

甘肃省近 50 年暴雨变化特征及其灾害效应

胡倩, 岳大鹏, 赵景波, 马爱华

(陕西师范大学 地理科学与旅游学院, 陕西 西安 710119)

摘 要: [目的] 研究甘肃省近 50 a 来暴雨的时空变化及灾害特征, 为该区的暴雨气候预测和防灾减灾工作提供科学依据。[方法] 根据甘肃省 29 个气象站 1968—2017 年逐日降水资料, 应用线性趋势法、Mann-Kendall 突变检验法、Morlet 小波变换等方法进行研究。[结果] ① 陇东地区为甘肃省暴雨高值高频中心区, 陇南地区次之, 河西走廊和陇西地区最低。② 近 50 a 甘肃省暴雨日数总体呈上升趋势, 7 月最为显著, 但 5 月呈下降趋势。③ 近 50 a 甘肃省暴雨量经历了少—少—多—少—多的年代际变化过程, 除 80—90 年代是秋季暴雨量贡献较大以外, 其余年代均是夏季暴雨量贡献较大。④ 甘肃省暴雨日数与暴雨量的振荡周期一致, 存在 8 和 3 a 两个短周期, 暴雨日数的 8 a 周期比 3 a 周期明显, 暴雨量反之。研究期内甘肃省暴雨日数没有明显突变, 暴雨量在 1977 年发生了突变。⑤ 近 50 a 暴雨变化的原因可能是受到全球变暖和东亚季风增强的影响。[结论] 甘肃省近 50 a 暴雨的增加造成了洪灾、旱灾的增加, 应对甘肃地区加强暴雨气候监测以及防灾减灾工作。

关键词: 暴雨; 空间分布; 时间演变; 周期; 突变; 灾害; 甘肃省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2019)04-0068-08

中图分类号: P954, K903

文献参数: 胡倩, 岳大鹏, 赵景波, 等. 甘肃省近 50 年暴雨变化特征及其灾害效应[J]. 水土保持通报, 2019, 39(4): 68-75. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2019. 04. 011; Hu Qian, Yue Dapeng, Zhao Jingbo, et al. Characteristics and disasters of rainstorms in Gansu Province in recent 50 years[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(4): 68-75.

Characteristics and Disasters of Rainstorms in Gansu Province in Recent 50 Years

Hu Qian, Yue Dapeng, Zhao Jingbo, Ma Aihua

(College of Geography and Tourism, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710119, China)

Abstract: [Objective] The spatial and temporal variation characteristics and disasters of rainstorms in Gansu Province in recent 50 years were studied in order to provide a scientific basis for the rainstorm climate prediction, disaster prevention and reduction in this area. [Methods] Based on the daily precipitation data of 29 meteorological stations in Gansu Province from 1968 to 2017, linear trend, Mann-Kendall abrupt test, Morlet wavelet transform and other methods were used. [Results] ① Longdong area was the high-frequency center of heavy rain in Gansu Province, followed by Longnan, and the lowest in Hexi Corridor and Longxi area. ② Rainstorm days in Gansu Province showed an upward trend in the recent 50 years and increased significantly in July, but decreased in May. ③ The rainstorm in Gansu Province experienced less-less-more-less-less progress in the recent 50 years. Most of the interdecadal variations, except for the 1980s and 1990s, were greatly influenced by the autumn rainstorm, the other years were greatly influenced by the summer rainstorm. ④ The oscillation periods of rainstorm days and rainstorm volume in Gansu Province were almost the same. There were two short periods of 8-year and 3-year, the 8-year cycle of rainstorm days was more obvious than the 3-year cycle, and rainstorm volume was the opposite. During the study period, there was no abrupt change in the rainstorm days. The rainstorm volume was an abrupt change point in 1977. ⑤ The change of rainstorm in recent

收稿日期: 2019-03-13

修回日期: 2019-03-30

资助项目: 国家自然科学基金项目“陕北黄土高原典型小流域近 500 年来侵蚀产沙量变化研究: 以庞家沟流域为例”(41071012)

第一作者: 胡倩(1995—), 女(汉族), 陕西省韩城市人, 硕士研究生, 研究方向为水土资源评价与规划。E-mail: 552407144@qq.com。

通讯作者: 岳大鹏(1964—), 男(汉族), 陕西省兴平市人, 教授, 博士生导师, 主要从事自然地理、土壤侵蚀和土地资源与环境研究。E-mail: yuedp@snnu.edu.cn。

50 years might be due to global warming and the intensification of East Asian monsoon. [Conclusion] The increase of rainstorms in Gansu Province in recent 50 years caused more floods and droughts. It was necessary to strengthen the rainstorm monitoring and disaster prevention and relief work in Gansu Province.

Keywords: rainstorm; spatial distribution; time evolution; cycle; abrupt change; disasters; Gansu Province

甘肃省地处青藏高原、内蒙古高原的交汇处,位于中国西北部,东西向跨度大,轮廓大致呈西北东南,两端宽大中间细窄的哑铃型。甘肃省是东部季风区、西北干旱区和青藏高原区交汇之地,位于大河、大江的上游地域,江河众多,主要气象灾害有干旱、暴雨洪涝、冰雹、大风、沙尘暴和霜冻等^[1]。甘肃省年平均气温为 $0\sim 15\text{ }^{\circ}\text{C}$,干旱、半干旱区占总面积的75%,年均降水量在318 mm左右,降水主要集中在夏季,约占全年降水量的53%,冬季降水极少,仅占2%,造成了冬春季干旱缺雨的地理气候大背景^[2]。甘肃省的暴雨中心是指降水量明显大于周围地区的地方,如六盘山、华家岭、祁连山等地^[3]。

