

梧州市长洲区西环路上段北侧滑坡地质灾害成灾机理及治理方案评价

文 / 覃仁艺 广西壮族自治区地质环境监测站

摘要: 以梧州市长洲区西环路上段北侧滑坡地质灾害为例, 深入分析了滑坡成因及机理, 采用规范计算方法, 分析了滑坡的影响因素和评估了滑坡安全稳定性。从现状已有工程措施的治理效果、最终治理效果、美观角度、技术角度、现场施工条件角度、经济角度、居民意愿等方面分别对比方案的优势和不足, 建议滑坡采取清坡、挂网喷砼、锚索、保留挡墙、攀缘植物、排水等措施进行治理, 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: 梧州市; 影响因素; 降雨; 滑坡机理; 稳定性分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.01.016

一、引言

广西崩塌滑坡地质灾害点多面广, 诸多学者针对该区域滑坡失稳机理、稳定性分析方法开展了大量的研究。江思义等对分别从人为因素^[1]和自然因素^[2-3]对滑坡的影响进行了归纳总结; 降雨对边坡稳定性的影响主要为自重的增加和土体孔隙水压力减小, 或降雨入渗导致岩土体强度降低^[4-5]; 周金等^[6]对广西滑坡地质灾害的分布及驱动因子进行了研究; 范秋雁等^[7]对某边坡进行了稳定性评价并提出了治理措施; 黄希明等^[8]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; 李志宇等^[9]对花岗岩风化土滑坡发育特征及应急治理进行了研究。

本文梧州市长洲区西环路上段北侧滑坡地质灾害为案例, 进行滑坡稳定性分析和滑坡机理研究, 该滑坡的形成机理可为类似崩塌和滑坡的处置与防治提供工程借鉴。

二、滑坡区地质背景

(一) 地形地貌

构造剥蚀-侵蚀丘陵地貌区, 山岭标高90~200m, 个别山峰超过200米, 相对标高40~100米, 山体走向以北东、北西向和南北向为主, 地形坡度一般较平缓, 沟谷多为“U”字形, 底部平坦, 水流缓慢, 冲、洪积物常见。见图1-2。

勘察区滑坡隐患处丘坡坡顶标高130~143m, 坡脚标高约70m, 相对高差60~73m, 自然坡度较陡, 一般在20°~35°之间, 植被较发育, 主要生长松树、杂草等。斜坡下部因历史原因形成了坡宽约200m、坡高3~46m、坡度38°~42°的边坡。边坡形成后坡面出现崩塌等变形后边坡下部采用人字型骨架格构(横向间距3.5m, 竖向2.5m)+浆砌块石挡土墙(顶宽约0.5m、墙高约3m)+坡顶排水沟进行简单防护。边坡上部未进行防护。

(二) 地层岩性及工程地质性质

勘察区处于碎屑岩地段, 出露的地层为第四系(Q₄)和寒武系黄洞口组上段(∈h³), 自上而下分别为:

(1) 第四系(Q₄)

①第四系坡积层(Q₄^{dl})

分布于自然斜坡表层, 钻孔ZK2~ZK11、ZK13~ZK16均有揭露, 层厚0.5~2m。岩性为粉质黏土, 呈褐黄色、褐红色, 主要由黏粒组成, 含少量粉粒、碎石, 碎石含量约5%~10%, 土质较均匀, 硬塑状为主, 局部呈可塑状, 结构稍密。

(2) 寒武系黄洞口组上段(∈h³)

分布于整个勘察区, 下伏于第四系地层, 埋藏一般较浅, 岩性主要为砂岩, 粉砂质结构, 薄层状构造, 岩层产状为10°∠80°。根据钻孔及边坡揭露, 钻探深度内揭露强、中风化层。其中:

1) 强风化砂岩: 钻孔ZK1~ZK16均有揭露, 钻孔深度范围内厚度3.0~22.7m, 粉砂质结构, 岩质极软, 岩芯主要呈坚硬土状, 局部夹碎裂状, 手能捏碎。该层进行标准贯入试验共4次, 贯入30cm实测锤击数为大于50击。

