

青海玉树地区近 61 年气候变化特征分析^①

甄 英¹, 姜 锐¹, 何 静²

1. 内江师范学院 地理与资源科学学院, 四川 内江 641199; 2. 成都信息工程大学 大气科学学院, 成都 610225

摘要: 利用玉树地区 1953—2013 年逐月气温和降水资料, 采用气候倾向率、5 年滑动平均、变异系数和 *M-K* 检验法, 分析玉树地区近 61 年气候变化特征, 结果表明: 近 61 年来玉树地区气温显著升高, 增幅为每 10 年增加 0.32 °C, 20 世纪 50 年代气温变异系数最大, 各个季节的增温变化从大到小依次为春季、夏季、冬季、秋季, *M-K* 突变检验表明该地区在 1989 年发生显著突变; 降水量总体减少, 减少速率为每 10 年减少 3.21 mm, 20 世纪 50 年代降水变异系数最大, 其中春季和夏季是各个年代降水比较丰沛的季节, 秋季和冬季是各个年代降水量偏少的季节, *M-K* 突变检验表明该地区降水量在 1997 年发生显著突变。

关键词: 气温; 降水量; *M-K* 突变检验; 玉树

中图分类号: P461

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2017)04-0102-06

气候是地球上某一地区多年时段大气的一般状态, 以冷、暖、干、湿等指标来衡量^[1]. IPCC《气候变化综合报告(2007)》指出, 近 100 年(1906—2005 年)全球平均地表温度上升了 0.74 °C^[2]. 在过去的 100 年里, 全球气候以变暖为主要变化特征, 这种变化对世界范围内的生态、资源、环境的负面效应日益显现, 导致各类极端天气气候事件频繁发生, 对社会经济的可持续发展产生了深远的影响^[3]. 王承军等^[4]研究指出, 在过去的几十年中, 全球气候变化已对我国农业和农业生态系统造成了不少的负面影响; 李辑等^[5]指出气候变化具有较强的地域特征; 张微玮等^[6]指出不同气候变化的趋势与强度并不完全一致. 因此在全球变暖的时代背景下, 气候变化备受关注, 局部地区的气候变化也越来越受到人们的关注.

玉树藏族自治州位于青海省南部, 距离省会西宁市 800 km, 东西长 738 km, 南北宽 406 km, 下辖玉树 1 市, 治多、杂多、称多、曲麻莱、囊谦 5 县. 玉树地区地理位置大致为 89°27′—97°39′E, 31°45′—36°10′N, 平均海拔在 4 000 m 以上, 最高点 6 621 m, 是青藏高原腹地的三江源头. 玉树地区冰川雪山广布, 冻土面积广大, 同时被认为是我国受气候变化影响最大、最敏感的区域^[7]. 高寒是玉树地区气候的基本特征, 该地区只有冷暖之别, 无四季之分, 气候寒冷而干湿不均, 多灾害性天气, 其太阳辐射大于同纬度的其他地区. 气候的变化会影响区域生态环境的建设, 气温和降水也会影响农业和城市的发展, 何明花等^[8]指出在进行城市规划建设和产业布局时, 要注重气候环境的分析评价, 把握区域气候变化的整体趋势, 以便采取相应的措施保障生态安全和区域经济的可持续发展. 因此, 在全球气候变暖的大背景下, 研究玉树地区气候变化特征, 对充分利用其气候资源, 保障城市与经济的发展和区域生态安全等具有重要的意义.

① 收稿日期: 2016-05-13

基金项目: 四川省教育厅项目(16ZB0303).

作者简介: 甄 英(1983-), 女, 河北承德人, 讲师, 主要从事资源脆弱区环境保护与利用研究.

