

江西铜业集团七宝山矿业有限公司

铅锌矿露天采矿场边坡

稳定性分析报告

法定代表人：马 浩

技术负责人：彭呈喜

项目负责人：蔡报珍

报告完成日期：二〇二三年十一月

江西铜业集团七宝山矿业有限公司
铅锌矿露天采矿场边坡稳定性分析报告

评估人员

	姓名	资格证书号	从业登记编号	签字
项目负责人	蔡报珍	1100000000200836	019387	
项目组成员	邹文斌	S011032000110192001449	024656	
	王 干	S011032000110192001419	035905	
	刘 冬	S011035000110193001264	035395	
报告编制人	蔡报珍	1100000000200836	019387	
	王 干	S011032000110192001419	035905	
报告审核人	周显彤	0800000000203949	010348	
过程控制 负责人	张飞虎	S011032000110193000949	036205	
技术负责人	彭呈喜	0800000000101601	002717	

江西省安全生产监督管理局文件

赣安监管规划字〔2017〕178号

江西省安监局关于印发规范安全生产 中介行为的九条禁令的通知

各市、县（区）安监局，各从事安全生产和职业卫生服务的中介服务机构：

为深入推进“放管服”改革，规范安全生产中介服务行为，积极发挥安全生产中介机构的技术支撑作用，省安监局研究制定了《规范安全生产中介行为的九条禁令》，现印发给你们，请认真遵照执行。中介服务机构违反禁令的，安监部门将依法立案查处；安监部门及其工作人员违反禁令的，将交由上级主管机关或执纪

机构依法依纪追究责任。



(信息公开形式：主动公开)

江西省安全生产监督管理局办公室

2017年11月29日印发

经办人：徐宝英

电话：85257032

共印 20 份

规范安全生产中介行为的九条禁令

- 一、禁止从事安全生产和职业卫生服务的中介服务机构（以下统称中介机构）租借资质证书、非法挂靠、转包服务项目的行为；
- 二、禁止中介机构假借、冒用他人名义要求服务对象接受有偿服务，或者恶意低价竞争以及采取串标、围标等不正当竞争手段，扰乱技术服务市场秩序的行为；
- 三、禁止中介机构出具虚假或漏项、缺项技术报告的行为；
- 四、禁止中介机构出租、出借资格证书、在报告上冒用他人签名的行为；
- 五、禁止中介机构有应到而不到现场开展技术服务的行为；
- 六、禁止安全生产监管部门及其工作人员要求生产经营单位接受指定的中介机构开展技术服务的行为；
- 七、禁止安全生产监管部门及其工作人员没有法律依据组织由生产经营单位或机构支付费用的行政性评审的行为；
- 八、禁止安全生产监管部门及其工作人员干预市场定价，违规擅自出台技术服务收费标准的行为；
- 九、禁止安全生产监管部门及其工作人员参与、擅自干预中介机构从业活动，或者有获取不正当利益的行为。

江西铜业集团七宝山矿业有限公司
铅锌矿露天采矿场边坡稳定性分析报告
技术服务承诺书

一、在本项目安全技术服务活动过程中，我单位严格遵守《安全生产法》及相关法律、法规和标准的要求。

二、在本项目安全技术服务活动过程中，我单位作为第三方，未受到任何组织和个人的干预和影响，依法独立开展工作，保证了技术服务活动的客观公正性。

三、我单位按照实事求是的原则，对本项目进行安全评价，确保出具的报告均真实有效，报告所提出的措施具有针对性、有效性和可行性。

四、我单位对本项目安全评价报告中结论性内容承担法律责任。

南昌安达安全技术咨询有限公司（公章）

2023年11月

目 录

1.序言	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 项目概况.....	1
1.3 分析与评估目的和意义.....	6
1.4 评估依据和原则.....	6
1.5 评估思路和工作程序.....	7
1.6 分析工作内容及步骤.....	8
2.矿区边坡工程评价内容和方法.....	10
2.1 有色金属矿山边坡工程分类.....	10
2.2 矿山边坡工程稳定性影响因素.....	11
2.3 边坡稳定性分析方法.....	14
3.工程地质条件	16
3.1 概述.....	16
3.2 自然环境概况.....	17
3.3 地层岩性与地质构造.....	19
3.4 水文地质条件.....	22
3.5 矿区工程地质条件.....	24
4.矿区边坡情况.....	30
4.1 露天采场边坡特征.....	30
4.2 影响边坡稳定性的因素.....	36
5.采矿场边坡稳定性分析.....	38
5.1 边坡岩土体物理力学参数.....	38
5.2 边坡稳定性分析.....	39
5.3 边坡监测工作和主要设备、仪表的选择.....	57
5.4 边坡防护及安全管理.....	57
5.5 存在的问题与建议.....	58
6 现场工作照片	60

1.序言

1.1 任务来源

受江西铜业集团七宝山矿业有限公司委托，南昌安达安全技术咨询有限公司承担完成江西铜业集团七宝山矿业有限公司铅锌矿露天采矿场边坡稳定性分析工作。

1.2 项目概况

1.2.1 矿区总平面布置

企业由露天采场（采矿场）、供电系统、供排水系统、排土场、行政生活区、及其他辅助生产设施、选矿工业场地、尾矿库等组成。

1、铅锌矿露天采场：位于选矿厂南偏东侧直距约 0.5km 处，与铅锌尾矿库库尾毗邻，由副坝隔开，露天开采最终境界堑沟口设两个，其中一个总出入沟设置在采场北缘 5 线处，位于露天采场东北标高+195m 处；第二总出入沟在采场西南面 10-12 线之间，标高为+205m。

2、选矿厂位于露天采场北偏西直距 500m，选矿工业场地内破碎筛分、磨矿、浮选、精矿浓缩和过滤等。

3、矿山 35kV 变电站位于选厂西北侧，露天采场北偏西直距约 0.8km。

4、排土场：排土场位于露天采场西北侧，距采场边界平面直距约 200m，且高于露天采场西部最高平台；铅锌矿排土场与铁矿排土场合并，与铅锌矿尾矿库西南部毗邻。

5、采场工业场位于露天采场东南、行政生活区西南，与露天采场直距约 450m，维修站在+250m 平台、铁矿选厂在+234m 平台、采矿车队在+192m 平台上、采矿车间办公楼在+170m。

6、行政生活区位于露天采场东南面直距约 340m 的山沟两旁，长约 1.5km 山沟条带内。

7、民用爆炸物品储存库位于矿部北侧约 1.5km 外的山谷中，最大储存量为 20t。

8、铅锌矿尾矿库位于露天采场北侧，铅锌矿尾矿库与露天采场毗邻，由副坝隔开，副坝座在边坡台阶上，副坝 2014 年经中国恩菲工程技术有限公司重新设计，采用砂砾料与土工布进行反滤，下游坝坡（采场侧）采用碾压废石进行修坡加固，下游坝脚（采场侧）距采场台阶边缘 65m。

1.2.2 开采范围

采矿许可证（证号 C3600002010073220070801）15~16 号勘探线之间范围内+125m~+225m 矿体。矿山主要采矿作业台阶为+125m~+225m，另外剥离作业台阶+235m 至+335m 为剥离工作台阶。

开采顺序：采用由上而下开采顺序，平面上沿矿体走向从东向西南方向推进。

1.2.3 开拓运输

1、开拓运输方式：露天采矿场采用公路开拓、单一汽车运输方式。

2、露天采场：+184m 以上为山坡露天，+184m 以下为凹陷露天。

1) 出入沟

露天采矿场总出入沟设两个，作为矿石和废石出口。其中，一个总出入沟设置在采场北缘 5 线处，位于露天采场东北标高+195m 处；第二总出入沟在采场西南面 10-12 线之间，标高为+205m。运输公路沿西部边坡布置，采用折返式，两出入沟在+215m 水平有公路贯通，并与铁矿区公路形成总运输系统。

2) 运输线路及坑线布置

采用折返式公路，主干线布置在西部边坡上，采场东北坡 0~7 线之间，+225m~+125m 台阶均与总出入沟相通，+155m~+125m 采场坑线向北坡面推进；在采场的西南部，+215m~+125m 台阶坑线由西南向推进东北向推进，与第二总出入沟连通。公路主要参数：道路宽度：11m（双车道），6m（单车道）；最大纵坡：8%；最小转弯半径：20m（单车道），缓坡段长度 40~60m，运输公路平均纵坡 4.5%。

3、矿石运输：采矿场有 3 辆 20t 自卸汽车用于矿石运输，矿石由汽车经折返式公路运至选矿车间原矿仓或矿石临时堆场。

4、废石运输：采矿场废石由 10 辆 20t 自卸汽车运输，直接由汽车经运输公路运至铅锌矿排土场。

1.2.4 采矿工艺

1、露天境界

开采范围东起 15 线，西至 12 线，东西走向长 1200m，南北宽约 500m；最高剥离台阶+265m，最低底部标高+125m，其中+205m 以上均为剥离平台。

露天采场自上而下已形成了+265m、+255m、+245m、+235m、+225m、+215m、+205m、+195m、+185m、+175m、+165m、+155m、+145m、+135m 和+125m 等 15 个台阶，其中+225m 以上平台已靠帮，+125m~+205m 台阶均有矿体赋存，现采矿生产集中于+165m、+155m、+145m、+135m 和+125m 等 5 个台阶，+205m 平台以下台阶均有废石剥离。

南部：+320m、+310m、+295m、+275m、+260m、+245m、+225m、+205m、+185m、+175m、+165m、+145m、+135m 和+125m 平台等十四个台阶，其中 11 线至 17 线之间+245m 至+325m 未形成台阶。

矿山工作平台宽度 31~37m，非工作平台宽度 7.1m~11.4m，运输平台宽度 16~23m，台阶坡面角 63.5° ~ 67.5° ，平均边坡角约 44° 。

2、采剥工艺

露天矿山穿孔采用自带供风设备的 1 台 ZEGA-D470A 型和 1 台 ZEGA-D460 型液压潜孔钻机，孔径 152mm，铲装采用 1 台 CLG856 装载机，1 台卡特 336D2 型和 1 台徐工 XE380 型履带式液压挖机、2 台卡特 M315D2 型轮式液压挖掘机（用于配矿），2 台 SD16 型推土机，运输采用 13 台 20t 自卸汽车、2 台 ZZ3257N3247C 型和 1 台 HOWO6*4-247KW 型自卸汽车，并配备相应的辅助设备。

3、穿爆工艺

1) 穿爆工艺

爆破采用垂直孔，穿孔直径 152mm，采矿孔网参数 5m×4.5m，剥离孔网参数 6m×5m，孔深 11~11.5m，梅花形布孔，数码电子雷管起爆。爆破采用成品乳化炸药，人工装药。

大块集中堆放，采用机械法进行二次破碎。配备 1 台斗容为 1m³ 液压反铲并改加装破碎冲击器，来完成二次破碎工作。

矿岩经爆破松动后，用液压挖掘机进行铲装，用汽车将矿岩分别运往矿石临时堆场或原矿仓和排土场。

2) 爆破警戒

根据露天采场爆破作业点多且分散的特点，设有 3 个铁质避炮棚，东、西、北各 1 个。

4、铲装运输设备

装矿设备采用 2 台斗容 1.88m³、2 台 1.1m³ 斗容的挖掘机，配 20t 级的汽车运输矿岩。

5、穿孔设备

矿山配备 1 台 ZEGA-D470A 型和 1 台 ZEGA-D460 型液压潜孔钻机，均自带压风系统。

爆破后的大块矿石，由 1 台配有液压破碎锤的沃尔沃 210 型挖机和 1 台液压破碎石机进行二次破碎。

1.2.5 防排水与防灭火

1、+185m 台阶及以上截排水

采场地表水主要来自采场南坡面，周边采用截洪沟防水，分层截流，采场南部境内外各设一条截水沟。境外沟设置在境外边缘，东段标高 265m，西段标高 235m，地表水由两端排出境外。境内沟设置在+195m 台阶内侧，地表水向东流出。矿区截水沟断面规格均为 1.5×2.0m。

+195m 台阶设置约 3‰的反坡，沿开拓公路内侧设置简易截排水沟，将

上部台阶的水排到采场底部储水池。

2、+185m 台阶下排水

1) 排水方式：采场+184m 封闭圈以下为凹陷型露天采场，排水采用机械泵站接力排水方式。

2) 排水设施、设备

在采场凹陷露天底部(+125m 平台)设置蓄水池，蓄水池内设浮动泵台，浮动泵台安装 2 台 DA1-150×3、1 台 DA1-150×4 型水泵（1 台工作、2 台备用），DA1-150×3 电机额定功率：55kW、DA1-150×4 电机额定功率：75kW；额定流量：162m³/h；三路排水管，规格：6 寸工程吸砂胶管）抽到 +155m 平台（北部）的 500m³ 的蓄水池（φ10.2×5）。正常涌水量时 1 台工作，最大涌水量时泵站内 3 台水泵同时工作满足排水任务。

北部+155m 平台高有 500m³ 的蓄水池、接力泵站，接力泵站安装有 4 台 DA1-150×4 型水泵，电机额定功率：75kW。安装四条管径 φ150mmPE 管路，其中：三台泵及三路管扬至选场+225m 平台 500m³ 高位水池，供选矿厂用；在泵站三路管路通过 φ150mmPE 排水管连接，之间安装有闸阀，控制各管道之间联通与隔离；在其中 4#排水管、+185m 平台上装有三通，通过一路管径 φ25mmPE 排水管，通往采场加油站；通过一路管径 φ150mmPE 排水管至采场除尘降尘水池；一路管径 φ150mmPE 排水管，排至铅锌尾矿库（副坝）溢洪道水沟外排。

3、防灭火：矿山铲装、运输、穿孔和排水等设备均配备灭火器。

1.2.6 公用工程及辅助设施

1、供水系统

1) 生活给水：生活水水源取自地下水，即莲花洞、校东区为矿区生活用水；莲花洞、校东区取水水泵型号为 DA1-80×8，其中莲花洞安装 3 台，使用 2 台，1 台备用，校东区安装 1 台。莲花洞、校东区水泵电源取自莲花洞 S11 型 315KVA 变压器。

2) 生产新水：选矿车间生活、生产新水取自地下水。

3) 生活给水系统：生活给水系统主要为厂区各车间生活用水和球磨机冷却水系统补水提供用水，由厂区内现有生活给水管网供给，供水压力 0.30MPa。

4) 生产给水系统：生产给水系统用水水质分为采场排水和尾矿库回水，采场排水首先送至厂区内高位水池回用，水池容积 500m³，由厂区内现有生产给水管网供给磨浮厂房使用，供水压力 0.50MPa，多余的采场排水排至铅锌矿尾矿库（副坝）溢洪道水沟外排。

5) 消防给水系统：消防用水量为 108m³/次，储存在厂区现有高位水池内，容积 500m³，管道上设地上式消火栓，采用常高压消防给水系统。

2、露天矿山通讯：矿区行政和生产调度通讯采用当地电信部门安装固定电话，采矿场管理人员另配无绳电话。

3、机、汽、电修设施：利用现有的机修厂及设备。机、汽、电修车间厂房为钢筋砼框架结构。

1.3 分析与评估目的和意义

通过收集、研究已有资料，根据露天矿实际采掘情况，结合前期已有勘查、设计成果和资料，在地质分析的基础上，系统分析研究边坡体的变形破坏机制及其演化过程，并对边坡的现状稳定性进行分析评价，依据现状和开发利用方案设计的采掘情况分析评价边坡的稳定性，预测其发展趋势。

1.4 评估依据和原则

《滑坡防治工程勘查规范》	GB/T 32864-2016
《建筑边坡工程技术规范》	GB 50330-2013
《岩土工程勘察规范》	GB 50021-2001（2009 年版）
《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》	DZ/T 0223-2011
《崩塌、滑坡、泥石流监测规范》	DZ/T 0221-2006
《非煤露天矿边坡工程技术规范》	GB51016-2014

- 《地质灾害危险性评估规范》 DZ/T 0286-2015
- 《建筑抗震设计规范》 GB50011-2010（2016年版）
- 《中国地震动参数区划图》 GB 18306-2015
- 《金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测技术规范》 AQ/T2063-2018
- 《工程地质手册》（第四版）
- 《江西省上高县七宝山钴铅锌矿区详细勘探地质报告》
江西省地质矿产局赣西地质调查大队，1986年12月
- 《江西铜业集团七宝山矿业有限公司七宝山铅锌矿采选工程初步设计书》
中国恩菲工程技术有限公司，2013年12月
- 《江西铜业集团七宝山矿业有限公司七宝山铅锌矿采选工程初步设计采场安全专篇》
中国恩菲工程技术有限公司，2014年6月
- 《江铜集团七宝山钴铅锌矿西北边坡稳定的勘察及治理稳定性计算分析报告》
核工业广州工程勘察院，2013年12月
- 《七宝山矿业有限公司露天采场边坡工程勘察及稳定性研究报告》及
《七宝山矿业有限公司露天矿山排土场工程勘察及稳定性研究报告》
广州市吉华勘测股份有限公司，2019年12月

最新现状图

1.5 评估思路和工作程序

基于边坡工程稳定性分析的基本原则和常用方法，结合有色金属开采矿区工程特点，本次分析工作采用分析计算法，在工程地质类比评估结果的基础上，结合边坡坡形坡率及防护加固工程设计，必要时补充收集资料或补勘与试验工作，采用分析的方法，计算边坡的稳定程度或稳定系数，以定量计算结果辅助定性综合分析。

结合相关有色金属矿山开采工程调查与分析咨询工作经验，本次分析工作采用有色金属矿山资料与现场调查相结合，定性分析与分析计算相结合方式，综合分析和边坡稳定性状态等级及其发展趋势，并对分析为稳定性差和

不稳定的采场边坡提出边坡工程防护与加固建议。

1.6 分析工作内容及步骤

1、技术路线

根据勘察调查目的及任务，参照有关规范、规程及技术标准，工作思路是由粗到细，充分利用已有资料，在分析已有资料的基础上进行补充。在已有的工程地质测绘、工程地质调查基础上针对边坡的现状特征。在取得土体指标和分析已有岩石指标和排土松散堆放物抗剪指标的基础上，综合对比分析后对确定不同工况下边坡的稳定性，保证提交资料的可靠性。

2、工作布置、方法及完成的工作量

根据《地质灾害危险性评估规范》（DZ/T 0286-2015）中确定的地质灾害危险性评估工作的基本要求，在工作中首先明确了思路，熟悉工作程序，确定工作重点，制定项目实施计划。

1) 资料收集与分析

接受甲方委托后，我单位成立了专门项目组，在现场调查前收集了江西省地质矿产局赣西地质调查大队 1986 年 12 月编制的《江西省上高县七宝山钴铅锌矿区详细勘探地质报告》、中国恩菲工程技术有限公司 2013 年 12 月编制的《江西铜业集团七宝山矿业有限公司七宝山铅锌矿采选工程初步设计书》、中国恩菲工程技术有限公司 2014 年 6 月编制的《江西铜业集团七宝山矿业有限公司七宝山铅锌矿采选工程初步设计采矿场安全专篇》和广州市吉华勘测股份有限公司 2019 年 12 月编制的《七宝山矿业有限公司露天采场边坡工程勘察及稳定性研究报告》及《七宝山矿业有限公司露天矿山排土场工程勘察及稳定性研究报告》等资料，初步掌握了矿区地质环境条件和矿山概况。收集了区内有关地形、地质等图件作为评估工作底图和野外工作用图，结合矿山特点，分析已有资料，确定需要补充的资料，初步确定野外主要调查内容、调查路线和方法。

