

安徽东方钙业有限公司
棠溪石灰石矿采场边坡

稳定性分析报告

安徽正信科技有限公司
证书编号：APJ—（皖）—011
二〇二六年四月

安徽东方钙业有限公司

棠溪石灰石矿采场边坡

稳定性分析报告

工程编号：ZXAP-2026-3017

法定代表人：董书满

技术负责人：董书满

项目负责人：方 敏

二〇二六年四月

安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿采场边坡

稳定性分析报告项目组人员

项目	姓名	资格证书号	专业	签字
项目负责人	方 敏	1902000000101872	电气	
项目组成员	吴光辉	1200000000100003	机械	
	袁成龙	1700000000200514	采矿	
	吴鹏程	1500000000300416	通风	
	黄 凯	1100000000202027	地质	
	王陈红	1700000000300668	安全	
报告编制人	方 敏	1902000000101872	电气	
	吴鹏程	1500000000300416	通风	
报告审核人	付道军	1700000000200889	水工结构	
过程控制负责人	王 京	1912000000201038	安全	
技术负责人	董书满	1902000000101871	采矿	

前言

为认真贯彻《安全生产法》《矿山安全法》《金属非金属矿山安全规程》（GB16423-2020）等金属非金属矿山安全生产法律、法规和规定，预防事故的发生，保障矿山安全生产，保护从业人员生命和财产安全，受安徽东方钙业有限公司委托，我公司对其棠溪石灰石矿采场现状边坡的稳定性进行分析，其目的是贯彻“安全第一、预防为主、综合治理”的方针，对目前矿山采场边坡现状存在的主要问题提出安全对策措施，以利于提高系统的本质安全程度，满足安全生产要求。

非煤矿山采场边坡稳定性分析是以实现非煤矿山采场边坡工程、系统安全为目的，应用安全系统工程原理和方法，对采场边坡使用过程中可能存在的危险、有害因素进行辨识与分析，判断系统发生事故的可能性及其严重程度，为今后矿山采场边坡的安全运行和管理提供建设性意见，以达到最低事故率、最少损失和最优的安全投资效益的目的。

按照相关要求，我公司成立了稳定性分析项目组，对该矿采场现状边坡稳定性进行分析工作。评价组收集了国家有关法律、法规、技术标准和规范，并编制了现场调查表，确定评价程序和方法，项目组人员于2026年4月8日进入该矿现场，进行了现场调查和资料收集，对调查中发现的主要问题书面反馈到矿。4月17日项目组相关人员再次进入该矿现场，对其存在问题整改情况进行复核确认。

评价组在调查、收集资料的基础上，对该矿山采场现状边坡的安全管理、安全设施、现场作业等系统的主要危险、有害因素进行辨识与分析，在此基础上采用定性定量的分析方法进行稳定性分析，查找出存在问题与隐患，并提出安全对策措施及建议，形成评价结论，编制了《安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿采场边坡稳定性分析报告》。

项目组在进行安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿采场现状边坡稳定性分析过程中，得到了安徽东方钙业有限公司领导、职工的大力支持，在此表示感谢。

目 录

1. 编制说明	1
1.1 稳定性分析对象及范围	1
1.2 稳定性分析依据	1
1.3 稳定性分析目的	6
1.4 稳定性分析内容	6
1.5 稳定性分析程序	6
2. 项目概况	9
2.1 矿山简介	9
2.2 矿区地质概况	11
2.3 矿山开采技术条件	17
2.4 设计与现状概述	22
3. 主要危险、有害因素辨识	32
3.1 自然灾害方面的主要危险、有害因素	32
3.2 滑坡和泥石流方面的主要危险、有害因素	32
3.3 地质方面的主要危险、有害因素	32
3.4 其他方面的主要危险、有害因素	33
3.5 安全管理方面的主要危险、有害因素	33
4. 稳定性分析单元划分及方法选择	34
4.1 稳定性分析单元划分	34
4.2 稳定性分析方法的选择	34
5. 定性、定量稳定性分析	37
5.1 安全检查表法	37
5.2 事故树分析	46
5.3 采场边坡稳定性定量分析	47
5.4 采场边坡安全监测等级	55
6. 安全对策措施	58
6.1 安全管理措施	58
6.2 安全技术措施	58

7 稳定性分析结论与建议·····	61
7.1 安全管理体系符合性分析结论·····	61
7.2 采场边坡系统符合性分析结论·····	61
7.3 建议·····	61

一、附件

- 1、委托书。
- 2、营业执照、采矿许可证和安全生产许可证复印件。
- 3、主要负责人和安全生产管理人员登记表及合格证书复印件。
- 4、特种作业人员登记表及操作证书复印件。
- 5、矿山救护协议及应急预案备案登记表。
- 6、边坡相关监测记录。
- 7、现场勘查照片。

二、附图

- 1、开采现状平面图（含 A-B-C 线剖面图）。

1 编制说明

1.1 稳定性分析对象及范围

根据委托合同书，本次稳定性分析对象为安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿采场现状边坡，分析范围为安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿采场现状边坡稳定性。

1.2 稳定性分析依据

1.2.1 有关法律、法规、规章及规范性文件

1) 法律

(1) 《中华人民共和国矿产资源法》（中华人民共和国主席令第 36 号发布，主席令第 74 号第一次修正，主席令 18 号第二次修正，中华人民共和国第十四届全国人民代表大会常务委员会第十二次会议于 2024 年 11 月 8 日修订，2025 年 7 月 1 日起施行）；

(2) 《中华人民共和国安全生产法》（中华人民共和国主席令第 70 号发布，主席令第 18 号修正，主席令第 13 号修正，主席令第 88 号修正，2021 年 9 月 1 日起施行）；

(3) 《中华人民共和国消防法》（中华人民共和国主席令第 4 号发布，主席令第 6 号、第 29 号修正，第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议修正，2021 年 4 月 29 日起施行）；

(4) 《中华人民共和国劳动法》（中华人民共和国主席令第 28 号发布，主席令第 18 号、主席令 24 号修正，2018 年 12 月 29 日起施行）；

(5) 《中华人民共和国特种设备安全法》（中华人民共和国主席令第 4 号发布，2014 年 1 月 1 日起施行）；

(6) 《中华人民共和国矿产资源法》（中华人民共和国主席令第 36 号发布，主席令第 74 号第一次修正，主席令第 18 号第二次修正，2009 年 8 月 27 日起施行）；

(7) 《中华人民共和国矿山安全法》（中华人民共和国主席令第 65 号发布，主席令第 18 号修正，2009 年 8 月 27 日起施行）。

2) 行政法规

(1) 《生产安全事故应急条例》（国务院令第 708 号，2019 年 4 月 1 日起施行）；

(2) 《民用爆炸物品安全管理条例》（国务院令第 466 号，国务院令第 653 号修正，2014 年 7 月 29 日起施行）；

(3) 《安全生产许可证条例》（国务院令第 397 号，国务院令第 638 号和第 653 号修订，2014 年 7 月 29 日起施行）；

(4) 《工伤保险条例》（国务院令第 375 号颁布，国务院令第 586 号修订，2011 年 1 月 1 日起施行）；

(5) 《特种设备安全监察条例》（国务院令第 373 号，第 549 号修订，2009 年 5 月 1 日起施行）；

(6) 《生产安全事故报告和调查处理条例》（国务院令第 493 号，2007 年 6 月 1 日起施行）。

3) 地方性法规

(1) 《安徽省安全生产条例》（安徽省人民代表大会常务委员会公告（十四届）第 24 号，2024 年 7 月 1 日起施行）；

(2) 《安徽省非煤矿山管理条例》（安徽省人民代表大会常务委员会公告第 25 号，2015 年 5 月 1 日起施行）。

4) 部门规章

(1) 《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》（应急管理部令第 19 号，2026 年 6 月 1 日起施行）；

(2) 《矿山救援规程》（应急管理部令第 16 号，2024 年 7 月 1 日起施行）；

(3) 《生产安全事故应急预案管理办法》（原国家安全生产监督管理总局令第 88 号，应急管理部令第 2 号修正，2019 年 9 月 1 日起施行）；

(4) 《安全评价检测检验机构管理办法》（应急管理部令第 1 号，2019 年 5 月 1 日起施行）；

(5) 《安全生产培训管理办法》（原国家安全生产监督管理总局令第 20 号，原国家安全生产监督管理总局令第 44 号，第 63 号和第 80 号修正，2015 年 7 月 1 日起施行）；

(6) 《生产经营单位安全培训规定》（原国家安全生产监督管理总局令第 3 号，第 63 号和第 80 号修正，2015 年 7 月 1 日起施行）；

(7) 《非煤矿山企业安全生产许可证实行办法》（原国家安全生产监督管理总局令第 20 号，第 78 号修正，2015 年 7 月 1 日起施行）；

(8) 《非煤矿山外包工程安全管理暂行办法》（原国家安全生产监督管理总局令第 62 号，第 78 号修正，2015 年 7 月 1 日起施行）；

(9) 《金属非金属矿山建设项目安全设施目录（试行）》（原国家安全生产监督管理总局令第75号，2015年7月1日起施行）。

5) 规范性文件

(1) 《国家矿山安全监察局综合司关于进一步加强矿山隐蔽致灾因素普查工作的通知》（矿安综函〔2024〕259号）；

(2) 《国家矿山安全监察局关于进一步加强非煤矿山安全生产行政许可工作的通知》（矿安〔2024〕70号，2024年6月28日起施行）；

(3) 《国家矿山安全监察局关于印发2024年矿山安全先进适用技术及装备推广目录与落后工艺及设备淘汰目录的通知》（2024年6月17日起施行）；

(4) 《国家矿山安全监察局关于印发〈金属非金属矿山重大事故隐患判定标准补充情形〉的通知》（矿安〔2024〕41号，2024年4月23日起施行）；

(5) 《国家矿山安全监察局关于加强矿山应急救援工作的通知》（矿安〔2024〕8号，2024年3月1日起施行）；

(6) 《国务院安全生产委员会印发〈关于防范遏制矿山领域重特大生产安全事故的硬措施〉的通知》（安委〔2024〕1号，2024年1月16日起施行）；

(7) 《国家矿山安全监察局关于印发〈防范非煤矿山典型多发事故六十条措施〉的通知》（矿安〔2023〕124号，2023年9月12日起施行）；

(8) 《中共中央办公厅 国务院办公厅关于进一步加强矿山安全生产工作的意见》（厅字〔2023〕21号，2023年9月6日起施行）；

(9) 《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，2023年8月30日起施行）；

(10) 《国家矿山安全监察局关于做好非煤矿山灾害情况发生重大变化及时报告和出现事故征兆等紧急情况及时撤人工作的通知》（矿安〔2023〕60号，2023年6月21日起施行）；

(11) 《国家矿山安全监察局关于印发〈矿山生产安全事故报告和调查处理办法〉的通知》（矿安〔2023〕7号，2023年1月17日起施行）；

(12) 《财政部 应急部关于印发〈企业安全生产费用提取和使用管理办法〉的通知》（财资〔2022〕136号，2022年11月21日起施行）；

(13) 《国家矿山安全监察局关于印发〈金属非金属矿山重大事故隐患判定标准〉的通知》（矿安〔2022〕88号，2022年9月1日起施行）；

(14) 《国家矿山安全监察局关于印发〈关于加强非煤矿山安全生产工作的指导意见〉的通知》（矿安〔2022〕4号，2022年2月8日起施行）；

(15) 安徽省应急管理厅《关于印发〈安徽省安全生产培训管理暂行规定〉〈安徽省生产经营单位安全生产培训管理实施细则〉的通知》（皖应急〔2021〕155号，2021年12月15日起施行）。

1.2.2 主要技术标准、规范

1.2.2.1 标准

- 1) 《高处作业分级》GB3608-2025；
- 2) 《安全色和安全标志》GB2894-2025；
- 3) 《生产安全事故分类与编码》GB6441-2025；
- 4) 《机械安全防止上下肢触及危险区的安全距离》GB/T23821-2022；
- 5) 《生产过程危险和有害因素分类与代码》GB/T13861-2022；
- 6) 《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》GB/T29639-2020；
- 7) 《头部防护 安全帽》GB2811-2019；
- 8) 《矿山安全术语》GB/T15259-2008。

1.2.2.2 规程

- 1) 《金属非金属矿山安全规程》GB16423-2020；
- 2) 《爆破安全规程》GB6722-2014/XG1-2016。

1.2.2.3 规范

- 1) 《矿山隐蔽致灾因素普查规范（第1部分：总则）》（KA/T 22.1-2024）；
- 3) 《个体防护装备配备规范 第4部分：非煤矿山》GB39800.4-2020；
- 4) 《安全生产责任保险事故预防技术服务规范》AQ9010-2019；
- 5) 《生产安全事故应急演练基本规范》YJ/T9007-2019；
- 6) 《建筑设计防火规范》GB50016-2014, 2018年版；
- 7) 《金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测技术规范》KA/T2063-2018；
- 8) 《建筑抗震设计规范》GB50011-2010, 2016版；
- 9) 《非煤露天矿边坡工程技术规范》GB51016-2014；
- 10) 《工业企业总平面设计规范》GB50187-2012；
- 11) 《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010；
- 12) 《厂矿道路设计规范》GBJ22-1987。

1.2.3 相关技术资料

- 1) 安徽东方钙业有限公司提交的棠溪石灰石矿采场边坡稳定性分析委托书；
- 2) 安徽东方钙业有限公司提交的棠溪石灰石矿相关证照复印件；
- 3) 安徽省地质矿产勘查局 321 地质队 2005 年 12 月编制的《安徽省池州市合成熔剂用石灰岩矿普查地质报告》及附图；
- 4) 马钢集团设计研究院有限责任公司 2006 年 12 月编制的《安徽皖宝矿业股份有限公司棠溪石灰石矿初步设计》；
- 5) 马钢集团设计研究院有限责任公司 2006 年 12 月编制的《安徽皖宝矿业股份有限公司棠溪石灰石矿初步设计安全专篇》；
- 6) 安徽省地质矿产勘查局 321 地质队 2007 年 10 月编制的《安徽省池州市贵池区棠溪熔剂用石灰岩矿详查地质报告》；
- 7) 池州市工程勘察院 2009 年 4 月提交的《棠溪熔剂用石灰岩矿排土场岩土工程勘察报告》；
- 8) 马钢集团设计研究院有限责任公司 2009 年 6 月编制的《安徽皖宝矿业股份有限公司棠溪石灰石矿排土场设计及安全专篇》；
- 9) 马钢集团设计研究院有限责任公司 2014 年 2 月编制的《安徽皖宝矿业股份有限公司棠溪石灰石矿露天采矿最终境界图（修改）》；
- 10) 马钢集团设计研究院有限责任公司 2016 年 2 月编制的《安徽皖宝矿业股份有限公司棠溪熔剂石灰岩矿 80 万吨/年建设工程变更初步设计》、《安徽皖宝矿业股份有限公司棠溪石灰石矿安全设施变更设计》及附件、附图；
- 11) 池州市规划勘测设计总院有限公司 2022 年 8 月提交的《安徽省 池州市贵池区棠溪熔剂用石灰岩矿、熔剂用白云岩矿资源储量核实报告（2022 年）》；
- 12) 华东冶金地质勘查局八一五地质队 2022 年 9 月编制的《安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿边坡稳定性分析报告》；
- 13) 马钢集团设计研究院有限责任公司 2022 年 12 月编制的《安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿 80 万吨/年露天采矿工程优化初步设计》（审定稿）；
- 14) 安徽正信科技有限公司 2023 年 5 月编制的《安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿安全现状评价报告》；

15) 池州市规划勘测设计总院有限公司 2024 年 1 月提交的《安徽省贵池区棠溪熔剂用石灰岩矿二〇二三年矿山储量年度报告》；

16) 安徽正信科技有限公司 2025 年 10 月提交的《安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿隐蔽致灾因素普查报告》；

17) 安徽东方钙业有限公司提供的棠溪石灰石矿采场现状平面图、剖面图；

18) 现场收集的有关资料。

1.3 稳定性分析目的

非煤矿山边坡稳定性分析的目的是贯彻“安全第一、预防为主、综合治理”的方针，对棠溪石灰石矿采场现状边坡进行稳定性分析，应用安全系统工程原理和方法，对矿山采场边坡在运行过程中可能存在的危险、有害因素进行辨识与分析，判断矿山采场边坡工程、系统发生事故和职业危害的可能性及其严重程度，提出安全对策措施，以利于提高系统的本质安全程度，满足安全生产要求。

1.4 稳定性分析内容

根据委托书和《安全生产法》《矿山安全法》《金属非金属矿山安全规程》（GB16423-2020）等有关安全生产法律法规要求，该矿山采场现状边坡稳定性分析内容主要包括以下几方面：

- 1) 查明矿山采场边坡工程现状；
- 2) 对矿山采场边坡可能存在的主要危险、有害因素进行分析；
- 3) 对矿山采场现状边坡进行稳定性分析；
- 4) 对矿山采场边坡安全管理和运行提出安全对策措施和建议。
- 5) 形成稳定性分析结论与建议。

1.5 稳定性分析程序

根据该矿山采场现状边坡实际状况，将本次稳定性分析程序分为：准备阶段；危险、有害因素识别与分析，定性定量稳定性分析，提出安全对策措施，形成稳定性分析结论及建议，编制稳定性分析报告。

1.5.1 准备阶段

根据稳定性分析范围及需要，项目组收集了有关矿山安全生产方面的法律、法规、技术标准，收集矿山采场边坡图件、文据、数据、设计等资料。

1.5.2 危险、有害因素识别与分析

根据该矿山采场现状边坡各系统的运作情况，项目组各成员按专业划分对矿山各生产系统进行现场安全检查，采用查、测、问、听、记等各种方式，进行现场实地勘察，识别和分析危险、有害因素，确定危险、有害因素存在部位，存在的方式、事故发生的途径及其变化的规律和事故影响程度。

