

# 梧州市万秀区大依冲周边崩塌、滑坡地质灾害成灾机理及治理方案评价

文 / 李立锋 广西壮族自治区地质环境监测站

**摘要:**以梧州市万秀区大依冲周边崩塌、滑坡为例,深入分析了降雨诱发滑坡成因及机理,采用规范计算方法,分别分析了天然状态、降雨状态两种工况下滑坡的稳定性,分析了滑坡的影响因素和评估了滑坡安全稳定性。研究表明:大依冲周边崩塌、滑坡在天然下整体处于稳定状态;在饱和工况下滑坡整体应处于欠稳定~基本稳定状态;在滑坡前缘存在应力集中,危及下部房屋建筑,建议放(清)坡、锚杆、挂网喷砂、格构、脚墙、攀缘植物、加筋三维植被网、排水工程防治措施,该滑坡的形成机理可为类似滑坡的处置与防治提供工程借鉴。

**关键词:**岩土工程;降雨;滑坡机理;稳定性分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.03.006

## 引言

由降雨引发的滑坡灾害具有致灾性强、范围广、影响面积大等特点,是常见的地质灾害类型。据统计,我国90%的滑坡属于降雨型滑坡,降雨滑坡给我国带来了严重的人员、经济损失<sup>[1-3]</sup>。

广西地质灾害点多面广,针对滑坡失稳机理、稳定性分析方法,开展了大量的研究。李志宇等<sup>[4]</sup>以岑溪三堡镇某滑坡为例,对花岗岩风化土滑坡进行了研究;黄希明等<sup>[5]</sup>利用Flac3D数值模拟技术对桂东南容县平梨滑坡的成因机制及稳定性进行了评价;江思义等<sup>[12]</sup>对工程振动引发滑坡<sup>[6]</sup>进行了分析,并选取多处滑坡分析了降雨对边坡稳定性影响<sup>[7-10]</sup>。

本文以梧州市万秀区大依冲崩塌、滑坡为案例,通过规范理论分析了强风化砂岩的稳定性。在此基础上,考虑滑坡变形演化过程,并提出了分级治理的方案,以期为指导工程实践提供依据。

## 一、地质环境条件

### (一)地形地貌

大依冲崩塌、滑坡处在构造剥蚀-侵蚀丘陵地貌区,该区以构造剥蚀-侵蚀为主,大部分山体浑圆,沟谷多呈“U”型。区内海拔高程一般+50m~+300m,相对高差一般+100m~+250m,山体坡度一般 $5^{\circ}$ ~ $50^{\circ}$ 之间;勘查区崩塌、滑坡所在边坡坡高5~32.5m、坡度 $25^{\circ}$ ~ $75^{\circ}$ ,坡脚局部地段采用浆砌块石挡土墙进行支护外,其余边坡坡面裸露,无防护措施,坡面形态主要呈直线型、阶型,局部凹型,大部分边坡主要物质成分由坡积层粉质黏土、全~强风化砂岩组成。

### (二)地层岩性

研究区处于碎屑岩地段,出露的地层为第四系( $Q_4$ )和寒武系黄洞组上段( $\in h^3$ ),自上而下分别为:

#### (1)第四系( $Q_4$ )

##### ①第四系杂填土层( $Q_4^{ml}$ )

分布于勘查区坡脚冲沟内,层厚0.2~14.5m,呈褐黄、褐灰等杂色,主要由黏性土及少量建筑垃圾填筑而成,经调查询问,填土经分层压实,堆填时间大于10年,基本完成自重固结。

##### ②第四系坡积层( $Q_4^{dl}$ )

分布于自然斜坡表层及下覆于1-1'断面下边坡地带,岩性为粉质黏土,层厚0.5~3.2m,呈褐红色,硬塑~可塑状,切面光滑,干强度较高。

##### (2)寒武系黄洞组上段( $\in h^3$ )

为下伏基岩,整个勘查区均有分布。岩性主要为砂岩,颜色主要呈褐黄色、灰褐色、褐红色、青灰色,粉砂质结构,中~厚层状构造,岩层产状为 $10^{\circ}$ ~ $80^{\circ}$ ,在钻孔深度范围内,根据其风化程度划分为全风化、强风化、中风化两个风化带。

