

泥石流输沙对小江中下游河床演变的影响

游 勇, 程尊兰

(中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘 要: 对小江中下游近 90 km 河床及两岸泥石流进行了调查研究。得到: 泥石流输沙年际和季节变化大; 泥石流高强度的输沙造成小江河床特殊的平面和剖面特征; 泥石流堵塞小江河道, 对纵比降有再造作用; 泥沙使小江河床以年均 20 cm~50 cm 速度抬升。

关键词: 泥石流输沙; 河床演变; 小江

中图分类号: P642.23 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2003)02-0007-05

1 泥石流输沙特征

1.1 泥石流输沙地区分布特征

小江位于云南东北部, 系金沙江一级支流, 源于寻甸的鱼味后山, 自南向北流经寻甸、东川和会泽汇入金沙江。全长 138.2 km, 流域面积为 3 043.45 km², 河床平均纵坡为 1.28%。流域内最高海拔为 4 344.1 m, 最低海拔为 695 m, 高差为 3 649.1 m。

小江流域南高北低, 源头两岸山坡陡峻, 河道狭窄, 坡陡流急, 河床中出露基岩。在流经山前平原时, 河道纵坡渐缓, 植被良好, 主河水流清透, 只有极少数推移质运动, 河床由大块石及砾石组成。中、下游河段河面宽窄相间, 河床纵坡陡缓相同, 河滩、河槽无明显界线, 水流浅、流速较急, 沙滩密布, 叉道、串沟时生时消, 主河摆动多变, 河床由可动性强的砾石、沙组成, 为典型的宽浅、多沙游荡性河段。

小江流域发育在著名的小江深大断裂带上, 新老构造错综复杂, 新构造运动强烈, 属地震活动区。在流域中下游河段的沿江两岸及支沟内, 山体破碎, 岩石风化严重, 加之陡坡垦植, 过度开矿等人类活动对山地环境的破坏导致泥石流、滑坡、崩塌时有发生。

在小江中下游约 90 km 的两岸, 分布有灾害性的沟谷泥石流 100 多处, 小规模的面泥石流成群密布, 难以计数。每到雨季, 泥石流暴发, 将大量泥砂石块输送出山口进入小江主河。

1.2 泥石流输沙的时间变化

小江中下游泥石流主要受降雨的影响, 本课题选择小江中下游有代表性的蒋家沟作为研究对象, 说明泥石流输沙特征。

收稿日期: 2003-01-21

基金项目: 国家自然科学基金项目资助 (49831010、49971012)

作者简介: 游勇 (1964-), 男, 工学硕士, 副研究员, 从事山地灾害防治工程设计及模型试验研究工作。

1.2.1 年际变化特征

小江中下游泥石流输沙年际变化较大,年输沙量极大值 6 591 773 m³,极小值 263 178 m³,年际变差值为 3.01。

表 1 蒋家沟泥石流输沙年际变化

年份	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
输沙量 (万 m ³)	69.91	144.83	112.72	213.14	184.00	170.94	29.39	200.16	262.73	659.18	119.03	26.32	199.52

1.2.2 季节变化特征

1982年至1994年蒋家沟的月泥沙资料表明,泥石流输沙的各月分配是极不均匀的。最高输沙集中在6、7、8、9四个月,其它月份输沙基本为零,这反映出泥石流输沙在季节上分配的高度不均匀特征,这种特征主要是由降雨造成的。表2反映了泥石流输沙各月变化情况。

表 2 蒋家沟泥石流输沙年内变化

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
多发 月输沙总量 (万 m ³)	/	/	/	/	/	7.61	135.50	92.16	5.30	/	/	/
年 月均输沙率 (kg/s)	/	/	/	/	/	220.43	37 976.40	35 832.45	1 536.04	/	/	/
中发 月输沙总量 (万 m ³)	/	/	/	/	4.78	19.61	13.48	33.66	1.51			
年 月均输沙率 (kg/s)	/	/	/	/	657.60	5 680.02	3 778.19	9 425.60	438.40			
少发 月输沙总量 (万 m ³)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	9.61	/	/
年 月均输沙率 (kg/s)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2 692.32		

