

关中地区降水特征及其对旱涝灾害的影响

张奇莹^{1,2}, 徐盼盼^{1,2}, 钱会^{1,2}

(1. 长安大学 环境科学与工程学院, 西安 710054; 2. 旱区地下水文与生态效应教育部重点实验室, 西安 710054)

摘要: 为了减少关中地区降水引发的旱涝灾害带来的损失, 基于关中地区各市站 30~60 a 的降水量数据, 运用数理统计并结合 Mann-Kendall 突变检验法对该地区降水量的 Z 指数进行了分析, 就关中地区降水对旱涝灾害的影响做了研究。结果表明: (1) 关中地区降水量相对比较丰富, 但极差较大, 易出现旱涝灾害, 旱涝发生的总年份占研究序列的 41.33%。其年内旱涝程度的分布与年际基本一致, 但各地区分布又不尽相同。(2) 关中地区冬春季 Z 指数朝着干旱化的趋势发展, 且春旱更严重; 夏秋季旱涝灾害均易发生且频繁, 为主要的防灾期。(3) 关中地区的旱涝变化交替出现, 但总体趋势正在向着偏旱的趋势发展。该研究为关中地区旱涝灾害的防治提供了一定的科学依据。

关键词: 关中地区; Mann-Kendall 突变检验; Z 指数; 降水特征; 旱涝灾害

中图分类号: P426.616

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2017)05-0222-05

Characteristics of Precipitation and Its Influence on Drought and Flood Disaster in Guanzhong Area

ZHANG Qiying^{1,2}, XU Panpan^{1,2}, QIAN Hui^{1,2}

(1. School of Environmental Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China;

2. Key Laboratory of Subsurface Hydrology and Ecology in Arid Areas, Ministry of Education, Xi'an 710054, China)

Abstract: In order to reduce drought and flood disaster losses caused by the precipitation in Guanzhong area, based on the precipitation data of each city in Guanzhong area during 30~60 years, the Z index of precipitation in this region was analyzed by mathematical statistics and Mann-Kendall mutation test and the influence of precipitation on flood disaster in Guanzhong area was studied. The following conclusions are drawn. (1) The precipitation was relatively rich and had a large range which was prone to cause drought and flood disasters, and the years of drought and flood disasters accounted for 41.33% of the sequence. The years and annual distribution of drought and flood were basically the same, but the regional distribution was not same among the regions. (2) There was a drought tendency in the winter and spring, and drought was more serious. On the contrary, drought showed an increasing trend summer and autumn, however, drought and flood disasters were easy to occur and frequent. (3) The variation of flood and drought appeared alternately, but the overall trend was toward the direction of the development of drought. This study can provide a scientific basis for the prevention and control of flood and drought in Guanzhong area.

Keywords: Guanzhong area; Mann-Kendall mutation testing; Z index; precipitation characteristic; drought and flood disaster

关中地区是地堑式构造平原, 位于陕西省中部的黄河流域内, 地理坐标为东经 107°30'—110°37', 北纬 34°00'—35°40', 总面积 1.9 万 km², 约占陕西省面积的 10%, 包括西安、宝鸡、咸阳、渭南、铜川五市, 有

“八百里秦川”的美誉。关中地区处于暖温带半湿润与半干旱气候的过渡地带, 属大陆性季风气候区, 四季分明, 土地肥沃, 气候温暖, 是陕西省工农业生产和经济发展的重点地区^[1]。近年来, 全球气候不断变

