

基于 SPI 的近 30 年黄河三角洲地区旱涝时空特征

任建成^{1,2}, 巩在武¹, 郑宝枝²

(1. 南京信息工程大学 公共管理学院, 南京 210044; 2. 滨州市气象局, 山东 滨州 256600)

摘 要:根据 1981—2010 年黄河三角洲地区 11 个气象观测站逐月降水资料,采用标准化降水指数(SPI),分析了该地区的旱涝时空变化特征。结果表明:黄河三角洲地区在 20 世纪 80 年代干旱较为频繁,90 年代中后期和 2002 年以后则雨涝较为频繁,其他时段呈现出旱涝交替变化的趋势;黄河三角洲地区四季旱涝变化的特征不同,但从长期趋势来看,四季均表现出向雨涝方向发展的趋势;黄河三角洲的区域旱涝变化特征基本趋于一致,且均呈现出多雨的趋势,但旱涝变化幅度有细微差别;黄河三角洲地区在 20 世纪 80 年代末至 90 年代初旱涝变率最大,其次是 21 世纪 00 年代中前期,其他时间变率较小,区域变率总体上与全区保持一致。

关键词:旱涝; 时空特征; 标准化降水指数(SPI); 黄河三角洲

中图分类号:P426. 61

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)01-0268-04

Spatiotemporal Characteristics of Drought/Flood in the Yellow River Delta Based on SPI in Recent 30 Years

REN Jiancheng^{1,2}, GONG Zaiwu¹, ZHENG Baozhi²

(1. School of Public Administration, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China; 2. Binzhou Meteorological Bureau, Binzhou, Shandong 256600, China)

Abstract:Based on the monthly precipitation data in the Yellow River Delta area during the period from 1981 to 2010 and the standardized precipitation index (SPI), the spatiotemporal character of drought and flood in the area was analyzed. The results showed that drought was frequent in the Yellow River Delta in the 1980s, and the flood was frequent in later 1990s and after 2002, a trend of alternating droughts and floods presented in the other periods; with regard to the characteristics of the 4-quarter change of drought and waterlogging in the Yellow River Delta area, from the long-term trend, the 4-quarter showed the trend to the development of flood; drought and flood change characteristics of the Yellow River Delta were basically the same, and showed the rainy trend, but there were subtle differences in changes of drought and flood; the greatest variation of flood and drought was observed in the Yellow River Delta in early 1990s and in the later 1980s, followed by the early 2000s, rate of change was small in the rest periods, the change rate of overall and regional change rate were consistent in general.

Keywords: drought/flood; spatiotemporal characteristics; standardized precipitation index (SPI); Yellow River Delta

自然灾害给人类带来了巨大的经济损失。根据中国气象局统计,气象灾害大约占到各类自然灾害 70% 以上。我国每年受重大气象灾害影响的人口可达 4 亿人,造成的经济损失可以占到国民生产总值的 1%~3%^[1]。旱涝灾害是中国最严重的自然灾害之一,它分布广、发生频率高,而且造成了巨大的经济损失。研究表明:随着全球变暖,中国旱涝气候灾害的年际和年代际变化更加明显^[2]。

黄河三角洲是我国最后一个尚待开发的大洋三角洲,它包括东营、滨州两地市的全部以及周围自然环境条件相似的部分县市。该地区降水量偏少,旱涝灾害是主要气象灾害之一,素有“十年九旱”之说^[3]。因此,分析该地区旱涝变化特征,可以为该地区抗涝防旱、防灾减灾提供气象学依据。

目前,评价某地区旱涝状态的指标主要包括降水距平百分率、综合气象干旱指数(CI)、标准化降水指

数(SPI)、Z 指数、Palmer 干旱指数等。很多学者对比了不同指数的应用效果^[4-12],其中,标准化降水指数(SPI)可以对不同时间和空间尺度的旱涝特征进行比较,稳定性较好,因此,许多学者采用 SPI 分析了各地干旱变化特征^[13-17]。

由于东营市、滨州市区域面积占黄河三角洲地区的绝大部分,本文以东营、滨州两市为例,分析黄河三角洲地区的 SPI 特征,以期为减轻该地区旱涝灾害损失、合理利用水资源提供气象学依据。

1 基本方法和数据

1.1 标准化降水指数

1993 年 McKee 等^[18]提出标准化降水指数(SPI, Standardized Precipitation Index)的概念。SPI 的计算涉及到较复杂的 Γ 分布函数^[19-20]。根据参考文献^[20],把旱涝分成不同的严重程度等级(表 1)。