1 资料来源与分析方法

1.1 资料来源

本文数据均来源于中国国家气象科学服务网,气温和降水 Pearson 相关分析发现玉树市与治多、杂多、曲麻莱、囊谦这5个地区相关性高达0.90以上,并均通过0.01显著性检验,因此选用玉树市1953—2013年逐年、逐月的气温和降水量数据作为对玉树地区的代表分析.季节划分的参考标准为:春季是3月至5月,夏季是6月至8月,秋季是9月至11月,冬季是12月至次年2月^[8].

1.2 分析方法

采用趋势分析对玉树地区近61年的气候特征进行分析;采用气候倾向率分析、5年滑动平均、变异系数、*M-K* 突变检验等方法分析气候变化趋势特征,方法如下^[9]:

$$y = a + bx \quad (1)$$

$$\hat{y} = \frac{(y_{t-1} + y_{t-2} + y_t + y_{t+1} + y_{t+2})}{5} \quad (2)$$

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{1}{\bar{x}} \times \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

$$S_k = \sum_{i=1}^k r_i \quad (k = 2, 3, \dots, n) \quad (4)$$

其中

$$r_i = \begin{cases} +1 & x_i > x_j \\ 0 & x_i \leq x_j \end{cases} \quad (j = 1, 2, \dots, i)$$

$$UF_k = \frac{[S_k - E(S_k)]}{\sqrt{Var(S_k)}} \quad (k = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

$$E(S_k) = \frac{n(n+1)}{4} \quad (2 \leq k \leq n) \quad (6)$$

$$Var(S_k) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72} \quad (2 \leq k \leq n) \quad (7)$$

$$UB_k = -UF_k \quad (8)$$

公式(1)、(2)中: x 是年份; b 为气候倾向率; \hat{y} 为 t 时的滑动平均, $y_1, y_2, y_3, \dots, y_t$ 为时间序列.公式(3)中 C_v 为变异系数; S 为标准差的无偏估计; \bar{x} 为平均值; n 为数据个数.式(4)中 S_k 为秩序列,是第 i 个时刻数值大于 j 个时刻时数值个数的累加.公式(5)–(8)中 U_k 为标准正态分布; $E(S_k)$ 是 S_k 的均值; $Var(S_k)$ 是 S_k 的方差,当 x_1, x_2, \dots, x_n 互相独立时, $E(S_k)$ 和 $Var(S_k)$ 具有相同的连续分布; UB_k 为逆序列,其中 $UF_1 = 0, UB_1 = 0$.

2 结果与分析

2.1 气温变化特征分析

2.1.1 年均气温变化特征

由图1可知,近61年玉树地区年平均气温以每10年 0.32°C 的增长率呈波动上升的趋势,显著高于全国的平均水平(每10年增加 0.1°C ^[4]).多年年均气温为 3.30°C ,最高温出现在2009年,为 5.39°C ;最低温出现在1959年,为 1.95°C .

由表1可知,研究区从20世纪50年代到21世纪初各年代气温逐渐上升.气温的年际变化可以分为3个阶段:①50年代至70年代为气温缓慢增长阶段,其中50年代气温为近6个年代最低,气温由50年代 2.44°C 上升至70年代 2.90°C ,变异系数50年代最大,比多年变异系数高0.026,且50至70年代变异系数逐年减小,表明这一时期平均气温呈增长的趋势;②80年代至90年代为气温持续增长阶段,80年代气

温为 3.27 °C, 虽然较 70 年代有所增高, 但总体上仍然偏低; 80 年代至 90 年代, 气温略有上升, 且这一时期变异系数减小, 表明这一时期的气温仍持续增长; ③ 21 世纪初, 年平均气温持续快速升高, 最高达 4.57 °C, 成为玉树地区历史上最温暖的时期, 变异系数也降至多年的最低, 表明这一时期气温波动性不大.

