建设项目环境影响报告表

（生态影响类）

项目名称：昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目

建设单位（盖章）：昆明兴禹生态建设投资有限公司

云南云天化环保科技有限公司

编制日期：2023年6月

中华人民共和国生态环境部制

目录

一、建设项目基本情况 1
二、建设内容 20
三、生态环境现状、保护目标及评价标准 60
四、生态环境影响分析 96
五、主要生态环境保护措施 130
六、生态环境保护措施监督检查清单 149
七、总结论 155

专题：

地下水环境影响专项评价

附录：

附录 1 评价区维管束植物名录
附录 2 评价区动物名录

附件：

附件 1 委托书
附件 2 备案证
附件 3 方案评审意见
附件 4 原方案联审联批表
附件 5 关于磷石膏无害化后用于矿坑生态修复项目有关事宜的复函
附件 6 改性磷石膏制备生态修复填充材料小试及工业试验研究结论
附件 7 磷石膏基生态修复材料 XRF 分析报告
附件 8 磷石膏基生态修复材料模拟雨水淋洗产生的淋溶水进行检测报告
附件 9 磷石膏基生态修复材料物理力学试验报告
附件 10 磷石膏基生态修复材料检测报告
附件 11 磷石膏基生态修复材料检测报告-土壤
附件 12 西政办通〔2023〕5 号 关于印发西山区 4 个关停磷矿矿山环保督察省级验收整改攻坚方案的通知
附件 13 西政办通〔2023〕21 号 关于印发西山区中央第二轮生态环境保护督察涉及关停矿山生态治理修复项目攻坚方案的通知
附件 14 昆明市西山区水务局关于对《昆明兴禹生态建设投资有限公司关于给予查询西山区桃树村委会磷矿、海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目选址意见的函》的回复意见
附件 15 西山区桃树村委会磷矿、海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目选址范围位于滇池流域保护区的分布示意图
附件 16 桃树、双哨三线、土总规核查意见
附件 17 本底调查评审意见
附件 18 风险评估评审意见
附件 19 检测报告
附件 20 信息公示

附件 21 评审意见
附件 22 修改对照表

附图：

附图 1 项目地理位置图
附图 2 项目区域水系图
附图 3 修复范围图
附图 4 项目区周边关系图
附图 5 地质灾害分布图
附图 6 土地利用现状图
附图 7 规划目标图
附图 8 项目分区图
附图 9 总平面布置图
附图 10 地灾治理图
附图 11 水文地质图
附图 12 现状土壤、地下水、环境空气监测点位图
附图 13 地表水监测断面图
附图 14 项目区堆填区安全监测设施平面位置示意图
附图 15 修复效果图

一、建设项目基本情况

建设项目名称	昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目		
项目代码	2304-530112-04-05-189865		
建设单位联系人	杨尚立	联系方式	
建设地点	云南省（自治区）昆明市西山县（区）海口乡（街道）双哨社区曹家沟		
地理坐标	修复区中心坐标：（102 度 28 分 28.599 秒，24 度 48 分 20.866 秒）		
建设项目行业类别	八、非金属矿采选业-12.化学矿开采-矿区修复治理工程	用地（用海）面积（m^2）/长度（km）	480503
建设性质	☑新建（迁建） 口改建 口扩建 口技术改造	建设项目申报情形	☑首次申报项目 口不予批准后再次申报项目 口超五年重新审核项目 口重大变动重新报批项目
项目审批（核准/备案）部门（选填）	西山区发展和改革局	项目审批（核准/备案）文号（选填）	2304-530112-04-05-189865
总投资（万元）	40136.02	环保投资（万元）	4200.07
环保投资占比（%）	10.46	施工工期	66 个月（养护期 36 个月）
是否开工建设	☑否 口是：_____		
专项评价设置情况	根据《建设项目环境影响报告表编制技术指南（生态影响类）（试行）》，项目为生态修复工程，不需设置专项评价。但考虑到项目使用磷石膏基生态修复回填材料进行修复，主要影响为地下水影响，故本次评价设置地下水专项评价。		
规划情况	无。		
规划环境影响评价情况	无。		
规划及规划环境影响评价符合性分析	无。		

其他符合性分析	**1.1 产业政策符合性分析** 根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号《产业结构调整指导目录》（2019 年本），项目属于鼓励类“四十三、环境保护与资源节约综合利用”中“1、矿山生态环境恢复工程”，项目建设符合国家现行产业政策。 项目选址位于昆明市西山区海口街道桃树村委会，并于 2023 年 4 月 7 日取得西山区发展和改革局核发的投资项目备案证（详见附件 3）。 **1.2 项目与《昆明市人民政府关于昆明市“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》符合性分析** 根据《昆明市人民政府关于昆明市“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》（昆政发〔2021〕21 号），昆明市生态环境分区管控体系如下： （一）生态环境管控单元划分 全市共划分 129 个生态环境管控单元，分为优先保护、重点管控和一般管控 3 类。 （1）优先保护单元：优先保护单元共 42 个，其中包括 14 个生态保护红线区、28 个一般生态空间区。 （2）重点管控单元：重点管控单元共 73 个，其中包括 14 个矿山资源重点管控区、13 个水环境城镇生活污染重点管控区、5 个水环境农业污染重点管控区、2 个大气环境受体敏感重点管控区、3 个大气环境布局敏感重点管控区、2 个大气环境弱扩散重点管控区、14 个水环境城镇生活污染和大气环境受体敏感并重管控区、18 个水环境工业污染和大气环境高排放并重管控区、2 个土壤污染重点治理区。 （3）一般管控单元：一般管控单元共 14 个，为优先保护、重点管控单元之外的区域。

（二）生态环境准入清单

严格落实《云南省人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》（云政发〔2020〕29号）管控要求。强化污染防治和自然生态系统保护修复，改善区域生态环境质量。根据划分的全市环境管控单元的特征，对每个管控单元分别提出了生态环境管控要求，形成昆明市环境管控单元生态环境准入清单，构建全市生态环境分区管控体系，落实总体管控要求。

项目选址位于西山区海口街道双哨社区曹家沟，对照昆明市环境管控单元分类图，项目选址位于一般管控单元。项目与《昆明市人民政府关于昆明市“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》符合性分析见下表。

表1.2-1　项目与昆政发〔2021〕21号符合性分析

项目	管控要求	项目情况	符合性
生态保护红线	生态保护红线区按照国家和云南省颁布的生态保护红线有关管控政策办法执行，原则上按禁止开发区域的要求进行管理，严禁不符合主体功能定位的各类开发活动，严禁任意改变用途，确保生态保护红线生态功能不降低、面积不减少、性质不改变。	根据西山区自然资源局出具的关于《西山区桃树村委会磷矿、海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项新增建设用地土地利用总体规划的函》的回复意见，项目用地范围不涉及生态保护红线，不涉及永久基本农田。	符合
环境质量底线	到2025年，全市生态环境质量持续改善，生态空间得到优化和有效保护，区域生态安全屏障更加牢固。全市环境空气质量总体保持优良，主城建成区空气质量优良天数占比达99%以上，二氧化硫和氮氧化物排放总量控制在省下达的目标以内，主城区空气中颗粒物稳定达《环境空气质量标准》二级标准以上。纳入国家和省级考核的地表水监测断面水质优良率稳步提升，滇池流域、阳宗海流域水环境质量明显改善，水生态系统功能逐步恢复，滇池草海水质达Ⅳ类，滇池外海水质达Ⅳ类（化学需氧量≤40毫克/升），阳宗海水质达Ⅲ类，集中式饮用水源水质巩固改善。土壤环境风险	根据《2022年度昆明市生态环境状况公报》，昆明市主城区全年空气质量优良率100%。项目为生态修复项目，项目建设不会导致昆明市主城区空气质量变差，项目施工期间施工废水、淋滤水、施工人员生活污水不外排，不会对地表水体造成影响。项目实施后可新乔木林地71848m^2，灌木林地258496m^2，其他草地30262m^2，旱地113521m^2。	符合

			防范体系进一步完善，受污染耕地安全利用率和污染地块安全利用率进一步提高，逐步改善全市土壤环境质量，遏制土壤污染恶化趋势，土壤环境风险得到基本管控。污染地块安全利用率、耕地土壤环境质量达到国家和云南省考核要求。	项目实施重构该区域生态环境，废弃矿坑淋滤水和扬尘不再产生，对周边地表水水体水质、环境空气质量和项目区土壤环境质量改善有积极意义。	
	资源利用上线		按照国家、省、市有关要求和规划，按时完成全市用水总量、用水效率、限制纳污“三条红线”水资源上限控制指标；按时完成耕地保有量、基本农田保护面积、建设用地总规模等土地资源利用上限控制指标；按时完成单位 GDP 能耗下降率、能源消费总量等能源控制指标。	项目属于生态修复项目，在现有破坏区域内进行生态修复，不新增破坏周边其他土地，项目完成后可新增乔木林地 71848m^2，灌木林地 258496m^2，其他草地 30262m^2，旱地 113521m^2。有利于土地资源恢复和耕地指标的增加。	符合
	一般管控单元ZH53011230001	空间布局约束	1.禁止在 25 度以上坡地开垦种植农作物，现有不符合规定的坡地开荒活动逐步退耕还林还草。 2.禁止在林地、河湖管理范围内新建、改建、扩建房地产开发项目。 3.不得破坏珍稀野生动植物的重要栖息地，不得阻碍野生动物的重要迁徙通道。禁止猎捕国家重点保护陆生野生动物，因特殊需要捕猎的，按照国家有关法规办理。 4.禁止企业向滩涂、沼泽、荒地等未利用地非法排污、倾倒有毒有害物质。	项目属于生态修复项目，在现有破坏区域内进行生态修复，重构生态环境，恢复原有动植物栖息地，修复过程中不新增破坏周边其他土地，项目完成后可新增乔木林地 71848m^2，灌木林地 258496m^2，其他草地 30262m^2，旱地 113521m^2。恢复了原有受破坏区域生态环境。	符合
		污染物排放管控	1.严格限制《环境保护综合名录》（2017 年版）中“高污染、高环境风险”产品与工艺装备。禁止使用剧毒、高残留以及可能二次中毒的农药。 2.严格污染场地开发利用和流转审批，在影响健康地块修复达标之前，禁止建设居民区、学校、医疗和养老机构。	项目属于矿山生态修复项目，不开垦种植农作物，不建设房地产，对现有已受到破坏的栖息地进行恢复，后期养护过程中不使用剧毒、高残留以及可能二次中毒的农药，不排放有毒有害物质。不属于场地开发利用项目。	符合
		环境风险防控	1.环境风险防控严格限制《环境保护综合名录》（2017 年版）中“高污染、高环境风险”产品与工艺装备。 2.禁止使用剧毒、高残留以及可能二次中毒的农药。 3.严格污染场地开发利用和流转审批，在影响健康地块修复达标之前，禁止建设居民区、学校、医疗和养老		符合

		机构。		
	资源开发效率要求	1.禁止新建、改扩建《高耗水工艺、技术和装备淘汰目录》中项目，现有企业应限期关停退出。 2.禁止建设不符合《云南省用水定额》标准的项目。 3.新建、扩建和改建《禁止用地项目目录（2012 年本）》（国土资发〔2012〕）。	项目属于生态修复项目，不属于生产类项目，不涉及不符合《云南省用水定额》标准的项目，不涉及《禁止用地项目目录（2012 年本）》（国土资发〔2012〕）中的项目。	符合

