

云南磷化集团有限公司昆阳磷矿二矿

矿区生态修复方案

公示稿



第一部分 前言

一、编制目的

（一）任务由来

根据新修订的《中华人民共和国矿产资源法》，云南磷化集团有限公司昆阳磷矿二矿（以下简称昆阳磷矿二矿）原采矿许可证到期后（有效期至 2025 年 10 月 11 日）办理了新的采矿权证与采矿许可证。采矿权证号：DC5300002008106120001037，采矿许可证号：XC5300002008106120001037；开采矿种：磷矿；开采方式：露天/地下开采；矿区面积：7.6483km²；开采深度：2350m～1620m；有效期限：自 2026 年 3 月 20 日至 2041 年 3 月 19 日（15 年），发证机关：云南省自然资源厅。

2023 年 11 月云南磷化集团有限公司委托中化地质矿山总局云南地质勘查院编制的《云南省晋宁区昆阳磷矿二矿资源储量核实报告（2023 年 3 月 31 日）》已经通过评审备案（云自然资矿储备函〔2024〕17 号、云地工勘矿评储字〔2024〕5 号）。

2025 年 8 月云南磷化集团有限公司委托西南有色昆明勘测设计（院）股份有限公司编制的《云南磷化集团有限公司昆阳磷矿二矿开采方案》，已评审通过。

本次方案编制的原因：

政策要求：根据新修订的《中华人民共和国矿产资源法》（2025 年 7 月 1 日施行）第四章第四十六条之规定“开采矿产资源前，采矿权人应当依照法律、法规和国务院自然资源主管部门的规定以及矿业权出让合同编制矿区生态修复方案，随开采方案报原矿业权出让部门批准。”以及《矿区生态修复方案编制指南（临时）》（2025 年 9 月）的相关要求。

矿区生态修复方案（以下简称方案）是采矿权人实施矿区地质环境恢复治理、地貌重塑、植被恢复、土地复垦等活动的总体部署和基本依据。为了实现矿产资源开发与上述工作的协调发展，采矿权人须对矿山造成损毁破坏的矿山进行治理及生态修复。在此背景下，采矿权人委托我公司承担《云南磷化集团有限公司昆阳磷矿二矿矿区生态修复方案》编制工作。接受委托后，我公司成立项目组，选派专业人员进行现场调查，收集相关资料，确定矿山生态环境调查区，完成该

矿山矿区生态修复方案的编制工作，并报送相关部门审查。

（二）编制目的

编制本矿区生态修复方案的主要目的是在矿区现状调查的基础上，诊断识别矿区生态问题，提出矿区生产过程中具有针对性、科学性、有效性的修复措施，确定生态修复工程部署和年度实施计划，计算矿区生态修复费用。为自然资源主管部门对矿区生态修复的实施管理、监督检查、提取生态修复费用提供依据；为矿山企业科学开展复垦修复、提高治理效果质量提供技术支撑；压实矿山企业生态保护修复主体责任，推动落实“边开采、边修复”，促进资源开发与生态保护相协调，助力矿业绿色低碳发展；指导矿山企业科学、高效开展矿山生态修复工作，推动矿山的绿色可持续发展。

（三）编制情形

2025 年 10 月，云南铭测科技有限公司完成了《云南磷化集团有限公司昆阳磷矿二矿矿山地质环境保护与土地复垦方案》的修订，并通过评审备案。

2026 年 3 月，昆阳磷矿二矿办理了新的采矿权证和采矿许可证，有效期限：自 2026 年 3 月 20 日至 2041 年 3 月 19 日（15 年）。

根据《中华人民共和国矿产资源法》（2025 年 7 月 1 日实施）、《矿区生态修复方案编制指南(临时)》（2025 年 9 月）的要求：开采矿产资源前，采矿权人应当依照法律、法规和国务院自然资源主管部门的规定以及矿业权出让合同编制矿区生态修复方案。

露天开采占用土地，经科学论证，具备边开采、边复垦条件的，报省级以上人民政府自然资源主管部门批准后，可以临时使用土地；临时使用农用地的，还应当按照国家有关规定及时恢复种植条件、耕地质量或者恢复植被、生产条件，确保原地类数量不减少、质量不下降、农民利益有保障。

勘查、开采矿产资源用地的范围和使用期限应当根据需要确定，使用期限最长不超过矿业权期限。

昆阳磷矿二矿开采方式为露天+地下，办理采矿证变更延续后需要编制矿区生态修复方案并论证矿区是否具备边开采、边修复的条件。以此为依据方能在下一步开采过程中办理临时用地手续。

综上，昆阳磷矿二矿按照法律及规范要求应当编制矿区生态修复方案。

二、服务年限

（一）矿山服务年限

根据西南有色昆明勘测设计（院）股份有限公司 2025 年 8 月编制的《云南磷化集团有限公司昆阳磷矿二矿开采方案》，矿山分为露天开采和地下开采两种，矿山生产服务年限为：露采 T=23.55 年、地采 T=50.96 年，综合露采、地采，按年度计划矿山服务年限为 53 年（包含 1 年基建期）。

根据矿山实际情况，目前矿山已完成基建，因此矿山剩余生产服务年限为 52 年。

（二）方案服务年限

根据“矿区生态修复编制指南（临时）”，方案服务年限为采矿权（剩余）有效年限（或拟申请的采矿权有效期限）+采矿权到期后的生态修复工程实施及后期管护期限。

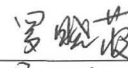
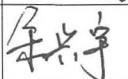
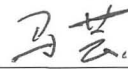
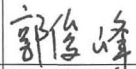
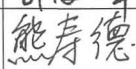
根据矿业权人需要，已申请取得的采矿证剩余有效期限 14.58 年，规划矿山生态修复治理期为 1 年，设置监测、管护时间 3 年，最终确定本方案服务年限为 18.58 年。

昆阳磷矿二矿矿区生态修复方案服务年限划分表

编号	阶段	年份	年度
1	采矿权剩余有效期	14.58 年	2026 年 8 月-2041 年 3 月
2	生态修复期	1 年	2041 年 3 月-2042 年 3 月
3	管护期	3 年	2042 年 3 月-2045 年 3 月
合计		18.58 年	—

在方案服务年限内，设计用地（含用林用草）范围、使用期限、损毁类型等发生变化的，采矿权人应当于取得相关用地（用林用草）批准文件之日起半年内，对方案进行修编；涉及采矿许可证延续及开采方案重大调整的，应当重新编制方案；若矿权人发生变更，应保证生态修复义务相应变更与接续。

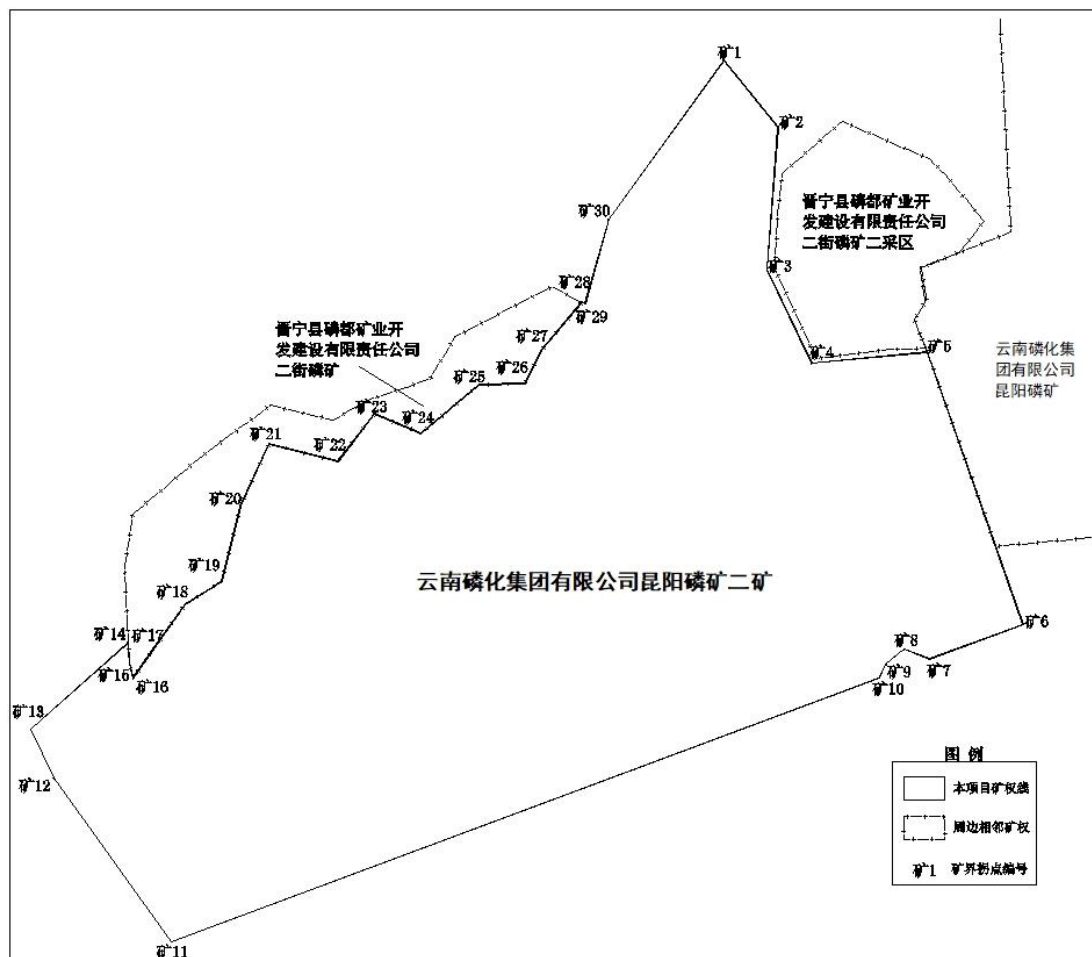
第二部分 矿区生态修复方案编制信息表

采 矿 权 人 信 息	采矿权人名称	云南磷化集团有限公司 (加盖矿业权人公章)				
	统一社会信用代码	91530000216524401J		联系人	李平	
	联系地址	云南省昆明市晋宁区昆阳街道永乐大街 403 号		联系电话	15087002865	
	采矿权证证号	DC5300002008106120001037		开采方式	露天/地下开采	
	采矿权面积	7.6483km ²		采矿权拐点坐标	见下表	
	采矿权有效期限	2026 年 3 月 20 日至 2041 年 3 月 19 日				
	开采主矿种	磷矿		其他矿种	无	
	方案编制情形	☐ 首次申请采矿许可 ☒ 扩大开采区域 ☐ 缩小开采区域 ☐ 变更开采方式 ☐ 变更开采主矿种 ☒ 延续 ☐ 其他				
方 案 编 制 单 位	单位名称	云南地质工程勘察设计院有限公司 (签章)				
	统一社会信用代码	91530000216548390F		联系人	沈绍训	
	联系地址	昆明市官渡区董家湾 47 号		联系电话	13888908271	
	编制负责人					
	姓名	身份证号	专 业	职务/职称	联系电话	签 名
	沈绍训	532323198504080917	水工环地质	高级工程师	13888908271	
	主要编制人员					
	姓名	身份证号	专 业	职务/职称	联系电话	签 名
	罗晓菠	532924198909100524	水工环地质	高级工程师	18314340668	
	余兴宇	532301199101143916	生态修复	高级工程师	13099964747	
	马芸	532128198410025520	预算	高级工程师	13648888524	
	郭俊峰	530181199306293917	水工环地质	工程师	15887228370	
熊寿德	533325199312070819	水工环地质	工程师	18083835554		

一、基本情况

(一) 采矿权范围

根据云南磷化集团有限公司昆阳磷矿二矿采矿许可证，矿区面积 7.6483km²，开采标高 2350m~1620m，矿区范围由 30 个拐点坐标圈定，与周边相邻矿权不相交，无重叠，采矿权示意图详见下图。



(二) 期限

采矿权证号：DC5300002008106120001037，采矿许可证号：XC5300002008106120001037，采矿权人为云南磷化集团有限公司，采矿权权利期限自 2026 年 3 月 20 日至 2041 年 3 月 19 日（15 年），采矿许可证有效期限自 2026 年 3 月 20 日至 2041 年 3 月 19 日（15 年）。

(三) 地理位置

昆阳磷矿二矿位处滇池聚磷区南西部，矿区东起大巍山，西至二街镇二鸣公路，矿区位于昆明市晋宁区二街镇境内，地理坐标（2000 国家大地坐标系）：东经 102° 29′ 18.917″ ~ 102° 31′ 57.432″，北纬 24° 41′ 38.826″ ~ 24° 43′ 47.031″；矿区中心点坐标：东经 102° 29′ 18.917″、北纬 24° 41′ 38.826″。

矿区北端有 320 国道，东部有昆明-昆阳-玉溪铁路及公路、高海高速公路、安晋高速公

路，南部有八街-二街-海口公路，矿区内简易公路交错成网，矿区至晋宁区昆阳街道办事处公路里程约 13km、至昆明市约 62km。离矿区最近的火车站为中谊村车站，距矿区约 10km。交通极为方便。

（四）方案重编、修编情况

2025 年 10 月，云南铭测科技有限公司完成了《云南磷化集团有限公司昆阳磷矿二矿矿山地质环境保护与土地复垦方案》的修订，并通过评审备案。

2026 年 3 月，昆阳磷矿二矿办理了新的采矿权证和采矿许可证，有效期限：自 2026 年 3 月 20 日至 2041 年 3 月 19 日（15 年）。

根据《中华人民共和国矿产资源法》（2025 年 7 月 1 日实施）、《矿区生态修复方案编制指南(临时)》（2025 年 9 月）的要求：开采矿产资源前，采矿权人应当依照法律、法规和国务院自然资源主管部门的规定以及矿业权出让合同编制矿区生态修复方案。

露天开采占用土地，经科学论证，具备边开采、边复垦条件的，报省级以上人民政府自然资源主管部门批准后，可以临时使用土地；临时使用农用地的，还应当按照国家有关规定及时恢复种植条件、耕地质量或者恢复植被、生产条件，确保原地类数量不减少、质量不下降、农民利益有保障。

勘查、开采矿产资源用地的范围和使用期限应当根据需要确定，使用期限最长不超过矿业权期限。

昆阳磷矿二矿开采方式为露天+地下，办理采矿证变更延续后需要编制矿区生态修复方案并论证矿区是否具备边开采、边修复的条件。以此为依据方能在下一步开采过程中办理临时用地手续。

综上，昆阳磷矿二矿矿区生态修复方案属于方案重编。

二、矿区基础调查

（一）矿区自然条件

1、地形地貌

生态修复调查区为构造低中山剥蚀溶蚀地貌，地形总体北高南低、东高西低，最高点位于生态修复调查区北部，海拔 2396.5m，最低点为生态修复调查区西二街河谷，海拔约 1931m，相对高差约 465.5m。

昆阳磷矿二矿山岭由南西向北东呈长蛇状延伸，地势总体北高南低，最高标高为矿区北部的矿界边缘为 2335m，最低标高为矿区南西部矿界附近冲沟为 1938.7m（为矿区范围内最低侵蚀基准面），相对高差 396.3m。矿区地处分水岭-缓坡地带，地下水埋藏深，矿区内及附近无地表水体，矿区地形坡度较缓，矿区内无居民村落。区内地形以斜坡为主，坡度一般 5° -35° 。

昆阳磷矿二矿于 2011 年开始进行剥离采矿作业，采用露天开采方式，采剥工艺主要为穿孔+爆破+铲装+运输，开拓运输系统采用公路开拓汽车运输方式，由上往下分台阶分块段