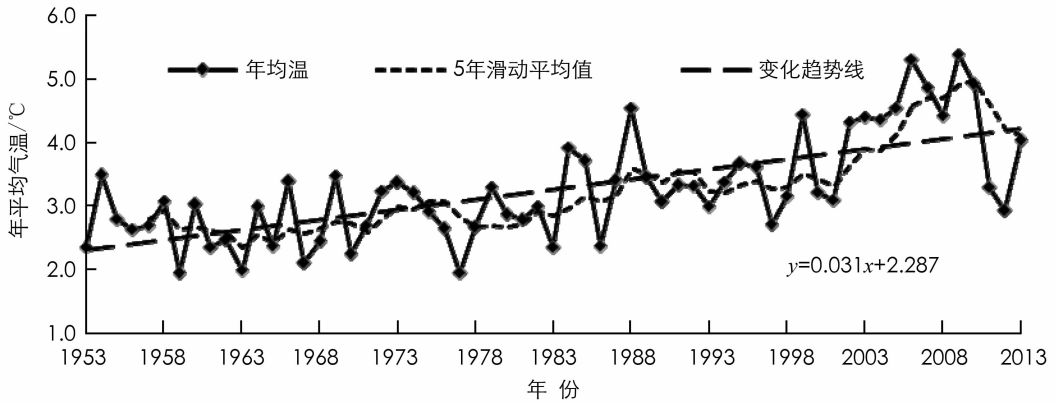


图 1 1953—2013 年玉树年平均气温变化曲线

表 1 玉树平均气温年际统计结果

年代	变异系数	平均值/°C
1953—1960 年	0.233	2.44
1961—1970 年	0.205	2.59
1971—1980 年	0.159	2.90
1981—1990 年	0.211	3.27
1991—2000 年	0.136	3.39
2001—2010 年	0.140	4.57
1953—2010 年	0.207	3.28

2.1.2 四季气温变化特征

玉树地区近 61 年来各季节的平均气温总体呈上升的趋势, 但各季节的变化略有不同, 春季每年平均增温 0.398 °C, 夏季增温 0.331 °C, 秋季增温 0.234 °C, 冬季增温 0.326 °C, 增强的顺序从大到小依次是春季、夏季、冬季、秋季.

由表 2 可知, 总体上近 61 年玉树地区各季年平均气温呈上升趋势, 各个季节气温变化均以 20 世纪 80 年代为转折, 80 年代前各个季节平均气温呈缓慢上升的变化趋势, 90 年代后各季节的平均气温迅速升高. 其中秋季增温缓慢, 冬季增温明显, 各季节和年代气温的变化趋势和幅度略有差异. 21 世纪初为玉树地区史上气温最高的时期.

表 2 1953—2010 年玉树各年代季节气温变化特征

年代	春季	夏季	秋季	冬季
1953—1960	3.07	11.36	3.34	-6.23
1961—1970	3.06	11.46	2.66	-6.89
1971—1980	3.80	11.54	2.72	-6.38
1981—1990	3.90	11.94	3.33	-6.23
1991—2000	4.45	12.25	3.36	-6.37
2001—2010	5.00	13.13	4.43	-4.29

M-K 突变检验显示, 玉树地区近 61 年年平均气温正序列^[10]*UF* 总体呈波动上升的趋势, 而逆序列^[10]呈波动下降的趋势. 正序列 *UF* 和逆序列 *UB* 相交于临界线内, 说明平均气温在 1989 年存在显著的突变特征, 90 年代超过了 0.05 的显著性水平, 表明气温上升趋势明显, 这与前文得出的结论相符合.

