

宝鸡地区降水特征分析

徐盼盼,王海科,钱会

(长安大学 环境科学与工程学院,陕西 西安 710054)

摘要:基于宝鸡地区1961-2013年的逐月降水实测资料,利用累计距平法、模比系数差积曲线法、趋势法等对宝鸡地区的降水特征进行分析。结果表明:年际降水量分配不均匀,20世纪70、90年代降水量偏多,80年代降水相对偏少,20世纪末期之后降水量表现为显著减少期。年降水量呈减少的趋势,其减少量主要集中在春、秋季,而夏季降水量呈增加的趋势,冬季降水量呈微小的增加趋势。春、秋季的干旱化可能会更严重,夏季的干旱程度会相对减弱,而冬季基本一直处于干燥期。年内各季节降水分配极其不均匀,汛期的降水量占全年的63.27%,容易形成极旱或极涝的现象。年降水量呈现丰枯交替的规律,总的枯水期比丰水期大,且容易发生异常干旱现象。

关键词:降水量;年际降水量;季节降水量;变化特征;宝鸡地区

中图分类号:P333.1

文献标识码:A

文章编号:1672-643X(2016)02-0086-06

Analysis of precipitation characteristics in Baoji region

XU Panpan, WANG Haike, QIAN Hui

(College of Environmental Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract: Based on the data of monthly precipitation from 1961 to 2013 in Baoji region, the paper used the methods such as cumulative anomaly method, modulus ratio coefficient difference plot curve analysis, trends analysis method to analyze the precipitation characteristics of Baoji region. The conclusions are that: the distribution of annual precipitation of Baoji area is uneven, and the precipitation was relatively more in 1970s and 1990s, the precipitation was relatively less in 1980s, and the precipitation has shown a significant decreasing period since the end of twentieth century. The annual precipitation shows a decreasing trend, and the volume of decrease is mainly concentrated in spring and autumn, however, the precipitation shows an increasing trend in summer and a small increasing trend in winter. Therefore, the degree of drought in spring and autumn may be more serious, but the degree of drought in summer will be relatively weak, and winter has basically been in a dry period all the time. The seasonal precipitation distribution is also extremely uneven, and the precipitation in flood season accounts for 63.27% of the whole year, which easily leads to form the phenomenon of extreme drought or waterlogging. The annual precipitation shows a regular pattern of alternating wet and dry. The dry period is longer than the wet period, and it's easy to occur the phenomenon of unusual drought.

Key words: precipitation; annual precipitation; seasonal precipitation; change characteristics; Baoji region

降水量是决定一个地区旱涝灾害的重要因子,由于我国处于东亚季风区且各地区降水分布不均匀,旱涝灾害时有发生,对我国农业生产产生了严重不利影响。尤其干旱灾害已经成为影响水资源安全的主要因素和国民经济可持续发展的瓶颈因素^[1]。

降水也是气候系统的关键因素之一,降水的变化深刻影响着气候、水文以及整个生态系统^[2]。大气降水的多寡决定了一个地区水资源的丰富程度,直接影响水资源的开发与利用,与旱涝灾害有着密切的关系^[3]。近年来国内许多专家和学者对各地区多

收稿日期:2015-10-14; 修回日期:2015-11-22

基金项目:水利部公益性行业科研专项经费项目(201301084)

作者简介:徐盼盼(1993-),男,内蒙古呼和浩特人,在读硕士研究生,主要从事水文地质方面的研究。

通讯作者:钱会(1963-),男,陕西咸阳人,博士,教授,博士生导师,主要从事水文地质方面的研究。

年降水量展开了深度的分析研究,丁一汇等^[4]提出我国处于东亚季风区,在过去的 60 年里降水格局发生了明显的变化;唐帅等^[5]利用 1956 – 2010 年辽宁省西部 8 个气象观测站 6 – 8 月的降水量资料研究表明:辽宁西部地区夏季平均降水量的空间分布趋势为从南向北递减,时间分布上呈双峰型;郑金凤等^[6]分析了榆林地区 1951 – 2010 年降水量的变化趋势、周期特征及其与太阳黑子数的关系,得到太阳黑子数的变化存在 9 年的周期,太阳黑子数与年降水量、春季降水量的关系较密切,与秋季、冬季降水量的关系不大;邓芳莲^[7]利用 1951 – 2007 年西安国家气象观测站二级站的月降水量资料研究表明西安年降水量总体呈下降趋势,且 20 世纪 90 年代降水递减趋势明显。

