

基于降水距平百分率的陕西省干旱时空分布特征

韦开¹, 王全九^{1,2}, 周蓓蓓¹, 何斌¹

(1. 西安理工大学, 西北旱区生态水利工程国家重点实验室培育基地, 西安 710048;

2. 中科院水利部水土保持研究所, 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨陵 712100)

摘要: 随着气候变化, 气象干旱威胁农业经济发展。利用陕西省 16 个地市 19 个气象台站降水资料, 选择降水距平百分率为干旱指标, 计算陕西省近 50 a 各年的干旱指数, 在此基础上分析了干旱年际变化特征, 并利用 GIS 10.1 绘制干旱强度的空间分布图。研究结果表明, 陕西省夏季降水多、冬季少, 多年平均降水量表现为陕南>关中>陕北; 1960—2013 年陕南地区、陕北地区、关中地区分别出现干旱次数为 15, 17, 13, 研究区域内 16 个地市发生干旱的平均频率为 28%, 轻度、中度、严重、特大干旱发生的平均频率分别为 19%, 6%, 1%, 2%, 其中绥德发生频率最高(39%)。研究结果为陕西省干旱的监测、评估、预警和抗旱减灾工作提供科学依据。

关键词: 降水距平百分率; 时空特征; 干旱年际变化特征; 降水量

中图分类号: S166 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-2242(2017)01-0318-05

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2017.01.052

Analysis of Drought Characteristics in Shaanxi Province Based on Precipitation Anomaly Percentage

WEI Kai¹, WANG Quanjiu^{1,2}, ZHOU Beibei¹, HE Bin¹

(1. State Key Laboratory Base of Eco-hydraulic Engineering in Arid Area, Xi'an University of Technology,

Xi'an 710048; 2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of

Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: With climate change, meteorological drought threatened the development of agricultural economy. Used percentage of precipitation anomaly index to describe drought, with precipitation data from weather stations in 16 cities in Shaanxi province, annual drought indices in the recent 50 years (from 1960 to 2013) were calculated. On this basis, analyzing the interannual variation of drought, the spatial distribution characteristics of drought intensity were analyzed by GIS 10.1. It showed that summer precipitation in Shaanxi province was more than that in winter. From northern part to southern part, the average annual precipitation increased. The number of drought event was 15, 17, 13 in southern part, northern part, guanzhong area of Shaanxi province respectively during this 54 years. The average frequency of drought event was 28%. The average occurrence frequency of light, moderate, serious, extraordinary drought were 19%, 6%, 1% and 2% respectively. Among them the occurrence frequency of drought in Suide county was the highest (39%). This research would provide a scientific basis for drought monitoring, evaluation, forecast and drought resistance strategy in Shaanxi province.

Keywords: percentage of precipitation anomaly; temporal and spatial characteristics; drought and interannual variation characteristics; precipitation

干旱是我国主要的农业气象灾害之一, 干旱发生频繁, 影响面积广。据统计 1951—2006 年平均每年农作物受旱面积 2 175.4 万 hm^2 ; 20 世纪 80 年代以后, 因干旱受灾和成灾面积都有增加趋势^[1]。陕西省地处我国中部内陆腹地, 地域南北狭长, 北部跨黄土

高原中部, 属大陆性季风气候, 全省地形多样、地势复杂、地貌类型多样, 南北高, 中间低, 自然条件较差, 北部沟壑纵横, 水土流失严重^[2]。陕西省发生的气象灾害种类多、频率高。据统计, 在陕西省各种自然灾害中气象灾害占到 70% 以上, 每年因气象灾害造成的

经济损失相当于全省 GDP 的 1%~3%。而在众多气象灾害中,以干旱和暴雨洪涝灾害的影响最大^[3]。其干旱、半干旱区面积占全省总面积的 79.7%,耕地面积占 74.4%,粮食总产量占全省的 54.8%,旱田占全省 2/3 以上。因此,水资源制约陕西省农业发展。据记载,1995 年陕西省几乎全年无雨,夏秋两季严重减产,干旱造成直接经济损失约 66 亿元。1997 年陕西省发生了历史上罕见的特大干旱,干旱造成约 207 万 hm² 秋田作物受旱,占播种面积的 90% 以上。严重受旱面积达 80 多万 hm²,中晚秋作物有 40 多万 hm² 干枯死亡或者没有收成^[4]。