近年来很多学者都对暴雨进行了许多方面的研究。史培军等^[4]研究认为,1951—2010年中国年代际暴雨雨量和雨日显著增加,暴雨雨强也呈现增加趋势;在空间上,中国年代际暴雨雨量和雨日呈现出从东南沿海地区向华中和西南及环渤海地区逐渐扩张的梯度增加趋势。雷淑琴^[5]等人研究认为甘肃省玉门地区2012年“6·5”暴雨发生背景为50 kPa“东高西低”型环流形势,河套西部的闭合性反气旋致使玉门上空产生了较长时间的气流辐合上升运动,高原槽的移动使高原到玉门市南部一线维持一支西南气流,以及“河套小高压”南侧维持的东南风,这2支水汽通道为暴雨区输入了充沛的水汽条件。李玲萍^[6]等人的研究认为河西走廊东部大到暴雨日数分布从东南向西北递减,暴雨强度最大地为在凉州,最小地为乌鞘岭,且单站暴雨多,成片的、大范围的暴雨较少,局地性强、夜发性的特点。黄玉霞^[7]等人的研究认为当西南季风盛行时,河东陇南南部、天水东部、平凉、庆阳西部一带和河西张掖地区暴雨日数偏多;当东南季风盛行时,甘南高原、甘肃中部、河西武威一带和酒泉地区暴雨日数偏多。以往对甘肃省暴雨的研究倾向于暴雨天气过程、个例诊断分析以及甘肃省某个地区和某个季节的暴雨分析,对甘肃省暴雨的气候特征进行全面分析的较少,更缺少长时间尺度上变化的研究。本文基于甘肃省29个气象站1968—2017年的降水数据,分析了该省近50 a暴雨日数及暴雨量的时空分布特征及变化规律,以期为当地的暴雨天气和气象服务提供有参考价值的资料,借此来预测未来的暴雨气候,以达到防灾减灾的目的。

1 资料来源与方法

气象学规定的暴雨是指某站某一天24 h(前一日20时至当日20时,北京时)累计降水量 $\geq 50.0\text{ mm}$ 的降水。根据中国气象科学数据共享服务网提供的甘肃1968—2017年50 a的逐日降水资料,统计该区域暴雨天气。规定24 h降水量大于等于50 mm小于100 mm为一个暴雨日,降水量大于等于100 mm小于200 mm为一个暴雨日,降水量大于等于200 mm为一个特大暴雨日。

以暴雨日数(站次)及暴雨量作为定量表征体系,采用线性趋势和累计距平分析甘肃省近50 a暴雨日数及暴雨量的年代际及年际特征,采用Mann-Kendall突变检验法、Morlet小波分析方法等^[8-10]分析甘肃省暴雨的突变和周期,采用ARCGIS中的克里金插值法分析甘肃省近50 a年均暴雨日数和暴雨量的空间规律。

2 结果与分析

2.1 年均暴雨量、暴雨日数的空间分布

年均暴雨量能够反映某地暴雨日雨量总和的大小及暴雨的多寡情况^[11]。根据甘肃省各站点近50 a年均暴雨量和年均暴雨日数,用克里金插值法做出甘肃省近50 a年均暴雨量和年均暴雨日数的等值线图(图1—2)。

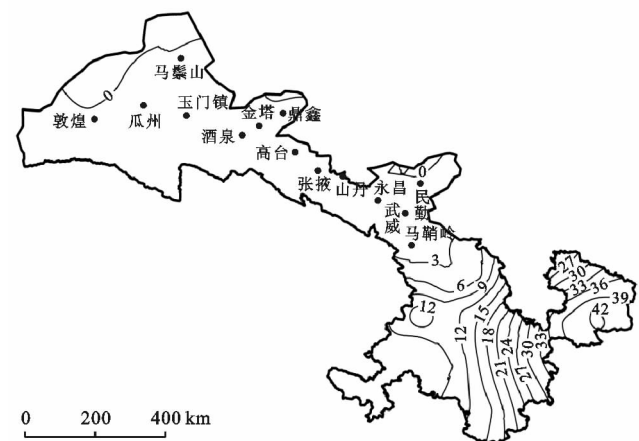


图1 甘肃省1968—2017年年均暴雨量(mm)的地域分布

由图1—2得知,甘肃省年均暴雨量为 $0\sim 44.6\text{ mm}$,年均暴雨日数为 $0\sim 0.66$ 站次,年均最小值为陇西的

马鬃山、瓜州、敦煌及河西走廊鼎鑫、金塔、酒泉等地,年均最大值为陇东的西峰。陇南虽比陇东纬度更偏南,但年均暴雨量和暴雨日数却从东向西逐渐减少。甘肃省暴雨总的地域特征为:陇东为全省暴雨高值高频中心区,陇南地区次之,再次为河西走廊,陇西最低。造成这种地域分布的原因是由于陇东受东南季风的影响,陇南受西南季风影响,暴雨较多,陇西和河西走廊处于干旱半干旱区,暴雨很少。

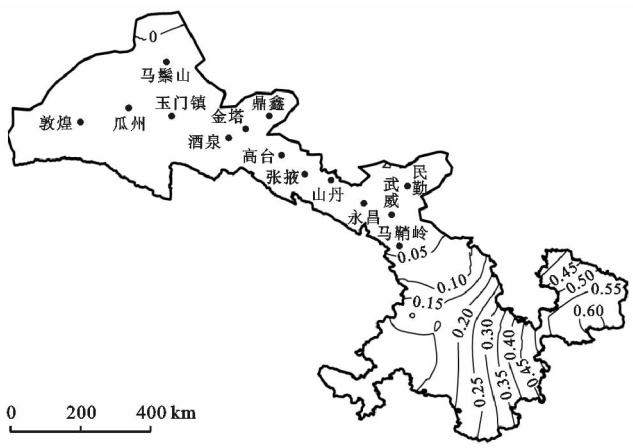


图 2 甘肃省 1968—2017 年年均暴雨日数(d)的地域分布

2.2 累年最大日降水量的空间分布

研究期甘肃省共出现大暴雨 11 站次,其中环县出现 1 站次,临洮、崆峒、麦积各 2 站次。西峰出现大暴雨次数最多,共 4 站次。近 50 a 间甘肃省没有出现过大暴雨。甘肃省各站区日暴雨量的最大值为崆峒 1996 年 7 月 27 日的 166.9 mm,临洮的 143.8 mm(1979 年 8 月 11 日)次之(图 3),而大暴雨最多的

