

龙岩市三大流域面雨量极端降水特征研究

江帆^{1,2} 邓宇阳² 倪青汉² 刘珏^{2*}

1 厦门市海峡气象开放重点实验室

2 福建省龙岩市气象局

DOI:10.32629/as.v9i7.4128

[摘要] 利用2006–2020年15a ERA5全球逐日再分析资料以及2021~2025年龙岩市区域自动站雨量资料,用泰森多边形法计算2006~2020年15年汛期3~9月棉花滩、白沙、万安三水库流域大雨以上日面雨量,分析大雨频次、90%、95%和99%极端降水总量变化特征以及发生频率研究面雨量极端降水特征。用2021~2025年面雨量对结果进行分析检验。研究表明:15a棉花滩、白沙、万安日面雨量大雨及以上总频次分别为27、28.5、31.2次/年,三个流域大于90%、95%和99%强降水总量均呈下降趋势,但趋势不显著。2021~2025年近5年低层切变是主要影响天气形势。三流域大雨以上出现频次均有所下降,但极端性却日趋明显。

[关键词] 水库流域; 极端降水; 泰森多边形法; 日面雨量

中图分类号: TV697 **文献标识码:** A

Study on Extreme Precipitation Characteristics of Three Major River Basins in Longyan City

Fan Jiang^{1,2} Yuyang Deng² Qinghan Ni² Jue Liu^{2*}

1 Xiamen Strait Meteorological Open Key Laboratory

2 Longyan Meteorological Bureau, Longyan City

[Abstract] Based on the daily ERA5 reanalysis data from 2006 to 2020 and the rainfall observations from regional automatic weather stations in Longyan City from 2021 to 2025, the Thiessen polygon method was adopted to calculate the daily areal rainfall above heavy rain level in the basins of Mianhuatan, Baisha and Wan'an Reservoirs during the flood season (March–September) from 2006 to 2020. This study analyzed the variation characteristics and occurrence frequency of heavy rain frequency as well as total extreme precipitation at the 90th, 95th and 99th percentiles, and further explored the characteristics of extreme areal rainfall precipitation. The research results were verified using areal rainfall data from 2021 to 2025. The results show that the annual average frequencies of daily areal rainfall events above heavy rain level in the three basins were 27, 28.5 and 31.2 times respectively during the 15-year study period. The total strong precipitation amounts exceeding the 90th and 95th percentiles in all three basins presented an insignificant decreasing trend. In the recent five years from 2021 to 2025, low-level shear line was the dominant synoptic influencing system. Although the occurrence frequency of heavy rainfall and above events declined in the three basins, the extremity of precipitation has become increasingly prominent.

[Key words] Reservoir basin; Extreme precipitation; Thiessen polygon method; Daily areal rainfall

1 引言

水库具有防洪减灾、兴利灌溉等社会意义,同时能够通过发电产生经济效益。水库在生产调度过程中,既要避免或减轻水库沿岸人民生命财产、工农业生产和国民经济建设遭受洪水的威胁,预留足够的调洪库容、以备拦蓄随时可能出现的较大洪水,也要考虑水库有效利用洪水资源、提高水能利用效率,增发电量

以产生最大的经济效益。

龙岩市境内的河流,主要属汀江、九龙江北溪、闽江沙溪和梅江水系,另外还有集雨面积小的九龙江西溪和赣江贡水水系等。棉花滩水库(库容20.35亿m³,集雨面积7909km²)地处闽粤交界处,作为福建汀江和广东韩江重要的水利枢纽工程,上游为上杭金山电站、矾头电站,下游为汕头市、潮州市、揭阳县,对两

省的水资源调配、生活生产、防洪调度具有重要作用。万安水库(库容2.289亿 m^3 ,集雨面积667 km^2)、白沙水库(库容1.9926亿 m^3 ,集雨面积1307 km^2)两个大型水库是九龙江北溪流域上游支流万安溪梯级开发的一级和二级水库,为河道型水库。白沙水库坝头距离万安水库29 $\text{km}^{[1]}$ 。

