

# Features, Prevention and Control of Mao'er Mountain Section Landslide on National Highway 212 in Nanchong City

Jun Han, Xiaolong Li, Changyong Ye, Yun Dong

Nuclear Industry Southwest Survey and Design Institute Co., Ltd., Chengdu Sichuan  
Email: tssdy@163.com

Received: Apr. 22<sup>nd</sup>, 2019; accepted: May 7<sup>th</sup>, 2019; published: May 14<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

Toe excavation and rainfall had led to a retrogressive landslide in Mao'er Mountain Section on the National Highway 212 in Nanchong City. The landslide stability was evaluated based on site survey, geological analysis and calculation. In that consideration, emergency measures such as crack sealing and backfilling back pressure are taken for temporary disposal, and anti-slide piles combined with intercepting and drainage ditches are adopted for permanent control.

## Keywords

Landslide, Retrogressive, Stability Calculation

---

# 南充市国道212线猫儿山段滑坡特征及防治

韩俊, 李晓龙, 叶常勇, 董云

核工业西南勘察设计研究院有限公司, 四川 成都  
Email: tssdy@163.com

收稿日期: 2019年4月22日; 录用日期: 2019年5月7日; 发布日期: 2019年5月14日

---

## 摘要

由于坡脚开挖, 加之降雨影响, 南充市国道212线猫儿山段发生牵引式滑坡。通过在现场勘查、地质分析与计算的基础上, 对滑坡稳定性进行了评价。针对该滑坡采用裂缝封填、回填反压等应急抢险措施进行临时处置, 采用抗滑桩结合截排水沟等措施进行永久治理。

## 关键词

滑坡, 牵引式, 稳定性计算

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着我国经济水平的不断增长, 各类工程建设也不断发展, 中国西部大多数地区处于山区, 场地条件受限, 常有开挖修路、建房、平整场地等工程措施, 切坡后将改变斜坡原来应力状态, 易引发滑坡等地质灾害[1] [2]。本文基于南充市国道 212 线滑坡工程实例, 在对滑坡的形成、发展过程进行分析的基础上, 综合评价了其稳定性, 结合施工的可行性和时效性提出了应急处置措施和永久治理措施, 为同类型滑坡灾害的防治提供一定的参考[3] [4] [5]。

## 2. 研究区概况

研究区位于南充市嘉陵区国道 212 线猫儿山段, 上接嘉陵区, 下接曲水镇。海拔高程 333 m~349 m。2018 年 4 月中下旬, 滑坡前缘坡脚开挖, 加之期间降雨作用明显, 5 月 6 日下午产生滑动, 国道 212 线道路发生明显的错断, 并伴有大面积的沉降现象, 造成了交通全面中断, 滑坡地表出现裂缝, 前缘右侧发生滑塌, 变形有继续扩大的趋势。严重威胁上部国道 212 上行人、车辆, 以及下部场地作业安全。

研究区属新华夏系四川沉降带川中褶皱带, 构造形迹以北西~南东向展布为主。所在区域属构造剥蚀浅丘地貌。研究区主要由第四系全新统残坡积层(Q<sub>4</sub><sup>el+dl</sup>)粉质粘土、侏罗系上统遂宁组(J<sub>3s</sub>)泥岩等地层构成。

## 3. 滑坡特征

滑坡区位于斜坡中部, 斜坡整体呈折线形, 陡缓交错, 滑坡区坡度约 13°~45°, 前缘及后缘 20 m 处坡度较大, 中部区域地形较为平缓。滑坡平面上呈圈椅状, 主滑方向为 89°, 前缘高程集中在 345.5 m~349.0 m, 后缘高程集中在 333.7 m~341.8 m, 总体高差约 16 m, 纵向长度约 42 m, 前缘宽约 100 m, 后缘宽约 70 m, 滑坡面积约 4000 m<sup>2</sup>, 滑体厚度 5 m~10 m, 体积约 3.2 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>。地貌形态特征与周围区域斜坡形态特征差别较大, 坡体上土体零乱, 扰动明显, 裂缝十分发育, 局部也可见植被歪斜现象。滑坡范围的圈定主要以前缘的鼓胀变形, 两侧的剪切裂缝, 以及后缘的张拉裂缝并结合微地貌而划定, 见图 1。

该滑坡在后缘形成了高 0.1 m~1.4 m 错台, 走向 150°~180°, 同时发育有相近延伸方向的多条次级张拉裂缝, 裂缝宽度 0.1 m~1.4 m, 最大宽度 0.8 m, 深度 0.3 m~0.6 m, 最大延伸长度 52 m; 滑坡前缘剪出口处土体鼓胀变形; 左侧发育有剪切裂缝, 裂缝宽度 2 cm~5 cm, 深度 5 cm~15 cm, 延伸长度约 5 m; 滑坡右侧裂缝宽度 5 cm~25 cm, 深度 0.3 m~0.5 m, 延伸长度最大为 39 m, 下错明显, 最大处约 1.4 m, 见图 2; 滑坡体地表裂缝发育, 坡表地形较为零乱, 扰动明显, 有利于雨水下渗。

