

宁婧,张高健,张丹,等. 基于小波分析的鄂邑近 60 年降水量变化特征[J]. 陕西气象,2023(6):41-46.

文章编号:1006-4354(2023)06-0041-06

基于小波分析的鄂邑近 60 年降水量变化特征

宁婧¹,张高健²,张丹³,任丹阳⁴

(1. 西安市人工影响天气服务保障中心,西安 710016;2. 西咸新区气象服务中心,西安 712000;
3. 鄂邑区气象局,西安 710300;4. 西安市大气探测中心,西安 710016)

摘要:基于西安市鄂邑区国家基本气象站 1961—2020 年近 60 a 的日降雨量资料,采取线性趋势法、滑动平均法、累计距平法、滑动 t 检验以及小波分析法,对鄂邑区降水量的年和季节变化特征进行分析。结果表明:年降水量呈波动减少趋势,线性倾向率为 $-1.318 \text{ mm}/10 \text{ a}$,年降水量在 1992 年和 2002 年发生转折变化且存在 4 a、9 a 和 22 a 三个震荡周期,22 a 周期是第一主震荡周期。降水主要出现在夏秋两季,占全年降水量的 72.5%;冬季降水量最少,仅占 3.9%。春季降水量呈显著减少趋势,夏季降水量呈较明显增多趋势,秋季降水量呈减少趋势,冬季降水量没有明显的变化趋势。夏秋两季降水量出现了 3 次转折点,分别是 1982、1992、2002 年;春季降水量出现了 4 次转折点,分别是 1976、1986、1999、2009 年。春、夏、秋、冬四季降水量分别存在 24 a、22 a、10 a、15 a 的主震荡周期。

关键词:降水量;变化趋势;小波分析;周期性;鄂邑区

中图分类号:P426.613

文献标识码:A

我国是旱涝灾害频繁的国家,干旱和洪涝灾害给农业生产带来了重大损失^[1]。降水量时空分布不均,导致旱涝灾害发生,同时降水量也是农田水利设计的基础资料,因此研究降水量的时空分布特征不仅对掌握旱涝气候变化规律具有重要的意义,也能为区域高质量发展提供科学依据。西安市鄂邑区是规划中的西安国际化大都市的 3 个副中心城区之一,也是闻名中外的“户太八号”葡萄生产基地,鄂邑区正在努力打造“诗画鄂邑、品质新区”,社会经济得到快速发展,现代工业和都市农业都对水资源提出了新的需求。

对降水的气候变化已有较多研究^[2-3],对西安的降水变化的研究也较多。杨新^[4]通过分析西安市降水频率变化特征,认为 50 多年来西安市降水量有所减少。邱海军等^[5]利用小波分析的方法研究了西安降水时间序列的变化特征,发现西安市春季降水量呈显著减少趋势,其他季节和年降水

量线性变化趋势不明显。李劲彬等^[6]利用 1986—2016 年西安降水资料,对 32 a 降水特征进行相关分析发现,西安市降水量呈增多趋势,但趋势不明显。这些研究由于利用的气象资料年限不同,得出的结论也不尽一致^[2-7]。因此对西安市鄂邑区 1961—2020 年近 60 a 降水特征进行深入分析,以期了解该地区气候变化规律,合理开发利用气候资源以及应对旱涝灾害提供科学依据。

1 研究区域概况

西安市鄂邑区位于陕西省关中平原中部,南依秦岭,北临渭河,境内地形为山区、山前坡地及平原区三个不同的自然区域。南部秦岭山区最高海拔高度 3 015.1 m,山基海拔高度 680.0 m,渭河滩地最低点海拔高度 388.0 m。

2 资料与方法

2.1 资料

所用的数据为鄂邑国家基本气象站 1961—

收稿日期:2023-02-13

作者简介:宁婧(1994—),女,汉族,陕西礼泉人,学士,助理工程师,从事气象服务与应用。

2021年逐日降水资料,降水数据按照月、季节、年及年代进行统计。四季划分:3—5月为春季,6—8月为夏季,9—11月为秋季,12月至翌年2月为冬季。根据《降水量等级》划分标准,雨日定义为日降水量 ≥ 0.1 mm的日数^[8]。

2.2 研究方法

采取线性趋势法、滑动平均法、累计距平法分析了鄂邑区降水量的趋势变化,利用滑动 t 检验^[9]对降水量进行了突变分析,采用小波分析法分析了降水量周期性变化^[9]。

