

宁城华泰矿业有限公司宁城县樱桃沟金钼矿 矿区生态修复方案

宁城华泰矿业有限公司

2026 年 6 月

宁城华泰矿业有限公司宁城县樱桃沟金钼矿 矿区生态修复方案

编 制 单 位: ***

法 定 代 表 人: ***

方案编制负责人: ***

主 要 编 制 人 员: ***

目录

前言 1

第一章 矿山基本情况 8

 第一节 矿业权人基本情况 8

 第二节 地理位置与区域概况 9

 第三节 矿山开采历史及现状 10

第二章 矿区基础信息 14

 第一节 矿区自然条件 14

 第二节 社会经济概况 16

 第三节 矿区地质环境背景 17

 第四节 矿区土地利用现状及采矿用地审批情况 23

 第五节 矿区生态状况 24

 第六节 矿区及周边人类重大工程活动 28

 第七节 矿区生态修复工作情况 29

 第八节 矿区基本情况调查监测指标 29

第三章 问题识别诊断及修复可行性分析 30

 第一节 问题识别与受损预测 30

 第二节 生态修复可行性分析 51

 第三节 生态修复分区及修复时序安排 59

 第四节 采矿用地与复垦修复安排 63

第四章 生态修复措施与工程内容 67

 第一节 保护与预防控制措施 67

 第二节 修复措施 70

 第三节 工程内容 73

第五章 监测与管护 82

 第一节 监测目标与措施 82

 第二节 管护目标与措施 86

 第三节 工程量 88

第六章 工作部署与经费估算..... 89

 第一节 总体部署..... 89

 第二节 总体经费估算..... 90

 第三节 阶段工作任务与经费安排..... 105

第七章 保障措施与公众参与.....113

 第一节 保障措施..... 113

 第二节 公众参与..... 115

 第三节 效益分析..... 117

第八章 结论.....119

前言

一、编制目的

（一）任务的由来

矿业权人为宁城华泰矿业有限公司，矿山名称为宁城华泰矿业有限公司宁城县樱桃沟金钼矿，矿山自 2014 年 9 月获得由原内蒙古自治区国土资源厅颁发的采矿许可证，后经过多次变更和延续，现持有采矿许可证为 2025 年 3 月 1 日取得，采矿许可证号为***，有效期限为自***年*月*日至***年*月*日。

矿山于 2020 年 12 月委托内蒙古久顺地质勘查有限公司编制了《内蒙古自治区宁城华泰矿业有限公司宁城县樱桃沟金钼矿矿山地质环境治理方案》，以下简称《原治理方案》，原方案适用年限为 5 年（即 2021 年 1 月 1 日-2025 年 12 月 31 日），已经超出适用期限。

依据《中华人民共和国矿产资源法》、《自然资源部办公厅关于做好〈矿产资源法〉实施过渡期内矿产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)、《矿区生态修复方案编制指南(临时)》相关管理及技术要求，原有矿山地质环境治理方案超出适用期限，为了接续《原治理方案》，采矿权人宁城华泰矿业有限公司于 2026 年 4 月委托***编制《宁城华泰矿业有限公司宁城县樱桃沟金钼矿矿区生态修复方案》的工作，以下简称《修复方案》。

（二）编制任务

为保护和合理利用土地资源，本着“预防为主、防治结合”、“在保护中开发、在开发中保护”、“科学规划、因地制宜、综合治理、经济可行、合理利用”、“边开采、边修复”的原则，避免和减少矿山地质环境问题，土地资源占用破坏，减少对生态系统的破坏，使其修复后的土地恢复达到可供利用状态，恢复生态结构和功能，达到植被覆盖率由原 60%提高至 80%并提升土壤有机质含量。确保本项目矿山地质环境治理、

土地复垦和生态系统功能目标、任务、措施和计划落到实处，为矿区生态修复治理工程的实施、管理、监督、检查以及土地复垦费用预提提供依据，特编制本《方案》。

本《方案》的编制与实施，将实现矿区生态环境的有效治理和保护，达到矿产资源的开发利用和矿区社会经济的综合发展相协调的目的，对保护土地资源、矿山地质环境及周边生态环境具有重要的意义。

主要任务为：

1、通过收集资料与野外调查，实地开展矿山地质环境、土地资源、生态问题等调查，查明矿山概况、矿区地质环境条件、土地资源利用现状、生态本底状况及生态功能定位；

2、查明矿区地质环境问题、地质灾害发育现状及造成的危害，土地损毁情况，生态受损与退化等问题，矿山开采后可能产生的地质环境影响，土地损毁，生态问题，分析研究主要地质环境问题的分布规律、形成机理及影响因素，论述土地损毁环节与时序；论述植被损毁、生物多样性丧失、地表水系、土壤和地下水污染等问题，根据调查情况、矿山开发利用方案、采矿地质环境条件对采矿权范围及采矿活动问题识别诊断；

3、在现状和预测问题分析，综合诊断评价的基础上，进行分区和确定土地生态修复区及生态修复责任范围；

4、从地质环境治理、生态恢复力等方面进行矿区生态修复可行性分析；

5、提出矿区生态修复技术措施，矿山地质环境监测、土地复垦监测、生态系统监测和管护方案，明确各项工作的目标任务；

6、对矿区生态修复工作分阶段进行工作部署，并明确阶段工作安排情况；

7、进行矿区生态修复的经费估算，提出生态修复的保障措施。

（三）编制过程

1、工作程序

本次修复方案的编写工作严格按照《矿区生态修复方案编制指南》规定的程序进行，大致工作流程为：接受委托→成立项目组→收集资料→开展野外调查→资料汇总、综合研究→编制方案（见图 0-1）。

图 0-1 工作程序框图

2、工作方法

（1）收集矿区社会经济、自然地理、地质条件、土壤植被分布、土地利用现状及规划、矿山开发利用方案等相关资料，对矿区内地质环境条件的基本特征进行综合分析，找出与矿区开采活动相关的矿山地质环境问题、土地资源损毁问题、生态系统受损问题，确定矿区生态修复影响范围。

（2）基础调查：采用***比例尺实测地形图作为底图，开展矿山基础调查，无人机航飞，实地调查生态修复区土壤、水文、土地利用、土地损毁、矿山地质环境破坏、生态系统、生物多样性等情况，调查范围面积 2.88km²，对重要地质现象进行详细记录和拍照，基础调查内容主要是对区内交通、居民饮用水井、村庄、植被覆盖率、地形地貌、现状地质环境条件、生物多样性状况、水土污染情况等进行了调查，基本查明了生态修复区内的地质环境现状问题、土地损毁现状，生态本底状况等，保证了调查的质量。

（3）水土污染分析

对矿区生态修复影响范围进行地下水、土壤采样与分析测试，开展问题识别诊断，潜在污染风险分析。

（4）公众调查

开展村民委员会、农村集体经济组织、村民代表及当地农牧民公众调查，依据调查表，汇总公众调查统计分析表，对分析结果进行整理归纳，方案编制予以采纳。

(5) 资料整理，选定矿区生态修复治理的标准和措施，明确矿区生态修复的目标，确定矿区影响范围以及土地生态修复区和生态修复责任范围；进行问题识别诊断（包括地质环境影响、土地资源和生态问题的现状问题和受损预测情况）和复垦修复适宜性评价（包括土地利用现状分析、土地损毁分析与预测）；根据矿山地质环境影响、土地损毁、生态问题现状和预测问题分析综合诊断评价结果，进行矿区生态修复分区；根据矿山基础调查和诊断评价结果，选择参照生态系统，同时结合国土空间规划及相关规划、公众参与意见及土地复垦适宜性评价结果，确定拟复垦修复的最佳利用方向；结合不同修复单元的参照生态系统和复垦修复目标，提出相应生态系统和地类的复垦修复标准；根据矿区生态修复单元，提出矿区生态修复措施，进行相关生态修复工程设计及经费估算，同时对矿区生态修复计划进行年度工作安排，给出相应的保障措施，完成了修复方案的编制及图件绘制工作。

3、完成的工作量

矿山实地调查完毕后，走访了当地村民，了解了矿区周边矿山分布情况及当地自然地理概况、对于矿山地质环境治理的意见等。矿山现状调查完毕后，与矿方沟通了有关该矿具体治理工程问题。在此基础上编制了《修复方案》，完成的主要实物工作量见表 0-1。

表 0-1 矿山地质环境保护与土地复垦方案编制工作量统计表

(四) 编制依据

1、法律法规归类

- 《中华人民共和国矿产资源法》（2024 年 11 月 8 日起修订）；
- 《中华人民共和国土地管理法》（2019 年 8 月 26 日修正）；
- 《中华人民共和国土地管理法实施条例》（2021 年 9 月 1 日修正）；
- 《中华人民共和国草原法》（2021 年 4 月 29 日修正）；
- 《中华人民共和国水土保持法》（2011 年 3 月 1 日修正）；
- 《中华人民共和国生态环境法典》（2026 年 8 月 15 日施行）；

□《中华人民共和国森林法》（2019 年 12 月 28 日修正）。

2、部门规章

□《地质灾害防治条例》（中华人民共和国国务院令第 394 号公布自 2004 年 3 月 1 日起施行）；

□《土地复垦条例》（2011 年 3 月中华人民共和国第 592 号国务院令）；

□《土地复垦条例实施办法》（2019 年 7 月 16 日修正）；

3、政策性文件

□《国土资源部关于加强地质灾害危险性评估工作的通知》（国土资发〔2004〕69 号）；

□内蒙古自治区人民政府办公厅 2025 年 6 月《内蒙古自治区人民政府办公厅关于进一步加强绿色矿山建设的通知》(内政办发(2025)24 号)；

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

4、技术标准与规范

□《金属矿土地复垦与生态修复技术规范》（GB/T43933-2024）

□《矿区水文地质工程地质勘查规范》（GB/T 12719-2021）；

□《土地复垦质量控制标准》（TD/T 1036-2013）；

□《矿山地质环境监测技术规程》（DZ/T0287-2015）；

□《矿山土地复垦基础信息调查规程》（TD/T 1049-2016）；

□《土地利用现状分类》（GB/T 21010-2017）；

□《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）；

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

□《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）；

□《内蒙古自治区矿山地质环境治理工程预算定额标准（试行）》（内财建〔2013〕600号）。

5、相关技术资料

□2008年6月内蒙古赤峰地质矿产勘查开发院编制的《内蒙古自治区宁城县八家矿区樱桃沟金钼矿详查报告》（***）；

□2008年8月，《关于〈内蒙古自治区宁城县八家矿区樱桃沟金钼矿生产详查报告〉矿产资源储量评审备案证明》（***）；

□2011年11月由内蒙古元博工程设计咨询有限公司编制的《宁城华泰矿业有限公司宁城县樱桃沟金钼矿矿产资源开发利用方案》（***）；

□2013年3月，赤峰市环境科学研究院编制的《宁城华泰矿业有限公司八家矿区樱桃沟金钼矿3万t/a(100t/d)金钼伴生矿石采选项目环境影响报告书》（***）；

□2021年1月，内蒙古久顺地质勘查有限公司编制的《内蒙古自治区(宁城华泰矿业有限公司)宁城县樱桃沟金钼矿矿山地质环境治理方案》（***）；

□全国第三次土地利用现状调查资料（***）；

□地下水和土壤等监测报告；

□矿山自2014年一直未生产的停产证明（自然资审字〔2025〕123号）；

□内蒙古生态功能区划；

□宁城县国土空间总体规划（2021-2035年）。

6、合同依据

《宁城华泰矿业有限公司宁城县樱桃沟金钼矿矿区生态修复方案》编制合同书。

二、方案服务年限

根据《内蒙古自治区宁城华泰矿业有限公司樱桃沟金钼矿矿产资源

开发利用方案》，截止 2007 年 12 月 31 日樱桃沟金钼矿查明资源储量及预测的资源量（矿石量）***万吨，金属量***。

开发利用方案采用的资源储量为***万吨，平均品位***。矿山服务年限约 12.08 年（含基建期），其中首采区服务年限约 11.85 年。

在矿山生产服务年限期满后生态修复时间为 1.92 年，依据《金属矿土地复垦与生态修复技术规范》（GB/T 43933-2024）10.2.1 金属矿山后续管护期一般宜为 3 年-5 年，修复方案确定管护期为 3 年，确定生态修复方案服务年限为 17 年，即 2026 年 1 月 1 日-2042 年 12 月 31 日。修复方案编制基准期为 2026 年 1 月。

依据《中华人民共和国矿产资源法》、《矿产资源开采登记管理办法》等法律规定，经评审通过的方案涉及方案服务到期，开采规模、开采布局、开采工艺等发生重大变化，方案不能与开发利用方案、安全设施设计、环评、水土保持方案以及用地安排等充分衔接的，应对《修复方案》进行修编。当矿山扩大开采范围或缩小开采区域、变更开采方式、变更开采主矿种时，变更主矿种、采矿权延续需重新编制《修复方案》。

第一章 矿山基本情况

第一节 矿业权人基本情况

一、采矿权人基本情况

2014 年 9 月，首次取得由原内蒙古自治区国土资源厅颁发的采矿许可证。矿山名称为宁城华泰矿业有限公司宁城县樱桃沟金钼矿，采矿权人为宁城华泰矿业有限公司，属地管理为宁城县小城子镇政府属地管辖。公司性质为有限责任公司。资产规模：宁城华泰矿业注册资本 500 万元人民币。业务范围：一般经营项目：金钼矿开采、加工、销售。矿产品外购、销售。

短期发展规划：已经取得中华人民共和国不动产权证（采矿权），向下勘探深部矿体，补充后备矿石储量，延长矿山服务年限。逐年落实年度治理、植被复垦等工作，按期通过环保与自然资源验收。

二、矿权情况

2014 年 9 月，宁城华泰矿业有限公司宁城县樱桃沟金钼矿首次取得由原内蒙古自治区国土资源厅颁发的采矿许可证，后经过多次变更和延续，现持有采矿许可证为 2025 年 3 月 10 日取得。

矿山名称：***；

采矿许可证号：***；

采矿权人：***；

开采矿种：***；

开采方式：***；

矿区面积：***；

生产规模：***；

采矿许可证面积：***km²；开采深度由***标高；

有效期限：***。

根据采矿许可证，矿区由***个拐点圈定，矿区范围拐点坐标见表 1-1。

表 1-1 采矿许可证范围拐点坐标一览表

第二节 地理位置与区域概况

一、地理位置

矿区位于赤峰市宁城县大城子镇樱桃沟村，行政区划隶属***管辖，不在三区两线可视范围之内，矿区地理极值坐标：

东经：***；

北纬：***。

矿区南东距宁城县政府所在地天义镇约 38km，北东距赤峰市市区约 60km，东距 G306 国道约 4km，南东距叶（百寿）-赤（峰）铁路天义站约 40km，矿区未在“三区两线”可视范围内，矿区交通运输条件较为便利，矿区位置详见交通位置图 1-1。

图 1-1 交通位置图

二、区域概况

矿区紧邻小城子镇与喀喇沁旗边界，距大城子镇区约 8km、天义县城约 50km。属于低山丘陵“六山三丘一分川”格局；地势西北高、东南低。

属于燕山北麓七老图山余脉，属辽河水系上游支流区，以灌丛、次生林、草地为主，沟谷为农田与河滩草甸。局部水土流失较明显，属宁城县西北生态屏障带，以水源涵养、水土保持为核心功能。

1、村镇分布情况

村庄沿沟谷呈条带状散居，分东、西樱桃沟两个自然村，共 4-5 个村民组，人口约 300 人。民居以平房为主，沿村道与等高线分布；土地利用为林地（45%）>耕地（35%）>草地（15%）>建设用地（5%），以水泥/砂石路为主，主路宽 4-6m，连通镇区与周边村落。

2、附近大型基础设施及相邻矿山设置情况

据现场调查，矿区范围内无各类自然保护区、人文景观、风景旅游

区、交通要道、水力、大型变电站/风电场等较重要建筑设施。

矿区 3km 内无矿权与开发情况。

第三节 矿山开采历史及现状

一、开采历史

宁城华泰矿业有限公司宁城县樱桃沟金钼矿于2014年9月15日首次获得原内蒙古自治区国土资源厅颁发的采矿许可证，探矿期间进行了巷道开拓工程，2014 年取得采矿证后矿山对①号、②号矿体***标高巷道进行了开拓，规格***m。但是矿山自取得采矿权之后，一直没有进行采矿行为，只进行了部分的井巷工程的施工，因为资源储量没有变化。

二、开采现状

矿山生产矿山，现状为停产阶段，截止目前，矿区现状存在的工程场地有SJ1工业场地、SJ2工业场地、SJ1废石场、SJ2废石场、办公生活区、排水沟、钻机平台、废弃道路、矿区道路以及场地建设期间产生的切坡等场地。矿山现状工程布局图详见图1-2。

图 1-2 矿山现状总平面布置示意图

三、开发利用方案概述

1、建设规模、服务年限及产品方案

矿山设计生产能力3万t/a，矿山服务年限约12.08年，其中首采区服务年限约11.85年。矿山建设规模为小型，产品方案为金钼矿石。矿山采用间断工作制，年工作300天，每天3班，每班8小时。

2、资源储量

(1) 矿山资源储量

根据《详查报告》，樱桃沟金钼矿查明资源储量及预测的资源量（矿石量）***万吨，***。

(2) 矿山采用的可利用资源量

根据《开发利用方案》，首采矿体为***标高以上矿体。矿山采用的***标高以上矿体可利用的资源储量为***。

3、矿区开发总体规划

樱桃沟金钼矿共圈定***。

4、矿床开采

(1) 开采方式：地下开采，采用侧翼竖井开拓方式；采矿方法为浅孔留矿采矿法。

(2) 开采顺序

同一矿体采用自上而下的下行式开采，同中段矿块的开采顺序为后退式开采。同一水平先开采上盘矿体，后采下盘矿体。

(3) 开采崩落范围的确定

矿山采用浅孔留矿法采矿，并参照同类矿山实际资料，选定岩体移动角为：***。

(4) 采矿方法

1号矿体倾向南东，***；2号矿体倾向南东，***。在当前开采技术条件下，结合同类矿山多年的开采经验，矿山主体采矿方法选用浅孔留矿法，局部矿体厚度小于0.8m的采用削壁充填法。

(4) 开采回收率及贫化率

根据矿体赋存状态、开采技术条件及采用的采矿方法，参照本矿山的实际指标，修复方案所确定的采矿指标为：矿石综合回采率90%；采矿综合贫化率10%。

5、开拓运输方案

1、2号矿体矿山采用下盘竖井开拓，侧翼对角式通风系统，机械抽出式通风方式进行开发。新建主竖井，井筒布置在2-4勘探线之间2号矿体下盘地表移动带20m一平缓二阶台地上，采用罐笼提升，担负井下矿石、废石、人员、设备和材料的提升，作为主要进风井，同时兼作安全出口，

内设梯子间。井口坐标为：***。

风井拟建于1号矿体11号勘探线南西侧一平缓二阶台地上，矿体下盘端部地表移动带20m外，同时兼作安全出口，内设梯子间，井口坐标为：***。

采区由3个中段开拓，中段高度为40m，水平中段标高分别为***，***中段是由原探矿坑道经扩帮改造后形成。

6、井下运输

井下坑内矿岩运输总量为115t/d。其中，矿石运输量100t/d，废石运输量按其15%估算为15t/d。井下矿岩平均运距650m，井下拟采用电机车牵引轨道侧翻式矿车运输。

7、矿井通风

根据拟定的开拓系统，井下采用侧翼对角式通风系统，机械抽出式通风方式。新鲜风流由主竖井→中段运输巷道→采场；污风经采场→上中段运输巷道→风井排出地表。通风巷道应设置必要的风门和通风设施防止漏风，以确保井下的空气质量。

8、矿山固体废弃物和废水的排放量及处置情况

(1) 矿山固体废弃物排放量和处置情况

该矿山为地下开采，矿山主要废弃物为掘进巷道、采矿产生的废石及生活垃圾。

探矿期间产生的废石全部堆放在废石场内，现状SJ1废石场堆存量***m³，SJ2废石场堆存量***m³，仅有少部分用于工业场地和矿区道路建设。根据《开发利用方案》，矿山采矿产生的废石量约为出矿量的***%，矿山采用资源储量为***t，则至首采矿体开采结束还将产生废石约为***t，松散废石的比重按*** t / m³，其体积约为***m³，矿山采矿产生的废石大部分不出井，直接回填采空区，建设竖井、巷道等产生的废石和开采产生的废石，出井废石量为***m³，出井废石全部集中堆放在SJ1废石

场内，废石最终处置方式为矿山闭坑后回填井口、地面塌陷坑等。该矿在服务期内共计产生的生活垃圾约***t。生活垃圾修建垃圾池集中堆放，交环卫部门清运至垃圾集散点。

（2）废水的排放量及处置情况

矿山产生的废水主要是矿井排水、生活污水。

a、矿井排水

矿体井下各中段坑内集水利用巷道3‰的坡度自流汇入位于主竖井井底车场(***水平)附近的水仓，后由水泵站集中排至地面蓄水池，经沉淀后可供井下作业、消防、绿化等使用。

b、生活污水

根据《开发利用方案》：企业全员估定为60人，其中生产工人52人，非生产人员8人。生活污水排放于废水池，防渗化粪池，清掏做农肥。

9、工程布局

樱桃沟金钼矿主要由采矿运输系统、采矿工业场地、废石场及矿区道路等组成。

图 1-3 开发利用方案工程布局图

第二章 矿区基础信息

第一节 矿区自然条件

一、气象

矿区属于中温带半干旱大陆性季风气候区。春季天气多变，气温回升快、多风少雨（雪）、蒸发大、干旱频率高。夏季降水集中、雨热同期，但时空分布极不均匀，因此常导致局地洪雹灾害发生，也常出现不同程度的伏旱。秋季短促，气温下降快、秋霜早。冬季漫长寒冷、降水量少。

据宁城县气象局近十年气象资料，年平均气温 7.2℃，年内一月份气温最低，极端最低可达-26℃。七月份气温最高，极端最高 36℃。年日照***h，无霜期 133-184 天，最大冻土深度 1.5m。近十年平均降水量***mm，多集中于 7-8 两月。冬季盛行西北风；春夏秋季以西南风为主，平均风速 1.4-3.0m/s，最大风速 17m/s，见表 2-1。

表2-1 近十年降水量统计表

图2-1 降水量柱状图

二、水文

矿区地下水类型可划分为第四系松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两种类型。主要分布在山间沟谷，含水层岩性为上更新统砂砾（碎石）（ Q_3^{dl+pl} ），其主要成分为条纹状-眼球状黑云花岗片麻岩等。基岩裂隙水大面积分布在矿区，含水岩性主要为晚太古界建平群条纹状-眼球状黑云花岗片麻岩，为弱碱性低矿化淡水，水质优良。

矿区内无地表水。矿区东 4.6km 为坤头河，属于西辽河流域老哈河水系，为老哈河左岸的一级支流。

坤头河为 3 级河流，常水河。发源于宁城县三座店乡，高程***m。总流域面积***km²，全长***km，主河长***km。在喀喇沁旗小牛群镇新地村汇入老哈河（左侧）。总落差***m，平均比降为***，多年平

均天然径流量为***亿 m³，多年平均含沙量为***。

三、地形地貌

1、地形

矿区地处燕山山脉北东端，总体地势为西北高东南低，地形起伏较大，海拔 1063m-780m，最大高差 283m。地形坡度中等，一般 10°-25°之间。局部地势较陡。

