

辽宁省本溪市南芬区沈家玻璃用石英岩矿
矿区生态修复方案

本溪市南芬区市政建设投资有限公司

二〇二六年七月

辽宁省本溪市南芬区沈家玻璃用石英岩矿 矿区生态修复方案

申报单位：本溪市南芬区市政建设投资有限公司

法人代表：曲志强

编制单位：辽宁省地质矿产调查院有限责任公司

法人代表：于成广

方案编制负责：方静涛

主要编制人员：方静涛、支禹强、孔繁昕

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	本溪市南芬区市政建设投资有限公司				
	统一社会信用代码	*****	联系人	曲志强		
	联系地址	本溪市南芬区翠海华庭 9 号楼	联系电话	*****		
	采矿权证证号		开采方式	露天开采		
	采矿权面积	*****平方公里	采矿权拐点坐标	详见拟申请开采区域范围坐标表		
	采矿权有效期限	首次申请采矿许可证				
	开采主矿种	玻璃用石英岩	其他矿种	-		
	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				
方案编制单位	单位名称	辽宁省地质矿产调查院有限责任公司				
	统一社会信用代码	*****	联系人	方静涛		
	联系地址	沈阳市皇姑区万山路 133 号	联系电话	*****		
	编制负责人					
	姓名	身份证号	专 业	职务/职称	联系电话	签 名
	方静涛	*****	水工环	副院长/正高级工程师	*****	方静涛
	主要编制人员					
	姓名	身份证号	专 业	职务/职称	联系电话	签 名
	方静涛	*****	水工环	副院长/正高级工程师	*****	方静涛
	支禹强	*****	地质矿产	技术负责/高级工程师	*****	支禹强
	孔繁昕	*****	地质矿产	工程师	*****	孔繁昕

目 录

前 言 - 1 -

一、编制目的 - 1 -

二、服务年限 - 10 -

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 - 16 -

第二章 矿区基础信息 - 26 -

一、矿区自然条件 - 26 -

二、社会经济概况 - 31 -

三、矿区地质环境背景 - 32 -

四、矿区土地利用现状及采矿用地审批情况 - 45 -

四、 矿区生态状况 - 48 -

六、矿区及周边人类重大工程活动 - 53 -

七、矿区生态修复工程情况 - 56 -

八、矿区基本情况调查监测指标 - 56 -

第三章 问题识别诊断及修复可行性分析 - 59 -

一、问题识别与受损预测 - 59 -

二、生态修复可行性分析 - 95 -

三、生态修复分区及修复时序安排 - 118 -

四、采矿用地与复垦修复安排 - 126 -

第四章 生态修复措施与工程内容 - 130 -

一、保护与预防控制措施 - 130 -

二、修复措施 - 141 -

五、 工程内容 - 151 -

第五章 监测与管护 - 166 -

一、监测目标与措施 - 166 -

二、管护目标与措施 - 174 -

三、 工程量 - 176 -

第六章 工程部署与经费估算 - 178 -

一、总体部署 - 178 -

二、 总体经费估算 - 179 -

三、阶段工作任务与经费安排 - 220 -

第七章 保障措施与公众参与 - 229 -

一、保障措施 - 229 -

二、公众参与 - 237 -

三、效益分析 - 242 -

第八章 结论 - 246 -

一、方案服务年限 - 246 -

二、预测损毁 - 246 -

三、矿区生态修复工程结论 - 247 -

四、投资总额 - 248 -

附表：

附表 1. 矿区生态修复报告表

附表 2. 矿区生态修复方案编制信息表

附表 3. 矿区土地利用现状表

附表 4. 矿区土地利用权属表

附表 5. 矿区开采前生态修复监测内容与监测指标表

附表 6. 矿区损毁程度综合评价表

附表 7. 矿区生态修复目标及土地利用变化表

附表 8. 矿区用地（含临时使用土地）与复垦修复计划表

附表 9. 存量采矿用地腾退指标使用计划表

附表 10. 表土处置工程汇总表

附表 11. 矿区生态修复投资估算总表

附表 12. 工程施工费单价估算表

附表 13. 工程施工费估算表

附表 14. 设备费估算表

附表 15. 其他费用估算表

附表 16. 前五年度矿区生态修复工作计划表

附件：

附件 1. 委托书

附件 2. 编制单位承诺书

附件 3. 采矿权人矿区生态修复承诺书

附件 4. 土地所有权人意见

附件 5. 公众参与相关资料

附件 6. 企业营业执照

附件 7. 关于市县级计划财政出资地质勘查项目备案的批复

附件 8. 《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿勘探报告》矿产资源储量评审备案的复函

附件 9. 《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿勘探报告》评审意见书

附件 10. 《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿开采方案》审查意见书

附件 11. 《关于辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿新立采矿权咨询意见的情况说明》

附件 12. 水土环境检测报告

附件 13. 《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿项目地质灾害危险性评估报告》审查意见

附件 14. 本溪市自然资源局南芬分局初审意见

附图：

图号	图名	比例尺
1	矿区土地利用现状图	1:5000
2	辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿 矿区地质环境问题现状图	1:5000
3	辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿 矿区土地损毁现状图	1:5000
4	辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿 矿区地质环境问题预测图	1:5000
5	辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿 矿区土地损毁预测图	1:5000
6	辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿 矿区生态修复工程部署图	1:5000
7	辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿 矿区航拍影像图	1:5000

前 言

一、编制目的

（一）任务由来

辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿为本溪市南芬区市政建设投资有限公司出资地质勘查项目，属拟新建矿山，为办理探矿权转采矿权手续，矿山于 2023 年 3 月编制了《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿矿产开采方案》。根据《中华人民共和国矿产资源法》（2024 年 11 月 8 日修订）、《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）、《土地复垦条例》（国务院第 592 号令）、《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公告”，《辽宁省矿山地质环境治理恢复基金管理暂行办法》（辽自然资规〔2018〕1 号）、需要编制矿区生态修复方案。

本溪市南芬区市政建设投资有限公司根据相关文件要求，委托辽宁省地质矿产调查院有限责任公司编制矿区生态修复方案。辽宁省地质矿产调查院有限责任公司根据上述政策规定编制完成《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿矿区生态修复方案》，并对编制方案的质量负责。

（二）编制目的

矿区生态修复方案编制目的是系统性地指导、规划和实施对因矿产资源开采而受损的生态系统进行修复与重建，以期恢复其生态功能、改善环境质量、消除安全隐患，并最终实现区域生态、经济与社会

会的可持续发展。

（1）法律政策层面：履行法定义务，满足监管要求

编制方案是贯彻落实《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国矿产资源法》《土地复垦条例》等国家法律法规的强制性要求。矿山企业必须“谁开发、谁保护，谁破坏、谁治理”，方案是履行这一责任的蓝图和承诺。

一个科学、可行的生态修复方案是获取采矿许可证、安全生产许可证以及项目竣工验收的必要条件。

（2）生态与环境层面：修复受损的生态系统

治理污染，改善环境：针对采矿活动造成的水土污染、大气粉尘等问题，提出具体治理措施，阻断污染源，改善区域环境质量；

恢复生态功能：通过地形重塑、土壤重构、植被恢复、水源涵养等措施，重建一个能够自我维持、具有生产力的生态系统，恢复其在调节气候、涵养水源、保持水土、维护生物多样性等方面的功能。

消除地质与环境隐患：对开采形成的重大安全与环境隐患进行专项治理，保障周边人民生命财产安全。

（3）经济与资源层面：推动资源循环与土地再利用

将修复后的土地重新转化为林业、生态用地，变“废”为宝，提高土地资源的利用效率，为当地经济发展提供新的空间。

（4）社会与民生层面：维护社会稳定与和谐

减少采矿活动对周边社区居民健康的威胁，如通过治理污染水源和空气，降低疾病发生率。修复破损的山体和植被，美化景观，为居民提供更好的生活和工作环境。体现矿山企业的社会责任感和良好形象，改善矿地关系，为企业的可持续发展营造良好的社会氛围。

（5）技术与管理层面：提供科学依据和实施指南

基于详细的现场调查与评估，明确生态破坏的类型、程度和范围，为修复工作提供精准的科学数据和决策依据。确定最适合的修复技术、工艺、材料和物种，避免盲目治理和资源浪费。明确修复工作的阶段划分、时间节点、资金预算、保障措施和验收标准，使整个修复工程有章可循、有序推进。方案中通常包括后期的管护与监测计划，确保修复效果能够长期稳定，实现生态系统的良性循环。

（三）编制情形

矿山为探矿权转采矿权新建矿山，根据《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），需要编制矿区生态修复方案。

（四）编制依据

1、法律法规

- （1）《中华人民共和国矿产资源法》（2025年）；
- （2）《中华人民共和国矿产资源法实施条例》（2026年）；
- （3）《中华人民共和国生态环境法典》（2026年）；
- （4）《地质灾害防治条例》（国务院令第394号，2003年）；
- （5）《土地复垦条例》（国务院令第592号，2011年）；
- （6）《中华人民共和国土地管理法实施条例》（2021年）；
- （7）《中华人民共和国水文条例》（国务院令第676号，2017年）；
- （8）《辽宁省地质环境保护条例》（2018年）；
- （9）《基本农田保护条例》（2019年）；
- （10）《矿山地质环境保护规定》（国土资源部令第44号，2019年）；

(11) 《中华人民共和国土地管理法》（2019 年修订）；

(12) 《土地复垦条例实施办法》（国土资源部第 56 号令，2019 年）；

(13) 《中华人民共和国森林法实施条例》（2018 年修订）；

(14) 《地下水管理条例》（2021 年）。

2、部门规章、规范性文件

(1) 《财政部、国土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）；

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

(3) 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）；

(4) 《关于加强土地复垦工作的通知》（辽自然资发〔2021〕3 号）；

(5) 《自然资源部生态环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）；

(6) 国家林业和草原局办公室关于印发《造林作业设计规程》的通知（办生字〔2023〕117 号）；

(7) 《辽宁省矿山生态保护与修复项目管理暂行办法》（辽自然资办发〔2020〕87 号）；

(8) 辽宁省林草局关于印发《辽宁省恢复植被和林业生产条件及树木补种标准》的通知（辽林草办字〔2021〕29 号）；

(9) 辽宁省林业和草原局、辽宁省自然资源厅《关于进一步明确林地使用数据的通知》（辽林草办字〔2023〕50 号）；

(10) 中共辽宁省委办公厅辽宁省人民政府办公厅关于印发《辽

宁省深化集体林权制度改革实施方案的通知》（辽委办发〔2025〕2号）；

（11）《辽宁省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）》（辽自然资发〔2022〕129号）；

（12）“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公告”（2025年9月）。

3、技术标准与规范

（1）《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）；

（2）《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）；

（3）《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》（GB 15618-2018）；

（4）《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）；

（5）《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）；

（4）《造林技术规程》（GB/T 15776-2023）；

（5）《土地利用现状分类》（GB/T 21010-2017）；

（6）《森林植被状况监测技术规范》（GB/T 30363-2013）；

（7）《耕地质量等级》（GB/T 33469-2016）；

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

（9）《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112-2021）；

（10）《滑坡防治设计规范》（GB/T 38509-2020）；

（11）《裸露坡面植被恢复技术规范》（GB/T 38360-2019）；

（12）《矿区地下水含水层破坏危害程度评价规范》（GB/T 42362-2023）；

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

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

(15) 《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》(DZ/T 0223-2011)；

(16) 《矿山地质环境监测技术规程》(DZ/T 0287-2015)；

(17) 《矿区地下水监测规范》(DZ/T 0388-2021)；

(18) 《地表水环境质量监测技术规范》(HJ 91.2-2022)；

(19) 《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166-2004)；

(20) 《土地复垦方案编制规程》(TD/T1031)；

(21) 《土地复垦质量控制标准》(TD/T 1036-2013)；

(22) 《耕作层土壤剥离利用技术规范》(TD/T 1048-2016)；

(23) 《矿山土地复垦基础信息调查规程》(TD/T 1049-2016)；

(24) 《第三次全国国土调查技术规程》(TD/T 1055-2019)；

(25) 《国土空间生态保护修复工程实施方案编制规程》(TD/T 1068-2022)。

4、其他相关资料

(1) 关于市县级计划财政出资地质勘查项目备案的批复，[辽自然资财勘项备〔2023〕4号]；

(2) 《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿勘探报告》，辽宁省地质矿产调查院有限责任公司，2025年2月；

(3) 《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿勘探报告》矿产资源储量评审备案的复函(本自然资储备字〔2025〕6号)，本溪市自然资源局，2025年7月10日；

(4) 《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿勘探报告》评审意见书（本资服审字〔2025〕14号），本溪市自然资源事务服务中心，2025年6月23日；

(5) 《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿矿产资源开采方案》，辽宁省地质矿产调查院有限责任公司，2025年10月；

(6) 《〈辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿矿产资源开采方案〉审查意见书》（本资服审字〔2026〕3号）；

(7) 《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿项目地质灾害危险性评估报告》，辽宁省地质矿产调查院有限责任公司，2026年7月；

(8) 《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿项目地质灾害危险性评估报告的审查意见》；

(9) 土地利用现状分幅图

(*****);

(10) 对矿山地质环境现状实地踏勘、实测及收集相关资料与信息。

（五）编制工作概况

1、矿山资料收集、调查

（1）工作程序

本方案是按照《矿区生态修复方案编制指南（临时）》编制完成的，工作程序成立了专门的项目组，技术人员结合该矿山的储量核实地质报告、开发利用方案、土地利用现状图等相关资料，组织人员对现场进行勘查，对项目区现状进行核实，完成矿山地质环境和土地现状调查。此外，走访当地群众，收集其对矿区生态修复工作的意见和建议。结合项目区实际状况，依据相关规定和技术规程，确定了矿山

地质环境与土地复垦的影响范围及复垦责任范围，并制定矿区生态修复工作计划。

图 0-1 工程程序框图

（2）资料收集

收集编制方案有关矿区的自然地理与社会经济、矿区地质、水文地质、工程地质、矿山地质环境、土地现状类型、生态状况、开采现状等相关资料，全面了解矿区的地质环境条件、地质环境问题、建设工程规模，明确了本次工作之重点，为部署下阶段的野外调查奠定了

基础。

开展工作之前，项目组人员详细研读了《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿矿产资源开采方案》等设计、学术研究相关资料，对矿区地质环境条件、地质环境问题、建设项目规模等情况有了初步了解，从而确定本次工作重点。收集地形地质图及土地利用现状图等图件作为评估工作底图及野外工作用图；分析已有资料，确定要补充的资料内容，初步确定现场调查方法，调查路线和主要调查内容。

表 0-1 收集资料情况一览表

序号	名称	时间	单位
1	辽宁省地质志	2014 年	辽宁省地质矿产局
2	辽宁省水文地质图集	1987 年	辽宁省地质矿产局
3	中国地震动参数区划图	2015 年	国家地震局
4	本溪市矿产资源总体规划 (2021-2025 年)	2023 年	本溪市人民政府
5	本溪市国土空间总体规划 (2021-2035 年)	2023 年	本溪市人民政府
6	本溪市南芬区国土空间总体规划 (2021-2035 年)	2023 年	本溪市南芬区人民政府
7	***街道国土空间总体规划 (2021-2035 年)	2023 年	本溪市南芬区人民政府
8	本溪市国土空间生态修复规划 (2021-2035 年)	2023 年	本溪市自然资源局
9	辽宁省生态环境分区管控方案 (2023 年版)	2023 年	辽宁省生态环境厅
10	辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用 石英岩矿勘探报告	2025 年 2 月	辽宁省地质矿产调查院有限责 任公司
11	矿产资源开采方案	2025 年 10 月	辽宁省地质矿产调查院有限责 任公司
12	土地利用现状图	—	第三次土地调查

(3) 野外调查

对矿山地质环境进行了全面的野外调查，采用储量核实报告提供的地形图做底图，采取无人机低空航拍，GPS 定位，数码拍照，数码录像视频，采用线路穿越法、追索法等方法，针对矿区内自然条件、

社会经济与人文环境、矿山生产建设情况、地质环境现状、土地损毁与复垦修复现状、进行调查，为编制矿区生态修复方案提供了可靠依据。

（4）室内资料整理与方案编制

根据野外调查和勘测成果，结合最新开发利用方案，以《矿区生态修复方案编制指南（临时）》为依据，在室内数据统计和综合分析研究基础上，编制完成了矿区生态修复方案。完成工作量详见下表：

表 0-2 方案编制工作概况

项目		单位	工作量	说明
资料收集		套	4	土地利用现状图、资源储量核实报告、开发利用方案，水土检测报告等。
现场调查	调查面积	km ²	7.2	拟申请开采范围及采矿可能影响区域。
	自然条件调查	km ²	7.2	包括土壤、植被及生物多样性调查。
	水文地质调查	km ²	7.2	地表水、地下水。
	地面附着物及工程设施调查	km ²	7.2	包括矿区内交通条件、道路、房屋等调查。
	地质环境背景调查	km ²	7.2	地形地貌、拟申请开采区现状等。
	水土环境调查	点	5	地下水 1 个样本，地表水 2 个样本，土壤 2 个样本，并出具了检测报告。
	拍照	张	50	—
公众参与调查	公众参与调查	份	40	开展矿山公众参与座谈会、填写调查表，拍照，整理调查结果，征求村委会意见等。
提交成果	《矿区生态修复方案》文字报告、附图、附表、附件	套	1	—

二、服务年限

依据《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿矿产资源开采方案》，设计矿山一期开采服务年限 31 年 6 个月（含基建期 1 年）。

矿山开采结束后，生态修复工程实施为 1 年，植被管护期为 3 年，因此，最终确定该矿山生态修复方案年限为 35.5 年（自取得采矿许可证之日起）。

如果矿山在办理采矿权变更时，涉及扩大开采规模、扩大矿区范围、变更开采方式的，在办理采矿权延续时，应按照相关要求重新编制或修订。经评审通过的方案，涉及用地（含用林用草）范围、使用期限、损毁类型等发生变化的，采矿权人应当于取得相关用地（用林用草）批准文件之日起半年内，将修编后的方案报相应矿业权登记权限的自然资源主管部门备案。

第一章 矿山基本情况

一、矿业权人基本情况

该项目为市县级计划财政出资地质勘查项目，于 2023 年 9 月 28 日经辽宁省自然资源厅备案批复（辽自然资财勘项备〔2023〕4 号），2025 年 5 月完成矿产资源勘探，2026 年 3 月编制矿产资源开采方案，拟由探矿权转采矿权。

依据辽宁省自然资源厅出具的“关于市县级计划财政出资地质勘查项目备案的批复”〔辽自然资财勘项备〔2023〕4 号〕（附件 3）确定勘查矿种为玻璃用石英岩，出资单位为本溪市南芬区市政建设投资有限公司。

二、地理位置与区域概况

（一）地理位置与交通

辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿位于本溪市南芬区*****镇***村至***村一带，行政区划隶属于*****镇管辖。矿区西距****火车站约**公里，西距丹阜高速****出口约**公里，西距国道 304 约 10 公里，高速公路及众多公路纵贯全区，形成以本溪为中心，连接沈阳、丹东、大连及各城镇和乡村的交通网，矿山交通方便（见交通位置图）。

矿区中心点地理坐标：东经：***° **' **"

北纬：**° **' **"。

图 2-1 交通位置图

（二）区域概况

根据 2025 年 9 月 29 日本溪市自然资源局南芬分局出具的《关于辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿新立采矿权咨询意见的情况说明》（本自然南芬〔2025〕27 号），该采矿权范围内不在《矿产资源法》第二十条规定的区域，不在各级各类保护区或敏感区范围内。不涉及自然保护地、I 级保护林地、天然林保护重点区域、基本草原、国际重要湿地、国家重要湿地、世界自然(自然与文化)遗产地、

沙化土地封禁保护区、饮用水水源保护区、永久基本农田、生态保护红线；涉及Ⅱ级保护林地。

该矿山为大型矿山，根据《辽宁省林业和草原局关于进一步规范矿山类建设项目使用林地审批工作的通知》（辽林草办字〔2022〕24号）第一条第2款，大中型矿山可以使用Ⅱ级及其以下保护林地。

城镇、村庄：矿区西南侧距离*****镇2.5km，矿区南侧1.5km分布有陈家村、***村、庙岭村等村庄。矿区周边300m 范围内无城镇、村庄。

公路、铁路：矿区西侧**km处丹阜高速公路（G1113）经过，矿区西侧**km处有丹霍线（G304）经过，矿区北侧**km处有施小线（乡道）经过，矿区周边分布有农村道路；矿区西侧**km处有沈丹高铁经过，矿区西侧**km处有沈丹线铁路经过。

河流：矿区西侧**km处有一条常年河流（细河）流经，矿区南侧**km有大石河流经（细河支流）。

矿业权：拟设开采区周边分布2处采矿权（本溪市*****有限公司、本溪*****有限公司），3处探矿权（辽宁省本溪市*****详查、辽宁省本溪市*****普查、辽宁省本溪市*****-*****详查）。勘查区邻近辽宁省本溪市*****探矿权，与采矿权距离均大于300米。

高压线：矿区内西侧及南侧有高压线有 6.6 万 KV 及 22 万 KV 高压线路通过，现已签订搬迁协议。搬迁结束前，高压线 500m 范围内严禁采矿。

其他：白马寺为在建寺院，非国家旅游景区及重点保护文物古迹。为保护该建筑，本次申请开采区域与白马寺最近距离取***m。露天采场最终境界与白马寺最近距离为***m，满足《爆破安全规程》（GB6722-2014），爆破警戒范围距离为***m，顺坡方向爆破时取 300m。

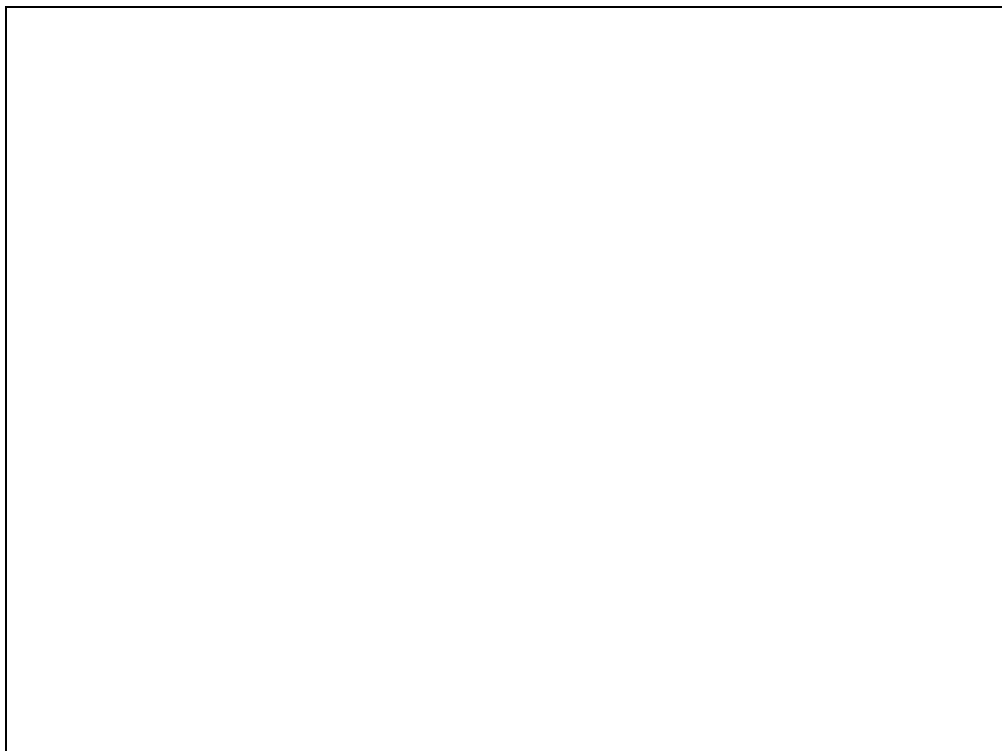


图 2-2 区域工程分布图

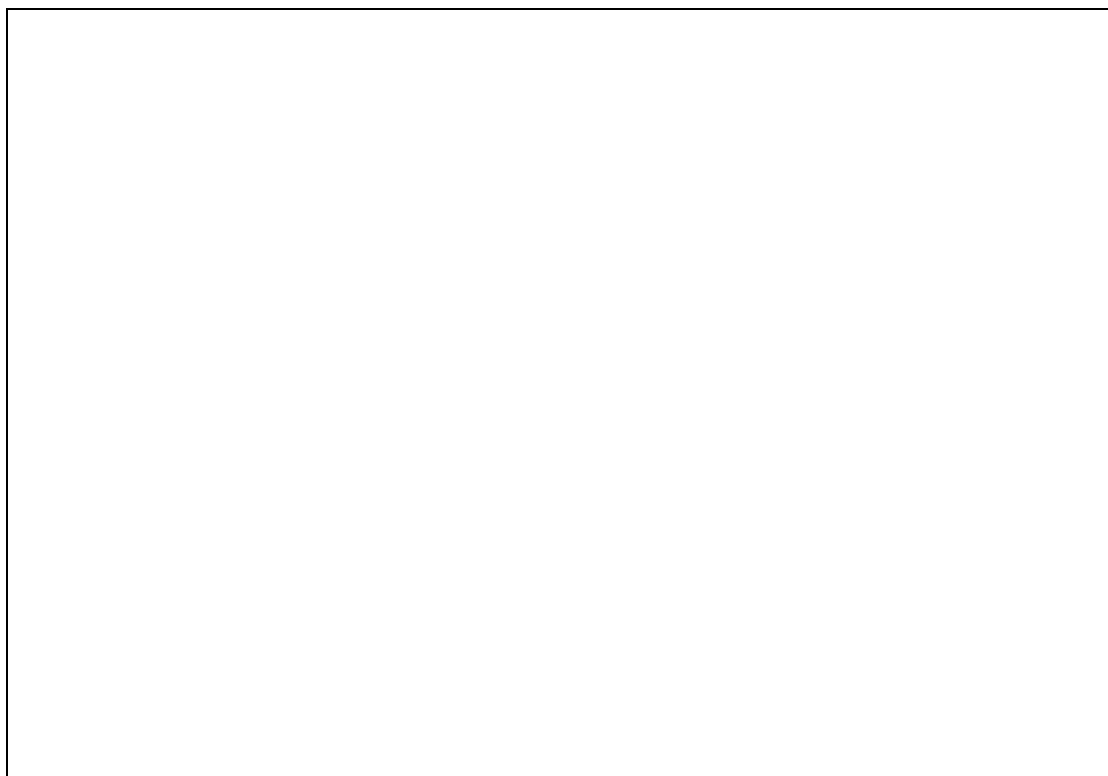


图 2-3 勘查区与相邻矿业权分布图

三、矿山开采历史及现状

（一）矿山开采历史及现状

1、矿山勘查历史

1988 年 7 月，国家建筑材料工业局地质公司辽宁地质公司提交《辽宁省本溪市南芬区金坑小平顶山石英岩矿床（西部）地质勘探报告》（全储决字〔1989〕185 号）求得全区新增总储量 *****万吨，其中 B 级为 ****万吨，C 级为*****万吨。

2008 年，辽宁省第八地质大队提交了《辽宁省本溪市小平顶山石英岩矿储量核实报告》（辽国土资储备字〔2008〕****号），估算保有储量 ****万吨。

2013 年年末，中国建筑材料工业地质勘查中心辽宁总队，提交了《辽宁省本溪市南芬区小平顶山石英岩矿资源储量核实报告》（辽国土资储备字〔2014〕***号），截至 2013 年 12 月 31 日，矿区保有资源储量（122b）+（333）*****千吨。

2014 年 5 月，辽宁省第八地质大队对本溪市金垛硅业有限公司玻璃用石英岩矿进行了资源储量核实工作，报告评审备案号：本国土资储备字〔2015〕**号，该报告提交（122b+333）资源储量*****万吨。

2022 年 11 月，辽宁省第八地质大队有限责任公司编制的《本溪市****有限公司玻璃用石英岩矿矿产资源储量年度报告（2022 年度）》，该报告提交（控制+推断）资源储量*****万吨。

2023 年 11 月 10 日，召开辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿勘查项目论证，与会专家给出首先完成普查，再根据普查结果部署下步勘查的意见。

2025 年，辽宁省地质矿产调查院有限责任公司在该区进行了勘

探工作。

2、开采现状

矿山为探矿权转采矿权拟建矿山。

(二) 矿业权设置情况

1、勘查区范围

依据辽宁省自然资源厅出具的“关于市县级计划财政出资地质勘查项目备案的批复”[辽自然资财勘项备〔2023〕4号]确定勘查矿种为玻璃用石英岩，出资单位为本溪市南芬区人民政府，勘查面积为*****平方公里，勘查区拐点坐标见表 1-1。

表 1-1 勘查区拐点坐标一览表

序号	X	Y	序号	X	Y
1	*****	*****	20	*****	*****
2	*****	*****	21	*****	*****
3	*****	*****	22	*****	*****
4	*****	*****	23	*****	*****
5	*****	*****	24	*****	*****
6	*****	*****	25	*****	*****
7	*****	*****	26	*****	*****
8	*****	*****	27	*****	*****
9	*****	*****	28	*****	*****
10	*****	*****	29	*****	*****
11	*****	*****	30	*****	*****
12	*****	*****	31	*****	*****
13	*****	*****	32	*****	*****
14	*****	*****	33	*****	*****
15	*****	*****	34	*****	*****
16	*****	*****	35	*****	*****
17	*****	*****	36	*****	*****
18	*****	*****	37	*****	*****
19	*****	*****	38	*****	*****

2、资源储量估算范围

根据 2025 年 2 月辽宁省地质矿产调查院有限责任公司编制的《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿勘探报告》，资源储量估算面积****km²，资源储量估算标高 320m 至 790m，矿体埋深 0m 至 175m。

表 1-2 资源储量估算范围拐点坐标一览表

序号	X	Y	序号	X	Y
1	*****	*****	19	*****	*****
2	*****	*****	20	*****	*****
3	*****	*****	21	*****	*****
4	*****	*****	22	*****	*****
5	*****	*****	23	*****	*****
6	*****	*****	24	*****	*****
7	*****	*****	25	*****	*****
8	*****	*****	26	*****	*****
9	*****	*****	27	*****	*****
10	*****	*****	28	*****	*****
11	*****	*****	29	*****	*****
12	*****	*****	30	*****	*****
13	*****	*****	31	*****	*****
14	*****	*****	32	*****	*****
15	*****	*****	33	*****	*****
16	*****	*****	34	*****	*****
17	*****	*****	35	*****	*****
18	*****	*****			

3、露天剥离范围

根据 2026 年 3 月辽宁省地质矿产调查院有限责任公司编制的《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿产资源开采方案》，露天剥离范围面积****km²，方案设计开采 320m 至 790m 之间矿体，露天坑底标高 320m，留设 5m 集水坑深度，即工程最低标高为 315m，露天采场边坡最高标高 791m，拟设开采深度从 315m 至 791m，其中一期开采

520m 至 791m 标高间的矿体。

表 1-3 露天剥离范围拐点坐标一览表

序号	X	Y	序号	X	Y
2	*****	*****	16	*****	*****
3	*****	*****	17	*****	*****
BL1	*****	*****	18	*****	*****
BL2	*****	*****	19	*****	*****
9	*****	*****	20	*****	*****
10	*****	*****	BL5	*****	*****
BL3	*****	*****	23	*****	*****
BL4	*****	*****			
面积：****km ²					
露天剥离标高：由 791m 至 320m					

4、申请开采区域范围

根据《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿产资源开采方案》（2026 年 3 月），矿山露天开采对象为 I、II、II-1、II-2 号矿体，经评审备案的资源量估算标高范围为 320m 至 790m，方案设计开采 320m 至 790m 之间矿体，露天坑底标高 320m，露天采场边坡最高标高 791m，考虑留设 5m 集水坑，本次拟设开采深度从 315m 至 791m，露天剥离范围位于开采区域内。本次申请开采区域由 21 个拐点圈定，面积*****km²。

表 1-4 申请开采区域范围拐点坐标一览表

序号	X	Y	序号	X	Y
1	*****	*****	12	*****	*****
2	*****	*****	13	*****	*****
3	*****	*****	14	*****	*****
4	*****	*****	15	*****	*****
5	*****	*****	16	*****	*****
6	*****	*****	17	*****	*****
7	*****	*****	18	*****	*****
8	*****	*****	19	*****	*****
9	*****	*****	20	*****	*****
10	*****	*****	21	*****	*****
11	*****	*****			
面积：*****平方公里					
开采标高：由 791 米至 315 米标高					

图 2-4 勘查区、储量估算范围、申请开采区范围示意图

（三）矿山开发利用方案概述

辽宁省地质矿产调查院有限责任公司 2026 年 3 月编制了《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿产资源开采方案》，并经本溪市自然资源事务服务中心评审通过，文号（本资服审字〔2026〕3 号），主要开采设计方案如下：

1、开采矿种

设计开采矿种为开采区域内玻璃用石英岩矿，无共伴生利用矿种。

2、开采对象

设计的开采对象为经评审备案的 I、II、II-1、II-2 号矿体。

3、设计利用储量

（1）保有资源储量

勘查区内共估算石英岩矿石资源量****万吨；其中探明资源量****万吨，占总资源量的 31.34%；控制资源量****万吨，占总资源量的 36.40%；推断资源量****万吨，占总资源量的 32.18%。探明+控制资源量占总资源量的 67.82%。

（2）设计利用储量

考虑矿山储量规模较大，本次设计采用分期开采，考虑矿山生产能力为大型，设计一期开采年限 30 年左右。

本次设计一期开采 520m 标高以上资源量。受开采区域限制，部分资源边坡压矿损失，一期边坡压矿损失量为****万吨，其中探明资源量****万吨，控制资源量****万吨，推断资源量****万吨。

一期露天境界内资源量为****万吨，其中探明资源量*****万吨，控制资源量****万吨，推断资源量*****万吨。520m 标高以上设计利用率 97.68%。

4、建设规模

开发方案设计生产规模为玻璃用石英岩****万吨/年，规模为大型矿山。根据现行的“辽宁省矿产资源总体规划（2021-2025 年）总体要求”，储量规模与生产能力相匹配。

5、服务年限

矿山一期服务年限为 30 年零 6 个月，基建期 1 年，矿山一期总服务年限 31 年零 6 月（含基建期 1 年）。

6、开采方式

根据矿体赋存条件，设计采用露天开采方式。

（1）开采顺序

矿山采用自上而下的开采顺序，分台阶开采。

（2）露天境界构成要素

设计根据矿体及围岩赋存条件、选用的装备水平及其物理力学性质，采用类比法确定了露天境界构成要素，见下表。

表 1-5 露天境界构成要素表

序号	项目	单位	参数	备注
1	台阶坡面角	°	65	
2	台阶高度	m	10	并段高度 20m
3	安全平台宽度	m	8	
4	运输道路限坡	%	8	
5	最小工作平台宽度	m	30	

（3）露天开采终了境界圈定结果

表 1-6 露天开采终了境界圈定结果表

序号	项目	单位	一期	全矿
1	露天顶标高	m	791	791
2	露天底标高	m	520	320
3	开采深度	m	271	471
4	上口尺寸:长×宽	m	2655×530	2655×1055
5	下口尺寸:长×宽	m	2650×400	405×245
6	矿石量	万 t	***	**
7	岩石量	万 t	***	***
8	剥采比	t/t	0.21	0.14
9	最终边坡角	°	22-51	22-51
10	封闭圈标高	m	-	380
11	爆破警戒距离	m	300m	300m

(4) 矿床开拓

设计采用公路开拓、汽车运输方式。

境界内各个阶段之间的联络道路至主开拓运输道路采用临时道路。主开拓运输道路采用移动布线式把露天采场内、外相互连通起来，使之成为完整的公路运输系统。

(5) 排水系统

该矿山整体为凹陷露天矿，其中一期露天开采 520m 标高以上资源量，为山坡式露天开采，大气降水可自流排出。

二期为凹陷露天坑，封闭圈标高为 380m，封闭圈以上采用自流排水，封闭圈以下凹陷露天，采用机械排水，由水泵扬至采场外。凹陷采坑的水源主要来自大气降水。

(6) 废石场

露天开采剥离总量为 3168.03 万吨，合 1228.47 万 m³。其中表土量约 135.82 万 m³，剥离废石量约为 2402.65 万 m³。

1) 拟设表土场

拟设表土场：矿山表土量约 135.82 万 m^3 ，设计表土场容积为 135 万 m^3 。设计表土场占地面积 8.0800 hm^2 ，顶标高为 650m，底标高为 585m，堆置高度 65m，容积为 140 万 m^3 ，分层堆放，共两层，第一层堆置高度为 35m，顶标高为 620m，平台宽度 30m；第二层堆置高度为 30m，顶标高为 650m。边坡角为 35° 。

2) 拟设废石场

废石场：矿山剥离废石量约为 1285.73 万 m^3 。自上而下分别堆放于 2 处废石场。

设计 1 号废石场占地面积 5.8000 hm^2 ，顶标高为 400m，底标高为 325m，堆置高度 75m，容积为 140 万 m^3 ，分层堆放，共两层，第一层堆置高度为 40m，顶标高为 365m，平台宽度 30m；第二层堆置高度为 35m，顶标高为 400m。废石场边坡角为 35° 。

设计 2 号废石场占地面积 28.3000 hm^2 ，顶标高为 460m，底标高为 370m，堆置高度 90m，容积为 635 万 m^3 ，分层堆放，共两层，第一层堆置高度为 45m，顶标高为 355m，平台宽度 30m；第二层堆置高度为 45m，顶标高为 400m。废石场边坡角为 35° 。

上述废石场容积合计为 765 万 m^3 ，剩余废石采用露天采场内排方式进行堆置。堆置于 10 线以西开采结束的露天采场内。内排排土场面积为 258900 m^2 ，规划排土场顶标高为 600m，底标高为 440m，堆置高度 160m，容积为 800 万 m^3 ，分层堆放，共四层，第一层堆置高度为 40m，顶标高为 480m，平台宽度 30m；第二层堆置高度为 40m，顶标高为 520m，平台宽度 30m；第三层堆置高度为 40m，顶标高为 560m，平台宽度 30m；第四层堆置高度为 40m，顶标高为 600m。废石场边坡角为 35° 。

7、总平面布置

矿山设计采用露天开采，地表工程布局主要有露天采场、废石场、表土场、工业场地、道路组成。1处露天采场（露天采场设计分二期开采），2个废石场、1个表土场、1个工业场地（工业场地附近均设有办公室、配电室等设施）。

图 2-5 总平面布置图

第二章 矿区基础信息

一、矿区自然条件

（一）地形地貌

矿区位于辽宁东部山区，属长白山山脉东南延续部分，属低山丘陵地貌，以低山为主。区内植被较发育，以松树和柞树为主，区内原始地貌地势起伏具北高南低、东高西低的特点，特别是东部地势十分陡峭，坡度一般在 $15^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 之间，区内最高海拔为 804m，最低海拔为 320m，相对高差约 484m。

综上所述，评估区内地貌类型中等，地形起伏变化中等。地形地貌条件复杂程度为较复杂。

照片 2-1 矿区地形地貌

（二）气象

属北温带季风性大陆性气候，光照充足，冬季寒冷，夏季炎热，四季分明。最高气温为 40.7°C ，最低气温 -26.9°C ，年平均温度为 8.2°C 。平均年降水量 780mm，最大年降水量 1200mm（1969 年），年

最小降水量 305mm（1981 年），降水多集中在 7、8 月份，偶出现冰雹、大风等灾害性气候。年蒸发量 1300mm，其中春季最多，冬季最少。全年大风天数 15.2 天，无霜期 158 天左右，每年 11 月至次年的 4 月为冰冻期，冻土深度约 1.2m。

（三）水文

区内河流水系主要为细河，为辽宁太子河一级支流。区内流长 29km，沿河两岸有大量冲积小平原，地势平坦，土质肥沃。细河流量在枯丰水期相差悬殊，动态变化极不稳定，洪水多发生在每年 7 月下旬到 8 月上旬，平均年降水量 830 毫米。大石河发源于****街道办事处的施家村滚马岭，经太平山、马家、庙岭、***村、程家、****村流入细河。

地表水系弱发育，可见季节性溪流。靠近矿区西侧有一条小溪流，溪水从南向北流，雨季时水面宽一般可达 20~30m，另外有季节性河流由东向西从矿区南侧流过。区内最低侵蚀基准面标高 320m。矿区周边地表水系详见地表水系图 2-2。

照片 2-2 矿区附近季节性溪流

图 2-1 地表水系图

（四）土壤

项目区内土壤类型为棕壤（棕色森林土），亚类归属普通棕壤（残积坡积型棕壤）。区域原生林地腐殖质层有机质含量较高，原生林地疏松土层容重约 $1.20\sim 1.35\text{g/cm}^3$ 。根据本溪市南芬区*****镇区域土壤普查成果、多目标地球化学调查数据等资料，该项目区土壤整体呈微酸性，pH 值稳定在 $5.6\sim 7.3$ 之间，无酸化、盐碱化现象，土壤酸碱度本底均匀稳定。矿区土壤受石英岩风化主控，硅酸盐组分占比高，常规养分含量偏低，土壤有机质含量 $2.19\sim 2.33\%$ ，全氮含量 $1358\sim 1480\text{mg/kg}$ ，有效磷含量 $18.6\sim 30.2\text{mg/kg}$ ，速效钾含量 $85\sim 115\text{mg/kg}$ ，整体土壤肥力处于山地矿区中等水平。

A 层（腐殖质层）：暗棕褐色，混杂大量乔木细树根、植物残体，

团粒结构疏松；野外测杆可见厚度约 40 - 60cm；腐殖质含量中等（辽东次生林水平），淋溶作用明显，钙镁盐基离子淋失，粘粒开始下移。土体以土为主，夹杂少量细砾、碎岩屑，石块不多，砾石含量 10-15%。

Bt 层（粘化层）：浅棕黄-黄褐色，土体紧实，碎块状，页岩碎屑变多，根系大幅减少；夏季高温多雨，长石、页岩黏土矿物风化，黏粒随下渗水淀积于此，是棕壤标志性粘化层；质地偏中壤土-重壤土，保水性强、透气偏弱。大量片状、板状碎岩块，土石混杂，砾石含量 30- 35%。

C 层（母质风化层）：强风化南芬组页岩、薄层泥灰岩，片状碎裂，层理清晰，半风化岩石碎片密集；几乎无腐殖质，矿物风化不完全，是上部土层的物质来源。

	A 层（腐殖质层） 暗棕褐色，混杂大量乔木细树根、植物残体，团粒结构疏松。厚度约 40 - 60cm，砾石含量 10-15%。
	Bt 层（粘化层） 浅棕黄-黄褐色，土体紧实，碎块状，页岩碎屑变多，根系大幅减少。砾石含量 30-35%。
	C 层（母质风化层） 强风化南芬组页岩、薄层泥灰岩，片状碎裂，层理清晰，半风化岩石碎片密集。

照片 2-3 项目区林地土壤剖面

（五）植被

矿区位于本溪市南芬区南部，属长白山千山支脉，森林覆盖率达 80.9%。其植被分布情况如下：

乔木类：属于长白山植物区系，树种丰富，有红松、辽东柞、油松、华山松、日本落叶松、刺楸等，其中不乏国家重点保护植物。在施家北大山南坡尚存部分原始森林小区，有混有柞树的杜鹃、鹅耳枥的沙松、红松的分布。

灌木类：有杜鹃、天女木兰等。*****镇有超百亩的杜鹃坡 12 处，每到早春，成片的映山红绽放，十分壮观。此外，天女木兰在该地区形成许多群落，分布最多的是马家天女木兰谷，总长度 500 多米。

