

# 四川某滑坡成因机制分析及稳定性评价研究

梁利喜, 许 强, 刘天翔, 汤明高, 范宣梅

(成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家专业实验室, 成都 610059)

**摘 要:** 所研究滑坡位于四川东部某市境内, 滑坡变形分布较为零散, 规律性相对较差。鉴于该滑坡紧邻市区, 危害严重, 对其进行了成因机制的分析及稳定性的评价研究, 以为该滑坡的防治与治理工程提供科学依据。该滑坡为一小型土质顺层古滑坡体, 受下覆基岩面的控制和滑坡体西北侧开挖临空面的影响, 滑坡发生沿  $S82^{\circ}W$  方向的滑动, 同时向临空面产生方向约为  $N37^{\circ}W$  的局部次级滑动。稳定性分析结果表明, 在暴雨工况下, 该滑坡将沿主滑方向发生失稳。

**关键词:** 滑坡; 成因机制; 稳定性

**中图分类号:** P642.22

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2007)02-0189-02

## Study on the Formation Mechanism and Stability of a Landslide in Sichuan

LIANG Li-xi, XU Qiang, LIU Tian-xiang, TANG Ming-gao, FAN Xuan-mei

(Chengdu University of Technology, State Specialty Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu 610059, China)

**Abstract:** The Landslide studied is in Bazhong Sichuan. The distribution of deformation is very scattered and ruleless. For this landslide is close to the town, and it may be result in serious hazard, the stability and formation mechanism of this landslide is studied, in order to provide scientific foundation for the engineering of prevention and controlling. For the influence of bedrock surface, the main slide direction of the landslide is  $S82^{\circ}W$ , and at the same time, there are local deformations in the direction of  $N37^{\circ}W$ . The result of analyses of stability shows that the landslide is very dangerous when it is storm.

**Key words:** landslide; formation mechanism; stability

### 1 前 言

所研究滑坡位于四川东部某市境内。滑坡纵向总长约 180 m, 横向总宽约 80 m, 滑坡体表面高程分布为 400~430 m, 土层厚度 1.5~14.7 m; 滑体体积约 80 000  $m^3$ , 属小型滑坡, 如图 1 所示。

滑坡变形以地表变形为主, 分布较为零散, 规律性相对较差。1995 年以来, 主要坡体变形表现为坡体后缘多次拉裂、坡体前缘武警支队院坝地面隆起、挡土墙外鼓等。滑坡变形在雨后尤为剧烈。

该滑坡严重危及着市武警支队、王某拆迁还房工程、市科技局和自来水厂等四家单位及 40 余户居民共 500 多人的生命和财产安全。种种变形迹象与勘察成果均表明该滑坡处于蠕变滑动阶段。因此对该滑坡进行切实可行、合理有效的防治已刻不容缓。而进行因机制分析及稳定性研究是合理制定防治措施的前提。

### 2 滑坡区地质环境条件

滑坡区位于巴河向斜南翼微小褶皱带内, 巴河向斜轴向为东西向, 轴部较宽阔, 由泥岩、泥质粉砂岩组成。

勘察结果表明: 滑坡区内地层结构简单, 区内无断裂构造, 岩层较完整。上覆土层为第四系含块石粉质黏土, 主要由残坡积粉质黏土组成, 含少量的砂岩、泥岩块体, 其粉质黏

土呈可塑状。下覆基岩为白垩系剑门关组泥岩, 岩体较为完整。岩体具有遇水极易软化、风化的特点。

滑坡区地下水贫乏, 主要为第四系土层孔隙水及基岩裂隙水, 主要由大气降雨渗入补给, 渗流排泄。

滑坡区属坡地台阶地貌, 陡缓相间, 后缘为较大面积的高陡岩质边坡, 有较大的汇水面积, 因滑坡区属于亚热带季风气候, 雨量充沛, 从而为地表水形成了充足有利的补给。

