

湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场

建筑用砂矿

矿区生态修复方案



湛江德通投资有限公司

2025年12月

湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场

建筑用砂矿

## 矿区生态修复方案

编制单位：广东中勘地质环境咨询有限公司

法人代表：黄奕兵

方案编制负责人：吴杰

主要编制人员：陈昌业、吴杰、林丽明



### 矿区生态修复方案编制信息表

采 矿 权 人 信 息	采矿权人名称		湛江德通投资有限公司				
	统一社会信用代码		91440823MA4WXL RD9Y		联系人	邓日清	
	联系地址		遂溪县洋青镇洋糖路 620号		联系电话		
	采矿权证证号		C4408232022117100 154292		开采方式	露天开采	
	采矿权面积		0.1881km <sup>2</sup>		采矿权拐 点坐标	1: 2364500.57、37397855.78 2: 2364583.98、37397875.22 3: 2364594.28、37398114.43 4: 2364527.80、37398238.70 5: 2364468.46、37398229.96 6: 2364247.90、37398144.28 7: 2364245.00、37397984.31 8: 2364110.12、37397989.48 9: 2364099.04、37397716.93 10: 2364493.72、37397717.47	
	采矿权有效期限		自 2022 年 11 月 3 日至 2040 年 11 月 3 日				
	开采主矿种		建筑用砂		其他矿种	-	
	方案编制情形		<input type="checkbox"/> 首次申请采矿许可 <input type="checkbox"/> 扩大开采区域 <input type="checkbox"/> 缩小开采区域 <input type="checkbox"/> 变更开采方式 <input type="checkbox"/> 变更开采主矿种 <input type="checkbox"/> 延续 <input checked="" type="checkbox"/> 其他				
	方 案 编 制 单 位	单位名称		广东中勘地质环境咨询有限公司			
		统一社会信用代码		91440101MA5CNX5 39T		联系人	黄奕兵
联系地址		广州市越秀区东风东 路 836 号四座 2003 房之自编号 20E		联系电话	18664256684		
编制负责人							
姓名		身份证号	专业	职务/职称	联系电话	签名	
吴杰			地质工程	工程师		吴杰	
主要编制人员							
姓名		身份证号	专业	职务/职称	联系电话	签名	
吴杰		地质工程	工程师		吴杰		
陈昌业		地质勘查	高级工程师		陈昌业		
林丽明		岩土工程	助理工程师		林丽明		

## 目 录

前言 .....	1
一、编制目的 .....	1
二、编制依据 .....	5
三、服务年限 .....	9
<b>第一章 矿山基本情况 .....</b>	<b>11</b>
一、矿业权人基本情况 .....	11
二、地理位置 .....	11
三、矿山开采历史及现状 .....	12
四、开采方案概述 .....	14
<b>第二章 矿区基础信息 .....</b>	<b>22</b>
一、矿区自然条件 .....	22
二、社会经济概况 .....	24
三、矿区地质环境背景 .....	25
四、矿区土地利用现状及采矿用地审批情况 .....	31
五、矿区生态状况 .....	32
六、矿区及周边人类重大工程活动 .....	33
七、矿区生态修复工作情况 .....	34
八、矿区基本情况调查监测指标 .....	35
<b>第三章 问题识别诊断及修复可行性分析 .....</b>	<b>38</b>
一、问题识别与受损预测 .....	39
二、生态修复可行性分析 .....	58
三、生态修复分区及修复时序安排 .....	64
四、采矿用地与复垦修复安排 .....	68
<b>第四章 生态修复措施与工程内容 .....</b>	<b>70</b>
一、保护与预防控制措施 .....	70
二、修复措施 .....	73

三、工程内容 .....	75
<b>第五章 监测与管护 .....</b>	<b>82</b>
一、监测目标与措施 .....	82
二、管护目标与措施 .....	84
三、工程量 .....	85
<b>第六章 工程部署与经费估算 .....</b>	<b>86</b>
一、总体部署 .....	86
二、总体经费估算 .....	86
三、阶段工作任务与经费安排 .....	106
<b>第七章 保障措施与效益分析 .....</b>	<b>114</b>
一、保障措施 .....	114
二、公众参与 .....	116
三、效益分析 .....	118
<b>第八章 结论与建议 .....</b>	<b>120</b>
一、结论 .....	120
二、建议 .....	121

## 附表目录

- 1、土地利用现状表
- 2、矿区土地利用权属表
- 3、矿区开采前生态修复监测内容与监测指标表
- 4、 矿区损毁程度综合评价表
- 5、矿区生态修复目标及土地利用变化表
- 6、 矿区用地与复垦修复计划表
- 7、 表土处置工程汇总表
- 8、矿区生态修复投资估算总表
- 9、工程施工费单价估算表
- 10、工程施工费估算表
- 11、复垦监测与管护费估算表
- 12、其他费用估算表
- 13、不可预见费估算表
- 14、前五年度矿区生态修复工作计划表
- 15、 矿区生态修复工程量与经费安排表

## 附图目录

序号	图号	图名	比例尺
1	1	湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿土地利用现状图	1: 10000
2	2	湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿矿区地质环境问题现状图	1: 2000
3	3	湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿矿区土地损毁现状图	1: 2000
4	4	湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿矿区地质环境问题预测图	1: 2000
5	5	湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿矿区土地损毁预测图	1: 2000
6	6	湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿矿区生态修复工程部署图	1: 2000
7	7	遂溪县国土空间总体规划图(2021-2035)	1: 10000

## 附件目录

- 1、委托书
- 2、矿山地质环境现状和损毁土地调查表
- 3、储量核实报告评审意见书及备案证明
- 4、开采方案审查意见书
- 5、采矿证及营业执照
- 6、土地所有权人审查意见书
- 7、承诺函
- 8、矿山缴纳复垦保证金票据
- 9、编制单位营业执照
- 10、水质检测报告
- 11、土壤检测报告
- 12、土地承包合同
- 13、公众参与调查表
- 14、公示信息
- 15、编制人员职称证
- 16、地类表

## 前言

### 一、编制目的

#### （一）任务由来

矿山于 2022 年 11 月 3 日经采矿权新设登记手续颁发取得的采矿许可证，采矿权人为湛江德通投资有限公司，矿山名称：湛江德通投资有限公司遂溪县界炮遂溪林场建筑用砂矿，开采矿种为建筑用砂，开采方式为露天开采，生产规模为 18 万 m<sup>3</sup>/a，开采标高由 22m~-9m，矿区面积 0.1881km<sup>2</sup>，矿区由 10 个拐点坐标圈定。有效期限：2022 年 11 月 3 日至 2040 年 11 月 3 日。

广东省地质建设工程集团公司于 2020 年 9 月为矿山编制了《广东省遂溪县界炮镇遂溪林场矿区建筑用砂矿矿产资源开发利用方案》，现根据矿山的实际情况，一是由于原开发利用方案设置的总图布置用地无法落地实施，矿山前期开采将工业场地及办公生活区设置在矿区范围内（II 区），因此需要进行分期（区）开采。现采矿权人已落实二期开采总图布置的用地，面积约 2.56hm<sup>2</sup>，因此能够满足分期开采的要求；二是结合安全设施设计，变更终了边坡要素。因此，受采矿权人湛江德通投资有限公司委托，广东中勘地质环境咨询有限公司于 2025 年 12 月进行了《湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿开采方案》编制工作，为合理开发利用矿产资源提供依据。

综上所述，由于矿山重新编制了开采方案，对矿山总图布置进行了调整、变更了终了边坡要素，原《矿山地质环境保护与土地复垦方案》无法与修编后矿山总图相符合，导致矿山未来无法按照原矿山地质环境保护与土地复垦方案中的治理及复垦措施实施治理，故矿山需重新编制矿区生态修复方案。因此，2025 年 12 月 10 日，采矿权人委托广东中勘地质环境咨询有限公司承担《湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿矿区生态修复方案》的编制工作。

本方案仅作实施矿山地质环境恢复治理、地貌重塑、植被恢复、土地复垦的技术依据之一。

#### （二）编制目的

编制本方案目的：一是通过对矿山建设及生产活动造成的矿山地质环境问题进行影响评估，确定适宜的非工程和工程治理措施，使矿山地质环境得以基本恢复、矿山生态环境影响和破坏程度降到最低，为矿山地质环境恢复治理提供科学

的指导与依据。二是通过分析项目区开采活动对土地利用可能造成的影响，提出适宜的土地损毁预防控制与复垦措施，使拟建项目对土地的不利影响降低到最低程度，为损毁土地的地貌重塑、土体再造与生态环境恢复提供科学的指导与依据。三是为自然资源主管部门实施依法监管、矿山企业申请采矿权登记提供依据。四是压实矿山企业生态保护修复主体责任，推动落实“边开采，边修复”，促进资源开发与生态保护协调，助力矿业绿色低碳发展。

### （三）编制过程

#### 1、工作情况

（1）项目启动阶段：（2025年12月1日-12月7日）进行相关文件的研究，全面收集、分析与矿区及周围地区有关的自然、地质、矿山开采及土地资源等相关资料，进行初步分析、编写工作大纲。

（2）野外调查阶段：（2025年12月8日-12月11日）开展矿区生态野外调查，确定问题识别范围，基础调查内容包括自然条件、社会与人文环境、矿山生产建设情况、矿山地质环境现状、土地损毁与复垦修复现状、生态状况、以往工作开展情况。野外工作采用矿区1:2000地形地质图为底图，采用高精度GPS进行定点，结合无人机，对矿山及周边区域进行详细调查。调查内容主要有：地形地貌、地层岩性、岩土体特征、地质构造、水文地质及工程地质条件、矿区土地利用现状、地貌景观、地质灾害及隐患点、占用和破坏土地类型和规模、植被资源的破坏现状等

（3）可行性分析阶段：（2025年12月12日-12月15日）主要工作内容为：

1) 公众参与调查，主要是收集矿区周边区域公众对土地复垦项目占地及开展后期土地复垦工作的意见和建议，以明确土地复垦的可行性；

2) 分析评价：通过问题识别与诊断确立生态修复本底、建立参照生态系统分类评价，确定实施区域为采矿权范围及采矿影响活动区，确定修复总体目标、绩效目标、年度目标。

3) 对采矿活动可能影响的范围内进行现状评估和预测评估，包括分析评估区地质环境背景，对矿山活动引发或加剧地质环境问题及其影响做出现状评估和预测评估，进行合理的分区和工程部署，进而合理部署矿区生态修复工程及监测点位，实现矿产资源的合理开发利用及矿山地质环境的有效保护；

4) 通过土地利用现状调查和资料分析，确定矿山开采导致的土地损毁情况，

确定复垦区和复垦责任范围，并进行土地复垦方向可行性分析，根据土地复垦适宜性评价，确定复垦方向，布设复垦措施。最终恢复土地的生产力，将工程对当地生态环境影响减小到最低程度，改善当地生态环境质量。

(4) 资料整理、方案编制阶段：(2025年12月16日-12月25日)根据调查情况，预测问题识别范围内矿产资源开采可能引发的矿区地质环境破坏、土地损毁、植被损毁等矿区生态破坏问题，明确生态修复目标任务、工程布局、技术措施、时序安排、经费概算、保障措施等。完成矿区生态修复方案的编写和图件绘制，提交编制成果评审。工作程序图见图 0-1。

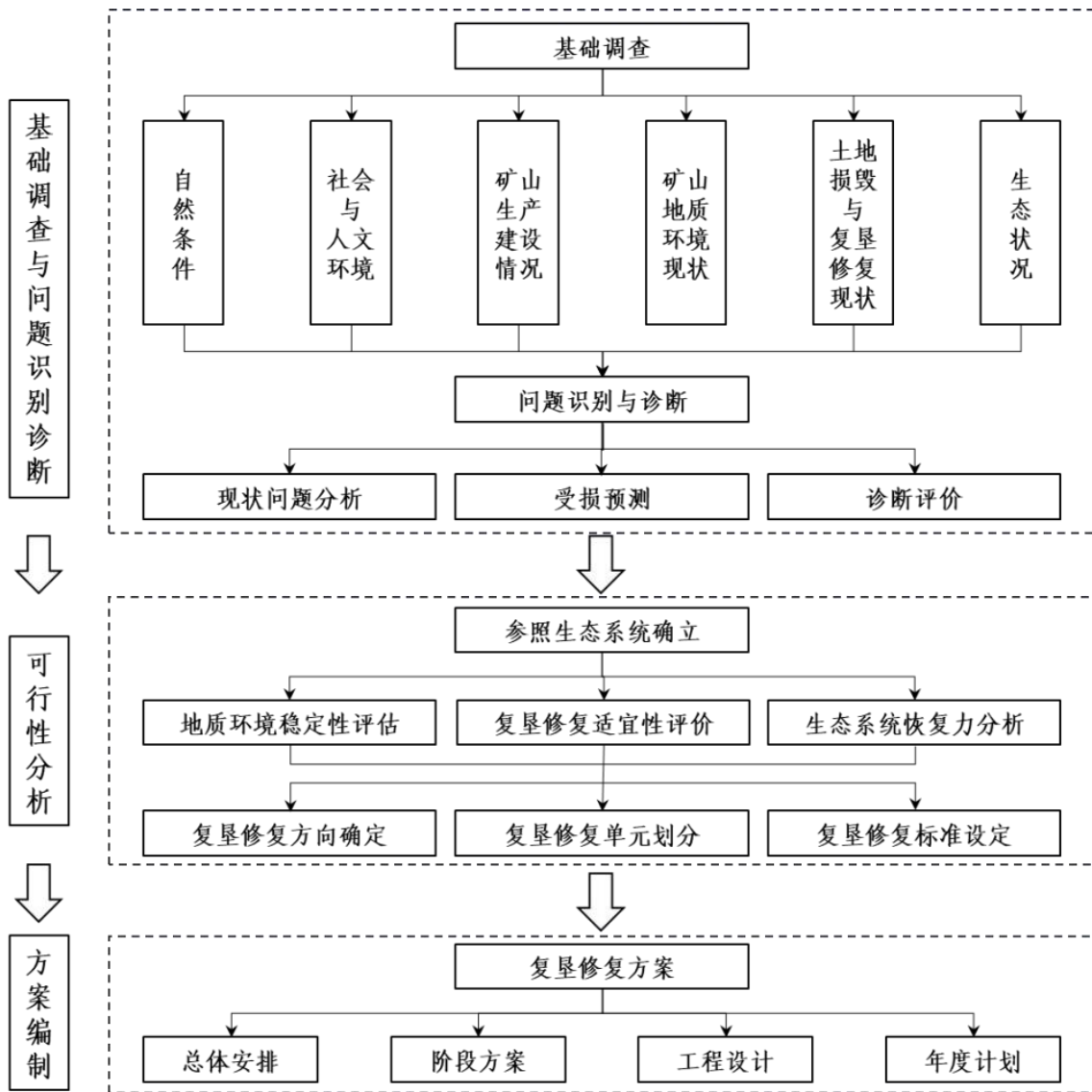


图 0-1 工作程序图

## 2、完成工作量

依据设计矿区建设布局，对矿区建设开发及矿山建设开发可能影响范围等重

要地段进行调查，实地调查面积约 21.2756hm<sup>2</sup>，野外调查点 60 个；拍摄照片 48 张；水土样品采集并送检 2 件。具体完成工作量见（表 0-1）。

**表 0-1 工作量统计表**

项目	工作内容	单位	数量
收集资料	《广东省遂溪县界炮镇遂溪林场矿区建筑用砂矿资源储量核实报告》（广东省地质建设工程集团公司，2020 年 6 月）及《广东省遂溪县界炮镇遂溪林场矿区建筑用砂矿资源储量核实报告》矿产资源储量评审意见书（粤资储评审字〔2020〕130 号）	份	1
	《湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿开采方案》（广东中勘地质环境咨询有限公司，2025 年 12 月）及《审查意见书》（湛江市矿业与地质环境监测中心，2025 年 12 月 15 日）	份	1
	《广东省遂溪县界炮镇遂溪林场矿区建筑用砂矿矿山地质环境保护与土地复垦方案》（广州德一地质勘察有限公司，2022 年 4 月）	份	1
	遂溪县 2024 年土地利用现状图（局部）	份	1
	遂溪县国土空间总体规划图（局部）	份	1
矿山地质环境综合调查	地质环境影响调查面积	hm <sup>2</sup>	21.2756
	土地损毁调查面积	hm <sup>2</sup>	21.2756
	生态损毁调查面积	hm <sup>2</sup>	21.2756
	地质环境综合调查点	个	80
	现场拍摄照片/报告附照片	张	48/10
	水土样采集	个	2
	公众调查问卷	份	20
编制成果	《湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿矿区生态修复方案》	份	1
	附图	幅	9
	报告电子文档（光盘）	份	1

### 3、质量评述

#### (1) 收集资料

资料收集和整理阶段，重点收集矿山地质勘查资料、水文地质资料、储量核实报告、开采方案、生产建设规划、项目区土地利用现状及规划数据库等资料，其中《储量核实报告》、《开采方案》等资料均通过相关机构评审，国土空间总体规划图以及土地利用现状图均为现行有效图件，收集的资料翔实可靠，可以作为方案编制的依据，满足相关规范要求。

#### (2) 现场踏勘以及野外调查

现场踏勘以及野外调查时，利用矿区实测图作为工作底图，比例尺为 1:2000，地形底图坐标系为 2000 国家大地坐标系、1985 国家高程基准，等高线间距为 2m，

地形底图能反映现状地形地物，工作用图满足规范的要求。

现场踏勘以及野外调查阶段，专业技术人员到现场了解了矿山位置、范围、地面情况及其与外围的关系，运用调查访问、穿越法及追索法等方法，重点调查了矿区地形地貌、土壤植被、地层岩性、矿体分布、水文地质、工程地质、近期及历史发生的地质灾害及土地损毁等情况，取得了较为详细的第一手资料。调查时对重要的地质现象进行了记录、拍照，野外调查点共 80 个。各类地质资料经检查后，专业技术人员均依据检查意见进行修改、补充，野外调查工作真实、可靠，满足规范要求。

### （3）方案的编制

室内编制阶段，主要进行室内资料综合整理，确定方案的服务年限、问题识别范围，进行方案论证、工程设计方案和方案编制。引用数据来源于各种技术资料，引用资料均为评审通过的各类报告。我单位承诺报告中调查数据真实，引用资料可靠，方案中涉及的基础数据、结论均真实有效，无伪造、编造、变造、篡改等虚假内容。方案的文字报告和图件的编制按照《自然资源部关于进一步加强矿山生态修复监管工作的通知》等相关规范进行，方案及图件经单位内部审核，审核结果为合格，方案文字报告和图件的编制工作满足规范要求。

综上所述，本次工作各项成果质量可靠，工作质量满足有关规范的要求。

## 二、编制依据

### （一）法律、法规及条例

1、《中华人民共和国矿山安全法（2009 年修正）》（第七届全国人民代表大会常务委员会第 28 次会议于 1992 年 11 月 7 日通过，根据 2009 年 8 月 27 日第十一届全国人民代表大会常务委员会第十次会议<关于修改部分法律的决定>修正，2009 年 8 月 27 日起施行）；

2、《中华人民共和国矿产资源法》（第八届全国人民代表大会常务委员会第 21 次会议于 1996 年 8 月 29 日通过，1997 年 1 月 1 日起施行，2024 年 11 月 8 日第十四届全国人民代表大会常务委员会第十二次会议修订，自 2025 年 7 月 1 日起施行）；

3、《中华人民共和国水土保持法》（第十一届全国人民代表大会常务委员会第 18 次会议于 2010 年 12 月 25 日修订通过，自 2011 年 3 月 1 日起施行）；

4、《中华人民共和国环境保护法》（第七届全国人民代表大会常务委员会第11次会议于1989年12月26日通过，2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，2015年1月1日起施行）；

5、《中华人民共和国环境影响评价法》，第九届全国人民代表大会常务委员会第30次会议于2002年10月28日通过，2003年9月1日起施行，2018年12月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议修订；

6、《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019年）；

7、《中华人民共和国森林法》（2019年12月28日第十三届全国人民代表大会常务委员会第十五次会议修订）；

8、《中华人民共和国土地管理法》（第十届全国人民代表大会常务委员会第11次会议于2004年8月28日通过，2019年8月26日，十三届全国人大常委会第十二次会议表决通过关于修改土地管理法、城市房地产管理法的决定。本决定自2020年1月1日起施行）；

9、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年修订）；

10、《地质灾害防治条例》（国务院令第394号2003年11月24日公布，2004年3月1日起施行）；

11、《基本农田保护条例》（1998年12月27日中华人民共和国国务院令第257号发布 根据2011年1月8日《国务院关于废止和修改部分行政法规的决定》修订）；

12、《土地复垦条例》（国务院令第592号，2011年3月5日）；

13、《广东省矿产资源管理条例》（2012年7月26日广东省第十一届人民代表大会常务委员会第35次会议通过，自公布之日施行）；

14、《矿山地质环境保护规定》（国土资源部令第44号，自2009年5月1日起施行，根据2019年7月16日自然资源部第2次部务会议《自然资源部关于第一批废止修改的部门规章的决定》第三次修正）；

15、《土地复垦条例实施办法(2019修正)》（2012年12月27日国土资源部第56号令公布，根据2019年7月16日自然资源部第2次部务会议《自然资源部关于第一批废止和修改的部门规章的决定》修正）；

16、《中华人民共和国土地管理法实施条例》（2021年4月21日，国务院第132次会议修订通过）；

17、《广东省土地管理条例》（2022年6月1日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第四十三次会议通过）；

18、《广东省森林保护管理条例》（2023年5月31日修订）。

## （二）有关政策性文件

1、《国务院关于加强地质灾害防治工作的决定》（国发〔2011〕20号，2011年6月13日）；

2、《国务院办公厅印发贯彻落实国务院关于加强地质灾害防治工作决定重点工作分工方案的通知》（国办函〔2011〕94号）；

3、《广东省贯彻落实国务院关于加强地质灾害防治工作的决定重点工作分工方案》（粤办函〔2011〕672号，2011年10月28日）；

4、《国务院关于第一批清理规范89项国务院部门行政审批中介服务事项的决定》（国发〔2015〕58号）；

5、《广东省人民政府关于第一批清理规范58项省政府部门行政审批中介服务事项的决定》（粤府〔2016〕16号）；

6、国家发改委等15部门印发《关于促进砂石行业健康有序发展的指导意见》（发改价格〔2020〕473号）；

7、《广东省林业局关于恢复植被和林业生产条件、树木补种标准有关问题的通知》（粤林规〔2021〕3号）；

8、《广东省人民政府办公厅关于印发广东省促进砂石行业健康有序发展实施方案的通知》（粤办函〔2021〕51号）；

9、《广东省自然资源厅关于全面推进绿色矿山建设工作的通知》（粤自然资函〔2021〕497号）；

10、《广东省地质灾害治理工程生态修复指引（试行）》（2023）；

11、广东省自然资源厅关于印发《广东省地质灾害治理工程生态修复指引》的通知（粤自然资函〔2023〕832号）；

12、《关于进一步加强绿色矿山建设的通知》（自然资发〔2024〕157号）。

## （三）规程、规范及标准

1、《综合工程地质图图例及色标》（GB/T 12328-2024）；

2、《生态公益林建设技术规程》（GB/T 1833.2-2019）；

- 3、《土地基本术语》（GB/T 19231-2021）；
- 4、《滑坡防治工程设计规范》（GB/T 38509-2020）；
- 5、《崩塌、滑坡、泥石流监测规范》（DZ/T 0221-2022）；
- 6、《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2019）；
- 7、《工程勘察通用规范》（GB 55017-2021）；
- 8、《环境影响评价技术导则 - 地下水环境》（HJ 610-2016）；
- 9、《土地整治项目预算定额标准》（2022 版）；
- 10、《生产矿山土地复垦验收规程》（TD/T1044-2014）；
- 11、《工程岩体分级标准》（GB 50218-2014）；
- 12、《非煤露天边坡工程技术规范》(GB51016-2014)；
- 13、《滑坡崩塌泥石流灾害调查规范（1：50000）》（DZ/T 0261-2014）；
- 14、《矿山地质环境调查评价规范》（DD 2014-05）；
- 16、《生态环境状况评价技术规范》（HJ 192-2021）；
- 17、《矿山地质环境监测技术规程》（DZ/T 0287-2015）；
- 18、《区域地质图图例》（GB 958-2015）；
- 19、《土地整治项目规划设计规范》（TD/T 1012-2016）；
- 20、《滑坡防治工程勘查规范》（GB/T 32864-2016）；
- 21、《泥石流灾害防治工程勘查规范》（DZ/T 0220-2017）；
- 22、《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）；
- 23、《土地利用现状分类》（GB/T 21010-2017）；
- 24、《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》(GB15618-2018)；
- 25、《灌溉与排水工程设计规范》（GB 50288-2018）；
- 26、《广东省土地开发整理补充耕地项目质量验收标准》（粤府办〔2018〕74 号）；
- 27、《第三次全国国土调查技术规程》（TD/T1055-2019）；
- 28、《滑坡防治工程设计规范》（GB/T 38509-2020）；
- 29、《地下水环境监测技术规范》(HJ164-2020)；
- 30、《金属非金属矿山安全规程》(GB 16423-2020)；
- 31、《地质灾害危险性评估规范》（DZ/T 40112-2021）；
- 32、《广东省矿山生态修复工程取费指导价格》(试行)(2021.10)；

- 33、《地表水环境质量标准》（GB 3838-2022）；
- 34、《土地复垦质量控制标准》（TD/T 1036-2022）；
- 35、《广东省矿山生态修复技术指南（试行）》（2022年8月）；
- 36、《矿山生态修复技术规范第4部分：建材矿山》（TD/T1070.4-2022）；
- 37、《矿山生态修复技术规范第1部分：通则》（TD/T1070.1-2022）；
- 38、《造林技术规程》（GB/T 15776-2023）；
- 39、《广东省地质灾害危险性评估实施细则》（广东省地质灾害防治协会，2023年修订版）；
- 40、《非金属固体矿山（采石场）绿色矿山建设要求及评估标准》（广东省）；
- 41、《裸露坡面植被恢复技术规范》（GB/T 38360-2019）；
- 42、《水文地质调查规范（1:50000）》（DZ/T 0282-2024）；
- 43、《矿山土地复垦与生态修复监测评价技术规范》（GB/T 43935-2024）；
- 44、《煤矿土地复垦与生态修复技术规范》（GB/T 43934-2024）；
- 45、《土地复垦方案编制规程 第1部分：通则》（TD/T 1031.1-2011）；
- 50、《矿山生态修复工程实施方案编制导则》（TDT/1093-2024）。

#### （四）技术文件与资料

- 1、《广东省遂溪县界炮镇遂溪林场矿区建筑用砂矿资源储量核实报告》，广东省地质建设工程集团公司，2020年6月；
- 2、《湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿开采方案》广东中勘地质环境咨询有限公司，2025年12月；
- 3、《广东省遂溪县界炮镇遂溪林场矿区建筑用砂矿矿山地质环境保护与土地复垦方案》广州德一地质勘察有限公司，2022年4月；
- 4、遂溪县2024年土地利用现状图（局部）；
- 5、遂溪县国土空间总体规划图(2021-2035)。

### 三、服务年限

根据广东中勘地质环境咨询有限公司2025年12月编制的《湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿开采方案》确定矿山总服务年限为15年（其中生产期14年、闭坑治理期1年）。

根据《矿山生态修复技术规范第4部分：建材矿山》（TD/T 1070.4-2022），

管护时间根据矿山所处的自然生态条件和修复成效确定，一般管护时间为3~5年。本方案设计在采矿权到期后的生态修复工程管护期限为3年。

根据《矿区生态修复方案编制指南（临时）》（自然资源部，2025年9月），方案服务年限为采矿权剩余有效+采矿权到期后的生态修复工程实施及后期管护期限，因此，本方案的服务年限共计18年（其中生产期14年、闭坑治理期1年、管护期限3年）。分为近期（第1~5年）、中期（第6~10年）远期（第11~18年）。方案基准期从2025年12月起。

本方案自自然资源主管部门审查结果公告之日起生效，经审查通过的《方案》每5年修编一次。涉及采矿权延续、扩大矿区范围、变更开采方式或开采主矿种等情形的，应当重新编制方案。

经评审通过的方案，涉及用地（含用林用草）范围、使用期限、损毁类型等发生变化的，应当于取得相关批复文件后半年内进行修编，报矿业权出让部门备案；设计开采方案调整的，应当重新编制方案并随开采方案报矿业权出让部门批准。

## 第一章 矿山基本情况

### 一、矿业权人基本情况

采矿权人：湛江德通投资有限公司

矿山位置：遂溪县界炮镇

矿山名称：湛江德通投资有限公司遂溪县界炮遂溪林场建筑用砂矿

企业性质：私营有限责任公司

矿区面积：0.1881km<sup>2</sup>

开采矿种：建筑用砂

开采方式：露天开采

开采标高：22m~-9m

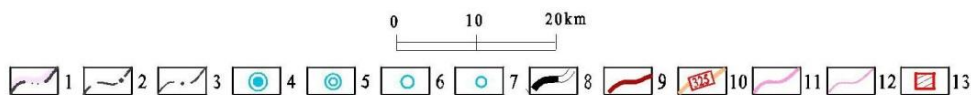
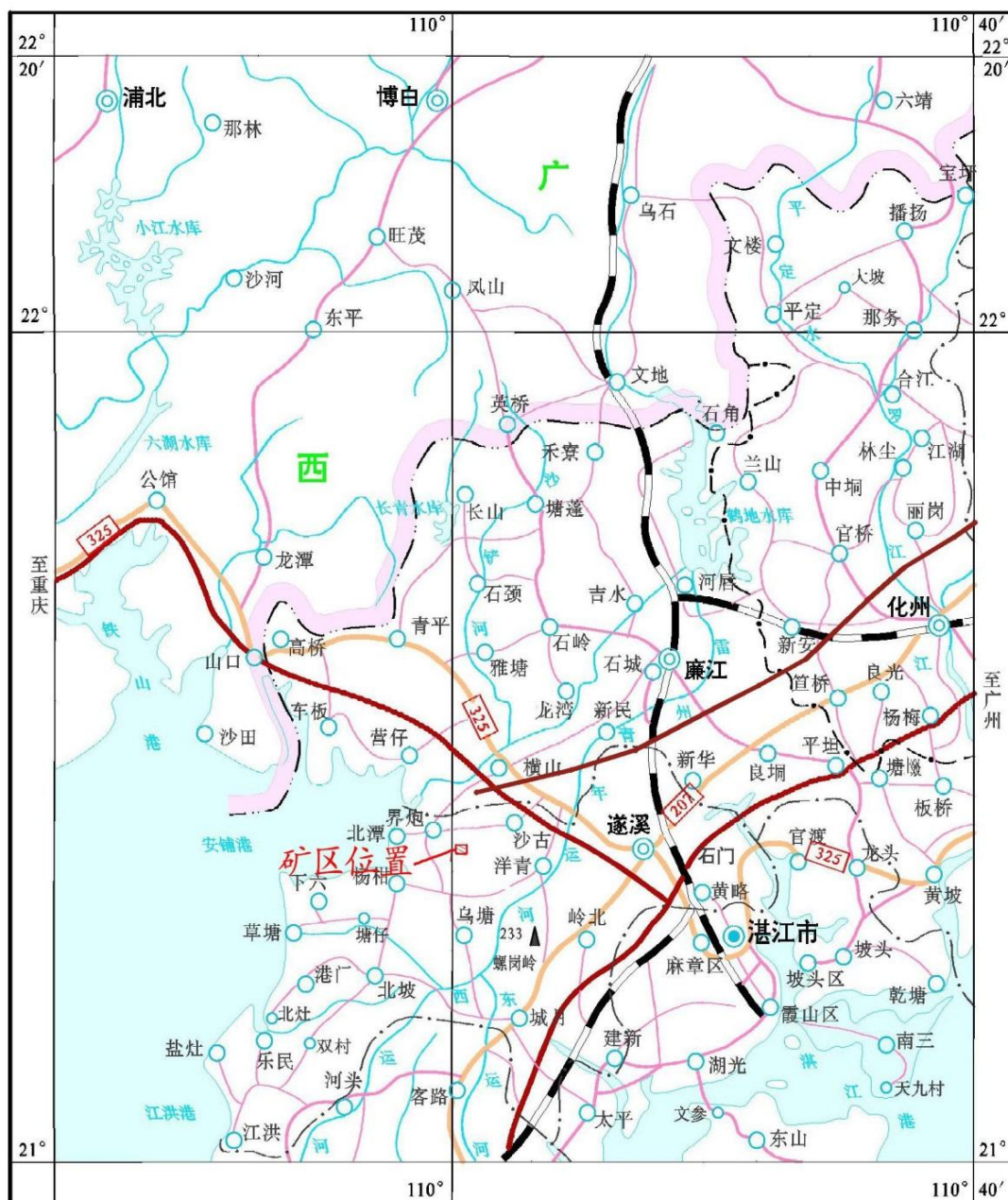
生产规模：18万m<sup>3</sup>/a

