文章编号:1000-7601(2015)01-0119-04 doi:10.16302/j.cnki.1000-7601.2015.01.019

西峰区降水特征及变化规律

刘久如[1],张新民[1,2],郭 龙[1]

(1.甘肃农业大学工学院,甘肃 兰州 730070;2.甘肃省水土保持科学研究所,甘肃 兰州 730020)

摘 要:利用 1960—2010 年的逐月降水资料分析了西峰区降水的变化趋势以及突变情况,采用 M-K 检验法和滑动 t 检验法分析了西峰区降水量的突变情况。结果表明:降水量总体上呈下降趋势,下降趋势主要由秋季降水量减少引起;年降水、春季降水以及秋季降水分别在 1984、1993、1976 年发生了一个由多到少的突变,冬季降水在 1970 年和 2000 年发生由少到多的转变,汛期降水分别在 1986 年和 1988 年出现了由多到少和由少到多的突变。

关键词:降水特征;突变分析;西峰地区

中图分类号:P332.1 **文献标志码**:A

Characteristics and variation trend of precipitation in Xifeng

LIU Jiu-ru[1], ZHANG Xin-min[1,2], GUO Long[1]

(1. *College of Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu* 730070, *China*;
2. *Research Institute of Water and Soil Conservation of Gansu, Lanzhou, Gansu* 730020, *China*)

Abstract: Based on the monthly precipitation data from Xifeng weather station between 1960 and 2010, the variation characteristics and trend of precipitation in Xifeng were analyzed. The results indicated that the overall annual precipitation was apparently in a decrease trend which was mainly caused by reduction of autumn precipitations. The changes were examined by methods including Mann-kendall test and moving t-test. The results found that clear abrupt change points in 1984, 1993 and 1976 could be detected. From then on, the annual precipitation, spring precipitation and autumn precipitation began to decline respectively. However, the winter precipitation began to ascend during 1970-2000, and precipitation during flood period began to decline from 1986 but ascend from 1988.

Keywords: precipitation; trend; variation; Xifeng

西峰区位于庆阳市东南部,坐落在俗称“天下黄土第一塬”的董志塬腹地,东经 107°40′,北纬 35°39′。平均海拔为 1 421 m,地势平坦且开阔,地形南北呈一扇状,长约 47.7 km,东西宽约 34.8 km。面积 996 km^2,耕地面积 3.93 万公顷。境内地高水低,多年平均降水量为 545.7 mm,年降水的 56% 集中在 7—9 月,且以洪水形式流入河流。水资源总量 1.4 亿 m^3,人均占有量仅 440 m^3。扣除过境水和洪水外,可利用水量人均不足 200 m^3,是一个严重缺水地区。

西峰区是庆阳市政治、经济、文化的中心,也是甘肃省石油、矿产等资源的集中分布地。由于近年来自然和人为因素,水资源的不足和水环境问题已严重影响和制约了庆阳市的经济发展,开发和利用雨水资源已是当务之急。由于雨水资源化利用涉及到许多工程因素,需要对可收集利用的雨水资源量进行计算,计算时应考虑雨水下渗,季节折减、初期弃流等众多因素的影响,要考虑这些因素必需要了解降水的年、季分布规律[1]。因此研究西峰地区降水分布特征及其变化趋势,对于研究雨水资源化利用有着十分重要的现实意义,为雨水资源化潜力的估算提供重要的依据。

有学者已对我国华北地区以及东北地区降水规律作了大量研究[2-4],还有学者针对我国西北地区降水规律进行了有关研究[5-6]。但是目前专门针对西峰区降水变化规律的研究还比较少,本文主要通过线性倾向估计法、M—K(Mann—Kendall)检验法和滑动 t 检验法对西峰地区 1960—2010 年的逐月降水资料进行了分析和研究,目的是想通过降水规律

收稿日期:2014-02-01
基金项目:甘肃省科技重大专项“庆阳黄土高原雨洪保蓄与水资源高效利用技术的研究与集成”(1203FKDA035)
作者简介:刘久如(1987—),女,陕西西安人,硕士研究生,主要从事农业水资源利用的研究。E-mail:jr_liu09@163.com。
通信作者:张新民(1965—),男,甘肃庆阳人,正高级工程师,博士,硕士生导师,主要从事农业水资源利用研究。E-mail:xmzhgs@yahoo.com.cn。

