

陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿  
矿区生态修复方案

陕西邦田化工有限公司

2026年3月

# 陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿 矿区生态修复方案

编制单位：中化地质矿山总局陕西地质勘查院

法人代表：张志晔

项目负责人：杜小伟

编写人员：杜小伟 宋建礼 贺万财

王志奇 司冬冬 闫兵



## 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		陕西邦田化工有限公司			
	统一社会信用代码		9161072775880757X8		联系人	韩乔林
	联系地址		陕西省汉中市略阳县金家河镇		联系电话	13571684058
	采矿权证证号		C610000200912 6120051889		开采方式	地下开采
	采矿权面积		1.5631km <sup>2</sup>		采矿权拐点坐标	①3689822.9873,35589311.5434; ②3689822.9876,35590031.5472; ③3689671.9868,35590031.5473; ④3689671.9872,35590911.5521; ⑤3688762.9823,35590911.5524; ⑥3688762.9814,35589311.5437
	采矿权有效期限		2021年3月12日至2026年3月12日			
	开采主矿种		磷矿		其他矿种	/
	方案编制情形		<input type="checkbox"/> 首次申请采矿许可证 <input type="checkbox"/> 扩大开采区域 <input type="checkbox"/> 缩小开采区域 <input type="checkbox"/> 变更开采方式 <input type="checkbox"/> 变更开采主矿种 <input type="checkbox"/> 延续 <input checked="" type="checkbox"/> 其他			
编制单位	单位名称		中化地质矿山总局陕西地质勘查院			
	统一社会信用代码		12100000435945134H		联系人	卢柯
	联系地址		陕西省西安市雁塔区电子城街道雁塔区		联系电话	13279463881
	编制负责人					
	姓名	身份证号码	专业	职务/职称	联系电话	签名
	杜小伟	610203198706252913	区域地质	中级	13772810158	杜小伟
	主要编制人员					
	姓名	身份证号码	专业	职务/职称	联系电话	签名
	宋建礼	612301196707062711	水文及工程地质	高工	13572626121	宋建礼
	贺万财	61230119710505273X	地质	高工	13474316600	贺万财
	王志奇	610526198812283458	水工环地质	中级	15829106870	王志奇
司冬冬	610582199007162034	水工环地质	中级	18292867557	司冬冬	
闫兵	612301197609242772	测绘工程	中级	15029664637	闫兵	

# 《陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿 矿区生态修复方案》 专家组评审意见

2026年2月6日，汉中市自然资源局邀请有关专家（名单附后）在略阳县对陕西邦田化工有限公司委托中化地质矿山总局陕西地质勘查院编制的《陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿矿区生态修复方案》（以下简称《方案》）进行了评审。会前部分专家到矿山进行实地踏勘，专家组在听取汇报、审阅方案及附件、附图的基础上，经过质询答辩后，形成如下意见：

一、《方案》完成的工作量满足编制要求。《方案》收集资料17份，完成调查面积1.77km<sup>2</sup>，采矿活动影响范围面积1.58km<sup>2</sup>，地质环境调查点25个、土地复垦调查点9个。《方案》附图、附表及附件完整，插图及插表齐全，格式符合《矿区生态修复方案编制指南》（临时）编制要求。

二、《方案》编制依据充分，编制目的、编制情形和服务年限明确，矿区生态修复部署合理。依据《开发利用方案》《2025年金家河磷矿储量年报》，截至2025年12月31日，矿山剩余可采储量250.01×10<sup>4</sup>t，矿山开采年限为8.3a，按9a计算。考虑后期闭坑期2.0a，植被管护期3.0a，确定本方案服务年限为14a，以2025年为方案编制基准年，适用年限为5年，具体时间以自然资源主管部门公告通过之日算起。

三、矿山基本情况、其他基础信息叙述基本完整。目前矿山处于生产状态，生产规模  $25.0 \times 10^4 \text{t/a}$ ，矿区范围由 6 个拐点圈定，矿区面积  $1.5631 \text{km}^2$ ，开采标高 1220—600m、开采矿种为磷矿。矿区土地利用现状类型为 7 个一级类和 9 个二级类，包括耕地、林地、草地、工矿仓储用地、住宅用地、交通用地和其他土地。土地利用现状叙述清晰；矿山属于地下开采，采矿方法采用浅孔留矿法，允许地表塌落，根据矿山开采方式和采矿方法，确定矿种系数为 1.8%（化工类矿产），开采影响系数为 1.0（空场法），地区系数为 1.2（陕南地区）。

四、矿区自然地理、地质环境背景和矿区生态状况等叙述正确。基本情况调查监测指标明确，综合采矿活动、土地损毁及其生态功能服务影响范围，确定采矿活动影响范围面积为  $1.58 \text{km}^2$ 。

五、矿山地质环境现状问题识别与受损预测基本合理。问题诊断评价将采矿活动影响范围划分为 3 级 3 个区，其中重度受损区面积  $0.05 \text{km}^2$ ，占评估区总面积的 3.16%；中度受损区面积  $0.02 \text{km}^2$ ，占评估区面积的 1.27%；轻度受损区面积  $1.51 \text{km}^2$ ，占评估区总面积的 95.57%。受损预测将采矿活动影响范围共划分为 3 级 5 个区，其中重度受损区 1 个区块，面积为  $0.05 \text{km}^2$ ，占比为 3.16%；中度受损区 3 个区块，其面积分别为  $0.02 \text{hm}^2$ 、 $0.01 \text{hm}^2$ 、 $0.02 \text{hm}^2$ ，占比分别为 1.27%、0.63%、1.27%，轻度受损区 1 个区块，面积为  $1.48 \text{km}^2$ ，占比为 93.67%。

六、矿山土地损毁问题识别和受损预测较为合理，土地损毁

环节和时序叙述正确，已损毁土地现状明确，拟损毁土地预测正确。矿山共计损毁土地面积  $8.37\text{hm}^2$ ，已损毁土地面积  $5.28\text{hm}^2$ ，其中压占损毁  $3.09\text{hm}^2$ ，塌陷损毁  $2.19\text{hm}^2$ ，拟损毁土地面积  $3.09\text{hm}^2$ ，无重复损毁土地，土地权属明晰，复垦区及复垦责任范围明确。

七、植被等损毁问题识别和受损预测较为合理，现状问题识别与受损预测结论基本正确，地面压占区域为  $3.09\text{hm}^2$ ，植被损毁程度为重度；塌陷面积为  $5.28\text{hm}^2$ ，植被损毁程度为中等；其他区域面积为  $148.70\text{hm}^2$ ，植被损毁程度为轻度。

八、矿区生态修复分区结果合理。《方案》将采矿活动影响范围划分生态重建区、辅助再生区和自然恢复区三个主要分区，其中生态重建区为 9 个区块，总面积为  $3.09\text{hm}^2$ ，占比 1.89%；辅助再生区为 3 个区块，总面积为  $5.28\text{hm}^2$ ，占比 3.22%；自然恢复区总面积  $155.55\text{hm}^2$ ，占比 94.89%。

九、矿区生态修复技术经济与目标方向可行，参照生态系统关键属性指标及标准合理，具备矿山边开采、边修复条件。

十、《方案》提出的矿山地质环境保护与土地复垦目标与任务明确；对治理与复垦工程内容提出的技术方法可行；生态修复工程量明确，具有可操作性。地貌重塑工程包括废石场治理、地表开裂和地面塌陷、地裂缝的治理；土地重构工程包括塌陷区表土剥离、堆存和回覆、建筑拆除后客土回填、土壤培肥、废弃物和建筑垃圾清理；植被重建包括耕地、林地的恢复；景观营造工

程包括：挖损地段进行微地形地貌改造，乔灌草复式配套栽植；监测工程包括：矿山地质环境、土地资源、生态系统监测；管护工程包括：生态修复后土壤、植被管护。《方案》详细安排了适用期各年度矿区生态修复工作内容，具体见表 1。矿区生态修复工程总体部署、阶段实施计划、年度工作安排等基本合理，具有针对性。

表 1 适用期矿区生态修复任务表

年度	矿山地质环境治理措施及工程量	土地复垦措施及工程量
第一年	1.开挖土石方 487.7m <sup>3</sup> ; 2.浆砌石 612.2m <sup>3</sup> ; 3.水泥砂浆 1044m <sup>2</sup> ; 4.PVC 管 593m; 5.回填土方 73.8m <sup>3</sup> ; 6.设置警示牌 7 块; 7.监测点设置 20 个; 8.开展不稳定地质体监测 168 次; 9.水质全分析 10 次; 10.水质简分析 10 次; 11.无人机巡查 12 次; 12.遥感解译生态全分析 1 次。	1.场地平整量 2100m <sup>3</sup> ; 2.表土运输量 2100m <sup>3</sup> ; 3.表土覆盖量 2100m <sup>3</sup> ; 4.土地翻耕 0.70hm <sup>2</sup> ; 5.土壤培肥 0.70hm <sup>2</sup> ; 6.种植刺槐 1650 株; 7.撒播紫花苜蓿 0.70hm <sup>2</sup> ; 8.管护林地 0.70hm <sup>2</sup> ; 9.原状地貌监测 6 次; 10.土地损毁监测 120 次; 11.土壤质量监测 6 次; 12.复垦效果监测 12 次。
第二年	1.开展不稳定地质体监测 168 次; 2.水、土质全分析 8 次; 3.水质简分析 8 次; 4.无人机巡查 10 次; 5.遥感解译生态全分析 1 次。	1.土地损毁监测 120 次; 2.土壤质量监测 2 次; 3.复垦效果监测 4 次; 4.管护林地 0.70hm <sup>2</sup> 。
第三年	1.开展不稳定地质体监测 168 次; 2.水、土质全分析 10 次; 3.水质简分析 10 次; 4.无人机巡查 12 次; 5.遥感解译生态全分析 1 次。	1.土地损毁监测 124 次; 2.土壤质量监测 2 次; 3.复垦效果监测 4 次; 4.管护林地 0.28hm <sup>2</sup> 。
第四年	1.开展不稳定地质体监测 168 次; 2.水、土质全分析 8 次; 3.水质简分析 5 次; 4.无人机巡查 10 次;	1.土地损毁监测 116 次; 2.土壤质量监测 2 次; 3.复垦效果监测 4 次; 4.管护林地 0.26hm <sup>2</sup> 。

年度	矿山地质环境治理措施及工程量	土地复垦措施及工程量
	5.遥感解译生态全分析 1 次。	
第五年	1.开展不稳定地质体监测 168 次； 2.水、土质全分析 10 次； 3.水质简分析 5 次； 4.无人机巡查 12 次； 5.遥感解译生态全分析 1 次。	1.土地损毁监测 124 次； 2.土壤质量监测 2 次； 3.复垦效果监测 4 次； 4.管护林地 0.22hm <sup>2</sup> 。

十一、矿区生态修复措施具有针对性，工程内容全面，保护与预防控制措施完善，监测与管护目标明确。

十二、根据矿区生态修复工程部署、工程量及工程技术手段，参照相关标准进行经费估算，矿山地质环境治理工程、土地复垦工程静态费用分别为 233.49 万元、136.17 万元，总费用为 369.66 万元，吨矿投资 1.84 元（剩余可采矿石量  $201.63 \times 10^4 \text{t}$ ），静态亩均投资 10845.88 元（复垦责任范围  $8.37 \text{hm}^2$ ），经费估算合理。

《方案》时间适用期 5 年矿山地质环境治理工程和土地复垦工程静态费用分别为 74.84 万元、26.47 万元，总费用 101.31 万元。适用期各年度矿区生态修复费用安排合理，见表 2。

表 2 适用期内矿区生态修复费用明细表

年度	矿山地质环境治理费用 (万元)	土地复垦费用 (万元)	小计 (万元)
第一年	60.4	12.93	73.33
第二年	3.71	3.49	7.20
第三年	3.76	3.38	7.14
第四年	3.40	3.26	6.66
第五年	3.57	3.41	6.98
合计	74.84	26.47	101.31

十三、方案提出的各项保障措施和建议合理可行，对治理分析基本可信。十四、上一期方案验收情况。完成五个年度的验收，年度治理工程由略阳县自然资源主管部门验收；适用期治理工程是汉中市自然资源主管部门验收；按照《陕西省矿山地质环境治理恢复与土地复垦基金实施办法》（陕自然资规〔2024〕1757号），经审核税务等相关凭证资料，截至2025年12月31日，核定该企业应提取基金93.49万元，实际提取基金59.2931万元，实际使用基金23.6万元，账户内剩余基金35.958457万元。

#### 十五、存在问题及建议

- 1.细化现场调查，完善矿山基本情况；
- 2.据实填写附表内容；
- 3.补充生态系统的指标。

综上，专家组同意《方案》通过审查，中化地质矿山总局陕西地质勘查院按专家组意见修改完善后由陕西邦田化工有限公司按程序上报。

专家组长：

2026年3月15日

**《陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿  
矿区生态修复方案》评审专家责任表**

年 月 日

姓 名	单 位	职务/职称	专 业	是否同意 通过审查	签 字
苏士瑞	长安大学	教授	地质工程	同意	苏士瑞
杜锋	中煤科工北京华宇工程公司	教授	采矿工程	同意	杜锋
陈秋斗	西安科技大学	教授	土地复垦	同意	陈秋斗
刘先安	汉中水电设计院	建造师	水利水电	同意	刘先安
冯 隽	汉中生态环境科学研究所	高工	环境规划与管理	同意	冯 隽

# 目 录

前 言.....	1
一、编制目的.....	1
二、服务年限.....	9
<b>第一章 矿山基本情况.....</b>	<b>11</b>
一、矿业权人基本情况.....	11
二、地理位置及区域概况.....	11
三、矿山开采历史及现状.....	12
<b>第二章 矿区基础信息.....</b>	<b>21</b>
一、矿区自然条件.....	21
二、矿区社会经济概况.....	24
三、矿区地质环境背景.....	24
四、矿区土地利用现状及采矿用地审批情况.....	31
五、矿区生态状况.....	33
六、矿山及周边其他人类重大工程活动.....	34
七、矿区生态修复工作情况.....	35
八、矿区基本情况调查监测指标.....	37
<b>第三章 问题识别诊断及修复可行性分析.....</b>	<b>41</b>
一、问题识别与受损预测.....	41
二、生态修复可行性分析.....	58
三、生态修复分区及修复时序安排.....	69
四、采矿用地与复垦修复安排.....	75
<b>第四章 生态修复措施与工程内容.....</b>	<b>81</b>
一、保护与预防控制措施.....	81
二、修复措施.....	82
三、工程内容.....	87
<b>第五章 监测与管护.....</b>	<b>97</b>
一、监测目标与措施.....	97
二、管护目标与措施.....	100

三、工程量 .....	102
<b>第六章 工程部署与经费估算 .....</b>	<b>104</b>
一、总体部署 .....	104
二、总体经费估算 .....	106
三、阶段工作任务与经费安排 .....	109
<b>第七章 保障措施与公众参与 .....</b>	<b>112</b>
一、保障措施 .....	112
二、公众参与 .....	115
三、效益分析 .....	117
<b>第八章 结论与建议 .....</b>	<b>120</b>
一、结论 .....	120
二、建议 .....	121

**附表:**

1. 矿区生态修复方案编制信息表
2. 矿区土地利用现状表
3. 矿区土地利用权属表
4. 矿区开采中生态修复监测内容与监测指标表
5. 矿区损毁程度综合评价表
6. 矿区生态修复目标及土地利用变化表
7. 矿区用地（含临时使用土地）与复垦修复计划表
8. 矿区生态修复投资估算总表
9. 工程施工费单价估算表
10. 工程施工费估算表
11. 其他费用估算表
12. 近期矿区生态修复工作计划表
13. 矿区生态修复工程量与经费安排表
14. 公众参与调查表

**附图:**

- 1.陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿矿区土地利用现状图（1:2000）
- 2.陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿矿区地质环境问题现状图（1:2000）
- 3.陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿矿区土地损毁现状图（1:2000）
- 4.陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿矿区地质环境问题预测图（1:2000）
- 5.陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿矿区土地损毁预测图（1:2000）
- 6.陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿矿区生态修复工程部署图（1:2000）

**附件:**

- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| 1.方案编制委托书           | 2.采矿许可证              |
| 3.企业营业执照            | 4.储量检测备案证明           |
| 5.《开发利用方案》备案文件及审查意见 | 6.上期 2020 年版《方案》评审意见 |
| 7.原两案经审查通过的公告       | 8.年度验收意见             |
| 9.适用期验收意见函          | 10.适用期验收专家组意见        |
| 11.基金三方监管协议         | 12.基金账户对账单           |
| 13.对公账户交易明细         | 14.矿山征地手续            |
| 15.编制单位内审意见及修改对照表   | 16.企业内审意见及修改对照表      |

## 前 言

### 一、编制目的

#### （一）任务由来

略阳县金家河磷矿位于略阳县县城中心 方位，直距 15km 处，隶属金家河镇管辖。矿山现持有采矿许可证面积为 ，有效期 2021 年 3 月 12 日至 2026 年 3 月 12 日。矿山属于生产矿山。

2020 年 11 月由西安佳泽建设工程技术服务公司编制的《陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿矿山地质环境保护与土地复垦方案》，该方案通过了汉中市自然资源局组织的评审并获得了备案证明。于 2021 年 1 月 22 日予以公告，方案适用期限为 5 年（2021.1-2025.12），目前已经超过适用期，按要求应进行修编。

依据《矿山地质环境治理恢复技术与验收规范》（DB61/T1455-2021）要求，陕西邦田化工有限公司于 2025 年 12 月编制了《陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿矿山地质环境保护与土地复垦适用期工程竣工总结报告（2021—2025 年）》，并于 2025 年 12 月 11 日通过了汉中市自然资源局的适用期验收。

为了贯彻落实《中华人民共和国矿产资源法》、国务院《土地复垦条例》《中华人民共和国土地管理法》、自然资源部《矿山地质环境保护规定》等相关法律法规，执行《陕西省矿山地质环境治理恢复与土地复垦基金实施办法》的通知（陕自然资规〔2024〕1757 号）和《自然资源部 关于进一步加强生产矿山生态修复监管工作的通知》等文件的有关要求。陕西邦田化工有限公司于 2025 年 12 月 20 日委托中化地质矿山总局陕西地质勘查院（以下简称“我院”）负责《陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿矿区生态修复方案》（以下简称《方案》）编制工作（见附件 1）。

#### （二）编制目的

1.为积极贯彻落实《中华人民共和国矿产资源法》《土地复垦条例》及《矿山地质环境保护规定》，高效推进损毁土地综合治理，有效解决磷矿开发过程中的矿山地质环境破坏及土地损毁问题，保护和改善区域生活环境和生态环境，有效促进绿色矿山建设。

2.按照“预防为主、防治结合，谁开发谁保护、谁破坏谁治理、谁投资谁受益”及“谁损毁、谁复垦”的原则，保证矿山生态修复义务的落实，切实做到矿产开采与环境保护的协调，实现矿区的可持续发展。

3.遵循“山水林田湖草沙”一体化保护修复理念，坚持节约优先、保护优先、自然恢复为主的方针，规范矿山土地复垦与生态修复工作，通过采取减缓保护、预防控制与复垦修复等多种措施，推动复垦修复与矿产资源开采统一规划、统筹实施，及时复垦利用损毁土地，恢复并提升矿区生态系统多样性、稳定性、可持续性，协同推进绿色矿山建设，实现人与自然和谐共生。

4.通过预测磷矿开采对当地生态环境造成的不良影响，合理规划，制定针对性的治理措施，最大限度减缓对矿山地质环境的影响、节约利用土地资源，保护耕地资源。

5.通过指导矿山生态修复工程实施，为打造绿色矿山提供服务。

6.为矿山企业开展矿山生态修复工作，为自然资源主管部门监督管理矿山企业的矿山生态修复落实情况提供依据。

7.在矿区完成闭矿工作后，为持续进行矿区生态修复工作提供依据与指导。

### （三）编制依据

#### 1.法律法规

- （1）《地质灾害防治条例》（国务院令 第 394 号，2004 年 3 月 1 日起实施）；
- （2）《基本农田保护条例》（国务院令 第 257 号，2011 年 1 月 8 日修订）；
- （3）《中华人民共和国环境保护法》（全国人大常委会通过，2015 年 1 月 1 日起实施）；
- （4）《陕西省地质灾害防治条例》（陕西省人民代表大会常务委员会公告第十二届第 48 号，2018 年 1 月 1 日起实施）；
- （5）《中华人民共和国环境影响评价法》（第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议通过，中华人民共和国主席令 第 24 号，2018 年 12 月 29 日起实施）；
- （6）《陕西省秦岭生态环境保护条例》（2019 年 12 月 1 日起实施）；
- （7）《土地复垦条例实施办法》（自然资源部令 第 5 号修订，2019 年 7 月 24 日起实施）；
- （8）《土地复垦条例》（国务院令 第 592 号，2019 年 8 月 14 日修订）；
- （9）《中华人民共和国土地管理法》（全国人大常委会，2019 年 8 月 26 日第三次修订，2020 年 1 月 1 日实施）；
- （10）《陕西省矿产资源管理条例》（陕西省人大常委会，2020 年 6 月 11 日第三次修正）；
- （11）《中华人民共和国土地管理法实施条例》（国务院令 第 743 号，2021 年 7

月2日第三次修订，2021年9月1日起实施）；

(12) 《陕西省实施〈土地复垦条例〉办法》(2022年9月29日陕西省第十三届人民代表大会常务委员会第三十六次会议修订)；

(13) 《陕西省工程建设活动引发地质灾害管理办法》(陕西省人民政府令第239号，已于2024年1月24日经省人民政府第3次常务会议审议通过，2024年1月28日实施)；

(14) 《中华人民共和国矿产资源法》(全国人大常委会通过，2024年11月修订，2025年7月1日实施)。

## 2.政策文件

(1) 《国土资源部关于贯彻实施〈土地复垦条例〉的通知》(国土资发〔2011〕50号文)；

(2) 《关于加强矿山地质环境恢复和综合治理的指导意见》(国土资发〔2016〕63号文)；

(3) 《中共中央 国务院关于加强耕地保护和改进占补平衡的意见》(2017年1月9日)；

(4) 《关于探索利用市场化方式推进矿山生态修复的意见》(自然资发〔2019〕6号)；

(5) 《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)；

(6) 《陕西省矿山地质环境监测规划》(陕自然资修复发〔2020〕23号)；

(7) 《陕西省矿山地质环境综合调查技术要求》(试行)的通知(陕自然资修复发〔2020〕24号)；

(8) 《关于进一步做好全省矿山生态修复监管工作的通知》(陕自然资修复发〔2021〕29号)；

(9) 《自然资源部关于做好采矿用地保障的通知》(自然资发〔2022〕202号)，2022年11月18日；

(10) 《关于进一步加强绿色矿山建设的通知》(自然资规〔2024〕1号)，2024年4月15日；

(11) 陕西省自然资源厅、陕西省发展和改革委员会、陕西省生态环境厅、陕西省应急管理厅、陕西省工业和信息化厅联合印发的《秦岭区域矿产资源开发管理办法》

（陕自然资规〔2024〕185号）；

（12）《陕西省绿色矿山建设管理办法》的通知（陕自然资规〔2024〕3号），2024年4月30日；

（13）《关于持续推进绿色矿山建设的通知》（陕自然资规〔2024〕1740号），陕西省自然资源厅、陕西省生态环境厅、陕西省财政厅、陕西省市场监督管理局、陕西省林业局、国家金融监督管理总局陕西监管局、中国证券监督管理委员会陕西监管局，2024年12月27日；

（14）《陕西省矿山地质环境治理恢复与土地复垦基金实施办法》（陕自然资规〔2024〕1757号），陕西省自然资源厅、财政厅、生态环境厅、林业局，2024年12月31日；

（15）《陕西省自然资源厅关于进一步加强和规范矿区生态修复工作的通知》（陕自然资修复发〔2025〕1741号）。

### 3.技术规范

- （1）《矿区生态修复方案编制指南》（临时）中华人民共和国自然资源部，2025.9；
- （2）《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112-2021）；
- （3）《土地复垦方案编制规程 第1部分：通则》（TD/T 1031.1-2011）；
- （4）《化工行业绿色矿山建设规范》（DZ/T 0313—2018）；
- （5）《绿色矿山评价通则》（GB/T 44823—2024）；
- （6）《矿山地质环境监测技术规程》（DZ/T 0287-2015）；
- （7）《土地利用现状分类》（GB/T 21010—2017）
- （8）《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330-2013）；
- （9）《地下水质量标准》（GB/T 14848—2017）；
- （10）《地表水环境质量标准》（GB 3838—2002）；
- （11）《工程岩体分级标准》（GB 50218—2014）；
- （12）《造林技术规程》（GB/T 15776—2023）；
- （13）《岩土工程勘察规范》（GB 50021—2001）（2009年版）；
- （14）《灌溉与排水工程设计规范》（GB 50288-2018）；
- （15）《崩塌、滑坡、泥石流监测规范》（DZ/T 0221—2006）；
- （16）《泥石流灾害防治工程设计规范》（DZ/T 0239—2004）；
- （17）《泥石流灾害防治工程勘查规范》（DZ/T 0220—2006）；

- (18) 《滑坡崩塌泥石流灾害调查规范 (1:50000)》(DZ/T 0261-2014)；
- (19) 《矿山土地复垦基础信息调查规程》(TD/T 1049-2016)
- (20) 《土地复垦质量控制标准》(TD/T 1036-2013)；
- (21) 《滑坡防治工程勘查规范》(GB/T 32864—2016)；
- (22) 《滑坡防治工程设计与施工技术规范》(TD/T 0219—2006)；
- (23) 《生产项目土地复垦验收规程》(TD/T 1044-2014)；
- (24) 《人工草地建设技术规范》(NY/T 1342-2007)；
- (25) 《土地开发整理项目预算定额标准》的通知(财综〔2011〕128号, 2011年12月31日)；
- (26) 《陕西省行业用水定额》(DB61/T 943-2022)；
- (27) 《陕西省造林技术规范》(DB61/T 142-2021)；
- (28) 《地质调查项目预算标准(2021)》；
- (29) 《矿山地质环境治理恢复技术与验收规范》(DB61/T 1455-2021)；
- (30) 《矿山生态修复技术规范 第1部分:通则》(TD/T 1070.1-2022)；
- (31) 《矿山生态修复技术规范 第5部分:化工矿山》(TD/T 1070.5-2022)；
- (32) 《矿山生态修复工程实施方案编制导则》(TD/T 1093-2024)；
- (33) 《矿山生态修复工程验收规范》(TD/T 1092-2024)；
- (34) 《表土剥离及其再利用技术要求》(GB/T 45107-2024)；
- (35) 《矿山土地复垦与生态修复监测评价技术规范》(GB/T 43933-2024)；
- (36) 《陕西省水利工程概(估)算编制规定》《陕西省水利建筑工程概算定额》(2024年修订)(陕水规计发〔2024〕107号)。

#### 4.资料依据

- (1) 《陕西省略阳县金家河磷矿资源储量检测说明书》(陕西省地质矿产勘查开发局汉中地质大队, 2005年11月)及陕西省国土资源厅矿产资源储量评审备案证明(陕国土资储备〔2006〕89号)；
- (2) 《2025年金家河磷矿储量年报》；
- (3) 《陕西邦田化工有限公司金家河磷矿开发利用方案》(陕西省冶金设计研究院, 2008年11月)及陕西省国土资源资产利用研究中心审查意见(陕国土资研报(2009)2号)；
- (4) 《陕西邦田化工有限公司金家河磷矿(整合区)采矿工程安全设施设计变更》

（陕西省冶金设计研究院，2016年11月）及略阳县安全生产监督管理局批复（略安监发〔2017〕30号）；

（5）《陕西邦田化工有限公司年开采25万吨磷矿项目环境影响报告表》及汉中市环境保护局批复（汉环批字〔2009〕39号）；

（6）《陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿矿山地质环境保护与土地复垦方案》（西安佳泽建设工程技术服务公司，2020年11月）；

（7）略阳县土地利用现状分幅图1:10000-I48G065064（略阳县自然资源局，2024年12月）；

（8）《汶川地震陕西受灾地区略阳县地质灾害详细调查报告》（长安大学工程设计研究院，2010年1月）；

（9）《陕西省略阳县“十四五”地质灾害防治规划（2021—2025年）》（略阳县自然资源局，2021年9月）；

（10）《略阳县矿山地质环境保护与治理规划（2017—2025年）》（略阳县国土资源局、汉中西北有色七一一总队有限公司，2017年12月）；

（11）《略阳县矿产资源总体规划（2021—2025年）》（略阳县人民政府，2021年10月）。

（12）《陕西省区域环境地质调查报告》（1:500000），陕西省地质局第二水文地质工程地质队，2000年；

（13）《汉中市略阳县地质灾害风险调查评价报告》（1:500000），陕西核工业工程勘察院有限公司，2021年12月；

（14）《略阳县国土空间总体规划（2021—2035年）》，略阳县人民政府，2023年3月；

（15）水土分析报告；

（16）矿山企业提供的其他文字、表格及图件资料；

（17）现场调查取得的相关资料、环境影响评价取得的监测资料。

#### （四）编制情形

##### 1. 工作程序

本方案编制严格按照《矿区生态修复方案编制指南》（临时）进行，工作程序详见图0-1。项目编制小组在充分收集和利用已有资料的基础上，现场调查了拟建矿区的自然地理、地质环境背景条件、社会经济状况、矿区及周边重大人类工程活动及矿区

地质环境现状、土地利用现状、土地总体规划等；依据矿区基础信息及拟建矿产工程设计，诊断矿山工程建设及开发活动对矿区地质环境及土地损毁的程度，进行了生态问题识别分析、探究实施的可行性，划分矿区生态修复分区、土地复垦区及复垦责任范围分阶段部署修复工程及监测养护工程、估算工程费用。

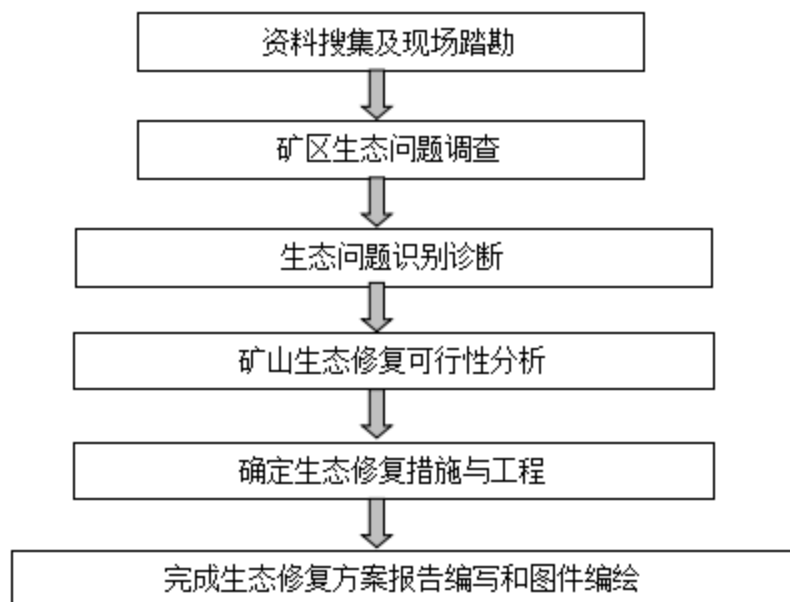


图 0-1 工作程序框图

## 2.工作方法

根据《矿区生态修复方案编制指南》（临时）的编写提纲，结合本矿山的实际情况，本方案的编制主要采用资料收集、野外调查和室内资料整理分析的方法。

### （1）已有相关资料收集

在充分收集区内社会经济、自然地理、气象水文、区域地质、环境地质、灾害地质、工程地质、水文地质及土地利用现状、土地权属信息等资料的基础上，还搜集了矿山的矿产资源储量评审备案证明、矿产资源开发利用方案、上一轮矿山地质环境保护与土地复垦方案、矿产资源开发年度报告等相关资料。

在认真分析已有资料的基础上，了解建设工程区地形地貌、地质环境条件、地质环境问题、土地利用现状、永久性建设用地和临时用地、建设工程概况及规模等基本情况后，初步确定矿山地质环境影响范围和调查范围，制定野外调查计划，明确工作思路，熟悉工作程序，确定工作重点及需要补充的资料内容，初步确定野外调查方法、调查线路和主要调查内容。

### （2）野外调查

野外调查采用 1:10000 地形图作底图，GPS 定位坐标，无人机和数码相机拍摄照

片，手持式激光测距仪测量距离和高差，罗盘测定方位和坡角。以路线调查、地质环境点、问卷调查等方法开展。

①路线调查法：根据调查路线应基本垂直于地貌单元、岩层走向、地质构造线走向的原则，布置调查线路，了解区内地形地貌、地质界线、构造线、岩层产状、土地利用现状、土壤植被、人类工程活动、不良地质现象和矿山占用及损毁土地情况，调查区内斜坡坡度、沟谷比降、水文等情况，编绘工作区地质环境底图；针对不同土地利用类型，挖掘土壤剖面，采集土壤样品，并采集相应的影像、图片资料，做好文字记录；以便为方案编制提供可靠依据。

②地质环境点调查法：对调查区内的不稳定地质体、隐患点、拟建工程点等逐点调查，查明不稳定地质体（隐患）点的位置、规模、现状、危害对象及稳定性、危害程度、成灾原因等，了解矿区可能存在的地质环境问题。

③问卷调查法：按照“贯穿项目始终、多方参与”的原则，以采访矿区工作人员、矿区附近居民和调查不稳定地质体为主，详细了解工作区地质环境的变化情况、不稳定地质体的活动现状及矿区各类土地的占用损毁情况等。

