

# 泥石流流速与堆积模式之实验研究

柳金峰, 欧国强, 游 勇

(中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

**摘要:** 泥石流的堆积形态和范围是泥石流危险区划分的重要参数, 通过小型水槽实验, 对泥石流流速与堆积模式的关系进行了实验研究, 获取了泥石流堆积范围与形态比的堆积模式数据, 得出了在特定控制参数下, 泥石流流速与堆积形态和范围的回归公式。

**关键词:** 泥石流; 流速; 堆积模式; 实验研究

中图分类号: P642. 23

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)01-0120-02

## Experimental Research on Velocity and Deposition Mode of Debris Flow

LIU Jin-feng, OU Guo-qiang, YOU Yong

(Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** The shape and the range of deposition of debris flow are important parameters for its dangerous area division. Based on an experiment with small flume, the experimental research on velocity and deposition mode of debris flow was carried out and the data of the deposition range and shape ratio were obtained. Under the specific experimental parameters, the regression formulae of the velocity of debris flow and the shape and range of deposition are presented.

**Key words:** debris flow; velocity; deposition mode; experimental research

泥石流流速是单位时间泥石流体的运动距离, 单位  $m/s$ 。泥石流在不同的流速时, 其危害方式不同, 泥石流流速是影响泥石流危险性的重要参数之一。

泥石流堆积泛滥过程是泥石流活动全过程的最后一幕, 也是泥石流成灾的焦点。同时泥石流堆积区常常又是山区人类生产生活最频繁、最密集的场所<sup>[1, 2]</sup>。因此, 在泥石流活动地区, 人们总希望预先知道自己所生活的场所是否安全, 以及可能遭遇泥石流泛滥成灾的危害程度, 因此对泥石流活动区的堆积模式的研究就成为泥石流灾害地区最重要的非工程减灾措施之一。

### 1 实验装置

实验装置包括以下三部分: (1) 补给箱: 底面面积为  $13\ 000\ cm^2$ , 最大容积为  $325\ 000\ cm^3$ , 可装载泥石流流体  $120\ kg$  左右(以泥石流容重  $2.0\ g/cm^3$  计算), 侧面开有一长为  $20\ cm$ , 宽为  $6\ cm$  的长方形供给口, 由闸门开关控制泥石流的补给。补给箱由一固定支架支撑, 可调节补给箱的坡度。

(2) 流通槽: 为一内宽  $20\ cm$ , 内高  $40\ cm$ , 有效流动长度为  $400\ cm$  的玻璃槽。流通槽由一矩形支架支撑, 可前后升降调节流通槽的坡度。坡度调节范围为  $5\sim 15\%$ 。

(3) 堆积板: 为一长  $200\ cm$ , 宽  $160\ cm$  的矩形木板, 为防止木板浸水变形, 板上刷上白色油漆。板上以  $10\ cm$  为间隔标有  $320$  个方格以测定泥石流堆积面积和堆积厚度。堆积板直接放置于实验场地, 坡度可任意调节。堆积板和流通槽以斜口方式平整相接。(实验装置示意图见图 1)。

因黏性泥石流有明显的铺床现象, 故在每次实验开始时都补给相同容重的泥石流流体让其自然完成铺床过程(这部分

泥石流流体不计入补给量), 以避免因流通槽黏附泥石流流体而影响整个实验的补给量<sup>[3]</sup>。

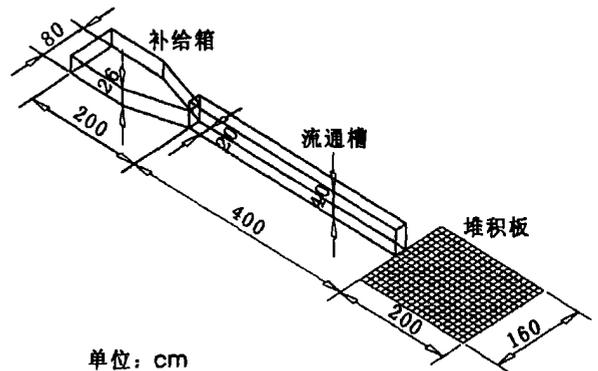


图 1 实验装置示意图

### 2 试验物料

试验物料采用中科院云南东川站采集回来的蒋家沟泥石流原样, 取样时将粒径大于  $10\ mm$  石块剔除。颗粒级配曲线见图 2。

### 3 泥石流流速与堆积模式的实验分析

实验所用控制参数为: 每次定量供给泥石流  $11\ 000\ cm^3$ , 容重为  $1.817\ g/cm^3$ , 流通区坡度  $12\%$ ; 堆积区坡度  $2\%$ 。实验共  $9$  个回次, 通过补给箱闸门开口大小来调节泥石流的流速, 流速变化于  $1.00\sim 2.25\ m/s$  之间。

