

云南省楚雄州水资源四级分区暴雨洪水特性分析

曾艳芬¹, 涂进²

¹云南省水文水资源局楚雄分局, 云南 楚雄

²长江水利委员会水文局汉江水文水资源勘测局, 湖北 襄阳

收稿日期: 2022年2月8日; 录用日期: 2022年3月24日; 发布日期: 2022年4月21日

摘要

根据流域自然地理和水文、雨量站的分布情况, 结合各站实测水文资料, 分析全州水资源四级分区内暴雨、洪水特性。结果表明州内暴雨具有单点突出、暴雨时段主要集中在1日等特征; 洪水特征基本由暴雨特性决定, 洪水过程特点为陡涨陡落。洪峰流量的Cv值变化在0.37~0.90之间, 1~7日洪量的Cv值变化在0.26~0.94之间; 洪量的Cv值比洪峰的Cv值变化稍大, 且随着时段的增长洪量Cv值有增大的趋势; 区域洪峰流量与洪量关系较好, 线性均呈上凹型等。本研究对楚雄州内无资料地区和小型水利水电工程水文分析计算具有一定的参考价值和指导作用。

关键词

楚雄州, 四级区, 暴雨, 洪水

Analysis on Characteristics of Rainstorm and Flood in the Fourth Water Resource Zones in Chuxiong Prefecture, Yunnan Province

Yanfen Zeng¹, Jin Tu²

¹Chuxiong Branch of Yunnan Hydrology and Water Resources Bureau, Chuxiong Yunnan

²Hanjiang Bureau of Hydrology and Water Resources Survey, Changjiang Water Resources Commission, Xiangyang Hubei

Received: Feb. 8th, 2022; accepted: Mar. 24th, 2022; published: Apr. 21st, 2022

Abstract

The characteristics of rainstorm and flood in the four-level water resources division of Chuxiong Prefec-

作者简介: 曾艳芬, 籍贯云南楚雄, 出生于1973年4月, 学历本科, 高级工程师, 研究方向为水文水资源分析计算, Email: 27242282@qq.com

文章引用: 曾艳芬, 涂进. 云南省楚雄州水资源四级分区暴雨洪水特性分析[J]. 水资源研究, 2022, 11(2): 210-217.

DOI: 10.12677/jwrr.2022.112023

ture were analyzed based on the physical geography of the basin and the distribution of hydrology and rainfall gauged stations. The results show that the rainstorm has the characteristics of single point outburst, and the rainstorm period mainly concentrates on 1 day. The flood characteristics are basically determined by rainstorm characteristics, and the flood process is characterized by steep rise and fall. The Cv values of peak discharge and 1~7 d flood volume are varied from 0.37 to 0.90, and 0.26 to 0.94, respectively. The Cv values of flood volume are changed slightly more than that of peak flow, and tended to increase with the increase of time period. The relationship between peak discharge and flood volume is good with linearity concave. The study has certain reference value and guiding function for hydrologic analysis and calculation of small water conservancy and hydropower projects in Chuxiong Prefecture without data.

Keywords

Chuxiong Prefecture, Fourth Water Resource Zone, Rainstorm, Flood

Copyright © 2022 by author(s) and Wuhan University.

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

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



1. 引言

楚雄州地处滇中干旱区, 州内没有湖泊, 水系大多数为山区性中小河流, 具有立体气候特征及单点暴雨较突出的特点。境内仅有 10 余处水文站, 大部分地区无水文站控制, 小河代表站也仅有凤屯(二)水文站, 对小流域的暴雨洪水特性尚无直接观测成果。武剑[1]等对楚雄州区域洪水洪峰流量变化特征进行了研究, 依据区域内水文站网, 从基本统计特征、趋势、突变和周期性等方面对年最大洪峰流量历史系列进行分析; 文忠宇[2]依据楚雄州 10 个站逐日雨量资料及历史天气图, 分析了楚雄暴雨的时空分布特征, 结果表明楚雄州暴雨几乎全部出现在 5~10 月, 流域普通暴雨占比最大。现有研究主要集中在暴雨洪水统计分析上, 对暴雨洪水特性研究较少, 武剑[3]等基于分形理论的楚雄州近 700 年水旱灾害分析表明, 20 世纪后期楚雄州水旱灾害事件发生频率明显高于其他时段, 在未来一段时期还会延续这种增长趋势, 因此, 采用现有水文、雨量代表站资料对楚雄州水资源四级分区进行暴雨洪水特性[4]分析具有重要意义, 可以结合云南省暴雨手册为水旱灾害防治提供支撑、同时也为在建和拟建水利工程洪水计算提供参考。