2、地貌

（一）低中山（I）

分布在矿区大部，山脉走向近北东向，山顶多呈圆脊状，山间沟谷发育，出露岩性为晚太古界建平群深度变质条纹状-眼球状黑云花岗片麻岩，岩石表层风化较严重。

照片 2-1.1 矿区地貌（低中山）

（二）山间沟谷（II）

分布在矿区东南部 SJ1 和 SJ2 所在沟谷，两沟谷呈近北东向发育。断面为“v”字型，其在矿区内长约 424m-580m，宽约 20m-60m。谷底坡降 75-133‰，谷底出露岩性为上更新统（Q₃^{dl-pl}）砂砾卵（碎）石含粉土，沟谷内未见崩塌、滑坡、泥石流堆积物；沟谷上游汇水区为基岩区，沟谷区植被较发育，流域内松散层厚度一般 1m-10m。

照片 2-1.2 矿区地貌（山间沟谷）

四、植被

矿区位于低山区，矿区植被发育，以草本植物为主。植被类型属于山地灌草植被，灌丛主要为榛、山杏；草本植物有羊草、山野豌豆、铁杆蒿等，高度 0.2-1.0m；见有少许人工松树和杨树，高度 2-5m；植被覆盖率 60%左右，照片 2-2 所示。

照片 2-2 矿区植被照片

五、土壤

项目区土壤类型以褐土为主，沟谷及缓坡零星分布棕壤与粗骨土为主，受扰动区域以扰动土、堆垫土及风化岩屑为主。土层厚度 30-60cm，陡坡及山脊小于 30cm，沟谷及坡脚 40-80cm。

典型土壤剖面中，腐殖质层 10-20cm，淀积层 20-35cm，母质层 10-20cm；土层不连续、结构紊乱。

土壤质地为砾质砂壤土，砾石含量 25%-35%，砂粒 45%-55%，粉粒 12%-18%，黏粒 5%-8%，土体松散-稍紧实，保水保肥能力较弱。土壤 pH7.2-7.8，呈中性至微碱性。原生土壤有机质 1.8%-3.5%，平均 2.6%，全氮 0.12%-0.22%，碱解氮 80-150mg/kg，有效磷 5-12mg/kg，速效钾 120-200mg/kg，阳离子交换量 10-18 cmol/kg。扰动区有机质普遍低于 1.5%，肥力下降明显，易发生水土流失，照片 2-3 所示。

照片 2-3 矿区土壤剖面

第二节 社会经济概况

大城子镇位于宁城县西北部，是连接县域与赤峰市区的重要交通节点，国道 306 线、平双公路在此交汇。全镇总面积 395 平方公里，辖 19 个行政村，总人口 3.6 万人，历史文化底蕴深厚。

现有设施农业面积 3.9 万亩，日光温室、冷棚规模可观，年产番茄 13 万吨，年产值达 6.5 亿元，带动数千户群众增收致富，“宁城番茄”为国家地理标志产品，产业优势突出。同时，积极发展果蔬深加工、仓储保鲜和肉牛养殖、林果种植等配套产业，延伸产业链条，壮大村集体经济。

依托农业资源与生态优势，该镇大力推进农旅融合，打造红色研学、生态露营、田园观光等新业态，举办番茄文化节、露营季等活动，带动乡村旅游提质增效。

社会事业稳步发展，教育、医疗、养老等公共服务不断完善，防返贫监测帮扶、危房改造、公益性岗位等民生保障措施落地见效。基础设施持续优化，交通、水利、电力、通信网络覆盖全镇，智慧农业、节水灌溉等新技术广泛应用。

全镇坚持以产业振兴为引领，全力打造设施番茄强镇、智慧农业示范镇和农旅融合特色镇，经济社会保持健康有序发展。

矿山供水由自备水井提供，矿山建设的建筑材料可就近解决。通讯网络已覆盖矿区，通讯方便；矿山所用材料、物资在大城子镇购买。

通讯：中国移动通讯网络已覆盖矿区，通讯方便。

第三节 矿区地质环境背景

一、地层

矿区地层为中太古界乌拉山岩群深变质条纹状-眼球状黑云花岗片麻岩及第四系。

1、中太古界乌拉山岩群（Ar₂W）

（1）眼球状黑云花岗片麻岩（birGn）

岩石为褐黄-灰黄色，鳞片粒状变晶结构，眼球状、片麻状构造。岩石中矿物成份由石英(20-33%)、钾长石(20-40%)、斜长石(24-39%)、黑云母(4-12%)等组成，偶见少量角闪石(<1%)及少量帘石类矿物。钾长石由微斜长石及微斜条纹长石组成，多具格子双晶；斜长石多呈不规则粒状，可见聚片双晶；石英多压扁拉长，具波状消光；岩石中碾碎重结晶矿物 70-80%，粒度为 0.01-0.2mm；残留钾长石和斜长石构成眼球状，粒度 0.5-12mm，推测原岩为斑状黑云母二长花岗岩。可见副矿物有磷铁矿、钛铁矿、榍石、磷灰石等。岩石中见有轻微绿泥石化、绿帘石化、硅化及绢云母化。

（2）含黑云角闪花岗片麻岩（bihbrGn）

岩石呈灰黄色，呈鳞片、柱粒状变晶结构，条痕状、眼球状构造。岩石中矿物成分由石英（25-31%）、微斜长石（29-34%）、斜长石（27-32%）、角闪石（7-9%）、黑云母（1.8%）及少量帘石类矿物。石英呈较大残斑，并多具压扁拉长现象，呈波状消光；斜长石残斑尚保留半自形板状晶形，可见聚片双晶；微斜长石中可见格子双晶。岩石中碾碎重结晶矿物 30-50%，粒度 0.01-0.4mm。

2、第四系（Qh）

分布在糖房沟、七爷府、高营子、八家、于家湾子一带，上部岩性为冲洪积砂砾岩；中部为冲洪积砂砾石混淤泥质亚砂土；下部为冲洪积砾石、亚砂土。出露厚度大于 10m。

二、岩浆岩

区内出露的岩浆岩仅见少量脉岩，岩性为花岗斑岩及石英脉。

三、矿区地质构造

1、褶皱

矿区内褶皱构造多表现为递进变形中形成的褶皱，形态较复杂，多表现为流褶，总体构造面走向近北东 60°，倾向南东，倾角 45°-75°。

2、断裂构造

矿区内断裂构造较发育，以北东向断裂为主，既是导矿构造，也是容矿构造，发育有 F₁、F₂、F₃ 三条断裂带。

F₁ 断裂位于矿区中南部，断裂带长 142m，宽 0.98-3.74m，总体走向 18°，倾向 108°，倾角 78°-80°，沿走向及倾向均呈舒缓波状。

F₂ 断裂位于 F₁ 断裂东侧，平行于 F₁ 断裂，与 F₁ 断裂相距 16-22m，断裂带长 426m，宽 0.85-3.45m，总体走向 19°，倾向 109°，倾角 78°-80°，沿走向及倾向均呈舒缓波状。

F₃ 断裂位于矿区西北部，与 F₁ 断裂呈斜列式分布，展布方向两

矿体不甚平行，北东端两断层距离相对较窄约 900m，南西端较宽约 970m。断裂带长 99m，宽 1.05-1.60m，总体走向 38°，倾向 128°，倾角 78°-81°，沿走向及倾向均呈舒缓波状。

四、区域的稳定性

根据中华人民共和国国家标准《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），本区地震动峰值加速度 0.15g，地震基本烈度 VIII 度，地震运动反应谱特征周期 0.45s，该区地壳属于基本稳定区。

五、水文地质

依据地下水含层岩性、赋存条件及水力特征，矿区地下水类型可划分为第四系松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两种类型。分别叙述如下：

1、含水层特征

（1）第四系松散岩类孔隙潜水：

主要分布在山间沟谷，含水层岩性为上更新统砂砾（碎）石（ Q_3^{dl+pl} ），其主要成分为条纹状-眼球状黑云花岗片麻岩等。该层多呈薄层出现在第四系底部。厚度一般为 1m-3m，水位埋深 2.00m-3.60m，单井涌水量 $<10m^3/d$ 。单位涌水量 0.3-1.5L/s·m，渗透系数 11-24m/d。地下水化学类型为 HCO_3-Ca 型水，总矿化度 $<0.5g/L$ ，总硬度 175.48-248.73mg/L，PH 值 7.4-7.9，氟含量 0.50-0.78mg/L，为微硬、中性、低矿化淡水。水质良好，适宜饮用。

（2）基岩风化裂隙含水层

基岩裂隙水大面积分布在矿区，含水岩性主要为晚太古界建平群条纹状-眼球状黑云花岗片麻岩。岩石风化强烈，风化带发育厚度 78m-102m，裂隙呈网格状，主要有两组，一组倾向为 120°-140°；倾角 20°-50°。另一组倾向为 220°-255°；倾角 78°-85°。裂隙多为开型，宽 0.2cm-0.5cm；最宽 1cm-3cm。局部有泥质半充填现象。地下水位埋

深标高为 809.56m。+774m 中段标高矿坑最大排水量为 443.76m³/d，地下水化学类型为 HCO₃-Ca 型、HCO₃-Ca·Na 型水；总矿化度 < 0.5g/L。为弱碱性低矿化淡水，水质优良。

2、地下水的补给、径流与排泄条件

基岩裂隙水分布在基岩山区，地表基岩裸露，岩石裂隙发育，有利于大气降水的渗入；地形陡峭又不利于地下水的赋存和汇集。地表水沿基岩裂隙渗入岩石风化带，沿风化裂隙带向沟谷排泄。

第四系孔隙潜水赋存于沟谷砂砾碎石层内，除接受大气降水的补给外，同时接受周围基岩裂隙水的侧向补给，第四系孔隙潜水以地下径流的方式由高向低流出区外。区内地下水补给、径流、排泄条件较好。

3、矿区水文地质勘探类型

大气降水是地下水主要补给来源，矿区第四系孔隙水是矿床充水的间接原因，对矿区有充水意义的主要为基岩裂隙水。矿区处于半干旱气候区，矿区地形有利于大气降水排泄，地下水补给条件差，围岩风化裂隙带富水性弱，无地表水体。根据矿床直接充水的主要含水层的水文地质特征及水文地质条件，依据《矿区水文地质工程地质勘查规范》（GB/T12719-2021），矿床水文地质勘探类型属第二类一型，即以基岩裂隙充水为主的水文地质条件简单的矿床。

六、工程地质

1、工程地质岩组划分

根据矿区地层岩性、岩土体物理力学性质、岩体结构及工程地质特征，将岩土体类型划分为以下两种岩组：

（1）第四系碎粒散体松散岩工程地质岩组

主要分布于矿区西北部和东南部低位山坡及沟谷内，岩性为粉土、砂砾（碎）石等，层状碎粒散体结构，远离矿体，承载力特征值 80-120KPa，对矿床开采影响不大。

（2）半坚硬-坚硬岩工程地质岩组

广泛分布在山顶及山坡上，岩性为晚太古界建平群深度变质条纹状-眼球状黑云花岗片麻岩。除强风化带节理裂隙较发育、岩石较破碎外，其下部岩石均趋于完整、致密坚硬，工程地质条件良好。岩石饱和单轴抗压强度 53.64-75.69 MPa。为层状半坚硬-坚硬岩。

2、风化带不良地质现象

（1）软弱岩层分布与特征

矿体的围岩为黑云花岗片麻岩，围岩地表强风化带发育深度 5-10m，岩体呈碎块状、片状，工程地质条件较差；近矿围岩均遭受了不同程度蚀变。由于黑云花岗片麻岩化学性质稳定，渗透性差，因而蚀变不强，蚀变类型较为简单，主要有黄铁矿化、硅化及绿泥石化、绢云母化、绿帘石化、碳酸盐化等。蚀变带宽度一般多在 0.8-1.0m 间。与金矿化较密切的蚀变主要为黄铁矿及硅化。矿体顶底板岩石力学性质略降低，稳定性相对较低，易片帮落石，安全性降低。

（2）节理裂隙分布与特征

晚太古界建平群黑云花岗片麻岩。裂隙发育主要有两组：一组倾向为 120° - 140° ；倾角 20° - 50° 。另一组倾向为 220° - 255° ；倾角 78° - 85° 。裂隙多为开型，宽 0.2-0.5cm；最宽 1-3cm。

（3）风化层分布与特征

根据竖井、探槽施工难度及岩心块度、岩心形状、单块岩矿心长度统计，基岩风化带厚度 78-102m。其中强风化带厚度 5-10m；岩石质量极劣，岩体破碎。中等风化带岩石质量中等；岩体中等完整。未

风化带岩石质量极好、好的，岩体完整、稳定性较好。

(4) 矿体及围岩顶底板稳定性评价

区内矿体围岩为黑云花岗片麻岩，饱和单轴抗压强度值 53.64-75.69 Mpa，矿体、井巷围岩属于半坚硬-坚硬的。

根据区内矿体围岩质量评价结果：区内岩石质量以极好的、好的为主，占总数的 81.6%。井巷围岩的岩石质量和稳定性较好。

3、工程地质勘查类型及复杂程度

综上所述，矿体围岩是以黑云花岗片麻岩为主的块状岩类矿床，矿床顶、底板岩体质量好，岩体结构以整块状为主，岩石强度高，岩体稳定性好，矿区工程地质条件复杂程度简单，属工程地质条件简单的矿床。依据《矿区水文地质工程地质勘查规范》(GB/T12719-2021)，将矿区划分为第三类简单型，工程地质条件简单的矿床。

七、矿体地质特征

矿区位于内蒙古高原与松辽平原的过渡地带燕山山脉东段北缘中低山的分水岭东南侧斜坡上，矿区赋存有***条金钼矿体，编号为***。赋矿岩石为含金钼石英脉和蚀变岩，呈似脉状赋存于晚太古界建平群深度变质条纹状-眼球状黑云花岗片麻岩中。

□号矿体：***；

②号矿体：***；

③号矿体：***。

矿区内各工业矿体特征见表 2-2。

表 2-2 工业矿体特征一览表

2、矿石化学成分

经基本分析、光谱定量分析和组合分析测定，矿石***。

3、矿石类型

(1) 矿石的自然类型

自然类型：***。

按金属矿物可分为：***。

(2) 矿石的工业类型

按矿石构造特征可分为：***。

按金属矿物可分为：***。

矿石工业类型：***。

4、矿体围岩与夹石

矿区***。

第四节 矿区土地利用现状及采矿用地审批情况

一、采矿权范围及采矿活动影响范围土地利用情况

1、采矿权范围土地利用类型

采矿许可证确定矿区范围面积为***km²，根据第三次土地利用调查成果图，按照《土地利用现状分类》（GB/T2010-2017）标准对采矿权内土地利用类型进行统计。采矿活动影响范围均位于矿区范围内。

采矿权土地利用类型为***。采矿权土地利用类型及面积见表 2-3。

表 2-3 矿区土地利用现状表

2、矿区土地利用权属情况

根据全国第三次土地利用现状调查资料及调查走访，土地权属为***所有。矿区工程场地所在位置权属为***，权属明确，界线明显，不存在争议。矿区土地利用权属见表 2-4。

3、矿区范围耕地及基本农田分布情况

矿区范围内有耕地，但是无基本农田分布。工程场地不损毁耕地。

表 2-4 矿区土地利用权属表

单位：hm²

图 2-2 矿区土地利用现状图

二、用地审批情况

矿山工程场地已经建设完成，根据调查和资料收集，矿山现有工程场地无审批手续，矿山后续建设按照开发利用方案设计的工程场地进行建设，开工建设前进行用地手续的办理。

第五节 矿区生态状况

一、生态功能区划

根据《内蒙古生态功能区划》，项目区一级生态功能区属于 II 大兴安岭中南部落叶阔叶林—森林草原生态区，二级生态功能区属于 II-2 大兴安岭南部落森林草原生态亚区，三级生态功能区属于 II-2-5 燕山北部山地灌丛、草原涵养水源土壤保持生态功能恢复重建区。该区生态系统服务功能主要为生物多样性、水源涵养、水土保持、有机质生产，草原区的放牧应该合理，加强水土保持和生态监管工作。

根据《赤峰市宁城县国土空间总体规划（2021-2035 年）》，属于宁城县内生态保护一般区，故本项目符合国家重点生态功能区的发展方向，符合《内蒙古自治区主体功能区划》。内蒙古主体功能区划分总图及本项目位置关系见图 2-3。

图 2-3 宁城县生态保护重要性分区图

二、生态本底状况

根据《宁城县国土空间总体规划》，樱桃沟矿区位于赤峰市宁城县西南部，地处燕山北麓低山丘陵与大兴安岭西南段交汇地带，是西辽河上游重要水源涵养区，拥有森林、灌丛、草地、沟谷湿地等完整且多样的生态系统。内蒙古东部重要生态安全屏障向南延伸的关键组成部分。区内生态系统以天然次生林、山地灌丛、典型草原为基底，沟谷水系发育。樱桃沟矿区生态本底条件优良，生态系统结构完整。

1、生态系统类型构成与面积比例

项目区属燕山北麓低山丘陵水源涵养生态功能区，生态系统以森林、灌丛、草地为主体。森林生态系统：占比***%；灌丛生态系统：占比***%；草地生态系统：占比***%；矿区农田生态系统：占比***%；水域与湿地生态系统：占比***%；城镇生态系统***%。

2、生态系统类型面积变化率（2016-2026 年）

近 10 年受生态保护与矿山活动双重影响，生态系统格局发生小幅变化：森林：+3.8%，天然林保护与封育成效明显；灌丛：+1.2%，部分向疏林演替或被开垦；草地：+2.5%，局部退化及被占用；农田：+0.9%，坡麓零星开垦；水域湿地：+0.4%，水量季节性减少；裸岩与工矿用地：+1.5%，历史采矿扰动持续。总体表现为森林稳步恢复、草地局部退化、工矿用地小幅扩张。

3、景观格局指数（标准化 0-1）

矿区整体格局良好、局部因采矿破碎化突出。斑块密度：***，整体破碎化程度中等；景观连通度：***，生态基质连通性较好；聚集度指数：***，同类斑块集中连片；破碎化指数：***，整体景观结构稳定。

4、物种组成及群落特征

区内处于华北、东北、蒙新植物区系过渡带，生物多样性较为丰富。

维管植物：***科***属***种，乔木以油松、蒙古栎为主，灌木以山杏为主，草本以羊草、针茅为主；

野生动物：哺乳类***种、鸟类***种、两栖爬行类***种；

群落结构：森林为乔-灌-草三层结构，郁闭度***，灌丛、草地结构相对简单。

5、生态系统功能

水源涵养：属西辽河上游重要水源涵养区，年均涵养量***万 m³，单位面积涵养能力***m³/hm²·a，森林贡献率超***，整体功能良好。

防风固沙：地处京津风沙源治理区，年均固沙量***万 t，单位面积固沙能力*** t/hm²·a，林草可降低风速***，风蚀总体轻微。

土壤保持：年均土壤保持量***万 t，单位面积保持能力*** t/hm²·a，全区侵蚀模数***t/km²·a，属轻度侵蚀。

碳储量：总碳储量***万 t，其中植被碳***万 t、土壤碳***万 t，森林为主要碳库。

6、生态系统质量

植被覆盖度：全区***%，林灌草覆盖良好，采矿区仅***%；

土壤质量：以褐土为主，土层厚***；

生物多样性：物种丰富度较高，保护物种分布集中但范围狭窄，易受扰动；

生态健康度：综合评价***，整体处于良好水平。

生态保护主要措施：加强天然林保护和退化生态系统恢复重建的力度；严格草地管理，实施禁牧或限牧；严格控制新建水利工程项目；加强矿产资源开发监管力度。

三、生物多样性调查

1、植被类型与盖度

调查区地处燕山北麓低山丘陵区，属华北植物区系与蒙古植物区系过渡地带，植被类型以温性针叶林、落叶阔叶林、落叶阔叶灌丛及典型草原为主。乔木以油松、蒙古栎为优势种，矿区范围内无蒙古栎分布，仅在矿区西侧零星分布少量天然油松，矿区东南侧主要为矿山自主种植的松树。内灌木以荆条、虎榛子为主，草本以羊草、针茅为建群种。区域植被群落结构完整，***。历史采矿损毁区植被盖度仅

***，以一年生草本为主，群落结构简单，生态功能较弱。

2、动物多样性现状

区内林、灌、草、沟谷相间分布，为野生动物提供了良好栖息条件。经调查，区域内分布哺乳动物***科***种，主要有狍、赤狐、草兔、花鼠等，鸟类***科***种，以环颈雉、斑鸠、喜鹊、啄木鸟及雀形目鸟类为主；两栖爬行类***科***种，主要为中华大蟾蜍、中国林蛙、丽斑麻蜥等。整体动物种群较为稳定，但矿区内较少直接分布。

3、生态脆弱性分析

生态系统整体为中度脆弱，采矿扰动区为高度脆弱。一是地形坡度较陡，土层厚度 30-60cm，抗侵蚀能力弱，植被破坏后易发生水土流失；二是降水时空分布不均，春旱多风、夏季降雨集中，风蚀水蚀交替发生；三是人为扰动导致生境破碎化，植被自然恢复周期长；四是生态系统自我调节能力有限，受干扰后易发生逆向演替。

4、生物多样性敏感度分析

按照生境重要性及干扰响应程度，将区域划分为不同敏感等级。高敏感区为沟谷溪流、成熟林地及重点保护动物活动区域，对生境破坏、水源扰动高度敏感；中敏感区为灌丛、草地，破坏后可通过封育逐步恢复；低敏感区为工矿废弃地、简易道路及平缓耕地，生物多样性水平较低。矿区整体生物多样性敏感度为中等。

5、生物多样性保护

坚持保护优先、自然恢复为主的原则，实施生物多样性保护与修复。一是严格保护天然次生林、原生灌丛及草地，禁止滥伐、过度放牧及无序开垦，维持原生群落结构；二是保护沟谷溪流、湿地等关键生境，保障野生动物饮水、觅食及迁徙通道；三是对采矿损毁区开展乡土树种植被重建，优先选用山杏、羊草、针茅等本地物种，提升栖

息地连通性；四是建立生物多样性监测与巡护体系，长期跟踪植被、动物种群变化；五是严格落实国土空间管控及生态保护要求，实现生态保护与矿山修复协调发展，持续提升区域生物多样性水平。

总体来看，区内动物群落结构相对简单；工程扰动主要集中于矿区建设用地，对区域整体生物多样性影响有限。工程建设和生态修复过程中，通过采取乡土物种恢复、栖息地保护、减少人为扰动等措施，可有效维护区域生态系统结构、功能与生物多样性完整性。

第六节 矿区及周边人类重大工程活动

一、矿区地表工程设施

根据现场调查，矿区现状存在的工程场地有 SJ1 工业场地、SJ1 废石场、SJ2 工业场地、SJ2 废石场、钻井平台、废弃道路、排水沟、生活区、切坡、道路等场地。

