

岷江流域降水特征与旱涝灾害趋势分析

杜华明, 贺胜英

(宜宾学院 化学与化工学院, 四川 宜宾 644000)

摘要:基于岷江流域14个气象站点1961—2012年逐月降水资料,采用数理统计方法结合GIS空间分析技术,对流域降水量时空演变特征进行了分析,利用不同尺度的标准化降水指数(SPI)对流域旱涝特征进行了研究。结果表明:(1)近52 a来,岷江流域年平均降水量呈显著减少趋势,减少倾向率为20.18 mm/10 a;流域年均降水量在1993年发生突变,降水量显著减少。(2)该流域降水量由东南向西北呈递减趋势,以松潘—小金—康定为界,该线以西地区年降水量为616~1 000 mm;该界线以东地区年降水量为1 000~1 732 mm。(3)以松潘—小金—康定为界,该界线以西降水量呈增加趋势,增加倾向率为0~27.11 mm/10 a的范围内;该界线以东降水量呈减少趋势,减少倾向率在0~80 mm/10 a的范围内。(4)岷江流域旱涝灾害阶段性变化趋势明显,1961—1967年涝灾频繁,1968—1972年干旱频率高,旱灾严重;1973—1993年涝灾频繁;1994—2012年旱灾程度与频次均呈增加趋势,旱灾严峻。(5)岷江流域旱涝灾害总体以1990年为转折点,1990年以前该区多涝灾,1990年后多旱灾,岷江流域由涝灾向旱灾转化的趋势明显,在未来一段时间应做好防旱抗旱工作。

关键词:岷江流域;降水特征;标准化降水指数(SPI);旱涝

中图分类号:P333.1;P954

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)01-0153-05

The Analysis on Characteristics of Precipitation and Trends in Drought and Flood Disasters in Minjiang River Basin

DU Huaming, HE Shengying

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Yibin University, Yibin, Sichuan 644000, China)

Abstract:Based on the monthly precipitation data of the 14 meteorological stations in Minjiang River Basin from 1961 to 2012, the spatiotemporal evolution characteristics of precipitation were analyzed by using the method of mathematical statistics combined with GIS spatial analysis technology, and the different scales of drought-flood were analyzed by using the standardized precipitation index (SPI). The results show that: (1) the mean annual precipitation significantly decreased in the past 52 years in Minjiang River Basin, the precipitation tendency rate was 20.18 mm/10 a; the annual average precipitation mutation occurred in 1993; (2) the precipitation in this basin showed a decreasing trend from southeast to northwest area, Songpan-Xiaojin-Kangding was recognized as the boundary, the annual precipitation was 616~1 000 mm in western area of the line; and 1 000~1 732 mm in east of the line; (3) the precipitation showed an increasing trend in western area of the Songpan-Xiaojin-Kangding, the precipitation tendency rate was 0~27.11 mm/10 a; the precipitation showed a decreasing trend in east of the boundary, decreasing trend rate was 0~80 mm/10 a; (4) there was an obvious flood to drought trend in Minjiang River Basin, it was waterlogging from 1961 to 1967, the frequency of droughts was high from 1968 to 1972, the floods were frequent from 1973 to 1993; the frequency and degree of droughts increased from 1994 to 2012; (5) It was waterlogging before 1990, and dry after 1990 in Minjiang River Basin, the trend in conversion of waterlogging to drought was obvious, so preventing and controlling drought work should be done in the next period.

Keywords:Minjiang River Basin; precipitation character; standardized precipitation index (SPI); droughts and floods