作为陕西省第二大城市、华夏九州之一的宝鸡地处我国东南季风性气候与西北温带大陆性气候的过渡带,也是处于生态环境脆弱带。由于降水量时空分布的不均匀性,以及季风环流和地形地貌的影响,洪涝、干旱等气象灾害频发,同时也使得水资源供需矛盾突出,严重制约了宝鸡市社会经济可持续发展^[8]。因此,对该地区降水特征分析的研究显得极为重要。本文基于 1961 – 2013 年宝鸡地区的降水实测资料,应用距平法、模比系数差积曲线法、趋势法等对宝鸡地区的降水特征进行分析,为该地区洪涝灾害的预测和水资源的合理开发与利用提供依据。

1 研究区概况

宝鸡地处东经 106°18′ ~ 108°03′,北纬 33°35′ ~ 35°06′,处于西安、兰州、银川、成都 4 个省会城市的中心位置,东西长 156.6 km,南北宽 160.6 km,总面积 18 117 km²,其中市区面积 3 625 km²。宝鸡属于暖温带半湿润气候,全年气候变化受东亚季风的控制。宝鸡地质构造复杂,具有南、西、北三面环山,以渭河为中轴向东拓展,呈尖角开口槽形的特点,其中山地占总面积 56%,丘陵占总面积 26.5%,川原占总面积 17.5%。

本文选用宝鸡气象观测站(107°08′E、34°21′N、海拔 612.4 m)1961 – 2013 年逐月降水资料,对宝鸡地区的降水特征进行分析。

2 年降水量的变化特征

2.1 年降水量基本统计特征

通过对 1961 – 2013 年宝鸡地区的降水资料分析可知,多年平均降水量为 666.6 mm,最大年降水

量为 2011 年的 1 025.6 mm,最小年降水量是 1995 年的 378.3 mm,最大年降水量比最小年降水量多 647.3 mm,极值比为 2.71,最大年降水量是多年平均降水量的 1.54 倍,最小年降水量是多年平均降水量的 0.57 倍。

表 1 为宝鸡地区年代际降水量基本统计特征,由表 1 可知:1991 – 2000 年、1971 – 1980 和 2001 – 2013 年的平均降水量低于整个序列的平均值;1961 – 1970、1981 – 1990 年的平均降水量高于整个序列的平均值;年代际的降水量的极值差为 355.4 ~ 535.0 mm。可见,20 世纪 70、90 年代为降水偏多期,80 年代、20 世纪末和 21 世纪以来为降水偏少期,因此,宝鸡地区的年际降水量分布不均匀。

图 1 为宝鸡地区年降水量变化曲线,由图 1 可知,年降水量呈减少趋势,其平均递减率为 11.9 mm/10a。年降水量低于平均值的有 29 a,占研究序列的 54.72%。

表 1 宝鸡地区年代际降水量基本统计特征					
降水量	1961 – 1970 年	1971 – 1980 年	1981 – 1990 年	1991 – 2000 年	2001 – 2013 年
最大值/mm	871.5	948.6	951.0	733.7	1025.6
最小值/mm	456.2	431.5	546.5	378.3	490.6
平均值/mm	704.1	655.7	727.2	585.6	659.6
极值差/mm	415.3	517.1	404.5	355.4	535.0

