

## 两龙滑坡特征及转化泥石流机制分析

樊晓一<sup>1,2</sup>, 王成华<sup>1</sup>, 乔建平<sup>1</sup>

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041;

2. 中国科学院研究生院地球科学学院, 北京 100039)

**摘要:** 从两龙滑坡发育的阶段性特征出发, 根据滑坡在滑动过程的特征, 将滑坡的运动特征划分为主滑区、流化区和流动区。分析了滑坡转化为泥石流的形成机理。并对四川盆地盆周山区地质灾害提出减灾防灾措施和建议。

**关键词:** 两龙滑坡; 运动特征; 形成机理

中图分类号: P642.24; P642.23

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)06-0156-03

## Feature of Lianglong Landslide and the Mechanism Analysis of Landslide-induced Debris Flow

FAN Xiao-yi<sup>1,2</sup>, WANG Cheng-hua<sup>1</sup>, QIAO Jian-ping<sup>1</sup>

(1. Institute of Mountain Hazards & Environment, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041, China;

2. School of Earth Science, Graduate School of Chinese Academy of Science, Beijing 100039, China)

**Abstract:** From Lianglong landslide growth stage feature, and according to characteristic of the sliding process, the movement feature was divided into main sliding zone, liquid state zone and flowing zone. It analyzed the formative mechanism of landslide-induced debris flow, and brought forward the measure and advice about the geologic hazard around Sichuan basin.

**Key words:** Lianglong landslide; movement feature; formative mechanism

### 1 概况

2004年6月30日四川省宜宾市遭受特大暴雨袭击, 6月30日凌晨1:30~2:00宜宾市兴文县两龙乡三村二组发生山体滑坡, 共造成6人死亡, 7人失踪, 3人重伤, 2人轻伤; 毁房6户, 其中4户完全被埋, 2户在滑坡边缘被毁, 受灾房2户; 毁耕地2.67 hm<sup>2</sup>, 林地0.3 hm<sup>2</sup>。

滑坡区位于长江三级支流白果树河左岸。地理坐标为E105°04'04", N28°16'28"。滑坡后缘海拔713 m, 前缘剪出口海拔为605 m。滑坡发生后, 形成高3~5 m的滑坡后壁。滑坡体长约280 m, 宽80~120 m, 厚约2~10 m, 体积约18 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>, 主滑方向100°属顺层强风化、残坡积松散土层推移式滑坡。

#### 1.1 地形

该地区属于四川盆地与云贵高原过渡地带的山区, 河流深切河谷, 形成“U”字形峡谷地貌。从地形地貌上分析, 滑坡区位于一古大型错落体内。滑坡体所处油坪嘴斜坡总体上呈阶梯状, 相对高差约300 m, 坡向90°; 平均坡度约30°; 后缘局部地段坡度可达60°以上, 滑坡区两侧地势略高, 中部较低, 滑坡体位于斜坡一呈撮箕状的相对负地形处。斜坡地表出露为黄褐色组成的残坡积松散堆积体, 厚2~10 m。(图1)

#### 1.2 地层

滑坡区物质组成为第四系强风化残坡积粉质黏土夹块石, 河床边为冲洪积砾石土, 结构松散破碎。下伏基岩为志留系韩家店组泥岩、灰质泥岩夹粉砂质泥灰岩, 地层产状30°~17°。上覆土层与下伏基岩组成斜向坡, 倾向与坡向一致。受构造作用影响基岩发育一组陡倾“X”节理, 其走向分别是78°和162°。