3 结果与分析

3.1 年降水量特征

1961—2020年鄂邑区年平均降水量为640.7 mm,年际间降水量差异较大。年降水量最大值出现在1983年,为1 039.9 mm,最小值出现在1995年,为328.3 mm,最大降水量为最小降水量的3.17倍。

3.1.1 年降水量变化趋势 鄂邑区年降水量随时间呈减少趋势,其线性倾向率为 -1.318 mm/10 a,未通过0.05的显著性检验,下降趋势不显著。由年降水量5 a滑动曲线(图1)可以看出,年降水量呈“减少—增多—减少—增多”的波动变化。1960年代到1970年代年降水量呈波动式下降趋势,1980年代降水量震荡增加且处于多雨时段,1990年代降水量明显减少,2000年代初期降水量又开始逐渐增多,之后降水量在多年平均值附近波动。

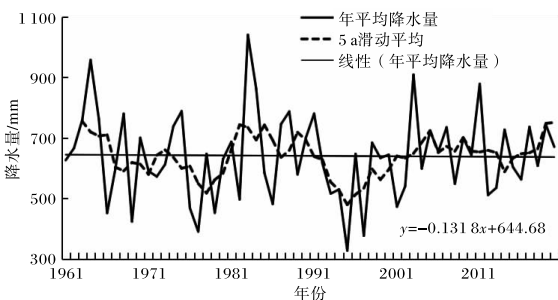


图1 1961—2020年鄂邑区降水量年际变化

鄂邑区1961—2020年降水量累积距平年际变化如图2所示。可以看出,年降水量序列可以大致分为以下6个时段(持续期5 a以上):1961—1965年、1983—1991年、2003—2020年为

3个明显多雨时段,1966—1973年、1976—1982年、1993—2002年为3个明显少雨时段。

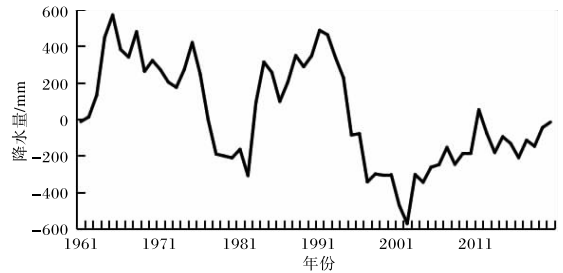


图2 1961—2020年鄂邑区年降水量累积距平变化

3.1.2 年降水量突变分析 为了探讨鄂邑区多年降水量的变异特征,采用了累积距平、滑动 t 检验方法分析降水量的变化转折点。首先根据累积距平曲线(图2)的绝对最大值找出可能发生转折的年份,在1965、1982、1991和2002年降水发生了转折。对60 a年降水量进行滑动 t 检验,经过多次比较后选择子序列长度 $n=10$,检验结果如图3所示。从图3可以看出,滑动 t 统计量在1992、2002年超过显著性水平临界线。结合累积距平分析结果,综合分析判定,鄂邑区年降水量在1992年和2002年发生突变。这与张高健等分析的西安市年降水量分别在1992、2002年发生了突变的结论一致^[7]。1992年降水由多雨年转为少雨年,2002年由少雨年转为多雨年。10 a平均降水量最大值出现在1983—1992年,为717.7 mm,最小值出现在1993—2002年,仅为534.7 mm。

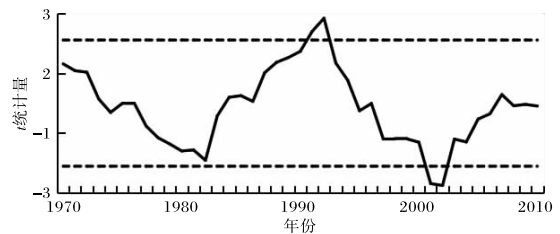


图3 1961—2020年鄂邑区年降水量滑动 t 检验
(虚线为0.05显著性水平临界线)

3.1.3 年降水量周期分析 采用小波分析法对降水的时间序列进行周期分析。图4为该区降水量小波方差图和小波系数实部图。可以看出,小波方差有3个明显的峰值,说明该地区年降水震荡周期分别为4 a、9 a和22 a。后一个振幅明显

高于前两个振幅,说明 22 a 周期的震荡最强,是降水量变化的第一主震荡周期,9 a、4 a 的时间尺度分别对应第二、第三震荡周期。这 3 个周期变化反映了鄂邑区降水量在研究时间域内的变化特征。