表 1 SPI 旱涝等级分类

SPI	旱涝等级
$SPI \geq 2.00$	特涝
$1.50 \leq SPI < 2.00$	重涝
$1.00 \leq SPI < 1.50$	中涝
$0.50 \leq SPI < 1.00$	轻涝
$-0.50 < SPI < 0.50$	正常
$-1.00 < SPI \leq -0.50$	轻旱
$-1.50 < SPI \leq -1.00$	中旱
$-2.00 < SPI \leq -1.50$	重旱
$SPI \leq -2.00$	特旱

1.2 资料来源

采用黄河三角洲地区 11 个县(区)气象观测站 1981—2010 年逐月降水资料。根据地理环境的不同,将全区分为 3 个区域:北部沿海(无棣、沾化、垦利)、中部平原(惠民、阳信、滨城、东营、利津)和南部丘陵(邹平、博兴、广饶)。

2 黄河三角洲地区旱涝变化特征

2.1 不同时间尺度的 SPI 比较

利用近 30 年黄河三角洲地区 11 个气象观测站的逐月降水数据,以 1 个月、3 个月、12 个月为时间尺度计算出 SPI 值,然后求得 11 个站 SPI 的算术平均值,以此代表整个地区的旱涝指数。从图 1 可以看出,SPI(1 个月、3 个月)时间尺度较短,短时降水对其影响较大,旱涝转换较频繁和突然,说明黄河三角洲地区中短期旱涝比较频繁;而 12 个月的 SPI,由于时间尺度较长,响应短期降水的速度明显减慢,旱涝变化周期更长,更加稳定,出现极端旱涝的频率较 SPI(1 个月、3 个月)减少很明显。

SPI(12 个月)也可以反映旱涝的年际变化规律。从 SPI(12 个月)变化图中可以看出,黄河三角洲地区在 20 世纪 80 年代干旱较为频繁,90 年代中后期和 2002 年以后则雨涝较为频繁,其他时段则呈现出旱涝交替变化的趋势。

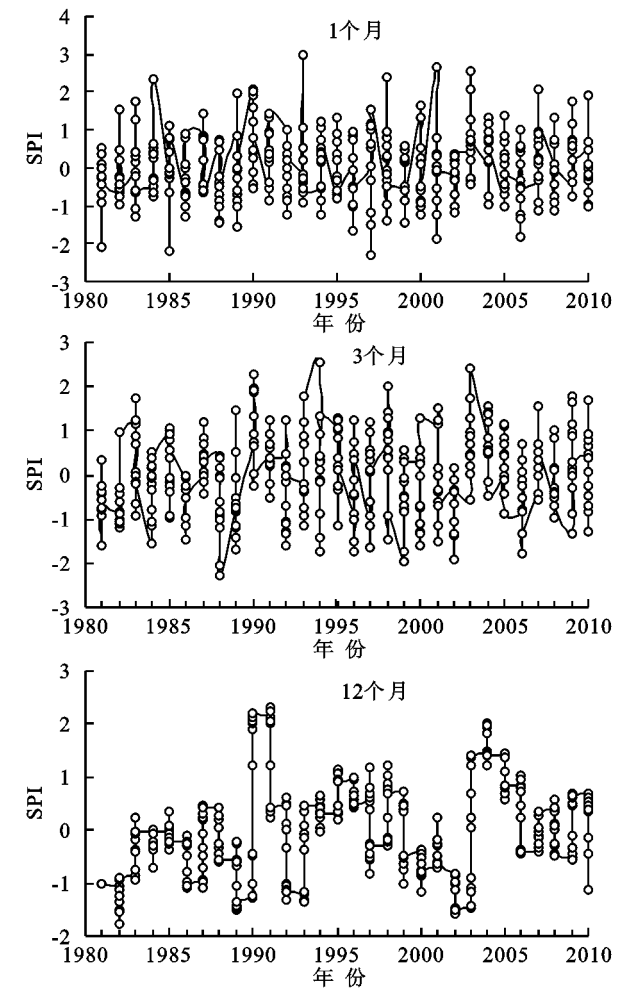


图 1 黄河三角洲地区不同时间尺度 SPI 变化

2.2 旱涝季节变化

研究表明^[21],分析季节干旱可以使用 3 个月时间尺度的 SPI。基于黄河三角洲地区的气候特点,分别用 3—5 月、6—8 月、9—11 月、12 月—次年 2 月的 SPI 值,代表春、夏、秋、冬四季的 SPI 值。首先分析各季节 SPI 值的方差,代表各个季节的旱涝变化幅度。经计算得出春、夏、秋、冬 4 个季节方差分别为 0.898,0.841,0.929,0.954,可见冬季旱涝变化幅度最大,秋季次之,夏季是最小的。