1.5.3 稳定性分析单元划分

在危险、有害因素识别和分析的基础上，划分稳定性分析单元。

1.5.4 定性、定量稳定性分析

选择合理的稳定性分析方法，对各系统发生事故的可能性和严重程度进行定性、定量稳定性分析。

1.5.5 安全对策措施

根据定性、定量稳定性分析结果，提出消除或减弱危险、有害因素的技术和管理措施及建议。

1.5.6 稳定性分析结论及建议

列出主要危险、有害因素的稳定性分析结果，指出系统应重点防范的重大危险因素，明确矿方应重视的重要安全措施。

1.5.7 稳定性分析报告的编制

依据稳定性分析结果编制稳定性分析报告。见图 1.1。

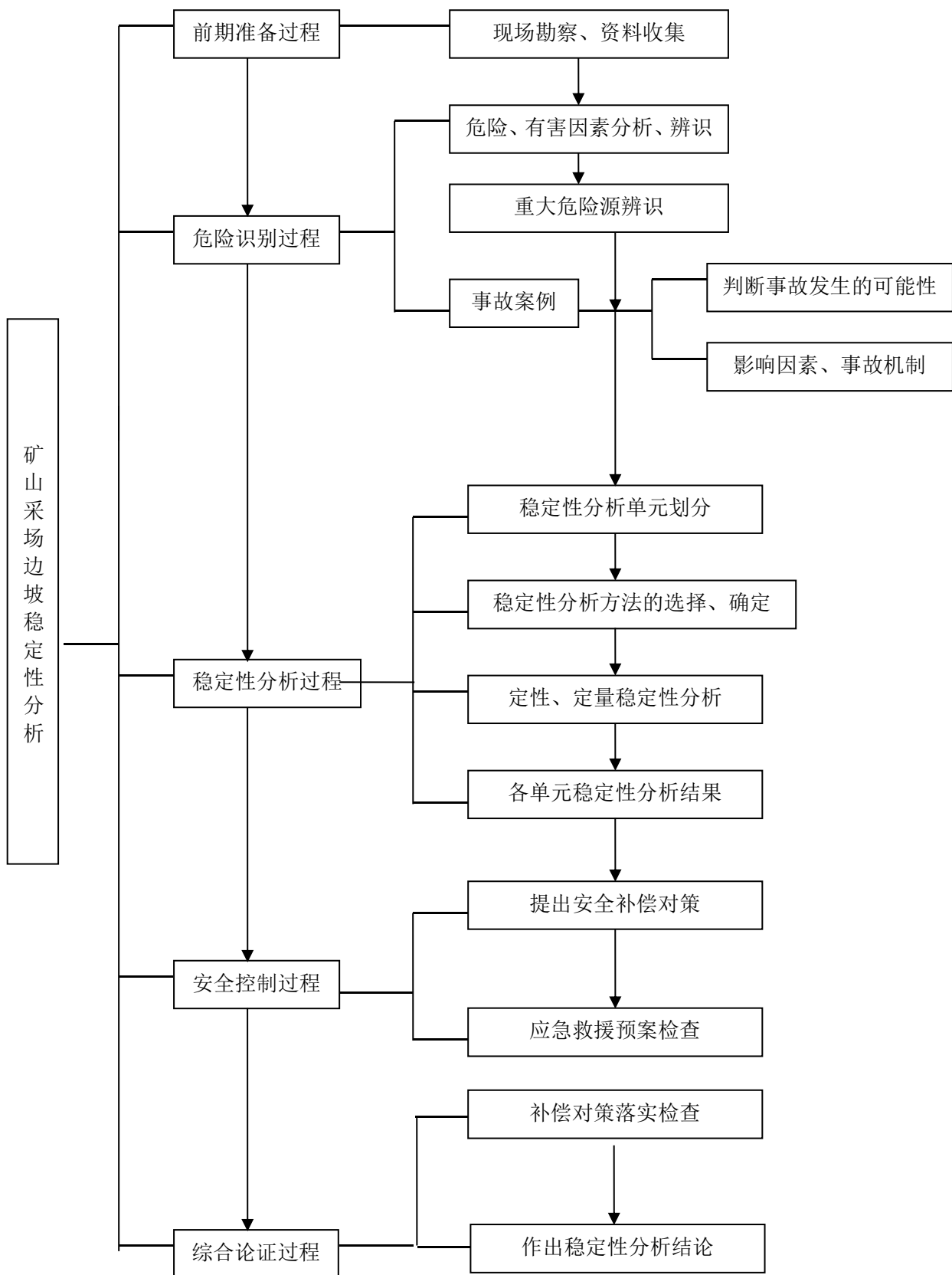


图 1.1 矿山采场边坡稳定性分析程序图

2 项目概况

2.1 企业简介

2.1.1 矿山建设发展史

安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿前身为安徽皖宝矿业股份有限公司棠溪石灰石矿，始建于2006年10月，2008年5月18日投入生产。矿区面积为0.5826km²，开采矿种为熔剂用石灰岩，开采深度为+280m至+150m。矿山设计开采方式为自上而下分台阶开采，中深孔微差爆破，机械铲装，公路开拓汽车运输。采场境界内矿石总资源储量为2179.83万t，设计生产规模为80万t/a，服务年限为29a。

根据原初步设计，矿山采用露天开采方式，生产能力为80万t/a，开采矿权范围内的III号矿体（依据《安徽省贵池区黄山岭熔剂用石灰岩矿地质普查报告》矿产资源储量评审备案证明——池国土资储备字[2004]40号）。后期由于矿山生产条件发生了较大变化：一方面，原初步设计开采范围的最低标高为+80m，与后续批复的采矿生产许可证核准开采深度范围的最低标高相差（采矿许可证号：C3417002010126120091948，开采深度由+280m至+150m标高）存在不符，两者相对标高相差70m，导致III号矿体+150m下部开采不合法律政策要求；另一方面，由于生产作业时未严格执行边坡到界靠帮操作规范，矿山历年以来在开采范围内形成的西北侧边坡组上部部分“最终”靠帮台阶存在台阶高度不规整、台阶坡面角过大、安全平台宽度局部较小、“最终”边坡角局部过大等安全隐患，严重制约了矿山深部资源的安全利用。此外，根据《安徽省池州市贵池区棠溪矿区熔剂用石灰岩矿资源储量核实报告》（2013年4月）重新核定和圈定的采矿权范围内仅为1个I号矿体（原III号矿体），因此，原安徽皖宝矿业股份有限公司于2016年又委托原设计单位马钢集团设计研究院有限责任公司，编制了《安徽皖宝矿业股份有限公司棠溪熔剂石灰岩矿80万吨/年建设工程变更初步设计》及《安徽皖宝矿业股份有限公司棠溪熔剂石灰岩矿安全设施变更设计》。

2018年5月，安徽东方钙业有限公司出资整体收购了该棠溪石灰石矿采矿权。在后期梳理和移交相关资料时发现，原业主单位安徽皖宝矿业股份有限公司2016年委托编制的《安徽皖宝矿业股份有限公司棠溪熔剂石灰岩矿安全设施变更设计》已经原池州市贵池区安全生产监督局审批，但对相应的《安徽皖宝矿业股份有限公司棠溪熔剂石灰岩矿80万吨/年建设工程变更初步设计》未履行审查批准手续；同时，在绿色矿山创建和

拟恢复生产过程中发现，对照 2016 年编制的原《变更初步设计》《安全设施变更设计》，矿区周边环境现状较该变更设计有明显实际变化。即：新增加矿区东侧（变更设计开采境界 300m 爆破警戒范围内）沿齐石公路伴行；以及斜向交叉的有一条 35KV 高压线路，呈“北—南向”敷设，距离设计开采境界最近点约 77m。因此，结合矿山周边环境重大变化，为合法合规、安全开采资源储量范围内矿产资源，并确保上述高压线路运行安全、消除安全隐患。

该公司目前《营业执照》《采矿许可证》《安全生产许可证》等相关证照齐全、有效。

2.1.2 企业基本情况

企业证照情况：

1) 工商营业执照注册号：9134170071175516X3

发证单位：池州市贵池区市场监督管理局

有效期：长期

2) 《采矿许可证》证号：C3417002010126120091948

发证单位：池州市自然资源和规划局

有效期：2021 年 5 月 18 日~2026 年 5 月 18 日

3) 《安全生产许可证》证号：（皖）FM 安许证字（2023）Y125 号

发证机关：安徽省应急管理厅

有效期：2023 年 7 月 15 日至 2026 年 7 月 14 日

2.1.3 矿山交通位置、自然地理及经济条件

1) 矿区交通位置

安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿位于池州市 154° 方向 30.45 千米处，隶属贵池区棠溪镇管辖。矿区中心点地理坐标为：东经 117° 37' 09"，北纬 30° 24' 10"。区内有简易公路与 318 国道相连，距池州港码头约 40 千米，与池州火车站约 24.50 千米。交通较为便利。详见交通位置图 2.1。

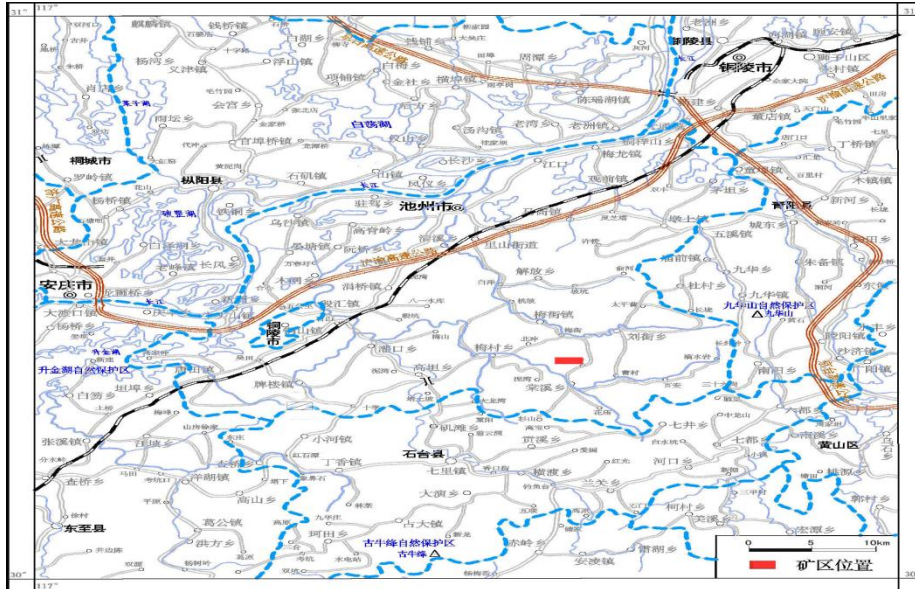


图 2.1 矿区交通位置图

2) 矿区自然地理概况

矿区位于皖南山区北部，长江南岸丘陵中低山区，山势呈北东向展布，与区域构造线基本一致。地形四周高中间低，西部最高点海拔标高+584m，东部最高点海拔高度为+797m，南部最高点海拔标高+661m，北部最高点海拔标高+645m，为中间山间盆地及冲积平原，海拔高度一般在+100m左右。

矿区位于棠溪镇境内，地形属低山丘陵，地势东西高，中间低，最高点标高+356m，相对高差 250m 左右。

矿区雨量充沛，年平均降雨量 1483mm。气候温湿，四季分明，年平均温度为 16℃，以 7~8 月份最高，最高可达 40℃，1~2 月份最低，最低为-7℃。

2.2 矿区地质概况

2.2.1 矿区地质

1) 地层

矿权范围内自北西往南东自老至新分布的地层为奥陶系下统仑山组下段 (O_1^1)、仑山组上段第一亚段 (O_1^{2-1})、第二亚段 (O_1^{2-2})、红花园组 (O_h) 以及第四系全新统 (Q_4)。

(1) 奥陶系下统仑山组下段 (O_1^1)

分布于矿区北部和西部，分上、下两部分，上部，灰白、灰色块层状白云岩，自下而上由微细晶结构渐变至粗晶结构；下部，浅灰~灰黑色中厚层粉晶白云岩，局部夹粗

晶白云岩。本段自下而上颜色由深变浅，层厚由薄变厚，结晶粒度由细变粗。岩石风化面灰黑色，刀砍纹发育。该段为本矿床熔剂用白云岩赋矿层位。

(2) 奥陶系下统仓山组上段 (O_1l^2) 分为两个亚段。

第一亚段 (O_1l^{2-1}) 灰岩，浅灰~灰白色，主要矿物成分为方解石。微晶结构，中厚层~块层状构造。该层位分布于矿区中部，走向延长大于 1000m。与下伏仓山组下段呈整合接触。该亚段为本矿床熔剂用石灰岩矿赋矿层位。顶板仓山组上段第二亚段灰质白云岩或白云质灰岩，色深、暗且不均匀、风化面常见“刀砍纹”。矿体与顶、底板岩性差异明显，易于识别。

第二亚段 (O_1l^{2-2}) 岩性有白云岩、灰质白云岩、白云质灰岩、生物碎屑灰岩，不同岩石互层状，厚层~块层状构造。白云岩具残余砂屑细晶结构、细晶镶嵌结构；灰岩具亮晶砾砂屑结构、亮晶含鲕粒砂屑结构。底部白云岩之上普遍含一层厚度大于 4m 的生物碎屑灰岩。该亚段分布于矿区南东部，走向延长大于 1000m。与下伏仓山组上段第一亚段呈整合接触。该亚段为本矿床建筑石料用灰岩矿赋矿层位。

(3) 红花园组 (O_1h)

分布于矿区东部，岩性主要为碎屑灰岩夹微晶灰岩，下部夹鲕粒灰岩。岩石为深灰色，含生物碎屑微晶结构，含砾砂屑结构，厚层~块层状构造。主要矿物成分为方解石，含泥质。风化面粗糙，具黄褐色波状泥质条纹。区域厚度 80m，与下伏仓山组上段第二亚段呈整合接触。

(4) 第四系全新统 (Q_4)

主要分布于矿区东侧、北侧低洼地带。主要由粘土、亚粘土夹少量石灰岩、白云岩碎块组成，褐黄色，松散土状。厚度 0~18m。

2) 构造

(1) 褶皱

黄山岭背斜：大佛堂~太平曹背斜南西段，该区称之为黄山岭背斜。该背斜在矿区内仅出露其南东翼近核部，出露长度约 1100m，宽度约 900m。核部奥陶系下统仓山组下段 (O_1l^1) 之主体分布在矿区西外侧，矿区范围内西部北部亦有分布。南东翼由奥陶系下统仓山组上段第一亚段 (O_1l^{2-1})、第二亚段 (O_1l^{2-2}) 以及红花园组 (O_1h) 构成，地层倾向南东，倾角 $12^\circ \sim 40^\circ$ 。

(2) 断裂

棠溪矿区及邻近周边断裂构造发育，主要断层有 4 条，编号为 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 断层。其中 F_1 、 F_3 、 F_4 断层分别为 1:5 万《姚街幅》的松树堂-黄山岭断层、山里姚家-巴冲断层、巴冲-张家榨断层的南延伸部分，分布于矿区北东侧。该 3 条断层对矿体无直接影响。

F_1 断层分布于矿区北东部，走向为 $130^\circ - 170^\circ$ ，倾向南西，倾角 55° 。矿区内出露 350m，为区域上的松树堂-黄山岭断层，其性质为平移性质的正断层。通过统计 F_1 断层两侧附近连续刻槽取样的化验结果，分析得到 F_1 断层对 I 矿体和 III 矿体矿石质量未产生影响。

F_2 断层分布于矿权范围内北西部的 0 线~3 线间，走向北北东，走向延长 370m，向南东陡倾，断层面产状 $120^\circ \angle 85^\circ$ 。经开采场揭露，断层面清晰可见，断层北西盘为奥陶系下统仑山组下段 (O_1l^1) 白色粗晶白云岩(矿体底板)，南东盘主要为奥陶系下统仑山组上段第一亚段 (O_1l^{2-1}) 灰白色致密灰岩(矿体)。断层面擦痕明显，见角砾岩。断层南东盘相对下降，北西盘相对上升，断层性质为正断层。2013 年核实在 1 线 F_2 断层两侧进行了刻槽取样，根据其化验结果，分析得到 F_2 断层对 I 矿体和 II 矿体矿石质量未产生影响。

3) 岩浆岩

本矿区未见岩浆岩。

2.2.2 矿体地质特征

在矿区内圈定一个熔剂用石灰岩矿体 (I 矿体)、两个熔剂用白云岩矿体 (II、III 矿体) 和一个建筑石料用灰岩矿体 (IV 矿体)。熔剂用石灰岩矿和熔剂用白云岩矿体产状与地层基本一致，总体呈单斜层状，产状基本稳定。矿石矿物成分单一，化学成分均匀，有益组分含量高，有害组份低，为优质矿石。建筑石料用灰岩矿体产状稳定，饱和抗压强度较高，压碎指标值低，坚固性低，为优质建筑石料。

1) 矿体规模、数量、赋矿层位、形态及产状

(1) 熔剂用石灰岩矿 (I 矿体)

本次工作，区内圈定熔剂用石灰岩矿体一个，编号为 I 矿体。矿体赋存于奥陶系下统仑山组上段第一亚段 (O_1l^{2-1})，处于黄山岭背斜南西段近核部。由于组成该背斜的地

层向核部收紧并伴随断裂构造作用，矿体与区域上同一层位而处于近向斜核部时的厚度减小且较不稳定。分布于矿权范围中部略偏西侧，单斜层状。矿体的剩余部分平面上呈长条状向北西分叉。0线往北西至3线矿体中部已采空而底板裸露。赋存标高+250.26m~+150m。矿区内+150m以上矿体走向长度830m，露头宽度28.58m(1线)~230.49m(0线)，距离矿床最低可采标高(+150m)倾向延深11m(2线)~105m(3线)。矿体倾向南东 95° ~ 147° ，采场见矿体倾角稳定，为 17° ~ 28° ，近地表局部为 40° ±。矿体与其顶板仑山组上段第二亚段呈稳定的整合接触；矿体中段与其底板仑山组下段为断层接触(F_2)，往两端延伸呈整合接触。

