

# 会理县白果湾乡前马村1组火山危石成因机制及稳定性分析

孙威 郑莉莉

四川省第一地质大队

DOI:10.12238/gmsm.v8i2.2156

**[摘要]** 前马村1组火山危岩是其斜坡地质结构在地震、降雨等外部因素作用下形成的,共包括15个危岩单体,其破坏方式有倾倒式、滑移式和坠落式三种。危石在地震、降雨等外力作用下,极易转变为滚石,形成滚石灾害,将严重威胁坡脚居民的生命财产安全。危石的分布、大小,以及斜坡坡度、植被覆盖等条件,是危石转化为滚石灾害的重要条件。根据各危石的分布及形态特征,除底部凹腔发育、体积较大且分布高程较大的危石采用凹腔支撑、嵌补主动加固外,其余大部分危石采用桩板拦石墙被动治理措施。

**[关键词]** 危石; 形态特征; 形成机制; 稳定性; 治理措施

中图分类号: P941.72 文献标识码: A

## Genetic mechanism and stability analysis of volcanic dangerous rock in Group 1 of Qianma Village, Baiguowan Township, Huili County

Wei Sun Lili Zheng

The 1st Geological Team of Sichuan Province

**[Abstract]** The volcanic dangerous rock of Qianma Village Group 1 is formed by the external factors such as earthquake and rainfall. It consists of 15 dangerous rock monomers. The damage modes include dumping, slipping and falling. Under the action of external forces such as earthquakes and rainfall, the dangerous stone can easily be transformed into a rolling stone, which will form a rolling stone disaster, and will seriously threaten the safety of life and property of the residents at the foot of the slope. The distribution and size of dangerous stones, as well as the slope and vegetation coverage, are important conditions for the conversion of dangerous stones into rolling stones. According to the distribution and morphological characteristics of each dangerous stone, except for the support and embedding measures for the dangerous rock with large bottom cavity and high distribution, most of the other dangerous stones adopt passive measures of pile-slab stone wall.

**[Key words]** Dangerous rock; morphological characteristics; formation mechanism; stability; control measures

### 引言

前马村1组火山危岩位于会理县白果湾乡前马村1组后山斜坡上部,斜坡坡脚为居民区,在强降雨、地震等诱发作用下,自上世纪九十年代滚石时有发生,共造成一间房屋及农田砸毁的损失,最近一次滚石时间为2016年6月,落石停积于坡脚,幸未造成人员伤亡。现该危石严重影响当地居民正常生产、生活活动,严重威胁坡脚居民的生命财产安全。本文根据该危石的变形破坏特征,对其成因机制及稳定性进行分析,并在此基础上提出相应的治理措施,对保护居民生命财产安全具有重要实际意义。

### 1 区域地质环境条件

工程区属于溶蚀侵蚀高中山地貌,火山危石后山斜坡为中更新统庐山冰期冰川、冰水堆积及泥石流堆积体,堆积体宏观形态上呈扇状,上部存在“U”形谷;堆积体后缘高程1932~1939m,宽度约70m,前缘高程1787~1796m,宽度约220m,平均宽度约

230m,纵向最大长度340m,面积约 $6.57 \times 104 \text{m}^2$ ,厚度10~39.5m,平均厚度约25m,堆积体规模 $164.25 \times 10^4 \text{m}^3$ 。火山危石即为堆积体斜坡表层粒径较大的欠稳定~不稳定块石。

火山危石后山斜坡出露地层由新至老主要为第四系中更新统庐山冰期冰川堆积层( $Q_2^{\text{gl}})$ 、震旦系上统灯影组( $Z_{\text{bd}}$ ),堆积体物质组成块碎石夹粘土,厚度10~50m,块石粒径一般20~100cm,可见最大粒径达6.0m,含量50~60%;碎石粒径一般5~15cm,含量约占20~30%,粘土含量10~20%,母岩成分为灰岩、泥灰岩等。