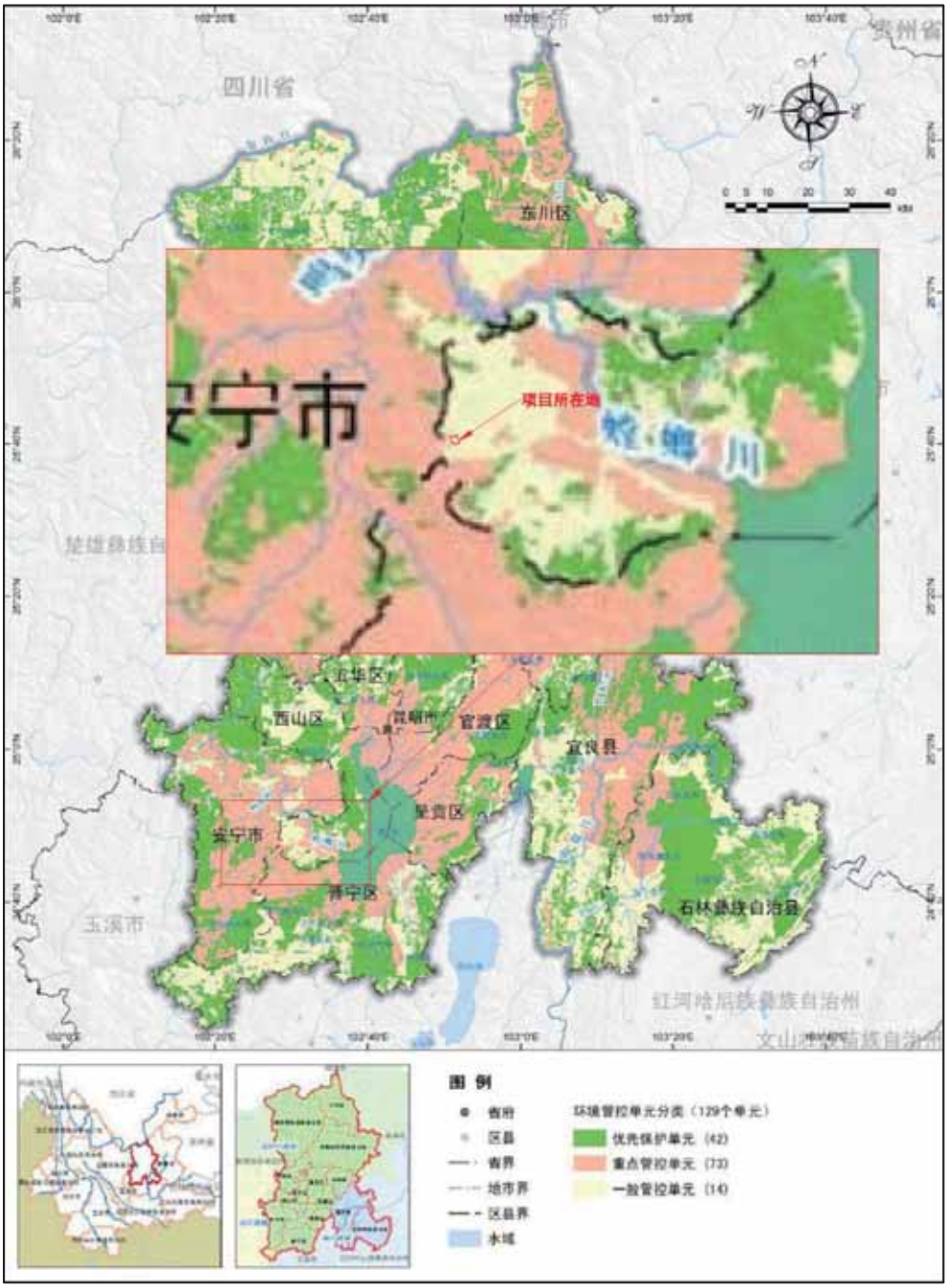


图 1.2-1　项目与昆明市环境管控单元分类图位置关系

1.3 与《中华人民共和国长江保护法》的符合性分析

根据《中华人民共和国长江保护法》第二章 规划与管控中第二十六条 禁止在长江干流岸线三公里范围内和重要支流岸线一公里范围内新建、改建、扩建尾矿库。

根据《中华人民共和国长江保护法》第五章 生态环境修复中第五十二条 国家对长江流域生态系统实行自然恢复为主，自然恢复与人工修复相结合的系统治理。第六十二条 长江流域县级以上地方人民政府应当因地制宜采取消除地质灾害隐患、土地复垦、恢复植被、防治污染等措施，加快历史遗留矿山生态环境修复工作，并加强对在建和运行中矿山的监督管理，督促采矿权人切实履行矿山污染防治和生态环境修复责任。

项目属于生态修复项目，根据《中华人民共和国生态环境部办公厅关于磷石膏无害化后用于矿坑生态修复项目有关事宜的复函》（环办环评函〔2022〕273 号），磷石膏用于矿坑回填不属于《关于做好“三磷”建设项目环境影响评价与排污许可管理工作的通知》中“不得新建、扩建磷石膏库（暂存场）除外”的情形。

项目为矿山生态修复治理项目，首先消除地质灾害隐患，同时采取人工修复与植被恢复相结合的方式对矿区进行生态修复，恢复矿区破坏植被，重构矿区生态环境，修复治理过程采取相应的污染防治措施减少原有矿区污染排放，综合分析项目符合《中华人民共和国长江保护法》相关要求。

1.4 与《长江经济带生态环境保护规划》的符合性分析

根据《长江经济带生态环境保护规划》，主要目标为建设和谐长江、健康长江、清洁长江、优美长江、安全长江。其中长江上游区重点保护区域含云南省。其“专栏 10 水环境保护与治理 03 重污染水体治理”中提出推进府河、釜溪河、京山河、南淝河、派河、螳螂川等劣Ⅴ类河流综合

治理项目。

项目位于云南省昆明市海口街道双哨社区，属于螳螂川流域。

项目为废弃矿坑的生态修复工程，不属于《关于做好“三磷”建设项目环境影响评价与排污许可管理工作的通知》中“不得新建、扩建磷石膏库（暂存场除外）”的情形，项目通过“地质灾害治理（场地平整、基础处理、边坡治理、防渗工程、回填治理及地形重塑）+土壤重构+植被重建”的实施，生态修复面积480503m^2。矿坑生态修复后，重构土壤环境及植被，提高土壤肥力，可减少露天矿坑产生的雨季采场淋滤水对地表水、地下水体的污染；减少扬尘排放；在矿坑周围设置截排水沟、修复完成后的平台布置横向截排水沟，并种植林木和撒播草籽，减少水土流失。

项目的实施，能够改善恢复该区域生态环境质量，提高土地利用价值，促进该区域土壤环境质量改善，对该区域地表水、地下水改善有积极意义。

综上，项目符合《长江经济带生态环境保护规划》。

1.5 与《云南省长江经济带发展负面清单指南实施细则（试行，2022年版）》符合性分析

项目为生态修复项目，不属于生产性项目，项目与《云南省长江经济带发展负面清单指南实施细则（试行，2022年版）》（云发改基础〔2022〕894号）符合性分析如下。

表1.5-1　与云发改基础〔2022〕894号文符合性分析

序号	云南省长江经济带发展负面清单指南实施细则（试行，2022年版）	项目情况	是否符合
1	禁止新建、改建和扩建不符合《全国内河航道与港口布局规划》等全国港口规划和《昭通市港口码头岸线规划（金沙江段 2019 年-2035年）》、《景洪港总体规划（2019-2035年）》等州（市）级以上港口布局规划以及港口总体规划的码头项目。	项目为废弃矿山生态修复项目，不属于港口布局规划以及港口总体规划的码头项目。	符合
2	禁止在自然保护区核心区、缓冲区的岸线和河段范围内投资建设旅游和生产经营项目。禁止	项目为废弃矿山生态修复项目，	符合

		建设与自然保护区保护方向不一致的旅游项目。禁止在自然保护区内进行开矿、采石、挖沙等活动。禁止在自然保护区的核心区和缓冲区内建设任何生产设施，禁止在自然保护区的实验区内建设污染环境、破坏资源或者景观的生产设施。	不属于生产经营项目及设施，根据现场调查，项目选址不涉及自然保护区。	
	3	禁止在风景名胜区核心景区的岸线和河段范围内投资建设与风景名胜资源保护无关的项目。禁止在风景名胜区内进行开山、采石、开矿、开荒、修坟立碑等破坏景观、植被和地形地貌的活动以及修建储存爆炸性、易燃性、放射性、毒害性、腐蚀性物品的设施；禁止在风景名胜区内设立开发区和在核心景区内建设宾馆、会所、培训中心、疗养院以及与风景名胜资源保护无关的投资建设项目。	项目为废弃矿山生态修复项目，不属于投资建设项目，根据现场调查，项目选址不涉及风景名胜区。	符合
	4	禁止在饮用水水源一级保护区的岸线和河段范围内新建、改建、扩建与供水设施和保护水源无关的投资建设项目，以及网箱养殖、畜禽养殖、旅游等可能污染饮用水水体的投资建设项目。禁止在饮用水水源二级保护区的岸线和河段范围内新建、改建、扩建排放污染物的投资建设项目。	项目为废弃矿山生态修复项目，不属于投资建设项目，项目选址不涉及饮用水源保护区。	符合
	5	禁止在水产种质资源保护区的岸线和河段范围内新建围湖造田、围湖造地或围填海等投资建设项目。禁止擅自征收、占用国家湿地公园的土地；禁止在国家湿地公园内挖沙、采矿，以及建设度假村、高尔夫球场等任何不符合主体功能定位的投资建设项目。	项目为废弃矿山生态修复项目，不属于投资建设项目，项目选址不涉及水产种质资源保护区，不涉及国家湿地公园。	符合
	6	禁止违法利用、占用长江流域河湖岸线。禁止在金沙江岸线保护区和保留区内投资建设除事关公共安全及公众利益的防洪护岸、河道治理、供水、生态环境保护、航道整治、国家重要基础设施以外的项目。禁止在金沙江干流、九大高原湖泊保护区、保留区内投资建设不利于水资源及自然生态保护的项目。	项目为废弃矿山生态修复项目，有利于区域生态环境质量改善；项目不占用长江流域河湖岸线。	符合
	7	禁止在金沙江干流、长江一级支流建设除党中央、国务院、国家投资主管部门、省级有关部门批复同意以外的过江基础设施项目；禁止未经许可在金沙江干流、长江一级支流、九大高原湖泊流域新设、改设或扩大排污口。	项目为矿山生态修复项目，生态修复点不在长江干支流位置，项目修复完成后无废水、废气等污染物产生；项目	符合

		施工期产生的回填体淋滤水经收集后回用，不外排，不设置废水排放口。	
8	禁止在金沙江干流、长江一级支流、水生生物保护区和长江流域禁捕水域开展天然渔业资源生产性捕捞。	项目为矿山生态修复项目，不涉及水域工作，不开展生产性捕捞。	符合
9	禁止在金沙江干流，长江一级支流和九大高原湖泊岸线一公里范围内新建、扩建化工园区和化工项目。禁止在金沙江干流岸线三公里范围内和长江一级支流岸线一公里范围内新建、改建、扩建尾矿库、冶炼渣库和磷石膏库，以提升安全、生态环境保护水平为目的的改建除外。	项目属于矿山生态修复项目，不属于化工项目及尾矿库、冶炼渣库和磷石膏库项目。	符合
10	禁止在合规园区外新建、扩建钢铁、石化、化工、焦化、建材、有色、制浆造纸行业中的高污染项目。	项目属于矿山生态修复项目，不属于禁止建设的高污染项目。	符合
11	禁止新建、扩建不符合国家石化、现代煤化工等产业布局规划的项目。禁止列入《云南省城镇人口密集区危险化学品生产企业搬迁改造名单》的搬迁改造企业在原址新建、扩建危险化学品生产项目。	项目属于矿山生态修复项目，不属于禁止的不符合国家石化、现代煤化工等产业布局规划的项目。不属于危险化学品生产项目。	符合
12	禁止新建、扩建法律法规和相关政策明令禁止的落后产能项目，依法依规关停退出能耗、环保、质量、安全不达标产能和技术落后产能。禁止新建、扩建不符合国家产能置换要求的过剩产能行业的项目。禁止新建、扩建不符合要求的高耗能、高排放项目，推动退出重点高耗能行业“限制类”产能。禁止建设高毒高残留以及对环境影响大的农药原药生产装置，严控尿素、磷铵、电石、焦炭、黄磷、烧碱、纯碱、聚氯乙烯等行业新增产能。	项目属于矿山生态修复项目，不属于产能过剩、耗能高排放项目，不属于高毒高残留以及对环境影响大的农药原药生产项目。	符合

综上，项目与《云南省长江经济带发展负面清单指南实施细则》不冲突。

1.6 与《自然资源部办公厅关于开展长江经济带废弃露天矿山生态修复工作的通知》（2019 年 04 月 25 日）

根据《自然资源部办公厅关于开展长江经济带废弃露天矿山生态修复工作的通知》（2019 年 04 月 25 日）要求，到 2020 年底，全面完成长江干流及主要支流两岸各 10 公里范围内废弃露天矿山治理任务，其中云南、贵州、四川、重庆废弃露天矿山以铁、锰、铝土、稀土、磷等金属、非金属为主，滑坡、泥石流、地裂缝等地质灾害较为发育。该区域矿山生态修复重点是消除地质灾害隐患，防治水土流失，恢复植被。结合植被恢复和山体修复，最大限度减少裸露地面，增加绿化面积。

项目采用“地质灾害治理（场地平整、基础处理、边坡治理、防渗工程、回填治理及地形重塑）+土壤重构+植被重建”的方式对矿区进行生态修复，修复完成后地质灾害治理率 75%，同时增加乔木林地 71848m^2，灌木林地 258496m^2，其他草地 30262m^2，旱地 113521m^2。符合该通知要求。

1.7 与生态环境部《关于磷石膏无害化后用于矿坑生态修复项目有关事宜的复函》（环办环评函〔2022〕273 号）符合性分析

根据《中华人民共和国生态环境部办公厅关于磷石膏无害化后用于矿坑生态修复项目有关事宜的复函》（环办环评函〔2022〕273 号）回复：《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》《加快推动工业资源综合利用实施方案》提出，在确保安全环保前提下，探索将磷石膏应用于井下充填、地下采空区充填等。磷石膏用于矿坑回填不属于《关于做好“三磷”建设项目环境影响评价与排污许可管理工作的通知》中“不得新建、扩建磷石膏库（暂存场除外）”的情形。我部鼓励地方因地制宜制定磷石膏无害化处理方案，拓展多领域、多途径、多方式资源化

