

本溪福耀硅砂有限公司
矿区生态修复方案

本溪福耀硅砂有限公司

二〇二六年三月



本溪福耀硅砂有限公司

矿区生态修复方案

申报单位：本溪福耀硅砂有限公司

法人代表：何世猛

编制单位：辽宁省经业科技有限公司

法人代表：张立芬

方案编制负责：单煜巽

主要编制人员：尤琳 邱杰 冯宇

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	本溪福耀硅砂有限公司				
	统一社会信用代码		联系人	张春海		
	联系地址	本溪市平山区	联系电话			
	采矿权证证号	***** *****	开采方式	露天开采		
	采矿权面积	*****方公里	采矿权 拐点 坐标			
	采矿权有效期限	自 2023 年 12 月 18 日至 2041 年 4 月 18 日				
	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	辽宁省经业科技有限公司				
	统一社会信用代码		联系人	张立芬		
	联系地址	辽宁省沈阳市浑南区	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
	单煜巽		环境工程	高级工程师		
	主要编制人员					
	姓名	身份证号	专 业	职务/职称	联系电话	签 名
	尤琳		地质	高级工程师		
	邱杰		测绘	工程师		
	冯宇		土木	助理工程师		

目 录

前 言	- 1 -
一、编制目的	- 1 -
二、服务年限	- 14 -
第一章 矿山基本情况	- 15 -
一、矿业权人基本情况	- 15 -
二、地理位置与区域概况	- 16 -
三、矿山开采历史及现状	- 20 -
第二章 矿区基础信息	- 27 -
一、矿区自然条件	- 27 -
二、社会经济概况	- 30 -
三、矿区地质环境背景	- 31 -
四、矿区土地利用现状及采矿用地审批情况	- 39 -
五、矿区生态状况	- 42 -
六、矿区及周边人类重大工程活动	- 46 -
七、矿区生态修复工程情况	- 47 -
八、矿区基本情况调查监测指标	- 49 -
第三章 问题识别诊断及修复可行性分析	- 51 -

一、问题识别与受损预测	- 51 -
二、生态修复可行性分析	- 78 -
三、生态修复分区及修复时序安排	- 98 -
四、采矿用地与复垦修复安排	- 104 -
 第四章 生态修复措施与工程内容	- 107 -
一、保护与预防控制措施	- 107 -
二、修复措施	- 114 -
三、工程内容	- 120 -
 第五章 监测与管护	- 129 -
一、监测目标与措施	- 129 -
二、管护目标与措施	- 135 -
三、工程量	- 137 -
 第六章 工程部署与经费估算	- 138 -
一、总体部署	- 138 -
二、总体经费估算	- 140 -
三、阶段工作任务与经费安排	- 179 -
 第七章 保障措施与公众参与	- 191 -
一、保障措施	- 191 -
二、公众参与	- 199 -

三、效益分析 - 203 -

第八章 结论 - 207 -

一、方案服务年限 - 207 -

二、预测损毁 - 207 -

三、矿区生态修复工程结论 - 208 -

四、投资总额 - 209 -

附表：

附表 1. 矿山地质环境现状调查表

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. 矿区开采中生态修复监测内容与监测指标表

附表 7. 矿区损毁程度综合评价表

附表 8. 矿区生态修复目标及土地利用变化表

附表 9. 矿区用地（含临时使用土地）与复垦修复计划表

附表 10. 存量采矿用地腾退指标使用计划表

附表 11. 表土处置工程汇总表

附表 12. 矿区生态修复投资估算总表

附表 13. 工程施工费单价估算表

附表 14. 工程施工费估算表

附表 15. 设备费估算表

附表 16. 其他费用估算表

附表 17. 前五年度矿区生态修复工作计划表

附表 18. 矿区生态修复工程量与经费安排表

附件：

附件 1. 采矿许可证

附件 2. 营业执照

附件 3. 编制单位真实性承诺书

附件 4. 采矿权人生态修复承诺书

附件 5. 土地所有权人意见

附件 6. 矿山地质环境治理恢复验收合格证

附件 7. 公众参与问卷调查资料

附件 8. 供土协议

附件 9. 矿产资源开发利用方案评审表

附件 10. 环境治理保证金（基金）及复垦费用缴存证明

附件 11. 水土环境监测报告

附件 12. 永久基本农田和生态保护红线范围套合报告

附件 13. 征地协议及临时使用林地审批文件

附件 14. 县级自然资源主管部门对矿区生态修复方案的初审意见

附图：

图号	图名	比例尺
1	矿区土地利用现状图	1:5000
2	本溪福耀硅砂有限公司 矿区地质环境问题现状图	1:2000
3	本溪福耀硅砂有限公司 矿区土地损毁现状图	1:2000
4	本溪福耀硅砂有限公司 矿区地质环境问题预测图	1:2000
5	本溪福耀硅砂有限公司 矿区土地损毁预测图	1:2000
6	本溪福耀硅砂有限公司 矿区生态修复工程部署图	1:2000

前 言

一、编制目的

（一）任务由来

本溪福耀硅砂有限公司为已建矿山，于 2020 年 12 月编制了《矿山地质环境保护与土地复垦方案》，目前方案适用期已到。根据《中华人民共和国矿产资源法》（2024 年 11 月 8 日修订）、《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”、《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）、《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。

采矿权申请人或采矿权人编制的矿区生态修复方案，应按采矿权发证权限，报具有相应审批权的自然资源主管部门组织审查。

本溪福耀硅砂有限公司委托辽宁省经业科技有限公司编制完成《本溪福耀硅砂有限公司矿区生态修复方案》，我单位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

矿山为已建矿山，矿山于 2020 年编制了《本溪福耀硅砂有限公司矿山地质环境保护与恢复治理方案》，目前方案适用期已到。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），需要重新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》（2024 年修订）；
- （2）《地质灾害防治条例》（国务院令第 394 号，2003 年）；
- （3）《中华人民共和国水土保持法实施条例》（2011 年）；
- （4）《土地复垦条例》（国务院令第 592 号，2011 年）；
- （5）《中华人民共和国土地管理法实施条例》（2014 年）；
- （6）《中华人民共和国环境保护法》（2015 年）；
- （7）《中华人民共和国水文条例》（国务院第 676 号令，2017 年）；
- （8）《辽宁省地质环境保护条例》（2018 年）；
- （9）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年第二次修订）；
- （10）《基本农田保护条例》（2019 年）；
- （11）《矿山地质环境保护规定》（国土资源部令第 44 号，2019 年）；

- (12) 《中华人民共和国土地管理法》（2019 年修订）；
- (13) 《土地复垦条例实施办法》（国土资源部第 56 号令，2019 年）；
- (14) 《中华人民共和国森林法》（2019 年修订）；
- (15) 《中华人民共和国森林法实施条例》（2018 年修订）；
- (16) 《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019 年）；
- (17) 《中华人民共和国水污染防治法》（2008 年修订）；
- (18) 《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) 《造林作业设计规程》（LY/T 1607-2024）；
- (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) 《辽宁省本溪福耀硅砂有限公司石英岩矿矿产资源储量核实报告》，2015年；

(2) 《辽宁省本溪福耀硅砂有限公司石英岩矿2025年储量年度报告》，本溪福耀硅砂有限公司，2025年12月；

(3) 《本溪福耀硅砂有限公司（玻璃用石英岩）矿产资源开发利用方案》，兰州有色冶金设计研究院有限公司沈阳分公司，2020年

12 月；

(4) 《〈本溪福耀硅砂有限公司（玻璃用石英岩）矿产资源开发利用方案〉评审表》；

(5) 《本溪福耀硅砂有限公司（玻璃用石英岩）矿山地质环境保护与土地复垦方案》，本溪福耀硅砂有限公司，2020 年 12 月；

(6) 《本溪福耀硅砂有限公司年产 40 万吨采选工程环境影响报告书》，宁夏智诚安环技术咨询有限公司，2017 年 6 月；

(7) 《本溪福耀硅砂有限公司（玻璃用石英岩）矿山地质环境保护与恢复治理自查自验报告》，本溪福耀硅砂有限公司，2025 年 10 月；

(8) 采矿许可证（证号：*****）；

(9) 土地利用现状分幅图（K51 H 136120、K51 H 136121）；

(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. 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《本溪福耀硅砂有限公司

矿产资源开发利用方案》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	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	本溪市国土空间生态修复规划 (2021-2035 年)	2023 年	本溪市自然资源局

3. 野外调查

1) 调查范围：包括采矿权范围、矿业活动影响范围、可能影响矿业活动的地质环境问题所涉及的范围等。

2) 调查方式：采取无人机低空航拍（地图影像级别 21 级，基础地理标准 1:2000, 1cm+1ppm（水平），1.5cm+1ppm（垂直））、采用 GPS 定位，相机拍照、摄像机录影并填写野外调查记录表。调查路线采用全面踏勘法。工作底图为 1:5000 的矿区总平面布置图及地形地质图，同时参考土地利用现状图等图件展开调查。

3) 矿山开发现状调查：主要为矿山目前基本情况等调查。

4) 矿山生态环境调查：包括地形地貌、交通水利、植被生物、人文景观、经济概况、矿区地层岩性、地质构造、矿体特征、水文地质、工程地质、环境地质、地质灾害、矿区及周边不良地质现象及人类工程活动等情况。

5) 矿山土地资源调查：包括地形地貌景观、土地资源及生态环境破坏情况（土地利用现状、地类面积及分布、土壤质量、土地权属、土地性质、损毁特征、植物生长状况等）。

6) 公众参与调查：遵循民主公开、广泛参与的原则，对拟采取的生态修复工程措施及土地复垦利用方向通过召开座谈会、发放调查问卷、现场走访等形式征求相关权益人的意见和建议。

4. 室内资料整理与方案编制

根据野外调查和勘测成果，结合最新储量核实报告、开发利用方案、上期矿山地质环境保护与恢复治理方案等，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，确定评估区范围及土地复垦区，并以图件形式反映各类地质灾害的分布、地质环境状况以及土地利用现状，根据开采方式及进度计划分析矿山开采对矿山地质环境、土地利用情况影响，并进行恢复治理分区及部署地质环境治理工程与土地复垦工程，针对矿山开采引起的地质环境保护及土地损毁问题，同时结合相关规划，提出防治措施和建议，估算生态修复工程量及费用，最终完成了《本溪福耀硅砂有限公司矿区生态修复方案》的编制工作。本方案的编制工作概况见表0-2。

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	7	采矿许可证、土地利用现状图、资源储量核实报告、开发利用方案，上期矿山地质环境保护与土地复垦方案、矿山环评报告、水土检测报告等。
现场调查	调查面积	km ²	1.4	采矿许可范围及采矿可能影响区域。
	自然条件调查	km ²	1.4	包括土壤、植被及生物多样性调查。
	水文地质调查	km ²	1.4	地表水、地下水。
	地面附着物及工程设施调查	km ²	1.4	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	1.4	地形地貌、现状损毁区域、已治理修复区域等。
	水土环境调查	点	5	地表水 1 个样本，地下水 2 个样本，土壤 2 个样本，并出具了检测报告。
	拍照	张	30	-
	无人机低空航拍	km ²	1.4	地图影像级别 21 级
公众参与调查	公众参与调查	份	10	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	-

（六）上一阶段方案情况

1. 前期矿山地质环境恢复治理方案编制

矿山于 2020 年 12 月编制完成了《本溪福耀硅砂有限公司（玻璃用石英岩）矿山地质环境保护与土地复垦方案》，该方案已通过专家评审。该方案概述如下：

开采方式为露天开采，开采矿种为玻璃用石英岩，生产规模为****万吨/年，矿山服务年限 59.34 年。

现状评估：地质灾害对矿山地质环境影响程度较轻；采矿活动对含水层影响较轻；采矿活动对原生地形地貌景观影响严重；采矿活动对土地资源影响严重。

预测评估：矿山地质灾害对矿山地质环境影响较轻；预测采矿活动对含水层影响较轻；预测采矿活动对原生地形地貌景观影响严重；预测采矿活动对土地资源影响严重。

矿区影响范围分为重点防治区和一般防治区。重点防治区面积为 27.5857hm²，一般防治区面积为 2.9731hm²。

投资估算为：矿山地质环境保护与土地复垦投资估算结果为 4844.4086 万元。

2. 前期方案实施情况

(1) 保证金、基金及土地复垦费用缴存情况

矿山建立矿山地质环境治理恢复基金账户，户名：本溪福耀硅砂有限公司，账号：0706003629248202130。

根据上期《矿山地质环境保护与土地复垦方案》，矿山企业截止 2025 年 11 月应预存治理基金共 452.9725 万元，矿山企业已按要求预存了地质环境治理恢复基金。截止 2025 年 12 月 16 日，账户余额 487.2381 万元。

(2) 治理复垦工程实施及验收情况

矿山企业按照《矿山地质环境保护与土地复垦方案》及《核查报告》结合实际完成了相关的恢复治理任务，2021 年-2025 年计划恢复面积为 5.5461 hm²（约 83.15 亩），已完成治理面积 7.9924hm²（约 119.83 亩）。

采取的工程措施主要有：地质环境监测 5 年，土地损毁监测 6 次，复垦效果监测 6 次，削坡 163750m³，废石清运 114.14 万 m³，路面硬化 1280m，修建排水沟 243m³，修建挡土墙 541.8m³，场地平整 66304m³，设立标识牌 9 块，覆盖表土 13547.5m³，土壤培肥 6006kg，栽植刺槐 29468 株，栽植行道树 560 株，撒播草籽 298.4kg，管护面积为其

植被恢复治理面积 7.9924hm²。

2025 年 11 月 12 日由本溪市自然资源局联合本溪市林业和草原局进行验收并下发验收合格证。

3. 本方案与前期方案对比情况

表 0-4 两期方案对比表

对比项目	上期方案（2020 年）	本期方案	变化原因
矿区面积	*****km ²	*****km ²	—
生产规模	30 万 t/a	30 万 t/a	—
矿山服务年限	59.34 年	54.3 年	矿山已开采生产 5 年
开采矿种	玻璃用石英岩	玻璃用石英岩	—
预测共损毁面积	27.5857hm ²	34.5835hm ²	增加排岩场 2
复垦面积	24.4244hm ²	28.6008hm ²	露天采场边坡无法复垦
复垦率	88.54%	82.70%	—
复垦方向	有林地、灌木林地、农村道路	乔木林地、灌木林地、农村道路	基本一致
静态投资	1203.2826 万元	1217.7906 万元	—
动态投资	4844.4086 万元	5100.9848 万元	—
两方案差异说明	1、上期方案设计露天凹陷坑回填至 377m，本次方案受回填物料的限制，回填至 351m，回填工程量减少。 2、本次方案根据现行工程调整部分施工工程量和工单价。		

二、服务年限

依据《本溪福耀硅砂有限公司（玻璃用石英岩矿）矿产资源开发利用方案》，设计矿山开采服务年限 59.34 年（2015 年），根据储量年度报告资源储量、开发方案设计利用资源量及矿山生产规模计算，截至目前，矿山剩余服务年限为 54.3 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 58.3 年，（自 2026 年 4 月至 2084 年 7 月）。

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。

表 0-3 方案年限设置一览表

类别	年度	备注
方案基准期	2026 年 4 月	
矿山服务年限	2026 年 4 月至 2080 年 7 月	54.3 年
方案服务年限	2026 年 4 月至 2084 年 7 月	矿山服务年限+生态修复工程实施期+监测管护期

第一章 矿山基本情况

一、矿业权人基本情况

(一) 矿业权人基本情况

企业名称：本溪福耀硅砂有限公司

统一社会信用代码：*****

注册资本：人民币陆仟万元整

类型：有限责任公司

成立日期：2014 年 5 月 14 日

法定代表人：何世猛

住所：本溪市平山区桥头镇****村

经营范围：许可项目：矿产资源（非煤矿山）开采；一般项目：选矿，矿物洗选加工，铸造用造型材料生产，非金属矿物制品制造，非金属矿及制品销售，铸造用造型材料销售，建筑材料销售，3D 打印基础材料销售，技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广，新材料技术推广服务，新材料技术研发。

(二) 采矿许可证情况

采矿权人：本溪福耀硅砂有限公司；

矿山名称：本溪福耀硅砂有限公司；

企业性质：有限责任公司；

地理位置：本溪市平山区桥头办事处****村；

开采矿种：玻璃用石英岩；

开采方式：露天开采；

生产规模：****万吨/年；

矿区面积：*****km²；

开采深度：+512m~+347m；

采矿许可证有效期限：2023 年 12 月 18 日至 2041 年 4 月 18 日；

采矿许可证颁发：本溪市自然资源局。

（三）矿区范围及拐点坐标

根据采矿许可证（证号：*****），矿区范围由 5 个拐点圈定，拐点坐标见下表。

表 1-1 矿区范围各拐点坐标

拐点编号	2000 国家坐标系	
	X	Y
1	*****	*****
2	*****	*****
3	*****	*****
4	*****	*****
	*****	*****

二、地理位置与区域概况

（一）地理位置与交通

本溪福耀硅砂有限公司（玻璃用石英岩）位于本溪市平山区桥头镇小黄柏峪村西山，行政区划隶属于桥头镇****村、****村管辖，中心地理坐标为：

东经：**° **' **"，北纬：**° **' **"。

矿山距沈丹铁路桥头火车站 6.2km，距沈丹公路 3.3km，距沈丹高速公路桥头出入口 4.5km，其间有乡间土路及柏油路相连接，交通条件便利，详见交通位置图。

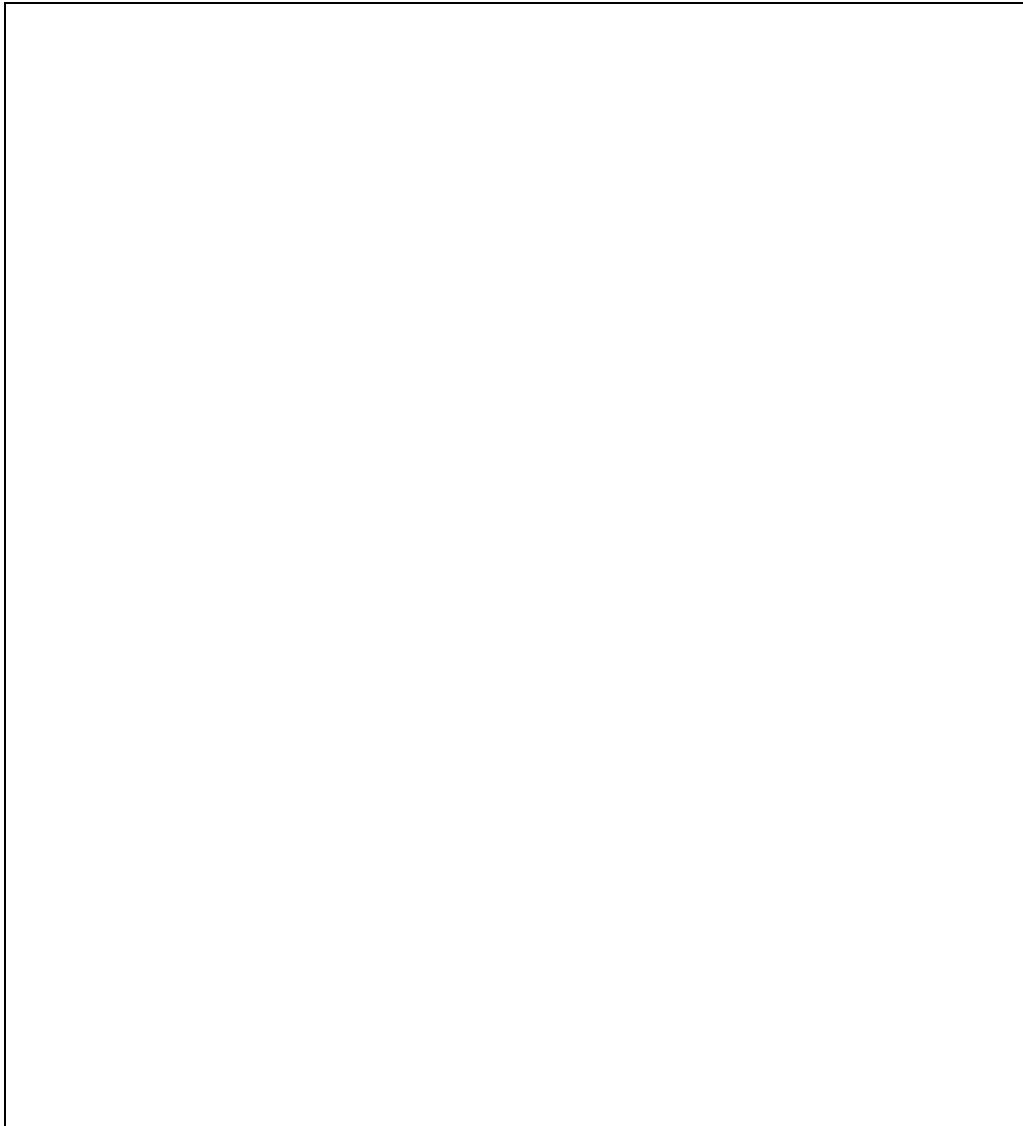


图 1-1 交通位置图

（二）区域概况

矿区位于辽宁省本溪市平山区桥头街道办事处，采矿区范围内无自然保护区、风景名胜区、重要水源地和其他需要特殊保护的区域。

城镇、村庄：矿区南侧有****村居民沿农村道路两侧分布，距矿区最近距离越500m；矿区西侧1.5Km处有****村居民集中分布。

公路、铁路：矿区 5 号点距离高速铁路距离最近水平距离为 620m，根据沈阳铁路安全监督管理办公室于 2014 年 11 月 18 日印发的《关于本溪市平山区人民政府商请对本溪福耀硅业有限公司采矿权扩界

的复函》（沈铁监管函[2014]021 号），矿山控制最大单响药量 240kg，控制总药量不超过 20000kg，不能同时起爆，且需有时间间隔，即可保证，高速铁路安全。

河流：矿区西侧 2Km 处有细河径流，矿区北侧 2.1Km 有三道河径流。矿区周边无其他重要水源地分布。

矿山：矿区东侧为本溪市馨云石场，两矿矿界之间最近距离为 200m，为切实搞好矿山资源合理开发利用，促进矿产资源开发秩序稳定，减少相邻矿山之间的纠纷，杜绝安全隐患的发生，两企业签订了相邻矿山爆破安全协议。爆破之前通知对方，撤离人员及重要设备，确保生产安全。

基本农田、生态保护红线：根据本溪市土地规划调查院编制的《本溪福耀硅砂有限公司矿区范围与本溪市永久基本农田范围和生态保护红线范围套合情况报告》，通过数据套合后得出结论：本溪福耀硅砂有限公司矿区范围与本溪市永久基本农田保护区范围（国家级核查反馈“三区三线”划定永久基本农田保护区成果）不重叠。与本溪市生态保护红线范围（国家级核查反馈“三区三线”划定生态保护红线成果）不重叠。

