

西藏古乡沟堆积扇泥石流输沙特征

游勇

(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: 通过室内模型试验研究, 对不同规模的水石流、稀性泥石流、黏性泥石流在堆积扇上输沙特征进行了研究。试验结果表明, 不同类型泥石流在堆积扇上表现出不同输移、冲淤、含沙量演变特征, 在堆积扇不同部位泥石流输沙特征也有差异。

关键词: 堆积扇; 泥石流; 输沙特征; 模型试验

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2001)02-0028-03

中图分类号: P642.23

Transporting Characteristics of Debris Flow at Guxiang Accumulation Fan in Tibet Autonomous Region

YOU Yong

(Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Chengdu 610041, PRC)

Abstract: The transporting characteristics of debris flow of different types (viscous, diluent and water-stone) at Guxiang accumulation fan in the Tibet Autonomous region are studied by indoor model tests. The research focuses on the transportation of debris flow, the erosion and deposition of debris flow fan, the changes of sediment concentration. The results show that they are controlled by the characteristics of debris flow body and the longitudinal slope of accumulation fan.

Keywords: debris flow; accumulation fan; transporting characteristics; model test

古乡沟位于西藏波密县、川藏公路 K4035—K4038 地段, 属帕隆藏布右岸一级支流, 流域面积 25.2 km², 主沟道长 8.69 km, 流域内最高海拔 6 298 m, 相对高差 3 574 m, 山体平均坡度 36.9°。沟源头及上游区三面环山, 中间低洼, 为高山环抱的冰蚀围谷盆地。中下游是两山夹峙的基岩峡谷, 主沟道平均纵比降 256.1‰。

古乡沟剧烈泥石流活动始于 1953 年, 当年 9 月暴发了大规模泥石流, 有 2.0×10⁸ m³ 以上的泥石流物质从沟内搬运出沟口, 毁灭了山前大片的密林和耕地, 堆积成宽阔扇状石海, 并堵塞帕隆藏布河谷。此后, 每年 5—9 月份泥石流频繁暴发, 少则几次至 10 余次, 多则几十次甚至 100 余次, 是川藏公路上重大灾害之一。

1953 年特大泥石流暴发之前, 古乡沟堆积扇约

1.5 km²。特大泥石流在沟口山前形成宽约 3 km, 长约 1.7 km 的扇状石海, 之后经泥石流物质不断叠加而扩展, 1964 年堆积扇面积 3.7 km², 1973 年增加到 4.23 km², 此后变化不大。目前古乡沟口泥石流堆积扇是一个扇顶角 95°, 半径约 2.25 km, 扇缘长 4.25 km, 面积约 4.25 km² 的扇体。现扇体中西部有一基岩残丘, 表面已为少量泥石流堆积物和生长的松树林遮盖, 东部的石质滩地除局部地段有树外, 其余是光秃秃的一片。扇体表面平均纵坡上部为 131.65‰, 中部 158.38‰, 下部 89.49‰~105.10‰。扇体上段表面堆积形态为垄岗状, 中下部呈倾斜向下宽坦面状, 表层物质在上部由粗大的块石、卵石等组成, 砾石最大粒径 5~7 m; 中部物质组成变细, 砾石以粒径 0.2~0.5 m 为主, 下部表层物质由 0.1 m 的砾石到细砂及黏土组成。

表 1 古乡沟堆积扇特征值

汇水面积/ km ²	主沟长/ km	纵坡/ %	相对高差/ m	堆积扇面积/ km ²	扇面纵坡/ (°)	堆积扇半径/ km	扇缘长度/ km	扇顶角/ (°)
25.2	8.69	256.1	3 574	4.25	7.5(上), 9.0(中), 5.0~6.0(下)	2.25	4.25	95

收稿日期: 2000-10-18

资助项目: 国家自然科学基金重点资助项目(49831010)

作者简介: 游勇(1964—), 男(汉族), 工学硕士, 副研究员, 毕业于四川大学水利系, 现在中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 从事山地灾害模型试验研究和防治工程设计。电话(028)5242781

1953 年前, 沟内常流水出山口后从扇西南流入帕隆主河, 泥石流暴发后淹没原沟道, 在扇体西侧冲出主槽。20 世纪 60 年代初, 泥石流在堆积扇上主流线开始逐渐转向中部, 60 年代末中部沟槽被淹没, 泥石流冲刷相对较低的扇体东部形成主沟槽, 70 年代主流又逐渐向西摆动。野外实地调查显示, 目前主流在扇体中部偏东通过。

1 堆积扇模型

古乡沟今后泥石流暴发性质、规模、频率, 最终会形成什么样组合, 受到地质、地貌、水文、气候等多方因素的制约。实际调查, 古乡沟目前主要以稀性泥石流、水石流和挟砂水流为主, 且经常遭受常流水和小规模挟砂水流作用, 也存在暴发黏性泥石流的可能性, 为了探求泥石流在堆积扇上输沙特征, 对水石流、稀性泥石流、黏性泥流出山口连续作用于堆积扇进行模型试验研究。

