

海城市正大矿业有限公司宋堡菱镁矿 矿区生态修复方案

海城市正大矿业有限公司

2025年10月



海城市正大矿业有限公司宋堡菱镁矿 矿区生态修复方案

编制单位：佰僊特（沈阳）矿业技术有限公司

法定代表人：饶强

方案编制负责人：饶强

主要编制人员：张德庆 饶强 王琦



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	海城市正和矿业有限公司				
	统一社会信用代码	912103816768759902		联系人	王龙	
	联系地址	海城市牌楼镇宋堡村		联系电话	15044630588	
	采矿权证证号			开采方式	地下	
	采矿权面积	0.6575 平方公里		采矿权拐点坐标		
	采矿权有效期限	2023 年 9 月 18 日至 2025 年 12 月 18 日				
	开采主矿种	菱镁矿		其他矿种	无	
方 案 编 制 单 位	方案编制情形	☐ 首次申请采矿许可 ☐ 扩大开采区域 ☐ 缩小开采区域 ☐ 变更开采方式 ☒ 变更开采主矿种 ☒ 延续 ☐ 其他				
	单位名称	佰德特（沈阳）矿业技术有限公司				
	统一社会信用代码	91210105MAECA9J46N		联系人	饶强	
	联系地址	沈阳市皇姑区黄河南大街 60 号		联系电话	15940061852	
	编制负责人					
	姓名	身份证号	专业	职务/职称	联系电话	签名
	饶强		采矿	工程师		饶强
	主要编制人员					
	姓名	身份证号	专业	职务/职称	联系电话	签名
	张德庆		地质	工程师		张德庆
饶强		采矿	工程师		饶强	
王琦		环境	工程师		王琦	

目 录

前 言.....	1
一、编制目的.....	1
二、服务年限.....	11
第一章 矿山基本情况	12
一、矿业权人基本情况	12
二、地理位置与区域概况	12
三、矿山开采历史及现状	15
第二章 矿区基础信息	35
一、矿区自然条件	35
二、社会经济概况	40
三、矿区地质环境背景	40
四、矿区土地利用现状及采矿用地审批情况	50
五、矿区生态状况	50
六、矿区及周边人类重大工程活动	58
七、矿区生态修复工作情况	60
八、矿区基本情况调查监测指标	63
第三章 问题识别诊断及修复可行性分析.....	64
一、问题识别与受损预测	64
二、生态修复可行性分析	88
三、生态修复分区及修复时序安排	102
四、采矿用地与复垦修复安排	110

第四章 生态修复措施与工程内容	115
一、保护与预防控制措施	115
二、修复措施.....	118
三、工程内容.....	122
第五章 监测与管护	128
一、监测目标与措施	128
二、管护目标与措施	134
三、工程量.....	135
第六章 工程部署与经费估算	137
一、总体部署.....	137
二、总体经费估算	139
三、阶段工作任务与经费安排	151
第七章 保障措施与公众参与	158
一、保障措施.....	158
二、公众参与.....	162
三、效益分析.....	167
第八章 结论	169
一、方案服务年限	169
二、现状问题与受损预测	169
三、修复目标.....	170
四、修复工程与措施	170
五、监测与管护	170
六、经费估算.....	171

附表

1. 矿区生态修复报告表
2. 矿区生态修复方案编制信息表
3. 矿区土地利用现状表
4. 矿区土地利用权属表
5. 矿区开采前生态修复监测内容与监测指标表
6. 矿区开采中生态修复监测内容与监测指标表
7. 矿区损毁程度综合评价表
8. 矿区生态修复目标及土地利用变化表
9. 矿区用地与复垦修复计划表
10. 存量采矿用地腾退指标使用计划表
11. 表土处置工程汇总表
12. 矿区生态修复投资估算总表
13. 工程施工费单价估算表
14. 工程施工费估算表
15. 设备费估算表
16. 其他费用估算表
17. 前三年度矿区生态修复工作计划表
18. 矿区生态修复工程量与经费安排表

附件

1. 委托书
2. 采矿许可证

3. 编制单位真实性承诺书
4. 编制人员职称证书
5. 采矿权人对矿区生态修复承诺书
6. 基金账户余额凭证
7. 矿山地质环境治理恢复验收合格证
8. 土方使用协议
9. 开发利用方案审查意见书
10. 隐蔽致灾因素普查治理报告审查意见
11. 采矿权申请登记会审意见表
12. 土地所有权人对生态修复方案的意见
13. 公众参与调查表

附图

- | | |
|----------------|--------|
| 1. 矿区土地利用现状图 | 1:5000 |
| 2. 矿区地质环境问题现状图 | 1:2000 |
| 3. 矿区土地损毁现状图 | 1:2000 |
| 4. 矿区地质环境问题预测图 | 1:2000 |
| 5. 矿区土地损毁预测图 | 1:2000 |
| 6. 矿区生态修复工程部署图 | 1:2000 |
| 7. 矿区井上下工程对照图 | 1:2000 |

前言

一、编制目的

（一）任务由来

海城市正大矿业有限公司宋堡菱镁矿现采矿许可证由辽宁省自然资源厅颁发，采矿许可证号： ，开采矿种：菱镁矿，有效期限：2023 年 9 月 18 日至 2025 年 12 月 18 日。为办理变更开采主矿种（由菱镁矿变更为菱镁矿、滑石）和采矿权延续手续，海城市正大矿业有限公司 2025 年 7 月委托辽宁牧鼎矿业科技有限公司编制了《海城市正大矿业有限公司宋堡菱镁矿矿产资源开发利用方案》，并通过辽宁省自然资源事务服务中心评审。

由于开采主矿种发生了变更，同时为办理采矿权延续手续，根据《中华人民共和国矿产资源法》（2024 年修订）、《自然资源部办公厅关于〈矿产资源法〉实施衔接过渡有关事项的通知》（自然资办函〔2025〕1704 号）、《自然资源部办公厅关于做好〈矿产资源法〉实施过渡期内矿区生态修复方案编制评审有关工作的通知》（自然资办函〔2025〕2043 号）、《辽宁省自然资源厅关于〈中华人民共和国矿产资源法〉实施衔接过渡期矿区生态修复方案评审工作的公告》（2025 年 9 月 17 日）等要求，需要编制矿区生态修复方案。因此，海城市正大矿业有限公司委托佰僇特（沈阳）矿业技术有限公司根据《矿区生态修复方案编制指南（临时）》编制了《海城市正大矿业有限公司宋堡菱镁矿矿区生态修复方案》。

（二）编制目的

1、上期方案编制及落实情况

2023 年 10 月，海城市正大矿业有限公司自行编制了《海城市正大矿业有限公司（菱镁矿）矿山地质环境保护与土地复垦方案》（以下简称“上期方案”）。上期方案开采矿种为菱镁矿，生产规模为 15 万 t/a，矿山服务年限为 45.12 年，方案服务年限为 34 年，土地损毁单元包括井口区、工业场地、堆矿场、运输道路和预测塌陷区，土地损毁面积共计 26.6288hm²，土地复垦方向为乔木林地和旱地，土地复垦面积为 26.6288hm²，矿山地质环境治理与土地复垦估算静态总投资 4905509.49 元，动态总投资 7843436.93 元。上期方案通过了鞍山市自然资源局组织的专家评审，并进行了公示。

海城市正大矿业有限公司根据上期方案并结合矿山实际情况，于 2023 年 11 月至 2025 年 7 月期间对矿山预测塌陷区、道路两侧、废弃井口区进行了矿山地质环境治理与土地复垦工作，完成的主要工作量包括：设置警示牌 7 块，设置铁丝网 792m，井口回填 720m³，井口封堵 48m³，砌筑挡墙 102m³，场地平整 0.1331hm²，客土 835m³，种植杨树 62 株，种植槭树 268 株，种植刺槐 592 株，废弃井口区完成复垦面积 0.1331hm²，完成工程施工费 197415 元，较好的完成了上期方案中制定的工作任务，并经过海城市、鞍山市两级自然资源主管部门验收，取得了验收合格证。通过上期方案的实施，修复了因矿山开采形成的裸露地貌，有效的改善了矿区的地形地貌景观，恢复了矿区生态环境，为本次工作提供了可靠经验。

2、本期方案编制目的及情形

由于矿山开采主矿种发生了变更（开采主矿种由菱镁矿变更为菱镁矿、滑石），矿山生产规模和服务年限发生了变化（矿山生产规模由 15 万 t/a 提高到 18 万 t/a，服务年限由 45 年 1 个月变为 43 年 8 个月），矿山生产计划发生了变化（部分井口、堆矿场不再利用），同时为办理采矿权延续，根据《中华人民共和国矿产资源法》（中华人民共和国主席令第 36 号，2024 年 11 月 8 日修订）、《自然资源部办公厅关于〈矿产资源法〉实施衔接过渡有关事项的通知》（自然资办函〔2025〕1704 号）、《自然资源部办公厅关于做好〈矿产资源法〉实施过渡期内矿区生态修复方案编制评审有关工作的通知》（自然资办函〔2025〕2043 号）、《关于〈中华人民共和国矿产资源法〉实施衔接过渡期矿区生态修复方案评审工作的公告》（辽宁省自然资源厅，2025 年 9 月 17 日）等要求，需要重新编制矿区生态修复方案。

本期方案编制目的主要为矿山办理采矿许可证手续、履行矿区生态修复义务、缴存矿区生态修复费用和政府主管部门进行生态修复监管和验收提供基本依据。

3、本期方案与上期方案对比情况

本期方案与上期方案主要内容对比详见下表：

表 0-1 本期方案与上期方案主要内容对比表

项目名称	上期方案	本期方案	差异原因
开采矿种	菱镁矿	菱镁矿、滑石	增加滑石矿种
开采方式	地下开采	地下开采	
生产规模	15 万 t/a	18 万 t/a	增加滑石矿种
矿区面积	0.6575km ²	0.6575km ²	
矿山服务年限	45 年 1 个月	43 年 8 个月	生产规模提高

方案服务年限	34 年	47 年 8 个月	按开发利用方案确定 矿山剩余服务年限
土地损毁面积	26.6288hm ²	34.9210hm ²	预测岩移区范围变大
复垦修复方向	乔木林地、旱地	乔木林地、旱地	
复垦修复面积	26.6288hm ²	34.9210hm ²	预测岩移区范围变大

本期方案与上期方案主要工程量与费用对比详见下表：

表 0-2 本期方案与上期方案工程量与费用对比表

序号	项目名称	上期方案		本期方案		差异原因
		工程量	费用(元)	工程量	费用(万元)	
一	工程施工费		1454648.44		513.0853	1、本次方案服务年限增加，价差预备费相应增加； 2、本次方案工程施工费增加 塌陷治理资金，其他费用相应增加； 3、本次方案监测工程量增加、监测费用相应增加。
1	砌体拆除	964m ³	26054.63	3167m ³	37.8249	
2	井口回填			3196.8m ³	6.6783	
3	井口封堵	72m ³	21662.08	74.4m ³	2.5249	
4	场地回填			3875m ³	4.8978	
5	场地平整	5.319hm ²	60758.46	17148.6m ³	11.8481	
6	土方平整	31585m ³	67547.98			
7	土层翻松			5.6157hm ²	1.6211	
8	表土覆盖	31585m ³	910838.14	268.31m ³	38.0726	
9	培肥改良	24.13t	17408.52	350kg	0.0427	
10	种植刺槐	16491 株	72401.52	23850 株	8.9183	
11	种植杨树	316 株	7789.22			
12	种植大豆	120.66kg	435.25			
13	浇水	10246m ³	221758.39			
14	撒播草籽			5.3662hm ²	1.1604	
15	警示牌	7 块	378.76			
16	铁丝网	792m	47615.5			
17	塌陷治理金				399.4963	
二	设备费		0		0	
三	其他费用		154120		62.5964	
1	前期工作费		72732.42		25.6543	
2	工程监理费		21819.73		10.2617	
3	竣工验收费		43639.45		15.3926	
4	业主管理费		15928.4		11.2879	
四	监测管护费		1205811		218.1696	
1	监测费		1157940		213.3400	
2	管护费		47871		4.8296	
五	预备费		2986190.49		1041.8028	
1	基本预备费		48263.05		34.5409	
2	价差预备费		2937927.44		1007.6541	
六	塌陷预留金		2042667			
七	静态总投资		4905509.49		828.3922	
八	动态总投资		7843436.93		1835.6541	

（三）编制依据

1、法律法规及相关文件

（1）《中华人民共和国矿产资源法》（中华人民共和国主席令第 36 号，2024 年 11 月 8 日修订）；

（2）《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第 22 号，2014 年 4 月 24 日修订）；

（3）《中华人民共和国水土保持法》（中华人民共和国主席令第 39 号）；

（4）《中华人民共和国土地管理法》（中华人民共和国主席令第 28 号，2019 年 8 月 26 日修正）；

（5）《中华人民共和国森林法》（中华人民共和国主席令第 3 号，2019 年 12 月 28 日修订）；

（6）《中华人民共和国水法》（中华人民共和国主席令〔2002〕第 74 号，2016 年 7 月 2 日修订）；

（7）《地质灾害防治条例》（中华人民共和国国务院令第 394 号）；

（8）《土地复垦条例》（中华人民共和国国务院令第 592 号）；

（9）《矿山地质环境保护规定》（国土资源部令第 44 号，2019 年 7 月 16 日修正）；

（10）《土地复垦条例实施办法》（国土资源部令第 56 号，2019 年 7 月 16 日修正）；

（11）《自然资源部关于进一步完善矿产资源勘查开采登记管理

的通知》（自然资规〔2023〕4号）；

（12）《自然资源部关于深化矿产资源管理改革若干事项的意见》（自然资规〔2023〕6号）；

（13）《自然资源部 生态环境部 财政部 国家市场监督管理总局 国家金融监督管理总局 中国证券监督管理委员会 国家林业和草原局关于进一步加强绿色矿山建设的通知》（自然资规〔2024〕1号）；

（14）《财政部 国土资源部 环境保护部关于取消矿山地质环境治理恢复保证金建立矿山地质环境治理恢复基金的指导意见》（财建〔2017〕638号）；

（15）《财政部 税务总局 海关总署关于深化增值税改革有关政策的公告》（2019年第39号）；

（16）《自然资源部办公厅关于〈矿产资源法〉实施衔接过渡有关事项的通知》（自然资办函〔2025〕1704号）；

（17）《自然资源部办公厅关于做好〈矿产资源法〉实施过渡期内矿区生态修复方案编制评审有关工作的通知》（自然资办函〔2025〕2043号）；

（18）《关于印发〈辽宁省矿山地质环境治理恢复基金管理暂行办法〉的通知》（辽自然资规〔2018〕1号）；

（19）《关于加强土地复垦工作的通知》（辽自然资发〔2021〕3号）；

（20）《关于印发〈矿山地质环境保护与土地复垦方案省级审查管理办法（试行）〉的通知》（辽自然资发〔2022〕129号）；

(21) 《关于加强矿产资源管理若干事项的通知》(辽自然资规〔2023〕1号)；

(22) 《辽宁省自然资源厅关于〈中华人民共和国矿产资源法〉实施衔接过渡期矿区生态修复方案评审工作的公告》(2025年9月17日)。

2、技术标准与规范

(1) 《矿区生态修复方案编制指南(临时)》(2025年9月)；

(2) 《土地复垦方案编制规程》(TD/T 1031-2011)；

(3) 《矿山地质环境保护与治理恢复方案编制规范》(DZ/T 0223-2011)；

(4) 《金属矿土地复垦与生态修复技术规范》(GB/T 43933-2024)；

(5) 《煤矿土地复垦与生态修复技术规范》(GB/T 43934-2024)；

(6) 《矿山土地复垦与生态修复监测评价技术规范》(GB/T 43935-2024)；

(7) 《石油天然气项目土地复垦与生态修复技术规范》(GB/T 43936-2024)；

(8) 《非金属类矿山土地复垦与生态修复技术规范》(DB62/T 5034-2024)；

(9) 《矿山生态修复技术规范》(TD/T 1070-2022)；

(10) 《裸露坡面植被恢复技术规范》(GB/T 38360-2019)；

(11) 《造林技术规程》(GB/T 15776-2023)；

(12) 《生态系统格局与质量评价方法》(GB/T 42340-2023)；

- (13) 《森林植被状况监测技术规范》（GB/T 30363-2013）；
- (14) 《矿山地质环境监测技术规程》（DZ/T 0287-2015）；
- (15) 《矿区地下水监测规范》（DZ/T 0388-2021）；
- (16) 《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112-2021）；
- (17) 《水土保持综合治理技术规范》（GB/T 16453-2008）；
- (18) 《土地利用现状分类》（GB/T 21010-2017）；
- (19) 《土地复垦质量控制标准》（TD/T 1036-2013）；
- (20) 《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）；
- (21) 《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）；
- (22) 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）；
- (23) 《矿山及其他工程破损山体植被恢复技术》（DB21/T 2019-2012）；
- (24) 《辽宁省恢复植被和林业生产条件及树木补种标准》（2021年）；
- (25) 《土地开发整理项目预算定额标准》（2012年）；
- (26) 《金属非金属矿山安全规程》（GB 16423-2020）；
- (27) 《矿山生态修复工程验收规范》（TD/T 1092-2024）。

3、主要基础性资料

- (1) 申请人营业执照(统一社会信用代码:)；
- (2) 采矿许可证(证号:)；
- (3) 《辽宁省海城市宋堡矿区滑石矿、菱镁矿资源储量核实报

告》（辽宁省第七地质大队有限责任公司，2023 年 3 月）；

（4）关于《辽宁省海城市宋堡矿区滑石矿、菱镁矿资源储量核实报告》矿产资源储量评审备案的复函（辽自然资储备字〔2023〕36 号）；

（5）《辽宁省海城市宋堡矿区滑石矿、菱镁矿资源储量核实报告》评审意见书（辽储评（储）字〔2023〕37 号）；

（6）《辽宁省海城市牌楼镇宋堡菱镁矿区正大矿段菱镁矿、滑石矿 2024 年度储量年度报告》（辽宁省第六地质大队有限责任公司，2025 年 1 月 15 日）；

（7）《辽宁省海城市牌楼镇宋堡菱镁矿区正大矿段菱镁矿、滑石矿 2024 年度储量年度报告》审查意见表（2025 年 1 月 20 日）；

（8）《辽宁省海城市宋堡矿区滑石矿、菱镁矿水文地质、工程地质勘探报告》（辽宁省第五地质大队有限责任公司，2024 年 12 月）；

（9）《辽宁省海城市宋堡矿区滑石矿、菱镁矿水文地质、工程地质勘探报告》评审意见（2024 年 12 月 8 日）；

（10）《海城市正大矿业有限公司宋堡菱镁矿隐蔽致灾因素普查治理报告》（辽宁省第五地质大队有限责任公司，2024 年 12 月）；

（11）《海城市正大矿业有限公司宋堡菱镁矿隐蔽致灾因素普查治理报告》专家审查意见（2025 年 1 月 22 日）；

（12）《海城市正大矿业有限公司（菱镁矿）地下开采建设项目初步设计》（沈阳正道工程设计咨询有限公司，2025 年 4 月）；

（13）《海城市正大矿业有限公司（菱镁矿）地下开采建设项目

安全设施设计》（沈阳正道工程设计咨询有限公司，2025 年 4 月）；

（14）《关于海城市正大矿业有限公司（菱镁矿）地下开采建设项目安全设施设计的批复》（辽矿安函字〔2025〕22 号）；

（15）《海城市正大矿业有限公司宋堡菱镁矿矿产资源开发利用方案》，辽宁牧鼎矿业科技有限公司，2025 年 7 月；

（16）《海城市正大矿业有限公司宋堡菱镁矿矿产资源开发利用方案审查意见书》（辽自然资事矿（开）审字〔2025〕C037 号）；

（17）《海城市正大矿业有限公司（菱镁矿）矿山地质环境保护与土地复垦方案》（海城市正大矿业有限公司，2023 年 10 月）；

（18）《海城市正大矿业有限公司（菱镁矿）矿山地质环境保护与土地复垦方案》审查意见（2023 年 10 月 12 日）；

（19）《海城市正大矿业有限公司（菱镁矿）矿山地质环境保护与土地复垦工程技术复核报告》（辽宁阔达弘业土地科技服务有限公司，2025 年 7 月）；

（20）《辽宁省海城市正大矿业有限公司年开采菱镁矿 15 万吨、滑石矿 1.5 万吨矿山整合项目环境影响报告书》（丹东轻化工研究院有限责任公司，2008 年 4 月）；

（21）《关于辽宁省海城市正大矿业有限公司年开采菱镁矿 15 万吨、滑石矿 1.5 万吨矿山整合项目环境影响报告书的批复》（海环保发〔2008〕20 号）；

（22）《海城市正大矿业有限公司（菱镁矿、滑石矿）项目水土保持方案延续报告书》（海城市桐辉水利工程技术服务有限公司，2024

年 12 月)；

(23)《海城市正大矿业有限公司(菱镁矿、滑石矿)项目水土保持方案延续报告书》专家组评审意见(2024 年 12 月 16 日)；

(24)海城市正大矿业有限公司地质地形及总平面布置正射影像图(辽宁省地质矿产调查院有限责任公司, 2025 年 4 月)；

(25)矿区土地利用现状图(三调数据)；

(26)其他相关资料。

二、服务年限

(一) 矿山服务年限

根据辽宁牧鼎矿业科技有限公司 2025 年 7 月编制的《海城市正大矿业有限公司宋堡菱镁矿矿产资源开发利用方案》，矿山服务年限为 44 年 5 个月(截至 2024 年 12 月 31 日)，矿山剩余服务年限为 43 年 8 个月(截至 2025 年 9 月 30 日)。

(二) 方案服务年限

矿山剩余服务年限为 43 年 8 个月(截至 2025 年 9 月 30 日)，考虑到矿山开采结束后 1 年生态修复期和 3 年管护期，因此，本方案服务年限确定为 47 年 8 个月。

第一章 矿山基本情况

一、矿业权人基本情况

海城市正大矿业有限公司宋堡菱镁矿采矿权人为海城市正大矿业有限公司，企业性质为私营企业，经济类型为有限责任公司，法定代表人为郝伟。

二、地理位置与区域概况

（一）地理位置与交通

1、地理位置

海城市正大矿业有限公司宋堡菱镁矿矿区位于辽宁省海城市牌楼镇宋堡村和庙沟村，行政区划隶属于海城市牌楼镇管辖。矿区中心地理坐标：。

2、交通状况

矿区位于海城市牌楼镇东南 175° 方位，直线距离约 15.5km 处，运距约 21km，距牌楼镇政府所在地直距约 5.2km，矿区东部约 15km 处有丹锡高速（G16）和大盘公路（S312）通过，另有村级公路自矿区中部通过，交通方便（详见矿区交通位置图）。

（二）区域概况

1、村庄

矿区周边分布有一处村庄，名为宋堡村，该村庄位于矿区的西侧和西南侧，沿着山间道路呈带状分布，约有住户 200 余户。该村庄距离矿山开采区较远，矿山开采不影响村庄。

图 1-1 矿区交通位置图

2、公路

矿区内有一条村级公路近东西向从矿区中部通过，该村级公路名为牌三线，沥青混凝土路面，平均宽度约 7m。该村级公路距离矿山开采区较远，矿山开采对其无影响。

3、河流

矿区内有一条季节性小河流从矿区中南部自西向东流过，该河流名为金堡河，为季节性河流，流量随季节变化明显，夏秋多，冬季少，

甚至断流，河宽最宽处约 1.5m。该河流下部未见断裂构造与矿山开采区联通，对矿山开采不会造成影响。

4、高压线

矿区周边有 66kV 高压线从矿区南部通过，该高压线从矿区南部自北东向南西方向跨过矿区，有 4 个塔基位于矿区附近。矿山开采通过采取避让、保护等措施，对高压线无影响。

5、相邻矿山

矿区周边有三座相邻矿山，分别为海城海鸣矿业有限责任公司、海城市牌楼镇发达矿业有限公司菱镁滑石矿、海城市牌楼滑石矿。其中，海城海鸣矿业有限责任公司位于矿区东侧，为地下开采，两矿间最近距离约 33m，地表岩移监测范围间最近距离约 122m，根据有关规定，两矿间签有邻矿安全管理协议，承诺两矿各自后退 10m 留作保护矿（岩）柱，保护矿（岩）柱内禁止采掘作业，两矿间开采互不影响；海城市牌楼镇发达矿业有限公司菱镁滑石矿位于矿区南侧，为露天开采，两矿间最近距离约 229m，本次地表岩移监测范围距离该矿最近距离约 216m，井口距离该矿最近距离约 397m，位于该矿爆破警戒范围外，两矿间开采互不影响；海城市牌楼滑石矿位于矿区西侧，为地下开采，两矿间最近距离约 87m，地表岩移监测范围间最近距离约 85m，两矿间开采互不影响。

除此外，矿区内不涉及永久基本农田、生态保护红线、自然保护地等需要保护的對象，周边 1000m 范围内无城镇、石油天然气管线、高速公路、铁路等大型基础设施。

矿区周边情况详见下图：

图 1-2 矿区周边环境示意图

三、矿山开采历史及现状

（一）矿山开采历史及现状

1、矿山开采历史

矿山始建于 1998 年 8 月，早期为两个矿山，分别为海城市牌楼镇宋家滑石矿和海城市牌楼镇宋堡村滑石二矿，开采方式为地下开采，开采矿种均为滑石矿。2005 年辽宁省冶金地质勘查局地质勘查研究院对海城市牌楼镇宋堡村滑石二矿进行储量核实过程中发现了菱镁矿，开采矿种变更为滑石矿、菱镁矿。

2008 年 3 月，鞍山市国土资源局要求对海城市牌楼镇宋家滑石矿和海城市牌楼镇宋堡村滑石二矿两家矿山进行资源整合，整合后采矿权人和矿山名称变更为海城市正大矿业有限公司。

2010 年 6 月 17 日，由辽宁省国土资源厅颁发采矿许可证，采矿许可证号为 ，采矿权人及矿山名称为海城市正大矿业有限公司，开采矿种为菱镁矿、滑石矿，开采方式为地下开采。生产规模为 16.5 万 t/a。矿区面积为 0.6575km²，有效期限自 2010 年 6 月 17 日至 2014 年 4 月 17 日。

2014 年 4 月 17 日至 2016 年 3 月 17 日期间，矿山采矿许可证曾进行过几次短期延续。

2016 年 12 月 23 日，采矿权延续，由辽宁省国土资源厅换发采矿许可证，采矿许可证号为 ，采矿权人及矿山名称为海城市正大矿业有限公司，开采矿种变更为菱镁矿，开采方式为地下开采，生产规模变更为 15 万 t/a，矿区面积为 0.6575km²，有效期限自 2016 年 3 月 17 日至 2023 年 9 月 17 日。

2024 年 4 月 22 日，采矿权延续，由辽宁省自然资源厅换发采矿许可证，采矿许可证号为 ，采矿权人为海城市正大矿业有限公司，矿山名称变更为海城市正大矿业有限公司宋堡菱镁矿，开采矿种为菱镁矿，开采方式为地下开采，生产规模为 15 万 t/a，矿区面积为 0.6575km²，有效期限自 2023 年 9 月 18 日至 2025 年 12 月 18 日。

2、矿山开采现状

矿山现状开采方式为地下开采，开采矿种为菱镁矿，生产规模为 15 万 t/a，开拓方式为斜坡道开拓，采矿方法为浅孔留矿嗣后充填法和分段空场嗣后充填法。矿山自 2016 年 10 月 11 日至 2018 年 10 月 6 日期间因技术改造没有采矿，其他时段均正常生产，共动用菱镁矿资源量 121.683 万 t，动用滑石矿 3.74 万 t，历年开采矿石回采率在 85%左右。矿山分为北区和南区两部分，现状如下：

北区采用斜坡道开拓，现状共有 3 条斜坡道，编号分别为 XPD1、XPD2、XPD3，其中斜坡道 XPD1 为主井，担负矿石、废石、设备、材料及人员的运输任务，兼做入风井，斜坡道 XPD3 为回风井，斜坡道 XPD2 井口位于矿界外，已废弃。井下现已形成 9 个中（分）段，标高分别为 102m、88m（90m）、80m（78m）、66m（64m）、56m、47m（50m）、37m（38m）、26m、15m，其中 80m 中段以上 Mg1 矿体大部分已采空，102m、88m 中（分）段巷道已废弃。根据矿山提供的井下实测资料和现场调查，北区 Mg1 矿体井下一共形成了 36 个采空区带，多为 2015 年前形成，其内部为了保证顶板稳定，在开采时矿房内留设有大量原矿（岩）柱，目前矿（岩）柱保存完好，采空区状态安全稳定，且已进行封闭处理并留设有泄水孔，对矿山生产无影响。北区目前在斜坡道 XPD1 井口附近形成 1 处工业场地，2 处堆矿场，另有 1 条运输道路用于连接工业场地、堆矿场和当地村级公路；在斜坡道 XPD2 井口附近形成 1 处工业场地，3 处堆矿场，另有 1 条运输道路用于连接工业场地、堆矿场和当地村级公路；在斜坡道 XPD3 井口附近形成 1 处工业场地，1 处堆矿场，另有 1 条运输道路

