

青藏高原东北部边坡地带气温变化特征研究

王建兵^{1,2}, 汪治桂²

(1. 南京信息工程大学, 江苏 南京 210044; 2. 甘南州气象局, 甘肃 甘南 747000)

摘要: 利用青藏高原东北部边坡地带 12 个地面气象站 1961~2000 年的月平均气温资料, 分析了 40 年来气温变化的特征及趋势。发现, 青藏高原东北部边坡地带气温暖突变发生在 1987 年, 从 20 世纪 80 年代初开始区域内最低气温明显上升, 到 90 年代出现最高、最低气温同时上升的现象; 夏季、秋季和冬季平均气温普遍呈升高趋势, 冬季气温在 1978 年出现暖突变, 升温趋势明显要大于其它季节, 春季气温上升趋势不明显。最高、最低气温和气温日较差的变化具有明显的季节差异。

关键词: 青藏高原东北部; 边坡地带; 气温变化

中图分类号: S161.2⁺2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)01-0176-05

全球气候变化及其产生的可能影响愈来愈受科学界和世界各国政府的重视, 青藏高原作为世界上最高的高原, 具有独特的气候和自然环境, 因而高原地区的气候变化是全球气候变化中特殊而又重要的组成部分, 青藏高原的气候变化受到我国和世界气象界的广泛关注。许多学者对青藏高原的气候研究做了大量工作, 冯松等^[1]指出青藏高原在我国及东亚气候变化中的重要地位; 林振耀等^[2]的研究显示, 近几十年来青藏高原温度有所上升, 气候呈变暖趋势; 唐红玉等^[3]分析了青海 40 年来最高、最低气温的变化; 蔡英等^[4]分析青藏高原近 50 年来气温的年代际变化。目前的研究大多关注高原整体的气候变化, 对高原东北部边坡地带的气候变化关注相对较少。由于高原东北部边坡地带是青藏高原到黄土高原的交汇过渡区, 同时也是农牧过渡带, 对气候变化反应敏感, 生态环境脆弱, 水土流失、草场退化、沙漠化等环境问题突出^[5]。因此分析研究青藏高原东北部边坡地带的气候变化特征及其变化趋势, 对进一步了解高原气候特征及高原气候变化有很重要的意义。

1 资料与方法

利用兰州中心气象台提供的青藏高原东北部边坡地带(100°~104°E, 34°~37°N) 12 个地面气象站(青海东部 5 站, 甘肃西南部 7 站) 1961~2000 年的月平均温度、月平均最高、最低气温资料, 利用趋势分析、Mann-Kendall 法、小波分析等^[6~7]方法对高原东北部边坡地带近 40 年来的年和各季节平均气

温、最高气温、最低气温和气温日较差的时间变化趋势及突变进行了分析。

2 青藏高原东北部边坡地带气温的时间变化

首先计算了 1961~2000 年区域内各站历年平均气温、最高气温、最低气温、气温日较差之间的相关系数, 各站之间平均气温的正相关系数全部通过 0.05 信度检验, 98% 通过 0.01 信度的检验, 最高气温通过 0.01 信度检验的有 94%, 最低气温全部通过 0.01 信度检验, 气温日较差通过 0.01 信度检验的占 91%。从以上计算结果可以看出区域内各站平均气温、最高气温、最低气温、气温日较差的变化趋势基本一致, 所以我们在分析气温变化时, 用的是区域内的平均值, 这样可以更好地反映出区域内的平均变化状况。图 1 为青藏高原东北部边坡地带年平均温度、最高、最低气温和日较差的变化曲线。青藏高原东北部边坡地带 1961 至 1966 年气温呈上升趋势(图 1a); 从 60 年代中期到 70 年代初期稍有下降, 此后气温逐渐上升, 70 年代中期后气温有所下降, 70 年代末期到 80 年代初期气温呈上升趋势, 80 年代中期又是一个气温相对较低的时段, 从 1987 年气温持续上升, 到 1999 年气温达到最高。从表 1 看出最冷时段在 60 年代, 70、80 年代气温变化比较平稳, 最暖时期为 90 年代; 从 60 年代到 90 年代, 气温是持续变暖的, 其中 90 年代温度上升最快, 比 60 年代高出 0.7°C, 升温率为 0.22°C/10a ($\alpha=0.05$); 同时根据 Mann-Kendall 法检测年平均气温在 1987 年

收稿日期: 2006-03-22

基金项目: 中国科技部社会公益类项目(2002DIB10046)

作者简介: 王建兵(1968—), 男, 甘肃甘谷人, 在职研究生, 主要从事天气预报和气候研究。E-mail: wangjib_gn@163.com.

