

# 绥江县 1961~2023 年降水变化特征分析

田琦 黄家琦<sup>(通讯作者)</sup>

云南省绥江县气象局, 云南省昭通市, 657700;

**摘要:** 本文采用绥江县 1961 年至 2023 年共 63 年的月降水量数据, 运用距平分析法、Mann-kenndall 突变检验法及小波分析法研究绥江县 1961 年至 2023 年年际及各季降水的变化趋势、周期变化和突变时间。结果表明: 1961 年至 2023 年绥江县降水量总体呈下降趋势, 春秋两季降水表现为年际波动, 夏季呈下降趋势, 冬季呈上升趋势; 降水在 2000 年后表现为小尺度周期震荡增强, 降水年际波动将持续, 夏季降水同时受大尺度年代际波动和小尺度年际波动影响, 极端天气风险提升。

**关键词:** 降水变化特征; 距平分析; Mann-kenndall 突变检验; 小波分析

**DOI:** 10.69979/3041-0673.26.05.096

## 前言

降水量的时空变化对农业生产、自然灾害的预警和防控、水资源规划等方面有重要影响, 许多学者对降水量的时间和空间变化规律进行了研究。周牡丹<sup>[1]</sup>等研究表明株洲市在 59 年时段内降水量总体呈增加趋势, 降水量存在 20 年、10 年、5 年的主周期; 王晓艳<sup>[2]</sup>研究发现濮阳市年降水量的变化趋势是逐年递减的, 降水量在 1963、2000、2005 年突变明显, 尤其是 2012 年, 濮阳市年平均降水量突变特征明显; 宋杨<sup>[3]</sup>等研究发现 60 年来达州市城区降水量呈弱上升趋势, 年际和各季降水均存在较大尺度上的周期变化, 第一主周期在 25 年左右, 存在降水的丰枯交替变化, 其他时间尺度上, 降水周期多集中在 5~15 年。

绥江县位于云南东北部, 昭通市北缘, 地处金沙江河谷, 地势南高北低, 山高谷深, 地表起伏大, 属亚热带季风湿润气候, 年降水量充沛, 但季节分配不均, 海拔高差悬殊, 气候垂直差异变化明显。受气候变化和地形影响, 强对流天气、暴雨现象突出, 易引发山洪和地质灾害, 对半边红李子、竹子等当地特色农业也有不利影响。因此, 研究绥江县年际及各季降水的变化趋势、突变时间及降水周期变化对当地农业生产、经济发展及灾害预警和防控等方面具有重要意义。

## 1 资料和方法

### 1.1 资料

采用绥江县国家基本气象站 1961 年至 2023 年共 63 年的月降水量数据, 运用距平分析法、Mann-kenndall 突变检验法及小波分析法研究绥江县 1961 年至 2023 年年际及各季降水的变化趋势、突变时间及降水周期变化。本文季节指春季(3-5 月), 夏季(6-8 月), 秋季(9-11 月), 冬季(12 月-次年 2 月)。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 距平分析法

距平是指某一数据值与它的长期平均值之间的差值, 距平分析可以消除背景差异, 保证在同一背景下进行比较。本文采用 1961 年至 2023 年的年、季节降水量分别与 63 年的年降水量均值、季节降水量均值做距平, 绘制距平百分率随时间的变化图。公式为:

$$\bar{y}_i = y_i - \frac{1}{63} \sum_{i=1}^{63} y_i \quad (1.1)$$

#### 1.2.2 Mann-kenndall 突变检验法

Mann-kenndall 突变检验法广泛应用于环境科学、水文、气象等领域的非参数统计<sup>[4]</sup>, 该检验方法不要求数据服从特定的分布, 不受少数异常值影响, 可判断出序列变化趋势和突变区域。通过计算, 得出顺序列曲线 UF 和逆序列曲线 UB。当 UF>0 时, 表明该统计序列呈上升趋势, 反之, 则为下降趋势; 若曲线 UF 在临界值内变化, 说明降水量的变化趋势不明显; 当 UF 超越临界值时, 表示在 0.05 水平上上升或下降趋势显著; 当 UF 和 UB 曲线相交, 且交点在临界线之内, 则交点对应的时刻为该序列突变的时刻<sup>[3]</sup>。

