

青海共和盆地贵南地区气温变化特征分析

赵久渊¹, 聂永喜¹, 买永瑞², 王嘉玺¹, 赵恒和^{2*}

(1. 青海省贵南县气象局, 青海贵南 813199; 2. 青海省海南州气象局, 青海共和 813099)

摘要 利用贵南气象站 1961—2015 年逐月平均气温、平均最高气温、平均最低气温资料, 采用气候统计诊断分析方法计算气温的年、季、月平均值以及气候倾向率, 分析了近 55 年来贵南地区气温的变化趋势、突变特点及变化周期。结果表明, 近 55 年贵南地区年平均气温、最高气温、最低气温均呈极显著的增温, 且上升趋势具有较强的一致性; 各月气温也均呈增温趋势。在诸多影响因素中, 低云量对气温影响最大, 其次为空气水汽压和相对湿度。Mann-Kendall 检验表明, 年平均气温、年平均最高气温和年平均最低气温分别在 1990、1993、1970 年发生了由低到高的突变。

关键词 平均气温; 最高气温; 最低气温; 变化特征; 共和盆地

中图分类号 S161.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)23-0161-04

Analysis on Change Characteristics of Air Temperature in Guinan Area of Gonghe Basin of Qinghai Province

ZHAO Jiu-yuan¹, NIE Yong-xi¹, MAI Yong-rui¹, ZHAO Heng-he^{2*} (1. Guinan County Meteorological Bureau, Guinan, Qinghai 813199; 2. Hainan Prefecture Meteorological Bureau, Gonghe, Qinghai 813099)

Abstract Using the monthly average temperature, average maximum temperature and average minimum temperature data of Guinan meteorological station from 1961 to 2015, the annual, quarterly and monthly average values of temperature and climate tendency rate were calculated by climate statistical diagnostic analysis method, the change trend, mutation characteristics and the change period of temperature in Guinan area were analyzed in the past 55 years. The results showed that the annual average temperature, maximum temperature and minimum temperature in Guinan area had a significant warming in recent 55 years, and the rising trend had strong consistency, the temperature of each month was also warming. Among the influencing factors, the low cloud cover had the greatest influence on the temperature, followed by the air vapor pressure and the relative humidity. Mann-Kendall test showed that the annual mean temperature, the annual average maximum temperature and the annual average minimum temperature in 1990, 1993, 1970 occurred from low to high mutation.

Key words Average temperature; Maximum temperature; Minimum temperature; Change characteristics; Gonghe basin

气候变化的原因是非常复杂的, 不同地区的气候形成原因也不完全相同。在全球气候变暖的背景下, 近百年来我国地表平均温度增加显著^[1]。青藏高原是气候变化的启动区^[2], 也是全球公认的气候变化敏感区^[3]。青藏高原年平均气温变化的总趋势是上升的, 对气温变化区域性研究也受到人们的关注^[4-6]。青藏高原作为世界上最高的高原, 对我国及世界气候有很大的影响, 许多学者将青藏高原划分为不同区域, 对气温的空间分布特征进行了研究^[7-13], 刘晓东等^[14]研究表明, 青藏高原与北半球的变温过程有着趋势上的一致性和突变时间上的差异性, 表现出了明显的区域特色。但关于共和盆地, 许多学者侧重于降水、日照、蒸发等要素的变化研究^[15-19], 对气温方面的研究较少。

青海省共和盆地是青藏高原东北边缘的一山间盆地, 其范围位于 35°27'~36°56'N、98°46'~102°22'E, 东邻秦岭山系的西倾山, 南部和西南部为昆仑山系的河卡山、鄂拉山及哇洪山, 北隔祁连山系的青海南山与青海湖对望, 东北部为祁连山系的余脉瓦里贡山、拉脊山和日月山, 包括共和县杂海滩、切吉滩、塔拉滩, 兴海县河卡滩, 贵南县巴洛滩、木格滩和瓦什塘滩等。黄河自西南向东北贯穿盆地, 在自然地带上属于高原温带半干旱草原和干旱荒漠草原的过渡区域, 整个盆地的平面形态呈东宽西窄的葫芦形, 总面积 1.38 万 km²。贵南县位于共和盆地南部(35°09'~36°08'N、100°13'~101°33'E), 总面积 6 649.7 km², 有可利用草场约 40 万 hm², 耕地面