2) 野外调查

在对收集的资料初步分析后，项目组于 2023 年 10 月 10 日进行了野外调查。查明了露天矿边坡分布的特征，确定了本次边坡稳定性分析评估的范围。

3、室内资料整理及综合分析

在综合分析研究已有资料和现场调查的基础上，编写了《江西铜业集团七宝山矿业有限公司铅锌矿露天采矿场边坡稳定性分析报告》。

2. 矿区边坡工程评价内容和方法

2.1 有色金属矿山边坡工程分类

有色金属矿山边坡根据岩土类型可分为土质边坡、岩质边坡和二元结构边坡等三个大类。土质边坡即边坡主体由土类物质组成，如坡残积土层、全强风化土层、以及其它堆填土类物质，包含边坡土体基本均匀的均质土边坡或似均质土边坡和边坡土体结构面效应较为突出的类土质边坡等两个亚类；岩质边坡即边坡主体为岩体组成，体现强烈的岩体结构特征；二元结构边坡即边坡主体同时包括土类物质和结构性岩体，并大体相当，常以上覆土层下伏岩石呈现，突出体现土岩二元接触特点。

对于岩质边坡，由于其稳定性与边坡物质组成、风化破碎程度、岩体结构特征等具有密切关系，体现为不同的失稳模式和变形机制，综合矿山工程中岩质边坡的主要特点，可以将岩质边坡分为节理岩石边坡、破碎岩石边坡和层状岩石边坡等三个亚类。

节理岩石边坡是指风化破碎和节理发育不规则的岩体组成的边坡。节理岩石边坡的边坡岩体通常呈块状结构、镶嵌结构或厚层状，岩体较完整，一般稳定性条件好，易形成高陡边坡，其失稳形态多沿结构面产生崩塌、局部楔形体破坏或沿复合结构面的整体滑动，稳定性受结构面抗剪强度与岩石抗剪强度控制，常体现为岩体综合抗剪强度。另外，差异风化界面是节理岩石边坡产生变形破坏的另一个重要依附面，尤其当风化界面过渡较为剧烈时，其物理力学性质差异较大，且产状一般呈顺倾向，易聚水软化发育成控制性滑移底界。

破碎岩石边坡是指坡体岩石由构造挤压、风化破碎成碎块状的岩体或破碎岩块组成的路堑边坡。破碎岩石边坡的稳定性取决于岩块间的镶嵌情况和咬合力，一般发育为圆弧破坏模式或者圆弧与折线的组合模式。破碎岩石边坡的物质来源主要有构造破碎体和变形堆积体。破碎体内经常发育软弱带或软弱夹层，特别是在地下水富集时将成为边坡变形破坏的主要依附面。

构造破碎体一般发育于大断层破碎带或几条断层交汇处，岩体经历了褶皱等构造挤压、风化和地下水等内外营力作用严重破碎，节理裂隙密集，岩块尺寸非常小，咬合程度很差；岩体结构面发育，多、短、小且分布不规则，密度大，平整度很差，充填物复杂；按其破碎程度也可细分为碎裂状和散体状两种，其岩体结构一般呈碎裂结构和散体结构。这种破碎岩石边坡在路堑边坡中虽然数量不是很多，但是一旦发生破坏威胁很大，往往成为极难处理的焦点工程。

变形堆积体主要有崩塌或滑坡等形成的碎块石堆积物，经历翻滚、滑动、挤压等作用形成，或者是矿渣等堆积体组成，其碎块间几乎没有粘聚力，产生破坏一般是整体性失稳。

层状岩石边坡是指由层状或似层状结构的岩体组成的边坡。层状岩石边坡因为特殊的层状岩体结构和结构面、软弱夹层的存在而表现为强烈的各向异性特征。依据岩层产状与开挖面组合关系，可分为顺层边坡，逆层边坡，斜交边坡；常发生顺层滑坡，滑动崩塌，切层滑坡，倾倒及 V 形槽崩滑破坏。因此，对其边坡稳定性进行分析与评估具有重要的工程意义。

2.2 矿山边坡工程稳定性影响因素

有色金属矿山边坡的变形破坏性质复杂，影响因素众多，同时因为在矿山开采等人为改造过程中外在因素的扰动作用而表现出不同于其他类型边坡的特点。其主要影响因素有以下方面：

1、地形地貌条件

地形地貌特征是地质体在内外营力长期共同作用下形成的地表景观，是地质环境中最明显最直接的外在表现。场区总体地貌与地质灾害的发育程度具有统计上的关联，一般山地地貌场区均是边坡稳定性问题较为突出的地段，对崩塌、错落、滑坡及其堆积体形成的重力地貌应特别注意查明。在江河峡谷地段，由于断层影响，或由于岩性差异，可能形成周围高中间低的簸箕状缓坡地带，往往发育一定厚度的崩坡积物，易产生堆积层滑坡。在河曲凹岸

冲刷部位和山区河谷的缓坡段均是容易产生滑坡的地区。

矿石开采面的陡缓坡形对矿山边坡的稳定性同样具有影响，坡顶地形是陡坡、缓坡、平坡还是反坡不仅是分析评估矿山开挖坡面稳定性的重要参考，同时也一定程度上决定了矿山边坡体积规模和防护加固工程量的大小。

因此，在矿山边坡稳定性分析与评估中，尤其应尽可能查明与矿山边坡稳定性关联紧密的古老病害特征、江河库岸条件、地面建筑限界、斜坡自然坡率、开挖地形等，对边坡工程的稳定现状作出正确的分析与评估。

2、地质构造条件

在漫长的地质历史中，边坡岩体往往经历了不止一次的构造作用，形成了规模不等、性质各异的褶皱和断裂，对边坡的稳定性具有显著影响。大中型断层是强烈构造作用的产物，往往伴生规模不等的断层破碎带，破碎带内岩层产状紊乱，节理发育，岩体破碎，形成的破碎岩石边坡破坏一般均具有比较大的体积规模，同时，由于岩体破碎造成治理工程施工相对困难，往往成为线路建设的控制性工程。中小型断层在出露于开挖面附近时，常形成岩质矿山边坡破坏的控制性界面，断层内的泥化夹层等严重弱化岩体强度参数，是边坡稳定性分析中特别需要重视的问题。在褶曲轴部岩层变形极其剧烈，岩体破碎，容易产生边坡变形；大中型褶曲的一翼往往表现为单斜岩层，易产生顺层滑动。在地质构造发育地带，还有可能形成较高的地应力，地应力的主轴方向一般近平行，特别是对矿山边坡，地应力对其稳定性的不利作用和影响不可忽视。

3、地层岩性条件

地层岩性是影响边坡稳定的物质基础。总体来讲，火成岩一般岩性坚硬，节理裂隙不甚发育，一般地质灾害发育程度较低，常表现为崩塌落石等破坏形式；沉积岩和变质岩岩性相对软弱，并常发育层面、片理面等优势性弱面，易形成边坡变形的依附面，发育成滑坡、倾倒等地质病害。岩体风化程度同样是影响边坡稳定性的基本因素。同样的岩性条件，由于风化破碎程度的差

异，其物理力学特性也存在较大差异。岩体在自然地质环境中，因为物理、化学和生物作用等风化营力的驱动，产生原生裂隙的扩展或产生新的裂隙，并发生体积变化和化学成分的改变，将改变岩体的物理力学特性，弱化岩体的承载能力，易产生坡体变形破坏。

4、不利结构面发育状态

矿山边坡的变形破坏大都与边坡岩体的结构特征和空间组合关系密切相关，对岩体结构面具有很强的依附特性。岩体中的不连续面包括节理、断层、层理面、片理面、地层分界面、风化破碎差异界面等。虽然岩块的强度一般较高，但是由于不连续面的存在将严重弱化岩体的力学性能，特别当在矿山开挖的影响范围内，这些不连续面存在不利倾向或组合时，岩体的承载能力将主要体现为不利结构面的强度。研究表明一个或多个结构面组合边界的剪切滑移、张拉破坏和错动变形是引起矿山边坡失稳的主要原因之一。

5、坡体结构特征

坡体结构是坡体内岩体或土体的分布和排列顺序、位置、产状及其与临空面的关系。众所周知，岩质边坡的破坏与土质边坡具有很大的不同，其破坏形态在很大程度上受控于坡体结构特征。从坡体结构入手，有利于建立边坡岩体结构与边坡变形破坏特征及其形成机制的对应关系。查明坡体结构是边坡稳定性分析和防护加固工程处治的重要环节。

6、地下水赋存与运移规律

地下水活动状态对矿山边坡稳定性的影响是非常活跃的。大气降雨引起的坡表径流与入渗以及地下水位升降常成为公路沿线地质灾害集中发生的诱导因素。地下水对边坡稳定性的影响主要体现在对潜在失稳面产生的静水压力、浮托力（或孔隙水压力）和渗透力，总体上增加了边坡失稳的下滑驱动力；另外地下水位的急剧升高将严重损伤近滑面区岩土体的强度特性，同时地下水的浸润对坡体岩土和结构面夹层有很强的软化效应，总体上减小了边坡的抗滑能力。

7、边坡工程效应

矿山开挖的扰动作用是边坡产生破坏的触发因素，同时也是矿山边坡失稳的主要原因之一。在矿山边坡人为改造过程中的扰动作用一般有开挖卸荷影响、施工工艺影响、施工工序影响、施工或运营期自然营力影响，可统称为边坡工程效应。

开挖卸荷效应主要体现为近开挖面岩土体因为应力卸荷而产生松弛区，或称为卸荷带。开挖松弛区内边坡岩土体因为应力状态产生急剧变化而产生节理裂隙的扩展和体变扩容，造成岩土体力学性质的弱化，从而诱发松弛区岩土体的变形破坏，这种破坏可以是局部的，也可以是整体性的。

施工或运营期自然营力影响主要是指因为边坡施工周期过长，期间受持续暴雨冲击、坡面水土流失等因素影响引发边坡施工期次生病害，以及在边坡长期运营养护过程中矿山边坡历时环境背景变化的不利作用和影响。

2.3 边坡稳定性分析方法

1、边坡稳定性分析与评估原则

根据矿山边坡的特点，在进行稳定性分析与评估时要充分考虑以下原则：

1) 区域地质特征与局部地质构造相结合：边坡的地质问题都有其产生的区域地质环境或地质条件，边坡的稳定性现状只是斜坡整个地质演化过程中的一个片断，深入了解区域地质特征有助于认识局部地质构造，充分理解现状，并能对其未来的发展趋势做出正确的预测。

2) 地质模式和过程的定性评估与力学机制定量评估相结合：通过地质现象的充分认识产生定性的概念模式和形成机制。认真分析影响边坡稳定的主要因素，选择适当的稳定性评估方式进行分析或计算。

3) 工程地质条件与边坡防护相结合：查明边坡的工程地质条件和地质模式，但它不是决定边坡稳定性的惟一因素，边坡现状、地下水及降雨条件、加固与防护措施等都是重要影响因素。

4) 边坡稳定的短期与长期相结合：矿山边坡在调查期间的稳定不能完

全代表运营期间的安全，在降雨、地下水、风化营力等自然条件的作用下，也可能在运营期某个时间发生时效破坏，因此，稳定性分析与评估中要对边坡的岩土结构体和加固防护结构体进行耐久性分析与评估。

5) 评估结果的合理性与可操作性相结合：稳定性分析结果既要能正确反映挖方边坡的地质模式和形成机制，更要有能便于直接指导边坡治理和养护措施的应用。

2、边坡稳定性分析方法及标准

在本次边坡稳定性分析与评估工作中，采用的方法为地质数据图解分析法和数值分析计算法。

本次分析与评估工作针对矿山边坡现状，开展了如下工作：

1) 收集本项目相关的区域地质资料、勘察资料、养护资料，认真分析矿山边坡现状和沿线地质条件；针对踏勘存在的疑难问题进行讨论，明确调查方法，选定划分等级标准或依据。

2) 进行现场工程无人机测绘，调查各边坡工程地质条件、防护工程病害和不良地质现状及潜在危险因素。

3) 结合现场调查与资料分析成果，针对边坡地质条件、防护工程特点、病害状况和潜在不良地质问题逐坡进行总体分析和评价，对工程病害的诱发因素、边坡稳定影响要素进行综合分析。

4) 对重要边坡或具有典型破坏特征的边坡，进行极限平衡或有限元等定量分析，确认边坡稳定类型。

5) 进行室内资料整理，根据边坡稳定性程度和防护情况进行分类，提出治理和养护建议。

3.工程地质条件

3.1 概述

江西铜业集团七宝山矿业有限公司铅锌矿位于江西省宜春市上高县城南西 195°方位直距 7km 处，属上高县芦洲乡管辖，矿区地理坐标：东经 114°52'30"~114°55'00"，北纬 28°09'00"~28°10'50"。

矿区交通方便，新余火车站有准轨铁路专用线通入矿区，由新余火车站抵矿区 66km，新余站与浙赣铁路相衔接。由新余站东抵南昌市 160km，在向坊站与京九铁路相接；西至湖南株洲车站 270km，与京广铁路相接。矿区有公路通入上高县城，接 320 国道东行高安抵南昌市 125km，南行而迄新余市 60km，北行到宜丰、铜鼓等县，西行经大广高速接沪昆高速公路经宜春抵湖南长沙 300km。矿区及采矿场位置图见图 3.1-1。

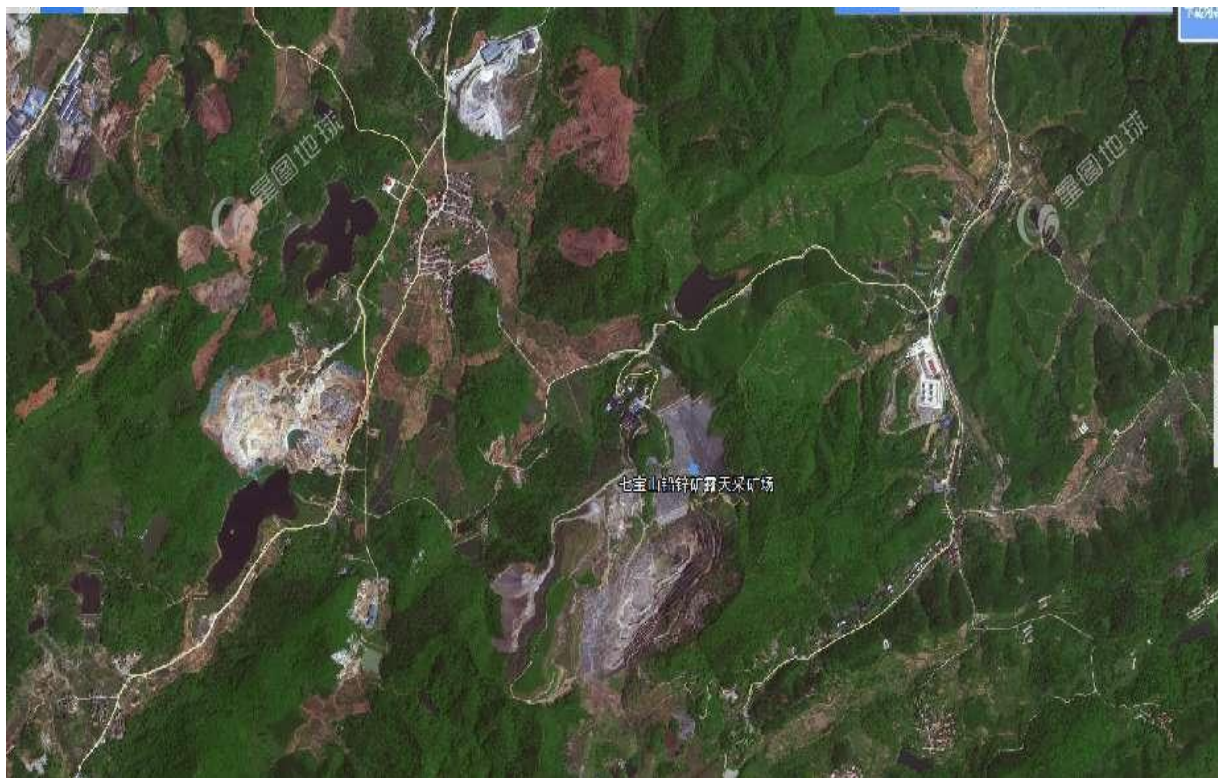


图 3.1-1 矿区及铅锌矿采矿场位置图

3.2 自然环境概况

3.2.1 地形地貌

本区境内属丘陵区，矿区为构造剥蚀丘陵地形，总体地势为南东高、北西低，海拔高程一般 250~300m，其北部最低侵蚀基准面海拔高程 150m，南部高崇山最高海拔高程 344.35m，相对高差 194.35m。地形上山脊较平坦，一般北坡缓，南坡稍陡，但均为缓倾斜坡，深沟狭谷少见，且溪流短小，地形发育属壮年期。应指出的是：紧邻矿区南侧，茅口组、长兴组石灰岩分布较广，岩溶地形亦随处可见，如孤峰、削壁、溶洞等蝶式地形甚为发育。地形地貌见下图。



图 3.2-1 构造侵蚀中山地貌



图 3.2-2 堆积河谷地貌

3.2.2 气候条件

矿区属亚热带季风气候区，气候温和、雨量充沛、四季分明。据上高县气象站 1958~2004 年气象资料统计，多年平均气温 17.6℃，极端最高气温 40.4℃，极端最低气温 -9.8℃；多年平均降雨量 1651.8mm，最大年降雨量 2189.2mm（1998 年），历年最大月降雨量 522mm（1998 年 6 月），历年最长连续降雨日数 18 天（1964 年 2 月 8 日~25 日）。时间上，降雨量集中在 4 至 6 月，其多年平均达 755.5mm，占全年降雨量的 45.5%。

3.2.3 地震烈度及场地类别

据《中国地震资料年表》及江西省地震局《江西省地震志》等文献资料，震中在上高县的历史地震共 2 次（1360 年 7 月和 1764 年 7 月 18 日），震级未考。根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016 年版）及《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），勘察区抗震设

防烈度为 6 度,设计基本地震加速度值为 0.05g,设计地震分组为第一组,地震动反映谱特征周期为 0.35s。区域稳定性好。

3.3 地层岩性与地质构造

3.3.1 地层

矿区出露地层有:中元古界双桥山群、泥盆系中、上统棋子桥~余田桥组、锡矿山组,石炭系中统黄龙组,二叠系茅口组、龙潭组及第四系地层。双桥山群分布于矿区北西部,棋子桥~余田桥组、锡矿山组及黄龙组分布于中部高崇山~石脑山一带。茅口组、龙潭组分布于矿区南东侧,均为北东~南西向展布。第四系不整合于下伏各地层之上。

1、双桥山群 (Pt_{2sh})