用于连接工业场地、堆矿场和当地村级公路。

图 1-3 北区开采现状图

南区采用斜坡道开拓,现状共有 1 条斜坡道 XPD4,1 条竖井 SJ1,其中斜坡道 XPD4 为主井,担负矿石、废石、设备、材料及人员的运输任务,兼做入风井,竖井 SJ1 为回风井。井下现已形成 5 个中(分)段巷道,标高分别为 83m、65m、50m、40m、15m,其中 65m 中段以上 Mg8 矿体大部分已采空。根据矿山提供的井下实测资料和现场调查,南区 Mg8 矿体井下一共形成了 11 个采空区带,除 7 线至 7-80 线间采空区塌陷已完成治理外,其他采空区内部留设有大量原矿(岩)柱,目前矿(岩)柱保存完好,采空区状态安全稳定,且已进行封闭处理并留设有泄水孔,对矿山生产无影响。南区目前在斜坡道 XPD4 井口附近形成 1 处工业场地,4 处堆矿场,另有 1 条运输道路用于连

接工业场地、堆矿场和当地村级公路，在堆矿场西侧有 1 处表土场堆放有早期收集的大量建筑开挖的表土。

图 1-4 南区开采现状图

（二）矿山开发利用方案概述

1、资源储量

根据《辽宁省海城市牌楼镇宋堡菱镁矿区正大矿段菱镁矿、滑石矿 2024 年度储量年度报告》及其审查意见表，截止至 2024 年 12 月 31 日，矿区内保有菱镁矿资源量（探明+控制+推断）1188.647 万 t，其中探明资源量（TM）291.366 万 t，控制资源量（KZ）357.881 万 t，推断资源量（TD）539.4 万 t；保有滑石矿资源量（探明+控制+推断）42.1 万 t，其中探明资源量（TM）3.3 万 t，控制资源量（KZ）12.9 万 t，推断资源量（TD）25.9 万 t。

2、矿区范围

(1) 可供开采矿产资源范围

根据《辽宁省海城市宋堡矿区滑石矿、菱镁矿资源储量核实报告》及其评审备案证明，矿区内共圈定 9 条菱镁矿体和 10 条滑石矿体，可供开采矿产资源范围即矿体资源量估算范围共由 41 个拐点圈定，面积 283910m²，标高 140m~10m。拐点坐标详见下表：

表 1-1 可供开采矿产资源范围拐点坐标表

（2）井巷工程设施分布范围

根据辽宁牧鼎矿业科技有限公司 2025 年 7 月编制的《海城市正大矿业有限公司宋堡菱镁矿矿产资源开发利用方案》，井巷工程设施分布范围共由 31 个拐点圈定，面积 328837m^2 ，标高 $106\text{m}\sim 10\text{m}$ 。井巷工程设施分布范围拐点坐标详见下表：

表 1-2 井巷工程设施分布范围拐点坐标表

(3) 申请矿区范围

申请矿区范围与采矿许可证一致，矿区面积 0.6575km^2 ，开采标高 140m 至 10m。申请矿区范围拐点坐标详见下表：

表 1-3 申请矿区范围拐点坐标表

申请矿区范围与矿体资源量估算范围、井巷工程设施分布范围位置关系详见下图：

图 1-5 矿区范围、资源量估算范围、井巷工程范围叠合图

3、开采矿种

矿区内共圈定 9 条菱镁矿体和 10 条滑石矿体，开采矿种为菱镁矿、滑石。

4、开采方式

开采对象为矿区内的 7 条菱镁矿体和 10 条滑石矿体，采用地下开采方式、斜坡道开拓方案。

(1) 地表岩移范围

根据矿岩的物理力学性质、矿体的倾角、厚度及地下开采选用的采矿方法等，参照类似矿山的经验数据，确定岩石移动角为：上盘 $\alpha=70^\circ$ ，下盘 $\beta=70^\circ$ ，端部 $\gamma=70^\circ$ ，第四系残、坡积层为 $\alpha=\beta=\gamma=45^\circ$ 。设计矿体最低开采标高为 15m。

根据以上确定的岩石移动角和矿体最低开采标高圈定地表岩移范围，地表共圈定 4 处岩移范围，面积共计 304959m²。

(2) 主要开拓工程

利用矿山北区现有斜坡道 XPD1 作为北区主斜坡道，利用矿山北区现有斜坡道 XPD3 作为北区回风斜坡道，矿山北区原有斜坡道 XPD2 井口位于矿区界外，不再利用，予以废弃并进行封堵；利用矿山南区现有斜坡道 XPD4 作为南区主斜坡道，利用矿山南区现有回风竖井 SJ1 作为南区回风竖井；矿区北区和南区通过井下 15m 中段巷道联通，构成一套地下开拓系统。

斜坡道 XPD1：利用现有工程，井口坐标

，断面为三心拱形，断面尺寸为 4.5m×4.5m，硐口标高 106m，

底标高 15m，垂深 91m，斜长 850m，平均坡度 10%。斜坡道内设躲避硐、排水沟（含钢板盖板）及消火栓（包含水枪和水龙带），担负北区矿石、废石、设备、材料及人员的进出任务，同时作为北区入风井口，并兼作北区主要安全出口。

回风斜坡道 XPD3：利用现有工程，井口坐标
，断面为三心拱形，断面尺寸为 4.0m×4.0m，硐口标高 104m，底标高 15m，垂深 89m，斜长 809m，平均坡度 10%。斜坡道硐口安装有主扇风机，另设置两道风门，作为北区的出风井口，并兼作北区应急安全出口之一。

斜坡道 XPD4：利用现有工程，井口坐标
，断面为三心拱形，断面尺寸为 4.5m×4.5m，硐口标高 89m，底标高 15m，垂深 74m，斜长 617m，平均坡度 10%。斜坡道内设躲避硐、排水沟和消火栓（包含水枪和水龙带），担负南区矿石、废石、设备、材料及人员的进出任务，同时担负南区入风井口，并兼作南区主要安全出口。由于斜坡道 XPD4 位于矿体上盘，并且 58m 标高至 32m 标高处于岩层移动影响范围内，因此该地段采用永久封闭处理，另设绕道通行，可利旧中段不受塌陷区影响。

回风竖井 SJ1：利用现有工程，井口坐标
，断面为圆形井，井筒直径 2.0m，井筒内设梯子间，井底标高 83m，竖井垂深 21m。井口风机房内安装有主扇风机，作为南区主回风口和通向地表的应急安全出口。

（3）工业场地和排岩场

矿山工业场地利用现有，不新建工业场地；矿石在堆矿场内临时堆放，不新建堆矿场；废石不出井，不设排岩场。

矿区开拓系统平面图和纵投影图如下：

图 1-6 矿区开拓系统平面图

图 1-7 开拓系统纵投影图（北区）

图 1-8 开拓系统纵投影图（南区）

5、开采顺序

矿区总体上分为北区和南区两个部分，就整个矿区而言，北区和南区同时开采。北区和南区各自开采顺序是自上而下逐个中段依次开采，同一中段先开采上盘矿体，后开采下盘矿体，中段内矿块回采顺序采用后退式回采。

6、采矿方法

菱镁矿：对于倾角 $\geq 55^\circ$ 且厚度 $< 10\text{m}$ 的矿体，采用浅孔留矿嗣后充填法开采，占比约 40%；对于倾角 $< 55^\circ$ 或厚度 $\geq 10\text{m}$ 的矿体，采用分段空场嗣后充填法开采，占比约 60%。

滑石矿：采用上向水平分层干式充填法开采。

（1）浅孔留矿嗣后充填法

①矿块布置及构成要素

沿矿体走向布置，阶段垂高：25~35m，矿块宽度：矿体厚度，矿块长度：40m，间柱宽度：8m，顶柱高度为：4m，出矿穿脉间距：

5m。当矿体厚度小于 15m 时，单矿块布置；当矿体厚度大于 15m 时，双矿块布置，靠近矿体上盘、下盘分别设置一个独立矿块，两个矿块之间留设保护矿柱，独立矿块均设单独的人行通风天井。

②采准、切割

脉外运输巷道布置在距离矿体下盘界限 6~10m 的下盘岩石中，规格为 4.5m×4.5m；从脉外运输巷道每隔 40m 向矿体掘穿脉巷道，穿脉巷道规格为 2.8m×2.8m；矿体真厚度大于 30m 地段采用上下盘分区开采，上盘矿体留设厚度不大于 20m，并留设 3~5m 厚矿壁。天井分别布置在矿壁两侧间柱内，规格为 2.0m×2.0m；首先在上盘矿体垂直矿体走向每隔 5m 从天井向矿房掘一条联络道，规格为 2.0m×2.0m；从脉外运输巷道每隔 8~10m 向矿房掘一个装矿巷道，规格为 4.5m×4.5m。然后在每个装矿巷道上盘分区矿体内向上布置充填井。充填井完成后，沿矿块底部掘切割（拉底）巷道，形成初始回采自由面，切割（拉底）巷道长度为矿块长度，规格为 2.8m×2.8m。

根据矿体特征、采用的采矿方法并参照矿山开采实际情况，设计确定矿石回采率为 85%，废石混入率为 15%。

上盘矿体开采结束后进行充填，同时在下盘矿体每个装矿巷道上盘分区矿体内向上布置充填井。然后按照同样尺寸的拉底巷道，形成回采自由面。

③矿房回采

拉底空间开始第一循环的回采作业，回采自下而上分层布置，分层高度一般为 2~3m，回采工作面分梯段布置并逐步向上移动。在采

场内沿走向分两个梯段打斜上向炮孔，炮孔直径为 38~42mm，最小抵抗线为 1.0m，每米炮孔崩矿量为 2.5t，一次采幅高度 1.8~2.2m，爆破后要先经行通风。

采用 2#岩石炸药、数码电子雷管微差起爆。爆破后局部出矿每次运出崩落矿量的 1/3 左右，出矿时力求做到均匀出矿，以减少采场平整工作量。出矿后，采场工作面与暂留矿石之间要形成 1.5~2.0m 高的空间，以便于下一循环作业，局部出矿阶段，一个循环包括凿岩、装药爆破、通风、出矿、平场、撬顶等工序。

待矿块全部采完后，进行大量出矿，从矿房底部的出矿穿脉将采下矿石全部运出。应考虑全矿供矿的需要，及时调整各矿块的出矿，合理进行配矿，装车方式采用机械铲装装车。

采出的矿石最大粒度控制在 350mm 以下，粒度大于 350mm 的需要在采场内进行二次机械破碎。

回采时利用矿房间柱对围岩进行支撑，局部不稳固的地段应加强支护，可采用锚杆或锚杆加金属网支护，以确保采场的稳固和安全。

④矿柱回采

为确保采场的直立性，该项目投产后形成的矿柱（顶柱和间柱）不回采。

⑤空区处理

采场开采结束后，采用废石干式充填、水泥砂浆接顶的方式处理采空区。

（2）分段空场嗣后充填法

①矿块布置及构成要素

沿矿体走向布置，阶段高度：25~35m，矿块宽度：矿体厚度，矿块长度：40，间柱宽度：6m，顶柱高度：6m，底柱高度：4m，分段高度：11~12m。

②采准、切割

采准工程有包括人行通风天井及联络道、分段凿岩巷道及联络道、放矿漏斗等。

切割工程有切割平巷和切割天井。首先从阶段运输平巷开始掘进人行通风天井和联络道，从联络道掘分段凿岩巷道，然后从运输平巷开始掘放矿漏斗；从分段凿岩巷道掘切割平巷和切割天井。

③回采工艺

矿房回采以切割槽为起始自由面从矿体上盘向下盘逐步后退式回采。各个分段工作面保持一致。

凿岩：在分段凿岩巷道中凿上向扇形中深孔，孔径 100mm，最小抵抗线 3m，孔底距 3.5m，炮孔深度 7~8m。

爆破：一次爆破 3~4 排炮孔，采用微差爆破方式。爆破采用装药器装药，非数码电子雷管起爆。

出矿：爆破后崩下的矿石落入出矿堑沟，采用铲运机出矿，装入自卸汽车后运出。

④矿柱回采

为保证开采的稳定性，矿柱不予回收。

⑤空区处理

采场开采结束后，采用废石干式充填、水泥砂浆接顶的方式处理采空区。

（3）上向水平分层干式充填法

①矿块布置及构成要素

矿块沿矿体走向布置，设计矿块长度 40m，矿块宽度为矿体厚度，矿块高度为阶段高度，顶柱高度为 3m，底柱高度为 3m，间柱宽度为 3m~5m。

②采准、切割

阶段运输中段布置在矿脉内，运输中段施工到矿体边界后，按走向长不大于 50m 划分矿块，在矿块两侧用沿脉天井将运输中段与回风中段连通，构成通风条件。在底柱上掘分层巷道并与两侧通风行人天井连通。在矿块中间布置沿脉天井与回风中段连通，回采工作面以下作溜矿用，回采工作面以上作下放充填材料溜井，溜井内设圆型金属溜筒，直径不小于 0.8m，便于充填材料下滑。

③矿房回采

回采时由回采分层巷道沿倾斜由下向上逐层进行，工作面使用凿岩机沿倾斜在矿体中向上钻炮孔，回采分层高度 1.2~1.8m，炮孔深 1.4~2.0m，间距 0.8m×0.8m，浅孔落矿，为了减少爆破对顶板的震动，对炮孔要分次进行爆破，每次爆破炮孔数为 6~10 个。回采工作面顶板不稳定时为保证安全要用直径不小于 14cm 加柱板的单根木柱进行支护。随回采工作面的上向推进，回采工作面以下的通风行人天井和放矿溜井需保留使用。对回采工作面以下的通风行人天井和放矿

溜井要用混凝土砌块进行衬砌，每循环出矿完毕后，首先对通风行人天井和放矿溜井进行砌筑后再进行充填。

回采工作面爆破后，崩落的矿石采用电耙运至溜矿天井，在运输中段装入自卸汽车，经斜坡道运输至地表。

④矿柱回采

为保证矿房整体安全可靠，本次设计矿柱不回采。

⑤采空区处理

采用废石对采空区进行分层充填，最后一个分层开采结束后，采用混凝土充填、水泥砂浆接顶。

（4）充填方案

①充填工艺

本次设计采用充填法开采，考虑到矿体围岩情况、充填料来源和充填成本，并参考国内类似矿山生产实践经验，采用干式废石充填工艺，为更好地控制地表沉降，采用水泥砂浆接顶。

②充填料来源

矿山井下充填材料利用矿山掘进和生产过程中产生废石，其他充填材料采购周边相邻矿山废石补充；接顶用混凝土灌浆材料选用水泥及中砂，均采用外购方式。

③充填料制备

井下掘进废石不出矿坑直接采用自然级配干式充填，通过机械方式运输至井下进行废石充填时，废石选用块度粒径不大于 300mm。混凝土重力灌浆采用外委方式根据设计配比要求制备。

④充填井布置

采场回采到顶柱时，采场内矿石暂不出矿，由采准切割巷道向上中段每隔 8m 施工充填井，充填井采用圆形断面，直径 1.5m。充填井井口设置格筛，格筛网度为 0.3m。当矿体厚度大于 30m 地段采用上下盘分区开采，在上下盘分区矿体内分别布置充填井。

⑤充填料输送

充填方式采用分层充填。下部分层采用废石干式充填，充填料直接通过汽车运输至充填井口，充填井口设置挡车杠和底部挡车墙，利用废石自重溜至采空区内。最后一个分层采用 C20 商品混凝土充填，混凝土内加缓凝剂，利用汽车运输至充填井口，依靠重力充填至空区缝隙，直至充填井内混凝土不再下沉、或下沉明显变缓则停止。在灌浆混凝土达到终凝后，采用矿用注浆泵车进行注浆接顶，在回风穿脉处钻充填孔至采场两上隅角处，然后进行注浆接顶。注浆料为 M5 等级水泥砂浆，初步灰砂比设计为 1:6~1:8，水泥采用 32.5 级水泥，中砂采用河砂或机制砂。

⑥充填要求

为更好地控制地表沉降，采用分层方式充填采空区，下部分层采用废石干式充填，并确保采空区废石充填率在 70%左右；最后一个分层采用混凝土充填、水泥砂浆接顶，要求充填接顶率达到 90%以上，充填料强度不低于 2MPa。

⑦充填效果

矿山采用地下开采，矿体围岩主要为菱镁大理岩和滑石片岩，围

岩稳固～中等稳固，采矿方法采用充填法开采，通过采取在矿体上部留设隔离保护矿柱、在采场内留设采场矿柱不回采、采后采用废石分层充填、水泥砂浆接顶处理采空区等一系列措施后，预测地表不会产生沉陷，不会影响地表河流等设施。

7、生产规模与服务年限

(1) 矿山生产规模

根据辽宁牧鼎矿业科技有限公司 2025 年 7 月编制的《海城市正大矿业有限公司宋堡菱镁矿矿产资源开发利用方案》，矿山拟建生产规模为 18 万 t/a，其中菱镁矿生产规模为 15 万 t/a，滑石矿生产规模为 3 万 t/a。

(2) 矿山服务年限

菱镁矿服务年限为 44.41 年，合 44 年 5 个月；滑石矿服务年限为 9.23 年，合 9 年 3 个月。矿山总服务年限为 44 年 5 个月（矿山生产和建设同时进行，故不设基建期）。

矿山采矿许可证有效期限为 2 年 3 个月，自 2023 年 9 月 18 日至 2025 年 12 月 18 日。

8、开采计划

矿山总体分为北区和南区两个部分，计划北区和南区同时开采，开采完后同时闭坑。

北区斜坡道 XPD2 井口、堆矿场 4、堆矿场 5、堆矿场 6 不再利用，下一步进行恢复治理和生态修复；其他井口、工业场地、堆矿场在闭坑后进行恢复治理和生态修复。

南区堆矿场 9、堆矿场 10、表土场东侧部分在客土之后不再利用，下一步进行恢复治理和生态修复；其他井口、工业场地、堆矿场在闭坑后进行恢复治理和生态修复。

第二章 矿区基础信息

一、矿区自然条件

（一）地形地貌

矿区所处地貌单元为构造侵蚀丘陵区，地势较低，最高海拔标高 185m，最低海拔标高 85m，相对高差达 100m。矿区内地势南北高东西低，当地侵蚀基准面标高为 80m。矿区地形起伏变化较大，沟谷较为发育，地形坡度在 $5^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 之间。

图 2-1 矿区遥感影像图

图 2-2 矿区地形地貌图

（二）水文气象

矿区地处温带大陆性季风气候区，春暖秋爽，夏热冬寒。最热月为 7 月，月平均气温 24.6°C ，极端最高温 36.5°C （1958 年）；最冷月为 1 月，月平均气温 -11.2°C 。降水量集中在 6~9 月间，暴雨多集中在 7~8 月份，年最大降水量为 1167.6mm，最小降水量为 551.1mm，年平均降水量为 721.3mm，6~9 月间平均降水量占年降水量的 76.5%。年蒸发量平均为 1217.6mm，最大蒸发量 1433.6mm（1974 年），最小蒸发量为 1028mm（1954 年）。空气相对湿度 7~8 月份达 85%以上，2~3 月最小，一般在 60%左右，平均湿度为 70%。初霜期为 10 月，终霜期次年 4 月，无霜期 136~142 天。结冻期为每年 11 月至次年 3 月，冻土深为 1.2~1.4m。

矿区东部约 11km 处发育有太子河上源支流海城河，该河流为常年性河流，总体流向北西向，于海城市牛庄镇附近汇入太子河，最大宽度约 40m，最小宽度约 8m，雨季时水量较大，秋冬季水量锐减。矿区西北约 5km 处有一处王家坎子水库，库区面积约 0.78km²，下游河流于东四镇汇入海城河。

矿区水系不发育，周边 1km 范围内无常年性河流，仅在雨季山谷有降雨汇聚的季节性小溪，大部分通过沟谷径流排出矿区。在矿山南区有一条季节性小河由西向东流经矿区，该小河水量随季节变化明显，总体水量较小。该小河名为金堡河，河流流量随季节变化明显，夏秋季流量稍大，冬季流量小，甚至断流。河沟最宽处约为 1.5m，汛期调查时流量约为 430m³/h。



图 2-3 矿区地表水系图

（三）土壤

矿区土壤类型主要为棕壤土，在山脊、山坡处土壤厚度 0.3m～0.8m 左右，在沟谷、山脚处土壤厚度约 2.0m 左右。该土壤的主要性质是：土层含有较多的碎屑石，呈中性—微酸性反应。土壤质地多为砂壤土，土质疏松，多成粒状结构。成土母质为坡积物，呈半风化状态。根据《辽宁省海城市正大矿业有限公司年开采菱镁矿 15 万吨、滑石矿 1.5 万吨矿山整合项目环境影响报告书》中土样检测结果显示，矿区土壤理化性质如下：

表 2-1 矿区土壤理化性质检测结果表

深度 (cm)	pH 值	有机质 (%)	全磷 (%)	全氮 (%)	阳离子交换 量(me/100g)	物理性粘粒 (<0.01mm)	物理性粘粒 (>0.01mm)
0-20	—	3.51	0.11	0.08	15.1	62.9	36.68
20-50	7.8	2.79	0.94	0.073	14.3	68.19	32.10
50-80	7.4	0.95	0.85	0.065	12.5	62.23	37.41

矿区土壤典型剖面如下：

图 2-4 矿区土壤剖面照片

（四）植被

矿区属华北植物区系，矿区及周边植被发育，地带性植被为油松，由于人为和自然原因，目前主要为天然次生林，主要的植被乔木类为柞树、槐树、榆树、松树，灌木类以山枣、榛子为主。经遥感调查，矿区植被覆盖率在 60%以上。经实地调查，矿区内无珍稀濒危的野生生物保护种类，未见其他野生的国家保护植物种类。

图 2-5 矿区植被照片

（五）地下水

矿区地下水类型主要有松散岩类孔隙水、基岩裂隙水和碳酸盐类岩溶裂隙水。其中松散岩类孔隙水分布于矿区沟谷地区，水位埋深 3m 左右，富水性弱；基岩裂隙水分布于矿区北部，水位埋深 7m～24.6m，富水性弱；碳酸盐类岩溶裂隙水分布于矿区南部，水位埋深 7.75m～18m，富水性弱。

二、社会经济概况

（一）社会经济

矿区所在地位于海城市牌楼镇,该镇位于海城市东南约 15km 处,东与马风镇相邻,南与岔沟镇为邻,西与大石桥市虎庄镇相连,北与八里镇接壤,全镇总面积 103.98km²,下辖 14 个行政村,3 个社区委员会,2023 年常住人口约 3.58 万人,其中农业人口约 1.2 万人,耕地面积约 2.91 万亩,人均耕地面积约 2.4 亩,工业以菱镁深加工为主导产业,拥有规模以上企业 40 家,工业总产值约 120 亿元,公共财政收入 3.07 亿元,人均可支配收入约 3.2 万元。

（二）人文环境

根据现场调查,矿区及周边无地质遗迹、文物古迹、古村落、历史文化保护地、风景名胜区分等。

三、矿区地质环境背景

（一）地层岩性

矿区内出露地层为辽河群大石桥岩组三段及新生界第四系。矿区北部地层总体产状走向北东东,倾向北北西,倾角 45~70°。矿区南部地层总体产状走向北西,倾向北东,倾角 45~63°。

1、辽河群大石桥岩组三段

辽河群大石桥岩组三段地层分布于矿区内大部分地段,地层岩性由白云石大理岩、菱镁大理岩、千枚岩、二云石英片岩、滑石片岩、黑云变粒岩等构成。

含透闪石白云大理岩：组成矿物以白云石为主，约占 90%；其次含有少量的透闪石，约占 10%。

含金云母白云石大理岩：组成矿物以白云石为主，含量占 85%，其次含有少量金云母（10%）、石英（5%）等。

菱镁大理岩：组成矿物以菱镁矿为主，含量占 85%，其次含有少量的白云石（10%）、滑石（5%）等。

千枚岩：主要矿物成分为石英、云母。

二云石英片岩：组成矿物为石英、白云母、黑云母、十字石、石榴石、绿泥石、硅线石、电气石等。

滑石片岩：组成矿物以滑石为主，占 85%，其次含有少量菱镁矿、石墨、蛇纹石等。

黑云变粒岩：组成矿物以石英、斜长石、黑云母为主，其次含有少量的白云母、电气石等。

2、新生界第四系

新生界第四系分布于山间沟谷，不整合覆盖于老地层之上，由冲积、洪积、坡积及残积物组成。

综上，矿区地层岩性简单。

（二）地质构造

1、褶皱构造

矿区内褶皱构造简单，地层为单斜构造，矿区北部地层总体产状走向北东东，倾向北北西，倾角 $45\sim 70^{\circ}$ ；矿区南部地层总体产状走向北西或近南北向，倾向北东，倾角 $45\sim 63^{\circ}$ 。

2、断裂构造

矿区内断裂构造较为发育，共发现 10 条断裂构造，其中 1 条出露地表，位于矿区西部；其余 9 条均位于地下，见于各钻孔。各断裂构造规模均不大，呈顺层产出，断裂性质均为正断层，未对矿体造成破坏，对矿山采矿无影响。

F1 断裂构造：为正断层，出露于地表，出露长度约 150m，倾向 $285^{\circ}\sim 295^{\circ}$ ，倾角 $37^{\circ}\sim 56^{\circ}$ 。该断裂构造内呈深灰色，角砾状构造，泥质胶结，距离矿体较远，对矿体没有造成破坏。

F2 断裂构造：为正断层，由钻孔单工程控制，与 Mg2 矿体产状一致，倾向约 20° ，倾角 63° 。断裂性质属于张性断裂，被煌斑岩充填。该断裂构造规模较小，且顺矿体层位产出，位于开采下限标高以下，对矿体未造成破坏。

F3 断裂构造：为正断层，由钻孔单工程控制，位于 Mg2 矿体顶板，顺矿体层位产出，倾向约 20° ，倾角约 70° 。断裂性质属于张性断裂，被煌斑岩充填。该断裂构造位于开采下限标高以下，对矿体走向及延深未造成破坏。

F4 断裂构造：为正断层，由钻孔控制，控制走向延长 200m，与 Mg1 矿体产状一致，倾向约 20° ，倾角约 70° 。断裂性质属于张性断裂，被煌斑岩充填。该断裂构造顺 Mg1 矿体层位产出，位于开采下限标高以下，对矿体未造成破坏。

F5 断裂构造：为正断层，由钻孔控制，控制走倾斜延深 135m，位于 Mg1 矿体下盘，顺层产出，产状与 Mg1 矿体一致，倾向约 20° ，

倾角约 70° 。断裂性质属于张性断裂，被煌斑岩充填。该断裂构造顺 Mg1 矿体底板产出，同时构造位于开采下限标高以下，对矿体走向及延深未造成破坏。

F9 断裂构造：为正断层，由穿脉、钻孔控制，倾向约 15° ，倾角 65° ，揭露控制程度较高，被煌斑岩充填。该断裂构造顺层产出于 Mg10 矿体内，没有影响矿体的连续性。

F10 断裂构造：为正断层，由钻孔控制，控制延深 45m，倾向约 20° ，倾角 $65^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 。断裂性质属于张性断裂，被煌斑岩充填。该断裂构造顺层产出，对矿体连续性无影响。

F11 断裂构造：为正断层，由钻孔控制，控制延深 210m，倾向约 20° ，倾角 60° 左右。构造性质属于张性断裂，被煌斑岩充填。该断裂构造位于开采下限标高以下，距离 Mg1 矿体间距约 20m，且顺层产出，对矿体连续性无影响。

F12 断裂构造：为正断层，由钻孔控制，控制延深 105m，倾向约 20° ，倾角 $65^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 。构造性质属于张性断裂，部分钻孔所见被辉绿玢岩充填。该断裂构造距离矿体较远，且顺层产出，对矿体连续性无影响。

F14 断裂构造：为正断层，位于 Mg3 矿体上盘，间距 20m，由钻孔单工程控制，构造带厚度约 1.4m，走向约 115° ，倾角约 52° 。该断裂构造内岩石呈深灰色，角砾状构造，角砾原岩为菱镁大理岩，对矿体没有影响。

综上，矿区地质构造中等。

（三）水文地质

矿区所在水文地质单元以沟谷及分水岭共同圈定，东部以金堡河为界，北、西、南分别以分水岭为界。矿区内最低排泄基准面为金堡河，海拔高程约为 80m，地下水总体流向为自西向东，矿区位于水文地质单元的径流区。

