

甘南地区近 40 年气温变化特征

王建兵^{1,2} 王振国² 汪治桂²

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

提 要: 通过对甘南地区近 40 年气温变化特征分析, 发现甘肃西南部年平均气温在 1990 年代初有暖突变, 从 1980 年代末开始该区域夜间开始明显变暖, 到 1990 年代出现白天、夜间同时变暖的现象, 甘肃西南部的气温突变主要是由于 1990 年代后白天和夜间温度同时上升造成的。秋季气温在 1980 年代末开始上升, 夏季和冬季气温到 1990 年代初开始上升。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: 气温变化 周期 突变

Analysis of Variation Characteristics of Temperature in in Gannan, Gansu Province

Wang Jianbing^{1,2} Wang Zhenguo² Wang Zhigui²

(1. Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China;
2. Gannan Meteorological Office, Gansu Province)

Abstract: Based on the monthly temperature data at 7 stations in Gannan, Gansu Province, the variation characteristics of temperature in recent 40 years were analyzed. The results show that the abrupt change of the annual mean temperature occurred in the early of 1990s, the night-time temperature increased in the end of 1980s, in the 1990s the temperature of day-time and night-time increased concurrently, the main reason for the abrupt change of temperature in the area is concurrent increase of the day-time and night-time temperature in the 1990s. It is found that a quasi-8-year period is the main period of the mean temperature, maximum temperature and minimum temperature before the mid 1980s. The mean temperature of autumn began increasing from the end of 1980s, the mean temperatures of summer and winter began increasing from the early of 1990s. The daily maximum temperature, daily minimum temperature and daily range of temperature vary with seasons.

Key Words: temperature variation period abrupt change

引 言

甘南地区处于青藏高原与黄土高原的过渡区,在气候变化区域类型上属于青藏高原地区与中温带东部地区、暖温带东部地区的过渡区,是我国北方农牧交错带甘青宁农牧交错区的一部分,属于气候变化敏感区,生态环境脆弱,水土流失、草场退化等环境问题突出^[1-2]。1980 年代以来,很多学者对甘肃省气候变化作了许多研究^[3-5],但对甘南地区研究相对较少,为进一步了解甘南地区气候变化特征,本文对甘南地区近 40 年气温变化的特点和规律进行了分析。

1 资料和方法

利用兰州中心气象台提供的甘南地区建站年代较早、资料完整的 7 个地面气象站(测站海拔高度在 1750~2910m 之间,见图 1)1961—2004 年的月平均气温、月平均最高、月平均最低气温资料,用趋势分析、Mann-Kendall 法、小波分析^[6-8]等方法对甘肃西南部近 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。

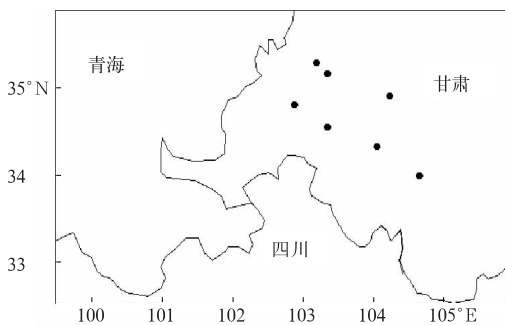


图 1 地面测站位置示意

气候突变是普遍存在于气候变化中的一个重要现象,是气候预测与模拟要考虑的重要因素。Mann-Kendall 法是一种非参数统

计检验方法,在气候序列平稳的前提下,对于具有 n 个样本量的时间序列 x ,构造一秩序列 $d_k = \sum_{i=1}^k r_i$, ($2 \leq k \leq n$), r_i 表示第 i 个样本, x_i 大于 x_j ($1 \leq j \leq i$) 的累计值。

$$E[d_k] = \frac{k}{(k-1)4}$$

$$\text{Var}[d_k] = \frac{k(k-1)(2k+5)}{72}. \quad (2 \leq k \leq n)$$

在时间序列随机独立的假设下,定义统计量

$$U_{F_k} = \frac{d_k - E[d_k]}{\sqrt{\text{Var}[d_k]}} \quad (k = 1, 2, \dots, n)$$