除此之外，该建设项目设计开采境界外 500m 内无公路、高压线，1km 范围内无输油管路、风景名胜、学校以及其他需保护的建构筑物。

图 1-2 矿区周边工程分布示意图

图 1-3 项目区范围与基本农田范围套合结果示意图

图 1-4 项目区范围与生态保护红线套合结果示意图

三、矿山开采历史及现状

（一）矿山开采历史及现状

1. 矿山开采历史

矿山始建于 2003 年，原名为本溪市天富硅业有限公司，2017 年福耀集团将本溪市天富硅业有限公司进行了收购，后更名为本溪福耀硅砂有限公司。矿山原采用露天开采方式开采玻璃用石英岩，生产规模为 10 万 t/a, 开采范围为 0.1096km², 开采深度为 480~410m。

为进行平面扩界，提高生产规模，矿山于 2015 年 8 月委托辽宁省第八地质大队对该矿进行了扩界核实工作，并编制了《辽宁省本溪市平山区桥头镇****村平板玻璃用石英岩矿资源储量核实报告》。评审备案号：本国土资储备字[2015]017 号。

2017 年 4 月取得由辽宁省国土资源厅颁发的新的采矿许可证，生

产规模为 20 万 t/a，开采范围为 0.26km^2 ，开采深度为 503~347m。

2021 年 4 月取得由本溪市自然资源局颁发的新的采矿许可证，生产规模为 30 万 t/a，开采范围为 $*****\text{km}^2$ ，开采深度为 503~347m。

2023 年 12 月取得由本溪市自然资源局颁发的新的采矿许可证，生产规模为 30 万 t/a，开采范围为 $*****\text{km}^2$ ，开采深度为 512~347m。

2. 开采现状

本溪福耀硅砂有限公司玻璃用石英岩矿已开采多年，该矿区内现有采场 1 处，采场长约 500m，宽约 200m，顶部标高约为+512m，底部标高约为+347m，地势从南至北依次升高，开采台阶高约为 6~30m，边坡角约 $42\sim 60^\circ$ ，现有采场为山坡露天采场，未形成封闭圈，可实现自流排水。

（二）工程分布情况

矿山设计采用露天开采，地表工程布局主要由露天采场、排岩场、矿山道路组成。1 处露天采场、2 个排岩场、1 条矿山道路。

矿区办公区域位于矿区范围外北东侧 500m 处，办公厂区已取得不动产权证，属于永久建筑物，不列入本方案中。

图 1-5 总平面布置图

（三）矿山开发利用方案概述

兰州有色冶金设计研究院有限公司沈阳分公司 2020 年 12 月编制了《本溪福耀硅砂有限公司矿产资源开发利用方案》，主要开采设计

方案如下：

1. 开采矿种

设计开采矿种为矿区范围内的玻璃用石英岩。

2. 开采对象

设计的开采对象为矿区内的 2 条玻璃用石英矿矿体。

3. 设计利用储量

(1) 保有资源储量

根据由辽宁省第八地质大队有限责任公司编制的《《辽宁省本溪福耀硅砂有限公司石英岩矿矿山资源储量年度报告（2020 年度）》，2020 年末矿山保有石英岩矿资源量为****万 t，其中控制资源量****万 t，推断资源量为****万 t。

根据《辽宁省本溪福耀硅砂有限公司石英岩矿 2025 年储量年度报告》，截至 2025 年末，保有（KZ+TD）资源量****万吨，其中（KZ）资源量****万吨，（TD）资源量****万吨。

(2) 设计利用储量

扣除边坡压矿量****万 t，暂不能利用。开发方案设计利用储量为****万 t。

根据 2020 年和 2025 年储量年度报告，2020-2025 年期间矿山累计动用资源量****万吨（****-****），扣除边坡压矿后，矿山剩余设计利用储量****万吨（****-****）。

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。

5. 服务年限

根据储量年度报告资源储量和开发方案设计利用资源量计算，截

至目前，矿山剩余设计利用储量约****万吨。设计生产规模及采矿许可证证载规模均为****万吨/年。

根据以上计算矿山剩余服务年限为 54.3 年。

6. 开采方式

根据矿体赋存条件，设计继续采用露天开采方式进行开采。

(1) 开采顺序及工艺

采矿工艺为穿孔-爆破-铲装-运输。露天采场采用自上而下水平分台阶开采法，台阶高度为10m。按照从上至下逐水平分台阶爆破，直至境界露天底。

(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 1-2 露天开采终了境界圈定结果表

序号	项目	单位	参数
1	采场上部尺寸：长×宽	m	737×320
2	采场底部尺寸：长×宽	m	433×144
3	采场顶部标高	m	503
4	采场底部标高	m	347
5	露天开采深度	m	156
6	台阶高度	m	10
7	安全平台	m	4
8	清扫平台	m	7
9	最终边坡角：东端帮	°	45°
	西端帮	°	47°
	南端帮	°	47°
	北端帮	°	28°

(4) 矿床开拓

1) 矿石运输

露天采场在 377m 水平以上部分，境界内的矿石重车下坡经 377m 水平标高出入口运至境界外，再经境界圈外的公路运至矿石堆场。采场转入 377m 水平以下时，矿石运输由自卸汽车沿采场内固定线路重车上坡经 377m 水平出入口接境界圈外的固定公路，将矿石运输至矿石堆场。

2) 表土及岩石运输

露天采场在 377m 水平以上部分，境界内的各水平台阶的表土及岩石沿地形等高线由自卸汽车重车下坡，经境界内移动线路直进式运输至境界外，再由境界外半固定线路由本溪市平山区桥头街道办事处****村民委员会运输进行再利用处理。当露天采场转入 377m 水平以下时，岩石运输沿固定线路下至各个作业水平，经自卸汽车重车上坡将各个水平台阶的岩石由本溪市平山区桥头街道办事处****村民委员会运输进行再利用处理。

7. 矿山防排水

该矿 377m 平台以上为山坡露天，可实现自流排水，377m 平台以下为凹陷露天开采，露天采场最低标高为 347m，377m 以下标高降水采用机械排水方式排出。暴雨来临时，采场内停止作业，撤离人员及生产设备，以保证生产安全。故露天矿排水只考虑大气降水。设计在 377m 平台设置截洪沟，截洪沟为梯形断面，上口宽 1.0 米，下口宽 0.5 米，垂深 1.0m，可将上部大气降水引出采场。露天采场被暴雨淹没时间确定为 5 天，排水方式采用露天采场坑底移动泵站集中上排系统，泵站设置在采场底部，随采场工作面的推进（或下降）而移动或下降。

8. 固体废弃物排放

矿山露天采场基建剥离工程已基本完成，矿山开采年排放废石量

约 4.5 万 m^3 。

矿山共形成三期排岩场，一期排岩场已完成生态修复；二期排岩场（排岩场 1）已接近设计容积，部分区域已完成生态修复；三期排岩场（排岩场 2）为目前正在使用的排岩场。根据《本溪福耀硅砂有限公司露天矿山三期临时排土场建设项目初步设计》，排岩场 2 设计标高为 374m~430m，排岩场容积 87.64 万 m^3 。该排土场排满后，企业另行选址排岩或对外销售。

第二章 矿区基础信息

一、矿区自然条件

(一) 地形地貌

矿区所处地貌类型为辽东浅切割中低山区丘陵地貌，矿区总体地势北高南低，最高海拔标高为+518m，最低海拔标高为+190m，相对高差为 328m。矿区山坡自然坡度一般在 $15\sim 30^\circ$ ，自然排水条件一般。

由于露天采矿活动，矿区内人工地貌发育。现状条件下，已形成长约 500m，宽约 200m，顶部标高约为+503m，底部标高约为+410m，开采台阶高约为 6~30m，边坡角 $42\sim 60^\circ$ 的山坡露天采场。

综上，矿区地貌类型简单，地形条件中等。

项目区地形地貌见照片 2-1。

照片 2-1 矿区地形地貌

(二) 气象

项目区地处北温带季风气候区，四季分明。年平均气温 8.7°C ，最低 -30°C ，最高 35°C 。年平均降水量 737mm，雨热同季，夏季多雨，降雨多集中在 7-8 月份，占全年降雨量的 50%；年平均蒸发量 962mm。全年无霜期 165 天，每年 12 月至翌年 3 月为封冻期。

（三）水文

本区属于辽河流域太子河水系，矿区北侧 1800m 处为细河支流涓水河，涓水河自东向西汇入细河，河宽 1~2m 最大流量 2~3m³。矿区内地表水系不发育，主要为季节性山涧小溪。当地最低侵蚀基准面标高+190m，矿体赋存标高 347-512m，高于当地最低侵蚀基准面标高。

矿区周边地表水系详见地表水系图 2-2。

图 2-1 地表水系图

（四）土壤

项目区土壤类型主要为棕壤，成土母质为砂岩、砂页岩、灰岩类残坡积母质，主要由砂岩、砂页岩、灰岩等就地风化形成。风化后形成砂土或砂砾土，土层浅，山顶土层厚 0.2~0.3m。矿区地表自然植被损毁严重，原地表土层基本已不复存在。根据矿区周边土壤剖面，土层厚度约为 1.0m 左右，表土层（A 层）厚度 0.2m 左右，质地为砂

土、砂质壤土，土体中分布大量的植物根系；土壤 pH 值为 6.6~6.9，呈微酸性~中性反应；土壤容重为 1.35~1.45g/cm³；有机质含量为 1.95%，全氮为 1.02g/kg，速效磷为 1.25g/kg，速效钾为 147g/kg。心土层（B 层），厚度为 0.4m，颜色较浅，土体中含小块石砾。

照片 2-2 项目区土壤剖面

（五）植被

矿区内植被为千山植被区系、其地带性被为温带针阔叶林混交林，但由于长期的人类活动使得原始森林遭到严重破坏，大部分地区已经被次生、人工林代替，红松、冷杉为主的针阔叶林、以蒙古栎、辽东栎为主的乡土树种，人工林以红松、日本落叶松、长白落叶松、油松为主。木本、草本植物 80 科、620 中，分布在林下、林边、荒山等处，优势草有蒿类、蕨类。评价区内主要农作物为玉米。主要经济作物为密源性植物、药用植物、野生植物及山菜植物四种类型。本矿区面积 0.24km²，植被覆盖率为 85.2%。矿区植被主要是荆条、刺梅等灌木，还有少量人工种植的刺槐等，以及柞树等乔木。

照片 2-3 项目区内植被情况

二、社会经济概况

项目区位于本溪市平山区。

项目区所在地为本溪市东南部平山区。平山区辖8个街道、1个乡镇：东明街道办事处驻东明，人口4.93万人，面积1.53平方千米，辖10个社区居委会：东明、东进、东光、振兴、高中、新闻、东园、群策、中心、立信。站前街道办事处驻丰光，人口2.15万人，面积2.26平方千米，辖5个社区居委会：迎宾、丰盛、丰光、市府、铁运。

区内矿产资源丰富，铁矿石、石灰石、硅石、云石储量大、品位高。区内座落着全国最大的铁矿——大台沟铁矿。已探明保有储量30亿t，远景储量达76.01亿t。交通网络方便快捷，四通八达，距大连港360km、丹东港200km，距沈阳桃仙国际机场55km。境内群山环抱，林木茂密葱郁，森林覆盖率达50%以上。水资源丰沛，细河、清水河蜿蜒曲折，穿区而过。

区内经济以农业为主，农作物以玉米、高粱、大豆为主。近年来采矿业有所发展所采矿种以铅锌矿为主，但规模均较小。区内水电劳动力资源充足，投资营商环境较好。

表 2-1 平山区近 3 年财政收入数据

年份	GPD	一般公共预算收入	城镇居民人均可支配收入
2023 年	175.27 亿元	4.27 亿元	45757 元
2024 年	166.38 亿元	8.74 亿元	47587 元
2025 年	182.82 亿元	24.83 亿元	-

三、矿区地质环境背景

(一) 地层岩性

1. 地层

矿区内出露的地层为上元古界青白口系的钓鱼台组及南芬组。

(1) 钓鱼台组：

矿区及矿区周边大面积分布青白口系钓鱼台组地层，主要岩性为中厚层石英砂岩，走向北东，倾向南西 288° ，倾角 5° 。其分布的钓鱼组石英岩长约 1800m，宽约 930m，总体厚度约 180m，规模较大，本次的矿区为该组石英岩的一部分。

区内石英岩 SiO_2 含量可达 90%以上，厚度大，已多年做为石英岩矿床加以利用，该层位的石英岩为该矿的主要含矿层位。

(2) 南芬组：

分布于矿区北西部及南东部，分布于北西部的与钓鱼台组一致，整合于钓鱼台组之上，分布于南东部的钓鱼台组呈断层接触，产状与钓鱼台组地层基本一致。其岩性自下而上为南芬组一段：紫、蛋青色薄层中厚层泥灰岩；南芬组二段：砂质泥灰岩及云母质页岩，泥灰岩中含黄铁矿结核，具铜矿化，底部以紫、黄绿色砂质页岩与钓鱼台组分界；南芬组三段：黄绿色夹紫色页岩、砂质页岩，偶夹粉砂岩。

2. 岩浆岩

矿区内岩浆岩不甚发育，未发现侵入岩及各类脉岩。

图 2-2 矿区地质图

图 2-3 地层综合柱状图

（二）地质构造

区域大地构造位置位于柴达木-华北板块（Ⅲ）华北陆块（Ⅲ-5）辽东新元古代-古生代拗陷带（Ⅲ-5-7）太子河新元古代-古生代拗陷（Ⅲ-5-7-2）中部。

1. 构造

矿区内及矿区周边地区构造较发育，矿区内发现一条近北西向的断裂构造，即 F1，构造长约 160m，走向北西，倾向南东，倾角约 82° ，该条构造为一条平移断层，挤压破碎较强烈，以往施工的 ZK002 号钻孔就位于该条断裂的北侧附近，通过施工钻孔发现，该孔岩芯完整程度较差，孔内有掉块现象，总体上看该构造对矿体无破坏作用。

在矿区外见有 1 条断裂构造，即 F2；F2 断裂构造分布于矿区的南东部，区域内出露长约 1400m，走向北东，倾向北西，倾角 9° 。

矿区内褶皱构造不发育。

2. 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 V 度，区域稳定性一般。

综上所述，矿区构造条件复杂程度中等。

（三）水文地质

1. 地下含水层类型

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，按含水层的性质叙述如下：

（1）松散层孔隙潜水含水层

主要为第四系粘土、砂土与砂砾层，分布于矿区的沟谷地区，厚度 $1\sim 3m$ 。地下水水位埋深较浅，含水层分布狭窄，厚度较薄，富水

性较弱。地下水水质良好，一般为重碳酸钙钠型水，矿化度小于 0.5g/L, 涌水量 3~6m³/h。

(2) 基岩风化裂隙含水层

主要为钓鱼台组的白色石英岩与石英砂岩，深度为地表以下 200m 范围内。分布于矿区中低山区。岩层中节理裂隙发育，风化裂隙发育深度一般在 60-70m，经矿山多年爆破影响，局部可达 100-200m。

2. 隔水层

南芬组泥灰岩与钓鱼台组的泥质粉砂岩，地层厚度变化较大，地层倾角在 5-15 度之间，隔水性能较差。

3. 地下水补给、径流、排泄条件及含水层之间的水力联系

补给条件：区内地下水补给有两个方面，一是大气降水的渗入补给，第四系松散层和基岩风化带接受大气降水的补给后，垂直运移后补给深部基岩裂隙水。二是地下基岩裂隙水的侧向径流补给，受地层岩性的控制，其破碎带厚度、裂隙发育程度有限，透水性能差，阻碍了侧向渗入补给。

径流方向：大气降水与地表水垂直入渗地下后，部分在入渗后水平运移，遇到构造或沟谷斜坡后以泉水形式出露，流入细河并汇入太子河向区外排泄。深部基岩裂隙水的径流与区域基本一致，运移主要是沿 N—S。

排泄方式：地表水以泉、人工开采、大气与植被蒸发的方式排泄。深部未发现地下水的存在。

4. 矿床充水因素

矿床埋藏较深，其上覆地层的风化裂隙水、基岩裂隙水是矿床的主要充水水源。在开采时严加控制在矿区范围内建取水构筑物等，避

免产生地表水与基岩风化裂隙水对矿床直接充水。

综上所述，本区矿体位于当地侵蚀基准面以上，给开采奠定了有利条件，矿床充水的主要来源为大气降水，雨季自然降水可顺采场口自然排泄，区内矿体及围岩风化裂隙含水较微弱，断裂构造不发育，区内第四系不发育。因此矿床水文地质条件属简单类型。

图 2-4 矿区水文地质图

（四）工程地质

1. 工程地质岩组特征

矿区位于低山丘陵区，山势不高，山坡较缓，无崩塌、滑坡等不良地质现象；矿层和围岩均为硬质岩石，岩矿石坚硬完整，无较软夹层和可溶岩，不易风化，承载抗压性能强；岩层、矿层产状较平稳，该矿区总体构造类型中等。

区内出露的岩层岩性主要为：钓鱼台组石英砂岩为坚硬岩石。岩石结构致密、耐风化，风化层较薄。本区属弱风化带，岩体风化微弱，仅裂隙面可见矿物风化。岩石多呈长柱状，长度一般大于 10 cm。锤

击碎困难，断面清新。

依据对矿区钻孔的工程地质编录，其石英砂岩岩石呈层状分布在矿区内，节理裂隙不发育，RQD 值为 80%，岩石完整程度较好。

2. 矿体及围岩顶底板稳定性评价

根据以往地质资料中岩石力学试验结果按饱水单轴抗压强度划分，钓鱼台组石英砂岩岩石硬度大，力学强度高，平均饱和单轴抗压强度为 60.89Mpa，单样最低值 58.85Mpa，最高值 65Mpa，平均饱和单轴抗拉强度为 2.8 Mpa，单样最低值 2.6 Mpa，内摩擦角为 51.80° — 53.30° ，属较坚硬岩石，岩心以柱状、长柱状为主，岩石质量以好的、较好的为主，岩体破碎到较完整到完整，岩体为整体块状结构。

抗压强度 60.89MPa，岩石为极硬岩石，说明矿区基岩岩石强度较大。

3. 可能出现的工程地质问题预测

露天采场可能出现的工程地质问题如：滑坡、崩塌、泥石流等。但基本上各岩层层间结合密实，唯有在矿区 F1 断层带附近，受构造破坏作用，附近的岩石稳固性较差，当采至该处矿体时可能出现滑坡、崩塌等现象，采矿石应注意边坡的削坡处理，采矿边坡不易过陡，其余部分岩石完整、坚硬，刚性较强，抗压强度或地基承载力一般多在 800-2500kg/cm²，岩石强度高。岩、矿石稳固性、露采边坡稳定性较好，一般可以满足各类工程要求，工程地质条件中等。

根据《矿区水文地质工程地质勘探规范》（GB/T12719-1991），矿区工程地质条件为中等。

（五）矿体地质特征

1. 矿体（层）特征

矿区内矿体主要为石英砂岩，矿体呈层状产出，矿体厚度较大，矿区界内地表出露矿体长 600m，出露平均宽约 220m。通过对原有采场测量及深部钻探工程控制 2 条石英岩矿体。

I 号矿体总长约 600m，厚 61.64m，倾向 288°，倾角 5° 左右，矿体赋存标高 347-503m，埋深 0-122m， SiO_2 平均含量为 98.43%， Al_2O_3 平均含量为 0.71%、 Fe_2O_3 平均含量为 0.16%。

II 号矿体总长约 100m，厚 11.58m，倾向 288°，倾角 5° 左右，矿体赋存标高 430-457m，埋深 0-26m， SiO_2 平均含量为 98.09%， Al_2O_3 平均含量为 0.35%、 Fe_2O_3 平均含量为 0.24%。

玻璃用石英岩 2 条主要矿体特征见下表。

表 2-2 主要矿体特征一览表

矿体号	控制长度 (m)	矿体平均厚度 (m)	矿体赋存标高 (m)	矿体埋深 (m)	矿体倾向 (°)	倾角 (°)
I	600	61.64	347~503	0~122	288	5
II	100	11.58	430~457	0~26	288	5

图 2-5 典型矿体地质剖面图

2. 矿石质量

(1) 矿石物质组成

该区矿石呈灰白色，中细粒结构，致密块状构造。

矿石矿物主要为石英，石英呈它形粒状，粒径 0.1-0.5mm 左右，均匀分布，占 97%以上。矿石含微量赤铁矿，约占 0.2%，其他约占 2.8%。

(2) 矿石化学成分

矿石的化学成分主要以 SiO_2 为主，及少量的 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 。 SiO_2 为矿石的有益组分， Fe_2O_3 、 Al_2O_3 为矿石的有害组分。

3. 矿体围岩和夹石

矿区内矿体及矿体顶、底板岩石均为钓鱼台组石英砂岩，岩石完整度较好，矿区内发现夹石5条，岩性为钓鱼台组石英砂岩及页岩。

4. 矿石风（氧）化特征

该区矿石抗风（氧）化能力较强，地表 1-3m 为第四系，根据矿所施工的钻孔显示，风（氧）化带在 4-10m 左右，风（氧）化带主要 Fe_2O_3 含量较高的石英砂岩，其 Fe_2O_3 含量在 0.42-2.3% 之间。除风（氧）化带外深部矿石均为原生矿石。

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平山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），本溪福耀硅砂有限公司项目区范围面积为 36.4037hm^2 ，其中矿界内面积 26.0035hm^2 ，矿界外面积 10.4002hm^2 。土地现状类型为乔木林地、采矿用地。其中林地面积 8.3655hm^2 ，占整个项目区面积的 22.98%；采矿用地 27.8545hm^2 ，占整个项目区面积的 76.52%；农村道路 0.1837hm^2 ，占整个项目区面积的 0.5%。

项目区总土地利用现状见下表。

表 2-3 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 (%)
				界内	界外	合计	
03	林地	0301	乔木林地	2.9551	5.4104	8.3655	22.98
06	工矿仓储用地	0602	采矿用地	23.0484	4.8061	27.8545	76.52
10	交通运输用地	1006	农村道路	0	0.1837	0.1837	0.50
合计				26.0035	10.4002	36.4037	100

图 2-6 矿区土地利用现状图

（二）土地权属

项目区土地权属为本溪市平山区桥北街道办事处****村和****村集体所有，项目区土地面积为 36.4037hm^2 ，其中****村土地面积 34.8596hm^2 ，占项目区面积的 95.76%；****村土地面积 1.5441hm^2 ，占项目区面积的 4.42%；项目区土地权属清楚，土地权属无争议，土地权属见下表。

表 2-4 项目区土地权属表

权属		地类		
		03 林地	06 工矿仓储用地	合计
		0301 乔木林地	0602 采矿用地	
本溪市平山区桥 北街道办事处	****村	12.0366	32.1272	44.1638
	****村	0.0294	1.5147	1.5441
合计		12.0660	33.6419	36.4037