的研究使该地区的雨水资源得到进一步的有效利用。目前这几种方法在分析气象因素方面相对比较成熟,如:康淑媛[7]、郭小琴[8]、徐巧芝[9]等运用 M－K 检验法分别对河西走廊的张掖市、石羊河流域、云南滇中等地区降水突变进行了分析;李艳春[10]、张晓[11]、李瑞雪[12]等通过滑动 t 检验法分别对宁夏、青海、乌鲁木齐近百年来的气候变化及突变进行了分析。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

采用 1960—2010 年西峰地区近 51 年的逐月降水数据,所用数据由西峰区气象局提供,数据齐全,准确性高。根据该地区气候特征,一般 3—5 月份为春季,6—8 月份为夏季,9—11 月份为秋季,12—翌年 2 月为冬季,5—9 月份为汛期。

1.2 研究方法

利用线性倾向估计法来检测西峰区 1960—2010 年 51 年的降水变化趋势;利用非参数 M—K(Mann—Kendall)检验法(显著性水平 0.05)和滑动 t 检验法对降水量进行突变性检测[13]。线性倾向估计法属于时间序列分析范畴,建立变量与时间的一元线性回归方程,回归系数的正负值则表示变量上升或下降的速率;M－K 检验法是一种基于秩的非参数统计检验方法,变量不用遵循一定的分布,也不受少数异常值的干扰,更适用于水文、气象变量的检验,不仅可以检测变量的趋势,还可以明确变量突变的时间以及突变区域[14];滑动 t 检验是考察两组样本平均值的差异是否显著来检验其突变性,它是把一气候序列中两段子序列均值有无显著性差异的问题当做总体均值有无显著性差异的问题来解决。

2 结果与分析

2.1 降水的时间分布及变化规律

2.1.1 年降水的时间分布及变化规律 采用线性倾向估计法来检测降水量的变化趋势,图 1 为西峰区年降水量变化趋势图,图中虚线为多年平均值,斜线(实线)为降水量线性拟合趋势线,斜线斜率为正表示降水量存在增加的趋势,反之则为下降趋势。

由图 1 可以看出,1960—2010 年 51 年间西峰区降水量年际变化十分悬殊,年降水量一般在 300—800 mm 之间波动,多年平均降水量为 545.7 mm,年最大降水量为 828.2 mm,出现在 2003 年,年最小降水量为 333.8 mm,出现在 1995 年,最大值与最小值之比为 2.48。图中的线性拟合趋势可以看出年降水量总体上呈现出逐渐降低的变化趋势,线性减少率为 17.12 mm·10a^{-1},相关系数 $|r| = 0.1240$,而显著性水平 α 为 0.05 时,相关系数 $r_{0.05} = 0.2761$,则 $|r| < r_{0.05}$下降趋势未通过 $\alpha = 0.05$ 显著性检验。

2.1.2 汛期降水的时间分布及变化规律 图 2 为西峰区多年汛期降水量变化趋势图,由图中可以看出西峰区汛期降水量一般在 200 ~ 700 mm 之间波动,多年平均降水量为 413.8 mm,最大值为 633.4 mm,出现在 1966 年,与年最大降水量年份一致,最小值为 229.7 mm,出现在 1997 年。由线性拟合趋势可以看出,汛期降水量总体呈现出下降趋势,线性减少率为 9.13 mm·a^{-1},相关系数 $|r| = 0.1445$,$|r| < r_{0.05}$,下降趋势未通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验。

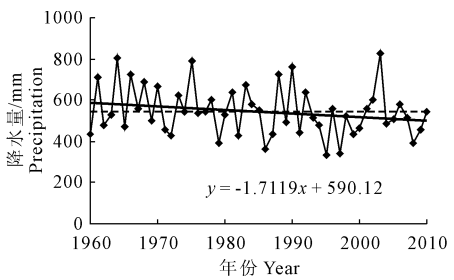


图 1 西峰区年降水量年际变化趋势(1960—2010)

Fig.1 Variations of annual precipitations in Xifeng from 1960—2010

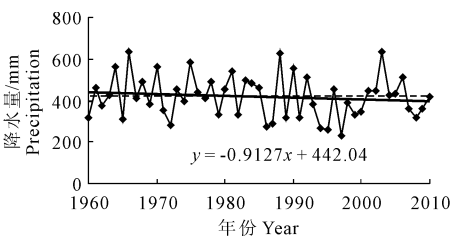


图 2 西峰区汛期(5—9 月)降水量变化趋势(1960—2010)