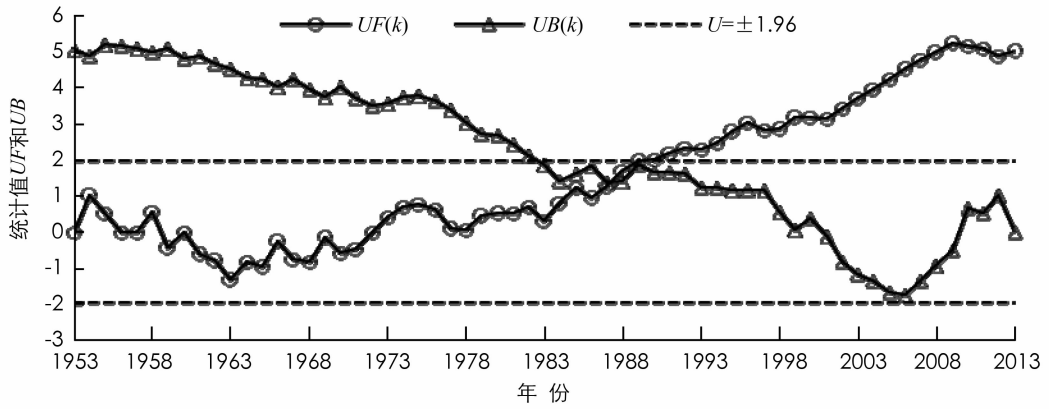


图 2 1953—2013 年玉树年平均气温的 M-K 突变检验

2.2 降水量变化特征分析

2.2.1 年均降水量变化特征

由图 3 可知,近 61 年来玉树地区年平均降水量为 60.99 mm,降水量总体上呈下降趋势,每 10 年减少 3.21 mm.近 61 年年平均降水量在 33.99~103.97 mm 之间,降水量最多的年份是 1959 年,降水量最少的年份是 2007 年,前者是后者的 3.05 倍.

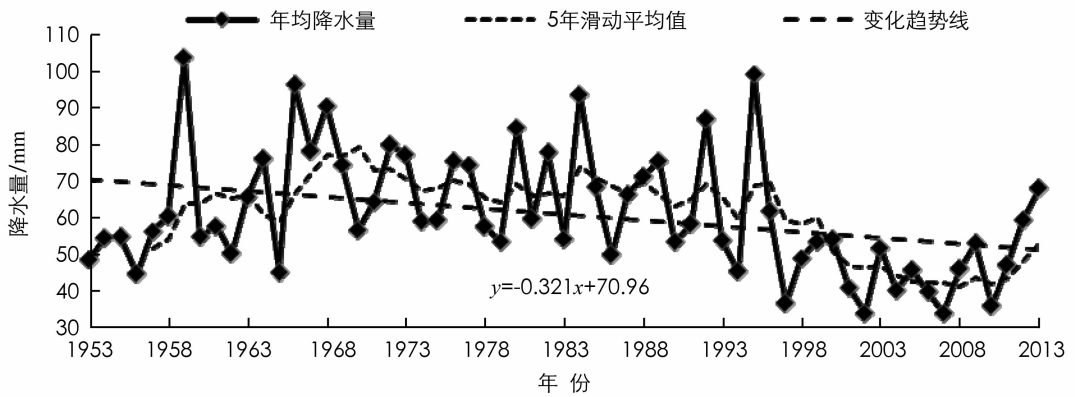


图 3 1953—2013 年玉树年降水量变化曲线

从表 3 可知,玉树地区年际降水量变化大致分为 2 个阶段:①50 年代至 60 年代降水量呈上升趋势,其中 60 年代降水量为近 6 个年代降水量最多的年代,这一时期变异系数表明 50 年代至 60 年代降水量的变化幅度较大;②70 年代至 21 世纪初,降水量呈下降变化,这一时期变异系数表明 70 年代至 80 年代降水量的变化幅度较小,80 年代至 21 世纪初降水量的变化幅度较大,21 世纪初为近 6 个年代降水量最少的年代.