(2) 熔剂用白云岩矿(II、III矿体)

II矿体：分布于矿区西部和北部，4线-5线，有5条探槽(TC4、TC0'、TC1、TC3、TC5)，7个钻孔控制(ZK02、ZK03、ZK0'1、ZK0'2、ZK12、ZK13、ZK31)。赋存于奥陶系下统仑山组下段($O_1^{1^1}$)地层中，赋矿岩性主要为微细晶白云岩、中粗晶白云岩、粗晶白云岩，矿体呈层状，倾向一般 116° ~ 158° ，倾角 18° ~ 27° ，大多 20° ~ 25° ，矿体延深30~340m，走向长约790m，赋存标高+262m~+150m。矿体中部和南部地表被矿山多年生产排放的剥离废石土覆盖，本次核实施工3个钻孔(ZK03、ZK0'2、ZK13)进行控制，宽75.77~184.30m，平均宽130.40m，厚度15.62m(ZK13)~21.56m(ZK0'2)，平均厚度18.82m。II矿体保有资源量2195.60万t，占熔剂用白云岩矿保有资源量比例约98.05%。

III矿体：分布于矿区北东部，有1条探槽(TC5)控制。赋存于奥陶系下统仑山组下段($O_1^{1^1}$)地层中，赋矿岩性主要为中粗晶白云岩，矿体呈层状，倾向一般 105° ，倾角 25° ，矿体延深77m，走向长约237m，赋存标高+174m~+150m。III矿体保有资源量43.74万t，占熔剂用白云岩矿保有资源量比例约1.95%。

(3) 建筑石料用灰岩矿(IV矿体)

IV矿体：分布于矿区东部和南部，4线-3线，有2条探槽(TC4、TC1)，1个钻孔控制(ZK01)。赋存于奥陶系下统仑山组上段第二亚段(O_1^{2-2})地层中，赋矿岩性主要为白云质灰岩夹少量微晶灰岩、细晶白云岩，矿体呈层状，倾向一般 123° ~ 148° ，倾角 23° ~ 28° ，矿体延深30~134m，走向长约632m，赋存标高+202.34m~+150m。

2) 矿体厚度及其变化特征

I矿体厚度沿走向总体上表现为由南东往北西有先变薄后变厚趋势，工程矿体厚度17.92m(1线采场)~55.43m(TC4)，平均厚度40.30m，厚度变化系数为31.90%，矿体

厚度沿走向变化很小，属稳定型；I 矿体厚度沿倾向厚度变化系数为 12.47%~48.26%，矿体厚度沿倾向变化很小，属稳定型。

II 矿体厚度沿走向总体上表现为由南东往北西有先变厚后变薄趋势，工程矿体厚度 32.72m (TC3) ~90.54m (ZK13)，平均厚度 54.88m，厚度变化系数为 43.24%，矿体厚度沿走向变化较小，属较稳定型；II 矿体厚度沿倾向厚度变化系数为 9.12%~16.03%，矿体厚度沿倾向变化很小，属稳定型。

3) 矿石质量

(1) 熔剂用石灰岩矿

矿石矿物成分以方解石为主，少量白云石，微量石英、粘土矿物、铁质氧化物、白云母等。

方解石(含量 88%~98%)，灰白色，粒度一般为细粒至微粒，偶见重结晶为中粒。

白云石(0~10%)，深灰色，呈自形-半自形菱面体，晶面呈马鞍状，粒径 0.05mm~0.3mm，大多沿矿石裂隙、缝合线及其两侧壁不均匀分布，常见白云石包裹方解石，局部见白云石被蛇纹石交代。

石英(<2%)，呈显微微粒或他形-半自形粒状，粒径 0.03 mm~0.15mm，零星分布于方解石晶隙间。

粘土矿物(<1%)，由高岭土、水云母等组成，常含铁质，主要充填于矿石裂隙及缝合线中。

矿石结构以微晶结构为主，偶见砂屑结构。微晶结构，由分布均匀、粒径 0.03mm~0.06mm 的方解石微晶组成。

砂屑结构，矿石中 0.1mm~0.5mm 的微晶方解石内碎屑被 0.03mm~0.15mm 的亮晶方解石胶结。

矿石构造：块状为主，主要由结构均匀的微晶灰岩组成。

(2) 熔剂用白云岩矿

熔剂用白云岩矿石矿物成分简单，均以白云石为主，含量一般在 96%~99%之间；其次含有少量方解石、石英和不透明矿物，含量一般 1%~4%之间。

白云石：是熔剂用白云岩矿石中的主要有益组分，浅灰~深灰色，遇冷稀盐酸起泡微弱或不起泡，呈它形~半自形粒状菱形，粒径为 0.01~1.3mm 不等，以 0.2~1mm 为主，多呈中晶粗晶镶嵌，少量粒径<0.2mm 的细晶分布于局部，颗粒内含少量深色杂质质点。

方解石：在熔剂用白云岩矿石中呈不规则的脉状和质点状分布，方解石含量为 5%~微量。

石英：呈显微粒~半自形粒状，粒径一般为 0.15~2.0mm，零星分布于白云石或其晶隙之间。石英在矿石中一般占 0.5~3%。

不透明矿物：呈细小他形粒状零星分布，粒径一般为<0.05mm；粘土矿物显微鳞片状，集合体不规则分布于白云石粒间。

熔剂用白云岩矿石结构以微晶~细晶结构为主，呈厚层块状构造。

(3) 建筑石料用白云质灰岩矿

建筑石料用白云质灰岩矿石以方解石、白云石为主，方解石含量约 50~60%，白云石含量约 40~50%；其次含有不透明矿物，含量约 1%。

方解石：多呈微晶，粒径为 0.004~0.3mm 不等，多以<0.03mm 为主，重结晶者颗粒较大，集合体呈团块状分布。

白云石：呈细晶~中晶结构，以中晶为主，粒径为 0.1~1mm 不等，颗粒间紧密接触，界线平直。

石英：呈显微粒~半自形粒状，粒径一般为 0.15~2.0mm，零星分布于白云石、方解石或其晶隙之间。石英在矿石中一般占 0.5~3%。

不透明矿物：呈细小他形粒状零星分布，粒径一般为<0.05mm，星散分布。

建筑石料用白云质灰岩矿石一般为微晶-细晶，呈厚层块状构造，少量中厚层构造。

4) 矿石类型

矿石自然类型：按其结构特征划分为微晶灰岩、微晶~细晶白云岩、白云质灰岩。

微晶灰岩：浅灰、灰白色，厚层致密块状，矿物成分主要为微晶方解石（含量 88%~98%），极少量白云质、泥质，占熔剂灰岩矿石自然类型的 5%左右。

微晶~细晶白云岩：灰色，厚层块状，矿物成分主要为白云石（含量 96%~99%），少量方解石、石英，占矿石自然类型的 5%左右。

白云质灰岩：灰色，厚层块状，矿物主要成分以方解石、白云石为主，方解石含量约 50~60%，白云石含量约 40~50%；其次含有不透明矿物，含量约 1%。

矿石工业类型：根据其质量确定为熔剂用石灰岩、熔剂用白云岩、建筑石料用灰岩。

5) 矿体顶底板围岩与夹石

(1) 矿体顶、底板围岩

矿区内地层自下而上分布 II、I、IV 矿体，均为整合接触，其中 II 矿体赋存层位为仓山组下段(O₁1¹)，同时为 I 矿体底板；I 矿体赋存层位为仓山组上段第一亚段(O₁₁²⁻¹)，

既为II矿体顶板，又为IV矿体底板；IV矿体赋存层位为仑山组上段第二亚段（ O_1^{2-2} ），同时为I矿体顶板。

（2）夹石

矿区内I号矿体中圈定夹石层两个，编号分别为J1、J2。

夹石J1分布于I号矿体南部，为2007年详查于0线圈出，编号为J1，由TC0-17、18号样控制。夹石体岩性为白云质灰岩，灰~深灰色，微晶结构，厚层状构造。主要由微晶方解石和少量细晶白云石组成，含微量石英。化学成分：CaO 52.70%~53.12%，MgO 2.23%~2.56%，SiO₂ 0.13%~0.18%。夹石体厚度7.36m。走向延长243.20m，呈透镜状产出，钻孔中未见。沿走向追索，0线东侧夹石体过渡为矿体而尖灭或再现；0线西侧夹石体变薄小于2m至F₂断层尖灭。

夹石J2分布也于I号矿体南部，为白云质灰岩，见于钻孔ZK02孔深11.05m~34.85m中，由钻孔ZK02取样控制，其它工程未见，化学成分含量：CaO 39.03%~54.46%，平均品位49.19%，MgO 1.06%~5.69%，平均品位3.98%，SiO₂ 0.10%~0.50%，平均品位0.20%。

根据2007年详查和本次核实的化学分析，夹石J1和J2的CaO含量低，MgO含量高，达不到熔剂用石灰岩矿工业指标要求，但本次核实在ZK02附近靠近夹石J1和J2采集一组力学样（KY5），试验其饱和抗压强度为47.6MPa~74.4MPa，平均为62MPa，满足建筑石料用灰岩矿的工业指标，本次核实将夹石J1和J2圈入建筑石料用灰岩矿中估算评价。

2.3 矿山开采技术条件

2.3.1 矿山水文地质条件

池州市贵池区棠溪熔剂用石灰岩矿，分布在下巴冲水库西侧，处于龙舒河上游。矿区周边主要分布有松散岩类孔隙含水岩组、碎屑岩类构造裂隙含水岩组、碳酸盐岩类裂隙溶蚀含水岩组。

1) 含水岩组特征

（1）松散岩类孔隙含水岩组（Q₄）

分布于坡麓及低洼地带，包括棠溪矿区。由第四系全新统冲洪积和残坡积层组成。厚度1m~15m，岩性主要为粘土、粘土夹碎石及少量砂砾石层。砾石成分主要为灰岩、

粉砂岩、白云岩及硅质岩，呈园状-次园状或扁平状，大小混杂。地下水位埋深 0.5m~3.5m，单位涌水量 0.01 升/秒·米~0.50 升/秒·米，富水程度弱-中等。地下水 PH 值 7.2，属 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 型或 $\text{HCO}_3\text{-Mg}\cdot\text{Ca}$ 型水。

(2) 碎屑岩类构造裂隙含水岩组 (O_{3w} 、 S_{1g})

① 硅质页岩、沉凝灰岩裂隙含水层 (O_{3w})

主要分布在下巴冲水库以东及黄山岭铅锌矿（位于池州市刘街乡与棠溪镇交界处）一带。由奥陶系上统五峰组和汤头组组成，厚度小于 18m。岩性为硅质页岩，沉凝灰岩及似瘤状灰岩。裂隙不发育，富水程度极弱。

② 泥质粉砂岩构造裂隙含水层 (s_{1g})

主要分布在下巴冲水库以东及黄山岭铅锌矿以东。由志留系下统高家边组组成，厚度大于 2000m。岩性为粉砂岩、泥质粉砂岩及泥质页岩。据黄山岭铅锌矿抽水钻孔资料，单位涌水量 0.00039 升/秒·米，渗透系数 0.00038 米/日，为相对隔水层。

(3) 碳酸盐岩类裂隙溶蚀含水岩组 (O_{1d} 、 O_{1h} 、 O_{1l})

① 泥质瘤状灰岩裂隙溶蚀含水层 (O_{1d})

主要分布于下巴冲水库以东。由奥陶系中下统的大湾组组成，厚度 >100m。岩性为泥质瘤状灰岩，干裂纹灰岩及泥质条带灰岩。岩溶裂隙不发育，偶见溶沟、溶槽。据黄山岭铅锌矿抽水钻孔资料，单位涌水量 0.00003 升·米，渗透系数 0.00009 米/日，为富水程度极弱—相对隔水层。

② 厚层灰岩、白云岩裂隙溶洞含水层 (O_{1h} 、 O_{1l})

分布范围包括棠溪矿区。由奥陶系下统红花园组和仑山组组成，厚度大于 800m。其中仑山组为含矿层位，岩性为生物碎屑灰岩、白云质灰岩、微晶灰岩（矿层）、白云岩，地表岩溶较发育，线状岩溶率为 2.22%。

该含水层地表主要见溶沟、溶槽。累计共施工 9 个钻孔 9（前期），均未见大的溶洞，钻孔中岩溶率为 2.42%。钻孔稳定水位埋深 19.60~78.24m。富水程度弱~中等。地下水呈中性，属 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 型或 $\text{HCO}_3\text{-Mg}\cdot\text{Ca}$ 型水。

2) 岩溶分布特征

矿区地表局部岩溶较发育，主要见溶沟、溶槽和岩溶洼地。矿体围岩地面线状岩溶率为 2.22%，钻孔中岩溶率为 2.42%。通过对采场调查，新鲜断面未见大的溶洞，岩溶不发育。

3) 地下水的补给、径流和排泄条件

矿区北西部原较高山包(+377.70m)现为平台(+250m、+260m),往南东依次有+230m、+215m、+200m 水平采场,形成了北西高南东低依次降阶式地形。矿区范围内北东角最高山包标高+264.80m,南东侧山坡脚最低标高+108m,相对最大高差 156.80m。矿区范围内东部有一地表水体-下巴冲水库,枯水期干涸;南东外侧有坡里檀小河,常年流水,雨后水量较大,河水向南流入龙舒河。本区降水充沛,年平均降雨量 1482.3mm,降雨多集中在 4~7 月。降水是本区地下水主要补给源,棠溪矿区现在地势自北西往南东依次降低,无山间凹坑,山体地表无积水。岩层透水性较弱,除少量降水沿小的岩溶沟,溶蚀裂隙和张性破裂面向下渗入补给地下水外,大部分降水顺应地势坡向径流汇入坡里檀小河向外排泄,点状地下水则以泉的形式向地表排泄。

4) 露天采场排水状况

棠溪矿区自 2008 年露天开采至今,已开采至+165m 标高,未形成凹陷采坑,矿山生产很好地利用了地形自然排水,安全可行。本次核实可知,矿体南端(2 线南侧)地表露头标高为矿山最低开采标高+150m,往南外侧为山坡脚直至沟谷,地表水可自然流入坡里檀小河。现在矿山自北而南由高而低降阶开采,直至今后采掘至其最低开采标高+150m 时,均可很好地利用地形条件自然排水,无需机械排水。但遇特别强降雨时,人员应撤离采场。

5) 生活、生产用水

本区地表泉眼发育,浅层地下水较丰富,能满足矿山现场员工的生活用水;地表蓄水能满足生产用水。

综上,矿区水文地质条件简单。

2.3.2 矿山工程地质条件

矿区岩石单一,以层状结构为主,薄层状结构次之。矿体稳定性好,一般呈中厚层~巨厚层状。

1) 工程地质岩组

(1) 第四系松散岩类工程地质岩组(Q₄)

零星分布于山间洼地、冲沟,水系两侧,厚度 1m~15m。岩性:坡麓地带以残坡积粘土夹碎石为主,低洼地带以粘土为主,水系两侧为冲洪积粘土、砂砾石土,砂砾无分

选性，含孔隙水。受地下水影响明显，工程地质稳定性较差，对局部矿体开采产生不利影响。

(2) 奥陶系红花园组、仑山组碳酸盐岩类半坚硬—坚硬层状工程地质岩组 (O₁h、O₁l)

包括奥陶系下统红花园组和仑山组，总厚度大于 800m，其中仑山组为含矿层位。岩性微晶灰岩，生物碎屑灰岩或含生物碎屑微晶灰岩和白云质灰岩、白云岩。地表及浅部岩溶尚发育，岩石性脆，矿体及围岩稳定。根据钻孔和地表物理力学样的试验结果，岩(矿)石容重 2.70t/m³，饱和抗压强度 56 MPa~95MPa，压碎值 14~16%，坚固性 3~5%，属坚硬岩(矿)石。钻孔岩体 RQD 值平均 82.16%，属稳定型岩(矿)石。

(3) 志留系高家边组、奥陶系上统五峰组较坚硬厚层状碎屑岩工程地质岩组 (S₁g、O₁h)

由志留系高家边组、奥陶系上统五峰组组成，主要分布在矿区外围东部一带，为泥质页岩、粉砂质页岩、粉砂岩组成，炭质硅质页岩为层状结构，岩层累计厚度>1000m。未风化砂页岩抗压强度为 170 MPa~184MPa，炭质页岩抗压强度为 62.18 MPa~91.03 MPa，硅质页岩抗压强度为 44.96 MPa~56.85 MPa (引用《安徽省池州黄山岭铅锌矿采空区上方建尾矿库研究》 马鞍山矿山研究院，1998 年 05 月)，岩体基本质量级别为 II 类，属较坚硬岩石。

2) 结构面与结构体特征

(1) 结构面

A、II 级结构面：区内见 2 条结构面，有 F₃、F₄ 断层，断层性质属压扭性。

B、III 级结构面：矿区内见 2 条结构面，有 F₁、F₂ 断层，可能交切 II 级结构面，断层性质属张扭性。

C、IV 级结构面：包容岩层层面、节理裂隙面和次生结构面，这些结构面对岩块的完整性有破坏，降低岩石强度。

①层面：矿区以层状结构为主，灰岩中缝合线发育，薄层结构层理清晰，局部受次生作用影响扩张，改变层面的结合力。

②节理裂隙面：矿体内主要发育走向北北西的一组；矿体顶板有走向近东西、北北东、北西三组，其中以近东西向一组最发育；矿体底板有走向北北西、北西二组，其中以北北西向一组较发育。节理裂隙内多为方解石脉充填，于 F₂ 断层附近常见较大的方解石菱形晶体。