西峰站点日暴雨量极值并不突出。近 50 a 来,甘肃省大暴雨高频站点和日暴雨量极大值站点并不完全一致,但都在陇东地区。

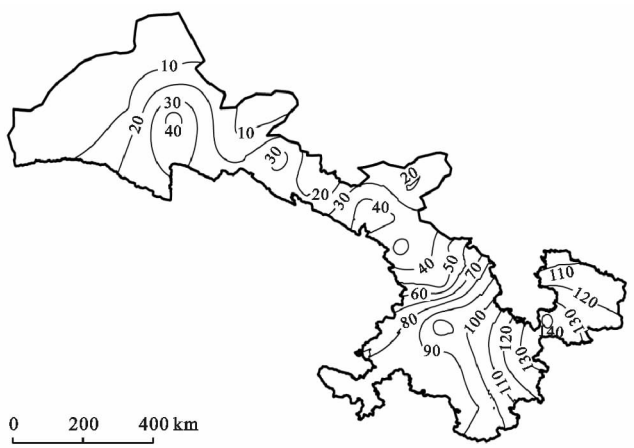


图 3 甘肃省 1968—2017 年各站区日暴雨量(mm)极值的地域分布

2.3 暴雨季节变化特征

对甘肃省 50 a 暴雨日数及暴雨量分月份统计(表 1),结果显示,在 4—9 月均会有暴雨发生,但主要出现在 5—9 月,即甘肃省的汛期,约占暴雨日数的 99.48%。且 4 月暴雨出现的次数非常少,仅占 0.52%。7 月和 8 月是甘肃省暴雨发生最集中的两个月份,两个月年均暴雨次数分别为 1.6 站次、1.5 站次,其暴雨发生次数远高于其他月份,占到全年的 80.31%。暴雨量与暴雨日数在每个月的分布基本一致,4—5 月及 9 月暴雨量占全年的比例要略低于暴雨日数占全年的比例,6—8 月反之,说明这 3 个月每月的暴雨量相对较高。

表 1 甘肃省 1968—2017 年各月暴雨日数及暴雨量统计

项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	5—9月
暴雨日数/站次	0	0	0	1	7	21	80	75	9	0	0	0	192
年均次数/站次	0	0	0	0.02	0.14	0.42	1.6	1.5	0.18	0	0	0	3.84
占总站次/%	0	0	0	0.52	3.63	10.88	41.45	38.86	4.66	0	0	0	99.48
暴雨量/mm	0	0	0	55.9	398.3	1 382.4	5 357.1	4 978.2	506.9	0	0	0	12 622.9
年均暴雨量/mm	0	0	0	1.1	8.0	27.6	107.1	99.6	10.1	0	0	0	252.5
占总暴雨量/%	0	0	0	0.44	3.14	10.90	42.25	39.26	4.00	0	0	0	99.56

为更清楚了解甘肃暴雨的特征,统计了汛期各旬暴雨日数(表 2)。由表 2 可知,暴雨日数从 5 月中旬缓慢增加,7 月上旬急剧增加,8 月上旬有所下降,中

旬有增多,下旬缓慢减少,9 月上旬暴雨日数急剧减少。峰值出现在 7 月下旬,次峰值出现在 8 月中旬,年均暴雨日数分别为 0.68 站次和 0.6 站次。

表 2 甘肃省 1968—2017 年汛期暴雨日数

时间	5月			6月			7月			8月			9月		
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
暴雨日数/站次	1	2	4	4	7	10	21	25	34	28	30	17	4	1	4
年均暴雨次数/站次	0.02	0.04	0.08	0.08	0.14	0.20	0.42	0.50	0.68	0.56	0.60	0.34	0.08	0.02	0.08