2. 概述

2.1. 自然地理及水系河流情况

楚雄彝族自治州地处云南省腹地, 位于 100°43'E~102°32'E、24°13'N~26°30'N 之间, 东西最大纵距 175 km, 南北最大纵距 247.5 km, 共辖 8 县 2 市, 103 个乡(镇), 1098 个村(社区)委会, 总国土面积 28,448.2 km²。为金沙江与元江的分水岭地带, 形成二水分流之态; 境内山区、半山区占总面积的 90% 以上, 俗有“九分山水一分坝”之称。

州内共有 100 km² 以上河流 101 条, 分属金沙江及红河水系。州境分水岭以北为金沙江水系, 流域面积为 17,060.8 km², 范围涉及 7 县 2 市, 占全州总面积的 60%, 流域主要支流自西向东有渔泡江、多底河、湾碧河、万马河、蜻蛉河、龙川江、勐果河、黑鲁拉河等, 流向均由南向北, 呈树枝状和平行状水系。州境南部为红河水系, 流域涉及双柏全县及南华、禄丰、楚雄 3 县市的部分地区, 流域面积 11,387.4 km², 占全州面积的 40%; 流域主要有礼社江、马龙河、绿汁江等, 均系从北向南流。根据云南省和楚雄州水资源分区图, 全州共有七个

水资源四级区，分别为：渔泡江、龙川江、普渡河、金沙江石鼓以下干流、红河上段、绿汁江、李仙江，见图 1 [5]。(摘自《楚雄州水资源保护规划(报批稿)》)