③次生结构面：棠溪矿区碳酸盐岩以溶蚀裂隙为主，它们主要破坏浅部岩（矿）石的完整性，加速层面、构造面、节理裂隙面的扩张，加速表层岩石的风化程度，未见对矿山开采有影响。

（2）结构体

矿区位于黄山岭背斜南西段南东翼近核部，发育Ⅱ、Ⅲ级结构面，以山体、块体展布。区内岩（矿）石为整体层状结构。

矿山开采以来，露天采场边坡稳定性总体上较好，未发生崩塌、滑坡现象，也未发现新的软弱夹层及构造破碎带等。没有增加新的不稳定边坡。

北西坡有 F_2 断层，较不稳定，是预防崩塌、滑坡的重点地段；其它局部地段如遇暴雨、爆破震动等外界诱发因素时，应防范。

综上，矿区工程地质条件中等。

2.3.3 矿山环境地质条件

1) 矿区环境地质现状

棠溪矿区自 2008 年生产以来，采场规模相对较小，造成了小范围内的粉尘污染，未出现崩塌、滑坡及泥石流等不良地质灾害现象。未见地裂缝、未见岩溶塌陷等地质灾害，未出现场地废水外排现象。

矿山还对矿区水土流失采取了有效的防范措施，如建立截排水系统、沉砂池等。开采矿石的采坑未来关闭后，将通过闭坑、复绿等措施，恢复前期产生的破坏。另经前人物探工作该区及四周未发现放射性异常。总体上，棠溪矿区环境地质现状良好。

2) 矿区环境地质预测

棠溪矿区随着露天采场临空面的产生，大气降水沿溶蚀裂隙、断裂带入渗，加速裂面扩张，膨胀，在重力卸荷作用下，预测在高坡局部地段有可能产生重力滑坡或崩塌、滚石等不良环境地质现象。矿山未来生产主要在矿区范围内，同时生产加工区已经全封闭，废水基本循环利用不外排，所以未来矿山生产不会对周边的农田灌溉质量产生影响。山洪有可能危害矿山通道，破坏露采边坡的稳固性。今后矿山应对采场边坡进行动态观测，尤其应对 F_2 断层边坡加密观测，确保矿山生产安全。

随着矿山露天采场面的扩大，地表植被和盖层被破坏，暴雨冲刷而少量的水土流失；使用炸药使部分化学物质分布在粘土和岩石表面，随雨水流入地表水或入渗地下而造成

轻微水质污染；矿山爆破的爆破面和汽车运输过程中产生粉尘，造成一定范围的粉尘污染。

综上，矿区环境地质条件中等。

2.3.4 开采技术条件小结

棠溪矿区充水因素主要为大气降水和外围大气降水的径流补给，补给量受降雨量和地形地势制约。棠溪熔剂用石灰岩矿位于当地最低侵蚀基准面以上，矿体形态规则，岩（矿）石质量高，开采至+150m 标高时，不会形成凹陷的露天采坑。地形坡向朝向南东坡里檀小河，自然排水条件良好。矿山自北西往南东降阶式开采，始终可以利用地形条件自然排水。矿区水文地质地质条件简单。

矿体呈层状，岩（矿）石坚硬完整性好，矿体结构面不发育或相对简单，矿区地表局部岩溶较发育，全矿区地表岩溶率为 2.22%，矿体和围岩岩石力学强度高、岩体完整。目前矿区内已形成采场较大，采场边坡基本稳定，但采场北西侧由于 F_2 断层的影响，局部可能影响边坡的稳定性，应做好边坡稳定性的监测。矿区工程地质条件中等。

随着矿山露天采场面的扩大，预测在高坡局部地段有可能产生重力滑坡或崩塌、滚石等不良环境地质现象。另外采场的扩大，也会加大对地表植被和盖层的破坏，暴雨冲刷而少量的水土流失；使用炸药使部分化学物质分布在粘土和岩石表面，随雨水流入地表水或入渗地下而造成轻微水质污染。矿区环境地质条件中等。

综上所述，棠溪熔剂用石灰岩矿的水文地质条件简单，工程地质条件中等，环境地质条件中等，矿床开采技术条件为以工程地质和环境地质问题为主的矿床（II-4）。

2.4 设计与现状概述

2.4.1 矿山采场设计概述

1) 矿山总平面布置

(1) 露天开采区：矿山为山坡露天开采，地形坡度一般在 $12^\circ \sim 32^\circ$ ，采区东西宽 430m，南北长 630m，采区内山头海拔高+281m（开采现状为最高+260m，开采矿区最高标高+245m），采场最低开采标高为+150m。其中，露天开采区东侧距 35KV 高压线路 300m 范围内，为非爆破开采区；西侧为露天爆破开采区。

(2) 破碎站：破碎站布置在采场北面的山凹中，采用两段一闭路的破碎筛分工艺流程，粗破碎原矿受料口的标高为+172m，粗破碎+0.00 标高相当于绝对标高+158m，成品堆场的设计地坪标高为+158m。

(3) 办公楼及宿舍楼、食堂、浴室布置在北侧山坡上，标高+155m。

(4) 供电：工业场地破碎系统附近建 10kV 变电所，标高约+165m。

(5) 矿山排土场：排土场位于采场西南部的山坡上，南西方向堆排布置。排土场总占地约 235 亩、设计总容积 290.4 万 m³。排土方式采用汽车排土。设计排土场阶段堆置高度 15m、安全平台宽 8m、台阶坡面角 35°、最终边坡角 28° 21'。

(6) 地中衡：在卸料平台东南面，原矿运输道路右侧设置地中衡。

(7) 其他：矿山值班室、车辆冲洗站布置在矿山北侧进矿公路旁。设计爆破外委，不设爆破器材库。采用移动式钢制避炮硐，根据爆破作业点的位置选择合适地址安装，并随作业点移动而搬迁，应布置在距离爆破作业点 300m 以外。

2) 采矿许可证范围及设计开采范围

依据采矿许可证，矿山采矿许可证范围由6个拐点构成，其坐标与深度、面积见表 2-1。

表2-1 采矿权范围拐点坐标（2000国家大地坐标系）

拐点号	X 坐标	Y 坐标
1	3364181.10	39560115.40
2	3363862.87	39560238.95
3	3363260.54	39559647.77
4	3363428.55	39559367.75
5	3363764.55	39559491.55
6	3364048.55	39559367.75
矿区面积：0.4928km ² ，开采深度：+280m—+150m		

设计露天开采境界范围面积0.2037km²。开采境界各控制拐点坐标明确如下表2-2。

表 2-2 优化初步设计开采境界范围拐点坐标表

拐点号	拐点坐标（2000 国家大地坐标系）	
	X	Y
1	3364064.88	39559852.72
2	3363954.19	39559871.69
3	3363888.29	39559898.64
4	3363821.65	39559945.72
5	3363731.88	39559997.14
6	3363649.46	39559885.89
7	3363483.26	39559814.01

8	3363423.69	39559739.61
9	3363407.96	39559662.67
10	3363428.54	39559583.42
11	3363466.67	39559515.72
12	3363621.80	39559509.80
13	3363750.17	39559532.35
14	3363930.87	39559612.13
15	3364028.12	39559704.84
16	3364057.03	39559760.71
露天开采境界面积 0.2037km ² ，开采标高+280m~+150m		

设计圈定的非爆破开采区在原设计开采境界东侧，该非爆破开采区西侧边界线（即：爆破开采区东侧边界线）平行于该35KV高压线路、相互之距离为300m；非爆破开采区面积约0.0721km²，开采标高+280m~+150m。爆破开采区开采境界范围拐点坐标见表2-3，非爆破开采区开采境界见表2-4。

表 2-3 设计圈定的爆破开采区拐点坐标表

拐点号	拐点坐标（2000 国家大地坐标系）	
	X	Y
C	3364061.42	39559812.09
B	3363500.16	39559747.24
A	3363416.38	39559703.88
9	3363407.96	39559662.67
10	3363428.54	39559583.42
11	3363466.67	39559515.72
12	3363621.80	39559509.80
13	3363750.17	39559532.35
14	3363930.87	39559612.13
15	3364028.12	39559704.84
16	3364057.03	39559760.71
注：爆破开采区面积 0.1316km ² ，开采标高+280m~+150m。		

表2-4 设计非爆破开采区拐点坐标表

拐点号	拐点坐标（2000 国家大地坐标系）	
	X	Y
1	3364064.88	39559852.72
2	3363954.19	39559871.69
3	3363888.29	39559898.64
4	3363821.65	39559945.72
5	3363731.88	39559997.14
6	3363649.46	39559885.89
7	3363483.26	39559814.01
8	3363423.69	39559739.61
A	3363416.38	39559703.88
B	3363500.16	39559747.24
C	3364061.42	39559812.09
注：非爆破开采区面积 0.0721km ² ，开采标高+280m~+150m。		

3) 矿山设计利用资源量、生产规模、服务年限及工作制度

(1) 矿山开采资源量

结合 2013 年资源储量核实报告和原变更设计 I 号矿体分层矿岩量表，根据 2022 年 11 月矿山实测平面图估算：截至目前，矿山剩余石灰岩矿石资源量约 420.22 万 t、矿岩采剥总量约 561.44 万 t。

(2) 生产规模

根据矿床地质资源储量、矿山开采技术条件，设计矿山年生产规模为 80 万 t。

(3) 服务年限

开采范围以 2016 年安全设施变更设计范围为准，通过上述计算，设计利用 1 号矿体剩余石灰岩资源量为 420.22 万 t。按石灰岩矿石 80 万 t/a 的生产规模计算，矿山剩余服务年限约 5.5 年（含：建设生产准备期 2 个月）。

(4) 工作制度

设计采用间隔工作制，年工作 300 天，每天 2 班，每班 8 小时。穿孔爆破每天 1 班，安排在白天；破碎每天 2 班。

4) 矿山开拓运输

(1) +170~+160m 台阶开采时，由+172m 破碎站卸料口、沿现有矿山运输道路东南段约+170m 标高处，再沿+170m 等高线、新建水平开拓运输道路，至设计开采境界范

围的 7#、8#拐点中间位置的西侧约+170m 原始标高处，该段水平开拓道路长约 125m，平均纵坡为零；再沿该处向南西下降至+160m 开采水平，该段开拓道路长约 160m，平均纵坡为 6.25%。

(2)+160~+150m 台阶开采时，再沿上述新建成的开拓运输道路末端+160m 标高处，向西折返下降至+150m 开采水平，该段开拓道路长约 155m，平均纵坡为 6.45%。

开拓公路按矿山三级公路标准建设。

道路等级：	III级；
设计最高行车速度：	20km/h；
路面宽度：	10m；
路肩宽度：	挖方 0.75m、填方 1.25m；
最小回头曲线半径：	20m；
最大纵坡度：	8%（困难时 9%）；
最大限制坡长：	150m；
缓和坡段长度：	60m；
道路平均纵坡：	6.5%；
路面类型：	级配碎石。

5) 采矿工艺

(1) 采矿方法

设计采用自上而下分台阶开采。鉴于露天采场的+245~+185m 西北侧台阶目前基本已靠帮到界（仅东南侧机械开采区局部未靠帮），设计把矿山首采工作面布置在了采场+170m 开采水平，开拓运输道路由破碎站卸料口上升至运输道路+177m 标高后，经采场出入沟缓坡下降后，在+170m 形成初始装运工作平台。工作线垂直矿体走向布置，沿矿体走向 U 形推进。

东侧+185m 水平以上（最高采剥标高约+202m）为非爆破开采区。设计可在该区东北侧沿原+185m 平台修建临时联络道至下部+170m 平台（联结处标高实际约+173.5m），或可翻运至+170m 装运平台。

当+170m 及以上水平开采结束之后，再在+170m 等高线与开拓运输道路交汇处沿地形开段沟，再形成+160m 工作平台。

依次类推，再形成+150m 工作平台，逐步形成自上而下分台阶开采。

①爆破开采区

矿山为露天开采。根据矿体的特点、地形地质条件情况和选用采装设备，同时考虑爆破安全要求，开采方法为自上而下分台阶开采，中深孔爆破，机械铲装，汽车运输。

+170m 以上水平，生产台段高度 15m、靠帮阶段高度 15m；+170m 以下水平台阶均为 10m。

②非爆破开采区

开采方法为自上而下分层开采，液压锤挖掘机采剥，机械铲装，汽车运输。挖掘机分层采剥高度 5m，一个生产台段分为 2-3 个分层，靠帮阶段高度+170m 以上水平为 15m、+170m 以下水平为 10m。

(2) 设计露天采场参数见表 2-5。

根据《安全设施设计》，露天采场参数见表2-5。

表2-5 设计露天采场构成要素表

序号	项目	单位	构成参数	备注
1	台阶高度	m	15	+170m 以上台阶
			10	下部+170m 以下台阶为 10m
2	生产台阶坡面角	(°)	70~75	非爆破开采区为 70°
3	靠帮台阶坡面角	(°)	65	+170m 以上现已靠帮台阶
			60	+185m 以下未靠帮台阶
4	安全平台宽度	m	≥5	
5	清扫平台宽度	m	≥10	每间隔2个安全平台布置
6	机械锤开采分层高度	m	5	
7	机械锤开采工作平台宽度	m	10~12	
8	机械开采分层数量	个	3	+170m 以上台阶
			2	+170m~160m 台阶 +160m~150m 台阶
9	西北侧采场最终边坡角	(°)	42~43	矿体下盘，高差 260m~150m
10	西侧采场最终边坡角	(°)	48	端帮，高差185m~150m
11	东侧采场最终边坡角	(°)	43	矿体上盘，高差 205m~150m
12	最小运输平盘宽度	m	40	
13	最低开采标高	m	+150	与采矿证规定标高一致
14	最高开采标高	m	+280	采矿证范围内最高标高+280m
15	最终边坡高度	m	110	西北侧最终边坡最高标高+260m

注：备注未明确爆破开采区或非爆破开采区的，该构成参数适用所有露天开采区。

(3) 采剥

①穿孔作业：A、采场台阶工作面穿孔设备设计选用矿山现有的开山 KG520 型潜孔钻机，穿孔孔径设计为 120mm，对于 15m/10m 台阶，孔深 17.03m/11.5m，钻孔倾角 75° ，超深 1.5m/1.2m。经计算矿山需 KG520 型潜孔钻机 2 台。KG520 型潜孔钻机用于正常的生产穿孔，对于各开采水平小于 4m 的山坡台阶部分、采场边帮预裂孔以及基建期内采场顶部台阶等辅助生产穿孔，设计仍选用现有的 KG520 型潜孔钻机进行处理，必要时辅助机械锤处理。B、设计利用 2 台 HG550-18/15 型柴油移动式螺杆空压机（技术参数： $Q=15\text{m}^3/\text{min}$ 、 $P=1.8\text{Mpa}$ 、柴油机功率 $N=132\text{kW}$ ），为潜孔钻机配套设备，满足潜孔钻机用风需要。空压机采用移动式，随采场钻机位置变动布置压风管路。压风管路选用 DN50mm 高压橡胶管与之配套。

②爆破作业：设计矿山采剥爆破采用深孔爆破，以松动爆破为主（局部少量采用浅眼爆破，主要用于修筑开拓公路、台阶未形成前的小爆破和边坡修整时的爆破）。采剥分层台阶高度为 15m，一次爆破产生的大块应采用挖掘机液压破碎锤锤破，严禁采用浅眼爆破改大块（即严禁使用二次爆破）。爆破工作由爆破班组承担。爆破班组的爆破人员必须通过培训并持资格证书上岗。

根据《爆破安全规程》规定，对设备或建筑物的安全距离，应由爆破设计确定；爆破时，爆破个别飞散物对人员的安全允许距离有如下规定：露天岩土爆破时，中深孔爆破个别飞散物最小安全允许距离不小于 200m，浅孔爆破个别飞散物最小安全允许距离 200m（复杂地质条件下或未形成台阶工作面时不小于 300m），爆破中产生的大块，采用挖掘机配破碎锤进行机械破碎，严禁采用浅眼爆破或裸露药包爆破。沿山坡爆破时，下坡方向的飞石安全距离应增大 50%。

③铲装作业：设计采用公路开拓—汽车运输开拓方案，生产台阶采剥的矿岩由挖掘机装车，矿石运至破碎站加工，岩土运往排土场或外运综合利用。

设计利用矿山现有 2 台斗容 1.6m^3 液压挖掘机（斗山 DH370LC-9 型）用于采场工作面采装作业，一用一备；利用 1 台小松 PC270 型 1.3m^3 挖掘机用于采场大块矿岩二次破碎及采场排险、清理边坡等作业；利用 1 台斗容 1.6m^3 挖掘机（SK350LC-9 型）用于采场表土层剥离，兼作备用。

④运输作业：矿岩运输选用 36t 矿用自卸汽车，本设计选择矿山现有的同力 TL640 非公路宽体自卸车 8 辆（其中备用 2 辆），发动机功率 185kW，外形尺寸：长×宽×高（7942×3403×3600mm）。

⑤机械开采作业

非爆破开采区采用非爆破方式开采，设计使用贝力特BLTB-210液压锤、配套EC500 Hammer (破碎锤版)挖掘机采剥，挖掘机铲装，矿用汽车运输采剥工艺。机械开采采用自上而下分层开采，每个分层高度5m。最终靠帮阶段高度10m~15m，即：+170m 水平以下每2个分层开采结束后并段，台段高为 10m；+170m 水平以上每 3 个分层开采结束后并段，台段高为15m。

机械采掘生产过程中采场出现的大块，可采用该主采掘设备同步边采掘、边改小；也可采用机液压锤（贝力特BLTB-150液压锤配套小松 PC270型挖掘机）进行机械破碎。

