

## 四川省石棉县科落头滑坡形成机理与治理

赵国鹏

(山东省第三地质矿产勘查院, 山东 烟台 264000)

**摘要:**由自然产生和人类活动引发的滑坡灾害在世界范围内都较普遍,其对人民的生命和财产安全构成了严重威胁,急需对其进行治理。以四川省石棉县新新乡科落头滑坡为例,在分析滑坡形成机理的基础上,进行了设计与施工探讨,为同类滑坡治理提供借鉴。

**关键词:**滑坡机理;设计;治理;科落头;四川省石棉县

**中图分类号:**TD167

**文献标识码:**B

## 0 引言

四川省石棉县新新乡足付村三组科落头,离新新乡政府所在地约14 km(为盘山乡村土路)、距石棉县城约60 km,为彝、藏族居住区,是一处大型滑坡地质灾害点。该滑坡是四川省国土资源厅启动实施的346处重大地质灾害点的应急勘查、设计工作项目之一。

根据该地区滑坡治理工程的现场地质调查和勘察资料,简单阐述滑坡区的地质环境条件。在此基础上研究了滑坡体的基本特征,分析了滑坡破坏的形成机制,并根据变形破坏特点总结了滑坡的破坏模式。根据结论与环境相协调和土地利用相结合<sup>[1,2]</sup>,给出相关的施工方式方法,最后提出治理方案建议。

## 1 工程概况及环境条件

## 1.1 工程环境

科落头滑坡位于出路沟左岸斜坡中上部,是一处老滑坡,其前缘与该地区新新乡场镇的高差约870 m。滑坡高程1 765~2 025 m,前缘与坡脚出路沟相对高差568 m,属中高山区。滑坡坡脚为出路沟,高程1 200 m,滑坡高差257 m<sup>[3]</sup>。滑坡坡体上部坡度较缓,下部坡度较陡。正在修建的乡村道路对老滑坡前缘土体进行了切坡,坡度较陡,暴雨季节时易发生坡

体局部垮塌现象,影响道路的正常通行,而且对区内及坡脚出路沟两岸产生不安全隐患。

5·12汶川大地震后,受持续的暴雨影响,使滑坡发生了局部复活变形,复活滑坡平面呈鞋底形,纵长330余米,宽133~180 m,复活区面积 $4.6 \times 10^4$  m<sup>2</sup>。主要组成物质为坡崩积碎、块石层,充填物质主要为粉质粘土。按规范为二级危害程度,急需对其处理<sup>[4]</sup>。

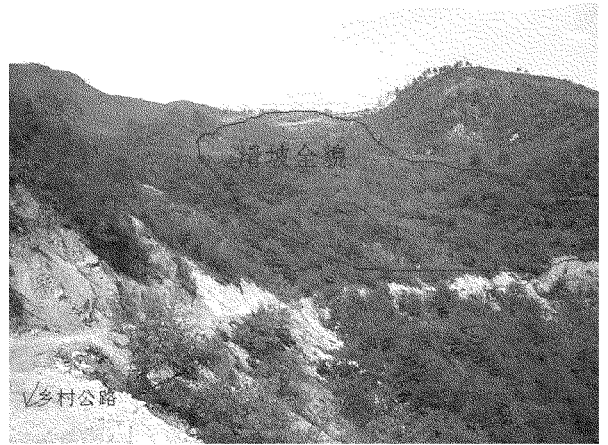


图1 滑坡区地形地貌图

## 1.2 地质地貌

石棉县处于川西高原与四川盆地过渡带,地势西高东低,南北高、中部低,呈西、南、北向中部倾斜。受地层岩性和地质构造的制约,按成因类型及形态特征将该区地貌分为:侵蚀堆积地貌、侵蚀构造地貌、构造

收稿日期:2013-05-22;修订日期:2013-09-24;编辑:王秀元

作者简介:赵国鹏(1985—)男,山东烟台人,助理工程师,主要从事野外施工、调查等水工环地质工作;E-mail:lqq578@163.com。

溶蚀地貌、冰蚀构造地貌 4 个大类。石棉县新民乡科落头滑坡属典型的侵蚀构造地貌特征,为深切割高中山、高山缓脊沟谷地貌,位于出路沟左岸斜坡中上部,坡形为凹形,冲沟地貌<sup>[3]</sup>。

该滑坡区位于麂子坪—大桥断裂附近 NW 侧,该区新构造运动强烈,以间歇性强烈上升运动为主,主要表现为河谷呈“V”字型,大渡河及支流河谷发育五级阶地,且多为基座阶地<sup>[5]</sup>。