工程区地震动峰值加速度为0.15g,地震基本烈度为Ⅶ度,地震动反应谱特征周期为0.45s。

### 2 危石基本特征及形成机制

#### 2.1 危石分布、形态特征及类型

##### 2.1.1 危石分布及形态特征

表1 危石基本特征一览表

危石编号	高程(m)		形态		规模				潜在破坏方式
	底高	顶高	平面	立面	宽度(m)	高度(m)	厚度(m)	体积(m <sup>3</sup> )	
W1	1859.5	1862.5	近长方形	近长方形	5.4	5.7	2.9	89.26	倾倒式
W2	1855.5	1859.5	近长方形	近长方形	2.8	5.3	5.2	77.17	倾倒式
W3	1857.0	1860.0	近长方形	不规则状	5.9	1.9	3.1	34.75	倾倒式
W4	1847.5	1850.5	不规则状	不规则状	2.1	2.3	2.5	16.90	滑移式
W5	1848.5	1850.5	近正方形	不规则状	1.6	2.2	1.3	4.58	滑移式
W6	1847.4	1848.3	不规则状	不规则状	1.5	1.1	1.0	1.65	倾倒式
W7	1838.0	1839.5	近长方形	不规则状	1.5	1.3	1.5	2.93	滑移式
W8	1831.0	1833.2	近长方形	不规则状	2.1	2.4	1.8	9.07	倾倒式
W9	1831.1	1833.6	不规则状	不规则状	3.2	3.2	2.3	23.55	滑移式
W10	1816.5	1817.5	近正方形	不规则状	2.1	2.1	1.9	8.38	倾倒式
W11	1821.2	1823.1	近椭圆形	近梯形	1.5	2.2	1.7	5.61	坠落式
W12	1819.0	1820.0	近长方形	近梯形	1.8	3.7	2.4	15.98	滑移式
W13	1836.0	1838.1	不规则状	不规则状	2.3	3.2	2.9	21.34	倾倒式
W14	1854.9	1856.6	近椭圆形	不规则状	1.5	2.3	1.8	6.21	滑移式
W15	1854.2	1855.7	不规则状	不规则状	1.7	2.0	1.9	6.46	滑移式

危石主要分布于高程1814.0m~1863.5m,相对高差近50m,危石所在斜坡整体坡度约40°,斜坡前缘为居民房屋,斜坡物质组成主要为冰水堆积层块碎石土,危石即为冰水堆积体斜坡表层粒径较大的欠稳定~不稳定块石。根据现场调查斜坡表层粒径超过1.0m的块石共有数十余块,部分块石主要分布于斜坡中部坡度较缓地带,二次启动的可能性较小;部分块石位于斜坡陡峻地段,二次启动可能性较大,本次勘查发现十五块典型危石(粒径超过1.0m),危石空间分布见图1。

根据危石空间分布特征,将勘查区划分为1个危石带(编号WSD)与15个危岩单体(编号W1~W15),其中W1、W2、W3位于危石带上部~中段,分布高程1855.5~1862.5m;W4、W5、W6位于危石带上部~东段,分布高程1848.3~1850.5m;W14、W15位于危石带上部~西段,分布高程1854.9~1856.6m;W8、W9位于危石带中部~中段,W7位于危石带中部~东段,分布高程1831.0~1839.5m;W13位于危石带中部~西段,分布高程1836.0~1838.1m;W11、W12位于危石带下部~中段,W10位于危石带下部~东段,分布高程1816.5~1823.1m。各危石大小不同,形态各