化,冰川积雪融化、海平面上升、荒漠化、水土流失等问题相继出现,这些无一不证明了多数的自然系统正受区域气候变化,尤其是受到气温升高的影响^[2-3]。而降水作为气候变化中最主要和最易受干扰的因子,变化存在着多样性和随机性,随着极端天气事件的出现,旱涝灾害的发生也日趋频繁^[4-5]。旱涝灾害的发生对农业生产和人们生活的危害极大:旱灾会使农作物生长受损,粮食减产;涝灾轻则使作物生长不良,降低土壤肥力,影响排灌效能,重则引起沟塌岸垮,水土流失,淹没农田和民居,伤及人畜,给生命财产和社会经济带来不可估量的损失^[6]。蔡新玲等^[7]利用 1961—2011 年 23 个气象站的逐时降雨量资料,分析了陕西省汛期降雨时数、小时雨强、极端强降雨时数和极端降水强度的时空变化,表明极端强降雨时数和降雨量显著增多,增大了滑坡、泥石流等灾害的发生;高盼盼^[8]在关中盆地降雨量预测及其在干旱研究中的应用一文中对关中平原未来时段的降雨量做了预测,识别并评价了关中平原的干旱状况,为关中平原干旱预警体系的建立奠定了基础;雷向杰等^[9]对关中地区旱涝演变规律和 21 世纪旱涝特点进行了分析,结果表明,近 50 多年关中地区旱涝变化总趋势为降水减少,干旱日数增多,农业干旱趋于严重。

旱涝灾害是全世界范围内发生频率最大的自然灾害之一,受到了广大学者的密切关注^[10-12]。它的危害性极大,尤其是在农业方面,而它的发生与降水的多少息息相关,对于中国这样一个农业大国来说,需要我们做好防涝抗旱工作;而且旱涝灾害引发的地质问题所带来的生态环境的破坏和经济损失也是十分巨大。因此,为了对关中地区旱涝灾害的预报提供科学依据,对水土流失起到相应的预防和治理效果,从而减轻灾害造成的损失,较好地保护关中地区的环境生态系统,研究该地区的降水变化及其对旱涝灾害的影响显得极为重要。

1 资料和方法

1 资料

本文选用关中地区西安(108. 95°E, 34. 27°N)、宝鸡(107. 15°E, 34. 38°N) 1951—2013 年和铜川(109. 11°E, 35. 09°N) 1955—2013 年及渭南(109. 5°E, 34. 52°N)、咸阳(108. 72°E, 34. 36°N) 1985—2013 年的降水资料,关中地区整体的降水资料来源于这 5 个站点降水数据的平均值。

1.2 方法

(1) 数理统计。本文主要统计降水量的平均值、极差、变差系数和偏态系数。变差系数 C_v 表明序列

的离散程度,其值越大,序列的离散程度越大。偏态系数 C_s 反映序列在均值两边的对称程度, C_s 大于 0,称正偏分布,反之,称负偏分布。

(2) Z 指数。研究旱涝等级的划分有多种指标^[13-14]: 降水距平百分率、旱涝指数、帕尔默指数、Z 指数等。张存杰等^[15]对西北地区的旱涝指标做了研究,发现修正后的 Z 指数更适合于西北地区旱涝级别的划分。故本文选用计算相对简单又具有说服力的修正的 Z 指数进行旱涝等级的划分,其划分结果见表 1^[15]。

表 1 以 Z 指数为指标的旱涝等级

等级	Z 指数	旱涝等级
1	$Z > 1.645$	重涝
2	$1.037 < Z \leq 1.645$	大涝
3	$0.842 < Z \leq 1.037$	偏涝
4	$-0.842 \leq Z \leq 0.842$	正常
5	$-1.037 \leq Z < -0.842$	偏旱
6	$-1.645 \leq Z < -1.037$	大旱
7	$Z < -1.645$	重旱

(3) Mann-Kendall 检验。在时间序列趋势分析中,M-K 检验法是世界气象组织推荐并已广泛使用的非参数检验方法^[16]。M-K 检验法不需要样本遵从一定的分布,不需要做统计分析,也不受少数异常值的干扰,变量可以不具有正态分布特征,因此在水文变量趋势检验的适用性很强^[17]。该方法在已有文献中介绍颇多,这里不再赘述。

