

# 九江市城门山铜矿某排土场滑坡特征及潜在危害评价

黄 姣\*, 吴新宇

(江西省地质局第三地质大队, 江西 九江 332100)

**摘 要:** 城门山铜矿某排土场位于九江市柴桑区城门山铜矿城门山南坡, 排土场边坡平台产生了局部垮塌, 发生滑坡, 为了确保排土场场地安全, 在对场地勘察区地质环境条件进行详细分析的基础上, 进而对滑坡体形态、滑坡岩土体物理力学特征、形成滑坡主要因素及滑坡成因进行详细分析, 最后对滑坡潜在危害进行评价, 研究结果为排土场的继续排土作业的安全稳定和基底加固提供地质依据。

**关键词:** 九江市; 滑坡特征; 滑坡成因; 潜在危害; 评价

**中图分类号:** P642.22 **文献标识码:** B **文章编号:** 1004-5716(2025)07-0010-03

## 1 地质环境条件

### 1.1 气象与水文

勘察区属亚热带湿热气候区, 湿润多雨, 四季分明, 冬季干燥寒冷, 夏季炎热。近十年平均年降雨量 1333.23mm, 最大年降水量 1567.5mm(2012年), 最小年降水量 1150.1mm(2015年)。每年 3~8 月为雨季, 此间的降水量占全年降水量的 70%~80%, 其中 4~6 月降水量尤多, 占全年降水量的 40%~47%; 12 月至翌年 1 月份降水量最少, 这两月的降水量仅占全年降水量的 5.8%~7.6%。2016 年雨季, 5 月中旬, 柴桑区城门山地区遇连续降雨天气, 累计降雨量达数百毫米, 引起当地河湖水位上涨, 并使城门山铜矿城门沟排土场堆填物饱水, 局部发生失稳。

城门沟排土场位于“城门山”山岭的南坡坡麓与城门湖东侧湖湾中, “城门山”山岭南坡原始自然斜坡坡度 20°~40°(下缓上陡), 自然地形有利于坡面流的迅速排泄, 坡面冲沟不甚发育, 且为短小干沟, 斜坡脚下即为城门湖东侧湖湾(亦称城门沟)。城门湖总汇水面积约 130km<sup>2</sup>, 湖泊水域面积 4.56km<sup>2</sup>, 北与赛湖湖水相通, 湖底标高 11~14m, 最高洪水位标高 18m 左右。

### 1.2 地形地貌

城门沟排土场处于水陆相衔的滨湖丘陵地带, 北为城门山山岭南坡斜坡地形, “城门山”山脊为北东走向, 最高点标高 132.8m, 坡脚湖岸线标高 17m, 原始斜坡相对最大高差为 111.2m, 斜坡坡度 20°~40°, 坡脚湖湾南北最宽处(西部)约 800m, 最窄处(东部)约 200m,

平均宽约 500m。在建设城门沟排土场同期, 在湖湾西部构筑了拦污坝(1#拦污坝)使其与外部湖泊相隔。

### 1.3 地质构造

城门沟排土场位于长山背斜的东段南翼, 构造线呈北东东向展布, 该背斜全长 22km, 宽 3km。由泥盆系、志留系碎屑岩类组成。主要为丘陵地形, 核部形成东西向地形分水岭。两翼地层较陡, 倾角 60°以上, 甚至倒转。

### 1.4 地层岩性及其工程地质性质

在钻孔平面位置控制范围及深度内, 场地揭露的岩土层有: ①层人工回填素填土, ②-1 层第四系全新统淤积层淤泥质粉质黏土, ②-2 层第四系全新统淤积层粉质黏土, ③层志留系中统罗惹坪组全风化砂岩和 ④层志留系中统罗惹坪组强风化砂岩, 共 4 个大层 5 个工程地质单元次层, 现将各工程地质单元层特征分述如下:

