

近30a云南省怒江州暴雨及其引发的洪涝灾害变化特征

李文芳, 张 伦, 陈志妍

云南省水文水资源局大理分局, 云南 大理

收稿日期: 2026年1月5日; 录用日期: 2026年3月18日; 发布日期: 2026年4月30日

摘 要

本文通过云南省怒江州29个雨量代表站1990~2020年的暴雨数据资料, 结合同一时期暴雨洪涝灾害纪实资料以及相关灾损指标(直接经济损失及其占GDP的比例、受灾人口分布及因灾死亡人数、农作物受灾面积等), 采用含障碍的样条函数插值和线性趋势分析法, 分析近30a怒江州暴雨洪灾频次、年代时序变化特征以及暴雨洪涝灾害变化特征。结果表明: 近30a, 怒江州内日暴雨频次怒江流域呈下降趋势、澜沧江流域随年代推移呈现出一定的波动状态, 近10a呈上升趋势; 暴雨引发的洪涝灾害以中小尺度、损失程度相对较轻的一般洪灾和较大洪灾为主, 兰坪县和泸水市是暴雨洪灾相对高发地区; 怒江州为暴雨洪灾较为频发的区域, 但受灾的频次有缓慢下降的趋势, 各项灾害指标总体也呈减少趋势。本文的研究结果可为怒江州今后防洪减灾对策研究、暴雨洪涝灾害风险评估以及区划提供支撑。

关键词

怒江州, 暴雨, 暴雨洪涝灾害, 变化特征

Variation Characteristics of Rainstorms and Induced Flood Disasters in Nujiang Prefecture, Yunnan Province in the Past 30 Years

Wenfang Li, Lun Zhang, Zhiyan Chen

Branch Office of Dali, Bureau of Hydrology and Water Resources of Yunnan, Dali Yunnan

Received: January 5, 2026; accepted: March 18, 2026; published: April 30, 2026

作者简介: 李文芳(1984-), 云南临沧人, 本科, 高级工程师, 主要从事水文分析计算及水文预警预报等工作, Email: 403450514@qq.com

文章引用: 李文芳, 张伦, 陈志妍. 近 30a 云南省怒江州暴雨及其引发的洪涝灾害变化特征[J]. 水资源研究, 2026, 15(2): 184-195. DOI: 10.12677/jwrr.2026.152022

Abstract

This study analyzes the frequency, temporal-spatial variation characteristics, and changes in storm flood disasters in Nujiang Prefecture, Yunnan Province, based on rainfall data from 29 representative rain gauge stations from 1990 to 2020, combined with corresponding disaster records and related damage indicators (direct economic losses and their proportion of GDP, distribution of affected population and disaster-related deaths, and area of crops affected). The analysis employs spline function interpolation with barriers and linear trend analysis methods. The results show that over the past 30 years, the frequency of daily heavy rainfall in the Nujiang River basin has exhibited a decreasing trend, while in the Lancang River basin, it has shown certain fluctuations over time, with an increasing trend observed in the last decade. Storm-induced flood disasters are primarily small to medium-scale events with relatively minor losses, and Lanping County and Lushui City are relatively high-frequency areas for such disasters. Although Nujiang Prefecture is a region prone to frequent storm flood disasters, the disaster occurrence frequency has shown a slow declining trend, and all disaster indicators have generally decreased. The findings of this study can provide support for future flood prevention and mitigation strategies, risk assessment, and zoning of storm flood disasters in Nujiang Prefecture.

Keywords

Nujiang Prefecture, Rainstorm, Rainstorm Flood Disaster, Variation Characteristics

Copyright © 2026 by author(s) and Wuhan University & Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission. 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

暴雨洪涝灾害是指由暴雨造成洪涝的气象灾害，是中国主要的气象灾害之一，随着全球海洋和大气逐渐变暖，极端降水事件发生频次、范围以及强度不断增加，暴雨洪涝灾害愈发严重[1][2]。

怒江州位于云南省西北部，地处青藏高原南延部分与横断山脉纵谷地带的过渡区，其核心地貌单元为怒江、澜沧江和独龙江三大深切峡谷，地势北高南低、山岭、高原与深切河谷交替出现，纵贯全境，州内河网密度较高、主支流交汇频繁，河谷狭窄、坡陡流急、洪峰集中时间短，一旦遭遇强降水或持续性暴雨过程，山坡径流和沟谷汇流极易在短时间内叠加形成高洪峰流量和较大洪水波幅，导致山洪、阶地冲刷及河岸崩塌等灾害风险显著增加。1990~2020 年以来，收集到 85 场次由暴雨引起的洪水灾害纪实资料，共计有 54 个县(市、区)发生暴雨洪涝灾害，占 31 年来发生洪涝灾害总县数的 70.4%，反映出怒江州的洪涝灾害多由暴雨引发，故充分认识区域内暴雨特性及其引发的洪涝灾害变化特征，对于怒江州防灾减灾规划、保护人民生命财产安全具有重要的现实意义，也是迫切需要。

2. 数据来源与方法

2.1. 数据来源

数据来源于《怒江州近 30 年暴雨洪水规律研究》[3]中收集整理的怒江州 29 个雨量代表站不同时段的暴雨及暴雨洪涝灾害场次资料，由于怒江州雨量站点大都建站较晚，资料系列年限偏短，整个怒江州资料系列接近 30 年的仅 7 站。其中澜沧江流域 1 站(金顶)、怒江流域 2 站(贡山、老窝河)资料年限超 30 年，为本文不同时段暴雨频率和地区暴雨参数分析主要依据的资料序列。另选取资料连续性较好、能够反映不同纬度带、不同海拔

高度和不同下垫面条件下的降水特征的 22 站,共 29 站作为怒江州雨量代表站进行暴雨场次统计分析。该 22 站点虽普遍建站较晚,但自 2010 年前后陆续投入运行,遥测自记资料连续性较好、缺测相对较少,短历时和多日历时暴雨过程记录完整,可较为客观地表征近十余年来怒江州暴雨时空分布及演变特征。具体站点及资料年限见表 1,怒江州行政区划及水文站点分布图见图 1。