	利用。 项目已开展了工程地质调查、水文地质调查、环境本底值调查及环境风险评估工作。根据工程地质调查结果：场地内无全新世活动断裂通过，10km 范围内无发震断裂分布，工程区基岩埋藏浅、地层稳固，适宜修复治理工程建设；根据水文地质调查结果：场地防污性能为中等，下游无地下水敏感点，适合修复治理工程建设；根据环境本底值调查结果，地块内有 5 个土壤样品砷含量超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》中的第二类用地标准的风险筛选值，但低于管制值；根据环境风险评估报告：生态修复前砷的总致癌风险为 4.01×10^{-5}，修复后为 4.86×10^{-10}，修复后土壤中砷的总致癌风险明显降低，且总致癌风险低于 10^{-6}，说明场地修复后土壤中重金属砷含量可将修复前的不可接受致癌风险修复治理达到可接受致癌风险；场地内修复前危害指数为 6.62×10^{-1}，修复后危害指数为 7.77×10^{-6}，砷的危害指数低于 1，且修复后土壤中砷的危害指数明显降低，说明土壤中重金属砷含量为可接受非致癌风险。综上所述，项目环境风险可接受，具有回填可行性。 项目采用“地质灾害治理（场地平整、基础处理、边坡治理、防渗工程、回填治理及地形重塑）+土壤重构+植被重建”的方式对矿区进行地质灾害治理及生态修复。回填修复区的回填修复材料为筛选后剥离土+粘土+磷石膏基生态修复材料+基质土+砂石料+场地清理产生的弃土石方。生态修复材料符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间，满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）充填及回填利用污染控制要求。 修复治理作业时，对回填修复治理作业区域进行场地平整、基础处

理及防渗工程，首先回填区底部进行场地平整，然后进行基础处理，基础处理采用筛选后剥离土进行回填压实，回填厚度 5m，从而形成新的人工回填层，以提高包气带防污性能，基础处理后依次铺设 0.75m 粘土、土工布、1.5mm 厚 HDPE 防渗膜（渗透系数≤1.0×10^{-7}cm/s）、土工布防渗层进行防渗处理。回填作业过程中对回填料进行反复压实处理，有效减少生态修复作业过程中降雨形成的淋滤水产生量，地形回填重塑完成后，顶部铺设 1.5mm 厚 HDPE 防渗膜（渗透系数≤1.0×10^{-7}cm/s）、土工布防渗层，阻断淋滤水产生，降低对地下水的污染风险，再铺设厚度 1m 的基质土进行土壤重构。

综上，项目的实施既实现了矿山生态修复，同时提高了对磷石膏的资源化利用。符合《关于磷石膏无害化后用于矿坑生态修复项目有关事宜的复函》（环办环评函〔2022〕273 号）的要求。

1.8 参考《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）选址分析

项目参考《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）选址分析见下表。

表 1.8-1　一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准要求

序号	GB18599-2020 选址要求	该项目环保措施	是否符合
4	贮存场和填埋场选址要求		
4.1	一般工业固体废物贮存场、填埋场的选址应符合环境保护法律法规及相关法定规划要求。	项目为废弃矿坑生态修复项目，拟修复选址不涉及环境敏感区，选址符合环境保护法律法规要求。	符合
4.2	贮存场、填埋场的位置与周围居民区的距离应依据环境影响评价文件及审批意见确定。	项目为生态修复项目，不属于贮存场、填埋场的位置，拟修复区域周边无居民区分布。	符合
4.3	贮存场、填埋场不得选在生态保护红线区域、永久基本农田集中区域和其他需要特别保护的区域内。	项目为生态修复项目，根据西山区自然资源局关于《西山区桃树村委会磷矿、海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项新增建设用地	符合

		土地利用总体规划的函》的回复意见，项目占地范围不占用生态保护红线、永久基本农田和其他需要特别保护的区域。	
4.4	贮存场、填埋场应避开活动断层、溶洞区、天然滑坡或泥石流影响区以及湿地等区域。	项目为生态修复项目，不属于贮存场，填埋场，根据项目工程地质勘察报告，修复范围无活动断层、溶洞区及湿地，项目生态修复对现有人工扰动形成滑坡进行治理。	符合
4.5	贮存场、填埋场不得选在江河、湖泊、运河、渠道、水库最高水位线以下的滩地和岸坡，以及国家和地方长远规划中的水库等人工蓄水设施的淹没区和保护区之内。	项目生态修复范围不属于国家和地方长远规划中的水库等人工蓄水设施的淹没区和保护区之内。	符合
8	充填及回填利用污染控制要求		
8.2	第 II 类一般工业固体废物以及不符合 8.1 条回填或回填途径的第 I 类一般工业固体废物，其回填或回填活动前应开展环境本底调查，并按照 HJ25.3 等相关标准进行环境风险评估，重点评估对地下水、地表水及周边土壤的环境污染风险，确保环境风险可以接受。回填或回填活动结束后，应根据风险评估结果对可能受到影响的土壤、地表水及地下水开展长期监测，监测频次至少每年 1 次。	项目回填料主要为土石方、筛选后剥离土、粘土、基质土及磷石膏生态修复材料，经检测，回填材料符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间。项目已按照要	符合

			求“开展了环境本底值调查”“环境风险评估”等工作，根据评估结论，项目对地下水、地表水环境风险可接受。本次评价要求对项目下游地下水水质进行监控；同时，对淋滤水收集池水质、回填区地下水导排水质进行监测，及时了解回填区情况；并开展土壤跟踪监测。	
	8.3	不应在回填物料中掺加除回填作业所需要的添加剂之外的其他固体废物。	项目回填物为筛选后剥离土、粘土、基质土、场地清理及边坡整治产生的土石方、磷石膏基生态修复回填材料，不掺杂其他固体废物，修复作业过程中严禁回填其他固体废物。	符合
	8.4	一般工业固体废物回填作业结束后应立即实施土地复垦（回填地下的除外），土地复垦应符合本标准 9.9 条的规定。	项目已制定生态修复方案，在回填结束后立即进行覆土绿化，种植植物，并按照 9.9 条对覆土、土地复垦提出了要求。	符合
	8.5	食品制造业、纺织服装和服饰业、造纸和纸制品业、农副食品加工业等为日常生活提供服务的活动中产生的与生活垃圾性质相近的一般工业固体废物以及其他有机物含量超过 5%的一般工业固体废物（煤矸石除外）不得进行回填、回填作业。	项目回填料为基质土、粘土、筛选后剥离土、场地清理及边坡整治产生的土石方、磷石膏基生态修复材料，回填料不涉及食品制造业、纺织服装和服饰业、造纸和纸制品业、农副食品加工业等产生的废物。	符合
	10	污染物监测要求		
	10.1	淋滤水及其处理后排放废水污染物的监测频次，应根据废物特性、覆盖层和降水等条件加以确定，至少每月 1 次。废水污染物的监测分析方法按照 GB8978 的规定执行。	项目已制定监测计划，对淋滤水水质进行检测，监测频次 1 次/月。监测分析方法按照《污水综合排放标准》（GB8978-1996）的规定执行。	符合
	10.3	在地下水流场上游应布置 1 个监测井，在下游至少应布置 1 个监测井，在可能出现污染扩散区域至少应布置 1 个监测井。设置有地下水导排系统的，应在地下水主管出口处至	此次评价共设置了地下水监测井 5 座，其中上游 1 座，下游 2 座，西侧 1 座，东侧 1 座。另外要求对回填区地下水导排口设置监	符合

	少布置 1 个监测井，用以监测地下水导排系统排水的水质；当地下水含水层埋藏较深或地下水监测井较难布设的基岩山区，经环境影响评价确认地下水不会受到污染时，可减少地下水监测井的数量； 地下水监测系统应继续正常运行，监测频次至少每半年 1 次，直到地下水水质连续 2 年不超出地下水本底水平。	测点，对该水质进行监测。地下水监测频次为每季度一次。直到地下水水质连续 2 年不超出地下水本底水平。	

1.9 与《地下水管理条例》（2021 年 12 月 1 日起施行）符合性分析

项目属于矿山生态修复项目，不属于地下水取用项目，根据《地下水管理条例》，第五章 第四十条、第四十一条、第四十二，禁止下列污染或者可能污染地下水的行为，并采取以下地下水污染防治措施：

表 1.9-1 与《地下水管理条例》符合性分析

序号	条例规定	项目情况	符合性
第四十条			
1	利用渗井、渗坑、裂隙、溶洞以及私设暗管等逃避监管的方式排放水污染物。	项目不涉及利用渗井、渗坑、裂隙、溶洞以及私设暗管等逃避监管的方式排放水污染物，项目施工废水经收集、处理后回用，不外排。	符合
2	利用岩层孔隙、裂隙、溶洞、废弃矿坑等贮存石化原料及产品、农药、危险废物、城镇污水处理设施产生的污泥和处理后的污泥或者其他有毒有害物质。	项目采用稳定合格的生态修复材料进行矿坑回填，矿坑底部基础处理，回填修复区底部、边坡进行防渗处理，回填修复材料顶部进行防渗处理，回填修复区覆 100cm 厚基质土对顶部防渗膜进行保护，回填物料内部布置导排设施，淋滤水导排后回填物料含水率降低，回填物料稳定后可形成近似隔水层，阻断淋滤水下渗，采用以上措施后可以有效避免地下水污染。 项目不涉及利用岩层孔隙、裂隙、溶洞、废弃矿坑等贮存石化原料及产品、农药、危险废物、城镇污水处理设施产生的污泥等有害物质处置。	符合
3	利用无防渗漏措施的沟渠、	项目不涉及利用无防渗漏措施的沟	符合

	坑塘等输送或者贮存含有毒污染物的废水、含病原体的污水和其他废弃物。	渠、坑塘等输送或者贮存含有毒污染物的废水、含病原体的污水和其他废弃物。	
4	法律、法规禁止的其他污染或者可能污染地下水的行为。	项目不涉及法律、法规禁止的其他污染或者可能污染地下水的行为。	符合
第四十一条			
1	兴建地下工程设施或者进行地下勘探、采矿等活动，依法编制的环境影响评价文件中，应当包括地下水污染防治的内容，并采取防护性措施。	项目为生态修复项目，不属于兴建地下工程设施、地下勘探、采矿等活动，且项目已制定了相应的地下水污染防治措施。	符合
2	化学品生产企业以及工业集聚区、矿山开采区、尾矿库、危险废物处置场、垃圾填埋场等的运营、管理单位，应当采取防渗漏等措施，并建设地下水水质监测井进行监测。	项目不属于化学品生产企业以及工业集聚区、矿山开采区、尾矿库、危险废物处置场、垃圾填埋场，且项目已制定了基础处理、源头防控、过程控制、顶底双层防渗防护、污染监控等多种地下水污染防治措施。	符合
3	加油站等的地下油罐应当使用双层罐或者采取建造防渗池等其他有效措施，并进行防渗漏监测。	项目为生态修复项目，不属于加油站，且项目已制定了相应的地下水污染防治措施。	符合
4	存放可溶性剧毒废渣的场所，应当采取防水、防渗漏、防流失的措施。	项目不涉及可溶性剧毒废渣的场所，且项目已制定了相应的地下水污染防治措施。	符合
5	法律、法规规定应当采取的其他防止地下水污染的措施。	项目已制定了相应的地下水污染防治措施。	符合
第四十二条			
1	在泉域保护范围以及岩溶强发育、存在较多落水洞和岩溶漏斗的区域内，不得新建、改建、扩建可能造成地下水污染的建设项目。	根据项目水文地质勘察报告，项目所在的相对水文地质单元不属于泉域保护范围以及岩溶强发育、存在较多落水洞和岩溶漏斗的区域。 根据《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境风险评估报告》，项目建设人体没有相应的危害途径，人群基本不会因经口摄入土壤、皮肤接触土壤和吸入土壤颗粒物而导致风险。采取防治措施后，生态修复回填作业淋滤水对地下水影响较小，对地下水污染风险可控。	符合

1.10 与《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》符合性分析

《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》提出，拓宽磷石膏利用途径，继续推广磷石膏在生产水泥和新型建筑材料等领域的利用，在确保环境安全的前提下，探索磷石膏在土壤改良、井下充填、路基材料等领域的应用。支持利用脱硫石膏、柠檬酸石膏制备绿色建材、石膏晶须等新产品新材料，扩大工业副产石膏高值化利用规模。积极探索钛石膏、氟石膏等复杂难用工业副产石膏的资源化利用途径。项目利用磷石膏改性后用于生态修复，生态修复材料符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间，满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）充填及回填利用污染控制要求。

1.11 与《昆明市人民政府办公室关于印发昆明市加快推动磷石膏综合利用二十条措施的通知》符合性分析

根据《昆明市人民政府办公室关于印发昆明市加快推动磷石膏综合利用二十条措施的通知》：第六条：开展技术研发攻关。支持龙头企业、骨干企业联合高校、科研单位、服务机构等力量，开展磷石膏综合利用关键共性技术的攻关研究，研发和推广少产生磷石膏、促进磷石膏综合利用的新技术、新工艺，推动磷石膏综合利用技术研究成果的市场化应用，努力构建磷石膏综合利用技术创新—试验示范—产业应用的闭环体系。第九条：鼓励生态修复利用。在确保环境安全的前提下，支持企业对