(1) ①层为城门山铜矿采矿弃土、弃石人工回填土。分布于全场地, 钻孔揭露厚度 8.80~37.60m, 层顶标高 20.74~42.40m。为黄褐、褐黄、灰黄、紫红色等杂色, 稍湿一饱和, 松散状。由碎石、矿渣、粉质黏土组成, 碎石成份为石英岩、风化砂岩、风化花岗岩等为主, 粒径 0.2~400cm, 多呈棱角状。未经压密, 结构松散, 遇水浸泡易失稳。

(2) ②-1 层第四系全新统淤积淤泥质粉质黏土。原为分布于湖区范围内, 后因弃土堆积, 致使大部分淤泥质土已固结成粉质黏土等, 钻孔揭露厚度为 0.90~3.0m, 层顶标高 3.65~12.75m。该层分布在第①层填土之下, 底板与③层相接触。土体呈灰褐色、灰黑色, 流

\* 收稿日期: 2023-08-02

第一作者简介: 黄姣(1988-), 女(汉族), 江西吉安人, 工程师, 现从事岩土工程勘察与经营管理工作。

塑状,局部呈软塑状。切面稍光滑,稍具光泽,干强度低,韧性低,无摇振反应,土质不均匀。钻进时,钻具下滑较快,取钻后易缩径,土体含有机质,稍有腐臭味,见少量砂砾石及贝壳碎片。

(3)②-2层第四系全新统淤积粉质黏土。全场分布,呈连续状分布于湖区地带。钻孔揭露厚度为0.60~14.50m,层顶标高0.65~14.89m。该层分布在①层填土之下,该层原为湖区淤泥质土层,后在弃土堆积作用下固结而成,底板与③层相接触。土体呈褐黄色、灰褐色、褐灰色,软塑状—可塑状,切面较光滑,稍有光泽,干强度较低,中等韧性,无摇振反应,土质不均匀。

(4)③层志留系中统罗惹坪组全风化砂岩。伏于②-1、②-2下,钻孔揭露层厚0.5~2.20m。浅灰色、褐黄色,风化剧烈,结构、构造不清晰,风化后呈可塑状,岩芯呈砂土状,风化不均匀,软硬不均,常夹有强风化岩块。

(5)④层志留系中统罗惹坪组强风化砂岩。伏于③层之下,未揭穿,钻孔控制层厚0.40~3.10m。为灰黄色,砂质结构,中厚层状结构,主要矿物成份为石英、长石,裂隙发育,岩石破碎,岩石切割呈碎石状,锤击易碎,岩芯呈碎石状。

## 1.5 地震

本区域位于江西省北部,处于华南地震区之长江中下游地震亚区。影响本区的地震活动带主要有:扬州—九江—靖安地震带;邗城—庐江地震带;麻城—常德地震带;上海—上饶—宜春地震带,其中扬州—九江—靖安地震带南段九江—靖安地震带对本区的影响最大,亦最为直接。据资料,该控震构造内共发生地震达87次之多,多数属微感地震,地震震级一般为2.0~3.5级,大于4级的有9次,最大震级为5.7级,较为突出的如1911年发生在九江的5.0级地震;1972年发生于瑞昌—湖北省广济间的4.5级地震;1995年4月发生在九江县新塘镇的4.9级地震;2005年11月26日发生在瑞昌市与九江县之间的5.7级地震和2011年9月10日发生于瑞昌市与湖北省阳新县之间的4.6级地震等。这些地震发生时震感均明显,震中震感强烈、唯破坏性不大。此外,自新生代以来,本区新构造运动主要表现为活动不大的差异性升降,总体以缓慢抬升为主,区内尚未发现第四系变形、断裂、位移等新构造运动迹象,故本区区域稳定性定性评价属基本稳定区。九江县地震基本烈度为Ⅵ度区,地震动峰值加速度为0.05g,特征周期值为0.35s,属抗震设防一般区域。