为一套浅变质砂~粉砂质复理石建造。地表 F1 上盘岩性为浅灰色夹紫红色砂质绢云千枚岩,局部夹透镜状变质砂砾岩。深部为深灰色千枚状泥质板岩、变质粉砂岩互层、夹变余砂砾岩,局部含星点状和团块状黄铁矿。普遍有石英细脉状穿插,沿脉壁常有绿泥石化。

2、棋子桥~余田桥组 (D_{2q}~D_{3s})

为一套碳酸盐建造。下部为深灰色钙质粉砂岩、结晶灰岩互层。中部为深灰色泥质灰岩夹隐晶至细晶灰岩;上部为紫红色钙质粉砂岩、细砂岩、泥质灰岩、夹白云质灰岩、白云岩。下 3 菱铁矿~钴、铅锌矿体多赋存于钙质粉砂岩与白云质灰岩、白云岩之间。厚度 5~216m,与下伏基底双桥山群地层呈不整合接触。

3、锡矿山组 (D_{3x})

为一套碎屑岩建造。岩性为细粒石英砂岩、中粒石英砂岩、夹砾岩、粉砂岩、泥质粉砂岩。厚度 17~75m,与下伏棋子桥~余田桥组地层呈整合接触。

4、黄龙组 (C_{2h})

为一套碳酸盐建造。底部为灰至深灰色砾岩。下部为灰至深灰色厚至巨厚层状隐晶至细晶白云岩，上部为浅灰色中至厚层状隐晶至细晶白云岩夹白云质灰岩。该组系矿区重要含矿地层，上 3 菱铁矿～铅锌、铜主矿体赋存于底部砾岩、砂砾岩及下部白云岩中。其厚度因受 F1 逆掩断层切割，地层出露不全，厚度大于 290m。与下伏锡矿山组地层为平行不整合接触。

5、第四系

①冲洪积层（ Q^{al-pl} ）

分布于尾矿库及下游沟谷底部，岩性为粘土混碎石，以土黄色为主，粘土约为占 70%，碎石成份以砂岩、粉砂岩为主，含少量石英，次棱角状为主，直径 0.5~2cm 不等。粘土粘结性较好，一般上部很湿，呈软塑状，下部为可塑状为主。据勘察资料，其厚度分布不均，厚者达 4~5m，薄者 0.9~1.6m，新坝址区缺失。

②残坡积层（ Q^{el-dl} ）

分布于山坡及小冲沟中，岩性为粘土混碎石，土黄~暗紫色，粘土约占 40%~60%，碎石成份为砂岩、粉砂岩，棱角状。直径大 0.5~6cm 不等，中密状态，稍湿，厚度 0.7~2.1m。承载力标准值 160kPa。

3.3.2 构造

矿区位于榆木山北坡断裂构造带中，构造较为复杂。区内褶曲构造及断裂构造有：

1、褶皱

高崇山背斜是矿区主要褶皱构造。该背斜为 F1 逆断层下盘的褶皱构造，背斜轴部的东西两端被 F1 上盘的中元古界双桥山群地层所覆盖，其间出露地层，由东往西依次为棋子桥~余田桥组、锡矿山组及黄龙组地层组成，轴线北 55°东，延长大于 1700m，轴面倾向北西，倾角 85°；脊线向南西倾伏，平均倾伏角 13°，近轴部倾角平缓，一般为 20°~30°，由于受 F1、F2：断层的切割，使背斜失去完整性，而呈现总体倾向北西、倾角 40°~60°的单斜构

造。高崇山背斜北西翼次级褶曲发育，以轴面倾向北西，背斜北西翼宽缓、南东翼陡窄的歪斜构造为特点。由北而南编号分别为：I、II、III、IV 号褶曲，其中 I、III 号褶曲为背斜褶曲，II、IV 号褶曲为向斜褶曲。I、II 号褶曲东起 19 线，至 1 线以西消失，长 53m，宽 30~50m，幅度 20~50m；其脊（槽）走向北 60°东呈波状起伏，倾角 7°~18°，平均 11°。III、IV 号褶曲分布于 19~36 线间，延长 1700m，宽 40~100m，幅度 40~105m；在矿区西部（0~36 线）脊（槽）线倾伏南 65°西，至西端（32~36 线）偏转为南 10°西，倾角 4°~37°，平均 18°；0 线往东脊（槽）线倾伏北 55°东，倾角 11°左右。I、II、III、IV 号褶曲轴面倾角为 73°~85°；脊（槽）部顶（底）角一般 60°~90°幅度与宽度之比，多为 1: 1~2。

2、断层

区内断层发育，以走向逆冲断层为主，走向正断层和横向平移断层次之。其中 F1、F2 为成矿前断裂，其余均属成矿后断裂。现将主要断裂的基本特征描述如下：

F1：属区域性逆掩断层，横贯全区，区域走向长大于 40km。

断层面总体倾向北西，矿区北缘 150m 标高以下，断层面产状陡（60°），并呈“S”状弯曲，其走向拐点连线倾向南西，倾角约 17°；39 线拐点标高为 146m，36 线拐点标高为负 180m，中部 150m 标高以上，断层面产状缓（15°），表现舒缓波状，在 III、IV 号褶曲分布区，断层面形态基本与地层褶曲相似，该断层使上盘双桥山群地层逆掩于棋子桥~余田桥组、锡矿山组及黄龙组地层之上，构成矿床北部及上部的自然边界。

F2：属区域性逆冲断层，贯穿全区，区域走向长大于 40km，地表露头不好。断层面倾向北西，0 线 175 米标高以上控制倾角 34°；7 线、8 线负 50~175m 标高控制倾角 62°~70°因断层所致，使上盘黄龙组、锡矿山组、棋子桥~余田桥组地层逆冲于茅口组地层之上，构成矿床南部的自然边界。断层破碎带明显，沿此断层带岩溶发育，破碎带有构造角砾岩、碎裂灰岩、碎裂

砂岩组成。构造角砾岩，其角砾大小不一，呈棱角状、次棱角状。裂隙中普遍有方解石脉穿插，断层上、下盘岩石见硅化。

F3：位于矿区东部 1~9 线间，为一走向南西西（ 260° ）的正断层。走向长约 150m，7 线控制最大铅垂断距为 20m，断层面总体倾向南东，倾角 75° 左右，该断层使部分含矿地层在垂向上缺失，313、720 孔揭露缺失锡矿山组地层，508 孔揭露缺失棋子桥~余田桥组地层，3 线 F3：使南盘上 3、下 1 矿体下降 10m。

F4：出露于矿区中部 0~6 线间，III 号背斜褶曲轴部偏南，为一倾向北西（ 325° ）、倾角 75° 的逆冲断层。经 204、409、415、420 孔控制查明，走向长 110m，铅垂断距 15m。由于断层影响，致使 204、415 孔锡矿山组、黄龙组地层重复；在 2 线使南盘上 3、下 1 矿体下移 15m。

F5：发育在 11~15 线间，斜交 I、II 号褶曲，为一走向南南西（ 190° ）的逆冲断层。走向长 100m，铅垂断距约 35m，断层面总体倾向北西西，倾角 83° ，断层面在 13 线上部倾向南东东，150m 标高以下倾向北西西，在 15 线则呈“S”状弯曲。

3.4 水文地质条件

3.4.1 含水层

1、第四系松散堆积物孔隙含水层（Q）

主要分布在山间沟谷地段。由亚粘土、亚砂土、碎石组成。结构松散，透水性较强。厚度一般 0~5m。

2、龙潭组钟鼓岭段灰岩岩溶含水层（ P_2I^c ）

出露于矿区南部边缘。岩性上部为薄层状细粉砂岩夹硅质，中部为薄至中厚层状灰岩；下部为薄层状泥岩，夹细粉砂岩、硅质岩，平均厚度 107m，上部及下部为相对隔水层。中部岩溶较发育，地表头较多，泉流量 0.08~0.61L/s。在矿区南部外围发育一条地下暗河，出口处流量 17.5L/s，富水性

中等。

3、龙潭组洞子岗段石英砂岩裂隙含水层 (P_2l^a)

出露于矿区南部。上部为薄至中厚层状中至粗粒长石石英砂岩，局部含砾；下部为薄层状细粉砂岩、粗粉砂岩互层。平均厚度 46m。该层无钻孔控制，透水性较好，含有裂隙水，泉流量 0.008~0.5L/s，富水性弱。下部裂隙不发育，为相对隔水层。

4、黄龙组白云岩、白云质灰岩岩溶含水层 (C_2h)

主要出露于 4 线以西，F2、F1 断层之间，其余地段均被双桥山群地层所覆盖，上部为中至厚层白云质灰岩；下部为厚层状白云岩、白云质灰岩，夹紫红色粉砂岩。为矿区主要含矿层，厚度 5~290m，平均厚度 70m。属弱中等富水。

5、茅口组下段灰岩岩溶含水层 (P_1m^1)

出露于高崇山背斜南翼，位于 F2 逆冲断层下盘，为中至厚层状隐晶~细晶持灰岩，夹薄层状硅质岩及燧石结核。据区域资料，平均厚度 286m。该层的富水性受岩溶发育程度的控制，极不均匀。据资料，在 F2 断层岩溶发育带富水性强，其余地段一般为中等，为中等~强富水的含水层。

矿区隔水层主要有南部边缘龙潭组人山寺段泥岩、细粉砂岩 (P_2l^b)，茅口组上段泥岩、粉砂岩 (P_1m^2) 和双桥山群泥质板岩、粉砂质绢云母千枚岩 (Pt_2sh)。

3.4.2 地下水补、径、排条件

该矿区的地下水主要是接受大气降水的补给，大气降水将通过残坡积层、风化带及构造裂隙（包括断层破碎带）下渗补给地下水。矿区内的地下水不充沛，补给条件差。

地下水主要在高崇山和大阔脑一带基岩裸露区接受大气降水补给，大气降水下渗形成地下径流，在地下水分水岭北面，向银子洞方向流动，沿银子洞沟以上升泉或散状渗流的形式排泄；在地下水分水岭南面，沿 F2 断层不

定期由北东向南西方向运移，在泉塘以上升泉群（8号泉）和下降泉或散状渗流形式排泄。小部分地下水下渗在矿区外围排泄。

综上所述，本区为简单的以裂隙、岩溶充水为主矿床，含水层间的水力联系较密切，地下水补给条件较差，主要是接受大气降水补给，无大的地表水体，露采有利于自然排水。

3.4.3 矿床充水因素分析

矿床充水的主要因素有：大气降水和地下水。

大气降水是矿区内地下水的主要补给来源，它不仅直接影响到地下水的动态变化，而且将会影响未来露采场涌水量的变化。大气降水在本区内，除一部分由地表径流排出矿区外，其余部分则渗入地下及直接汇集于露采场。在露采境界内，地下水主要来自露采场的北部及东部。地下水具有承压性质，应注意其涌水。南部应注意来自南西～北东向狭长岩溶发育条带的岩溶地下水。露采场南面地势较低，有利于自然排水。矿体主要赋存于黄龙组和锡矿山组地层中，矿体本身及其围岩均含水，因此，地下水将成为矿床充水的主要水源。开采至矿体底板时，水源主要来自统一含水层中的黄龙组、锡矿山组，茅口组灰岩岩溶水也将成为矿坑充水水源，原来的排泄区，将成为补给区。

3.5 矿区工程地质条件

3.5.1 矿区工程地质岩组的划分及特征

工程地质岩组划分是以岩体工程地质力学观点为出发点，考虑岩石的岩相、建造及工程地质特征的近似性。本矿区划分出九个工程地质岩组。各岩组的工程地质特征见表 3.5-1。

表 3.5-1 矿区工程地质岩组特征一览表

建造	工程地质岩组		岩体结构类型	工程地质特征
	代号	名称		
变质岩建造	I2 (Pt ₂ sh ¹)	板岩及变质粉砂岩岩组	板块结构	属软岩石、层、片理发育，具层间错动与小断层，结合力差，浅层风化强烈，抗水性差，岩体质量差，沿结构面易掉块及小型坍塌。
	I1 (Pt ₂ sh ¹)	变质砂岩夹变质粉砂岩岩组	层状结构	半坚硬岩石，发育层理为主，片理为次，具层间错动面，浅层风化强烈，裂隙发育，面间结合力低，岩体质量中等。
碳酸岩建造	II (D ₃ S-D ₂ q)	灰岩夹薄层状粉砂岩岩组	块状、层状结构	坚硬、半坚硬岩石，层理发育，受风化轻微，灰岩的岩溶较发育，主要分布于高崇山背斜及 F2 断层带附近，岩体质量较好，夹水云母透镜体。
	IV (C ₂ h)	白云质灰岩岩组	层状结构	坚硬、半坚硬岩石，微节理发育，多闭合，含少量铁质，多为方解石脉充填，面间结合力较好，岩体质量较好，偶见水云母岩透镜体，岩溶局部发育。
	V1 (P ₁ m ¹)	条带状燧石灰岩岩组	层状结构	坚硬岩石，层理、节理发育，多闭合，有方解石脉充填，面间结合力较强，F2 断层附近岩溶强烈发育，形成富水带离矿体远。
	V2 (P ₁ m ²)	钙质泥岩夹灰岩岩组	薄层状结构	软岩石或半坚硬岩石，层理，页理发育，具层间错动，结合力差，岩体质量差，离矿体远。
碎屑岩建造	III (D ₃ x)	石英砂岩岩组	镶嵌结构	属坚硬岩石，性脆、节理裂隙发育，四组以上闭合，充填物少，彼此穿插切割，层间局部夹粉砂岩软弱层，普遍夹水云母岩透镜体软弱层，浅层风化强烈，呈碎屑状，岩块强度大，岩体质量中等或良好。
	VI (P ₂ l ^a)	砂岩、粉砂岩岩组	薄层状结构	坚硬、半坚硬、软硬相同，强度差异大，层理发育，抗滑性差，浅部风化成粉末状，搞水性差，具层间小错动与小断层，岩体质量差，远离矿体。
	VII (Q)	松散堆积岩组	散体结构	原本广布于山体中下部，厚度变化较大，上部较薄，坡脚处变厚，碎石土结构松散，锹易挖，多孔隙，含少量植物根系，碎石含量大于 50%，呈棱角状，以砂岩、砂砾岩为主。目前仅在露天矿采坑形成的边坡坡顶存在，厚度较小。

3.5.2 矿区主要岩石物理力学性质

根据《江西省上高县七宝山钴铅锌矿区详细勘探地质报告》（江西省地质矿产局赣西地质调查大队，1986年12月）第六章，矿区主要岩石物理力学性质见表3.5-2。

表 3.5-2 矿区主要岩石物理力学性质一览表

岩性/项目	抗压强度 (MPa)		抗拉强度 (MPa)	抗剪断强度		弹性模量 (饱和) MPa ($\times 10^4$)	泊桑比 (饱和)	干容重 (g/cm^3)
	垂直 (风干)	垂直 (饱和)		内摩擦角	凝聚力			
变质细粉砂岩	85.5	68.2	3.8	50.5°	4.8	5.54	0.23	2.75
石英砂岩	130.3~156.8	107~132	4.0~12.3	49°~58°	7.7~21.0	1.80~5.06	0.13~0.25	2.64~2.70
灰岩	100.7~125.6	76.7~103.9	2.10~4.60	51°~56°	9.2~9.5	4.25~6.35	0.25~0.26	2.69
水云母岩	26.9~38.9	17.0~18.2	0.27~1.00	44°~52°	0.7~1.4	2.097	0.21	2.70
含石英砾白云质灰岩	153.5	105.8	4.3	51°	6.0	6.337	0.33	2.50
白云质灰岩	136.7~140.6	109~145	6.9~12.1	42°~48°	15~19	9.56~11.65	0.24~0.41	2.54~2.79
变质细砂岩	41.4	58.6	2.7	52°	5.0	3.035	0.37	2.60
菱铁、黄铁矿化白云岩	187.8	116.3	9.6	49°	20.0	9.085	0.14	3.52
含砾中粒石英砂岩	122.9	102.7	3.5	54°	7.0	3.63	0.20	2.59
板岩	23	10	3.1	/	/	2.20	0.24	2.74

3.5.3 岩石风化特征

矿区内受风化作用影响最大的是锡矿山组石英砂岩和双桥山群变质粉砂岩、千枚岩。石英砂岩性脆、节理发育，因物理风化地表岩石呈碎屑状和碎块状；变质粉砂岩、千枚岩风化呈黄绿色、紫红色，强度显著降低，地表岩石呈土状，碎块状。弱风化带大致保持原岩结构，但颜色变浅，强度相应降低。裂隙面附近风化程度较高，岩石强度也有所降低。

风化深度与地貌条件有关，随地形而异，山脊、山坡、水位埋深大，风

化深；山脚、山间洼地则相反。例如高崇山背斜的石英砂砾岩位于矿区分水岭，地势高，水位埋深大，风化剧烈、整层处于风化带中。铁帽露采场浅部矿体风化呈土状、粉状褐铁矿，松软、强度低。

3.5.4 岩溶和地下水作用

黄龙组白云质灰岩及白云岩是矿区上矿体的直接围岩。矿区西部灰岩裸露，加之硫化矿体氧化作用影响，在次级IV号向斜褶曲轴部形成西高东低的岩溶发育带，发育标高 160~280m，最大溶洞高 17.47m，有含砾粉土或土状褐铁矿充填，含岩溶水，具流动性，直接影响开采。矿区东部的次级IV号向斜褶曲南翼也是一个强岩溶带。由于黄龙组白云质灰岩大部分上覆有双桥山群变质粉砂岩，不利于岩溶发育，所以总体上岩溶发育较弱，含弱裂隙岩溶承压水。余田桥-棋子桥组灰岩为下矿体的间接底板，岩溶较发育，主要在高崇山背斜核部附近，形成北东高、南西低的岩溶条带，富水性中等至强。沿 F2 断层两侧的余田桥一棋子桥组灰岩的岩溶极为发育，形成矿区富水性最强的岩溶含水带，最低标高 54m，远低于矿区自然排水面。后两个岩溶带离矿体较远，对矿床充水无直接影响。

高崇山背斜轴附近的锡矿山组石英砂岩，节理发育，富含裂隙水。双桥山群变质岩系除浅部风化带含弱裂隙水外，基本上是隔水的。

矿区的含水层有统一的地下水位，水力联系密切，水位标高 190~200m，地下水主要由降水补给。

3.5.5 结构面及软弱夹层

根据结构面的规模，矿区内有以下结构面：

1、I 级结构面：

1) F1 断裂面：为区域性的巨大逆掩断层面。总体走向北东东，延长大于 40 公里，倾向北西。结构面光滑，剖面上沿倾向表现为大幅度的不协调波状起伏，沿走向也成波浪状，但幅度较小。断裂带的结构差异性明显，一

般见数厘米至数十厘米的水云母岩化糜棱岩，或仅见密集裂隙带，局部有规模达数米的压碎岩带。风化后结构面显著降低，在浅部 F1 断层下盘的矿体风化成粉状褐铁矿，降低了结构面的结合力，是影响边坡岩体稳定的最主要的结构面。

