

横断山区丹巴县王家地崩塌灾害基本特征及防治对策

鲁科 高进*

四川省第一地质大队, 四川省地质工程勘察院集团有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v8i2.2165

[摘要] 横断山区由于山高谷深、斜坡高陡,崩塌灾害广泛发育,对该地区的生产生活发展造成较大制约。本文以该地区的丹巴县王家地崩塌灾害为例,重点分析了灾害所处区域地质条件、灾害基本特征、形成机制、发展演化趋势等方面,基于此提出了针对性的防治对策建议,可有效避免灾害风险。

[关键词] 横断山区; 崩塌

中图分类号: P642.21 文献标识码: A

Basic Characteristics and Prevention and Control Measures for Landslide Disasters in Wangjiadi, Danba County, Hengduan Mountain Region

Ke Lu Jin Gao*

Sichuan Provincial First Geological Brigade, Sichuan Provincial Geological Engineering Survey Institute Group Co., Ltd.

[Abstract] Due to its high mountains, deep valleys, and steep slopes, the Hengduan Mountain Region is prone to landslide disasters, which significantly constrain the development of production and living conditions in the area. This paper takes the landslide disaster in Wangjiadi, Danba County, as an example, focusing on analysing the geological conditions of the disaster-affected area, the basic characteristics of the disaster, its formation mechanisms, and its development and evolution trends. Based on this analysis, targeted prevention and control measures are proposed to effectively mitigate disaster risks.

[Key words] Hengduan Mountains; Landslide

王家地崩塌地处川西横断山区丹巴县境内水子乡水子一村,东谷河左岸,受强降雨影响,该隐患点在往年汛期,时有发生崩塌落石现象,多为高位危岩体失稳坠落,威胁崩塌区下方居民聚集区、公路服务区及过往车辆、行人的生命财产安全。

1 区域地质环境条件

王家地崩塌地理位置属于北半球亚热带气候区,受川西高山峡谷深切地形影响,垂直气候取代了纬度气候,区内多年平均降雨量为609.8mm,多年平均蒸发量1314mm,多年平均气温14.6℃,昼夜温差大,风化作用较强,微地貌主要表现为陡崖、陡坡地貌。前缘坡脚为东谷河狭长阶地,大量居民聚集于此。崩塌区出露地层为志留系茂县群第四组银灰色二云片岩,岩层产状 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}/55^{\circ}\sim 65^{\circ}$,风化层厚0.5~2.5m。受丹巴旋涡状旋扭构造、区域变质作用及局部发育的小规模褶皱影响^[1],岩体遭受强烈挤压,节理裂隙发育,岩体较破碎,完整性较差,岩体基本质量分类为V级,同时二云片岩总体较软弱,均有不同程度的风化,因富含云母矿物,易沿层面滑脱。由于崩塌区斜坡高陡,地下水赋存条件差,无泉水出露,但降雨条件下形成的地表径流对坡表的冲刷侵蚀作用突出。

2 灾害体基本特征

王家地崩塌灾害体所处斜坡相对高差约330m,属于高位崩塌灾害。斜坡整体呈折线形,上陡下缓,走向近东西向,坡向 145° ,坡度 $40^{\circ}\sim 65^{\circ}$,基岩大面积出露,表面灌木较发育,覆盖率约50%,下部主要为崩塌堆积区,坡度约 35° ,植被以树木、灌丛为主,覆盖率80%。危岩体主要发育于斜坡基岩裸露带,岩性为二云片岩,高海拔地区日照、冻融作用强烈,及在节理裂隙的切割下,岩体风化破碎,区内所发育结构面大多较为平直,倾角较大或陡立,由此导致危岩体形态多呈楔形体状、近长方体状^[2]。危岩区整体宽约100m,坡顶与坡脚相对高差330m,面积约21550m²,崩塌体积约为10331m³,属中型崩塌。

高陡基岩斜坡在长期表生改造作用下,表面起伏不定,微地貌形态变化多样,形成陡坎、凹腔、冲沟等地貌形态,大多区域岩层裸露,二云片岩云母含量较高,饱和抗压强度6.55MPa,属软岩,薄~中厚层构造,加之基岩裂隙发育,构造裂隙、风化裂隙、卸荷裂隙相互交织,风化剥蚀严重,在暴雨和地震工况下,易发生崩塌掉块。

根据危岩区所处斜坡的地形地貌和落石的主崩方向,以山脊附近为界划分为2个危岩区,由上到下依次为I号危岩区和II号危岩区。其中危岩I区包含8处危岩单体和4处风化破碎危岩

带；危岩Ⅱ区包含11处危岩单体和2处风化破碎危岩带。两处危岩区分布有规模较大的6处危岩带及19处危岩单体。崩塌破坏方式以滑移式为主，少量危岩体呈现倾倒式和坠落式破坏。