### 3 滑坡体基本地质特征

该滑坡属浅层含块石粉质黏土沿基岩面的顺层滑动, 滑体主要为第四系土层为含块石粉质黏土, 由粉质黏土及砂岩、泥岩块体组成, 结构较松散, 组分不均。

滑床为下覆基岩, 主要为泥岩强风化层。滑坡滑动面主要为下伏基岩面, 总体向二环路方向倾斜。

基于钻探数据, 对下覆基岩面进行三维可视化分析以及表面梯度矢量化分析, 结果如图 2、图 3 所示。可看出, 滑坡体后部基岩面相对较为平缓, 在滑坡体中前部基岩面突然变陡, 形成一槽形构造, 其局部最大坡度超过  $30^{\circ}$ 。

### 4 滑坡成因机制分析

该滑坡为一古滑坡体, 其滑动方向主要受下覆基岩面的控制, 主滑方向约为  $S82^{\circ}W$ , 同时受武警支队南东侧开挖临空面的影响, 向临空面产生局部此级滑动, 滑动方向约为

\* 收稿日期: 2006-05-23

作者简介: 梁利喜(1976-), 男, 2003 年毕业于西南石油学院地球探测与信息技术专业, 获硕士学位, 现为成都理工大学地质工程专业在读博士研究生。

N37°W。综合分析,滑坡主要受坡体物质、基岩面形态、降雨和部分人类工程活动的影响,其主要的致灾因素如下:

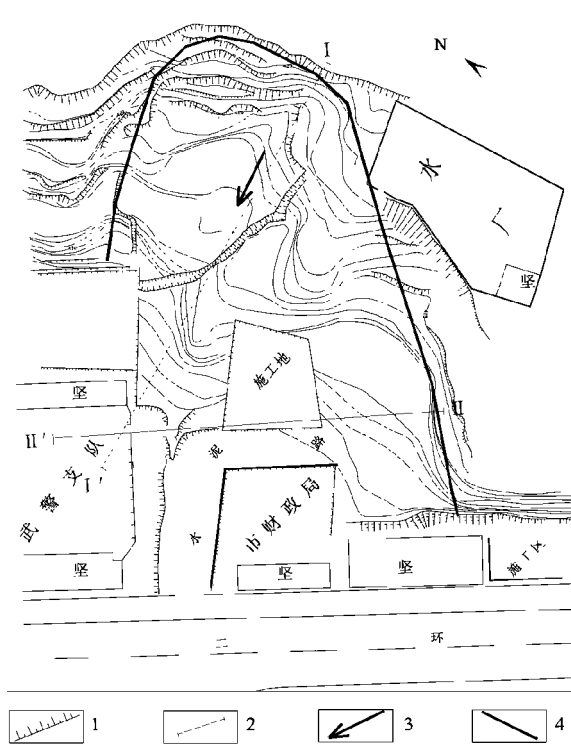


图 1 滑坡地质平面图

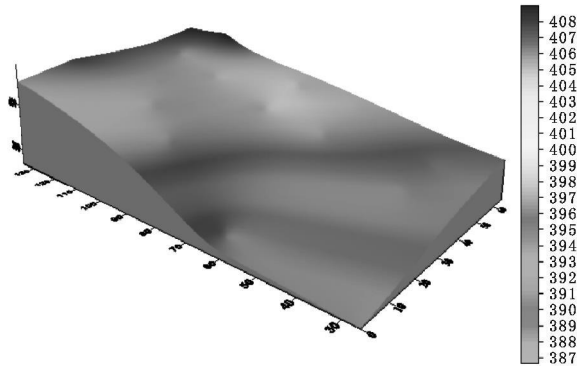


图 2 下覆基岩面三维显示图

(1) 土体物质的物理力学性质是该滑坡形成的先决条件。滑坡土体为含块石粉质黏土,从土体结构特征来看,土体在地表降雨下渗后遇水软化,力学强度  $C$ 、 $\varphi$  值大大降低。