矿山服务年限：18年（生产期14年，复垦期1年，管护期3年）

### 二、地理位置

矿区位于遂溪县267°方向直距23km处，行政区划隶属遂溪县界炮镇管辖。矿区范围中心点为东经110°01'14.88"，北纬21°22'03.02"。

矿区通过乡道573即与290省道相通，车程1km，290省道与G325直连遂溪县城，车程约25.23km。遂溪县城与各乡镇均有县道或省道相通，公路网络发达，沈海高速公路、湛渝高速公路均与290省道相通，区内陆路交通十分便利。



- 1.省界 2.市界 3.县(市)界 4.地级市 5.县(县级市)、区 6.乡镇 7.村庄 8.铁路  
9.高速公路 10.国道及其编号 11.省道 12.县道、乡道 13.矿区位置

图 1-1 矿区交通位置示意图

### 三、矿山开采历史及现状

#### (一) 矿山采矿权设置及开采历史

本矿山为在生产中矿山，根据湛江市自然资源局《关于实施湛江市 2018 年度（第二批）采矿权招标拍卖挂牌出让计划的通知》（湛自然资（国土）发〔2019〕521 号），遂溪县自然资源局在遂溪县界炮镇遂溪林场设置了建筑用砂矿采矿权，

并公开挂牌出让。湛江德通投资有限公司通过公开竞拍，取得了该资源的采矿权，并于 2022 年 11 月 11 日，办理了采矿许可证，发证机关：遂溪县自然资源局，矿山名称为“湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿”，采矿许可证证号为 C4408232022117100154292，有效期为 2022 年 11 月 3 日至 2040 年 11 月 3 日，开采矿种为建筑用砂，矿区面积 0.1881 km<sup>2</sup>，生产规模 18 万 m<sup>3</sup>/a。开采深度由 +22m~-9m 标高。矿区中心地理坐标：东经 110°00'57.88"，北纬 21°22'11.02"；由 10 个拐点圈定，矿区范围拐点坐标见表 1-1（2000 国家大地坐标系）。

表 1-1 现采矿许可证矿区范围

拐点号	X	Y	拐点号	X	Y
1	2364500.57	37397855.78	6	2364247.90	37398144.28
2	2364583.98	37397875.22	7	2364245.00	37397984.31
3	2364594.28	37398114.43	8	2364110.12	37397989.48
4	2364527.80	37398238.70	9	2364099.04	37397716.93
5	2364468.46	37398229.96	10	2364493.72	37397717.47
矿区面积：0.1881km <sup>2</sup> ，开采标高 22~-9m					

## （二）矿山开采现状

通过野外调查和现状地形测量，矿区经过开采，在矿区范围西北侧形成一个近似方形的采坑（I 区），采坑长约 300m，宽约 270m，面积约为 111511m<sup>2</sup>，水面面积约 41560m<sup>2</sup>，水面高程+9m，采坑底部最低标高为-2.8m，主要有 2 级台阶，台阶高度 5~9m，坡度角为 30~40°，其中，水下为一个台阶，高度约 7m，坡度约 30°；水面台阶高度 9m，坡面角约 30°。开采台阶宽度为 5~10m。矿山西北侧形成的终了边坡已复绿。截至 2024 年 12 月 31 日，矿区范围内累计消耗建筑用砂矿资源量 29.29 万 m<sup>3</sup>，矿区剩余保有建筑用砂矿控制资源量为 369.106 万 m<sup>3</sup>。



图 2-1 矿区开采现状航拍影像图

## 四、开采方案概述

### (一) 开采矿种、层位及深度

矿山开采矿种为建筑用砂。矿体赋存于第四系湛江组 ( $Q_p^1Z$ ) 中, 矿体未出露地表, 底板未揭穿。矿体为层状, 产状近似水平, 已控制矿体长度271m~521m, 宽度394m~495m, 厚度20.8m~26.6m, 平均厚度23.63m, 顶板埋深3.4m~9.3m。产出标高为+18.6m~+15.4m。

### (二) 开采方式、开采顺序、采矿方法

#### 1、开采方式

矿山采用露天开采方式。矿山按照自上而下、分平台阶的开采方式进行开采。

#### 2、开采顺序

矿区分为 I、II 二个采区开采, I 区0.1262km<sup>2</sup>, II 区0.0618km<sup>2</sup>, 开采顺序为先采 I 区为二期开采, 后采 II 区为二期开采。

#### 3、采矿方法

矿山静止水位线上采用公路-汽车开拓运输方案，静止水位线下采用船采—砂泵管道输送的采矿方法。采砂船采矿作业工艺流程为：矿体表层清理→采砂船采矿→原砂管道水力输送→洗砂场原矿脱水脱泥、淘洗筛分→砂精矿。

#### 4、拟建生产规模

依据开采方案，本次设计建筑用砂矿生产规模为18万m<sup>3</sup>/年，矿区面积为0.1881km<sup>2</sup>，开采深度由+22至-9.0m标高，根据矿山现持有的采矿许可证所示，采矿许可有效期自2022年11月3日至2040年11月3日。截止目前，矿山采矿许可有效期还剩15年。

### （三）矿产资源储量

#### 1、备案认定的矿产资源储量

根据广东省地质建设工程集团公司编制的《广东省遂溪县界炮镇遂溪林场矿区建筑用砂矿资源储量核实报告》（粤资储评审字[2020]130号）及备案情况，资源储量估算基准日为：2020年5月31日。

资源量估算范围为矿区范围，估算对象为湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿矿体，矿区面积0.1881km<sup>2</sup>，开采深度+22.0m~-9m。采用（水平投影）地质块段法进行估算资源量，矿区范围内累计查明建筑用砂控制资源量矿石量为398.4万m<sup>3</sup>，含砂率80.57%，精矿石量为320.99万m<sup>3</sup>；剥离量121.44万m<sup>3</sup>，剥采比0.3。

根据矿山《2024年储量年报》截至2024年12月31日，矿区范围内累计查明建筑用砂矿控制资源量（KZ）398.4万m<sup>3</sup>，累计消耗建筑用砂矿资源量29.29万m<sup>3</sup>，矿区剩余保有建筑用砂矿控制资源量为369.106万m<sup>3</sup>。

#### 2、设计利用矿产资源量

根据开采方案，对控制资源量和推断资源量引入储量可靠程度系数1.0，设计利用的建筑用砂原矿矿石量为369.106万m<sup>3</sup>，含砂率80.57%，建筑用砂量297.39万m<sup>3</sup>。

#### 3、动用的矿产资源量

根据“露天开采境界的圈定”最终整个矿区开采境界范围内动用的建筑用砂原矿为247.14万m<sup>3</sup>，含砂率80.57%，精矿石量为199.12万m<sup>3</sup>。覆盖层体积45.02万m<sup>3</sup>。

#### 4、资源利用率

按可比条件，建筑用砂矿设计矿产资源利用率67%。

## 5、可采储量及采出矿石量确定

《开采方案》根据矿床开采经济、技术条件以及选用的采矿方法，参照同类型矿山开采指标，采矿回采率97%，废石混入率3%。

计算建筑用砂原矿可采储量矿石量239.73万 $m^3$ ，含砂率80.57%，建筑用砂量193.15万 $m^3$ 。计算建筑用砂原矿采出矿石量247.14万 $m^3$ ，含砂率80.57%，建筑用砂量199.12万 $m^3$ 。

### （四）拟建生产规模、矿山服务年限

依据开采方案，本次设计生产规模为18万 $m^3$ /年，总生产服务年限15年，其中生产期14年，复垦期1年。

### （五）矿山主要建设方案

#### 1、矿山总平面布置方案

矿山总平面布置主要由露天采场、工业场地、办公生活区等组成。

##### （1）露天采场

矿区范围由10个拐点圈定，矿区面积为0.1881 $km^2$ ，设计开采标高+22m~-9m，实际开采标高为+22m~-9m，露天采场实际挖损面积为0.1881 $km^2$ 。由于矿区周边场地租赁较为困难，为确保矿山能正常建设、生产，因此采矿权人将矿山洗砂场设置在矿区东北面（即II区），压覆矿体进行布置。考虑到洗砂场布置在矿区范围内，因此矿区划分为I区、II区并依次进行开采。根据《金属非金属矿山安全规程》（GB 16423-2020）第7.2.6条“地表建（构）筑物到采池边的距离不小于30m”和第7.2.11条“距离采场边缘30m，应设安全防护线，其内不应堆放任何杂物”的规定，在I、II区之间设置30m宽的安全防护区（临时保安矿柱），安全防护区（临时保安矿柱）纳入II区开采范围。在I区开采过程中，开采（包括剥离）范围不得超过安全防护区（临时保安矿柱）外边界线。

##### （2）工业场地

工业场地设置在矿区4号拐点处东北面平缓地带，设有洗矿车间、砂精矿堆场、沉砂池及配电房等，场地标高约+15m，占地面积约2.51 $hm^2$ ，周边设置铁丝网与外界相隔。

砂精矿堆场面积1.0万 $m^2$ ，考虑到堆场边坡稳定性，砂堆设计坡度30°，堆积高度设计4m~6m。堆积总容量约1.3万 $m^3$ ~2.0万 $m^3$ ，满足一至两个月的需求，实际生

产中可根据淡旺季进行弹性调整。

沉淀池设置3个，位于洗矿车间东侧，深约3m，周围布置围栏及告警示牌。沉淀清澈的水排至东南侧的水沟。

### (3) 办公生活区

办公生活区布置矿区3、4号拐点处东北面，分办公区和生活区，地面标高约+16m，占地面积约0.05hm<sup>2</sup>，设办公室、员工宿舍、材料库、停车场、食堂、浴室等生活辅助设施。

### (4) 供水设施（包括消防）

矿山用水有生产用水（含消防用水）和生活用水。该矿给水形式较为简单，生产用水主要用于采场采砂船开采，直接取自采场采坑水并循环使用，配备1台洒水车专门用于矿山道路洒水降尘使用；消防用水通过办公生活区设置的消防水池供应，水源直接来自采坑水。办公生活用水由外购桶装水和矿区周边水井供应。

## 2、开拓运输方案

### (1) 开拓运输方案选择

根据矿体的形态、产状及赋存标高、矿区地形地貌情况，类比同类生产矿山开采经验，第四系覆盖层采用公路开拓-汽车运输方案，建筑用砂矿设计水位线+9m以上采用公路开拓-汽车运输方案，设计水位线+9m以下采用基坑-挖掘船开拓+管道运输方案

### (2) 开拓运输方案简述

由于建筑用砂矿矿体上部覆盖粉质黏土，矿山开采分两步进行，即先剥离上部粉质黏土，后开采下部建筑用砂矿。剥离粉质黏土时，首先用推土机进行表面清理，然后用挖掘机或装载机采装，用汽车运输至采场内堆土场集中堆存。

上部黏土层剥离后，建筑用砂矿设计水位线以上采用挖掘机装车运输，用汽车运输至工业场地脱泥斗淘洗后销售。

建筑用砂矿设计水位线以下采用基坑-挖掘船开拓+管道+汽车运输方案，开挖形成深度3.4m~9.3m的凹陷采坑。为了使基坑能达到抽砂船的要求，采用挖掘机开挖至静止水位（矿区平均稳定地下水位+9m）以下1.5~2.0m。基坑开挖的尺寸主要考虑起始采矿作业空间的需要，长与宽一般分别为20~30m。在采坑充水后，在水面上架设浮台（抽砂船）、抽砂泵以及加压和输送管道，由砂泵抽采出矿砂，采用水力运输方式输送到地面的洗砂场淘洗筛分生产线。

湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿露天采场 I 区总平面布置及终了平面图

比例尺 1:2000

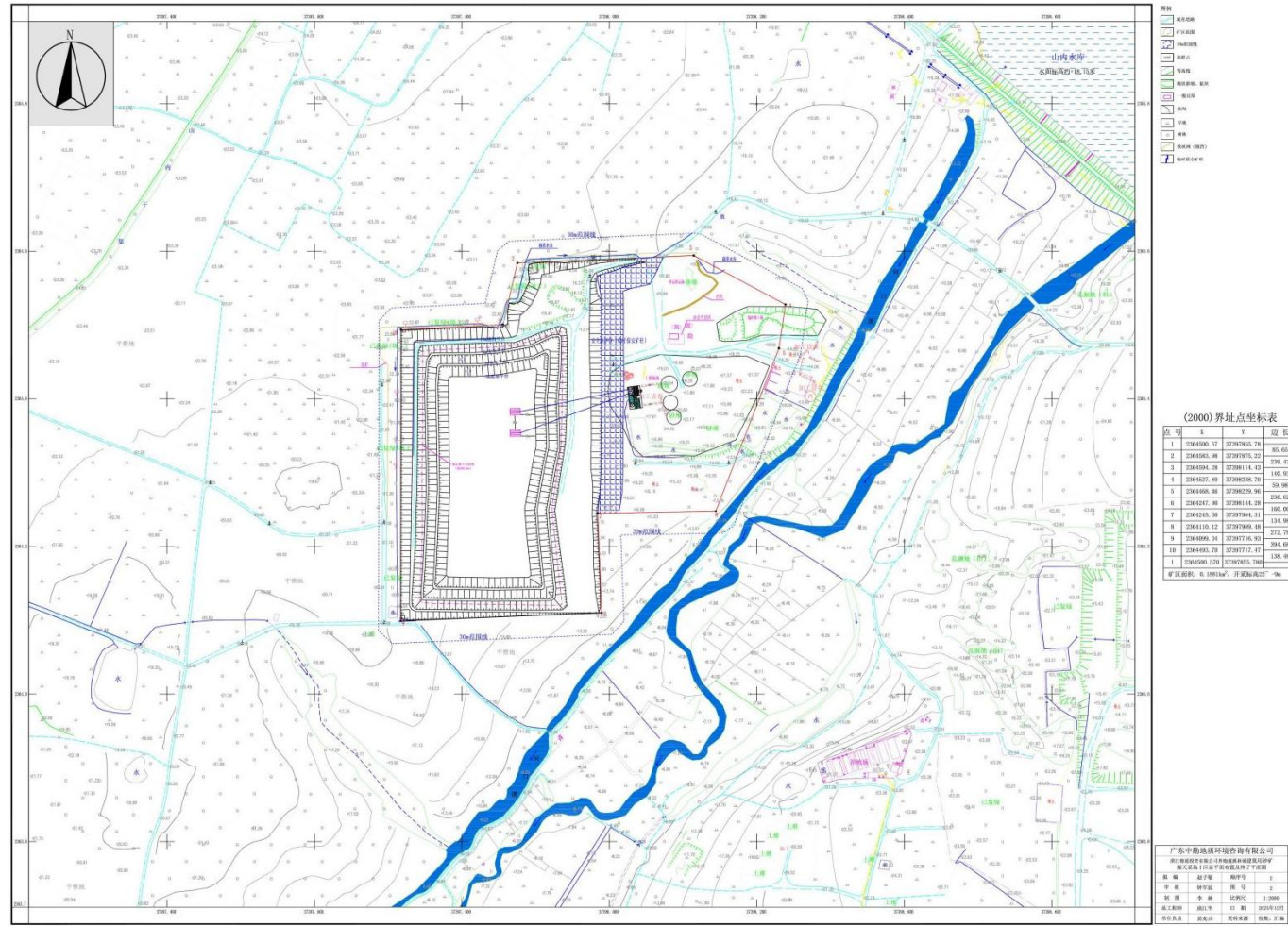


图 1-2 露天采场 I 区总平面布置及终了平面图（资料来源于：《开采方案》）

湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场露天采场II区总平面布置及基建终了图

比例尺 1:2000

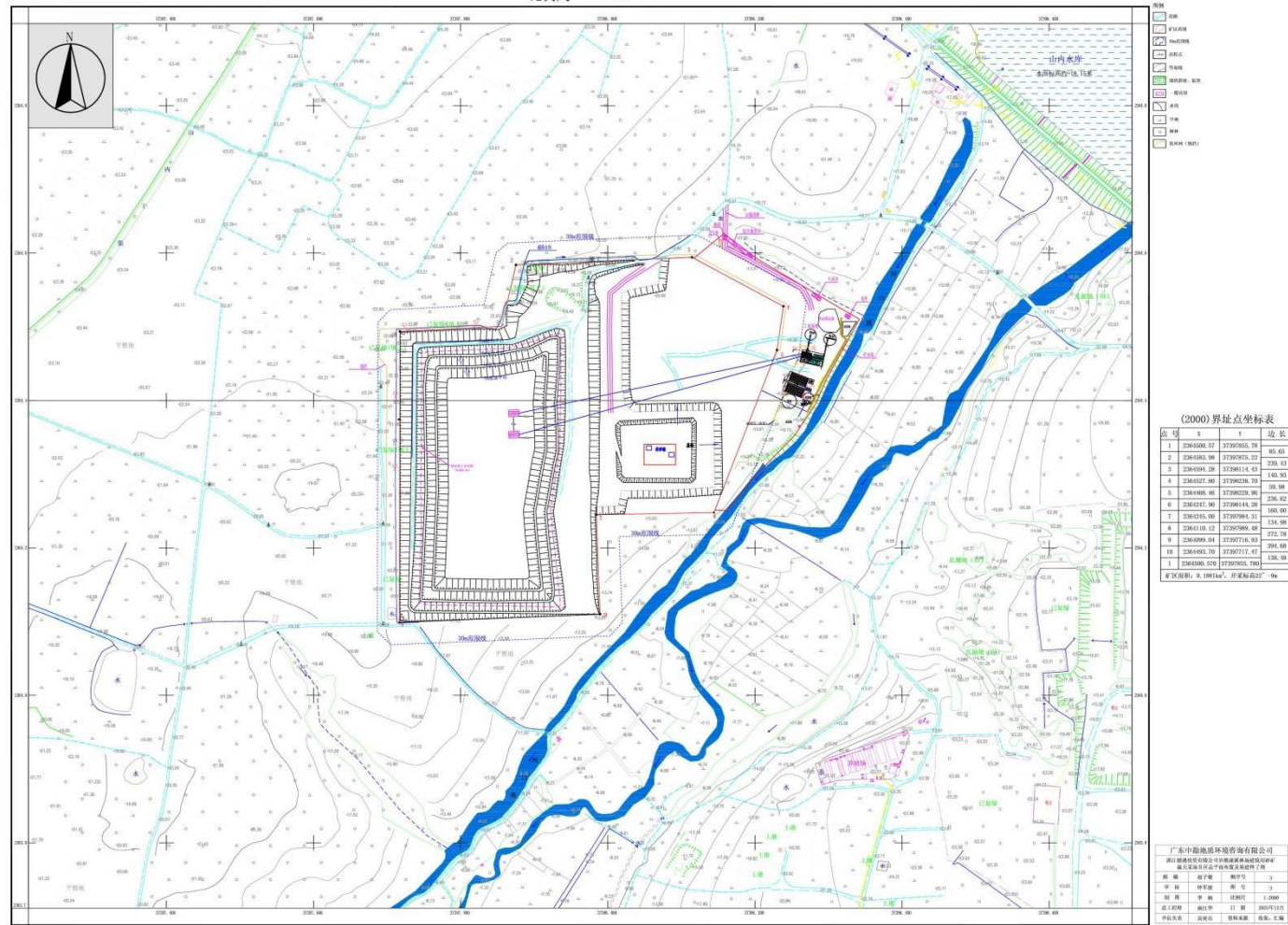


图 1-3 露天采场II区总平面布置及终了平面图（资料来源于：《开采方案》）

湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿露天采场终了平面图

比例尺 1:2000

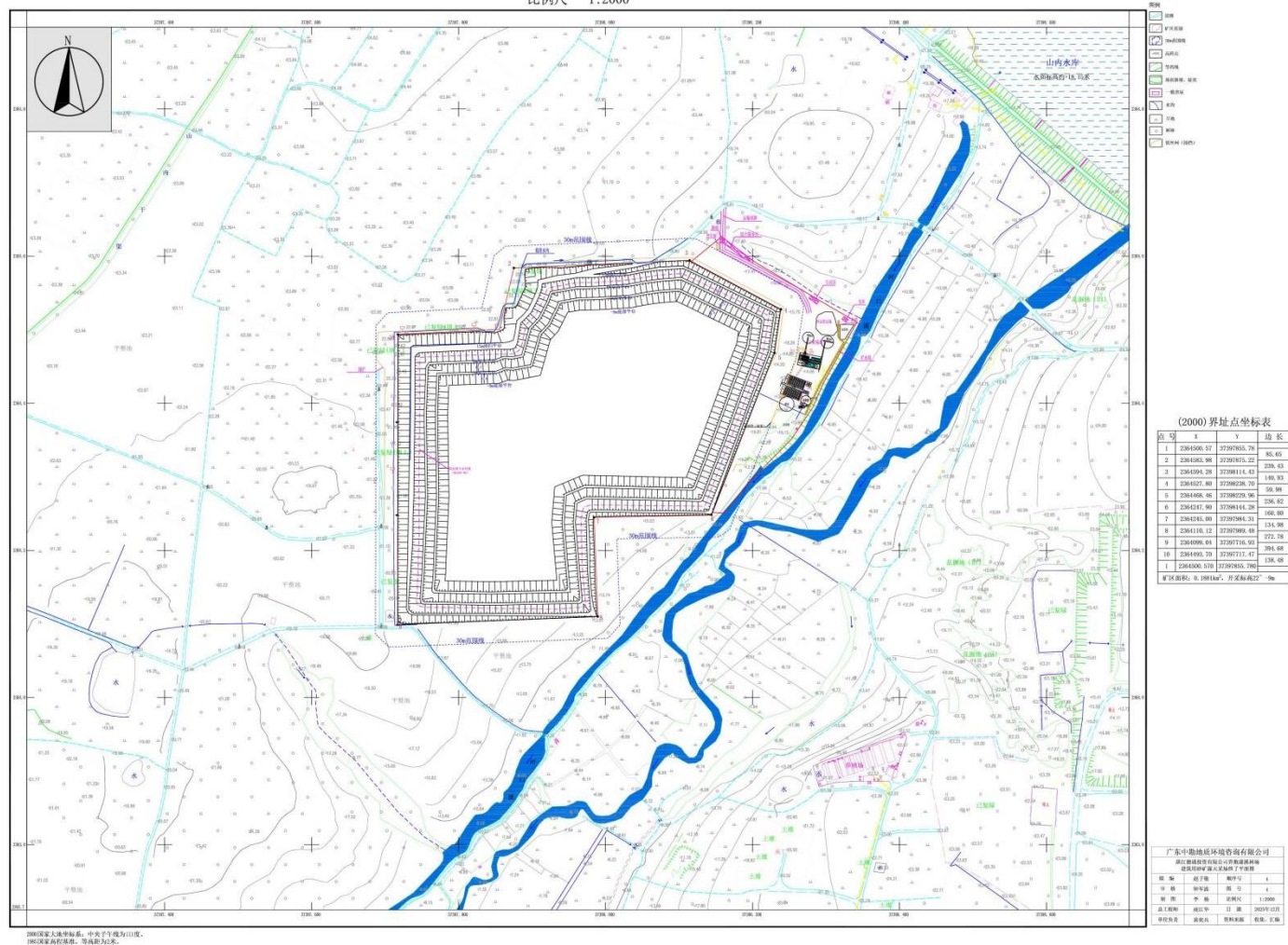
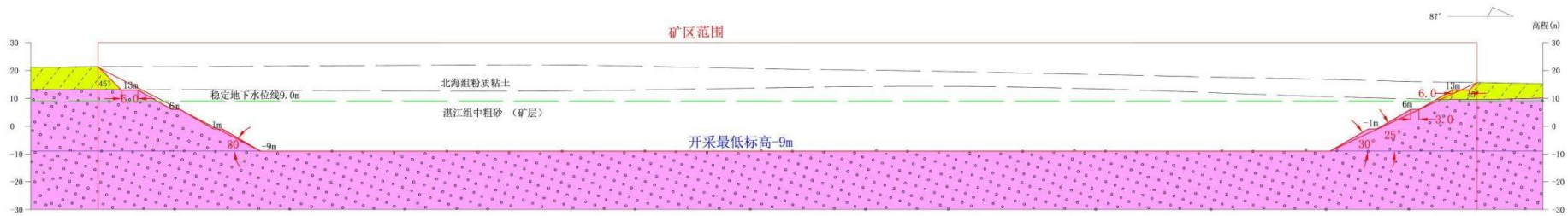
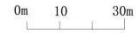


图 1-4 露天采场终了平面图（资料来源于：《开采方案》）

湛江德通投资有限公司遂溪县界炮镇遂溪林场矿区建筑用砂矿露天采场终了剖面图

A-A' 剖面

比例尺 1: 1000



图例



广东中勘地质环境咨询有限公司			
湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场 建筑用砂矿露天采场终了剖面图			
拟 编	赵子敬	顺序号	5
审 核	钟军波	图 号	5
制 图	李 杨	比例尺	1:1000
总工程师	庾江华	日 期	2025年12月
单位负责	黄奕兵	资料来源	收集、汇编

图 1-5 开采终了剖面图（资料来源于：《开采方案》）

## 第二章 矿区基础信息

### 一、矿区自然条件

#### (一) 气象

矿区处于北回归线以南的低纬度地区，属亚热带季风气候，日照时间长，终年受海洋气候调节，气候特征表现为风害多，雷暴频、雨量集中，旱季长，夏季长冬季短，温和潮湿，偶有霜冻。根据湛江市气象局提供的 1957 年至 2024 年气象资料：多年平均气温 22.8~23.2℃，7 月平均气温 32.4℃，极端最高气温 38.7℃；1 月平均气温 15.6℃，极端最低气温 2.8℃；雨量充沛，年平均降水量 1339.5~1676.7mm，4~9 月为雨季，占年降雨量的 80%；秋夏间雷暴雨较多，最大日暴雨量为 626mm，最大时暴雨量为 114mm。多年平均相对湿度 82~84%；多年平均年蒸发量为 1733~1946.3mm。

矿区属东南沿海台风 IV7 区，夏季盛行东南风，冬季盛行偏北风，全年最多为东风和东南东风，强风向为东风和东北东风，年平均风速为 3.1m/s，5~11 月有台风，其中 7~9 月较多，登陆机率达 46%。

#### (二) 水文

区内及周边地表水体较发育，矿区北东侧有山内水库，东南面有一小河(河口溪)通过，为山内水库下游。河自东北向西南径流，现场调查期间，河流水深约 1.7~2.6m，表面河流流速为 0.96m<sup>3</sup>/s（现场采用抛树叶法测定），历史最高水深约 3.2m。河水主要用于农灌。地下水类型主要为松散岩类孔隙水，松散岩类孔隙水含水层为粗砂，富水性贫乏，透水性好，水文地质条件中等。

#### (三) 地形地貌

矿区属湛江沿海剥蚀准平原地貌，地形低缓平坦。地面高程 +22.00m~+12.38m，相对高差 7.42m，地面自然坡度一般 3~5°，地势总体西高东低。矿区范围内地面平坦开阔。地表主要为亚黏土。

矿区经过开采，现矿区范围西北侧形成一个近似方形的采坑，采坑长约 300m，宽约 270m，面积约为 111511m<sup>2</sup>。采坑底部最低标高为 -6.3m，主要有 2 级台阶，台阶高度 5~9m，坡度角为 30~40°，开采台阶宽度为 5~10m。



图 2-1 矿区航拍影像图

#### （四）植被

矿区及周边区内植被以种植番石榴及桉树为主，自然生态保存较好。农作物有薯类、花生、甘蔗、香蕉等。

#### （五）土壤

矿区及其影响范围内主要土壤类型为赤红壤，地表土主要为砂质粘性土，厚度为 1.0m~4.0，以黄色、棕红、褐红色为主，粉粒含量较高，持水性能强。土壤有机质含量一般为 1%，电导率一般为 1.1dS/m。pH 值在 5.5~6.5 之间。是当地自然肥力较高的一种土壤，适宜种植各类经济作物，特别是热带作物。



照片 1 矿区及附近植被照片



照片 2 矿区及周边土壤

## 二、社会经济概况

### （一）社会经济

矿区及周边植被以种植经济林木桉树以及农作物火龙果为主，自然生态保存较好。当地经济以农业为主，主要农作物有火龙果、花生、甘蔗、香蕉等；矿产

业主要有建筑用砂矿、高岭土开发。矿区周边居民点稀少，区内 1000m 范围内无人居住，其周边主要为种植桉树、火龙果的旱地或林地。

2024 年，全年地区生产总值完成 427.19 亿元。农林牧渔业总产值完成 268.84 亿元，增长 4.1%，总量连续 4 年稳居全市第一、全省前列。连续 4 年超额完成“小升规”任务，规上工业企业达 132 家，规上工业增加值降幅持续收窄。围绕补短板、调结构、增后劲扩大有效投资，打好专项债券、超长期特别国债、“平急两用”等项目谋划“组合拳”，项目通过数量排名全市前列。社会消费品零售总额完成 160.42 亿元，增长 2.5%，增速全市第三。

## (二) 人文环境

根据调查，矿区开采活动区域内未见地质遗迹、文物古迹、古村落，未涉及历史文化保护地、风景名胜区等。

## 三、矿区地质环境背景

### (一) 区域地质

矿区位于雷琼断陷区的中部（图 2-1），北部为云开隆起区，南部为雷琼断陷区，图幅范围内由云开隆起区元古代沉积基底和雷琼断陷区所构成。

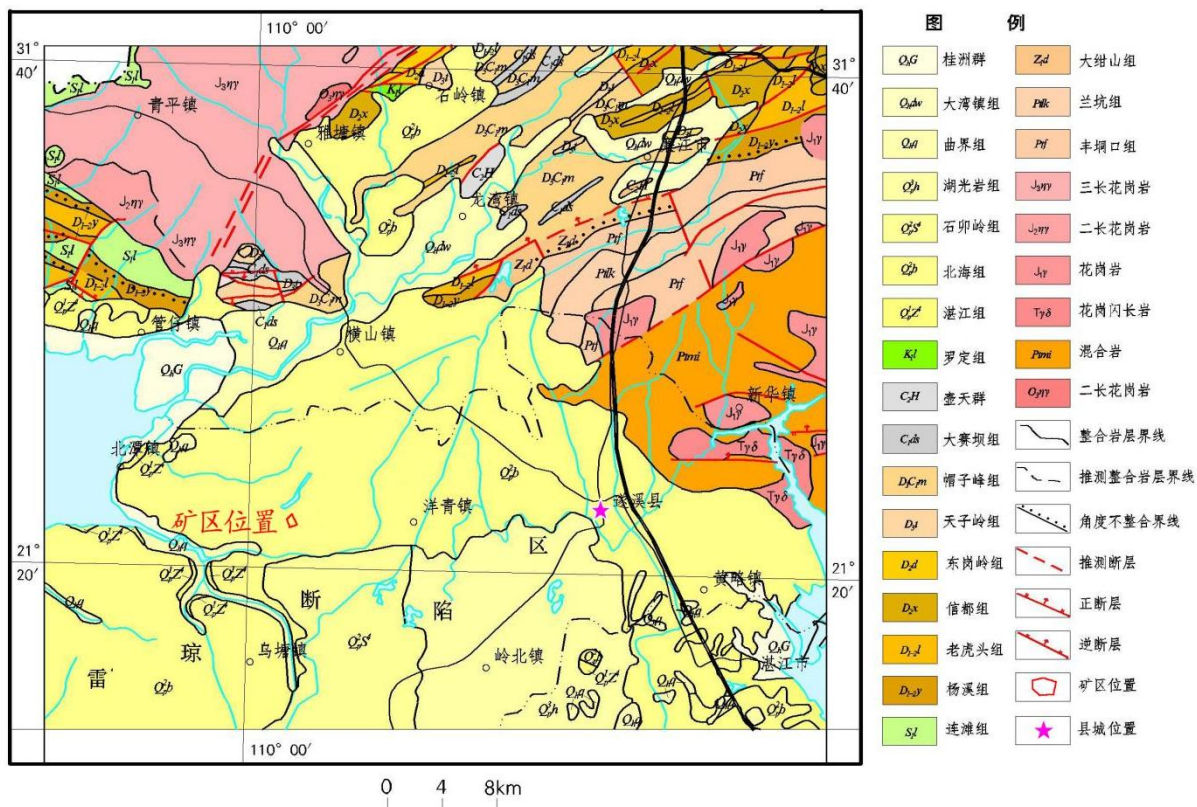


图 2-2 矿区区域地质图（1：20 万湛江幅区调图）

## 1、地层

本区域的地层从老到新主要有：下古生界、泥盆系、石炭系及第四系。

### (1) 下古生界

下古生界地层主要分布于矿区外围北东部，由丰硐口组(Ptf)、兰坑组(Ptk)、震旦系d组(Z<sub>1d</sub>)组成。走向北东，岩性为变质长石石英砂岩、变粒岩、片岩、矽卡岩及混合岩，厚度大于500m。

