

平坝区近61年汛期降水特征分析

胡伟¹, 胡秋红², 刘思洋², 夏阳³, 曾妮²

¹贵州省平坝区气象局, 贵州 安顺

²贵州省安顺市气象局, 贵州 安顺

³贵州省六盘水市气象局, 贵州 六盘水

收稿日期: 2022年8月15日; 录用日期: 2022年9月12日; 发布日期: 2022年9月16日

摘要

利用1961~2021年平坝区逐月降水资料, 采用趋势分析、线性回归、滑动平均、Morlet小波分析等方法分析了平坝区近61年各月降水和汛期(5~9月)降水变化特征。结果表明: 平坝区年降水量的变异系数为17%, 但是不同月份的降水量变异系数差异较大, 近61年来平坝区汛期5月份降水量分布比较均匀, 6~8月份降水量分布比较分散, 其中9月份降水量最为分散。汛期降水总体呈上升趋势, 且近61年来汛期降水基本集中在5、6、7月。在汛期5个月中, 除5月、8月的平均降水量呈减少趋势外, 其余各月均呈上升趋势。汛期降水周期性变化明显, 存在着一个长周期22~24年的和10年以下的短周期, 10年以下的短周期强度要明显低于长周期活动强度。

关键词

汛期, 降水量, 变化特征, 平坝区

An Analysis of the Characteristics of Precipitation for the Past Sixty-One Years in Pingba District

Wei Hu¹, Qihong Hu², Siyang Liu², Yang Xia³, Ni Zeng²

¹Meteorological Bureau of Pingba, Anshun Guizhou

²Meteorological Bureau of Anshun, Anshun Guizhou

³Meteorological Bureau of Liupanshui, Liupanshui Guizhou

Received: Aug. 15th, 2022; accepted: Sep. 12th, 2022; published: Sep. 16th, 2022

Abstract

Based on the monthly precipitation data of Pingba area from 1961 to 2021, the variation characte-

istics of monthly precipitation and flood season (May to September) precipitation in Pingba area in the past sixty-one years are analyzed by means of trend analysis, linear regression, moving average and Morlet wavelet analysis. The results show that the variation coefficient of the annual precipitation in Pingba district is 17%, but the variation coefficient of the precipitation in different months is quite different. In the past sixty-one years, the precipitation in May of the flood season in Pingba district is relatively uniform, and the precipitation in June to August is relatively scattered, of which the precipitation in September is the most dispersed. The precipitation in the flood season generally shows an upward trend, and the precipitation in the flood season in the past sixty-one years is mainly concentrated in May, June and July. In the five months of the flood season, the average precipitation in May and August showed a decreasing trend, while the average precipitation in other months showed an increasing trend. The periodic change of precipitation in flood season is obvious. There is a long period of 22~24 years and a short period of less than 10 years. The intensity of short period of less than 10 years is significantly lower than that of long period.

Keywords

Flood Season, Precipitation, Variation Characteristics, Pingba

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

降水量的时空分布会随着全球变暖而变化,王英等[1]发现随着气候的变暖,过去100年全球的降水呈现增加的趋势,近年来,越来越多学者研究贵州降水特征,研究表明,贵州省降水量空间分布不均,西南、东南偏多,西北偏少,且年降水量的年际变化主要周期为28a[2]。贵州主汛期降水表现出明显的年代际变化特征,多年平均总降水量分布不均,呈现南多北少的趋势,总降水量大值区主要集中在贵州的西南部地区(六盘水市、安顺市中西部和黔西南州西部)[3]。贵州夏季降水也表现出明显的年际、年代际变化特征,具有2.8a左右的周期[4]。滨州市降水季节变化为单峰型,主峰在7月,汛期降水具有22~24年的长周期,不同时期还存在不同的周期[5]。汛期降水与全年降水相比,占比较高,汛期降水的变化影响也越来越大,异常的汛期降水是造成本地区旱涝灾害的主要原因[6][7][8][9]。