#### 1.2.3 小波分析

小波分析是将信号表示为一组基函数的线性组合, 基函数是具有震荡性且能够快速衰减到零的一类函数。通过小波分析能够揭示降水序列中的周期变化和降水序列周期变化的时间点, 反映降水序列在不同时间尺度上的变化趋势。小波分析公式为:

$$w_{f(a,b)} = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \varphi\left(\frac{t-b}{a}\right) a \quad (1.2)$$

$Wf(a,b)$  为小波变换系数,  $a$  为尺度参数,  $b$  为平移参数,  $f(t)$  为原始时间序列,  $\varphi(t)$  为小波母函数。对原始时间序列去除趋势后采用 Morlet 小波分析法分析不同时间范围内的降水变化特征, Morlet 小波母函数公式为:

$$\varphi(t) = \pi^{-1/4} [\cos(\omega_0 t + i \sin(\omega_0 t)) e^{-t^2/2}] \quad (1.3)$$

$\varphi(t)$ 为小波母函数在时间  $t$  处的小波值,  $\pi^{-1/4}$  为归一化常数,  $\omega_0$  为无量纲频率常数,  $\cos(\omega_0 t)$  为小波的余弦分量,  $\sin(\omega_0 t)$  为小波的正弦分量,  $e^{-t^2/2}$  为高斯包络函数。

表 1 绥江县各年代平均降水量

年代	1961-1970年	1971-1980年	1981-1990年	1991-2000年	2001-2010年	2011-2020年
降水量平均值 (mm)	984.89	943.2	914.98	857.97	905.46	1010.11

### 2.2 年降水量变化趋势及突变分析

通过 Mann-kenndall 突变检验法对绥江县 63 年降水序列进行突变分析, 由图 1 可知, 1961 年至 1975 年 UF 值为负, 且未超出临界线, 说明该时段降水呈不显著的下降趋势, 1976 年 UF 值为正, 降水呈短暂上升趋势。1977 年至 2017 年 UF 值为负, 降水呈下降趋势, 其中 2003 年至 2005 年 UF 线超出临界线, 此段时间降水呈显著下降趋势。2016 年、2019 年至 2021 年呈上升趋势, 2017 年至 2018 年、2022 年至 2023 年呈下降趋势。UF 线与 UB 线在 2010 年相交, 但交点在临界线内, 无明显突变点。分析 1961 年至 2023 年年降水量距平百分率变化图可知, 绥江县降水量总体呈下降趋势, 但下降趋势不明显。

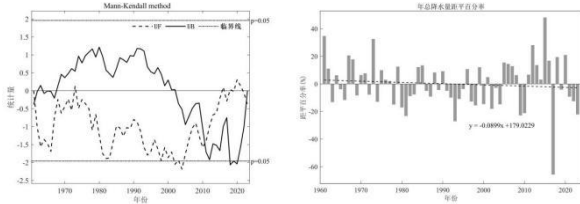


图 1 年降水量突变分析和距平趋势

### 2.3 季节降水量变化趋势及突变分析

绥江县属于季风气候, 干湿季分明, 降水分配不均, 在季节上变化明显。由图 3.2 可知, 春季降水略有增加, 但增幅很小, 变化不显著。夏季降水减少趋势突出, 可能增加干旱风险。秋季降水有所增加, 增幅高于春季但低于冬季, 可能缓解秋季干旱。冬季降水增加较为显著, 有助于冬季水资源储备。