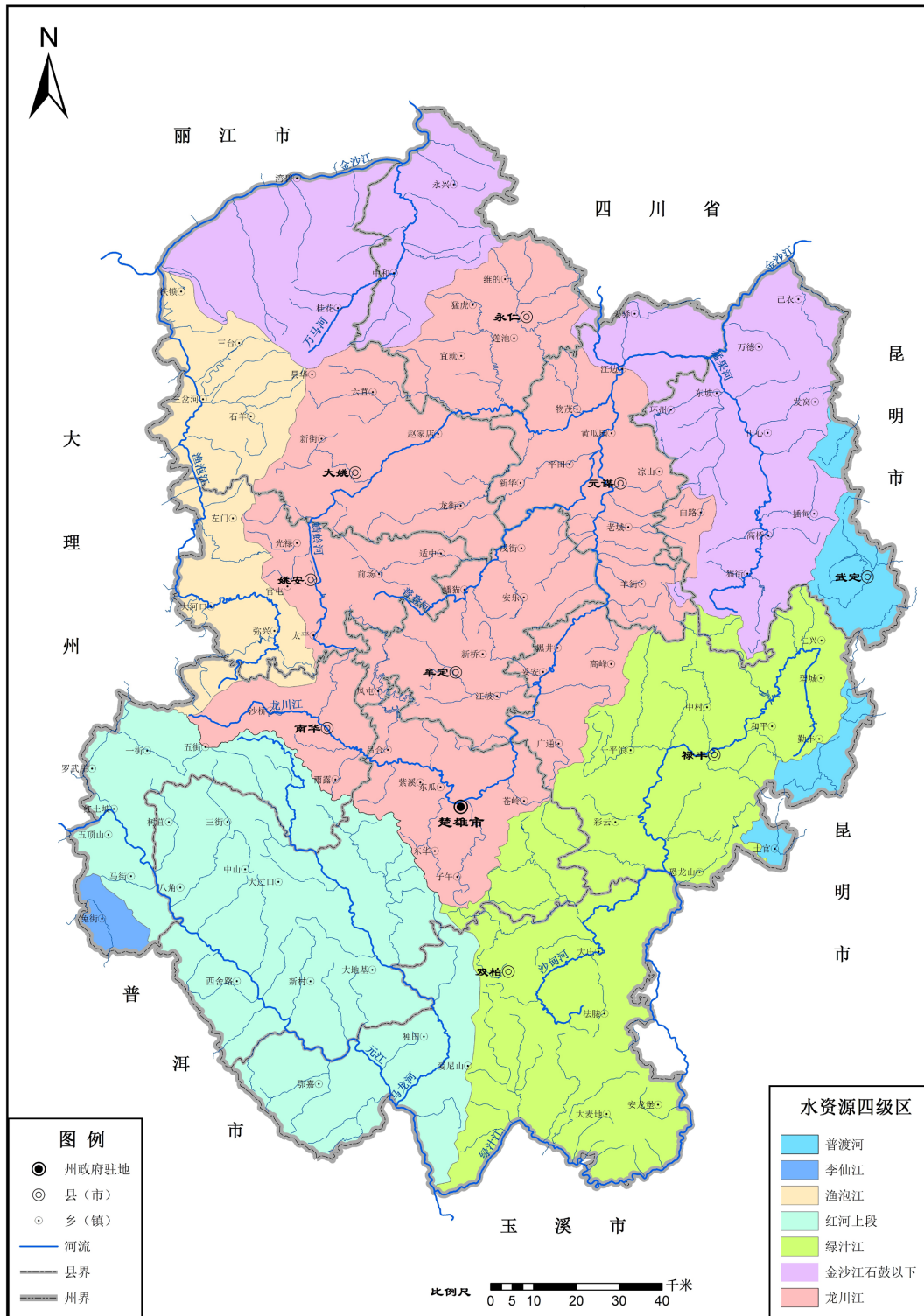


Figure 1. Level IV zoning map of river water system and water resources in Chuxiong Prefecture
图 1. 楚雄州河流水系和水资源四级分区图

2.2. 水文气候特征

楚雄州属亚热带高原季风气候，夏秋季受来自印度洋面、孟加拉湾气流影响，湿润深厚，水气充沛，冬春季受流经北非、中东以及印度次大陆的气流影响，温暖干燥，降水量偏少。受地形影响，气候的区域差异和垂直变化明显，州内寒、温、热 3 种气候类型俱全，具有立体气候特点。降水量的地区分布随高程、地形变化差异及年内、年际变化较大，多年平均降水量 879.1 mm，集中在 6~10 月。州内大部份地区日照值大。全州总的气候特征是冬夏短、春秋长，季节变化不明显；年温差小，日温差大；干湿季分明，雨热同季；日照充足，霜期较短；由于地形海拔的差异，形成的气象、水文要素时空分布复杂，小气候特征明显。(摘自《楚雄州水资源保护规划(报批稿)》)

3. 基本资料

楚雄州有七个水资源四级区。根据全州自然地理状况和水系河流情况，结合水文、雨量站点的分布，在各水资源四级区内选择资料观测年限较长、代表性较好、精度较高的站点(见表 1)，用于分析全州水资源四级区暴雨洪水特性。

Table 1. Statistics of hydrological and rainfall representative stations

表 1. 水文和雨量代表站点情况统计表

水系	水资源四级区		代表站点			水文站 控制面积 (km ²)	代表站 资料年限	备注
	名称	面积 (km ²)	水文站	雨量站	所在河流			
金沙江	渔泡江	1999	地索		渔泡江	1954	1960~2020	干流
			凤屯		紫甸河	186	1977~2020	一级支流
	龙川江	9225	楚雄		龙川江	1788	1952~2020	干流
			小黄瓜园		龙川江	5560	1954~2020	干流
普渡河	794	沙龙	老鸦关	沙龙河 螳螂川	45	1998~2006 1965~2020	二级支流 一级支流	
金沙江石鼓 以下干流	5025	中和街		万马河	528	1967~2020	一级支流	
		高桥		猛果河	711	1979~2020		
红河上段	5967.2	小龙潭	铅厂	马龙河	1807	1960~2020 1966~2020	一级支流	
		鱼庄河	腾嘉		礼社江	196	1985~1992 1964~2020 1978~2020	干流
			西舍路					
绿汁江	6072	董户村	东河		星宿江		1959~2020	干流
			大箐		星宿江	1444	1962~2020	
			狮子口		绿汁江		1979~2020	
李仙江	175.8	景东	景东(气象站)	湾河		1954~2020	一级支流	

4. 暴雨特性分析

州境位于云南东西部之间一条重要气候分界线哀牢山的东北部，哀牢山挡住了由北方南下的冷空气，使冷

空气流越山后产生焚风效应而变干变暖；另一方面又挡住由印度洋吹来的暖湿气流，致使流域内降雨量相对全省偏少；但州境内地貌类型复杂，海拔高差悬殊较大，中小尺度的天气系统活动频繁，当水汽丰沛的暖湿气团受到中小尺度的天气系统影响时，常产生强度大、总量大、历时短、范围大小不一的暴雨。