1、地下水类型及特征

矿区地下水类型主要有松散岩类孔隙水、基岩裂隙水和碳酸盐类岩溶裂隙水。松散岩类孔隙水分布于河流及沟谷地区，成条带状展布，含水介质为砾粉土、角砾、砂等，厚度 3m~8m，据调查单井涌水量在 $40\text{m}^3/\text{d} \sim 70\text{m}^3/\text{d}$ ，水位埋深 3m 左右，富水性弱；基岩裂隙水分布于矿区北部，岩性主要为鞍山群二云片岩和辽河群里尔峪岩组变粒岩、浪子山岩组二云石英片岩、千枚岩、滑石片岩，风化层厚度一般为 15m~25m，据调查和抽水试验资料，基岩裂隙水涌水量在 $0.3\text{L/s} \sim 0.5\text{L/s}$ ，富水性弱；碳酸盐类岩溶裂隙水分布于矿区南部，岩性为菱镁大理岩、白云石大理岩，地表调查及钻孔编录中未见溶孔、溶洞等岩溶现象，岩溶发育程度弱，据坑道调查，碳酸盐岩溶裂隙发育带周围多见滴水，涌水量 $0.4\text{L/s} \sim 0.6\text{L/s}$ ，其富水性弱。

2、地下水补径排条件

矿区及周边地下水的补给、径流、排泄主要受地形地貌、地层岩性、地质构造及水文气象等因素综合控制。

矿区地下水为一具较完整的补给、径流和排泄系统的以裂隙含水层为主的水文地质单元。补给区位于矿区南北两侧的分水岭地带。在

补给和径流区主要接受降雨和少量地表水补给，沿裂隙通道下渗向深部径流补给地下水。地下水径流方向明显，基本由南东向北西方向径流，最终大部分以地表径流和人工疏干方式排泄。排泄量受降雨量控制明显，雨季流量大，枯季流量骤减，属地下水动态不稳定型。

3、构造带对矿区水文地质条件的影响

矿区内断裂构造发育，但规模均不大，矿区西南侧地表出露的北东向构造 F1，地表出露长度 150m 左右，角砾状构造，片泥质胶结，具压扭性断裂活动特征，地表沿断层破碎带未见泉点出露，导水能力有限，富水性弱。钻探及坑道内揭露的几条构造基本上属于岩浆岩侵入与围岩接触产生的破碎带，一般岩浆岩脉成为胶结物，造成了断裂系统水流运移不畅，储水能力也受到影响。而导致破碎带其含水性、透水性较差。根据钻探资料，钻进过程中，孔内冲洗液一般不消耗，仅有少数孔局部出现漏水及全漏水，反映断裂含水性差，切割矿床较浅，对矿区地下水的影响有限。

4、矿区地下水与地表水的水力联系

金堡河由西向东经过矿区中部，河宽约 1.5m，调查时流量约 430m³/h，水位平均标高 80m，河床岩性由第四系砾石、砂、粘土等组成，具弱透水性，基岩虽然节理裂隙发育，但多被泥质充填，透水性一般。矿区位于水文地质单元的补给径流区，地势较高，地表径流条件较好，大气降水以地表径流为主，部分渗入地下成为基岩裂隙水后，顺地势向中间的沟谷径流，坑道调查未发现地表水与地下水有明显的水力联系，矿区平均水位标高为 144.5m 左右，矿区最低侵蚀基

准面为金堡河水面标高 80m。矿区地表水对地下水的影响有限。故本区地下水补给地表水。

5、矿床充水因素

据矿床所处的地形地貌特征、矿体的分布部位和开采方式分析，该矿采用地下开采，地下开采矿床直接充水因素为基岩裂隙水、岩溶裂隙水，间接充水因素为大气降水。

矿体由浅层向下延伸至上百米。矿体埋藏于风化带中的部分，会受基岩风化裂隙水充水影响，由于基岩裂隙水的富水性弱，故影响不大，随着深度的增加，风化裂隙逐渐减弱，基岩裂隙水对其远离地表的矿体充水影响会更小。

矿体围岩主要为菱镁大理岩，故岩溶裂隙水是矿床充水的直接充水因素，但通过调查发现区内岩溶不发育，另外碳酸盐岩类岩溶裂隙水含水层富水性弱，故岩溶裂隙水对矿体充水影响不大。

大气降水为矿床间接充水因素，主要是因为局部矿层上覆地层较薄，有利于大气降水的入渗，其可通过开采坑道、风化裂隙等进入井下，对浅部矿床充水影响较大。未来开采过程中若出现坑道顶板陷落或顶板围岩裂缝的进一步发育，大气降水或成为直接充水因素。

6、涌水量预测

根据《辽宁省海城市宋堡矿区滑石矿、菱镁矿资源储量核实报告》预测，北区西翼正常涌水量为 $59.29\text{m}^3/\text{d}$ ，最大涌水量为 $156.30\text{m}^3/\text{d}$ ；北区东翼正常涌水量为 $35.61\text{m}^3/\text{d}$ ，最大涌水量为 $77.13\text{m}^3/\text{d}$ ；南区正常涌水量为 $118.52\text{m}^3/\text{d}$ ，最大涌水量为 $290.91\text{m}^3/\text{d}$ ；全矿正常涌水量

为 $213.42\text{m}^3/\text{d}$ ，最大涌水量为 $524.34\text{m}^3/\text{d}$ 。

7、水文地质类型

依据《矿区水文地质工程地质勘查规范》（GB 12719-2021），可将矿区水文地质勘探类型划分为：以溶蚀裂隙为主，顶板、底板直接进水，水文地质条件中等的岩溶充水矿床。

（四）工程地质

1、工程地质岩组及特征

根据矿区岩、土体组合关系，将矿区岩、土体划分为松散土体、碎裂～散体岩体、层状岩体、块状岩体四大类工程地质岩组。

（1）松散土体（I）

为沟谷内的冲洪积、坡洪积相的松散堆积物，岩性为砾粉土、角砾、砂等，属软弱土多层结构体。

（2）碎裂～散体岩体（II）

为地表强、中风化层及破碎带，岩性为菱镁大理岩、白云石大理岩、变粒岩、千枚岩、二云片岩等，上部的部分碎块用手可易折断，属软岩类，岩体质量等级为V级；破碎带及其附近岩石为碎裂结构，强度低，属软岩类，岩体质量等级为V级。

（3）层状岩体（III）

①软岩变质岩类（III_A）

岩性主要为千枚岩，节理、裂隙发育，岩石破碎，岩石钻进回次RQD值 $<50\%$ ，岩体质量等级为IV级，属软岩类。

②较硬变质岩类（III_B）

岩性主要为变粒岩、滑石片岩等，节理、裂隙一般发育，岩石较完整，岩石钻进回次 RQD 值 $>60\%$ ，岩体质量等级为Ⅲ级，饱和抗压强度 36.9MP，属较硬岩类。

③较硬—坚硬碳酸岩类（Ⅲ_C）

岩性为菱镁大理岩，裂隙较发育，呈厚层状结构，岩石钻进回次 RQD 值 $>65\%$ ，岩体质量等级为Ⅲ级，饱和单轴抗压强度饱和单轴抗压强度 29.73~97.57MPa，平均 59.13MPa，属较硬—坚硬岩类。

④坚硬碳酸岩类（Ⅲ_D）

岩性为白云石大理岩，裂隙较发育，呈厚层状结构，岩石钻进回次 RQD 值 $>85\%$ ，岩石质量等级为Ⅱ级，饱和单轴抗压强度饱和单轴抗压强度 81.40MPa，属坚硬岩类。

（4）块状岩体（Ⅳ）

为坚硬侵入岩类，岩性主要为煌斑岩、辉绿玢岩，岩石强度及抗风化能力强，致密坚硬，岩石钻进回次 RQD 值 $>85\%$ ，岩石质量等级为Ⅱ级，饱和单轴抗压强度 $>60\text{Mpa}$ ，属坚硬岩类。

2、工程地质评价

（1）围岩质量评价

菱镁矿顶底板围岩主要为菱镁大理岩、滑石化菱镁大理岩，偶见滑石片岩。菱镁大理岩平均 RQD 值为 76.35%，岩体完整性为较完整，岩石坚硬级别为半坚硬；岩体质量指标为 1.50，岩体质量分级为良，岩体质量系数为 6.50，岩体质量等级为特好。

滑石矿顶底板围岩主要为滑石片岩，局部为滑石化菱镁大理岩。

滑石片岩平均 RQD 值为 44.25%，岩体完整性为较差，岩石坚硬级别为较软岩；岩体质量指标为 0.544，岩体质量分级为中等，岩体质量系数为 2.04，岩体质量等级为一般。

（2）边坡稳定性评价

矿山为地下开采，边坡主要有矿区道路边坡及矿渣堆边坡，边坡高度一般小于 10m，组成岩性上部一般都是第四系残破积土、碎石土，下部为中风化大理岩或变质岩，顶部一般为自然斜坡段，坡度 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ ，植被较发育，边坡稳定性较好。

（3）采空区稳定性评价

矿山经多年开采，形成数个大小、形状不一的采空区，采空区走向基本和矿体走向一致。以往开采时矿房内留设有大量原矿（岩）柱，目前矿（岩）柱保存完好，采空区状态稳定。

3、工程地质类型

依据《矿区水文地质工程地质勘查规范》（GB 12719-2021），可将矿区工程地质勘探类型划分为第五类，以碳酸盐岩为主，工程地质条件中等的特殊岩类矿床。

（五）不良地质现象

根据搜集资料和现场调查，矿山在早期开采过程中，曾发生过采空塌陷地质灾害，在南区西部形成了一个椭圆形塌陷坑，塌陷发生时间较早，塌陷坑最大长度约 111m，最大宽度约 83m，塌陷深度约 20m～28m，塌陷区面积约 0.7148hm^2 ，矿山早期已对塌陷区进行了回填治理，塌陷发生至今已多年，目前处于稳定状态，多年来未再发生塌陷

情况，原塌陷区位置已恢复植被，目前植被长势良好。

除此外，矿山未发生其他不良地质现象。

四、矿区土地利用现状及采矿用地审批情况

（一）矿区土地利用现状

矿区范围及采矿活动可能影响范围面积共计 70.0872hm^2 ，其中矿区范围面积 65.7500hm^2 ，矿区外采矿活动可能影响范围面积 4.3372hm^2 。土地利用类型为旱地、果园、乔木林地、灌木林地、其他林地、其他草地、采矿用地、农村宅基地、机关团体新闻出版用地、特殊用地、公路用地、城镇村道路用地、农村道路、坑塘水面、沟渠、设施农用地。其中，耕地不涉及永久基本农田，林地不涉及国家公益林，草地不涉及基本草原。土地权属为辽宁省海城市牌楼镇宋堡村和庙沟村集体所有，土地权属清楚，无争议。

（二）采矿用地审批情况

矿山采矿用地范围包括井口、工业场地、堆矿场、表土场、运输道路等区域，用地方式继续沿用租用方式，用地面积为 6.6262hm^2 ，土地类别为旱地、果园、乔木林地、灌木林地、采矿用地、城镇村道路用地、农村道路、坑塘水面。

五、矿区生态状况

（一）生态本底状况

根据搜集资料和现场调查，矿山所在海城市牌楼镇范围内生态系统共分为森林生态系统、农田生态系统、湿地生态系统、城镇生态系

统四大类，各类生态系统的空间分布特征如下。

1、森林生态系统

森林生态系统是牌楼镇面积最大的生态系统类型，主要分布于牌楼镇东部低山丘陵区及中部缓坡岗地的坡地部位。根据群落组成及结构差异，可进一步划分为以下 3 种亚型：

落叶阔叶林生态系统：主要分布于海拔 150m~350m 的丘陵中下部，坡度 15° ~ 25° 区域。群落结构以乔木层、灌木层、草本层三层结构为主，乔木层优势种为蒙古栎、辽东栎，伴生树种有山杨、刺槐等，平均树高 8m~12m，胸径 15cm~25cm，郁闭度 0.6~0.8；灌木层主要有胡枝子、榛子等，盖度 30%~40%；草本层以羊胡子草、委陵菜为主，盖度 20%~30%。落叶阔叶林是区域地带性植被类型，生态稳定性强，水源涵养和水土保持功能突出。

针叶林生态系统：集中分布于海拔 250m~450m 的低山上部及陡坡区域，部分为人工造林形成。主要建群种为油松，纯林占比达 85%，少量区域混生有落叶松。乔木层平均树高 6m~10m，胸径 12cm~20cm，郁闭度 0.5~0.7；林下灌木层发育较弱，主要有荆条、酸枣等耐旱灌木，盖度 15%~25%；草本层以黄背草、白羊草为主，盖度 25%~35%。针叶林在保持陡坡水土、改善区域微气候方面发挥着重要作用，但群落结构相对简单，生物多样性较低。

针阔混交林生态系统：主要分布于阔叶林与针叶林过渡地带，海拔 200m~300m 区域。群落结构复杂，乔木层以油松、蒙古栎混生为主，伴生有山杏等，平均树高 7m~11m，郁闭度 0.6~0.7；灌木层和

草本层兼具阔叶林和针叶林的物种特征，物种丰富度较高。该亚型生态适应性强，是区域森林生态系统的重要过渡类型。

森林生态系统整体状况良好，东部远离矿区的区域林分完整，郁闭度较高，生态功能完善。

2、农田生态系统

农田生态系统主要分布于牌楼镇西部河谷阶地及中部缓坡岗地的平缓区域，是区域重要的粮食生产基地。根据种植结构差异，可分为以下 2 种亚型：

旱田生态系统：是主要的农田类型，主要种植玉米、大豆等作物，实行一年一熟制。土壤以棕壤土和潮棕壤土为主，土层厚度 80cm～200cm，有机质含量 1.2%～2.5%。农田生态系统结构简单，生产者以农作物为主，伴生有稗草、狗尾草等杂草；消费者主要有麻雀、喜鹊、蛙类及农田害虫等；分解者以土壤微生物为主。

园地生态系统：主要分布于中部缓坡岗地，以苹果、梨等果树种植为主。园地生态系统物种组成相对单一，但由于管理较为精细，生态稳定性较强。

农田生态系统受人类活动影响强烈，整体生产力水平较高，2023 年区域玉米平均亩产达 580kg，大豆平均亩产 180kg。

3、湿地生态系统

湿地生态系统主要包括河流湿地、水库湿地和坑塘湿地 3 种类型，是区域生物多样性保护的关键区域。

河流湿地：主要由三条季节性溪流及其沿岸沼泽地带组成，溪流

宽度 5m~15m，水深 0.3m~1.2m（雨季）。湿地植被以芦苇、香蒲等水生植物为主，沿溪流形成带状分布；湿地水生动物主要有鲫鱼、泥鳅、蟾蜍等。

水库湿地：包括庙沟水库和金堡水库的库区水域及周边浅滩地带。水库周边植被以垂柳、杞柳等湿生树种为主，浅水区生长有眼子菜、黑藻等沉水植物；周边动物种类较为丰富，有水鸟、鱼类、两栖类等多种类群。

坑塘湿地：主要为农田灌溉用坑塘，分布于农田生态系统内部，面积一般 $0.01\text{km}^2\sim 0.05\text{km}^2$ 。湿地植被以浮萍、紫萍等漂浮植物为主，动物以蛙类、水生昆虫为主。

湿地生态系统整体状况良好，水质基本保持在地表水Ⅲ类标准。

4、城镇生态系统

城镇生态系统主要包括居住地、工矿交通两大类。

居住地：主要分布于牌楼镇西部河谷阶地及中部缓坡岗地的平缓区域，包括牌楼镇政府所在地及 14 个行政村的居民点，建筑以低层民房为主，周边伴有少量绿地。

工矿交通：主要为“五园一区一中心”产业园区，312 省道及镇内各级公路，矿山采场、工业场地、排岩场、矿石堆场等，地表多被硬化或完全裸露，绿化覆盖率较低。

城镇生态系统生态功能较弱，但通过近年来的生态化改造，绿化覆盖率逐步提高，生态环境有所改善。

（二）生态功能定位

根据搜集资料和现场调查，基于牌楼镇的自然地理背景、生态系统格局及生物多样性状况，结合《海城市国土空间总体规划（2021-2035年）》及鞍山市生态保护相关规划要求，牌楼镇的核心生态功能定位为：海城河上游重要水源涵养区、辽东丘陵西南缘生态屏障、菱镁矿区生态修复重点区。

1、水源涵养功能

牌楼镇东部低山丘陵区的森林生态系统是海城河支流的重要水源涵养区，该区域森林覆盖率达75%以上，土壤蓄水能力较强，通过林冠截留、林下植被拦蓄、土壤入渗等过程，有效调节降水分配，减少地表径流，增加地下径流，为海城河提供稳定的水源补给。据测算，东部森林生态系统年均水源涵养量达1.2亿立方米，占海城河上游年径流量的15%左右。

西部湿地生态系统则具有重要的蓄水调洪功能，两条主要溪流及两座小型水库可有效拦蓄雨季洪水，削减洪峰流量，降低下游洪涝灾害风险；同时，湿地通过渗透作用补充地下水，维持区域地下水位稳定。庙沟水库和金堡水库年均蓄水量达150万立方米，在枯水期为下游农田灌溉和居民生活用水提供重要保障。

2、水土保持功能

东部低山丘陵区的森林生态系统是区域水土保持的核心区域，森林植被通过根系固土、枯枝落叶层拦截等作用，有效减少土壤侵蚀。调查显示，东部森林覆盖区域的土壤侵蚀模数仅为 $350\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ，

而无植被覆盖的矿区裸地土壤侵蚀模数高达 $8500\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ，是森林区域的 24 倍。可见，森林生态系统在遏制水土流失、保护土地资源方面发挥着不可替代的作用。

中部缓坡岗地的灌丛和草地生态系统也具有一定的水土保持功能，通过植被覆盖减少雨水对地表的直接冲刷，延缓径流速度，降低土壤侵蚀强度。近年来，牌楼镇在矿区周边实施的绿化工程已初步发挥水土保持效益，6 万余平裸露地块的土壤侵蚀模数已从治理前的 $7200\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 降至治理后的 $1800\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。

3、生物多样性维护功能

牌楼镇地处长白植物区系与华北植物区系的交汇地带边缘，生态系统类型多样，为多种野生动植物提供了适宜的栖息环境，是鞍山市生物多样性保护的重要区域之一。东部森林生态系统和西部湿地生态系统是生物多样性的核心分布区，共分布有重点保护野生动植物 44 种，占鞍山市重点保护物种总数的 18% 左右。

虽然牌楼镇内无独立的自然保护区，但其森林生态系统与九龙川、白云山两个省级自然保护区相连，形成了完整的生态廊道，为物种的迁移、扩散和基因交流提供了通道，在区域生物多样性维护网络中具有重要的节点作用。

矿区及周边调查不涉及自然保护区、世界自然遗产、生态保护红线等保护对象。

（三）生物多样性状况

1、植物多样性

（1）物种组成及群落特征

地带性植被建群物种：区域地带性植被为暖温带落叶阔叶林，建群物种主要为蒙古栎、辽东栎，这两种树种在落叶阔叶林生态系统中占乔木层个体数量的 65%以上，是维持区域森林生态系统结构和功能的核心物种。蒙古栎主要分布于海拔 150m~300m 的丘陵中部，辽东栎则多见于海拔 250m~350m 的丘陵上部，两者均具有较强的耐旱、耐贫瘠特性，适应区域气候和土壤条件。

先锋物种：先锋物种主要分布于矿区裸地及裸露地块，包括刺槐、沙棘、紫穗槐等乔木、灌木树种，以及狗尾草、黄背草、委陵菜等草本植物。这些物种具有生长快、繁殖能力强、耐盐碱、耐贫瘠等特性，能够在恶劣生境中率先定植，为后续植被恢复奠定基础。在 2022 年以来的裸露地块绿化中，刺槐和紫穗槐的成活率达 85%以上，已成为矿区植被恢复的主要先锋树种。

本地关键物种：本地关键物种包括油松、山杨、糠椴等乔木树种，以及胡枝子、榛子等灌木树种，这些物种在维持生态系统稳定性、提供生态服务功能等方面发挥关键作用。油松作为针叶林的建群种，在保持陡坡水土方面作用显著；胡枝子作为豆科植物，能够通过根瘤菌固氮，改善土壤肥力，促进其他物种生长。

指示物种：指示物种主要包括水生植物和敏感植物，能够反映生态环境质量状况。其中，芦苇、香蒲等水生植物的生长状况可指示湿地水质，当水质受到污染时，其植株会出现矮化、叶片发黄等现象；侧柏作为大气污染敏感植物，在矿区周边出现叶片失绿、脱落等症状，

指示该区域存在扬尘及有害气体污染。

外来入侵物种：主要有豚草、三裂叶豚草、反枝苋和圆叶牵牛等，分布于建设用地周边、道路两侧及矿区裸地边缘，其中豚草和三裂叶豚草分布面积较大，约 0.8km^2 ，已对本地植物群落造成一定干扰。这些外来入侵物种具有繁殖能力强、扩散速度快的特点，通过挤占本地物种生态位、争夺资源等方式影响本地生物多样性。

（2）重点保护植物

根据调查，牌楼镇范围内共有重点保护野生植物 12 种，其中国家二级保护植物 3 种，辽宁省重点保护植物 9 种。重点保护植物主要分布于东部远离矿区的山林区域，其中紫椴、黄檗等乔木树种多为散生分布，野大豆则呈斑块状分布于农田边缘。

矿区及周边调查未发现重点保护野生植物、古树名木分布。

2、动物多样性

（1）物种组成及群落特征

鸟类群落：鸟类是动物多样性中最丰富的类群，占陆生脊椎动物总数的 72.96%。根据栖息生境可分为森林鸟类、湿地鸟类、农田鸟类和城市鸟类四大类群。森林鸟类主要有大山雀、黑枕黄鹂、斑啄木鸟等，栖息于东部森林生态系统；湿地鸟类主要有绿头鸭、苍鹭、白鹭等，栖息于河流、水库等湿地生态系统；农田鸟类主要有麻雀、喜鹊、家燕等，栖息于农田及村镇周边；城市鸟类主要有珠颈斑鸠、灰喜鹊等，栖息于建设用地内。

兽类群落：兽类主要包括小型啮齿类、食虫类和中型食肉类，主

要栖息于森林生态系统和农田生态系统。小型兽类有黑线姬鼠、褐家鼠、刺猬等，分布较为广泛；中型兽类有黄鼬、豹猫、狗獾等，主要分布于东部森林生态系统。

两栖爬行类群落：两栖类主要有中华大蟾蜍、黑斑蛙等，栖息于湿地及农田周边湿润环境；爬行类主要有黑眉锦蛇、虎斑颈槽蛇、丽斑麻蜥等，栖息于干燥的山坡、农田及道路两侧。

（2）重点保护动物

根据调查，牌楼镇范围内共有重点保护陆生脊椎动物 32 种，其中国家二级保护动物 15 种，辽宁省重点保护动物 17 种。重点保护动物主要分布于远离矿区的东部森林生态系统和西部湿地生态系统，其中鸟类的迁徙特性明显，冬季有小天鹅等迁徙物种在此停歇。

矿区及周边调查未发现重点保护野生动物分布。

六、矿区及周边人类重大工程活动

矿区及周边人类重大工程活动主要为矿山开采活动和当地村民生产活动，矿区及周边共有 4 家矿山从事采矿活动，周边另有一处村庄、一条村级公路、一条河流和一条高压线。

1、矿山开采

根据矿山开发利用方案，海城市正大矿业有限公司宋堡菱镁矿开采方式为地下开采，现状地表形成多处井口、工业场地、堆矿场、运输道路等；矿区东侧 33m 为海城海鸣矿业有限责任公司，该矿开采方式为地下开采，地表形成多处井口、工业场地、堆矿场等；矿区南侧 229m 为海城市牌楼镇发达矿业有限公司，该矿开采方式为露天开

采，地表形成多处露天采坑、工业场地、堆矿场等；矿区西侧 87m 为海城市牌楼滑石矿，该矿开采方式为地下开采，地表形成多处井口、工业场地、堆矿场等。本矿与周边矿山间开采互不影响。

2、周边村庄

根据矿山开发利用方案，矿区西侧及西南侧有一处村庄宋堡村，该村庄沿着山间谷地道路两侧分布，距离矿山开采地表岩石移动范围最近距离 73m，矿山地下开采对村庄无影响。

3、周边公路

根据矿山开发利用方案，矿区中部有一条村级公路牌三线从区内东西向通过，该村级公路为矿山和当地村民共用道路，距离矿山开采地表岩石移动范围最近距离 94m，矿山地下开采对其无影响。

4、周边河流

根据矿山隐蔽致灾普查报告，矿区中南部有一条河流金堡河由西向东从矿区穿过，该河流为季节性河流，流量随季节变化明显，夏秋多，冬季少，甚至断流。河床最宽处约 1.5m，岩性由第四系砾石、砂、粘土等组成，具弱透水性，基岩虽然节理裂隙发育，但多被泥质充填，透水性一般。坑道调查未发现地表水与地下水有明显的水力联系，地表水对地下水的影响有限。该河流对矿山开采无影响。

5、周边高压线

根据矿山开发利用方案，矿区南部有一条 66kV 高压线自北东向南西方向跨过矿区，其中 4 个高压线塔基距离矿区较近，距离矿山开采地表岩石移动范围最近距离 24m，矿山地下开采对其无影响。

七、矿区生态修复工作情况

矿山企业于 2020 年至 2025 年期间对矿山以往开采形成的废弃不再利用的井口、工业场地、排岩场、堆矿场等区域进行了恢复治理和生态修复工作，累计投入生态修复费用 126.8462 万元，完成生态修复面积 1.8331hm^2 ，取得了较好的生态修复效果。

首先对废弃井口进行回填和封堵，平硐回填深度约为 15m，斜坡道回填深度为斜坡道斜长，在井口距离地表约 1m 处采用水泥砂浆进行封堵，并继续利用废石回填井口挖损区形成缓坡，以便后期的复垦。回填后的井口稳定性高，杜绝了近地表处由于中空而引发坍塌。井口废弃后，其周围的地表建筑、工业场地、堆矿场一般随之也不再留用，并进行恢复治理。而运输作业道路则与当地村路相连通，即服务矿山企业的同时也为当地百姓的日常耕种、生产生活提供了便利，在治理过程中大多保留使用。

在建筑物拆除清运过程中，建筑物、水泥硬化地面需全部拆除，拆除的废弃物可用于井口回填。拆除时认真检查影响拆除工程安全施工的各种管线是否切断、迁移工作是否完毕，确认安全后方可施工，清理被拆除建筑物倒塌范围内的物质、设备、不能搬迁的须妥善加以防护。施工程序从上至下，分层拆除，按板、非承重墙、梁、承重墙、柱的顺序进行或依照非承重结构后承重结构原则进行拆除。地面建筑层高为单层砖混房屋，砖混结构建筑墙体厚度为 0.24m、房屋单层高度 2.8~3m。2 层以下的拆除工程量约 $0.4\text{m}^3/\text{m}^2$ ，地表硬覆盖平均拆除厚度约 0.2m~0.3m 不等，以实际为准。

排岩场、堆矿场等区域视废石、矿石堆存规模、高度等情况确定是否需要降坡，如平台足够宽而坡脚为林地或耕地等不允许压占场地的，可采取削减顶部平台宽度的方式进行降坡，高度超过 5~8m 的则进行阶段式降坡；如平台较窄而坡脚可以进行压占，可在坡脚采取回填废石构建斜坡的方式进行降坡。一般情况下，地表工业场地、堆矿场、排岩场平台或坡面较为平坦，无坑洼不平情况，可不进行场地平整，如遇部分坑洼不平地段，可适当回填废石或采取“挖高填低”的方式，使得场地平整，不会造成积水。

在上述工程措施实施完毕后，采取全面覆土的方式，对场地进行覆土，覆土厚度 0.5m，覆土后拉线定植，选择树种为刺槐，按 1.5m × 1.5m 的株行距确定树坑位置。刺槐在栽植当天进行剪根截干处理，一般保留地面以上 10cm 高度，地下部分 20cm。裸苗栽植时，每穴一株，先将苗木扶正，放入坑内，用土进行回填。栽植过程中按照“三埋两踩一提苗”要求进行，栽植完成后，浇足定根水，让苗木根系与土壤紧密贴合，后续每年灌溉 2 次，保证苗木成活率。每年春季对死苗、枯苗进行补植，雨季对冲蚀沟进行回填。

图 2-6 施工过程中照片

图 2-7 生态修复后照片

通过矿山以往的恢复治理和生态修复工作的成功实施，总结得出以下成功经验：

（1）工程措施分析：首先利用拆除的砌体和水泥砂浆对井口区进行回填、封堵，防止井口近地表处发生坍塌；然后采取土层翻松、场地平整、表土覆盖、培肥改良、种植植被及监测管护等工程，最终达到恢复地形地貌、土壤和植被，改善矿区生态环境的目的。目前矿山已治理区植被长势良好，成活率较高，治理效果较好，说明以往生态修复工程措施技术、经济可行，值得借鉴。

（2）植被恢复分析：复垦乔木树种选择乡土品种刺槐，刺槐具有耐干旱、成活率高，管护容易等优点，适宜本地生长；覆土采用全面覆土方式，覆土厚度 0.5m，土源主要为附近村镇建设开挖的表土或山坡荒草地堆存弃土，栽植株行距为 1.5m×1.5m，每穴 1 株。通过种植刺槐，可以在较短时间见到生态效果。