从图 4 可知:在 22 a 的时间尺度上,该地区

年降水量存在 3 个“多—少”的循环;在 9 a 和 4 a 的时间尺度上,同样存在“多—少—多—少”的循环变化规律,目前处于多雨期。但从主震荡周期 22 a 来看,长期震荡降水偏少的等值线还未闭合,说明在在未来一段时间内还将处于降雨偏少的时期。

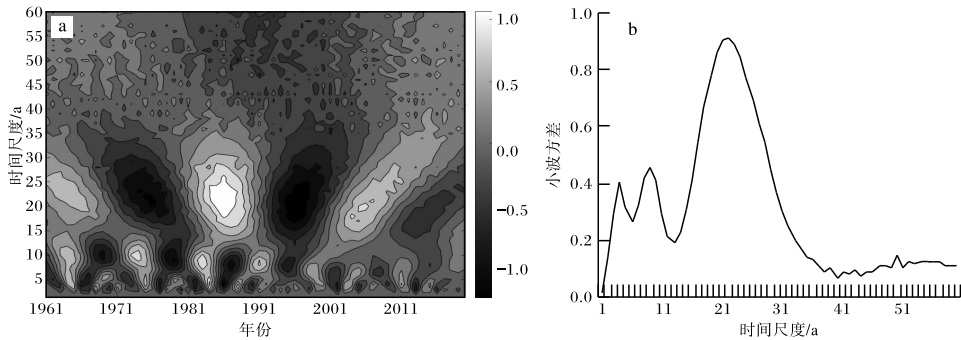


图 4 1961—2020 年鄂邑区年降水量的小波实部(a)等值线和小波方差(b)

3.2 季降水量变化特征分析

在分析时段内,鄂邑区春、夏、秋、冬四季平均降水量分别占年平均降水量的 23.6%、39.5%、33.0%和 3.9%。一年四季当中,夏季降水量最多,秋季较多,冬季最少。夏秋两季降水量共占全年的 72.5%,冬季降水量显著少于春夏秋三季,与季风区降水季节分布特征吻合。

3.2.1 季降水量变化趋势 鄂邑区春季平均降

水量为 151.3 mm,1987 年最多为 295.8 mm,2000 年最少为 61.4 mm,春季降水量最多年份是最少年份的 4.82 倍。由各季降水量年代际变化(表 1)可以看出:1960 年代和 1970 年代,春季降水偏多;从 1980 年代至 2010 年代,春季降水持续偏少。1960 年代春季降水异常偏多,降水距平百分率达 28.7%;少雨期出现在 2000 年代,降水距平百分率为-25.9%。

表 1 1961—2020 年鄂邑区不同季节降水量年代际降水距平和降水距平百分率

年份	春季		夏季		秋季		冬季	
	降水距平 /mm	降水距平 百分率/%	降水距平 /mm	降水距平 百分率/%	降水距平 /mm	降水距平 百分率/%	降水距平 /mm	降水距平 百分率/%
1961—1970	43.5	28.7	-37.0	-14.6	23.4	10.9	-1.4	-5.7
1971—1980	9.2	6.1	-51.3	-20.2	-16.2	-7.6	2.3	9.1
1981—1990	-5.2	-3.4	50.4	19.8	4.2	2.0	0.1	0.2
1991—2000	-4.5	-2.9	-13.0	-5.1	-46.2	-21.5	-5.3	-21.0
2001—2010	-39.1	-25.9	42.4	16.7	-3.7	-1.7	5.8	22.8
2011—2020	-3.7	-2.4	8.8	3.5	38.6	17.9	-1.4	-5.5

从季降水量年际变化(图 5)可以看出,春季降水量呈波动减少趋势,降水量的气候倾向率为-10.550 mm/10 a,并通过了 0.01 的显著性检验,与邱海军分析的西安市春季降水量呈显著下

降趋势,其他季节和年降水量线性变化趋势不明显结论一致^[5]。1960 年代到 1970 年代中期为多雨期并震荡减少,1970 年代中后期到 1980 年代中期为少雨期并持续震荡,1980 年代中后期降水

