

海南南星实业有限公司
白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿
矿山地质环境保护与恢复治理方案（修编）

海南南星实业有限公司

2025 年 5 月

海南南星实业有限公司
白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿
矿山地质环境保护与恢复治理方案（修编）

委托单位：海南南星实业有限公司

编制单位：海南睿通工程咨询有限公司

法定代表人：陈人通

总工程师：陈福湾

项目负责人：陈以硕、谢小长

编制：李杰、郭芯芯、王堂华、陈福保

校对：王爱美

矿山地质环境保护与恢复治理方案（修编）方案信息表

矿 山 企 业	企业名称	海南南星实业有限公司		
	法人代表	傅凯瑞	联系电话	
	单位地址	白沙黎族自治县七坊镇英歌村		
	矿山名称	海南南星实业有限公司白沙县七坊镇英歌村石料石场		
	采矿许可证	☐ 新申请 ☒ 持有 ☐ 变更 以上情况请选择一种并打“√”		
编 制 单 位	单位名称	海南睿通工程咨询有限公司		
	法人代表	陈人通	联系电话	13678656108
	主要编制人员	姓名	职责	签名
		陈以硕	项目负责	
		谢小长	项目负责	
		李杰	报告编制	
		郭芯芯	报告编制	
		王堂华	制图	
		陈福保	制图	
		王爱美	校对	
审 查 申 请	我单位已按要求编制矿山地质环境保护与恢复治理方案，保证方案中所引数据的真实性，同意按国家相关保密规定对文本进行相应处理后进行公示，承诺按批准后的方案做好矿山地质环境保护与恢复治理工作。 请予以审查。 申请单位：海南南星实业有限公司 联系人：肖佳发 联系电话：13479926089			

目 录

附 表.....	V
前 言	1
一、任务由来	1
二、编制目的	1
三、编制依据	2
（一）法律、法规、规章	2
（二）主要技术规范、规程、标准	3
四、编制工作概况	3
（一）以往工作程度	3
（二）本次工作概况	3
五、治理任务	4
六、治理方案工程设计调整比对	6
第一章 矿山基本情况	8
一、矿山简介	8
（一）矿区交通位置	8
（二）隶属关系和企业性质	8
二、矿区范围及拐点坐标	9
三、矿山开发利用方案概述	9
（一）开采面积及标高	9
（二）设计利用矿产资源储量	9
（三）矿山开采运输方式	9
（四）主要开采技术指标	10
（五）综合回收、综合利用方案	10
（六）复垦方向	10
（七）地质灾害治理与土地复垦工程	10
四、矿山开采历史及现状	11
（一）矿山开采历史	11
（二）恢复治理现状	12

第二章 矿区基础信息	14
一、矿区自然地理	14
(一) 气象	14
(二) 水文	14
(三) 地形地貌	14
(四) 植被	14
(五) 土壤	15
二、矿区地质环境背景	15
(一) 地层岩性	15
(二) 地质构造	15
(三) 水文地质	15
(四) 工程地质	16
(五) 矿体地质特征	16
三、矿区社会经济概况	16
四、矿区土地利用现状	17
五、矿山及周边其他人类重大工作活动	20
六、矿山及周边矿山地质环境治理与土地复垦案例分析	20
第三章 矿山地质环境影响与土地损毁评估	21
一、矿山地质环境与土地资源调查概述	21
(一) 矿山地质环境调查概述	21
(二) 矿山土地资源调查概述	21
二、矿山地质环境影响评估	22
(一) 评估范围与评估级别	22
(二) 矿山地质灾害现状分析与预测	25
(三) 矿区含水层破坏现状分析与预测	26
(四) 矿区地形地貌景观破坏现状分析与预测	26
(五) 矿区水土环境污染现状分析与预测	27
三、矿山地质环境治理与土地复垦范围	27
(一) 矿山地质环境保护与恢复治理分区	27

(二) 土地复垦区与复垦责任范围	31
(三) 土地类型与权属	34
第四章 矿山地质环境治理与土地复垦可行性分析	38
一、矿山地质环境治理可行性分析	38
(一) 技术可行性分析	38
(二) 经济可行性分析	39
(三) 生态协调性分析	39
二、矿区土地复垦可行性分析	39
(一) 土地复垦适宜性评价	39
(二) 水土资源平衡分析	44
第五章 矿山地质环境治理与土地复垦工程	46
一、矿山地质灾害治理	46
(一) 目标任务	46
(二) 技术措施	46
(三) 主要工程量	47
二、矿区土地复垦	48
(一) 目标任务	48
(二) 技术措施	48
(三) 主要工程量	51
三、矿区土地复垦监测与管护	52
(一) 目标任务	52
(二) 措施与内容	53
(三) 主要工程量	59
第六章 矿山地质环境治理与土地复垦工作部署	60
一、总体工作部署	60
(一) 目标任务	60
(二) 方案服务年限	60
(三) 总工程量构成	60
二、矿山地质环境恢复治理与土地复垦工程实施计划	60

(一) 近期实施计划 (4 个月)	60
(二) 远期实施计划 (12 个月)	61
第七章 经费估算与进度安排	62
一、经费估算依据	62
二、矿山地质环境治理工程经费估算	62
三、土地复垦工程经费估算	64
四、总费用汇总	65
第八章 保障措施与效益分析	66
一、组织保障	66
(一) 施工组织机构设置	66
(二) 施工人员配置	67
(三) 主要施工设备配置	68
(四) 施工组织安排	68
二、技术保障	69
三、资金保障	70
四、监管保障	71
五、效益分析	71
六、公众参与	72
(一) 目的	72
(二) 公众参与的原则	72
(三) 调查对象及内容	73
(四) 公众意见及建议	73
(五) 土地权属调整方案	73
第九章 结论与建议	74

附 图

附图 1 白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿开采现状图；

附图 2、白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿地质环境恢复治理工程部署图；

附图 3、白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿地质环境恢复治理工程部署剖面图；

附图 4、白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿地质环境问题现状图；

附 表

附表 1、白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿恢复治理工程预算表；

附表 2、白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿土地复垦工程预算表；

附 件

- (1) 关于申请修编矿山地质环境保护与恢复治理方案的答复；
- (2) 编制委托书；
- (3) 矿山企业营业执照；
- (4) 采矿许可证；
- (5) 编制单位营业执照；
- (6) 《白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿矿产资源开发利用方案》评审意见；
- (7) 《白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿矿山地质环境保护与恢复治理方案》评审意见；
- (8) 主要编制人员身份证。

附图 5、白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿地质环境问题现状评估图；

附图 6、白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿矿区土地损毁现状图；

附图 7、白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿土地复垦规划图；

附图 8、白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿土地复垦规划剖面图；

附图 9、白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿安全防护铁丝网大样图；

附图 10、白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿安全警示牌大样图。

前 言

一、任务由来

海南南星实业有限公司于 2017 年 3 月依法换发采矿许可证，取得原白沙黎族自治县国土资源局颁发的采矿许可证（证号：C4690252015077130139079）。采矿证有效期为 9 年，即 2015 年 3 月 7 日至 2024 年 7 月 16 日，面积 0.0395km²，开采深度为+240m~+180m。

由于矿山早期开采缺乏规划，未按原有既定开采方案进行开采，开采形成台阶不规则且不衔接，边坡稳定性差且存在危岩体未清理、浮石散落等安全隐患。西南侧+180m~+213m 区域并帮形成 33m 高陡边坡，矿区局部台阶有效宽度仅 2~4m，致使坡体结构失稳风险加剧。受高陡边坡条件限制，常规攀缘植物无法在近直立岩壁上形成有效覆盖，加之危岩裂隙发育、表层浮石密布，进一步阻碍矿区生态修复工作，形成裸露岩面持续风化加剧的恶性循环。

鉴于当前边坡形态、治理范围等治理核心与原《开发利用方案》设计要求不符，无法按照原《治理方案》进行治理，为了更好履行矿山地质环境恢复治理主体责任，确保矿区治理后达到消除地质灾害隐患、恢复矿区生态环境的目标，海南南星实业有限公司向白沙黎族自治县自然资源和规划局申请依据矿山开采现状对原《治理方案》进行修编，经批复同意后委托海南睿通工程咨询有限公司（以下简称“我司”）拟结合矿区现状条件，对治理及复垦措施进行调整，最终形成《白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿矿山地质环境保护与恢复治理方案（修编）》。

此次修编旨在为后续的矿山地质环境恢复治理提供更加科学合理的技术指导，同时也为相关主管部门依法管理闭坑矿山提供了必要的技术支持。

二、编制目的

1、矿山地质环境治理与土地复垦的总体目的是：最大程度地修复矿山矿产资源开发活动所引起的矿山生态环境问题，消除矿山地质灾害隐患，改善矿山生态环境状况，最大限度恢复治理区土地使用功能，实现矿区自然生态系统与区域经济、社会发展相吻合，实现矿山与周边区域达成山、水、林、田的整体协调。

2、为本矿山生态修复施工、监理、监管及验收提供技术资料依据。

三、编制依据

（一）法律、法规、规章

- 1、《中华人民共和国环境保护法》（2014年4月24日中华人民共和国主席令第9号公布，2015年1月1日起实施）；
- 2、《中华人民共和国水土保持法》（2010年12月25日中华人民共和国主席令第39号发布，2011年3月1日起施行）；
- 3、《关于加强矿山地质环境恢复和综合治理的指导意见》（国土资发〔2016〕63号）；
- 4、《中华人民共和国矿产资源法》（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日修订通过）；
- 5、《建设项目环境保护管理条例》（1998年11月18日国务院第10次常务会议通过，2017年6月21日国务院第177次常务会议通过修改，自2017年10月1日起施行）；
- 6、《地质灾害防治条例》（国务院令第394号），于2003年11月24日公布，2004年3月1日起施行；
- 7、《土地复垦条例》（中华人民共和国国务院令第592号），2011年3月5日公布并实施；
- 8、《关于转发国土资源部等五部委<关于加强矿山地质环境恢复和综合治理的指导意见>的通知（琼国土资储字〔2016〕82号）；
- 9、《海南省矿产资源管理条例》（2018年9月30日修订通过，2018年11月01日起施行，2020年6月16日海南省第六届人民代表大会常务委员会第二十次会议修订）；
- 10、《海南省人民政府关于深入推进六大专项整治加强生态环境保护的实施意见》（琼府〔2016〕40号）；
- 11、《海南省人民政府关于印发海南省林业生态修复与湿地保护专项行动实施方案的通知》（琼府〔2016〕77号）；
- 12、《海南省矿山地质环境恢复与综合治理规划（2018-2025年）》；
- 13、《海南省人民政府办公厅关于进一步加强矿业权管理的通知》（琼府办函〔2024〕12号）。

（二）主要技术规范、规程、标准

- 1、《金属非金属矿山安全规程》（GB16423-2020）；
- 2、《矿山地质环境保护与土地复垦方案编制指南》（2016.12）；
- 3、《滑坡防治工程设计与施工技术规范》（DZ/T 0219-2019）；
- 4、《土地复垦质量控制标准》（TD/T 1036-2013）；
- 5、《地面沉降监测技术要求》（DZ/T 0284-2015）；
- 6、《地质灾害监测规范》（DZ/T 0221-2019）；
- 7、《工程岩体分级标准》（GB/T50218-2014）；
- 8、《滑坡崩塌泥石流灾害调查规范（1:50000）》（DZ/T 0261-2014）；
- 9、《地质灾害危险性评估规范》（DZ/T0286-2015）；
- 10、《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2022）；
- 11、《土地利用现状分类》GB/T 21010-2017；
- 12、《海南省市政园林工程综合定额(园林建筑·绿化工程部分)》；
- 13、《土地复垦技术要求与验收规范》（BD45/T-892-2012）；
- 14、《土地复垦条例》（国务院 592 号令，2011 年 3 月 5 日起施行）；
- 15、《地质灾害防治条例》（国务院第 394 号令）；
- 16、《矿山地质环境保护规定》（国土资源部令第 44 号）；
- 17、《海南省国土环境资源厅矿山地质环境保护与治理暂行规定》（琼土环资储字〔2007〕12 号文）。

四、编制工作概况

（一）以往工作程度

矿山以往进行了区域地质、水文地质、工程地质、环境地质、土地资源调查等工作，为本次矿山地质环境保护与恢复治理工作提供了较丰富地质资料。

（二）本次工作概况

1、基础资料整合

基于矿区采矿权到期后的矿山地质环境恢复治理需求，海南南星实业有限公司委托我司对原《白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿矿山地质环境保护与恢复治理方案》进行修编，最终形成《白沙黎族自治县七坊镇英歌村建

筑用花岗岩石料矿矿山地质环境保护与恢复治理方案（修编）》。编制团队系统梳理了矿区历史资料，包括采矿许可证、开发利用方案、治理方案及矿山开采现状情况，明确了本次修编的核心目标与任务。收集资料主要包括以下基础性资料：

（1）采矿许可证；

（2）《白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿矿产资源开发利用方案》（海南省资源环境调查院，2014 年 10 月）；

（3）《白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿矿山地质环境保护与恢复治理方案》（海南省资源环境调查院，2014 年 9 月）；

2、现场调查与问题诊断

通过实地踏勘、无人机航测及水文地质调查，全面掌握矿区地形地貌、水文地质条件、植被覆盖及修复现状。重点针对高陡岩质边坡地质环境恢复治理受阻问题、坡面安全隐患整改问题、矿区地质环境恢复治理复绿问题分析其成因并提出适应性修复方向。

3、技术方案设计

编制团队结合矿区开采现状及部分治理情况，提出动态适应修复策略。

4、多方协助与公众参与

通过座谈会、现场调研等形式，征求白沙黎族自治县自然资源和规划局、建设单位及当地村民意见，重点回应公众对景观协调性及土地利用效益的关切。采纳建议后，采取危岩清排、挂网喷播、场地翻耕及平整、覆土复绿等治理措施。同时依据矿区及周边土地利用现状复垦为林地，兼顾生态功能与土地资源化利用。

5、编制周期

本次工作于 2025 年 4 月 11 日开始野外地质调查及测量，并于 2025 年 4 月 15 日结束野外工作，野外工作包括矿区现状调查、地形测量等，接着进行室内资料整理及综合图件的编制，于 2025 年 5 月 13 日编制完成《白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿矿山地质环境保护与恢复治理方案（修编）》。

五、治理任务

1、根据矿山地质环境现状调查，矿山地质环境治理工程主要对台阶坡面危岩清排、对已拆除工业场地场地翻耕及平整，同时做好采坑四周安全防护装置建设工作，达到治理区边坡稳定，消除崩塌等地质灾害隐患，同时为边坡坡面复绿

创造可行条件。

2、从地质环境角度考虑，消除不稳定的地质体，如边坡危岩、滚石等，使治理区地质环境达到基本稳定，有效遏制危岩崩落等地质环境问题的发生。同时修筑安全防护铁丝网及安全警示牌，提示并防止造成高处跌落等安全事故发生。

六、治理方案工程设计调整比对

治理方案工程设计调整比对一览表

序号	调整前 (原方案)	调整原因	调整后 (修编后)	备注
1	原方案名称： 《白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿矿山地质环境保护与恢复治理方案》	鉴于当前边坡形态、治理范围等治理核心与原《开发利用方案》设计要求不符，无法按照原《治理方案》进行治理,为了更好履行矿山地质环境恢复治理主体责任，确保矿区治理后达到消除地质灾害隐患、恢复矿区生态环境的目标，依据矿山开采现状对原《治理方案》进行修编，	修编后方案名称：《白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿矿山地质环境保护与恢复治理方案（修编）》	
2	矿山台阶高度为 10m，台阶坡面角为 70°，最终形成 7 级最终境界台阶，开采最低标高+180m。	由于矿山早期开采缺乏规划，未按原有既定开采方案进行开采，开采形成台阶不规则且不衔接。同时南侧边坡目前已开采到界，无法进行退坡治理。	基于矿区开采终止后的现状地形地貌，严格实施保护性生态复绿工程。工程实施将最大限度维持现有地形原状，采取原位修复措施进行植被恢复。此举旨在杜绝人为二次扰动破坏，确保在有效恢复矿区生态环境的同时，严格保障现状地貌的稳定性。	
3	采坑台阶主要采取覆土植树的方式进行恢复治理，并在平台外侧边缘修建挡土墙。台阶边坡选择种植耐贫瘠易活的爬山虎等爬藤类植物。	目前采场台阶虽已覆土植树，但因早期开采缺乏规划，局部台阶有效宽度不足（仅 2~4m），空间受限，无法设置挡土墙。同时，开采形成的高陡近直立边坡立地条件严苛，常规攀缘植物难以存活覆盖；加之危岩裂隙发育、表层浮石密布，地质隐患突出，严重制约生态修复进程。	鉴于台阶有效宽度不足，本次方案取消台阶平台挡土墙设置。针对高陡边坡，采取危岩清排消除浮石风险后，实施挂网喷播复绿，以克服立地条件限制。	

4	矿山到期后对办公生活区进行砌体拆除、场地平整后植树复绿。	依据采矿权人要求，保留办公生活区及配电房，用于完成治理工作后用于后期农业公司建设使用配套用房，同时保留一破平台拆除后遗留挡土墙对现有边坡起到加固作用。	保留办公生活区用于后期农业公司建设使用配套用房，同时保留一破平台拆除后遗留挡土墙对现有边坡起到加固作用。相关保留区域的合法手续由矿业权人负责办理。	
---	------------------------------	---	---	--

第一章 矿山基本情况

一、矿山简介

（一）矿区交通位置

该矿山位于海南省白沙黎族自治县七坊镇境内，具体坐落于英歌村南部约 1 公里处。矿区地理坐标为：北距白沙县城西北 295°方向 28 公里，东距七坊镇行政中心 4 公里，南侧 400 米处接驳县道可直达镇区，整体交通条件较为便利。按行政区划隶属关系，矿区属七坊镇管辖范围，其空间布局呈现以英歌村（南向 1 公里）为最近居民点、七坊镇（东向 4 公里）为行政服务中心、白沙县城（西北 28 公里）为县域中心的梯级辐射格局。详见图 1-1。

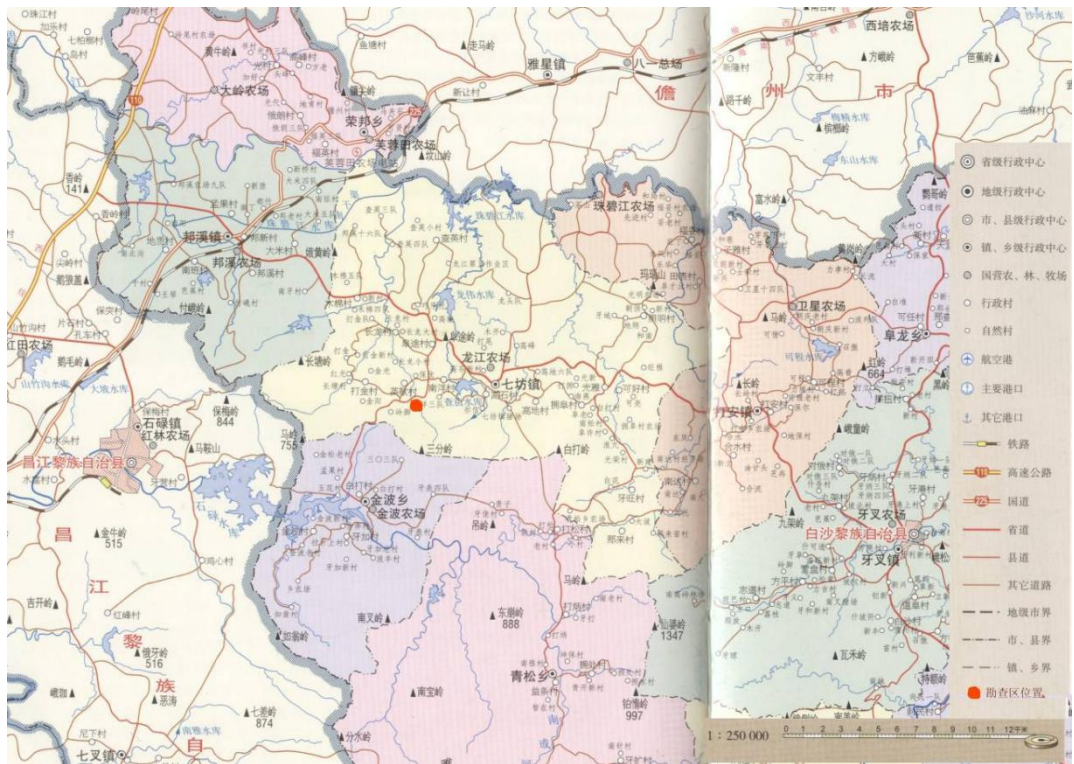


图 1-1 矿区交通位置图

（二）隶属关系和企业性质

“白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿采矿权”由白沙黎族自治县国土环境资源局在海南省土地矿产交易市场拍卖出让，海南南星实业有限公司（原临高南星实业有限公司）最终竞得该采矿权。