（3）种植时间分析：种植时间最好安排在春季或秋季进行。春季选在土壤化冻后至树木发芽前这段时间进行种植；秋季选在落叶以后到大地封冻之前这段时间进行种植。

通过矿山以往恢复治理和生态修复工程的实施，有效的改善了矿区的地形地貌景观，修复了因矿山开采形成的裸露地貌，为矿山后期生态修复工作积累了可靠的经验。

八、矿区基本情况调查监测指标

矿区开采前基本情况调查监测包括矿山地质环境、土地资源、生态系统调查监测。矿山地质环境调查监测主要为对矿区地下水进行调查监测，土地资源调查监测主要为对土地利用现状进行调查监测，生态系统调查监测主要为生态状况调查和生态系统质量监测。具体监测内容与监测指标见附表。

矿区开采中基本情况调查监测包括矿山保护预防控制监测、损毁现状与拟损毁监测、生态修复效果监测。保护预防控制监测主要为对矿山保护措施与预防控制措施进行监测，损毁现状与拟损毁监测主要为对地质环境损毁、土地资源损毁、生态系统破坏进行监测，生态修复效果监测主要为对地质环境治理和生态系统恢复进行监测。具体监测内容与监测指标见附表。

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、矿山地质环境问题

（1）地质灾害

根据搜集资料和现场调查，矿山废石用于充填采空区，不在地表堆放，没有废石场；在地表有 10 处堆矿场，其中堆矿场 4、5 坡度在 $5^{\circ} \sim 25^{\circ}$ ，下一步治理后坡度小于 15° ，其他堆矿场坡度在 15° 以下。矿山在以往开采过程中除发生过采空塌陷地质灾害外，未发生过崩塌、滑坡、地裂缝等地质灾害。

矿山早期在南区西部发生过采空塌陷，形成了一个椭圆形塌陷坑，最大长度约 111m，最大宽度约 83m，深度约 20m~28m，面积约 0.7148hm^2 。地面塌陷形成原因为采矿形成的采空区距离地表较浅，采空后未及时充填采空区，由于塌陷坑规模不大，没有造成人员伤亡和设备损坏。矿山早期已对塌陷区进行了回填治理，塌陷发生至今已多年，目前处于稳定状态，多年来未再继续下沉。

表 3-1 以往地表塌陷区基本情况表

发生时间	塌陷坑规模				塌陷区治理情况
	长（m）	宽（m）	深（m）	面积（ hm^2 ）	
2015 年前	111	83	20~28	0.7148	采用废石回填并用表土夯实后，种植刺槐恢复植被

根据《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》附录 E “矿山地质环境影响程度分级表”，现状条件下矿山地质灾害弱发育，危害程度小，危险性小，对地质环境的影响程度为较轻。

（2）地形地貌景观破坏

根据现场调查，矿山以往开采过程中在矿区内形成多处井口、工业场地、堆矿场、运输道路和 1 处表土场。

矿山北区现状形成 3 处井口和工业场地、6 处堆矿场和 3 条运输道路。其中斜坡道 1 井口、工业场地 1、堆矿场 1~2、运输道路 1 位于北区中部，场地整体上呈南北向，长约 270m，宽约 60m，面积约 1.7378hm^2 ；斜坡道 3 井口、工业场地 3、堆矿场 6、运输道路 2 位于北区东部，场地整体上呈南北向，长约 60m，宽约 20m，面积约 0.1381hm^2 ；斜坡道 2 井口、工业场地 2、堆矿场 3~5、运输道路 3 位于北区东部，部分位于界外，场地整体上呈南北向，长约 240m，宽约 40m，面积约 1.1536hm^2 。以上井口、工业场地、堆矿场和运输道路的建设对原始地形地貌造成了挖损和压占，割裂了原有的地形地貌，造成了地表植被的缺失。

矿山南区现状形成 2 处井口，1 处工业场地、4 处堆矿场、1 处表土场和 1 条运输道路。其中斜坡道 4 井口、工业场地 4、堆矿场 5~10、运输道路 3 位于南区北部，场地整体上呈南北向，长约 350m，宽约 200m，面积约 2.8898hm^2 ；回风竖井井口位于南区中部，场地整体上呈南北向，长约 8m，宽约 7m，面积约 0.0050hm^2 ；另有 1 处表土场，位于南区西部，场地整体上呈东西向，长约 90m，宽约 50m，面积约 0.4840hm^2 。以上井口、工业场地、堆矿场、表土场和运输道路的建设对原始地形地貌造成了挖损和压占，割裂了原有的地形地貌，造成了地表植被的缺失。

图 3-1 北区地形地貌现状照片

图 3-2 南区地形地貌现状照片

综上，矿山现状形成的井口、工业场地、堆矿场、表土场和运输道路等对原始地形地貌造成了挖损和压占，割裂了原有的地形地貌，造成了地表植被的缺失。根据《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》附录 E “矿山地质环境影响程度分级表”，现状条件下矿山采矿活动对原生地形地貌景观影响和破坏程度较大，对矿山地质环境影响程度为较严重。

（3）含水层破坏

根据搜集资料和现场调查，该矿矿区位于水文地质单元的补给径流区，地势较高，地表径流条件较好，大气降水以地表径流为主，部分渗入地下成为基岩裂隙水后，顺地势向中间的沟谷径流，坑道调查未发现地表水与地下水有明显的水力联系，且矿区平均水位标高为 144.5m 左右，矿区最低侵蚀基准面为金堡河水面标高 80m。地表水对地下水的影响有限。故本区地下水补给地表水。

根据矿坑排水实测资料，矿井涌水量为 $195\text{m}^3/\text{d}$ ，涌水量不大。井下涌水采用机械方式排至地表水池，供矿山生产循环使用，未造成矿区地下含水层层位缺失和水位下降，也未形成导水裂隙造成涌水量增加，未影响到矿区及周围居民生产生活供水。

根据《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》附录 E “矿山地质环境影响程度分级表”，现状条件下矿山采矿活动对地下含水层破坏和影响较小，对矿山地质环境影响程度为较轻。

2、土地资源损毁问题

根据现场调查，矿山对土地资源的损毁表现在井口对土地的挖损

和工业场地、堆矿场、表土场、运输道路对土地的压占。

（1）挖损损毁

矿山现状共形成 5 处井口，分别为斜坡道 1、斜坡道 2、斜坡道 3、斜坡道 4 和回风竖井，其中斜坡道 1 作为北区主斜坡道，斜坡道 3 作为北区回风斜坡道，斜坡道 4 作为南区主斜坡道，回风竖井作为南区回风井，斜坡道 2 不再利用。以上井口对土地造成挖损，损毁土地类型为果园、乔木林地、采矿用地，损毁土地面积共计 0.1005hm²，土地资源损毁程度为较轻。

井口区土地损毁现状如下：

图 3-3 井口区现状照片

（2）压占损毁

矿山现状在斜坡道 1 井口附近形成 1 处工业场地 1，2 处堆矿场 1、2 和 1 条运输道路 1；在斜坡道 2 井口附近形成 1 处工业场地 2，3 处堆矿场 3、4、5 和 1 条运输道路 3；在斜坡道 3 井口附近形成 1 处工业场地 3，1 处堆矿场 6 和 1 条运输道路 2；在斜坡道 4 井口附近形成 1 处工业场地 4，4 处堆矿场 7、8、9、10，1 处表土场和 1 条运输道路 4。以上工业场地、堆矿场、运输道路和表土场对土地造成

压占，损毁土地类型为旱地、果园、乔木林地、灌木林地、采矿用地、城镇村道路用地、农村道路、坑塘水面，损毁土地面积共计 6.5257hm²，土地资源损毁程度为较严重。

工业场地土地损毁现状如下：

图 3-4 工业场地现状照片

堆矿场土地损毁现状如下：

图 3-5 堆矿场现状照片

运输道路土地损毁现状如下：

图 3-6 运输道路现状照片

表土场土地损毁现状如下：

图 3-7 表土场现状照片

综上，现状条件下矿山采矿活动对土地资源造成挖损和压占，损毁土地面积共计 6.6262hm^2 ，其中挖损土地面积共计 0.1005hm^2 ，压占土地面积共计 6.5257hm^2 ，损毁土地类型为旱地、果园、乔木林地、灌木林地、采矿用地、城镇村道路用地、农村道路、坑塘水面，对土地资源影响程度为较严重。

现状土地损毁情况汇总详见下表：

表 3-2 现状土地损毁情况汇总表

损毁单元	损毁地类及面积 (hm ²)								
	旱地	果园	乔木林地	灌木林地	采矿用地	城镇村道路用地	农村道路	坑塘水面	小计
斜坡道 1 井口		0.0035			0.0045				0.0080
斜坡道 2 井口					0.0440				0.0440
斜坡道 3 井口			0.0300						0.0300
斜坡道 4 井口					0.0135				0.0135
回风竖井井口			0.0050						0.0050
工业场地 1	0.0049	0.0003			0.6124		0.0006		0.6182
工业场地 2					0.0381				0.0381
工业场地 3			0.0171						0.0171
工业场地 4			0.0072		0.7641				0.7713
堆矿场 1					0.6225				0.6225
堆矿场 2	0.0030	0.0588			0.1136		0.0002		0.1756
堆矿场 3					0.1890				0.1890
堆矿场 4			0.0180		0.5949				0.6129
堆矿场 5			0.1250		0.3535				0.4785
堆矿场 6			0.0004		0.0186				0.0190
堆矿场 7			0.0073		0.3260				0.3333
堆矿场 8					0.0267		0.0003	1.1646	1.1916
堆矿场 9								0.0815	0.0815
堆矿场 10					0.1171				0.1171
表土场	0.0395				0.3105				0.3500
运输道路 1	0.0156	0.0007	0.0284	0.0003	0.1696	0.0139	0.0850		0.3135
运输道路 2	0.0046		0.0141		0.0092		0.0441		0.0720
运输道路 3	0.0006		0.0017	0.0082	0.1767		0.0824		0.2696
运输道路 4			0.0016		0.1750		0.0783		0.2549
合计	0.0682	0.0633	0.2558	0.0085	4.6795	0.0139	0.2909	1.2461	6.6262

3、生态受损与退化问题

(1) 植被损毁

根据现场调查,矿山在以往开采过程中形成多处井口、工业场地、堆矿场和运输道路,对土地造成挖损和压占,一定程度上造成了地表植被的破坏和缺失,使矿区原有的自然生态系统功能有所削弱,蓄水保土功能有所减低。

(2) 生物多样性丧失

根据现场调查,矿山在以往开采过程中修建井口、工业场地、堆矿场和运输道路对土地造成挖损和压占,造成了地表植被的缺失;矿山开采时,由于爆破产生噪声和震动,生活在矿区附近的鸟类和小动物受到影响逃离矿区,造成部分动物流失。

(3) 水土流失

根据现场调查,矿山在以往开采过程中修建井口、工业场地、堆矿场和运输道路破坏了矿区原有地形地貌、植被及土壤结构,造成地表裸露,土地抗蚀能力降低,在一定程度上对矿区原有水土保持功能造成破坏,使土地丧失了原有的固土抗蚀能力,导致矿区土壤侵蚀加剧,造成局部水土流失。

(4) 水土环境污染

根据现场调查,矿山以往开采的产生废石基本上全部得到了综合利用,目前地表已基本不见废石堆放;矿山开采的矿石在井口附近堆矿场内临时堆放,矿石中主要成份为 MgO 、 CaO 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 , 不含其他有害成份。矿山井下涌水和凿岩污水经排水系统收集后进入沉

淀池沉淀处理，回用于井下凿岩和洒水除尘等；生活污水进入旱厕，定期清掏，最终蒸发，不外排。近年来随着绿色矿山的建设，矿山在各工业场地四周配套建设防尘网，主要产尘点附近配套除尘雾炮，道路两侧栽植路树，配套喷淋降尘装置，路口处配套车辆洗车装置，自上而下顺地形配套排水沟和沉淀池，污水经沉淀后循环使用，有效的防止了粉尘和废水的外溢。

根据 2025 年 8 月 7 日辽宁天圆检测有限责任公司出具的矿区废水和土壤监测报告显示，矿区现状地下水和土壤监测结果均符合相应的规定标准限值，矿山现状环境污染风险为较轻。

表 3-3 矿区废水监测结果表

序号	监测项目	单位	监测结果
1	pH	无量纲	7.2
2	悬浮物	mg/L	12
3	氨氮	mg/L	1.22
4	总氮	mg/L	3.07
5	BOD ₅	mg/L	7.8
6	石油类	mg/L	0.21
7	铬（六价）	mg/L	<0.004
8	铁	mg/L	<0.03
9	铜	mg/L	<0.05
10	锌	mg/L	<0.05
11	铅	mg/L	<0.001
12	砷	mg/L	<0.0003
13	镉	mg/L	<0.001
14	汞	mg/L	<0.00004
15	锰	mg/L	<0.01

表 3-4 矿区土壤监测结果表

序号	监测项目	单位	监测结果		
			1#样	2#样	3#样
1	pH	无量纲		7.62	7.09
2	砷	mg/kg	3.8	2.34	2.35
3	镉	mg/kg	0.44	0.218	0.185
4	铬（六价）	mg/kg	未检出	未检出	未检出

5	铜	mg/kg	30.6	23	27
6	铅	mg/kg	28.2	25	19
7	汞	mg/kg	0.075	0.0671	0.0725
8	镍	mg/kg	20.9	24	28
9	石油烃	mg/kg	51	57	49

综上，现状条件下矿山采矿活动造成矿区局部植被损毁、生物多样性丧失和水土流失，未造成矿区水土环境污染，总体上来说，矿山生态受损与退化问题较严重。

（二）受损预测

1、地质环境破坏预测

（1）地质灾害

根据矿区地质环境条件，结合矿山开发利用方案以及各地质灾害发生的特性等，预测矿山未来开采可能引发和遭受的地质灾害类型为崩塌、滑坡、采空塌陷。

1) 崩塌

①地质灾害发生的可能性

根据现场调查，矿山废石用于充填采空区，不在地表堆放，没有废石场；在地表有 10 处堆矿场，其中堆矿场 4、5 坡度在 $5^{\circ} \sim 25^{\circ}$ ，下一步治理后恢复原地形，坡度控制在 15° 以下，其他堆矿场坡度均小于 15° 。矿区内不存在高陡坡面、不存在危岩体，预测矿山未来开采引发崩塌地质灾害的可能性小。

②地质灾害的发育程度

矿山未来开采不存在高陡坡面、不存在危岩体，根据《地质灾害危险性评估规范》(GB/T 40112-2021)中表 6“崩塌发育程度分级表”，

崩塌地质灾害发育程度为弱发育。

③地质灾害的危害程度

根据《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112-2021）中表 15 “地质灾害危害程度分级表”，受威胁对象主要为矿山地表作业人员、机械设备，受威胁人数小于 10 人，可能直接经济损失小于 100 万元，地质灾害的危害程度为小。

④地质灾害的危险性

根据《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112-2021）中表 19 “工程建设中、建成后引发崩塌地质灾害危险性预测评估分级表”，预测矿山未来开采引发崩塌地质灾害的可能性小，崩塌地质灾害的发育程度为弱发育，地质灾害的危害程度为小，地质灾害的危险性等级为危险性小。

2) 滑坡

①地质灾害发生的可能性

根据现场调查，矿山废石用于充填采空区，不在地表堆放，没有废石场；在地表有 10 处堆矿场，矿石堆放高度均小于 5m，部分堆矿场坡度在 $5^{\circ} \sim 25^{\circ}$ ，下一步治理后恢复原地形，坡度控制在 15° 以下，其他堆矿场坡度均小于 15° 。矿区内不存在高陡边坡，预测矿山未来开采引发滑坡地质灾害的可能性小。

②地质灾害的发育程度

矿山没有废石场，未来堆矿场内矿石堆放高度小于 5m，不存在高陡边坡。根据《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112-2021）

中表 4 “滑坡发育程度分级表”，滑坡发育程度为弱发育。

③地质灾害的危害程度

根据《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112-2021）中表 15 “地质灾害危害程度分级表”，受威胁对象主要为矿山地表作业人员、机械设备，受威胁人数小于 10 人，可能直接经济损失小于 100 万元，地质灾害的危害程度为小。

④地质灾害的危险性

根据《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112-2021）中表 18 “工程建设中、建成后引发滑坡地质灾害危险性预测评估分级表”，预测矿山未来开采引发滑坡地质灾害的可能性小，滑坡地质灾害的发育程度为弱发育，地质灾害的危害程度为小，地质灾害的危险性等级为危险性小。

3) 采空塌陷

①地质灾害发生的可能性

矿山以往开采时矿房内留设有大量原矿（岩）柱，目前矿（岩）柱保存完好，采空区状态稳定。未来继续深部开采，开采矿种为菱镁矿和滑石矿，菱镁矿顶底板围岩主要为菱镁大理岩、滑石化菱镁大理岩，偶见滑石片岩。菱镁大理岩平均 RQD 值为 76.35%，岩体完整性为较完整，岩石坚硬级别为半坚硬；岩体质量指标为 1.50，岩体质量分级为良，岩体质量系数为 6.50，岩体质量等级为特好。滑石矿顶底板围岩主要为滑石片岩，局部为滑石化菱镁大理岩。滑石片岩平均 RQD 值为 44.25%，岩体完整性为较差，岩石坚硬级别为较软岩；岩

体质量指标为 0.544，岩体质量分级为中等，岩体质量系数为 2.04，岩体质量等级为一般。根据开发利用方案，未来仍采用地下开采方式，采用浅孔留矿嗣后充填法和分段空场嗣后充填法，结合以往经验，未来开采引发采空塌陷的可能性小。

②地质灾害的发育程度

矿山采用充填法开采，根据矿山多年地表和井下位移监测结果，下沉量小于 20mm/a，水平变形小于 4mm/a。根据《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112-2021）中表 11“采空塌陷发育程度分级表”，矿山采空塌陷发育程度为弱—中等发育。

③地质灾害的危害程度

根据矿山开发利用方案，未来采用充填法开采，在地表圈定了预测岩石移动范围，预测岩石移动范围内主要为耕地和林地，根据《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112-2021）中表 15“地质灾害危害程度分级表”，受威胁对象主要为地表农耕人员、井下作业人员、机械设备，受威胁人数小于 10 人，可能直接经济损失小于 100 万元，地质灾害的危害程度为小。

④地质灾害的危险性

根据《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112-2021）中表 22“工程建设中、建成后引发采空塌陷地质灾害危险性预测评估分级表”，预测矿山未来开采引发采空塌陷地质灾害的可能性小，地质灾害的发育程度为弱—中等发育，地质灾害的危害程度为小，地质灾害的危险性等级为危险性小。

根据《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》附录 E “矿山地质环境影响程度分级表”，预测矿山未来开采引发地质灾害的危险性小，对矿山地质环境影响程度为较轻。

（2）地形地貌景观破坏

根据矿山开发利用方案，矿山未来继续采用地下开采方式、斜坡道开拓方案，继续利用现有斜坡道 1 作为北区主井，利用现有斜坡道 3 作为北区回风井；继续利用现有斜坡道 4 作为南区主井，利用现有回风竖井作为南区回风井。继续利用现有工业场地 1、工业场地 2、工业场地 3、工业场地 4；继续利用现有堆矿场 1、堆矿场 2、堆矿场 3、堆矿场 7、堆矿场 8；继续利用现有运输道路 1、运输道路 2、运输道路 3、运输道路 4。以上工程和设施能够满足矿山未来开采需要，不再建设新的地表工程和设施。此外，为防止地表出现塌陷而损毁耕地、林地、高压线塔基、河流等，设计采取了一系列预防、控制和避让措施，预测矿山未来开采地表不会出现大的塌陷坑，不会对矿区地形地貌景观造成更大的损毁和破坏。

根据《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》附录 E “矿山地质环境影响程度分级表”，预测矿山未来开采对地形地貌景观影响和破坏程度较小，对矿山地质环境影响程度为较轻。

（3）含水层破坏

根据矿山开发利用方案，矿山未来继续采用地下开采，未来随着开采深度的加大，在矿坑疏干排水条件下，地下水运动必然发生改变，形成新的地下水疏干流场。巷道排水系统位于基岩深部，巷道排水使

深部构造裂隙水压力突然释放，压力传导到上部风化裂隙水后，向四周扩展，基岩裂隙水形成一定范围的负压区，上部基岩裂隙水以空间渗流形式向排水点汇聚，形成了一定范围的地下水压力释放空间场，基岩裂隙水以越流形式垂向补给。根据《辽宁省海城市宋堡矿区滑石矿、菱镁矿资源储量核实报告》，预测全矿正常涌水量为 $213.42\text{m}^3/\text{d}$ ，最大涌水量为 $524.34\text{m}^3/\text{d}$ ，较现状变化不大。矿山未来开采会对含水层产生一定的影响，但影响范围仅局限在采矿工程周边，不会影响到矿区及周围居民生产生活供水。

根据《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》附录 E “矿山地质环境影响程度分级表”，预测矿山未来开采对地下含水层破坏和影响较小，对矿山地质环境影响程度为较轻。

2、土地资源损毁预测

根据矿山开发利用方案，矿山未来继续采用地下开采方式，采用斜坡道开拓方案，继续利用现有斜坡道 1 作为北区主井、利用现有斜坡道 3 作为北区回风井，继续利用现有斜坡道 4 作为南区主井、利用回风竖井作为南区回风井；继续利用现有工业场地 1~4 作为矿山生产、办公、存放设备和车辆场地；继续利用现有堆矿场 1~3、堆矿场 7、8 作为矿石临时堆放场地；继续利用现有运输道路 1~4 作为矿山通行道路；现有地表工程和设施能够满足矿山开采需要，未来不再建设新的地表工程和设施。矿山未来采用浅孔留矿嗣后充填法和分段空场嗣后充填法开采，预测未来开采将形成 4 处预测塌陷(岩移)区，对土地资源可能造成轻微沉降损毁。

预测岩移区 1 位于北区北部，拟对土地造成沉降损毁，面积共计 18.2914hm^2 ，其中与现状损毁面积重叠 1.2386hm^2 ，新增土地损毁面积 17.0528hm^2 ，损毁土地类型为旱地、果园、乔木林地、其他草地、采矿用地、农村宅基地、农村道路，土地资源损毁程度为较轻。

预测岩移区 2 位于南区北部，拟对土地造成沉降损毁，面积共计 2.4253hm^2 ，其中与现状损毁面积重叠 0.2286hm^2 ，新增土地损毁面积 2.1967hm^2 ，损毁土地类型为旱地、乔木林地、灌木林地、采矿用地、农村道路、沟渠，土地资源损毁程度为较轻。

预测岩移区 3 位于南区中部，拟对土地造成沉降损毁，面积共计 6.7971hm^2 ，其中与现状损毁面积重叠 0.7339hm^2 ，新增土地损毁面积 6.0632hm^2 ，损毁土地类型为旱地、乔木林地、灌木林地、其他林地、采矿用地、农村宅基地、机关团体新闻出版用地、公路用地、城镇村道路用地、农村道路、设施农用地，土地资源损毁程度为较轻。

预测岩移区 4 位于南区南部，拟对土地造成沉降损毁，面积共计 2.9821hm^2 ，全部为新增损毁，损毁土地类型为旱地、乔木林地、采矿用地、农村道路、沟渠、设施农用地，土地资源损毁程度为较轻。

综上，预测矿山未来开采可能对土地资源造成轻微沉降损毁，新增损毁土地面积共计 28.2948hm^2 ，损毁土地类型为旱地、果园、乔木林地、灌木林地、其他林地、其他草地、采矿用地、农村宅基地、机关团体新闻出版用地、公路用地、城镇村道路用地、农村道路、沟渠、设施农用地，对土地资源影响程度为较轻。

预测土地损毁情况汇总详见下表：

表 3-5 预测土地损毁情况汇总表

损毁单元	损毁地类及面积 (hm ²)														
	旱地	果园	乔木林地	灌木林地	其他林地	其他草地	采矿用地	农村宅基地	机关团体新闻出版用地	公路用地	城镇村道路用地	农村道路	沟渠	设施农用地	小计
预测岩移区 1	0.5889	4.4899	10.3045	0	0	0.1967	1.2146	0.0405	0	0	0	0.2177	0	0	17.0528
预测岩移区 2	1.2124		0.3562	0.0415			0.4936					0.0821	0.0109		2.1967
预测岩移区 3	1.7736		2.5354	0.5663	0.0387		0.8399	0.0475	0.0306	0.0249	0.0065	0.1516		0.0482	6.0632
预测岩移区 4	1.6820		1.1495				0.0064					0.0572	0.0426	0.0444	2.9821
合计	5.2569	4.4899	14.3456	0.6078	0.0387	0.1967	2.5545	0.088	0.0306	0.0249	0.0065	0.5086	0.0535	0.0926	28.2948

3、生态受损与退化预测

（1）植被损毁

根据矿山开发利用方案，矿山未来继续采用地下开采方式、斜坡道开拓方案，继续利用现有地表工程和设施，不新建地表工程和设施；未来开采预测形成地表岩移区，可能会形成地表局部小范围轻微沉降，可能造成局部植被损毁，规模不大。

（2）生物多样性丧失

根据矿山开发利用方案，矿山未来继续采用地下开采方式，不新建地表工程和设施，未来地下开采可能会形成地表局部小范围塌沉陷，造成局部地表植被缺失；矿山未来地下开采时，由于爆破噪声和震动的影响，造成矿区及周边部分动物逃离。总体上而言，矿山未来开采会造成局部动植物丧失。

（3）水土流失

根据矿山开发利用方案，矿山未来继续采用地下开采方式，继续利用现有地表工程和设施，造成地表裸露，土地抗蚀能力降低，在一定程度上对矿区水土保持功能造成破坏，使土地丧失了原有的固土抗蚀能力，导致矿区土壤侵蚀加剧，水土流失量增加。

（4）水土环境污染

根据矿山开发利用方案，矿山未来继续采用地下开采，井下废石不出井，直接用于充填井下采空区，地表不设排岩场，井下涌水收集至地表沉淀池经沉淀处理后，回用于井下凿岩和洒水除尘等，矿山生活垃圾集中收集处理，生活污水进入旱厕处理，矿山全部固体废物和

废水不外排，继续利用矿山现有防尘、除尘设施，预测矿山未来开采不会对矿区水土环境造成污染。

综上，预测矿山未来开采可能会造成矿区局部植被损毁、生物多样性丧失和水土流失，不会造成矿区水土环境污染，总体上来说，矿山生态受损与退化问题较严重。

（三）问题诊断评价结论

1、问题诊断评价

（1）土地损毁问题

①诱发原因：直接物理破坏（开挖、压占、塌陷）、表土剥离、土壤理化性质恶化（压实、贫瘠化）等。

②受损程度：工业场地 1、堆矿场 2、表土场、运输道路 1、运输道路 2、运输道路 3 区域损毁耕地，面积小于 2hm^2 ，受损程度为中度；其他区域损毁林地，面积小于 2hm^2 ，受损程度为轻度。

（2）生态受损与退化问题

①诱发原因：植被砍伐、地表裸露、直接生境破坏、生境破碎化（场地、道路分割）、食物链中断、人为干扰加剧、生态服务功能（如授粉、害虫控制、养分循环）减弱等。

②受损程度：斜坡道 3、回风竖井、工业场地 3、堆矿场 6、表土场区域影响范围小，影响程度轻，受损程度为轻度；其他区域影响范围较大，影响程度较严重，受损程度为中度。

2、生态破坏分区

根据矿山现状问题和受损预测分析，结合综合诊断评价结果，进

行矿区生态破坏情况分区，共分为 21 个受损区块，各受损区块损毁程度和分布情况如下：

受损区块 1，位于矿山北区中部位置，范围包括斜坡道 1 井口、工业场地 1 区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.6262hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为中度，生态受损与退化程度为中度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 2，位于矿山北区东部位置，范围包括斜坡道 2 井口、工业场地 2 区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.0821hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为轻度，生态受损与退化程度为轻度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 3，位于矿山北区东部位置，范围包括斜坡道 3 井口区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.0300hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为轻度，生态受损与退化程度为轻度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 4，位于矿山北区东部位置，范围包括工业场地 3 区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.0171hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为轻度，生态受损与退化程度为轻度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 5，位于矿山南区东部位置，范围包括斜坡道 4 井口、工业场地 4 区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.7848hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为轻度，生态受损与退化程度为中度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 6，位于矿山南区中部位置，范围包括回风竖井井口区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.0050hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为轻度，生态受损与退化程度为轻度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 7，位于矿山北区中部位置，范围包括堆矿场 1 区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.6225hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为轻度，生态受损与退化程度为中度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 8，位于矿山北区中部位置，范围包括堆矿场 2 区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.1756hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为中度，生态受损与退化程度为中度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 9，位于矿山北区东部位置，范围包括堆矿场 3 区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.1890hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为轻度，生态受损与退化程度为中度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 10，位于矿山北区东部位置，范围包括堆矿场 4 区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.6129hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为轻度，生态受损与退化程度为中度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 11，位于矿山北区北部位置，范围包括堆矿场 5 区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.4785hm^2 ，区块内矿山地质