该崩塌历史上以较小规模的崩塌落石为主，集中分布于6~9月份，通过对崩塌堆积区近些年表面分布落石调查，共计发现12处较大崩落块石，方量0.01~3.75m³，崩塌落石一般粒径0.3~2.1m。崩落物以碎、块石为主，受层面控制，多呈扁平状。历次崩塌落石中有少量落石对房屋造成冲击，未造成明显损坏，堆积体上分布不少乔木对阻挡落石起到了一定作用，落石停止运动后，均处于稳定状态，不会造成二次灾害。从对落石的调查可知，落石规模不大，易于防治；落石在运动至居民区背后斜坡段具有跳跃性，可达3m以上高度，落石冲击力可造成直径15cm的树木折断。通过落石运动计算分析，坡脚处弹跳高度3.1~3.8m，落石冲击能量409~1797KJ。



图1 王家地崩塌立面图

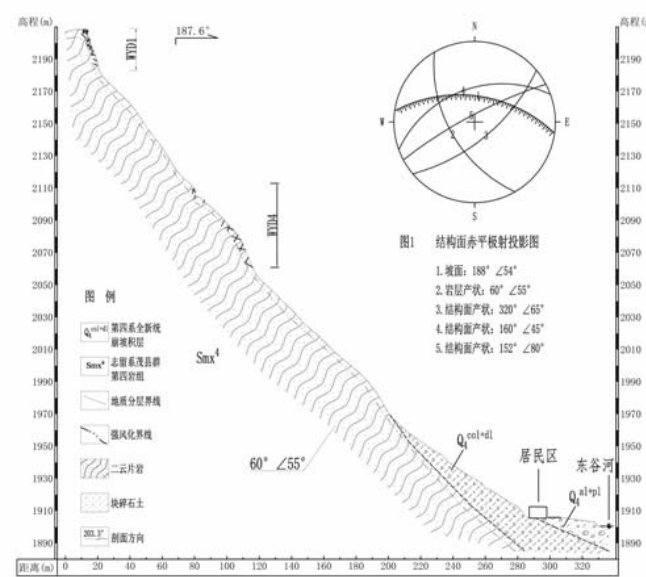


图2 王家地崩塌典型剖面图

3 岩体结构面分析

岩体或岩块沿结构面破裂，它与结构面的产状密切相关，结构面产状对岩块及岩体的力学作用表现在两个方面，一是控制着岩块和岩体的破坏机制，二是影响着岩块或岩体的变形和强度^[3]。当结构面切穿临空面时，且提供了不同条件下的岩体结构面控制下评价其稳定性的判据。王家地崩塌受层面和3组优势构造节理发育，崩塌区各裂隙统计如表1所示。

表1 崩塌区岩体结构面基本特征表

名称	优势产状	结构面基本特征
层面	60° ∠55°	二云片岩，层面间距0.05~0.5m，薄~中厚层状构造，斜坡总体倾向145°，岩层倾向与坡向交角在60°~120°的斜坡类型，属于横向坡，在危岩的发育过程中，层面主要起到侧向边界控制作用，同时在危岩崩落分解过程中多以层面控制分解成片状落石。
L1	320° ∠65°	节理面微波状起伏，紧闭，间距0.1m~0.6m，延伸大于1.5m，为反向内倾结构面，起到控制危岩后侧边界的作用。
L2	160° ∠45°	陡倾裂隙，节理面平直，间距0.4m~1m，一般0.6m，延伸大于2m，为外倾结构面，区内大多危岩沿此面产生滑移，为最不利结构面，起到控制危岩底边界作用。
L3	152° ∠80°	节理面平直，间距0.4m~1m，一般0.6m，延伸大于2m，这组陡立外倾结构面起到控制危岩后侧边界的作用，易沿该面发育形成卸荷裂隙。

4 崩塌灾害形成机制

崩塌区斜坡地形陡峭，裸露地层主要为二云片岩，属软岩类，加之基岩裂隙发育，构造裂隙、风化裂隙、卸荷裂隙相互交织，风化剥蚀严重，下部多形成凹腔，危岩在河谷下切和重力作用下产生卸荷裂隙，在各种作用力的长期作用下形成拉张裂缝，久而久之即形成由外而里的平行卸荷裂缝，裂缝常呈“X”形交错^[4]，局部密集发育。裂缝将岩体切割成柱状、楔形体、不规则状等各种不同形态危岩块体，局部岩体呈孤立状、似柱状外倾，在降雨和地震作用下将会进一步向纵深发展，易形成崩塌落石。