6) 破碎系统

设计矿山生产能力为80万t/a，平均年剥离综合利用建筑石料用灰岩27万t。结合采场实际情况，按照集中管理，稳定生产，便于检修，原初步设计粗碎、中碎、筛分厂房及转运站，破碎能力与采场配套，破碎及筛分位于采场北面山凹里。优化设计仍继续沿用矿山现有破碎系统。

7) 矿山给排水

(1) 供水

棠溪矿区地下水丰富，矿山前期已在生活区附近打深井取水供矿区生活生产用水。取水分两级泵站，一级泵站采用深井泵站，取水设备为深井泵一台。二级泵站为智能化泵站，内设三台 60-160 水泵，二用一备，变频控制。送至采场及工业场地个用水点使用。

(2) 排水工程

开采矿体位于当地排水基准面和地下水位以上，矿体稳定，呈层状产出，宜露天开采。据本次施工5个钻孔的终孔稳定水位最高标高在+123.03m，稳定水位，最低标高+100.06m，设计将来矿山开采最低标高在+150m。大气降水是地下水和未来露采矿坑的直接充水源。且大部分降水沿地表径流排泄，地下水位赋存标高位于设计最低开采标高以下，所以地下水对未来露采矿坑充水基本无影响。

由于矿山I号矿体各水平均为山坡露天开采，因此开采时采用自流排水方式。在开采过程中，工作面保证有一个向外2~3‰的坡度，采场内的水就能自然流出采场。故无需机械排水设施。

8) 矿山供电与通信

矿山电源由本地区附近市网10kV供电线路“T”接引入，该电源来当地棠溪变电所，以满足矿区供电要求。矿区破碎站附近现已建有800KVA 配电房一座，供破碎系统设备、

采场设备用电；矿山变、配、输电工程由安徽贵池供电公司按供、配电相关规程规定专业施工，能够满足矿山生产安全用电要求。采场照明根据工艺布置相应设置照明配电箱，杆上设NSC9700防眩路灯作为道路照明。

为了满足日常通讯联系需要，设计在厂区办公楼和值班室设电话，矿山对外联系可采用移动电话和固定电话。

9) 除尘

矿石破碎加系统，设计破碎加工实行了钢棚封闭，大棚内安装了破碎加工设备、胶带运输机，以及收尘设施等。破碎系统由破碎机、振动筛、胶带运输机构成，破碎系统均应采用除尘措施。

矿石由大块破碎成细颗粒时产生大量微细粉尘，在下落以及随后的皮带转运过程中，由于受空气阻力的影响，微细粉尘从下落矿石中分离出来，受矿石落到皮带激起的气流影响飞扬开来，造成粉尘污染危害严重。因此破碎站除尘范围是：破碎机落料、胶带机落料。

除尘工艺采用干式除尘，选用气箱脉冲除尘器3台通过除尘管道与破碎机落料、胶带机落料除尘点除尘罩相连，将粉尘抽到除尘器进行处理，处理后的空气达到国家有关标准。收集的灰尘每天派专人回收处理，综合利用。

10) 防灭火

按《建筑设计防火规范》和《建筑灭火器配置设计规范》设计。

11) 排土场

设计新排土场位于安徽东方钙业有限公司棠溪熔剂用石灰岩矿与双桥熔剂白云岩、化工用石灰岩矿之间的山凹中。排土场四周为山林、荒地，下游 300m 内无居民和重要工业设施。排土标高+165m~+120m，排土堆置高度 10~20m，安全平台宽度 15m，台阶坡面角 35°，最终边坡角 26°，有效容积 147.5 万 m³。排土场上盘设截洪沟，下方设拦土坝、沉淀池等。

2.5.2 矿山采场现状概述

该矿山采用山坡露天、自上而下分台阶开采，使用公路汽车运输开拓方式，其开拓运输方式与设计相符，上山运输道路按照III级泥结碎石路面修建，路面宽度 9~10m，最小转弯半径大于 20m，运输道路坡度平均为 7.0%左右，最大纵坡小于 8%，上山公路外侧

设有挡坝设施，内外侧设有排水沟，并在各转弯、下坡危险地段设有安全警示标志和紧急避险设施。上山运输道路从破碎站卸料平台拆返式至采区+170m（非爆破开采业区）和+150m平台（爆破开采区）。

该矿山为山坡露天、自上而下分台阶开采，采用公路汽车运输开拓方式，目前矿山爆破开采区最高开采标高+280m，最低开采标高+150m，在矿区西北侧自上而下形成+245m、+230m、+215m、+200m、+185m、+170m、+160m、+150m共计8个平台，+260m水平以上已削顶，+170m水平以上台阶已靠帮，靠帮台阶高度在15m左右，靠帮台阶坡面角 51° ~ 65° 左右，+230m、+185m清扫平台宽度10m~12m，+215m、+200m、+170m安全平台宽度5~6m。目前采装作业平台布置在+150m水平，其平台宽度均大于50m，台阶高度15m，台阶坡面角 70° ~ 72° ，开采面由西南向东北方向推进。其矿山开采方式及台阶构成要素总体上符合设计要求。采场东侧为非爆破开采区，目前主要在+170m平台进行机械开采。采场作业面未发现掏采现象。

该矿目前已在采场+245m~+160m平台分别设置了9个人工监测点（TX1~TX9，含1个监测基准点），定期人工监测边坡位移变化。同时矿山在采场设置了视频监控设施，以实行智慧化矿山管理。

3 主要危险、有害因素辨识

露天矿山采场边坡稳定性主要决定于下列因素：边坡岩石的性质、岩体结构及地质构造、边坡参数、水的浸蚀及爆破和震动。产生危险的主要因素有：自然因素、设备因素、设计因素、人为因素等；其主要危害均为滑坡。现根据安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿露天矿山采场边坡现状，结合区内自然条件、矿山采场边坡内排弃的废岩土的物理力学性质、人为因素等，对矿山边坡进行危险、有害因素辨识与分析。

3.1 自然灾害方面的主要危险、有害因素

3.1.1 地震方面的主要危险、有害因素

根据《中国地震动参数区划图（GB18306-2015）》，本区属地震烈度Ⅵ度区第一组，地震卓越周期频率为 0.35s，其震动峰值加速度为 0.05g，故本区属地震烈度 6 度区。地震易引发矿山边坡失稳。

3.1.2 洪水方面的主要危险、有害因素

洪水造成边坡失稳；甚至引发山洪暴发等自然灾害。

3.2 滑坡和泥石流方面的主要危险、有害因素

滑坡和泥石流是露天矿山边坡的主要危险、有害因素，露天矿山边坡一旦产生滑坡，其后果是不堪设想的。它将对矿山下游设施和人民生命财产安全带来极大危害。因此，露天矿山边坡安全工作重点是防止产生滑坡。其主要表现为：

- 1) 采场边坡台阶高度过大，坡面角过陡，易产生滑坡体，形成滑坡；
- 2) 雨季时大气降水直接冲刷矿山边坡台阶，易形成滑坡和泥石流；
- 3) 爆破作业时，靠帮台阶未采用有效的保护边坡的爆破方法，易造成边坡不稳定，产生滑坡体，形成滑坡。

3.3 地质方面的主要危险、有害因素

- 1) 边坡岩体强度较小，易出现滑坡；
- 2) 边坡台阶节理、裂隙发育，易出现滑坡；
- 3) 断层出现破坏了岩石的整体性，断层面处易出现滑坡；
- 4) 矿床水文地质条件对矿山边坡的影响，矿山边坡受水浸蚀后其边坡岩体的内摩擦力减小，其稳定性系数降低。

3.4 其他方面的主要危险、有害因素

- 1) 作业不按设计要求自下而上开采，易引起滑坡，发生伤害事故；
- 2) 不按设计要求布设台阶，造成台阶高度过大，边坡过陡或台阶宽度不足均有可能引起滑坡；
- 3) 平台未按设计及规范要求设置反坡的，易受雨水浸蚀造成滑坡；
- 4) 采场上端未按设计要求设置截洪系统的，其台阶边坡经洪水冲刷，易形成滑坡和泥石流；
- 5) 未按设计及规范要求对采场边坡进行监测，可能导致预警不及时而引起滑坡伤人事故。

3.5 安全管理方面的主要危险、有害因素

- 1) 安全机构设置或机构人员组成不当，造成安全管理工作中存在的衔接不当，管理混乱，会造成安全管理上的漏洞。
- 2) 安全生产各项管理制度、安全生产责任制、各工种岗位操作规程不健全或落实不到位，从而导致生产安全事故的发生。
- 3) 未制定生产安全事故应急预案或未组织演练，造成事故抢救工作开展不力，从而扩大事故后果。
- 4) 违反安全操作规程和劳动纪律，给安全生产带来隐患。
- 5) 缺乏基本的安全生产常识、操作技术知识和缺乏识别事故隐患征兆的能力，往往会带来盲目、冒险生产的危险。
- 6) 职工在身体上、精神上有缺陷或处于过度疲劳、思想不集中的状态下工作，都会给安全生产留下重大隐患。
- 7) 作业方法不安全，劳动组织涣散，会构成安全网络的漏洞。
- 8) 设备及其附件已损坏，处于不安全状态运行，使安全失去可靠性。
- 9) 安全检查制度不严，对不安全因素和查出的问题整改不力，有使人思想存在麻痹、冒险盲干的可能。

4 稳定性分析单元划分及方法选择

4.1 稳定性分析单元划分

稳定性分析单元划分是为稳定性分析目标和方法服务的，要便于稳定性分析工作的进行，有利于提高稳定性分析工作的准确性。稳定性分析单元的划分，一般将生产工艺、工艺装置、物料的特点、特征和危险、危害因素的类别、分布有机地结合起来进行划分，还可以按稳定性分析的需要将一个单元再划分为若干子单元或更细致的单元。常用的稳定性分析单元划分原则和方法：

1) 以危险、有害因素的类别为主划分稳定性分析单元

(1) 按工艺方案、总体布置和自然条件、社会环境对工程（系统）的影响等综合方面的危险、有害因素分析，宜将整个工程（系统）作为一个稳定性分析单元；

(2) 将具有共性危险、有害因素的场所和装置划为一个单元。

2) 按装置和物质特征划分稳定性分析单元

(1) 按装置工艺功能划分；

(2) 按布置的相对独立性划分；

(3) 按工艺条件划分；

(4) 按贮存、处理危险物质的潜在化学能、毒性和危险物质的数量划分。

本项目根据生产工艺过程的危险、有害的性质和重点危害的分布等情况，将矿山边坡划分为安全管理系统和矿山边坡系统两个稳定性分析系统。

4.2 稳定性分析方法的选择

稳定性分析的方法很多，但主要考虑稳定性分析结果能否达到矿山边坡稳定性分析的目的，还要考虑该项目稳定性分析所需信息资料能否收集齐全。根据本项目具体情况，本次专项稳定性分析采用以下三种方法：

1) 安全检查表法（SCL）

2) 故障树法（FTA）

3) 稳定性分析

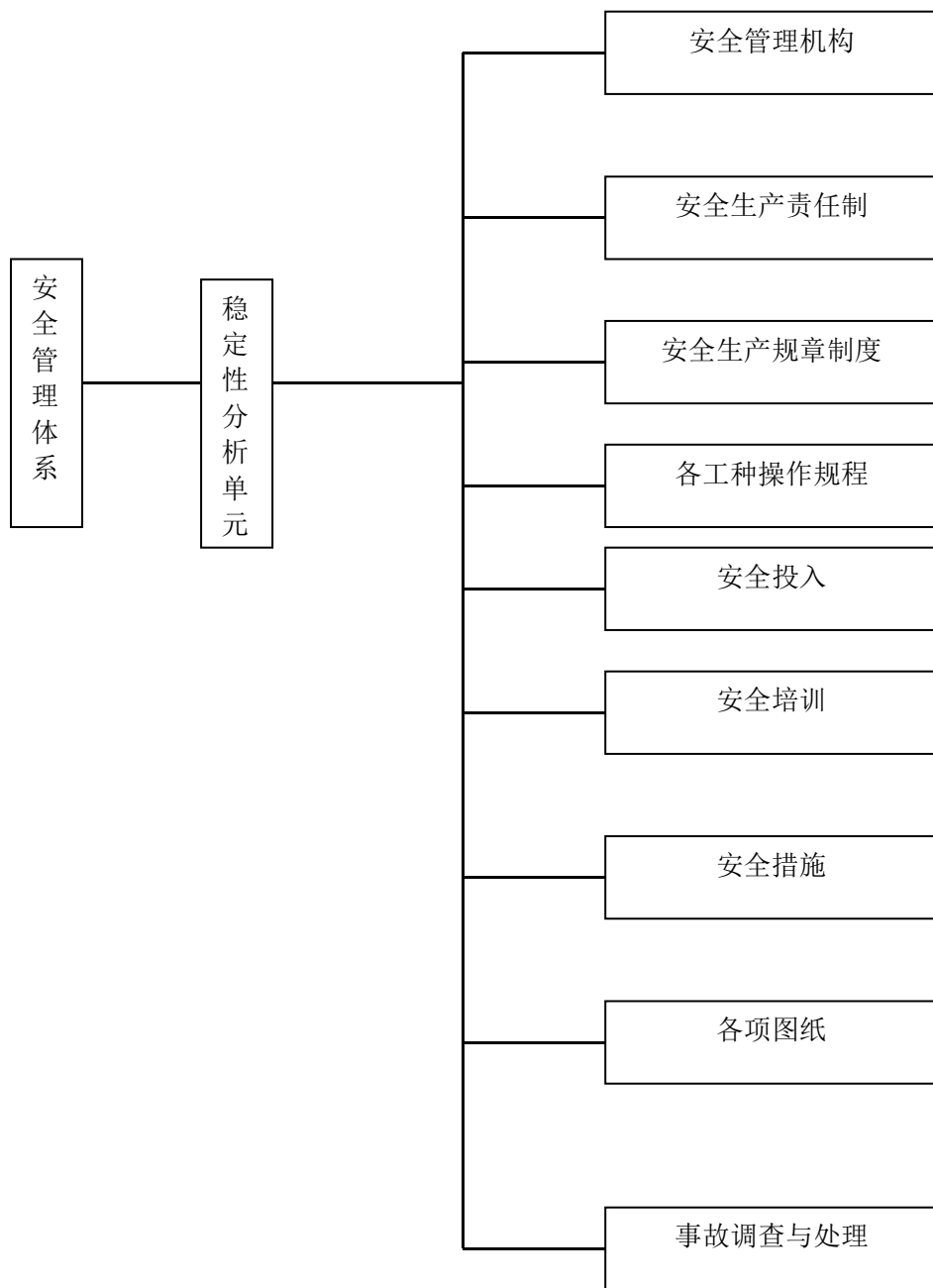


图 4.1 安全管理体系稳定性分析单元划分

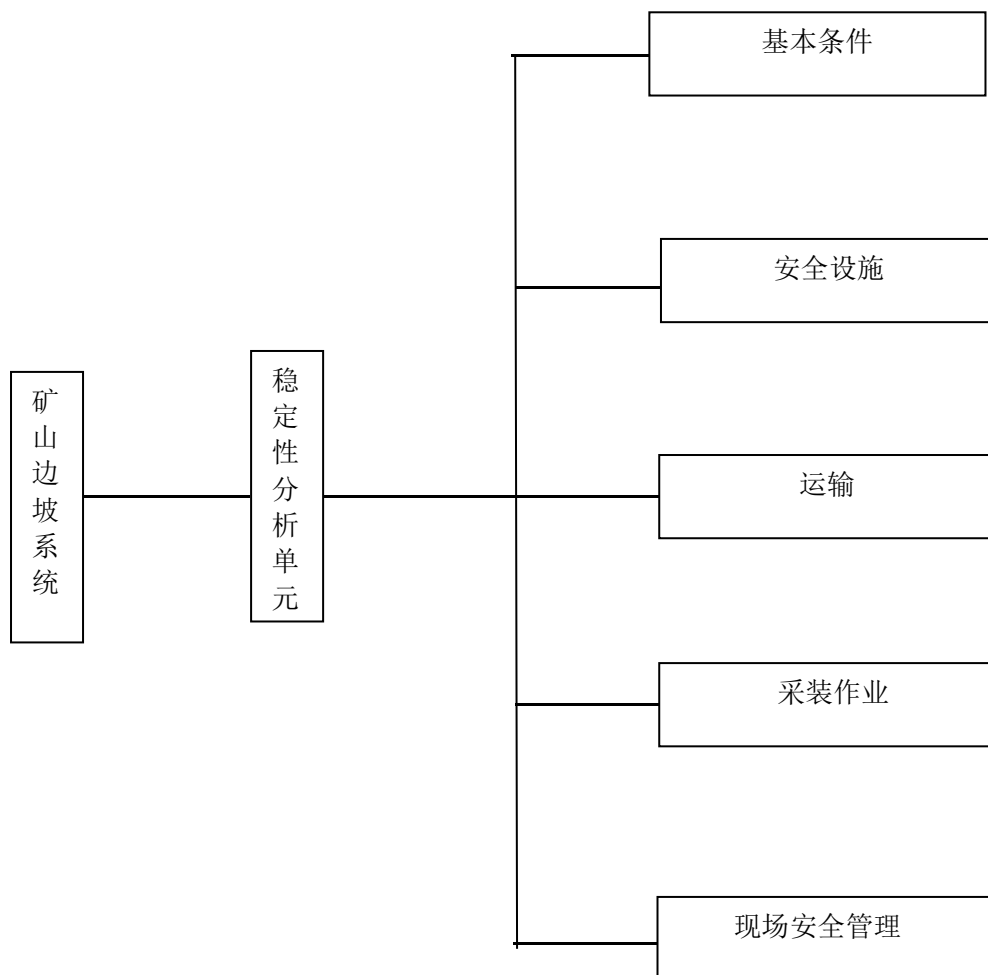


图 4.2 矿山边坡系统稳定性分析单元划分

5 定性、定量稳定性分析

通过对安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿采场现状边坡安全管理、自然灾害、滑坡及泥石流、运输、现场作业等方面的危险、有害因素分析，依据有关技术资料及相应的法律、法规，结合采场现状边坡稳定性分析的需要，采用相关方法进行系统稳定性分析，找出该矿采场现状边坡存在的危险、有害因素，分别划分出矿山现状边坡安全管理系统和矿山边坡系统，进行定性、定量稳定性分析，从而作出稳定性分析结论，并提出补偿式的安全对策措施。本次采场现状边坡稳定性分析主要采用安全检查表法、故障树法（FTA）、极限平衡法等方法进行采场现状边坡稳定性分析。