草本类：林下生长着人参、细辛、龙胆草、五味子、刺五加等天然名贵中草药材，还有大叶芹、刺龙芽、猴腿等数百种山野菜，属天然无污染绿色食品。

项目区自然植被见照片 2-2。

照片 2-4 矿区自然植被

图 2-2 矿区遥感影像图

二、社会经济概况

项目区位于本溪市南芬区****街道。

2024 年，全区实现生产总值 40.1 亿元。总人口 65781 人，总户数 27747 户，男性 32463 人，女性 33318 人。出生人口性别比 1 :1.12，出生率 2.66%，死亡 515 人，人口自然增长率-5.11%。全区有 15 个少数民族。少数民族人口 21082 人，约占全区人口总数的 37%，主要为满族、蒙古族、回族、苗族等。工业类型以新材料、铸件产业为主，立足“一区，三基地”的工业发展体系。农业为传统农业，全年播种面积 4.9 万亩，其中粮食种植 4.38 万亩，马铃薯种植 0.18 万亩，蔬菜播种面积 0.46 万亩，其他作物种植 0.25 万亩。全区有规模养殖场 2 家，规模养殖专业户 473 户。牧业主要为规范动物养殖小区为主，主要养殖猪、羊，禽类等动物。矿业为当地支柱产业，矿产资源十分丰富，区内藏有大量的硅石、云石、花岗岩、方解石、大理石、铁、铜，铅等矿藏，品种繁多，储量丰富，其中，硅石储量 1 亿吨，高品

位铁矿石储量 6000 多万吨，方解石储量 1.2 亿吨。

三、矿区地质环境背景

（一）地层岩性

矿区内出露地层主要为古元古界辽河群里尔峪岩组、青白口系钓鱼台和南芬组、南华系桥头组。

（1）里尔峪组

在矿区东南部宋家街～大背山一带，区域上里尔峪组地层共分四段，但在本区内只出露一段，岩性为白云石大理岩、石英白云石大理岩，与上覆地层钓鱼台组呈角度不整合接触，地层倾向 230° ，倾角 28° ，出露宽度约 500m。

白云石大理岩：风化面灰白色，新鲜面乳白色。中细粒粒状变晶结构，块状构造。岩石主要由白云石、方解石组成。白云石含量 65～75%、方解石 25～35%。

石英白云石大理岩：风化面灰白色，新鲜面乳白色。中细粒粒状变晶结构，块状构造。岩石主要由白云石、方解石、极少量石英组成，含微量云母。白云石含量 55～65%、方解石 15～25%、石英含量 5～15%。

（2）钓鱼台组二段

矿区东北部及东南部广泛出露，为矿区内出露最为广泛地层，也是石英岩矿的主要赋矿层位。主要岩性为灰白色中细粒石英砂岩。与西南部石碑岭岩体呈角度不整合接触，与南芬组地层整合接触，地层倾向 $190\sim 220^{\circ}$ ，倾角 $20\sim 25^{\circ}$ ，出露宽度 600～800m。

石英砂岩：灰白色，中细粒粒状结构，块状构造。岩石主要由石英及胶结物组成。石英：圆～次圆状，分选性较好，粒径为 0.1-0.5mm，含量约为 90%；胶结物为硅质，沿石英碎屑颗粒边缘分布，胶结类

型为孔隙式胶结，含量 10%。

（3）南芬组一段

主要分布于矿区西北部，层状产出，总体走向北西，与下伏钓鱼台组呈整合接触，局部受断层影响错段，与上覆桥头组呈角度不整合接触，地层倾向 $200\sim 215^{\circ}$ ，倾角 $20\sim 25^{\circ}$ ，出露宽度 $150\sim 200\text{m}$ 。主要岩性为蛋青色细晶灰岩、条带状含绢云石英细晶灰岩夹紫色页岩。

细晶灰岩：蛋青色，细晶结构，条带状构造。主要矿物成分为石英及方解石。石英：次棱角状～次圆状，分选性好，粒度极细，含量约为 15%；方解石：细晶粒状，粒度较细，含量约为 85%。

条带状含绢云石英细晶灰岩：灰白色，细晶结构，条带状构造。主要矿物成分为石英、绢云母及方解石。石英：次棱角状～次圆状，分选性好，粒径极细，含量约为 15%；绢云母：鳞片状，呈条带状分布，片径为 $0.1\sim 0.2\text{mm}$ ，含量 $3\sim 5\%$ ；方解石：细晶粒状，粒径约为 0.1mm ，含量约为 80%。

页岩：暗紫色，细粒粒状结构，层状构造。以泥质成分为主，含少量云母。

（4）桥头组

分布于矿区西北部，层状产出，与下伏的南芬组灰岩成角度不整合接触。岩性主要为石英砂岩。

石英砂岩：灰白色，中细粒粒状结构，块状构造。岩石主要由石英及胶结物组成。石英：圆～次圆状，分选性较好，粒径为 $0.1\sim 0.5\text{mm}$ ，含量约为 85%；胶结物为硅质，沿石英碎屑颗粒边缘分布，胶结类型为孔隙式胶结，含量 15%。

（5）第四系

主要分布于矿区的南侧，出露面积较小，主要展布在沟谷地段，为冲洪积物，主要由亚粘土、亚沙土、砾石等组成。

（二）地质构造

矿区大地构造位置处于柴达木-华北板块(Ⅲ)内的华北陆块(Ⅲ-5)北缘东段中部的辽东新元古-古生代拗陷带(Ⅲ-5-7)内的太子河新元古代-古生代拗陷(Ⅲ-5-7-2)内。

1、构造

矿区内褶皱构造主要为付家堡子向斜的南翼，在勘查区表现不完整。勘查区断裂构造发育，主要断裂构造有宋家街-老程家断裂(F1)、***村-二道沟断裂(F2)、大背山-庙岭断裂(F3)。

宋家街-老程家断裂(F1)：断层走向北东，断层面倾向东南，倾角 75° ，属于张性正断层。断层切割了早期太古代深成侵入体、辽河群地层、青白口系钓鱼台组，错断地层发生位移。断裂带内发育宽约 10m 的岩石破碎带，其内见构造角砾岩，呈扁豆状、透镜状，断层上盘破碎严重，下盘轻微破碎。构造镜面上见有擦痕。

*****村-二道沟断裂(F2)：**断层走向北东，断层面倾向东南，倾角 70° ，属于张性正断层。断层切割了早期太古代深成侵入体、辽河群地层、青白口系钓鱼台组、中生代花岗岩，错断地层发生位移。断裂带内发育宽约 5—10m 的岩石破碎带，破碎带内见构造角砾岩及小的构造面。构造面上见有擦痕。

大背山-庙岭断裂(F3)：断层走向北东，断层面倾向南东，倾角 50° ，属于张性正断层。断层切割了辽河群地层、青白口系钓鱼台组、中生代花岗岩。断裂带内出露宽约 5m 的岩石破碎带，其内见构造角砾岩，呈扁豆状、透镜状，断层上盘破碎严重，下盘轻微破碎。构造面上见有擦痕。

此外在勘查区白马寺、砬门等地发育有规模不等的走滑断裂，走向多为北西和北东向，多向北西倾斜，局部倾角较陡，断层面呈舒缓波状，有中性脉岩充填，两侧岩石片理发育，可见构造角砾或糜棱岩（带）。

2、岩浆岩

区内主要出露石碑岭岩体，主要为新太古代片麻状二长花岗岩（XgnAr₃）和似斑状中细粒黑云母二长花岗岩（η γ Ar₃），分布在矿区西部，出露面积约 1.5km²，与钓鱼台组和南芬组地层呈角度不整合接触。总体走向为北西西向，长度约 1300m，出露宽度 300-900m，未对区内矿体造成破坏。

区内共发现 5 条脉岩，4 条为正长斑岩脉，1 条为花岗斑岩脉。正长斑岩脉分布在矿区南部石碑岭岩体和南芬组地层中，呈侵入接触，走向为北西西向，长度 200~450m，出露宽度 30-70m；花岗斑岩脉分布在矿区南部石碑岭岩体中，呈侵入接触，走向为北西西向，长度 490m，出露宽度 25m。脉岩整体不发育，未对区内矿体造成破坏。

3、地震

根据国家发布《中国地震动参数区划图》及说明书（GB18306-2015），区内地震峰值加速度 0.10g，地震动反应谱特征周期为 0.35s，抗震设防烈度Ⅶ度，区域稳定性一般。

本溪地区地震较少，属弱震区，历史上未发生过破坏性地震，从 1476 年至 1679 年只发生过 7~8 次有感地震，从有仪器记录地震以来，区内未发生过 4 级以上地震。

综上所述，矿区构造条件复杂程度中等。

图 2-3 矿区地质图

（三）水文地质

1、地下水类型

根据岩层的储水方式、地下水水力特征、富水性、分布范围及其对矿床开采的影响因素，按含水层的性质分述如下：

（1）松散层孔隙潜水含水层

①第四系全新统

第四系全新统松散层孔隙潜水含水层主要分布在河谷和山间沟谷中，为河流的冲洪积而成。冲洪积物主要由砂土、砂砾石，局部夹粉质黏土等组成。孔隙较发育，有利于地下水的赋存和运移，为水量中等区，根据区域资料出水量在 100~1000t/d，是当地居民生活用

水和农田灌溉用水的主要水源地段。

②第四系更新统

第四系更新统松散层孔隙潜水含水层零星分布在矿区西部，为坡洪积而成。坡洪积物主要由上部亚黏土，下部混砂土、砂砾石、碎石等组成，碎屑物质磨圆差，分选差。单井涌水量 $<100\text{ t/d}$ 。

(2) 基岩裂隙水

①构造裂隙水

分布极不均匀的构造裂隙水含水岩组大面积分布在矿区，主要由青白口系钓鱼台组二段构成，在矿区中部偏南局部分布古元古界辽河群里尔峪组一岩段。

钓鱼台组二段岩性为灰白色中厚层石英砂岩夹页岩，石英砂岩呈灰白色，中细粒粒状结构，块状构造，泉平均流量为 $10\sim100\text{t/d}$ 。

里尔峪组一岩段岩性为白云石大理岩、石英白云石大理岩，泉平均流量为 $<10\text{t/d}$ 。通过钻探可知，仅有一个钻孔 ZK401 穿透溶洞，查明垂向上深度 2.2m，洞内无岩溶水。

SWK001 抽水井完井井深 150m，0~51.3m 孔径为 146mm，51.3~150m 孔径为 108mm，以矿区水文勘查孔为抽水试验井（孔）进行单孔抽水试验，无观测孔。通过抽水试验，在抽水试验前由钻井机台进行了下泵和洗井等所有前期准备工作，采用深井潜水泵进行抽水，泵下至深度为 110m。

②分布较为均匀的风化裂隙水

分布较为均匀的风化裂隙水主要分布在勘查区西北部，零星分布于勘查区中部和东南部。主要由早白垩世细中粒黑云母二长花岗岩、新太古代似斑状细中粒黑云母二长花岗岩和黑云二长片麻岩、黑云斜长片麻岩组成。泉平均流量 $<10\text{t/d}$ 。

③碳酸盐岩溶裂隙水

富水极不均匀的碳酸盐岩溶裂隙水局部分布在勘查区西北侧。主要由青白口系南芬组蛋青色、灰紫色薄~中厚层泥质泥晶灰岩组成，具岩溶裂隙水，岩溶多沿裂隙断裂发育，发育大小不均一，富水性差异较大。泉流量 $<1\text{ l/s}$ 。

2、隔水层

碳质页岩为矿层顶底板的主要组成岩层，在新打的钻孔里均穿透了页岩，页岩一般不具富水性，起到了隔水的作用，隔水性良好。

3、地下水补给、径流、排泄条件及含水层之间的水力联系

①补给条件

区内各含水岩组地下水均直接或间接接受大气降水入渗补给。大气降水后，一部分水通过植物根系或直接沿松散岩类孔隙、基岩风化裂隙、构造裂隙下渗，分别形成孔隙水、风化裂隙水和构造裂隙水。另一部分则沿着沟谷流出区外。

②径流条件

由于矿区位于山地丘陵区，地势高差大，大气降水很难在地表停留，均快速的沿着山体坡降方向流走，径流条件较好。

③水力联系

各含水岩组之间以及整个潜水带之下并无绝对的隔水底板，它们之间是有水力联系的，地下水的运移方向主要为垂向上的由上至下，其次为水平方向。

4、矿床充水因素

设计未来开采方式为露天开采，露天开采矿床直接充水因素为大气降水，而基岩裂隙水、第四系松散岩类孔隙水为矿床间接充水因素。

5、矿坑涌水量

矿坑涌水量预测：由于基岩裂隙水富水性弱，区内最低侵蚀基准面标高 320m，矿体赋存标高 320~790m，开采标高均位于最低侵蚀基准面之上。因此，露天采坑涌水主要为大气降水落入量。

计算公式为 $Q = XF / t$

式中：Q-矿坑涌水量

X-平均年降水量（一般取丰水年资料），m；

F-露天采矿场的面积， m^2 ；

T-一年时间，d。

该区平均年降水量为 0.776m，日最大降水量 0.153m（2018 年 8 月 7 日），露天采矿场的面积为设计露天矿坑范围 1807950.55 m^2 ，计算时间为一年。矿坑涌水量预测结果涌水量为 3843.75 m^3 /日，矿坑日最大涌水量预测结果为 276616.43 m^3 /日。

综上所述：区内矿体赋存位置位于侵蚀基准面以上，地形有利于自然排水；主要充水含水层的补给条件差；第四系覆盖很少；水文地质边界条件简单；矿床主要充水含水层为基岩裂隙水，基岩裂隙水富水性弱；矿区勘探类型为裂隙充水矿床，矿区主要含水层为弱富水；页岩透水性极差，隔水性能好；区内不存在采空区；区内含水层为基岩裂隙水，排水疏干不会引起塌陷、沉降。根据《矿区水文地质工程地质勘查规范》（GB/T 12719-2021），勘查类型为第二类裂隙充水矿床，水文地质勘查复杂程度为第一型水文地质条件简单型矿床。

（四）工程地质

1、岩土工程地质特征

依据矿区岩石类型及工程地质特征，可分为以下 3 个工程地质区：

（1）第四系松散岩组工程地质区

区内的第四系不发育，分布于沟谷地区，主要物质组成为：黄褐色粉质黏土、腐殖土、砂砾石等，层厚约 0.5~3.00m 不等。

（2）坚硬岩工程地质区

岩性主要为黑云二长片麻岩、黑云斜长片麻岩、似斑状细中粒黑云母二长花岗岩、细中粒黑云母二长花岗岩及中厚层中细粒石英砂岩。岩石为块状构造，稳定性较好，矿体顶底板岩石均较稳固。经对开采影响范围内的岩石进行的物理力学性质测试，岩石属坚硬，岩体完整程度为较完整~完整。岩石质量、岩体完整性及稳定性较好。

（3）较坚硬岩工程地质区

岩性主要为较坚硬的层状蛋青色、灰紫色薄-中厚层泥质泥晶灰岩、灰白色、灰粉色钠长方解大理岩、浅粒岩、变粒岩、磁铁、电气浅粒岩、白云石大理岩、石英白云石大理岩、透闪白云石大理岩夹浅粒岩、变粒岩、二云片岩、千枚状白云母石英片岩夹方解大理岩、白云质透闪大理岩、方解大理岩、透闪透辉大理岩、透闪变粒岩。岩石为层状、块状构造，稳定性较好，矿体顶底板岩石均较稳固。经对开采影响范围内的岩石进行的物理力学性质测试，岩石属较坚硬，岩体完整程度为较完整~完整。岩石质量、岩体完整性及稳定性较好。

2、结构面特征

区内矿体赋存于钓鱼台组地层中，顶、底板岩性主要为二长花岗岩及石英砂岩夹碳质页岩。围岩矿物成分主要为有机质、石英、长石，矿体于顶、底板界线较清晰。结构面特征叙述如下：

（1）原生结构面

根据钻孔工程地质编录调查，矿区内原生结构面中，青白口系南芬组（蛋青色细晶灰岩、条带状含绢云石英细晶灰岩夹紫色页岩、页

岩)及南华系桥头组(石英砂岩),呈层状产出,倾向主要向南,产状 $25^{\circ}\sim 40^{\circ}$,产状层理及节理裂隙较发育。根据岩体结构面分级及特征,原生结构面多属于IV~V级结构面。

(2) 次生结构面

①断层:矿区内存在3条北西向断裂,其中1条位于本次主要勘查区,如前所述,本次勘查的矿体、顶底板及围岩的完整性不受本条断裂影响。

②裂隙:岩石基岩强风化带深度一般 $0.30\sim 1.50\text{m}$,中等风化带深度 $1.5\sim 50\text{m}$,随深度的增加节理逐渐减弱,岩石节理裂隙发育较差、延展有限,钻孔岩心大都较完整,呈柱状、长柱状,岩石完整度比较高。

③岩脉:勘查区内地表出露脉岩有正长斑岩、花岗岩岩脉,在施工的47个钻孔中均未发现,未发现其对矿体有影响作用。

(3) 表生结构面

区内的第四系以冲洪积、坡洪积为主,由粉质黏土、砂土、砂砾石组成。砂砾石成分较杂,中等磨圆,分选性差,颗粒组成大小不等,含孔隙潜水,具弱富水性,抗拉抗剪性低。

3、岩体质量

通过对施工的钻孔RQD值进行统计,矿区钻孔基岩岩心RQD值在 $69.98\sim 92.60\%$ 之间。其中,8%的岩石质量等级为极好,岩体完整;67%的岩石质量等级为好,岩体较完整;25%的钻孔岩石质量等级为中等,岩体中等完整。

根据岩石力学试验结果按岩石饱和单轴抗压强度划分,石英砂岩抗压强度平均值为 80.81MPa ,岩石强度为坚硬岩;二长花岗岩抗压强度平均值为 60.03MPa ,岩石强度为坚硬岩;石英砂岩夹碳质页岩

抗压强度平均值为 63.45MPa，岩石强度为坚硬岩。

根据矿床工程地质条件采用《矿区水文地质工程地质勘查规范》（GB/T 12719-2021）中岩体质量指标法来评价井巷围岩稳定性。

按岩体质量指标 $M = f_x / 30 \times RQD$

式中： f_x - 岩石饱和单轴抗压强度

矿区矿体的岩体质量指标（M）值为 2.23，岩体质量为良；围岩的岩体质量指标（M）值为 1.61~2.68，岩体质量为良。

4、工程地质评价

（1）主要矿体（层）顶、底板的稳定性

本矿区设计开采模式为露天开采，矿体顶底板为石英砂岩、石英砂岩与碳质页岩互层、碳质页岩、二长花岗岩，岩石较致密，节理裂隙发育较差，岩石完整度较高，矿体及顶、底板岩石力学强度较高，RQD 值大都为 75~90% 以上，岩体质量指标（M）为 1.61~2.23，属坚硬岩，矿层顶底板稳定性较好。

（2）采场边坡、井巷、围岩的稳定性及剥离物强度

边坡、围岩的稳定性：岩性为石英砂岩、石英砂岩与碳质页岩互层、碳质页岩、二长花岗岩，岩石较致密，节理裂隙发育较差，岩石完整度较高，岩石力学强度较高，属坚硬岩石，岩石稳定性较好。

剥离物强度：岩性为石英砂岩、石英砂岩与碳质页岩互层、碳质页岩，岩石较致密，节理裂隙发育较差，岩石硬度较高，剥离物强度较大。

综上所述：矿体岩性为石英砂岩，矿体顶底板及围岩为石英砂岩、石英砂岩与碳质页岩互层、碳质页岩、二长花岗岩，工程地质勘探类型为层状、块状岩类。岩石强度较高，稳定性较好，岩体总体质量良。依据《矿区水文地质工程地质勘查规范》（GB/T 12719-2021），工

程地质勘查的复杂程度属简单型。

（五）矿体地质特征

1、矿体（层）特征

玻璃用石英岩矿体赋存于青白口系钓鱼台组地层中，地层呈北西向层状分布，石英岩矿体展布方向与地层走向基本一致。共圈定 4 条矿体编号分别为 I、II、II-1、II-2 号，矿体呈层状，总体走向较规则，矿体走向北西向，倾向南西，矿体倾角 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。矿体控制长度 $37.5\sim 2400\text{m}$ ，最大延深 952m ，埋深 $0\sim 175\text{m}$ ，赋存标高 $320\sim 790\text{m}$ 。矿体产状 $200^{\circ}\sim 210^{\circ} \angle 15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。矿体赋存标高为 $320\sim 790\text{m}$ ，埋深为 $0\sim 175\text{m}$ 。矿体厚度 $4\sim 139\text{m}$ ，平均厚度 32.98m 。

I 号矿体为勘查区内主要矿体，规模较大，各矿体特征如下：

I 号矿体：呈层状产出，矿体控制长度 2400m ，最大延深 952m ，矿体产状 $200^{\circ}\sim 210^{\circ} \angle 15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。矿体赋存标高为 $320\sim 790\text{m}$ ，埋深为 $0\sim 152\text{m}$ 。矿体厚度 $5\sim 139\text{m}$ ，平均厚度 57.97m 。

II 号矿体：呈层状产出，矿体控制长度 1200m ，最大延深 604m 。矿体走向 $110^{\circ}\sim 120^{\circ}$ ，倾向 $200^{\circ}\sim 210^{\circ}$ ，倾角 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。矿体赋存标高为 $320\sim 633\text{m}$ ，埋深为 $29\sim 169\text{m}$ 。矿体厚度 $4\sim 65\text{m}$ ，平均厚度 17.34m 。

II-1 号矿体：呈似层状产出，矿体推断长度 37.5m ，最大延深 37.5m 。矿体走向 $110^{\circ}\sim 120^{\circ}$ ，倾向 $200^{\circ}\sim 210^{\circ}$ ，倾角 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。矿体赋存标高为 $420\sim 474\text{m}$ ，埋深为 $132\sim 175\text{m}$ ，矿体平均厚度 29.65m 。

II-2 号矿体：呈层状产出，矿体控制长度 300m ，最大延深 453m 。矿体走向 $110^{\circ}\sim 120^{\circ}$ ，倾向 $200^{\circ}\sim 210^{\circ}$ ，倾角 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。矿体赋存标高为 $320\sim 528\text{m}$ ，埋深为 $44\sim 147\text{m}$ 。矿体厚度 $15\sim 39\text{m}$ ，平均厚度

26.97m。

矿体主要特征见下表。

表 2-1 矿体主要特征一览表

矿体号	赋存空间 (m)		矿体规模 (m)			产状 (°)	
	埋深	赋存标高	最大延深	控制长度	平均厚度	倾向	倾角
I	0~152	320~790	952	2400	57.97	200~210	15~30
II	29~169	320~633	604	1200	17.34	200~210	15~30
II-1	132~175	420~474	37.5	37.5	29.65	200~210	15~30
II-2	44~147	320~528	453	300	26.97	200~210	15~30

2、矿石特征

(1) 矿石风（氧）化特征

石英砂岩主要受氧化作用的影响。

石英砂岩中，主要的矿物质是石英，它对氧化作用非常稳定，不容易被氧化。石英砂岩中一些含有铁质矿物，如赤铁矿、磁铁矿等，在存在氧气的条件下会发生氧化反应。这些矿物质的氧化会导致石英砂岩表面出现红色、棕色或黄褐色的斑点或条纹。这些受氧化的矿物主要出露于地表。

(2) 矿石类型

矿石自然类型：灰白色中细粒石英砂岩，主要矿物成分为石英。

矿石工业类型：本区矿石种类较单一，石英为主要矿物组成。矿石类型为平板玻璃用石英岩。

3、矿体围岩和夹石

矿体赋存于钓鱼台组地层中，顶、底板岩性主要为二长花岗岩及

石英砂岩夹碳质页岩。围岩矿物成分主要为有机质、石英、长石，矿体于顶、底板界线较清晰。近矿层部分受围岩影响颜色由白色-灰白色-黑色，矿体与围岩大都有明显的分界线。

矿区内夹石主要分布于 I 矿体之中，岩性主要为石英砂岩夹碳质页岩及石英含量较少未圈定为矿体的石英砂岩，其产状与矿体产状基本一致，虽 I 矿体夹石数量较多，主要分布在 10 线和 3 线之间，但各剖面之间夹石对应性较差，对矿体完整性影响较小。

四、矿区土地利用现状及采矿用地审批情况

（一）土地利用现状

根据本溪市自然资源局南芬分局提供的土地利用现状图（第三次全国国土调查、年度国土变更调查成果数据），辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿项目区范围面积为 312.8829hm²。其中申请矿区范围面积 301.4300hm²，矿界外拟建表土场、矿山道路范围面积 11.4529hm²。土地现状类型为旱地、乔木林地，其中乔木林地占用范围最大，面积为 312.4599hm²，占整个项目区面积的 99.86%；旱地在矿区南侧边界零星分布，占地面积 0.4230hm²，仅占整个项目区面积的 0.14%。

项目区总土地利用现状见表 2-2。

表 2-2 项目区总土地利用现状表

一级地类		二级地类		面积 (hm ²)			总面积比例 (%)
				矿界内	矿界外	合计	
01	耕地	0103	旱地	0.4230	0	0.4230	0.14
03	林地	0301	乔木林地	301.0070	11.4529	312.4599	99.86
合计				301.4300	11.4529	312.8829	100.00

图 2-4 矿区土地利用现状图

（二）土地权属

项目区土地权属主要为辽宁省本溪市南芬区****街道***村和***村集体所有，项目区土地面积为 312.8829hm²，其中***村土地面积 169.8354hm²，占项目区面积的 54.28%；***村土地面积 143.0475hm²，占项目区面积的 45.72%；项目区土地权属清楚，土地权属无争议，土地权属见下表。

表 2-3 项目区土地权属表

权属		地类		
		01 耕地	03 林地	合计
		0103 旱地	0301 乔木林地	
本溪市南芬区 ****街道	***村	0.1744	169.6610	169.8354
	***村	0.2487	142.7988	143.0475
合计		0.4231	312.4598	312.8829

（三）采矿用地审批情况

项目区土地包括矿区范围及矿区外采矿活动占用的范围。土地面积 312.8829hm²。矿山采矿用地范围包括露天采场、废石场、表土场、矿山道路，主要土地类型为乔木林地。

矿区范围内的土地权属性质为集体所有土地，拟与村集体签订相关协议，以租赁方式取得。

五、矿区生态状况

（一）生态功能定位

1、核心生态功能定位

项目区位于本溪市南芬区****街道。根据《本溪市南芬区****街道国土空间总体规划（2021-2035年）》，****镇被定位为“辽东山区水源涵养与生物多样性保护核心区、南芬区生态屏障与生态产业融合发展示范区”，形成“一核三带多区”生态空间格局：以森林生态系统为核心，以水源涵养带、生物多样性保护带、生态产业带为骨架，以多个生态功能区为支撑。

2、生态功能定位分析

（1）水源涵养核心区

功能定位：作为“引细入汤”水源保护区所在地，承担汤河水源地水质保障和水量调节功能，是本溪市重要的战略水源地。

空间分布：以细河、兰河及其支流为脉络，包括****八个自然村水源地和周边集水区，形成“河-库-林”三位一体水源保护系统。

（2）生物多样性保育区

功能定位：作为南芬区生物多样性最丰富区域，是长白山植物区系保存完好的“生态基因库”，承担珍稀野生动植物保护和生物廊道构建功能。

空间分布：东部和北部原始森林和天然林集中区为核心保护区，中部人工林和混交林为过渡带，形成“核心-缓冲-廊道”保护网络。

（3）生态屏障功能区

功能定位：作为南芬区东部生态屏障，承担水土保持、防风固沙和气候调节功能，是阻挡风沙、减缓水土流失的“绿色长城”。

空间分布：沿区域边界形成连续的森林屏障，与地形地貌相结合，

构建“山脊-沟谷-盆地”立体防护体系。

(4) 生态产业融合示范区

功能定位：依托丰富生态资源，发展“生态产业化、产业生态化”的特色产业集群，打造“绿色矿山-特色农业-生态旅游”融合发展模式。

空间分布：形成“一区三园多点”产业格局，生态工业区（***村）、特色农业园（太平山、永安村）、生态旅游园（五鼎山、大冰沟）和多个特色产业点。

(二) 生态本底状况

1、区域生态本底状况

本溪南芬区地处长白山系千山山脉东延部分，地势东部高，西、北、南低，呈现“八山一水一分田”的地貌格局。全区总面积约 614 平方公里，森林覆盖率达 78.89%，是辽宁省十个重点林业县区之一。根据搜集资料，矿山所在本溪市南芬区内生态系统主要为森林生态系统、农田生态系统、湿地生态系统、城镇生态系统。

(1) 森林生态系统

1) 规模与分布

林地面积 50580.95hm²，占全区总面积 82.3%，乔木林地 48485.21hm²，森林覆盖率 78.89%，局部区域如大冰沟景区高达 97.8%，林木蓄积量约 235 万立方米，东部山区保存大面积原始森林。

2) 类型结构

森林生态系统以天然林、人工林、灌木林为主，天然林面积 37122.84hm²，占整个森林系统的 74.08%，以柞树、桦树等原生树种为主，生物多样性高；人工林面积 10914.07hm²，占整个森林系统的 21.78%，主要为落叶松、红松等经济林，占蓄积量 30.5%；灌木林

1544hm², 占整个森林系统的 3% , 分布于森林边缘、陡坡和采伐迹地 。

3) 物种多样性

维管束植物 1600 余种, 隶属 174 科, 包括国家重点保护植物 9 种, 如天女木兰, 本溪市花。

野生动物 60 余种 (国家一至三级保护动物), 包括棕熊、野猪、黄羊等大型兽类和多种珍稀鸟类 。

林下经济资源丰富: 100 余种中草药, 如人参、五味子; 50 余种山野菜, 如大叶芹、刺龙牙。

4) 空间分布规律

东部思山岭和****地区以原始和天然次生林为主, 森林覆盖率超 90%, 是区域生态屏障; 中部区域以天然林与人工林镶嵌分布; 西部和南部森林相对稀疏, 多为人工林和经济林, 靠近城镇和矿区。

(2) 农田生态系统

1) 规模与分布

耕地面积约占全区总面积 10%, 主要分布于河谷平原和山间盆地, 呈 “点状” 或 “带状” 镶嵌于森林中。

2) 类型结构

传统种植业: 以玉米、大豆等粮食作物为主, 多分布于地势较平坦区域

特色农业: 以冷水鱼养殖、食用菌栽培、特色种植 (沙棘、灵芝、大榛子等经济作物)、中药材与山野菜 (林下参、五味子等中药材和大叶芹、刺嫩芽等山野菜人工培育) 。

(3) 湿地生态系统

1) 规模与分布

境内河流 76 条, 总长 208.64 公里, 湖塘 24 处, 主要集中在思

山岭和****街道。

主要河流：太子河上游支流分布区，是本溪市区重要水源涵养地。

2) 类型结构

河流湿地：主要分布于河流沿岸，形成宽窄不一的生态缓冲带。

塘库湿地：包括小型水库、山塘和南芬尾矿库。

沼泽湿地：零星分布于山间低洼地带，面积较小但生态价值高。

(4) 城镇生态系统

城镇生态系统主要包括乡村聚落、工矿、交通。

1) 乡村

全区辖 4 个街道（南芬、郭家、思山岭、****），2 个镇，29 个行政村和 7 个社区。

村落多沿河谷或交通线分布，呈“串珠状”或“组团状”，与森林、农田景观相互交融；已建成 13 个美丽宜居村，实施村庄清洁、垃圾一体化处理和水美乡村工程；传统满族村落（如太平山村）保留特色民俗文化，部分发展为乡村旅游点。

2) 工矿

以铁矿开采为主，拥有亚洲最大露天铁矿—南芬露天铁矿，以及大台沟铁矿、思山岭铁矿等，形成“铁三角”采选基地。其他矿产有方解石、石灰石等，支持铸件、建材等产业发展。

3) 交通

沈丹铁路、高速公路和 304 国道形成的交通网络，同时也是生态分割带。

2、项目区生态本底状况

根据对评价范围内土地利用现状的分析，结合动植物分布和生物量的调查，按照《生态系统格局与治理评价方案》（GB/T42340-2023），

项目区范围内的生态系统类型主要为森林生态系统，占整个项目区的 99.86%。

（三）生物多样性状况

1、植物多样性

（1）物种数量与分类

植物总计约 1600 余种，分布于 174 科，主要包括：木本植物数量约 400 种，代表物种有柞树、红松、水曲柳、紫椴、黄菠萝、天女木兰；草本植物数量约 1200 种，其中山野菜(50 余种)、中草药(100 余种)；蕨类植物数量约 20 科 30 余种，代表物种有东北蹄盖蕨、荚果蕨；珍稀植物国家重点保护 9 种，代表物种有天女木兰(二级)、野大豆(二级)。

（2）植物区系特征

地理成分：以长白植物区系为主，同时兼具华北植物区系成分，是两大植物区系的过渡带，物种交汇现象明显。

分布情况：随海拔升高呈现明显的垂直分布规律，低海拔(300-600m)以柞树为主的落叶阔叶林；中海拔(600-900m)为红松、云杉等针阔混交林；高海拔(900m 以上)为冷杉、岳桦等亚高山矮曲林和灌丛。

（3）植物群落结构特点

复层结构：典型森林群落具有乔木层→灌木层→草本层→地被层完整垂直结构，层次间物种互补，提高光能利用效率。

优势种明显：乔木层以辽东柞(占比 35%)、枫香(20%)、水曲柳(15%)构成三大优势树种；灌木层以胡枝子、榛子占主导，覆盖度约 40%；草本层以蕨类和耐阴草本为主，覆盖度约 60%。

特有群落：林下山参群落(40 科 68 属 79 种)、天女木兰群落等，

是区域特色植物资源。

2、动物多样性

（1）物种数量与分类

南芬区有国家重点保护野生动物 60 余种，森林野生动物 4 个纲 150 余种，陆栖脊椎动物约 54 种兽类、294 种鸟类、16 种爬行类、11 种两栖类。

哺乳动物多样性：常见草食性哺乳动物有野猪（数量较多）、狍子、野山羊，常见杂食性哺乳动物有狗獾、貉子，常见啮齿类哺乳动物有松鼠、花鼠、野兔等；国家重点保护哺乳动物有紫貂、黑熊、猓獾、水獭等。

鸟类多样性：白肩雕、白尾海雕（冬候鸟，主要分布于太子河本溪段）、中华秋沙鸭（珍稀濒危，南芬区为越冬地）、猎隼、红隼、猫头鹰、鸳鸯等 20 余种。

（2）生态分布特点

森林生态系统：兽类（黑熊、野猪、狍子等）、鸟类（杜鹃、黄莺、啄木鸟等）为主。

水域生态系统：以冷水鱼（虹鳟鱼、金鳟鱼、中华鲟等）和两栖爬行类为主，“南芬虹鳟鱼”为国家地理标志产品。

农田与村落系统：以啮齿类和常见鸟类为主，部分区域发展林蛙和蟾蜍等特色养殖。

工矿生态系统：野生动物相对较少，但随着生态修复，物种逐渐恢复。

六、矿区及周边人类重大工程活动

1、周边矿权分布情况

矿区周边分布有多家采矿权、探矿权，矿业工程是区域主要人类

工程类型之一。

现有采矿权：共计 2 处，分别为本溪市*****有限公司、本溪昌*****公司，均为正常运营矿山。

现有探矿权：共计 3 处，包含辽宁省本溪市*****详查、辽宁省本溪市*****普查、辽宁省本溪市*****-*****矿详查。

空间距离关系：本矿区与邻近探矿（辽宁省本溪市永安铁矿详查）相邻，与所有现有采矿权的直线距离均大于 300 米，相互开采作业、工程建设不会产生直接干扰，矿权布局相对独立。

对生态修复影响分析：周边长期工矿开发导致区域整体地表扰动频繁、土壤抗蚀性偏弱、生态基底较为脆弱，增加了本项目生态修复与水土流失治理难度。但各矿权边界清晰、作业独立，周边矿山生产不会对本项目植被重建、边坡治理、土地复垦等生态修复工程造成直接干扰，项目可独立、完整开展生态修复施工与后期管护。

2、重要交通道路分布情况

矿区西侧**km处丹阜高速公路（G1113）经过，矿区西侧**km处有丹霍线（G304）经过，矿区北侧**km处有施小线（乡道）经过，矿区周边分布有农村道路；矿区西侧**km处有沈丹高铁经过，矿区西侧**km处有沈丹线铁路经过。

对生态修复影响分析：周边完善的交通路网为矿区施工物料运输、苗木调运、养护巡查、生态修复施工提供了便利交通条件，利于提升复垦施工效率。

3、水源地、地表水系分布情况

矿区临近多条常年河流，水系发育，水体相关活动自然存在：

主干河流：矿区西侧**km 处有细河（常年河流，太子河一级支

流) 流经, 是区域核心水系; 矿区南侧**km 分布细河支流大石河。

两条河流均为周边村落农业灌溉、生活取水的重要水源, 沿线存在取水、护岸等简易水利配套工程, 地表径流活动常年存在。

对生态修复影响分析: 区域充沛的地表水资源可为矿区植被定植灌溉、后期补水保墒提供可靠水源保障, 满足生态修复用水需求。

4、居民区分布情况

乡镇驻地: 矿区西南侧距离*****镇政府驻地约 2.5km, 集镇人口集中, 生产、生活活动密集。

村落分布: 矿区南侧 1.5km 范围内分布**村、***村、**等多个自然村, 村民日常居住、农耕、出行等活动常态化。

安全距离: 矿区周边 300 米范围内无城镇、村庄, 居民聚居区与采矿作业核心区保持安全距离, 可规避开采、爆破等活动对人居安全的直接影响。

对生态修复影响分析: 周边村镇居民农耕、放牧、日常活动易对矿区边缘修复植被产生踩踏、损毁扰动, 增加植被管护难度。同时, 矿区紧邻人居区域, 生态修复成效直接关系区域人居环境质量, 因此本项目需采取高标准植被复垦、扬尘治理、水土保持措施, 通过完善立体植被防护体系, 改善区域局部生态环境, 降低矿区生产对周边居民区环境的负面影响。

5、其他人类工程活动情况

(1) 高压输电线路: 矿区内部及周边架设 6.6 万 KV、22 万 KV 高压线路, 目前已完成线路搬迁协议签订; 明确高压线 500 米范围内严禁开展采矿作业, 电力工程为区域重要基础设施, 同时划定了严格的作业管控范围。

(2) 宗教建筑工程: 矿区附近建有白马寺(在建寺院), 不属

于国家旅游景区、重点文物保护单位。露天采场最终境界与白马寺最近距离为 310m，超出《爆破安全规程》顺坡爆破 300m 的警戒距离，爆破作业不会对该建筑造成安全威胁。

（3）其他工程：常规生产活动除矿业、交通外，区域主流人类活动为传统农耕活动。

综上所述，本矿区评估区人类工程活动整体较为强烈，区域以工矿开发、道路交通、村镇人居、农业生产为核心的人类活动长期影响区域原生生态环境，整体对矿区生态修复工作存在一定制约影响，提升了生态修复与水土保持治理的标准与难度。周边完善的交通、水系条件可为项目生态修复施工、苗木灌溉、后期管护提供便利基础条件。总体来看，本项目通过科学分区植被复垦、规范施工管控、强化后期管护，可有效抵消区域人类活动带来的不利影响，通过系统性生态修复治理，能够逐步修复矿区受损生态环境，降低区域水土流失强度，改善矿区及周边人居生态环境，实现矿区开发与生态保护协调发展。

七、矿区生态修复工程情况

矿山为探矿权转采矿权新建矿山，无以往开展的生态修复工作。

八、矿区基本情况调查监测指标

根据《矿区生态修复方案编制指南》和《矿山土地复垦与生态修复监测评价技术规范》（GB/T 43935-2024），结合矿区地质环境、生态环境特征以及矿山开采可能产生的生态环境问题，确定矿山开采前调查监测指标。

矿山开采前的监测内容主要为地下水、土地利用现状、耕地及永久基本农田、生态系统格局、生态状况调查、生态系统质量，具体监测指标详见下表。

表 2-4 矿区开采前生态修复监测内容与监测指标表

监测对象	监测内容	监测指标	监测方法	监测值
地质环境	地下水环境	含水层类型	采用水井 手动测量	松散岩类孔隙水、基岩裂隙水
		地下水位		1.8-5.3m
		地下水水温		-
		地下水水量		松散层孔隙水 100~1000t/d；基岩裂隙水 < 100t/d
		地下水质量		III类
		井泉个数与排泄量		区内泉点零星分布，单泉流量 < 100t/d
	土壤环境	土壤污染项目	-	无超标项，无污染
		土壤微量项目		棕壤，pH 5.0~6.2
土地资源	土地利用现状	土地利用类型及面积	采用航拍影像圈定损毁面积，再与三调地类数据库套合，进行矢量化测量	旱地 0.4230hm ² 乔木林地 312.4599hm ²
		土地利用面积		312.8829hm ²
		基本农田及面积		0
	耕地及基本农田	土壤质量	NY/T 1119	符合农用地标准
		配套设施		无专项灌溉、防护设施
		生产力水平		旱地常规农作物亩产中等
生态系统	地表水环境	地表水面积	HJ91.2	季节性溪流为主，无常年大型水面
		地表水环境质量		符合《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）III类
		地表水排泄		雨季径流大，旱季断流，年径流量动态差异大
	生态系统格局	生态系统类型比例	GB/T 42340	农田生态系统 0.14%，森林生态系统 99.86%，
		平均斑块面积		农田生态系统 1.67hm ² ，森林生态系统 312.4599hm ² ，
		边界密度		0.071km/hm ²
		聚集度指数		96.2%
	生态状况调查	森林生态系统	与三调地类数据库套合，进行矢量化测量	312.4599hm ²
		农田生态系统		0.4230hm ²
	生态系统服务	水源涵养量	HJ 1173 LY/T 2988	349951t/a
		防风固沙量		8655t/a

表 2-4 矿区开采前生态修复监测内容与监测指标表

监测对象	监测内容	监测指标	监测方法	监测值
		土壤保持量		21059t/a
		生物多样性维护		中等
		碳储量		15185tC
	生态系统质量	生物量	GB/T 42340	12029t
		植被覆盖度		82%
		水质		Ⅲ类
		生态系统质量综合指数		77.75

第三章 问题识别诊断及修复可行性分析

一、问题识别与受损预测

(一) 现状问题

1、地质环境问题现状

(1) 地质灾害现状

矿山为探矿权转采矿权新建矿山，区域以往无采矿活动，仅进行了钻探施工。根据 2026 年 7 月编制的《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石灰岩矿项目地质灾害危险性评估报告》，评估区现状范围内存在 2 处崩塌地质灾害隐患点，分别为庙岭村河北后山中型崩塌地质灾害隐患点和宋家街后山大型崩塌地质灾害隐患点。存在一处滑坡地质灾害隐患点。

庙岭村河北后山崩塌地质灾害隐患点现状：规模 23292m²，为中型崩塌。该危岩所在地貌为低山，上覆灰岩，下部为花岗斑岩，上部灰岩弱风化，产状 320° ∠5°，危岩区后缘发育多条卸荷裂隙，产状 332° ∠15°，危岩周围未见明显地质构造现象，危岩所在斜坡以灌木为主，覆盖率 65%，危岩周围未见人类活动，斜坡脚下有居民 1 户 2 人，威胁财产 10 万元，险情等级为小型。

宋家街后山崩塌地质灾害隐患点现状：规模 27184m²，为大型崩塌。该危岩所在区域微地貌属陡坡地貌，岩石为石英岩，微-中风化，产状 302° ∠30°，危岩区发育一组陡倾节理裂隙。该危岩周边未见明显地质构造现象。危岩区所在斜坡以灌木为主，植被覆盖率>70%，危岩体范围内未见人类工程活动，仅斜坡坡脚见村民房屋。威胁人口 6 户 12 人，威胁财产 60 万元，险情等级为小型。

滑坡地质灾害隐患点现状：山体高差为 142m，滑坡体坡度为

40°，滑坡体岩层产状为 200° ∠38°，岩层倾向与开采岩壁坡向、地形坡度方向一致，产状与坡面顺层。裸露岩石的裂隙节理极其发育，主要有三组裂隙切割岩石，产状分别为 210° ∠41°、280° ∠83°、8° ∠82°，根据裂隙产状及发育程度分析岩石稳定性性质为不稳定。滑坡体主要由不稳定岩体及上部覆盖土质组成。土质滑坡体主要分布山顶后缘及山坡的西侧，土质滑坡体长约 40m，宽约 15m，厚度在 1m 左右；岩体滑坡体包括采场岩壁的悬空岩层及山顶上部和西侧的潜在滑坡岩层。