滑体主要由粘性土组成, 红褐色, 多为粉质粘土, 局部夹角砾, 土体杂揉, 分布于整个滑坡坡体中, 呈可塑状, 部分呈硬塑状、软塑状, 局部段夹角砾, 含量约 5%~10%, 粒径约 1 cm~2 cm, 多呈棱角状。滑床由可塑状粉质粘土和强~中风化泥岩组成, 其中粉质粘土呈红褐色, 可塑状为主, 局部呈软塑~硬塑状; 泥岩呈紫红色, 泥质结构, 薄-中层状构造, 局部裂隙发育, 裂面多见铁锰质浸染, 岩质较软。滑

带呈红褐色，软塑状为主，滑带土厚为 2 cm~8 cm，局部含角砾，滑坡右侧后缘公路错台滑壁可见明显擦痕，呈红褐色，滑面平直光滑，见图 3。

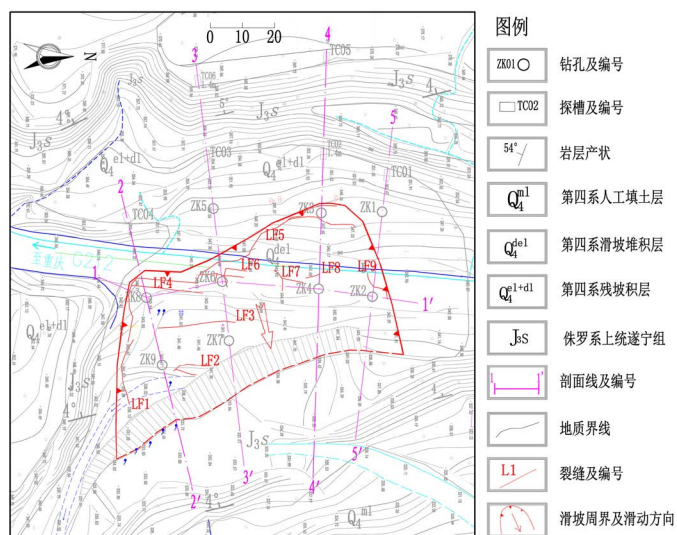


Figure 1. A plan view of the landslide

图 1. 滑坡平面图

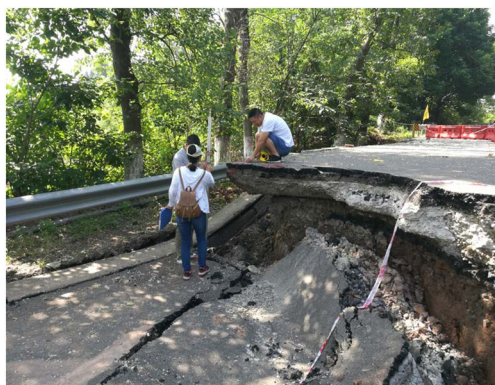


Figure 2. Right side (south side) boundary of the landslide

图 2. 右侧(南侧)边界错台

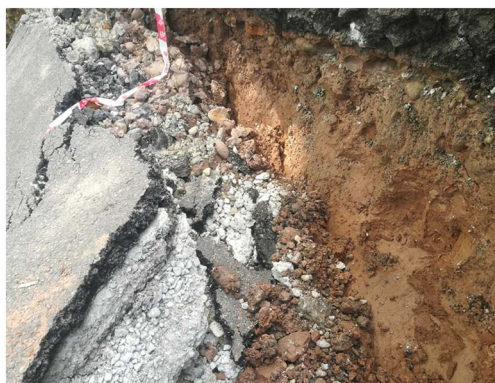


Figure 3. Slipper on the trailing edge of the landslide

图 3. 滑坡后缘滑带擦痕

## 4. 成因分析

该滑坡区原始地貌为陡坎与平台交错的斜坡，坡体物质组成主要是粉质粘土，从地形上看该滑坡地段原本为缓坡，场平开挖后，前缘临空，给滑坡的发生创造了剪出条件。滑坡段斜坡上无冲沟发育，降雨后地表水主要沿坡面散流，部分雨水会下渗进入坡体，并且从斜坡中地势较高处流向地势较低洼处。据现场勘查，滑坡前缘右侧发育井点，常年有水，该区域富水性好，使得该区域土体长期处于饱水状态，部分土体呈软塑状，抗剪强度低。