近几十年来,在全球变暖的气候背景下,极端降水事件频发^[2-3],极端降水历时时间短,突发性强,降水量大,破坏力非常严重,并极易引发洪涝灾害^[4-5]。目前针对极端强降水的研究^[2-6]广泛开展,许多学者对不同流域的极端降水事件进行研究,研究表明不同区域极端降水及其变化趋势存在显著差异。苏布达等^[7]研究得出长江流域极端降水强度及频率出现显著增加趋势。贺振等^[8]、郑江禹等^[9]、付奔等^[10]对黄河、珠江、云南盘龙河流域极端降水趋势的讨论。而目前国内兰州大学、太原理工大学等各大高校及气象部门均针对流域面雨量的天气气候特征分析以及气候变化对流域径流量的响应展开了系统、全面的分析和研究,如孔剑树等^[11]、张晓晓^[12]、王权威^[13]对西江上游、白龙江中上游、碧流河流域径流影响开展的研究。

随着人类活动影响的加剧,气候变化引发极端降水事件频发,流域下垫面硬化导致降雨径流加大、产汇流进程加快,难以量化预报,容易造成防汛响应不及时。因此在水库专业气象服务中极有必要开展针对全球变暖背景下流域极端强降水特性研究。本文以龙岩市境内三个典型大型水库棉花滩、白沙、万安溪水库为研究对象,建立流域极端降水历史数据库,有利于总结经验,为该流域水资源开发和管理以及灾害预警提供科学依据,并保障极端强降水水电站气象服务的科学、高效、有序开展。

2 资料与方法

2.1 资料来源

龙岩市区域自动气象站2006年起陆续建站,至2025年已建成1800余站,由于前期自动站资料较为稀疏,较难满足用GIS计算流域面雨量的精度需求。本文结合2006—2020年15a的ERA5 0.25°×0.25度再分析格点日降水资料及2021—2025年龙岩市区域自动站雨量资料,用泰森多边形法借助ArcGIS技术,分析2006—2020年15a棉花滩、白沙、万安三大水库的日面雨量,提取15a汛期3—9月棉花滩(405日)、白沙(427日)、万安(468日)三水库日面雨量在大雨以上的降水日。2021—2025年龙岩市区域自动站雨量资料计算的极端降水棉花滩(119日)、白沙(136日)、万安(158日)大雨以上的日面雨量,对特征指标进一步分析检验。

2.2 研究方法

面雨量等级根据GB/T 20486—2017江河流域面雨量等级规定,24小时面雨量大雨15.0~29.9 mm ,暴雨30.0~59.9 mm ,大暴雨60.0~149.9 mm ,特大暴雨 $\geq 150\text{mm}$ 。

流域极端降水阈值确定采用百分位数法^[2],以2006—2020年15年面雨量序列的第90、95、99百分位值的平均值定义为本次研究对象极端降水事件的阈值。当日面雨量超过了定义阈值时,就称该日出现了极端降水事件。如果某日日面雨量大

于等于历年平均的日极端面雨量阈值,则计该日为一个极端降水日^[4]。

根据世界气象组织气候委员会(WMO-CCL)推荐的极端气候指数,参照张海宁等^[14]和杨天慈^[15]选取大雨频次、90%极端降水总量、95%极端降水总量等作为流域极端降水特性指标,分析各指标时空变化特征以及不同子流域极端降水事件的发生频率。

三个流域极端降水特征分析。采用线性趋势法、相关分析法、克里金插值等方法,对各指标时空变化特征以及不同子流域极端降水事件的发生频率进行分析,评估极端降水对水库流域影响及极端性。

3 结果与分析

3.1 降水频次特征

2006—2020年15a万安流域平均年大雨及以上总频次最高(31.2次/年),其次是白沙流域(28.5次/年),棉花滩流域最低(27.0次/年),所有流域的降水等级频次趋势均不显著($P>0.05$)。2016年是三个流域降水频次最高的年份,总频次均超过40次。2018年是三个流域降水频次最低的年份,尤其是棉花滩流域仅13次(图1)。