有置信概率为 95% 的变暖突变, 1987~2000 年的平均气温比 1961~1986 年的平均气温上升了 0.6°C。这同蔡英等^[4]青藏高原从 1987 年开始升温的结论

相一致, 说明青藏高原东北部边坡地带的温度变化和高原主体的温度变化趋势是一致的。

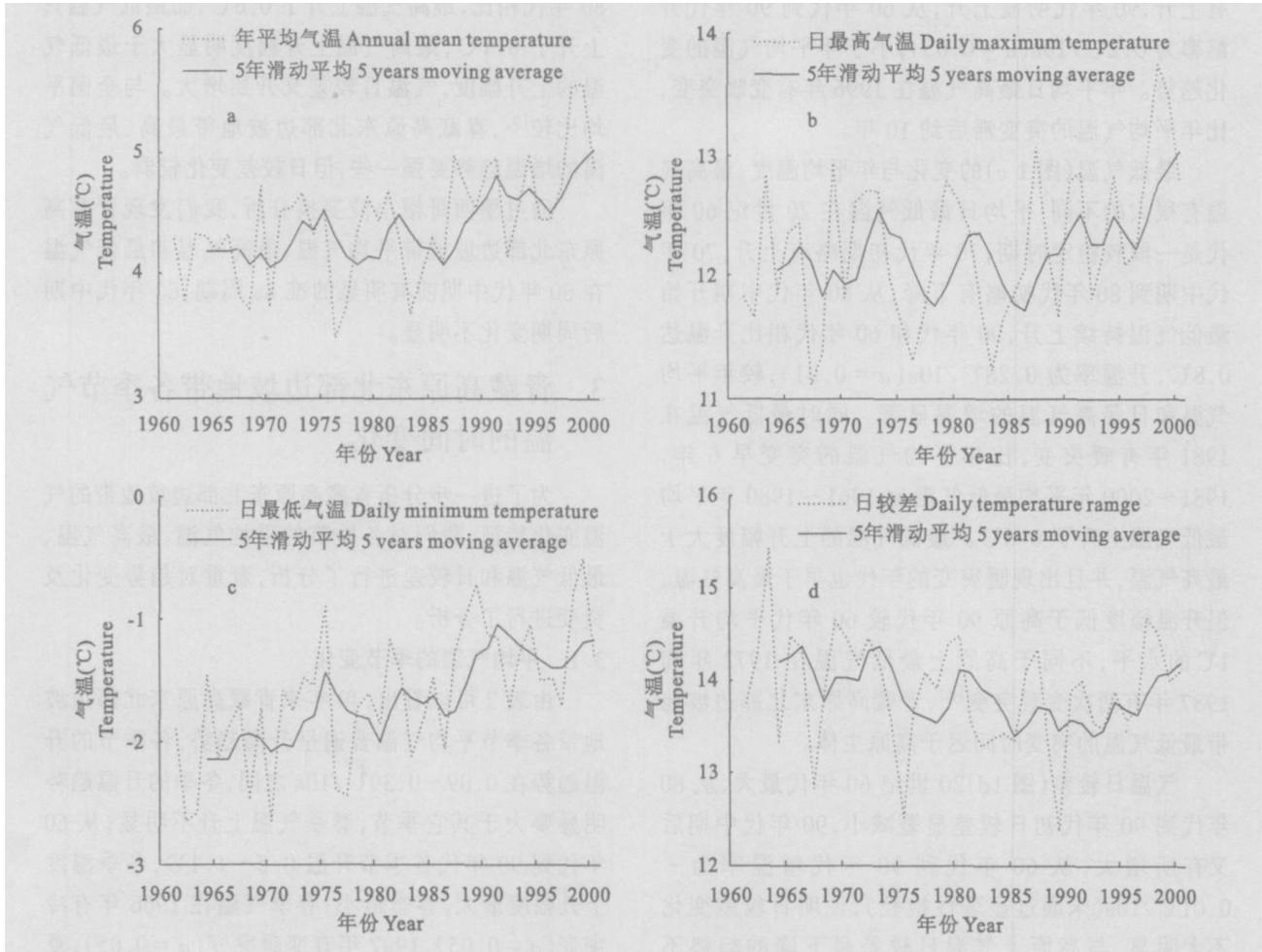


图 1 青藏高原东北部边坡地带气温的变化(°C)

(a 平均气温 b 最高气温 c 最低气温 d 气温日较差)

Fig. 1 The change of temperature over the Qinghai-Xizang plateau border region(°C)