依据《地质灾害危险性评估规范》GB/T40112-2021 中表 15《地质灾害危害程度分级表》，地质灾害危害程度中等。

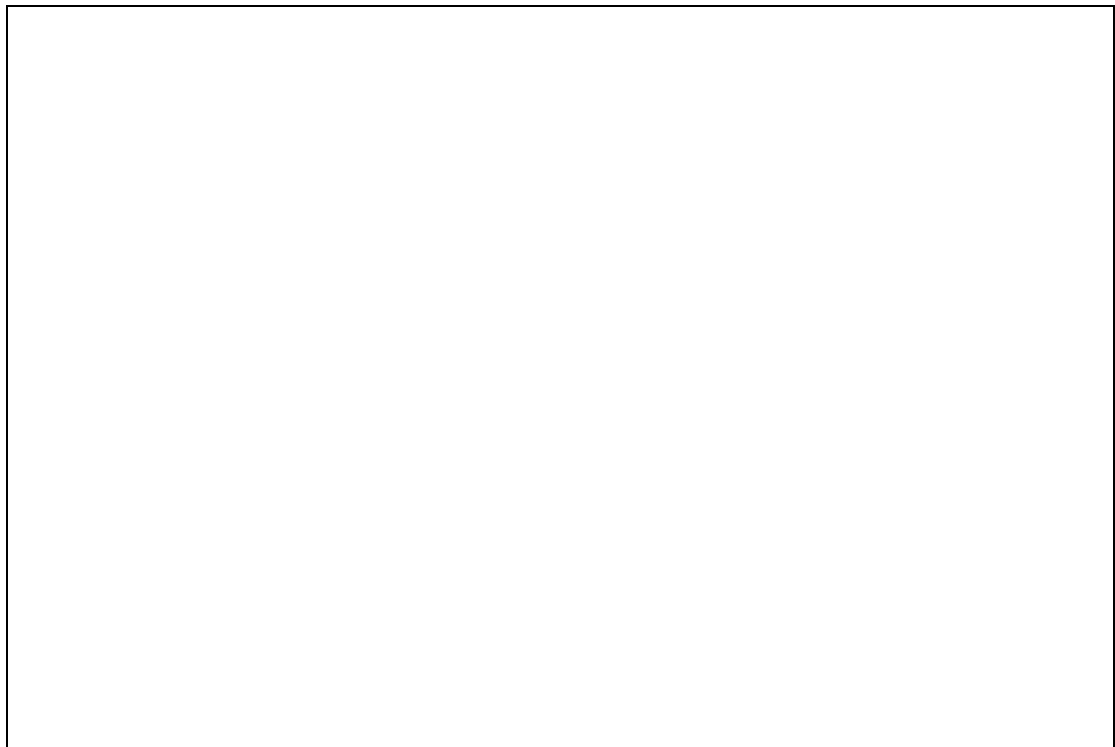


图 3-1 地质灾害现状分布图

根据现状调查及询问，本次申请开采区域内以往未发生过崩塌、滑坡、泥石流、岩溶地面塌陷等地质灾害。

（2）地形地貌现状

该矿区为探矿权转新建矿山，此前仅开展过钻探等勘查作业，无

大规模采矿活动，仅布设探槽、临时作业平台、简易施工道路，无永久建构筑物，全部用地为临时占用。整体地形地貌仍保持原始自然状态，未出现挖损、压占、坍塌、塌陷等人为损毁问题。

现状下山体连续性、完整性未遭到破坏，岩土体均被原生植被覆盖，无大面积裸露岩体、坑洼采坑、人工堆积体等人工地貌。原生山地景观保存完好，地形地貌景观受人为扰动程度较轻。

（3）地下含水层现状

矿山目前仅进行了探矿施工工程，未影响矿区及周边主要含水层，未影响到矿区及周边地区生产生活涌水。

为了解矿山所在区域的地下水环境现状，对矿区南侧居民水井进行取水，对地下水水质进行了检测，并出具检测报告。

通过监测结果来看，所检测的地下水水质指标满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中III类限值要求，无化学型污染（有机、氮磷、重金属、有毒有机物均清洁）。作为饮用水时，仅需常规沉淀过滤 + 简易消毒即可完全满足饮用要求；完全适用于工业、农业、生活杂用等全部用水场景。

表 3-1 地下水水质监测结果表

检测项目	单位	检测结果	III 类标准限值
色度	-	<5	<15
臭和味	-	无	无
浑浊度 (NTU)	-	3.1	≤5
肉眼可见物	-	有杂质	无
PH	-	7.53	6.5-8.5
溶解性总固体	mg/L	111	≤1000
氯化物	mg/L	6.498	≤250
硝酸盐 (以 N 计)	mg/L	4.072	≤20.0
硫酸盐	mg/L	24.823	≤250
亚硝酸盐 (以 N 计)	mg/L	<0.0001	≤0.02
阴离子表面活性剂	mg/L	<0.004	≤0.3
耗氧量 (锰法, 以 O ₂ 计)	mg/L	0.80	≤3.0
氨氮	mg/L	<0.02	≤0.5
氟化物	mg/L	0.10	≤1.0
碘化物	mg/L	<0.001	≤0.2
六价铬	mg/L	<0.004	≤0.05
总硬度 (以 CaCO ₃ 计)	mg/L	79.75	≤450
铝	mg/L	0.055	≤0.20
铁	mg/L	0.198	≤0.3
锰	mg/L	<0.0005	≤0.10
钠	mg/L	4.618	≤200
铜	mg/L	0.00171	≤1.00
锌	mg/L	0.01984	≤1.0
砷	mg/L	0.00046	≤0.01
硒	mg/L	<0.0009	≤0.01
镉	mg/L	<0.0005	≤0.005
铅	mg/L	0.00096	≤0.01
汞	mg/L	<0.00004	≤0.001
挥发性酚类 (以苯酚计)	mg/L	<0.001	≤0.01
硫化物	mg/L	<0.0002	≤0.05

氰化物	mg/L	<0.002	≤0.05
三氯甲烷	μg/L	<0.1	≤60
四氯化碳	μg/L	<0.1	≤2
苯	μg/L	<0.2	≤10.0
甲苯	μg/L	<0.1	≤700
总大肠菌群	MPN/100mL	9.7	≤100
菌落总数	CFU/100mL	36	≤100
α	Bq/L	0.016	≤0.1
β	Bq/L	0.027	≤1.0

2、土地资源损毁现状

本项目为探矿权转采矿权的新建矿山，截至现状阶段，矿区仅开展前期地质钻探等少量勘查作业，尚未启动露天开采、场地平整、表土剥离、废石、表土堆存等大规模生产建设活动。

主要损毁形式现状仅因前期地质勘查布设探槽、临时作业平台、简易施工道路，无永久建构筑物，全部用地为临时占用。无大面积挖损、压占等严重损毁行为。其余区域均保持原始土地状态。

探矿探槽、临时作业平台、简易施工道路占地面积小、扰动范围有限，仅对局部地表植被和表层土壤造成轻微破坏，未改变区域整体土地格局，也未造成土地功能完全丧失。

整个探矿勘查区探矿工程占地面积 10.6254hm²，其中临时道路 8.5059hm²，钻探平台 0.7762hm²，探槽 1.3433hm²。勘查区分东西两个区域，本次申请开采区域为西区，东区下一步将继续进行探矿活动。本次申请区域（西区）探矿工程占地面积 10.5149hm²，其中临时道路 8.4177hm²，钻探平台 0.7762hm²，探槽 1.3210hm²。根据土地利用现状图，损毁土地类型全部为乔木林地（0301）。

结合损毁等级划分标准，当前矿区土地资源损毁综合评价为轻度

损毁，不存在重度、中度损毁区域。

表 3-2 现状损毁土地评估表

损毁单元	损毁方式	损毁程度	损毁土地类型及面积 (hm ²)	土地权属
			乔木林地 (0301)	
钻探平台	挖损、压占	轻度	0.7762	***村、***村
探槽	挖损、压占	轻度	1.3210	***村、***村
临时道路	挖损、压占	轻度	8.4177	***村、***村
合计			10.5149	—

3、植被损毁与生态服务功能现状

(1) 植被现状

本矿区为新建矿山，现阶段仅开展少量地质钻探工作，未进行大规模开挖、占地等工程活动，全域植被基本保持原生自然状态，无大面积砍伐、损毁情况。项目区生态系统以森林生态系统为主，占比达 99.86%，矿区地处长白山植物区系，植被群落层次完整，物种丰富度较高。

仅钻探作业、临时探矿道路造成局部点状、线状轻微损毁，损毁范围小、占比极低；矿区 99% 以上区域植被保存完好。现状植被整体损毁程度为轻度，未破坏区域植被群落结构与稳定性。

(2) 生态服务功能现状

依托完好的森林生态系统，矿区现状各项生态服务功能均保持正常运转具体分析如下：

1) 水源涵养功能

项目区属于细河、大石河支流汇水区，森林植被冠层、枯枝落叶层与土壤形成多层蓄水结构。现状植被截留降水能力强，大气降水可有效入渗补给地下水与地表径流，区域径流调节能力稳定，是周边村镇及下游水系重要的水源补给区。区域年水源涵养量达 349951t，水

源涵养功能优良。

2) 水土保持功能

乔、灌、草立体根系网络牢牢固持土体，搭配地表枯枝落叶层，大幅削弱雨水冲刷力。区域地形虽起伏较大、部分坡面陡峭，但现状无明显水土流失、面蚀、沟蚀问题。土壤保持量为 21059t，整体抗侵蚀能力强，水土保持功能处于良好水平。

3) 固碳释功能

大面积成熟森林构成区域核心碳汇单元，植被与土壤碳库储量稳定，区域年碳储量达 15185t，生物量为 12029t，固碳释氧能力突出，对区域碳循环、气候调节起到积极作用。

4) 生物多样性维持功能

生态廊道连通性好，物种交流顺畅，生物多样性综合评价为中等水平。现状无人为干扰导致的物种迁徙、种群缩减问题，珍稀动植物生存环境安全。

(3) 水土环境现状

为了解矿山所在区域的地下水环境现状，对矿区南侧地表水系进行取水，对地下水水质进行了检测，并出具检测报告。

地表水水质评价（执行 GB 3838-2002III类标准），通过监测结果来看，所检测的地表水水质整体重金属毒性风险很低，粪大肠菌群数值远低于 III 类限值，微生物污染程度轻。化学需氧量、五日生化需氧量、总氮、总磷，水体呈现明显的有机污染 + 湖库型氮磷富营养化特征。可适用于农业灌溉、一般工业用水等低要求用水功能。

表 3-3 地表水水质监测结果表

检测项目	单位	检测结果		III 类标准限值
		1#	2#	
pH	无量纲	7.64	8.10	6-9
阴离子表面活性剂	mg/L	<0.004	<0.004	≤0.2
耗氧量(锰法,以 O ₂ 计)	mg/L	1.34	1.25	6
化学需氧量	mg/L	42	22	20
五日生化需氧量	mg/L	13.25	9.76	4
溶解氧	mg/L	8.20	8.19	5
氨氮	mg/L	<0.02	<0.02	1.0
总氮	mg/L	3.53	2.98	1.0
氟化物	mg/L	0.202	0.096	1.0
六价铬	mg/L	<0.004	<0.004	0.05
总磷	mg/L	0.065	0.066	0.05
铜	mg/L	0.00017	0.00057	1.0
锌	mg/L	0.00117	<0.0006	1.0
硒	mg/L	<0.00009	0.00009	0.01
镉	mg/L	<0.00005	<0.00005	0.005
铅	mg/L	<0.00007	<0.00007	0.01
汞	mg/L	0.00011	0.00009	0.0001
挥发性酚类(以苯酚计)	mg/L	<0.0001	<0.0001	0.005
硫化物	mg/L	<0.002	<0.002	0.2
氰化物	mg/L	<0.0002	<0.0002	0.2
石油类	mg/L	0.01	0.01	0.05
粪大肠菌群	MPN/100mL	未检出	2.1*10 ²	10000

2) 土壤污染

为了解矿山所在区域的土壤环境现状,对项目区进行取土检测,并出具检测报告。

根据检测结果可知,对照《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600-2018)第二类用地筛选值进行评价:本次矿区开采前土壤所有 GB36600-2018 规定的基本管控项目实

测浓度均远低于第二类用地风险筛选值；无机微量元素、铁锰等为本底地质元素，无污染风险；有机氯农药、多环芳烃检出含量极低。矿区现状土壤满足第二类建设用地土壤环境质量要求，无土壤污染隐患，生态本底洁净。

表 3-4 土壤监测结果表

检测项目	单位		实测值	GB 36600-2018 第二类用地筛选值 (mg/kg)	达标情况
镍 (Ni)	10^{-6}	25.2		900	达标
铜 (Cu)	10^{-6}	25.6		1800	达标
铅 (Pb)	10^{-6}	17.6		800	达标
镉 (Cd)	10^{-6}	0.14		65	达标
砷 (As)	$\mu\text{g/g}$	6.53	8.15	60	达标
汞 (Hg)	$\mu\text{g/g}$	0.067		38	达标
硼 (B)	10^{-6}	42.68		—	无管控限值
钼 (Mo)	10^{-6}	0.53		—	无管控限值
铬 (Cr)	mg/kg	48.5		1500	达标
TFe	%	3.18		—	无管控限值
Mn	mg/kg	798		—	无管控限值
锌 (Zn)	mg/kg	80.4		10000	达标
苯并[a]芘	mg/kg		0.45	15	达标
α -六六六	mg/kg		<0.006	总量 0.67	达标
β -六六六	mg/kg		<0.03	总量 0.67	达标
γ -六六六	mg/kg		<0.04	总量 0.67	达标
δ -六六六	mg/kg		<0.02	总量 0.67	达标
p, p'-DDE	mg/kg		<0.03	总量 6.7	达标
p, p'-DDD	mg/kg		<0.06	总量 6.7	达标
o, p'-DDT	mg/kg		<0.05	总量 6.7	达标
p, p'-DDT	mg/kg		<0.05	总量 6.7	达标

图 3-2 项目区现状影像图

（二）受损预测

1、矿山生产建设工艺流程及损毁时序

根据开发利用方案设计采矿工艺及方法，本工程未来开采对生态环境造成损毁的环节为设计形成的一期露天采场、废石场、表土场、工业场地、矿山道路。

矿山采用露天台阶开采，基建期集中清理地表、表土剥离，开采期分层采掘 + 废石分区排弃，全流程伴随挖损、压占两类土地损毁。

时序核心特征：基建期集中爆发损毁→二十余年稳定分步损毁→最终停止损毁、转入生态修复。

表 3-5 生态系统破坏时序表

损毁单元	损毁方式	损毁环节	损毁时间	
一期露天采场	挖损	露天开采	拟损毁	2026 年-2057 年
拟建废石场 1	压占	废石排放	拟损毁	2026 年-2036 年
拟建废石场 2	压占	废石排放	拟损毁	2036 年-2027 年
拟建表土场	压占	表土堆存	拟损毁	2026 年-2057 年
拟建工业场地	压占	辅助场地建设	拟损毁	2026 年-2057 年
拟建矿山道路	压占	运输	拟损毁	2026 年-2057 年

图 3-3 矿山生态环境损毁时序图

2、地质环境问题预测

(1) 地质灾害预测

地质灾害危险性预测评估是对采矿工程建设可能引发、加剧的地质灾害和采矿工程建设本身可能遭受的地质灾害危险性评估，其目的是为了减少或避免地质灾害对工程所造成的损失。依据矿山地质环境条件即地层岩性、构造断裂、水文地质、工程地质条件及现状地质灾害，结合开发利用方案设计，评估矿山建设生产过程中可能引发、加剧和遭受地质灾害的危险性做如下预测评估。

1) 崩塌地质灾害

①崩塌地质灾害发生的可能性

依据开发利用方案设计，矿山未来开采方式为露天开采，设计露天采场台阶高度 10m，并段后台阶高度 20°，台阶坡面角 65°，最终边坡角 22-51°。设计一期开采标高 791m-520m，开采深度 271m。

矿体围岩及剥离物岩性为石英砂岩、石英砂岩与碳质页岩互层、碳质页岩、二长花岗岩，岩石较致密，节理裂隙发育较差，岩石完整度较高，岩石力学强度较高，属坚硬岩石，岩石稳定性较好。

通过对采场边坡坡面产状与矿体或围岩产状之间的关系分析，矿体倾向 200°，倾角 15-30°，露天采场北侧形成阶段高度较大，采面边坡坡向与岩石倾向相同，边坡欠稳定。

在未来采矿活动过程中，遇边坡裸露岩体浅部风化严重地段、节理裂隙发育带或受采矿震动、集中性降雨情况下，露天采场边坡会存在岩石顺层脱落的现象。

②崩塌地质灾害发育程度

根据《地质灾害危险性评估规范》(GB/T40112-2021)中表 6 “崩塌发育程度分级表”，崩塌发育程度为“中等发育”。

③崩塌地质灾害危害程度

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”，受威胁对象为矿山施工人员、机械设备，受威胁人数 10-100 人，可能直接经济损失 100-500 万元，地质灾害危害程度分级为“险情、危害中等”。

④崩塌地质灾害诱发因素

根据《地质灾害危险性评估规范》(GB/T 40112-2021)中表 16 “地质灾害诱发因素分类表”，崩塌地质灾害诱发因素主要为“降水、融

雪、温差变化、开挖扰动、爆破、机械振动”。

⑤崩塌危险性预测评估

根据《地质灾害危险性评估规范》(GB/T 40112-2021)中表 9 “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” 测矿山未来开采露天采场边坡发生崩塌地质灾害可能性中等，发育程度“中等发育”，危害程度“危害中等”，危险性等级“危险性中等”。

表 3-6 崩塌地质灾害预测评估表

工程建设与崩塌位置关系	引发崩塌的可能性	发育程度	危害程度	危险性等级
位于崩塌影响范围内	可能性大	强发育	危害大	危险性大
		中等发育		危险性大
		弱发育		危险性中等
临近崩塌影响范围	可能性中等	强发育	危害中等	危险性大
		中等发育		危险性中等
		弱发育		危险性中等
位于崩塌影响范围外	可能性小	强发育	危害小	危险性大
		中等发育		危险性中等
		弱发育		危险性小

2) 滑坡地质灾害

①滑坡成因及发育程度

a、拟建废石场

根据开发方案，矿山剥离废石量约为 1285.73 万 m^3 。自上而下分别堆放于 2 处废石场。

设计 1 号废石场占地面积 5.8000 hm^2 ，顶标高为 400m，底标高为 325m，堆置高度 75m，容积为 140 万 m^3 ，分层堆放，共两层，第一层堆置高度为 40m，顶标高为 365m，平台宽度 30m；第二层堆置高度为 35m，顶标高为 400m。废石场边坡角为 35°。

设计 2 号废石场占地面积 28.3000 hm^2 ，顶标高为 460m，底标高为 370m，堆置高度 90m，容积为 635 万 m^3 ，分层堆放，共两层，第一层堆置高度为 45m，顶标高为 355m，平台宽度 30m；第二层堆置高度

为 45m，顶标高为 400m。废石场边坡角为 35° 。

废石堆放场形成后，在爆破震动、降雨和自身重力等作用下，废石场有可能沿山坡坡面而发生滑坡。若发生滑坡，将冲毁植被、压占土地。

b、拟建表土场

根据开发方案，设计表土场占地面积 8.0800hm^2 ，顶标高为 650m，底标高为 585m，堆置高度 65m，容积为 140 万 m^3 ，分层堆放，共两层，第一层堆置高度为 35m，顶标高为 620m，平台宽度 30m；第二层堆置高度为 30m，顶标高为 650m。边坡角为 35°

表土堆放场形成后，在爆破震动、降雨和自身重力等作用下，表土堆放场有可能引发滑坡地质灾害。若发生，将冲毁植被、压占土地。

②引发滑坡地质灾害的诱发因素

诱发废石场和表土场发生滑坡地质灾害的主要因素为降水和人工加载（持续增高废石场高度），该地区年均降水量 737mm，在长时间连续降雨或暴雨状态下，降水入渗表土堆后，岩土体达到饱水状态后，将增加废石堆自重，从而增加废石堆的下滑力。与此同时，降水下渗至接触面后，降水在接触面聚集，使得接触面处的土体软化甚至泥化，土体内摩擦角减小，从而形成滑面。

③滑坡地质灾害危害程度

表土场滑坡受威胁对象为表土场下游的露天采矿作业人员和机械设备；废石场滑坡受威胁对象为下游的农田和植被，受威胁人数 10-100 人，可能直接经济损失 100-500 万元。

根据《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112-2021）中“地质灾害危害程度分级表”，滑坡地质灾害危害程度中等。

④滑坡地质灾害危险性

根据《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112-2021）中表 25，“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”，废石堆放场和表土堆放场引发滑坡地质灾害的可能性中等，危害程度中等，危险性为中等。

3) 预测评估

根据 2026 年 7 月编制的《辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石灰岩矿项目地质灾害危险性评估报告》，项目工程建设中、建成后预测评估露采范围及露采范围北侧外扩 20m 以内的区域工程建设可能引发滑坡、崩塌地质灾害的可能性中等，危害程度中等，危险性中等。其他地段可能引发地质灾害的可能性小，危害程度小，危险性小。

该项目工程建设中、建成后局部有引发滑坡、崩塌地质灾害的可能，发育程度中等，危害中等，危险性中等。其他地段可能引发的地质灾害的可能性小，危害程度小，危险性小。

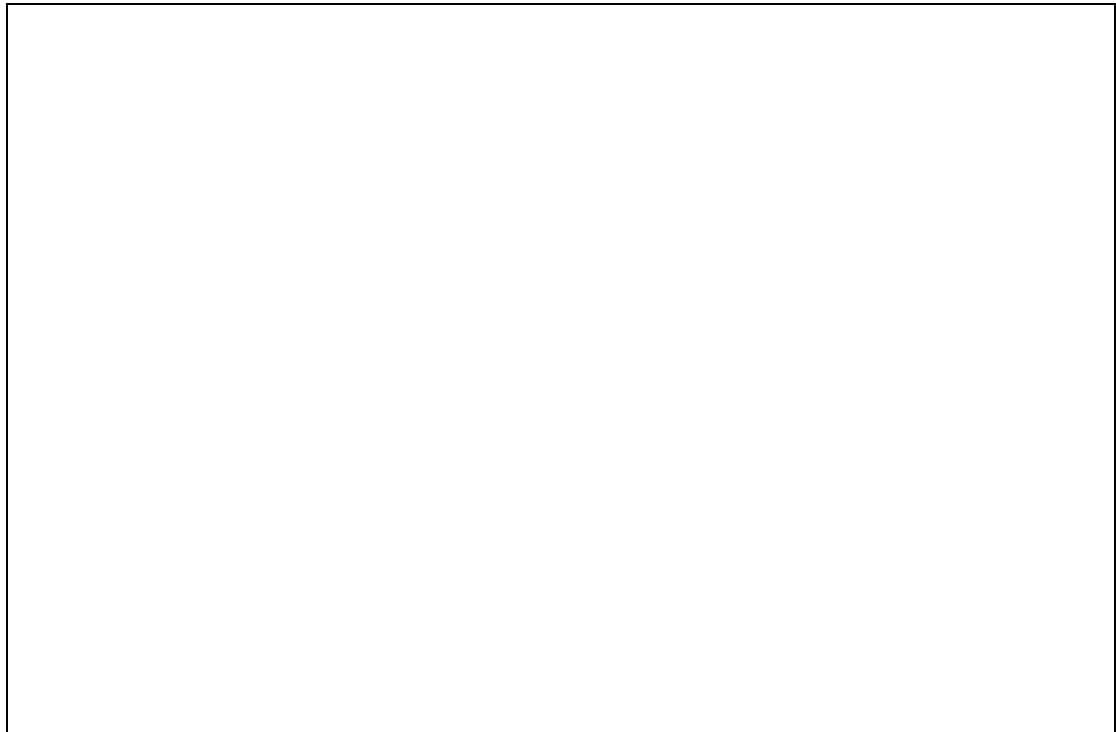


图 3-4 地质灾害危险性综合分区评估图

(2) 地形地貌景观破坏预测

矿山为新建矿山，根据开发利用方案设计，矿山未来损毁地形地貌景观的区域主要为设计露天采场建设、拟建废石场、拟建表土场、拟建工业场地、矿山道路。

1) 设计露天采场

根据开发利用方案，设计一期露天采场长 2655m，宽 530m，设计采场顶部标高 791m，底部标高 520m，最大高差 271m；设计二期开采 2655m，宽 1055m，设计采场顶部标高 791m，底部标高 320m，最大高差 471m，封闭圈标高 380m。设计露天采场开采境界范围面积 167.2435hm²。

露天采场开采境界范围较大，开采深度较大，最大高差达 471m，露天采场的建设破坏了山体的连续性与完整性，造成山体永久性破坏，岩土体裸露，植被损毁，对原生地形地貌景观影响程度严重。

2) 拟建废石场

根据开发方案，矿山剥离废石量约为 1285.73 万 m³。自上而下分别堆放于 2 处废石场。

本次设计 1 号废石场占地面积 5.8000hm²，顶标高为 400m，底标高为 325m，堆置高度 75m，容积为 140 万 m³，分层堆放，共两层，第一层堆置高度为 40m，顶标高为 365m，平台宽度 30m；第二层堆置高度为 35m，顶标高为 400m。废石场边坡角为 35°。

设计 2 号废石场占地面积 28.3000hm²，顶标高为 400m，底标高为 310m，堆置高度 90m，容积为 635 万 m³，分层堆放，共两层，第一层堆置高度为 45m，顶标高为 355m，平台宽度 30m；第二层堆置高度为 45m，顶标高为 400m。废石场边坡角为 35°。

拟建废石场分布占地范围较大，压占破坏了原有地表植被，形成

新的堆积地貌，对原生地形地貌景观影响程度严重。

3) 拟建表土场

开发方案设计矿山表土量约 135.82 万 m^3 ，设计表土场占地面积 8.0800 m^2 ，顶标高为 650m，底标高为 585m，堆置高度 65m，容积为 140 万 m^3 ，分层堆放，共两层，第一层堆置高度为 35m，顶标高为 620m，平台宽度 30m；第二层堆置高度为 30m，顶标高为 650m。边坡角为 35° 。

拟建表土场分布占地范围较大，压占破坏了原有地表植被，形成新的堆积地貌，对原生地形地貌景观影响程度严重。

4) 拟建工业场地

设计工业场地位于矿区南侧，沿山坡地形分布，占地面积 0.9000 m^2 ，场地南北最大长度 132m，东西最大宽度 93m，工业场地内设有办公室、配电室等辅助采矿设施。

拟建工业场地压占破坏了原有地表植被，对原生地形地貌景观影响程度较严重。

5) 拟建矿山道路

设计露天采场出入沟与外部农村道路连通，设计废石场、表土场、工业场地无现有道路。需拟建矿山道路，与矿区内其他拟建单元或周边农村道路连接。拟建矿山道路宽度 0.5m，长度共计 2128m，占地面积 0.5180 hm^2 。

拟建矿山道路压占破坏了原有地表植被，对原生地形地貌景观影响程度较严重。

6) 小结

综上所述，矿山未来开采拟建露天采场将挖损原有的地形地貌，造成原有山体的破坏影响程度严重；拟建废石场和表土场将形成堆积地貌，对场地内植被等资源压占，影响程度严重；拟建工业场地和矿山道路压占破坏了原有地表植被，影响程度较严重。

(3) 含水层破坏预测

开采方案设计一期开采标高 520m~791m，露天采场最大开采深度 271m，开采境界面积 96.4900hm²，区域最低侵蚀基准面 320m，一期开采底板 520m，整体位于侵蚀基准面以上。大气降水是直接充水来源，基岩裂隙水、第四系松散层孔隙水为间接充水来源，无深层承压水参与充水。一期开采为山坡式露天采场，大气降水可依靠地形自流排出采场。

1) 对含水层结构的影响

深浅含水层隔离性：矿体顶底板碳质页岩隔水层连续性好、隔水性能强，浅层松散孔隙水（居民饮用水）与深层基岩裂隙水无水力联系。一期开采仅扰动 520~791m 标高的赋矿地层，未穿透隔水层，不会破坏隔水结构，深浅含水层的天然分隔状态保持稳定。

基岩含水层完整性：一期露天开采自上而下分台阶作业，矿区岩体整体完整，开采爆破、开挖仅会造成浅表岩体裂隙小幅扩张，不会形成贯通性导水构造，基岩含水层整体结构完整。

第四系含水层：一期开采损毁区域以乔木林地为主，表土剥离、场地压占会局部破坏第四系松散层，但剥离表土全部集中堆存于专用表土场，后期用于生态复垦，无大范围第四系含水层损毁，仅为局部暂时性扰动。

综合结论：一期露天开采不会造成含水层结构性破坏，含水层结构、隔水体系保持完好，无永久性结构损伤。

2) 对地下水位的影响

基岩裂隙水水位：采场汇水以降水为主，开采过程中仅对露天采场范围内局部基岩裂隙水产生暂时性疏干，影响范围局限于开采境界内；采场外地下水流场不受干扰，区域地下水位不会明显下降，不会

形成地下水降落漏斗。

浅层孔隙水水位：矿区周边村庄、居民饮用水取自第四系浅层孔隙水，该含水层与开采区被稳定隔水层隔断，开采活动不会对其水位、水量造成干扰，周边居民取水安全不受影响。

水位恢复能力：开采形成的临时疏干区，在采场平台阶段性闭坑、停止扰动后，依靠大气降水补给，地下水位可快速恢复至天然状态，恢复周期短。

综合结论：仅开采境界内局部基岩裂隙水出现暂时性小幅下降，区域地下水位整体稳定，无区域性水位下降问题。

3) 对地下水水质的影响

粉尘与爆破残留物：凿岩、爆破、运输产生的粉尘，以及少量爆破残余药粉，随雨水下渗量极小；矿区采用湿式凿、雾炮喷淋、道路洒水等降尘措施，污染物入渗量进一步降低，不会造成地下水化学污染。

机械油料：开采机械设备使用的机油、柴油等油料，实行集中储存、专人管理，配套危废库收集废油料，跑冒滴漏风险极低，微量油料下渗不会改变地下水水质。

生产、生活污水：生产用水全部蒸发，无外排；生活污水排入化粪池定期清掏，矿区实行废水闭环管理、零外排，杜绝污水入渗地下水。

矿石浸出：开采矿种为玻璃用石英岩，矿物成分单一，无有毒有害元素，矿石遇水无酸性水、重金属溶出风险。

综合结论：一期开采不会引发地下水污染，矿区及周边地下水水质可维持原有标准。

4) 对地下水径流与水资源利用的影响

径流路径：开采仅局部改变采场内部浅层地下水径流方向，区域地下水整体径流格局不变，细河周边地下水补给、排泄体系正常。

生产生活用水：矿区 300m 范围内无村镇，南侧 1.5km 的***村、***村，西侧*****镇的饮用水、农业用水均取自浅层孔隙水，与开采区水力隔绝，取水水量、水质均不受影响。

生态用水：区域森林生态系统依靠大气降水和浅层地下水维系，开采未破坏生态含水层，区域植被、湿地的生态供水保持正常。

结合上述分析：矿山一期露天开采不会造成含水层结构性破坏，无区域性水位下降、水质污染；仅开采采场内部局部基岩裂隙水出现暂时性疏干，影响范围小；周边饮用水、农业用水、生态用水全部安全。

3、土地资源损毁预测

本工程建设区占地面积一般，土地损毁类型较复杂，土地损毁预测采用定量统计和定性描述相结合的方法进行。

（1）损毁土地预测方法

损毁土地方式预测方法：根据本工程特点，土地损毁方式表现多样性，主要为工程建设引起的挖损、压占，预测方法采用定性描述的方法进行。

损毁土地面积预测方法：通过对主体工程占地的分析和统计，结合土地损毁方式采用定量统计的方法进行。

损毁土地类型预测方法：根据《土地利用现状分类》对土地的分类，结合现场调查资料，确定由于矿山开采造成损毁的土地类型。

损毁土地程度预测方法：根据《中华人民共和国土地管理法》和《土地复垦规定》，把矿山土地破坏程度评价等级确定为 3 级标准：I 级破坏（轻度损毁）、II 级破坏（中度损毁）、III 级破坏（重度损

毁)。

(2) 预测新增损毁土地面积

矿山为新建矿山，根据开发利用方案设计，在未来矿山采坑活动中损毁土地区域主要为设计露天采场、拟建废石场、拟建表土场、拟建工业场地、矿山道路。

1) 设计露天采场

根据开发利用方案，设计一期露天采场长 2655m，宽 530m，设计采场顶部标高 791m，底部标高 520m，最大高差 271m；设计二期开采 2655m，宽 1055m，设计采场顶部标高 791m，底部标高 320m，最大高差 471m，封闭圈标高 380m。

设计露天采场开采境界范围面积 167.2435hm^2 ，其中一期露天开采境界范围面积 96.4900hm^2 ，根据土地利用现状图，露天采场损毁土地类型为乔木林地(0301)。露天采场对土地资源的损毁方式主要为挖损，挖掘最大深度 471m，造成生态功能丧失，依据土地损毁程度分析因素及等级标准表，确定该单元损毁程度为重度损毁。该场地土地权属人为****街道***村和***村。

一期露天采场损毁范围部分与现有探矿工程重合，重合面积 3.9181hm^2 ，扣除重合面积后，一期露天采场新增损毁面积 92.5719hm^2 。根据土地利用现状图，露天采场损毁土地类型为乔木林地(0301)。

2) 拟建废石场

根据开发方案，矿山剥离废石量约为 1285.73万 m^3 。自上而下分别堆放于 2 处废石场。

①设计 1 号废石场顶标高为 400m，底标高为 325m，堆置高度 75m，容积为 140万 m^3 ，分层堆放，共两层，第一层堆置高度为 40m，顶标高为 365m，平台宽度 30m；第二层堆置高度为 35m，顶标高为 400m。

废石场边坡角为 35° 。拟建废石场 1 占地面积 5.8000hm^2 ，根据土地利用现状图，损毁土地类型为乔木林地（0301）；废石场 1 对土地资源的损毁方式主要为压占，设计最大堆置高度 75m，造成生态功能丧失，依据土地损毁程度分析因素及等级标准表，确定该单元损毁程度为重度损毁；该场地土地权属人为****街道***村。

②设计 2 号废石场顶标高为 400m，底标高为 310m，堆置高度 90m，容积为 635 万 m^3 ，分层堆放，共两层，第一层堆置高度为 45m，顶标高为 355m，平台宽度 30m；第二层堆置高度为 45m，顶标高为 400m。废石场边坡角为 35° 。拟建废石场 2 占地面积 28.3000hm^2 ，根据土地利用现状图，损毁土地类型为乔木林地（0301）；废石场 2 对土地资源的损毁方式主要为压占，设计最大堆置高度 90m，造成生态功能丧失，依据土地损毁程度分析因素及等级标准表，确定该单元损毁程度为重度损毁；该场地土地权属人为****街道***村和***村。

（3）拟建表土场

开发方案设计矿山表土量约 135.82 万 m^3 ，设计表土场顶标高为 650m，底标高为 585m，堆置高度 65m，容积为 140 万 m^3 ，分层堆放，共两层，第一层堆置高度为 35m，顶标高为 620m，平台宽度 30m；第二层堆置高度为 30m，顶标高为 650m。边坡角为 35° 。

拟建表土场 2 占地面积 8.0800hm^2 ，根据土地利用现状图，损毁土地类型为乔木林地（0301）；表土场对土地资源的损毁方式主要为压占，设计最大堆置高度 65m，造成生态功能丧失，依据土地损毁程度分析因素及等级标准表，确定该单元损毁程度为重度损毁；该场地土地权属人为****街道***村。

（4）拟建工业场地

设计工业场地位于矿区南侧，沿山坡地形分布，占地面积

0.9000m²，场地南北最大长度 132m，东西最大宽度 93m，工业场地内设有办公室、配电室等辅助采矿设施。

拟建工业场地占地面积 0.9000hm²，根据土地利用现状图，损毁土地类型为乔木林地（0301）；工业场地对土地资源的损毁方式主要为压占，造成生态功能丧失，依据土地损毁程度分析因素及等级标准表，确定该单元损毁程度为中度损毁；该场地土地权属人为****街道***村。

（5）拟建矿山道路

设计露天采场出入沟与外部农村道路连通，设计废石场、表土场、工业场地无现有道路。需拟建矿山道路，与矿区内其他拟建单元或周边农村道路连接。拟建矿山道路宽度 0.5m，长度共计 2128m。

拟建矿山道路占地面积 0.5180hm²，根据土地利用现状图，损毁土地类型为乔木林地（0301）；矿山道路对土地资源的损毁方式主要为压占，造成生态功能丧失，依据土地损毁程度分析因素及等级标准表，确定该单元损毁程度为中度损毁；该场地土地权属人为****街道***村。

（6）新增损毁面积小结

根据土地利用现状图（第三次土地调查数据）和预测损毁单元划分，矿山未来设计一期开采共新增损毁土地资源面积 136.1699hm²，损毁土地类型为均乔木林地（0301）。

表 3-7 预测新增损毁土地评估表

损毁单元	损毁方式	损毁程度	损毁土地类型及面积 (hm ²)	土地权属
			乔木林地 (0301)	
一期露天采场	挖损	重度	92.5719	***村、***村
废石场 1	压占	重度	5.8	***村
废石场 2	压占	重度	28.3	***村、***村
废石场	压占	重度	8.08	***村
工业场地	压占	中度	0.9	***村
矿山道路	压占	中度	0.518	***村
合计			136.1699	-

(3) 预测损毁土地面积合计

矿山一期开采共损毁土地面积 146.6848hm²，其中探矿工程已损毁土地面积 10.5149hm²，设计露天采场、拟建废石场、拟建表土场、拟建工业场地、拟建矿山道路共新增损毁土地面积 136.1699hm²。

设计一期开采损毁土地权属主要为辽宁省本溪市南芬区****街道***村和***村集体所有，共损毁面积为 146.6848hm²，其中***村土地面积 80.6320hm²，***村土地面积 66.0528hm²。

表 3-8 预测损毁土地面积汇总表 单位：hm²

土地类型				已损毁	拟新增损毁	合计
03	林地	0301	乔木林地	10.5149	136.1699	146.6848

表 3-9 预测损毁土地土地权属表

权属		损毁面积 (hm ²)		
		已损毁	拟新增损毁	合计
本溪市南芬区 ****街道	***村	5.9509	74.6811	80.632
	***村	4.564	61.4888	66.0528
合计		10.5149	136.1699	146.6848

4、植被损毁与生态服务功能预测

(1) 植被损毁预测

矿山为新建露天矿山，一期开采合计损毁土地 146.6848hm²，以挖损、压占为主要破坏形式，全部为原生乔木林地。露天采场、废石场、表土场、工业场地、矿山道路是直接损毁区域，植被覆盖度由现状降至 0，群落结构完全瓦解，重度损毁，为矿山主要植被破坏区域；外围 50m 缓冲带植被受扬尘、震动轻度胁迫，全域无大范围植被死亡，损毁边界清晰。

(2) 生物多样性丧失损毁预测

矿区属于辽东生物多样性保育区，开采主要改变生境完整性、景观连通性、物种栖息环境。

1) 陆生植物多样性影响

优势树种：辽东柞、红松等本土乔木在直接损毁区完全消失，但矿区外围保留大面积同质林地，种群整体未消亡，仅局部斑块化。

特色物种：天女木兰、杜鹃及五味子、细辛等林下药材集中在损毁区，局部种群消失；间接区植株长势变差，种群密度小幅下降。

2) 野生动物多样性影响

大中型兽类（野猪、狍子等）：直接损毁区丧失栖息、觅食地，动物向周边未受干扰林地迁徙；区域生态空间充足，种群数量不会大幅度下降，仅活动范围偏移。

鸟类：爆破噪声、机械作业、人类活动干扰繁殖，矿区上空鸟类种类、数量减少，林栖鸟类向远区迁移。

小型动物、两栖类：啮齿类、昆虫栖息地灭失，种群密度下降；地表径流改变导致局部土壤干燥，两栖类生存环境变差，数量小幅减少。

保护物种：矿区无国家级、省级珍稀动植物集中分布，无珍稀物种生存威胁。

3) 景观与群落格局影响

景观破碎化：原有连片森林被露天采场、废石场、表土场、道路分割，形成大量植被空缺斑块，景观连通性下降，生物迁徙廊道变窄，阻碍物种交流。

群落演替：直接损毁区天然演替完全终止；间接区群落演替速度放缓；仅外围林地维持自然演替。

综合上述：核心开采损毁区动植物局部种群缩减，物种向周边迁徙；外围大面积原生林地形成生态缓冲，无区域性生物多样性衰退、珍稀物种受威胁问题，整体影响中等。

(3) 生态服务功能损毁预测

依据《生态系统评估生态系统格局与质量》（GB/T 42340），结合矿区核心生态定位，对水源涵养、水土保持、固碳释氧、景观预测评估。

1) 水源涵养功能

开采直接损毁区：植被和表层土壤完全消失，岩体、碎石裸露，降水截留、下渗能力丧失，水源涵养功能完全丧失；配套截水沟有序导排径流，不会造成下游水量锐减。

开采区外围间接区：植被长势受抑，冠层截留能力下降，功能轻度退化。

损毁面积占区域林地比例有限，矿区附近地表河流补给体系稳定，区域整体水源涵养能力不会发生根本性下降。

2) 水土保持功能

开采直接损毁区：植被、根系彻底消失，采场边坡、废石、表土

堆体土体松散，抗侵蚀能力骤降，水土保持功能完全丧失，雨季易发生面蚀、细沟侵蚀。

开采区外围间接区：表层土体轻度冲刷，功能轻度减弱。

3) 固碳释氧功能

直接损毁区：活体植被、土壤碳库流失，固碳释氧功能完全丧失。

间接区：植物光合效率下降，固碳能力轻度降低。

矿山开采结束闭坑后逐步开展植被重建，固碳功能逐年回升，管护期满后可恢复至原有 60% 以上。

4) 自然景观功能

原生山地森林景观被大型采坑、人工堆体、硬质道路替代，山体完整性被破坏，自然风貌割裂，山地景观功能重度受损；矿区非旅游景区，无旅游休闲功能，仅影响局部自然观感。

综合上述：露天采场、废石场、表土场等核心区水源涵养、水土保持、固碳等核心功能短期完全丧失；间接区功能轻度退化，区域整体生态服务体系稳定。

(4) 水土环境污染预测

1) 地表水污染预测评估

采场雨水汇水：露天采场为核心产水区，雨水冲刷作业面、岩壁携带大量岩粉，悬浮物为首要污染物；

废石场、表土场淋溶水：废石、表土松散堆积，雨季雨水渗透裹挟细小颗粒形成淋溶水，污染物以悬浮物为主，无有毒物质；

辅助废水：机械冲洗水（微量石油类）、爆破后抑尘废水（微量炸药残留）、矿区少量生活污水（COD、氨氮）；

运输道路径流：车辆扬尘、轮胎夹带泥土被雨水冲刷，增加周边地表径流悬浮物。

迁移路径：采场、堆体产生的废水依托地形自流至周边季节性溪流，最终汇入细河、大石河；矿区设置环形截水沟，可拦截大部分场内废水，直排外河的水量有限。

矿山开采服务周期内逐年扰动范围稳定，产污强度无递增趋势；区域地表水体交换能力强，自净效果良好，不会出现污染物累积效应，地表水系生态功能、供水功能保持稳定。地表水污染影响等级为轻度；风险类型属短时扰动型，无重大水环境风险。

2) 土壤污染预测评估

①土壤污染来源与扩散特征

土壤污染以原位富集、表层污染为主，主要来源分为四类：开采粉尘沉降堆积；机械油料渗漏；废水漫流浸润；废石、表土压占扰动。矿区土壤为薄层棕壤，渗透能力一般，污染物垂直下渗深度有限，主要集中在地表 0~20cm 表土层。