试验采用正态动床模型, 几何比尺 1:100, 由相似准则计算得到相似比尺数值, 流速比尺 1:10, 时间比尺 1:10, 流量比尺 1:100 000, 糙率比尺 1:2.154, 以及其它相似比尺。模型比尺确定后, 根据实测原型地形图并参照野外录像和照片制作试验模型, 模拟原型范围 1.6 km × 1.5 km (模型 16 m × 15 m)。模型试验相关参数见表 2, 3。

表 2 模型试验相关参数

试验泥石流性质	试验流量/ (L·s ⁻¹)	流体容重/ (t·m ⁻³)	模型时间/ s	流体总量/ m ³
水石流	7.3	1.50	142.5	1.04
	12.6			1.80
稀性泥石流	7.3	1.80	142.5	1.04
	12.6			1.80
黏性泥石流	7.3	2.00	142.5	1.04
	12.6			1.80

表 3 泥石流试验物料固体物质组成

粒径/mm	> 20	20~10	10~5	5~2	2~1	1~0.5	0.5~0.25	0.25~0.1	0.1~0.05	0.05~0.01	0.01~0.005	< 0.005	%
小于某粒径重量百分比	0.54	11.45	28.68	3.85	1.58	1.64	4.79	8.99	8.39	15.73	3.18	11.18	

2 输沙特征

2.1 主沟槽摆动趋势

试验表明, 水石流出山口进入堆积区, 流体逐渐呈散流, 但主流沿目前常流水沟槽流动, 部分流体沿左岸边山脚流动下泄, 水石流在堆积扇中部开始漫流。稀性、黏性泥石流进入堆积扇, 主流流动趋势与水石流情况相似, 但中下游漫流、分流较为严重, 在大规模泥石流作用下, 主沟槽有向扇西摆动趋势。

2.2 含沙量演变

出山口进入堆积扇的泥石流流体含沙量在模型试验时为已知值, 试验过程中, 在扇尾部取主流线流体样品, 测试泥石流流经堆积扇进入主河前的含沙量, 结果见表 4。

2.2.1 水石流含沙量演变 进行 3 组水石流试验, 堆积扇入口处试验流体含沙量分别为 730.6, 762.4, 889.5 kg/m³。流动过程中从扇缘出口主流线上取样测试含沙量结果看, 出口含沙量均比入口含沙量小且随时间呈逐渐降低趋势。

2.2.2 稀性泥石流含沙量演变 这 3 组稀性泥石流在堆积扇入口处含沙量分别为 1 222.9, 1 175.3, 1 302.4 kg/m³, 出口处实测含沙量均比进口含沙量减少, 含沙量随时间变化与水石流有所差异。在试验开

始, 扇出口泥石流含沙量减少幅度相对较大, 然后随时间推移, 含沙量减少幅度有所回升。

表 4 泥石流流体含沙量测试数据表

序号	扇入口流体含沙量/(kg·m ⁻³)	扇出口流体含沙量/(kg·m ⁻³)				
1	730.6	882.9	714.7	603.5	587.6	
2	762.4	810.0	698.8	571.8	571.8	
3	889.4	716.5	746.5	698.8	714.7	
4	1 222.9		952.9	1 000.6		
5	1 175.3	810.0	952.9	841.8		
6	1 302.4	952.9	1 232.4	1 032.4	1 064.1	
7	1 588.2	1 080.0	1 175.3	1 127.6	1 095.9	
8	1 508.8	1 159.4	1 207.1	1 111.8	1 159.4	
9	1 508.8	1 080.0	1 064.1	1 191.2	1 127.6	

2.2.3 黏性泥石流含沙量 从表 4 可知, 序号 7—9 黏性泥石流试验中, 扇出口含沙量均比进口含沙量有较大幅度减少, 例如序号 7 试验中, 进入扇入口泥石流含沙量为 1 588.2 kg/m³, 泥石流流经堆积扇后, 不同时段实测含沙量为 1 080.0, 1 175.3, 1 127.6, 1 095.9 kg/m³, 分别比进口含沙量减少 508.2, 412.9, 460.6, 492.3 kg/m³, 减幅达 30.0% ~ 32.9%。

2.3 泥石流输沙量

通过模型试验,测试水石流、稀性泥石流、黏性泥石流在堆积扇上的输沙量,结果见表 5。

表 5 模型试验泥石流输沙量测试数据 m^3

序号	进堆积扇 泥沙总量	出堆积扇 泥沙总量	扇上泥沙 冲淤总量
1	0.2749	0.2206	0.0543
2	0.2869	0.2478	0.0391
3	0.3048	0.2230	0.0818
4	0.4602	0.1177	0.3425
5	0.4423	0.1809	0.2614
6	0.8483	0.2982	0.5501
7	0.5977	0.2315	0.3662
8	0.5678	0.2330	0.3348
9	0.9828	0.3096	0.6732