收集过程中对各代表站的雨量资料系列做三性分析,确保所使用的雨量系列在时次精度、连续性与一致性方面满足暴雨统计分析研究的需要,资料质量可靠。暴雨洪涝灾害收集中剔除了不属于暴雨引起的灾害和数据有疑、精度不高的场次,依据《洪涝灾情评估标准》(SL 579-2012) [4]规定,选取最能说明灾情、损失大小的直接经济损失、受灾人口、损毁房屋数量及农作物受灾、成灾面积等指标,以县为单位收集相关资料,鉴于统计年限较长,资料收集有一定的困难,收集到的数据为普查数据且源于不同的部门,可能存在遗漏。

表 1. 怒江州各流域 1990~2020 年代表站点

流域	河名	站名	资料年限	流域	河名	站名	资料年限
怒江	怒江	丙中洛	29	澜沧江	澜沧江	中排	30
	怒江	贡山	31		澜沧江	营盘	30
	老窝河	老窝	31		泚江	金顶	31
	老窝河	老窝河	31		澜沧江	石登	8
	怒江	六库	22		澜沧江	黑桃坪	8
	怒江	刮然	8		仁甸河	回龙	7
	怒江	瓦来落	8		通甸河	期灯笼	7
	怒江	称杆	6		安乐街河	阿货机	7
	石缸河	泸水新田	8		安乐街河	努弓	8
	蛮口河	蛮云	8		铅公卓河	通甸	6
	迪麻洛河	王青王	8	伊洛瓦底江	独龙江	迪布里	7
	青拉桶河	阿巧洛	8				
	怒江	普拉底	8				
	压木河	嘎拉底	8				
	怒江	腊土底	7				
	老屋河	他竹	8				

2.2. 分析方法

本次暴雨分析对怒江州 29 个雨量代表站 1990~2020 年近 30a 的最大 24 h 暴雨过程进行了逐站、逐年统计。24 h 暴雨过程以单站雨量 ≥ 50 mm 作为一次暴雨事件进行计数,同一站在同一时段的降水仅计为一次,不同站点、不同日期分别统计。基于 GB/T28592-2012《降水量等级》[5],24 h 雨量 50~99.9 mm 定义为“暴雨”,100~250 mm 定义为“大暴雨”,250 mm 以上定义为“特大暴雨”,共划分为三个等级对怒江州内暴雨强度、暴雨频次进行分析,暴雨频次地区分布图采用 ArcGIS 软件中含障碍的样条函数插值法得出。

对于暴雨洪灾通过直接经济损失及其占 GDP 的比例、受灾人口分布及因灾死亡人数的变化趋势、农作物受灾面积变化采用数理统计中的线性趋势法分析怒江州近 30a 的暴雨洪涝灾害变化特征。

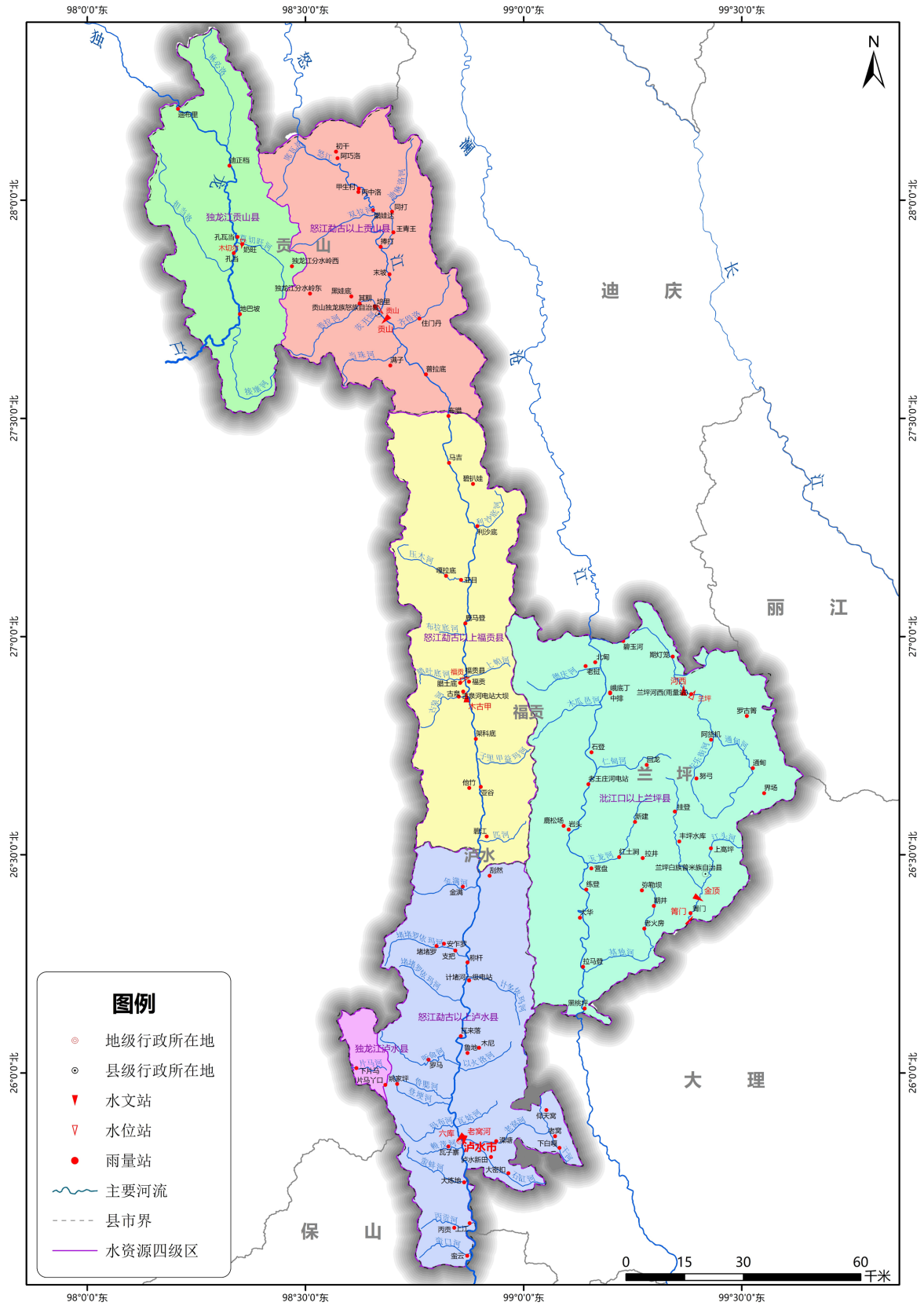


图 1. 怒江州行政区划及水文站点分布图

2.3. 方法介绍

1) 含障碍的样条函数插值法(Barrier Spline Interpolation)