## 1.6 水文地质条件

城门沟排土场陆域地带自然地表为“城门山”南坡

地形,自然斜坡坡面分布着厚度小于5m的残坡积层,基岩为志留系碎屑岩,据城门山铜矿勘探水文地质资料,第四系残坡积层主要岩性为含碎石粉质黏土(实为基底母岩风化残余产物),结构较紧密,钻进中无明显冲洗液漏失现象。该层土样室内测试,水平渗透系数为 $7.89 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ,垂直渗透系数为 $8.12 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ,为弱透水性不含水层;下伏志留系碎屑岩,岩性为泥质、粉砂质与砂质岩类,岩层浅部风化裂隙发育,但泥质充填程度较高,根据前期勘察资料,本钻孔抽水试验:单位涌水量 $0.011 \text{L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ ,渗透系数 $0.0066 \text{m/d}$ ,为极弱富水性基岩裂隙含水层,深部基岩裂隙发育较弱,局部含构造裂隙水,富水性贫乏。排土场陆域地带地下水为大气降水渗入所补给,水力特征为潜水,地下水顺坡向斜向运动,一部分在坡脚地带以渗流方式排泄地表,一部分向深部运动补给深层地下水。

排土场湖湾内,湖床下分布第四系全新统淤积黏土层和局部分布冲积圆砾层,前者黏结性强,具高孔隙比、低透水性,根据本次勘察资料,该层土样室内测试,水平渗透系数为 $3.30 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ ,垂直渗透系数为 $4.52 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ ,为相对隔水层,土体具饱水、压密释水性强之特点;后者富含孔隙水,矿区勘探钻孔抽水试验:单孔涌水量 $0.42 \sim 2.05 \text{L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ ,地下水具承压特征,含水层底板与下伏岩层相接触,与基岩地下水水力联系紧密。

## 2 滑坡基本特征

### 2.1 滑坡体形态特征

本区原属湖区,因矿山建设将剥离废土堆积至湖区形成,随着矿山建设时间的推移,目前已在本区形成了高达40m的高边坡,且坡体主要为素填土,土体较为松散,且下部土体原为湖区淤泥等软土体,随着坡体堆积,下部软土发生了失稳滑移。

本次滑坡主要体现在40m平台,由西至东,滑体长度170m,平面呈扇形向边坡外凸,40m平台前缘边坡高度约为12m,滑塌区宽度最宽处约为200m。由于受滑坡体挤出影响,本次滑坡在1#拦污坝前形成了长约80m,宽约30m,最高约6m的隆起区域,滑坡后缘处形成了近20m宽,长约200m的裂缝,地表发生了下沉与变形,并处于次生滑坡的临界状态。

据此推断,初步判定本次排土场滑坡属于堆积废石与淤积黏性土共同组合滑坡,主要破坏模式为近圆弧面滑动。

### 2.2 滑坡岩土体物理力学特征及参数建议

根据地质环境条件,结合治理工程部位岩土工程地质特征,为满足防治工程设计需要,在勘查中针对防治

设计工作所涉及的地质参数进行取样试验分析,岩土体具体设计参数见表1。在上部堆土不断压实下,库区底部的淤泥质土大体上处于不断固结过程中,且效果较为显著。同时我们注意到,由于淤泥质土渗透性差,导致淤泥质土中的水体难以排出,故坡体底部局部尚存在未固结的淤泥质土层,推断正是因为此类地层存在导致边坡失稳。

表1 滑坡土体设计参数建议

序号	指标类别	建议参数值		
		②-1层 淤泥质黏土	②-2层粉质 黏土(淤积)	
1	密度(g/cm <sup>3</sup> )	干密度	1.25	1.54
		湿密度	1.79	1.96
	天然快剪	C(kPa)	10.3	19.5
		$\varphi(^{\circ})$	8.3	12.2
		C(kPa)	14.1	19.2
2	固结快剪	$\varphi(^{\circ})$	11.7	14.6
		C(kPa)	16	21.9
	固结慢剪	$\varphi(^{\circ})$	14	16.1
		$C_u$ (kPa)	0.9	8
		$\Phi_u(^{\circ})$	16	47.9
		$C_{cu}$ (kPa)	8.2	15.9
		$\varphi_{cu} (^{\circ})$	12.7	42.4
3	三轴剪切	$C_u$ (kPa)	12.2	18.7
		$\varphi_u (^{\circ})$	11	37.3
		$a_{1-2}$ (kPa <sup>-1</sup> )	0.62	0.3
4	压缩试验	$E_s$ (MPa)	3.42	6.18