4.1. 暴雨的年际变化

对全州水资源四级区内各代表站历年年降水量资料进行统计，并采用 P-III 曲线[6]对各站点年最大一日降水量进行频率计算。计算成果(见下表 2)表明，州内的最大一日暴雨均值变化范围在 58.6~79.1 mm 之间，其中李仙江的最大一日降水量最大为 79.1 mm，其次为绿汁江中上游地区、龙川江内干流及其主要支流的中上游地区(地形主要为山区和半山区)和红河上段的迎风坡哀牢山一带，这些地区为全州降水量最多的地区；最小的为地处红河上段背风坡的马龙河流域、龙川江的元谋县一带河谷地区和普渡河，这些地区为全州降水量最少的地区。全州暴雨年变差 Cv 值变化范围在 0.25~0.57 之间，其中渔泡江和普渡河四级区的暴雨年际变化较大，Cv 值分别为 0.48、0.57；而暴雨年际变化最小的为金沙江石鼓以下干流、龙川江、李仙江和红河上段四级区的马龙河流域，Cv 值在 0.25~0.33 之间，其他地区的暴雨年际变化在 0.34~0.47 之间。

Table 2. Statistical parameters of annual precipitation and maximum daily precipitation of representative stations

表 2. 各代表站年降水量和最大一日降水量统计参数统计表

水系	水资源四级区	代表站	代表站年降水量统计参数			代表站最大一日降水量统计参数		
			均值(mm)	5~10月降水量(mm)	所占百分比(%)	均值(mm)	Cv	
金沙江	渔泡江	地索	874.8	795.6	90.9	64.2	0.48	
		风电	1036.3	926.4	89.4	71.1	0.34	
	龙川江	楚雄	876.8	782.6	89.3	62.1	0.32	
		小黄瓜园	671.5	618.2	92.1	60.1	0.32	
		多克	662.3	614.0	92.7	58.6	0.33	
	普渡河	老鸦关	854.8	746.1	87.3	59.7	0.57	
	金沙江石鼓以下干流	中和街	937.9	879.2	93.7	65.6	0.25	
		高桥	926.2	831.2	89.7	61.4	0.26	
	红河	红河上段	小龙潭	815.3	700.1	85.9	62.0	0.33
			铅厂	821.6	722.7	88.0	58.9	0.34
腾嘉			1075.4	891.0	82.9	70.3	0.44	
西舍路			970.6	826.6	85.2	65.8	0.37	
绿汁江		东河	998.4	886.3	88.8	76.1	0.47	
		董户村	926.0	824.8	89.1	71.9	0.38	
李仙江	景东(气)	大箐	975.8	871.6	89.3	73.3	0.47	
		狮子口	894.7	764.3	85.4	65.2	0.46	
			1112.1	953.6	85.7	79.1	0.32	

4.2. 暴雨的时空分布

将各代表站历年实测资料中最大日降水量大于等于 50.0 mm 的场次统计分析可知：楚雄州暴雨主要发生于

汛期 5~10 月, 占全年暴雨的 98.2%, 枯季 11 月~次年 4 月仅占 1.8%; 暴雨主要集中于 6~9 月, 其各月分别占全年暴雨的 21.4%、21.7%、20.0%、16.6%, 10 月~次年 5 月仅占 20.3%。在金沙江水系的四个水资源分区和红河上段四级区的马龙河流域 1、2、4 月份未发生暴雨; 3 月份仅普渡河四级区发生了一次暴雨, 其他地区未发生暴雨; 绿汁江四级区 2、3、12 月份未发生暴雨, 4、11 月份偶有发生; 红河上段的礼社江干流(哀牢山) 5~10 月暴雨发生的频次较均匀, 且 11 月至次年 1 月暴雨均有发生, 而州内其他地区 11 月至次年 4 月暴雨只是偶有发生。全州单点暴雨和区域性暴雨较突出, 平均 0.4~0.8 年发生一次, 其中龙川江四级区内龙川江干流及其主要支流的中下游的平坝、河谷地区、普渡河四级区和红河上段四级区内的马龙河流域暴雨发生的机率相对较大, 为 0.7~0.8 年发生一次, 而暴雨发生的机率较小的地区为龙川江四级内龙川江干流及其主要支流的上游山区, 平均 0.4 年发生一次, 州内其他地区暴雨为 0.5~0.6 年发生一次。