2 结果与分析

2.1 关中地区降水特征

由表 2 可知,铜川市年降水量的 C_v 值最小,渭南市的最大,说明降水的离散程度在铜川市最集中,渭南市最分散,关中地区年降水量 C_v 值为 0. 217,与各市站相比,可看出关中地区降水较集中;而对于年降水量 C_s 值来说,各市站值均都大于 0,说明关中地区降水主要集中在小于均值的部分。各市站年降水量特征统计与图 1 箱型图显示的变化一致。结合图 1 可知,各地区年际降水量差值很大,极易引起旱涝灾害;西安降水异常偏多的年份为 1983 年和 2003 年,咸阳为 2003 年、2007 年和 2011 年,关中为 2003 年与 2011 年,这些均显示了在时间分布上具有一致性,这与关中盆地气候背景的影响息息相关。

关中各地区的年降水量倾斜率和 Z 值对其趋势变化的判断具有一致性,西安、铜川和宝鸡降水呈减少的趋势,西安与宝鸡的减少趋势显著,通过了 90% 的置信度检验;渭南、咸阳与关中整体的降水呈增加的趋势,但趋势不显著。可知关中地区整体的降水量在减少,这与雷向杰等^[9]的研究一致。

表 2 关中地区年降水量特征统计

地区	均值/mm	最大值/mm	最小值/mm	极差/mm	变差系数 C_v	偏态系数 C_s	年降水量倾斜率	年降水量 Z 值
西安	571.4	903.2	312.2	591.0	0.217	0.463	-1.03	-1.54*
铜川	589.0	889.4	335.1	554.3	0.200	0.346	-0.22	-0.54
渭南	530.1	885.5	301.0	584.5	0.238	0.578	0.24	0.19
宝鸡	674.4	1025.6	378.3	647.3	0.212	0.219	-1.28	-1.58*
咸阳	506.5	799.5	302.2	497.3	0.237	1.004	2.22	0.32
关中	574.3	900.6	325.8	574.9	0.217	0.508	2.68	0.47

注：* 表示通过了 90% 的置信度检验。

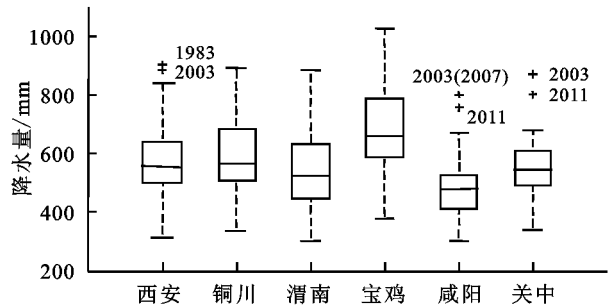


图 1 关中地区年降水量箱形图

其次偏旱,重旱很少发生。该地区年内旱涝程度的分布基本与年际的一致,均表现为正常年份为主,但各地区旱涝程度的分布不尽相同,见表 4。可见,该地区旱涝发生频繁,极易造成旱涝灾害,对经济造成一定程度的负面影响,旱涝灾害的严重程度与该负面影响呈现一定的正相关性,会直接阻碍农村经济的发展^[18-19]。

2.2 关中地区旱涝等级的分布

依据 Z 指数对关中地区各市站旱涝等级的分布情况进行统计,见表 3。由表 3 可知,关中地区年际旱涝程度为正常的年份约占研究序列的 58.67%;洪涝以大涝为主,其次为重涝、偏涝;干旱以大旱为主,

表 3 关中地区年际旱涝等级的分布情况 %

地区	等级(旱涝程度)						
	1(重涝)	2(大涝)	3(偏涝)	4(正常)	5(偏旱)	6(大旱)	7(重旱)
西安	5.56	9.79	4.89	57.41	7.28	12.83	2.25
铜川	6.50	9.32	4.80	57.91	8.05	10.31	3.11
渭南	6.55	7.44	5.36	58.93	10.42	10.42	0.89
宝鸡	5.56	9.92	3.70	59.26	5.42	11.64	4.50
咸阳	6.25	6.55	4.76	59.82	9.23	11.01	2.38
关中	6.08	8.60	4.70	58.67	8.08	11.24	2.63