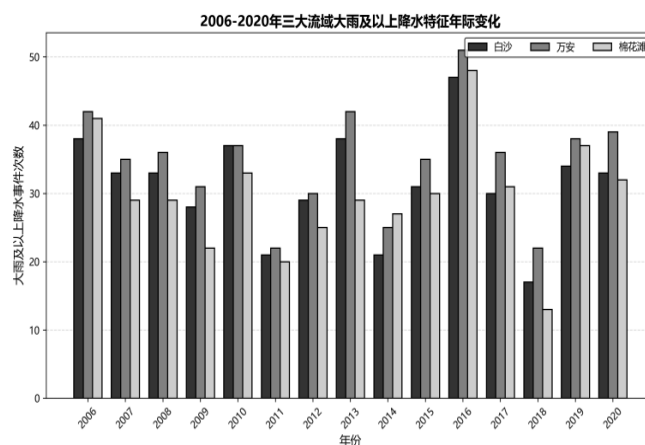


图1 棉花滩、白沙、万安三流域大雨及以上面雨量总频次年际变化图

3.2 极端降水指标的确定

2006—2020年15a流域极端降水阈值确定采用百分位数法,三个流域90%、95%、99%分位极端降水水面雨量统计见表1。

表1 棉花滩、白沙、万安三流域90%、95%、99%分位极端降水水面雨量表

流域面雨量 百分位数	棉花滩(mm)	白沙(mm)	万安(mm)
90%	43.40	46.04	45.65
95%	59.39	59.78	62.97
99%	89.68	97.00	90.34