2.4 暴雨日数年际、年代际变化特征

将甘肃省 29 个观测站的暴雨日数求和,分析

1968—2017 年期间全年及汛期(图 4)暴雨日数的年际、年代际变化特征。

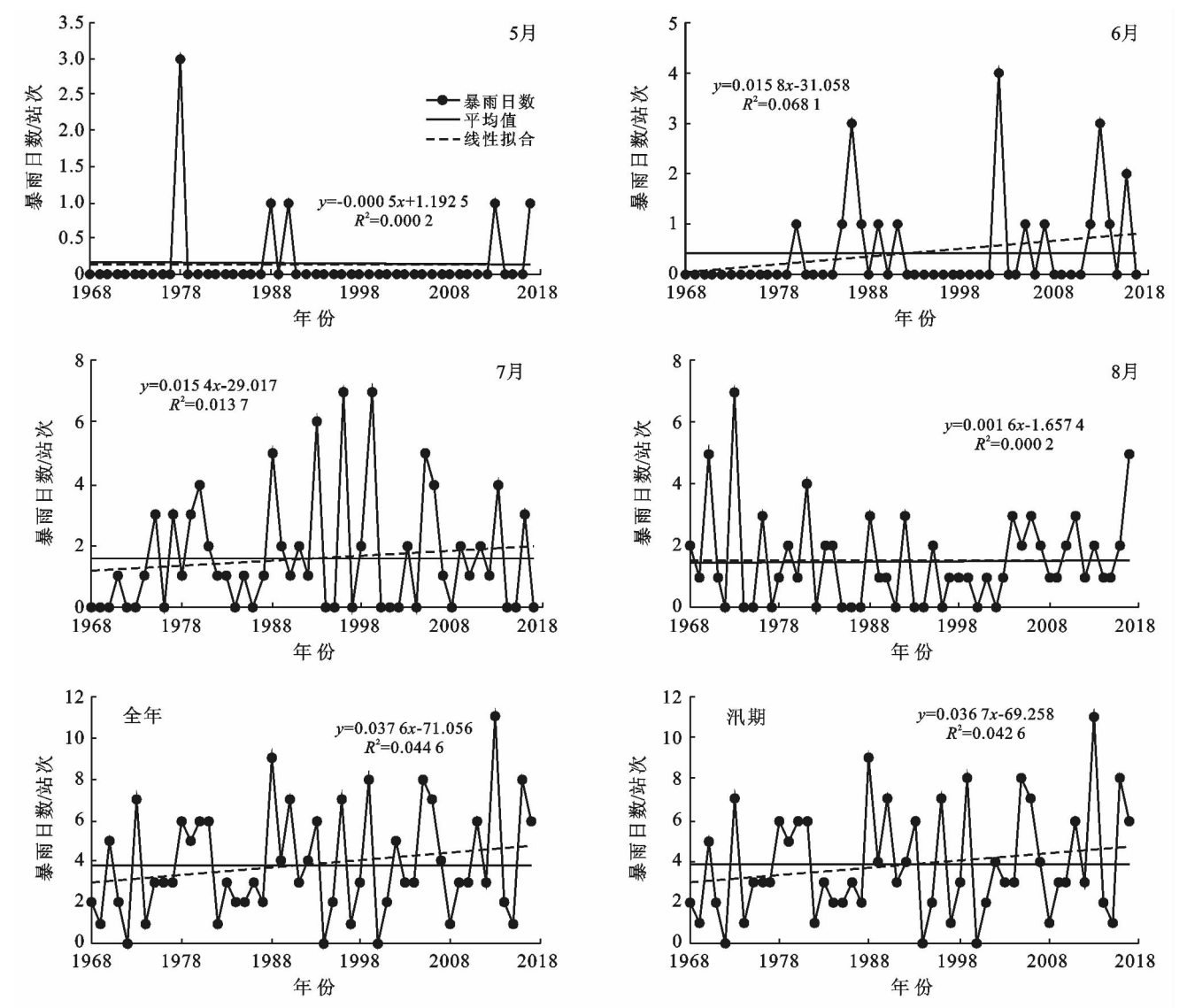


图 4 甘肃省 1968—2017 年暴雨日数的变化趋势

结果表明,全年和汛期暴雨日数的年际和年代际变化以及线性趋势变化一致,演变的主要特点为全年和汛期暴雨日数整体呈上升趋势,每 10 a 全省平均增加了 0.38 站次。整个序列可分为 3 个阶段:第 1 阶段为 1968—1987 年的偏低阶段,20 a 中仅有 6 a 暴雨日数高于平均值。第 2 阶段为 1988—2004 年的增减不明显的波动阶段。第 3 阶段为 2005—2017 年的偏高阶段。从年代际变化来看,20 世纪 70 年代发生 35 站次暴雨,80 年代发生 38 站次暴雨,90 年代增加到 41 站次,21 世纪前 10 a 降到 36 站次,之后仅 8 a 就有 40 站次的暴雨。由此可知,甘肃省暴雨在 20 世纪 80 年代后开始增加,21 世纪前 10 a 有所减少,之后又开始增加。具体到每个月,暴雨日数的线性变化趋势有所不同。4 月份是甘肃省暴雨发生次数最少

的一个月,50 a 中仅出现 1 次暴雨,没有表现出明显的规律性。5 月份(图 4)是甘肃省暴雨发生几率较小的月份,50 a 中仅有 5 a 发生过暴雨,1978 年一年发生了 3 站次,其余 4 a(1988,1990,2013 和 2017 年)各出现 1 站次暴雨。5 月份暴雨发生次数显示出极强的随机性,近 50 a 的 5 月份暴雨日数整体呈下降趋势,线性趋势为-0.005 站次/10 a。6 月份(图 5)甘肃省暴雨波动明显,有 13 a 发生了暴雨,共 21 站次,大多分布在上个世纪 80 年代,21 世纪前 10 a 和 20 年代,近 50 a 的 6 月份暴雨日数整体呈明显上升趋势,线性趋势为 0.158 站次/10 a。暴雨日数峰值在 2002 年。7 月份(图 4)甘肃省暴雨日数是全年各月中最集中的时期,50 a 来仅有 19 a 无暴雨发生,年平均日数达 1.6 站次,高于平均值的年份有 19 a,低于

平均值的年份有 12 a。7 月份暴雨日数的整个序列呈上升趋势,可分为以下 3 个阶段。1968—1987 年为暴雨日数较为明显的偏低阶段,20 a 间只有 5 a 高于平均值。1988—2004 年为暴雨日数很明显的偏高阶段,除去没有发生暴雨的 7 a 之外,其余 10 a 间有 8 a 暴雨日数高于平均值。2005—2017 年为暴雨日数增减不明显的波动阶段。由此可知,近 50 a 的 7 月份暴雨日数呈上升趋势,线性趋势为 0.154 站次/10。从年代际分布来看,每个年代均有暴雨发生。8 月份(图 4)甘肃省发生暴雨的次数也相当频繁,50 a 来仅有 14 a 无暴雨发生,其余 36 a 中,高于平均值的年份有 19 a。

20 世纪 70 年代发生暴雨日数最多,20 世纪 80,90 年代有所减少,21 世纪以来暴雨日数又变多。近 50 a 的 8 月份整个序列上升趋势不太明显,线性趋势为 0.016 站次/10 a。9 月份甘肃省暴雨发生次数非

