

赵亮巨,王文星,黄少忠,等. 翁源暴雨气候特征分析及极端降水重现期计算[J]. 陕西气象,2025(3):24-29.

文章编号:1006-4354(2025)03-0024-06

翁源暴雨气候特征分析及极端降水重现期计算

赵亮巨¹,王文星²,黄少忠³,甘锦蕾¹

(1. 翁源县气象局,广东翁源 512600;2. 仁化县气象局,广东仁化 512300;

3. 韶关市气象局,广东韶关 512000)

摘要:利用翁源县国家气象观测站 1963—2022 年暴雨数据和 2013—2022 年 21 个乡镇区域气象站逐日降水数据,采用线性倾向估计法、Mann-Kendall 检验、小波分析和指数曲线分布理论,对翁源县的暴雨气候特征和日最大降雨量重现期进行分析。结果表明:近 60 a 翁源县的暴雨日数略有减少,暴雨量有所增加(线性趋势率为 6.22 mm/10 a),但均未通过 0.05 的显著性检验;21 世纪以来,翁源暴雨强度增强但发生周期缩短,暴雨贡献率为 25.5%;5—9 月是翁源县连续性暴雨事件的主要时段,6 月为高发期;全年均可能发生暴雨,其中汛期时段暴雨频次占 83.1%,且主要集中在前汛期。铁龙镇为翁源县的暴雨中心,暴雨量和暴雨日数均为翁源县最高。翁源暴雨量和暴雨日数均存在 8~12 a 的振荡周期。当日降水量为 100 mm 时,理论的最大日降水量重现期与实际值接近。

关键词:暴雨;气候特征;极端降水;重现期;翁源县

中图分类号:P468.024

文献标识码:A

近几十年,全球变暖的趋势已经成为公认的事实。极端天气和气候事件的频发已引起广泛关注^[1]。IPCC 的第六次评估报告明确指出,气候系统的变化与全球变暖的趋势密切相关,强降水事件的频率和强度预计将持续增加^[2]。华南区域作为我国汛期最长、降水最丰沛、雨涝事件频繁的地区之一^[3-4],在降水研究中广受关注。位于广东省北部的翁源县,隶属韶关市,其气候受亚热带季风的影响。由于季风的进退和年际强度的变化,该区域的降水呈现出时空分布的不均衡,导致暴雨等灾害性天气时常发生。例如,2022 年 6 月 12 日 21 时—13 日 20 时,翁源国家站日降水量达到 185.7 mm,造成城市严重内涝,给当地的交通、经济和人民的财产及生命安全带来了严重的挑战。众多气象学者纷纷对我国不同地区的强降水事件进行了研究。钱维宏^[5]的研究发现,在全球变暖

的背景下,中国的微雨日数呈现减少的趋势,而大暴雨事件却在增多;在长江及其以南的地区,年降水量和极端降水事件均有增加的趋势^[6]。在广东地区:蒲义良等^[7]基于小时降水资料研究表明,汛期降水主要以短历时为主,而前汛期短历时降水更多发生在粤西地区;李曹明等^[8]分析了韶关地区汛期降水的突变特征;刘嘉劲等^[9]研究指出,在汕尾地区短历时强降水表现出明显的季节变化,降水量大的年份伴随着短历时强降雨发生次数的增多。

极端天气和降水事件对社会经济产生深远的影响,如极端降水事件会直接影响旱涝。尽管百年一遇的特大暴雨发生概率不大,但可能带来毁灭性的影响。因此,为了规划、管理、防洪、抗灾以及进行重大工程设计,对这些降水极值的了解和预测显得尤为关键。考虑到各地区的强降水气候

收稿日期:2024-02-29

作者简介:赵亮巨(1990—),男,汉族,广东韶关人,学士,工程师,从事天气预报预警和气象服务工作。

通信作者:王文星(1988—),男,汉族,广东曲江人,硕士,高级工程师,从事天气预报预警和气象服务工作。

基金项目:韶关市气象局气象科技项目(202217)

差异明显,以及对气候变化的不同响应,有必要对翁源地区强降水的时空分布及其与气候变化的关系进行研究。本文旨在分析翁源地区的暴雨变化特征,并进一步研究极端降水的重现期,期望为翁源县洪涝灾害的防范和风险管理提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 数据来源