5.1 安全检查表法

依据稳定性分析单元所需内容，逐项列表，查阅有关资料，现场检查，对照有关法律、法规要求，逐条分析，并给予“符合”、“不符合”或“不涉及”等定性判断，对各系统作出稳定性分析结论。

5.1.1 安全管理系统稳定性分析

1) 稳定性分析单元划分

根据矿山安全生产管理的特点，将本系统划分为：安全管理机构设置，安全生产责任制，安全生产规章制度，各工种操作规程，安全投入，安全措施，安全培训，现场管理，图纸，事故预防与处理 10 个稳定性分析单元。

2) 稳定性分析方法及过程

(1) 方法：采用安全检查表法。

(2) 过程：项目组成员分专业到各个作业场所、车间，察看现场管理记录、单据、台帐、表册，并详细查阅有关安全管理方面的全部设计、证件、图纸等记录档案资料，对照分析，见安全检查表 5-1。

表 5-1 安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿安全管理体系安全检查表

检查人员：王陈红、吴鹏程

检查日期：2026 年 4 月 8 日

稳定性分析单元	检查内容	检查测试记录	检查结果
(1) 安全管理机构设置	1. 矿山设置安全管理机构情况。	公司成立了安全生产委员会，矿山设置了安全科、技术科。	符合
	2. 专职安全管理人员配备是否满足要求。	矿山配备 2 名专职安全管理人员。	符合
	3. 队、班、组应设专职或兼职安全员配备情况。	每班有专职安全员。	符合
	4. 各队、班、组设立的专（兼）职安全员是否有书面或文件形式下发。	有文件规定。	符合
(2) 安全生产责任制	1. 矿主要负责人矿长（经理）安全生产责任制。	有主要负责人安全生产责任制。	符合
	2. 主管本矿安全生产主要负责人和技术负责人员安全生产责任制。	有安全生产主要负责人和技术负责人员安全生产责任制。	符合
	3. 各级职能机构安全生产责任制。	有各职能机构安全生产责任制。	符合
	4. 班组长安全生产责任制。	有班组长安全生产责任制。	符合
	5. 各岗位工人安全生产责任制。	有各岗位安全生产责任制。	符合
(3) 安全生产规章制度	1. 安全生产责任制度。	已编制。	符合
	2. 安全目标管理制度。	有安全目标管理制度，得到执行。	符合
	3. 安全例会制度。	有安全例会制度，得到执行。	符合
	4. 安全检查制度。	有安全检查制度，得到执行。	符合
	5. 边坡管理制度。	有边坡管理制度，得到执行。	符合
	6. 安全教育培训制度。	有制度，得到执行。	符合
	7. 设备管理制度。	有制度，得到执行。	符合
	8. 危险源管理制度。	有制度，得到执行。	符合
	9. 事故隐患排查与整改制度。	有制度，得到执行。	符合
	10. 安全技术审批制度。	有制度，得到执行。	符合
	11. 劳动防护用品管理制度。	有制度，得到执行。	符合
	12. 事故管理制度。	有制度，得到执行。	符合
	13. 应急管理制度。	有制度，得到执行。	符合
	14. 安全奖惩制度。	有制度，得到执行。	符合
	15. 职业危害预防管理制度。	有制度，得到执行。	符合
	16. 安全生产档案管理制度。	有制度，得到执行。	符合

稳定性分析单元	检查内容	检查测试记录	检查结果
(4) 各工种操作规程	1. 采掘工。	有采掘作业规程。	符合
	2. 安全检查工。	有安全检查工操作规程。	符合
	3. 爆破员。	有爆破作业规程。	符合
	4. 电工。	有电工操作规程。	符合
	5. 铲装工。	已制定铲装操作规程。	符合
	6. 场内运输工。	已编制场内运输作业规程。	符合
	7. 压风机工。	已制定压风机工操作规程。	符合
	8. 凿岩（打眼）工。	有凿岩工操作规程。	符合
(5) 安全投入	1. 应编制安全措施计划。	已编制安全措施计划。	符合
	2. 按规定提取安全技术措施专项经费。	已按规定提取。	符合
	3. 安措经费使用情况。	用于安全隐患整改和职工教育及安全用品的购买等。	符合
(6) 安全措施	1. 制定重大危险源及重大隐患检测、评估、监控措施和应急预案。	无重大危险源及重大生产安全事故隐患。	不涉及
	2. 依法参加工伤保险，为从业人员缴纳保险费。按规定缴纳安全生产责任险。	参加了工伤保险，已按规定购买了安全生产责任险。	符合
	3. 《矿山灾害应急救援预案》及时修改，每年组织一次演练。	编有应急救援预案，并开展了演练。	符合
	4. 制定职业危害防治措施，综合防尘措施，建立粉尘检测制度，从业人员配备符合国家标准或行业标准的劳动保护用品。	制定有相关措施和制度，为从业人员发放符合标准的劳动保护用品等。	符合
	5. 矿山外委工程应与有相应资质的承包单位签订安全管理协议。	公司已与爆破公司等外协单位签订有安全生产管理协议。	符合
	6. 矿山设计及技术措施符合有关规定，矿山安全设施设计和条件必须符合“三同时”。	安全设施与主体工程“三同时”已经审查验收。	符合

稳定性分析单元	检查内容	检查测试记录	检查结果
(6) 安全措施	7. 矿山企业自建矿以来各类事故调查有调查报告及处理结果。	未发生过事故。	不涉及
	8. 边坡稳定及防治滑坡的措施。	已制定边坡稳定及防滑措施。	符合
	9. 防治矿山火灾的安全措施。	已制定防火安全措施。	符合
	10. 防治地面洪水、采场突水、涌水安全措施。	已制定防治水措施。	符合
	11. 铲装、运输、机械设备防护装置及安全运行保障措施。	已编制安全措施，且设置防护装置。	符合
	12. 供电系统安全保障措施。	有供电安全保障措施。	符合
	13. 爆破安全措施。	有安全措施。	符合
	14. 爆破器材加工、储存安全措施。	已制定各项安全措施。	符合
	15. 对作业环境安全条件和危险性较大的设备进行定期检测检验，有预防事故的安全技术保障措施。	已制定预防事故措施。	符合
	16. 安全标志及使用情况。	设有安全标志。	符合
(7) 安全培训	1. 制定特种作业人员、从业人员培训计划。	已制定从业人员培训计划。	符合
	2. 从业人员按规定接受安全教育和培训，并经考核合格。	有教育和培训记录，并经考试。	符合
	3. 特种作业人员经有关业务主管部门考核合格，取得操作资格证书，持证上岗。	做到持证上岗。	符合
	4. 主要负责人和安全管理人员的安全生产知识和管理能力考核合格，并持有安全合格证。	主要负责人和安全管理人員经培训考核合格，持有安全合格证。	符合
(8) 现场安全管理	1. 矿山各级干部现场安全检查有工作日志，并及时填写。	有各级干部现场安全检查工作日志。	符合
	2. 班（组）长、安全员有工作日志，并及时填写。	安全员有工作日志。	符合
	3. “三违”处罚有记录。	有“三违”处罚记录。	符合

稳定性分析单元	检查内容	检查测试记录	检查结果
(9) 图纸	1. 地形地质图。	有地质地形图。	符合
	2. 总平面布置图。	有总平面布置图。	符合
	3. 采场工程平面图及采场剖面图。	有采场剖面图。	符合
	4. 供配电系统图。	有图。	符合
	5. 防排水系统图及排水设备布置图。	有图。	符合
	6. 边坡监测系统平面图、断面图。	有图。	符合
(10) 事故预防与处理	1. 露天边坡等易发生事故的场所、设施、设备有登记档案和检测评估报告及监控措施。	有登记档案和检测评估报告及监控措施。	符合
	2. 对存在的各类事故隐患要及时进行整改，并有登记、整改和处理档案。对暂时无法完成整改的，必须有切实可行的监控和预防措施。	已建立各类事故隐患登记、整改和处理档案。	符合
	3. 矿山企业伤亡事故必须按规定程序及时上报。	未发生伤亡事故。	不涉及
	4. 矿山企业应设立矿山救护队，不具备单独设立矿山救护条件的非煤矿山企业，应与就近的救护队签订协议或联合建立矿山救护队。	与池州市贵池区矿山应急救援队签订了矿山救护协议。	符合

3) 结果分析

(1) 安全管理现状

从检查表可见，该公司比较系统地制定了一系列安全管理方面的制度、规程，并在实践中得到了落实，成立了安全生产委员会，设置了安全科、技术科，配备了2名专职安全管理人员。

从检查表可见，该矿安全管理机构的设置，安全生产责任制、安全生产规章制度、各工种操作（作业）规程的建立和安全投入等方面符合要求，满足矿山采场边坡安全管理需要。

(2) 分析小结

依据上述安全检查表，对照安全生产有关法律、法规，综合分析，其安全管理模块、安全生产管理规章制度等安全管理体系符合有关法律、法规的要求，满足矿山采场边坡安全管理需要。

(3) 安全对策措施及建议

①矿山应按照相关要求，组织地质、采矿、机电等技术人员，至少每月对采场边坡边坡稳定性分析研判一次，发现问题及时处理；

②加强现场管理，进一步完善日常检查记录，并进行存档备查；

③矿山生产过程中要进一步规范相关图纸，定期进行测绘，并做到及时填图；

④进一步加强职工（尤其是外委单位人员）安全教育，提高职工安全生产意识；对边坡应安排专人监测，发现隐患要及时处理；

⑤进一步完善露天矿山采场边坡等危险作业场所安全警示标志标识，并按规定要求定期开展应急预案演练。

5.1.2 采场边坡系统稳定性分析

1) 稳定性分析单元划分

根据露天矿山采场现状边坡特点，露天采场系统划分为基本条件、安全设施、采矿作业、现场安全管理 4 个稳定性分析子单元。

2) 稳定性分析方法及过程

(1) 方法：采用安全检查表法进行稳定性分析。

(2) 过程：项目组人员进入露天矿山采场进行查、问、听、测、记，对照有关法律、法规与标准对采场现状边坡进行逐项分析，见安全检查表 5-2。

表 5-2 安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿采场边坡系统安全检查表

检查人员：袁成龙、黄凯

检查日期：2026 年 4 月 8 日

稳定性分析单元	检查内容	检查测试记录	检查结果	
(1) 基本条件	1. 矿山应有工程地质勘查报告和安全设施设计。	有专门的工程地质勘查报告和安全设施设计（包括变更设计）等相关资料。	符合	
	2. 现状采场台阶构成要素	台阶	目前矿山爆破开采区最高开采标高+280m，最低开采标高+150m，在矿区西北侧自上而下形成+245m、+230m、+215m、+200m、+185m、+170m、+160m、+150m 共计 8 个平台，+260m 水平以上已削顶，+170m 水平以上台阶已靠帮，靠帮台阶高度在 15m 左右，靠帮台阶坡面角 $51^{\circ} \sim 65^{\circ}$ 左右，+230m、+185m 清扫平台宽度 10m~12m，+215m、+200m、+170m 安全平台宽度 5~6m。目前采装作业平台布置在+150m 水平，其平台宽度均大于 50m，台阶高度 15m，台阶坡面角 $70^{\circ} \sim 72^{\circ}$ 。	符合
		工作台阶坡角	$70^{\circ} \sim 72^{\circ}$ 。	符合
		最终边坡角	未完全靠帮。	不涉及
		安全平台宽度	安全平台宽度为 5m~6m。	符合
		装运平台宽度	装运平台宽度大于 50m，符合设计要求。	符合
	3. 采场工程地质和水文地质条件发生变化时、出现工程地质与水文地质问题时，应设计并采取相应措施	工程地质和水文地质条件未发生变化。	符合	
4. 采剥工艺、开采顺序等符合设计要求	采剥工艺和开采顺序。	符合		
(2) 安全设施	1. 采场有可靠的截流、防洪和排水设施	有可靠的截流、防洪和排水设施。	符合	
	2. 台阶高度是否符合设计要求	14~15m，符合设计要求。	符合	

稳定性分析单元	检查内容	检查测试记录	检查结果
	3. 台阶边坡角是否符合设计要求	工作台阶边坡角 $70^{\circ} \sim 72^{\circ}$ ，靠帮边坡角 $51^{\circ} \sim 65^{\circ}$ 。	符合
	4. 台阶设置安全平台宽度是否符合设计要求	安全平台宽度为 5m~6m。	符合
	5. 装运平台宽度是否符合设计要求	装运平台宽度大于 50m，符合设计要求。	符合
	6. 靠帮平台应保有 3~5%的反坡	已形成反坡。	符合
	7. 采场应按顺序自上而下分台阶开采	按顺序自上而下分台阶开采。	符合
	8. 采场在危险范围内设置标志，危险区域内严禁人员进入	有安全标志、标识等。	符合
(3) 采矿作业	1. 爆破布眼参数及装药量应符合设计及规范要求	按设计布眼、装药。	符合
	2. 台阶靠帮时是否采用光面爆破或控制爆破	采用预裂爆破。	符合
	3. 边坡岩体存在较严重松散、破碎，节理裂隙发育地段，应及时采取相应支护	边坡岩体暂不存在较严重松散、破碎，节理裂隙发育地段。	不涉及
	4. 是否存在违规“掏采”现象	不存在。	符合
	5. 台阶高度超过设计要求，边坡角是否过陡	台阶高度 14~15m，生产台阶边坡角 $70^{\circ} \sim 72^{\circ}$ 。	符合
(4) 现场安全管理	1. 设置专职人员对采场边坡进行观测和管理，有专人负责定期观测，并记录	有专职人员管理、有观测。	符合
	2. 建立健全采场边坡管理、维护和检查制度	有制度。	符合
	3. 对采场边坡进行定期全面检查，检查有记录	有检查记录。	符合
	4. 汛期前，对采场防、排洪设施进行全面检查和维修，保证完好	按要求做到。	符合
	5. 采场爆破作业，认真填写爆破记录	有制度，能遵守。	符合

3) 稳定性分析结果分析

(1) 安全现状及存在的主要问题

该矿山采用山坡露天、自上而下分台阶开采，使用公路汽车运输开拓方式，其开拓运输方式与设计相符，上山运输道路按照III级泥结碎石路面修建，路面宽度9~10m，最小转弯半径大于20m，运输道路坡度平均为7.0%左右，最大纵坡小于8%，上山公路外侧设有挡坝设施，内外侧设有排水沟，并在各转弯、下坡危险地段设有安全警示标志和紧急避险设施。上山运输道路从破碎站卸料平台拆返式至采区+170m（非爆破开采业区）和+150m平台（爆破开采区）。

该矿山为山坡露天、自上而下分台阶开采，采用公路汽车运输开拓方式，目前矿山爆破开采区最高开采标高+280m，最低开采标高+150m，在矿区西北侧自上而下形成+245m、+230m、+215m、+200m、+185m、+170m、+160m、+150m共计8个平台，+260m水平以上已削顶，+170m水平以上台阶已靠帮，靠帮台阶高度在15m左右，靠帮台阶坡面角 51° ~ 65° 左右，+230m、+185m清扫平台宽度10m~12m，+215m、+200m、+170m安全平台宽度5~6m。目前采装作业平台布置在+150m水平，其平台宽度均大于50m，台阶高度15m，台阶坡面角 70° ~ 72° ，开采面由西南向东北方向推进。其矿山开采方式及台阶构成要素总体上符合设计要求。

采场东侧为非爆破开采区，目前主要在+170m平台进行机械开采。采场作业面未发现掏采现象。

该矿目前已在采场+245m~+160m平台分别设置了9个人工监测点（TX1~TX9，含1个监测基准点），定期人工监测边坡位移变化。同时矿山在采场设置了视频监控设施，以实行智慧化矿山管理。

(2) 小结

依据有关法律、规程，对照矿山现状，该矿采场边坡工程地质和水文地质条件尚好，其下游无工业和民用设施，环境条件良好；矿山经有资质单位进行了工程地质勘查和设计，矿山采场现状边坡目前处于稳定状态。其采场边坡相关安全设施、工艺符合有关法律法规要求。

(3) 安全对策措施与建议

- ①加强对采场边坡检查、监测等，对边坡不稳定地段及时处理，有效清除边坡浮松石，防止发生滑坡事故，同时做好采场现状边坡稳定性定期分析工作；
- ②加强对采场边坡的监测点观测，做好各项记录和研究分析工作；
- ③雨季期间，做好采场排水沟清理工作。

5.2 事故树分析

事故树分析是对预定的生产系统或作业中可能出现的事故条件及可能导致的灾害后果，按工艺流程、先后次序和因果关系绘成方框图，表示导致灾害、伤害事故的各种因素间的逻辑关系。采场边坡重点要防止产生滑坡。通过故障树分析，可识别导致滑坡的基本事件与人为失误的组合，为人们提供设法避免或减少滑坡事故基本原因的线索，从而降低滑坡事故发生的可能性，对导致滑坡事故的各种因素及逻辑关系能做出全面、简洁和形象的描述，便于查明系统内固有的或潜在的各种危险因素，为采场边坡的管理提供科学依据，同时使有关人员、作业人员全面了解和掌握滑坡事故各项防范要点，进而进行逻辑运算，定性、定量分析系统稳定性。