3.3 降水强度特征

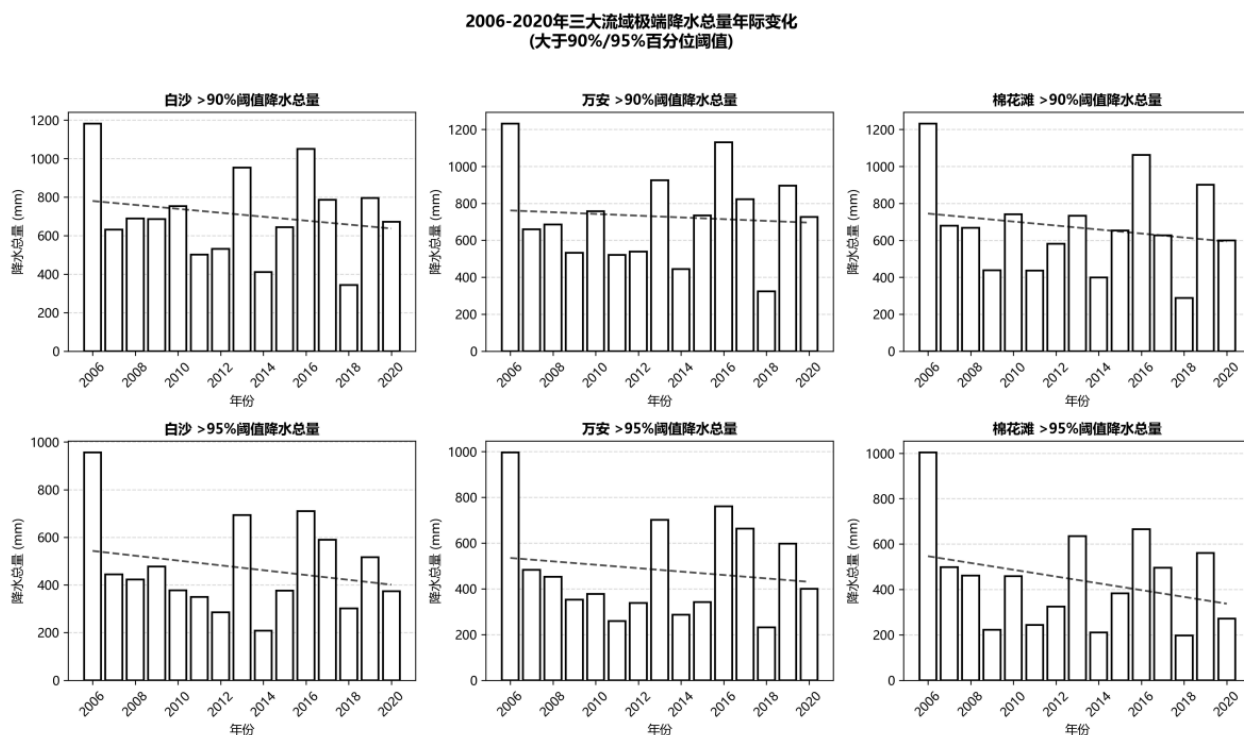


图2 棉花滩、白沙、万安流域90%、95%分位以上极端降水总量年际变化图

2006—2020年15a三个流域大于90%、95%和99%阈值的强降水总量均呈下降趋势(图略),但趋势不显著。2006年是棉花滩、白沙、万安流域流域强降水总量最高的年份,90%阈值以上总量分别为689、685.4、748.3mm-,95%阈值以上总量分别为597.5、581.3、595mm,99%阈值以上总量分别为576.5、681、234.2mm。

2014年三个流域均未超过90%、95%和99%阈值的强降水事件。15a降水总量平均90%阈值以上最高为万安流域(234.7mm/年),95%阈值以上最高为万安流域(137.5mm/年),99%阈值以上因棉花滩、白沙出现天数仅为5天、万安1天,故不做年度平均分析。

特大暴雨事件仅2006年7月15日一次,受2006年第4号台风“碧利斯”影响,三流域均出现特大暴雨,棉花滩面雨量158.1mm、白沙210.0mm、万安234.2mm。

3.4 区域差异特征分析

万安流域整体降水活动最为活跃,无论是频次还是强度。棉花滩流域降水稳定性相对较差,年际变化幅度较大。白沙流域降水特征介于两者之间。

3.5 检验分析

利用2021—2025年龙岩市区域自动站资料计算的极端降水,对特征指标进一步分析检验,结果如下:

2021—2025年棉花滩、白沙、万安日面雨量大雨日以上($\geq 15\text{mm}$)的日数分别为119、136、158天;其中暴雨日以上($\geq 30\text{mm}$)日数分别为47、45、52天;近5年平均年大雨及以上总频次分别为27、28.5、31.2次/年,与多年平均对比,三流域大雨以上出现

频次均有所下降,白沙偏少不到1成、棉花滩偏少1成,万安偏少3成。近5年棉花滩90%、95%、99%分位极端降水日分别为12、8、2天,白沙分别为10、9、1天,万安,分别为14、8、3天,可知三流域极端降水总体分布较接近,三个流域均出现极端降水的过程共有15个,天气形势除2024年7月26日是由台风格美造成,其余均与低层切变(切变东移、切变南侧西南气流加强或暖切变北抬)有关。

近5年来棉花滩、白沙、万安流域日面雨量均未出现特大暴雨,最大降水出现在2024年6月16日,三流域均出现大暴雨,棉花滩面雨量142mm、白沙129mm、万安145mm。以棉花滩水库为例,这场洪水入库洪峰流量 $9860\text{m}^3/\text{s}$ 超百年一遇,是棉花滩水库建成以来最大洪水。结合气象部门降水预报,科学调度洪水,最大出库流量 $4910\text{m}^3/\text{s}$,削减洪峰 $4950\text{m}^3/\text{s}$,削峰率达50.2%,成功将超百年一遇洪峰削减成五年一遇,确保了大坝防洪安全,最大限度地减轻了下游人民的灾情。

4 结论与讨论

(1) 2006—2020年15a平均年大雨及以上总频次最高(31.2次/年),其次是白沙流域(28.5次/年),棉花滩流(27.0次/年)。百分位数法得出三个流域90%、95%、99%分位极端降水日面雨量,三个流域大于90%、95%和99%阈值的强降水总量均呈下降趋势,但趋势不显著。15a降水总量平均90%阈值以上最高为万安流域(234.7mm/年),95%阈值以上最高为万安流域(137.5mm/年)。特大暴雨事件仅2006年7月15日一次,受2006年第4号台风“碧利斯”三流域均出现特大暴雨。万安流域整体降水活动最为活跃,