②不同分区土壤影响预测

直接损毁区：挖损区域（露天采场）表土全部剥离集中堆存，原有土壤层彻底移除，无原位土壤污染问题；后期复垦使用原有表土，表土全程封闭堆存、无外来污染，复垦后土壤可恢复原有质量；压占区域（废石场、表土场）：废石、表土分层碾压堆置，原有土壤被覆盖，堆体内部无新增污染物；仅堆体表层受大气粉尘、少量淋溶水影响，表层土壤富集岩粉，土壤质地改变，但无有毒有害物质，不属于污染，仅为土壤理化性质改变；工业场地、矿山道路对地表压实、局部硬化，存在机械油料微量渗漏风险，污染局限在设备作业区表层土壤，污染范围小、强度低。

间接影响区（用地外围 50m 缓冲带）：粉尘持续沉降，导致土壤表层粉砂含量增加，土壤孔隙度小幅变化，肥力略有下降，但无重

金属、有机物污染；短时雨水漫流浸润土壤，悬浮物沉积表层，经自然风化、植被生长后可逐步恢复。

整体土壤指标仍符合农用地风险筛选值，不会发生实质性土壤污染。

（三）问题诊断评价结论

1、生态系统问题诊断评价

（1）矿山地质环境问题

1）诱发原因：地质灾害、原生地形地貌影响、含水层破坏程度等。

2）现状受损程度分析：矿山为拟建矿山，所在区域内以往未发生过崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝、地面塌陷等地质灾害。对含水层破坏程度较轻。原生地形地貌景观无损毁，影响程度较轻。

3）预测受损程度分析：矿山未来露天开采过程中引发崩塌地质灾害的可能性中等，发育程度中等，危害程度中等，危险性中等；废石场和表土场引发滑坡地质灾害的发育程度中等，危害程度中等，危险性中等。开采矿体均位于侵蚀基准面以上，未来露天采场形成凹陷坑，对地下含水层造成损毁程度为中度。矿山未来开采形成的露天采场挖损原生地形地貌，对地貌景观破坏严重；废石场和表土场对原生地形地貌景观破坏严重；工业场地和矿山道路建设对原生地形地貌景观破坏较严重。

（2）土地损毁问题

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

2）现状受损程度分析：矿山为拟建矿山，未损毁土地资源，损毁程度较轻。

3) 预测受损程度分析：设计露天采场大面积挖损，损毁土地类型主要为林地，土地损毁程度为重度；废石场和表土场大面积压占，损毁土地类型主要为林地，土地损毁程度为重度；工业场地和矿山道路压占土地资源范围较小，土地损毁程度为中度。

(3) 生态受损与退化问题

1) 诱发原因：植被砍伐、地表裸露、直接生态环境破坏、生态环境破碎化（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) 现状受损程度分析：矿山为拟建矿山，目前植被发育保持自然状态，生态系统未受损。

3) 预测受损程度分析：矿山未来开采会造成矿区大范围植被损毁、生物多样性丧失和水土流失，矿山生态受损与退化问题严重。

2、生态系统破坏评价结论

根据矿区生态环境问题识别结果和预测结果，露天采场、废石场、表土场的形成对矿区生态环境损毁严重，工业场地、矿山道路的形成对矿区生态环境损毁较严重。

表 3-10 矿区损毁程度综合评价表

序号	问题类型	现状及预测受损状况			综合评价 结果重度
		范围	面积（hm ² ）	损毁程度	
一期露天采场	地质环境问题	X=*****; Y=*****	96.4900	重度受损	重度受损
	土地损毁			重度受损	
	生态受损与退化			重度受损	
废石场 1	地质环境问题	X=*****; Y=*****	5.8000	重度受损	重度受损
	土地损毁			重度受损	
	生态受损与退化			重度受损	
废石场 2	地质环境问题	X=*****; Y=*****	28.3000	重度受损	重度受损
	土地损毁			重度受损	
	生态受损与退化			重度受损	
表土场	地质环境问题	X=*****; Y=*****	8.0800	重度受损	重度受损
	土地损毁			重度受损	
	生态受损与退化			重度受损	
工业场地	地质环境问题	X=*****; Y=*****	0.9000	中度受损	中度受损
	土地损毁			中度受损	
	生态受损与退化			中度受损	
矿山道路	地质环境问题	—	0.5180	轻度受损	中度受损
	土地损毁			中度受损	
	生态受损与退化			轻度受损	
探矿工程	地质环境问题	—	10.5149	轻度受损	中度受损
	土地损毁			中度受损	
	生态受损与退化			轻度受损	
备注：由于各损毁单元范围拐点坐标较多，本表只标注各单元中心点坐标，其范围坐标详见： 各损毁单元范围坐标一览表					

图 3-5 矿区生态破坏程度综合评价图

表 3-11 各损毁单元范围坐标一览表

损毁单元	序号	X	Y	序号	X	Y
露天采场	1	*****	*****	77	*****	*****
	2	*****	*****	78	*****	*****
	3	*****	*****	79	*****	*****
	4	*****	*****	80	*****	*****
	5	*****	*****	81	*****	*****
	6	*****	*****	82	*****	*****
	7	*****	*****	83	*****	*****
	8	*****	*****	84	*****	*****
	9	*****	*****	85	*****	*****
	10	*****	*****	86	*****	*****
	11	*****	*****	87	*****	*****
	12	*****	*****	88	*****	*****
	13	*****	*****	89	*****	*****
	14	*****	*****	90	*****	*****
	15	*****	*****	91	*****	*****
	16	*****	*****	92	*****	*****
	17	*****	*****	93	*****	*****
	18	*****	*****	94	*****	*****
	19	*****	*****	95	*****	*****
	20	*****	*****	96	*****	*****
	21	*****	*****	97	*****	*****

	22	*****	*****	98	*****	*****
	23	*****	*****	99	*****	*****
	24	*****	*****	100	*****	*****
	25	*****	*****	101	*****	*****
	26	*****	*****	102	*****	*****
	27	*****	*****	103	*****	*****
	28	*****	*****	104	*****	*****
	29	*****	*****	105	*****	*****
	30	*****	*****	106	*****	*****
	31	*****	*****	107	*****	*****
	32	*****	*****	108	*****	*****
	33	*****	*****	109	*****	*****
	34	*****	*****	110	*****	*****
	35	*****	*****	111	*****	*****
	36	*****	*****	112	*****	*****
	37	*****	*****	113	*****	*****
	38	*****	*****	114	*****	*****
	39	*****	*****	115	*****	*****
	40	*****	*****	116	*****	*****
	41	*****	*****	117	*****	*****
	42	*****	*****	118	*****	*****
	43	*****	*****	119	*****	*****
	44	*****	*****	120	*****	*****
	45	*****	*****	121	*****	*****
	46	*****	*****	122	*****	*****
	47	*****	*****	123	*****	*****
	48	*****	*****	124	*****	*****
	49	*****	*****	125	*****	*****
	50	*****	*****	126	*****	*****
	51	*****	*****	127	*****	*****
	52	*****	*****	128	*****	*****
	53	*****	*****	129	*****	*****
	54	*****	*****	130	*****	*****
	55	*****	*****	131	*****	*****
	56	*****	*****	132	*****	*****
	57	*****	*****	133	*****	*****
	58	*****	*****	134	*****	*****
	59	*****	*****	135	*****	*****
	60	*****	*****	136	*****	*****
	61	*****	*****	137	*****	*****
	62	*****	*****	138	*****	*****
	63	*****	*****	139	*****	*****
	64	*****	*****	140	*****	*****

	65	*****	*****	141	*****	*****
	66	*****	*****	142	*****	*****
	67	*****	*****	143	*****	*****
	68	*****	*****	144	*****	*****
	69	*****	*****	145	*****	*****
	70	*****	*****	146	*****	*****
	71	*****	*****	147	*****	*****
	72	*****	*****	148	*****	*****
	73	*****	*****	149	*****	*****
	74	*****	*****	150	*****	*****
	75	*****	*****	151	*****	*****
	76	*****	*****			
废石场 1	1	*****	*****	27	*****	*****
	2	*****	*****	28	*****	*****
	3	*****	*****	29	*****	*****
	4	*****	*****	30	*****	*****
	5	*****	*****	31	*****	*****
	6	*****	*****	32	*****	*****
	7	*****	*****	33	*****	*****
	8	*****	*****	34	*****	*****
	9	*****	*****	35	*****	*****
	10	*****	*****	36	*****	*****
	11	*****	*****	37	*****	*****
	12	*****	*****	38	*****	*****
	13	*****	*****	39	*****	*****
	14	*****	*****	40	*****	*****
	15	*****	*****	41	*****	*****
	16	*****	*****	42	*****	*****
	17	*****	*****	43	*****	*****
	18	*****	*****	44	*****	*****
	19	*****	*****	45	*****	*****
	20	*****	*****	46	*****	*****
	21	*****	*****	47	*****	*****
	22	*****	*****	48	*****	*****
	23	*****	*****	49	*****	*****
	24	*****	*****	50	*****	*****
	25	*****	*****	51	*****	*****
	26	*****	*****	52	*****	*****
废石场 2	1	*****	*****	71	*****	*****
	2	*****	*****	72	*****	*****
	3	*****	*****	73	*****	*****
	4	*****	*****	74	*****	*****
	5	*****	*****	75	*****	*****

	6	*****	*****	76	*****	*****
	7	*****	*****	77	*****	*****
	8	*****	*****	78	*****	*****
	9	*****	*****	79	*****	*****
	10	*****	*****	80	*****	*****
	11	*****	*****	81	*****	*****
	12	*****	*****	82	*****	*****
	13	*****	*****	83	*****	*****
	14	*****	*****	84	*****	*****
	15	*****	*****	85	*****	*****
	16	*****	*****	86	*****	*****
	17	*****	*****	87	*****	*****
	18	*****	*****	88	*****	*****
	19	*****	*****	89	*****	*****
	20	*****	*****	90	*****	*****
	21	*****	*****	91	*****	*****
	22	*****	*****	92	*****	*****
	23	*****	*****	93	*****	*****
	24	*****	*****	94	*****	*****
	25	*****	*****	95	*****	*****
	26	*****	*****	96	*****	*****
	27	*****	*****	97	*****	*****
	28	*****	*****	98	*****	*****
	29	*****	*****	99	*****	*****
	30	*****	*****	100	*****	*****
	31	*****	*****	101	*****	*****
	32	*****	*****	102	*****	*****
	33	*****	*****	103	*****	*****
	34	*****	*****	104	*****	*****
	35	*****	*****	105	*****	*****
	36	*****	*****	106	*****	*****
	37	*****	*****	107	*****	*****
	38	*****	*****	108	*****	*****
	39	*****	*****	109	*****	*****
	40	*****	*****	110	*****	*****
	41	*****	*****	111	*****	*****
	42	*****	*****	112	*****	*****
	43	*****	*****	113	*****	*****
	44	*****	*****	114	*****	*****
	45	*****	*****	115	*****	*****
	46	*****	*****	116	*****	*****
	47	*****	*****	117	*****	*****
	48	*****	*****	118	*****	*****

	49	*****	*****	119	*****	*****
	50	*****	*****	120	*****	*****
	51	*****	*****	121	*****	*****
	52	*****	*****	122	*****	*****
	53	*****	*****	123	*****	*****
	54	*****	*****	124	*****	*****
	55	*****	*****	125	*****	*****
	56	*****	*****	126	*****	*****
	57	*****	*****	127	*****	*****
	58	*****	*****	128	*****	*****
	59	*****	*****	129	*****	*****
	60	*****	*****	130	*****	*****
	61	*****	*****	131	*****	*****
	62	*****	*****	132	*****	*****
	63	*****	*****	133	*****	*****
	64	*****	*****	134	*****	*****
	65	*****	*****	135	*****	*****
	66	*****	*****	136	*****	*****
	67	*****	*****	137	*****	*****
	68	*****	*****	138	*****	*****
	69	*****	*****	139	*****	*****
表土场	70	*****	*****			
	1	*****	*****	25	*****	*****
	2	*****	*****	26	*****	*****
	3	*****	*****	27	*****	*****
	4	*****	*****	28	*****	*****
	5	*****	*****	29	*****	*****
	6	*****	*****	30	*****	*****
	7	*****	*****	31	*****	*****
	8	*****	*****	32	*****	*****
	9	*****	*****	33	*****	*****
	10	*****	*****	34	*****	*****
	11	*****	*****	35	*****	*****
	12	*****	*****	36	*****	*****
	13	*****	*****	37	*****	*****
	14	*****	*****	38	*****	*****
	15	*****	*****	39	*****	*****
	16	*****	*****	40	*****	*****
	17	*****	*****	41	*****	*****
	18	*****	*****	42	*****	*****
	19	*****	*****	43	*****	*****
	20	*****	*****	44	*****	*****
	21	*****	*****	45	*****	*****

		22	*****	*****	46	*****	*****
		23	*****	*****	47	*****	*****
		24	*****	*****			
工业场地		1	*****	*****	5	*****	*****
		2	*****	*****	6	*****	*****
		3	*****	*****	7	*****	*****
		4	*****	*****			
矿山道路	道路 1	1	*****	*****	12	*****	*****
		2	*****	*****	13	*****	*****
		3	*****	*****	14	*****	*****
		4	*****	*****	15	*****	*****
		5	*****	*****	16	*****	*****
		6	*****	*****	17	*****	*****
		7	*****	*****	18	*****	*****
		8	*****	*****	19	*****	*****
		9	*****	*****	20	*****	*****
		10	*****	*****	21	*****	*****
		11	*****	*****	22	*****	*****
	道路 2	1	*****	*****	4	*****	*****
		2	*****	*****	5	*****	*****
		3	*****	*****			
	道路 3	1	*****	*****	4	*****	*****
		2	*****	*****	5	*****	*****
		3	*****	*****			

二、生态修复可行性分析

（一）技术经济可行性分析

1、技术可行性分析

（1）矿区地质环境治理技术可行性分析

矿山地质环境问题主要包括矿山地质灾害、含水层破坏、地形地貌景观破坏等问题，针对以上问题，从技术方面进行可行性分析。

1）地质灾害防治技术可行性分析

根据矿山地质灾害现状分析与预测，矿山地质灾害隐患主要为崩塌、滑坡。

治理方式根据以往及周边矿山治理经验，以监测工程为主，辅以其他措施。露天采场地质灾害可采用坡面浮石清理、平台平整、露天开采境界外设置警示牌及监测措施进行预防和治理。

矿山地质灾害预防、治理、监测、预警技术成熟可行，并可达到实施的目标，在国内矿山均有应用。

2) 含水层防治技术可行性分析

含水层修复技术措施主要采取预防保护措施，含水层预防保护与修复措施完全按照开发利用方案严格执行，从源头控制和预防，防止任何项目工业排水对地下含水层造成严重影响。生产期间加强对涌水量的监测，可有效帮助矿山了解含水层间的水力联系，及时掌握含水层水位动态和矿山开采可能对含水层的影响和破坏。含水层结构防治主要是强调含水层的自我修复能力，使其在漫长的过程中达到一个新的平衡，矿山生产废水和生活污水集中存放，不外排。

3) 地形地貌景观防治技术可行性分析

根据前文叙述，项目区不涉及各类自然保护区、人文景观和风景旅游区。矿山生产活动对原生的地形地貌景观影响和破坏程度大，开采区对现有地形地貌景观影响严重。

露天采场对地形地貌景观的损毁可采取场地平整清理、覆土、恢复植被等生态措施进行预防和治理；废石场、表土场、工业场地、运矿道路等工程建设可采取建设完成后进行植树绿化工程进行预防和治理。

地形地貌景观（地质遗迹、人文景观）损毁预防和治理措施切实可行，同类、矿山有很多比较成熟的矿山地质环境治理技术与方法，因此，矿区地形地貌景观（地质遗迹、人文景观）治理技术可行。

（2）矿区土地复垦技术可行性分析

预测开采将对土地资源造成一定程度的损毁，通过场地平整、覆土、植被恢复、复垦监测、物种收集、管护等生态措施进行预防和复垦。以上工程措施均属常规手段，已有成熟技术，技术可行。

表土作为土壤表层富含养分、微生物及植被繁殖体的关键层，为防止表土流失，保障土壤功能完好，因此采取以下预防控制措施：

拟损毁土地地区内土壤发育时，在损毁之前应首先将表土剥离集中堆放，尽量不要从其他地方挖运土壤，剥离表土集中堆放，做好表土的剥离和养护工作。

物种收集是生物多样性保护的基础前提，在物种收集的全过程中，可以采取以下预防控制措施来保障物种收集的效率、质量和可持续性。

（3）矿区植被与生态功能技术可行性分析

在当今技术条件下，矿区植被恢复与核心生态功能提升在技术上是完全可行的。成败的关键不再在于“能否做”，而在于“如何科学地、系统性地做”，即从简单的“复绿”向真正的“生态修复”转变。

矿区植被恢复的技术链条是成熟且完整的，可根据立地条件选择组合应用。

土壤重构技术：包括表土剥离与回填、客土、土壤调理剂等。是基础性成熟技术，成本可控，效果直接。所有类型矿区，尤其是土壤贫瘠、重金属污染或酸碱失衡的场地。

地形重塑技术：削高填低、营造微地形、修建梯田、鱼鳞坑等。工程上非常成熟，能有效控制水土流失，创造适宜的植物生长环境。

水土保持技术：修建拦渣坝、排水沟、沉沙池，覆盖防尘网等。是常规水土工程，为植被恢复提供稳定基础。

先锋植物选择：选择耐贫瘠、耐旱、速生、根系发达的本地先锋物种（如豆科植物固氮）。

植物群落配置：乔、灌、草、藤本植物科学搭配，模拟自然群落结构。技术原理成熟，但需基于详尽的生态本底调查，设计难度较高。

2) 从“植被”到“功能”的提升路径

技术可行性最终要服务于生态功能的恢复，针对不同生态功能目标的技术路径分析：

水土保持功能：地形重塑+快速植被覆盖，通过工程措施（如鱼鳞坑）截留雨水，同时利用先锋草本植物，发达的根系快速固结表层土壤。这是最基本且最容易实现的功能目标，技术组合成熟，见效快。

土壤肥力恢复与养分循环功能：生物固氮+土壤食物网重建，种植豆科植物（如紫花苜蓿、胡枝子）及其根瘤菌进行固氮。通过施加有机肥和微生物菌剂，引入土壤动物，恢复土壤的活性与健康。但需要一定时间（3-5年）才能显效，且依赖于持续的水分供应。

生物多样性维持功能：群落结构优化+生态廊道建设：在先锋群落基础上，引入更多本地乔木树种，构建复杂的垂直结构（乔木层、灌木层、草本层），并为动物提供栖息地和迁徙通道。技术上是可行的，但在于需要长期（10年以上）的管护和自然演替，且对区域生态格局有整体规划要求。

碳汇功能：高生物量乔木定植，选择适应性强、生长稳定、寿命长的本地乔木树种（如刺槐、红松、核桃楸等），进行合理密植，最大化地提高生态系统的长期固碳能力。技术简单，但同样需要长期视角才能看到显著效果。

技术的可行性必须与科学的规划、充足的资金和长期的管护相结合，才能确保矿区植被不仅“活下来”，更能“活得好”，最终形成

一个健康、稳定、能够自我维持的生态系统。

2、经济可行性分析

矿区生态修复要坚持“预防为主，防治结合”、依靠科技进步，发展循环经济，建设绿色矿山，正确处理矿山开发引起的生态破坏问题。在治理修复工程过程中首选矿山企业自有的设备和工程材料节约成本。为保证矿区生态修复工程资金来源，依据《辽宁省矿山地质环境治理恢复基金管理暂行办法》等文件规定，实行矿山地质环境恢复治理基金制度。根据“谁破坏，谁治理”的原则，矿山应分阶段安排生态修复资金的预算支出，进行治疗。

根据辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿开采方案，矿山设计生产规模 300.00 万吨/年，矿山生产销售原矿石，估算玻璃用石英岩矿石售价为 70.00 元/t，项目达产年平均销售收入为 21000 万元，年总成本费用为 12000 万元，达产年税后净利润 4665.51 万元。

矿区生态修复投资总额为 14106.0244 万元，平均每年投资额 431.9125 万元，约占税后总利润的 9.26%。矿山生产期间收益较好，矿区生态修复费用的足额提取能够得到较好的保障。

（二）目标方向可行性分析

1、参照生态系统

（1）参照生态系统基本情况

1) 分布范围与区位

参照生态系统选取矿区现有开采前的连片原生乔木林地，分布于整个拟申请开采区及周围，该区域至目前未受采矿、工程建设等人为扰动，地形、土壤、气候、水文等自然条件与采矿损毁区高度一致，是区域典型地带性植被群落，可作为本矿区生态修复的标准参照样板。

2) 自然本底条件

地形地貌：属辽东低山丘陵地貌，地形坡度 $15^{\circ} \sim 50^{\circ}$ ，与采矿区地形走势、高差基本一致，坡面类型以自然斜坡为主。

气候条件：北温带季风型大陆性气候，年平均气温 8.2°C ，平均降水量 780mm，降水集中在 7—8 月，无霜期 158 天，冻土深度约 1.2m，水热条件满足辽东乡土森林植被长期生长需求。

土壤条件：土壤类型为棕壤，整体肥力偏弱，与矿区损毁区修复后土壤基底条件一致。

水文条件：区域地下水以基岩裂隙水、第四系孔隙潜水为主，大气降水为主要补给来源，地表发育季节性溪流，水系连通性良好，水源涵养、径流条件稳定，可为植被生长提供充足水分。

3) 生态系统类型与整体定位

参照区为长白山植物区系山地针阔混交林 + 落叶阔叶林复合森林生态系统，是本区域主导地带性生态系统。结合国土空间规划，该区域属于辽东山区水源涵养、生物多样性保护核心区，同时承担水土、固碳释、景观维护等综合生态功能，与矿区修复后生态功能定位完全契合。

(2) 参照生态系统群落结构特征

参照区形成乔木层-灌木层-草本层完整复层森林群落，群落结构稳定、物种丰富、自然演替能力强，为本矿区植被重建提供直接参照模板。

乔木层（优势建群层）：以辽东柞、红松、油松等本地乡土树种为主，搭配刺楸、紫椴等伴生树种，无外来引种树木，物种适应性极强；林相完整，郁闭度较高，树木生长年限长、群落稳定性强；树木株行距自然分布，整体群落抗风、抗旱、抗病虫害能力突出；作为生

态系统主体，主导水源涵养、固碳释氧、生物栖息、水土保持核心功能。

灌木层（中层补充群落）：主要物种以杜鹃、天女木兰等区域特色乡土灌木为优势种，伴生胡枝子、榛子等，物种丰富度高；广泛分布于林下、林缘及坡地，分布均匀，对地表形成二次覆盖，可拦截坡面径流、辅助固土，同时为小型鸟类、昆虫提供栖息场所。

草本及地被层（底层防护层）：主要物种以细辛、五味子、各类山野菜、多年生乡土草本为主，林下植被繁茂；全域覆盖度高，根系浅而密集，是防治坡面面蚀、提升土壤保水能力的基础层；同时也是区域特色林下资源载体。

（3）参照生态系统主要生态功能标准

结合 GB/T 42340《生态系统格局与质量评价方法》，明确参照区各项生态功能指标，作为矿区修复的功能达标依据：

水源涵养功能：森林冠层、枯枝落叶、根系及土壤形成多级储水结构，降水截留、入渗能力强，是地表河流上游重要水源涵养带，径流调节能力稳定。

水土保持功能：乔-灌-草立体根系网络固持土体，搭配地表枯枝落叶层，坡面抗冲刷、抗侵蚀能力强，区域水土流失风险极低。

固碳释氧功能：森林生物量高，土壤碳库稳定，是区域重要碳汇单元，碳循环能力优良。

生物多样性维持功能：完整的群落结构为动植物提供栖息地、觅食地与迁徙廊道，生态廊道连通性好，物种交流顺畅。

（4）参照生态系统与修复区立地条件匹配性分析

本次矿山设计一期开采损毁单元包含露天采场、废石场、表土场、工业场地、矿山道路，全部为乔木林地损毁，结合地形、土壤、气候、

水文四大维度，对比修复区与参照区的一致性：

地形匹配性：参照区与修复区同属低山丘陵地貌，整体北高南低、东高西低，地形坡度区间一致。采场平台、废石场平台、工业场地、矿山道路地形平缓，与参照区缓坡林地立地条件基本一致；采场边坡、废石场、表土边坡坡度较大，参照区陡坡林地可作为边坡植被恢复样板。

土壤匹配性：修复区原有土壤为棕壤，与参照区土壤类型完全一致。矿山已严格执行分区剥离、集中堆存表土方案，剥离表土质地与参照区原状土壤无差异，后期覆土回用可完全还原参照区土壤基底。

气候与水文匹配：修复区与参照区无地理分割，属于同一气候单元、同一水文单元，降水、气温、蒸发、冻土等气象指标完全统一；植被生长的水热环境无差异。

物种生长环境匹配：参照区所有乔、灌、草乡土物种均为本区域原生种，长期适应当地环境，耐旱、耐贫瘠、抗冻，矿山修复区立地条件与参照区一致，参照物种可直接引种定植，成活率有保障。

(5) 修复目标与参照生态系统对比

结合损毁类型、土地适宜性评价结果，区分不同修复单元，对标参照生态系统制定差异化修复目标，保证修复后群落、功能逐步向参照区靠拢。

1) 总体对标目标

以周边原生森林生态系统为唯一参照，遵循近自然修复、乡土物种优先、分层构建群落原则，重构“乔木 + 灌木 + 草本”复层森林群落；修复后期植被覆盖度、群落郁闭度、生物多样性、各项生态功能逐步接近参照区水平，最终实现区域生态系统一体化、同质化。

2) 分单元对标方案

露天采场平台、废石场、表土场、工业场地修复单元：全面覆土后，优先选用红松、刺槐等参照区优势乔木，搭配本土灌木、草本，复刻参照区复层结构。

露天采场边坡修复单元：因基岩裸露、土层匮乏，参照区陡坡藤本、耐旱灌木生长模式，优先栽植软枣子等藤本植物，实现裸岩覆绿，模拟参照区陡坡植被格局。

矿山道路：保留必要管护道路，其余区域穴状栽植乡土乔木，搭配路边草本，与周边森林景观、群落融为一体。

2、考虑因素与依据

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，结合本溪市南芬区国土空间规划、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《本溪市国土空间总体规划（2021-2035年）》，项目区位于“辽东山区水源涵养与生物多样性保护核心区、南芬区生态屏障与生态产业融合发展示范区”。

矿区周边未受损生态系统主要为森林生态系统，结合矿区周边其他矿山生态修复的成功案例（复垦修复方向为林地）、矿区自然环境特点，以及《本溪市国土空间总体规划（2021-2035年）》《本溪市生态环境保护“十四五”规划》等相关规划，确立本次生态修复为森林生态系统。

②公众参与意见

根据对矿区所在的****街道***村和***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。考虑公众

参与意见，复垦修复方向以林地为主。

③社会经济因素

矿山隶属本溪市南芬区****街道***村和***村，本溪市南芬区境内铁矿矿产资源丰富，当地以推广生态和经济效益绿化模式，实现经济发展和民生效益相结合。矿山开采结束后复垦修复林地将增加显著的经济效益。从社会经济因素考虑，复垦修复方向以林地为主。

3、复垦修复适宜性评价

(1) 修复区土地利用现状

根据土地现状与预测损毁分析结果，本项目开采生态修复区为露天采场、废石场、表土场、工业场地、矿山道路、探矿工程。

根据土地利用现状图（第三次土地调查数据），矿山未来一期采矿共预测损毁土地资源面积 146.6848hm^2 ，损毁土地类型全部为乔木林地。复垦区面积 146.6848hm^2 。

(2) 待修复区土地适宜性评价原则及依据

①评价原则

a. 符合国土空间规划，并与其他规划相协调

土地复垦应符合《辽宁省国土空间规划（2021-2035年）》，避免盲目投资、过度超前浪费土地资源。同时也应与《本溪市国土空间规划（2021-2035年）》相协调。符合规划分区管控。

b. 因地制宜、农用地优先的原则

土地利用方式必须与环境特征相适应。根据被损毁前后土地拥有的基础设施，特别是损毁现状，因地制宜，宜农则农，宜林则林，宜牧则牧，宜渔则渔。

c. 综合效益最佳原则

在确定土地的复垦方向时，首先考虑可垦性和综合效益，选择最

佳的利用方向，根据土地状况是否适宜复垦为某种用途的土地，或以最小的复垦投入取得最佳的经济效益、社会效益和生态效益。考虑到生产建设项目对项目区及周围环境造成的影响，重点考虑生态效益，以恢复生态环境功能为主。

d. 主导限制因素与综合平衡原则

影响损毁土地复垦利用的因素很多，如积水、土源、土壤肥力、坡度以及灌排条件等。根据项目区自然环境、土地利用和土地损毁情况，分析影响损毁土地复垦利用的主导性限制因素，同时也应兼顾其他限制因素。

e. 复垦后土地可持续利用原则

土地损毁是一个动态过程，复垦土地的适宜性也随损毁等级与损毁过程而变化，具有动态性，在进行复垦土地的适宜性评价时，应考虑矿区工农业发展的前景、科技进步以及生产和生活水平所带来的社会需求的变化，确定复垦土地的开发利用方向。复垦后的土地应既能满足保护生物多样性和生态环境的需要，又能满足人类对土地的需求，应保证生态安全和人类社会可持续发展。

f. 经济可行与技术合理性原则

土地复垦所需的费用应在保证复垦目标完整、复垦效果达到复垦标准的前提下，兼顾土地复垦成本，尽可能减轻企业负担。

②评价依据

土地适宜性评价就是评定土地对于某种用途以及适宜的程度，它是进行土地利用决策，确定土地利用方向的基本依据。

参考的法规与标准：

a. 《中华人民共和国土地管理法》；

b. 《土地复垦条例》；

- c. 《土地复垦技术标准》；
- d. 《土地开发整理规划编制规程》；
- e. 《农用地分等定级规程》；
- f. 《待复垦土地主要限制因子农林牧评价等级标准》。

(3) 待复垦土地适宜性评价单元的划分

根据矿山建设工程、开采工艺流程以及对土地损毁预测结果，本着同一评价单元内的土地特征、损毁方式、复垦利用方向、复垦措施基本一致的原则，矿山待复垦土地适宜性评价单元划分如下表。

表 3-12 待复垦土地适宜性评价单元划分 单位：hm²

单元名称	损毁土地类型	损毁土地方式	单元面积
一期露天采场边坡	乔木林地	挖损	84.7594
一期露天采场平台	乔木林地	挖损	11.7306
废石场边坡	乔木林地	压占	9.9812
废石场平台	乔木林地	压占	24.1188
表土场	乔木林地	压占	8.0800
工业场地	乔木林地	压占	0.9000
矿山道路	乔木林地	压占	0.5180
探矿工程	乔木林地	压占	6.5968

(4) 评价方法的选择和评价指标的确定

①评价方法

土地复垦的限制因子对复垦方法的选择具有较大的影响，极限条件法作为土地适宜性评价方法之一，是将土地质量最低评定标准作为质量等级依据的一种方法，强调主导限制因子的作用，评价单元的最终结果取决于条件最差因子的质量。本方案选择极限条件法，其公式为：

$$Y_i = \min(Y_{ij})$$

式中：Y_i—第 i 个评价单元的最终分值；

Y_{ij}—第 i 个评价单元中第 j 参评因子的分值。

②评价指标

遵循评价指标的选择原则，依据该项目的特点，选择主要限制因子作为土地复垦适宜性等级评定指标，即：地形坡度、地表物质组成、有效土层厚度、土源保证率、污染情况 5 个因子作为评价指标。

③评价体系

结合矿区土地利用方式，采用二级评价体系，分为适宜类和适宜等，适宜类分为适宜和不适宜，适宜等再续分一等地、二等地和三等地。

④评价因素等级标准的确定

根据华北、东北区主要限制因素的农林牧业评价等级标准，结合项目区自然环境条件因素和对土地损毁的方式，确定各评价单元的适宜性参评因子，最终确定参评因子为 7 个：地面坡度、地表物质组成、有效土层厚度、灌溉条件、排水条件、稳定性、生产管理便利性。

表 3-13 待复垦土地主要限制因素农林牧评价等级标准

限制因素	分级指标	耕地评价	林地评价	草地评价
地面坡度 (°)	<6	1 等	1 等	1 等
	6~15	2 等	2 等	1 等
	15~25	3 等或 N	3 等	2 等或 3 等
	>25	N	3 等或 N	3 等
有效土层厚度 (m)	>0.5	1 等	1 等	1 等
	0.3~0.5	2 等	1 等	1 等
	<0.3	3 等	2 等	2 等
地表物质组成	壤土、砂壤土	1 等或 2 等	1 等	1 等
	岩土混合物	3 等	2 等	2 等
	砂土、砾质	N	2 等或 3 等	2 等或 3 等
	砾质	N	3 等或 N	3 等或 N
灌溉条件	灌溉水源有保证	1 等	1 等	1 等
	灌溉水源保证差	1 等或 2 等	1 等	1 等
	无灌溉水源	2 等或 3 等	2 等或 3 等	2 等或 3 等
排水条件	排水好, 不淹没	1 等	1 等	1 等
	排水较好, 季节性短期淹没	2 等	2 等	2 等
	排水较差, 季节性长期淹没	3 等或 N	3 等或 N	3 等或 N
	排水差, 长期淹没	N	N	N
稳定性	稳定	1 等	1 等	1 等
	基本稳定	2 等	1 等	1 等
	未稳定	N	N	N
生产管理 便利性	便利	1 等	1 等	~
	一般	2 等	1 等或 2 等	~
	不便利	N	2 等或 3 等	~

注：“N”代表不适宜，“~”代表非限制因素。

(5) 待复垦土地适宜性各评价单元特征

根据已损毁土地和拟损毁土地特征确定项目区待复垦土地评价单元土地特征见下表。

表 3-14

待复垦土地评价单元土地特征

评价单元	影响因子						
	地形坡度 (°)	有效土层厚度 (m)	地表物质组成	灌溉条件	排水条件	稳定性	生产管理 便利性
露天采场(平台)	3~8	0	坚硬原岩	自然降水	好	不稳定	不便利
露天采场(边坡)	40~65	0	坚硬原岩	自然降水	差	不稳定	不便利
废石场(平台)	3~10	0	岩土混合物	自然降水	好	一般	便利
废石场(边坡)	10~30	0	岩土混合物	自然降水	好	一般	便利
表土场	10~30	<0.3	岩土混合物	自然降水	好	一般	便利
工业场地	3~20	<0.3	岩土混合物	自然降水	好	一般	便利
矿山道路	<8	0	岩土混合物	自然降水	好	稳定	便利
探矿工程	<8	0.3~0.4	岩土混合物	自然降水	好	稳定	便利

(6) 待复垦土地适宜性等级评价结果

根据矿山待复垦土地主要限制因素农林牧评价等级标准和矿业开采结束后待复垦土地评价单元土地特征,采用极限条件法,确定待复垦单元土地复垦适宜性等级评价结果见表 3-15 至 3-19。

表 3-15

一期露天采场(平台)适宜性等级评价结果

地类评价	适宜性	主要限制因子	复垦措施分析
耕地	N	地表组成物质、有效土层厚度	受地表物质组成及周边土地利用类型限制,不适宜复垦为耕地
林地	3	有效土层厚度	场地回填平整、覆土、栽植苗木,可复垦为林地
草地	3	有效土层厚度	场地平整、撒播草籽,可复垦为草地

表 3-16

一期露天采场(边坡)适宜性等级评价结果

地类评价	适宜性	主要限制因子	复垦措施分析
耕地	N	地形坡度、地表组成物质、有效土层厚度	地形坡度大,地表物质为基岩,无法客土,不适宜复垦为耕地
林地	N	有效土层厚度	地形坡度大,地表物质为基岩,无法客土,不适宜复垦为林地
草地	N	有效土层厚度	地形坡度大,地表物质为基岩,无法客土,不适宜复垦为草地

表 3-17 废石场（平台）适宜性等级评价结果

地类评价	适宜性	主要限制因子	复垦措施分析
耕地	N	地表物质组成、有效土层厚度、	结合周边地形及现有地类情况，不宜复垦为耕地
林地	2	有效土层厚度	场地平整、覆土、栽植苗木，可复垦为林地
草地	2	有效土层厚度	场地平整、覆土、撒播草籽，可复垦为草地

表 3-18 废石场（边坡）适宜性等级评价结果

地类评价	适宜性	主要限制因子	复垦措施分析
耕地	N	地表物质组成、有效土层厚度、	结合周边地形及现有地类情况，不宜复垦为耕地
林地	2	有效土层厚度	边坡整形、覆土、栽植苗木，可复垦为林地
草地	2	有效土层厚度	边坡整形、覆土、撒播草籽，可复垦为草地

表 3-19 表土场适宜性等级评价结果

地类评价	适宜性	主要限制因子	复垦措施分析
耕地	N	地表物质组成、有效土层厚度、	结合周边地形及现有地类情况，不宜复垦为耕地
林地	2	有效土层厚度	场地平整、覆土、栽植苗木，可复垦为林地
草地	2	有效土层厚度	场地平整、覆土、撒播草籽，可复垦为草地

表 3-20 工业场地适宜性等级评价结果

地类评价	适宜性	主要限制因子	复垦措施分析
耕地	N	地表物质组成、有效土层厚度、	结合周边地形及现有地类情况，不宜复垦为耕地
林地	2	有效土层厚度	建筑砌体拆除、场地平整、覆土、栽植苗木，可复垦为林地
草地	2	有效土层厚度	建筑砌体拆除、场地平整、撒播草籽，可复垦为草地

表 3-21 矿山道路适宜性等级评定结果表

地类评价	适宜性	主要限制因子	复垦措施分析
耕地	N	生产管理便利性、有效土层厚度	道路形态不适宜复垦耕地。
林地	3	有效土层厚度	对运输道路穴状覆土，植树，适宜复垦为乔木林地。
草地	2	有效土层厚度	撒播草籽，可复垦为草地。

表 3-22 探矿工程适宜性等级评定结果表

地类评价	适宜性	主要限制因子	复垦措施分析
耕地	N	生产管理便利性、有效土层厚度	道路、槽探形态不适宜复垦耕地。
林地	3	有效土层厚度	对道路、槽探穴状覆土，植树，适宜复垦为乔木林地。
草地	2	有效土层厚度	撒播草籽，可复垦为草地。

表 3-23 待复垦修复土地适宜性评价结果表

评价单元	适宜性等级		
	耕地评价	林地评价	草地评价
露天采场平台	N	3	3
露天采场边坡	N	N	N
废石场平台	N	2	2
废石场边坡	N	2	2
表土场	N	2	2
工业场地	N	2	2
矿山道路	N	3	2
探矿工程	N	3	2

4、复垦修复目标

待复垦土地存在多宜性，最终复垦方向的确定需综合考虑多方面的影响，即综合考虑生态环境、原地类、政策因素及当地农民的建议，确定该矿山各评价单元最终复垦方向。将评价单元不能达到复垦地类要求的，通过一定的复垦措施，最终达到复垦地类的要求。复垦方向

确定如下：

1) 一期露天采场：通过对边坡清除危岩后，将露天采场阶段平台复垦为乔木林地；边坡无法复垦，种植藤本植被进行覆盖。

2) 废石场：边坡整形、覆盖表土，将场地全部复垦为乔木林地。

3) 表土场：平整场地、覆盖表土，将场地全部复垦为乔木林地。

4) 工业场地：拆除建筑、平整场地、覆盖表土，将场地全部复垦为乔木林地。

5) 运输道路：对道路预留 2.5m 宽度的管护道路后，其余区域栽植刺槐，复垦为乔木林地。

6) 探矿工程：探矿工程主要为临时道路、钻机平台、探槽，目前已完成回填、平整工程，将场地复垦为乔木林地。

综上所述，土地复垦最终方向与面积如下表。

表 3-24 土地复垦最终方向与复垦面积 单位：hm²

单元名称		原地类	损毁土地面积	复垦方向	复垦面积
露天采场	平台	乔木林地	96.4900	乔木林地	84.7594
	边坡			无法复垦（种植软枣子）	11.7306
废石场 1		乔木林地	5.8000	乔木林地	5.8000
废石场 2		乔木林地	28.3000	乔木林地	28.3000
表土场		乔木林地	8.0800	乔木林地	8.0800
工业场地		乔木林地	0.9000	乔木林地	0.9000
矿山道路		乔木林地	0.5180	乔木林地	0.5180
探矿工程		乔木林地	6.5968	乔木林地	6.5968
合计		-	146.6848	-	146.6848

5、水土平衡分析

(1) 土方量平衡分析

1) 需土量计算

①一期露天采场：根据复垦修复适宜性评价，设计一期露天采场阶段平台复垦为乔木林地，阶段平台复垦为乔木林地。进行复垦时采用全面覆土，覆土厚度为自然沉实后 0.5m，沉实系数 1.1，复垦面积

84.7594hm², 需覆土 466177m³。

②废石场 1: 根据复垦修复适宜性评价, 该区域复垦为乔木林地。进行复垦时采用全面覆土, 覆土厚度为自然沉实后 0.5m, 沉实系数 1.1, 复垦面积 5.8000hm², 需覆土 31900m³。

③废石场 2: 根据复垦修复适宜性评价, 该区域复垦为乔木林地。进行复垦时采用全面覆土, 覆土厚度为自然沉实后 0.5m, 沉实系数 1.1, 复垦面积 28.3000hm², 需覆土 155650m³。

④表土场: 根据复垦修复适宜性评价, 该区域复垦为乔木林地。进行复垦时采用全面覆土, 覆土厚度为自然沉实后 0.5m, 沉实系数 1.1, 复垦面积 8.0800hm², 需覆土 44440m³。

⑤工业场地: 根据复垦修复适宜性评价, 该区域复垦为乔木林地。进行复垦时采用全面覆土, 覆土厚度为自然沉实后 0.5m, 沉实系数 1.1, 复垦面积 0.9000hm², 需覆土 4950m³。

⑥矿山道路: 对道路预留 2.5m 宽度的管护道路后, 其余区域栽植刺槐, 复垦为乔木林地。采用穴状覆土, 穴状规格 0.5m*0.5m*0.5m, 每穴覆土 0.125m³, 沉实系数 1.1, 需覆土 317m³。

矿山截止采矿结束闭坑后, 复垦工程共需覆土 705966m³。

表 3-25 复垦区表土需要量

复垦单元		复垦方向	面积 (hm ²)	覆土方式	覆土厚度 (m)	沉实 系数	覆土量 (m ³)
一期 露天 采场	阶段平台	乔木林地	84.7594	全面覆土	沉实后 0.5m	1.1	466177
	边坡	边坡不复垦	11.7306	不覆土	-	-	0
废石场 1		乔木林地	5.8000	全面覆土	沉实后 0.5m	1.1	31900
废石场 2		乔木林地	28.3000	全面覆土	沉实后 0.5m	1.1	155650
表土场		乔木林地	8.0800	全面覆土	沉实后 0.5m	1.1	44440
工业场地		乔木林地	0.9000	全面覆土	沉实后 0.5m	1.1	4950
矿山道路		乔木林地	0.5180	穴状覆土	0.125m ³ /穴	1.1	317
总计			140.088	-	-	-	705966

2) 表土剥离量

该矿山为新建矿山，拟建工程包括一期露天采场、废石场、表土场、工业场地、矿山道路。根据现场调查及土地利用现状图，拟建各场地全部为乔木林地。

为有效利用表土，按照“应剥尽剥”要求，设计在建设前对全部拟建场地表土进行剥离，用于后期土地复垦。一期工程拟建场地全部为乔木林地，拟新增损毁土地面积 136.1699hm^2 ，土壤质量好，适宜植被生长，有效土层厚度相对较厚。坡顶位置土壤厚度约 $0.3\sim 0.5\text{m}$ ，山坡及坡脚位置土壤厚度可达 $0.5\text{m}\sim 1.0\text{m}$ 。