（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 36.4037hm²，其中矿区范围面积 26.0035hm²，矿界外面积 10.4002hm²。矿山采矿用地范围包括露天采场、排岩场、矿山道路，主要土地类型为林地、采矿用地。

矿区范围内的土地权属性质为集体所有土地，2018 年矿山企业已与本溪市平山区桥头办事处****村签订相关协议，以租赁方式取得。

矿界外现有两个排岩场为临时使用林地。

根据本溪市平山区人民政府“关于《本溪福耀硅砂有限公司排土场工程二期项目临时占用林地的请示》的批复”（平政[2023]56 号）等相关文件，排岩场 1（二期临时排土场）为临时使用林地，使用林地审批同意书有效期为 1 年，临时使用林地期满一年内，用地单位要恢复森林植被和林业生产条件。

根据本溪市平山区林业和草原局准予行政许可决定书（平林准许字临[2025]第（1）号）文件，排岩场 2（三期临时排土场）为临时使用林地，行政许可有效期为 2025 年 2 月 24 日至 2027 年 2 月 23 日，临时占地林地期满后一年内必须恢复占用林地的林业生产条件，并归还林地。

五、矿区生态状况

（一）生态功能定位

1. 生态功能定位

项目区位于本溪市平山区。根据《本溪市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，平山区属于中部生态复合发展区，核心定位为：中心城区生态安全屏障、城市生态绿核、太子河生态廊道核心段、工矿生态修复示范区。

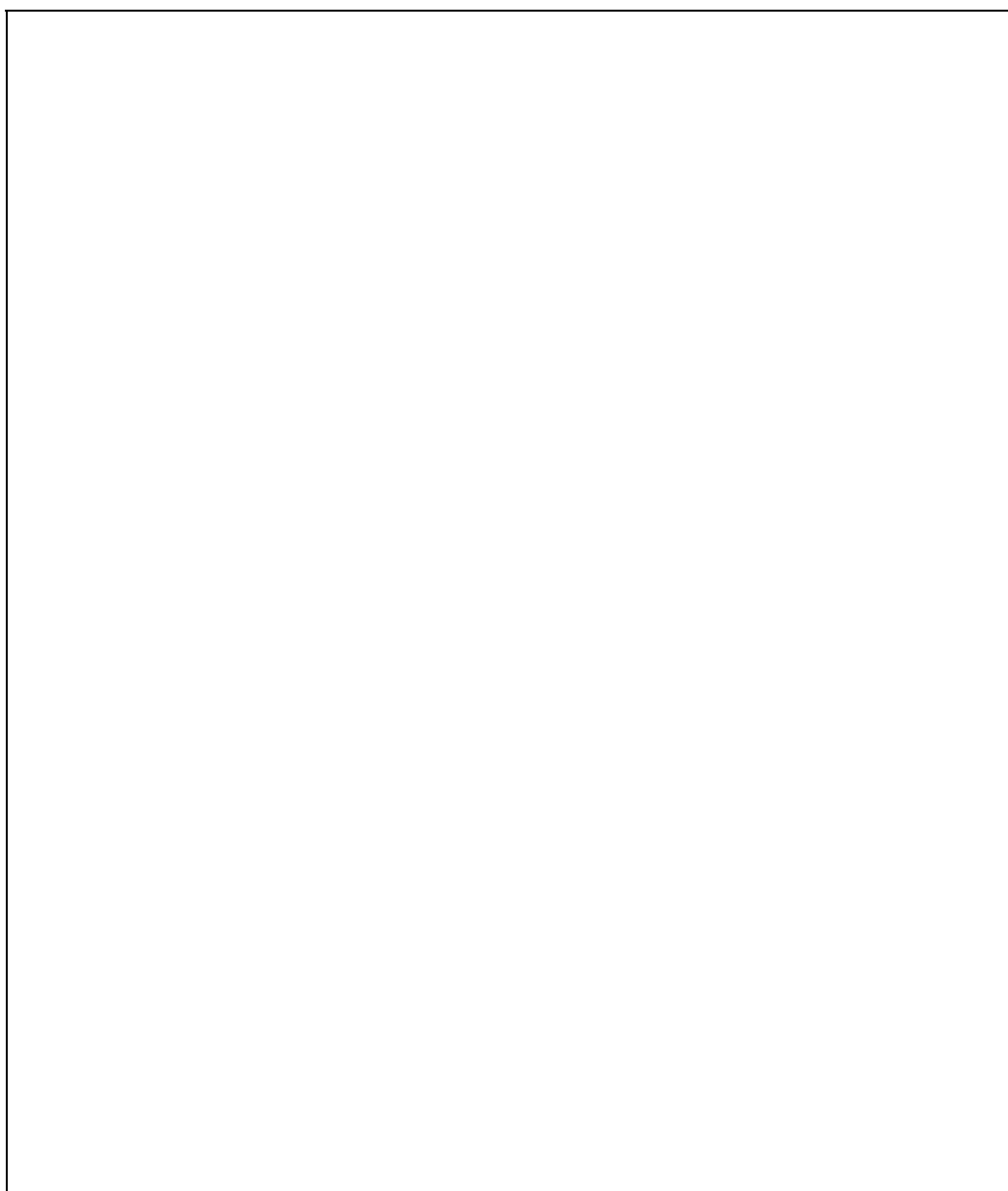


图 2-7 本溪市国土空间规划图

2. 生态功能定位分析

城市生态屏障与绿核：以平顶山为核心，构建城市中央生态绿肺，承担生态涵养、景观游憩、生物多样性保护功能，筑牢中心城区生态安全底线。

太子河生态廊道：作为太子河干流核心段，强化河道生态治理、水源涵养、水质保障，打造蓝绿交织、山水相融的生态廊道。

工矿生态修复：重点推进废弃矿山、工业遗址生态修复，实施复绿、固土、防污，探索生态价值转化路径。

生态复合承载：统筹生态保护、城镇建设、产业发展，实现生态优先、绿色低碳、产城融合，支撑中心城区高质量发展。

（二）生态本地状况

1、区域生态系统类型

根据搜集资料，矿山所在本溪市平山区桥头街道办事处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、工矿生态系统。

（1）森林生态系统

以天然次生落叶阔叶林（柞、桦为主）和人工针叶林、混交林（松、杨）为主，台沟村天然林占比更高。

分布于南部山地、丘陵；核心功能是水源涵养、碳汇、生物多样性保护；含生态保护红线延伸区。

（2）农田生态系统

以旱作农田为主，少量水浇地/林果地；分布于河谷阶地、村屯周边。种植玉米、杂粮、山野菜、果树；兼具农业生产与局部生态缓冲功能。

(3) 水域生态系统

主体为细河干流及支流山溪（太子河一级支流），含河道、河漫滩、季节性湿地、小型坑塘。

细河贯穿全境，是区域行洪与水源廊道；近年生态护岸、清四乱后，湿地植被与水生生物逐步恢复。

(4) 城镇生态系统

包括桥头社区建成区、8个行政村居民点，配套道路、绿地、管网。人工景观为主，受生活污水、垃圾影响；正推进雨污分流、农村人居环境整治。

(5) 工矿生态系统

分布于铁矿、石材矿采区及尾矿堆场；地表植被破坏、土壤扰动、局部重金属风险。为重点修复对象，通过复绿、固土、防渗，逐步向森林、草地生态系统转化。

2、项目区生态系统类型

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），把项目区范围内的生态系统划分为3类，分别为：森林生态系统、工矿生态系统。

表 2-5 项目区生态系统面积统计

生态系统类型	面积 (hm ²)	比例 (%)
森林生态系统	8.3655	22.98
工矿生态系统	27.8545	76.52
交通道路	0.1837	0.50
合计	36.4037	100.00

（三）生物多样性状况

1. 植物多样性

（1）主体植被

以天然次生落叶阔叶林和人工针叶、针阔混交林为主，森林覆盖率 75%以上；低山丘陵为落叶栎林（蒙古栎、辽东栎），河谷为杂木林+灌丛+水生、湿生植被；局部有农田与矿山修复人工群落。

（2）主要植被类型

落叶阔叶林：蒙古栎、辽东栎、白桦、山杨、色木槭。

针叶林、混交林：油松、红松、落叶松、黑松。

灌丛：榛子、胡枝子、绣线菊、杜鹃。

湿地、水生：芦苇、香蒲、菖蒲、菹草、轮叶黑藻、眼子菜。

林下草本：铃兰、玉竹、黄精、蕨类、野艾蒿、问荆、三叶草。

2. 动物多样性

该区为辽东山地—太子河流域动物重要栖息地与迁徙廊道；动物以森林、农田、湿地类群为主，脊椎动物约 150 - 200 种，含国家重点保护动物 10 余种。

（1）物种数量与分类

1) 鸟类：属优势类群，约 100 多种。

留鸟：花尾榛鸡、红隼、长耳鸮、松鸦、大山雀、戴胜、喜鹊、麻雀。

候鸟（春秋迁徙）：中华秋沙鸭、鸳鸯、毛脚鹬、苍鹭、白鹭、绿头鸭、赤麻鸭、黄雀、柳莺。

2) 兽类：以小型为主，约 25 种。大中型：野猪、狍子、貉、黄鼬、狗獾；小型啮齿类：棕背䖃、红背䖃、大林姬鼠、花鼠。

3) 两栖爬行类：约 10 种，两栖类有中国林蛙、黑斑蛙、东方铃

蟾、东北小鲵；爬行类有团花锦蛇、白条锦蛇、虎斑颈槽蛇、丽斑麻蜥、无蹼壁虎。

4) 水生动物：细鳞鱼、泥鳅、麦穗鱼、中华米虾、河蟹；为中华秋沙鸭重要觅食地。

(2) 动物生态分布格局

山地森林区（台沟、岭下、尚家等）：花尾榛鸡、狍、野猪、松鼠、红背鼯、松鸦为主，猛禽（红隼、毛脚鹫）活跃。

细河滨水区（桥头、河东、兴隆等）：苍鹭、白鹭、野鸭、中华秋沙鸭、林蛙、河蟹集中，为水鸟迁徙停歇地。

农田、村落区（房身、金家等）：黄鼬、刺猬、麻雀、喜鹊、田鼠、蛙类为主。

工矿修复区：以次生演替物种、啮齿类、鸟类为主，生态逐步恢复。

六、矿区及周边人类重大工程活动

1. 周边矿权分布情况

矿区东侧为本溪市馨云石场，两矿矿界之间最近距离为 200m。相互位置较远，工程活动相互影响较小。

2. 重要交通道路分布情况

矿区 5 号点距离高速铁路距离最近水平距离为 620m；矿区内及附近还分布多条农村道路。交通线路距离适中，道路建设及运营活动对矿区扰动范围有限。

3. 水源地、地表水系分布情况

矿区西侧 2Km 处有细河径流，矿区北侧 2.1Km 有三道河径流，距离矿山较远，对矿山生产不会造成影响。矿区内沟谷有季节性小溪流分布。区域无重要饮用水源地分布，地表水系对矿山开采及生态修复

基本无制约。

4. 居民区分布情况

矿区南侧有****村居民沿农村道路两侧分布，距矿区最近距离越500m；矿区西侧1.5Km处有****村居民集中分布。村庄与矿区均保留一定缓冲距离，人居活动强度有限，对矿区生态修复影响较小。

5. 其他人类工程活动情况

矿区内及周边土地利用类型主要为林地、采矿用的等。矿区周边其他人类工程活动主要为玻璃用石英岩开采和加工。活动范围与强度均较局限，与本矿空间上相互独立，干扰影响不显著。

综上所述，评估区人类工程活动较强烈，但周边矿权、交通道路、地表水系、居民分布及其他工程活动等，均与矿区保持一定安全距离和空间隔离，相互干扰较弱，对本矿山生态修复的实施、工程稳定及后期植被恢复与生态系统演替无明显不利影响，不构成生态修复的制约因素。

七、矿区生态修复工程情况

（一）以往生态修复工作情况

本溪福耀硅砂有限公司于2021-2025年度结合实际完成了相关的恢复治理任务，而且根据矿山实际情况积极履行恢复治理义务，累计完成治理面积7.9924hm²（约119.83亩）。

完成治理修复工程及工程量如下：地质环境监测5年，土地损毁监测6次，复垦效果监测6次，削坡163750m³，废石清运114.14万m³，路面硬化1280m，修建排水沟243m³，修建挡土墙541.8m³，场地平整66304m³，设立标识牌9块，覆盖表土13547.5m³，土壤培肥6006kg，栽植刺槐29468株，栽植行道树560株，撒播草籽298.4kg，管护面积为其植被恢复治理面积7.9924hm²。

照片 2-4 矿山已治理修复效果（植被恢复）

照片 2-5 矿山已治理修复效果（植被恢复）

照片 2-6 矿山已治理修复效果（植被恢复）

照片 2-7 矿山已治理修复效果（道路两侧植树）

（二）案例经验借鉴

根据本矿山及其他矿山以往的恢复治理及复垦工程实施，可总结出以下经验：

（1）植被种植时间为春季、秋季，复垦植被的选择及搭配。植被选择乡土品种，成活率高，管护容易；植被搭配尽量选择林草、林灌相结合方式，可以较短时间内见到生态效果。

（2）乔木树种选用 1 年生刺槐，坑穴规格 $0.4\text{m} \times 0.4\text{m} \times 0.4\text{m}$ ，可以满足其正常生长，植被成活率高，复绿效果好。

（3）对于客土来源，矿山在进行复垦工程时由于前期开采未剥离表土，所需表土均为从外界市场购买，后期进行合理的土壤培肥后，可达到植被正常生产的要求。

（4）复垦施工结束后，安排专人进行 3 年管护，即可达到未破坏前生产力。

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，确定矿山开采前和矿山开采中调查监测指。

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，具体监测指标详见附表 4。

矿区开采中基本情况调查监测包括矿山保护预防控制监测、损毁现状与拟损毁监测、生态修复效果监测。保护预防控制监测主要为对矿山保护措施与预防控制措施进行监测，损毁现状与拟损毁监测主要为对地质环境损毁、土地资源损毁、生态系统破坏进行监测，生态修复效果监测主要为对地质环境治理和生态系统恢复进行监测，具体监测指标详见附表 5。

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

地质灾害危险性现状评估是在地质灾害调查的基础上，应对滑坡、崩塌、泥石流、岩溶塌陷、地裂缝、地面沉降、不稳定斜坡等地质灾害的发育程度、危害程度、诱发因素进行现状评估。根据地质灾害体的发育程度、危害程度和诱发因素，结合地质环境条件，进行地质灾害危险性现状评估。

根据 2020 年编制的《矿山地质环境保护与土地复垦方案》，由于矿山场地有限，废石临时堆存于露天采场内，随着开采计划进行平移，当上部台阶向下部进行倾倒时易发生滑坡地质灾害，存在地质灾害隐患。

矿山以往采用露天开采，形成采场边坡较大，在部分采场边坡较陡，裂隙发育部位发生过小规模崩塌。发生崩塌的原因是由于采场边坡较陡，边坡处破碎岩石在爆破震动的影响下脱离母体崩落。未造成人员伤亡和设备等财产损失，地质灾害弱发育，地质灾害危险性小。

现状评估结论：现状条件下矿山地质灾害对地质环境的影响程度为较轻。

(2) 地形地貌景观破坏现状分析

矿山自建矿以来，开采规模较大，对原有地形地貌造成了一定程度的破坏。根据现场调查测量，现状破坏地形地貌景观主要是露天采场、排岩场、矿山道路。

1) 露天采场

现状条件下，矿山开采形成 1 处山坡露天采场，露天采场未形成凹陷露天采坑，采场南北长约 720m, 东西宽约 255m, 采场自东向西推进，顶部标高约为+497m, 底部标高约为+410m, 最大高差 87m，目前大致形成 5 个阶段台阶，开采台阶高约为 6~30m, 边坡角约 42~60°，占地总面积 21.8300hm²。在露天采场平台堆有大量废石，在露天采场底部有一处临时破碎站，随采随移。

露天采场破坏了山体的连续性与完整性，造成山体永久性破损，岩土体裸露，植被损毁，对原生地形地貌景观影响程度严重。

照片 3-1 露天采场现状

2) 排岩场

现状条件下矿山现有 2 处排岩场，分述如下：

排岩场 1：位于矿区界外、露天采场东侧，排岩场顶部标高约 372m，底部标高约 270m，最大高差 98m，废石分台阶堆放，目前堆放形成 3 个阶段。场地最大长度约 410m，最大宽度约 130m，该排岩场西南侧部分区域已进行了治理，该排岩场现占地总面积 4.4431hm²。

排岩场 2：位于矿区界外、露天采场西侧，排岩场顶部标高约 438m，底部标高约 372m，最大高差 66m，废石分台阶堆放。场地最大长度约 580m，

最大宽度约 165m，该排岩场占地总面积 5.3319hm²。

排岩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。

照片 3-2 排岩场 1 现状

照片 3-3 排岩场 2 现状

3) 矿山道路

矿山道路为连接矿区内各个生产单元的主要通道，道路均为砂砾石压实路面。道路建设损毁了原有植被，对原始地形未造成较大改变，对原生地形地貌景观影响程度较严重。

照片 3-4 矿山道路现状

图 3-1 矿区现状工程损毁航拍图

(3) 含水层破坏现状分析

矿山开采对含水层的影响或破坏主要表现在含水层影响结构及水位、地下水水质等方面，分述如下：

1) 现状对含水层影响结构计水位分析

根据现场调查，矿山露天开采位于山坡之上，未形成封闭圈，可实现自流排水。现状条件下，露天底标高约+410m，矿区最低侵蚀基准面标高为+190m，露天最低开采标高位于当地侵蚀基准面以上，对含水层基本无影响。矿山采矿活动未导致矿区及周围充水含水层水位下降，未影响到矿区及周围生产生活供水，未发现附近井、泉干涸现象。

3) 现状对含水层水质影响分析

为了解矿山所在区域的地下水环境现状，于2025年11月21日辽宁浩桐环保科技有限公司对矿区周边农村居民用水井和机井进行水质取样，并进行了水质检测，并出具检测报告。

共设置2个地下水水位监测点，D1为企业现有选厂地下水井，D2为矿区东南侧****村地下水井。通过监测结果来看，所监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，项目所在区地下水水质较好，监测数据见下表。

综上所述：确定现状条件下矿山开采对含水层影响**较轻**。

表 3-1 地下水水质监测结果表

检测项目	检测结果		单位
	1#	2#	
pH 值	7.1	7.1	无量纲
氨氮	0.062	0.047	mg/L
亚硝酸盐	<0.016	<0.016	mg/L
硝酸盐	0.348	0.362	mg/L
挥发酚	<0.0003	<0.0003	mg/L
氰化物	<0.002	<0.002	mg/L
砷	<0.3	<0.3	μg/L
汞	<0.04	<0.04	μg/L
六价铬	<0.004	<0.004	mg/L
总硬度	212	198	mg/L
铅	<0.002	<0.002	mg/L
镉	<0.001	<0.001	mg/L
铁	<0.03	<0.03	mg/L
锰	<0.01	<0.01	mg/L
氟化物	0.274	0.269	mg/L
溶解性总固体	598	574	mg/L
高锰酸盐指数	1.8	1.4	mg/L
硫酸盐	82.4	86.9	mg/L
氯化物	39.2	37.4	mg/L
菌落总数	40	20	CFU/mL
总大肠杆菌	<20	<20	MPN/L
石油类	<0.01	<0.01	mg/L
K ⁺	1.15	1.14	mg/L
Na ⁺	41.5	41.2	mg/L
Mg ²⁺	22.3	22.8	mg/L
Ca ²⁺	47.5	42.7	mg/L
重碳酸盐碱度 (HCO ³⁻)	225	217	mg/L
碳酸盐碱度 (CO ₃ ²⁻)	0	0	mg/L

2. 土地资源损毁现状

(1) 土地损毁等级划分依据

1) 评价等级

根据《中华人民共和国土地管理法》和国务院颁布的《土地复垦规定》的要求，把土地损毁程度预测等级数确定为 3 级标准，分别确定为：

一级：轻度损毁，土地损毁轻微，基本不影响土地功能；

二级：中度损毁，土地损毁比较严重，影响土地功能；

三级：重度损毁，土地严重损毁，丧失原有功能。

2) 评价指标及评价标准

本方案针对不同土地损毁类型选择不同的评价指标进行土地损毁程度分析评价因子包括损毁面积、损毁特征等，各评价因子的等级限值主要参考《土地复垦方案编制规程》（TD/T1031-2011）、《耕地后备资源调查评价技术规程》（TD/T-1007-2003）等技术规程中的土地损毁程度分级标准取值，采用主导因素法进行评价及划分等级，即按照损毁最严重的某一个指标确定损毁程度。压占、挖损、塌陷土地损毁程度评定指标分别见下表：

表 3-2 矿区土地压占损毁程度分级标准表

评价因子	评价等级		
	轻度损毁	中度损毁	重度损毁
压占面积	$\leq 1.0\text{hm}^2$	$1-5\text{hm}^2$	$> 5\text{hm}^2$
堆土石高度	$\leq 5\text{m}$	$5-10\text{m}$	$> 10\text{m}$
砾石含量	$< 10\%$	$10\%—30\%$	$> 30\%$
压占物的理化性质	临时或轻型建构筑物，不含污染物	含少量污染物（废石、渣土、垃圾等）	大量建构筑物、含大量污染物（废石、渣土、垃圾等）
土地利用类型	其他用地	林地、草地	耕地、园地

表 3-3 矿区土地挖损损毁程度分级标准表

评价因子	评价等级		
	轻度损毁	中度损毁	重度损毁
挖损面积	$\leq 1.0\text{hm}^2$	$1-5\text{hm}^2$	$>5\text{hm}^2$
挖损深度	$\leq 1\text{m}$	$1-2\text{m}$	$>2\text{m}$
生产、生态功能	轻度降低	中度降低	丧失
土地利用类型	其他用地	林地、草地	耕地、园地

(2) 已损毁各类土地现状

矿山自建矿以来，开采规模较大，对土地资源和生态环境造成了一定程度的破坏。根据现场调查测量，现状损毁土地资源主要是露天采场、排岩场、矿山道路。

1) 露天采场

现状条件下，矿山开采形成 1 处山坡露天采场，露天采场未形成凹陷露天采坑，采场南北长约 720m，东西宽约 255m，采场自东向西推进，顶部标高约为+497m，底部标高约为+410m，最大高差 87m，目前大致形成 5 个阶段台阶，开采台阶高约为 6~30m，边坡角约 42~60°。

露天采场已损毁土地面积约 21.8300 hm^2 ，根据土地利用现状图，损毁土地类型为乔木林地（0301）和采矿用地（0602），其中损毁乔木林地面积 1.8806 hm^2 ，损毁采矿用地面积 19.9494 hm^2 。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 87m，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桥头街道办事处****村和****村。

2) 排岩场

现状条件下矿山现有 2 处排岩场，分述如下：

排岩场 1：位于矿区界外、露天采场东侧，排岩场顶部标高约 372m，底部标高约 270m，最大高差 98m，废石分台阶堆放，目前堆放形成 3 个阶段。场地最大长度约 410m，最大宽度约 130m，该排岩场西南侧部分区域