在全球变暖背景下,极端降水事件增多^[1],致使很多地区旱涝灾害频繁发生,给人类社会带来极大影响,众多学者对此开展了广泛研究。如 Marengo^[2]、Byun^[3]、Parry^[4]等分别对南美洲、亚洲、英国等地的旱涝灾害进行了研究。国内学者就旱涝灾害也开展了大量研究工作,如毕彩霞等^[5]对渭河流域旱涝时空分布特征进行了研究,认为北偏西方向发生旱灾机会增大,而南偏东方向发生涝灾的概率增大;杨志勇等^[6]对黄淮海流域旱涝时空分布的研究表明,黄淮海流域内夏秋两季旱涝问题较为严重,黄河和海河流域以干旱居多,淮河干旱和雨涝并存,季节间的旱涝交替多集中在淮河流域中上游地区;赵学敏等^[7]通过汾河流域旱涝的分析发现,汛期异常旱涝主要发生在 6 月和 8 月;叶笃正等^[8]通过对长江黄河两流域旱涝的研究指出,热带西太平洋暖池热力状态与暖池上空的积云对流活动的强弱以及青藏高原上空的对流活动是影响这两流域旱涝的主要原因。我国目前比较常用的旱涝指标主要有降水量距平百分率、标准化降水指数(SPI)、Z 指数、Palmer 干旱指数(PDSI)等,相关研究表明标准化降水指数不仅计算简便、稳定性好,而且具有多时间尺度优势,因而在旱涝分析中得到广泛应用^[9]。如陈莹^[10]、李敏敏^[11]、毛明策^[12]等分别运用标准化降水指数(SPI)对福建、秦岭南北、关中平原的旱涝时空特征进行了研究。岷江流域属于长江的一级支流,发源于岷山南麓,流经松潘、汶川、乐山等地,到宜宾汇入长江,地势由西部高中山区逐级降低至东部平原丘陵区,岷江全长 793 km,流域面积 13.35 万 km²,水量丰富,岷江流域既是长江上游生态屏障的重要组成部分,更是成都平原重要的生态屏障^[13]。本文拟通过对岷江流域降水量时空特征和旱涝多时间尺度分析,揭示岷江流域降水量时空分布特征与旱涝灾害规律和发展趋势,试图为区域经济社会的可持续发展提供理论参考。

1 资料来源与研究方法

本文利用分布于岷江流域的班玛、色达、松潘、马尔康、小金、都江堰、成都、康定、雅安、峨眉山、乐山、内江、越西、宜宾 14 个气象站点(见图 1)1961—2012 年的逐月降水实测资料,构建该流域月、季节、年平均降水量时间序列,开展岷江流域降水量时空分布特征与多时间尺度旱涝灾害研究。文中采用的降水量资料来源于中国气象科学数据服务共享网。文中采用线性回归、M-K 突变检验等方法,结合 GIS 空间分析技术对降水量时间演变规律和空间分布特征进行分析。运用标准化降水指数(SPI)对岷江流域旱涝灾害

进行趋势分析。

标准化降水指数(Standardized Precipitation Index,简称 SPI)是一个基于降水量的旱涝指数,能较好地反映不同时间尺度的旱涝情况,因此得到广泛应用。SPI 主要基于降水量的 Γ 分布,通过概率密度函数求解累积概率,再将累积概率标准化^[14]。具体计算步骤参见文献^[15]。本文主要分析 1 个月、3 个月、6 个月和 12 个月时间尺度的标准化指数变化过程。旱涝等级参照 McKeen 等^[16]的干旱等级标准,并增加了雨涝划分等级,如表 1 所示^[14]。SPI ≤ -1.0 为干旱界值,SPI ≥ 1.0 为雨涝界值。

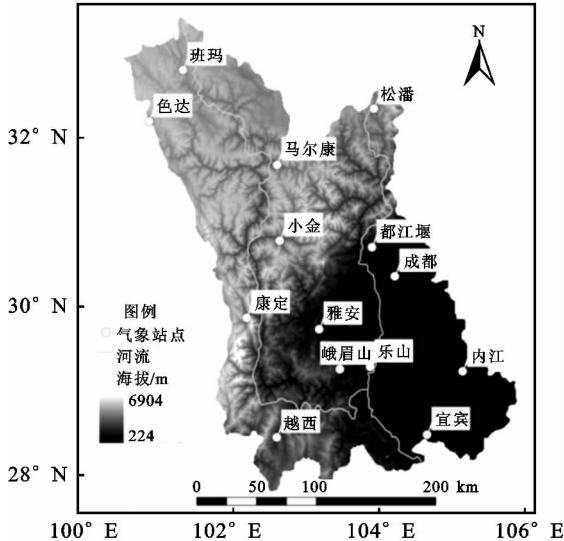


图 1 岷江流域气象站点分布

表 1 SPI 旱涝等级分类

等级	类型	SPI
1	重涝	SPI ≥ 2.00
2	大涝	$1.50 \leq \text{SPI} < 2.00$
3	偏涝	$1.00 \leq \text{SPI} < 1.50$
4	正常	$-1.00 < \text{SPI} < 1.00$
5	偏旱	$-1.50 < \text{SPI} \leq -1.00$
6	大旱	$-2.00 < \text{SPI} \leq -1.50$
7	重旱	SPI ≤ -2.00