量大幅震荡并处于多雨期,1990年代降水震荡减少,2000—2008年降水量在最低值徘徊,平均降水量为92.5 mm,比春季平均降水量少6.3成,

处于春季严重干旱时段。2009年后春季降水量先震荡增加,近3 a又明显减少。

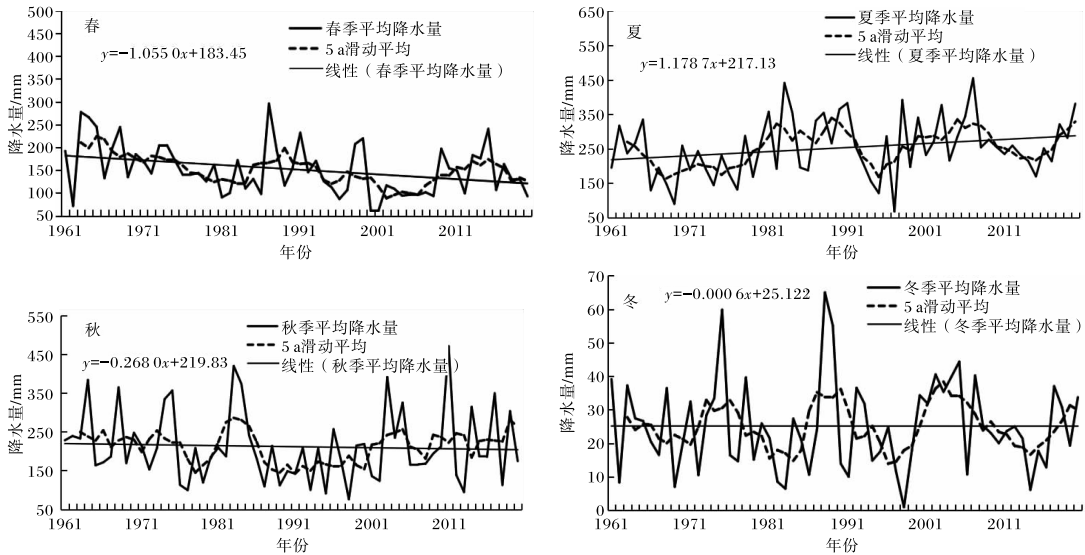


图5 1961—2020年鄂邑区春、夏、秋、冬季降水量变化

夏季降水量的平均值为253.1 mm,占年平均降水量的39.7%,对于年降水量的贡献最大。最大值出现在2007年,降水量为454.6 mm;最小值出现1997年,降水量仅为68.1 mm。由表1可知,夏季降水在1960年代、1970年代和1990年代偏少,1980年代、2000年代和2010年代偏多。1960年代和1970年代降水明显偏少,处于干旱少雨期;而1980年代和2010年代降水明显偏多,处于多雨期。

由图5可知,夏季降水量整体呈较明显增多趋势,气候倾向率为11.787 mm/10 a,但未通过0.05的显著性检验。进一步分析发现,夏季降水总日数,中雨、大雨和暴雨各量级降水日数呈增多趋势,而小雨日数呈减少趋势(图略)。中雨日数增多较为显著,通过了0.10的显著性检验。与卢珊等分析的陕西夏季不同等级降水时空变化特征中小雨在全省大部呈下降趋势,中雨在陕北北部、关中大部及陕南东部呈增加趋势,大雨和暴雨在全省大部增加结论一致^[10]。

60 a中,夏季共出现暴雨日31 d,其中6月4 d,7月12 d,8月15 d。一年当中夏季暴雨日数最多,占全年暴雨总日数的56.4%。60 a中有26 a

出现暴雨,占比为43.3%。暴雨过程中,出现2个暴雨日的频率为19.2%,出现1个暴雨日的频率为80.8%。有5 a出现2个暴雨日,且暴雨雨量占当年夏季总雨量的比例均超过30%,其中1991年占比达到55.3%。1991年7月28日,鄂邑站出现1次大暴雨天气过程,日降水量高达130.4 mm,也是该站历史上唯一的一次大暴雨天气过程。

秋季平均降水量为211.7 mm,占年平均降水量的33.0%,对于年降水量的贡献较大,仅次于夏季。秋季降水量与年降水量之间的相关系数为0.73,通过了0.01显著性检验,说明秋季降水量与年降水量呈显著的正相关关系。秋季降水量年际波动较大,最大值为470.4 mm,出现在2011年,最小值为76.1 mm,出现在1998年,最大值与最小值相差394.3 mm。秋季在1960年代、1980年代和2010年代为多雨期,21世纪近10 a降水明显增多,进入多雨期。1970年代、1990年代和2000年代总体处于少雨期,尤其是1990年代降水距平百分率为-21.5%,处于严重干旱期。符合白虎志等分析的华西秋雨气候特征^[11]。