2) F2 断裂面：为区域性的巨大逆冲断层，延长大于 40 公里，走向北东，倾向北西，倾角陡。断层两侧灰岩岩溶化强烈，透水性好，远离矿体，对开采无直接影响，但起导水作用。

2、II级结构面：

黄龙组与锡矿山组间不整合面。矿区内延长大于 1 公里，产状与上覆黄龙组地层产状一致，呈平缓波状褶曲，紧闭，结合力较强。

3、III级结构面及水云母岩软弱夹层：

为层面及次一级压性、张扭性断裂面，规模较小，延长数十米至百余米。主要有 F3、F4、F5、F6、F7，走向北东及北西的二组断裂面。

软弱夹层为水云母岩，无固定层位，常见于锡矿山组石英砂岩中，黄龙组白云质灰岩中也有分布。形态不一，呈条带状、不规则的透镜状；具页理；常夹有围岩的包体；厚度变化大，数厘米至数米；连续性差；不含水；新鲜面强度尚好；受风化和水的作用会发生崩解、塌落。

4、IV级结构面：

为为数众多的构造节理、风化节理面。这种结构面的组合，能使岩体产生小规模失稳。各岩组的节理裂隙统计结果如下：锡矿山组石英砂岩，主节理为 $20^{\circ}/75^{\circ}$ 和 $75^{\circ}/70^{\circ}$ 两组，其出现频率 10% 以上 3 次节理为 $340^{\circ}/75^{\circ}$ 和 $45^{\circ}/70^{\circ}$ 两组，出现频率 6~10%。节理分布较集中，方向性强，岩组的各向异性较突出。黄龙组白云质灰岩，主节理为 $210^{\circ}/70^{\circ}$ 和 $320^{\circ}/70^{\circ}$ 两组，出现频率 >10%；次要节理为 $80^{\circ}/75^{\circ}$ 和 $350^{\circ}/40^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 两组。节理分布也比较集中，各向异性也比较突出。双桥山群变质粉砂岩，主节理为 $55^{\circ}/65^{\circ}$ 、 $280^{\circ}/40^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 和 $155^{\circ}/80^{\circ}$ 三组，出现频率 6~10%；次要节理为

15°∠80°、320°∠50°~70°和 215°∠50°~60°三组，出现频率 3~6%。此岩组的节理组数多、分散、各向异性不明显；岩体较破碎。全区的节理分布：主节理为 20°∠75°、70°∠70°、200°∠70°三组，其中 20°∠75°和 200°∠70°两组走向相同，倾向相反，是共轭的 X 型节理。次要节理走向 290°和主节理第二组走向 340°代表了矿区的水平方向的剪节理，与矿区的应力相吻合。

5、V 级结构面：

为岩石中的微小节理，延展一般小于 1 米，多不切穿层理，本区以锡矿山组石英砂岩最为发育，次为黄龙组白云质灰岩，致使锡矿山组岩体呈镶嵌、碎块状结构。

4.矿区边坡情况

七宝山铅锌矿经过近三十余年的开采,现状露天采场采坑大致呈椭圆形,椭圆长轴走向约 36° ,东西长约1200m,南北宽约500m的露天采坑,采场周圈为多台阶岩质边坡,台阶高10m,采矿深度近140m,台阶边坡角 $53^{\circ}\sim 68^{\circ}$,工作帮坡角 $15^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 。

露采场由北向南为双桥山群变质粉砂岩及泥质板岩、黄龙组白云质灰岩及锡矿山组石英砂岩、砂砾岩。按采场边坡所在的位置、边坡坡向、坡体物质组成和岩层产状差异等,将现状露天采场周圈边坡大致划分为几个段落分别进行分析评价。通过地质调查,查明每个段落的工程地质情况、地质构造情况、现状边坡形态、高度、坡面倾向、倾角、地层岩性、岩层产状、节理裂隙发育特征、边坡的工程地质灾害及隐患等要素,同时综合分析利用既有地质资料,对所划分的各段落边坡的稳定进行分析评价。

4.1 露天采场边坡特征

1、东南侧边坡

露天采场东南侧边坡(中心坐标: $X=588616.7436$, $Y=3117316.5697$)为人工岩质斜坡,坡体经前期开挖成台阶状,本段边坡最大高程约220m,最低高程约125m,最大坡高约95m,宽度约200m,坡面倾向约 299° ,现状边坡坡度约 $35^{\circ}\sim 50^{\circ}$,边坡地层由上到下主要为第四系坡积碎石土、锡矿山组(D3x)石英砂岩岩组、棋子桥~余田桥组(D2q~D3s)灰岩夹薄层状粉砂岩岩组,下伏双桥山群(Pt2sh)板岩及变质粉砂岩岩组,该段构造发育,存在F1断层,东南侧边坡现场照片详见图4.1-1。



图 4.1-1 东南侧现场照片

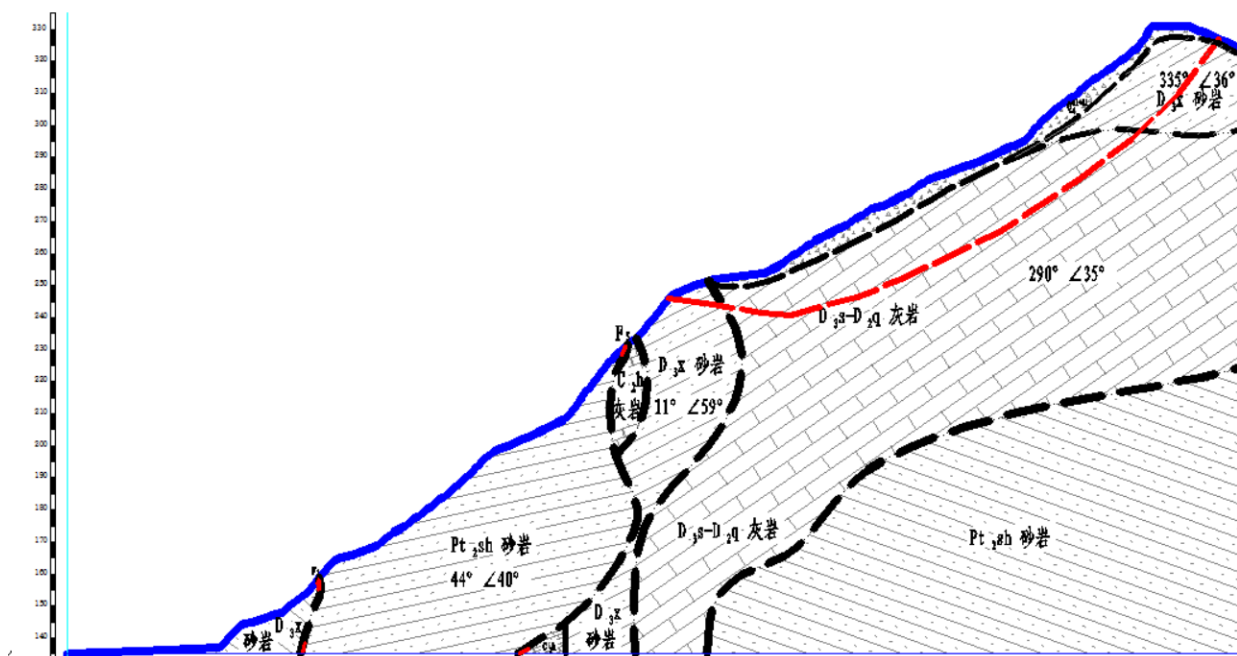


图 4.1-2 东南侧边坡工程地质断面图

2、南侧边坡

露天采场南侧边坡（中心坐标：X=588465.7079，Y=3117192.4441）为

人工岩质斜坡，坡体经前期开挖成台阶状，本段边坡最大高程约 205m，最低高程约 135m，最大坡高约 70m，宽度约 210m，坡面倾向约 302°；现状边坡坡度约 35°~40°；边坡地层由上到下主要为第四系坡积碎石土、锡矿山组（D_{3x}）石英砂岩岩组、棋子桥~余田桥组（D_{2q}~D_{3s}）灰岩夹薄层状粉砂岩岩组，下伏双桥山群（Pt_{2sh}）板岩及变质粉砂岩岩组，该段构造发育，存在 F1 断层。南侧现场照片详见图 4.1-3。



图 4.1-3 南侧边坡现场照片

南侧边坡的工程地质情况详见附图 4.1-4。

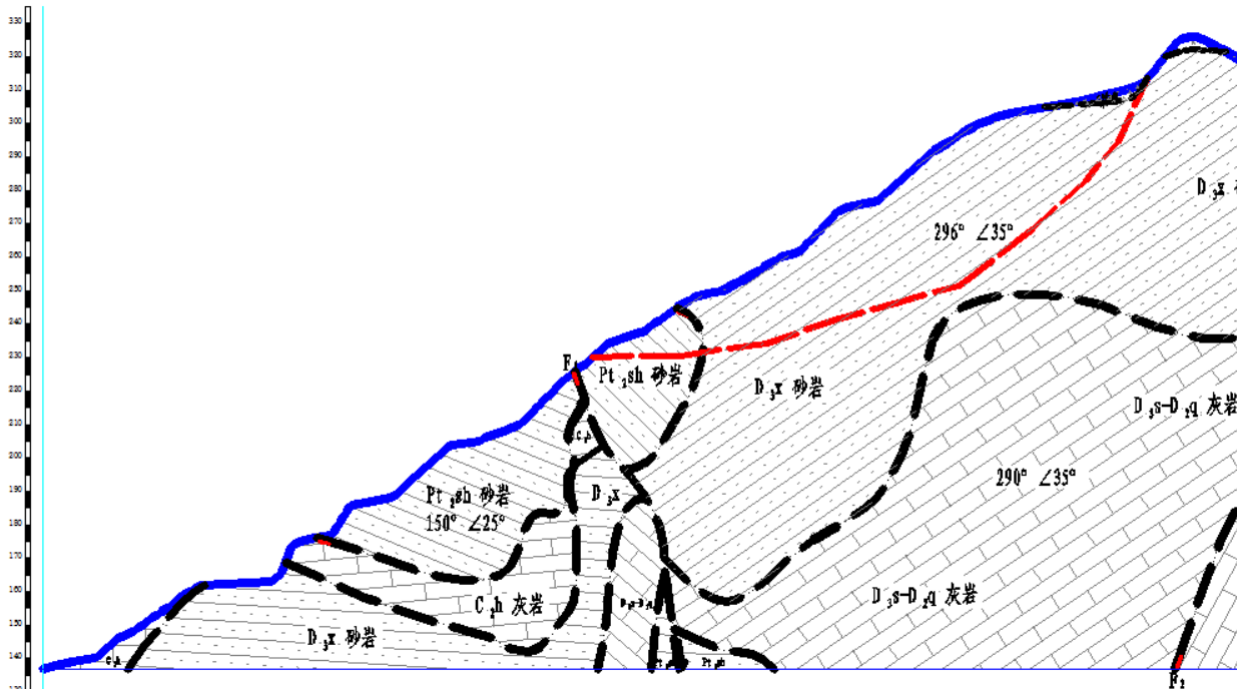


图 4.1-4 南侧边坡工程地质断面图

3、西南侧边坡

露天采场西南侧边坡如图 4.1-5，为人工岩质斜坡，坡体经前期开挖成台阶状，本段边坡最大高程约 275m，最低高程约 135m，最大坡高约 140m，本段边坡宽度约 450m，坡面倾向约 330°，现状边坡坡度约 35°~45°，边坡地层由上到下主要为第四系坡积碎石土、锡矿山组（D_{3x}）石英砂岩岩组、棋子桥~余田桥组（D_{2q}~D_{3s}）灰岩夹薄层状粉砂岩岩组，下伏双桥山群（Pt_{2sh}）板岩及变质粉砂岩岩组，该段构造发育，存在 F1 断层，西南侧边坡工程地质情况详见附图 4.1-6。



图 4.1-5 西南侧边坡

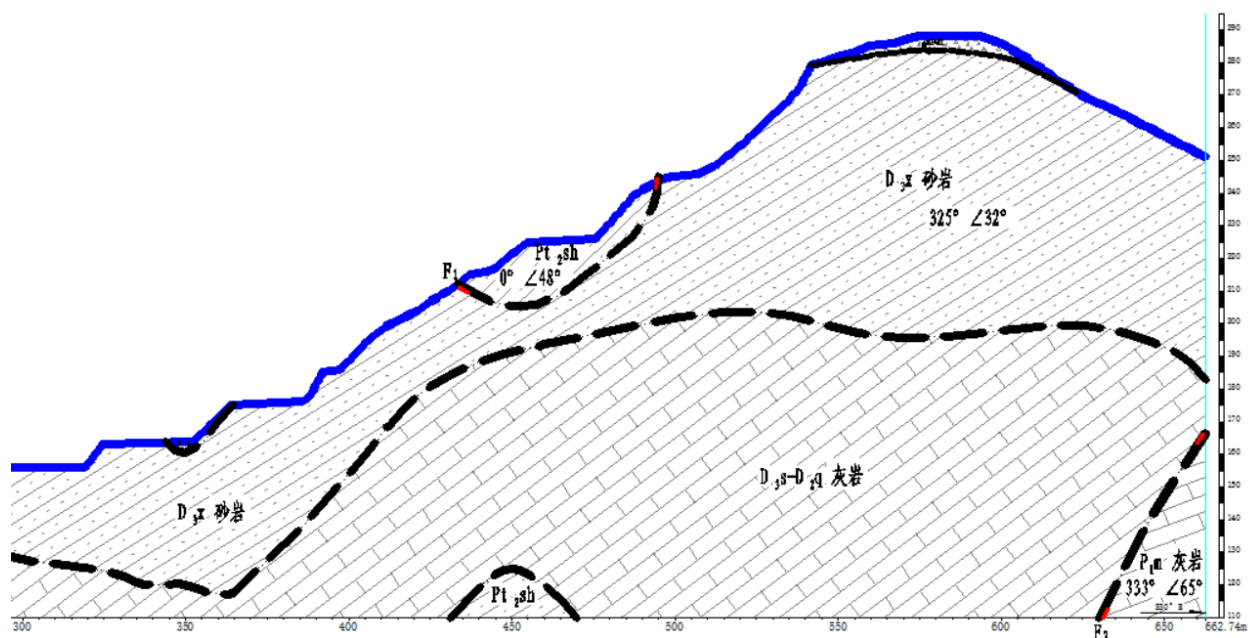


图 4.1-6 西南侧边坡工程地质断面图

4、北侧边坡

露天采场北面，为人工岩质斜坡，坡体经前期开挖成台阶状，由于高程

230m 以上，已有稳定性分析评价报告，故此次分析范围为高程约 230m 以下。边坡最低高程约 137m，最大坡高约 93m，本段边坡宽度约 500m，坡面倾向约 117°，现状边坡坡度约 35°~45°，边坡地层主要为双桥山群（Pt₂sh）板岩及变质粉砂岩岩组，板岩属软岩石、层、片理发育，具层间错动与小断层，结合力差，浅层风化强烈，抗水性差，岩体质量差，沿结构面易掉块及小型坍塌；变质粉砂岩为半坚硬岩石，发育层理为主，片理为次，具层间错动面，浅层风化强烈，裂隙发育，面间结合力低，岩体质量中等。该段构造发育，存在 F1 断层，北侧边坡工程地质情况详见附图 4.1-8。



图 4.1-7 北侧边坡

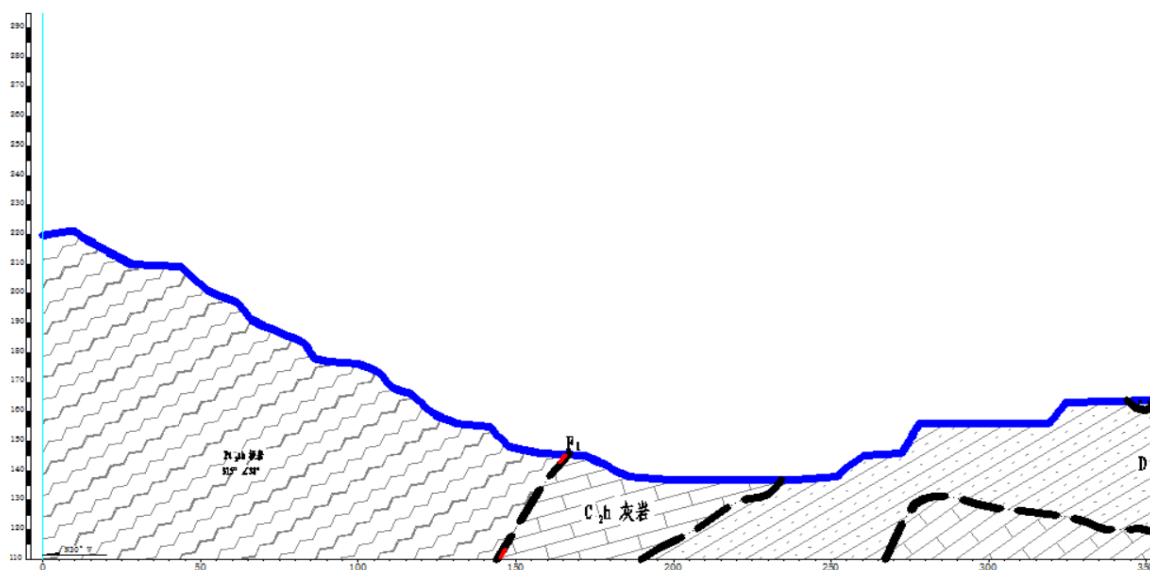


图 4.1-8 北侧边坡工程地质断面图

4.2 影响边坡稳定性的因素

4.2.1 地形条件

露天矿边坡相对高差一般 60~140m，斜坡坡度 35°~50°，局部存在临空面，平整性差，被水冲蚀，形成冲蚀沟，降雨雨水冲蚀边坡。

4.2.2 地层岩性

锡矿山组（D_{3x}）石英砂岩岩组：性脆，呈镶嵌结构，节理密集，连通性强。双桥山群（Pt_{2sh}）板岩及变质粉砂岩岩组：板岩属软岩石、层、片理发育，具层间错动与小断层，结合力差，浅层风化强烈，抗水性差，岩体质量差，沿结构面易掉块及小型坍塌。棋子桥~余田桥组（D_{2q}~D_{3s}）灰岩夹薄层状粉砂岩岩组：坚硬、半坚硬岩石，层理发育，受风化轻微，灰岩的岩溶较发育，主要分布于高崇山背斜及 F2 断层带附近，岩体质量较好，夹水云母透镜体。不同地层的接触面、顺层滑坡中的软弱夹层、切层滑坡中的构造面和软岩组合、高斜陡坡下伏的软弱地层等地质情况都会使边坡存在滑动的可能。软岩和较硬岩的岩性组合也是不稳定边坡形成的主要自然因素之一。另外，表层为洪积碎石和残坡积物，在其与基岩接触面表层渗水和基岩裂隙

水渗透至土体与基岩接触面，在水的作用下或者动荷载的作用下上部岩体可能发生活动。

4.2.3 降水

水是边坡的主要有害因素之一。水会增加岩体的容重、软化岩石、降低岩体的抗剪强度，以及产生对边坡的静水压与动水压作用，从而导致边坡滑动。露天矿滑坡大多发生在雨后、雨季和解冻时期，或因疏干排水方法不当所致。因此水是边坡稳定性极为有害的因素。区内降水量年内分配不均，4~6月为汛期，降雨集中，年降水量平均 1699.1mm，最大 2038.2mm。降水渗入边坡一方面使岩土体的含水率增加、重度增加，另一方面软化结构面，使其强度降低，在重力作用下易发生崩塌和滑动。