沟内水石流、稀性泥石流、黏性泥石流具有较强的输沙能力,但进入堆积扇后,随着主沟槽深度逐渐减小,泥石流逐渐漫流散开,流体的深度和流速降低,相应输沙能力降低,试验表明,水石流流经堆积扇后,入口泥沙的 73.16%~86.37%可以输送至主河,稀性泥石流堆积扇入口泥沙总量的 25.75%~40.90%

可以输送至主河,黏性泥石流堆积扇入口泥沙总量的 31.50%~41.04%可以运动出堆积扇边缘输送入主河。稀性、稀性泥石流在堆积扇的输沙能力降低幅度比水石流情况大。

2.4 堆积扇冲淤变形

水石流出山口进入堆积扇,在堆积扇上部 3.5 m (原型 350 m) 的区段内,目前常流水沟槽以冲刷为主,最大冲刷深度可达 2.1 cm (相当原型 2.1 m),常流水沟槽两侧扇体以淤积为主,淤积厚度一般为 0.1~0.9 cm (相当原型 0.1~0.9 m),最大淤积 1.9 cm (相当原型 1.9 m)。在中下游,目前流水沟槽及扇体均以淤积为主,淤积厚度 0.1~0.2 cm (相当原型 0.1~0.2 m),最大可达 2.6 cm (相当原型 2.6 m)。水石流作用下扇体冲淤变形见图 1、2。

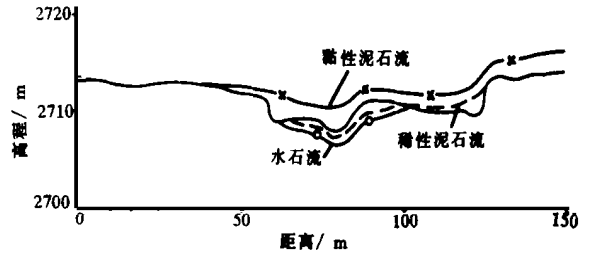


图 1 堆积扇上段冲淤变化图

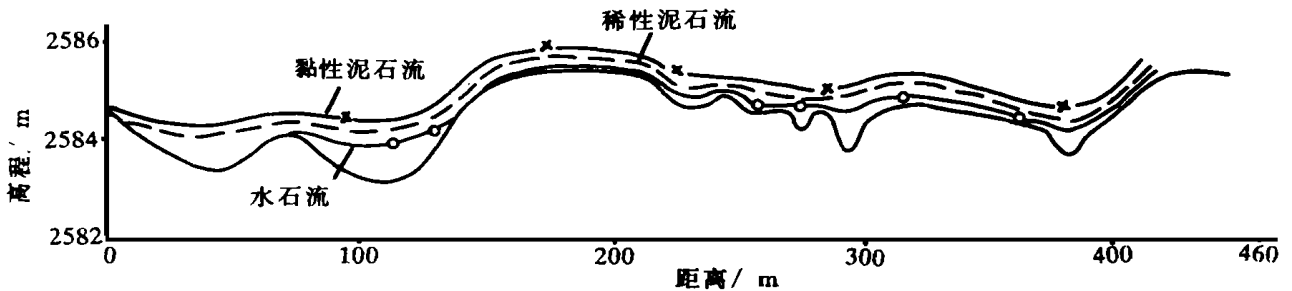


图 2 堆积扇下段冲淤变化图

稀性泥石流作用在堆积扇上,在扇顶以下 1.5 m (原型 150 m) 范围内,目前的常流水沟槽产生冲刷,沟槽两岸产生淤积,最大冲刷 0.4 cm,淤积厚度 0.1~0.6 m。在堆积扇中下游,靠近主流区域的扇体表面及现有主沟槽普通淤积抬升,淤积厚度一般为 1.0~2.5 cm。

黏性泥石流流经堆积扇,扇体表面的冲淤变形与水石流、稀性泥石流情况有了较大的变化,堆积扇包括目前常流水沟槽,在上、中、下部均以淤积抬升为主。在堆积扇上部扇体一般淤积抬高 0.2~0.5 cm,最大淤积厚度 0.8 cm (原型 0.8 m),中部扇体淤积抬

升 0.5~2.3 cm (原型 0.5~2.3 m),下部扇体淤积抬升 0.5~2.7 cm (原型 0.5~2.7 m),试验表明,黏性泥石流在扇体中、下部 6.5 m (原型 650 m) 范围内淤积最为严重。

[参 考 文 献]

- [1] 杜榕桓,等. 西藏古乡冰川泥石流堆积特征[M]. 中国科学院兰州冰川冻土研究所集刊(4). 北京: 科学出版社, 1985. 35—46.
- [2] 田连权,等. 泥石流侵蚀搬运与堆积[M]. 成都: 成都地图出版社, 1993. 103—110.
- [3] 吴积善,等. 泥石流及其综合治理[M]. 北京: 科学出版社, 1993. 155—163.