### (三)水文地质条件

根据含水介质特征和地下水赋存条件,勘查区地下水类型可分为松散岩类孔隙水、碎屑岩构造裂隙水两种类型。

**松散岩类孔隙水:**该类地下水主要分布在第四系土体的孔隙中。孔隙水主要接受大气降水的入渗补给,天然状态含水量不大,一般在18.9%~19.7%之间。在长期降雨淋滤、渗透作用影响下,土岩接触面下方一定厚度范围内的全风化基岩构造裂隙和风化裂隙多被土体充填,这部分全风化基岩渗透性差,与上覆土体渗透性存在较大差异,往往在土岩接触面形成相对隔水层,降雨时雨水大多向下渗入到土岩接触面,当出现强降雨天气甚至会在接触面上形成水位高0.3~1.0m的渗流,雨停后不久即消失,属暂时性水流。

**碎屑岩构造裂隙水:**该类地下水主要赋存于基岩构造与风化裂隙中,构造裂隙和风化裂隙比较发育,多被土体或碎屑充填,地下水枯季径流模数1.5~2.4L/s·km<sup>2</sup>,水量极贫乏;地下水的化学类型为HCO<sub>3</sub>-Ca-Mg型,具弱酸性;地下水主要接受大气降雨入渗补给。该地下水分为两类,一类是具有统一水位的构造裂隙水,由于基岩裂隙分布不均匀,水力联系不一致,在接受大气降雨补给后,表现出渗流各向异性的特点,运移带有局限性,大部分在低洼处以分散流的形式排泄;二类是暂时性裂隙水,主要赋存在包气带基岩构造与风化裂隙中,主要是边坡揭露岩体裸露在外,降雨时雨水易渗入到裂隙内,甚至导致整个裂隙充水,雨后不久受蒸发等影响干涸。



### 三、地质灾害稳定性分析及分级治理方案

#### (一) 计算方案的选取

从地面调查及勘探结果分析, 不稳定斜坡可能破坏模式主要有三种: 第一种主要由第四系杂填土、残坡积层粉质黏土及全风化砂岩组成的边坡在降雨影响下可能沿岩土体内部产生软弱结构面, 产生圆弧型(弧线型)滑坡(崩塌); 第二种是自然斜坡表层第四系土体可能沿着土岩接触面产生折线型滑坡; 第三种是斜坡岩体沿存在剪出口的外倾节理裂隙面产生平面型岩质崩塌、滑坡。

岩土体重度 $\gamma$ 、 $C$ 、 $\phi$ 值是根据勘查取样结果综合确定。各岩土层参数推荐值见表1。

#### (二) 滑坡稳定性分析

计算工况本次计算的目的是评价边坡在各种可能工况条件下的稳定状态, 为边坡的稳定性评价及防治提供依据。分别选取自重、自重+地下水+暴雨两种工况, 即工况 I 和工况 III 分别进行稳定性分析验算。工况 III 计算时各层土体均按饱和状态计算, 未考虑地下水产生的压力作用。

通过自然和降雨工况下岩土体的力学参数的不同, 研究了滑坡在自然状态和降雨工况下的稳定性, 土体采用摩尔库伦本构模型, 模型底部固定, 侧边水平约束, 施加重力荷载, 对滑坡的影响因素进行了分析和评价。

土质边坡(圆弧法): 土质边坡在工况 I 情况下稳定系数在1.262~1.942之间, 处于基本稳定~稳定状态; 在工况 II 情况下稳定系数在1.251~1.658之间, 处于稳定状态。

上部自然斜坡表层(折线法): 在工况 I 情况下稳定系数在2.061~3.310之间, 处于稳定状态; 在工况 II 情况下稳定系数在1.808~2.913之间, 处于稳定状态。