2.2 年降水量的变化特征分析

2.2.1 年降水量模比系数积差曲线分析 依据每年的年降水量与多年平均年降水量,分别计算每年的模比系数,再求其差值并逐年依次累加绘成的过程线,称为差积曲线^[9]。当年降水量模比系数积差曲线呈下降趋势,表明此期间为枯水期,反之为丰水期。年降水量系列的模比系数差积曲线法,能较好地反映系列的丰枯变化周期趋势^[10]。其计算公式为:

$$C = \sum (K_i - 1)$$
$$K_i = P_i / \bar{P}$$

(1)

(2)

式中: K_i 为模比系数; P_i 为某一年降水量,mm; $\bar{P}$ 为年降水系列的均值,mm。

图 2 为宝鸡地区年降水量模比系数积差曲线,由图 2 可知,降水序列的丰枯变化可分为两个大的时期,以 1990 年为界,在 1990 年以前降水整体呈增长趋势,表明降水量偏多,在 1990 年以后降水整体呈明显的下降趋势,表明降水进入显著的枯水期。每一个大的丰水期或枯水期都存在若干个较小的波动段,说明年降水量分布不均匀,变化比较大。

2.2.2 年降水量的距平百分率分析 降水距平百分率反映了某时段降水量相对于同期平均状态的偏离程度^[11]。降水距平百分率的大小反映降水的稳定性和可靠性,对防汛抗旱有很重要的指导意义^[12]。降水距平百分率的表示公式为:

$$R = Q/\bar{P} \times 100\%$$
 (3)

$$Q = P_i - \bar{P}$$
 (4)

式中: R 为降水距平百分率,%; Q 为各年降水量的距平,mm,其他符号意义同前。

宝鸡地区 20 世纪 70、80、90 年代,20 世纪末和 21 世纪以来的降水距平百分率分别为 5.63%、

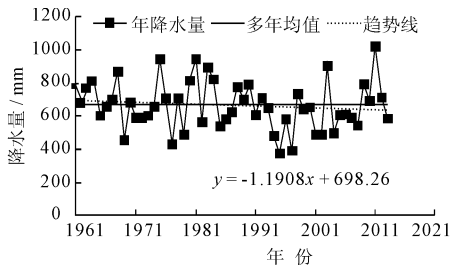


图1 年降水量变化曲线

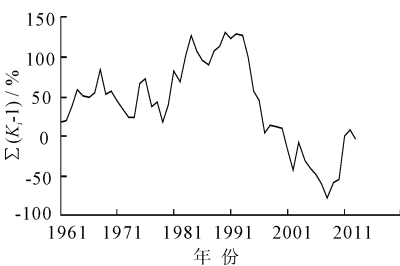


图2 年降水量模比系数积差曲线

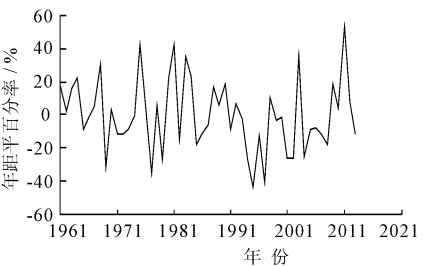


图3 年降水量距平百分率变化

2.3 年降水量的丰、枯水年特征分析

2.3.1 年降水量的丰、平、枯水年 宝鸡地区参照《水文情报预报规范》中径流划分等级对降水量进行划分,将降水量划分为以下 5 种年型^[13]:枯水年 ($V < -20\%$)、偏枯水年 ($-20\% \leq V < -10\%$)、平水年 ($-10\% \leq V < 10\%$)、偏丰水年 ($10\% \leq V < 20\%$)、丰水年 ($V > 20\%$)。

表 2 为 1961–2013 年宝鸡地区年降水量丰、平、枯水年统计表,由表 2 可知,宝鸡地区年降水量的枯水年、偏枯水年、丰水年所占比例一样,均为 16.98%,偏丰水年所占比例最小为 11.32%,平水年所占比例最大为 37.74%。这表明宝鸡地区年降水量大体在正常范围内波动,总的枯水期比丰水期长。