常少,50 a 中仅有 6 a 发生暴雨,共 9 站次,峰值在 1990 年发生了 4 站次,其余 5 a(1978,2001,2011,2013 和 2016 年)各发生了 1 站次,近 50 a 的 9 月份暴雨日数序列变化无明显的规律和趋势。

2.5 暴雨量的年际、年代际变化特征

据表 3 可知,1968—2017 年甘肃省近 50 a 甘肃暴雨量经历了少—少—多—少—多的年代际变化过程,其中 20 世纪 90 年代和 2010 年以后为峰值期,70 年代为最少的 10 a,21 世纪最初 10 a 略多于 20 世纪 70 年代,20 世纪 80 年代多于 21 世纪最初 10 a。季节分布上,20 世纪 60,70 年代以及 21 世纪前 10 a 年代际暴雨量偏少主要是夏季暴雨量偏少的贡献,2010 年以后年代际暴雨量偏多也主要是由于夏季暴雨量偏多。20 世纪 80 年代年代际暴雨量偏少是秋季暴雨量偏少的贡献,90 年代年代际暴雨量偏多是夏秋两季暴雨量偏多的共同作用。

表 3 甘肃省 1968—2017 年各季及全年暴雨量的年代距平

年代	暴雨量距平/mm					
	1968—1969 年	1970—1979 年	1980—1989 年	1990—1999 年	2000—2009 年	2010—2017 年
春季	−18.2	70.1	−34.1	−29.7	−34.9	46.9
夏季	−294.3	−214.6	−18.6	90.6	−100.9	538.0
秋季	−20.5	−37.4	−101.4	108.5	−45.6	96.1
全年	−332.8	−182.2	−154.4	169.1	−181.7	680.8

由暴雨量的累计距平曲线(图 5)可以看出,近 50 a 来,甘肃暴雨量的序列是被分为以下 3 个阶段。第 1 阶段为 1968—1977 年,累计距平曲线呈波动式下降,说明这 10 a 中暴雨量总趋势是小于平均值的。第 2 阶段为 1978—2004 年,累计距平曲线曲线为波动形式,说明这 17 a 暴雨量的值有大有小,总体升降趋势不明显。第 3 阶段为 2005—2017 年,累计距平曲线波动上升,说明 13 a 间年暴雨量总趋势大于平均值。

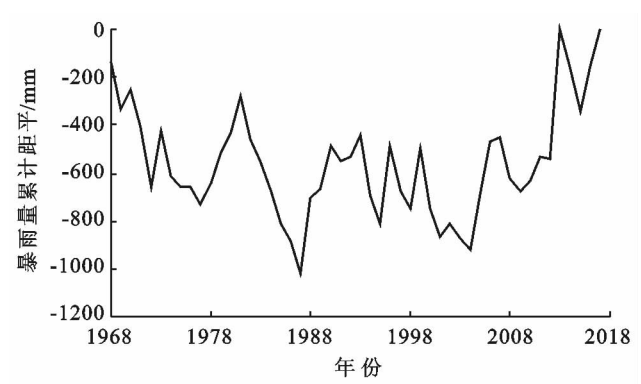


图 5 甘肃省 1968—2017 年暴雨量的累计距平

2.6 暴雨日数及暴雨量的周期性分析

由以上分析可知,甘肃省全年、汛期和各月暴雨日数存在着多时间尺度的演变,利用 Morlet 小波对甘肃暴雨日数及暴雨量进行分析。由图 6—7 可知,暴雨日数和暴雨量的小波系数实部等值线中心主要分布在 2~3 a,6~8 a,所以暴雨日数和暴雨量存在 2~3 a,6~8 a 两类尺度的周期变化规律。在年际变化上,20 世纪 90 年代以前以 7~8 a 的振荡周期为主,90 年代以后以 6~7 a 的振荡周期为主,2~3 a 的周期存在于整个时间序列中。根据暴雨日数和暴雨量变化序列的小波方差分析结果可知,两者都存在 8 a 和 3 a 两个周期。不同点在于暴雨日数 8 a 周期比 3 a 周期明显,暴雨量 3 a 比 8 a 周期明显。

暴雨日数和暴雨量的小波方差图在 25 a 处都显示出—个最高值,证明 25 a 也许是一个长周期,但由于研究期时间序列不够长,暂时难以确定。且暴雨日数和暴雨量的小波变换系数时频分布图的实线暂未完全闭合,表明目前甘肃省还处于暴雨较多的时期,图 7—8 中还出现了不甚明显的 17~18 a 年的振荡周期,在 1997 年后,该周期比较明显。

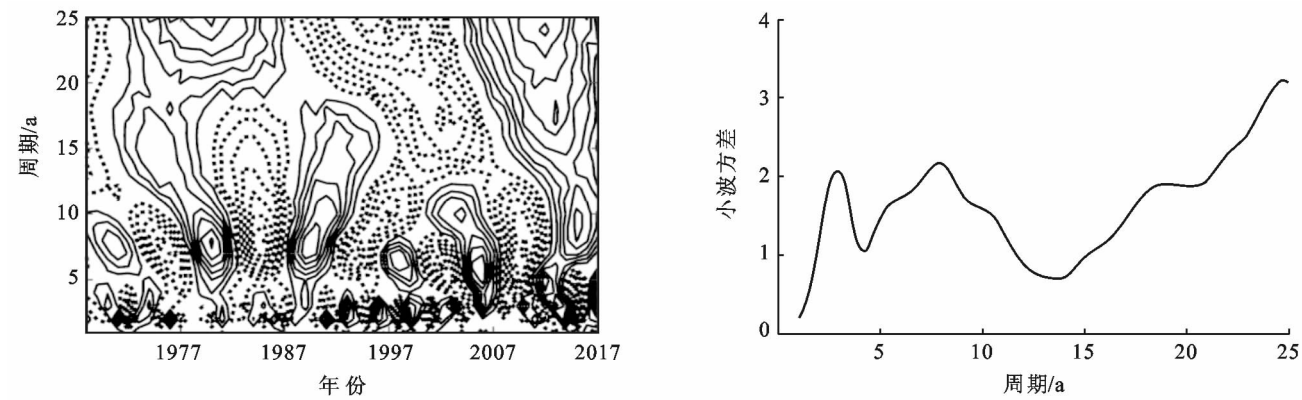


图 6 甘肃省 1968—2017 年暴雨日数的小波变换系数(左)及小波方差变化曲线(右)

