

# 四川省山区河流降雨洪水特性及防治对策\*

林 三 益 易 立 群

(四川联合大学,成都,610065)

**摘 要** 本文以四川省境内 6 条山区河流和 3 条丘陵区河流、245 次较大的降雨、洪水过程的分析与统计为依据,根据水文学原理以及河流的下垫面条件,探索了山区与丘陵区河流降雨洪水的一些水文特征,并进行对比分析,提出了抗洪减灾对策的建议。

**关键词** 山区 降雨强度 流域坡度 洪峰滞时

## 1 前 言

四川省境内山地和丘陵的面积很大,许多中小河流都源于山地和丘陵。流经这些地区的河流,因受该地区下垫面因素的制约,其水文特性必然会反映出一些固有的规律与特征,也标志着省内山地和丘陵的水文地带性。

位于盆地四周的山地和丘陵地区众多中小河流,由于坡陡、河短,降雨频繁,雨强大,降雨历时较长,且多夜雨,致使洪水过程涨势迅猛,汇流速度大,传播时间短,有些河流还伴有泥石流,因而给当地人民的生命财产及经济和生产造成很大威胁与破坏,也给盆地的抗洪防灾工作带来很大困难。

为了探索盆地四周山区的中小河流的降雨洪水特性,根据下垫面因素(如面积、地形、坡度、土壤、植被,水利化程度等)和水文、气象观测资料条件,从众多的河流中,选择了 6 条山区河流,点绘了 1981~1986 年期间 176 场洪水过程线。此外,还选择了 3 条丘陵区河流,点绘了 1981~1986 年 29 次降雨洪水过程,对山区河流洪水特性与丘陵区河流之间的差异开展对比分析。

## 2 山区河流的洪水特征

为了探索受不同下垫面因素制约的山区河流的洪水过程特征,所选择的 6 条山区河流基本情况列于表 1 中。点绘的 176 场洪水过程中,有 75 场是单峰型,共统计了 216 次洪水过程变化特征值,并作了探索性分析。

### 2.1 洪水过程线形状

从点绘的 6 个山区流域共 200 余次洪水过程线

表 1 6 个山区流域的基本情况表

站 名	油房沟	大巴口	蔡家河	双福	横山	华云
流 域	渠江	嘉陵江	渠江	青衣江	金沙江	渠江
集水面积/km <sup>2</sup>	1.69	4.07	15.1	55.6	96.0	85.6
河长/km	1.8	3.1	7.8	17.0	18.0	12.0
平均宽度/km	0.94	1.3	1.92	3.3	5.33	7.1
流域平均比降/%	408	235	294	374	324	341
干流平均比降/%	14.8	25.5	60.5	21.8	26.0	19.9
地貌类型	低山	山区	山区	中低山	中山	山区、 丘陵区
土壤分布	砂壤 土为主	壤土 为主	上部为 粘土, 中部轻 壤土夹 沙土, 下部重 壤土	黄色 砂壤 土及 壤土	红色砂 壤土和 壤土	粘土 和亚 粘土
植被百分比		柏林灌 木林 60%	31%	灌木林 30%, 荒坡 58%	森林 40%左 右, 荒坡 11%	10% 左右

的形状特征,大体可得出以下几个概念:

(1)山区河流因集水面积小,流域调蓄性能弱,洪水过程陡涨猛落,流域汇流时间短促,见图 1(a)、(b)所示;

(2)由于上述相同原因,洪水过程受降雨过程和降雨量空间分布的影响灵敏,因此多呈现复峰过程,且涨落变化剧烈;即使是孤立单峰型洪水过程,其峰端也常在很短时间内出现骤落又猛涨的双峰或多峰,反映了与流域内降雨特性的密切关系(如图 2(a)、(b)所示);

(3)洪水起涨流量与地面径流退落终止时的流量相差很小,尤其当流域内植被率不大时更为明显(见图 1、图 2);

(4)当峰现时间之后有不大的降雨量时,洪水过程线的退水段仍会有很灵敏且很显著的反应,反映了山区流域产流与汇流的一个特性,见图 2(a)、(b)的洪水过程线与其相应的降雨过程线。

\* 国家自然科学基金课题部份成果(编号:49671019)