给定显著性水平(取 $\alpha = 0.01$, 则 $U_{0.01} = 2.58$), 当 $|U_{F_k}| > U_{\alpha}$ 时, 表明序列存在明显的增长或减少趋势。所有 U_{F_k} 将组成一条曲线 U_F 。把同样的方法引用到反序列中, 得到另一条曲线 U_B 。如果 U_F 的值大于 0, 则表明序列呈上升趋势, 小于 0 则表明呈下降趋势。将统计量曲线 U_F 、 U_B 和 2.58 两条直线均绘在同一张图上, 当它们超过临界直线时, 表明上升或下降趋势显著。超过临界线的范围确定为出现突变的时间区域。如果 U_F 和 U_B 两条曲线出现交点, 且交点在临界线之间, 那么交点对应的时刻便是突变开始的时间。该方法的优点是计算简便, 而且可以明确突变开始的时间, 并指出突变区域。

2 甘南地区年气温的时间变化

图 2 为甘南地区的逐年平均温度、最高、最低气温的距平变化图和 Mann-Kendall 曲线。甘南地区年平均气温的距平变化的主要特征表现为 1987 年前以负距平为主和 1987 年后以正距平为主。甘南地区年平均气温呈波动上升的趋势, 1961—2004 年有 4 次明显的波动(图 2a), 分别在 1975、1982、1991 和 2002 年达到波峰, 在 1970、1977、1986 和 1996

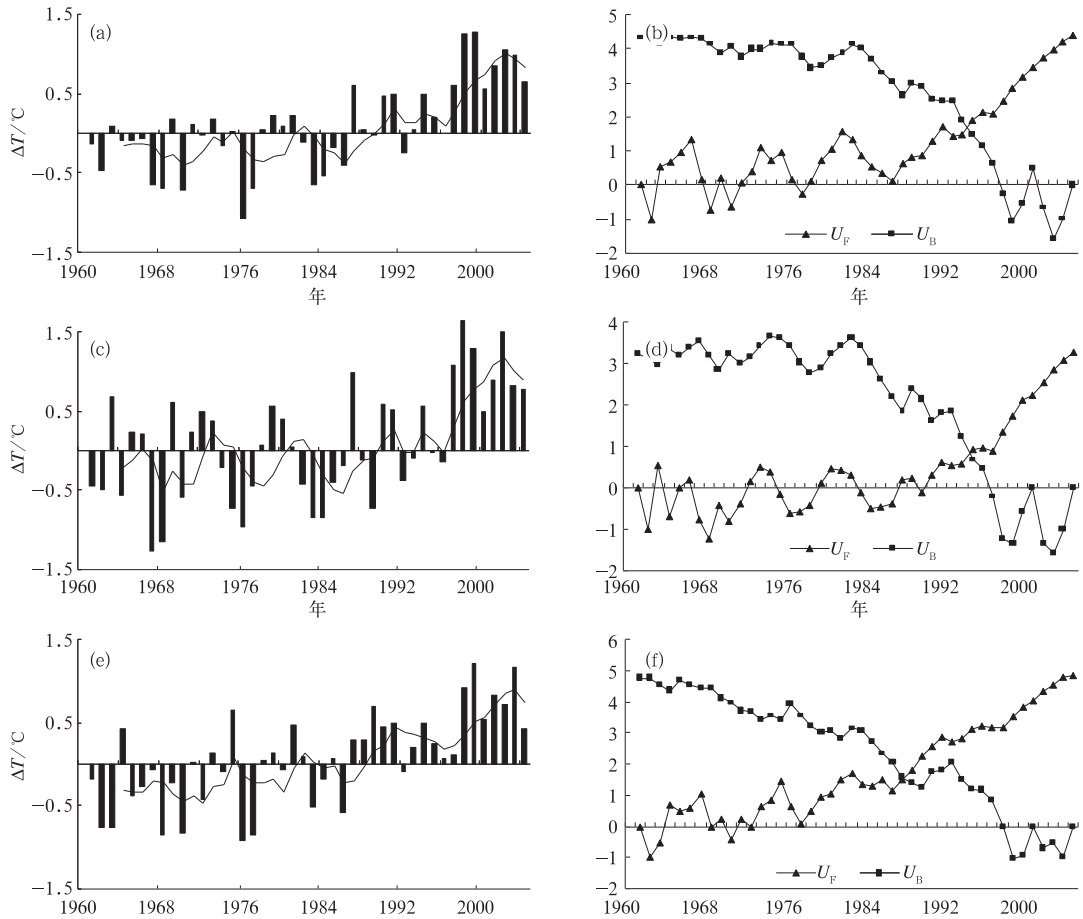


图 2 甘南地区气温的距平变化及 5 年滑动平均图 (单位: $^{\circ}\text{C}$) 和 M-K 法计算图
a、b 平均气温 c、d 最高气温 e、f 最低气温