表 2 1961–2013 年宝鸡地区年降水量丰、平、枯水年统计表

年型	枯水年	偏枯水年	平水年	偏丰水年	丰水年
出现次数/a	9	9	20	6	9
所占比例/%	16.98	16.98	37.74	11.32	16.98

2.3.2 降水量的连丰年和连枯年 连丰或连枯的程度对水资源多年调节和城市供水规划有着重要的意义^[12]。宝鸡地区年降水量的连丰年和连枯年分析采用的标准^[14–16]为:

偏丰水年和丰水年: $P_i > (\bar{P} + 0.33\sigma)$ (5)

偏枯水年和枯水年: $P_i < (\bar{P} - 0.33\sigma)$ (6)

–1.64%、9.09%、–12.15%、–1.06%,表明 20 世纪 70、90 年代为降水偏多期,80 年代、20 世纪末和 21 世纪以来为降水偏少期,验证了 2.1 中得出的结论。

图 3 为宝鸡地区年降水量距平百分率变化,由图 3 可以看出,宝鸡地区这 53a 的年降水量不均匀,变化幅度大,容易出现过丰或过枯的现象。以 2011 年和 1995 年为例,最大的年降水量距平百分比是 2011 年的 53.85%,说明在 2011 年极易发生涝灾;最小的年降水量距平百分比是 1995 年的 –43.25%,说明在 1995 年极易发生旱灾。

式中: σ 为多年降水量的均方差,其他符号意义同前。此标准为游程理论分析标准,是指持续出现的同类事件,在它的前或后是另外的事件。年降雨量序列可看成一个离散序列,按以上丰枯划分标准进行统计,称连丰年为正游程,连枯年为负游程。宝鸡地区年降水量的游程概率计算公式为^[17]:

$$P = \rho^{k-1}(1 - \rho)$$
 (7)

$$\rho = (S - S_1)/S$$
 (8)

式中: P 为连续 k 年丰水(枯水)出现的频率; ρ 为模型分布参数,指在前一年为丰水年(枯水年)条件下继续出现丰水年或枯水年的条件概率; S 为降水系列中丰水年(枯水年)的累计年数; S_1 为包括 $k = 1$ 在内的各种长度的连丰年(连枯年)发生的频次累计值。

根据以上标准,选出持续 2 年(含 2 年)的连丰年和连枯年,表 3 为宝鸡地区年降雨量连丰年和连枯年分析表,由表 3 可知:宝鸡地区年降水量连丰年出现 4 次,持续年数均是 2 年,其模比系数为 1.19 ~ 1.33,在 20 世纪 90 年代出现了 2 次连丰年(1983–1984 年、1988–1989 年),且最大 $K_{\text{丰}}$ 值是 1980–1981 年的 1.33,极有可能发生涝灾。宝鸡地区年降水量连枯年出现 5 次,其模比系数为 0.69 ~ 0.89,且最小 $K_{\text{枯}}$ 值为 1994–1997 年的 0.69,极有可能发生旱灾;在 21 世纪出现了 2 次连枯年,且持续年数最

长为 5 年的发生在 2004 – 2008 年。

表 4 为宝鸡地区降水量连丰和连枯年段发生概率统计,由表 4 可知,宝鸡地区不仅干旱现象很严

重,而且异常干旱^[18](包括连枯 3 年以上)的情况也容易出现。因此在宝鸡地区必须做好抗旱准备,尤其是连枯年,应尽早做出应对的措施。

表 3 宝鸡地区年降雨量连丰年和连枯年分析表

连丰年				连枯年			
序号	起止时间	年数/a	$K_{丰}$	序号	起止时间	年数/a	$K_{枯}$
1	1963 – 1964	2	1. 19	1	1971 – 1973	3	0. 89
2	1980 – 1981	2	1. 33	2	1985 – 1986	2	0. 85
3	1983 – 1984	2	1. 29	3	1994 – 1997	4	0. 69
4	2011 – 2012	2	1. 31	4	2001 – 2002	2	0. 74
				5	2004 – 2008	5	0. 86