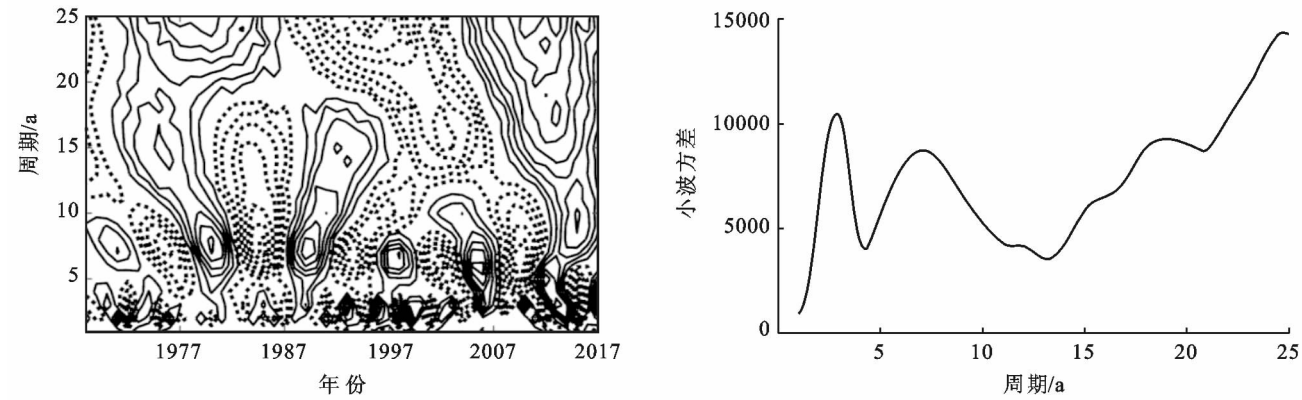


图 7 甘肃省 1968—2017 年暴雨量的小波变换系数(左)及小波方差变化曲线(右)

2.7 突变检验

由以上分析可知,甘肃省近 50 a 来,全年和各月,暴雨日数和暴雨量的变化趋势都有所不同,下面利用 MK 检验法对甘肃省 50 a 暴雨日数(图 8)及暴雨量(图 9)进行突变检验。

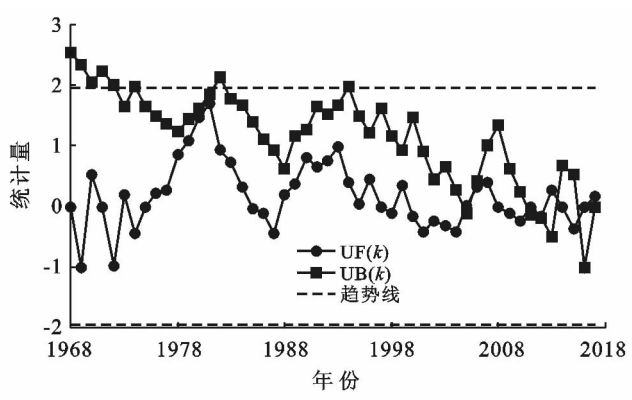


图 8 甘肃省 1968—2017 年暴雨日数的突变检验

图 8 的 UF 和 UB 曲线相交于 2005,2006,2012,2014 及 2015 年,说明暴雨日数在这些年份存在较大幅度的变化,交点过多,结合暴雨日数的年际变化图(图 5)来看,可以得知暴雨日数呈波动变化,突变不

明显。暴雨量的突变检验与暴雨日数结果不同,图 9 的 UF 曲线在 1980—1982 年超过了 0.05 水平显著线,说明这段时间暴雨量有一显著的增加趋势。UF 和 UB 曲线在 1977 年存在交点,在此后 UB 曲线几乎一直低于 UF 曲线,根据暴雨量变化图(图 10)也可以看出在 1977 年之前,年均暴雨量为 180.7 mm,1977 年之后年均暴雨量为 271.9 mm,明显增多,因此甘肃省暴雨量在 1977 年发生了突变。两条曲线还存在许多交点,在 1985,1994,1997 和 2000 年左右,说明暴雨量在这些年份均有显著的变化。