海南南星实业有限公司经营范围：土石方工程、园林、绿化工程；铁矿、非

金属、矿产品贸易、药材种植（麻醉药品、药用原植物除外）；建筑用花岗岩的露天开采、加工、销售。

企业类型：有限责任公司。

二、矿区范围及拐点坐标

白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿采矿证号：C4690252015077130139079，矿区范围由 6 个拐点坐标组成，矿区面积为 0.0395km²，开采标高自+240m~180m。矿区范围拐点坐标详见表 1-1。

表 1-1 矿区范围拐点坐标表

拐点编号	西安 80		国家 2000	
	X	Y	X	Y
1	2133956.09	36625553.66	2134510.68	37310308.52
2	2133887.64	36625788.83	2134438.16	37310542.53
3	2133800.12	36625765.24	2134351.04	37310517.42
4	2133745.53	36625682.12	2134297.88	37310433.35
5	2133768.85	36625579.28	2134322.98	37310330.90
6	2133879.56	36625491.04	2134435.23	37310244.57
	3 度带中央经线 108°		3 度带中央经线 111°	
矿区面积为 0.0395km ² ，开采标高自+240m~180m				

三、矿山开发利用方案概述

（一）开采面积及标高

依据白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿采矿许可证，矿区面积 39528m²（合 59.3 亩），共查明的花岗岩矿体一个，矿山设计开采标高 +252m~+180m，矿山服务年限 9 年。

（二）设计利用矿产资源储量

根据 2013 年 3 月海南省资源环境调查院编制的《海南省白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿地质勘查报告》，矿区建筑用石料矿保有资源量 71.82 万 m³，储量类型划分为推断的内蕴经济资源量（333），矿体覆盖层剥离的总量为 8.23 万 m³，平均剥采比 0.11。

（三）矿山开采运输方式

根据矿区的地形地貌、矿床赋存条件、已有厂址位置及环境保护的要求，设计采用公路-汽车开拓运输方式。矿山采用挖掘机装车、自卸汽车运输方案。矿

山生产的矿石和废石均采用自卸汽车进行运输，矿石运往碎石加工场，废石运往排土场。矿山所需的设备、材料、爆破器材等由自卸汽车运到使用场地。

（四）主要开采技术指标

- 1、台阶高度：10m；
- 2、台阶坡面角：表土层台阶坡面角 45°、强风化和中风化岩 60°、微风化及未风化岩 70°；
- 3、运输平台宽度 8m；
- 4、安全平台 5m；
- 5、清扫平台 8m；
- 6、最小工作平台宽度：30m；
- 7、露天底板标高+180m；
- 8、最高开采标高+252m；
- 9、开采最终边坡角 $<60^{\circ}$ 。

（五）综合回收、综合利用方案

矿山整个服务期内的总剥离量为 8.23 万 m^3 。剥离物为残坡积砂土和强风化花岗岩碎石，残坡积层主要为砂质粘土、花岗岩风化产物、地表植物杂质、碎石颗粒、石英颗粒等组成。剥离土主要用于今后矿山地质环境恢复治理，剥离碎石可以考虑作为路基垫层或建筑用填料。

（六）复垦方向

矿山闭坑后采坑台阶、采坑底板、碎石加工场和办公生活区等占用土地均恢复为林地。

（七）地质灾害治理与土地复垦工程

矿山地质环境保护与恢复治理措施主要安排在矿山地质环境影响较严重的采坑、排土场、碎石加工场及办公生活区，其他区域受采矿活动影响一般，不需要特别的保护与恢复治理措施。

1、采坑台阶及底板

采坑台阶主要采取覆土植树的方式进行恢复治理，覆土厚度 1.0m，并在平台外侧边缘修建 1.2m 高，0.5m 宽挡土墙，防止种植土流失。选择种植耐贫瘠易

活的爬山虎等爬藤类植物，种植间距为 $2\text{m} \times 2\text{m}$ ，并进行为期三个月的养护。

采坑底板采取覆土植树的方式进行恢复治理，覆土厚度 0.5m ，择种植耐贫瘠易活的马占相思树，种植间距为 $2\text{m} \times 2\text{m}$ ，并进行为期三个月的养护。

2、工业场地及办公生活区

闭坑后，碎石加工场和办公生活区等占用的土地均恢复为林业用地。碎石加工场和办公生活区拆迁后，覆土 0.5m 。碎石加工场和办公生活区均选择种植耐贫瘠易活的马占相思树，种植间距为 $2\text{m} \times 2\text{m}$ ，并进行为期三个月的养护。

3、安全防护措施

在采坑外围修建安全防护网，安全防护网由预制水泥立柱和镀锌带刺铁丝围栏组成。在采坑外围每隔 3m 安装预制水泥柱，规格为 $2\text{m} \times 0.15\text{m} \times 0.15\text{m}$ ，立柱为钢筋砼预制混凝土柱。主筋规格为 $\Phi 8\text{mm}$ 、箍筋为 $\Phi 5\text{mm}$ （4 根主筋间距为 0.1m ，箍筋绑扎间距为 0.3m ），立柱埋深 0.5m ，地表以上 1.5m ，立柱间横向等距绑扎 3 排镀锌带刺铁丝，纵向沿立柱绑扎一道波浪形镀锌带刺铁丝。形成一个环绕采坑的带刺铁丝护栏。

采坑外围种植两排（梅花型）篱笆刺生物防护网，种植间距为 $0.3\text{m} \times 0.3\text{m}$ 。作为长久性生物隔离带。

最后在矿坑外围明显的位置上，设立安全警示牌，防止人（主要是孩童）、畜误入采坑，造成意外事故。

4、矿山地质环境监测工程

矿山企业应定期沿矿山开采边坡和开采平台及排土场边坡进行踏勘，巡查边坡稳定性。暴雨台风天气为每天踏勘巡查一次，对出现危险边坡等地段及时采取工程措施，并做好矿坑积水的及时抽排，避免人畜误入发生意外事故。

四、矿山开采历史及现状

（一）矿山开采历史

矿区地貌类型属于丘陵地貌，矿区周边海拔标高为 $140\sim 288\text{m}$ ，最高点位于西南角，最低点位于东北部水稻田内。矿区范围内海拔标高为 $160\sim 252\text{m}$ ，最高分布在矿区的南西侧的山坡上约 252m ，最低分布在矿区的北东部的冲沟中约 160m ，高差约 92m 。矿区山势总体南高北低。

矿山企业进驻开采前矿山内原有一个采石场，系现矿山企业进驻前已停产的

原采石场开采遗迹，采坑 CK₁ 长约 170m，宽约 24m，最大开采深度约 30m，采坑底面积约 11510m²。矿山开采前照片见图 1-2。（引自《白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿矿产资源开发利用方案》）。



图 1-2 矿山开采前历史老采坑开采图

（二）恢复治理现状

白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿自 2015 年 7 月取得采矿许可证后，经多年开采形成面积约 62266m²的不规则采坑（含历史遗留老采坑）。采坑最高标高+257m，最低回填区至+164m，最大垂直高差 93m。矿区台阶结构因早期无序开采东南侧形成 4 级台阶（+221~+206m、+206~+196m、+196~+180m、+180~+165m），台阶高度 10~16m 不等，台阶宽度 2~4m，边坡角 45°~60°；西南侧形成 5 级非标准台阶（+256~+232m、+232~+213m、+213~+180m、+180~+174m、+174~+165m），台阶高度边坡角 50°~80°，台阶宽度 5~8m。其中+213~+180m 段因并帮形成 33m 高边坡。采坑部分区域存在 80°~85°近直立岩壁（矿区外西南侧老采坑区域）。

当前主要生态问题包括：①地质安全隐患，边坡浮石、危岩分布密集；②景观破碎化，裸露岩面与周边绿色生态区形成显著色差，生态协调性降低。

依据“边开发、边治理”原则，目前矿山企业已对各级开采台阶平台和底板区域开展覆土植树复绿工作，现阶段复绿面积为 42775m²(含办公生活区西南侧老采坑)，种植树种为马占相思。同时拆除 1587m²工业设备及相关配套措施，仅保留办公生活区、原有配电房、供电房、一破平台拆除后遗留挡土墙。保留办公生活区及供配电房目的是为了矿山企业完成治理工作后用于后期农业公司建设使用配套用房，同时保留一破平台拆除后遗留挡土墙可对现有边坡起到加固作用。

由于受高陡边坡条件限制，且由于矿区南侧已开采到界，界外为保护林地，无法实施退台削坡治理。常规攀缘植物无法在近直立岩壁上形成有效覆盖，加之危岩裂隙发育、表层浮石密布，进一步阻碍矿区生态修复工作，裸露边坡岩面尚未完成治理复绿工作，治理进度滞后。现状边坡参数类型见表 1-2。

表 1-2 现状边坡参数类型表

参数类型	参数明细
采坑基础参数	采坑面积：62266m ² ；最大高差 93m（+164 至+257m）。
台阶结构参数	东南侧：4 级台阶（自上而下台阶高度：15m/10m/16m/15m）、台阶宽度 2~4m，边坡角 45°~60°； 西南侧：5 级台阶（自上而下台阶高度：24m/19m/33m/6m/9m）； 台阶宽度：5~8m，边坡角 50°~80°； 局部高陡边坡：80°~85°。
边坡突出问题	最大高陡边坡：33m（+213~+180m）； 局部近直立岩壁：80°~85°； 危岩浮石表层密布。
治理进展	复绿面积（含老采坑）：42775m ² ； 已拆除设施：1587m ² 工业设备及相关配套设施； 复绿植株：马占相思

第二章 矿区基础信息

一、矿区自然地理

（一）气象

矿山地处热带，属热带季风性气候，同时受大陆性气候影响，具有明显的大陆岛屿气候特点，终年无霜冻。多年平均气温 22℃—23.5℃，7 月份气温最高，极端最高温度 38.1℃，1 月份气温最低，极端最低温度 4℃。

（二）水文

矿山每年 5—11 月份为雨季，12 月至翌年 4 月为旱季；多年均降雨量 1928.4mm，多年日最大降雨量 365.1mm；多年平均蒸发量为 1899.6mm；2 月份蒸发量最小为 79.2mm；7 月份蒸发量最大为 202.6mm。

矿区北侧地表水系发育，有一时令河从矿区北侧由东向西经过，宽约 5m。冲沟流量约为 15L/s，水质清澈。

（三）地形地貌

矿区为丘陵地貌，地势总体南高，北侧为冲沟地势稍低，目前矿区最高标高 +257m，矿区最低为矿区的北侧，标高为 +164m，相对高差 93m。

矿区开采活动导致区域景观系统呈现显著差异化，形成紊乱的碎片化复绿格局。台阶边坡普遍存在基岩大面积裸露、坡面浮石散落与危岩体存在地质灾害隐患。原始地形破坏损毁，与周边原生植被形成明显生态色差。人工修复痕迹与自然演替进程尚未形成协同机制，整体呈现生态稳定性与视觉完整性双重失衡状态。

（四）植被

矿区周边以灌木林和橡胶林为主，农业种植以香蕉、槟榔为主。矿山闭坑后通过区域性生态修复，对各级台阶平台及部分采坑底板实施覆土回填与植被重建，形成以草本-灌木为主的多层次复绿区，修复区植被覆盖度显著提升，水土保持功能初步显现。

由于受高陡边坡条件限制，常规攀缘植物无法在近直立岩壁上形成有效覆盖，加之危岩裂隙发育、表层浮石密布，无法遮盖现有裸露台阶边坡，导致景观破碎化现象。

（五）土壤

矿山在前期开采过程中已完成开采区表土剥离作业，其中部分剥离表土用于终了台阶覆土复绿，剩余表土回填至北侧老采坑区域。回填区域整体土壤坡度控制在 5% 以内，台阶平台局部回填坡度不超过 6%，回填土体以岩土混合物为主。

二、矿区地质环境背景

（一）地层岩性

矿区地层主要为第四系残坡积层，由花岗岩风化残积土、砂砾质粘土、花岗岩碎块石等组成，厚度一般在 2.0~4.00 米之间，平均厚度 3m。矿区南侧地势较高，北侧冲沟溪水切割强烈，风化残坡积层厚度稍小。

（二）地质构造

矿区内构造主要以节理裂隙为主，总体不发育，但局部较发育，裂隙中的充填物主要为硅质、泥质等。

矿区构造相对较简单，仅在地表浅部见到一些节理裂隙构造，往深部节理裂隙稍少，矿区花岗岩整体性较好。

（三）水文地质

含水层：矿区内主要含水层为印支期第二阶段（角闪石）黑云母正长花岗岩基岩裂隙含水层和第四系残坡积孔隙含水层。

印支期第二阶段（角闪石）黑云母正长花岗岩基岩裂隙含水层：岩性主要为（角闪石）黑云母正长花岗岩，浅灰白色，粗晶结构，块状构造。地下水主要赋存在该层靠近地表的节理裂隙中，往深部岩性完整，裂隙减少，裂隙含水层随之消失。地下水位受季节影响，接受大气降水补给，大气降水沿裂隙渗入地下，补给地下水；地下水沿裂隙由水位高的地区向水位低的地区径流，最终以渗流的形式排泄出地表。总体富水性弱。

第四系残坡积孔隙含水层：分布在矿区大部。为残积土、砂砾质粘土、花岗岩碎块石等。厚度在 0.0m~4.00m。地下水主要赋存于残积土、砂砾质粘土、花岗岩碎块等孔隙中，地下水位受季节影响，接受大气降水补给，地下水沿残积土、砂砾质粘土、花岗斑岩碎块等的孔隙径流，于低洼处以渗流形式排泄，该层富水性弱。

隔水层：矿区的隔水层主要为新鲜完整坚硬的印支期第二阶段（角闪石）黑

云母正长花岗岩基岩。分布于全区，规模较大。岩层具有一定的完整性，是良好的隔水层。

地表水：区内地表水主要位矿区北侧的冲沟中小溪从矿区北侧由东向西通过，冲沟宽约 20m，勘查期间冲沟水量约为 15L/s，水质清澈。该区含水层富水性弱，雨水渗透性较好，排泄条件较好。

（四）工程地质

矿区工程地质条件分两种类型，以黑云母正长花岗岩为主的块状岩工程地质岩组和以第四系残坡积层为主的松散岩类工程地质岩组。

块状岩工程地质岩组：以印支期第二阶段（角闪石）黑云母正长花岗岩为主，岩石强度高，厚度较大，稳定性好。

松散岩类工程地质岩组：以第四系残坡积层为主，

矿区内断层构造不发育，主要以节理裂隙为主，总体稍发育；现状下无滑坡、塌陷、泥石流等不良工程地质作用。

综合评价矿区工程地质条件属简单类型。

（五）矿体地质特征

白沙县七坊镇英歌村矿区建筑用花岗岩石料矿为印支期第二阶段（角闪石）黑云母正长花岗岩 ($\xi\gamma_5^{1-2}$)，整体呈灰白色，粗晶结构，块状构造，主要矿物成分为石英、长石、云母及角闪石等，岩体完整性较好，局部节理裂隙稍发育。

矿体覆盖层主要由第四纪表土、残坡积层和矿体风化层所组成。矿区地表植被茂盛，矿体地表主要以灌木林、橡胶所覆盖。第四纪表土、残坡积层主要以砂砾质粘土为主，其次含有少量花岗岩风化碎块石；矿体风化层主要为强～中风化的花岗岩。矿区覆盖层，层厚 2.00～4.00m 不等,平均厚度 3m。

三、矿区社会经济概况

矿山位于海南省白沙黎族自治县，东邻琼中、南接乐东、西连昌江、北抵儋州，总面积 2115.65 平方公里。辖 11 个乡镇，93 个村、社区、居（其中行政村 75 个，社区 9 个，居 9 个），441 个自然村，是一个黎、苗等少数民族聚居的山区县，也是革命老区县。2022 年末户籍人口 19.33 万人，其中黎苗族人口 12.60 万人。

2023 年白沙黎族自治县全县地区生产总值 68.61 亿元，按不变价格计算，比

上年增长 6.8%。其中，第一产业增加值 25.86 亿元，增长 2.6%；第二产业增加值 7.18 亿元，增长 7.2%；第三产业增加值 35.57 亿元，增长 10.1%。全年人均地区生产总值 41927 元，比上年增长 6.9%。

四、矿区土地利用现状

根据《白沙黎族自治县国土空间总体规划“三区三线”成果局部图》（图 2-1），复垦责任范围不占用生态保护红线、永久基本农田保护图斑、城镇开发边界。根据《白沙黎族自治县土地利用现状图（2023 年国土变更调查局部）》（见图 2-2，土地利用现状表见表 2-1）复垦责任范围内土地利用现状类型为采矿用地、乔木林地、橡胶园地。复垦责任范围土地所有权归属白沙黎族自治县七坊镇英歌村委会英歌经济社，权属清晰无争议，土地权属见图 2-3。

考虑矿山企业后续农业规划，现状完好的供电用房、办公生活区等建筑物将予以保留，作为农业开发配套用房使用，其用地不纳入本次复垦范围。保留办公生活区区域土地利用现状类型主要为采矿用地、公路用地、乔木林地、橡胶园，其用地不占用生态保护红线、永久基本农田保护图斑、城镇开发边界，相关保留区域的合法手续由矿业权人负责办理。保留办公生活区土地利用现状及总体规划见图 2-4、图 2-5。

表 2-1 土地利用现状表

一级地类		二级地类		面积（m ² ）	占总面积比例（%）
编码	名称	编码	名称		
0	采矿用地	-	-	77032.33	98.62
1	乔木林地	-	-	309.94	0.40
2	橡胶园	-	-	767.49	0.98
合计				78109.76	100