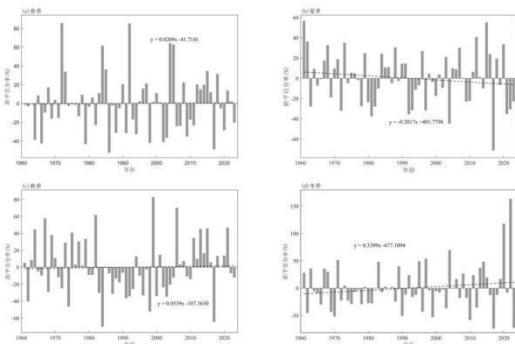


图 2 季节降水距平趋势

## 2 降水变化趋势及突变分析

### 2.1 年代降水量变化趋势

绥江县各年代降水量如表 3.1 所示, 绥江县降水量总体上呈减小趋势, 20 世纪 60 年代至 20 世纪 90 年代降水量呈下降趋势, 在 21 世纪降水量递增。

据图 3.3 分析可知, 春季 UF 曲线和 UB 曲线均未超出临界线, 整体无显著的上升或下降趋势, 波动特征明显, 虽然 UF 曲线和 UB 曲线存在多个交点, 未出现明显突变点, 降水变化无显著突变特征。夏季 UF 值为负, 呈下降趋势, 其中 1981 年至 1983 年 UF 曲线突破边界线, 呈显著下降趋势, UF 曲线和 UB 曲线存在多个交点, 但未出现明显突变点。秋季降水在 1961 年至 1963 年、1971 至 1978 年、1983 至 2015 年、2017 至 2018 年呈下降趋势, 其中 UF 曲线在 1991 至 2006 年期间多次突破临界线, 呈显著下降趋势, UF 曲线和 UB 曲线存在多个交点, 但未出现明显突变点。冬季降水在 1983 年前呈下降趋势, 1983 年后呈上升趋势, UF 曲线和 UB 曲线存在多个交点, 但未出现明显突变点。

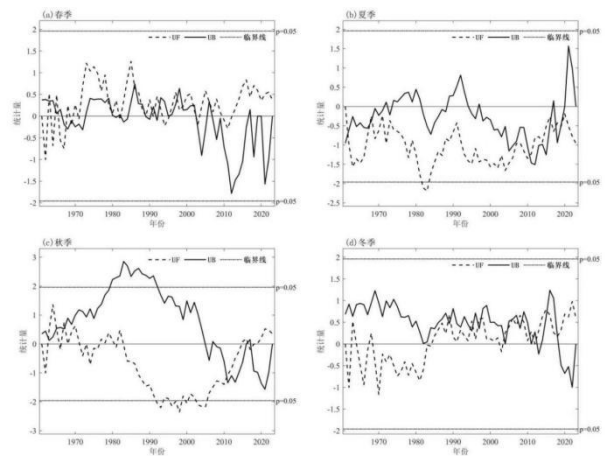


图 3 季节降水突变分析

结合图 3.2、图 3.3, 可知, 春秋两季降水变化趋势不明显, 表现为年际波动, 夏季降水变化特征较为明显, 呈下降趋势, 冬季降水则呈现上升趋势。冬季降水增加, 夏季降水减少, 可能导致降水资源季节分配不均, 旱涝事件风险上升。

## 3 降水周期特征分析

### 3.1 年降水周期特征分析

采用 Morlet 小波分析法, 对标准化的降水序列进行分析, 得到小波实部系数图, 如图 4.1、4.2 所示, 降水存在 5-10 年 (小尺度)、10-20 年 (中尺度)、20-30