泥石流暴发至结束,其过程往往比较短,最多持续3~4d,少则几个小时、几十分钟,其最大输沙率高达607.9万 kg/s。

2 河床基本特征

2.1 河床平面特征

2.1.1 汉道纵横,心滩棋布

小江中下游河段的汉道多而杂乱,断面上汉道一般为3~8支,最多达10支以上,汉道宽度不等,最大20m以上,窄者不足0.4m;汉道之间为大小不等,形状各异的心滩,面积大者达十多万m³,小者仅几10m³,形状近似椭圆形、棱形、蛋形、蝌蚪形、柳树叶等。

2.1.2 直中有弯,宽窄相间

整个中下河段,河槽与边滩、心滩构成的河床宽阔顺直,但因受泥石流堆积扇和山咀的影响,呈微弯形,如受老村沟泥石流堆积扇影响,河床在此段偏向右岸;补味段,受山咀作用又偏向右岸;太平村沟泥石流堆积扇把河槽又逼向左岸;紧接着排子沟泥石流堆积扇再次把河床推至右岸。水流主流线弯曲幅度更大,主流线大幅度弯曲除了受山咀和堆积扇影响外,还受河床自身堆积过程的作用,支汉的弯曲,则更为明显和普通。

2.1.3 洪枯水位,形态各异

河床内支槽的数量、边滩、心滩出露的面积和形态在洪、中、枯三种流量下变化很大。在洪水、特大洪水时, 水流几乎满床, 主泓明显, 大部分心滩、边滩被淹没, 汉道数量减少。

当流量处于中水位时, 尤其流量介于 $40 \text{ m}^3/\text{s} \sim 100 \text{ m}^3/\text{s}$, 通常汉道纵横交织, 数量最多, 心滩分割得最破碎, 心滩和边滩镶嵌出露。

流量处于枯水位, 尤其当流量小于 $20 \text{ m}^3/\text{s}$ 时, 河床内大部分汉道干枯, 水流归于主槽, 原来众多的心滩和边滩相互连接, 成为主槽两侧宽阔的河滩。

2.2 河床剖面特征

2.2.1 纵剖面特征

小江中下游河床平均纵比降 10.0% , 但纵剖面不是一直线, 而呈有起伏的波状斜线 (图 1)。从图可知, 纵比降从上游向下游逐渐减小, 蒋家沟口以下河床在次坪子一带为 15.2% 至 16.1% , 到排子地沟口附近为 8.62% 至 11.1% , 排子地以下为 8.45% 至 10.88% , 但沿程分布不均匀, 局部河段比较陡或比较缓, 如老村沟下方和太平村沟堆积扇前缘河段, 均比临近河段为大; 而补味山咀段却比较平缓。本河段纵比降最大为 16.1% , 出现在次坪子河段, 最小为 8.62% , 分布在排子地沟沟口附近, 前者接近后者的 1 倍。

主流的水面比降, 比河床的纵比降略小些, 蒋家沟至排子地河段主流水面比降平均为 12.0% ; 最大为 16.7% ; 最小为 6.06% ; 出现最大最小的河段位置与河段基本一致, 其变幅比河段纵比降为大, 总的变化趋势主流水面与河段纵比降一致, 由上游向下游减小, 呈一条稍有起伏的波状斜线。

2.2.2 横断面特征

小江中下游河床断面一般都呈复杂复式 U 字形, 不同河段的横断面形状和横比降差异甚大, 大体可分为四类。

(1) 由一岸向另一岸倾斜的河床

断面上, 河床面左高右低, 由一岸向另一岸倾斜, 或反之。横比降平均为 2% 或 3% , 但不是一条均匀的直线, 而是一略有起伏的波形线, 局部的比降变化很大, 最大段可超过 100% , 有的却接近水平, 少数甚至为负值。图 2 中 A 为一实测的横断面线, 平均横比降为 2.6% , 右岸的比降高达 114.3% , 但中