2 降水量变化特征分析

2.1 年平均降水量变化特征分析

2.1.1 降水量的年际、年代际变化特征 岷江流域近 52 a 来的年平均降水量为 1 012.25 mm,降水量最多的年份是 1961 年(1 198.94 mm),降水量最少的年份是 2006 年(853.72 mm),两者相差 345.22 mm,降水量年际变化大;在降水量的年内分配上,夏半年(5—10 月)多年平均降水量达 862.54 mm,占全年降水量的 85.21%,盛夏(7—8 月)降水量高达 402.15 mm,占全年降水量的 39.73%,而 12 月、1 月

两个月降水量只有 19.11 mm, 占全年降水量的 1.89%, 年内降水量分布极不均匀; 降水量的年内、年际分配不均是导致旱涝灾害的主要因素。通过对研究区内年平均降水量的累年平均值的计算, 并采用线性回归进行分析, 从图 2 可以看出, 岷江流域降水量呈减少趋势, 平均递减率为 20.18 mm/10 a。从图中还可以看出, 1961—1972 年降水量呈大幅下降趋势, 1973—1990 年降水量呈较平稳的波动状态, 1991—2012 年降水量呈大幅减少趋势。从年代降水量分析可以看出 20 世纪 60 年代—80 年代降水量高于多年平均值, 降水量丰沛, 为明显的多雨期; 90 年代开始降水量呈持续减少态势, 2000—2010 年的年代降水量值最低, 为近 52 a 降水量最少的时段。

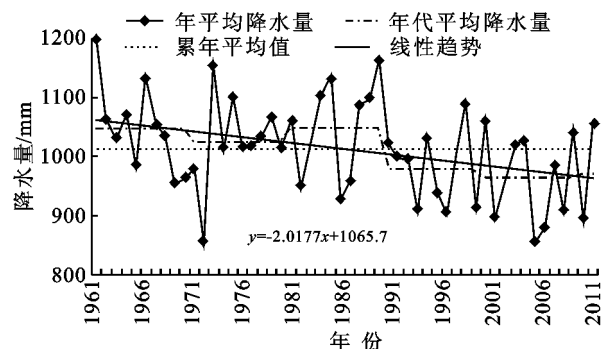


图 2 岷江流域年平均降水量变化趋势

2.1.2 降水量的季节变化特征 近 52 a 来岷江流域春季降水量呈微弱上升趋势, 增加倾向率为 3.25 mm/10 a; 夏、秋、冬季降水量呈下降趋势, 夏、秋季降水量呈显著减少趋势, 减少倾向率分别为 13.3 mm/10 a 和 10.19 mm/10 a, 冬季降水量减少倾向率为 0.3 mm/10 a (图 3)。由此可见, 岷江流域近 52 a 的降水量减少主要是以夏、秋季的显著减少为特点。

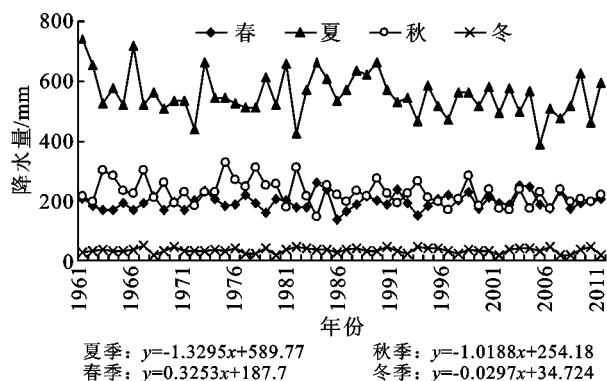


图 3 岷江流域季平均降水量变化趋势

2.2 年平均降水突变 Mann-Kendall 检验

采用 Mann-Kendall 非参数统计检验方法对岷江流域近 52 a 的年均降水量进行突变分析, 其结果如图 4 所示。根据 UF 和 UB 曲线的交点发现, 岷江流域年降水量存在三个突变点, 分别为 1968 年、1972