开采。矿山目前处于正常生产中，露天采场主要位于矿区中部及东部，露天采场边坡高度30~90m，最终边坡角 35° ~ 50° ；台阶坡面角为 50° ~ 60° ，高度一般8-15m，各台阶之间的平台宽度约6~8m。边坡类型多为逆向层状岩质边坡，现状未发现有大型崩落、滑移情况。生态修复调查区南侧地形相对平缓，地形坡度 10° 左右，岩溶发育，见多处岩溶洼地。

2、水文

生态修复调查区位于二街河流域，昆阳磷矿二矿处二街河流域水文地质单元中部地表次级分水岭一带，地表水系属于金沙江水系，矿区南临二街河，东距滇池约8km。区内梳状分布的沟谷，多数为季节性溪流，仅在雨季有表流。

生态修复调查区范围内无常年流水河流、溪沟，仅在矿区南西侧、南东侧分布有池塘。地下水类型划分为松散岩类孔隙含水层、碎屑岩基岩裂隙含水层及碳酸盐岩岩溶裂隙含水层三种类型。生态修复调查区位于二街河流域补给径流区，水文地质单元内最低侵蚀基准面为1880m，设计采矿标高最低为1620m，矿体位于当地最低侵蚀基准面之下，矿体直接充水含水层为寒武系震旦系岩溶裂隙含水层，富水性弱—中等；矿区内构造弱发育，仅有两条小的正断层，断层上下盘水力联系较差；地下水主要接受大气降水补给，第四系孔隙水补给有限。生态修复调查区水文地质条件复杂程度为中等复杂。

3、气候

生态修复调查区气候温和，属北亚热带高原季风气候。区内多年平均气温 15.1°C ，最热月平均气温 19.8°C ，极端最高气温 31.6°C ；最冷月平均气温 8.5°C ，极端最低气温 -6.2°C 。多年平均风速 2.6m/s ，最多风向南风、南南西风。最大风速 3.4m/s ，最大风速风向为西南西风。多年平均相对湿度72.7%，最大相对湿度76%，最小相对湿度68%；多年平均绝对湿度 12.7mb ，最大绝对湿度 13.2mb ，最小绝对湿度 12mb 。

据晋宁区气象局1974年1月~2019年12月共46年观测资料统计，多年平均降雨量873.3mm，降水年际分布不均，历年最大年降雨量1144.1mm(1994年)，最小年降雨量544.8mm(1988年)，区内降水变化接近每10年一个周期，自2017年降水又呈逐年减少趋势。一日最大降雨量123.6mm，最大累计降雨量203.8mm(连续18天降雨量累计)。降雨年内分配不均，其中5~10月份占全年降雨量的85.3%，7月份降雨量最大，10月至次年4月降水量偏少。多年平均蒸发量1925.5mm，最大蒸发量3108.7mm；最小蒸发量1561.3mm。

4、土壤

生态修复调查区土壤类型主要为黄棕壤、红壤、水稻土等，黄棕壤主要分布在生态修复调查区中部泥(页)岩、砂岩分布区；红壤分布于生态修复调查区南、北白云岩、灰岩分布区；水稻土、棕壤主要分布于二街河谷和香条冲、栗庙溶蚀槽谷。对项目区内已损毁区、拟损毁区和植被覆盖区选取各几个点通过土壤剖面调查和走访调查，项目区有效土层厚度在0.3-1.2m左右。根据现场踏勘及主体资料分析，项目建设范围内土壤主要为红壤。

由于第四系残积坡积发育层次明显，其中耕作层厚度一般在50cm左右，有机质含量为

3.5%左右，土壤肥力较高，PH一般为4.0~6.0之间；犁底层厚度一般在50cm左右，土壤肥力中等；心土层厚度在50cm左右，土壤肥力一般；底土层厚度在50~80cm左右，土壤肥力一般，总体表土厚度在2m左右。

5、植被

生态修复调查区由于地处环滇池磷矿带，以磷矿开采为主的矿业活动强烈、经历时间长，对森林植被破坏和影响大；加之山地母岩以碳酸岩为主，土壤瘠薄、透水性好、保水性差、不利于植物生长。区内除北部林场部分区域人工云南松林较茂密，森林覆盖率达50-60%外，大部分地区植被稀少，植被覆盖率一般<20%，乔木植物主要为云南松、桉树、旱冬瓜和圣诞树，灌木主要为映山红、滇青冈等栎类；草本植物主要为铁子、云南裂稃草、扭黄茅等。

生态修复调查区不属于国家自然保护区、地质遗迹保护区、旅游保护区和历史文物保护区。据现场调查及查阅相关资料，矿区及周边未发现被国家列为保护对象的珍稀濒危物种和有价值的自然森林植被景观、文物等。

（二）社会经济概况

矿区位于昆明市晋宁区二街镇老高村民委员会、栗庙村民委员会、肖家营村民委员会，社会经济概况如下：

（1）晋宁区

晋宁地处滇池南岸，北抱滇池，东连呈贡，西接西山、安宁，南与玉溪五县（市）接壤，下辖昆阳街道、晋城街道、宝峰街道、二街镇、上蒜镇、六街镇、双河彝族乡、夕阳彝族乡8个乡镇（街道）国土面积1336平方公里，人口35万，森林覆盖率51.79%，年均气温15.1℃，坐拥滇池53公里黄金湖岸线，滇池水面的四分之一、流域面积的四分之一、湖滨湿地的二分之一皆为区内所辖，是滇池生态圈、文化圈、旅游圈的重要组成部分，区位优势、交通便捷、气候温润，历史人文资源丰富。

2023年晋宁区GDP 224.53亿元，同比增9.1%；人均GDP 64262元；民营经济增加值134.93亿元、占比60.1%，增速9.2%。规上工业总产值186.61亿元、增加值增6.5%；磷化工产值78亿元、占规上工业42%；固定资产投资75.47亿元，一般公共预算收入14.03亿元，社会消费品零售总额47.01亿元。常住人口35万人，城镇化率53.63%；户籍人口29.25万人，增长0.4%。

2024年晋宁区实现地区生产总值230.22亿元，按不变价格计算，同比增长7.6%。其中，第一产业实现增加值38.93亿元，同比增长3.0%；第二产业实现增加值71.82亿元，同比增长6.6%；第三产业实现增加值119.47亿元，同比增长9.8%。2024年1-3季度，晋宁区实现地区生产总值174.11亿元，同比增长10.1%，其中第一产业增加值30.02亿元，同比增长3.1%；第二产业增加值33.84亿元，同比增长5.6%；第三产业增加值110.25亿元，同

比增长 13.6%。

2025 年晋宁区 GDP 预计达 235 亿元，较 2020 年增长 20.7%。前三季度实现 GDP 169.45 亿元，同比增长 3.9%；其中一产 33.64 亿元（+3.7%）、二产 49.40 亿元（+4.7%）、三产 86.41 亿元（+2.9%）。三次产业结构优化为 17.6:31.2:51.2，二产占比提升超 10 个百分点。规模以上工业总产值预计 228 亿元，较 2020 年增长 65.7%；磷化工产值占规上工业产值比重突破 50%，二街化工园区通过省级验收，工业投资占比反超房地产，支撑作用凸显。

（2）二街镇

2023 年社会经济状况

综合经济：一般公共预算收入 1.79 亿元，增收 0.36 亿元；规模以上固定资产投资 9.27 亿元；省外产业到位资金 9.67 亿元；限额以上批发业销售额 5.62 亿元。第二、三产业法人单位 269 个，从业人员 7210 人，占全区 11.1%。

工业：推进福石科技磷氟系新材料、农家乐复合肥等 6 个重点项目开工，海螺、海创等项目竣工投产，磷化工等产业支撑作用增强。

农业：优化结构，培育朱家营村为“一村一品”示范村，种植花卉 30 亩；老高村种植 2436 亩红花油茶并建深加工坊；甸头村建 200 亩马铃薯种植基地，引入专家团队建科技小院。

文旅：鲁黑村推进农文旅融合，争创国家级旅游名村，村集体经济收入达 280 万元；响水村举办油菜花节、谷花鱼节等活动。

社会民生：鲁黑村农民年人均纯收入超 1.5 万元；各村通过特色种植、农文旅融合等壮大集体经济，村民收入稳步提升。

2024 年社会经济状况

综合经济：一般公共预算收入 2.11 亿元；规模以上工业总产值 59.2 亿元；规模以上固定资产投资 5.7 亿元；新签约项目 8 个，省外产业到位资金 2.8 亿元；限额以上批发业商品销售额 6.33 亿元，限额以上餐饮业营业额 353.3 万元，外贸进出口总额 1.6 亿元。

工业：依托磷矿资源，精细磷化工产业提速，云磷集团、浩坤集团等企业带动作用明显；二街化工园区通过省级验收，磷化工产值占规上工业产值比重突破 50%。

农业：鲜切花年产 2.4 亿枝，蔬菜 1.91 万吨，粮食 2243 吨；甸头村“紫气东来”马铃薯、鲁黑村“褐灵菇”等特色农产品畅销；林茂花卉切花月季产业园签约，计划投资 6000 万元，带动就业 500 余人。

文旅：鲁黑村旅游人数累计突破 12 万人次，集体收入持续增长；各村推出“滇王牌”

小西瓜、红提等采摘项目，“包山拾菌”等活动吸引游客。

社会民生：森林覆盖率达 57.12%；锁溪渡村等通过党组织领办合作社开展运输、绿化管养等业务，增加集体收入；农民收入稳步提升，生活质量持续改善。

2025 年社会经济状况

综合经济：围绕“工业特色小镇、绿美仁德之乡、活力幸福二街”定位，推进“一条主线，二个支撑，三区联动”发展。依托磷矿产业，新组建运输车队承接矿山业务；整合 900 余亩土地实施农业种植基地项目，推动产业多链融合。

工业：化工园区持续完善，智慧园区综合监管平台等项目推进，打造省级精细化工产业基地；村企合作开展矿山植被修护、绿化管养等业务，壮大集体经济。

农业：林茂花卉产业园投资 4670 万元建设，助力花卉产业提质升级；老高村“四位一体”项目竣工，探索村企合作运营；三家村“包山拾菌”年租金达 28.82 万元。

文旅：整合响水村、三家村等资源，发展“林下经济”；鲁黑村等农文旅项目持续推进，乡村旅游吸引力增强。

社会民生：新建镇级综合养老服务中心，解决老年人养老问题；肖家营村等通过出租土地、成立保洁公司等壮大集体经济，村民福利提升；生态环境持续优化，绿美乡村建设成效显著。

（3）老高村民委员会

地处二街镇北边，东邻西山区海口镇石马绍，南邻肖家村肖家营村，西邻鲁黑村委会干海孜，北邻锁溪村、安企村，距晋宁區县城 19 公里，距二街镇政府所在地 1.5 公里。该村辖老高第一村民小组、老高第二村民小组、香条冲 3 个村民小组，有农户 646 户，共有乡村人口 2091 人，其中农业人口 2050 人，劳动力 1202 人（其中从事第一产业人数 994 人），以汉族为主。该村农民收入以种植业如：烤烟、粮食、西瓜等为主。2023 年，该村农村经济总收入 2391.4 万元，农民人均纯收入 9902 元。

（4）栗庙村民委员会

地处二街镇西北边，东邻昆阳镇三家村，南邻昆阳镇兴隆村，西邻甸头村，北邻肖家村和西山区海口镇，距晋宁區县城 15 公里，距二街镇政府所在地 5 公里。该村辖栗庙村、松林庄、樟木箐 3 个村民小组，有农户 480 户，乡村人口 1509 人（男性 778 人，女性 731 人），其中农业人口 1464 人，劳动力 919 人（其中从事第一产业人数 708 人）；以汉族为主。该村农民收入以务工收入及种植业收入为主。2023 年，该村农村经济总收入 3054 万元，农民人均纯收入 10043 元。

（5）肖家营村民委员会

是二街镇政治、经济、文化的活动中心，交通方便，距县城 17.1 公里。东邻栗庙村，南邻甸头村，西邻鲁黑村委会王家庄村，北邻老高村。辖螃蟹河、三街子、肖家营等 3 个村民小组。全村国土面积 9.08 平方公里，年降水量 921.8 毫米，适合种植粮食、蔬菜等农作物。该村 2023 年农村经济总收入 4754 万元，农民人均纯收入 12845 元，农民收入以种植业养殖业等为主。

（三）矿山生产建设情况

矿山自 2011 年开采至今，主要为露天开采及部分地采基建工作，现状开采在矿区北部形成一个露天采坑及两个中段的基建井巷工程。

1、已有露天采场

昆阳磷矿二矿于 2011 年开始进行剥离采矿作业，采用露天开采方式，采剥工艺主要为穿孔+爆破+铲装+运输，开拓运输系统采用公路开拓汽车运输方式，由上往下分台阶分段开采。矿山目前处于正常生产中。现状露天采场面积 147.7192hm²，长约 3330m，平均宽度 440m，采场现状最高海拔 2210m，位于露天采场东侧，现状最低海拔 1992m，位于露天采场西侧，相对高差 218m，露天采场边坡坡度 35° -60°，高度一般 8-15m，各台阶之间的平台宽度约 6~8m。

2、现有井巷工程

2020 年中蓝长化工程科技有限公司完成了《云磷集团昆阳二矿 200 万吨年地采项目》的初步设计以及安全设施设计（以下简称原设计），目前矿山正在按照原设计进行基建工程的建设，预计矿山将于 2025 年初进行验收。原设计中基建设计范围为东采区 64#勘探线以东，1890m 中段以上区域；采矿方法采用脉内采准的上向水平分层充填法；井下开拓系统工程包括：胶带斜井、斜坡道、1890m 中段无轨巷道、1890m 胶带运输平巷、及 1980m 充填回风巷道、进回风系统（东部进风竖井 ϕ 5.5m，东部回风竖井 ϕ 6、中部进风竖井 ϕ 4.5）、1890m 水仓及助硐室等工程。待东采区 1890m 以上基建工程验收完成并投产后，视为已有井巷工程。

从地表已有工业设施看，东西采区中部设有斜坡道坑口、1#胶带斜井、中部进风竖井；斜坡道坑口地表工业场地设已有较为完整的运输及检修线路，坑口附近已有充填制备站、污水处理站、值班室等设施。

1#胶带斜井井口工业场地已建有变电所、原矿堆场、卸料胶带系统等设施，原矿堆场内矿废石分运流程也已形成，井下采出矿石经转运直接进入已有选厂，该选厂生产规模为 450 万吨年。中部进风竖井南侧设有充填钻孔，作为 1890m 以上区域开采时充填井下的通道。在矿权 4#拐点处设有东部回风竖井；在东采区最东端设有东部进风竖井。

井下东采区 1890m 以上开拓系统采用胶带+斜坡道的开拓方式。矿石运输采用胶带接力运输系统，采场采出矿石通过溜井后，利用盘区脉外胶带给至主胶带平巷（1#、2#、3#、4#

中段胶带)，转至 1#胶带斜井后进入原矿堆场；设置有自坑口向北延伸至 1890m 的斜坡道，作为辅助设施进出及检修的通道；其中 1#胶带斜井及斜坡道均从矿体上盘穿过矿体至下盘，须设永久保安矿柱。根据采矿工艺，开采及运输采用无轨设备，中段沿矿体底板布置脉内平巷；布置有 1890m 东沿脉贯穿整个东采区，并与斜坡道 1890m 岔口连通。进回风工程采用两翼进风中间回风的方式。排水系统设于 1#胶带斜井井脚，泵房采用吸入式布置，水仓 2 条，水仓有效容积估计为 5100m³。

3、现有地表工程

根据现场调查，矿山以往地表工程主要为露天采场、排土场、工业场地、矿山道路、表土堆场等。

(1) 露天采场：现状露天采场已形成一个山坡凹陷坑，面积 147.7192hm²，长约 3330m，平均宽度 440m，采场现状最高海拔 2210m，位于露天采场东侧，现状最低海拔 1992m，位于露天采场西侧，相对高差 218m，露天采场边坡坡度 35°-60°，高度一般 8-15m，各台阶之间的平台宽度约 6~8m。为已建，已损毁，损毁方式为挖损。露天开采边坡局部欠稳定，局部有坍塌、掉块现象。