<sup>1</sup> 收稿日期: 2005-02-16

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目“南水北调西线工程山地灾害防治技术及环境影响研究”(KZCX3-SW-323)

作者简介: 柳金峰(1979-), 男, 安徽泾县人, 研究实习员, 硕士, 主要从事山地灾害实验与防治研究。

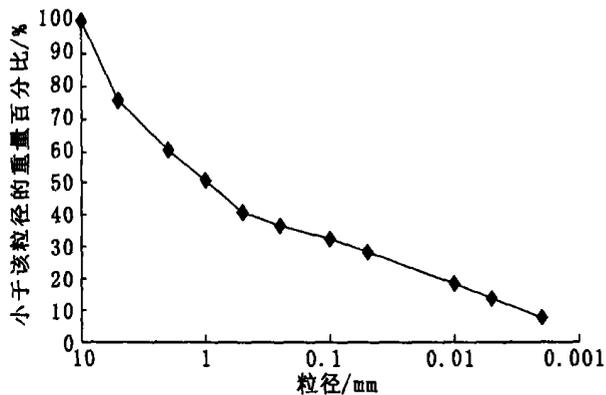


图 2 泥石流样品的颗粒级配

用泥石流的最大堆积长度、最大堆积宽度、堆积面积表示泥石流的堆积范围, 用堆积形态比  $C_r = L_{max}/W_{max}$  和扇状地扇顶角  $\text{tg}\beta = L_{max}/T_{max}$  表示扇状地的堆积形态。实验结果见表 1。

表 1 泥石流流速与扇状地危险范围关系实验资料

实验 回次	流速 $V/(m \cdot s^{-1})$	最大堆积长 $L_{max}/cm$	最大堆积宽 度 $W_{max}/cm$	最大堆积 厚度 $T/mm$	堆积面积 $S/cm^2$	堆积形 态比 $C_r$	扇状地扇 顶角 $\text{tg}\beta$
1	1.00	118	110	23	10600	1.073	51.304
2	1.19	141	90	20	11300	1.567	70.500
3	1.54	149	85	18	11200	1.753	82.778
4	1.63	142	82	21	10100	1.732	67.619
5	1.77	150	80	20	11200	1.875	75.000
6	1.84	161	75	20	10800	2.147	80.500
7	2.00	170	74	20	12000	2.297	85.000
8	2.13	174	73	19	12800	2.384	91.579
9	2.25	202	73	19	13500	2.767	106.316

实验结果表明(见图 3、4), 最大堆积长度与流速有以下关系:

$$L_{max} = 65.204 + 53.431V \quad (1)$$

相关系数  $r = 0.925$ , 回归方程显著。

最大堆积宽度与流速有以下关系:

$$W_{max} = 127.51 - 26.423V \quad (2)$$

相关系数为  $r = 0.922$ , 回归方程显著。

泥石流扇状地最大堆积厚度与泥石流流速关系较复杂, 不是简单的线性关系。

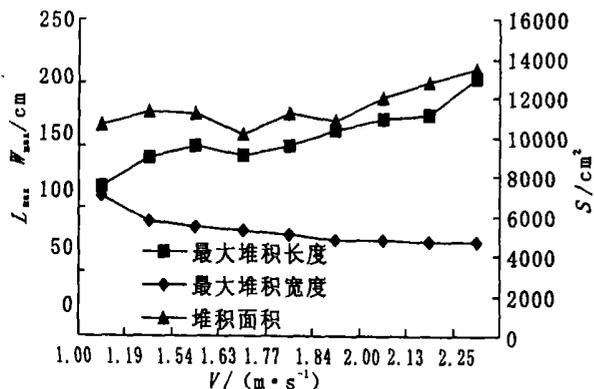


图 3 流速与泥石流扇状地危险范围关系图

堆积形态比与流速有以下关系:

$$C_r = -0.0422 + 1.171V \quad (3)$$

相关系数为  $r = 0.968$ , 回归方程显著。

扇状地扇顶角与流速有以下关系:

$$\text{tg}\beta = 22.097 + 33.337V \quad (4)$$

相关系数为  $r = 0.889$ , 回归方程显著。

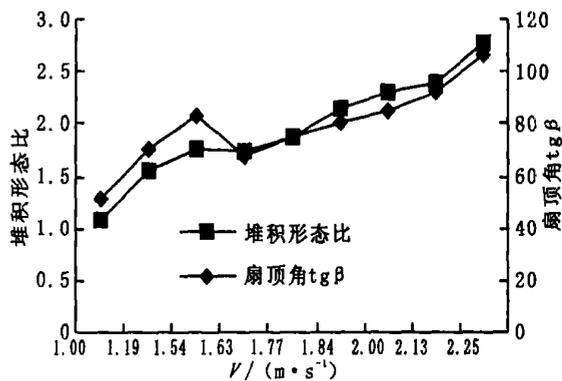


图 4 扇状地堆积形态比、扇顶角与流速关系图

(1)、(2)、(3)、(4) 式适用范围: 泥石流一次冲出量为 11 000 个数量级 ( $cm^3$  或  $m^3$ ), 容重为  $1.817 g/cm^3$ , 流通区坡度为  $12^\circ$ , 堆积区坡度为  $2^\circ$ ;