表 3 玉树年均降水量分布年代统计结果

年代	变异系数	平均值/mm
1953—1960 年	0.310	59.76
1961—1970 年	0.246	69.15
1971—1980 年	0.160	68.60
1981—1990 年	0.200	67.03
1991—2000 年	0.234	59.88
2001—2010 年	0.163	42.15
1953—2010 年	0.167	61.09

2.2.2 四季降水量变化特征

由表 4 可知,玉树地区各季节降水量总体上呈下降的趋势.虽然从 20 世纪 50 年代到 21 世纪初,春季和夏季的降水量呈减少的趋势,但这 2 个季节的年代平均降水量与多年降水量平均值(60.99 mm)相比均

为正数,表明春季和夏季是各个年代降水较多的季节,秋季和冬季各年代降水量的平均值与多年降水量平均值(60.99 mm)相比均为负数,表明秋季和冬季是各个年代降水量偏少的季节,且为各年代相对干旱的时期.4个季节在21世纪初均为近6个年代降水量最少的时期.

表 4 1953—2010 年玉树各年代季节降水量变化特征

mm

年代	春季	夏季	秋季	冬季
1953—1960 年	56.40	94.46	53.74	36.05
1961—1970 年	80.32	113.61	52.00	16.96
1971—1980 年	90.06	104.44	48.26	29.82
1981—1990 年	67.26	110.51	71.19	20.00
1991—2000 年	57.16	114.06	47.35	20.37
2001—2010 年	33.33	92.47	36.78	6.08
平均值	64.09	104.93	51.55	21.55

图 4 为玉树地区 1953—2013 年年均降水量 $M-K$ 突变检验曲线,玉树地区近 61 年年均降水量正序列 UF 在 1968 年前呈上升趋势,之后呈波动下降的趋势.正序列 UF 和逆序列 UB 相交于临界线内,说明年均降水量在 1997 年存在显著的突变特征.21 世纪初低于 0.05 的显著性水平,表明下降趋势明显,这与前文的结论相吻合,也与沈永平^[11]等的研究结果中指出的中纬度的平均降水呈减少趋势相符.

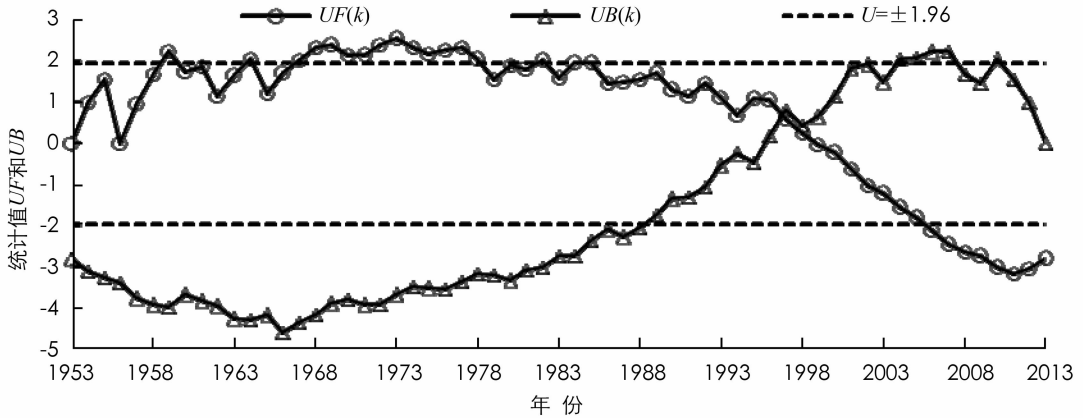


图 4 1953—2013 年玉树年均降水量的 $M-K$ 突变检验

3 结 论

1) 气温方面 近 61 年来玉树地区的气温总体呈显著升高趋势.气温的线性倾向值为每 10 年增加 $0.32\text{ }^{\circ}\text{C}$.各个季节的增温趋势各有差异,其增强的顺序从大到小依次是春季、夏季、冬季、秋季,其中春季的气温倾向率为每 10 年增加 $0.397\text{ }^{\circ}\text{C}$.20 世纪 50 年代至 90 年代玉树地区升温缓慢,为相对偏冷阶段,进入 21 世纪升温迅速,为相对偏暖阶段,且 21 世纪初各个年份、年际、季节气温都达到了玉树地区史上的最高值,成为历史上最温暖的时期. $M-K$ 突变检验表明,1989 年平均气温存在显著的突变特征,且在 90 年代超过了 0.05 的显著性水平,升温迅速.