(2) 外排土场：矿山现状有 1 个外排排土场，位于矿权北侧，现状已完成堆排，后期不再堆存。外排土场主要堆存开采形成的废石、废土等，物质组成主要为碎石夹粉质粘土，结构松散强度低，堆积边坡高度较大，岩土体工程地质条件差。现在外排土场台阶内侧修筑排水沟。

(3) 工业场地：本矿山现状共有 6 个工业场地。

1#工业场地位于矿区中西侧，为矿山矿石破碎及临时转运场地，占地面积 4.1632hm²，现有破碎设备 1 套，临时办公房 3 栋，1-2 层，建筑结构为砖混及简易活动板房。该处场地为临时场地，现状利用，后期继续使用。为已建，已损毁，损毁方式为压占。

2#工业场地位于矿区中部位置，为矿山主工业场地，包含斜坡道口场地、办公生活区、食堂、破碎车间、堆料场、充填站工业场地、1#胶带斜井口场地、中部进风井场地等，占地面积 19.3688hm²，建筑结构为砖混、钢结构及简易活动板房，该处场地后期将继续使用。为已建，已损毁，损毁方式为压占。

3#工业场地位于矿区北东侧矿界拐点矿 4、矿 5 南侧，主要为矿山露天采场连接道路、临时堆料场、休息室等，占地面积 8.1281hm²，后期将继续使用，该处场地中分布休息室 1 处，4 栋单层砖混结构建筑。为已建，已损毁，损毁方式为压占。

4#工业场地位于矿区北东侧矿界拐点矿 5 南侧，主要为矿山生活区，占地面积 0.0654hm²，后期将继续使用，该处分布单层砖混结构建筑。为已建，已损毁，损毁方式为压占。

5#工业场地位于矿区东侧矿 5 与矿 6 之间，为矿山东进风竖井工业场地，占地面积

1.1535hm²，后期将继续使用。为已建，已损毁，损毁方式为压占、挖损。

6#工业场地位于矿界拐点矿4南侧位置，为矿山东回风井场地，占地面积1.5378hm²，后期将继续使用，该处场地中分布1栋单层砖混结构建筑。为已建，已损毁，损毁方式为压占、挖损。

(4) 矿山道路：现有矿山道路主要为连接矿山露天采场至各工业场地区域的道路，路面宽度5-7m，主要为碎石路面或土路，现状运行良好。为已建，已损毁，损毁方式为挖损、压占。

(5) 表土堆场：根据现场调查，矿山现状有1个表土堆场。表土堆场位于1#工业场地北东侧位置，占地面积0.9836hm²，为矿山开采剥离表土堆放场地，现状主要沿道路外边坡堆放，未分台堆放，表土结构松散，成分为粉质粘土，夹碎石。表土堆场长约170m，平均宽约50m，堆存高10-15m，约110500.00m³。现状无防护措施，该处表土堆场的表土后期将转运至内排土场堆存。为已建，已损毁，损毁方式为压占。

(四) 地质环境现状

1、地层岩性

生态修复调查区地层由老至新有寒武系下统渔户村组(ϵ_{1y})、中谊村组(ϵ_{1z})、筇竹寺组(ϵ_{1q})、沧浪铺组(ϵ_{1c})，泥盆系中统海口组(D_2h)、上统宰格组(D_3z)，石炭系下统大塘组(C_1d)、中统威宁组(C_2w)，二叠系下统倒石头组(P_1d)及第四系(Q)共10套地层。

2、地质构造

生态修复调查区位处香条冲背斜南翼中段，断裂构造弱发育，仅有2条断层且规模较小，地层倾向150°左右，倾角10°~30°。总体为一向南东缓倾斜的单斜构造。

(1) 褶皱构造

香条冲背斜西起马厂，东至中谊村，被普渡河断裂切割，轴向东西，长20km，宽5km，以5°向东倾没，两面三翼地层产状平缓，两翼基本对称，倾角一般10°~15°。局部为40°~60°(海口)。轴部地层为震旦系灯影组、寒武系下统渔户村组。两翼为寒武系下统中谊村组、上筇竹寺组、沧浪铺组、中泥盆统海口组、上泥盆统宰格组。岩层沿走向有5°~10°的轻微起伏。

(2) 断裂构造

生态修复调查区内发育的断裂构造仅2条且规模小，走向为北西—南东向，其中F₁、F₂均为正断层，倾角70°左右。其中F₁正断层造成矿体(层)缺失，对矿体(层)破坏较大；F₂正断层对矿体(层)影响不大(见下表)。

表 2-1 生态修复调查区断裂构造一览表

断层名称	长度 (m)	走向 (°)	倾向 (°)	倾角 (°)	断距 (m)	断层性质	说明	对矿体影响
F1	410	137	227	70	水平: 10~20; 垂直: 80	正断层	南西盘下降, 北东盘上升。	较大
F2	330	154	64	66	水平: 10~15; 垂直: 10	正断层	南西盘上升, 北东盘下降。	不大

3、水文地质条件

生态修复调查区位于二街河流域补给径流区, 水文地质单元内最低侵蚀基准面为 1880m, 设计采矿标高最低为 1620m, 矿体位于当地最低侵蚀基准面之下, 先期开采地段为 1880m 与最低侵蚀基准面同处一水平面; 矿体直接充水含水层为寒武系震旦系岩溶裂隙含水层, 空间富水性分布不均一, 垂向呈现上弱下强趋势, 平面上由北自南富水性逐渐减弱, 作为矿体主要充水含水层单位涌水量 $0.002 \sim 0.391 \text{L/s} \cdot \text{m}$, 富水性弱—中等; 矿区内构造弱发育, 仅有两条小的正断层, 其中 F2 断层在本次评价范围内, 依据水位资料, 断层上下盘水力联系较差, 后期近断层开采时可能增强矿体下部含水层之间的水力联系; 矿区范围内只有二街河河谷地中(河漫滩及阶地)分布第四系, 弱含孔隙水, 地下水主要接受大气降水补给, 第四系孔隙水补给有限。

依据《云南省昆明市晋宁区昆阳磷矿二矿资源储量核实报告》(2023年3月31日), 矿床水文地质条件类型划分为以底板溶蚀裂隙含水层直接充水为主的中等类型。

4、工程地质条件

生态修复调查区工程地质岩组划分为松散结构碎石、块石单层土体 (I_1), 松散结构卵砾石单层土体 (I_2), 松散结构粘性土单层土体 (I_3), 较软弱—中厚层状页岩、粘土岩岩组 (II_1), 较硬中厚层状砂岩夹软弱页岩岩组 (II_2), 坚硬薄—厚层状中等岩溶化白云岩岩组 (II_3), 坚硬中厚—块状强岩溶化白云岩、灰岩岩组 (II_4); 矿体上盘最终的边坡与岩层倾向相反, 边坡稳定好, 不易坍塌; 矿体下盘最终边坡为矿体底板, 矿体倾角较缓, 矿体直接顶底板为白云岩, 整体稳定性较好; 区内不良地质作用主要表现为岩体风化、冲沟及岩溶等。

综上, 生态修复调查区内工程地质条件复杂程度为复杂。

5、区域地壳稳定性

根据《云南省地质构造及区域稳定性遥感综合调查报告》, 矿区位于晋宁区北西部, 区域地壳稳定性属次不稳定区域。据《中国地震动参数区划图 (GB18306-2015)》有关规定, 矿区地震设防烈度为Ⅷ度, 设计基本地震动峰值加速度值为 $0.20g$, 地震动加速度反应谱特征周期为 $0.45s$, 属设计基本地震加速度第三组。

(五) 土地损毁与复垦现状

1、土地损毁

昆阳磷矿二矿已损毁区域主要为露天采场已开采区、外排土场、工业场地、已建道路等。已损毁土地总面积 297.1751hm²，其中水浇地 0.3960hm²、旱地 0.4636hm²、乔木林地 20.8387hm²、灌木林地 0.5064hm²、其他林地 3.1704hm²、其他草地 3.0886hm²、工业用地 0.0087hm²、采矿用地 262.5973hm²、农村宅基地 0.1476hm²、公路用地 2.8882hm²、农村道路 1.6916hm²、水库水面 1.2795hm²、设施农用地 0.0985hm²。损毁土地方式为挖损，压占，损毁土地程度为轻度-重度。

矿山后续新增拟损毁区域主要为设计露天采场、设计内排土场、塌陷影响区、设计矿山道路，新增拟损毁土地 415.3961hm²。其中水浇地 2.7677hm²、旱地 12.0899hm²、果园 6.5920hm²、其他园地 4.1975hm²、乔木林地 233.5488hm²、灌木林地 048.9624hm²、其他林地 12.0838hm²、其他草地 13.0954hm²、物流仓储用地 0.0161hm²、商业服务业设施用地 0.0018hm²、工业用地 13.8906hm²、采矿用地 46.8688hm²、农村宅基地 0.4583hm²、公路用地 1.5087hm²、城镇村道路用地 0.1895hm²、农村道路 2.9711hm²、管道运输用地 0.3461hm²、水库水面 2.4271hm²、坑塘水面 0.5808hm²、沟渠 0.8686hm²、水工建筑用地 0.4131hm²、设施农用地 11.5180hm²。露天采场损毁土地方式为挖损，损毁土地程度为重度，内排土场损毁土地方式为压占，损毁土地程度为重度，塌陷影响区损毁土地方式为塌陷，损毁土地程度为重度，新建矿山道路损毁土地方式为挖损，损毁土地程度为轻度-中度。

2、复垦现状

现状矿山处于生产期，各地表工程均处于使用阶段，实地踏勘矿山对现状外排土场在排土结束后逐步进行了自行修复，但未申请自然资源主管部门进行工程验收。主要工程为在部分边坡及平台覆土后种植植被修复为乔木林地并进行管护，主要种植树种为雪松、马尾松、火棘、华山松等，在坡脚铺设土工布截水沟，目前植被成活率较高。计划后期将继续对其进行修复。

相邻的昆阳经过30多年的开采与逐步修复，最大限度的减小矿业开采对矿山生态环境的破坏，被评为国家级绿色矿山。在上一阶段逐年开展了复垦工程并通过晋宁区自然资源主管部门组织的验收，为昆阳二矿的修复提供了重要参考。

（六）矿区生态状况

1、区域生态本底

根据《昆明市晋宁区国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》，晋宁区生态本底为：

（1）地貌复杂多样，山地为主，滇池周边平坦

三面环山，北临滇池，由盆地、丘陵地、山地、中山峡谷四种地貌组成，坝子约占全县总面积的 30%。

（2）林地资源丰富

晋宁区三调林地占全区总面积的一半以上，主要分布在双河彝族乡、夕阳彝族乡、晋城街道及二街镇。

(3) 矿产资源丰富，磷矿资源储量大

境内矿产资源丰富，目前已发现磷、铁、铜、铅锌、锰、泥炭、石英岩（硅石）、铝土矿、石灰岩等 18 种矿产资源，磷矿资源储量大、品位高。

(4) 降水时空分布不均，水资源需求紧迫

降水时空分布不均匀，水资源先天不足，水资源开发利用率较高，但需求紧缺问题相当严峻。近年来通过大规模造林绿化，晋宁区可造林地的结构和分布发生显著变化，森林面积、蓄积量平稳增长。矿山治理工作有序推进，初见成效。截至2020年8月底，滇池流域面山“五采区”矿山关停率达71.43%，晋宁区矿山采损治理修复面积完成率达86.58%。主要生态系统步入良性循环，森林覆盖率进一步提高，资源利用更加高效，生态安全屏障更加牢固，城乡人居环境明显改善。

矿区所在的二街镇，位于生态修复一级分区中的普渡河上游水源涵养与生物多样性保护区；位于二级分区中的普渡河上游生态空间人居环境整治区。

2、矿区生态状况调查

根据区域生态系统类型的特征和稳定性，组成本工程评价区的生态系统可分为自然生态系统和人工生态系统 2 个大类共 11 种类型，其中自然生态系统 4 类，包括森林、灌丛、草甸、水域；人工生态系统 7 类，包括人工林、果园、农田、居民点、道路、落地、采矿用地。根据《生态系统评估 生态系统格局与质量评价方法（GB/T42340）》，将矿区生态系统划分为 5 个大类：森林、灌丛、草地、湿地、农田、城镇生态系统。

根据生态系统优势度分析，评价区森林生态系统的优势度最高，为 36.04；其次是人工林生态系统，为 25.65；草地生态系统为 10.98；裸地为 18.97，居民地建筑为 10.85，水域为 4.98，灌丛为 8.07。这反映了森林生态系统对评价区具有较好的控制能力；评价区生态体系结构和功能的发挥主要由森林生态系统控制。

项目评价区范围内没有国家级重点保护植物和古树名木，无国家级重点保护野生动物。项目区不涉及自然保护地、世界自然遗产、生态保护红线等重要生态敏感区。

3、生态退化情况

矿山开采的生态退化是地表形态、土壤、水文、植被、生物群落及生态系统功能的综合性、不可逆性受损过程，核心表现为原有自然生态系统的结构被破坏、功能丧失或严重退化，且伴随水土流失、地质灾害、环境污染等次生问题，形成与周边自然环境割裂的“生态破损区”，具体可分为六大核心维度，各维度相互关联、叠加影响：

(1) 地表形态与地质结构的彻底破坏 (2) 土壤系统的严重损毁与功能丧失 (3) 水文水资源的紊乱与污染 (4) 植被的全面消亡与生境破碎化 (5) 生物群落的衰退与生物多样性锐减 (6) 生态系统功能的全面退化与不可逆性。

三、矿区生态环境问题

（一）矿区地质环境问题

1、现状

（1）不稳定地质体现状

根据实地踏勘，现状地质灾害发育有不稳定边坡 4 处（BW1-BW4），危害程度大，危险性大；现状地质灾害对地质环境影响程度为较严重。

（2）含水层破坏

由于磷矿层上部为泥盆系中统海口组（ D_2h ）、沧浪铺组（ E_1q ）、箬竹寺组（ E_1q ）相对隔水层，该含水层渗钻孔单位涌水量 $0.0022-0.4754L/s \cdot m$ ，富水性不均一，属富水性弱—中等的含水层；泥盆系上统宰格组（ D_3z ）分布于矿区南部边缘，厚度为 66m，裂隙及岩溶发育。该岩组富水性不均一，在矿区内无泉出露。下部有厚层隔水层与之相隔，故该含水岩组对未来矿坑充水无影响；泥盆系中统海口组（ D_2h ）、寒武系下统沧浪铺组（ E_1c^1 ）、箬竹寺组——四段（ E_1q1-4 ）：该含水组厚度大，分布连续稳定，隔水性能良好。磷块岩段夹层（ E_1z ）为粘土岩，从岩性上看隔水性能良好，但沿走向倾向上分布不连续，且在开采中连同矿体被采出，会失去隔水作用。

（3）地下水位下降及疏干

现状露天采场含水组整体水位北高南低，东高西低的趋势，最高水位位于东北部标高 2034.89m，最低水位位于西部（二街河附近）标高 1934.74m，平均水位标高 2002.36m。矿区范围内地下水水位下降深度为 11.36m。

总体上，现状矿业活动对区内含水层的影响和破坏程度为较严重。

（4）地形地貌景观破坏

矿山为已建矿山，以往露天采场地表开挖、排土场堆排压占及地表工业场地等修建，影响和破坏了地形地貌的自然完整性，改变了原有的地形条件，破坏了地貌及生态景观。工程活动对地表的破坏形式主要表现为露天采矿开挖，排土场堆存，工业场地压占等对土地主要的破坏，以往矿业活动对原生的地形地貌景观影响和破坏程度严重。