由于降水气候复杂,时空分布不均,针对安顺降水气候特征,杨忠明等[10]和肖媚等[11]都针对安顺市分析了多年的气温和降水变化,肖媚的安顺市近57年四季降水气温和降水变化特征中指出,平坝区春秋以及冬季降水呈减少趋势,夏季降水呈弱增多趋势,但整体两篇文章都没有针对汛期降水气候特征进行分析,本文是首次针对安顺市平坝区1961~2021年汛期的降水变化特征进行分析,希望对做好汛期气候预测有着一定意义。

2. 资料和方法

本文使用安顺市平坝区城区观测站1961~2021年1~12月月平均降水资料,重点分析汛期(5月~9月)月平均降水资料。气候平均值取平坝区城区观测站1991~2020年的平均值为基准。利用线性气候倾向趋势分析法、10年滑动平均分析平坝区汛期降水的年际变化特征,再用Morlet小波分析平坝汛期降水的周期变化。

本文采用的Morlet小波函数,利用其时频域局部性比较好的性质,取复数形式的Morlet小波作为母

小波函数, Morlet 小波表达式

$$\psi(t) = e^{ict} \left(e^{-t^2/2} - \sqrt{2}e^{-c^2/4}e^{-t^2} \right)$$

相应的 Fourier 谱函数为

$$\hat{\psi}(c) = \sqrt{2\pi} \left(1 - e^{-c^2/4} \right)$$

其中, c 为常数, i 表示虚数

$\psi(t)$ 通过伸缩和平移构成一簇函数系:

$$\psi_{a,b}(t) = |a|^{-1/2} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right), a \in R, b \in R, a \neq 0$$

$\psi_{a,b}(t)$ 为子小波, 式子中反映小波的周期为 a ——尺度因子; 反映时间上的平移为 b ——时间因子。

3. 平坝区总降水量特征

分析汛期降雨量之前, 先分析平坝区近 61 年各月平均降水及年平均降水变异系数, 具体统计结果见表 1。

由表 1 可知, 年降水量的变异系数为 17%, 表明平坝区近 61 年来年降水量分布比较均匀, 但是不同月份的降水量变异系数较大, 尤其是 1 月、2 月、4 月、11 月、12 月变异系数都大于等于 60%, 说明不同年份这几个月降水量不稳定, 波动较大。

汛期除了 5 月、6 月、8 月降水变异系数在 37%~48%之间, 7 月、9 月高于 50%, 说明不同年份的这两个月降水量差异较大, 分布不均, 其中 5 月份降水变异系数较小为 37%, 表明近 61 年来平坝区汛期 5 月份降水量比较稳定, 波动较小, 6 月、8 月变异系数为 41%和 48%, 8 月大于 45%, 说明降水量也相对比较分散, 不同年份这个月降水量差别也较大。

Table 1. Variation of precipitation variation coefficient

表 1. 降水变异系数变化表

月份	1	2	3	4	5	6
月平均	25.09	23.94	35.98	91.02	183.91	269.30
标准差	15.86	17.18	19.48	54.18	67.43	111.12
Cv	0.63	0.72	0.54	0.60	0.37	0.41
月份	7	8	9	10	11	12
月平均	205.34	159.87	114.81	99.96	45.24	23.00
标准差	110.19	76.12	67.41	52.52	29.95	14.35
Cv	0.54	0.48	0.59	0.53	0.66	0.62
年平均	106.45		标准差	17.9	Cv	0.17

4. 平坝区汛期降水分布特征

4.1. 汛期降水量基本特征

平坝区 1961~2021 年汛期的平均降水量为 933.2 mm, 与全年总降水量(1277.5 mm)相比, 占比高达

73.1%。汛期降水量最少为 481 mm，为 2011 年，降水偏少 50%。最多降水量为 1500.8 mm，为 2014 年，降水明显偏多 56%，图 1 给出了平坝区 1961~2021 年汛期降水量的趋势变化结果，发现近 61 年来平坝区汛期降水量总体上呈上升趋势，线性趋势变化比较明显，变化趋势为 11 mm/10a。从其 5a 滑动平均曲线可以看出，在 60 年代降水变化幅度较小，70 年代降水明显偏多，80 年代降水变化幅度较小，总体偏少，90 年代降水偏多，21 世纪 00 年代降水呈波动变化，总体偏少，为明显少雨年代，10 年代波动较小，但降水总体偏多。从降水的距平年际变化来看，明显偏少年份为 1961、1981、2003、2006、2009、2011、2013、2016 年，明显偏多年份为 2014 年(以距平百分率的绝对值 $\geq 30\%$ 统计)。