	磷石膏进行无害化处理，鼓励企业优先采用生态修复等方式对磷石膏加以利用，对无法利用的，指导企业按照国家环境保护标准进行分类贮存或处置。在具备条件的县（市）区，组织开展矿坑生态修复项目利用无害化磷石膏的工程试点，严格落实生态保护、环境污染防治及安全生产等方面的规定和措施，加强全过程的服务指导、监督管理，及时总结有关经验做法并组织推广。第十条：严格质量监管。鼓励科研机构、社会团体及企业积极参与制定涉及磷石膏综合利用的有关标准。建立磷石膏产品专业检测中心，组织开展磷石膏综合利用产品品质检验；认真落实磷石膏产品质量标准，加强质量监管，依法查处生产、销售不合格磷石膏综合利用产品的违法行为。 云南云天化股份有限公司、云南三环中化化肥有限公司、云南磷化集团海口磷业有限公司、云南云天化环保科技有限公司、昆明理工大学、北京建工环境修复股份有限公司及北京中环博宏等企业、高校合作成立了新型矿山生态修复材料专项研发团队，对“采用磷石膏作为主要原料混配后作为矿山生态修复回填材料的方案”进行了研发，研发产品—磷石膏基生态修复材料各项指标均符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间。能够代替土、砂、石等材料用作矿山生态修复回填料，且已发布了企业标准、团体标准及产品应用企业技术规范，正在主导制定地方标准。该技术的研发和实例应用即可解决生态修复回填材料匮乏矛盾，促使当地社会经济、企业发展和生态修复的协调同步可持续发展，提高磷石膏综合利用率。 项目采用“地质灾害治理（场地平整、基础处理、边坡治理、防渗工程、回填治理及地形重塑）+土壤重构+植被重建”的方式对矿区进行地

	质灾害治理及生态修复。回填修复区的回填修复材料为筛选后剥离土+粘土+磷石膏基生态修复材料+基质土+砂石料+场地清理产生的弃土石方。生态修复材料符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间，满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）充填及回填利用污染控制要求。 修复治理作业时，对回填修复治理作业区域进行场地平整、基础处理及防渗工程，首先回填区底部进行场地平整，然后进行基础处理，基础处理采用筛选后剥离土进行回填压实，回填厚度 5m，从而形成新的人工回填层，以提高包气带防污性能，基础处理后依次铺设 0.75m 粘土、土工布、1.5mm 厚 HDPE 防渗膜（渗透系数≤1.0×10^{-7}cm/s）、土工布防渗层进行防渗处理。回填作业过程中对回填料进行反复压实处理，有效减少生态修复作业过程中降雨形成的淋滤水产生量，地形回填重塑完成后，顶部铺设 1.5mm 厚 HDPE 防渗膜（渗透系数≤1.0×10^{-7}cm/s）、土工布防渗层，阻断淋滤水产生，降低对地下水的污染风险，再铺设厚度 1m 的基质土进行土壤重构。 综上所述，项目符合《昆明市人民政府办公室关于印发昆明市加快推动磷石膏综合利用二十条措施的通知》要求。

二、建设内容

地理位置

2.1 地理位置

西山区位于昆明市主城区西部，是昆明市 14 个县（市）区之一，因境内有著名的国家级风景名胜区西山而得名。地跨东经 102°21'~102°45'，北纬 24°41'~25°36'之间。东西横距 38km，南北纵距 53km。辖区总面积 881.32km^2（滇池水域 111.34km^2），其中：山区面积 660.49km^2，占 74.94%；坝区面积 220.83km^2，占 25.06%。辖区有滇池湖岸线 68km。东临滇池，与昆明市五华区和官渡区相连，与呈贡区隔滇池相望；南与晋宁区接壤；西与安宁市及楚雄州禄丰县交界；北与富民县、五华区毗邻。

海口街道位于昆明市西山区南端，螳螂川畔，因是滇池西南的出水口而得名。东临滇池、南接晋宁、西连安宁、北与本区的碧鸡街道毗邻。海口地区属于北亚热带高原季风气候，具有低纬高原山地季风气候特征，年平均气温 13.2℃。境内夏无酷暑，冬无严寒，四季如春，气候宜人。海口国土面积 174.37 平方公里，其中：耕地面积 970.8 公顷，林地面积 15.2 万亩，森林覆盖率 40.55%。

昆明市西山区海口片区双哨磷矿位于昆明市西山区海口街道双哨社区曹家沟，距离昆明主城区 37km。地理坐标东经 102°28′28.599″，北纬 24°48′20.866″。项目矿山生态修复范围共计 480503m^2，地理位置见附图 1。

项目组成及规模

2.2 项目组成及规模

2.2.1 项目由来

2019 年 4 月 25 日，自然资源部办公厅向包括云南省在内 11 个省份（直辖市）自然资源主管部门发放了《自然资源部办公厅关于开展金沙江经济带废弃露天矿山生态修复工作的通知》（自然资办发〔2019〕33 号）。提出了“共抓大保护，不搞大开发”的部署要求，决定开展长江经济带废弃露天矿山生态修复工作。

随后云南省自然资源厅举办的云南省长江经济带废弃露天矿山生态修复工作部署和培训会议提出，至 2020 年底，云南省将完成长江经济带（云南段）442

个废弃露天矿山面积总计 1658 公顷的生态修复工作，实现省域范围内长江干线不再有裸露的废弃矿山的目标。但是云南省境内历史遗留废弃露天矿山或现有运行矿山露天采场，均面临着修复新土填料来源匮乏，修复资金短缺，新设取土场又带来新的环境问题等矛盾。导致云南省内矿山生态修复治理工作一直难以推动。

海口片区双哨磷矿建矿时间为 1986 年 10 月，主要经营磷矿石的开采；铝土矿、石灰石、耐火粘土的开采、销售，于 2012 年关停。自 2012 年关停，至今处于停采状态，属历史遗留矿山。由于矿山历经年代久远，且关停多年，矿山相关证件、文件、文档资料已遗失，无法进行资料收集和核实。现场了解，矿山历史开采量约 35 万 t/a。根据现场勘查，矿区内滑坡、不稳定边坡等地质灾害严重，影响周边山体的稳定；矿区植被破坏严重，土壤结构破坏严重，水土流失严重，土壤环境质量下降；降雨冲刷露天采坑，对周边地表水体和项目区地下水存在污染风险。矿区生态环境破坏严重，区内地形地貌景观造成严重地破坏和影响。

根据现场调查，项目采空区面积约 411660m^2，损毁面积 480503m^2，原始地貌为碎屑岩侵蚀中低山地貌，山岭、山谷呈北东—南西走向，两侧山岭高程在 2150m~2260m，沟谷高程在 2050m~2100m，高差 100m~210m。矿区基本沿山谷采用露天开采方式，破坏了原始地貌，两岸坡多处形成直立陡崖，谷底形成两处较明显的坑塘，开挖的矿渣、废渣随处堆放，形成如今凌乱而复杂的地貌，矿区范围现状地形高程在 2020m~2170m 之间，矿区范围高差约 150m。

根据昆明市人民政府 2017 年 6 月 21 日下发的《昆明市人民政府办公厅关于滇池流域和西山重点保护区域采石采砂点关停和评估修复的通知〉（昆政办〔2017〕88 号）要求，确认矿业产权人不再进行开采，由昆明兴禹生态建设投资有限公司负责对该矿山进行生态修复，并完成矿山生态修复治理工作。

昆明兴禹生态建设投资有限公司初步采用削坡降台进行修复治理，但因该方法施工范围超出修复范围，需新增占用林地，无法实施。后续昆明兴禹生态建设投资有限公司计划采用新鲜土对矿坑进行生态修复，但昆明市周边无新鲜土方来源，生态修复未按计划实施。

2021 年 7 月 14 日，中央环保督察组向云南省委、省政府进行反馈。督察

指出，云南省生态环境保护工作虽然取得积极进展和成效，但与中央要求和人民期待相比，还存在不小差距，生态保护还存在薄弱环节。云南省现有历史遗留废弃露天矿山约 8000 座，占损土地面积位居全国前列，但生态修复工作严重滞后。磷石膏产生量大，利用率低。截至 2020 年底，云南省堆存磷石膏约 2 亿吨，环境风险隐患突出。

2019 年 12 月 24 日，自然资源部印发了《关于探索利用市场化方式推进矿山生态修复的意见》，文件中表明，为解决矿山生态修复历史欠账多、现实矛盾多、投入不足等冲突问题，提出“谁破坏、谁治理”“谁修复、谁受益”的原则，鼓励各方投资，推行市场化运作、科学化治理的模式，推进矿山生态修复工作。

2021 年 3 月 18 日，国家发改委等 10 部门联合发布了《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》（发改环资〔2021〕381 号），2021 年 7 月 7 日，国家发展改革委印发《“十四五”循环经济发展规划的通知》（发改环资〔2021〕969 号）通知指出：要遵循“减量化、再利用、资源化”的资源循环利用原则。明确到 2025 年，大宗固废综合利用率达到 60%。在重点任务中明确：加强对低品位矿、共伴生矿、难选冶矿、尾矿等的综合利用，推进有价组分高效提取利用。进一步拓宽粉煤灰、煤矸石、冶金渣、工业副产石膏、建筑垃圾等大宗固废综合利用渠道，扩大在生态修复、绿色开采、绿色建材、交通工程等领域的利用规模。加强赤泥、磷石膏、电解锰渣、钢渣等复杂难用工业固废规模化利用技术研发。

2021 年 9 月 22 日，《国家发展改革委等部门关于做好今后一段时间国内化肥保供稳价工作的通知》（发改经贸〔2021〕1351 号）提出：相关地方可因地制宜制定磷石膏无害化处理方案，鼓励企业优先采用生态修复等方式对磷石膏加以利用，对无法利用的，允许企业按照国家环境保护标准进行分类贮存或处置。

2022 年 7 月 5 日，《中华人民共和国生态环境部办公厅关于磷石膏无害化后用于矿坑生态修复项目有关事宜的复函》（环办环评函〔2022〕273 号）回复：《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》《加快推动工业资源综合利用实施方案》提出，在确保安全环保前提下，探索将磷石膏应用于井下充填、地下采空区充填等。磷石膏用于矿坑回填不属于《关于做好“三磷”建设项目环境影响评价与排污许可管理工作的通知》中“不得新建、扩建磷石膏库

（暂存场除外）”的情形。我部鼓励地方因地制宜制定磷石膏无害化处理方案，拓展多领域、多途径、多方式资源化利用。

2022 年 12 月，昆明市人民政府办公室印发了《昆明市人民政府办公室关于印发昆明市加快推动磷石膏综合利用二十条措施的通知》（昆政办〔2022〕84 号），该通知提出，在确保环境安全的前提下，支持企业对磷石膏进行无害化处理，鼓励企业优先采用生态修复等方式对磷石膏加以利用，对无法利用的，指导企业按照国家环境保护标准进行分类贮存或处置。

2021 年 11 月，昆明兴禹生态建设投资有限公司计划采用城市建设弃土对矿坑进行生态修复，委托西南有色昆明勘测设计（院）股份有限公司编制了《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复治理方案》，于 2021 年 11 月 25 日通过了专家评审，于 2022 年 3 月取得联审联批表（见附件 2）。但因多种原因影响，双哨磷矿的生态修复推进缓慢，原有修复目标不能满足，因此需要改变生态修复回填材料，继续完成双哨磷矿的生态修复工作。

2023 年 1 月，中央环保督察组对云南省开展督察中将双哨磷矿、桃树磷矿等修复工作情况反馈至云南省政府，并由云南省自然资源厅对整改情况约谈西山区人民政府，根据《云南省自然资源厅关于召开中央环保督察指出问题整改落实情况约谈会的通知》（云自然资便签〔2023〕95 号）及约谈会精神，西山区桃树村委会磷矿、双哨村委会磷矿、团结双山磷矿、中平村委会磷矿等 4 个点位未通过省级验收。

根据《昆明市西山区人民政府办公室关于印发西山区 4 个关停磷矿矿山环保督察省级验收整改攻坚方案的通知》西政办通〔2023〕5 号文要求，为严格落实习近平总书记对生态环境保护工作的重要指示要求，牢固树立“绿水青山就是金山银山”的理念，改善西山区生态环境，确保中央环保督察反馈问题确保整改到位，昆明市西山区人民政府提出如下整改方案：按照“分区域、分步骤”的原则，全面开展“补植补种区、覆土种植区、充填治理区”三个区域生态治理修复工作，到 2023 年 2 月 25 日前，完成补植补种区植被覆绿，完成覆土种植区 40%的生态修复工作，同步开展回填区坡面修整及场地平整施工，形成实质性工作进展；2025 年 12 月底全面完成该点位生态治理修复。