（5）水土流失

昆阳磷矿二矿位于滇池流域上游二街河汇水区，生态敏感度极高。矿区属滇中季风气候，雨季降雨集中、短时暴雨频发，水力侵蚀动力充足；区域岩土以风化页岩、磷尾矿、砂岩、白云岩等为主，粉粒含量高、土体结构松散、抗冲抗蚀性极差，叠加矿山开采扰动，导致矿区水土流失。

2、预测

（1）矿业活动加剧现状地质灾害危险性预测

不稳定边坡为矿山露天采场开采形成的高陡边坡，岩体裂隙发育、岩土松散、结构破损，在矿山开采、削坡、机械碾压及地震扰动等作用下，将破坏坡体原有应力平衡，致使裂隙贯

通扩展、岩土体强度衰减，易出现松动、剥落及滑塌，遇降雨雨水入渗会降低岩土抗剪强度、产生渗透压力，易诱发边坡滑坡、崩塌灾害。该处不稳定边坡在开采过程中可能加剧边坡失稳诱发滑坡、崩塌等灾害，危害工作人员、设备等，可能性大，危害程度大，危险性大。

（2）矿业活动诱发地质灾害危险性的预测

露天开采：露天采场为山坡/凹陷露天开采，采剥作业在软硬相间的页岩、粉砂岩、白云质粉砂岩中进行。北边邦采矿形成的工作边坡诱发产生滑坡、崩塌等地质灾害可能性大，威胁作业人员及设备安全，危害程度及危险性大。南、北东、南东边邦采矿形成的工作边坡诱发产生滑坡、崩塌等地质灾害可能性大，威胁作业人员及设备安全，危害程度及危险性大。矿山开采结束后形成最终边坡，发生滑坡和坍塌灾害的可能性大，危害程度及危险性大。

采场下盘为寒武系下统渔户村组白云岩，岩体位于风化带以下，完整性好；岩层平缓，岩石坚硬不易风化；下盘边坡稳定性好，发生崩塌的可能性小，危害程度小，危险性小。

露天采场凹陷采坑 2000m-1880m，不利于自然排水，根据生态修复调查区地形地质条件，大气降水为矿坑的主要充水因素。根据露天采场周边各次级分水邻圈定露天采场汇水区域，大气降水汇水向采坑涌水，露天采场 100 年一遇预测涌水量为 52049.28m³，大气降水可能造成矿坑涌水危害露天坑作业人员及设备，造成危害的可能性大，危害程度大，危险性大。

预测露天采场边坡对地下开采中段硐口造成影响的可能性小，危害程度小，危险性小。

地下开采：矿体主要分布于较硬中厚层状砂岩夹软弱页岩岩组（Ⅱ₂）中，矿体开采局部可能产生垮塌、冒顶及变形等；随着采矿活动的深入，采空区面积进一步扩大，特别是在爆破作业条件下，可能产生采空区垮塌，危害采矿人员及设备安全。可能性中等，危害程度、危险性中等~大。

（3）地下开采与露天采场的相互影响评估

随着地下采矿活动的进行，在预测地表移动盆地范围内可能诱发崩塌、滑坡、地裂缝、地面塌陷等灾害，可能造成露天采场边坡失稳诱发滑坡、崩塌等灾害；因此，预测露天采场边坡可能诱发滑坡、崩塌、滚石、掉块等灾害的可能性大，主要危害采矿工作人员，机械设备等安全，危害程度大，危险性大。

（4）排土场诱发地质灾害危险性预测

外排土场：外排土场边坡高差大、岩土体工程地质条件较差，在降雨入渗、机械震动、车辆荷载、风化作用、地震等外部作用扰动下，坡体岩土体含水率升高、抗剪强度进一步衰减，可能引发滑坡、崩塌等灾害。外排土场边坡下方为矿山作业区域，存在人员通行、车辆运输及设备作业活动，一旦发生边坡失稳破坏，将直接威胁下方施工人员、运输车辆及工程设备安全，易造成人员伤亡、设备损毁、作业面瘫痪等后果，危害性及危险性大。

本区降雨量较大，排土场堆积的弃土在雨水渗透饱和后，稳定性下降，局部坡度较大的边坡可能诱发滑坡、崩塌、坡面泥石流等灾害，下部为一沟谷地形，可能形成泥石流灾害，

外排土场下方约 700m 处分布有香条冲村，共计 532 人，一旦诱发泥石流灾害，对居民点造成危害大。总体上，预测外排土场诱发灾害的可能性大，危害程度大，危险性大。

内排土场：内排排土场底部基岩为寒武系下统渔户村组白云岩，工程地质条件较好；采矿后底部地形坡度相对较平缓，达设计排放量时，堆积方量及整体堆积高度大，最大高度 270m，堆积物松散，内排排土场在降雨等作用下可能诱发泥石流、滑坡等灾害；且根据设计，内排排土场西侧露天采场西采区为凹陷采坑，凹陷采坑面积 0.3170km²，采坑深度 120m（最高可自然排泄标高 2000m，最低采坑深度 1880m），汇水面积 1.0172km²，雨季时矿坑可能出现积水现象；排土场所储存的物质均为采矿剥离出来固体松散物，在堆放过程中，可能产生渣土台阶边坡滑坡等，随着渣土持续堆放、高度增加，重力增大，渣土下滑力也随之增大，可能导致渣土台阶边坡整体失稳，产生渣土滑坡等，危害露天采场采区工作人员、机械设备、车辆等安全，其可能性大，危害程度大，危险性大。

（5）表土堆场诱发地质灾害预测

堆存于内排土场内的表土堆场，堆存土体以腐殖土、粉质黏土为主，土体结构松散、抗剪强度低、含水率偏高，工程性质较差。堆场依托排土台阶堆载成型，未设置完善的截排水及防渗设施，表土与下部废石接触面为软弱结构面，受降雨入渗、堆载加压及施工扰动影响，易发生滑坡、坡面泥石流、局部塌陷等地质灾害。表土颗粒松散、黏聚力低，雨季雨水下渗后基底粉质黏土饱水软化，易沿岩土界面产生滑坡；堆场堆载不均匀，局部堆坡坡度超自然休止角，易产生浅层滑坡；堆厚不均可能引发顶面张拉裂缝，裂缝又加剧渗水，形成沉降、失稳，可能产生滑坡、崩塌等，雨季降雨地表水径流冲刷裸露坡面形成冲沟，松散表土汇水易形成坡面泥石流，主要危害周边人员及设施，其可能性中等-大，危害程度大，危险性大。

（6）矿山道路建设诱发地质灾害预测

局部路段需填方施工，若填土边坡坡度设置不合理、支挡不当，可能诱发路基填土滑坡、路面坍塌等；填土分布不均，厚度差异，可能产生路基不均匀沉降，导致道路变形、拉裂等，可能性中等，危害程度、危险性中等。

（7）设计截排挡措施诱发地质灾害的危险性预测

截洪沟开挖边坡高度 0.5~1m 左右，主要为第四系松散土质边坡，将来在修建过程中土质边坡可能产生小规模滑坡、崩塌，其可能性中等，危害程度、危险性中等。

（8）矿山地质灾害预测评估小结

不稳定边坡 BW₁、BW₂在开采过程中可能加剧边坡失稳诱发滑坡、崩塌等灾害，危害工作人员、设备等，可能性大，危害程度大，危险性大；加剧不稳定边坡 BW₃失稳的可能性大，危害程度大，危险性大。加剧不稳定边坡 BW₄失稳的可能性中等-大，危害性、危险性中等-大。

露天采场边坡在降雨、爆破振动等诱发因素的影响下，可能引发崩塌或滑坡等的可能性

大，危害程度大，危险性大；可能造成矿坑涌水危害露天坑作业人员及设备，可能性大，危害程度大，危险性大；地下开采可能引发山体滑坡、崩塌、地面塌陷、地裂缝等灾害的可能性中等-大，危害程度大，危险性大；露天采坑积水导入矿坑中，引发涌水，对井巷、井下采场及采矿作业人员造成危害，可能性中等-大，危害程度、危险性中等；排土场诱发滑坡、泥石流灾害的可能性大，对下游居民点造成危害程度大，危险性大；内排排土场诱发滑坡、泥石流灾害的可能性大，对工作人员、设备、车辆等造成危害程度大，危险性大；新建矿山道路诱发滑坡等灾害的可能性中等，危害程度、危险性中等；冲沟 C₁、C₂、C₃、诱发泥石流灾害的可能性大，危害程度大，危险性大，C₄、C₅、C₆ 诱发泥石流灾害的可能性小，危害程度小，危险性小；

工作人员、设备等遭受不稳定边坡 BW₁、BW₂、BW₃、BW₄ 危害的可能性中等-大，危害性及危险性中等-大；1#工业场地遭受危害的可能性小，危害程度小，危险性小；2#-6#工业场地遭受预测地表移动盆地危害的可能性大，危害程度大，危险性大；二街工业园区北侧、香条冲居民点、二街镇零星居民点遭受灾害的可能性大，危害程度大，危险性大；露天采场、地下采区遭受涌水危害的可能性大，危害程度大，危险性大；遭受岩溶塌陷、溶洞水危害的可能性小，危害程度小，危险性小；相邻矿界相互影响程度大，危险性大。

（二）矿区土地损毁问题

1、现状

昆阳磷矿二矿已损毁区域主要为露天采场已开采区、外排土场、工业场地、已建道路等。已损毁土地总面积 297.1751hm²，其中水浇地 0.3960hm²、旱地 0.4636hm²、乔木林地 20.8387hm²、灌木林地 0.5064hm²、其他林地 3.1704hm²、其他草地 3.0886hm²、工业用地 0.0087hm²、采矿用地 262.5973hm²、农村宅基地 0.1476hm²、公路用地 2.8882hm²、农村道路 1.6916hm²、水库水面 1.2795hm²、设施农用地 0.0985hm²。损毁土地方式为挖损，压占，损毁土地程度为轻度-重度。

2、预测

矿山后续新增拟损毁区域主要为设计露天采场、设计内排土场、塌陷影响区、设计矿山道路，新增拟损毁土地 415.3961hm²。其中水浇地 2.7677hm²、旱地 12.0899hm²、果园 6.5920hm²、其他园地 4.1975hm²、乔木林地 233.5488hm²、灌木林地 048.9624hm²、其他林地 12.0838hm²、其他草地 13.0954hm²、物流仓储用地 0.0161hm²、商业服务业设施用地 0.0018hm²、工业用地 13.8906hm²、采矿用地 46.8688hm²、农村宅基地 0.4583hm²、公路用地 1.5087hm²、城镇村道路用地 0.1895hm²、农村道路 2.9711hm²、管道运输用地 0.3461hm²、水库水面 2.4271hm²、坑塘水面 0.5808hm²、沟渠 0.8686hm²、水工建筑用地 0.4131hm²、设施农用地 11.5180hm²。露天采场损毁土地方式为挖损，损毁土地程度为重度，内排土场损毁土地方式为压占，损毁土地程度为重度，塌陷影响区损毁土地方式为塌陷，损毁土地程度为重度，新建矿山道路损毁土地方式为挖损，损毁土地程度为轻度-中度。

（三）生态受损退化

1、植被受损

现状：露天开采需要自上而下分层剥离地表覆盖层，这一过程会彻底清除开采境界范围内的所有地表植被，包括树木、灌木、草本植物及其依赖生存的土壤。排土场的堆放覆盖压占了原有的地表植被，包括树木、灌木、草本植物及其依赖生存的土壤，导致原有地表的植被被覆盖破坏。矿山建设工业场地及矿山道路等，这些场地的建设使得原有地形地貌及地表植被直接摧毁。矿山采矿活动将破坏原有原有植被，使区内植被覆盖率下降，生物栖息地丧失。

预测：矿山后续开采活动导致工程布置区域内的林木被采伐，局部地表植被丧失，改变了原有林地的用途和功能，造成大范围内的林地和林木数量减少。在矿山闭采后，对地面生产设施工程建设区进行生态修复，并在人工辅助下，通过恢复植被等措施使区域植物资源、自然景观得到部分恢复。

2、生物多样性受损

现状：项目区无珍惜保护的野生动、植物分布。露天开采通过破坏生境、污染环境、阻断迁徙，导致区域生物群落发生整体性衰退，生物多样性下降。这要求我们在进行修复工程设计时，以生物多样性保护为目标，营建矿区受损水系廊道、生物多样性廊道和景观廊道，使各复垦修复区之间连通，并与本地生态系统相连通，实现景观尺度的连通性和功能性。

预测：矿山开采对局部自然生态环境造成一定的破坏，但对整个区域自然体系的稳定性不会造成明显影响，仅使局部区域地形地貌改变、植被铲除、动物迁徙、水土流失侵蚀度增加，使局部生物量减少，局部自然生态环境遭到一定的破坏。同时，矿山建设及矿业活动使区域生态环境局部动植物物种的移动和抵御内外界干扰受到了一定的影响，但对植被分布的空间影响不大。因此，矿山建设及矿业活动对区域自然体系中生态环境自身的异质化程度影响不大，对评价区域整体自然体系的稳定性影响较小。

3、水土流失

现状：矿山露天开采活动直接开挖山体，剥离土石，造成大范围的山体破损、土壤消失。矿山开采剥离覆盖层，这会将地表的植被、腐殖质层和部分土壤一次性移除。植被的根系网络是固定土壤的关键，其消失直接导致土壤失去天然的保护屏障和抗蚀能力。剥离后，大面积的岩石、矿土裸露在外，抗冲刷能力极差，一旦遇到降雨，雨水会迅速形成地表径流，对裸露地表进行冲刷，从而将大量土壤、泥沙和矿渣带走，形成一定程度的水土流失。

预测：预测采矿活动可能会通过彻底破坏植被、裸露地表、改变地形地貌以及引发粉尘污染等多重因素，共同作用并最终导致水土流失问题加剧。

4、水土环境污染

现状：根据采样检测结果矿区场地渗水水质检测，结果能满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准，根据 GB/T43934-2024 判定标准，潜在污染风险为较轻。

预测：矿山生产用水量不大，大部分用于公路、工业场地的洒水除尘，无需外排。厕所废水经化粪池净化处理后外排，其他生活废水，经沉淀后外排。所以运营期生活污水和生产废水能够得到有效处置，对地表水环境产生的影响不大。今后矿山开采对地下水水质影响主要为矿石和废石土淋滤水，矿石中重金属元素及其他有害元素可能随大气降水入渗进入地下水系统，随地下径流进行扩散，对下水造成污染。预测矿山对地下水环境污染影响程度为较严重。

5、地面景观

现状：矿山开采后使评价区景观破碎化程度加深，造成新的斑块，矿山建设对小范围内的自然景观造成了一定程度的破坏。

预测：矿山建设对小范围内的自然景观造成了一定程度的破坏；但对于大范围的生态景观以及风貌来说，影响面较小。随着闭矿后覆土植被、生态补偿等措施的实施，上述景观影响将逐渐减弱。

四、矿区生态修复措施

（一）保护与预防控制措施

1、敏感目标保护

根据晋宁区和昆明市自然资源主管部门出具的生态环境评估意见“昆阳磷矿二矿矿界范围内在生态保护红线范围内，符合生态保护红线管控要求；不在自然保护区、国家公园、三江并流世界自然遗产地、风景名胜区、森林公园、水资源保护区、地质公园、地质遗迹、永久基本农田范围、矿产资源规划禁止区和限制区等重要地区范围内，符合《晋宁区矿产资源总体规划（2021年—2025年）》，未发现矿产资源领域违法行为。矿权与工业园区建设项目存在重叠情形，根据相关文件规定、上级部门指导意见，已结合实际情况协调双方达成共识并出具了互不影响的相关说明材料，与周边矿区不重叠。矿界外损毁区域叠加晋宁区“三区三线”数据，不涉及永久基本农田保护区与生态红线。