表 4 宝鸡地区连丰和连枯年段发生概率统计

降水年 类型	分布 参数 ρ	持续 时间/a	不同历时 连枯概率/%
连丰年	0. 5625	2	24. 61
		3、4 或 5	0
		2	24. 17
连枯年	0. 4091	3	9. 89
		4	4. 65
		5	1. 66

3 年内季节降水量的变化特征

3.1 年内季节降水量的基本统计特征

根据宝鸡地区的气候条件,春季为 3 – 5 月,夏季为 6 – 8 月,秋季为 9 – 11 月,冬季为 12 月到次年 2 月,汛期为 6 – 9 月。宝鸡地区的降水随季节变化明显,表 5 为宝鸡地区各季节降水量的基本统计特征。

表 5 宝鸡地区各季节降水量基本统计特征

季节	最大值/ mm	最小值/ mm	极值差/ mm	平均值/ mm	变差系 数 C_v	占全年 比例/%
春季	273. 5	51. 0	222. 5	139. 5	0. 378	20. 92
夏季	594. 0	81. 4	512. 6	294. 6	0. 346	44. 19
秋季	499. 6	92. 6	407. 0	210. 6	0. 419	31. 60
冬季	65. 8	0. 1	65. 7	21. 4	0. 574	3. 21
汛期	792. 1	208. 8	583. 3	412. 8	0. 291	63. 27

由表 5 可知:宝鸡地区年内降水量主要集中在夏、秋季,占全年比例的 75. 79%,而冬季降水量仅占全年的 3. 21%,可见宝鸡地区冬季降水稀少,春季降水偏少,而夏季、秋季降水偏多,不利于雨水资源的合理利用^[19]。宝鸡地区冬季降水量的变差系数为 0. 574,说明冬季降水量的离散程度相对最大;夏季降水量的变差系数为 0. 346,说明夏季降水量的离散程度相对最小,降水量的分布较为集中。夏

季、秋季降雨量的极值差分别为 512. 6 mm、407 mm,说明这两季出现极旱或极涝的情况的可能性极大。宝鸡地区汛期的降水量占全年的 63. 27%,对年降水量的贡献度大,汛期内的降水量最多是 9 月,其平均降水量达 122. 42 mm。

3.2 年内季节降水量的变化趋势

图 4 为宝鸡地区历年季节降水量变化,由图 4 可知:宝鸡地区各季节降水量的变化趋势与年降水量的变化趋势不尽吻合。春、秋季的降水量呈现减少的趋势,其平均递减率分别为 12. 1、12. 4 mm/10a,而夏、冬季的降水量呈现增长的趋势,其平均递增率分别为 11. 9、0. 7 mm/10a,表明年降水量的减少主要集中在春、秋季。季节降水量的各阶段变化与年降水量的各阶段变化不尽一致。春季,20 世纪 70、90 年代降水显著偏多,其他时期为多雨和少雨交替期。夏季,70、80 年代、20 世纪末降水少,90 年代降水偏多,21 世纪为多雨与少雨交替期。秋季,整个序列的降水量低于平均值有 33 年,占整个序列的 62. 26%,70 年代和 80 年代初期降水量相对偏丰。冬季,整个序列的降水量都很小,对年降水量的贡献度小。

降水量距平累积的变化可以反映降水的丰枯情况^[20–21]。图 5 为宝鸡地区季节降水量距平累积变化曲线,由图 5 可知:春季,以 90 年代中期为界,整体呈现先丰后枯的变化。夏季,以 1976 年、1993 年、2006 年为界,呈现出枯、丰循环交替的变化。秋季,以 1975 年为界,降水呈现先丰后枯的现象,1975 年以前降水量的平均值为 266. 91 mm,1975 年以后的平均值为 188. 42 mm,前者高于后者 78. 49 mm。冬季,呈现出若干个小的丰枯交替期。