2) 降水方面 近 61 年来玉树地区的降水量总体呈减少的变化趋势.降水的线性倾向率为每 10 年减少 3.21 mm .降水量的年际变化以 20 世纪 60 年代为转折,20 世纪 60 年代降水量最多,成为近 61 年来玉树历史上降水量最多的年代;21 世纪初降水量显著减少,进入了少雨的年份,为玉树地区的少雨阶段.降水量的季节变化各有差异,从 20 世纪 50 年代到 21 世纪初春季和夏季的降水量呈现减少的趋势,但春季和夏季 2 个季节仍然是各个年代降水比较丰沛的季节;而秋季和冬季 2 个季节是各个年代降水量偏少的季节,且为各年代相对干旱的时期. $M-K$ 突变检验表明,1997 年降水量存在显著的突变特征,并在 21 世纪初低于了 0.05 的显著性水平,降水减少趋势加剧.

参考文献:

- [1] 曹小雪,黄建武,揭毅. 近52年来武汉市气候变化特征分析[J]. 江西农业学报, 2014, 26(9): 80-85.
- [2] 何明花,赵景波,周强. 西宁市近50年气候变化特征分析[J]. 青海环境, 2014, 24(1): 40-44.
- [3] 王承军,王琪珍,卜庆雷. 莱芜近52年气候变化特征分析[J]. 江西农业学报, 2011, 23(2): 163-166.
- [4] 李辑,龚强. 东北地区夏季气温变化特征分析[J]. 气象与环境学报, 2006, 22(11): 6-10.
- [5] 张微玮,任昊,李若楠,等. 1959—2013年新宾县气候变化特征分析[J]. 现代农业科技, 2014(23): 279-280.
- [6] 肖桐,刘纪远,邵全琴. 近20年青海三江源自然保护区植被生产力变化模拟[J]. 地球信息科学学报, 2009, 11(5): 557-565.
- [7] 樊江文,邵全琴,刘纪远,等. 1998—2005年三江源草地产草量变化动态分析[J]. 草地学报, 2010, 18(1): 5-10.
- [8] 徐建华. 计量地理学[M]. 2版. 北京:高等教育出版社, 2014.
- [9] 王永财,孙艳玲,张静,等. 近50年海河流域气候变化特征分析[J]. 天津师范大学学报(自然科学版), 2014, 34(4): 58-63.
- [10] 沈永平,王亚国. IPCC第一工作组第五次评估报告对全球气候变化的认知的最新科学要点[J]. 冰川冻土, 2013, 35(5): 1068-1076.

Analysis of Climate Change Characteristics in Yushu Area of Qinghai in Recent 61 Years

ZHEN Ying¹, JIANG Rui¹, HE Jing²

1. School of Geography & Resource Science, Neijiang Normal University, Neijiang Sichuan 641199, China;

2. School of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China

Abstract: The monthly precipitation, temperature and sunshine data of Yushu from 1953 to 2013 have been analyzed in this paper by five year moving average, climate tendency rate, M-K non-parametric test to analyze the characteristics of climate change in Yushu area in recent 61 years. The results indicate that the air temperature in Yushu area are increasing in recent 61 years. And the increase is 0.32°C per decade. Besides, there are some differences in the warming tendency of each season. The descending order is spring, summer, winter and autumn. The precipitation in Yushu area are decreasing in the recent 61 years. And the negative increase is 3.21 mm per decade. And there are also some differences in the seasonal precipitation. The precipitation in spring and summer are relatively abundant. On the contrary, the low precipitation exists in autumn and winter.

Key words: air temperature; precipitation; M-K non-parametric test; Yushu

责任编辑 胡杨