2、表土剥离与植被移植利用

对拟损毁有条件剥离表土的区域进行表土剥离，剥离的表土全部集中堆存于设计内排土场内（运距3km以内），采用编织土袋进行拦挡，表面撒播光叶紫花苕子进行防护做好管护措施避免肥力下降。

所有表土在修复覆土前均应进行土壤筛分。考虑到剥离表土直接利用的可行性，后期覆土也采用分层覆土的方式。根据土壤粒径大小，从下到上逐渐变小。首先筛分出质量较好的细土作为最上层覆土提高植物成活率并减少耕地表土含石量。先将碎石、含石量较高的土作为底土，其上覆盖含石量低的壤土。

3、相关协同措施

（1）地质灾害协同措施

地面塌陷、地裂缝的预防措施：地下开采的固体矿山应及时回填废弃巷道，避免或减少

采空塌陷和地裂缝的发生；对矿区内不能进行拆迁或异地补偿的基础设施、道路、林木等，矿山开采中应设保安矿柱，确保地面塌陷在允许范围内。对现状地面塌陷和预测地表移动盆地进行治理，预防其对区内地面设施、耕地、植被等产生危害。竖立警示牌。

滑坡、崩塌的预防措施：在存在滑坡、崩塌等隐患的区域采矿，要消除隐患或采取措施避让灾害。固体废弃物有序、合理堆放，设计稳定的边坡角，必要时应采取加固措施或修筑拦挡工程。场地设施建设形成的不稳定斜坡，应采用拦挡、护坡等措施防止滑坡、崩塌等地质灾害。竖立警示牌。

泥石流的预防措施：对易诱发泥石流的冲沟进行拦挡及清理，并对采矿活动所产生的废石固体废物，应建专用场所堆放，不乱堆乱放。废石场等固体废物堆放场应注意选址的合理性，尽可能避让已有地质灾害，避免诱发泥石流。

合理堆放固体废物。堆放场应建拦渣坝、排水防洪等防护设施，防止诱发滑坡、泥石流等地质灾害。固体废物堆放场排水防洪设施包括场地上游截洪、两侧排洪和场地内排水。竖立警示牌。

（2）含水层预防措施

禁向废矿井、渗坑、落水洞排放废水，修筑排水沟、引流渠、防渗漏处理等措施防止有毒有害废水、固废淋滤液污染地下水。

揭穿含水层的井巷工程，应采取止水措施，防止地下水串层污染。

提高开采水平等措施优化开采方案（如分层开采、充填开采、部分开采），必要时可采取帷幕注浆隔水、灌浆堵漏、防渗墙等工程措施，最大限度的阻止地下水进入矿坑，减少矿坑排水量，防止含水层破坏，保护地下水资源。

（3）地形地貌预防措施

本矿的开采不可避免的会破坏地形地貌和植被。通过提高回采率和利用率减少闭坑后的弃渣，闭坑后及时进行生态修复，恢复矿区植被，使得矿区与周边景观相协调。

（4）固体废弃物处理

本矿山固体废弃物量较大，采用集中堆存于排土场。表层土临时堆存用于后期矿山修复，碎石土可出售用于路基填筑等用途。产生的废弃物主要为矿山职工生产生活垃圾，设置临时垃圾箱，定期清运至市政垃圾处理厂集中处理。

（5）水土环境污染预防措施

为防止因矿山开采可能造成对周围地下水环境的不利影响，在矿山开采过程中，定期监测各类污染物是否达标。

加强固液废弃物管理，减少对水土环境和地下水的污染。

（6）水土环境污染预防措施

合理规划生产布局，减少破坏范围。生产过程中产生的生产、生活垃圾严禁乱堆、乱扔，应规划设置指定的处理地点，以免占用土地，污染环境。

保护和利用好表层的熟化土壤,首先要把表层的熟化土壤尽可能地剥离后统一贮存在表土堆场,并撒播草籽以保持其肥力;同时应在废石场及管护表土堆场周围设置拦挡、设置截洪沟,防止水土流失发生。堆放时应尽量减少破坏植被区的生物,堆高设计要合理,避免过度压实。

各施工场所尽量减少施工占地,减小地表植被破坏面积。各施工区域临时占地区域挖方首先用于回填,对于挖方不能立即回填的,其堆放场所要做好临时防护措施。

采取合理完善的监测措施,对露天采场、排土场、地表移动盆地及工业场地地面变形及边坡稳定性进行监测;监测土壤质量、地下水水质、水土流失动态,发现情况及时排查了解开采对地面的影响程度,以便及时采取防范措施。

(7) 水土流失防治

矿山已生产多年,已建及开采方案设计了一些有利于水土保持的技术、措施,能有效防护工程建设及生产运行过程中产生的水土流失,体现了工程建设与保护环境相结合的设计理念。但根据现场调查,本项目现状水土保持措施尚不完善,因此应进行更加系统的水保设施设计,必要时补充专项水保方案。为了改善项目区的生态环境,对项目防治责任范围内可采取植物措施的区域恢复植被,提高林草覆盖率。同时建设单位应加强已建水土保持措施的维护工作,及时清理排水沟内泥沙,保证排水沟通畅,保证其正常使用功能。

矿山采取的生态保护措施有合理调配土石方,减少弃渣产生量,严格按设计进行开采,无越界开采行为;废土石的堆放按照批准的排土场位置规范堆存,且先挡后弃,设置有拦渣坝,并在矿区外围设置有截洪沟,矿区内设置有排水沟渠,防止水土流失。

矿山开采结束,须严格按照规范进行闭矿设计和覆土植被,改善生态环境,防止水土流失和地质灾害发生。

(8) 环境污染防治

项目破碎站产生的有组织粉尘集中收集经脉冲式布袋除尘器处理达标后通过一根总高约为 15m 的排气筒排放。对破碎系统原矿料仓加装防尘棚,并在料仓内设置洒水喷头;破碎工序每条输送皮带上布置了水除尘喷头,并设置半封闭式结构,有效抑制粉尘产生。

定期对场内运输道路进行清扫,保持路面清洁及路面的硬化与平整。在露天采场和生产辅助设施场区道路采取适时的洒水降尘措施。

对原料堆场非作业区域的矿石铺设防尘网,堆场设置防风抑尘网墙;在原料堆场和粉料堆场设置高杆喷枪,除尘雾炮机,每天洒水降尘;原料堆场周边进行植被栽种;健全原料堆场防尘治理运行管理,并建立相关记录台账,严格执行。

生产生活废水经废水沉淀池进行沉淀处理,经过沉淀处理后的废水用于车辆的冲洗和施工场地洒水降尘,不外排。生活废水用于矿山绿化浇灌及洒水降尘,废水不外排。

合理布局施工现场,避免在同一地点安排大量动力机械设备,尽可能选用低噪声的设备。各高噪声级机械布置在远离敏感点一侧或施工场地中央。设备应安放稳固,并与地面保持良

好接触，有条件的应使用减振垫或消音器。优化施工方案，选择施工车辆的最优进场道路，运输车辆经过居民区时应限速、禁鸣，禁止夜间运输，尽量从源强及传播途径上降低施工噪声的产生量。

在爆破作业中，严格堵孔质量，采用多排孔微差爆破等工程措施，严格控制爆破作业中的安全防护距离并规定特定时间爆破，且对爆破作业进行合理规划时间。处理大块矿石采用液压碎石锤。

加强采矿、运矿过程管理，规范固体废弃物的堆放与处理，及时运输原矿至堆矿场地。对排土场、表土堆场规范管理。堆土台阶进行植被恢复，场外地表径流通过截洪沟拦截；场内地表径流通过各平台水平布置排水沟及各平台之间连有的排水管引至排土场下游沟口。

（二）生态修复工程措施

1、地貌重塑

（1）危岩体清理

矿山露天采场边坡面积约 90.1272hm^2 ，本次估算按照平均清理厚度 5cm 计算清理方量，共计清理危岩体方量 45063.60m^3 。

（2）铁丝网防护

设计在露天采场境界外布设铁丝防护网，铁丝网高约 1.8m ，露天采场周长约 8250m ，需铁丝网 14850m^2 。

（3）挡土埂

设计在各台阶平台的外侧建挡土埂，浆砌石结构，顶宽 0.4m ，高 0.5m ，埋深 0.3m ，露天采场台阶平台共需修建挡土埂长约 21640m 。挡土埂 $\text{M}7.5$ 浆砌石量 8412.55m^3 。

（4）坑口封堵

按《矿山安全规程》，待矿山开采结束后，需对各坑口采取封堵处理。封堵措施：待矿山开采结束后，本方案设计采用浆砌石进行回填封堵，浆砌石回填深度 2m ，并用 $\text{M}10$ 水泥砂浆进行抹面，抹面厚度 20cm 。

（5）挡墙

表土堆场坡脚设计采用 $\text{M}10$ 浆砌石挡墙进行拦挡，挡墙长度 1300m 。需 $\text{M}10$ 浆砌石 2821m^3 。

（6）预测地表移动范围的预防治理

地裂缝填充 8187.04m^3 ，塌陷坑回填 11996.67m^3 。

（7）安全警示

设置永久性警示标牌、立牌公示。

2、土壤重构

（1）拆除工程

待矿山辅助设施使用结束后，对硬化地面及地表建（构）筑物区域进行场地清理，地面

临时建筑物和构筑物拆除，本方案负责拆除需修复区域的地面硬化物，建构筑物并清理地面杂物。拆除的建构筑物和清理的废渣可作为地下开采的回填料或运输至内排土场集中填埋。

（2）平整回覆工程

a. 土地平整

采用人机配合 1: 9，平整厚度 30cm 对修复的除露天采场和预测塌陷区外的其他所有单元进行平整。

b. 覆表土

设计复垦耕地全面覆土厚度 0.6m；乔木林地区及灌木林地区平台平台全面覆土厚度 0.4m；预测塌陷区植物补植部分采用穴状覆土规格 0.5*0.5*0.5m/株。

c. 耕地翻耕

主要针对修复为耕地的单元。对修复为耕地的土地，需进行机械翻耕一次，加快土壤的熟化速度。林地的平整工程在草木恢复工程栽植树木定额中包括不再重复。

（3）生物化学工程

a. 园林地培肥-基肥

对修复园地、林地进行培肥，覆土后植树前按照 600kg/公顷先施用基肥。园地施用果树专用菌肥 3kg/株，林地施用林地专用商品有机肥 2kg/株。撒施，在覆土后植树前将基肥均匀撒播在土壤表面，然后翻耕入土，避免肥料直接解除根系，以免烧根。施肥后及时浇水，以促进肥料溶解和吸收。干旱季节施肥要适量，避免因施肥过多导致苗木缺水。

b. 耕地培肥

复垦为耕地区域进行土壤培肥，施用商品有机肥 7.5t/公顷，根据《有机肥料》（NY/T525-2021）标准，具体参数要求如下：外观粉/粒，无恶臭，有机质（烘干基） $\geq 30\%$ ，总养分 $N-P_2O_5-K_2O \geq 4\%$ ，水分 $\leq 30\%$ ，PH6.5-8.5，种子发芽指数 $GI \geq 70\%$ ，机械杂质 $\leq 0.5\%$ ，无重金属污染。

3、植被重建

（1）植被选择

在土壤重构工程完成后，对修复园林地区域进行穴状整地、栽植乔木、灌木、草本植物。乔木林地种植方式采用乔+灌+草初植密度 2500 株/公顷，灌木林地种植方式采用灌+草密度 2500 株/公顷，采场边坡在坡脚种植爬藤按照 2 株/m 间距种植并设置攀爬网，园地区仅种植果树查相关规范按照株行距 3m*4m 计算种植密度为 834 株/公顷。树种优先选择乡土树种，根据实地踏勘情况结合矿山育苗基地培育树种及以往种植经验，本方案推介树种如下：

草本：狗牙根+白三叶/多花木兰；爬藤：葛藤+爬山虎；灌木：车桑子+马桑+火棘+云南杜鹃；乔木：云南松/雪松+旱冬瓜+西南桦+滇合欢；果树：杨梅/李子。

（2）措施工程

a. 乔木支撑

种植的乔木、果树对其进行支撑加强其抗倒伏能力，提高植被种植成活率，标准为 3 根/株。

b. 无纺布覆盖

在所有修复为园林草地的区域进行无纺布覆盖，保水保墒减轻水土流失及扬尘污染，面积根据修复面积确定。

c. 边坡攀爬网

对种植藤本的边坡设置攀爬网，为植物提供依附载体，加速坡面覆盖，提升绿化稳定性。采用镀锌钢丝网规格 8~12#，型钢固定，面积根据图上量算边坡面积确定。

4、配套工程

配套工程针对设计内排土场顶部平台修复为耕地的区域：根据水资源平衡分析，需修建水窖作为集水设施；配套田间道路及沟渠。需修建水窖 68 座，图上量算田间道路总长 5842m，路侧沟 7598m。修复水浇地区域设置 50 方水池 1 座。

针对外排土场修复耕地区：根据水资源平衡分析，需设置 2 座 30 方储水罐作为集水设施。

针对修复为水浇地的工业场地：根据水资源平衡分析，需设置 1 座 50 方储水池作为集水设施。

针对预测塌陷区：考虑可能因地表塌陷造成区内建设用地的损毁，考虑了村庄修葺、道路修复和农用地修葺的工程量。其中村庄修葺根据定额按 1557 元/平测算造价，塌陷区内村庄总面积 0.4206hm²；塌陷区内道路修复面积 3.1724 hm²，铺装 30cm 碎石路面统计；塌陷区内设施农用地修葺面积 11.3782 hm²根据定额按 3989 元/亩测算造价。

5、景观营建

以生物多样性保护为目标，营建矿区受损水系廊道、生物多样性廊道和景观廊道，使各复垦修复区之间连通，并与本地生态系统相连通，实现景观尺度的连通性和功能性。该部分工程已融入配套道路工程中，并于保留的矿山道路连接，作为修复后各生态系统的廊道将各类景观联通。

露天采坑后期将作为肖家营磷矿的外排土场，堆排后将重新构建地下水联通体系不存在暴露水体。

预测塌陷区恢复原地貌景观；地采期持续进行监测，稳定后结合地质环境治理方案营建适宜景观。

原表土堆场等场地生态系统受损较轻，恢复原地貌景观。

内外派突出形成的人工堆积山，山坡露天采场形成的阶梯状地貌，结合周边自然景观营建为山地景观。

上述工程融入地貌重塑、土壤重构和植被重建工程中，此处不再单独计列。

（三）监测与管护

1、监测工程

(1) 监测范围及内容

监测范围以矿区受损区块为主，监测内容主要包括：地质灾害监测、含水层监测、地形地貌景观监测、水土环境污染监测、土地资源监测、生态系统监测等。

(2) 监测方法

现场调查法、现场测试法、遥感监测法、全站仪、高精度 GPS 监测法、综合判断法、采样送检测试法。

(3) 监测布置及工程量

本矿山预测地表移动盆地面积 4.5789km²，本方案补充预测地表移动盆地地区监测网布置，按照 200m×200m 布置监测点，共需表面位移监测点 115 个。对内排土场设计布设 8 个变形监测点，布设 1 个土壤监测点。因外排土场矿山已做了监测设施，本方案主要设计在外排土场下游沟谷、冲沟内布设 4 个水质监测点，并对下游村庄布设 2 个监测点，对外排土场布设 1 个土壤监测点。对表土堆场布设 1 个土壤监测点。对工业场地布设 6 个土壤监测点，布设 5 个水质监测点。人工动态监测工程量按照大类单元划分，分为露天采场、内排土场、外排土场、工业场地、已损区域、表土堆场、预测塌陷区，每单元每月 1 次计。。监测总年限 56 年，方案服务年限内监测 19 年。