环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为轻度，生态受损与退化程度为中度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 12，位于矿山北区东部位置，范围包括堆矿场 6 区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.0190hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为轻度，生态受损与退化程度为轻度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 13，位于矿山南区中部位置，范围包括堆矿场 7 区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.3333hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为轻度，生态受损与退化程度为中度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 14，位于矿山南区北部位置，范围包括堆矿场 8 区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 1.2727hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为轻度，生态受损与退化程度为中度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 15，位于矿山南区北部位置，范围包括堆矿场 9 区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.0815hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为轻度，生态受损与退化程度为中度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 16，位于矿山南区西部位置，范围包括堆矿场 10 区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.1385hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为轻度，生态受损与退化程度为中度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 17，位于矿山南区西部位置，范围包括表土场区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.4840hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为轻度，土地资源损毁程度为中度，生态受损与退化程度为轻度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 18，位于矿山北区中部位置，范围包括运输道路 1 区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.3135hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为中度，生态受损与退化程度为中度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 19，位于矿山北区东部位置，范围包括运输道路 2 区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.0720hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为中度，生态受损与退化程度为中度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 20，位于矿山北区东部位置，范围包括运输道路 3 区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.2696hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为中度，生态受损与退化程度为中度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

受损区块 21，位于矿山南区北部位置，范围包括运输道路 4 区域，损毁时间为 2025 年 10 月前，面积共计 0.2790hm^2 ，区块内矿山地质环境破坏程度为中度，土地资源损毁程度为轻度，生态受损与退化程度为中度，区块损毁程度综合评价结果为中度。

矿区损毁综合评价结果详见下图：

图 3-6 矿区损毁程度综合评价图

二、生态修复可行性分析

（一）技术经济可行性分析

1、地质环境治理可行性分析

（1）地质灾害预防治理可行性分析

根据矿山开发利用方案，矿山未来继续采用地下开采。根据矿体赋存条件以及开采技术条件，同时为保护地表不受破坏，设计在矿体上部留设护顶矿柱，同时采矿方法采用浅孔留矿嗣后充填法和分段空场嗣后充填法，矿房回采结束后立即处理采空区，设计采用嗣后废石充填法处理采空区，充填废石具有支撑采场顶板围岩、防止采场顶板

围岩失稳变形、吸收转移地应力、减缓应力集中、隔离应力、预防岩爆及降震等作用，可有效防止地表下沉。通过采取以上防治措施，预测地表不会出现大规模塌陷坑。但由于发生采空塌陷具有不确定性因素，目前技术上无法完全避免矿山开采过程中可能发生采空塌陷风险，因此，在进行矿区地表监测的同时，预留塌陷治理资金，一旦地面发生塌沉陷状况，可及时利用塌陷治理资金对塌陷坑进行回填、覆土等治理工作，恢复地表地形地貌景观和植被。

综上，通过对矿区地表进行塌沉陷监测、预留塌陷治理资金等，能够及时对可能出现的地表塌沉陷进行恢复治理，因此，矿山地质灾害治理在技术上和经济上是可行的。

（2）地形地貌景观修复治理可行性分析

矿山现状形成多处井口、工业场地、堆矿场、运输道路和 1 处表土场，对土地造成挖损和压占，破坏原有地表植被和地形地貌景观；预测矿山未来开采会形成 4 处预测岩移区，可能会造成地表轻微沉降，破坏地表植被和地形地貌景观。

针对矿山现状开采形成的井口挖损和工业场地、堆矿场、表土场压占问题，主要是采取地貌重塑、土壤重构、植被重建、景观营造等工程技术措施，恢复地表地形地貌景观和植被；针对矿山未来开采可能出现的地表沉降问题，主要是采取地表位移监测、预留沉降治理资金等措施，对可能出现的地表沉降进行修复治理，恢复恢复地表地形地貌景观和植被。矿山企业已建立基金账户，未来矿山开采时，将矿区生态修复费用作为生产成本列支，在预计开采年限内按年度足额存

入基金账户，专项用于矿区生态修复工作。

综上，通过采取地貌重塑、土壤重构、植被重建、景观营造、监测管护等工程技术措施，按时足额预存矿区生态修复费用，能够及时对矿山现状开采和未来开采可能出现的地形地貌景观破坏进行修复治理，恢复矿区地形地貌景观和地表植被，因此，矿山地形地貌景观修复治理在技术上和经济上是可行的。

2、复垦修复可行性分析

（1）复垦修复适宜性评价

①评价对象与评价单元

本次评价对象为矿区内及矿区外受采矿活动影响的已损毁和拟损毁的土地。

根据矿区土地损毁现状和预测结果，本着同一评价单元内的土地特征、损毁方式、复垦修复方向、复垦修复措施基本一致的原则，将损毁土地划分为井口、工业场地、堆矿场、表土场、运输道路、预测岩移区共 6 个评价单元。

②评价体系与评价方法

评价体系采用二级评价体系，二级体系分成两个序列，土地适宜类和土地质量等。适宜类的划分主要根据项目区自然禀赋、社会经济状况、土地利用总体规划和土地损毁分析；等别的划分主要根据适宜程度、生产潜力、限制因素及限制程度。

评价方法采用定性与定量相结合的方法。定性方法是对评价单元的原土地利用状况、土地损毁、公众参与、当地社会经济等情况进行

综合定性分析，确定土地的复垦修复方向和适宜性等级。定量方法是采用极限条件法，依据最小因子原理确定适宜性及其等级，即土地的适宜性及其等级，是由诸多选定评价因子中某单因子适宜性等级最小（限制性等级最大）的因子确定。

其中，运输道路作为矿山和当地村民共用道路，作为农村道路予以保留，留作矿山复垦后续管护和当地村民生产使用；预测岩移区根据分析不会出现大范围地面塌沉陷，尽可能保持其原土地利用方式。以上两个评价单元通过定性分析即可确定其最终复垦修复方向，无需进行定量的适宜性等级评定。

③评价因子与等级标准

评价因子应选择一套既相互独立又相互补充的参评因素和主导因素，造成土地损毁的原因不同，所选择的参评因素和主导因素也不同。综合考虑矿区自然地理条件和土地损毁等实际情况，最终确定本次评价因子为 5 个：地形坡度、地表物质组成、有效土层厚度、土源保证率和周围土地利用现状。

根据相关标准和规范，结合该项目的实际情况，制定主要限制因子适宜性评价等级标准如下：

表 3-6 主要限制因子的等级标准

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 (°)	<5	1	1	1
	5~25	2	1	1
	25~45	N	2	2
	>45	N	3	2 或 3
地表物质组成	壤土、砂壤土	1	1	1
	岩土混合物	3	2 或 3	2 或 3
	砂土、砾质	N	3	3
	砾质（混凝土）	N	3	N

有效土层厚度 (cm)	>80	1	1	1
	50~80	2	1	1
	30~50	3	2 或 3	2
	<30	N	3 或 N	2 或 3
土源保证率 (%)	80~100	1	1	1
	60~80	1 或 2	1	2
	40~60	3	2 或 3	3
	<40	N	N	N
周围土地 利用现状	相同	1	1	1
	相近	2	2	2
	差别很大	3 或 N	2 或 3	3 或 N

④评价单元土地特征

各评价单元的土地特征如下：

表 3-7 各评价单元土地特征表

评价单元	土地特征				
	地形坡度 (°)	地表物质 组成	有效土层 厚度 (cm)	土源保证率 (%)	周围土地 利用现状
井口	5~90	砾质（混凝土）	0	50	园地、林地
工业场地	5~10	岩土混合物	0	50	耕地、园地、林地
堆矿场	5~10	岩土混合物	0	50	耕地、园地、林地
表土场	5~10	壤土	300~500	100	耕地

⑤适宜性等级评定结果

根据选定的评价因子，将各评价单元的土地特征与评价因子等级标准进行比较，并根据各评价单元主要限制因子，采取经济合理的复垦修复措施，对评价因子进行处理，使评价单元达到复垦修复标准，最终得出复垦修复适宜性评定结果。

各评价单元的适宜性等级评定结果如下：

表 3-8 井口区适宜性等级评定结果表

地类评价	适宜性	主要限制因子	备注
耕地评价	N	地形坡度	坡度较大，不宜复垦为耕地
林地评价	3	地表物质组成、有效土层 厚度	回填、覆土后可复垦为林草地
草地评价	3		

表 3-9 工业场地适宜性等级评定结果表

地类评价	适宜性	主要限制因子	备注
耕地评价	N	土源保证率	土源不足，不宜复垦为耕地
林地评价	3	地表物质组成、有效土层厚度	翻松、覆土后可复垦为林草地
草地评价	3		

表 3-10 堆矿场适宜性等级评定结果表

地类评价	适宜性	主要限制因子	备注
耕地评价	N	土源保证率	土源不足，不宜复垦为耕地
林地评价	3	地表物质组成、有效土层厚度	翻松、覆土后可复垦为林草地
草地评价	3		

表 3-11 表土场适宜性等级评定结果表

地类评价	适宜性	主要限制因子	备注
耕地评价	1	周围土地利用现状	翻松后可复垦为耕地
林地评价	2		周围土地利用现状为耕地，不宜复垦为林草地
草地评价	2		

各评价单元适宜性评价等级结果汇总如下：

表 3-12 各评价单元适宜性评价等级结果表

评价单元	适宜性等级		
	耕地评价	林地评价	草地评价
井口	N	3	3
工业场地	N	3	3
堆矿场	N	3	3
表土场	1	2	2

⑥复垦修复方向

井口区：适宜性评价结果显示，其存在多宜性，不宜复垦为耕地。

考虑到其周边以林地为主及生态环境因素，将其复垦为林地。

工业场地：适宜性评价结果显示，其存在多宜性，不宜复垦为耕地。考虑到其周边以林地为主及生态环境因素，将其复垦为林地。

堆矿场：适宜性评价结果显示，其存在多宜性，不宜复垦为耕地。考虑到其周边以林地为主及生态环境因素，将其复垦为林地。

表土场：适宜性评价结果显示，其存在多宜性，耕地等级最高。遵循农用地优先的原则，将其复垦为耕地。

运输道路：作为农村道路予以保留，留作矿山复垦后续管护和当地村民生产使用。

预测岩移区：复垦修复方向为原地类。

综上，井口、工业场地、堆矿场适宜复垦为林地，表土场适宜复垦为耕地，运输道路作为农村道路保留，预测岩移区适宜复垦为原地类，因此，矿区复垦修复在技术和经济上是可行的。

（2）水土资源平衡分析

①水源平衡分析

根据各土地复垦修复适宜性评价结果，最终复垦修复方向为耕地和林地。林地前三年管护期间需采取一定的灌溉措施保证林木成活率，待管护期结束林木生长稳定后可依靠自然降水。复垦区共种植林木面积 5.3662hm^2 ，在林木种植后进行两次浇灌，林木灌溉按 $200\text{m}^3/\text{hm}^2$ 标准计算，复垦区需水量共计 2146.48m^3 。

灌溉用水水源来自流经矿区的金堡河河水，其水质和水量均能满足灌溉需要，灌溉方式为汽车拉水，人工浇水，在林木生长稳定后可依靠自然降水，故不需要设计灌溉设施。

②土源平衡分析

矿山以往采矿活动造成井口、工业场地、堆矿场区域挖损和压占，地表已无有效表土，需进行表土覆盖，以恢复地表植被。以上区域复垦修复方向为林地，采取全面覆土的方式进行表土覆盖，覆土厚度为自然沉实后有效土层厚度 0.45m ，沉实系数按 0.1 计算，实际覆土厚度 0.5m ，表土需求量共计 26831m^3 。

表 3-13 各复垦单元覆土量计算表

复垦单元	复垦方向	覆土方式	覆土厚度 (m)	覆土面积 (m ²)	覆土量 (m ³)
井口区	乔木林地	全面覆土	0.5	1005	502.5
工业场地	乔木林地	全面覆土	0.5	14447	7223.5
堆矿场	乔木林地	全面覆土	0.5	38210	19105
合计					26831

复垦修复土源一部分来自矿山南区西部的表土场，运距在 1.5km 范围内，剩余部分来自宋堡村周边建设项目开挖的表土，运距在 3km 范围内。矿山南区表土场内储存有大量收集的建表土，占地面积约 0.3500hm²，表土堆存高度约 3~5m，堆存土方量约 14000m³，表土堆放场表面已经长满杂草。此外，矿山企业已与宋堡村签订土方使用协议，利用宋堡村周边建设项目开挖的表土作为生态修复土源补充，预计土方使用量为 15631m³。上述表土土壤质地为棕壤土，保肥保水能力一般，pH 为 6.35~6.45，全氮含量 0.625%，有机质含量 139g/kg，有效磷含量 39.5mg/kg，速效钾含量 341mg/kg，土壤容重为 1.2g/cm³，土壤肥力中等，土质、土方量满足矿山未来复垦需求。

综上，矿区复垦修复水土资源总体上能够达到平衡。

（二）目标方向可行性分析

1、参照生态系统

（1）周边未受损生态系统

根据现场实地调查，矿区周边未受损的相似生态系统主要有森林生态系统和农田生态系统。

①森林生态系统

分布于矿区北部和南部的山脊、山坡处，地势较高，地形起伏较

大，坡度在 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 之间，土壤厚度 $0.3 \sim 0.8\text{m}$ 左右，土地利用类型主要为乔木林地、灌木林地和其他园地，乔木树种主要有柞树、槐树、榆树、松树等，灌木树种主要有榛子、山枣等，果树树种主要有梨树、苹果树、杏树等。

②农田生态系统

分布于矿区中部的沟谷、山脚处，地势较低，地形相对平缓，坡度在 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 之间，土壤厚度约 2.0m 左右，土地利用类型主要为旱地，农作物主要有玉米等。

(2) 矿山以往生态修复案例

矿山企业于 2020 年至 2025 年期间对矿山以往开采形成的废弃不再使用的部分井口、工业场地、堆矿场、排岩场等区域进行了恢复治理和生态修复工作。

其中部分区域复垦修复为旱地，覆土采用全面覆土方式，覆土厚度 0.8m ，土源主要为矿区内堆存的表土，覆土后加以培肥改良，种植玉米。其他区域复垦修复为乔木林地，乔木树种选择乡土品种刺槐，刺槐具有耐干旱、成活率高，管护容易等优点，适宜本地生长；覆土采用全面覆土方式，覆土厚度 0.5m ，土源主要为附近村镇建设开挖的表土或山坡荒草地堆存弃土，栽植株行距为 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ ，每穴 1 株；栽植完成后，浇足定根水，让苗木根系与土壤紧密贴合，后续每年灌溉 2 次，保证苗木成活率。

通过矿山以往生态修复工程的成功实施，修复了因矿山开采形成的裸露地貌，有效的改善了矿区的地形地貌景观，恢复了矿区生态环

境，为本次生态修复提供了借鉴。

（3）矿区自然环境

矿区地处处辽东丘陵西南边缘，地形以低山丘陵为主，地势南北高东西低，南北为低山丘陵，东西为缓坡岗地，地形起伏变化较大，地形坡度在 $5^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 之间。气候属温带大陆性季风气候，春暖秋爽，夏热冬寒，年平均气温 10.4°C ，年平均降水量 721.3mm ，年均日照数 2650 小时，无霜期约 140 天。土壤类型主要为棕壤土，在山脊、山坡处土壤厚度 $0.3\text{m} \sim 0.8\text{m}$ 左右，在沟谷、山脚处土壤厚度约 2.0m 左右。矿区属华北植物区系，植被发育，主要为天然次生林，植被乔木类主要有柞树、槐树、榆树、杨树、松树等，灌木类以山枣、榛子为主，农作物主要种植玉米。

以上地形地貌、气候、土壤等自然条件为森林生态系统和农田生态系统的形成提供了基础环境。

（4）参照生态系统

矿区周边未受损生态系统主要为森林生态系统和农田生态系统，结合矿区以往生态修复的成功案例（复垦修复方向为乔木林地和旱地）、矿区自然环境特点，以及《海城市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》、《海城市国土空间总体规划（2021-2035 年）》、《海城市生态环境保护“十四五”规划》、《海城市牌楼镇国土空间总体规划（2021-2035 年）》等相关规划，确立本次参照生态系统为森林生态系统和农田生态系统。

参照生态系统典型照片如下：

图 3-7 森林生态系统典型照片

图 3-8 农田生态系统典型照片

2、复垦修复方向与目标

(1) 生态修复方向

根据矿区土地复垦修复适宜性评价结果，以选定的参照生态系统为目标，结合牌楼镇国土空间规划、公众参与意见及当地社会经济因素等确定最终复垦修复方向。

①国土空间规划

根据《海城市牌楼镇国土空间总体规划（2021-2035 年）》，牌楼镇处于辽东丘陵与平原地区交界地带，构建山地森林生态系统，以自然修复和人工种植相结合的方式增加植物多样性，将疏林地、灌木林等逐步转变为有林地，合理增加有林地面积。从国土空间规划角度考虑，复垦修复方向以林地为主。

②公众参与意见

根据对矿区所在的海城市牌楼镇宋堡村村民进行问卷调查，村民中多数人认为复垦修复方向应以生态利用、保持良好的生态环境为主，宜耕则耕，宜林则林，并与周边土地利用类型相一致，对于矿山运输道路，作为矿山和当地村民共用道路，可以作为村道继续予以利用。考虑公众参与意见，复垦修复方向以林地为主，局部可复垦为耕地的则复垦为耕地，运输道路保留。

③社会经济因素

牌楼镇位于海城市中南部，处于辽东丘陵与平原地区交界地带，境内矿产资源丰富，当地以菱镁深加工、滑石、机械加工为主导产业，推广生态和经济效益绿化模式，科学发展特色经济林果、林下经济、森林康养等富民产业，实现经济发展和民生效益相结合。从社会经济因素考虑，复垦修复方向以林地为主。

综合考虑以上因素，确定最终井口、工业场地、堆矿场区域复垦修复方向为乔木林地，表土场区域复垦修复方向为旱地，运输道路作为农村道路留作矿山后续管护和当地村民生产使用，预测岩移区复垦

修复方向为原地类。

(2) 生态修复目标

根据矿区复垦修复定性分析和定量评价结果，运输道路作为农村道路继续留用，预测岩移区一旦出现损毁修复为原地类，其他损毁单元则复垦修复为乔木林地和旱地，复垦修复面积为 34.9210hm²，复垦修复率为 100%。复垦修复前后土地利用结构调整详见下表：

表 3-14 复垦前后土地利用结构调整表

一级地类		二级地类		损毁前面积 (hm ²)	生态修复面 积 (hm ²)	面积增减 (hm ²)
编码	名称	编码	名称			
01	耕地	0103	旱地	5.3251	5.6069	+0.2818
02	园地	0201	果园	4.5532	4.4899	-0.0633
03	林地	0301	乔木林地	14.6014	22.2663	+5.2129
		0305	灌木林地	0.6163	0.6078	-0.0085
		0307	其他林地	0.0387	0.0387	0
04	草地	0404	其他草地	0.1967	0.1967	0
06	工矿仓储用地	0602	采矿用地	7.2340	0	-7.2340
07	住宅用地	0702	农村宅基地	0.0880	0.0880	0
08	公共管理与 公共服务用地	08H1	机关团体 新闻出版用地	0.0306	0.0306	0
10	交通运输用地	1003	公路用地	0.0249	0.0249	0
		1004	城镇村道路用地	0.0204	0.0065	-0.0139
		1006	农村道路	0.7995	1.4186	+0.6191
11	水域及水利 设施用地	1104	坑塘水面	1.2461	0	-1.2461
		1107	沟渠	0.0535	0.0535	0
12	其他土地	1202	设施农用地	0.0926	0.0926	0
合计				34.9210	34.9210	0

3、复垦修复标准

根据《土地复垦质量控制标准》（TD/T1036-2013）等矿区生态修复相关技术标准，结合矿区土地、生态系统实际情况，确定矿区生态修复质量标准如下：

（1）旱地

①整地后地面坡度控制在 15° 以内，地面高差控制在 $\pm 3\text{cm}$ ，有利于排水和农作物种植。

②覆土后有效土层厚度大于等于 80cm ，土壤质地为壤土，土壤容重小于 1.35g/cm^3 ，砾石含量小于 5% ，PH 值在 $5.5\sim 8.0$ 之间，有机质含量大于 10g/kg ，满足农作物生长需求。

③生产力水平：三年后达到玉米产量不低于 500kg/亩 的水平。

④道路利用矿山现有道路，满足村庄交通运输、农机行驶和田间生产及管理的要求。

⑤排水设施满足场地要求，防洪满足当地标准。

（2）乔木林地

①整地后地面坡度控制在 15° 以内，地面高差控制在 $\pm 5\text{cm}$ ，有利于排水和苗木种植。

②覆土后有效土层厚度大于等于 50cm ，土壤质地为壤土或砂壤土，容重小于 1.45g/cm^3 ，砾石含量小于 20% ，pH 值在 $6.0\sim 8.5$ 之间，有机质含量大于 2% ，满足苗木生长需求。

③苗木选择当地具有耐寒、耐旱、耐瘠薄等优点的树种，如刺槐，采用穴植方式，株行距 $1.5\text{m}\times 1.5\text{m}$ ，坑穴规格 $0.5\text{m}\times 0.5\text{m}\times 0.5\text{m}$ ，定植密度 4444株/hm^2 。

④生产力水平：三年后林木成活率达到 70% 以上，郁闭度达到 0.3 以上的水平。

⑤排水设施满足场地要求，防洪满足当地标准。

（三）边开采、边修复可行性分析

根据矿山开发利用方案和生产计划，矿山未来继续采用地下开采方式，采用斜坡道开拓方案，利用现有斜坡道 1 作为北区主斜坡道，利用现有斜坡道 3 作为北区回风斜坡道，利用现有斜坡道 4 作为南区主斜坡道，利用现有回风竖井作为南区回风井；继续利用现有工业场地 1、工业场地 2、工业场地 3、工业场地 4 作为矿山生产、办公、存放设备和车辆的场地；继续利用现有堆矿场 1、堆矿场 2、堆矿场 3、堆矿场 7、堆矿场 8 作为临时堆放矿石的场地；继续利用现有运输道路 1、运输道路 2、运输道路 3、运输道路 4 作为矿山和当地村民日常通行使用。以上工程和设施将继续服务于矿山生产，目前不具备边生产、边修复的条件。

矿山现有斜坡道 2 井口、堆矿场 4、堆矿场 5、堆矿场 6、堆矿场 9、堆矿场 10 均不再利用，目前具备边生产、边修复的条件，可以在矿山开采的同时进行修复。同时，表土场东部区域随着部分表土用于其他区域的复垦修复，也将具备边生产、边修复的条件，可以在矿山开采的同时进行复垦修复。

综上，对于矿山以往开采形成的部分井口、堆矿场和表土场部分区域，根据矿山生产计划不再使用，具备边生产、边修复的条件。因此，矿山边生产、边修复是可行的。

三、生态修复分区及修复时序安排

矿区生态修复范围包括全部损毁区域，具体包括井口、工业场地、堆矿场、表土场、运输道路和预测岩移区等区域。其中，运输道路为

矿山和当地村民共用道路，作为农村道路留作矿山后续管护和当地村民生产使用；预测岩移区由于发生地表塌沉陷具有不确定性，无法准确预测发生塌沉陷的时间和地点，故预留塌陷治理资金，一旦发生塌沉陷及时进行恢复治理，修复为原地类。因此，运输道路和预测岩移区不进行生态修复分区，其他损毁区域进行生态修复分区。根据各单元复垦修复适宜性评价结果，结合矿山开采进度计划，进行矿区生态修复分区，划分复垦修复单元，并制定各复垦修复单元实施计划，共划分为 17 个复垦修复单元。

各复垦修复单元范围、修复目标及实施计划如下：

复垦修复单元 1：位于矿山北区中部，范围包括斜坡道 1 井口、工业场地 1 区域，复垦修复方向为乔木林地，修复面积为 0.6262hm^2 ，修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日。

复垦修复单元 2：位于矿山北区东部，范围包括斜坡道 2 井口、工业场地 2 区域，复垦修复方向为乔木林地，修复面积为 0.0821hm^2 ，其中斜坡道 2 井口区域修复时间为 2026 年 3 月 1 日至 2026 年 10 月 31 日，修复面积为 0.0440hm^2 ；工业场地 2 区域修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日，修复面积为 0.0381hm^2 。

复垦修复单元 3：位于矿山北区东部，范围包括斜坡道 3 井口区域，复垦修复方向为乔木林地，修复面积为 0.0300hm^2 ，修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日。

复垦修复单元 4：位于矿山北区东部，范围包括工业场地 3 区域，复垦修复方向为乔木林地，修复面积为 0.0171hm^2 ，修复时间为 2070

年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日。

复垦修复单元 5：位于矿山南区东部，范围包括斜坡道 4 井口、工业场地 4 区域，复垦修复方向为乔木林地，修复面积为 0.7848hm^2 ，修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日。

复垦修复单元 6：位于矿山南区中部，范围包括回风竖井井口区域，复垦修复方向为乔木林地，修复面积为 0.0050hm^2 ，修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日。

复垦修复单元 7：位于矿山北区中部，范围包括堆矿场 1 区域，复垦修复方向为乔木林地，修复面积为 0.6225hm^2 ，修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日。

复垦修复单元 8：位于矿山北区中部，范围包括堆矿场 2 区域，复垦修复方向为乔木林地，修复面积为 0.1756hm^2 ，修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日。

复垦修复单元 9：位于矿山北区东部，范围包括堆矿场 3 区域，复垦修复方向为乔木林地，修复面积为 0.1890hm^2 ，修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日。

复垦修复单元 10：位于矿山北区东部，范围包括堆矿场 4 区域，复垦修复方向为乔木林地，修复面积为 0.6129hm^2 ，修复时间为 2026 年 3 月 1 日至 2026 年 10 月 31 日。

复垦修复单元 11：位于矿山北区北部，范围包括堆矿场 5 区域，复垦修复方向为乔木林地，修复面积为 0.4785hm^2 ，修复时间为 2027 年 3 月 1 日至 2027 年 10 月 31 日。

复垦修复单元 12: 位于矿山北区东部, 范围包括堆矿场 6 区域, 复垦修复方向为乔木林地, 修复面积为 0.0190hm^2 , 修复时间为 2027 年 3 月 1 日至 2027 年 10 月 31 日。

复垦修复单元 13: 位于矿山南区中部, 范围包括堆矿场 7 区域, 复垦修复方向为乔木林地, 修复面积为 0.3333hm^2 , 修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日。

复垦修复单元 14: 位于矿山南区北部, 范围包括堆矿场 8 区域, 复垦修复方向为乔木林地, 修复面积为 1.1916hm^2 , 修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日。

复垦修复单元 15: 位于矿山南区北部, 范围包括堆矿场 9 区域, 复垦修复方向为乔木林地, 修复面积为 0.0815hm^2 , 修复时间为 2026 年 3 月 1 日至 2026 年 10 月 31 日。

复垦修复单元 16: 位于矿山南区西部, 范围包括堆矿场 10 区域, 复垦修复方向为乔木林地, 修复面积为 0.1385hm^2 , 修复时间为 2026 年 3 月 1 日至 2026 年 10 月 31 日。

复垦修复单元 17: 位于矿山南区西部, 范围包括表土场区域, 复垦修复方向为旱地, 修复面积为 0.3500hm^2 , 其中表土场东部区域修复时间为 2027 年 3 月 1 日至 2027 年 10 月 31 日, 修复面积为 0.0622hm^2 , 表土场西部区域修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日, 修复面积为 0.2878hm^2 。

矿区复垦修复单元划分详见下图:

图 3-9 矿区生态修复分区图

矿区复垦修复单元拐点坐标详见下表：

表 3-15 矿区生态修复分区拐点坐标表

矿区生态修复分区实施时间详见下表：

表 3-16 矿区生态修复分区实施时间表

序号	复垦修复单元		面积 (hm ²)	实施时间
1	斜坡道 1 井口及工业场地 1		0.6262	2070.3.1-2070.10.31
2	斜坡道 2 井口	斜坡道 2 井口	0.0440	2026.3.1-2026.10.31
	及工业场地 2	工业场地 2	0.0381	2070.3.1-2070.10.31
3	斜坡道 3 井口		0.0300	2070.3.1-2070.10.31
4	工业场地 3		0.0171	2070.3.1-2070.10.31
5	斜坡道 4 井口及工业场地 4		0.7848	2070.3.1-2070.10.31
6	回风竖井井口		0.0050	2070.3.1-2070.10.31
7	堆矿场 1		0.6225	2070.3.1-2070.10.31
8	堆矿场 2		0.1756	2070.3.1-2070.10.31
9	堆矿场 3		0.1890	2070.3.1-2070.10.31
10	堆矿场 4		0.6129	2026.3.1-2026.10.31
11	堆矿场 5		0.4785	2027.3.1-2027.10.31
12	堆矿场 6		0.0190	2027.3.1-2027.10.31
13	堆矿场 7		0.3333	2070.3.1-2070.10.31
14	堆矿场 8		1.1916	2070.3.1-2070.10.31
15	堆矿场 9		0.0815	2026.3.1-2026.10.31
16	堆矿场 10		0.1171	2026.3.1-2026.10.31
17	表土场	东部区域	0.0622	2027.3.1-2027.10.31
		西部区域	0.2878	2070.3.1-2070.10.31

