

青海省玉树旱涝态势变化规律分析

马金蹄

(青海省水利厅, 青海 西宁 810001)

摘要:选取青海省玉树 1953~2013 年月降水数据,基于标准化降水指数 S_{PI} ,利用频率分析、小波周期分析等方法对玉树县近 61 年来旱涝强度、频率分布、周期性变化等旱涝态势演变特征进行了研究。研究表明:(1) S_{PI-3} 、 S_{PI-6} 和 S_{PI-12} 三种尺度标准化降水指数对旱涝指示程度存在差别,相比大时间尺度,小时间尺度的标准化降水指数值更为分散,波动幅度更大,对干旱和洪涝的识别更为敏感。近年来,随着玉树县水土流失和沙化,当地土壤持水力程下降趋势,对干旱和洪涝较为敏感,因此玉树县可采用三种尺度标准化降水指数。(2)近 61 年,玉树县重旱平均发生概率为 2.1%,重涝平均发生概率为 1.3%。(3)未来几年,预计玉树县仍呈现偏涝趋势。(4)玉树县 S_{PI-12} 以 18a 为主周期进行变化。

关键词:旱涝态势;标准化降水指数;周期;演变特征;玉树

中图分类号:P426.616

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2014)06-0077-04

玉树县位于玉树藏族自治州东南部,青藏高原腹地的三江源(长江、黄河、澜沧江),是以牧为主,农牧相结合的县。2010年4月14日,玉树发生了里氏7.1级大地震,至少2698人遇难,270人失踪,12135人受伤,此次地震将人们的视野拉近到青海省玉树这个藏族人口占95.3%的藏族自治州,特别是震中所在的玉树县。玉树州是长江、黄河、澜沧江的发源地,境内河网密布、水源充裕,素有“江河之源、名山之宗、牦牛之地、歌舞之乡”、“唐蕃古道”和“中华水塔”的美誉。然而,三江源区属高寒源区,是自然生态系统最敏感和脆弱的地区,对气候变化响应十分敏感,在全球气候变化及其响应研究中备受关注^[1-3]。干旱是三江源频繁发生的气象灾害之一,不仅影响当地的生态系统,对全国乃至全球的气候变化和水资源循环都有着重要影响^[2]。许多学者利用PDSI指数、TRMM雷达降水、EOF分解等技术方法对三江源地区干湿状况时空变化特征、干旱特征、雨季降水时空分布特征等进行了分析研究,取得了较为丰硕的研究成果^[4-7]。科学界和民众更多关注气候变化对三江源的影响以及地震灾害,而少有研究专门针对玉树县进行多尺度旱涝态势的演变特征分析。地处气候变化高度敏感区的玉树县,生产生活方式以农牧业为主,受旱涝态势的影响十分显著。因此,本文以

地处气候变化高度敏感的高原寒区的玉树县为研究区,以旱涝强度、频率分布、周期性变化特征变化等为主要研究对象,以期揭示玉树县的旱涝态势演变规律,从而为当地的生产生活、防灾减灾和水资源管理提供科学依据。

1 数据来源及研究方法

1.1 数据来源

文中采用的数据为玉树站 1953~2013 年的月降水量数据。数据来源于中国气象科学数据共享服务网(<http://cdc.cma.gov.cn/home.do>)。

1.2 研究方法

1.2.1 标准化降水指数

标准化降水指数由 McKee^[8]等人于 1993 年提出,由于降水量一般呈偏态分布,为对比不同时空尺度上发生的干旱情况,需对其进行变换处理。计算某时段内降水量的分布概率,再进行正态标准化处理,然后用标准化降水累积频率分布划分干旱等级,如表 1 所示。

1.2.2 旱涝频率

采用干旱频率和洪涝频率反映发生旱涝的频繁程度。

$$P=(n/m) \times 100\%$$

表 1 旱涝指数等级划分

Table 1 The grades of drought and flood index

S_{PI} 指数分级	
2.0 及以上	重涝
1.5~1.99	中涝
1.0~1.49	轻涝
-0.99~0.99	正常
-1.0~-1.49	轻旱
-1.5~-1.99	中旱
-2.0 及以下	重旱