4.3. 暴雨的集中程度

由四级区各代表站一、三、五、七日和 1、6、12、24 小时最大降水量进行统计分析可知: 各站年最大一日降水量占七日降水量的 45.4%~56.9%, 三日降水量占七日降水量的 62.4%~76.5%, 五日降水量占七日降水量的 84.6%~89.2%, 暴雨主要集中在一日, 且普渡河和红河上段四级区最大一日降水量占七日降水量的比重相对较小, 渔泡江四级区相对较大; 三~五日降水量占七日降水量比重各水资源四级区基本一致。各水资源四级区 1 小时到 6 小时雨量增加幅度较大, 6 小时以后雨量增加幅度减小, 这说明暴雨主要集中在 6 小时以内, 6 小时雨量占 24 小时雨量的 63.0%~81.2%, 其中龙川江四级区的元谋干热河谷一带所占比重最大, 即单次暴雨雨量比较集中, 且在 6 小时以内; 红河上段和李仙江四级区的哀牢山一带所占比重相对较小, 即单次暴雨雨量较均匀。

5. 洪水特性分析

本区域洪水主要是暴雨形成, 洪水过程的基本特点为: 陡涨陡落、峰型以单峰为主。

5.1. 洪水的年内变化

将四级区内各代表水文站的历年洪水资料中常遇洪水以上量级月发生次数统计(见表 3)分析可知: 由于本区域暴雨是形成洪水的主体, 因此暴雨特性基本上决定了洪水特性; 各四级区洪水在年内的时间分布与暴雨在年内的时间分布基本相对应, 暴雨频发的月份也是洪水频发的月份, 洪水的发生主要集中在 6~9 月; 暴雨频发的地区也是洪水频发地区。

Table 3. Statistical of annual flood frequency of representative hydrological stations

表 3. 各代表水文站年洪水频次统计表

水系	水资源四级区	代表站	月发生洪水次数(一般洪水)							合计(次)	大于等于以下流量	平均洪峰流量 Qm (m ³ /s)	集水面积(km ²)	洪峰模数 (m ³ /s·km ²)
			5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月					
金沙江	渔泡江	地索	1	3	5	12	6	3	1	31	175	185	1954	0.095
		凤屯	1	2	10	9	7	4		33	40	57.7	186	0.311
		楚雄	2	10	7	15	10	5	1	50	155	172	1788	0.096
	龙川江	小黄瓜园	1	13	15	24	15	6	1	75	2500	407	5560	0.073
		多克	1	10	18	25	26	16		96	200	433	2855	0.152
	普渡河	沙龙		3	5	6	2	2		18	5	9.63	45	0.214
	金沙江	中和街		3	5	9	10	3		30	120	154	528	0.291
石鼓以下干流	高桥		9	12	13	9	4	1	48	55	97.5	711	0.136	

Continued

红河	小龙潭	1	4	12	18	12	4	51	185	229	1807	0.127
	鱼庄河		3	4	2	2		11	90	117	196	0.597
	董户村		6	15	14	10	1	46	165	213	1444	0.147
	景东	2	5	13	8	7	11	2	48	300	405	1800

5.2. 洪水变差系数

将四级区内各代表水文站的历年洪水资料中洪峰流量和最大一、三、五、七日洪量进行频率计算, Cs/Cv 取值 2.0。由计算成果可知: 各四级区内代表水文站洪峰流量的 Cv 值变化在 0.37~0.90 之间, 该成果与周边已审批水利工程成果基本一致, 最大的为龙川江四级区的凤电站和普渡河四级区的沙龙站分别为 0.90、0.80, 最小的为红河上段四级区鱼庄河站 0.37 和金沙江石鼓以下干流四级区高桥站 0.39。各四级区代表站一日洪量的 Cv 值变化在 0.32~0.90 之间、三日洪量的 Cv 值变化在 0.30~0.91 之间、五日洪量的 Cv 值变化在 0.28~0.92 之间、七日洪量的 Cv 值变化在 0.26~0.94 之间。其中, 渔泡江、龙川江、普渡河、绿汁江四级区洪量的 Cv 值变化比洪峰流量的 Cv 值变化稍大, 并随着时段的增长洪量 Cv 值有增大的趋势, 这说明以上四个水资源分区的主洪峰过程前后伴随次洪发生, 洪水过程以多峰为主; 金沙江石鼓以下干流和红河上段四级区洪量的 Cv 值变化比洪峰流量的 Cv 值变化稍小, 并随着时段的增长洪量 Cv 值有减小的趋势, 这说明以上两个水资源分区的河槽调蓄作用大, 洪水汇集历时相对较长。最大一日降水量 Cv 值大的地区, 一日洪量的 Cv 值也大, 其两者对应关系较好, 这充分说明在本区域洪水主要是由暴雨产生。