受前期强降雨影响，斜坡土体重度增加，强度降低，加上 2018 年 4 月中旬坡体前缘坡脚开挖卸荷，前缘支撑作用削减，2018 年 5 月 6 日滑坡前缘右侧饱水区域土体强度较低，首先出现局部失稳，坡体应力变化范围增加，裂缝出现并增加，坡体变形加剧，雨水通过裂缝更易渗入坡体内部，不仅促进斜坡的变形发展，也使前缘处的粉质粘土更加饱水、软化，土体抗剪强度急剧降低，软化范围逐渐扩大，最终形成软弱滑动面，开始蠕动滑移变形，产生滑坡。

其变形破坏的形成演化过程可概括为蠕滑 - 滑移 - 拉裂。受开挖影响，斜坡开始变形，逐渐发展成潜在滑移面，剪切变形使得坡体中部剪应力集中部位扰动扩容，斜坡下半部分逐渐隆起。随着变形体开始发生转动，后缘明显下沉，变形进入累进性破坏阶段。斜坡沿潜在滑移面向坡前临空方向滑移，并使滑移体拉裂解体，一旦潜在剪切面被剪断贯通，则发展为滑坡[2]。

从平面上看，该滑坡具有上小下大的塔式外貌，横向拉张性裂隙发育，多垂直于滑动方向，横向拉张裂缝多有向滑动方向下错现象；从变形破坏现象上看滑坡中前部变形比中后部变形严重；从变形时间上看，滑坡中前部先于中后部出现变形；从变形模式可以看出，该滑坡经历了斜坡前缘开挖卸荷，坡体应力条件改变，坡脚支撑力减弱的过程，坡体从前缘到后缘逐渐发生变形破坏，该滑坡属于牵引式滑坡。

## 5. 稳定性计算和评价

计算参数的选取主要以室内剪切试验的成果为基础，并结合宏观变形行迹判断，工程类比和地区经验及反演分析综合考虑确定。滑带计算参数见表 1，滑坡稳定性计算结果见表 2。

**Table 1.** Recommended table of calculation parameters for landslide stability

**表 1.** 滑坡稳定性计算力学参数推荐表

土体名称	建议值(残剪)					
	天然状态			饱和状态		
	容重(kN/m <sup>3</sup> )	C (kPa)	$\varphi$ (°)	容重(kN/m <sup>3</sup> )	C (kPa)	$\varphi$ (°)
粉质粘土(滑带土)	19.0	12.0	5.6	19.5	11.5	5.4

**Table 2.** Landslide stability calculation results

**表 2.** 滑坡稳定性计算成果表

计算剖面	计算工况	稳定性系数	剩余下滑力(kN/m)	安全系数	稳定性
3-3 <sup>#</sup> 剖面 ac 滑面	天然	1.021	123.75	1.15	欠稳定
	暴雨	0.967	84.74	1.05	不稳定
	地震	0.965	90.68	1.05	不稳定
3-3 <sup>#</sup> 剖面 bc 滑面	天然	0.955	93.13	1.15	不稳定
	暴雨	0.902	72.77	1.05	不稳定
	地震	0.913	68.37	1.05	不稳定
4-4 <sup>#</sup> 剖面	天然	1.005	175.61	1.15	欠稳定
	暴雨	0.953	121.14	1.05	不稳定
	地震	0.955	119.56	1.05	不稳定

由于土本为黏性土，本次稳定性方法采用了圆弧滑动法、折线滑动法(传递系数法)进行了对比分析。首先利用软件，采用圆弧滑动法，结合现场钻探成果，滑坡剪出口、后缘位置，对潜在滑动面进行收索、计算；之后根据钻探成果，采用折线滑动法，对其进行稳定性计算。经对比，二者计算结果基本一致。最终采用折线滑动法计算结果进行支护设计。

采用折线滑动法选取典型剖面(3-3'、4-4')，计算滑坡的整体稳定性，见图 4。天然工况下，滑坡整体处于欠稳定状态；暴雨、地震工况下，处于不稳定状态；从剖面 3-3'上变形较大的次级滑动面稳定性计算结果可以看出，该滑坡在各工况下，局部稳定性差，天然、暴雨和地震工况下均处于不稳定状态。

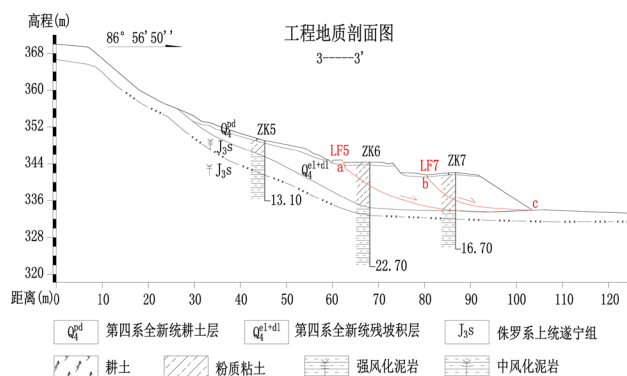


Figure 4. Engineering geological profile 3-3'  
图 4. 工程地质剖面图 3-3'