干旱的主要原因是降水量少,并且降水时空分布不均匀^[5]。降水多集中在 7—9 月,占全年降水量的 50%,由于降水的过于集中,土壤来不及蓄纳而形成径流排走,加剧水土流失,促进干旱环境的形成,导致旱灾发生频率高,素有“十年九旱”之说。国内外学者对于干旱评价指标进行了大量研究,目前常用于气象、农业类干旱指标包括降水距平百分率、标准化降水指数、帕默尔干旱指数、Z 指数、作物水分指数、地表供水指数^[6]。降水距平百分率是一种传统干旱监测指标,显示降水长期平均或正常百分比^[7]。格桑等^[8]利用降水距平百分率分析西藏地区干旱情况,与历史旱灾记录进行对比,对比结果较好。孙晓东等^[9]利用降水距平百分率对苏尼特草原 36 a 间的干旱频率和趋势进行分析,并与实际干旱发生程度对比。其中当仅考虑降水时,降水距平能直观反映降水异常引起的干旱,因此在干旱监测和评价中得到了广泛的应用^[10]。降水距平百分率计算时需要资料简单、易获取、计算简便,也可以较好的描述干旱程度。本文选取降水距平百分率作为干旱指标,旨在分析陕西干旱时空分布特征,为陕西农业干旱预警提供参考。

1 材料与方法

1.1 数据来源

气象数据来源于陕西省气象局,主要包括安康、宝鸡、佛坪、汉中、横山、华山、洛川、略阳、商州、石泉、绥德、铜川、吴起、武功、延安、榆林、长武、镇安、西安共 19 个气象站点 1960—2013 年逐日降水资料、最低气温和最高气温、平均风速、平均相对湿度、日照时数等。对于缺测的降水数据,若本站与参证站某时段(如:年、月)降水量数值较为接近,则说明成雨条件大体一致,降水量在面上分布比较均匀。因此,利用各参证站降水量算术平均值作为插补站相应时段降水量^[11]。

1.2 研究方法

降水量平均值反映了降水量的集中程度,用来评价区域降水量的多少。降水量标准差是衡量实际降水量数据与降水量平均值之间差异大小的统计量。

降水量变差系数是描述降水量数据年际或年内变化剧烈程度的统计量。平均降水量、降水量标准差、降水量变差系数为评价区域降水时空分布特征提供依据。降水距平百分率以历史平均水平为基础确定旱涝程度,反映了某时段降水量相对于同期平均状态的偏离程度,能直观反应出降水异常引起的干旱^[12]。

1.2.1 降水的统计特征量

(1)平均降水量 $\bar{X}$:

设降水样本序列为 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \tag{1}$$

(2)降水量标准差 σ :

设降水样本序列为 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ 降水量的平均值是 $\bar{X}$, 则降水量的标准差为:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}} \quad i=1, 2, 3, \dots, n \tag{2}$$

式中: σ 表示降水量的标准差, σ 的值越大,说明样本数据与平均值之间差异大,样本数据波动性大;反之, σ 值越小,说明样本数据与平均值之间差异小,样本数据集中,波动性小。

(3)变差系数 C_v :

变差系数是样本标准差对平均值的百分比。

$$C_v = \frac{1}{\bar{X}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \tag{3}$$

式中: C_v 表示变差系数,年降水量变差系数是描述降水变化剧烈程度的相对量。 C_v 值越大,表明降水量年际变化越剧烈; C_v 值越小,表明降水量年际变化不明显。

1.2.2 降水距平百分率 降水指标能够反映干旱的发生程度,降水距平百分率指数反映了一段时期内,水文要素偏离同期多年平均值的程度。计算公式为:

$$D_p = \frac{P - \bar{P}}{\bar{P}} \times 100\% \tag{4}$$

式中: D_p 为降水距平百分率(%); P 为计算时段内降水量(mm); $\bar{P}$ 为多年同期平均降水量(mm)。

1.2.3 等级标准 在我国由于不同地区、不同时段降水量差异较大,降水空间分布不均匀,因此,不同的地区采用降水距平百分率的评价标准略有不同。本文采用的降水距平百分率标准见表 1^[14-15]。

表 1 降水距平百分率干旱等级标准

等级	干旱程度	降水距平百分率(年尺度)
1	无旱	$-15 < D_p$
2	轻旱	$-30 < D_p \leq -15$
3	中旱	$-40 < D_p \leq -30$
4	重旱	$-45 < D_p \leq -40$
5	特旱	$D_p \leq -45$