2) 中风化砂岩: 钻孔ZK2揭露, 厚度未揭穿, 钻孔深度范围内最大厚度5.31m, 呈灰褐色, 粉砂质结构, 中厚层状构造, 节理裂隙较发育, 裂隙面多为铁锰质渲染, 岩芯多呈短柱状、碎块状, 岩质较软, 敲击声哑, 无反弹, 锤击可碎, 岩体基本质量分级属V级。

(三) 水文地质条件

勘察区地下水类型按赋存条件、含水介质和水力特征分类, 划分为碎屑岩构造裂隙水。其水文地质特征简述如下:

分布于整个勘察区, 主要贮存于砂岩构造风化裂隙中, 其中砂岩含水岩组枯季径流模数<3L/S·Km², 水量贫乏。补给来源主要是大气降水渗入, 地下水以渗流排泄于坡脚地表溪沟为主, 最终汇入桂江。根据旁边项目资料, 该层稳定水位标高27.8~55.3m, 埋深15~30m, 年地下水位变化幅度2~3m。

三、滑坡地质灾害发育特征

(一) 滑坡边界、规模、形态特征

梧州市长洲区西环路上段23号北侧滑坡隐患所在边坡坡宽约200m、坡高3~46m、坡度38°~42°, 边坡主要物质成分为强风化砂岩, 岩质极软, 节理裂隙弱发

育，主要呈坚硬土状，局部呈土夹石状。边坡形成后出现几处崩塌，崩塌物已及时清除，往后几年在暴雨季节均有小规模崩塌出现，当地村民对该边坡地质灾害进行了应急处理，但由于治理经费不足或其他原因，仅对边坡下部采用人字型骨架格构（横向间距3.5m，竖向2.5m）、浆砌块石挡土墙（顶宽约0.5m、墙高约3m）、坡顶排水沟的方式进行简单防护，未能对边坡进行彻底治理。边坡上部未防治部分，多年在降雨影响下出现局部崩塌、掉块、等总计6处，且坡上排水沟开裂损坏，或堵塞。如遇极端降雨，可能沿类土质内部不稳定结构面产生整体滑坡，风险极高，预计规模25万m³，对坡脚居民区房屋及人员生命财产安全构成严重威胁，威胁人员约868人，威胁财产约1750万元，存在极大地质灾害隐患。勘查平面图见图1。

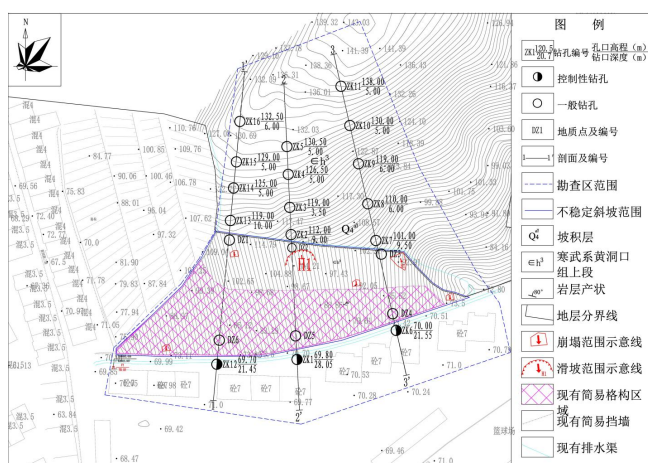


图1 梧州市长洲区西环路上段23号北侧滑坡勘查平面图

(二) 滑坡变形破坏特征

梧州市长洲区西环路上段23号北侧滑坡隐患所在边坡属类土质边坡，目前未产生整体滑坡，滑动面未形成，在降雨影响下可能在岩土体内部形成次生结构面，产生圆弧型滑动。根据理正软件6.0搜索最危险滑裂面，滑面后缘为边坡坡顶自然斜坡范围，前缘为人工边坡坡脚，搜索的最危险潜在滑体厚度5~20m，可能产生的累计滑坡宽度200m，预计滑坡体面积约25万m³。