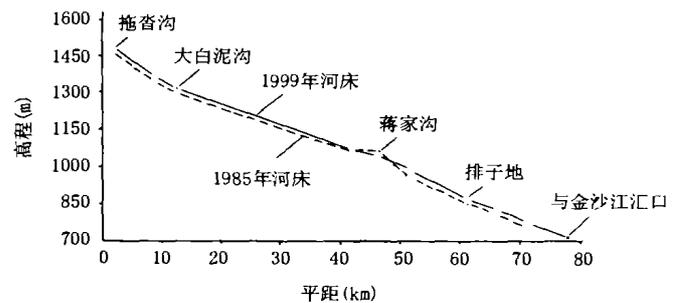


图 1 小江中下游河床纵剖面冲淤变化图

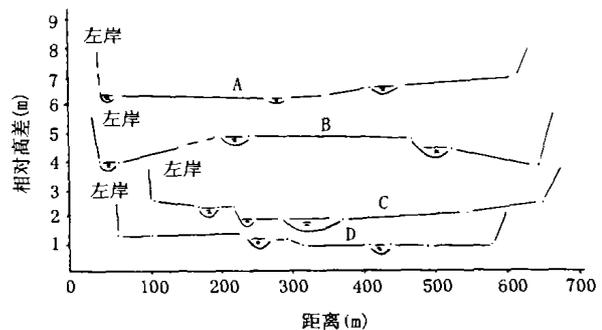


图 2 小江河床横断面图

部接近水平,在主流线附近略有升高,在左侧出现负值。

(2) 中间高,两岸低的上凸河床

河床面中部高,两侧低,由中间向两岸倾斜,一般也是一条略有起伏的曲线,局部床面也可呈直线或斜线,如图 2 中 B。

(3) 中间低,两岸高的下凹河床

河床表面由两岸向中间倾斜,中间处于最低处,呈下凹曲线,但曲线两侧,往往是不对称的,长度和坡度均不相等,河床主流可以在中间最低处,也可以在其它较高的坡段。图 2 中 C 呈下凹曲线,左岸的横比降比右岸更大,两者分别为 6.3%和 2.0%,但长度右岸大于左岸,主流处于中间最低处。

(4) 略有起伏的水平河床

如图 2 中 D,横切河床的断面线,略有起伏,接近水平,左右两岸的高差一般不超过 0.5 m,但总体近似为水平。

3 泥石流输沙对河床演变的影响分析

小江中下游沿岸 300 年前森林茂密,江面宽仅 15 m,水流清澈,江道蜿蜒其中。随着开矿和毁林开荒,水土流失严重,特别是泥石流活动加剧,大量泥沙进入主河,河床不断淤积展宽,原来的微弯性河型演变成游荡性河型。

3.1 河流形态演变

泥石流巨大的动力作用在沟口快速形成泥石流堆积扇,堆积扇不断向外扩张,压迫河床,把主流逼向对岸。河床持续横向变形,使对岸河床及河岸遭到冲刷,并影响到下游主流的摆动,河床出现重新调整。例如小江下游老村泥石流沟附近,1966 年以前泥石流堆积扇不发育,小江主流紧靠左岸,使山咀遭到强烈冲刷而后退;1966 年特大泥石流形成较大的泥石流堆积扇,使小江主流从堆积扇上缘开始,向右岸摆动,到 1985 年老村河段的小江主流基本上偏向右岸;1986 年老村沟又发生了特大泥石流,泥石流堆积扇迅速增大,在扇的突出部位主流偏向右岸,使原来略靠右岸比较顺直的主流出现了“S”形的弯曲,河床随之发生很大变化。

受泥石流大量泥沙进入主河的影响,小江中下游的河道内支槽、小支槽形态变化更为剧烈。汉道、心滩和边滩处于不断变化之中,野外调查时,前日一个小汉道,到次日,小汉道已经不存在,却在另一处心滩上出现新的汉道,把心滩分割成二个。支槽汉道如此迅速地消失、新生和合并,心滩不断地变形、分割和组合,河漫滩的发展消失每时每刻地都在进行着。