含障碍的样条插值法基于最小曲率样条理论，其核心目标是生成一个平滑且恰好通过所有输入点的表面，同时在存在障碍物的情况下保持空间连续性的合理性。这种方法背后的数学原理，本质上是寻找一个使总曲率最小化的函数曲面 $z = f(x, y)$ ，满足插值条件 $f(x_i, y_i) = z_i$ ，并在障碍区域引入不连续性约束。

① 最小曲率的目标函数

最小曲率法的数学基础是变分法，它试图找到一个函数 $f(x, y)$ ，使得该函数在整个定义域上的总曲率(Total Curvature)最小。总曲率通常定义为二阶导数平方的积分：

$$C(f) = \iint \left[\left(\frac{\partial^2 f^2}{\partial x^2} \right) + 2 \left(\frac{\partial^2 f^2}{\partial x \partial y} \right) + \left(\frac{\partial^2 f^2}{\partial y^2} \right) \right] dx dy$$

这个表达式衡量了曲面的“弯曲程度”。最小化该积分意味着生成的表面尽可能光滑。

② 样条函数的构造与求解

为了实现这一目标，样条函数法将插值问题转化为一个带约束的优化问题：

目标：最小化上述曲率积分 $C(f)$

约束：函数必须精确通过所有输入点，即 $f(x_i, y_i) = z_i$

该问题的解是一个分段光滑的函数，形式上可以表示为：

$$f(x, y) = \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot \phi \left(\left\| (x, y) - (x_j, y_j) \right\| \right) + a_0 + a_1 x + a_2 y$$

其中：

$\phi(r) = r^2 \ln r$ 是径向基函数(Radial Basis Function)，对应二维空间中薄板的弯曲能量响应；

λ_j 是待求系数，由插值条件决定；

a_0, a_1, a_2 是线性趋势项，用于消除全局倾斜；

n 是输入点的数量。

通过代入所有插值点的坐标和值，可建立一个线性方程组并求解出 λ_j 和 a_i ，从而唯一确定插值曲面。

2) 线性趋势法(Linear Trend Method)

线性趋势法是数理统计中时间序列分析的基础方法，通过拟合一元线性回归模型揭示变量随时间(或连续自变量)的线性演变规律，实现趋势判断与预测。

核心是假设变量 y (因变量)与时间/自变量 x 呈线性关系，拟合模型：

$$y = a + bx$$

- a 为截距， b 为斜率(趋势系数)，反映 x 每变化 1 单位， y 的平均变化量；
- $b > 0$ 为上升趋势， $b < 0$ 为下降趋势， $b = 0$ 则无明显线性趋势。

3. 近 30a 怒江州暴雨特性

3.1. 暴雨强度地区分布及演变趋势

根据暴雨等级[6]划分，统计结果表明，1990~2020 年期间，怒江州 29 个代表站共记录到日雨量 ≥ 50 mm 的暴雨 486 次(见表 2)。其中，怒江流域代表站共出现暴雨 299 次，澜沧江流域代表站共记录暴雨 67 次，伊洛瓦底江流域代表站共出现暴雨 120 次。在 24 h 雨量 100~250 mm 的大暴雨等级中，全州共出现 13 次，其中怒江流域 5 次，澜沧江流域 1 次，伊洛瓦底江流域 7 次。1990~2020 年统计期内，29 个代表站均未记录到 24 h 雨量 ≥ 250 mm 的特大暴雨过程，24 h 尺度特大暴雨在现有观测序列中尚未出现，在全州 486 次暴雨中，50~99.9 mm

等级的暴雨占绝大多数。

表 2. 怒江州各流域 1990~2020 年日暴雨次数统计

流域	日暴雨次数			
	50~100 mm	100~250 mm	250 mm 以上	50 mm 以上
怒江	294	5	0	299
澜沧江	66	1	0	67
伊洛瓦底江	113	7	0	120
怒江州	473	13	0	486

根据分析,怒江州短历时暴雨整体雨强不大,短时间内极端强降水出现在少数局地,降水主要集中在 3 d 以内且降水丰沛,最大 24 h、3 d 暴雨量[7]怒江流域自北向南由贡山、福贡至泸水由河谷向两边山脉随高程增加而增加,澜沧江流域兰坪县境内则表现为自西向东随高程降低而逐渐减小,高程较高的西部山地暴雨量相对偏大,向东部河谷和低山丘陵地带逐渐递减,与当地地形起伏格局基本对应。

选取有长系列资料系列的怒江流域(贡山站)及澜沧江流域(金顶站)为代表站[7]对其最大 24 h 年暴雨均值绘制年际演变时序曲线(见图 2),从图中可以看出,近 30a 最大 24 h 暴雨均值澜沧江流域呈上升趋势,怒江流域呈下降趋势。