2023 年 2 月 23 日，西山区滇池流域及其他重点区域采石采砂采矿点关停

和“五采区”治理修复工作领导小组（以下简称“区领导小组”）召集区自然资源局、区水务局、区应急管理局、区生态环境分局、区城市管理局、海口街道办事处、昆明市西山区发展投资集团有限公司、昆明兴禹生态建设投资有限公司、云南云天化环保科技有限公司、云南中环正浩环境科技有限公司等成员单位以及特邀行业专家 5 名在西山区自然资源局 6 楼会议室对《昆明市西山区海口桃树村委会磷矿、双哨磷矿厂磷矿生态修复治理变更方案》进行技术咨询，经会议讨论认为《昆明市西山区海口桃树村委会磷矿、双哨磷矿厂磷矿生态修复治理变更方案》提出的修复治理技术思路可行。同意项目按照方案进行实施，2023 年 4 月 3 日，项目通过省级督察验收。变更内容如下：

表 2.2-1　生态修复方案变更内容

/	变更前	变更后	备注
手续办理情况	《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复治理方案及联审联批表》	《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复治理变更方案》、《水文地质调查报告》、《工程地质勘察报告》、《回填可行性报告》、《地质灾害危险性评估报告》、《堆填方案设计》、《环境影响评价报告表》、《地下水专项报告》、《可行性研究报告》、《水土保持方案报告》、《本底调查》、《环境风险评估》、《安全预评价报告》、《排险方案报告》、《应急预案》。	依法依规办理相关手续
修复范围	472355m^2	480503m^2	根据实地调查，重新测量核实，修复面积增大。
修复目标	部分地质灾害得到治理	地质灾害全部得到有效治理	地质灾害全部得到有效治理，提高了地质灾害治理率。
修复方法	坑底整平+淋滤水盲沟+回填弃土+覆耕植土+植被恢复	回填修复区：地质灾害治理（场地平整、基础处理、边坡治理、防渗工程、回填治理及地形重塑）+生态重建（土壤重构+植被重建）”+跟踪监测。 其他生态修复区：生态重建（土壤重构+植被重建）”+跟踪监测。	按照矿山生态修复技术规范 第 1 部分：通则》及《矿山生态修复技术规范 第 5 部分：化工矿山》要求，新增地形重塑、防渗、土壤重构、植被重建措

				施。
地形重塑工程	基础处理	无	回填区内矿坑底部先铺设 5m 厚的筛分剥离土作为底部垫层，垫层上铺设人工防渗层。	新增基础处理工程，提高地下水埋深及包气带防污性能。
	回填治理及地形重塑	采用城市建设弃土进行回填，回填量 423.79 万 m^3。 回填区按照台阶高度 10m 进行回填，共形成 2025m 、 2035m 、 2045m 、 2055m 、 2065m、2075m 共计 6 个平台，每个平台宽 5m，回填边坡坡比往东为 1:3，往南、往西为 1:3.5。	采用筛分剥离土、粘土、磷石膏基生态修复材料进行回填，磷石膏基生态修复材料回填量 825.6 万 m^3。按照台阶高度 5m 进行地形重塑，共形成 2040m、2045m、2050m、2055m、2060m、2065m、2070m、2075m、2080m、2085m、2090m、2095m、2100m、2105m、2110m 平台，共计 15 个平台，平台宽 5m，平台坡比为 1:3.0。	生态修复场地内进行清理、堆填方式改变、地灾治理率增大； 为满足地形重塑及地质灾害全部治理要求、全域土地综合整治中所规划的土地类型、《矿山生态修复技术规范 第 1 部分：通则》及《矿山生态修复技术规范 第 5 部分：化工矿山》要求，回填高度及范围发生变化，方量增加。
	拦挡设施	护脚挡墙采用浆砌石结构，长度 52.0m，高 5m，挡墙顶宽 1.5m，内坡垂直，外坡比 1:0.5。设计挡墙基础埋深 2.0m，其中地面以上高度 3m（高出墙背填土 1.0m）。	拦挡设施底部高程为 2020m，坝顶高程为 2040m，拦挡设施高 20m，顶宽 4m，顶长 151.57m，上下游坡比均为 1:2.0。拦挡设施采用碾压土石坝。	/
	防渗工程	无	采用基础处理+底部防渗+内边坡防渗+顶部防渗方式对回填体进行防渗处理。	项目采用磷石膏基生态修复材料回填进行地形重塑及地灾治理，为确保回填安全，新增防渗措施。
	截排水沟	1#截洪沟全长 598m，尺寸 B×H=0.6m×0.8m，采用 C20 素砼浇筑，衬砌厚 0.2m，沟底设 10cm 厚 C15 素砼垫层；2#截洪	平台横向排水沟：在已堆存的每个平台上设平台横向排水沟，横向排水沟两端分别与纵向排水沟相连。边坡纵向排水沟：在已堆存的边坡上设边坡纵向排水沟，纵向排水沟接入坝肩雨水沟。坝肩排水沟：堆	优化排水沟结构及材料

			沟全长 851m，尺寸 B×H=0.8m×1.2m，采用 C20 钢筋砼浇筑，衬砌厚 0.2m，沟底设 10cm 厚 C15 素砼垫层；3#截洪沟全长 882m，尺寸 B×H=0.5m×0.6m，采用 C20 素砼浇筑，衬砌厚 0.2m，沟底设 10cm 厚 C15 素砼垫层。	填过程中，边坡及滩面雨水通过平台雨水沟、边坡纵向雨水沟、滩面临时雨水沟等汇集至坝肩雨水沟，坝肩雨水沟接入淋滤水收集池。 场外截排水沟：沿堆填边界新建截水沟。周边截水沟截留周边雨水及堆填完成复垦后表层的雨水，截水沟采用浆砌石结构，设计在截水沟出口设置沉砂池，回填区外雨水经沉淀后排出场外。	
		淋滤水导排	无	回填修复区铺设防渗层后，于防渗层上设置淋滤水导排盲沟，淋滤水导排盲沟采用纺锤形，土工布包裹碎石充填，碎石内设置排渗管，淋滤水导排盲沟外接淋滤水收集池。	为确保回填体安全，新增淋滤水导排沟。
		地下水导排	无	场地内地表降水汇集至矿坑底部下渗补给地下水，矿坑进行生态修复后，由于防渗层的铺设及周边和表层雨水导排设施的建设完成，地表水被截留和导排，不再补给地下水，仅场地周边雨水下渗后，沿表层孔隙向坑底汇集，因此在坑内场底防渗层下设置简易的排水盲沟以排走雨水季节的场底地下水。地下水导排盲沟外接地下水收集池。	为排走雨水季节的场底地下水，新增地下水导排沟。
	生态重建	土壤重构	采用弃土石覆土 60-100cm	使用不小于 100cm 厚的基质土为植被覆土。 基质土需满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）。	土壤覆土来源变更，提高了覆土厚度。
		植被重建	植被破损造林区：灌木有：火棘、白刺花等，株间距 2～6m 不等，主要草本植物有：狗牙根、白牛胆等，覆盖度约 0.4，设计采用补植乔木进行生态修复。 裸露岩石边坡复绿区：坡顶、坡脚种植藤类植物植绿恢复。	修复区表面覆基质土（耕植土）不小于 100cm 后： 恢复为旱地、其他草地、乔木林地、灌木林地； 恢复为灌木林地区域种植灌木（火棘、球花石楠），灌木间隙播撒草籽（狗牙根、黑麦草、格桑花）； 恢复为乔木林地区域种植乔木（旱冬瓜、黑荆、冬樱花），乔木间穿插种植灌木（火棘、球花石楠），间隙播撒草籽（狗牙根、黑麦草、格桑花）； 高陡边坡播种植藤植被（爬山虎、常春藤）。	根据生态环境调查，结合生物多样性原则、最大生态功能原则、本土化原则、最小经济代价原则，生态效益与社会效益综合考虑原则及因地制宜原则，优化了植被选型及种植方式。

云南云天化股份有限公司 2020 年成立了新型矿山生态修复材料专项研发团队，对“采用磷石膏作为主要原料混配后作为矿山生态修复回填材料的方案”进行了研发，研发产品—磷石膏基生态修复材料各项指标均符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间。能够代替土、砂、石等材料用作矿山生态修复回填料。该技术的研发和实例应用即可解决生态修复回填材料匮乏矛盾，促使当地社会经济、企业发展和生态修复的协调同步可持续发展，提高磷石膏综合利用率。

2022 年 11 月 22 日，由云南云天化环保科技有限公司提出，昆明市环境保护联合会发布了《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/MSHJBHLHH 001—2022），并于 2022 年 12 月 1 日实施，该团体标准规定了磷石膏无害化处理用于露天矿山废弃地生态修复技术的回填材料要求、设计施工要求、生态修复、跟踪监测及生态修复成效评估。标准中生态修复材料重金属要求参考《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中“第二类用地筛选值”进行管控，浸出液参考《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）中第 I 类一般工业固体废物要求进行管控。

国内已实施案例有：伯乐矿业废弃矿坑原为天然石料大坑生态修复项目，该项目将废弃矿坑生态修复和磷石膏生态治理结合，推进山体环境修复同时消耗磷石膏，实现磷石膏的资源化、减量化和无害化处理。四川省德阳市什邡市蓥华镇穿心店磷石膏堆场生态治理项目，该项目由什邡市生态环境局实施，通过削坡减压放风险、盖膜导流除污染、覆土植绿变景观。

省内已实施案例有：云南胜威化工有限公司兴中宝生态修复项目，云南胜威化工有限公司中庄生态修复项目，天宝动物营养科技股份有限公司勤丰镇生

	态修复项目，云南三环中化化肥有限公司的海口工业园区（街道）云龙磷矿矿区修复治理项目均采用磷石膏基生态修复材料，以上项目均取得环境影响评价行政审批手续，其中中庄修复项目已实施 3 年并通过环保验收，兴中宝修复项目已实施 1.5 年，勤丰镇修复项目已实施 0.5 年，云龙磷矿修复项目已实施 1.5 年。项目生态修复材料来源于云天化，根据云南省生态环境科学研究院对云龙磷矿矿区修复项目的监理统计，云天化生态修复材料均符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间。无污染情况发生，中央环保督察组多次到云龙磷矿矿区修复治理项目进行实地考察，对磷石膏基生态修复材料用于生态修复及生态修复工作中采取的污染防护措施表示认可。 采用磷石膏基生态修复材料进行修复即可提高云南省磷石膏综合利用率，又可加快双哨、桃树两个矿坑的生态修复进度，解决生态环境督察问题，修复完成后形成较为平整土地，可以大量增加用地指标，对于区域生态环境质量改善效果更佳。 结合以上政策要求对双哨磷矿进行地灾治理、生态修复，同时考虑到因地质灾害治理需大量回填料进行矿坑回填修复治理、结合工程所需回填料量大、资金投入较大、治理土石方来源困难的实际情况，为按时按量完成督察历史遗留矿坑生态修复任务，昆明兴禹生态建设投资有限公司通过招投标方式，与云南云天化环保科技有限公司合作，由云天化提供资金、技术及生态修复材料，昆明兴禹生态建设投资有限公司作为修复主体对双哨磷矿进行生态修复治理，全权负责相关事宜的办理及后续的组织建设。 2023 年 2 月，昆明兴禹生态建设投资有限公司授权云南云天化环保科技有限公司办理昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目相关手续。 2023 年 2-3 月，云南云天化环保科技有限公司委托云南中环正浩环境科技

有限公司编制了《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目可行性研究报告》。

2023 年 2-4 月，云南云天化环保科技有限公司委托中国有色金属工业昆明勘察设计研究院有限公司编制了《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目工程地质勘察报告》《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境水文地质调查报告》。

2023 年 2-3 月，云南云天化环保科技有限公司委托中国有色金属工业昆明勘察设计研究院有限公司编制了《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目地质灾害危险性评估报告》，并通过评审。

2023 年 2-3 月，云南云天化环保科技有限公司委托中国有色金属工业昆明勘察设计研究院有限公司编制了《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目堆填设计方案》，并通过专家评审。

2023 年 2-4 月，云南云天化环保科技有限公司委托昆明夏谷环保科技有限公司编制了《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境本底值调查报告》、《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境风险评估报告》，并通过专家评审。

2023 年 2-3 月，云南云天化环保科技有限公司委托云南大成安全技术服务有限公司编制了《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目安全预评价报告》。

2023 年 2-4 月，云南云天化环保科技有限公司委托云南中环正浩环境科技有限公司编制了《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复治理变更方案》。

2023 年 2-5 月，云南云天化环保科技有限公司委托云南今禹生态工程咨询有限公司编制了《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目水土保持方案》。

2023 年 2 月-5 月，云南云天化环保科技有限公司委托昆明诚信勘察设计有限公司编制了《昆明市西山区海口镇桃树村委会磷矿矿山生态修复项目排险方案设计报告》、《昆明市西山区海口镇桃树村委会磷矿矿山生态修复治理项目生产安全事故应急预案》、《昆明市西山区海口镇桃树村委会磷矿矿山生态修复治理项目应急资源调查报告》、《昆明市西山区海口镇桃树村委会磷矿矿山生态修