### 2.3 影响边坡稳定性、形成滑坡的主要因素

(1)岩土层因素。本滑坡体主要岩土层为弃土堆积填土层及底部原湖泥层组成,填土层土体松散,湖泥层原为淤泥层,总体来看组成边坡的土体主要为软弱土层,在上部填土层堆积压力下,下部软土层极易发生失稳变形。

(2)地形地貌因素。由于该边坡为矿山排土场边坡,属矿山开采后剥离弃土堆填形成,且形成的填土边坡坡度较陡(约30°),且填土未经压实,故边坡地形也是影响边坡稳定性的主要因素之一。

(3)大气降雨因素。本区平均降水量1411.9mm,最大年降水量2094.8mm,最大日降水量281.6mm,且多以大暴雨形式发生,大暴雨过程中大量地表水沿切坡后的坡面渗入推测滑面,并沿裂隙下渗,使地下水位迅速抬升,孔隙水压力及浮托力骤然增大,使其力学强度大大降低,降雨是诱发边坡失稳的不稳定性因素之一。

### 2.4 滑坡成因分析

根据野外地质调查对城门沟排土场原始地形地貌、地质环境条件的综合分析,判定造成城门沟排土场40m平台边坡失稳发生滑坡的根本因素是因为城门沟(湖床)特殊的地质条件引起的,城门沟排土场基底为湖床淤积软弱土层,在排土场平台废石弃土堆填物不断加载作用下,使其排土场边坡的下滑力不断增加,而基底淤积软弱土体不能及时固结,导致基底层的抗剪强度一直较低,此外目前坡脚正在进行防渗改造工作,将坡脚部分泥土挖除,使坡脚失去支撑。当下滑力接近或大于下滑力时,排土场与淤积软弱土体组成的边坡稳定失衡,进而引发变形与滑坡。

据此,可初步判定本次该排土场滑坡属于堆积废石与淤积黏性土共同组合滑坡,主要破坏模式为近圆弧面滑动。

### 3 滑坡潜在危害评价

目前,城门沟排土场平台纵深宽达200余米,两端长约500m,随着矿山开采生产的进行,平台规模也将不断扩展。就目前40m平台所发生的滑坡所产生的地面变形范围,再次触发滑坡的可能性是较大的,其规模级别也将由已发的小型规模向中型规模演变,其危害等级可至二级,主要危害是影响矿山的生产造成经济损失。从目前调查情况来看,滑坡对坡脚下的1#拦污坝尚未造成明显影响。

### 4 结论

该排土场堆填区位于城门沟湖床淤积软弱层上,堆填层较厚,下卧层软弱,堆积体受重力作用并且接触面饱水“润滑”作用发生变形,是排土场失稳的根本原因。排土场滑坡属于堆积废石与淤积黏性土共同组合滑坡,主要破坏模式为近圆弧面滑动。应加强监测,密切注意平台变形及地面裂缝的观测,对出现的裂缝应采用水泥净浆给予充填与固结,防止雨水下渗透发变形滑坡灾害。建议对上部30m及60m平台进行削坡,可采用刷方减缓坡度,避免坡度过陡;停止在上方继续堆填,继续对上部弃渣土进行转运,减少上部荷载对湖床淤积软土的压力。

### 参考文献:

- [1] 刘云,康卉君.江西崩塌滑坡泥石流灾害空间时间分布特征分析[J].中国地质灾害与防治学报,2020,31(4):107-112.
- [2] 宋江涛.承德县南台村滑坡体地质特征及预防治理研究[J].西部探矿工程,2023,35(5):10-12,16.
- [3] 王慧,邹建华,吕鹏,等.三峡库区偏松树堆积层滑坡变形机制及稳定性评价[J].四川地质学报,2023,43(2):318-323.