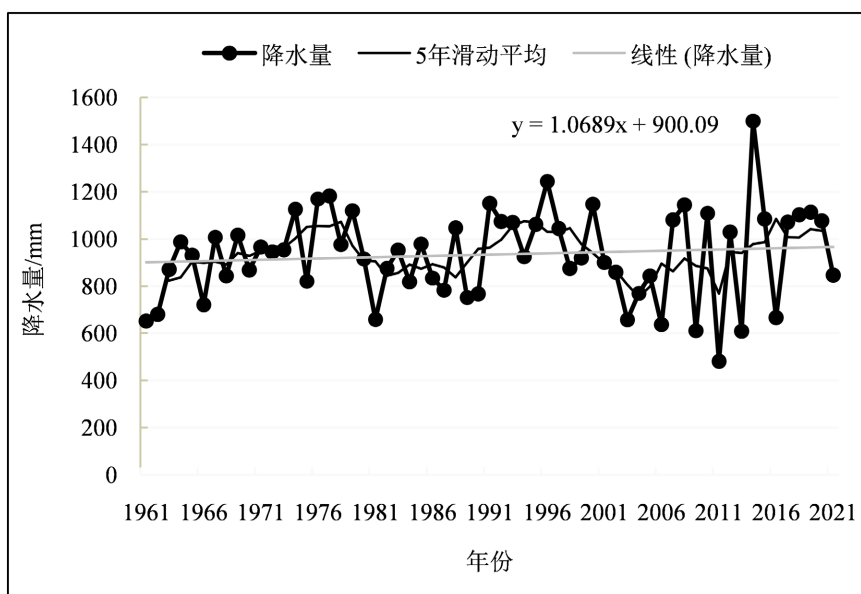


Figure 1. Variation of precipitation in flood season in Pingba district from 1961 to 2021