白沙黎族自治县国土空间总体规划三区三线成果局部图

—白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿复垦范围

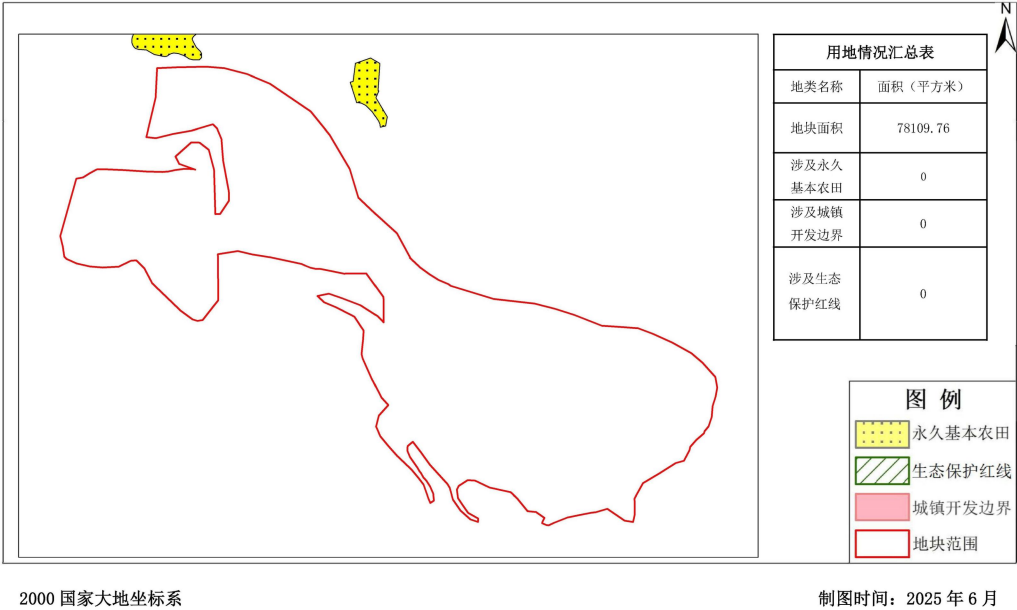


图 2-1 白沙黎族自治县复垦责任范围国土空间规划三区三线成果局部图

白沙黎族自治县土地利用现状图（2024 年国土变更调查局部）

— 白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿复垦范围

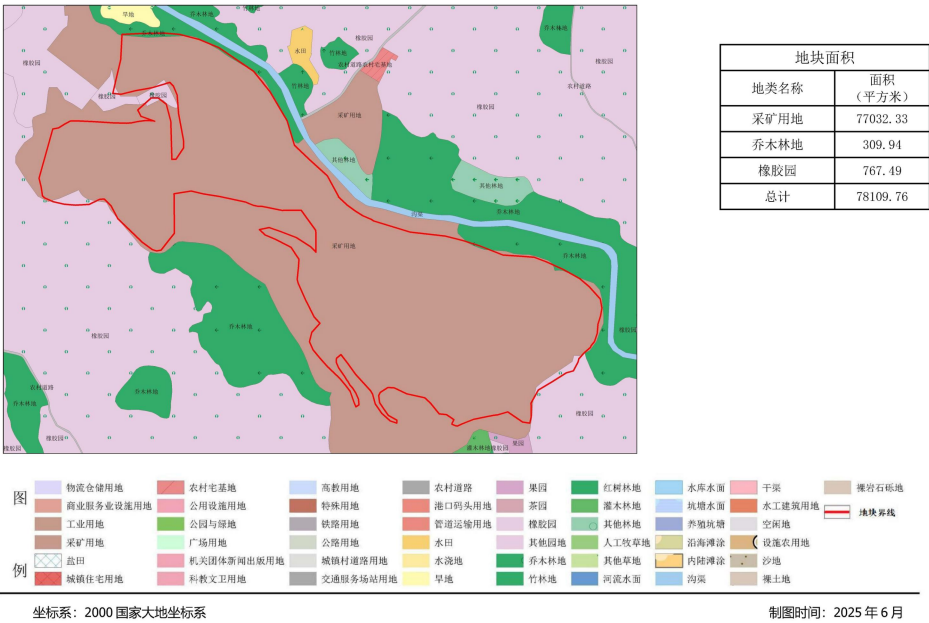


图 2-2 白沙黎族自治县复垦责任范围土地利用现状图（2024 年国土变更调查局部）

白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿复垦范围用地权属图示

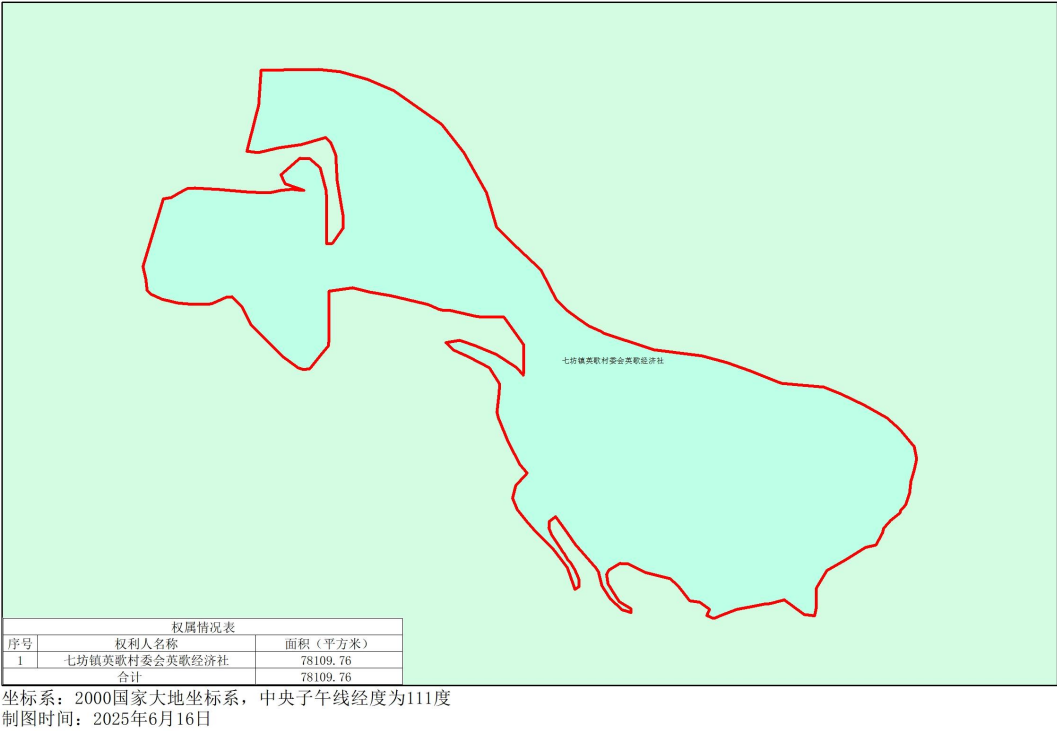


图 2-3 白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩矿复垦责任范围用地权属图

白沙黎族自治县国土空间总体规划三区三线成果局部图

—白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿保留办公生活区



图 2-4 白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩矿保留办公生活区三区三线成果局部图

白沙黎族自治县土地利用现状图（2024 年国土变更调查局部）

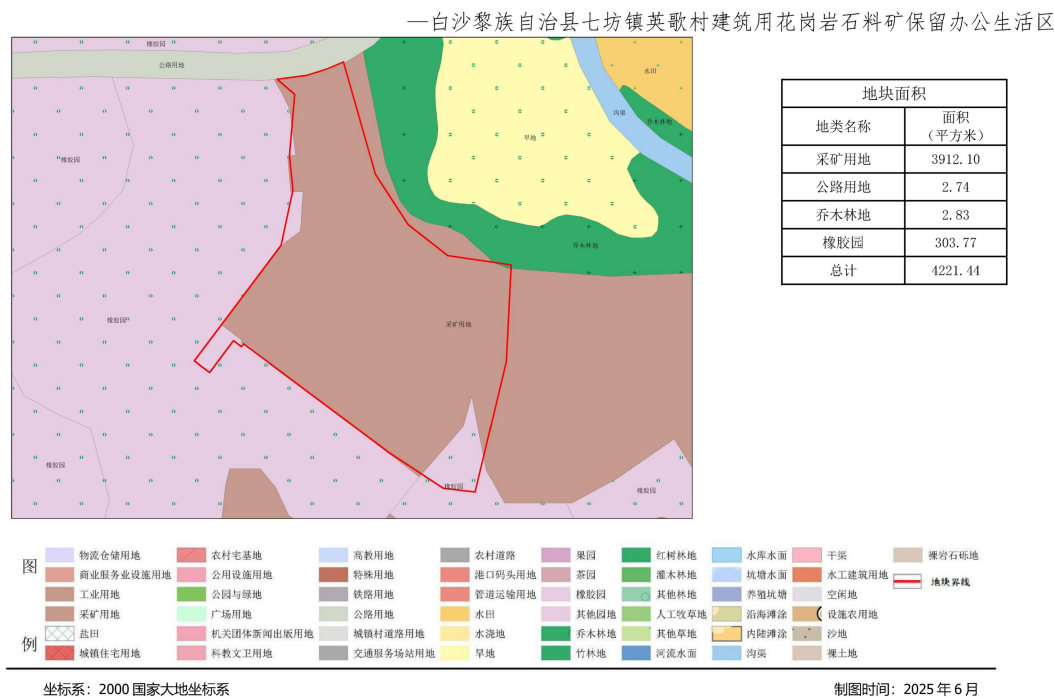


图 2-5 白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩矿保留办公生活区土地利用现状图(2024 年国土变更调查局部)

五、矿山及周边其他人类重大工作活动

矿区未在各类自然保护区、人文景观、地质遗迹、风景旅游区范围内，矿区周边无村庄、工厂、水库及重要交通公路等，因此本次矿山地质环境恢复治理与土地复垦工作对其影响较小。

六、矿山及周边矿山地质环境治理与土地复垦案例分析

参照矿山周边同类矿山治理经验，海南省部分地区矿山地质环境恢复治理工程项目有序健康的开展并取得一定的成效，部分矿山已经通过了治理验收并交付使用。以白沙黎族自治县牙叉农场九队建筑用花岗岩石料矿为例，通过危岩清排、挂网喷播复绿工程、场地翻耕及平整、截排水系统完善等相应治理工程，消除矿山地质灾害隐患，同时矿山植被的复绿修复，改善生态环境，实现矿产资源开发利用和环境协调发展，矿山地质环境恢复治理效果显著。白沙黎族自治县牙叉农场九队建筑用花岗岩石料矿地质环境恢复治理取得的成效，将为本矿山的矿山地质环境恢复治理起到极好的示范和指导作用。

白沙黎族自治县牙叉农场九队建筑用花岗岩石料矿复绿效果见图 2-1。



图 2-1 白沙黎族自治县牙叉农场九队建筑用花岗岩石料矿复绿效果图

第三章 矿山地质环境影响与土地损毁评估

一、矿山地质环境与土地资源调查概述

（一）矿山地质环境调查概述

根据矿区现场实地调查矿体位于当地侵蚀基准面以上，地表水与地下水对矿山治理作业基本无影响，矿床充水以大气降水为主。矿区水文地质条件属简单类型。

矿区属花岗岩坡地，矿体与围岩岩性一致，工程地质条件良好。现场调查未见岩体滑坡、崩塌等不良地质现象。治理过程中需重点关注采坑边坡的岩石掉块与崩落风险，并采取相应防护措施，确保施工安全。

矿区未发现断裂构造，但岩石节理裂隙较发育。地表未发现滑坡、泥石流等地质灾害迹象。区域稳定性较好，环境地质条件简单。

（二）矿山土地资源调查概述

根据野外调查，治理区周边未分布有国家级生态保护的野生植物。根据《白沙黎族自治县土地利用现状图（2023 年国土变更调查局部）》，治理区占用土

地利用类别主要为采矿用地、乔木林地、橡胶园等。根据《白沙黎族自治县国土空间总体规划三区三线局部图》，治理区未在生态红线及城镇开发边界范围内，未占用永久基本农田。

二、矿山地质环境影响评估

（一）评估范围与评估级别

1、评估范围

根据矿山开采现状、矿山地质环境条件、矿山地质环境问题以及矿业活动与地质环境相互影响与制约关系，将矿山活动可能影响到的周边区域作为评估范围的原则，结合本矿山地质环境的特点、设计开采范围、水文地质单元分布特征及制约关系、水污染影响范围等诸多因数，包括新、老采坑开采区、工业场地等用地区域及周边影响区域。评估区共由 19 个拐点坐标组成，评估面积为 176138m²，评估区拐点坐标见下表 3-1。

表 3-1 评估区范围拐点坐标表

点 号	坐 标		点 号	坐 标	
	x(m)	y(m)		x(m)	y(m)
P1	2134765.26	309977.68	P10	2134268.73	310497.15
P2	2134780.34	310039.93	P11	2134225.25	310360.73
P3	2134726.13	310067.97	P12	2134225.66	310246.32
P4	2134721.69	310150.43	P13	2134372.33	310200.98
P5	2134683.25	310217.26	P14	2134428.02	310156.61
P5	2134683.25	310217.26	P15	2134444.74	310094.81
P6	2134542.45	310318.67	P16	2134514.45	309956.25
P7	2134463.42	310585.78	P17	2134557.24	309932.36
P8	2134338.69	310562.32	P18	2134660.42	309937.97
P9	2134298.66	310502.79	P19	2134713.11	309975.81

2、评估级别

矿山地质环境影响评价级别由评估区重要程度、矿山生产建设规模、地质环境条件复杂程度决定。

（1）评估区重要程度分级

评估区重要程度分级参照《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》附录 B（详见表 3-2）。

表 3-2 评估区重要程度分级表

重要区	较重要区	一般区
-----	------	-----

1.分布有 500 人以上的居民集中居住区； 2.分布有高速公路、一级公路、铁路、重要湖泊、中型以上水利、电力工程或其他重要建筑设施； 3.矿区紧邻国家级自然保护区（含地质公园、风景名胜区等）或重要旅游景区（点） 4. 有大型水源地； 5.破坏耕地、园地	1.分布有 200~500 人的居民集中居住区； 2.分布有二级公路、小型水利、电力工程或其他较重要建筑设施； 3.紧邻省级、县级自然保护区或较重要旅游景区（点）； 4.有中型水源地； 5.破坏林地、草地	1.居民居住分散，居民集中居住区人口在 200 人以下； 2.无重要交通要道或建筑设施； 3.远离各级自然保护区及旅游景区（点）； 4. 有小型水源地； 5.破坏其它类型土地
注：评估区重要程度分级确定采取上一级别优先的原则，只要有一条符合者即为该级别。		

对照上述评估区重要程度确定因素及指标，结合矿山实际，作出如下判定：

①评估区无居民居住，属一般区。

②评估区无重要交通要道、水利、电利工程或建筑设施，属一般区。

③评估区远离各级自然保护区及旅游景区（点），属一般区。

④评估区无水源地，属一般区。

⑤评估区内破坏土地类型主要为采矿用地，属一般区。

综合判定：根据上一级别优先的原则，评估区重要程度分级为一般区。

3、矿山生产建设规模分类

矿山生产规模为 8 万 m³/a，该矿山生产建设规模为大型（建筑石料≥10 万 m³/a/为中型）。

4、矿山地质环境条件复杂程度分级

矿山地质环境条件复杂程度分级参照《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》（详见表 3-3）。

表 3-3 露天开采矿山地质环境条件复杂程度分级表

复 杂	中 等	简 单
1.采场矿层（体）位于地下水位以下，采场汇水面积大，采场进水边界条件复杂，与区域含水层或地表水联系密切，地下水补给、径流条件好，采场正常涌水量大于 10000m ³ /d；采 矿 活 动 和 疏 干 排 水 容 易 导 致 区 域 主 要 含 水 层 破 坏。	1.采场矿层（体）局部位位于地下水位以下，采场汇水面积较大，与区域含水层或地表水联系较密切，采场正常涌水量 3000~10000m ³ /d；采 矿 和 疏 干 排 水 比 较 容 易 导 致 矿 区 周 围 主 要 含 水 层 影 响 或 破 坏。	1.采场矿层（体）位于地下水位以上，采场汇水面积小，与区域含水层、或地表水联系不密切，采场正常涌水量小于 3000m ³ /d；采 矿 和 疏 干 排 水 不 易 导 致 矿 区 周 围 主 要 含 水 层 的 影 响 或 破 坏。

2.矿床围岩岩体结构以碎裂结构、散体结构为主，软弱结构面、不良工程地质层发育，存在饱水软弱岩层或松散软弱岩层，含水砂层多，分布广，残坡积层、基岩风化破碎带厚度大于10m、稳固性差，采场岩石边坡风化破碎或土层松软，边坡外倾软弱结构面或危岩发育，易导致边坡失稳。	2.矿床围岩岩体结构以薄到厚层状结构为主，软弱结构面、不良工程地质层发育中等，存在饱水软弱岩层和含水砂层，基岩风化破碎带厚度5~10m、稳固性较差，采场边坡岩石风化较破碎，边坡存在外倾软弱结构面或危岩，局部可能产生边坡失稳。	2.矿床围岩岩体结构以巨厚层状-块状整体结构为主，软弱结构面、不良工程地质层不发育，残坡积层、基岩风化破碎带厚度小于5m、稳固性较好，采场边坡岩石较完整到完整，土层薄，边坡基本不存在外倾软弱结构面或危岩，边坡较稳定。
3.地质构造复杂。矿床围岩岩层产状变化大，断裂构造发育或有全新世活动断裂，导水断裂切割矿层（体）围岩、覆岩和主要含水层（带）或沟通地表水体，导水性强，对采场充水影响大。	3.地质构造较复杂。矿床围岩岩层产状变化较大，断裂构造较发育，切割矿层（体）围岩、覆岩和含水层（带），导水性差，对采场充水影响较大。	3.地质构造较简单。矿床围岩岩层产状变化小，断裂构造不发育，断裂未切割矿层（体）围岩、覆岩，对采场充水影响小。
4.现状条件下原生地质灾害发育，或矿山地质环境问题的类型多、危害大。	4.现状条件下，矿山地质环境问题的类型较多、危害较大。	4.现状条件下，矿山地质环境问题的类型少、危害小。
5.采场面积及采坑深度大，边坡不稳定易产生地质灾害。	5.采场面积及采坑深度较大，边坡较不稳定，较易产生地质灾害。	5.采场面积及采坑深度小，边坡较稳定，不易产生地质灾害。
6.地貌单元类型多，微地貌形态复杂，地形起伏变化大，不利于自然排水，地形坡度一般大于35°，相对高差大，高坡方向岩层倾向与采坑斜坡多为同向。	6.地貌单元类型较多，微地貌形态较复杂，地形起伏变化中等，自然排水条件一般，地形坡度一般20°~35°，相对高差较大，高坡方向岩层倾向与采坑斜坡多为斜交。	6.地貌单元类型单一，微地貌形态简单，地形较平缓，有利于自然排水，地形坡度一般小于20°，相对高差较小，高坡方向岩层倾向与采坑斜坡多为反向坡。
注：采取就上原则，6条中只要有一条满足某一级别，应定为该级别。		

根据收集的矿区地质资料和本次进行的现场地质调查情况分析：

①该矿采用露天开采方式，开采矿体赋存地下水位之下，与区域含水层、或地表水联系不密切，采场汇水面积小，受地下水、地表水的影响小，采矿和疏干排水不会导致矿区周围主要含水层的影响或破坏。评价区水文地质条件简单。

②矿区工程地质条件分两种类型，以黑云母正长花岗岩为主的块状岩工程地质岩组和以第四系残坡积层为主的松散岩类工程地质岩组。

块状岩工程地质岩组：以印支期第二阶段（角闪石）黑云母正长花岗岩为主，岩石强度高，厚度较大，稳定性好。矿区内断层构造不发育，主要以节理裂隙为主，总体稍发育；现状下无滑坡、塌陷、泥石流等不良工程地质作用。综合评价矿区工程地质条件属简单类型。

③现状条件下，矿山地质环境问题的类型较多。评价区环境地质条件复杂。

综合判定：根据上一级别优先的原则，矿山地质环境条件复杂程度为复杂。

5、矿山地质环境条件复杂程度分级

综上所述，评估区为一般区、矿山生产建设规模为中型、矿山地质环境条件属复杂类型，根据《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》，确定矿山地质环境影响评估等级为一级（详见表 3-4）。

表 3-4 矿山地质环境影响评估分级表

评估区重要程度	矿山生产建设规模	地质环境条件复杂程度		
		复杂	中等	简单
重要区	大型	一级	一级	一级
	中型	一级	一级	一级
	小型	一级	一级	二级
较重要区	大型	一级	一级	一级
	中型	一级	二级	二级
	小型	一级	二级	三级
一般区	大型	一级	二级	二级
	中型	一级	二级	三级
	小型	二级	三级	三级

（二）矿山地质灾害现状分析与预测

1、台阶结构错乱

由于矿山早期开采缺乏规划，未按原有既定开采方案进行开采，各级台阶间空间错位、相互脱节。矿区西南侧+180m~+213m 多级台阶并帮形成 33m 高陡边坡，各级台阶面仅宽 2~4m，丧失平台缓冲功能。同时南侧开采边坡顶部目前已开采到界，界外为保护林地，无法进行退台削坡治理。