2、管护工程

(1) 管护内容

a. 耕地管护

定期进行土壤检测，每季度采集土壤样本，检测 pH 值、氮磷钾含量、有机质及重金属指标，根据检测结果制定个性化施肥方案。优先采用有机肥（如腐熟农家肥、秸秆还田）提升土壤有机质，每亩每年施用量不低于 500kg；配合施用缓释肥，减少化肥用量，避免土壤板结。对于盐碱化土壤，可通过种植苜蓿等耐盐碱绿肥，或施用脱硫石膏等改良剂调节酸碱度，每年改良面积需覆盖耕地总面积的 10% 以上。同时，定期进行深耕松土，深度控制在 25-30 厘米，打破犁底层，增强土壤透气性和保水能力。

根据移交管护合同和土地标界，定期对土地地界进行监测，防止人为侵占、防范自然灾害造成土地损毁或流失。定期检查维护地界内的道路等设施以及地界边缘的土坡，防止牲畜踩踏损坏和山洪损毁，雨水季节，及时组织修复毁坏的土地。配合居委会及时向群众提供科普知识，大力推广科学种植，鼓励经营者对所承包土地加大投入，提高土地肥力和效能，科学引进新品种，形成规模化生产。

b. 林地管护

对复垦为林地区域施行一年至少管护 2 次，连续管护 3 年。本方案确定林地、草地主要管护措施有：苗木补种、施肥、浇水、喷药等：

①苗木补种：对死亡的苗木应及时拔除补种，对新种树木要充分浇水。

②浇水：旱季月份（11月至次年4月）按照3次/月，雨季月份（5月~10月）按照1次/月考虑浇水次数，全年共需浇水24次，采用矿山水车拉水浇灌的方式。

③施肥：对植被追施肥料。

④喷药：对病虫害进行观察，一旦发现，立即采取喷农药等相应措施。

c. 表土剥离管护

对剥离表土管护主要为土工膜覆盖、撒播绿肥、设置临时围挡等，保持土壤质地与土壤肥力，减少水土流失。

d. 基础设施维护

对路侧沟、道路、水窖等配套设施进行维护，按照设计工程量30%计。

（2）管护工程量

管护工程覆盖矿区修复的所有区域，其中耕地管护面积93.0347hm²，管护期5年；林地管护面积504.5127hm²，管护期3年。

五、工程部署

（一）矿区生态修复总体目标任务

本矿山实际修复责任范围面积644.8098hm²，保留矿山道路面积4.8513hm²作为防火通道及乡村道路使用，保留露天采场、内排排土场、外排排土场设计的截洪沟共3.5352hm²，共计保留面积8.3865hm²；故本项目修复土地面积636.4233hm²，其中修复为水浇地4.6209hm²，旱地97.2346hm²，果园12.8683hm²，其他园地4.1923hm²，乔木林地367.1707hm²，灌木林地44.8710hm²，其他林地8.3972hm²，其他草地76.4718hm²，商业服务业设施用地0.0018hm²，工业用地0.0047hm²，农村宅基地0.4206hm²，公路用地0.9994hm²，农村道路9.6532hm²，管道运输用地0.3460hm²，水库水面2.4271hm²，坑塘水面0.0561hm²，沟渠3.6769hm²，水工建筑用地0.0190hm²，设施农用地11.3782hm²。土地修复复垦率为98.70%。

（二）阶段实施计划

本修复方案基准年限为2026年8月，故《矿区生态修复方案》服务年限为：申请的采矿证剩余有效期限14.58年和矿山闭采修复治理期1年、管护期3年组成，共计18.58年（2026年8月~2045年3月）。按照“轻重缓急、分阶段实施”的原则，结合本矿山实际情况对矿区生态修复进行分期部署，分为三个阶段：近期、中期和远期。

1、总体计划

治理分期	治理阶段	年度		生态修复安排计划
近期治理期	第一阶段	生产期第1-5年度	2026年8月~2027年7月	1、对表土堆场表土进行转运，对设计内排土场、设计采场拟损毁区域进行表土剥离及管护，对外排土场逐步开始修复；对露天采场采帮边坡进行清理，清除坡面突出岩石、坡面浮石、碎石土。2、全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防，3、监测矿区生态状况

			2027 年 8 月~2028 年 7 月	1、对上一年修复的区域开展管护；2、对外排土场继续始修复；对设计露天采场、设计内排排土场逐年修复，采帮边坡进行清理，清除坡面突出岩石、坡面浮石、碎石土。3、全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防，4、监测矿区生态状况，5、对发现的地表塌陷区逐年修复
			2028 年 8 月~2029 年 7 月	1、对上一年修复的区域开展管护；2、对外排土场继续始修复；对设计露天采场、设计内排排土场逐年修复，采帮边坡进行清理，清除坡面突出岩石、坡面浮石、碎石土。3、全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防，4、监测矿区生态状况，5、对发现的地表塌陷区逐年修复
			2029 年 8 月~2030 年 7 月	1、对上一年修复的区域开展管护，对设计露天采场、设计内排土场逐年修复，采帮边坡进行清理，清除坡面突出岩石、坡面浮石、碎石土，2、对发现的地表塌陷区逐年修复，3、全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防，4、监测矿区生态状况
			2030 年 8 月~2031 年 7 月	1、对上一年修复的区域开展管护，对设计露天采场、设计内排土场逐年修复，采帮边坡进行清理，清除坡面突出岩石、坡面浮石、碎石土，2、对发现的地表塌陷区逐年修复，3、全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防，4、监测矿区生态状况
中期治理期	第二阶段	生产期第 6-10 年度	2031 年 8 月~2036 年 7 月	1、该阶段矿山正在进行露天+地下开采，对以往造成损毁且后期不再使用的设计露天采场区、设计内排土场区域进行修复。2、全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防，3、加强矿区生态状况的监测与管护，4、对发现的地表塌陷区逐年修复，
	第三阶段	生产期第 10-15 年度	2036 年 8 月~2041 年 7 月	1、该阶段矿山正在进行露天+地下开采，对以往造成损毁且后期不再使用的设计露天采场区、设计内排土场区域进行修复。2、全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防，3、加强矿区生态状况的监测与管护，4、对发现的地表塌陷区逐年修复，
	第四阶段	生产期第 15-20 年度	2041 年 8 月~2046 年 7 月	1、该阶段矿山正在进行露天+地下开采，对以往造成损毁且后期不再使用的设计露天采场区、设计内排土场区域进行修复。2、全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防，3、加强矿区生态状况的监测与管护，4、对发现的地表塌陷区逐年修复，
	第五阶段	生产期第	2046 年 8	1、该阶段在 2050 年结束露天开采全面转入地下开采，

		20-25 年 度	月~2051 年 7 月	2051 年对以往造成损毁且后期不再使用的设计露天采场区、内外排土场、工业场地、表土堆场、已损区域进行全面修复。2、全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防，3、加强矿区生态状况的监测与管护，4、对发现的地表塌陷区逐年修复。
远期治理 期	第六阶段	生产期第 25-52 年 度	2051 年 8 月~2078 年 7 月	1、该阶段正在进行地下开采，全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防。2、加强矿区生态状况的监测与管护。3、对出现残余沉降造成地表塌陷的区域进行修复
	第七阶段	修复实施 期+管护 期	2078 年 8 月~2082 年 7 月	1、该阶段开采结束，进入全面修复期，修复不再使用的工业场地，对以往修复工程进行维护。2、加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防。2、加强矿区生态状况的监测与管护。3、对出现残余沉降造成地表塌陷的区域进行修复。

2、前三年度矿区生态修复工作计划

年 度	所属生态 修复区块	主要工程措 施	工程量	目标地 类	面积(公 顷)	费用(万 元)
第一 年度	外排土场	覆土、平整、 翻耕、培肥、 植树、设置警 示牌、监测与 管护	1、对外排土场进行覆土工程量为 237595.92m ³ 、平整工程量为 147841.2m ³ 、耕地翻耕 2.0374hm ² 、 耕地培肥 2.0374hm ² 、林地培 肥 28345.8kg、撒播草籽 41.1844hm ² 、果树种植 5053 株、 灌木种植 102961 株、果树支撑 15159 根、无纺布覆盖 472430 m ² ； 对修复的耕地及林地进行管护。 2、对外排土场进行监测；在周边 显眼位置及危险区域设置警示 牌。	灌木林 地、果 园、旱地	49.2804	633.75
	表土堆场	表土转运、监 测与管护	1、对表土进行转运至设计内排土 场。2、对外排土场进行监测；在 周边显眼位置及危险区域设置警 示牌。	\	0.9836	71.93
	设计露天 采场	表土剥离、土 壤筛分、表土 堆存与管 护、设置警 示牌、监测与 管护、撒播草 籽	1、表土剥离工程量为 909322.5239m ³ 、土壤筛分工程量为 181864.5048m ³ 、表土堆存与管 护工程量为 909322.5239m ³ 。 2、对露天采场边坡局部危岩、浮 石进行清理，清理工程量为 1130m ³ ； 对露天采场进行监测；在周边 显眼位置及危险区域设置警示 牌；停采部分撒播草籽，无纺布	\	45.4661	2186.99

第二年度			覆盖，面积 2.71 公顷。			
	设计内排土场	表土剥离、土壤筛分、表土堆存与管护、设置警示牌、监测与管护	1、表土剥离工程量为 272796.56m ³ 、土壤筛分工程量为 54559.31m ³ 、表土堆存与管护工程量为 272796.5616m ³ 。 2、对内排土场进行监测；在周边显眼位置及危险区域设置警示牌。	\	13.6398	655.61
	工业场地	设置警示牌、监测与管护	对工业场地进行监测；在危险区域设置警示牌。	\		1.44
	预测地表移动塌陷区	设置警示牌、监测与管护	建立监测系统对地表移动盆地进行监测； 在地表移动盆地范围外围及影响区域设置警示牌，提醒人畜不要进入范围内，对发现的塌陷区逐年修复。	原地类		17.64
	外排土场	覆土、平整、培肥、植树、设置警示牌、监测与管护	1、对外排土场进行覆土工程量为 54076.40m ³ 、平整工程量为 40557.3m ³ 、培肥 8111.46kg、撒播草籽 13.5191hm ² 、乔木种植 33798 株、灌木种植 33798 株、乔木支撑 101394 根、无纺布覆盖 135191 m ² ；对修复林地进行管护，管护面积 13.5191hm ² 。 2、对外排土场进行监测；在周边显眼位置及危险区域设置警示牌。	乔木林地	13.5191	435.55
	表土堆场	设置警示牌、监测与管护	对表土堆场进行监测；在周边显眼位置及危险区域设置警示牌。	\		0.13
	设计露天采场	设置警示牌、监测与管护、撒播草籽无纺布覆盖	1、对露天采场边坡局部危岩、浮石进行清理，清理工程量为 1130m ³ ；对露天采场进行监测；在周边显眼位置及危险区域设置警示牌。2、停采部分撒播草籽，无纺布覆盖，面积 2.71 公顷。	其他草地	2.6593	26.30
	设计内排土场	设置警示牌、监测与管护、土壤重构、植被重建	1、对内排土场进行监测；在周边显眼位置及危险区域设置警示牌。2、对内排土场停排区域逐步修复，覆土、植树、撒播草籽，面积 2.67 公顷	乔木林地	6.5504	137.46
	工业场地	设置警示牌、监测与管护	对工业场地进行监测；在危险区域设置警示牌。	\		1.44
	预测地表	设置警示牌、	建立监测系统对地表移动盆地进	原地类	5.5092	49.32

	移动塌陷区	监测与管护、土壤重构、植被重建、配套工程	行监测；及时回填因地表移动塌陷区产生的地裂缝及塌陷坑。在地表移动盆地范围外围及影响区域设置警示标牌，提醒人畜不要进入范围内。对发现的塌陷区逐年修复，面积 5.51 公顷。			
第三年度	外排土场	覆土、平整、培肥、植树、设置警示牌、监测与管护	1、对外排土场进行覆土工程量为 64277.8070m ³ 、平整工程量为 42015.30m ³ 、培肥 8403.06kg、撒播草籽 14.0051hm ² 、乔木种植 35013 株、灌木种植 35013 株、乔木支撑 105039 根、无纺布覆盖 140051 m ² ；对修复林地进行管护，管护面积 14.0051hm ² 。 2、对外排土场进行监测；在周边显眼位置及危险区域设置警示牌。	乔木林地	14.0051	472.08
	表土堆场	设置警示牌、监测与管护	对表土堆场进行监测；在周边显眼位置及危险区域设置警示牌。	\		0.13
	设计露天采场	设置警示牌、监测与管护、撒播草籽无纺布覆盖	1、对露天采场边坡局部危岩、浮石进行清理，清理工程量为 1130m ³ ；对露天采场进行监测；在周边显眼位置及危险区域设置警示牌。2、停采部分撒播草籽，无纺布覆盖，面积 2.71 公顷。	其他草地	2.6593	26.30
	设计内排土场	设置警示牌、监测与管护、土壤重构、植被重建	1、对内排土场进行监测；在周边显眼位置及危险区域设置警示牌。2、对内排土场停排区域逐步修复，覆土、植树、撒播草籽，面积 2.67 公顷	乔木林地	6.5504	137.46
	工业场地	设置警示牌、监测与管护	对工业场地进行监测；在危险区域设置警示牌。	\		1.44
	预测地表移动塌陷区	设置警示牌、监测与管护、土壤重构、植被重建、配套工程	1、建立监测系统对地表移动盆地进行监测；及时回填因地表移动塌陷区产生的地裂缝及塌陷坑。在地表移动盆地范围外围及影响区域设置警示标牌，提醒人畜不要进入范围内。 2、对发现的塌陷区逐年修复，面积 5.51 公顷。	原地类	5.5092	49.32
六、经费预算及资金来源						
(一) 资金预算						

估算矿区生态修复静态总投资为 20051.24 万元，动态总投资为 24590.66 万元，其中工程施工费为 13303.66 万元，设备购置费 6.40 万元，其他费 1287.80 万元，监测与管护费 3797.77 万元，预备费 6195.03 万元。修复总面积 636.4233hm²，生态修复静态亩均投资为 21004.10 元/亩，生态修复动态亩均投资为 25759.23 元/亩。详见下表：

矿区生态修复总投资预算汇总表

序号	工程或费用名称	费用（万元）	费率（%）
一	工程施工费	13303.66	54.10
二	设备费	6.40	0.03
三	其他费用	1287.80	5.24
四	监测与管护费	3797.77	15.44
（一）	修复监测费	2380.56	9.68
（二）	管护费	1417.21	5.76
五	预备费	6195.03	25.19
（一）	基本预备费	1103.74	4.49
（二）	价差预备费	4539.42	18.46
（三）	风险金	551.87	2.24
六	静态总投资	20051.24	81.54
七	动态总投资	24590.66	100.00
已修复土地面积	公顷	0.00	
拟修复土地面积	公顷	636.4233	
静态亩均投资	元/亩	21004.10	
动态亩均投资	元/亩	25759.23	

（二）资金的来源

“谁开发，谁保护、谁破坏，谁修复” 矿区生态修复由云南磷化集团有限公司负担全部费用，云南磷化集团有限公司应当按照规定提取矿区生态修复费用，专门用于矿区生态修复，矿区生态修复费用计入成本。云南磷化集团有限公司昆阳磷矿二矿应积极筹措资金，设立专门账户，专人管理，做到专款专用，费用不足的，要及时足额追加投资，确保矿区生态修复工作的顺利进行。