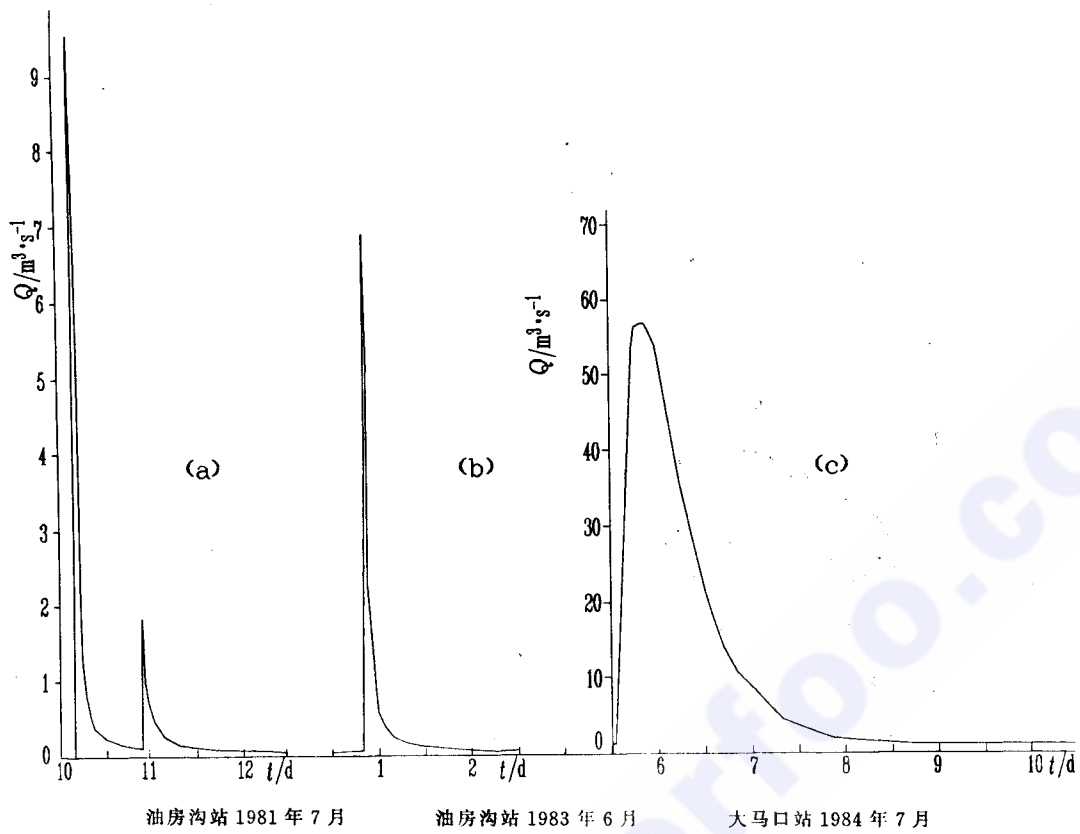


图1 山区河流洪水流量过程线

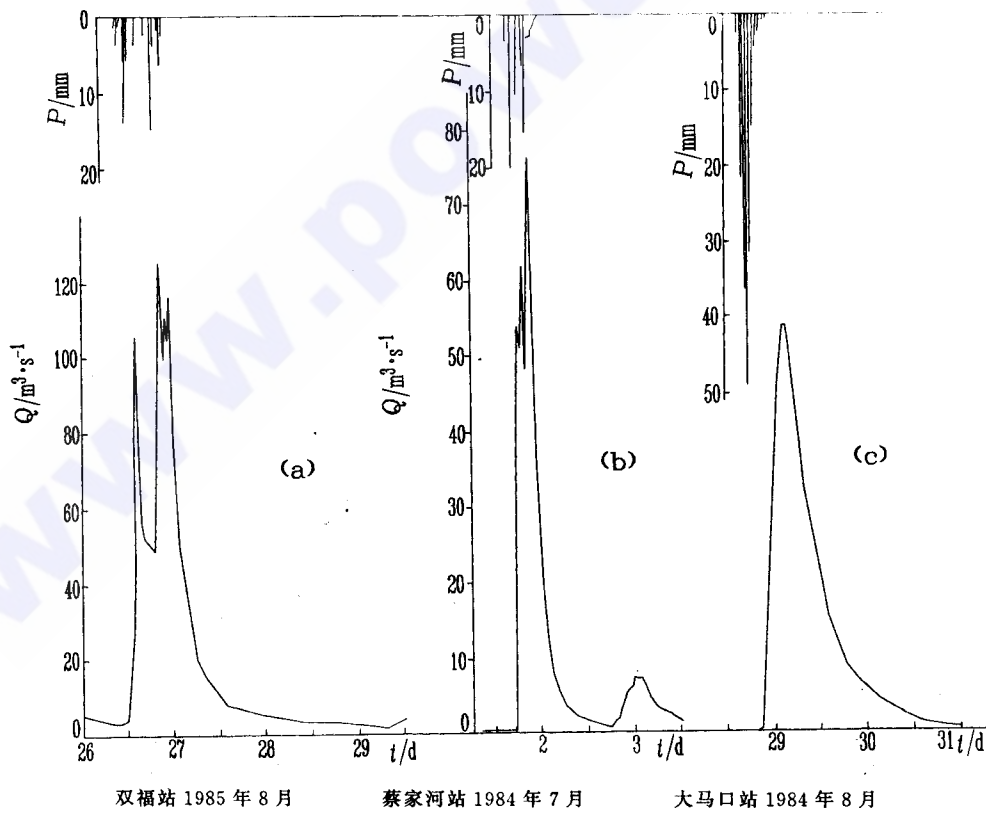


图2 山区河流降雨、洪水过程线

众所周知,同非山区河流一样,上述的山区河流所呈现的洪水过程线形状必然会因流域下垫面条件(如集水面积、植被率、土壤、水系分布、比降等)的不同而各异。为了进一步探索山区河流的水文(尤其是洪

水过程)特征,从定量上分析流域下垫面因素对洪水过程特征值的影响,我们对上述6个山区流域的216次洪水地面径流过程线和75次单峰洪水地面径流过程线的特征值分别进行了统计计算与分析,表2和表3中所列为统计计算的成果。

## 2.2 洪水地面径流过程线特征值分析

对所选择的6个山区小河流的216次洪水地面径流过程线,从涨率与退水率、涨水历时与退水历时、涨水历时与洪水历时等方面,探索、分析山区河流洪水变化特性。

表2 216次洪水地面径流过程线特征值统计结果(1981~1986年)

站名	洪峰流量 $/m^3 \cdot s^{-1}$		洪峰流量 模数 $/m^3 \cdot (s \cdot km^2)^{-1}$		平均 涨水 历时 $/h$	平均 涨率 $m^3 \cdot (s \cdot h)^{-1}$	涨 率 退水率	涨水历时 退水历时 $\%$	涨水历时 洪水历时 $\%$