### （3）室内资料整理分析

在充分综合整理分析已有相关资料和野外调查的基础上，针对存在的矿山地质环境问题和土地损毁特征，按照《矿区生态修复方案编制指南》（临时）等相应规范规程进行矿山地质环境影响诊断和土地复垦适宜性评价，在此基础上进行矿山生态修复单元划分，制定防治工程措施进行工程部署，并根据防治工程量进行经费估算。编制了“略阳县金家河磷矿矿区土地利用现状图”“略阳县金家河磷矿矿区地质环境问题现状图”“略阳县金家河磷矿矿区土地损毁现状图”“略阳县金家河磷矿矿区地质环境问题预测图”“略阳县金家河磷矿矿区土地损毁预测图”和“略阳县金家河磷矿矿区生态修复工程部署图”，以图件形式反映各类地质环境问题、土地损毁分布特征和生态受损与退化问题，及其对矿区生态环境的影响程度，开展地质环境、土地损毁和生态破坏，现状诊断、受损预测，综合性分析识别诊断生态问题，并编写《陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿矿区生态修复方案》。

### 3.完成的工作量

2025年12月20日，我院接受任务后，随即组织专业技术人员于12月21日—25日完成了已有相关资料收集、工作计划制定、工作大纲编写等工作；在熟悉、分析已有资料的基础上，于12月26日—31日进行了矿山地质环境野外调查，进一步查明区

内地质环境现状与土地资源现状，2026年1月3日—1月20日，完成了室内资料整理分析、图件和报告的初步编写；1月21日，我院对方案进行了内部审查，1月22日—1月25日，逐一进行修改完善。具体完成工作量见表0-1。

表0-1 完成工作量一览表

序号	工作内容	分项名称	单位	工作量	备注
1	收集资料	已有可利用资料	份	17	开发利用方案、地质报告、年检等，包含地质、地形图、土地规划和三调图等资料
2	调查内容	调查区面积	km <sup>2</sup>	1.77	采矿活动在原有影响范围的基础上延伸至第一斜坡带、分水岭或沟谷全流域
		采矿活动影响范围面积	km <sup>2</sup>	1.58	矿山开采影响范围
		调查路线	km	3.45	沿流域调查、重点区域采用穿插法调查
		调查地质环境点	个	25	包括地层岩性、地质构造及其他地质现象
		不稳定地质体调查点	个	1	一处采空塌陷
		含水层调查点	个	4	沟道、水井
		水土环境影响调查点	个	2	韩峰村、850工业场地下游
		矿山地面工程调查点	个	7	工业场地、废石场、矿山道路及采矿平硐等工程建设点
		村庄调查点	个	1	韩峰村
		土地类型调查点	个	9	矿区范围内的所有二级地类
		土壤剖面开挖点	个	2	林地、耕地
		公众调查表	份	20	调查区内的自然村
		照片	张	65	所有调查点都配套有照片（共引用12张）
录像	min	5	地形地貌和工程点		
3	成果资料	文本	份	1	
		预算	份	1	
		附图	图	6	

#### 4.质量评估

本次工作是严格按照《矿区生态修复方案编制指南》（临时）、《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112-2021）、《土地复垦方案编制规程 第1部分：通则》（TD/T 1031.1-2011）的要求组织实施。野外调查工作是在广泛搜集工作区社会经济、自然地理、水文气象、矿产勘查、不稳定地质体调查、矿山开采设计、土地利用现状、土地权属信息等资料的基础上开展的，同时通过走访、调查等形式广泛征集了县、镇、村委会及当地村民的意见和建议。现场调查和公众意见征询资料均由方案编制人员同矿

山工作人员野外实测或搜集，保证了一手资料的准确性和可靠性；工作程序、方法、内容和工作深度，均满足相关技术规范、规定的要求，工作质量优良。

### 5.方案可靠性承诺

矿山企业：我公司（陕西邦田化工有限公司）委托中化地质矿山总局陕西地质勘查院编制的《陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿矿区生态修复方案》，提供的《矿产资源开发利用方案》等相关资料及数据，我公司承诺对方案编制所提供的资料及数据的真实性、科学性负责，并承诺对提供的资料负法律责任。

编制单位：我院收集的资料及数据全部来源于矿山企业，野外调查数据及资料来自项目组实际外业调查，我院承诺对本方案中相关数据的真实性、科学性及结论的可靠性负责，并承诺方案中无伪造、编造、篡改等虚假内容。

## 二、服务年限

根据《2025年金家河磷矿储量年报》，矿区范围内保有资源量矿石量  $250.01 \times 10^4\text{t}$ 。设计利用资源量为 ，设计利用率为 97.4%；可采资源储量 ，设计回采率为 ；设计生产规模为 ，贫化率为 ，矿山开采年限为 ，按 9a 计算。考虑后期间闭坑期 2.0a，植被管护期 3.0a，确定本方案服务年限为 14a，以 2025 年为方案编制基准年，适用年限为 5 年，具体时间以自然资源主管部门公告通过之日算起。

在方案年适用期内，若出现矿山开采规模、矿区范围或者开采方式等发生变化时，应当适时修编《矿区生态修复方案》，并报相关部门审批、备案。

## 第一章 矿山基本情况

### 一、矿业权人基本情况

略阳县金家河磷矿采矿权人为陕西邦田化工有限公司，公司地址：陕西省汉中市略阳县金家河镇，法人代表为韩昌，企业类型为有限责任公司。

矿山概况如下：

矿山名称：略阳县金家河磷矿

建设单位：陕西邦田化工有限公司

建设地点：陕西省汉中市略阳县金家河镇

建设性质：生产矿山

矿区面积：（由 6 个拐点圈定）

建设规模：生产规模  $25.0 \times 10^4 \text{t/a}$

服务年限：8.7 年

开采方式：地下开采

产品方案：磷矿深加工

开采标高：1220—600m

根据陕西省自然资源厅颁发的《采矿许可证》（证号 C6100002009126120051889），采矿权人为陕西邦田化工有限公司，矿区面积  $\text{km}^2$ ，生产规模  $\text{t/a}$ ，开采深度 1220~600m 标高，开采矿种为磷矿，采矿范围由 6 个拐点圈定，拐点坐标见表 1-1。

表 1-1 矿区范围拐点坐标一览表

点号	2000 国家大地坐标系		点号	2000 国家大地坐标系	
	X	Y		X	Y
1			4		
2			5		
3			6		

### 二、地理位置及区域概况

#### （一）地理位置及交通情况

**地理位置：**略阳县金家河磷矿位于略阳县城陕西省汉中市略阳县城 方向，直线距离约 15km 处，行政区划属陕西省略阳县金家河镇管辖。矿区中心地理坐标为东经、北纬。

**交通：**矿区北有 G345 国道（陕西省略阳县—甘肃省康县）公路由东向西通过，矿区东达略阳县城和宝（鸡）—成（都）铁路横现河火车站分别为 15km、13km，再向东距北京—昆明高速公路勉县入口 99km，西达甘肃省康县 60km，从略阳县北去宝鸡，南下成都均有铁路相通，矿区交通较为便利。交通位置图详见下图 1-1。

图 1-1 矿山位置交通示意图

## （二）周边矿区设置

经调查，略阳县金家河磷矿所在陕西省汉中市略阳县金家河镇寒峰村、金家河村，周边 5km 内无其他采矿权、探矿权设置，不存在矿权纠纷。

## 三、矿山开采历史及现状

### （一）开采历史

陕西邦田化工有限公司金家河磷矿始建于 1970 年，设计生产规模为 3 万吨，1973 年扩建，1984 年建成投产，1991 年建成磷肥分厂，1998 年建成复肥分厂，1996 年更名为陕西省磷化工总厂。矿山设计由陕西省煤矿设计院设计，扩建前生产规模为 3 万吨/年，后改扩建为 25 万吨/年。

2007 年，按照陕西省人民政府《关于汉中市矿产资源整合实施方案的批复》（陕政函〔2007〕205 号），省政府同意将陕西省磷化工总厂金家河磷矿（采矿许可证证号：6100000430074）和陕西省略阳县金家河采矿厂（采矿许可证证号：6100000430387）采矿权整合为一个采矿权，整合后的采矿权人为陕西邦田化工有限公司。

整合后，矿山经数次延续，现持采矿证为陕西省自然资源厅 2021 年 3 月 12 日颁发，证号 ，略阳县金家河磷矿矿区呈东—西向展布，长约 1600m，宽 900m~1050m，矿区面积为 1.5631km<sup>2</sup>，开采方式为地下开采，开采矿种为磷矿，生产规模 ，开采深度为 1220~600m。

据矿山台账和储量年报统计，1996 年以前共采出矿石量 71.40 万吨，损失矿石量 27.10 万吨。1996~2003 年累计采出矿石量 36.9 万吨，正常损失矿量（统计数）9.8 万吨，采出矿石品位一般在 22%左右。1996~2003 年累计消耗占用国家出资勘查形成资源储量 42.51 万吨，计算出的采矿回收率为 86.8%。2004~2019 年，矿山共消耗资源量 39.03 万吨。截至 2025 年 12 月 31 日，矿山保有资源量为 262.897 万吨。

2019 年至今，矿山在进行开采的同时对矿区的地质环境问题进行治疗。对 2019 年

以前采矿形成的渣堆进行了治理和覆土绿化；对已闭坑的硐口进行了封堵、硐口工业场地堆放的废渣清运后进行了绿化。

## （二）开采现状

本矿山处于生产状态，开采规模由于受近年来磷矿价格低迷的影响，生产规模在 25 万 t/a 以下。矿山采用地下开采方式，整个矿山采用一套开拓系统，各矿段掘进沿脉平巷，并通过穿脉平巷相连通，6 个矿段同时进行开采，目前，1050m 中段各矿段矿山已经全部采完，1000m 中段 II、III、IV、VII 矿段矿体已采完，现正在 1000m 中段 I 矿段采矿作业，未来五年矿山继续开采 1000m 中段 900m~600m 中段资源。

本矿山所采矿石为企业生产磷肥自用（外购一定的富磷矿进行搭配）。根据矿山近 5 年生产情况，开采方式为地下开采，850m 以上矿体采用平硐开拓，850m 以下矿体采用平硐+盲斜井开拓，井下人推车及电力机动车运输，采矿方法为浅孔留矿法与分段空场法，回采顺序按照自上而下的顺序逐中段依次回采，矿山设计生产规模 25 万吨/年，矿山采出的矿石运输至加工厂进行磷肥加工。基本与原《开发利用方案》一致。

该矿山在生产建设过程中各项矿山工程均严格按原《开发利用方案》执行，其中各开采中段工程均依照设计的开发利用方案实施或正在实施中，各坑口工业场地、矿山道路、矿部等均已建成，能满足生产需求。

根据《开发利用方案》，矿山后期主要建设工程为各矿体深部地下开拓和井巷工程的建设。

## （三）矿山开发利用方案概述

本次矿区生态修复方案是在《陕西邦田化工有限公司金家河磷矿开发利用方案》（2008 年 11 月）和《陕西邦田化工有限公司金家河磷矿（整合区）采矿工程安全设施设计变更》（2016 年 11 月）的基础上编制而成，方案通过主管单位的评审并下发了批复。具体内容简述如下：

### 1. 开采对象及开采范围

采矿权范围内 I、II、III、IV、VII 矿段的矿体。

### 2. 矿山保有资源量及设计利用资源量

根据陕西省国土资源厅 2006 年 7 月的评审备案证明（陕国土资储备〔2006〕89 号）和《2025 年金家河磷矿储量年报》，截至 2025 年 12 月底，矿区范围内保有磷矿资源储量。

设计利用资源储量：考虑地质影响系数（控制类资源取 1，推断类资源取 0.70）和设计利用率，设计利用资源量为。

可采资源储量：设计回采率为，可采资源储量为。

### 3.开采方案

#### (1) 开采方式

开采方式为地下开采

#### (2) 矿山开拓运输方案

矿山设计开采的 I、II、III、IV 和 VII 号矿体相距较近，且平行分布，因此整个矿山采用一套开拓系统。各矿段掘进沿脉平巷，并通过穿脉平巷相连通。设计 850m 水平以上矿体采用平硐开拓方案、850m 水平以下矿体采用平硐-盲斜井开拓方案。

**850m 以上矿体开拓运输：**布置 1000m、950m、900m 水平中段坑口位于地表，采用无轨矿用车运输。中段采下的矿石和掘进回采过程中产生的废石，通过矿车运出地表，矿石通过地表放矿溜槽下放至矿石堆场。废石直接运往地表废石堆场。

**850m 以下矿体开拓运输：**布置 800m、750m、700m、650m、600m 五个中段。各中段通过主盲斜井与地表连通。850m 水平以下主盲斜井布置于矿体北部岩石中。斜井上部车场为平车场，下部各中段通过甩车场与斜井相连接。850m 水平以下各中段采用矿车运输。850m 水平以下斜井各中段矿石通过人推矿车推至斜井中部甩车场，通过绞车将矿石从斜井提至 850m 水平井口车场后用 3t 架线式电机车运至破碎站。废石用绞车提升至 850m 水平运出地表废石堆场卸载。后用拖拉机运往固定废石场。

斜井井下水仓布置于斜井底部附近的 600m 水平。

系统回风井布置于 I 号矿段东、西两端。

图 1-1 I 号矿体开拓系统垂直纵投影图

图 1-2 II 号矿体开拓系统垂直纵投影图

图 1-3 III 号矿体（南）开拓系统垂直纵投影图

图 1-4 III 号矿体（北）开拓系统垂直纵投影图

图 1-5 VII号矿体开拓系统垂直纵投影图

#### 4.开采顺序及首采地段

##### (1) 开采顺序

在矿山开拓系统建设过程中，设计六个矿段同时进行开采，在开采范围内矿区总体开采顺序为从上一个中段依次向下一个中段回采；在同一中段内各矿段之间的开采顺序为从南到北，即依次从IV矿段到I矿段开采。矿段内回采顺序是：按照自上而下的顺序逐中段依次开采。

##### (2) 首采地段的确定

首采地段选择的主要原则是：基建工程量小、投资省、确保矿山能尽快达到设计的生产规模，使矿山总体规划合理，安全稳定地生产，以便充分合理地利用国家矿产资源。

根据以上原则，结合区内矿体埋藏条件、建设条件及确定的回采顺序，矿体赋存条件，本次设计推荐首采地段为I号矿体1000m中段。

##### (3) 矿柱回采及采空区处理

中段顶柱与上中段底柱同时回采，底柱及间柱回采滞后于矿房回采，间柱回采采用沿倾斜方向自上而下后退式回采。

整个中段矿柱回采结束后，采空区用上中段废石和本阶段崩落的废石充填，上部的废石量不多时，强制崩落上盘围岩，充填采空区。

#### 5.采矿方法

根据《开发利用方案》，矿区范围内各矿体厚度小于8m的矿体采用浅孔留矿法，对于厚度在8m以上的矿体采用分段空场法。

##### (1) 浅孔留矿法简述

###### ①矿块布置和构成要素

矿块沿矿体走向布置。

矿块结构要素：矿块高同阶段高为50m，矿块长40~50m，间宽度6~8m，顶柱厚度3m，普通漏斗底柱结构，底柱高度4~5m，漏斗间距5~6m，沿天井每隔3m设联络道。

###### ②采准、切割工作

运输巷道一般沿矿脉靠下盘掘进，天井在矿脉中沿脉掘进，使矿脉位于天井断面的中央，一般不破坏上盘的整体结构。矿体厚度大于天井断面尺寸时，在矿体内靠下盘接触面。天井的上下出口应位于巷道的侧壁内。

### ③回采工艺

采场采用 YT-24 型气腿式凿岩机凿岩，沿矿体走向进行阶梯式落矿。炮孔直径为 38~42mm，深 2~3m。爆破采用硝酸铵炸药。每次崩落的矿石放出 30%~40%，使回采作业空间保持 2m 高度。安排专人进行平整场地和处理松石。做好二次爆破，使采场内矿石块度不大于 350mm。

采场回采时应注意保持采场两边联络道的畅通，保证采场有两个安全出口。在下部联络道将要被矿石封堵前，应先将上部的联络道贯通。

### ④采场通风与防尘

新鲜风流经阶段运输平巷，通过一侧人行天井及人行联络巷进入采场。污风经另一侧联络巷人行天井进入上一中段回风巷。

### ⑤矿柱回采

矿柱回采应在统一性、及时性、合理性三项原则下进行，统一安排。确定回采时间，选定回采范围：品位过低的矿柱可不采；不安全的矿柱不采。采用隔中段回采矿柱，中段矿房回采结束，矿柱回采速度应与矿房回采速度相适应；矿柱回采应采取后退式回采方式先采上中段底柱和本中段顶柱，然后回采间柱。

### ⑥顶板管理及采空区处理

矿房回采时根据矿体及围岩情况采用留规则或不规则矿柱的方法。由于矿区地表允许塌陷，故采用隔绝法处理采空区。在矿柱回采阶段完成后，封闭阶段巷道。

## (2) 分段空场法简述

### ①矿块结构要素

根据国内同类型矿山的生产经验，高度为阶段高度 40m，将其划分为 4 个分段，分段高度 10m。分段连续回采，分段中不留间柱，留临时顶柱，顶斜长厚度为 5m 左右。

### ②精准切割

中段运输巷道及分段电耙平巷沿矿体走向在下盘岩石中掘进，距离矿体 4~6m，保证巷道顶板到矿体底板 1.5m 以上，规格为 2×2m；人行上山布置在矿体下盘，每阶段布置 4 条，与各分段电耙巷道相通，作人行通风、运输设备用，规格为 2×2m；聚矿溜井间距为 48m，布置于矿体下盘，各分段电耙巷通过分支溜井与聚矿溜井连通，规格为 2×2m；斗穿规格 2×2m，长 3m；斗颈从斗穿垂直向上掘进至矿体，斗颈规格 1.5×1.5m，高 4m 左右；漏斗间距为 5~7m。

分段凿岩巷道可根据矿体倾角情况布置。倾角较大时，可沿矿体与底板接触处布置；

倾角较小时布置于矿体下盘围岩中，巷道顶板的一角与矿体的底板接触面相接。布孔时边孔角需达到  $55^\circ$ 。规格为  $2.5 \times 2.5\text{m}$ 。切割天井布置于矿体的一端，从剖面上由凿岩平巷直至分段矿房最高处，作为扩大成切割槽的爆破自由面，规格为  $2 \times 2\text{m}$ ；从凿岩平巷打扇形中深孔，爆破拉开切割立槽。

### ③回采

以分段为单元，沿阶段高度自上而下相互错开一定距离进行分段凿岩、爆破和出矿，沿矿块长度向溜井方向推进，分段内从一侧向另一侧以扇形炮孔侧向崩矿方式进行回采。

分段采用 YGZ-90 型导轨式气动凿岩机配圆盘支架在分段凿岩巷道中钻上向扇形中深孔，孔径  $55 \sim 65\text{mm}$ ，最小抵抗线为  $1.5 \sim 2.5\text{m}$ ，孔距  $1.5 \sim 1.8\text{m}$ ，排距  $2.0\text{m}$ ，孔深小于  $5\text{m}$ 。以分段端部切割槽为自由面分次侧向爆破，一次爆破 4 排炮孔。爆破采用铵梯炸药，用电雷管和导爆管微差起爆。

### ④出矿

爆落的矿石经漏斗放至分段电耙平巷，采用  $30\text{kW}$  电耙将矿石耙至放矿溜井放出。

### ⑤顶柱回采

为了回采顶柱，每隔一定距离将电耙道扩大成凿岩硐室，从硐室中向顶柱打深孔，借助爆力将矿石抛至堑沟中放出。

回采顶柱时根据顶板围岩情况用深孔人工放顶；顶柱的落矿步距为  $20\text{m}$ ，控顶距为  $30 \sim 50\text{m}$ 。

## 6. 地表岩石移动范围的确定

根据矿岩性质及所采用的采矿方法，并同类似矿山进行比较，取上盘岩石移动角为  $65^\circ$ ，取下盘岩石移动角为  $70^\circ$ ，侧翼岩石移动角为  $75^\circ$ 。据此圈定出矿床开采时每个中段移动带的范围和地表岩石移动范围。

## 7. 矿山排水

根据水文地质条件，结合所采用的开拓运输系统，确定主平硐  $850\text{m}$  以上各中段坑道涌水及生产废水均沿坑道水沟自流排出地表。 $950\text{m}$ 、 $900\text{m}$  水平中段坑道涌水及生产废水沿坑道水沟自流排至原盲斜井井筒水沟，自流至  $850\text{m}$  主平台后排出地表。

斜井以下坑道涌水采用集中排水方式，通过水泵机械排水。井下水仓布置于斜井底部附近的  $600\text{m}$  水平，水仓设置两条，人工清仓时可轮流使用。各中段坑道涌水及生产废水汇集至井底水仓，用水泵沿斜井井筒扬至  $850\text{m}$  水平主平硐后沿坑道水沟自流排出

坑口。在坑口设沉淀池，对坑道水进行沉淀自净，然后利用水泵扬至高位水池循环使用，多余部分自流排放。

根据安全规定，方案确定三台水泵。正常情况下，一台工作，两台备用，任意一台泵均可在 20 小时内排出一昼夜的正常涌水量。紧急状态下两台同时工作，一台备用，能在 20 小时内排出一昼夜的最大涌水量。

排水管路设置两条，一条工作，一条备用。管道布设在斜井一侧。

## 8. 废水、废石的综合利用方案

### (1) 废水综合利用

#### ① 矿坑涌水综合利用

根据该矿区水文地质条件，结合开拓系统布置形式，侵蚀基准面以上各中段巷道均有坑口与地表相通，地形有利于自然排水；因此，坑内排水采用自然排水方式，即在各中段巷道人行道侧设置水沟，水沟坡度 3%~5%，侵蚀基准面以下在斜井底部设置水仓，由水泵排水至地表。

各中段坑道涌水及生产废水均沿本中段排水沟自流排出地表，汇集于坑口污水处理池，进行沉淀检测，达标后循环使用，富余部分沿山坡自流排放。

#### ② 加工厂生产废水

加工厂生产废水集中于沉淀池，经自然澄清后，由循环泵站加压扬至选矿厂高位水池，再送至用水单位循环使用，基本不外排。

#### ③ 生活污水

生活污水经化粪池澄清处理后可用于矿区场地及道路的洒水除尘及植被绿化。

### (2) 废石的综合利用

矿山固体废弃物主要包括井下排出的废渣和生活垃圾。

随着矿山采矿活动的推进，废石量会不断增加，产生废石渣约 3000m<sup>3</sup>/a。为了减少对土地资源的占用，企业将固体废弃物回收利用，不但能减少堆置场的面积，减少环境污染，而且可以提高经济效益。因此矿山重视和加强废石综合利用具有积极的意义。本矿山设计为地下开采，基建期及生产期巷道采掘废石渣少量可用于道路的修缮、挡墙及截排水渠的修建，大部分废石渣用于充填塌陷区裂缝，少量可就近存放于现有各废石场内；生活垃圾定点收集后送当地环卫部门统一处置。

## 9. 矿山工程及平面布局

陕西邦田化工有限公司是一家生产多年的磷矿开采、加工和销售企业，矿山建设相

对完善，目前矿山工程包括：平硐工程（采矿平硐、回风平硐、运输平硐）、工业场地（值班室、配电室、宿舍等）、临时堆矿场、矿石溜槽、废石场、矿山运输道路等。

关闭及利用矿山工程简述如下：

**关闭的矿山工程**，目前，矿山 1050m 以上矿产资源量已开采完毕，前期采矿形成的 PD1100-1 采矿平硐、PD1100-2 采矿平硐、1100m 工业场地、1050m 工业场地及废石场后期不再利用，硐口已封堵，1100m 工业场地、1050m 工业场地及 1#废石场已经复垦并通过了验收。

**继续使用的矿山工程及硐口**，主要为 1050m 以下各矿山工程。包括 3 处坑口工业场地、2 条矿石溜槽、1 处临时堆矿场和矿山道路，4 处采矿平硐（PD1050 风井、PD1000、PD950、PD850）。各项矿山工程简介如下：

①坑口工业场地：后期利用 3 处坑口工业场地，位于各采矿平硐口，分别为 1000m 工业场地、950m 工业场地、850m 工业场地，场地内主要设施为值班室、配电室、沉淀池等，各坑口工业场地占地面积分别为 0.09hm<sup>2</sup>、0.16hm<sup>2</sup>、0.70hm<sup>2</sup>，总占地面积 0.95hm<sup>2</sup>。

②临时堆矿场：现有临时堆矿场位于陈家沟中游 2 条矿石溜槽下方，面积为 0.36hm<sup>2</sup>。

③矿石溜槽：现有 2 处矿石溜槽位于陈家沟中游山坡上，将 1000m、950m 中段的矿石下放至临时堆矿场，1#矿石溜槽宽 12m，斜长 80m，顶部标高 1000m，底部标高 900m，占地面积 0.10hm<sup>2</sup>；2#矿石溜槽宽 15m，斜长 120m，顶部标高 950m，底部标高 900m，占地面积 0.18hm<sup>2</sup>；总占地面积 0.28hm<sup>2</sup>。

④废石场：现有 3 处废石场，其中 1#废石场位于 PD1050-2 平硐下方，2#废石场位于 PD1000 平硐下方，3#废石场位于 PD950 平硐下方。3 处废石场占地面积分别为 0.27hm<sup>2</sup>、0.17hm<sup>2</sup>、0.26hm<sup>2</sup>，总占地面积 0.70hm<sup>2</sup>。

⑤矿山道路：企业自建矿山道路 1 条，位于矿区中部陈家沟及其支沟内，路面主要为碎石泥结路面，路宽 4m、长 2000m，占地面积 0.80hm<sup>2</sup>，现有道路连接各矿山工程可满足后期生产需求。

略阳县金家河磷矿矿山建设共占地面积 3.09hm<sup>2</sup>。具体占地面积及分布位置见表 1-2 及图 1-6。

表 1-2 矿山建设工程占地面积一览表

序号	场地名称	位置	面积 (hm <sup>2</sup> )	备注	
1	坑口工业场地	1000 工业场地	位于 1000 硐口前	0.09	使用
		950 工业场地	位于 950 硐口前	0.16	使用
		850 工业场地	位于 850 硐口前	0.70	使用

2	临时堆矿场	位于矿石溜槽下方	0.36	使用	
3	矿石溜槽	位于陈家沟中游山坡上	0.28	使用	
4	废石场	1#废石场	位于 PD1050-2 平硐下方	0.27	未使用
		2#废石场	位于 PD1000 下方	0.17	未使用
		3#废石场	位于 PD950 平硐下方	0.26	未使用
5	矿山道路	硐口与农村道路连接线	0.80	使用	
总计			3.09		

图 1-6 矿区总平面布置图

## 第二章 矿区基础信息

### 一、矿区自然条件

#### (一) 气象

略阳县属亚热带向温带过渡的湿润气候区，冬无严寒，夏无酷暑，四季分明，夏秋多雨，冬春偏旱。据略阳县气象局多年观测资料(1985~2024年)，年平均气温为13.2℃，极端最高温度为37.7℃，极端最低气温-11.2℃。全年降雨量分配不均匀，冬春两季较少，夏秋季较多，年平均降雨量为831mm，年平均蒸发量1104.4mm，从略阳县降水量等值线图(图2-1)分析可知，矿区年平均降雨量830.4mm(图2-2)，雨量主要集中于每年的6~9月份，占全年降水量的50%以上。年最大降雨量1353.3mm(1981年)，月降水量7月最大值187.3mm，日最大降雨量127.2mm。最长连续降雨天数为16天。2011年7月5日凌晨3时至12时略阳县普降大雨，该阶段总降雨量达200mm，7月5日8时至12时降雨量为40~70mm(图2-3)。

图 2-1 矿区年降水量等值线图

图 2-2 矿区年降水量曲线图(1985~2024年)

图 2-3 矿区月降水量分布图

矿区平均日照时数为1558.3h。相对湿度71%。最大冻土深度0.4m。全年无霜期234天，霜冻期一般在12月~次年2月。6~9月降雨具阵发性、暴雨多、雨量集中等特点。历史上滑坡、泥石流等不稳定地质体多发生在较大降雨期间。降雨量因受多方面的影响而分配不均，由西北向东南递增，县境内以白水江为低值中心，以黑河镇为高值中心。

近年来极端降雨情况时有发生，2021年多地降雨量突破历史极限，8月中旬以来，略阳县先后经历了6轮强降雨袭击，全县17个镇(街道)21个区域气象观测站均出现了暴雨，其中观音寺镇、黑河镇、硃口驿镇、接官亭镇出现大暴雨，日降雨量达到115.7mm。有七个镇(街道)月累计降雨量接近年累计量，观音寺镇、接官亭镇、黑河镇月降雨量突破历史极值，分别达到702.4mm、691.7mm、688.9mm。

矿区常年有较充沛的降雨量，可有效保证矿山后期土地复垦工程种植的植物基本不需要人工灌水即可成活，为矿山土地复垦提供了便利的自然条件。

#### (二) 水文

调查区主干河流为嘉陵江一级支流~金家河，矿区位于金家河中游支沟陈家沟流域内。矿区周边水系分布见（图 2-4）。

图 2-4 矿区地表水系分布图

**金家河：**从矿区北侧约 0.9km 自西向东流过，源于略阳县三岔子乡黄家沟，至横现河石牛寺入嘉陵江。水量随季节变化，旱季河水清澈，雨季河水浑浊。河道总长 29.8km。流域面积 142.7km<sup>2</sup>，高差 485m，平均比降 16.3%，平均流量 1.55m<sup>3</sup>/s。

**陈家沟：**位于矿区中部，由南向北流经矿区，在矿区北侧汇入金家河。沟谷长约 2.56km，流域面积 5.96km<sup>2</sup>，为季节性水沟，水流量受降水影响较大，呈显著季节性特征，干旱季节往往断流，具有典型山地雨水型动态特征。长期观测流量范围在 0.05~0.62m<sup>3</sup>/s，平均流量 0.11m<sup>3</sup>/s。该沟谷为矿区主要沟谷，各坑口及工业场地均设置于该沟道内。雨季降水充足，易引发泥石流等地质灾害，威胁沟道内各项矿山工程。

矿区内地表水流量变化同降水量密切相关，属雨水型流量变化特点。矿区范围内的降雨量以及河流对后期矿山土地复垦及植物生长提供了便利的水资源条件。区内最低侵蚀基准面位于陈家沟沟口，海拔 800m。

### （三）地形地貌

矿区地处秦岭山脉南缘，山脉多呈近东西走向，地貌单元属低中山区，群峰耸峙，挺拔陡峭，地形复杂。地势总体南高北低，最高点位于矿区东南部栗子树坪，海拔 1350m；最低点位于矿区北侧陈家沟沟口，海拔 800m。一般相对高差为 150~400m。深切割沟谷发育，多以南北向为主。

矿区地貌为低中山区地貌（见图 2-5）。为金家河磷矿各项采矿工程所在地（见照片 2-1）。由灰岩、白云岩、千枚岩等山体构成，地形变化大，坡度一般为 30~50°，局部 50°以上，沟谷呈“V”字型，岭峰呈尖棱状，沟谷纵横交织，并形成许多悬崖峭壁。第四系残坡积物在缓坡和坡脚地段较厚，一般厚 0.3~1.5m；在坡顶和陡坡处常覆盖于基岩之上，相对较薄，一般 0.1~0.3m。林木茂盛，以乔木、灌木为主。

照片 2-1 矿区低山区地貌（镜向 260°）

图 2-5 矿区遥感影像分布图

### （四）植被

矿区地处秦岭山区，属北亚热带，区域植物以典型的针叶和阔叶落叶为主，混生有

较耐寒的常绿阔叶林类型。是我国南北植物汇聚之地，植物种类繁多，资源十分丰富，生态环境良好，区内林草覆盖率 67.08%。

受地形地貌、土壤和气候影响，植被分布具有明显的地域性和垂直性差异，自下而上分布有北亚热带常绿阔叶与落叶阔叶混交林带（海拔 550~900m）；落叶阔叶林带（海拔 900~1300m）；针阔叶混交林带（海拔 1300m 以上）。

主要植被类型有：针叶林、落叶栎林、常绿落叶阔叶混交林、竹林、灌丛、灌草丛及草甸植被（见照片 2-2~2-5）。

用材树种主要有：华山松、栎、马尾松、杉木、柏类、杨、桐、樟等；

木本树种有：枣、梨、杏、板栗、桃、核桃等；

药用树种主要有：杜仲、银杏、天麻、冬花等；

灌木有：紫穗槐、黄栌、胡枝子、山梅花、六道木、野蔷薇等；

藤木有：鸡心藤、青藤、葛藤、山葡萄等；

草类主要有：白茅、马唐、狗尾草、白羊草、知风草、黄花苜蓿、野菊花等。

#### 照片 2-2 落叶栎林

#### 照片 2-3 乔灌草混交林

#### 照片 2-4 针叶阔叶混交林

#### 照片 2-5 乔灌草混交林

### （五）土壤

略阳县土壤类型比较多，分布纵横交错。不但有垂直地带性土壤分布的规律，而且也有区域性土壤分布的规律。县内土壤有黄棕土、棕壤两大类。由于海拔的不同，造成了土壤有规律地分布，棕壤垂直分布于黄棕土壤之上。

矿区属于秦岭南麓与巴山山脉交汇地带的低山区，根据土壤普查资料，区内土壤属黄壤土，为第四系残坡堆积层覆盖，大部分区域基岩裸露地表，少量土壤层。

耕地：表层上部为黄褐色、灰色黏土、粉砂质黏土，含腐殖质及植物根须，厚度 0.1~0.3m 不等；下部为棕黄色、细腻结构体黏土，由大小不等的岩石碎块或颗粒组成，层理不明显。从垂直剖面看，表层为风化强烈的岩石细屑，下面的岩石矿物分解较差，具有较大棱角碎块。根据矿区及周边开挖面看（见照片 2-6），有机物残体约为 10cm，黄棕壤土层厚度为 60~70cm，部分地段岩石裸露，土壤质地中壤或中壤偏重。有机质平均含量 1.25%，全氮含量 0.101%，碱解氮平均含量 67.0ppm，速效磷平均含量 6.42ppm，速效钾平均含量 100ppm。母岩以灰岩、板岩、钙质片岩为主。耕地土壤理化性质的总体特点：有机质含量相对较低，通常需要通过施肥来补充；养分含量较低，需要定期施肥以维持土壤肥力；pH 值通常在中性到微酸性范围内，适合大多数作物的生长；容重