通过上述计算，可以看出滑坡前缘局部稳定性差，在滑坡前缘发生失稳破坏后将牵引滑坡中后段继续发生变形破坏，以上定量计算分析与现阶段滑坡变形发育特征相吻合。

## 6. 防治措施

### 6.1. 应急处置措施

考虑到滑坡治理工程及路面恢复工作周期较长，为方便民众出行，尽快恢复国道 212 线车辆通行，应南充市公路管理局要求，需尽快抢修临时通道以便通车，现提出临时通车应急抢险方案如下：

- 1) 首先对滑坡区域裂缝进行粘土回填封闭，防止雨水下渗。
- 2) 对滑坡前缘坡脚进行袋装土压脚，见图 5。回填材料建议采用级配良好的砂卵石，在压脚过程中应注意人工边坡的稳定性。



Figure 5. Ballast in front of the landslide  
图 5. 滑坡前缘压脚

3) 对裂缝变形情况进行观测, 观测周期 3~5 天, 若裂缝无明显加剧变形迹象, 方可在国道 G212 线部位抢修临时便道, 降雨期间应禁止施工。

4) 临时通车期间, 应严格控制车型及车流量, 严禁大型车辆(客车、货车等)通行。同时, 安排巡视人员对滑坡区域进行定点巡查, 做好裂缝观测工作, 如果发现新增裂缝或原有裂缝变形加剧, 应立即关闭临时通道。

实践证明, 应急处置方案是及时合理的, 有效地遏制了滑坡进一步变形, 为后续治理工程施工提供了场所, 争取了时间, 为类似滑坡的应急处置提供了一定的借鉴。

## 6.2. 永久治理措施

本次设计根据滑坡的特点, 在前期坡脚反压完成后再进行。本设计拟采用截排水沟、抗滑桩并结合格构护坡和植草对该滑坡进行治理。

拟在滑坡前缘设置抗滑桩, 以保证坡体的整体稳定; 坡面上采用格构、绿化植草, 以美化坡表; 在滑坡外围设置截、排水沟, 以减少雨水下渗, 浸润坡体, 并将雨水引出坡体。滑坡治理后, 滑坡前缘在建项目进场道路会继续开挖, 严禁其继续往国道 212 线方向开挖, 其边坡开挖须结合该项滑坡治理工程进行。

于滑坡前缘适当位置布设抗滑桩, 考虑到施工快速, 拟采用旋挖成孔方式, 抗滑桩间距 5.0 m, 桩径 2.0 m, 共计 20 根, 其中 A 型抗滑桩 14 根, 桩长 11 m~13 m; B 型抗滑桩 6 根, 桩长 16 m, 总桩长约 254 m。

于滑坡后缘设置截水沟, 长 87.0 m, 接入公路边沟; 于滑坡右侧适当区域设置排水沟, 长 43 m, 接入场地截排水系统, 截水沟截面类型为梯形, 深度 0.4 m。

## 7. 结论

1) 滑坡形成原因是受前期强降雨影响, 斜坡土体重度增加, 强度降低, 加上 2018 年 4 月中旬坡体前缘坡脚开挖卸荷, 前缘支撑作用削减, 发生牵引式破坏, 产生滑坡。

2) 通过对滑坡体进行宏观分析和定量计算, 综合判定滑坡整体在天然工况下处于欠稳定状态, 在暴雨、地震工况下, 滑坡处于不稳定状态, 从滑坡发展趋势来看, 滑坡体发生整体滑动的可能性很大, 对其进行工程治理是十分必要的。

3) 据该滑坡特点, 采用了应急处置与永久治理相结合的方式, 在前期坡脚反压完成后, 采用截排水沟、抗滑桩并结合格构护坡、植草对该滑坡进行永久性工程治理。

## 参考文献

- [1] 刘晶晶, 张文居, 等. 米易县 D07 号地块玄武岩残坡积膨胀土滑坡成因机制分析及稳定性评价[J]. 地质灾害与环境保护, 2016, 27(2): 26-30.
- [2] 张倬元, 王士天, 等. 工程地质分析原理[M]. 第三版. 北京: 地质出版社, 2009.
- [3] 韩俊, 王君, 等. 雅安天功寺滑坡特征及形成机制分析[J]. 地质灾害与环境保护, 2015, 26(1): 3-8.
- [4] 核工业西南勘察设计研究院有限公司. 国道 212 线嘉吉段抢险救灾整治工程(K1098 + 520 - 1098 + 770) [R]. 2018.
- [5] 郑颖人, 陈祖煜, 等. 边坡与滑坡工程治理[M]. 第二版. 北京: 人民交通出版社, 2010.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2326-3458，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[hjce@hanspub.org](mailto:hjce@hanspub.org)