研究中分析暴雨时间分布采用翁源县气象局1963—2022年国家气象观测站的逐日降水资料;分析暴雨空间分布则采用2013—2022年翁源县区域气象站逐日降水数据,剔除缺失降水数据的区域气象站并进行质量控制后^[10],共计有21个区域气象站数据。根据广东省的降水强度等级分类标准^[11],对24 h降水量(当日20时—次日20时)进行了分类: ≥ 50 mm的降水日被定义为暴雨日; ≥ 100 mm的降水日定义为大暴雨日; ≥ 250 mm的降水日为特大暴雨日。

暴雨量是指所有暴雨及以上降水量的总和,暴雨强度是指暴雨及以上降水总量与暴雨日数的比值。暴雨贡献率指暴雨及以上降水总量与年降水总量的比值,暴雨贡献率高意味着暴雨在总降水中的重要性更大,更易导致洪涝等极端天气事件的发生,因此暴雨贡献率可用来评估极端天气风险。通过分析暴雨贡献率,可以评估洪涝等灾害的潜在风险,为灾害管理和防治提供科学依据。

如果单站连续2 d或以上的降水量均 ≥ 50 mm,则记为一次连续性暴雨过程^[12]。

1.2 分析方法

本研究采用一元线性倾向估计法^[13]分析翁源暴雨年际和年代际的特征,采用Mann-Kendall(M-K)检验法分析翁源暴雨的变化趋势和突变特征^[14],通过小波分析法分析暴雨时间序列在不同时间尺度上的周期特征^[14],利用Exponential指数分布理论计算不同重现期的降水极值^[15-16]。

2 暴雨特征分析

2.1 年际和年代际变化特征

1963—2022年翁源暴雨日数共374 d,其中包括大暴雨41 d,特大暴雨1 d,年均暴雨日6.1 d,日雨量最大达279.2 mm(2010年5月10日)。

翁源暴雨最早出现在1983年1月5日,最晚为1971年12月26日;暴雨日数最多14 d(1980年和1983年),最少为1 d(1963年)。暴雨日数的年际变化总体呈缓慢减少趋势(图1a),线性趋势率为 -0.088 d/10 a(未通过0.05的显著性检验)。多项式拟合结果显示,1963—2022年翁源暴雨日数经历了3个主要阶段:20世纪60—70年代暴雨日数逐渐增多,在20世纪80年代—21世纪初为减少态势,随后有所增多。

翁源年平均暴雨量为463.1 mm,其中2022年暴雨量最多,达到1 276.6 mm,1963年最少,仅76.2 mm。翁源年暴雨量的年际变化呈增多趋势(图1b),线性趋势率为6.22 mm/10 a(未通过0.05的显著性检验)。5 a滑动平均曲线反应出20世纪90年代开始暴雨量有所减弱,表明当前翁源可能正处于枯水期向丰水期过渡的阶段。在此背景下地表的干燥状态反而增加了洪水和泥石流等灾害发生的可能性。此外,若枯水期暴雨日数降低,暴雨量增加,单次极端降水引发的次生灾害更容易出现。

翁源平均暴雨强度为73.7 mm/d,其中2022年暴雨强度最高为106.4 mm/d,2007年最低为54.1 mm/d。翁源暴雨强度距平的年际变化呈增加趋势(图1c),线性趋势率为1.158 mm/10 a(未通过0.05的显著性检验)。根据多项式拟合曲线分析,21世纪以前暴雨强度相对较弱,进入21世纪后暴雨强度逐渐增强,且其波峰和波谷之间的距离也逐渐增大,周期缩短。经M-K检验,暴雨日数、暴雨量和暴雨强度均未发生突变。

在过去60 a中,翁源暴雨平均贡献率为25.5%,暴雨贡献率最高为2022年的46.7%,最低为1972年的6.8%。翁源的暴雨贡献率线性趋势率为 -0.003% /10 a(图1d),无明显的变化趋势,因此可认为暴雨贡献率在气候上无异常。

通过年总降水量与暴雨日数的散点图分析(图略),年总降水量(y)与暴雨日数(x)之间存在着线性关系,回归方程为 $y=99.423x+1110.8$,相关系数为0.79(通过了0.001的显著性检验),表明在暴雨较多(或较少)的年份,暴雨占年总降水量的比例相对较大(或较小)。此结果与其他研