(a·mean temperature b·maximum temperature c·minimum temperature d·daily temperature range)

表 1 青藏高原东北部边坡地带平均气温的年代际变化(°C)

Table 1 Mean temperature departure of every ten years

项目 Items	1961~1970	1971~1980	1980~1990	1991~2000	线性趋势(°C/10a) Linear trend
平均气温距平 Departure of mean temperature	-0.3	-0.1	0.0	0.4	0.22**
最高气温距平 Departure of max temperature	-0.3	-0.1	-0.2	0.4	0.20**
最低气温距平 Departure of mini temperature	-0.5	-0.1	0.2	0.3	0.28**
日较差距平 Departure of daily temperature range	0.2	0.0	-0.4	0.0	-0.09

注: ** 通过 95% 信度检验, * 通过 90% 信度检验(下同)。

Note: ** significance at the 0.05 level, * significance at the 0.10 level(The same as below).

最高气温变化(图 1b)与年平均气温变化十分

相似, 最高气温分别在 60 年代初期、70 年代中期、

80 年代初期呈上升趋势,从 1987 年后气温持续上升,到 1998 年达到最高;日最高气温 40 年来总的变化为:在 20 世纪 60 年代最低,70 年代到 80 年代略有上升,90 年代明显上升,从 60 年代到 90 年代升温率为 $0.2^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ($\alpha=0.05$),小于年平均气温的变化趋势。年平均日最高气温在 1996 年有变暖突变,比年平均气温的突变滞后约 10 年。

最低气温(图 1 c)的变化与年平均温度、最高气温有很大的不同:平均日最低气温在 20 世纪 60 年代是一段较稳定时期;70 年代初期略有上升,70 年代中期到 80 年代初略有下降,从 80 年代中期开始最低气温持续上升,90 年代和 60 年代相比升温达 0.8°C ,升温率为 $0.28^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ($\alpha=0.01$),较年平均气温和日最高气温的增温显著。同时最低气温在 1981 年有暖突变,比年平均气温的突变早 6 年,1981~2000 年平均最低气温比 1961~1980 年平均最低气温上升了 0.6°C 。最低气温的上升幅度大于最高气温,并且出现暖突变的年代也早于最高气温,但升温幅度低于高原 90 年代较 60 年代平均升温 1°C 的水平,不同于高原上最低气温在 1972 年和 1987 年有两次变暖突变^[8],青藏高原东北部边坡地带最低气温的突变时间迟于高原主体。

气温日较差(图 1d)20 世纪 60 年代最大,从 80 年代到 90 年代初日较差显著减小,90 年代中期后又有所增大,从 60 年代到 90 年代增温率为 $-0.01^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ (未通过显著性检验),说明日较差变化不太明显,与高原上气温日较差呈下降的趋势不同^[9];但在进行突变分析时发现青藏高原东北部边坡地带气温日较差在 1972 年有减小突变 ($\alpha=0.05$),早于平均气温、最高气温和最低气温的突变年代。从年代际变化上可以看到日较差在 80 年代明显减小,从同期的最高、最低气温变化曲线上可以

看到明显的非对称变化,最高气温变化不大,而最低气温明显上升,导致 80 年代气温日较差明显减小,到 90 年代出现最高、最低气温同时上升的现象,与 80 年代相比,最高气温上升了 0.6°C ,而最低气温只上升了 0.1°C ,最高气温上升幅度明显大于最低气温的上升幅度,气温日较差又开始增大。与全国平均比较^[9],青藏高原东北部边坡地带最高、最低气温的增温趋势要强一些,但日较差变化较弱。

通过墨西哥帽小波变换分析,我们发现青藏高原东北部边坡地带平均气温、最高气温和最低气温在 80 年代中期前有明显的准 8a 周期,80 年代中期后周期变化不明显。

3 青藏高原东北部边坡地带各季节气温的时间变化

为了进一步分析青藏高原东北部边坡地带的气温变化特征,我们对各季节的平均气温、最高气温、最低气温和日较差进行了分析,着重对趋势变化及突变进行了分析。

3.1 平均气温的季节变化

由表 2 可以看出,40 年来青藏高原东北部边坡地带各季节平均气温普遍呈升高趋势,各季节的升温趋势在 $0.09\sim0.39^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 之间,冬季的升温趋势明显要大于其它季节,春季气温上升不明显;从 60 年代到 90 年代各季节升温 $0.5\sim1.1^{\circ}\text{C}$,冬季温度上升幅度最大,春季最小;春季气温在 1966 年有冷突变 ($\alpha=0.05$),1997 年有变暖突变 ($\alpha=0.05$),夏季气温在 1997 年有暖突变 ($\alpha=0.05$),秋季的暖突变在 1987 年 ($\alpha=0.05$),冬季在 1978 年出现了暖突变 ($\alpha=0.05$),青藏高原东北部边坡地带升温首先从冬、秋季开始,春、夏季到 90 年代末才开始增温。