式中: n 为研究时期内玉树发生干旱或洪涝的月数; m 为研究时期总月数。

1.2.3 小波周期分析

小波分析是一种信号的时间尺度分析方法,可详细揭示出时间序列随时间的变化,近年来已逐步应用于气象、水文等时间序列的周期性分析中。已有研究表明^[9],Morlet 小波变换与水文时间尺度的周期更为接近,小波方差能够反映出波动能量随时间的分布,因此通过小波方差可以确定一个水文序列中存在的主要周期。

2 旱涝时间变化特征分析

2.1 旱涝强度分析

玉树县 1953~2013 年不同时间尺度的 S_{PI} 值分布见图 1,其中 a、b、c 分别为 3 个月尺度、6 个月尺度、12 个月尺度的 S_{PI} 序列。

从图 1 可以看出,不同时间尺度的 S_{PI} 值在反应旱涝等级时结果并不完全一致。在 3、6 个月时间尺度下显示极端或严重干旱的月份,在 12 个月时间尺度下则可能呈现无旱或轻旱,例如,2010 年 4 月 S_{PI-3} 为 -2.07 (重旱), S_{PI-6} 为 -2.31 (重旱), S_{PI-12} 则为 0.98 (正常)。在 3、6 个月时间尺度下显示重涝的月份,在 12 个月时间尺度下则可能呈现轻涝,例如,2012 年 4 月 S_{PI-3} 为 2.76 (重涝), S_{PI-6} 为 2.88 (重涝), S_{PI-12} 则为 1.5 (轻涝)。对不同时间尺度的 S_{PI} 值进行比较,结果显示: S_{PI-3} 、 S_{PI-6} 和 S_{PI-12} 三种尺度标准化降水指数对旱涝指示程度存在差别,相比大时间尺度,小时间尺度的标准化降水指数值更为分散,波动幅度更大,对干旱和洪涝的识别更为敏感。近年来,随着玉树县水土流失和沙化,当地土壤持水力呈现下降趋势,对干旱和洪涝较为敏感,因此