设计拟损毁区域可供剥离表土的面积为 136.1699hm^2 ，可剥离土方量 680850m^3 (实方)，松散系数取 1.10，则实际剥离表土量 744456m^3 。(具体工程见“表土剥离与植被移植”后续章节)。

3) 表土平衡分析

矿山一期拟建工程区域共计剥离表土量 744456m^3 ，设计一期生态修复工程所需表土量 705966m^3 ，一期工程剥离的表土可完全满足生态修复工程所需表土，富余部分可用于二期工程生态修复工程。

(2) 水量平衡分析

1) 供水量分析

①有效降水量

根据本溪市南芬区气象站多年水文、气象资料，项目区平均年降水量多年平均降水量 780mm 。复垦区内主要复垦地类为乔木林地，种植作物主要为刺槐。该区降水量可以满足植被正常生长需求，旱季时可利用矿山洒水车进行灌溉。

②其他水源

如发生农作物及栽植的树苗缺水萎蔫，可利用水车到周边河流水

源（细河）进行紧急拉水浇灌。

2) 需水量计算

栽种初始，为保证树苗的成活率，可用汽车拉水按株浇水。1-2年生阔叶裸根苗，定根浇灌单株用水量宜控制在 $0.04\sim 0.06\text{m}^3$ ，本次取值 $0.05\text{m}^3/\text{株}$ 。种植苗木乔木每株按 0.05m^3 的标准进行浇水，初期浇水两次。

3) 水资源平衡分析

栽种初始，为保证树苗的成活率，可用汽车拉水按株浇水。该区降水量可以满足植被正常生长需求。

6、复垦修复目标关键属性指标及标准

(1) 制定依据

根据中华人民共和国国务院《土地复垦条例》《土地复垦质量控制标准》（TD/T1 036-2013）、《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018），结合本项目自身特点，制定本方案土地复垦质量要求。

(2) 矿区土地复垦工程质量通用要求

- ①复垦工程符合《土地复垦质量控制标准》（TD/T 1036-2013）。
- ②矿山开发与矿山复垦同步进行。
- ③复垦后的土地利用类型应与地形、地貌及周边环境相协调。
- ④充分利用后期道路施工，利用当地自然表土作为复垦土源。
- ⑤复垦场地的稳定性和安全性应有可靠保证。
- ⑥复垦场地应有控制水土流失和污染控制措施，包括大气、地表水、地下水等污染控制措施。

(3) 土地复垦质量要求

依据《土地复垦质量控制标准》（TD/T1036-2013）附录 D.1 东

北山丘平原区土地复垦质量控制标准、《矿山及其他工程破损山体植被恢复技术》(DB21/T2019-2012),结合矿区地形地貌以及矿区土壤类型及取样调查的理化性质等,确定土地复垦质量要求,确保满足《土地复垦质量控制标准》要求且土壤质量不低于土地损毁前。

结合本矿区实际情况,本项目复垦方向为乔木林地,制定本方案土地复垦标准,具体如下:

1) 乔木林地复垦标准

①土壤质量:有效土层厚度 $\geq 30-50\text{cm}$,土壤容重 $\leq 1.45\text{g/cm}^3$,土壤质地为砂质壤土至砂质粘土,砾石含量 $\leq 15\%$,土壤 pH 值在 6.0-8.5 之间,有机质含量 $\geq 2.0\%$ 。

②生产力水平:定植密度为 4445 株/ hm^2 ,行株距 1.5m $\times$ 1.5m。复垦工程结束后管护时间为 3 年,保障复垦植被的成活率,植被成活率达到 95%以上,郁闭度 ≥ 0.30 。

③配套设施:(包括排水、道路和林网)应满足当地各行业工程建设标准要求。

表 3-26 复垦为乔木林地的土地复垦质量控制标准

复垦方向	指标类型	基本指标	控制标准	
			行业标准 (TD/T1036~2013)	本项目
林地 乔木林地	土壤质量	有效土层厚度/cm	≥ 30	30~50
		土壤容重/(g/cm)	≤ 1.45	≤ 1.45
		土壤质地	砂土至砂质粘土	砂质壤土至砂质粘土
		砾石含量/%	≤ 20	≤ 15
		pH 值	6.0~8.5	6.0~8.5
		有机质/%	≥ 2.0	≥ 2.0
	配套设施	排水、道路	达到当地本行业工程建设标准要求	达到当地本行业工程建设标准要求
	生产力水平	定植密度/(株 hm^2)	满足《造林作业设计规程》(LY/T1607)要求	4445 株,即株行距 1.5m*1.5m
		郁闭度	≥ 0.30	≥ 0.30

（三）边开采、边修复可行性分析

本矿山开采布局分区清晰、功能场地独立划分，露天采场、废石场、表土场、工业场地、矿山道路物理分隔，开采作业区与修复作业区可实现空间分离、分区作业，不存在全域交叉干扰，为边开采边修复提供核心场地条件。

露天采场分段开采，具备逐块修复条件，矿山设计分两期开采，一期开采标高 520m~791m，采用自上而下分台阶、分段开采模式，开采顺序由上至下、单个台阶完成采掘作业后，即刻形成闲置稳定场地，无需等待全采场闭坑。已完工的台阶平台可同步开展危岩清理、场地平整、覆土、植被种植等修复工程；高陡边坡在开采过程中同步实施藤本植物栽植，实现“采完一块、修复一块”。

废石堆场时序独立，可分阶段开展修复。开采方案设计 2 处废石场，分区规划、分期使用。废石场 1 预计使用周期为 2026—2036 年，服务前期开采，堆场达到设计库容后立即停止堆载，转入生态修复；废石场 2 接续使用（2037—2057 年），形成“前堆场修复、后堆场堆存”的交替作业模式。

表土场为专用临时场地，表土按需调取、分区清场，表层防护、植被养护可与开采同步开展，堆存结束后即刻启动复垦。

工业场地、矿山道路为独立配套区域，远离核心采掘工作面，开采期间仅承担生产辅助功能。道路、场地不直接参与矿石采掘，在运营期间可常态化开展局部植被补植、路面防护、水土保持治理；待矿山整体闭坑前，辅助场地逐步停用，同步开展拆除、平整、覆土等修复工程，全程不影响主体开采。

根据矿山开采设计、工艺流程、开采进度、采矿用地周期，以及生态问题识别与受损预测等情况，该矿山具备边开采、边修复的条件。

三、生态修复分区及修复时序安排

(1) 一期露天采场

生态修复区面积：96.4900hm²。

主要生态环境问题：露天采场边坡崩塌地质灾害；露天采场挖损土地资源，损毁程度重度，对地形地貌破坏程度严重。

主要修复措施及建议：对露天采场阶段边坡危岩体进行清除、对平台进行覆土，按照生态修复适宜性评价结果，恢复乔木林地。

修复时序：根据露天采场开采进度，对开采完成的阶段平台逐步进行生态修复，预计修复时间为2031年-2061年。

(2) 废石场 1

生态修复区面积：5.8000hm²。

主要生态环境问题：废石场大规模压占土地资源，损毁程度重度，对地形地貌破坏程度严重。

主要修复措施及建议：平整场地、覆土，按照生态修复适宜性评价结果，恢复乔木林地。

修复时序：根据废石场使用计划，逐步进行生态修复，预计修复时间为2037年-2041年。

(3) 废石场 2

生态修复区面积：28.3000hm²。

主要生态环境问题：废石场滑坡地质灾害；废石场大规模压占林地土地资源，损毁程度重度，对地形地貌破坏程度严重。

主要修复措施及建议：平整场地、覆土，按照生态修复适宜性评价结果，恢复乔木林地。

修复时序：根据废石场使用计划，需在该废石场使用结束后，预计修复时间为2058-2061年。

(4) 表土场

生态修复区面积 8.0800hm²。

主要生态环境问题：表土场滑坡地质灾害；表土场大规模压占林地土地资源，损毁程度重度，对地形地貌破坏程度严重。

主要修复措施及建议：对表土场表土进行综合利用后，平整场地、覆土，按照生态修复适宜性评价结果，恢复乔木林地。

修复时序：根据表土场使用计划，预计修复时间为矿山闭坑，2058-2061 年。

(5) 工业场地

生态修复区面积 0.9000hm²。

主要生态环境问题：压占林地土地资源，损毁程度中度，对地形地貌破坏程度较严重。

主要修复措施及建议：对工业场地拆除建筑、平整场地、覆土，按照生态修复适宜性评价结果，恢复乔木林地。

修复时序：根据工业场地使用计划，预计修复时间为矿山闭坑，2058-2061 年。

(6) 矿山道路

生态修复区面积：0.5180hm²。

主要生态环境问题：压占损毁土地资源，对土地资源损毁程度中度损毁，对原始地形地貌景观造成破坏。

主要修复措施及建议：场地采矿活动结束后，对道路预留 3m 宽度的管护道路后，其余区域栽植刺槐，恢复为乔木林地。

修复时序：根据矿山道路使用计划，预计修复时间为矿山闭坑，2058-2061 年。

(7) 探矿工程

生态修复区面积：6.5968hm²。

主要生态环境问题：压占损毁土地资源。

主要修复措施及建议：勘查工程结束后已对钻孔进行封堵、对探槽进行回填，并已完成场地平整工作，根据《辽宁省本溪市南芬区***村硅石矿财政出资详察项目使用林地植被恢复方案》，对其区域恢复为乔木林地。

修复时序：2026-2027 年。

表 3-27 矿区生态修复分区及修复时序安排表

分区单元	面积 (hm ²)	主要生态问题	综合评价结果	修复目标任务	修复时序
一期露天采场	167.2435	采场边坡崩塌地质灾害；挖损损毁土地程度重度；地形地貌破坏严重	重度受损	乔木林地	2031 年-2061 年
废石场 1	5.8000	废石边坡滑坡地质灾害；压占损毁土地程度重度；地形地貌破坏严重	重度受损	乔木林地	2037 年-2041 年
废石场 2	28.3000	废石边坡滑坡地质灾害；压占损毁土地程度重度；地形地貌破坏严重	重度受损	乔木林地	2058 年-2061 年
表土场	8.0800	表土场边坡滑坡地质灾害；压占损毁土地程度重度；地形地貌破坏严重	重度受损	乔木林地	2058 年-2061 年
工业场地	0.9000	压占损毁土地程度中度；地形地貌破坏较严重	中度受损	乔木林地	2058 年-2061 年
矿山道路	0.5180	压占损毁土地程度中度；地形地貌破坏较严重	中度受损	乔木林地	2058 年-2061 年
探矿工程	6.5968	压占损毁土地程度中度	中度受损	乔木林地	2026 年-2027 年
备注：待一期设计开采结束前，应根据二期工程设计，对进行使用场地重新调整修复时序					

图 3-4 矿区生态修复分区图

表 3-28 矿区生态修复分区拐点坐标表

修复分区	序号	X	Y	序号	X	Y
露天采场	1	*****	*****	77	*****	*****
	2	*****	*****	78	*****	*****
	3	*****	*****	79	*****	*****
	4	*****	*****	80	*****	*****
	5	*****	*****	81	*****	*****
	6	*****	*****	82	*****	*****
	7	*****	*****	83	*****	*****
	8	*****	*****	84	*****	*****
	9	*****	*****	85	*****	*****
	10	*****	*****	86	*****	*****
	11	*****	*****	87	*****	*****
	12	*****	*****	88	*****	*****
	13	*****	*****	89	*****	*****
	14	*****	*****	90	*****	*****
	15	*****	*****	91	*****	*****
	16	*****	*****	92	*****	*****
	17	*****	*****	93	*****	*****
	18	*****	*****	94	*****	*****
	19	*****	*****	95	*****	*****
	20	*****	*****	96	*****	*****
	21	*****	*****	97	*****	*****

	22	*****	*****	98	*****	*****
	23	*****	*****	99	*****	*****
	24	*****	*****	100	*****	*****
	25	*****	*****	101	*****	*****
	26	*****	*****	102	*****	*****
	27	*****	*****	103	*****	*****
	28	*****	*****	104	*****	*****
	29	*****	*****	105	*****	*****
	30	*****	*****	106	*****	*****
	31	*****	*****	107	*****	*****
	32	*****	*****	108	*****	*****
	33	*****	*****	109	*****	*****
	34	*****	*****	110	*****	*****
	35	*****	*****	111	*****	*****
	36	*****	*****	112	*****	*****
	37	*****	*****	113	*****	*****
	38	*****	*****	114	*****	*****
	39	*****	*****	115	*****	*****
	40	*****	*****	116	*****	*****
	41	*****	*****	117	*****	*****
	42	*****	*****	118	*****	*****
	43	*****	*****	119	*****	*****
	44	*****	*****	120	*****	*****
	45	*****	*****	121	*****	*****
	46	*****	*****	122	*****	*****
	47	*****	*****	123	*****	*****
	48	*****	*****	124	*****	*****
	49	*****	*****	125	*****	*****
	50	*****	*****	126	*****	*****
	51	*****	*****	127	*****	*****
	52	*****	*****	128	*****	*****
	53	*****	*****	129	*****	*****
	54	*****	*****	130	*****	*****
	55	*****	*****	131	*****	*****
	56	*****	*****	132	*****	*****
	57	*****	*****	133	*****	*****
	58	*****	*****	134	*****	*****
	59	*****	*****	135	*****	*****
	60	*****	*****	136	*****	*****
	61	*****	*****	137	*****	*****
	62	*****	*****	138	*****	*****
	63	*****	*****	139	*****	*****
	64	*****	*****	140	*****	*****

	65	*****	*****	141	*****	*****
	66	*****	*****	142	*****	*****
	67	*****	*****	143	*****	*****
	68	*****	*****	144	*****	*****
	69	*****	*****	145	*****	*****
	70	*****	*****	146	*****	*****
	71	*****	*****	147	*****	*****
	72	*****	*****	148	*****	*****
	73	*****	*****	149	*****	*****
	74	*****	*****	150	*****	*****
	75	*****	*****	151	*****	*****
	76	*****	*****		*****	*****
废石场 1	1	*****	*****	27	*****	*****
	2	*****	*****	28	*****	*****
	3	*****	*****	29	*****	*****
	4	*****	*****	30	*****	*****
	5	*****	*****	31	*****	*****
	6	*****	*****	32	*****	*****
	7	*****	*****	33	*****	*****
	8	*****	*****	34	*****	*****
	9	*****	*****	35	*****	*****
	10	*****	*****	36	*****	*****
	11	*****	*****	37	*****	*****
	12	*****	*****	38	*****	*****
	13	*****	*****	39	*****	*****
	14	*****	*****	40	*****	*****
	15	*****	*****	41	*****	*****
	16	*****	*****	42	*****	*****
	17	*****	*****	43	*****	*****
	18	*****	*****	44	*****	*****
	19	*****	*****	45	*****	*****
	20	*****	*****	46	*****	*****
	21	*****	*****	47	*****	*****
	22	*****	*****	48	*****	*****
	23	*****	*****	49	*****	*****
	24	*****	*****	50	*****	*****
	25	*****	*****	51	*****	*****
	26	*****	*****	52	*****	*****
废石场 2	1	*****	*****	71	*****	*****
	2	*****	*****	72	*****	*****
	3	*****	*****	73	*****	*****
	4	*****	*****	74	*****	*****
	5	*****	*****	75	*****	*****

	6	*****	*****	76	*****	*****
	7	*****	*****	77	*****	*****
	8	*****	*****	78	*****	*****
	9	*****	*****	79	*****	*****
	10	*****	*****	80	*****	*****
	11	*****	*****	81	*****	*****
	12	*****	*****	82	*****	*****
	13	*****	*****	83	*****	*****
	14	*****	*****	84	*****	*****
	15	*****	*****	85	*****	*****
	16	*****	*****	86	*****	*****
	17	*****	*****	87	*****	*****
	18	*****	*****	88	*****	*****
	19	*****	*****	89	*****	*****
	20	*****	*****	90	*****	*****
	21	*****	*****	91	*****	*****
	22	*****	*****	92	*****	*****
	23	*****	*****	93	*****	*****
	24	*****	*****	94	*****	*****
	25	*****	*****	95	*****	*****
	26	*****	*****	96	*****	*****
	27	*****	*****	97	*****	*****
	28	*****	*****	98	*****	*****
	29	*****	*****	99	*****	*****
	30	*****	*****	100	*****	*****
	31	*****	*****	101	*****	*****
	32	*****	*****	102	*****	*****
	33	*****	*****	103	*****	*****
	34	*****	*****	104	*****	*****
	35	*****	*****	105	*****	*****
	36	*****	*****	106	*****	*****
	37	*****	*****	107	*****	*****
	38	*****	*****	108	*****	*****
	39	*****	*****	109	*****	*****
	40	*****	*****	110	*****	*****
	41	*****	*****	111	*****	*****
	42	*****	*****	112	*****	*****
	43	*****	*****	113	*****	*****
	44	*****	*****	114	*****	*****
	45	*****	*****	115	*****	*****
	46	*****	*****	116	*****	*****
	47	*****	*****	117	*****	*****
	48	*****	*****	118	*****	*****

	49	*****	*****	119	*****	*****
	50	*****	*****	120	*****	*****
	51	*****	*****	121	*****	*****
	52	*****	*****	122	*****	*****
	53	*****	*****	123	*****	*****
	54	*****	*****	124	*****	*****
	55	*****	*****	125	*****	*****
	56	*****	*****	126	*****	*****
	57	*****	*****	127	*****	*****
	58	*****	*****	128	*****	*****
	59	*****	*****	129	*****	*****
	60	*****	*****	130	*****	*****
	61	*****	*****	131	*****	*****
	62	*****	*****	132	*****	*****
	63	*****	*****	133	*****	*****
	64	*****	*****	134	*****	*****
	65	*****	*****	135	*****	*****
	66	*****	*****	136	*****	*****
	67	*****	*****	137	*****	*****
	68	*****	*****	138	*****	*****
	69	*****	*****	139	*****	*****
表土场	70	*****	*****		*****	*****
	1	*****	*****	25	*****	*****
	2	*****	*****	26	*****	*****
	3	*****	*****	27	*****	*****
	4	*****	*****	28	*****	*****
	5	*****	*****	29	*****	*****
	6	*****	*****	30	*****	*****
	7	*****	*****	31	*****	*****
	8	*****	*****	32	*****	*****
	9	*****	*****	33	*****	*****
	10	*****	*****	34	*****	*****
	11	*****	*****	35	*****	*****
	12	*****	*****	36	*****	*****
	13	*****	*****	37	*****	*****
	14	*****	*****	38	*****	*****
	15	*****	*****	39	*****	*****
	16	*****	*****	40	*****	*****
	17	*****	*****	41	*****	*****
	18	*****	*****	42	*****	*****
	19	*****	*****	43	*****	*****
	20	*****	*****	44	*****	*****
	21	*****	*****	45	*****	*****

		22	*****	*****	46	*****	*****
		23	*****	*****	47	*****	*****
		24	*****	*****		*****	*****
工业场地		1	*****	*****	5	*****	*****
		2	*****	*****	6	*****	*****
		3	*****	*****	7	*****	*****
		4	*****	*****		*****	*****
矿山道路	道路 1	1	*****	*****	12	*****	*****
		2	*****	*****	13	*****	*****
		3	*****	*****	14	*****	*****
		4	*****	*****	15	*****	*****
		5	*****	*****	16	*****	*****
		6	*****	*****	17	*****	*****
		7	*****	*****	18	*****	*****
		8	*****	*****	19	*****	*****
		9	*****	*****	20	*****	*****
		10	*****	*****	21	*****	*****
		11	*****	*****	22	*****	*****
	道路 2	1	*****	*****	4	*****	*****
		2	*****	*****	5	*****	*****
		3	*****	*****		*****	*****
	道路 3	1	*****	*****	4	*****	*****
		2	*****	*****	5	*****	*****
		3	*****	*****			

四、采矿用地与复垦修复安排

本项目一期采矿用地范围包括一期露天采场、废石场、表土场、工业场地、矿山道路、探矿工程等区域，合计面积 146.6848hm²，土地权属为****街道***村和***村集体所有。

该矿山为新建矿山，取得采矿权证后，后续矿山开发建设阶段，严格按照《土地管理法》、《森林法》、《临时用地管理办法》等法律法规，区分临时采矿用地与永久建设用地，及时办理土地占用、使用林地等相关审批手续，足额缴纳相关规费及土地复垦费用，落实复垦修复责任，在取得全部用地审批手续后再开工建设。开采结束后，严格落实生态修复与土地复垦，恢复林地、草地植被。

一期露天采场、废石场、表土场、工业场地、矿山道路、探矿工程区域损毁土地面积为 146.6848hm^2 ，依据土地复垦适宜性评价结果，复垦目标为乔木林地，露天采场边坡无法复垦，面积 11.7306hm^2 ，项目区内共计复垦修复面积为 134.9542hm^2 ，复垦率为 92.00%。

表 3-29 矿区生态修复目标及土地利用变化表

一级地类		二级地类		损毁前		生态修复目标		变幅 (%)
编码	名称	编码	名称	面积 (hm^2)	质量	面积 (hm^2)	质量	
03	林地	0301	乔木林地	146.6848	III	134.9542	III	-11.7306
合计				146.6848	-	134.9542	-	-11.7306

表 3-30

矿区用地（含临时使用土地）与复垦修复计划表

用地信息							复垦修复计划				
序号	原地类	范围	面积 (hm ²)	质量	是否为临时用地	批准(计划)使用期限	目标地类	范围	面积 (hm ²)	质量	计划修复期限
1	0301	一期露天采场 (见表 3-10)	96.4900	III等	否	2026-2057 年	0301	露天采场 (见表 3-28)	96.4900	III等	2031 年 -2061 年
2	0301	废石场 1 (见表 3-10)	5.8000	III等	否	2026-2036 年	0301	废石场 1 (见表 3-28)	5.8000	III等	2037 年 -2041 年
3	0301	废石场 2 (见表 3-10)	28.3000	III等	否	2037-2057 年	0301	废石场 2 (见表 3-28)	28.3000	III等	2058 年 -2061 年
4	0301	表土场 (见表 3-10)	8.0800	III等	否	2026-2057 年	0301	表土场 (见表 3-28)	8.0800	III等	2058 年 -2061 年
5	0301	工业场地 (见表 3-10)	0.9000	III等	否	2026-2057 年	0301	工业场地 (见表 3-28)	0.9000	III等	2058 年 -2061 年
7	0301	矿山道路 (见表 3-10)	0.5180	III等	否	2026-2057 年	0301	矿山道路 (见表 3-28)	0.5180	III等	2058 年 -2061 年
8	0301	探矿工程	6.5968	III等	是	2027 年前	0301	探矿工程	6.5968	III等	2026 年 -2027 年

（二）存量采矿用地腾退计划

存量采矿用地是指有义务人、已办理建设用地手续的相关建设用地。矿山尚未办理建设用地手续，无存量采矿用地。

存量采矿用地腾退指标是存量采矿用地经复垦修复为农用地后，腾退的建设用地指标，核心用于新增采矿用地审批与耕地占补平衡。

根据《开发利用方案》开采计划及征地情况，矿山预测损毁土地权属为村集体土地，不涉及采矿新增用地与复垦修复存量采矿用地挂钩，不涉及临时占用农用地。

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《关于辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿新立采矿权咨询意见的情况说明》（本自然南芬〔2026〕27号），拟申请采矿权范围不在《中华人民共和国矿产资源法》第二十条规定的区域，不在各级各类保护区或敏感区范围内。不涉及自然保护地、I级保护林地、天然林保护重点区域、基本草原、国际重要湿地、国家重要湿地、世界自然（自然与文化）遗产地、沙化土地封禁保护区、饮用水水源保护区、永久基本农田、生态保护红线；涉及II级保护林地，同意办理相关手续。

结合现场踏勘、外业调查及相关批复文件，本矿区周边主要敏感目标包括宗教建筑（白马寺）、周边居民住宅、高压输电线路。结合露天开采、爆破、土石方作业、物料运输、生产运营等环节产生的振动、飞石、噪声、扬尘、废水、地质扰动等影响，针对性制定保护方案与全流程预防措施，严格落实“源头防控、分区保护、动态巡查、闭环管理”原则。

（1）宗教建筑（白马寺）保护措施

白马寺为区域在建宗教建筑，不属于国家级、省级文物保护单位及旅游景区。露天采场最终境界与白马最近距离310m，大于《爆破安全规程》（GB6722-2014）规定的顺坡爆破300m警戒距离，空间距离满足安全底线。

爆破专项管控：严格按照310m安全距离划定爆破警戒区，顺坡方向爆破作业严控药量、采用浅孔微差爆破、预裂爆破工艺，降低爆破振动、冲击波与飞石影响；严禁使用大药量裸露爆破，每日爆破作

业固定时段（避开清晨、夜间休息时段）。

距离与范围管控：开采活动严格限定在审批境界内，严禁越界开挖、扩帮，开采边坡严格按照设计坡比施工，杜绝边坡滑移、危石滚落威胁建筑。

环境防护：采场朝向白马一侧增设防尘网、喷淋降尘系统，常态化洒水抑尘；运输路线避开建筑周边，减少噪声、扬尘影响。

（2）周边居民住宅保护措施

矿区南侧 1.5km 分布***村、陈家村、庙岭等村落，矿区 300m 范围内无集中居民区；采场南侧边界外侧存在 2 户零散民房，露天采场最终境界与民房最近距离 310m，符合爆破安全距离要求。

安全距离与警戒管理：以零散民房为基点，划定 300m 全域警戒范围，该范围内禁止任何爆破作业；爆破前安排专人提前告知周边居民，组织人员临时避险。

降噪抑尘措施：开采、破碎、运输设备选用低噪声机型，高噪声设备加装隔音罩；矿区至居民区沿线道路加密洒水频次，全线设置防尘围挡，运输车辆密闭加盖、出场前清洗车轮。

通行与安全管控：矿区出入口、沿线乡村道路设置交通警示标志、减速带，限制车辆行驶速度；安排交通疏导人员，高峰期引导车辆、行人有序通行。

沟通联动机制：建立村企常态化沟通渠道，及时公示开采、爆破计划，主动听取居民意见，及时处置扰民问题。

（3）高压线

矿区范围内及周边分布多条高压线路，包含 66kV、220kV、500kV 输电线路，部分原线路压覆矿体，已完成线路迁改审批及方案设计。迁改后所有高压线路与露天采场、开采作业区水平距离均大于 500m，

满足《电力设施保护条例实施细则》爆破安全管控要求。

全域禁爆管控：严格执行《电力设施保护条例实施细则》，所有高压线路水平 500m 范围内严禁爆破作业；开采平台、作业面与线路保持安全高差，禁止高空抛掷石块、物料。

机械作业管控：大型挖掘机、装载机、自卸车、钻机等设备划定作业限高、限界，安排专职安全员现场监护，严防机械触碰线路；雷雨天气立即停止露天高空及大型机械作业。

线路巡检：协同联合供电部门定期对迁改后线路开展联合巡检，发现线路隐患、树障、落石风险第一时间处置；矿区施工不占用电力检修通道。

应急预案制定：电力事故专项应急预案，配备应急物资，一旦出现险情立即停工、上报，并配合电力部门抢修。

项目区在空间上已完全避让各类法定环境敏感区域，从布局源头上确保了工程的生态安全性。本项目的实施符合国家及地方生态环境保护要求，对区域敏感目标不构成威胁，环境风险可控。

（二）表土剥离与植被移植利用

1、拟建场地表土剥离量分析

该矿山为新建矿山，拟建工程包括一期露天采场、废石场、表土场、工业场地、矿山道路。根据现场调查及土地利用现状图，拟建各场地全部为乔木林地。

为有效利用表土，按照“应剥尽剥”要求，设计在建设前对全部拟建场地表土进行剥离，用于后期土地复垦。一期工程拟建场地全部为乔木林地，拟新增损毁土地面积 136.1699hm²，土壤质量好，适宜植被生长，有效土层厚度相对较厚。坡顶位置土壤厚度约 0.3~0.5m，山坡及坡脚位置土壤厚度可达 0.5m~1.0m。

拟剥离表土区域海拔 600m 以上坡顶平均剥离厚度取 0.4m，海拔 500m-600m 区间山坡地段平均剥离厚度取 0.5m，海拔 500m 以下坡脚区域平均剥离厚度取 0.6m。经分区计算拟建场地区域共可剥离土方量 676778m³（实方），松散系数取 1.10，则实际剥离表土量 744456m³。

表 4-1 表土剥离分区计算表

高程	拟建区域	剥离面积 (hm ²)	剥离厚度 (m)	剥离量(实方) (m ³)
600m 以上	露天采场、表土场	39.5900	0.4	158360
500m-600m	露天采场	61.0619	0.5	305310
500m 以下	废石场、工业场地	35.5180	0.6	213108
合计	-	136.1699	-	676778

2、表土储存、养护

1) 表土储存

按照“分区堆存、就近堆存、就近利用”要求，设计将剥离的表土直接储存至拟建表土场，用于后期各阶段复垦使用。

根据开采方案设计，拟建表土场占地面积 8.0800hm²，设计顶标高为 650m，底标高为 585m，堆置高度 65m，容积为 140 万 m³，分层堆放，共两层，第一层堆置高度为 35m，顶标高为 620m，平台宽度 30m；第二层堆置高度为 30m，顶标高为 650m。边坡角为 35°。

设计表土场容积满足本方案剥离表土堆存的需要。

2) 表土养护

表土堆放后，对表土堆场撒播紫花苜蓿草籽，预防水土流失和进行表土养护；同时对表土场下部边缘修建挡土墙，防止边坡滑坡，该工程在地质灾害预防措施中阐述。

按照拟设表土堆存量 and 表土堆存范围，初步计算需撒播草籽 8.0800hm²。

图 4-1 表土处置工程部署图

3、植被移植利用

设计损毁区域土地类型为乔木林地，主要为乔木及灌草植被。乔木以青杨、刺槐为主，灌木以接骨木、荆条等为主。

经调查，由于山地苗木根系较浅，不具备移植条件。矿山计划在生产后对该乔木林地办理林地使用手续及相应的采伐手续，依法依规使用林地。

表 4-2

表土处置工程汇总表

序号	原地类	范围	面积 (hm ²)	表土剥离			表土储存		表土利用	
				时间段	厚度 (m)	土方量 (m ³)	位置	养护措施	利用方式	利用时间
1	乔木林地	设计一期露天采场	92.5719	露天采场基建（按露天采场施工进度逐步剥离）	0.4-0.5m	431350	拟建表土场	撒播草籽、挡墙防护	后期复垦	2031 年-2061 年
2	乔木林地	拟建废石场 1	5.8000	2026-2027 年	0.6m	34800				
3	乔木林地	拟建废石场 2	28.3000	2036-2037 年	0.6m	169800				
4	乔木林地	拟建表土场	8.0800	2026-2027 年	0.4m	32320				
5	乔木林地	拟建工业场地	0.9000	2026-2027 年	0.6m	5400				
6	乔木林地	矿石道路	0.5180	2026-2027 年	0.6m	3108				

（三）相关协同措施

1、地质灾害预防措施

（1）预防工程措施

根据地质灾害现状和预测问题诊断，矿山可能引发和遭受的地质灾害主要为露天采场边帮崩塌地质灾害，废石场和表土场滑坡地质灾害。采取防治措施如下：

1) 警示标志

在露天采场边缘、临近灾害点、施工作业区、临近道路处设置明显的警示标志，提醒来往车辆和相关人员提高警惕，避免造成人员伤亡。在采场局部边坡较高的位置设置拦护网，为防止人员误入露天采场边缘而发生危害。警示标志牌采用水泥混凝土而制，拦护网采用铁丝网结构和埋设方式。

警示标志牌采用铝合金材料，标牌尺寸不小于 800mm*1000mm，标明“前方危险、禁止入内”等类似字样，标杆尺寸 $\phi 50 \times 1000\text{mm}$ 。

图 4-2 警示牌示意图

2) 挡土墙（拦挡石坝）

为防止废石场和表土场发生滑坡地质灾害，对废石场和表土场下

部边缘修建挡土墙。

为防控废石滚落、堆体浅层滑坡及坡面汇流冲刷，于各废石场底部外缘设置重力式干砌大块石拦挡主坝，坝体迎渣面、外坡面及坝脚均采用 8# 热镀锌覆塑钢丝格宾石笼护砌，坝体整体透水，排泄堆体孔隙渗水，降低坝后侧压力。

外露有效坝高 3.00m，基础嵌入原状地基深度 0.5m，总砌筑高度 3.5m；坝顶宽度 0.6m；上游边坡坡比 1:0.5，下游边坡坡比 1:1.10；坝底总宽度 5.40m；坝体横断面面积 9.50m²。坝脚下游设置 3.0m 宽单层格宾石笼护坦，石笼厚度 0.5m。

图 4-3 挡土墙示意图

3) 截水沟

拟建废石场位于山坡地带，为防止山坡上游地表汇水冲刷，造成表土流失和滑坡灾害，在拟建表土场上游距离坡顶线 2m 处（预留安全缓冲带）开挖截水沟，将表土场上游山坡汇水沿截水沟排出。

截水沟沿表土场坡顶等高线连续布设，全线顺地形平缓过渡，不

出现倒坡，纵向排水坡度结合自然地形取值 2% -3%，最小纵坡不小于 1.5%，保证排水通畅、不淤积。

采用机械开挖为主、人工修坡清底为辅，开挖后及时修整边坡与沟底，夯实基底，防止土体松散塌落。

断面设计为梯形，沟底净宽不小于 1.0m，沟深不小于 0.5m，边坡坡比 1:0.5，顶口宽度 1.5m，断面面积 0.625m²。

图 4-4 截水沟断面示意图

(2) 协同要求

加强与属地自然资源、应急管理、交通及村镇部门的信息联动，共同做好危险区警示、巡查管控与宣传告知，严禁无关人员及车辆进入高陡边坡危险区域，形成地质灾害群防群控协同机制。

2、水土环境污染预防措施

(1) 污染预防工程措施

矿石中不含有毒物质，矿山采矿活动不会对区域水土环境产生影响。矿石运输的粉尘在扩散过程中会对矿区周围的土壤、水环境产生一定的影响；再有生活垃圾会对矿山周边水土环境产生一定影响。预防措施主要为：

1) 废气粉尘污染防治措施

- ①钻孔粉尘，采用湿式凿岩降尘。
- ②爆破粉尘、铲装扬尘采用雾炮喷淋。
- ③运输道路定期及时利用洒水车进行洒水降尘。
- ④破碎筛分粉尘，采用封闭式破碎筛分车间，带式输送机密闭廊道等方式降尘。
- ⑤出厂车辆应冲洗车身，尤其是车轮确保不带泥上路。
- ⑥堆场、料场等易产生扬尘的区域，应采取覆盖或围挡等方式降尘。

2) 废水污染防治措施

- ①生产过程中产生的废水严禁外排。
- ②冲洗车辆产生的废水应进入小型沉淀池循环使用，不外排。
- ③生活污水主要为员工日常洗漱、生活杂排水，水质简单、污染物单一。场区配套设置标准化化粪池，所有生活污水统一收集后排入化粪池进行无害化处理。处理后的生活污水优先用于场区荒地洒水抑尘、复垦植被浇灌，全程实现生活污水场内消纳、闭环处置、零外排。

3) 固体废弃物污染防治措施

- ①妥善处理建设期产生的各类污染物、生活垃圾等，要进行统一集中处理，不得随意弃置。施工结束后，要进行现场清理，采取恢复措施。
- ②矿山开采生产过程中使用的燃料油应严格按照相关规定的存储设备要求集中存放，专人看管，做好进出库记录，不得随意存放。
- ③矿山机械设备维修产生的废机油等污染物应设专门的危废库进行储存登记，定期交由有资质单位处置转移。

4) 噪声污染防治措施

针对爆破、钻孔、破碎、运输车辆产生的噪声，选用低噪音设备，

设置隔音罩、消声器、合理安排爆破时间、设置声屏障等措施，降低噪声外排。

（2）协同要求

主动接受生态环境、住建、交通、城管等部门监管，与周边村镇协同做好道路保洁、扬尘联防联控，共同维护区域大气环境质量；与生态环境、水利及属地农村污水处理体系做好衔接，严格落实雨污分流、废水闭环管理，共同保障区域地表水体水质安全；与生态环境、住建、环卫及危废处置单位协同管理，严格执行固体废物转移联单制度，杜绝乱堆乱倒，实现固废全流程闭环处置；与周边村庄等部门协同做好噪声敏感点管控，合理调度作业时段，共同维护区域声环境质量。

3、固体废弃物利用措施

（1）固体废弃物利用工程措施

废石场：矿山剥离废石量约为 1285.73 万 m^3 。自上而下分别堆放于 2 处废石场。设计 1 号废石场堆置高度 75m，容积为 140 万 m^3 ，分层堆放，共两层，第一层堆置高度为 40m，第二层堆置高度为 35m。废石场边坡角为 35° 。设计 2 号废石场堆置高度 90m，容积为 635 万 m^3 ，分层堆放，共两层，第一层堆置高度为 45m，第二层堆置高度为 45m，废石场边坡角为 35° 。上述废石场容积合计为 765 万 m^3 ，满足一期工程开采废石堆放容积。

（2）协同要求

加强与自然资源、生态环境、应急管理等部门协同，严格按照批准的废石场设计、水土保持及矿山生态修复方案组织废石堆存与利用，确保堆置稳定、安全可控、生态可恢复；与属地政府、村镇协同做好土地复垦、生态恢复与后期管护，实现矿山废石“安全堆存、内

部消纳、综合利用、生态修复”一体化协同治理。

二、修复措施

（一）地貌重塑

1、拆除建筑工程

在进行土壤重构工程前应将场地内地表建筑进行拆除，用清理、清运拆除工程形成的建筑废弃物。拆除建筑可利用机械进行将拆除的建筑废弃物清运处理。

拆除时连同基础一并拆除，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。将拆除下来的建筑垃圾转运到附近的井口内进行回填。

2、清除危岩工程

露天采场开采时要严格按开发利用方案设计参数进行，阶段高度、阶段坡面角及最终帮坡角严格按照开发利用方案设计，岩石破碎地段可视情况放缓坡度，对危岩体进行清除，消除地质灾害隐患。

3、沙袋挡土墙工程

露天采场阶段平台全面覆土时，为防水边缘水土流失，设计对阶段平台外缘修建围堰，为减少工程施工，采用编织袋装土围挡至平台边缘，起到表土受雨水冲刷流失的作用，其土袋挡墙高度不低于覆土厚度 0.5m。

4、平整场地工程

在植被恢复前对地面坡度不能满足要求的区域进行清理及平整，平整采用推土机配合自卸汽车进行，在平整场地时，确保场地能自然散水，达到复垦场地的要求。

作业方式是首先采用以机械化平整为主，人工找平为辅的综合施

工法进行合理组织施工，用反铲挖掘机对大量石方进行挖掘装车、转运。对于小块的碎石可采用推土机和平地机进行平整、压实，平整阶段注意地面坡度，用作旱地地面坡度一般不超过 5° ，用作林地地面坡度一般不超过 30° 。同时也防止覆土后，雨季经雨水冲刷造成水土流失。平整时要注意将粒径小的碎石尽可能堆于地表，防止由于表面废石粒径过大，造成渗漏，浪费土量。

（二）土壤重构

1、表土覆盖工程

表土覆盖厚度根据当地土质情况、气候条件、种植类型及土源情况等确定，本方案覆土方式为全面覆土，具体覆土工程详见上文“水土平衡分析”章节。

覆土土源优先利用矿山剥离的表土，可满足表土覆盖量。

覆土时先用挖掘机对土方进行挖掘装车、转运至复垦区；覆土过程中需对土方进行平整，土方平整作业方式是采用机械化平整为主，人工找平为辅的综合施工法进行合理组织施工，平地机进行土方平整时，平均推土距离 30m。

2、培肥改良工程

本方案中采取的土壤培肥措施主要针对土壤贫瘠，有机质含量较低，进行土壤改良与培肥。由于复垦区的部分土壤来源于外运客土，土壤培肥措施就成为提高生产力的关键。增施有机肥可提高土壤肥力，有机肥可增加和更新土壤有机质，促进微生物繁殖，改善土壤的理化性质和生物活性。

（1）土壤培肥改良控制标准

养分标准：覆土改良后林地土壤有机质 $\geq 2.0\%$ 、全氮 $\geq 1.0\text{g/kg}$ 、速效磷 $\geq 6\text{mg/kg}$ ，pH 控制 6.0~8.5，砾石含量 $\leq 15\%$ ，满足《土地

复垦质量控制标准》（TD/T1036-2013）东北林区覆土指标。

肥料质量：本项目植被栽植培肥基底统一施用腐熟商品有机肥，肥料质量严格执行《有机肥料》（NY 525-2021）指标要求，肥料有机质质量分数 $\geq 30\%$ ，氮、磷、钾总养分 $\geq 4\%$ ；有机肥充分腐熟发酵，不得夹带活病菌、活体虫卵，原料内不得混入石块、建筑垃圾、塑料碎屑等硬质及人工杂物；严禁未经腐熟的生粪、发酵不完全的农家粪肥、养分不达标的劣质土杂肥进场投入使用。

用量标准：乔木林、灌木林统一基肥施用 $1500\text{kg}/\text{hm}^2$ ，不再追肥；苗木栽植当年不追施化肥，避免烧根。

（2）施肥工艺

施肥时间：场地平整、覆土完工后、苗木栽植前 7~10d 统一施基肥，全层基施，后期不追肥。

施用方式：全面匀撒（乔木、灌木整片复垦地块）采用农用撒肥机均匀满幅撒布，人工补撒边角、坑洼、机械盲区，做到地块无漏施、局部不集中堆肥。肥料撒布完毕后，采用小型旋耕机深耕 15~20cm，将有机肥与表层 0~20cm 覆土充分掺混均匀；坡地无法机械旋耕处，人工耢耙翻拌，防止肥料浮于地表随雨水流失。

（三）植被重建

1. 植被恢复工程

植被恢复设计选择可充分利用水土资源，减轻病虫害，提高造林效益，以达到快速绿化的目的。同时可充分利用营养空间，建立稳定的生态体系。

（1）物种选择

矿区区域长期受采矿活动扰动，普遍存在土体松散、土壤贫瘠、土层结构紊乱、保水保肥能力差等问题，同时区域多伴随干旱、风蚀、

温差大、粉尘污染等不利立地条件，生态环境较为脆弱。因此，本次植被重建物种选择严格遵循适地适树、抗逆性强、水土保持功能优、易栽植成活、生态稳定性好的总体原则，优先选择本土适应性强、耐贫瘠、耐旱耐寒、抗粉尘污染、根系固土能力突出的乡土树种与草本植物。同时兼顾矿区生态修复、边坡固土、水土保持及生态景观改善多重需求，通过乔木、草本合理搭配，构建结构稳定、层级丰富、长效性强的立体生态防护体系，有效治理矿区水土流失、风蚀扬尘，逐步改良矿区土壤生态环境。

结合项目所在地气候特征、矿区立地短板及乡土植被生长规律，本次植被重建共选用乔木、草本两类植物，具体树种包括刺槐、果松、核桃楸、软枣子、紫花苜蓿。所选物种均具备极强的矿区环境适配性：能够耐受矿区干旱、低温、大风、贫瘠土壤及粉尘污染等恶劣环境；根系发达、固土护坡能力优异，可有效固结松散土体、减少地表径流、遏制水土流失；生长性状稳定、成活率高、种源充足、管护简便，适合矿区大面积生态修复栽植；同时树种生态习性互补，速生树种快速覆绿、长效树种稳固生态、草本植物加密地表覆盖，可快速形成完整植被群落，实现短期快速复绿、长期生态稳定修复的治理目标。