图 1. 平坝区 1961~2021 年汛期降水量变化图

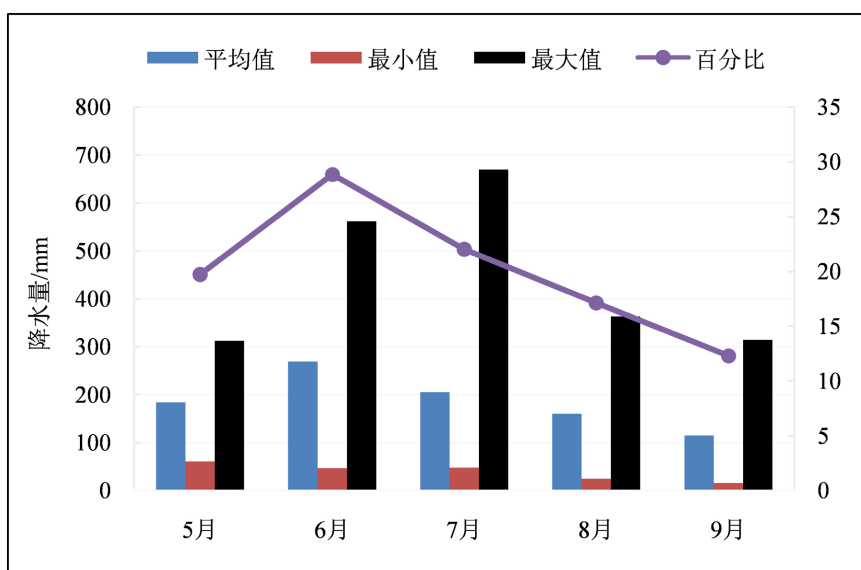


Figure 2. Precipitation distribution in Pingba region from May to September

图 2. 平坝区 5~9 月降水量分布图

4.2. 汛期降水量月分布

由图 2 可知, 平坝区降水相对偏少的是 8 月、9 月, 平均降水量分别为 159.9 mm、114.8 mm, 与汛期降水量相比, 分别占比 17.1% 和 12.3%。降水明显偏多的是 5、6、7 月, 平均降水量分别为 183.9 mm、269.3 mm、205.3 mm, 其 6 月降水为最多, 与汛期降水量相比, 占比 28.9%, 5 月、7 月略少, 各占 19.7%、22%。由此可知, 5 月、6 月、7 月是平坝区雨水集中时段。同时可以看到, 平坝区月降水量分布的年际变化较大, 最少的时候为 15.9~60.3 mm, 最多为 312.4~669.5 mm, 月降水量最大值和最小值之间相差 252.1~621.9 mm。汛期降水最少月的降水量为 15.9 mm, 出现在 1996 年 9 月, 最大月的降水量为 669.5 mm, 出现在 1991 年 7 月。由此可以了解汛期降水量的多寡, 可以造成平坝区汛期旱涝灾害交替发生。

4.3. 汛期各时段降水特征分析

4.3.1. 5 月降水量趋势分析

平坝区汛期 5 月平均降水量为 183.9 mm, 占汛期总降水量 993.2 mm 的 19.7%, 图 3 可看出 5 月降水最多的年份是 1975 年, 降水量达到了 312.4 mm, 明显偏多 73%, 降水最少年份为 1987 年, 降水量为 60.3 mm, 明显偏少 66.6%, 5 月份降水明显偏多的年份 1963、1972、1975、1976、1985、1996、2000、2008、2018 年, 明显偏少年份 1987 年(以距平百分率绝对值 $\geq 50\%$ 统计, 下同)。从图 3 可以看出, 近 61 年平坝区 5 月份降水量呈下降趋势, 降水量变化趋势为 $-0.28 \text{ mm}/10\text{a}$, 60 年代前期增多后期减少, 70 年代降水偏多, 80 年代到 90 年代降水偏少, 21 世纪前期降水再次偏多, 2006 年以后降水波动性明显偏小。

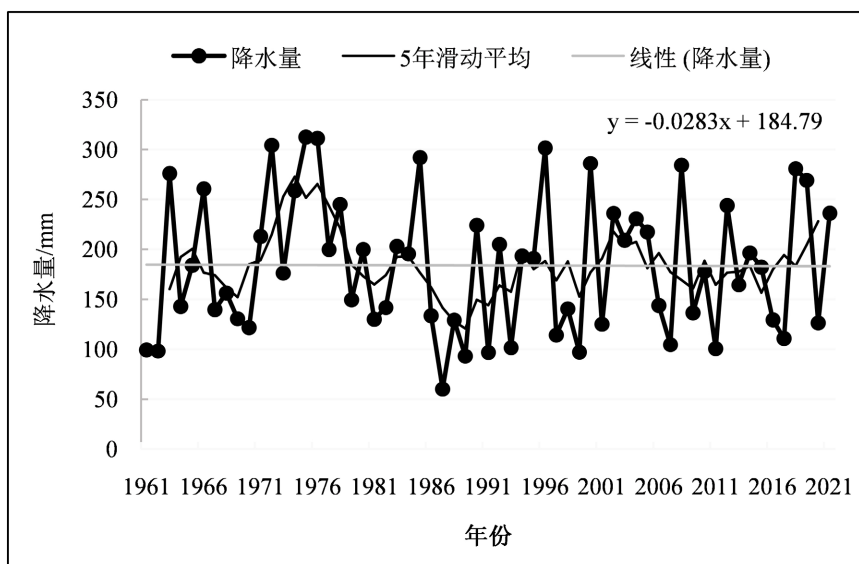


Figure 3. Trend change of precipitation in Pingba district from 1961 to 2021 in May
图 3. 平坝区 1961~2021 年 5 月降水量趋势变化