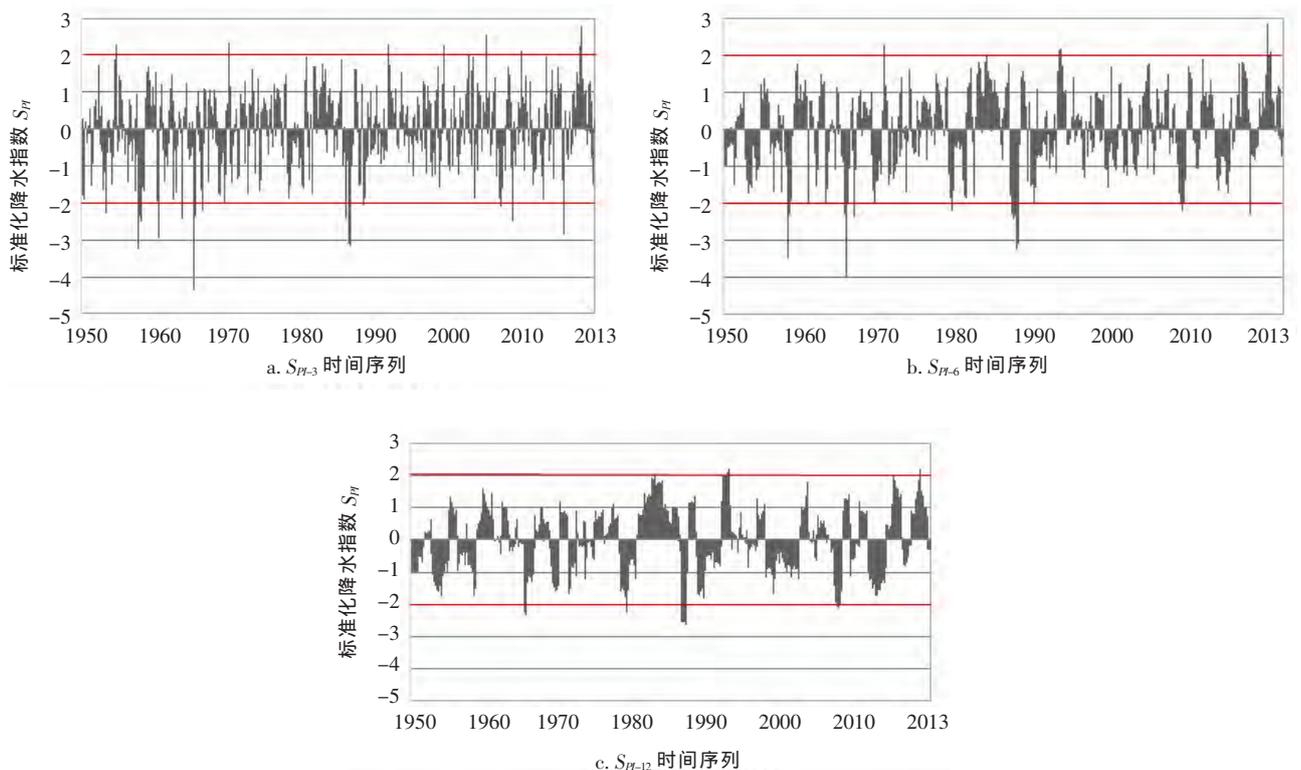


图 1 不同时间尺度标准化降雨指数 S_{PI} 时间序列图(a. 3 个月尺度;b. 6 个月尺度;c. 12 个月尺度)

Fig.1 S_{PI} series in different time scales (a. 3 months scale; b. 6 months scale; c. 12 months scale)