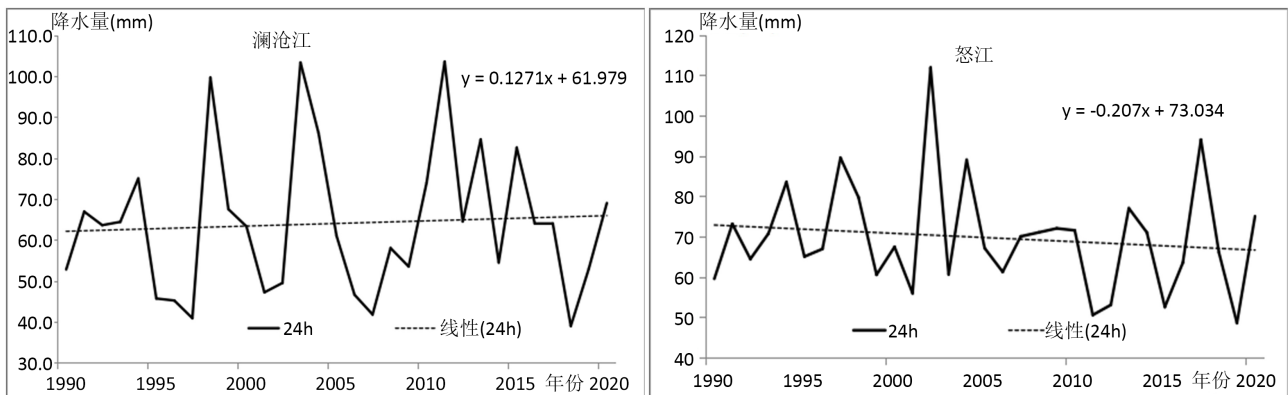


图 2. 怒江州澜沧江、怒江流域最大 24 h 年暴雨均值时序分布图

3.2. 暴雨频次地区分布及演变趋势

据统计,暴雨频次[8]高值区主要分布在贡山县及泸水市西部伊洛瓦底江流域一带,各代表站年平均暴雨频次在 3.29~10.0 场次之间,属于怒江州境内暴雨出现最为频繁的地区。贡山县独龙江乡地巴坡站位于独龙江中上游谷地迎风坡附近,受印度洋及孟加拉湾暖湿气流抬升作用明显[3],年平均暴雨次数高达 10.0 场次,为全州暴雨频次最高的雨量站之一,几乎每年汛期均有多次 24 h 雨量 ≥ 50 mm 的过程出现。在怒江流域中部福贡县一带,沿干流水系两侧中高海拔区域亦形成一条次级多暴雨带,各站年平均暴雨频次为 2.13~2.63 场次,略低于伊洛瓦底江流域高值中心,但仍明显高于周边一般暴雨区水平。福贡县石月亮乡嘎拉底站位于怒江左岸山地迎风坡处,年平均暴雨次数为 2.63 场次,汛期内中到大暴雨过程出现较为频繁,暴雨等级降水在年降水量中占有一定比重。怒江州暴雨频次分布见图 3。