2 结果与分析

2.1 降水年际变化特征

陕西省分为 3 大区域:陕北高原海拔 900~1 500 m,总面积为 8.3 万 km²,占全省总面积的 40%;关中平原海拔 300~800 m,约 5.0 万 km²,占全省总面积的 24%;秦巴山区海拔 1 000~3 000 m,约 7.3 万 km²,占全省总面积的 36%。因此,选择以上 3 个地区进行降水特征分析。

2.2.1 秦巴山地降水年际变化特征 利用秦巴山地安康、石泉、镇安、汉中、商州、略阳、佛坪 7 个气象站点 1960—2013 年共 54 a 的逐日降水资料统计年降水量,并由统计结果得出陕南地区不同站点的年际降水量分布图。由图 1 可以看出:2011 年降水量最大(1 095.3 mm),1997 年降水量最少(559.7 mm)。由表 2 可知,各站点的变差系数分布在 0.20~0.26 之间。

2.1.2 陕北高原降水年际变化特征 利用陕北高原

吴起、洛川、横山、绥德、延安、榆林 6 个气象站点 1960—2013 年共 54 a 的逐日降水资料统计年降水量,并由统计结果得出陕北地区不同站点的年际降水量分布图。由图 1 可以看出降水量的年际变化:1964 年降水量最多(725.4 mm),1965 年降水量最少(256.8 mm)。由表 2 可知,各站点的年降水量的变差系数分布在 0.22~0.26 之间,陕北地区的降水量年际变化大。

2.1.3 关中平原降水年际变化特征 利用关中平原长武、武功、华山 3 个气象站点 1960—2013 年共 54 a 的逐日降水资料统计年降水量,并由统计结果得出关中地区不同站点的年际降水量分布图。由图 1 可以看出降水量的年际变化:1983 年降水量最多(914.6 mm),1995 年降水量最少(348.0 mm)。由表 2 可知,年降水量的变差系数分布在 0.27~0.36 之间,关中地区的降水量年际变化最大。因此,从陕西省整体来看,降水年际变化大,易于干旱情况的发生。

表 2 陕西省年降水量年际变差系数

站点	吴起	洛川	横山	绥德	延安	榆林	安康	石泉	镇安	汉中	商州	略阳	佛坪	长武	武功	华山
变差系数	0.23	0.22	0.26	0.24	0.25	0.26	0.2	0.23	0.21	0.26	0.24	0.22	0.21	0.36	0.27	0.29

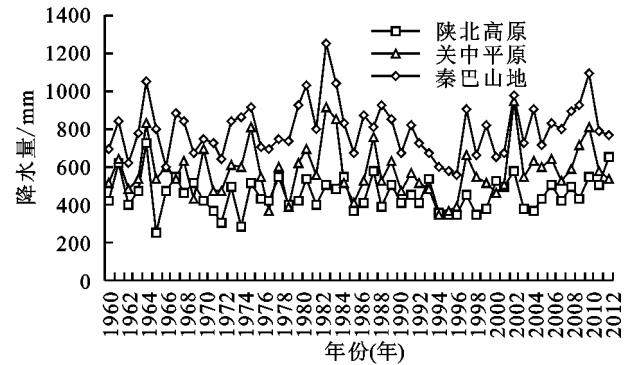


图 1 1960—2013 年陕西省降水量年际变化

为 800 mm,是陕西省降水最多的区域。关中平原属大陆性气候,大陆性季风气候特点为降水量少,降水季节和地区分布不均匀,关中地区多年平均降水量为 550 mm,受大陆性季风气候影响严重。陕北高原是陕西省降水量最少的地区,多年平均降水量为 400 mm,陕北高原北部地区降水更少,极易发生极端干旱。总体来看,陕西省降水量由北向南,降水量增加,如图 3 所示。

2.2 季节变化特征

依据气象划分季节标准(以每年阳历 3—5 月为春季,6—8 月为夏季,9—11 月为秋季,12 到翌年 2 月为冬季),分析了 1960—2013 年平均月降水量变化特征,如图 2 所示。秦巴山地春季、夏季、秋季和冬季降水量分别占全年降水量的 15%,60%,15%,10%。关中平原春季、夏季、秋季和冬季降水量分别占全年降水量的 28%,47%,25%,1%。陕北高原春季、夏季、秋季和冬季降水量分别占全年降水量的 3%,84%,11%,2%。从陕西省整体看来,年降水量的年内分配不均匀,年际变化大。降水集中在夏季,秋、冬季降水较少。陕北高原降水量年内分配最不均匀,关中地区次之,陕南地区最小。基于陕西省的降水年内分布情况,最易造成干旱情况发生。