	最大	平均	最大	平均					
油房沟	11.4	2.98	6.75	1.76	1.19	2.96	6.84	18.7	15.3
大巴口	31.9	12.1	7.84	2.97	2.29	5.40	3.66	39.9	26.8
蔡家河	112	46.7	7.42	3.09	2.34	27.1	4.89	27.8	20.7
双福	844	205	15.2	3.68	2.26	122	6.89	24.7	18.9
横山	218	81.4	2.27	0.85	2.83	46.4	6.65	21.2	16.9
华云	230	149	2.69	1.74	4.60	33.9	3.72	33.8	24.6

由表2可知:

(1)流域的平均涨水历时随着流域面积的增大而增加,但平均涨水历时的变幅远比流域面积的变幅小;

(2)流域的洪水涨洪段的平均涨率( $m^3/s \cdot h$ )也呈现随流域面积增大而增大的趋势,同时也受流域的和干流的坡度影响:坡度大,涨率也大;

(3)各流域涨率/退水率比值的平均值变化不大。其中,大巴口站因受流域坡地上有较好植被的影响,华云站由于流域内有丘陵地貌而受到影响,其余4个流域的涨率/退水率比值接近,与流域面积的大小无关,这似乎是山区河流在水文上的一个特性;

(4)除大巴口和华云两站受上述因素影响外,其余4个流域的涨水历时/洪水历时的比值也很接近,也和流域面积大小无关,这又是山区河流在水文上的另一个特性;