4.3.2. 6 月降水量趋势分析

平坝区汛期 6 月平均降水量为 269.3 mm, 占汛期总降水量 993.2 mm 的 28.9%, 图 4 可看出 6 月降水最多的年份是 1977 年, 降水量达到了 561.7 mm, 明显偏多 93.3%, 降水最少年份为 1961 年, 降水量为 46.1 mm, 异常偏少 84.1%, 6 月份明显降水偏多的年份 1977、1992、1996、2007、2005、2017、2019 年, 明显偏少年份 1961、1963、1970、1975、1981、1984、1987、2004、2008 年。从图 4 可以看出, 近 61 年平坝区 6 月份降水量呈上升趋势, 降水量变化趋势为 $13.3 \text{ mm}/10\text{a}$, 60~70 年代降水偏多, 80 年代

降水偏少, 90 年代降水再次增多, 21 世纪 00 年代一直减少, 10 年代后期开始一直增多, 6 月份降水波动性明显大于 5 月份。

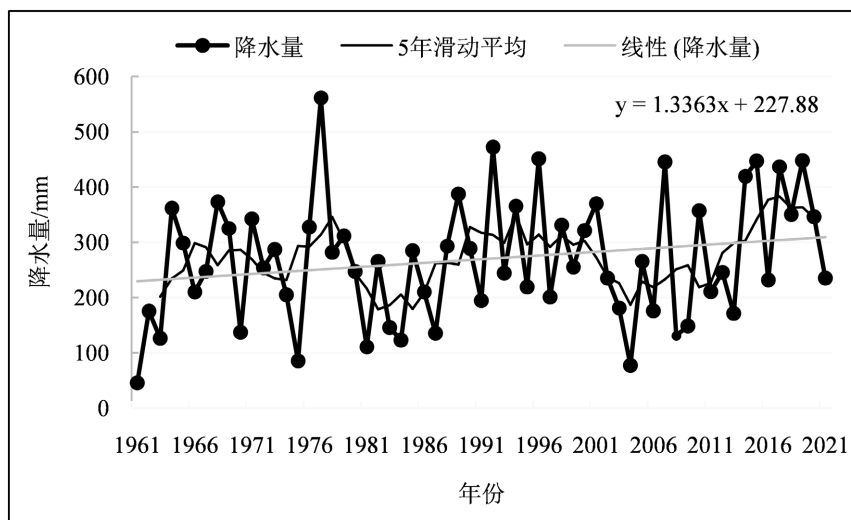


Figure 4. Trend change of precipitation in Pingba district from 1961 to 2021 in June
图 4. 平坝区 1961~2021 年 6 月降水量趋势变化

4.3.3. 7 月降水量趋势分析

平坝区汛期 7 月平均降水量为 205.3 mm, 占汛期总降水量 993.2 mm 的 22.0%, 图 5 可看出 7 月降水最多的年份是 1971 年, 降水量达到了 669.5 mm, 异常偏多 186.1%, 降水最少年份为 2013 年, 降水量为 47.6 mm, 异常偏少 79.7%, 7 月份明显降水偏多的年份 1963、1979、1991、1999、2014 年, 明显偏少年份 1962、1966、1971、1972、1975、1988、1989、2011、2013、2015、2016、2018、2020 年。从图 5 可以看出, 近 61 年平坝区 7 月份降水量呈上升趋势, 降水量变化趋势为 0.72 mm/10a, 60~70 年代中期降水偏少, 70 年代中期到 80 年代上下波动较小, 90 年代降水增多, 21 世纪 00 年代降水波动明显偏小, 10 年代开始降水开始偏少。