异,体积1.65~89.26m<sup>3</sup>不等(表1)。

此外斜坡坡度较缓地带分布有数十块孤石,大小不一,体积范围1.0m<sup>3</sup>~75.0m<sup>3</sup>不等。

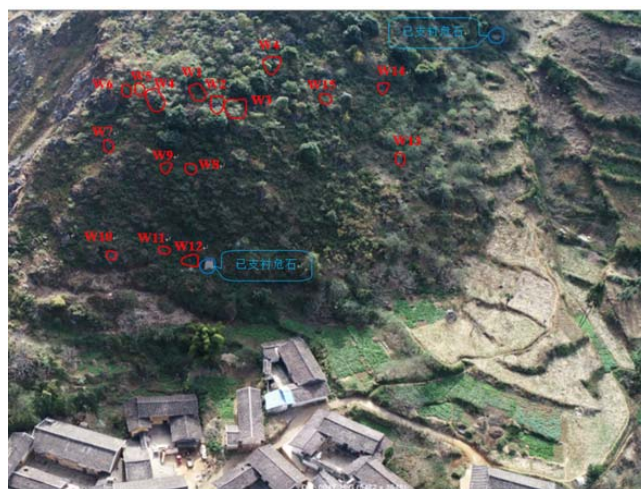


图1 危石空间分布图

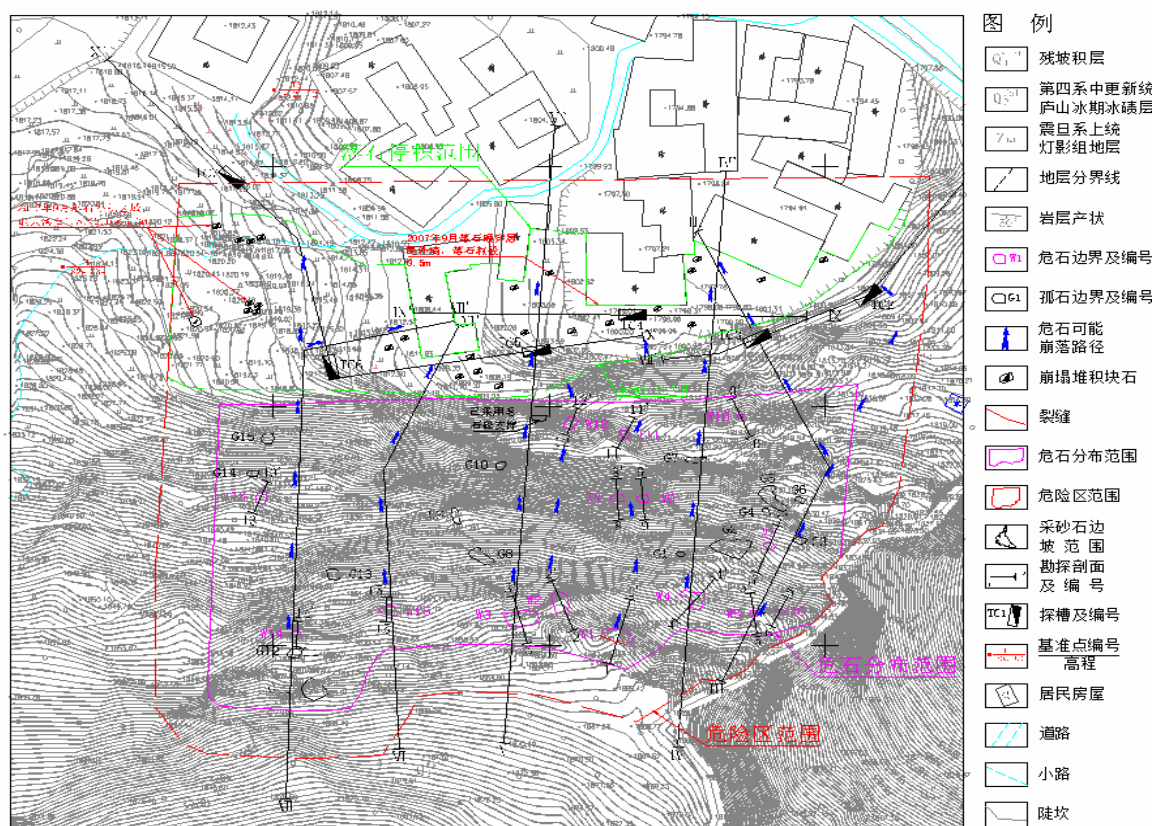


图2 火山危石工程地质平面图

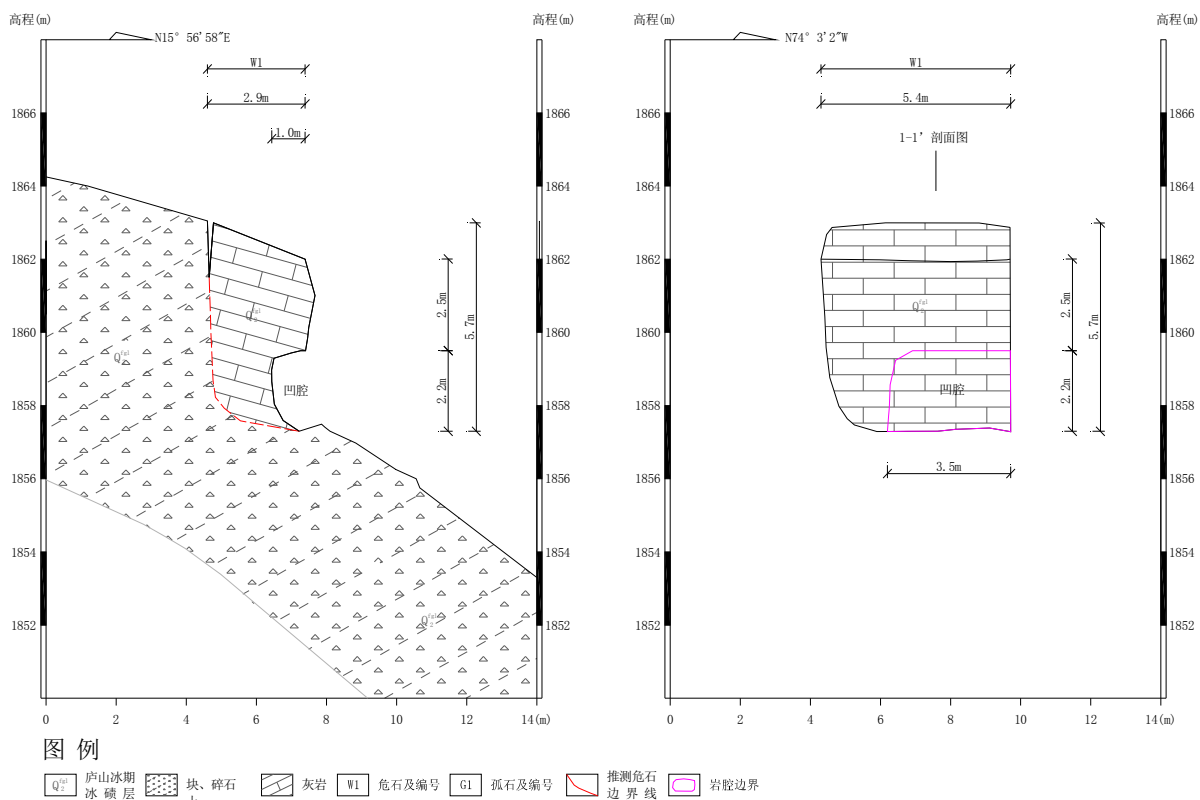


图3 典型倾倒式危石破坏模式

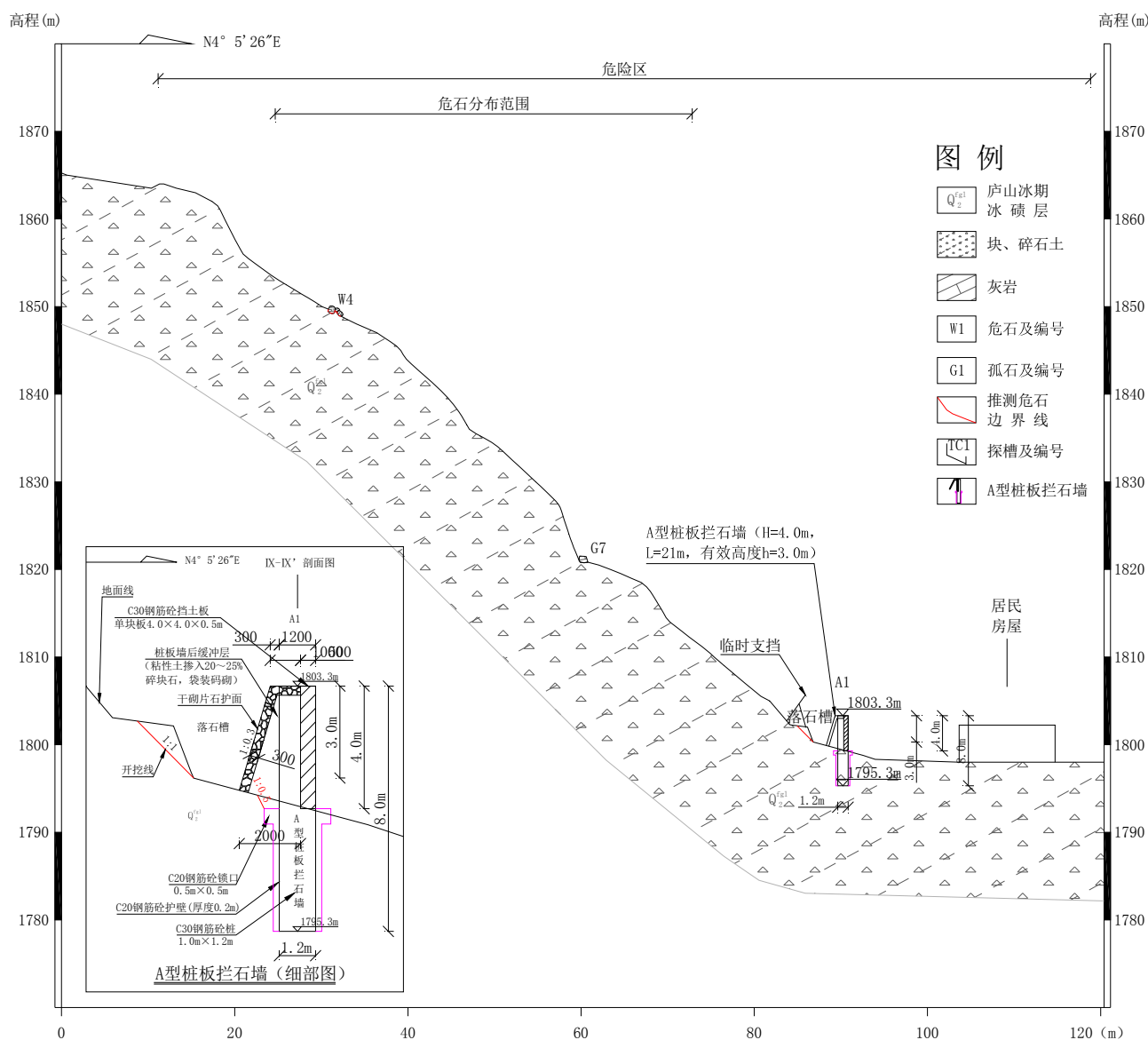


图4 火山危石治理工程布置剖面图