4.2.4 人类活动

露天采场边坡为人工边坡，是采矿活动按照开发利用方案的设计下开挖形成的边坡，在采矿活动中，对边坡的影响是不可避免的，尤其是开采过程中爆破作业。露天矿爆破作业对边坡稳定的影响主要表现在两个方面：一是爆破震动力增加了边坡的滑动力，二是爆破作用破坏边坡岩体，降低岩石的强度，使雨水、地下水易于沿爆破裂隙渗透，加速岩体风化。在爆破震动和岩体破坏、强度降低的共同影响下使边坡稳定性降低。其次，边坡中上部的采矿道路通行的大型机械的震动力有时也会影响局部台阶的稳定性。

5. 采场边坡稳定性分析

采场边坡稳定性分析主要基于边坡岩体现状物理力学参数，分析边坡的现状整体稳定性，给出边坡现状稳定性结论。

5.1 边坡岩土体物理力学参数

岩体物理力学强度是决定边坡岩体稳定性的最本质的控制性内在因素，因此只有进行专门的边坡岩体物理力学性质试验，并结合边坡岩（土）体的工程地质特征，如不连续面的结构特征、发育程度及充填物等加以综合分析，最后取得可靠合理的力学强度参数。

本次采场边坡现状岩土体物理力学指标取值主要依据核工业广州工程勘察院于 2013 年 12 月提交的《江铜集团七宝山钴铅锌矿西北边坡稳定性勘察报告》和《江西省上高县七宝山钴铅锌矿区详细勘探地质报告》（江西省地质矿产局赣西地质调查大队，1986 年 12 月），并在此基础上对力学指标进行折减，C 值按照 0.1 倍， φ 值按照 0.8 倍折减。

表 5.1-1 七宝山铅锌矿采场边坡现状岩土体物理力学指标取值表

序号	岩土层名称	饱和抗剪强度		饱和抗拉强度	抗压强度		软化系数 (η)	弹性模量	泊松比
		凝聚力 (C)	内摩擦角 (φ)	(Rt)	干燥 (Rd)	饱和 (Rw)		(E)	(E)
		(Mpa)	($^{\circ}$)	(Mpa)	(Mpa)			(Mpa)	(—)
1	人工填土		30						
2	强风化粉砂岩（含粘土）	0.02	30.4						
3	粉砂岩夹细砂岩	0.25	32.24	1.70	37.5	29.1	0.73	2.48×10^4	0.23
4	粉砂岩	0.26	31.84	1.64	31.2	26.4	0.71	2.52×10^4	0.21
5	细砂岩	0.29	32.96	1.87	40.5	29.5	0.73	2.82×10^4	0.23
6	灰岩	0.90	40.8						
7	石英砂岩	0.77	39.2						
8	白云质灰岩 (C _{2h})	1.50	33.6						
9	泥岩夹灰岩 (P _{1m})	0.60	40.8						
10	板岩	0.1225	36.0						

5.2 边坡稳定性分析

5.2.1 边坡稳定性计算原理

评价边坡稳定性的方法很多，对应不同的力学模型和分析方法都有不同的评价方法。一般说来，边坡稳定性分析有极限平衡法、有限单元法、离散单元法及概率分析等方法。其中极限平衡分析法在工程实践中使用最多，而在对边坡的应力应变特征及变形破坏机理进行评价分析时，有限单元法和离散单元法应用较多。

根据《非煤露天矿边坡工程技术规范》（GB51016-2014）第 5.1.4 条，边坡稳定性分析应该以极限平衡法为主。

极限平衡法是边坡工程分析与设计中最主要和最有效的分析方法，采用瑞典条分法、简化 Bishop 法、简布（Janbu）法等和直线型滑面法来进行评价，经综合比较，本稳定性分析评估采用最常用的、计算精度也较高的简化 Bishop 圆弧法进行计算分析。Bishop 法是圆弧形滑动面的普遍使用的稳定性计算方法，且满足所有条块力的平衡条件，当考虑地震和地下水作用时，其计算公式为：

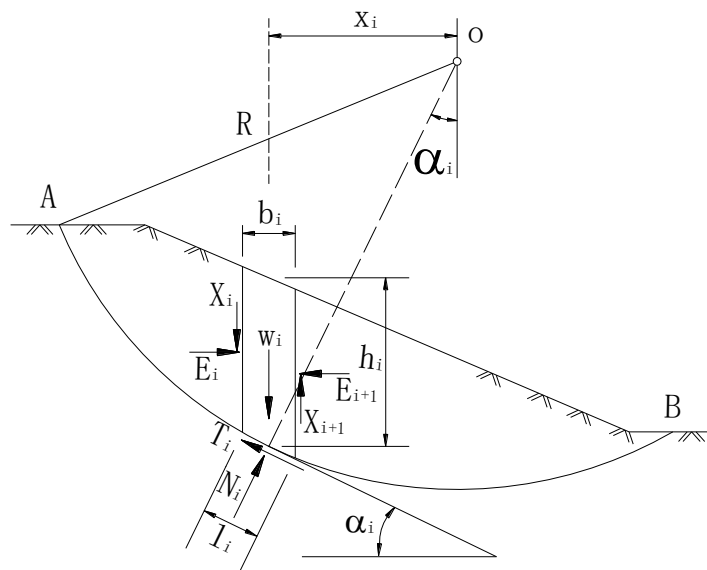


图 5-1 简化 Bishop 法计算简图

$$m_{ai} = \cos \alpha_i + \frac{tg \alpha_i \sin \alpha_i}{F_s}$$

$$F_s = \frac{\sum \frac{1}{m_{ai}} [c_i b_i + W_i \operatorname{tg} \alpha_i]}{\sum W_i \sin \alpha_i}$$

上式中各条块间作用 x_i 是未知的，通过迭代可求出满足每一条块力平衡条件的安全系数 F_i 。精确的 Bishop 法计算比较复杂，为此，Bishop 提出了假定 $x_i=0$ 简化法。各种工程实践研究表明，简化 Bishop 法与精确计算方法的计算成果很接近，因此简化 Bishop 法是计算圆弧型破坏最常用的方法，计算精度也较高。

5.2.2 允许安全系数的确定

边坡允许安全系数是衡量边坡稳定性的最终定量指标，它与边坡稳定性研究各项工作内容的原理、方法、代表性、可靠性以及各项定量参数的取用、边坡的高陡程度和服务年限、工程的重要性等有关，因此，最小允许安全系数的确定是一个非常复杂的专家系统问题。在边坡极限平衡分析中，安全系数 $F=1$ 时，边坡处于极限平衡状态。在理论上，只要 F 稍大于 1 ($F=1+\varepsilon$, ε 为任意小的正数)，边坡就是稳定的；反之，边坡就失稳。但目前对于边坡工程实际问题，人们很难做到恰使边坡安全系数 $F=1+\varepsilon$ 的程度，常使 $F=1+\varepsilon$ (ε 为小于 1 的正数)，以作安全储备。

《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) (2016 年版)，本区抗震设防烈度为 6 度，设计地震分组为第一组，设计基本地震加速度为 0.05g。

七宝山铅锌矿现状为露天开采，《非煤露天矿边坡工程技术规范》(GB51016-2014) 规定的边坡安全系数见表 5.2-1。

表 5.2-1 不同荷载组合下总体边坡的设计安全系数

边坡工程 安全等级	边坡工程设计安全系数		
	荷载组合 I	荷载组合 II	荷载组合 III
I	1.25~1.20	1.23~1.18	1.20~1.15
II	1.20~1.15	1.18~1.13	1.15~1.10
III	1.15~1.10	1.13~1.08	1.10~1.05

注：1、荷载组合 I 为自重+地下水；荷载组合 II 为自重+地下水+爆破振动力；荷载组合 III 为自重+地下水+地震力。2、对台阶边坡和临时性工作帮，允许有一定程度的破坏，设计安全系数可适当降低。

另外，有《有色金属采矿设计规范》（GB 50771-2012）中对边坡稳定性的描述，不同服务年限的边坡稳定性安全系数应满足表 5.2-2 的要求。

表5.2-2 边坡安全系数

边坡类型	服务年限 (a)	稳定系数
边坡上有重要建（构）筑物	>20	>1.4
非工作帮边坡	<10	1.1~1.2
	10~20	1.2~1.3
	>20	1.3~1.4
工作帮边坡	临时	1.0~1.2

根据勘查结果，该边坡属于岩质边坡，依据《非煤露天矿边坡工程技术规范》（GB51016-2014）表3.0.6，边坡工程安全等级确定为II级。依据2013年12月中国恩菲工程技术有限公司提交的《江西铜业集团七宝山矿业有限公司七宝山铅锌矿采选工程》（初步设计书），本矿山服务年限14年，其中稳产期12年，减产期2年。

综合考虑各类因素，将本工程边坡的工程安全系数规定为 ≤ 1.20 。综合认为露天采矿边坡整体稳定性安全系数必须同时满足《非煤露天矿边坡工程技术规范》（GB51016-2014）和《有色金属采矿设计规范》（GB 50771-2012）的要求。

采矿生产爆破与天然地震对边坡稳定性均会产生不利的影 响，该矿区地震烈度为6度，故可以不考虑天然地震力对露天终了开采边坡稳定性的影响。

但爆破动力大小受岩土性质、爆破参数、爆破方法、爆破药量、爆破中心的距离等许多因素影响，参与计算的爆破震动影响系数、衰减系数及爆振频率值需要进行现场爆破震动实测而得到，目前没有这方面的实测值及资料。依据2013年12月的《江西铜业集团七宝山矿业有限公司七宝山铅锌矿采选工程》（初步设计书），鉴于露天开采已经接近稳产期最后几年，本次稳定性分析估算中不再单独考虑生产爆破动力对边坡稳定性的影响，采用7度区（地震峰值加速度取0.15g）地震（荷载组合III）复核露采边坡的稳定性（7度区综合水平地震系数取0.0375）。

5.2.3 计算剖面的确定

依据矿方提供的总平面布置图，本次稳定性分析选取垂直或者近于垂直露天采坑边坡走向布置剖面，分别布置 A-A'剖面、B-B'剖面、C-C'剖面、D-D'剖面、E-E'剖面、F-F'剖面合计六个剖面，为稳定性分析断面的依据，剖面在平面图中的位置如图 5-2 所示。

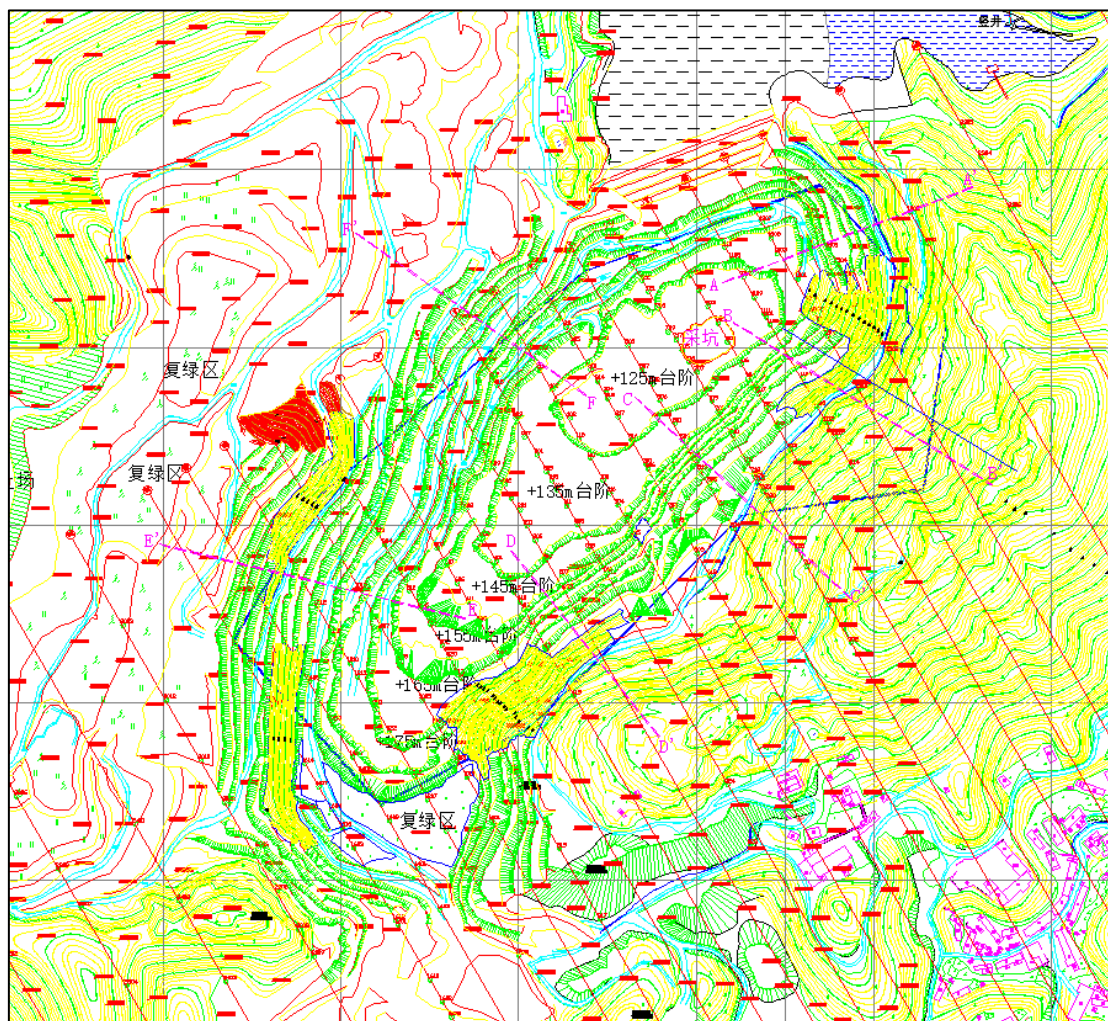


图 5-2 七宝山铅锌矿露天采场边坡稳定性计算剖面位置图

5.2.4 边坡概况及边坡稳定性分析结果

1、A-A'剖面

露天采场东北侧剖面 A-A'所在的边坡为人工岩质斜坡本段边坡最大高程约 250m，最低高程约 128m，最大坡高约 122m，坡面倾向约 239°，现状边坡坡度约 30°~45°。边坡地层由上到下主要为第四系坡积碎石

土、(Pt_{2sh})板岩及变质粉砂岩岩组、(C_{2h})白云质灰岩岩组，该段构造发育，存在F5断层，坡前处分布有少量(D_{3x})石英砂岩岩组。

根据工程地质调绘，坡体顶部出露地层为：第四系坡积碎石土。坡体中上部出露岩土层为：(Pt_{2sh})板岩及变质粉砂岩岩组，产状 205°∠58°。坡体下部岩土层为：(C_{2h})白云质灰岩岩组，产状 320°∠70°；根据结构面产状及坡向等作赤平投影图见图 5-3。由此得出，坡体中上部出露 (Pt_{2sh})板岩及变质粉砂岩岩组，岩层结构面与边坡关系为斜交，斜交角度小于 40°；倾向大体一致，对坡体稳定性不利，岩层结构面的倾角大于边坡坡角；坡体下部岩土层为 (C_{2h})白云质灰岩岩组，岩层结构面与边坡关系为斜交，斜交角度大于 40°；对坡体稳定性有利，岩层结构面的倾角大于边坡坡角。两结构面组合交线与边坡方向基本相同，采场边坡整体为较稳定，但需主要坡面破碎岩体表层溜滑及破碎岩体掉落。A-A'地质剖面图如图 5-4。

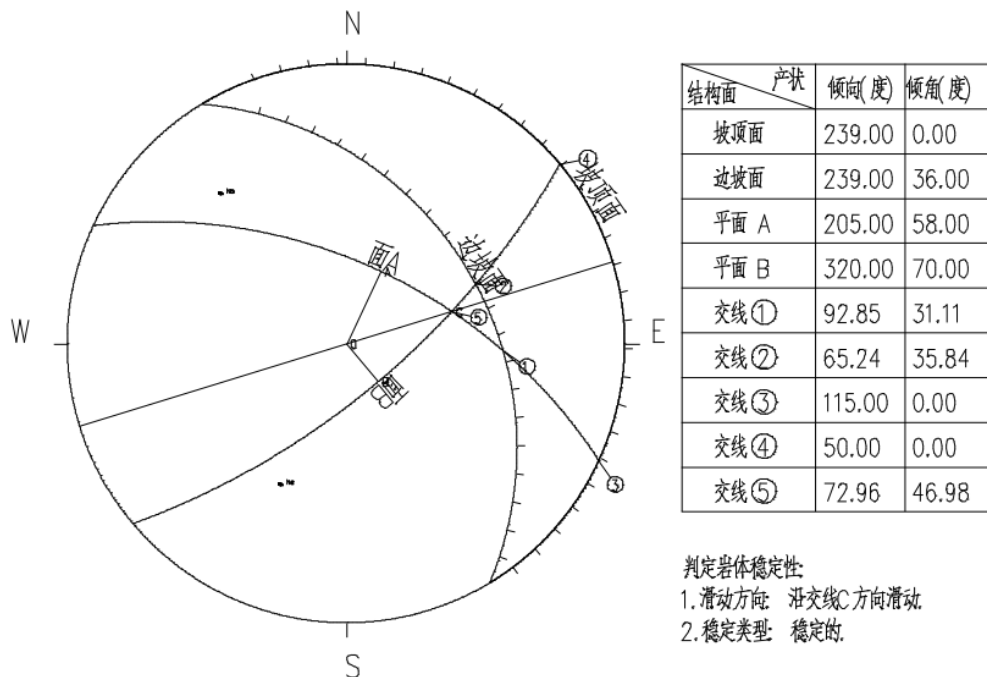


图 5-3 剖面 A-A 赤平极射投影图

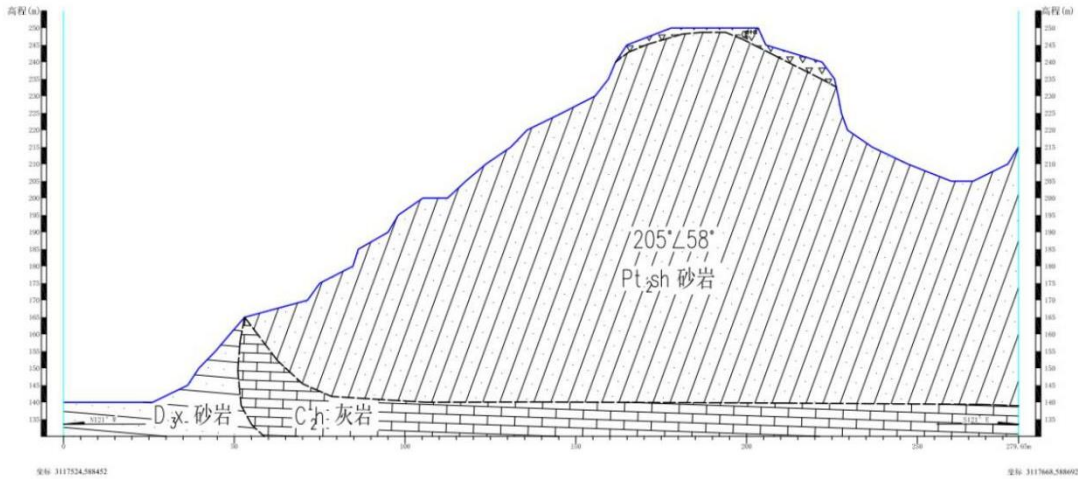


图 5-4 A-A'地质剖面图 (比例 1:1000)