复治理项目生产安全事故风险评估报告》，并通过专家评审。

2023 年 2-5 月，云南云天化环保科技有限公司委托云南中环正浩环境科技有限公司编制了《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目改性磷石膏回填可行性评估报告》，于 2023 年 5 月通过昆明市生态环境局西山分局组织的专家评审，项目使用磷石膏基生态修复材料进行生态修复，满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）充填及回填利用污染控制要求。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》的规定，该项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部 部令第 16 号）的规定，该项目属于“八、非金属矿采选业、102 化学矿开采-矿区修复治理工作”，需要编制环境影响评价报告表，为此，受昆明兴禹生态建设投资有限公司、云南云天化环保科技有限公司的委托，云南中环正浩环境科技有限公司承担了该项目环境影响报告表的编制工作。我单位接受委托后，在收集资料、实地调查和现场踏勘的基础上，按照《建设项目环境影响报告表编制技术指南（生态影响类）（试行）》、国家及地方的相关法规条例，编制了《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境影响报告表》，供建设单位上报环境主管部门审批，作为该项目环境管理的依据。

2.2.2 项目概况

（1）项目名称：昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目

（2）建设性质：新建

（3）实施单位：昆明兴禹生态建设投资有限公司、云南云天化环保科技有限公司

（4）建设地点：昆明市西山区海口街道双哨社区曹家沟

（5）项目恢复区范围及实施年限：修复面积 480503m^2，实施年限为 5.5 年，其中实施年限为 2.5 年，养护管理 3 年。

（6）投资：项目总投资为 40136.02 万元，环保投资 4200.07 万元，占总投资的 10.46%。

2.2.3 修复方案

（1）修复思路

项目采用“地质灾害治理（场地平整、基础处理、边坡治理、防渗工程、回填治理及地形重塑）+生态重建（土壤重构+植被重建）”的方式对矿区进行生态修复，生态修复的原料为筛选后剥离土+粘土+磷石膏生态修复材料+基质土+砂石料+场地清理产生的弃土石方。

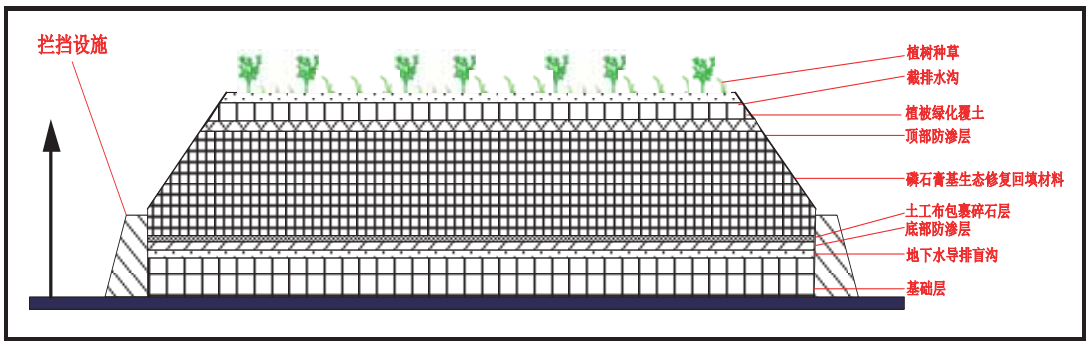


图 2.2-1　生态修复系统示意图

（2）修复目标

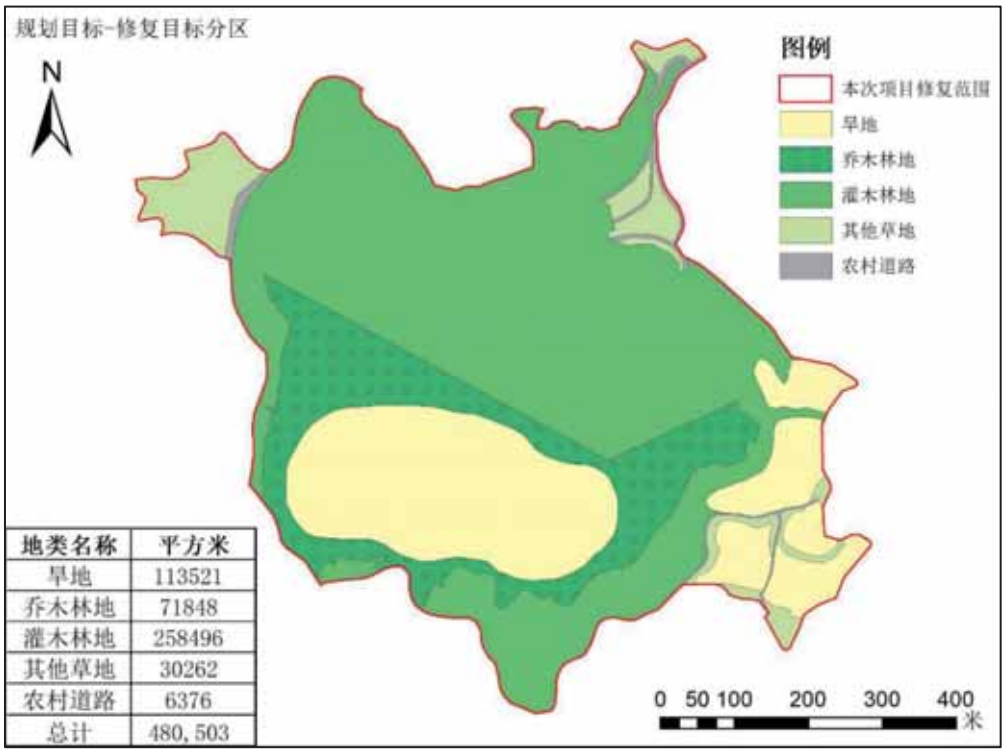
根据《生态修复治理变更方案》，该工程修复目标为：

结合矿山开发历史利用方式、项目区未来用地规划和土地用途确定的生态修复方向主要为旱地、乔木林地、灌木林地、其他草地及其他用地。通过场地平整、基础处理、边坡治理、截排水工程、防渗工程、地灾治理及地形重塑、生态重建工程的实施，使矿区生态环境得到修复，提高土地的利用价值。通过生态修复，重构矿山生态环境，矿山生态环境质量明显改善，土地使用功能明显提高。通过植被覆盖率增加，降低土壤侵蚀模数，水土流失程度降低，区域生态环境质量得到改善；通过回填及地形重塑、生态重建，消除地质灾害，改善地质环境，减少滑坡危害。

①解决现有滑坡、不稳定边坡、高陡边坡等地质灾害、水土流失及生态环境次生问题，地质灾害全部得到治理。

②将双哨磷矿矿山破坏土地恢复为旱地、乔木林地、灌木林地、其他草地及其他用地。项目实施后可恢复乔木林地 71848m^2，灌木林地 258496m^2，其他草地 30262m^2，旱地 113521m^2、农村道路 6376m^2。

③土地复垦率不低于 95%。



地类名称	平方米
旱地	113521
乔木林地	71848
灌木林地	258496
其他草地	30262
农村道路	6376
总计	480, 503

图 2.2-2　修复目标图

（3）修复范围

根据《生态修复治理变更方案》，项目最终生态修复范围为 480503m^2。修复范围详见下图。



图 2.2-3　生态修复范围图

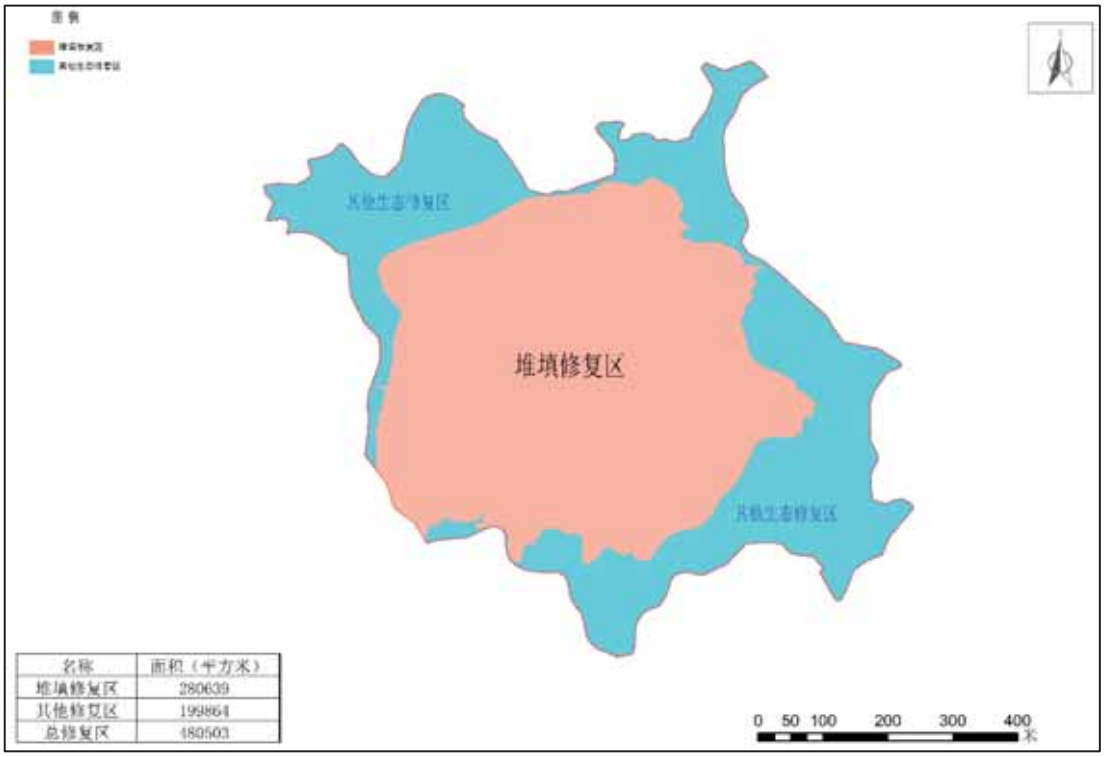
（4）修复分区

根据《生态修复治理变更方案》，将修复区分为 2 大块：地质灾害回填修复治理区及其他修复区。其中地质灾害回填修复区面积 280639m^2，其他生态修复区面积 199864m^2。

①地质灾害回填修复治理区域：地表清理+边坡治理+基础处理+防渗工程+地灾治理及地形重塑+生态重建。首先对矿坑进行相应的地表清理压实、对矿坑基础进行处理、底部及边坡防渗处理后进行地灾治理及地形重塑，地形重塑完成后顶部采取防渗，最后进行土壤重构、植被重建，重建后恢复为乔木林地、灌木林地、旱地及草地。

②其他修复区：其他生态修复区以植被恢复为主，覆土整治后恢复为灌木林地、其他草地、旱地。

项目分区治理详见下图。



名称	面积（平方米）
堆填修复区	280639
其他修复区	199864
总修复区	480503

图 2.2-4　修复分区图

2.2.4 项目组成及规模

项目主要由主体工程、辅助工程、依托工程、公用工程、环保工程组成，修复面积 480503m^2，项目组成及规模详见表 2.2-2。

表 2.2-2　生态修复建设内容一览表

工程名称	建设内容及规模				备注
主体工程	地质灾害回填修复治理区	地质灾害治理设计	场地平整	修复区四周形成陡峻坑壁、堆积着大量的松散危岩、浮石，在生态修复前期通过场地清理对于修复区内四周形成的陡峻坑壁、松散危岩、浮石进行削坡处理，对于修复区底部的杂草、乱石进行清理，清理后的土石方直接用于坑底回填，不设临时堆场。	新建
			边坡治理	采用清表及削坡整理方式，采用自上而下分台清理，开挖平台兼做锚固沟使用，边坡按 1:1.5 的外坡，每下降 10m 留一宽 3m 的平台，保证边坡施工期临时稳定。开挖削坡土石方用于坑底回填。 随着后期生态修复材料的回填，各不稳定边坡也是一个逐渐压护坡脚的过程，边坡稳定性将随着回填量的增加而逐渐提高。	
		回填治理及地形地貌重塑	基础处理	根据水文地质勘查报告，回填区稳定水位 5-50m，上游地下水埋深较深，下游地下水埋深略浅，坑底为硅质白云岩，透水性中等，考虑到回填安全性，基础处理采用筛选后剥离土进行回填压实构造人工回填层，提高地下水埋深及包气带防污性能，回填厚度 5m，回填量 46.8 万 m^3，处理后包气带防污性能中等。	新建
			回填治理及地形重塑	设计采用生态修复材料回填进行地形重塑及边坡治理，回填材料由场地尾部至拦挡设施前分层碾压堆填，回填材料通过自卸汽车运输至堆填区内，通过配套推土机、压路机、挖掘机等机械设备予以分区、分层碾压堆存，分层厚度≤1.0m，影响稳定区域压实度 0.92，其余区域压实度 0.85。 回填方式： 回填材料由场地尾部至拦挡设施前分层碾压回填，外坡每 5m 高差分一层，修整外坡坡比 1:3.0，再留置层间平台，宽度 5m，总坡比控制 1:4.0，场内滩面平整坡度按 1-2%控制，尾部高拦挡设施前低。堆排至 2110.0m 标高后停止堆排，可全面完成区域内地质灾害治理，回填量 825.6 万 m^3。	
			拦挡设施	为确保重塑地形稳定，修复区下游建设 1 座拦挡设施，位于东北面沟谷最低处，拦挡设施为碾压式土石坝，拦挡设施底标高 2020m，顶标高 2040m，顶宽 4m，顶长 151.57m。拦挡设施高 20.0m（未含清基部分），拦挡设施上下游坝坡坡比均为 1:2.0。 基础处理：拦挡设施位置位于矿坑底部出口，地形较为平缓，现状有 2 个坑塘。根据工勘查明拦挡坝位置坑塘深度 3-20m，下部为硅质白云岩，层位稳定，力学强度较高。 拦挡设施排水：由于拦挡设施内边坡进行了防渗处理，坝体产生的雨季渗水不受回填体影响，经底部安装排渗管后排入下游，排入附近地表水环境。	