图 6 为宝鸡地区汛期历年降水量变化,图 7 为宝鸡地区汛期降水量距平累积变化曲线,由图 6 和

图 7 可知:汛期降水量的变化趋势与年降水量的变化趋势基本吻合,且汛期降水量的各阶段变化与夏季降水量的各阶段变化也基本一致,表明汛期的降

水量很大程度是由夏季的降水量决定的。宝鸡地区汛期降水量与年降水量的相关系数为 0.86,说明年降水量基本是由汛期降水量决定的。

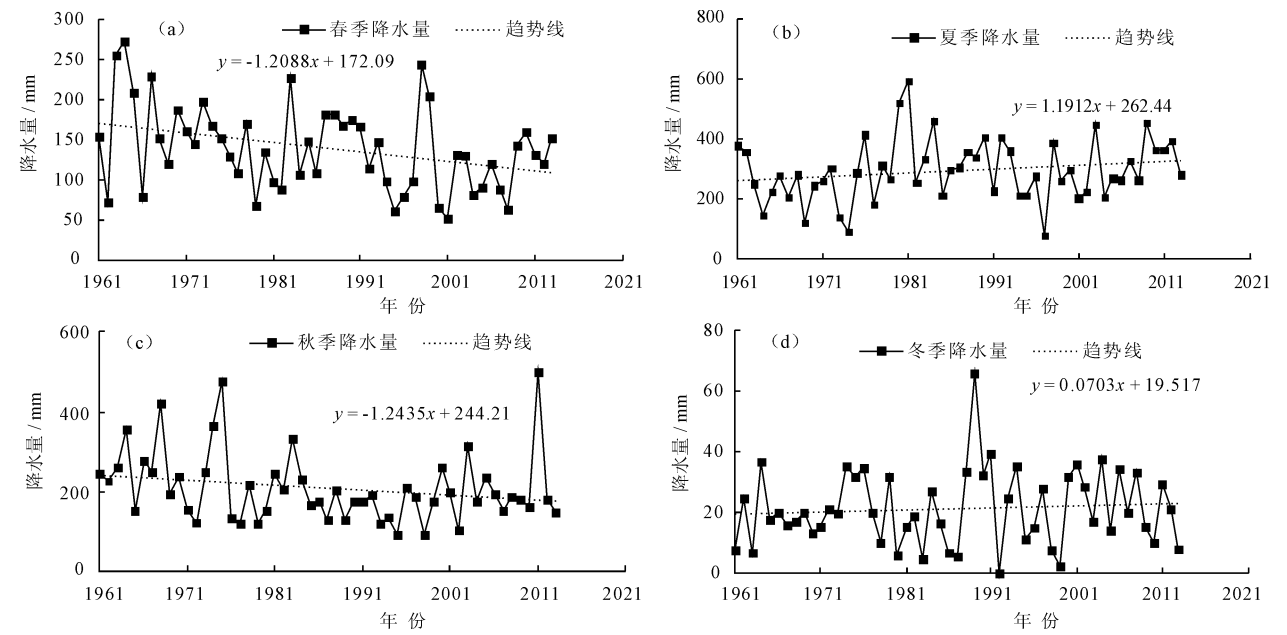


图 4 宝鸡地区历年季节降水量变化

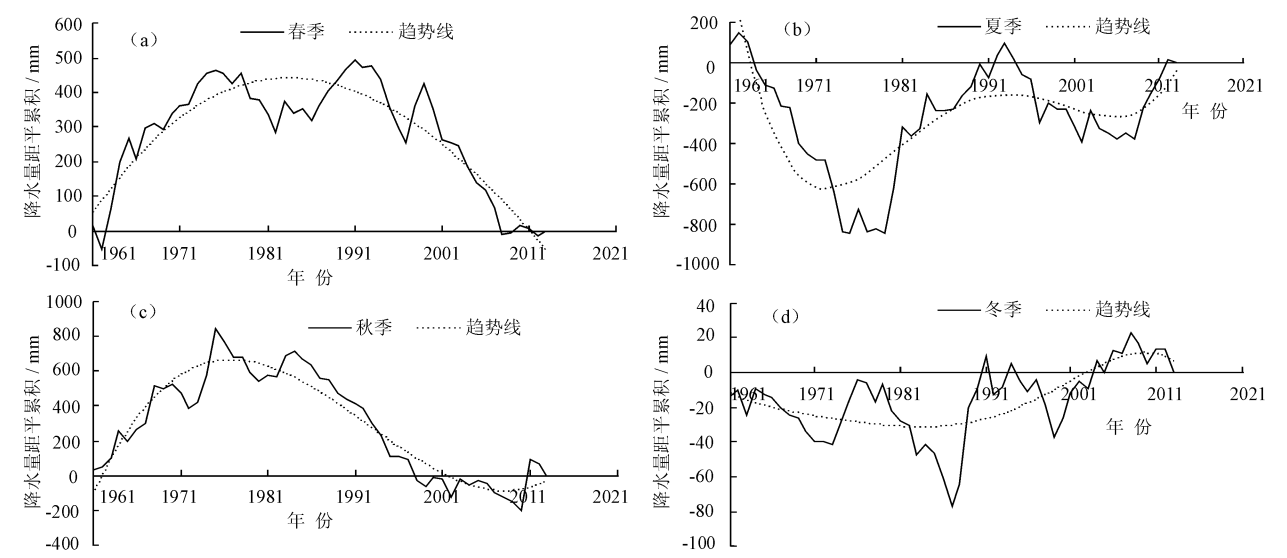


图 5 宝鸡地区季节降水量距平累积变化曲线