### (2) 泥盆系(D)

分布于矿区外围北部杨溪组(D<sub>1-2y</sub>)、老虎头组(D<sub>1-2l</sub>)、信都组(D<sub>2x</sub>)、东岗岭组(D<sub>2d</sub>)、天子岭组(D<sub>3t</sub>)、帽子峰组(D<sub>3cm</sub>)均有出露，走向北东，岩性组合主要为砾岩、石英砂岩、粉砂岩与泥质岩互层、粉砂岩泥岩类灰岩、灰岩，厚度大于1000m。

### (3) 石炭系(C)

分布于矿区外围北部大赛坝组(C<sub>1ds</sub>)、壶天群(C<sub>2+3ht</sub>)均有出露，走向北东，岩性组合主要为底部粉砂岩、泥质岩夹灰岩，上部为微晶灰岩，厚度大于600m。

### (4) 第四系(Q)

分布于整个矿区及矿区周边，出露的地层主要为湛江组(Q<sub>p</sub><sup>1Z</sup>)、北海组(Q<sub>p</sub><sup>2d</sup>)。

湛江组(Q<sub>p</sub><sup>1Z</sup>)由深灰至灰或黄色粘土、亚粘土与杂色砂层、砂砾层(局部夹基性火山岩)组成，水平产出，厚度大于61.12m。与上覆北海组平行不整合接触。

北海组(Q<sub>p</sub><sup>2d</sup>)，由粘土、砂质粘土组成，厚度大于20m。与下伏湛江组呈平行不整合接触。

## 2、构造

矿区范围内及周边出露的地层均为第四系北海组(Q<sub>p</sub><sup>2b</sup>)褶皱和断裂构造不发育。但矿区外围东部和北部褶皱构造和断裂构造均有发育。

褶皱构造主要发育于矿区外围北部，为复式褶皱，轴线走向北东，向南西倾伏，核部地层为石炭系，翼部地层为泥盆系，可能是燕山期褶皱运动所形成。

断裂构造在矿区外围东部和北部均发育，以北东向压性断裂为主，北西向张性断裂次之，北东向压性断裂组具有规模大，延长构造带宽的特点，多数为区域性断裂。

### 3、岩浆岩

分布于矿区外围东部和北部的云开隆起区，岩浆活动主要分四个阶段，即加里东期、印支期、燕山期和喜马拉雅山期。其中以加里东期和燕山期的岩浆活动最为强烈，岩体规模大，分布广。岩性主要有：加里东期的二长花岗岩、花岗岩，燕山期的花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩、花岗斑岩、黑云母花岗岩、晶洞花岗岩。

#### (二) 矿区地质

##### 1、矿区地层

区内出露的地层主要有第四系北海组 ( $Q_p^{2b}$ )，钻孔揭露的有第四系下更新统湛江组 ( $Q_p^{1Z}$ )。

(1) 第四系湛江组 ( $Q_p^{1Z}$ )：矿区钻孔均有揭露湛江组，厚度大于 30m，矿区钻探未揭穿底界，是一套河控三角洲相砾砂泥的沉积。地层总体走向近南北，倾角约  $2^\circ\sim 3^\circ$ ，局部受原始地形影响，不规则起伏变化。

岩性以含泥砾（质）中粗砂为主，含泥砂砾、含泥中粗砂为次，局部夹含粉砂（质）黏土、黏土。较粗碎屑土层中局部夹有含粉砂（质）黏土、黏土层，厚度 0.8~2.5m，多数厚度在 0.8m~1.5m，沿走向延伸 271m~521m。根据钻探，顶部有偶尔揭露一层以杂色黏土为主，含粉砂（质）黏土为次的细碎屑层，厚度 1~2m，此杂色黏土顶界一般是湛江组与上伏北海组的分界，两者呈平行不整合接触。

湛江组主要岩性特征如下：

① 含泥砂砾：灰—灰白色，部分浅黄—黄色。砾砂泥质结构，块状构造，砂土状构造。主要组分石英砾石 55~65%，石英中粗砂 25~30%，泥质 10~16%，另外含少量其他粒级的砂屑。砾石粒度 2~7mm，粗者达 30mm，碎屑呈次棱角—次圆状。为本区的主要含矿层。

② 含泥砾（质）中粗或粗中砂：灰—灰白色为主，局部浅黄—黄色。砾砂泥质结构，层状构造。主要组分为石英中粗砂 55~70%，石英砾 5~35%，泥质 10~18%，含少量细粉砂。砾石粒度 2~5mm，粗者达 25mm，碎屑呈次棱角—次圆状。为本区的主要含矿层。

③ 含泥（粗—细）砂：灰—灰白色，部分浅黄色。砂泥质结构，层状构造。主要组分石英中粗砂 75~80%，泥质 10~20%，含部分石英细砂。

④ 黏土：浅灰—灰白色。泥质结构，土状构造，层状构造。主要组分为泥质

>90%，含少量石英粉砂。在砂砾层中偶有穿插分布，揭露厚度小于 2.5m。

(2) 第四系北海组 ( $Q_p^{2b}$ )：分布于整个矿区，主要为褐黄色、杂色砂质粉土，泥质结构，层状构造，3.4m~9.3m。

## 2、矿区构造

矿区范围均被第四系北海组覆盖，断裂构造不发育。

## 3、矿区岩浆岩

矿区范围内未见岩浆岩出露。

# (三) 水文地质

## 1、地下水类型及其特征

根据地下水的赋存条件及水力性质，区内地下水类型只有松散岩类孔隙水一种。

第四系北海组 ( $Q_p^{2b}$ ) 出露地表，岩性以粉质粘土为主，其富水性贫乏，透水性中等，单井涌水量小于60m<sup>3</sup>/d。

第四系湛江组 ( $Q_p^{1Z}$ ) 隐伏于第四系北海之下，岩性主要为中砂层，位于当地侵蚀基准面及地下静止水位以下，其富水性中等，透水性强，单井涌水量大于500m<sup>3</sup>/d，矿体分布标高在+14.66m~-16.96m，位于地下静止水位之下。采矿是露天水下开采，即将矿体盖层剥离后，挖至地下静止水位以下，利用抽砂船，在水下抽砂采矿，抽出的砂矿过筛后即可向市场销售。因此，富水性中等的孔隙水和地表水水体对矿床开采有利。

## 2、地表水特征

矿区6号拐点距离小河边距离约9.8m，小河目前顶部标高约+11m，矿区内东南侧标高为+18.6m~+15.4m，其中距离小河最近的6号拐点标高约+13m，高差约为2m。该区域总体地形东南面均为低洼地段（+7m~+11m之间），当遇设计防洪频率降雨时，水体如漫过小河顶部，则直接泄入东南面的低洼地段，因此不会倒灌回矿区、对矿山开采造成影响。

## 3、地下水补给、径流、排泄条件

地下水接受地表水和大气降水补给，地下水位与大气降水变化关系密切，雨季渗入补给量大，地下水位上升。旱季降雨量少、气候干燥、蒸发量大、渗入补给量少，地下水位下降。地下水位变化幅度0.1m~0.3m之间。地下水沿透水层向下游径流排泄。

#### 4、矿坑涌水量预测

##### (1) 充水因素分析

矿山采用露天水下开采，采深底界标高-9m，在当地侵蚀基准面和静止水位之下，矿层本身透水性强，富水性中等。因此，矿床的充水条件主要为大气降水和松散岩类孔隙水。

##### 1) 地下水对矿山开采的影响

依矿区地形，矿区集雨区约为 188000m<sup>2</sup>，采区范围基本为采区大气降雨集水区。矿区开采，采坑充水主要为大气降雨，矿体大部分位于最低侵蚀基准面以下，采矿活动在含水层下进行，含水层富水性中等，对采矿工作面充水量较大。

##### 2) 采坑集水、涌水量

##### ①边界条件

矿区地下水含水层为承压含水层，其补给来源为大气降雨；矿区+12.38m 高程以下开采为负地形开采。依矿区地形，四周布设截、排水沟，采区集雨区约为 188000m<sup>2</sup>，采区涌水量主要为集雨区集雨组成(Q<sub>1</sub>)。

##### ②采区集雨量

采区最大日集雨量 Q<sub>1</sub>

$$\begin{aligned} Q_1 &= F \cdot A \cdot K \\ &= 188000 \times 626 \times 10^{-3} \times 0.67 \\ &= 78850(\text{m}^3/\text{d}) \end{aligned}$$

式中：Q<sub>1</sub>—采坑最大集雨量 (m<sup>3</sup>/d)；

A—最大降雨量 (mm/d)，采用矿区所在地气象站提供的历年日最大降雨量 626mm；

F—采坑最大汇水面积 188000m<sup>2</sup>

K—采坑渗透系数 0.67 (参考附近洋青镇蒲岭仔村矿区)

上述集雨量可视为 20 年一遇的日集雨量。

##### ③含水层涌水量

第四系下更新统湛江组 (Q<sub>p</sub><sup>1</sup>Z) 孔隙潜水-微承压水含水层 (II-1)：被北海组广泛覆盖，该含水层为矿体主要含水层，厚度较大，岩性主要为灰白色、浅黄-黄色含泥、含砾或砾质粗中砂。地下水补给来源主要是大气降雨。层顶埋深 6.1m~13.0m (平均 8m)。参考距离矿区东南方向 1.5km 的桔仔树村矿区的抽水试

验结果：W1 孔降 5m 的单井涌水量 0.225L/(s·m)、渗透系数 0.641m/d，W2 孔降深 5m 的单井涌水量 0.267L/(s·m)、渗透系数 0.698m/d，平均渗透系数 0.670m/d，总观该含水层具中等富水性。开采范围深度内，地下水对开采工作影响中等。

综上所述，矿区地表有大气降雨集雨，地下水为松散岩类裂隙水，含水层的富水性中等，补给靠大气降水，采区集雨主要有采区集雨区大气降雨集水，矿山在生产过程中遭受暴雨侵袭时，短时间内强降雨会造成矿坑水量骤增，导致矿坑积水，影响矿山正常生产。开采后需要高度重视短时极端天气采场的防排水工作。

主要工业矿体位于当地侵蚀基准面以下，矿坑不能自然排水，第四系含水层厚度大、分布广，疏干排水可能引起周边地下水水位下降等不良地质问题，矿床水文地质条件属中等。

#### （四）工程地质

##### 1、岩土体工程地质类型及其特征

据钻孔揭露矿区岩土体类型主要为第四系松散层，地层自上而下可分为第四系北海组粉质黏土层和第四系湛江组中、细砂层及砂质黏土层。

（1）第四系北海组（ $Q_p^2b$ ）砂质粉土、粉质黏土层：褐黄色，稍湿~湿，含大量粉细砂，分布于整个矿区，厚 3.4m~9.3m，是采矿时必须剥离的土层，该层强度较低，工程地质稳定性较差。

（2）第四系湛江组（ $Q_p^1Z$ ）中细砂夹砾砂及黏土层，灰白色，饱和，中密，矿物成分以石英为主，石英粒径大于 1mm 的 33%~46%，小于 1mm 的占 50~60%，呈层状产出连续性好，厚度 21.7m~26.6m，是矿区的主要矿体。结构较松散，强度较低，工程地质稳定性差，矿坑开挖边坡 30°，矿坑边坡是基本稳定的，符合安全要求。

##### 2、工程地质现状

在矿区范围西北侧形成一个近似方形的采坑，采坑长约 300m，宽约 270m，面积约为 111511m<sup>2</sup>。采坑底部最低标高为-6.3m，主要有 2 级台阶，台阶高度 5~9m，坡度角为 30~40°，开采台阶宽度为 5~10m。

##### 3、不良地质问题

（1）边坡土的稳定性：矿坑边坡主要由松散岩类组成，物理力学性质较差，土中散粒体含量高，有一定的崩解性，渗透水对土的物理力学性质有较显著的破坏作用；坡流强度较大，易引发坡面梳状侵蚀，进而引发崩塌、滑坡等重力地质活动。综上所述，边坡土的稳定性较差。

(2) 矿坑底板的稳定性：矿坑底板基本由隔水性一般的砂质黏土组成。矿坑底板可能引发突水、涌水等现象，应做好截水措施及矿坑内降水措施，对地下水进行控制，地下水控制可采用深层搅拌或高压旋喷止水帷幕。

矿坑由松散岩类组成；矿体及围岩的物理力学性质较差，但矿床可露天开采。

矿区地形地貌条件简单，地层岩性较单一，地质构造简单，但矿坑不能自然排水，局部有饱水砂层影响矿坑稳定性，局部地段易发生地面沉降、采坑边坡可能易引发崩塌、滑坡，坑底可能引发突水、涌水等地质灾害。

综合评定矿区工程地质条件中等。

#### 四、矿区土地利用现状及采矿用地审批情况

##### (一) 土地利用现状

根据遂溪县自然资源局提供的 2024 年土地利用数据，并结合《开采方案》，矿山划有露天采场、工业场地、办公生活区。矿区及附属设施范围内占用的土地类型为乔木林地、其他林地、其他草地、设施农用地、采矿用地。矿区土地利用现状的结构表见表 2-1。

表 2-1 土地利用现状表

一级地类		二级地类		面积 (hm <sup>2</sup> )	占总面积比例 (%)
03	林地	0301	乔木林地	2.8291	13.29
		0307	其他林地	1.6866	7.93
04	草地	0404	其他草地	0.0524	0.25
12	其他土地	1202	设施农用地	0.2023	0.95
20	建设用地	204	采矿用地	16.5052	77.58
合计				21.2756	100

##### (二) 土地权属

该矿山所占用的土地权属遂溪县界炮镇周灵村民委员会所有，土地权属清楚，无土地权属纠纷见表 2-2。

表 2-2 修复区的土地权属说明表

权属人	一级地类		二级地类		面积 (hm <sup>2</sup> )	汇总 (hm <sup>2</sup> )
遂溪县界炮镇周灵村民委员会	03	林地	0301	乔木林地	2.8291	21.2756
			0307	其他林地	1.6866	
	04	草地	0404	其他草地	0.0524	
	12	其他土地	1202	设施农用地	0.2023	
	20	建设用地	204	采矿用地	16.5052	
合计					21.2756	21.2756

##### (三) 三区三线情况

根据遂溪县三区三线数据（局部），采矿权范围及采矿活动影响范围未涉及

生态保护红线、永久基本农田以及城镇开发边界。

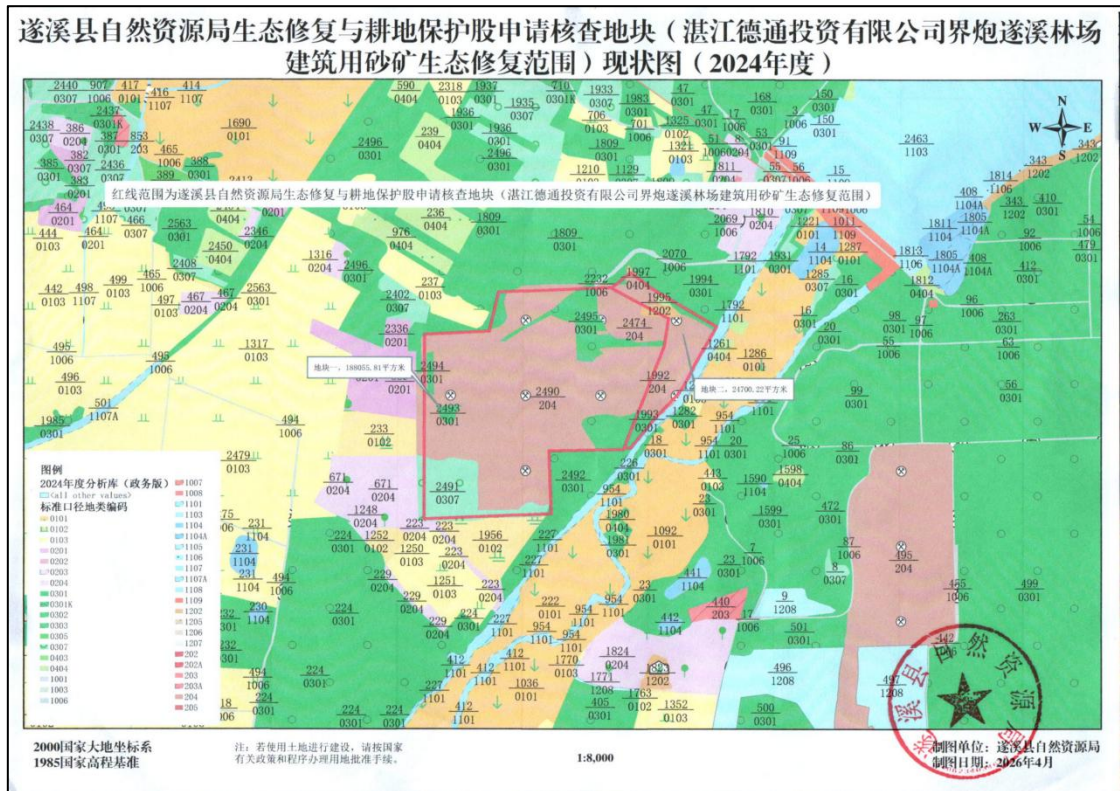


图 2-3 矿区 2024 年度土地利用现状图(局部)

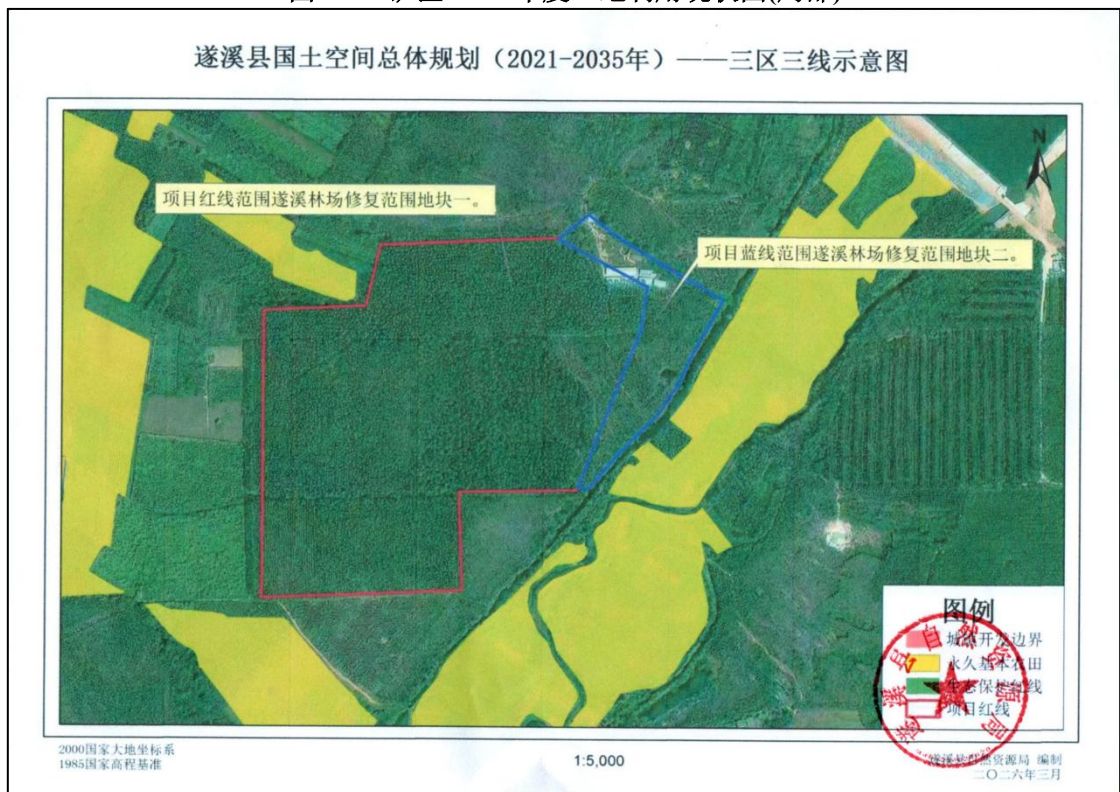


图 2-4 矿区三区三线图(局部)

## 五、矿区生态状况

根据《遂溪县国土空间总体规划（2021-2035）》，采矿权范围及采矿活动影

响范围未涉及生态保护红线、自然保护地、重要水体、生态廊道等敏感区域。位于生态一般管控区。

项目占地单元内主要植被类型为亚热带季风常绿阔叶林，经人类活动干扰后，形成次生林或人工桉树林。按照中国植被区划，现矿区及周围植被整体属于人工林植被型组。现状植被多为桉树和杂草灌木等，林相十分整齐，外貌常绿，群落组成单一，以桉树占绝对优势，乔木层高度在 10~20 m 左右，植被覆盖率约为 50~70%。桉树林分布于矿区北侧及东南侧，面积约为 17.7225hm<sup>2</sup>，灌木层树种同样很少，多木黄麻、三垭苦、粗叶榕等，灌木层植物高度普遍在 1~1.5 m 左右。主要的草本植物有乌毛蕨、海金沙、小花露籽草等。灌草地主要生长在未利用的土地及荒地上，一般分布在沟谷、洼地附近，约占 30%。该群落是森林反复破坏后形成的次生草本植物群落，群落的草本层较发达。

区域内常见野生动物兽类有鼠类、蛇类、青蛙等；鸟类有麻雀等；昆虫有蜘蛛、蜻蜓、蝴蝶、野蜂等。露天采坑形成后，植物及生物适宜生境面积缩减。

参照《古树名木鉴定规范》（LY/T 2737-2016）和《古树名木普查技术规范》（LY/T 2738-2016），经调查，采矿权范围及采矿活动影响范围内未发现古树名木。

参照《国家重点保护野生植物名录》（2021）、《广东省重点保护野生植物名录》（2023）、《濒危野生动植物种国际贸易公约（CITES）》附录（2017）、《IUCN 红色名录》（2018）等，采矿权范围及采矿活动影响范围未发现珍稀濒危保护野生植物。

参照《广东省重点保护陆生野生动物名录》（广东省林业局，2021 年 7 月 1 日），经调查，采矿权范围及采矿活动影响范围未发现重点保护野生动物。

## 六、矿区及周边人类重大工程活动

矿区周边 300m 范围内无常驻民居、名胜古迹、自然保护区、地质遗迹、旅游景区等；周边 500m 无重要工业区、城镇市政设施等；周边 50m 范围无乡道，100m 范围无国道、省道、县道等主干公路经过，1km 范围内没有铁路通过。矿区范围外周边有大量的基本农田，离矿区最近的距离约 30m。该矿 4 号拐点东北面约 401.4m（距离山内水库坝体外坡坡脚）处为山内水库。

根据当地自然资源局联合查询及查阅国土空间规划，矿区范围内无永久基本农田保护区、水源保护地、自然保护区及生态保护区等。

综上所述，矿区及周边的各类基础设施、城镇及资源开发活动，对确定矿区

生态修复目标、复垦标准与治理措施均无实质性影响。

## 七、矿区生态修复工作情况

### （一）矿区生态修复完成情况

湛江德通投资有限公司遵循“边开采，边治理”的原则，依据已编制的《广东省遂溪县界炮镇遂溪林场矿区建筑用砂矿矿山地质环境保护与土地复垦方案》及矿山开采的实际情况，对露天采场西北侧形成的终了边坡开展了治理复绿的相关工作。对露天采场西北侧终了边坡进行了坡面平整及覆土植树复绿，采场外围顶部设置了截排水沟、防护围栏及警示牌。现状植被恢复状况良好，各项治理措施充分发挥效用。

### （二）矿区生态修复取得成效

矿山土地复垦的实施，能增强当地百姓、矿山企业的地质环境保护意识，普及环境保护知识，改变环境治理观念，对社会和谐和稳定起到积极作用。

矿山土地复垦，改善和保护了局部小环境，保证矿产开发和生态环境可持续发展，在一定程度上缓解了人地关系的压力。

通过土地复垦，减少了水土流失和土地退化面积，保护林地，防止土地生态条件恶化，促进林业良性循环。

矿山复垦实施后，将使矿区水文地质条件进一步优化，地下水资源得到有效保护；矿山破坏土地采取生态恢复措施后，改善了土地生产利用条件，经生态恢复后成为林地，产出林木产品，提高土地使用价值，另一方面也减少土地资源的破坏范围。

### （三）存在问题

矿区西北侧终了边坡整体治理复绿效果良好，矿山现状未构建系统完善的截排水沟系统，矿业活动形成的边坡未进行防护措施的构筑，建议完善截排水沟系统和加强后期管护相关工作。

### （四）矿区生态修复经验总结以及效益分析

1、对矿区生态修复经验进行相关的分析和说明如下：

- （1）在露天采场周边修筑排水沟，防止雨水冲刷边坡，减少水土流失。
- （2）对露天采场边坡进行削坡和加固处理，防止发生崩塌/滑坡地质灾害。
- （3）对露天开采进行覆土回填，恢复原始地形地貌和生态植被。

(4) 在露天采场和其它空地大量种植树木、花草，美化矿区环境。

## 2、效益分析

矿区生态修复方案实施的目的在于控制项目区的新增水土流失，防止土壤大量流失，维护矿山开采建设安全运行，绿化、美化环境，恢复和重建矿山损毁的土地及植被，改善矿山开采后的生态环境，促进区域经济、环境的可持续发展。

## 八、矿区基本情况调查监测指标

根据上述矿区基础信息，本矿区基本情况调查指标见下表。

2-3 矿区开采前生态修复监测内容与监测指标表

监测对象	监测内容	监测指标	监测方法	监测值
矿山地质环境	地下水	含水层类型	DZ/T 0287	+
		地下水位		+
		地下水水温		+
		地下水水量		+
		井泉个数与排泄量		+
土地资源	土地利用现状	土地利用类型及面积	TD/T 1055 TD/T 1010	+
		土地利用面积		+
		永久基本农田面积		+
	耕地及永久基本农田	土壤质量	NY/T 1119	+
		配套设施		+
		生产力水平		+
生态系统	地表水	地表水面积	HJ 91.2	+
		地表水排泄		+
	生态系统格局	生态系统类型比例	GB/T 42340	+
		平均斑块面积		+
		边界密度		+
		聚集度指数		+
	生态状况调查	森林生态系统	GB/T 30363 HJ 1167	+
		草地生态系统	NY/T 2998 HJ 1168	+
		湿地生态系统	HJ 1169	+
		荒漠生态系统	HJ 1170	+
	生态系统服务	水源涵养量	HJ 1173 LY/T 2988	+
		防风固沙量		+
		土壤保持量		+

		生物多样性维护		+
		碳储量		+
	生态系统质量	生物量	GB/T 42340	+
		植被覆盖度		+
		生态系统质量综合指数		+

a 地下水质量指标包括：色、嗅和味、浑浊度、肉眼可见物、pH、总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、铁、锰、铜、锌、铝、挥发性酚类、阴离子表面活性剂、耗氧量、氨氮、硫化物、钠、总大肠杆菌群、菌落总数、亚硝酸盐、硝酸盐、氰化物、氟化物、碘化物、汞、砷、硒、镉、铬、铅、三氯甲烷、四氯化碳、苯、甲苯、总 α 放射物、总 β 放射物共 39 项地下水质量常规指标。

b 土壤污染项目包括：镉、铬、汞、砷、铅、铜、锌、镍、六六六总量、滴滴涕总量、苯并[a]芘。

c 土壤微量项目包括：铁、锰、硼、钼。

d 地表水环境质量指标：水温、pH 值、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量、五日化学需氧量、氨氮、总磷、总氮、铜、锌、氟化物、硒、砷、汞、镉、铬、（六价）铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群共 24 项地表水环境质量基本项目。

e 主要包括森林、灌丛、草地、湿地、农田、城镇、荒漠等生态系统类型。

2-4 矿区开采中生态修复监测内容与监测指标表

监测对象	监测内容	监测指标	监测方法	监测值
保护预防控制监测	保护措施	避让措施		+
		减缓措施		+
		文化保护		+
	预防控制措施	物种收集与保护		+
		表土剥离与保存		+
		地表沉陷减损		+
损毁现状与拟损毁监测	采空区塌陷	地表形变	DZ/T0287 DZ/T0388	+
		地下形变		+
		孔隙水压力		+
		土压力		+
		岩土体含水率		+
		初始塌陷值		+
		累计塌陷值		+
		裂缝发育		+
		地下水位		+
		降水量		+
	不稳定边坡	地表形变	+	
		地下形变	+	
		地下水位	+	
		降水量	+	
		岩土体含水率	+	
		孔隙水压力	+	
		土压力	+	
	地下水 (含水层、地下潜)	含水层破坏类型	+	
		地下水温	+	
		地下水位	+	

		水、开采目的层、疏干层)	地下水水量		+	
			抽排地下水量		+	
			综合利用量		+	
			疏干排水面积		+	
	土地资源损毁	挖损土地面积		乔木林地	TD/T 1049 TD/T 1055 TD/T 1031	+
				其他林地		+
				采矿用地		+
		压占土地面积		乔木林地		+
				采矿用地		+
		永久基本农田损毁		水田		+
	水浇地			+		
	生态系统破坏	生态用地损毁		湿地损毁面积	HJ 91.2	+
				林地损毁面积		+
				草地损毁面积		+
地表水			地表水面积变化	+		
			地表水排泄变化	+		
生态修复效果监测	地质环境治理	不稳定边坡	恢复治理率	DZ/T0287 DZ/T0388	+	
			采空区塌陷		复垦修复率	+
		地下水	地下水位		+	
			疏干排水面积恢复率		+	
		复垦修复土地(林地)	地形	GB/T 32740 GB/T 36393 GB/T 42489 NY/T 1119 TD/T 1010 TD/T 1049	+	
			配套设施		+	
			生产力水平		+	
			土地复垦率		+	
	生态系统恢复	地表水		地表水面积变化		+
				地表水排泄情况		+
		生态系统格局		生态系统类型比例	HJ 1171	+
				平均斑块面积		+
				边界密度		+
				聚集度指数		+
生态状况调查			森林生态系统	GB/T 30363 HJ 1167	+	
			草地生态系统		NY/T 2998 HJ 1168	+
	湿地生态系统		HJ 1169	+		
	荒漠生态系统		HJ 1170	+		
	生态系统服务		水源涵养量	HJ 1173 LY/T 2988	+	
			防风固沙量		+	
			土壤保持量		+	

			生物多样性维护	GB/T 42340	+
			碳储量		+
		生态系统质量	生物量		+
			植被覆盖度		+
			水质		+
			生态系统质量综合指数		+
<p>a 地下水质量指标包括：色、嗅和味、浑浊度、肉眼可见物、pH、总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、铁、锰、铜、锌、铝、挥发性酚类、阴离子表面活性剂、耗氧量、氨氮、硫化物、钠、总大肠杆菌群、菌落总数、亚硝酸盐、硝酸盐、氰化物、氟化物、碘化物、汞、砷、硒、镉、铬、铅、三氯甲烷、四氯化碳、苯、甲苯、总 <math>\alpha</math> 放射物、总 <math>\beta</math> 放射物共 39 项地下水质量常规指标。</p> <p>b 土壤污染项目包括：镉、铬、汞、砷、铅、铜、锌、镍、六六六总量、滴滴涕总量、苯并[a]芘。</p> <p>c 土壤微量项目包括：铁、锰、硼、钼。</p> <p>d 地表水环境质量指标：水温、pH 值、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量、五日化学需氧量、氨氮、总磷、总氮、铜、锌、氟化物、硒、砷、汞、镉、铬、（六价）铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群共 24 项地表水环境质量基本项目。</p> <p>e 主要包括森林、灌丛、草地、湿地、农田、城镇、荒漠等生态系统类型。</p>					

## 第三章 问题识别诊断及修复可行性分析

### 一、问题识别与受损预测

#### (一) 现状问题

##### 1、地质环境问题

##### (1) 不稳定地质体

根据现场调查以及收集资料分析，将已损毁范围分为三个单元进行问题识别，三个单元分别为：露天采场、工业场地、办公生活区。

按照《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112-2021）、《广东省地质灾害危险性评估实施细则（2025年修订版）》（广东省地质灾害防治协会，2025年9月）要求，地质灾害危险性评估的灾种主要包括崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地面沉降和地裂缝等，同时，对与矿山工程建设相关的其他灾害。

根据对露天采场、工业场地、办公生活区的现场地质灾害调查，现状条件下未见有崩塌、滑坡、泥石流等不良地质现象，自然地形较稳定。

因此，露天采场、工业场地、办公生活区不稳定地质体受损程度为轻度。

##### (2) 地形地貌景观破坏

根据现场调查，现状地形地貌景观破坏主要发生在露天采场、工业场地、办公生活区。

##### ①露天采场

露天采场位于矿区西部（I区），露天采场及其影响范围面积约11.1511hm<sup>2</sup>。采坑由2个开采台阶形成，较为规整。历史开采活动挖损土地，改变了原始地形地貌，造成不可逆转的破坏，对原生地形地貌景观影响和破坏程度大。旧露天采场未涉及各类自然保护地、人文景观、风景旅游区，附近无主要交通干线经过。采场对地形地貌景观破坏程度大，影响程度严重。因此，露天采场地形地貌景观受损程度为重度。