水量大一些的汉道,消失或新生没有小汉道那样快,但它的断面和平面形态变处于不断变化之中,进行着消失、新生和合并的过程,其所需的时间比较长,小江中下游河段一般需要十几天,长则需几个月。

3.2 阻河及纵比降变化

小江中下游泥石流时常堵塞小江主河,例如中游大白泥沟曾 7 次堵阻主河,最长堵河时间达 24 h;下游蒋家沟 7 次堵塞小江,最长堵河时间长达 90 d。堵塞造成小河河床剧烈演变,泥石流沟口与小江交汇处由于泥砂大量淤积堵塞,形成节点,节点以上,小江水流流速减缓,淤积作用增强,上游河床纵比降大大降低;节点以下水流变急,冲刷作用力加剧,纵比降增

大,一旦阻塞体溃决,下泄水流形成急流冲刷,河床表层粗化。

中游大白泥沟口上的 2.5 km 的小江河段,河床纵比降仅 8‰,大白泥沟口下游 0.8 km 的沙段内,河床纵比降骤然变陡,达 40‰;下游蒋家沟上游 20 km 的小江河段内,河床纵比降为 2‰,蒋家沟口以下 2.5 km 的小江河段,河床纵比降 28‰,可以明显看出泥石流对小江河床纵比降的再造作用。泥石流输沙作用越强,对河床纵剖面的可造作用越明显。

3.3 河床断面淤积上游

受泥石流输沙影响,小江中下游河床的冲淤特征与一般山区河流有显著不同,一般山区河流河床以侵蚀下切为主,而小江中下游河床都表现出较快淤积上涨。泥石流强大的输沙能力使主河水流挟沙能力无法将泥石流输入的泥沙带走,泥沙大量落淤,河床淤积上涨。小江中下游河流年输沙量仅 1 110 万 t,而仅蒋家沟一次泥石流涌入小江的泥沙 20 万 t~30 万 t,一次最大输沙可达 534.6 万 t。中下游近百条泥石流沟每年输入小江泥沙达几千万 t,有时接近上亿 t,大大超过小江水流所能搬运的泥沙量。可见,小江中下游河床快速淤积上涨的直接原因是泥石流输入大量泥沙。小江下游蒋家沟沟口至小江与金沙江交汇处,1999 年底实测地形与 1985 年地形对比,蒋家沟沟口至尖山沟之间小江河床平均淤高 3.22 m,局部最大 5.5 m,最小 1.0 m,年均抬升 23 cm;尖山沟至排子地沟,此段小江河床平均淤积抬升高度达 4.29 m,局部最大淤积 7.1 m,最小不足 1.8 m,年平均淤积速度 0.336 m。

参考文献:

- [1] 杜榕恒,等. 云南小江泥石流综合考察防治规划研究 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1987. 17-84.
- [2] 吴积善,等. 云南蒋家沟泥石流观测研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1990. 165-176.
- [3] 陈循谦. 泥石流对小江地貌的作用 [J]. 泥沙研究, 1982(2): 66-73.
- [4] 钱宁,等. 河床演变学 [M]. 北京: 科学出版社, 1987. 53-91.

Effect of Debris Flow Transportation on Bed Development in the Lower Reaches of Xiaojiang River

YOU Yong, CHENG Zhun-lan

(*Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of
Sciences and Water Conservancy Ministry, Chengdu 610041, China*)

Abstract: An investigation is conducted into the riverbed and debris flows along both sides of the Xiaojiang River for about 90 km in its middle and lower reaches. It shows that debris flow transportation changes greatly with year and season. High intensity debris flow transportation results in peculiar riverbed plane and sections. Damming the riverway by debris flow leads to rebuilding of ratio-fall of the River. The riverbed is averagely uplifted by 20 cm~50 cm a year.

Key words: Debris flow transportation; riverbed development; Xiaojiang River