积约 2 万 hm², 是一个以牧为主、农牧结合的县, 是青海省发展畜牧业生产自然环境条件较好的地区之一, 但绝大部分地区是雨养旱作区, 木格滩又是沙化程度最严重的地区之一。笔者利用贵南气象站 1961—2015 年逐月平均气温、平均最高气温、平均最低气温资料, 采用气候统计诊断分析方法, 分析了近 55 年来贵南地区气温的变化趋势、突变特点及变化周期, 以期为该地区合理利用热量资源、保护生态环境和开展整个盆地气候变化研究提供科学支撑。

1 资料与方法

1.1 资料来源 选用共和盆地贵南县气象站观测的 1961—2015 年逐月平均气温、平均最高气温、平均最低气温。四季划分为冬季(12 月—次年 2 月)、春季(3—5 月)、夏季(6—8 月)、秋季(9—11 月)。

1.2 研究方法 对气温的变化趋势采用最小二乘法进行估计, 并进行相关系数的显著性检验, 用 Mann-Kendall 进行突变检测^[20-24]。应用 Excel、DPS 对数据进行统计处理、分析及绘图。

2 结果与分析

2.1 气温的年代变化特征 由表 1 可知, 1961—2015 年共和盆地贵南地区平均气温、平均最高气温、平均最低气温分别为 2.4、11.2、-4.3℃, 最大值出现在夏季, 最小值出现在冬季。年平均气温各年代经历了低—高一低—高一高一低的历史演变过程; 平均最高气温与平均最低气温变化趋势基本一致, 20 世纪 60 年代以来经历了低—高一高一高一低的历史演变过程。各季节平均气温与年平均气温的变化趋势不尽相同, 春季平均气温各年代经历了低—高一低—

作者简介 赵久渊(1992—), 男, 青海乐都人, 助理工程师, 从事综合气象观测工作。* 通讯作者, 高级工程师, 从事应用气象研究。

收稿日期 2017-06-07

高一高一高的历史演变过程;夏、秋季经历低—高一高一—高一高一高的历史演变过程;冬季各年代经历低—高一高一—高一高一低的历史演变过程。各季节平均最高气温变化中,冬季平均最高气温与年平均最高气温变化趋势一致,春季平均最高气温各年代经历了高一低—低—高一高一高的历史演变过程,夏季平均最高气温各年代经历了低—高一低—高一高一高的历史演变过程;秋季平均最高气温变化各年代

经历了低—高一高一—高一高一高的历史演变过程。各季平均最低气温与年平均最低气温变化趋势不一致,春季平均最低气温各年代经历了低—高一低—高一高一低的历史演变过程;夏季平均最低气温经历了低—高一高一—高一高一高的历史演变过程;秋季平均最低气温经历了低—高一高一—高一高一低的历史演变过程;冬季平均最低气温经历了低—高一低—高一高一低的历史演变过程。