Fig.2 Variations of precipitations during flood period in Xifeng from 1960—2010

2.1.3 四季降水的时间分布及变化规律 西峰区四个季节降水量变化特征区别较大,其中春季、秋季和冬季波动较大,变异系数 CV 分别为 0.444、0.460、0.550,夏季波动相对比较小,变异系数为 0.273。四季降水的贡献率分别为:春季 19.3%,夏季为 50.7%,秋季为 27.2%,冬季为 2.8%,可以看出降水的季节分配极为不均,所以西峰区的降水主要依靠夏秋两季。

由年际变化趋势可以看出,春季和秋季降水量呈下降趋势,夏季和冬季呈上升趋势。春季降水量下降明显,线性减少率为 6.89 mm·10a^{-1}(图 3a),相

关系数 $|r|=0.3143$, $|r|>r_{0.05}$,下降趋势通过显著性检验;秋季线性减少率为 14.29 mm·10a^{-1}(图 3c),相关系数 $|r|=0.2155$, $|r|<r_{0.05}$,下降趋势未通过显著性检验,但是由于秋季降水总量大、降水强度大且相对集中,所以年降水量的下降主要由秋季降水减少所引起。夏季降水量略有增加,线性增加率为 2.12 mm·10a^{-1}(图 3b),相关系数 $|r|=0.1950$, $|r|<r_{0.05}$,上升趋势未通过显著性检验;冬季上升明显,线性增减率为 1.94 mm·10a^{-1}(图 3d),相关系数 $|r|=1.7500$, $|r|>r_{0.001}$,下降趋势极为显著。

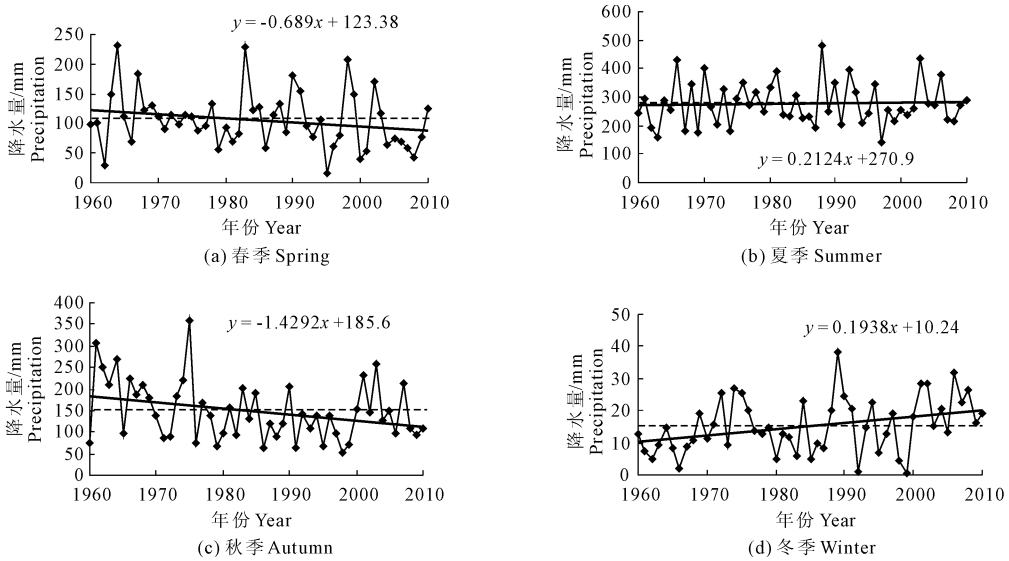


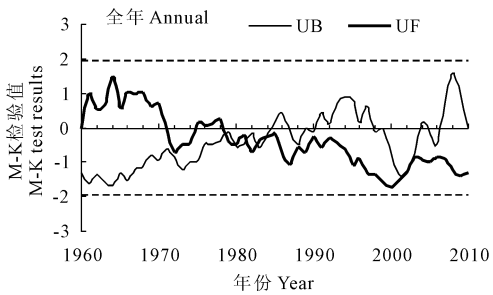
图 3　西峰区各季降水量年际变化趋势(1960—2010)

Fig.3　Variations of seasonal precipitations in Xifeng

2.2　降水的突变分析

2.2.1　年降水的突变分析　采用 M－K 非参数检验法,对西峰区多年降水量进行突变性分析,图 4 为西峰区年降水量突变分析图,图中曲线 UF、UB 为两条序列曲线,其中 UB 是 UF 的逆序列,若曲线 UF 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。上下两条虚线(±1.96)为显著性水平 $\alpha=0.05$ 时的临界线,又称其为信度线,两条曲线构成的区间为置信区间,当统计曲线超过临界线时,表明上升或下降趋势显著。如果两条统计曲线出现交点,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。