表 2 平均气温的季节变化($^{\circ}\text{C}$)

Table 2 Mean temperature departure in different seasons of every ten years

季节 Season	年代 Decades				线性趋势($^{\circ}\text{C}/10\text{a}$) Linear trend
	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	
春季 Spring	-0.1	0.0	-0.3	0.4	0.09
夏季 Summer	-0.2	-0.1	-0.1	0.4	0.17**
秋季 Autumn	-0.3	-0.2	0.1	0.3	0.24**
冬季 Winter	-0.6	-0.1	0.3	0.5	0.39**

3.2 最高气温的季节变化

各季节最高气温的升温趋势在 $-0.07\sim0.42/10\text{a}$ 之间(表 3),秋季的升温趋势明显要大于其它季节,春季最高气温呈轻微下降趋势;从 60 年

代到 90 年代夏、秋、冬三季升温 $0.5\sim1.2^{\circ}\text{C}$,秋季上升幅度最大;最高气温秋季在 1979 年有暖突变 ($\alpha=0.05$),冬季在 1975 年出现了暖突变 ($\alpha=0.05$),夏季没有突变;春季在 1966 年有冷突变 (α

$=0.05$), 与春季平均气温冷突变的时间一致; 春季最高气温在 80 年代明显降低, 到 90 年代中期后才开始上升, 这可能与 80 年代以来高原冬、春雪灾的明显增多有关^[3], 春季白天气温降低, 导致平均气温降低; 夏季最高气温到 90 年代开始上升, 而冬、秋最高气温从 70 年代中期后就开始明显上升, 可见青藏高原东北部边坡地带最高气温的变化各个季节之间明显不同。

3.3 最低气温的季节变化

各季节最低气温的升温趋势在 $0.15 \sim$

$0.52^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 之间(表 4), 冬季的上升趋势明显大于其它季节; 从 60 年代到 90 年代各季最低气温分别上升 $0.3 \sim 1.6^{\circ}\text{C}$, 冬季上升幅度最大, 秋季最小; 春季和夏季最低气温在 1988 年有暖突变 ($\alpha=0.05$), 冬季在 1974 年出现了暖突变 ($\alpha=0.05$), 秋季没有突变; 冬季最低气温的突变和最高气温相似, 都是从 70 年代中期开始, 与最高气温不同的是最低气温在秋季没有突变。

表 3 最高气温的季节变化 ($^{\circ}\text{C}$)

Table 3 The daily maximum temperature departure in different seasons of every ten years

季节 Season	年代 Decades				线性趋势 ($^{\circ}\text{C}/10\text{a}$) Linear trend
	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	
春季 Spring	0.2	0.2	-0.6	0.3	-0.07
夏季 Summer	-0.1	-0.1	-0.2	0.4	0.14
秋季 Autumn	-0.5	-0.1	0.0	0.7	0.42**
冬季 Winter	-0.4	-0.1	0.1	0.4	0.32**

表 4 最低气温的季节变化 ($^{\circ}\text{C}$)

Table 4 The daily minimum temperature departure in different seasons of every ten years

季节 Season	年代 Decades				线性趋势 ($^{\circ}\text{C}/10\text{a}$) Linear trend
	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	
春季 Spring	-0.3	0.0	0.0	0.4	0.22**
夏季 Summer	-0.4	-0.1	0.1	0.4	0.25**
秋季 Autumn	-0.2	-0.2	0.2	0.1	0.15
冬季 Winter	-1.0	-0.1	0.5	0.6	0.52**

3.4 气温日较差的季节变化

各季节气温日较差变化趋势在 $-0.29 \sim 0.27^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 之间(表 5), 秋季气温日较差的变化与其它季节呈相反的趋势, 以 $0.27^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的趋势增大, 在 1989 年有增大突变 ($\alpha=0.05$); 而在夏季、春季、冬季呈减小的趋势, 减小趋势在 $-0.11 \sim -0.29^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 之间, 其中春季减小趋势最明显, 为 $-0.29^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。春季气温日较差在 1971 年有减小