表 4 关中地区各市年内旱涝的分布情况

地区	季节	干旱 比例/%	洪涝 比例/%	年内旱涝分布情况
西安	春	20.63	20.63	旱涝分别以大旱、大涝为主,重旱、偏涝次之
	夏	14.29	17.46	重涝、大涝、重旱为主
	秋	20.63	17.14	大旱所占比例最大,为 15.87%,洪涝以重涝为主
	冬	23.81	19.05	大旱为主,重旱与大涝次之
铜川	春	20.34	18.64	大旱、重涝为主,分别占 11.86%,8.47%,大涝与偏旱次之
	夏	18.64	16.95	重涝、大涝、大旱、重旱均占 6.78%,偏涝与偏旱次之
	秋	20.34	16.95	大涝、偏旱为主,重旱次之
	冬	20.34	20.34	大涝、重旱为主,偏涝与大旱次之
渭南	春	17.86	17.86	重涝、大涝、大旱、偏旱均占 7.14%
	夏	21.34	17.86	大旱为 14.29%,重涝、大涝、偏涝占 7.14%,重旱次之,基本无偏旱
	秋	21.43	21.43	除正常状态外,其他状态均占 7.14%
	冬	28.57	17.86	大旱占 21.45%,其他状态次之,重旱基本不发生
宝鸡	春	22.58	22.58	大涝、大旱为主,偏旱次之
	夏	14.52	20.97	偏涝为主,占 8.06%,大旱、重涝、大旱次之,均占 6.45%
	秋	17.74	16.13	大涝、大旱为主,其他状态次之
	冬	20.97	25.81	大涝、大旱为主,偏涝次之
咸阳	春	7.14	14.29	大涝为主,占 10.71%,重涝、偏旱、大旱次之,基本无偏涝与重旱
	夏	7.14	14.29	大涝为主,偏旱基本没有
	秋	14.29	10.71	重涝、偏旱为主,偏涝基本没有
	冬	17.86	17.86	大旱为主,大涝、偏涝次之,偏旱基本没有

2.3 关中地区的旱涝变化趋势

2.3.1 旱涝趋势的年内变化特征 由图 2 可知,关中地区年内季节旱涝变化既有一致性,又有差异性。各地区旱涝现象在时间上的分布较为统一,旱涝灾害

基本都集中在夏秋季,为主要的防灾时期;春冬季多数出现异常干旱,容易发生旱灾。在不同地区差异性表现出异常年份的情况不一样,铜川没有异常旱涝的年份,而咸阳出现的年份最多,说明咸阳市旱涝灾害

频繁,应该引起关注,其他地区介于二者之间。由表 5 可知,关中地区冬春两季降水量的 Z 指数变化呈减小的趋势,且春季减小的速率较快,夏秋季节的降水量 Z 指数呈现上升的趋势。说明冬春季正朝着干旱化的趋势发展,且春旱较为严重,夏秋两季降水量朝着增加的趋势发展,易引发涝灾。除冬季外,与基于 M-K 的趋势检验得到的结论基本一致,变化趋势均