年和 1993 年, 1968 年和 1993 年降水量由多向少转变, 1972 年降水量由少向多转变, 其中变化最明显的是 1993 年发生的降水量由多向少的转变, 该转变通过了 0.01 的置信度检验, 降水量显著减少。可以确定该区域年均降水量从 20 世纪 60 年代初—70 年代早期处于下降阶段, 70 年代中期—80 年代末处于缓慢上升阶段, 90 年代初期以来降水量骤减, 从长时间尺度看, 该区域降水量在 20 世纪 90 年代的减少是一突变现象, 具体是从 1993 年开始年降水量显著下降。

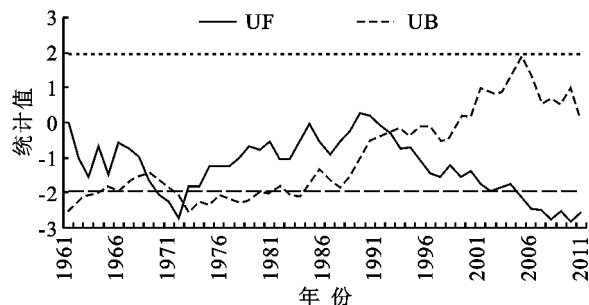


图 4 岷江流域年平均降水量突变 Mann-Kendall 检验

2.3 年平均降水量变化空间差异

从图 5a 岷江流域年平均降水量空间分布图可以看出, 该区域年降水量的变化范围为 616.26 ~ 1 732.49 mm, 年降水量最高的地区接近年降水量最低地区的 3 倍, 相差 1 116.23 mm, 年降水量存在显著的空间差异性。该区域降水量由东南向西北呈递减趋势, 以松潘—小金—康定为界, 该线以西地区降水量为 616 ~ 1 000 mm; 该界线以东年降水量为 1 000 ~ 1 732 mm, 且存在一个高值中心, 中心地带的雅安—峨眉山一带降水量高达 1 700 mm。

图 5b 是岷江流域年均降水量变化倾向率空间分布图, 由图可知, 岷江流域东南部地区降水量呈减少趋势, 而西北部地区降水量呈增加趋势。以松潘—小金—康定为界, 该界线以西降水量呈增加趋势, 增加倾向率在 0 ~ 27.11 mm/10 a 的范围内; 该界线以东降水量呈减少趋势, 减少的倾向率在 0 ~ 80 mm/10 a 的范围内, 尤其是峨眉山—乐山—宜宾一带降水量减少趋势最明显, 减少倾向率高达 40 ~ 80 mm/10 a。

3 岷江流域旱涝灾害多时间尺度分析

本文以岷江流域 1961—2012 年逐月降水数据为基础, 分别计算了 1 个月、3 个月、6 个月、12 个月 4 个时间尺度的 SPI 值 (分别用 SPI1, SPI3, SPI6, SPI12 表示), 用以分析岷江流域旱涝的时间变化特征, 如图 6 所示。

SPI1 和 SPI3 属于短时间尺度的旱涝分析, 受短时间降水影响大, 数值波动频繁, 能较好地反映短时间内的旱涝变化特征。在 SPI1 序列图中, 1973 年 6

月、1984 年 5 月、7 月 SPI1 值高达 2.08, 涝情达到重涝程度, 而 1970 年 6 月、2000 年 7 月、2002 年 9 月、2006 年 8 月 SPI1 值降至 -2.08, 旱情达到严重干旱程度, 由此可知, SPI1 能很好地反映旱涝发生的短时间尺度(月尺度)特征和严重程度。从 SPI3 序列图可看出, 1961 年夏季、1966 年秋季、1973 年夏季、