四、滑坡成因分析

单狗山崩塌、滑坡影响因素既有自然因素，也有人因素。

(一) 自然因素

1) 地形地貌因素

勘查区处于丘坡地带，人工切坡地段较为陡峭，为滑坡、崩塌的形成提供了较有利的地形及临空面。

2) 地层岩性因素

斜坡坡体主要物质成分由第四系杂填土、坡积层粉质黏土、残积层含碎石黏土及强~中风化泥质粉砂岩组成，揭露的岩土体遇水易软化、崩解，在开挖卸荷及降雨影响下坡面岩土体物理力学性质显著降低，属地质灾害易发岩性，在降雨作用下容易发生崩塌、滑坡等地质灾害。

另外强~中风化泥质粉砂岩，节理裂隙较发育，岩层产状130°∠55°，节理裂隙较发育，主要发育有两组节理裂隙，部分节理裂隙面外倾，属不稳定结构面，在降雨影响下边坡坡面岩体容易沿节理裂隙面产生小崩塌、掉块现象。

3) 降雨因素

降雨是可能导致边坡失稳最主要的诱发因素。斜坡第四系杂填土、坡积层粉质黏土、残积层含碎石黏土及强~中风化岩土体遇水极易崩解软化，降雨可以使边坡坡面岩土体物理力学性质降低，当降低到一定程度其有效凝聚力不能维持自身稳定时即失稳，产生崩塌或滑坡。

(二) 人为因素

研究区北侧及东侧为桂江船厂鹧鸪中厂区，南侧为梧州市服装职业技术学校，西侧为梧州市房产局公房。由于历史上基础建设，存在坡脚进行切坡，形成高陡挖方边坡现象，现状仅局部地段采用浆砌块石挡墙支护，坡面并未及时治理，边坡坡面裸露，无任何防治措施，给崩塌、滑坡的形成创造了空间条件和力学条件。

山坡坡顶为居民房，存在周边山坡无序开挖、堆填的现象，农民在山坡进行耕种活动，对山坡自然地貌扰动大，对边坡稳定性也有一定的影响。

五、滑坡稳定性分析与评价

(一) 计算参数确定

根据勘查资料显示滑坡土层物理力学参数如表1。

(二) 滑坡稳定性分析

项目区斜坡下边坡主要由第四系坡积层粉质黏土及强风化砂岩组成，属类土质边坡，边坡在工况 I 情况下稳定系数在1.33~1.503之间，处于稳定状态；在工况 II 情况下稳定系数在1.149~1.302之间，处于基本稳定~稳定状态。

六、防治方案比选及确定

表1 滑坡稳定性计算参数表

参数岩土层名称	天然状态			饱和状态			承载力 f _{ak}	与锚固体极限黏结 强度标准值 f _{rb}	基底摩擦 系数 μ
	γ	C	φ	γ	C	φ			
	kN/m ³	kPa	°	kN/m ³	kPa	°	kPa		
粉质黏土	18.8	24.8	21.2	20	21.6	18.5	180	*60	0.25
强风化砂岩	19.8	51.4	29.6	20.7	43.6	26.8	500	*285	0.5
中风化砂岩	*21.7	*200	*30	*22.3	*190	*28	1500	*450	—

表2 项目区边坡治理方案对比结果

边坡区段	坡高 (m)	坡度 (°)	方案一	方案二	方案三
1-1' ~ 2-2' 剖面区域	30 ~ 46	38 ~ 42	清坡、挂网喷砼、锚索、保留挡墙、攀缘植物、排水	拆除原有格构、保留挡墙、清坡、格构锚索、格构内植草、排水	分级放坡、坡面植草、排水
3-3' 剖面区域	5 ~ 30	38 ~ 42	清坡、挂网喷砼、锚杆、保留挡墙、攀缘植物、排水	拆除原有格构、保留挡墙、清坡、格构锚索、格构内植草、排水	分级放坡、坡面植草、排水

根据这些边坡的地质环境条件、稳定性计算结果、现状已有工程措施的治理效果、边坡变形破坏模式及其发展趋势、危害程度等，结合居民对项目一些要求进行综合分析，针对项目区不同的边坡提出不同的治理方案，每个边坡提出两种主体结构治理方案进行比选，排水工程作为安全储备考虑，具体见表2。