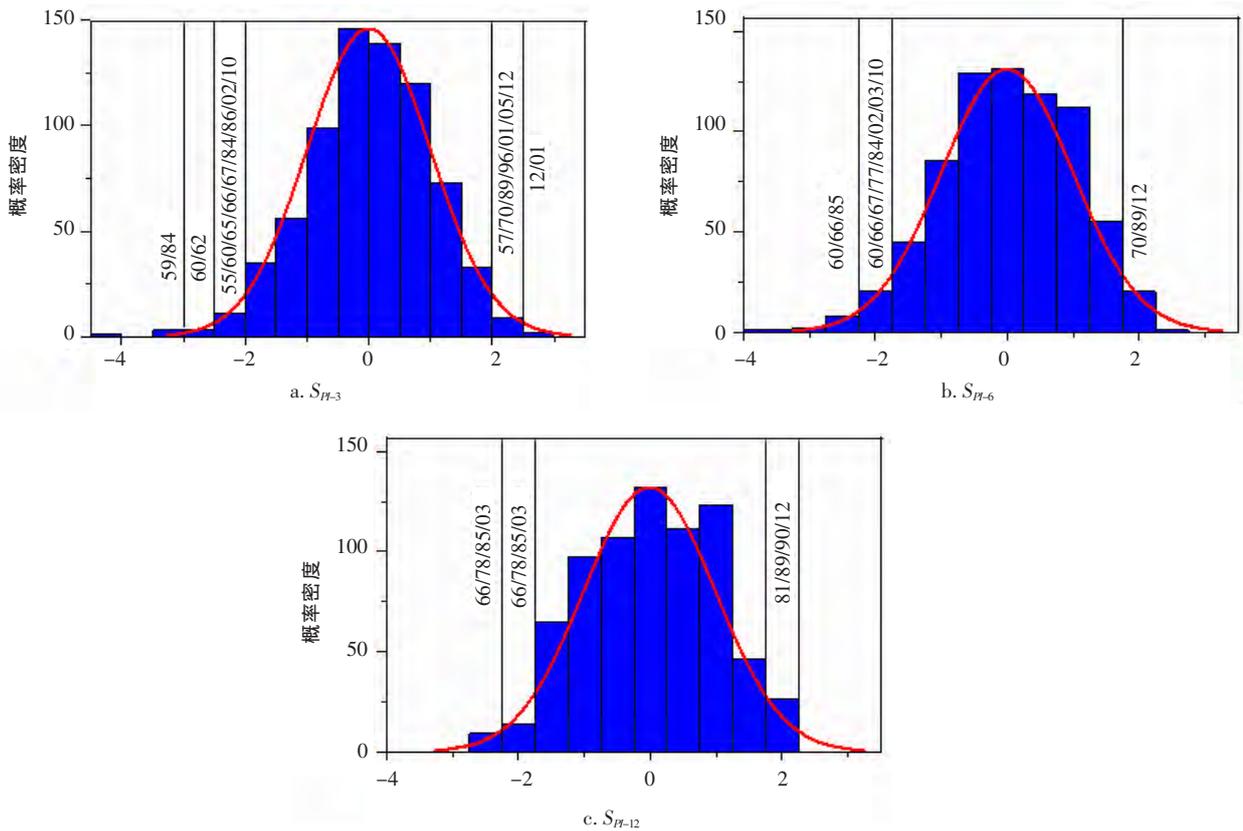


图2 旱涝概率分布密度函数

Fig.2 The probability density function of drought and flood

玉树县可采用三种尺度标准化降水指数。

2.2 干旱频率分析

由于 S_{PI} 服从标准正太分布,因此利用正态分布函数对三个时间尺度的标准化降水指数 (S_{PI-3} 、 S_{PI-6} 、 S_{PI-12}) 进行了概率密度函数拟合,制成标准化降水指数的密度函数(见图2)。图2内 a、b、c 三图中红线分别为 S_{PI-3} 、 S_{PI-6} 、 S_{PI-12} 对应的概率密度曲线,蓝色直方图面积代表频率,例如, S_{PI-3} 旱涝概率密度分布图中,横坐标为 1~1.5 的直方图的面积即为 S_{PI-3} 值介于 1~1.5(轻涝)时的频率。

在研究水文极值事件时,我们往往更关注灾害强度大,破坏力更强的极端旱涝现象。因此,重点分析了玉树 60 年来重旱、重涝发生情况,分别统计了三个时间尺度标准化降水指数重旱、重涝发生频率,如表 2 所示。

从图 2 可以看出, S_{PI-3} 指标下发生重旱的年份为 1955、1959、1960、1962、1965、1966、1967、1984、1986、2002、2010 年,发生重涝的年份为 1957、1970、1989、1996、2001、2005、2012 年; S_{PI-6} 指标下发生重旱的年份

表2 玉树县旱涝极值频率

Table 2 The frequency of the drought and flood extremes in Yushu county

S_{PI} 计算时间尺度 / 月	水文极端事件	月数	频率 / %
3	重涝	10	1.4
	重旱	18	2.5
6	重涝	9	1.2
	重旱	14	1.9
12	重涝	9	1.2
	重旱	15	2.0

为 1960、1966、1967、1977、1984、1986、2002、2003、2010 年,发生重涝的年份为 1970、1989、2012 年; S_{PI-12} 指标下发生重旱的年份为 1966、1967、1978、1985、2003 年,发生重涝的年份为 1981、1989、1990、2012 年。

结合表 1 可以发现,三个时间尺度的标准化降水指数对极端旱涝现象的识别存在一些差异,具体表现在某些短尺度 S_{PI} 指示发生重旱或重涝的年份,长尺度 S_{PI} 没有指示发生重旱或重涝。例如, S_{PI-3} 、 S_{PI-6} 指示 1957 年发生重旱, S_{PI-12} 指示没有发生重旱。之所以出

现此类情况,不仅是由于短时间尺度的 S_{PI} 指数比长时间尺度 S_{PI} 指数对旱涝态势更为敏感,还因为旱涝极端事件多脱离于常态,发生概率较小,在进行概率拟合时,旱涝极端事件往往不能被较好的反映或模拟。这也是实为极端事件但却难以进行精准预报的原因所在^[12-13]。

2.3 周期分析

采用复值 morlet 小波分析方法对玉树县近 61 年逐月 S_{PI-12} 进行周期分析,得到了 S_{PI-12} 的小波系数实部时频分布图(见图 3)和小波方差图(见图 4)。

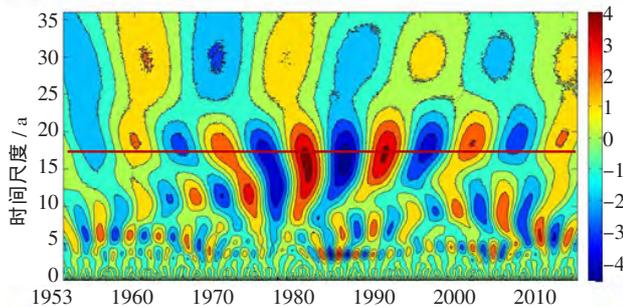


图 3 小波系数实部时频分布

Fig. 3 The real part distribution of wavelet coefficients

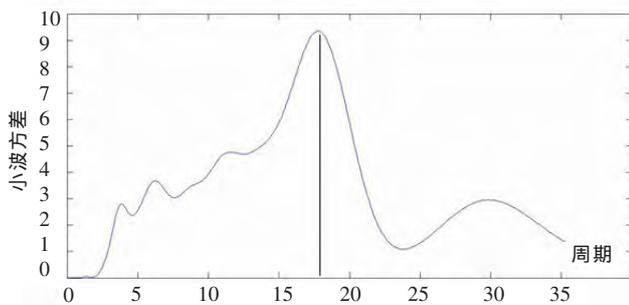


图 4 小波方差图

Fig.4 The wavelet variance

由图 3 可见,玉树县 1970~2013 年一直呈现着旱涝交替的现象,在 1953~1970 年期间该现象并不明显。2010 年以来,玉树县雨量偏丰,直到 2013 年正等值线(涝等值线)仍未闭合,表明未来几年呈现偏涝的态势。结合图 4 进行分析,玉树县近 61 年降水量主周期为 18a。