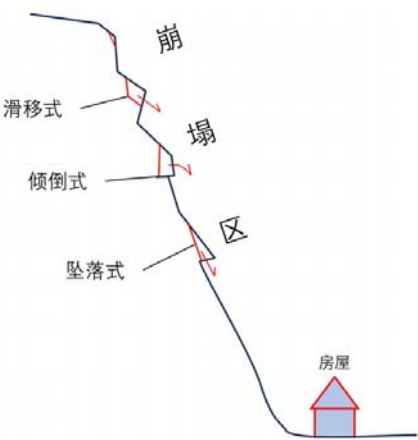


图3 崩塌形成机制概化模型

5 崩塌灾害发展趋势分析

斜坡岩层产状60° ∠55°，总体坡向145°，岩层倾向与坡

向近于垂直,岩层视倾角近于水平,斜坡坡顶无卸荷裂缝发育,无整体变形迹象,整体稳定性较好,主要表现为浅表危岩体零星崩落。崩塌区内各危岩体在天然状态下处于稳定~基本稳定状态。在未加治理的情况下,各种不利因素(主要为地震和暴雨)作用下,各危岩体的变形和破坏必将进一步加剧,呈基本稳定~欠稳定状态,直至发生崩塌。

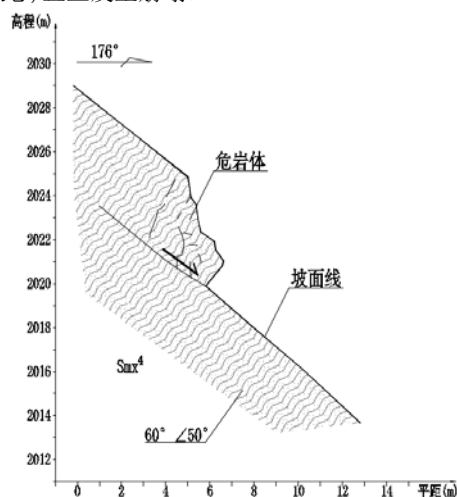


图4 典型危岩体工程地质剖面图

崩塌区内的危岩体受节理裂隙的切割,将岩体切割成块状,加之卸荷裂隙的发育,在历史长期变形下,岩石崩落形成临空面,裂隙增大在一定的裂隙水压力和地震等外力作用下,失去支撑而逐渐发展为非稳定块体,在重力的作用下失稳而突然脱离母体而发生崩塌;在地震、暴雨等因素下,坡体上的镶嵌块石从坡体上滚落至坡脚。将直接威胁坡脚聚集区居民的生命财产安全。

6 防治对策建议

根据崩塌特征及其破坏特征、施工条件及保护对象,结合周边已有防治工程经验^[5],考虑采用下面两种不同的治理工程方案进行对比。由于斜坡高陡,主动防护措施难以实施,两种方案均考虑以被动防护为主:

6.1 治理工程方案一为“坡脚分段被动防护网+归槽部位障碍工程+2处危岩单体钢绳围箍稳固”。

(1) 在坡脚利用相对较缓的斜坡堆积体,在保护对象房后斜坡区适当位置修建被动防护网,可控制落石;

(2) I号危岩区危岩所处位置高陡,落石有明显的归槽运动条件,在归槽相对狭窄处设置障碍工程,可减缓落石冲击坡脚被动防护工程能量,起到联合控制落石的作用;

(3) II号危岩区内,分别针对3处完整性较好的较大危岩单体进行主动防护,由于所处斜坡高陡,锚固措施难度大,拟采用钢绳围箍稳固。

6.2 治理工程方案二为“坡脚桩板拦石墙+坡脚被动防护网+2处危岩单体清危”。

(1) 在坡脚利用相对较缓的斜坡堆积体,在保护对象房后斜坡区适当位置修建桩板式拦石墙和被动防护网,拦截落石;

(2) II号危岩区内,分别针对2处完整性较好的较大危岩单体进行清危处理。

7 结束语

通过对横断山区丹巴县王家地崩塌灾害基本特征的分析,该崩塌灾害所处斜坡整体稳定,以坡表岩体在卸荷及不利结构面组合下形成危岩体发生块体崩落现象为主,由于斜坡高陡,主动防护措施难以实施,防治对策建议以被动防护为主,可起到针对性的灾害治理效果。

【参考文献】

- [1]熊然,何源,闫开云,等.丹巴县城区地质灾害发育规律研究及减灾对策研究[J].城市与减灾,2025.05.
- [2]牛雪妮,李俊,卢永飞.滇西横断山脉纵谷地带地质灾害发育特征[J].西安文理学院学报,2025.04.
- [3]马玉欢.某崩塌地质灾害隐患成因机制及稳定性浅析[J].西部探矿工程,2025,37(4):16-18,23.
- [4]赵海军,张家祥,彭昊,等.考虑参数不确定性的强震区危岩崩塌运动规律分析[J].工程地质学报,2025,33(1):224-239.
- [5]金鹏,梅本强,何恩怀,等.川西山区公路危岩发育特征及崩塌防治措施[J].科技和产业,2025,25(1):56-61.

作者简介:

鲁科(1985—),男,汉族,四川广安人,高工,工学硕士,研究方向:岩土工程与地质灾害防治。

*通讯作者:

高进(1990—),男,汉族,山西人,高工,工学硕士,研究方向:主要从事水工环相关方面工作。