### 1.3 水文地质条件

科落头滑坡为大渡河支沟出路沟水系,滑坡区地表水贫乏,顺滑坡方向仅有 2 条冲沟,宽度 2.5 m 左右,在滑坡前缘交汇,到了枯水季节发生断流。滑坡区地形地貌为斜坡凹面,除坡底其他三面明显高陡,因此中间坡体为汇水区,集雨面积约 1 km<sup>2</sup>,积水沿坡面及冲沟快速流至坡脚出路沟,滞留时间极短;滑坡区地下水主要为碎石土层孔隙潜水及基岩裂隙潜水,该地区地下水来自地表所积雨水和高山雪融化补给,稳定性较差,随季节变化明显,流速较大,滞留时间较短,在坡体前缘陡坡地段排出地表,排向坡脚出路沟;在滑坡体前缘、后缘及东侧发育多处泉眼,均为孔隙侵蚀下降泉,泉水丰水季节丰富、枯水季节贫乏,下降泉滞后时间较长,多为季节性<sup>[6]</sup>。

## 2 滑坡

### 2.1 滑坡变形的特点

通过对该滑坡工程地质调查,区内滑坡变形具有以下 3 个特点:

(1)该滑坡为老滑坡,其形成年代较远,受 5·12 汶川地震影响,后持续暴雨,局部复活。

(2)滑坡复活区中部西侧及后缘变形非常明显,后缘形成宽约 40 m、长约 50 m 的变形带;中部形成宽约 50 m、长约 133 m 的变形带,主要以滑坎及拉裂缝为主。

(3)滑坡复活变形区树木大都呈马刀状,向南侧倾斜,部分树木有位移,最大位移达 2 m。滑坡复活变形区前缘及滑坡前缘均未发现地表隆起、鼓胀变形裂缝及滑坡剪出口特征。滑坡区后缘农户民房有 4 间受地震直接影响破坏外,未发现地表裂缝及位移迹象。

### 2.2 滑坡变形破坏的方式

该滑坡从 20 世纪 80 年代末以来坡体常常处于

蠕滑变形阶段,在每年的 6—8 月丰水季节该地区后缘较陡的部分先产生滑移、产生变形后推动滑体中部及前缘移动,因此滑坡复活区的后缘及中部滑体较厚、前缘滑体较薄,故此复活区为推移式滑坡。

该滑坡分类:从物质组成上属于碎石土质滑坡,从厚度上属于中层滑坡,从滑坡体积上老滑坡属于大型滑坡、老滑坡复活区属中型滑坡<sup>[3]</sup>。

## 3 现场滑坡形成机制分析

### 3.1 滑坡形成因素分析

(1)滑坡体透水性强,坡体为老滑坡堆积体,坡体下伏基岩有极薄且易软化的页岩夹层,滑坡复活区经蠕滑变形,加之坡体结构属碎石土,滑体物质的抗剪力低。

(2)滑坡西侧坡体风化微弱,地势较高,地下及地表水向东流出。东侧坡体风化强烈,地势较低,是水汇集区域。

(3)滑坡区域本身地形影响,坡度  $> 40^\circ$ ,整个滑坡呈弧形圈椅状,以致其为地表水汇水区。

(4)由于粘性土的隔水作用,在滑坡体中局部存在上层滞水,地下水受大气降雨及地表水补给,自北向南径流,最终以下降泉的形式在滑坡前缘出露,依据调查分析下降泉均为碎石土孔隙潜水在坡体较陡处沿较大块石缝隙流出地表成因,且主要分布在滑坡复活区中上部及后缘,这样增加了滑坡土体的重量,并且极大地减小了土体的力学指标<sup>[6]</sup>。

(5)连续的强降雨是诱发滑坡的主要外在因素;坡体泉眼较多,一定程度上软化了滑带土,降低滑带土的抗剪强度。

(6)坡体在自重作用下向临空方向蠕动,随着斜坡土体强度的降低,最终因抗压强度小于剪切应力而发生变形,其后缘处于拉应力状态。特别汶川 5·12 地震影响,降低了滑带土的抗剪强度,下滑力增加。

### 3.2 滑坡稳定性影响因素

(1)降雨及地下水对滑坡的影响

滑体主要为块石土,块石含量较高,可达 60%~75%,块径一般在 0.20~0.50 m,坡体物质透水性较好,降雨多在重力作用下入渗至坡体内,增加了坡体自重,软化了土体,减小了坡体的稳定性。目前在滑坡后部存在规模较大的拉张裂缝,降雨可直接沿裂缝进入滑体或至滑坡土岩接触带(滑面),由于松散层和