表1 1961—2015年贵南县不同年代平均气温、平均最高气温、平均最低气温

Table 1 The average temperature, average maximum temperature and average minimum temperature of different age in Guinan County during 1961—2015 °C

| 气温 Temperature | 时段 Period | 春季 Spring | 夏季 Summer | 秋季 Autumn | 冬季 Winter | 全年 Whole year |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|
| 平均气温 | 1961—1970 | 3.9 | 12.4 | 1.7 | -9.5 | 2.0 |
| Average temperature | 1971—1980 | 4.0 | 12.5 | 1.8 | -9.3 | 2.3 |
| | 1981—1990 | 3.5 | 12.5 | 2.0 | -9.3 | 2.2 |
| | 1991—2000 | 4.2 | 12.8 | 2.2 | -8.6 | 2.5 |
| | 2001—2010 | 4.3 | 13.2 | 2.6 | -8.6 | 3.0 |
| | 2011—2015 | 4.3 | 13.2 | 2.7 | -9.3 | 2.9 |
| 平均最高气温 | 1961—2015 | 4.0 | 12.7 | 2.1 | -9.1 | 2.4 |
| Average maximum temperature | 1961—1970 | 12.2 | 19.4 | 10.4 | 0.8 | 10.6 |
| | 1971—1980 | 12.1 | 19.6 | 10.6 | 1.1 | 10.8 |
| | 1981—1990 | 11.5 | 19.5 | 11.0 | 1.2 | 10.9 |
| | 1991—2000 | 12.4 | 19.9 | 11.6 | 2.2 | 11.3 |
| | 2001—2010 | 12.7 | 20.4 | 11.9 | 2.3 | 11.9 |
| | 2011—2015 | 12.7 | 20.4 | 12.0 | 1.2 | 11.7 |
| 平均最低气温 | 1961—2015 | 12.2 | 19.8 | 11.2 | 1.5 | 11.2 |
| Average minimum temperature | 1961—1970 | -3.7 | 5.9 | -4.4 | -16.7 | -4.9 |
| | 1971—1980 | -3.0 | 6.3 | -4.3 | -16.4 | -4.3 |
| | 1981—1990 | -3.3 | 6.3 | 4.1 | -16.6 | -4.3 |
| | 1991—2000 | -3.0 | 6.6 | -4.2 | -15.9 | -4.3 |
| | 2001—2010 | -2.9 | 7.1 | -3.5 | -15.9 | -3.7 |
| | 2011—2015 | -3.0 | 7.1 | -3.4 | -16.6 | -3.8 |
| 1961—2015 | -3.2 | 6.5 | -4.0 | -16.4 | -4.3 | |

2.2 气温的年际变化特征 由图1可知,近55年来贵南地区年平均气温、年平均最高气温、年平均最低气温均呈波动上升状态,其变化倾向率分别为0.21、0.29、0.22 °C/10 a,相关系数分别为0.625、0.646、0.620,通过显著性水平0.001检验,说明年平均气温、年平均最高气温、年平均最低气温均呈极显著的上升趋势,且上升趋势具有较强的一致性。

均气温均呈上升趋势,其气候倾向率分别为0.12、0.18、0.24、0.27 °C/10 a,夏季、秋季增温趋势明显,秋季增温最为强烈;平均最高气温变化倾向率春、夏、秋、冬季分别为0.16、0.23、0.39、0.37 °C/10 a,秋季增温最为明显;平均最低气温变化倾向率春、夏、秋、冬季分别为0.15、0.24、0.19、0.28 °C/10 a,夏季增温最为强烈。

2.3 气温的月变化特征 由图2可知,近55年来贵南地区平均气温、平均最高气温、平均最低气温最低值均出现在1月份;最高值平均气温、平均最低气温出现在7月份,而平均最高气温则出现在8月份。从贵南地区各月气温气候变化趋势与相关系数(表3)可知,各月气温均呈增温趋势。其中,11月平均气温增温趋势极其明显,2、6、9月平均气温增温趋势明显,1、10月平均气温有一定增温趋势,3、4、5、7、8、12月平均气温增温不明显。2、9、11月平均最高气温增温趋势极其明显,6、10月平均最高气温增温趋势明显,1、3、8、12月平均最高气温有一定增温趋势,4、5、7月平均最高气温增温不明显。6月平均最低气温增温趋势极其明显,2月平均最低气温增温趋势明显,1、7、9、11月平均最低气温有一定增温趋势,其他月份增温不明显。