年(大尺度)的周期变化,由图4.1可知,年降水存在3年、7年、13年变化周期,2001年后小尺度周期震荡加剧,小尺度周期成为主导,降水年际波动变显著。

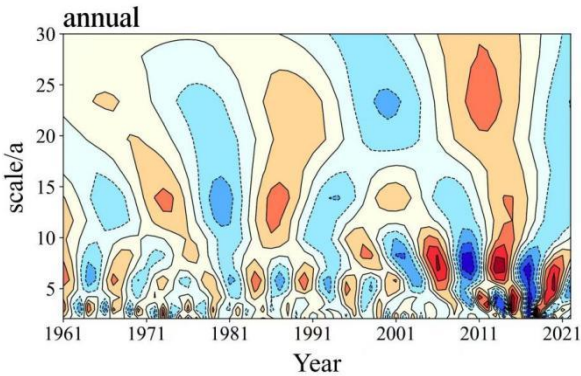


图4 年降水小波分析

### 3.2 季节降水周期特征分析

春季降水以小尺度周期为主导,存在3年、7年、10年变化周期,反映春季降水年际波动显著。夏季降水周期变化表现出小尺度活跃、多尺度共存的特征,存在5年、13年、23年变化周期,同时受大尺度年代际波动和小尺度年际波动影响。秋季降水存在3年、7年、13年、30年变化周期,2000年后小尺度周期震荡加剧,降水年际波动变显著。冬季降水存在3年、7年、18年变化周期,2001年后小尺度周期震荡加剧,小尺度周期成为主导。

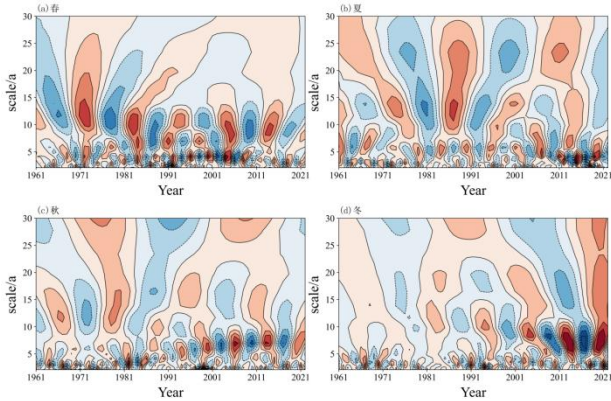


图5 季节降水小波分析

年降水和春、夏、秋、冬季节降水均在2000年后表现为小尺度周期震荡增强,反映降水年际波动加剧,需防范季节性干旱或洪涝交替出现。夏季降水同时受大尺度年代际波动和小尺度年际波动影响,可能出现叠加

洪涝或是叠加干旱,极端天气频发。

### 4 结论

运用距平分析法、Mann-kenndall 突变检验法及小波分析法对绥江县1961年至2023年年际及各季降水的变化趋势、突变时间及降水周期变化进行分析,得出以下结论:

(1) 绥江县年代降水量总体上呈减小趋势,20世纪60年代至20世纪90年代降水量呈下降趋势,21世纪降水量有所增加,总体下降趋势不明显。

(2) 年降水量总体呈下降趋势,下降趋势不明显。春秋两季降水变化表现为年际波动,夏季降水变化特征较为明显,呈下降趋势,冬季降水则呈现上升趋势。降水季节分配不均,降水年内分布发生调整,全年降水稳定性下降,极端旱涝风险上升。

(3) 年降水存在3年、7年、13年变化周期,春季降水存在3年、7年、10年变化周期,夏季降水存在5年、13年、23年变化周期,秋季降水存在3年、7年、13年、30年变化周期,冬季降水存在3年、7年、18年变化周期。年降水和春、夏、秋、冬季节降水均在2000年后表现为小尺度周期震荡增强,反映降水年际波动持续。夏季降水同时受大尺度年代际波动和小尺度年际波动影响,易出现叠加洪涝或叠加干旱,极端天气频发。

### 参考文献

[1]周牡丹, 赖尔林. 株洲市近59a降水变化规律分析[J]. 海河水利, 2021, 01:57.  
 [2]王晓艳. 濮阳市近56年降水变化趋势及周期分析[J]. 河南科技(地球与环境), 2018, 11:0158.  
 [3]宋扬, 熊俊松, 翟胜强等. 1961~2020年四川省达州市降水变化特征分析[J]. 水利水电快报, 2023, 44(7): 15-20.  
 [4]张卉, 程永明, 江渊. 山西省近49年降水量变化特征及趋势分析[J]. 中国农学通报, 2014, 30(8):197-204.

作者简介: 第一作者, 田琦(2001-), 女, 助理工程师, 综合业务岗。

通讯作者, 黄家琦(1998-), 男, 助理工程师, 综合业务岗。