### 2.1.2 危石破坏方式

本工程区危岩的破坏方式共有三种: 倾倒式、滑移式、坠落式。其中危石W1、W2、W3、W6、W8、W10、W13的变形破坏模式为倾倒式; W4、W5、W7、W9、W12、W14、W15的变形破坏模式为滑移式; W11的变形破坏模式为坠落式。

### 2.2 危石的形成机制及影响因素分析

#### 2.2.1 危石的形成机制分析

前马村1组危石形成的根本原因与该斜坡的地质结构密切相关,地质结构为危石形成的内在因素,同时外在因素又促使危石变形破坏的发生及发展。

危石的组成为堆积体表层的粒径较大孤石,堆积体形成初期,堆积体(大段孤立岩体)停积于斜坡前缘,随着坡前摩梭河的不断切割及坡脚人工活动改造,堆积体前缘坡度渐渐增大,在水的作用、风化作用、地震、人类工程活动等外在因素诱导作用

下,原停积于表层的孤石二次启动,形成了现在的危石区域。

#### 2.2.2 危石的影响因素分析

危石在地震、降雨等外力作用下,极易转变为滚石,形成滚石灾害。影响滚石运动(即危石启动为滚石的运动)的因素很多,工程区内危石转变为滚石灾害主要受滚石自身的内在因素及外部因素制约。而区内已发生的滚石灾害,则是受到暴雨的影响而发生的。对于目前堆积于斜坡上的危石,因其稳定性较差,在受到降雨、地震等外力作用时极易发生滚动,形成滚石灾害。

### 3 危石稳定性评价与危害性

#### 3.1 定性分析评价

危石稳定性定性评价是其定量评价的基础,根据危石边界条件、主控节理发育特征及(新近)变形破坏迹象等指标的比较分析,对工程区危石进行详细调查,对各危石稳定性状况宏观判断如表2。