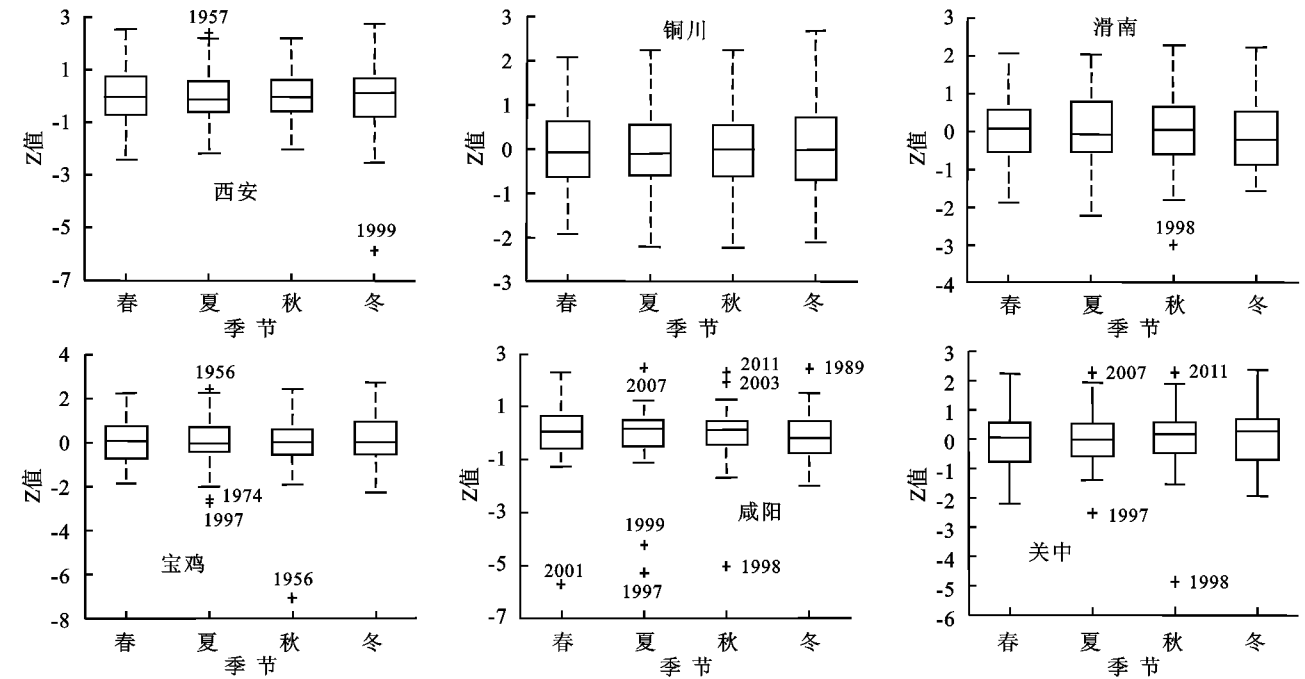


图 2 关中地区季节降水量的 Z 指数箱形图

2.3.2 旱涝趋势的年际变化特征 关中地区各市站多年降水量 Z 指数的年际变化趋势见图 3。渭南市整个研究序列呈偏涝的状态,说明该地区降水充沛,干旱不易发生;其他地区的旱涝趋势呈阶段性变化,具体特征见表 6。结合表 7 印证了由图 3 得到的结

论,渭南与咸阳呈偏涝的趋势,而铜川、宝鸡与西安呈干旱化的趋势,西安的干旱化趋势最为显著,达到了 95% 的置信度检验。总的来说,关中地区的旱涝变化整体向干旱化的趋势发展,过程中有一定的波动,呈现周期性的变化,使得涝灾也时常发生。

表 5 关中地区季节降水的 Z 指数趋势变化的 M-K 检验

季节	春季	夏季	秋季	冬季
干旱 Z 指数的倾斜率	-0.023	0.018	0.046	-0.009
干旱 Z 指数的 Z 值	-0.54	0.58	0.54	0.35

论,渭南与咸阳呈偏涝的趋势,而铜川、宝鸡与西安呈干旱化的趋势,西安的干旱化趋势最为显著,达到了 95% 的置信度检验。总的来说,关中地区的旱涝变化整体向干旱化的趋势发展,过程中有一定的波动,呈现周期性的变化,使得涝灾也时常发生。