已进行了治理。该排岩场现损毁土地面积 4.4431hm^2 ，根据土地利用现状图，损毁土地类型为乔木林地（0301）和采矿用地（0602），其中损毁乔木林地面积 0.0459hm^2 ，损毁采矿用地面积 4.3972hm^2 。排岩场对土地资源的损毁方式主要为压占，堆土高度大于 10m ，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桥头街道办事处****村。

排岩场 2：位于矿区界外、露天采场西侧，排岩场顶部标高约 438m ，底部标高约 372m ，最大高差 66m ，废石分台阶堆放。场地最大长度约 580m ，最大宽度约 165m 。该排岩场已损毁土地面积 5.3319hm^2 ，根据土地利用现状图，损毁土地类型为乔木林地（0301）。排岩场对土地资源的损毁方式主要为压占，堆土高度大于 10m ，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桥头街道办事处****村。

3) 矿山道路

矿山道路为连接矿区内各个生产单元的主要通道，道路均为砂砾石压实路面。矿山道路已损毁土地面积 0.6252hm^2 ，根据土地利用现状图，损毁土地类型为采矿用地（0602）和农村道路（1006），其中采矿用地面积 0.4415hm^2 ，农村道路面积 0.1837hm^2 。矿山道路对土地资源的损毁方式主要为压占，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桥头街道办事处****村。

4) 小计

根据土地利用现状图（第三次土地调查数据）和现状调查测量成果，现状条件下矿山开采共损毁土地资源面积 32.2302hm^2 ，损毁土地类型为乔木林地（0301）和采矿用地（0602），其中乔木林地面积

7.2584hm²、采矿用地面积 24.7881hm²，农村道路 0.1837hm²。

表 3-4 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)	采矿用地 (0602)	农村道路 (1006)	合计	
露天采场	挖损	重度	1.8806	19.9494	0	21.8300	****村、****村
排岩场 1	压占	重度	0.0459	4.3972	0	4.4431	****村
排岩场 2	压占	重度	5.3319	0	0	5.3319	****村
矿山道路	压占	中度	0	0.4415	0.1837	0.6252	****村
合计			7.2584	24.7881	0.1837	32.2302	

3. 植被损毁与生态服务功能现状

(1) 生物多样性丧失

矿区内植被为千山植被区系、其地带性被为温带针阔叶林混交林，但由于长期的人类活动使得原始森林遭到严重破坏，大部分地区已经被次生、人工林代替，红松、冷杉为主的针阔叶林、以蒙古栎、辽东栎为主的乡土树种，人工林以红松、日本落叶松、长白落叶松、油松为主。

矿山以往大规模的露天开挖破坏了原有的生态植被，此外排岩场较大范围的压占了土地资源，一定程度上造成了地表植被的破坏和缺失，使矿区原有的自然生态系统功能有所削弱，蓄水保土功能有所减低，矿山闭坑后可通过植被恢复等工程措施进行生态修复。

矿山开采过程中，由于爆破产生噪声和震动，生活在矿区附近的鸟类和小动物受到影响逃离矿区，造成部分动物流失，矿山开采现状破坏面积较大，造成区域范围内部分生物多样性丧失。

(2) 水土流失

矿山以往大规模的露天开挖、排岩场的压占破坏了矿区原有植被及土壤结构，造成地表裸露，土地抗蚀能力降低，在一定程度上对矿区原有水土保持功能造成破坏，使土地丧失了原有的固土抗蚀能力，

导致矿区土壤侵蚀加剧，造成局部水土流失。

（3）水土环境污染

1）地表水环境污染

为了解矿山所在区域的地下水环境现状，于 2025 年 11 月 19-21 日辽宁浩桐环保科技有限公司对矿区周边地表水取样，并进行了水质检测，并出具检测报告。通过监测结果来看，地表水监测断面监测因子均达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类水质标准的要求。现状条件下，对地表水环境影响较轻。

表 3-5 地表水监测结果表

检测项目	检测结果			单位
	11 月 19 日	11 月 20 日	11 月 21 日	
溶解氧	5.7	6.2	6.0	mg/L
高锰酸钾盐指数	2.2	2.7	2.9	mg/L
化学需氧量	14	12	11	mg/L
五日生化需氧量	4.2	3.7	3.2	mg/L
氨氮	0.227	0.240	0.232	mg/L
总氮	0.04	0.03	0.03	
总磷	0.56	0.47	0.52	mg/L
铜	<0.001	<0.001	<0.001	mg/L
锌	<0.05	<0.05	<0.05	mg/L
硒	<0.4	<0.4	<0.4	μg/L
砷	<0.3	<0.3	<0.3	μg/L
汞	<0.04	<0.04	<0.04	μg/L
镉	<0.001	<0.001	<0.001	mg/L
铅	<0.01	<0.01	<0.01	mg/L
挥发酚	<0.0003	<0.0003	<0.0003	mg/L
石油类	<0.01	<0.01	<0.01	mg/L
粪大肠菌群	1.5×10^3	1.2×10^3	1.4×10^3	MPN/L
阴离子表面活性剂	0.127	0.120	0.132	mg/L
氟化物	0.349	0.401	0.389	mg/L
六价铬	<0.004	<0.004	<0.004	mg/L
氢化物	<0.004	<0.004	<0.004	mg/L
硫化物	0.01	0.12	0.08	mg/L

2) 土壤污染

为了解矿山所在区域土壤环境质量现状，于 2025 年 11 月 19-21 日辽宁浩桐环保科技有限公司对矿区周边土壤进行取样监测，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：场地土壤中砷、镉、六价铬、铜、铅、汞、镍及石油烃（C10-C40）含量均满足标准限值要求，所有监测因子均未超标；土壤 pH 介于 6.84-6.91 之间，呈中性。综上，场地土壤未受到重金属及有机物污染，土壤污染风险可接受，土壤环境质量现状良好。

表 3-6 土壤监测结果表

检测项目	检测结果		单位
	T1	T2	
砷	4.7	4.57	mg/kg
镉	0.26	0.25	mg/kg
六价铬	<0.5	<0.5	mg/kg
铜	51	45	mg/kg
铅	30.0	28.5	mg/kg
汞	0.119	0.115	mg/kg
镍	50	49	mg/kg
石油烃（C10-C40）	24	21	mg/kg
pH	6.84	6.91	无量纲

综上所述，现状条件下，矿山对周围水土环境造成的影响程度较轻。

（二）受损预测

1. 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。分述如下：

1) 露天采场崩塌地质灾害预测评估

①崩塌地质灾害发生的可能性

依据开发利用方案设计，矿山开采方式为露天开采，设计露天在现有露天采场的基础上扩大开采，设计开采标高 503-347m，设计开采深度 156m，设计 377m 平台以下为凹陷露天采场，采场长 737m，宽 320m，共形成 16 个阶段平台，阶段高度 10m，最终边坡角 28-47°。矿层和围岩均为硬质岩石，岩矿石坚硬完整，无较软夹层和可溶岩，不易风化，承载抗压性能强；岩层、矿层产状较平稳，该矿区总体构造类型中等。

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 288°，倾角 5°，露天采场西侧形成阶段高度较大，但采面边坡坡向与岩石倾向相反，边坡相对稳定；露天采场北侧和南侧采面边坡坡向与岩石倾向斜交，边坡欠稳定；露天采场东侧形成阶段高度较小，但采面边坡坡向与岩石倾向相同，边坡欠稳定。

露天采场在边坡裸露岩体浅部风化严重地段、节理裂隙发育带以及断层带附近，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，受威胁人数小于 10 人，可能直接经济损失小于 100 万元，地质灾害

危害程度分级为“险情、危害小”。

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 3-7 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) 排岩场滑坡地质灾害预测评估

①排岩场滑坡地质灾害发育程度

排岩场 1：位于矿区界外、露天采场东侧，排岩场顶部标高约 372m，底部标高约 270m，最大高差 98m，废石分台阶堆放，目前堆放形成 3 个阶段。场地最大长度约 410m，最大宽度约 130m，该排岩场西南侧部分区域已进行了治理。该排岩场占地面积 4.4431hm²。

排岩场 2：位于矿区界外、露天采场西侧，排岩场顶部标高约 435m，底部标高约 370m，最大高差 65m，废石分台阶堆放。场地最大长度约 580m，

最大宽度约 165m，该排岩场已损毁土地面积 5.3319hm²。根据《本溪福耀硅砂有限公司露天矿山三期临时排土场建设项目初步设计》，排岩场 2 设计标高为 374m~430m，排岩场容积 87.64 万 m³。

废石堆放场形成后，在爆破震动、降雨和自身重力等作用下，排岩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。

②排岩场引发滑坡地质灾害的诱发因素

诱发该排岩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排岩场引发滑坡地质灾害危害程度

根据《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112-2021）中“地质灾害危害程度分级表”，受威胁对象为废石堆下游的植被和农田，可能直接经济损失小于 100 万元，地质灾害危害程度小。

④排岩场引发滑坡地质灾害危险性分级

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”，排岩场引发滑坡地质灾害的发育程度中等，危害程度小，危险性中等。

预测评估结论：综上所述，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；排岩场引发滑坡地质灾害的发育程度中等，危害程度小，危险性中等。

矿山要进行地表建筑项目时，应避开可能引发、加剧和遭受地质

灾害的范围。工程建设需采取一定的预防措施，基本适宜矿山工程建设。

(2) 地形地貌景观破坏预测

根据现场调查和开发利用方案设计，矿山为已建矿山，其基建工程均已完成，矿山未来损毁地形地貌景观的区域主要为设计露天采场境界范围扩大。

依据开发利用方案设计，设计露天在现有露天采场的基础上扩大开采，设计露天采场开采境界范围面积 21.7202hm²，采场长 737m，宽 320m，共形成 16 个阶段平台，阶段高度 10m，最终边坡角 28-47°。设计开采标高 503-347m，设计开采深度 156m，露天采场封闭圈标高为 377m，377m 以上为山坡露天矿，当开采至 377m 以下为凹陷露天坑。

矿山露天开采将造成大范围的原始地形地貌景观破坏，原地表植被被损毁，形成裸露的山体，对地形地貌景观破坏严重。

(3) 含水层破坏预测

未来矿山开采至 347m 标高，377m 以下形成凹陷露天坑，开采矿体均位于侵蚀基准面（190m 标高）以上。矿坑充水因素主要有大气降水、地表及地下水（第四系松散岩类孔隙潜水、基岩裂隙水）沿岩石裂隙及断裂构造导入露天矿坑形成涌水。

预测矿山开采会对弱富水性孔隙潜水含水层和弱富水性裂隙含水层造成不同程度的挖损，但不会造成矿区及周围地表水体漏失，矿区及周围主要含水层水位下降幅度较小，矿山排水设备齐全，露天开采产生废水至地表后排至回水池经沉淀用于除尘和绿化，不会影响到矿区及周围生产生活供水。未来矿坑涌水以大气降水为主，因此矿山露天开采对地下水水质的影响也较小。

2. 土地资源损毁预测

本项目在建设生产过程中引起的土地损毁，必将给矿区及周边生态环境带来一定的影响和危害。因此，合理准确地预测该项目建设、生产过程中的土地损毁形式、强度和空间分布，客观评价其造成的危害和对周边生态环境的影响，可以为土地复垦方案的确定以及总体布局提供科学的依据，为监督部门正确合理的执法做充分的准备。

（1）预测依据

根据矿山开发利用方案，对矿山在建设及生产过程中出现挖损、压占土地等情况进行预测分析。拟损毁土地预测方法主要依据矿山建设内容及功能分区，按矿山建设及生产不同时段因挖损、压占损毁土地的范围、地类、程度、规模进行综合预测分析。

（2）预测内容

根据《土地复垦技术标准》的要求，结合本工程的具体建设生产情况，土地损毁预测内容包括以下四项内容：

- ①各预测时段和预测分区土地损毁方式；
- ②各预测时段和预测分区损毁土地面积；
- ③各预测时段和预测分区损毁土地类型；
- ④各预测时段和预测分区土地损毁程度。

（3）预测方法

本方案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，具体为：

①土地损毁方式预测方法：根据本工程特点，土地损毁方式表现多样性，预测方法采用定性描述的方法进行。

②损毁土地面积预测方法：通过对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。

③损毁土地类型预测方法：根据《土地利用现状分类》（GB/T 21010-2017）土地类型的分类，收集当地全国第三次土地调查现状图（1:1 万标准分幅），结合现场调查资料，确定由于矿山建设开采造成损毁的土地类型。

④土地损毁程度预测方法：生产建设项目对土地的损毁因用地目的不同造成损毁程度不同。本方案土地损毁程度预测在分析统计的基础上，定性描述其损毁程度。

（4）拟损毁土地预测

根据现场调查和开发利用方案设计，矿山为已建矿山，其基建工程均已完成，矿山未来新增损毁土地资源主要为设计露天采场境界范围扩大。

依据开发利用方案设计，设计露天在现有露天采场的基础上扩大开采，采场长 737m，宽 320m，共形成 16 个阶段平台，阶段高度 10m，最终边坡角 28-47°。设计开采标高 503-347m，设计开采深度 156m。设计露天采场开采境界范围面积 21.7202hm²，新增损毁土地面积 2.3533hm²，新增损毁土地资源类型乔木林地（0301）和采矿用地（0602），其中损毁乔木林地面积 0.6536hm²，损毁采矿用地面积 1.6997hm²。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 156m，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。新增损毁区域土地权属人为桥头街道办事处****村。

（5）土地损毁情况汇总

根据土地利用现状图（第三次土地调查数据）和现状调查测量成果及预测损毁土地范围，矿山未来开采共损毁土地面积 34.5835hm²，其中已损毁土地资源面积 32.2302hm²，拟新增损毁土地资源面积

2.3533hm²。

表 3-8 损毁土地面积汇总表 **单位：hm²**

土地类型				已损毁	拟损毁	合计
03	林地	0301	乔木林地	7.2584	0.6536	7.9120
06	工矿仓储用地	0602	采矿用地	24.7881	1.6997	26.4878
10	交通运输用地	1006	农村道路	0.1837	0	0.1837
合计				32.2302	2.3533	34.5835

3. 植被损毁与生态服务功能预测

(1) 生物多样性丧失

根据矿山开发利用方案，矿山未来继续采用露天开采方式，进一步扩大露天采场范围，可能造成局部植被损毁，规模较大。矿山未来露天开采时，由于爆破噪声和震动的影响，造成矿区及周边部分动物逃离。总体上而言，矿山未来开采会造成局部动植物丧失。

(2) 水土流失

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

(3) 水土环境污染

矿山在未来开采生产过程中可能产生的污染为以下几个方面：

粉尘及废气：产生粉尘的主要部位有凿岩、爆破、采掘、运输等生产过程，废气主要为炮烟。为减少粉尘飞扬和废气污染，由洒水车对运输道路洒水，使粉尘和废气污染降到最低。腐殖土（表土）用于矿山将来的植被恢复覆土，全部堆放在表土堆放场。

生产和生活污水：生产用水用于爆破过程加湿处理，加湿用水在物料转运过程中全部蒸发，生活用水用于人工洗漱，集中排放在废水储存罐，可采用庭院式一体化污水处理设备进行处理，对水质影响小。

矿山开采工作中，会用到机械挖取、装卸、运输矿石，油料侵入含水层，对水质造成一定污染，由于油料污染量小，因此，油污作用对水质影响小。

矿山开采过程中，会使用炸药对岩体进行破碎，炸药选择粉状乳化岩石炸药或胶状乳化岩石炸药，爆破作业后采用洒水除尘，部分药粉随水浸入含水层，对水质造成一定污染，由于药粉量小，因此，爆破作用的残余药粉对水质影响小。

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

（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：矿山所在区域内仅在露天采场内有崩塌地质灾害隐患存在，随着采矿活动的进行已清除，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。矿山开采形成的露天采场、排岩场对原生地形地貌景观破坏严重，工业场地、矿山道路对原生地形地貌景观破坏较严重。

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；排

岩场引发滑坡地质灾害的发育程度中等，危害程度小，危险性中等。开采矿体均位于侵蚀基准面，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。矿山露天开采将造成大范围的原始地形地貌景观破坏，原地表植被被损毁，形成裸露的山体，对地形地貌景观损毁程度为重度。

(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：现有露天采场大面积挖损，损毁土地类型主要为林地和采矿用地，土地损毁程度为重度；排岩场大面积压占，损毁土地类型主要为林地和采矿用地，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) 预测受损程度分析：矿山建设工程均已完成，矿山未来新增损毁土地资源主要为设计露天采场境界范围扩大，随着开采范围扩大接开采深度增加，将加大对土地资源的损毁，土地损毁程度为重度。

(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：矿山未来开采已造成矿区局部植被损毁、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。

3) 预测受损程度分析：随着露天开采范围扩大接开采深度增加，矿山未来开采可能进一步加大对矿区植被损毁、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. 生态系统破坏评价分区结论

根据矿区生态环境问题识别结果和预测结果，露天采场、排岩场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 3-9 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	
露天采场	地质环境问题	X=*****; Y=*****	24.1833	中度受损	重度受损
	土地损毁			重度受损	
	生态受损与退化			重度受损	
排岩场 1	地质环境问题	X=*****; Y=*****	4.4431	中度受损	重度受损
	土地损毁			重度受损	
	生态受损与退化			重度受损	
排岩场 2	地质环境问题	X=*****; Y=*****	5.3319	重度受损	重度受损
	土地损毁			重度受损	
	生态受损与退化			中度受损	
矿山道路	地质环境问题	X=*****; Y=*****	0.6252	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	
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，其范围坐标详见表 3-11：各损毁单元范围坐标一览表					

图 3-2 矿区生态破坏程度综合评价图

表 3-10 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	*****	*****	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	*****	*****
排岩场 1	1	*****	*****	34	*****	*****
	2	*****	*****	35	*****	*****
	3	*****	*****	36	*****	*****
	4	*****	*****	37	*****	*****
	5	*****	*****	38	*****	*****
	6	*****	*****	39	*****	*****
	7	*****	*****	40	*****	*****
	8	*****	*****	41	*****	*****
	9	*****	*****	42	*****	*****
	10	*****	*****	43	*****	*****

损毁单元	序号	X	Y	序号	X	Y
	11	*****	*****	44	*****	*****
	12	*****	*****	45	*****	*****
	13	*****	*****	46	*****	*****
	14	*****	*****	47	*****	*****
	15	*****	*****	48	*****	*****
	16	*****	*****	49	*****	*****
	17	*****	*****	50	*****	*****
	18	*****	*****	51	*****	*****
	19	*****	*****	52	*****	*****
	20	*****	*****	53	*****	*****
	21	*****	*****	54	*****	*****
	22	*****	*****	55	*****	*****
	23	*****	*****	56	*****	*****
	24	*****	*****	57	*****	*****
	25	*****	*****	58	*****	*****
	26	*****	*****	59	*****	*****
	27	*****	*****	60	*****	*****
	28	*****	*****	61	*****	*****
	29	*****	*****	62	*****	*****
	30	*****	*****	63	*****	*****
	31	*****	*****	64	*****	*****
	32	*****	*****	65	*****	*****
	33	*****	*****	66	*****	*****
排岩场 2	1	*****	*****	17	*****	*****
	2	*****	*****	18	*****	*****
	3	*****	*****	19	*****	*****
	4	*****	*****	20	*****	*****
	5	*****	*****	21	*****	*****
	6	*****	*****	22	*****	*****
	7	*****	*****	23	*****	*****
	8	*****	*****	24	*****	*****
	9	*****	*****	25	*****	*****
	10	*****	*****	26	*****	*****
	11	*****	*****	27	*****	*****
	12	*****	*****	28	*****	*****
	13	*****	*****	29	*****	*****
	14	*****	*****	30	*****	*****

损毁单元	序号	X	Y	序号	X	Y
	15	*****	*****	31	*****	*****
	16	*****	*****	32	*****	*****
矿山道路	1	*****	*****	9	*****	*****
	2	*****	*****	10	*****	*****
	3	*****	*****	11	*****	*****
	4	*****	*****	12	*****	*****
	5	*****	*****	13	*****	*****
	6	*****	*****	14	*****	*****
	7	*****	*****	15	*****	*****
	8	*****	*****			

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

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。

1) 关键技术及其可行性

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。

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。

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。

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。

种子生态毯/喷播技术：将种子、肥料、粘合剂、保水剂等混合后喷播。尤其适用于陡峭边坡等人力难以施工的区域，效率高。

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，引入更多本地乔灌木树种，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、樟子松等），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，进行治理。

根据开发利用方案，矿山设计生产规模****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 40.00 元/t，项目达产年平均销售收入为 1200 万元，达产年平均税后利润为 208.10 万元。

矿区生态修复投资总额为 5100.9848 万元，平均每年投资额 91.1338 万元，约占税后总利润的 43%。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）周边未受损生态系统

根据现场实地调查，矿区周边未受损的相似生态系统主要有森林生态系统。

以天然次生落叶阔叶林（柞、桦为主）和人工针叶林、混交林（松、杨）为主，底山缓坡分布有刺槐等人工片林。

照片 3-6 未受损森林生态系统典型照片

照片 3-7 未受损森林生态系统典型照片

(2) 矿区自然环境

矿区总体地势北高南低，最高海拔标高为+518m，最低海拔标高为+190m，相对高差为 328m。矿区山坡自然坡度一般在 $15\sim 30^{\circ}$ ，自然排水条件一般。

项目区地处北温带季风气候区，四季分明。年平均气温 8.7°C ，年平均降水量 737mm，年平均蒸发量 962mm，全年无霜期 165 天。

项目区土壤类型主要为棕壤，成土母质为砂岩、砂页岩、灰岩类残坡积母质，主要由砂岩、砂页岩、灰岩等就地风化形成，风化后形

成砂土或砂砾土，土层浅，山顶土层厚 0.2~0.3m。

矿区植被主要是荆条、刺梅等灌木，还有少量人工种植的刺槐等，以及柞树等乔木。

以上地形地貌、气候、土壤等自然条件为森林生态系统的形成提供了基础环境。

(3) 参照生态系统

1) 近自然落叶/常绿混交林生态系统

以矿区周边原生森林为蓝本，乔木层以乡土阔叶树为主，搭配少量针叶树，林下自然生长灌木和草本，还原区域原生森林结构。

2) 人工辅助恢复型次生林生态系统

针对土壤受损较轻的区域，通过人工补种乡土树种，搭配自然更新的灌木草本，形成“人工引导+自然演替”的次生林，降低纯人工干预成本。

3) 林缘灌草复合带生态系统

适用于矿区道路两侧、工业场地场地边缘等过渡区域，以耐贫瘠的本土灌木和草本为主，作为森林与工业遗迹的“生态缓冲带”。

(4) 本矿山已完成修复的生态系统（类比案例）

本溪福耀硅砂有限公司已对前期形成的一期排岩场开展系统性生态修复治理，形成了可借鉴、可复制的成功工程案例，可作为本次生态修复的直接参照与类比工程。

该区域通过边坡整形、场地整平、覆土改良、穴状整地与人工造林等综合措施，对排岩场边坡及平台进行覆土回填，选用适应性强、固土效果好的乡土树种刺槐为主栽树种，辅以灌草植被恢复，将原排岩场人工扰动区域修复为人工林地生态系统。