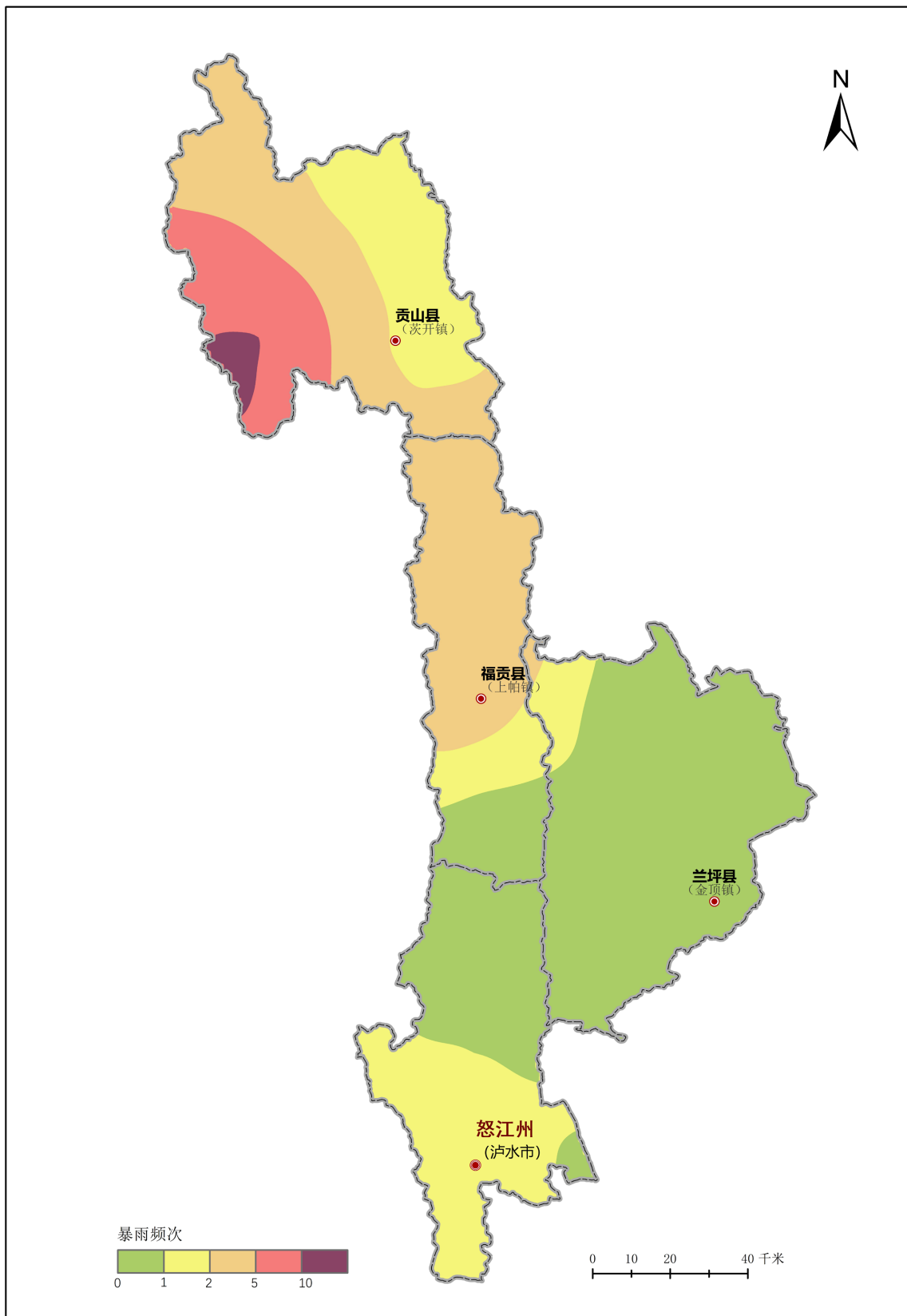


图 3. 1990~2020 年怒江州暴雨频次分布图

由于怒江州内伊洛瓦底江流域建站年限短,最早站点于 2013 年建站且流域面积占整个怒江州面积较小,主要分布在贡山县独龙江乡,故本次选取资料系列较长的澜沧江(金顶站)及怒江(贡山站)为代表站对两大流域日暴雨频次做时序演变分析(见表 3),从两大流域日暴雨频次时序分布图(见图 4)来看,澜沧江流域代表站的日暴雨频次随年代推移呈现出一定的波动状态,各年代段之间暴雨次数有升有降,未表现为单调递增或单调递减的变化形式,但近 10 年(2011~2020 年)统计的日暴雨次数相较前一年代段有所增加,暴雨出现频次显示出一定程度的上升趋势。怒江流域代表站的统计结果则显示,在其有资料记录的各年代段中,近 10 年(2011~2020 年)日暴雨次数相较于前一年代段有所减少,暴雨发生频次在时序上呈现出一定程度的下降趋势。

表 3. 怒江州两大流域近 30a 各年代时段暴雨频次统计表

所属州市	所属流域	代表站	资料系列	年代暴雨次数		
				1991~2000	2001~2010	2011~2020
怒江州	澜沧江	金顶	1990~2020	10	5	8
	怒江	贡山	1990~2020	21	18	12

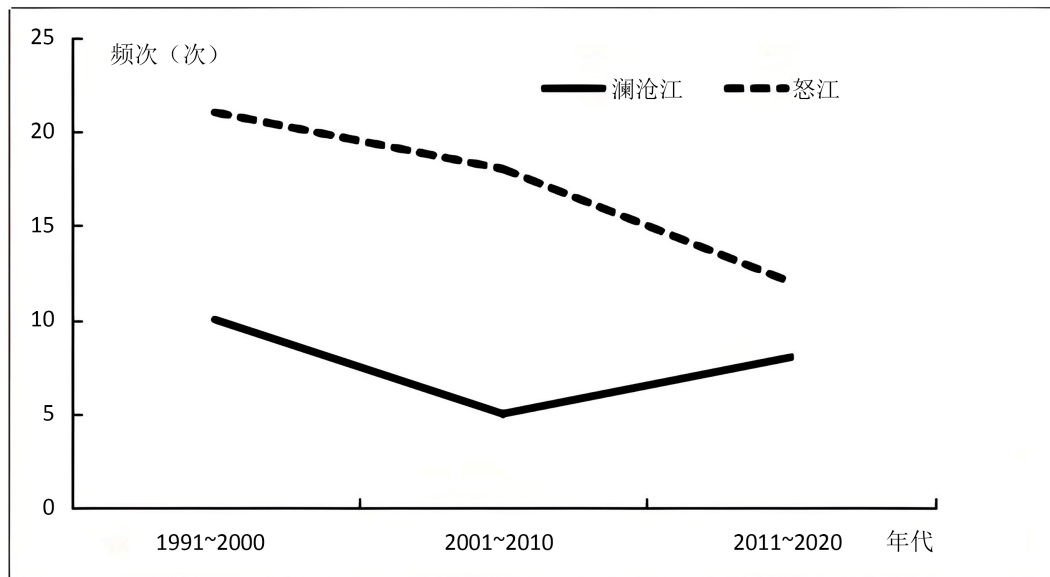


图 4. 怒江州两大流域日暴雨频次时序分布图

4. 近 30a 怒江州暴雨洪涝灾害特征

4.1. 暴雨洪涝灾害频次及地区分布

本次洪灾统计单元以县为基本单位,分为一般洪灾、较大洪灾、重大洪灾以及重特大洪灾。统计结果表明,在 85 场次洪灾中,一般洪灾 45 场,较大洪灾 30 场,重大洪灾 5 场,重特大洪灾 5 场。从频次结构上看,一般洪灾占全部洪灾场次的 52.9%,较大洪灾占 35.2%,重大与重特大洪灾分别占 5.9%。说明在怒江州辖区内,暴雨洪涝灾害以中小尺度、损失程度相对较轻的一般洪灾和较大洪灾为主,真正达到重大和重特大等级、造成极为严重损失的典型事件总体发生频次较低。

从累计发生次数来看(见图 5),近 30a 来发生暴雨洪灾最多的为兰坪县 26 次,其次为泸水市 23 次、福贡县 19 次、贡山县 17 次,各县(市)之间相差接近 1.5 倍,表明暴雨洪灾在怒江州地区分布上的不均衡性较为突出,