由图5可看出,近60 a鄂邑区秋季降水量总

体呈减少趋势,气候倾向率为 $-2.680\text{ mm}/10\text{ a}$,但未通过 0.05 显著性检验。进一步分析秋季总降水日数和各量级降水日数的年际变化(图略),无论是秋季降水总日数,还是小雨、中雨、大雨各量级降水日数均呈减少趋势,其中中雨日数减少趋势最为明显,通过 0.05 显著性检验。只有暴雨日数呈略增加趋势。近 60 a 秋季共出现暴雨日 19 d ,占全年暴雨总次数的 34.6% ,其中 $9\text{月}16\text{ d}$, $10\text{月}3\text{ d}$ 。 $2001\text{—}2020$ 年暴雨日出现 12 d ,占比为 63.2% 。

冬季平均降水量为 25.1 mm ,最大值出现在 1988 年,为 65.0 mm ,最小值出现在 1998 年,仅 0.9 mm 。由冬季降水的年代际变化可以看出,冬季降水在 2000 年代异常偏多,而在 1990 年代为异常偏少。由图5可知,冬季降水量出现了“多—少”的循环变化,气候倾向率为 $0.006\text{ mm}/10\text{ a}$,冬季降水量没有明显的变化趋势。

3.2.2 季降水量突变分析 图6为鄂邑区近 60 a

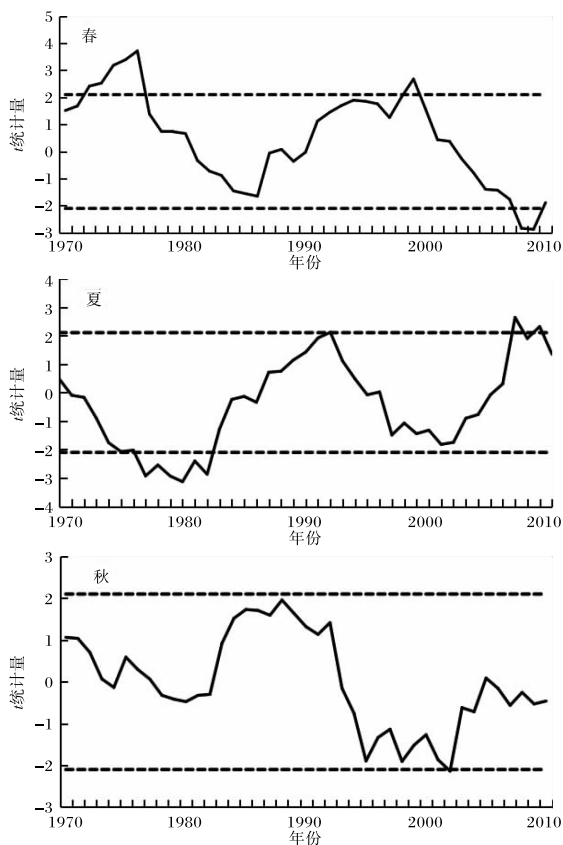


图6 1961—2020年鄂邑区春、夏、秋季降水量滑动 t 检验(虚线为 0.05 显著性水平临界线)

季节降水量 10 a 滑动 t 检验图。可以看出,春季降水量出现了 4 次转折点,分别是 1976 、 1986 、 1999 、 2009 年, 1976 年和 1999 年为降水偏多年转为降水偏少年, 1986 年和 2009 年为降水偏少年转为降水偏多年。

夏季与秋季降水量相同,出现了 3 次转折点,分别是 1982 、 1992 、 2002 年, 1992 年为降水偏多年转为降水偏少年, 1982 年和 2002 年为降水偏少年转为降水偏多年。

3.2.3 季降水量周期变化分析 从鄂邑区各季降水量小波方差图(图7)可知,春季降水量存在 24 a 的主震荡周期和 4 a 、 12 a 的次震荡周期,夏季降水量存在 22 a 的主震荡周期和 9 a 、 3 a 的次周期,秋季降水量存在 10 a 的主震荡周期和 20 a 、 48 a 的次周期,冬季降水量存在 15 a 的主震荡周期和 4 a 的次周期。

4 结论

采取线性回归法、滑动 t 检验和小波分析法分析了西安市鄂邑区 $1961\text{—}2020$ 年近 60 a 的年 and 季节降水变化特征,得到以下结论。