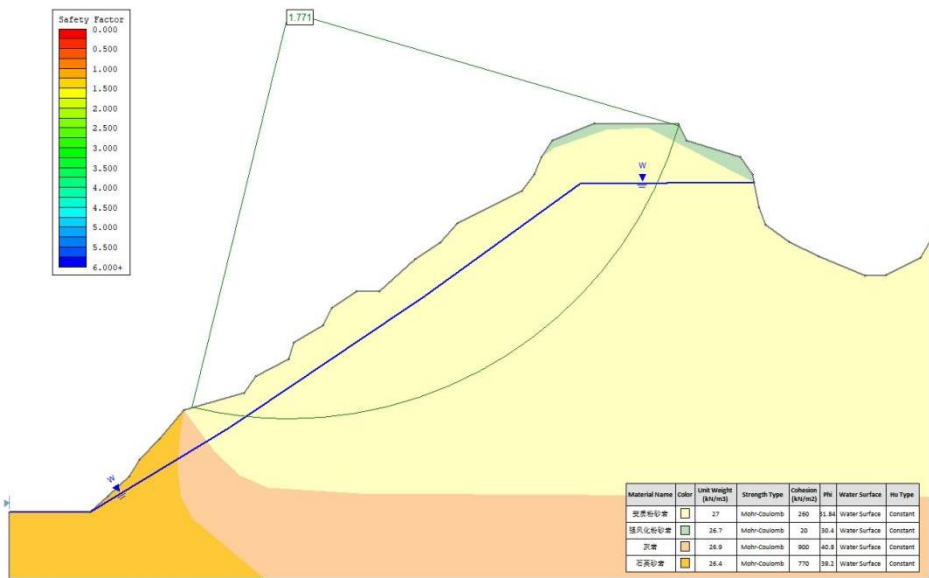


图 5-5 A-A'地质剖面荷载组合I (自重+地下水) 下的边坡稳定性分析

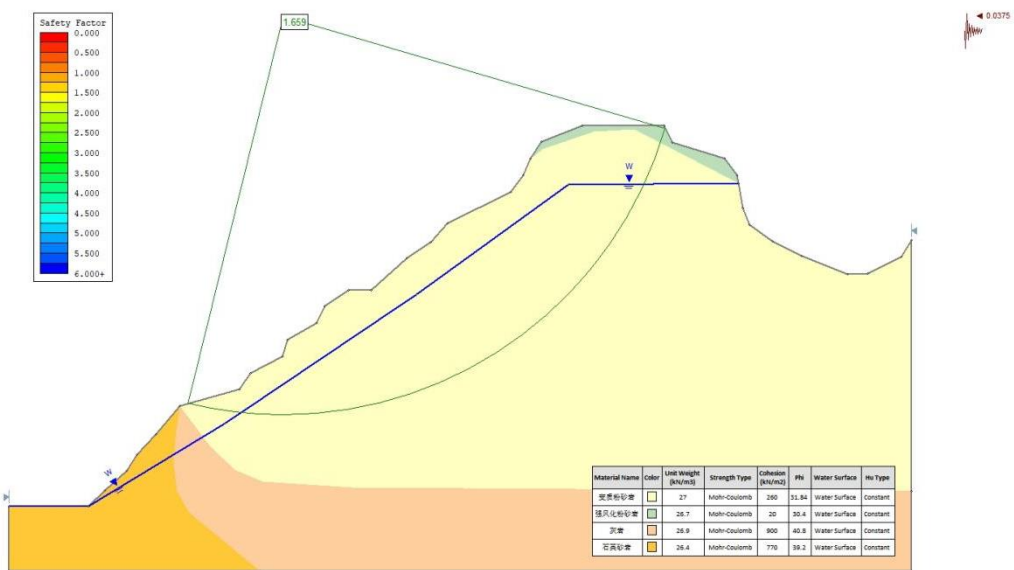


图 5-6 A-A'地质剖面荷载组合III (自重+地下水+地震力) 下的边坡稳定性分析

表 5.2-3 A-A'剖面现状边坡稳定性分析计算结果

工况	荷载组合	计算最小安全系数 F_s	规范规定整体最小安全系数	备注
		简化 Bishop 法		
荷载组合I	自重+地下水	1.771	≥ 1.20	满足
荷载组合III	自重+地下水+地震力	1.659	≥ 1.15	满足

2、B-B'剖面

露天采场东侧剖面 B-B 所在的边坡为人工岩质斜坡，边坡最大高程约 220m，最低高程约 125m，最大坡高约 95m，坡面倾向约 305°，现状边坡坡度约 30°~35°。边坡地层由上到下主要为第四系坡积碎石土、(D_{3x}) 石英砂砂岩岩组、(D_{3s}-D_{2q}) 灰岩夹薄层状粉砂岩岩组、(Pt_{2sh}) 板岩及变质粉砂岩岩组，该段构造发育，存在 F1 和 F5 两处断层，坡前处分布有 (Pt_{2sh}) 板岩及变质粉砂岩岩组。根据工程地质调绘，坡体顶部出露地层为：第四系坡积碎石土。坡体中上部出露岩土层为：(D_{3x}) 石英砂砂岩岩组，产状 320°∠65°。坡体下部岩土层为：(D_{3s}-D_{2q}) 灰岩夹薄层状粉砂岩岩组，产状 290°∠35°，根据结构面产状及坡向等作赤平投影图见图 5-7。

由此得出，坡体中上部出露 (D_{3x}) 石英砂岩组，岩层结构面与边坡关系为斜交，斜交角度小于 40°，倾向大体一致，不利于坡体稳定，岩层结构面的倾角大于边坡坡角；坡体下部岩土层为 (D_{3s}-D_{2q}) 灰岩夹薄层状粉砂岩岩组，岩层结构面与边坡关系为斜交，斜交角度小于 40°，对坡体稳定性不利，岩层结构面的倾角与边坡坡角一致。两结构面组合交线与边坡方向大体相同，边坡整体情况为较稳定，需注意坡面临空出结构面切割产生的局部滑塌。B-B'地质剖面图如图 5-8。

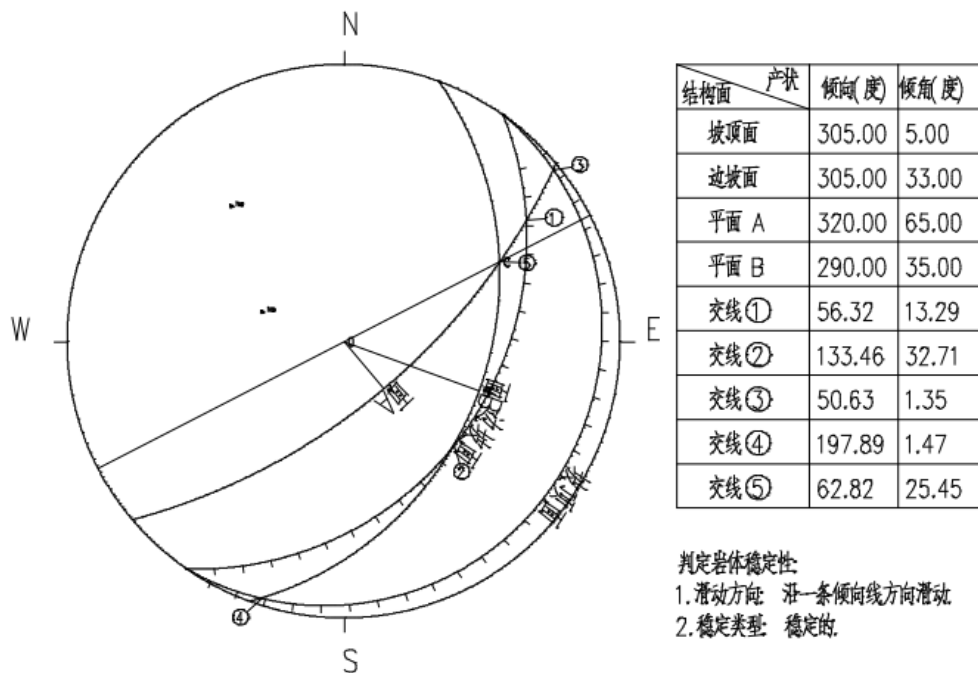


图 5-7 剖面 B-B 赤平极射投影图

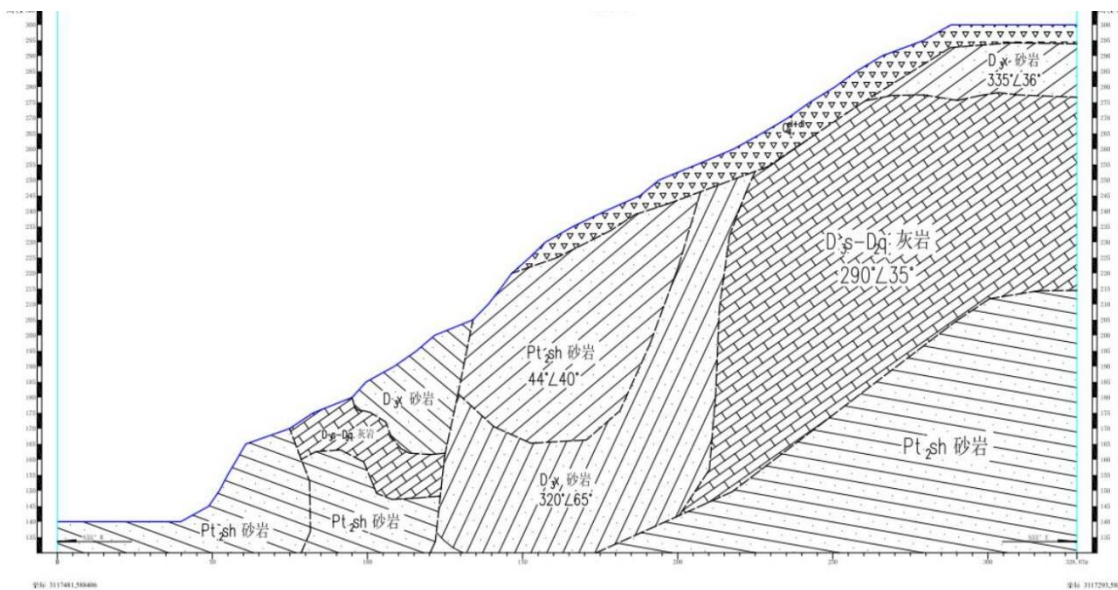


图 5-8 B-B'地质剖面图 (比例 1:1000)

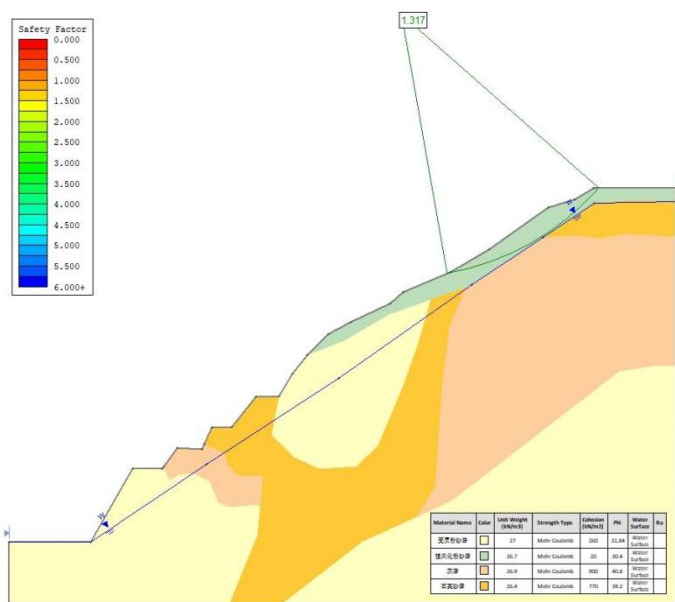


图 5-9 B-B'地质剖面荷载组合I（自重+地下水）下的边坡稳定性分析

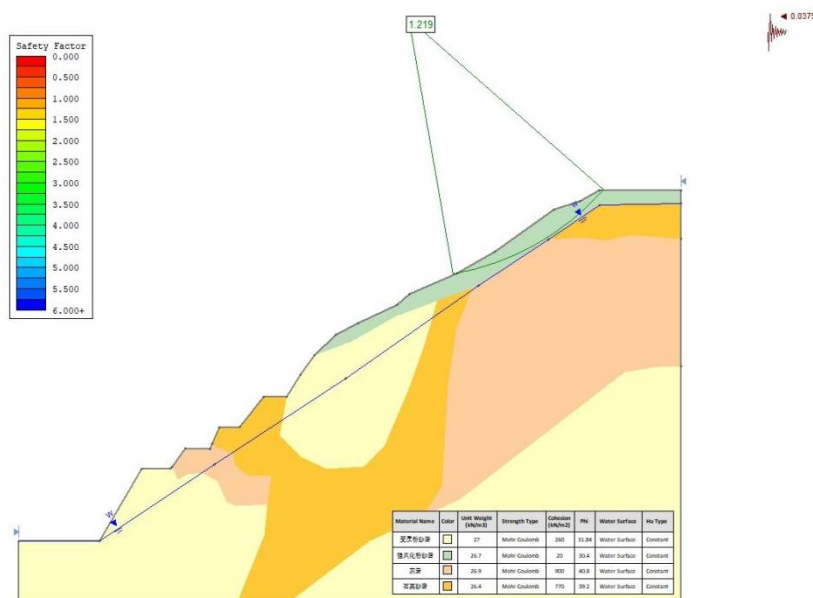


图 5-10 B-B'地质剖面荷载组合III（自重+地下水+地震力）下的边坡稳定性分析

表 5.2-4 B-B'剖面现状边坡稳定性分析计算结果

工况	荷载组合	计算最小安全系数 F_s		规范规定整体最小安全系数	备注
		简化 Bishop 法			
荷载组合I	自重+地下水	1.317		≥ 1.20	满足
荷载组合III	自重+地下水+地震力	1.219		≥ 1.15	满足

3、C-C'剖面

露天采场东侧剖面 C-C 所在的边坡为人工岩质斜坡，边坡最大高程约 220m，最低高程约 128m，最大坡高约 92m，坡面倾向约 313°，现状边坡坡度约 25°~37°。边坡地层由上到下主要为(D3x)石英砂砂岩岩组、(D3s-D2q)

灰岩夹薄层状粉砂岩岩组、(Pt2sh)板岩及变质粉砂岩岩组，该段构造发育，存在 F1 断层，坡前处分布有 (D3x) 石英砂岩岩组。

根据工程地质调绘，坡体中上部出露岩土层为：(D3x) 石英砂岩岩组，产状 $290^{\circ}\angle 35^{\circ}$ 。坡体下部岩土层为：(D3s-D2q) 灰岩夹薄层状粉砂岩岩组，产状 $291^{\circ}\angle 35^{\circ}$ ，根据结构面产状及坡向等作赤平投影图见图 5-11。

由此得出，坡体中上部出露 (D3x) 石英砂岩岩组，岩层结构面与边坡关系为斜交，斜交角度小于 40° ；倾向大体一致，不利于坡体稳定，岩层结构面的倾角大于边坡坡角；坡体下部岩土层为 (D3s-D2q) 灰岩夹薄层状粉砂岩岩组，岩层结构面与边坡关系为斜交，斜交角度小于 40° ，对坡体稳定性不利，岩层结构面的倾角大于边坡坡角；两结构面组合交线与边坡方向大体相同，边坡整体情况为较稳定。

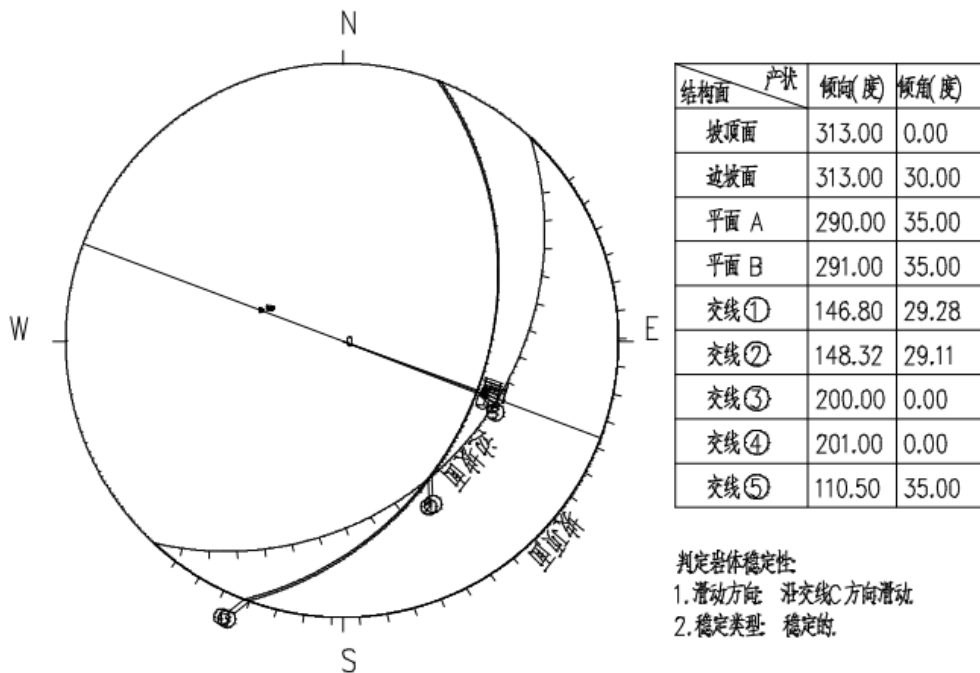


图 5-11 剖面 C-C 赤平极射投影图

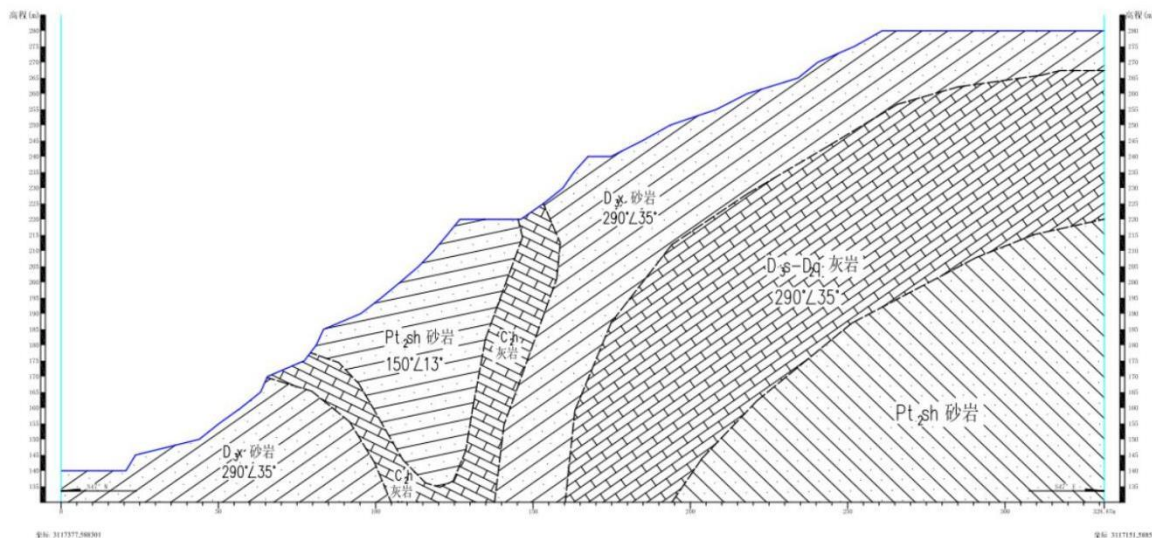


图 5-12 C-C'地质剖面图 (比例 1:1000)