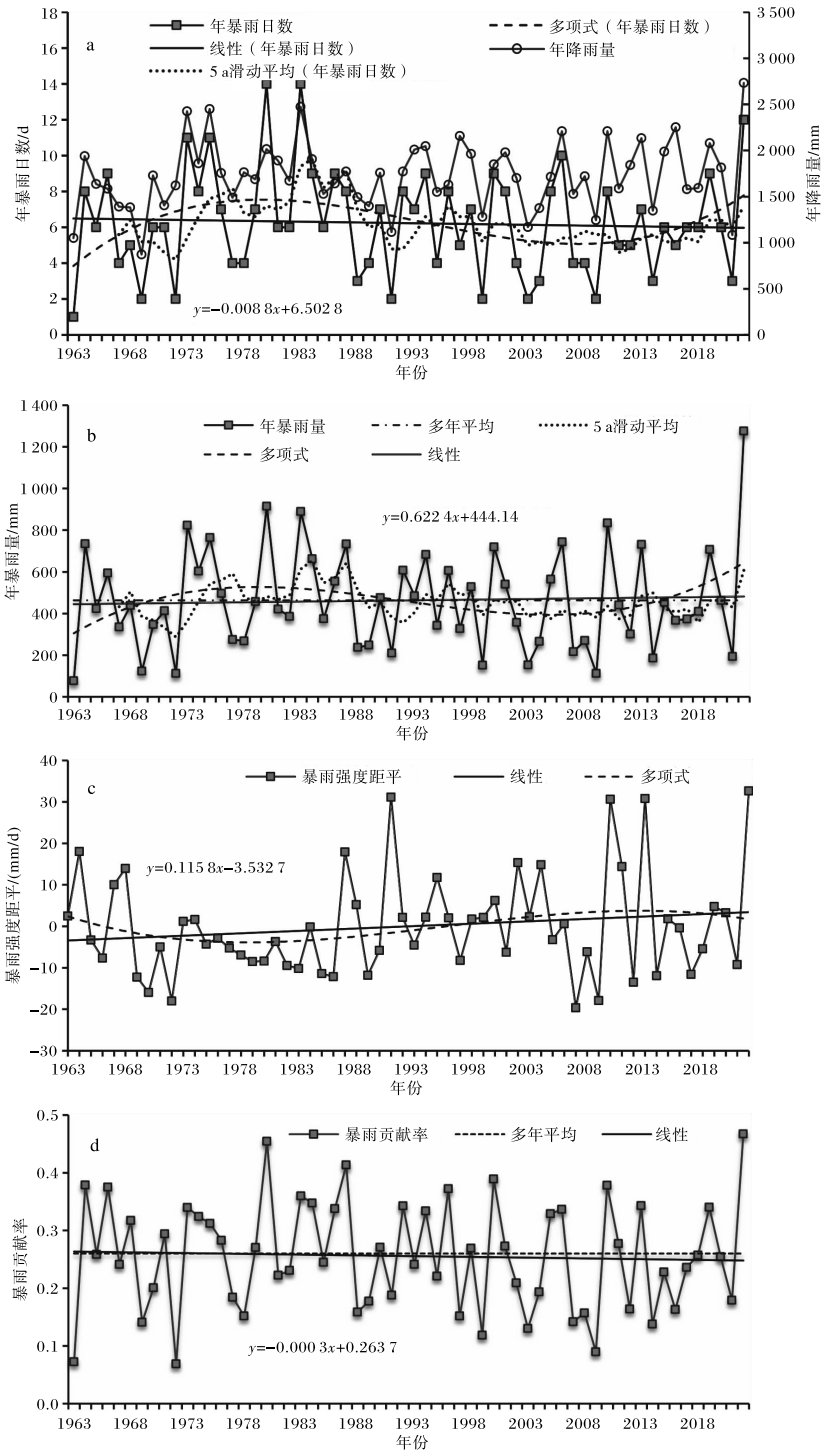


图1 1963—2022年翁源县暴雨日数(a)、暴雨量(b)、暴雨强度距平(c)和暴雨贡献率(d)年际变化

究地区年降水量与年暴雨日数之间呈现出良好相关性的结论一致^[11]。

连续性暴雨是翁源暴雨的气候特点之一。在过去的60 a里,翁源共出现41次连续性暴雨事件,最早一次发生于1964年6月,而最晚一次则

发生于2022年11月。5—9月连续性暴雨事件占总次数的78%,其中6月发生频次最多,持续时间最长的连续性暴雨为3 d,分别发生于1973年、2006年、2022年。连续性暴雨事件主要发生在4—7月,即主要发生于龙舟水期间。