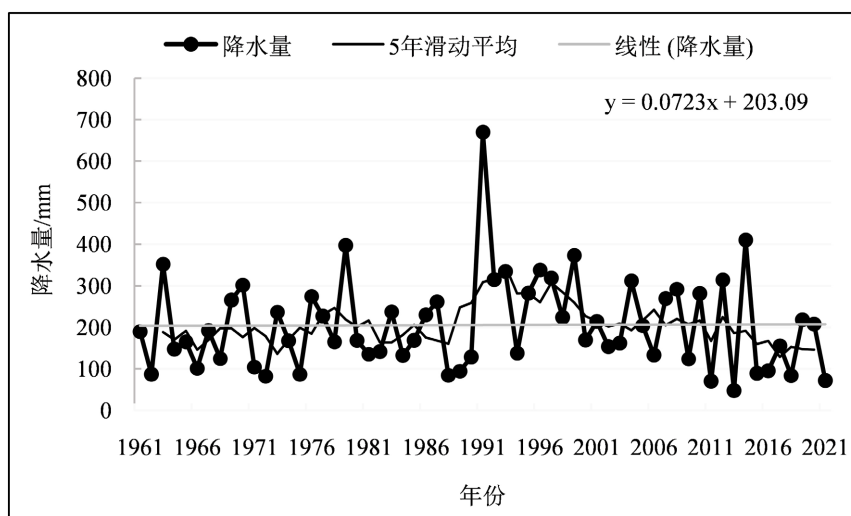


Figure 5. Trend change of precipitation in Pingba district from 1961 to 2021 in July
图 5. 平坝区 1961~2021 年 7 月降水量趋势变化

4.3.4. 8月降水量趋势分析

平坝区汛期8月平均降水量为159.9 mm, 占汛期总降水量993.2 mm的17.1%, 图6可看出8月降水最多的年份是1974年, 降水量达到了362.5 mm, 异常偏多142.8%, 降水最少年份为2003年, 降水量为24.1 mm, 异常偏少83.9%, 8月份明显降水偏多的年份1961、1962、1964、1965、1969、1974、1980、1988、1993、1995、2000、2008、2014、2015、2017年, 明显偏少年份1963、1972、1990、1992、2003、2011、2019年。从图6可以看出, 近61年平坝区8月份降水量呈下降趋势, 降水量变化趋势为5.4 mm/10a, 60~70年代波动变幅小, 80年代前期降水偏多, 20年代后期到90年代前期降水减少, 90年代后期波动变幅减小, 21世纪00年代再次减少, 10年代降水开始增多。

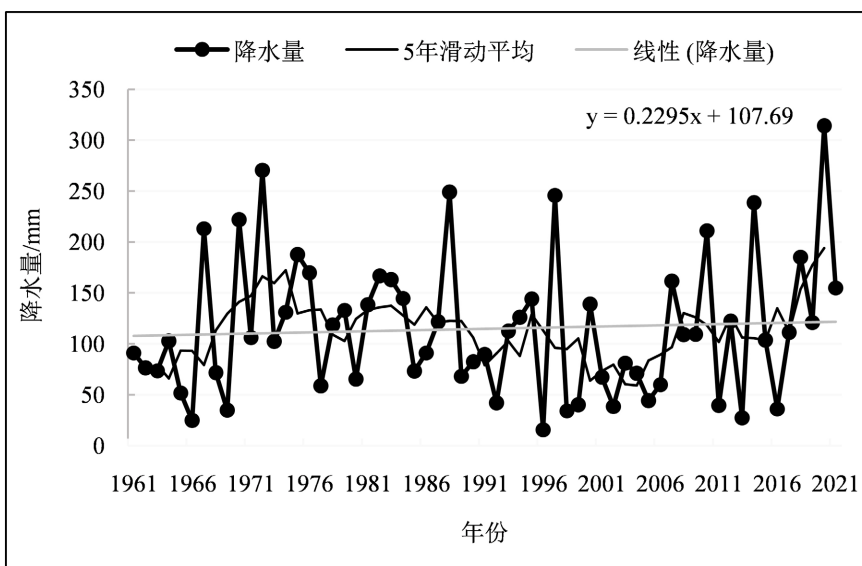


Figure 6. Trend change of precipitation in Pingba district from 1961 to 2021 in August
图6. 平坝区1961~2021年8月降水量趋势变化