植物的生态学特性见表 4-3。

表 4-3 植物的生态学特性

序号	种类	植物	特性
1	乔木	刺槐	刺槐为矿区生态修复经典速生乡土乔木，环境适应性极强，对土壤要求不严，对土壤酸碱度不敏感，可在贫瘠砂质土壤、退化荒地正常生长，最适宜土层疏松、排水良好的砂壤土。植株生长速度快，树冠浓密庞大，成林后可快速形成上层林冠覆盖，有效遮挡地表、抑制风蚀扬尘，改善矿区局部微气候。根系发达、侧根丰富，可形成浅层网状根系固结表层松散土体，固土护坡效果显著。具备较强的耐旱、耐贫瘠、抗粉尘污染能力，栽植成活率高、种源丰富、育苗栽培技术成熟，后期管护简单。唯一短板为不耐积水、怕长期水湿，适宜矿区边坡、平台及干燥退化地块栽植，是矿区快速复绿与水土保持的核心树种。
2	乔木	果松	果松又名红松，为乡土常绿针叶乔木，生态稳定性极强、寿命长、抗逆性突出，耐寒、耐旱、抗风、耐轻度贫瘠，可适应矿区温差大、冬季寒冷、多风的恶劣气候条件。属深根性树种，主根发达、根系穿透力强，可稳固深层土体，有效提升矿区边坡整体稳定性，防止深层土体滑移坍塌。四季常绿，冠型规整，可全年保持植被覆盖，避免冬季地表裸露产生风蚀水蚀，兼具生态防护与景观修复效果。生长速度中等，群落稳定性强、抗病虫害能力优异，成林后可长期维持矿区生态系统稳定，适用于矿区生态长效修复、绿化提质及生态基底构建。
3	乔木	核桃楸	核桃楸为北方乡土落叶阔叶乔木，耐严寒、耐贫瘠、适应性广，对矿区轻度扰动土壤、山地边坡立地条件适配性良好。树干通直、冠幅舒展，枝叶繁茂，夏季郁闭度高，可有效截留降雨、减缓地表径流冲刷，降低坡面水土流失强度。根系发达且根系分布深广，固土能力强，可改良土壤孔隙结构，提升矿区土壤透气透水性能。抗病虫害、抗逆性强，生长性状稳定，同时具备良好的生态价值与一定的经济价值，可丰富矿区植被群落结构，提升生态修复多样性，适宜矿区边坡、空地及修复区块状栽植。
4	藤本	软枣子	软枣子又名软枣猕猴桃，为乡土适应性极强的落叶藤本状乔木，抗性突出，耐寒、耐旱、耐贫瘠、耐轻度荫蔽，对矿区复杂多变的立地环境适配性极强。植株萌蘖能力强、生长速度较快，枝叶茂密，覆盖性好，可快速覆盖裸露坡面及空地，减少地表裸露面积，抑制扬尘与坡面侵蚀。根系发达、须根密集，固土保水效果良好，可有效改善矿区表层土壤结构，提升土壤有机质含量。抗污染能力较强，对矿区粉尘污染耐受性良好，栽植成活率高、管护粗放，可有效丰富矿区植被层次，提升植被群落多样性与生态稳定性。
5	草本	紫花苜蓿	紫花苜蓿为多年生优质水土保持草本植物，生态适应幅度极广，抗逆性全面，耐寒、耐旱、耐高温、耐盐碱、耐土壤贫瘠，可耐受矿区极端温差与贫瘠土壤环境，适配降水不均、土质松散的矿区立地条件。直根系发达，主根入土深、须根量大，可紧密固结表层松散土体，大幅提升地表抗冲刷、抗风蚀能力。植株枝叶密集、郁闭速度快，可快速覆盖地表空白区域，填补乔木未成林阶段的地表防护空缺。同时具备良好的固氮改土能力，可有效提升矿区土壤肥力、改良退化土壤，为乔木生长提供良好土壤基底。主要依靠种子繁殖，播种简易、出苗率高、再生能力强，每年可多次刈割更新，可长期维持稳定的地表覆盖与水土保持效果。

本次乔草搭配模式优势显著：刺槐、软枣子速生覆绿，快速实现矿区地表治理；果松、核桃楸长效稳绿，构建稳定乔木生态基底；紫花苜蓿加密地表覆盖、改良土壤，实现“速生复绿+长效固土+土壤改良+群落稳定”的多重修复效果，全方位解决矿区水土流失、扬尘污染、土壤退化等生态问题。

（2）苗木规格要求

为保障矿区植被重建成活率及生态修复效果，本次绿化所用苗木、种子均严格遵循园林绿化及水土保持工程苗木质量标准，所有苗木要求长势健壮、主干通直、根系完整、无机械损伤、无病虫害、萌芽能力强，具体各类植物苗木规格要求如下：

① 刺槐：选用 1 年生裸根 I 级苗木。要求苗木根系发达、主根完整、须根量大，无烂根、断根现象；主干通直健壮，木质化程度高，芽体饱满、萌芽力强；苗木整体长势均匀，无病虫附着、无机械损伤，符合水土保持乔木苗木 I 级质量标准，满足矿区大面积栽植成活及快速生长要求。

② 果松：选用 2 年生裸根 I 级苗木。要求苗木植株健壮、树形规整、枝叶繁茂，针叶色泽正常、无枯黄枯萎现象；根系发达舒展，主根、侧根完整无断裂，根系保湿完好；苗木顶芽饱满，生长态势优良，无病虫害、无机械损伤，苗木规格统一，抗性强，适配矿区恶劣立地栽植。

③ 核桃楸：选用 2 年生裸根 I 级苗木。要求苗木主干粗壮通直，分枝均匀，树体木质化充分；根系系统完整，主根深长、须根丰富，无根系腐烂、撕裂损伤问题；苗木芽体饱满、长势旺盛，无病虫危害痕迹、无机械破损，苗木质量均匀，具备优良的抗逆性与栽植成活率。

④ 软枣子（软枣猕猴桃）：选用优质健壮藤本壮苗，要求苗木枝条成熟度高、柔韧性好，无干枯、老化枝条；根系发达、须根密集，

根系完整无损伤，萌蘖能力强；苗木长势健壮、无病虫害、无机械损伤，苗木规格统一，适应性强，可快速攀附生长、覆盖裸露坡面。

⑤ 紫花苜蓿：选用成熟饱满、纯净度高、发芽率达标的优质种子。要求种子颗粒均匀、无霉变、无虫蛀、无杂质，种子活力高、抗逆性强；播种种子质量符合水土保持草本种子标准，适配矿区贫瘠土壤播种出苗，可快速形成地表植被覆盖层。

（3）种植规格

本次矿区植被重建根据露天采场、排岩场、表土场、工业场地、道路及探矿工程等不同场地的立地条件、地形特征及生态防护需求，实行分区、分树种、差异化规格栽植。结合刺槐、果松、核桃楸、软枣子及紫花苜蓿的生长习性，针对性制定各区域树种配置、株行距、栽植方式及林间种草标准，实现因地制宜、合理布局，构建分层、分区域、功能互补的立体生态防护体系，具体分区种植规格及栽植要求如下：

① 乔木栽植规格及分区布设

各乔木树种采用标准化穴植施工，统一树穴规格为 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ ，单穴单株栽植，整体采用品字形错位布设，提升植被覆盖均匀度与固土稳定性，不同树种株行距分区管控，具体如下：

刺槐：栽植株行距采用 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ ，苗木选用1年生裸根Ⅰ级苗。主要布设区域为露天采场平台、排岩场平台边坡及矿区道路、探矿工程沿线。刺槐速生、耐贫瘠、抗扬尘，可快速实现道路及扰动区域覆绿，发挥防风抑尘、表层固土作用。

果松、核桃楸：栽植株行距统一采用 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ ，苗木均选用2年生裸根Ⅰ级苗。两类树种为长效生态修复树种，采用混交栽植模式，主要布设区域为露天采场底平台、排岩场平台、表土场及工业场地。

深根性的果松与阔叶核桃楸混交搭配，可提升群落稳定性，增强深层固土、水土保持及生态长效修复能力，适用于场地开阔、需长期稳定绿化的区域。

② 藤本植物栽植规格及布设（软枣子）

软枣子为坡面专项覆绿藤本植物，主要布置于露天采场边坡区域，专门用于裸露边坡覆盖复绿、填补坡面绿化空白，遏制边坡面蚀、沟蚀及扬尘问题。栽植间距控制为 0.5m，沿边坡等高线均匀布设，依托边坡地形合理开挖栽植穴，保证根系完整舒展、覆土夯实，利用其萌蘖性强、攀附生长快的特点，快速形成连续坡面绿化覆盖，与平台乔木形成“上乔下坡”的立体边坡防护结构。

③ 草本撒播规格及全域布置

项目所有乔木林地范围内统一撒播紫花苜蓿草籽，实现林间空地全覆盖，有效改良矿区贫瘠土壤、提高地表郁闭度、减少裸露地表水土流失。草籽撒播用量统一控制为 50kg/hm²，撒播要求均匀饱满、无漏播、无局部堆积，播种后进行浅覆土、适度镇压保墒，保障出苗整齐、成坪迅速。通过乔木上层防护、草本地表锁土的乔草组合，全面提升矿区整体水土保持与生态修复效果。

④ 总体施工要求

栽植前严格开展场地平整、树穴开挖、杂物清理、土质改良等前期工作，苗木栽植保证根系舒展、苗干端正、覆土分层夯实，栽植后及时浇水保活、做好养护管理。各分区严格按照既定树种配置、株行距及栽植方式施工，保证布局规整、搭配合理，实现不同立地分区精准修复、植被群落结构稳定，全面提升矿区生态治理与水土保持综合效益。

（4）种植方法

根据当地的气候环境，种植时间最好安排在春季或秋季，春季在土壤解冻后至树木发芽前，冬季在落叶以后到大地封冻之前这段时间进行种植。

栽植前的准备：树木栽植前应先挖坑，挖坑时，底口的尺寸不得小于上口。幼苗运输过程中要避免相互挤压。要选择生长旺盛，长势良好的苗木。

栽植：裸根苗栽植时，先将苗木扶正，放入坑内，再用土进行回填。在回填了一半土后，轻提苗木使根系舒展，这样能保证树的根系全部朝下。随后填土分层踏实，乔木与原根颈一平。随后进行林间播撒草籽，播撒时，要注意条带均匀，可用细齿耙往返拉松表土，使草籽被土覆盖。

栽植后：苗木栽植后第1年分别在6月和8月进行两次人工抚育，及时松土和铲除穴内杂草及林地内高裸植物，为苗木快速生长提供良好空间。

植树栽苗的季节需要在4月份进行，栽种完成后浇水一次，苗木成活率需要达到85%，苗木成活率在85%—40%之间需要补植，苗木成活率小于40%需要重新造林。

2、灌溉工程

为保障矿区植被恢复苗木栽植成活率，本次植被栽植阶段配套实施定植灌溉工程，项目区域全部采用水车拉水移动式灌溉方式。

苗木定植灌溉定额严格依据《节水灌溉工程技术标准》（GB/T 50363-2018）、《水土保持植被建设技术规范》（SL/T 447-2021）相关技术规定及定额计算方法核定，以树穴土体容积、土壤饱和持水率、田间灌溉水利用系数为核心计算参数。本项目乔木统一采用

0.5m×0.5m×0.5m 标准栽植树穴，单株树穴土体体积为 0.125m³；矿区场地为采矿扰动砂质土，田间饱和持水率区间为 35%~45%，结合规范要求田间灌溉水利用系数不低于 0.90。参照规范取值范围，项目 1~2 年生阔叶裸根苗木定植单株浇灌用水量控制在 0.04~0.06m³/株，本次设计统一取值 0.05m³/株。

根据植被栽植保墒养护要求，苗木栽植初期统一浇水 2 次，充分满足裸根苗木缓苗生根、成活稳定的水分需求。项目灌溉水源取自场区周边河道地表水及周边农用水井地下水，水源稳定、水量充沛可完全满足全域植被定植灌溉施工需求。项目区地处北温带季风气候区，雨热同期，自然降水节律与植物生长周期匹配度较好，苗木成活后可完全依靠天然降水正常生长，因此本项目仅在苗木栽植初期开展人工灌溉，苗木成活后不再布设常态化人工灌溉系统。

灌溉施工严格按照规范工艺要求实施：苗木栽植覆土夯实后，在树坑外围人工修筑环形浇水堰，围堰高度控制在 10~15cm，土体分层筑实、堰底平整、封闭严密，杜绝灌溉水分渗漏、跑水，确保灌溉水量全部留存于苗木根系有效吸收范围。浇水作业遵循缓浇慢渗、足量浇透的原则，匀速缓慢浇灌，延长水分渗透时长，保证根系层土壤充分吸水饱和、根土紧密贴合。浇灌过程中若出现围堰漏水、土体下陷、苗木倾斜等问题，需及时停止作业，对苗木进行扶正、回填培土、修整夯实围堰，隐患整改到位后方可继续灌溉。同时严格落实施工时效管控要求，无雨天气条件下，苗木栽植完成后的首次浇水必须当日完成，严禁隔夜浇水，最大限度降低裸根苗木失水风干风险，保障矿区植被栽植整体成活率与生态修复质量。

（四）景观营建

1、重建矿区植被群落

遵循“适地适树、乡土优先”的原则，通过土壤改良、先锋植物引入、乔灌木立体配置等方式，模拟自然群落结构进行植被恢复。重点构建具有高稳定性、高生物多样性和自我维持能力的近自然植物群落，形成绿色基底。

2、优化矿区景观格局

在整体规划上，打破单一呆板的格局，通过地形重塑，巧妙布置耕地、林地、草地，形成空间异质性高、层次丰富的“斑块—廊道—基质”景观结构，构建一个功能完整、自我维持、富有韧性且兼具生产与审美价值的生态景观。

3、连通本地生态系统

将矿区修复区域视为区域生态系统的有机组成部分，通过建设生态林带，将其与周边山林、农田等自然生态系统有效连接，促进物种交流与基因流动，增强区域生态系统的完整性与韧性。

矿山景观营造的核心定性是：以生态修复为基底、空间重塑为载体、功能复合为目标的综合性生态治理与价值转化工程。通过因地制宜的植被配置，将人工修复景观与周边自然山体有机衔接，疏通生态廊道，最终形成与区域自然特征相协调、生态功能完整、兼具美学价值的山地景观体系。

本方案不涉及具体景观营造等工程。

五、工程内容

根据前文矿区生态修复分区单元划分，分为露天采场、废石场、表土场、工业场地、矿山道路。各生态修复单元所采取的工程措施和工程量分述如下：

（一）一期露天采场生态修复工程措施及工程量

设计一期露天采场范围面积 96.4900hm^2 ，阶段边坡无法复垦，设计生态修复面积共 84.7594hm^2 。

生态修复工程主要为：警示标志、清除危岩工程、沙袋挡土墙工程、平整场地工程、覆土工程、培肥工程、植被恢复工程、灌溉工程。各生态修复工程措施及工程量分述如下：

1、警示标志

为防止人员误入露天采场边缘而发生危害。岩露天采场边缘及采场内部阶段平台区域设置警示标志牌，露天采场边缘警示标志牌设置最大间距不超过 100m，根据具体实际情况加密设置。

露天采场境界范围长度 6980m，设计警示标志 70 个。

2、清除危岩工程

露天采场开采时要严格按开发利用方案设计参数进行，阶段高度、阶段坡面角及最终帮坡角严格按照开发利用方案设计，岩石破碎地段可视情况放缓坡度，对危岩体进行清除，消除地质灾害隐患。

清除危岩地段主要位于露天采场形成的边坡处，按照 $0.05\text{m}^3/\text{m}^2$ 的规模计算，一期露天采场形成边坡面积约 117306m^2 ，需清除危岩 5865m^3 。

3、土袋挡土墙工程

露天采场阶段平台全面覆土时，为防水边缘水土流失，设计对阶段平台外缘修建围堰，为减少工程施工，采用编织袋装土围挡至平台边缘，起到表土受雨水冲刷流失的作用。

其土袋挡墙高度不低于覆土厚度 0.5m，一期露天采场阶段平台长度约 22354m，故修建简易挡墙长度 22354m。

4、平整场地工程

对一期露天场地阶段平台覆土前，应对场地进行平整，确保达到复垦场地的要求。一期露天场地共计平整场地面积 84.7594hm^2 ，平整深度 0.1m ，共机械平整土地 84759m^3 。

5、覆土工程

一期露天采场阶段平台全部复垦为乔木林地，进行复垦时采用全面覆土。复垦为乔木林区域覆土厚度为自然沉实后 0.5m ，沉实系数 1.1 ，覆土量为 466177m^3 。

6、培肥工程

植被种植初期，土壤肥力较低，故需要增施有机肥提高土壤肥力，增施方法为全面施肥，林地施肥 $1500\text{kg}/\text{hm}^2$ 。一期露天采场需要施肥面积 84.7594hm^2 ，共需完成培肥工程 127139m^3 。

7、植被恢复工程

一期露天采场平台复垦为乔木林地，树种选择刺槐、果松、核桃楸，阶段平台种植刺槐，种植株行距为 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ ，每穴 1 株；底平台种植果松和核桃楸，种植株行距为 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ ，采用混交方式种植，配比为 2 行果松+1 行核桃楸，每穴 1 株；采场边坡无法复垦，采取边坡坡脚种植软枣子，通过攀爬的方式达到裸岩边坡覆盖的效果，软枣子种植株距 0.5m ，每穴栽植 1 株；植被复垦初期，植被郁闭度低，采用林间种草方式来增加植被覆盖度，草种选择紫花苜蓿。

一期露天采场共需种植刺槐 158332 株，种植果松 81891 株，种植核桃楸 40946 株，种植软枣子 44708 株，撒播草籽 84.7594hm^2 。

8、灌溉工程

栽植完成后，为保证栽种成活率，需要及时对其进行浇水，乔木每穴按 0.05m^3 的标准进行灌溉。苗木栽植当年需浇水灌溉 2 次，管护

期内灌溉工程费用在管护费用中计算。一期露天采场共需完成灌溉工程量 28117m³。

表 4-4 一期露天采场生态修复工程措施及工程量一览表

序号	生态修复工程措施	单位	工程量	计划时间
1	警示标志	个	70	开采前
2	清除危岩	m ³	5865	开采过程中 随开采进度，逐步开展
3	沙袋挡土墙	m	49527	
4	平整场地	m ³	84759	
5	覆盖表土	m ³	466177	
6	施肥	kg	127139	
7	种植刺槐	株	158332	
8	种植果松	株	81891	
9	种植核桃楸	株	40946	
10	种植软枣子	株	44708	
11	撒播草籽	hm ²	84.7594	
12	灌溉	m ³	28117	

图 4-5 露天采场复垦修复工程设计图

（二）废石场生态修复工程措施及工程量

开采方案设计 2 处废石场，废石场 1 生态修复面积 5.8000hm^2 ，废石场 2 生态修复面积 28.3000hm^2 。

生态修复工程主要为：挡土墙工程、平整工程、覆土工程、培肥工程、植被恢复工程、灌溉工程。各生态修复工程措施及工程量分述如下：

1、挡土墙（堆积石坝）工程

为防控废石滚落、堆体浅层滑坡及坡面汇流冲刷，于各废石场底部外缘设置重力式干砌大块石拦挡主坝，坝体迎渣面、外坡面及坝脚

均采用 8# 热镀锌覆塑钢丝格宾石笼护砌，坝体整体透水，排泄堆体孔隙渗水，降低坝后侧压力。

外露有效坝高 3.00m，基础嵌入原状地基深度 0.5m，总砌筑高度 3.5m；坝顶宽度 0.6m；上游边坡坡比 1:0.5，下游边坡坡比 1:1.10；坝底总宽度 5.40m；坝体横断面面积 9.50m²。坝脚下游设置 3.0m 宽单层格宾石笼护坦，石笼厚度 0.5m。

废石场 1：下部边缘长度 520m，设计挡土墙坝体断面面积 9.50m²，需修建挡土墙（堆积石坝）工程量 4940m³。

废石场 2：下部边缘长度 1100m，设计挡土墙坝体断面面积 9.50m²，需修建挡土墙（堆积石坝）工程量 10450m³。

2、平整工程

在废石场使用达到设计库容后，对其进行生态修复复垦，对废石场复垦前，应对场地进行削坡平整，确保场地能自然排水，达到复垦场地的要求。

废石场 1：平整面积 5.8000hm²，平整深度 0.1m，共机械平整土地 5800m³。

废石场 2：平整面积:28.3000hm²，平整深度 0.1m，共机械平整土地 28300m³。

3、覆土工程

废石场复垦为乔木林地，采用全面覆土，覆土厚度为自然沉实后 0.5m，沉实系数 1.1。

废石场 1：复垦为乔木林地，覆土面积共 5.8000hm²，全面覆土自然沉实后 0.5m，沉实系数 1.1，覆土量为 31900m³。

废石场 2：复垦为乔木林地，覆土面积共 28.3000hm²，全面覆土自然沉实后 0.5m，沉实系数 1.1，覆土量为 155650m³。

4、培肥工程

植被种植初期，土壤肥力较低，故需要增施有机肥提高土壤肥力，增施方法为全面施肥，林地施肥 $1500\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

废石场 1：需要施肥面积 5.8000hm^2 ，共需完成培肥工程 8700m^3 。

废石场 2：需要施肥面积 28.3000hm^2 ，共需完成培肥工程 42450m^3 。

5、植被恢复工程

废石场复垦为乔木林地，树种选择刺槐、果松、核桃楸，边坡种植刺槐，种植株行距为 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ ，每穴 1 株；顶部平台种植果松和核桃楸，种植株行距为 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ ，采用混交方式种植，配比为 2 行果松+1 行核桃楸，每穴 1 株；植被复垦初期，植被郁闭度低，采用林间种草方式来增加植被覆盖度，草种选择紫花苜蓿。

废石场 1：共需种植刺槐 16123 株，种植果松 3621 株，种植核桃楸 1811 株，撒播草籽 5.800hm^2 。

废石场 2：共需种植刺槐 27994 株，种植果松 36669 株，种植核桃楸 18335 株，撒播草籽 28.3000hm^2 。

6、灌溉工程

栽植完成后，为保证栽种成活率，需要及时对其进行浇水，每穴按 0.05m^3 的标准进行灌溉，苗木栽植当年需浇水灌溉 2 次，管护期内灌溉工程费用在管护费用中计算。

废石场 1：共需完成灌溉工程量 2156m^3 。

废石场 2：共需完成灌溉工程量 8300m^3 。

表 4-5 废石场生态修复工程措施及工程量一览表

序号	生态修复工程措施	单位	工程量		计划时间
			废石场 1	废石场 2	
1	挡土墙（堆积石坝）	m^3	4940	10450	各废石场堆放前
2	平整场地	m^3	5800	28300	废石场达到设计库容，使用结束后
3	覆盖表土	m^3	31900	155650	

4	施肥	kg	8700	42450	
5	种植刺槐	株	16123	27994	
8	种植果松	株	3621	36669	
9	种植核桃楸	株	1811	18335	
10	撒播草籽	hm ²	5.8000	28.3000	
11	灌溉	m ³	2156	8300	

图 4-6 废石场复垦修复工程设计图

(三) 表土场生态修复工程措施及工程量

开采方案设计 1 处表土场，设计生态修复面积 8.0800hm²。

生态修复工程主要为：挡土墙工程、截水沟工程、平整工程、覆土工程、培肥工程、植被恢复工程、灌溉工程。各生态修复工程措施及工程量分述如下：

1、挡土墙（堆积石坝）工程

设计表土场位于山坡地段，为防控堆体浅层滑坡及坡面汇流冲刷，表土场外缘设置重力式干砌大块石拦挡主坝。外露有效坝高 3.00m，基础嵌入原状地基深度 0.5m，总砌筑高度 3.5m；坝顶宽度 0.6m；上游边坡坡比 1:0.5，下游边坡坡比 1:1.10；坝底总宽度 5.40m；坝体横断面面积 9.50m²。

表土场下部边缘长度 730m，设计挡土墙坝体断面面积 9.50m²，

需修建挡土墙（堆积石坝）工程量 6935m^3 。

2、截水沟工程

截水沟沿表土场坡顶等高线连续布设，全线顺地形平缓过渡，不出现倒坡，纵向排水坡度结合自然地形取值 $2\% - 3\%$ ，最小纵坡不小于 1.5% ，保证排水通畅、不淤积。采用机械开挖为主、人工修坡清底为辅，开挖后及时修整边坡与沟底，夯实基底，防止土体松散塌落。

断面设计为梯形，沟底净宽不小于 1.0m ，沟深不小于 0.5m ，边坡坡比 $1:0.5$ ，顶口宽度 1.5m ，断面面积 0.625m^2 。

表土场上部坡顶线长度 590m ，设计截水沟断面面积 0.625m^2 ，需开挖截水沟工程量 369m^3 。

3、平整工程

在表土场使用结束后，对其进行生态修复复垦，对表土场复垦前，应对场地进行平整，确保场地能自然排水，达到复垦场地的要求。

表土场平整面积 8.0800hm^2 ，平整深度 0.1m ，共机械平整土地 8080m^3 。

4、覆土工程

表土场复垦为乔木林地，采用全面覆土，覆土厚度为自然沉实后 0.5m ，沉实系数 1.1 。在对表土利用过程中，预留表土厚度 0.6m 。

表土场复垦为乔木林地，覆土面积共 8.0800hm^2 ，全面覆土自然沉实后 0.5m ，沉实系数 1.1 ，覆土量为 44440m^3 。

5、培肥工程

植被种植初期，土壤肥力较低，故需要增施有机肥提高土壤肥力，增施方法为全面施肥，林地施肥 $1500\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

表土场需要施肥面积 8.0800hm^2 ，共需完成培肥工程 12120m^3 。

6、植被恢复工程

表土场复垦为乔木林地，树种选择果松、核桃楸，种植株行距为 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ ，采用混交方式种植，配比为 2 行果松+1 行核桃楸，每穴 1 株；植被复垦初期，植被郁闭度低，采用林间种草方式来增加植被覆盖度，草种选择紫花苜蓿。

表土共需种植果松 13467 株，种植核桃楸 6734 株，撒播草籽 8.0800hm^2 。

7、灌溉工程

栽植完成后，为保证栽种成活率，需要及时对其进行浇水，每穴按 0.05m^3 的标准进行灌溉，苗木栽植当年需浇水灌溉 2 次，管护期内灌溉工程费用在管护费用中计算。

表土场共需完成灌溉工程量 2020m^3 。

表 4-6 表土场生态修复工程措施及工程量一览表

序号	生态修复工程措施	单位	工程量	计划时间
1	挡土墙（堆积石坝）	m^3	6935	需要矿山开采结束后，随储存的表土利用完成后进行生态修复。
2	截水沟	m^3	369	
3	平整场地	m^3	8080	
4	覆盖表土	m^3	44440	
5	施肥	kg	12120	
6	种植果松	株	13467	
7	种植核桃楸	株	6734	
8	撒播草籽	hm^2	8.0800	
9	灌溉	m^3	2020	

图 4-7 表土场复垦修复工程设计图

（四）工业场地生态修复工程措施

矿山开采共设计形成 1 处工业场地，设计生态修复面积共 0.9000hm^2 。

生态修复工程主要为：拆除工程、平整工程、覆土工程、培肥工程、植被恢复工程、灌溉工程。各生态修复工程措施及工程量分述如下：

1、拆除工程

工业场地的建筑主要为采矿辅助用厂房、仓库等简易建筑。拆除建筑利用机械进行，并彻底清除地基及地表硬覆盖，将拆除的建筑废弃物清运处理。

由于矿山目前尚未规划工业场地内的建筑分布情况，本方案根据工业场地占地面积预估建筑拆除量，建筑面积按照工业场地占地面积 30% 预估，预计建筑分布多为单层彩钢结构，设计拆除系数 $0.2\text{m}^3/\text{m}^2$ ，预估拆除建筑工程量 540m^3 。

2、平整工程

对工业场地覆土前，应对场地进行平整，确保场地能自然排水，达到复垦场地的要求。

工业场地平整面积共 0.9000hm^2 ，平整深度 0.1m ，共机械平整土地 900m^3 。

3、覆土工程

工业场地复垦为乔木林地，采用全面覆土，覆土厚度为自然沉实 0.5m ，松散系数取 1.1 。

工业场地覆土面积共 0.9000hm^2 ，覆土厚度为自然沉实 0.5m ，松散系数取 1.1 ，覆土量为 4950m^3 。

4、培肥工程

植被种植初期，土壤肥力较低，故需要增施有机肥提高土壤肥力，增施方法为全面施肥，林地施肥 $1500\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

工业场地复垦林地面积共 0.9000hm^2 ，施肥 $1500\text{kg}/\text{hm}^2$ ，施肥量为 1350kg 。

5、植被恢复工程

工业场地全部复垦为乔木林地，树种选择果松、核桃楸，种植株行距为 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ ，采用混交方式种植，配比为 2 行果松+1 行核桃楸，每穴 1 株；植被复垦初期，植被郁闭度低，采用林间种草方式来增加植被覆盖度，草种选择紫花苜蓿。

工业场地共需种植果松 1500 株，种植核桃楸 750 株，撒播草籽 0.9000hm^2 。

6、灌溉工程

栽植完成后，为保证栽种成活率，需要及时对其进行浇水，每穴按 0.05m^3 的标准进行灌溉，苗木栽植当年需浇水灌溉 2 次，管护期内

灌溉工程费用在管护费用中计算。

工业场地共需完成灌溉工程量 225m^3 。

表 4-7 工业场地生态修复工程措施及工程量一览表

序号	生态修复工程措施	单位	工程量	计划时间
1	拆除建筑	m^3	540	矿山开采结束，闭坑后进行
2	平整场地	m^3	900	
3	覆盖表土	m^3	4950	
4	施肥	kg	1350	
5	种植刺槐	株	4000	
6	撒播草籽	hm^2	0.900	
7	灌溉	m^3	225	

图 4-8 工业场地复垦修复工程设计图

（五）矿山道路生态修复工程措施及工程量

矿山开采结束后，对道路破坏土地的区域预留 2.5m 宽度做为林地管护和防火等使用，将其余区域复垦为乔木林地。生态修复面积 0.5180hm^2 。

生态修复工程主要为：覆土工程、培肥工程、植被恢复工程、灌溉工程。各生态修复工程措施及工程量分述如下：

1、覆土工程

矿山道路复垦为乔木林地的区域采取穴状覆土方式，每穴覆土

0.125m³。矿山道路复垦林地区域共需表土量为 317m³。

2、培肥工程

植被种植初期，土壤肥力较低，故需要增施有机肥提高土壤肥力，采取穴状施肥，每穴施肥 300g。矿山道路复垦林地区域施肥量为 691kg。

3、植被恢复工程

复垦方向为乔木林地的区域，树种选择为刺槐，树坑规格为 0.5m×0.5m×0.5m，种植株行距为 1.5m×1.5m，每穴 1 株。种植刺槐 2302 株。

4、灌溉工程

栽植完成后，为保证栽种成活率，需要及时对其进行浇水，每穴按 0.05m³ 的标准进行灌溉，管护期内灌溉工程费用在管护费用中计算。需水量为 230m³。

表 4-8 矿山道路生态修复措施及工程量一览表

序号	生态修复工程措施	单位	工程量	计划时间
1	覆土	m ³	317	矿山开采结束，闭坑后进行
2	施肥	kg	691	
3	刺槐	株	2302	
4	灌溉	m ³	230	

（六）探矿工程生态修复工程措施及工程量

勘查工程结束后已对钻孔进行封堵、对探槽进行回填，并已完成场地平整工作，根据《辽宁省本溪市南芬区***村硅石矿财政出资详察项目使用林地植被恢复方案》，对其区域恢复为乔木林地。

对设计开采区域外的原有探矿工程（临时道路、钻机平台、探槽）进行植被恢复。生态修复面积 6.5968hm²。

生态修复工程主要为：植被恢复工程、灌溉工程。各生态修复工程措施及工程量分述如下：

1、植被恢复工程

复垦方向为乔木林地，树种选择为刺槐，树坑规格为 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ ，种植株行距为 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ ，每穴 1 株。种植刺槐 29319 株。

2、灌溉工程

栽植完成后，为保证栽种成活率，需要及时对其进行浇水，每穴按 0.05m^3 的标准进行灌溉，管护期内灌溉工程费用在管护费用中计算。需水量为 2932m^3 。

表 4-9 探矿工程生态修复措施及工程量一览表

序号	生态修复工程措施	单位	工程量	计划时间
1	刺槐	株	29319	2026-2027 年
2	灌溉	m^3	2932	

第五章 监测与管护

一、监测目标与措施

（一）监测目标任务

1、矿区生态修复监测总目标任务

建立一个安全、稳定、可持续且与周边自然生态系统相协调的生态系统，使其具备自我维持能力，并逐步恢复其生态服务功能。

2、矿区生态修复监测阶段目标任务

矿区生态环境监测分为三个阶段进行。

（1）开采前监测：主要获取矿山地质环境背景、土地资源现状和生态系统本底的基值和参照值；监测矿产资源开采前矿山及周边区域地下水环境和土壤环境背景；查清监测范围内土地利用现状、基本农田基本情况、各土地利用类型质量及生产水平；查清监测范围内地表水环境面积和陆地植被生态状况；依据主体功能区定位，结合矿区自然环境特点，基于土地利用图斑，按照典型性和代表性，设置林地、草地、湿地生态系统样地样方，建设参照生态系统，获取参照值。

（2）开采中监测：主要开展保护预防控制、损毁现状与拟损毁、复垦修复成效监测；监测矿山开采保护预防控制措施落实情况，包括保护等措施及效果、预防控制措施及效果；监测矿山开采引发的采空区塌陷、不稳定边坡、地下水环境破坏和土壤环境破坏状况；监测矿山开采挖损、塌陷、压占、污染等损毁土地类型、面积及程度，损毁基本农田情况；监测矿山开采生态用地损毁、地表水环境、采煤塌陷

区水资源环境；监测已破坏地质环境恢复治理、已损毁土地复垦利用、已破坏(退化)生态系统恢复状况；监测拟破坏地质环境、拟损毁土地资源、拟破坏生态系统变化情况。

(3) 开采后监测：主要监测已复垦修复区的管理维护情况；监测已复垦修复的基础设施维护、土地质量与植被管护情况、生态系统功能维持情况；对已复垦修复的区域涉及的地质环境稳定性、潜在污染控制效果、生态系统恢复效果及潜在风险进行重点监测；对受开采影响的水域、水源地、永久基本农田、自然保护区、基本草原进行重点监测。

(二) 监测措施及内容

1、地质环境监测措施及内容

(1) 地质灾害监测

1) 监测内容

监测内容主要是采场端帮、废石场、表土场边坡的变形监测，可能导致边坡变形的因素监测，及滑塌前的宏观前兆监测。通过监测对边坡的稳定性做出预测，对矿山地质灾害做出预报。

2) 监测方法

由于露天采场边坡高度较大，采场北部边坡发生滑坡的可能性中等，根据《金属非金属露天矿山安全规程》GB 16423、《边坡监测技术规程》YS/T 5231、《滑坡防治工程勘查规范》DZ/T 0218，大中型露天高陡边坡必须成套部署上述自动化在线监测系统，严禁仅采用人工简易监测替代，故露天采场边坡滑坡监测方法采用自动化在线监测

+人工巡视监测；采场崩塌地质灾害、废石场和表土场滑坡地质灾害采用人工巡视监测。

①自动化在线监测

自动化在线监测为大中型露天矿山高陡边坡强制性配置，系统 24 小时不间断自动采集、存储、上传监测数据，设置多级变形阈值，数据超标后通过平台弹窗、手机 APP、短信、语音电话自动预警，覆盖边坡地表滑移、深部剪切变形、地下水致滑诱因、支护结构受力、降雨诱发、坡面宏观险情六大监测体系，包含 GNSS 自动化地表位移、深部位移、孔隙水压力、雨量、锚索应力、高清 AI 视频监控六大子系统。

在边坡变形敏感区域浇筑混凝土观测墩，布设一体化 GNSS 监测终端；矿区稳定不动区域架设 GNSS 基准站；设备通过北斗+4G 无线传输，每 10-30 分钟自动采集一组三维坐标，云端解算位移量；系统内置位移、速率预警阈值，超限时自动推送预警信息。

②人工巡视监测

宏观地质调查法，采用常规的崩塌、滑坡变形形迹追踪地质调查方法，人工巡视开采过程中对边坡造成的加载、爆破等活动对边坡的影响。及时报告崩塌、滑坡区内出现的各种变化。根据崩滑塌边坡平面形态布设监测点，进行纵向和垂向上的位移观测。充分利用本溪市气象预报资料进行气象监测。

3) 监测点布设

①自动化在线监测

设计露天采场北部边坡范围广、台阶层级多、纵向高差大，坡面完整连续，为核心高风险滑坡区。根据边坡长度，沿边坡走向布设 5 条纵向监测断面，每条断面布设 3 个 GNSS 自动化监测点，分别布设在坡顶、边坡中部平台、坡脚。整套系统 GNSS 自动化终端共设置 15 套监测点+1 套基准点。

②人工巡视监测：边坡实施监测人员流动观测，露天采场、废石场、表土场各设 1 个监测点。

4) 监测频率

①自动化在线监测

自动化监测采用实时监测，30 分钟/次，依据国家矿山安全监察局露天矿山监测数据接入规范，大中型高陡边坡主监测断面 GNSS 测点常态上传间隔不得大于 30 分钟，仅辅助次要测点可放宽至 1 小时。

②人工巡视监测

地质灾害监测主要是对采场、废石场、表土场边坡进行监测，主要观测岩质边坡是否发生滑动，变形；土质边坡是否发生下沉，是否稳定；若有变形超过允许值，加密监测次数。根据矿山实际情况，边坡监测要求每月 1 次。在雨季应加密监测，视降雨量大小，采取每天一次或数小时一次直至连续跟踪监测，降水少的季节可每季度两次。

故每年监测 12 次。

⑤监测年限

监测周期与露天采场、废石场、表土场存放期间同步进行。

（2）含水层监测

1) 监测内容

地下水均衡监测：包括地下水水位、水质等。

2) 监测方法

水位监测采用人工监测法，及时测量记录水位标高、排水量情况。

地下水水质监测采用现场采样送检测试法，对周边观测水井水样进行现场测试及水质全分析测试。

3) 监测点布设

水位监测点：水位监测利用矿区周边水井进行，设 1 个长期监测点，定期监测地下水水位动态变化。

水质监测点：利用矿区周边的水井进行采样，每年对地下水取样化验。

4) 监测频率

水位监测频率为每年至少 2 次，枯水期和丰水期各 1 次。

水质监测每年监测 1 次。

5) 监测年限

地下水水位、水质监测周期与矿山服务期同步进行，贯穿整个矿山服务期。

（3）破坏地形地貌景观监测

1) 监测内容

破坏土地地类、面积、方式以及破坏程度等，破坏植被景观类型、面积、破坏时间等，土地资源复垦进度、面积、时间及效果等。

2) 监测方法

采用人工现场调查、巡视监测和遥感影像相结合的方法。结合每年进行的国家遥感解译核查,每年1次,选用6-8月份植被生长较好、较易解译识别时段的影像,进行年度对比。采用人工现场调查、巡视监测和照相记录的方法。对地形地貌破坏前、地形地貌破坏后及根据方案恢复治理后的情况均应进行现场照相,并保存记录,进行结果对比,根据矿山实际破坏地形地貌景观及土地资源情况进行加密或减少监测频率,并做好巡查记录,及时发现问题及时治理。

3) 监测频率

指派专业技术人员进行巡查和卫星遥感或无人机航拍,每年1次。监测周期与矿山服务期同步进行,贯穿整个矿山服务期。

2、土地资源监测措施及内容

(1) 土地损毁及土地类型监测

1) 监测内容

破坏土地地类、面积、方式以及破坏程度等,土地资源复垦进度、面积、时间及效果等。

2) 监测方法

采用人工现场调查、巡视监测和遥感影像相结合的方法。结合每年进行的国家遥感解译核查,每年1次,选用6-8月份植被生长较好、较易解译识别时段的影像,进行年度对比。同时安排监测人员对土地破坏前、土地破坏后及根据方案恢复治理后的情况均应进行现场照相,并保存记录,进行结果对比。

3) 监测频率

指派专业技术人员进行巡查和卫星遥感或无人机航拍，每年 1 次。监测周期与矿山服务期同步进行，贯穿整个矿山服务期。

(2) 土壤质量监测

1) 监测内容

结合复垦修复后的土地利用类型、复垦修复时间、复垦修复微地貌、复垦修复措施等划分监测单元，对复垦修复土壤质量进行动态监测。

监测内容为复垦区地形坡度、有效土层厚度、土壤有效水分、土壤容重、酸碱度、有机质含量、有效磷含量、全氮含量、土壤侵蚀模数等。

2) 监测方法

监测方法采用现场采样送检测试法，以《土壤环境监测技术规范》（HJ/T166）为准。土壤采样点布设应覆盖监测区所有土地利用类型，要求采集混合样，采用对角线布点法和梅花形布点样，每种类型中样本数量应满足《土壤质量自然、近自然及耕作土壤调查程序指南》（GB/T36393）的相关要求。

3) 监测点布设

共布设 8 个监测点，根据各损毁修复单元不同阶段的工程安排分别布设。

4) 监测频率

复垦修复林地土壤质量宜采用每年监测 1 次。复垦林地、草地监

测选在草地生物量高峰时期，宜在 7 月-8 月。土壤质量监测自各生态修复区域完成复垦工作后开始。

3、生态系统监测措施及内容

(1) 复垦植被监测措施及内容

1) 监测内容

复垦植被监测是指对复垦林地的监测，监测内容包括植物生长势、高度、种植密度、成活率、郁闭度、生长量等。采取人工观察与测量计算相结合的方法。成活率与覆盖度调查均采用样方、样带等方法调查。采用样方调查的，均匀设置 30~50 个 2m×2m 的样方，调查树冠投影计算郁闭度；采用样带调查的，再设 50~100m 长、5m 宽的测线，量测树冠投影计算郁闭度。

表 5-1 复垦植被监测设计

复垦地类	监测项目	单位	监测方法
林地	种植密度	株/hm ²	现场踏勘
	生长势	m	测量法
	成活率	%	实测样方、计算法
	郁闭度	%	
	植被覆盖度	%	

2) 监测方法

监测方法为样方随机调查法，按照《生态公益林建设技术规程》（GB/T18337.3）要求进行。

3) 监测点布设

共布设 8 个监测点，根据各损毁修复单元不同阶段的工程安排分别布设。

4) 监测频率

土地复垦效果监测为各生态修复区域完成复垦工程结束后的第二年开始，连续监测 3 年。

(2) 生态系统功能监测措施及内容

1) 监测内容

监测内容包括生态系统格局（生态系统类型比例、平均斑块、边界密度、聚集度指数）、生态系统服务情况（水源涵养量、土壤保持量、生物多样性、碳储量）、生态系统质量情况（生物量、植被覆盖度、水质、生态系统质量综合指数）等。

2) 监测方法

监测方法为样方随机调查法，林地生态状况监测按照《森林植被状况监测技术规范》（GB/T30363）要求进行。监测样方样地样带布设应综合考虑复垦修复方向、复垦修复时间、地形地貌及植被类型等因素。

3) 监测频率

各生态修复区域完成复垦工程结束后的第二年开始，连续监测 3 年。

二、管护目标与措施

(一) 管护目标任务

通过人工种植、补植、灌溉的方式对林地进行管护，保证当年成活率不低于 90%，经过 3 年管护期后，使其植被保存率不低于 85%。

（二）管护措施及内容

1、管护对象

管护对象为复垦后的乔木林地，复垦后的林地由矿山企业进行管护。

2、管护内容

水分管理：主要是通过附近的水源进行灌溉，以保护作物的成活率。遵循“不干不浇、浇则浇透”的原则，避免过度灌溉导致烂根，也要防止缺水。

养分管理：主要通过增施有机肥，保持土壤的肥力。根据植物种类、生长阶段、土壤状况和季节进行配方施肥和平衡施肥。

土壤管理：进行松土、除草。打破土壤板结，增加透气性；人工或机械除草，较少与目标植物的竞争。

火灾防治：复垦后的林地严禁烟火，防止火灾发生。

病虫害防治：主要是对林木进行病虫害防治，在管护阶段发现病虫害，应及时采取施药等措施。

爬行植物：通过牵引的方式，使爬藤植物有规划地爬行，防止杂乱无章地生长。

林地植被：雨季时期防止树木倒伏和露根现象。

3、管护方式

林地通过人工种植、补植、灌溉的方式对苗木进行管护，保证当年成活率不低于 90%，经过 3 年管护期后，使其植被保存率不低于 85%。

4、管护期限

林地管护年限为各复垦单元土地复垦工程结束后 3 年。

三、工程量

1. 监测工程内容及工程量：对项目区进行地质环境监测、土地资源监测、生态系统监测。地质灾害、含水层水位水质、地形地貌破坏、土地损毁监测周期为整个一期矿山服务年限 31.5 年，土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测为各生态修复范围完成修复后 3 年。地质灾害 CNSS 自动化监测 16 点、地质灾害人工巡视监测 1512 次、含水层水位监测 63 次、水质监测 32 次、地形地貌破坏监测 32 次、土地损毁监测 32 次、土壤质量监测 30 次、复垦植被效果监测 30 次、生态系统功能监测 30 次。