5.3. 峰量关系

根据各水资源四级分区代表站的洪峰流量和时段洪量资料分析可知: 各代表站峰量关系较好, 其中洪峰流量与一日洪量相关最好, 与三日洪量的关系次之, 与五日、七日洪量关系较差, 即随着时段的增长, 峰量关系相关程度相对减弱。控制径流面积大的水文站其峰量关系较好, 如小黄瓜园水文站峰量关系最好; 控制径流面积小的水文站其峰量关系相对较差, 如凤电站峰量关系没有小黄瓜园站的好。各代表站峰量关系线型均呈上凹型。峰量关系特点说明州内降水量较集中, 主要集中在一日, 由单次暴雨形成的洪水过程较单一。

6. 结论

综上所述, 对该州水资源四级分区内的暴雨洪水特性有了明确认识, 有以下特点: 一是州内具有单点暴雨较突出的特点。二是暴雨主要发生于 6~9 月, 主要集中在一日; 龙川江四级区内龙川江干流及其主要支流的中下游的平坝、河谷地区、普渡河四级区和红河上段四级区内的马龙河流域暴雨发生的机率相对较小, 而暴雨发生的机率较大的地区为龙川江四级区内龙川江干流及其主要支流的上游山区; 暴雨 Cv 值在 0.29~0.52 之间, 其中渔泡江和普渡河四级区的暴雨年际变化较大, 而金沙江石鼓以下干流和红河上段四级区的马龙河流域的暴雨年际变化最小。三是洪水主要由暴雨产生, 洪水频发的时间、地区与暴雨相对应, 暴雨特性基本上决定了洪水特性; 洪水过程的基本特点为陡涨陡落、较尖瘦、峰型单一; 洪峰流量的 Cv 值变化在 0.37~0.90 之间, 一、三、五、七日洪量的 Cv 值变化在 0.26~0.94 之间。四是峰量关系较好, 线型均呈上凹型。

参考文献

- [1] 武剑, 刘秀林. 云南省楚雄州区域洪水洪峰流量变化特征研究[J]. 水利水电快报, 2021, 42(3): 11-17.
WU Jian, LIU Xiulin. Study on variation characteristics of regional flood peak discharge in Chuxiong Prefecture of Yunnan Province. Express Water Resources & Hydropower, 2021, 42(3): 11-17. (in Chinese)
- [2] 文忠宇. 楚雄州暴雨的时空分布特征分析[J]. 楚雄师范学院学报, 2003(3): 91-93+100.

- WEN Zhongyu. A study on the temporal and spatial distribution of Chuxiong rainstorms. *Journal of Chuxiong Normal University*, 2003(3): 91-93+100. (in Chinese)
- [3] 武剑, 谢光庆. 基于分形理论的楚雄州近 700 年水旱灾害分析[J]. *人民长江*, 2020, 51(S2): 24-27.
WU Jian, XIE Guangqing. Analysis of flood and drought disasters in Chuxiong Prefecture in recent 700 years based on fractal theory. *Yangtze River*, 2020, 51(S2): 24-27. (in Chinese)
- [4] 邓先俊. 陆地水文学[M]. 北京: 水利电力出版社, 1986.
DENG Xianjun. *Terrestrial hydrology*. Beijing: Water Resources and Hydropower Press, 1986. (in Chinese)
- [5] 马国雄, 等. 楚雄州水资源保护规划(报批稿) [M]. 楚雄: 楚雄州水务局, 云南省水文水资源局楚雄分局, 楚雄欣源水利电力勘察设计有限责任公司, 2016.
MA Guoxiong, et al. Water resources protection plan of Chuxiong prefecture (submitted for approval). Chuxiong: Chuxiong Water Bureau, Chuxiong Branch of Yunnan Bureau of Hydrology and Water Resources, Chuxiong Xinyuan Water Conservancy and Electric Power Survey and Design Co. Ltd., 2016. (in Chinese)
- [6] 蔡文祥, 许大明. 水文计算[M]. 南京: 河海大学出版社, 1988.
CAI Wenxiang, XU Daming. *Hydrological calculation*. Nanjing: Hehai University Press, 1988. (in Chinese)