2、坡面危岩落石隐患

矿区外西侧老采坑区域开采形成高陡岩质边坡，局部边坡角达 80°~85°。矿山各处边坡坡面浮石、危岩体密布；台阶边缘缺乏防护设施，加剧崩塌落石风险。

3、采坑底板积水隐患

目前采场底部回填区域最低标高为+164m，整体地形低于外围封闭圈+168m 标高。降雨时，周边汇水向低洼处聚集受地形阻挡难以自然外排，每逢雨季采坑坑底易形成积水坑塘，新植草木长期受涝渍浸泡难以存活。

本次矿山地质灾害治理工程主要聚焦于开采范围内台阶边坡修整治理、危岩清排、台阶坡面裸露复绿治理等矿山开采时遗留地质环境问题实施治理。修复工程遵循“现状损毁零新增”原则，对既有地质环境治理区域采取挂网喷播复绿、覆

土回填植树复绿、截排水系统完善等综合治理措施,重点消除露天采场边坡危岩、台阶坡面裸露问题,修复受损土地资源,重建矿区生态功能。工程实施后将实现矿区地质灾害隐患消除、损毁土地复垦及生态系统功能恢复。

（三）矿区含水层破坏现状分析与预测

根据野外地质环境调查,矿区现状最低标高+164m,均位于当地侵蚀基准面及地下水位以上,矿区及周围主要含水层水位无变化;矿区及周围地表水体主要来源于大气降水,大气降水主要通过松散岩层和岩溶裂隙渗透补给地下水。矿区及周边村民无生产生活用水井,对矿区及周边村民生产生活供水影响较小。

综上所述,预测矿山地质环境恢复治理对含水层破坏影响较轻。

（四）矿区地形地貌景观破坏现状分析与预测

1、矿区地形地貌景观破坏现状分析

由于矿山早期开采缺乏规划,未按原有既定开采方案进行开采,开采形成台阶不规则且不衔接,边坡稳定性差且存在危岩体未清理、浮石散落等安全隐患。西南侧+180m~+213m区域并帮形成33m高陡边坡,矿区局部台阶有效宽度仅2~4m,致使坡体结构失稳风险加剧。受高陡边坡条件限制,常规攀缘植物无法在近直立岩壁上形成有效覆盖,致使台阶边坡裸露,加之危岩裂隙发育、表层浮石密布,进一步阻碍矿区地质环境恢复治理工作,形成裸露岩面持续风化加剧的恶性循环。导致矿区地形地貌景观破碎化,裸露岩面与周边绿色生态区形成显著色差,生态协调性降低。

2、矿区地形地貌景观预测分析

针对矿区现状存在的地形地貌破碎化、边坡失稳风险、高陡岩壁裸露、危岩裂隙发育及浮石密布等核心问题,规划实施系统性修复工程:

对采坑坡面危岩体、浮石,彻底消除岩体崩落隐患,重建坡体结构稳定性。针对近高陡岩壁常规植被难以附着的难题,采用挂网喷播(客土喷播)技术。该技术通过锚固镀锌铁丝网于岩面,喷射富含有机质、保水剂、粘合剂及先锋植物种子的混合基质层,在陡峭岩壁上快速形成稳定的植物生长基础,有效控制坡面水土流失,并为后续植被恢复创造条件。

在对进行场地翻耕及土地平整工作后的缓坡区域栽植适应性强的乡土树种,构建乔灌草立体植被结构,加速生态修复进程,重塑地貌连续性和层次感。同步

建设完善的排水渠等径流调控体系，有效疏导大气降水及地表径流，保障边坡长期稳定和植被恢复成果。

通过上述系统性工程的实施，预期可实现：

显著降低地形地貌破碎化程度，实现裸露岩面的生态覆盖，大幅减少裸露岩面面积，遏制持续风化加剧的恶性循环。重建与周边环境相协调的绿色景观，植被的恢复将逐步弥合与周边绿色生态区的显著色差，显著提升区域的生态协调性与视觉和谐度。形成稳定、安全、可持续的矿区地质环境。

（五）矿区水土环境污染现状分析与预测

1、水环境污染现状分析

矿区现状最低标高为+164m，均位于当地侵蚀基准面及地下水位以上，矿区及周围主要含水层水位无变化，矿区治理对地下水资源没有影响。

2、水土环境污染预测分析

矿区开采矿种为建筑用花岗岩石料矿。矿石化学成分不含重金属等有毒有害物质。治理过程仅涉及危岩清除（无矿石破碎加工及选矿环节），故不产生工业废水。主要环境影响为治理作业产生的少量粉尘，其影响范围局限于治理区内，程度轻微。矿区生活污水未直接排入周边水系及环境。

综上，矿山治理活动未对水土环境造成污染，预测其对水土环境的污染影响轻微。

三、矿山地质环境治理与土地复垦范围

（一）矿山地质环境保护与恢复治理分区

1、分区原则

根据评估区地质环境条件、可能引发的矿山地质环境问题分析、现状评估及预测评估，并结合矿山工程特点，对评估区进行分区。主要依据如下：

（1）根据矿山施工建设时段基本相同、工程布局相对集中等划分矿山地质环境保护与恢复治理区。

（2）根据矿山各场地功能、治理状况等划分矿山地质环境保护与恢复治理分区。

2、分区原则

（1）综合分区原则

根据矿山治理现状及矿山地质环境综合调查成果，按照地质环境问题类型、分布特征及其危害性，结合矿山地质环境现状评估、预测评估情况进行综合分析，分区界线重点考虑以下要素：①地貌单元界线、矿山规划功能区域界线；②地层界线；③构造单元界线；④地质环境问题分布及影响范围。

其中地质环境问题包括已发和预测的类型、稳定状态及治理难易程度等要素，地质环境问题危害程度包括损失程度及社会影响等要素。据综合分析结果按《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》（表 3-5）要求完成矿山地质环境保护与恢复治理分区。

表 3-5 矿山地质环境保护与恢复治理标准表

现状评估	预测评估		
	严重	较严重	较轻
严重	重点区	重点区	重点区
较严重	重点区	次重点区	次重点区
较轻	重点区	次重点区	一般区

（2）主导因素原则

在综合分析、评估区内不同时期、不同部位出现的评估单元类型的主导因素进行较为准确定性的基础上，对主导因素采用半定量～定量的量化指标进行判断与评估，尤其要注意不同主导因素的转换。

（3）因地制宜的原则

根据当地的自然条件、区位和破坏状况等因地制宜确定其适宜性，不能强求一致。

（4）遵守规范的原则

根据《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》表 F 为指导，以矿山地质环境影响程度分级为基础进行矿山地质环境保护与恢复治理分区。

3、分区方法与结果

（1）分区方法

①分区因素

评估区内已发及预测地质灾害的类型、规模，危害性、危险性；居民的分散程度，建筑的规模，造成经济损失的大小，受威胁的人数等；含水层涌水量，含水层水位下降程度，地下水污染程度，影响矿区及周围生产、生活供水程度；评估区原始的地形地貌景观影响和破坏程度，特别各类村庄或居民点、规划的建

（构）筑物、主要交通干线两侧可视范围内，地形地貌景观影响程度；占用或破坏林地、草地、荒山、未开发利用土地、耕地的范围大小等；矿山建设及开采活动的功能性规划区域界线等。

②分区级别

根据上述分区因素，矿山地质环境保护与恢复治理分区划分为重点防治区（地质环境影响严重区），次重点防治区（地质环境影响较严重区）和一般防治区（地质环境影响较轻区）三个级别。

（2）分区结果

根据前期采矿活动造成的地质灾害及对含水层、地形地貌、土地资源地质环境影响及现状治理情况的分析得出矿山地质环境现状评估结果和预测评估结果，按照《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》分区原则，将矿山地质环境保护与恢复治理区域划分为重点防治区（I）、次重点防治区（II）和一般防治区（III）。据表 3-6 统计，评估区由 19 个拐点组成，面积 176138m²，约合 264.21 亩，其中重点防治区（I 区）主要为露天采场及工业场地面积为 97931m²，占评估区总面积的 55.59%；次重点防治区（II 区）主要为办公生活区及南侧老采坑区域，面积为 17513m²，占评估区总面积 9.94%。一般防治区（III 区）为矿山生产活动边界 30m 影响范围，面积为 60711m²，占评估区总面积 34.46%。

表 3-6 矿山地质环境保护与恢复治理分区结果表

分区名称及编号		分布情况			地质环境条件	矿山地质环境现状评估					矿山地质环境预测评估					防治措施
区	亚区	范围	面积（m2）	百分比（%）		地质灾害影响	含水层影响	地形地貌景观影响	水土环境影响	影响程度分级	地质灾害影响	含水层影响	地形地貌景观影响	土地资源影响	影响程度分级	
重点防治区（I）	I-1	露天采场	68500	38.89	简单	严重	较轻	严重	严重	严重	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	工程措施 生物措施 监测措施
	I-2	工业场地	29413	16.70	简单	较轻	较轻	严重	严重	严重	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	
	合计		97913	55.59	简单	严重					较轻					
次重点区（II）	II-1	办公生活区	5469	3.10	简单	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	
	II-2	办公生活区南侧老采坑	12044	6.84	简单	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	
	合计		17513	9.94	简单	较轻					较轻					
一般防治区(III)	III	重点区域以外其他影响范围	60711	34.47	简单	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	较轻	监测措施
	合计		60711	34.47	简单	较轻					较轻					

（二）土地复垦区与复垦责任范围

土地复垦责任范围依据闭坑后矿山实际开采及占用损毁区域进行界定，经实地勘查确认总面积 78109.76 m²，主要包含露天采场损毁区、工业场地压占区及办公生活区南侧经前期治理已完成生态修复的老采坑区域，同时，矿区范围外西南侧高陡边坡（据矿山企业说明，系历史老采坑开采形成，非本企业责任）亦不纳入本次治理及复垦责任范围。根据《土地复垦方案编制规程》要求，并考虑矿山企业后续规划，现状完好的供配电房、办公生活区等建筑物将予以保留，作为农业开发配套用房使用，其用地不纳入本次复垦范围。相关保留区域的合法手续由矿业权人负责办理。土地复垦责任范围坐标表见表 3-7。土地复垦责任范围关系图见图 3-1。

表 3-7 土地复垦责任范围坐标表

点 号	坐 标		点 号	坐 标	
	x(m)	y(m)		x(m)	y(m)
J1	2134692.34	310066.61	J95	2134323.80	310297.08
J2	2134692.81	310083.25	J96	2134318.07	310297.37
J3	2134692.96	310108.63	J97	2134316.15	310294.31
J4	2134691.38	310124.33	J98	2134319.99	310292.81
J5	2134685.97	310143.86	J99	2134331.78	310288.91
J6	2134677.58	310163.14	J100	2134337.30	310284.77
J7	2134653.26	310197.74	J101	2134344.80	310278.79
J8	2134632.77	310213.71	J102	2134357.07	310266.43
J9	2134603.50	310230.37	J103	2134365.49	310259.19
J10	2134578.77	310237.38	J104	2134373.92	310252.50
J11	2134563.82	310252.43	J105	2134382.12	310249.03
J12	2134547.61	310269.76	J106	2134391.50	310251.40
J13	2134526.33	310280.72	J107	2134400.30	310259.83
J14	2134526.43	310280.50	J107	2134400.30	310259.83
J15	2134517.85	310289.17	J108	2134406.74	310254.05
J16	2134511.95	310297.08	J109	2134423.59	310245.80
J17	2134506.95	310304.71	J110	2134440.44	310238.75
J18	2134503.13	310313.06	J111	2134444.40	310237.68
J19	2134501.72	310315.08	J112	2134456.68	310239.23
J20	2134489.87	310351.70	J113	2134464.65	310239.87
J21	2134485.19	310386.70	J114	2134467.51	310238.01
J22	2134480.46	310404.30	J115	2134476.75	310232.12
J23	2134474.87	310420.70	J116	2134484.86	310216.66
J24	2134465.32	310444.12	J117	2134489.35	310206.46
J25	2134463.62	310463.23	J118	2134494.97	310200.75

J26	2134462.61	310475.12	J119	2134496.76	310210.61
J27	2134457.54	310487.65	J120	2134492.74	310221.59
J28	2134449.77	310504.27	J121	2134486.33	310237.57
J29	2134440.39	310520.43	J122	2134476.68	310252.07
J30	2134432.13	310529.80	J123	2134471.30	310257.09
J31	2134419.57	310540.59	J124	2134493.18	310257.15
J32	2134410.53	310542.12	J125	2134513.63	310242.92
J33	2134402.58	310540.60	J126	2134513.79	310223.79
J34	2134394.66	310537.94	J127	2134518.09	310204.00
J35	2134385.44	310536.93	J128	2134518.27	310199.44
J36	2134377.42	310534.20	J129	2134519.29	310195.23
J37	2134373.21	310530.64	J130	2134521.23	310190.73
J38	2134371.58	310530.12	J131	2134522.69	310187.41
J39	2134366.05	310523.42	J132	2134528.73	310161.38
J40	2134360.16	310518.17	J133	2134531.63	310145.50
J41	2134357.25	310517.35	J134	2134534.64	310133.28
J42	2134348.37	310512.56	J135	2134532.21	310116.01
J43	2134346.45	310505.30	J136	2134492.80	310115.69
J44	2134338.06	310491.47	J137	2134486.67	310110.71
J45	2134331.03	310479.26	J138	2134476.03	310101.98
J46	2134329.73	310477.00	J139	2134475.41	310097.50
J47	2134316.92	310469.56	J140	2134476.76	310093.34
J48	2134303.19	310469.54	J141	2134484.37	310083.21
J49	2134296.93	310467.99	J142	2134508.28	310059.23
J50	2134297.03	310466.43	J143	2134521.38	310052.57
J51	2134298.01	310460.74	J144	2134528.28	310045.78
J52	2134308.43	310446.05	J145	2134527.95	310041.40
J53	2134305.64	310435.99	J146	2134523.05	310030.71
J54	2134305.28	310431.75	J147	2134522.63	310016.99
J55	2134303.70	310423.32	J148	2134523.67	310005.91
J56	2134301.55	310411.82	J149	2134526.46	309994.75
J57	2134297.25	310400.19	J150	2134530.37	309986.34
J58	2134295.23	310395.46	J151	2134532.60	309984.26
J59	2134295.33	310393.63	J152	2134541.15	309983.05
J60	2134297.14	310389.98	J153	2134550.21	309981.04
J61	2134297.92	310390.20	J154	2134599.19	309995.62
J62	2134301.53	310392.09	J155	2134600.06	310001.55
J63	2134306.84	310384.88	J156	2134603.63	310007.31
J64	2134307.63	310377.58	J157	2134606.76	310013.36
J65	2134318.69	310368.91	J158	2134606.98	310018.75
J66	2134323.91	310363.37	J159	2134605.90	310036.02
J67	2134328.28	310345.44	J160	2134604.30	310055.88
J68	2134334.54	310333.04	J161	2134603.65	310069.57

J69	2134334.88	310326.77	J162	2134603.87	310074.69
J70	2134330.11	310319.10	J163	2134605.16	310080.67
J71	2134327.00	310317.36	J164	2134605.96	310087.45
J72	2134319.97	310318.19	J165	2134606.05	310088.88
J73	2134313.85	310321.93	J166	2134606.05	310090.73
J74	2134307.03	310326.51	J167	2134605.48	310096.88
J75	2134302.10	310335.21	J168	2134605.22	310097.80
J76	2134299.09	310335.01	J169	2134610.26	310084.19
J77	2134301.39	310328.52	J170	2134616.65	310081.04
J78	2134309.21	310320.18	J171	2134628.62	310094.89
J79	2134318.69	310313.69	J172	2134628.26	310101.91
J80	2134328.75	310311.30	J173	2134621.94	310109.70
J81	2134331.94	310309.25	J174	2134604.66	310114.02
J82	2134348.70	310294.59	J175	2134566.71	310114.43
J83	2134359.84	310286.85	J176	2134566.88	310118.58
J84	2134368.68	310280.25	J177	2134578.16	310126.46
J85	2134365.21	310275.74	J178	2134585.83	310126.32
J86	2134364.26	310275.71	J179	2134612.29	310121.95
J87	2134360.68	310275.61	J180	2134631.06	310120.83
J88	2134355.57	310277.63	J181	2134640.18	310117.13
J89	2134346.32	310283.76	J182	2134643.72	310113.51
J90	2134343.51	310285.44	J183	2134638.69	310095.77
J91	2134341.66	310286.73	J184	2134636.17	310079.48
J92	2134337.96	310288.78	J185	2134632.68	310064.54
J93	2134335.15	310291.26	J186	2134633.75	310056.30
J94	2134330.10	310294.42	J187	2134667.36	310064.94

国家 2000 坐标系，3 度带中央经线 111°

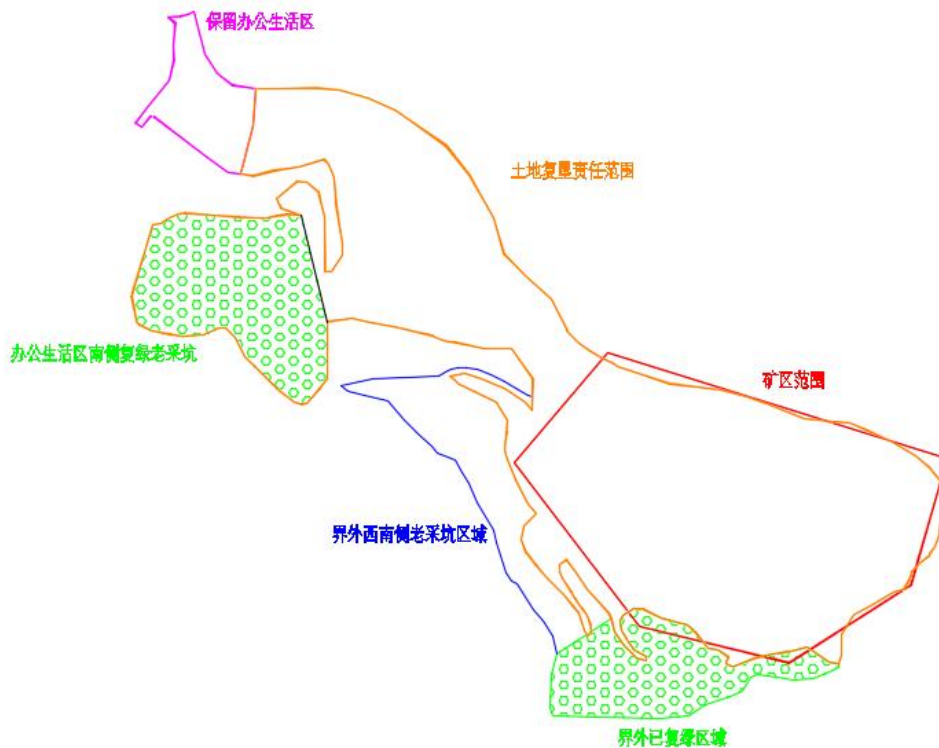


图 3-1 土地复垦责任范围关系图

（三）土地类型与权属

根据《白沙黎族自治县国土空间总体规划“三区三线”成果局部图》（图 3-2），复垦责任范围不占用生态保护红线、永久基本农田保护图斑、城镇开发边界。根据《白沙黎族自治县土地利用现状图（2023 年国土变更调查局部）》（见图 3-3）复垦责任范围内土地利用现状类型为采矿用地、乔木林地、橡胶园地。复垦责任范围土地所有权归属白沙黎族自治县七坊镇英歌村委会英歌经济社，权属清晰无争议，土地权属见图 3-4。