经后期管护，修复区植被盖度显著提高，边坡稳定、水土流失得

到有效控制，生态景观明显改善，群落结构逐步向周边自然次生林方向演替，生态、景观与防护效益均达到预期效果。

该已修复生态系统在立地条件、物种选择、施工工艺、管护模式等方面与本次修复区高度相似，治理效果稳定、实践经验成熟，可为本次露天采场、排土场、等区域的生态修复提供直接类比参照和工程示范。

照片 3-8 矿山已治理修复林地效果

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，结合平山区国土空间规划、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）》，平山区属于中部生态复合发展区，核心定位为：中心城区生态安全屏障、城市生态绿核、太子河生态廊道核心段、工矿生态修复示范区。

矿区周边未受损生态系统主要为森林生态系统，结合矿区以往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》《本溪市平山区国土空间总体规划（2021-2035年）》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

根据对矿区所在的平山区桥头街道办事处****村村民进行问卷调查，村民中多数人认为复垦修复方向应以生态利用、保持良好的生态环境为主，宜耕则耕，宜林则林，并与周边土地利用类型相一致，对于矿山运输道路，作为矿山和当地村民共用道路，可以作为村道继续予以利用。考虑公众参与意见，复垦修复方向以林地为主，矿山道路保留。

③社会经济因素

矿山隶属本溪市平山区管辖，本溪境内玻璃用石英岩矿产资源丰富，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

根据土地现状损毁分析与预测损毁分析结果，本项目开采生态修复区为露天采场、排岩场、矿山道路。

根据土地利用现状图（第三次土地调查数据），矿山未来采矿共损毁土地资源面积 34.5835hm^2 ，其中现状已损毁土地资源面积 32.2302hm^2 ，损毁土地类型为乔木林地、采矿用地和农村道路；预测露天采场新增损毁土地资源面积 2.3533hm^2 ，损毁土地类型为乔木林地和采矿用地。

综上所述，本方案复垦修复区由露天采场、排岩场、矿山道路，复垦区面积 34.5835hm^2 。

表 3-11 待修复区土地利用现状表

一级地类		二级地类		面积/hm ²		
				已损毁	新增损毁	合计
03	林地	0301	乔木林地	7.2584	0.6536	7.9120
06	工矿仓储用地	0602	采矿用地	24.7881	1.6997	26.4878
10	交通运输用地	1006	农村道路	0.1837	0	0.1837
合计				32.2302	2.3533	34.5835

(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的损毁现状和拟损毁土地预测结果，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，矿山待复垦土地适应性评价单

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: hm^2

单元名称	损毁土地类型	损毁土地 方式	单元面积
露天采场	乔木林地、采矿用地	挖损	24.1833
排岩场 1	乔木林地、采矿用地	压占	4.4431
排岩场 2	乔木林地	压占	5.3319
矿山道路	采矿用地、农村道路	压占	0.6252

(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)	40~75	0	坚硬原岩	自然降水	差	不稳定	不便利
排岩场	3~30	0	岩土混合物	自然降水	好	一般	便利
矿山道路	<8	0~0.5	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 3-18。

表 3-15 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 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 排岩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	建筑砌体拆除、场地平整、撒播草籽，可复垦为草地

表 3-18 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 3-19 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
排岩场	N	2	2
矿山道路	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) 设计露天采场：通过对边坡削坡后，将露天采场底平台复垦为乔木林地；阶段平台复垦为灌木林地；边坡无法复垦，种植藤本植被进行覆盖。

2) 排岩场：平整场地、覆盖表土，将场地全部复垦为乔木林地。

3) 运输道路：对道路两侧种植路树，保留农村道路。

综上所述，土地复垦最终方向与面积如下表。

表 3-20 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、采矿用地	24.1833	乔木林地	10.1135
				灌木林地	8.0871
	边坡			无法复垦（种植地锦）	5.9827
排岩场 1		乔木林地、采矿用地	4.4431	乔木林地	4.4431
排岩场 2		乔木林地	5.3319	乔木林地	5.3319
矿山道路		采矿用地	0.6252	农村道路	0.6252
合计		-	34.5835	-	34.5835

5、水土平衡分析

(1) 土方量平衡分析

1) 需土量计算

露天采场：根据复垦修复适宜性评价，露天采场底平台（357m、378m 平台）复垦为乔木林地，其余阶段平台复垦为灌木林地。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 1.2，复垦面积 10.1135hm²，需覆土 60681m³；复垦为灌木林地区域覆土厚度为自然沉实后 0.3m，沉实系数 1.2，复垦面积 8.0871hm²，需覆土 29114m³。

排岩场：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+穴状覆土，穴状规格 0.5m*0.5m*0.5m，穴状覆土 0.125m³/穴，其余区域覆土厚度为自然沉实后 0.2m，沉实系数 1.2，

排岩场 1 复垦面积 4.4431hm^2 , 需覆土 11947m^3 ; 排岩场 2 复垦面积 5.3319hm^2 , 需覆土 14337m^3 。

拟建矿山道路: 矿山道路在后期保留, 做为农村道路使用, 由于道路两侧植被已栽植路树, 故不需栽植树木。

矿山截止采矿结束闭坑后, 复垦工程共需覆土 116079m^3 。

表 4-3 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)
露天采场	底平台	乔木林地	全面覆土	沉实后 0.5m	1.2	60681
	阶段平台	灌木林地	全面覆土	沉实后 0.5m	1.2	29114
	边坡	边坡不复垦	不覆土	—	—	0
排岩场 1	乔木林地	4.4431	穴状覆土+ 全面覆土 (穴间)	穴内 $0.125\text{m}^3/\text{穴}$, 穴间沉实后 0.2m	1.2	11947
排岩场 2	乔木林地	5.3319	穴状覆土+ 全面覆土 (穴间)	穴内 $0.125\text{m}^3/\text{穴}$, 穴间沉实后 0.2m	1.2	14337
矿山道路	农村道路	0.6252	不覆土	—	—	0
总计		—	—	—	—	116079

2) 表土剥离量

开发方案设计露天采场开采境界范围面积 24.1833hm^2 , 新增损毁土地面积 2.3533hm^2 , 新增损毁土地类型主要为乔木林地和采矿用地。该范围植被发育, 有效土层厚度可达 $0.3\sim 0.6\text{m}$ 。为保证后期土地复垦有充足的土源保障, 同时降低矿山土地复垦成本费用, 在拟损毁区域进行露天开采前, 应将其上部的表土剥离用于土地复垦。为方便计算, 剥离土方厚度取 0.4m , 设计露天采场拟损毁区域开采可供剥离表土的面积为 2.3533hm^2 , 可剥离土方量 9413m^3 。

3) 表土平衡分析

矿山拟建工程拟剥离表土共计 9413m^3 , 本矿山复垦共需用土 116079m^3 , 不足部分 (106666m^3) 在复垦覆土前采用外供土壤的方式,

预留相关费用。

由于矿山服务年限较长，大部分损毁区域土地复垦工程需要在矿山闭坑后才能实施，矿山前期修复复垦工程所需的表土利用露天采场新增损毁区域剥离的表土，可满足需求。后期不足表土部分从外界市场选择优质土壤，本方案考虑到为避免表土堆放对土地资源的新增压占损毁，不提前积存表土，根据矿区生态修复工程实施进度，在复垦修复前从外界供土，直接覆盖至所需场地。外供客土优先采用矿区附近区域内的工程基建地基土和山皮土，以保证其外供土壤的有机质含量满足其植被生长的需要。本项目所在地区土壤 pH 值为 6.6~6.9，呈微酸性~中性反应；土壤容重为 1.35~1.45g/cm³；有机质含量为 1.95%左右，土壤质量较好。针对外供客土，本方案预留土源补充费用和相关运输费用。

（2）石方量平衡分析

1) 回填废石量

根据生态修复工程设计，露天采场采场在 377m 标高处形成封闭圈，方案设计对露天采坑进行部分回填，回填高度 5m，计算露天采坑需回填废石量为 27.39 万 m³。

2) 石方平衡分析

矿山开采年排放废石量约 4.5 万 m³，矿山在最后开采阶段形成的废石存储在 387m 形成的大平台上，用于采矿活动结束后回填凹陷坑，387m 底平台面积约 3.862hm²，堆放高度按 10m 计算，雨季可临时堆放废石约 30 万 m³，基本满足回填所需废石量。

（3）水量平衡分析

1) 供水量分析

①有效降水量

根据本溪县气象站多年水文、气象资料，项目区平均年降水量多年平均降水量 833mm。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。种植苗木乔木每株按 0.05m^3 的标准进行浇水，灌木木每株按 0.03m^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/T 1036-2013）、《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，新建矿山土地复垦率应达到 100%。

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、灌木林地、农村道路，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 $\leq 1.45\text{g}/\text{cm}^3$ ，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 $2500\text{株}/\text{hm}^2$ ，行株距 $2\text{m}\times 2\text{m}$ 。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。

2) 灌木林地复垦标准

①土壤质量：有效土层厚度 $\geq 30\text{cm}$ ，土壤容重 $\leq 1.45\text{g}/\text{cm}^3$ ，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 10000 株/hm²，行株距 1m×1m。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。

3) 农村道路复垦标准

①道路两侧排水沟完整、通畅。

②路基宽度不宜小于 4.5m，必要时应设置错车道，曲线半径不小于 10m，最大纵坡不宜大于 12%。

表 3-21 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	2500 株，即株行距 2m*2m
		郁闭度	≥0.30	≥0.30

表 3-22 复垦为灌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
		土壤容重/(g/cm ³)	≤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	10000 株,即株行距 1m*1m
		郁闭度	≥0.30	≥0.30

(三) 边开采、边修复可行性分析

“边开采、边修复”在技术、经济和管理上都是完全可行的，并且是现代矿业可持续发展的必然趋势和核心要求。它从根本上颠覆了传统的“先破坏，后治理”模式，将生态修复从“末端治理”转变为“全过程控制”，能够显著降低综合成本、提升生态效益和社会效益。

露天采场：根据矿山开发利用方案和生产计划，矿山未来采用露天开采方式，设计自上而下分台阶水平。矿山服务年限较长，目前设计采场大部分已经剥离并形成开采面，随着开采进度的进行，上部阶段平台将逐步定邦，同时水平分层开采形成的安全平台、清扫平台、阶段平台均是生态修复的核心作业面。因此露天采场阶段平台可随着开采进度的实施，逐步进行生态修复，实现“开采-治理-修复”一体化，避免“先破坏后修复”。

排岩场 1：该排岩场目前已接近设计库容，根据本溪市平山区人民政府“关于《本溪福耀硅砂有限公司排土场工程二期项目临时占用林地的请示》的批复”（平政[2023]56 号）等相关文件，排岩场 1（二

期临时排土场)为临时使用林地,使用林地审批同意书有效期为1年,临时使用林地期满一年内,用地单位要恢复森林植被和林业生产条件。目前矿山已对排岩场西侧部分平台和边坡进行了生态修复治理,计划在2026年度对其进行全面生态修复。

排岩场2:该排岩场为目前正在使用,根据本溪市平山区林业和草原局准予行政许可决定书(平林准许字临[2025]第(1)号))文件,排岩场2(三期临时排土场)为临时使用林地,行政许可有效期为2025年2月24日至2027年2月23日,临时占地林地期满后一年内必须恢复占用林地的林业生产条件,并归还林地。该场地为临时用地,根据相关要求,计划于2027-2028年进行生态修复治理。

矿山道路:在采矿过程中继续使用,直至矿山采矿活动结束,后期留作农村道路使用,需在矿山闭坑后进行生态修复治理。

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。

表 3-23 各损毁单元损毁时序及利用情况说明表

损毁单元	损毁时间	未来采矿使用情况	计划修复时间
露天采场	已损毁+部分新增拟损毁	露天采矿直至矿山闭坑	2036年-2061年,分阶段逐步对阶段平台进行修复治理
排岩场1	已损毁	排岩场达到设计库容,为临时使用林地,停止排放	2026年
排岩场2	已损毁	为临时使用林地,计划停止使用	2027-2028年
矿山道路	已损毁	使用直至矿山闭坑	2061年

三、生态修复分区及修复时序安排

(1) 露天采场

生态修复区面积:24.1833hm²。

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：对露天凹陷坑进行回填、覆土，按照生态修复适宜性评价结果，恢复乔木林地和灌木林地。

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 2036 年-2061 年。

(2) 排岩场 1

生态修复区面积：4.4431hm²。

主要生态环境问题：排岩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：根据排岩场使用计划，逐步进行生态修复，预计修复时间为 2026 年。

(3) 排岩场 2

生态修复区面积：5.3319hm²。

主要生态环境问题：排岩场滑坡地质灾害；排岩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：对排岩场废石进行综合利用后，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：根据排岩场使用计划，预计修复时间为 2027-2028 年。

(4) 矿山道路

生态修复区面积：0.6252hm²。

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，对矿山进行修整，保留农村道路使用。

修复时序：根据矿山道路使用计划，需在矿山开采结束闭坑后实施，预计修复时间为 2061 年。

(5) 已完成修复区及其他范围

面积 8.8475hm²，包括矿业活动对生态环境影响一般或基本无影响的范围、矿山已经完成生态修复治理的区域。

主要修复措施及建议：以预防为主，加强对已完成生态修复治理区域的管护工作。不涉及具体生态修复工程。

表 3-24 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
露天采场	24.1833	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、灌木林地	2036 年-2061 年
排岩场 1	4.4431	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	2026 年
排岩场 2	5.3319	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	2027-2028 年
矿山道路	0.6252	压占损毁土地程度中度；	中度受损	农村道路	2061 年
已治理修复区	6.6245	-	轻度受损	植被管护	矿山服务年限内
矿区其他范围	2.2230	-	轻度受损	预防	

图 3-3 矿区生态修复分区图

表 3-25 矿区生态修复分区拐点坐标表

损毁单元	序号	X	Y	序号	X	Y
露天采场	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	*****	*****
排岩场 1	1	*****	*****	34	*****	*****
	2	*****	*****	35	*****	*****
	3	*****	*****	36	*****	*****
	4	*****	*****	37	*****	*****
	5	*****	*****	38	*****	*****
	6	*****	*****	39	*****	*****
	7	*****	*****	40	*****	*****
	8	*****	*****	41	*****	*****
	9	*****	*****	42	*****	*****
	10	*****	*****	43	*****	*****

	11	*****	*****	44	*****	*****
	12	*****	*****	45	*****	*****
	13	*****	*****	46	*****	*****
	14	*****	*****	47	*****	*****
	15	*****	*****	48	*****	*****
	16	*****	*****	49	*****	*****
	17	*****	*****	50	*****	*****
	18	*****	*****	51	*****	*****
	19	*****	*****	52	*****	*****
	20	*****	*****	53	*****	*****
	21	*****	*****	54	*****	*****
	22	*****	*****	55	*****	*****
	23	*****	*****	56	*****	*****
	24	*****	*****	57	*****	*****
	25	*****	*****	58	*****	*****
	26	*****	*****	59	*****	*****
	27	*****	*****	60	*****	*****
	28	*****	*****	61	*****	*****
	29	*****	*****	62	*****	*****
	30	*****	*****	63	*****	*****
	31	*****	*****	64	*****	*****
	32	*****	*****	65	*****	*****
	33	*****	*****	66	*****	*****
排岩场 2	1	*****	*****	17	*****	*****
	2	*****	*****	18	*****	*****
	3	*****	*****	19	*****	*****
	4	*****	*****	20	*****	*****
	5	*****	*****	21	*****	*****
	6	*****	*****	22	*****	*****
	7	*****	*****	23	*****	*****
	8	*****	*****	24	*****	*****
	9	*****	*****	25	*****	*****
	10	*****	*****	26	*****	*****
	11	*****	*****	27	*****	*****
	12	*****	*****	28	*****	*****
	13	*****	*****	29	*****	*****
	14	*****	*****	30	*****	*****
	15	*****	*****	31	*****	*****

	16	*****	*****	32	*****	*****
矿山道路	1	*****	*****	9	*****	*****
	2	*****	*****	10	*****	*****
	3	*****	*****	11	*****	*****
	4	*****	*****	12	*****	*****
	5	*****	*****	13	*****	*****
	6	*****	*****	14	*****	*****
	7	*****	*****	15	*****	*****
	8	*****	*****			

四、采矿用地与复垦修复安排

（一）矿区用地与复垦修复计划

本项目采矿用地范围包括露天采场、排岩场、矿山道路等区域，合计面积 34.5835hm²，土地权属为****村和****村集体所有，不涉及办理土地手续及临时用地。

露天采场、排岩场、矿山道路区域损毁土地面积为 34.5835hm²，依据土地复垦适宜性评价结果，复垦目标为乔木林地、灌木林地和农村道路，露天采场边坡无法复垦，面积 5.9827hm²，项目区内共计复垦修复面积为 28.6008hm²，复垦率为 82.70%。

表 3-26 矿区生态修复目标及土地利用变化表

一级地类		二级地类		损毁前		生态修复目标		面积增减 (hm ²)
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	7.9120	IV	26.4108	III	14.1823
		0305	灌木林地	0	-	8.0871	IV	8.0871
06	工矿仓储用地	0602	采矿用地	26.4878	-	0.0000	-	-26.4878
10	交通运输用地	1006	农村道路	0.1837	-	0.6252	-	0.4415
合计				34.5835	-	28.6008	-	-5.9827

表 3-27 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、0602	露天采场 (见表 3-10)	24.1833	IV	否	2026-2060 年	0301、0305	露天采场 (见表 3-25)	18.2006	III	2036 年 -2061 年
2	0301、0602	排岩场 1 (见表 3-10)	4.4431	IV	是	2026-2031 年	0301	排岩场 1 (见表 3-25)	4.4431	III	2026 年
3	0301	排岩场 2 (见表 3-10)	5.3319	IV	是	2024-2027 年	0301	排岩场 2 (见表 3-25)	5.3319	III	2027 年 -2028 年
4	0602、1006	矿山道路 (见表 3-10)	0.6252	-	否	2026-2060 年	1006	矿山道路 (见表 3-25)	0.6252	-	2061 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。矿山现有占用的土地均以租用形式使用，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，矿山现状损毁和预测新增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，不涉及办理土地手续及临时用地。

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

该矿区及周边无基本农田、水源地、天然草原、公益林、自然保护区、地质遗迹、生态保护红线、珍贵物种、古树名木、矿业遗迹、重要基础设施等敏感目标。故不需要采取相关敏感目标保护与预防控制措施。

（二）表土剥离与植被移植利用

1. 表土剥离

（1）新增露天采场表土剥离量分析

开发方案设计露天采场开采境界范围面积 24.1833hm^2 ，新增损毁土地面积 2.3533hm^2 ，新增损毁土地类型主要为乔木林地和采矿用地。该范围植被发育，有效土层厚度可达 $0.3\sim 0.6\text{m}$ 。为保证后期土地复垦有充足的土源保障，同时降低矿山土地复垦成本费用，在拟损毁区域进行露天开采前，应将其上部的表土剥离用于土地复垦。为方便计算，剥离土方厚度取 0.4m ，设计露天采场拟损毁区域开采可供剥离表土的面积为 2.3533hm^2 ，可剥离土方量 9413m^3 。

（2）表土储存、养护

按照“分区堆存、就近堆存、就近利用”要求，按照复垦计划，在对拟损毁区域进行表土剥离后直接运输至待复垦区域（排岩场西侧场地）。

设计剥离的表土直接用于前期土地复垦，由于剥离量较小，均被前期复垦所利用，因此不涉及表土储存和养护工程。

图 4-1 表土处置工程部署图

表 4-1 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、采矿用地	露天采场扩大开采区域,坐标详见表 4-2	2.3533	-	0.4m	9413	直接运至待复垦区	-	后期复垦	2028 年

表 4-2 表土剥离范围坐标一览表

表土剥离单元	序号	X	Y	序号	X	Y
露天采场扩大开采区域	1	*****	*****	15	*****	*****
	2	*****	*****	16	*****	*****
	3	*****	*****	17	*****	*****
	4	*****	*****	18	*****	*****
	5	*****	*****	19	*****	*****
	6	*****	*****	20	*****	*****
	7	*****	*****	21	*****	*****
	8	*****	*****	22	*****	*****
	9	*****	*****	23	*****	*****
	10	*****	*****	24	*****	*****
	11	*****	*****	25	*****	*****
	12	*****	*****	26	*****	*****
	13	*****	*****	27	*****	*****
	14	*****	*****			

2. 植被移植利用

设计露天采场新增损毁区域土地类型为乔木林地和采矿用地。乔木林地内主要为松树及灌草植被。

在进行各区域表土剥离前，为减少树木浪费和不减少当地植被数量，应对可再次利用的树木进行移植。对乔木林地剥离区域内的松树进行移植，可移植至工业场地边缘和道路两侧，起到美

化、绿化效果。

（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。采取防治措施如下：

1) 警示标志

预测矿山未来露天开采可能发生采场边坡崩塌地质灾害，地质灾害预防措施为在露天采场边缘、临近灾害点、施工作业区、临近道路处设置明显的警示标志，提醒来往车辆和有关人员提高警惕，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 $\Phi 50*1000\text{mm}$ 。

图 4-2 警示牌示意图

2) 截水沟

露天采场 377m 以下将形成凹陷坑，为防治在采矿过程中，山坡降水流入露天凹陷坑内形成积水，应在 377m 平台处修建截水沟，将边坡汇水通过截水沟排出露天采场。

露天采场平台为坚硬岩石，为减少截排水沟砌筑工程量，截排水沟一侧利用石质边坡，另一侧采用浆砌石砌筑，为保证有效的排水量，排水沟宽度不应小于 0.5m。浆砌断面呈梯形，底宽不小于 0.35m，顶宽不小于 0.25m，高度不小于 0.5m，浆砌断面面积 0.15m^2 。



图 4-3 排水沟断面示意图

(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) 废气粉尘污染预防措施

- 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) 废水污染预防措施

- 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生活污水进入化粪池，定期清掏，不外排。

3) 固体废弃物污染预防措施

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) 噪声污染预防措施

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，共同保障细河、三道河及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

矿山露天采场基建剥离工程已基本完成，矿山开采年排放废石量约 4.5 万 m³。

根据《本溪福耀硅砂有限公司露天矿山三期临时排土场建设项目初步设计》，排岩场 2 设计标高为 374m~430m，排岩场容积 87.64 万 m³，该排土场排满后，企业另行选址排岩或对外销售。

露天采场设计最低标高为 347m，采场在 377m 标高处形成封闭圈，方案设计对露天采坑进行回填治理。本方案设计凹陷露天坑回填优先利用开采过程中形成的废石。

(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，严格按照批准的排土场设计、水土保持及矿山生态修复方案组织废石堆存与回填，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