本矿山采矿权人宁城华泰矿业有限公司，矿区周边3km范围内没有其它采矿权、探矿权设置。

二、周边人类重大工程活动

矿区位于赤峰市宁城县大城子镇樱桃沟村，周边人类工程活动以矿业开发、农村建设、道路交通、小型水利及农林活动为主，无大型工业、大型水利枢纽及国家级重大工程。

矿区 3km 范围内没有采矿权分布，无大型连片露天开采及重大地质环境问题。

矿区范围内无村民分布，矿区周围附近分布樱桃沟村及零散农户，最近居民点距矿区大于 300m；周边建筑以村民住宅为主，无高层建筑、大型工业厂房等重大建（构）筑物。

矿区周边人类工程活动强度较弱、以局部点状扰动为主，本次生态修复重点针对矿山损毁土地、水土流失及植被破坏区域进行治理，

与周边生态保护格局相协调，保障区域水源涵养与水土保持功能。

周边人类工程活动较少，未见有工程建设活动。

第七节 矿区生态修复工作情况

一、前期生态修复工作内容

由于矿山一直未开采，场地均为探矿期间就产生的，场地较少，矿山已经对部分不再继续使用的场地进行了治理恢复，根据现场调查实测，矿山主要治理的工程场地为炸药库、废弃的 SJ1 废石场。

照片 2-4 炸药库

照片 2-5 废弃的 SJ1 废石场

二、取得成效

前期生态修复效果较好，地形地貌景观较为协调，植被恢复茂盛，大部分已经完全看不出来前期破坏痕迹。通过前期生态修复工作的开展，使矿山前期生产产生破坏场地及时得到了修复。

通过前期治理，可体现出植被恢复后管护的重要性，因此后续矿山进行生态修复工作时，注意后期植被的成活率监测，并及时进行灌溉和保证。植被种类选择成活率高适应当地的植被至关重要。

三、存在问题

现状调查仍存在探矿期间产生的钻机平台、切坡、废弃道路等后续不继续利用的场地并未治理的，将其全部纳入生态修复区内，在近年进行重新设计生态修复工作。

第八节 矿区基本情况调查监测指标

结合矿区实际，根据矿区开采前生态修复监测内容与监测指标表（见表 2-5、2-6）。

表 2-5 矿区生态修复监测内容与监测指标表

表 2-6 矿区生态修复监测内容与监测指标表

第三章 问题识别诊断及修复可行性分析

矿区生态修复评价对象为宁城华泰矿业有限公司宁城县樱桃沟金钼矿，矿区生态修复评价范围为现有矿区范围及矿业活动影响范围的不良地质因素存在的范围。本矿山现状形成的工程场地均位于矿区范围内，因此综合考虑矿业活动影响情况确定矿区生态修复范围面积188.1300hm²。

图 3-1 生态修复区正射影像

第一节 问题识别与受损预测

一、现状问题

（一）地质环境问题现状

1、矿山现状不稳定地质体

根据现场调查，矿山停产多年，现状场地均为探矿期间产生，现状两处废石场均为顺坡堆放，且堆放坡角较缓，SJ1 废石场坡角建设了挡渣墙；SJ1 工业场地西侧存在一处较大切坡，坡面较陡近似直立，但是切坡面稳定，现状没有发生过崩塌、滑坡等地质灾害。

根据收集的开采方案、原矿山地质环境治理方案、年度治理计划书等资料和现场勘查，矿山现状未形成地下采空区，同时矿山并未出现过塌陷、沉陷、地裂缝等地质灾害。

经现场调查访问，历史上未发生泥石流地质灾害。

综上所述，现状条件下，矿区生态修复影响范围内地质灾害不发育。现状评估地质灾害影响程度分级为较轻。

2、矿山含水层破坏现状

根据现状调查并结合矿区水文地质资料，矿业活动可能影响的含水层为基岩裂隙水含水层，其影响程度论述如下：

（1）含水层结构破坏

现状 SJ1 井口标高***m,井深***m; SJ2 井口标高***m,井深***m,基岩裂隙水水位标高***m。井巷工程破坏了局部区域的基岩裂隙含水层结构,矿山停产多年,所以现状矿山开采对含水层结构的破坏程度较轻。

(2) 矿井疏干对含水层的影响

据实地调查,矿山停产多年,现状坑道平均涌水量小于 100m³/d,矿区及周围主要含水层水位下降幅度小,矿井排水对含水层影响程度较轻。

(3) 矿山开采对矿区及附近水源的影响

矿区水系不发育,现状条件实施的井巷工程未对矿区及附近水源产生影响。

(4) 对地下水水质影响

该矿属自取得采矿证后一直并未正式生产,内蒙古赤峰地质矿产勘查开发有限责任公司于 2026 年 5 月 22 日对矿山的地下水进行了检测,取样位置为生活用水水井、矿区下游村庄村民水井,根据报告的检测结果显示,两份水样氟(氟离子 2.34mg/L、氟离子 2.40mg/L)超标,但是矿山并未进行过正式的开采,因此氟大概率为区域原生地质本底超标,矿山开采并非氟超标的主因,矿山开采存在局部加剧氟释放、地下水氟含量抬升的潜在叠加影响,整体氟超标根源是矿区地层天然地质条件。两处水样其余常规指标、重金属指标全部满足Ⅲ类地下水标准。

综上所述,根据中华人民共和国地质矿产标准《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》(DZ/T 0223-2011)附录 E,现状条件下,矿山开采对含水层影响较轻。

3、矿区地形地貌景观破坏现状

矿业活动影响了原有地形地貌景观，矿区附近无各类地质遗迹、自然保护区、人文景观、风景旅游区，附近无高等级公路，现状对地形地貌景观影响主要为 SJ1 工业场地、SJ2 工业场地、SJ1 废石场、SJ2 废石场、钻井平台、废弃道路、排水沟、生活区、矿区道路。

根据《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》（DZ/T0223-2011），参考国家和地方相关部门规定的划分标准，将地形地貌景观破坏程度等级数确定为 3 级标准，分别定为：较轻、较严重、严重。可以定义如下：

- a) 较轻：地形地貌景观破坏程度轻微，轻微影响视觉效果；
- b) 较严重：地形地貌景观破坏程度较严重，中等影响视觉效果；
- c) 严重：地形地貌景观破坏程度严重，严重影响视觉效果。

评价因素的具体等级标准目前国内外尚无精确的划分值，修复方案通过选取合适的因素因子采用多因素评价法划分地形地貌景观的破坏程度等级。根据类似项目的地形地貌景观破坏因素调查情况，结合项目区实际情况，同时参考各相关学科的实际经验数据，选取因素因子，进而根据从重原则确定地形地貌景观破坏程度等级。

挖损、压占破坏地形地貌景观程度评价因素等级标准见下表。

表 3-1 地形地貌景观破坏程度评价因素及等级标准表

表 3-2 地形地貌景观破坏程度评分界线表

根据表 3-1、表 3-2 通过各项评估因子对生态修复区内各场地打分，并对各工程单元进行地形地貌景观现状评估。分述如下：

1、SJ1 工业场地

SJ1 工业场地位于矿区中部，损毁土地面积 4145m²，主要由竖井、卷扬机房、运输轨道组成。竖井井口标高***m，井口规格 2.5×2.5m，井塔高 10m，井深***m；卷扬机房规格为长 10m、宽 10m、高 3m。场地建筑物西北侧有一处较大切坡，切坡长约为 120m，坡面较陡，近

似直立，切坡高度约为 3-8m。场地内部较为平整，场地的建设与原地貌不相协调的人工建筑，直接破坏了原生的地形地貌景观和植被，现状评估其对地形地貌景观的影响较严重（见照片 3-1）。

表 3-3 地形地貌景观破坏程度评价表

照片 3-1 SJ1 工业场地

2、SJ2 工业场地

位于 SJ1 工业场地北约 300m 处，场地面积为 3901m²，井口标高***m，井口规格 2.5m×2.5m，井深***m，配置有卷扬房、值班室等，场地南侧存在一处切坡，切坡较陡，长度约为 50m，但是岩体稳定，切坡高度约为 1.5-3.5m，场地内部较为平整，但场地内的井架、建筑及堆放的杂物破坏了原有的地形地貌景观，与周围景观不协调，对地形地貌景观影响程度为较严重（见照片 3-2）。

表 3-4 地形地貌景观破坏程度评价表

照片 3-2 SJ2 工业场地

3、SJ1 废石场

SJ1 矿石场紧邻 SJ1 工业场地，占地面积 3901m²，堆积标高 861-842m，坡面角***，堆放量约***m³（三角网法计算方量成果见图 3-2），堆积高度约***m。废石直接堆置于原地貌上，造成地面起伏，景观上不协调，对地形地貌景观影响较严重（见照片 3-3）。

表 3-5 地形地貌景观破坏程度评价表

照片 3-3 SJ1 废石场

图 3-2 SJ1 废石场方量计算图

4、SJ2 废石场

SJ2 废石场紧邻 SJ2 工业场地，场地面积为 2691m²，堆积标高***m，坡面角***，堆放量约***m³（三角网法计算方量成果见图 3-3），堆积高度约 6-17m。废石直接堆置于原地貌上，造成地面起伏，景观上不协调，对地形地貌景观影响较严重（见照片 3-4）。

表 3-6 地形地貌景观破坏程度评价表

照片 3-4 SJ2 废石场

图 3-3 SJ2 废石场方量计算图

5、钻井平台

钻井平台位于 SJ 工业场地西侧山坡上，场地面积 1248m²，探矿期间形成，挖损深度较浅，约为 0.5-1.5m，场地内部零散堆放挖损过程中产生的废渣，场地的存在使其形成斑块，与周围景观不协调，对地形地貌景观影响程度为较严重（见照片 3-5）。

表 3-7 地形地貌景观破坏程度评价表

照片 3-5 钻井平台

6、废弃道路

废弃道路位于 SJ1 工业场地西南侧山坡，和矿区中部，主要为探矿期间产生，场地面积为 3630m²，场地的挖损使其与周围景观不协调，对地形地貌景观影响程度为较严重（见照片 3-6）。

表 3-8 地形地貌景观破坏程度评价表

照片 3-6 废弃道路

7、排水沟

排水沟位于 SJ1 工业场地西侧，长 160m，深 0.5m，排水沟宽 2m，排水沟开挖时对山体产生切割，开挖产生的废石顺坡堆放在排水沟东侧，因此排水沟整体占地面积为 1463m²。场地的开挖破坏了原有植被，降低了当地地形地貌景观的整体和谐度，对地形地貌景观影响程度较严重（见照片 3-9）。

表 3-9 地形地貌景观破坏程度评价表

照片 3-7 排水沟

8、生活区

生活区位于 SJ2 工业场地东北约 200m 处，占地面积为 783m²。主要有休息室、仓库组成。为简易活动房屋，场地的建设破坏了原有植被，降低了地形地貌景观的整体和谐度，对地形地貌景观影响程度较严重（见照片 3-8）。

表 3-10 地形地貌景观破坏程度评价表

照片 3-8 生活区

9、矿区道路

矿区道路为连接矿山各单元来往运输场地所用，道路宽 2-5m，平均宽度 4m，总面积为 6682m²，现状调查共有 5 处，切坡坡面约为 40-70°，切坡高度为 0.5-6m，该场地的建设对地表形态、植被等产生直接的破坏，场地的建设对地形地貌景观影响较严重（见照片 3-10）。

表 3-11 地形地貌景观破坏程度评价表

照片 3-9 矿区道路

照片 3-10 切坡

4、矿山地质环境问题现状综合评价

综上所述，现状下矿山地质环境问题现状综合评价将尾矿库及附属设施评估为严重，将 SJ1 工业场地、SJ2 工业场地、SJ1 废石场、SJ2 废石场、钻井平台、废弃道路、排水沟、生活区、矿区道路评估为较严重区，见下表。

表 3-13 现状矿山地质环境问题说明表

（二）土地损毁问题现状

1、土地损毁程度评价指标

（1）土地损毁评价标准

根据现场调查，损毁方式主要有压占和挖损两种。

根据国家和地方相关部门规定的划分标准，将土地损毁程度等级数确定为一级（轻度损毁）、二级（中度损毁）、三级（重度损毁）等 3 级标准。评估标准如下：

- ① 轻度损毁：土地破坏轻微，基本不影响土地利用功能；
- ② 中度损毁：土地破坏较严重，影响土地利用功能；
- ③ 重度损毁：土地严重破坏，丧失原有土地利用功能。

方案在矿区土地损毁程度评价中按矿山损毁土地类型来选择参评因素，并结合前人经验和各学科的具体指标，选择损毁类型土地的

主要参评因素。矿业活动已损毁土地资源影响主要表现为矿山地面建设区对土地的塌陷、压占、挖损，依据《土地复垦编制规程》对该矿山土地损毁情况进行现状评价，影响因素的等级标准划分见下表。

表 3-14 土地损毁分级参考标准表
表 3-15 土地损毁程度评分界线表

(2) 土地损毁程度分析

现状损毁单元包括：SJ1 工业场地、SJ2 工业场地、SJ1 废石场、SJ2 废石场、钻井平台、废弃道路、排水沟、生活区、矿区道路。各单元损毁土地程度评价如下：

表 3-16 压占损毁土地损毁程度评价表
表 3-17 挖损损毁土地损毁程度评价表

2、土地损毁类型

根据全国第三次土地利用现状资料，现状已损毁的土地资源利用类型有：***。土地权属***管辖，界限清晰无争议，不占用基本农田。

表 3-18 已损毁土地资源统计表

(三) 生态受损与退化现状

矿山因长期开采形成的地表工程建设，会导致矿区生态系统发生退化，生态系统退化主要包括：植被功能损毁、生物多样性丧失、水土流失以及周围场地环境污染等问题。

1、植被损毁

矿区周边原生植被主要以灌丛为主，主要为山杏，草本植物有羊草、针茅等为主，这些植被适应贫瘠土壤和低降水环境。羊草和针茅是优良牧草。

矿山建设对矿区植被损毁方式包括：根系挖掘破坏、表土机械碾压和废弃物覆盖掩埋、化学污染、水文干扰五大类。① 根系挖掘破坏是在矿区基建或开采准备阶段，机械设备剥离表土以暴露矿层，导致浅根系植被（如羊草和针茅）的根部暴露、断裂或移除，形成植被真

空区；② 表土机械碾压是矿区施工和运输过程中，重型机械反复碾压表土，导致土壤板结，植被茎叶折断、根系压缩，进而水分渗透减少、氧气交换受阻；③ 堆积物覆盖是指矿区开采产生的废石堆积于原生植被上，形成覆盖层，阻挡阳光和空气，导致底层植物光合受阻、根系窒息，最终枯萎死亡，新植被因覆盖物缺乏养分和排水不良导致生长迟缓；④ 水文干扰是指抽排水改变地下水位，造成植被干旱或淹没，易导致群落退化。

根据现场的调查实测以及资料收集，现状工程场地中，损毁土地利用类型中***，工程场地原植被覆盖度约为 60%左右，现状调查采矿业植被覆盖度 15-30%，综合考虑场地使用情况和后续植被修复需要拆除、清运、垫坡、覆土后复垦修复，确定 SJ1 工业场地、SJ2 工业场地、SJ1 废石场、SJ2 废石场、钻井平台、废弃道路、排水沟、生活区、矿区道路设施对植被损毁程度为“较严重”。

2、土壤污染

该矿属自取得采矿证后一直并未正式生产，内蒙古铭科环境检测有限公司于 2026 年 5 月 25 日对矿山的土壤进行了检测，根据检测报告，取样位置为 SJ1 废石场东侧（耕地）、SJ1 废石场东侧（林地）共 2 个点位。检测项目为：pH、砷、镉、六价铬、锌、铜、铅、汞。土壤取样点位置见下表：土壤取样点位相位置见下图：

表 3-19 土壤取样点位置坐标表

图 3-4 土壤取样点位置图

土壤检测共布设 2 个点位，8 个检测项目，检测结果见附件 8 土壤检测报告。

根据检测报告的结果显示，土壤样品六价铬无限值不予评价，其余检测指标符合《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)表 1 的要求。

综上所述，现状条件下，采矿活动对土壤环境影响程度“较轻”。

3、生物多样性丧失

矿山开采方式和损毁特征：本矿山采用地下开采工艺，井下采掘作业不直接大面积剥离地表植被，矿区现状工程活动造成的场地损毁面积共计 3.2328hm²。生态损毁主要来源于地面配套工程及井下采空次生灾害。现状场地通过挖损、压占形式破坏原生地表结构，同时施工爆破、物料运输产生的粉尘与噪声持续扰动周边环境，植被清除导致初级生产力下降，草本群落生物量降低、覆盖度减少，挖损区局部裸露，群落结构趋于简化，部分植被因工程扰动受损。

生物多样性背景条件：矿区地处半干旱山地，生态本底极为脆弱，植食性昆虫及依赖草地栖息的小型鸟类、啮齿类动物，因食物来源减少、巢穴破坏及人为活动驱赶，种群数量出现局部下降，土壤动物群落亦因压实和有机质输入中断而趋于退化。项目区物种组成以常见乡土种为主，未发现国家重点保护野生动植物，周边同类生境分布广泛，

生物多样性影响现状：矿山开采及配套工程扰动造成矿区原生植被群落退化、栖息地萎缩破碎，割裂了野生动物迁移活动通道，受环境扰动影响，区域动植物活动频次、种群丰富度明显下降。同时地表土体破损破坏了土壤微生物生存环境，土壤生态结构持续受损。矿区受损区域无法依靠自然演替恢复原有生态格局，存在生物多样性持续退化、逐步丧失的风险。

因此，矿区建设对原始生物多样性影响较小，故根据现状判定矿山前期生产建设对生物多样性影响较轻。

4、水土流失

（1）因素分析

结合矿区实际情况，水土流失的核心成因可归纳为四大类，各因

素相互作用、叠加放大，加剧了侵蚀程度。

① 植被防护体系受损，人为开发活动导致区域原生植被大量损毁，水土保持植被覆盖不足，地表失去天然防护屏障，无法有效截留降水、减缓径流流速，对土壤的固持作用大幅弱化；

② 土壤抗侵蚀能力下降，长期的地表扰动的表土流失、机械压实等行为，破坏了土壤原有结构，土壤孔隙度降低、团聚体稳定性变差，抗冲刷能力与抗风蚀能力显著弱化，易被水流或风力侵蚀搬运；

③ 地形扰动加剧，废石、废渣随意堆存形成松散堆积体，区域地形坡度显著增加，导致坡面径流流速加快，水流侵蚀力增强，同时松散堆积体自身稳定性差，易发生重力侵蚀与水力冲刷叠加现象；

④ 水土保持防护措施缺失，针对裸露地表重点侵蚀区域，未采取挡渣、护坡、植被恢复等有效的水土保持防护措施，无法从源头遏制水土流失，进一步放大了自然侵蚀与人为扰动的叠加影响。

（2）现状情况分析

本矿区处于区域径流河流排泄区域，表土在雨季易受降雨冲刷的影响，从而加剧水土流失，受植被损毁、裸露地表增加及土壤理化性质恶化等问题叠加影响，矿区水土流失以水力侵蚀为主。

结合矿区实际调查显示，雨季时坡面径流冲刷裸露地表及坡面，局部已形成浅冲沟，泥沙流失量较大；旱季时，裸露表土及松散弃渣易被大风扬起，形成扬尘，不仅加剧土地沙化风险，还对周边植被生长产生覆盖性干扰。同时，植被覆盖度降低导致土壤蓄水能力下降，进一步提升了水土流失的风险等级。综上所述，现状工程场地对水土流失影响“较严重”。

5、水环境污染

该矿属自取得采矿证后一直并未正式生产，***于 2026 年 5 月

22 日对矿山的地下水进行了检测，取样位置为生活用水水井、矿区下游村庄村民水井，检测项目为：pH、色度、浊度、总大肠菌群细菌总数、 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 NO_3^- 、 NO_2^- 、 F^- 、Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Mn、Li、Sr、As、Hg、COD(O_2 计)、 H_2SiO_3 、游离 CO_2 、侵蚀性 CO_2 、溶解性总固体、总硬度、暂时硬度、负硬度、总碱度、总酸度。采样点相对位置见图 3-1。

表 3-20 地下水取样位置坐标表

图 3-5 水质取样点位置图

水质检测共布设 2 个点位，检测结果见附件 8 水质检测报告，两份水样氟（氟离子 2.34mg/L、氟离子 2.40mg/L）超标，但是矿山并未进行过正式的开采，因此氟大概率为区域原生地质本底超标，矿山开采并非氟超标的主因，矿山开采存在局部加剧氟释放、地下水氟含量抬升的潜在叠加影响，整体氟超标根源是矿区地层天然地质条件。两处水样其余常规指标、重金属指标全部满足Ⅲ类地下水标准。

根据检测报告结果，地下水除氟指标受天然地质背景影响超标外，其余各项指标均符合《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）Ⅲ类标准。

6、生态系统受损现状综合评价

参照《金属矿土地复垦与生态修复技术规范》（GB/T 43933-2024）中 6.2.3 条款等相关规范，结合上述评估内容，确定矿区生态环境影响程度见表 3-21。

表 3-21 矿区生态受损程度现状综合评价表

针对现状问题，根据上述生态修复区内不稳定地质体分析程度、含水层破坏分析程度、地形地貌景观破坏现状分析、土地资源破坏损毁现状分析以及生态受损与退化分析程度，综合将矿山开采各单元按矿山地质环境影响程度划分为重度损毁区、中度损毁区和轻度损毁区，

见下表：

表 3-22 现状问题损毁程度评价表

二、受损预测

（一）地质环境问题预测

1、不稳定地质体

（1）预测塌陷区

矿区影响范围内无天然不稳定地质体存在，矿山开采方式为地下开采，随着矿山恢复生产，采空区形成和扩大，在外力干扰、机械震动的条件下上部可能引发地面塌陷灾害，从而产生不稳定地质体。

根据收集资料，矿体及围岩的物理学性质、矿体的赋存产状、规模以及采用的采矿工艺，并参考国内同类矿山有关数据资料，确定岩体移动角为：***。预测塌陷区范围与《开发利用方案》的岩移范围基本吻合，因此修复方案预测塌陷区范围即为《开发利用方案》的岩石移动范围，面积为 15449m²。

预测塌陷区工程场地有部分重合，重合面积为 2503m²，分别为：SJ2 工业场地（1232m²）、废弃道路（1015m²）、排水沟（256m²）。

地面塌陷平均下沉值 W 计算公式：

计算公式： $W=qM/\cos\alpha$

式中：

M-矿体厚度（m）； A-矿体倾角；

Q-下沉系数，预测模式中下沉系数的大小由岩层产状、力学强度、岩体完整程度、岩体的结构及矿山开采方式、顶底板处理程度等因素综合确定，本次设计取下沉系数为 0.54。

最大下沉值计算如下，见表 3-23.1。

表 3-23.1 开采期间各矿体最大下沉值计算结果表

开采矿体编号	下沉系数	最大矿体厚度(m)	矿体倾角(°)	最大下沉值(m)	平均下沉值
--------	------	-----------	---------	----------	-------

□号矿体	0.54	3.74	80	11.88	8.45
□号矿体	0.54	3.52	79	11.18	7.02

经评估，预测未来采矿活动可能引发采空塌陷及由其引起的次生地面沉陷地质灾害，主要影响其中的自然生态、采矿作业场地、机械和附近部分活动其中的居民和工作人员，危害程度中等，危险性中等。