(2) 斜坡结构形态是滑坡形成的主要条件。在滑坡体后部下覆基岩面较缓,平均坡度  $10^{\circ} \sim 18^{\circ}$ ,为顺坡向,但在滑坡的中前部位置,下覆基岩面突然变陡,平均坡度增加到  $26^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ,基岩面突然形成一个槽形状(图 2 和图 3),从而利于了滑坡的形成。槽形构造使滑体厚度显著增加,增大了沿主滑方向的滑坡推力,加剧了主滑方向的失稳;此外,由于工程开挖为此段较厚的滑体提供了高陡的临空面,使得土体沿  $N37^{\circ}W$  方向形成了一个次级滑动面。在两个方向滑坡下滑推力的共同作用下,导致了滑坡的蠕变滑动,致使坡体出现较为分散的变形。

(3) 降雨是滑坡形成的主要诱发因素。区内属于四川盆地北部亚热带季风气候,雨量充沛,长时间的持续降雨使滑坡体上的土体部分趋于饱和,同时由于长期浸泡造成土体强度降低,自重增加,下滑力增大。

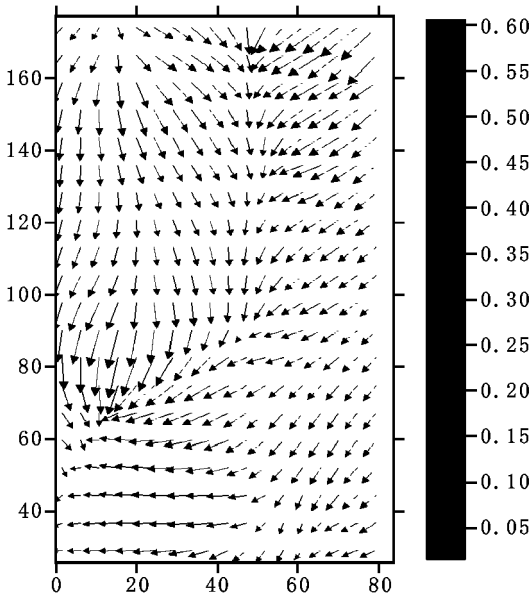


图 3 下覆基岩面表面梯度矢量图

(4) 人类工程活动是滑坡形成的促进因素。由于不合理的工程开挖,使得坡体前缘局部形成垂直临空面,为滑体的滑动提供很好的先决条件。此外,滑坡体的上部市自来水厂蓄水池的渗漏,进一步加剧了滑坡的不稳定性。

5 稳定性计算

目前关于滑坡稳定性的计算研究,已提出几十种方法,这些方法大致归为三类:一是极限平衡法,二是数值分析法,三是概率法。极限平衡分析法是一种定量方法,也是工程上使用最多、最成熟的方法<sup>[1-4]</sup>。

本文应用极限平衡分析 Sarma 法,对所研究滑坡进行了稳定性计算分析。

5.1 计算模型

选取包括主滑面与次级滑动方向的滑面进行稳定性计算。主滑面与次级滑面划分如图 4、图 5 所示。

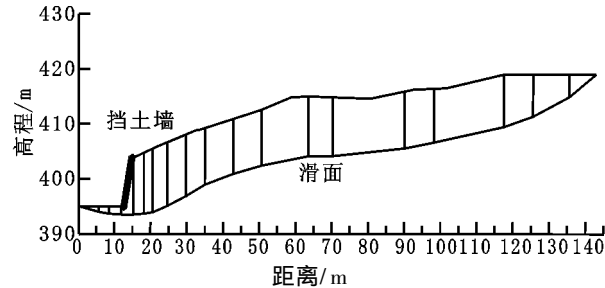


图 4 主滑面 I-I' 稳定性计算剖面

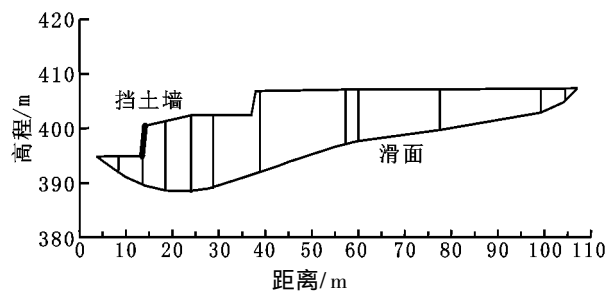


图 5 次级滑面 I'-I 稳定性计算剖面

由于滑坡中后部沿基覆面滑动,前缘从滑体中剪出,故对滑带土的力学参数的取值分为两部分取值。

(下转第 193 页)