春季黄河三角洲地区旱涝呈现交替变化的特征。近 30 年春天干旱的年份有 8 次,其中 1996 年旱情最为严重,SPI 达到 -1.73;雨涝的年份为 10 次,其中 2009 年雨涝情况最严重,SPI 达到 1.76,其余 12 a 为正常年份。计算 SPI 线性倾向率为 0.22/10 a,表明长期来看,该地区春季降水呈增多趋势,春旱将逐渐减轻。

夏季黄河三角洲地区旱涝变化特征为:1981—1993 年干旱较为频繁,90 年代中期到 20 世纪末则洪涝较多,之后呈现出旱涝交替变化的特征。近 30 年雨涝年份为 7 次,其中 1990 年夏季降水最多,SPI 值为 1.93;干旱年份为 9 次,最早年份为 2002 年,SPI 值为-1.35;其余 14 a 为正常年份。夏季的 SPI 线性倾向率为 0.21/10 a,表明长期来看,黄河三角洲地区夏季多雨年呈增多趋势。

秋季黄河三角洲地区旱涝变化特征为,在 1995 年以前旱涝交替出现,1995 年以后则干旱出现比较频繁。近 30 年秋季干旱年份为 9 次,其中 2006 年降水最少,SPI 值为-1.77;雨涝的年份有 10 a,其中

降水最多为 2003 年,SPI 值为 2.44,为特涝;其余 11 a 为正常年份。秋季 SPI 线性倾向率为 0.06/10 a,表明长期来看,秋季多雨呈现增多趋势,但变化趋势不明显。

黄河三角洲地区冬季旱涝呈现交替变化的特征。整个 80 年代和 2002 年以后在正常线上下波动,变化较为平缓,其他时间变化幅度较大。冬季干旱年份为 9 次,1999 年干旱最严重,SPI 值达到-1.75;雨涝年份为 4 a,是 4 个季节中最少的,表明该地区冬季最不容易出现强降水,最涝年份为 1998 年,为特涝;其他为正常年份。冬季 SPI 线性倾向率为 0.15/10 a,表明冬季也是呈现降水增多趋势。