综上所述，预测矿山生产期间，随着采空区的扩大，采空区塌陷及由其引起的次生地质灾害为矿区主要不稳定地质体，危害程度中等，危险性中等。

（2）泥石流

矿区内部东侧存在小型沟谷，呈东西向发育，该沟谷长约 1.5km，矿区内长约为 700m，宽 150-350m，深度 30-80m 左右，该沟谷为“U”型谷，区内植被覆盖率 90%左右，降雨量小，现状评估泥石流不发育，根据《泥石流灾害防治工程勘查规范》（T/CAGHP006-2018），并根据沟谷特征进行评估，预测矿区东侧沟谷为非泥石流沟，见表 3-23.2。

表 3-23.2 泥石流发育程度量化评分及评判等级标准

表 3-23.3 沟谷泥石流易发程度数量化评价表

经预测评估，沟谷泥石流易发程度得分为 42 分，对泥石流沟易发程度综合评判等级标为弱发育。

2、含水层破坏预测

根据现状调查并结合矿区水文地质资料，矿业活动可能影响的含水层为基岩裂隙水含水层，其影响程度论述如下：

（1）含水层结构破坏

井巷工程破坏了局部区域的基岩裂隙含水层结构，矿区含水层主要为裂隙基岩水，富水性弱，基岩裂隙水水位标高 809.56m。根据《开发利用方案》，矿山最低开采标高为***m，地下开采将继续揭露基岩裂隙含水层，破坏基岩裂隙含水层结构。矿山开采对含水层结构的破坏程度较轻。

（2）矿井疏干对含水层的影响

矿山最低开采标高在地下水位之下，根据《开发利用方案》，矿山 SJ1、SJ2 正常涌水量分别为***m³/d 和***m³/d，开采矿段位于山坡处，且基岩裂隙含水层富水性弱，预测矿山开采使矿区内基岩裂隙含水层水位小幅度下降，所形成的降落漏斗范围计算如下：

$$R = 2S\sqrt{K \cdot H}$$

式中：R-疏干降落漏斗影响半径，m；S-矿井疏干最大水位降深，m；K-含水层渗透系数，m/d；H-含水层原始水头高度，m。

参考周边同类矿山相关数据，渗透系数 K=0.12m/d；含水层原始水头厚度 H=18m，矿井最大疏干水位降深 S=12m，影响半径 R=35.27m，漏斗范围为 0.39hm²。

矿区地处燕山北部低中山，基岩裂隙地下水径流条件一般，外围沟谷存在侧向地下水补给，能够有效抑制漏斗持续向外扩展；疏干降落漏斗局限于采场近域，不会影响周边居民分散式饮用水源，不会造成区域含水层大面积疏干。综合判定，采矿疏干对含水层影响程度为较轻。

（3）矿山开采对矿区及附近水源的影响

矿坑疏干水为基岩裂隙水，矿区及附近用水水源为第四系松散岩类孔隙水，矿坑疏干水对矿区及附近水源影响较轻。

综上所述，预测矿山开采对含水层结构、矿井疏干水、矿区及附近水源的影响较轻。根据《编制规范》，预测矿山开采对含水层破坏影响程度较严重。

3、矿区地形地貌景观破坏预测

矿区内无重要地质地貌景观保护区和地质遗迹、人文景观分布区。矿山的建设、生产，可能对地形地貌景观产生不同程度的影响的主要

因素有 2 方面，一是预测地面塌陷区产生，二是地面工程建设。

根据《开发利用方案》，现状工程场地中 SJ1 废石场、SJ2 工业场地、SJ2 废石场、生活区及部分矿区道路继续利用，其他现状工程场地后续均不继续利用，预测矿山未来开采新增的场地主要为因为地下开采引发的地面塌陷区、拟建竖井工业场地、拟建风井工业场地、拟建矿区道路。下面分别叙述：

根据《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》（DZ/T0223-2011），参考国家和地方相关部门规定的划分标准，将地形地貌景观破坏程度等级数确定为 3 级标准，分别定为：较轻、较严重、严重。可以定义如下：

- a) 较轻：地形地貌景观破坏程度轻微，轻微影响视觉效果；
- b) 较严重：地形地貌景观破坏程度较严重，中等影响视觉效果；
- c) 严重：地形地貌景观破坏程度严重，严重影响视觉效果。

评价因素的具体等级标准目前国内外尚无精确的划分值，修复方案通过选取合适的因素因子采用多因素评价法划分地形地貌景观的破坏程度等级。根据类似项目的地形地貌景观破坏因素调查情况，结合项目区实际情况，同时参考各相关学科的实际经验数据，选取因素因子，进而根据从重原则确定地形地貌景观破坏程度等级。

塌陷、挖损、压占破坏地形地貌景观程度评价因素等级标准见下表。

表 3-24 地形地貌景观破坏程度评价因素及等级标准表

表 3-25 地形地貌景观破坏程度评分界线表

根据表 3-1、表 3-2 通过各项评估因子对生态修复区内各场地打分，并对各工程单元进行地形地貌景观现状评估。分述如下：

（1）预测塌陷区

预测塌陷区面积为 15449hm²，最大塌陷深度为 11.88m，平均下

沉值 7.74m，破坏原有地形地貌，与自然景观不协调，对原生的地形地貌景观影响和破坏程度大，因此预测地面塌陷区对矿山地形地貌景观破坏影响严重。

表 3-26 地形地貌景观破坏程度评价表

(2) 拟建竖井工业场地

拟建主竖井工业场地位于矿区东南部，原探矿 SJ1 西 40m 处，场地由主竖井、卷扬机房、机修车间等组成，占地面积为 1305m²，设计井深 101m，井口断面 2.5×2.5m。场地建设期间需要注意不产生切坡，但是建筑物的形成改变了原生地形地貌景观，造成与原有自然景观不协调，预测采矿活动对该区的地形地貌景观影响程度较严重。

表 3-27 地形地貌景观破坏程度评价表

照片 3-1 拟建竖井工业场地

(3) 拟建风井工业场地

拟建风井 FJ1 工业场地位于矿区东南部，损毁土地面积 835m²，由风井、主扇机房等组成。设计井深 91m，井口断面 2.5×2.5m。场地建设期间需要注意不产生切坡，建筑物的形成改变了原生地形地貌景观，造成与原有自然景观不协调，预测采矿活动对该区的地形地貌景观影响程度较严重。

照片 3-2 拟建风井工业场地

表 3-28 地形地貌景观破坏程度评价表

(4) 矿区道路

拟建矿区道路用于连接拟建的竖井和风井工业场地，道路宽约为 4m，面积 953m²，现状道路用于连接各个工程场地，面积为 6682m²，合计道路面积为 6800m²，场地的建设对地表形态、植被等产生直接的破坏，场地的建设对地形地貌景观影响较严重。

表 3-29 地形地貌景观破坏程度评价表

(5) 其他原有地面工程对矿区地形地貌景观破坏预测评估

地面其他工程为已建设的 SJ1 工业场地、SJ2 工业场地、SJ1 废石场、SJ2 废石场、钻井平台、废弃道路、生活区、切坡，预测各个单元对矿区地形地貌景观破坏程度与现状一致，不再赘述。

需要指出的是，SJ1 工业场地、钻井平台、废弃道路、排水沟、切坡、部分矿区道路后续不再继续利用，同时 SJ1 工业场地、废弃道路、排水沟有部分位于预测塌陷区范围内。矿山地质环境影响现状评估和预测评估结果不一致时，采取就重不就轻的原则。

4、矿山地质环境问题预测综合评价

综上所述，预测矿山地质环境问题综合评价程度见表 3-30。

表 3-30 预测矿山地质环境问题说明表

（二）土地损毁问题预测

1、生产工艺流程和土地损毁环节及时序

（1）生产工艺流程

该矿属采用地下开采方式，矿山生产工艺流程为巷道开拓→开拓采准→回采→出矿→采空区回填→矿石运输→出售。

（2）土地损毁环节及时序

① 损毁环节

矿山现状工程场地均已经建设完成，后续矿山生产可能产生地面塌陷地质灾害，因此将矿山对土地造成损毁的环节分为前期基建期损毁、生产期损毁两个损毁环节。

② 损毁时序

前期基建期形成了的工程场地中，SJ1 工业场地、SJ2 工业场地、SJ1 废石场、SJ2 废石场、生活区、矿区道路对土地造成了压占损毁，钻井平台、废弃道路、排水沟、切坡对土地造成了挖损损毁。

矿山在生产过程中，拟建竖井工业场地、拟建风井工业场地、拟建道路对土地造成了压占损毁，预测塌陷区对土地资源造成塌陷损毁。

2、土地损毁程度评价指标

(1) 土地损毁评价标准

根据现场调查，损毁方式主要有压占、塌陷和挖损三种。

根据国家和地方相关部门规定的划分标准，将土地损毁程度等级数确定为一级（轻度损毁）、二级（中度损毁）、三级（重度损毁）等 3 级标准。评估标准如下：

- ① 轻度损毁：土地破坏轻微，基本不影响土地利用功能；
- ② 中度损毁：土地破坏较严重，影响土地利用功能；
- ③ 重度损毁：土地严重破坏，丧失原有土地利用功能。

方案在矿区土地损毁程度评价中按矿山损毁土地类型来选择参评因素，并结合前人经验和各学科的具体指标，选择损毁类型土地的主要参评因素。矿业活动已损毁土地资源影响主要表现为矿山地面建设区对土地的塌陷、压占、挖损，依据《土地复垦编制规程》对该矿山土地损毁情况进行现状评价，影响因素的等级标准划分见表 3-31。

表 3-31 土地损毁分级参考标准表

表 3-32 土地损毁程度评分界线表

(2) 土地损毁程度分析

预测损毁单元包括：预测塌陷区、拟建竖井工业场地、拟建风井工业场地、SJ1 工业场地、SJ2 工业场地、SJ1 废石场、SJ2 废石场、钻井平台、废弃道路、排水沟、生活区、矿区道路。各单元损毁土地程度评价如下：

表 3-33 塌陷损毁土地损毁程度评价表

表 3-34 压占损毁土地损毁程度评价表

表 3-35 挖损损毁土地损毁程度评价表

3、土地损毁类型

根据全国第三次土地利用现状资料，预测损毁破坏的土地资源利用类型有：***。土地权属***管辖，界限清晰无争议，不占用基本农田。

表 3-36 预测损毁土地资源统计表

（三）生态受损与退化预测

矿山因长期开采形成的地表工程建设，会导致矿区生态系统发生退化，生态系统退化主要包括：植被功能损毁、生物多样性丧失、水土流失以及周围场地环境污染等问题。预测主要生态受损与退化情况的变化为预测塌陷坑的出现。

1、植被损毁

预测矿山后续开采拟建的场地和塌陷区形成，大部分植被将被损毁，对植被破坏范围较大，植被修复需要回填、覆土后复垦修复，故所有工程场地对植被损毁程度为“较严重”。

2、土壤污染

预测矿山的开采不会对周边土壤造成污染，未来废石淋溶水对周边土壤的污染较轻。

3、生物多样性丧失

矿山开采方式为地采，工程活动通过直接清除地表植被、压占土壤及切割连续生境，对区域生物多样性产生多重影响。植被清除导致初级生产力下降，草本群落生物量降低、覆盖度减少，挖损区局部裸露，群落结构趋于简化；植食性昆虫及依赖草地栖息的小型鸟类、啮齿类动物，因食物来源减少、巢穴破坏及人为活动驱赶，种群数量出现局部下降，土壤动物群落亦因压实和有机质输入中断而趋于退化。同时，采场、道路及工业场地将原有生境分割为多个孤立斑块，边缘效应增强，部分活动范围小的动物被迫向外围迁移，斑块间种群基因交流受到一定阻碍。但是，项目区物种组成以常见乡土种为主，未发现国家重点保护野生动植物，周边同类生境分布广泛，上述影响主要局限于矿区及直接扰动区域，不会造成区域物种灭绝或生态系统功能崩溃，属于局部性、可恢复的生态扰动。故根据现状判定矿山前期生

产建设对生物多样性影响较轻。

4、水土流失

预测塌陷区形成后，范围内大部分植被将被损毁，破坏了原始地表植被，植被涵养水源功能受到损毁，地表裸露区域面积增加，降水冲刷、风蚀等加剧表层土壤流失，加重水土流失问题，因此预测矿山生产对水土流失问题为“较严重”。

5、水环境污染

矿山开采方式为地采矿山，直接出售矿石，因此水环境潜在污染来源主要为井下开采产生的矿井涌水、采区及废石堆放场地雨水淋溶水，同时存在少量办公生活污水。矿体伴生少量硫化矿物，地下水、雨水渗流冲刷岩体与废石堆，会裹挟细微岩渣及微量金属组分，易对周边水体产生潜在扰动。

矿区周边多为季节性山间冲沟，无常年大型地表水系，地下水径流迁移速度缓慢，污染物扩散范围受限。场内设置排水、沉淀处置设施，矿井涌水、淋溶积水经沉淀净化后就地处置利用，生活污水妥善处理，全程无废水外排现象。

因此预测矿山采矿活动对地下水环境影响程度“较轻”。

6、生态系统受损预测综合评价

参照《金属矿土地复垦与生态修复技术规范》（GB/T 43933-2024）中 6.2.2 条款等相关规范，结合上述评估内容，确定矿区生态环境影响程度见表 3-37。

表 3-37 矿区生态受损程度预测综合评价表

根据上述生态修复区内不稳定地质体分析程度、含水层破坏分析程度、地形地貌景观破坏、土地资源破坏损毁预测分析以及生态受损与退化分析程度，综合将矿山开采各单元按矿山地质环境影响程度划分为重度损毁区、中度损毁区和轻度损毁区，见表 3-38：

表 3-38 受损预测问题损毁程度评价表

三、问题诊断评价结论

（一）生态修复受损程度评价原则

本次矿区生态修复主要侧重于矿山开采后对矿区地质环境、生态环境有影响的工业场地等重点部位进行恢复治理或保护，根据矿山开采设计、规划、矿区地质环境及生态环境问题的类型、规模和危害程度，矿区生态修复受损程度评价遵循以下原则：

1、矿区生态修复受损程度评价包括整个矿区地质环境、土地资源问题、生态环境影响的评价范围；

2、矿区生态修复因素包括矿山地质灾害、采矿活动对含水层的影响、采矿活动对地形地貌景观的破坏、土地损毁、采矿活动对水土环境污染的影响、采矿活动对生态破坏等，依据上述因素的危害或影响程度进行分区评价；

3、坚持以矿区地质环境及矿区生态环境现状评估结果、预测评估结果作为分区主导因素的原则；

4、坚持“就大不就小、就高不就低、区内相似、区间相异”的原则；

5、坚持“以人为本”搬迁避让与防治工程建设相结合的原则；

6、坚持定性和定量相结合的原则；

7、依据《生态修复方案编制指南》，样表7的要求，生态修复区划分为矿区损毁程度重度损毁、中度损毁、轻度损毁。

（二）评价结果

矿区生态修复分区应根据矿区地质环境影响与生态环境影响现状评估和预测评估结果，综合评价结果见表3-39。矿区生态

破坏程度综合评价图见图3-5。

表3-39 损毁程度综合评价表

图 3-4 矿区受损程度综合评价图

第二节 生态修复可行性分析

一、技术经济可行性分析

矿采矿活动已产生和可能产生的矿山地质环境问题、土地损毁问题、生态损毁问题等，从生态修复分析（地貌重塑、土壤重构和植被重建）、资源调配平衡性分析、土地复垦质量要求三方面进行论述。

（一）生态修复分析

1、地貌重塑

地貌重塑是矿山生态修复的基础环节，主要针对采矿活动造成的边坡裸露、地面塌陷、沟壑纵横等地形破坏问题。技术上，通过回填、土方平衡、边坡修整、平台化处理及微地形塑造等手段，可有效消除地质灾害隐患，恢复土地的基本利用条件。经济可行性方面，地貌重塑虽需投入大型机械及运输成本，但通过科学规划土方调运路径、就地利用采矿废石充填洼地，能大幅减少外购土方量与运输费用。同时，重塑后的地貌可为后续土壤重构与植被恢复提供稳定基底，避免因滑坡、水土流失导致的重复治理成本。结合矿区实际，将地貌重塑与土地复垦规划衔接，修复后土地可作为农林用地、建设用地或生态保留地，产生长期经济收益。根据实际经验来看，这一系列手段属常规性防治措施，具有较强的操作性，且能达到良好的防治效果，能有效减轻或避免地质灾害的威胁，技术经济上可行。

2、土壤重构

土壤重构旨在解决矿区土壤贫瘠、理化性质恶化、重金属污染等问题，为植被恢复提供生境基础。技术上，可通过客土覆盖、土壤改良剂施用（如有机肥、黏土矿物、微生物菌剂）、深耕翻培及植物-微生物联合修复等方法，逐步恢复土壤肥力与生态功能。经济可行性

上，土壤重构的成本主要来源于客土来源、改良材料及人工投入，但可通过就地消纳矿区污泥、城市绿化废弃土、有机固废等资源降低客土成本，同时结合修复后土地的农业或生态产出实现价值回流。土壤重构虽前期投入较高，但通过因地制宜、循环利用当地资源，并匹配适宜的土地再利用模式，长期生态与经济效益显著，具备经济可行性。

3、植被重建

植被重建是恢复矿区生态功能的核心，重点在于构建适应矿区逆境条件的稳定植物群落。技术上，需根据气候、土壤条件筛选抗逆性强、速生且具固氮改良功能的乡土植物或先锋物种（如羊草、针茅等），采用种子喷播、容器苗移植、根系诱导等技术提高成活率。经济可行性方面，植被重建的成本主要包括苗木采购、种植与养护投入，但通过科学配置乔灌草复合群落，可减少后期养护需求，并逐步形成自我维持的生态系统。此外，修复后的植被可带来固碳释氧、水土保持、生物多样性提升等生态效益，部分区域还可引入经济林（如沙棘、山杏）或牧草种植，创造直接经济收入。因此，植被重建在技术成熟的前提下，兼具生态效益与潜在经济产出，经济上完全可行。

4、景观营造

景观营造是在生态修复基础上提升区域美学与文化价值的关键环节，旨在将矿区转型为兼具生态功能与人文意义的景观空间。

（1）优化矿区景观格局（安全优先、风貌重塑）

以地形重塑+分区管控重构完整景观肌理，实现安全稳定、视觉协调、边界融合。

核心生产区：规整硬化、围挡绿化、标识统一

生态修复区：乔灌草分层覆绿，形成连续绿面

外围过渡区：与草原风貌衔接，弱化人工痕迹

（2）重建矿区植被群落（乡土适生、抗逆稳定）

采用草本打底+灌木固坡，覆盖率一期 $\geq 60\%$ ，三年 $\geq 80\%$ 。覆土厚度 $\geq 0.3\text{m}$ ，配合重金属钝化+有机肥改良，保障植物存活与景观效果。

（3）文化功能重构与提升（绿色矿山）

道路硬化、扬尘管控、照明节能、垃圾分类收纳；出入口、办公区景观绿化，设置绿色矿山标识系统；设置生态观景台、科普解说牌，低成本打造宣教窗口。

建立“绿化养护+水系清淤+设施巡检”极简运维体系，保障可持续。

（二）资源调配平衡分析

1、水资源平衡分析

根据《行业用水定额》（DB15/T385-2025）和《牧区草地灌溉与排水技术规范》（SL334-2016）中相关技术指标，保证能满足重建植被基本生长需求的最小生态需水量要求，确定本项目区范围内复垦为林地、草地，一次灌溉需水量约为 $200\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。因此总需水量为 6573m^3 。

矿区水源井位于SJ2工业场地内，水质较好，能够满足生活及生产用水之需。

2、土资源平衡分析

矿山在终采后，对形成的所有工程场地进行治理，复垦为林地的场地覆土厚度为 0.5m ，复垦为草地的场地覆土厚度为 0.3m ，所需覆土量为 11483m^3 。

矿山前期治理过程中将收集的表土已经利用，现状没有表土可利用，但是设计对拟建场地（拟建竖井工业场地、拟建风井工业场地）进行表土剥离，剥离厚度为 0.30m ，剥离量为 642m^3 ，剥离的表土直接用于近年工程场地的治理，缺少的土源，矿山进行外购，预计外购土

源运距为1.5~2km。

（三）土地复垦质量要求

根据国家及行业标准、项目区自然和社会经济条件以及土地复垦适宜性分析结果，将项目区复垦土地分为 13 个复垦对象，复垦方向主要为林地和草地。

1、土地复垦技术质量控制原则

（1）符合矿区土地利用总体规划及土地复垦相关规划；

（2）依据技术经济合理的原则，根据本地自然条件，按照“适地适树、适地适草”的原则，选择适宜当地生态环境的树苗作为主要复垦植被。

（3）保护土壤、水源和环境质量，防止水土流失，防止次生污染；

（4）坚持经济效益、生态效益和社会效益相统一的原则。

2、土地复垦质量要求

（1）复垦利用类型应与地形、地貌及周围自然环境和景观相协调；

（2）用作复垦场地覆盖材料不应含有害成分，如复垦场地含有害成分，应先处置去除。视其废弃物性质、场地条件，必要时设置隔离层后再行覆盖；

3、复垦标准

（1）林地标准：

土壤 pH 值 5.5-8.5；坑栽，坑内放客土或人工土，径宽 $\geq 0.5\text{m}$ ，坑深 $\geq 0.5\text{m}$ ，株行距 $2\text{m}\times 2\text{m}$ ，坑内覆土厚度不小于 50cm ；坡度 $\leq 25^\circ$ ；裸岩面积 $\leq 30\%$ ；三年后植树成活率 70%以上；三年后郁闭度 30%以上；有满足要求的排水设施，防洪标准符合当地要求；有控制水土流

失的措施，边坡有保水肥措施。

（2）草地复垦标准：

土壤 pH 值 5.5-8.5；覆土厚度不小于 0.2m；坡度 ≤ 20 度，以 0-15 度为宜；选择抗旱、抗盐碱、抗贫瘠优良草种；三年后植被覆盖率 80%以上；具有生态稳定性和自我维持力。

二、目标方向可行性分析

（一）确立参照生态系统

参照生态系统的确立应基于矿山所在区域的原生生态特征和历史数据分析。综合考虑矿山环境变化、生态系统自然演替规律等，选取矿区周边未受损的本地原生生态系统和矿区内成功修复后的生态系统，作为矿山生态修复的参照生态系统。此确立依据源于生态学原理，确保修复方案不脱离本地生态现实，避免盲目追求异域生态模式。

（二）生态系统分析

参照生态系统中涵盖林地和草地等土地类型，调查参照生态系统的生态本底条件。并从矿山自然地理条件、生态系统结构、生态系统功能等方面设定参照生态系统关键属性指标，分述如下：

1、矿山自然地理条件

矿山自然地理条件是生态系统存在和发展的基础，方案选取土壤条件作为矿山自然地理条件关键属性指标。

2、生态系统结构

生态系统结构反映生态系统的组织形式和空间布局，方案选取植被结构作为生态系统结构关键属性指标，同时结合区域地形地貌、气候特征及人为干预影响，综合解析宁城县生态系统的组织特征与空间分异规律。

从植被类型构成和群落组成方面，自然植被群落的主要建群种为羊草，该物种具有较强的耐旱、耐贫瘠能力，是维持区域草原生态系统稳定性的核心物种；人工修复区域的建群种则为山杏生态防护与经济价值的灌木。群落优势种丰富度较高，这类物种根系发达、生长周期短，能适应区域干旱少雨的气候条件。