				防渗工程	项目采用磷石膏基生态修复材料回填进行地形重塑及地灾治理，考虑安全问题，采用基础处理+底部防渗+内边坡防渗+顶部防渗方式对回填体进行防渗处理。 （1）基础处理：根据水文地质勘查报告，回填区稳定水位5-50m，上游地下水埋深较深，下游地下水埋深略浅，坑底为硅质白云岩，透水性中等，考虑到回填安全性，基础处理采用筛选后剥离土进行回填压实构建人工回填层，提高地下水埋深及包气带防污性能，回填厚度 5m，处理后包气带防污性能中等。 （2）底部防渗：堆填区场地先进行底部整平压实、边坡清理分台平整，然后清除尖锐石块和碎屑杂物，参考《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）II 类场要求采用单人工复合衬层作为防渗衬层，铺设 0.75m 压实粘土+两布一膜防渗层。 （3）内边坡设施防渗： ①边坡坡度较缓：按土质边坡 1:1.5，岩质边坡 1:0.75 进行削坡整平，每 10m 高差设置锚固平台的边坡，其防渗结构为先在整平的边坡上铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅后再铺设两布一膜防渗层。 ②较陡的岩质边坡：先对岩质高陡边坡进行挂网喷护，每 10m 高差埋设防渗锚固预埋件，然后铺设两布一膜防渗层。 （4）拦挡设施内坡防渗：拦挡设施设计为碾压土石坝，内外坡比均为 1:2.0，为有效保护防渗层的安全，拦挡坝内坡面碾压平整压实好后铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅，再铺设两布一膜防渗层。 （5）顶部防渗：顶部及坡面先后 HDPE 防渗土工膜+土工布联合防渗层，并与周防渗膜相连。 （6）防渗漏监控：按照 II 类场要求控制，设置防渗漏监控系统，监控防渗衬层的完整性。	
				地下水导排	场地内地下水较深，场地内地表降水汇集至矿坑底部下渗补给地下水，矿坑进行生态修复后，由于防渗层的铺设及周边和表层雨水导排设施的建设完成，地表水被截留和导排，不再补给地下水，仅场地周边雨水下渗后，沿表层孔隙向坑底汇集，因此在坑内场底防渗层下设置简易的排水盲沟以排走雨水季节的场底地下水。地下水导排盲沟采用倒梯形（底宽 3m，高 1.5m，顶宽 5m），土工布包裹碎石充填，碎石内设置 HDPE 排渗管（DN280mm，上半圆开孔），地下水导排盲沟外接地下水收集池。地下水收集池在拦挡设施坡脚设置，采用钢筋混凝土矩形水池，长×宽×高=2m×2m×4m。地下水导排盲沟外接地下水收集池，导排沟长度 1605m。	
				淋滤水导排	回填修复区铺设防渗层后，于防渗层上设置淋滤水导排盲沟，淋滤水导排盲沟采用纺锤形（底宽 5m，高 1m，最宽 5.66m），土工布包裹碎石充填，碎石内设置 HDPE 排渗	

				管（DN280mm 穿孔管，上半圆开孔），淋滤水导排盲沟外接淋滤水收集池。核实淋滤水沉淀池结构导排盲沟长度2431m。淋滤水收集池池底及池壁采用 C30 钢筋砼结构。	
			场内排水沟	平台横向排水沟：在已堆存的每个平台上设平台横向排水沟，横向排水沟两端分别与纵向排水沟相连，排水沟为砖砌结构，矩形断面，B×H=0.3m×0.4m，砂浆抹面，两端坡度不小于 1%。 边坡纵向排水沟：在已堆存的边坡上设边坡纵向排水沟，纵向排水沟接入坝肩雨水沟。堆排过程中排水沟为砖砌结构，矩形断面，B×H=0.4m×0.5m。 临时排水沟：在堆填过程中，在滩面设置临时排水沟，倒梯形，底宽 0.5m，顶宽 1.5m，深 0.5m。铺设塑料膜，砖块压边和护壁。 坝肩排水沟：堆填过程中，边坡及滩面雨水通过平台雨水沟、边坡纵向雨水沟、滩面临时雨水沟等汇集至坝肩雨水沟，坝肩雨水沟为砖砌结构，矩形断面，B×H=1.0m×1.2m，砂浆抹面，坝肩雨水沟接入淋滤水收集池。 中转场排水沟：在中转场周边设置收集沟，接入边坡排水沟，中转场淋滤水收集后自流进入淋滤水收集池，排水沟净断面尺寸为 B×H＝0.3m×0.3m，最小底坡 1%。 场内排水最终汇入拦挡设施下游收集池内，经收集后回用于回填区洒水降尘，场内排水沟总长度 10778m。	
			场外截水沟	场外截排水沟：沿堆填边界新建截水沟。周边截水沟截留周边雨水及堆填完成复垦后表层的雨水，截水沟采用浆砌石结构，矩形断面，断面尺寸 B×H=1.0~1.5m×1.2~1.8m，最小纵坡大于 1%，设计在截水沟出口设置沉砂池，回填区外雨水经沉淀后排出场外，场外截水沟长度 2749m。	
		生态重建	土壤重构	地形重塑区 2110m 平台表面覆基质土 100cm，其余平台及边坡覆基质土 100cm，基质土满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）。	新建
			植被重建	恢复为旱地区域播撒草籽（后期交由政府开发），恢复为乔木林地区域种植乔木；恢复为灌木林地区域种植灌木。	
		其他修复区	土壤重构	恢复为旱地、灌木林地及草地的区域，覆基质土 100cm 后进行植被恢复。基质土满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）。	新建
			植被重建	恢复为旱地及草地区域播撒草籽；恢复为灌木林地区域种植灌木。	新建
	辅助工程	运输		项目不新建施工道路，利用原有矿区道路，项目回填结束后，保留原有的矿区道路。 ①生态修复材料由汽车运输至项目区； ②粘土、砂石料等采用汽车运输至修复区，购买商品混凝土。	/

			值班室	施工人员租用附近村庄设施，现场不设置施工营地，施工人员不在现场食宿，仅设置一个活动板房，作为临时管理用房，位于回填修复区下游。	新建
			中转场	在修复区南部设置中转场 1 个，用于回填料中转，中转场面积 15000m^2，堆存容量约 50000m^3，中转场周边设置截排水沟，不设拦挡设施，中转场参考 II 类场要求采用单人工复合衬层作为防渗衬层。	新建
		公用工程	高位水池	项目区西侧、东侧各建设一个高位水池，西侧容积 1000m^3，东侧容积 1000m^3，收集运营期雨水用于植被养护。	
			给水	项目施工期用水主要为洒水降尘用水，由洒水罐车或管道从高位水池或下游淋滤水收集池取水。	新建
			排水	施工期施工废水经收集沉淀后回用于项目区洒水降尘，回填区、中转场淋滤水经淋滤水收集池收集后最终回用于回填区洒水降尘。	
			供电	项目用电为临时用电，由附近市政供电系统临时接入。	
		依托工程	磷石膏改性生产线	项目生态修复材料来源于《海口工业园区（街道）云龙磷矿矿区修复治理项目》磷石膏基生态修复材料生产线生产的合格材料，该项目磷石膏基生态修复材料生产能力为 5 万吨/天。	依托
		环保工程	废气	洒水车 3 辆，对修复区施工面、运输道路进行洒水降尘，雾炮 6 台（射程 50m-80m），对施工区、中转场进行雾炮降尘。	新建
				运输车辆须以篷布遮盖，密闭运输，并注意控制车速。	
				对未覆膜边坡、材料堆存区采用防尘网覆盖。	
			废水	临时沉淀池及车辆高压冲洗设施 1 套，沉淀池容积为 2m^3，设置于修复区进出口，对运输车辆进行冲洗。	新建
				临时沉淀池 1 座，容积为 3m^3，对生活污水进行收集沉淀后回用。	
				拦挡设施下游设置总容积 3700m^3 的三级淋滤水收集池一座。施工期回填修复区、中转场降雨形成的淋滤水收集至下游淋滤水收集池后回用于回填修复区洒水降尘。 淋滤水收集池采用 C30 混凝土建设。	
			噪声	选用低噪设备、合理布局、合理施工、加强设备维护。	新增
			固体废物 生活垃圾	施工期生活垃圾集中收集后清运至附近村庄生活垃圾收集点，由环卫部门定期清运处置。	新增
			旱厕粪便	施工期设置旱厕，旱厕粪便定期清掏，待施工结束后拆除旱厕。	
			场地清理土石方	施工期场地清理及边坡整治产生的土石方用于场地平整及拦挡设施、截排水沟的修筑。	
			沉渣	沉淀池及淋滤水收集池的沉渣，用于回填修复区回填。	
			防渗	项目回填区底部进行基础处理。回填区、中转场参考《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-	新建

	地下水		2020）II 类场要求采用单人工复合衬层作为防渗衬层，收集池采用 C30 混凝土建设。设置防渗漏监控系统，监控防渗衬层的完整性。	
		回填体淋滤水导排	在底部防渗层上设置建设淋滤水导排盲沟，淋滤水导排盲沟外接淋滤水收集池。	新建
		回填区地下水导排	在坑内场底防渗层下设置简易的排水盲沟以排走雨水季节的场底地下水。	
			地下水导排盲沟采用倒梯形，土工布包裹碎石充填，碎石内设置排渗管，地下水导排盲沟外接地下水收集池。	
			地下水收集池在拦挡坝坝脚设置，采用钢筋混凝土矩形水池。	
		施工质量管理	施工质量管理：施工方案包括施工质量保证和施工质量控制内容，明确环保条款和责任，施工完毕后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告，提供人工防渗衬层完整性检测报告。	新增
		监控井	设置 5 座地下水污染监控井，其中上游 1 座，下游 2 座，西侧 1 座，东侧 1 座。	新建

2.2.5 主体工程

2.2.5.1 地质灾害治理设计

（1）场地平整

在生态修复前期通过场地清理对于矿坑底部的土石方进行平整清理。

（2）不稳定边坡现状

根据《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目地质灾害危险性评估报告》，评估区人类活动频繁，区内采矿活动对地质环境影响剧烈，形成了较多陡坎、临空面，不稳定斜坡随处可见。这些陡坎、临空面成为岩土体不稳定因素，根据工程地质调查、勘探，结合场地内矿坑存在边坡实际情况，现场有 BW1~BW9 共计 9 个不稳定边坡，具体见下表。

表 2.2-3　不稳定边坡基本情况一览表

编号	斜坡特征
BW1	位于采坑北部，1#坑塘左侧，岩质边坡。坡顶边缘线长 70m，坡脚边缘线长 120m，沿坡向宽约 30~40m。位于拟建拦挡坝左坝肩，坡顶高程 2113m，坡脚高程 2042m，高度约 71m，坡面倾向 90°~130°，坡体上段坡角约为 40°，下段近直立。坡体地层主要为中风化泥岩③$_2$层，为岩质边坡。岩层产状 58°∠8°，发育两组近垂直节理，第一组节理（节理 1）252°∠75°，第二组节理（节理 2）150°∠80°。