四、采矿用地与复垦修复安排

矿山采矿用地包括井口、工业场地、堆矿场、表土场和运输道路等区域，无新增用地，不涉及采矿新增用地与复垦修复存量采矿用地相挂钩，不涉及临时占用农用地。

各采矿用地情况及复垦修复计划如下：

采矿用地 1：位于矿山北区中部，用地范围包括斜坡道 1 井口、工业场地 1 区域，面积为 0.6262hm²，原地类为旱地、果园、采矿用地、农村道路，用地方式为租用，使用期限为建矿后至 2069 年 8 月 31 日；计划复垦修复地类为乔木林地，复垦修复范围为全部用地区域，面积为 0.6262hm²，计划复垦修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日。

采矿用地 2：位于矿山北区东部，用地范围包括斜坡道 2 井口、

工业场地 2 区域，面积为 0.0821hm^2 ，原地类为采矿用地，用地方式为租用，使用期限为建矿后至 2025 年 12 月 31 日；计划复垦修复地类为乔木林地，复垦修复范围为全部用地区域，面积为 0.0821hm^2 ，其中斜坡道 2 井口区域计划复垦修复时间为 2026 年 3 月 1 日至 2026 年 10 月 31 日，复垦修复面积为 0.0440hm^2 ，工业场地 2 区域计划复垦修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日，复垦修复面积为 0.0381hm^2 。

采矿用地 3：位于矿山北区东部，用地范围包括斜坡道 3 井口区域，面积为 0.0300hm^2 ，原地类为乔木林地，用地方式为租用，使用期限为建矿后至 2069 年 8 月 31 日；计划复垦修复地类为乔木林地，复垦修复范围为全部用地区域，面积为 0.0300hm^2 ，计划复垦修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日。

采矿用地 4：位于矿山北区东部，用地范围包括工业场地 3 区域，面积为 0.0171hm^2 ，原地类为乔木林地，用地方式为租用，使用期限为建矿后至 2069 年 8 月 31 日；计划复垦修复地类为乔木林地，复垦修复范围为全部用地区域，面积为 0.0171hm^2 ，计划复垦修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日。

采矿用地 5：位于矿山南区东部，用地范围包括斜坡道 4 井口、工业场地 4 区域，面积为 0.7848hm^2 ，原地类为乔木林地、采矿用地，用地方式为租用，使用期限为建矿后至 2069 年 8 月 31 日；计划复垦修复地类为乔木林地，复垦修复范围为全部用地区域，面积为 0.7848hm^2 ，计划复垦修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31

日。

采矿用地 6：位于矿山南区中部，用地范围包括回风竖井井口区域，面积为 0.0050hm^2 ，原地类为乔木林地，用地方式为租用，使用期限为建矿后至 2069 年 8 月 31 日；计划复垦修复地类为乔木林地，复垦修复范围为全部用地区域，面积为 0.0050hm^2 ，计划复垦修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日。

采矿用地 7：位于矿山北区中部，用地范围包括堆矿场 1 区域，面积为 0.6225hm^2 ，原地类为采矿用地，用地方式为租用，使用期限为建矿后至 2069 年 8 月 31 日；计划复垦修复地类为乔木林地，复垦修复范围为全部用地区域，面积为 0.6225hm^2 ，计划复垦修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日。

采矿用地 8：位于矿山北区中部，用地范围包括堆矿场 2 区域，面积为 0.1756hm^2 ，原地类为旱地、果园、采矿用地、农村道路，用地方式为租用，使用期限为建矿后至 2069 年 8 月 31 日；计划复垦修复地类为乔木林地，复垦修复范围为全部用地区域，面积为 0.1756hm^2 ，计划复垦修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日。

采矿用地 9：位于矿山北区东部，用地范围包括堆矿场 3 区域，面积为 0.1890hm^2 ，原地类为采矿用地，用地方式为租用，使用期限为建矿后至 2069 年 8 月 31 日；计划复垦修复地类为乔木林地，复垦修复范围为全部用地区域，面积为 0.1890hm^2 ，计划复垦修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日。

采矿用地 10：位于矿山北区东部，用地范围包括堆矿场 4 区域，

面积为 0.6129hm^2 ，原地类为乔木林地、采矿用地，用地方式为租用，使用期限为建矿后至 2025 年 12 月 31 日；计划复垦修复地类为乔木林地，复垦修复范围为全部用地区域，面积为 0.6129hm^2 ，计划复垦修复时间为 2026 年 3 月 1 日至 2026 年 10 月 31 日。

采矿用地 11：位于矿山北区北部，用地范围包括堆矿场 5 区域，面积为 0.4785hm^2 ，原地类为乔木林地、采矿用地，用地方式为租用，使用期限为建矿后至 2025 年 12 月 31 日；计划复垦修复地类为乔木林地，复垦修复范围为全部用地区域，面积为 0.4785hm^2 ，计划复垦修复时间为 2027 年 3 月 1 日至 2027 年 10 月 31 日。

采矿用地 12：位于矿山北区东部，用地范围包括堆矿场 6 区域，面积为 0.0190hm^2 ，原地类为乔木林地、采矿用地，用地方式为租用，使用期限为建矿后至 2025 年 12 月 31 日；计划复垦修复地类为乔木林地，复垦修复范围为全部用地区域，面积为 0.0190hm^2 ，计划复垦修复时间为 2027 年 3 月 1 日至 2027 年 10 月 31 日。

采矿用地 13：位于矿山南区中部，用地范围包括堆矿场 7 区域，面积为 0.3333hm^2 ，原地类为乔木林地、采矿用地，用地方式为租用，使用期限为建矿后至 2069 年 8 月 31 日；计划复垦修复地类为乔木林地，复垦修复范围为全部用地区域，面积为 0.3333hm^2 ，计划复垦修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日。

采矿用地 14：位于矿山南区北部，用地范围包括堆矿场 8 区域，面积为 1.2727hm^2 ，原地类为采矿用地、农村道路、坑塘水面，用地方式为租用，使用期限为建矿后至 2069 年 8 月 31 日；计划复垦修复

地类为乔木林地，复垦修复范围为全部用地区域，面积为 1.2727hm^2 ，计划复垦修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日。

采矿用地 15：位于矿山南区北部，用地范围包括堆矿场 9 区域，面积为 0.0815hm^2 ，原地类为坑塘水面，用地方式为租用，使用期限为建矿后至 2025 年 12 月 31 日；计划复垦修复地类为乔木林地，复垦修复范围为全部用地区域，面积为 0.0815hm^2 ，计划复垦修复时间为 2026 年 3 月 1 日至 2026 年 10 月 31 日。

采矿用地 16：位于矿山南区西部，用地范围包括堆矿场 10 区域，面积为 0.1385hm^2 ，原地类为采矿用地，用地方式为租用，使用期限为建矿后至 2025 年 12 月 31 日；计划复垦修复地类为乔木林地，复垦修复范围为全部用地区域，面积为 0.1385hm^2 ，计划复垦修复时间为 2026 年 3 月 1 日至 2026 年 10 月 31 日。

采矿用地 17：位于矿山南区西部，用地范围包括表土场区域，面积为 0.4840hm^2 ，原地类为旱地、采矿用地，用地方式为租用，使用期限为建矿后至 2069 年 8 月 31 日；计划复垦修复地类为旱地，复垦修复范围为全部用地区域，面积为 0.4840hm^2 ，其中表土场东部区域计划复垦修复时间为 2027 年 3 月 1 日至 2027 年 10 月 31 日，复垦修复面积为 0.0622hm^2 ，表土场西部区域计划复垦修复时间为 2070 年 3 月 1 日至 2070 年 10 月 31 日，复垦修复面积为 0.2878hm^2 。

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

根据调查，矿区内不涉及需要保护的永久基本农田、生态保护红线、公益林、天然草原、水源地、自然保护地、地质遗迹、珍贵物种、古树名木、矿业遗迹等敏感目标。

矿山附近有一条季节性河沟通过，该河名为金堡河，从矿山南区自西向东流向矿区外，最宽处约 1.5m，为季节性河流。为防止矿山开采对河流造成影响，在开采河流下部矿体时，留设 40m~50m 护顶矿（岩）柱，采矿方法采用充填法开采，采场内矿柱不回采，采后采用废石分层充填、水泥砂浆接顶的方式处理采空区，要求充填接顶率达到 90%以上，充填体强度不低于 2MPa。通过留设隔离护顶矿（岩）柱、采场内矿柱不回采、采后采用废石分层充填、水泥砂浆接顶处理采空区等措施，矿山开采对河流无影响。

矿山附近有两条 66kV 高压线通过，该高压线从矿山南区自北东—南西向跨过矿区，有 4 处高压线塔基距离矿区较近。为防止矿山开采对高压线塔造成影响，在邻近高压线塔留设保护矿柱、减少爆破装药量，采矿方法采用充填法开采，通过采取留设保护矿柱，采场内矿柱不回采，采后采用废石分层充填、水泥砂浆接顶的方式处理采空区，要求充填接顶率达到 90%以上，充填体强度不低于 2MPa 等措施，矿山开采对 4 处高压线塔基无影响。

（二）表土剥离与植被移植利用

矿山现有地表工程及设施均为早期开采形成，早期剥离的表土大部分已用于矿山土地复垦。矿山现有工程及设施均可继续利用，未来不新建地表工程及设施，不新剥离表土。

在矿山南区西部有一处表土场，该表土场内堆放有矿山以往收集的当地建设项目开挖剥离的表土，占地面积约 3500m²，土方堆放量约 14000m³。目前表土场表面已被植被覆盖，长满杂草，土壤质地为棕壤土，保肥保水能力一般，pH 为 6.35~6.45，全氮含量 0.625%，有机质含量 139g/kg，有效磷含量 39.5mg/kg，速效钾含量 341mg/kg，土壤容重为 1.2g/cm³，土壤肥力中等。

矿山未来复垦修复覆土量共计 26831m³，土源一部分来自矿山南区表土场内堆放的表土，运距在 1.5km 范围内，剩余部分来自宋堡村周边建设项目开挖的表土，运距在 3km 范围内。开始计划 2026 年~2027 年复垦修复利用土方量为 6765m³，矿山开采结束后复垦修复利用土方量为 20066m³。

（三）相关协同措施

1、地质灾害预防措施

矿山采用地下开采，矿体围岩主要为菱镁大理岩和滑石片岩，围岩稳固~中等稳固，采矿方法采用充填法开采，通过采取在矿体上部留设隔离保护矿柱、在采场内留设采场矿柱不回采、采后采用废石分层充填、水泥砂浆接顶处理采空区等一系列措施后，可有效预防矿区地表发生采空塌陷等地质灾害。

矿山开采产生的废石不出井，直接用于充填地下采空区，地表不设排岩场。矿山开采产生的矿石在堆矿场临时堆放，控制堆放高度和坡度，防止形成滑坡地质灾害。

2、水土流失预防措施

在矿山南区有一条地表河沟，在开采河流下部矿体时，通过采取在矿体上部留设隔离保护矿柱、在采场内留设采场矿柱不回采、采后采用废石分层充填、水泥砂浆接顶处理采空区等措施，防止地表出现塌沉陷造成地表河流水体流失。

根据矿山生产计划，按照绿色矿山建设要求，对矿山继续利用的场地进行硬化和绿化，对矿山不再利用的场地及时进行恢复治理和生态修复，防止地表水土流失。

3、环境污染预防措施

在各工业场地四周配套建设防尘网，主要产尘点附近配套除尘雾炮，道路两侧栽植路树，配套喷淋降尘装置，路口处配套车辆洗车装置，自上而下顺地形配套排水沟和沉淀池，污水经沉淀后循环使用，有效的防止了粉尘和废水的外溢。

矿山井下开采产生的废石不出井，直接用于充填井下采空区，地表不设排岩场；井下涌水收集至地表沉淀池，经沉淀处理后，回用于井下凿岩和洒水除尘等，不外排；矿区设置生活垃圾集中收集站，统一处理；生活污水进入旱厕，定期清掏，不外排。矿山全部固体废物和废水不外排，防止污染环境。

二、修复措施

（一）地貌重塑

1、砌体拆除

建筑物拆除采用机械拆除方式，拆除时连同基础一并拆除。拆除顺序为从上至下逐层分段拆除，先拆除非承重结构，再拆除承重结构，拆除框架结构建筑时，按楼板、次梁、柱子的顺序进行拆除。

2、井口回填

井口回填时自里而外进行，依次回填，其中斜坡道回填深度均为 40m，回风竖井回填深度为 20m。斜坡道回填前，先在斜坡道内回填起始位置放置挡板，然后自里而外依次回填；回风竖井直接回填至井筒底部，全部回填。回填时，下部采用大块石回填，上部采用中小块石回填，回填至距井口位置 1m 处。

图 4-1 井口回填封堵剖面图

3、井口封堵

井口封堵采用毛石和水泥砂浆砌筑，封堵墙厚度 1m。砌筑毛石时应互相错缝，尽可能内外交错搭砌，避免出现重缝、干缝、空缝和

孔洞等情况，同时应注意毛石摆放位置，避免砌体承重后发生错位、劈裂、外鼓等现象。

4、场地平整

场地平整是为了满足复垦地植被生长的需要，对土地进行的平整工作，这既是后期进行生物化学措施的基础，也是废弃地变为可利用土地的前提。采用推土机进行场地平整，采取削高填低方式对场地进行平整，平整后的场地坡度控制在 15° 以下。场地平整时既要考虑保墒排水，又要防止水土流失。

（二）土壤重构

1、土层翻松

土地翻耕的目的是为了增加土壤的孔隙度，使耕层厚而疏松，从而使土壤中水、肥、气、热相互协调。采用机械方式对取土场下部紧实土层进行翻耕翻松，加深耕层，疏松土壤，从而有利于植被生长。

2、表土覆盖

复垦修复土源来自矿山以往剥离和收集的表土。表土回覆采取全面覆土方式，其中表土场复垦修复为旱地，原有土层厚度大于 0.8m，不覆土；井口、工业场地、堆矿场区域复垦修复为乔木林地，覆土后有效土层厚度不低于 0.5m，从而达到恢复土壤的目的。

3、培肥改良

由于复垦修复所用的土壤肥力一般，为保证植被生长需要，需对土壤进行培肥，以提高土壤中有机质的含量，改良土壤结构，改善土壤的理化性质，使土壤疏松，易于耕作。

土壤培肥采用商品有机肥，有机肥中腐殖质能促进土壤团粒结构的形成，同时有利于土壤微生物的活动，促进土壤养分的分解，增强土壤的保水保肥能力，为植被提供良好的土壤环境。

（三）植被重建

1、植物品种选择

植物物种选择的原则是：绿化覆盖效果好、耐干旱、耐贫瘠、耐寒、速生。职务种类应为当地乡土物种，容易成活，且能保持本地特色；同时应结合当地的气候、土壤、降水条件等实际情况，因地制宜的选择植物种类。

根据矿山近年来的土地复垦实践和当地的气候、土质、降水等情况，适合本地生长的乔木主要有刺槐、榆树、柞树、松树、杨树等；适合本地生长的草种有狗尾草、苜蓿、草木樨等。

根据以上原则并结合矿山实际，本次乔木树种选择根系发达、没有病虫害、1年生的Ⅰ级刺槐苗木，草种选择苜蓿草籽。

2、种植方式

为防止水土流失，提高土壤墒情和提高植被覆盖率，采取林草混植的种植方式。刺槐采用穴植工艺，坑穴规格为 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ ，坑穴间距为 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ ，成“品”字形分布，每穴栽植1株；林间撒播苜蓿草籽，每公顷撒播量为15kg。通过林草混植以达到恢复植被、绿化环境的目的。

刺槐种植方式详见下图：

图 4-2 刺槐种植平面、剖面图

3、种植工艺

根据当地的气候条件，栽种时间最好安排在春季进行。栽植时要保持苗木立直，栽植深度适宜，苗木根系伸展充分，并有利于排水、蓄水保墒。林木种植采用穴植的方式进行种植，穴的大小和深度应略大于苗木根系。苗干要竖直，根系要舒展，深浅要适当，栽种树苗时，填土一半后提苗踩实，最后覆上虚土。

（四）景观营造

矿山井口区域由于挖损造成与周边景观不协调，利用工业场地、堆矿场等区域地表清理的碎石土对井口挖损区域进行回填，回填后地形与周边地形一致，景观协调。

图 4-3 场地回填剖面图

三、工程内容

（一）地貌重塑工程

1、砌体拆除

将工业场地、堆矿场区域所有建筑物（含地基）、硬化地面等进行拆除。建筑物拆除工程量按建筑面积 $\times$ 折算系数 0.4 进行计算，硬化地面拆除工程量按场地面积 $\times$ 平均厚度 0.2m 进行计算。砌体拆除工程量共计 3167.00m³。

砌体拆除工程量统计详见下表：

表 4-1 砌体拆除工程量统计表

序号	场地名称		面积（m ² ）	系数/厚度（m）	工程量（m ³ ）
1	工业场地 1	建筑	215	0.4	86.00
		硬化地面	6182	0.2	1236.40
2	工业场地 2	建筑	112	0.4	44.80
		硬化地面	381	0.2	76.20
3	工业场地 3	建筑	120	0.4	48.00
		硬化地面	171	0.2	34.20
4	工业场地 4	建筑	176	0.4	70.40
		硬化地面	7713	0.2	1542.60
5	堆矿场 4	建筑	24	0.4	9.60
6	堆矿场 5	建筑	47	0.4	18.80
合计					3167.00

2、井口回填

利用拆除的建筑垃圾回填至井口区。斜坡道 1、斜坡道 2、斜坡道 4 井口断面积均为 18.8m²，斜坡道 3 井口断面积为 14.8m²，回填深度均为 40m；回风竖井井口断面积为 3.2m²，回填深度为 20m。回填工程量按井口断面积 $\times$ 回填深度进行计算，井口回填工程量共计 3196.80m³。

井口回填工程量统计详见下表：

表 4-2 井口回填工程量统计表

序号	井口名称	断面积 (m ²)	深度 (m)	工程量 (m ³)
1	斜坡道 1 井口	18.8	44	827.20
2	斜坡道 2 井口	18.8	44	827.20
3	斜坡道 3 井口	14.8	44	651.20
4	斜坡道 4 井口	18.8	44	827.20
5	回风竖井井口	3.2	20	64.00
合计				3196.80

3、井口封堵

所有井口回填至距井口处 1m 位置后，利用浆砌石对井口进行封堵，封堵厚度 1m。井口封堵工程量按井口断面积×封堵厚度进行计算，井口封堵工程量共计 74.40m³。

井口封堵工程量统计详见下表：

表 4-3 井口封堵工程量统计表

序号	井口名称	断面积 (m ²)	厚度 (m)	工程量 (m ³)
1	斜坡道 1 井口	18.8	1	18.80
2	斜坡道 2 井口	18.8	1	18.80
3	斜坡道 3 井口	14.8	1	14.80
4	斜坡道 4 井口	18.8	1	18.80
5	回风竖井井口	3.2	1	3.20
合计				74.40

4、场地平整

矿山工业场地、堆矿场、表土场区域由于人为活动造成场地高低不平，需要进行场地平整。场地平整采取推高填低的方式进行平整，平均平整厚度 0.3m。场地平整工程量共计 17148.6m³。

场地平整工程量统计详见下表：

表 4-4 场地平整工程量统计表

序号	场地名称	面积 (m ²)	平均厚度 (m)	工程量 (m ³)
1	斜坡道 1 井口	80	0.3	24.00
2	斜坡道 2 井口	440	0.3	132.00
3	斜坡道 3 井口	300	0.3	90.00
4	斜坡道 4 井口	135	0.3	40.50

5	回风竖井井口	50	0.3	15.00
1	工业场地 1	6182	0.3	1854.60
2	工业场地 2	381	0.3	114.30
3	工业场地 3	171	0.3	51.30
4	工业场地 4	7713	0.3	2313.90
5	堆矿场 1	6225	0.3	1867.50
6	堆矿场 2	1756	0.3	526.80
7	堆矿场 3	1890	0.3	567.00
8	堆矿场 4	6129	0.3	1838.70
9	堆矿场 5	4785	0.3	1435.50
10	堆矿场 6	190	0.3	57.00
11	堆矿场 7	3333	0.3	999.90
12	堆矿场 8	11916	0.3	3574.80
13	堆矿场 9	815	0.3	244.50
14	堆矿场 10	1171	0.3	351.30
15	表土场	3500	0.3	1050.00
合计				17148.60

(二) 土壤重构工程

1、土层翻松

矿山工业场地、堆矿场、表土场区域由于长期被压占，造成土层压实板结，需要进行土层翻松，以增加土壤孔隙度，土层平均翻松深度 0.3m。土层翻松工程量共计 5.6157hm²。

土层翻松工程量统计详见下表：

表 4-5 土层翻松工程量统计表

序号	场地名称	工程量 (hm ²)
1	工业场地 1	0.6182
2	工业场地 2	0.0381
3	工业场地 3	0.0171
4	工业场地 4	0.7713
5	堆矿场 1	0.6225
6	堆矿场 2	0.1756
7	堆矿场 3	0.1890
8	堆矿场 4	0.6129
9	堆矿场 5	0.4785
10	堆矿场 6	0.0190
11	堆矿场 7	0.3333
12	堆矿场 8	1.1916

13	堆矿场 9	0.0815
14	堆矿场 10	0.1171
15	表土场	0.3500
合计		5.6157

2、表土覆盖

矿山井口、工业场地、堆矿场区域复垦修复方向为乔木林地，采取全面覆土的方式进行覆土，覆土厚度 0.5m；表土场区域复垦修复方向为旱地，由于表土场取完土后剩余土层厚度大于 0.8m，不用覆土。覆土工程量共计 26831m³。

表土覆盖工程量统计详见下表：

表 4-6 表土覆盖工程量统计表

序号	场地名称	面积 (m ²)	厚度 (m)	工程量 (m ³)
1	斜坡道 1 井口	80	0.5	40.00
2	斜坡道 2 井口	440	0.5	220.00
3	斜坡道 3 井口	300	0.5	150.00
4	斜坡道 4 井口	135	0.5	67.50
5	回风竖井井口	50	0.5	25.00
6	工业场地 1	6182	0.5	3091.00
7	工业场地 2	381	0.5	190.50
8	工业场地 3	171	0.5	85.50
9	工业场地 4	7713	0.5	3856.50
10	堆矿场 1	6225	0.5	3112.50
11	堆矿场 2	1756	0.5	878.00
12	堆矿场 3	1890	0.5	945.00
13	堆矿场 4	6129	0.5	3064.50
14	堆矿场 5	4785	0.5	2392.50
15	堆矿场 6	190	0.5	95.00
16	堆矿场 7	3333	0.5	1666.50
17	堆矿场 8	11916	0.5	5958.00
18	堆矿场 9	815	0.5	407.50
19	堆矿场 10	1171	0.5	585.50
合计				26831.00

3、培肥改良

矿山表土场区域复垦修复为旱地，为满足农作物生长的要求，对

该区域进行土壤培肥，以提高土壤中有机质的含量，增加土壤肥力。土壤培肥采用商品有机肥，每公顷施肥 1000kg。土壤培肥面积为 0.3500hm²，培肥量共计 350kg。

（三）植被重建工程

矿山井口、工业场地、堆矿场区域复垦修复为乔木林地，采取林草混植的方式栽植刺槐，林间撒播苜蓿草籽。刺槐采用穴植方式进行栽植，坑穴规格为 0.5m×0.5m×0.5m，坑穴间距为 1.5m×1.5m，成“品”字形分布，每穴栽植 1 株，林间撒播草籽量为每公顷 15kg。共栽植刺槐 23850 株，撒播草籽 5.3662hm²。

栽植刺槐工程量统计详见下表：

表 4-7 栽植刺槐工程量统计表

序号	场地名称	面积（m ² ）	种植间距（m）	工程量（株）
1	斜坡道 1 井口	80	1.5*1.5	36
2	斜坡道 2 井口	440	1.5*1.5	196
3	斜坡道 3 井口	300	1.5*1.5	133
4	斜坡道 4 井口	135	1.5*1.5	60
5	回风竖井井口	50	1.5*1.5	22
6	工业场地 1	6182	1.5*1.5	2748
7	工业场地 2	381	1.5*1.5	169
8	工业场地 3	171	1.5*1.5	76
9	工业场地 4	7713	1.5*1.5	3428
10	堆矿场 1	6225	1.5*1.5	2767
11	堆矿场 2	1756	1.5*1.5	780
12	堆矿场 3	1890	1.5*1.5	840
13	堆矿场 4	6129	1.5*1.5	2724
14	堆矿场 5	4785	1.5*1.5	2127
15	堆矿场 6	190	1.5*1.5	84
16	堆矿场 7	3333	1.5*1.5	1481
17	堆矿场 8	11916	1.5*1.5	5296
18	堆矿场 9	815	1.5*1.5	362
19	堆矿场 10	1171	1.5*1.5	520
合计				23850

表 4-8 撒播草籽工程量统计表

序号	场地名称	工程量 (hm ²)
1	斜坡道 1 井口	0.0080
2	斜坡道 2 井口	0.0440
3	斜坡道 3 井口	0.0300
4	斜坡道 4 井口	0.0135
5	回风竖井井口	0.0050
6	工业场地 1	0.6182
7	工业场地 2	0.0381
8	工业场地 3	0.0171
9	工业场地 4	0.7713
10	堆矿场 1	0.6225
11	堆矿场 2	0.1756
12	堆矿场 3	0.1890
13	堆矿场 4	0.6129
14	堆矿场 5	0.4785
15	堆矿场 6	0.0190
16	堆矿场 7	0.3333
17	堆矿场 8	1.1916
18	堆矿场 9	0.0815
19	堆矿场 10	0.1171
合计		5.3662

(四) 景观营造工程

矿山井口挖损区域回填废石，回填工程量根据井口挖损区域场地面积和平均回填高度进行计算，场地回填工程量共计 3875m³，工程量统计详见下表：

表 4-9 场地回填工程量统计表

序号	场地名称	回填面积 (m ²)	平均回填高度 (m)	工程量 (m ³)
1	斜坡道 1 井口	80	2	160.00
2	斜坡道 2 井口	440	4	1760.00
3	斜坡道 3 井口	300	5	1500.00
4	斜坡道 4 井口	135	3	405.00
5	回风竖井井口	50	1	50.00
合计				3875.00

第五章 监测与管护

一、监测目标与措施

（一）目标任务

在矿山开采过程中，对矿山地质环境破坏与恢复治理、土地损毁与复垦利用、生态系统破坏（退化）与恢复等开展监测，在矿山开采结束后，对已复垦修复区的管理维护进行监测，为矿山土地复垦与生态修复的过程监管、适应性管理和验收提供科学依据。

（二）监测措施

1、矿山地质环境监测

（1）监测内容与指标

①监测矿山开采保护预防控制措施落实情况，监测指标包括避让、减缓等保护措施及效果、表土剥离与保存、地表沉陷减损等预防控制措施及效果等。

②监测矿山开采引发的采空区塌陷、地裂缝状况，监测指标包括地表形变、地下形变、岩土体含水率、孔隙水压力、土压力、初始塌陷值、累计塌陷值、裂缝发育等。

③监测矿山开采引发的地下水环境破坏状况，监测指标主要包括地下含水层破坏类型、地下水位、地下水温、地下水量、地下水质、地下水抽排量、综合利用量等。

④监测矿山开采引发的土壤环境破坏状况，重点监测土壤有机污染物（石油、有机磷等）和无机污染物（汞、镉、铅、砷、镍、锌、

铬、锰、硫酸盐、硝酸盐、卤化物等）。

⑤监测已治理区地质环境恢复治理状况，监测指标包括采空区塌陷复垦修复率、地下水位等。

（2）监测方法

①地表形变采用 GPS 定位自动数据采集监测法（GPS 定位系统）等监测方法；地下形变采用瞬变电磁法（电磁仪）、高密度电法（电法仪）等监测方法。

②岩土体含水率采用现场测试法（岩土含水率测定仪）、采样送检测试法（岩土体含水率分析仪）等监测方法；土压力采用土压力测量法（土压力计）等监测方法。

③地下水位（水温）采用手动监测法（测绳、万用表、水温计）等监测方法；地下水水质采用现场测试法（便携式水质测定仪）、采样送检测试法等监测方法。

④土壤环境破坏采用现场测试法（便携式测定仪）、采样送检测试法等监测方法。

（3）监测点网布设

①根据采掘工程平面图、井上下对照图及损毁预测等资料确定地表岩移监测范围并布设监测基准点、工作基点，采用十字形布设监测线和监测点，监测线（点）距 80m~120m，构建采空塌陷区及地裂缝监测网点，共布设固定监测点 32 个，其中预测岩移区 1 布设监测点 19 个，预测岩移区 2 布设监测点 3 个，预测岩移区 3 布设监测点 7 个，预测岩移区 4 布设监测点 3 个。