由图 4 可以看出,20 世纪 60 年代以及 70 年代后期 UF 曲线大于 0,表明这一时期年降雨量呈上升趋势,80 年代以后呈下降趋势,表明开始进入一个相对干旱的时期,进入 21 世纪,曲线有一个上升的趋势,说明降水量有一个由少到多变化。在 20 世纪 70 年代末到 80 年代初,UF 曲线和 UB 曲线在 ±1.96 临界值之间相交了 5 次,分别在 1979、1980、1982、1983 年和 1984 年,由于 UF 曲线未超过信度线,说明降水量可能在这些年份产生突变,但突变引起的趋势不显著。对西峰区年降水量转折年(1979、1980、1982、1983、1984)做滑动 t 检验,1984 年通过了 $\alpha=0.05$ 的信度水平检验,因此,说明 1984 年是降水量由多到少的一个跃变点。



注:虚线为 $\alpha=0.05$ 显著性水平检验临界值。下同。

Note: Two dash lines showed the confidence level of the trends test in 95%, respectively. The same below.

图 4　西峰区年降水量 Mann－Kendall 统计量曲线(1960—2010)

Fig.4　Mann－Kendall trend test for annual precipitation in Xifeng

2.2.2　汛期降水的突变分析　图 5 是西峰区汛期降水量 M－K 统计量曲线,由图可以看出,20 世纪 60 年代以及 70 年代中期到 80 年代中后期 UF 曲线大于 0,表明这一时期年降雨量呈上升趋势,90 年代以后呈下降趋势,进入 21 世纪,曲线有一个上升的趋势,与年降水量的变化总体上很接近。在 20 世纪 80 年代末到 21 世纪初,UF 曲线和 UB 曲线在 ±1.96 临界值之间相交了 5 次,分别在 1986、1988、1990、2001 和 2006 年,由于 UF 曲线未超过信度线,说明

降水量可能在这些年份产生突变,但突变引起的趋势不显著。对西峰区汛期降水量转折年(1986、1988、1990、2001、2006)做滑动 t 检验,1986 年和 1988 年均通过了 $\alpha = 0.05$ 的信度水平检验,其中 1986 年是降水量由多到少的跃变点,1988 是降水量由少到多的跃变点。

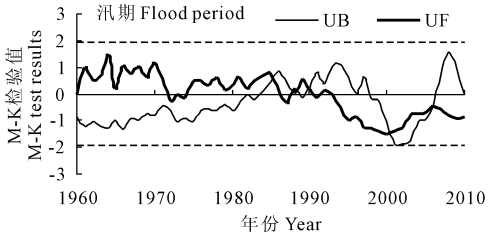


图 5 西峰区汛期降水量 Mann – Kendall 统计量曲线(1960—2010)

Fig.5 Mann – Kendall trend test during flood period precipitation in Xifeng

2.2.3 四季降水的突变分析 由西峰区春季降水量 M – K 统计量曲线(图 6a)可以看出,春季降水在 20 世纪 70 年代明显下降,随后上升,进入 90 年代后又出现下降趋势。且 UF 和 UB 均突破置信区间,并在 1993 年有明显的反向交叉,表明春季降水变化在 1993 年存在明显突变。对转折年(1993 年)前后不同时段做滑动 t 检验并通过了 $\alpha = 0.05$ 的信度水平检验,因此,说明春季降雨在 1993 年发生了由多到少的转折。夏季降水量 M – K 统计量曲线(图 6b)中,UF 和 UB 曲线始终没有超过信度线,说明变化趋势不显著。秋季降水量 M – K 统计量曲线(图 6c)中,UF 曲线和 UB 曲线在 1968 年相交,由于 UF 超过了信度线,所以说明降水量的减少趋势十分显著。对秋季降水量转折年(1968 年)前后不同时段做滑动 t 检验,通过了 $\alpha = 0.05$ 的信度水平检验,说明 1968 年是秋季降水量由多到少的一个转折年。由冬季降水量 M – K 统计量曲线(图 6d)可以看出由 1969 年开始呈增长趋势,UF 曲线和 UB 曲线相交于 1970、1980、1984 年等 11 年,可能突变点有 11 个,其中 1970 年和 2000 年通过了 $\alpha = 0.05$ 的信度水平检验,由于 UF 曲线超过了信度线,属于显著性增长,说明冬季降水量在 1970 年和 2000 年发生了由少到多的转变。