考虑矿山企业后续农业规划，现状完好的供配电房、办公生活区等建筑物将予以保留，作为农业开发配套用房使用，其用地不纳入本次复垦范围。保留办公生活区区域土地利用现状类型主要为采矿用地、公路用地、乔木林地、橡胶园，其用地不占用生态保护红线、永久基本农田保护图斑、城镇开发边界，相关保留区域的合法手续由矿业权人负责办理。保留办公生活区土地利用现状及总体规划见图 3-5、图 3-6。

白沙黎族自治县国土空间总体规划三区三线成果局部图

—白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿复垦范围

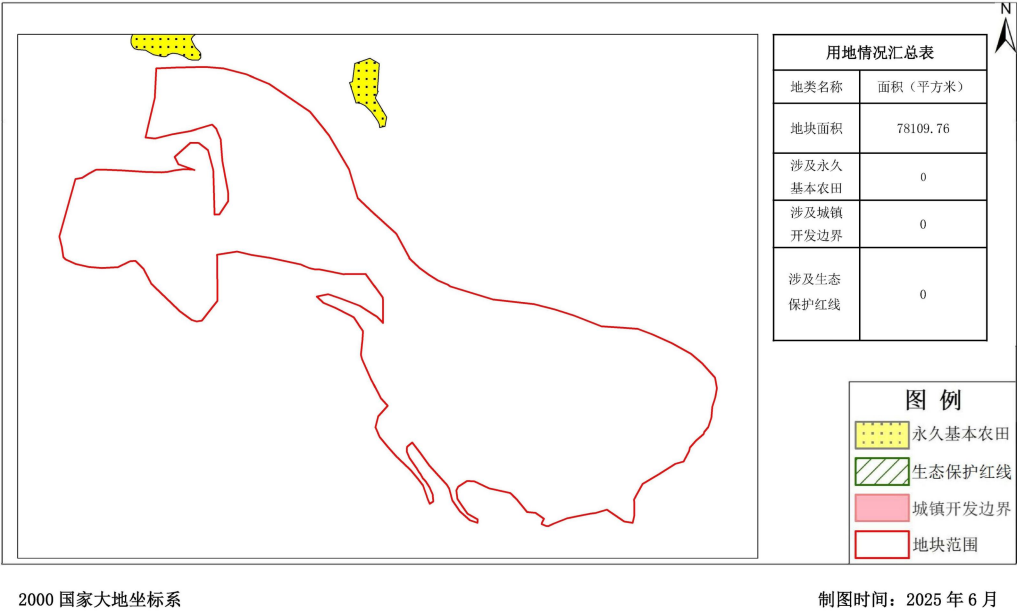


图 3-2 白沙黎族自治县复垦责任范围国土空间规划三区三线成果局部图

白沙黎族自治县土地利用现状图（2024 年国土变更调查局部）

—白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿复垦范围

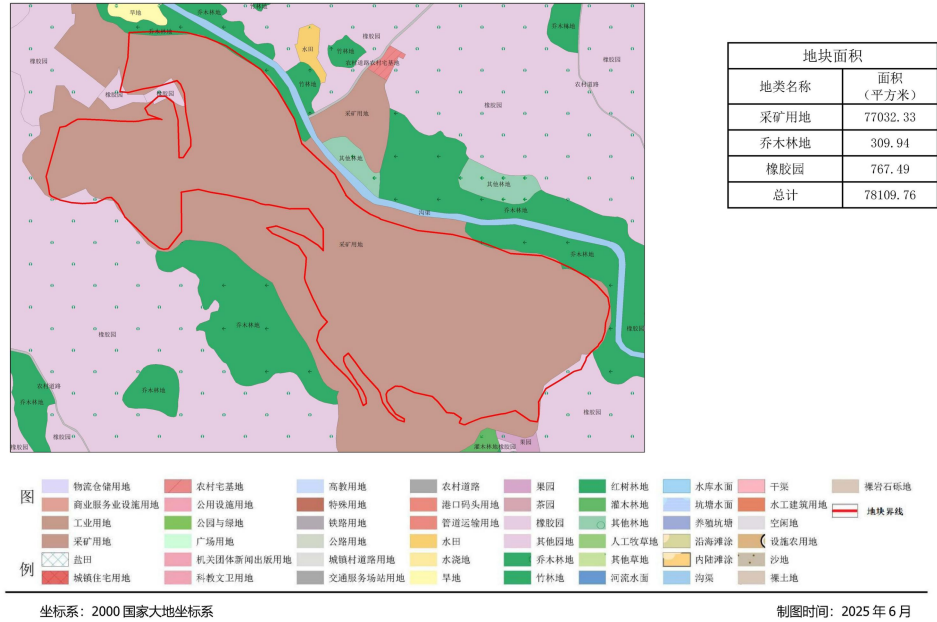


图 3-3 白沙黎族自治县复垦责任范围土地利用现状图（2024 年国土变更调查局部）

白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿复垦范围用地权属图示

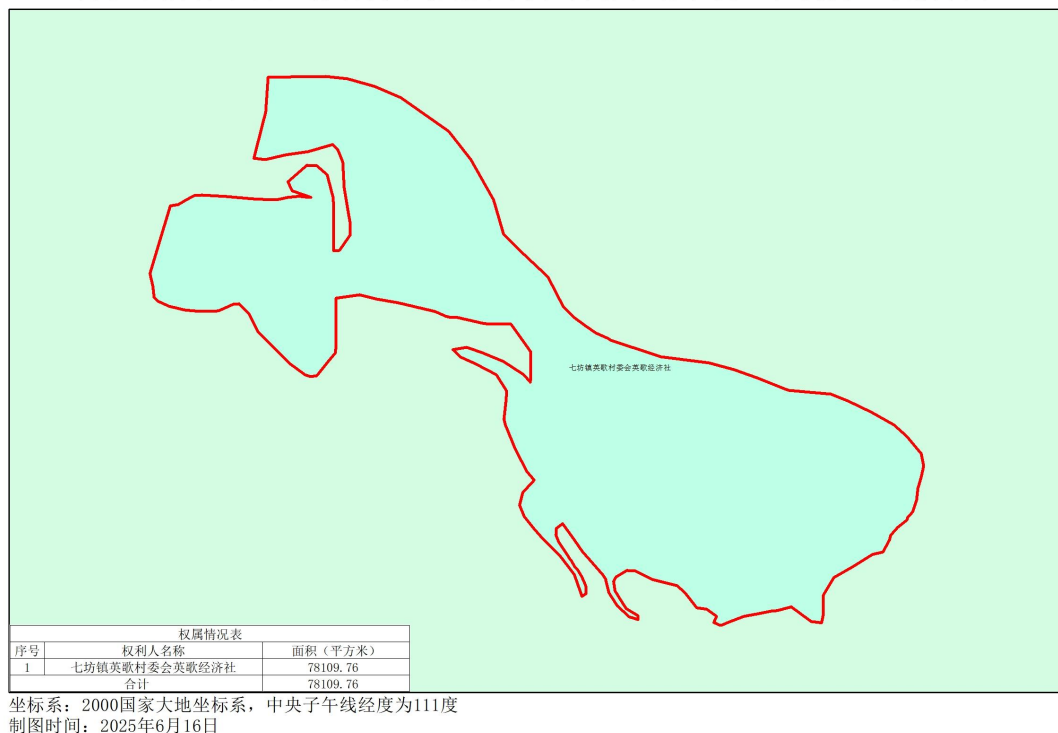


图 3-4 白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩矿复垦责任范围用地权属图

白沙黎族自治县国土空间总体规划三区三线成果局部图

—白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿保留办公生活区



图 3-5 白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩矿保留办公生活区三区三线成果局部图

白沙黎族自治县土地利用现状图（2024 年国土变更调查局部）

—白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩石料矿保留办公生活区

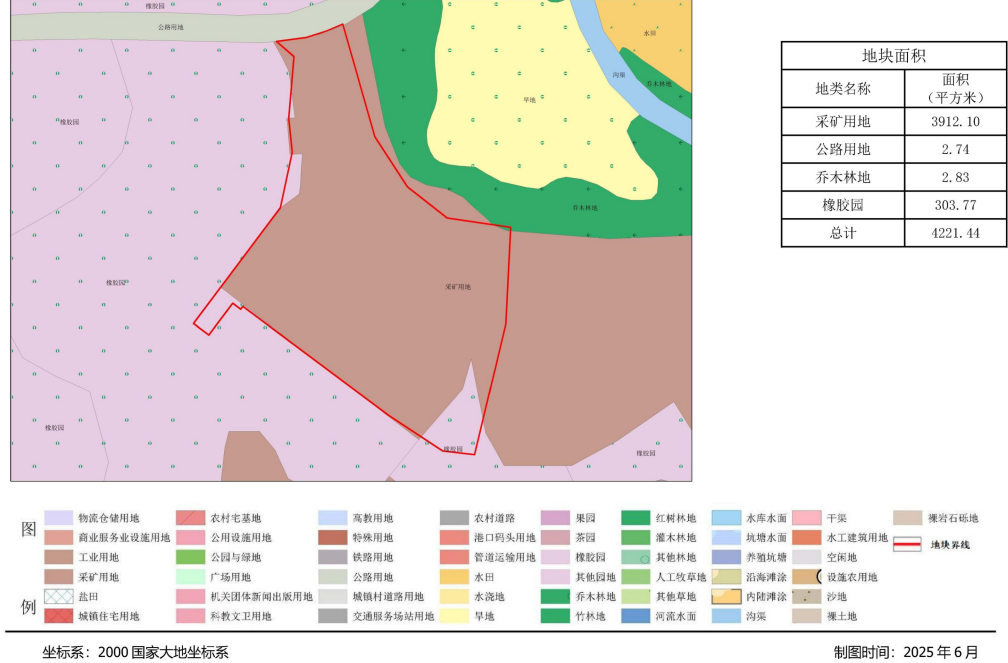


图 3-6 白沙黎族自治县七坊镇英歌村建筑用花岗岩矿保留办公生活区土地利用现状图(2024 年国土变更调查局部)

第四章 矿山地质环境治理与土地复垦可行性分析

一、矿山地质环境治理可行性分析

（一）技术可行性分析

1、地质灾害治理

矿山地质灾害治理工程严格参照矿山现状存在问题治理，聚焦开采范围内高陡边坡治理、危岩清排、台阶坡面裸露等矿山开采时遗留地质环境问题实施治理。完成地质灾害治理工程后对采取挂网喷播复绿、覆土回填植树复绿、截排水系统完善等复垦措施，一般情况下可以避免滑坡、崩塌地质灾害。参照矿山周边同类矿山治理经验，以白沙黎族自治县牙叉农场九队建筑用花岗岩石料矿为例，通过以上相应治理工程，矿山复绿效果良好。从技术而言，矿山地质灾害治理是可行的。白沙黎族自治县牙叉农场九队建筑用花岗岩石料矿复绿效果见图 4-1。



图 4-1 白沙黎族自治县牙叉农场九队建筑用花岗岩石料矿复绿效果图

2、地形地貌景观、地质遗迹、人文景观治理可行性

矿区范围内的植被大部遭到破坏，原地形地貌景观遭到严重破坏。针对地形地貌，通过开展边坡危岩体清除与整形，消除落石崩塌隐患；随后采用挂网喷播

技术控制坡面水土流失，结合人工覆土构建植物生长基质；最后实施乔木栽植，同步建设截水沟、排水渠等径流调控体系的技术方法是可行。

（二）经济可行性分析

根据“谁开发谁保护，谁破坏谁治理”的责任原则，本矿山企业作为治理义务人，矿山地质环境投资费用由矿山企业全部承担。根据海南省自然资源和规划厅、海南省财政厅和海南省生态环境厅共同印发的《海南省矿山地质环境治理恢复基金管理办法》（琼自然资函〔2021〕482号）的通知，矿山企业应建立矿山环境治理恢复基金制度，由企业统筹用于开展矿山环境保护和综合治理。有关部门根据各自职责，加强事中事后监管，建立动态监管机制，督促企业落实矿山环境治理恢复责任。

通过本方案的实施，提高土地集约化利用程度、土地利用效率和土地产值。根据矿区及矿区周边植被现状，采取相应复垦方向及措施，可使得矿区迅速复绿，生态效益较好，具体种类由矿山企业及土地权属人依据市场情况而定。

此外，经过采取保护措施和土地复垦工程措施，可恢复早期采矿活动引起的崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害，避免或尽可能地减少矿山地质灾害对周围环境的危害，确保矿区周边人民群众生命及财产安全；同时使土地利用更加合理，充分利用土地资源，获得良好的经济效益。

综上，矿山地质环境治理经济上是完全可行的。

（三）生态协调性分析

根据“边开采边治理，坚持预防为主、避让与治理相结合和全面规划、突出重点”的矿山地质环境保护与土地复垦的原则，合理设计恢复治理工程。使矿山地质环境保护与土地复垦后符合相关土地利用规划。

二、矿区土地复垦可行性分析

（一）土地复垦适宜性评价

1、适宜性评价原则

- （1）符合土地利用总体规划，并与其他规划相协调。
- （2）因地制宜原则。
- （3）土地复垦耕地优先和综合效益最佳原则。

(4) 主导性限制因素与综合平衡原则。

(5) 复垦后土地可持续利用原则。

(6) 经济可行、技术合理性原则。

(7) 社会因素和经济因素相结合原则。

(8) 符合土地权益人意愿的原则。

2、适宜性评价依据

土地复垦适宜性评价在详细分析项目区自然条件、社会经济以及土地利用状况的基础上，结合当地土地利用总体规划，依据《耕地后备资源调查与评价技术规程》和《土地复垦技术标准》，综合考虑土地损毁分析结果、公众参与意见以及周边类似项目的复垦经验等，采取切实可行的办法，确定复垦利用方向。

3、土地复垦适宜性评价技术路线

本项目与普通的土地适宜性评价相比，具有时间上的未来性与空间上的预测性。因此，必须考虑矿山损毁状况对土地利用的影响，并选取其中的主导因素作为土地利用受损毁状况影响的评价因素。同时，不同的复垦适宜利用方向，其影响因素不尽相同，因素间的重要性也存在或大或小的差异。

根据本项目的特点，因地制宜制定的适宜性评价技术路线，以期得到最佳合理的土地复垦方案。

4、评价单元划分

评价单元是土地适宜性评价的基本单元、评价的具体对象。土地对农林牧业利用类型的适宜性和适宜程度及其地域分布状况，是通过评价单元及其组合状况来反映。评价单元的划分与确定应在遵循评价原则的前提下，根据评价区的具体情况来决定。

根据本项目拟损毁土地预测结果。在土地复垦适宜性评价单元划分上，根据各破坏土地特征进行评价单元划分。评价单元应按以下原则进行划分：

(1) 单元内部性质相对均一或相近；具有一定的可比性。

(2) 单元之间具有差异性，能客观反映土地在一定时空上的差异性。

(3) 单元内部的土地特征、复垦所采取的工程措施相似。

根据以上划分原则，本方案对复垦土地的评价单元划分如下：

①露天采场区域损毁方式为挖损，拟将其复垦为林地，单独作为一个评价单

元进行适宜性分析；

②矿山工业场地损毁方式主要为压占，拟将其复垦为林地，单独作为一个评价单元进行适宜性分析。

5、土地复垦适宜性等级评定

（1）评价因子确定

本次复垦单元评价因子是参考《中国 1: 100 万土地资源图》主要限制因素评价等级标准，再通过实地调查验证专家咨询论证等方法确定了农、林、园、草 4 种复垦方向的评价因子。本次评价单元的选取时，着重考虑选取因子对评价单元影响程度的差别，本矿山开采矿种为建筑用玄武岩矿，开采过程中对土壤的污染很小，对复垦后的地块影响较小，所以未予考虑。

确定本矿山待复垦土地评价因子：地形坡度、有效土层厚度、灌溉条件、排水条件、土壤 pH 值 5 项，具体见表 4-1。

表 4-1 复垦土地主要限制因素的等级标准一览表

评价因子	农地（旱地）	园地	草地	林地	等级
地形坡度 (°)	<10	<15	<15	<15	1
	10-15	15-25	15-25	15-25	2
	15-25	25-35	25-35	25-35	3
	>25	-	-	-	不
有效土层厚度 (cm)	>90	>90	>90	>90	1
	60-90	60-90	60-90	60-90	2
	30-60	30-60	30-60	30-60	3
	<30	<30	<30	<30	不
排水条件	不淹没或偶然淹没，排水条件好	不淹没或偶然淹没，排水条件好	不淹没或偶然淹没，排水条件好	不淹没或偶然淹没，排水条件好	1
	季节性短期淹没，排水条件好	季节性短期淹没，排水条件好	季节性短期淹没，排水条件好	季节性短期淹没，排水条件好	2
	季节性长期淹没，排水条件较差	季节性长期淹没，排水条件较差	季节性长期淹没，排水条件较差	季节性长期淹没，排水条件较差	3
	长期淹没，排水条件很差	长期淹没，排水条件很差	长期淹没，排水条件很差	长期淹没，排水条件很差	不
灌溉条件	有稳定灌溉水源	有较稳定或稳定灌溉条件的土地	有较稳定或稳定灌溉条件的土地	有较稳定或稳定灌溉条件的土地	1
	灌溉水源保证差	灌溉水源保证差	灌溉水源保证差	灌溉水源保证差	2

				差	
	无灌溉水源	无灌溉水源	无灌溉水源	无灌溉水源	3
土壤 pH 值	6.0-7.0	6.0-7.0	6.0-7.0	6.0-7.0	1
	5.5-6.0, 7.0-8.0	5.5-6.0, 7.0-8.0	5.5-6.0, 7.0-8.0	5.0-6.0, 7.0-8.0	2 或 3
	>8.0,<5.5	>8.0,<5.5	>8.0,<5.5	>8.0,<5.0	不

注：表中“1、2、3”数字表示程度等级，代表适宜程度等级依次降低；“不”表示不适宜。

（2）评价因子取值的确定

本矿各参评单元参评因子的选取，主要是依据现场调查数据资料，并结合对矿山评价单元开采后终了特征进行预测分析的。各参评因子取值如下：

①有效土层或风化层厚度取值：矿山闭坑后，露天采坑及边坡内几乎无直接供植被生长的土层，有效土层厚度参评值是按照闭坑后覆土厚度的取值，暂取80cm。

②地形坡度取值：矿山完成治理后，采矿场基底为一平整场地，坡度小取5°；生产附属区现状条件下坡度较为平坦，坡度依据现状取10°以下。

③水条件取值：露天采场治理结束后，于采坑底板东侧区域保留一处集水塘（带沉淀池功能），通过底部设置排水沟引流至集水池沉淀过滤后，外排至北侧外部时令河。

④灌溉条件取值：主要是指旱季能保持人工灌溉的能力，根据现场调查，矿山可于采坑底板东侧区域保留集水塘，作为灌溉的水源。

⑤土壤 pH 值：治理复垦用土早期剥离回填至北侧底板区域土，pH 值取6.0-7.0。

（3）参评单元适宜性评价结果

根据各参评单元确定评价因子值，结合农、林、园、草4种复垦方向中评价等级表，并逐项进行对比分级，比对结果具体见表4-2。

根据参评单元土地性质，对照拟定本矿山待复垦地块主要限制因素与旱地、林地、园地、草地评价等级标准进行逐项对比，采用极限条件法（即：只要有一项参评因子不适宜，即排除此种评价模式），最后确定了矿区待复垦土地的适宜性评价结果。

表 4-2 复垦土地主要限制因素的等级标准一览表

限制因素及分级指标		农业评价	林地评价	草地评价
地表组成物质	壤土、砂壤土	1 或 2	1	1
	岩土混合物	3	2	2
	砂土、砾质	3 或不	2 或 3	2 或 3
	砾质	3	3 或不	3 或不
地形坡度 (°)	<6	1	1	1
	6-15	2	1	1
	15-25	3	2 或 1	1
	>25	不	2 或 3	2 或 3
土壤容重/ (g/cm ³)	1.14~1.26	1	1	1
	1.00~1.14, 1.26~1.30	2 或 3	2	2
	<1, >1.30	3	3	2 或 3
土源保证率 (%)	80-100	1	1	1
	60-80	2	1	1
	40-60	3	2	1
	<40	不	3	2
说明: 1 代表适宜, 2 代表基本适宜, 3 代表临界适宜, “不”代表不适宜				