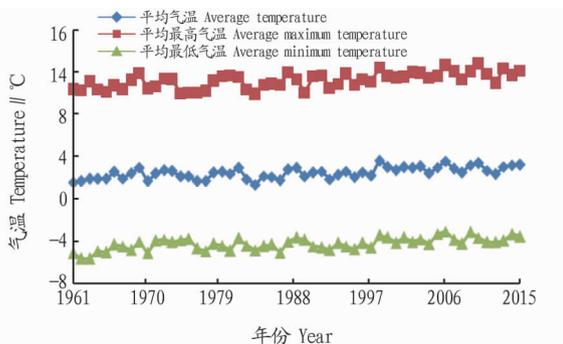


图1 1961—2015年贵南地区气温年变化

Fig. 1 Annual change of temperature in Guinan area during 1961—2015

从表2可以看出,近55年来贵南地区春、夏、秋、冬季平

表 2 1961—2015 年贵南地区各季节气温变化趋势与相关系数

Fig. 2 Change trends and correlation coefficient of seasonal temperature in Guinan area during 1961—2015

| 季节 Season | 平均气温 Average temperature | | 平均最高气温 Average maximum temperature | | 平均最低气温 Average minimum temperature | |
|--------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | 倾向率 Tendency rate ℃/10 a | 相关系数 Correlation coefficient | 倾向率 Tendency rate ℃/10 a | 相关系数 Correlation coefficient | 倾向率 Tendency rate ℃/10 a | 相关系数 Correlation coefficient |
| 春季 Spring | 0.12 | 0.263 | 0.16 | 0.270* | 0.15 | 0.319* |
| 夏季 Summer | 0.18 | 0.405*** | 0.23 | 0.418*** | 0.24 | 0.476*** |
| 秋季 Autumn | 0.24 | 0.552*** | 0.39 | 0.631*** | 0.19 | 0.339* |
| 冬季 Winter | 0.27 | 0.380** | 0.37 | 0.460*** | 0.28 | 0.358** |

注: *、**、*** 分别表示通过 0.05、0.01、0.001 显著水平检验

Note: *, **, *** indicates significant level test by 0.05, 0.01 and 0.001, respectively

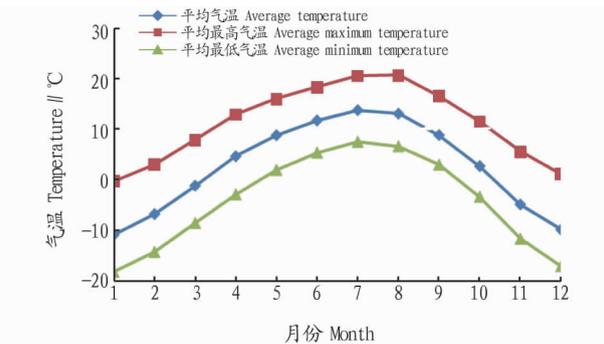


图 2 1961—2015 年贵南地区气温月变化

Fig. 2 Month change of temperature in Guinan area during 1961—2015

2.4 气温与降水、日照、年总(低)云量、水汽压、相对湿度的关系 由表 4 可知,近 55 年来贵南地区年平均气温与年平均低云量呈极显著的正相关关系,相关系数为 0.550,表明低云量越多,越不利于辐射降温,对增温具有明显的效果;年平均气温与年平均相对湿度呈负相关关系,表明空气湿度越大,气温越低,这与实际情况一致;年平均气温与年日照时数呈不明显的正相关关系,同时与降水量、总云量、水汽压呈不明显的负相关关系,说明日照时数越多,气温越高,降水量越多、云量越多、水汽含量越多,气温就越低。年平均最高气温与年日照时数、年平均低云量呈正相关关系,说明白天日照时间长,越有利于增温,夜间低云量多,不利于辐射降温;年平均最高气温与年平均总云量、年平均水汽压呈负相关关