2.3 降水的空间分布特征

利用算数平均法计算各站点多年平均降水量。秦巴山地属亚热带季风气候^[13],雨水充沛,多年平均降水

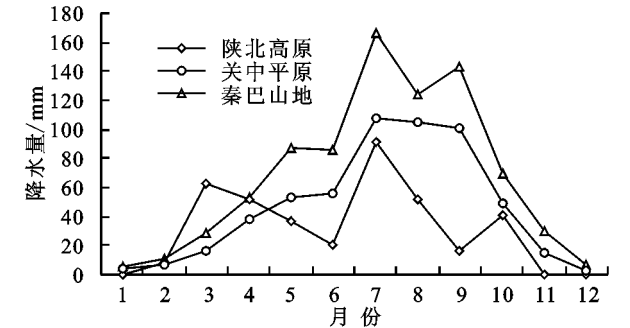


图 2 陕西省 1960—2013 平均月降水量

2.4 干旱特征分析

利用陕西省各个气象站 1960—2013 年的逐日降水数据分析陕西省气象干旱特征。采用降水距平百分率对陕西省不同年份的干旱程度进行判定。按照《气象干旱等级》^[14]和《干旱气象学》^[15]将干旱划分为 5 级:无旱、轻旱、中旱、重旱、特旱。其中无旱是指降水正常或较常年偏多,地表湿润,无干旱现象,即当降水距平百分率 $D_p > -15$ 时,则该年无旱;轻旱表现为降水较常年偏少,地表空气干燥,土壤出现水分轻度不足,对农作物有轻微影响,即当降水距平百分率 $-30 < D_p \leq -15$ 时,则

该年轻旱;中旱表现为降水持续较常年偏少,土壤表面干燥,土壤出现水分不足,地表植物叶片白天有萎焉现象,对农作物和生态环境造成一定影响,即当降水距平百分率 $-40 < D_p \leq -30$ 时,则该年中旱;重旱表现为为土壤出现水分持续严重不足,土壤出现较厚的干土层,植物萎焉、叶片干枯,果实脱落,对农作物和生态环境造成较严重影响,对工业生产、人畜饮水产生一定影响,即当降水距平百分率 $-45 < D_p \leq -40$ 时,则该年重旱;特旱表现为土壤出现水分长时间严重不足,地表植物干枯、死亡,对农作物和生态环境造成严重影响,工业生产、人畜饮水产生较大影响,即当降水距平百分率 $D_p \leq -45$ 时,该年特旱。

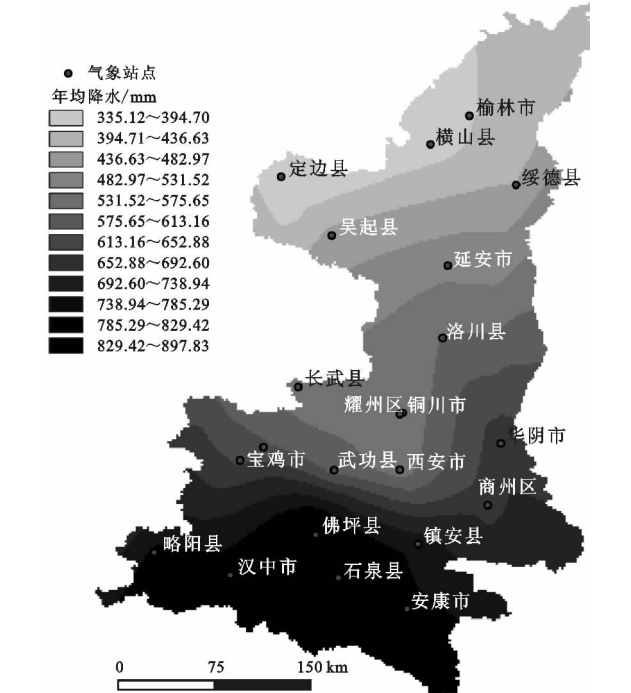


图 3 陕西省降水量空间分布

2.4.1 时间分布特征分析 1960—2013 年陕西省秦巴山地、关中平原、陕北高原地区降水距平百分率变化情况,见图 4 所示。

(1)秦巴山地 1960—1964 年,1969—1972 年,1976—1979 年,1995—1997 年均出现降水偏少的现象,导致出现不同程度的连续性干旱。1986—1989 年,1998—2001 年发生旱涝交替的自然灾害。54 a 中 15 a 发生干旱,发生频率为 28%。轻旱 9 次,发生频率为 17%;中旱 4 次,发生频率为 7%;特旱 2 次,发生频率为 4%;未出现重旱。