矿区参评复垦单元土地性质见表 4-3。

表 4-3 矿区参评复垦单元土地性质

指标体系	露天采场	工业场地
地表物质组成	砾质	岩土
地形坡度 (°)	>25	<6
土壤容重/ (g/cm ³)	>1.30	>1.30
土源保证率 (%)	60~70	60~70

评价等级结果如表 4-4。

表 4-4 矿区土地适宜性评价结果

评价单元	地类评价	适宜性	主要限制因子	整治改良措施建议
工业场地	农业评价	3 等	地表物质组成、土源保证率、土壤容重	回填客土
	林地评价	3 等	地表物质组成、土壤容重、土源保证率	清理地表岩土混合物、穴状整地回填客土可复垦为林地
	草地评价	3 等	地表物质组成、土壤容重、土源保证率	

评价单元	地类评价	适宜性	主要限制因子	整治改良措施建议
露天采场	农业评价	3 等	地表物质组成、土源保证率、土壤容重	回填客土
	林地评价	3 等	地表物质组成、土壤容重、土源保证率	清理地表岩土混合物、穴状整地回填客土可复垦为林地
	草地评价	3 等	地表物质组成、土壤容重、土源保证率	

（二）水土资源平衡分析

1、水资源平衡分析

矿区位于海南省白沙黎族自治县境内，属典型热带季风气候区，干湿季特征显著：每年 5 月至 11 月为集中雨季，降水量占全年 80%以上；12 月至次年 4 月旱季期间光照充足，水热条件匹配度高，适宜热带植被快速生长。基于区域气候特征与水资源季节性分布规律，生态修复采用节水型灌溉体系：设计在采坑底板东侧区域新建集水塘（带沉砂池功能），雨季时截流地表径流，经沉淀过滤后通过地下排水涵管排入北侧季节性河道；旱季则通过泵站抽取集水塘蓄水，优先保障复垦区乔木灌溉需求，同时为矿区转型发展热带特色农业预留灌溉水源。

2、土资源平衡分析

根据土地复垦适宜性评价结果，矿山前期开采活动已造成土壤损毁。本方案拟对露天采场及工业场地实施土地复垦，需对损毁区域进行覆土植绿。复垦工程所需土源主要用于采坑坡面挂网喷播用土。

鉴于挂网喷播工艺对土壤洁净度、颗粒级配及养分指标有特定要求，而矿区现有开挖土方含杂质较多且级配不达标，加之历史开采剥离表土已全部用于前期复绿工程及老采坑回填治理。为避免二次生态破坏，本方案采用外购方式解决土源问题。

通过无人机航测建模采集坡面高程点生成三角网模型，采用南方 CASS10.0 三角网表面积计算，矿山采场边坡坡面喷播所需土方为 1936m³（详见第五章第二节挂网喷播工程），外购土源取自矿区外约 15km 处土方供应点。外购土源取自矿区外约 15 km 处供应点，其土壤质量须满足《土地复垦质量控制标准》（TD/T 1036）中东南沿海山地丘陵区（D.4）标准及本项目特定要求（具体指标见表 4-5 外购土源质量标准表）。复垦责任人负责外购土源的质量检验，确认合格后方可

用于复垦，并承担相关事宜。

表 4-5 外购土源质量标准表

指标类型	控制标准
土壤容重/（g/cm ³ ）	≤1.5
土壤质地	砂土壤至壤质黏土
砾石含量%	≤25
PH 值	5.0~8.0
有机质%	≥1

第五章 矿山地质环境治理与土地复垦工程

一、矿山地质灾害治理

（一）目标任务

2、根据矿山地质环境现状调查，矿山地质环境治理工程主要对台阶坡面危岩清排、对已拆除工业场地场地翻耕及平整，同时做好采坑四周安全防护装置建设工作，达到治理区边坡稳定，消除崩塌等地质灾害隐患，同时为边坡坡面复绿创造可行条件。

2、从地质环境角度考虑，消除不稳定的地质体，如边坡危岩、滚石等，使治理区地质环境达到基本稳定，有效遏制危岩崩落等地质环境问题的发生。同时修筑安全防护铁丝网及安全警示牌，提示并防止造成高处跌落等安全事故发生。

（二）技术措施

1、采场安全防护工程

矿山开采区域呈南高北低地势，南侧最高标高+257m，北侧回填后最低标高+164m，形成最大高度 93m 的高陡采坑。采场南侧外围为人工橡胶林，收割作业时人员因注意力集中易靠近采场边缘，存在误入风险。

针对上述风险，采用"物理隔离+警示标识"双重防护体系：

防护铁丝网工程：沿采场边坡顶部与橡胶林交界的地形走向，布设总长 271m 的带刺铁丝网防护隔离带。采用 5 道 $\phi 4\text{mm}$ 热镀锌带刺铁丝与 C30 混凝土立柱（截面 $10\times 10\text{cm}$ 、高度 2m，含 0.5m 地下埋深）组合结构，立柱按 4m 间距均匀布设，则需共计配置水泥立柱 68 根、带刺铁丝 1355m，该设计可形成 1.5m 有效隔离高度。

安全警示系统：在采坑四周视野开阔、人员活动路径交汇点等关键位置，均匀布设 10 块反光安全警示牌（尺寸 $1.2\text{m}\times 0.8\text{m}$ ），内容包含"禁止靠近"、"高陡边坡危险"等警示标语及应急联系方式，采用荧光黄底色搭配红色警示符号，通过醒目的警示标志，提醒周边行人注意安全，避免靠近采坑。

2、边坡危岩清排工程

为确保后续挂网喷播作业安全及平台植被复绿效果，针对矿山早期开采形成的坡面危岩体及密集分布的浮石，本次设计采取专项清排措施：

对坡面危岩及不稳定松散体进行彻底清除。具体工程过程包括：利用破碎锤对危岩进行破碎解体，辅以人工排险方式清除残留浮石及小型不稳定块体，以彻底消除潜在的崩塌、落石等地质灾害隐患。清除的土石方将集中清运处置，预计清排总量为 800m³，平均运输距离 300m。

4、采场防排水工程

由于采场底板回填区域目前回填最低标高为+164m，整体地形低于外围封闭圈+168m 标高。降雨时，周边汇水向低洼处聚集受地形阻挡难以自然外排，每逢雨季采坑坑底易形成积水坑塘，新植草木长期受涝渍浸泡难以存活。

本工程采用地表径流调控与预埋涵管相结合的排水方案，根据地势特征设计梯形断面排水沟系统，总长 297m（顶宽 1.0 米/底宽 0.8 米/深 0.8 米），配套建造 10m×10m×2m 集水池。同步在采坑底板北侧敷设 30m 长、管径 1.2m 的排水涵管。运行管理实施季节分控策略：雨季通过排水沟截流地表径流，经集水池沉淀后由涵管导排至北侧季节性河道；旱季则通过泵送系统抽取存水，重点满足复垦区域乔木植被的灌溉需求。

采场排水工程土方开挖遵循就地平衡原则，开挖量分别为：梯形排水沟 190m³，积水池 200m³，管径 1.2 米排水涵管结合管顶覆土开挖 54m³，合计完成土方量 444m³。所有开挖土方均用于场地周边地形修整工程，实现土方就地平衡利用。

（三）主要工程量

矿区地质灾害治理主要工程量见表 5-1。

表 5-1 矿区地质灾害治理主要工程量表

序号	治理项目	计量单位	工程量	备注
1	安全防护工程			
1-1	安全铁丝网	m	1355	5 道铁丝网
1-2	水泥立柱	根	68	截面 10*10cm、高度 2m
1-3	安全警示牌	块	10	
2	危岩清排工程	m ³	800	
3	采场排水工程			
3-1	集水池	m ³	200	开挖土方
3-2	排水沟	m ³	190	开挖土方
3-3	排水涵管	m	30	管径 1.2m
3-4	排水涵管开挖	m ³	54	开挖土方

二、矿区土地复垦

（一）目标任务

根据“科学合理、实事求是”原则，参照治理区周边环境，征求土地权属人意见，结合土地损毁分析与预测结果，拟将治理区内损毁土地采取场地翻耕、平整等措施复垦为林地。

土地复垦的目标是源头控制、预防与复垦相结合；统一规划、统筹安排；因地制宜；复垦技术合理可行，操作性强，社会、经济、生态效益并重；符合土地利用总体规划要求，实现土地资源可持续利用。

（二）技术措施

1、土地翻耕工程

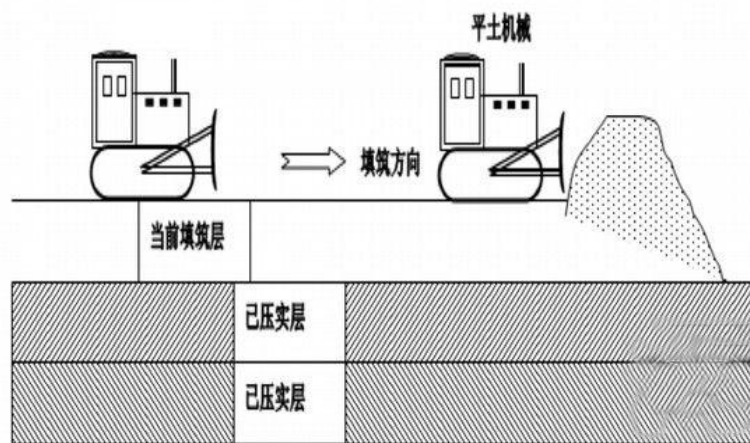
工业场地内生产设施及配套建筑已基本拆除完毕，仅保留办公生活区、原有供配电房、一破平台拆除后遗留挡土墙。保留办公生活区及供配电房目的是为了矿山企业后期完成治理工作后用于后期农业公司建设使用配套用房（相关保留区域的合法手续由矿业权人负责办理），同时保留拆除后挡土墙可对现有边坡起到加固作用。场地现状存在两大土地翻耕区域：原工业场地因设备拆除形成约 21611m² 的起伏不平场地，采坑底板未复绿区域约 8152m² 因长期压实导致土壤严重板结。为恢复土地耕作功能，设计实施机械化翻耕工程。

土地翻耕采用“高填低补”方式，将翻耕将高处土壤向低洼处回填，使翻耕后的平台面向一侧形成一定的坡角，便于自流排水，翻耕平整后的土地坡度不超过 10°，确保地表径流自流顺畅。工程涉及总翻耕面积为 29763m²，按 30cm 标准翻耕深度计算，预计翻耕量 8929m³。

2、场地平整工程

土地平整过程是复垦工作的主要工作内容之一。生产建设项目损毁、占压土地后，使原有的土地形态发生可改变，可能损毁土地的表层起伏不平，难以达到预期的土地利用方向。

土地平整主要采用局部平整方式，以复垦单元为平整单元进行平整。为减少挖填方工程量，采用推高填低，尽可能做到挖填平衡。场地平整示意图详见图 5-1。



平整场地主要为翻耕后工业场地和采坑底板未复绿区域，平整面积 29763m²，平均坡度取 3° ~5° 。

3、挂网喷播工程

针对适宜实施挂网喷播的裸露台阶坡面，采用锚杆固定工艺将镀锌网稳固锚接于岩面。通过喷播机械将土壤、有机质、保水剂、粘合剂及植物种子（喷播草种应选择本地先锋如百喜草、猪屎豆，比例≥30%）等混合材料均匀喷射至坡面，形成具有适宜植物生长条件的喷播层。依托预先通过锚杆固定的镀锌网形成锚固体系，使喷播层与岩面紧密结合，既为植被生长提供稳定基质层，又有效防止雨水冲刷导致的种植基质流失。该工艺在实现自然植被快速恢复的同时，可显著增强边坡表层稳定性，兼具生态修复与景观改善双重功效。

通过无人机航测建模采集坡面高程点生成三角网模型，采用南方 CASS10.0 三角网表面积计算，台阶坡面挂网面积约为 18437m²。挂网前需要先打锚杆，锚杆长度 0.4m，节点间距为 2m，锚杆钻孔深度 0.2m，则共需要锚杆数为 4610 根，则锚杆总长为 1844m，钻孔总长度为 922m。设计喷射混合材料平均厚度为 0.10m，则台阶边坡需要喷播土方 1844m³。

为消除部分高陡边坡隐患，矿山企业于+180m 平台坡脚处回填碎石形成缓坡，针对回填垫坡区域复绿需求，设计采用“纯喷播”工艺（不挂网），通过直接喷播土壤基质实现植被覆盖。经测算，喷播面积为 919m²，按单位面积喷播土量 0.10m³/m² 计算，共需喷播土方 92m³。

经计算，挂网喷播工程总需要挂网面积为 18437m²，喷播土方量为 1936m³。

针对挂网喷播工艺中喷播基材的土源需求，由于喷播基质层对土壤洁净度、

粒径级配及养分含量等指标有严格要求，而现场开挖土方存在杂质含量较多、级配不均等问题，故采用外购优质种植土方案。

施工时须严格核准材料混合比例及用水量。本次设计中选取以乡土植物为主的植物群落，适应当地自然生态环境，植被建成后在景观效果上须接近自然，并与周边山体景观协调融合。

4、生物措施

(1) 树种选择

根据矿区自然条件和当地有关部门的营林经验，结合矿山开采过程中形成的人工地形条件，树种选择应该以地带性植被、乡土植物为主。林地种植选用经济林木（如槟榔）。

(2) 植树技术

在土壤清理之后，结合矿区周边植被种植情况，在复垦林地范围种植经济林木。种植时，在覆土前后必须深耕深松，在深松及种植时必须按每株施复合肥 0.5kg 进行培肥，树苗选用营养杯苗。

经计算，复垦经济林地种植面积为 29763m²（工业场地：21611m²；采坑底板：8152m²），排株间距：3m×3m，共需种植经济林木 3307 株。

5、灌溉工程

本项目采用自动喷灌与人工补灌相结合，全面保障矿山生态修复区植被长效养护。在采坑底板及工业场地按 10m×10m 网格化灌溉，管道间距为 10m，管道每隔 10m 设置一个 25mmPVC 分管，安装开关和喷头，自动化喷水，最终形成铺设区域内横竖间隔 10m 一个喷头的网状灌溉系统，实现自动喷淋。

在挂网喷播区域实施灌溉工程时，需结合地形特征与植被需求进行针对性设计。坡面区域应沿等高线加密布设灌溉管网，挂网喷播区域按 5m×5m 网格化灌溉，管道间距 5m，优先选用低流量散射喷头或雾化喷头，喷头安装角度与坡面垂直，避免水流冲刷表层土壤。

水源系统依托采坑东侧集水塘，配置 ISG50-315 型抽水机及格兰富 CR15-6 增压泵（扬程 60~150m，用于坡面抽水增压灌溉），保障旱季供水稳定性。针对难以铺设管道灌溉区域，人工取水点进行人工灌溉，配合人工巡检机制，实现复垦区灌溉覆盖效果。经计算，采坑底板及工业场地灌溉工程所需铺设灌溉设施面

积为 29763m²，则需铺设 PVC 给水管长度为 6645m，开关机喷头 298 套。喷播区域面积为 19356m²，则需铺设 PVC 给水管长度为 4321m，开关机喷头 774 个。合计总需 PVC 给水管长度为 10966m，开关机喷头 1072 个。

（三）主要工程量

矿山土地复垦工程主要工程量见表 5-2。

表 5-2 土地复垦工程量统计表

序号	土地复垦工程	计量单位	工程量	备注
1	土地翻耕工程	m ³	8929	
2	场地平整	m ²	29763	
3	挂网喷播工程			
3-1	挂网	m ²	18437	
3-2	锚杆	根	4610	1844m
3-3	钻孔	m	922	
3-4	喷播土方	m ³	1844	外购土
4	种植经济林木（槟榔）	株	3307	
5	养护经济林木（槟榔）	株	3307	
6	灌溉系统	台	1	
7	PVC 给水管	m	10966	
8	喷头	个	1072	
9	ISG50-315 型抽水机	台	1	
10	格兰富 CR15-6 增压泵	台	1	

三、矿区土地复垦监测与管护

（一）目标任务

监测与管护的主要目标任务是：①恢复区域生态功能，重建与周边环境协调的生态系统；②消除地质灾害隐患，保障周边居民生命财产安全；③推动矿山废弃地转型利用，实现经济与生态效益双赢。

通过监测与管护工程的协同实施，最终实现矿山地质环境的系统性修复和长效保护，促进区域生态、经济、社会的可持续发展。

1、参照《矿山地质环境监测技术规程》（DZ/T 0287-2015），根据矿业活动影响对象重要程度、矿山建设规模、矿山开采方式、矿山生产阶段等影响因素确定，监测级别分为一级、二级、三级，见表 5-3。

表 5-3 矿山地质环境监测级别

生产阶段	矿业活动影响对象重要程度	开采方式	矿山生产建设规模		
			大型	中型	小型
在建	重要		一级	二级	三级
	较重要		一级	二级	三级
	一般		一级	二级	三级
生产	重要	混合	一级	一级	一级
		露天	一级	一级	二级
		井下	一级	二级	二级
	较重要	混合	一级	一级	二级
		露天	一级	二级	二级
		井下	二级	二级	三级
	一般	混合	一级	二级	二级
		露天	二级	二级	三级
		井下	二级	三级	三级
闭坑	重要		二级	二级	三级
	较重要		二级	三级	三级
	一般		三级	三级	三级

2、参照《矿山地质环境监测技术规程》（DZ/T 0287-2015），矿业活动影响对象重要程度根据集中居民区人口、重要交通干线等级、水利水电设施规模、国家及省级保护区级别、重要供水水源地类型、耕地林地面积等确定，分为重要、

较重要和一般，见表 5-4。

表 5-4 矿业活动影响对象重要程度分级表

影响对象	重要	较重要	一般
居民区	300 人以上的居民居住区	100~300 人居民居住区	100 人以下居民居住区
交通干线	铁路、高速公路、一级公路	二级公路、三级公路	四级公路
水利水电措施	中型以上水利水电工程	小型水利水电工程	无水利水电工程
自然保护区	国家级自然保护区、地质公园、风景名胜區或重要旅游景区	省级及以下自然保护区、地质公园、风景名胜區或较重要旅游景区	无自然保护区及旅游景区
供水水源地	大型集中式供水水源地	小型集中式供水水源地	分散式供水水源地
耕地林地	面积大于 500 亩	面积 200~500 亩	面积小于 200 亩

3、生产阶段分为在建、生产、闭坑；开采方式分为露天、井下、混合；矿山生产建设规模分为大型、中型、小型。

对照上述监测级别的确定因素及指标，结合本矿山实际，作出如下判定：

- 1) 矿山生产阶段为闭坑阶段；
- 2) 矿区林地面积<200 亩，矿业活动影响对象重要程度属一般区；
- 3) 本矿山设生产规模为 8 万 m³/ 年，根据《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》，该矿山生产建设规模为中型。

综合判定，矿山监测级别为三级。

（二）措施与内容

1、监测内容

监测内容包括矿区采矿活动引发或可能引发的不稳定边坡、地下水环境破坏、地形地貌景观破坏、地下水环境恢复及地形地貌景观恢复等矿山地质环境问题及主要要素。保障矿山治理过程中人员、设备的安全。

2、监测方法

露天采场边坡稳定性采用简易监测方法，常用的有定期目视检查和安装边坡稳定性监测设施两种，目视监测通过观察崩塌滑坡体裂缝变化，有无石块滚落，滑坡体前缘有无鼓起和有规则的裂缝，后缘有无明显弧形裂缝等；边坡稳定性监