##### ②工业场地

现状工业场地位于矿区东部（II区）压覆矿体进行布置（后续矿山进行二期开采时，工业场地将迁移至矿区4号拐点东北面），经前期土地平整，现状工业场地及其影响范围面积约9.4218hm<sup>2</sup>。工业场地由临时堆土场、砂精矿堆场、洗砂场、沉砂池、配电房等组成。场地平整活动挖损土地，改变了原始地形地貌，且现状堆

土、砂精矿、加工设备及简易构筑物等压占土地。工业场地未涉及各类自然保护地、人文景观、风景旅游区，附近无主要交通干线经过。工业场地对地形地貌景观破坏程度较大，影响程度严重。因此，工业场地地形地貌景观受损程度为重度。

### ③办公生活区

现状办公生活区位于矿区现状工业场地中部，经前期土地平整，办公生活区及其影响范围面积约0.1818hm<sup>2</sup>。场地平整活动挖损土地，改变了原始地形地貌，且现状简易构筑物等压占土地。办公生活区未涉及各类自然保护地、人文景观、风景旅游区，附近无主要交通干线经过。办公生活区对地形地貌景观破坏程度中等，影响程度较严重。因此，办公生活区地形地貌景观受损程度为中度。

## (3) 含水层破坏

### ①露天采场

矿区地下水类型主要为松散岩类孔隙水一种类型，富水性强、透水性好。矿区因工程开挖形成采坑，矿山开采在空间上造成了含水层的局部缺失、中断或不连续，对区内地下水造成一定的疏干，以采矿坑底为基准、位于其标高以上的含水层受到破坏、其水量及厚度变小，破坏范围主要局限在采场所在局部独立的水文地质单元，影响范围有限，因此现状矿山开采对水资源的影响较轻。因此，现状矿山开采对含水层受损程度为中度。

### ②工业场地

现状工业场地区域未见对含水层结构造成明显破坏，位于地下水径流区下游，工业场地地下水含水层破坏危害程度为轻微。因此，工业场地地下水含水层受损程度为轻度。

### ③办公生活区

现状办公生活区区域未见对含水层结构造成明显破坏，位于地下水径流区下游，办公生活区地下水含水层破坏危害程度为轻微。因此，办公生活区地下水含水层受损程度为轻度。

## 2、土地资源问题

根据现场调查分析，现状已损毁区域内主要的土地资源问题为土地挖损及土地压占。

本方案对土地挖损、土地压占的问题识别判断以定量分析法为主，把土地损毁程度预测等级数确定为3级标准，分别为：轻度损毁、中度损毁、重度损毁。

本方案是根据本省类似工程的土地损毁因素调查情况，参考相关学科的经验数据，采用数学计算法进行评价及划分等级。具体做法是首先给每种损毁程度规定一个数值区间，重度损毁为 80~100 分，中度损毁为 40~80 分，轻度损毁为 20~40 分，然后采用乘法原理将因子权重与所占分值相乘，再对比所规定的损毁程度分值，得出某损毁土地单元的损毁程度。结合本矿实际选择评价因子分别为压占面积、堆放高度、砾石含量、土地污染程度、压占物、地表稳定性、挖掘面积、挖掘深度、挖掘地类等，见表 3-1、表 3-2。

表 3-1 压占损毁程度评价系统表

评价因子		压占面积	堆放高度	砾石含量	压占物	地表稳定性	土壤污染	
因子权重		0.24	0.12	0.12	0.21	0.18	0.13	
分值	80~100	重度	> 100hm <sup>2</sup>	> 30m	> 30%	矸石	不稳定	有毒
	40~80	中度	10~100hm <sup>2</sup>	10~30m	10~30%	砌体	稳定	一般
	20~40	轻度	< 10hm <sup>2</sup>	< 10m	< 10%	土壤	很稳定	轻度

表 3-2 挖损损毁程度评价系统表

评价因子			挖掘面积	挖掘深度	挖掘地类
因子权重			0.45	0.35	0.20
分值和损毁程度等级	80~100	重度	> 10hm <sup>2</sup>	> 5m	耕地
	40~80	中度	1~10hm <sup>2</sup>	2~5m	林地
	20~40	轻度	< 1hm <sup>2</sup>	< 2m	草地

根据现场调查，因工程开挖形成露天采场、工业场地、办公生活区等场地，已损毁范围内各单元土地利用现状地类如下：

表 3-3 现状已损毁土地面积统计表

名称	损毁土地面积 (hm <sup>2</sup> )	土地类型					损毁类型
		乔木林地	其他林地	其他草地	设施农用地	采矿用地	
露天采场	11.1511	0.2405	1.6866	-	-	9.2240	挖损
工业场地	9.4218	2.1496	-	0.0524	0.2023	7.0175	挖损、压占
办公生活区	0.1818	-	-	-	-	0.1818	挖损、压占
小计	20.7547	2.3901	1.6866	0.0524	0.2023	16.4233	

注：由于位于矿区东部Ⅱ区采场内的现状工业场地中存在拟损毁土地，故面积相比拟共损毁土地面积较小。现状工业场地相比后续开采设置工业场地面积更大，主要是因为现状工业场地位于Ⅱ区采场内，后续矿山进行Ⅱ区开采时，工业场地需进行拆除迁移至矿区4号拐点东北面。现状露天采场面积相比矿山采矿证面积变小主要原因为现状露天采场只开采形成了Ⅰ区采场，Ⅱ区采场现状还未进行开采，矿山现状在此区域设置了工业场地，露天采场最终拟共损毁面积见表3-8。

### (1) 土地挖损

根据现场调查，土地挖损问题主要存在于露天采场区域、工业场地区域及综

合服务区区域。

#### ①露天采场

露天采场区域共计挖损面积11.1511hm<sup>2</sup>，损毁地类为乔木林地、其他林地及采矿用地，挖掘深度>5m，结合矿山实际情况给评价因子赋分，并与其权重相乘： $0.45 \times 100 + 0.35 \times 100 + 0.20 \times 80 = 96$ ，则露天采场对土地挖损程度为重度。

#### ②工业场地

工业场地区域共计挖损面积9.4218hm<sup>2</sup>，损毁地类为乔木林地、其他草地、设施农用地及采矿用地，挖掘深度<2m，结合矿山实际情况给评价因子赋分，并与其权重相乘： $0.45 \times 100 + 0.35 \times 40 + 0.20 \times 80 = 75$ ，则工业场地对土地挖损程度为中度。

#### ③办公生活区

办公生活区区域共计挖损面积0.1818hm<sup>2</sup>，损毁地类为采矿用地，挖掘深度<2m，结合矿山实际情况给评价因子赋分，并与其权重相乘： $0.45 \times 40 + 0.35 \times 40 + 0.20 \times 80 = 48$ ，则办公生活区对土地挖损程度为中度。

### (2) 土地压占

土地压占问题主要存在于工业场地以及办公生活区区域。

#### ①工业场地

结合矿山实际情况给评价因子赋分，并与其权重相乘： $0.24 \times 80 + 0.12 \times 40 + 0.12 \times 40 + 0.21 \times 40 + 0.18 \times 40 + 0.13 \times 20 = 47$ ，则工业场地对土地压占程度为中度。

#### ②办公生活区

结合矿山实际情况给评价因子赋分，并与其权重相乘： $0.24 \times 20 + 0.12 \times 20 + 0.12 \times 80 + 0.21 \times 80 + 0.18 \times 40 + 0.13 \times 20 = 43.4$ ，则办公生活区对土地压占程度为中度。

### 3、生态受损与退化问题

#### (1) 植被损毁

##### ①露天采场

开采生产活动损毁露天采场的原始植被，植被以桉树、相思树为主，次为灌木丛、杂草，使得该区域的植被指数偏低，对局部植物多样性有一定影响，植被损毁程度为重度。

##### ②工业场地

开采生产活动损毁工业场地的原始植被，植被以桉树、相思树为主，次为灌木丛、杂草，使得该区域的植被指数偏低，对局部植物多样性有一定影响，植被损毁程度为重度。

### ③办公生活区

开采生产活动损毁办公生活区的原始植被，植被以桉树、相思树为主，次为灌木丛、杂草，使得该区域的植被指数偏低，但经湛江德通投资有限公司对办公生活区空闲区域进行土地复垦工作，现状办公生活区的植被覆盖度得到提升，植被损毁程度为中度。

## (2) 土壤污染现状

本矿床矿物主要是建筑用砂，矿石不存在金属蚀变，矿石及废弃物不易分解出有害组分，矿坑排水废水不含有毒有害物质，经过沉砂池合理处理后可达到排放标准，对附近土壤环境造成污染较小。

野外调查期间，广东中勘地质环境咨询有限公司对项目区内进行土壤样采集，本次在矿区范围内依地势设1个采样区域，每个区域设置5个采样点。为确保土壤样本的准确性，在采样过程中采用了“梅花法”取样法，取样时将2~3cm表土杂物刮去，用小铲垂直入土30~40cm取土，每个采样点取土深度、质量尽量一致。每个采样区域5点混合后形成1个土壤样本，采用四分法将0.5~1kg土样（干燥土壤的重量）放入密封袋保存，共采集1个土壤样本。并送至广东中科英睿检测技术有限公司进行检测，检测因子主要有pH、Pb、As、Zn、Cd、Cu、Ni等。根据广东中科英睿检测技术有限公司出具的土壤检测报告（见附件）所示，对照《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）分析，结果显示土壤中有毒成份均未超过风险筛选值（表3-1）。检测结果显示各项监测数据均能达到《土壤环境质量标准 GB15618-1995》三级标准的要求。现状条件下矿业活动对土壤污染的影响为较轻。土壤受损程度为轻度。

表 3-4 土壤分析结果

检测项目	单位	检测结果	标准限值
pH	无单位	6.44	$5.5 < \text{pH} \leq 6.5$
有机质	g/kg	10.19	-
总汞Hg	mg/kg	0.053	$\leq 1.8$
总镉Cd	mg/kg	ND	$\leq 0.3$
总砷As	mg/kg	6.54	$\leq 40$
总铅Pb	mg/kg	ND	$\leq 90$
总铬Cr	mg/kg	ND	$\leq 150$
总铜Cu	mg/kg	5	$\leq 50$
总镍Ni	mg/kg	8	$\leq 70$
总锌Zn	mg/kg	19	$\leq 200$
土壤容重	g/cm <sup>3</sup>	1.25	-



图 3-1 取样点分布图



图 3-2 土壤检测取土图



图 3-3 土壤剖面图

### (3) 水资源污染现状

野外调查期间，广东中勘地质环境咨询有限公司对项目区内进行水样采集，并送至广东中科英睿检测技术有限公司进行检测，检测因子主要有 pH、Pb、Cr6+、Cd、Cu、Zn、As、Hg、总氰化物等。根据广东中科英睿检测技术有限公司出具的水样检测报告（见附件）所示，各项指标符合《环境影响评价技术导则+地表水环境 HJ2.3-2018》和《地表水环境质量标准 GB3838-2002》中各指标的限值判定，矿山地表水各类指标均符合 I 类水域标准。评价结果表明矿区周边水质较好，所检测的各项目均未出现超标，水质各项监测指标均能达标排放。

本矿床矿物主要是建筑用砂，矿石及废弃物不易分解出有害组分，不会对矿区下游水质造成污染，对水资源污染较轻。水资源受损程度为轻度。

表 3-4 水质分析结果

项目 (mg/L)	检测结果	评价结果
pH 值 (无量纲)	6.4	/
氰化物	ND	I 类 ( $\leq 0.005$ )
镉 (Cd)	ND	I 类 ( $\leq 0.001$ )
汞 (Hg)	ND	I 类 ( $\leq 0.00005$ )
砷 (As)	ND	I 类 ( $\leq 0.05$ )
铅 (Pb)	ND	I 类 ( $\leq 0.01$ )
六价铬 (Cr6+)	ND	I 类 ( $\leq 0.01$ )
铜 (Cu)	ND	I 类 ( $\leq 0.01$ )
锌 (Zn)	0.064	I 类 ( $\leq 0.05$ )

注：结果含“ND”表示低于该方法检出限。

## (二) 受损预测

### 1、地质环境问题

#### (1) 不稳定地质体

经调查，现状条件下未见有崩塌、滑坡、泥石流等不良地质现象。根据《开采方案》设计和矿山露天开采的特点，根据地质环境条件，结合矿山开采的工程布局、开采方式等。矿山上部覆盖层较为松散，为砂质粘土，在雨水冲刷浸润和重力作用下，容易使岩土体失稳而产生崩塌、滑坡。预测矿山开采过程或完工后容易引发崩塌/滑坡的地段有露天采场边坡及工业场地边坡。地质灾害危害程度及危险性分级参照表 3-5、3-6。

表 3-5 地质灾害危害程度分级表

危害程度	灾情		险情	
	死亡人数 (人)	直接经济损失 (万元)	受威胁人数 (人)	可能直接经济损失 (万元)
强	≥10	≥500	≥100	≥500
中等	3<~<10	100<~<500	10<~<100	100<~<500
弱	≤3	≤100	≤10	≤100

表 3-6 地质灾害危险性分级表

危害程度	发育程度		
	强	中等	弱
强	危险性大	危险性大	危险性中等
中等	危险性大	危险性中等	危险性中等
弱	危险性中等	危险性小	危险性小

①露天采场边坡稳定性评价

根据《开采方案》及现场调查，矿区土质边坡主要为第四系松散层，自上而下可分为第四系北海组粉质粘土层和第四系湛江组中、细砂层及砂质粘土层。

北海组分布于整个矿区，厚 3.4~9.3m，是采矿时必须剥离的土层，该层强度较低，工程地质稳定性较差。

湛江组是矿区的主要矿体，呈层状产出，连续性较好，厚度 20.8~26.6m，结构松散，强度较低，工程地质稳定性差。

设计台阶高度≤10m，台阶坡面角30°。

本报告在进行边坡工程稳定性验算时，所采用岩土物理力学参数均来自用其他类似矿区岩土物理力学参数经验数据或岩土工程手册等相关资料，见表 3-7。

表 3-5 边坡稳定性计算参数表

层号	岩土名称	自重+降雨作用下					
		重度 $\gamma$		粘聚力 $c$		内摩擦角 $\varphi$	
		KN/m <sup>3</sup>		KPa		°	
		天然	饱和	天然	饱和	天然	饱和
1	粉砂质粘土	16.9	18.7	15.0	12.4	19.8	9.8
2	砂层	18.0	19.0	17.0	12.6	15.0	10.5

备注：本表采用其他类似矿区岩土物理力学参数经验数据。

土质边坡稳定性的定量评价：

现采用《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330-2013)推荐的 Bishop 法对露天采场土质边坡的稳定性进行分析。本次分析考虑土体在降雨过后处于饱和状态下坡面不作任何支护及护理的极端情况，以此条件分析土质边坡的稳定性。

根据边坡稳定性系数计算公式：

$$K_s = \frac{\sum (G_i \cos \theta_i) \operatorname{tg} \varphi_i + c_i l_i}{\sum G_i \sin \theta_i} \quad (\text{式 3-1})$$

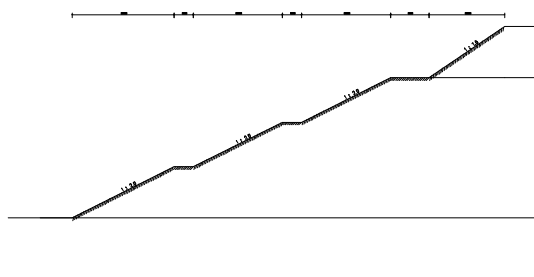
式中， $K_s$ 、 $G_i$ 、 $\theta_i$ 、 $c_i$ 、 $\varphi_i$ 、及  $l_i$  分别表示边坡稳定性系数、第  $i$  块滑块的自重、滑动块体的底面倾角、滑动面土体的内聚力和内摩擦角以及滑面长度。

采用理正岩土工程设计软件（6.0 版本）对上述土质边坡按正常状态下和暴雨状态下两种情况进行边坡稳定性系数计算，计算过程如下：

表 3-7 边坡稳定安全系数表

稳定性	稳定	滑坡稳定系数 $K \geq 1.15$
	基本稳定	滑坡稳定系数 $1.05 \leq K < 1.15$
	较不稳定	滑坡稳定系数 $1.00 \leq K < 1.05$
	不稳定	滑坡稳定系数 $K < 1.00$

（边坡天然状态下计算简图）



[控制参数]：

采用规范： 通用方法  
 计算目标： 安全系数计算  
 滑裂面形状： 圆弧滑动法  
 不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 7

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	16.000	8.000	0
2	3.000	0.000	0
3	14.000	7.000	0
4	3.000	0.000	0
5	14.000	7.000	0
6	6.000	0.000	0
7	11.850	8.000	0

[土层信息]

上部土层数 2

层号	层厚(m)	重度(kN/m <sup>3</sup> )	饱和重度(kN/m <sup>3</sup> )	孔隙水压力系数
1	22.000	18.000	19.000	---
2	8.000	16.900	18.700	---

层号	粘聚力(kPa)	内摩擦角(度)	水下粘聚力(kPa)	水下内摩擦角(度)
1	17.000	15.000	12.600	10.500
2	15.000	9.800	12.400	9.800

下部土层数 1

层号	层厚 (m)	重度 (kN/m <sup>3</sup> )	饱和重度 (kN/m <sup>3</sup> )	孔隙水压力系数
1	10.000	18.000	19.000	---
层号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚力 (kPa)	水下内摩擦角 (度)
1	17.000	15.000	12.600	10.500

不考虑水的作用

[计算条件]

圆弧稳定分析方法: Bishop 法

土条重切向分力与滑动方向反向时: 当下滑力对待

稳定计算目标: 自动搜索最危险滑裂面

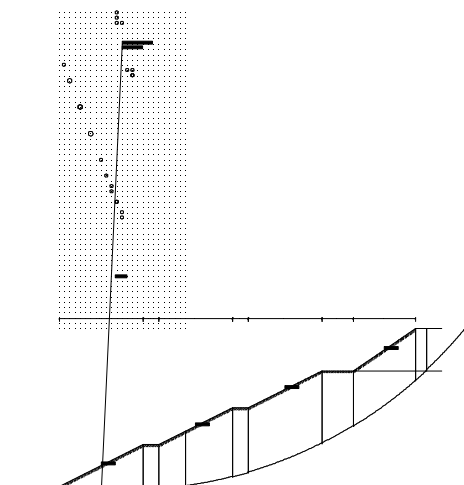
条分法的土条宽度: 1.000 (m)

搜索时的圆心步长: 1.000 (m)

搜索时的半径步长: 1.000 (m)

计算结果:

[计算结果图]



最不利滑动面:

滑动圆心 = (12.000, 84.000) (m)

滑动半径 = 84.853 (m)

**滑动安全系数 = 1.085**

总的下滑力 = 4412.898 (kN)

总的抗滑力 = 4788.989 (kN)

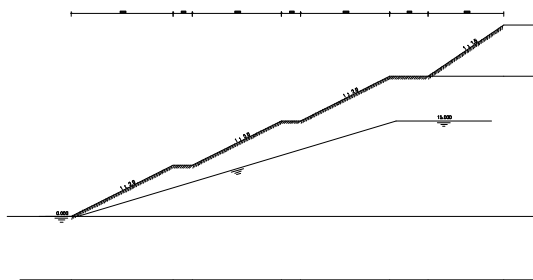
土体部分下滑力 = 4412.898 (kN)

土体部分抗滑力 = 4788.989 (kN)

筋带在滑弧切向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)

筋带在滑弧法向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)

(边坡暴雨状态下计算简图)



[控制参数]:

采用规范: 通用方法  
 计算目标: 安全系数计算  
 滑裂面形状: 圆弧滑动法  
 不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 7

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	16.000	8.000	0
2	3.000	0.000	0
3	14.000	7.000	0
4	3.000	0.000	0
5	14.000	7.000	0
6	6.000	0.000	0
7	11.850	8.000	0

[土层信息]

上部土层数 2

层号	层厚(m)	重度(kN/m <sup>3</sup> )	饱和重度(kN/m <sup>3</sup> )	孔隙水压力系数
1	22.000	18.000	19.000	---
2	8.000	16.900	18.700	---

层号	粘聚力(kPa)	内摩擦角(度)	水下粘聚力(kPa)	水下内摩擦角(度)
1	17.000	15.000	12.600	10.500
2	15.000	9.800	12.400	9.800

下部土层数 1

层号	层厚(m)	重度(kN/m <sup>3</sup> )	饱和重度(kN/m <sup>3</sup> )	孔隙水压力系数
1	10.000	18.000	19.000	---

层号	粘聚力(kPa)	内摩擦角(度)	水下粘聚力(kPa)	水下内摩擦角(度)
1	17.000	15.000	12.600	10.500

[水面信息]

采用总应力法  
 考虑渗透力作用  
 不考虑边坡外侧静水压力  
 水面线段数 1 水面线起始点坐标: (1.000, 0.000)

水面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)
1	50.000	15.000

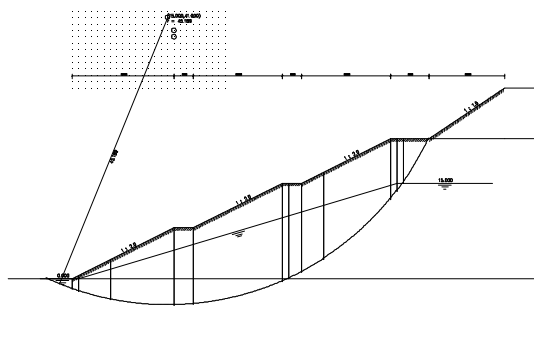
[计算条件]

圆弧稳定分析方法: Bishop 法  
 土条重切向分力与滑动方向反向时: 当下滑力对待

稳定计算目标：自动搜索最危险滑裂面  
 条分法的土条宽度：1.000(m)  
 搜索时的圆心步长：1.000(m)  
 搜索时的半径步长：1.000(m)

计算结果：

[计算结果图]



最不利滑动面：

滑动圆心 = (15.000, 41.000) (m)  
 滑动半径 = 45.189 (m)  
**滑动安全系数 = 0.848**  
 总的下滑力 = 4595.056 (kN)  
 总的抗滑力 = 2977.842 (kN)  
 土体部分下滑力 = 4595.056 (kN)  
 土体部分抗滑力 = 2977.842 (kN)  
 筋带在滑弧切向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)  
 筋带在滑弧法向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)

计算结果表明，矿区土质边坡在正常工况条件下，边坡滑动安全系数为 1.085 ( $1.05 \leq K < 1.15$ )，处于基本稳定状态；在暴雨工况条件下，边坡滑动安全系数为 0.848 ( $K < 1.00$ )，处于不稳定状态。在矿山治理复垦工作完成前，在强降雨浸润及冲刷侵蚀作用下，潜在发生滑坡灾害的可能性。预测边坡引发崩塌/滑坡的可能性中等，其危害对象为工作人员与设备，受威胁人数约 10 人，可能造成直接经济损失约 500 万元，危害程度中等，危险性中等，露天采场土质边坡引发的崩塌/滑坡地质灾害对矿山地质环境影响较严重。不稳定地质体受损程度为重度。

## ②工业场地边坡稳定性评价

工业用地和办公区等地段地形较平坦开阔，没发现有高陡边坡发育。边坡高度一般小于 2.0m，且坡度一般小于 5°。但该区域植被发育较差，在降雨及地表径流冲刷侵蚀作用下，会发生轻微水土流失。预测发生地质灾害的可能性小，危害程度弱，对矿山地质环境的影响较轻。不稳定地质体受损程度为轻度。

## (2) 地形地貌景观破坏

根据《开采方案》，预测地形地貌景观破坏主要发生在露天采场、工业场地、

办公生活区。

#### ①露天采场

根据《开采方案》，露天采场地形地貌破坏面积 18.8051hm<sup>2</sup>。开采标高为 +22m~-9m，开采将形成4个主要生产台阶，台阶标高自上而下为：+13m、+6m、-1m、-9m。开采活动将挖损土地，改变原始地形地貌，造成不可逆转的破坏，对原生地形地貌景观影响和破坏程度大。露天采场不涉及各类自然保护地、人文景观、风景旅游区，附近无主要交通干线经过。采场对地形地貌景观破坏程度大，影响程度严重。因此，露天采场地形地貌景观受损程度为重度。

#### ②工业场地

工业场地位于设置在矿区4号拐点东北面平缓地带，设有洗矿车间、砂精矿堆场、沉砂池及配电房等，工业场地地形地貌破坏面积2.4175hm<sup>2</sup>。工业场地由临时堆土场、砂精矿堆场、洗砂场、沉砂池、配电房等组成。工业场地将挖损和压占土地。工业场地未涉及各类自然保护地、人文景观、风景旅游区，附近无主要交通干线经过。工业场地对地形地貌景观破坏程度中等，影响程度较严重。因此，工业场地地形地貌景观受损程度为中度。

#### ③办公生活区

办公生活区布置矿区3、4号拐点处东北面，分办公区和生活区，地面标高约 +16m，办公生活区地形地貌破坏面积0.0530hm<sup>2</sup>。办公生活区挖损和压占土地。办公生活区未涉及各类自然保护地、人文景观、风景旅游区，附近无主要交通干线经过。办公生活区对地形地貌景观破坏程度中等，影响程度较严重。因此，办公生活区地形地貌景观受损程度为中度。

### (3) 含水层破坏

#### ①露天采场

根据《开采方案》，露天采场开采深度自 22m 至 -9.0 m，低于最低侵蚀基准面 +8m 以下，为凹陷露天开采。矿山开采对矿区地下含水层有局部破坏。并改变了区域地下水的局部补径排路径。但对区域地下水含水层破坏面积较小，破坏范围主要局限在采场所在局部独立的水文地质单元，影响范围有限。因此，矿山开采现状对矿区含水层影响程度中等，露天采场对含水层破坏危害程度为较严重。因此，预测露天采场地下水含水层受损程度为中度。

#### ②工业场地

根据《开采方案》，工业场地地面标高约+15m，开挖平整活动位于最低侵蚀基准面（+8m）以上。位于地下水径流区下游，工业场地地下水含水层破坏危害程度为轻微。因此，工业场地对含水层受损程度为轻度。

### ③办公生活区

根据《开采方案》，办公生活区地面标高约+16m，开挖平整活动位于最低侵蚀基准面（+8m）以上。位于地下水径流区下游，办公生活区地下水含水层破坏危害程度为轻微。因此，办公生活区地下水含水层受损程度为轻度。

## 2、土地资源问题

在未来的采矿活动过程中，预测可能产生的土地资源问题为土地挖损及土地压占。结合本矿实际，土地挖损选择判断因子分别为土地类型、挖损面积、挖掘深度等，土地压占选择判断因子为压占面积、堆放高度、砾石含量、土地污染程度、压占物、地表稳定性等。判断指标见表 3-1、表 3-2。

根据开采方案终了布置，采矿权范围及采矿活动影响范围内，各单元土地利用现状地类如下：

表 3-8 损毁范围内各单元土地利用现状表

名称	损毁土地面积 (hm <sup>2</sup> )	土地类型					损毁类型
		乔木林地	其他林地	其他草地	设施农用地	采矿用地	
露天采场	18.8051	2.4522	1.6866	-	-	14.6663	挖损
工业场地	2.4175	0.3651	-	0.0524	0.2023	1.7977	挖损、压占
办公生活区	0.0530	0.0118	-	-	-	0.0412	挖损、压占
小计	21.2756	2.8291	1.6866	0.0524	0.2023	16.5052	

### (1) 土地挖损

#### ①露天采场

露天采场区域预测共挖损面积18.8051hm<sup>2</sup>，损毁地类为乔木林地、其他林地、采矿用地，挖掘深度>5m，结合矿山实际情况给评价因子赋分，并与其权重相乘： $0.45 \times 100 + 0.35 \times 100 + 0.20 \times 80 = 96$ ，则露天采场对土地挖损程度为重度。

#### ②工业场地

工业场地区域预测共挖损面积2.4175hm<sup>2</sup>，损毁地类为乔木林地、其他草地、设施农用地及采矿用地，挖掘深度<2m，结合矿山实际情况给评价因子赋分，并与其权重相乘： $0.45 \times 60 + 0.35 \times 40 + 0.20 \times 80 = 57$ ，则工业场地对土地挖损程度为中度。

#### ③办公生活区

办公生活区区域预测共挖损面积 $0.0530\text{hm}^2$ ，损毁地类为乔木林地及采矿用地，挖掘深度 $< 2\text{m}$ ，结合矿山实际情况给评价因子赋分，并与其权重相乘： $0.45\times 40+0.35\times 40+0.20\times 80=48$ ，则办公生活区对土地挖损程度为中度。

## (2) 土地压占

### ①工业场地

结合矿山实际情况给评价因子赋分，并与其权重相乘： $0.24\times 40+0.12\times 40+0.12\times 40+0.21\times 80+0.18\times 40+0.13\times 20=45.8$ ，则工业场地对土地压占程度为中度。

### ②办公生活区

结合矿山实际情况给评价因子赋分，并与其权重相乘： $0.24\times 20+0.12\times 20+0.12\times 80+0.21\times 80+0.18\times 40+0.13\times 20=43.4$ ，则办公生活区对土地压占程度为中度。

## 3、生态受损与退化问题

### (1) 植被损毁

根据《开采方案》，预测植被损毁问题主要存在于露天采场、工业场地、办公生活区，植被损毁率将达到100%，植被损毁程度为重度。

### (2) 土壤污染预测

后续无需进行选矿等产生污染的矿业活动。露天采场后续剥离的覆盖层及开采的矿石无毒、无有害物质；采矿矿业活动和生活等产生的废水中含有害组分少。预测后续矿业活动不会对土地资源造成污染。对土壤污染的影响为较轻。土壤受损程度为轻度。

### (3) 水资源污染预测

露天采场内水沟自流至场外经沉淀后排放，对矿山的地表水造成污染小。矿石不存在较强烈的金属矿化现象；人类工程活动和生活活动等对水土资源环境污染小，粉尘以及废气中含有害组分小。地表径流通过沉砂、澄清后排放；矿山产生废水经沉淀、澄清后排放。定期对各类机械（如矿山机械、生产设备、机动车、泵阀等）进行全面检修，重点检查密封件、输油管道、油箱等易泄漏部位，及时更换老化、破损部件，杜绝“跑冒滴漏”现象；对于矿山露天作业设备，需增加检修频次，避免油污随雨水冲刷进入地表水体或渗入地下水。在机械作业区域（如车间、维修场地、矿山作业面、加油站、油库）铺设防渗层，采用 HDPE 防渗膜，

防止油污渗入土壤，进而污染地下水。预测矿山的生产开采活动基本上不会对附近地表水体造成污染，对水资源污染的影响为较轻，水资源受损程度为轻度。

#### 4、损毁土地预测及分析

##### (1) 已损毁土地重复损毁的可能性分析

根据矿山开采建设进度，矿山现状已损毁区域面积较大，采矿许可证范围内矿体大部分在最低开采标高以上，未来露天采场会进一步开采深部矿体，开采过程中存在重复损毁，未来重复损毁的区域主要为露天采场开采区，损毁程度为重度。

##### (2) 拟损毁土地预测

根据开发方案，预测随着矿业活动的进一步推进，拟损毁的土地主要为露天采场、工业场地，总面积 0.4082hm<sup>2</sup>。分述如下：

##### ①露天采场拟损毁土地

根据开采方案，露天采场开采后，最终形成13m、6m、-1m、-9m等台阶。根据统计，露天采场损毁土地面积共18.8051hm<sup>2</sup>，露天采场土地现状基本已经破坏剥离完毕，其中已损毁土地面积为18.6961hm<sup>2</sup>，拟损毁土地面积为0.1090hm<sup>2</sup>，拟损毁地类为乔木林地。

##### ②工业场地拟损毁土地

根据统计，工业场地损毁土地面积共2.4175hm<sup>2</sup>，其中已损毁土地面积为2.0056hm<sup>2</sup>，拟损毁土地面积为0.4119hm<sup>2</sup>，拟损毁地类为乔木林地及采矿用地。

表 3-9 拟损毁土地面积统计表

名称	拟损毁土地面积 (hm <sup>2</sup> )	土地类型	
		乔木林地	采矿用地
露天采场	0.1090	0.1090	
工业场地	0.4119	0.3300	0.0819
小计	0.5209	0.4390	0.0819

#### 5、生态修复区与修复责任范围

依据该矿山的实际用地情况，确定土地复垦区即终了矿山损毁土地的区域为露天采场、工业场地、办公生活区，其面积为 21.2756hm<sup>2</sup>；该项目结束后，不存在永久性建设用地，故复垦责任范围与复垦区相同，因此，复垦责任范围面积为 21.2756hm<sup>2</sup>，见表 3-10。