此外,通过翁源暴雨日数、暴雨强度和最长持续性暴雨日数之间的相关性分析三者之间的同步性。可知年平均暴雨强度与年暴雨日数、最长持续性暴雨日数的相关系数分别为 0.098 和 0.159,均未通过 0.05 的显著性检验;而年暴雨日数与最长持续性暴雨日数相关性达到 0.571,且通过了 0.05 的显著性检验。表明年暴雨日数、暴雨强度、最长持续性暴雨日数存在异步性,同时反映出翁源暴雨日的连续性特点。

2.2 季节变化特征

翁源的暴雨日分布在全年各月,主要集中在汛期(4—9月),前汛期(4—6月)明显多于后汛期(7—9月),汛期的暴雨日数占全年的 83.1%。翁源暴雨日数在一年中呈单峰型分布(图 2),峰值在 6 月,进入 7 月暴雨日数出现断崖式减少,这与广东省其他地区存在明显差异,显示出翁源的特殊气候特点^[3]。翁源位于粤北区域,大规模的降雨天气主要发生于南海夏季风爆发后,即出现在 5—6 月“龙舟水”期间。在副热带高压的引导下,南海的水汽持续流向广东地区;同时在副高影响下,来自印度洋孟加拉湾北部的水汽也持续向广东输送。两股暖湿水汽交汇、持续输出,给广东降雨提供了充足的水汽条件。在前汛期期间依然存在弱冷空气、低涡切变和高空槽的共同作用,持续输送的充沛水汽,配合有利的动力抬升条件,激发对流后较容易在粤北地区形成“列车效应”,导致当地降雨持续时间长,影响效果不断叠加。进入后汛期后,广东地区的暴雨主要受台风等热带天气系统影响,暴雨日数开始减少。翁源地处粤北

区域,台风等热带天气系统因向陆地移动而减弱,因此暴雨日数低于沿海区域。翁源暴雨最早发生于 1 月 5 日,最晚出现于 12 月 26 日,可见翁源暴雨在全年均有可能出现,给翁源暴雨防范工作增加了难度。

翁源前汛期的暴雨日数共计 233 d,包括大暴雨 20 d 和特大暴雨 1 d,但有 3 a 前汛期并未发生暴雨;汛期的暴雨日数为 78 d,其中大暴雨 17 d,无特大暴雨发生。92.5%的大暴雨事件发生在汛期,仅有 3 次发生在 3 月(2 次)和 10 月(1 次)。

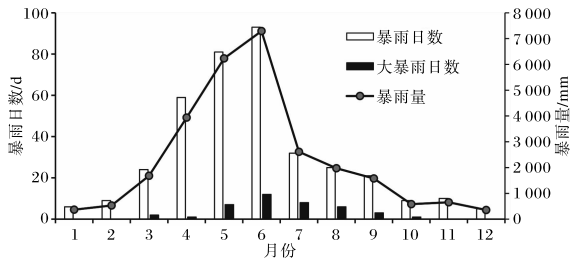


图 2 1963—2022 年翁源县各月暴雨、大暴雨日数和暴雨量

2.3 空间分布特征

由翁源 2013—2022 年区域气象站年均暴雨量和暴雨日数空间分布(图 3)可知,翁源县暴雨中心主要位于翁源县西部的铁龙镇—新江小学—江尾梅斜一带,其中铁龙镇全域暴雨量最大达到 700 mm 以上,对应的暴雨日数也为全县之最,达到 8 d 以上。东部区域的南浦黄竹坪水电站一带暴雨量和暴雨日数均为全县最低,分别为 480 mm 和 6 d。因此,应特别关注暴雨天气过程给翁源县铁龙镇带来的次生灾害等。

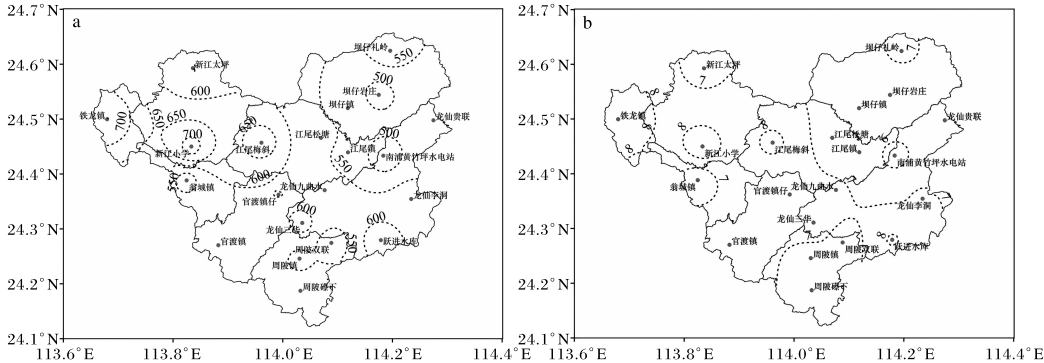


图 3 翁源县区域气象站年均暴雨量(a, 单位为 mm)和年均暴雨日数(b, 单位为 d)空间分布特征(审图号为 GS(2022)1873 号)