(1)年降水量呈波动减少趋势,线性倾向率为 $-1.318\text{ mm}/10\text{ a}$,但变化趋势不显著。 1992 年降水由多雨年转为少雨年, 2002 年由少雨年转为多雨年。年降水量存在 4 a 、 9 a 和 22 a 三个震荡周期, 22 a 周期是降雨量变化的第一主震荡周期。

(2)一年当中,夏季降水量最多,秋季较多,春季次之,冬季最少。降水主要出现在夏秋两季,占年平均降水量的 72.5% ;冬季降水量显著低于春夏秋三季,季平均降水量仅为 25.1 mm ,占年平均降水量的 3.9% 。

(3)季降水量变化趋势为:春季呈显著的下降趋势,夏季呈较明显增加趋势,秋季呈减少趋势,冬季没有明显变化趋势。

(4)夏、秋两季降水量出现了 3 次转折,分别是 1982 、 1992 、 2002 年;春季降水量出现了 4 次转折点,分别是 1976 、 1986 、 1999 、 2009 年。

(5)春季、夏季、秋季和冬季降水量分别存在 24 a 、 22 a 、 10 a 和 15 a 的主震荡周期。

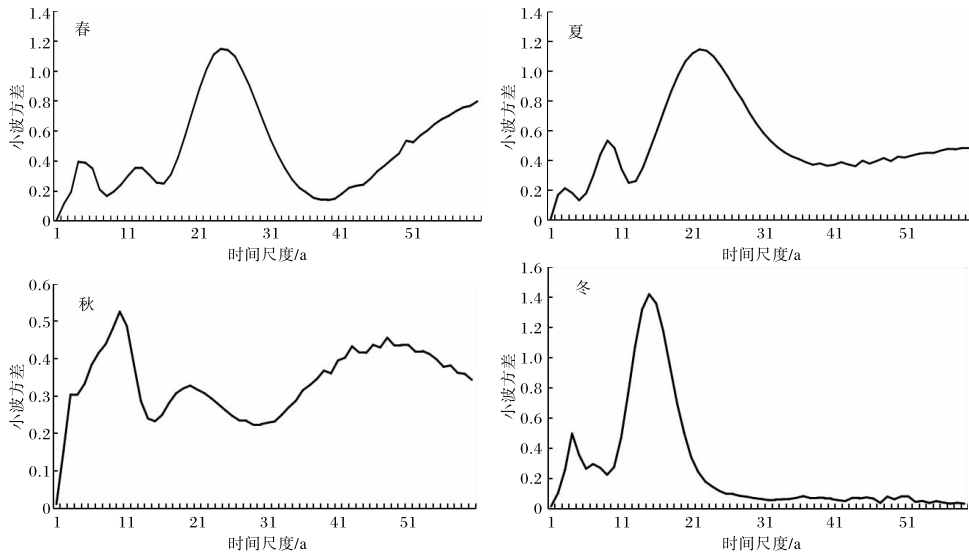


图7 1961—2020年鄠邑区各季降水量小波方差图

参考文献:

- [1] 徐秀娟,蒋俊. 陕西关中西部农作物生长季近70年旱涝指数分析:以杨凌为例[J]. 干旱地区农业研究,2001,19(3):59-63.
- [2] 高艳萍. 运城市近46年作物生长季降水变化及农业旱涝特征分析[J]. 陕西气象,2020(4):34-39.
- [3] 苏进飞,高雪娇. 1951—2017年榆林市区夏季降水量年际变化特征分析[J]. 陕西气象,2020(2):30-33.
- [4] 杨新. 西安市降水频率变化特征分析[J]. 自然灾害学报,2011,20(4):60-65.
- [5] 邱海军,曹明明,曾彬. 基于小波分析的西安降水时间序列的变化特征[J]. 中国农业气象,2011,32(1):23-27.
- [6] 李劲彬,魏雨露. 西安市降水变化特征分析[J]. 海河水利,2019(6):9-12.
- [7] 张高健,曹梅,仇娜,等. 西安市近50年降水时空变化特征分析[J]. 江西农业学报,2022,34(6):126-130.
- [8] 降水量等级:GB/T 28592—2012[S].
- [9] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 3版. 北京:气象出版社,2022.
- [10] 卢珊,王百朋,张宏芳,等. 基于中国降水格点数据集的陕西夏季不同等级降水时空变化特征分析[J]. 陕西气象,2022(2):18-23.
- [11] 白虎志,董文杰. 华西秋雨的气候特征及成因分析[J]. 高原气象,2004,23(6):884-889.