年达到波谷。从 1980 年代末期开始气温持续上升,到 1999 年气温达到最高,2000 年以后,气温仍然明显偏高。从表 1 看出最冷时段在 1960 年代,1970、1980 年代气温变化比较平稳,最暖时期为 1990 年代,从 1960 年代到 1990 年代,气温是持续变暖的,升温率为 $0.27^{\circ}\text{C}/10$ 年,1990 年代平均气温比 1960 年代高出 0.8°C ,略高于西北地区 1990 年代与 1960 年代相比平均气温偏高 0.7°C 的水平^[9];同时根据 Mann-Kendall 法检测年平均气温在 1994 年有暖突变($\alpha=0.01$)(图 2b),与全国年平均气温在 1993 年后明显变暖相一致^[10],比 1987 年西北地区气候出现突变晚 7 年;区域内 1994—2004 年的平均气温比 1961—1993

年的平均气温上升了 0.8°C 。

平均最高气温距平变化(图 2c)从 1961 年到 2004 年有 4 次明显的波动,分别在 1966、1973、1981、1991 和 2002 年达到波峰,在 1968、1977、1985 和 1992 年达到波谷。从 1980 年代末期后持续正距平,到 1998 年达到最高;日最高温度近 40 年来总的变化趋势为:在 1960 年代最低,1970 年代到 1980 年代略有上升,1990 年代后明显上升,从 1960 年代到 1990 年代升温率为 $0.28^{\circ}\text{C}/10$ 年,略高于年平均气温的变化趋势。年平均最高气温在 1994 年有暖突变($\alpha=0.01$)(图 2d),与年平均气温的突变时间相同,年平均最高气温 1990 年代和 1960 年代相比升温 0.8°C 。

平均最低气温(图 2e)的变化与年平均气温相似,主要表现为 1987 年前以负距平为主和 1987 年后以正距平为主,从 1961 年到 2004 年也有 4 次明显的波动(图 1a),分别在 1975、1982、1991 和 2003 年达到波峰,在 1970、1980、1986 和 1997 年达到波谷,从 1980 年代中期开始距平变化上表现为持续正距平,最低气温持续上升,1990 年代和 1960 年代相比升温达 0.8°C ,升温率为 $0.29^{\circ}\text{C}/10$ 年,较年平均气温和日最高气温的增温显著。最低气温在 1987 年有暖突变($\alpha=0.01$)(图 2f),比年平均气温的突变早 7 年。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和平均气温,从最高、最低气温的变化可知,从 1980 年代末期开始区域内夜间开始明显变暖,到

1990 年代出现白天、夜间同时变暖的现象。

气温日较差 1960、1970 年代较大,从 1980 年代到 1990 年代初日较差显著减小,1990 年代后又开始增大,从 1960 年代到 1990 年代日较差变化趋势为 $-0.0003^{\circ}\text{C}/10$ 年(未通过显著性检验),日较差变化不太明显;从 1980 年代后的最高、最低气温距平变化上可以看到明显的非对称变化,最低气温从 1980 年代中期开始以正距平为主,同期最高气温距平为负距平,导致日较差减小;到 1990 年代最高气温明显上升,与 1980 年代相比上升了 0.7°C ,而同期最低气温只上升了 0.3°C ,最高气温升温幅度明显大于最低气温,导致气温日较差增大。与全国平均比较^[11],甘肃西南部最高、最低气温的增温趋势要强一些,但日较差变化较弱。

表 1 甘南地区气温的年代际变化($^{\circ}\text{C}$)