(5)流域植被度对山区河流洪水过程的影响比流域面积大小的影响要大。

为了更客观、更好地探索与分析山区河流洪水过程的特征,避免双峰和多峰洪水过程中因径流成份和比例不同所带来的对山区河流洪水过程特征值的影响,我们从上述216次洪水资料中,选择了全部单峰型洪水过程(每个流域都不少于10次洪水,且起涨流量都小),共75次,其特征值统计结果已列于表3中。

表3 75次单峰洪水地面径流过程线特征值统计结果(1981~1986年)

站名	涨率 退水率			涨水历时 退水历时 $\%$			涨水历时 洪水历时 $\%$		
	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小
油房沟	6.25	12.0	2.26	19.5	47.4	8.51	16.0	32.1	11.4
大巴口	3.72	7.76	2.08	42.6	93.1	11.4	28.1	48.2	10.3
蔡家河	5.56	8.84	2.79	23.9	40.4	11.6	18.8	28.8	10.4
双福	7.99	18.0	2.27	24.6	48.1	5.93	18.8	32.5	5.59
横山	8.33	13.9	2.69	16.3	41.2	6.67	13.0	29.2	6.25
华云	3.90	6.56	2.32	31.9	48.1	15.8	23.7	32.5	13.6

根据表3中的洪水过程特征统计,发现这6个山区河流的地面径流过程具有下列一些特性:

(1)涨率/退水率比值的最小值十分相近,相互间差异约在25%以内;

(2)除大巴口站受流域的植被度大的影响,其洪水的涨水历时较长外,其余5个流域的涨水历时/退水历时比值也很接近,尤其是该比值的最大值更显著,相互间差异约为16%左右;

(3)流域的涨率/退水率比值以及涨水历时/退水历时比值,除大巴口站外,呈现出随集水面积增大而增大的趋势;

(4)流域植被度对洪水过程的影响量大于流域面积的影响;

(5)流域内地貌类型对洪水过程的影响大,这主要是山区河流坡度大,水流湍急,河槽调蓄性能弱的缘故,而丘陵地区河流则不同,这由华云站的一些洪水特征值可以说明。

## 3 山区河流与丘陵区河流洪水的对比分析

要进一步分析山区河流与丘陵区河流之间在水文特征值上的差异,探索和寻找其间的客观规律,进而从水文学角度分析、判断河流所反应的地貌类别,我们选择了1条深丘河流(渠溪河两河(二)站)和2条浅丘河流(涪江的油房坝站和大马口站),其流域基本情况见表4所列。

我们在有限资料条件下,选择了浅丘区河流17次单峰型洪水过程(其中油房坝站12次,大马口站5次),深丘区河流11次单峰型洪水过程,从点绘的降雨洪水过程线(例见图1(c)、图2(c)所示)图上,直观已明显地示出丘陵区河流洪水的涨水与落水过程都比山区河流平缓,峰端光滑,洪峰滞时也略长。

### 3.1 山区河流与丘陵区河流洪水过程特征值的对比分析

为了能比较客观地、合理地对比山区与丘陵区河流的洪水水文特性进行分析、对比,我们从单峰洪水过程中选择了油房沟、双福(代表山区河流,该两站集水面积相差 33 倍),油房坝、大马口(代表浅丘区

河流),两河(二)站(代表深丘区河流)等 5 个站的资料,作了多方面特征值的计算与分析,表 5 中所列为其中部份成果。

表 4 3 个丘陵区流域的基本情况

站名	流域	集水面积 /km <sup>2</sup>	河长 /km	平均宽度 /km	流域平均比 /%	干流平均比 /%	地貌类型	土壤分布	植被百分比
油房坝	涪江	38.8	12.6	3.1	229	4.1	浅丘区	系紫色土。两岸、山脚为粘壤土和轻砂壤土,山顶有部份紫砂、页岩和砂壤土。	以竹林为主,约 5%
大马口	涪江	45.1	18.6	2.4	120	2.3	浅丘陵区农业区	两岸、山脚、田土均属粘土和轻砂壤土。	约 5%
两河(二)	渠溪河	157	25	6.3	264	12.2	深丘	多为砂壤土,其次为粘土。	林地占 6.18%,耕地占 31.1%