岩质斜坡: 在工况 I 情况下稳定系数在1.056~1.871之间, 处于基本基本稳定~稳定状态; 在工况 II 情况下稳定系数在0.873~1.541之间, 处于不稳定~稳定状态。

这些计算分析结果与前述宏观的定性分析相吻合, 表明上述计算参数选取及计算结果是比较可靠的。

#### (三) 地质灾害防治方案及评价

本研究提出三种不同治理方案建议, 并对这三种方案从施工难易程度、施工工期、施工安全性、施工费用等进行综合对比分析, 根据对地质灾害的勘查并结合其影响因素、受威胁对象等综合分析, 为确保斜坡的稳定性、减少灾害发生, 并兼顾治理工程安全有效、经济合理、施工工艺可行等因素, 建议采取如下综合防治措施, 最终采用勘查报告中推荐的方案一对本边坡进行治理, 如表2所示:

表1 各土层参数推荐值

岩土名称	天然状态			饱和状态			基底摩擦系数 $\mu$	岩土体与锚固体极限黏结强度标准值 KPa	水平地基弹性抗力系数 ( $\text{MN}/\text{m}^4$ )
	重度 $\gamma$	黏聚力 $C$	内摩擦角 $\psi$	重度 $\gamma$	黏聚力 $C$	内摩擦角 $\psi$			
	$\text{KN}/\text{m}^3$	KPa	度	$\text{KN}/\text{m}^3$	KPa	度			
①杂填土	*18.5	*18.2	*16	*18.8	*17.5	*15	-	-	4
②粉质黏土	*18.9	24.6	23.5	*19.8	*21.8	*20.5	*6	*60	10
③全风化砂岩	19.5	39.8	24.5	20.1	32.6	22.4	*0.30	*220	35
④强风化砂岩	19.9	51.6	29.6	20.6	44.8	26.1	*0.40	*285	50

表2 研究区各边坡治理方案对比结果

方案一	方案二	方案三	三个方案对比
削坡、锚杆、挂网喷砂、攀缘植物、排水	削坡、锚杆格构、坡面植草、排水	分级放坡、坡面植草、排水	方案一施工难度小, 工期短; 方案二采用锚杆格构施工难度较大, 工期较长, 施工费用较高; 方案三由于本项目无法使用大型机器, 分级放坡仅能采用人工作业, 施工工期较长。

### 四、结论和建议

1、由于人类工程的活动, 加剧了边坡的失稳, 边坡坡面无任何防护措施, 目前切坡面出现过小崩小塌, 在天然工况下, 该斜坡整体处于基本稳定~稳定状态; 在饱和工况下, 即自重+强降雨+地下水作用下, 该边坡整体处于基本稳定~不稳定状态, 应进行支护治理;

2、建议采用“放(清)坡、锚杆、挂网喷砂、格构、脚墙、攀缘植物、加筋三维植被网、排水”对该地质灾害进行综合治理。

#### 参考文献

[1] 赵炼恒, 罗强, 李亮等. 水位升降和流水淘蚀对临河路基边坡稳定性的影响[J]. 公路交通科技, 2010, 27(06): 1-8.

[2] 李媛, 孟晖, 董颖, 等. 中国地质灾害类型及其

特征: 基于全国县市地质灾害调查成果分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004, 18(2): 32-37.

[3] 傅鹤林, 陈芬. 湖南地质灾害的特点及对防灾减灾的警示[J]. 湘南学院学报, 2007, 28(2): 53-57, 62.

[4] 李志宇, 刘小明, 刘振宇. 梧州地区花岗岩风化土滑坡发育特征及应急治理研究——以岑溪市三堡镇某花岗岩滑坡为例[J]. 南方国土资源, 2021(03): 38-41.

[5] 黄希明, 江思义, 李海良. 桂东南容县平梨滑坡的成因机制及稳定性评价[J]. 资源信息与工程, 2019, 34(06): 112-118.

作者简介: 李立锋(1992—02), 男, 广西梧州人, 本科, 工程师, 主要从事地质调查和岩土工程勘查与设计工作。