表 3 1961—2015 年贵南地区各月气温变化趋势与相关系数

Fig. 3 Change trends and correlation coefficient of temperature of each month in Guinan Area during 1961—2015

| 月份 Month | 平均气温 Average temperature | | 平均最高气温 Average maximum temperature | | 平均最低气温 Average minimum temperature | |
|-------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | 倾向率 Tendency rate ℃/10 a | 相关系数 Correlation coefficient | 倾向率 Tendency rate ℃/10 a | 相关系数 Correlation coefficient | 倾向率 Tendency rate ℃/10 a | 相关系数 Correlation coefficient |
| 1 | 0.28 | 0.285* | 0.37 | 0.321* | 0.32 | 0.308* |
| 2 | 0.43 | 0.392** | 0.58 | 0.458*** | 0.44 | 0.382** |
| 3 | 0.17 | 0.230 | 0.25 | 0.265* | 0.21 | 0.257 |
| 4 | 0.08 | 0.110 | 0.05 | 0.045 | 0.11 | 0.192 |
| 5 | 0.11 | 0.184 | 0.18 | 0.223 | 0.12 | 0.205 |
| 6 | 0.25 | 0.427 | 0.28 | 0.376** | 0.35 | 0.527*** |
| 7 | 0.14 | 0.232 | 0.17 | 0.217 | 0.22 | 0.316* |
| 8 | 0.14 | 0.245 | 0.23 | 0.302* | 0.17 | 0.230 |
| 9 | 0.24 | 0.418** | 0.33 | 0.458*** | 0.25 | 0.338* |
| 10 | 0.14 | 0.274* | 0.26 | 0.369** | 0.11 | 0.130 |
| 11 | 0.32 | 0.462*** | 0.58 | 0.563*** | 0.23 | 0.293* |
| 12 | 0.21 | 0.255 | 0.30 | 0.307* | 0.20 | 0.228 |

注: *、**、*** 分别表示通过 0.05、0.01、0.001 显著水平检验

Note: *, **, *** indicates significant level test by 0.05, 0.01 and 0.001, respectively

系,说明低云量越多,水汽含量越少,则平均最高气温就越高;年平均最高气温与年降水量呈不显著的负相关关系,说明年降水量越多,则平均最高气温就越低。年平均最低气温与年平均总云量、年降水量呈显著的正相关关系,说明年低云量越多,年平均气温就越高,年降水量越多,则年平均气温就越低;年平均最低气温与年平均相对湿度、年总云量呈不显著的正相关关系,与年日照时数、年平均水汽压呈显著的负相关关系,说明年日照时数越多,水汽含量越大,则年平均气温就越低。

2.5 气温的突变特征 从图 1 和图 3 可以看出,1961—1969 年贵南地区年平均气温呈持续升高趋势,1970—1986 年年平

均气温在波动中升降,从 1987 年开始年平均气温呈现持续升高趋势,尤其以 1998—2015 年年平均气温升温趋势明显;M-K 突变检验表明,贵南地区年平均气温在 1990 年发生了由冷到热的突变。1961—1973 年贵南年平均最高气温呈波动升高趋势,1973 年升高趋势通过 0.05 显著水平检验;1974—1977 年年平均最高气温呈持续降低趋势,1978—1989 年在波动中升高,1990—2015 年年平均最高气温呈显著的升高趋势,并于 1994 年升高趋势通过 0.05 显著水平检验;M-K 检验分析,贵南地区年平均最高气温于 1993 年发生了突变。贵南地区年平均最低气温在 1962—1975 年呈持续升温趋势,1969 年升温趋势通过 0.05 显著水平检验,1976—

1986、1990—1997年年平均最低气温呈波动下降趋势,1998年开始年平均最低气温持续升高,于2015年达到最高值;