年代	1961—1970	1971—1980	1981—1990	1991—2000	2001—2004	线性趋势($^{\circ}\text{C}/10$ 年)
平均气温距平	-0.3	-0.1	-0.1	0.5	0.9	0.27**
最高气温距平	-0.3	0.0	-0.2	0.5	1.0	0.28**
最低气温距平	-0.4	-0.1	0.1	0.4	0.8	0.29**
日较差距平	0.1	0.1	-0.3	0.1	0.2	-0.0003

注: ** $\alpha=0.05$, * $\alpha=0.10$,下同

通过墨西哥帽小波变换分析,发现甘南地区平均气温、最高气温和最低气温在 1980 年代中期前有明显的准 8 年周期,1980 年代中期后周期有延长的趋势(图略)。

3 甘南地区各季节气温的时间变化

为了进一步分析甘南地区的气温变化特征,我们对各季节的平均气温、最高气温、最低气温和日较差的变化进行了分析,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

近 40 年来甘南地区各季节平均气温普遍呈升高趋势(表 2),各季节的升温趋势在

$0.07\sim 0.39^{\circ}\text{C}/10$ 年之间,冬季和秋季的升温趋势明显要大于其它季节,春季气温上升不明显(未通过显著性检验);从 1960 年代到 1990 年代各季节升温 $0.1\sim 1.2^{\circ}\text{C}$,秋季温度上升幅度最大,春季最小;春季平均气温没有突变,夏季气温在 1995 年有暖突变($\alpha=0.01$),秋季的暖突变在 1988 年($\alpha=0.01$)(图略),冬季在 1993 年出现了暖突变($\alpha=0.01$),甘肃西南部升温首先从秋季开始,之后冬、夏季开始增温。

3.2 最高气温的季节变化

各季节最高气温的升温趋势在 $0.07\sim 0.46/10$ 年之间(表 2),从 1960 年代到 1990 年代各季升温 $0.1\sim 1.2^{\circ}\text{C}$,与西北地区冬季

最高气温上升最明显不同^[12],甘肃西南部秋季上升幅度最大,秋季升温率为 $0.46^{\circ}\text{C}/10$ 年;最高气温秋季在 1988 年有暖突变($\alpha=0.05$),冬季在 1996 年出现了暖突变($\alpha=0.01$),夏季没有突变,在 1996 年有一转折点,1996 年后,夏季最高气温开始明显上升;春季最高气温在 1964 年有冷突变($\alpha=0.05$),最高气温开始降低,直到 1990 年代中期后才开始上升;秋季、冬季最高气温从 1980 年代末到 1990 年代初就开始明显上升。

3.3 最低气温的季节变化

各季节最低气温的升温趋势在 $0.15\sim 0.52^{\circ}\text{C}/10$ 年之间(表 2),冬季的上升趋势明显大于其它季节;从 1960 年代到 1990 年代各季节最低气温分别上升 $0.3\sim 1.4^{\circ}\text{C}$,冬季上升幅度最大,与西北地区冬季最低气温的变化趋势一致^[12];春季最低气温在 1991 年有暖突变($\alpha=0.05$),夏季最低气温在 1993 年有暖突变($\alpha=0.01$),冬季在 1985 年出现了暖突变($\alpha=0.01$),秋季没有突变;和最高

气温不同,春季和夏季的最低气温在 1990 年代初有暖突变,说明甘肃西南部在 1990 年代初春季和夏季的夜间开始变暖,最低气温在秋季没有突变,而秋季的最高气温在 1988 年有暖突变,说明秋季增温主要在白天;冬季从 1980 年代中期开始夜间变暖,到 90 年代中期后白天和夜间同时变暖。

3.4 气温日较差的季节变化

气温日较差在秋季有增大的趋势,以 $0.31^{\circ}\text{C}/10$ 年的速度增大(表 2),经检测在 1983 年有增大突变($\alpha=0.05$);春季、夏季、冬季呈减小的趋势,减小趋势为 $-0.07\sim -0.13^{\circ}\text{C}/10$ 年。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^[11],呈增大趋势。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,年平均日较差变化趋势不明显,与各季节的变化趋势不一致有关。

表 2 甘南地区气温的季节变化($^{\circ}\text{C}$)