测设施主要监测边坡位移、沉降情况。地下水水位（水温）采用自动监测方法，水量、水质采用人工监测方法；地形地貌景观破坏与恢复采用遥感影像监测方法。

3、监测点密度及监测频率

（1）参照《矿山地质环境监测技术规程》（DZ/T 0287-2015），根据监测对象、监测要素、监测级别确定监测点密度及监测频率。

（2）汛期或则监测要素动态出现异常变化时，可提高监测频率或增加监测点密度，监测要素数值半年以上无变化或变幅特小时，可适当降低监测频率或监测点密度。

（3）监测点布设

本方案共布设监测网点 4 个。露天采场边坡稳定性监测布置在各边坡段，边坡每隔 1 级台阶布设一点。测量点设在变形影响区坚实稳固处，每个监测点埋设 1 根高 15cm 的水泥柱，通过测量不同时段水泥柱的标高和坐标，可有效的监测出该点的位移和沉降情况，从而查明隐患点的变化情况，进而对可能发生的地质灾害作出预警。

（4）监测频次

①边坡监测频次为 1 次/月。特殊情况下每天 1 次，直至连续跟踪监测。暴雨及出现异常时加密观测（汛期加密至每周一次）。

②土地、植被资源测量每半年开展 1 次。

水环境监测与环保部门监测同步适时进行。

4、监测措施

（1）土壤复垦质量监测

复垦质量的测试项目有作物长势、土壤有机质、pH 值、农作物可食部分有毒有害物质含量、单位产量。

对复垦后土地质量的检验方法，采用随机抽样法。即随机抽取一定量待检验的已复垦土地作为具有代表性的独立样本进行检验，样本一般为 5%~10%。

（2）复垦植被监测

防护林带主要监测植物的长势、高度、成活率、生长量等；草地主要监测长势、覆盖度和产草量。

监测方法为样方随机调查。植被恢复后每年监测一次。

（3）配套设施监测

主要对配套的排水设施的使用维护情况进行监测。本项目主要复垦有林地，共设置 9 个监测点。

4、管护措施

复垦工程结束后，要对所复垦的植被进行为期 1 年的管护，按时对复垦地区采取浇水、除虫等措施，以保证复垦植被的成活率，从而保证复垦工程达到预期效果。

本方案土地复垦管护对象为挖损区复垦为林地的区域，管护措施主要包括灌溉养护、中耕除草、追肥、病虫害防治和培土补植等，本方案土地复垦管护期限为 1 年。具体林地管护措施工程设计如下：

（1）水分管理

主要是通过植树带内植树行间和行内的锄草松土，防止幼树成长期干旱灾害，以促使幼林正常生产及早郁闭。通过罐车拉水适时灌溉，以保护林带苗木的成活率。栽后浇水 1 次；一周后第 2 次，有条件的地方 3 周后浇第 3 次浇水。

（2）间苗、补苗与定苗

出苗后发现缺苗严重时，须采取补种或移栽的措施补苗。为加速出苗，补种宜进行浸种催芽。补苗须保证土壤水分充足。

对于种子生产或冠幅较大饲料作物营养体生产，当出苗密度过大时，宜进行间苗。间苗是按照田间合理密度要求拔掉部分苗，通过分两次进行。第一次间苗一般在第一片真叶出现时进行。最后一次间苗称定苗，一般在 4~5 片叶子时进行。间苗的原则是保证全苗、去弱留壮。间苗的方法有人工和机械两种。机械间苗可采用自动间苗机，高效、精确；亦可使用中耕机，以与播种机行垂直方向中耕，然后人工定苗。

（3）中耕与培土

对于种子生产或中耕饲料作物营养体生产，在苗期整个生育期间，宜进行中耕与培土。

中耕的作用有以下几点：一是疏松土壤，增加土壤内部与外部的交换，促进根系生长；二是截断毛细管作用，减轻水分蒸发散失，并提高土壤温度；三是雨前中耕，可减少地表径流，增加土壤蓄水；四是控制杂草。

中耕通常需进行 3~4 次，第一次在定苗前，第二次在定苗后，第三次在拔节前，第四次在拔节后。中耕的深度一般在 3~10cm。具体作业措施在犁地和锄地。

培土的作用主要为防倒伏和利于灌溉、排水，对于块根、块茎类饲料作物还有促进块根、块茎生长的作用。培土作业一般使用有壁犁犁地。

（4）灌溉与施肥

在苗期根系不够发到，遇旱则严重影响生长发育，在出现旱象时及时灌溉。由于苗期草对肥的需求量不多，一般不需要施肥，但出现明显的缺素症状时，亦应及时追肥。

（5）林木病虫害防治

对于林带中出现各类树木的病、虫、害等及时进行管护，种植槟榔采取“预防为主，综合治理”的植保方针。

①主要病虫害及防治措施

主要病害

a、槟榔黄化病

危害：最具毁灭性的病害，由植原体引起，叶蝉传播。叶片黄化、变小、变脆，花序枯萎，果实脱落，最终整株死亡。

防治措施：禁止从疫区调运种苗。种植无病健康种苗。一经发现疑似病株，立即挖除并销毁（焚烧或深埋），减少传染源；重点防治叶蝉。在叶蝉发生高峰期（通常是雨季前后），及时喷施高效低毒杀虫剂（如吡虫啉、噻虫嗪、啉虫脒等）。注意清除园内及周边杂草，减少叶蝉栖息地。

加强管理：合理施肥（增施有机肥、钾肥），增强树势；合理密植，保持通风透光。

b、槟榔炭疽病

危害：危害叶片、花序、果实。叶片上形成褐色、近圆形或不规则形病斑，严重时叶片枯死。果实上产生褐色凹陷病斑，降低品质。

防治措施：及时清除并烧毁病叶、病果、枯枝落叶，减少越冬菌源；合理修剪，去除过密枝叶、下垂老叶，改善通风透光条件，降低湿度；平衡施肥，避免偏施氮肥。雨季注意排水防涝；在发病初期或雨季来临前喷药保护。有效药剂

包括：咪鲜胺、苯醚甲环唑等。注意轮换使用不同作用机理的药剂。重点喷施叶片背面和幼嫩组织。

c、槟榔根（茎）腐病

危害：主要由疫霉菌、镰刀菌等引起。根部或茎基部腐烂，叶片发黄萎蔫，严重时整株倒伏死亡。低洼积水、土壤粘重、伤根易诱发。

防治措施：开好排水沟，确保园地雨后不积水，尤其是雨季。增施有机肥，改善土壤结构和通透性。避免在低洼地、粘重土壤种植。中耕除草时避免损伤根系和茎基部。发现病株及时挖除，并对病穴及周围土壤进行消毒（可用生石灰、噁霉灵、甲霜灵·锰锌等）。发病初期，可用甲霜灵、霜脲氰、烯酰吗啉、噁霉灵等药剂灌根或喷淋茎基部。

d、槟榔叶斑病

危害：危害叶片，形成各种形状和颜色的病斑，影响光合作用，严重时叶片枯死。

防治措施：参照炭疽病的防治方法，以农业防治（清园、修剪、通风透光）为基础，发病初期选用广谱性杀菌剂如代森锰锌、丙森锌、苯甲·嘧菌酯等喷施。

主要虫害

a、红脉穗螟

危害：幼虫钻蛀危害花穗、幼果和心叶，导致花穗枯萎、落花落果、心叶折断（“断心”），是影响产量的最重要害虫。

防治措施：及时清除并销毁被害的花穗、幼果和枯叶，消灭幼虫和蛹。利用成虫趋光性，在成虫羽化期设置黑光灯或频振式杀虫灯诱杀。使用性诱剂诱捕雄成虫。关键时期是成虫产卵盛期和幼虫孵化盛期（尤其在花穗抽生期和幼果期）。选用高效低毒药剂如甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、氯虫苯甲酰胺、虱螨脲、高效氯氟氰菊酯、苏云金杆菌等，重点喷施花穗、幼果和心叶。注意轮换用药。

b、蚧壳虫类

危害：成虫和若虫吸食叶片、叶柄、果实汁液，导致叶片发黄、树势衰弱，并诱发煤污病。

防治措施：剪除虫枝、过密枝，改善通风。在若虫孵化盛期（此时蜡质层薄，药效好）喷药。选用噻嗪酮、螺虫乙酯、噻虫嗪、矿物油（如绿颖）等。喷药要

均匀周到，尤其是叶片背面。

c、叶蝉类

危害：吸食汁液，传播槟榔黄化病。

防治措施：参照槟榔黄化病媒介防治部分。重点喷施吡虫啉、噻虫嗪、啉虫脒等内吸性杀虫剂，清除杂草。

d、地下虫害

危害：害幼苗根系，造成死苗。

防治措施：定植前用辛硫磷、噻虫胺颗粒剂处理穴土。发现危害，用上述药剂灌根。

物理防治

广泛应用灯光诱杀（鳞翅目、鞘翅目成虫）、色板诱杀（蚜虫、粉虱）、性诱剂诱杀（红脉穗螟等）。对大型、群集性害虫（如犀金龟成虫、大龄幼虫、卵块）进行人工捕捉或摘除。树干涂白（防冻防晒防虫）、包扎塑料环/涂胶（防象甲、蚂蚁等上树）。

科学化学防治

定期、定点调查病虫害发生动态，掌握最佳防治时期（通常为低龄幼虫期或发病初期）。根据病虫害种类，选择高效、低毒、低残留、对环境友好的药剂。优先选择生物农药和选择性农药。避免长期单一使用同一种药剂，防止病虫产生抗药性。严格按照推荐剂量、浓度、方法和安全间隔期操作。保证喷药质量（雾滴细、覆盖均匀，尤其叶片背面）。注意天气情况（避免高温、大风、雨前施药）。

注意事项

a、槟榔黄化病是重中之重：必须将检疫、健康种苗、媒介叶蝉防控、病株清除作为核心措施常抓不懈。

b、红脉穗螟关键期用药：花穗抽生期和幼果期是防治红脉穗螟的“窗口期”，务必加强监测，及时用药。

c、椰心叶甲优先生物防治：释放寄生蜂是控制椰心叶甲最经济、有效、环保的手段，应大力推广。

d、安全用药：严格遵守农药安全使用规定，注意操作人员防护，保护环境，确保槟榔产品农残符合标准。

复垦区复垦质量监测及管护说明表见表 5-5，本项目植被管护措施面积 96547m²。

表 5-5 复垦区复垦质量监测及管护说明表

复垦单元	面积 (m ²)	监测内容	监测点布设	监测频率
露天采场	42658	复垦质量：土壤有机质、pH 值、 复垦植被成活率	1 个	1 次/年
工业场地	23656	复垦质量：土壤有机质、pH 值、 复垦植被成活率	1 个	1 次/年
办公生活区前期复绿区域	11796	复垦质量：土壤有机质、pH 值、 复垦植被成活率	1 个	1 次/年
喷播区域	18437	复垦质量：土壤有机质、pH 值、 复垦植被成活率	1 个	1 次/年
累计	96547	—	-	—

(三) 主要工程量

每年地质环境监测工程量见表 5-6。

表5-6 每年地质环境监测工程量表

序号	类别	监测频次	工程量	备注
1	监测点监测	每月开展 1 次	12 次	
2	土地、植被资源测量	每年开展 2 次	2 次	
3	水环境监测	每年开展 2 次	2 次	

第六章 矿山地质环境治理与土地复垦工作部署

一、总体工作部署

（一）目标任务

为全面落实矿山闭坑后生态恢复治理工作，践行“预防为主，防治结合”方针，结合矿区实际地形、水文及生态特征，明确以下修复目标与任务：生态功能系统性恢复、安全风险长效防控、资源化利用与可持续发展。

（二）方案服务年限

地质环境治理工程工期为 16 个月，其中地质环境治理与土地复垦工程施工期 4 个月，植被维护保养期限为 12 个月，以项目批准实施之日起算。总体部署划分为两个实施阶段：近期（4 个月）、远期（12 个月）。

（三）总工程量构成

矿区生态修复方案工程主要分为矿山地质环境治理、矿山土地复垦工程，矿山地质环境监测工程和矿山土地复垦监测和管护工程。

二、矿山地质环境恢复治理与土地复垦工程实施计划

根据矿山治理现状、评估区矿山地质环境问题类型、矿山地质环境防治分区结果、土地损毁预测评估、土地复垦适应性评价结果，按照分轻重缓急、分段实施的原则，矿山地质环境治理与土地复垦工作分近期、远期两个阶段实施，并提出分期实施计划，在安排时序上重点考虑工程的连续性、完整性。

（一）近期实施计划（4 个月）

近期地质环境恢复治理工程：以项目批准之日期实施，治理周期为 4 个月，具体实施时段为第 1 至 4 个月。主要工程包括①采场安全防护工程；②危岩清排工程；③挂网喷播工程；④土地翻耕工程；⑤场地平整工程；⑥植树复绿工程；⑦灌溉工程。近期实施计划见表 6-1。

表 6-1 近期实施计划安排表

序号	工程项目	时序
1	采场安全防护工程	第 1 月
2	危岩清排工程	第 1 月
3	土地翻耕工程	第 1 月
4	场地平整工程	第 1 月

5	植树复绿工程	第 2~4 月
6	挂网喷播工程	第 2~4 月
7	灌溉工程	第 2~4 月

序号	工程项目	时序（月）			
		1	2	3	4
1	采场安全防护工程				
2	危岩清排工程				
3	土地翻耕工程				
4	场地平整工程				
5	植树复绿工程				
6	挂网喷播工程				
7	灌溉工程				

图 6-1 近期实施工程计划甘特图

（二）远期实施计划（12 个月）

远期实施计划为土地复垦工程及土地复垦监测：以地质环境恢复治理工程完成实施，治理周期为 12 个月，具体实施时段为第 5 至 16 个月。主要工程为管护与监测工程。近期实施计划见表 6-2。

表 6-2 远期实施计划安排表

序号	工程项目	时序
1	管护与监测工程	第 5~16 月

序号	工程项目	时序（月）											
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	管护与监测工程												

图 6-2 远期实施工程计划甘特图

第七章 经费估算与进度安排

一、经费估算依据

本次估算根据各项工作量及相关定额标注、规定，依据海南省建设工程计价相关定额、依托广联达计价软件 DBQ6.0 编制。经费估算依据如下：

- 1、《海南省园林绿化工程综合定额(2019)》；
- 2、《海南省安装工程综合定额(2017)》；
- 3、《海南省市政工程综合定额(2017)》；
- 4、《海南省房屋建筑与装饰工程综合定额(2017)》；
- 5、《海南省城市地下综合管廊工程综合定额(2018)》；
- 6、《海南省建设工程工程量清单计价规范》（GB50500-2013）；
- 7、海南省住房和城乡建设厅 《关于调整建设工程定额人工单价的通知》(琼建规〔2022〕3号)；
- 8、《海南省住房和城乡建设厅关于调整海南省建设工程增值税税率的通知》(琼建定〔2019〕100号文)；
- 9、海南专业测定价（2025年05月）；
- 10、白沙黎族自治县信息价(2025年04月)。

二、矿山地质环境治理工程经费估算

经分析估算地质环境治理工程所需投入经费约为 8.73 万元，其中含税直接工程费 7.76 万元，间接工程费 0.71 万元，基本预备费 0.25 万元。项目费用支出详见表 7-1 和 7-2。

表 7-1 地质环境治理工程投入费用汇总表

序号	工程或费用名称	估算金额	测算依据及说明	资金来源
	A	B	C	企业出资
一	不含税工程费	71232.11		
二	含税直接工程费	77643.00		√
三	间接工程费	7090.36		√
	1、工程招标费	776.43	《招标代理服务收费管理暂行办法》计价格[2002]1980号	√
	2、工程监理费	1960.10	《建设工程监理与相关服务收费》发改价格[2007]670号	√
	3、设计费	3266.83	《工程设计收费标准》计价格[2002]10号	√

	4、验收费	1087.00	1.4%（占总费用的比例）	√
四	基本预备费	2542.00	（二+三）*3%	√
总投资估算总额		87275.36		√

表 7-2 单位工程费汇总表					
工程名称：地质环境治理工程					
行号	序号	项目名称	取费说明	费率 (%)	金额（元）
1	一	分部分项工程费	分部分项合计		57980.44
2	二	措施项目费	措施项目合计		2846.02
3	1	施工单价措施项目费	单价措施项目合计		
4	2	施工总价措施项目费	总价措施项目合计		2846.02
5	2.1	其中：安全文明施工费	安全防护、文明施工基本费+安全防护、文明施工浮动费		2692.61
6	2.2	其中：雨季施工增加费	雨季施工费		65.41
7	2.3	其中：夜间施工增加费	夜间施工费		24.22
8	2.4	其中：检验试验配合费	检验试验配合费		63.78
9	三	其他项目费	其他项目合计		
10	3.1	其中：暂列金额	暂列金额		
11	3.2	其中：暂估价	专业工程暂估价		
12	3.3	其中：计日工	计日工		
13	3.4	其中：总承包服务费	总承包服务费		
14	四	规费	其中：垃圾处置费+其中：社保费		1992.43
15	4.1	其中：垃圾处置费			
16	4.2	其中：社保费	(人工费+单价措施人工费+机上人工费+单价措施机上人工费)*0.7	23.5	1992.43
17	五	价差	人工价差+材料价差+机械价差		8413.22
18	5.1	人工价差	人工价差		1378.27
19	5.2	材料价差	材料价差		2287.58
20	5.3	机械价差	机械价差		4747.37
21	六	不含税工程造价	分部分项工程费+措施项目费+其他项目费+规费+价差		71232.11
22	七	税金	不含税工程造价	9	6410.89
23	八	含税工程造价	不含税工程造价+税金		77643

三、土地复垦工程经费估算

经分析估算土地复垦工程所需投入经费约为 338.67 万元，其中含税直接工程费 302.32 万元，间接工程费 26.49 万元，基本预备费 9.86 万元。项目费用支出详见表 7-3 和 7-4。

表 7-3 土地复垦工程投入费用汇总表

序号	工程或费用名称	估算金额	测算依据及说明	资金来源
	A	B	C	企业出资
一	不含税工程费	2773583.05		
二	含税直接工程费	3023205.52		√
三	间接工程费	264907.13		√
	1、工程招标费	24162.44	《招标代理服务收费管理暂行办法》计价格[2002]1980 号	√
	2、工程监理费	76320.82	《建设工程监理与相关服务收费》发改价格[2007]670 号	√
	3、设计费	122098.99	《工程设计收费标准》计价格[2002]10 号	√
	4、验收费	42324.88	1.4%（占总费用的比例）	√
	5、管理费	98643.38	12%（占总费用的比例）	
四	基本预备费	3386756.03	（二+三）*3%	√
	总投资估算总额	2773583.05		√

7-4 单位工程费汇总表

工程名称：土地复垦工程

行号	序号	项目名称	取费说明	费率(%)	金额（元）
1	一	分部分项工程费	分部分项合计		2194558.44
2	二	措施项目费	措施项目合计		111283.82
3	1	施工单价措施项目费	单价措施项目合计		
4	2	施工总价措施项目费	总价措施项目合计		111283.82
5	2.1	其中：安全文明施工费	安全防护、文明施工基本费+安全防护、文明施工浮动费		101915.29
6	2.2	其中：雨季施工增加费	雨季施工费		5074.92
7	2.3	其中：夜间施工增加费	夜间施工费		1879.6
8	2.4	其中：检验试验配合费	检验试验配合费		2414.01

9	三	其他项目费	其他项目合计		
10	3.1	其中：暂列金额	暂列金额		
11	3.2	其中：暂估价	专业工程暂估价		
12	3.3	其中：计日工	计日工		
13	3.4	其中：总承包服务费	总承包服务费		
14	四	规费	其中：垃圾处置费+其中：社保费		154597.14
15	4.1	其中：垃圾处置费			
16	4.2	其中：社保费	(人工费+单价措施人工费+机上人工费+单价措施机上人工费)*0.7	23.5	154597.14
17	五	价差	人工价差+材料价差+机械价差		313143.65
18	5.1	人工价差	人工价差		208003.13
19	5.2	材料价差	材料价差		82057.18
20	5.3	机械价差	机械价差		23083.34
21	六	不含税工程造价	分部分项工程费+措施项目费+其他项目费+规费+价差		2773583.05
22	七	税金	不含税工程造价	9	249622.47
23	八	含税工程造价	不含税工程造价+税金		3023205.52