表 6 关中地区各市站旱涝突变分析表

地区	旱期	涝期
西安	1976 年以后,向偏旱的趋势发展,其中 2000 年和 2013 年都达到了显著性水平	1951—1958 年,向偏涝的趋势发展,突变点 1978 年、1986 年和 1992 年
铜川	1982 年之后,旱涝变化趋势虽然呈波动的状态,但整体向偏旱趋势发展	1955—1978 年,向偏涝的趋势发展,该发展趋势逐渐在减弱
宝鸡	1994 年之后,向干旱化发展	1994 年之前,呈偏涝的趋势,趋势在逐渐减弱
咸阳	1993—2005 年呈旱涝交替性变化	1985—1993 年和 2005—2013 呈偏涝的趋势

表 7 关中地区年降水的 Z 指数趋势变化的 M-K 检验

地区	西安	铜川	渭南	宝鸡	咸阳
干旱 Z 指数的 Z 值	-1.93**	-0.56	0.19	-0.99	0.32

注:**表示通过了 95% 的置信度检验。

3 结论

(1) 关中地区降水分布的整体水平处于小于均值的状态,与西北其他地区相比,降水量相对比较丰

富,但极差较大,年际分布不均匀。西安、宝鸡与铜川降水量呈减少的趋势,渭南与咸阳呈增加的趋势,其中渭南的降水量较丰。

(2) 关中地区年际旱涝程度为正常的年份约占研究序列的 58.67%,干旱以大旱为主,洪涝以大涝为主。年内旱涝程度的分布与年际基本一致,但各地区的旱涝程度的分布不尽相同。咸阳市 Z 指数箱型图的异常点较多,是旱涝现象频繁发生的地区。