在进行土壤重建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 0.3m。

4. 采坑回填工程

露天采场设计最低标高为 347m，采场在 377m 标高处形成封闭圈，为使露天采场完成最大的复垦面积，且保证采坑边坡的稳定性，消除露天采场边帮形成的不稳定斜坡地质灾害，方案设计对露天采坑进行回填治理。

5. 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+穴状覆土，具体覆土工程详见上文“表土剥离-表土利用回覆”章节。

覆土土源优先利用矿山剥离的表土，不足部分在进行复垦前取用当地工程基建形成的表土，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。

施肥方式采用全面施肥，施肥采用商品肥。在覆土完成后，通过撒播的方式进行施肥。

复垦林地的区域施肥量为 $1500\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

（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

根据矿区植被重建的主要任务及目标，同时结合矿区的特殊自然条件，选定的植物要具有以下特性：具有较强的适应脆弱环境的能力，即对于干旱、风害、冻害等不良立地因子具有较强的适应能力。同时对粉尘污染、病虫害等不良因子具有一定的抵抗能力。根系发达，有较高的生长速度，能形成网状根固持土壤。地上部分生长迅速，枝叶茂盛，能尽快和尽可能长的时间覆盖地面，有效阻止风蚀。同时，能较快形成松软的枯枝落叶层，提高土壤的保水保肥能力。种植栽培较容易，成活率高。种源丰富，育苗方法简易。具有优良的水土保持作用的植物种属，能减少地表径流、涵养水份、阻挡水土流失和固持土壤。根据当地的种植经验及气候特点，采用乔灌草植物相搭配的方式进行绿化美化，形成立体生态防护网络。

方案乔木选择树种为刺槐，1年生裸根，Ⅰ级苗木；

灌木选择树种为紫穗槐，1年生裸根，Ⅰ级苗木；

草本选择为紫花苜蓿、白羊草。

植物的生态学特性见表 4-4。

表 4-4 植物的生态学特性

序号	种类	植物	特性
1	乔木	刺槐	刺槐对土壤要求不严，适应性很强。最喜土层深厚、肥沃、疏松、湿润的粉砂土、砂壤土和壤土。对土壤酸碱度不敏感。在底土过于粘重坚硬、排水不良的粘土、粗砂土上生长不良。虽有一定抗旱能力，但在久旱不雨的严重干旱季节往往枯梢。不耐水湿，怕风，生长快，根浅，树冠浓密。结实早，产量丰富。材积生长旺期在 15～20 年以后，在较好的立地条件下，能保持到 40 年以上。
2	灌木	紫穗槐	紫穗槐为豆科落叶丛生灌木，我国广泛引种，是水土保持、盐碱地改良、生态修复常用先锋树种。喜光稍耐荫，耐寒（可耐-40℃低温）、耐旱（年降水≤200mm 可存活）、耐涝（浸水 1 个月不死），适宜年均温 10-16℃、年降水 500-700mm 区域。对土壤要求宽泛，耐轻度盐碱（含盐量 0.3%-0.5%），耐贫瘠；具根瘤固氮，可改良土壤、提升有机质，根系发达（主根深达 2m），固土抗蚀、抗风蚀沙埋。速生、萌芽萌蘖力强，平茬后当年萌条高 1-2m；当年苗可长高 1m 以上，次年花果，花期 5-6 月、果期 9-10 月；可种子、扦插、分株繁殖，抗病虫害、耐大气污染。
3	草本	紫花苜蓿	紫花苜蓿喜欢生长于温暖而湿润的沙地、山坡、草原、滩涂及农区的田埂、路旁和弃耕地上。二年生的品种，当年仅能处于营养期，翌年才能开花结实，完成其生命周期。紫花苜蓿为直根系草本植物，其颈部芽点不多，分枝能力有限，而大量的芽点分布于茎枝叶腋；放牧或刈割，留茬不宜太低，如果要增加利用次数，每年可刈割 2～3 次。紫花苜蓿主要靠种子繁殖。进行人工播种时，播种前必须采取措施擦破种皮，以提高其发芽率和出苗效果，紫花苜蓿的生态幅度很广，它适应的降水范围为 300—1700 毫米；对土壤的要求不严，所适应的 pH 值为 4.5-9；在冬季绝对最低温-40℃和夏季最高温 41℃的情况下，都能顺利地通过，因此，它的耐寒、耐旱、耐高温、耐酸碱和耐土壤贫瘠的性能都是很强的，

（2）种植规格

种植刺槐行间距为 1.5m×1.5m，穴坑规格为 0.5m*0.5m*0.5m，每穴 1 株，树木采用“品”字形种植；种植紫穗槐行间距为 1.0m×1.0m，穴坑规格为 0.3m*0.3m*0.3m，每穴 1 株，树木采用“品”字形种植；林间按 50kg/hm² 播撒草籽。

图 4-4 乔木栽植示意图

图 4-5 灌木栽植示意图

（3）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

植被恢复时，为保证栽种成活率，需要对其进行浇水，采用水车拉水方式，乔木按种植100株苗木需水 5.0m^3 计算，灌木种植100株苗木需水 3.0m^3 计算。水源来自项目区东侧的河流或周边农用水井，水量充沛，可满足灌溉要求。由于矿区地处北温带，属于季风气候区，根据当地气候条件，树木成活后可靠自然降水生长，为保证树木成活率，仅在树木栽植时浇水。

浇水前在树坑周围用土筑成高于根茎10—15cm的浇水堰，筑实、底平，不应漏水。浇水时应缓浇慢渗，而且一定要浇透，使土壤吸足水分。如果出现漏水、土壤下陷和树木倾斜，要及时扶正、培土。在无雨的天气，第一次浇水不能隔夜。

（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、乔灌草立体配置等方式，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。

三、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、排岩场、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）露天采场生态修复工程措施

形成 1 处露天采场，设计生态修复面积共 24.1833hm²。

生态修复工程主要为：警示牌、截水沟、清除危岩、土袋挡土墙、采坑回填、平整场地、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 2060m，设计警示标志 40 个。

2. 截水沟工程

在 377m 平台处修建截水沟，将边坡汇水通过截水沟排出露天采场。露天采场平台为坚硬岩石，截排水沟一侧利用石质边坡，另一侧采用浆砌石砌筑，排水沟宽度不应小于 0.5m。浆砌断面呈梯形，底宽不小于 0.35m，顶宽不小于 0.25m，高度不小于 0.5m，浆砌断面面积 0.15m^2 。

377m 平台境界长度约 600m，浆砌断面面积 0.15m^2 ，浆砌截水沟工程量 90m^3 。

3. 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，露天采场形成边坡面积约 59827m^2 ，需清除危岩 2991m^3 。

4. 土袋挡土墙工程

露天采场平台全面覆土时，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 0.3m，露天采场阶段平台长度约

12437m，故修建简易挡墙长度 12437m。

5. 回填工程

(1) 露天采坑封闭圈以下汇水说明

设计露天采场 377m 以下为凹陷露天坑，根据开发方案设计，在 377m 平台开挖排水沟，将凹陷坑外围汇水沿排水沟排出露天采场。设计开采矿体最低开采标高 347m，当地最低侵蚀基准面 190m，凹陷坑底标高高于当地侵蚀基准面，地下基岩裂隙水不会径流汇集到凹陷坑内。

露天坑汇水量（Q）主要由大气降水直接落入坑内的水量（ Q_1 ）和坑外围汇水面积流入的水量（ Q_2 ），根据开发方案设计，在 377m 平台开挖排水沟，将凹陷坑外围汇水沿排水沟排出露天采场。故坑外围汇水不会进入凹陷坑，凹陷坑汇水量仅为大气降水直接落入坑内的水量（ Q_1 ）。

为减少临时性积水对植被的影响，对凹陷坑进行部分回填，回填高度 5m，短时间形成的积水将通过回填后废石缝隙下渗。根据相关查询，本溪地区年最大降水量 1259mm、日最大降水量 416mm、小时最大降雨量 91mm。按照日最大降水量计算，汇集的凹陷坑内的最大水量高度为 0.4m，其中一部分会渗入地下形成地下水，地下水饱和后，剩余部分集水临时汇集在回填后的废石缝隙中，逐渐蒸发和渗入到地下。

根据上述分析，封闭圈露天凹陷坑内仅在暴雨或雨季有临时性积水存在，随着蒸发和入渗的进行，不会长时间有积水形成，不影响植被生长。

(2) 露天采坑回填工程量

露天采场采场在 377m 标高处形成封闭圈，方案设计对露天采坑进行部分回填，回填高度 5m。露天采场 347m 底面积约 79710m^2 ，351m

标高境界面积约 52020m²，平均回填深度 5m，根据棱台体积计算公式：

$$V = \frac{1}{3}(S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2})h, \text{ 计算露天采坑需回填废石量为 } 27.39 \text{ 万 m}^3。$$

(3) 回填物料来源

为满足露天采坑回填，回填料采用矿山生产过程中形成的废石，露天开采形成的废石原位回填露天凹陷坑整体技术可行、经济合理、环境可控，不会造成环境污染。

矿山开采年排放废石量约 4.5 万 m³，矿山在最后开采阶段形成的废石存储在 387m 形成的大平台上，用于采矿活动结束后回填凹陷坑，387m 底平台面积约 3.862hm²，堆放高度按 10m 计算，预计可临时堆放废石约 30 万 m³，基本满足回填所需废石量。

6. 平整工程

对露天场地阶段平台和底平台覆土前，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。露天场地共计平整场地面积 18.2006hm²，平整深度 0.1m，共机械平整土地 18201m³。

7. 覆土工程

露天采场底平台（347m、378m 平台）复垦为乔木林地，其余阶段平台复垦为灌木林地。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，复垦为灌木林地区域覆土厚度为自然沉实后 0.3m。

底平台覆土面积 10.1135hm²，覆土厚度为自然沉实 0.5m，沉实系数 1.2，覆土量为 60681m³；阶段平台覆土面积 8.0871hm²，覆土厚度为自然沉实 0.3m，沉实系数 1.2，覆土量为 29114m³；露天采场共需覆土 89795m³。

8. 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 $1500\text{kg}/\text{hm}^2$ 。露天采场需要施肥面积 18.2006hm^2 ，共需完成培肥工程 27361m^3 。

9. 植被恢复工程

露天采场底平台及 378m 平台复垦为乔木林地，其余阶段平台复垦为灌木林地。乔木林地树种选择刺槐，种植株行距为 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ ，每穴 1 株；灌木林地树种选择紫穗槐，种植株行距为 $1.0\text{m} \times 1.0\text{m}$ ，每穴 1 株；采场边坡无法复垦，采取边坡坡脚种植地锦，通过攀爬的方式达到裸岩边坡覆盖的效果，地锦种植株距 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、白羊草。

露天采场共需种植刺槐 44949 株，种植紫穗槐 80871 株，种植地锦 27361 株，撒播草籽 18.2006hm^2 。

10. 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，灌木每穴按 0.03m^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。露天采场共需完成灌溉工程量 9347m^3 。

表 4-5 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	40	开采前
2	截水沟	m^3	90	开采至 377m 台阶
3	清除危岩	m^3	2991	开采过程中
4	沙袋挡土墙	m	12437	
5	回填采坑	m^3	273900	闭坑后
6	平整场地	m^3	18201	随开采进度，逐步开展
7	覆盖表土	m^3	89795	
8	施肥	kg	27361	
9	种植刺槐	株	44949	
10	种植紫穗槐	株	44949	
11	种植地锦	株	9347	
12	撒播草籽	hm^2	18.2006	

13	灌溉	m ³	9347	
----	----	----------------	------	--

图 4-6 露天采场复垦修复工程设计图

（二）排岩场生态修复工程措施

矿山现有 2 处排岩场，设计生态修复面积共 9.7750hm²，其中排岩场 1 生态修复面积 4.4431hm²，排岩场 1 生态修复面积 5.3319hm²。

生态修复工程主要为：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、平整工程

对排岩场复垦前，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。

排岩场 1 平整面积 4.4431hm²，平整深度 0.1m，共机械平整土地 4443m³。

排岩场 2 平整面积 5.3319hm^2 ，平整深度 0.1m ，共机械平整土地 5332m^3 。

2、覆土工程

排岩场复垦为乔木林地，采用全面覆土+穴状覆土，穴状规格 $0.5\text{m}\times0.5\text{m}\times0.5\text{m}$ ，穴状覆土 $0.125\text{m}^3/\text{穴}$ ，其余区域覆土厚度为自然沉实后 0.2m 。

排岩场 1：复垦为乔木林地，覆土面积共 4.4431hm^2 ，穴状覆土 $0.125\text{m}^3/\text{穴}$ ，其余区域覆土厚度为自然沉实后 0.2m ，沉实系数 1.2 ，覆土量为 11947m^3 。

排岩场 2：复垦为乔木林地，覆土面积共 5.3319hm^2 ，穴状覆土 $0.125\text{m}^3/\text{穴}$ ，其余区域覆土厚度为自然沉实后 0.2m ，沉实系数 1.2 ，覆土量为 14337m^3 。

3、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 $1500\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

排岩场 1 需要施肥面积 4.4431hm^2 ，共需完成培肥工程 6665m^3 。

排岩场 2 需要施肥面积 5.3319hm^2 ，共需完成培肥工程 7998m^3 。

4、植被恢复工程

排岩场复垦为乔木林地，其余阶段平台复垦为灌木林地。乔木林地树种选择刺槐，种植株行距为 $1.5\text{m}\times1.5\text{m}$ ，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、白羊草。

排岩场 1 共需种植刺槐 19747 株，撒播草籽 4.4431hm^2 。

排岩场 2 共需种植刺槐 23697 株，撒播草籽 5.3319hm^2 。

5、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。

排岩场 1 共需完成灌溉工程量 1975m^3 。

排岩场 2 共需完成灌溉工程量 2370m^3 。

表 4-6 排岩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
			排岩场 1	排岩场 2	
1	平整场地	m^3	4443	5332	第一阶段
2	覆盖表土	m^3	11947	14337	
3	施肥	kg	6665	7998	
4	种植刺槐	株	19747	23697	
5	撒播草籽	hm^2	4.4431	5.3319	
6	灌溉	m^3	1975	2370	

图 4-7 排岩场复垦修复工程设计图

（三）矿山道路生态修复工程措施

矿山道路为线形地物，不仅作为矿山生产用路，也是当地村民出行及生产使用，因而保留为农村道路。矿山道路两侧已栽植路树，在采矿活动结束后仅对矿山道路进行修整，以满足周边农业生产的需求。

修整工程量按原路面面积的 10%计算，矿山道路面积 0.6252hm^2 。
道路修整工程量 625m^2 。

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、自然保护地、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、排岩场边坡的变形监测，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

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

边坡实施监测人员流动观测，露天采场和排岩场各设 1 个监测点。

4) 监测频率

地质灾害监测主要是对采场、排岩场边坡进行监测，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，采区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和排岩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：水位监测利用矿区内现有的水井和矿区外居民区内的水井进行，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：利用矿区外居民区内的水井进行采样，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，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

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	次	人工巡视	每月巡视 1 次	54.3 年	—	652
	含水层	水位	测量	每年监测 2 次	54.3 年	1	109
		水质	取样检测	每年监测 1 次	54.3 年	1	54
	地形地貌	次	人工+航拍	每年监测 1 次	54.3 年	—	54
土地资源 监测	土地损毁	次	人工+航拍	每年监测 1 次	54.3 年	—	54
	土壤质量	点·次	取样检测	每年监测 1 次	3 年	12	36
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 年	12	36
	生态系统功能	次	样方调查法	每年监测 1 次	3 年	12	36
管护	林地管护	hm ²	人工抚育	—	3 年	—	27.9456

第六章 工程部署与经费估算

一、总体部署

（一）总体目标任务

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

复垦修复目标、方向、标准、措施等与国土空间规划、矿产资源规划、国土空间生态修复规划、矿产资源开发利用方案等相衔接，实现与土地利用现状、周边景观相协调；复垦修复规划设计与矿山开采设计相统一，复垦修复技术措施、时序安排与开采工艺充分结合，在矿山全生命周期实现边开采边复垦修复；复垦修复与绿色矿山建设同步推进，同步采取减缓保护、预防控制与复垦修复等多种措施，使地质环境及时得到修复治理、损毁土地得到复垦利用、生态系统功能得到恢复，并取得最优修复效果，力争达到最佳的利用状态；按照生物多样性保护要求进行规划设计与实施，通过地貌重塑、土壤重构、植被重建、景观营建等阶段，将生物多样性保护贯穿于矿山土地复垦与生态修复的全过程，实现生态系统功能提升。

（二）实施计划

根据矿山开发利用方案及矿山实际情况，对矿区生态修复进行分

期部署，可分为三期：近期、中期、远期。

1. 近期实施计划（2026.4-2031.3）：

（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）对露天采场布置安全预防控制相关措施，防止地质灾害的发生。

（3）逐步排岩场进行生态修复工作。

2. 中期实施计划（2031.4-2080.7）：

（1）加强对矿区生态环境的监测，包括矿区地质环境、土地资源、生态系统等。

（2）按照实际开采进度，逐步对已损毁区域开展生态修复治理。

3. 远期实施计划：（2080.8-2084.7）：

（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	生态修复面积 (hm ²)	工程措施	工程量
近期	2026.4-2031.3	露天采场	-	安全预防协同措施	警示标志 40 个
		排岩场	9.7750	对该损毁单元实施全面生态修复	平整场地 9775m ³ ; 覆土 26284m ³ ; 施肥 14663kg; 种植刺槐 43444 株; 撒播草籽 9.7750hm ² ; 灌溉 4345m ³ 。
		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。	地质灾害监测 60 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; 土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 6 次; 林地管护 9.7750hm ² 。
中期 (边开采边修复)	2031.4-2080.7	露天采场 387m 以上阶段平台	11.1136	按照实际开采进度, 逐步对已损毁区域开展生态修复工作	截水沟 90m ³ ; 清除危岩 2380m ³ ; 土袋挡土墙 9312m; 平整场地 6357m ³ ; 覆土 22885m ³ ; 施肥 9536kg; 紫穗槐 63569 株; 地锦 20482 株; 撒播草籽 6.3569hm ² ; 灌溉 3814m ³ 。
		项目区	-	矿区地质环境、土地资源、生态系统等进行监测。	地质灾害监测 592 次; 地下水水位监测 99 次; 地下水水质监测 49 次; 地形地貌、土地损毁监测 49 次; 土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 30 次; 林地管护 6.3569hm ² 。
远期 (闭坑修复)	2080.8-2084.7	露天采场、矿山道路	13.0697	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。	清除危岩 611m ³ ; 土袋挡土墙 3125m; 回填采坑 273900m ³ ; 平整场地 11844m ³ ; 覆土 66910m ³ ; 施肥 17765kg; 刺槐 44949 株; 紫穗槐 17302 株; 地锦 6879 株; 撒播草籽 11.8437hm ² ; 灌溉 5533m ³ ; 道路修整 625m ² 。

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) 《土地复垦方案编制规程(系列)》(TD/T1031—2011);

(4) 《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）；

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

(6) 《辽宁省建设工程计价依据》（辽住建〔2017〕68号）；

(7) 《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）；

(8) 《辽宁省人民政府办公厅关于印发辽宁省降低社会保险费率综合实施方案的通知》（辽政办发〔2019〕14号）；

(9) 《辽宁省人民政府办公厅关于推进基本医疗保险省级统筹的实施意见》（辽政办发〔2024〕3号）；

(10) 《人力资源社会保障部 财政部 国家税务总局关于阶段性降低失业保险、工伤保险费率有关问题的通知（人社部发〔2023〕19号）》；

(11) 关于印发《辽宁省工伤保险费率管理暂行办法》的通知（辽人社〔2023〕20号）；

(12) 《辽宁省住房公积金管理规定》（2019年11月27日辽宁省人民政府令第331号第三次修正）；

(13) 《辽宁工程造价信息》（2026年1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；

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)	105.00
2	辅助工资	地区津贴+施工津贴+夜餐津贴+节日加班津贴	9.09
(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)	5.06
(3)	夜餐津贴	(4.5 + 3.5) ÷ 2 × 辅助工资系数 K2	0.80
(4)	节日加班津贴	基本工资 × (3 - 1) × 11 ÷ 250 × 辅助工资系数 3	3.23
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	55.56
(1)	职工福利基金	(基本工资+辅助工资) × 福利基金费率	15.97
(2)	工会经费	(基本工资+辅助工资) × 工会经费率	2.28
(3)	养老保险费	(基本工资+辅助工资) × 养老保险费率	18.25
(4)	医疗保险费	(基本工资+辅助工资) × 医疗保险费率	7.99
(5)	工伤保险费	(基本工资+辅助工资) × 工伤保险费率	0.80
(6)	职工失业保险基金	(基本工资+辅助工资) × 失业保险费率	1.14
(7)	住房公积金	(基本工资+辅助工资) × 住房公积金费率	9.13
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)	95.00
2	辅助工资	地区津贴+施工津贴+夜餐津贴+节日加班津贴	4.34
(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)	2.89
(3)	夜餐津贴	(4.5 + 3.5) ÷ 2 × 辅助工资系数 K2	0.20
(4)	节日加班津贴	基本工资 × (3 - 1) × 11 ÷ 250 × 辅助工资系数 3	1.25
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	48.38
(1)	职工福利基金	(基本工资+辅助工资) × 福利基金费率	13.91
(2)	工会经费	(基本工资+辅助工资) × 工会经费率	1.99
(3)	养老保险费	(基本工资+辅助工资) × 养老保险费率	15.89
(4)	医疗保险费	(基本工资+辅助工资) × 医疗保险费率	6.95
(5)	工伤保险费	(基本工资+辅助工资) × 工伤保险费率	0.70
(6)	职工失业保险基金	(基本工资+辅助工资) × 失业保险费率	0.99
(7)	住房公积金	(基本工资+辅助工资) × 住房公积金费率	7.95
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 95#	kg	8.46	造价工程信息网，本溪地区
2	柴油-35#	kg	8.49	
3	水	t	5.68	
4	电	kW. h	0.72	
5	水泥 32.5	t	414	
7	水泥砂浆	t	360	
8	刺槐	株	1.50	市场价
9	紫穗槐	株	1.00	
10	草籽	kg	50.00	
11	商品肥	t	2650.00	

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	1318.36	367.78	950.58	2	339.30	611.28			72	611.28						
2	JX1014	推土机 功率 74kw	1152.78	346.53	806.25	2	339.30	466.95			55	466.95						
3	JX1031	自行式平地机 功率 118kw	1403.63	317.21	1086.42	2	339.30	747.12			88	747.12						
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	JX4011	自卸汽车 柴油型 载重量 5t	780.52	223.78	556.74	1.33	225.63	331.11			39	331.11						
7	JX4036	洒水车 容量 2500L	507.40	143.17	364.23	1	169.65	194.58	23	194.58								