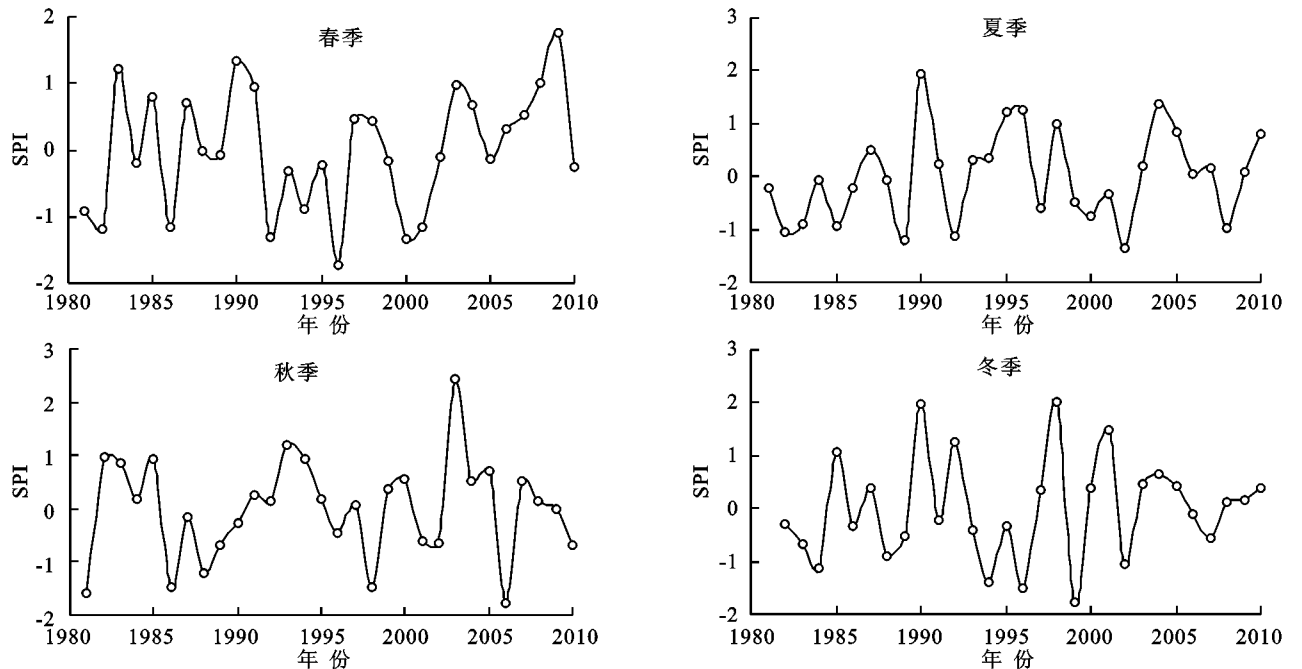


图 2 黄河三角洲地区各季节 SPI 变化

2.3 旱涝频率变化

如图 3 所示,黄河三角洲地区干旱发生频率为 23%~33%,雨涝发生频率为 20%~30%。其中 6 月、9 月发生雨涝的频率要大于干旱频率,3 月、4 月、5 月和 10 月表现为干旱频率大于雨涝频率,其余月份二者

的频率是持平的。各年代旱涝变化频率分别为 50%/10%(80 年代),30%/30%(90 年代),20%/40%(2001 年以后)。可以看出,黄河三角洲地区近 30 年经历了一个由旱转涝的变化过程,80 年代旱情严重,90 年代则旱涝持平,2001 年以后则雨涝明显多于干旱。

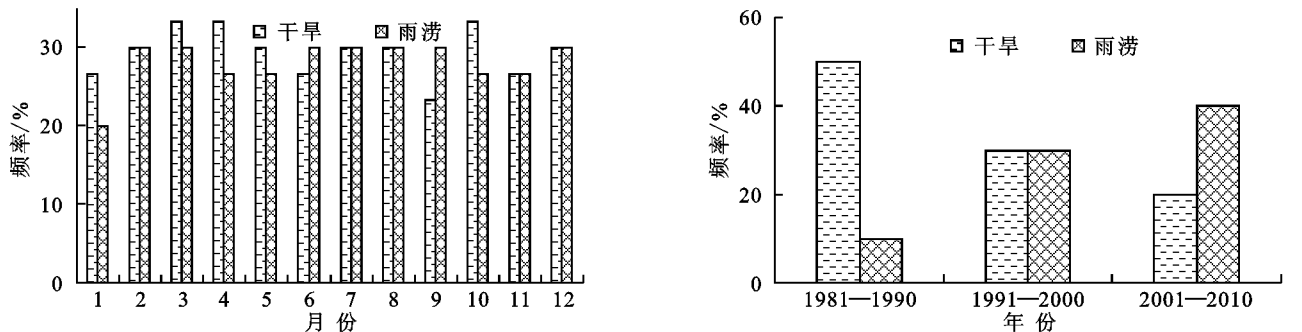


图 3 黄河三角洲地区各月及各年代旱涝频率变化

2.4 旱涝空间变化

计算各区域所含站点年尺度的 SPI 算术平均值,

用以代表该区域的旱涝指数。从图 4 可以看出,北部沿海、中部平原以及南部丘陵 3 个区域的旱涝变化基

本趋于一致,20 世纪 80 年代以干旱为主,90 年代旱涝交替变化,21 世纪初以干旱为主,2003 年以后则以雨涝为主,3 个区域均呈现多雨趋势。其中在 20 世纪 90 年代初期,南部丘陵的旱涝变化幅度较其他两个区域小,而在 90 年代中期,南部丘陵的旱涝变化幅度较其他两个区域大。