1975 年秋季、1984 年春季与夏季、1985 年春季、2008 年春季涝情严重, 达到重涝, 而 1969 年春季、1972 年秋季、1979 年夏季、1984 年秋季、1986 年夏季、2000 年夏季、2002 年秋季、2006 年夏季旱情严重, 达到重旱, 从对 SPI3 旱涝情况的分析可以看出, SPI3 能很好地反映旱涝的季节变化特征。

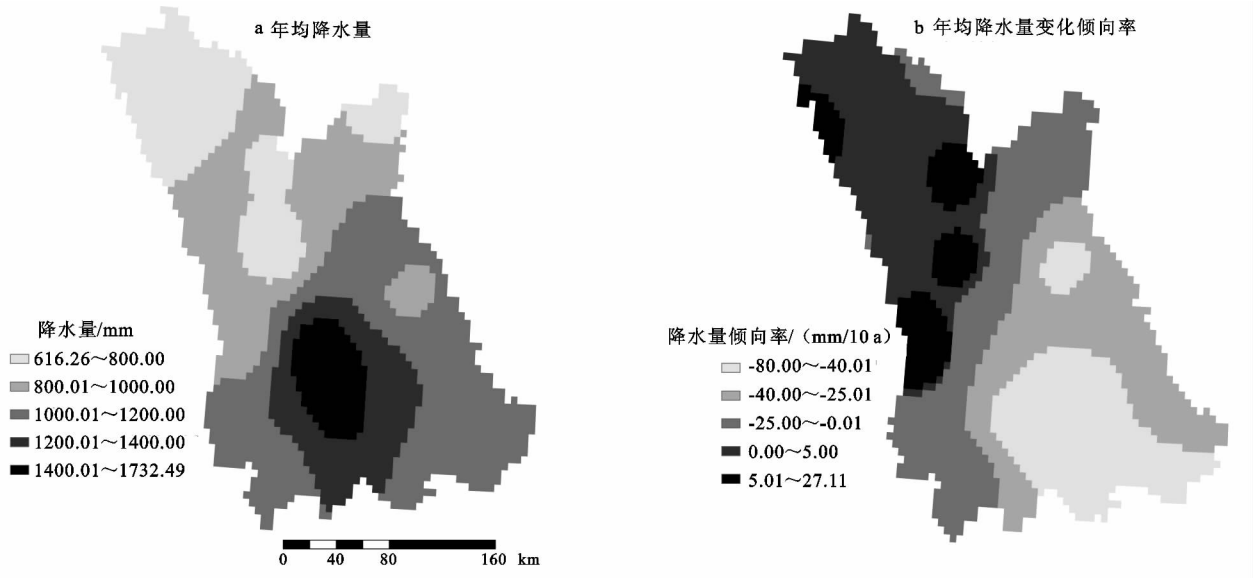


图 5 岷江流域年均降水量及变化倾向率空间分布

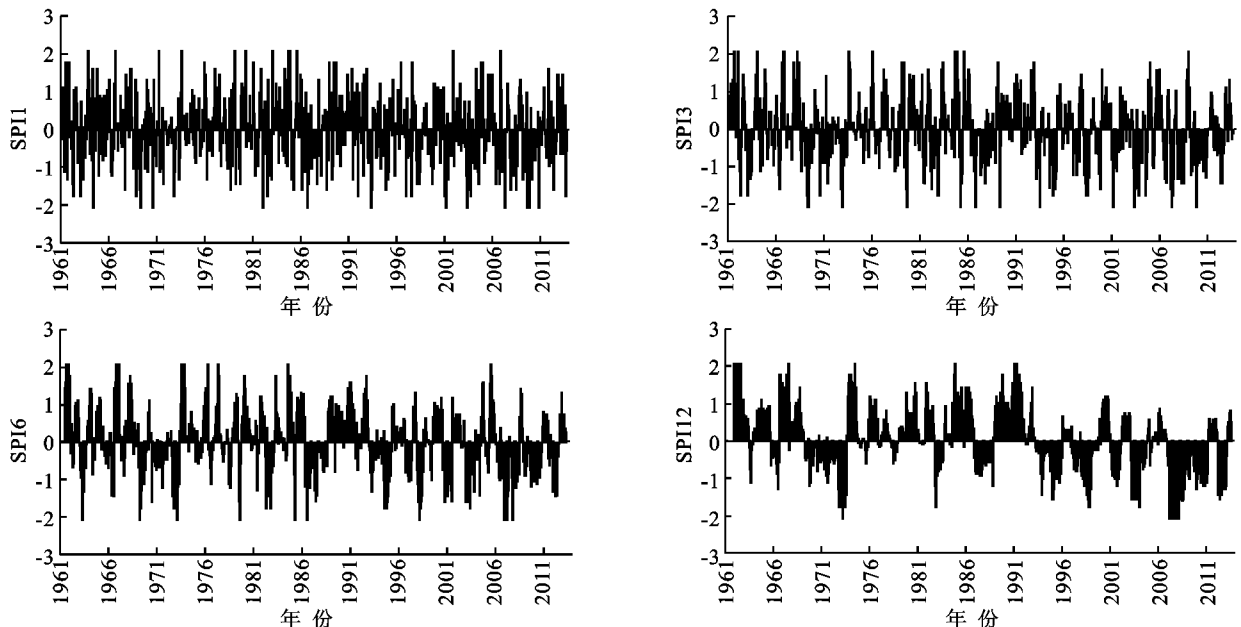


图 6 岷江流域 1961—2012 年 1 个月、3 个月、6 个月、12 个月时间尺度的 SPI 变化过程

SPI6 和 SPI12 属于较长时间尺度旱涝变化, 旱涝周期性变化特征明显。由 SPI6 和 SPI12 序列图可知, 岷江流域 1961 年、1973 年、1990 年重涝, 1966 年、1975 年、1984 年、1985 年大涝, 1962 年、1964 年、1979 年、1981 年、1988 年、1989 年、1999 年、2001 年偏涝。1972 年、2006 年、2007 年重旱, 1994 年、1997 年、2000 年、2002 年、2009 年、2011 年大旱, 1969 年、1970 年、1982 年、1986 年、1987 年、1996 年、2003 年

偏旱。从 SPI12 序列图还可以看出, 该流域 20 世纪 60 年代偏涝, 涝灾发生频率高、程度严重; 70—80 年代旱涝灾害交替出现, 涝灾发生频次明显高于旱灾, 整体偏涝; 90 年代开始, 流域涝灾减弱, 旱灾加剧, 旱灾发生频率与程度逐年增加, 干旱化趋势明显。由上述分析可知, 长时间尺度的旱涝分析(SPI6 和 SPI12)不仅能很好地反映旱涝的年际、年代际变化特征, 还可以对旱涝灾害的发展趋势进行判断, 尤其是从