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%
其它工程	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	其它工程	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

地质灾害监测采用人工巡视，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	边坡稳定性		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 3%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 $W_n = a_n [(1+3\%)^{n-1} - 1]$

3) 风险金

该矿山为露天开采矿山，本方案不考虑风险金。

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			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			86.27
(一)	直接工程费	元			82.95
1	人工费	元			2.95
1.1	乙类工	工日	0.02	147.72	2.95
2	材料费	元			80.00
2.1	警示牌	个	1.00	80.00	80.00
3	机械费	元			
(二)	措施费	元	4.00%	82.95	3.32
二	间接费	元	5.00%	86.27	4.31
三	利润	元	3.00%	90.58	2.72
四	税金	元	9.00%	93.30	8.40
五	合计	元			101.70

表 6-9-2 截水沟					
定额编号: [30022]			单价: 554.04 元/m ³		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			46998.74
(一)	直接工程费	元			45191.10
1	人工费	元			28132.23
1.1	乙类工	工日	178.70	147.72	26397.56
1.2	甲类工	工日	9.40	169.65	1594.71
1.3	其他人工费	%	0.5×27992.27		139.96
2	材料费	元			17058.87
2.1	砂浆	m ³	35.15	360.00	12654.00
2.2	块石	m ³	108.00	40.00	4320.00
2.3	其他材料费	%	0.5×16974.00		84.87
3	机械费	元			
3.1	其他机械费	%	0.5×0.00		
(二)	措施费	元	4.00%	45191.10	1807.64
二	间接费	元	5.00%	46998.74	2349.94
三	利润	元	3.00%	49348.68	1480.46
四	税金	元	9.00%	50829.14	4574.62
五	合计	元			55403.76

表 6-9-3 清除危岩					
定额编号: [20014]			单价: 50.16 元/m ³		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费				4215.23
(一)	直接工程费				4053.11
1	人工费				2450.28
1.1	甲类工	工日	0.80	169.65	135.72
1.2	乙类工	工日	15.00	147.72	2215.80
1.3	其他人工费	%	4.2×2351.52		98.76
2	材料费				1385.44
2.1	炸药	kg	33.95	30.00	1018.50
2.2	合金钻头	个	1.75	4.00	7.00
2.3	电雷管	个	50.50	5.00	252.50
2.4	空心钢	kg	0.86	60.00	51.60
2.5	其他材料费	%	4.2×1329.60		55.84
3	机械费				217.39
3.1	手持式风钻	台班	1.51	14.24	21.50
3.2	修纤设备	台班	0.06	517.11	31.03
3.3	载重汽车 汽油型 载重量 5t	台班	0.20	780.52	156.10
	其他机械费	%	4.2×208.63		8.76
(二)	措施费		4.00%	4053.11	162.12
二	间接费		6.00%	4215.23	252.91
三	利润		3.00%	4468.14	134.04
四	税金		9.00%	4602.18	414.20
五	合计				5016.38

表 6-9-4 采坑回填					
定额编号: [20274]			单价: 14.6 元/m ³		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			1230.09
(一)	直接工程费	元			1182.78
1	人工费	元			227.82
1.1	甲类工	工日	1.30	147.72	192.04
1.2	乙类工	工日	0.10	169.65	16.97
1.3	其他人工费	%	9×209.01		18.81
2	材料费	元			
2.1	其他材料费	%	9×0.00		
3	机械费	元			954.96
3.1	推土机 功率 74kw	台班	0.76	1152.78	876.11
3.2	其他机械费	%	9×876.11		78.85
(二)	措施费	元	4.00%	1182.78	47.31
二	间接费	元	6.00%	1230.09	73.81
三	利润	元	3.00%	1303.90	39.12
四	税金	元	9.00%	1343.02	120.87
五	合计	元			1463.89

表 6-9-5			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			414.20
(一)	直接工程费	元			398.27
1	人工费	元			387.77
1.1	乙类工	工日	2.50	147.72	369.30
1.2	其他人工费	%	5×738.60		36.93
2	材料费	元			10.50
2.1	编织袋	个	100.00	0.10	10.00
2.2	其他材料费	%	5×10.00		0.50
3	机械费	元			
3.1	其他机械费	%	5×0.00		
(二)	措施费	元	4.00%	398.27	15.93
二	间接费	元	5.00%	414.20	20.71
三	利润	元	3.00%	434.91	13.05
四	税金	元	9.00%	447.96	40.32
五	合计	元			488.28

表 6-9-6		平整场地			
定额编号: [20272]			单价: 10.58 元/m ³		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			889.39
(一)	直接工程费	元			855.18
1	人工费	元			238.06
1.1	甲类工	工日	0.10	169.65	16.97
1.2	乙类工	工日	1.30	147.72	192.04
1.3	其他人工费	%	13.9×209.01		29.05
2	材料费	元			
2.1	其他材料费	%	13.9×0.00		
3	机械费	元			617.12
3.1	推土机 功率 74kw	台班	0.47	1152.78	541.81
3.2	其他机械费	%	13.9×541.81		75.31
(二)	措施费	元	4.00%	855.18	34.21
二	间接费	元	6.00%	889.39	53.36
三	利润	元	3.00%	942.75	28.28
四	税金	元	9.00%	971.03	87.39
五	合计	元			1058.42

表 6-9-7 客土运输					
定额编号: [10243]			单价: 14.70 元/m ³		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			1246.77
(一)	直接工程费	元			1198.82
1	人工费	元			124.56
1.1	乙类工	工日	0.80	147.72	118.18
1.2	其他人工费	%	5.4×118.18		6.38
2	材料费	元			
2.1	其他材料费	%	5.4×0.00		
3	机械费	元			1074.26
3.1	自卸汽车 柴油型 载重量 5t	台班	0.89	780.52	694.66
3.2	推土机 功率 74kw	台班	0.11	1152.78	126.81
3.3	单斗挖掘机 电动 斗容 2m ³	台班	0.15	1318.36	197.75
3.4	其他机械费	%	5.4×1019.22		55.04
(二)	措施费	元	4.00%	1198.82	47.95
二	间接费	元	5.00%	1246.77	62.34
三	利润	元	3.00%	1309.11	39.27
四	税金	元	9.00%	1348.38	121.35
五	合计	元			1469.73

表 6-9-8 覆盖表土					
定额编号: [10330]+[10326]			单价: 7.54 元/m ³		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			639.61
(一)	直接工程费	元			615.01
1	人工费	元			467.63
1.1	乙类工	工日	2.90	147.72	428.39
1.2	甲类工	工日	0.10	169.65	16.97
1.3	其他人工费	%	5×29.54+5×415.81		22.27
2	材料费	元			
2.1	其他材料费	%	5×0.00+5×0.00		
3	机械费	元			147.38
3.1	自行式平地机 功率 118kw	台班	0.10	1403.63	140.36
3.2	其他机械费	%	5×140.36+5×0.00		7.02
(二)	措施费	元	4.00%	615.01	24.60
二	间接费	元	5.00%	639.61	31.98
三	利润	元	3.00%	671.59	20.15
四	税金	元	9.00%	691.74	62.26
五	合计	元			754.00

表 6-9-9		施肥			
定额编号：借[90030]			单价：3.49 元/kg		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			2.96
(一)	直接工程费	元			2.85
1	人工费	元			0.15
1.1	乙类工	工日		147.72	0.20
1.2	其他人工费	%	2×227.27		4.55
2	材料费	元			2.70
2.1	化肥	t	0.001	2650.000	2.62
2.2	其他材料费	%	2×2.65		0.05
3	机械费	元			
3.1	其他机械费	%	2×0.00		
(二)	措施费	元	4.00%	2.85	0.11
二	间接费	元	5.00%	2.96	0.15
三	利润	元	3.00%	3.11	0.09
四	税金	元	9.00%	3.20	0.29
五	合计	元			3.49

表 6-9-10		种植刺槐			
定额编号: [90007]			单价: 5.46 元/株		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			463.55
(一)	直接工程费	元			445.72
1	人工费	元			222.69
1.1	乙类工	工日	1.50	147.72	221.58
1.2	其他人工费	%	0.5×221.58		1.11
2	材料费	元			172.04
2.1	水	m ³	3.20	5.68	18.18
2.2	刺槐	株	102.00	1.50	153.00
2.3	其他材料费	%	0.5×171.18		0.86
3	机械费	元			50.99
3.1	洒水车 容量 2500L	台班	0.10	507.40	50.74
3.2	其他机械费	%	0.5×50.74		0.25
(二)	措施费	元	4.00%	445.72	17.83
二	间接费	元	5.00%	463.55	23.18
三	利润	元	3.00%	486.73	14.60
四	税金	元	9.00%	501.33	45.12
五	合计	元			546.45

表 6-9-11 种植紫穗槐					
定额编号: [90018]			单价: 3.91 元/株		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			331.52
(一)	直接工程费	元			318.77
1	人工费	元			148.31
1.1	乙类工	工日	1.00	147.72	147.72
1.2	其他人工费	%	0.4×147.72		0.59
2	材料费	元			119.52
2.1	水	m ³	3.00	5.68	17.04
2.2	刺槐	株	102.00	1.00	102.00
2.3	其他材料费	%	0.4×119.04		0.48
3	机械费	元			50.94
3.1	洒水车 容量 2500L	台班	0.10	507.40	50.74
3.2	其他机械费	%	0.4×50.74		0.20
(二)	措施费	元	4.00%	318.77	12.75
二	间接费	元	5.00%	331.52	16.58
三	利润	元	3.00%	348.10	10.44
四	税金	元	9.00%	358.54	32.27
五	合计	元			390.81

表 6-9-12		种植地锦			
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			164.89
(一)	直接工程费	元			158.55
1	人工费	元			148.31
1.1	乙类工	工日	1.00	147.72	147.72
1.2	其他人工费	%	0.4×147.72		0.59
2.1	材料费	元			10.24
2.2	刺槐	株	102.00	0.10	10.20
2.3	其他材料费	%	0.4×10.20		0.04
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	6.34
二	间接费	元	5.00%	164.89	8.24
三	利润	元	3.00%	173.13	5.19
四	税金	元	9.00%	178.32	16.05
五	合计	元			194.37

表 6-9-13 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			4572.27
(一)	直接工程费	元			4396.41
1	人工费	元			316.41
1.1	乙类工	工日	2.10	147.72	310.21
1.2	其他人工费	%	2×310.21		6.20
2	材料费	元			4080.00
2.1	种籽	kg	80.00	50.00	4000.00
2.2	其他材料费	%	2×4000.00		80.00
3	机械费	元			
3.1	其他机械费	%	2×0.00		
(二)	措施费	元	4.00%	4396.41	175.86
二	间接费	元	5.00%	4572.27	228.61
三	利润	元	3.00%	4800.88	144.03
四	税金	元	9.00%	4944.91	445.04
五	合计	元			5389.95

表 6-9-14			灌溉		
定额编号：借 [90018]			单价：8.93 元/m ³		
序号	项目名称	单位	数量	单价	小计
一	直接费	元			757.88
(一)	直接工程费	元			728.73
1	人工费	元			148.31
1.1	乙类工	工日	1.00	147.72	147.72
1.2	其他人工费	%	0.4×147.72		0.59
2	材料费	元			570.27
2.1	水	m ³	100.00	5.68	568.00
2.2	其他材料费	%	0.4×568.00		2.27
3	机械费	元			10.15
3.1	洒水车 容量 2500L	台班	0.02	507.40	10.15
(二)	措施费	元	4.00%	728.73	29.15
二	间接费	元	5.00%	757.88	37.89
三	利润	元	3.00%	795.77	23.87
四	税金	元	9.00%	819.64	73.77
五	合计	元			893.41

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	预防控制措施工程								
1.1	警示牌	个	1	82.95	3.32	4.31	2.72	8.40	101.70
1.2	截水沟	m ³	1	451.91	18.08	23.50	14.80	45.75	554.04
二	地貌重塑工程								
2.1	清除危岩	m ³	1	40.53	1.62	2.53	1.34	4.14	50.16
2.2	沙袋挡土墙	m	1	3.98	0.16	0.21	0.13	0.40	4.88
2.3	采坑回填	m ³	1	11.83	0.47	0.74	0.39	1.21	14.64
2.4	平整场地	m ³	1	8.55	0.34	0.53	0.28	0.87	10.58
三	土壤重构工程								
3.1	客土运输	m ³	1	11.99	0.48	0.62	0.39	1.21	14.70
3.2	覆盖表土	m ³	1	6.15	0.25	0.32	0.20	0.62	7.54
3.3	施肥	kg	1	2.85	0.11	0.15	0.09	0.29	3.49
四	植被重建工程								
4.1	种植刺槐	株	1	4.46	0.18	0.23	0.15	0.45	5.46
4.2	种植紫穗槐	株	1	3.19	0.13	0.17	0.10	0.32	3.91
4.3	种植地锦	株	1	1.59	0.06	0.08	0.05	0.16	1.94
4.4	撒播草籽	hm ²	1	4396.41	175.86	228.61	144.03	445.04	5389.95
4.5	灌溉	m ³	1	7.29	0.29	0.38	0.24	0.74	8.93
五	监测工程								
5.1	边坡稳定性监测	次	1	—	—	—	—	—	200.00

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)
5.2	含水层水位监测	次	1	—	—	—	—	—	100.00
5.3	含水层水质监测	次	1	—	—	—	—	—	1000.00
5.4	地形地貌监测	次	1	—	—	—	—	—	2000.00
5.5	土地损毁监测	次	1	—	—	—	—	—	2000.00
5.6	土壤质量监测	次	1	—	—	—	—	—	500.00
5.7	复垦效果监测	次	1	—	—	—	—	—	200.00
5.8	生态系统功能监测	次	1						300.00
六	管护工程								
6.1	林地管护	hm ²	1	—	—	—	—	—	5000.00
七	其他								
7.1	道路修整	m ²	1	—	—	—	—	—	40.00
备注：1、矿山自有表土，覆土费用=7.54； 2. 矿山外供表土，覆土费用=覆盖表土+客土运输+客土补偿费=7.54+14.70+10.00=32.24									

（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现有露天采场、排岩场、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	露天采场	排岩场 1	排岩场 2	矿山道路	合计
预防控制协同措施工程	警示牌	个	40	—	—	—	40
	截水沟	m ³	90	—	—	—	90
地貌重塑工程	清除危岩	m ³	2991	—	—	—	2991
	沙袋挡土墙	m	12437	—	—	—	12437
	回填采坑	m ³	273900	—	—	—	273900
	平整场地	m ³	18201	4443	5332		27976
土壤重构工程	覆土（自有）	m ³	—	—	9413	—	9413
	覆土（外供）	m ³	89795	11947	4924	—	106666
	施肥	kg	27301	6665	7998	—	41964
植被重建工程	刺槐	株	44949	19747	23697	—	88393
	紫穗槐	株	80871	—	—	—	80871
	地锦	株	27361				27361
	撒播草籽	hm ²	18.2006	4.4431	5.3319	—	27.9756
	灌溉	m ³	9347	1975	2370	—	13692
其他	道路修整	m ²	—	—	—	625	625

2、单项工程经费估算

(1) 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、截水沟，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	警示牌	个	40	101.70	4068
2	截水沟	m ³	90	554.04	49864
合计					53932

(2) 地貌重塑工程

地貌重塑工程包括清除危岩、土袋挡土墙、回填采坑、平整场地，工程量及经费估算详见下表：

表 6-13 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	2991	50.16	150029
2	沙袋挡土墙	m	12437	4.88	60693
3	回填采坑	m ³	273900	14.64	4009896
4	平整场地	m ³	27976	10.58	295986
合计					4516604

(3) 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 6-14 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（自有）	m ³	9413	7.54	70974
2	覆土（外供）	m ³	106666	32.24	3438912
3	施肥	kg	41964	3.49	146454
合计					3656340

(4) 植被重构工程

植被重构工程包括种植刺槐、种植紫穗槐、种植地锦、撒播草籽、灌溉，工程量及经费估算详见下表：

表 6-15 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	88393	5.46	482626
2	紫穗槐	株	80871	3.91	316206
3	地锦	株	27361	1.94	53080
4	撒播草籽	hm ²	27.9756	5389.95	150787
5	灌溉	m ³	13692	8.93	122270
6	道路修整	m ²	625	40.00	25000
合计					1149969

（5）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 6-16 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				303300
1.1	地质灾害监测	次	652	200	130400
1.2	含水层水位监测	次	109	100	10900
1.3	含水层水质监测	次	54	1000	54000
1.4	地形地貌监测	次	54	2000	108000
2	土地资源监测				126000
2.2	土地损毁监测	次	54	2000	108000
2.2	土壤质量监测	点.次	36	500	18000
3	生态系统监测				18000
3.1	复垦植被效果监测	点.次	36	200	7200
3.2	生态系统功能监测	次	36	300	10800
合计					447300

（5）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 6-17 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	27.9756	5000	419634
合计					419634

(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 6-18 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
预防控制协同措施工程	警示牌	个	40
	截水沟	m ³	90
地貌重塑工程	清除危岩	m ³	2991
	沙袋挡土墙	m	12437
	回填采坑	m ³	273900
	平整场地	m ³	27976
土壤重构工程	覆土（自有）	m ³	9413
	覆土（外购）	m ³	106666
	施肥	kg	41964
植被重建工程	刺槐	株	88393
	紫穗槐	株	80871
	撒播草籽	hm ²	27361
	灌溉	m ³	27.9756
	道路修整	m ²	13692
监测工程	地质灾害监测监测	次	652
	含水层水位监测	次	109
	含水层水质监测	次	54
	地形地貌监测	次	54
	土地损毁监测	次	54
	土壤质量监测	点.次	36
	复垦植被效果监测	点.次	36
	生态系统功能监测	点.次	36
管护工程	林地管护	hm ²	27.9756

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 5100.9848 万元，其中工程施工费 937.6845 万元，其他费用 135.4227 万元，监测与管护费 86.6934 万元，预备费

3941.1842 万元。

矿区生态修复投资估算总额详见表 6-19；

工程施工费估算详见表 6-20；

其他费用估算详见表 6-21；

价差预备费估算详见表 6-22。

表 6-19 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	937.6845	
二	设备费	0	
三	其他费用	135.4227	
四	监测与管护费	86.6934	
（一）	监测费	44.7300	
（二）	管护费	41.9634	
五	预备费	3941.1842	
（一）	基本预备费	57.9900	5%
（二）	价差预备费	3883.1942	3%
（三）	风险金	0.0000	
合计		5100.9848	

表 6-20 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	预防控制协同措施工程				53932
1.1	警示牌	个	40	101.70	4068
1.2	截水沟	m ³	90	554.04	49864
二	地貌重塑工程				4516604
2.1	清除危岩	m ³	2991	50.16	150029
2.2	沙袋挡土墙	m	12437	4.88	60693
2.3	回填采坑	m ³	273900	14.64	4009896
2.4	平整场地	m ³	27976	10.58	295986
三	土壤重构工程				3656340
3.1	覆土（自有）	m ³	9413	7.54	70974
3.2	覆土（外供）	m ³	106666	32.24	3438912
3.3	施肥	kg	41964	3.49	146454
四	植被重建工程				1149969
4.1	刺槐	株	88393	5.46	482626
4.2	紫穗槐	株	80871	3.91	316206
4.3	地锦	株	27361	1.94	53080
4.4	撒播草籽	hm ²	27.9756	5389.95	150787
4.5	灌溉	m ³	13692	8.93	122270
4.6	道路修整	m ²	625	40.00	25000
五	监测工程				447300
5.1	地质环境监测				303300
5.1.1	地质灾害监测	次	652	200	130400
5.1.2	含水层水位监测	次	109	100	10900
5.1.3	含水层水质监测	次	54	1000	54000
5.1.4	地形地貌监测	次	54	2000	108000
5.2	土地资源监测				126000
5.2.1	土地损毁监测	次	54	2000	108000
5.2.2	土壤质量监测	点·次	36	500	18000
5.3	生态系统监测				18000
5.3.1	复垦植被效果监测	点·次	36	200	7200
5.3.2	生态系统功能监测	次	36	300	10800
六	管护工程				419634
6.1	林地管护	hm ²	27.9756	5000	419634
七	合计				10243779

表 6-21

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	1024.3779	5%	51.2189
2	工程监理费	1024.3779	3%	30.7313
3	竣工验收费	1024.3779	3%	30.7313
4	业主管理费	1137.0594	2%	22.7412
5	合计			135.4227

表 6-22 价差预备费估算表

年份	静态投资	涨价系数	价差预备费
1	732915	1.0000	0
2	103698	1.0300	3111
3	556056	1.0609	33864
4	69515	1.0927	6444
5	41918	1.1255	5261
6	41918	1.1593	6678
7	9035	1.1941	1754
8	9035	1.2299	2077
9	9035	1.2668	2411
10	9035	1.3048	2754
11	9035	1.3439	3107
12	171140	1.3842	65752
13	14130	1.4258	6017
14	14130	1.4685	6620
15	14130	1.5126	7243
16	9035	1.5580	5042
17	81718	1.6047	49415
18	11848	1.6528	7734
19	11848	1.7024	8322
20	11848	1.7535	8927
21	9035	1.8061	7283
22	125970	1.8603	108372
23	12957	1.9161	11870
24	12957	1.9736	12615
25	12957	2.0328	13382
26	9035	2.0938	9882
27	149716	2.1566	173162
28	13633	2.2213	16650
29	13633	2.2879	17558
30	13633	2.3566	18495
31	9035	2.4273	12896
32	130264	2.5001	195409
33	13042	2.5751	20542
34	13042	2.6523	21549
35	11852	2.7319	20526
36	9035	2.8139	16389
37	131285	2.8983	249218
38	12996	2.9852	25800
39	12996	3.0748	26964
40	12996	3.1670	28162
41	9035	3.2620	20437

表 6-22 价差预备费估算表

年份	静态投资	涨价系数	价差预备费
42	314139	3.3599	741337
43	17431	3.4607	42892
44	17431	3.5645	44702
45	17431	3.6715	46567
46	9035	3.7816	25132
47	377951	3.8950	1094168
48	17529	4.0119	52796
49	17529	4.1323	54906
50	17529	4.2562	57078
51	9035	4.3839	30574
52	276127	4.5154	970697
53	16237	4.6509	59280
54	16237	4.7904	61545
55	8272	4.9341	32543
56	8161117	5.0821	33314496
57	71590	5.2346	303155
58	71590	5.3917	314402
59	71590	5.5534	325978
合计	12177926		38831942

三、阶段工作任务与经费安排

（一）阶段工作任务

矿山剩余服务年限为 54.3 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 58.3 年，（自 2026 年 4 月至 2084 年 7 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 12 个阶段。