其中兰坪县和泸水市是暴雨洪灾相对高发地区，而福贡县、贡山县则处于次高水平。

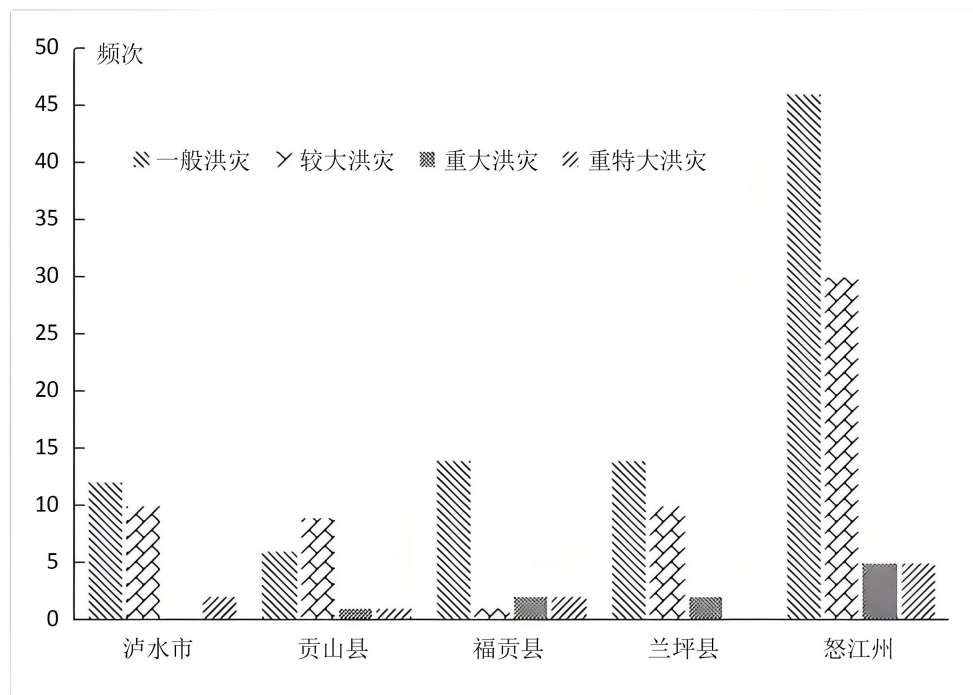


图 5. 1990~2020 年怒江州各县(市)不同级别暴雨洪灾频次分布图

暴雨洪灾的高发区与暴雨频次高值区的不对应甚至相反的现象反应出了虽然暴雨与暴雨洪涝灾害两者存在较强的相关性，但暴雨不一定导致灾害，暴雨洪灾的发生还与人口的集中度、暴雨发生地点的时空分布及暴雨量级的不确定性密切相关。一方面，不同县(市)所处流域和地形条件存在差异，兰坪县位于澜沧江支流沱江、通甸河一带，高差悬殊、沟谷发育，短历时强降水更易形成山洪、滑坡、泥石流等灾害过程，因而统计到的暴雨洪灾次数偏多；泸水市沿怒江干流两岸分布，人口、基础设施集中度较高，一旦遭遇暴雨洪水，灾情更易被记录和上报，另一方面，部分高山峡谷地带暴雨具有明显的局地性和突发性，同一场暴雨过程中，不同县(市)受灾轻重存在差异，也会在多年累计频次上形成空间对比。

4.2. 暴雨洪涝灾害的时序变化

从县(市)尺度的年际演变情况来看，在 1990~2020 年的三个十年阶段内，怒江州暴雨洪灾总体发生频次呈现出“中期偏多、前后相对偏少”的变化态势，但不同县市区之间增减幅度和演变并不一致。按 1990~2000 年、2001~2010 年、2011~2020 年三个年代分段统计，泸水市暴雨洪灾发生频次表现为由前期偏少向中期明显增多、后期保持在较高水平的态势，说明进入 21 世纪以来泸水市暴雨洪灾由零星分散逐步演变为较为常态化、频发化的格局；贡山县三个年代的暴雨洪灾中期阶段较前期增长幅度较大，表明在 2001~2010 年间暴雨洪灾活跃度明显增强，2011~2020 年虽较中期略有减少，但仍显著高于 90 年代水平；福贡县在三个年代中暴雨洪灾同样体现出中期高值集中的特点，但与贡山县相比，2011~2020 年频次回落幅度更为明显，近十年暴雨洪灾发生次数约为中期的一半，显示该县在经历了 2001~2010 年高频暴雨洪灾阶段后，近年洪灾发生频率有所减弱；兰坪县的暴雨洪灾发生频次则呈相对单调递减态势，综合各县(市)分段统计结果，三个年代总体反应出整个州仍为暴雨洪灾较为敏感的区域，但从长期序列看频次有缓慢下降的趋势，说明怒江州内近年防洪减灾工程及非工程措施建设落实到位并取得明显成效[9]-[14]。各县(市)暴雨洪灾频次具体增减情况见图 6。

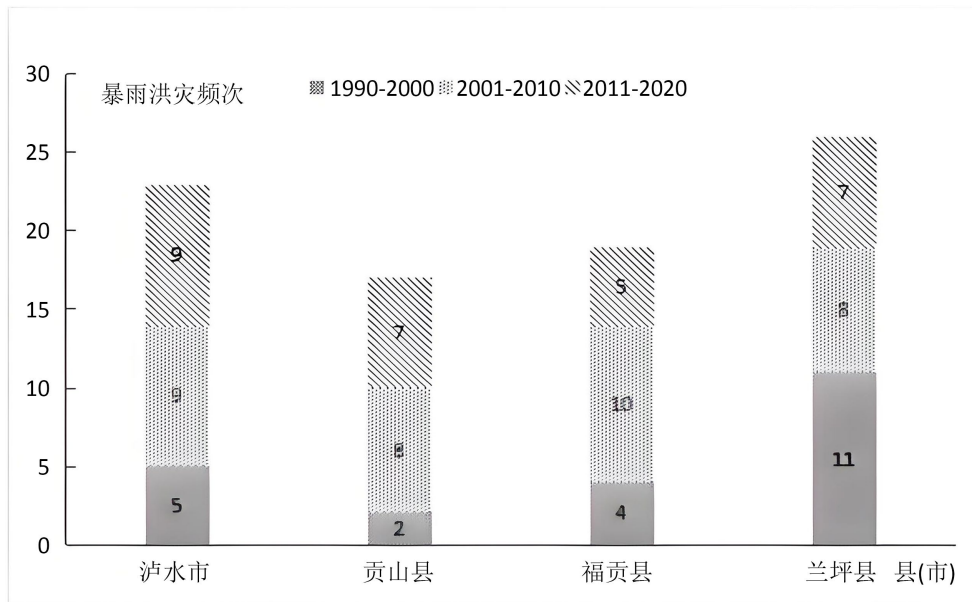


图 6. 1990~2020 年怒江州各县(市)各年代暴雨洪灾频次图

5. 暴雨洪涝灾害指标变化特征

图 7 显示, 在近 30 年怒江州暴雨洪涝灾害所造成的直接经济损失(当年价)平均每年为 9866 万元, 有数据年份直接经济损失最高年份为 2016 年, 达 42,540 万元, 最低为 1992 年, 为 144 万元, 相差近 300 倍, 总体呈上升趋势。直接经济损失占当年全州的 GDP 比例占比最高为 2000 年, 达 16.2%, 占比最小为 2013 年, 仅为 0.05%, 但总体呈下降趋势, 这是与经济发展相协调的, 随着经济的快速增长, 暴雨洪涝灾害导致的直接经济损失也会随之增加, 但从因灾造成的直接经济损失年代际占全州 GDP 的比例来看, 2011~2020 年均占比为 1.19%, 较 1990~2000 年均占比 3.28%下降了 63.5%, 也说明了随着社会经济的发展, 对灾害的承受和应对能力也得到了提升[10] [11]。