②以矿山为单元布设地下水环境监测点，包括地下水位、地下水水质、地下水水量等监测点。开采过程中，在矿山北区和南区各布设 1 个地下水位、水质、水量监测点，共布设 2 个监测点。矿山开采结束开展复垦修复工程后，在矿山周边民井布设 1 个监测点，对地下水环境恢复情况进行监测。

③以矿山为单元布设土壤环境监测点，土壤环境破坏监测点主要布设在矿山工业场地、堆矿场等堆占的地区，采样点选在被采土壤类型特征明显的地方，共布设 5 个监测点。矿山开采结束开展复垦修复工程后，根据复垦利用方向、复垦时间等构建决策单元，布设 1 个土壤环境恢复监测点。

（4）监测周期与频率

①采空区塌陷、地裂缝监测周期为 43 年 8 个月。监测频率为原则上每月监测 1 次，每年监测 12 次。

②地下水环境破坏监测周期为 43 年 8 个月，地下水环境恢复监测周期为开采结束后 3 年。监测频率原则上丰水期、枯水期各 1 次，每年监测 2 次。

③土壤环境破坏监测周期为 43 年 8 个月，土壤环境恢复监测周期为开采结束后 3 年。监测频率为每年监测 1 次。

（5）监测要求

①采空区塌陷、地裂缝监测及土壤环境监测质量按照 DZ/T 0287-2015《矿山地质环境监测技术规程》执行。

②地下水环境监测质量按照 DZ/T 0388-2021《矿区地下水监测规

范》执行。

2、土地资源监测

（1）监测内容与指标

①监测矿山开采挖损、塌陷、压占等损毁土地类型及面积情况，监测指标包括挖损、塌陷、压占土地利用类型及面积。

②监测拟损毁土地资源情况、已损毁土地复垦利用情况，监测指标包括拟损毁土地利用类型及面积、复垦修复土地（林地、耕地）质量、生产力水平及土地复垦率等。

（2）监测方法

①土地损毁、已损毁土地复垦利用采用水准测量法（水准仪、全站仪）、遥感影像监测法（无人机）、摄影摄像法（手机、摄像机）等监测方法。

②土壤质量采用现场测试法（便携式测定仪）、采样送检测试法等监测方法。

（3）点网布设

①已损毁土地调查以损毁类型划分损毁单元，开展损毁土地类型、程度、面积、范围监测，不设固定监测点。

②结合矿山开采时序、损毁方式、损毁预测等划分调查单元，开展拟损毁土地的监测，不设固定监测点。

③对已复垦修复土地的利用类型、范围、面积以及利用方式、覆盖特征、利用水平的监测，不设固定监测点。

④结合复垦修复后的土地利用类型、复垦修复时间、复垦修复措

施等划分监测单元，对复垦修复土壤质量进行监测，划分 5 个监测单元。每个单元布设 1 个监测点，共布设 5 个监测点。

（4）监测周期与频率

①土地资源损毁监测周期为 43 年 8 个月。监测频率为每年监测 1 次。

②土地复垦修复监测周期为 3 年。其中，恢复为耕地土壤质量监测频率为每年监测 1 次；恢复为林地土壤质量监测频率为每 3 年监测 1 次。

（5）监测要求

①土地利用类型按照 GB/T 21010-2017《土地利用现状分类》和《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》执行，土地利用现状调查按照 TD/T 1055-2019《第三次全国国土调查技术规程》执行，土地利用动态遥感监测按照 TD/T 1010-2015《土地利用动态遥感监测规程》执行。

②已损毁土地和拟损毁土地调查监测按照 TD/T 1049-2016《矿山土地复垦基础信息调查规程》执行，土壤污染监测采样按照 GB/T 42489-2023《土壤质量 决策单元-多点增量采样法》执行，

③复垦修复土壤环境质量监测按照 HJ/T 166-2004《土壤环境监测技术规范》执行，耕地质量监测按照 NY/T 1119-2019《耕地质量监测技术规程》执行，复垦修复林地土壤质量监测按照 GB/T 32740-2016《自然生态系统土壤长期定位监测指南》执行。

3、生态系统监测

（1）监测内容与指标

①监测矿山开采生态用地损毁、地表水环境，监测指标包括湿地、林地损毁面积，地表水面积变化、排泄情况等。

②监测已破坏（退化）生态系统恢复状况、拟破坏生态系统变化情况，监测指标包括地表水面积变化、排泄变化，生态系统生态状态，生物量、植被覆盖度、水质等生态系统质量。

（2）监测方法与点网布设

①监测方法采用遥感影像监测法、固定样地样方样带法、试验分析法、实地调查法等方法。

②地表水系监测点设在金堡河流出采矿活动影响区出境处位置，对地表水环境质量进行监测，布设 1 个监测点。

③植被管护监测包括复垦修复林地封禁、补植、抚育、更新、修枝、防火及病虫鼠害防治等，不设固定监测点。

（3）监测周期与频率

①地表水系监测周期为 43 年 8 个月，监测频率为每年监测 1 次。

②植被管护监测周期为 3 年，监测频率为每年监测 1 次。

（4）监测要求

①河流水系监测按照 HJ 91.2-2022《地表水环境质量监测技术规范》执行。

②植被管护监测按照 GB/T 18337.3-2001《生态公益林建设 技术规程》执行。

二、管护目标与措施

（一）目标任务

矿山开采过程中或开采结束后，对生态修复后的土壤、植被进行管护，降低重建生态系统水灾、旱灾、虫灾、火灾等风险，维持生态系统的相对稳定性，保障土地资源、水资源、生物资源、景观资源和人居环境的可持续利用。

（二）管护措施

植被管护措施主要包括施肥、灌溉、松土、病虫害防治、补植、补种等。林地管护措施主要为施肥、灌溉、修枝、补植、病虫害防治等，耕地管护措施主要为施肥、灌溉、松土、清除杂草、病虫害防治等。根据场地复垦修复方向，适时采取生物化学改良措施、补植补种措施，实现土地资源可持续性利用。

1、主要管护措施

（1）施肥

通过加施农家肥或有机肥，以培肥土壤，实施测土配方施肥的改良模式以培育地力。以提高土壤中有机质的含量，改良土壤结构，改善土壤的理化性质，使土壤疏松；有机肥中腐殖质能促进土壤团粒结构的形成，同时有利于土壤微生物的活动，促进土壤养分的分解，增强土壤的保水保肥能力。

（2）灌溉

主要是通过植树带内植树行间和行内的松土浇水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。在有条件的地方可以

适当进行普遍灌溉，以保护林带苗木的成活率。

（3）修枝

林带刚进入郁闭阶段时，对林木进行修枝，在保证林木树冠有足够营养空间的条件下，可提高林木的干材质量，促进林木生长，修剪原则为次多量少、先下后上、茬短口尖。

（4）补植

对新植树木进行养护，及时对松动、倾斜的树木进行扶正、加固及重新绑扎，及时清理死株和植被内的枯死枝、病虫枝并迅速进行补植，提高苗木成活率、保存率。采取春季苗木补植，对所需补植苗木的苗源进行精心选择，以适地适树，乡土树种的原则，依据项目区实际情况进行补植工作。

（5）病虫害防治

新植树木发现病虫害及时防治，防止蔓延。每年定期对新栽树苗进行药物杀虫工作。在夏季和病虫害爆发期，可适当增加喷洒农药，提高树苗抗病能力。

2、管护时间

土地质量与植被管护时间根据矿区自然条件、土壤重构、植被重建等确定，管护期为3年。

三、工程量

（一）监测工程

监测工程包括矿山地质环境监测、土地资源监测、生态系统监测，工程量统计详见下表：

表 5-1 监测工程量统计表

序号	工程名称	监测点数	监测时间	监测频率	工程量
1	矿山地质环境监测				
(1)	地质灾害监测	32	43 年 8 个月	12 次/年	16768 点次
(2)	地下水环境破坏监测	2	43 年 8 个月	2 次/年	174 点次
(3)	土壤环境破坏监测	5	43 年 8 个月	1 次/年	220 点次
(4)	地下水环境恢复监测	1	3 年	2 次/年	6 点次
(5)	土壤环境恢复监测	1	3 年	1 次/年	3 点次
2	土地资源监测				
(1)	土地损毁监测		43 年 8 个月	1 次/年	44 年次
(2)	修复耕地土壤质量监测	1	3 年	1 次/年	3 点次
(3)	修复林地土壤质量监测	1	3 年	1 次/3 年	1 点次
3	生态系统监测				
(1)	地表水质监测	1	43 年 8 个月	1 次/年	44 点次
(2)	植被管护监测		3 年	1 次/年	7 年次

(二) 管护工程

植被管护面积共计 5.3662hm²，管护时间为 3 年。

第六章 工程部署与经费估算

一、总体部署

（一）总体目标任务

1、总体目标

依据矿山所在的生态系统功能重要性、人居环境与经济社会发展状况，综合考虑自然条件、地形地貌条件、矿山生态环境问题及其危害程度等，坚持“山水林田湖草沙”一体化保护和系统治理的理念，在矿山开采过程中应对矿山场地可修复区域及时进行复垦修复，遵循生态系统演替规律和内在机理，利用科学的复垦修复技术和模式，使可修复区域地质环境达到稳定、损毁土地得到复垦利用、生态系统功能得到恢复和提升，恢复矿区生物多样性，协同推进绿色矿山建设，实现人与自然和谐共生。

2、总体任务

遵循开发中保护、保护中开发理念，优化矿山用地选址选线 and 生产工艺系统设计，采用科学合理的源头防控措施，消除地质环境隐患、控制环境污染和水土流失，达到安全、稳定和无污染状态；采取工程、生物、化学等复垦修复措施，恢复受损生态系统。

复垦修复目标、方向、标准、措施等与国土空间规划、矿产资源规划、国土空间生态修复规划、矿产资源开发利用方案等相衔接，实现与土地利用现状、周边景观相协调；复垦修复规划设计与矿山开采设计相统一，复垦修复技术措施、时序安排与开采工艺充分结合，在

矿山全生命周期实现边开采边复垦修复；复垦修复与绿色矿山建设同步推进，同步采取减缓保护、预防控制与复垦修复等多种措施，使地质环境及时得到修复治理、损毁土地得到复垦利用、生态系统功能得到恢复，并取得最优修复效果，力争达到最佳的利用状态；按照生物多样性保护要求进行规划设计与实施，通过地貌重塑、土壤重构、植被重建、景观营建等阶段，将生物多样性保护贯穿于矿山土地复垦与生态修复的全过程，实现生态系统功能提升。

（二）总体工作安排

矿山生态修复工作贯穿于矿山生产全过程，通过将矿山复垦修复规划设计、技术措施、时序安排与矿山开发利用方案和生产计划相结合，实行边开采边复垦修复，通过统一规划、分步实施，逐步恢复矿区生态环境，达到生态系统平衡。

矿山生态修复工程包括地貌重塑工程、土壤重构工程、植被重建工程、景观营造工程、监测和管护工程，总工作量包括：砌体拆除 3167m^3 、井口回填 3196.8m^3 、井口封堵 74.4m^3 、场地回填 3875m^3 ，场地平整 17148.6m^3 、土层翻松 5.6157hm^2 、表土覆盖 26831m^3 、培肥 350kg 、种植刺槐 23850 株、撒播草籽 5.3662hm^2 、地质灾害监测 16768 点次、地下水环境监测 180 点次、土壤环境监测 223 点次、地表水质监测 44 点次、土壤质量监测 4 点次、土地损毁监测 44 年次、植被管护监测 7 年次、植被管护面积 16.0986hm^2 。

根据生态修复分区及修复时序安排，矿区生态修复工程分近期、中期、远期三个阶段实施。

二、总体经费估算

（一）经费估算依据

1、估算依据

（1）《国家计委、建设部关于发布〈工程勘察设计收费管理规定〉的通知》（计价格〔2002〕10号）；

（2）《财政部 国土资源部关于印发〈土地开发整理项目预算定额标准〉的通知》财综〔2011〕128号）；

（3）《财政部 国土资源部 环境保护部关于取消矿山地质环境治理恢复保证金建立矿山地质环境治理恢复基金的指导意见》（财建〔2017〕638号）；

（4）《财政部 税务总局 海关总署关于深化增值税改革有关政策的公告》（2019年第39号）；

（5）《关于印发〈辽宁省矿山地质环境治理恢复基金管理暂行办法〉的通知》（辽自然资规〔2018〕1号）；

（6）《关于调整建设工程造价增值税税率的通知》（辽住建建管〔2019〕9号）；

（7）《辽宁省住房和城乡建设厅关于颁发2024年〈辽宁省建设工程计价依据〉的通知》（辽住建〔2025〕25号）；

（8）辽宁省住房和城乡建设厅工程造价信息（2025年8月）；

（9）《关于调整全市最低工资标准的通知》（鞍人社发〔2024〕1号）；

（10）在经费估算过程中，相关原材料在定额和造价信息中没有

的部分，以市场价为参考依据。

2、取费标准及计算方法

(1) 工程施工费

工程施工费由直接费、间接费、利润和税金构成。

1) 直接费

直接费由直接工程费和措施费组成。

①直接工程费由人工费、材料费、施工机械使用费组成。

人工费=Σ分项工程量×分项工程定额人工费。

人工费定额：根据《关于调整全市最低工资标准的通知》（鞍人社发〔2024〕1号），确定甲类工、乙类工基本工资标准为1900元/月、1700元/月，经计算，甲类工人工费单价为158.80元/工日，乙类工人工费单价为136.49元/工日。人工费单价计算详见下表：

表 6-1 甲类工人工费单价计算表

地区类别	六类	定额人工等级	甲类工
序号	项目	计算公式	单价（元）
1	基本工资	基本工资（元/月）×1×12÷（250—10）	95.00
2	辅助工资		8.79
(1)	地区津贴		0.00
(2)	施工津贴	施工津贴（元/天）×365×0.95÷（250—10）	5.06
(3)	夜餐津贴	（3.5+4.5）÷2×0.20	0.80
(4)	节日加班津贴	基本工资（元/日）×（3-1）×11÷250×0.35	2.93
3	工资附加费		55.01
(1)	职工福利基金	（基本工资+辅助工资）×14%	14.53
(2)	工会经费	（基本工资+辅助工资）×2%	2.08
(3)	养老保险费	（基本工资+辅助工资）×16%	16.61
(4)	医疗保险费	（基本工资+辅助工资）×7%	7.26
(5)	工伤保险费	（基本工资+辅助工资）×1.5%	1.56
(6)	职工失业保险基金	（基本工资+辅助工资）×0.5%	0.52
(7)	住房公积金	（基本工资+辅助工资）×12%	12.45
4	人工工日预算单价		158.80

表 6-2 乙类工人工费单价计算表

地区类别	六类	定额人工等级	乙类工
序号	项目	计算公式	单价（元）
1	基本工资	基本工资（元/月） $\times 1 \times 12 \div (250 - 10)$	85.00
2	辅助工资		4.21
(1)	地区津贴		0.00
(2)	施工津贴	施工津贴（元/天） $\times 365 \times 0.95 \div (250 - 10)$	2.89
(3)	夜餐津贴	$(3.5 + 4.5) \div 2 \times 0.05$	0.20
(4)	节日加班津贴	基本工资（元/日） $\times (3 - 1) \times 11 \div 250 \times 0.15$	1.12
3	工资附加费		47.28
(1)	职工福利基金	（基本工资 + 辅助工资） $\times 14\%$	12.49
(2)	工会经费	（基本工资 + 辅助工资） $\times 2\%$	1.78
(3)	养老保险费	（基本工资 + 辅助工资） $\times 16\%$	14.27
(4)	医疗保险费	（基本工资 + 辅助工资） $\times 7\%$	6.24
(5)	工伤保险费	（基本工资 + 辅助工资） $\times 1.5\%$	1.34
(6)	职工失业保险基金	（基本工资 + 辅助工资） $\times 0.5\%$	0.45
(7)	住房公积金	（基本工资 + 辅助工资） $\times 12\%$	10.71
4	人工工日预算单价		136.49

材料费 = Σ 分项工程量 $\times$ 分项工程定额材料费。

材料费定额：材料消耗量依据《土地开发整理项目预算定额标准》计取，材料价格依据辽宁省工程造价信息或当地市场价计取，材料价格中已包括了材料运费。

表 6-3 主要材料价格表

序号	名称及规格	单位	价格（元）	备注
1	0#柴油	L	6.66	
2	电	kWh	0.8	
3	中（粗）砂	m ³	65	
4	水泥（袋装）	t	355	
5	有机肥	t	1000	
6	刺槐	株	1	
7	草籽	kg	40	

施工机械使用费 = Σ 分项工程量 $\times$ 分项工程定额机械费。

机械费定额依据《土地开发整理项目施工机械台班费定额》标准计取。

②措施费包括临时设施费、施工辅助费、安全施工措施费等。措施费按直接工程费的 2.9%计取。

2) 间接费

间接费包括企业管理费、财务费组成，按直接费的 5%计算。

3) 利润

利润按直接费和间接费之和的 3%计取。计算公式为：利润=（直接费+间接费）×费率。

4) 税金

税金按直接费、间接费和利润三者之和的 9%计取。计算公式为：
税金=（直接费+间接费+利润）×费率。

（2）设备费

设备费是指在土地复垦过程中，因需要购置各种永久性设备所发生的费用。本方案均为矿山自有设备，无设备购置费。

（3）其他费用

由前期工作费、工程监理费、竣工验收费和业主管理费构成。

1) 前期工作费

前期工作费包括土地利用与生态现状调查费、土地勘测费、阶段性实施方案编制费、工程招标代理费等。结合本项目特点，前期工作费按工程施工费的 5%计算。

2) 工程监理费

项目承担单位委托具有工程资质的单位，按照国家有关规定进行全过程的监督与管理所发生的费用，可按工程施工费的 2%~3%计取。

结合本项目特点，工程监理费按工程施工费的 2% 计算。

3) 竣工验收费

竣工验收费指环境治理与土地复垦工程完工后，因项目竣工验收、决算、成果的管理等发生的各项支出，包括工程复核费、工程验收费、工程决算编制与审计费等。结合本项目特点，竣工验收费按工程施工费的 3% 计算。

4) 业主管理费

业主管理费是指项目承担单位为项目的组织、管理所发生的各项管理性支出。结合本项目特点，业主管理费按工程施工费、前期工作费、工程监理费和竣工验收费之和的 2% 计算。

(4) 监测与管护费

1) 监测费

监测费主要包括矿山地质环境监测、土地资源监测和生态系统监测的费用，参照当地市场价格计取。

表 6-4 监测费市场价格表

序号	项目名称	单位	市场价（元）
1	地质灾害监测	点次	100（含自动化设备及维护费）
2	地下水环境监测	点次	1000
3	土壤环境监测	点次	800
4	土地损毁监测	年次	1000
5	地表水质量监测	点次	1000
6	土壤质量监测	点次	800
7	植被管护监测	年次	1000

2) 管护费

管护费主要为对生态修复后的植被进行的巡查、补植、施肥、浇水、修枝、喷药、刷白等管护工作所发生的费用，参照以往管护经验

和当地市场价格计取。

本次管护费按 3000 元/公顷·年计取。

(5) 预备费

预备费是考虑了矿区生态修复期间可能发生的风险因素，从而导致生态修复费用增加的费用，一般包括基本预备费、价差预备费和风险金，本项目不计风险金。

1) 基本预备费

是在工程施工过程中因自然灾害、设计变更等所增加的费用。按工程施工费与其他费用之和的 6%计取。

2) 价差预备费

是在工程施工过程中，因物价（人工工资、材料和设备价格等）上涨、国家宏观调控以及地方经济发展等因素而增加的费用。

价差预备费按下列公式计算：

$$W = \sum_{i=1}^n a_i [(1+r)^{i-1} - 1]$$

式中，W—价差预备费，万元；

a_i —第 i 年的静态投资，万元；

r —年均价格上涨指数，取 3%；

n —方案服务年限，年。

(二) 单项工程量及其经费估算

1、工程施工费单价

工程施工费单价估算详见下表：

表 6-5 工程施工费单价估算表

序号	工程或费用名称	单位	数量	直接工程费 (元)	措施费 (元)	间接费 (元)	利润 (元)	税金 (元)	综合单价 (元)
一	地貌重塑工程								
(一)	砌体拆除	100m ³	31.67	9846.04	285.54	506.58	319.14	986.16	11943.46
(二)	井口回填	100m ³	31.968	1722.19	49.94	88.61	55.82	172.49	2089.05
(三)	井口封堵	100m ³	0.744	27977.17	811.34	1439.43	906.84	2802.13	33936.90
(四)	场地平整	100m ³	171.486	569.57	16.52	29.30	18.46	57.05	690.90
二	土壤重构工程								
(一)	土层翻松	hm ²	5.6157	2379.83	69.02	122.44	77.14	238.36	2886.78
(二)	表土覆盖	100m ³	268.31	1169.79	33.92	60.19	37.92	117.16	1418.98
(三)	培肥改良	100kg	3.5	100.50	2.91	5.17	3.26	10.07	121.91
三	植被重建工程								
(一)	种植刺槐	100 株	238.50	308.27	8.94	15.86	9.99	30.88	373.94
(二)	撒播草籽	hm ²	5.3662	1782.68	51.70	51.70	57.78	178.55	2162.43
四	景观营造工程								
	场地回填	100m ³	38.75	1041.98	30.22	53.61	33.77	104.36	1263.94

2、单项工程量及经费估算

(1) 地貌重塑工程

地貌重塑工程包括砌体拆除、井口回填、井口封堵、场地平整等工程，工程量及经费估算详见下表：

表 6-6 地貌重塑工程量及经费估算表

序号	工程或费用名称	计量单位	工程量	综合单价(元)	费用(万元)
(一)	砌体拆除	100m ³	31.67	11943.46	37.8249
(二)	井口回填	100m ³	31.968	2089.05	6.6783
(三)	井口封堵	100m ³	0.744	33936.90	2.5249
(四)	场地平整	100m ³	171.486	690.90	11.8481
合计					58.8762

(2) 土壤重构工程

土壤重构工程包括土层翻松、表土覆盖、培肥改良等工程，工程量及经费估算详见下表：

表 6-7 土壤重构工程量及经费估算表

序号	工程或费用名称	计量单位	工程量	综合单价(元)	费用(万元)
(一)	土层翻松	hm ²	5.6157	2886.78	1.6211
(二)	表土覆盖	100m ³	268.31	1418.98	38.0726
(三)	培肥改良	100kg	3.5	121.91	0.0427
合计					39.7364

(3) 植被重建工程

植被重建工程包括栽植刺槐、撒播草籽等工程，工程量及经费估算详见下表：

表 6-8 植被重建工程量及经费估算表

序号	工程或费用名称	计量单位	工程量	综合单价(元)	费用(万元)
(一)	种植刺槐	100 株	238.5	373.94	8.9183
(二)	撒播草籽	hm ²	5.3662	2162.43	1.1604
合计					10.0787

(4) 景观营造工程

景观营造工程主要为场地回填工程，工程量及经费估算详见下表：

表 6-9 景观营造工程量及经费估算表

工程或费用名称	计量单位	工程量	综合单价(元)	费用(万元)
场地回填	100m ³	38.75	1263.94	4.8978

(5) 地灾治理工程

主要是通过预留塌沉陷治理资金,对矿山开采过程中可能出现的塌沉陷进行恢复治理。

表 6-10 地灾治理工程量及经费估算表

工程或费用名称	计量单位	工程量	费用标准(元)	费用(万元)
预测塌沉陷治理	公顷·年	1331.6543	3000	399.4963

(6) 监测工程

监测工程包括地质灾害监测、地下水环境监测、土壤环境监测、土地损毁监测、地表水质监测、土壤质量监测、植被管护监测等,工程量及经费估算详见下表:

表 6-11 监测工程量及经费估算表

序号	工程或费用名称	计量单位	工程量	市场价(元)	合计(万元)
(一)	地质灾害监测	点次	16768	100.00	167.6800
(二)	地下水环境监测	点次	180	1000.00	18.0000
(三)	土壤环境监测	点次	223	800.00	17.8400
(四)	地表水质监测	点次	44	1000.00	4.4000
(五)	土壤质量监测	点次	4	800.00	0.3200
(六)	土地损毁监测	年次	44	1000.00	4.4000
(七)	植被管护监测	年次	7	1000.00	0.7000
合计					213.3400

(7) 管护工程

管护工程主要为植被管护,工程量及经费估算详见下表:

表 6-12 管护工程量及经费估算表

工程或费用名称	计量单位	工程量	综合单价(元)	合计(万元)
植被管护	公顷·年	16.0986	3000.00	4.8296

(三) 总工程量及其经费估算

1、总工程量

矿区生态修复工程包括地貌重塑工程、土壤重构工程、植被重建工程、景观营造工程、监测工程和管护工程。矿区生态修复工程总工程量汇总详见下表：

表 6-13 矿区生态修复总工程量表

序号	工程名称	单位	工程量
一	地貌重塑工程		
(一)	砌体拆除	100m ³	31.67
(二)	井口回填	100m ³	31.968
(三)	井口封堵	100m ³	0.744
(四)	场地平整	100m ³	171.486
二	土壤重构工程		
(一)	土层翻松	hm ²	5.6157
(二)	表土覆盖	100m ³	268.31
(三)	培肥改良	100kg	3.5
三	植被重建工程		
(一)	种植刺槐	100 株	238.5
(二)	撒播草籽	hm ²	5.3662
四	景观营造工程		
	场地回填	100m ³	38.75
五	地灾治理工程		
	预测塌沉陷治理	公顷·年	1331.6543
六	监测工程		
(一)	地质灾害监测	点次	16768
(二)	地下水环境监测	点次	180
(三)	土壤环境监测	点次	223
(四)	地表水质监测	点次	44
(五)	土壤质量监测	点次	4
(六)	土地损毁监测	年次	44
(七)	植被管护监测	年次	7
七	管护工程		
	植被管护	公顷·年	16.0986

2、估算投资总额

矿区生态修复工程估算总投资 1835.6541 万元，其中工程施工费 513.0853 万元，其他费用 62.5964 万元，监测与管护费 218.1696 万元，预备费 1041.8028 万元。

矿区生态修复总投资估算详见下表：

表 6-14 矿区生态修复投资估算总表

序号	工程或费用名称	费用（万元）	比例（%）
一	工程施工费	513.0853	27.95
二	设备费	0.0000	0.00
三	其他费用	62.5964	3.41
四	监测与管护费	218.1696	11.89
（一）	监测费	213.3400	11.62
（二）	管护费	4.8296	0.26
五	预备费	1041.8028	56.75
（一）	基本预备费	34.5409	1.88
（二）	价差预备费	1007.2619	54.87
六	静态总投资	828.3922	
七	动态总投资	1835.6541	100.00

工程施工费估算详见下表：

表 6-15 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（万元）
一	地貌重塑工程				58.8762
（一）	砌体拆除	100m ³	31.67	11943.46	37.8249
（二）	井口回填	100m ³	31.968	2089.05	6.6783
（三）	井口封堵	100m ³	0.744	33936.90	2.5249
（四）	场地平整	100m ³	171.486	690.90	11.8481
二	土壤重构工程				39.7364
（一）	土层翻松	hm ²	5.6157	2886.78	1.6211
（二）	表土覆盖	100m ³	268.31	1418.98	38.0726
（三）	培肥改良	100kg	3.5	121.91	0.0427
三	植被重建工程				10.0787
（一）	种植刺槐	100 株	238.50	373.94	8.9183
（二）	撒播草籽	hm ²	5.3662	2162.43	1.1604
四	景观营造工程				4.8978
	场地回填	100m ³	38.75	1263.94	4.8978
五	地灾治理工程				399.4963
	预测塌沉陷治理	hm ² ·a	1331.6543	3000.00	399.4963
合计					513.0853

其他费用估算详见下表：

表 6-16 其他费用估算表

序号	费用名称	费基（万元）	费率（%）	金额（万元）
1	前期工作费	513.0853	5	25.6543
2	工程监理费	513.0853	2	10.2617
3	竣工验收费	513.0853	3	15.3926
4	业主管理费	564.3938	2	11.2879
合计				62.5964