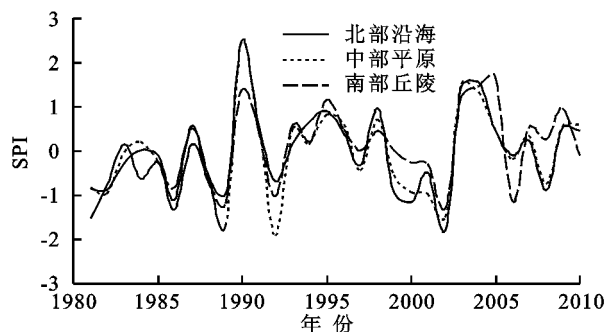


图 4 黄河三角洲地区各区域 12 个月 SPI 时间序列

2.5 旱涝变率的变化特征

参考 Vicente 等^[22]表示变率的方法,计算 SPI (12 个月)的 5 年滑动标准差,用其表示变率。把 60 个月的滑动标准差值记作中间年月值,整个地区的平均变率用 11 个站滑动标准差的算术平均值表示,各区域平均变率用该区域内站点的滑动标准差算术平均值代表。

从图 5 可以看出,黄河三角洲地区在 20 世纪 80 年代末至 90 年代初旱涝变率最大,其次是 21 世纪 00 年代中前期,其他时间的变率相对较小。3 个区域的变率总体上与整个地区一致,只是在 80 年代末至 90 年代初中部平原的变率明显偏大,而在 90 年代末,南部丘陵的变率明显偏小。

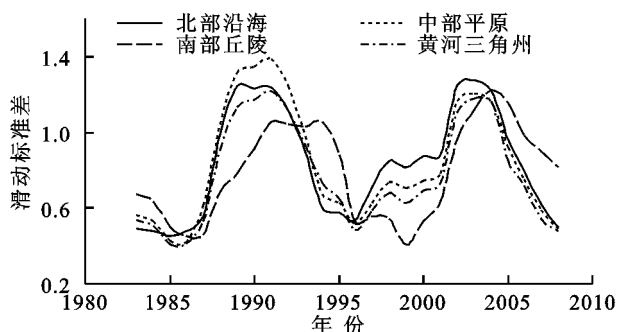


图 5 黄河三角洲全区及各区域 12 个月 SPI 5 年滑动标准差时间序列

3 结论

(1) 黄河三角洲地区在 80 年代干旱较为频繁,90 年代中后期和 2002 年以后则雨涝较为频繁,其他时段则呈现出旱涝交替变化的趋势。

(2) 黄河三角洲地区四季旱涝变化的特征不同。但从长期趋势来看,四季均表现出向雨涝方向发展的

趋势,表明该地区降水呈增多的趋势。

(3) 黄河三角洲 3 个区域的旱涝变化基本趋于一致,20 世纪 80 年代以干旱为主,90 年代旱涝交替变化,21 世纪初以干旱为主,2003 年以后则以雨涝为主,3 个区域均呈现多雨趋势。其中在 90 年代初期,南部丘陵的旱涝变化幅度较其他两个区域小,而在 90 年代中期,南部丘陵的旱涝变化幅度较其他两个区域大。

(4) 黄河三角洲地区在 80 年代末至 90 年代初旱涝变率最大,其次是 21 世纪 00 年代中前期,其他时间变率较小。3 个区域的变率总体上与整个地区一致,只是在 80 年代末至 90 年代初中部平原的变率明显偏大,而在 90 年代末,南部丘陵的变率明显偏小。由于 SPI 只考虑了降水因素,因此使用 SPI 进行旱涝分析必须因地制宜。另外,由于短时强降水属于小尺度天气,其范围经常只有几千米到几十千米,经常造成局地旱涝,因此,必须选择合理的空间尺度来分析旱涝变化。以上因素对于旱涝的影响都有待于以后进一步论证。

参考文献:

- [1] 刘彤,闫天池.我国的主要气象灾害及其经济损失[J].自然灾害学报,2011,20(2):90-95.
- [2] 黄荣辉,杜振彩.全球变暖背景下中国旱涝气候灾害的演变特征及趋势[J].自然杂志,2010,32(4):187-195.
- [3] 程相坤,顾润源.黄河三角洲地区的气象灾害及其防御措施[J].山东气象,1995,15(1):37-39.
- [4] 吴哲红,詹沛刚,陈贞宏,等.3 种干旱指数对贵州省安顺市历史罕见干旱的评估分析[J].干旱气象,2012,30(3):315-322.
- [5] 茅海阳,王文.中国南方地区近 50 a 夏季干旱时空分布特征[J].干旱气象,2011,29(3):283-288.
- [6] 王劲松,李耀辉,王润元,等.我国气象干旱研究进展评述[J].干旱气象,2012,30(4):497-508.
- [7] 陆桂荣,郑美琴,周秀君,等.山东日照市 2 种干旱指标的应用对比[J].干旱气象,2010,28(1):102-106.
- [8] 程建业,任晓霞,赵晋,等.山西朔州市近 55 a 气象干旱趋势及防御措施[J].干旱气象,2012,30(3):327-331.
- [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] 李维京,赵振国,李想,等.中国北方干旱的气候特征及其成因的初步研究[J].干旱气象,2003,21(4):1-5.
- [11] 杨绚,李栋梁.中国干旱气候分区及其降水量变化特征[J].干旱气象,2008,26(2):17-24.
- [12] 李树岩,刘荣花,师丽魁,等.基于 CI 指数的河南省近 40 a 干旱特征分析[J].干旱气象,2009,27(2):97-102.
- [13] 薛德强,王建国,王兴堂,等.山东省的干旱化特征分析[J].自然灾害学报,2007,16(3):60-65.