接, 成品字型排列。等高线上鱼鳞坑间距(株距) $L=1.5\text{ m}$ (约坑径的 2 倍), 上下两排坑距  $b=1.5\text{ m}$ , 月牙坑半径  $r=0.5\text{ m}$ , 坑深  $h=0.5\text{ m}$ 。挖坑取出的土, 培在外沿筑成半圆埂, 以增加蓄水量。埂中间高两边低, 使水从两边流入下一个鱼鳞坑。表土填入挖成的坑内, 坑内种树。具体示意图见图 3。

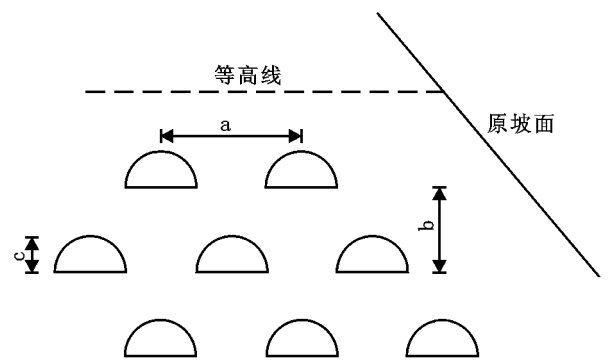


图 3 鱼鳞坑示意图

参考文献:

[1] 许佐民, 毛敬国, 高岩. 试论铁岭市矿区生态修复途径[J]. 水土保持科技情报, 2004, (6): 35- 36.  
[2] 杨修, 高林. 德兴铜矿矿山废弃地植被恢复与重建研究[J]. 生态学报, 2001, 21( 11): 1932- 1939.  
[3] 王涛, 黄翠霞. 铁法煤矿采煤沉陷区土地复垦综合治理模式初探[J]. 水土保持科技情报, 2003, (3): 40- 41.

(上接第 190 页)

依据岩土试验, 并类比其它工程中参数的取值, 滑坡滑带土参数取值如表 1 所示。

表 1 土体的物理力学参数取值表

类 别	重度/( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ )		聚力 $C/\text{kPa}$	摩擦角 $\Phi/^\circ$
	天然	饱和		
前缘滑带	19.0	20.5	11.0	7.5
中后部滑带			10.0	6.5

5.2 计算方案

依据成因机制, 稳定性分析计算时, 考虑的作用荷载主要有: 滑坡体自重与地下水。设计计算方案如下:

- 工况 : 天然情况, 只考虑滑坡体自重;
- 工况 : 考虑滑坡体处于 1/4 饱水状态;
- 工况 : 考虑滑坡体处于 1/2 饱水状态;
- 工况 : 考虑滑坡体处于 2/3 饱水状态。

5.3 计算结果

稳定性计算结果如图 6 所示。对滑坡进行稳定性评价, 将稳定性划分为四级: 稳定系数  $F_s>1.15$  为稳定,  $1.15\geq F_s>1.05$  基本稳定,  $1.05\geq F_s>1.0$  为欠稳定,  $F_s<1.0$  为不稳定。

从图 6 可知沿主滑方向的 I-I' 计算剖面在工况 I 处于欠稳定状态, 在工况 II、工况 III 和工况 IV 处于不稳定状态, 其稳定性较差; 沿局部滑动方向的剖面在工况 I、II 条件下处于稳定状态, 在工况 III、处于基本稳定状态。