（三）资金提取

本矿山生态修复资金全部列入生产成本，由企业自己全额负担。矿山将完善生态修复资金管理辦法，确保修复资金足额到位，安全有效，生态修复费用采用分期提取方式。

云南磷化集团有限公司应当在矿区生态修复方案通过审查，公示期满后，按照《中华人民共和国矿产资源法》及本方案生态修复费用预存计划与兰坪县自然资源局在双方约定的银行建立生态修复费用专门账户，按照本生态修复方案确定的生态修复费用，足额预存生态修复费用。

第一次预存费用不低于静态投资的 20%。其余费用逐年预存，阶段修复费用预存额不得低于实际投资额度。本方案目前估算矿山修复每年资金投入量，具体以实际施工为准并进行

调整，资金全部来源云南磷化集团有限公司。

目前矿山土地复垦费用账户中余额 4056.32 万元，大于静态总投资 20%(4014.10 万元)；在保证每一阶段预存额大于本阶段动态投资的情况下分 35 期预存生态修复费用，平均每年 586.70 万元，采矿权有效期内（15 年）共缴存 8800.50 万元。

矿区生态修复费用提取计划总表

阶段	年份			动态年投资（万元）	分期	年度生态修复费用预存额	年度修复费用提取截至时间
						（万元）	
已预存土地复垦费用						4056.32	
第一阶段(5年)	2026.08	～	2027.07	4319.27	第一期	586.70	本方案公示期满后1个月内
	2027.08	～	2028.07	826.25	第二期	586.70	2027.12.31
	2028.08	～	2029.07	933.42	第三期	586.70	2027.12.31
	2029.08	～	2030.07	411.75	第四期	586.70	2027.12.31
	2030.08	～	2031.07	440.57	第五期	586.70	2027.12.31
	小计			6931.25		2933.48	
第二阶段(5年)	2031.08	～	2036.07	2202.84	第六至十期	2933.48	每年12月31日之前
第三阶段(5年)	2036.08	～	2041.07	2202.84	第十至十五期	2933.48	每年12月31日之前
第四阶段(5年)	2041.08	～	2046.07	2202.84		2933.48	
第五阶段(5年)	2046.08	～	2051.07	4479.98		2933.48	
第六阶段（27年）	2051.08	～	2078.07	3807.58		5866.95	
第七阶段(4年)	2078.08	～	2082.07	2763.34		0.00	
合计				24590.66		24590.66	

第三部分 结 论

1、《矿区生态修复方案》服务年限：由采矿权有效期限 14.58 年和矿山修复治理期 1 年、管护期 3 年组成，共计 18.58 年（2026 年 8 月～2045 年 3 月）。

2、昆阳磷矿二矿设计开采规模为 320 万 t/年，属大型矿山；修复区地形地貌条件复杂，区域地质构造复杂，区域地壳属次不稳定区，水文地质条件属中等复杂类型，工程地质条件属复杂类型，目前人类工程活动强烈。矿山地质环境条件复杂。

3、生态修复调查区内现状地质灾害主要发育 4 个不稳定边坡，现状危害性及危险性中等-大。矿业活动加剧不稳定边坡失稳的可能性中等-大，危害性，危害性及危险性中等-大。

露天采场边坡引发崩塌或滑坡的可能性大，危害性及危险性大；地下开采可能引发山体滑坡、崩塌、地面塌陷、地裂缝等灾害的可能性中等-大，危害性、危险性大；排土场诱发滑坡、泥石流灾害的可能性大，对下游居民点造成危害危害性及危险性大；内排排土场诱发滑坡、泥石流灾害的可能性大，危害程危害性及危险性大；冲沟 C₁、C₂、C₃、C₈ 诱发泥石流灾害的可能性大，危害程度大，危险性大，C₄、C₅、C₆ 诱发泥石流灾害的可能性小，危害程度小，危险性小。遭受不稳定边坡危害的可能性大，危害程度大，危险性大；1#工业场地遭受危害的可能性小，危害程度小，危险性小；2#-6#工业场地遭受预测地表移动盆地危害的可能性大，危害程度大，危险性大；二街工业园区北侧、香条冲居民点、二街镇零星居民点遭受灾害的可能性大，危害程度大，危险性大；露天采场、地下采区遭受涌水危害的可能性大，危害程度大，危险性大；遭受岩溶塌陷、溶洞水危害的可能性小，危害程度小，危险性小；相邻矿界相互影响程度大，危险性大。

矿业活动对含水层的影响和破坏严重；对地形地貌景观的影响严重；对土地资源压占及破坏总体为严重，对水环境及土壤污染较严重。对生态系统破坏较轻～较严重。

4、本项目已损毁土地面积 297.1751hm²，拟损毁土地面积 415.3961hm²，共计损毁土地面积 712.5712hm²。按损毁地类统计，其中水浇地 3.1637hm²，旱地 12.5535hm²，果园 6.5920hm²，其他园地 4.1975hm²，乔木林地 254.3875hm²，灌木林地 49.4688hm²，其他林地 15.2542hm²，其他草地 16.1840hm²，物流仓储用地

0.0161 hm²，商业服务业设施用地 0.0018 hm²，工业用地 13.8993hm²，采矿用地 309.4661hm²，农村宅基地 0.6059hm²，公路用地 4.3969hm²，城镇村道路用地 0.1895hm²，农村道路 4.6627hm²，管道运输用地 0.3461hm²，水库水面 3.7066hm²，坑塘水面 0.5808hm²，沟渠 0.8686hm²，水工建筑用地 0.4131hm²，设施农用地 11.6165hm²；按损毁土地方式统计，压占损毁 286.2064hm²，挖损损毁 72.9897hm²，塌陷损毁 353.3751hm²；按损毁土地程度分析，轻度损毁 0.8976hm²，中度损毁 25.0367hm²，重度损毁 686.6369hm²；按损毁土地权属统计，属二街镇工业园区、老高村民委员会、栗庙村民委员会、肖家营村民委员会集体所有。

5、本项目损毁土地面积 712.5712hm²，修复区面积 712.5712hm²，修复区面积中 67.7614hm²未纳入本矿山修复责任范围（其中，①位于城镇开发边界内，且与晋宁区二街工业园区重叠面积 14.6157hm²，根据云南晋宁产业园区管理委员会出具的“复垦责任范围的情况说明”，该部分已纳入晋宁区域城镇开发边界及《晋宁产业园区总体规划（2021-2035 年）》，该部分不纳入本矿山复垦责任范围；②矿区中东侧分布有云南中正化学工业有限公司堆场、排渣场，面积 24.3840hm²，为云南中正化学工业有限公司损毁，损毁时间为 2006 年 8 月，位于本矿山预测塌陷区范围内，矿业权人已与该企业签订了“复垦责任范围划分的情况说明”，由该企业自行复垦，本矿山监督，如后期复垦不到位，由矿山继续复垦，该部分不纳入本矿山修复责任范围；③位于二街磷矿矿权范围内面积 0.8136 hm²，由二街磷矿负责修复；④城镇开发边界外磷都公司、恒坤公司用地面积 10.5880hm²，该部分不纳入本矿山复垦责任范围；⑤城镇开发边界西部工业园区用地面积 17.3601hm²，该部分不纳入本矿山复垦责任范围；上述不纳入昆阳二矿修复的范围，均与实际土地使用者签订了修复责任情况说明，因此本矿山实际修复责任范围面积 644.8098hm²。矿山后期不再新增地表工程。

6、本矿山实际修复责任范围面积 644.8098hm²，保留矿山道路面积 4.8513hm²作为防火通道及乡村道路使用，保留露天采场、内排排土场、外排排土场设计的截洪沟共 3.5352hm²，共计保留面积 8.3865hm²；故本项目修复土地面积 636.4233hm²，其中修复为水浇地 4.6209hm²，旱地 97.2346hm²，果园 12.8683hm²，其他园地 4.1923hm²，乔木林地 367.1707hm²，灌木林地 44.8710hm²，其他林地 8.3972hm²，其他草地 76.4718hm²，商业服务业设施用地 0.0018 hm²，工业用地

0.0047hm²，农村宅基地 0.4206hm²，公路用地 0.9994hm²，农村道路 9.6532hm²，管道运输用地 0.3460hm²，水库水面 2.4271hm²，坑塘水面 0.0561hm²，沟渠 3.6769hm²，水工建筑用地 0.0190hm²，设施农用地 11.3782hm²。土地修复复垦率为 98.70%。

根据“谁损毁，谁复垦”的原则，云南磷化集团有限公司承担该项目生态修复工作负责。

7、本项目修复措施包括：表土剥离与植被利用、地貌重塑工程、土壤重构工程、植被重建工程、配套工程及监测管护工程，具体修复措施有：表土剥离与堆存、表土转运、土壤筛分、表土堆存与管护、外购表土、斜坡清理危岩体、地裂缝填充、塌陷坑回填、防护网、挡土埂、警示牌、拆除并清运建构筑物、土地平整与表土回覆、耕地翻耕、耕地及园林地培肥、种植苗木、撒播草籽、乔木支撑、无纺布覆盖、边坡攀爬网布设、修建水窖、田间道路和路侧沟、村庄修葺、道路修复、设施农用地修葺、地质环境监测、修复效果监测、耕地管护 5 年、植被管护 3 年等。

8、生态修复总面积 636.4233hm²，静态总投资 20051.24 万元，亩均静态投资为 21004.10 元，其中工程施工费 13303.66 万元，设备购置费 6.40 万元，其它费用 1287.80 万元，监测与管护费用 3797.77 万元，基本预备费 1103.74 万元、价差预备费 4539.42 万元、风险金 551.87 元。动态总投资 24590.66 万元，亩均动态投资 25759.23 元。资金全部由矿山自筹。

9、截至 2026 年 7 月，矿业权人已缴存土地复垦费用共 4056.32 万元，此次将原复垦方案已缴存的土地复垦费用抵扣后，剩余费用设计分 35 期缴存，每年缴存 586.70 万元，采矿权有效期内共缴存 8800.50 万元。修复投资资金由修复义务人（云南磷化集团有限公司）支付。矿山土地复垦监管执行按动态资金管理，预存资金不足时，要及时足额追加相关费用，确保土地复垦工作的顺利进行。

云南磷化集团有限公司昆阳磷矿二矿矿区生态修复方案

专家组审查意见

采矿权人名称	云南磷化集团有限公司	
矿山名称	云南磷化集团有限公司昆阳磷矿二矿	
方案编制单位	云南地质工程勘察设计研究院有限公司	
矿区基础面积信息	矿区面积	764.83 公顷
	矿区生态修复责任面积	644.8098 公顷
方案服务年限	2026 年 8 月-2045 年 3 月（18.58 年）	
2026年6月29日，受云南省自然资源厅委托，云南省地质环境监测院在昆明组织专家对云南地质工程勘察设计研究院有限公司编制的《云南磷化集团有限公司昆阳磷矿二矿矿区生态修复方案》（以下简称“方案”）进行了评审，与会专家在会前审阅报告、会上听取了编制方和矿业权人的介绍，经会上充分讨论，形成以下评审意见： 一、矿山基本情况 云南磷化集团有限公司昆阳磷矿二矿（以下简称昆阳磷矿二矿）矿区位于昆明市晋宁区二街镇境内，地理坐标(2000 国家大地坐标系)：东经 102° 29′ 18.917″ ～ 102° 31′ 57.432″，北纬 24° 41′ 38.826″ ～24° 43′ 47.031″。开采方式：露天/地下开采；生产规模：320 万吨/年；矿区面积：7.6483km²；开采深度：2350m～1620m；采矿权有效期 15 年：自 2026 年 3 月 20 日至 2041 年 3 月 19 日。 二、问题识别诊断及修复可行性分析 （一）矿区问题识别 矿山不稳定地质体发育，主要为露天开采帮坡形成及排土场边坡，现状局部稳定差。矿业活动对原生的地形地貌影响和破坏严重，现状矿业活动对含水层的影响和破坏严重，对土地资源压占及损毁破坏程度严重，现状地质环境问题影响程度严重。采矿活动加剧引发及遭受地质灾害危害的可能性中等-大，危险性中等-大。区内水文地质条件复杂，采矿和疏干排水易导致矿区周围主要含水层的破坏，可能导致地下水水位下降，地下水资源量减少，含水层可能遭受矿山下阶段开采影响严重。		

矿山下阶段开采对地质环境影响程度为严重。

昆阳磷矿二矿已损毁区域主要为露天采场已开采区、外排土场、工业场地、已建道路等。已损毁土地总面积297.1751hm²，其中水浇地0.3960hm²、旱地0.4636hm²、乔木林地20.8387hm²、灌木林地0.5064hm²、其他林地3.1704hm²、其他草地3.0886hm²、工业用地0.0087hm²、采矿用地262.5973hm²、农村宅基地0.1476hm²、公路用地2.8882hm²、农村道路1.6916hm²、水库水面1.2795hm²、设施农用地0.0985hm²。损毁土地方式为挖损，压占，损毁土地程度为轻度-重度。

矿山后续新增拟损毁区域主要为设计露天采场、设计内排土场、塌陷影响区、设计矿山道路，新增拟损毁土地415.3961hm²。其中水浇地2.7677hm²、旱地12.0899hm²、果园6.5920hm²、其他园地4.1975hm²、乔木林地233.5488hm²、灌木林地048.9624hm²、其他林地12.0838hm²、其他草地13.0954hm²、物流仓储用地0.0161hm²、商业服务业设施用地0.0018hm²、工业用地13.8906hm²、采矿用地46.8688hm²、农村宅基地0.4583hm²、公路用地1.5087hm²、城镇村道路用地0.1895hm²、农村道路2.9711hm²、管道运输用地0.3461hm²、水库水面2.4271hm²、坑塘水面0.5808hm²、沟渠0.8686hm²、水工建筑用地0.4131hm²、设施农用地11.5180hm²。露天采场损毁土地方式为挖损，损毁土地程度为重度，内排土场损毁土地方式为压占，损毁土地程度为重度，塌陷影响区损毁土地方式为塌陷，损毁土地程度为重度，新建矿山道路损毁土地方式为挖损，损毁土地程度为轻度-中度。

核对晋宁区“三区三线”成果数据，矿区不涉及永久基本农田、生态保护红线。在矿区南部涉及部分城镇开发边界，主要为二街工业园区用地；在矿区西南角设计部分村庄建设边界，权属为肖家营村委会，位于塌陷预测影响区内。根据晋宁区、昆明市自然资源主管部门出具的生态环境综合评估审查意见，采矿权延续申请登记范围不在自然保护区、国家公园、三江并流世界自然遗产地、风景名胜区、森林公园、水资源保护区、地质公园、地质遗迹，该采矿权矿区范围不涉及生态保护红线及永久基本农田。

现状矿区生态损毁与退化程度为中度，预测植被受损和生态服务功能退化程度为重度。

（二）矿区修复可行性分析

不稳定边坡（BW）预防治理措施可行性分析：本方案主要以监测为主，同时竖立警示标牌，提示过往车辆及行人注意安全。该工程措施易于施工，且对周边环境

影响较小，整体可行性高。

露天采场预防治理措施可行性分析：本方案主要以监测、植被恢复为主，同时竖立警示标牌，提示过往车辆及行人注意安全。采场前期表土保护，分层表土剥离、分区堆存保护。对露天采场采帮边坡进行清理，清除坡面突出岩石、坡面浮石、碎石土，平台设置挡土埂，布设边坡位移、沉降监测点位，雨季加密监测，防范地质灾害。定期对地下水、水质开展检测，同时进行植被恢复。该工程措施易于施工，且对周边环境的影响较小，整体可行性高。

内外排土场预防治理措施可行性分析：本方案主要以监测、植被恢复为主，同时竖立警示标牌，提示过往车辆及行人注意安全。布设边坡位移、沉降监测点位，雨季加密监测，防范地质灾害。定期对地下水、水质开展检测，重点监控总磷等指标。同步开展植被重建。该工程措施易于施工，且对周边环境的影响较小，整体可行性高。