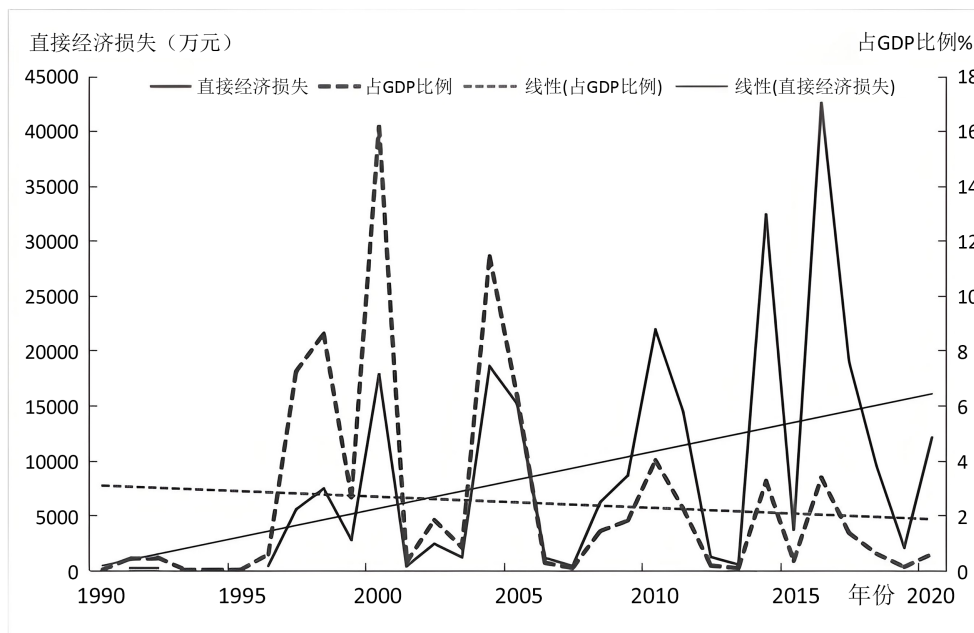


图 7. 1990~2020 年怒江州洪涝灾害直接经济损失及占 GDP 比例

图 8 显示,在近 30a 有数据年份怒江州暴雨洪涝灾害所造成的农作物受灾面积为 92.82 万亩,每年约有 2.994 万亩耕地受到洪水浸泡、冲刷或淤积影响;其中成灾面积为 37.12 万亩,成灾率 40.0%,说明在受灾耕地中有相当比例发展为减产、绝收或需要较长时间恢复生产的地块。近 30a 间,农作物受灾面积总体呈上升趋势,这与怒江州的高山峡谷地势致使暴雨容易造成山洪、泥石流等灾害有关,加之 2016~2018 年,怒江州规划完成 3 万多名建档立卡对象进行移民搬迁安置,由于怒江州地理位置受限,建成的 11 个安置点沿江而建,居民地及沿岸农田的增加导致了在暴雨引发的洪涝灾害中农作物受灾面积的增加,但农作物成灾面积在近 30a 间呈下降趋势,说明当地防汛部门在部分重点河段和易成灾区域开展了河道疏浚、行洪区清障、山洪沟治理等工程建设取得了一定成效[11],使洪涝灾害造成的农业损失逐步降低。