M-K检验分析表明,在信度0.01水平下,贵南地区年平均最低气温在1970年发生了突变。

表4 贵南地区气温与降水、日照、总(低)云量、水汽压、相对湿度的相关系数

Table 4 Correlation coefficient between temperature and precipitation, sunshine duration, total (low) cloud cover, water vapor pressure, relative humidity in Guinan area

| 气温 Temperature | 降水量 Precipitation | 日照时数 Sunshine duration | 总云量 Total cloud cover | 低云量 Low cloud cover | 水汽压 Water vapor pressure | 相对湿度 Relative humidity |
|------------------------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 平均气温 Average temperature | -0.006 | 0.044 | -0.181 | 0.550*** | -0.197 | -0.226 |
| 平均最高气温 Average maximum temperature | -0.159 | 0.225 | -0.382 | 0.413*** | -0.235 | -0.382 |
| 平均最低气温 Average minimum temperature | 0.355* | -0.269* | 0.083 | 0.626*** | -0.328* | 0.191 |

注: *、**、*** 分别表示通过0.05、0.01、0.001显著水平检验

Note: *, **, *** indicates significant level test by 0.05, 0.01 and 0.001, respectively

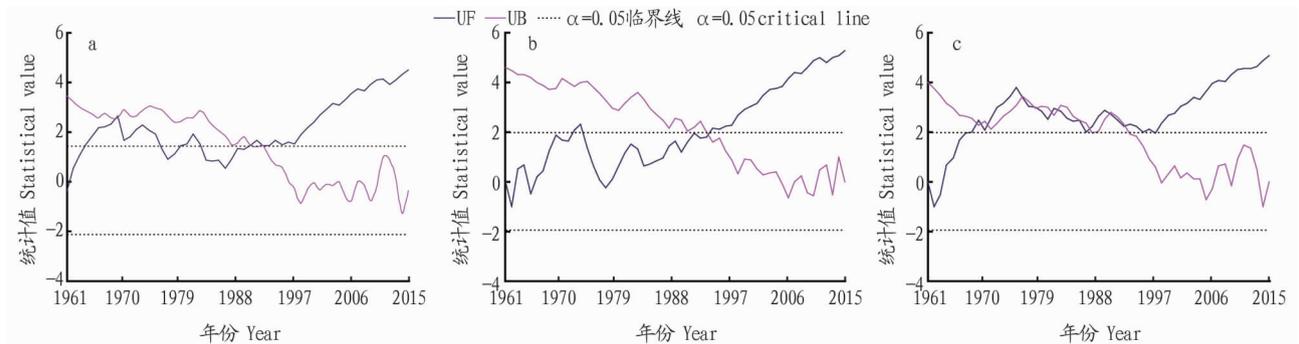


图3 1961—2015年贵南地区年平均气温(a)、平均最高气温(b)和平均最低气温(c) Mann-Kendall 突变检验

Fig. 3 Mann-Kendall mutation test of annual average temperature (a), average maximum temperature (b) and average minimum temperature (c) in Guinan area during 1961-2015

3 结论与讨论

(1) 1961—2015年贵南地区年平均气温、年平均最高气温、年平均最低气温均呈波动上升趋势,其变化倾向率分别为0.21、0.29、0.22 °C/10 a,相关系数分别为0.625、0.646、0.620,通过显著性水平0.001检验,说明年平均气温、年平均最高气温、年平均最低气温呈极显著的上升趋势,且上升趋势具有较强的一致性。

(2) 近55年来贵南地区各月气温均呈增温趋势。6、7、11月增温趋势明显。

(3) 降水、日照、年总(低)云量、水汽压、相对湿度等是气温变化的主要影响因素,在诸多影响因素中,对气温影响最大的是低云量,其次为空气水汽压和相对湿度。

(4) Mann-Kendall 突变检验表明,近55年来贵南地区年平均气温、年平均最高气温、年平均最低气温的变化趋势不一致,分别在1990、1993、1970年发生了由低到高的突变。