相对较高，土壤结构较为紧密，影响根系生长。

#### 照片 2-6 耕地土壤剖面

#### 照片 2-7 林草地土壤剖面

林地：表层上部为黄褐色夹石黄泡土，含腐殖质及植物根须，厚度 40cm（见照片 2-7），有机质含量较高，心土层较粘，砾石、沙粒、土壤呈微碱性反应，有机质平均含量 1.59%，全氮含量 0.098%，碱解氮平均含量 70ppm，速效磷平均含量 9.28ppm，速效钾平均含量 97ppm，pH 值为 7.3；下部为黄棕色石片黄泡土，厚度 150cm，质地中—重壤，心土层紧实，有机质平均含量 1.25%，全氮含量 0.041%。林草地的土壤理化性质总体特点：有机质含量较高，有助于保持土壤肥力；养分含量丰富，尤其是氮、磷、钾等主要养分；pH 值通常在中性到微碱性范围内，适合树木、草生长；容重较低，土壤结构较为疏松，有利于根系扩展。

### （六）地质遗迹、人文景观、自然保护区及旅游景点区

据《陕西省秦岭生态环境保护条例》，矿区位于秦岭生态环境保护区一般保护区；经调查，区内无重要交通道路和建筑设施，无重要水源地，大中型水利、电力设施；项目区不涉及其他自然保护区、风景名胜区、水源保护区和文物古迹保护单位等，也不属于国家级自然保护区。

## 二、矿区社会经济概况

矿区位于汉中市略阳县金家河镇。地处略阳县西部，东与横现河街道相邻，南连白雀寺镇，西接郭镇，北至徐家坪镇。辖区东西最大距离 19.8km，南北最大距离 12.5km，全镇总面积 106km<sup>2</sup>。辖 1 个社区，5 个行政村共 3984 人。根据金家河镇政府提供的近三年社会经济统计来看，截至 2024 年底，金家河镇共有耕地面积 8062 亩，人均耕地 1.62 亩，2024 年农业总产值 5755 万元，人均纯收入 1.4445 万元，工业总产值达到 1.4 亿元，社会商品销售总额达 162 万元。（表 2-2）。

表 2-2 略阳县金家河镇 2022—2024 年社会经济发展概况

年份	非农人口 (人)	农业人口 (人)	耕地面积 (亩)	人均耕地 (亩)	农业总产值 (万元)	农村居民人均纯 收入(元)
2024 年	422	3984	8062	1.83	5755	14445
2023 年	348	4059	8062	1.83	5550	13673
2022 年	216	4191	8062	1.83	5512	13152

资料来源：金家河镇 2022~2024 年政府工作报告。

## 三、矿区地质环境背景

### （一）地层岩性

金家河磷矿矿区出露地层为泥盆系中统金家河组 ( $D_j$ ) 及第四系地层 (见图 2-6、图 2-7)。现按沉积旋回、接触关系划分如下:

### 1. 泥盆系中统金家河组 ( $D_j$ )

(1)  $D_j^1$ : 系泥盆纪海侵第一旋回, 为含磷岩组, 按岩性分为五层:

$D_j^{1-1}$ : 灰绿至灰黑色砂质千枚岩, 风化后呈灰褐色, 变余砂状结构, 千枚状、片状或条带状构造, 局部夹白云质灰岩及凝灰质千枚岩和白云岩薄层。该层分布于背斜轴部及矿区南部、西南部。

$D_j^{1-2}$ : 上部为浅灰色厚层状和块状白云岩与磷块岩接触处有少量硅质岩薄层; 下部为暗灰色砂质白云岩, 局部夹灰质砂质千枚岩薄层。与  $D_j^{1-1}$  接触处局部为浅灰色薄板状硅质岩。

$D_j^{1-3}$ : 为磷矿层, 顶部为灰黑色条带状泥质磷块岩; 中上部为条带状灰质磷块岩夹碎屑状和砂质磷块岩透镜体, 局部夹白云岩透镜体; 中下部为薄层条带状灰质磷块岩; 底部为条带状泥质磷块岩。

$D_j^{1-4}$ : 深灰色, 中厚层~厚层状、块状白云岩。条带状构造, 微粒结构。局部含磷条带和硅质条带, 下部与矿层接触处有厚 0~0.3m 硅质岩, 含磷硅质岩或硅质磷块岩薄层。

$D_j^{1-5}$ : 灰黑色薄层状灰岩和硅质岩互层, 顶部有厚 0~5m 白云岩。其中薄层灰岩为微粒结构, 平行条带状构造。硅质岩为微粒~隐晶结构, 薄层板状构造。

(2)  $D_j^2$ : 为泥盆纪第二海侵旋回, 泥质岩~碳酸盐岩组, 按岩性划分为三层:

$D_j^{2-1}$ : 浅灰至灰黑色千枚岩, 风化后为灰黄色, 千枚状构造, 含碳质具丝绢光泽, 局部夹硅质岩和白云岩透镜体, 底部有厚 0~2m 变质砂岩, 无磷化现象。该层主要分布于向斜的核心部分。

$D_j^{2-2}$ : 深灰色薄层灰岩, 上部夹灰黑色钙质千枚岩, 其中, 薄层灰岩呈薄层状 (单层厚 0.1cm), 微粒结构。风化面呈紫灰色, 局部具磷化现象, 千枚岩风化后呈灰紫色, 含碳质呈夹层出现。

$D_j^{2-3}$ : 灰至灰白色厚层状、块状白云岩。其上、下部为灰~深灰色白云岩; 中部则为灰白色块状白云岩。微粒结构, 块状构造。局部具有条纹状构造, 层理不发育, 质地坚硬。具有弱磷化现象。顶部灰黑色薄层硅质岩, 局部含磷块岩透镜体。

$D_j^3$ : 为黄绿色千枚岩, 其上部为含炭绢云石英千枚岩夹灰岩透镜体, 下部为绿泥绢云千枚岩夹钙质条带, 其底部为绢云石英千枚岩, 风化后呈紫红色。

该层分布于矿区北部，向东（夏家沟），西（徐家沟）相变为炭质千枚岩，层厚数百米至 50m。

## 2.第四系 (Q)

分布于矿区内的河谷阶地区和斜坡的坡脚部位。主要为冲洪积砾石、卵石和残坡积碎石土及地表腐殖土，一般厚 0.3~1.5m，最大厚 7.0m。

图 2-6 矿区地质图

图 2-7 矿区地层柱状图

## (二) 地质构造

矿区位于区域构造四方坝背斜之北翼，总体为一向北倾斜的单斜构造（倾向  $10^{\circ}$ 、倾角  $70^{\circ}$ 左右）。由于受到南北向挤压为主的区域应力作用，层间小褶曲、揉皱发育。断裂构造不发育，以劈理为主（见图 2-8）。

图 2-8 矿区区域地质图

### 1.褶皱

矿区基本构造形态呈上、下同斜倒转，东伏西翘的紧密线状褶皱构造。近东西走向，其轴面地表倾向南，倾角  $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ，向下由东向西在 800~1100m 标高逐渐转向北倾，倾角  $55^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 褶皱脊线，向东倾伏，倾伏角  $40^{\circ}\sim 58^{\circ}$ 脊线有起伏现象。矿区由含磷岩系组成四个明显的背斜及向斜。背斜核心多为  $D_{j^{1-1}}$ ，向斜核心多为  $D_{j^{2-1}}$  或  $D_{j^{1-5}}$  组成。磷矿层 ( $D_{j^{1-2}}$ ) 分布于背斜之两翼，并受次一级小褶皱及晚期断层影响而复杂化。

### 2.断裂构造

区内断裂构造发育，按其特征大致可分为走向断层和横断层两组，共计有 18 条 ( $F_1\sim F_{18}$ )，断层性质一般在背斜北翼为正断层，南翼多为逆断层，由于后期构造的影响，同一断层面倾向沿走向常有变化，时而北倾，时而向南倾，且逆断层多被正断层切割而常造成磷矿层缺失或重复，除  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_{18}$  外，其余断层均对磷矿层有较大的破坏作用。横断层有北东向和北西向两组之分，其中前者较发育，后者次之，断距一般在数米至十余米，个别达三十余米，断层倾角向南东或南西，常切割走向断层，倾角  $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 对矿层影响较小。

矿区内断裂构造发育的先后顺序为走向逆断层最早，次为走向正断层，而横断层最

晚。

### 3.地震

矿区地处秦岭山脉南麓。在矿区的南面和北面虽然存在深大断裂，但由于距离较远，地壳较完整，也不存在第四纪火山；根据有关资料，历史上区域内未发生过 6 级以上的地震，故矿区范围属地壳基本稳定区。但邻区强震对本区有一定的影响。如 1976 年松潘、平武等地发生 7.2 级地震，本区内有较强震感。2008 年 5 月 12 日，四川汶川发生 8.0 级特大地震，本区内震感强烈，部分民房受损严重，局部地段出现山体崩塌、滑坡、地裂缝等地震次生地质灾害。

根据《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015），陕西省略阳县金家河镇 II 类场地的基本地震动峰值加速度为 0.15g（对应的地震烈度为 VII 度），基本地震动加速度反应谱特征周期为 0.40s。

## （三）水文地质

### 1.含水层的分布及特征

按地下水含水介质、赋存条件、水动力特征，区内地下水划分为第四系松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两种地下水类型，见水文地质剖面图（见图 2-9）。

（1）第四系松散岩类孔隙潜水含水层：在矿区分布广泛，主要位于河谷谷底及斜坡的缓坡地段，由第四系冲洪积物和残坡积物组成，含水层岩性为黏性土、坡积碎石土和冲积、洪积砂、砾石。该含水层出露的泉水流量一般  $< 0.01\text{L/s}$ ，含水层含水性受季节性影响较大，雨季泉流量明显增大，枯水期变小，甚至干枯，属弱—极弱富水性。

（2）基岩裂隙水含水层：分布于矿区大部，地层零星可见，岩性为白云岩，该段岩石致密坚硬，呈块状、层状构造，抗风化能力强。受构造作用影响，裂隙发育，局部层理发育。受大气降水补给，泉涌水量  $0.046\sim 0.114\text{L/s}$ ，属弱富水性潜水含水层。经取水样分析，水质类型为  $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4\text{-Ca} \cdot \text{Mg}$  型水，矿化度  $350.50\text{mg/L}$ ，pH 值 6.73。该含水层为未来矿山开采矿坑涌水的直接来源。

图 2-9 矿井水文地质剖面图

### 2.隔水层特征

分布于  $D_j^{2-2}$ 、 $D_j^{2-1}$  及  $D_j^{1-1}$  地层中薄层灰岩夹千枚岩、绢云母千枚岩及砂质千枚岩，该层岩结构致密，裂隙不发育，局部地段有风化裂隙但深度不大（ $< 20\text{m}$ ），且多被石英、方解石充填。无泉水出露。岩石内不含水或含水微弱。起到相对隔水作用。在

PD1000 穿脉顶、壁中此岩性段仅见少量滴水，未形成径流，地表未发现泉水，为区内隔水层。

### 3.地下水的补给、径流、排泄

地下水主要靠大气降水补给，降水渗入地下的大部分水多沿基岩风化裂隙带径流，在河谷地段呈泉水或渗流形式排泄于地表，参与地表径流，区内地下水的补给和径流区基本一致，沟谷为其主要排泄区。由于地形切割深、坡降大、径流短，地下水的排泄条件良好。

### 4.矿井涌水量预测

根据《资源储量检测说明书》，矿坑多年实测涌水量  $336\text{m}^3/\text{d}$ ，采用富水系数比拟法预测巷道最大涌水量为  $852.5\text{m}^3/\text{d}$ 。

### 5.水文地质条件评价

综上所述，主矿层大部分位于地下水位以上，局部位于地下水位以下。充水含水层富水性差，补给条件差。矿坑多年实测涌水量  $336\text{m}^3/\text{d}$ ，矿坑正常涌水量小于  $3000\text{m}^3/\text{d}$ ，采矿和疏干排水导致矿区周围主要充水含水层破坏的可能性小。该矿区属水文地质条件简单的矿床。

## （四）工程地质

### 1.岩土体工程地质类型

区内岩土工程地质类型划分为岩体、土体两个工程地质岩组。

#### （1）土体工程地质特征

土体广泛分布于矿区表层，有砂土、砂砾石等。呈松散~稍密状态，散体结构，厚度  $0.0\text{m}\sim 5.0\text{m}$ ，属不均匀土层。不宜直接作为构筑物地基。土层易受地表水冲蚀。

#### （2）岩体工程地质特征

磷矿层顶板为白云岩，结构致密，质地坚硬，呈中厚层状及块状构造，普氏硬度系数  $f=6\sim 8$ ，稳定性较强；磷矿层大部为灰质磷块岩，矿石呈块状致密坚硬，裂隙不太发育，普氏硬度系数  $f=6\sim 8$ ，稳定性较好；但顶、底部为泥质磷块岩或砂质千枚岩，质软稳定性较差；磷矿层底板为中厚层状白云岩，岩石致密坚硬，裂隙不发育，稳定性较强。

### 2.工程地质评价

矿体及围岩岩体结构以厚层状结构、块状结构为主，软弱结构面、不良工程地质层不发育，基岩风化破碎厚度小于  $5.0\text{m}$ ，边坡基本不存在外倾软弱结构面及危岩，边坡

较稳定。矿区矿床工程地质类型属坚硬—较坚硬岩类，工程地质条件为简单。

## （五）矿体地质特征

### 1. 矿体特征

金家河磷矿赋存于泥盆系中统金家河组地层中，磷矿层层位稳定，矿体呈层状，由于褶皱关系，在区内宽约 400m 范围内，重复出现九次，由北而南分别编为 I~IX 矿段，具有工业价值的磷矿体 5 个，即 I、II、III、IV、VII 矿体，受构造破坏小，为矿区主要勘探矿段，也是提交资源储量的主要矿段。现按矿段叙述如下：

#### （1）I 矿段

I 矿段是提交资源储量的主矿段，出露于 I 号背斜北翼，在矿区范围内，矿层在地表断续出露长约 1200m，其中在 I-VI 线连续出露约 470m，IV 线以东构造简单，层位稳定，质量变化不大，IV 线及其以西，向深部矿层有变贫变薄的趋势，并受 F3 断层的影响，使矿层出露不完整或缺失。

I~VI 线间矿层在地表长 470m，向东侧伏，工程见矿厚度 0.52~11.27m，一般 3~6m，平均 4.85m，矿层在地表出露标高 1086~1180m，工程控制最低标高 670m，垂深达 460m，矿层单工程品位， $P_2O_5$  14.23~25.46%，平均 20.39%。地表略高于地下，矿层产状在地表倾向南，倾角 68°~85°，沿倾向由东向西在 800~1100m 标高，逐渐转向北倾，倾角 55°~85°，侧伏角 50°~60°。

#### （2）II 矿段

矿层出露于 I 号背斜之南翼，地表出露长约 600m，在 IV 线附近被断层破坏，将 II 矿段分为东西两段。东段出露长仅 140m，受 F4 断层控制。西段出露长约 340m，部分地段受 F5 断层影响，使矿层重复出露。

矿层在地表出露标高 1100~1210m，呈近东西走向，倾向南，倾角 63°~80°，向下由东向西在 800~1100m 标高逐渐转向北倾，倾角约 70°，并向东侧伏。矿层工程见矿厚度 0.55~6.08m，平均厚度 3.14m。 $P_2O_5$  含量 14.96%~26.60%，平均含量 20.29%，地表略高于地下，工程控制最低标高 710m，垂深 390m。

#### （3）III 矿段

矿层出露于 II 号背斜的北翼，矿层较完整，出露长约 570m。由于 F7 断层影响，在 V 线及其以西，造成矿层重复出露约 140m 及 VI 线附近 60m 的无矿带。

经深部工程揭露矿段因受 F7 断层影响，将 I 矿段拉开成两段，即南矿段，北矿段，现分述如下：

南矿段：地表出露标高 1130~1220m，长 490m。矿层完整，近东西走向，地表倾向南，倾角 65°~80°。矿层工程见矿厚度 2.22~8.87m，平均厚 5.38m， $P_2O_5$  含量为 22.30%~26.36%，平均含量 23.83%，控制最低标高 930m，垂深 270m。

北矿段：矿层在地表出露标高 1156~1238m，在 V 线及其以西，连续出露长约 140m，在 KVI-3-1 探槽以西，约有 60m 的无矿带。矿层在地表呈近东西走向，倾向南，倾角 60~78°，在 V 线东侧，倾伏于地下，侧伏角 55°左右，向下约在 900m~1100m 标高逐渐向北倾。矿层在 IV 线及其以东，存在于 1000m 标高以下，倾向北，倾角约 60°~75°。工程见矿厚度 1.36~9.93m，平均厚度 3.93m， $P_2O_5$  含量为 19.17%~25.01%，平均含量 22.47%。控制最低标高 772m，垂深达 450m。

#### (4) IV 矿段

矿层出露于 II 号背斜南翼，IV 线及其以东，长 200m，由于次一级褶皱的影响，矿层出露宽达 20 余 m，IV 线以西受 F9 断层破坏，仅有零星出露。

矿层地表呈近东西走向，倾向南，倾角 65°~80°，向下在 1050m 标高附近即转向北倾，向东侧伏。矿层厚 1.0~17.37m，平均厚度 8.08m， $P_2O_5$  含量 15.62%~27.12%，平均 23.71%，控制垂深 270 余米。

#### (5) VII 矿段

VII 矿段出露于 III~IV 线间，地表出露标高 1168~1220m，矿层长约 100m，矿层工程见矿厚度 1.20~11.98m，平均厚度 4.96m。 $P_2O_5$  含量 22.47%~28.91%，平均 24.27%。VII 矿段矿体规模小，延深浅，1100m 中段坑道中已不见矿。

## 2. 矿石质量

### (1) 矿石的矿物成分

矿石的矿物组成比较简单，主要为胶磷矿，占 30%~75%，次为磷灰石，占 3%~10%；脉石矿物主要为白云石，含量 10%~45%，次为石英及少量炭质、泥质、绢云母等。胶磷矿粒度小于 0.01mm。

### (2) 矿石的化学成分

矿石化学成分有： $P_2O_5$ 、CaO、MgO、CO、 $Fe_2O_3$ 、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、F 及 MnO、 $Na_2O$ 、 $K_2O$ 、Ti 等。主要有害杂质为  $Fe_2O_3$ 、 $Al_2O_3$ 、MgO、 $CO_2$ 、 $SiO_2$ 、CaO、F，有益组分为  $P_2O_5$ 。

### (3) 矿石结构构造

矿石主要呈微粒—隐晶质结构，其次有假鲕状结构及碎屑状结构；矿石构造为条

带状构造。

### 3. 矿石类型

矿石工业类型为碳酸岩型磷块岩矿石，矿石按自然类型可分为条带状泥质磷块岩和条带状灰质磷块岩。

## 四、矿区土地利用现状及采矿用地审批情况

### （一）项目区土地利用现状

略阳县金家河磷矿的 850 硐口和 850 工业场地在矿区范围外，故本项目用地范围包括采矿许可证内和采矿许可证外两部分。

根据略阳县自然资源局提供的略阳县土地利用现状图（局部）（2025 年 12 月）和《土地利用现状分类》（CB/T 21010-2017）及“第三次全国土地调查”资料，项目区土地类型划分为 7 个一级地类和 9 个二级地类，包括耕地、林地、草地、工矿仓储用地、住宅用地、交通用地和其他土地，各类土地利用面积见表 2-3，土地利用现状图见图 2-10。

表 2-3 矿区范围内土地利用现状表

一级地类		二级地类		面积 (hm <sup>2</sup> )		占总面积的比例 (%)	
编号	名称	编号	名称				
01	耕地	0103	旱地				
03	林地	0301	乔木林地				
		0305	灌木林地				
		0307	其他林地				
04	草地	0404	其他草地				
06	工矿用地	0602	采矿用地				
07	住宅用地	0702	农村宅基地				
10	交通用地	1006	农村道路				
12	其他土地	1207	裸岩石砾地				
采矿权范围内总计							
06	工矿用地	0602	采矿用地				
采矿权范围外总计							

项目区总占地面积为  $\quad$  hm<sup>2</sup>，其中矿区范围外  $\quad$  hm<sup>2</sup>，为采矿用地；矿区土地总面积为  $\quad$  hm<sup>2</sup>，其中耕地面积  $\quad$  hm<sup>2</sup>，占矿区土地总面积的  $\quad$  %；林地面积  $\quad$  hm<sup>2</sup>，占矿区土地总面积的 96.85%；草地面积  $\quad$  hm<sup>2</sup>，占矿区土地总面积的 0.04%；

工矿仓储用地面积  $\text{hm}^2$ ，占矿区土地总面积的 2.18%；住宅用地面积  $\text{hm}^2$ ，占矿区土地总面积的 0.06%；交通用地面积  $\text{hm}^2$ ，占矿区土地总面积的 0.24%；其他土地面积  $\text{hm}^2$ ，占矿区土地总面积的 0.23%；矿区土地利用以林地为主，工矿仓储用地、耕地次之。

旱地在矿区分布相对分散，主要分布在沟谷两侧和相对比较平缓的地带，当地村民种植一些农作物和经济作物。

林地在矿区范围内大面积分布。植被种类主要为松树，和乔木，林下混生有少量狼牙刺、酸枣、荆条、黄刺玫等灌木。

交通用地分布基本上和耕地的分布相距较近。

图 2-10 矿区土地利用现状图

## （二）土地权属

根据调查及收集资料，陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿位于略阳县金家河镇。该矿所占用土地属韩峰村、金家河社区集体所有。根据对土地利用的实地调查和证实，项目区土地权属状况清晰，不存在产权纠纷。复垦区土地利用结构权属见表 2-4。

表 2-4 矿区范围内土地利用现状表

权属			地类									合计
			01 耕地	03 林地			04 草地	06 工矿仓储用地	07 住宅用地	10 交通用地	12 其他用地	
县(区)	乡(镇)	村(组)	0103 旱地	0301 乔木林地	0305 灌木林地	0307 其他林地	0404 其他草地	0602 采矿用地	0702 农村宅基地	1006 农村道路	1107 裸岩石砾地	
略阳县	金家河镇	韩峰村										
		金家河社区										
合计												

## （三）永久基本农田情况

根据《略阳县国土空间总体规划（2021—2035 年）》及基本农田分布，矿区内的地面工程未占用、挖损永久基本农田，永久基本农田分布图见图 2-11。

图 2-11 矿区土地利用现状图

## 五、矿区生态状况

### （一）陕西省生态功能区划

根据陕西省生态功能区划，略阳县金家河磷矿矿区主要生态功能为秦岭南坡中西段中山水源涵养土壤保护区，矿区东部涉及少量秦岭中山特色农业发展区，矿区东侧穿过西抚河生态廊道。

### （二）秦岭生态环境保护区划

根据《陕西省秦岭生态环境保护条例》和《陕西省秦岭矿产资源开发专项规划》，结合略阳县金家河磷矿采矿许可证，开采标高为 1220m~600m，属于秦岭一般保护区，一般保护区内允许开采矿产资源；该项目范围内不涉及自然保护区、森林公园、湿地公园、地质公园、风景名胜区等重点生态区域。

### （三）矿区生态本底情况

略阳县金家河磷矿矿区内无生态保护红线、自然保护地以及生物多样性保护优先区，以林地生态系统为主导，兼有草地生态系统，生态系统结构完整，环境适宜，抗外界干扰能力强，各生态系统间流动性好，定位生态功能为水土保持。

#### 1.生态系统状况

生态系统类型以林地为主体，并在沟谷、缓坡与居民地周边形成农田生态系统镶嵌分布；在人类工程活动强度较高的区段（矿山开采、道路与工矿场地）容易发生地表扰动，表现为地表破碎、植被损毁与局部功能退化，地面塌陷及其伴生的地表变形对自然植被退化具有显著影响。矿区内主要植被为针叶林、落叶栎林、常绿落叶阔叶混交林、竹林、灌丛、灌草丛及草甸均有生长，群落垂直结构完整；优势种群为松树，生长良好，无大量死亡现象。

综上所述，矿区内生态系统结构完整，环境适宜，抗外界干扰能力强。

#### 2.生态系统格局

矿区以林地生态系统为主导（约占 95%），坡面多为林地，沟谷与缓坡地带集中分布耕地、道路与居民点，是生态过程（径流侵蚀、泥沙输移）最活跃、景观破碎化最显著的带状区域。林地生态系统主要分布在矿区周围，生态系统间无生态屏障，流通性好。

### （四）矿区生物多样性

矿区附近的生物多样性主要体现在物种多样性、遗传多样性和生态系统多样性三个

层面，展现出矿区生态系统的典型特征与可持续发展潜力。

在物种多样性方面，当地分布有红豆杉、杜仲等珍稀植物，同时广泛种植天麻、核桃、板栗和猕猴桃等经济林木，构成丰富的植被层次。这些植物不仅具有生态保护功能，也为中药材产业发展提供了资源基础。动物资源方面，随着生态保护力度加强，麂、野猪、山兔、松鼠等野生动物种群逐步恢复，林区生物活动日益频繁，反映出食物链的逐步完善和栖息环境的改善。

在遗传多样性层面，区域内多种本土植物和动物种群保留了较为完整的基因资源。例如不同品种的天麻和核桃在长期种植过程中形成了适应本地气候与土壤条件的遗传特性，为农业育种和生态适应研究提供了潜在价值。

生态系统多样性则体现在山地森林、农田、溪流及人工林等多种生境共存。韩峰村依托油菜花、槐花及中药材花卉资源发展中华蜂养殖，推动生态农业与生物多样性互促共进，形成“林—药—蜂”复合生态模式，增强了传粉网络和生态系统的稳定性。

## 六、矿山及周边其他人类重大工程活动

采矿活动是矿区内主要的人类活动，其次是矿区周边的农业活动、建房、造地、修路等（见图 2-11）。简述如下：

图 2-11 矿区及周边人类工程活动图

### 1. 矿山开采

矿山开采是矿区内最主要的人类工程活动，据现场调查，采矿废渣多在开采硐口附近沿沟道岸坡或山体斜坡随意堆放，没有较完善的支挡及排导措施，对矿山地质环境影响严重。

### 2. 矿山建设

矿区现有的工业场地建设时间较长，地势开阔平坦，排水及防护设施相对完善。矿区现有办公生活区场地平坦，不存在对周边坡体进行开挖的情况。矿山建设总体对区域地质环境影响较轻。

### 3. 农业耕种

矿区内的农业植被分布于沟谷两岸和局部的缓谷、缓坡上，均为旱地，旱地采用一年两季种植小麦、玉米等（见照片 2-8）。

照片 2-8 缓坡地段耕作

照片 2-9 切坡修建的道路

#### 4.基础设施建设（道路、输电线路等）

##### （1）道路

矿区周边有通村水泥路；矿区内修建有矿山道路，主要为运矿道路，其次村民可以利用运矿道路进行生产生活（见照片 2-9）。

##### （2）输电线路

矿区供电电源为金家河 10kv 变电站，距矿区约 9km，以 10kvLGJ-3×35 架空线路引到矿区，接电处位于现工业场地外。

综上，矿区及周边的其他人类重大工程活动对地质环境影响程度较严重。

### 七、矿区生态修复工作情况

#### （一）已实施的生态修复工程

矿山自 2021 年以来结合《矿山地质环境保护与土地复垦方案》及相关要求，每年根据矿山实际开采状况研讨制定矿山地质环境恢复治理与土地复垦方案，落实治理任务、制定治理措施。分别对 BY1 崩塌隐患、N1 泥石流隐患、TX1 地面塌陷区、TX2 地面塌陷区、PD1100-1 平硐、PD1100-2 平硐进行了地质环境治理，主要治理措施为危岩清运、废渣清运、修建排水沟、裂缝充填、浆砌石封堵等；对 1100m 工业场地、1100-1 硐口、1100-2 硐口、1#废石场、2#废石场、3#废石场、TX1 地面塌陷区、TX2 地面塌陷区等进行了土地复垦，复垦措施为覆土、种树、种草，较好地完成了各项治理任务，治理效果见照片 2-10~2-16。

根据陕西邦田化工有限公司编制的《陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿矿山地质环境保护与土地复垦方案适用期工程竣工总结报告（2021—2025 年）》，该项目通过了专家组的验收，验收结论为：合格。

照片 2-10 已封堵的硐口

照片 2-11 已治理的 2#废石堆

照片 2-12 已治理的 3#废石场

照片 2-13 已治理的塌陷区

照片 2-14 已复垦的 3#渣堆

照片 2-15 已复垦的 3#渣堆

照片 2-16 已修建的截排水沟

#### （二）适用期实际投入资金

上期《两案》适用期矿山地质环境治理与土地复垦总投资费用 93.49 万元，验收确认工程相应总投资为 68.4 万元，实际投资小的原因是受泥石流沟道渣堆清理等客观因素影响，治理效果达不到验收要求，确认的其他工程相应投资总额为 68.4 万元。

### （三）适用期验收及基金的提取情况

略阳县自然资源局组织专家分别于 2021 年 1 月、2022 年 1 月、2023 年 1 月、2024 年 1 月和 2025 年 1 月对年度计划进行了审查，同时对上一年实施工程进行了验收，并取得了专家组意见。汉中市自然资源局组织专家于 2025 年 12 月 11 日对上期《两案》5 年适用期实施工程进行了验收，顺利通过验收并取得了专家组的意见。在 2018 年 11 月，矿山签订了《矿山地质环境治理恢复与土地复垦基金监管协议》，建立了基金专户，缴纳基金存款。适用期期间，企业一直生产，2022 年 1 月、2023 年 1 月、2023 年 12 月、2025 年 1 月和 2025 年 10 月提取了基金。按照基金管理办法，矿山适用期内应计提基金为 万元，实际提取基金 万元，实际使用基金 万元，截至 2025 年 12 月底，账户内剩余基金 万元。

### （四）存在问题

- （1）矿山企业对矿区生态修复工作认识程度有待提高，年度计划申报、治理后验收工作有一定迟滞，矿山企业应积极进行年度计划申报与验收工作；
- （2）对 1#、2#、3# 废石场未设计挡墙，局部复垦地段复垦不彻底且存在二次损毁，树木少量的枯死等情况，破坏区域的治理任务在下期方案中继续执行，加强管护；
- （3）治理后、复垦后对监测工作重视程度不够，监测项目完成度不高；
- （4）矿山企业与村民沟通工作水平有待提高，应积极与村民沟通，推进相关土地复垦工作。

### （五）本方案与原方案衔接情况说明

本方案是在参考原《陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿矿山地质环境保护与土地复垦方案》的基础上编写完成，在编写本方案之前，首先对上期方案进行了全面了解，部分应用了上期方案对于矿山建设工程以及矿区基础信息的介绍，其次，针对上期方案所涉及的不稳定地质体发育情况以及地形地貌、含水层、土地资源的破坏情况再次进行深入调查、分析及预测，最后，针对上期方案所设计的治理、监测工程、工程量统计以及资金预算等内容进行分析和优化，对上期方案中遗留的矿山地质环境问题进行分析，并将其纳入本次矿区生态修复方案中，最终完成本次方案编写。

### （六）积累的经验

陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿通过多年的实践，摸索出了适合实际的矿山地质环境治理与土地复垦经验。经过对已实施矿山地质环境治理恢复与土地复垦工作

进行整理和分析，总结了工作中存在的不足，对矿山管理和工作模式进行经验交流，对质量较好的项目进行阐述和总结：

(1) 对临时堆渣场要遵循“先拦后弃”的原则，先修筑挡土墙、截排水沟等工程措施，然后进行覆土绿化。

(2) 对于塌陷裂缝填堵，主要是人工填堵和机械填充治理。人工填堵治理工艺，一般适用于裂缝窄而浅、密度低的裂缝区治理，用废石转运场的废石填充。机械治理措施及工艺，一般适用于裂缝宽而深、密度高的裂缝区治理，采用推土机和铲运机械，其工序复杂、土方量大，机械复垦治理首先要将表层熟土剥离后，采取开挖、回填、碾压、夯实、平整后再将剥离的熟土覆盖于地表。该区域适宜于机械施工，局部沟壑地带，机械施工不便，则直接采取人工填堵裂缝。

(3) 切坡易引发不稳定地质体，需及时治理，以防后患。

(4) 复垦工艺及复垦内容：充分吸收当地自然资源部门以及有经验的村民的绿化耕种经验，林木树种优先选择本地区内优势品种，复垦方向以恢复为原地类为主，有条件区域复垦工程利用灌、草、林相结合的方式。

(5) 表土的剥离和贮存：耕地表土往往是肥沃的，含有较高的有机质和养分。为恢复良好的农田，需要对表土（耕植土）进行预先剥离和贮存以便将来覆土。贮存表土时应种上植被以防止流失和保肥。

(6) 远期养护：恢复植被后应安排专人定期对绿化植被进行监测和管护，及时补种、浇水等，提高植物成活率。

综上，上述治理工程能因地制宜，选择的环境治理方式在该区切实可行，完成实施的效果良好，其社会效益、环境效益、经济效益均明显可见，故对本期将要布置的环境治理工程具有明显的参考和借鉴价值，如耕地复垦工程可借鉴略阳县鱼洞子铁矿具体操作实施方法，土壤翻耕的方式及深度，土壤培肥的需肥量及培肥方法，覆有机土的厚度及方式方法，将来农作物长成后的监测与管护。

## 八、矿区基本情况调查监测指标

略阳县金家河磷矿基本情况调查监测指标主要包括开采前矿山地质环境背景（主要监测地下水情况）、土地资源现状（主要监测土地利用现状、耕地及永久基本农田情况）和生态系统本底的基值（主要包括地表水、生态系统格局、生态状况调查、生态系统服务、生态系统质量情况）和参照值；开采中保护预防控制（主要包括保护措施、预防控制措施）、损毁现状与拟损毁（主要包括地质环境损毁、土地资源损毁、生态系统破坏）、