表 5 山区河流与丘陵区河流单峰洪水地面径流过程特征值对比表(1981~1986 年)

站名	净峰流量平均值 $\bar{Q}_M$ /m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>	一小时最大雨量平均值 $\Delta P'_M$ /mm	净峰流量涨率平均值 $\frac{\Delta Q_M}{\Delta t}$ /m <sup>3</sup> ·(s·h) <sup>-1</sup>	$\bar{Q}_M/\Delta P_M$ 平均值 /m <sup>3</sup> (s·mm) <sup>-1</sup>	$\Delta Q_M/\Delta t \cdot \bar{\Delta P}_M$ 平均值 /m <sup>3</sup> (s·h·mm) <sup>-1</sup>	$\bar{Q}_M/\bar{\Delta P}_M \cdot F$ 平均值 /m <sup>3</sup> ·(s·mm·km <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>		$\Delta Q_M/\Delta t \cdot \bar{\Delta P}_M \cdot F$ 平均值 /m <sup>3</sup> ·(s·hmm·km <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	
						平均值	最大值/最小值	平均值	最大值/最小值
油房坝	90.9	33.9	20.8	2.94	0.579	0.0758	3.46	0.0149	3.52
大马口	97.5	55.6	21.4	1.92	0.368	0.0402	3.38	0.00777	5.59
两河(二)	351	30.5	152	13.6	6.12	0.0851	5.03	0.0383	6.68
双福	200	30.9	138	7.00	4.42	0.126	8.01	0.0794	7.74
油房沟	6.54	35.6	8.69	0.201	0.201	0.119	1.48	0.121	3.37

注:表中 F 为集水面积。

由表 5 可知,山区河流的平均涨率  $\bar{Q}_M/\Delta P_M$  均值和  $\Delta Q_M/\Delta t \cdot \bar{\Delta P}_M$  均值都有随集水面积增大而增加的变化趋势;虽然双福站的集水面积为油房沟站的 33 倍,且  $\bar{Q}_M/\Delta P \cdot F$  项的变幅(用最大值/最小值表示)相差达 5 倍,但  $\bar{Q}_M/\Delta P \cdot F$  项的平均值很接近;山区河流的洪水特征值与浅丘区有显著不同,而深丘区介于两者之间。

### 3.2 山区河流与丘陵区河流的洪峰滞时的对比分析

降雨与洪峰间的时间差是抗洪工作中重要的、可利用的宝贵时间,洪峰滞时是标志流域降雨洪水特性和流域汇流速度的一个主要特征值。

表 6 所列为 45 次单峰洪水过程的最大时段(0.5 h)降雨量与相应洪峰滞时的统计结果,其中  $T_P$  为流域平均最大时段降雨量所对应的洪峰滞时,  $T'_P$  为暴雨中心最大时段降雨量所对应的洪峰滞时。

根据表 6 中所列数值以及对 45 次降雨、洪水过程分析可知:

(1)洪峰滞时在山区流域较稳定,变幅小,在丘陵区则变幅大,且受暴雨中心位置影响;

(2)洪峰滞时与洪峰流量大小的关系不明显,与最大降雨强度之间存在较密切联系;

(3)流域平均坡度对洪峰滞时的影响大于流域面积的作用,即坡度陡,滞时小;

表 6 山区河流与丘陵区河流的流域汇流特性分析(1981~1986 年)

站名	洪峰流量平均值 /m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>	洪水涨率平均值 /m <sup>3</sup> ·(s·h) <sup>-1</sup>	流域平均最大时段雨量 /mm·(30min) <sup>-1</sup>	洪峰滞时 $T_P$ /h	暴雨中心最大时段雨量 /mm·(30min) <sup>-1</sup>	洪峰滞时 $T'_P$ /h
双福	203	138	17.9	1.18	33.4	1.13
油房沟	5.60	6.27	21.5	0.34	25.3	0.31
油房坝	91.8	20.8	16.5	3.00	27.1	2.95
大马口	98.5	21.4	25.0	4.93	37.4	5.23
两河(二)	371	152	13.9	1.33	27.7	1.42