参考文献

[1] 丁一汇,任国玉,石广玉,等. 气候变化国家评估报告(1): 中国气候变化的历史和未来趋势[J]. 气候变化研究进展,2006,2(1): 3-9.
 [2] 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.
 [3] 刘晓东,侯萍. 青藏高原及其邻近地区近30年气候变暖与海拔高度的关系[J]. 高原气象,1998,17(3): 245-249.
 [4] 徐影,丁一汇,李栋梁. 青藏地区未来百年气候变化[J]. 高原气象,2003,22(5): 451-457.
 [5] 马晓波,李栋梁. 青藏高原近代气温变化趋势及突变分析[J]. 高原气象,2003,22(5): 507-512.
 [6] 李林,朱西德,秦宁生,等. 青藏高原气温变化及其异常类型的研究[J]. 高原气象,2003,22(5): 524-530.

[7] 吴祥定,林振耀. 历史时期青藏高原气候变化特征的初步分析[J]. 气象学报,1981,39(1): 90-97.
 [8] 汤懋苍,程国栋,林振耀. 青藏高原近代气候变化及对环境的影响[M]. 广州: 广东科学技术出版社,1998: 121-143.
 [9] 林振耀,赵昕奔. 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.
 [10] 蔡英,李栋梁,汤懋苍. 青藏高原近50 a来气温的年代际变化[J]. 高原气象,2003,22(5): 464-470.
 [11] 冯松,姚檀栋,江灏,等. 青藏高原近600年的温度变化[J]. 高原气象,2001,20(1): 105-108.
 [12] 韦志刚,黄荣辉,董文杰. 青藏高原气温和降水的年际和年代际变化[J]. 大气科学,2003,27(2): 157-170.
 [13] 周宁芳,屠其璞,贾小龙. 近50年北半球和青藏高原地面及其高空温度变化的初步分析[J]. 南京气象学院学报,2003,26(2): 219-227.
 [14] 刘晓东,张敏锋,惠晓英,等. 青藏高原当代气候变化特征及其对温室效应的响应[J]. 地理科学,1998,18(2): 113-121.
 [15] 钟存,贾生玉,魏鹏,等. 贵南县农业气象灾害演变特征研究[J]. 宁夏农林科技,2014,55(12): 107-111.
 [16] 郭连云,钟存,丁生祥,等. 近50年局地气候变化及其对共和盆地贵南县草地退化的影响[J]. 中国农业气象,2009,30(2): 147-152.
 [17] 郭连云,丁生祥,汪青春. 气候变化与人类活动对共和盆地生态环境的影响[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(1): 219-226.
 [18] 郭守生,贺连炳,许正福. 贵南县近50年日照时数变化趋势分析[J]. 安徽农业科学,2010,38(16): 8530-8532.
 [19] 郭连云,王万满,熊联胜. 共和盆地近50年水资源的气候变化特征[J]. 水土保持研究,2009,16(1): 141-144.
 [20] 李林,李凤霞,郭安红,等. 近43年来“三江源”地区气候变化趋势及其突变研究[J]. 自然资源学报,2006,21(1): 79-85.
 [21] 马晓波,胡泽勇. 青藏高原40年来降水变化趋势及突变的分析[J]. 中国沙漠,2005,25(1): 137-139.
 [22] 王建兵,王振国,汪治桂. 青海高原东部边坡地带降水变化特征及突变分析[J]. 干旱区资源与环境,2007,21(5): 18-22.
 [23] 杨萍,王乃昂,张海峰,等. 青海湖地区降水变化趋势和突变分析[J]. 青海大学学报(自然科学版),2013,31(5): 69-73.
 [24] 张晓,李净,姚晓军,等. 近45年青海省降水时空变化特征及突变分析[J]. 干旱区资源与环境,2012,26(5): 6-12.