复垦修复成效监测（主要包括地质环境治理、生态系统恢复）。

略阳县金家河磷矿监测方法以人工巡查监测为主，辅以无人机影像监测，两者结合监测矿区地表水、地质环境、土地损毁等情况；矿区内土地利用现状根据略阳县自然资源局提供的 2025 年变更第三次全国土地利用数据进行调查。详细监测内容与监测指标见表 2-5。

表 2-5 矿区开采中生态修复监测内容与监测指标表

监测对象		监测内容	监测指标	监测方法	监测值
保护预防控制监测	保护措施		避让措施	实地调查 公众访谈	无
			减缓措施		边坡挡墙
			文化保护		无
	预防控制措施	物种收集与保护	无		
		表土剥离与保存	无		
		地表沉陷减损	5.28hm <sup>2</sup>		
损毁现状与 拟损毁监测	地质环境 损毁	采空区塌陷	地表形变	人工巡查	0.2cm—1m
			地下形变		/
			孔隙水压力		/
			土压力		
			岩土体含水率		
			初始塌陷值	实地调查	2.19hm <sup>2</sup>
			累计塌陷值	实地调查	/
			裂缝发育	实地调查	约 13 条
			地下水位	自动监测	16.35m
			降水量	资料收集	平均值 831mm
		不稳定边坡	地表形变	人工巡查	/
			地下形变		/
			地下水位	自动监测	/
			降水量	资料收集	/
			岩土体含水率		
			孔隙水压力		/
			土压力		/
		地下水 (含水层、地下潜 水、开采目的层、疏 干层)	含水层破坏类型	资料收集	松散岩类孔隙潜水和基岩裂隙水
	地下水温		自动监测	16℃	
	地下水位		自动监测	16.35m	
	地下水水量		资料收集	8.3m <sup>3</sup> /h	

监测对象	监测内容	监测指标	监测方法	监测值		
		抽排地下水量	资料收集	23.77m <sup>3</sup> /h		
		综合利用量	资料收集	3380m <sup>3</sup>		
		疏干排水面积	资料收集	无		
	土地资源损毁	压占土地面积	林地	现场调查、第三次土地利用数据调查	见表 3-7	
			草地			
			……			
		塌陷土地面积	林地		见表 3-8	
			草地			
			……			
	永久基本农田损毁	耕地	无损毁			
	生态系统破坏	生态用地损毁	林地损毁面积	实地调查	5.28hm <sup>2</sup>	
			草地损毁面积		无	
地表水		地表水面积变化		无		
		地表水排泄变化		无		
生态修复效果监测	地质环境治理	不稳定边坡	恢复治理	资料收集 实地调查	/	
		采空区塌陷	复垦修复		2.19hm <sup>2</sup>	
		地下水	地下水位		16.35m	
			疏干排水面积恢复率		/	
		复垦修复土地 (耕地、园地、林地、草地)	地形		资料收集 实地调查	林地
			配套设施			/
	生产力水平		/			
	土地复垦率		0.17hm <sup>2</sup>			
	生态系统恢复	地表水	地表水面积变化		无	
			地表水排泄情况		无	
		生态系统格局	生态系统类型比例	实地调查	林地生态系统占 95%	
			平均斑块面积		1.77hm <sup>2</sup>	
边界密度			3.33m/hm <sup>2</sup>			
聚集度指数			高			
生态状况调查	森林生态系统	实地调查	见报告 P41			
	草地生态系统	实地调查	见报告 P41			
生态系统服务	水源涵养量 防风固沙量 土壤保持量 生物多样性维护 碳储量	资料收集 实地调查	/			
			/			
			/			
			16种植物			
			林地: 3100t			
生态系统质量	生物量	遥感影像	80%			
	植被覆盖度		80%			

监测对象	监测内容	监测指标	监测方法	监测值
		生态系统质量综合指数		0.38

## 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. 现状调查

##### (1) 矿山现状地质环境调查

略阳县金家河磷矿采用地下开采方式，开采矿体多位于山体上部近山顶地带。因矿体及围岩稳定性好，地表变形不明显。略阳县金家河磷矿属于生产矿山，矿山采矿设备设施相对齐全。

2025年12月20~25日，项目组赴现场进行矿山地质环境调查，结合项目区土地利用现状图、《汉中市略阳县地质灾害风险调查评价报告》和矿山井上井下对照图，集中对工业场地、废石场、临时堆矿场和已有的平硐处进行了不稳定地质体（崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝、地面塌陷和地面沉降等）、含水层的破坏、地形地貌影响、水土环境影响（排渣场排渣情况、场地污废水排放情况）、土地资源（已损坏土地、拟开采区土地）等方面进行详细调查、实际测量、定位拍照和记录，完成调查面积 $1.77\text{km}^2$ ，调查路线 $3.45\text{km}$ ，收集资料13份，数码照片32张及录像20分钟。

##### (2) 土地资源现状调查

陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿项目区占地面积 $157.06\text{hm}^2$ ，其中矿区范围外占地 $0.75\text{hm}^2$ ，矿区内占地 $156.31\text{hm}^2$ ，根据土地利用现状图，矿区土地利用涉及7个一级和9个二级类，包括耕地、林地、草地、工矿仓储用地、住宅用地、交通用地和其他用地等，耕地主要分布在沟谷比较平坦的地方，根据现场踏勘和公众参与调查，部分耕地属于撂荒地，当地居民不再种植农作物，已经长满杂草和灌木，区内土地资源主要为林地。

人类活动对土地资源的影响主要表现为企业采矿活动、修建工业场地时对土地资源的破坏及地面设施对土地资源的压占与挖损，矿区土地损坏范围内土地利用类型主要为林地和工矿用地，矿山企业对已损坏土地的复垦率低。

##### (3) 生态环境现状调查

调查区位于秦岭南麓西段。调查区地带性植被类型为典型的北亚热带山地亚热带湿润区，其代表群系为常绿落叶阔叶混交林。由于受非地带性生态环境条件的影响，区内广泛发育着半隐域性植被。目前矿山已开采区地面变形对地表影响较小，对调查区内植

被及动植物群落影响较轻。

## 2. 矿山地质环境问题

### (1) 矿山不稳定地质体

据本次现场调查，略阳县金家河磷矿发育的不稳定地质体为 1 处地面塌陷 (TX1)。

根据《汉中市略阳县地质灾害风险调查评价报告》(陕西核工业工程勘察院有限公司, 2021 年 12 月) 和《陕西省在册地质灾害更新数据库(略阳县)(1:5000)》(2024) 及略阳县自然资源局的现场确认, 区内不存在在册地质灾害隐患点, 本次现场调查确认的地面塌陷不属于在册隐患点。现详述如下:

#### TX1 地面塌陷现状诊断

基本特征: 地面塌陷 (TX1) 位于金家河磷矿中部, I 矿体采空区上方, 顺着区内主要的北东向断裂方向呈带状展布, 延伸约 500m, 宽约 50~200m。发生塌陷前地表已经有断断续续的错动伴生裂缝, 常被杂草、落叶覆盖或残坡积土充填; 2008 年汶川地震加剧扩展了地表裂缝, 在矿坑山体顶部出现了连续性伴生裂缝, 裂缝长约 100m、宽 0.5~2m, 局部坍塌, 裂缝向下延伸至平硐 PD1100 坑道内, 塌陷形态见照片 3-1、图 3-2。

#### 照片 3-1 塌陷区 (TX1) 一侧

#### 图 3-2 地面塌陷 (TX1) 平面图

发育程度: 调查时发现塌陷区基本贯通, 地貌特征为山坡、山顶和沟谷阶地, 分布面积约 2.18hm<sup>2</sup>, 规模为小型。塌陷区整体下陷, 可见深约 1~3m, 局部达 5m, 塌陷区周界擦痕明显, 整体垮落, 两侧出现陡坡, 高约 1~5m, 基岩沿节理裂隙面呈带状垮落, 致使该区地形地貌景观遭受破坏。根据《地质灾害危险性评估规范》(GB/T 40112-2021) 附录, 采空塌陷发育程度分级表, 确定其发育程度为中等。

形成原因: 区内断层发育, 采矿活动集中在此断裂带内, 并在 I~VI 勘探线之间形成采空区, 采矿活动活跃于不同高程的坑道, 坑道的总方向与断裂延伸方向基本一致, 因此矿山开采活动采空了地下矿石, 导致坑道围岩应力发生改变, 使得断裂带岩体应力发生调整, 加速了断裂带的发展。2008 年汶川地震作用使得地表断断续续的错动裂缝贯通连通成为连续性的顶上裂缝; 2010 年顶上裂缝迅速发展扩大, 最终坍塌成为地面塌陷。因此区内各断裂是形成该地面塌陷的前提, 采矿活动加速了断裂带的发展, 地震作用加剧了伴生裂缝的扩展, 最终采空区冒顶形成了地面塌陷。

危害程度: 根据《地质灾害危险性评估规范》(GB/T 40112-2021), 对该灾害点进行危害程度分级。矿区内无村民居住, 地面塌陷 (TX1) 破坏了采矿坑道和地貌景观, 造成直接经济损失 100 万元—500 万元, 因此该地面塌陷的危害程度为中等。

危险性评价：根据《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112-2021），对该隐患点进行危险性评级。地面塌陷（TX1）发育程度中等，主要诱发因素为地震及采矿，危害程度中等，确定地面塌陷（TX1）的危险性为中等。

综上所述，现状条件下，不稳定地质体的影响和破坏程度为中度。

### （2）地形地貌景观破坏

矿区内无登记注册的地质遗迹、人文景观，加之矿区远离市区，四周无自然保护区，亦无重要建筑物、旅游景点及名胜古迹，距主要交通干线较远。现状条件下，采矿活动对地形地貌的影响主要表现为废渣堆放、矿区道路及地面建设工程修建等，在一定程度上改变了微地貌形态。

**采矿活动：**该矿山采用地下开采方式，采矿活动对地形地貌景观的破坏主要体现在废渣的随意堆放及尾矿的堆放。目前，矿区内已建好的废石场，总面积达  $0.70\text{hm}^2$ ，堆放在硐口下边的沟道内，由于企业对废石场的治理不彻底，对地形地貌景观影响严重。

**矿山道路：**矿区内运输主要利用现有的矿山道路和社会道路运输，该矿山道路已经修至各平硐硐口，预测矿山道路对地形地貌景观影响较轻。

**地面工程及建设场地：**工业场地和临时堆矿场均处于陈家沟沟道内，这些场地修建时均对周边斜坡进行了不同程度的开挖，破坏了原始的沟道岸坡地形，与周围的地势反差明显，对地形地貌影响严重。

综上所述，矿山开采和地面建设对地形地貌景观影响为重度。

### （3）含水层破坏

矿区内主要含水层为第四系松散岩类孔隙水和基岩裂隙水，均为潜水，采矿活动范围内未见承压水。

矿区内的千枚岩等为相对隔水层或不含水层；含矿构造断裂带为弱富水性含水层，它是矿坑涌水和渗水的主要含水层。据《陕西省略阳县金家河磷矿资源储量检测说明书》以及地面调查、坑道观测，在 PD850 坑道中，矿坑多年实测涌水量  $336\text{m}^3/\text{d}$ 。在 PD1100、PD1000 坑道中，偶见硐顶有少量滴水，未形成线状流水。在 PD1050 岩脉坑道中，偶见硐顶、硐壁有少量裂隙水，坑道底部形成小股流水。但水量较小，可以自流排泄。各硐口均处于当地侵蚀基准面（800m）以上。矿区无常年地表水体（陈家沟为间歇性降水），地形有利于自然排水，对地下水的补给量较小。

采矿活动对地下水的影响主要有两种途径：一是矿洞坑道渗水，改变了地下水的渗透通道，加快了地下水的渗出排泄；二是采矿活动加大了断层带缝隙宽度，甚至形成塌

陷及塌陷裂缝，促进了地表水的渗入，同时也加快了地下水的渗流速度。因此，采矿活动对地下水的疏干排水影响程度较轻，不会造成矿区含水层水位明显下降，更不会疏干地下水；矿区无人居住，采矿活动对居民饮用水无影响；矿区及周边主要含水层水位无明显下降趋势，开采活动未影响到矿区及周边生产生活用水。

综上所述，现状诊断以往采矿活动对矿区地下含水层结构、地下水位和水质破坏影响程度为轻度。

### 3.土地损毁问题

略阳县金家河磷矿项目区内土地损毁形式主要包括压占损毁、地表沉陷损毁两种类型，见表 3-1。

表 3-1 已损毁土地面积统计表

序号	场地名称		01 耕地	03 林地		06 工矿仓储用地	面积 ( $\text{hm}^2$ )	损害程度
			0103 旱地	0301 乔木林地	0305 灌木林地	0602 采矿用地		
1	坑口工业场地	1000 工业场地				0.09	0.09	重度
		950 工业场地				0.16	0.16	重度
		850 工业场地				0.7	0.7	重度
2	临时堆矿场					0.36	0.36	重度
3	矿石溜槽			0.28			0.28	重度
4	废石场	1#废石场		0.21		0.06	0.27	重度
		2#废石场				0.17	0.17	重度
		3#废石场				0.26	0.26	重度
5	塌陷区		0.07	1.91	0.21		2.19	中度
6	矿山道路			0.8			0.8	重度
合计			0.07	3.2	0.21	1.80	5.28	--

#### (1) 压占损毁土地

①坑口工业场地：后期利用 3 处坑口工业场地，位于各采矿平硐口，分别为（1000m 工业场地、950m 工业场地、850m 工业场地），场地内主要设施为值班室、配电室、沉淀池等，各坑口工业场地占地面积分别为  $0.09\text{hm}^2$ 、 $0.16\text{hm}^2$ 、 $0.70\text{hm}^2$ ，总占地面积  $0.95\text{hm}^2$ ，占地类型均为采矿用地。损毁方式均为压占损毁，损毁程度均为重度损毁。

②临时堆矿场：现有临时堆矿场 1 处，位于陈家沟中游 2 条矿石溜槽下方，面积为  $0.36\text{hm}^2$ ，占地类型为采矿用地。损毁方式均为压占损毁，损毁程度均为重度损毁。

③矿石溜槽：现有 2 处矿石溜槽位于陈家沟中游山坡上，将 1000m、1050m 中段的矿石下放至 2#临时堆矿场，1#矿石溜槽宽 12m，斜长 80m，顶部标高 1000m，底部标高 900m，占地面积 0.10hm<sup>2</sup>；2#矿石溜槽宽 15m，斜长 120m，顶部标高 1050m，底部标高 900m，占地面积 0.18hm<sup>2</sup>；总占地面积 0.28hm<sup>2</sup>，占地类型为乔木林地。损毁方式均为挖损和压占损毁，损毁程度均为重度损毁。

④废石场：现有 3 处废石场，其中 1#废石场位于 PD1050-2 平硐下方，2#废石场位于 PD1000 平硐下方，3#废石场位于 PD950 平硐下方。3 处废石场占地面积分别为 0.27hm<sup>2</sup>、0.17hm<sup>2</sup>、0.26hm<sup>2</sup>，总占地面积 0.70hm<sup>2</sup>。1#废石场损毁采矿用地 0.06hm<sup>2</sup>、乔木林地 0.21hm<sup>2</sup>；2#废石场损毁采矿用地 0.17hm<sup>2</sup>；3#废石场损毁采矿用地 0.26hm<sup>2</sup>；损毁方式均为压占损毁，损毁程度均为重度损毁。

⑤矿山道路：企业自建矿山道路 1 条，位于矿区中部陈家沟及其支沟内，路面主要为碎石泥结路面，路宽 4m、长 2000m，占地面积 0.80hm<sup>2</sup>，占地类型为乔木林地，损毁方式为挖损，损毁程度为重度。现有道路连接各矿山工程可满足后期生产需求。

## (2) 沉陷损毁土地

沉陷损毁主要为已形成采空区的损毁，为开采形成，总面积为 2.19hm<sup>2</sup>。经实地调查，主要为塌陷区内伴生裂缝对土地资源的破坏，其中损毁旱地 0.07hm<sup>2</sup>、乔木林地 1.91hm<sup>2</sup>、灌木林地 0.21hm<sup>2</sup>。损毁方式为沉陷损毁，损毁程度为中度。

综上所述，矿区开采对土地损毁的影响程度为重度。

## 4.生态环境问题

### (1) 植被损毁

经现场调查，略阳县金家河磷矿矿区内工业场地和废石场内植被损毁较为严重，地表裸露，未见植被自然恢复现象，其余地区未见明显植被损毁，采空区和塌陷区植被自然恢复情况良好。

### (2) 生物多样性损失

根据 GB/T 43680-2024《生态系统评估陆地生态退化评估方法》和 HJ 1168-2021 的分级思路，可对林草地损毁程度进行综合评定。

表 3-2 生态损毁状况评估指标表

评估指标	指标数值		
	植被覆盖度降低	<30%	30%—60%
土壤侵蚀程度	轻微，表土层基本完整	中度，心土层出露	严重，母质或基岩出露

生物量损失率	<30%	30%—60%	>60%
塌陷面积占比	<10%	10%—30%	>30%
生态系统功能	部分功能降低,可自然恢复	功能明显退化,需人工辅助恢复	功能丧失,需工程重建
综合损毁程度	轻度损毁	中度损毁	重度损毁

略阳县金家河磷矿林地生态系统遭受了 6 处损毁,其中三处废石场和三处工业场地表土裸露,植被损毁严重,功能明显退化,需要人工辅助恢复。

综上所述,略阳县金家河磷矿林地生态系统损毁程度为中度损毁。

### (3) 水土流失

受采矿工程的影响,项目区已损毁土地 5.28hm<sup>2</sup>,主要涉及耕地、林地和采矿用地等地类。沉陷区地表出现不同程度的塌陷洼地、塌陷裂缝和微地形起伏,扰动了原有地表径流路径和土壤结构,局部地段在降雨时易形成径流集中和积水,增加水土流失程度。

在已损毁的林地上,受采矿作业影响,表层耕作层被打破,土壤结构疏松,抗冲刷能力下降。降雨条件下,细颗粒和养分易随径流流失,造成耕地土壤肥力降低,地力保持能力减弱;在裸露地和植被稀疏地段,薄层冲刷更加明显,存在表土进一步变薄的风险,不利于后续复垦与作物生长;在塌陷区已有部分林地出现植株倾倒、枯死或生长不良,局部地表植被覆盖度下降,形成裸露地或稀疏植被斑块。裸露地表直接承受雨滴打击和径流冲刷,极易发生土壤颗粒剥蚀和迁移,削弱了植被对地表径流的拦截、减速和固土作用,使水土流失敏感性增加。

目前项目区内专门的水土保持工程措施和拦挡、排导设施较少,项目区尚未形成系统的排水与防冲刷体系。遇极端降雨过程时,沟谷汇水区存在形成细小冲沟、冲毁矿山道路等工程设施的风险。若不及时实施地形整治、表土复垦和植被恢复,水土流失程度可能逐步加重,影响土地复垦效果和区域生态安全。

总体上,项目区内水土流失以面状冲刷为主,水土流失强度以轻度为主,局部有向中度发展的趋势。

### (4) 水土环境影响

根据陕西地矿汉中地质大队有限公司对金家河磷矿土壤、地表水、地下水所做的环境监测评价数据,对矿区水土环境污染现状分析如下:

表 3-3 矿区地表水监测结果表单位: mg/L (pH 值除外)

采样地点	检测项目							
	化学需氧量	Ph	悬浮物	氨氮	氟化物	砷	总氮	磷

850m工业场地附近地表水	6	7.89	6	0.057	0.47	0.0003	0.52	0.06
磷肥加工厂附近地表水	6	8.36	6	0.058	0.39	0.0003	0.48	0.06
GB 3838-2002Ⅲ类标准	70	6~9	30	10	15	0.3	15	10

从表 3-3 可以看出，近期矿区及周边地表水各项指标均满足地表水环境质量标准（GB 3838—2002）Ⅲ类标准，矿区内地表水水质良好，采矿活动对地表水污染为轻度。

表 3-4 矿区地下水水质分析结果表单位：mg/L（pH 值除外）

采样地点	检测项目									
	pH 值	总磷	氨氮	硫化物	石油类	镉	砷	铅	铜	锌
850 坑口沉淀池	7.3	0.08	0.056	0.005	0.14	0.01	0.0003	0.03	0.001	0.05
950 坑口沉淀池	7.2	0.26	0.166	0.005	0.17	0.01	0.0003	0.01	0.03	0.05
GB/T 14848-2017 Ⅲ类标准	6~9	0.5	12	0.5	5	0.08	0.4	0.8	0.5	2

从表 3-4 可以看出，PD850 矿坑涌水和 PD950 矿坑涌水水质满足《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）Ⅲ类水质要求。矿区地下水受到污染程度为轻度，地下水环境质量总体较好。

表 3-5 矿区土壤样品监测结果表单位：除 pH 外，mg/kg

采样地点	检测项目								
	pH 值	铜	锌	镉	铅	六价铬	镍	砷	汞
3#废石场下游	7.59	27.8	77	0.18	29	2	32	14.5	0.75
GB 15618-2018 中其他地类土壤风险筛选值	pH>7.5	≤100	≤300	≤0.60	≤170	≤250	≤190	≤25	≤3.4

由表 3-5 监测结果可知，矿区监测点土壤质量均能满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）中其他地类土壤风险筛选限值要求，矿区未受到重金属污染，土壤质量总体较好。

综上所述，现状诊断采矿活动对水土环境影响程度为轻度。

## 5. 现状诊断分级与分区

### （1）现状诊断分级

矿山地质环境影响程度现状诊断分级采用因子叠加（半定量）方法划分。即综合考虑现状情况下采矿工程建设已发生的不稳定地质体、含水层的变化情况、地形地貌景观的破坏程度、水土环境影响以及生态系统评价结果，采取“就高不就低”的原则进行分级。

矿区内采矿活动对局部地段含水层结构影响较严重，采矿弃渣堆放及地面工程对地形地貌影响严重；采矿活动对水土环境影响程度较轻，采矿活动对生态系统影响中度。

## (2) 现状分区结果

通过对各因子现状调查结果进行叠加分析，再结合矿区内的地质环境条件对各区块界线进行必要修整后，得到矿区地质环境影响程度现状诊断综合分区。本次共划分为 3 个级别 3 个区，其中重度受损区、中度受损区和轻度受损区各 1 个区块，其中，重度受损区 (A) 面积 0.05km<sup>2</sup>，占影响范围面积的 3.16%；中度受损区面积 0.02km<sup>2</sup>，占影响范围面积的 1.27%，轻度受损区 (C) 面积 1.51km<sup>2</sup>，占影响范围面积的 95.57%，见表 3-6。

表 3-6 矿山地质环境现状诊断分区表

分区及编号		面积 (km <sup>2</sup> ) 比例 (%)	现状诊断					现存地质环境问题
			不稳定地质体	含水层	地形地貌	水土环境	生态系统	
重度受损区	A		中度	轻度	重度	轻度	中度	该区矿业活动对含水层及水土环境影响为轻度，对地形地貌影响为重度，对水土环境影响为轻度；对生态系统的破坏为中度。
中度受损区	B		中度	轻度	中度	轻度	中度	塌陷区破坏了地貌景观，对地形地貌景观影响为中度；其他矿业活动对含水层的影响为轻度；对水土环境影响为轻度；对生态系统的破坏为中度。
轻度受损区	C		轻度	轻度	轻度	轻度	轻度	矿业活动对矿山地质环境影响为轻度，对生态系统影响为轻度。

## (二) 受损预测

结合矿山生产建设工艺流程、环节时序等，预测分析采矿活动可能影响范围内的地质环境影响、土地损毁、生态问题等，以及已损毁土地被重复损毁的可能性。

### 1. 地质环境受损预测

地质环境受损预测包括矿山开采活动对不稳定地质体、地形地貌景观、含水层等的破坏预测。

#### 1) 不稳定地质体受损预测

矿山地质环境受损预测是指在现状诊断的基础上，根据矿山类型和矿产资源开发利用方案确定的开采范围、深度、规模、排弃物的处置方式等，结合矿区地质环境条件，预测矿业活动可能引发的环境问题和矿山建设遭受不稳定地质体的危险性，并对其发展趋势、危害对象、影响程度和防治难度进行分析论证和诊断。

### (1) 矿业活动遭受不稳定地质体受损预测

#### 矿山工程遭受 TX1 地面塌陷地质灾害受损预测

现有各项地面矿山工程均位于 TX1 地面塌陷范围影响范围之外，预测矿山工程遭受 TX1 地面塌陷的可能性小、危险性小。

### (2) 矿山建设引发不稳定地质体的受损预测

根据开发利用方案和采矿工程设计，目前矿山建设活动已基本完成，地面生产系统较为完备，现有地面工程及设施已满足开采需求。因此，矿山建设引发不稳定地质体的可能性小，危险性小。

### (3) 采矿活动引发不稳定地质体受损预测

#### ① 矿区以往采空区存在地面变形情况

矿山前期已开采多年，主要开采对象为原采矿许可证范围内的 I、II、III、IV、VII 磷矿体，目前 VII 磷矿体已开采完毕，开采范围为 I-IV 勘探线之间，并形成了采空区，开采标高位于 1220m~1000m 之间，采空区水平投影面积 5.66hm<sup>2</sup>。

根据矿山以往巡查及本次现状调查，目前 I 号矿体上方地表出现大面积地面塌陷，PD1100 平硐部分地面出现垮塌和冒顶现象。

#### ② 拟采矿体特征和开采条件

本矿为地下硐采矿山，各矿体厚度小于 8m 的矿体采用浅孔留矿法，对于厚度在 8m 以上的矿体采用分段空场法。设计开采 I、II、III、IV、VII 矿体，5 个矿体，矿体规模较小，相对集中，矿体受构造带控制，呈层状展布，矿体平均倾角 55°~85°，平均厚度 3.14~8.08m。矿体顶、底板围岩为白云岩，结构致密，质地坚硬，呈中厚层状及块状构造，岩体较完整，工程地质稳定性好。

#### ③ 采空区处理措施

矿区工程岩体以白云岩、千枚岩为主，围岩稳定性较好，因此当矿柱崩掉后，顶板不会立即塌落。但随着暴露面积的增大和时间的推移，围岩会发生变形和坍塌。充填采空区，一般不专门崩落围岩。矿块回采结束以后，要立即封闭采空区，部分采空区可利用井下产生的废石进行充填。

#### ④ 采矿活动引发地面塌陷及地裂缝变形的危险性预测

后期矿山开采对象主要为 I、II、III、IV、VII 深部矿体（VII 矿体已开采完毕），整个矿山采用一套开拓系统，各矿段掘进沿脉平巷，并通过穿脉平巷相连通，开采形成的整体采空区跨度较大，随着采矿的进行，下沉量将增大，地面塌陷范围持续外延，并最

终在Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ矿段形成新的塌陷范围，该范围内无居民居住，土地类型为耕地、林地，因此采空区引发的地面塌陷会对采矿工程、进行采矿活动的工人构成威胁，地质灾害危险性中等，影响程度较严重。预测矿山后期开采形成的采空区引发地面塌陷的可能性中等，威胁采矿工人及机械设备，地质灾害危险性中等。

#### ⑤岩石移动范围、地面塌陷范围的圈定

根据矿岩性质及所采用的采矿方法，并同类似矿山进行比较，取上盘岩石移动角为 $65^\circ$ ，取下盘岩石移动角为 $70^\circ$ ，端部岩石移动角为 $75^\circ$ 。据此圈定出矿床开采时各矿体各中段移动带的范围和地表岩石移动范围，预测地表岩石移动范围面积为 $9.52\text{hm}^2$ 。本方案按 $50\text{m}$ 采深圈定各矿体采空塌陷、裂缝区范围。Ⅱ号矿体地表采空塌陷区编号为TX2；Ⅲ、Ⅳ号矿体距离较近，相互影响，将其地表采空塌陷地段归为1处，编号为TX3。通过计算，TX2塌陷区面积为 $0.73\text{hm}^2$ ，TX3塌陷区面积为 $2.36\text{hm}^2$ 。

### 2) 含水层受损预测

矿区内主要含水层为第四系松散岩类孔隙水和基岩裂隙水，第四系松散堆积孔隙含水层，厚度较小且分布有限，后续采矿活动位于基岩中，因此受损预测认为采矿活动对第四系松散孔隙水影响程度为轻度。基岩裂隙水为矿坑涌水的主要含水层，该层岩体节理裂隙不甚发育，未见岩溶现象。后续采矿活动可能加速地下水的渗出，改变坑道附近地下水的渗透路径，影响了地下渗流场，但渗出量有限、造成矿坑大量涌水的可能性很小，不会造成地下水的疏干，不会引起地下水水位显著下降。采矿活动对该含水层影响较小。因此，受损预测认为采矿活动对基岩裂隙水影响为轻度。

后续采矿活动集中在平硐PD1050以下，不再新增采矿平硐，对含水层的破坏主要表现在地面塌陷。采矿活动形成地下新采空区，加快了断层裂隙扩展，使得地面塌陷（TX1）将继续扩大，塌陷深度穿透了第四系孔隙含水层、含金构造蚀变带含水层，局部穿透白云岩构造裂隙含水层，塌陷范围将增大，但地面塌陷是沿主要断层走向发育，而断层本身已经切穿了上述含水层，因此采矿活动是在断层的基础上扩大了对含水层的破坏，继续增加了地下水的补给量，不改变地下水的径流、排泄，对矿区含水层受损程度为轻度。

据《资源储量检测说明书》坑道水文、工程地质资料，各矿体开拓系统中段最大涌水量为 $852.5\text{m}^3/\text{d}$ ，各中段涌水量均小于 $3000\text{m}^3/\text{d}$ 。由此可以预测采矿活动造成区内主要含水层疏干、地下水位下降或泉水流量减少的可能性较小。

预测矿山开采活动对矿山及周边的生产生活用水影响小，矿坑排水不会造成地下水

水位下降，对水质污染较轻。

预测矿山开采对矿区含水层的影响程度较轻；采矿活动不会使矿区水文地质条件发生较大变化，含水层补给基本无变化，对水质影响较小。

综上所述，受损预测未来采矿活动对含水层结构、水位影响为轻度。

### 3) 地形地貌景观受损预测

矿山后期开采沿用已有地面建设工程及矿山道路，采矿活动对地形地貌景观破坏除继承现状地形地貌破坏问题的基础上，后期新增部分主要表现在采矿废渣的堆放和采矿引发地面塌陷对地形地貌的影响。

①矿区采用地下开采方式，采取阶段平硐及深部盲斜井开拓运输系统，采矿形成的弃渣由各平硐运出地表，集中堆放于临时堆渣场内，堆放的弃渣与周围的自然沟道形态形成反差，对地形地貌景观影响为重度。

②预测矿山后期开采形成的采空区引发地面塌陷的可能性中等，威胁采矿工人及机械设备，地质灾害危险性中等。故预测采矿活动在浅表局部地段易出现地表裂缝、地面塌陷等，改变原始地形地貌，对矿区地形地貌景观的影响程度为中度。

综上所述，矿山开采对地形地貌景观的影响程度为重度。

## 2. 土地受损预测

### 1) 压占损毁预测

略阳县金家河磷矿地面建设工程已全部建成且生产使用多年，未来无新增地面工程，未来对土地的损毁主要为后续开采造成的地表沉陷损毁土地。

### 2) 塌陷预测

根据开发利用方案，略阳县金家河磷矿后期开采矿体埋深较大，岩石移动范围内发生大面积采空区地面塌陷的可能性较小，仅可能会在局部地势低洼地段出现凹陷，由此可造成采空区围岩的局部松动。结合矿体分布和矿区内地形地貌，并套合矿区内土地利用变更数据，通过计算，新增两个沉陷区的总面积为  $3.09\text{hm}^2$ （其中 TX2 面积为  $0.73\text{hm}^2$ ；TX3 面积为  $2.36\text{hm}^2$ ），拟损毁地类为林地和旱地，损坏方式为沉陷，损毁程度为中度损毁。

## 3. 生态系统受损预测

### 1) 植被损毁预测

矿山开采活动可能引发的地表沉陷与地裂缝，这将破坏植物根系赖以生存的土壤结构和稳定性，导致大片植被枯萎、死亡；地下开采对含水层的影响、矿坑疏干等可能导

致区域地下水位下降，引发周边植被的生理干旱。通过上节部分预测，生态系统损毁区域损毁面积结合上述土地损毁情况，预测损毁森林生态系统  $3.09\text{hm}^2$ 。

## 2) 水土环境影响受损预测

### (1) 水环境受损预测

矿山在生产过程中，有少量生产废水和坑内涌水排出，一般不会对矿区水土环境造成影响，其中悬浮物可能超标。各坑口处设置有沉淀池，汇集本中段排出的坑内涌水和生产废水，进行沉淀。沉淀池经过检测达到标准后，可以循环使用，富余部分沿山坡自流排放，预测采矿废水对水土环境的影响程度为轻度。

生活污水主要污染物有悬浮物(SS)、五日生化需氧量( $\text{BOD}_5$ )、化学需氧量(COD)、氨氮( $\text{NH}_3\text{-N}$ )、油脂类等，污染物成分较简单，经化粪池沉淀处理达标后作绿化用水或防尘洒水，预测生活污水对水土环境影响程度为轻度。

### (2) 土壤环境受损预测

矿区开采废石以白云岩、千枚岩为主，重金属元素含量较低，且后期大部分采矿废石回填至采空区，少量堆放于废石场内，预测采矿产生的废石对土壤环境影响程度为轻度。

本项目定员 50 人，生活垃圾产生量按每人  $0.5\text{kg/d}$  计，生活垃圾产生量  $7.5\text{t/a}$ 。生活垃圾集中收集于垃圾箱内，定期用汽车运至当地环卫部门指定的垃圾处理场堆放。生活垃圾禁止散排、焚烧或堆入废渣堆。

综上所述，采矿活动及生产对矿区水土环境影响程度为轻度。

## 4. 受损预测分级与分区

### (1) 分级原则

在现状诊断的基础上，继承现状环境问题，综合考虑受损预测中各矿山工程遭受、引发各类不稳定地质体的危险性、矿区含水层的变化情况、地形地貌景观的破坏程度、水土环境影响程度和生态系统评价结果，采取“就高不就低”的原则进行分级。