(1)、(2) 式表明泥石流扇状地最大堆积长度和最大堆积宽度与流速呈线性直线函数关系,  $L_{max}$  随着流速的增大而增大,  $W_{max}$  随着流速的增大而减小。S 与流速关系较复杂, 不是简单的线性关系。

泥石流扇状地堆积形态受流速的影响较大, 流速越大, 泥石流堆积长度越长, 宽度越小。

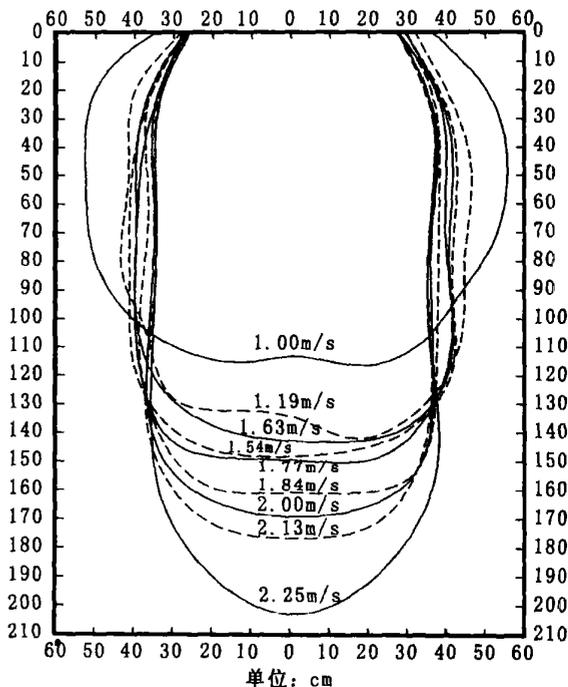


图 5 不同流速的泥石流扇状地堆积形态图

(3) 式表明泥石流扇状地堆积形态比与流速呈线性直线正相关函数关系, 堆积形态比随流速的增大而增大。当  $V = 1.00 m/s$  时, 堆积形态比在 1 左右, 扇状地堆积形态为近圆形; 当  $1.00 m/s < V < 1.77 m/s$  时, 堆积形态比介于 1.5 ~ 2.0 之间, 扇状地堆积形态为椭圆形; 当  $V > 1.77 m/s$  时, 堆积形态比都大于 2, 扇状地堆积形态为舌形; (4) 式表明  $\text{tg}\beta$  与流速呈线性直线正相关函数关系, 随流速的增大而增大。(泥

积及其分布等退耕数据, 技术流程如图 2 所示。

表 1 宁南山区地面坡度分级

分区	半干旱黄土丘陵区				干旱剥蚀高原与盆地			
	丘陵与平地		土石山地		丘陵与平地		土石山地	
地貌类型	数量/万 $\text{hm}^2$	%						
坡度/°								
< 3	25.32	16.53	0.03	0.19	71.31	54.24	0.00	0.00
3~7	14.67	9.58	0.54	3.65	26.52	19.27	0.10	8.49
7~15	49.87	32.53	3.06	20.81	21.12	16.07	0.09	8.15
15~25	44.99	29.36	8.67	59.00	10.63	8.09	0.19	16.42
> 25	18.39	12.00	2.40	16.35	3.06	2.33	0.79	66.9
小计	153.24	100.0	14.70	100.0	131.46	100.0	1.17	100.0

(表中未包括中卫、中宁、青铜峡、吴忠、灵武等县山区坡度面积)

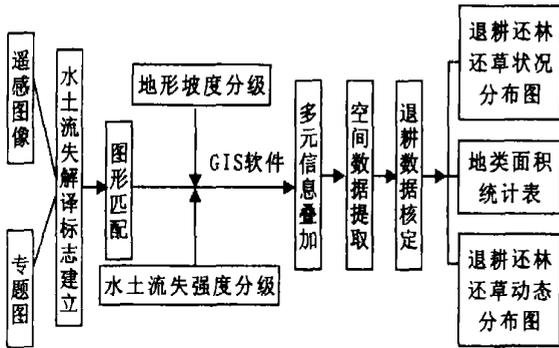


图 2 退耕还林还草数据的叠加流程图

通过 GIS 软件生成一系列退耕还林还草地块分布专题图表, 可以清楚、直观地看出各种土地类型在各坡度带内的分布情况, 从而将退耕还林还草的任务落实到具体地块和具体行政区内。并指出这些地块的分布情况, 同时生成退耕还林还草的专题图、统计表等。