SPI12 序列值可看出,该流域 1990 年以前偏涝,1990 年开始涝灾减少,旱灾发生的频率与程度呈不断加剧的趋势,且干旱化趋势具有持续性特征,因此该区域在未来一段时间内应做好防旱抗旱工作。

4 结论与讨论

(1) 近 52 a 来岷江流域降水量总体上呈下降趋势,平均递减率为 20.18 mm/10 a;该流域降水量年际变化大,季节分配不均。从年代降水量分析可以看出 20 世纪 60 年代—80 年代降水量高于多年平均值,降水量丰沛,为明显的多雨期;90 年代开始降水量呈持续减少趋势,2000 年以来为近 52 a 降水量最少的时段,流域干旱化趋势明显。

(2) 岷江流域年降水量在空间分布上表现为由东南向西北递减的趋势,以松潘—小金—康定为界,该线以西地区年降水量为 616~1 000 mm;该界线以东年降水量为 1 000~1 732 mm。岷江流域东南部地区降水量呈减少趋势,而西北部地区降水量呈增加趋势。以松潘—小金—康定为界,该界线以西降水量呈增加趋势,增加倾向率在 0~27.11 mm/10 a 的范围内;该界线以东降水量呈减少趋势,减少的倾向率在 0~80 mm/10 a 的范围内。

(3) 岷江流域旱涝灾害阶段性变化趋势明显,1961—1967 年涝灾频繁,1968—1972 年干旱频率高,旱灾严重;1973—1993 年旱涝灾害交替出现,涝灾频率明显高于旱灾,整体偏涝;1994—2012 年旱灾程度与频次均呈加重趋势,旱灾严峻。岷江流域旱涝灾害总体以 1990 年为转折点,1990 年以前该区多涝灾,1990 年后多旱灾,旱涝灾害由涝灾向旱灾转化的趋势明显。