图 9 显示,在近 30a 有数据年份中怒江州暴雨洪涝灾害所造成的受灾人口共有 57.27 万人,损毁房屋共 63,542

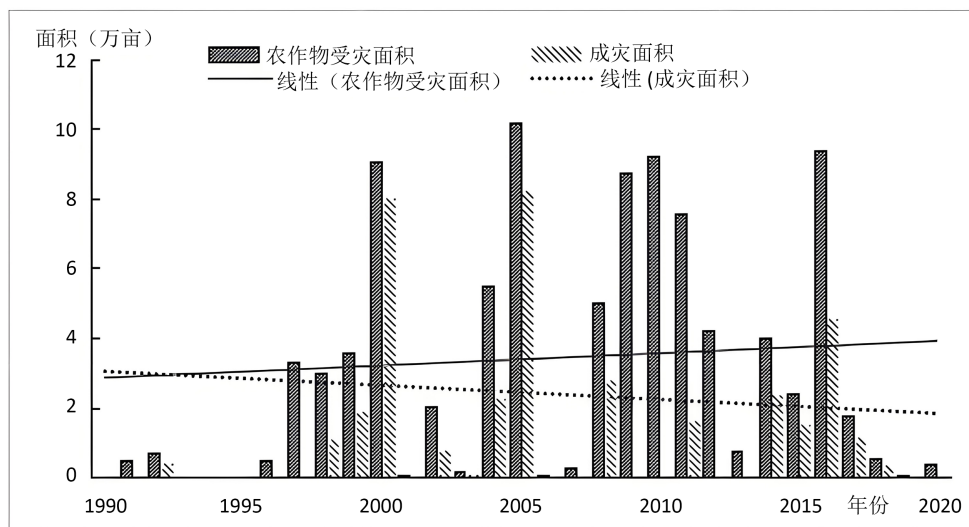


图 8. 1990~2020 年怒江州暴雨洪涝灾农作物受灾及成灾面积时序分布

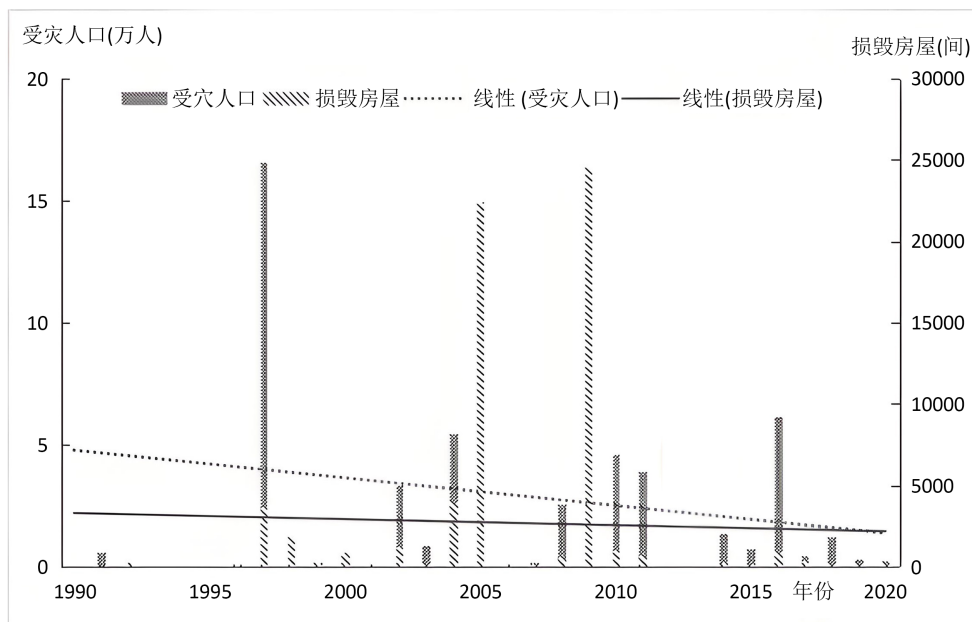


图 9. 1990~2020 年怒江州暴雨洪涝灾害受灾人口及损毁房屋时序分布

间,其中 1997 年为受灾人口最多的年份,2009 年为损毁房屋最多的年份。近 30a 间,随着人民生活水平的提高和城镇化、农村人居环境整治的推进,大量原先易在洪水、滑坡、泥石流等灾害中倒塌的土坯房、木结构房逐步被砖混结构或钢筋混凝土框架结构房屋所替代,新建住房在选址、基础处理和结构安全方面更加规范,怒江州移民安置工作[12]在 2016 年以后沿岸房屋总体数量增多明显,在相似洪水水位条件下,房屋由整体倒塌转为轻微受淹、局部受损,倒塌损毁房屋数量呈缓慢减少趋势。随着各级政府对防灾减灾工作的重视程度提高,防汛责任制、防汛预案、山洪灾害防御预案逐步健全[13][14],基层防汛组织体系和群测群防体系不断完善,公众通过广播、电视、手机短信、预警平台、微信群等多种渠道及时获取暴雨、洪水和地质灾害预警信息,风险意识逐步加深,提前转移、避险撤离,群众的自我保护意识有所提升,在强降水和洪水过程中的被动受灾情形明显减少,因此受灾人口在时间序列上呈逐年下降态势。

综合图 7~9,虽近 30a 以来整个怒江州仍为暴雨洪灾较为频发的区域,但从长期序列看频次有缓慢下降的趋势,各项灾害指标总体也呈减少趋势,这也反映出随着各级政府不断加强防灾减灾的能力建设,灾害防治能力的提升对减轻、抵御灾害的作用明显。

6. 结语

采用怒江州 1990~2020 年的暴雨数据资料,结合同一时期暴雨洪涝灾害纪实资料以及相关灾损指标,分析近 30a 怒江州暴雨洪灾频次、年代时序以及暴雨洪涝灾害变化特征。结果表明随着经济社会的不断发展,在人类活动日渐加剧的情况下,洪涝灾害和社会经济因素的关联性也越来越大。怒江州内兰坪县和泸水市是暴雨洪灾相对高发地区,而福贡县、贡山县则处于次高水平。暴雨洪灾的高发区与暴雨频次高值区的不对应及区域的不均衡性反应出暴雨洪灾的发生还与人口的集中度、暴雨发生地点的时空分布及暴雨量级的不确定性密切相关。因此未来防灾减灾工作中不仅要关注气象灾害本身的发生特点,更要关注区域的社会、经济、人口及生态环境等方面的变化与趋势,因地制宜地制定防灾减灾对策,以更好更高效的提升当地防灾减灾的能力。

参考文献

- [1] 於琍,徐影,张永香. 近 25a 中国暴雨及其引发的暴雨洪涝灾害影响的时空变化特征[J]. 暴雨灾害, 2018, 37(1): 67-72.
- [2] 李宝芬,张坤,余守龙. 等. 近 30 年云南暴雨洪涝灾害时空分布特征[J]. 水电能源科学, 2024, 42(12): 37-40+81.
- [3] 云南省水文水资源局大理分局. 怒江州近 30 年暴雨洪水规律研究[R]. 大理: 云南省水文水资源局大理分局, 2021.
- [4] 中华人民共和国水利部. 洪涝灾情评估标准: SL579-2012 [S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2012.
- [5] 降水量等级标准 GB/T 28592-2012. 降水量等级[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [6] 暴雨等级标准 GB/T 33680-2017. 暴雨灾害等级[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [7] 余新晓. 水文与水资源学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2010.
- [8] 徐冬梅,王文川,袁秀忠. 水文分析与计算[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2018.
- [9] 怒江傈僳族自治州人民政府. 怒江州国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要[EB/OL]. <https://www.nujiang.gov.cn/special/sswgh/lsggh/>, 2026-04-14.
- [10] 怒江州水利局. 怒江州中小河流治理“十三五”实施方案[R]. 怒江: 怒江州水利局, 2017.
- [11] 怒江州发展和改革委员会. 怒江干流泸水段(碧福桥至小沙坝)防洪治理工程可行性研究报告的批复[EB/OL]. <https://www.nujiang.gov.cn/xxgk/015279104/info/2023-223039.html>, 2026-04-14.
- [12] 中共怒江傈僳族自治州委员会,怒江傈僳族自治州人民政府. 怒江州易地扶贫搬迁后续保障二十条措施[Z]. 怒江: 怒江州人民政府, 2019.
- [13] 怒江州水利局. 怒江州山洪灾害防治规划(2013-2020) [R]. 怒江: 怒江州水利局, 2013.
- [14] 怒江傈僳族自治州人民政府. 怒江州人民政府关于全面推进气象现代化加强气象防灾减灾体系建设的实施意见[EB/OL]. <https://www.nujiang.gov.cn/xxgk/015279139/info/2017-138720.html>, 2026-04-14.