预测岩石移动范围预防治理措施可行性分析：地表移动变形诱发产生崩塌、滑坡、地表塌陷、地裂隙等地质灾害，针对预测评估的结果提出经验性的防治措施和防治方法，并估算出一定的工作量和投资，在出现灾害后可及时进行治疗，防止地质环境条件的恶化和造成的损失扩大，待治理时机（地质灾害趋于稳定或达到稳定）成熟时再进行专项的整治。在移动变形盆地内及周边明显处，如主要山口、沟口等主要交通路口竖立永久性警示牌、立牌公示。对可能产生的裂缝及坍塌坑进行回填，布设地表位移、沉降监测点位，雨季加密监测，防范地质灾害，并对其进行植被恢复。

在本方案服务年限内，布设地下水监测点位，持续监测地下水位、pH、总磷、重金属等关键指标。采用人工现场调查、取样分析、地下水位监测等方法，对地下水位、水质、矿井排水量等进行长期监测。地下水监测预警措施是地下水环境保护的常规措施，采样、分析监测手段成熟可靠，技术上可行。

本矿山对地形地貌景观及土地资源的破坏主要在地面设施的修建、露天采场、排土场、工业场地等，主要是对损毁土地进行植被重建，选用当地优势树种，对植被生态系统进行恢复，因地制宜，宜耕则耕、宜林则林、宜草则草。

在本方案服务年限内，为保护水土环境，定期定点对地表水、地下水进行监测预警，并对监测结果进行分析和整理研究，确定污染指标、来源，为下一步水土污染修复提供依据。各措施为矿山水土环境污染预防的常规治理及监测预警措施，因

此各措施对防治水土环境污染是可行的。

矿区生态修复的核心技术已覆盖地形整治、土壤改良、植被恢复、水体治理、地质灾害防控等全环节，能针对性解决露天矿、井工矿、金属矿等不同矿区的生态问题，技术落地性和有效性已得到大量工程验证。本项目拟采取的复垦修复技术成熟，施工难度一般，技术可行。

根据“谁开发谁保护，谁破坏谁治理，谁投资谁受益”的原则，矿山生态修复资金来源为企业自筹。建设单位应将治理费从生产费用中列支，防止挤占、挪用或截留，要做到资金及时足额到位，合理使用，确保专款专用，确保经费投资额度资金流向和使用情况的真实性和有效性。

综上，矿区生态修复在经济上是可行的。

矿山不涉及临时用地及存量采矿用地腾退指标。

三、生态修复措施与工程内容

（一）保护与预防控制措施

（1）各种生产建设活动应严格控制在矿权范围内，做好土壤和植被的保护措施，施工过程中的固体废弃物要及时处理；（2）合理布置工作面及开采顺序，最大程度降低因矿山开采造成对土地的损毁；（3）排土场等场地应采取拦挡、排水等措施，防止坡体失稳、水土流失和次生地质灾害发生；（4）在拟损毁场地应严格按照技术规范进行表土剥离，并集中堆放保存和采取必要的保护措施；（5）在保留内应增加绿地面积及营造周边防护林，改善和保护项目区域内的生态环境。

（二）工程技术措施

（1）地貌重塑：对露天采场采帮边坡进行清理，清除坡面突出岩石、坡面浮石、碎石土。对可能产生的裂缝及和塌陷坑进行回填。

（2）土壤重构工程：对各受损地块进行场地平整后进行覆土，设计复垦耕地全面覆土厚度 0.6m；乔木林地区及灌木林地区平台平台全面覆土厚度 0.4m；预测塌陷区植物补植部分采用穴状覆土规格 0.5*0.5*0.5m/株。对修复为耕地的土地，需进行机械翻耕一次，加快土壤的熟化速度。

（3）植被重建工程：本矿山在采矿过程，对当地原生态系统的扰动，使得原植被受到伤害，在项目区的脆弱生态条件下自然恢复植被较困难，且周期较长，为了使受害生态系统能够向着有益的方向演替，需进行人工干预。

（4）配套工程：针对设计内排土场顶部平台修复为耕地的区域：根据水资源平衡分析，需修建水窖作为集水设施；配套田间道路及沟渠。针对预测塌陷区：考虑可能因地表塌陷造成区内建设用地的损毁，考虑了村庄修葺、道路修复和农用地修葺。

（三）监测与管护

对露天开采边坡及排土场边坡稳定性监测，对预测地表移动盆地进行变形监测，对水环境、土壤、地形地貌、土地资源等进行监测，并对各修复区内的植被及工程措施效果进行监测。对矿山生态修复区域进行管护，重点管护地表工业场地、露天采场、排土场等损毁修复工程。

四、工程部署与经费估算

（一）工程部署

矿山修复时序安排详见下表：

治理分期	治理阶段	年度		生态修复安排计划
近期治理期	第一阶段	生产期第1-5年度	2026年8月～2027年7月	1、对表土堆场表土进行转运，对设计内排土场、设计采场拟损毁区域进行表土剥离及管护，对外排土场逐步开始修复；对露天采场采帮边坡进行清理，清除坡面突出岩石、坡面浮石、碎石土。2、全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防，3、监测矿区生态状况
			2027年8月～2028年7月	1、对上一年修复的区域开展管护；2、对外排土场继续始修复；对设计露天采场、设计内排排土场逐年修复，采帮边坡进行清理，清除坡面突出岩石、坡面浮石、碎石土。3、全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防，4、监测矿区生态状况，5、对发现的地表塌陷区逐年修复
			2028年8月～2029年7月	1、对上一年修复的区域开展管护；2、对外排土场继续始修复；对设计露天采场、设计内排排土场逐年修复，采帮边坡进行清理，清除坡面突出岩石、坡面浮石、碎石土。3、全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防，4、监测矿区生态状况，5、对发现的地表塌陷区逐年修复
			2029年8月～2030年7月	1、对上一年修复的区域开展管护，对设计露天采场、设计内排土场逐年修复，采帮边坡进行清理，清除坡面突出岩石、坡面浮石、碎石土，2、对发现的地表塌陷区逐年修复，3、全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防，4、监测矿区生态状况

			2030 年 8 月～ 2031 年 7 月	1、对上一年修复的区域开展管护，对设计露天采场、设计内排土场逐年修复，采帮边坡进行清理，清除坡面突出岩石、坡面浮石、碎石土，2、对发现的地表塌陷区逐年修复，3、全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防，4、监测矿区生态状况
中期 治理 期	第二 阶段	生产期 第 6-10 年度	2031 年 8 月～ 2036 年 7 月	1、该阶段矿山正在进行露天+地下开采，对以往造成损毁且后期不再使用的设计露天采场区、设计内排土场区域进行修复。2、全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防，3、加强矿区生态状况的监测与管护，4、对发现的地表塌陷区逐年修复，
	第三 阶段	生产期 第 10-15 年度	2036 年 8 月～ 2041 年 7 月	1、该阶段矿山正在进行露天+地下开采，对以往造成损毁且后期不再使用的设计露天采场区、设计内排土场区域进行修复。2、全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防，3、加强矿区生态状况的监测与管护，4、对发现的地表塌陷区逐年修复，
	第四 阶段	生产期 第 15-20 年度	2041 年 8 月～ 2046 年 7 月	1、该阶段矿山正在进行露天+地下开采，对以往造成损毁且后期不再使用的设计露天采场区、设计内排土场区域进行修复。2、全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防，3、加强矿区生态状况的监测与管护，4、对发现的地表塌陷区逐年修复，
	第五 阶段	生产期 第 20-25 年度	2046 年 8 月～ 2051 年 7 月	1、该阶段在 2050 年结束露天开采全面转入地下开采，2051 年对以往造成损毁且后期不再使用的设计露天采场区、内外排土场、工业场地、表土堆场、已损区域进行全面修复。2、全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防，3、加强矿区生态状况的监测与管护，4、对发现的地表塌陷区逐年修复。
远期 治理 期	第六 阶段	生产期 第 25-52 年度	2051 年 8 月～ 2078 年 7 月	1、该阶段正在进行地下开采，全面加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防。2、加强矿区生态状况的监测与管护。3、对出现残余沉降造成地表塌陷的区域进行修复
	第七 阶段	修复实 施期+ 管护期	2078 年 8 月～ 2082 年 7 月	1、该阶段开采结束，进入全面修复期，修复不再使用的工业场地，对以往修复工程进行维护。2、加强地质灾害风险隐患巡查工作，发现问题及时处理，做到预警预防。2、加强矿区生态状况的监测与管护。3、对出现残余沉降造成地表塌陷的区域进行修复。

（二）经费估算

估算矿区生态修复静态总投资为 20051.24 万元，动态总投资为 24590.66 万元，

其中工程施工费为 13303.66 万元，设备购置费 6.40 万元，其他费 1287.80 万元，监测与管护费 3797.77 万元，预备费 6195.03 万元。修复总面积 636.4233hm²，生态修复静态亩均投资为 21004.10 元/亩，生态修复动态亩均投资为 25759.23 元/亩。生态修复投资资金由修复义务人（云南磷化集团有限公司）支付。

五、公众参与

项目编制初步完成以后，以座谈会、评审会和咨询专家意见等方式为主，首先召开群众座谈会，了解公众对项目工程措施的意见和建议。

通过召开的方案评审会和群众座谈会，代表们各自发表了关系自己相关的问题，为本次项目的完善奠定了基础，同时也达到了公众参与的目的。调查结果表明，调查对象对项目的建设持乐观态度，调查对象对公示的生态修复方案的措施满意度较高。

六、存在问题及建议

（一）建议复核生态修复方案中设计工程量与投资估算资金的对应关系，避免漏项或重复。

（二）加强对矿区生态修复方案中确定的复垦修复责任范围与城镇开发边界重叠情况的分析，提出对后续用地计划安排及工程建设相关的建议。

（三）强化对外排土场、内排土场、表土堆场和露天采场的预测分析；强化其影响分析。

（四）加强对露天采场边坡、排土场以及易发地质灾害点的监测预警预报，发现隐患应及时处置及上报。

七、结论

（一）《矿区生态修复方案》服务年限：由采矿权剩余有效期限 14.58 年和矿山修复治理期 1 年、管护期 3 年组成，共计 18.58 年（2026 年 8 月～2045 年 3 月）。

（二）昆阳磷矿二矿设计开采规模 320 万 t/年，属大型矿山；修复区地形地貌条件复杂，区域地质构造复杂，区域地壳属次不稳定区，水文地质条件属中等复杂类型，工程地质条件属复杂类型，目前人类工程活动强烈。矿山地质环境条件复杂。

（三）生态修复调查区内现状地质灾害主要发育 4 个不稳定边坡，现状危害性及危险性中等-大。矿业活动加剧不稳定边坡失稳的可能性中等-大，危害性，危害性及危险性中等-大。

矿业活动对含水层的影响和破坏严重；对地形地貌景观的影响严重；对土地资源压占及破坏总体为严重，对水环境及土壤污染较严重。对生态系统破坏程度较轻～较严重。

（四）本项目已损毁土地面积 297.1751hm^2 ，拟损毁土地面积 415.3961hm^2 ，共计损毁土地面积 712.5712hm^2 。按损毁土地方式统计，压占损毁 286.2064hm^2 ，挖损损毁 72.9897hm^2 ，塌陷损毁 353.3751hm^2 ；按损毁土地程度分析，轻度损毁 0.8976hm^2 ，中度损毁 25.0367hm^2 ，重度损毁 686.6369hm^2 ；按损毁土地权属统计，属晋宁区二街镇二街工业园区、老高村民委员会、栗庙村民委员会、肖家营村民委员会集体所有。

（五）本项目损毁土地面积 712.5712hm^2 ，修复区面积 712.5712hm^2 ，修复区面积中 67.7614hm^2 未纳入本矿山修复责任范围（其中，①位于城镇开发边界内，且与晋宁区二街工业园区重叠面积 14.6157hm^2 ，根据云南晋宁产业园区管理委员会出具的“复垦责任范围的情况说明”，该部分已纳入晋宁区域城镇开发边界及《晋宁产业园区总体规划（2021-2035 年）》，该部分不纳入本矿山复垦责任范围；②矿区中东侧分布有云南中正化学工业有限公司堆场、排渣场，面积 24.3840hm^2 ，为云南中正化学工业有限公司损毁，损毁时间为 2006 年 8 月，位于本矿山预测塌陷区范围内，矿业权人已与该企业签订了“复垦责任范围划分的情况说明”，由该企业自行复垦，本矿山监督，如后期复垦不到位，由矿山继续复垦，该部分不纳入本矿山修复责任范围；③位于二街磷矿矿权范围内面积 0.8136hm^2 ，由二街磷矿负责修复；④城镇开发边界外磷都公司、恒坤公司用地面积 10.5880hm^2 ，该部分不纳入本矿山复垦责任范围；⑤城镇开发边界西部工业园区用地面积 17.3601hm^2 ，该部分不纳入本矿山复垦责任范围；上述不纳入昆阳二矿修复的范围，均与实际土地使用者签订了修复责任情况说明，因此本矿山实际修复责任范围面积 644.8098hm^2 。矿山后期不再新增地表工程。

（六）本矿山实际修复责任范围面积 644.8098hm^2 ，保留矿山道路面积 4.8513hm^2 作为防火通道及乡村道路使用，保留露天采场、内排排土场、外排排土场设计的截洪沟共 3.5352hm^2 ，共计保留面积 8.3865hm^2 ；故本项目修复土地面积 636.4233hm^2 。土地修复复垦率为 98.70%。

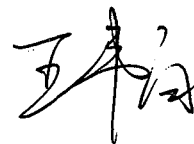
根据“谁损毁，谁复垦”的原则，云南磷化集团有限公司承担该项目生态修复工作责任。

（七）本项目修复措施包括：表土剥离与植被利用、地貌重塑工程、土壤重构工程、植被重建工程、配套工程及监测管护工程，具体修复措施有：表土剥离与堆存、表土转运、土壤筛分、表土堆存与管护、外购表土、斜坡清理危岩体、地裂缝填充、塌陷坑回填、防护网、挡土埂、警示牌、拆除并清运建构筑物、土地平整与表土回覆、耕地翻耕、耕地及园林地培肥、种植苗木、撒播草籽、乔木支撑、无纺布覆盖、边坡攀爬网布设、修建水窖、田间道路和路侧沟、村庄修葺、道路修复、设施农用地修葺、地质环境监测、修复效果监测、耕地管护 5 年、植被管护 3 年等。

（八）截至 2026 年 7 月，矿业权人已缴存土地复垦费用共 4056.32 万元，此次将原复垦方案已缴存的土地复垦费用抵扣后，剩余费用设计分 35 期缴存，每年缴存 586.70 万元，采矿权有效期内共缴存 8800.50 万元。修复投资资金由修复义务人（云南磷化集团有限公司）支付。矿山土地复垦监管执行按动态资金管理，预存资金不足时，要及时足额追加相关费用，确保土地复垦工作的顺利进行。

经专家组合议，本方案同意通过审查。方案编制单位按专家组及专家个人意见对方案进行修改完善后提交采矿权人使用。

专家组组长：



2026 年 8 月 3 日

云南磷化集团有限公司昆阳磷矿二矿矿区生态修复方案

专家组审查名单

序号	姓名	类别	工作单位	职称
1	王韬	土地复垦	云南逸博科技有限公司	高级工程师
2	普玉江	土地复垦	云南省地矿测绘院有限公司	高级工程师
3	丁磊	土地复垦	中冶（云南矿业有限公司）	高级工程师
4	尹焕菊	水工环地质	云南地矿工程勘察集团有限公司	高级工程师
5	吴柳宗	水工环地质	云南地质工程第二勘察院有限公司	正高级工程师
6	潘庭华	林业生态	云南省林业调查规划院	正高级工程师
7	张伟峰	工程造价	昆明顺天科技有限公司	高级工程师