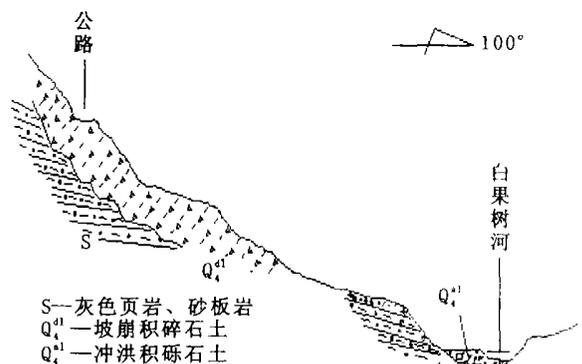


图1 两龙滑坡左侧原始地形剖面示意图

#### 1.3 降雨

兴文县年降雨量为672~1110 mm, 且季节分配不均,

\* 收稿日期: 2005-01-06

基金项目: 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所应急基金

作者简介: 樊晓一(1974-), 男, 四川双流人, 博士研究生, 从事滑坡预测预报及危险度评价研究。

主要集中在6~8月,且多大雨、暴雨。6月29日20:00至30日凌晨,区内普降大至暴雨,其强度多年罕见,2h降雨量约在90mm以上。

## 2 滑坡形成特征

### 2.1 滑坡形成特征

两龙滑坡所在地貌属于中山峡谷地貌。根据现场调查了解,两龙滑坡曾于1976年发生过蠕变变形,造成当地住户的房屋墙壁产生倾斜变形。滑坡区分布着耕地,人为地平整坡面,增加了滑坡前缘陡坎的坡度和高度,形成了滑坡的有效临空面<sup>[1]</sup>。滑坡体的物质主要是由第四系风化残积、堆积物组成。这些第四系风化残积、堆积物主要为碎石土、碎石夹块石土、含碎屑黏土和黏土。其中碎石土和碎石夹块石土为透水地层。滑坡体下覆基岩为志留系灰色砂板岩,灰质页岩。根据现场调查,松散堆积层下覆黏土层湿度很大,并且在基岩地表面有流水渗出。基岩与下覆黏土层形成了滑坡体内的隔水层。地下水沿松散堆积物渗入到隔水层,降低了黏土的抗剪强度。由于坡体的坡度较大,这些坡体内的软弱结构面就形成了剪应力的集中带。当黏土层的抗剪强度降低到低于坡体的破坏强度时,坡体就会发生累进性破坏,使坡体内的破裂面逐渐贯通,导致坡体整体失稳,产生滑坡。

### 2.2 滑坡触发因素

滑坡地属亚热带季风性湿润气候,干湿季分明,年降水量为672~1110mm,并且集中在6~8月。滑坡的形成是由于连续降雨和强降雨的作用,滑坡体植被覆盖较好,坡体截水能力强,大量地降水不容易以坡面径流形式排除,雨水沿地表裂缝大量渗入。并且滑坡体位于相对凹陷地带,便于地表水汇集渗入坡体,使基岩以上的松散碎石土呈超饱和状态使斜坡力学强度降低,土体自重下滑力、斜坡静水压力、动水压力均增大,打破了坡体临界平衡状态,是促成斜坡变形破坏的主要原因。两龙滑坡发育过程为:

前期连续降雨(3~4天)  $\xrightarrow{\text{土体饱和}}$  岩层顶面土层强度降低  $\xrightarrow{\text{坡体张裂变形}}$  6月30日晚降暴雨  $\xrightarrow{\text{土体静、动水压力突增}}$  滑坡发生

## 3 两龙滑坡转化泥石流机制及趋势分析

两龙滑坡是一滑坡转化为泥石流的复合型地质灾害。滑坡在运动的过程可分为三个部分:主滑区、流化区和流动区(图2)。

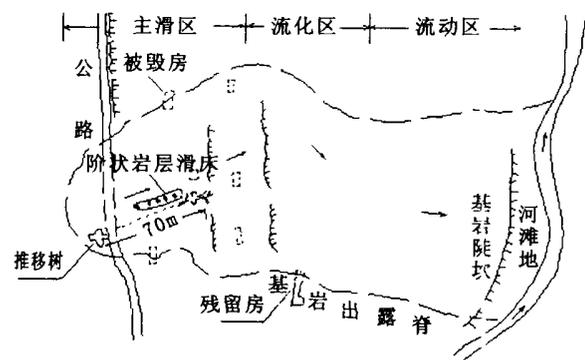


图2 两龙滑坡平面示意图

### 3.1 主滑区

主滑区位于坡体上部,长约90m,平均宽约60m,滑动距离约为70m(据调查,原位于公路内侧的树被推移后仍直立于70m处的坡体上),滑动方向78°。滑体表部破碎,滑坡发生推动式滑动,并有整体滑移特征。主滑区两侧和后缘由于坡

体滑移形成了2~5m的陡坎。区内残留物质主要为含碎屑黏土和黏土,在主滑区下部出露志留系韩家店组泥岩、灰质泥岩夹粉砂质泥灰岩。滑体在滑动的启动过程中首先沿着黏土层滑动,在主滑区下部,滑体在自重力和推动力的作用下,切穿黏土层,沿基岩面滑动。

### 3.2 流化区

由于前期的持续降雨,坡体松散堆积物的吸水能力和地表截留能力较低,径流系数较大,所降暴雨迅速转化为地表径流及沟谷洪流<sup>[2]</sup>。在地表土体因孔隙蓄满水而产流的同时,地下径流也相应产生并不断溢出,加大了地表径流量。由于下伏基岩透水性差,成为隔水层,因此松散土体与基岩接触带成为滞水带,地下径流沿滞水带向下运动。在地下水的溶蚀、冲掏和润滑作用下,滞水带抗滑阻力急剧减小而变成滑动带。滑动坡体在向下运动过程中继续遭受地表水冲刷,使土体、石块和水在运动中充分搅拌,演变为大小混杂、结构性强的流化物质。受到地形的影响,运动方向转为东南,滑动方向为140°。