3、生态系统功能

物质循环功能方面，以植被-土壤-微生物构成的核心循环体系为支撑，实现碳、氮、水等关键物质的高效周转。自然草本与灌丛植被通过光合作用固定大气中的碳元素，积累有机物质并输送至土壤；土壤中的细菌、真菌及蚯蚓等分解者，将动植物残体分解为无机养分，反哺植被生长，形成完整的碳循环闭环；降水通过植被截留、土壤入渗等过程，参与区域水循环，补充地下水资源，同时携带养分在不同地形单元间迁移，维系生态系统的物质平衡。人工修复植被如山杏、羊草等，因其根系发达、生长迅速的特性，进一步提升了区域物质循环的效率，加速了受损区域的养分积累与土壤改良进程。

能量流动功能主要依托植被群落的光合生产能力展开，形成“生产者-消费者-分解者”的完整能量传递链条。羊草等建群种作为核心生产者，通过光合作用将太阳能转化为化学能，为牛、羊等家畜及野兔、鸟类、昆虫等消费者提供能量来源；消费者的代谢产物及残体经分解者分解，将能量释放回环境中，供生产者再次利用。受区域气候条件限制，植被生长期集中，能量积累具有明显的季节性，6-8月生长旺盛期是能量积累的高峰期，此时生态系统的能量流动效率最高；而在冬季植被枯萎期，能量流动以土壤微生物的分解作用为主，维持低水平的能量周转。

生物多样性维持功能体现在为多种动植物提供生存栖息地与食物资源。区域内的灌丛-草原复合植被体系，形成了多样化的微生境，既为羊草、针茅、山野豌豆、铁杆蒿等原生植物提供了生长空间，也支撑了山杏等经济植物的繁衍。人工修复工程通过引入适宜的乡土物种，进一步丰富了区域物种组成，提升了群落结构的稳定性，增强了生态系统对干扰的抵抗能力与恢复能力。

（三）矿区附近生态系统参照指标

矿山生态系统修复主要是从地貌重塑、土壤重构、植被重建、景观营造等几大方面着手治理工程，在选取生态系统关键属性指标参照因子时，要以恢复原始生态为根本目标，要以据实可行的修复措施作为依据，以修复成果的长期稳定性为准则，以构建山清水秀、自然和谐的矿区环境为实施细则。经过分析将参照区的现状土壤结构、生物多样性、生产功能指标、地形坡度四大因素确定为关键属性指标。

1、土壤结构

确定参照区域后，保存参照区土壤结构剖面，尤其是包含第四系为主的土壤剖面数据，以及土壤结构中的巨粒（漂石粒、卵石砾）、粗粒（砾粒、砂砾）、细粒（粉砾、粘砾）等在表层土壤中的极粒占比，这在未来的覆土工程时可以提供参考。在土壤肥力方面，选取植被丰茂的土壤进行化验分析，确定适宜本地区植被的土壤肥力结构。

2、生物多样性的建立

因为矿区距离参照区比较近，在矿山开采前，对于参照区的生态多样性要及时调查，防止矿山开采辐射周边环境，迫使水位下降，植物根系得不到水分涵养而枯萎，动物因为噪音、机械振动、人员出没挤压生存空间等情况而进行迁移，影响参照区的准确性。调查参照区的生境连通性、优势物种、先锋物种等，确保后期矿山环境治理中保

留足够多的生物多样性样本。

3、生产功能指标

生产功能指标结合矿区复垦区种植实际及植被生产能力实测数据划定：山杏结实率 $\geq 65\%$ ，参考本地成年山杏正常结实水平(65-75%)，兼顾生态修复与经济产出；核心草本物种（羊草、苜蓿）种子发芽率 $\geq 70\%$ ，较受损土壤环境下发芽率（38%）提升84.2%，保障群落自然繁衍能力。

4、地形坡度指标

基于区域地形地貌勘测结果，林地与草地地形坡度均小于 30° ，参考原生灌丛-草原生态系统自然分布区域的坡度范围，既适配低中山区域植被根系固土空间需求，又避免 30° 以上陡坡导致的植被立地条件不足、生长受限等问题，降低崩塌、泥石流等地质灾害发生概率。

（三）边开采、边修复的可行性分析

边开采、边修复模式通过将矿山开采与生态修复在时空上同步规划与实施，具备显著的技术可行性与经济合理性。在技术层面，现代矿山开采技术可实现采场作业面的精准控制，结合土壤重构、植被重建等生态修复技术，能够在开采过程中同步开展初期植被恢复，有效降低后期大规模修复的技术难度；经济层面，该模式可通过优化剥离物堆存与再利用方案、减少后期修复的土方转运成本、提前实现复垦修复收益等方式，降低整体工程成本，同时避免生态环境破坏后的高额生态修复费用；生态层面，同步修复能最大限度减少地表裸露时间，降低水土流失、扬尘污染等生态风险，维护区域生态系统的连续性与稳定性。

原综合治理方案编制后，矿山一直停产至今，但是针对生态修复

工作一直在开展，期间对炸药库、废弃的 SJ1 废石场进行了治理。

根据矿山征用永久性建设用地计划，结合矿山实际生产情况，修复方案本着边开采、边修复的原则，将不再继续使用的场地在近三年进行治理，在生态修复过程中，进行充填工作，不影响矿山开采行为。因此矿山具备边开采、边修复的条件。

第三节 生态修复分区及修复时序安排

一、生态修复分区

（一）生态修复范围

根据生态修复可行性分析及矿山实际设计和开采情况，生态修复分区范围为损毁的预测地面塌陷区、拟建竖井工业场地、拟建风井工业场地、SJ1 工业场地、SJ2 工业场地、SJ1 废石场、SJ2 废石场、钻井平台、废弃道路、生活区、排水沟、矿区道路。

预测塌陷区面积为 1.5449hm^2 。参考同类金属矿山地面塌陷情况，本修复方案选取塌陷区的治理面积为预测面积的 10%，因此预测塌陷区的实际治理面积为 0.1545hm^2 。因此实际复垦区总面积为 3.1285hm^2 。

1、生态修复单元划分

根据复垦责任区土地的损毁类型、程度、限制因素做出评价单元的划分。评价单元的划分在确定土地复垦初步方向的基础上进行划分，划分的评价单元应体现单元内部性质相对均一或相近；单元之间具有差异，能客观地反映出土地在一定时期和空间上的差异。依据上述原则，结合场地特征、土地损毁类型、土地损毁程度、主要复垦条件限制因素，修复方案评价单元共分为 13 个评价单元，具体划分见下表。

表 3-40 评价单元划分表

损毁及评价单元	土地损毁程度	主要复垦限值因素	实际治理面积 (m^2)
预测塌陷区	重度	出现不连续塌陷坑，平均塌陷深度较小，	1545

损毁及评价单元	土地损毁程度	主要复垦限值因素	实际治理面积 (m ²)
		复垦难度较大，灌溉条件和地形坡度影响复垦效果	
拟建竖井工业场地、拟建风井工业场地、SJ1 工业场地、SJ2 工业场地	中度	场地压占土层板结，有机质含量降低，影响复垦效果	8389
SJ1 废石场 SJ2 废石场	重度	场地压占土层板结，有机质含量降低，影响复垦效果	6592
钻井平台、废弃道路、排水沟	中度	挖损破坏土层厚度、坡度、灌溉条件影响复垦效果	6341
生活区	中度	场地压占土层板结，有机质含量降低，影响复垦效果	783
矿区道路	中度	场地压占土层板结，有机质含量降低，影响复垦效果	7635
合计			31285

2、生态修复单元方向

在委托方技术人员的陪同下，编制人员又走访了生态修复区内土地权利人并积极听取了他们的意见，得到了大力支持，并且提出建议，希望企业做好生态修复工作，建议因地制宜，尽量提高用地等级或复垦为生态用地。通过上述定性分析，可以确定土地修复初步方向为林地、草地复垦方向。该方向与当地自然生态环境相适应，与当地相关政策一致，具有经济、社会和群众基础，有利于最大限度的发挥该恢复治理及土地复垦项目的综合和长远效益，使经济效益、社会效益和环境效益相统一。

本次复垦方案选择综合指数法进行适宜性评价。把土地复垦适宜性评价等级数确定为 4 级标准，分别定为：一级（比较适宜）、二级（勉强适宜）、三级（不适宜）、四级（难利用）。参评因素应选择对土地利用影响明显且相对稳定的因素。通过将参评因素状态值对农、林、牧的影响状况及改良程度的难易与各地区的自然条件进行比照，进一步对复垦区的土地适宜性影响明显的因子进行等级划分，得出各因子权重。

修复方案选出 7 项参评因子，分别为覆土有效土层厚度、土源土

壤有机质、地表组成物质、地形坡度、灌溉条件、损毁程度、区位条件（主要道路设施和距离城市距离）。各参评因素的分级指标见表 3-41。

表 3-41 拟复垦土地适宜性评价的参评因子、权重及等级表

设每一评价单元有 n 个单因子加权评价指数，则加权指数和可表示为：

$$R_j = \sum_{i=1}^n a_i b_i$$

其中：R_j 表示第 j 个评价单元最后所得到的评价分数；a_i 表示该单元在第 i 个评价因素中所得到的分值；b_i 表示第 i 个评价因素所占的权重。最后根据加权值与复垦方向对照表，确定拟复垦土地的复垦方向，加权值与复垦方向对照表见表 3-42：

表 3-42 权值与复垦方向对照表复

评价单元土地质量描述：土地质量是通过多个土地性状值来表达的，各个参评单元土地质量列于表 3-43。

表 3-43 评价单元土地质量表

损毁及评价单元	有效土层厚度	降雨量	灌溉条件	地形坡度	土壤质地	损毁程度	区位条件
预测塌陷区	50~30	>400mm	无灌溉设施、能自然排水	15°~25°	岩土混合物	重度	一般
拟建竖井工业场地、拟建风井工业场地、SJ1 工业场地、SJ2 工业场地	50~30	>400mm	无灌溉设施、能自然排水	<6°	岩土混合物	中度	一般
SJ1 废石场 SJ2 废石场	50~30	>400mm	无灌溉设施、能自然排水	>25°	岩土混合物	重度	一般
钻井平台、废弃道路、排水沟切坡	50~30	>400mm	无灌溉设施、能自然排水	>25°	岩土混合物	中度	一般
生活区	50~30	>400mm	无灌溉设施、能自然排水	<6°	岩土混合物	中度	一般
矿区道路	50~30	>400mm	无灌溉设施、能自然排水	<6°	岩土混合物	中度	一般

根据评价单元土地质量，对照表拟复垦土地适宜性评价的参评因子、权重及等级表，计算出各评价单元的适宜性评价加权值，根据加权值与复垦方向对照表，确定各个评价单元的复垦方向。各评价单见评价加权值及复垦方向见下表。

表 3-44 评价单元适宜性评价加权值及复垦方向

根据国家及行业标准、项目区自然和社会经济条件以及土地复垦适宜性分析结果，结合公众意见和政策因素，并考虑工程施工难易程度以及技术可行性等方面的因素，将项目区复垦土地分为 13 个复垦对象，结合采区的生态环境特点、植被类型，根据因地制宜的原则，复垦方向主要为林地和草地。

表3-45 土地复垦适宜性评价结果表

（二）修复区范围

根据矿区的地形地貌、土地损毁程度和复垦修复方向，各复垦单元对应工程场地的拐点坐标如下表所示。

表 3-46 生态修复区拐点坐标表

二、修复时序安排

根据生态修复可行性分析结果及开采进度，本项目生态修复工程拟分为：生产期、修复期、管护期三个阶段实施。其中生产期为 12.08 年（2026 年 1 月 1 日~2038 年 3 月 31 日），修复期为 1.92 年（2038 年 4 月 1 日~2039 年 12 月 31 日），管护期为 3 年（2040 年 1 月 1 日~2042 年 12 月 31 日）。

综合生态修复工程三个实施阶段和生产阶段划分，将各个场地单元治理情况细化为矿区生态修复分区实施时间见下表。

表 3-47 矿区生态修复分区实施时间表

用地单元	损毁面积 (hm ²)	损毁时段	修复时限	管护时限
预测塌陷区	0.1545	拟损毁	2038-2039 年	2040-2042 年
拟建竖井工业场地	0.1305	拟损毁	2038 年	2040-2042 年
拟建风井工业场地	0.0835	拟损毁	2038 年	2040-2042 年
SJ1 工业场地	0.4145	已损毁	2028 年	2028-2030 年
SJ2 工业场地	0.2104	已损毁	2038 年	2040-2042 年
SJ1 废石场	0.3901	已损毁	2038 年	2040-2042 年
SJ2 废石场	0.2691	已损毁	2027 年	2027-2029 年
钻井平台	0.1248	已损毁	2026 年	2026-2028 年

废弃道路	0.3630	已损毁	2026 年	2026-2028 年
排水沟	0.1463	已损毁	2026 年	2026-2028 年
生活区	0.0783	已损毁	2038 年	2040-2042 年
矿区道路	0.7635	已损毁/ 拟损毁	2027 年/2038 年	2027-2029 年 /2040-2042 年

第四节 采矿用地与复垦修复安排

一、采矿使用土地

矿山工程场地已经建设完成，根据调查和资料收集，矿山现有工程场地没有征用手续。矿山后续建设按照开发利用方案设计的工程场地进行建设，开工建设前进行用地手续的办理。

二、复垦修复安排

（一）生态修复区土地利用情况

矿区地下开采形成大面积采空区，可能引发地表塌陷，矿山生产建设工程场地较多，总破坏土地面积约 3.1285hm²，生态修复区土地利用类型为乔木林地、灌木林地、其他林地、其他草地、采矿用地、农村道路、设施农用地。修复区类型及面积如下表所示。

表 3-48 生态修复区土地利用现状表

（二）生态修复前后土地利用调整情况

在详细踏勘生态修复区土地损毁前的利用状况、生产力水平和损毁后土地的自然条件基础上，参考土地损毁现状和预测程度分析的结果，依据国家和地方的规划和行业标准，采取切实可行的办法，改善损毁土地的生态环境，确定修复方向。

根据土地利用现状图，生态修复区损毁原土地利用类型为***。生态修复后，修复的地类为灌木林地、人工牧草地。生态修复前后土地利用类型调整见下表：

表 3-49 矿区生态修复目标及土地利用变化表

通过以上表对照可以看出，修复后新增林地***hm²，新增草地***hm²，新增林草地来源于修复区内的工矿仓储用地、交通运输用地、其他土地等。经过本修复方案的实施，修复率达到100%。

修复方案经过适宜性分析后结合实际情况，并且采取相应措施使采矿用地得以利用，使用地率明显提高，对充分发挥当地的生态、社会效益，以及积极推广复垦经验都有着重要意义。

（三）生态修复安排

根据矿山实际开采情况和损毁土地类型及方式，考虑矿山生产利用场地情况和《开发利用方案》中场地的使用情况，矿山新建开采竖井和通风井，现有SJ2后续作为通风井使用，SJ1不再继续利用，废弃道路、钻井平台等均为早期探矿期间产生，排水沟后续场地建设不适宜继续使用，因此设计在近年对上述不继续利用的场地（SJ1工业场地、废弃道路、排水沟、钻井平台、SJ2废石场）进行治理，其他场地均在生产期间进行使用，设计在矿山终采后进行治理。具体年度修复安排计划如下表：

表 3-50 矿区用地与复垦修复计划表

（四）生态修复标准

1、土壤修复

客土改良与有机肥施用提升土壤肥力。客土来源主要优先选用矿山周边的耕地表土（需符合耕地保护政策，非永久基本农田）、林地腐殖土，或其他工程建设产生的闲置合格表土（如道路、水利工程开挖的表层土壤），部分情况下也会利用经检测无害的风化岩碎屑改良后作为客土基础。还有就是当本土就近资源不足或土壤质量不达标时，会从具备资质的土壤供应商处采购，采购的客土需符合《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准》等规范，确保无重金属污染、有机质含量达标，能满足植被生长需求。

2、植被重建

草种优先选用耐旱的本地羊草物种，采用条播+无人机飞播组合工艺，提高存活率。树种选择山杏，同时为了增加植被覆盖率，恢复林地的场地，在林间种草。

3、复垦修复标准

□林地

□土壤条件：速生林地的土体厚度应在 50cm 以上，其他林地可适当放宽；土壤 pH 值需适配目标树种生长需求，若修复区域土壤偏酸或偏碱，需先改良至适宜范围。

□地形与防护：边坡需修整至稳定状态，坡度一般不超过 25 度；建有防洪设施，洪涝频率按 20 年一遇标准设计，防涝达一年一遇水平。

□植被恢复：优先选用乡土树种，可采用草、灌、乔套种混播模式；造林施工三个月后植被率需达 30% - 50%，3 年后造林成活率需超 70%，郁闭度达到 30%以上。

□草地

□土壤条件

复垦为草地时，自然沉实土壤覆土厚度不低于 30cm；土壤 pH 值控制在 5.5 - 8.5，含盐量不大于 0.3%，污染土壤需提前处置。

□地形与稳定性

场地坡度一般不超过 25°，排放场地复垦草地的边坡坡度需小于 30°；坡面需修整平顺，压实后避免后期沉降。

□植被与配套

选用抗旱、抗盐碱的本地优良草种，采用多种草类混合种植；复垦后草地覆盖率需达 80%以上，3 年后单位面积产草量不低于当地草

地平均水平。

□污染管控

若场地存在重金属、放射性污染，严禁复垦为牧草地，防止有害物质通过牧草进入食物链。

第四章 生态修复措施与工程内容

第一节 保护与预防控制措施

一、敏感目标保护

经现场调查及与宁城县自然资源局核实，该矿区不在“三区三线”范围内，周边无需要保护的耕地、永久基本农田、基本草原、公益林、自然保护区、生态保护红线、珍贵物种、人文景观、文物、重要基础设施等敏感目标，无需要保护的敏感目标，不设置避让、减缓、保护等措施。

二、表土剥离与植被移植利用

1、矿山为已生产矿山，工程场地已经建设完成，现状矿山无表土堆放场地，矿山后续拟建的场地进行表土剥离，剥离的表直接用于近年治理的工程场地的覆土土源，因此修复方案不涉及表土剥离问题。

2、管理保障：本着“应治可治必治”的原则，对后续不再继续利用的工程场地进行治理，按照土地复垦适应性评价的结果进行植被的恢复，同时在开采期间对生产行为进行规范，严格按照《开发利用方案》设计内容进行开采。

3、植被移植利用

在系统查阅国家和地方动物志等资料，走访当地村民的基础上，结合现场调查，修复区内未发现国家林业和草原局农业农村部公告（2021年第15号）《国家重点保护野生植物名录》中列入的国家重点保护野生植物种。矿区内植被恢复均进行原址恢复，如果生产损毁了前期种植的油松树种的位置，需要进行移栽，待恢复时进行选择春季土壤解冻后开展移植施工，起挖时保留完整土球，做好土球包装防护，减少根系损伤；运输过程做好遮护，防止风干。移植定植点提前完成客土改良与穴状整地，定植时保持原栽植深度，分层回填夯实，

修筑蓄水围堰，设置防风支撑；栽植后浇灌定根水，落实保墒、病虫害防控等管护措施，移植死亡植株及时清理补植。

三、相关协同措施

针对项目区的地质灾害防治、水土流失、环境问题、固体废物利用等方面，需落实必要的预防控制措施，并做好已修复区域的管护工作，相关要求需参照 GB/T 43933-2024 执行，具体内容如下：

1、预防控制措施

（1）地质灾害防治

矿区因地下开采形成采空区易引发地质灾害，需针对性采取措施：采取矿山地质灾害预防措施，减少或消除地质灾害隐患，避免造成不必要的经济损失和人员伤亡。消除或减少威胁矿山地面建筑设施及人员安全的各种地质灾害隐患及地质环境问题。对开采可能加剧和诱发的地质灾害合理避让，采取监测及工程措施进行综合防治，保证影响区人员生命、财产安全。建立矿山地质灾害监测系统，对地质环境问题进行监测和预警。

根据《采空区充填方案》对采空区及时进行充填，减少地面塌陷的发生。

（2）水土流失

水土环境污染的预防控制任务：提高矿山废水综合利用率，减少有毒有害废水排放，防止水土环境污染；采取污染源阻断隔离工程，防止固体废物淋滤液污染地表水、地下水和土壤。

本矿区水土流失防治结合区域低山砾石坡面特征、山地灌草生态系统特点，采取工程措施与生物措施协同治理模式。通过完善地表径流调控体系，既减缓坡面水力侵蚀、控制水土流失，同时减少降水入渗淋滤岩土，规避矿山扰动加剧地层氟元素溶出的潜在风险；配套构

建水土流失、地表形变、地下水水质一体化监测网络,实现生态修复、水土保持与地下水保护协同实施。

（3）环境污染

制定对矿业活动损毁土地、植被资源进行恢复治理的方案,并采取有针对性的工程措施及临时防护措施,减小和控制被损毁土地的面积和程度,改善矿区生态环境,确保矿业开发与区域生态环境和人文环境的协调发展。

（4）固体废物利用

矿区固体废物主要包括废石、废渣,固体废物污染防治落实减量化、资源化、无害化原则,结合废物性质分类妥善处置与综合利用:

坚持源头减量化,最大限度减少固体废物产生;可利用废石(如脉石矿物)优先用于采空区充填、修筑矿区道路基层,废石综合利用率不低于 70%,实现废物资源化;对无法综合利用的固体废物采取合规无害化处置。建立健全固体废物管理台账,如实记录固体废物产生量、利用量、处置去向。

2、已修复区域的管护措施

责任与监测:明确矿区修复区域管护主体为矿企环保部门,划分管护网格(每 1000 平方米 1 个网格),配备专职巡查员,每日记录植被生长、设施完好情况;委托第三方检测土壤、地下水水质。

对枯萎植被及时补植,补植成活率需达 90%以上。

风险防控:在修复区周边设置永久警示标志,禁止擅自开挖、产生二次破坏。

以上措施需严格遵循前述标准条款中关于矿区生态保护、污染防控及修复管护的具体技术要求,确保金属矿区生态环境安全。

第二节 修复措施

一、地貌重塑

根据复垦单元的自然环境条件和复垦方向，本次土地复垦拟采用的工程技术措施包括警示牌工程、回填工程、垫坡工程、封堵工程、拆除清理工程、石方平整工程等。各复垦单元拟采用的工程技术措施详见上节。

1、回填

对竖井、风井利用土石方及建筑废料进行回填，其目的是通过机械进行回填恢复原地形地貌，回填工程是土地复垦工程的重要组成部分。

2、石方回填

利用机械对塌陷坑进行回填，回填厚度为平均下沉值；石方整平厚度为 0.3m。

3、垫坡工程

对切坡的场地及较陡立的陡坎进行垫坡，是治理后的边坡 $\leq 25^\circ$ 。

4、石方整平

平整土地工程主要用于消除回填造成的高低不平。采用机械或人工挖方的方式，按照不同的条件，进行填挖平衡，使各地块的地形坡度保持在规定的标准内。

5、砌体拆除与清理工程

对工程场地内的建筑物、井架等各类设施需要拆除清理。采用机械拆除，拆除后对废弃物、废石等进行清运至地面塌陷区、竖井、风井回填。

二、土壤重构

根据场地用途，采取以下土壤重构措施，同时规范土源管理及特

殊区域处理：

1、核心重构措施（按场地用途差异化实施）

培肥改良：对土壤有机质含量低于 2%的地块，每亩施入腐熟有机肥 2-3 吨、秸秆还田 1-1.5 吨，结合旋耕机深耕（深度 20-30cm），使土壤有机质提升至 1.5%以上；对酸性土壤（ $\text{pH} < 5.5$ ），每亩撒施生石灰 50-100kg 调节 pH 值至 6.0-7.5，为植物生长创造基础条件。