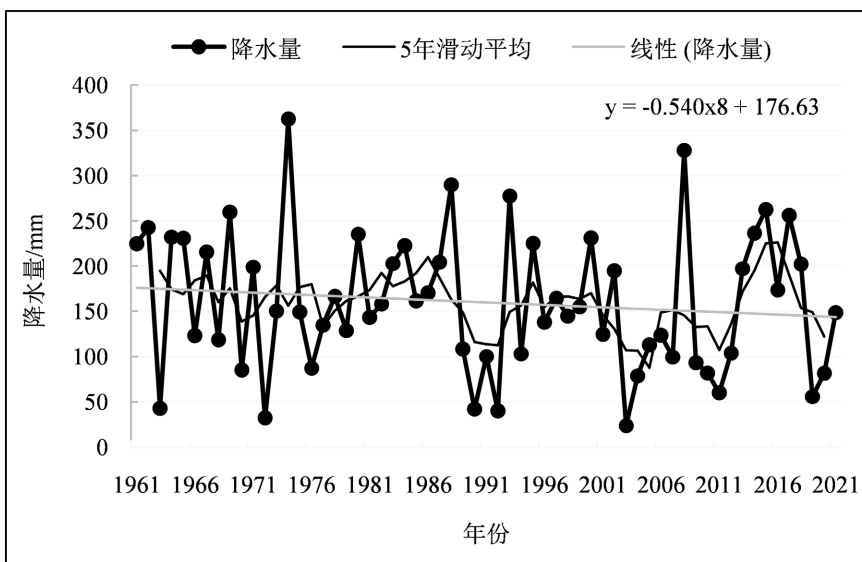


Figure 7. Trend change of precipitation in Pingba district from 1961 to 2021 in September
图7. 平坝区1961~2021年9月降水量趋势变化

4.3.5.9 月降水量趋势分析

平坝区汛期9月平均降水量为114.8 mm, 占汛期总降水量993.2 mm的12.39%, 图7可看出9月降水最多的年份是2020年, 降水量达到了314.1 mm异常偏多189.8%, 降水最少年份为1996年, 降水量为15.9 mm, 异常偏少85.3%, 9月份明显降水偏多的年份1967、1970、1972、1975、1976、1982、1983、1988、1997、2010、2014、2018、2020年, 明显偏少年份1965、1966、1969、1992、1996、1998、1999、2002、2005、2011、2013、2016年。从图3可以看出, 近61年平坝区6月份降水量呈上升降趋势, 降水量变化趋势为13.3 mm/10a, 60年代降水偏少, 70~80年代降水偏多, 90年代到21世纪00年代中期降水再次偏少, 00年代后期~10年代中期降水波动变幅明显减小, 10年代后期开始降水开始增多。

5. 平坝区汛期降水量小波分析

由图8可见, 经过对平坝区近61年汛期降水的活动周期进行分析发现, 无论是小波分析还是功率谱分析, 平坝区汛期降水有稳定的22~24年的长周期和10年以下的短周期, 除此之外, 小波分析显示10年以下的短周期强度要明显低于长周期活动强度。