5.2.1 引发边坡滑坡的基本事件

引发矿山采场边坡滑坡的基本事件分析详见图 5.1。

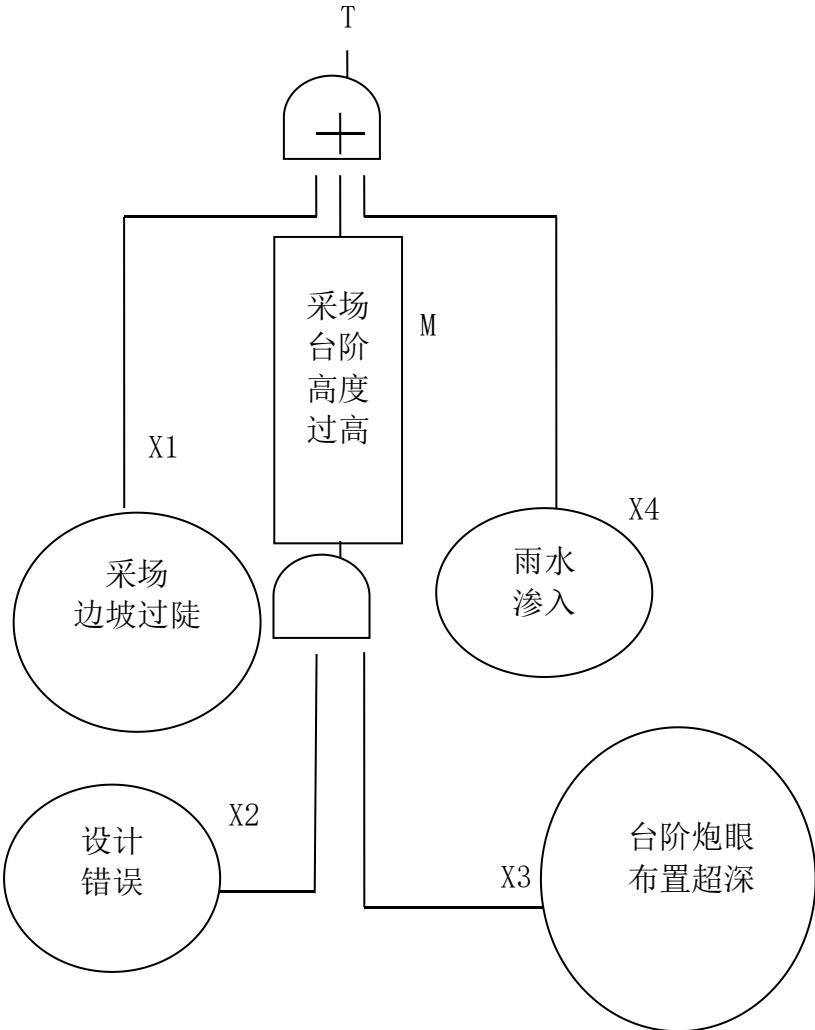


图 5.1 采场边坡滑坡事故树分析图

5.2.2 结构函数

T 代表顶上事件，即矿山采场边坡滑坡事故，导致其发生的事件为 M（采场台阶高度过高）、基本事件 X1（采场边坡过陡）和 X4（雨水渗入），导致 M 发生的基本事件为 X2 和 X3，其中 X1 至 X4 的重要度相同。函数关系式为：

$$T=X1+M+X4$$

其中：

$$M=X2+X3$$

即：

$$T=X1+X2+X3+X4$$

从上式关系可以看出，发生顶上事故（采场边坡滑坡事故）的最小割集为 {X1、X2、X3、X4}，任何一个基本事件 X_i 的发生，都可能导致顶上事件（采场边坡滑坡事故）的发生。

5.2.3 预防采场边坡滑坡事故的安全对策措施

采场边坡存在着滑坡的可能性，而且一旦滑坡，有可能对周围水体造成污染，阻塞道路，损坏设备，甚至造成人员伤亡。根据采场边坡滑坡事故树分析，在矿山开采过程中，影响采场边坡稳定的因素很多，但主要是设计错误、山坡、台阶炮眼布置超深（高）、边坡过陡和雨水渗入。结合安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿采场边坡实际情况，矿山应采取以下综合治理措施：

- 1) 采场台阶应按设计参数要求设置。
- 2) 及时疏通被堵塞的防、排洪沟渠和设施，保证排水设施通畅和完好。
- 3) 采场应按设计要求留设安全平台、清扫平台。
- 4) 严格控制采场边坡的坡面角及台阶高度，防止边坡过陡而产生滑动。
- 5) 加强采场靠帮边坡处爆破管理，严格爆破参数，确保边坡稳定。
- 6) 建立健全矿山采场边坡档案资料和台帐，并加强对矿山采场边坡位移观测，各项记录应齐全完善。

5.3 采场边坡稳定性定量分析

采场边坡稳定性定量分析是矿山采场边坡稳定性分析工作的核心。采场边坡的稳定与否不仅关系到采场边坡的安全运行，同时关系到整个矿山能否正常生产。做好采场现状边坡的稳定性分析工作，有助于预测采场边坡的稳定性状况，从而做到防患于未然，防止灾害的发生。

5.3.1 基本条件及影响因素

采场边坡稳定性取决于多种因素，采场边坡主要取决于边坡岩石的性质、岩体结构及地质构造、边坡参数、水的浸蚀及爆破和震动。

5.3.2 采场边坡物理力学性质及其工程地质条件分析

1) 根据该矿山特点，本次稳定性分析计算参数依据地方经验值进行取值，选取参数如下表所示。

表 5-3 稳定性计算各岩土体参数选取表

岩土名称	块体密度 (g/cm ³)		内摩擦角 (°)		粘聚力 (Mpa)		备注
	自然	饱和	自然	饱和	自然	饱和	
白云质灰岩	2.69	2.53	49.6	40	9.77	8.6	根据地质报告汇编而来
生物碎屑质灰岩	2.69	2.53	42.0	36	9.64	5.6	
碎石土，中密	1.56	1.56	37.5	30	30	24	

由于灰岩本身的力学强度数值不能代表层理滑动面的有效应力指标，因此上表各项数据采用经验类比数据值。

表 5-4 稳定性参数计算表

岩土名称	块体密度 (g/cm ³)		内摩擦角 (°)		粘聚力 (Kpa)		备注
	自然	饱和	自然	饱和	自然	饱和	
白云质灰岩	2.63	2.63	13.0	11.3	21.0	20.4	参考矿区勘察报告
生物碎屑质灰岩	2.63	2.63	13.0	11.3	21.0	20.4	

5.3.3 矿山边坡破坏模式

棠溪石灰石矿采场边坡的稳定性取决于边坡设置的参数、水体的浸蚀、节理裂隙及地质构造、掏采及顺层开采等，其破坏方式主要表现形式又可分为：崩塌、滑坡、错落和坍塌；

(1) 崩塌

斜坡岩体被结构面分割的块体突然脱离母体的现象，其主要是由岩体存在的节理裂隙及地质构造及水体的浸蚀导致的。

(2) 滑坡

岩土以一定的加速度沿一滑动面发生剪切滑动现象，造成边坡失稳，其主要是由边坡过高过陡、水体的浸蚀、岩体的节理裂隙、地质构造及顺层开采（开拓）等引起的。

(3) 错落

陡崖、陡坡、陡坎沿近似垂直的破裂面整体下移，造成边坡破坏，主要是由于台阶内存在软弱岩体造成的。

(4) 坍塌

边坡体一定范围内的岩土受水的浸蚀使其强度降低，从而使边坡坍塌变形，其主要原因是边坡防排水系统不完善造成边坡受浸蚀造成的。

5.3.4 矿山边坡稳定性定量分析

1) 边坡工程安全等级

根据《非煤露天矿边坡工程技术规范》（GB51016-2014）规定，露天矿边坡工程安全等级，根据边坡危害程度和边坡高度两个条件，分为 I、II、III 三个等级，边坡危害等级见表 5-5，边坡安全等级划分，见表 5-6。

表 5-5 边坡危害等级划分表

边坡危害等级		I	II	III
可能的人员伤亡		有人员伤亡	有人员受伤	无人员伤亡
潜在的 经济损失	直接	≥100 万	50 万~100 万	≤50 万
	间接	≥1000 万	500 万~1000 万	≤500 万
综合评定		很严重	严重	不严重

表 5-6 边坡安全等级划分

边坡工程安全等级	边坡高度 H (m)	边坡危害等级
I	H > 500	I II III
	300 < H ≤ 500	I II
	100 < H ≤ 300	I
II	300 < H ≤ 500	III
	100 < H ≤ 300	II III
	H ≤ 100	I
III	100 < H ≤ 300	III
	H ≤ 100	II III

结合安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿采场靠帮边坡的状况，其边坡如若发生破坏，将严重影响生产，极有可能对运输车辆及人员、采场设备及工人造成伤害及财产损失，预计直接经济损失 50 万~100 万元，根据表 5-4，得出安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿采场边坡危害等级定为 II 级。

经计算，矿山采场靠帮边坡高度高差约 110m (+260m~+150m)，介于 $100 < H \leq 300$ ，结合表 5-5 和表 5-6，判定安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿采场边坡工程安全等级为 II 级。

2) 边坡允许安全系数确定

边坡设计安全系数是衡量边坡稳定性的最终定量指标，它与边坡稳定性分析工作内容的原理、方法、代表性以及各项定量参数的取用、边坡高陡程度和服务年限、工程重要等级相关。因此，最小设计安全系数的确定对整个边坡工程的经济性和安全性尤为重要。

根据《非煤露天矿边坡工程技术规范》（GB51016-2014）中边坡安全系数的规定，见表 5-7。

表 5-7 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+爆破震动力；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。

由于地震作用力远大于矿山爆破震动作用力，因此本次选取了两种组合荷载对边坡稳定性进行研究分析，分别为：组合荷载 I（自重+地下水）和组合荷载 III（自重+地下水+地震力）。

3) 边坡稳定性计算

(1) 计算方法

目前工程界普遍采用的计算方法仍为极限平衡法，基于该理论有多种方法：如瑞典条分法，简化 Bishop 法，Morgenstem—Price 法，Spencer 法，Janbu 法、Sarma 法及

不平衡推力传递法。综合矿山采场边坡工程地质条件，选定计算分析采用垂直台阶剖面，分别采用简化 Bishop 法和 Morgenstem—Price 法进行分析边坡稳定性。

①简化 Bishop 法

其计算公式为：

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{m a_i} [c_i b_i + (W_i - U_i b_i) \tan \phi_i]}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot \sin a_i + \sum_{i=1}^n Q_i \cdot e_i / R}$$

其中： $m a_i = \cos a_i + \tan \phi_i \sin a_i / F_s$

式中： F_s ——安全系数；

c_i 、 ϕ_i ——第 i 岩土条滑面上的有效凝聚力和有效内摩擦角；

U_i ——第 i 岩土条底面中点处的孔隙水压力；

b_i ——第 i 岩土条底面弧长；

a_i ——第 i 岩土条底面中心的法线（过圆心）与过圆心的铅直线间的夹角；

Q_i ——第 i 岩土条条块水平向作用力；

W_i ——第 i 岩土条的重量；

e_i ——第 i 岩土条条块所受的法向条间力；

R ——滑弧的半径。

B、Morgenstem—Price 法

Morgenstem—Price 法，即摩根斯坦—普赖斯法，首先对任意曲线形状的滑裂面进行了分析，导出了满足力的平衡及力距平衡条件的微分方程式，然后假定两相邻土条法向条间力和切向条间力之间存在 1 对水平方向坐标的函数关系，根据整个滑动土体的边界条件求出问题的解答。计算简图如下：

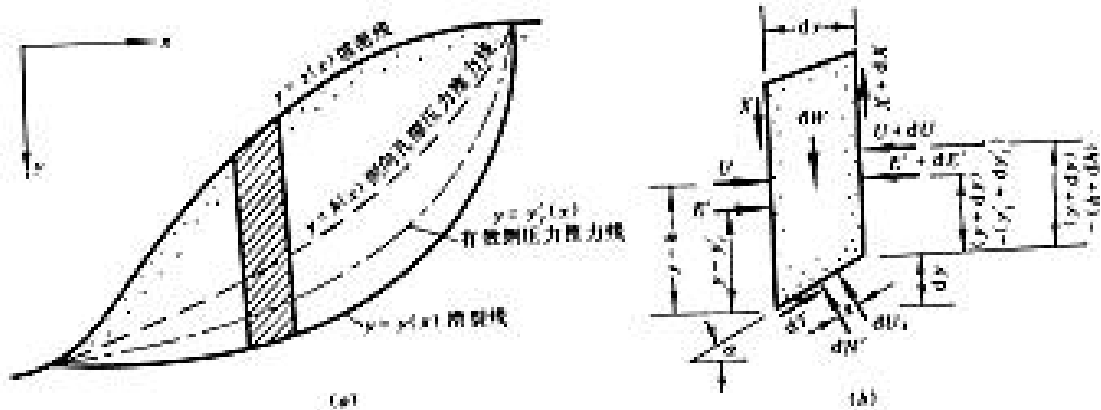


图 5.2 摩根斯坦—普赖斯法图

(2) 计算结果

本次在选取了采场 A-B 线剖面边坡进行计算，结合规范要求，考虑不同的荷载组合工况，计算得出其边坡安全系数，计算结果如下：

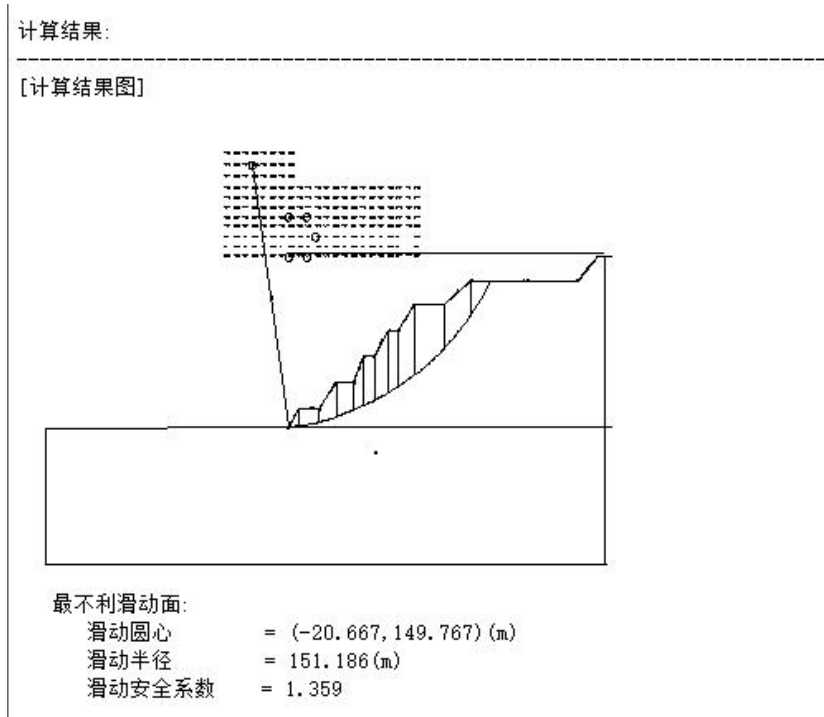


图 5.3 采场 A-B 线边坡稳定性计算结果（自重+地下水，Bishop 法）

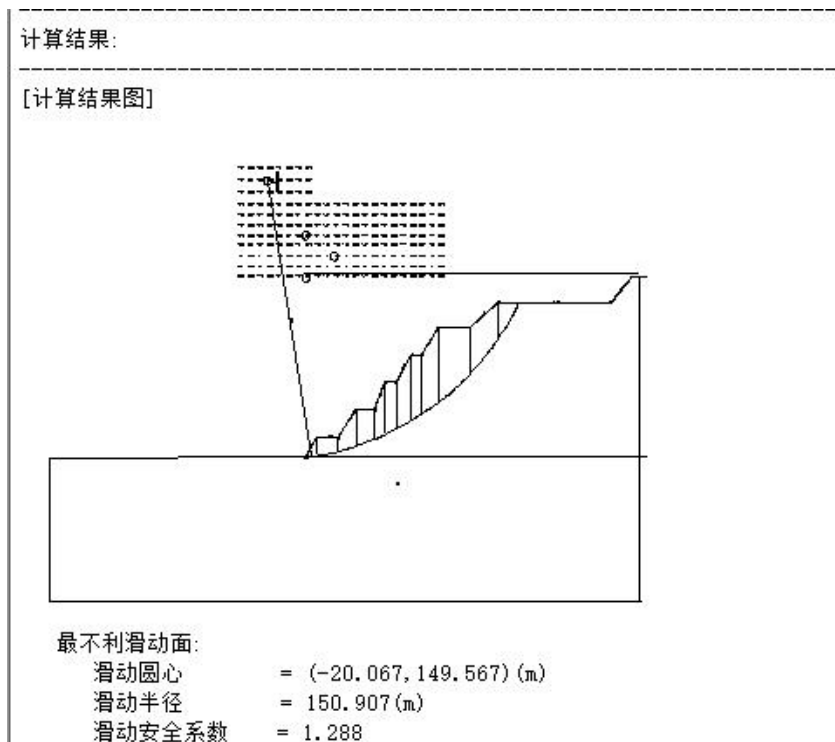
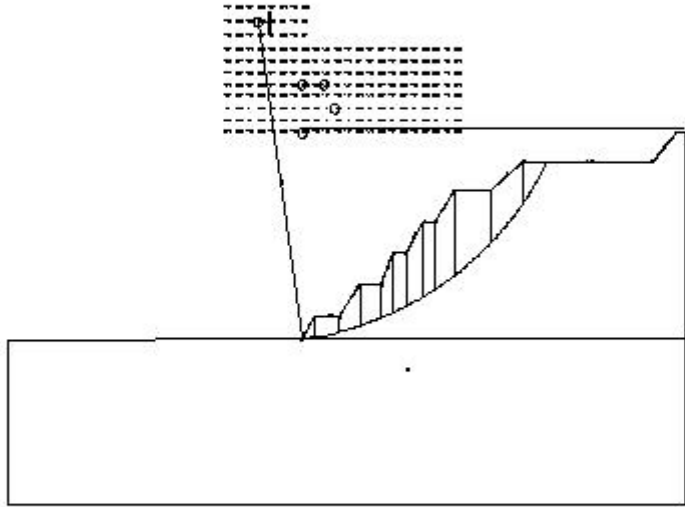