表2 危石稳定性宏观判断表

危石编号	稳定性
W1、W3、W4、W5、W6、W7、W9、W12、W14、W15	欠稳定
W2、W8、W10、W11、W13	不稳定

### 3.2 定量计算及评价

#### 3.2.1 计算参数及工况

依据岩土体室内试验资料,结合相关规范分析,综合邻近场地的经验资料,提出岩体物理力学参数建议值如表3。

根据现场详细调查及室内综合分析,灰岩裂隙面大多平直,呈微闭合~微张状,表面粗糙,结合差。依据《崩塌防治工程勘察规范(试行)》(T/CAGHP011-2018)附录C表C.1确定,灰岩裂隙面抗剪强度参数为:内摩擦角取 $18^{\circ} \sim 27^{\circ}$ ,粘聚力 $50\text{kPa} \sim 90\text{kPa}$ 。

工程区具有地下水贫乏的特点,地震基本烈度为VII度,暴雨是诱发危石失稳的主要因素。依据《崩塌防治工程勘察规范(试行)》(T/CAGHP011-2018)的工况要求,分别在天然工况(工况I)、暴雨工况(工况II)和地震工况(工况III)下计算危石稳定性:

#### 3.2.2 计算结果

天然工况下,危石W11稳定性较差,处于欠稳定状态,其余危石稳定性处于基本稳定状态;暴雨为影响危石稳定性的主要因素,在暴雨工况下,各危岩体处于欠稳定~不稳定状态;地震工况下,各危岩体处于欠稳定~不稳定状态。

#### 3.3 危石危害性评价

自上世纪九十年代滚石时有发生,最近一次滚石时间为2016年6月,落石停积于坡脚,幸未造成人员伤亡。现该危石严重影响当地居民正常生产、生活活动,严重威胁坡脚居民的生命财产安全。

### 4 危石治理措施

根据危石具体特点及保护对象分布情况,除针对底部凹腔发育、体积较大且分布高程较大的危石采用凹腔支撑、嵌补主动加固外,大部分危石分布地段地形陡峭、植被发育,主动支护(锚杆+主动防护网)难度大,故采用在威胁对象后方,坡脚相对

平缓地段布设“桩板拦石墙”的被动拦挡措施。

### 5 结语

(1)火山危石后山斜坡为中更新统庐山冰期冰川、冰水堆积及泥石流堆积体,火山危石即为堆积体斜坡表层粒径较大的欠稳定~不稳定块石。

(2)危岩带稳定性定性判断与定量计算结果基本一致。天然工况下,危石W11稳定性较差,处于欠稳定状态,其余危石稳定性处于基本稳定状态;暴雨为影响危岩稳定性的主要因素,在暴雨工况下,各危岩体处于欠稳定~不稳定状态;地震工况下,各危岩体处于欠稳定~不稳定状态。

(3)除底部凹腔发育、体积较大且分布高程较大的危石采用凹腔支撑、嵌补主动加固外,其余大部分危石采用桩板拦石墙被动治理措施。

表3 岩体物理力学参数建议值

岩石名称	密度	抗压强度		抗拉强度	粘聚力标准值	内摩擦角标准值
		天然	饱和			
	$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	R (MPa)	R <sub>s</sub> (MPa)	$\sigma$ (MPa)	C <sub>s</sub> (MPa)	$\phi_s$ (°)
中风化灰岩	2.60	80	65	3.2	3.5	65

### [参考文献]

- [1]张倬元,王士天,王兰生.工程地质分析原理[M].北京:地质出版社,1994.315-338.
- [2]黄润秋,王运生.2009年8·6四川汉源猴子岩崩滑的现场应急调查及危岩处理[J].工程地质学报,2009(4):445-448.
- [3]许强,黄润秋,殷跃平,等.2009年6·5重庆武隆鸡尾山崩滑灾害基本特征与成因机理初步研究[J].工程地质学报,2009(04):433-444.
- [4]刘永平,仵磊,李广杰.某高陡边坡崩塌落石运动特征分析及防治[J].水文地质工程地质,2005(01):30-33.

### 作者简介:

孙威(1986—),男,汉族,山东济宁人,硕士,高级工程师,主要研究方向:水文地质、工程地质与环境地质。