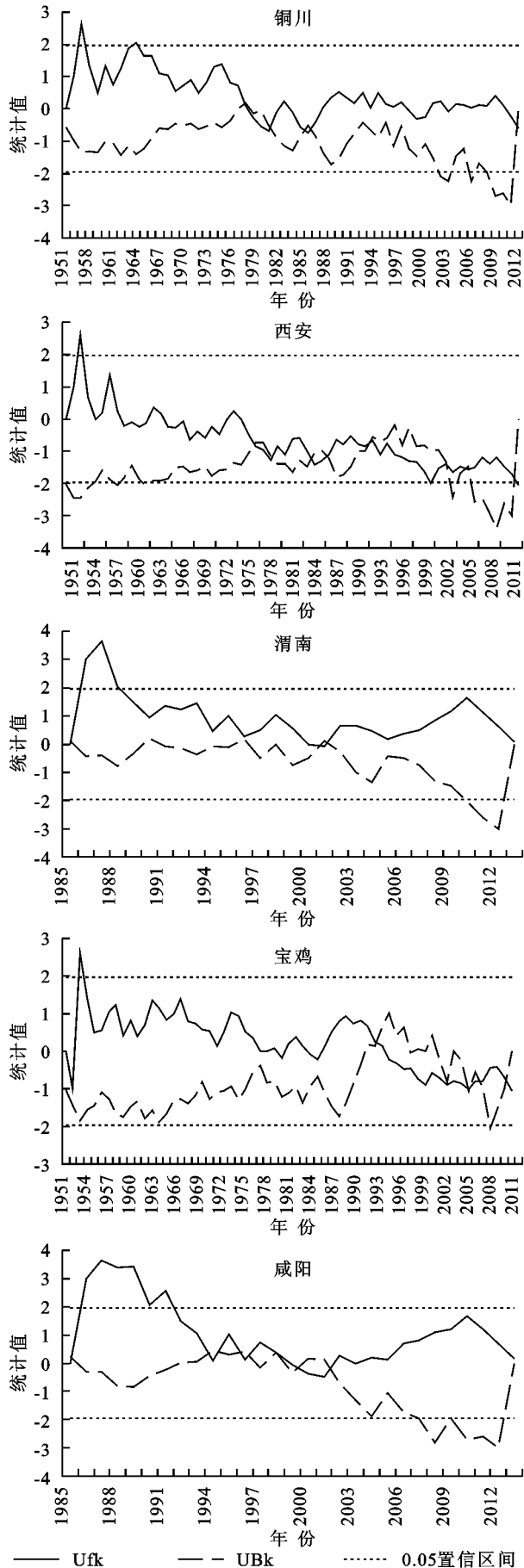


图3 Z指数的 Mann-Kendall 突变检验

(3) 关中地区旱涝趋势的年内变化:冬春季和夏秋季降水量的 Z 指数呈相反的趋势,冬春季朝着干旱化的趋势发展,且春旱较为严重;而在夏秋季时旱涝灾害均易发生,为主要的防灾期;年际变化:旱涝变化交替出现,但总体趋势正在向着干旱的方向发展,虽然旱灾在加剧,但潜在的洪水灾害威胁依然十分严重。

参考文献:

- [1] 刘俊民,郭瑞. 关中平原降水特征分析[J]. 人民黄河, 2008,30(5):22-24.
- [2] IPCC. Climate change 2007: Synthesis report[R]. Switzerland Geneva, 2007.
- [3] Vermeer M, Rahmstorf S. Global sea level linked to global temperature[J]. Proceedings of the national Academy of Sciences of the United States of America, 2009, 106: 21527-21532.
- [4] 李敏. 陕西关中地区降水对变化环境的响应特征研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学, 2015.
- [5] 何佳,杨荣,周旗,等. 1960—2013 年宝鸡市降水变化特征分析[J]. 水资源与水工程学报, 2016, 27(3): 95-100.
- [6] 刘晓琼,赵景波. 关中地区旱涝灾害研究[J]. 陕西师范大学学报:自然科学版, 2002, 30(4): 102-106.
- [7] 蔡新玲,叶殿秀,孙娟,等. 1961—2011 年陕西省汛期短时降水变化特征[J]. 高原气象, 2014, 33(6): 1618-1625.
- [8] 高盼盼. 关中盆地降水量预测及其在干旱研究中的应用[D]. 西安:长安大学, 2015.
- [9] 雷向杰,李茜,王娟,等. 陕西关中地区旱涝演变规律和 21 世纪旱涝特点分析[J]. 灾害学, 2016, 31(3): 101-109.
- [10] 黄生志,黄强,王义民,等. 基于 SPI 的渭河流域干旱特征演变研究[J]. 自然灾害学报, 2015, 24(1): 15-22.
- [11] 宋春英,延军平,张立伟. 陕西秦岭南北旱涝灾害时空变化趋势分析[J]. 干旱区研究, 2011, 28(6): 944-949.
- [12] Yoo J, Kwon H H, Kim T W, et al. Drought frequency analysis using cluster analysis and bivariate probability distribution[J]. Journal of Hydrology, 2012, 420: 102-111.
- [13] 王跃民,鲁慧霞,刘璟瑜,等. 三个不同旱涝指标划分旱涝等级的比较研究[J]. 现代农业科技, 2011(7): 326-327.
- [14] 杨世刚,杨德保,赵桂香,等. 三种干旱指数在山西省干旱分析中的比较[J]. 高原气象, 2011, 30(5): 1406-1414.
- [15] 张存杰,王宝灵,刘德祥,等. 西北地区旱涝指标的研究[J]. 高原气象, 1998, 17(4): 381-389.
- [16] 曹洁萍,迟道才,武立强,等. Mann-Kendall 检验方法在降水趋势分析中的应用研究[J]. 农业科技与装备, 2008(5): 35-40.
- [17] 刘叶玲,翟晓丽,郑爱勤. 关中盆地降水量变化趋势的 Mann_Kendall 分析[J]. 人民黄河, 2012, 34(2): 28-33.
- [18] 肖瑜. 渭河平原洪涝灾害影响评估研究[D]. 西安:西安理工大学, 2014.
- [19] 李金鑫. 干旱灾害对农村经济的影响研究[D]. 合肥:合肥工业大学, 2013.