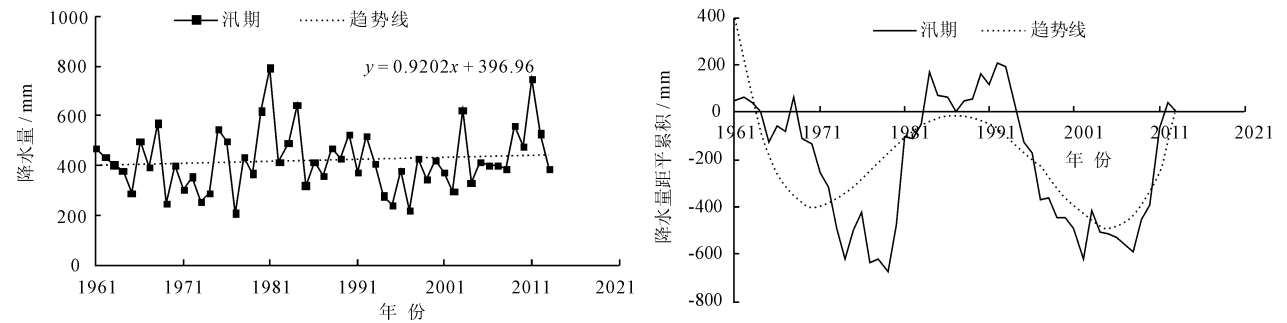


图 6 宝鸡地区历年汛期降水量变化

图 7 宝鸡地区汛期降水量距平累积变化曲线

4 结 论

(1)宝鸡地区年际降水量分配不均匀,20世纪70、90年代降水量偏多,80年代降水相对偏少,20世纪末期之后降水量表现为显著减少期。

(2)宝鸡鸡地区各季节降水量的变化趋势及各阶段的变化与年降水量不尽一致。年降水量呈减少的趋势,其平均递减率为 $11.9\text{ mm}/10\text{a}$,春、秋季的降水量也呈减少的趋势,表明年降水量的减少主要集中在春、秋季,而夏、冬季的降水量呈现增长的趋势。春、秋季的干旱化可能会更严重,夏季的干旱程度会相对减弱,而冬季基本一直处于干燥期。