区内采矿活动引发围岩移动，在局部地带可能引发地面裂缝或下沉，威胁采矿工程和作业人员安全，危险性中等。采矿活动对含水层的影响相对较轻，采矿弃渣及地面工程对地形地貌的影响程度为重度，采矿引起局部范围地面变形、对地形地貌的影响程度为中度，采矿活动对水土环境质量的影响程度为轻度，而对生态系统的影响则为中度。

### (2) 分区结果

通过对各因子受损预测结果进行叠加分析，再结合影响区的地质环境条件对各区块

界线进行必要修整后,受损预测分区可分为3个级别5个区块,其中重度受损区1个区块,面积为0.05km<sup>2</sup>,占比为3.16%,中度受损区3个区块,总面积为0.05km<sup>2</sup>,占比为3.16%,轻度受损区1个区块,面积为1.48km<sup>2</sup>,占比为93.67%。见表3-7。

表3-7 矿山地质环境受损预测诊断分区表

分区及编号		面积(km <sup>2</sup> ) 比例(%)	受损预测					受损预测的地质环境问题
			不稳定地质体	含水层	地形地貌	水土环境	生态系统	
重度受损区	A	0.05 3.16	轻度	轻度	重度	轻度	中度	预测矿业活动对含水层结构破坏程度为轻度;预测矿业活动对地形地貌景观影响程度为重度;对水土环境的影响为轻度;对生态系统的破坏程度为中度。
中度受损区	B <sub>1</sub>	0.02 1.27	中度	轻度	中度	轻度	中度	岩石移动范围内大面积塌陷的可能性较小,但可能引发局部沉陷或出现地表裂缝的可能性较大,威胁采矿工程及作业人员,危险性中等,影响程度较严重,对地形地貌景观的影响程度为重度;预测该区采矿活动对含水层及水土环境的影响为轻度,对生态系统的破坏为中等。
	B <sub>2</sub>	0.01 0.63	中度	轻度	中度	轻度	中度	
	B <sub>3</sub>	0.02 1.27	中度	轻度	中度	轻度	中度	
轻度受损区	C	1.48 93.67	较轻	较轻	较轻	较轻	轻度	该区遭受、引发不稳定地质体的危险性小,预测采矿活动对含水层、地形地貌景观及水土环境影响为轻度,对生态系统影响为轻度。

### (三) 问题诊断评价结论

#### 1. 矿山地质环境保护与恢复治理分区

##### (1) 分区原则

矿山地质环境具有“自然、社会、经济”属性,因此矿山地质环境保护与恢复治理分区应遵循以下原则:

##### ① 以人为本

矿山地质环境具有自然、社会及资源三重属性,矿山地质环境保护与恢复治理首先必须把区内人民群众生命财产安全放在第一位,尽可能减少矿山建设生产对人民生命财产造成损失。

##### ② 以《略阳县国土空间生态修复规划(2021-2035)》为依据

根据陕西省、汉中市生态安全格局要求，以生态保护修复总体格局为基础，以嘉陵江流域、汉江流域和秦岭国家公园为基础单元，按照区域特征和主要生态问题类型，突出自然地理和生态系统的完整性和连通性，划分为四大国土空间生态修复分区：秦岭国家公园水源涵养和生物多样性保护区、嘉陵江上段水土流失重点防治区、嘉陵江下段生态保护修复区、汉江流域生态保护修复区。

略阳县金家河磷矿属于嘉陵江上段水土流失重点防治区，以流域水土流失治理为主，在生态空间，开展水土保持监测、生态清洁小流域建设、小流域综合治理，实施水土保持工程，加大水土流失治理力度，保护流域生态系统，开展河道综合整治工程，采取植被恢复、禁采等措施，加强岸线利用监管，治理历史遗留矿山，改善流域生态环境质量。

### ③以工程建设安全为本

矿山地质环境保护与恢复治理过程中应确保工程建设、运营安全，同时也要充分考虑工程建设对矿山地质环境的综合影响。

### ④与矿山地质环境破坏引起的危害相适应

对人类生活、生产环境影响大，对矿山工程活动影响大的地质环境影响区应作为重点修复区，其次为次重点修复区和一般修复区。

### ⑤预防为主，防治结合

把分区的重点放在矿山地质环境保护上，预防为主，防治结合，尽可能减少工程建设和矿山开采等对地质环境的破坏，以及尽可能对已破坏的地质环境进行恢复治理。

### ⑥谁开发、谁保护，谁破坏、谁治理

合理界定矿区生态修复责任范围，客观反映于矿区生态修复分区中。

## (2) 分区方法

矿山地质环境因素具有多样性、复杂性、综合性、相似性及差异性，在本次诊断中，充分考虑了以下影响因素：

①以现状诊断及受损预测结果为基础，按不同矿山地质环境问题及其对矿山地质环境的影响程度作为划分依据，具体各要素的划分标准见表 3-8。

②同一修复区内当同一问题其现状诊断与受损预测结果不一致时，修复区级别以就高不就低的原则确定。

③同一区段内当不同问题其诊断结论不一致时，级别以就高不就低原则确定。

表 3-8 分区要素与判别标准一览表

分区级别	矿山地质环境影响程度	
	现状诊断	受损预测
重点	严重	严重
次重点	较严重	较严重
一般	较轻	较轻

### (3) 分区评述

按照上述分区原则和方法，依据本次矿山地质环境影响程度的现状诊断和受损预测结果，结合矿山地质环境治理的难易程度、拟采取的措施以及可操作性等，进行多因素综合叠加分析研究。

据此，本矿区生态修复分区可分为重点修复区、次重点修复区和一般修复区 3 个级别 5 个区块。其中：重点修复区 1 个，次重点修复区 3 个，一般修复区 1 个。

各区块的平面分布见附图 6（矿区生态修复工程部署图），分区特征及防治措施见表 3-9。

表 3-9 矿山地质环境修复分区一览表

分区及编号		面积 (km <sup>2</sup> ) 比例 (%)	主要特征	修复措施
重点修复区	A	0.05 3.16	预测诊断矿业活动对含水层结构破坏程度为轻度；预测诊断矿业活动对地形地貌景观影响程度为重度；对水土环境的影响为轻度；对生态系统的破坏程度为中度。	底部修建挡墙和排水沟，在废石场外侧修建截排水沟，局部清运废石，加强监测及植被恢复。
次重点修复区	B <sub>1</sub>	0.02 1.27	预测岩石移动范围内大面积塌陷的可能性较小，但可能局部凹陷或出现地表裂缝可能性较大，威胁采矿工程及作业人员，危险性中等，影响程度较严重，对地形地貌景观影响程度为中度。	对塌陷地段进行覆土植树，在上山入口处设立警示牌，刺丝围栏围堵路口，加强监测及植被恢复。
	B <sub>2</sub>	0.01 0.63		
	B <sub>3</sub>	0.02 1.27		
一般修复区	C	1.48 93.67	零星矿业活动区，现状不稳定地质体的危险性小；预测遭受和引发不稳定地质体的危险性小，矿山地质环境问题影响为轻度。	警示保护、人工巡查及植被以自然恢复为主。

## 2. 土地复垦区

基于略阳县金家河磷矿土地损毁现状诊断与受损预测，现状损毁土地为 5.28hm<sup>2</sup>，其中压占已损毁土地 3.09hm<sup>2</sup>，塌陷已损毁土地 2.19hm<sup>2</sup>；土地损毁预测：拟损毁土地 3.09hm<sup>2</sup>。综上，矿山土地共计损毁面积 8.37hm<sup>2</sup>，已损毁土地 5.28hm<sup>2</sup>，拟损毁面积 3.09hm<sup>2</sup>。

### 3.生态损毁与退化

基于对矿山当前生态现状的详细调查以及对未来生态发展可能出现问题的预测分析,针对采矿权所涵盖的范围以及采矿活动可能产生影响的区域内存在的生态损毁与生态退化问题,展开了综合诊断评价工作。经过预测分析后:地面工程压占的区域(面积 $3.09\text{hm}^2$ )生态损毁与退化的程度为重度;塌陷区域(面积 $5.28\text{hm}^2$ )生态损毁与退化的程度为中度;而除了地面工程压占区域和塌陷区域外的其他区域,生态损毁与退化程度均为轻度。

### 4.矿区生态影响分区

基于矿山地质环境、土地损毁、生态损毁与退化现状进行预测分析,对采矿权及采矿活动可能影响范围内的生态环境问题进行综合诊断分析。

生态环境影响程度分区是在充分考虑矿山地质环境与土地损毁现状和预测问题的基础上,选择适宜的评判指标,坚持“区内相似,区际相异”的原则,对采矿活动影响范围进行矿区生态环境影响程度分级划分。

本次将现状采矿权范围及采矿活动可能影响范围划分为3级13个区块,总面积 $157.07\text{hm}^2$ ,其中:重度影响区共9个,总面积为 $3.09\text{hm}^2$ ;3个中度影响区,总面积 $5.28\text{hm}^2$ ;1个轻度受损区,总面积约 $148.70\text{hm}^2$ 。本次评价结果见表3-10。

表 3-10 矿区损毁程度综合评价表

序号	问题类型	现状及预测受损情况			综合评价结果
		范围	面积 ( $\text{hm}^2$ )	损毁程度	
I-1	地质环境问题	1000 工业场地	0.09	重度	重度
	土地损毁			重度	
	生态受损与退化			中度	
I-2	地质环境问题	950 工业场地	0.16	重度	重度
	土地损毁			重度	
	生态受损与退化			中度	
I-3	地质环境问题	850 工业场地	0.7	重度	重度
	土地损毁			重度	
	生态受损与退化			中度	
I-4	地质环境问题	临时堆矿场	0.36	重度	重度
	土地损毁			重度	
	生态受损与退化			中度	
I-5	地质环境问题	矿石溜槽	0.28	重度	重度

序号	问题类型	现状及预测受损情况			综合评价结果
		范围	面积 (hm <sup>2</sup> )	损毁程度	
	土地损毁			重度	
	生态受损与退化			中度	
I-6	地质环境问题	1#废石场	0.27	重度	重度
	土地损毁			重度	
	生态受损与退化			中度	
I-7	地质环境问题	2#废石场	0.17	重度	重度
	土地损毁			重度	
	生态受损与退化			中度	
I-8	地质环境问题	3#废石场	0.26	重度	重度
	土地损毁			重度	
	生态受损与退化			中度	
I-9	地质环境问题	矿山道路	0.8	重度	重度
	土地损毁			重度	
	生态受损与退化			中度	
I-10	地质环境问题	塌陷区 (TX1)	2.19	中度	中度
	土地损毁			中度	
	生态受损与退化			轻度	
I-11	地质环境问题	塌陷区 (TX2)	0.73	中度	中度
	土地损毁			中度	
	生态受损与退化			轻度	
I-12	地质环境问题	塌陷区 (TX3)	2.36	中度	中度
	土地损毁			中度	
	生态受损与退化			轻度	
I-13	地质环境问题	其他区域	148.70	轻度	轻度
	土地损毁			轻度	
	生态受损与退化			轻度	

## 二、生态修复可行性分析

根据采矿活动已产生的和预测将来可能产生的矿山不稳定地质体、含水层破坏、地形地貌景观（人文遗址、人文景观）破坏和水土环境质量等问题的规模、特征、分布、危害及生态系统的破坏等。按照问题类型的分布阐述实施预防和治理的可行性和难易程度。

### （一）技术经济可行性分析

#### 1. 技术可行性分析

矿山地质环境治理主要是对矿区内的不稳定地质体及采矿活动对含水层、地形地貌景观的破坏、对水土环境影响和生态系统进行治理。矿山地质环境治理应以“预防为主、防治结合”的原则进行。据前述地质环境影响结果，矿区内现存及预测的地质环境问题主要有：地面塌陷（TX）；地面建设工程（工业场地、临时堆矿场、废石场等）对地形地貌景观的影响和破坏。

##### （1）区内不稳定地质体：地面塌陷（TX）

地面塌陷治理：对于未达到稳定状态的地面塌陷区，可先采取监测措施，在上山入口处明显位置布设警示牌进行示警，待塌陷区沉降稳定后，可采取削高填低、回填整平、挖沟排水、植被重建等综合治理措施。

地面裂缝治理：可采取土石充填并夯实、防渗处理等措施。

（2）地形地貌景观：地面建设工程对地形地貌景观的影响可以通过土地复垦进行修复。

（3）含水层破坏：矿山开采产生的冒落带和导水断裂带会对部分含水层的结构造成破坏，造成地下水位的下降，含水层疏干或半疏干，对地下含水层造成一定影响。

（4）水土环境问题：矿山开采活动对矿区水土环境质量影响较轻，只需按照设计生产方案，规范生产，确保不产生新的质量问题，就可保证矿区含水层结构、水位、水质不受破坏，使矿区水土环境安全达标。

（5）矿山地质环境影响以压占损毁和局部采空塌陷导致表土裸露、植被损毁导致的生态系统中度退化，需人工辅助恢复为主，修复所需工艺以常规土方整治、表土重构、排水控蚀与植被恢复为主，通过种植当地适宜生长的植被等生态恢复措施的多种途径和方法，最终使治理工程和矿山建设与当地地形地貌景观相适应，矿山生态系统达到平衡，受损的土地得到重新利用，水土流失得到抑制，总体与周边生态环境相协调。

综上所述，矿区地质环境问题可以通过事前预防、事中监测，事后采用工程治理和土地复垦的方式予以消除或恢复治理，技术措施可行，可操作性强，能达到恢复治理的预期目标。

## 2.经济可行性分析

矿山地质环境恢复治理工程既是防灾工程，同时又具有一定的经济效益。经济效益主要由减灾效益和增值效益两部分组成，并以减灾效益为主，增值效益为辅。减灾效益主要表现在控制不稳定地质体发生的环节，增值效益主要表现在植被恢复带来的长远收益。无疑项目实施将给矿区带来可观的综合经济效益。

## （二）目标方向及可行性分析

### 1.生态环境协调性分析

#### （1）对水资源的影响分析

矿区内矿坑涌水量小，汇集坑内涌水、生产废水，经沉淀后送回井下作为生产用水，仅有少量井下废水需要外排，外排水也需要经沉淀、检测达标后向地表排放，因此，井下废水（以矿坑涌水为主）对矿区地质、生态环境影响较轻。

生活污水主要污染物有悬浮物（SS）、生化需氧量（BOD<sub>5</sub>）、化学需氧量（COD）、氨氮（NH<sub>3</sub>-N）、油脂类等，污染物成分较简单，经沉淀处理达标后作绿化用水或防尘洒水。

因此，矿山正常生产活动不会造成矿区地表水体和地下水源受到影响，对矿区水资源影响较轻。

#### （2）对土壤资源影响分析

在矿山基建、生产过程中，工业场地、矿区道路、地面建设等使地表土层挖损损毁，破坏地表土壤结构和植被生态，使土壤丧失原有部分或全部功能，植被枯死，甚至水土流失严重。通过土地复垦工程，可有效恢复这些受损土地的功能，减少水土流失，美化矿区生态环境，最终使矿山建设与当地地形地貌景观相适应，矿山生态系统达到平衡，受损的土地得到重新利用，水土流失得到抑制，总体与周边生态环境相协调。

## 2.复垦区土地利用现状

复垦区土地利用现状分为 4 个一级类和 5 个二级类，土地利用现状分布见表 3-11。

表 3-11 复垦区土地利用现状表

单位: hm<sup>2</sup>

一级 编码	地类名 称	二级 编码	地类名 称	1000 工业 场地	950 工业 场地	850 工业 场地	临时堆 矿场	矿石 溜槽	1#废 石场	2#废 石场	3#废 石场	塌陷区 (TX1)	塌陷区 (TX2)	塌陷区 (TX3)	矿山 道路	小 计	占总面 积的比 例 (%)
01	耕地	0103	旱地									0.07				0.07	0.84
03	林地	0301	乔木林 地					0.28	0.21			1.91	0.57	1.28	0.8	5.05	60.33
		0305	灌木林 地									0.21	0.16	0.89		1.26	15.05
06	工矿仓 储用地	0602	采矿用 地	0.09	0.16	0.7	0.36	0	0.06	0.17	0.26					1.8	21.51
12	其他用 地	1207	裸岩石 砾地											0.19		0.19	2.27
合计				0.09	0.16	0.7	0.36	0.28	0.27	0.17	0.26	2.19	0.73	2.36	0.8	8.37	100.00
损毁程度				重度	重度	重度	重度	重度	重度	重度	重度	中度	中度	中度	重度	—	
损毁类型				压占	压占	压占	压占	压占	压占	压占	压占	塌陷	塌陷	塌陷	压占	—	

### 3. 土地复垦适宜性评价

矿山土地复垦适宜性评价是一种预测性的土地适宜性评价，是依据土地利用相关规划，按照因地制宜的原则，在充分尊重土地权益人意愿的前提下，根据土地利用类型、土地损毁情况、公众参与意见等，在经济可行、技术合理的条件下，确定拟复垦土地的最佳利用方向，划分土地复垦单元。

土地复垦适宜性评价是确定损毁土地复垦方向的前提和基础，为复垦技术的选择提供参考，指导土地复垦工程的设计。

#### (1) 评价原则

对于生产建设项目损毁土地的复垦方向，最高标准应该是不留生产建设的痕迹，也就是完全恢复原地形地貌和原土地利用类型和水平。具体复垦规划与实践中，土地复垦方向尽可能与原（或周边）土地利用方式（或土地利用总体规划）保持一致。对于不能恢复原土地利用类型和损毁的未利用土地的适宜性评价应在找出主导限制因素的前提下，按照因地制宜、农用地优先和符合当地国土空间总体规划的原则进行土地复垦适宜性评价。因此，本复垦方案中土地复垦适宜性评价具体包括以下原则：

##### ① 符合国土空间总体规划，并与其他规划相协调

国土空间总体规划是从全局和长远的利益出发，以区域内全部土地为对象，对土地利用、开发、整治、保护等方面所作的统筹安排。土地复垦适宜性评价应符合国土空间总体规划，避免盲目投资、过度超前浪费土地资源。同时也应与其他规划（农业区划、农业生产远景规划、城乡规划等）相协调。

##### ② 因地制宜，农用地优先的原则

土地的利用受周围环境条件制约，土地利用方式必须与环境特征相适应。根据被损毁土地前后拥有的基础设施，因地制宜，扬长避短，发挥优势，宜农则农，宜林则林，宜牧则牧。《中华人民共和国土地管理法》第四十三条规定，复垦的土地应当优先用于农业。

##### ③ 自然因素和社会经济因素相结合原则

在进行复垦责任范围内被损毁土地复垦适宜性评价时，既要考虑它的自然属性（如土壤、气候、地貌、水资源等），也要考虑社会经济属性（如种植习惯、业主意愿、社会需求、生产力水平、生产布局等）。确定损毁土地复垦方向需综合考虑复垦区自然、社会经济因素以及公众参与意见等。复垦方向确定也应类比周边同类项目的复垦经验。

##### ④ 主导性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，如塌陷、土壤、水源、土壤肥力、坡度以及灌溉条件等。根据复垦区自然环境、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。

### ⑤ 综合效益最佳原则

在确定土地的复垦方向时，应首先考虑其最佳综合效益，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，或以最小的资金投入取得最佳的经济、社会和生态环境效益，同时应注意发挥整体效益，即根据区域国土空间总体规划的要求，合理确定土地复垦方向。

### ⑥ 动态和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方面的变化，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，保证生态安全和人类社会可持续发展。

### ⑦ 经济可行性与技术合理性原则

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。复垦技术应能满足复垦工作顺利开展、复垦效果达到复垦标准的要求。

## (2) 评价依据

土地复垦适宜性评价在详细调查分析项目区自然条件、社会经济状况以及土地利用状况的基础上，依据国家和陕西省的法律法规及相关规划，综合考虑土地损毁分析结果、公众参与意见以及周边类似项目的复垦经验等，采取切实可行的办法，确定复垦利用方向。土地复垦适宜性评价主要依据包括：

### 1) 相关法律法规和规划

- ①《基本农田保护条例》（2011年）；
- ②《土地复垦条例》国务院第592号令，2019年8月14日修订；
- ③《土地复垦条例实施办法》（自然资源部令第5号修订，2019年7月24日起实施）；
- ④《中华人民共和国土地管理法》（2020年修订）。

### 2) 相关规程和标准

- ①《土地复垦技术标准》（试行）（1995）；
- ②《土地复垦质量控制标准》（TD/T 1036-2013）；
- ③《土地复垦方案编制规程 第1部分：通则》（TD/T 1031.1-2011）；
- ④《土地开发整理规划编制规程》（TD/T 1011-2000）；
- ⑤《土地整治高标准农田建设 第7部分：辅助工程》（DB61/T991.7-2015）。

### 3) 其他

- ①项目区自然社会经济状况、土地损毁情况分析结果；
- ②土地损毁前后的土地利用状况；
- ③损毁土地资源复垦的客观条件；
- ④公众参与意见等。

#### (3) 评价单元的划分

评价单元是土地的自然属性和社会经济属性基本一致的空间客体，是具有专门特征的土地单位并用于制图的基本区域。划分的基本要求如下：

- 1) 单元内部性质相对均一或相近；
- 2) 单元之间具有差异性，能客观地反映出土地在一定时期和空间上的差异；
- 3) 具有一定的可比性。

略阳县金家河磷矿因开采生产造成的土地损毁类型主要是弃渣堆、工业场地等的压占。根据已损毁待复垦土地和拟损毁待复垦土地的损毁类型和损毁程度，以及损毁前的土地利用情况合理划分待复垦土地的评价单元，并对各单元的损毁情况进行描述。根据矿区实际情况，本复垦方案土地复垦适宜性评价划分为3个坑口工业场地、三个废石场、临时堆矿场、矿石溜槽、矿山道路和3个沉陷区共12个参评单元进行评价。

略阳县金家河磷矿土地复垦适宜性评价单元划分见表3-12。

表3-12 土地复垦适宜性评价单元划分表

序号	参评单元	原地类	损毁程度	评价面积 (hm <sup>2</sup> )
1	1000 工业场地	采矿用地	重度	0.09
2	950 工业场地	采矿用地	重度	0.16
3	850 工业场地	采矿用地	重度	0.7
4	临时堆矿场	采矿用地	重度	0.36
5	矿石溜槽	乔木林地	重度	0.28
6	1#废石场	乔木林地、采矿用地	重度	0.27

序号	参评单元	原地类	损毁程度	评价面积 (hm <sup>2</sup> )
7	2#废石场	采矿用地	重度	0.17
8	3#废石场	采矿用地	重度	0.26
9	塌陷区 (TX1)	旱地、乔木林地和灌木林地	中度	2.19
10	塌陷区 (TX2)	乔木林地、灌木林地	中度	0.73
11	塌陷区 (TX3)	乔木林地、灌木林地和裸岩石砾地	中度	2.36
12	矿山道路	乔木林地	重度	0.8
13	合计			8.37

#### (4) 评价体系和评价方法的选择

##### 1) 评价体系确定

由于矿区地形地貌、土地类型、土地质量等总体比较单一，土地利用以林地（乔木林地、灌木林地和其他林地）为主。区内基本不存在土地质量下的细分土地限制型，因此本方案土地适宜性评价采用三级评价体系，即土地适宜类分为适宜、暂不适宜和不适宜三类，类别下再续分土地质量等级，其中适宜类下分土地质量等级为 1 等地、2 等地、3 等地，暂不适宜类和不适宜类一般不续分，统一标注为 N。

##### 2) 评价方法选择

矿区损毁土地适宜性评价属于预测性适宜性评价，常用的定量方法有极限条件法、类比分析法与极限条件法结合等。本方案采用极限条件法，即在有关评价指标的分级中，以分级最低评价因子的分级作为该评价单元的等级。

极限条件法的计算公式：

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

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。

#### (5) 适宜性评价指标体系和标准的建立

根据初步调查确定的土地复垦方向、矿山复垦区特点，参照黄土高原区土壤质量控制标准要求，选取影响项目区损毁土地复垦利用方向的主导因素和限制等级标准，作为适宜性等级评定的指标体系，对无差异、满足土地基本指标质量控制标准的因子（如：PH、有机质含量）未进行选取。

略阳县金家河磷矿土地损毁类型以压占为主，其次为沉陷损毁，本方案根据矿区土地损毁特点及复垦目标，选定地形坡度、土壤厚度、土壤质地、排灌条件、堆积物毒性、

土源保证率 6 个因子作为适宜性评价指标。

评价等级标准：本方案参考《土地复垦质量控制标准》（TD/T 1036-2013）中相关土地限制因子指标值，确定各评定指标的分级或评判标准（见表 3-13）。

**表 3-13 略阳县金家河磷矿土地复垦主导限制因素的农林牧等级标准**

限制因素及分级指标		耕地等级	林地等级	草地等级
(堆积)地面坡度(°)	≤5	1	1	1
	6-15	2	1	1
	15-25	3	2	2
	>25	N	3 或 N	2 或 3
覆盖/压覆土层厚度(cm)	>80	1	1	1
	50-80	2	2	1
	30-50	3	3	2 或 3
	<30	N	N	N
土壤质地	壤质及黏土质	1	1	1
	砂壤质、黏土质、砾质土(含砾率≤15%)	2 或 3	1 或 2	2 或 3
	砂土或砾质土(含砾率≤25%)	N	2 或 3	3 或 N
	石质或砾质土(含砾率>25%)	N	N	N
排灌条件	排灌条件好	1	1	1
	排灌条件一般	2	1	1
	排灌条件不好	3	2 或 3	2 或 3
	无灌或无排条件,对植物成活、生长影响大	N	N	N
堆积物毒性	无化学有害物质	1	1	1
	有少量化学有害物质,造成产量下降<20%,农副产品达到食用标准	2	1	1
	有化学有害物质,造成产量下降20%~40%,农副产品不达食用标准	3	2	2
	有化学有害物质,造成产量下降>40%,或农副产品不能食用	N	3	3
土壤资源保证率(%)	100	1	1	1
	80-100	1 或 2	1	2
	50-80	3	2 或 3	2 或 3
	<50	N	N	N

### (6) 适宜性等级的评定

依据略阳县金家河磷矿土地损毁现状及受损预测，参照表 3-13 中土地复垦主要限制因素的农林牧等级标准，对矿区土地复垦适宜性评价单元进行综合评判，结果为：损毁的采矿用地复垦为林地，塌陷区内除耕地和园地均复垦为耕地外，其余均复垦为林地；

其余损毁土地复垦为林地。适宜性等级评定结果见表 3-14。

表 3-14 复垦责任范围内土地复垦适宜性等级评定一览表

评价单元	土地质量状况						适宜性评价			主要限制因子	备注
	地面坡度(°)	土层厚度(m)	土壤质地	排灌条件	堆积物毒性	土源保证率(%)	耕地方向	林地方向	草地方向		
1000 工业场地	≤5	0.5	多砾质砂壤土 含砾率≤15%	一般	无	100	不适宜	2 或 3 等	1 等或 2 等	砾石含量	复垦为林地；场地清理、场地平整、覆土、覆盖秸秆及表土层、翻耕、复耕等
950 工业场地	≤5	0.5	多砾质砂壤土 含砾率≤15%	一般	无	100	不适宜	2 或 3 等	1 等或 2 等	砾石含量	复垦为林地；场地清理、场地平整、覆土、覆盖秸秆及表土层、翻耕、复耕等
850 工业场地	≤5	0.5	多砾质砂壤土 含砾率 15%—25%	一般	无	100	不适宜	2 或 3 等	1 等或 2 等	砾石含量	复垦为林地；场地清理、场地平整、覆土、覆盖秸秆及表土层、翻耕、复耕等
临时堆矿场	≤5	0.5	多砾质砂壤土 含砾率 15%—25%	一般	无	100	不适宜	2 或 3 等	1 等或 2 等	砾石含量	复垦为林地；场地清理、场地平整、覆土、覆盖秸秆及表土层、翻耕、复耕等
矿石溜槽	5-15	0.5	多砾质砂壤土 含砾率 8%—15%	一般	无	100	不适宜	2 或 3 等	1 等或 2 等	砾石含量	复垦为林地；场地清理、场地平整、覆土、覆盖秸秆及表土层、翻耕、复耕等
1#废石场	≤5	0.5	多砾质砂壤土 含砾率 15%—25%	一般	无	100	不适宜	2 或 3 等	1 等或 2 等	砾石含量	复垦为林地；场地清理、场地平整、覆土、覆盖秸秆及表土层、翻耕、复耕等
2#废石场	≤5	0.5	多砾质砂壤土 含砾率 15%—25%	一般	无	100	不适宜	2 或 3 等	1 等或 2 等	砾石含量	复垦为林地；场地清理、场地平整、覆土、覆盖秸秆及表土层、翻耕、复耕等
3#废石场	≤5	0.5	多砾质砂壤土 含砾率 15%—25%	一般	无	100	不适宜	2 或 3 等	1 等或 2 等	砾石含量	复垦为林地；场地清理、场地平整、覆土、覆盖秸秆及表土层、翻耕、复耕等
矿山道路	≤5	0.5	多砾质砂壤土 含砾率 15%—25%	一般	无	100	不适宜	2 或 3 等	1 等或 2 等	砾石含量	复垦为林地；场地清理、场地平整、覆土、覆盖秸秆及表土层、翻耕、复耕等
开采塌陷区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	复垦为原地类；表土剥覆、裂缝填充、植被恢复

根据复垦土地尽量提高地类的原则，在有条件的区域，复垦地类提高为更高级别用地。略阳县金家河磷矿土地复垦适宜性评价结果见表 3-15。

**表 3-15 土地复垦适宜性评价结果表**

序号	评价单元	复垦利用方向	土地面积 (hm <sup>2</sup> )	复垦单元
1	1000 工业场地	乔木林地	0.09	1000 工业场地
2	950 工业场地	乔木林地	0.16	950 工业场地
3	850 工业场地	乔木林地	0.7	850 工业场地
4	临时堆矿场	乔木林地	0.36	临时堆矿场
5	矿石溜槽	乔木林地	0.28	矿石溜槽
6	1#废石场	乔木林地	0.27	1#废石场
7	2#废石场	乔木林地	0.17	2#废石场
8	3#废石场	乔木林地	0.26	3#废石场
9	塌陷区 (TX1)	原地类	2.19	塌陷区 (TX1)
10	塌陷区 (TX2)	原地类	0.73	塌陷区 (TX2)
11	塌陷区 (TX3)	乔原地类	2.36	塌陷区 (TX3)
12	矿山道路	乔木林地	0.8	矿山道路
合 计			8.37	

### (三) 边开采、边修复可行性分析

#### 1.政策与规范要求明确支持

国家及陕西省层面均明确要求矿山必须执行“边开采、边修复”原则，并将其作为环评、土地复垦和绿色矿山建设的核心内容之一。例如，《金属矿土地复垦与生态修复技术规范》明确提出地貌重塑、土壤重构和植被重建等全过程治理要求，强调同步实施修复措施。

#### 2.生态问题可控，技术路径清晰

地表塌陷：预测矿山塌陷以轻度损害为主，可通过平整土地、植被重建等方式恢复功能。

水资源保护：导水裂缝带未贯通隔水层，地下水位最大降幅仅 2.1m（占含水层厚度 2.57%），且矿井水经处理后 100%回用，满足生态补水标准。

#### 3.制度与资金保障机制健全

项目需缴存生态修复基金，复垦费用纳入生产成本，并建立“谁破坏谁复垦”责任制，接受地方政府监督验收，确保生态修复落地。

#### 4. 实践验证的可行性

借鉴汉中市略阳县鱼洞子铁矿等案例，通过超前规划修复范围、同步实施塌陷区植被种植及废石综合利用，可实现矿区绿化率 80%以上，验证了“边开采边修复”在生态脆弱区的技术经济可行性。

略阳县鱼洞子铁矿的开采设计、生态损害预测及政策配套均满足“边开采、边修复”的条件，需严格按环评要求落实岩移监测、表土剥离利用、动态复垦等措施，确保生态修复与资源开发同步推进。

### 三、生态修复分区及修复时序安排

#### （一）分区原则及方法

1. 生态敏感性优先原则：优先划分生态脆弱、敏感区域，如水源涵养区、生物多样性富集区、陡坡地段、工业广场等，作为重点修复分区。

2. 开采扰动关联性原则：根据开采活动对地表、植被、土壤、水文等的扰动程度，划分直接影响区（工业广场、废石场等）、间接影响区（塌陷区）及生态缓冲区。

3. 地形地貌统一性原则：结合地形地貌特征，将坡度、坡向、海拔相近的区域划分为同一修复单元，便于采取针对性修复措施。

4. 修复目标导向原则：根据不同区域的生态功能定位（如生态防护、农业生产、景观美化等），划分不同修复目标的分区。

5. 可操作性原则：分区面积大小适宜，边界清晰，便于工程组织实施和后期监测管理。

#### （二）分区评述

基于上述原则及生态修复可行性分析结果、开采进度规划，将修复区域划分为生态重建区、辅助再生区和自然恢复区三个主要分区，见表 3-16，矿区生态修复坐标表见表 3-17，各分区分期目标任务及时序安排如下：

##### 1. 生态重建区

范围：包括工业场地、废石场和临时堆矿场占地区域等 9 个区块，总面积 3.09hm<sup>2</sup>，占影响区比例的 1.89%。

主要问题：地表硬化、土壤压实、植被破坏、不稳定边坡。

修复目标及措施：以场地清理、土壤重构、植被恢复为主，结合国土空间总体规划进行修复，目标地类以林地为主。

修复时间：以中期、远期为主。

## 2. 辅助再生区

范围：主要为地下开采引起的地表塌陷区域，包括已塌陷未治理区域和拟塌陷区域等 3 个区块，总面积 5.28hm<sup>2</sup>，占影响区比例的 3.22%。