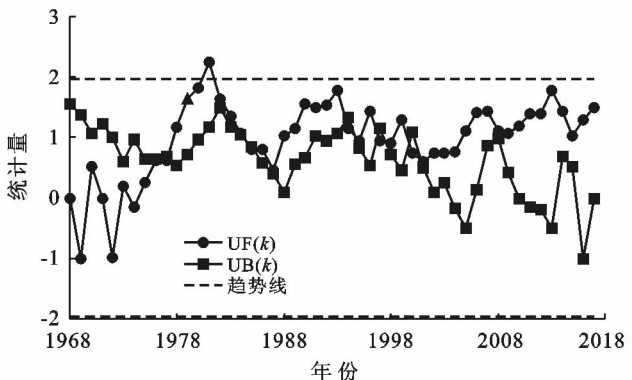


图 9 甘肃省 1968—2017 年暴雨量的突变检验

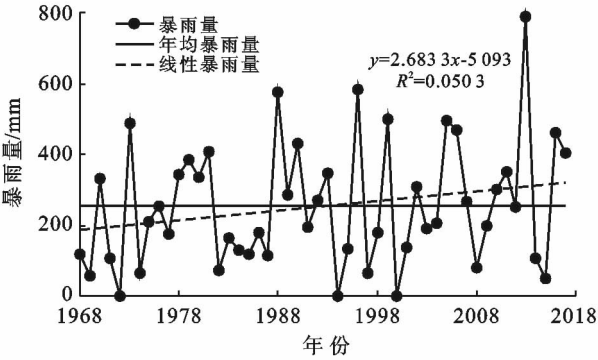


图 10 甘肃省 1968—2017 年暴雨量的变化趋势

3 讨论

3.1 极端暴雨变化原因

极端暴雨变化的原因可能包括气候变暖,东亚季风的变化以及厄尔尼诺时间的影响等。李彩霞^[12]等人研究指出全球变暖使部分热带地区降水量增多,很多副热带地区降水量减少,而高纬度地区降水量也增多。20 世纪后半叶,中纬度大部分地区降水量增加,强降水或极端降水频率也相应增加。黄玉霞^[7]等人研究东亚夏季风对甘肃夏季暴雨日数的影响得出夏季,西南季风、东南季风对甘肃省暴雨日数的影响存在很大差异,当西南季风盛行时造成河东陇南南部、天水东部、平凉、庆阳西部一带和河西张掖地区暴雨日数偏多;当东南季风盛行时,造成甘南高原、甘肃中部、河西武威一带和酒泉地区暴雨日数偏多。林纾^[13]等人对甘肃省河西走廊地区的夏秋雨日进行研究,得出与 1990 年代相比,2000 年代 500,200 和 70 kPa 高度场、相对湿度及比湿有明显的年代际变化,对秋季降水有利而对夏季降水不利。综上所述,极

端暴雨近 50 a 来变化的原因可能是由全球变暖,东亚季风增强引起的。

3.2 极端暴雨变化引起的灾害

极端暴雨变化会造成会造成洪涝灾害。由上述分析可知暴雨日数和暴雨量都存在上升的趋势,那么对应的暴雨洪水应该也存在上升趋势。郭小燕^[14]等人对甘肃省水旱灾害时空分布特征的研究结果表明,甘肃省 1985—2007 年水灾受灾面积呈上升趋势。在蒲金涌^[15]的甘肃省暴雨洪水灾害分布特征研究中指出,1950—1997 年该省农田共遭水灾面积 $4.67\times10^6\text{ hm}^2$, 平均每年受灾面积 $9.70\times10^4\text{ hm}^2$, 其中 1984 年为 $3.16\times10^5\text{ hm}^2$, 1991, 1992 和 1996 年平均超过 $3.33\times10^5\text{ hm}^2$, 最多的 1996 年受灾面积接近 $4.00\times10^5\text{ hm}^2$ 。48 a 间受灾人口 3 397 万人, 死亡人口 7 564 人, 倒塌房屋 70 万间, 直接经济损失 7 亿元(1990 年不变价)。由表 4 可知死亡人数以 1970—1980 年为多, 占 48 a 人口死亡总数的 31.3%, 直接经济损失以 20 世纪 90 年代最为严重。1991—1997 年这 7 a 仅占 48 a 的 14.6%, 直接经济损失量却占到 48 a 的 54%。如 2012 年 7 月 16 日, 甘肃省南裕固族自治县境内持续普降小到中雨 10 h, 致县内部分路段、河堤遭受洪水袭击。此次灾害已造成直接经济损失达 5 789 万元^[16]。2018 年 7 月 9—11 日, 甘肃河东地区出现了强降水天气, 陇东南最大累积雨量达 200~250 mm, 造成了重大人员伤亡和财产损失。初步统计暴洪已致陇南、天水、定西、平凉、庆阳、甘南等 6 个市(州)24 个县(区)161 个乡(镇)28.6 万人受灾。从暴雨日数的年际变化可以得知, 1998—2017 年暴雨日数增多, 表明这一时段与 1960—1997 年之间的时段一样, 暴雨洪水的危害和暴雨洪水造成的损失增大(表 4)。

表 4 甘肃省 1961—1997 年洪水灾害损失情况^[15]

年代	受灾人口/ 万人	死亡人口/ 人	直接经济损失/ 万元	年代	受灾人口/ 万人	死亡人口/ 人	直接经济损失/ 万元
1961—1970 年	428.18	1515	54 873.05	1971—1980 年	420.31	2374	58 491.14
1981—1990 年	719.44	2135	251 260.96	1991—1997 年	2 157.2	584	305 614.00

根据王燕^[2]等人对甘肃省近 37 a 降水特征的研究,可以看出甘肃省降水年际变化的线性趋势并不显著。在降水未增多的情况下,暴雨呈上升趋势,导致地表径流流失的水分增多,进而旱灾加重。马琼^[17]等人对甘肃省黄土高原干旱的研究显示,甘肃省干旱事件频次有所上升,近 10 a 来尤为显著。尹宪志^[18]等人对甘肃省近 50 a 的干旱灾情的研究结果表明,近 50 a 甘肃的干旱灾害呈面积增大和频率加快的趋势,旱灾成灾率呈上升趋势。从 1950—1979 年 30 a

间,旱灾成灾率超过 30% 的年份有 1 a, 而 1980—2000 年 21 a 间, 有 5 a 成灾率达 30% 以上, 其中, 1995 年达到了 45.3%, 成灾率是近 50 a 来最大的。近 50 a 来, 甘肃发生干旱成灾面积超过 $1.00\times10^6\text{ hm}^2$ 的严重干旱年 13 次, 而 90 年代以来就出现了 6 次, 分别是 1991, 1992, 1994, 1995, 1997 和 2000 年。特别是 1995 和 2000 年最为严重, 成灾面积是 50 a 来最大。王亚竹^[19]等人对甘肃省旱灾的发展趋势研究结果也表明, 旱灾受灾面积和成灾面积都呈逐步增加