图 5.4 采场 A-B 线边坡稳定性计算结果（自重+地下水+爆破，Bishop 法）

计算结果:

[计算结果图]

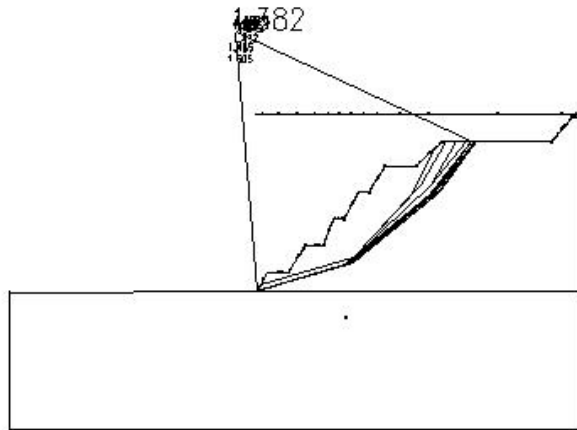


最不利滑动面:
滑动圆心 = (-20.467, 149.767) (m)
滑动半径 = 151.159 (m)
滑动安全系数 = 1.280

图 5.5 采场 A-B 线边坡稳定性计算结果 (自重+地下水+地震, Bishop 法)

计算结果:

[计算结果图]



滑动安全系数 = 1.382

最危险滑裂面

线段标号	起始坐标 (m, m)	终止坐标 (m, m)
1	(0.001, 0.001)	(49.722, 14.663)
2	(49.722, 14.663)	(96.413, 52.898)
3	(96.413, 52.898)	(119.840, 83.665)

图 5.6 采场 A-B 线边坡稳定性计算结果 (自重+地下水, Morgenstern-Price 法)

计算结果:

[计算结果图]

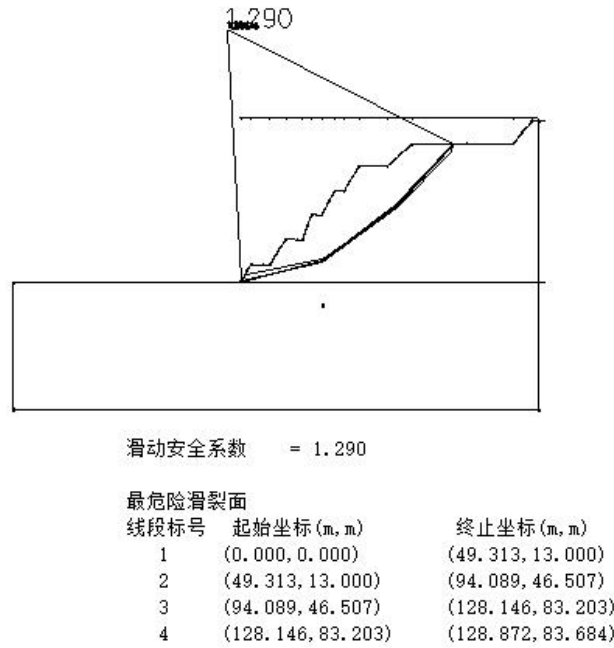


图 5.7 采场 A-B 线边坡稳定性计算结果 (自重+地下水+爆破, Morgenstem—Price 法)

计算结果:

[计算结果图]

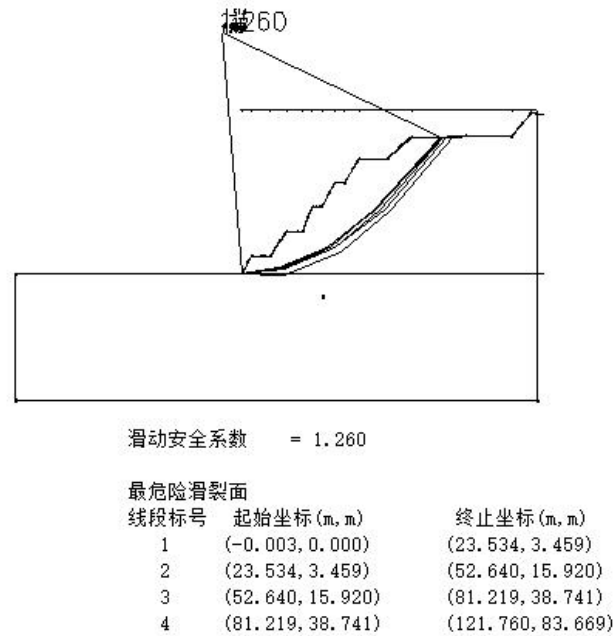


图 5.8 采场 A-B 线边坡稳定性计算结果 (自重+地下水+地震, Morgenstem—Price 法)

棠溪石灰石矿采场现状边坡稳定性分析最小安全系数计算结果见表 5-8。

表 5-8 采场 A-B 剖面边坡稳定性分析最小安全系数计算结果

位置	计算方法	荷载组合	安全系数	规范要求	备注
A-B 线	Bishop 法	I	1.359	1.20~1.15	符合规范
		II	1.288	1.18~1.13	符合规范
		III	1.280	1.15~1.10	符合规范
	Morgenstem—Price 法	I	1.382	1.20~1.15	符合规范
		II	1.290	1.18~1.13	符合规范
		III	1.260	1.15~1.10	符合规范

从分析结果看，矿山采场现状边坡总体稳定性情况较好，但由于矿体的力学参数采用类比法确定的，其结果有一定的不确定性。通过稳定性分析，现矿山边坡构成要素等符合国家法律法规及相关规定要求。

5.3.5 边坡稳定性定量分析小结

本次矿山采场现状边坡稳定性分析有关参数选取时主要考虑了以下因素：

- 1) 矿山地质报告基础资料准确性。
- 2) 稳定性计算参数取值对安全储备的考虑。
- 3) 稳定性计算模型的概化、处理及计算方法所造成的可能误差估计。
- 4) 矿山采场的服务年限、规模、边坡形态、灾害后果。
- 5) 工程与水文地质条件。
- 6) 其它影响矿山采场边坡稳定性不确定因素考虑。

根据对安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿采场现状边坡稳定性计算结果可以看出，安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿采场现状边坡稳定性安全系数均满足要求，其采场现状边坡总体上处于稳定状态，目前采场现状边坡整体是安全稳定的。

5.4 采场边坡安全监测等级

1) 采场边坡高度指数

根据《金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测技术规范》（AQ/T2063-2018），采场边坡高度等级按表 5-8 划分为四级。高度小于 100m 的为低边坡，100m~200m(含 100m) 为中高边坡，200m 以上（含 200m）的为高边坡，其中大于 500m 的为超高边坡，对应

的高度等级指数分别为 4、3、2、1。本矿山现状人工边坡高差约为 110m，对应高度等级指数 H 为 3。

表 5-9 边坡高度指数

高度等级指数 H	分类名称	高度
1	超高边坡	大于 500m
2	高边坡	200m~500m
3	中高边坡	100m~200m
4	低边坡	小于 100m

2) 采场边坡坡度等级指数

露天采场边坡总边坡角等级按表 5-10 划分为三级。坡度小于 30° 的为缓坡，坡度在 30° ~42° 之间（含 30°）的为斜坡，坡度大于 42°（含 42°）的为陡坡，对应的坡度等级指数分别为 3、2、1。本矿山现状人工边坡平均坡度约 39°，对应的边坡坡度等级指数 A 为 2。

表 5-10 边坡坡度等级指数

坡度等级指数 A	分类名称	总边坡角度
1	陡坡	大于 42°
2	斜坡	30° ~42°
3	缓坡	小于 30°

3) 边坡滑坡风险等级

根据地质报告和边坡工程勘察报告，将采场边坡的工程地质和水文地质条件分别划分为复杂型、中等型和简单型，对应的地质条件等级指数 G 分别为 1、2、3。当工程地质条件和水文地质条件等级不一致时，取两者中较高的等级作为采场边坡地质条件等级。现该矿水文地质类型为简单类型，工程地质类型为中等类型，G 取 2。

根据安全系数 F 对露天矿山采场边坡稳定性进行滑坡风险分级，结合前述稳定性分析结果，边坡滑坡风险等级 S 为 2 级。

表 5-11 边坡滑坡风险等级

滑坡风险等级指数 S	安全系数 F	
	正常工况	非正常工况
1	$F < 1.1$	$F < 1.05$
2	$1.1 \leq F < 1.2$	$1.05 \leq F < 1.15$
3	$1.2 \leq F < 1.3$	$1.15 \leq F < 1.25$
4	$1.3 \leq F$	$1.25 \leq F$

注：非正常工况考虑暴雨、爆破震动或地震等载荷情况下的安全系数

4) 采场边坡安全监测等级

露天矿山采场现状边坡安全监测等级按照表 5-11 由边坡的变形指数和滑坡风险等级共同确定，共分为一、二、三、四级，一级为最高等级并依次降低，其中变形指数由下式确定。

$$D = H + A + G$$

式中：D——变形指数；

H——高度等级指数；

A——坡度等级指数；

G——地质条件指数。

当边坡变形指数和风险指数取值不在同一监测等级时，取两者中较高级。

表 5-12 边坡安全监测等级

安全监测等级	变形指数 D	滑坡风险等级 S
一级	3 或 4	1
二级	5 或 6	2
三级	7 或 8	3
四级	9 或 10	4

经计算： $D = H + A + G = 4 + 2 + 2 = 8$ ，同时滑坡风险等级指数 $S = 2$ ，结合表 5-12，得出安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿采场现状边坡的安全监测等级最高为二级。建议采场现状边坡安全监测等级按照二级进行监测。

6 安全对策措施

6.1 安全管理措施

1) 企业主要负责人是矿山采场边坡安全管理第一责任人，主要负责人应设立相应的安全管理机构，进一步按规定配足安全管理人员和相关特种作业人员，定期进行培复训工作，并负责实施矿山采场边坡安全管理，配备与实际工作相适应的专业技术人员或有实际工作能力的人员负责矿山采场边坡的安全管理工作。

2) 建立健全安全生产各项管理制度、安全生产责任制、各工种岗位操作规程。

3) 制定生产安全事故应急预案并组织演练；编制安全措施经费计划，按规定比例足额提取安全措施经费，确保安全经费专户存储，专提专用。

4) 必须严格按照设计要求和有关技术规范，做好矿山采场边坡安全检查和监测工作。

5) 未经技术论证和相关部门的批准，任何单位和个人不得随意变更矿山设计或设计确定的采场有关参数，严格按设计要求的参数和顺序进行开采。

6) 采场及其滚石区应设置醒目的安全警示标志。

7) 加强现场安全管理，严格禁止违章作业。

8) 加强安全教育和培训，提高职工安全生产意识和处理问题的能力，保障安全生产。

9) 加强矿山采场边坡技术管理工作，生产过程中应及时测绘、填图，做到图纸与实际相符，以发挥其指导安全生产的作用。

6.2 安全技术措施

6.2.1 采场边坡防洪、防震方面安全对策措施

1) 每年及时编制防排水计划，定期检查计划执行情况。

2) 矿山采场内有滑坡时，应在滑坡的上方设截水沟。防止地表、地下水渗漏入滑坡体。

3) 应定期安排人员进行清理，确保排水畅通，特别是雨季到来前更要做到各排水设施畅通无阻。

4) 汛期应对矿山采场边坡进行巡视，发现问题应及时修复，防止连续暴雨后发生泥石流事故。

- 5) 洪水过后应对排洪构筑物进行全面认真地检查和清理，发现问题应及时修复。
- 6) 强风暴等强对流天气时，必须停止生产并撤出采场作业人员。

6.2.2 采场运行方面的安全对策措施

- 1) 合理设计孔网参数，并根据岩性实时调整。
- 2) 严格控制靠帮爆破，实施可靠的爆破工艺，控制生产作业爆破段的最大一段装药量，尽量减少爆破震动对边坡的影响。
- 3) 矿山在开采生产中，要不断总结经验，针对岩性的变化，应对边坡的稳定性进行专项研究，以确保矿山能长期安全生产。
- 4) 严格按自上而下顺序开采，根据该矿的岩性情况，台阶高度不得大于 15m，靠帮台阶坡面角不得大于 65° ，严禁掏采。
- 5) 对边坡不规范地段，要实施封闭措施，上边缘处设有警示标志，下出入口应设置挡墙，严防人员误入发生物体打击事故。
- 6) 矿山应指定专人负责，根据边坡实际情况及时建立有效的边坡监测系统，以确保矿区生产期的边坡安全。

6.2.3 采场边坡防止滑坡、泥石流方面的安全对策措施

- 1) 查明矿区地质构造，矿山开采过程中应对边坡进行监控，发现有滑坡征兆，应及时采取措施进行治理，避免边坡滑坡给矿山正常生产造成威胁。
- 2) 矿山在生产过程中对生产台阶的高度、宽度及坡面角等参数应严格控制。
- 3) 矿山采场边坡上部的安全防护设施（截、排水沟）必须设置到位；禁止山洪冲刷边坡。
- 4) 严禁违规（不分台阶一面坡开采，掏采、超挖坡脚等）开采。
- 5) 当工作线推进到最终边坡时，应对终了台阶边坡角进行控制。
- 6) 制定完善的边坡管理制度及事故应急预案，并定期进行演练。

6.2.4 矿山边坡安全检查方面的安全对策措施

- 1) 采场边坡安全检查的内容包括：设置参数、变形、裂缝、滑坡等。
- 2) 检查参数
 - (1) 测量采场台阶高度、坡面角，测量精度按生产测量精度要求。实测的参数应不超过设计的参数，特殊地段应检查是否有相应的措施。
 - (2) 测量采场平台的反坡坡度，测量精度按生产测量精度要求。

3) 检查矿山采场边坡变形裂缝情况

矿山采场边坡出现不均匀沉降、裂缝时，应查明沉降量，裂缝的长度、宽度、趋向等，判断危害程度。

4) 检查采场边坡滑坡

采场边坡滑坡时应检查滑坡位置、范围、形态和滑坡的动态趋势以及成因。

5) 注重加强对断层的分析，在每次爆破前后注意断层附近岩层位移情况记录，并及时与上次岩层位移情况进行对比分析，若有扩大趋势要采取注浆、挡土墙等加固措施，保证终了边坡的稳定性。

6) 采场排水构筑物与防洪安全检查

(1) 排水构筑物安全检查主要内容：构筑物有无变形、移位、损毁、淤堵，排水能力是否满足要求等。

(2) 截洪沟断面检查内容：截洪沟断面尺寸，沿线山坡滑坡、塌方，护砌变形、破损、断裂和磨蚀，沟内物淤堵等。

7 稳定性分析结论与建议

7.1 安全管理体系符合性分析结论

通过对安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿采场现状边坡安全管理体系中的安全管理机构设置、安全生产责任制、规章制度、安全投入、安全培训及各工种操作规程等方面进行综合分析，该矿安全管理体系符合有关法律、法规的要求。

7.2 采场边坡系统符合性分析结论

通过对该矿采场现状边坡系统中的基本条件、安全设施、采剥作业和现场安全管理等综合分析，该矿山采场现状边坡系统符合有关法律法规和技术标准要求。

运用故障树评价方法分析了引发矿山采场边坡滑坡的基本事件，并提出了安全对策措施；运用简化 Bishop 法和 Morgenstem—Price 法对矿山采场现状边坡进行了稳定性分析计算。

经稳定性定性定量分析，安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿采场现状边坡稳定性安全系统满足规范要求，其现状总体上是稳定的，能够满足安全生产的需要。

7.3 建议

安徽东方钙业有限公司棠溪石灰石矿在今后的生产过程中，要认真落实矿山已有的和本次稳定性分析报告提出的安全对策措施，切实加强矿山采场边坡管理，确保在任何情况下都能保证矿山安全生产的需要。并重点做好以下工作：

- 1) 每年汛期前，检查采场防、排洪设施，及时进行维护与管理，确保排水通畅。
- 2) 生产过程中，严格按照安全设施设计自上而下分台阶开采，确保采场台阶高度、坡面角及安全平台、清扫平台宽度等参数符合设计要求。
- 3) 生产过程中，台阶靠帮应采用光面爆破或挤压爆破等有利于边坡完整的破岩方式，预防破坏边坡稳定性。
- 4) 由层面、断裂面及节理面分割组成的岩体、块体，在开采时易产生坍塌、崩陷，应引起重视。爆破后应注意地形及台阶的变化，出现可疑点应及时检查，避免设备进入崩陷区；同时，应将边坡面上残留矿石及松动岩块及时清除，以免对人员和设备造成危害。
- 5) 进一步完善边坡监测设施和采场边坡档案资料和台帐，并加强对边坡观测，对监测点的日常维护，及时分析相关监测数据，发现问题及时处理。建议采场现状边坡安全监测等级按照二级进行监测。

6) 矿山应根据《国家矿山安全监察局关于印发〈关于加强非煤矿山安全生产工作的指导意见〉的通知》（矿安〔2022〕4号）等要求，每年委托相关单位开展一次边坡稳定性分析；定期组织地质、采矿、机电等技术人员，对采场边坡稳定性分析研判，发现问题及时处理。

7) 矿山应根据露天边坡隐蔽致灾因素普查工作成果，落实相关风险管控措施。