2.4 周期变化特征

通过小波分析(图 4)可以发现,翁源的暴雨日数和暴雨量在时间尺度上呈现出振荡特性,两者的小波实部和功率谱具有相似性,均呈现出多时间尺度的变化特征。暴雨日数存在 8~12 a 的

长振荡周期特征,在 20 世纪 90 年代以前存在 8 a 的短振荡周期,而在 90 年代末至今同时伴随着更短的 5 a 周期。暴雨量的主要振荡周期也是准 8~12 a。

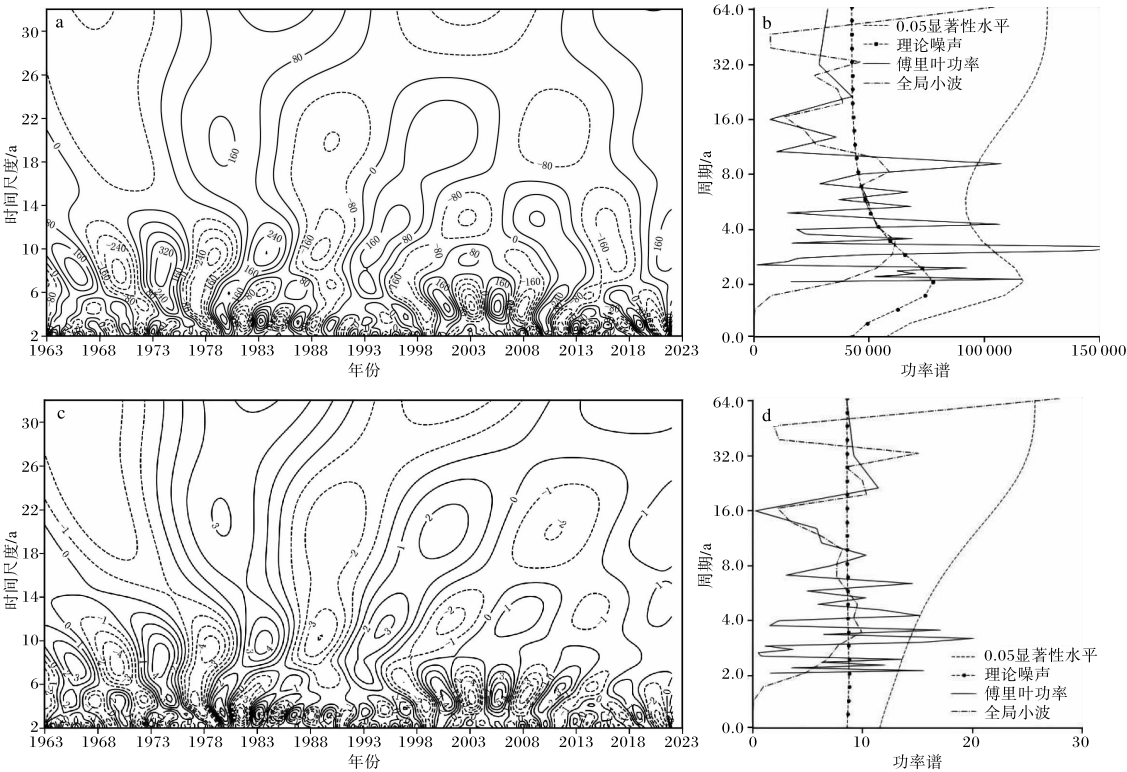


图 4 1963—2022 年翁源暴雨量(a,b)和暴雨日数(c,d)小波系数实部等值线和功率谱曲线图

3 重现期分析

利用指数曲线分布理论,对日最大降水数据进行理论分析。在设定不同的重现期 $T(5、10、$

$20、50、100、150、200\text{ a})$ 后,可以计算翁源在不同重现期下的最大日降水量气候极值,结果见表 1。

表 1 不同重现期下翁源县最大日降水量的理论值

重现期/a	5	10	15	20	30	50	100	150	200
最大日降水量/mm	140.0	172.9	192.2	205.8	225.1	249.3	282.2	301.5	315.1