的趋势,尤其是 20 世纪 90 年代和 2000 年以来,旱灾受灾面积和成灾面积都显著增加。以 20 世纪 50 年代为基准,60 年代、70 年代、80 年代、90 年代、2000—2007 年的年均旱灾受灾面积分别是 50 年代的 2.14, 2.30, 2.44, 3.75, 3.27 倍,年均旱灾成灾面积分别是 50 年代的 2.21, 2.39, 2.47, 3.52, 2.95 倍。根据以上所述,可以确定随着暴雨的增多,旱灾有所增多,其危害也变大,应做好抗旱准备,减少旱灾损失。

4 结 论

(1) 甘肃省暴雨日数与暴雨量总的地域特征为:陇东为全省暴雨高值高频中心区,陇南地区次之,河西走廊和陇西为最低,几乎不出现暴雨。大暴雨高频站点和日暴雨量极大值站点并不完全一致,但都在陇东地区。

(2) 在季节分布上,甘肃省暴雨主要出现在汛期(5—9 月),特别是主汛期(7—8 月)是暴雨发生最集中的时段。暴雨日数与暴雨量从 5 月中旬缓慢增加,7 月上旬急剧增加,8 月上旬有所下降,中旬又增多,下旬缓慢减少。

(3) 近 50 a 甘肃省暴雨日数呈现出上升趋势,但 5 月呈下降趋势,6 月上升趋势最明显,主汛期 7 月上升趋势明显,8 月几乎没有上升趋势。

(4) 近 50 a 甘肃省暴雨量经历了少—少—多—少—多的年代际变化过程,除 80、90 年代是秋季暴雨量贡献较大以外,其余年代均是夏季暴雨量贡献较大。

(5) 近 50 a 中,暴雨日数和暴雨量周期变化规律相似,均存在 3 a 及 8 a 的振荡周期,以 90 年代为分界,前(后)期以 8 a(6 a)为主,1997 年后暴雨量存在不明显的 18 a 的振荡周期。不同之处在于暴雨日数的 8 a 比 3 a 周期明显,暴雨量的 3 a 比 8 a 周期明显。

(6) 近 50 a 来,甘肃省暴雨日数没有突变点,暴雨量在 1977 年存在一次突变,1977 年之前较少,1977 年之后较多。近 50 a 来极端暴雨变化的原因可能是与全球变暖,东亚季风增强有关。

(7) 甘肃省近 50 a 暴雨的增加不仅造成了洪灾的增多,还由于暴雨增加引起了更多的水土流失,导致了旱灾的明显增加,需要加强对甘肃省暴雨监测以及防灾减灾工作。

[参 考 文 献]

- [1] 秦大河. 中国西部环境演变评估[R]//综合卷,中国西部环境演变评估综合报告. 北京:科学出版社,2002.
- [2] 王燕,王润元,王毅荣,等. 近 37 年甘肃省降水特征分析[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(4):94-99.
- [3] 牛最荣,赵志农,扈祥来,等. 甘肃省时段暴雨量随高程变化规律分析[J]. 水文,2005(3):46-49.
- [4] 史培军,孔锋,方佳毅. 中国年代际暴雨时空变化格局[J]. 地理科学,2014,34(11):1281-1290.
- [5] 雷淑琴,陶生才,金生仁,等. 甘肃玉门 2012 年“6·5”暴雨成因分析[J]. 安徽农学通报,2015,21(19):123-126.
- [6] 李玲萍,陈雷,罗小玲,等. 河西走廊东部大到暴雨特征分析[J]. 资源科学,2013,35(6):1277-1284.
- [7] 黄玉霞,王宝鉴,王研峰,等. 东亚夏季风的变化特征及其对甘肃夏季暴雨日数的影响[J]. 中国沙漠,2017,37(1):140-147.
- [8] 符淙斌,王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学,1992,16(4):482-491.
- [9] 马开玉,丁裕国,屠其璞,等. 气候统计原理与方法[M]. 北京:气象出版社,1993.
- [10] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,1999.
- [11] 黄明策. 广西暴雨时空分布特征[J]. 广西气象,2006(3):9-13.
- [12] 李彩霞,豆喜娟. 对甘肃近年发生洪灾的思考及对策[J]. 科学技术创新,2013(18):203-203.
- [13] 林纾,李红英,党冰,等. 甘肃河西走廊地区气候暖湿转型后的最新事实[J]. 冰川冻土,2014,36(5):1111-1121.
- [14] 郭小燕,张家武,陈雪梅,等. 甘肃省水旱灾害时空分布特征及其与粮食产量的关系[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(6):132-137.
- [15] 蒲金涌,苗具全,姚小英,等. 甘肃省暴雨洪水灾害分布特征研究[J]. 灾害学,2006,21(1):27-31.
- [16] 魏冬青,赵映东. 甘肃省暴雨洪水灾害特点及防治对策[J]. 中国水利,2016(12):15-16.
- [17] 马琼,张勃,王东,等. 1960—2012 年甘肃黄土高原干旱时空变化特征分析:基于标准化降水蒸散指数[J]. 资源科学,2014,36(9):1834-1841.
- [18] 尹宪志,邓振镛,徐启运,等. 甘肃省近 50a 干旱灾情研究[J]. 干旱区研究,2005,22(1):120-124.
- [19] 王亚竹,金彦兆,吴婕. 甘肃省旱灾基本特征及发展趋势分析[J]. 人民黄河,2011,33(1):46-47,53.