表土覆盖：对需快速恢复植被的区域，优先覆盖堆存的原生表土（厚度 0.3-0.5m），表土不足时采用“黄土+腐熟有机肥”混合土（比例 3：1）覆盖，覆盖后轻压平整，避免表土流失。

土层翻转：针对土壤板结或养分分布不均的区域，采用深耕翻转（深度 30-40cm），打破犁底层，使上下层土壤混合，改善透气性和保水性，翻转后晾晒 7-10 天再进行后续改良。

生物修复：草种和树种选在适宜当地环境的物种，种植过程中按照种植要求耕种，时期保证成活率和覆盖度。

2、土源管理要求

需就近取土时，优先从项目红线外最近的可利用土源获取。取土后及时平整场地并种植先锋植被，同步实施水土保持措施，确保取土场一年内完成复垦修复。

严禁使用重金属、有毒有害物质含量超标的土壤作为土源，土源使用前需经第三方检测，符合对应场地土壤质量标准。

所有土壤重构工程需同步记录土源来源、改良材料用量、处理前后土壤检测数据等，形成台账备查，确保符合 GB/T 43933-2024 及相关标准对土壤理化性质、污染控制的要求。

三、植被重建

根据 GB/T 43933-2024 条款要求，结合矿区土壤条件（如贫瘠、

酸性等)及前期地貌重塑、土壤重构基础,植被选择与配置遵循“乡土优先、适生为主、功能匹配”原则,具体如下:

1、核心植被种类选择

灌木树种:优先选用灌木山杏(备选树种为沙棘),其根系发达,固土能力强,极耐旱、耐寒,适应矿区气候和土壤特性,成活率可达85%以上。

适生草种:选择易成活、生长快的本地草种,羊草+披碱草,羊草:根茎强、耐盐碱、易形成草皮;披碱草:丛生、直立性强,根系深,耐旱、耐寒、耐风沙、耐瘠薄,沙化地、矿山修复首选。是退化草地先锋草种,播种量控制在 $40\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

质量要求:所有苗木、种子需符合《林木种子质量分级》(GB/T15776),灌木苗高 $\geq 0.5\text{m}$,地径 $\geq 0.5\text{cm}$,根系发达,主根长度 $\geq 20\text{cm}$,须根数量充足(每株不少于5条,长度 $\geq 10\text{cm}$),无断根、烂根。

2、种植与管护要求

种植时间选在春秋两季(土壤湿度15%-25%),灌木选择根系舒展、分枝均匀的苗木,草种采用喷播机均匀撒播,播后覆盖无纺布保湿,确保出苗率 $\geq 80\%$ 。

种植后前2年定期浇水,每年修剪1次灌木和草本,避免过度生长影响稳定性,同时监测植物生长状况,及时补植死亡植株(补植率需达100%)。

所有配置方案符合《土地复垦植被重建技术规范》(TD/T 1070.1),确保植被覆盖度3年内达到70%以上,实现生态功能与景观协调的双重目标。

通过人工措施与自然恢复结合，解决矿山地质环境破坏、土地及植被损毁问题，实现地质环境安全稳定、土地可复垦利用、生态功能恢复。围绕生态优先、源头防控、因地制宜等核心，强调修复需衔接周边生态系统，同时兼顾技术可行与经济合理，推动开采与修复统筹实施。

四、景观营造

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，将其与周边植被和景观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；再通过绿色矿山建设，与矿区文化共同提升。构建一个功能完整、地形地貌协调、自我维持、富有韧性且兼具生产与审美价值的生态景观。

第三节 工程内容

土地复垦工程设计严格遵循植被移植利用、胁迫因子消除、修复措施等总体原则，针对矿山各个工程治理单元，结合各区域破坏特征制定具体治理方案。所有治理单元管护周期均为 3 年。本节所列各项治理工程量（包括石方回填、石方整平、井口封堵、建筑物拆除、覆土、植被种植及管护等）均基于上述统一标准测算，具体如下：

一、地貌重塑

（一）预测地面塌陷区

预测地面塌陷区面积 15449m^2 ，地面平均下沉深度为 7.74m ，参考同类金属矿山地面塌陷情况，本恢复治理方案选取塌陷区的治理面积为预测面积的 10%，即治理面积为 1545m^2 。其矿山地质环境恢复治理及土地复垦工程为：

1、设置警示牌

在预测塌陷区外围 5m 左右布设一定数量的警示牌，布设位置应

根据矿山开采进度调整，布设时应兼顾区内已有的乡间道路、其他行人小路，尽量使警示牌的警示效果更加明显。平均每隔约 100m 设置一个警示牌，总计 9 块。

图 4-1 警示牌设计示意图

2、回填

对于出现地面塌陷坑的区域采用废石进行回填，回填体积采用柱体体积计算公式，回填深度预测平下沉均值计算，回填深度预留 0.3m 用于覆土，回填工程量约为 11494m³。

3、石方整平

回填完成后，为了使后期覆土厚度均匀，对场地进行石方整平，根据石方运输方案和废石粒径综合考虑，整平厚度按 0.3m 计算，整平量为 463m³。

（二）开采工业场地

包括 SJ1 工业场地、SJ2 工业场地、拟建竖井工业场地、拟建风井工业场地。对工业场地内的井口进行回填、封闭；拆除、清理场地内的建筑；切坡进行垫坡；然后对其覆土、恢复植被。

1、表土剥离

对拟建的竖井工业场地和风井工业场地进行表土剥离，平均剥离厚度为 0.3m，拟建竖井工业场地剥离量为 392m³，拟建风井工业场地剥离量为 251m³。

2、井口的回填、封闭

对场地的井口利用废石场的废石进行回填，然后对井口予以封闭，具体封闭要求，按照应零急管理部门相关要求执行。计算如下：

SJ1 工业场地：井口规格 2.5m×2.5m，井深 92m，回填量为 575m³。

SJ2 工业场地：井口规格 2.5m×2.5m，井深 71m，回填量为 444m³。

拟建竖井工业场地：井口规格 2.5m×2.5m，井深 101m，回填量

为 631m^3 。

拟建风井工业场地：井口规格 $2.5\text{m}\times 2.5\text{m}$ ，井深 91m ，回填量为 569m^3 。

封堵：计进行井口封堵，封堵井口 4 处。

3、拆除临时建筑

工业场地建筑物为活动板房，矿山闭坑后，将工业场地活动板房移走。

SJ1 工业场地：场地内建筑物面积按照场地面积的 10%计取，拆除厚度按照 1.2m 计取，拆除量为 497m^3 。

SJ2 工业场地：场地内建筑物面积按照场地面积的 10%计取，拆除厚度按照 1.2m 计取，拆除量为 252m^3 。

拟建竖井工业场地：场地内建筑物面积按照场地面积的 10%计取，拆除厚度按照 1.2m 计取，拆除量为 157m^3 。

拟建风井工业场地：场地内建筑物面积按照场地面积的 10%计取，拆除厚度按照 1.2m 计取，拆除量为 100m^3 。

4、清理

对移除活动板房区域的地基和杂物进行清理，地基和杂物清理按 0.1m 厚度进行清理。

SJ1 工业场地：清理量为 415m^3 。

SJ2 工业场地：清理量为 210m^3 。

拟建竖井工业场地：清理量为 131m^3 。

拟建风井工业场地：清理量为 84m^3 。

5、垫坡

对切坡进行垫坡，垫坡后坡面角与周围相协调。

SJ1 工业场地：切坡长度为 120m ，垫坡量为 780m^3 。

SJ1 工业场地：切坡长度为 50m，垫坡量为 125m^3 。

（三）SJ1 废石场、SJ2 废石场

SJ2 废石场在后续生产中不再利用，在近年设计对其进行治理，SJ1 废石场待矿山闭坑后，对废石对其进行治理，措施为对废石进行清理、覆土、植被恢复。

1、清理

SJ1 废石场：废石堆放量为回填量为 7735m^3 。

SJ2 废石场：废石堆放量为回填量为 5128m^3 。

（四）钻井平台、废弃道路、排水沟

场地大部分为早期探矿产生，后续不继续使用，近年设计对其进行治理。

1、回填

钻机平台：对平台内的陡坎进行回填，回填物源为场地内零散堆放了场地挖损时产生的废渣，回填量为 1248m^3 。

排水沟：对排水沟进行回填，排水沟长 160m，深 0.5m，宽 2.0m，回填量为 160m^3 。回填物源为排水沟挖设期间堆放在周围的废渣。

2、废弃道路

对废弃道路的切坡进行垫坡，废弃道路的切坡主要有 2 处，坡长度为 620m，对其进行垫坡，垫坡量为 930m^3 。

（五）生活区

拆除、清理：场地利用完毕后对建筑物进行拆除，拆除工程量为 94m^3 。对拆除建废弃物进行清理，清理量为 78m^3 。

（六）矿区道路

近年对道路切坡进行垫坡，废弃道路的切坡主要有 5 处，坡长度为 680m，对其进行垫坡，垫坡量为 1200m^3 。

二、土壤重构

（一）预测地面塌陷区

覆土：塌陷区回填后，利用挖掘机、推土机对平台进行覆土，通过表土覆盖，保证植被生长需要，有利于恢复地表植被。复垦方向为草地，覆土厚度为 0.3m，覆土工程量为 463m³。

（二）开采工业场地

覆土：场地清理后，对该区域进行覆土，复垦为草地的场地覆土厚度 0.3m，复垦为林地的场地覆土厚度 0.5m，运距 1.5-2.0km。

SJ1 工业场地：复垦覆土量为 2073m³。

SJ2 工业场地：覆土量为 631m³。

拟建竖井工业场地：覆土量为 392m³。

拟建风井工业场地：覆土量为 251m³。

（三）SJ1 废石场、SJ2 废石场

覆土：场地清理后，对该区域进行覆土，全部复垦为草地，覆土厚度 0.3m，运距 1.5-2.0km。

SJ1 废石场：覆土量为 1170m³。

SJ2 废石场：覆土量为 807m³。

（四）钻井平台、废弃道路、排水沟

覆土：场地清理后，对该区域进行覆土，复垦为草地的覆土厚度 0.3m，复垦为林地的覆土厚度 0.5m，运距 1.5-2.0km。

钻机平台：覆土量为 624m³。

废弃道路：覆土量为 1089m³。

排水沟：覆土量为 732m³。

（五）生活区

覆土：场地复垦方向为人工牧草地，设计覆土厚度 0.3m。覆土量为 235m³。

（六）矿区道路

覆土：场地复垦方向为人工牧草地，设计覆土厚度 0.3m，覆土量为 2291m³。

三、植被重建

（一）预测地面塌陷区

植被恢复：对场地撒播种草，选择羊草+披碱草播种，采用人力补种的方法，在雨季来临后到入秋前，补种草籽，根据草场实际生长情况，撒播量可适当调整。播种草籽方法采用撒播，草籽撒播量约为 40kg/hm²。复垦面积为 1545m²。

（二）开采工业场地

1、灌木林地：SJ1 工业场地，复垦方向为灌木林地，复垦面积为 4145m²，树种选择与周围树种相一致的山杏，株距×行距为 2m×2m。共种植山杏 1036 株。

2、草地：对场地撒播种草，选择羊草+披碱草播种，采用人力补种的方法，在雨季来临后到入秋前，补种草籽，根据草场实际生长情况，撒播量可适当调整。播种草籽方法采用撒播，草籽撒播量约为 40kg/hm²。

SJ2 工业场地：撒播面积为 2014m²。

拟建竖井工业场地：撒播面积为 1035m²。

拟建风井工业场地：撒播面积为 835m²。

图 4-2 SJ1 工业场地治理效果剖面图

图 4-3 拟建竖井工业场地-SJ1 工业场地-SJ1 废石场治理效果剖面图

图 4-4 SJ2 工业场地-SJ2 废石场治理效果剖面图

（三）SJ1 废石场、SJ2 废石场

植被恢复：对场地撒播种草，选择羊草+披碱草播种，采用人力补种的方法，在雨季来临后到入秋前，补种草籽，根据草场实际生长情况，撒播量可适当调整。播种草籽方法采用撒播，草籽撒播量约为40kg/hm²。见图 4-3 及图 4-4。

SJ1 废石场：撒播面积为 3901m²。

SJ2 废石场：撒播面积为 2691m²。

（四）钻井平台、废弃道路、排水沟

1、灌木林地：对钻机平台和排水沟复垦为灌木林地，树种选择与周围树种相一致的山杏，株距×行距为 2m×2m。

钻机平台：种植山杏 312 株。

排水沟：种植山杏 366 株。

2、草地：对废弃道路复垦为草地，措施为撒播种草，选择羊草+披碱草播种，采用人力补种的方法，在雨季来临后到入秋前，补种草籽，根据草场实际生长情况，撒播量可适当调整。播种草籽方法采用撒播，草籽撒播量约为 40kg/hm²。复垦面积为 3630m²。

图 4-3 钻井平台、废弃道路、排水沟治理效果剖面图

（五）生活区

植被恢复：对场地撒播种草，选择羊草+披碱草播种，采用人力补种的方法，在雨季来临后到入秋前，补种草籽，根据草场实际生长情况，撒播量可适当调整。播种草籽方法采用撒播，草籽撒播量约为40kg/hm²。撒播面积为 783m²。

（六）矿区道路

植被恢复：对场地撒播种草，选择羊草+披碱草播种，采用人力补种的方法，在雨季来临后到入秋前，补种草籽，根据草场实际生长

情况，撒播量可适当调整。播种草籽方法采用撒播，草籽撒播量约为 $40\text{kg}/\text{hm}^2$ 。撒播面积为 7635m^2 。

图 4-4 矿区道路及切坡治理效果剖面图
测算治理工程量并列表汇总。汇总结果如表 4-1。

表 4-1 各生态修复单元工程量统计一览表

生态修复区			地貌重塑							土壤重构		植被重建	
场地名称	面积	实际治理面积	警示牌	回填	封堵	拆除	清理	垫坡	石方整平	剥离	覆土	种树	种草
	m ²	m ²	块	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	株	m ²
预测塌陷区	15449	1545	9	11494					463		463		1545
拟建竖井工业场地	1305	1305		631	1	157	131			392	392		1305
拟建风井工业场地	835	835		569	1	100	84			251	251		835
SJ1 工业场地	4145	4145		575	1	497	415	780			2073	1036	
SJ1 废石场	3901	3901					7735				1170		3901
SJ2 工业场地	2104	2104		444	1	252	210	125			631		2104
SJ2 废石场	2691	2691					5128				807		2691
钻井平台	1248	1248		1248							624	312	
废弃道路	3630	3630						930			1089		3630
排水沟	1463	1463		160							732	366	
生活区	783	783				94	78				235		783
矿区道路	7635	7635						1200			2291		7635
合计	45189	31285	9	15121	4	1100	13781	3035	463	643	10758	1714	24429

第五章 监测与管护

第一节 监测目标与措施

一、监测目标

监测目标主要为矿山地质环境、土地资源、生态系统。其中主要针对矿山开采可能引发的地面塌陷地质灾害、地下水与土壤环境监测、地形地貌景观监测、土地资源。根据监测结果，可采取相应防治管护措施，避免和降低因矿山开采引起矿山地质环境破坏程度，起到保护矿山地质环境的目的。

二、监测措施

1、不稳定地质体监测

(1) 预测塌陷区

根据地面塌陷地质灾害发生的特点，主要是对预测地面塌陷地质灾害引发的区域地表变形监测。

监测点的布设：在预测地面塌陷区内以网格形式，设计 12 个监测点，在远离预测塌陷区的拟建竖井工业场地西侧设置一个监测基准点。具体坐标如表 6-1。

监测内容：内容地面沉降量、水平位移量、宏观变形监测等。

监测方法：采用水准测量和 GPS 测量。同时

监测频率：平均每月一次，雨季时，每半月一次。

技术要求：每次监测要有监测记录。监测记录上体现监测时间、监测人员，监测点的变化情况。

监测时限：2026 年-2038 年（表 5-1）。

表 5-1 地面塌陷地质灾害监测点坐标一览表

表 5-2 地面塌陷地质灾害监测记录表

监测时间	监测点编号	监测点坐标			监测内容				备注	记录人
		X	Y	H	下沉值 W (m)	下沉速度 mm/d	$\Delta Y=Y_o-Y_n$ (m)	$\Delta X=X_o-X_n$ (m)		

图 5-1 地质灾害监测点相对位置图

(2) 泥石流

参照《崩塌、滑坡、泥石流监测规范》DZ/T 0221-2006，针对矿区废石场及沟谷泥石流隐患，布设雨量监测、沟口视频监控；汛期加密巡查废石堆积体、沟道冲淤及拦排工程完好状况，跟踪松散物源变化。建立监测台账与降雨预警机制，险情及时预警，监测周期同生态修复管护期。

2、地下水、土壤环境监测

按照《矿山土地复垦与生态修复监测评价技术规范》（GB/T 43935-2024）和《矿山地质环境监测技术规程》（DZ/T0287-2015）对矿山进行地质环境监测，主要包括地下水环境监测、土壤环境监测。

(1) 地下水环境监测

监测地点：SJ2 工业场地内水井，下游村民家水井及新建竖井疏干水地下水仓。

监测内容：色、嗅和味、浑浊度、肉眼可见物、PH、总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、铁、锰、铜、锌、铝、挥发性酚类、阴离子表面活性剂、耗氧量、氨氮、硫化物、钠、总大肠杆菌群、菌落总数、亚硝酸盐、硝酸盐、氰化物、氟化物、碘化物、汞、砷、硒、镉、铬、铅、钼、三氯甲烷、四氯化碳、苯、甲苯、总 α 放射性和总

β 放射性共 40 项指标。

监测方法：取样化验。

监测频率：每年 2 次（枯水期和丰水期各一次）

技术要求：每次监测要有监测记录。监测记录上体现监测时间、监测人员，监测水位、涌水量及水质的变化情况。

监测时间：2026 年-2038 年。

需要说明的是地下水采样按照《地下水环境监测技术规范》（HJ 164-2020）开展，水质现状评价参照《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）执行。矿区地下水存在氟化物原生地质本底偏高现象，评价过程兼顾区域地下水背景值，不简单以Ⅲ类标准限值作为达标判定依据，重点分析矿山工程活动引发的水质增量变化，重点关注金、钼等特征重金属及无机指标浓度波动情况。建立地下水监测台账，对比多期监测数据，识别含水层水质异常变化。若出现人为污染造成指标显著抬升，应及时采取管控处置措施，监测周期与矿山生态修复管护期保持一致。

（2）土壤环境监测

矿山开采可能对水土环境造成污染，应加强监测，监测内容主要为土壤污染监测、复垦修复后土壤环境恢复情况监测。

土壤检测共布设 2 个点位，6 个检测项目

监测地点：继续利用原土壤取样的 2 个点位

监测内容：pH、镉、汞、砷、铜、铅、镍、锌、铬共 9 项。

监测方法：监测取样

监测频率：每年 1 次。

技术要求：土分析方法按照《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）相关监测指标的推荐国家、

行业标准方法。

监测时间：2026 年-2038 年。

3、地形地貌景观监测

监测地点：地形地貌损毁处

监测内容：开采过程中对矿区内地形地貌景观及土地资源进行监测。主要为塌陷、压占破坏土地资源，影响地形地貌景观情况，随时掌握影响状况，制定相应对策。

监测方法：设置一条监测路线，路线长约为 1500m。采用人工巡查方式、小型无人机对地形地貌进行监测，在采矿过程中安全员随时监测。将历次照片进行对比分析地形地貌是否有变化，并采取必要的处理措施。

监测频率：每年 1 次。

技术要求：每次监测要有监测记录。监测记录上体现监测时间、监测人员。

监测时间：矿山生产期间和综合治理期内，2026 年-2038 年。

表 5-3 地形地貌景观监测记录表

监测时间	监测人	监测内容			监测位置	损毁类型	
		地形地貌景观	土地资源	随意堆放情况		挖损	压占

4、生态系统监测

监测地点：结合矿区地形、损毁类型、修复分区、植被类型、扰动强度进行布设，每个修复单元至少布设 1 处监测点，工程场地共 13 处，每处工程场地在植被恢复后均需进行监测。

监测内容：植物要素指标（草地优势种、植被覆盖度、群落高度、频度、叶面积指数、生物量等）与土壤要素指标（土有机碳密度、土

壤容重、土壤机械组成、土壤 PH、土壤含水量、土壤有机质含量、土壤全氮等）。

监测方法：为尽快恢复土地的生产力，保证植被恢复质量，拟采用随机调查样方的方法对植被恢复效果进行监测。

监测频率：每年生长季节一次。

技术要求：每次监测要有监测记录。监测记录上体现监测时间、监测人员，对恢复为乔木林地、灌木林地的生长情况作出评价，包括成活率、郁闭度、丛高、冠幅、有无病虫害等。

监测时间：2026 年-2038 年。

第二节 管护目标与措施

一、管护目标

通过管护期规范化管护，稳固矿山修复区域边坡、覆土及植被修复成效，防控水土流失，适配本地干旱寒冷、多风的气候特点，实现植被群落稳定存活、生态功能持续提升，构建抗逆性强的矿区生态系统，保障修复成果长效稳固，助力区域生态安全屏障构建。

1、植被管护目标：管护 1 年内植被成活率，耐旱耐寒乡土树种（山杏）越冬存活率、乔灌木覆盖度、病虫害发生率等，无大面积风蚀枯死、牲畜啃食损毁情况。

2、生态管控目标：无新增采空塌陷、裂隙渗漏等隐患，土壤有机质含量稳步提升，区域内无扬尘、废渣污染，生态环境质量符合当地管控标准。

3、长效管护目标：管护期满生态系统形成自我调节能力，无需人工干预可稳定存续；建立常态化管护机制，完成资料建档与移交，实现修复成果不反弹、管护责任可落地。

二、管护措施

根据本次修复项目的特点以及所在区域的自然特征，制订针对性管护措施如下：

1、复垦为草地

复垦为草地管护的目标就是苗全、苗壮。具体管护包括如下内容：

（1）补苗

出苗后发现缺苗严重时，须采取补种或移栽的措施补苗。为加速出苗，补种宜进行浸种催芽。补苗须保证土壤水分充足。保证种成活率在 85%以上。

（2）病虫害与杂草管理

病虫害是草地建植与管理的大敌。对于采用多年生草种建植的草地来说，病虫害防治更是建植初期管理的关键环节。原因是多年生草种苗期生长非常缓慢，极易遭受病虫害的侵袭，控制不好很可能造成建植失败。因此，苗期须十分重视病虫害与杂草控制。

（3）返青期管护

对于多年生、两年生或越年生草种来说，冬季的低温是一个逆境，如果管护不当，有可能发生冻害而不能安全越冬返青。因此，须重视越冬与返青期的管护，尤其是初建草地。返青期管护要点是返青期禁牧，否则将导致草地沙化，严重影响产草量。