基岩渗透性的差异性,可能对滑体产生浮托力,对坡体整体稳定性产生影响,因此降雨是滑坡发生滑动的主要诱因。

#### (2) 断裂及地震对滑坡的影响

该滑坡在斜坡岩体内有大量的结构面产生,使其周围岩体极为破碎,有利于地表水下渗,并且该处的岩性极易受地下水浸泡软化,在岩体内部或在斜坡上松散的堆积层与下伏基岩接触带上,形成软弱面,对滑坡稳定性产生不利影响。

地震是该滑坡发生变形的的主要诱因,石棉县地处鲜水河断裂带与安宁河断裂带交汇处,又邻近龙门山断裂带,处于川西地震构造带上,因断层带纵横交错,地震破碎,因而地震频繁,其境内地震活动有弱震密集、小震频繁的特点。大地震前滑坡未产生变形破坏,而在 5·12 大地震中,震动使滑体下滑分力增强,导致土体变形,在后缘形成拉张裂缝,滑体内的物质结构已经遭到破坏,有利于地表水下渗,向深部运移,也增大了斜坡土体下滑力、增加了滑坡体向下运动的趋势,滑坡体有可能局部失稳。

## 4 治理方法设计

### 4.1 设计目标

根据掌握的地质报告和现场调查,在明确滑坡变形形成条件、活动规律、危害特点的基础上,按照现场实际情况科学有效地布置防治工程,在不影响质量效果的情况下做到经济、合理、实用。最大程度保护群众的生命财产安全,在防灾减灾、恢复地质环境同时产生明显的社会、环境和经济效益<sup>[7]</sup>。

### 4.2 设计原则和依据

(1)既要防治并举,消除隐患,还得设计合理、安全可靠。所以不但要在平常不出现险情保持滑坡稳定,还要在未来持续暴雨或强余震的作用下,保证滑坡稳定性。治理工程应结合周边环境与政府总体规划,减少不必要的费用,保证工程完成后安全可靠、无隐患。

(2)主要是以自重+暴雨工况下的不稳定状态为根据进行设计。同时,依据《滑坡防治工程设计与施工技术规范》(DZ/0240—2004)1.4 条规定,制定滑坡防治工程设计标准,设计服务年限为 50 a。

### 4.3 设计施工结论

(1)根据滑坡是折线型滑坡破坏,在对复合区和

复活区的边坡稳定性进行了评价,可知该滑坡的稳定性较好,基本处于稳定状态,只有复活区在自重+暴雨工况下处于欠稳定状态,需要对其进行简单支护。

(2)在对滑坡稳定性分析的基础上,综合考虑边坡的地质条件和施工条件,决定采用抗滑桩进行支护。

(3)对滑坡前缘采用格构护坡,防止岩体塌落。

(4)由于滑坡对水较为敏感,在滑坡周边和前缘处布置截排水沟进行排水。

## 5 施工及施工方法

采用抗滑桩+边坡防护+排水设施+长期观测的方案为该滑坡的治理措施。具体治理方案为:在滑坡复活区的第 9 条块处,与滑坡主滑方向垂直的方向上布置一排抗滑桩,以对滑坡起到加固作用;在乡村道路北侧采用钢筋混凝土格构护坡,防止边坡垮塌;为避免降雨及泉点渗水汇集在滑坡区域内,在护坡前、后缘设置截水沟,同时在复合区周边及中部设置截排水沟。

### 5.1 抗滑桩

工程中滑坡复活区的第 9 条块处滑动面以下有较完整的基岩或密实的土层,能满足条件。以滑坡复活区 20 年一遇暴雨工况下参数为依据进行设计并计算。

(1)抗滑桩的设置要求:抗滑桩在平面布置和面尺寸的确定,应当考虑安全、经济、合理。保证整个坡体的安全稳定。为了防止滑体从桩间挤出,应在桩间设钢筋砼或浆砌块石拱形挡板。

(2)抗滑桩的布置:抗滑桩的桩间距宜为 5~10 m。对于较潮湿的滑体和较小截面的桩,也可布置为 2 排,一般情况下上下排的间距为桩截面宽度的 2.5 倍左右。桩位在断面上应设在滑坡体较薄、锚固段地基强度较高的地段。平面布置一般为一排,排的走向与滑体的滑动方向垂直成直线形或曲线形。