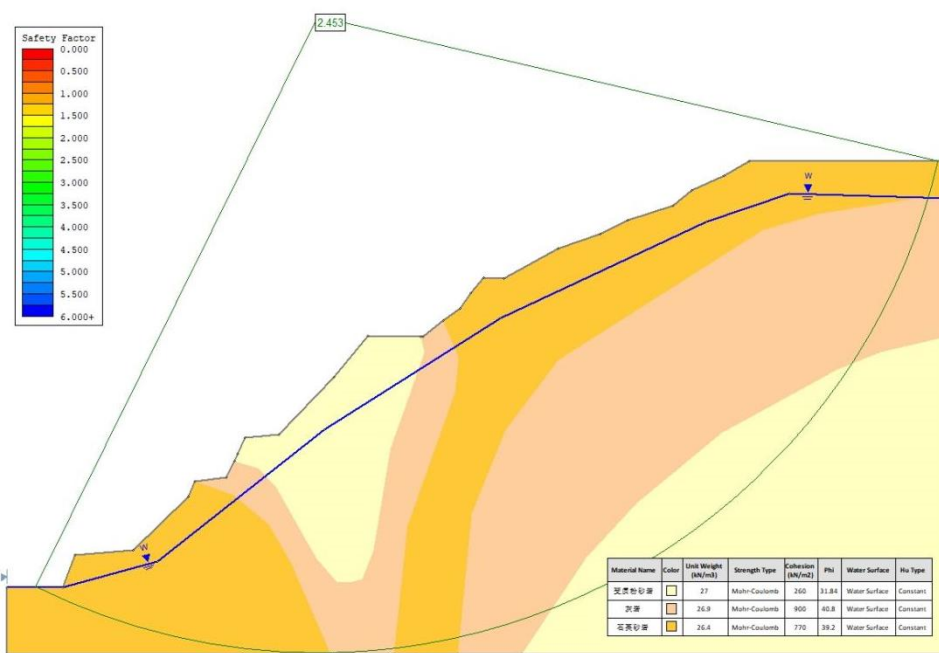


图 5-13 C-C'地质剖面荷载组合I (自重+地下水) 下的边坡稳定性分析

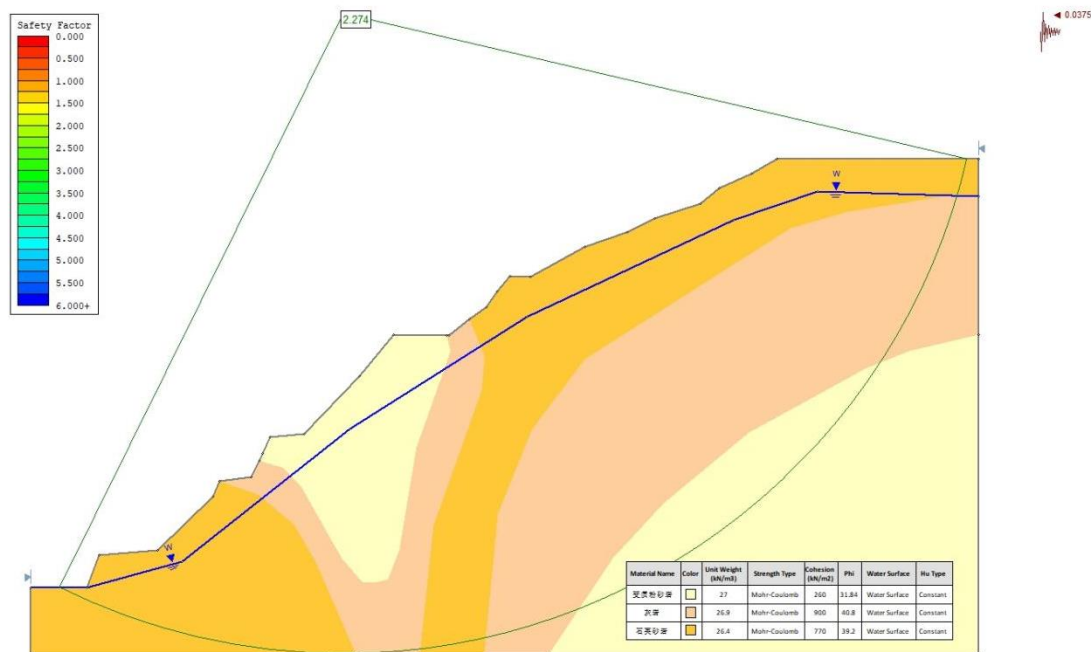


图 5-14 C-C'地质剖面荷载组合III（自重+地下水+地震力）下的边坡稳定性分析

表 5.2-5 C-C'剖面现状边坡稳定性分析计算结果

工况	荷载组合	计算最小安全系数 F_s		规范规定整体最小安全系数	备注
		简化 Bishop 法			
荷载组合I	自重+地下水	2.453		≥ 1.20	满足
荷载组合III	自重+地下水+地震力	2.274		≥ 1.15	满足

4、D-D 剖面

露天采场东南侧剖面 D-D 所在的边坡为岩质斜坡，边坡最大高程约 225m，最低高程约 135m，最大坡高约 90m，坡面倾向约 321°，现状边坡坡度约 25°~35°。边坡地层由上到下主要为（D3s-D2q）灰岩夹薄层状粉砂岩岩组、（P1m）石英砂砂岩岩组、坡角处分布有（Pt2sh）板岩及变质粉砂岩岩组以及（D3x）石英砂砂岩岩组。

根据工程地质调绘，坡体中上部出露岩土层为：（D3s-D2q）灰岩夹薄层状粉砂岩岩组，产状 290°∠35°。坡体下部岩土层为：（P1m）石英砂砂岩岩组，产状 333°∠65°；根据结构面产状及坡向等作赤平投影图见图 5-15。

由此得出，坡体中上部出露（D3s-D2q）灰岩夹薄层状粉砂岩岩组，岩层结构面与边坡关系为斜交，斜交角度小于 40°，倾向大体一致，不利于坡体稳定，岩层结构面的倾角大于边坡坡角；坡体下部岩土层为（P1m）石英砂砂岩岩组，岩层结构面与边坡关系为斜交，斜交角度小于 40°，对坡体稳

定性不利，岩层结构面的倾角大于边坡坡角。两结构面组合交线与边坡方向大体相同，边坡整体情况为较稳定。

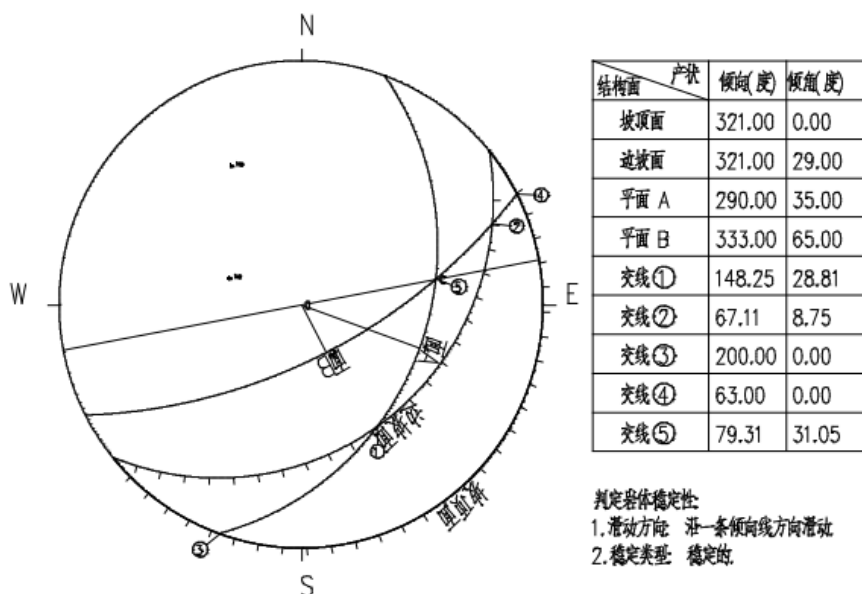


图 5-15 剖面 D-D 赤平极射投影图

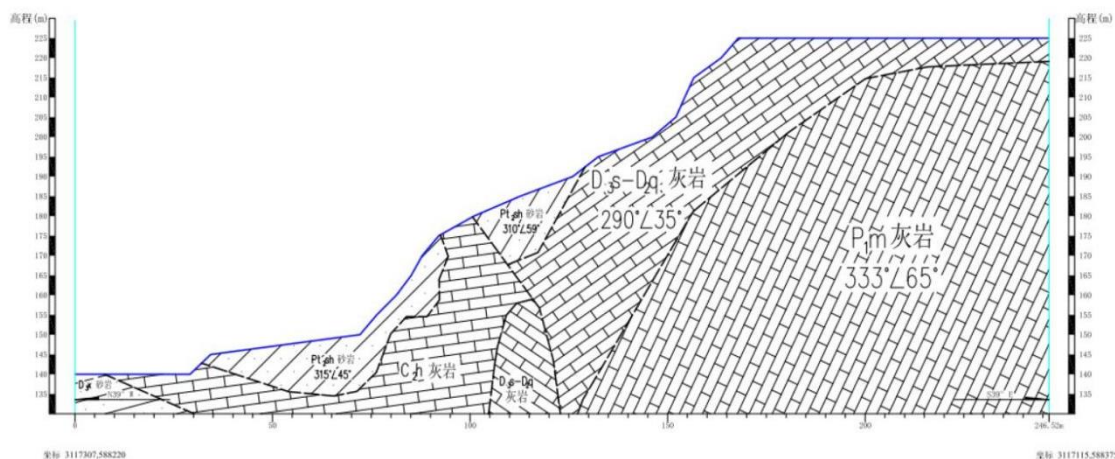


图 5-16 D-D'地质剖面图 (比例 1:1000)

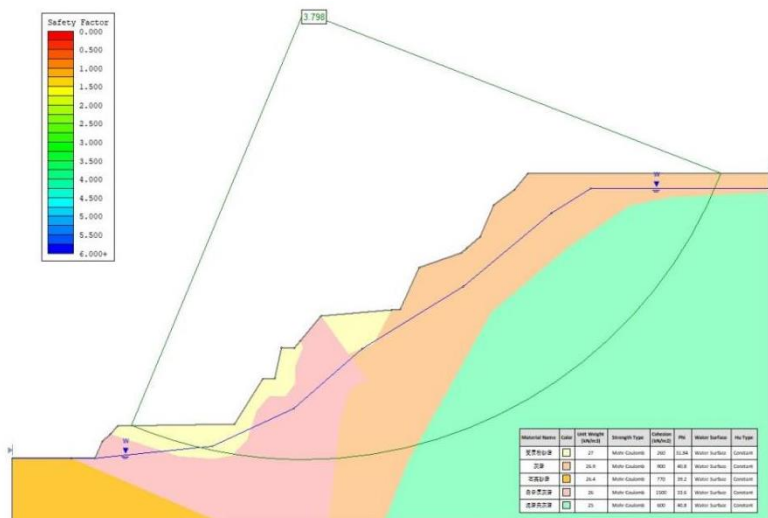


图 5-17 D-D'地质剖面荷载组合I (自重+地下水) 下的边坡稳定性分析

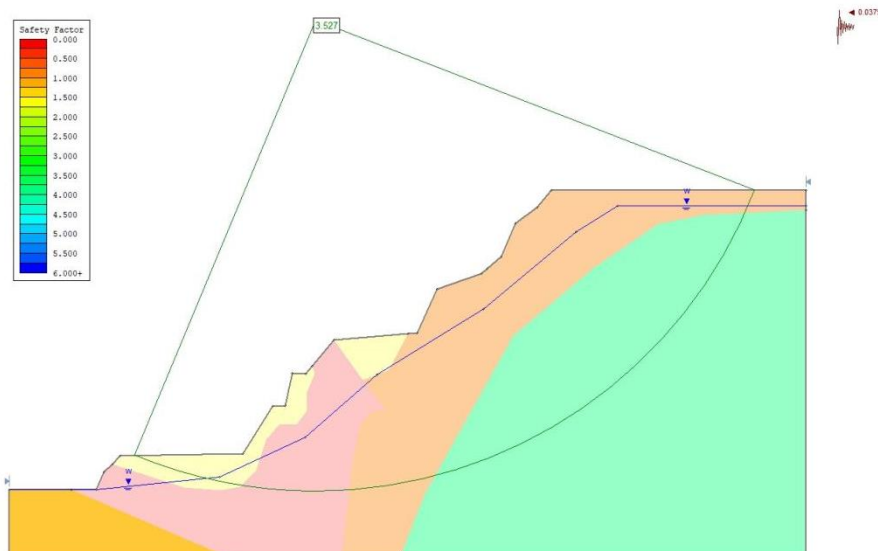


图 5-18 D-D'地质剖面荷载组合III（自重+地下水+地震力）下的边坡稳定性分析

表 5.2-6 D-D'剖面现状边坡稳定性分析计算结果

工况	荷载组合	计算最小安全系数 F_s	规范规定整体最小安全系数	备注
		简化 Bishop 法		
荷载组合I	自重+地下水	3.798	≥ 1.20	满足
荷载组合III	自重+地下水+地震力	3.527	≥ 1.15	满足

5、E-E 剖面

露天采场西南侧剖面 E-E 所在的边坡为岩质斜坡，边坡最大高程约 255m，最低高程约 145m，最大坡高约 110m，坡面倾向约 122°，现状边坡坡度约 20°-35°。边坡地层由上到下主要为 (Pt2sh) 板岩岩组、(Pt2sh) 变质粉砂岩岩组。

根据工程地质调绘，坡体中上部出露岩土层为：(Pt2sh) 板岩岩组，产状 187°∠45°。坡体下部岩土层为：(Pt2sh) 变质粉砂岩岩组，产状 5°∠53°；根据结构面产状及坡向等作赤平投影图见图 5-19。由此得出，坡体中上部出露 (Pt2sh) 板岩岩组，岩层结构面与边坡关系为斜交，斜交角度接近 40°；坡体稳定，岩层结构面的倾角大于边坡坡角，岩层稳定性较好；坡体下部岩土层为 (Pt2sh) 变质粉砂岩岩组，岩层结构面与边坡关系为斜交，斜交角度远大于 40°，对坡体稳定性极有利，岩层结构面的倾角大于边坡坡角。两结构面组合交线与边坡方向几乎平行于边坡面倾向，边坡剖面不会发生滑动，处于稳定状态。

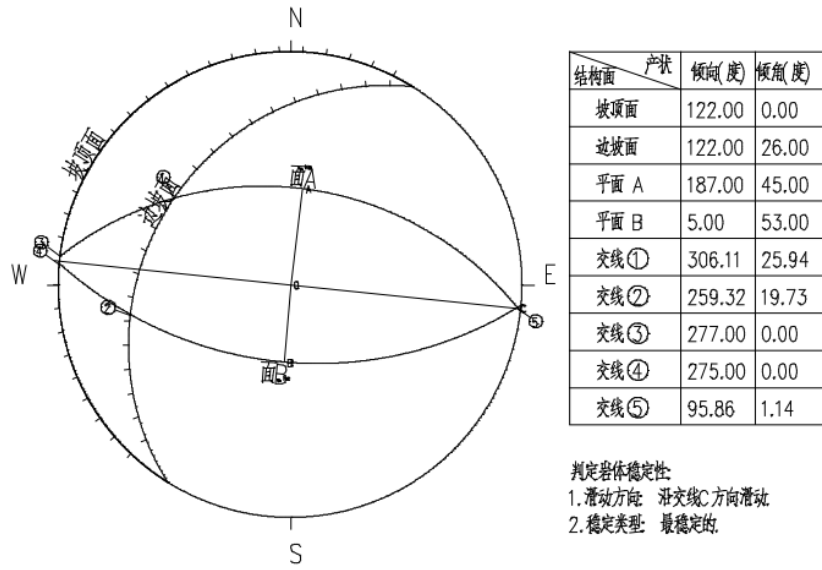


图 5-19 剖面 E-E 赤平极射投影图

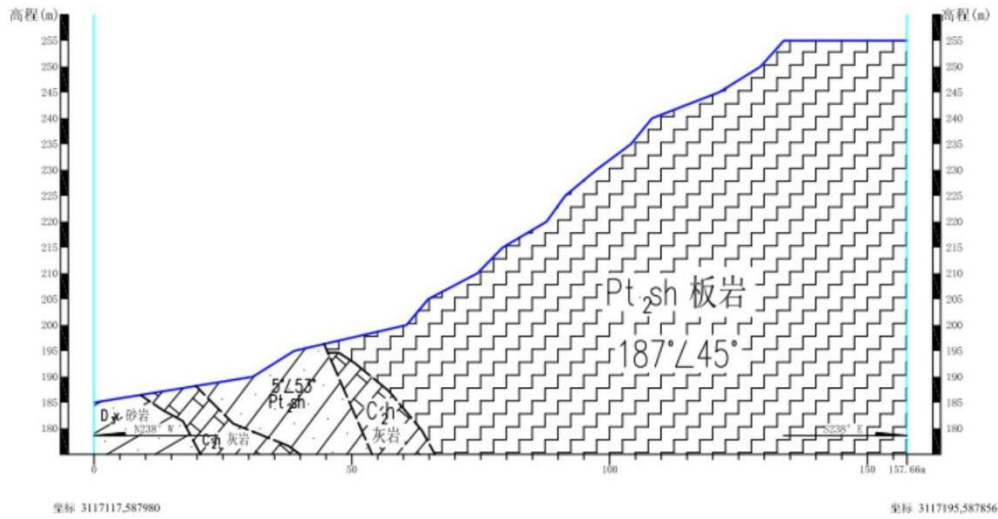


图 5-20 E-E'地质剖面图 (比例 1:1000)