(2)关中平原 1967—1969 年,1994—1997 年,2004—2006 年降水偏少,其中 1995—1997 年出现连续性干旱。54 a 中 13 a 发生干旱,发生频率为 24%;轻旱 9 次,发生频率 16%;中旱 2 次,发生频率 4%;重旱 1 次,发生频率 2%;特旱 1 次,发生频率 2%。

(3)陕北高原 1995—2000 年降水偏少。1965 年

出现特大干旱。54 a 中 17 a 发生干旱,发生频率为 31%;轻旱 13 次,发生频率 24%;中旱 4 次,发生频率 7%;未发生重旱和特旱。

由以上分析得到,陕西省干旱发生频率高,虽然陕南地区降水量大,出现干旱的频率也非常高,由降水的年内分配特征也可得到,干旱的季节性明显。

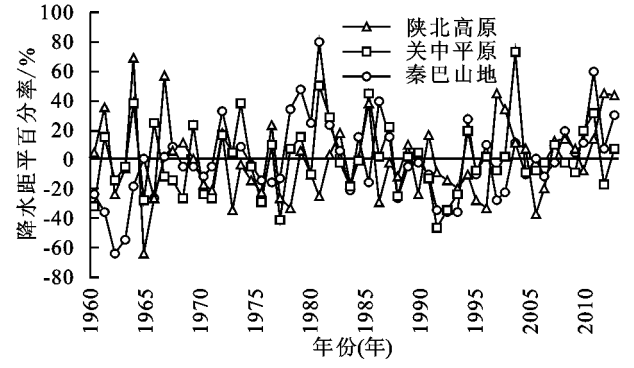


图 4 1961—2013 年陕西省分区降水距平百分率

2.4.2 空间分布特征分析 分析 1960—2013 年陕西省 16 个地市发生干旱的情况,由表 3 可以得出,16 个地市发生干旱的平均频率为 28.0%,其中发生轻度、中度、严重、特大干旱的平均频率分别为 19.2%,0.06%,0.01%,0.01%;陕北地区发生特大干旱频率最高(0.93%),关中地区发生重度干旱频率最高(3.7%),陕南地区发生轻度干旱频率最高(20.9%)由图 5 可知,不同等级干旱发生频数情况,轻度干旱易发生城市为安康、佛坪、略阳、石泉、榆林、绥德、华山,中度干旱易发城市为汉中、商州、石泉、榆林、洛川、横山,严重干旱易发城市为吴起、武功、华山,特大干旱易发城市为汉中、横山。