3 结论

本文对青海省玉树县旱涝强度、频率和周期变化进行了分析,得出主要结论如下:

(1) S_{PI-3} 、 S_{PI-6} 和 S_{PI-12} 三种尺度标准化降水指数对旱涝指示程度存在差别,相比大时间尺度,小时间尺度的标准化降水指数值更为分散,波动幅度更大,对干旱

和洪涝的识别更为敏感。近年来,随着玉树县水土流失和沙化,当地土壤持水力程下降趋势,对干旱和洪涝较为敏感。因此,玉树县可采用三种尺度标准化降水指数。

(2) 近 61 年,玉树县重旱平均发生概率为 2.1%,重涝平均发生概率为 1.3%。

(3) 未来几年,预计玉树县仍呈现偏涝趋势。

(4) 玉树县 S_{PI-12} 以 18a 为主周期进行变化。

参考文献:

- [1] 赵新全. 高寒草甸生态系统与全球变化 [M]. 北京: 科学出版社, 2009. (ZHAO Xinquan. Alpine Meadow Ecosystem and Global Change [M]. Beijing: Science Press, 2009. (in Chinese))
- [2] 王根绪,李元寿,王一博,等. 青藏高原河源区地表过程与环境变化[M]. 北京: 科学出版社, 2010. (WANG Genxu, LI Yuanshou, WANG Yibo, et al. Surface Process and Climate Change of The Qinghai-Tibet Plateau Heyuan Area [M]. Beijing: Science Press, 2010. (in Chinese))
- [3] 郝振纯,江微娟,鞠琴,等. 青藏高原河源区气候变化特征分析[J]. 冰川冻土, 2010,32(6):1130-1135. (HAO Zhenchun, JIANG Weijuan, JU Qin, et al. The features of climate changes in the five river source regions of the Tibetan Plateau [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2010,32(6):1130-1135. (in Chinese))
- [4] 徐维新,古松,苏文将,等. 1971~2010 年三江源地区干湿状况变化的空间特征[J]. 干旱区地理, 2012,35(1):46-55. (XU Weixin, GU Song, SU Wenjiang, et al. Spatial pattern and its variations of aridity/humidity during 1971-2010 in three-river source region on the Qinghai-Tibet Plateau [J]. Arid Land Geography, 2012,35(1):46-55. (in Chinese))
- [5] 刘蕊蕊,陆宝宏,陈昱潼,等. 基于 PDSI 指数的三江源干旱气候特征分析[J]. 人民黄河, 2013,35(6):59-62,66. (LIU Ruirui, LU Baohong, CHEN Yutong, et al. Analysis on features of dry climate in three-river headwaters based on Palmer drought severity index [J]. Yellow River, 2013,35(6):59-62,66. (in Chinese))
- [6] 严异德,李林. 近 47 年三江源雨季降水时空分布特征[J]. 青海科技, 2009,(2):27-30. (YAN Yide, LI Ling. The characteristics of space-time distribution of precipitation nearly 47 years three rainy season[J]. Qinghai Science and Technology, 2009,(2):27-30. (in Chinese))
- [7] 王喆,安如,梁欣,等. 基于 TRMM 的三江源区 8 月份干旱特征[J]. 干旱区研究, 2013,30(4):719-727. (WANG Zhe, AN Ru, LIANG Xin, et al. August drought in the three-river headwaters region based on TRMM data [J]. Arid Zone Research, 2013,30(4):719-727. (in Chinese))
- [8] Mckee, T B., Doesken, N J., Kliest, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales [A]. Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, Boston: American Meteorological Society [C]. 1993:179-182.
- [9] 张建锋,王雯璐. 小波分析在水文学中的应用 [J]. 地球科学期刊, 2012,2(1):27-32. (ZHANG Jianfeng, WANG (下转第 92 页))