- 方法研究[J]. 地理科学, 2002, 22(6): 705-711.
- [13] Williams J R, Jones C A, Dyke P T. Modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity[J]. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 1984, 27(1): 129-144.
- [14] Liu B Y, Nearing M A, Risse L M. Slope gradient effects on soil loss for steep slopes[J]. Transactions of the ASAE, 1994, 37(6): 1835-1840.
- [15] 肖红艳. 成渝经济区重庆地区重点产业发展战略生态影响评价研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2011.
- [16] 皇甫大林. 浅谈西藏水土流失治理技术研究[J]. 中国水利, 2011(2): 33-35.
- [17] 曾月娥, 伍世代, 王强. 南方丘陵生态脆弱区生态文明区划探讨[J]. 地理科学, 2013, 33(10): 1224-1230.
- [18] 刘淑珍, 刘斌涛, 陶和平, 等. 我国冻融侵蚀现状及防治对策[J]. 中国水土保持, 2013(10): 41-44.
- [19] 李东梅, 吴晓青, 于德永, 等. 云南省生态环境敏感性评价[J]. 生态学报, 2008, 28(11): 5270-5278.

~~~~~

(上接第 267 页)

- [23] Camille R, David N, John W, et al. Process-evaluation of tropospheric humidity simulated by general circulation models using water vapor isotopologues: 1. Comparison between models and observations[J]. Journal of Geophysical Research, 2012, 117(D5): 214-221.
- [24] Yoshimura K, Sato K, Aoi N, et al. Cell-assisted lipotransfer for cosmetic breast augmentation supportive use of adipose-derived stem/stromal cells[J]. Aesthetic Plastic Surgery, 2008, 32(1): 48-55.
- [25] 黄一民, 章新平, 唐方雨, 等. 长沙大气降水中稳定同位素变化及过量氙指示水汽来源[J]. 自然资源学报, 2013, 28(11): 1945-1954.
- [26] Sen P K. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau[J]. Journal of the American Statistical Association, 1968, 63(324): 1379-1389.

~~~~~

(上接第 271 页)

- [14] 张磊, 潘婕, 陶生才, 等. 基于标准化降水指数的近 51 a 山东省临沂市旱涝时空特征[J]. 干旱气象, 2013, 31(4): 695-701.
- [15] 车少静, 李春强, 申双和. 基于 SPI 的近 41 年(1935—2005)河北省旱涝时空特征分析[J]. 中国农业气象, 2010, 31(1): 137-143.
- [16] 杜华明, 贺胜英. 岷江流域降水特征与旱涝灾害趋势分析[J]. 水土保持研究, 2015, 22(1): 153-157.
- [17] 李伟光, 陈汇林, 朱乃海, 等. 标准化降水指标在海南岛干旱监测中的应用分析[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(1): 178-182.
- [18] McKee T B, Doesken N J, Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales[R]. California: Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, 1993.
- [19] 袁文平, 周广胜. 标准化降水指标和 Z 指数在我国应用的对比分析[J]. 植物生态学报, 2004, 28(4): 523-529.
- [20] 中国国家标准化管理委员会. 气象干旱等级 GB/T 20481—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [21] 黄晚华, 杨晓光, 李茂松, 等. 基于标准化降水指数的中国南方季节性干旱近 58 a 演变特征[J]. 农业工程学报, 2010, 26(7): 50-59.
- [22] Vicente-Serrano S M, Cuadrat-Prats J M. Trends in drought intensity and variability in the middle Ebro valley (NE of the Iberian peninsula) during the second half of the twentieth century [J]. Theoretical and Applied Climatology, 2007, 88(3/4): 247-258.