表 3-10 复垦区与复垦责任范围土地面积统计表

区域	面积 (hm <sup>2</sup> )	损毁方式	损毁程度
露天采场	18.8051	挖损	重度
工业场地	2.4175	挖损、压占	中度
办公生活区	0.0530	挖损、压占	中度
总计	21.2756		

(三) 问题诊断评价结论

1、现状诊断评价结果

前述对对现状的露天采场、工业场地、办公生活区等3个单元进行了地质环境问题、土地资源问题和生态问题进行识别判断，评价结果如下：

表 3-11 现状损毁程度综合评价表

序号	问题类型		现状受损状况			综合评价结果
			范围	面积	损毁程度	
受损区块 1	地质环境问题	不稳定地质体	露天采场	11.1511hm <sup>2</sup>	轻度	重度
		地形地貌景观破坏			重度	
		含水层破坏			中度	
	土地损毁	土地挖损			重度	
		土地压占			/	
	生态受损与退化	水质污染			轻度	
		土壤污染			轻度	
		植被损毁			重度	
受损区块 2	地质环境问题	不稳定地质体	工业场地	9.4218hm <sup>2</sup>	轻度	重度
		地形地貌景观破坏			重度	
		含水层破坏			轻度	
	土地损毁	土地挖损			中度	
		土地压占			中度	
	生态受损与退化	水质污染			轻度	
		土壤污染			轻度	
		植被损毁			重度	
受损区块 3	地质环境问题	不稳定地质体	办公生活区	0.1818hm <sup>2</sup>	轻度	中度
		地形地貌景观破坏			中度	
		含水层破坏			轻度	
	土地损毁	土地挖损			中度	
		土地压占			中度	
	生态受损与退化	水质污染			轻度	
		土壤污染			轻度	
		植被损毁			中度	

2、预测诊断评价结果

前述将预测损毁的采矿权范围及采矿活动影响范围内的露天采场、工业场地、办公生活区等3个单元的地质环境问题、土地资源问题和生态问题进行识别判断，评价结果如下：

表 3-12 预测损毁程度综合评价表

序号	问题类型		预测受损状况			综合评价结果
			范围	面积	损毁程度	
受损区块 1	地质环境问题	不稳定地质体	露天采场	18.8051hm <sup>2</sup>	重度	重度
		地形地貌景观破坏			重度	
		含水层破坏			中度	
	土地损毁	土地挖损			重度	
		土地压占			/	
	生态受损与退化	水质污染			轻度	
		土壤污染			轻度	
		植被损毁			重度	
受损区块 2	地质环境问题	不稳定地质体	工业场地	2.4175hm <sup>2</sup>	轻度	重度
		地形地貌景观破坏			中度	
		含水层破坏			轻度	
	土地损毁	土地挖损			中度	
		土地压占			中度	
	生态受损与退化	水质污染			轻度	
		土壤污染			轻度	
		植被损毁			重度	
受损区块 3	地质环境问题	不稳定地质体	办公生活区	0.0530hm <sup>2</sup>	轻度	重度
		地形地貌景观破坏			中度	
		含水层破坏			轻度	
	土地损毁	土地挖损			中度	
		土地压占			中度	
	生态受损与退化	水质污染			轻度	
		土壤污染			轻度	
		植被损毁			重度	

### 3、综合诊断评价结果

根据现状评估与预测诊断评价结果，本矿山综合评价结果如下：

表 3-13 矿区损毁程度综合评价表

序号	问题类型	现状及预测受损状况			综合评价结果
		范围	面积	损毁程度	
受损区块 1	地质环境问题	露天采场	18.8051hm <sup>2</sup>	重度	重度
	土地损毁			重度	
	生态受损与退化			重度	
受损区块 2	地质环境问题	工业场地	2.4175hm <sup>2</sup>	中度	重度
	土地损毁			中度	
	生态受损与退化			重度	
受损区块 3	地质环境问题	办公生活区	0.0530hm <sup>2</sup>	中度	重度
	土地损毁			中度	
	生态受损与退化			重度	

## 二、生态修复可行性分析

### (一) 技术经济可行性分析

#### 1、技术可行性分析

本矿山生态修复拟所采用的预防、工程、监测等措施均为较为常规成熟的技术，均有国家规范标准所约束，且在国内类似矿山均已得到验证，具有相当高的可行性、可靠性和有效性；加之，本矿山施工场地充足，施工过程不受其他因素所干扰，只要稍加开拓即可满足施工作业条件。

#### (1) 矿山地质灾害预防技术可行性分析

现状矿山地质灾害不发育，预测未来矿山地质灾害主要为崩塌、滑坡。

本矿区的主要致灾因素为极端强降雨、开挖边坡、堆放边坡，预测发生地质灾害的位置为露天采场，故需各场地对主要致灾因素进行技术处理可达到预防效果。

矿山形成开挖边坡的预防：开采需严格按照相关边坡参数设计的进行采矿活动，控制好露天采场台阶高度及帮坡角度；

极端强降雨的预防：在露天采场外围进行地表汇水的截流，内部汇水进行及时的排泄，矿山开采全程进行地质灾害的监测。

矿山规范开采的设计和施工方面存在一定的难度，但各场地及截排水工程的建设是当前较成熟和广泛推广的一项技术。

#### (2) 含水层破坏预防技术可行性分析

现状含水层破坏较严重，预测未来含水层破坏主要因素为露天采场。故需在场地对主要因素进行技术处理可达到预防效果。

矿山大面积开挖的预防：开采需严格在批复的矿区范围进行采矿活动；

极端强降雨的预防：在场地地表水排泄进行规范份沉砂处理，矿山开采全程进行含水层破坏的监测。

沉砂池设计和施工方面存在一定的难度，但沉砂工程构筑是当前较成熟和广泛推广的一项技术。

### （3）地形地貌景观破坏预防技术可行性分析

预测未来将对现状地形地貌景观遭到破坏。本矿区的主要破坏方式为地表开挖，根据开采方式及范围的设计，预测发生地形地貌景观加剧的位置为露天采场及矿山功能区，故需对破坏范围进行严格限定（开采方案设计的场地）。

破坏范围进行严格限定措施：矿山开采全程进行地形地貌景观破坏的监测。

矿山地形地貌景观破坏监测（包括人工巡视、卫片比对等）是当前较成熟和广泛推广的一项技术。

### （4）水土环境污染预防技术可行性分析

现状水土环境未发生污染，预测未来矿山发生水土污染的可能性小。

虽水土环境污染的可能性小，但矿山开采全程需进行监测。

矿山水土环境污染监测（包括人工巡查、取样化验等）是当前较成熟和广泛推广的一项技术。

综述，矿山地质环境保护技术完全可行。

## 2、经济可行性分析

矿山地质环境治理工程的实施，将会使矿山地质环境得到改善。根据“谁开发谁保护，谁破坏谁治理”的责任原则，是法律明确基本规定的责任和义务，本矿山企业作为治责任人，矿山生态修复总投资为 311.22 万元，企业的年总税后利润为 902.40 万元，矿山从经济上可保证矿山生态修复可行性，矿山生态修复投资费用由矿山企业全部承担。

根据《开采方案》，本矿的生产年限为 14 年，矿山生产规模 18 万 m<sup>3</sup>/a 建筑用砂岩矿，矿山估算总投资为 4899.91 万元，年销售收入为 1780.4 万元，企业年总生产费用为 936 万元，企业的年税前利润为 610 万元，企业的投资利税率为 17%，利润为 457.5 万元左右，投资利润率为 9%，静态投资回收期为 10.7 年，说明该项目在经济上是可行的。

综述，矿山地质环境治理，经济完全可行。

## （二）目标方向可行性分析

### 1、复垦修复适宜性评价

#### （1）适宜性评价单元类型划分

评价单元是土地适宜性评价的基本单元，是评价的具体对象。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，都是通过评价单元及其组合状况来反映的。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。

土地适宜性评价单元类型是评价的基本单元，同一评价单元类型内的土地特征及复垦利用方向和改良途径应基本一致。依据项目建设方案和损毁情况，按损毁土地的特征和损毁程度划分土地复垦适宜性评价单元。

#### （2）评价因子及评价标准

参评因素应选择那些对土地利用影响明显而相对稳定的因素，以便能通过因素指标值的变动决定土地的适宜状况。

通过将参评因素状态值对农、林、草（牧）的影响状况及改良程度的难易与《中国 1: 100 万土地资源图》对因子等级划分指标相对应作对比研究，基本吻合，故以《中国 1: 100 万土地资源图》等级划分标准作参照，进一步对项目区特有的对土地适宜性影响明显的因子进行等级划分，得出土地适宜性评价各参评因素的分级指标和对农林牧适宜性的等级标准。

根据矿区所在区域自然环境特征、结合矿区土地损毁特点、土地类型等有关指标，参阅有关矿区损毁土地适宜性评价和复垦经验，本方案土地适宜性评价限制因子选取主要考虑以下几个方面指标：土壤侵蚀、地形坡度、土壤质地、有效土层厚度、土壤容重、砾石含量、酸碱度、有机质含量、排灌条件组成。适宜性评价限制因素分级标准见表 3-14。

表 3-14 待复垦土地主要限制因素农林牧评价等级标准一览表

限制因素及分级指标	耕地评价	林地评价	草地评价
地形坡度 (°)			
<3	1	1	1
4-7	2	1	1
8-15	3	1	1
16-25	不或 3	2 或 1	2 或 1
25-35	不	2	2
>35	不	2 或 3	2 或 3
土壤质地			
壤土	1	-	-
粘土、砂壤土	2	-	-
重粘土、砂土	3	-	-
砾质、砂质	不	3	2 或 3
有效土层厚度 (cm)			
>80	1	1	1
79-50	2	1	1
49-30	3	1	1
29-10	不	2	2
<10	不	3	3
土壤容重 (g/cm <sup>3</sup> )			
<0.90	不	不	不
0.90~1.05	不	3	3
1.05~1.20	1	-	-
1.20~1.40	2	-	-
>1.40	不	3	3
砾石含量 (%)			
<5	1	1	1
5~9	2	2	2
10~25	3	2	2
>25	不	3	3
酸碱度 (pH 值)			
5.0~6.5	2	2	2
6.5~7.5	1	1	1
7.5~8.0	2	2	2
有机质含量 (%)			
<1.0	3	3	3
1.0~1.5	2	1	1
>1.5	1	1	1
水文与排水条件			
不淹没或偶然淹没、排水条件好	1	1	1
季节性短期淹没、排水条件较好	2	2	2
季节性长期淹没、排水条件较差	3	3	3
长期淹没、排水条件很差	不	不	不
灌溉条件			
旱作较稳定或有稳定条件的半干旱土地	1	1	1
灌溉水源保证差、旱作不稳定的半干旱土地	2	2	2
无灌溉水源保证、旱作不稳定的半干旱土地	3 或 2	3	3

注：1：适宜、2：较适宜、3：勉强适宜、不：不适宜、-：忽略。

### (3) 土地复垦评价单元特征及等级评价

根据《矿产资源开发利用方案》设计，矿山开采结束后，待复垦土地评价单元特征见表 3-15。

表 3-15 待复垦土地参评单元土地性质

评价单元	影响因子								
	坡度 (°)	地表组成物质	有效土层厚度 (cm)	土壤容重 (g/cm <sup>3</sup> )	砾石含量 (%)	酸碱度 (pH 值)	有机质含量 (%)	水文与排水条件	水分条件
露天采场 +13m 以下台阶	25~35	砂土	<10	1.20~1.40	5~9	6.5	1.0	长期淹没、排水条件很差	旱作较稳定或有稳定条件的半干旱土地
露天采场 +13m 以上台阶	25~35	粘土砂土	<10	1.20~1.40	5~9	6.5	1.0	不淹没、排水条件好	旱作不稳定的半干旱土地
工业场地	8-15	粘土	49-30	1.20~1.40	5~9	6.5	1.0	不淹没、排水条件好	旱作不稳定的半干旱土地
办公生活区	4-7	粘土	49-30	1.20~1.40	5~9	6.5	1.0	不淹没、排水条件好	旱作不稳定的半干旱土地

4) 待复垦土地适宜性评价结果

复垦土地经过整理后，将具有一定的生产力，但由于各评价单元条件不同，适宜性也不同。通过将参评单元土地质量与待复垦土地主要限制因素的农、林、牧评价等级标准进行配比，得出茂名市电白区望夫镇东坑岭矿区复垦土地适宜性评价结果见表 3-16。

表 3-16 待复垦土地质量各指标分值结果

评价单元 \ 评价指标		地形坡度	土壤质地	有效土层厚度	土壤容重	砾石含量	酸碱度	有机质含量	水文与排水条件	水分条件
露天采场 +13m 以下台阶	耕地评价等级	不	3	不	2	2	1	2	不	1
	林地评价等级	2	-	3	-	2	1	1	不	1
	草地评价等级	2	-	3	-	2	1	1	不	1
露天采场 +13m 以上台阶	耕地评价等级	不	3	不	2	2	1	2	1	2
	林地评价等级	2	-	3	-	2	1	1	1	2
	草地评价等级	2	-	3	-	2	1	1	1	2
工业场地	耕地评价等级	3	2	3	2	2	1	2	1	2
	林地评价等级	1	-	1	-	2	1	1	1	2
	草地评价等级	1	-	1	-	2	1	1	1	2
办公生活区	耕地评价等级	2	2	3	2	2	1	2	1	2
	林地评价等级	1	-	1	-	2	1	1	1	2
	草地评价等级	1	-	1	-	2	1	1	1	2

注：1：适宜、2：较适宜、3：勉强适宜、不：不适宜、-：忽略。

综上，露天采场、工业场地、办公生活区等单元的地形坡度、有效土层、土壤质地、土壤容重、有机质含量、水分条件等方面都不适宜复垦为耕地，较适宜

复垦为宜林及宜草。由前述可知，待复垦土地存在多宜性，最终复垦方向的确定需要综合考虑符合国土空间总体规划及土地复垦规划、周围气候、环境情况、公众建议、地方规划多方面因素。依据技术经济合理的原则，兼顾自然条件与土地类型，选择复垦土地的用途，因地制宜，综合治理，宜农则农，宜建则建的原则。结合国家政策和当地土地使用权人的意见，露天采场、工业场地、办公生活区等单元复垦为林地及坑塘水面。项目区待复垦土地复垦利用方向见表 3-17。

表 3-17 复垦单元划分及复垦方向结果表

复垦单元	复垦利用方向	复垦面积 (hm <sup>2</sup> )
露天采场+13m 以下台阶	坑塘水面	16.0830
露天采场+13m 以上台阶	林地	2.7221
工业场地	林地	2.4175
办公生活区	林地	0.0530
合计		21.2756

## 2、生态恢复力分析

生态恢复力是指生态系统在受到干扰后，能够恢复到原有状态的能力。它假设系统存在多个稳定状态，并通过系统在跨越这些状态时吸收的干扰量来表达恢复力。综合考虑矿区自然条件、土地资源和生态受损与退化程度等因素，其具体指标如下。

表 3-18 生态恢复力评价指标

类别	具体指标
自然条件	气候类型（干旱指数、降水）、地形坡度、土壤侵蚀模数、水文稳定性（地下水埋深）。
土地资源	土地损毁率、可恢复面积占比、土壤重构潜力（厚度、肥力）、土地利用历史（农业/林地）。
生态受损程度	植被破坏率、生物多样性损失指数、污染等级（重金属超标倍数）。
退化程度	土壤沙化/酸化速率、水土流失强度、生态功能退化时长（如水源涵养能力下降年数）。

根据《煤矿土地复垦与生态修复技术规范》（GB\_T 43934-2024）和《国土空间生态保护修复工程实施方案编制规程》（TD/T 1068-2022），评分结果划分为 5 级，详见表 3-19。

表 3-19 生态恢复力等级表

等级	恢复力特征
I 级	自然恢复潜力高，土地资源完整，生态受损轻微（如仅表层土扰动）。
II 级	需少量人工辅助（如土壤改良），植被可自然演替。
III 级	依赖工程措施（客土覆植、边坡加固），生态功能部分退化但可逆。
IV 级	严重退化（如深层污染），需长期综合治理（微生物修复+植被重建）。
V 级	极难恢复（如岩漠化），需极端措施（如生态移民或功能置换）。

综合考虑气温、降水、土壤和海拔等因素，综合评估自我修复的能力，由弱至强分为 I~V 等五个等级。判定该矿区生态恢复力为 III 级

### （三）边开采、边修复可行性分析

矿山开采方式为露天开采，实行自上而下分水平台阶式开采，设计开采标高+22m~-9.0m，露天底部标高-9.0m，根据开采进度，矿区西部基建终了形成+13m采剥平台，矿山在开采期可以对上部终了采剥平台进行覆土、植被重建，矿山采用边开采边修复，分阶段逐步推进等原则，后续开采过程中对上部开采完毕的开采终了平台及边坡进行治理及覆土、植被重建。故矿山具备采用边开采、边修复的条件。

## 三、生态修复分区及修复时序安排

### （一）修复单元划分

根据矿区工程布置情况，结合复垦修复方向及其适宜性分析结果，将本矿区分为3个复垦修复单元，分别为露天采场、工业场地、办公生活区。矿山采用边开采边修复，在生产期对露天采场+13m以上台阶进行修复，复垦方向为乔木林地；矿山闭坑后，对露天采场+13m以下台阶进行修复，复垦方向为坑塘水面，工业场地、办公生活区进行修复，复垦方向为乔木林地。

根据矿区工程布置情况，结合土地损毁分析与预测结果，确定本项目修复区范围为21.2756hm<sup>2</sup>。将本矿区分为3个复垦修复单元，分别为露天采场18.8051hm<sup>2</sup>、工业场地2.4175hm<sup>2</sup>、办公生活区0.0530hm<sup>2</sup>。矿山采用边开采边修复，在生产期对露天采场+13m以上台阶进行修复，复垦方向为乔木林地；矿山闭坑后，对露天采场+13m以下台阶进行修复，复垦方向为坑塘水面，工业场地、办公生活区进行修复，复垦方向为乔木林地。

### （二）复垦修复标准

依据土地复垦相关技术标准，结合修复区实际情况，本项目土地复垦方向为乔木林地、坑塘水面。

#### 1、复垦标准通则

- （1）符合国土空间总体规划及土地复垦规划。在城镇规模范围内，符合城镇规划。强调服从国家长远利益、宏观利益。
- （2）复垦后地形地貌与当地自然环境和景观相协调。
- （3）保护土壤、水源和环境质量，保护文化古迹，保护生态，防止水土流失，防止次生污染。

- (4) 复垦场地应有满足要求的排水设施，防洪标准符合当地要求。
- (5) 复垦场地有控制水土流失的措施。
- (6) 复垦场地有控制污染的措施，包括空气、地表水、地下水等。
- (7) 复垦场地道路、交通干线布置合理。

## 2、林地复垦工程标准

修复区位于山地丘陵区，因此土地复垦质量标准要符合山地丘陵区林地的土地复垦控制标准。

(1) 土壤质量要求：有效土层厚度 $\geq 30\text{cm}$ ；土壤容重 $\leq 1.5\text{g/cm}^3$ ，土壤质地为砂壤土至壤质粘土；砾石含量 $\leq 25\%$ ；pH 值在 5.0-8.0 之间；有机质含量 $\geq 1\%$ 。

(2) 配套设施：设置的道路要达到本行业工程建设标准要求。

(3) 生产力水平：复垦时定植密度满足《造林作业设计规程》（LY/T1607）的要求，复垦后植被郁闭度 $\geq 0.35$ 。

4) 生物标准：选择适宜树种，特别是乡土树种和抗逆性能好的树种，实行乔、灌、草混种，乔木或灌木采用株行距  $2\text{m} \times 2\text{m}$  规格栽植，打穴规格  $40\text{cm} \times 40\text{cm} \times 30\text{cm}$ ，苗木规格采用 1~2 年生、 $40\text{cm}$ - $70\text{cm}$  高的营养袋苗，每穴施放有机肥 250g 和 300g 复合肥，苗木综合成活率达到 95% 以上。

表 3-20 林地土地复垦质量控制标准

复垦方向		指标类型	基本指标	控制标准
林地	有林地	土壤质量	有效土层厚度/cm	$\geq 30$
			土壤容重/ ( $\text{g/cm}^3$ )	$\leq 1.5$
			土壤质地	砂质壤土至壤质粘土
			砾石含量/%	$\leq 25$
			pH 值	5.0~8.0
			有机质/%	$\geq 1$
		配套设施	道路	达到当地本行业工程建设标准要求
			林网	
		生产力水平	定植密度/ (株/公顷)	满足《造林作业设计规程》 (LY/T1607) 的要求
			郁闭度	$\geq 0.35$

## 3、人工水域复垦质量控制标准

- (1) 景观：保持景观完整性和多样性；
- (2) 水体质量：水质达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中IV、V类以上标准；
- (3) 设施配套程度：有排水设施，防洪标准满足当地要求。

表 3-21 其他土地复垦质量标准-用于人工水域和公园

复垦用途	指标类型	基本指标	控制标准
用于人工水域和公园	景观	景观协调程度	面积宜大于 2hm <sup>2</sup> ，保持景观完整性和多样性
	水体质量	水质	达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 中Ⅳ、Ⅴ类以上标准
	设施配套程度	防洪 排水	有排水设施，防洪标准满足当地要求

#### 4、生物标准

(1) 选择适宜树种，特别是乡土树种和抗逆性能好的树种，实行乔、灌、草、藤本混种。

(2) 对位于城镇、风景区、居民区附近的修复区，宜种植观赏林、经济林，也可依所在地配置相应的功能林。

(3) 当年植树成活率 95% 以上，三年后郁闭度达 0.35 以上。

(4) 有防治病、虫害措施，有防止有林地、其他林地退化措施。

#### (三) 修复时序安排

根据《开采方案》中的开采设计，结合生态修复可行性分析结果，进行矿区生态修复安排，实施时间表如下表。

表 3-22 矿区生态修复分区实施时间表

生态修复分区	实施时间																	
	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	第 6 年	第 7 年	第 8 年	第 9 年	第 10 年	第 11 年	第 12 年	第 13 年	第 14 年	第 15 年	第 16 年	第 17 年	第 18 年
露天采场	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
工业场地	●														●	●	●	●
办公生活区															●	●	●	●

#### 四、采矿用地与复垦修复安排

该修复区损毁土地地类及面积为：乔木林地 2.8291hm<sup>2</sup>、其他林地 1.6866hm<sup>2</sup>、其他草地 0.0524hm<sup>2</sup>、设施农用地 0.2023hm<sup>2</sup>、采矿用地 16.5052hm<sup>2</sup>，合计 21.2756hm<sup>2</sup>。

依据土地复垦适宜性评价结果，同时结合国土空间总体规划、土地权属人意向及各部门意见，确定本项目土地复垦的目标任务，其中复垦为乔木林地 5.1926hm<sup>2</sup>，坑塘水面 16.0830hm<sup>2</sup>，复垦面积共 21.2756hm<sup>2</sup>，复垦率为 100%。矿区生态修复目标及土地利用变化表见下表 3-23。

表 3-23 矿区生态修复目标及土地利用变化表

一级地类		二级地类		损毁前		生态修复目标		面积增减 (hm <sup>2</sup> )
编码	名称	编码	名称	面积	质量	面积	质量	
03	林地	0301	乔木林地	2.8291	4 级	5.1926	4 级	+2.3635
		0307	其他林地	1.6866	4 级	-	4 级	-1.6866
		小计		4.5157	4 级	5.1926	4 级	+0.6769
04	草地	0404	其他草地	0.0524	-	-	-	-0.0524
		小计		0.0524	-	-	-	-0.0524
11	水域及水利设施用地	1104	坑塘水面	0	-	16.0830	-	+16.0830
		小计		0	-	16.0830		+16.0830
12	其他土地	1202	设施农用地	0.2023	-	-	-	-0.2023
		小计		0.2023	-	-	-	-0.2023
20	建设用地	204	采矿用地	16.5052		-		-16.5052
		小计		16.5052		-		-16.5052
合计				21.2756	-	21.2756	-	-

表 3-24 矿区用地与复垦修复计划表

用地信息							复垦修复计划				
序号	原地类	范围	面积	质量	是否为临时用地	批准(计划) 使用期限(年月日-年月日)	目标地类	范围	面积	质量	批准(计划) 复垦修复期限(年月日-年月日)
1	乔木林地、其他林地、采矿用地	露天采场	18.8051hm <sup>2</sup>	4 级	否	2022 年~2040 年	乔木林地及坑塘水面	露天采场	18.8051hm <sup>2</sup>	4 级	2025 年~2040 年
2	乔木林地、其他草地、设施农用地、采矿用地	工业场地	2.4175hm <sup>2</sup>	4 级	否	2022 年~2040 年	乔木林地	工业场地	2.4175hm <sup>2</sup>	4 级	2040 年
3	乔木林地、采矿用地	项目值班室	0.0530hm <sup>2</sup>	4 级	否	2022 年~2040 年	乔木林地	项目值班室	0.0530hm <sup>2</sup>	-	2040 年

## 第四章 生态修复措施与工程内容

### 一、保护与预防控制措施

#### (一) 敏感目标保护

##### 1、敏感目标分析

根据《煤矿土地复垦与生态修复技术规范》（GB/T 43934-2024），敏感保护目标包括耕地、永久基本农田、基本草原、公益林、自然保护区、生态保护红线、水源地、文物、铁路、公路、地下水、地表水体及城镇等。

根据《开采方案》中的采矿权范围及采矿活动影响范围，结合《遂溪县国土空间总体规划（2021-2035年）》以及遂溪县自然资源局提供的《遂溪县土地利用现状（局部）》、《遂溪县三区三线》（局部）等数据进行分析，本矿区的开采设计已避让耕地、永久基本农田、基本草原、公益林、自然保护区、生态保护红线、水源地、文物、铁路、公路及城镇等敏感目标。但采矿权范围及采矿活动影响范围外存在耕地及永久基本农田敏感目标，将通过下述减缓措施严格把控。

##### 2、减缓措施

(1) 控制矿山建设、开采扰动量和扰动范围，根据《开采方案》，矿山开采设计已按照保障安全和节约集约利用矿产、土地资源的总体原则，科学确定露天采剥范围。

(2) 在项目生产前期或初期，对所在区域的地质环境问题进行治理恢复确保所在区域地质环境问题不对人员生命、财产造成影响和破坏。

(3) 在项目生产期间，选择合理的生产工艺和方法，最大限度地减少或避免地质环境问题的发生。促进矿业开发与环境保护的协调发展，人类和环境和谐相处，实现社会经济的可持续发展。

(4) 优化矿山生产技术，生产技术工艺装备现代化，加强技术工艺装备的更新改造，采用高效节能新技术、新工艺、新设备和新材料，及时淘汰高能耗、高污染、低效率的工艺和设备，符合《矿产资源节约与综合利用鼓励、限制和淘汰技术目录》。

(5) 在项目退役期，对所在区域进行封闭，对被破坏或废弃的土地进行削坡减载和平整场地压实，修排水沟，土地复垦。实现被破坏土地的绿化和美化、各项指标达到国家相关规定的标准，实现经济、社会、环境的协调发展

## (二) 表土剥离与植被移植利用

### 1、覆盖层剥离

露天采场开采前需进行覆盖层剥离保护，本项目生产期开采区可剥离覆盖层面积约为 6.9693hm<sup>2</sup>，根据开采方案，经计算覆盖层剥离总量约 45.02 万 m<sup>3</sup>。矿山产出的剥离土进行综合利用或外运，矿山不设排土场。表土剥离优先针对粉质黏土等适宜复垦的土层，粉质黏土剥离时先用推土机进行地表清理，再采用挖掘机或装载机分层采装，自卸汽车运输至工业场地内临时堆土场集中堆存，堆土高度控制在 2m，堆体呈梯拱形，采取分层轻压夯实，每层厚度不大于 50cm，确保堆体稳定。为做好表土堆存与土壤保护，减少水土流失，在临时堆土场外围设置截水沟，拦截坡面及周边汇水；表土实行单独分区堆放，不与其他弃渣、砂石、建筑垃圾混堆，避免污染土壤，必要时采用土工布覆盖或堆体表面种植草皮，起到防尘、防冲刷、保土保肥的作用。表土遵循“及时堆存、就近利用、优先复垦”原则，优先用于已开采结束区域的土地复垦回填，保障复垦土层质量与厚度要求；砂质黏土等其他剥离物可作为普通道路路基、建设场地回填等综合利用。

表 4-1 表土处置工程汇总表

序号	原地类	范围	面积	表土剥离			表土储存		表土利用	
				时间段	厚度	土方量	位置	养护措施	利用方式	利用时间
1	林地及采矿用地	露天采场	6.9693 hm <sup>2</sup>	2025~2040 年	6.46m	45.02 万 m <sup>3</sup>	临时堆土场	工程防护	覆土回填	2025~2040 年

### 2、植被移植利用

本项目采矿权及采矿活动影响范围内，无重点保护野生植物、特有植物以及在册名木古树等重要物种，因此不对采矿权及采矿活动影响范围内的生长植被进行移植利用。

## (三) 相关协同措施

### 1、矿山崩塌/滑坡地质灾害预防措施

建议矿山企业采取以下措施进行防护：

(1) 在存在崩塌、滑坡隐患的区域采矿，要及时清理危岩及松散岩土体、不稳定斜坡体，消除隐患或采取避让措施，在局部易发地段可设置防护围栏，做好预警防范措施；

(2) 矿山开采过程中须对潜在的地质灾害如小型崩塌和滑坡进行及时处理，

尽量减少地质灾害对施工人员和施工设备的危害；

(3) 矿山开采过程中采用科学合理的开采布局，严格按照开采设计的方案进行开采。

(4) 要对崩塌/滑坡地质灾害隐患进行排查，及时处理。

(5) 露天矿山开采应根据岩土层结构、构造条件，选择合理的坡角范围，必要时应采取加固措施或修筑拦挡、排水、防水工程。

## **2、含水层破坏的预防措施**

(1) 对地下水水位、水质、矿井排水量进行监测，做好对水资源的合理利用和保护。采矿过程中注意防水，减少矿井水渗漏。同时优化矿坑排水处理系统，确保水质达标回用。

(2) 采取保护性开采技术，优化开采方案，采用保水采矿技术，合理设计开采参数。设计和优化最佳的顶板管理方案，搞好采空区处理减少对含水层结构破坏，延缓水位下降速度。

(3) 需在复垦用土临时堆场下游设置1处沉砂池，对复垦用土临时堆场外排水体进行收集和沉淀处理，达标后再外排。

(4) 边开采边治理复垦，及时恢复含水层水位。

## **3、地形地貌景观破坏的预防措施**

(1) 生产过程中采取有效措施尽量减少对原生地形地貌景观及土地资源的破坏。

(2) 生产期期废石有组织集中堆放，并设喷洒水装置进行抑尘，尽量减少对地貌景观破坏。

(3) 采矿活动影响和破坏采矿用地的植树绿化恢复成林地及草地。

(4) 尽量避免或减少废石、废渣堆放破坏地形地貌景观；做好边开采边治理工作，及时恢复矿区地形地貌景观。

## **4、水土环境污染预防措施**

(1) 建设达到设计要求的环保工程、水保设施、地灾防治工程、土地复垦工程，确保设备、设施运行正常；

(2) 矿内废水处理站处理后的废水达标回用，确保不外排生产生活废水；

(3) 生产废水分质梯级利用，提高回用率，充分利用涌水做采选生产水源，减少新水的提取、特别是地下水抽取；确保排土场回水率，降低吨矿水耗；

(4) 加强对地表水、废水、地下水及土壤环境进行动态监测，建立矿区的水

文、地质、土壤数据库。

(5) 做好选矿车间工艺、工序可能污染部位的分区防渗，防止污废水、污废油料等污染物跑冒滴漏污染水和土壤。

(6) 做好预防污染事故情况下，污染场地的应急处置预案，迅速阻断污染物在水土环境中的扩散，清除污染的预案。

(7) 生活垃圾站、生活废水处理站规范管理。

## 5、土地复垦预防控制措施

(1) 采取采矿-造地-复垦一体化技术。

(2) 矿山生产过程中应采取种植植物和覆盖等复垦措施，对露天采场的永久性坡面进行稳定化处理，防止水土流失。矿区天然边坡因地制宜进行适当改造，在改造中应珍惜已有植被，采用鱼鳞坑的栽种方式，如石质山坡，应采取补土、换土措施确保植树成活率。