### 3.3 流动区

松散崩滑土能否流动化取决于土体含水状态、坡前纵坡,以及运动中与水流掺混程度。崩滑土要达到与水流充分掺混,有两种可能性,一是必须有足够掺混距离,就是说崩滑土只有具有相当长的运动距离,才能有时间与水流充分掺混,崩滑土要一定运动距离,坡前倾角要大于某一临界值;二是必须有足够的掺混时间,如坡前纵坡较小,崩滑土达不到长距离的运动,而形成天然坝,这样,水流与天然坝的掺混需要相当长的时间。松散崩滑土在运动过程中与水流不断掺混,摩擦系数减小。当松散崩滑土的含水量达到液限时转化成流动,所以,松散崩滑土流动化机理就是与水流的充分掺混。松散崩滑土流动化过程中,坡前倾角必须大于某一临界纵坡。当坡前倾角大于等于10°时容易出现流动化<sup>[3]</sup>。两龙滑坡流动区的坡度为16~18°,具备了产生流动化的条件,运动方向为100°。

### 3.4 滑坡趋势分析

滑坡发生后,在滑坡左侧形成长20m,最大宽度35cm,最大深度25cm的拉张裂缝,在重力和水的作用下,可能会形成新的滑坡,使滑坡面积的范围进一步扩大。滑坡后壁形成了高3~5m的陡坎,坡体物质结构松散,时常会有崩落、小型的滑塌发生。在滑坡前部的滑坡堆积区,在降雨和坡面径流的作用下,会使其堆积物继续流动,形成泥石流,进一步扩大受灾的范围。

## 4 山地灾害减灾防灾措施

### 4.1 山区减灾防灾的问题

减灾防灾的基础知识没有普及到农村,在兴文县,县、乡、村缺乏山地灾害的专业技术人员,居住在山区的农民缺乏应有的自救处理、预防和避开山地灾害的基础知识。对于居住地发生山地灾害危险性没有足够的认识,并且一旦发生灾害时,不能正确的选择合理的逃避路线。

### 4.2 解决措施及建议

四川盆地盆周山区为地质灾害多发区,每年因地质灾害造成了巨大的人员伤亡和经济损失。为了减少灾害的损失,建议加强科研部门与管理部的协作,加强山地灾害的科普宣传教育和研究工作。进行县级地质灾害危险性评价与预警报系统研究;在县、乡、村对相关人员进行减灾防灾知识培训;对乡、村主要设施、住房安全性评估,对于极危险区

内住房、设施有计划的搬迁到安全区内; 对于极危险区内  
的住房和重要设施要建立安全监测预报体系, 落实专人员  
责, 制定抢险应急预案。

参考文献:

[1] 乔建平. 滑坡减灾理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 28- 41.  
 [2] 谢洪, 王成华, 林立相. 标水岩沟滑坡型泥石流灾害及特征[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2000, 11(3): 20- 22  
 [3] 徐永年, 等. 崩塌土流动化机理的实验研究[J]. 水利学报, 2002, (10): 87- 90

(上接第152页)

坡化学植草防护措施. 它是通过专用的机械将新型化工产品  
HYCEL—OH 液与水按一定比例稀释后同草籽一起喷洒于  
坡面, 使之在极短时间内硬化, 而将边坡表土固结成弹性固  
体薄膜, 达到植草初期边坡防护目的. 3~ 6 个月后其弹性固  
体薄膜开始逐渐分解, 此时草种已发芽, 生长成熟, 根深叶茂  
的植物已能独立起到边坡防护、绿化双重效果, 具有施工简  
单、迅速, 不需后期养护, 边坡防护绿化效果好等特点. 这项  
技术引入试验效果很好, 但由于该技术所用的HYCEL—OH  
液尚需进口, 其工程造价较高, 故目前还无法推广应用。

我们应加强研究的有以下几方面: 一是研究各喷射混合  
料的配置的比例; 二是研制不同需要的黏结剂; 三是喷射混合  
料的营养与水分的长效供应, 这是喷射混合料配置研究的重点;  
四是在混合料配置研究中应该尽量考虑当地资源和当地  
废弃物的充分利用, 最后经工厂特种处理, 投入产业化生产。

4.2 研究各工程当地植物群落的结构和配置, 确定喷植植  
物种类和配比

喷植绿化技术的种类已有当初的一种发展到现在的几

种植物混播的方法, 但是开发利用乡土植物较少, 利用木本  
植物更少, 主要是以来进口植物种子, 因此大力开发乡土灌  
木至小乔木和草本进行喷射绿化, 加强当地自然植物群落  
的结构以及新建植物群落动态研究, 才能更科学合理的选择喷  
射绿化需要的植物种类、各植物的比例、播种的密度, 最后形  
成与当地自然植被景观构成一体, 并能自然演替的植物群  
落. 为改变喷射绿化技术中植物种子进口局面, 提高植物种  
子生产能力。