无论是频次还是强度。棉花滩流域降水稳定性相对较差, 年际变化幅度较大。白沙流域居于两者之间。

(2) 利用2021—2025年棉花滩、白沙、万安日面雨量检验分析, 近5年平均年大雨及以上总频次分别为27、28.5、31.2次/年, 与多年平均对比, 三个流域大雨以上出现频次均有所下降, 白沙偏少不到一成、棉花滩偏少一成, 万安偏少三成。近5年棉花滩、白沙、万安90%、95%、99%分位极端降水日总体分布较接近, 三个流域均出现极端降水的日数共有15天, 低层切变(切变南侧西南气流加强或暖切变北抬)是造成三流域极端降水的主要天气形势, 仅2024年7月26日是由台风格美造成。

(3) 三个流域90%、95%、99%分位极端降水日面雨量指标有利于流域强降雨的科学评价, 虽然三流域大雨以上出现频次在近5年来看均有所下降, 但2024年6月16日三流域均出现大暴雨, 极端性均达到99%分位, 且数值远超阈值3~6成, 随着全球气候变暖的加剧, 流域强降水的极端性日趋明显。

[基金项目]

海峡气象开放实验室开放课题“龙岩市流域极端降水特征及预警指标研究”(编号: 2024MXN14); 龙岩市科技计划项目“基于气象与水文模型汀江流域暴雨径流量研究”(编号: 2024LYF17003)。

[参考文献]

- [1]廖仁煌. 万安水库和白沙水库渔业发展现状及对策措施[J]. 福建水产, 2009, 6(02): 80-86.
- [2]陈红专. 湖南极端降水的气候特征及天气系统分型研究[J]. 气象, 2021, 44(10): 1219-1232.
- [3]于鑫, 郑腾飞, 刘显通, 等. 广东省极端降水的时空分布特征[J]. 广东气象, 2022, 44(2): 6-9.
- [4]孙卓, 魏艳凤. 汛期极端降水对水位、流量的影响实例分析[J]. 水利科技与经济, 2015, 21(9): 84-88.
- [5]王志福. 中国极端降水事件的频数和强度特征[J]. 水科

学进展, 2009(1): 1-9.

[6]官晓军, 潘宁, 黄待静, 等. 基于降水极端预报指数的福建台风极端降水预报研究[J]. 气象学报, 2021, 79(3): 414-427.

[7]苏布达, 姜彤, 任国玉, 等. 长江流域1960-2004年极端强降水时空变化趋势[J]. 气候变化研究进展, 2006(01): 9-14.

[8]贺振, 贺俊平. 1960年至2012年黄河流域极端降水时空变化[J]. 资源科学, 2014, 36(03): 490-501.

[9]郑江禹, 张强, 史培军, 等. 珠江流域多尺度极端降水时空特征及影响因子研究[J]. 地理科学, 2017, 37(02): 283-291.

[10]付奔, 李代华, 雷腾云, 等. 盘龙河流域极端降水时空变化特征分析[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2022, 37(04): 720-727.

[11]孔树剑, 曾敏. 西江上游流量与降水对下游站水位的影响个例分析[J]. 广东气象, 2013, 35(3): 29-31.

[12]张晓晓. 白龙江中上游水文气象要素变化特征分析及径流影响因素研究[D]. 兰州大学, 2014.

[13]王权威. 气候变化对碧流河流域径流的影响研究[D]. 太原理工大学, 2018.

[14]张海宁, 周旗, 毛雨唯, 等. 渭河流域极端降水特性指标分析[J]. 水土保持研究, 2022, 29(3): 128-134.

[15]杨天慈. 赣江流域近59年极端降水时空特征分析[J]. 安徽农学通报, 2021, 27(09): 137-139.

作者简介:

江帆(1982--), 女, 汉族, 福建上杭人, 职称: 高级工程师, 学士, 研究方向: 水库、旅游等专业气象服务, 龙岩市气象局。

刘珏(1996--), 汉族, 福建漳平人, 职称: 工程师, 本科, 研究方向: 气象服务。

邓宇阳(1993--), 男, 汉族, 江苏南通人, 职称: 工程师, 硕士, 研究方向: 行业气象服务。

倪青汉(1979--), 男, 汉族, 江苏射阳人, 职称: 高工, 本科, 研究方向: 气象信息与技术。