(3) 在采取生物工程复垦时，宜对土壤重构，对地形、景观进行优化设计，对物种选择配置及种植方式进行优化。

## 二、修复措施

### (一) 地貌重塑

#### 1、砌体拆除

矿山开采生产活动结束后，拆除工业场地、办公生活区的地面硬化。拆除工业场地、办公生活区的建构物，并将拆除的砌体外运至垃圾填埋厂处理。

#### 2. 边坡稳定性处理措施

矿坑复垦为坑塘水面，大部分边坡淹没于水下，为防止防止掏空、崩塌，在水位变化带设置水泥毯，进而降低因长期水淹和波浪的侵蚀。位于水面上的边坡须进行防护，按矿区开采方案，矿山+13m 以下复垦为坑塘水面。因此，本方案对+13m 以上边坡进行整治。先将标高+13m 以上段边坡进行清挖整坡，清整后边坡坡度不可大于 45°；再在坡面撒播草籽及铺设绿网对土质边坡进行防护。

#### 3、截排水沟

为防止山坡大气降水冲刷露天采场、工业场地，在境界线内外开挖截排水沟。截水沟的汇水经下游沉砂池排出。

矿区+13m 以下凹陷采坑复垦为坑塘水面，当采坑积水水面标高达+13m 后，

在+13m 平台设置截排水沟将凹陷采坑内溢出积水通过截排水沟引流至矿区外截水沟，矿区外截水沟贯通汇入天然河沟。

#### 4、沉砂池

在露天采场下游、工业场地下游分别设置沉砂池，共设置沉砂池 3 座。

#### 5、挡土墙

矿区东侧工业场地边缘位于小河边，小河目前顶部标高约+11m，工业场地标高约+13m，高差约为2m。为防止工业场地内因雨水冲刷形成的泥浆沿边坡流入小河内，设计在工业场地边缘设置挡土墙防止水土流失。

#### 6、防护围栏及警示牌

为防止矿坑周边人畜失足跌落水塘，保障人畜生命安全，在采坑周边安装防护围栏，设立警示牌，进行双重防护。

### （二）土壤重构

生态修复范围主要包括露天采场、工业场区、办公生活区。

#### 1. 露天采场

露天采场主要采用覆土回填的方式进行土壤重构，矿区采用边开采边修复的方式，将原边坡上的坡积土覆盖至已经形成终了平台地方，需覆土面积 0.8347hm<sup>2</sup>，覆土回填时下层有效土层回填 0.3m 的土壤，回填后再土壤上层回填 0.2m 的覆土，覆土沉实厚度为 0.5m，覆土量约 4174m<sup>3</sup>。

#### 2. 工业场区及办公生活区

对工业场地及办公生活区拆除建筑物并翻耕的方式进行土壤重构，待到项目闭坑后，拆除工业场地及办公生活区内的建筑物以及硬化的建筑地面。清理建筑废渣和生活垃圾。清理完毕后接着进行场地平整，然后将平整后达到地形要求的土地进行翻耕，翻耕深度至少 0.5m。为了植物长势良好，配合培肥改良措施，采用 200kg/hm<sup>2</sup> 施加有机肥的方式对翻耕后的土壤进行改良，提高土壤肥力，改善土壤结构，使其符合《土地复垦质量控制标准》林地种植要求。

### （三）植被重建工程

在地貌重塑和土壤重构基础上，依据按照生态系统的生物种群特点，考虑矿山生态重建的植被适官性、结构布局合理性和物种多样性，合理配置植物种群组成和结构，借助人工支持和诱导，重建与周边生态系统相协调的生态系统，保障

植物群落持续稳定。

### 1. 露天采场

采场平台采用灌草混种，草籽选用狗牙根和芒草搭配混播，撒播草籽的密度为  $20\text{kg}/\text{hm}^2$ 。灌木品种选择簕树，栽植灌木的密度为  $2\text{m}\times 2\text{m}$  ( $2500$  株/ $\text{hm}^2$ )，按经验值每棵施加  $250\text{g}$  有机肥和  $300\text{g}$  复合肥。

### 2. 工业场区及办公生活区

采用乔灌草混种，草籽选用狗牙根和芒草搭配混播，撒播草籽的密度为  $20\text{kg}/\text{hm}^2$ 。乔木选择大叶相思及桉树，栽植密度为  $2\text{m}\times 2\text{m}$  ( $2500$  株/ $\text{hm}^2$ )，灌木品种选择簕树及夹竹桃，栽植灌木的密度为  $2\text{m}\times 2\text{m}$  ( $2500$  株/ $\text{hm}^2$ )，按经验值每棵施加  $250\text{g}$  有机肥和  $300\text{g}$  复合肥。

## (四) 景观营建

从景观尺度进行矿区受损的水系廊道、生物多样性廊道和景观廊道的生态重建，恢复其连通性和功能性，并与本底原生态系統相连通。本方案设计通过地貌重塑、土壤重构、植被重建等一系列工程措施，梳理矿区水系网络，疏通绿脉、水脉，优化矿区景观格局，重建矿区植被群落，完善矿区公共空间系统。

## 三、工程内容

### (一) 地貌重塑工程

#### 1、砌体拆除

矿山开采生产活动结束后，拆除工业场地、办公生活区的地面硬化。混凝土硬化面积为  $0.2543\text{hm}^2$ ，场地硬化厚度按  $20\text{cm}$  计算，工业场地、办公生活区共计需拆除混凝土体积  $508\text{m}^3$ 。拆除工业场地、办公生活区的建构筑物，拆除建构筑物面积为  $0.2543\text{hm}^2$ ，按绿色矿山建设标准，工业场地、办公生活区的建构筑物多为框架结构。取经验系数  $0.15$ ，计算可得工业场地、办公生活区需拆除的建构筑物砌体体积为  $382\text{m}^3$ 。拆除的砌体外运至垃圾填埋厂处理（运距约  $5\sim 10\text{km}$ ），外运工程量为  $890\text{m}^3$ 。

#### 2. 边坡稳定性处理措施

矿坑复垦为坑塘水面，大部分边坡淹没于水下，为防止防止掏空、崩塌，在水位变化带设置水泥毯，进而降低因长期水淹和波浪的侵蚀，经统计需铺设水泥毯面积约  $61596\text{m}^2$ 。位于水面上的边坡须进行防护，按矿区开采方案，矿山+ $13\text{m}$

以下复垦为坑塘水面。因此，本方案对+13m 以上边坡进行整治。先将标高+13m 以上段边坡进行清挖整坡，清整后边坡坡度不可大于  $45^\circ$ ，再在坡面撒播草籽及铺设绿网对土质边坡进行防护，经统计本项目采用铺设绿网植草的面积约  $18874\text{m}^2$ 。

### 3、截排水沟

为防止山坡大气降水冲刷露天采场、工业场地，在境界线内外开挖截排水沟。截水沟的汇水经下游沉砂池排出。矿区+13m 以下凹陷采坑复垦为坑塘水面，当采坑积水水面标高达+13m 后，在+13m 平台设置截排水沟将凹陷采坑内溢出积水通过截排水沟引流至矿区外截水沟，矿区外截水沟贯通汇入天然河沟。设计修筑截排水沟截面为矩形状，采用水泥砂浆砖砌，设置规格：壁厚 0.2m，尺寸为底宽 0.5m，高 0.6m，顶宽 0.5m。经计算，挖掘土方截面积为  $0.72\text{m}^2$ ，浆砌砖截面积  $0.42\text{m}^2$ ，砂浆抹面  $0.066\text{m}^2$ 。根据设计截排水沟总长约 2382m。

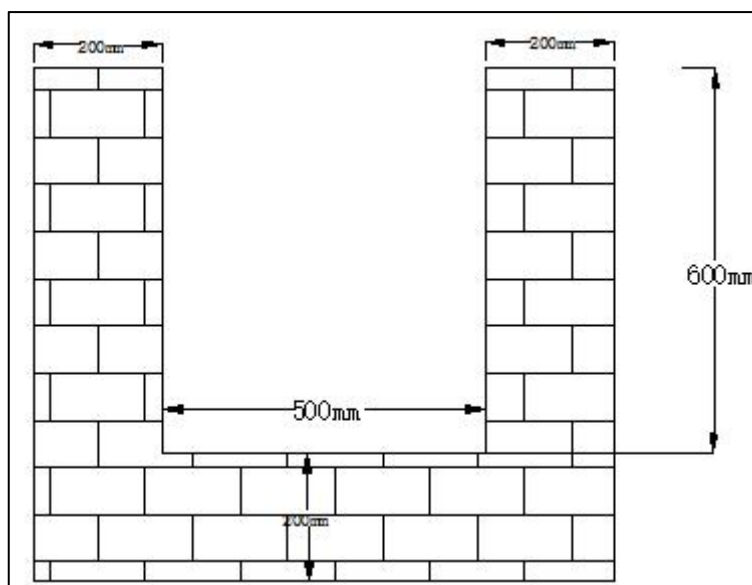


图 4-1 截水沟大样图

### 4、沉砂池

在露天采场下游、工业场地下游分别设置沉砂池，共设置沉砂池 3 座。矿山设计新修筑沉砂池，采用矩形断面，长×宽×高= $5\text{m}\times 3\text{m}\times 1.5\text{m}$ ，施工方法为人工开挖，沉砂池采用浆砌砖防护，衬砌厚度为 24cm，表面 2cm 砂浆抹面，经计算，1 座沉砂池挖掘土方截面积为  $22.5\text{m}^2$ ，浆砌砖截面积  $15.5\text{m}^2$ 。

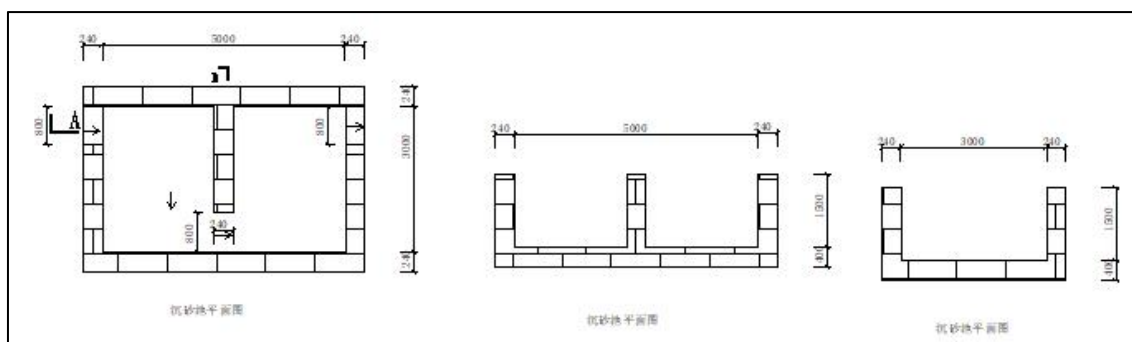


图 4-2 沉砂池大样图

## 5、挡土墙

矿区东侧工业场地边缘位于小河边，小河目前顶部标高约+11m，工业场地标高约+13m，高差约为 2m。为防止工业场地内因雨水冲刷形成的泥浆沿边坡流入小河边，设计在工业场地边缘设置挡土墙防止水土流失。设计修筑挡土墙截面为梯形状，采用水泥砂浆砖砌，设置规格：尺寸为底宽 0.4m，高 0.6m，顶宽 0.2m。经计算，浆砌砖截面积  $0.24\text{m}^2$ ，砂浆抹面  $0.035\text{m}^2$ 。根据设计挡土墙总长约 320m。

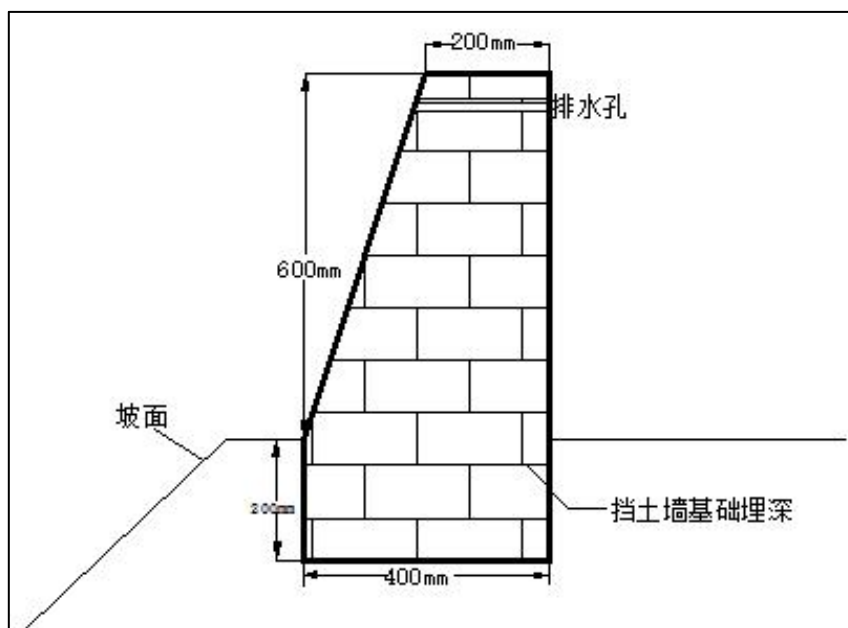


图 4-3 挡土墙大样图

## 6、防护围栏及警示牌

为防止矿坑周边人畜失足跌落水塘，保障人畜生命安全，在采坑周边安装防护围栏，设立警示牌，进行双重防护。0.25m×0.25m 正方形断面混凝土栏杆，高 2.0m（其中 0.5m 埋在地下基坑中，地上 1.5m），间距 2.0m，新增加外围防护围栏总修筑周长 474m，需要 237 根混凝土栏杆，待防护栏杆修筑完工后，在各栏杆之间焊接铁丝网，铁丝 $\phi 5\text{mm}$ ，网格  $10\text{mm}\times 10\text{mm}$ ，每两根栏杆之间的铁丝网单体

长 2.0m，宽 1.5m，单体面积 3m<sup>2</sup>，坑塘水面外围铁丝网总工程量为 711m<sup>2</sup>。最后每隔 30m 设置一块警示牌，警示牌采用不锈钢薄钢板制造，安装于铁丝网上，长方形牌表面应注明警示人员不得翻越围栏等内容，警示牌工程量为 16 块。

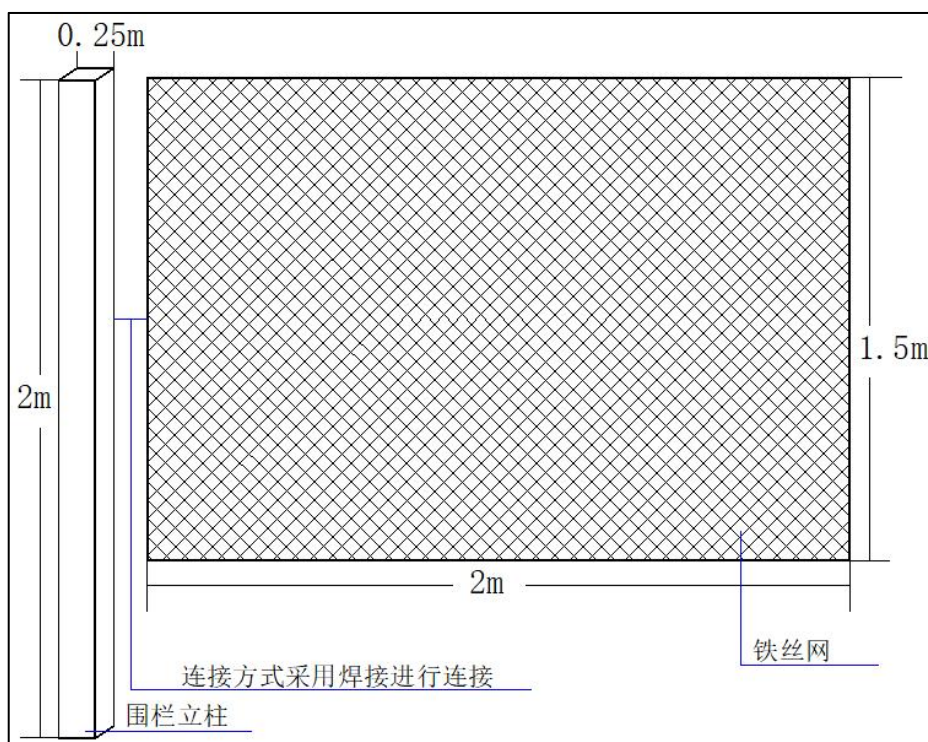


图4-4 防护围栏规格尺寸图

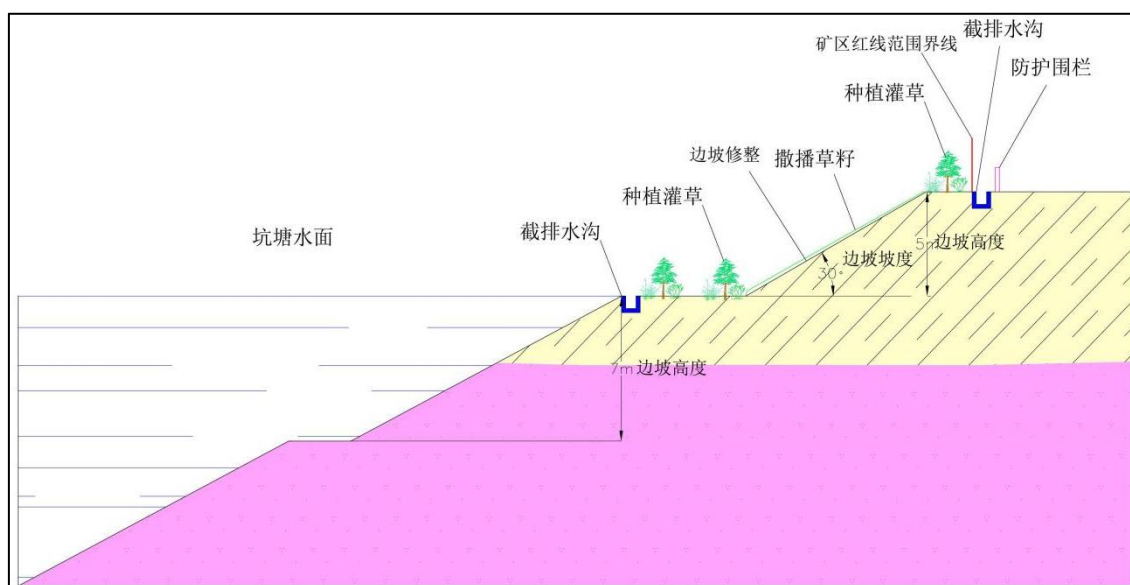


图 4-5 矿坑边坡修复示意图

## (二) 土壤重构工程

### 1. 露天采场

露天采场主要采用表土覆盖的方式进行土壤重构，矿区采用边开采边修复的方式，将原边坡上的坡积土覆盖至已经形成终了平台地方，露天采场+13m 平台覆土，扣除坡面后需覆土开采台阶面积  $0.8347\text{hm}^2$ ，覆土厚度  $0.5\text{m}$ ，考虑表土的松散系数、二次沉降率、前期流失等因素，台阶总覆土量约为  $4174\text{m}^3$ ，并在回覆后对土壤进行平整。

## 2. 工业场区及办公生活区

对工业场地及办公生活区拆除建筑物并翻耕的方式进行土壤重构，待到项目闭坑后，拆除工业场地及办公生活区内的建筑物以及硬化的建筑地面。清理建筑废渣和生活垃圾。清理完毕后接着进行场地平整，然后将平整后达到地形要求的土地进行翻耕，翻耕深度至少  $0.5\text{m}$ ，土地翻耕面积  $2.4705\text{hm}^2$ 。为了植物长势良好，配合培肥改良措施，采用  $200\text{kg}/\text{hm}^2$  施加有机肥的方式对翻耕后的土壤进行改良，提高土壤肥力，改善土壤结构，使其符合《土地复垦质量控制标准》林地种植要求。共需施加有机肥  $494\text{kg}$ 。

### （三）植被重建工程

#### 1. 露天采场

采场平台采用灌草混种，草籽选用狗牙根和芒草搭配混播，撒播草籽的密度为  $20\text{kg}/\text{hm}^2$ 。灌木品种选择簕树，栽植灌木的密度为  $2\text{m}\times 2\text{m}$  ( $2500$  株/ $\text{hm}^2$ )，按经验值每棵施加  $250\text{g}$  有机肥和  $300\text{g}$  复合肥。植物都选用 1—2 年生的营养袋苗，根系完整、苗木健壮、顶芽饱满、无病虫害，打穴规格  $40\times 40\times 30\text{cm}$ ，种植总面积  $0.8347\text{hm}^2$ 。

#### 2. 工业场区及办公生活区

采用乔灌草套种，草籽选用狗牙根和芒草搭配混播，撒播草籽的密度为  $20\text{kg}/\text{hm}^2$ 。乔木选择大叶相思及桉树，栽植密度为  $2\text{m}\times 2\text{m}$  ( $2500$  株/ $\text{hm}^2$ )，灌木品种选择簕树及夹竹桃，栽植灌木的密度为  $2\text{m}\times 2\text{m}$  ( $2500$  株/ $\text{hm}^2$ )，按经验值每棵施加  $250\text{g}$  有机肥和  $300\text{g}$  复合肥。植物都选用 1—2 年生的营养袋苗，根系完整、苗木健壮、顶芽饱满、无病虫害，打穴规格  $40\times 40\times 30\text{cm}$ ，种植总面积  $2.4705\text{hm}^2$ 。

### （四）景观营建

#### 1. 植被多样性选择

植被多样性是生态修复中的一项基础性工作。通过选择适应性强、生长速度

快的本土植物，可以在较短时间内覆盖裸露地表，减少水土流失。植被的根系有助于土壤结构的稳定和养分的循环，促进土壤微生物的活动，从而加速土壤的自然恢复过程。在植被选择上，通过乔木（相思树）、灌木（山毛豆）、藤本（爬山虎）相互配合，达到绿化、美化效果。

## 2. 生物多样性营造

生物多样性的保护和恢复是矿区生态修复的长期目标。矿区的生物多样性下降，往往与栖息地的破坏和破碎化有关。对矿区进行生态网络重建，通过生态网络的构建，如建立生态廊道和生物多样性热点区域，可以促进物种的迁移和基因的交流，增强生态系统的连通性和抵抗力。矿区通过物种重引入和栖息地重建等措施，可以逐步恢复矿区的生物多样性。

通过植物和生物措施，可修复矿区生态连通性和功能性。

## 3、水资源平衡分析

根据矿区的实际情况，灌溉用水主要来源于大气降水以及矿山坑塘水面的水。在矿山开采期间，已开采完毕的台阶复垦时，树木的灌溉用水可使用矿山坑塘水面内存水进行灌溉。当矿山闭坑后，关于后期养护的灌溉项目区所在地区属亚热带湿润性季风气候区，气候暖和潮湿，降水量充沛。在管护期间的3~9月，项目区可依靠大气自然降雨对场地内乔木、草种进行天然灌溉，在贫水期的10月~次年2月采用水泵+输水软管的给水组合方式，将坑塘水面内存水引至复垦平台进行灌溉，直至形成稳定植被。

表 4-2 矿山生态修复工程量汇总表

序号	项目	单位	数量
一	<b>地貌重塑工程</b>		
1	拆除地表建筑物	m <sup>3</sup>	508
2	清除地面硬覆盖	m <sup>3</sup>	382
3	外运废渣	m <sup>3</sup>	890
4	水泥毯	m <sup>2</sup>	20532
5	绿网	m <sup>2</sup>	18874
6	截排水沟挖方	m <sup>3</sup>	1715
7	浆砌截排水沟	m <sup>3</sup>	1000
8	沉砂池	m <sup>3</sup>	46.5
9	沉砂池挖方	m <sup>3</sup>	67.5
10	挡土墙	m <sup>3</sup>	76.8
11	警示牌	个	16
12	铁丝网	m <sup>2</sup>	711
13	混凝土栏杆	m <sup>3</sup>	30
二	<b>土壤重构工程</b>		
1	表土覆土	m <sup>3</sup>	4174
2	有机肥	Kg	494
3	土地翻耕	hm <sup>2</sup>	2.4705
4	土地平整	hm <sup>2</sup>	5.1926
三	<b>植被重建工程</b>		
1	种植乔木	株	3088
2	种植灌木	株	5175
3	种植草类	hm <sup>2</sup>	5.1926
四	<b>管护工程</b>		
1	水泵	个	2
2	输水软管	m	460

## 第五章 监测与管护

### 一、监测目标与措施

#### 1、目标任务

##### (1) 目标

矿山地质环境监测的目标是及时准确地掌握矿山地质环境问题在时间上和空间上的变化情况，掌握采矿与矿山地质环境变化的关系和规律，为制定矿区生态修复措施，实施矿山地质环境有效监管提供基础资料和依据。

##### (2) 任务

矿山地质环境监测的任务是在矿区开采范围、工业场地等范围布置监测点，监测地质灾害、含水层监测、地形地貌景观和土地资源破坏等情况。

#### 2、监测措施

##### (1) 地质环境监测

###### 1) 矿山地质灾害的监测

①监测的内容：露天采场、工业场地边坡稳定性监测，及时发现不稳定斜坡或边坡，并立即消除崩塌、滑坡地质灾害隐患。

②监测点的布设：根据露天采场地形条件，在终了台阶+13m 边坡易影响安全的隐患点处布置 10 个监测点。在工业场地布置 4 个监测点。边坡监测点相互交错，便于全面监测。

③监测方法：监测方法可采用 GPS 及人工监测、航拍等相结合的方法进行监测。

④监测频率：监测年限为 18 年，监测频率为每年 4 次，雨季应增加监测频率，暴雨过后要及时检查。雨季时应增加人工监测巡视，发现险情及时预警并采取有效的治理措施。

###### 2) 含水层破坏的监测

①监测内容：监测采场渗水、矿区外排水的水量、水质、水土流失等水环境情况，监测指标主要为采场内地下水渗水的水位、水量、水质（全分析测定项目）以及矿区外排地表水水质（全分析测定项目）。

②监测点布设：在露天采场下游、工业场地下游沉砂池出口处布置监测点，共布置监测点 2 个。水量监测频率为每年监测 2 次，水质监测频率为每年取采场

外排废水水样测 2 次。

③监测方法：水量监测采取三角堰等简易测量工具进行测量，水质监测采取水样测试的方法监测水质变化情况。

④监测频率：每年监测 2 次，丰水期一次，枯水期一次，每次监测都要做好记录，对监测结果及时整理，分析前后变化及发展趋势，并编制监测年度总结报告。

### 3) 地形地貌景观破坏监测

①监测的内容：主要针对采矿活动引起的矿山地形地貌景观破坏进行监测。

②监测点的布设：监测点分别于露天采场、工业场地、办公生活山等处各布设 1 个监测点，共布设 3 处，监测频率每年测量 1 次。

③监测方法：主要通过现场实地调查和勘测，采用摄影、人工测量方法并用进行监测，填表记录植被损毁情况。

### (2) 土地资源破坏监测

①监测的内容：以监测期最新的全国国土变更调查成果为基础，提取监测范围内土地利用类型、面积、权属等信息，查清监测范围内基本农田的分布范围及面积。

②监测点的布设：对采矿权范围及采矿活动影响范围进行全面监测。监测频次为 1 年 1 次。土地资源监测应选在土地生物量高峰时期，宜在 6~10 月。

③监测方法：基于基础控制资料和两个及以上时相的遥感影像制作数字正射影像图；结合土地利用数据库、土地利用规划与基础地理等相关信息，主要依据遥感影像纹理结构和光谱信息的一致性与差异性特征及土地利用类型和分布区位等要素，采用变化信息自动识别与人机交互相结合的方法，对比发现、综合分析并提取土地利用变化信息；通过实地调查，掌握相应时段、监测区内的土地利用变化状况。

### (3) 生态系统监测

加强土地复垦监测是土地复垦工作达到良好效果的重要措施，同时也是预防和减少对土地造成损毁的重要手段之一，土地复垦监测需定期或不定期进行，重点调查复垦区域内的土壤属性、地形、水文（水质）、土地的投入产出水平等指标，并与复垦前相比较，为土地复垦项目达标验收提供科学依据。及时发现复垦工作中存在的不足，补充、完善土地复垦措施，为土地复垦项目达标验收提供科

学依据。

### 1) 土地复垦效果监测

为了保证在矿山开采过程及闭坑之后其生态系统能够长久、可持续地维持下去，其中最主要的措施之一是对复垦土地的土壤、植被以及矿山开采形成的人工边坡等三部分进行复垦效果监测。

①监测内容。针对本方案设计的原则和目标，主要监测复垦区土壤质量、复垦植物生长状况和相关配套设施有效性监测等。

②监测方法。土壤质量监测：可采用委托监测的方式或利用已有资料（地表化探资料、环评数据、研究资料数据等）建立各监测地点的本底值档案。监测内容包括有效土层厚度、土壤容重、PH 值、有机质含量、土壤侵蚀模数，监测频次为每年 1 次。植被生长情况：采用人工巡视的方式，分为定期监测与不定期监测。定期监测结合复垦进度和措施，定时定点实地查看。监测内容为植物生长势、高度、种植密度、成活率、郁闭度，及时监测记录。

截排水沟等配套设施监测：采用为人工巡视的方式，分为定期监测与不定期监测。定期监测结合复垦进度和措施，定时定点实地查看，发现截排水沟失效应及时修缮。同时，不定期进行整个矿区踏勘调查，特别是大雨及暴雨后对具有潜在土地危险地段的临时查看，若发现较大的土地损毁类型的变化或流失现象，及时监测记录并采取措施。

### 2) 土地复垦进度监测

①聘请当地群众和自然主管部门人员作为矿山土地复垦监督员，不定期地检查土地复垦工作进程。如果发现复垦措施不当或者矿山开采计划发生变化，应敦促矿山企业及时调整复垦方案，并报告上级主管部门批准。

②土地复垦方案经上级批准后，矿山企业应主动与地方自然资源主管部门取得联系，接受地方主管部门的监督检查，确保土地复垦方案的实施。

## 二、管护目标与措施

### 1、目标任务

矿区土地复垦监测的目标是为及时获得土地复垦的实际效果，管护的目标是为了达到土地复垦的质量要求。

### 2、措施和内容

待到开采工程结束，复垦工程结束后，要对所复垦的植被进行为期 3 年的管

护，管护重点是禁止乱砍乱伐、禁止放牧和制止乱垦。复垦土地的后期管护直接影响到土地复垦的效果，本次其管护措施如下：

(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，以促使幼林正常生长和及早郁闭。有条件的可以适当地做一些灌溉，以保护林带苗木的成活率，尤其前两年，每年要保证 4 次灌溉，中后期主要依靠自然降雨。

(2) 抚育管理。林地抚育管理 3 年，每年两次，穴内松土、除草，深 5~10cm。草地出苗后雨季可适当施肥，为防止杂草侵入，苗期要进行除草，以利于苗粗苗壮，安全过冬，对缺苗地块进行补播。

(3) 培土补植。对坡度大、土壤易受冲刷的坡面，暴雨后要认真检查，尽快恢复原有平整的坡面，培土后要压实以保证根系与土壤紧密结合。由于干旱、雨水冲刷等客观原因，导致部分植物死亡，应及时补植。

(4) 林木病虫害防治。定期对栽植树木进行检查，对于病株要及时砍伐防止扩散，喷洒农药，预防树木病虫害。病虫害应以预防为主，综合防治。经常检查，研究虫灾发生规律，及时防治；定期进行林间除草也是必须的；另外，还需注意因干旱、水湿、冷冻、日光灼伤等引起的生理性病害。

### 三、工程量

安排一定比例的监测费，对损毁范围内的地质环境情况及植被恢复进行监测与管护，管护面积为生态修复面积，待到闭坑治理后统筹管护 3 年。详见表 5-1。

表 5-1 矿山地质环境监测工程量汇总表

监测内容		监测年限 (年)	工程量 (次)	备注
地质灾害	崩塌/滑坡、地表变形等	18	1008	每年 4 次，14 个监测点
含水层监测	地下水水位、地下水和地表水	18	72	每年 2 次（每次取 2 个分析样）
地形地貌监测	矿区及周边	18	18	每年 1 次
土地资源监测	土地利用类型、面积、权属等监测	18	18	每年 1 次，（面积 1.80km <sup>2</sup> ）
土壤环境污染监测	矿区及周边土壤土样分析	18	36	每年 1 次（每次取 2 个分析样）
土地复垦管护		3	3	每年 1 次
监测责任人	湛江德通投资有限公司			

## 第六章 工程部署与经费估算

### 一、总体部署

根据矿山地质环境问题类型和矿山地质环境治理分区结果，按照轻重缓急、分阶段实施的原则，提出总体工作部署和本方案适用年限内的年度实施计划。

矿区生态修复工作的各项措施贯穿于采矿活动的全过程，是工程措施、生物措施与监测措施合理结合的过程。

#### 1、总体部署原则

按照“预防为主，防治结合”、“边开采边治理，分阶段逐步推进”等原则，矿山生态修复工程总体部署遵循以下原则：

- (1) 先破坏先治理、工程措施、生物措施与监测措施相结合。
- (2) 针对地质灾害主要采取工程措施、配合生物措施进行治理，采用监测措施进行预防。
- (3) 针对矿区含水层破坏，可视需要直接采取工程措施，配合监测进行预防，根据监测结果，再选择适宜的治理措施。
- (4) 针对地形地貌景观破坏，可采取生物措施、配合工程措施进行治理。
- (5) 针对土地资源破坏，应根据土地变形监测结果，采取土地复垦等方法进行恢复治理。