- and impacting factors of annual runoff and sediment in the Ganjiang River during 1970–2009 [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2012,2(1):28–32. (in Chinese))
- [9] 高鹏,穆兴,民王飞. 近 60 年赣江水沙变化及其驱动因素分析[J]. *中国农村水利水电*, 2012,(1):56–63. (GAO Peng, MU Xing, MIN Wangfei. An analysis of streamflow and sediment discharge in Ganjiang River trend and driving force [J]. *China Rural Water and Hydropower*, 2012,(1):56–63. (in Chinese))
- [10] 张颖,宋成成,肖洋. 近 50 年来赣江流域水沙年内分配变化分析[J]. *水文*, 2013,(3):80–84. (ZHANG Ying, SONG Chengcheng, XiaoYang. Variation of annual runoff and sediment distribution in Ganjiang River basin over past 50 years [J]. *Journal of China Hydrology*, 2013,(3):80–84. (in Chinese))
- [11] 肖洋,宋成成,张预定. 赣江外洲站近 50 年水沙变化规律[J]. *水利水电工程学报*, 2011,(4):126–130. (XIAO Yang, SONG Chengcheng, ZHANG Yuding. Variation of runoff and sediment load at Waizhou hydrologic station in Ganjiang River in the last 50 years[J]. *Hydro-Science and Engineering*, 2011,(4):126–130. (in Chinese))
- [12] 张伊,朱祥清,范银飞. 江西水利志[M]. 南昌:江西科学技术出版社,1995:132–138. (ZHANG Yi, ZHU Xiangqing, FAN Yinfei. *Jiangxi Water Conservancy* [M]. Nanchang: Jiangxi Science and Technology Press,1995:132–138. (in Chinese))

Spatial and Temporal Distribution Characteristics of Runoff and Sediment Discharge in Middle and Lower Reaches of Ganjiang River in Recent 60 Years

XIAO Yang^{1, 2}, ZHANG Wenhai², ZHANG Ying²

- (1. *State Key Laboratory of Hydrology–Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China*;
2. *College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China*)

Abstract: Based on runoff and sediment series data of nearly 60 years from 4 representative stations of Ji-an, Xiajiang, Zhangshu and Waizhou in the middle and lower reaches of the Ganjiang River, this paper analyzed the temporal and spatial distribution characteristics of runoff and sediment discharge. The results show that the annual runoff in the middle and lower reaches indicates a weak increase tendency. Affected by the Wan'an Reservoir operation, the concentration degree of flood season runoff had a slight decrease after 1990; There were no obvious change of the annual sediment discharge at the various stations from 1950s to 1980s, while there has been an obvious decline trend since 1990s, and there is correlation between the decline scale and distance from the reservoir for the various stations.

Key words: Ganjiang River; runoff and sediment time series; spatial and temporal distribution; sediment discharge rating

(上接第 80 页)

- Wenlu. Application of wavelet analysis in hydrology [J]. *Journal of Earth Science*, 2012,2(1):27–32. (in Chinese))
- [10] 马建琴,韩曦,夏军,等. 甘肃省气象干旱的多尺度时空变化综合分析[J]. *水电能源科学*, 2013,31(6): 29–32. (MA Jianqin, HAN Xi, XIA Jun, et al. Multi-scale temporal and spatial variation comprehensive analysis of meteorological drought in Gansu province [J]. *International Journal Hydroelectric Energy*, 2013,31(6):29–32. (in Chinese))

Change Analysis of Droughts and Floods in Yushu County of Qinghai Province

MA Jinti

(*Water Resources Department of Qinghai Province, Xining 810001, China*)

Abstract: Selecting precipitation data of Yushu County from 1953 to 2013, based on standardized precipitation index (S_{PI}), the drought and flood intensity, frequency distribution and periodic characteristics of Yushu County were studied by using the frequency analysis, wavelet cycle analysis and other methods. The results show that (1) there are different drought and flood indicator degrees between the three scales of standardized precipitation indexes (S_{PI-3} , S_{PI-6} and S_{PI-12}); (2) In recent 61 years, the occurrence probability of severe droughts is 2.1%, the occurrence probability of severe floods is 1.3%; (3) In Yushu County, the flood frequency will increase in next few years; (4) The precipitation changes with a primary period of 18a in Yushu County.

Key words: drought and flood situation; standardized precipitation index; cycle; evolution characteristics; Yushu County