4.3 加强喷射绿化后的长期管理

植被喷射绿化后的管理一般比较简单, 但必须进行长期  
管理. 目前我国许多绿化工程在生态恢复中普遍存在着“重  
建植轻管理”、“强调短期效果, 忽视长期效果”的倾向, 无  
论是城镇绿化, 还是公路、铁路的护坡植被被统统计划了建  
植植被的经费而忽略了管理的经费. 这是与可持续性发展理  
念背道而驰的, 也不符合我国质量型、效益型、功能型和可  
持续的跨越式发展思路. 这种倾向直接导致“一年绿, 两年  
黄, 三年枯, 四年死”的现象发生, 对我国各种生态建设极为不利。

参考文献:

[1] 赵平. 喷播绿化与喷播机械的技术概况[J]. 林业机械与木工设备, 1999, 27(11): 4- 6  
 [2] 叶建军, 周明涛, 许文年. 谈喷射护坡绿化技术[J]. 水土保持研究, 2004, 11(2): 194- 197.  
 [3] 徐元德. 草坪喷播种植技术及其设备[J]. 建筑机械化, 2003, (3): 27- 29  
 [4] 温宇光. 喷播植草生态治理技术[J]. 吉林林业科技, 2000, 29(3): 52- 56  
 [5] 舒翔, 曹映泓, 廖晓瑾, 等. 岩石边坡喷混植生设计与施工[J]. 中外公路, 2001, 21(4): 45- 48  
 [6] 许文年, 王铁桥, 李建林, 等. 清江隔河岩电厂高陡混凝土边坡绿化技术研究[J]. 水利水电技术, 2003, 34(6): 43- 46  
 [7] 孙本信, 尹公, 张锦. 草坪植物种植技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001. 56- 63  
 [8] A n o n y m o u s S o w i n g t u r f g r a s s s e e d w i t h h i g h p r e s s u r e i n j e c t i o n [ J ] . G r o u n d s M a i n t e n a n c e , 2 0 0 0 , 3 5 ( 1 ) : 1  
 [9] 福昭著, 李树华译. 地被植物营养繁殖苗机械喷射附着绿化技术[J]. 中国园林, 2002, 6: 50- 53  
 [10] 于凤芝, 赵煜. 草坪喷播专用黏着剂及其配料的研究[J]. 草业科学, 2001, 18(2): 67- 70  
 [11] 邹俊. 喷植混凝土技术在三峡船闸环境绿化中的应用[J]. 人民长江, 2003, 34(9): 15- 16  
 [12] 曹翠萍. 喷植水泥土边坡防护技术在铁路路堑边坡施工中的应用[J]. 科技情报开发与经济, 2003, 13(1): 205- 206  
 [13] 杨香泉. 贵阳地区实施喷播绿化的草种选择[J]. 种子, 2004, 23(6): 64- 65  
 [14] 陈向阳. 石质边坡绿化在漳龙高速公路上的应用[J]. 公路交通技术, 2003, (2): 76- 78  
 [15] 文/郎咸白, 江胜德, 田地. 喷播——高效的植草方式(二)[J]. 中国林业, 1999, (6): 24  
 [16] 谭远发. 铁路路基边坡绿色防护技术的发展和运用[J]. 铁道工程学报, 2001, 69(1): 35- 40  
 [17] 黄小军, 陈兵. 高速公路生态恢复若干问题探讨[EB/OL]. <http://www.jtzc.net.cn/cgi-bin/zwolf1/show.cgi>, 2004- 03- 12  
 [18] 邹战强. 利用喷灌技术进行水利喷播草种护坡绿化[EB/OL]. <http://www.hwcc.com.cn>, 2004- 11- 26  
 [19] 周颖, 曹映泓, 廖晓瑾, 等. 喷混植生技术在高速公路岩石边坡防护和绿化中的应用[J]. 岩石力学, 2001, 22(3): 353- 356  
 [20] 公路绿化综述[EB/OL]. 河南交通科技信息, [http://www.jtstar.com/ArticleShow\\_zcfg.asp?ArticleID=197](http://www.jtstar.com/ArticleShow_zcfg.asp?ArticleID=197), 2003, (2).  
 [21] 刘本同, 钱华, 何志华, 等. 我国岩石边坡植被修复技术现状和展望[J]. 浙江林业科技, 2004, 24(3): 47- 54  
 [22] 申新山. 岩石边坡植生基质生态防护工程技术的研与应用[J]. 中国水土保持, 2003, (10): 26- 28  
 [23] 寒区旱区环境与工程所. 液体喷播固沙技术走上高速公路[EB/OL]. <http://www.cas.ac.cn/html>, 2002- 04- 24