2、复垦为林地

（1）灌溉

治理区范围大、分布较广，每年春、秋两季灌水，以提高林木的成活率和生长速度。恢复林地的管护期间每 1000 株用水量每次 50m³。

（2）人工管护

治理后应进行人工管理，防止牲畜对恢复植被的损害，对未成活

的灌木应在第二年及时补栽。根据实地调查每人每天可管护面积为1.0hm²。恢复植被期间，严格执行禁放牧、禁开荒、禁采石、禁狩猎、禁用火，对植被恢复区进行长期人工巡护。要及时防治虫害、抚育，搞好防火等工作。

第三节 工程量

根据不同治理单元列出监测和管护的设计工程内容，分别测算出工程量并列表汇总。汇总结果如表 5-4 所示。

表 5-4 矿山地质环境监测与管护工作量一览表

监测工程			
监测项目	点位数量	频率（点次/年）	监测年限（年）
地面塌陷地质灾害监测	12	16	17
地形地貌景观	2 条监测路线	1	17
水环境监测	3	2	17
土壤环境监测	2	1	17
生态系统	13	1	17
管护工程			
管护位置			管护时限（年）
植被恢复区域			3

第六章 工作部署与经费估算

第一节 总体部署

（一）总体目标

建立起相对完善的防治体系和监督管理体系，在基本掌握矿山地质环境问题的分布状况与影响程度的基础上，对矿山地质环境问题进行恢复治理，最大限度消除矿山地质环境问题；避免和减少矿区生态环境破坏和污染，实现矿业开发与矿山地质环境保护的协调发展，使矿山生产活动破坏的土地，采取整治措施，使其达到可利用状态。

（二）主要任务

对矿山开发建设范围内的生态环境进行保护，对矿山开采出现的生态修复问题进行恢复治理，对矿山地质灾害进行监测与防治。

（三）总工作量

根据生态修复可行性分析及开采进度，本项目生态修复工程拟分为：生产期、修复期、管护期三个阶段实施。其中生产期为 12.08 年（2026 年 1 月 1 日~2038 年 3 月 31 日），修复期为 1.92 年（2038 年 4 月 1 日~2039 年 12 月 31 日），管护期为 3 年（2040 年 1 月 1 日~2042 年 12 月 31 日）。

表 6-1 生态修复工程量汇总表

序号	工程名称	单位	工程量
（一）	地貌重塑工程		
1	警示牌	块	9
2	回填	m ³	15121
3	封堵	眼	4
4	拆除	m ³	1101
5	清理	m ³	13780
6	垫坡	m ³	3035
7	石方整平	m ³	463
8	整形整平	m ³	2099
（二）	土壤重构工程		
1	表土剥离	m ³	642

序号	工程名称	单位	工程量
2	覆土	m ³	11483
(三)	植被重建工程		
1	种植灌木	株	3463
2	撒播草籽	hm ²	2.3115
(五)	监测工程		
1	地面塌陷地质灾害监测	点	12
2	地形地貌景观	km	2 条监测路线
3	水质、水污染监测	点	3
4	土壤质量、土壤污染监测	点	2
5	生态系统监测	点	13
(六)	管护工程		
1	管护面积	hm ²	3.1285

第二节 总体经费估算

一、经费估算依据

(一) 取费标准

- 1、《土地开发整理项目预算定额标准》（财综[2011]128 号）；
- 2、《土地开发整理项目施工机械台班费定额》（财综[2011]128 号）；
- 3、《土地开发整理项目预算编制规定》（财综[2011]128 号）；
- 4、《工程勘察设计收费标准》（计价格 [2002] 10 号）；
- 5、《内蒙古自治区矿山地质环境治理工程预算定额标准(试行)》（内财建〔2013〕600 号）；
- 6、《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）；
- 7、《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；
- 8、《内蒙古自治区人民政府办公厅关于调整自治区最低工资标准及非全日制工作小时最低工资标准的通知》内政办发〔2021〕69

号；

9、当地材料价格信息（2026 年 1 季度）材料价格市场询价；

10、其它有关规定和标准。

修复方案投资估算水平年为 2026 年，并以国家和地方政策文件规定的单价为标准。如与工程开工时间不在同一年份或物价有变动，应根据开工年的物价和政策在工程开工年重新调整。

（二）费用构成及计费标准

项目的投资为动态投资，其投资的总额由静态投资和价差预备费组成。

（1）静态投资

静态投资包括工程施工费、其他费用、不可预见费和监测管护费用组成。其中工程施工费包括直接费、间接费、利润、税金。各部分预算内容构成如下：

① 工程施工费

工程施工费=工程量×工程施工费单价；

工程施工费单价=直接费+间接费+利润+税金；

直接费=直接工程费+措施费；

直接工程费=人工费+材料费+机械使用费；

其中：人工费=定额劳动量（工日）×人工概算单价（元 / 工日），人工单价根据《内蒙古自治区矿山地质环境治理工程预算定额标准（试行）》的规定及宁城县市场价格计取，甲类工 86.21 元 / 工日，乙类工 63.16 元 / 工日。甲类工、乙类工人工费单价见表 6-2。

表 6-2 人工预算单价计价表（三类地区）

地区类别	六类	定额人工等级	甲类工
序号	项目	计算式	单价（元）
1	基本工资	基本工资×12 月÷（250-10）工日	58.950
2	辅助工资		7.673

地区类别	六类	定额人工等级	甲类工
序号	项目	计算式	单价（元）
(1)	地区津贴	津贴标准（元/月） $\times 12 \div (250-10)$	0.000
(2)	施工津贴	津贴标准（3.5 元/天） $\times 365 \times 95\% \div (250-10)$	5.057
(3)	夜餐津贴	$(4.5+3.5) \div 2 \times 20\%$	0.800
(4)	节日加班津贴	基本工资 $\times (3-1) \times 11 \div 250 \times 35\%$	1.816
3	工资附加费		11.658
(1)	职工福利基金	（基本工资+辅助工资） $\times 14\%$	9.327
(2)	工会经费	（基本工资+辅助工资） $\times 2\%$	1.332
(3)	工伤保险费	（基本工资+辅助工资） $\times 1.5\%$	0.999
4	人工工日预算单价	（基本工资+辅助工资+工资附加费）	78.28
地区类别	六类	定额人工等级	乙类工
序号	项目	计算式	单价（元）
1	基本工资	基本工资 $\times 12 \text{ 月} \div (250-10) \text{ 工日}$	45.000
2	辅助工资		3.684
(1)	地区津贴	津贴标准（元/月） $\times 12 \div (250-10)$	0.000
(2)	施工津贴	津贴标准（3.5 元/天） $\times 365 \times 95\% \div (250-10)$	2.890
(3)	夜餐津贴	$(4.5+3.5) \div 2 \times 20\%$	0.200
(4)	节日加班津贴	基本工资 $\times (3-1) \times 11 \div 250 \times 35\%$	0.594
3	工资附加费		8.520
(1)	职工福利基金	（基本工资+辅助工资） $\times 14\%$	6.816
(2)	工会经费	（基本工资+辅助工资） $\times 2\%$	0.974
(3)	工伤保险费	（基本工资+辅助工资） $\times 1.5\%$	0.730
(4)	人工工日预算单价	（基本工资+辅助工资+工资附加费）	57.20

材料费=定额材料用量 $\times$ 材料单价，主要材料单价按照《内蒙古自治区矿山地质环境治理工程预算定额标准（试行）》编制，超出限价部分单独计算材料价差，主要材料以外的材料价格以宁城县2026年第1季度市场价格计取并以材料到工地实际价格计算，材料价格见表6-3。

施工机械使用费=定额机械使用量（台班） $\times$ 施工机械台班费。台班费定额依据《内蒙古自治区矿山地质环境治理工程预算定额标准（试行）》编制（具体见定额单价取费表）。

表 6-3 主要材料价格表

序号	名称及规格	单位	单价（元）	市场价（元）	价差（元）
1	混凝土预制桩	根	30		
2	铁丝	kg	4.8		
3	锯材	m ³	6.5		
4	光圆钢筋	t	5.75		
5	型钢	t	3780		
6	电焊条	kg	5.75		
7	钢管立柱	t	5900		
8	组合钢模板	t	5200		
9	铁件	kg	6.5		
10	镀锌铁件	kg	7		
11	20-22 号铁丝	kg	5.3		
12	钢板标志	t	8082.87		
13	反光膜	m ²	180		
14	C25 水泥混凝土	m ³	389		
15	32.5 级水泥	t	325		
16	水	m ³	3.3		
17	中（粗）砂	m ³	60		
18	碎石（4cm）	m ³	60		
19	草籽	kg	30		
20	柴油 0#	kg	4.5	9.89	5.39
21	汽油 92#	kg	5	11.86	6.86
22	灌木树苗	株	5		

② 措施费

措施费是指为完成工程项目施工，发生于该工程施工前和施工过程中非工程实体项目的费用，包括临时设施费、冬雨季施工增加费、夜间施工增加费、施工辅助费和安全施工措施费。措施费按项目直接工程费×措施费费率进行计算。其费率依据《内蒙古自治区矿山地质环境治理工程预算定额标准（试行）》标准计取，取费标准如下表 6-4 所示：

表 6-4 措施费费率表

序号	工程类别	临时设施费率 (%)	冬雨季施工增加费率 (%)	夜间施工增加费率 (%)	施工辅助费率 (%)	安全施工措施费率 (%)	费率合计 (%)
1	土方工程	2	1.1	0.2	0.7	0.2	4.2
2	石方工程	2	1.1	0.2	0.7	0.2	4.2
3	混凝土工程	3	1.1	0.2	0.7	0.2	5.2
4	植被工程	2	1.1	0.2	0.7	0.2	4.2
5	辅助工程	2	1.1	0.2	0.7	0.2	4.2

③ 间接费

间接费包括企业管理费和规费，依据《内蒙古自治区矿山地质环境治理工程预算定额标准（试行）》规定，间接费率按工程类别进行计取，间接费按项目直接费×间接费费率进行计算，取费标准如下表 6-5 所示：

表 6-5 间接费费率表

序号	工程类别	计算基础	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	植被工程	直接费	5
5	辅助工程	直接费	5

④ 利润

依据《内蒙古自治区矿山地质环境治理工程预算定额标准》规定，利润按直接费与间接费之和的 3%计取。

⑤ 税金

依据《内蒙古自治区矿山地质环境治理工程预算定额标准（试行）》、税金按直接费、间接费、利润之和的 9%计取。

（2）其他费用

其他费用包括前期工作费、工程监理费、竣工验收费和项目管理费。

□前期工作费

前期工作费指矿山地质环境治理项目在工程施工前所发生的各项支出。包括项目可研论证费、项目勘测与设计费、项目招投标代理

费。

□项目可研论证费

以工程施工费作为计费基数，采用分档定额计费方式计算，各区间按内插法确定见表 6-6。

表 6-6 项目可研论证费计费标准

单位：万元

序号	计费基数	项目可研论证费
1	≤180	2
2	500	4
3	1000	6
4	3000	12

注：计费大于 1 亿元时，按计费基数的 0.25%计取。

□项目勘测与设计费

以工程施工费作为计费基数，采用分档定额计费方式计算，各区间按内插法确定。其中，项目勘测费可按不超过工程施工费的 1.5% 单独计算，剩余部分可计为项目设计与预算编制费见表 6-7。

表 6-7 项目勘测与设计费标准

单位：万元

序号	计费基数	项目勘测与设计费
1	≤180	7.5
2	500	20
3	1000	39
4	3000	93

□项目招标代理费

以工程施工费作为计费基数，采用差额定率累进法计算见表 6-8。

表 6-8 项目招标代理费计费标准

单位：万元

序号	计费基础（万元）	费率（%）	算例	
			计算基础	项目招标代理费
1	≤500	0.5	500	$500 \times 0.5 = 2.5$
2	500-1000	0.4	1000	$2.5 + (1000 - 500) \times 0.4\% = 4.5$
3	1000-3000	0.3	3000	$4.5 + (3000 - 1000) \times 0.3\% = 10.5$
4	3000-5000	0.2	5000	$10.5 + (5000 - 3000) \times 0.2\% = 13.5$

注：计费基数小于 100 万元时，按计费基数的 1.0%计取

□工程监理费

以工程施工费作为计费基数，采用分档定额计费方式计算，各区

间接内插法确定见表 6-9。

表 6-9 工程监理费计费标准

单位：万元

序号	计费基数	工程监理费
1	≤180	4
2	500	10
3	1000	18
4	3000	45

□竣工验收费

竣工验收费=工程验收费+项目决算编制与审计费

□工程验收费

以工程施工费作为计费基数，采用差额定率累进法计算见表 6-10。

表 6-10 工程验收费计费标准

单位：万元

序号	计费基础（万元）	费率（%）	算例	
			计算基础	工程验收费
1	≤180	1.7	180	$180 \times 1.7 = 3.06$
2	180-500	1.2	500	$3.06 + (500 - 180) \times 1.2\% = 6.9$
3	500-1000	1.1	1000	$6.9 + (1000 - 500) \times 1.1\% = 12.4$
4	1000-3000	1	3000	$12.4 + (3000 - 1000) \times 1.0\% = 32.4$

□项目决算编制与审计费

以工程施工费作为计费基数，采用差额定率累进法计算。

表 6-11 项目决算编制与审计费计费标准表

序号	计费基础(万元)	费率(%)	算例	
			计费基础(万元)	项目决算编制与审计费(万元)
1	≤500	1.0	500	$500 \times 1.0\% = 5$
2	500-1000	0.9	1000	$5 + (1000 - 500) \times 0.9\% = 9.5$
3	1000-3000	0.8	3000	$9.5 + (3000 - 1000) \times 0.8\% = 25.5$
4	3000-5000	0.7	5000	$25.5 + (5000 - 3000) \times 0.7\% = 39.5$
5	5000-10000	0.6	10000	$39.5 + (10000 - 5000) \times 0.6\% = 69.5$
6	10000 以上	0.5	15000	$69.5 + (15000 - 10000) \times 0.5\% = 94.5$

□项目管理费

以工程施工费、前期工程费、工程监理费、竣工验收费之和作为计费基数，采用差额定率累进法计算。

表 6-12 项目管理费计费标准表

序号	计费基础(万元)	费率(%)	算例	
			计费基础(万元)	项目管理费(万元)
1	≤500	1.5	500	$500 \times 1.5\% = 7.5$
2	500-1000	1.0	1000	$5 + (1000 - 500) \times 1.0\% = 12.5$
3	1000-3000	0.5	3000	$12.5 + (3000 - 1000) \times 0.5\% = 22.5$
4	3000-5000	0.3	5000	$22.5 + (5000 - 3000) \times 0.3\% = 28.5$
5	5000-10000	0.1	10000	$28.5 + (10000 - 5000) \times 0.1\% = 33.5$
6	10000 以上	0.08	15000	$33.5 + (15000 - 10000) \times 0.08\% = 37.5$

(3) 预备费

预备费是在考虑了生态修复期间可能发生的风险因素，从而导致矿山地质环境保护与复垦费用增加的一项费用。修复方案预备费主要包括基本预备费、价差预备费和风险金。

□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。本项目按工程施工费和其他费用之和的 3.0% 计取。

□价差预备费

指为解决在工程施工过程中，因物价（人工、材料和设备价格）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。假设矿山生产服务年限为 n 年，年度价格波动水平按国家规定的当年物价指数 r 计算，若每年的静态投资费为 a_1 、 a_2 、 a_3 a_n （万元），则第 i 年的价差预备费

$$W_i = a_i[(1+r)^i - 1]$$

式中： W_i =价差预备费；

a_i =复垦期间第 n 年的静态投资；

r =物价指数，本《方案》根据近 3 年物价上涨指数平均值选取 2%。

因此本《方案》价差预备费为复垦期间 W_i 之和。

□风险金

风险金是指可预见而目前技术上无法完全避免的矿山地质环境治理过程中可能发生风险的备用金。修复方案确定风险金按工程施工费、设备费、其他费用三项之和的 5%计取。

（4）监测管护费

□监测费

监测费是指采矿的损毁程度难以预测，为了能及时掌握实际情况，调整并采取及时、有效、正确的治理措施并对其进行监测，确保治理工作顺利进行所产生的费用。

监测费计算公式为：监测费=监测点个数×单价×监测次数

表 6-13 监测取费标准参考表

类别	监测项目	频率	单价（元）
矿山地质环境监测工程	地面塌陷地质灾害监测	点次	150
	地形地貌景观	次	4000
	水质、水污染监测	点次	500
	土壤质量、土壤污染监测	点次	1000
	生态系统	年	2000

□管护费

管护费是对复垦区域土地植被进行有针对性的巡查、补植、除草、施肥浇水、修枝、喷药、刷白等管护工作所发生的费用，主要包括管理和养护两大类。每年管护 2 次。修复方案管护单价为 800 元/hm²。

二、单项工程量及其经费估算

根据相关规定，已编制地貌重塑、土壤重构、植被重建、监测工程和管护工程等经费预算表（表 6-14）。

表 6-14 矿区生态修复治理分项工程施工费及检测管护费估算表

序号	定额编号	单项名称	工程量	单位	综合单价（元）	合计（万元）
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
一		地貌重塑工程				103.23
1	20343	石方清运(运距 0.5~1km)	13781	m ³	29.79	41.05
2	20344	石方回填(运距 1-1.5km)	15121	m ³	31.32	47.36
3	30039	挖掘机砌体拆除	1100	m ³	64.80	7.13
4	市场询价	封堵	4.00	m ³	12500.00	5.00
5	20272	石方整平	463	m ³	6.94	0.32
6	60005	警示牌	9	个	298.85	0.27
7	20272	垫坡	3035	m ³	6.94	2.11
二		土壤重构工程				27.17
1	10210	外购土源覆土(1.5~2km)	10758	m ³	24.31	26.15
2	10195	表土剥离	643	m ³	15.86	1.02
三		植被重建工程				1.88
1	50018	栽植灌木	1714	株	7.16	1.23
2	50030	散播种草	2.4429	hm ²	2674.80	0.65
四		监测工程		监测次数		42.24
1		地质灾害监测费	12	17	150	26.09
2		水环境监测费	3	17	500	2.55
3		土壤环境监测费	2	17	1000	3.40
4		地形地貌监测费	1	17	4000	6.80
5		生态系统监测费	13	17	2000	3.40
五		管护工程				0.25
1		土地复垦管护	3.1285	hm ²	800.00	0.25
合计						174.78

三、总工程量及其经费估算

根据矿区生态修复问题，按照防治亚区分述防治工程，计算工作量，本生态修复工程主要为警示牌、回填、封堵、拆除、清理、垫坡、石方整平、整形整平、剥离、覆土。预测塌陷区设计 12 个监测点，1 个监测基准点；整个生态修复区设置 2 条监测路线，2 处土壤监测取样点，3 处地下水监测点。

宁城华泰矿业有限公司宁城县樱桃沟金钼矿矿区生态修复治理动态投资 218.81 万元，静态总投资 194.49 万元。矿山地质环境治理工程经费估算见表 6-15 至 6-22。

表 6-15 矿区生态修复投资估算总表

序号	工程或费用名称	预算金额（万元）	费率（%）
	1	2	3
一	工程施工费	132.28	60.45
二	其他费用	19.72	9.01
三	监测管护费	42.49	19.42
（一）	监测费	42.24	19.31
（二）	管护费	0.25	0.11
四	预备费	24.32	11.11
（一）	基本预备费	7.60	3.47
（二）	风险金	7.60	3.47
（三）	价差预备费	9.12	4.17
总 计		218.81	100.00

表 6-16 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	直接费单价	措施费	间接费	利润	材料价差	税金	综合单价(元)
一	地貌重塑工程									
(一)	清运	m ³	100	1756.90	66.76	109.42	57.99	741.77	245.96	2978.80
(二)	回填	m ³	100	1849.49	70.28	115.19	61.05	777.35	258.60	3131.95
(三)	拆除	m ³	100	4050.94	153.94	210.24	132.45	1397.09	535.02	6479.69
(四)	石方整平/垫坡	m ³	100	439.21	16.69	27.35	14.50	139.33	57.34	694.42
(五)	警示牌	块	100	24516.67	931.63	1272.42	801.62		2362.49	29884.83
(六)	封堵	眼	1							12500
三	土壤重构工程									
(一)	覆土	m ³	100	1141.21	43.37	59.23	37.31	948.75	200.69	2430.55
(二)	表土剥离	m ³	100	959.36	36.46	49.79	31.37	378.27	130.97	1586.22
四	植被重建工程									
(一)	种植灌木	株	100	585.39	22.24	30.38	19.14		59.14	716.30
(二)	撒播草籽	hm ²	1	2185.95	83.07	113.45	71.47		220.85	2674.80
五	监测工程									
(一)	地质灾害监测	点								150
(二)	水环境监测	点								1500
(三)	土壤环境监测	点								2000
(四)	地形地貌	年								2000
(五)	生态系统检测	年								2000
六	管护工程									
(一)	土地复垦管护	hm ²								800

表 6-17 工程施工费估算表

序号	定额编号	单项名称	工程量	单位	合计（万元）
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)
一		地貌重塑工程			103.23
1	20343	石方清运(运距 0.5~1km)	13781	m ³	41.05
2	20342	石方回填(运距 1-1.5km)	15121	m ³	47.36
3	30039	挖掘机砌体拆除	1100	m ³	7.13
4	市场询价	封堵	4.00	m ³	5.00
5	20272	石方整平/整形整平	463	m ³	0.32
6	60005	警示牌	9	个	0.27
7	20272	垫坡	3035	m ³	2.11
二		土壤重构工程			27.17
1	10210	外购土源覆土(1.5~2km)	10758	m ³	26.15
	10195	表土剥离	643	m ³	1.02
三		植被重建工程			1.88
1	50018	栽植灌木	1714	株	1.23
2	50030	散播种草	2.4429	hm ²	0.65
合计					132.28

表 6-18 其他费用计算表金额单位：万元

序号	费用名称	计算式	预算金额（万元）	占比（%）
	□	□	□	□
1	前期工作费		10.16	51.54
□	项目可研论证费	工程施工费×费率	2.00	10.14
□	项目勘测与设计费	工程施工费×费率	7.50	38.04
□	项目招标代理费	工程施工费×费率	0.66	3.35
2	工程监理费	工程施工费×费率	4.00	20.29
3	竣工验收费		3.57	18.11
□	工程验收费	工程施工费×费率	2.25	11.41
□	项目决算编制与审计费	工程施工费×费率	1.32	6.71
4	项目管理费	（工程施工费+前期工作费+工程监理费+竣工验收费）×费率	1.98	10.06
	总计		19.72	100.00

表 6-19 预备费计算表金额单位：万元

序号	费用名称	工程施工费	其他费用	费率（%）	费用（万元）
1	基本预备费	132.28	19.72	5	7.60
2	风险现金	132.28	19.72	5	7.60
3	价差预备费	132.28	19.72	6	9.12
合计					24.32

表 6-20 监测费计算表

序号	费用名称	计算式			预算金额
一	监测费	监测点个数	单价（元）	监测次数	（万元）
1	地质灾害监测费	12	150	17	26.09
2	水环境监测费	3	1500	17	2.55
3	土壤环境监测费	2	2000	17	3.40
4	地形地貌监测费	1	2000	17	6.80
5	生态系统监测费	13	2000	17	3.40
合计					42.24