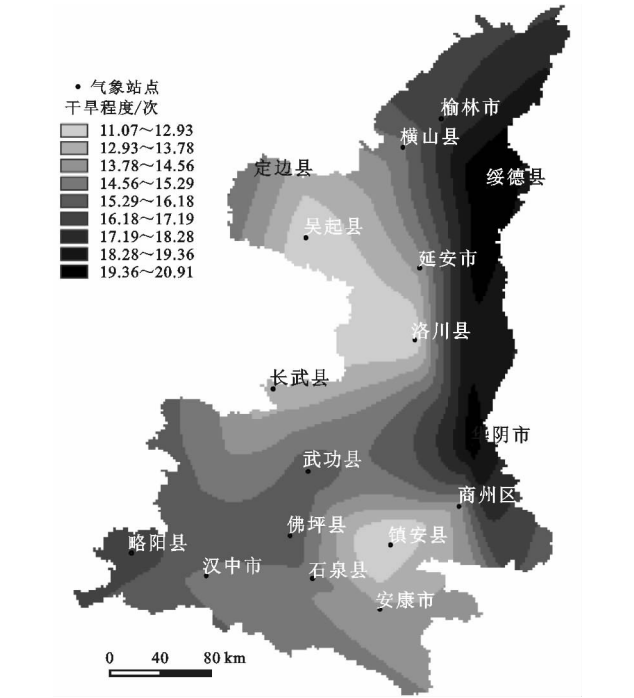


图 5 陕西省干旱程度空间分布

表 3 陕西省干旱频率

地区	城市	全部干旱		轻度干旱		中度干旱		重度干旱		特大干旱	
		频数	频率/%	频数	频率/%	频数	频率/%	频数	频率/%	频数	频率/%
陕南	安康	14	26	12	22	2	4	0	0	0	0
	佛坪	16	30	15	28	1	2	0	0	0	0
	汉中	15	28	9	17	4	7	0	0	2	4
	略阳	17	31	14	26	3	6	0	0	0	0
	商州	14	26	9	17	4	7	1	2	0	0
	镇安	11	20	9	17	2	4	0	0	0	0
	石泉	15	28	11	21	4	7	0	0	0	0
	榆林	17	31	13	24	4	7	0	0	0	0
陕北	延安	14	26	8	15	5	9	1	2	0	0
	绥德	21	39	17	31	3	6	0	0	1	2
	洛川	12	22	5	9	6	11	1	2	0	0
	横山	15	28	7	13	6	11	0	0	2	4
	吴旗	12	22	7	13	3	5	2	4	0	0
	长武	13	24	9	16	2	4	1	2	1	2
关中	武功	16	30	9	16	3	6	3	6	1	2
	华山	20	37	12	21	3	6	2	4	3	6

3 结 论

(1)陕西省夏季降水多、冬季少,月最大降水出现在 7 月。陕西省降水年际分配不均匀度高。陕西省降水量由南向北逐渐减小,秦巴山地多年平均降水量为 800 mm,关中平原多年平均降水量为 550 mm,陕北高原多年平均降水量为 400 mm。陕北高原降水量年内分配最不均匀,关中平原次之,秦巴山地最小。

(2)基于降水距平百分率分析陕西省近 50 a 气象干旱状况,从整体看来,陕北高原发生干旱频率最高,关中平原次之,秦巴山地最小。当处于相同干旱程度情况下,年降水量排序:陕北高原<关中平原<秦巴山地,而且,各个干旱年份降水年内分配不一致。秦巴山地降水量丰富,降水过于集中,从而造成干旱的发生。

参考文献:

[1] 中国气象局编. 中国灾害性天气气候图集:1961—2006 年[M]. 北京:气象出版社,2007:32-40.

[2] 乔丽,杜继稳,江志红,等. 陕西省生态农业干旱区划研究[J]. 干旱区地理,2009,32(1):112-118.

[3] 刘璐. 陕西省干旱气象灾害易损性分析与区划[D]. 兰州:兰州大学,2009.

[4] Kassam A,Smith M. FAO methodologies on crop water use and crop water productivity[R]. Expert Meeting on Crop Water Productivity, Rome, 2001:18.

[5] Zarch M A A,Sivakumar B,Sharma A. Droughts in a war-

ming climate: A global assessment of Standardized precipitation index (SPI) and Reconnaissance drought index (RDI) [J]. Journal of Hydrology,2015,526(7):183-195.

[6] 姚玉璧,张存杰,邓振镛,等. 气象、农业干旱指标综述[J]. 干旱地区农业研究,2007,25(1):185-189.

[7] Yang S E,Wu B f. Calculation of monthly precipitation anomaly percentage using web-serviced remote sensing data[C]. International Conference on Advanced Computer Control. IEEE, 2010:621-625.

[8] 格桑,苏雪燕,普布卓玛. 降水距平百分率在西藏干旱判定中的验证[J]. 西藏科技,2009(2):60-62.

[9] 孙晓东,刘桂香,包玉海,等. 基于降水距平百分率的苏尼特草原干旱特征分析[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2016,37(2):47-54.

[10] Mishra A K,Desai V R. Drought forecasting using stochastic models[J]. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment,2005,19(5):326-339.

[11] 李蕊. 陕西省干旱脆弱性评价[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学,2015.

[12] 高文义,郭海华. 用频率分析方法对年降水量系列插补延长的探讨[J]. 吉林水利,2008(3):3-4.

[13] 贺音,张聪娥,张黎. 基于 SPEI 的陕西近 40 年干旱时空特性分析[J]. 陕西气象,2014(5):26-32.

[14] 国家气候中心. GB/T20481—2006. 气象干旱等级[S]. 北京:中国标准出版社,2006.

[15] 张书余. 干旱气象学[M]. 北京:气象出版社,2008:76-77.