突变 ($\alpha=0.05$), 夏季在 1974 年有减小突变 ($\alpha=0.05$), 冬季在 1971 年出现了减小突变 ($\alpha=0.05$); 春季、夏季和冬季气温日较差变化趋势与全国平均状况相似, 而秋季变化与全国平均相反^[9]。秋季气温日较差的增大可能是由于秋季最高气温升高, 而最低气温变化不大, 导致日较差增大, 区域内年平均日较差变化趋势不明显, 可能与各个季节的变化趋势不一致有关。

表 5 气温日较差的季节变化 ($^{\circ}\text{C}$)

Table 5 The daily temperature range departure in different seasons of every ten years

季节 Season	年代 Decades				线性趋势 ($^{\circ}\text{C}/10\text{a}$) Linear trend
	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	
春季 Spring	0.3	0.2	-0.6	-0.1	-0.29**
夏季 Summer	0.3	0.1	-0.3	0.0	-0.11
秋季 Autumn	-0.3	0.0	-0.2	0.5	0.27**
冬季 Winter	0.5	0.0	-0.4	-0.1	-0.20*

4 结 语

通过以上分析,可得出如下结论:

1) 青藏高原东北部边坡地带平均气温在 20 世纪 80 年代末发生暖突变,从 80 年代初区域内最低气温开始明显上升,到 90 年代出现最高、最低气温同时上升的现象;平均气温、最高和最低气温在 80 年代中期前有明显的准 8 年周期,80 年代中期后周期变化不明显;年平均气温日较差的变化趋势不明显。

2) 各季节平均气温普遍呈升高趋势,冬季的升温趋势明显大于其它季节;青藏高原东北部边坡地带升温首先从冬、秋季开始,春、夏季到 90 年代末才开始增温。

3) 最高、最低气温和气温日较差的变化具有明显的季节差异。最高气温在秋、冬季为明显的增温趋势,夏季增温趋势较弱,而春季则为弱的降温趋势;最低气温春、夏、冬季三季都呈现增温趋势,冬季最为明显,秋季增温趋势较弱;气温日较差的变化季节差异明显,春季表现为明显的减小趋势,冬季次

之,夏季减小趋势较弱,而秋季则为明显的增大趋势,从而导致年气温日较差的变化趋势不明显。

参 考 文 献:

- [1] 冯 松,汤懋苍,王冬梅. 青藏高原是我国气候变化启动区的新证据[J]. 科学通报, 1998, 43(6): 633-636.
- [2] 林振耀,赵昕奕. 青藏高原气温降水变化的空间特征[J]. 中国科学(D 辑), 1996, 26(4): 354-358.
- [3] 唐红玉,李锡福. 青海高原近四十年来最高和最低气温变化趋势的初步分析[J]. 高原气象, 1999, 18(2): 230-235.
- [4] 蔡 英,李栋梁,汤懋苍,等. 青藏高原近 50 年来气温的年代际变化[J]. 高原气象, 2003, 22(5): 464-470.
- [5] 裴国旺,赵艳霞,王石立. 气候变化对我国北方农牧交错带及其气候生产力的影响[J]. 干旱区研究, 2001, 18(1): 23-28.
- [6] 符淙斌,王 强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 16(4): 482-493.
- [7] 吴洪宝,吴 蕾. 气候变率诊断和预测方法[M]. 北京:气象出版社, 2005. 178-245.
- [8] 王 堰,李 雄,缪启龙. 青藏高原近 50 年来气温变化特征的研究[J]. 干旱区地理, 2004, 27(1): 41-46.
- [9] 翟盘茂,任福民. 中国近四十年最高、最低温度变化[J]. 气象学报, 1997, 55(4): 418-429.

Variation characteristics of temperature in northeastern border region of Qinghai-Xizang Plateau

WANG Jian-bing^{1,2}, WANG Zhi-gui²

(1. Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China;

2. Gannan Meteorological Bureau, Gannan 747000, China)

Abstract: Based on the monthly temperature data of 12 stations in the northeast border region of Qinghai-Xizang plateau, the variation characteristics of temperature in recent 40 years were analyzed. The results showed that the warm abrupt change of yearly mean temperature occurred in 1987, the minimum temperature increased from early of 1980s' in this region, in the 1990s' the minimum temperature still increased while the maximum temperature became increasing. The mean temperatures of summer, autumn and winter all apparently increased. The increasing speed of winter was obviously faster than other seasons, and the warm abrupt change of winter mean temperature occurred in 1978 earlier than in other years. The increasing trend of spring mean temperature was not apparently. The change of daily maximum temperature, daily minimum temperature and daily temperature was obviously different in different seasons.

Keywords: Northeastern of Qinghai-Xizang Plateau; border region; temperature