、华北北部、内蒙古中东部和川藏交界；黄河下游在冬、春、夏三季有较强增温；新疆北部在夏、秋、冬三季增温亦十分明显；华南沿海和西北的东部在秋、冬两季增温明显；而东南沿海在春、夏出现降温趋势。极端最高温度在秋、冬季长江流域有显著的降温趋势，黄河下游地区在春、夏季出现明显降温趋势。

极端温度的变化是研究气候变化的重要内容之一。我国极端温度变化的总趋势是：极端最低温度显著上升，而极端最高温度在缓慢下降。这表明近 40 年我国的极端气温正趋于缓和。与国外的研究结果^[3]相比较，1951~1990 年期间美国本土春季极端最低温度增高趋势最显著，夏季趋势最小，冬季呈降温趋势；极端最高温度只有春季呈升高趋势，其余季节表现出降温趋势，其中秋季降温最明显。前苏联在春、秋季极端最低温度增长最明显，夏季极端最低温度变暖趋势最小；极端最高温度在冬季和春季呈增温趋势，夏季和秋季呈降温趋势，其中降温趋势以夏季最显著。而我国以冬季和秋季极端最低温度升高趋势最显著，秋季极端最高温度变低趋势最明显。从季极端最低温度变化趋势量级上看，前苏联在过去 40 年中，春季平均升高了 2.4℃，与我国冬季极端最低温度升高趋势相当。美国极端最低温度升高趋势不如中国和前苏联明显。我国冬季极端最低温度升高趋势比平均最低温度升高趋势^[3,12]更为明显，平均温度的增温趋势则小于极端最低和平均最低温度的增温趋势。

参 考 文 献

- 1 IPCC, 1995, *Climate Change 1995, Contribution of Working Group I to the Second Report of the IPCC*, 141~193.
- 2 Angell, J. K., 1988, Variations and trends in tropospheric and stratospheric global temperatures, *J. Climate*, **1**, 1296~1313.
- 3 Karl, T. R., Kukla, G., Razuvayev, V. N., Changery, M. J., Quayle, R. G., Heim, R. R. Jr, Easterling, D. R. and Fu, C. B., 1991, Global Warming: Evidence for asymmetric diurnal temperature change, *Geophys. Res. Lett.*, **18**, 2253~2256.
- 4 Horton, B., 1995, Geographical distribution of changes in maximum and minimum temperatures, *Atmos. Res.*, **37**, 101~117.
- 5 Karl, T. R., Jones, P. D., Knight, R. W., Kukla, G., Plummer, N., Razuvayev, V., Gallo, K. P., Lindsey, J., Charison, R. J. and Peterson, T. C., 1993, A new perspective on recent global warming: asymmetric trends of daily maximum and minimum temperature, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **74**(6), 1007~1023.
- 6 Karl, T. R., Kukla, G. and Gavin, J., 1984, Decreasing diurnal temperature range in the United States and Canada from 1941~1980, *J. Climate Appl. Meteor.*, **23**, 1489~1504.
- 7 Cooter, E. J. and S. K. LeDuk, 1993, Recent frost data trends in the northern United States, *Int. J. Climatology*, **15**, 65~75.
- 8 陈隆勋等, 1991, 近四十年我国气候变化的初步分析, *应用气象学报*, **2**, 164~173.
- 9 林学椿等, 1995, 中国近百年温度序列, *大气科学*, **19**(5), 525~534.
- 10 李建平、史久恩, 1993, 一百年来全球气候突变的检测与分析, *大气科学*, 增刊, 132~140.
- 11 丁一汇、戴晓苏, 1994, 中国近百年来的温度变化, *气象*, No.12, 19~26.
- 12 叶笃正、陈泮勤, 1992, 中国的全球变化预研究, 北京: 地震出版社, 14.
- 13 Portman, D. A., 1993, Identifying and correcting urban bias in time series surface temperature in China's northern plains, *J. Clim.*, **6**, 2298~2308.
- 14 赵宗慈, 1991, 中国的气温变化与城市化影响, *气象*, No.4, 14~17.
- 15 Jose P. Peixoto and Abraham H. Oort, 1995, *气候物理学*, 北京: 气象出版社, 112~113; 63~65.
- 16 陈瑞生、龚绍先, 1990, *农业气象灾害*, 北京: 北京农业大学出版社, 93.

Study on Changes of China's Extreme Temperatures During 1951~1990

Ren Fumin and Zhai Panmao

(National Climate Center, Beijing 100081)

Abstract Based on China's extreme temperature data during 1951~1990, after minimizing the possible biases caused by station moving and urban heat island effect, and performing quality control procedure, this paper mainly studies the spatial and temporal distribution of variability and trends for extreme temperatures. The results show that the variability of extreme minimum temperatures in most part of China in spring and autumn is greater than those in other seasons, especially in the northern China. Variability of extreme minimum temperatures in summer, however, is the smallest in most part of China. There exist clear temporal (seasonal) differences in trends of China's extreme temperatures. The increasing trends of China's extreme minimum temperatures in winter and autumn are both significant at the statistical t -test level of 99% and 97% respectively, while decreasing trend of all China mean extreme maximum temperature is significant only in autumn at the statistical t -test level of 90%. There also exist obvious regional differences in trends of extreme temperature in China. Increasing trends of extreme minimum temperatures are obvious in all seasons in Northeast China, northern North China, central-eastern Inner Mongolia and the Sichuan-Tibet adjoining region, while decreasing trends of extreme maximum temperatures are obvious in the Yangtze River valley in autumn and winter, and in the lower reaches of the Yellow River in spring and summer.

Key words China extreme temperatures change