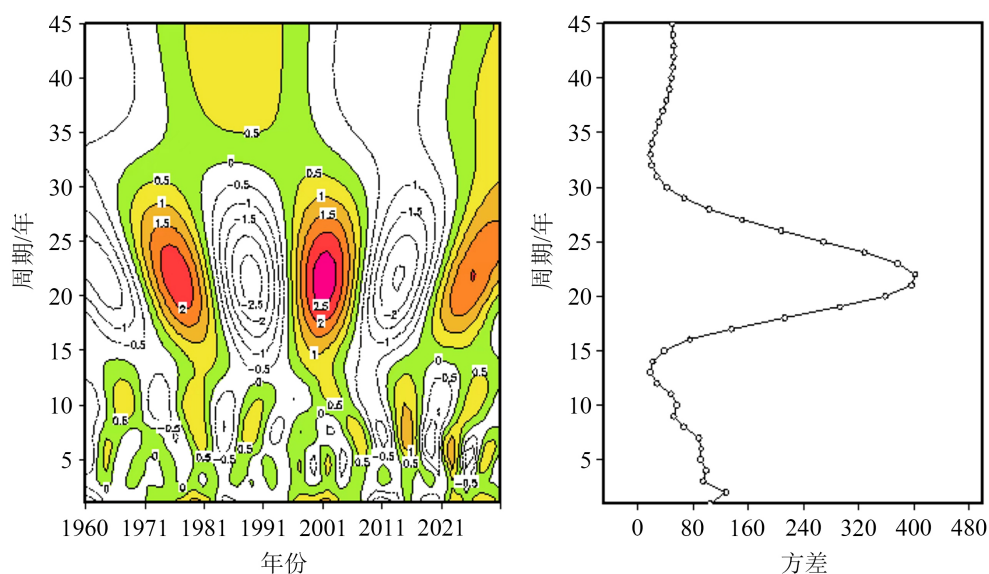


Figure 8. Distribution diagram and variance of Morlet wavelet transform coefficient of precipitation in flood season of Pingba district in recent sixty-one years

图8. 平坝区汛期近61年汛期降水 Morlet 小波变换系数分布图和方差

6. 结论

本文通过对平坝区近61年汛期降水特征研究分析, 结果表明:

- 1) 平坝区年降水量的变异系数为17%, 但是不同月份的降水量变异系数差异较大, 近61a来平坝区汛期5月份降水量分布比较均匀, 6~8月份降水量分布比较分散, 其中9月份降水量最为分散。
- 2) 汛期降水总体呈上升趋势, 且近61a来汛期降水主要集中在5~7月, 在防汛工作中应着注意汛期前三个月。
- 3) 通过对平坝区近61a来汛期各月降水特征分析, 在汛期5个月中, 除5月、8月的平均降水量呈减少趋势外, 其余各月均呈上升趋势。
- 4) 汛期降水周期性变化明显, 从 Morlet 小波分析主要周期有稳定的22~24年的长周期和10年以下

的短周期, 10 年以下的短周期强度要明显低于长周期活动强度。

参考文献

- [1] 王英, 曹明奎, 陶波, 等. 全球气候变化背景下中国降水量空间格局的变化特征[J]. 地理研究, 2006, 25(6): 1031-1040.
- [2] 李勇, 刘秀明, 王世杰, 等. 1961-2017 年贵州降水时空变化特征[J]. 水土保持研究, 2019, 26(6): 145-150.
- [3] 孔德璇, 杨春燕, 刘莉娟, 等. 近 40a 贵州主汛期降水时空变化及其异常年低频特征分析[J]. 中低纬山地气象, 2018, 42(5): 14-19.
- [4] 伍红雨, 王谦谦. 近 49 年贵州降水异常的气候特征分析[J]. 高原气象, 2003, 22(1): 65-70.
- [5] 王立静, 魏敏, 王凤娇, 等. 近 50 年滨州市汛期降水特征分析及年际年代际差异[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(31): 15333-15335.
- [6] Han, J.C., Zhou, S.W., Wang, C.H., *et al.* (2010) Analysis on the Variation Characteristics of Precipitation in North China during Recent 30 Years. *Meteorological and Environmental Research*, **1**, 16-19+24.
- [7] 张凌云, 覃峥嵘, 李家文. 近 58 年柳州市汛期降水特征分析[J]. 气候研究与应用, 2009, 30(3): 8-11.
- [8] 周大杰, 张明珠, 俞烜, 等. 岷江流域汛期降水时空特征研究[J]. 水文, 2009, 29(4): 26-29+33.
- [9] Cheng, Z. (2011) Establishment of Statistical Model for Precipitation Prediction in the Flood Season in China. *Meteorological and Environmental Research*, **2**, 1-3.
- [10] 杨忠明, 陈贞宏. 安顺市近 45a 变化气候变化分析[J]. 贵州气象, 2008, 32(2): 6-9.
- [11] 肖媚, 李启芬, 杨芴, 等. 安顺市近 57 年四季气温和降水变化特征[J]. 气象科技进展, 2020, 10(5): 30-32+41.