#### 2、矿山生态修复主要措施

- (1) 露天采场：主要采取修筑截排水沟、回填土等工程措施和生物措施进行防治，并采取监测措施。
- (2) 工业场地：主要采取拆除构筑物、覆土回填等工程措施和生物措施进行防治，并采取监测措施。
- (3) 办公生活区：主要采取拆除构筑物、覆土回填等工程措施和生物措施进行防治，并采取监测措施。

### 二、总体经费估算

#### (一) 经费估算依据

##### 1、经费估算依据

- (1) 《工程勘察设计收费标准》国家发改委、建设部（2002年）；

- (2) 财政部、国土资源部《土地开发整理项目预算定额标准》（2012）；
- (3) 《广东省垦造水田技术指南汇编》；
- (4) 《广东省水利水电工程设计概（估）算编制规定》广东省水利厅（2017年7月1日实施）；
- (5) 《广东省房屋建筑与装饰工程综合定额》（2018年）；
- (6) 《地质调查项目预算标准（2020年试用）》；
- (7) 广东省工程勘察设计行业协会关于发布《工程勘察设计收费导则（第二版）》的通知（粤勘设协字〔2021〕2号）；
- (8) 《广东省地质灾害治理工程设计取费指导价格》（广东省地质灾害防治协会，2021年1月8日）；
- (9) 《工程勘察设计收费导则》（第二版）（2021年4月1日实施）；
- (10) 《广东省矿山生态修复工程取费指导价格》（试行）（2021.10）；
- (11) 本方案的工程布置、工作量、相关图件及说明；

## 2、取费标准和计算方法说明

根据本项目非公益性土地复垦工程特点，参考《土地开发整理项目预算定额标准》（2012）（以下简称《预算定额》），项目预算由工程施工费、其它费用（包括前期工作费、工程监理费、竣工验收费、业主管理费）、不可预见费和价差预备费组成。

### (1) 工程施工费

工程施工费由直接费、间接费、利润、税金组成。

#### ①直接费

直接费指工程施工过程中直接消耗在工程项目上的活劳动和物化劳动。由直接工程费、措施费组成。

#### a) 直接工程费

直接工程费由人工费、材料费、施工机械使用费组成。

人工费=工程量×定额人工费单价

材料费=工程量×定额材料费单价

施工机械使用费=工程量×定额施工机械使用费单价

人工费定额：人工单价取定：甲类工：90.9元/工日；乙类工：65.1元/工日。

材料费=工程量×定额材料费单价

施工机械使用费=工程量×定额施工机械使用费单价

材料费定额：材料消耗量依据《预算定额》计取，材料价格依据清远市价格信息查询系统市场信息价，材料价格中已包括了材料的运杂费。

施工机械使用费定额：依据《土地开发整理项目施工机械台班费定额》标准计取。

b) 措施费

措施费指为完成工程项目施工，发生于该工程施工前和施工过程中非工程实体项目的费用。主要包括：临时设施费、冬雨季施工增加费、施工辅助费和特殊地区施工增加费。

依据《预算定额》，临时设施费取费标准以直接工程费（或人工费）为基数，费率见表 6-1。

表 6-1 临时设施费费率表

编号	工程类别	计费基础	临时设施费率 (%)
1	土方工程	直接工程费	2.00
2	石方工程	直接工程费	2.00
3	砌体工程	直接工程费	2.00
4	其他工程	直接工程费	2.00

冬雨季施工增加费取费标准以直接工程费为基数，取 0.7%。

施工辅助费取费标准以建筑直接工程费为基数，建筑工程取 0.7%。

安全施工措施费取费标准以建筑直接工程费为基数，建筑工程取 0.2%。

措施费费率见表 6-2。

表 6-2 措施费费率表

编号	工程类别	计费基础	临时设施费率 (%)	冬雨季施工增加费率 (%)	施工辅助费率 (%)	安全施工措施费 (%)	费率合计 (%)
1	土方工程	直接工程费	2.00	0.70	0.70	0.20	3.60
2	石方工程	直接工程费	2.00	0.70	0.70	0.20	3.60
3	砌体工程	直接工程费	2.00	0.70	0.70	0.20	3.60
4	其他工程	直接工程费	2.00	0.70	0.70	0.20	3.60

②间接费

间接费=直接费（或人工费）×间接费率

依据《预算定额》，根据工程类别不同，其取费基数和费率计取见表 6-3。

表 6-3 间接费费率表

编号	工程类别	计费基础	间接费费率 (%)
1	土方工程	直接费	5.00
2	石方工程	直接费	6.00
3	砌体工程	直接费	5.00
4	其他工程	直接费	5.00

### ③利润

利润是指施工企业完成所承包工程获得的盈利。

利润是指按规定应计入工程造价的利润。依据《预算定额》规定，费率取 3.00%，计算基础为直接费和间接费之和。

$$\text{利润} = (\text{直接费} + \text{间接费}) \times 3.00\%$$

### ④税金

根据《关于深化增值税改革有关政策的公告》（财政部 税务总局 海关总署公告 2019 年第 39 号）文件要求，增值税原适用 10%税率的，税率调整为 9%。

#### (2) 设备费

设备购置费是指土地复垦方案中设计的设备所发生的费用。设备购置费不参与费率计取而设备安装及调试的人工费、机械使用费参与相应费率计取。本方案不涉及设备购置费。

#### (3) 其他费用

由前期工作费、工程监理费、竣工验收费、业主管理费。

##### ①前期工作费

前期工作费指在工程施工前所发生的各项支出，取费基数为工程施工费或以工程施工费与设备购置费之和，包括土地清查费、项目可行性研究费、项目勘测费、项目设计与预算编制费、项目招标代理费。

##### a) 土地清查费

按不超过工程施工费的 0.5%计算。计算公式为：土地清查费=工程施工费×费率

##### b) 项目可行性研究费

以工程施工费与设备购置费之和作为计费基数，采用分档定额计费公式计算，各区间按内插法确定。该方案的计费基数为≤500 万，根据《预算定额》，项目可行性研究费取 5 万。

##### c) 项目勘测费

按不超过工程施工费的 1.5%计算。该方案的计算公式为：项目勘测费=工程施工费×费率。

##### d) 项目设计与预算编制费

以工程施工费与设备购置费之和作为计费基数，费率按照 2.8%进行计算。

e) 项目招标代理费

本项目不产生该费用。

②工程监理费

以工程施工费与设备购置费之和作为计费基数，采用分档定额计费方式计算，各区间按内插法确定，该方案的计费基数为 $\leq 500$ 万，根据《土地开发整理项目预算编制规定》，工程监理费为10万元。

③竣工验收费

竣工验收费=工程复核费+工程验收费+项目决策编制与审计费+整理后土地的重估与登记费+标识设定费

a) 工程复核费

以工程施工费与设备购置费之和作为计费基数，采用差额定率累进法计算。该方案的计费基数为 $\leq 500$ 万，根据《预算定额》，工程复核费费率为0.70%。

b) 工程验收费

以工程施工费与设备购置费之和作为计费基数，采用差额定率累进法计算。

该方案的计费基数为 $\leq 500$ 万，根据《预算定额》，工程验收费费率为1.4%。

c) 项目决算编制与审计费

以工程施工费与设备购置费之和作为计费基数，采用差额定率累进法计算。

该方案的计费基数为 $\leq 500$ 万，根据《预算定额》，项目决算编制与审计费费率为1.0%。

d) 整理后土地重估与登记费

以工程施工费与设备购置费之和作为计费基数，采用差额定率累进法计算。

该方案的计费基数为 $\leq 500$ 万，根据《预算定额》，整理后土地重估与登记费费率为0.65%。

e) 标识设定费

以工程施工费与设备购置费之和作为计费基数，采用差额定率累进法计算。

该方案的计费基数为 $\leq 500$ 万，根据《预算定额》，标识设定费费率为0.11%。

④业主管理费

业主管理费以工程施工费、设备购置费、前期工作费、工程监理费、拆迁补偿费（该项目无此费用）、竣工验收费之和作为计费标准，采用差额定率累进法计算，由于该方案的计费基数为 $\leq 500$ 万，根据《预算定额》，业主管理费费率为

2.8%。

#### (4) 监测与管护费

根据《土地复垦方案编制规程》的有关要求，矿山要设立一定比率的监测费与管护费。具体费率要求如下：

##### ①监测费

为及时获得土地损毁情况及土地复垦效果以及可能产生的地质灾害的情况，方案设立监测点进行监测，本方案安排一定比例的监测费，从矿山开采开始时开始进行监测，平均一个季度监测一次，每年监测4次。按照工程施工费的0.6%核定。

$$\text{监测费} = \text{工程施工费} \times 0.6\%$$

##### ②管护费

复垦工程结束后，要对所复垦的植被进行为期3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。方案中取费标准按工程施工费中植物工程措施费用的20%取费。

$$\text{管护费} = \text{生物工程措施费} \times 20\%$$

#### (5) 不可预见费用

不可预见费用指在施工过程中因自然灾害、设计变更及不可预见因素的变化而增加的费用。不可预见费用按工程施工费和其它费用之和的3%计算。计算公式为：不可预见费用 = (工程施工费 + 设备购置费 + 其他费用) × 3%

### (二) 单项工程量及其经费估算

单项工程量与投资估算见下文表6-6。

表 6-6 工程施工费估算表

序号	工程或费用名称	计量单位	工程量	综合单价(元)	合计(元)
一	<b>地貌重塑工程</b>				<b>1160775</b>
1	拆除地表建筑物	100m <sup>3</sup>	5.08	39437.31	200342
2	清除地面硬覆盖	100m <sup>3</sup>	3.82	39437.31	150651
3	外运废渣	100m <sup>3</sup>	8.90	3061.22	27245
4	水泥毯	m <sup>2</sup>	20532	11.00	225852
5	绿网	m <sup>2</sup>	18874	0.50	9437
6	截排水沟挖方	100m <sup>3</sup>	17.15	384.84	6600
7	浆砌截排水沟	100m <sup>3</sup>	10.00	44440.41	444404
8	沉砂池	100m <sup>3</sup>	0.47	44440.41	20887
9	沉砂池挖方	100m <sup>3</sup>	0.68	384.84	262
10	挡土墙	100m <sup>3</sup>	0.77	25669.31	19765

11	警示牌	块	16.00	148.29	2373
12	铁丝网	100m <sup>2</sup>	7.11	4767.83	33899
13	混凝土栏杆	100m <sup>3</sup>	0.30	63526.95	19058
<b>二</b>	<b>土壤重构工程</b>				<b>254351</b>
1	表土覆土	100m <sup>3</sup>	41.74	1440.37	60121
2	有机肥	100Kg	4.94	409.00	2020
3	土地翻耕	hm <sup>2</sup>	2.4705	2526.39	6242
4	土地平整	100m <sup>2</sup>	519.26	358.14	185968
<b>三</b>	<b>植被重建工程</b>				<b>129786</b>
1	种植乔木	100 株	30.88	1752.62	54121
2	种植灌木	100 株	51.75	1332.63	68964
3	种植草类	hm <sup>2</sup>	5.1926	1290.53	6701
<b>四</b>	<b>管护工程</b>				<b>9020</b>
1	水泵	个	2	1750.00	3500
2	输水软管	m	460	12.00	5520
<b>五</b>	<b>监测工程</b>				<b>549991</b>
1	地灾监测	次	1008	260	262080
2	水质监测	次	72	1200	86400
3	土壤监测	次	36	1200	43200
4	地形地貌监测	次	18	2600	46800
5	土地资源监测	次	18	5000	111511
<b>总 计</b>					<b>2103923</b>

表 6-7 复垦监测与管护费估算表

序号	工程内容	费基 (元)	费率 (%)	金额 (元)
1	复垦监测费	<b>2103923</b>	0.6	12624
2	管护费	129786	20	25957
3	合计 (1+2)			<b>38581</b>

表 6-8 其他费用估算表

序号	费用名称	费基 (元)	费率 (%)	金额 (元)
<b>一</b>	<b>前期工作费</b>			<b>150987</b>
1	土地清查费	<b>2103923</b>	0.5	10519
2	项目可行性研究费	<b>2103923</b>	/	50000
3	项目勘测费	<b>2103923</b>	1.5	31558
4	项目设计与预算编制费	<b>2103923</b>	2.8	58910
<b>二</b>	<b>工程监理费</b>		/	<b>100000</b>
<b>三</b>	<b>竣工验收费</b>			<b>81211</b>
1	工程复核费	<b>2103923</b>	0.7	14727
2	工程验收费	<b>2103923</b>	1.4	29455
3	决算编制与审计费	<b>2103923</b>	1	21039
4	复垦后土地的重估与登记费	<b>2103923</b>	0.65	13676
5	标识设定费	<b>2103923</b>	0.11	2314
<b>四</b>	<b>业主管理费</b>	<b>2436121</b>	<b>2.8</b>	<b>68211</b>
<b>合计</b>				<b>400409</b>

表 6-9 不可预见费估算表

序号	工程内容	费基 (元)	费率 (%)	金额 (元)
1	不可预见费	<b>2504332</b>	3	75130
<b>2</b>	<b>合计</b>			<b>75130</b>

表 6-10 主要材料单价表

序号	名称及规格	单位	限定价格	市场价格	备注
1	柴油	kg	4.50	6.74	
2	粗砂	m <sup>3</sup>	60.00	180.00	
3	灰砖	千块	240.00	364.90	
4	水泥 32.5	kg	300.00	380.00	
5	灌木树苗	株	5.00	5.00	
6	乔木树苗	株	5.00	8.00	

表 6-11 次要材料单价表

序号	名称及规格	单位	预算价格
1	电	kW.h	0.80
2	风	m <sup>3</sup>	0.32
3	水	m <sup>3</sup>	4.05
4	卡扣件	kg	6.00
5	组合钢模板	kg	5.45
6	铁件	kg	4.90
7	预埋铁件	kg	5.10
8	钢板(综合)	kg	3.55
9	电焊条	kg	6.00
10	编织袋	个	0.60
11	草籽	kg	40.00
12	低碳钢焊条(综合)	kg	4.21
13	型钢	kg	3.28
14	碎石	m <sup>3</sup>	132.00
15	成品型钢护栏	m	14.88
16	C25 商品普通混凝土碎石粒径 20 石	m <sup>3</sup>	386.00
17	复合肥	千克	4.80
18	有机肥	千克	3.35

注：材料价格主要来源于《湛江市 2025 年 12 月份建筑工程材料市场参考价》（湛江市工程造价信息网），《2025 年广东省水利水电工程定额次要材料预算指导价格(除税法)》（广东省水利厅）。

表 6-12 机械台班单价计算表

定额编号	机械名称及规格	台班费	一类费用小计	二类费													
				二类费合计	人工费(元/日)		动力燃料费小计	汽油 (元/kg)		柴油 (元/kg)		电 (元/kw.h)		水 (元/m <sup>3</sup> )		风 (元/m <sup>3</sup> )	
					工日	金额		数量	金额	数量	金额	数量	金额	数量	金额	数量	金额
106030	履带式单斗液压挖掘机 斗容 1.0m <sup>3</sup>	1068.71	401.63	667.08	2.00	90.90	485.28			72.0	6.74						
21017	推土机	614.48	75.46	539.02	2.00	90.90	357.22			53.00	6.74						
42025	振动器	10.86	8.94	1.92			1.92					2.40	0.80				
42045	风(砂)水枪	329.35	3.73	325.62			325.62							16.40	4.05	810.00	0.32
4011	自卸汽车载重量 5t	483.01	99.25	383.76	1.33	90.90				39.00	6.74						
1003	单斗挖掘机油动 斗容 0.5m <sup>3</sup>	693.02	187.70	505.32	2.00	90.90	323.52			48.00	6.74						
1011	装载机单斗容量 1.5m <sup>3</sup>	661.02	135.48	525.54	2.00	90.90				51.00	6.74						
1021	拖拉机 59kw	650.90	98.40	552.50	2.00	90.90				55.00	6.74						
1049	三铧犁	11.37	11.37														
1052	手持式风镐	106.64	4.24	102.40			102.40									320.00	0.32
1088	松土机	811.73	354.58	457.15	1.00	90.90				54.34	6.74						
6001	电动空气压缩机 移动式 3m <sup>3</sup> /min	289.82	202.22	173.3	1.00	90.90	82.4					103.00	0.80				

表 6-13 工程单价表

定额名称	机械砌体拆除				
定额编号	40192			定额单位	100m <sup>3</sup>
序号:	项目名称	单位	数量	单价/元	小计/元
一	直接费				33138.87
(一)	直接工程费				31987.33
1	人工费				12607.92
	乙类工	工日	181.00	65.10	11783.1
	其他人工费	%	7.00	11783.1	824.82
2	材料费				
3	机械费				19379.41
	电动空气压缩机 移动式 3m <sup>3</sup> /min	台班	36.00	289.82	10433.52
	手持式风镐	台班	72.00	106.64	7678.08
	其他机械费	%	7.00	18111.60	1267.81
(二)	措施费	%	3.60	31987.33	1151.54
二	间接费	%	6.00	33138.87	1988.33
三	利润	%	3.00	35127.20	1053.82
四	材料价差				
五	税金	%	9.00	36181.02	3256.29
	合计				39437.31

定额名称	建筑垃圾运输（挖装、运输、卸除、空回，运距 5-10km）				
定额编号	20282			定额单位	100m <sup>3</sup>
序号:	项目名称	单位	数量	单价/元	小计/元
一	直接费				
(一)	直接工程费				2482.94
1	人工费				175.79
	甲类工	工日	0.10	90.9	9.09
	乙类工	工日	2.50	65.10	162.75
	其他人工费	%	2.30	171.84	3.95
2	材料费				
3	机械费				2307.15
	1m <sup>3</sup> 挖掘机	台班	0.60	1068.71	641.23
	推土机	台班	0.30	614.48	184.34

	自卸汽车	台班	2.96	483.01	1429.71
	其他机械费	%	2.30	2255.28	51.87
(二)	措施费	%	3.60	2482.94	89.38
二	间接费	%	6.00	2572.32	154.34
三	利润	%	3.00	2726.66	81.80
四	材料价差				
五	税金	%	9.00	2808.46	252.76
	合计				3061.22

定额名称	挖掘机挖土(一、二类土)~单斗挖掘机 油动 斗容 0.5m <sup>3</sup>				
定额编号	10203			定额单位	100m <sup>3</sup>
序号:	项目名称	单位	数量	单价/元	小计/元
一	直接费				326.47
(一)	直接工程费				315.13
1	人工费				44.92
	乙类工	工日	0.60	65.10	39.06
	其他人工费	%	15.00	39.06	5.86
2	材料费				
3	机械费				270.21
	单斗挖掘机油动斗容 0.5m <sup>3</sup>	台班	0.26	693.02	180.18
	其他机械费	%	15.00	180.18	27.03
(二)	措施费	%	3.60	315.13	11.34
二	间接费	%	5.00	326.47	16.32
三	利润	%	3.00	342.79	10.28
四	材料价差				
五	税金	%	9.00	353.07	31.77
	合计				384.84

定额名称	浆砌截水沟				
定额编号	30062			定额单位	100m <sup>3</sup>
序号:	项目名称	单位	数量	单价/元	小计/元
一	直接费				37698.58
(一)	直接工程费				36388.59
1	人工费				8006.63

湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿矿区生态修复方案

	甲类工	工日	6.00	90.9	545.40
	乙类工	工日	114.00	65.10	7421.40
	其他人工费	%	0.50	7966.80	39.83
2	材料费				28381.96
	标砖	千块	52.4	364.90	19120.76
	砂浆	m <sup>3</sup>	24.00	380.00	9120.00
	其他材料费	%	0.50	28240.76	141.20
3	机械费				
(二)	措施费	%	3.60	36388.59	1309.99
二	间接费	%	5.00	37698.58	1884.93
三	利润	%	3.00	39583.51	1187.51
四	材料价差				
五	税金	%	9.00	40771.02	3669.39
	合计				44440.41

定额名称	浆砌沉砂池				
定额编号	30062			定额单位	100m <sup>3</sup>
序号:	项目名称	单位	数量	单价/元	小计/元
一	直接费				37698.58
(一)	直接工程费				36388.59
1	人工费				8006.63
	甲类工	工日	6.00	90.9	545.40
	乙类工	工日	114.00	65.10	7421.40
	其他人工费	%	0.50	7966.80	39.83
2	材料费				28381.96
	标砖	千块	52.40	364.90	19120.76
	砂浆	m <sup>3</sup>	24.00	380.00	9120.00
	其他材料费	%	0.50	28240.76	141.20
3	机械费				
(二)	措施费	%	3.60	36388.59	1309.99
二	间接费	%	5.00	37698.58	1884.93
三	利润	%	3.00	39583.51	1187.51
四	材料价差				
五	税金	%	9.00	40771.02	3669.39

湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿矿区生态修复方案

	合计				44440.41
--	----	--	--	--	----------

定额名称	浆砌挡土墙				
定额编号	30037			定额单位	100m <sup>3</sup>
序号:	项目名称	单位	数量	单价/元	小计/元
一	直接费				21775.15
(一)	直接工程费				21018.48
1	人工费				4814.35
	甲类工	工日	4.00	90.9	363.60
	乙类工	工日	68.00	65.10	4426.80
	其他人工费	%	0.50	4790.40	23.95
2	材料费				16204.13
	标砖	千块	29.94	364.90	10925.11
	砂浆	m <sup>3</sup>	13.68	380.00	5198.40
	其他材料费	%	0.50	16123.51	80.62
3	机械费				
(二)	措施费	%	3.60	21018.48	756.67
二	间接费	%	5.00	21775.15	1088.76
三	利润	%	3.00	22863.91	685.92
四	材料价差				
五	税金	%	9.00	23549.83	2119.48
	合计				25669.31

定额名称	警示牌				
定额编号	补 1			定额单位	块
序号:	项目名称	单位	数量	单价/元	小计/元
一	直接费				125.80
(一)	直接工程费				121.43
1	人工费				37.43
	乙类工	工日	0.50	65.10	32.55
	其他人工费	%	15.00	32.55	4.88
2	材料费				84.00
	警示牌	块	1.00	80.00	80.00
	其他材料费	%	0.50	80.00	4.00

3	机械费				
(二)	措施费	%	3.60	121.43	4.37
二	间接费	%	5.00	125.80	6.29
三	利润	%	3.00	132.09	3.96
四	材料价差				
五	税金	%	9.00	136.05	12.24
	合计				148.29

定额名称	铁丝网				
定额编号	补 2			定额单位	100m <sup>2</sup>
序号:	项目名称	单位	数量	单价/元	小计/元
一	直接费				4044.53
(一)	直接工程费				3903.99
1	人工费				403.99
	甲类工	工日	1.00	90.90	90.90
	乙类工	工日	4.00	65.10	260.40
	其他人工费	%	15.00	351.3	52.69
2	材料费				3500.00
	铁丝网	m <sup>2</sup>	100	35.00	3500.00
3	机械费				
(二)	措施费	%	3.60	3903.99	140.54
二	间接费	%	5.00	4044.53	202.23
三	利润	%	3.00	4246.76	127.40
四	材料价差				
五	税金	%	9.00	4374.16	393.67
	合计				4767.83

定额名称	混凝土栏杆				
定额编号	补 3			定额单位	100m <sup>3</sup>
序号:	项目名称	单位	数量	单价/元	小计/元
一	直接费				53889.61
(一)	直接工程费				52017.00
1	人工费				6908.74
	甲类工	工日	34.60	90.90	3145.14

	乙类工	工日	51.90	65.10	3378.69
	其他人工费	%	5.90	6523.83	384.91
2	材料费				43088.72
	板枋材	m <sup>2</sup>	0.05	1200.00	60.00
	组合钢模板	Kg	81.75	5.45	445.54
	型钢	Kg	49.65	3.28	162.85
	卡扣件	Kg	64.01	6.00	384.06
	铁件	Kg	0.90	4.90	4.41
	预埋铁件	Kg	0.90	5.10	4.59
	铁钉	Kg	0.15	4.45	0.67
	混凝土	m <sup>3</sup>	103.00	380.00	39140.00
	水	m <sup>3</sup>	120.00	4.05	486
	其他费用	%	5.90	40688.12	2400.60
3	机械费				2019.54
	振动器	台班	4.00	10.86	43.44
	风水(砂)枪	台班	6.00	329.35	1976.10
(二)	措施费	%	3.60	52017.00	1872.61
二	间接费	%	5.00	53889.61	2694.48
三	利润	%	3.00	56584.09	1697.52
四	材料价差				
五	税金	%	9.00	58281.61	5245.34
	合计				63526.95

定额名称	覆土回填 挖掘机挖装自卸汽车(5t)运土(一、二类土), 运距 0~5km				
定额编号	10218			定额单位	100m <sup>3</sup>
序号:	项目名称	单位	数量	单价/元	小计/元
一	直接费				
(一)	直接工程费				1179.40
1	人工费				403.99
	甲类工	工日	0.20	90.90	90.90
	乙类工	工日	3.00	65.10	260.40
2	材料费				
3	机械费				775.41
	履带式单斗液压挖掘机	台班	0.22	1068.71	235.12

湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿矿区生态修复方案

	推土机	台班	0.16	614.48	98.32
	自卸汽车 5t	台班	0.81	483.01	391.24
	其他机械费用	%	7.00	724.68	50.73
(二)	措施费	%	3.60	1179.40	42.46
二	间接费	%	5.00	1221.86	61.09
三	利润	%	3.00	1282.95	38.49
四	材料价差				
五	税金	%	9.00	1321.44	118.93
	合计				1440.37

定额名称	平整场地				
定额编号	10399		定额单位	100m <sup>2</sup>	
编号	项目名称	单位	数量	单价/元	合价/元
一	直接费				303.81
(一)	直接工程费				293.25
1	人工费				52.32
	乙类工	工日	0.8	65.1	52.32
2	材料费				0
3	机械使用费				221.21
	推土机	台班	0.36	614.48	221.21
(二)	措施费	%	3.6	293.25	10.56
二	间接费	%	5.00	303.81	15.19
三	利润	%	3.00	319.00	9.57
四	材料价差	%			
五	税金	%	9.00	328.57	29.57
合计					358.14

定额名称	土地翻耕				
定额编号	10043		定额单位	hm <sup>2</sup>	
编号	名称	单位	数量	单价/元	合价/元
一	直接费				2143.12
(一)	直接工程费				2068.65
1	人工费				807.0
	甲类工	工日	1.0	90.90	90.9
	乙类工	工日	11.00	65.10	716.1
2	材料费				
3	机械使用费				794.72

湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿矿区生态修复方案

	拖拉机	台班	1.20	650.90	781.08
	三铧犁	台班	1.20	11.37	13.64
(二)	措施费	%	3.60	2068.65	74.47
二	间接费	%	5.00	2143.12	107.16
三	利润	%	3.00	2250.28	67.51
四	材料价差				
五	税金	%	9.00	2317.79	208.60
合计					2526.39

定额名称	种植乔木 (带土球 20cm 以内)~换:有机肥 换:复合肥 换:乔木树苗				
定额编号	90001		定额单位	100 株	
编号	名称	单位	数量	单价/元	合价/元
一	直接费				1486.74
(一)	直接工程费				1435.08
1	人工费				377.97
	甲类工	工日	3.80	90.90	345.42
	乙类工	工日	0.50	65.10	32.55
2	材料费				1057.11
	树苗	株	102.00	8.00	816.00
	复合肥	kg	30.00	4.80	144.00
	有机肥	kg	25.00	3.35	83.75
	水	m <sup>3</sup>	2.00	4.05	8.10
	其他材料费	%	0.5	1051.85	5.26
3	机械使用费				
(二)	措施费	%	3.60	1435.08	51.66
二	间接费	%	5.00	1486.74	74.34
三	利润	%	3.00	1561.08	46.83
四	材料价差				
五	税金	%	9.00	1607.91	144.71
合计					1752.62

定额名称	种植灌木(带土球 20cm 以内)~换:有机肥 换:复合肥 换:灌木树苗				
定额编号	90013		定额单位	100 株	
编号	名称	单位	数量	单价/元	合价/元
一	直接费				1130.47
(一)	直接工程费				1091.19
1	人工费				341.61
	甲类工	工日	3.40	90.90	309.06

	乙类工	工日	0.50	65.10	32.55
2	材料费				749.58
	树苗	株	102.00	5.00	510.00
	复合肥	kg	30.00	4.80	144.00
	有机肥	kg	25.00	3.35	83.75
	水	m <sup>3</sup>	2.00	4.05	8.10
	其他材料费	%	0.5	745.85	3.73
3	机械使用费				
(二)	措施费	%	3.60	1091.19	39.28
二	间接费	%	5.00	1130.47	56.52
三	利润	%	3.00	1186.99	35.61
四	材料价差				
五	税金	%	9.00	1222.60	110.03
合计					1332.63

定额名称	撒播（不覆土），人工撒播草籽				
定额编号	90030		定额单位	hm <sup>2</sup>	
编号	名称	单位	数量	单价/元	合价/元
一	直接费				1094.75
(一)	直接工程费				1056.71
1	人工费				136.71
	乙类工	工日	2.1	65.1	136.71
2	材料费				920.00
	草籽	kg	20	40	800.00
	其他材料费	%	15	800	120.00
3	机械使用费				
(二)	措施费	%	3.60	1056.71	38.04
二	间接费	%	5.00	1094.75	54.74
三	利润	%	3.00	1149.49	34.48
四	材料价差				
五	税金	%	9.00	1183.97	106.56
合计					1290.53

表 6-14 工程施工费单价估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	直接费单价 (万元)	措施费 (万元)	间接费 (万元)	利润 (万元)	税金 (万元)	材料价差 (万元)	综合单价 (万元)
一	地貌重塑工程									
(一)	机械砌体拆除	m <sup>3</sup>	100	3.1987	0.1151	0.1988	0.1054	0.3256	-	3.9437
(二)	挖土方	m <sup>3</sup>	100	0.0315	0.0011	0.0016	0.0010	0.0032	-	0.0385
(三)	外运建筑垃圾	m <sup>3</sup>	100	0.2483	0.0089	0.0154	0.0082	0.0253	-	0.3061
(四)	浆砌截排水沟	m <sup>3</sup>	100	3.6389	0.1310	0.1885	0.1187	0.3669	-	4.4440
(五)	沉砂池	m <sup>3</sup>	100	3.6389	0.1310	0.1885	0.1187	0.3669	-	4.4440
(六)	浆砌挡土墙	m <sup>3</sup>	100	2.1018	0.0757	0.1089	0.0686	0.2119	-	2.5669
(七)	警示牌	块	1	0.0120	0.0003	0.0006	0.0004	0.0012	-	0.0142
(八)	铁丝网	m <sup>2</sup>	100	0.4045	0.0141	0.0202	0.0127	0.0394	-	0.4768
(九)	混凝土栏杆	m <sup>3</sup>	100	5.2017	0.1873	0.2694	0.1698	0.5245	-	6.3527
二	土壤重构工程									
(一)	表土覆土	m <sup>3</sup>	100	0.1179	0.0042	0.0061	0.0038	0.0119	-	0.1440
(二)	土地平整	m <sup>2</sup>	100	0.0293	0.0011	0.0015	0.0009	0.0030	-	0.0358
(三)	土地翻耕	hm <sup>2</sup>	1	0.2069	0.0074	0.0107	0.0067	0.0209	-	0.2526
(四)	有机肥	Kg	100	0.0335	0.0012	0.0017	0.0011	0.0034	-	0.0409
三	植被重建工程									
(一)	种植乔木	株	100	0.1435	0.0052	0.0074	0.0047	0.0145	-	0.1753
(二)	种植灌木	株	100	0.1091	0.0039	0.0056	0.0036	0.0110	-	0.1333
(三)	种植草类	hm <sup>2</sup>	1	0.1057	0.0038	0.0055	0.0034	0.0107	-	0.1291