主要问题：地表变形、裂缝、土壤结构破坏、农田损毁、林草破坏等。

修复目标及措施：对地面塌陷及地面裂缝进行填充、植被恢复。

修复时间：以近期、中期为主。

## 3. 自然恢复区

范围：上述各修复区以外的区域（如塌陷已治理区域、间接影响区域），总面积 155.55hm<sup>2</sup>，占影响区比例的 94.89%。

主要问题：无。

修复目标及措施：以监测为主，保护生态系统保护的原真性和完整性。

修复时间：近期、中期。

表 3-16 矿区生态修复分区表

生态修复区	分区编号	分区名称	面积 (hm <sup>2</sup> )	百分比 (%)	主要问题	主要防治措施	进度安排
生态重建区	I <sub>1</sub>	1000 工业场地	0.09	0.05	地表硬化、土壤压实、植被破坏、不稳定边坡等	以场地清理、土壤重构、植被恢复为主，结合国土空间总体规划进行修复，目标地类以林地为主	近期、远期
	I <sub>2</sub>	950 工业场地	0.16	0.10			
	I <sub>3</sub>	850 工业场地	0.7	0.43			
	I <sub>4</sub>	临时堆矿场	0.36	0.22			
	I <sub>5</sub>	矿石溜槽	0.28	0.17			
	I <sub>6</sub>	1#废石场	0.27	0.16			
	I <sub>7</sub>	2#废石场	0.17	0.10			
	I <sub>8</sub>	3#废石场	0.26	0.16			
	I <sub>9</sub>	矿山道路	0.8	0.49			
		小计		3.09			
辅助再生区	I <sub>10</sub>	塌陷区 (TX1)	2.19	1.34	地表变形、裂缝、土壤结构破坏、农田损毁、林草破坏等	对地面塌陷及地面裂缝进行填充、植被恢复	近期、中期
	I <sub>11</sub>	塌陷区 (TX2)	0.73	0.45			
	I <sub>12</sub>	塌陷区 (TX3)	2.36	1.44			
		小计		5.28			
自然恢复区	I <sub>13</sub>	其他区域	155.55	94.89	无	以监测为主，保护生态系统保护的原真性和完整性	近期、中期
		小计		155.55			
			163.92	100.00			

表 3-17-1 1000m 工业场地修复分区拐点坐标表 (2000 国家大地坐标)

序号	X	Y	序号	X	Y
1			5		
2			6		
3			7		
4					

表 3-17-2 950m 工业场地修复分区拐点坐标表 (2000 国家大地坐标)

序号	X	Y	序号	X	Y
1			12		
2			13		
3			14		
4			15		
5			16		
6			17		
7			18		
8			19		
9			20		
10			21		
11					

表 3-17-3 850m 工业场地修复分区拐点坐标表 (2000 国家大地坐标)

序号	X	Y	序号	X	Y
1			7		
2			8		
3			9		
4			10		
5			11		
6			12		

表 3-17-4 临时堆矿场修复分区拐点坐标表 (2000 国家大地坐标)

序号	X	Y	序号	X	Y
1			7		
2			8		
3			9		
4			10		
5			11		
6			12		

表 3-17-5 矿石溜槽修复分区拐点坐标表 (2000 国家大地坐标)

序号	X	Y	序号	X	Y
1			5		
2			6		
3			7		
4			8		

表 3-17-6 1#废石场修复分区拐点坐标表 (2000 国家大地坐标)

序号	X	Y	序号	X	Y
1			7		
2			8		
3			9		
4			10		
5			11		
6			12		

表 3-17-7 2#废石场修复分区拐点坐标表 (2000 国家大地坐标)

序号	X	Y	序号	X	Y
1			7		
2			8		
3			9		
4			10		
5			11		
6					

表 3-17-8 3#废石场修复分区拐点坐标表 (2000 国家大地坐标)

序号	X	Y	序号	X	Y
1			10		
2			11		
3			12		
4			13		
5			14		
6			15		
7			16		
8			17		
9					

表 3-17-9 塌陷区 (TX1) 修复分区拐点坐标表 (2000 国家大地坐标)

序号	X	Y	序号	X	Y
1			9		
2			10		
3			11		
4			12		
5			13		
6			14		
7			15		
8					

表 3-17-10 塌陷区 (TX2) 修复分区拐点坐标表 (2000 国家大地坐标)

序号	X	Y	序号	X	Y
1			8		
2			9		
3			10		
4			11		
5			12		
6			13		
7					

表 3-17-11 塌陷区 (TX3) 修复分区拐点坐标表 (2000 国家大地坐标)

序号	X	Y	序号	X	Y
1			11		
2			12		
3			13		
4			14		
5			15		
6			16		
7			17		
8			18		
9			19		
10					

### （三）修复时序安排

#### 1.近期（2026年~2030年）

主要针对现有不稳定地质体和损毁土地，结合未来几年采矿过程中可能出现的矿山地质环境问题及土地损毁情况，具体工作部署包括以下几方面内容：

##### （1）矿山环境恢复治理

###### ①废石场治理

对1#废石场、2#废石场和3#废石场的上部修建截排水沟，在三个废石场下部修建挡墙，并在坡脚处设置警示牌。

###### ②地面塌陷治理

根据现有采空区地表变形情况及植被恢复状况，后期岩石移动范围内地面塌陷隐患治理时以监测和警示为主，结合人工巡查和植被自然恢复。

###### ③建立完善的地表变形监测体系

在地表岩石移动范围内结合人工巡查布置网状监测点，建立采空区地面变形观测、河道及巷道水量监测和预警预报体系。

###### ④对矿区内生态系统进行植物多样性监测。

##### （2）土地复垦

①上期遗留未复垦区域和复垦不彻底的地段进行土地复垦，对不留续使用场地进行土地平整、表土回覆、植被重建工程、配套工程。

###### ②监测与管护

对复垦后的废石场进行监测与管护；对已复垦的其他区域进行监测与管护。

#### 2.中期（2031年~2036年）

##### （1）矿山地质环境治理

①完善矿山不稳定地质体与矿山环境监测网络，优化矿山不稳定地质体预警预报体系，建立完善的监测网络、信息系统和预警体系；

②注意对前期已实施的治理工程进行养护，土地复垦治理工程以恢复土地的正常生产功能为主；

###### ③对岩石移动范围可能进行地表警示。

###### ④对矿区内生态系统进行植物多样性监测。

##### （2）土地复垦

###### ①临时堆渣场复垦

对临时堆渣场进行土地平整、表土回覆、植被恢复、配套工程等。

#### ②工业场地、生活区复垦

对拆除后的工业场地、生活区进行清理工程、土地翻耕、土地平整、表土回覆、植被重建等工程。

#### ③沉陷区治理

对已形成的沉陷区进行土壤剥覆、裂缝填充、植被恢复。

④对复垦后的废石场等进行监测与管护。

### 3.远期（2037年~2039年）

#### （1）矿山地质环境治理

封堵、拆除井口等废弃的矿区设施及临时建筑物，保留部分可再利用的地面建筑，清除场地垃圾，恢复部分临时占用的土地，对各种遗留的矿山地质环境问题和损毁土地进行全面治理。

#### （2）土地复垦

工业场地、临时堆矿场等进行复垦，对岩移范围内受损道路进行修复，对其他各类受损土地进行全面复垦，对复垦区的林地进行管护补种并监测。

## 四、采矿用地与复垦修复安排

### （一）土地复垦质量要求

#### 1.制定依据

本方案损毁土地复垦利用方向主要包括耕地、林地等，本方案确定的复垦质量要求主要参考《土地复垦质量控制标准》（TD/T 1036-2013）、《土地开发整理规划编制规程》（TD/T 1011-2000）、《土地开发整理项目规划设计规范》（TD/T 1012-2000）、《土地整治高标准农田建设综合体》（DB61/T 991.1-991.7-2015）、《陕西省土地开发整理工程建设标准》，同时结合当地的经验，提出具体的复垦标准。土地复垦的基本标准如下：

- （1）复垦利用类型应当与当地地形、地貌和周围环境相协调；
- （2）复垦场地的稳定性和安全性应有可靠保证；
- （3）应充分利用原有表土作为顶部覆盖层，覆盖后的表层应规范、平整，覆盖层的容重应满足复垦利用要求；
- （4）排水设施和防洪标准应符合当地要求；

(5) 有控制水土流失和控制大气与水体环境影响措施；

(6) 复垦场地的道路、交通干线等布置合理。

## 2.复垦工程标准

### (1) 耕地复垦执行标准

#### 1) 塌陷区旱地复垦质量要求

①土地平整后与周边区域平齐或者相协调，不能出现明显的高低不平状况，田面坡度不能超过 25°；

②土壤质量：有效土层厚度 $\geq 0.40\text{m}$ ，土壤具有较好的肥力，旱地土壤容重 $\leq 1.4\text{g/cm}^3$ ，有机质 $\geq 1.5\%$ ，砾石含量 $\leq 15\%$ ；土壤 pH5.5~8.5，土壤环境质量符合《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）规定的土壤环境质量标准；

③配套设施：灌溉、排水、道路等应满足《灌溉与排水工程设计规范》（GB 50288-2018）等标准以及当地同行业工程建设标准要求。有控制水土流失措施，边坡植被保护满足《水土保持综合治理 技术规范 坡耕地治理技术》（GB/T 16453.1-2008）要求；

④生产力水平：3年后复垦区单位面积产量，达到周边地区相同土地利用类型等产量水平，果实中有害成分含量符合《食品安全国家标准 粮食》（GB 2715-2016）；

⑤复垦后种植农作物无不良生长反应，粮食作物中有害成分含量符合《食品安全国家标准 粮食》（GB 2715-2016）。

### (2) 林地复垦质量要求

#### 1) 工业场地、废石场、临时堆矿场、矿山道路复垦为乔木林地质量要求

①彻底拆除地表建筑物及其他工程设施，将建筑垃圾转运至建筑垃圾填埋场。清理完成后土壤环境质量应符合《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）规定的土壤环境质量标准；

②疏通复垦区排洪通道，保证排洪通畅；

③复垦单元土地采用穴状方式整地，穴形以圆形坑为主，穴口径 50~60cm，坑深度 30~40cm，穴底不含障碍层。土壤砾石含量 $\leq 25\%$ ，容重 $\leq 1.5\text{g/cm}^3$ ，有机质含量 $\geq 0.6\%$ ，PH6.0~7.5；

④穴内土壤质地不达标处，需培外土、培肥，复垦后的土壤能够适宜树木生长，并且有持续生长能力；

⑤配套设施：林地建设满足《生态公益林建设规划设计通则》（GB/T 18337.2-2001）和《生态公益林建设检查验收规程》（GB/T 18337.4-2008）的要求；

⑥植被选择：采用乔草结合的方式进行植被恢复，乔木选择刺槐等项目区优势树种，草本选择白草、黑麦草等本土植被；

⑦生产力水平：乔木3年后成活率达到80%以上，郁闭度 $\geq 0.3$ ；定植密度满足《造林作业设计规程》（LY/T 1607-2024）要求；

⑧复垦结束后有后续3年的防治病虫害等管护措施和防治其退化措施，保障植被的成活率。

## 2) 塌陷区复垦为乔木林地应符合质量要求

①沉陷林地的复垦采取两种方案：一是对受损的树木，及时扶正树体，填补裂缝，保证正常生长。二是对沉陷严重的地块，根据海拔、坡向、坡度、土壤质地、土层厚度等，采取适宜的整地措施，选择适宜的品种，适地适树，增加植被覆盖度。

②裂缝处理：如前所述。

③缓坡区整地：一般情况下应全面整地，清除杂草、灌木、石块等。全面整地对幼林生长较好，但投工多，成本高。在林木生长初期，可实行林、粮间作。不宜全面整地的缓坡地，可沿等高线将地整成水平阶、水平沟、反坡梯田等。水平阶：带状分布，土面与坡面构成一定角度，阶面断面水平，或者稍向内倾斜，阶面宽0.5~1.5m，阶长依地形而定，阶间距1.5~2.0m，有埂或无埂。

④坡度较陡的区域进行整地：一般采用鱼鳞坑整地，坡面呈半圆形，坑面低于坡面，呈水平或稍向内倾斜凹入，坑内侧有蓄水沟与半圆两角之引水沟相通。有出水口，使坑间相连。

⑤整地后的空地选择适宜的植物，及时栽植。栽植时应做好选苗、栽植、浇水和抚育管理。

⑥复垦结束后有后续3年的防治病虫害等管护措施和防止其退化措施，保障植被的成活率。

## （二）土地复垦区与复垦责任范围

### 1.复垦区面积

复垦区面积为损毁土地和征收的永久性建设用地的区域，包括已损毁区和拟损毁区。结合已损毁土地分析与预测结果，确定项目的复垦区为1000工业场地、950工业场地、850工业场地、临时堆矿场、矿石溜槽、1#废石场、2#废石场、3#废石场、塌陷区

(TX1)、塌陷区(TX2)、塌陷区(TX3)和矿山道路,最终确定复垦区的面积为 8.37hm<sup>2</sup>。

## 2.复垦责任范围面积

复垦责任范围为不留续使用的永久性建设用地和损毁土地之和构成的区域。根据土地利用现状结果和预测结果分析,矿山开采后没有留续使用的土地,即本项目的复垦责任范围和复垦区相同。包括 1000 工业场地、950 工业场地、850 工业场地、临时堆矿场、矿石溜槽、1#废石场、2#废石场、3#废石场、塌陷区(TX1)、塌陷区(TX2)、塌陷区(TX3)和矿山道路,复垦责任区面积为 8.37hm<sup>2</sup>。因此,矿山开采结束后,由损毁责任人陕西邦田化工有限公司负责履行复垦义务,复垦责任范围面积汇总见表 3-17。

表 3-17 复垦责任范围面积汇总表

名称		损毁面积 (hm <sup>2</sup> )	复垦面积 (hm <sup>2</sup> )	损毁情况	损毁类型
损毁土地	1000 工业场地	0.09	0.09	已损毁	压占
	950 工业场地	0.16	0.16	已损毁	压占
	850 工业场地	0.7	0.7	已损毁	压占
	临时堆矿场	0.36	0.36	已损毁	压占
	矿石溜槽	0.28	0.28	已损毁	压占
	1#废石场	0.27	0.27	已损毁	压占
	2#废石场	0.17	0.17	已损毁	压占
	3#废石场	0.26	0.26	已损毁	压占
	塌陷区(TX1)	2.19	2.19	已损毁	沉陷
	塌陷区(TX2)	0.73	0.73	拟损毁	沉陷
	塌陷区(TX3)	2.36	2.36	拟损毁	沉陷
	矿山道路	0.80	0.80	已损毁	压占
复垦责任范围面积合计		8.37	8.37	—	—

## 3.复垦区土地利用结构调整

本项目复垦责任范围内的土地全部复垦,复垦责任范围面积为 8.37hm<sup>2</sup>,土地复垦率为 100%。所以通过复垦工程实施,土地复垦的目标任务为:复垦耕地 0.07hm<sup>2</sup>(旱地),复垦林地 8.30hm<sup>2</sup>(乔木林地)。根据适宜性评价,结合复垦方向的确定,各复垦单元复垦前后的土地利用结构调整情况具体见表 3-18。

## 4.复垦安排

本项目复垦修复以 5 年为周期整体推进,贯彻先重后轻、先控源后恢复、分区分批滚动的组织方式,覆盖现状清单内的采矿用地与裸露地等重度损毁地块,以及耕地、林地、草地、交通运输与采矿用地等类型。目标地类为:耕地类保持或提升为稳定耕地;

林地形成乔灌草复合稳定结构；采矿用地按适宜性分类纳入林地或草地；交通与设施农用地以保通保排并绿化稳定为主。质量目标分级量化：耕地方面，耕作层厚度一般不低于 30cm~40cm，有机质较基线提升不低于百分之三十，田间沟系与机耕道路配套完善，达到二等至三等耕地质量；林地方面，成活率不低于百分之八十五、郁闭度逐年提升，形成上木遮荫~中层灌丛~下层草本的立体群落结构；采矿用地方面，边坡与排水系统按设计达标、覆土厚度与地表稳固达到复垦要求，并按目标地类完成功能转换。全过程设置第一年年中期试点诊断、第二年年末与第三年年末阶段验收、第四年年末巩固评估与第五年年末终期验收五个节点，施工季节遵循枯水期抓土石方与排水工程、春秋两季抓耕作造林播草、汛期抓巡查与抢修的组织原则。

参照目标方向可行性分析，矿山闭坑后拟将采矿用地复垦为乔木林地，修复质量等级不低于十二等，矿区用地与复垦修复计划表见表 3-19。



## 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

矿区位于秦岭南麓低中山区，区内地形南高北低，最高点位于矿区东南部栗子树坪，海拔 1350m；最低点位于矿区北侧陈家沟沟口，海拔 800m。一般相对高差为 150~400m，根据《汉中市秦岭生态环境保护规划》，属于秦岭生态环境保护规划中的一般保护区。矿区范围内不涉及自然保护区、生态保护红线、饮用水水源地、风景名胜区、地质公园、森林公园、湿地公园、重要湿地、重要水库及野生动物保护地，水产种质资源保护区等环境敏感点。

根据略阳县国土空间总体规划和基本农田分布图，矿区内有零星的耕地分布，无永久基本农田的分布；经现场调查、资料收集，矿区内无天然草原、公益林、自然保护地、地质遗迹、珍贵物种、古树名木等重要基础设施等敏感目标，也无铁路、二级以上公路和重要通信线路设施等敏感目标，无需采取相应的避让、减缓、保护等措施。

#### （二）表土剥离与植被移植利用

略阳县金家河磷矿为地下开采，并且已开采多年，涉及表土剥离情形很少。若有部分需要实施表土剥离与植被移植利用的，按照国家标准要求和工程实践实施：

根据《金属矿土地复垦与生态修复技术规范》（GB/T 43933—2024）第 9.2.3 节内容，对于预测损毁区域涉及土壤损毁的（即有新建地面工程会产生挖损、压占的区域），应实施土壤剥离利用，用于具备条件区域的复垦修复。特别是必须实施表土层的剥离利用，尤其是耕地耕作层，或园地、林地、草地等腐殖质层的剥离利用。剥离厚度根据原土壤表土层厚度、复垦与修复土地利用方向等确定，包括能够进行剥离的、有利于快速恢复地力和植物生长的表层土壤，必要时包括岩石风化物。

若要进行土壤剥离利用宜做到“应剥尽剥、即剥尽用、分层剥离、分层堆放、分层回填”，对剥离、运输、储存、养护和回覆等土壤剥离利用工程做出时间、空间和经济可行的安排。

根据《耕作层土壤剥离利用技术规范》（TD/T 1048—2016）对表土剥离相关要求：

- 1.依据耕作层土壤调查、测定的结果，分别开展剥离区和回覆区的耕作层土壤质量评价。

- 2.耕作层土壤评价的主要指标包括土壤厚度、质地、pH、有机质含量、土壤分析等。

出现土壤指标超标时，禁止剥离；其他指标应满足最小限值的规定，当不满足时，应提出相应的措施，并开展成本分析，说明其经济合理性。

3.土壤剥离厚度不宜小于 10cm，土壤质地以壤土为主；当土壤出现过沙过黏时，应提出改良措施。

4.土壤 pH 应在 5.5~8.5 之间；超出限值时，应提出改良措施。

5.土壤有机质含量应不低于当地耕地土壤的最低限值；回覆后的土壤有机质含量应满足《高标准农田建设 通则》（GB/T 30600-2022）、《高标准农田建设标准》（NY/T 2148—2012）的规定。

6.土壤分析和环境状况指标主要包括铅、镉、汞、砷、铬、铜、六六六、DDT 等有害物质含量，各项指标值应满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）等规定值。应将剥离的表土收集和贮存，表土堆存场应采取拦挡、苫盖、排水等防护措施，防止贮存期间表土流失。堆存期较长时，应在土堆上播种一年生或多年生的草本植物。避免雨季剥离、搬运和堆存表土；堆存场地应防止放牧、机器和车辆进入，防止粉尘、盐碱覆盖，防止径流流入，避免水蚀、风蚀和各种人为损毁。

### （三）相关协同措施

矿山开采期间，若有因降雨、地震等自然因素诱发的地质灾害，矿山企业应当移交地灾防治部门进行在册登记，并委托具有地质灾害勘察资质的单位进行勘察设计，可使用生态修复费用进行防治。开采期间，矿山企业应当按照水保、环保部门要求的水土保持方案、环境保护方案对水土流失、环境影响等情况进行监测与防治。矿山企业根据批复的开发利用方案进行固废综合利用，按照相关部门规定实施，本方案不再赘述。

## 二、修复措施

### （一）地貌重塑

略阳县金家河磷矿矿区地貌重塑以“安全风险消除为前提、地表形态恢复为基础、水土过程重建为支撑、生态恢复衔接为目标”为原则，在消除地表开裂及地面塌陷隐患的同时，同步完成废石场场地整治与排水体系优化，形成“工程措施+生态措施”一体化治理体系。具体措施如下：

#### 1.废石场治理

##### （1）废石场稳定性查明与评价

通过现场地质调查，查明了弃渣的堆积量、坡度及人工扰动因素；采用极限平衡法

与数值模拟综合评价稳定性，识别潜在滑移面与变形破坏模式，形成分级治理区及参数化设计依据。

### **(2) 整形与支挡加固**

对废石场的渣堆采取整形修坡措施，按照“削高填低、坡面稳定”的思路控制边坡几何形态。

坡面整形：挖高填低，修整坡面；

坡脚加固：在坡脚设置挡墙，增加稳定性；

坡面防护：对坡面优先采用“工程防冲+生物护坡”组合，兼顾抗冲刷与生态恢复。

### **(3) 排水系统优化与渗水控制**

完善坡顶、坡面截排水、坡脚排水“三道防线”，降低雨季入渗与孔隙水压力对稳定性的不利影响。坡顶设置截水沟，并将来水导入稳定沟道或沉砂设施；坡面设置纵向排水槽，避免集中冲刷；坡脚布设排水沟并保持通畅，必要时设置反滤排水层或导排盲沟。

## **2.地表开裂和地面塌陷治理**

### **(1) 小面积沉陷、裂缝地复垦工程设计**

剥离沉陷区及裂缝地周围和需要削高垫底部位的耕作层土壤并就近堆放，剥离厚度为 0.3~0.4m。需要平整的削高垫底部位可在地块范围内用目测确定。

在复垦场地附近上坡方向选定无毒害、无污染的黄土土源，用机械或人工挖方取土，用机动车或人力车装运至充填地点附近堆放。

由堆放点用机动车或手推车取土对沉陷区域或裂缝进行填充，在充填部位或削高垫低部位覆盖耕层土壤。对于还未稳定的沉陷区域，应略比周围田面高出 5.0~10.0cm，待其稳定沉实后可与周围田面基本齐平。在充填裂缝距地表 1.0m 左右时，每隔 0.3m 左右分层，应用木杠或夯石分层捣实，直至与地面平齐。整修沉陷或裂缝区域损毁的田坎和地埂等排灌设施，恢复原有的耕作条件。

### **(2) 大面积沉陷、裂缝地复垦工程设计**

按照设计要求修筑施工及机械运行的道路。如果复垦区耕层表土肥力明显优于地下覆盖层，按照设计分区剥离耕层表土堆放在复垦区周边地带。耕层表土主要用铲车和运输车辆配合推土机施工，剥离厚度 0.3~0.4m。

按照设计要求进行分区施工放样，一般采用施工方格网进行放样，待复垦区采取统一坐标系统，方格网距根据地形条件采用 20~50m，网点坐标应统一编号并注明每一标

桩的设计高度及挖填深度。

分区按照设计要求和该区的复垦方向进行土地平整。用铲车、推土机和运输车辆相配合，按标桩指示高度挖高填低。

充填沉陷区和裂缝。位于田面设计标高以下低洼处宽度 0.30m 以上的大裂缝和沉陷区域应在平整土地之前充填；小于 0.30m 的中小裂缝可在平整过程中充填；土地平整后显露出来的裂缝和沉陷区域则在平整土地后充填。宽度大于 0.30m 的裂缝和沉陷区域在充填时应加设防渗层。防渗层厚度应大于 1.00m，位于田面 0.5~1.0m 以下，用黏土分三层以上捣实，使其干容重达到 1.40t/m<sup>3</sup> 以上。用于构筑防渗层的黏土，其渗透系数小于 0.001m/d。

覆盖表土时，人工配合铲车及运输车辆联合作业，使覆盖均匀。裂缝充填设计示意图见图 4-1、图 4-2。

图 4-1 地表裂缝形成示意图

图 4-2 裂缝充填表土回覆示意图

### 3. 场地平整与生态修复

分层碾压与标高控制：采用“挖高填低”原则，每层填筑厚度 $\leq 0.3\text{m}$ ，压实后高程中误差 $\pm 10\text{cm}$ ，坡度 $\leq 5\%$ 以利排水。

### 4. 监测与验收

变形监测：布设 GNSS 监测点与裂缝计，每月 1 次动态监测，持续 2 个水文年以上。

验收标准：边坡稳定系数 $\geq 1.25$ ，塌陷区沉降速率 $< 2\text{mm}/\text{月}$ ，植被覆盖率 $\geq 85\%$ 。

通过上述措施，略阳县金家河磷矿可实现矿区地貌重塑与安全隐患根治，同时满足国家标准对工程安全、生态恢复及资源循环利用的要求。需注意施工中动态调整方案，确保与地质条件的适配性。

## （二）土壤重构

土壤重构应符合《矿山生态修复技术规范第 1 部分：通则》（TD/T 1070.1-2022）和《矿山生态修复技术规范第 5 部分：化工矿山》（TD/T 1070.5-2022）要求，坚持“表土优先、就地利用、分区构建、培肥改良、质量可控”原则，重点包括有效土层构建工程、土壤改良工程与清理工程。

### 1. 表土剥离——堆存——覆盖全过程管理

剥离厚度按 0.3~0.4m 控制，分区编号管理；表土堆存区设置截排水与防风蚀措施（覆盖/临时播草），严禁混入建筑垃圾与含盐土；覆盖前对基底土进行深松/翻耕（消除压实层），覆盖后进行整地与保墒处理。

## 2.客土回填与地力提升

当治理区土层厚度或土壤质量不能满足植被生长需要时，采用无污染客土回填；结合有机肥、腐殖质材料或绿肥措施开展培肥改良，优先采用“深翻+有机质补充+豆科绿肥/固氮植物”组合提升地力基础。

## 3.清理工程与污染风险控制

对固体废弃物、建筑垃圾进行分类清运与规范处置，避免回填夹杂硬质垃圾导致二次沉陷、渗漏通道或根系阻隔；对疑似污染物应先开展甄别与分区处置，确保回填与覆土材料的安全性。

### （三）植被重建

略阳县金家河磷矿生态修复的植被重建需遵循国家标准的相关条款，结合当地自然条件（如气候、土壤、水文等）和矿区破坏特征，科学选择植被种类并设计配置方案。以下是具体实施方案：

#### 1.植被种类选择

##### （1）适生性原则

乡土树种优先：选择耐旱、耐贫瘠、抗逆性强的陕南地区典型物种，如：

乔木：樟子松、油松、刺槐、旱柳等。

灌木：柠条、紫穗槐等。

草本：苜蓿、沙打旺、冰草等。

##### （2）功能多样性

固土护坡：紫花苜蓿。

改良土壤：豆科植物（紫穗槐、苜蓿等）固氮，提升土壤肥力。

景观协调：搭配花期长的灌木形成季相变化。

##### （3）特殊立地条件适配

矿区：先锋物种（沙打旺、沙棘）快速覆盖。

边坡区域：藤本植物（如爬山虎等）与灌木网格配置，防止侵蚀。

#### 2.植被配置方案

##### （1）空间配置

### ①水平结构

带状混交：乔木（行距 3m×3m）与灌木（行距 1m×1m）间隔种植。

块状混交：按微地形划分区块，坡顶以灌木为主，坡脚种植乔木。

### ②垂直结构：

乔灌草三层复层：油松（上层）+紫穗槐（中层）+苜蓿（下层），提升生态稳定性。

## （2）密度控制

乔木：800~1000 株/hm<sup>2</sup>（如油松等）。

灌木：2000~3000 丛/hm<sup>2</sup>（如柠条等）。

草本：播种量 20~30kg/hm<sup>2</sup>（如披碱草）。

## （3）技术措施

土壤预处理：客土覆盖（厚度≥30cm）、有机肥改良。

节水措施：铺设保水剂或滴灌系统，确保初期成活率。

监测要求：定期监测植被覆盖率、物种多样性指数。

## 3.实施要点

### （1）分阶段实施

初期（1~5 年）：以草本和灌木为主，快速固土。

中期（6~10 年）：引入乔木，逐步形成稳定群落。

### （2）动态调整

根据监测结果优化物种比例。

### （3）合规性

严格按国家标准验收，确保植被恢复率≥90%。

## 4.预期效果

通过上述配置，5 年内可实现：土壤侵蚀量减少 70%以上；植被覆盖率≥85%；形成自我维持的近自然生态系统。

## （四）景观营建

略阳县金家河磷矿生态修复中，针对矿区受损沟道的连通性与功能性恢复，需结合相关技术要求，采取系统性措施。以下是具体实施方案：

### 1.受损廊道诊断与规划

现状诊断：采用 GIS 和无人机技术分析沟道断裂点、坡度稳定性、土壤侵蚀及植被退化情况，识别生态阻隔成因（如采空塌陷、道路切割等）。

目标设定：依据标准要求，明确沟道修复的生态连通性指标（如野生动物迁徙通过率 $\geq 80\%$ 、植被覆盖度 $\geq 70\%$ ）和功能性指标（水土保持、生物多样性维持）。

## 2. 地形重塑与结构修复

微地形改造：对塌陷区进行回填压实，采用阶梯式削坡技术降低坡度（ $\leq 25^\circ$ ），并构建缓坡过渡带，确保廊道纵向连续性。

关键节点修复：在断裂处修建生态桥或地下动物通道，通道宽度 $\geq 10\text{m}$ ，顶部覆土厚度 $\geq 1.5\text{m}$ 以支持植被生长。

## 3. 水文连通性恢复

水系疏通：清理淤塞沟道，重塑自然蜿蜒形态，增设砾石缓流带和渗滤池，提升水质。

雨水管理：沿廊道布设植草沟和雨水花园，控制地表径流，减少水土流失（渗透速率 $\geq 1.5 \times 10^5 \text{m}^3/\text{s}$ ）。

## 4. 植被重建与生物廊道构建

本土植物优选：选择耐旱、固氮的乡土物种，采用“灌草乔”复层配置，植被密度 $\geq 3 \text{株}/\text{m}^2$ 。

生物通道设计：保留或人工营造宽度 $\geq 30\text{m}$ 的带状植被走廊，连接碎片化栖息地，为小型哺乳动物及昆虫提供迁徙路径。

## 5. 监测与适应性管理

动态监测体系：布设土壤湿度传感器、红外相机等设备，定期监测廊道连通效果（如动物活动频率、植被恢复率），每季度提交诊断报告。

维护机制：对退化区域实施补植补播，清理入侵物种，确保廊道长期稳定性。

## 6. 社区参与与合规性

公众参与：组织当地居民参与植被管护，提升生态意识，符合标准中“社区协同治理”条款。

合规性文件：修复方案需参考《水土保持设施验收报告》，验收报告需通过水利部门评审。

通过以上措施，略阳县金家河磷矿受损廊道将实现“结构稳定—功能完善—生物回归”的梯度恢复，满足国家标准对生态修复的量化要求，并为同类矿区提供示范。

## 三、工程内容

## （一）矿山地质环境治理工程

### 1.治理对象

（1）对废石场采取挡墙+监测+警示的措施进行治理；

（2）对三处地面塌陷（TX1、TX2、TX3）内地裂缝采用充填废石+刺丝围栏的方式进行综合防治，由于后期采空区引发的地面塌陷规模尚难确定，治理工程量以预留、估算为主；

（3）矿体开采结束后对，开拓系统中停用的硐口或风井口进行封堵。

### 2.工程设计

#### （1）废石场治理工程

①治理对象：1#废石场、2#废石场、3#废石场。

②治理方案：目前三处废石场下方均已修建了干砌石挡墙，但拦挡效果不佳。设计对3处废石场下部修建挡墙，上部修建截排水沟。

根据现状情况，在三处废石场下方修建挡墙，采用M7.5浆砌石，高4.0m（地下1.0m），顶宽1.5m，背坡直立，面坡坡率1:0.2，泄水孔采用 $\Phi 110\text{mm}$ PVC管 $2\text{m}\times 2\text{m}$ 梅花形布置（见图4-3），新建挡墙长度分别为26m、18m、35m。

在各废石场上方修建排水沟对地表来水进行截排。设计断面呈矩形（见图4-4），底宽0.4m，深度0.4m，壁厚30cm。采用混凝土进行浇筑，截排水沟的长度分别为210m、170m、200m。

图 4-3 挡墙设计大样图

图 4-4 设计截排水沟断面图

#### （2）地面塌陷治理工程

①治理对象：TX1、TX2、TX3地面塌陷区。

②治理方案：对地面塌陷区内地裂缝采用充填废石+刺丝围栏的方式进行综合防治，由于后期采空区引发的地面塌陷规模尚难确定，治理工程量以预留、估算为主。

在地面塌陷区外围（主要道路口、沟口）醒目位置设置警示牌及刺丝围栏，以免人畜误入造成伤害事故。

③裂缝填充：可利用裂缝两侧清理崩落滚石、浮土及前期部分采矿废石对采空塌陷区进行裂缝填充，估算TX1地面塌陷区废石回填量约 $5500\text{m}^3$ 、TX2地面塌陷区废石回