2. 管护内容及工程量：本方案修复复垦林地面积 134.9542hm²，林地管护期限为完成植被恢复后 3 年。

表 5-2 矿区监测和管护工程量统计

监测项目			单位	监测方法	监测频率	监测时间 (年)	监测 点数 (个)	工程量 (次)
地质 环境 监测	地质灾害		台	GNSS 自动 化监测	—	31.5	16	16
			次	人工巡视	每月巡视 1 次	31.5	4	1512
	含水 层	水位	次	测量	每年监测 2 次	31.5	1	63
		水质	次	取样检测	每年监测 1 次	31.5	1	32
	地形地貌		次	人工+航拍	每年监测 1 次	31.5	—	32
土地 资源 监测	土地损毁		次	人工+航拍	每年监测 1 次	31.5	—	32
	土壤质量		点, 次	取样检测	每年监测 1 次	3	10	30
生态 系统 监测	复垦植被 效果		点, 次	样方调查法	每年监测 1 次	3	10	30
	生态系统 功能		次	样方调查法	每年监测 1 次	3	10	30
管护	林地管护		hm²	人工抚育	—	3	—	134.9542

第六章 工程部署与经费估算

一、总体部署

为适应矿区生态修复的需要，根据设定目标与治理原则，针对矿区现状，对矿区生态修复目标进行分阶段分解，设定各阶段的治理目标。

根据矿山开发利用方案及矿山实际情况，对矿山地质环境保护与土地复垦工程进行分期部署，可分为三期：近期、中期、远期。

1、近期工作部署（2026.7-2031.7）：

（1）建立矿区生态监测系统，对矿区地质环境、土地资源、生态系统等进行监测。

（2）对设计开采区域外的探矿工程进行植被恢复。

（3）对拟建一期露天采场、拟建废石场 1、拟建表土场、拟建工业场地、拟建道路等进行表土剥离。

（4）对一期露天采场开采区域设置警示标志。布置安全预防控制相关措施，防止地质灾害的发生。

（5）对拟建废石场 1 修建挡土墙（堆积石坝）。

（6）对拟建表土场修建挡土墙、开挖截水沟。

2、中期工作部署（2031.8-2057.12）：

（1）加强对矿山地质环境的监测，对矿区地质环境、土地资源、生态系统等进行监测。

（2）根据实际开采进度，逐步对已开采结束后露天阶段平台进行生态修复。

3、远期工作部署（2058.1-2061.12）：

（1）采矿活动结束后，全面开展闭坑后的生态修复工作，彻底治理因采矿引发的各类生态环境问题，推动矿区生态环境整体改善与

重建。

(2) 加强对前期种植植被的养护管理，实施合理间伐与补植，确保植被成活率与生态功能稳步提升。

总体生态修复工程部署见附图 6：矿区生态修复工程部署图。

6-1 矿区生态修复总体工作安排规划表

阶段	时间	修复单元	工程措施
近期	2026.7-2031.6	探矿工程（设计开采区域外）	植被恢复
		拟建场地（一期露天采场、废石场 1、表土场、工业场地、道路）	表土剥离
		一期露天采场	安全预防协同措施，警示标志
		废石场 1	安全预防协同措施，挡土墙
		表土场	安全预防协同措施，挡土墙、截水沟
		项目区	建立矿区生态监测系统，对矿区地质环境、土地资源、生态系统等进行监测。
中期 （边开采边修复）	2031.7-2057.12	一期露天采场开采结束阶段	按照实际开采进度，逐步对已损毁区域开展生态修复工作
		废石场 1	达到设计库容后，进行全面生态修复
		项目区	矿区地质环境、土地资源、生态系统等进行监测。
远期 （闭坑修复）	2058.1-2061.12	一期露天采场、废石场 2、表土场、工业场地、矿山道路	对矿区剩余损毁单元实施全面生态修复；对完成植被恢复区域进行监测和管护。

二、总体经费估算

（一）经费估算依据

1、估算依据

(1) 《土地开发整理项目预算定额标准》（财综〔2011〕128号）；

(2) 《地质调查项目预算标准》（2021 年 7 月）；

(3) 《住房和城乡建设部办公厅关于重新调整建设工程计价依

据增值税税率的通知》（建办标函〔2019〕193号）；

（4）《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》辽自然资源资规〔2018〕1号；

（5）《辽宁省建设工程计价依据》（辽住建〔2025〕25号）；

（6）《辽宁省人力资源和社会保障厅关于调整全省最低工资标准的通知》（辽人社发〔2025〕7号）；

（7）《辽宁工程造价信息》（2026年3月）及当地有关市场价格信息。

在预算编制过程中，如定额和造价信息中没有部分，参照其他定额标准作为依据，材料价格以当地市场价格信息为准。

2、取费标准

项目投资由工程施工费、设备购置费、其他费用、监测与管护费、预备费五部分组成。

（1）工程施工费

工程施工费包括直接费、间接费、利润和税金4个部分。

1) 直接费

直接费由直接工程费、措施费组成。

①直接工程费

直接工程费由人工费、材料费、施工机械使用费组成。

a. 人工费

人工费=工程量×定额人工费单价；

材料费=工程量×定额材料费单价；

施工机械使用费=工程量×定额施工机械使用费单价；

人工费是指直接从事工程施工的生产工人开支的各项费用，内容包括基本工资、辅助工资和工资附加费。本方案参照《土地开发整理

项目预算定额标准》（2012 年）和《土地复垦方案编制实务》（2011 年）中人工费的计算方法，结合类似复垦项目人工费预算经验和本项目复垦方式，根据《辽宁省 关于调整全省最低工资标准的通知（辽人社〔2025〕7 号）》（2025 年 12 月 1 日起执行）中本溪市相关标准，本方案甲类工月基本工资标准为 2100 元，乙类工基本工资标准为 1900 元，人工费定额。确定甲类工和乙类工的人工单价分别按 169.65 元/工日和 147.72 元/工日计。

材料费定额：材料消耗量依据《土地开发整理项目预算定额》计取，材料价格依据当地工程造价管理信息，材料价格中已包括材料运费。

施工机械使用费定额：依据《土地开发整理项目施工机械台班费定额》标准计取。

表 6-2 甲类工预算单价计算表

序号	项目	计算式	单价 (元)
1	基本工资	基本工资标准 * 地区工资系数 * 12 / (250 - 10)	
2	辅助工资	地区津贴+施工津贴+夜餐津贴+节日加班津贴	
(1)	地区津贴	地区津贴标准 × 12 ÷ (250 - 10)	
(2)	施工津贴	施工津贴标准 × 365 × 辅助工资系数 K1 ÷ (250 - 10)	
(3)	夜餐津贴	(4.5 + 3.5) ÷ 2 × 辅助工资系数 K2	
(4)	节日加班津贴	基本工资 × (3 - 1) × 11 ÷ 250 × 辅助工资系数 3	
3	工资附加费	职工福利基金+工会经费+养老保险费+医疗保险费+工伤保险费+职工失业保险基金+住房公积金	
(1)	职工福利基金	(基本工资+辅助工资) × 福利基金费率	
(2)	工会经费	(基本工资+辅助工资) × 工会经费率	
(3)	养老保险费	(基本工资+辅助工资) × 养老保险费率	
(4)	医疗保险费	(基本工资+辅助工资) × 医疗保险费率	
(5)	工伤保险费	(基本工资+辅助工资) × 工伤保险费率	
(6)	职工失业保险基金	(基本工资+辅助工资) × 失业保险费率	
(7)	住房公积金	(基本工资+辅助工资) × 住房公积金费率	
4	人工工日单价	基本工资+辅助工资+工资附加费	169.65

表 6-3

乙类工预算单价计算表

序号	项目	计算式	单价(元)
1	基本工资	基本工资标准 * 地区工资系数 * 12 / (250 - 10)	
2	辅助工资	地区津贴+施工津贴+夜餐津贴+节日加班津贴	
(1)	地区津贴	地区津贴标准 × 12 ÷ (250 - 10)	
(2)	施工津贴	施工津贴标准 × 365 × 辅助工资系数 K1 ÷ (250 - 10)	
(3)	夜餐津贴	(4.5 + 3.5) ÷ 2 × 辅助工资系数 K2	
(4)	节日加班津贴	基本工资 × (3 - 1) × 11 ÷ 250 × 辅助工资系数 3	
3	工资附加费	职工福利基金+工会经费+养老保险费+医疗保险费+工伤保险费+职工失业保险基金+住房公积金	
(1)	职工福利基金	(基本工资+辅助工资) × 福利基金费率	
(2)	工会经费	(基本工资+辅助工资) × 工会经费率	
(3)	养老保险费	(基本工资+辅助工资) × 养老保险费率	
(4)	医疗保险费	(基本工资+辅助工资) × 医疗保险费率	
(5)	工伤保险费	(基本工资+辅助工资) × 工伤保险费率	
(6)	职工失业保险基金	(基本工资+辅助工资) × 失业保险费率	
(7)	住房公积金	(基本工资+辅助工资) × 住房公积金费率	
4	人工工日单价	基本工资+辅助工资+工资附加费	147.72

b. 材料费

材料费=工程量×定额材料费单价；

定额材料费是定额中各种材料估算价格与定额消耗量的乘积之和，材料估算依据辽宁省本溪市工程造价 2026 年 1 月定额材料价格及实地调查价格确定。

表 6-4 主要材料价格表

序号	材料名称	单位	价格（元）	备注
1	汽油 92#	kg	10.96	造价工程信息网，本溪地区 2026 年 4 月
2	柴油 0#	kg	9.00	
3	水	t	5.68	
4	电	kW. h	0.62	
5	刺槐	株	1.00	市场价
6	果松	株	5.00	
7	核桃楸	株	7.00	
8	软枣子	株	0.1	
9	草籽	kg	50.00	
10	商品肥	t	700.00	

c. 施工机械使用费

施工机械使用费=工程量×定额施工机械使用费单价；

施工机械台班单价见表 6-5。

表 6-5

机械台班预算单价计算表

序号	定额编号	机械名称及规格	台班费	一类费用小计	二类费用													
					二类费合计	人工费 (元/工日)		动力 燃料费 小计	汽油 (元/kg)		柴油 (元/kg)		电 (元/kW·h)		水 (元/m ³)		风 (元/m ³)	
						工日	金额		数量	金额	数量	金额	数量	金额	数量	金额	数量	金额
1	JX1004	单斗挖掘机 油动 斗容 1m ³	1355.08	367.78	987.30	2	339.30	648.00			72	648.00						
2	JX1013	推土机 功率 59kw	810.76	75.46	735.30	2	339.30	396.00			44	396.00						
3	JX1031	自行式平地机 功率 118kw	931.51	187.21	744.30	2	339.30	405.00			45	405.00						
4	JX1041	手持式风钻	14.24	7.99	6.25			6.25							1.1	6.25	795	
5	JX1046	修纤设备	94.08	423.03	94.08			94.08										
6	JX1052	手持式风镐	4.24	4.24													320	
7	JX4011	自卸汽车 柴油型 载重量 5t	603.41	143.78	459.63	1.33	225.63	234.00			26	234.00						
8	JX4036	洒水车 容量 2500L	564.90	143.17	421.73	1	169.65	252.08	23	252.08								
9	JX6001	电动空气压缩机 移动式 3m ³ /min	262.43	28.92	233.51	1	169.65	63.86					103	63.86				

②措施费

措施费=临时设施费+冬雨季施工增加费+施工辅助费+特殊地区施工增加费+安全施工措施费。计算基础为直接工程费。该项目措施费费率见表 6-6:

临时设施费:指施工企业为进行工程施工所必须搭设的生活和生产用的临时建筑物、构筑物和其他临时设施费用等。临时设施费用包括:临时设施的搭设、维修、拆除费或摊销费。土方工程、石方工程、砌体工程、其他工程临时设施费费率取 2.00%, 混凝土工程临时设施费费率取 3.00%。

冬雨季施工增加费:按直接工程费的百分率计算, 费率为 0.7%~1.5%, 本项目取 1.1%。

施工辅助费:按直接工程费的百分率计算: 建筑工程为 0.7%。

特殊地区施工增加费:高海拔地区的高程增加费, 按规定直接计入定额; 其他特殊增加费(如酷热、风沙等), 按工程所在地区规定的标准计算, 地方没有规定的不得计算此项费用。

安全施工措施费:按直接工程费的百分率计算, 建筑工程为 0.2%。

表 6-6 措施费费率表

工程类别	计算基础	临时设施费 (%)	冬雨季施工增加费 (%)	施工辅助费 (%)	安全施工措施费 (%)
土方工程	直接工程费	2.00%	1.10%	0.70%	0.20%
石方工程	直接工程费	2.00%	1.10%	0.70%	0.20%
砌体工程	直接工程费	2.00%	1.10%	0.70%	0.20%
混凝土工程	直接工程费	3.00%	1.10%	0.70%	0.20%
其他工程	直接工程费	2.00%	1.10%	0.70%	0.20%

2) 间接费

间接费=规费+企业管理费。以直接费为取费基础, 乘以费率得到。土方工程、砌体工程、其他工程间接费费率取 5.00%, 石方工程、混凝土工程间接费费率取 6.00%。

取费费率见表 6-7。

表 6-7

间接费费率表

序号	工程类别	计算基础	间接费费率（%）
1	土方工程	直接费	5
2	石方工程	直接费	6
3	砌体工程	直接费	5
4	混凝土工程	直接费	6
5	其他工程	直接费	5

3) 利润

利润按直接费和间接费之和的 3%计取。计算公式为：

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

4) 税金

依据财政部、税务总局、海关总署《关于深化增值税改革有关政策的公告》（财政部税务总局海关总署公告 2019 年第 39 号），原适用 10%税率的，税率调整为 9%。计费基础为人工费、材料费、施工机械费、措施费、间接费、利润、材料价差之和，各费用项目均以不包含增值税可抵扣进项税额的价格计算。

$$\text{税金} = (\text{直接费} + \text{间接费} + \text{利润}) \times 9\%$$

(2) 设备购置费

本项目土地复垦过程中所使用的设备均为矿山既有设备，因此本项目不涉及设备购置费。

(3) 其他费用

$$\text{其它费用} = \text{前期工作费} + \text{竣工验收费} + \text{工程监理费} + \text{业主管理费}$$

费用按照《土地开发整理项目预算定额标准》（2012 年版）依据计算。

1) 前期工作费

前期工作费是指土地复垦工程在工程施工前所发生的各项支出，包括：土地利用与生态现状调查费、土地勘测费、方案编制费、阶段

设计与预算编制费和工程招标代理费。

对于建设项目，前期工作费主要包括两大费用：一是项目审批之前发生的与土地复垦相关的费用，该费用纳入企业成本，不纳入复垦专项资金。二是建设项目开始之后、复垦项目实施之前的复垦相关的费用，计入复垦专项资金，依据《土地复垦方案编制实务》，可按照工程施工费的 5%~6%计取。本方案前期工作费按照工程施工费的 5%计取。

土地利用与生态现状调查费：指对复垦区土地进行权属调查、地籍测绘、土地利用类型、数量、质量调查、生态破坏情况和破坏程度调查等所发生的费用。

土地勘测费：指对复垦区土地进行地形测量、施工补测、工程勘察所发生的费用。

方案编制费：指项目承担单位委托具有资质的单位以5年为阶段，编制生态修复方案应支付的费用。

阶段设计与预算编制费：指项目承担单位委托具有资质的单位对土地复垦工程进行分年度的规划，编制年度实施方案应支付的费用。

其他费用：在工程建设中，某些费用难以进行具体化，但在工程投资中所发生的费用，如招标代理费。

2) 工程监理费

工程监理费指工程承担单位委托具有工程监理资质的单位，按照国家有关规定对工程质量、进度、安全和投资进行全过程的监督与管理所发生的费用。以工程施工费、复垦监测与管护费和设备费为计算基数，依据《土地复垦方案编制实务》，可按照施工费的 2%~3%计取。本方案工程监理费按照工程施工费的 2%计取。

3) 竣工验收费

竣工验收收费指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，包括竣工验收与决算费、项目决算审计费、土地重估与登记费、基本农田重划与标记设定费等费用。依据《土地复垦方案编制实务》，本方案竣工验收收费按工程施工费的3%计取。

工程复核费：工程承担单位完成土地复垦实施任务并向当地自然资源管理部门提出验收申请后，管理部门委托专业机构（第三方）对工程任务的完成情况，如净增耕地面积、工程数量、质量等，进行复核并编制相应报告所产生的费用。

工程验收费：指项目中间验收及竣工验收所发生的会议费、资料整理费、印刷费等。

工程决算的编制与审计费：指按相关管理办法及竣工验收规范要求编制竣工报告、决算以及审计所发生的费用。

复垦后土地重估与登记费：指复垦完成后，主管部门对土地的新评估与登记所发生的费用。

标识设定费：指设立土地复垦标识牌及标识水利设施等所发生的费用。

4) 业主管理费

业主管理费是指业主单位在土地复垦工程立项、筹建、建设等过程中所发生的费用，包括工作人员的工资、工资性补贴、施工现场津贴、社会保障费、住房公积金、职工福利费、劳动保护费；办公费、会议费、差旅交通费、工具用具使用费、固定资产使用费、零星购置费；宣传费、培训费、咨询费、业务招待费、技术资料费、印花税和其他管理性开支等。依据《土地复垦方案编制实务》，并结合矿山以往工作经验，本方案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%计取。

计算公式为：业主管理费=（工程施工费+前期工作费+工程监理费+竣工验收费）×费率

（4）监测与管护费用

1）监测费用

①地质环境监测费用

地质灾害自动监测系统：一体化 GNSS 监测设备全套费用，包含硬件、安装、年度运行费用等，综合单价取 25000 元/台。

地质灾害监测人工巡视，包括人工工资、材料费等，综合单价取 200 元（次）。

地下水位监测采用人工测量，包括人工工资、材料费等，综合单价取 100 元/（点·次）。

地下水水质监测采用取样化验，包括取样费、水质测试费、人工工资、材料、交通费等，综合单价取 1000 元/（点·次）。

地形地貌监测采用航拍和人工结合，包括人工工资、航拍费用、图像处理等，综合单价取 2000 元/次。

②土地资源监测费用

土地损毁监测采用人工现场调查、巡视监测和遥感影像相结合的方法，包括人工工资、航拍费用、图像处理等，综合单价取 2000 元/次。

土壤质量监测采用取样化验，包括土壤测试费、人工工资、材料等，综合单价取 500.00 元/（点·次）。

③生态系统监测费用

复垦植被效果采用人工检测，包括人工工资、材料等，综合单价取 200.00 元/（点·次）。

生态系统功能采用样方随机调查法，包括人工工资、材料等，综合单价取 300.00 元/（点·次）。

2) 管护费用

复垦期的管护费主要是用于乔木林地的管护，管护内容主要为补植、浇水及人工管理，由人工费和材料费组成，根据估算人工工日及材料测算管护费用综合单价。本方案将植被管护费单独列出，根据项目区所在地区实际情况，确定需复垦区域植被管护费用综合单价为 5000.00 元/（ $\text{hm}^2 \cdot \text{年}$ ）。

表 6-8 监测与管护工程单价费一览表

监测项目			单位	监测方法	工程费用（元）
地质环境 监测	地质灾 害	采场边坡	台	GNSS 自动监测	25000
		废石场、表土场	次	人工巡视	200
	含水层	水位	点·次	测量	100
		水质	点·次	取样检测	1000
	地形地貌		次	人工+航拍	2000
土地资源 监测	土地损毁		次	人工+航拍	2000
	土壤质量		点·次	取样检测	500
生态系统 监测	复垦植被 效果		点·次	样方调查法	200
	生态系统 功能		点·次	样方调查法	300
管护	林地管护		$\text{hm}^2/\text{年}$	人工抚育	5000

（5）预备费

1) 基本预备费

指为解决在工程施工过程中因自然灾害、设计变更等所增加的费用。按工程施工费及其它费用之和 5.00%计取。

2) 价差预备费

指为解决在工程施工过程中,因物价上涨、国家宏观调控以及地方经济发展等因素而增加的费用。根据我国目前经济发展状况,在土地复垦静态投资概算的基础上,考虑时间价值,测算未来资金的投入情况,价差预备费率以 5%计取。其具体计算公式如下:

假设复垦工程的复垦年限为 n 年,且每年的静态投资费为 a_1 、 a_2 …… a_n ,则第 n 年的价差预备费 $W_n = a_n[(1+5\%)^{n-1}-1]$

3) 风险金

本矿山露天开采北侧边坡岩土体稳定性较差,在持续降雨、爆破扰动、岩土体蠕变叠加作用下,存在滑坡地质灾害发生可能性。经地质稳定性测算,滑坡失稳后岩土体滑移、堆积、掩埋的外部影响边界为边坡整体轮廓向外水平外推 20m 带状区域;边坡纵向总长度 3237m,边坡外推 20m 影响带不属于矿山开采占地,未纳入场内常规治理预算,一旦发生滑坡,将大面积损毁原生植被、破坏原有地表地形、造成区域水土侵蚀,需单独计提专项生态风险预备金,用于滑坡发生后外部影响区植被修复、地貌恢复治理工作。

边坡总长 3237m,滑坡外推影响宽度 20m,风险影响带状面积 6.4740hm^2 。参照区域矿山地质灾害生态修复市场造价、林地植被恢复综合单价,确定边坡外滑坡影响区生态修复综合治理单价为 15 万元 / hm^2 ,专项风险预备金总额为 $6.474 \times 15 = 97.0650$ 万元,平均按矿山服务年限进行年度计提。

3、工程单价分析

各生态修复治理工程单价分析见表 6-9。

表 6-9

工程施工单价分析表

表 6-9-1			表土剥离		
定额编号：[10218]			单价：16.75 元/m ³		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费				
(一)	直接工程费				
1	人工费				
1.1	乙类工	工日	0.90	147.72	
1.2	甲类工	工日	0.10	169.65	
1.3	其他人工费	%	5×149.92		
2	材料费				
2.1	其他材料费	%	5×0.00		
3	机械费				
3.1	自卸汽车 柴油型 载重量 5t	台班	1.08	675.88	
3.2	推土机 功率 59kw	台班	0.16	810.76	
3.3	单斗挖掘机 油动 斗容 1m ³	台班	0.22	1323.71	
3.4	其他机械费	%	5×1150.89		
(二)	措施费		4.00%	1365.85	
二	间接费		5.00%	1420.48	
三	利润		3.00%	1491.50	
四	税金		9.00%	1536.25	
五	合计				1674.51

表 6-9

工程施工单价分析表

表 6-9-2			警示牌		
定额编号: [zb00001]			单价: 101.70 元/个		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			
(一)	直接工程费	元			
1	人工费	元			
1.1	乙类工	工日	0.02	147.72	
2	材料费	元			
2.1	警示牌	个	1.00	80.00	
3	机械费	元			
(二)	措施费	元	4.00%	82.95	
二	间接费	元	5.00%	86.27	
三	利润	元	3.00%	90.58	
四	税金	元	9.00%	93.30	
五	合计	元			101.70

表 6-9-3 截水沟					
定额编号: [20096]			单价: 211.58 元/m ³		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			
(一)	直接工程费	元			
1	人工费	元			
1.1	甲类工	工日	3.80	169.65	
1.2	乙类工	工日	72.40	147.72	
1.3	其他人工费	%	4.4×11339.60		
2	材料费	元			
2.1	导电线	m	132.00		
2.2	炸药	kg	109.00	30.00	
2.3	空心钢	kg	2.21	60.00	
2.4	合金钻头	个	5.70	4.00	
2.5	电雷管	个	270.00	5.00	
2.6	其他材料费	%	4.4×4775.40		
3	机械费	元			
3.1	手持式风钻	台班	3.92	14.24	
3.2	修纤设备	台班	0.16	517.11	
3.3	载重汽车 汽油型 载重量 5t	台班	0.20	603.41	
3.4	其他机械费	%	4.4×259.24		
(二)	措施费	元	4.00%	17094.71	
二	间接费	元	6.00%	17778.50	
三	利润	元	3.00%	18845.21	
四	税金	元	9.00%	19410.57	
五	合计				21157.521

表 6-9-4		挡土墙（石坝）			
定额编号：[30011]			单价：172.48 元/m ³		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			
(一)	直接工程费	元			
1	人工费	元			
1.1	乙类工	工日	88.90	147.72	
1.2	甲类工	工日	4.70	169.65	
1.3	其他人工费	%	1×13929.67		
2	材料费	元			
2.1	块石	m ³	118.00		
2.2	其他材料费	%	1×0.00		
3	机械费	元			
3.1	其他机械费	%	1×0.00		
(二)	措施费	元	4.00%	14068.97	
二	间接费	元	5.00%	14631.73	
三	利润	元	3.00%	15363.32	
四	税金	元	9.00%	15824.22	
五	合计				17248.40

表 6-9-5 清除危岩					
定额编号: [20014]			单价: 49.71 元/m ³		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			
(一)	直接工程费	元			
1	人工费	元			
1.1	甲类工	工日	0.80	169.65	
1.2	乙类工	工日	15.00	147.72	
1.3	其他人工费	%	4.2×2351.52		
2	材料费	元			
2.1	炸药	kg	33.95	30.00	
2.2	合金钻头	个	1.75	4.00	
2.3	电雷管	个	50.50	5.00	
2.4	空心钢	kg	0.86	60.00	
2.5	其他材料费	%	4.2×1329.60		
3	机械费	元			
3.1	手持式风钻	台班	1.51	14.24	
3.2	修纤设备	台班	0.06	517.11	
3.3	自卸汽车 柴油型 载重量 5t	台班	0.20	603.41	
3.4	其他机械费	%	4.2×173.21		
(二)	措施费	元	4.00%	4016.20	
二	间接费	元	6.00%	4176.85	
三	利润	元	3.00%	4427.46	
四	税金	元	9.00%	4560.28	
五	合计				4970.71

表 6-9-6		土袋挡土墙			
定额编号: [10042]			单价: 4.88 元/m		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			
(一)	直接工程费	元			
1	人工费	元			
1.1	乙类工	工日	2.50	147.72	
1.2	其他人工费	%	5×738.60		
2	材料费	元			
2.1	编织袋	个	100.00	0.10	
2.2	其他材料费	%	5×10.00		
3	机械费	元			
3.1	其他机械费	%	5×0.00		
(二)	措施费	元	4.00%	398.27	
二	间接费	元	5.00%	414.20	
三	利润	元	3.00%	434.91	
四	税金	元	9.00%	447.96	
五	合计	元			488.28

表 6-9-7		拆除建筑			
定额编号: [30071]			单价: 133.59 元/m ³		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费				
(一)	直接工程费				
1	人工费				
1.1	乙类工	工日	64.60	147.72	
1.2	甲类工	工日	3.40	169.65	
1.3	其他人工费	%	1.8×10119.52		
2	材料费				
2.1	其他材料费	%	1.8×0.00		
3	机械费				
3.1	单斗挖掘机 油动 斗容 1m ³	台班	0.32	1355.08	
3.2	自卸汽车 柴油型 载重 量 5t	台班	0.25	603.41	
3.3	其他机械费	%	1.8×584.48		
(二)	措施费		4.00%	10896.67	
二	间接费		5.00%	11332.54	
三	利润		3.00%	11899.17	
四	税金		9.00%	12256.15	
五	合计	元			13359.20

表 6-9-8		平整场地			
定额编号: [20272]			单价: 8.32 元/m ³		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费				
(一)	直接工程费				
1	人工费				
1.1	甲类工	工日	0.10	169.65	
1.2	乙类工	工日	1.30	147.72	
1.3	其他人工费	%	13.9×209.01		
2	材料费				
2.1	其他材料费	%	13.9×0.00		
3	机械费				
3.1	推土机 功率 59kw	台班	0.47	810.76	
3.2	其他机械费	%	13.9×381.06		
(二)	措施费		4.00%	672.09	
二	间接费		6.00%	698.97	
三	利润		3.00%	740.91	
四	税金		9.00%	763.14	
五	合计	元			831.82

表 6-9-9		覆盖表土			
定额编号: [10330]+[10326]			单价: 20.91 元/m ³		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费				
(一)	直接工程费				
1	人工费				
1.1	乙类工	工日	2.90	147.72	
1.2	甲类工	工日	0.10	169.65	
1.3	其他人工费	%	5×29.54+5×415.81		
2	材料费				
2.1	其他材料费	%	5×0.00+5×0.00		
3	机械费				
3.1	自行式平地机 功率 118kw	台班	0.10	931.51	
3.2	自卸汽车 柴油型 载重量 5t	台班	1.35	603.41	
3.3	单斗挖掘机 油动 斗容 1m ³	台班	0.20	1355.08	
3.4	其他机械费	%	5×1178.77+5×0.00		
(二)	措施费		4.00%	1705.34	
二	间接费		5.00%	1773.55	
三	利润		3.00%	1862.23	
四	税金		9.00%	1918.10	
五	合计	元			2090.73

表 6-9-10			施肥		
定额编号：借[90030]			单价：1.05 元/kg		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			
(一)	直接工程费	元			
1	人工费	元			
1.1	乙类工	工日		147.72	
1.2	其他人工费	%	2×227.27		
2	材料费	元			
2.1	化肥	t	0.001	700.000	
2.2	其他材料费	%	2×0.70		
3	机械费	元			
3.1	其他机械费	%	2×0.00		
(二)	措施费	元	4.00%	0.86	
二	间接费	元	5.00%	0.89	
三	利润	元	3.00%	0.93	
四	税金	元	9.00%	0.96	
五	合计	元			1.05

表 6-9-11		种植刺槐			
定额编号：[90007]			单价：4.91 元/株		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			
(一)	直接工程费	元			
1	人工费	元			
1.1	乙类工	工日	1.50	147.72	
1.2	其他人工费	%	0.5×221.58		
2	材料费	元			
2.1	水	m ³	3.20	5.68	
2.2	刺槐	株	102.00	1.00	
2.3	其他材料费	%	0.5×120.18		
3	机械费	元			
3.1	洒水车 容量 2500L	台班	0.10	564.90	
3.2	其他机械费	%	0.5×56.49		
(二)	措施费	元	4.00%	400.24	
二	间接费	元	5.00%	416.25	
三	利润	元	3.00%	437.06	
四	税金	元	9.00%	450.17	
五	合计	元			490.69

表 6-9-12		种植果松			
定额编号：[90007]			单价：9.93 元/株		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费				
(一)	直接工程费				
1	人工费				
1.1	乙类工	工日	1.50	147.72	
1.2	其他人工费	%	0.5×221.58		
2	材料费				
2.1	水	m ³	3.20	5.68	
2.2	油松	株	102.00	5.00	
2.3	其他材料费	%	0.5×528.18		
3	机械费				
3.1	洒水车 容量 2500L	台班	0.10	564.90	
3.2	其他机械费	%	0.5×56.49		
(二)	措施费		4.00%	810.28	
二	间接费		5.00%	842.69	
三	利润		3.00%	884.82	
四	税金		9.00%	911.36	
五	合计	元			993.38

表 6-9-13		种植核桃楸			
定额编号: [90007]			单价: 11.75 元/株		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			
(一)	直接工程费	元			
1	人工费	元			
1.1	乙类工	工日	1.50	147.72	
1.2	其他人工费	%	0.5×221.58		
2	材料费	元			
2.1	水	m ³	3.20	5.68	
2.2	刺槐	株	102.00	7.00	
2.3	其他材料费	%	0.5×732.18		
3	机械费	元			
3.1	洒水车 容量 2500L	台班	0.5×0.00		
3.2	其他机械费	%	4.00%	958.53	
(二)	措施费	元	5.00%	996.87	
二	间接费	元	3.00%	1046.71	
三	利润	元	9.00%	1078.11	
四	税金	元			
五	合计	元			1175.14

表 6-9-14		种植软枣子			
定额编号：借[90018]			单价：1.94 元/株		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			
(一)	直接工程费	元			
1	人工费	元			
1.1	乙类工	工日	1.00	147.72	
1.2	其他人工费	%	0.4×147.72		
2	材料费	元			
2.1	软枣子	株	102.00	0.10	
2.2	其他材料费	%	0.4×10.20		
3	机械费	元			
3.1	其他机械费	%	0.4×0.00		
(二)	措施费	元	4.00%	158.55	
二	间接费	元	5.00%	164.89	
三	利润	元	3.00%	173.13	
四	税金	元	9.00%	178.32	
五	合计	元			194.37

表 6-9-15			撒播草籽		
定额编号：[90030]			单价：5389.95 元/hm ²		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			
(一)	直接工程费	元			
1	人工费	元			
1.1	乙类工	工日	2.10	147.72	
1.2	其他人工费	%	2×310.21		
2	材料费	元			
2.1	种籽	kg	80.00	50.00	
2.2	其他材料费	%	2×4000.00		
3	机械费	元			
3.1	其他机械费	%	2×0.00		
(二)	措施费	元	4.00%	4396.41	
二	间接费	元	5.00%	4572.27	
三	利润	元	3.00%	4800.88	
四	税金	元	9.00%	4944.91	
五	合计	元			5389.95

表 6-9-14		灌溉			
定额编号：借 [90018]			单价：8.95 元/m ³		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			
(一)	直接工程费	元			
1	人工费	元			
1.1	乙类工	工日	1.00	147.72	
1.2	其他人工费	%	0.4×147.72		
2	材料费	元			
2.1	水	m ³	100.00	5.68	
2.2	其他材料费	%	0.4×568.00		
3	机械费	元			
3.1	洒水车 容量 2500L	台班	0.02	564.90	
(二)	措施费	元	4.00%	729.88	
二	间接费	元	5.00%	759.08	
三	利润	元	3.00%	797.03	
四	税金	元	9.00%	820.94	
五	合计	元			894.82

表 6-10

工程施工费单价估算表

单位：元

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	施工工程								
1	表土剥离	m ³	1	***	***	***	***	***	16.75
2	警示牌	个	1	***	***	***	***	***	101.70
3	截水沟	m ³	1	***	***	***	***	***	211.58
4	挡土墙（堆积石坝）	m ³	1	***	***	***	***	***	172.48
5	清除危岩	m ³	1	***	***	***	***	***	49.71
6	沙袋挡土墙	m	1	***	***	***	***	***	4.88
7	拆除建筑	m ³	1	***	***	***	***	***	133.59
9	平整场地	m ³	1	***	***	***	***	***	8.32
11	覆盖表土	m ³	1	***	***	***	***	***	20.91
12	施肥	kg	1	***	***	***	***	***	1.05
13	种植果松	株	1	***	***	***	***	***	9.93
14	种植核桃楸	株	1	***	***	***	***	***	11.75
15	种植刺槐	株	1	***	***	***	***	***	4.91
16	种植地锦	株	1	***	***	***	***	***	1.94

表 6-10

工程施工费单价估算表

单位：元

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)
17	撒播草籽	hm ²	1	***	***	***	***	***	5389.95
18	灌溉	m ³	1	***	***	***	***	***	8.95
二	监测工程								
1	地质灾害自动化监测	台	1	—	—	—	—	—	25000.00
2	地质灾害人工巡视监测	次	1	—	—	—	—	—	200.00
3	含水层水位监测	次	1	—	—	—	—	—	100.00
4	含水层水质监测	次	1	—	—	—	—	—	1000.00
5	地形地貌监测	次	1	—	—	—	—	—	2000.00
6	土地损毁监测	次	1	—	—	—	—	—	2000.00
7	土壤质量监测	次	1	—	—	—	—	—	500.00
8	复垦效果监测	次	1	—	—	—	—	—	200.00
9	生态系统功能监测	次	1						300.00
三	管护工程								
1	林地管护	hm ²	1	—	—	—	—	—	5000.00

（二）单项工程量及其经费估算

1、单项工程量

本方案生态修复单元包含一期露天采场、废石场、表土场、工业场地、矿山道路，根据前文工程设计及技术措施，方案服务年限内生态修复措施包含表土剥离工程、预防控制协调措施、地貌重塑、土壤重构、植被重建、监测与管护等单项工程，其总工程量汇总如下表6-11。

表 6-11

各单项工程生态修复工程量一览表

一级项目	二级项目	计量单位	一期露天采场	废石场 1	废石场 2	表土场	工业场地	矿山道路	探矿工程	合计
表土剥离工程	表土剥离	m ³	431350	34800	169800	32320	5400	3108	—	676778
	表土养护	hm ²	—	—	—	8.0800	—	—	—	8.08
预防控制协同措施工程	警示牌	个	70	—	—	—	—	—	—	70
	挡土墙(堆积石坝)	m ³	—	4940	10450	6935	—	—	—	22325
	截水沟	m ³	—	—	—	369	—	—	—	369
地貌重塑工程	清除危岩	m ³	5865	—	—	—	—	—	—	5865
	沙袋挡土墙	m	22354	—	—	—	—	—	—	22354
	拆除建筑	m ³	—	—	—	—	540	—	—	540
	平整场地	m ³	84759	5800	28300	8080	900	—	—	127839
土壤重构工程	覆土	m ³	466177	31900	155650	44440	4950	2849	—	705966
	施肥	kg	127139	8700	42450	12120	1350	777	—	192536
植被重建工程	刺槐	株	158332	16123	27994	—	—	2302	29319	234070
	果松	株	81891	3621	36669	13467	1500	—	—	137148
	核桃楸	株	40946	1811	18335	6734	750	—	—	68576
	软枣子	株	44708	—	—	—	—	—	—	44708
	撒播草籽	hm ²	84.7594	5.8000	28.3000	8.0800	0.9000	—	—	127.8394
	灌溉	m ³	28117	2156	8300	2020	225	230	2932	43980

2、单项工程经费估算

(1) 表土剥离措施工程

表土剥离措施工程包括表土剥离、表土养护，工程量及经费估算详见下表：

表 6-12 预防及控制协同措施工程施工费估算表

序号	工程或费用名称	计量单位	工程量	综合单价（元）	合计（元）
1	表土剥离	个	676778	16.75	11336032
2	表土养护	hm ²	8.08	5389.95	43551
合计					11379583

(2) 预防控制协同措施工程

预防控制协同措施工程包括警示牌、挡土墙（堆积石坝）、截水沟，工程量及经费估算详见下表：

表 6-13 预防及控制协同措施工程施工费估算表

序号	工程或费用名称	计量单位	工程量	综合单价（元）	合计（元）
1	警示牌	个	70	101.70	7119
2	挡土墙(堆积石坝)	m ³	22325	172.48	3850616
3	截水沟	m ³	369	211.58	78073
合计					3935808

(3) 地貌重塑工程

地貌重塑工程包括清除危岩、土袋挡土墙、拆除建筑、平整场地，工程量及经费估算详见下表：

表 6-14 地貌重塑工程施工费估算表

序号	工程或费用名称	计量单位	工程量	综合单价（元）	合计（元）
1	清除危岩	m ³	5865	49.71	291549
2	沙袋挡土墙	m	22354	4.88	109088
3	拆除建筑	m ³	540	133.59	72139
4	平整场地	m ³	127839	8.32	1063620
合计					1536396

(4) 土壤重构工程

土壤重构工程包括覆盖表土、施肥，工程量及经费估算详见下表：

表 6-15 土壤重构工程施工费估算表

序号	工程或费用名称	计量单位	工程量	综合单价（元）	合计（元）
1	覆土	m ³	705966	20.91	14761749
2	施肥	kg	192536	1.05	202163
合计					14963912

(5) 植被重构工程

植被重构工程包括种植刺槐、种植软枣子、撒播草籽、灌溉，工程量及经费估算详见下表：

表 6-16 植被重构工程施工费估算表

序号	工程或费用名称	计量单位	工程量	综合单价（元）	合计（元）
1	刺槐	株	234070	4.91	1149284
2	果松	株	137148	9.93	1361880
3	核桃楸	株	68576	11.75	805768
4	软枣子	株	44708	1.94	86734
5	撒播草籽	hm ²	127.8394	5389.95	689048
6	灌溉	m ³	43980	8.95	393621
合计					4486335

(6) 监测工程

监测工程包括地质环境监测、土地资源监测、生态系统监测，工程量及经费估算详见下表：

表 6-17 监测工程费用估算表

序号	工程或费用名称	计量单位	工程量	综合单价（元）	合计（元）
1	地质环境监测				804700
1.1	地质灾害自动化监测	台	16	25000	400000
1.2	地质灾害人工巡视监测	次	1512	200	302400
1.3	含水层水位监测	次	63	100	6300
1.4	含水层水质监测	次	32	1000	32000
1.5	地形地貌监测	次	32	2000	64000
2	土地资源监测				80500
2.2	土地损毁监测	次	32	2000	64000
2.2	土壤质量监测	点·次	33	500	165000
3	生态系统监测				16500
3.1	复垦植被效果监测	点·次	33	200	6600
3.2	生态系统功能监测	次	33	300	9900
合计					901700

(7) 管护工程

管护工程包括林地植被管护，工程量及经费估算详见下表：

表 6-18 管护工程费用估算表

序号	工程或费用名称	计量单位	工程量	综合单价（元）	合计（元）
1	林地管护	hm ²	134.9542	5000	2024313
合计					2024313

(三) 总工程量及经费估算

1. 总工程量

根据前文工程设计及技术措施，方案服务期内生态修复包括表土剥离工程措施、预防控制协调措施、地貌重塑、土壤重构、植被重建、监测与管护等单项工程，其总工程量汇总见下表：

表 6-19 生态修复总工程量一览表

一级项目	二级项目	计量单位	工程量
表土剥离工程	表土剥离	m ³	676778
	表土养护	hm ²	8.08
预防控制协同措施工程	警示牌	个	70
	挡土墙(堆积石坝)	m ³	22325
	截水沟	m ³	369
地貌重塑工程	清除危岩	m ³	5865
	沙袋挡土墙	m	22354
	拆除建筑	m ³	540
	平整场地	m ³	127839
土壤重构工程	覆土	m ³	705966
	施肥	kg	192536
植被重建工程	刺槐	株	234070
	果松	株	137148
	核桃楸	株	68576
	软枣子	株	44708
	撒播草籽	hm ²	127.8394
	灌溉	m ³	43980
监测工程	地质灾害自动化监测	台	16
	地质灾害人工巡视监测	次	1512
	含水层水位监测	次	63
	含水层水质监测	次	32
	地形地貌监测	次	32
	土地损毁监测	次	32
	土壤质量监测	点.次	33
	复垦植被效果监测	点.次	33
	生态系统功能监测	点.次	33
管护工程	林地管护	hm ²	134.9542

2. 经费估算

根据生态修复设计及工程量测算结果,矿山总服务年限内生态修复工程投资总额 14106.0244 万元,其中工程施工费 3630.2034 万元,其他费用 518.5947 万元,监测与管护费 292.6013 万元,预备费 9664.6250 万元。

矿区生态修复投资估算总额详见表 6-20;

工程施工费估算详见表 6-21;

其他费用估算详见表 6-22；

价差预备费估算详见表 6-23。

表 6-20 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）	费率（%）
一	工程施工费	3630.2034	
二	设备费	0	
三	其他费用	518.5947	
四	监测与管护费	292.6013	
（一）	监测费	90.1700	
（二）	管护费	202.4313	
五	预备费	9664.6250	
（一）	基本预备费	222.0700	5%
（二）	价差预备费	9345.4900	5%
（三）	风险金	97.0650	
合计		14106.0244	