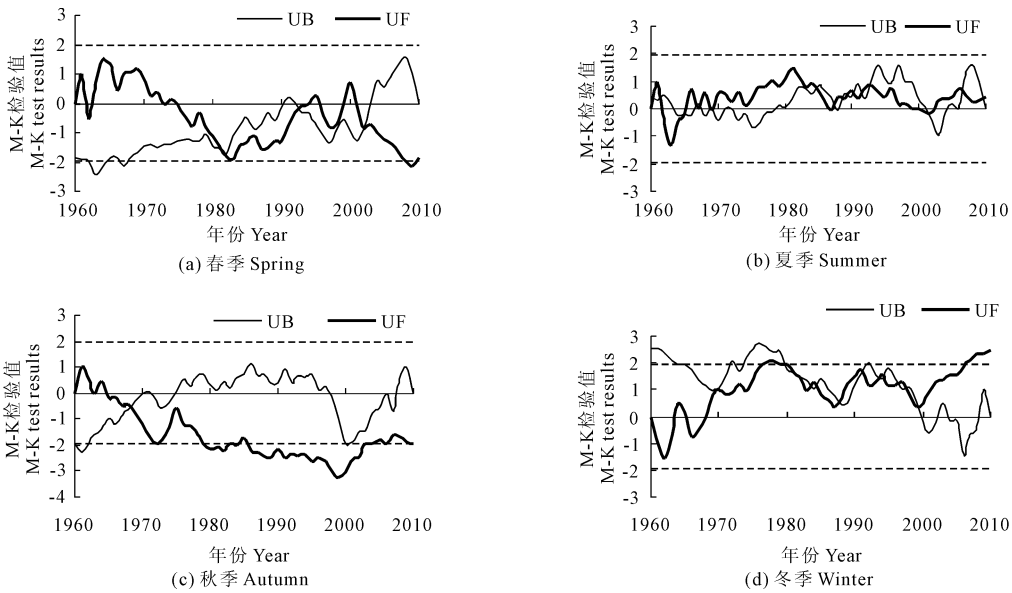


图 6 西峰区各季降水量 Mann – Kendall 统计量曲线(1960—2010)

Fig.6 Mann – Kendall trend tests for seasonal precipitations in Xifeng

3 结 论

1) 西峰区 1960—2010 年降水量呈下降趋势,线性减少率为 17.12 mm·10a^{-1}。春季、秋季和汛期呈减少趋势,线性减少率分别为:6.89、14.29 mm·10a^{-1}和 9.13 mm·a^{-1};夏季和冬季呈增加趋势,线性增加率分别为:2.12 mm·10a^{-1}和 1.94 mm·10a^{-1}。四季降水贡献率分别为:19.3%、50.7%、27.2%和 1.8%,可以看出降水的季节性变化很强,西峰区降水主要依靠夏秋两季。

2) 通过 M – K 检验法和滑动 t 检验法对西峰区年、汛期以及四季降水进行突变性分析,结果表明:西峰区年降水在 1984 年发生了由多到少的突变;春季降水在 1993 年发生了一个由多到少的突变;秋季降水在 1976 年发生了一个由多到少的转变;冬季降水分别在 1970 年和 2000 年发生了由少到多的转变;汛期降水分别在 1986 年和 1988 年出现了由多到少和由少到多的突变;夏季降水未通过检验。

(下转第 204 页)