(3) 对还林还草做适宜性评价并对退耕还林还草的方案规划建库。退耕还林还草坚持因地制宜的原则, 通过遥感调

- 参考文献:
- [1] 孙长春. 关于加快宁夏生态环境建设的思考[J]. 中国林业, 1999, (11): 20-21.
  - [2] 陈丽, 米文宝, 樊新刚. 宁南山区退耕还林还草工程实施状况分析[J]. 水土保持研究, 2004, 11(3): 304-306.
  - [3] 杨永崇. 基于“3S”技术建立退耕还林还草监测系统的研究[J]. 西南农业大学学报, 2002, 24(5): 474-475.
  - [4] 颜长珍, 王一谋, 冯毓荪, 等. 应用遥感和地理信息系统技术对宁夏林地资源的宏观研究[J]. 资源科学, 2001, 23(2): 81-84.
  - [5] 孙希华, 姚孝友, 周虹, 等. 基于 GIS 的青岛市山丘区退耕还林还草决策方案分析[J]. 水土保持研究, 2004, 11(3): 109-111.
  - [6] 汤国安, 赵牡丹. 地理信息系统[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
  - [7] 南振岐. 3S 技术在西部退耕还林(草)中的应用探讨[J]. 甘肃农业, 2002, (12): 52-54.
  - [8] 王艳, 杨武年, 袁佩新. 岷江上游汶川退耕还林(草)中“3S”技术的应用[J]. 地球信息科学, 2001, (4): 37-41.
  - [9] 汪福学, 史明昌, 周心澄, 等. 退耕还林还草管理信息系统的建设[J]. 中国水土保持科学, 2004, 2(2): 93-97.

(上接第 121 页)

石流扇状地堆积形态见图 5)。

## 4 结论

(1) 泥石流扇状地最大堆积长度与流速呈线性直线正相关函数关系, 最大堆积宽度与流速呈线性直线负相关函数关

参考文献:

- [1] 唐川, 刘洪江. 泥石流堆积扇危险度分区定量评价研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997, 3(3): 63-70.
- [2] 唐川, 刘洪江, 朱静. 泥石流扇形危险性评价研究[J]. 干旱区地理, 1997, 20(3): 22-29.
- [3] 刘希林, 张松林, 唐川, 等. 泥石流危险范围模型试验[J]. 地理研究, 1993, 12(2): 77-85.

查, GIS 分析不仅可以查清宁南山区土地利用的现状, 还可以获得区域内土壤、地质等方面的信息, 依据这些数据对土地利用做出适宜性评价, 为确定还林还是还草提供科学的依据, 并将不同土壤侵蚀强度下退耕还林还草的方案规划建库。

## 2.4 3S 对退耕还林还草及生态重建成果验收与动态监测

借助于“3S”系统可以将退耕还林还草的任务落实到具体的地块, 从而为每个行政区分配生态退耕任务, 并能对需要退耕的土地还林还是还草做出适宜性评价, 进行退耕还林还草成果的验收, 为相应的决策提供依据<sup>[7]</sup>。通过建立生态退耕成果的评价体系, 可以评价退耕还林还草任务的落实情况, 并对退耕还林还草工作进行动态监测, 生成最新的退耕地块分布及其它专题图和相关的面积统计表。将新得到的数据与原来的调查结果相比较, 便可以看出必须退耕还林还草的土地已退耕多少, 已经还了多少林和草。通过实时的动态评价还可以监测出新的植被破坏情况。从宏观上实时掌握整个宁南山区生态重建的进展情况。

## 3 结语

应用 3S 技术的集成对宁南山区进行水土流失进行调查, 可以有效和科学地进行退耕还林还草的规划和验收, 与传统方法相比不仅速度快, 而且精度高, 节约大量的人力、财力和物力<sup>[9]</sup>。目前成熟的计算机和网络技术、信息技术、3S 技术的迅速发展, 实现对宁南山区实现退耕还林还草信息的实时采集、准确处理、分析、管理、便捷查询, 使宁南山区水土保持管理手段现代化成为可能。

以 3S 为基础, 快速、准确和全面掌握宁南山区水土流失及生态重建信息, 是对宁南山区退耕还林还草管理的重要手段。3S 技术将大力推动宁南山区陡坡地的退耕还林还草生态工程的进程, 将在宁南山区生态恢复和重建的过程中发挥不可替代的作用, 并且在宁夏整个国民经济的建设中同样具有广泛而深入的应用前景。

系, 最大堆积厚度与泥石流流速关系较复杂, 不是简单的线性关系。

(2) 泥石流扇状地堆积形态比与流速呈线性直线正相关函数关系,  $\text{tg}\beta$  与流速呈线性直线正相关函数关系。