表 6-21 工程施工费估算表

序号	工程或费用名称	计量单位	工程量	综合单价（元）	合计（元）
一	表土剥离措施工程				11379583
1.1	表土剥离	m ³	676778	16.75	11336032
1.2	表土养护	hm ²	8.08	5389.95	43551
二	预防控制协同措施工程				4793171
2.1	警示牌	个	70	101.70	7119
2.2	挡土墙(堆积石坝)	m ³	22325	172.48	3850616
2.3	截水沟	m ³	369	211.58	78073
三	地貌重塑工程				1536396
3.1	清除危岩	m ³	5865	49.71	291549
3.2	沙袋挡土墙	m	22354	4.88	109088
3.3	拆除建筑	m ³	540	133.59	72139
3.4	平整场地	m ³	127839	8.32	1063620
三	土壤重构工程				14963912
4.1	覆土	m ³	705966	20.91	14761749
4.2	施肥	kg	192536	1.05	202163
五	植被重建工程				4486335
5.1	刺槐	株	234070	4.91	1149284
5.2	果松	株	137148	9.93	1361880
5.3	核桃楸	株	68576	11.75	805768
5.4	软枣子	株	44708	1.94	86734
5.5	撒播草籽	hm ²	127.8394	5389.95	689048
5.6	灌溉	m ³	43980	8.95	393621
六	监测工程				901700
6.1	地质环境监测				804700
6.1.1	地质灾害自动化监测	台	16	25000	400000
6.1.2	地质灾害人工巡视监测	次	1512	200	302400
6.1.3	含水层水位监测	次	63	100	6300
6.1.4	含水层水质监测	次	32	1000	32000
6.1.5	地形地貌监测	次	32	2000	64000
6.2	土地资源监测				80500
6.2.2	土地损毁监测	次	32	2000	64000
6.2.2	土壤质量监测	点·次	33	500	16500
6.3	生态系统监测				16500
6.3.1	复垦植被效果监测	点·次	33	200	6600
6.3.2	生态系统功能监测	次	33	300	9900
七	管护工程				2024313
7.1	林地管护	hm ²	134.9542	5000	2024313
八	合计				39228047

表 6-22

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	3922.8047	5%	196.1402
2	工程监理费	3922.8047	3%	117.6841
3	竣工验收费	3922.8047	3%	117.6841
4	业主管理费	4354.3131	2%	87.0863
5	合计			518.5947

表 6-23 价差预备费估算表

年份	静态投资	涨价系数	价差预备费
1	5072951	1.0000	0
2	3932821	1.0500	196641
3	4486477	1.1025	459864
4	56807	1.1576	8953
5	17595	1.2155	3792
6	17595	1.2763	4861
7	63243	1.3401	21509
8	20026	1.4071	8153
9	20026	1.4775	9562
10	17595	1.5513	9700
11	17595	1.6289	11065
12	6714637	1.7103	4769407
13	57060	1.7959	45414
14	57060	1.8856	50532
15	57060	1.9799	55913
16	17595	2.0789	18983
17	229275	2.1829	271209
18	24972	2.2920	32264
19	24972	2.4066	35126
20	24972	2.5270	38132
21	17595	2.6533	29090
22	690659	2.7860	1233517
23	38436	2.9253	74001
24	38436	3.0715	79620
25	38436	3.2251	85524
26	17595	3.3864	41989
27	2827792	3.5557	7226988
28	104067	3.7335	284467
29	104067	3.9201	303886
30	104067	4.1161	324283
31	17595	4.3219	58449
32	19853196	4.5380	70240607
33	619452	4.7649	2332175
34	619452	5.0032	2479790
35	613508	5.2533	2609434
合计	46634694		93454900

三、阶段工作任务与经费安排

（一）阶段工作任务

矿山设计一期开采服务年限为 31.5 年。矿山开采结束后，生态修复工程实施为 1 年，植被管护期为 3 年，因此，最终确定该矿山生态修复方案年限为 34.5 年，（自 2026 年 7 月至 2061 年 12 月）。

本方案主要对近期进行详细年度工程实施计划，中期和远期只做概要性的部署。原则上以 5 年为一个阶段进行矿区生态修复工作安排，根据矿山实际情况及开采进度，分为 7 个阶段。

1、第一阶段（2026. 7. ~2031. 6. ）

- （1）对设计开采区域以外的探矿工程进行植被恢复。
- （2）对设计一期露天采场境界范围周边设置警示标志。
- （3）对设计一期露天采场境界范围、废石场 1、表土场、工业场地、矿山道路进行表土剥离并集中储存在表土场内，并进行表土养护。
- （4）对废石场 1 修筑挡土墙（堆积石坝）。
- （5）对表土场修筑挡土墙（堆积石坝）、截水沟。
- （6）建立矿区生态监测系统，对矿区地质环境、土地资源、生态系统等进行监测。

2、第二阶段：（2031. 7. ~2036. 6. ）

- （1）对一期露天采场开采结束后的 760m 以上阶段平台区域进行全面生态修复及复垦。
- （2）对矿区地质环境、土地资源、生态系统等进行监测。
- （3）对已完成生态修复治理的区域进行监测和管护。

3、第三阶段：（2036. 7. ~2041. 6. ）

- （1）对一期露天采场开采结束后的 720m 以上阶段平台区域进行全面生态修复及复垦。

(2) 对废石场 2 进行表土剥离，修筑挡土墙（堆积石坝）。

(3) 废石场 1 达到设计库容后，对其进行生态修复。

(4) 对矿区地质环境、土地资源、生态系统等进行监测。

(5) 对已完成生态修复治理的区域进行监测和管护。

4、第四阶段（2041. 7. ~2046. 6. ）

(1) 对一期露天采场开采结束后的 680m 以上阶段平台区域进行全面生态修复及复垦。

(2) 对矿区地质环境、土地资源、生态系统等进行监测。

(3) 对已完成生态修复治理的区域进行监测和管护。

5、第五阶段（2046. 7. ~2051. 6. ）

(1) 对一期露天采场开采结束后的 620m 以上阶段平台区域进行全面生态修复及复垦。

(2) 对矿区地质环境、土地资源、生态系统等进行监测。

(3) 对已完成生态修复治理的区域进行监测和管护。

6、第六阶段（2051. 7. ~2057. 12. ）

(1) 对一期露天采场开采结束后的 560m 以上阶段平台区域进行全面生态修复及复垦。

(2) 对矿区地质环境、土地资源、生态系统等进行监测。

(3) 对已完成生态修复治理的区域进行监测和管护。

7、第七阶段（2058. 1. ~2061. 12. ）

(1) 对一期露天采场开采结束后的 520m 以上阶段平台区域进行全面生态修复及复垦。

(2) 矿山开采结束后，对废石场 2 进行全面生态修复。

(3) 矿山开采结束后，对表土场进行全面生态修复。

(4) 矿山开采结束后，对工业场地进行全面生态修复。

- (5) 矿山开采结束后，对矿山道路进行全面生态修复。
- (6) 对已完成生态修复治理的区域进行监测和管护。

表 6-24

各阶段生态修复工程部署信息表

阶段	年度	修复单元	面积 (hm ²)	任务	工程措施及工程量	费用 (万元)
第一阶段	2026. 7. ~ 2031. 6.	探矿工程 (开采区域外)	6. 5968	植被恢复	刺槐 29319; 株灌溉 2932m ³ 。	1436. 7071
		拟建场地	—	表土剥离	表土剥离 506977m ³ , 表土养护 8. 0800hm ² 。	
		一期露天采场	—	安全预防	警示标志 70 个。	
		废石场 1	—	安全预防	修筑挡土墙 (堆积石坝) 4940m ³ 。	
		表土场	—	安全预防	修筑挡土墙 (堆积石坝) 6935m ³ ; 截水沟 369m ³ 。	
		项目区	—	地质环境监测	地质灾害自动化监测设备 16 台; 地质灾害监测 240 次; 地下水水位监测 10 次; 地下水水质监测 5 次; 地形地貌、土地损毁监测 5 次。	
第二阶段	2031. 7. ~ 2036. 6.	一期露天采场 760m 以上阶段 平台	0. 2092	生态修复	清除危岩 15m ³ ; 土袋挡土墙 336m; 平整场地 209m ³ ; 覆土 1151m ³ ; 施肥 314kg; 刺槐 930 株; 软枣子 672 株; 撒播草籽 0. 2092hm ² ; 灌溉 93m ³ ; 土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 3 次; 林地管护 0. 2092hm ³ 。	32. 3440
		项目区	—	地质环境监测	地质灾害监测 240 次; 地下水水位监测 10 次; 地下水水质监测 5 次; 地形地貌、土地损毁监测 5 次。	
第三阶段	2036. 7. ~ 2041. 6.	一期露天采场 720m 以上阶段 平台	0. 4393	生态修复	清除危岩 30m ³ ; 土袋挡土墙 617m; 平整场地 439m ³ ; 覆土 2416m ³ ; 施肥 659kg; 刺槐 1952 株; 软枣子 1234 株; 撒播草籽 0. 4393hm ² ; 灌溉 195m ³ ; 土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 3 次; 林地管护 0. 4393hm ³ 。	1196. 6913
		废石场 2	—	表土剥离	表土剥离 169800m ³ 。	
				安全预防	修筑挡土墙 (堆积石坝) 10450m ³ 。	

表 6-24

各阶段生态修复工程部署信息表

阶段	年度	修复单元	面积 (hm ²)	任务	工程措施及工程量	费用 (万元)
		废石场 1	5.8000	生态修复	平整场地 5800m ³ ；覆土 31900m ³ ；施肥 8700kg；刺槐 16123 株；果松 3621 株；核桃楸 1811 株；撒播草籽 5.8000hm ² ；灌溉 2156m ³ ；土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 3 次；林地管护 5.8000hm ³ 。	
		项目区	—	地质环境监测	地质灾害监测 240 次；地下水水位监测 10 次；地下水水质监测 5 次；地形地貌、土地损毁监测 5 次。	
第四阶段	2041.7. ~ 2046.6.	一期露天采场 680m 以上阶段平台	1.0413	生态修复	清除危岩 72m ³ ；土袋挡土墙 1364m；平整场地 1041m ³ ；覆土 5727m ³ ；施肥 1562kg；刺槐 4628 株；软枣子 2728 株；撒播草籽 1.0413hm ² ；灌溉 463m ³ ；土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 3 次；林地管护 1.2944hm ³ 。	84.8670
		项目区	—	地质环境监测	地质灾害监测 240 次；地下水水位监测 10 次；地下水水质监测 5 次；地形地貌、土地损毁监测 5 次。	
第五阶段	2046.7. ~ 2051.6.	一期露天采场 620m 以上阶段平台	3.3061	生态修复	清除危岩 229m ³ ；土袋挡土墙 4421m；平整场地 3306m ³ ；覆土 19837m ³ ；施肥 4959kg；刺槐 14694 株；软枣子 8842 株；撒播草籽 3.30614hm ² ；灌溉 1469m ³ ；土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 3 次；林地管护 3.3061hm ³ 。	245.6484
		项目区	—	地质环境监测	地质灾害监测 240 次；地下水水位监测 10 次；地下水水质监测 5 次；地形地貌、土地损毁监测 5 次。	
第六阶段	2051.7. ~ 2057.12.	一期露天采场 560m 以上阶段平台	14.3478	生态修复	清除危岩 993m ³ ；土袋挡土墙 8557m；平整场地 14348m ³ ；覆土 86087m ³ ；施肥 21522kg；刺槐 63768 株；软枣子 17114 株；撒播草籽 14.3478hm ² ；灌溉 6377m ³ ；土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 3 次；林地管护 14.3478hm ³ 。	1157.2649
		项目区	—	地质环境监测	地质灾害监测 312 次；地下水水位监测 13 次；地下水水质监测 7 次；地形地貌、土地损毁监测 7 次。	

表 6-24

各阶段生态修复工程部署信息表

阶段	年度	修复单元	面积 (hm ²)	任务	工程措施及工程量	费用 (万元)
第七阶段	2058. 1. ~ 2061. 12.	一期露天采场 520m 以上阶段 平台	65. 4157	生态修复	清除危岩 4526m ³ ；土袋挡土墙 7059m；平整场地 65416m ³ ；覆土 359786m ³ ； 施肥 98124kg；刺槐 72360 株；果松 81891 株；核桃楸 40946 株； 软枣子 14118 株；撒播草籽 65. 4157hm ² ；灌溉 19520m ³ ； 土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 3 次；林地管护 65. 4157hm ³ 。	9957. 4806
		废石场 2	28. 3000	生态修复	平整场地 28300m ³ ；覆土 155650m ³ ；施肥 42450kg；刺槐 27994 株； 果松 36669 株；核桃楸 18335 株；撒播草籽 28. 3000hm ² ；灌溉 8300m ³ ； 土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 3 次；林地管护 28. 3000hm ³ 。	
		表土场	8. 0800	生态修复	平整场地 8080m ³ ；覆土 44440m ³ ；施肥 12120kg；果松 13467 株； 核桃楸 6734 株；撒播草籽 8. 0800hm ² ；灌溉 2020m ³ ；土壤质量、复垦植被 效果、生态系统功能监测 3 次；林地管护 8. 0800hm ³ 。	
		工业场地	0. 9000	生态修复	拆除建筑 540m ³ ；平整场地 900m ³ ；覆土 4950m ³ ；施肥 1350kg； 果松 1500 株；核桃楸 750 株；撒播草籽 0. 900hm ² ；灌溉 225m ³ ； 土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 3 次；林地管护 0. 9000hm ³ 。	
		矿山道路	0. 5180	生态修复	覆土 2849m ³ ；施肥 777kg；刺槐 2302 株；灌溉 230m ³ ；土壤质量、复垦植被 效果、生态系统功能监测 3 次；林地管护 0. 5180hm ³ 。	

图 6-1 各阶段生态修复工程位置部署图

（二）近年工作任务与经费进度安排

根据矿区生态修复总体部署和阶段实施计划，前期矿山主要为建设工程，近五年工作安排如下：

1、第 1 年度（2026.7～2027.6）

- （1）对设计开采区域外的探矿工程进行植被恢复。
- （2）对设计一期露天采场境界范围周边设置警示标志。
- （3）对设计一期露天采场境界范围、废石场 1、表土场、工业场地、矿山道路进行表土剥离并集中储存在表土场内。
- （4）对矿区地质环境、土地资源、生态系统等进行监测。

2、第 2 年度（2027.7～2028.6）

- （1）继续对一期露天采场进行表土剥离。
- （2）对废石场 1 修筑挡土墙（堆积石坝）。
- （2）对矿区地质环境、土地资源、生态系统等进行监测。

3、第3年度（2028.7～2029.6）

- （1）继续对一期露天采场进行表土剥离。
- （2）对表土场修筑挡土墙（堆积石坝）、截水沟。
- （3）对剥离的表土进行养护。
- （4）对矿区地质环境、土地资源、生态系统等进行监测。

4、第4年度（2029.7～2030.6）

- （1）对矿区地质环境、土地资源、生态系统等进行监测。

5、第5年度（2030.7～2031.6）

- （1）对矿区地质环境、土地资源、生态系统等进行监测。

前五年度矿区生态修复工作计划见表 6-25。

表 6-25

前五年度矿区生态修复工作计划表

序号	修复阶段	范围 (拐点 坐标)	所属生态修复 区块	是否为 临时用地	主要工程措施	工程量	目标 地类	面积 (hm ²)	费用 (元)
1	第 1 年度	-	探矿工程(开采 区域以外)	是	植被恢复	刺槐 29319; 株灌溉 2932m ³	乔木 林地	6.5968	5099185
		-	拟建场地	-	表土剥离	表土剥离 219411m ³	-	-	
		-	一期露天采场	-	安全预防	警示标志 70 个	-	-	
		-	项目区	-	生态环境监测	地质灾害监测 48 次; 水位监测 2 次; 水质监测 1 次; 地形地监测 1 次; 土地损毁监测 1 次	-	-	
2	第 2 年度	-	一期露天采场	-	表土剥离	表土剥离 143783m ³	-	-	4155696
		-	废石场 1	-	安全预防	修筑挡土墙(堆积石坝) 4940m ³	-	-	
		-	项目区	-	生态环境监测	地质灾害监测 48 次; 水位监测 2 次; 水质监测 1 次; 地形地监测 1 次; 土地损毁监测 1 次	-	-	
3	第 3 年度	-	一期露天采场	-	表土剥离	表土剥离 143783m ³	-	-	4972575
		-	表土场	-	安全预防	修筑挡土墙(堆积石坝) 6935m ³ ; 截水沟 369m ³	-	-	
		-	项目区	-	生态环境监测	地质灾害监测 48 次; 水位监测 2 次; 水质监测 1 次; 地形地监测 1 次; 土地损毁监测 1 次	-	-	
4	第 4 年度	-	项目区	-	生态环境监测	地质灾害监测 48 次; 水位监测 2 次; 水质监测 1 次; 地形地监测 1 次; 土地损毁监测 1 次	-	-	9194
5	第 5 年度	-	项目区	-	生态环境监测	地质灾害监测 12 次; 水位监测 2 次; 水质监测 1 次; 地形地监测 1 次; 土地损毁监测 1 次	-	-	47621

第七章 保障措施与公众参与

一、保障措施

（一）组织保障

按照“谁开发，谁保护、谁破坏，谁治理”和“谁损毁，谁复垦”的原则，明确本方案实施的组织机构及其职责。

首先建立以矿山主要领导为正、副组长的领导小组，成立矿区生态修复管理办公室，成员包括：生产技术负责人、财务负责人、地质技术负责人等，其主要任务是对该项目的重大事项进行决策，并随时听取、汇报、监督、检查项目的进展情况和资金的使用情况，协调各方面的关系，加强对项目工作的领导，保证项目的顺利实施。

（1）年度计划统筹实施：由组长牵头，副组长组织落实年度生态修复实施计划，将年度任务分解到具体部门、具体岗位、具体时段，明确工程量、质量标准、时间节点、责任人，确保年度修复任务按期完成。小组成员按职责分工落实各项工作，定期调度进展，每年形成年度实施总结及资金使用情况报告，上报企业及监管部门。

（2）制定严格的管理制度，使领导组工作能正常开展，不能流于形式。领导小组要把矿区生态修复工作纳入矿区重要议事日程。把生态修复工作贯穿到各种生产会议当中去，并将其落实到矿区生产的每个环节，确保生态修复的工程效果。

（3）积极主动与地方矿产资源主管部门取得联系，自觉地接受地方自然资源行政主管部门的监督，使矿区生态修复方案落到实处，保证该方案的顺利实施并发挥积极作用。

（4）在矿区生态修复施工中严格按照建设项目管理程序实行招标投标制，选择有施工资质、经验丰富、技术力量强的施工单位具体负责项目的实施工作。地质环境的防治应贯彻“以防为主，防治结合”

的原则，以达到保护地质环境，避免和减少灾害损失的目的。

（二）技术保障

在生产期间使用精度较高的监测仪器，提高监测的准确性与时效性，一旦发现问题及时上报、治理，使危害降到最低程度，确保施工安全和施工质量。方案所应用的地质环境治理技术、土地复垦技术、植被恢复技术在我国属于比较成熟的工程施工技术，因此治理工程的实施在技术上是保证的。

项目一经批准，立即设立专门办公室，具体负责复垦工程的规划指导、监督、检查、组织调和工程实施，项目实施单位必须确保资金、人员、机械、技术服务到位，并对其实行目标管理，确保规划设计目标的实现。

每年依据本方案总体安排，编制年度生态修复实施计划，明确年度治理内容、工程布局、技术措施、工程量、进度安排、质量要求、验收标准及资金预算。工程实施前进行技术交底，过程中严格按设计、规范、年度计划组织施工，关键工序旁站监理，确保年度工程质量合格。

工程实施中，根据本方案的总体框架，与相关技术单位合作，编制阶段性实施计划，及时总结阶段性治理与复垦实践经验，动态优化调整年度实施内容，确保与矿山开采时序同步、与土地损毁时序衔接。

加强与相关技术单位的合作，学习先进生态修复技术与管理经验，提高年度工程实施水平与修复效果。根据实际生产和土地损毁情况，适时细化完善年度计划，做到所有工程严格遵循方案及年度计划实施。

项目配备相关专业技术人员，加强技术培训与现场指导，确保年度实施、监测、管护全过程规范可控；定期委托第三方开展生态修复

监测与年度效果评估，形成监测报告及整改意见，纳入下一年度计划改进。

（三）资金保障

资金落实是矿区生态修复工作成败的关键。做好矿区生态修复工作，必须制定切实可行的资金保障措施，本方案将从资金的来源、存放、管理、使用、审计等环节落实资金保障措施。

1、资金来源

本溪市南芬区市政建设投资有限公司为本项目矿区生态修复义务人，应将矿区生态修复资金足额纳入生产建设成本，专项用于矿区生态修复工作的实施。投入矿区生态修复资金足额提取，存入专门账户。确保矿区生态修复资金足额到位、安全有效。

依据《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）以及《辽宁省自然资源厅、辽宁省财政厅、辽宁省生态环境厅、辽宁省林业和草原局文件：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），矿山企业应建立矿区生态修复基金，以采矿权为单位计提基金，在其银行账户中设立基金账户，单独反映基金的提取和使用情况。

依据《土地复垦条例实施办法》（修正）第十八条：土地复垦义务人应当在土地复垦方案通过审查后一个月内预存土地复垦费用；第十九条：生产建设周期在三年以上的项目，可以分期预存土地复垦费用，但第一次预存的数额不得少于土地复垦费用总金额的百分之二十。

矿山基金总提取年限为31.5年，按第一次预存的数额不得少于土地静态总投资的20%计算，企业第一次预存金额为932.6939万元

($4663.4694 \times 20\%$)，剩余部分按照矿山服务年限内年度平均方法摊销，按年度存入基金账户，每年 11 月 30 日前完成本年度的基金提取工作。本项目矿区生态修复方案总投资为 14106.0244 万元，费用全部由辽宁省本溪市南芬区沈家玻璃用石英岩矿承担。资金缴存安排见下表 7-1。

表 7-1 矿区生态修复费用预存计划表

序号	年度	年度生态修复 费用金额（万元）	年度生态修复 预存金额（万元）	计提时间
1	2026 年	509.9185	932.6939	2026.11.30 前
2	2027 年	415.5696	431.9125	2027.11.30 前
3	2028 年	497.2575	431.9125	2028.11.30 前
4	2029 年	9.1994	431.9125	2029.11.30 前
5	2030 年	4.7621	431.9125	2030.11.30 前
6	2031 年	4.8690	431.9125	2031.11.30 前
7	2032 年	11.0986	431.9125	2032.11.30 前
8	2033 年	5.4413	431.9125	2033.11.30 前
9	2034 年	5.5822	431.9125	2034.11.30 前
10	2035 年	5.3529	431.9125	2035.11.30 前
11	2036 年	5.4894	431.9125	2036.11.30 前
12	2037 年	1151.0278	431.9125	2037.11.30 前
13	2038 年	12.8708	431.9125	2038.11.30 前
14	2039 年	13.3826	431.9125	2039.11.30 前
15	2040 年	13.9207	431.9125	2040.11.30 前
16	2041 年	6.2812	431.9125	2041.11.30 前
17	2042 年	52.6718	431.9125	2042.11.30 前
18	2043 年	8.3470	431.9125	2043.11.30 前
19	2044 年	8.6332	431.9125	2044.11.30 前
20	2045 年	8.9338	431.9125	2045.11.30 前
21	2046 年	7.2919	431.9125	2046.11.30 前
22	2047 年	195.0410	431.9125	2047.11.30 前
23	2048 年	13.8671	431.9125	2048.11.30 前
24	2049 年	14.4290	431.9125	2049.11.30 前
25	2050 年	15.0194	431.9125	2050.11.30 前
26	2051 年	8.5818	431.9125	2051.11.30 前
27	2052 年	1008.1014	431.9125	2052.11.30 前
28	2053 年	41.4768	431.9125	2053.11.30 前
29	2054 年	43.4187	431.9125	2054.11.30 前
30	2055 年	45.4584	431.9125	2055.11.30 前
31	2056 年	10.2278	431.9125	2056.11.30 前
32	2057 年	9012.0037	215.9555	2057.11.30 前
33	2058 年	297.7861	—	2058.11.30 前
34	2059 年	312.5476	—	2059.11.30 前
35	2060 年	324.9154	—	2060.11.30 前
合计		14106.0244	14106.0244	—

2、资金预存

矿山企业每年列入生产成本中的矿区生态修复资金采用集中管

理，不得随便改变使用用途。

辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿建立矿区生态修复基金账户，费用账户按照“企业所有，政府监管，专户存储，专款专用”的原则进行管理。

3、资金保障

矿区生态修复工作要坚持“预防为主，防治结合”、依靠科技进步，发展循环经济，建设绿色矿山，正确处理矿山开发引起的生态环境问题。在治理修复工程过程中首选矿山企业自有的设备和工程材料节约成本。

根据辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿开采方案，矿山设计生产规模 300.00 万吨/年，矿山生产销售原矿石，估算玻璃用石英岩矿石售价为 70.00 元/t，项目达产年平均销售收入为 21000 万元，年总成本费用为 12000 万元，达产年税后净利润 4665.51 万元。

矿区生态修复投资总额为 14106.0244 万元，平均每年投资额 431.9125 万元，约占税后总利润的 9.26%。矿山生产期间收益较好，矿区生态修复费用的足额提取能够得到较好的保障。

4、资金使用和管理

矿区生态修复治理基金账户内资金由公司支配，资金严格按照年度实施计划、年度预算、工程进度拨付使用，专项用于地质灾害治理、土地复垦、植被恢复、含水层保护、污染防治、生态监测、后期管护等，不得擅自改变用途。

（1）资金使用与年度计划执行挂钩

项目部根据年度生态修复实施计划和工程形象进度提出用款申请，按程序审批后拨付，确保资金投入与年度工程量、工程进度、工程质量同步。

（2）年度资金预算管理

每年 12 月依据下一年度生态修复计划编制年度资金预算，与年度实施计划一并备案。资金使用严格控制在年度预算范围内，超支或重大调整须履行审批程序。

（3）年度计划执行台账与报表

建立年度实施台账，记录年度工程完成情况、质量验收、资金支出、监测结果等。每月、每季度报送执行情况，年底形成年度实施总结、资金决算、效果自查报告，报自然资源部门备案。

（4）年度验收与资金清算

每年底由企业组织年度工程自查，申请自然资源主管部门开展年度实施情况核查与资金审核，核查通过后余额结转下年继续用于生态修复。

（5）结余与质保金管理

完成全部治理任务并竣工验收合格后，按规定支取结余资金；剩余质保金与管护期挂钩，在 2 年管护期满、效果稳定后予以结清，确保年度修复成果长期稳定。

（6）责任与审计

基金专款专用，严禁挪用、挤占，对违规行为依法追责。实行年度审计、阶段审计、竣工审计，审计结果与年度考核、资金拨付挂钩。

（四）监管保障

本方案经批准后具有法定约束力，不得擅自变更。后期方案若有重大变更的，本溪市南芬区市政建设投资有限公司需向当地自然资源主管部门履行变更报批程序，由原审批部门同意后方可实施。

本溪市南芬区市政建设投资有限公司应严格按照批准的方案和

年度实施计划组织实施，落实年度治理任务、年度资金、年度管护责任，分阶段、按步骤推进工程，不得滞后、缩减、替代治理内容。

本溪市南芬区市政建设投资有限公司建立年度计划执行自查制度，每季度开展进度、质量、资金使用自查；每年12月31日前向属地自然资源主管部门报送：年度土地损毁、地质环境变化情况；年度生态修复计划执行情况（工程内容、工程量、完成率、质量验收）；年度资金提取、使用、结余情况；年度生态监测及效果评价；下一年度生态修复实施计划及资金预算。

自觉接受自然资源、生态环境、财政、审计等部门监督检查与社会监督，对监管指出问题限期整改，整改不到位不得拨付后续年度资金、不得通过年度核验，确保年度计划刚性执行、全过程可监管、可核查、可验收。

（五）年度计划实施与考核保障

为确保生态修复工作常态化、制度化、年度化，建立“方案总控—年度计划分解—按年实施—按年验收—按年考核”闭环管理机制。

（1）年度计划编制

每年第四季度编制下一年度《矿区生态修复年度实施计划》，内容包括：年度治理范围、工程措施、土地复垦面积、植被恢复数量、截排水工程、监测任务、管护要求、进度安排、资金预算、责任分工及验收标准，确保与总体方案一致、与开采时序同步、与损毁范围匹配。

（2）年度计划分解落实

将年度任务分解到季度、月度，明确责任人、施工队伍、监理责任、质量标准，做到任务清单化、节点清晰化、责任具体化，确保“年度有计划、季度有安排、月度有进展”。

（3）过程管控与动态调整

加强现场巡查与进度管控，对工程质量、安全、进度、资金使用实时管控；因开采边界调整、地质条件变化确需微调年度计划的，履行内部审核及报备程序，重大变更依法报批，不得随意降低治理标准。

（4）年度自查与验收

每年年底开展年度完成情况自查，形成自查报告，申请主管部门开展年度实施成效核查。

（5）年度考核与责任追究

将年度生态修复计划执行情况纳入企业内部绩效考核，对年度任务完成好、质量合格、资金规范的予以落实奖励；对未按年度计划实施、工程滞后、管护不到位的严肃追责，确保生态修复“当年损毁、当年治理、当年见效”。

二、公众参与

矿山开发在推动经济发展的同时也不可避免地影响当地生态环境，且大多数为负面影响。生态修复就是减缓和逐步消除这种负面影响的主要手段之一，矿方出资进行主动性的进行生态修复符合国家产业政策和土地部门的管理要求，也是土地部门监督实施的重要任务。

通过公众参与，可以使项目建设单位、设计部门、自然资源部门与项目所在地的公众及社会各界人士得到较好的沟通，公众针对项目可能带来的土地影响，以及设计拟采取的治理措施可以提出自己的意见或建议。在最大限度地满足和符合公众的意愿时，不但可以化解社会矛盾，同时也可以使建设项目最大限度地发挥其社会效益、经济效益和环境效益。

（一）项目编制期间的公共参与

1、公共参与方式

在本方案编制过程中，为增强公众对生态修复的认同感，增强矿区生态修复方案的合理性和适用性，提高公众参与生态修复的积极性，本方案编制单位多次征求当地群众的意见，并通过访谈、发放公众参与调查问卷表的形式开展本方案编制的公众参与工作。

方案编制人员踏勘了本项目生产建设造成的土地损毁区域，深入到项目影响区的本溪市南芬区****街道***村和***村，走访了当地居民，听取了调查对象的意见，公开发放公众参与意见征询表，当面介绍项目介绍方案和可能带来的不利环境影响，解释公众关心的问题，通过面对面的沟通和交流，以及回收意见征询表，完成了公众参与调查工作，达到了调查目的。

2、公众参与反馈意见处理

对矿山企业及当地居民进行广泛的调研，调查问卷共 40 份，回收 40 份，回收率 100%，问卷有效率 100%。对调查表进行整理，获得公众参与结果汇总表，见下表。

经分析可知，辽宁省本溪市南芬区沈家玻璃用石英岩矿做好矿区生态修复工作符合公众的愿望。大部分被调查人认为矿山有必要对损毁的土地进行生态修复，100%的被调查人支持矿区生态修复工作。通过对复垦责任范围的可行性分析及结合公众参与意见，最终将复垦方向确定为乔木林地。

表 7-2 矿区生态修复项目公众参与调查结果汇总表

序号	调查内容	选项	调查结果	百分比 /%
1	您了解辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿吗？	十分了解	40	100%
		基本了解	0	0
		不了解	0	0
2	该矿的开采能否提高当地经济发展水平，带动经济收入？	能	10	100%
		不能	0	0
		说不清	0	0
3	您了解玻璃用石英岩开采对环境的破坏有哪些吗？	了解	10	100%
		不了解	0	0
		说不清楚	0	0
4	您对于矿山开采对环境的影响有切身感受吗？	有	40	100%
		没有	0	0
		说不清楚	0	0
5	您认为有必要对矿山进行矿区生态修复工作吗？	有必要	40	100%
		没必要	0	0
		说不清楚	0	0
6	您了解矿区生态修复方案吗？	了解	40	100%
		不了解	0	0
		说不清楚	0	0
7	您希望矿区生态修复后要达到的目标？	带来经济效益	0	0
		环境有所改善	0	0
		恢复原生态环境	40	100%
8	您认为当地矿山复垦选定什么方向比较好？	耕地	0	0
		林地	40	100%
		草地	0	0
		其他	0	0
9	您是否愿意监督、支持及参与矿区生态修复？	支持	40	100%
		不支持	0	0
		无所谓	0	0
10	您希望矿山在何时进行生态修复复垦工作？	开采过程中同步进行	40	100%
		矿山开采结束后	0	0
		其他	0	0

照片 7-1 土地所有权人（***村）意见公示

照片 7-2 土地所有权人（***村）意见公示

（二）项目实施阶段的公共参与

1、公众参与方式

项目实施过程中公众参与是至关重要的，项目建设单位组织当地人员进行矿区生态修复工作的施工，施工期间可能会出现一些表土剥离与保护问题等，因此采用公众进入监理小组方式进行公众参与活动，主要是通过组织当地自然资源部门代表和相关专家、矿山企业及当地农户代表组成施工监理小组。

（1）按季度公告工程进度和工程内容

施工人员按季度向公众公告工程的进度和工程内容，并且公告期

限不能少于 10 日，保证监理小组人员和广大群众能够及时了解施工进度情况和工程内容，为定期现场监督检查做准备。

（2）对公众意见的采纳结果及时公告

监理小组定期对矿区生态修复工程进行检查，对比矿区生态修复方案，看是否按照报告中复垦修复标准进行施工，并对不符合当地的复垦修复措施提出改正意见。公众向监理方和业主反映工程意见及采纳的情况也及时公告。

2、公众参与结论和意义

采用各部门代表专家和当地农民监督方式符合生态修复施工期间公众参与调查的实际，生态修复施工期间能够切实做到实事求是的施工工艺和施工方法，组织当地人员进行土地复垦修复施工，环境部门的监督解决了施工期间造成的环境问题，实施具体的、行之有效的举措，强调环保达标、环保负责的理念，提高了施工的环境质量；自然资源部门、矿山企业和当地村民代表的参与对施工期间的非法占地具有有效的抑制作用；通过当地村民对复垦修复区域的了解情况和当地植被的生产种植情况的熟悉以及当地林业部门专家的现场指导，对植被的种植方式起到很大的指导意义。

（三）项目竣工阶段公众参与

（1）项目竣工验收阶段公众的参与公众主要是组织当地自然资源主管部门和当地住户代表组成验收小组，将公众参与机制引入生产项目竣工验收工作中。并且提高土地复垦修复建设单位的建设施工人员在土地复垦修复项目中参与积极性。

（2）公众参与验收小组

在验收过程中代表与验收小组一同查看现场、了解开采生产工艺及破坏土地复垦措施落实情况，听取项目建设单位关于项目生态修复

情况及复垦修复标准要求介绍和市县关于该项目验收监测结果报告，同时提出自己的意见和建议。

（3）施工信息向公众公开

对已完工的工程建设单位、承担工程项目和投入资金均向公众公开。生态修复工程施工期间，按照分组分区复垦，对各复垦修复区域承担施工任务的单位、复垦修复的工程项目和复垦修复资金进行公开，这样广大公众可以对各复垦修复区土地复垦效果评出优劣，对于工程质量好，进度快的施工单位，在下期复垦修复任务中优先考虑。

三、效益分析

矿区生态修复带来的生态效益是一个从结构到功能、从局部到区域、从自然到社会的综合性价值体系。它不仅仅是“还旧账”，更是通过人类的智慧和努力，将一个生态系统的“负担”转变为具有生命力和服务价值的“资产”，最终实现人与自然和谐共生的绿色发展目标。

（一）社会效益

本方案矿区生态修复措施实施后，不但对周边生态环境产生积极的影响，还将带来以下几方面的社会效益：

1、改善民生与公共健康

生态修复工程能有效控制粉尘、净化水体和土壤，从源头上减少重金属和污染物通过呼吸、饮水和食物链对人体造成的危害，显著提升矿区及周边居民的健康水平。

2、保障社会安全与稳定

消除安全隐患：通过治理地质灾害隐患，保障了人民生命财产安全和基础设施（如道路、民居）的安全，减少了因灾害引发的社会矛盾和经济损失。

维护社会和谐：采矿活动常伴随征地、拆迁、污染等问题，易引发矿地纠纷和社会冲突。成功的生态修复是对历史遗留问题的积极解决，有助于化解社会矛盾，促进矿地和谐，构建稳定的社区关系。

3、创造就业与技能转型

提供直接就业岗位：生态修复工程本身是劳动密集型产业，能在项目周期内为当地居民提供大量就业机会。

促进劳动力技能转型：通过培训，使部分原矿工掌握生态修复、园林绿化等新技能，帮助他们从“采矿”向“护矿”“建绿”转型，为后续的绿色产业发展储备人才。

（二）生态效益

1、环境改善与污染控制

控制水土流失：通过植被恢复、土地平整等措施，有效固定土壤，减少地表径流对土壤的冲刷，大幅降低水土流失量。

水体重构与水质净化：改善水文循环，恢复的植被能增加下渗，涵养水源，调节局部小气候。

重构土壤结构：修复措施可以打破板结的土壤，增加孔隙度，恢复土壤的团粒结构。

恢复土壤肥力：先锋植物能固氮，微生物活动能增加有机质，逐步恢复土壤的生产能力和养分循环功能。

2、生物多样性恢复与栖息地重建

重建动植物栖息地：将采矿形成的“生态废墟”重新转变为森林为当地原生植物、昆虫、鸟类、小型哺乳动物等提供生存、繁衍和庇护的场所。

恢复生物群落和食物链：随着植被的演替，与之相关的昆虫、传粉者、捕食者等会逐渐回归，重新形成复杂的食物网和生态关系，提

高生态系统的稳定性和抵抗力。

3、生态系统服务功能提升

固碳释氧：恢复的森林和草地是重要的碳汇，通过光合作用吸收大气中的二氧化碳，同时释放氧气，有助于缓解气候变化。据科学研究，每公顷林地每年可吸收 1t 二氧化碳，释放 0.73t 氧气，本项目复垦林地面积 134.9542hm²，实施后每年可吸收 134.9542t 二氧化碳，释放 98.52t 氧气。

调节局部气候：植被通过蒸腾作用增加空气湿度，降低地表温度，有效缓解矿区的“热岛效应”。

净化空气：植物叶片能吸附空气中的粉尘、吸收有害气体，改善区域空气质量。

（三）经济效益

1、直接经济效益

项目区通过生态修复工作恢复乔木林地面积 134.9542hm²，其中栽植刺槐面积 52.6657hm²，栽植果松面积 61.4765hm²，栽植核桃楸面积 30.7382hm²。

参照辽宁省林业产业统计年鉴、辽东山区乡土树种成材规律及区域苗木、木材市场公允价格等，刺槐速生丰产周期 10a，果松、核桃楸中慢生丰产周期 20a。辽东山区修复林地刺槐年均生长量 3.2m³/hm²·a；果松年均生长量 2.8m³/hm²·a；核桃楸年均生长量 2.5m³/hm²·a。刺槐综合单价 850 元/m³、果松综合单价 1200 元/m³、核桃楸综合单价 1800 元/m³。

年均直接经济收益=林地面积×单位面积年均生长量×综合单价。

刺槐年均直接经济收益= $52.6657 \times 3.2 \times 850 = 143.25$ 万元/年；果松年均直接经济收益= $61.4765 \times 2.8 \times 1200 = 206.56$ 万元/年；核桃楸年均直接经济收益= $30.7382 \times 2.5 \times 1800 = 138.32$ 万元/年；通过生态修复造林，项目区每年可稳定产生林木资源直接经济效益 488.13 万元，随着林分生长、林木蓄积逐年提升，后期林木成材、间伐更新收益将持续增长，经济效益具备稳定性、持续性与增值性。

2、间接与战略性经济效益

减少未来治理成本：“先破坏，后治理”的被动模式代价高昂。主动及时的修复避免了污染和地质灾害的进一步恶化，从而节省了未来可能发生的、更为巨大的应急处理和灾害治理费用。

带动相关产业发展：生态修复工程本身能带动工程机械、苗木培育、环境技术服务、旅游服务等相关产业链的发展，产生乘数效应。

第八章 结论

一、方案服务年限

矿山为探转采新建矿山，设计矿山一期开采服务年限 31.5 年。

矿山开采结束后，生态修复工程实施为 1 年，植被管护期为 3 年，因此，最终确定该矿山生态修复方案年限为 35.5 年，（自 2026 年 7 月至 2061 年 12 月）。

二、预测损毁

（一）预测损毁范围

矿山为新建矿山，现状未损毁土地资源及生态环境。

设计矿山未来一期开采损毁范围主要包括：设计一期露天采场、废石场、表土场、工业场地、矿山道路，预测一期开采损毁土地面积 146.6848hm²。

（二）预测损毁类型及程度

矿山为新建矿山，现状未损毁土地资源及生态环境。

设计矿山未来一期开采损毁范围面积 146.6848hm²，损毁土地类型为乔木林地。一期露天采场大面积挖损，损毁土地类型主要为乔木林地，土地损毁程度为重度；废石场和表土场大面积压占，损毁土地类型主要为乔木林地，土地损毁程度为重度；工业场地、矿山道路压占土地资源范围较小，土地损毁程度为中度。

(三) 修复范围及目标

辽宁省本溪市南芬区***村玻璃用石英岩矿设计一期开采复垦修复责任范围面积为 146.6848hm^2 ，修复单元包括一期露天采场、废石场、表土场、工业场地、矿山道路。依据土地复垦适宜性评价结果，复垦目标为乔木林地，露天采场边坡无法复垦，面积 11.7306hm^2 ，项目区内共计复垦修复面积为 134.9542hm^2 ，复垦率为 92.00%。

三、矿区生态修复工程结论

(一) 主要工程措施

辽宁省本溪市南芬区沈家玻璃用石英岩矿矿区设计一期开采生态修复主要工程措施为：

- 1、**表土剥离措施：**表土剥离 676778m^3 ，表土养护 8.0800hm^2 。
- 2、**安全预防控措施：**警示牌 70 个、挡土墙(堆积石坝) 22325m^3 、截水沟 369m^3 。
- 3、**地貌重塑工程措施及工程量：**清除危岩 5865m^3 、土袋挡土墙 22354m 、拆除建筑 540m^3 、平整场地 127839m^3 。
- 4、**土壤重构工程措施及工程量：**覆盖表土 705966m^3 、施肥 192536kg 。
- 5、**植被重建工程措施及工程量：**栽植刺槐 234070 株、栽植果松 137148 株、栽植核桃楸 68576 株、种植软枣子 44708 株、撒播草籽 127.8394hm^2 、灌溉 43980m^3 。

（二）监测与管护

1、监测工程内容及工程量：对项目区进行地质环境监测、土地资源监测、生态系统监测。地质灾害、含水层水位水质、地形地貌破坏、土地损毁监测周期为整个（一期开采）矿山服务年限 31.5 年，土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测为各生态修复范围完成修复后 3 年。地质灾害 CNSS 自动化监测 16 台、地质灾害人工巡视监测 1512 次、含水层水位监测 63 次、水质监测 32 次、地形地貌破坏监测 32 次、土地损毁监测 32 次、土壤质量监测 33 次、复垦植被效果监测 33 次、生态系统功能监测 33 次。

2、管护内容及工程量：本方案修复复垦林地面积 134.9542hm²，林地管护期限为完成植被恢复后 3 年。

四、投资总额

根据生态修复设计及工程量测算结果，辽宁省本溪市南芬区沈家村玻璃用石英岩矿（一期开采）总服务年限内生态修复工程投资总额 14106.0244 万元，其中工程施工费 3630.2034 万元，其他费用 518.5947 万元，监测与管护费 292.6013 万元，预备费 9664.6250 万元。