### (三) 总工程量及其经费估算

#### 1、总工程量

表 6-15 矿山生态修复工程量汇总表

序号	项目	单位	数量
一	<b>地貌重塑工程</b>		
1	拆除地表建筑物	m <sup>3</sup>	508
2	清除地面硬覆盖 0	m <sup>3</sup>	382
3	外运废渣	m <sup>3</sup>	890
4	水泥毯	m <sup>2</sup>	20532
5	绿网	m <sup>2</sup>	18874
6	截排水沟挖方	m <sup>3</sup>	1715
7	浆砌截排水沟	m <sup>3</sup>	1000
8	沉砂池	m <sup>3</sup>	46.5
9	沉砂池挖方	m <sup>3</sup>	67.5
10	挡土墙	m <sup>3</sup>	76.8
11	警示牌	个	16
12	铁丝网	m <sup>2</sup>	711
13	混凝土栏杆	m <sup>3</sup>	30
二	<b>土壤重构工程</b>		
1	表土覆土	m <sup>3</sup>	4174
2	有机肥	Kg	494
3	土地翻耕	hm <sup>2</sup>	2.4705
4	土地平整	hm <sup>2</sup>	5.1926
三	<b>植被重建工程</b>		
1	种植乔木	株	3088
2	种植灌木	株	5175
3	种植草类	hm <sup>2</sup>	5.1926
四	<b>管护工程</b>		
1	工程设施及植被管护	年	3
2	水泵	个	2
3	输水软管	m	460

#### 2、投资估算

##### (1) 动态总投资

本项目估算动态总投资为 311.22 万元，静态总投资为 261.80 万元，价差预备费为 49.42 万元。其中工程施工费 210.39 万元；其它费用 40.04 万元，监测与管护费 3.86 万元，不可预见费 7.51 万元。

表 6-16 土地复垦方案估算总表

序号	工程或费用名称	费用 (万元)	费例 (%)
一	工程施工费	<b>210.39</b>	67.54
二	设备费	/	/
三	其他费用	<b>40.04</b>	12.88
四	监测与管护费	<b>3.86</b>	1.24
(一)	监测费	1.26	0.41
(二)	管护费	2.60	0.84
五	不可预见费	<b>7.51</b>	2.41
六	静态总投资	<b>261.80</b>	84.07
七	价差预备费	<b>49.42</b>	15.93
八	动态总投资	<b>311.22</b>	100

(2) 价差预备费

考虑到经济发展及物价波动等因素，应根据静态投资及复垦工作安排进行价差预备费计算。假设项目生产服务年限为  $n$  年，年度价格波动水平按国家规定的物价指数 ( $r$ ) 计算，若每年的静态投资费为  $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ …… $a_n$  (万元)，则第  $i$  年的价差预备费  $W_i$ :  $W_i = a_i ( (1+r)^{n-1} - 1 )$ ，本方案最终确定价差预备费费率为 2%。矿山生产期 14 年，矿山闭坑后矿山地质环境保护治理与土地复垦施工期 1 年，管护期为 3 年，故本方案适用年限为 18 年，价差预备费为 49.42 万元。

表 6-17 价差预备费计算表

年度	年投资 (万元)	系数 $(1.05^{n-1} - 1)$	价差预备费 (万元)	动态投资 (万元)
1	11.92	0.00	0.00	11.92
2	12.30	0.02	0.25	12.55
3	12.30	0.04	0.49	12.79
4	12.30	0.06	0.74	13.04
5	12.30	0.08	0.98	13.28
6	12.30	0.10	1.23	13.53
7	12.30	0.12	1.47	13.77
8	12.30	0.14	1.72	14.02
9	12.30	0.16	1.97	14.27
10	12.30	0.18	2.21	14.51
11	12.30	0.20	2.46	14.76
12	12.30	0.22	2.71	15.01
13	12.30	0.24	2.95	15.25
14	12.30	0.26	3.20	15.50
15	43.99	0.28	12.32	56.31
16	15.33	0.30	4.60	19.93
17	15.33	0.32	4.91	20.24
18	15.33	0.34	5.21	20.54
<b>合计</b>	<b>261.80</b>		<b>49.42</b>	<b>311.22</b>

三、阶段工作任务与经费安排

(一) 阶段工作任务

本方案适用年限定为 18 年，分为近期 (第 1~5 年)、中期 (第 6~10 年) 远

期（第 11~18 年）。

### **1、近期实施阶段（第 1~5 年）**

（1）针对矿山开采可能引发的地质灾害修建防治工程，主要包括设置警示牌、截排水沟、沉砂池、局部高陡边坡整治等措施，并对其进行维护；

（2）按照“边开采、边复垦”的原则，对露天采场上部台阶进行复垦，并对复绿植被进行管护。

（3）初步建立矿山地质环境监测系统，定期对地质灾害、含水层、地形地貌和水土环境、土地损毁程度进行监测，建立矿山地质环境预警机制，减少矿山地质环境问题的危害。

### **2、中期实施阶段（第 6~10 年）**

（1）进一步对可能引发、遭受的地质灾害采取防治措施；对前期截排水沟、沉砂池等进行定期维护，对前期复绿植被进行管护。

（2）按照“边开采、边复垦”的原则，继续对露天采场上部台阶进行复垦，并对复绿植被进行管护。

（3）完善矿山地质环境监测系统，定期对地下水位及水质、地形地貌景观及水土环境等进行监测，对突发性的地质环境问题要及时上报并作出妥善处理。

### **3、远期实施阶段（第 11~18 年）**

（1）进一步对可能引发、遭受的地质灾害采取防治措施；对前期截排水沟、沉砂池等进行定期维护，对前期复绿植被进行管护。

（2）矿山闭坑后对露天采场、工业场地、办公生活区全面进行复垦为林地、坑塘水面，并对复绿植被进行管护。

（3）完善矿山地质环境监测系统，定期对地下水位及水质、地形地貌景观及水土环境等进行监测，对突发性的地质环境问题要及时上报并作出妥善处理；

（4）对复垦效果进行监测、管护。

根据上文近期年度工作安排，本矿的经费安排如下表 6-18。

表 6-18 阶段实施计划进度表

治理对象	近期 1~5 年					中期 6~10 年	远期 11~18 年
	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年		
露天采场	①采场周边设置截水沟、沉砂池，并定期维护；②设立警示牌；③监测措施。	①对开采平台进行复垦；②继续定期维护截水沟、沉砂池等；③对前期复绿植被养护；④边坡危岩体清理；⑤监测措施。	①对开采平台进行复垦；②继续定期维护截水沟、沉砂池等；③对前期复绿植被养护；④边坡危岩体、浮石清理；⑤监测措施。	①对开采平台进行复垦；②继续定期维护截水沟、沉砂池等；③对前期复绿植被养护；④边坡危岩体、浮石清理；⑤监测措施。	①对开采平台进行复垦；②继续定期维护截水沟、沉砂池等；③对前期复绿植被养护；④边坡危岩体、浮石清理；⑤监测措施。	①对开采平台进行复垦；②继续定期维护截水沟、沉砂池等；③对前期复绿植被养护；④边坡危岩体、浮石清理；⑤监测措施。	①对露天采场全面复垦；②设置防护围栏、警示牌等；④闭坑后垦为林地和坑塘水面；对前期复绿植被养护；⑤监测措施。
工业场地	①周边设置截排水沟，下游设置沉砂池，并定期维护；②监测措施。	①定期维护沉砂池、截排水沟。②监测措施。	①定期维护沉砂池、截排水沟。②监测措施。	①定期维护沉砂池、截排水沟。②监测措施。	①定期维护沉砂池、截排水沟。②监测措施。	①定期维护沉砂池、截排水沟。②监测措施。	①闭坑后复垦为林地；②植被养护；③监测措施。
办公生活区	①监测措施。	①监测措施。	①监测措施。	①监测措施。	①监测措施。	①监测措施。	①闭坑后复垦为林地；②植被养护；③监测措施。

## **(二) 近年工作任务与经费进度安排**

### **1、第 1 年年度 实施计划**

根据开采方案，该年度实施计划为：在采场四周及工业场地有汇水条件的地方修建截水沟，并修建沉砂池，所有汇水经沉砂池沉淀后才能外排；在有危险的地方设置醒目的安全标志；对开过程形成的边坡危岩进行清理；布置矿山地质环境监测点，并按时完成监测工作。

### **2、第 2 年年度实施计划**

根据开采方案，该年度实施计划为：在露天采场有汇水条件的地方修建截水沟，并修建沉砂池，所有汇水经沉砂池沉淀后才能外排；在有危险的地方设置醒目的安全标志；对开过程形成的边坡危岩进行清理；布置矿山地质环境监测点，并按时完成监测工作。

### **3、第 3 年年度实施计划**

根据开采进度，年度实施计划为：定期维护截排水沟、沉砂池等防治工程；对开采过程形成的边坡危岩进行清理及防护措施；在开采形成高陡、危险的边坡周边设置醒目警示标志；对上部开采形成的永久边坡台阶进行覆土、植被重建；继续进行矿山地质环境监测工作。

### **4、第 4 年年度实施计划**

根据开采进度，年度实施计划为：定期维护截排水沟、沉砂池等防治工程；对开采过程形成的边坡危岩进行清理及防护措施；在开采形成高陡、危险的边坡周边设置醒目警示标志；对上部开采形成的永久边坡台阶进行覆土、植被重建；继续进行矿山地质环境监测工作。

### **5、第 5 年年度实施计划**

根据开采进度，年度实施计划为：定期维护截排水沟、沉砂池等防治工程；对开采过程形成的边坡危岩进行清理及防护措施；在开采形成高陡、危险的边坡周边设置醒目警示标志；对上部开采形成的永久边坡台阶进行覆土、植被重建；继续进行矿山地质环境监测工作。

6-19 前五年度矿区生态修复工作计划表

序号	修复阶段	所属生态修复区块	是否为临时用地	主要工程措施	工程量	目标地类	面积	费用
1	第一年度	露天采场	否	截排水沟、沉砂池	截排水沟 500m <sup>3</sup> 、沉砂池 1 座、监测措施	林地	-	9.75 万元
		工业场地	否	截排水沟、沉砂池	截排水沟 68m <sup>3</sup> 、沉砂池 1 座、监测措施	林地	-	2.17 万元
2	第二年度	露天采场	否	截排水沟、沉砂池、地质环境监测	截排水沟 432m <sup>3</sup> 、沉砂池 1 座、监测措施。	林地	-	12.55 万元
3	第三年度	露天采场	否	覆土、植被重建、地质环境监测	覆土 266m <sup>3</sup> ，种植乔木及灌木 133 株，撒播草籽 0.0533hm <sup>2</sup> ，监测措施。	林地	0.0533hm <sup>2</sup>	12.79 万元
4	第四年度	露天采场	否	覆土、植被重建、地质环境监测	覆土 280m <sup>3</sup> ，种植乔木及灌木 140 株、撒播草籽 0.0560hm <sup>2</sup> ，监测措施。	林地	0.0560hm <sup>2</sup>	13.04 万元
5	第五年度	露天采场	否	覆土、植被重建、地质环境监测	覆土 279m <sup>3</sup> ，种植乔木及灌木 139 株，撒播草籽 0.0558hm <sup>2</sup> ，监测措施。	林地	0.0558hm <sup>2</sup>	13.28 万元

6-20 矿区生态修复工程量与经费安排表

序号	生态修复区块	生态修复面积	主要治理修复问题	修复工程				监测与管护工程			
				修复措施	工程量	费用(万元)	实施时间	监测措施	工程量	费用(万元)	实施时间
1	露采场	18.8051hm <sup>2</sup>	地貌重塑、土壤重构、植被重建、监测工程	水泥毯	20532m <sup>2</sup>	22.5852	2025 年~2040 年	地灾监测	720 次	18.7200	2025 年~2040 年
				绿网	18874m <sup>2</sup>	0.9437	2025 年~2040 年	水质监测	36 次	4.3200	2025 年~2040 年
				截排水沟挖方	1599m <sup>3</sup>	0.6154	2025 年~2040 年	土壤检测	36 次	4.3200	2025 年~2040 年
				浆砌截排水沟	932m <sup>3</sup>	41.4185	2025 年~2040 年	地形地貌监测	18 次	4.6800	2025 年~2040 年
				沉砂池	31m <sup>3</sup>	1.3777	2025 年~2040 年	土地资源监测	18 次	11.1511	2025 年~2040 年
				沉砂池挖方	45m <sup>3</sup>	0.0173	2025 年~2040 年				
				警示牌	16 块	0.2373	2025 年~2040 年				
				铁丝网	711m <sup>2</sup>	3.3899	2025 年~2040 年				
	混凝土拦杆	30m <sup>3</sup>	1.9058	2025 年~2040 年							

湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿矿区生态修复方案

				表土覆土	4174m <sup>3</sup>	6.0121	2025年~2040年				
				土地平整	2.7221hm <sup>2</sup>	9.7489	2025年~2040年				
				种植灌木	2087株	2.7812	2025年~2040年				
				种植草类	2.7221hm <sup>2</sup>	0.3513	2025年~2040年				
				水泵	2个	0.3500	2025年~2040年				
				输水软管	460m	0.5520	2025年~2040年				
5	办公生活区	0.0530hm <sup>2</sup>	地貌重塑、土壤重构、植被重建	拆除地表建筑物	80m <sup>3</sup>	3.1550	2040年起止				
				清除地面硬覆盖	106m <sup>3</sup>	4.1804	2040年起止				
				外运废渣	186m <sup>3</sup>	0.5694	2040年起止				
				土地翻耕	0.0530hm <sup>2</sup>	0.0134	2040年起止				
				土地平整	0.0530hm <sup>2</sup>	0.1898	2040年起止				
				有机肥	10.6Kg	0.0045	2040年起止				
				种植草类	0.0530hm <sup>2</sup>	0.0068	2040年起止				
				种植乔木	66株	0.1157	2040年起止				
				种植灌木	66株	0.0880	2040年起止				
6	工业场地	2.4175hm <sup>2</sup>	地貌重塑、土壤重构、植被重建、监测工程	拆除地表建筑物	428m <sup>3</sup>	16.8792	2040年起止	地灾监测	288次	7.4880	2025年~2040年
				清除地面硬覆盖	276m <sup>3</sup>	10.8847	2040年起止	水质监测	36次	4.3200	2025年~2040年
				外运废渣	704m <sup>3</sup>	2.1551	2040年起止				
				浆砌挡土墙	77m <sup>3</sup>	1.9765	2040年起止				
				截排水沟挖方	116m <sup>3</sup>	0.0446	2040年起止				
				浆砌截排水沟	68m <sup>3</sup>	3.0220	2040年起止				
				沉砂池	15.5m <sup>3</sup>	0.7110	2040年起止				
				沉砂池挖方	22.5m <sup>3</sup>	0.0089	2040年起止				
				土地翻耕	2.4175hm <sup>2</sup>	0.6108	2040年起止				

				土地平整	2.4175hm <sup>2</sup>	8.6580	2040 年起止				
				有机肥	483.4Kg	0.1975	2040 年起止				
				种植乔木	3022 株	5.2964	2040 年起止				
				种植灌木	3022 株	4.0272	2040 年起止				
				种植草类	2.4175hm <sup>2</sup>	0.3120	2040 年起止				

本矿山生态修复所需资金 311.22 万元，需分阶段，分期足额预存。采矿权人应当在银行开设专用存款账户作为基金账户，应将用于生态修复的专项资金及时提取，专款专用，不得挪用。接受自然资源主管部门对费用使用、管理进行监督，分阶段签订“监管协议”。矿山已缴纳了 42.83 万元土地复垦保证金，本次估算费用 311.22 万元，矿山还需缴纳 268.39 万元。

生态修复的各项投资列入矿山投资的总体安排和年度计划中，完生态修复资金管理辦法，确保生态修复资金足额到位，并设专门账户，专款专用，按规定单独建账，单独核算。同时加强生态修复资金的监管，实现按项目进度分期拨款。

表 6-21 生态修复费用安排表（单位/万元）

阶段	总投资	年份	年度投入 资金	存储	费用预存	阶段费用预存 额
				分期	总金额	
1	63.58	2026 年	11.92	第一期	53.68	268.39 首期预存 20%
		2027 年	12.55	第二期	71.57	
		2028 年	12.79	第三期	71.57	
		2029 年	13.04	第四期	71.57	
		2030 年	13.28			
2	70.10	2031 年	13.53			
		2032 年	13.77			
		2033 年	14.02			
		2034 年	14.27			
		2035 年	14.51			
3	177.54	2036 年	14.76			
		2037 年	15.01			
		2038 年	15.25			
		2039 年	15.50			
		2040 年	56.31			
		2041 年	19.93			
		2042 年	20.24			
		2043 年	20.54			

## 第七章 保障措施与效益分析

### 一、保障措施

#### 1、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，因此建立由矿山负责人为组长和矿区生态修复管理人员等技术骨干力量为成员组成的管理机构，以负责本方案的具体施工、协调和管理的工作。生态修复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”的方针，确保工作的安全进行，充分发挥矿区生态修复工程的效益。

(2) 建立矿区生态修复目标责任制，将其列入工程进度、质量考核的内容之一，每小阶段向土地行政主管部门汇报矿区生态修复的进度情况，并制定下一阶段的详细实施计划。

(3) 充分了解和掌握现阶段的矿区生态修复情况及其落实状况，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，接受土地行政主管部门的检查与监督。

(4) 加强土地复垦有关法律、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、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) 在矿区生态修复施工过程中，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、分析及整编资料，为矿区生态修复工程的验收提供相关资料。

#### 2、技术保障

针对本项目区内矿区生态修复的方法，经济、合理、可行，达到合理高效利用土地的标准。矿区生态修复所需的各类材料，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，具体负责治理和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矿区生态修复总体规划方案执行，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) 矿区生态修复实施中，根据本方案总体框架，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。

(2) 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。

(3) 建设、施工等各项工作严格按照有关规定，按计划有序进行。

(4) 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。

(5) 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。

(6) 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。

### 3、资金保障

矿山应根据“谁开发谁保护、谁破坏谁治理、谁投资谁受益”的原则，矿区生态修复费用由湛江德通投资有限公司承担，费用由矿山自筹。

本矿山开采矿种为建筑用砂矿，年生产规模 18 万 m<sup>3</sup>/年，为中型开采规模矿山，可以边开采、边恢复治理，根据开采方案，矿山投资为 4899.91 万元，单位年生产成本费用 936 万元，年销售总额为 1780.4 万元，年各种税金合计 234.4 万元，正常年份税后利润 457.5（万元）。

本方案估算矿区生态修复总费用合计 311.22 万元，本方案适用年限 18 年，平均每年投资约 17.29 万元，矿山完全有能力保证矿区生态修复工作的实施。

### 4、监管保障

(1) 项目区主管部门在建立组织机构的同时，将加强与当地政府主管部门及职能部门的合作，建立共管机制，自觉接受地方主管部门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) 按照本方案确定计划安排，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，及时调整因项目区发生变化的复垦计划，以确保土地复垦各项工程落到实处。

(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。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。

(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，调动土地复垦的积极性。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。保护积极进行土地复垦的村委会以及村民的利益，充分调动其土地复垦的积极性。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；二是使土地修复区的每一块土地确实实要发挥作用和产生良好的经济生态社会效益。

## 二、公众参与

本项目公众参与形式主要有三种形式：一是在复垦方案编制前的现场调查过程中采用走访调查形式进行；二是在复垦方案编制基本完成后，采取走访调查的形式进行；三是在方案实施与验收过程中采取土地权属人与相关管理部门共同开展土地损毁调查评估，共同进行复垦规划确定与工程验收形式进行。

### 1、方案编制期间的公众参与情况

由于矿山开采项目会给周围的自然环境和社会环境带来影响，直接或间接地影响当地人民群众生活。矿区生态修复规划要在充分了解当地人民群众意愿和观点的基础上，使建设项目更加民主化、公众化，以避免片面性和主观性，使该项建设的规划、设计、施工和运行更加完善，更加合理，从而有利于最大限度地发挥该项目的综合效益和长远效益，使经济效益、社会效益和环境效益得到统一。

矿区生态修复方案编制过程中，为使本方案做到因地制宜，保护与复垦工作切实可行，技术人员对当地群众和相关政府部门进行了公众参与调查。

#### 1) 项目区内村民、村集体及自然资源部门意见

在湛江德通投资有限公司遂溪县界炮遂溪林场建筑用砂矿技术人员的陪同下，编制人员对项目区进行现场踏勘，并随机走访了保护与复垦影响区域的土地权利人，并以发放《公众调查表》和走访的形式，积极听取了项目影响区域内土地权利人的意见，得到了他们的大力支持。

本次调查内容涉及公众对矿山开采项目矿区生态修复工作的态度、对该项目有利影响和不利影响的想法、公众的愿望和要求等。根据调查结果显示，通过调查走访，大多数被调查人员对保护与复垦工作了解或一般了解，对湛江德通投资有限公司遂溪县界炮遂溪林场建筑用砂矿以往开展的保护与复垦工作的效果较满

意。在向被调查人员解释本项目实施的意义后，绝大多数人对此表示支持，认为该项目的实施对当地经济和自然环境能起到积极作用。当地群众针对保护与复垦工作，主要提出了以下几点问题和意见：

- (1) 担心矿山开采项目会对土地造成不良影响；
- (2) 建议保护与复垦时尽量提高复垦质量要求；
- (3) 尽可能在生产的情况下恢复植被。

## 2) 项目区内相关政府部门参与情况

目前，在方案编制过程中主要以项目区内的自然资源主管部门为主，在听取业主及编制单位汇报后，遂溪县自然资源局经过讨论形成以下几点要求及建议：

- (1) 对矿山开发所造成损毁的土地尽快采取保护与复垦措施；
- (2) 矿区生态修复工作需充分考虑当地的政策、自然、社会经济等因素，尽可能的恢复土地利用价值；
- (3) 方案确定的保护与复垦质量要求应符合国家和地方的有关国土空间总体规划要求，评估范围、复垦责任范围和复垦面积准确真实；
- (4) 矿区生态修复的实施应尊重土地所有权及使用权人的意愿，保护与复垦措施符合本项目的特点及本地实际情况，切实可行；
- (5) 在矿山开发过程中应尽可能采取一定的预防控制措施，减少地质环境影响和损毁土地面积。

由以上意见可以看出，群众和政府部门都希望保护与复垦工作能落到实处，在制定科学合理的保护与复垦措施基础上，进一步改善当地生态环境。

依据以上意见，方案编制人员实地调研了当地的保护与复垦工作，对于合理科学的保护与复垦技术在方案中已采纳，同时提出了更为先进的保护与复垦措施，另外还制定了严格的保护与复垦工作计划安排和保障措施，确保该项工程和费用按照规划设计来实施。

## 2、矿区生态修复实施中的参与计划

上节叙述了方案编制期间的公众参与情况，只是作为本方案在确定矿区生态修复方向以及制定相应措施等方面的依据。在随后的保护与复垦计划实施、监测等方面将建立相应的参与机制，进一步加强与当地自然资源主管部门的联系，同时尽可能扩大参与范围，从现有的土地权利人及相关职能部门扩大至当地整个社会，积极采纳合理意见，积极推广先进的、科学的保护与复垦技术，积极宣传矿

区生态修复政策及其深远含义，努力起到模范带头作用。

#### 1) 组织人员

矿方技术人员将与当地相关部门进行长期的、积极有效的合作，在方案实施过程中，建立相应的公众参与机制，积极调动公众的参与热情。

#### 2) 参与方式

为保证全程全面参与能有效、及时反馈意见，参与形式主要为座谈会形式，要求项目涉及区域的代表参加，确保项目涉及区域内民众充分知晓项目计划、进展和效果。

#### 3) 参与人员

在群众方面，主要为项目涉及区域的土地权利人。

在政府相关职能部门方面，将进一步加强与项目区内自然资源主管部门的沟通，还将加大和扩大重点职能部门的参与力度和范围，如林业局、环保局和审计局等。

#### 4) 参与时间和内容

##### (1) 保护与复垦实施前

湛江德通投资有限公司遂溪县界炮遂溪林场建筑用砂矿承诺将根据本方案确定的保护与复垦安排相应工作，在每次制订保护与复垦实施方案时进行一次参与式公众调查，主要是对矿山生产可能造成或遭受的地质灾害、实际损毁土地面积、损毁程度等进行调查。

##### (2) 保护与复垦实施中

湛江德通投资有限公司遂溪县界炮遂溪林场建筑用砂矿承诺将在每年年底进行一次参与式公众调查，主要是对保护与复垦实施效果、实施进度、实施措施落实和费用落实情况进行调查。

##### (3) 竣工验收

湛江德通投资有限公司遂溪县界炮遂溪林场建筑用砂矿承诺竣工验收时将邀请当地相关政府部门、专家和部分群众代表一起参与，验收结果将向公众公布，对公众提出质疑的地方，将及时重新核实并予以说明，同时严肃查处弄虚作假问题。

### 三、效益分析

矿区生态修复方案实施的目的在于控制项目区的新增水土流失，防止土壤大

量流失，维护矿山开采建设安全运行，绿化、美化环境，恢复和重建矿山损毁的土地及植被，改善矿山开采后的生态环境，促进区域经济、环境的可持续发展。

### **1、生态效益分析**

对采矿生产损毁和扰动土地及植被进行土地复垦是实现生态效益的重要措施。因此在本方案中，要对采矿生产损毁的林地和耕地尽量恢复其原有功能。对于损毁区根据整治后的形状设计，按照“合理布局、因地制宜”的原则进行治理，建立起新的土地利用生态体系，形成新的人工和自然绿色景观，尽量使矿区开采对生态环境的影响减小到最低，使矿区周边的生态环境有大的改观。

### **2、经济效益分析**

本矿复垦面积约 21.2756hm<sup>2</sup>，约 319.134 亩，其中林地种植乔木面积为 49.578 亩。乔木以种植桉树为主，林木种植 10 年后可以砍伐，减去工人砍伐人工费及运输费用，林木以每亩 4000 元的价格收购，其 10 年后可获利润约 1.98 万元，其经济效益较好。

### **3、社会效益分析**

矿区进行生态修复工程，有效的改善了矿区环境，符合国家关于十分珍惜合理利用每一寸土地的国策。同时通过生态修复方案的实施，一是有利于矿区及附近农林业的安全生产，实现当地社会经济的可持续发展；二是在矿区内营造适生的其他林地产区，不仅防治了区域水土流失，而且将会改善当地群众的生产、生活质量。

## 第八章 结论与建议

### 一、结论

1、湛江德通投资有限公司界炮遂溪林场建筑用砂矿矿区范围面积  $0.1881\text{km}^2$ ，开采标高 $+22\text{m}\sim-9.0\text{m}$ ；开采矿种为建筑用砂矿，设计开采方式为露天开采，年生产规模  $18\text{万 m}^3/\text{a}$ 。该矿山总服务年限为 18 年，其中生产期 14 年，矿山闭坑后矿山地质环境保护治理与土地复垦施工期 1 年，管护期为 3 年。

2、矿区现状问题主要集中于开采生产影响区，已损毁范围分为 3 个单元，分别为露天采场、工业场地和办公生活区，已损毁面积合计为  $20.7547\text{hm}^2$ 。历史开采露天采场地质环境问题、土地损毁、生态损毁问题均为重度，面积约为  $11.1511\text{hm}^2$ ；工业场地地质环境问题、生态损毁问题为重度、土地损毁问题为中度，面积约为  $9.4218\text{hm}^2$ （现状工业场地位于矿区东部（II 区）压覆矿体进行布置，后续矿山进行二期开采时，工业场地将迁移至矿区 4 号拐点东北面，面积将减少）。办公生活区地质环境问题、土地损毁、生态损毁问题为中度，面积约为  $0.1818\text{hm}^2$ 。

3、矿区受损预测主要集中于矿区露天采场及其采矿活动影响区，损毁范围分为 3 个单元，分别为露天采场、工业场地和办公生活区，损毁面积合计为  $21.2756\text{hm}^2$ 。露天采场地质环境问题、土地损毁、生态损毁问题为重度，面积约为  $18.8051\text{hm}^2$ ；办公生活区、工业场地地质环境问题、土地损毁问题为中度、生态损毁问题为重度，面积约为  $2.4705\text{hm}^2$ 。

4、本项目共损毁土地面积  $21.2756\text{hm}^2$ ，损毁土地地类及面积为：乔木林地  $2.8291\text{hm}^2$ ，其他林地  $1.6866\text{hm}^2$ ，其他草地  $0.0524\text{hm}^2$ ，设施农用地  $0.2023\text{hm}^2$ ，采矿用地  $16.5052\text{hm}^2$ 。损毁土地单元及面积为：露天采场  $18.8051\text{hm}^2$ 、工业场地  $2.4175\text{hm}^2$ 、办公生活区  $0.0530\text{hm}^2$ 。土地复垦责任范围为  $21.2756\text{hm}^2$ 。依据土地复垦适宜性评价结果，确定矿山土地复垦的方向为乔木林地  $5.1926\text{hm}^2$ ，坑塘水面  $16.0830\text{hm}^2$ ，复垦面积共  $21.2756\text{hm}^2$ ，复垦率为 100%。

5、按照矿区工程布置情况将矿区生态修复范围分为露天采场、办公生活区和工业场地等 3 个生态修复单元。其中已损毁土地类型为乔木林地、其他林地、其他草地、设施农用地、采矿用地，损毁方式为挖占和压损，已损毁土地面积合计  $20.7547\text{hm}^2$ 。矿区生产建设拟损毁土地类型为乔木林地、采矿用地，损毁方式为挖占和压损，拟损毁土地面积合计  $0.5209\text{hm}^2$ 。

6、矿区生态修复措施主要是规范开采活动、砌体拆除、地貌重塑、土壤重构、植被重建、景观营造和矿区生态修复监测等。

7、本方案的生态修复工程静态总投资为 261.80 万元，差价预备费总额为 49.42 万元，动态投资总额为 311.22 万元。

## 二、建议

1、矿山在建设过程中，应严格执行要坚持“预防为主，防治结合”、“在保护中开发，在开发中保护”、“科学规划、因地制宜、综合治理、经济可行、合理利用”的原则，建设绿色矿山。本方案主要是对矿山地质环境问题提出预防和治理措施，矿山应根据本方案提出的措施，认真实施，做好矿山生态修复工作。

2、在矿山开采过程中密切注意岩体的稳定性，在可能崩塌的高陡边坡上建立观测点，及时发现及时处理。对于边坡崩塌、滑坡区，应按照所圈定的可能滑动范围，设置围栏，防止人畜误入，并应设明显的安全标志。

3、加强持续降雨、久旱后暴雨等极端气候条件下的监测和预警措施，暴雨期间，应停止矿山建设及采矿活动。

4、矿山应及时了解矿山生态修复工程施工的动态信息，督促治理恢复工作的质量及进度。

5、本方案应与矿山主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。矿山开采过程中要严格遵守国家相关法律、法规及规范，对开采过程中地质灾害易发的地段要进行长期监测，发现问题及时解决，确实做好矿山生态修复工作，提高企业的经济效益和社会效益。

6、露天采场矿山应建立健全边坡安全管理和检查制度，加强矿区边坡安全防护和日常管理。特别应关注矿区在开挖过程中，因爆破、振动等因素，对边坡稳定性的影响，如出现隐患及险情应及时采取防治措施。

7、在后续生产过程中加强监测和检测，为闭坑治理和绿色矿山验收作准备。

8、矿山生态修复相关的所有资料（监测检测数据资料，图片、影像、会议、公示公告等）需归档和规范管理，作为今后闭坑验收的依据。

9、严格按照绿色矿山标准进行基建和开采，针对不确定、难预测且极易诱发地质灾害的重点监测对象，应做好地质灾害应急预案，规范开采，地质环境监测与保护的规范及标准化、自动化、数字化、信息化，使“边开采，边复垦”贯彻矿山生产全程。

10、根据《金属非金属矿山安全规程》(GB16423-2020)中 5.2.4.5 要求：“露天开采矿山应建立健全边坡安全管理和检查制度。每 5 年至少进行 1 次边坡稳定性分析要求”。

11、建议加强与水利部门沟通，复核露天采场凹陷采坑坑底库容量及复垦修复方向为坑塘水面的准确性和合理性，完善泄洪通道的设计标高及相关参数。

12、根据《矿区生态修复方案编制指南（临时）》（自然资源部，2025 年 9 月），涉及地质灾害、水土流失、环境污染、固体废物利用等治理工程部署不列入本方案。方案内容必须与开采方案、开采设计以及安全设施设计、水土保持、生态环境保护等措施紧密衔接。建议矿山企业针对不稳定边坡进行专项设计，完成《边坡稳定性评价报告》，做好边坡防护工作，避免地质灾害发生。

13、矿山应设立地质环境监测和应急管理体系，加强监测技术方法和措施的落实，及时处理各种地质环境问题。发现异常的地质灾害监测数据，应该及时向有关部门反映，并及时采取地质灾害应急措施，做到及时发现和治理，减轻矿区环境破坏程度。

14、矿山开采应严格实施地质灾害防治工程“三同时”制度，经批准地质灾害防治工程，必须与矿山主体工程同时设计、同时施工、同时验收。

15、矿山开采后，由于本矿山汇水面积较大，暴雨情况下易对下游的地下含水层造成一定的影响，因此建议采矿权人在开采过程中应注意矿山截排水设施建设和汇水引流等事宜。

16、露天开采矿山应建立健全边坡安全管理、应急预案和检查制度。

17、矿山企业应每五年对本方案进行一次修编。