价差预备费估算详见下表：

表 6-17 价差预备费估算表

年度	静态投资（万元）	系数	价差预备费（万元）	动态投资（万元）
2026	32.6978	0.0000	0.0000	32.6978
2027	22.9676	0.0300	0.6890	23.6566
2028	16.2267	0.0609	0.9882	17.2149
2029	16.2267	0.0927	1.5047	17.7314
2030	15.9701	0.1255	2.0044	17.9744
2031	15.7208	0.1593	2.5039	18.2247
2032	15.7208	0.1941	3.0507	18.7715
2033	15.7208	0.2299	3.6138	19.3346
2034	15.7208	0.2668	4.1938	19.9147
2035	15.7208	0.3048	4.7913	20.5121
2036	15.7208	0.3439	5.4066	21.1275
2037	15.7208	0.3842	6.0405	21.7613
2038	15.7208	0.4258	6.6933	22.4141
2039	15.7208	0.4685	7.3657	23.0865
2040	15.7208	0.5126	8.0583	23.7791
2041	15.7208	0.5580	8.7717	24.4925
2042	15.7208	0.6047	9.5065	25.2273
2043	15.7208	0.6528	10.2633	25.9841
2044	15.7208	0.7024	11.0428	26.7636
2045	15.7208	0.7535	11.8457	27.5665
2046	15.7208	0.8061	12.6727	28.3935
2047	15.7208	0.8603	13.5245	29.2453
2048	15.7208	0.9161	14.4019	30.1227
2049	15.7208	0.9736	15.3056	31.0264
2050	15.7208	1.0328	16.2364	31.9572
2051	15.7208	1.0938	17.1951	32.9159
2052	15.7208	1.1566	18.1826	33.9034
2053	15.7208	1.2213	19.1997	34.9205
2054	15.7208	1.2879	20.2473	35.9681
2055	15.7208	1.3566	21.3263	37.0471
2056	15.7208	1.4273	22.4377	38.1585

2057	15.7208	1.5001	23.5825	39.3033
2058	15.7208	1.5751	24.7616	40.4824
2059	15.7208	1.6523	25.9761	41.6969
2060	15.7208	1.7319	27.2270	42.9478
2061	15.7208	1.8139	28.5154	44.2362
2062	15.7208	1.8983	29.8425	45.5633
2063	15.7208	1.9852	31.2094	46.9302
2064	15.7208	2.0748	32.6173	48.3381
2065	15.7208	2.1670	34.0674	49.7882
2066	15.7208	2.2620	35.5611	51.2819
2067	15.7208	2.3599	37.0995	52.8203
2068	15.7208	2.4607	38.6841	54.4050
2069	10.6139	2.5645	27.2195	37.8333
2070	111.2265	2.6715	297.1363	408.3628
2071	1.6640	2.7816	4.6285	6.2924
2072	1.6640	2.8950	4.8172	6.4812
2073	1.7440	3.0119	5.2526	6.9966
合计	828.3922		1007.2619	1835.6541

三、阶段工作任务与经费安排

（一）阶段工作任务

根据生态修复分区及修复时序安排，矿区生态修复工程分近期、中期、远期三个阶段实施。

近期阶段（第 1 至 5 年）：对矿山现阶段不再利用的斜坡道 2 井口、堆矿场 4、堆矿场 5、堆矿场 6、堆矿场 9、堆矿场 10、表土场东部进行复垦修复，工作量包括：井口回填 827.2m^3 、井口封堵 18.8m^3 、场地回填 1760m^3 ，场地平整 4245.6m^3 、土层翻松 1.3712hm^2 、表土覆盖 6765m^3 、培肥 62.2kg ，种植刺槐 3289 株、撒播草籽 1.3530hm^2 、地质灾害监测 1920 点次、地下水环境监测 20 点次、土壤环境监测 25 点次、地表水质监测 5 点次、土地损毁监测 5 年次、植被管护监测 4 年次、植被管护面积 4.0590hm^2 。

中期阶段（第 6 至 10 年）：对矿山地质环境、土地资源、生态系统等进行监测，工作量包括：地质灾害监测 1920 点次、地下水环境监测 20 点次、土壤环境监测 25 点次、土地损毁监测 5 年次、地表水质监测 5 点次。

远期阶段（第 11 年至采矿权到期及管护期结束）：对矿山闭坑后不再利用的斜坡道 1、斜坡道 3、斜坡道 4、回风竖井井口、工业场地 1、工业场地 2、工业场地 3、工业场地 4、堆矿场 1、堆矿场 2、堆矿场 3、堆矿场 7、堆矿场 8 和表土场西部进行复垦修复，工作量包括：砌体拆除 3167m³、井口回填 2369.6m³、井口封堵 55.6m³、场地回填 2115m³，场地平整 12903m³、土层翻松 4.2445hm²、表土覆盖 20066m³、培肥 287.8kg、种植刺槐 17836 株、撒播草籽 4.0132hm²、地质灾害监测 12928 点次、地下水环境监测 134 点次、土壤环境监测 170 点次、土地损毁监测 34 年次、地表水质监测 34 点次、地下水环境恢复监测 6 点次、土壤环境恢复监测 3 点次、恢复林地土壤质量监测 1 点次、恢复耕地土壤质量监测 3 点次、植被管护监测 3 年次、植被管护面积 16.0986hm²。

各阶段工程部署信息详见下表：

表 6-18 各阶段工程部署信息表

修复阶段	所属区块	主要工程措施	单位	工程量
近期	斜坡道 2 井口，堆矿场 4、堆矿场 5、堆矿场 6，堆矿场 9、堆矿场 10，表土场东部	井口回填	100m ³	8.272
		井口封堵	100m ³	0.188
		场地回填	100m ³	17.6
		场地平整	100m ³	42.456
		土层翻松	hm ²	1.3712
		表土覆盖	100m ³	67.65

		培肥改良	100kg	0.622
		种植刺槐	100 株	32.89
		撒播草籽	hm ²	1.3530
	矿区	地质灾害监测	点次	1920
		地下水环境破坏监测	点次	20
		土壤环境破坏监测	点次	25
		土地损毁监测	年次	5
		河流水质监测	点次	5
	已修复区域	植被管护监测	年次	4
		植被管护	公顷年	4.0590
中期	矿区	地质灾害监测	点次	1920
		地下水环境破坏监测	点次	20
		土壤环境破坏监测	点次	25
		土地损毁监测	年次	5
		地表水质监测	点次	5
远期	斜坡道 1、斜坡道 3、斜坡道 4、回风竖井井口，工业场地 1、工业场地 2、工业场地 3、工业场地 4、堆矿场 1、堆矿场 2、堆矿场 3、堆矿场 7、堆矿场 8，表土场西部	砌体拆除	100m ³	31.67
		井口回填	100m ³	23.696
		井口封堵	100m ³	0.556
		场地回填	100m ³	21.15
		场地平整	100m ³	129.03
		土层翻松	hm ²	4.2445
		表土覆盖	100m ³	200.66
		培肥改良	100kg	2.878
		种植刺槐	100 株	178.36
		撒播草籽	hm ²	4.0132
	矿区	地质灾害监测	点次	12928
		地下水环境破坏监测	点次	134
		土壤环境破坏监测	点次	170
		土地损毁监测	年次	34
		地表水质监测	点次	34
	已修复区域	地下水环境恢复监测	点次	6
		土壤环境恢复监测	点次	3
		修复林地土壤质量监测	点次	1
		修复耕地土壤质量监测	点次	3
		植被管护监测	年次	3
		植被管护	公顷年	12.0396

各阶段工程部署情况详见下图：

图 6-1 各阶段工程部署图

（二）近年工作任务与经费进度安排

矿山前三年年度工作任务及经费安排如下：

第 1 年度（2026 年 3 月 1 日至 2026 年 10 月 31 日），工作任务是对斜坡道 2 井口，堆矿场 4、堆矿场 9、堆矿场 10 等区域进行生态修复，对矿山地质环境、土地资源、生态系统进行监测，工作量包括：井口回填 827.2m^3 、井口封堵 18.8m^3 、场地回填 1760m^3 ，场地平整 2566.5m^3 、土层翻松 0.8115hm^2 、表土覆盖 4277.5m^3 、种植刺槐 3802 株、撒播草籽 0.8555hm^2 、地质灾害监测 384 点次、地下水环境监测

4 点次、土壤环境监测 5 点次、地表水质监测 1 点次、土地损毁监测 1 年次，工程费用共计 32.6978 万元。

第 2 年度（2027 年 3 月 1 日至 2027 年 10 月 31 日），工作任务是对堆矿场 5、堆矿场 6、表土场东部等区域进行生态修复，对矿山地质环境、土地资源、生态系统进行监测，对已修复区域进行植被管护，工作量包括：场地平整 1679.1m³、土层翻松 0.5597hm²、表土覆盖 2487.5m³、培肥 62.2kg，种植刺槐 2211 株、撒播草籽 0.4975hm²、地质灾害监测 384 点次、地下水环境监测 4 点次、土壤环境监测 5 点次、地表水质监测 1 点次、土地损毁监测 1 年次、植被管护监测 1 年次、植被管护 0.8555hm²，工程费用共计 23.6566 万元。

第 3 年度（2028 年 3 月 1 日至 2028 年 10 月 31 日），工作任务是对矿山地质环境、土地资源、生态系统进行监测，对已修复区域进行植被管护，工作量包括：地质灾害监测 384 点次、地下水环境监测 4 点次、土壤环境监测 5 点次、地表水质监测 1 点次、土地损毁监测 1 年次、植被管护监测 1 年次、植被管护 1.3530hm²，工程费用共计 17.2149 万元。

表 6-19 前三年度工作安排表

修复阶段	所属区块	主要工程措施	单位	工程量	费用(万元)
第 1 年度	斜坡道 2 井口	井口回填	100m ³	8.272	32.6978
		井口封堵	100m ³	0.188	
		场地回填	100m ³	17.6	
		场地平整	100m ³	1.32	
		表土覆盖	100m ³	2.2	
		种植刺槐	100 株	1.96	
		撒播草籽	hm ²	0.0440	
	堆矿场 4	场地平整	100m ³	18.387	

			土层翻松	hm ²	0.6129	
			表土覆盖	100m ³	30.645	
			种植刺槐	100 株	27.24	
			撒播草籽	hm ²	0.6129	
		堆矿场 9	场地平整	100m ³	2.445	
			土层翻松	hm ²	0.0815	
			表土覆盖	100m ³	4.075	
			种植刺槐	100 株	3.62	
			撒播草籽	hm ²	0.0815	
		堆矿场 10	场地平整	100m ³	3.513	
			土层翻松	hm ²	0.1171	
			表土覆盖	100m ³	5.855	
			种植刺槐	100 株	5.20	
			撒播草籽	hm ²	0.1171	
		预测岩移区		hm ²	30.4959	
		矿区	地质灾害监测	点次	384	
			地下水环境破坏监测	点次	4	
			土壤环境破坏监测	点次	5	
			土地损毁监测	年次	1	
			河流水质监测	点次	1	
第 2 年度		堆矿场 5	场地平整	100m ³	14.355	23.6566
			土层翻松	hm ²	0.4785	
			表土覆盖	100m ³	23.925	
			种植刺槐	100 株	21.27	
			撒播草籽	hm ²	0.4785	
		堆矿场 6	场地平整	100m ³	0.57	
			土层翻松	hm ²	0.0190	
			表土覆盖	100m ³	0.95	
			种植刺槐	100 株	0.84	
			撒播草籽	hm ²	0.0190	
		表土场东部	场地平整	100m ³	1.866	
			土层翻松	hm ²	0.0622	
			施肥改良	100kg	0.622	
		预测岩移区		hm ²	30.4959	
		矿区	地质灾害监测	点次	384	
			地下水环境破坏监测	点次	4	
			土壤环境破坏监测	点次	5	
			土地损毁监测	年次	1	
			河流水质监测	点次	1	

	已修复区域	植被管护监测	年次	1	
		植被管护	公顷年	0.8555	
第 3 年度	预测岩移区		hm ²	30.4959	17.2149
	矿区	地质灾害监测	点次	384	
		地下水环境破坏监测	点次	4	
		土壤环境破坏监测	点次	5	
		土地损毁监测	年次	1	
		河流水质监测	点次	1	
	已修复区域	植被管护监测	年次	1	
		植被管护	公顷年	1.3530	

第七章 保障措施与公众参与

一、保障措施

（一）组织保障措施

本项目矿区生态修复工作由海城市正大矿业有限公司组织实施，为确保方案顺利实施，矿山需成立由主要领导参加的矿区生态修复工作领导小组，统一领导和协调本矿山的矿区生态修复工作。同时，设立专门机构，选调责任心强、政策水平较高、懂专业的得力人员，具体负责本矿山的矿区生态修复各项工作。

管理机构具体职责如下：

一负责在企业内部贯彻执行国家和地方政府、自然资源部门有关矿区生态修复的方针政策，制定本项目管理规章制度。

一制定企业内部的生态修复工作规划，按照矿区生态修复方案制定的工程措施、进度安排、技术标准等，组织有经验的施工作业人员，保质保量完成矿山治理与复垦工作。

一定期向主管领导汇报矿区生态修复工作进展情况，每年 12 月 31 日前向县级自然资源主管部门报告土地损毁情况、生态修复费用使用情况以及生态修复工程实施情况。

一建立健全矿山企业内部生态修复工作管理体系，制定和推行考核制度和办法。

一监督检查矿区生态修复工程实施情况，依法及时足额缴存矿区生态修复费用。

一鼓励职工积极参与矿区生态修复工作，开展矿区生态修复知识宣传，提高职工生态修复意识。组织人员参加管理及技术培训，提高人员素质和管理水平。

（二）技术保障措施

本项目在实施过程中，可从土地资源、林业等行业聘请专业技术人员组成矿区生态修复工作指导小组，负责矿区生态修复工作的规划指导、监督、检查、组织协调和工程实施，并对其实行目标管理，确保矿区生态修复目标的实现。

此外还需要加强相关专业人员的业务培训工作，对于矿区生态修复工程及生物措施的实施都需要有专业人员亲临现场，同时接受政府主管部门的监督检查。矿区生态修复工程完成后仍需要坚持管护工作，保障生态修复工作的成效。

矿区生态修复工程是一项涉及多学科的综合技术工程，专业性、技术性较强。为达到方案实施的预期效果，根据工程进展情况，建设单位在实施工程过程中应积极与设计单位联系沟通，及时总结阶段性生态修复实践经验，并根据需要修订矿区生态修复方案，以达到最佳的生态恢复效果的目的。

（三）资金保障措施

依据《关于印发辽宁省矿山地质环境治理恢复基金管理暂行办法的通知》（辽自然资规〔2018〕1号），矿山企业应建立矿山地质环境治理恢复基金，以采矿权为单位计提基金，在其银行账户中设计基金账户，单独反应基金的提取和使用情况。基金按照“企业提取、确

保需要、规范使用”的原则进行管理。

根据《土地复垦条例实施办法》（修正）第十六条：土地复垦义务人应当与损毁土地所在地县级自然资源主管部门在双方约定的银行建立土地复垦费用专门账户，按照土地复垦方案确定的资金数额，在土地复垦费用专门账户中足额预存土地复垦费用。预存的土地复垦费用遵循“土地复垦义务人所有，自然资源主管部门监管，专户储存专款使用”的原则。

矿山企业已建立矿山地质环境治理恢复基金和土地复垦基金账户，其中矿山地质环境治理恢复基金账户余额为 821233.71 元，土地复垦基金账户余额为 432105.95 元，账户余额共计 1253339.66 元。

本项目生态修复工程估算总投资 1835.6541 万元，根据国家及地方关于基金管理的要求逐年进行预存。

矿山生态修复费用预存计划详见下表：

表 7-1 矿山生态修复费用预存计划表

年度	预存时间	预存金额（万元）
2025 年	11 月 30 日前	165.6784
2026 年	11 月 30 日前	57.6696
2027 年	11 月 30 日前	57.6696
2028 年	11 月 30 日前	57.6696
2029 年	11 月 30 日前	57.6696
2030 年	11 月 30 日前	57.6696
2031 年	11 月 30 日前	57.6696
2032 年	11 月 30 日前	57.6696
2033 年	11 月 30 日前	57.6696
2034 年	11 月 30 日前	57.6696
2035 年	11 月 30 日前	57.6696
2036 年	11 月 30 日前	57.6696
2037 年	11 月 30 日前	57.6696
2038 年	11 月 30 日前	57.6696

2039 年	11 月 30 日前	57.6696
2040 年	11 月 30 日前	57.6696
2041 年	11 月 30 日前	57.6696
2042 年	11 月 30 日前	57.6696
2043 年	11 月 30 日前	57.6696
2044 年	11 月 30 日前	57.6696
2045 年	11 月 30 日前	57.6696
2046 年	11 月 30 日前	57.6696
2047 年	11 月 30 日前	20.8597
2048 年	11 月 30 日前	20.8597
2049 年	11 月 30 日前	20.8597
2050 年	11 月 30 日前	20.8597
2051 年	11 月 30 日前	20.8597
2052 年	11 月 30 日前	20.8597
2053 年	11 月 30 日前	20.8597
2054 年	11 月 30 日前	20.8597
2055 年	11 月 30 日前	20.8597
2056 年	11 月 30 日前	20.8597
2057 年	11 月 30 日前	20.8597
2058 年	11 月 30 日前	20.8597
2059 年	11 月 30 日前	20.8597
2060 年	11 月 30 日前	20.8597
2061 年	11 月 30 日前	20.8597
2062 年	11 月 30 日前	20.8597
2063 年	11 月 30 日前	20.8597
2064 年	11 月 30 日前	20.8597
2065 年	11 月 30 日前	20.8597
2066 年	11 月 30 日前	20.8597
2067 年	11 月 30 日前	20.8597
2068 年	11 月 30 日前	20.8597
合计		1835.6541

（四）监管保障措施

在本方案实施过程中，建设单位应加强与政府主管部门的合作，自觉接受地方主管部门的监督管理。建设单位对主管部门的监督检查情况应做好记录，对监督检查过程中发现的问题应及时处理。对于不符合设计要求或质量要求的工程，责令其重建，直到生态修复工作通

过自然资源部门的验收。植物措施工程施工时，应注重加强植物措施的后期抚育工作，抓好幼林抚育和管护，确保各种植物的成活率，发挥植物措施的水土保持效益。

同时，还要加强宣传，深入开展我国土地基本国情教育，加强生态修复法规和政策宣传，提高社会对生态修复在保护生态环境和经济社会可持续发展作用的认识。

二、公众参与

（一）公众参与目的和作用

公众参与的目的和作用主要有 3 个方面：

（1）公众参与可以使公众了解本项目建设带来的土地资源、生态环境损毁等问题，增加公众对生态修复工作的认同感。

（2）公众参与有助于本项目规划实施，增强规划的合理性。来自公众多方面情况的真实反映，可以避免由于情况不明造成的决策偏差，最终实现科学决策。

（3）公众参与可以对矿区生态修复工作的实施起到监督作用，包括本项目生态修复后的质量和效益等。

（二）公众参与环节和内容

本项目公众参与工作坚持“方案编制前期—方案编制期间—方案实施过程中—工程竣工验收”全过程。

为了切实做好本次方案编制工作，确保方案符合当地的实际情况，具有可操作性和实用性，在本次方案的编制过程中，报告主要编制人员对项目所在区相关部门以及项目区的当地居民进行了广泛的调研

和咨询。首先，在调研前，根据已经掌握的情况和方案所涉及难点和重点，制定了本项目公众参与计划，编写了项目调研提纲；在作了充分准备的基础上，根据公众参与计划及调研提纲，有计划、分步骤开展了矿区生态修复的调研工作。本次调研工作得到了当地相关部门的领导、专家以及当地村委会和居民的积极配合，取得了良好的效果，获得了具有参考意义的符合当地实际情况的意见和建议，为本方案的编制完成提供了较大的帮助。

1、方案编制前公众参与

调查方式主要以走访和发放《公众参与调查表》的形式进行，征询矿区周边村民对生态修复工作的建议。

本次调查共发放调查表 10 份，收回有效调查表 10 份，收回率 100%。调查结果统计情况详见下表：

表 7-2 公众参与调查结果统计表

序号	问题	人数（人）		
		A	B	C
1	您是否了解该矿山？ A 了解；B 基本了解；C 不清楚	8	2	0
2	该矿山开采对您的居住环境会有什么影响？ A 土地；B 植被；C 其他	3	5	2
3	您对该矿山的态度是？ A 支持；B 不关心；C 反对	10	0	0
4	您希望被损毁的土地修复为？ A 耕地；B 林地；C 其他	5	5	0
5	您希望修复后的生态环境会？ A 跟以前一样；B 比以前更好；C 无所谓	7	3	0
6	您最期望的修复措施为？ A 消除地灾隐患；B 恢复生态；C 其他	1	9	0
7	您对修复工作的要求为？ A 边生产边修复；B 开采完后修复；C 无所谓	10	0	0
8	您对该矿山生态修复的实施？ A 支持；B 不关心；C 反对	10	0	0

通过对收回的调查问卷整理、分析，获得公众参与结果分析结果如下：

对矿山的了解程度：所有的受调查者均表示了解或基本了解，说明当地群众对该矿山的情况比较熟悉。

对居住环境的影响：大部分的受调查者认为影响的是土地或植被，说明当地群众对于土地和植被比较关心。

对矿山开采的态度：所有的受调查者均表示支持，说明当地群众对矿山开采持积极态度。

对损毁土地修复方向：部分受调查者表示希望修复为耕地，部分受调查者表示希望修复为林地。

对修复后的生态环境：部分受调查者认为会跟以前一样，部分受调查者认为会比以前更好。

对期望的修复措施：部分受调查者期望消除地灾隐患，部分受调查者期望恢复生态。

对修复工作的要求：所有的受调查者均表示边生产边修复，说明当地群众对于修复时间比较关注，认为具备修复条件的区域尽可能在矿山生产时期修复。

对矿山生态修复的实施：所有的受调查者均表示支持，说明当地群众对于矿山生态修复持积极态度，这为矿山生态修复工作的开展打下了良好的群众基础。

2、方案编制过程中公众参与

方案初稿完成之后的公众参与采取两种方式：

（1）村内公示

建设单位在当地村委会的帮助下，向广大村民通知了矿区生态修复方案的简要内容，并将方案初稿存放于当地村委会，以供村民查阅。公示期间建设单位通过电话接受土地权利人对方案的意见。

（2）征求意见

方案编制完成后，建设单位将方案初稿呈交海城市自然资源局以及本方案涉及的相关村组进行意见征求。海城市自然资源局组织专家对方案进行了初步审查，提出了初步修改意见；本方案涉及的牌楼镇宋堡村、庙沟村就方案召开了村委会会议，提出了方案意见及建议。本次根据上述意见对方案进行了修改完善。

图 7-1 公众参与照片

通过意见征求可知，海城市自然资源局以及本方案涉及的相关村组均认为本方案的修复目标基本体现了因地制宜的原则，修复后的土地基本可以达到相应土地质量的要求，方案确定的修复标准基本符合

该地区的实际要求，修复措施基本可行，投资估算及费用构成基本合理，费用预算基本可以满足本项目的实际需要。

3、方案实施与验收中公众参与计划

根据方案实施过程中的不同阶段，设计规划不同的参与内容：

（1）方案实施前。根据方案确定的修复时序安排，矿山应每次制订修复实施方案时进行一次公众调查，主要是损毁土地面积、损害程度和实施效果进行调查。

（2）方案实施中和管护期。矿山在方案实施中应每年进行一次参与式公众调查，主要是对修复进度、修复措施落实和资金落实情况、修复实施效果进行调查。管护期应每年进行一次公众调查，主要是对修复效果、管护措施和管护资金落实情况进行调查。

（3）修复监测与竣工验收。矿山每年向公众公布一次修复监测结果，对公众提出质疑的地方，将及时核实并予以说明，相关自然资源主管部门进行验收时，除组织相关专家外，也将邀请群众代表参加，确保验收工作公平、公正和公开。

（4）生态修复后的土地权属分配。生态修复结束后土地应及时归还土地权利人。

（三）公众参与反馈意见处理

1、村民和村集体意见的反馈

本方案涉及的牌楼镇宋堡村、庙沟村村民及村委会主要提出了一下几条意见：一是对于矿山不再利用的土地及时进行生态修复，尽可能恢复生态环境；二是修复方向坚持“宜耕则耕、宜林则林”的原则，

尽可能修复为原地类；三是要求作为矿山和当地村民共用的运输道路，闭坑后尽可能留作当地村民生产使用。对于村民及村集体提出的以上意见，本方案都给予了采纳，确保矿区周边村民的生产生活不受影响，以及最大程度地减少矿区开发对当地土地的破坏，并保证损毁土地优先复垦为耕地和林地。

2、相关部门参与意见

当地自然资源主管部门要求在方案涉及村委会对本方案认可的基础上，项目实施应严格按照相关规定进行。本方案在编制过程中认真落实了这些意见，严格对照《矿山地质环境保护规定》、《土地复垦条例》和《矿区生态修复方案编制指南（临时）》编制方案。

3、建设单位意见

在本方案编制过程中，方案编制人员不断与建设单位交换意见，在保证矿山生态修复目标完整、生态修复效果达到标准的前提下，合理制定矿山生态修复标准。

三、效益分析

（一）社会效益分析

通过矿区生态修复工程的实施，能够有效预防和控制矿山地质灾害，增强矿山生产的安全性，在矿区内营造适生的植被，不仅防治了区域水土流失和土地沙化，而且将会提高当地群众的生产、生活质量；改善了土地利用结构，发挥了生态系统的功能，合理利用了土地，提高了环境容量，促进了生态良性循环，维持了区域生态平衡。这不仅有利于企业职工及附近居民的身心健康，也为矿区附近居民提供了更

多就业机会。本项目的实施可为当地村民提供就业岗位约 30 人，带动当地村民年增收约 6000 元，对当地社会发展会具有促进作用，社会效益明显。

（二）经济效益分析

矿区生态修复工程的实施，减轻了地质灾害发生的可能性，使得矿山地质灾害得到有效预防和控制，因而降低了因地质灾害造成的经济损失，采矿活动损毁的土地生产力也得到恢复。本项目共复垦乔木林地面积 5.3662 公顷，参考当地林业价值，林地按照每年 0.6 万元/公顷的纯收入计算，复垦的林地每年可产生经济效益约 3.22 万元，具有一定的潜在经济效益。

（三）生态效益分析

矿区生态修复工程的实施，能有效遏制矿区及周边环境的恶化，改善矿区的生态环境。通过复垦复绿，不仅提高了植被覆盖率，还起到很好的涵养水源、保持水土、调节气候和净化大气的作用，增强了抗御自然灾害的能力，提高了矿区及周边生态环境质量和人居环境质量。据测算，每亩林地每年可吸收二氧化碳约 1t，本项目共恢复林地 80.493 亩，每年可减少二氧化碳排放 80.493t，可以看出，本项目的实施具有明显的生态环境效益。

第八章 结论

一、方案服务年限

矿山剩余服务年限为 43 年 8 个月，生态修复期为 1 年，管护期为 3 年，本方案服务年限为 47 年 8 个月。

二、现状问题与受损预测

矿山现状地质灾害危险性小，现状采矿活动对地形地貌景观破坏较严重，对地下含水层破坏和影响较轻，现状采矿活动对矿山地质环境影响程度为较严重；预测矿山未来开采地质灾害危险性小，未来采矿活动对地形地貌景观破坏较轻，对地下含水层破坏和影响较轻，对矿山地质环境影响程度为较轻。

矿山现状土地损毁范围包括井口、工业场地、堆矿场、表土场和运输道路，损毁土地方式为挖损和压占，损毁土地面积为 6.6262hm^2 ，对土地资源影响程度为较严重；预测矿山未来开采将形成 4 处预测岩移区，可能对土地造成轻微沉降损毁，拟损毁土地面积为 28.2948hm^2 ，对土地资源影响程度为较轻。

矿山现状采矿活动造成矿区局部范围内植被损毁、生物多样性丧失和水土流失，未造成矿区水土环境污染，总体上矿山生态受损与退化问题较严重；预测矿山未来开采可能会造成矿区局部植被损毁、生物多样性丧失和水土流失，不会造成矿区水土环境污染，总体上矿山生态受损与退化问题较严重。

三、修复目标

依据选定的参照生态系统，结合矿区以往生态修复工作经验，考虑国土空间规划、公众参与意见及社会经济等因素，确定最终井口、工业场地、堆矿场区域复垦修复方向为乔木林地，表土场区域复垦修复方向为旱地，运输道路作为农村道路留作后续使用，预测岩移区复垦修复方向为原地类。

四、修复工程与措施

矿区生态修复工程与措施包括地貌重塑工程、土壤重构工程、植被重建工程和景观营造工程。

地貌重塑工程主要包括砌体拆除、井口回填、井口封堵、场地平整等工程；土壤重构工程主要包括土层翻松、表土覆盖、培肥改良等工程；植被重建工程主要包括栽植刺槐、撒播草籽等工程；景观营造工程主要为场地回填工程。

五、监测与管护

矿区监测工程主要包括矿山地质环境监测、土地资源监测、生态系统监测等工程，管护工程主要为植被管护。

矿山地质环境监测包括地质灾害监测、地下水环境监测、土壤环境监测、地下水环境恢复监测、土壤环境恢复监测等。

土地资源监测包括土地损毁监测、复垦修复耕地土壤质量监测、复垦修复林地土壤质量监测等。

生态系统监测包括地表水质监测、植被管护监测等。

六、经费估算

矿区生态修复工程估算总投资 1835.6541 万元，其中工程施工费 513.0853 万元，其他费用 62.5964 万元，监测与管护费 218.1696 万元，预备费 1041.8028 万元。