	年代	1961—1970	1971—1980	1981—1990	1991—2000	2001—2004	线性趋势($^{\circ}\text{C}/10$ 年)
平均气温	春季	0.2	0.1	-0.6	0.3	0.9	0.07
	夏季	-0.1	-0.1	-0.3	0.5	0.9	0.21**
	秋季	-0.6	0.1	-0.1	0.6	0.5	0.31**
	冬季	-0.6	-0.1	0.2	0.5	1.5	0.39**
最高气温	春季	0.2	0.1	-0.6	0.3	0.9	0.07
	夏季	-0.1	-0.1	-0.3	0.5	0.9	0.21**
	秋季	-0.7	-0.1	0.0	0.7	0.9	0.46**
	冬季	-0.5	-0.1	0.1	0.5	1.3	0.39**
最低气温	春季	-0.2	0.0	-0.2	0.4	0.4	0.19**
	夏季	-0.4	-0.2	0.1	0.5	0.6	0.27**
	秋季	-0.1	-0.2	0.1	0.2	0.5	0.15
	冬季	-0.8	-0.2	0.3	0.6	1.6	0.52**
日较差	春季	0.4	0.2	-0.5	-0.1	0.5	-0.12
	夏季	0.3	0.1	-0.4	0.0	0.2	-0.07
	秋季	-0.6	0.1	-0.1	0.6	0.5	0.31**
	冬季	0.3	0.1	-0.2	-0.1	-0.3	-0.13

4 结 语

通过以上分析,可得出如下结论:

(1) 甘肃西南部气温突变发生在 1990 年代初,从 1980 年代末开始该区域夜间开始明显变暖,到 1990 年代出现白天、夜间同时变暖的现象。

(2) 平均气温、最高气温和最低气温在 1980 年代中期前有明显的准 8 年周期,1980 年代中期后周期有延长的趋势。

(3) 各季节平均气温普遍呈升高趋势,冬季和秋季的升温趋势明显大于其它季节;甘肃西南部升温首先从秋季开始,夏季、冬季到 1990 年代初开始增温。

(4) 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,春季最高气温在 1964 年开始降低,直到 1990 年代中期后才开始上升;最低气温春、夏、冬季三季都呈现增温趋势,冬季最为明显,秋季增温不明显;气温日较差的变化季节差异明显,秋季表现为明显的增大趋势,春季、夏季、冬季为减小趋势,从而导致年气温日较差的变化趋势不明显。

(5) 甘南地区春季在 1990 年代初夜间开始变暖,1990 年代中期后白天和夜间同时变暖;夏季 1990 年代中期后白天和夜间同时

变暖的;秋季增温从 1980 年代末开始,增温主要在白天;冬季从 1980 年代中期开始夜间变暖,到 1990 年代中期后白天和夜间同时变暖,可见甘南地区的气温变化主要是因为 1990 年代后白天和夜间温度同时上升造成的。

参考文献

- [1] 张明庆,刘桂莲.我国近 40 年气温变化地域类型的研究[J].气象,1999,25(4):10-14.
- [2] 赵艳霞,裘国旺.气候变化对北方农牧交错带的可能影响[J].气象,2001,27(5):3-7.
- [3] 李栋梁,刘德祥.甘肃气候[M].北京:气象出版社.
- [4] 杨小利,尹东.近 50 年平凉地区气候变化及其对农业生产的影响[J].气象,2001,27(5):3-7.
- [5] 赵红岩,薛万孝.甘肃近 40 年来气温变化的研究[J].甘肃气象,1999,17(4):14-16.
- [6] 魏凤英.现代气候统计诊断预测技术[M].北京:气象出版社.1993:69-72.
- [7] 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.
- [8] 吴洪宝,吴蕾.气候变率诊断和预测方法[M].气象出版社,2005:178-245.
- [9] 李栋梁,魏丽,蔡英.中国西北现代气候变化事实与未来趋势展望[J].冰川冻土 2003,25(2):135-142.
- [10] 陈隆勋,周秀骥,李维亮,等.中国近 80 年来气候变化特征及其形成机制[J].大气科学,2004,28(5):634-646.
- [11] 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.
- [12] 马鹏里,王若升,王宝灵,等.我国西北地区地面最高和最低气温变化及分布的特征[J].高原气象,2002,21(5):509-513.