(3)宝鸡地区年内各季节降水分配极其不均匀,不利于雨水资源的合理利用。汛期的降水量占全年的 63.27% ,且相关系数为 0.86 ,对年降水量贡献度大,容易形成极旱或极涝的现象。

(4)宝鸡地区年降水量呈现丰枯交替的规律,总的枯水期比丰水期大,旱涝灾害都可能会发生,但干旱的年份比洪涝的年份多,且异常干旱的情况也易出现,因此水利部门应及时做好抗旱准备,减少旱灾对经济发展的负面影响。

参考文献:

- [1] 刘小艳. 陕西省干旱灾害风险评估及区划[D]. 陕西:陕西师范大学,2010.
- [2] 党碧玲,任志远,张 翀. 西安地区近50年降水量的统计分析[J]. 西北大学学报,2011,41(1):139-144.
- [3] 文彦君. 基于权马尔可夫链的宝鸡市年降水量状态预测[J]. 中国农学通报,2012,28(26):272-276.
- [4] 丁一汇,孙 颖,刘芸芸,等. 亚洲夏季风的年际和年代际变化及其未来预测[J]. 大气科学,2013,72(2):253-280.
- [5] 唐帅,孟振雄. 1956-2010年辽宁西部夏季降水的特征

- 分析[J]. 现代农业科技,2014(22):238-240.
- [6] 郑金凤,孙 虎. 陕西榆林地区降水特征分析[J]. 江西农业学报,2015,27(4):94-98.
- [7] 邓芳莲. 西安近57年降水量变化分析[J]. 陕西气象,2008(4):21-23.
- [8] 刘战胜,郭星火. 宝鸡市水资源特征[J]. 水利科技,2008(4):20-21+39.
- [9] 李素霞,郎洪纲. 河北省年降水量系列代表性分析[J]. 海河水利,2004(5):43-45.
- [10] 刘振铎,哈建强. 黄骅市近50a来降水量特性分析[J]. 甘肃水利水电技术,2011,47(5):16-18.
- [11] 岳国峰,丁 红. 基于模糊综合评判法的建三江垦区旱涝等级的研究[J]. 黑龙江水利科技,2012,40(2):18-20.
- [12] 于竹娟,肖 鹏. 达州市近50降雨量变化特征及趋势分析[J]. 陕西气象,2012(6):20-24.
- [13] 王 涛,孙小平,陈云蔚. 临安市近50年降水量变化特征分析[J]. 青海气象,2011(2):52-56.
- [14] 邹连文,陈干琴,王 娟,等. 山东省年降水量系列代表性及多年变化的初步分析[J]. 水文,2005,25(6):58-61.
- [15] 毛慧慧,李建柱,王晓云. 区域降雨的丰枯特性及其补偿特性分析[J]. 天津大学学报,2009,42(5):377-381.
- [16] 陈艳芳. 韶关站降水量多年变化规律分析[J]. 广东水利水电,2010(5):30-32.
- [17] 吴启侠,朱建强,耿显波. 江汉平原四湖流域降水特征分析[J]. 中国农业气象,2008,29(2):146-150.
- [18] 葛彩莲. 应用游程理论分析无定河流域气象干旱[J]. 水利科技与经济,2012,18(9):58-59.
- [19] 冯 晶,钱会. 关中地区降水特征分析[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版),2015,36(3):8-12+48.
- [20] 王旭东,刘克利,戴玉芝,等. 1957-2007年额济纳荒漠绿洲暖干化趋势[J]. 干旱区研究,2009,26(6):771-778.
- [21] 王 飞,穆兴民,焦 峰,等. 近50年西峰气候变化特征分析[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(4):200-203.