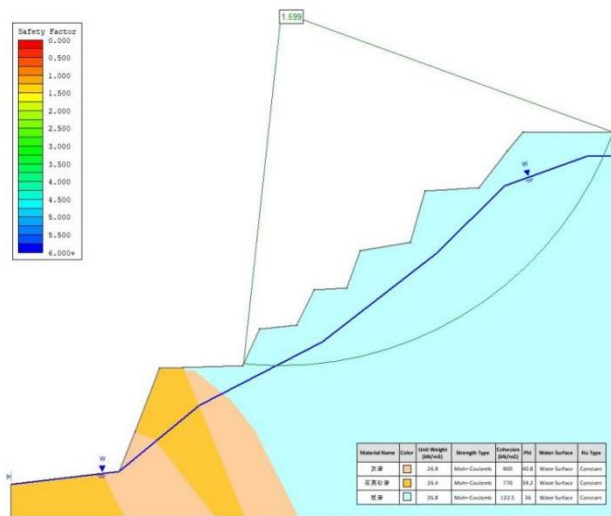


图 5-21 E-E'地质剖面荷载组合I (自重+地下水) 下的边坡稳定性分析

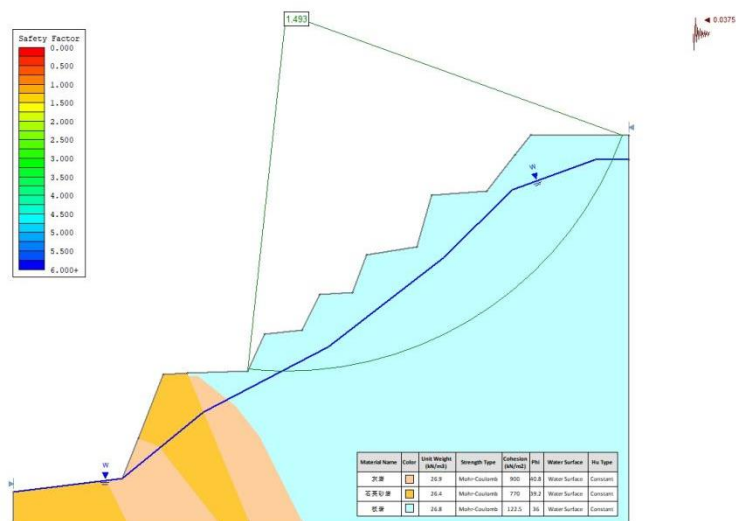


图 5-22 E-E’地质剖面荷载组合III（自重+地下水+地震力）下的边坡稳定性分析

表 5.2-7 E-E’剖面现状边坡稳定性分析计算结果

工况	荷载组合	计算最小安全系数 F_s	规范规定整体最小安全系数	备注
		简化 Bishop 法		
荷载组合I	自重+地下水	1.599	≥ 1.20	满足
荷载组合III	自重+地下水+地震力	1.493	≥ 1.15	满足

6、F-F 剖面

露天采场西侧剖面 F-F 所在的边坡为岩质斜坡，边坡最大高程约 225m，最低高程约 130m，最大坡高约 95m，坡面倾向约 114°，现状边坡坡度约 25°-35°。边坡地层由主要为 (Pt2sh) 板岩岩组。

根据工程地质调绘，坡体出露岩土层为：(Pt2sh) 板岩岩组，产状 315°∠38°。根据结构面产状及坡向等作赤平投影图见图 5-23。

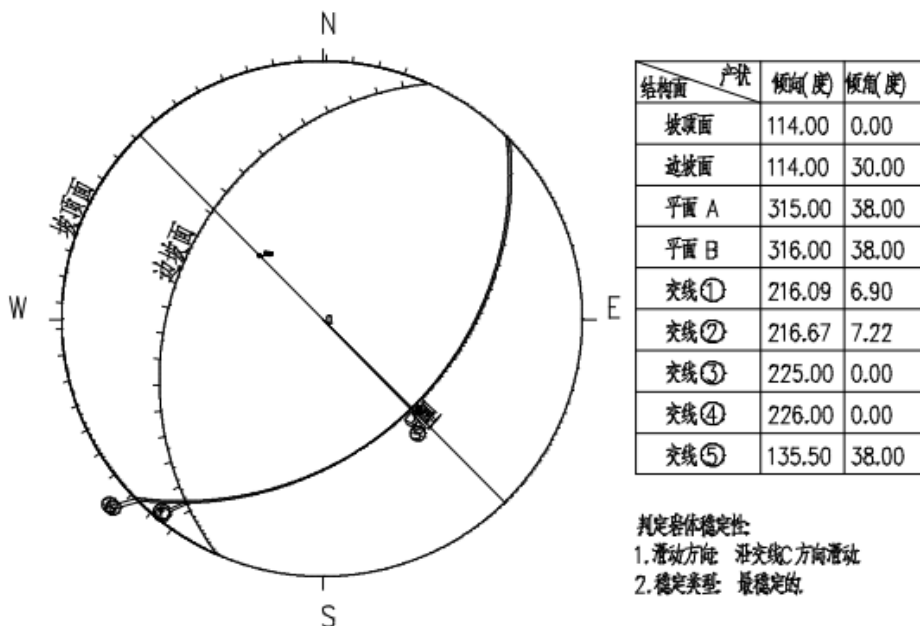


图 5-23 剖面 F-F 赤平极射投影图

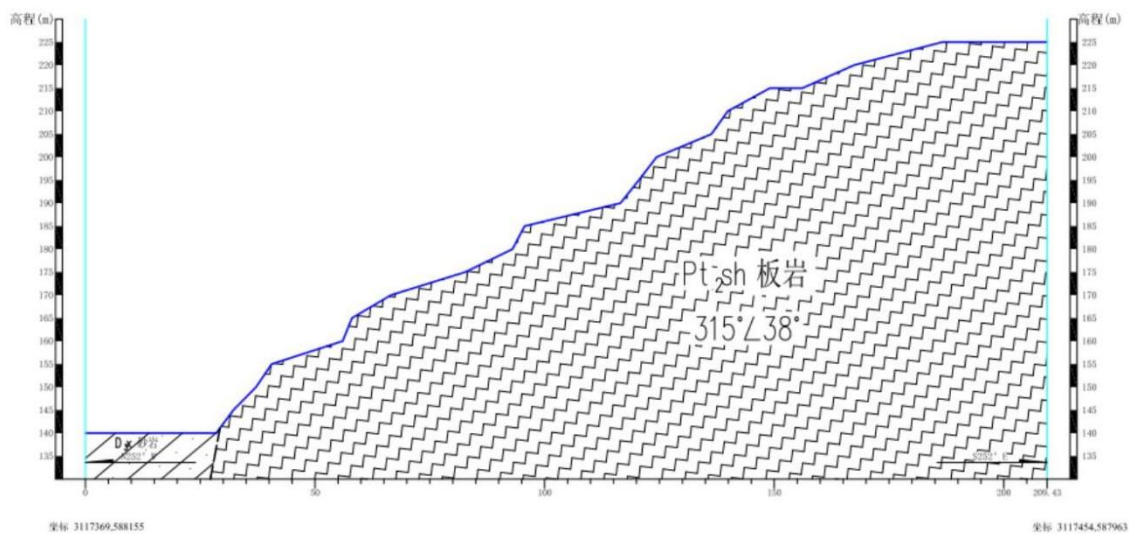


图 5-24 F-F'地质剖面图（比例 1:1000）

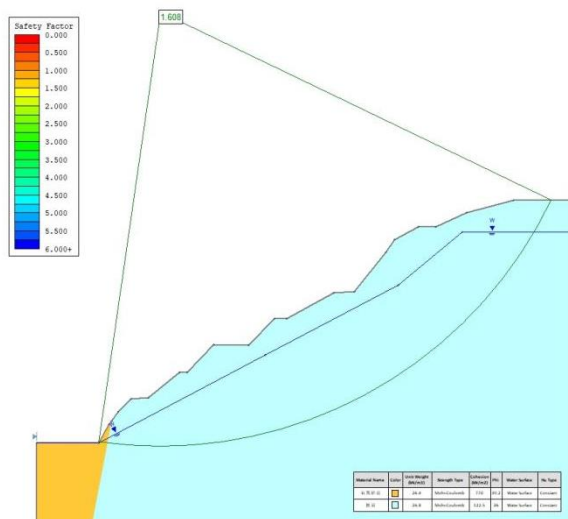


图 5-25 F-F'地质剖面荷载组合I（自重+地下水）下的边坡稳定性分析

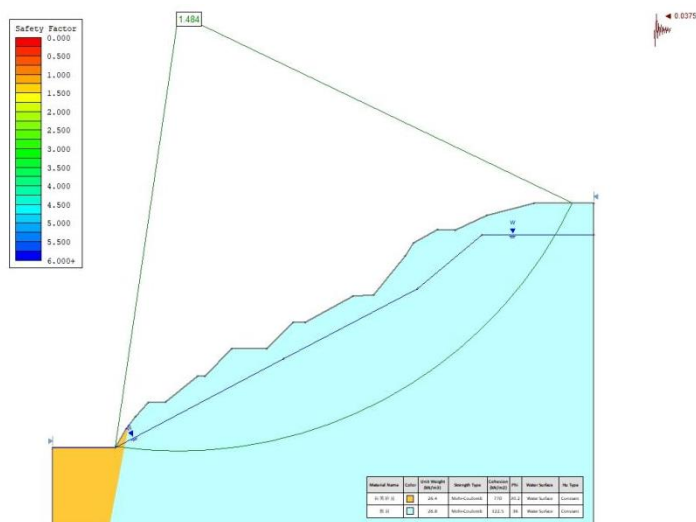


图 5-26 F-F'地质剖面荷载组合III（自重+地下水+地震力）下的边坡稳定性分析

表 5-11 F-F'剖面现状边坡稳定性分析计算结果

工况	荷载组合	计算最小安全系数 F_s	规范规定整体最小安全系数	备注
		简化 Bishop 法		
荷载组合I	自重+地下水	1.608	≥ 1.20	满足
荷载组合III	自重+地下水+地震力	1.484	≥ 1.15	满足

由以上计算结果可见，在荷载组合I（自重+地下水）下，露天采矿场边坡的整体稳定系数在 1.317~3.798 之间，均能满足不小于 1.20 的安全要求；在荷载组合III（自重+地下水+地震力）下，露天采矿场边坡的整体稳定系数在 1.219~3.527 之间，均能满足不小于 1.15 的安全要求。

综合以上，边坡稳定性在不同工况下的计算结果，既能满足《非煤露天矿边坡工程技术规范》（GB51016-2014）的安全要求；同时也满足《有色金属采矿设计规范》（GB 50771-2012）的要求，整体稳定性较好。

本次稳定性分析因所选的剖面数量较少，加之围岩本身的物理力学性质也均为参考相关资料；同时计算结果没有考虑岩体中节理、裂隙、断裂等地质构造的影响，而它们的实际存在往往降低了边坡的整体稳定性，相应也加大了边坡滑坡的可能性；同时还没有考虑该采坑已经存在地表水、地下水向本矿区坑底汇流排泄等实际情况；局部高边坡仍然存在滑落的风险，仍然需要加强监测和制度安全处置措施；鉴于未进行专门的边坡勘察，岩体力学参

数难以较准确确定，因此，计算得到的边坡安全可能与实际工程有出入，建议矿方在以后的边坡稳定性分析工作中加以完善。

5.3 边坡监测工作和主要设备、仪表的选择

随着矿山的继续延深，露天坑最终境界坑底设计标高+105m，届时，边坡局部高差将超过 150m。按照《金属非金属矿山安全规程》(GB16423-2020)、国家矿山安全监察局《国家矿山安全监察局关于开展露天矿山边坡监测系统建设及联网工作的通知》矿安[2023]119 号等相关规程规范和规定，边坡高度超过 150m 以上的，必须设置在线监测系统，监测项目主要包括边坡表面变形、边坡视频图像。无论按照现行国家安全管理政策、规范还是生产安全需要，建立边坡监测系统都是十分必要的。

鉴于七宝山铅锌矿水文地质条件简单、工程地质条件中等，生产期对露天矿边坡进行的稳定性监测，待采场边坡高度达到或超过 150m 后，可选择两~三套全方位边坡稳定监测雷达 SM-ASSR200 进行边坡稳定性监测，全方位边坡雷达采用圆弧合成孔径雷达 (ArcSAR) 体制，具有全方位 360°探测、成像分辨率高、使用部署方便等优点；同时测量精度和数据更新率高，利于边坡稳定早期监测预警。

边坡稳定性雷达监测技术系统使用目的是为可能发生的塌方进行全面的监测，并提供早期预警，以保护现场生产人员和生产设备的安全，最大限度地减少露天矿边坡塌方引起的灾害事故。边坡稳定性雷达监测系统所得到的大量数据对于矿山爆破工艺流程设计也是非常有用的。由于边坡稳定性雷达监测技术可以提供精确、可靠的边坡变形数据，为露天矿边坡坍塌事故机理分析提供依据，从而可逐步改善和优化露天矿边坡的结构参数。

5.4 边坡防护及安全管理

七宝山铅锌矿所在地区降水比较丰富，雨季时，雨水不仅在地表形成径流，冲刷坡面，浸泡岩体，而且径流经节理裂隙渗入地下，浸泡地下岩体，造成岩体蚀化，边坡覆盖后能够减少地表水的冲蚀和入渗，减缓边坡的蚀化

速度。

边坡防护常用的护坡措施有工程护坡、植物护坡和植物工程护坡三种。鉴于露天开采接近尾声，建议开始对现有坡面覆盖绿化、截排水设施等。

坡面防护绿化措施：对于已经绿化的坡面，应进行修缮浇灌系统，对绿化缺失部位应进行补种、移植、土工格室植草；对于尚未采取坡面防护绿化措施的边坡应进行铺网和绿化。

截排水措施：应对采场截排水系统进行统一规划，尽量已有的截排水沟，将边坡汇流雨水自流至坑外，当自流坡度不足或截水沟中间地段标高较低或损坏时，应采用导流沟（管）将本台阶截流的水排至下一台阶截排水沟或采场坑底集水坑中排往坑外；对于截排水沟不足部位，应增添截排水沟，截排水沟应采用防酸混凝土浇筑维护和修缮好已有的水平排水孔、集水井和导水管，对于常年涌水部位应增加集水井和坡面导水沟（管）。

坑底集水井应建在稳固地段，集水井应牢固可靠，避免集水井与地下连通，周边边坡流入坑底集水井的导水沟（管）应完好有效，并与坑底集水井无缝对接，避免集水流入坑下。

对边坡进行日常的维护，建立严格的管理制度，进行规范化管理是十分重要的。在防护工程实施时，由于生产和工程存在着平行作业或由于边坡陡峭，无法施工时，需要建立临时机台和采取临时防护措施。

5.5 存在的问题与建议

1、由于矿体埋藏深、工程地质及地质构造条件复杂，不可能通过几次边坡稳定性分析，就能全面分析清楚矿山生产中的边坡围岩稳定性问题，可以预见，在矿体开采的过程中必然会碰到一些相关的工程地质问题，诸如岩体失稳等将会直接影响生产的安全。

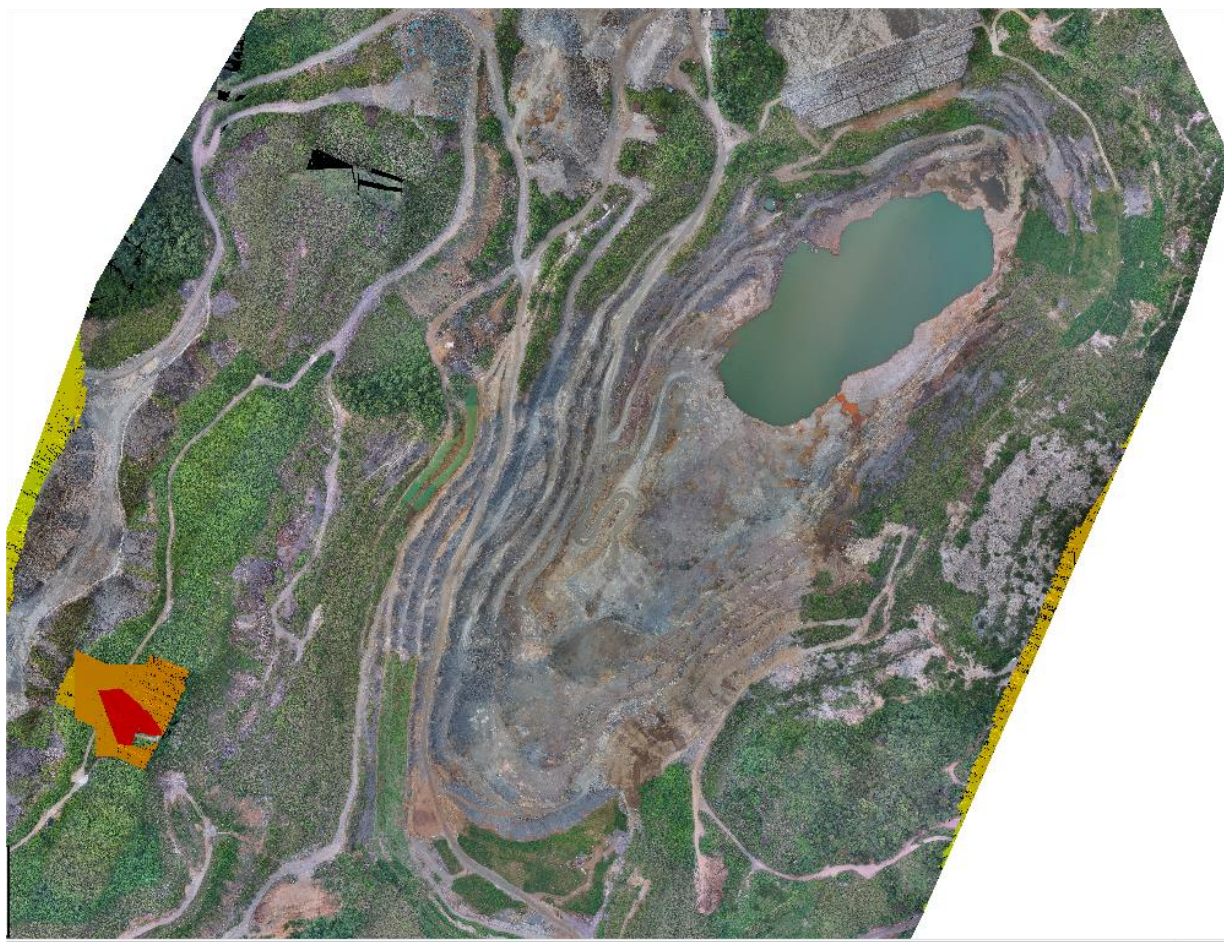
2、本露采边坡高度大、地质情况复杂，要求进行不定期巡查和每年至少完成一次边坡稳定性分析，年度边坡稳定性分析报告应设立专章分析近一年的边坡监测情况，并提出下一年度预警值设置建议；同时针对不同位置的

危岩、崩塌体提出相应的处置措施，以策安全。

3、矿山的生产存在一定的地质灾害风险，在建设和生产过程中，应根据矿区的地理、地质等条件，研究考虑防治地质灾害的各项措施，将防灾、减灾措施纳入到生产过程的各个环节。

6 现场工作照片





采矿场无人机照片