(3)抗滑桩的锚固:按弹性地基梁设计的抗滑桩,原则上桩埋入滑面下基岩或密实的土层等稳定地层。一般情况下抗滑桩嵌固段须嵌入滑床中,约为桩长的  $1/3 \sim 2/5$ <sup>[8]</sup>。

(4)抗滑桩的截面形状和强度:为了便于施工,挖孔桩截面长度一般为 2.0~4.0 m,而最小边宽度不宜小于 1.25 m,一般为 1.5~2.5 m。

(5)抗滑桩上的力系:作用于抗滑桩上的力系,应计算桩的锚固地层的抗力、桩前滑体抗力和滑坡推力。其中桩侧摩阻力和粘聚力以及桩身重力和桩底反力可不计算。对于悬臂长、截面大的悬臂桩,桩身自重不应忽略<sup>[6]</sup>。

## 5.2 钢筋混凝土护坡

通过对滑坡的稳定性分析,科落头滑坡在其他工况条件下属于稳定、基本稳定状态,但在自重+20 年一遇暴雨的工况下处于欠稳定状态,,表明科落头滑坡对水极为敏感。

考虑对科落头滑坡的整体稳定性,依据《滑坡防治工程设计与施工技术规范》中 8.2.3 条,对于滑坡整体稳定性好,但前缘出现溜滑或坍滑,或坡度 $>35^\circ$ 时,可采用现浇钢筋砼格构进行护坡,并用锚杆(管)进行固定,因此对乡村道路北侧采用钢筋混凝土格构护坡+培草绿化的方式进行防护(图 2)<sup>[8]</sup>。



图 2 混凝土格构护坡

## 5.3 截排水沟

根据工程等级,按照 20 年一遇的指标进行截排水沟设计。按照滑坡的形成机制及滑坡区域内的汇

水条件,截排水沟设置在复合区滑坡周边以及乡村道路护坡后缘。在充分利用原有的堰沟和冲沟修筑排水沟条件下,排水设施的布置主要是在滑坡周边及格构护坡前、后缘设立截水沟,起到减少降雨及泉点的入渗,同时在泉点处设置排水槽进行引流,引流至截排水沟中,以将地表水顺利排出,达到为少占耕地、林地,尽量减少植被破坏的目的。

## 6 结语

通过对科落头滑坡灾害特征进行整理分析,提出了治理方案。施工前后还有以下要求:在治理工程施工前或施工期间应对滑坡后缘区居民及时搬迁。在施工期间要注意减少对周围居民的影响,避免造成交通堵塞。建议在施工前及施工后,对该滑坡建立动态监测预报工作。建议用泥土塞填滑坡复活区裂缝,避免地表水渗入使滑坡土体抗剪度降低。在坡体上种植草树,以有利于植被护坡,增加坡体的稳定性。

## 参考文献:

- [1] 罗丽娟,赵法锁. 滑坡防治工程措施研究现状与应用综述[J]. 自然灾害学报,2009,18(4):158-164.
- [2] 张倬元. 滑坡防治工程的现状与发展展望[J]. 地质灾害与环境保护,2000,11(2):89-97.
- [3] 郭涵宇. 黄土墙滑坡形成机制及治理措施[J]. 甘肃水利水电技术,2011,(5):43-45.
- [4] DZ/T.0218-2006. 滑坡防治工程勘查规范[Z]. 2006.
- [5] 郭颖,李智陵. 构造地质学简明教程(第1版)[M]. 北京:中国地质大学出版社,1995.
- [6] 朱怀斌,于春生. 四川省石棉县新新乡科落头滑坡形成机制分析及治理方案建议 [J]. 四川地质学报,2009,9(4):262-265.
- [7] 王光栋,葛文海,寻知峰,等. 日照市莒县南涧村滑坡地质灾害稳定性评价及治理方法[J]. 山东国土资源,2013,29(2):39-41.
- [8] DZ.0240-2004. 滑坡防治工程设计与施工技术规范[Z]. 2004.

# Formation Mechanism and Governance of Keluotou Landslide in Shimian County of Sichuan Province

ZHAO Guopeng

(No. 3 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Yantai 264000, China)

**Abstract:** Landslide disasters caused by natural and human activities are relatively common throughout the world. It constitutes a serious threat to people's life and property security and need to be managed immediately. Setting Kelouotou landslide in Xinmin Town in Sichuan province as an example, on the basis of analyzing landslide mechanism, design and construction plan have been discussed. It will provide references for managing similar landslide treatment.

**Key words:** Landslides; mechanism; design; governance; Keluotou; Shimian county in Sichuan province