(4)山区流域的洪峰滞时远小于丘陵区流域的洪峰滞时;

(5)流域平均最大时段降雨量对洪峰滞时的作用与流域暴雨中心最大时段降雨量的作用相近。

上述的山区河流降雨洪水特征值以及对其探索的规律与特性,对这类地区的抗洪减灾工作有实用参考价值。(下转第 15 页)



## 5 结 论

神经网络模型用于解决水文问题的一个关键就是要建立能够真实地反映水文规律的模型,本文基于水文先验知识与神经网络模型选择相结合的思想,提出了模拟河段洪水的 PBP 模型,它比传统的 CBP 模型能更好地反映上游来水、区间入流以及预报站流量间的关系,预报精度得到了提高。

### A New BP Model for Short-time Flood Forecasting

Zhang Xiang Ding Jing

(Sichuan Union University, Chengdu, 610065)

**Abstract** It is important for the formulation of flood forecasting scheme to consider the prior knowledge, and the prior knowledge is also crucial to the selection of the structure of ANN. In this paper, based on the idea of the integration of the prior knowledge and the selection of the structure of ANN, a new BP model is proposed. The application result is satisfactory.

**Key Words** prior knowledge, BP model, flood forecasting

(上接第 11 页)

应当强调指出,上述成果所依据的仅仅是 9 个流域和 6 年同步观测资料,其代表性不足,局限性较大,尚不能据此定论。

## 4 山区河流抗洪减灾对策的几点建议

山区河流的坡度大,洪水传播速度快,洪水上涨迅猛,观测站点少,给抗洪工作带来很大困难。根据上述对 6 个山区流域和 3 个丘陵区流域的降雨洪水过程变化规律的初步探索,建议:

(1) 充分利用最大时段降雨量止至洪峰出现之间的时距(一般都大于 1.0 h),通过有效的通信手段提前发出警报;

(2) 根据当地实际情况,在经常发生暴雨中心的地方设置雨量观测点,加强对 0.5 h 降雨量的观测;

(3) 在流域坡地上,兴建一些滞洪或拦洪工程措施;

- ### 参 考 文 献
- 1 张立明编著. 人工神经网络的模型及其应用. 复旦大学出版社, 1993
  - 2 周金荣、黄道、蒋慰孙. 一种新型神经网络结构模型的应用研究. 自动化学报 Vol. 22, No. 4 1996:7

作者简介

张翔男 四川联合大学水利系 博士研究生

丁晶男 四川联合大学水利系 教授 博士生导师

(收稿日期:1997-07-29)

(4) 对已有一定资料条件的山区河流,开展对降雨洪水定量规律的探索与研究,结合流域下垫面因素的分析,可将一些定量规律移用到邻近流域上应用;

(5) 与当地气象部门合作,开展小面积降雨量预报研究,争取增长预见期。

- ### 参 考 文 献
- 1 赵松乔等. 现代自然地理. 1988 年; 科学出版社, 第 166~167 页
  - 2 R. K. 林斯雷等. 工程水文学. 水利出版社, 第 415~425 页
  - 3 南京大学地理系等编. 普通水文学. 人民教育出版社, 1978 年
  - 4 赵昭炳. 福建山地的自然特点及其开发利用的初步设想. 地理学报, 1984 年; 第 44 卷, 第 4 期
  - 5 M. J. 柯克比. 山坡水文学. 1989 年; 哈尔滨工业大学出版社, 第 201~260 页

作者简介

林三益男 四川联合大学水利系 教授 博士生导师

易立群女 四川联合大学水利系 硕士

(收稿日期:1997-09-08)

### Characteristics and Prevention of Rainfall and Flood at Rivers in Mountain Area in Sichuan

Lin Sanyi Yi Liqun

(Sichuan Union University, Chengdu, 610065)

**Abstract** Based on analysis and statistics of 245 heavy rainfall and flood at 6 rivers in mountain area and 3 rivers in hill, according to hydrology principle and under lying conditions of rivers, hydrological characteristics of rainfall and flood at rivers in mountain area and in hill are studied and compared. The suggestions for flood relief measures are proposed.

**Key Words** mountain area, rainfall intensity, basin gradient, flood peak delay-time