本文运用 SPI 分析该区域旱涝特征,发现 SPI1 和 SPI3 能很好地反映短时间尺度内的旱涝时间特征和严重程度,而 SPI6 和 SPI12 能准确反映旱涝灾害发生的年际、年代际特征和旱涝灾害的发展趋势,对区域长时间尺度防洪抗旱工作具有很好的判断与指导作用。通过对岷江流域降水量和旱涝情况的分析发现,该区域多年年均降水量呈显著减少趋势,1990 年以前该区多涝灾,1990 年开始该区域旱灾发生频率与程度加剧,这与该区域降水量变化的分析结果一致,降水量减少是区域旱灾频发的主要因素;而降水量的年际、季节分配不均引起该区域短时间尺度旱涝灾害发生的主要原因;除此之外,区域地形地势、气候特征、下垫面性质的改变、植被状况、人类经济活动特征等也是影响区域旱涝的因素,有待于进一步分析。

参考文献:

- [1] Zheng P N, Li Z Q, Bai Z P, et al. Influence of climate change to drought and flood [J]. Disaster Advances, 2012, 5(4): 1331-1334.
- [2] Marengo J A, Alves L M, Soares W R, et al. Two contrasting severe seasonal extremes in tropical south america in 2012: Flood in Amazonia and Drought in North-east Brazil [J]. Journal of Climate, 2013, 26(22): 9137-9154.
- [3] Byun H R, Kang K A, Kim K H. Correlations between Nino-3 anomalies and Asian drought flood [J]. Journal of the Korean Meteorological Society, 2001, 37(5): 453-464.
- [4] Parry S, Marsh T, Kendon M. 2012: from drought to floods in England and Wales [J]. Weather, 2013, 68(10): 268-274.
- [5] 毕彩霞, 穆兴民, 赵广举, 等. 1960—2010 年渭河流域旱涝时空分布特征 [J]. 水土保持通报, 2013, 33(2): 281-284, 290.
- [6] 杨志勇, 袁喆, 严登华, 等. 黄淮海流域旱涝时空分布及组合特性 [J]. 水科学进展, 2013, 24(5): 617-625.
- [7] 赵学敏, 胡彩虹, 吴泽宁, 等. 汾河流域降水及早涝时空结构特征 [J]. 干旱区研究, 2007, 24(3): 349-354.
- [8] 叶笃正, 黄荣辉. 我国长江黄河两流域旱涝规律成因与预测研究的进展、成果与问题 [J]. 地球科学进展, 1991, 6(4): 24-29.
- [9] 车少静, 李春强, 申双和. 基于 SPI 的近 41a (1965—2005) 河北省旱涝时空特征分析 [J]. 中国农业气象, 2010, 31(1): 137-143, 150.
- [10] 陈莹, 陈兴伟. 福建省近 50 a 旱涝时空特征演变: 基于标准化降水指数分析 [J]. 自然灾害学报, 2011, 20(3): 57-63.
- [11] 李敏敏, 延军平. 全球变化下秦岭南北旱涝时空变化格局 [J]. 资源科学, 2013, 35(3): 638-645.
- [12] 毛明策. 近百年来关中平原旱涝振荡多尺度分析 [J]. 水土保持研究, 2010, 17(3): 40-43.
- [13] 满正闯, 苏春江, 徐云, 等. 岷江上游森林涵养水源的能力变化分析 [J]. 水土保持研究, 2007, 14(3): 223-225, 230.
- [14] 王媛媛, 张勃. 基于标准化降水指数的近 40 a 陇东地区旱涝时空特征 [J]. 自然资源学报, 2012, 27(12): 2135-2144.
- [15] 王志良, 曹蕾. 基于 SPI 的郑州市近 60 a 旱涝特征分析 [J]. 华北水利水电学院学报, 2011, 32(6): 30-32.
- [16] McKee T B, Doesken N J, Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales [R]. California: Eighth Conference on Applied Climatology, 1993: 179-184.