填量约 3600m<sup>3</sup>、TX3 地面塌陷区废石回填量约 6200m<sup>3</sup>。

### (3) 矿洞封堵

①治理对象：各采矿平洞、运输平洞及回风平洞。

②治理方案：对各洞井口进行封堵。各平洞洞口尺寸为 2.4×2.5m。封堵墙厚按 1.2 计。可采用两道毛石墙封堵、中间废（矿）石充填的治理方案。在平洞口往内 5m~8m 岩性较稳固处砌筑第一道嵌入底板和两侧洞壁 0.2m 深的毛石墙，墙厚 1.2m；中间充填废（矿）石，之后在洞口处采用同样的方法砌筑第二道毛石墙，然后水泥砂浆抹面（见图 4-5）。单个采矿平洞估算需使用 M7.5 浆砌块石 18.1m<sup>3</sup>，废石充填 36.0m<sup>3</sup>，M10 抹面 6.0m<sup>2</sup>。

图 4-5 洞口封堵设计图

## 3.主要工程量

### (1) 废石场治理工程

废石场工程量见表 4-1。

表 4-1 废石场治理工程量一览表

治理对象	工程名称		单位	数量	
废石场	1#废石场	截排水沟	开挖土石方	m <sup>3</sup>	147
			M7.5 浆砌石	m <sup>3</sup>	114
			M10 水泥砂浆	m <sup>2</sup>	378
		挡墙	开挖土石方	m <sup>3</sup>	59.8
			M7.5 浆砌石	m <sup>3</sup>	202.8
			回填	m <sup>3</sup>	22.4
			PVC (φ110mm)	m	210
	警示牌	块	1		
	2#废石场	截排水沟	开挖土石方	m <sup>3</sup>	119
			M7.5 浆砌石	m <sup>3</sup>	92
			M10 水泥砂浆	m <sup>2</sup>	306
		挡墙	开挖土石方	m <sup>3</sup>	41.4
			M7.5 浆砌石	m <sup>3</sup>	140.4
			回填	m <sup>3</sup>	19.6
			PVC (φ110mm)	m	171
警示牌	块	1			
3#废石场	截排水沟	开挖土石方	m <sup>3</sup>	140	
		M7.5 浆砌石	m <sup>3</sup>	108	
		M10 水泥砂浆	m <sup>2</sup>	360	

治理对象	工程名称		单位	数量
	挡墙	开挖土石方	m <sup>3</sup>	80.5
		M7.5 浆砌石	m <sup>3</sup>	273
		回填	m <sup>3</sup>	31.8
		PVC (φ110mm)	m	212
		警示牌	块	1

### (2) 塌陷治理工程

塌陷治理工程量见表 4-2。

表 4-2 塌陷治理工程量一览表

治理对象	工程名称		单位	数量
地面塌陷	塌陷 (TX1)	裂缝充填	m <sup>3</sup>	5500
		隔离栅	m	150
		警示牌	块	4
	塌陷 (TX2)	裂缝充填	m <sup>3</sup>	3600
		隔离栅	m	96
		警示牌	块	3
	塌陷 (TX3)	裂缝充填	m <sup>3</sup>	6200
		隔离栅	m	178
		警示牌	块	5

### (3) 硐口封堵工程

共 6 个硐口封堵，硐口封堵工程量见表 4-3。

表 4-3 硐口封堵工程量一览表

治理对象	工程名称	单位	数量
硐口封堵	M7.5 浆砌石	m <sup>3</sup>	108.6
	废石充填	m <sup>3</sup>	216
	M10 水泥砂浆	m <sup>2</sup>	36

## (二) 土地复垦工程

### 1. 复垦对象

- (1) 对三处废石场进行覆土+复绿的措施；对矿石溜槽以自然复绿为主；
- (2) 对平硐前的工业场地、临时堆矿场及矿山道路进行拆除+覆土+复绿措施；
- (3) 对三处地面塌陷 (TX1、TX2、TX3)、地裂缝充填后进行覆土+复绿。

### 2. 工程设计及工程量计算

#### (1) 废石场复垦工程

治理对象：1#废石场、2#废石场、3#废石场。

复垦方向及面积：拟复垦为乔木林地，面积  $0.70\text{hm}^2$ 。

复垦工程：包括土壤重构和植被重建工程，其中土壤重构工程包括废弃建筑物及场地硬化层拆除、表土覆盖、场地平整、土壤培肥等；

植被重建：包括栽植乔、草等植物。

### 1) 土壤重构工程

#### ①场地清理及找平

清除场地中残留的油迹、杂物等，削平边坡，人工找平复垦场地。按场地面积深度  $30\text{cm}$  估算。

#### ②表土覆盖

覆土土源利用外购表土，覆土沉实厚度  $30\text{cm}$ 。

#### ③土地平整

为了保证边坡的稳定性和减缓坡面水土流失，在对废石场复垦前，需采用挖高垫低的方式将边坡放缓至  $35^\circ$  左右，放缓边坡工程量按方格网法土地平整公式计算工程量。

#### ④土壤培肥

由于外购的表土较为贫瘠，需要对其进行土壤改良。改良的方法为土壤培肥，增加土壤有机质和植物生长需要的其他养分含量，改善土壤性状，提高土壤肥力。根据当地农民咨询，每公顷施商品无机肥  $150\text{kg}$ 。

### 2) 配套工程设施

各废石场边部建有截排水沟，与现有矿山道路相连，可满足复绿、管护需要，无需新建。

### 3) 植被重建工程

植被重建工程为乔灌草套种，乔木选用刺槐，灌木选用当地树种紫穗槐，穴状整地，规格穴径 $\times$ 穴深 ( $0.5\text{m}\times 0.5\text{m}$ )，株行距  $2.0\text{m}\times 2.0\text{m}$ ；草籽选用紫花苜蓿、草木樨、毛苕子混种，播种量  $30\text{kg}/\text{hm}^2$ 。植被种植规格见表 4-4。

表 4-4 植被种植规格表

树种配置	种植方式	整地方式	株距 m	行距	定植苗量株/ $\text{hm}^2$ 、 $\text{kg}/\text{hm}^2$
刺槐	植苗	穴状整地	2.0	2.0	2500
紫花苜蓿	撒播	全面整地	-	-	30

### (2) 3 处工业场地、临时堆矿场和矿山道路复垦工程

复垦方向及面积：3 处工业场地面积  $0.95\text{hm}^2$ 、临时堆矿场面积  $0.36\text{hm}^2$ ，矿山道路

面积  $0.80\text{hm}^2$ 。

复垦工程：包括土壤重构和植被重建工程，其中土壤重构工程包括废弃建筑物及场地硬化层拆除、表土覆盖、场地平整、土壤培肥等。

植被重建包括：栽植乔、草等植物。

#### 1) 土壤重构工程

##### ①场地清理及找平

清除场地中残留的油迹、杂物等，削平边坡，人工找平复垦场地。按场地面积深度  $30\text{cm}$  估算。

##### ②表土覆盖

覆土土源利用外购表土，覆土沉实厚度  $30\text{cm}$ 。

##### ③土地平整

为了保证边坡的稳定性和减缓坡面水土流失，在对工业场地、临时堆矿场和矿山道路复垦前，采用推土机对土地进行平整。

##### ④土壤培肥

由于外购的表土较为贫瘠，需要对其进行土壤改良，以提高土壤质量。改良的方法为土壤培肥，目的是增加土壤有机质和植物生长需要的其他养分含量，改善土壤性状，提高土壤肥力。根据当地农民咨询，每公顷施商品无机肥  $150\text{kg}$ 。

#### 2) 配套工程设施

各功能区建有截排水沟，与现有矿山道路相连，可满足复绿、管护需要，无需新建。

#### 3) 植被重建工程

本复垦单元植被重建工程为乔灌草套种，乔木选用刺槐，灌木选用当地树种紫穗槐，穴状整地，规格穴径 $\times$ 穴深 ( $0.5\text{m}\times 0.5\text{m}$ )，株行距  $2.0\text{m}\times 2.0\text{m}$ ；草籽选用紫花苜蓿、草木樨、毛苕子混种，播种量  $30\text{kg}/\text{hm}^2$ 。植被种植规格见表 4-5。

### (3) 塌陷区复垦工程

复垦方向及面积：拟复垦为乔木林地，面积  $5.28\text{hm}^2$ 。

本次对 3 处地面塌陷区土地复垦以自然恢复为主。

项目区土地损毁以矿山工程设施的压占、挖损损毁及采空塌陷区的沉陷损毁为主，复垦的方向主要为旱地、乔木林地，采取的工程措施主要有场地整理、回覆、土地平整、土壤改良与培肥措施，植树种草。

#### 1) 土壤重构工程措施

### ①场地整理措施

土地平整的目的是通过平整土地、推高填低等方式，达到种植植被的要求。应根据矿区地形条件、土地利用方向、种植植被以及防治水土流失等要求选择整地方式及整地规格。在整地前注意清除地表有害植物，除适宜于全面整地的造林地外，整地时应尽可能地保留造林地上的原有植被。林地整地方式包括穴状整地、鱼鳞坑整地、全面整地，草地需要全面整理或带状整理。本方案林地均采用穴状整地。

全面整地：根据复垦地块地形情况，采用推高填低、土地翻耕等措施。整地时间一般在种植草、木前一个月，或上年秋或冬季，也可在雨季前或雨季进行，也可随整随造。

穴状整地：适用于各林种、各树种和各立地条件，尤其是山地陡坡、水蚀和风蚀严重地带的造林地整地。采用圆形或方形坑穴，大小因林种和立地条件而异。穴径和穴深均在 30cm 以上。大苗造林、竹林、经济林、培育大径材的用材林以及速生丰产用材林整地规格要大些，穴径和深度分别宜在 50cm 和 40cm 以上。

### ②生物和化学措施

土壤施肥根据复垦选用的林种、树种和土壤营养条件，采取配方施肥，做到适时、适度、适量。肥料类型包括有机肥、无机化肥。施肥方式包括基肥和追肥。对于土壤贫瘠地块，可施用基肥，基肥采用充分腐熟的有机肥，基肥一次施足，穴播基肥在栽植前结合整地施于穴底。追肥宜采用复合肥，一般在栽植后 1~3 年施用。

本方案复垦区无法大量施用有机肥料，故只能施用无机肥料来增加土壤养分，以化学肥料为基础，使植物生长良好，提高了土壤有机质，改良了土壤的理化性质。

### 2) 植被重建工程

矿区复垦单元拟复垦为旱地、乔木林地、灌木林地和其他草地，采用乔灌草相结合的方式。乔木树种选择刺槐，灌木选择树种为紫穗槐，在林地间撒播草籽，选择的草种为适宜本地生长并且有护土作用的紫花苜蓿、草木樨、毛苕子混种。

刺槐：落叶常绿植物，喜光、喜温暖、温润、排水良好的砂质黏壤土，对有害气体抗性强，耐旱、耐寒，忌积水，忌土壤粘重。深根性，根系发达，萌芽力强，耐修剪，虫害较多。

紫穗槐：落叶灌木，枝褐色、被柔毛，后变光滑，奇数羽状复叶，披针状椭圆形至椭圆形，先端圆或微凹，有小突尖，基部圆形，并有腺点。耐寒、耐旱、耐湿、耐盐碱、抗风沙、抗逆性极强的灌木，在荒山坡、道路旁、河岸、盐碱地等地均可生长。紫穗槐叶量大且营养丰富，含大量粗蛋白、维生素等，是营养丰富的饲料植物。

紫穗槐萌芽性强，根系发达，每丛可达 20~50 根萌条，平茬后一年生萌条高达 1~2m，2 年开花结果，种子发芽率 70%~80%。

紫花苜蓿：生于田边、路旁、旷野、草原、河岸及沟谷等地。适宜在具有明显大陆性气候的地区发展，这些地区的特点是春季迟临，夏季短促，土壤 PH 近中性。

草木樨：喜生于温暖而湿润的沙地、山坡、滩涂及农区的田埂、路旁等，分布范围广，耐寒、耐旱、耐高温、耐酸碱和耐土壤贫瘠。

毛苕子：耐阴、喜阳，耐土壤瘠薄，固氮，对瘠薄的土壤有良好的适应性；耐修剪、践踏、再生能力强。生长迅速、覆盖能力强、抗杂草性好，能有效地防止水土流失，限制杂草的生长。

3) 配套工程各项矿山工程均位于现有矿山道路及通村道路旁，因此后期复垦道路可利用矿山道路及通村道路；各复垦单元可利用前期建成的截排水沟或拉水车进行排灌，无需重复修建。

#### 4) 播种技术

栽植：根据林种、树种、苗木规格和立地条件选择适宜的栽植方法。栽植时要保持苗木立直，栽植深度适宜，苗木根系伸展充分，并有利于排水、蓄水保墒。

穴植：可用于栽植各种裸根苗。穴的大小和深度应略大于苗木根系。苗干要竖直，根系要舒展，深浅要适当。填土一半后捏苗踩实，最后覆上虚土。

直播技术：直接用种子繁殖，生命力强，根系扎入土层较深，地下部根系的伸长量经常高于地上部的生长量。因此这类植物具有较大的抗逆性，成本低，需水少。紫花苜蓿可以用直播法。

#### 5) 植苗造林时间

一般春季、雨季适合造林、种草。植苗前掌握好雨情，以下过一二场透雨、出现连阴天时为最好时机。播种时间定为每年的 4~5 月份。

### 3.主要工程量

#### (1) 废石场复垦工程

废石场复垦工程量见表 4-5。

表 4-5 废石场土地复垦工程量表

序号	工程名称	单位	工程量			
			1#废石场	2#废石场	3#废石场	合计
	复垦区面积	hm <sup>2</sup>	0.27	0.17	0.26	0.70

一	土壤重构工程					
(1)	场地平整(0.3m厚)	m <sup>3</sup>	810	510	780	2100
(2)	表土运输(4-5km)	m <sup>3</sup>	810	510	780	2100
(3)	表土覆盖(0.3m厚)	m <sup>3</sup>	810	510	780	2100
5	生物化学工程					
(1)	土壤培肥	hm <sup>2</sup>	0.27	0.17	0.26	0.70
二	植被重建工程					
1	林草恢复工程					
(1)	刺槐	株	675	425	650	1650
(2)	紫花苜蓿	hm <sup>2</sup>	0.27	0.17	0.26	0.70

### (2) 工业场地3处、临时堆矿场和矿山道路复垦工程

3处工业场地、临时堆矿场和矿山道路复垦工程量见表4-6。

表4-6 工业场地、临时堆矿场和矿山道路土地复垦工程量表

序号	工程名称	单位	工程量					合计
			1000工业 场地	950工业 场地	850工业场 地	临时堆 矿场	矿山道 路	
	复垦区面积	hm <sup>2</sup>	0.09	0.16	0.70	0.36	0.80	2.11
一	土壤重构工程							
(1)	场地平整(0.3m厚)	m <sup>3</sup>	270	480	2100	1080	2400	6330
(2)	表土运输(4-5km)	m <sup>3</sup>	270	480	2100	1080	2400	6330
(3)	表土覆盖(0.3m厚)	m <sup>3</sup>	270	480	2100	1080	2400	6330
2	清理工程							
(1)	建筑垃圾清运	m <sup>3</sup>	90	160	700	360	800	2110
5	生物化学工程							
(1)	土壤培肥	hm <sup>2</sup>	0.09	0.16	0.70	0.36	0.80	2.11
二	植被重建工程							
1	林草恢复工程							
(1)	刺槐	株	225	400	1750	900	2000	5275
(2)	紫花苜蓿	hm <sup>2</sup>	0.09	0.16	0.70	0.36	0.80	2.11

### (3) 塌陷区复垦工程

3处塌陷区复垦工程量见表4-5。

表4-5 塌陷区土地复垦工程量表

序号	工程名称	单位	工程量			合计
			塌陷(TX1)	塌陷(TX2)	塌陷(TX3)	

一	土壤重构工程					
1	土地平整工程					
(1)	裂缝填充	m <sup>3</sup>	5500	3600	6200	15300
(2)	土地平整	m <sup>2</sup>	0.22	0.10	0.21	0.53
二	植被重建工程					
1	林草恢复工程					
(1)	刺槐	株	550	250	525	1325
(2)	紫花苜蓿	hm <sup>2</sup>	0.22	0.10	0.21	0.53

## 第五章 监测与管护

### 一、监测目标与措施

#### （一）监测目标

矿山生态环境监测能够实时捕捉到不稳定地质体、土地损毁演化、生态系统变化的动态信息，既为精准施策、风险预警提供科学依据，又能量化修复措施的有效性与合规性，支撑方案动态优化与验收考核；同时通过长期数据积累，衔接“山水林田湖草沙”一体化治理与“双碳”目标，助力构建“监测—评估—调整—管护”的长效机制，最终保障矿山生态修复从“问题治理”向“安全稳定、土地可用、生态健康”的可持续状态转型，是实现矿山修复成效落地、区域生态安全统筹的核心抓手。

针对地质环境问题（不稳定地质体、含水层、地形地貌景观）、土地损毁（挖损、压占、塌陷损毁）、生态问题（植被损毁、生态功能损伤、水土流失、环境污染）三大矿山生态环境问题，应当选取不同的监测方法与手段，最终达到以下目标：

1.了解以往地质环境治理工程的有效性和安全性，查漏补缺，及时修正、完善矿山生态环境治理措施；掌握矿山开采对矿区及周边地质环境的影响程度及发展变化，为矿区地质环境治理提供依据；

2.掌握采空塌陷区的地形地貌变化（塌陷范围扩展、地面沉降速率、裂缝发育程度等）、土壤质量损伤情况及生态功能退化状态，明确损毁范围、强度及演化趋势，为判断损毁风险等级提供数据支撑；

3.对照修复方案设定的土地质量标准、植被恢复目标及生态功能修复要求，系统监测复垦后地形重塑效果、土壤改良质量、植被生长状况（存活率、覆盖度、生物量）及生态服务功能（水土保持、碳汇能力等），量化复垦措施对土地生产力、生态稳定性的提升作用；

4.通过持续监测，早期识别复垦区可能出现的二次塌陷、土壤侵蚀加剧、植被退化、地下水渗漏等风险隐患，为快速响应和优化治理措施提供预警信息，避免土地损毁进一步扩大。

5.整合监测数据，分析土地损毁与复垦的内在关联，验证复垦技术的适用性和有效性，为后续调整复垦工艺、优化资源配置、建立长效管护机制提供科学依据，确保采空塌陷区土地资源可持续利用。

6.为政府管理部门检查、监督矿山生态修复费用使用情况提供依据。

## （二）主要技术措施

目前矿业活动形成 3 处塌陷（TX1、TX2、TX3），对人员可能进入塌陷影响范围内的道路路口设置警示牌、隔离栅，防止人员进入。并预留裂缝充填工程。同时组织人员定期进行巡查，及时发现问题及时处理。

## （三）监测设计

### 1. 监测范围

#### （1）不稳定地质体

监测范围为地面塌陷、地面裂缝监测范围为矿山开采对地表岩石的扰动和影响范围。

#### （2）含水层

监测范围为矿坑疏干排水对地下水的影响范围、矿区排污口、矿区附近的地表水体。

#### （3）地形地貌景观及水土资源

监测范围为本次矿山地质环境影响范围，包括矿山工程及采矿影响区。

#### （4）生态系统

监测范围为采矿影响范围，包括矿山工程及采矿影响区。

### 2. 监测内容

（1）采空区地面塌陷移动变形监测，主要为塌陷区数量、面积、塌陷坑深度、积水深度，以及地面塌陷破坏程度等。

（2）地裂缝监测：地裂缝数量、最大地裂缝长度、宽度、深度和走向等，破坏程度。

（3）含水层水量监测，主要包括矿坑涌水量、矿坑疏干排水对地下含水层结构破坏程度、含水层疏干面积、地下水降落漏斗面积以及地下疏干排水对地表水体影响。

（4）地表水水质监测，主要包括污废水类型、年产出量、年排放量、年处理量、排放去向、年循环利用量和污废水、固体废弃物堆放对水体影响程度及造成的危害。

（5）地形地貌景观及土地资源监测，主要为矿山活动对矿区地形地貌景观、土地资源的破坏面积和程度、挖填方数量及占地面积、废渣弃土规模及占地面积、地表植被覆盖程度、土壤影响和微量元素等。

（6）生态系统的监测，在矿区范围内地形地貌高分遥感数据的基础上，每年解译分析，根据解译出的信息，结合人工生态环境调查，完成每年度生态系统监测工程。

### 3. 监测方法

(1) 采空区地面塌陷、地面裂缝监测，以围岩稳定性监测和人工现场调查的方法进行。地面塌陷前兆的监测有人工蓄水（渗漏）引起的地面冒气泡或水泡、植物变形、建筑作响或倾斜、地面环形开裂、地下岩层垮落声、水点的水量、水位突变以及动物的惊恐异常现象等；地面变形监测，采用人工现场调查；地面裂缝监测主要采用人工巡查监测，对裂缝变形趋势进行分析，并采取相应的预防措施，如设置刺丝围栏和警示牌等。

(2) 含水层的监测，结合矿区实际，主要是对矿井水和陈家沟水进行水量分析，对排放水和固体废弃物浸出液进行水质分析。可采用布点量测和取样分析方法，水质监测应定期采集水样送至具备资质的单位进行测试。

(3) 地形地貌景观及土地资源的监测。矿区工程建设对地形地貌景观影响较严重，据此，应通过人工巡查、目视监测，结合钢尺量测、GPS 定位，监测矿山工程设施建设情况、固体废弃物堆放情况及地表植被破坏情况等，为了分析评价区内植被自然恢复能力，还需对植被进行覆盖度和成活率进行检查，监测其发展变化情况。

(4) 生态系统的监测，在地形地貌高分遥感数据基础上，每年做植被指数解译，根据解译出的信息，结合人工生态环境调查，完成每年度生态系统监测工程，建议矿山企业购买 2015、2020、2025—2029 年矿区遥感数据作为比对，为后期生态系统监测提供对比数据。

### 4. 监测点布设及频次

不稳定地质体的监测：根据上述监测内容和工作方法安排，在采空区受地面塌陷影响范围布设 14 处监测点（D1~D14）。

含水层破坏及水土环境影响监测：陈家沟沟口居民水井处布设水位监测点，陈家沟上、下游 200m 处布设水质监测点 2 个，3 个开采硐口矿井涌水量监测点各 1 个，临时堆矿场下游设置废渣渗滤液监测点 1 个。其中水（土）质监测 4 次/年（每季度各一次），丰水期做水质全分析，枯水期做水质简分析。各监测点位置可见附图 6，监测量见表 5-1。

### 5. 监测队伍及成果

监测队伍可由矿企技术负责人作为总负责人，由监测技术人员不少于 1 人组成矿山专职监测部门或监测作业组，负责矿山地质环境监测工作；并对监测成果进行汇总填表，调查表应按省级自然资源行政主管部门要求，定期向县级自然资源主管部门提交监测数据和成果。

## （四）技术措施

### 1.不稳定地质体监测

地表沉陷范围内的变形监测，可采用大范围的人工巡查结合局部钢尺量测的方法。

### 2.水文、水（土）质监测

主要利用矿区内的钻孔或布置地下水动态监测点。水位、水量监测分枯水期和丰水期分别进行，矿井涌水量监测可采用流量计或堰板法。水（土）质监测应定期采集样品并送至专门的化验分析中心进行。

## 二、管护目标与措施

### （一）目标任务

矿区处于陕南地区，雨水较为丰富，植被成活率相对较高。为保证实施植被恢复的复垦单元的新植植被有较高的成活率，针对受沉陷影响的土地实施土地损毁监测方案；针对复垦责任范围内的复垦后的土地等实施复垦效果监测方案；针对复垦后的林地进行管护，确定的复垦管护时间为3年。

### （二）措施和内容

#### 1.矿区土地复垦监测内容

##### （1）地貌监测

1) 原始地形信息。采矿引起了地形变化，而且采矿的进行是不断变化的。为了更好地与原始地形进行对比，需要在开采前对原始地形进行检测。

2) 土地利用状况。要保留原始的土地利用状况信息，以便对后期的变化进行追踪对比研究。主要是土地利用数据。

3) 土壤信息。包括土壤类型，以及土壤的各种理化性质等信息。

4) 耕地权属信息。采集复垦区占用的耕地和地籍信息，为占补平衡提供依据。

##### （2）土地损毁监测

对挖损、塌陷、压占等土地损毁的情况进行监测。

1) 监测方法：采用水准测量对地表移动进行测量，作业前对仪器和标尺进行检查和测定。测量采用中丝法读数，只读数据，观测采用后—后—前—前顺序，精度达到三等，观测中误差 $\leq 25\text{mm/km}$ 。

2) 水准基准点的布设和建立：水准基准点是进行地面变形监测的起算基准点。设计在矿区外部的公路上设一两个水准基准点，采用二等水准基准测定其高程，对控制点

应定期检测其稳定性。

3) 地表变形基准点的布置：沉陷区内设置观测点，变形观测点与基准点构成沉降监测网，按四等水准测量的要求进行测量。

4) 监测人员及频率：委托有资质的单位专业人员及时监测。水准基准点监测频率为两个月一次，地表变形监测频率为两个月一次；地表变形监测点监测频率为每月一次。观测记录要准确可靠，并及时整理观测资料，并与预测结果进行对比分析。

### **(3) 复垦效果监测**

#### **1) 土壤质量监测**

土地质量监测也是土地复垦效果监测的重要方面。监测复垦地土壤的物理性状变化，包括地形坡度、有效土层厚度、有机质含量、土壤容重、酸碱度、土壤侵蚀模数；监测土壤养分含量的变化，包括有机质含量、有效磷含量、有效钾含量、全氮含量等。

#### **2) 植被生长监测**

土地复垦中植被的成活率及其生长状况。土地复垦中的监测首先要保证工程的标准要达到预期目的，对复垦土地的植被进行监测，复垦为林地的植被监测内容为种植密度、高度、成活率、郁闭度；复垦为草地的植被监测内容主要为高度、覆盖度、成活率、产草量。对未成活的树种进行补种。

#### **3) 配套设施监测**

项目区内土地复垦的辅助设施为生产路和排水设施。配套设施的监测以本复垦方案的设计标准为准，监测主要内容是配套设施的稳定性、完好性和运行情况。

## **2. 矿区土地复垦监测措施**

### **(1) 塌陷区耕地复垦监测措施**

主要是对土地损毁情况、土壤质量、农田防护林状况、田间道路和生产路进行监测。土地损毁情况监测采取建立地表沉陷观测系统及实地踏勘记录的方式；土壤质量监测采用现场取样化验的方式；植被生长监测、田间道路和生产路监测主要采用实地踏勘记录的方式。

### **(2) 塌陷区林地复垦监测措施**

主要是对土地损毁情况、林地生长状况进行监测。土地损毁情况监测采取建立地表沉陷观测系统及实地踏勘记录的方式；植被生长监测主要采用实地踏勘记录的方式。

### **(3) 工业场地、临时堆矿场、平硐及回风斜井复垦区监测措施**

主要是对土地损毁情况、土壤质量、防护林状况和生产路进行监测。土地损毁情况

监测主要采取建立地表沉陷观测系统及实地踏勘记录的方式；土壤质量监测采用现场取样化验的方式；生产路监测主要采用实地踏勘记录的方式。

### 3. 矿区土地复垦管护措施及内容

由于本项目区生态环境相对脆弱，受人工干扰程度较大，因此土地复垦能否达到预期效果的保障在于管护，即通过合理管护，提高植物成活率，达到预期复垦效果。

#### (1) 林地管护措施

##### 1) 水分管理

苗木栽植后，可通过植树带内植树行间和行内的锄草松土，防止幼树成长期遇干旱天气。项目区年均降雨量 831mm，雨水较为丰富，能够保证植树自然成活，因此仅在苗木栽植时，进行水分管理。

##### 2) 修枝与剪伐

修枝是调节林木内部营养的重要手段，通过修剪促进主干生长，减少枝叶水分与养分的消耗，提高林木的干材质量。剪伐可以增加通风透光、减少水分消耗。修枝间伐是木本植物生长过程中必不可少的抚育措施。

##### 3) 林木病虫害防治

对于林带中出现各类树木的病、虫、害等要及时进行管护。对于病株要及时砍伐防止扩散，对于虫害要及时地施用药品来控制虫害的发生。要定期对林草病虫害及缺肥症状进行观察、记录，一旦发现，立即采取喷药或施肥等相应措施进行防治。同时做好林木抚育工作，搞好护林防火等工作。

## 三、工程量

### 1. 地质环境监测工程量

矿山地质环境监测点布设情况及监测工程量见表 5-1。

表 5-1 矿山地质环境监测工程量表

项目	监测点编号	位置	监测内容	监测方法	监测频次	前5年监测次数(次)	中后期监测次数(次)
不稳定地质体	D1-D14	地面塌陷影响范围	采区地面塌陷、裂缝	钢卷尺测量、人工观测	每月巡查一次	816	1512
含水层监测	S1-S6	陈家沟、平硐口	含水层的水质和涌水量	简分析、全分析	每季度一次	80	144
水环境影响	M1-M6	水井、陈家沟、平硐口	水质	全分析	每季度一次	140	616

项目	监测点编号	位置	监测内容	监测方法	监测频次	前5年监测次数(次)	中后期监测次数(次)
土壤影响	W1	临时堆矿场	物理破坏和土壤元素的变化	影响性监测	每季度一次	20	88
地形地貌		全区	地形地貌	无人机监测	每年两次	10	18
生态系统		全区		遥感信息解译	每年一次	5	9

## 2. 土地复垦监测工程量

本方案设置 12 个监测点,配置监测人员 2 人。各复垦单元监测工程量汇总见表 5-2,各复垦单元管护工程量见表 5-3。略阳县金家河磷矿拟损毁区复垦规划图见附图五。

表 5-2 各复垦单元监测工程量汇总表

复垦单元	一级项目	二级项目	三级项目	监测频次(次/年)	监测点个数(个)	监测持续时间(年)	工程量(次)
耕地复垦单元	监测与管护工程	监测工程	地表变形监测	12	15	2	360
			土壤质量监测	1	8	2	16
			复垦效果监测	6	6	2	72
		管护工程	复垦成果管护	6	6	3	108
			管护期满后移交当地土地权属单位或相关政府部门				
林地复垦单元	监测与管护工程	监测工程	地表变形监测	12	28	2	672
			复垦效果监测	6	28	2	336
		管护工程	植被抚育和场地管理	6	15	3	270
其他用地	监测工程	监测工程	地表变形监测	12	20	2	480
			复垦效果监测	6	10	2	120

备注:地面变形监测点个数为相应图斑合计总数。

## 3. 土地复垦管护工程量

表 5-3 管护工程量表

管护区域	管护方法	管护面积 (hm <sup>2</sup> )	管护次数
林地	喷药、施肥、平茬、收割	8.30	植树后及时灌水 2~3 次,第一次灌溉应确保水能渗透根部,一般为一周浇灌一次,成活后视旱情及时浇灌;喷药每月一次。每年冬季应施一次有机肥,每年 5—7 月应追施一次复合肥。

## 第六章 工程部署与经费估算

略阳县金家河磷矿矿区生态修复应始终贯彻“预防为主、防治结合”的原则，预防保护措施先行，治理工程应按照轻重缓急的原则，对不同类型、不同危害程度采取相应的治理工程，对地面塌陷治理在稳沉期内以监测为主，实施初步治理，待基本稳沉后再进行全面工程治理；对含水层破坏修复以监测工程为主；对废石场的治理在底部修建挡墙，在废石场周围修建截排水沟；开采结束并稳沉后，对遗留问题进行全面有效的治理和生态恢复；矿山生态监测应贯穿整个方案服务年限。

### 一、总体部署

根据矿山地质环境治理分区和土地复垦单元划分，针对工程建设活动引发矿山地质环境问题的特点和造成危害程度、矿山生产进度及土地损毁情况等因素，采取有效的防治措施，把矿区生态修复的工程措施与监测预警措施、永久性保护措施和临时性措施有机结合起来，合理确定矿区生态修复方案的总体布局，以形成完整的、科学的矿山生态修复体系。最终达到改善生态环境的目的，实现社会、经济、自然的协调发展。

矿山开采年限为 8.7a，按 9.0 年计算，考虑后期间闭坑期 2a，植被管护期 3a，因此，矿区生态修复总的服务年限为 14a。可划分为第一阶段（2026 年—2030 年）、第二阶段（2031 年—2036 年）、第三阶段（2037 年—2039 年）三个阶段进行。

#### （一）总体目标任务

总体目标包括：

沉陷土地复垦率 100%

植被恢复率 $\geq$ 97%

林草植被覆盖率 $\geq$ 77%

不稳定地质体（地面塌陷）治理率 100%

#### （二）总体工作量

生态修复工程涵盖以下主要任务：

##### 1.地质环境治理

对矿区范围内的三处废石场的下部修建挡墙，周围修建截排水沟；对塌陷范围内产生的裂缝，进行充填处理。

##### 2.土地复垦与植被恢复

对沉陷区进行整平、填充、覆土、植被重建；废石场表层挖高填低，植被重建；

工业场地、临时堆矿场等进行绿化补植；  
采用“自然恢复+人工修复”结合方式，优先自然恢复。

### 3.基础设施修复

道路等随沉随修；路基进行加固、扶正、重建。

### 4.地质环境监测

布设监测点，监测地下水水质、地表水流量、地面沉陷、地裂缝等；  
建立长期监测体系，覆盖全服务期。

## （三）实施计划

### 1.第一阶段（2026年—2030年）

主要针对现有不稳定地质体和损毁土地，结合未来几年采矿过程中可能出现的矿山地质环境问题及土地损毁情况，具体工作部署包括以下几方面内容：

#### （1）矿山环境恢复治理

##### ①废石场治理

现有的三处废石场在坡脚处修建挡墙，在废石场的上游修建截排水沟，并在坡脚处设置警示牌。

##### ②地面塌陷治理

根据现有采空区地表变形情况及植被恢复状况，后期岩石移动范围内地面塌陷隐患治理时以监测和警示为主，结合人工巡查和植被自然恢复。

##### ③建立完善的地表变形监测体系

在地表岩石移动范围内结合人工巡查布置网状监测点，建立采空区地面变形观测、河道及巷道水量监测和预警预报体系。

##### ④生态系统的监测

对矿区内地形地貌、生态系统和植被多样性进行监测

#### （2）土地复垦

##### ①对上期遗留未复垦区域和复垦不彻底的地段进行土地复垦

对不继续使用场地进行土地平整、表土回覆、植被重建工程、配套工程。

##### ②监测与管护

对复垦后的废石场进行监测与管护；对已复垦的其他区域进行监测与管护。

### 2.第二阶段（2031年—2036年）

#### （1）矿山地质环境治理

①完善矿山不稳定地质体与矿山环境监测网络，优化矿山不稳定地质体预警预报体系，建立完善的监测网络、信息系统和预警体系；

②注意对前期已实施的治理工程进行养护，土地复垦治理工程以恢复土地的正常生产功能为主；

③对岩石移动范围可能进行地表警示；

## （2）土地复垦

### ①临时堆矿场复垦

对临时堆渣场进行土地平整、表土回覆、植被恢复、配套工程等。

### ②工业场地复垦

对拆除后的工业场地进行清理工程、土地翻耕、土地平整、表土回覆、植被重建等工程。

### ③沉陷区治理

对已形成的沉陷区进行土壤剥覆、裂缝填充、植被恢复。

④对复垦后的废石场、临时堆矿场等进行监测与管护。

## 3.第三阶段（2037年—2039年）

### （1）矿山地质环境治理

封堵、拆除井口等废弃的矿区设施及临时建筑物，保留部分可再利用的地面建筑，清除场地垃圾，恢复部分临时占用的土地，对各种遗留的矿山地质环境问题和损毁土地进行全面治理。