四、总费用汇总

本次矿山地质环境恢复治理与土地复垦工程所需投入总经费为 347.40 万元，其中矿山地质环境恢复治理所需投入经费约为 8.73 万元，矿山土地复垦所需投入经费约为 338.67 万元。

原《治理方案》治理总经费为 233.68 万元，本方案治理总经费比《原方案》多 104.99 万元，主要体现在新增危岩清排、挂网喷播工程及灌溉工程费用。

矿山企业是矿山生态修复的主体，地质环境治理和土地复垦所需资金由海南南星实业有限公司予以保障。

第八章 保障措施与效益分析

一、组织保障

健全的组织管理机构是本方案顺利实施的可靠保证，因此矿区应建立由矿长为组长、办公室主任为副组长、矿山专职环保和土地复垦管理人员等技术骨干力量为成员组成，负责本方案的具体施工、协调和管理的工作。

本方案管理机构的主要工作职责如下。

1、认真贯彻、执行“预防为主、防治并重”的土地复垦方针，确保土地复垦工作的安全进行，充分发挥土地复垦工程的效益；

2、建立土地复垦目标责任制，将其列入工程进度、质量考核的内容；

3、了解和掌握现阶段的矿山恢复治理与土地复垦情况及其落实状况，为管理机构决策本阶段和下阶段的方案与措施提供第一手基础资料，并联系、协调好管理部门和各方的关系，接受行政主管部门的检查与监督；

4、加强矿山恢复治理与土地复垦有关法律、法规及条例的学习和宣传力度，组织有关工作人员进行环保、矿山恢复治理与土地复垦知识的技术培训，做到人人自觉树立起矿山复垦意识，人人参与土地复垦的行动中来；

5、在矿山生产和恢复治理及土地复垦施工过程中，定期或不定期地对在建或已建的工程进行检测，随时掌握其施工、绿化成活及生长情况，并进行日常维护养护，建立、健全各项工作的档案、资料，主动积累、分析及整编恢复治理与土地复垦资料，为工程的验收提供相关资料。

（一）施工组织机构设置

为确保项目高效运转，建议成立层级清晰、职责分明的项目管理部（结合同类矿山的实践经验，现将企业组织和劳动定员制定如下，仅供业主参考）：

1、项目经理部：

项目经理（1名）：全权负责项目整体实施，包括安全、质量、进度、成本控制、对外协调、资源调配、重大决策。是项目的第一责任人。

技术负责人（1名）：负责施工技术方案的制定、审核、交底；解决现场技术难题；监督施工质量；管理技术资料。

安全负责人（1名）：制定安全管理制度和应急预案；组织安全教育培训；

监督现场安全措施落实；进行日常安全检查与隐患排查；处理安全事故。

质量负责人 (1 名)： 制定质量控制计划；监督各工序施工质量；组织材料进场检验；负责工序验收和最终验收；管理质量记录。

施工负责人/工长 (1 名)： 直接指挥现场施工；安排每日作业任务；协调各作业班组；监督现场安全文明施工；解决现场突发问题。

材料设备管理员 (1 名)： 负责材料采购、验收、保管、发放；设备租赁、进场验收、日常维护保养、调配管理；建立台账。

资料员 (1 名)： 负责收集、整理、归档所有工程资料。

2、施工作业班组：

坡面清理与锚固班组 (1 组)： 负责坡面危石清理、浮土清除、修整；锚杆（钉）定位、钻孔、安装、注浆（如需）。

挂网与固定班组 (1 组)： 负责铺设三维网/镀锌铁丝网；网片间的搭接、绑扎固定；将网牢固固定在锚杆（钉）上。

基材制备与喷播班组 (1-2 组)： 负责按配比准确搅拌基质材料（客土、有机质、粘合剂、保水剂、肥料、种子等）；操作喷播机进行喷播作业；控制喷播厚度和均匀度。

覆盖养护班组 (1 组)： 负责喷播后及时覆盖无纺布/草帘；铺设微喷/滴灌系统；进行日常浇水养护、补播、病虫害防治（初期）。

水电保障与设备维修组 (1 组，可兼职)： 负责施工现场水电线路铺设与维护；保障设备正常运转；进行日常设备检修。

（二）施工人员配置

1、管理人员： 约 7 人 (项目经理 1，技术 1，安全 1，质量 1，施工 1，材料 1，资料 1)。

2 施工作业人员： 约 13 人

（1）坡面清理与锚固班： 4 人(含钻孔工、锚固工)

（2）挂网与固定班： 4 人

（3）基材制备与喷播班： 2 人（根据设备效率和作业面大小可增减）

（4）覆盖养护班： 3 人

（5）水电设备维修： 1 人 (可兼职其他辅助工作)

说明：初期（清理、锚固、挂网）和高峰期（喷播）人员需求最大。可考虑部分熟练工人兼任不同工序，提高效率。养护期人员可大幅减少，保留少量人员进行巡查和必要维护。

（三）主要施工设备配置

1、坡面处理设备：

- （1）空压机（带风镐/风钻）：用于清理危石、钻孔（1-2台）；
- （2）手持电钻/冲击钻：辅助钻孔（若干）；
- （3）发电机（备用）：1台。

2、挂网设备：

- （1）简易提升装置/卷扬机（可选）：用于陡坡区域材料运输（1台）；
- （2）剪网工具、绑扎工具：若干套。

3、基材制备与喷播设备：

- （1）客土/基质喷播机：1台；
- （2）搅拌机：用于充分混合基质材料（强制式搅拌机1台）；
- （3）装载机/小型挖掘机：用于装卸客土、基质原料（1台）；
- （4）运料车（小型自卸车/农用车）：场内运输基质材料（1台）；

4、覆盖与养护设备：

- （1）洒水车：初期养护大量供水（1台）；
- （2）微喷/滴灌系统：用于精细化、节水养护（1套）；
- （3）水泵：配合水源使用（1-2台）。

5、辅助设备：

- （1）运输车辆（皮卡/面包车）：人员、小型材料、工具运输（1-2辆）；
- （2）安全设备：安全带、安全绳、安全帽、防滑鞋、防护眼镜、手套等（足量配备）；
- （3）测量仪器：全站仪/水准仪、卷尺等（1套）；
- （4）试验设备（可选）：简易土壤检测工具（如pH试纸、含水率测试仪）。

（四）施工组织安排

1、前期准备阶段

- （1）详细勘察与技术交底：技术负责人组织对施工现场进行详细踏勘（坡

度、坡高、岩性、稳定性、水源、电源），优化施工设计。对全体管理人员和班组长进行详细技术、安全交底。

（2）材料设备进场与检验：材料员严格按计划采购合格材料（网、锚杆、粘合剂、保水剂、种子、客土、肥料等），并进行进场检验。设备管理员确保所有设备完好、到位，完成调试。

（3）场地平整与临设搭建：清理进场道路，平整设备停放区、搅拌站、材料堆放场。搭建必要的临时设施（仓库、办公室、休息棚、厕所）。设置安全警示标志。

（4）水电接入与保障：水电组完成施工用水、用电线路铺设，确保稳定供应，设置备用电源。

（5）人员培训与动员：安全负责人组织全员安全培训（尤其高空、机械作业安全），技术负责人进行工艺培训。明确岗位职责和纪律。

2、主体施工阶段

工序安排：遵循“先上后下、分区施工”原则。将坡面合理划分为若干施工区段。

3、后期养护与收尾阶段

（1）持续养护：覆盖养护班组负责日常巡查、浇水（逐渐减少频率但保证关键需水期）、观察植被生长情况、防治病虫害、清除杂草（避免与目标植物竞争）。直至植被覆盖达标且稳定。

（2）设备撤场与维护：主体工程完成后，有序组织设备清洁、维护、撤场。

（3）场地清理：彻底清理现场剩余材料、垃圾，恢复临时占地。

（4）资料整理与验收：资料员整理全套竣工资料（施工记录、检验报告、影像资料、养护记录等）。配合业主、监理进行最终验收。

二、技术保障

针对本项目区内土地复垦的方法，经济、合理、可行，达到合理高效利用土地的标准。复垦所需的各类材料，大部分就地取材，其它所需材料均可由市场购买，有充分的保障。项目一经批准，立即设立专门办公室，具体负责复垦工程的规划指导、监督、检查、组织协调和工程实施，项目实施单位必须严格按照复垦总体规划方案执行，并确保资金、人员、机械、技术服务到位，并对其实行目

标管理，确保规划设计目标的实现。

1、方案规划阶段，矿区应委派技术人员与方案编制单位密切合作，了解方案中的技术要点。

2、复垦实施中，根据本方案的总体框架，与相关技术单位合作，编制阶段性实施计划，及时总结阶段性复垦实践经验，修订本方案。

3、加强与相关技术单位的合作，加强对国内外具有先进复垦技术项目区的学习研究，及时吸取经验，修订复垦措施。

4、严格按照建设工程招投标制度选择和确定施工队伍。

5、施工、治理等各项工作严格按照有关规定，按计划有序进行。

6、选择有技术优势和较强社会责任感的监理单位，委派技术人员与监理单位密切合作，确保施工质量。

7、项目区配备相关的专业技术人员，加强对相关人员的技术培训，确保在项目的实施、监测工作中能及时发现问题。同时加强与相关单位（如白沙黎族自治县自然资源和规划局、生态环境局、农业、林业部门）的合作，定期邀请相关技术人员对项目区复垦效果进行监测评估。

8、管理人员除具有相关知识外，还须具有一定的组织能力和协调能力，在项目区复垦过程中能够充分发挥其领导作用，及时发现和解决问题。

三、资金保障

根据海南省自然资源和规划厅、海南省财政厅和海南省生态环境厅共同印发的《海南省矿山地质环境治理恢复基金管理办法》（琼自然资函〔2021〕482号）的通知，采矿权人应当在银行设立基金账户，单独、据实反映基金的计提和使用情况。根据本次方案修编，将矿山地质环境恢复治理费用按照企业会计准则相关规定预计费用，计入相关资产的入账成本。同时矿山企业需要在其银行账户中设立基金账户，单独反映基金的提取情况。基金由海南南星实业有限公司自主使用，专项用于地质灾害治理与土地复垦。矿山企业的基金提取、使用及矿山地质环境保护与治理恢复方案的执行情况须列入矿业权人勘查开采信息公示系统。地质环境恢复治理与土地复垦费用全部由海南南星实业有限公司自主承担。在矿山地质环境恢复治理实施过程中，自觉接受白沙黎族自治县自然资源和规划局及相关主管部门的监督。

四、监管保障

1、矿区在建立组织机构加强矿山地质环境与土地复垦工作，自觉接受白沙黎族自治县自然资源和规划局和相关部门的监督管理。对监督检查中发现的问题将及时处理，以便复垦工程顺利实施。企业对主管部门的监督检查情况应做好记录，对监督检查中发现的问题应及时处理。监督机构对于不符合设计要求或质量要求的工程责令限期完成整改，直到满足要求为止。

2、按照复垦方案确定年度安排，制定相应的各复垦年规划实施大纲和年度计划，并根据复垦技术的不断完善提出相应的改进措施，逐步落实，及时调整因项目区生产发生变化的复垦计划。由矿区土地复垦管理办公室负责按照方案确定的年度复垦方案逐地块落实，统一安排管理。以确保土地复垦各项工程落到实处。保护土地复垦单位的利益，调动土地复垦的积极性。

3、坚持全面规划，综合治理，要治理一片见效一片，不搞半截子工程。在工程建设中严格实行招标制，按照公开、公正、公平的原则，择优选择工程队伍以确保工程质量，降低工程成本，加快工程进度。同时对施工单位组织学习、宣传工作，提高工程建设者的土地复垦自觉行动意识。要求施工单位应配备土地复垦专业人员，以解决措施实施过程中的技术问题，接受白沙黎族自治县自然资源和规划局的监督检查。

4、加强土地复垦政策宣传工作，深入开展“土地基本国情和国策”教育，调动土地复垦积极性。提高社会对土地复垦在保护生态环境和经济社会可持续发展中的重要作用的认识。

5、加强对复垦土地的后期管理。一是保证验收合格；二是使土地复垦区的每一块土地确实要发挥作用和产生良好的经济、生态、社会效益。

五、效益分析

土地复垦及环境治理效益包括经济效益、生态效益和社会效益三方面。

（一）社会效益

做好矿山地质环境保护与治理工作，使得地质灾害隐患消除，矿山景致得以改观。本次矿山地质环境治理与保护工作对于改善矿区及周边地质环境状况，提高矿区地质环境质量，使矿山建设与地方经济协调发展、促进和谐社会建设具有重要的意义，其社会效益明显。

（二）环境效益

通过本次矿山地质环境保护与治理工作，矿区水土流失、植被破坏能得到有效控制，自然生态环境得以逐步恢复，地质灾害隐患消除，同时极大的改善矿区生态景观，为矿区周边生态环境的改善奠定基础，矿区生态环境效益明显。

（三）经济效益

矿山通过地质环境保护与治理工作后，可有效增加林地面积，闭坑后的采坑覆土种植经济林木，土地产出效益较高，对当地经济发展起到一定的推动作用。项目的开展在一定程度上对优化当地产业结构，解决当地劳动力就业，促进新农村建设和社会稳定，形成当地经济与自然环境和谐发展的局面具有较为重要的作用，经济效益明显。

六、公众参与

为了增加项目民主和透明度，保护和尊重公众利益，体现项目决策的合理与公正，让项目区群众了解项目情况，自然资源主管部门、矿山企业、方案编制单位到项目区所在地进行踏勘，广泛征求群众意见。拟将损毁土地复垦为有林地，最终老百姓受益，故当地群众十分同意项目的实施以及规划方案，并积极配合，保证项目的顺利实施。

（一）目的

公众参与是建设单位与公众之间的一种双向交流，其目的是为了全面了解评价区范围内公众及相关团体对项目的认识态度，让公众对项目建设过程中和实施后可能带来的环境问题提出意见和建议，保障项目在建设决策中的科学化、民主化，通过公众参与调查使建设项目的规划、设计、施工和运行更加合理、完善，从而最大限度的发挥本项目建成后带来的社会效益、经济效益、环境效益。

（二）公众参与的原则

为了使公众参与工作能客观、公正地反映民众对该项目的认识和建议、意见，使公众参与的调查对象具有充分的代表性，本次调查工作采用了代表性和随机性相结合的原则。

所谓“代表性”是指被调查者来自社会各行各业，“随机性”是指被调查者应按统计学上随机抽样的原理，随机抽取调查对象，被调查者机会均等，不带有任何

个人的主观意向。

（三）调查对象及内容

1、调查对象

本项目公众参与调查的主要对象为矿区职工、白沙黎族自治县七坊镇英歌村、白沙黎族自治县自然资源与规划局意见。

2) 调查内容

为了更好的掌握评价区内公众的环保意识以及对本项目的态度，我们针对本项目可能产生的环境问题和一般问题进行了广泛的调查。

（四）公众意见及建议

1、复垦区村民和村集体意见

根据复垦区村民意见，建议项目在治理过程中注意避免地表破坏、水污染，项目优先复垦为林地。

2、相关部门意见

根据自然资源主管部门意见，建议已损毁土地优先复垦为经济林地。

3、公众意见处理意见

经过会同项目建设单位、自然资源主管部门、土地所有权人等负责人及村民代表意见，本方案设计将已损毁土地优先复垦为经济林地。

4、公众参与意见采纳情况

复垦方案采用公众参与意见，将复垦区土地优先复垦为经济林地等。

（五）土地权属调整方案

治理区位于白沙黎族自治县七坊镇英歌村辖区，隶属于七坊镇英歌村委会英歌经济社，土地权属清楚，无土地权属纠纷，不涉及土地权属调整。

第九章 结论与建议

1、修复目标可行性

本方案明确了地质灾害治理与生态修复相结合的技术路线。地质灾害治理方面：通过危岩体清理及排险（目标清除量 800m^3 ），有效消除不稳定岩块威胁；对稳定性较差的边坡裸露面区域，采用挂网喷播植生技术（实施面积 18437m^2 ），通过锚固金属网、喷射含种子基材层，实现坡面即时稳固与植被快速恢复，显著减少边坡落石风险。生态修复方面：对损毁场地进行系统性的翻耕与平整，破除板结、改善土壤结构，为植物生长创造基础条件；最终进行以乡土植被为主的重建，经征求复垦责任人及土地权属人意见重点选用如槟榔等经济林木，确保在热带季风气候（高温多雨、干湿季分明）条件下的成活率与长期稳定性。

该技术路线的科学性与可操作性已在周边同类矿山（如白沙黎族自治县牙叉农场九队石料矿）的生态复绿实践中得到验证，效果显著。通过上述综合措施，预期将最大程度消除地质灾害隐患：危岩清理与挂网喷播直接降低落石风险；场地翻耕、平整及覆土复绿则能有效增强地表入渗、减缓雨水地表径流，从而显著减轻水土流失风险。同时，生态修复工程完成后，将复垦形成 29763m^2 可利用土地资源，用于发展经济林木种植，实现生态效益与经济效益的双重提升。

2、治理成效显著

本方案通过系统性的工程与生物措施，综合消除隐患并重建生态。工程治理层面：危岩清理消除高陡边坡危岩崩落等地质安全隐患，为后续生态恢复奠定稳定基础。生态修复层面：采用挂网喷播植生技术，在稳固坡面的同时，快速重建坡面植被覆盖，确保其与周边自然环境的协调性与连续性。对损毁平台及缓坡区域实施覆土与植被种植，显著改善土壤基质等立地条件，提升植被定植效率；通过持续的后期养护管理，将促进修复区植被群落向结构稳定、功能完善的方向演替，最终形成自维持的生态系统，推动区域生态系统的良性循环与生物多样性恢复。

系统性保障措施：同步配套建设截排水系统，与植被修复工程协同作用，有效调控地表径流，减少水土流失对修复效果的冲击。整体生态修复效果：工程实施后，将有效降低地形景观的破碎化程度，通过植被重建与地貌重塑，弥合修复区与周边自然山体在形态和植被覆盖上的视觉与生态差异，实现景观融合。最终，

对矿山早期开采形成的共计 78109.76 m² 损毁土地进行全面恢复治理，完成矿山生态复绿目标，确保修复区域与周边自然环境协调一致，并有效增加区域林地面积指标。

3、经济与社会效益突出

本次复垦工程规划栽植 3307 株经济林木（如槟榔）。

直接经济效益层面：待林木进入成材期后，其稳定的林产品产出（如槟榔果）将转化为持续性的林木经济收益，直接惠及周边居民，成为其可观的经营性收入来源。

社会效益层面：在工程施工及后续长期的林木抚育、管护过程中，将创造涵盖种植、养护、管理等环节的多样化本地就业岗位，为当地居民提供增收渠道，切实助力乡村振兴战略的落地实施。

综合效益层面：随着矿区成功转型为具有生产功能的生态林地，不仅实现了土地的增值利用，更将显著改善区域微气候、提升景观质量，优化周边居民的生活环境，最终达成经济效益、社会效益与生态效益的协同提升。

4、经费保障充足

本项目实施经费总预算为 347.40 万元人民币，资金来源严格依据《海南省矿山地质环境治理恢复基金管理办法》，由矿山企业按规定计提的矿山地质环境治理恢复专项基金全额保障。该笔专项资金将存入政府指定的监管账户，实行封闭运行、专户存储、专款专用，确保资金流向与项目需求匹配。资金使用的全过程（包括拨付、支出、结算等）将按规定录入矿业权人勘查开采信息公示系统，主动接受相关主管部门的动态审查与监督。通过上述严格的账户监管与信息公示双重机制，有效保障资金使用的合规性、透明度和项目实施的财务安全。