1、第一阶段（2026.4.~2031.3.）

- （1）对露天采场境界范围周边设置警示标志。
- （2）对排岩场 1 区域进行全面生态修复及复垦。
- （3）对排岩场 2 区域进行全面生态修复及复垦。

(4) 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。

(5) 对已完成生态修复治理的区域进行监测和管护。

2、第二阶段：（2031. 4. ~2036. 3. ）

(1) 对矿区地质环境、土地资源、生态系统等进行监测。

(2) 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. 4. ~2041. 3. ）

(1) 对露天采场 497m 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。

4、第四阶段（2041. 4. ~2046. 3. ）

(1) 对露天采场 497m 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. 4. ~2051. 3. ）

(1) 对露天采场 487m 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. 4. ~2056. 3. ）

(1) 对露天采场 477m 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（2056. 4. ~2061. 3. ）

(1) 对露天采场 467m 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。

8、第八阶段（2061. 4. ~2066. 3. ）

(1) 对露天采场 457m 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。

9、第九阶段（2066. 4. ~2071. 3. ）

(1) 对露天采场 447m、437m 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。

10、第十阶段（2071. 4. ~2076. 3. ）

(1) 对露天采场 427m、417m 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。

11、第十一阶段（2076. 4. ~2080. 7. ）

(1) 对露天采场 407m、397m 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。

12、第十二阶段（2080. 8. ~2084. 7. ）

(1) 对露天采场 387m 及以下阶段平台区域进行全面生态修复及复垦。

(2) 对矿山道路区域进行道路修整。

(3) 对已完成生态修复治理的区域进行监测和管护。

表 6-23

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. 4. ~ 2031. 3.	露天采场	-	安全预防	警示标志 40 个	155. 2782
		排岩场 1	4. 4431	生态修复	平整场地 4443m ³ ；覆土 11947m ³ ；施肥 6665kg； 种植刺槐 19747 株；撒播草籽 4. 4431hm ² ；灌溉 1975m ³	
		排岩场 2	5. 3319	生态修复	平整场地 5332m ³ ；覆土 14337m ³ ；施肥 7998kg； 种植刺槐 23697 株；撒播草籽 5. 3319hm ² ；灌溉 2370m ³	
		项目区	-	监测与管护	地质灾害监测 60 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； 土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 6 次；林地管护 9. 7750hm ³ 。	
第二阶段	2031. 4. ~ 2036. 3.	项目区	-	监测与管护	地质灾害监测 60 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； 土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 6 次；林地管护 0. 5570hm ³	9. 3732
第三阶段	2036. 4. ~ 2041. 3.	露天采场 497m 以上阶段平台	1. 0674	生态修复	清除危岩 205m ³ ；土袋挡土墙 731m；平整场地 657m ³ ；覆土 2365m ³ ； 施肥 986kg；紫穗槐 6570 株；地锦 1608 株；撒播草籽 0. 6570hm ² ；灌溉 394m ³ 。	31. 1304
		项目区	-	监测与管护	地质灾害监测 60 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； 土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 6 次；林地管护 0. 6570hm ³	
第四阶段	2041. 4. ~ 2046. 3.	露天采场 497m 阶段平台	0. 5784	生态修复	清除危岩 153m ³ ；土袋挡土墙 415m；平整场地 273m ³ ；覆土 984m ³ ；施肥 410kg； 紫穗槐 2734 株；地锦 912 株；撒播草籽 0. 2734hm ² ；灌溉 164m ³ 。	20. 5737
		项目区	-	监测与管护	地质灾害监测 60 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； 土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 6 次；林地管护 0. 2734hm ³	

表 6-23

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)
第五阶段	2046.4. ~ 2051.3.	露天采场 487m 阶段平台	0.8308	生态修复	清除危岩 186m ³ ; 土袋挡土墙 599m; 平整场地 460m ³ ; 覆土 1655m ³ ; 施肥 690kg; 紫穗槐 4598 株; 地锦 1318 株; 撒播草籽 0.4598hm ² ; 灌溉 276m ³ 。	32.7398
		项目区	-	监测与管护	地质灾害监测 60 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; 土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 6 次; 林地管护 0.4598hm ³	
第六阶段	2051.4. ~ 2056.3.	露天采场 477m 阶段平台	0.9105	生态修复	清除危岩 169m ³ ; 土袋挡土墙 615m; 平整场地 574m ³ ; 覆土 2065m ³ ; 施肥 860kg; 紫穗槐 5735 株; 地锦 1352 株; 撒播草籽 0.5735hm ² ; 灌溉 1352m ³ 。	43.5397
		项目区	-	监测与管护	地质灾害监测 60 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; 土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 6 次; 林地管护 0.5735hm ³	
第七阶段	2056.4. ~ 2061.3.	露天采场 467m 阶段平台	0.7661	生态修复	清除危岩 146m ³ ; 土袋挡土墙 824m; 平整场地 474m ³ ; 覆土 1706m ³ ; 施肥 711kg; 紫穗槐 4739 株; 地锦 1812 株; 撒播草籽 0.4739hm ² ; 灌溉 284m ³ 。	44.8157
		项目区	-	监测与管护	地质灾害监测 60 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; 土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 6 次; 林地管护 0.4739hm ³	
第八阶段	2061.4. ~ 2066.3.	露天采场 457m 阶段平台	0.8772	生态修复	清除危岩 206m ³ ; 土袋挡土墙 852m; 平整场地 466m ³ ; 覆土 1678m ³ ; 施肥 699kg; 紫穗槐 4661 株; 地锦 1874 株; 撒播草籽 0.4661hm ² ; 灌溉 280m ³ 。	52.5841
		项目区	-	监测与管护	地质灾害监测 60 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; 土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 6 次; 林地管护 0.4661hm ³	

表 6-23

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)
第九阶段	2066. 4. ~ 2071. 3.	露天采场 447m、 437m 阶段平台	2. 0484	生态修复	清除危岩 418m ³ ；土袋挡土墙 1678m；平整场地 1212m ³ ；覆土 4365m ³ ；施肥 1819kg；紫穗槐 12124 株；地锦 3691 株；撒播草籽 1. 2124hm ² ；灌溉 727m ³ 。	127. 1402
		项目区	-	监测与管护	地质灾害监测 60 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； 土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 6 次；林地管护 1. 2124hm ³	
第十阶段	2071. 4. ~ 2076. 3.	露天采场 377m 平台	-	安全预防	截水沟 90m ³	172. 3653
		露天采场 427m、 417m 阶段平台	2. 0747	生态修复	清除危岩 423m ³ ；土袋挡土墙 1734m；平整场地 1229m ³ ；覆土 4425m ³ ；施肥 1844kg；紫穗槐 12292 株；地锦 3815 株；撒播草籽 1. 2292hm ² ；灌溉 738m ³ 。	
		项目区	-	监测与管护	地质灾害监测 60 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； 土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 6 次；林地管护 1. 2292hm ³	
第十一阶段	2076. 4. ~ 2080. 7.	露天采场 407m、 397m 阶段平台	1. 9601	生态修复	清除危岩 474m ³ ；土袋挡土墙 1864m；平整场地 1012m ³ ；覆土 3642m ³ ；施肥 1517kg；紫穗槐 10116 株；地锦 4100 株；撒播草籽 1. 0116hm ² ；灌溉 607m ³ 。	148. 0547
		项目区	-	监测与管护	地质灾害监测 60 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； 土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 6 次；林地管护 1. 0116hm ³	
第十二阶段	2080. 8. ~ 2084. 7.	露天采场 387m 以下阶段平台	13. 0697	生态修复	采坑回填 273900m ³ ；清除危岩 611m ³ ；土袋挡土墙 3125m；平整场地 11844m ³ ； 覆土 66910m ³ ；施肥 17765kg；刺槐 44949 株；紫穗槐 17302 株； 地锦 6879 株；撒播草籽 11. 8437hm ² ；灌溉 5533m ³ 。	4263. 3918
		矿山道路	0. 6252	道路修整	道路修整 625m ²	
		项目区	-	监测与管护	土壤质量、复垦植被效果、生态系统功能监测 3 次；林地管护 11. 8437hm 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（2026.4~2027.3）

- (1) 对露天采场境界范围周边设置警示标志。
- (2) 对排岩场 1 进行全面生态修复及复垦。
- (3) 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 2 年度（2027.4~2028.3）

- (1) 对排岩场 2 进行削坡平整场地。
- (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（2028.4~2029.3）

- (1) 对排岩场 2 进行覆盖表土、植被恢复。
- (2) 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（2029.4~2030.3）

- (1) 对矿区地质环境、土地资源、生态系统等进行监测。
- (2) 对已完成生态修复治理的区域进行监测和管护。

5、第 5 年度（2030.4~2031.3）

- (1) 对矿区地质环境、土地资源、生态系统等进行监测。
- (2) 对已完成生态修复治理的区域进行监测和管护。

前五年度矿区生态修复工作计划见表 6-25。

前五年度矿区生态修复区域拐点坐标见表 6-26。

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	-	露天采场	-	安全预防	警示标志 40 个	-	-	732915
		见表 6-26	排岩场 1	是	生态修复	平整场地 4443m ³ ; 覆土 11947m ³ ; 施肥 6665kg; 种植刺槐 19747 株; 撒播草籽 4.4431hm ² ; 灌溉 1975m ³	乔木林地	4.4431	
		-	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	-	-	
2	第 2 年度	见表 6-26	排岩场 2	是	生态修复	平整场地 5332m ³	-	-	106809
		见表 6-26	排岩场 1	是	监测与管护	土壤质量监测 1 次; 复垦植被效果监测 1 次, 生态系统功能监测 1 次; 林地管护 4.4431hm ³	-	-	
		-	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	-	-	
3	第 3 年度	见表 6-26	排岩场 2	是	生态修复	覆土 14337m ³ ; 施肥 7998kg; 种植刺槐 23697 株; 撒播草籽 5.3319hm ² ; 灌溉 2370m ³	乔木林地	5.3319	589920
		见表 6-26	排岩场 1、2	是	监测与管护	土壤质量监测 2 次; 复垦植被效果监测 2 次, 生态系统功能监测 2 次; 林地管护 9.7750hm ³	-	-	
		-	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	-	-	
4	第 4 年度	见表 6-26	排岩场 2	是	监测与管护	土壤质量监测 1 次; 复垦植被效果监测 1 次, 生态系统功能监测 1 次; 林地管护 5.3319hm ³	-	-	759920
		-	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	-	-	
5	第 5 年度	见表 6-26	排岩场 2	是	监测与管护	土壤质量监测 1 次; 复垦植被效果监测 1 次, 生态系统功能监测 1 次; 林地管护 5.3319hm ³	-	-	75959
		-	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	-	-	

表 6-26 前五年度矿区生态修复区域拐点坐标一览表

生态修复区域	主要治理措施	序号	X	Y	序号	X	Y
排岩场 1	生态修复	1	*****	*****	34	*****	*****
		2	*****	*****	35	*****	*****
		3	*****	*****	36	*****	*****
		4	*****	*****	37	*****	*****
		5	*****	*****	38	*****	*****
		6	*****	*****	39	*****	*****
		7	*****	*****	40	*****	*****
		8	*****	*****	41	*****	*****
		9	*****	*****	42	*****	*****
		10	*****	*****	43	*****	*****
		11	*****	*****	44	*****	*****
		12	*****	*****	45	*****	*****
		13	*****	*****	46	*****	*****
		14	*****	*****	47	*****	*****
		15	*****	*****	48	*****	*****
		16	*****	*****	49	*****	*****
		17	*****	*****	50	*****	*****
		18	*****	*****	51	*****	*****
		19	*****	*****	52	*****	*****
		20	*****	*****	53	*****	*****
		21	*****	*****	54	*****	*****
		22	*****	*****	55	*****	*****
		23	*****	*****	56	*****	*****
		24	*****	*****	57	*****	*****
		25	*****	*****	58	*****	*****
		26	*****	*****	59	*****	*****
		27	*****	*****	60	*****	*****
		28	*****	*****	61	*****	*****
		29	*****	*****	62	*****	*****
		30	*****	*****	63	*****	*****
		31	*****	*****	64	*****	*****
		32	*****	*****	65	*****	*****
		33	*****	*****	66	*****	*****
		1	*****	*****	17	*****	*****
		2	*****	*****	18	*****	*****

表 6-26

前五年度矿区生态修复区域拐点坐标一览表

生态修复区域	主要治理措施	序号	X	Y	序号	X	Y
排岩场 2	生态修复	3	*****	*****	19	*****	*****
		4	*****	*****	20	*****	*****
		5	*****	*****	21	*****	*****
		6	*****	*****	22	*****	*****
		7	*****	*****	23	*****	*****
		8	*****	*****	24	*****	*****
		9	*****	*****	25	*****	*****
		10	*****	*****	26	*****	*****
		11	*****	*****	27	*****	*****
		12	*****	*****	28	*****	*****
		13	*****	*****	29	*****	*****
		14	*****	*****	30	*****	*****
		15	*****	*****	31	*****	*****
		16	*****	*****	32	*****	*****

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

本溪福耀硅砂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 54.3 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 243.5581 万元

(1217.7906×20%)，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5100.9848万元，费用全部由本溪福耀硅砂有限公司承担。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	73.2915	243.5581	2026.11.30 前
2	2027 年	10.6809	91.1338	2027.11.30 前
3	2028 年	58.9920	91.1338	2028.11.30 前
4	2029 年	7.5959	91.1338	2029.11.30 前
5	2030 年	4.7179	91.1338	2030.11.30 前
6	2031 年	4.8596	91.1338	2031.11.30 前
7	2032 年	1.0789	91.1338	2032.11.30 前
8	2033 年	1.1112	91.1338	2033.11.30 前
9	2034 年	1.1446	91.1338	2034.11.30 前
10	2035 年	1.1789	91.1338	2035.11.30 前
11	2036 年	1.2142	91.1338	2036.11.30 前
12	2037 年	23.6892	91.1338	2037.11.30 前
13	2038 年	2.0147	91.1338	2038.11.30 前
14	2039 年	2.0750	91.1338	2039.11.30 前
15	2040 年	2.1373	91.1338	2040.11.30 前
16	2041 年	1.4077	91.1338	2041.11.30 前
17	2042 年	13.1133	91.1338	2042.11.30 前
18	2043 年	1.9582	91.1338	2043.11.30 前
19	2044 年	2.0170	91.1338	2044.11.30 前
20	2045 年	2.0775	91.1338	2045.11.30 前
21	2046 年	1.6318	91.1338	2046.11.30 前
22	2047 年	23.4342	91.1338	2047.11.30 前
23	2048 年	2.4827	91.1338	2048.11.30 前
24	2049 年	2.5572	91.1338	2049.11.30 前
25	2050 年	2.6339	91.1338	2050.11.30 前
26	2051 年	1.8917	91.1338	2051.11.30 前
27	2052 年	32.2878	91.1338	2052.11.30 前
28	2053 年	3.0283	91.1338	2053.11.30 前
29	2054 年	3.1191	91.1338	2054.11.30 前
30	2055 年	3.2128	91.1338	2055.11.30 前
31	2056 年	2.1931	91.1338	2056.11.30 前
32	2057 年	32.5673	91.1338	2057.11.30 前

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
33	2058 年	3.3584	91.1338	2058.11.30 前
34	2059 年	3.4591	91.1338	2059.11.30 前
35	2060 年	3.2378	91.1338	2060.11.30 前
36	2061 年	2.5424	91.1338	2061.11.30 前
37	2062 年	38.0503	91.1338	2062.11.30 前
38	2063 年	3.8796	91.1338	2063.11.30 前
39	2064 年	3.9960	91.1338	2064.11.30 前
40	2065 年	4.1158	91.1338	2065.11.30 前
41	2066 年	2.9472	91.1338	2066.11.30 前
42	2067 年	105.5476	91.1338	2067.11.30 前
43	2068 年	6.0323	91.1338	2068.11.30 前
44	2069 年	6.2133	91.1338	2069.11.30 前
45	2070 年	6.3998	91.1338	2070.11.30 前
46	2071 年	3.4167	91.1338	2071.11.30 前
47	2072 年	147.2119	91.1338	2072.11.30 前
48	2073 年	7.0325	91.1338	2073.11.30 前
49	2074 年	7.2435	91.1338	2074.11.30 前
50	2075 年	7.4607	91.1338	2075.11.30 前
51	2076 年	3.9609	91.1338	2076.11.30 前
52	2077 年	124.6824	91.1338	2077.11.30 前
53	2078 年	7.5517	91.1338	2078.11.30 前
54	2079 年	7.7782	91.1338	2079.11.30 前
55	2080 年	4.0815	27.3353	2080.7.30 前
56	2081 年	4147.5613		—
57	2082 年	37.4745		—
58	2083 年	38.5992		—
59	2084 年	39.7568		—
合计		5100.9848	5100.9848	—

2. 矿山企业已缴纳基金费用情况

矿山建立矿山地质环境治理恢复基金账户，户名：本溪福耀硅砂有限公司，账号：0706003629248202130。截至 2025 年 12 月 16 日，账户余额 487.2381 万元。

根据《土地复垦条例实施办法》等相关规定，已预存费用可以结转、抵扣、补足差额。矿山企业基金账户余额 487.2381 万元，已预存费用可抵扣近年度应缴纳预测费用，账户余额不足时，应按要求及

时补足治理基金费用。

3. 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。

本溪福耀硅砂有限公司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。

4. 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。

根据开发利用方案，矿山设计生产规模****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 40.00 元/t，项目达产年平均销售收入为 1200 万元，达产年平均税后利润为 208.10 万元。

矿区生态修复投资总额为 5100.9848 万元，平均每年投资额 91.1338 万元，约占税后总利润的 43%。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。

5. 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，本溪福耀硅砂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。

本溪福耀硅砂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。

本溪福耀硅砂有限公司企业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平山区桥头街道办事处****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，圆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 10 份，回收 10 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，本溪福耀硅砂有限公司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、农村道路。

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	您了解本溪福耀硅砂有限公司吗？	十分了解	8	80%
		基本了解	1	10%
		不了解	1	10%
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	8	80%
		不了解	0	0
		说不清楚	2	20%
4	您对于矿山开采对环境的影响有切身感受吗？	有	8	80%
		没有	2	20%
		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	8	80%
		没必要	0	0
		说不清楚	2	20%
6	您了解矿区生态修复方案吗？	了解	7	70%
		不了解	2	20%
		说不清楚	1	10%
7	您希望矿区生态修复后要达到的目标？	带来经济效益	8	80%
		环境有所改善	2	20%
		恢复原生生态环境	0	0
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	8	80%
		草地	2	20%
		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	10	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	6	60%
		矿山开采结束后	4	40%
		其他	0	0

（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、本溪市倒流河钼金矿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、本溪福耀硅砂有限公司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

保障健康安全：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（如尘肺病、重金属中毒等），显著提升矿区及周边居民的健康水平。

提升居住环境：将脏、乱、差的矿区变为绿地、清洁的场地，直接改善了当地居民的日常生活环境，提高了生活品质和幸福感。

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（如土方施工、植被种植、养护管理等）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（如客土、施用有机肥、种植绿肥植物）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（尤其是豆科植物）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（从先锋物种到顶级群落），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。

建立生态廊道：修复后的矿区可以成为连接周边孤立生态斑块之间的“踏脚石”，促进物种基因交流，维护区域生物多样性的完整性。

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 27.9756hm²，实施后每年可吸收 22.85t 二氧化碳，释放 21.06t 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

在修复好的土地上种植经济林、特色农产品、中药材或牧草，发展绿色农业，创造持续的经济产出。

项目区通过生态修复工作恢复乔木林地面积 22.0943hm²，恢复灌木林地 6.1269hm²，林地种植刺槐、紫穗槐。经查询有关资料，刺槐的主伐龄为 15 年左右，按照刺槐种植面积、成树树径等标准，平均产量估计在 150m³，年产量估计在 10m³/hm²左右，每立方米 800 元计算木材收益，成本费包括树苗费、人工工资和管理费等按照 300 元/m³计算，则复垦林地的年净产值为： $22.0943 \times 10 \times (800 - 300) = 11.0471$ 万元；同时刺槐作为优秀的蜜源植物，可为当地蜂农提供优质的蜜源。紫穗槐为优质的编织用材，可为附近村民的手工编织业提供原材料，提高村民收入。

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

截止本方案编制日期，设计矿山开采服务年限 59.34 年（2015 年），根据储量年度报告资源储量、开发方案设计利用资源量及矿山生产规模计算，截至目前，矿山剩余服务年限为 54.3 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 58.3 年，（自 2026 年 4 月至 2084 年 7 月）。

二、预测损毁

（一）预测损毁范围

矿山现状已损毁土地单元主要为露天采场、排岩场、矿山道路，现状损毁范围面积 32.2302hm²。

矿山未来新增损毁土地资源主要为设计露天采场境界范围扩大，新增损毁土地面积 2.3533hm²。

（二）预测损毁类型及程度

矿山现状共损毁土地资源面积 32.2302hm²，损毁土地类型为乔木林地、采矿用地。现有露天采场大面积挖损，损毁土地类型主要为林地和采矿用地，土地损毁程度为重度；排岩场大面积压占，损毁土地类型主要为林地和采矿用地，土地损毁程度为重度；矿山道路压占土地资源范围较小，土地损毁程度为中度。

矿山建设工程均已完成，矿山未来新增损毁土地资源主要为设计露天采场境界范围扩大，新增损毁土地面积 2.3533hm²，损毁土地类型为乔木林地、采矿用地。随着开采范围扩大接开采深度增加，将加大对土地资源的损毁，土地损毁程度为重度。

(三)修复范围及目标

本溪福耀硅砂有限公司复垦修复责任范围面积为 34.5835hm^2 ，修复单元包括露天采场、排岩场、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、灌木林地和农村道路，露天采场边坡无法复垦，面积 5.9827hm^2 ，项目区内共计复垦修复面积为 28.6008hm^2 ，复垦率为 82.70%。

三、矿区生态修复工程结论

(一)主要工程措施

本溪福耀硅砂有限公司矿区生态修复主要工程措施为：

1. **安全预防控制措施：**警示牌 40 个、截水沟 90m^3 。
2. **地貌重塑工程措施及工程量：**清除危岩 2991m^3 、土袋挡土墙 12437m 、回填采坑 273900m^3 、平整场地 27976m^3 。
3. **土壤重构工程措施及工程量：**覆盖表土 116079m^3 、施肥 41964kg 。
4. **植被重建工程措施及工程量：**栽植刺槐 88393 株、栽植紫穗槐 80871 株、种植地锦 27361 株、撒播草籽 27.9756hm^2 、灌溉 13692m^3 、道路修整 625m^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矿山服务年限 54.3 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。地质灾害监测 652 次、含水层水位监测 109 次、水质监测 54 次、地形地貌破坏监测 54 次、土地损毁监测 54 次、土壤质量监测 36 次、复垦

植被效果监测 36 次、生态系统功能监测 36 次。

2. 管护内容及工程量：本方案修复复垦林地面积 27.9756hm²，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，本溪福耀硅砂有限公司矿山总服务年限内生态修复工程投资总额 5100.9848 万元，其中工程施工费 937.6845 万元，其他费用 135.4227 万元，监测与管护费 86.6934 万元，预备费 3941.1842 万元。