计算结果表明, 滑坡体含水率的增大, 导致了滑坡整体稳定性变差, 在暴雨工况下( 1/2 饱水), 沿主滑方向(I-I') 发生失稳, 沿次级滑动方向( - ) 则处于欠稳定状态。此结果与滑坡体的实际宏观表现较为吻合, 较好的解释了当前滑

参考文献:

[1] 张倬元, 王士天, 王兰生, 等. 工程地质分析原理( 第二版)[M]. 北京: 地质出版社, 1994.  
[2] 陈祖煜. 土质边坡稳定分析( 原理. 方法. 程序)[M]. 北京: 中国水利电力出版社, 2003.  
[3] 时卫民, 郑颖人, 唐伯明. 滑坡稳定性评价方法的探讨[J]. 岩土力学, 2003, 24(4) : 545- 552.  
[4] 刘传正. 论滑坡稳定性评价的几个关键问题[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1996, 7(3) : 55- 59.

坡面修建鱼鳞坑有两种状态: 一种是当降雨强度小, 历时短时, 鱼鳞坑不可能漫溢, 因此, 鱼鳞坑起到了完全切断和拦截坡面径流的作用; 另一种是当降雨强度大, 历时长时, 鱼鳞坑要发生漫溢, 因鱼鳞坑的埂中间高两边低, 这样就保证了径流在坡面上往上下运动时不是直线和沿着一个方向运动, 从而避免了径流集中; 坡面径流受到了鱼鳞坑的节节调节, 使径流冲刷能力减弱。每树一坑, 每公顷挖 2 500 个鱼鳞坑。根据当地的植被情况栽种灌木沙棘、胡枝子, 间距为  $1.5\text{ m}\times 1.5\text{ m}$ 。

3 结论与建议

经实践, 采用人工辅以工程措施和植物措施的方法恢复采矿区的植被, 是切实可行的。经过改造, 有效地控制了由于矿山开采等造成的水土流失, 成功改善生态环境, 对提高整个地区的生态稳定发挥了重要的作用。实践证明, 在人为破坏严重的采矿区, 人为的辅助生态修复建设, 既缩短了生态恢复的周期, 又提高了生态恢复的质量, 是完全符合工矿区客观实际的改造技术。

坡体缓慢蠕滑, 并导致系列分散变形的原因。

6 结 论

所研究滑坡为一沿基岩面的顺层滑动的滑坡体, 滑体主要为第四系土层为含块石粉质黏土, 由粉质黏土及砂岩、泥岩块体组成, 结构较松散, 组分不均, 工程力学性质较差。

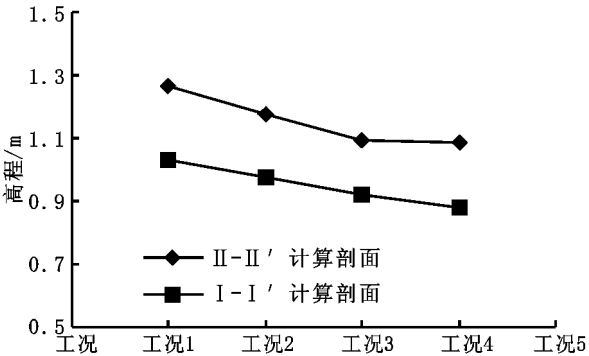


图 6 稳定性计算结果图

滑动方向主要受下覆基岩面的控制, 主滑方向约为  $S82^\circ W$ , 同时受西北侧临空面的影响, 沿  $N37^\circ W$  方向, 发生局部滑动。

滑坡失稳是坡体物质结构、基岩面形态、降雨和部分人类工程活动的共同作用的结果。持续降雨是滑坡形成的主要诱发因素, 稳定性计算结果表明: 天然状态下, 该滑坡处于稳定或欠稳定状态, 在暴雨状态下, 滑坡失稳, 发生缓慢蠕滑, 并导致坡体及其附近的变形发生。