通过与实测数据对比可知,翁源的最大日降水量为 279.2 mm,相当于约 93.82 a 出现一次的降水量,说明实测数据与理论计算结果存在一定的偏差,可能是由于气候系统的复杂性和变异性引起的。当日降水量达到 200 mm 时,理论降水量为 17.68 a 出现一次。1963—2022 年翁源仅有 3 次降水量超过了 200 mm,意味着这样的降水量

实际上是 20.33 a 出现一次,与理论预测存在一定出入。日降水量为 100 mm 时,理论预测的重现期为 2.15 a。实测数据有 28 a 日降水量超过了 100 mm,说明实际的重现期为 2.17 a,与理论预测值非常接近。

4 结论

(1)1963—2022 年翁源暴雨日数总体呈现缓

慢减少趋势,暴雨量呈增多趋势(线性趋势率为 $6.22\text{ mm}/10\text{ a}$)。暴雨强度进入 21 世纪后逐渐增强,但周期有所缩短。暴雨贡献率为 25.5% ,变化幅度较小,无明显的气候变化。暴雨日数、暴雨量和暴雨强度均未发生突变,暴雨日数和暴雨量存在 $8\sim 12\text{ a}$ 的主振荡周期。

(2)5—9 月翁源连续性暴雨事件占暴雨总次数的 78% ,6 月发生频次最多,即在“龙舟水”期间更易发生连续性暴雨事件;翁源全年均可能发生暴雨,汛期的暴雨日数占全年的 83.1% ,前汛期多于后汛期。

(3)翁源存在一个暴雨中心,主要位于铁龙镇区域,暴雨量和暴雨日数均为全县之最。

(4)翁源 5 a 一遇的最大日降水量为 140.0 mm , 10 a 一遇的为 172.9 mm , 50 a 一遇的为 249.3 mm , 100 a 一遇的为 282.2 mm , 200 a 一遇的为 315.1 mm 。日降水量为 100 mm 的情况下,理论重现期与实际值十分接近。

参考文献:

- [1] 肖贻青,郭莉,汪媛媛,等. 秦巴山区近 30 年暴雨和短时强降水时空特征分析[J]. 陕西气象,2023(3): 31-36.
- [2] 高洁,范江琳,汪丽. 1961—2021 年四川省区域性暴雨过程时空变化特征[J]. 陕西气象,2023(4):25-31.
- [3] 邓安,曾妮,刘思洋,等. 华南集中强降水的年代际变化及环流特征[J]. 中低纬山地气象,2022,46(6):34-40.
- [4] 成泽伦,谢作威,布和朝鲁,等. 中南半岛和华南地区极端降水时空特征[J]. 大气科学,2023,47(4): 957-974.
- [5] 钱维宏,符娇兰,张玮玮,等. 近 40 年中国平均气候与极值气候变化的概述[J]. 地球科学进展,2007, 22(7):673-684.
- [6] 黄建平,陈文,温之平,等. 新中国成立 70 年以来的中国大气科学研究:气候与气候变化篇[J]. 中国科学:地球科学,2019,49(10):1607-1640.
- [7] 蒲义良,郭柏成,叶朗明,等. 基于小时降水资料研究广东省降水分布特征[J]. 南京信息工程大学学报(自然科学版),2020,12(4):495-503.
- [8] 李曹明,郑勇,黄启锋,等. 基于 Mann-Kendall 韶关汛期降水变化趋势及突变分析[J]. 韶关学院学报,2021,42(3):42-47.
- [9] 刘嘉劲,祝剑亦,刘凯业,等. 汕尾市短历时强降雨的时空分布特征[J]. 广东气象,2021,43(2):20-24.
- [10] 任芝花,赵平,张强,等. 适用于全国自动站小时降水资料的质量控制方法[J]. 气象,2010,36(7): 123-134.
- [11] 林良勋,冯业荣,黄忠,等. 广东省天气预报技术手册[M]. 北京:气象出版社,2006:86-93.
- [12] 邱军,李江南,梁毅进,等. 广东省持续性暴雨的气候特征[J]. 热带地理,2008,28(5):405-410.
- [13] 韩洁,李恩莉,杨婷婷. 宝鸡夏季高温气候特征及极端高温年环流分析[J]. 陕西气象,2023(5):26-31.
- [14] 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.
- [15] 屠其璞,王俊德. 气象应用概率统计学[M]. 北京:气象出版社,1984.
- [16] 陈创买,蒋光达,周文. 广东年最大日降水量重现期的计算[J]. 人民珠江,1998(1):15-19.