### （2）土地复垦

工业场地、进行拆除，对工业场地、临时堆矿场进行复垦，对岩移范围内受损道路进行修复，对其他各类受损土地进行全面复垦，对复垦区的林地进行管护补种并监测。

## 二、总体经费估算

### （一）经费估算依据

#### 1.矿山地质环境恢复治理工程预算编制依据

（1）《陕西省水利工程概（估）算编制规定》《陕西省水利建筑工程概算定额》（2024年修正）（陕水规计发〔2024〕107号）；

（2）《陕西省水利工程施工机械台班费定额》（陕水规计发〔2024〕107号）；

（3）《测绘生产成本费用定额计算细则（2009版）》（财建〔2009〕17号）；

(4) 国家发展和改革委员会《关于进一步放开建设项目专业服务价格的通知》(发改价格〔2015〕299号)；

(5)《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)；

(6)《水利部办公厅关于调整水利工程计价依据增值税计算标准的通知》(办财务函〔2019〕448号)；

(7)《陕西水利水电工程营业税改增值税计价依据调整办法》(陕水规计发〔2016〕353号)；

(8)《汉中市工程造价管理信息》(2025年第10期)；

(9)《地质调查项目预算标准(2021)》；

(10)《建设工程监理与相关服务收费管理规定》(发改价格〔2007〕670号)；

## 2. 土地复垦工程预算编制依据

(1)《地质调查项目预算标准(2021)》；

(2)《土地复垦方案编制规程 第1部分：通则》(TD/T 1031.1—2011)；

(3)《土地开发整理项目预算编制规定》(财综〔2011〕128号)；

(4)《土地开发整理项目施工机械台班费定额》(财综〔2011〕128号)；

(5)《土地开发整理项目预算定额》(财综〔2011〕128号)；

(6)《土地开发整理项目预算定额标准的通知》(财综〔2011〕169号)；

(7)《关于调整房屋建筑和市政基础设施工程工程量清单计价综合人工单价的通知》(陕建发〔2021〕1097号)；

(8)《水土保持工程概算定额》(水总〔2024〕323号)；

(9)《陕西省土地开发整理项目预算定额》(2004年)；

(10)《招标代理服务收费管理暂行办法》(计价格〔2002〕1980号)；

(11)《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)

## (二) 单项工程量及其经费估算

### 1. 矿山地质环境治理工程经费估算

根据上述矿山地质环境治理工程量、单价和其他费用标准，计算略阳县金家河磷矿矿区生态修复方案服务期内矿山地质环境保护与恢复治理工程估算总投资为233.49万元，其中建筑工程180.88万元，临时工程费为10.08万元，独立费用工程34.46万元，

预备费 22.54 万元，（见表 6-1，详见估算书）。

适用期矿山地质环境治理工程估算总投资为 74.84 万元。

略阳县金家河磷矿采用地下开采方式，浅孔留矿采矿法采矿。根据矿山开采方式和采矿方法，确定矿山开采地质环境影响系数为 1.0。

表 6-1 矿山地质环境治理工程投资总估算表

单位：万元

序号	投资或费用项目名称	建筑和安装工程投资	设备费	临时工程费	独立费用	合计	占工程部分总投资 (%)
1	工程部分投资	180.88				180.88	77.47
1.1	建筑工程投资	180.88				180.88	77.47
1.1.1	废石场治理工程	57.79				57.79	24.75
1.1.2	塌陷治理工程	34.27				34.27	14.68
1.1.3	地面景观治理	6.16				6.16	2.64
1.1.4	矿山地质环境监测	82.66				82.66	35.40
2	临时工程费			10.08		10.08	4.32
3	独立费用				34.46	34.46	14.76
3.1	建设管理费				19.99	19.99	8.56
3.2	生产准备费				0	0	
3.3	科研勘察设计费				14.47	14.47	6.20
3.4	其他						
4	预备费				22.54	22.54	9.65
4.1	基本预备费				22.54	22.54	9.65
4.2	价差预备费						
5	建设期融资利息						
	工程部分静态投资					233.49	100.00
	工程部分总投资					233.49	100.00

## 2. 土地复垦工程经费估算

本项目根据土地复垦总工程量，测算复垦静态、动态总投资额。本项目土地复垦静态投资总额 136.17 万元，其中工程施工费 100.60 万元；其他费用 23.19 万元；基本预备费 12.38 万元。复垦土地总面积为 8.37hm<sup>2</sup>，复垦土地亩均静态投资为 10845.88 元/亩。土地复垦投资估算总表见表 6-2。

适用期土地复垦工程估算总投资为 26.47 万元。

表 6-2 土地复垦投资估算总表

序号	工程或费用名称	预算金额(万元)	各项费用占总费用的比例(%)
	-1	-2	-3
1	工程施工费	100.6	73.88
2	设备费	0	0.00
3	其他费用	23.19	17.03
4	预备费	12.38	9.09
	总投资	136.17	100.00

### (三) 总工程量及其经费构成

本《方案》生态修复费用静态总投资 369.66 万元，其中：

(1) 矿山地质环境治理工程估算总投资为 233.49 万元，其中建筑工程 180.88 万元，临时工程费为 10.08 万元，独立费用工程 34.46 万元，预备费 22.54 万元，按照矿山的可采矿石量为  $201.63 \times 10^4 \text{t}$ ，平均吨矿石投资 1.84 元（矿区生态修复费用静态总投资 ÷ 可采矿石量）。

(2) 本项目土地复垦静态投资总额 136.17 万元，其中工程施工费 100.60 万元；其他费用 23.19 万元；基本预备费 12.38 万元。复垦土地总面积为  $8.37 \text{hm}^2$ ，复垦土地亩均静态投资为 10845.88 元/亩（复垦静态投资 ÷ 复垦土地总面积）。

(3) 适用期矿区生态修复费用合计为 101.31 万元。其中，地质环境治理总费用为 74.84 万元，土地复垦总费用为 26.47 万元。

## 三、阶段工作任务与经费安排

### (一) 阶段工作任务

矿区生态修复工作阶段总体安排，见表 6-3。

### (二) 近年工作任务与经费进度安排

近期矿区生态修复工作安排及经费安排见表 6-4。

表 6-3 矿区生态修复工作总体规划

阶段	规划年度	矿区生态修复		主要工程量
第一阶段	2026~2030	矿山地质环境治理工程	在三处废石场下部修建挡墙，周围修建截排水沟； 建立矿山地质环境监测体系并对矿山地质环境进行监测。	1.开挖土石方 487.7m <sup>3</sup> ；2.浆砌石 612.2m <sup>3</sup> ；3.水泥砂浆 1044m <sup>3</sup> ；4.PVC管 593m；5.回填土方 73.8m <sup>3</sup> ；6.设置警示牌 7 块；7.监测点设置 20 个；8.开展不稳定地质体监测 840 次；9.开展水质全分析 46 次；10.水质简分析 46 次；11.无人机巡查 56 次；12.遥感解译生态全分析 5 次。
		土地复垦工程	建立土地复垦监测体系；对上期复垦不彻底的地段和不继续使用的场地进行复垦、植树并进行植被管护。	1.场地平整 2100m <sup>3</sup> ；2.表土运输 2100m <sup>3</sup> ；3.表土覆盖 2100m <sup>3</sup> ；4.土地翻耕 2.86hm <sup>2</sup> ；5.土壤培肥 2.86hm <sup>2</sup> ；6.种植刺槐 1650 株；7.撒播紫花苜蓿 2.86hm <sup>2</sup> ；8.管护林地 2.86hm <sup>2</sup> ；9.原状地貌监测 6 次；10.土地损毁监测 604 次；11.土壤质量监测 14 次；12.复垦效果监测 28 次。
第二阶段	2031~2036	矿山地质环境治理工程	对采区岩石移动范围内用栅栏进行围挡和警示防护；矿山地质环境监测。	1.设置隔离栅 424m；2.设置警示牌 14 块；3.监测点设置 12 个；4.地质环境监测 1348 次；5.水量、水位监测 1105 次；6.水质全分析 410 次；7.水质简分析 400 次；8.人工巡查 72 次；9.遥感解译生态全分析 6 次。
		土地复垦工程	按照开采进度对岩移范围内的损毁土地进行复垦和植被管护。	1.裂缝充填 15300m <sup>3</sup> ；2.土地平整 5.28m <sup>2</sup> ；3.种植刺槐 3000 株；4.撒播紫花苜蓿 5.28hm <sup>2</sup> ；5.土地损毁监测 908 次；6.管护林地 5.28hm <sup>2</sup> 。
第三阶段	2037~2039	矿山地质环境治理工程	5 处硐口进行封堵； 地质环境监测。	1.浆砌石 216m <sup>3</sup> ；2.水泥砂浆 36m <sup>3</sup> ；3.地质环境监测 396 次；4.水量、水位监测 180 次；5.水质全分析 30 次；6.水质简分析 30 次；7.人工巡查 36 次；8.遥感解译生态全分析 3 次。
		土地复垦工程	工业场地、临时堆矿场进行拆除，对工业场地和临时堆渣场进行复垦，对岩移范围内损毁的土地进行修复，对其他各类受损土地进行全面复垦。	1.拆除建筑物 2810m <sup>3</sup> ；2.场地清理 2810m <sup>3</sup> ；3.建筑垃圾清运 2810m <sup>3</sup> ；4.土壤回覆 6300m <sup>3</sup> ；5.场地平整 7890m <sup>2</sup> ；6.表土运输 6300m <sup>3</sup> ；7.土壤培肥 2.64hm <sup>2</sup> ；8.种植刺槐 26875 株；9.撒播紫花苜蓿 2.64hm <sup>2</sup> ；10.土地损毁监测 48 次；11.土壤质量监测 352 次；12.复垦效果监测 352 次；13.管护林地 2.64hm <sup>2</sup> 。

表 6-4 近期矿区生态修复工作安排及投资计划表

实施年度	工作任务	主要工作措施及工程量	工程静态投资 (万元)	
			分项	合计
第一年	对三处废石场下部修建挡墙,并在上部修建截排水沟; 建立矿山地质环境监测体系并对矿山地质环境进行监测。	1.开挖土石方 487.7m <sup>3</sup> ; 2.浆砌石 612.2m <sup>3</sup> ; 3.水泥砂浆 1044m <sup>3</sup> ; 4.PVC管 593m; 5.回填土方 73.8m <sup>3</sup> ; 6.设置警示牌 7 块; 7.监测点设置 20 个; 8.开展不稳定地质体监测 168 次; 9.开展水质全分析 10 次; 10.水质简分析 10 次; 11.无人机巡查 12 次; 12.遥感解译生态全分析 1 次。	60.40	73.33
	建立土地复垦监测体系;对前期遗留废石场进行土地复垦,进行原状地貌监测、土地损毁监测、复垦效果监测。	1.场地平整量 2100m <sup>3</sup> ; 2.表土运输量 2100m <sup>3</sup> ; 3.表土覆盖量 2100m <sup>3</sup> ; 4.土地翻耕 0.70hm <sup>2</sup> ; 5.土壤培肥 0.70hm <sup>2</sup> ; 6.种植刺槐 1650 株; 7.撒播紫花苜蓿 0.70hm <sup>2</sup> ; 8.管护林地 0.70hm <sup>2</sup> ; 9.进行原状地貌监测 6 次; 10.土地损毁监测 120 次; 11.土壤质量监测 6 次; 12.复垦效果监测 12 次。	12.93	
第二年	对矿山地质环境进行监测。	1.开展不稳定地质体监测 168 次; 2.水、土质全分析 8 次; 3.水质简分析 8 次; 4.无人机巡查 10 次; 5.遥感解译生态全分析 1 次。	3.71	7.20
	进行土地损毁监测、复垦效果监测。	1.土地损毁监测 120 次; 2.土壤质量监测 2 次; 3.复垦效果监测 4 次; 4.管护林地 0.70hm <sup>2</sup> 。	3.49	
第三年	对矿山地质环境进行监测。	1.开展不稳定地质体监测 168 次; 2.水、土质全分析 10 次; 3.水质简分析 10 次; 4.无人机巡查 12 次; 5.遥感解译生态全分析 1 次。	3.76	7.14
	进行土地损毁监测、复垦效果监测。	1.土地损毁监测 124 次; 2.土壤质量监测 2 次; 3.复垦效果监测 4 次; 4.管护林地 0.28hm <sup>2</sup> 。	3.38	
第四年	对矿山地质环境进行监测。	1.开展不稳定地质体监测 168 次; 2.水、土质全分析 8 次; 3.水质简分析 5 次; 4.无人机巡查 10 次; 5.遥感解译生态全分析 1 次。	3.40	6.66
	进行土地损毁监测、复垦效果监测。	1.土地损毁监测 116 次; 2.土壤质量监测 2 次; 3.复垦效果监测 4 次; 4.管护林地 0.26hm <sup>2</sup> 。	3.26	
第五年	对矿山地质环境进行监测。	1.开展不稳定地质体监测 168 次; 2.水、土质全分析 10 次; 3.水质简分析 5 次; 4.无人机巡查 12 次; 5.遥感解译生态全分析 1 次。	3.57	6.98
	进行土地损毁监测、复垦效果监测。	1.土地损毁监测 124 次; 2.土壤质量监测 2 次; 3.复垦效果监测 4 次; 4.管护林地 0.22hm <sup>2</sup> 。	3.41	
合 计			101.31	101.31

## 第七章 保障措施与公众参与

### 一、保障措施

#### (一) 组织保障

强有力的组织机构，是落实完成方案的保证。本方案由陕西邦田化工有限公司组织实施。矿山企业应把矿区生态修复列为矿山日常管理工作的重点，严格按照有关法律法规、相关标准及方案设计开展各项工作，不得随意调整和变更；自然资源主管部门负责项目实施的指导、监督、管理。为保证全面完成各项治理措施，必须重视并完成以下工作：

1.建立健全组织机构及管理制度。矿山企业应建立健全矿区生态修复工作的组织机构，加强对本方案实施的组织管理和行政管理，制定严格的管理制度，实行法人负责制，矿山企业法人是矿区生态修复的第一责任人。

2.成立略阳县金家河磷矿矿区生态修复项目领导机构，负责该矿区生态修复项目组织和实施领导小组组成如下：

第一责任人：陕西邦田化工有限公司，法人代表：韩昌

组长：韩乔林

副组长：副总经理、总工程师

其他成员因矿山目前正在改建，需待定，初步计划如下：

主管部门：矿山生态修复部

组员有：行政办公室主任（负责招标）、工程技术部经理（负责技术及施工）、财务总监（负责费用提取及下拨）、物资能源部经理（负责物资供应）、安全员、环保员、矿山地质环境监测专员等。

3.矿山生态修复部为矿山地质环境保护、土地修复工作的职能部门，具体负责矿区生态修复管理体系的建立，制定矿区生态修复的管理办法、地质环境事故的应急处理预案、工程措施的组织实施和相关制度知识、管理办法的宣传、培训工作等。

4.接受行政主管部门的监督、管理。陕西邦田化工有限公司应了解在工程项目建设及运行期间，各级自然资源行政主管部门的主要职责，加强同省、市、县自然资源主管部门的沟通、联系，做好企业矿区生态修复工作。同时，接受各级自然资源行政管理部门的管理、监督、技术指导和审核、验收等工作。

5.在实施矿区生态修复措施时，建议聘请矿山地质环境、土地复垦方面专家进行指

导工作，以加强矿山地质环境保护工作，促进矿山可持续发展。

## （二）费用保障

根据“谁损毁谁复垦”及“谁开发谁保护，谁破坏谁治理，谁投资谁受益”的原则，矿区生态修复资金来源为矿山企业自筹。

根据陕西省自然资源厅、陕西省财政厅、陕西省生态环境厅2024年12月31日印发的《陕西省矿山地质环境治理恢复与土地复垦基金实施办法》的通知（陕自然资规（2024）1757号），矿山企业应在银行设立专用账户，单独设置矿区生态修复基金科目，每月按照原矿销售收入、开采矿种系数、开采方式系数、地区系数等综合提取基金。

基金计提数额=原矿月销售收入×矿种系数×开采系数×地区系数，略阳县金家河磷矿开采矿种为磷矿（非金属矿产），根据通知要求，各系数取值如下：

矿种系数取1.8%（化工类矿产），开采系数取1.0（空场法），地区系数取1.2（陕南地区）。根据《开发利用方案》最终产品平衡表，结合当地矿石供需情况及对未来磷矿矿石市场需求的预测分析，确定本项目磷矿矿石坑口的当量不含税售价为150元/吨。按照售价150元/吨计算，略阳县金家河磷矿近期各年提取基金数额见表8-1。

表8-1 略阳县金家河磷矿近期各年提取基金一览表

月销售量 (万吨)	销售价 (元/吨)	矿种系数	开采系数	地区系数	月提取基金 (万元)	占销售收入	元/吨
2.08	150	1.8%	1.0	1.2	6.74	2.16%	3.24

即近期每吨矿石提取基金量为3.24元，月提取基金数为6.74万元。本《方案》矿区生态修复投资总费用为369.66万元，折合吨矿石费用为1.84元/吨，低于“陕自然资规（2024）1757号”的规定。因此，基金提取费用按照3.24元/吨计提，计提费用能够满足矿区生态修复的资金需求。

矿山企业应在闭坑的前一年提取足额基金用于矿山范围内尚未实施的矿区生态修复及管护工程。矿山企业年度提取的基金累计不足以支付本年度矿区生态修复费用的，或低于本《方案》中估算的年度矿区生态修复费用的，应以本年度实际所需费用或《方案》中估算年度费用进行补足。

基金提取后应及时用于矿区生态修复工程，不得挤占和挪用。按要求完成矿区生态修复工程任务后的年度结余资金可转接下年度使用。

矿山企业不履行矿区生态修复义务或者履行不到位且拒不整改的，可由自然资源主管部门委托第三方进行治理，该费用从矿山企业提取的基金中列支。

### （三）技术保障

1.根据项目工作要求，选派有经验的技术人员组成施工部，按照指挥部的统一部署和设计要求开展工作。

2.在实施过程中加强与方案编制技术人员的沟通，对治理与复垦过程中出现的问题及时解决，及时与方案编制人员沟通，对复垦报告进行修改或重新编制；

3.配备性能良好的交通运输工具、通信工具、测量仪器及其他生产设备，分析测试任务由具有相关资质的实验室承担，图件制作采用先进的数字化处理系统及机助成图系统，确保工程质量。

4.加强施工过程监理，关键工序聘请专家指导，不断改进复垦方法、提高复垦技术水平；

5.生产过程中严格实施质量三检制度（自检、互检、抽检），确保工程质量，争创优质工程。

6.在项目实施过程中，严格按照技术规范、规程及设计书、施工方案要求操作，对项目全过程进行质量监控，不允许出现不合格的原材料、中间成果和单项工程，确保最终成果的高质量。

7.制定《质量责任制考核办法》，并依据《办法》对各作业组、作业人员定期进行质量责任制考核，确保质量目标实现。

8.随时接受主管单位和其他有关部门的监督、检查和指导。

### （四）监管保障

1.落实阶段生态修复费用，严格按照方案的年度工程实施计划安排，分阶段有步骤地安排生态修复项目资金的预算支出，定期向项目所在地县级以上自然资源主管部门报告当年生态修复情况，接受县级以上自然资源主管部门对工程实施情况的监督检查，接受社会监督。

2.加强对未利用土地的管理，严格执行《陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿矿区生态修复方案》。

3.土地复垦前，自然资源管理部门组织进行项目区内土地权属调查确认和登记。土地复垦后再进行土地权属调整和分配，确保土地复垦工作的顺利进行。按照方案确定的年度进度安排逐地块、逐区域落实，对土地开发复垦实行统一管理。

4.土地复垦工程实施严格的招投标与目标责任制度，施工中应进行工程监理，同时，

如果工程有重大变更，应进行变更报批，严格审核；实行严格的工程验收制度；生态修复工程严格按照“矿区生态修复方案”的技术要求执行，制定严格的工程考核制度。

5.坚持全面规划，综合治理，要治理一片见效一片。在工程建设中严格实行招标制，按照公开、公正、公平的原则，择优选择施工队伍以确保工程质量，降低工程成本，加快工程进度。

6.自然资源管理部门建立企业信誉档案，全面记录企业资金提取使用、生态修复施工单位工程施工情况等信息，为以后进行矿区生态修复有效管理提供依据。

## 二、公众参与

生态修复中的公众参与是土地复垦实施单位、项目建设单位和报告编制单位通过某种方式与当地的土地管理部门、财政部门、项目区周边区域公众等进行的一种双向交流，其目的是搜集各个部门及各类公众对土地复垦工作的方案编制期、方案实施期、工程竣工验收期等各个环节的意见和建议，使土地复垦工作更为完善，将公众的具体要求反馈到工程设计和项目管理中，为土地复垦实施和土地主管部门决策提供参考意见，明确土地复垦的可行性。土地复垦中的公众参与特点主要体现在其全面性和全程性上。

生态修复是一项庞大的系统工程，为了动员社会资金的投入，需要加大引导公众参与土地复垦工作的力度，积极宣传土地复垦的法律法规和相关政策，使社会各界形成复垦土地、保护生态的共识。要深入开展土地基本国情和国策教育，加强土地复垦法规和政策宣传，提高全社会对土地复垦在全面建成小康社会，实施可持续发展战略，保护和建设生态环境中重要作用的认识。树立依法、按规划进行土地复垦的观念，增强公众参与和监督意识。

公众参与能有效地让公众了解建设项目的内容，使该建设项目可能引起的重大环境、生态等问题在土地复垦方案中得到辨析，有利于土地复垦工作的进行，充分考虑公众的看法和意见，起到公众监督的作用。因此，实施公众参与，可提高方案的有效性，并在公众参与的活动中提高本地居民的环保、安全意识。

### （一）方案编制前公众参与

为了解本工程项目所在区域公众对本工程项目的态度，本方案在编制之前进行了公众参与调查，在矿方的支持与配合下，编制单位走访了项目区内涉及的村庄，对项目进行了公示。向当地居民详细介绍了项目的性质、类型、规模以及国家相关土地复垦政策，如实向公众阐明本项目可能产生的地表塌陷及土地损毁；介绍了项目投资、建成后给企

业带来的经济效益以及对促进地方经济发展的情况。

根据当地的经济、文化水平，确保被调查人员对土地复垦及该矿山建设项目有一定的了解。通过散发公众参与调查表的形式，向项目区各方及矿区内村落发放调查表 20 份，收回有效问卷 18 份，回收率 89%。问卷调查对象包括项目影响区的工、农、商等各界公众，其中接受高等教育者 2 人；接受中等教育者 4 人；接受初等及以下教育者 12 人。工作人员在发放公众参与调查表时向居民简要介绍了项目情况及拟采取的复垦措施，征求居民对本项目的意见。

被调查人群中对该项目均有一定的了解，92%支持该工程建设；8%的公众持无所谓态度，无不支持者。

根据调查，当地居民认为本项目拟采取的复垦措施比较合理，支持本项目建设，没有反对意见。同时认为项目的建设将对当地生态环境造成一定影响，希望采取相关措施进行土地复垦：

- 1.土地复垦以恢复原有土地利用现状为主，特别是要恢复旱地耕种功能；
- 2.植被恢复选择当地物种；
- 3.磷矿投产后，企业招工建议尽量照顾当地居民，促进当地经济发展。

## （二）方案编制期间公众参与

方案编制期间，业主单位委托我院编制生态修复方案时表示，在保证复垦目标完整、复垦效果理想的前提下，兼顾企业生产成本，尽可能减轻企业负担。为此，方案编制人员在编制过程中不断地与业主交换意见，并在方案初稿编制完成后交予业主单位审阅。

## （三）复垦实施期间公众参与

在随后的复垦计划实施、复垦效果监测等方面仍需建立相应的参与机制，同时尽可能扩大参与范围，从现有的土地权利人及相关职能部门扩大至整个社会，积极采纳合理意见，积极推广先进的、科学的复垦技术，积极宣传土地复垦政策及其深远含义，努力起到模范带头作用。

### 1.组织人员

方案编制技术人员应与矿方技术人员进行长期的、积极有效的合作，在复垦实施过程中和管护期间，建立相应的公众参与机制，积极调动公众的参与热情。

### 2.参与方式

为保证全程全面参与能有效、及时反馈意见，需要制定多样化的参与形式，如张贴

公告、散发传单、走访等手段，确保参与者充分知晓项目计划、进展和效果。

### 3.参与人员

在群众方面，除继续对方案编制前参与过的群众进行宣传，鼓励他们继续以更大的热情关注土地复垦外，还要对前期未参与复垦中的群众（如外出务工人员）加大宣传力度，让更多的群众加入公众参与中来。

在政府相关职能部门方面，除继续走访方案编制前参与过的职能部门外，还应加大和扩大重点职能部门的参与力度，如自然资源局、生态环境局和审计局等。

在媒体监督方面，应加强与当地电视台、网站、报社等媒体的沟通，邀请他们积极参与进来，加大对复垦措施落实情况的报道（如落实不到位更应坚决予以曝光），形成全社会共同监督参与的机制。

## （四）参与时间和内容

### 1.复垦实施前

根据本方案确定的复垦时序安排，在每次制订复垦实施方案时进行一次参与式公众调查，主要是对损毁土地面积、损毁程度和临时土地保护措施（如表土堆放场等）实施效果进行调查。

### 2.复垦实施中期和管护期

复垦实施中期每年进行一次参与式公众调查，主要是对复垦进度、复垦措施落实和资金落实情况、复垦实施效果进行调查。管护期间应每季度进行一次公众调查，主要是对复垦效果、管护措施和管护资金落实情况进行调查。如遇大雨等特殊情况下应增加调查次数。

### 3.复垦监测与竣工验收

复垦监测结果应每年向公众公布一次，对公众质疑的地方，应及时重新核实并予以说明，同时严肃查处弄虚作假问题。县自然资源局进行验收时，除组织相关专家外，也应邀请部分群众代表参加，确保验收工作公平、公正和公开。

### 4.复垦后的土地使用权属分配

对于征用的土地，复垦结束后应及时归还土地权利人。对于征收的土地，希望复垦后归还原土地权利人或租给当地农牧民耕种（永久建设用地除外）。

## 三、效益分析

陕西邦田化工有限公司略阳县金家河磷矿矿区生态修复方案实施后，将形成综合防

护体系，显著降低因磷矿开采引发的、地形地貌景观破坏以及压占土地资源等矿山不稳定地质体所造成的经济损失，尽量恢复被破坏的植被，有效地治理土地资源破坏，遏制矿山生态环境的日趋恶化，改善开采区及其周边地区生产和生活环境，打造绿色矿山，并促进当地的社会经济发展。

矿山地质环境保护与恢复治理效益包括社会效益、环境效益、经济效益三个方面。

### （一）社会效益

矿区生态修复可以通过减少和预防不稳定地质体对人民生命财产的威胁，达到防灾减灾的目的。同时，通过对矿山地质环境的保护、治理，可以改善矿区的生态环境，保证矿山开发和生态环境可持续发展，从而在一定程度上缓解人际关系的压力。

1. 防灾减灾已成为当前我国维系社会稳定、促进经济发展、减少国家和人民的生命财产损失、构建和谐社会和实施可持续发展战略的重要任务。其主要措施是提前预防、避让和治理相结合。矿区进行矿山地质环境保护与恢复治理，保障了矿区周边道路通行顺畅和过往行人的安全，可减少和预防不稳定地质体对人民生命财产的威胁，这对当地实施防灾减灾工作有一定的推动作用。

2. 矿区生态修复，可增加部分当地居民就业，从而增加农民的收入，加快当地农村现代化进程，缩小了城乡差距，有利于社会的团结和稳定，促进社会进步。

3. 本项目矿区生态修复方案实施后，可以减少矿区开采工程带来的新增水土流失，减轻所造成的损失和危害，能够确保矿山的安全生产。

4. 矿区复垦能够减少生态环境破坏，为工程建设区的绿化创造了良好的生态环境，有利于矿区职工以及附近居民的身心健康，从而能够提高劳动生产率。

5. 本工程土地复垦项目实施后，通过恢复林草植被面积，对改善项目区建设影响范围及周边地区的土地利用结构起到良好的促进作用，从而促进当地林、牧业协调发展。

综合可见，本复垦项目对当地社会发展具有较大的促进作用和较好的社会可行性。

### （二）环境效益

1. 矿区生态修复工程的实施可以促进矿区生态环境建设和生态环境的改善，保护土地，防止土地生态条件恶化，促进农业良性循环。

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，增加动物群落内多样性，达到植物与动物群落

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、种草等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。用置换成本法来计算防护林净化空气的生态服务价值。

### （三）经济效益

矿区生态修复工程的实施，切实预防和减少了不稳定地质体对人民生命财产的损失，同时具有一定的经济效益。具体表现在以下方面：

1.略阳县金家河磷矿矿区生态修复的实施，需要人力、物力，一定程度上可以增加部分当地居民就业，增加当地农民收入。

2.略阳县金家河磷矿矿区生态修复的实施，可减少不稳定地质体对人民生命财产的威胁，也就减少了损失。

3.土地复垦工程的经济效益体现在直接经济效益及间接经济效益两个方面。其中，直接经济效益是指通过土地复垦工程对土地的再利用带来的农业产值。间接经济效益是通过土地复垦工程实施而减少的对环境破坏等需要的生态补助。

## 第八章 结论与建议

### 一、结论

#### （一）方案服务年限

根据《2025年金家河磷矿储量年报》，截至2025年12月31日，矿区范围内保有资源量矿石量

，确定本方案服务年限为14a，以2025年为方案编制基准年，适用年限为5年，具体时间以自然资源主管部门公告通过之日算起。

#### （二）问题识别与受损预测

问题诊断评价将采矿活动影响范围划分为3级3个区，重度受损区面积0.05km<sup>2</sup>，占影响区总面积的3.16%；中度受损区面积0.02km<sup>2</sup>，占影响区面积的1.27%；轻度受损区面积1.51km<sup>2</sup>，占影响区面积的95.57%。

受损预测将采矿活动影响范围共划分为3级5个区，其中重度受损区1个区块，面积为0.05km<sup>2</sup>，占比为3.16%；中度受损区3个区块，其面积分别为0.02hm<sup>2</sup>、0.01hm<sup>2</sup>、0.02hm<sup>2</sup>，占比分别为1.27%、0.63%、1.27%，轻度受损区1个区块，面积为1.48km<sup>2</sup>，占比为93.67%。

#### （三）生态修复分区

根据生态修复可行性分析结果、开采进度规划，将修复区域划分为生态重建区、辅助再生区和自然恢复区三个主要分区，其中生态重建区为9个区块，总面积为3.09hm<sup>2</sup>，占比1.89%；辅助再生区为3个区块，总面积为5.28hm<sup>2</sup>，占比3.22%；自然恢复区总面积155.55hm<sup>2</sup>，占比94.89%。

#### （四）修复措施

地貌重塑工程包括：废石场治理、地表开裂和地面塌陷的治理、场地平整；

土壤重构工程包括：塌陷区表土剥离、堆存和回覆、建筑拆除后客土回填、土壤培肥、废弃物和建筑垃圾清理；

植被重建工程包括：林地、耕地恢复；

景观营造工程包括：挖损地段进行微地形地貌改造，乔灌草复式配套栽植；

监测工程包括：矿山地质环境、土地资源、生态系统监测；

管护工程包括：生态修复后土壤、植被管护。

## （五）经费估算

本《方案》生态修复费用静态总投资 369.66 万元，其中：

（1）矿山地质环境治理工程估算总投资为 233.49 万元，其中

（2）本项目土地复垦静态投资总额 136.17 万元，其中工程施工费 100.60 万元；

## 二、建议

（1）矿区生态修复方案是在现场调查，收集资料，充分分析研究现有资料的基础上编制完成的，具有一定的科学性，是矿山开采过程中防治矿山地质环境问题及土地复垦的重要依据，矿山企业应根据方案中提到的防治措施及复垦方向进行科学安排，并随矿业活动的进展随时进行方案的修订和完善，确保矿区生态修复方案顺利实施。

（2）应加强矿区地质环境管理，严格规划、规范人类工程活动。把不稳定地质体的防治与矿区发展建设协调统一起来，使资源开发、地质环境保护及人类工程活动三者达到动态平衡，促进矿区生态环境向良性转化。

（3）根据陕西省内矿区及国内其他矿区的调查，地面塌陷滞后，该过程属于十分缓慢的渐变过程，建议开采过程中充分重视塌陷监测。

（4）矿方和施工方协商共同做好施工量的统计工作，确保每一步的工作都有书面性的文字记录，以便于相关单位对矿山治理情况的验收。

（5）本方案不代替相关工程勘察、治理设计。

（6）加强废石渣综合利用，探索以废石换土方的思路，减少废石外排。