[3] Ruimy A, Saugier B, Dedieu G. Methodology for the estimation of terrestrial net primary production from remotely sensed data[J]. Journal of Geophysical Research, 1994,99:5263-5283.
[4] 朱文泉,潘耀忠,张锦水.中国陆地植被净初级生产力遥感估算[J].植物生态学报,2007,31(3):413-424.
[5] 杨东辉,赵 军,张智慧,等.近 10 年甘南牧区草地净初级生产力变化研究[J].干旱地区农业研究,2011,29(1):257-263.
[6] 任建强,唐华俊.基于植物净初级生产力模型的区域冬小麦估产研究[J].农业工程学报,2006,22(5):111-117.
[7] 李海亮,罗 微,李世池,等.基于净初级生产力的海南天然橡胶产胶潜力研究[J].资源科学,2012,34(2):337-344.
[8] Lobell D B, Asner G P, Ortiz - Monasterio J I, et al. Remote sensing of regional crop production in the Yaqui Valley, Mexico: Estimates and uncertainties[J]. Agriculture, Ecosystems& Environment, 2003, 94:205-220.
[9] Tao F L, Yokozawa M, Zhang Z, et al. Remote sensing of crop production in China by production efficiency models: Models comparisons, estimates and uncertainties[J]. Ecological Modelling, 2005,183(4): 385-396.
[10] 赵文亮,贺 振,贺俊平,等.基于 MODIS - NDVI 的河南省冬小麦产量遥感估测[J].地理研究,2012,31(12):2310-2320.
[11] 李海亮,罗 微,李世池,等.基于遥感信息和净初级生产力的天然橡胶估产模型[J].自然资源学报,2012,27(9):1610-1621.
[12] Field C B, Randerson J T, Malmstrom C M. Global net primary production: Combining ecology and remote sensing[J]. Remote Sensing of Environment, 1995,51:74-88.
[13] Rasmus Fensholt, Inge Sandholt, Michael, Schultz Rasmussen. Evaluation of Modis LAI and the relation between APAR and NDVI in a semi - arid environment using situ measurements[J]. Remote Sensing of Environment, 2004,91:490-507.
[14] 董 丹,倪 健.利用 CASA 模型模拟西南喀斯特植被净第一性生产力[J].生态学报,2011,31(7):1855-1866.
[15] Running S W, Thornton P E, Nemani R. Global terrestrial gross and net primary productivity from the earth observing system[C]//Sala O, Jackson R, Mooney H. Methods in ecosystem science. New York: Springer Verlag,2000.
[16] 周广胜,张新时.全球变化的中国气候植被分类研究[J].植物学报,1996,38(1):8-17.
[17] Narongrit C, Yasuoka Y. The use of Terra - MODIS data for estimating evapotranspiration and its change caused by global warming[J]. Environmental Informatics Archives, 2003,(1):505-511.
[18] 任建强,刘杏认,陈仲新,等.基于作物生物量估计的区域冬小麦单产预测[J].应用生态学报,2009,20(4):872-878.
[19] Schlesinger W H. Biogeochemistry: an analysis of globalchange[M]. San Diego: Academic Press, 1997.

(上接第 122 页)

3) 西峰区多年平均降水量为 545.7 mm,雨水资源相对丰富,而且降水在时间上分布比较集中,其中汛期(5—9 月)降水量占年平均降水量的76.65%,有利于雨水的集蓄利用。

参 考 文 献:

[1] 宋令勇,宋进喜,张文静.西安地区降水时空分布及变化规律分析[J].干旱区资源与环境,2010,24(1):85-89.
[2] 张一驰,吴 凯,于静洁,等.华北地区 1951—2009 年气温、降水变化特征[J].自然资源学报,2011,26(11):1930-1941.
[3] 郝立生,闵锦忠,姚学祥.华北地区夏季降水减少的原因分析[J].干旱区研究,2007,24(4):522-527.
[4] 贺 伟,布仁仓,熊在平,等.1961—2005 年东北地区气温和降水变化趋势[J].生态学报,2013,33(2):519-531.
[5] 张 允,赵景波.西安市近 55 年来降水的多时间尺度分析[J].中国农业气象,2008,29(4):406—410.
[6] 张宏利,陈 豫,任广鑫.近 50 年来渭河流域降水变化特征分析[J].干旱地区农业研究,2008,26(4):236-241.
[7] 康淑媛,张 勃,柳景峰.基于 Mann - Kendall 法的张掖市降水量时空分布规律分析[J].资源科学,2009,31(3):501-508.
[8] 郭小芹,刘明春,钱 莉.从 Mann - Kendall 特征看石羊河流域降水量的演变规律[J].干旱区地理,2010,33(4):593-599.
[9] 徐巧芝,郭汝军,丁文荣.滇中地区降水特征与变化趋势研究[J].水土保持研究,2013,20(5):155-159.
[10] 李艳春,李艳芳.宁夏近百年来的气候变化及突变分析[J].高原气象,2001,20(1):100-104.
[11] 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.
[12] 李瑞雪,张明军,金爽等.乌鲁木齐市近 47 年气温降水特征与突变分析[J].干旱区资源与环境,2009,23(10):111-115.
[13] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].第二版.北京:气象出版社,2007:62-77,106-113.
[14] Baliunas S, Frick P, Sokoloff D, et al. Time scales and trends in the central England temperature data(1659—1990): A wavelet analysis[J]. Geophys Research Letters, 1997,24(11):1351-1354.