下面从现状已有工程措施的治理效果、最终治理效果、美观角度、技术角度、现场施工条件角度、经济角度、居民意愿等方面分别对比三个方案的优势和不足：

①从现状已有工程措施的治理效果来看：根据“滑坡隐患现状治理情况”小节结论该挡土墙结构未发生外拱等变形、泄水孔未堵塞，滑移、倾覆、地基承载力验算等均满足要求，该挡土墙处于稳定状态，治理时可考虑保留。该格构施工较不规范，现状年久失修，混凝土表面开裂，脱落；部分镶边挡水缘已损坏，失去截水作用；流水面部分已经损坏，该格构已部分失去了它的作用。因此方案建议保留挡墙、对整个坡面进行加固处理。方案一和方案二均保留挡墙且对坡面进行整体加固，均能达到安全效果。

②从治理效果来讲三个方案技术可靠，施工经验成熟，都能达到一样坡面防护效果，但相对而言，方案二更适用于类土质边坡；

③从美观角度分析，方案二可以做到很好的绿化方面的效果，方案三次之、方案一相对效果最差。

④从技术角度分析，三种方案均可行，但方案一和方案二可行性较方案三高。

⑤从施工条件分析，方案一和方案二仅放（清）坡，无需占用边坡外部土地，方案三分级放坡存在需要征地以及边坡越放越高的情况，目前该区域征用外坡外土地较困难，方案三较难实施。

⑥从经济角度分析，方案二需拆除原有格构，多出拆除格构的费用，另外混凝土年久，黏性较差拆除过程中容易破碎，下方为居民区，还需做好专项的安全防护，需增加较多的费用，因此费用较方案一费用要高。

⑦从居民意愿分析，村民每人需要花钱给人给坡面除草、去除低矮树枝等，村民希望能用挂网喷砼方式，减少植被方便他们后期养护。

因此综上各因素推荐采用方案一对边坡进行治理。

结论

1、对梧州市长洲区西环路上段北侧滑坡地质灾害进行了深入分析，采用规范计算方法评估了滑坡安全稳定性，项目区斜坡下边坡主要由第四系坡积层粉质黏土及强风化砂岩组成，属类土质边坡，在工况II情况下稳定系数在1.149~1.302之间，处于基本稳定~稳定状

态。

2、采用清坡、挂网喷砼、锚索、保留挡墙、攀缘植物、排水的方法对该滑坡进行治理。

参考文献

[1] Si-yi J, Hai-liang L, Fu W, et al.Characteristics and mechanism of loess landslide induced by drill vibration[C]//IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.IOP Publishing, 2019, 304 (4) : 042003.

[2] Si-Yi J, Hai-Liang L.The Disaster Mechanism And Stability Evaluation Of Hanhe Landslide[C]//IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.IOP Publishing, 2020, 560 (1) : 012011.

[3] Si-yi J, Hai-liang L.Study on Stability Analysis and Prevention Technology of Traction Landslide[C]//IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.IOP Publishing, 2021, 768 (1) : 012089.

[4] Si-yi J, Hai-liang L.Disaster Mechanism and Safety Evaluation of Sihong Landslide[C]//IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.IOP Publishing, 2021, 768 (1) : 012061.

[5] Jiang S, Chang L, Zou R, et al.Evaluation of Landslide Disaster Mechanism and Control Scheme in Beixi Village[J].Advances in Engineering Technology Research, 2023, 5 (1) : 295-295.

[6] 周金, 范秋雁, 朱真.广西滑坡灾害的空间分布特征及其影响因子研究[J].地理空间信息, 2023, 21 (09) : 40-43.

[7] 范秋雁, 何伟, 刘孟瀚.某厂区边坡稳定性分析及加筋挡墙设计[J].西部探矿工程, 2020, 32 (09) : 24-27+30.

[8] 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.

[9] 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.

作者简介：覃仁艺（1992—），男，广西藤县人，本科，工程师，主要从事地质调查和岩土工程勘察与设计工作。