表 6-21 管护费计算表

序号	费用名称	恢复面积（hm ² ）	每公顷费用	小计（万元）
	(1)	(2)	(3)	(4)
1	管护费	3.1285	800	0.25

表 6-22 机械台班单价汇总表金额单位：元

定额 编号	机械名称及规格	台班费	一类费用小计	人工费（元/日）		动力燃料	汽油（元/Kg）		柴油（元/Kg）		电（元/KWh）	
				工日	数量	金额	数量	金额	数量	金额	数量	额 金
1013	推土机59kw	445.88	75.46	2	172.42	198.00			44	198.00		
4013	自卸汽车10t	645.38	234.46	2	172.42	238.50			53	238.50		
1004	挖掘机1m³	832.83	336.41	2	172.42	324.00			72	324.00		
1014	推土机74Kw	627.41	207.49	2	172.42	247.50			55	247.50		
7004	电焊机直流30KVA	216.14	8.30	1	86.21	121.63					168	121.63
1010	装载机2m³	898.80	267.38	2	172.42	459.00			102	459.00		
4016	自卸汽车18t	923.73	454.31	2	172.42	297.00			66	297.00		

第三节 阶段工作任务与经费安排

一、阶段工作任务

根据矿山开采进度及开采过程中产生的生态修复问题，划分为生产期、修复期、管护期三个阶段实施，计划作出部署如下：

1、生产期（近年 2026 年 1 月-2028 年 12 月）

（1）对钻井平台、废弃道路、排水沟进行最终治理，措施为对钻井平台和排水沟进行回填、覆土，废弃道路切坡进行垫坡，对道路进行覆土，钻井平台、排水沟复垦为灌木林地，树种为山杏；废弃道路复垦为草地。

（2）对道路的切坡进行治理，措施为对切坡进行垫坡、覆土、恢复植被，拟建竖井工业场地、拟建风井工业场地进行表土剥离，剥离的表土直接用于本年度复垦场地的覆土土源；

（3）对 SJ1 工业场地、SJ2 废石场进行治理，措施为对竖井进行回填、封堵，对建筑物进行拆除，对场地进行清理，切坡进行垫坡，然后对场地进行覆土、恢复植被；对 SJ2 废石场进行清理、覆土、种草。

（4）及时利用废石等对采空区进行充填，充填量和方法参照矿山编写的采空区充填方案，按照充填方案具体实施；

（5）对整个生态修复区进行监测和对治理植被恢复区域的管护和植被效果监测。

2、生产期（2029 年 1 月-2038 年 3 月）

（1）按照采矿生产的进展及时充填采空区，如果地表出现塌陷坑，及时对塌陷坑进行回填治理；

（2）对整个生态修复区进行监测。

3、修复期（2038 年 4 月-2039 年 12 月）

(1) 预测地面塌陷区、SJ2 工业场地、拟建竖井工业场地、拟建风井工业场地、SJ1 废石场、生活区、矿区道路进行最终的治理；

(2) 对整个生态修复区进行监测和对治理植被恢复区域的管护和植被效果监测。

4、管护期（2040 年 1 月-2042 年 12 月）

(1) 植被养护：对修复区内灌木及草本植物进行浇水、施肥、松土、除草、病虫害防治，按年度开展补植补种，确保植被成活率及覆盖度达到设计及验收标准。

(2) 工程管护：定期巡查防护工程，及时进行维修加固，保障边坡稳定与排水畅通。

(3) 监测与巡查：开展水土流失、植被生长、土壤墒情等动态监测，做好日常及汛期专项巡查，建立巡查记录与隐患整改台账。

(4) 设施维护：对警示标识、监测设备等进行维护保养，确保正常运行。

(5) 环境保护：严禁私挖乱采、放牧、倾倒垃圾及擅自改变土地利用现状。

(6) 完整记录 3 年管护期内的养护、监测、整改等资料，形成规范档案，满足竣工验收及后期监管要求。

具体阶段任务工作安排表 6-23 所示。

表 6-23 矿山生态修复总体工作安排表

治理阶段	治理时间	治理单元	工程措施		
近年	2026 年	钻井平台	回填	m ³	1248
			覆土	m ³	624
			种树	株	312
		废弃道路	垫坡	m ³	930
			覆土	m ³	1089
			撒播草籽	m ²	3630
		排水沟	回填	m ³	160
			覆土	m ³	732

治理阶段	治理时间	治理单元	工程措施		
			种树	株	366
		预测塌陷区	警示牌	块	9
		拟建竖井工业场地	剥离	m ³	392
		拟建风井工业场地	剥离	m ³	251
		矿区	监测和管护	年	1
	2027 年	SJ2 废石场	清理	m ³	5128
			覆土	m ³	807
			撒播草籽	m ²	2691
		道路的切坡	垫坡	m ³	1200
			覆土	m ³	647
			撒播草籽	m ²	2156
		矿区	监测和管护	年	1
	2028 年	SJ1 工业场地	回填	m ³	575
			拆除	m ³	497
			清理	m ³	415
			封堵	m ³	1
			垫坡	m ³	780
			覆土	m ³	2073
			种树	株	1036
		矿区	监测和管护	年	1
生产期	2029.1.1-2038.3.31	矿区	监测和管护	年	9.08
修复期	2038.4.1-2039.12.31	预测塌陷区	回填	m ³	11494
			石方整平	m ³	463
			覆土	m ³	463
			撒播草籽	m ²	1545
		拟建竖井工业场地	回填	m ³	631
			拆除	m ³	157
			清理	m ³	131
			封堵	m ³	1
			覆土	m ³	392
			撒播草籽	m ²	1305
		拟建风井工业场地	回填	m ³	569
			拆除	m ³	100
			清理	m ³	84
			封堵	m ³	1
			覆土	m ³	251
			撒播草籽	m ²	835
		SJ2 工业场地	回填	m ³	444

治理阶段	治理时间	治理单元	工程措施		
			拆除	m ³	252
			清理	m ³	210
			封堵	m ³	1
			覆土	m ³	631
			垫坡	m ³	125
			撒播草籽	m ²	2104
		SJ1 废石场	清理	m ³	7735
			覆土	m ³	1170
			撒播草籽	m ²	3901
		生活区	拆除	m ³	94
			清理	m ³	78
			覆土	m ³	235
			撒播草籽	m ²	783
		矿区道路	覆土	m ³	1644
			撒播草籽	m ²	5479
		矿区	监测和管护	年	1.5
管护期	2040.1.1-2042.12.31	矿区	管护	年	3.0

二、前三年工作任务与经费进度安排

1、第一年（2026 年）

（1）对钻井平台、废弃道路、排水沟进行最终治理，措施为对钻井平台和排水沟进行回填、覆土，废弃道路内部进行整形整平、覆土，均复垦为灌木林地，树种为山杏；

（2）拟建竖井工业场地、拟建风井工业场地进行表土剥离，剥离的表土直接用于本年度复垦场地的覆土土源；

（3）对整个矿区进行监测和对治理植被恢复区域的管护和植被效果监测。

2、第二年（2027 年）

（1）对道路的切坡进行治理，措施为对切坡进行垫坡、覆土、恢复植被；对 SJ2 废石场进行清运、覆土、恢复植被；

（2）及时利用废石等对采空区进行充填，充填量和方法参照矿山编写的采空区充填方案，按照充填方案具体实施；

（3）对整个矿区进行监测和对治理植被恢复区域的管护和植被效果监测。

3、第三年（2028 年）

（1）对 SJ1 工业场地进行治理，措施为对竖井进行回填、封堵，对建筑物进行拆除，对场地进行清理，切坡进行垫坡，然后对场地进行覆土、恢复植被；

（2）及时利用废石等对采空区进行充填，充填量和方法参照矿山编写的采空区充填方案，按照充填方案具体实施；

（3）对整个矿区进行监测和对治理植被恢复区域的管护和植被效果监测。

近年矿区生态修复工作具体计划见表 6-24：

表 6-24 前三年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	主要工程措施及工程量	目标地类	面积 hm ²	费用 万元
1	第一年度		/	否	回填 1408m ³ 、垫坡 930m ³ 、覆土 2445m ³ 、种树 678 株、种草 3630m ² 、拟建场地表土剥离 642m ³ 、监测与管护	灌木林地	0.6341	11.85
2	第二年度		/	否	清理 5128m ³ 、垫坡 1200m ³ 、覆土 1454m ³ 、种草 4848m ² 、监测与管护	草地	0.4848	18.94
3	第三年度		/	否	回填 575m ³ 、拆除 497m ³ 、清理 415m ³ 、封堵 1 眼、覆土 2073m ³ 、种树 1036、垫坡 780m ³ 、监测与管护	灌木林地	0.4145	13.83

表 6-25 矿区生态修复工程量与经费安排表

序号	生态修复区块	范围(拐点坐标)	生态修复面积	主要治理修复问题	保护与预防控制工程				修复工程				监测与管护工程			
					保护措施	工程量	费用	实施时间	修复措施	工程量	费用	实施时间	监测措施	工程量	费用 万元	实施时间
							万元				万元					
1	预测塌陷区	表 3-41 各修复单元拐点坐标一览表	1545	预防地质灾害和修复工程	警示牌	9	0.27	2026 年	覆土	463	1.13	2039 年				
					回填	11494	36.00	2039 年	种草	1545	0.04	2039 年				
					石方整平	463	0.32	2039 年								
2	拟建竖井工业场地		1305	修复工程	回填	631	1.98	2038 年	表土剥离	392	0.62	2026 年				
					封堵	1	1.25	2038 年	覆土	392	0.95	2038 年				
					拆除	157	1.02	2038 年	种草	1305	0.03	2038 年				
					清理	131	1.25	2038 年								
3	拟建风井工业场地		835	修复工程	回填	569	1.77	2038 年	表土剥离	251	0.40	2026 年				
					封堵	1	1.25	2038 年	覆土	251	0.61	2038 年				
					拆除	100	6.86	2038 年	种草	835	0.02	2038 年				
					清理	84	5.25	2038 年								
4	SJ1 工业场地		4145	修复工程	回填	575	1.80	2028 年	覆土	2073	5.04	2028 年				
					封堵	1	1.25	2028 年	种树	1036	0.74	2028 年				
					拆除	497	3.22	2028 年								
					清理	415	1.24	2028 年								
					垫坡	780	0.54	2028 年								
5	SJ1 废石场		3901	修复工程	清理	7735	23.04	2038 年	覆土	210	0.51	2038 年				
									种草	3901	0.10	2038 年				
6	SJ2 工业场地		2104	修复工程	回填	444	1.39	2038 年	覆土	631	1.53	2038 年				
					封堵	1	1.25	2038 年	种草	2104	0.06	2038 年				
					拆除	252	1.63	2038 年								
					清理	210	0.63	2038 年								
					垫坡	125	0.09	2038 年								
7	SJ2 废			2691	修复工程	清理	5128	15.28	2027 年	覆土	807	1.96	2027 年			

	石场								种草	2691	0.07	2027 年				
8	钻井平台		1248	修复工程	回填	1248	3.91	2026 年	覆土	624	1.52	2026 年				
									种树	312	0.22	2026 年				
9	废弃道路		3630	修复工程	垫坡	930	0.65	2026 年	覆土	1089	2.65	2026 年				
									种草	3630	0.10	2026 年				
10	排水沟		1463	修复工程	回填	160	0.50	2026 年	覆土	732	1.78	2026 年				
									种树	366	0.26	2026 年				
11	生活区		783	修复工程	拆除	94	0.61	2038 年	覆土	235	0.57	2038 年				
					清理	78	0.23	2038 年	种草	783	0.02	2038 年				
12	矿区道路		7635	修复工程	垫坡	1200	0.83	2027 年	覆土	647	1.57	2027 年				
									种草	2157	0.06	2027 年				
									覆土	1644	3.99	2039 年				
									种草	5479	0.15	2039 年				
13	矿区												地质灾害监测	12	26.09	2026 年-2042 年
													水环境监测	3	2.55	2026 年-2042 年
													土壤环境监测	2	3.40	2026 年-2042 年
													地形地貌	2	6.80	2026 年-2042 年
													生态系统检测	13	3.40	2026 年-2042 年
													管护工程			
													土地复垦管护	3.1285	0.25	2026 年-2042 年

第七章 保障措施与公众参与

第一节 保障措施

一、组织保障

该生态修复方案报自然资源行政主管部门批准后，由矿权人负责组织实施。为保证生态修复方案的顺利实施，建立强有力的组织机构是十分必要的，组织机构负责土地复垦的委托、报批和方案实施工作。机构的工作职责如下：

（1）认真贯彻、执行“谁损毁、谁复垦”的复垦方针

（2），确保治理工程安全，充分发挥生态修复工程效益。

（2）建立防治目标责任制，把治理列为工程进度、质量考核的内容之一，制定生态修复详细实施计划。

（3）生产期间，协调好治理与主体工程的关系，确保工作的正常施工，并按时竣工，最大限度恢复土地使用功能。

（4）深入现场进行检查和观察，掌握治理工程的运行状况及防治措施落实情况。

（5）建立、健全各项档案，分析整编资料，为治理工程竣工验收提供相关资料。

二、技术保障

（1）方案的实施应有充分的技术保障措施，因此，矿山必须配备相应的专业技术队伍，并有针对性地加强专业技术培训，应强化施工人员的生态修复的保护意识，提高施工人员的生态修复技术水平，承诺将严格按照建设、施工等各项工作的有关规定，按年度有序进行。承诺将选择有技术优势和较强社会责任感的监理单位，委派技术人员与监理单位密切合作，确保施工质量。

（2）要依据本矿山批复的方案，因地制宜，因害设防，要优化

防治结构，理配置恢复治理工程与生物防治措施，使工程措施与生物防治措施有机结合。

(3)各施工单位应尽量采用先进的施工手段和合理的施工工艺，同时矿山建设开发单位应严格控制施工进度以确保生态修复按时完成并取得成效。

三、资金保障

根据内蒙古自治区财政厅、自然资源厅和生态环境厅制定《内蒙古自治区矿山地质环境治理恢复基金管理办法（试行）》（内国土资规[2019]3 号），该文件指明“取消传统保证金，建立“企业计提、专项使用、属地监管”的基金制度”，按年度提取， $\text{额度} = \text{矿类基数} \times \text{开采影响系数（地下）} \times \text{土地复垦难度系数} \times \text{地区影响系数} \times \text{年度实际矿石产量}$ ，实行动态调整机制；2018 年成立了矿山生态修复基金，专门核算基金的提取与使用，实现“资金与生产经营账户物理分离”，专款专用，不得用于非治理类支出。将矿区生态修复费用列入企业生产会计科目之中，保证资金的落实。遵循企业所有、政府监管、专户存储、专款专用的原则，绝不准许挪用矿区生态修复经费。高度重视矿区生态修复工作，按相关方案制定的治理规划，分期分批把治理复垦资金纳入每个年度预算之中，确保各项治理工作能落实到位。

将土地复垦费用存入该矿山生态修复基金专用账户，首次预存额占本次土地复垦费用静态总金额的 20.00%以上，并在采矿证到期前 1 年计提完毕，在确保满足生态修复工程各年度费用的基础上，根据动态投资总额度制定年度复垦费用计提计划。

四、监管保障

(1) 矿山企业将严格按照评审修改后的方案实施矿区生态修复工程。自然资源主管部门有权依法对修复方案实施情况进行监督管理。

矿山企业作为义务人应强化矿区生态修复施工管理，严格按照方案要求进行自查，并主动与自然资源主管部门取得联系，加强与自然资源主管部门的合作，自觉接受自然资源主管部门的监督管理。

（2）为保障自然资源主管部门矿区生态修复实施监管工作，矿权人应当根据修复方案，实施阶段计划和年度计划，定期向当地自然资源局报告当年实施情况，接受自然资源局对矿区生态修复实施情况的监督检查，接受社会对实施情况进行监督。

（3）自然资源主管部门在监管中发现义务人不履行矿区生态修复义务的，按照有关法律法规和政策文件的规定，应自觉接受自然资源主管部门及有关部门的处罚。

本项目的实施，是由矿方组织实施，建立专职机构，由专职人员具体管理负责制，制定详细的勘查、设计施工方案，建立质量监测及验收等工作程序。自觉地接受财政、监察、自然资源管理等部门的监督和检查，配备专职人员和有管理经验的技术人员组成项目区土地复垦办公室，专门负责项目区土地复垦工程的实施。

参与项目勘察、设计、施工及管理的单位，必须具备国家规定的资质条件，取得相应的资质证书、项目质量管理必须严格按照有关规范、规程执行，做到责任明确，奖罚分明，施工所需的材料须经质检部门验收合格方可使用；工程竣工后，应及时报请财政及自然资源行政主管部门组织专家验收。

第二节 公众参与

为保障矿区生态修复工作科学、公开、可落地，修复方案构建全过程、全周期、多样化公众参与机制，将公众参与贯穿方案编制、工程实施、监测管护与成效评估全流程，充分保障周边群众、相关单位与社会各界的知情权、参与权、表达权与监督权。

一、方案编制前公众参与

方案编制启动前，建设单位与编制单位联合开展前期走访与民意摸排，重点走访矿区及周边嘎查村、牧民群众、乡镇政府、自然资源、生态环境、林草等部门。通过现场踏勘、入户访谈、座谈交流等方式，系统收集公众对矿区生态现状、主要环境问题、修复方向、土地利用诉求、安全隐患治理等方面的意见建议，明确公众关切重点，为方案目标设定、工程布局与技术路线提供依据，确保修复方案贴合区域实际与群众意愿。

二、方案编制期间公众参与

编制过程中实行信息公开与意见征询。通过项目现场公告、乡镇与村级公示栏、线上平台等渠道，公开项目概况、修复范围、主要措施、预期效益与征求意见方式。组织召开公众座谈会与专家咨询会，邀请村民代表、牧民代表、相关部门代表参与，对修复工程布局、植被重建、水土保持、扬尘与噪声控制、土地复垦利用等内容进行充分讨论。对收集的公众意见逐一登记、梳理、研判，合理意见予以采纳；未采纳的书面说明理由并及时反馈，形成完整的公众参与记录与意见采纳情况说明，作为方案编制重要组成。

三、后期全过程全面参与保障与多样化形式

方案获批后，建立全程参与、多元互动、闭环监督的公众参与保障体系，实现从施工到管护的全流程参与。

1. 组织保障：成立由建设单位、乡镇、村委会、公众代表共同组成的公众参与监督小组，明确职责与议事机制，确保参与常态化、规范化。

2. 制度保障：制定公众参与管理办法与信息公开制度，固定公开频次、反馈时限与监督渠道，做到全程留痕、有据可查。

3. 多样化参与形式：

信息公开：现场公示牌，公开施工进度、环保措施、监测数据。

现场监督：邀请公众代表对施工扬尘、噪声、水土保持、生态恢复质量进行现场巡查与监督。

座谈听证：针对重大设计变更、关键节点调整，组织专题座谈，充分听取意见。

意见渠道：设立意见箱、公开联系电话与电子邮箱，实行“接诉即办”，及时回应诉求。

成效评议：修复工程完工与年度管护阶段，组织公众开展满意度调查与成效评议，评议结果作为管护与验收依据。

通过全过程参与与多样化渠道，切实凝聚社会共识、强化社会监督，推动矿区生态修复高质量实施，实现生态效益、社会效益与群众利益协同统一。

第三节 效益分析

一、社会效益

生态修复方案实施，可有效地控制水土流失、环境污染，提高土地利用效益，恢复被损毁的地形地貌景观，保障矿区及附近居民生命财产的安全，改善矿区及周边地区的地质环境，从而促进矿业开发和矿山地质环境保护的协调发展。

方案实施的目的在于控制矿业活动对矿山地质环境的影响，治理因矿业活动损毁的土地资源，构建当地的经济发展与地质环境保护的和谐统一，具有较好的社会效益。

二、生态效益

1、方案实施后，植被覆盖率得到明显提高，将有效遏制矿区地质环境的恶化，有利于改善生态环境和局部小气候，减少风力，提高

土壤贮水保土能力，增加土壤有机质含量，改善土壤团粒结构，有利于矿山地质环境的恢复，促进当地矿山地质环境保护和矿业生产的良性发展，使治理区及其周边的生产、生活安全得到保障，为矿区生态环境的良性转化和美化起到决定性作用。

2、对生物多样性的影响：复垦项目实施之后较实施之前植被覆盖率得到明显提高，将有效遏制项目区及周边环境的恶化，在合理管护的基础上最终实现植物生态系统的多样性与稳定性。吸引周边动物群落的回迁，增加动物群落多样性，达到植物动物群落的动态平衡。

3、对空气质量和局部小气候的影响：土地复垦通过对生态系统重建工程，将对局部环境空气和小气候产生正面与长效影响。具体来讲，防护林建设、植树、种草工程不仅可以防风固沙，还可以通过净化空气改善周边区域的大气环境质量。

三、经济效益

以减灾效益为主，增值效益为辅。矿山开采不仅损毁土地、造成水土流失，还会影响矿区及周边的生态环境。实施矿山地质环境治理，消除了生产过程中的安全隐患，保证了矿区生产建设的正常发展，改善了人居环境，体现了“以人为本”，是一件利国、利民、利企的大事，功在当代，利在千秋。

第八章 结论

1、矿山概况

宁城华泰矿业有限公司宁城县樱桃沟金钼矿现持有采矿许可证号为***，有效期限自***，矿区面积***km²。

2、方案适用年限

矿山剩余服务年限为 12.08 年，考虑在矿山生产服务年限期满后生态修复时间为 1.92 年，管护时间为 3 年，据确定修复方案服务年限为 17 年，即从 2026 年 1 月 1 日至 2042 年 12 月 31 日。

3、矿山现状已损毁土地面积 3.2328hm²，损毁方式为挖损、压占，拟损毁土地面积 4.8368hm²，拟损毁土地损毁方式为塌陷、压占。总损毁土地类型为乔木林地、灌木林地、其他林地、其他草地、采矿用地、农村道路、设施农用地，矿区损毁土地不占用基本农田。

4、对本项目涉及土地进行损毁程度综合评价，受损单元中预测塌陷区、SJ1 废石场、SJ2 废石场为重度损毁区；SJ1 工业场地、SJ2 工业场地、拟建竖井工业场地、拟建风井工业场地、钻井平台、废弃道路、排水沟、切坡、生活区、矿区道路为中度损毁区。

5、矿区复垦修复土地面积 3.1285hm²，复垦方向为灌木林地 0.9707hm²，人工牧草地为 2.3115hm²。

6、根据矿区生态修复工作部署、工程量及工程技术手段，修复方案动态投资 218.81 万元，静态总投资 194.49 元。

7、修复方案不代替相关工程勘察、治理设计，实际投入工程量及投资金额最终以工程设计及预算为准。建议矿山企业在进行生态修复工程时，委托相关单位对矿区生态修复工程进行专项工程勘察、设计。

8、建议矿山在今后生产中加强水工环地质研究工作，组建水文

地质勘察队伍，配置水文地质勘察设备，应加强水工环地质研究工作；建议矿山增加电子监控设备加强地质灾害和废石场的监测，确保矿山安全生产，同时配套布设泄洪道、截排水系统，实施清污分流，可有效疏导沟头上游汇水，保障汛期行洪通畅，降低暴雨条件下废石场遭受洪水冲刷、渣体滑移及泥石流发生风险。泄洪及排水设施与废石场边坡防护、植被恢复工程协同实施，后期应加强泄洪道、截排水沟常态化维护，汛期开展巡查，确保排水体系持续有效运行。定期加强矿山生态环境修复工作。