BW2	位于采坑北部，1#坑塘右侧，土岩组合边坡。坡顶边缘线长 180m，坡脚边缘线长 160m，沿坡向宽约 30~80m。位于拟建拦挡坝右坝肩，属于坝肩边坡。坡顶高程 2052m，坡脚高程 2026m，高度约 26m，坡面倾向 310°~330°，坡角 35°。坡体地层上部为弃土素填土①$_2$层，底部为中风化白云岩④$_2$层，岩层产状 70°∠9°。
BW3	位于采坑中部，2#坑塘左侧，填方边坡。坡顶边缘线长 210m，坡脚边缘线长 250m，沿坡向宽约 30~70m。坡顶高程 2070m，坡脚高程 2030m，高度约 40m，坡面倾向 80°~140°，坡角 30°~40°。坡体地层为含碎石填土①$_1$层。
BW4	位于采坑中部，土岩组合边坡。坡顶边缘线长 330m，坡脚边缘线长 240m，沿坡向宽约 30~70m。坡顶高程 2065m，坡脚高程 2035m，高度约 30m，坡面倾向 250°~300°，坡角 35°~40°。坡体地层上部为含碎石填土①$_1$层，底部为中风化白云岩④$_2$层，岩层产状 70°∠9°。
BW5	位于采坑东侧，为土岩组合边坡。坡顶边缘线长 360m，坡脚边缘线长 250m，沿坡向宽约 60~80m。坡脚高程 2065m，高度约 50m，坡面倾向 300°~310°，坡角 35°。坡体地层上部为含碎石填土①$_1$层，底部为中风化白云岩④$_2$层，岩层产状 70°∠9°。
BW6	位于采坑南侧，填方边坡。坡顶边缘线长 180m，坡脚边缘线长 190m，沿坡向宽约 10~70m。坡顶高程 2113m，坡脚高程 2092m，高度约 21m，坡面倾向约 30°，坡角 35°~40°。坡体地层为弃土素填土①$_2$层。
BW7	位于采坑西南侧，填方边坡。坡顶边缘线长 300m，坡脚边缘线长 230m，沿坡向宽约 10~50m。坡顶高程 2110.5m，坡脚高程 2094.5m，高度约 16m，坡面倾向约 360°，坡角 30°~35°。坡体地层上部为弃土素填土①$_2$层。
BW8	位于采坑西侧，岩质边坡。坡顶边缘线长 330m，坡脚边缘线长 340m，沿坡向宽约 10~70m。坡顶高程 2133m，坡脚高程 2050m，高度约 83m，坡面倾向约 90°，边坡近直立，坡角约 90°。坡体地层主要为中风化泥岩③$_2$层，为岩质边坡。岩层产状 58°∠8°，发育三组近垂直节理，第一组节理（节理 1）150°∠80°，第二组节理（节理 2）230°∠78°，第三组节理（节理 3）300°∠85°。
BW9	位于采坑西北侧，土岩组合边坡。坡顶边缘线长 160m，坡脚边缘线长 130m，沿坡向宽约 10~60m。坡顶高程 2125m，坡脚高程 2078m，高度约 47m，坡面倾向约 150°，坡角约 40°。坡体地层上部为含碎石填土①$_1$层，底部为中风化泥岩③$_2$层，为土岩组合边坡。岩层产状 70°∠9°。

（3）不稳定边坡治理

根据《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目地质灾害危险性评估报告》，现场有 BW1~BW9 共计 9 个不稳定斜坡，其中 BW3、BW4、BW5、BW9 共 4 个不稳定斜坡处于欠稳定，施工前先对此 4 处不稳定斜坡进行治理。

本次生态修复回填磷石膏基新型生态修复材料最大堆存标高 2110m，修复材料的回填后，各不稳定边坡体被反压，安全隐患消除，因此不稳定边坡治理主要满足矿坑实施生态修复期间（即施工期）的安全稳定。

根据矿坑底部回填设计，场区堆填区回填至 2110m 标高，回填前首先对各不稳定边坡进行治理，考虑边坡稳定及防渗铺设施工要求，不稳定边坡治理采

用清表及削坡整理方式，采用自上而下分台清理，开挖平台兼做锚固沟使用，场地岩质边坡按 1:0.75 的外坡，每下降 10m 留一宽 3m 的平台，土质边坡按 1:1.5 的外坡，每下降 10m 留一宽 3m 的平台，保证边坡施工期临时稳定。开挖削坡土石方用于坑底回填。

2.2.5.2 回填修复及地形重塑

2.2.5.2.1 基础处理

根据水文地质勘查报告，回填区稳定水位 5-50m，上游地下水埋深较深，下游地下水埋深略浅，坑底为硅质白云岩，透水性中等，考虑到回填安全性，基础处理采用筛选后剥离土进行回填压实，提高地下水埋深及包气带防污性能，回填厚度 5m，处理后包气带防污性能中等，回填量 46.8 万 m^3。筛选后剥离土回填压实，回填厚度 5m，压实后人工回填层渗透系数≤1.0×10^{-5}cm/s。

2.2.5.2.2 回填修复及地形重塑

（1）回填及地形重塑材料

设计采用粘土、弃土石方、筛选后剥离土、基质土及生态修复材料回填进行地在治理及地形重塑，磷石膏基生态修复材料来源于云龙生态修复项目，生态修复材料符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间。粘土、弃土石方、筛选后剥离土满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值的要求，基质土满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）要求。

（2）回填工艺

项目原始地形高度为 2172m，本次回填地形重塑工程实施至 2110m 标高。

首先堆平至拦挡设施顶部 2040m 标高，然后从 2040m 标高开始放坡堆存，控制总坡比 1:4.0，堆填至 2110m 标高，堆积边坡高度 70m。

堆填区磷石膏基生态修复材料堆填方式为干堆，从场地尾部至拦挡设施前分层碾压堆填，磷石膏基新型材料由汽车运输至堆填区内，通过配套推土机、压路机、挖掘机等机械设备予以分区、分层碾压堆存，分层厚度≤1.0m，达到影响稳定区域压实度 0.92，其余区域压实度 0.85。外坡每 5m 高差分一层，修整外坡坡比 1:3.0，再留置层间平台，宽度 5m，总坡比控制 1:4，场内滩面平整坡度按 1-2%控制，尾部高拦挡设施前低。

2.2.5.2.3 拦挡设施

为确保重塑地形稳定，修复区下游建设 1 座拦挡设施，位于东北面沟谷最低处，拦挡设施为碾压式土石坝，拦挡设施底标高 2020m，顶标高 2040m，顶宽 4m，顶长 151.57m。拦挡设施高 20.0m（未含清基部分），拦挡设施上下游坝坡坡比均为 1:2.0。

基础处理：拟建拦挡设施位置位于矿坑底部出口，地形较为平缓，现状有 2 个坑塘。根据工勘查明拦挡坝位置坑塘深度 3-20m，下部为风化白云岩，层位稳定，力学强度较高。设计采用场区土石回填坑塘，回填过程中分层碾压压实，控制回填压实度≥0.93，干密度≥1.8t/m^3。

拦挡设施排水：由于拦挡设施内边坡进行了防渗处理，坝体产生的雨季渗水不受回填体影响，经底部安装排渗管后排入下游，排入附近地表水环境。

2.2.5.2.4 防渗工程

项目参考《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）II 类场要求采用单人工复合衬层作为防渗衬层，采用基础处理+底部防渗+内边坡防渗+顶部防渗方式对回填体进行防渗处理。

（1）基础处理：基础处理采用筛选后剥离土进行回填压实，提高地下水埋深及包气带防污性能，回填厚度 5m。

（2）底部防渗：场区场地平整、基础处理后依次铺设 0.75m 粘土+两布一膜防渗层。

（3）内边坡防渗

①边坡坡度较缓：按土质边坡 1:1.5，岩质边坡 1:0.75 进行削坡整平，每 10m 高差设置锚固平台的边坡，其防渗结构为先在整平的边坡上铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅后再铺设两布一膜防渗层。

②较陡的岩质边坡：先对岩质高陡边坡进行挂网喷护，每 10m 高差埋设防渗锚固预埋件，然后铺设两布一膜防渗层。

（4）拦挡设施内坡防渗结构：拦挡设施设计为碾压土石坝，内外坡比均为 1:2.0，为有效保护防渗层的安全，拦挡坝内坡面碾压平整压实好后铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅，再铺设两布一膜防渗层，并与场底防渗膜相连。

（5）顶部防渗：顶部及坡面先后铺设 HDPE 防渗土工膜+土工布联合防渗层，并与周防渗膜相连。

（6）防渗漏监控：设置防渗漏监控系统，监控防渗衬层的完整性。

（7）施工质量管理

施工方案包括施工质量保证和施工质量控制内容，明确环保条款和责任，施工完毕后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告，提供人工防渗衬层完整性检测报告。

表 2.2-4　防渗工程量

序号	项目		工程量	单位
1	基础处理	筛选后剥离土	468000	m^3
1	底部防渗	压实粘土	203972	m^3
2		土工布	543925.38	m^2
3		1.5mmHDPE 防渗膜	271962.69	m^2
5	边坡防渗	边坡挂网喷护	22663.56	m^2
6		TGSG30-30 双向土工格栅	67990.67	m^2
7		1.5mmHDPE 防渗膜	67990.67	m^2
8		土工布	135981.34	m^2
10	顶部防渗	1.5mmHDPE 防渗膜	354118.08	m^2
11		土工布	354118.08	m^2

2.2.5.3 生态重建工程

2.2.5.3.1 土壤重构

回填修复区 2110m 平台表面覆基质土 100cm，其余平台及边坡覆基质土

100cm，其他修复区恢复为旱地、灌木林地及草地的区域，覆基质土 100cm，项目覆土厚度满足耕作要求（耕作深度一般为 30cm），满足《土地复垦质量控制标准》（TD/T1036-2013）要求，基质土满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018），基质土来源于云天化集团。

2.2.5.3.2 植被重建

（1）植被重建原则

①最大生物多样性原则

在建立矿山恢复植被时，充分考虑恢复植被建立后对后继生物多样性的影响，如开花植物对昆虫的影响，果实对鸟类的吸引等，因此，矿山恢复植被首先应选取适当的植物种类，仿照当地的天然植被，建立仿天然人工植被；在群落中，还应尽量选取蜜源植物和果实可食用植物，以增加昆虫和鸟类的多样性。

②最大生态功能原则

生物群落的生态功能包括生态系统生产力、水土保持功能、气候调节、废物处理和种间关系，矿山恢复植被应充分考虑其生态功能。目前的矿山植被恢复，人们主要考虑的水土保持功能，而对其他功能没有重视。

③本土化原则

为了减少外来物种入侵、增加种植植物的成活率和减小投资，在建立矿山恢复植被时应充分利用当地的土著植物。当地的土著植物区系是自然界长期进化和自然选择的结果，对当地的气候和土壤具有良好的适应性，亦不会造成外来物种入侵的风险。

④最小经济代价原则

矿山恢复因面积较大，需要较大的投资，因此，在建立矿山恢复植被时，应考虑所用植物种类的成本。应尽量选取种子量大，种子容易获取、育苗技术难度低，后继管理成本低的种类，如旱冬瓜、火棘、地石榴、戟叶酸膜等。

⑤生态效益与社会效益综合考虑原则

由于项目区比邻村寨且离昆明较近，因此，在进行植被恢复时，应充分考虑当地村民的利益和景观效益。如在土层较深的区域，可虑种植经济林木或果树，在面山上种植具有美化景观的树种，如黑荆。

⑥因地制宜原则

在矿区内，不同地段的土壤条件、地形条件差异很大，因此在不同地段因根据具体的地形和土壤条件配置植物。如在陡坡及土层瘠薄的区域应种植耐旱和耐贫瘠的种类，如爬山虎。

（2）植被选择

本次植被重建选择生长迅速、适应性强、耐干旱、耐贫瘠的植物，乔木：旱冬瓜、黑荆、冬樱花；灌木：火棘、球花石楠；草本：狗牙根、黑麦草、格桑花；藤本：爬山虎、常春藤。

①回填修复区

回填修复区表面覆基质土（耕植土）不小于 100cm 后：

恢复为旱地区域播撒草籽；

恢复为灌木林地区域种植灌木（火棘、球花石楠），灌木间隙播撒草籽（狗牙根、黑麦草、格桑花）；

恢复为乔木林地区域种植乔木（旱冬瓜、黑荆、冬樱花），乔木间穿插种植灌木（火棘、球花石楠），隙播撒草籽（狗牙根、黑麦草、格桑花）；

高陡边坡播种植藤植被（爬山虎、常春藤）。

②其他修复区

其他生态修复区域表面覆基质土（耕植土）不小于 100cm 后：

恢复为旱地、其他草地区域播撒草籽；

恢复为灌木林地区域种植灌木（火棘、球花石楠），灌木间隙播撒草籽（狗牙根、黑麦草、格桑花）；

边坡区域种植藤植被（爬山虎、常春藤）。

项目修复面积为 480503m^2，项目实施后可恢复乔木林地 71848m^2，灌木林地 258496m^2，其他草地 30262m^2，旱地 113521m^2。

表 2.2-6　修复区造林模型

造林位置		修复区		
		恢复为乔木林地的区域	恢复为灌木林地的区域	恢复为旱地草地的区域
立地条件特征		种植海拔 2000m~2200m，土壤类型为黏土		
造林	混交植物	乔木：旱冬瓜、黑荆、冬樱花 灌木：火棘、球花石楠	灌木：火棘、球花石楠 草本：狗牙根、黑麦草、	草本：狗牙根、黑麦草、

技术		草本：狗牙根、黑麦草、格桑花 藤本：爬山虎、常春藤	格桑花 藤本：爬山虎、常春藤	格桑花
	混交方式	树种：块状混交 草籽：林下撒播	树种：块状混交 草籽：林下播撒	块状播撒
	造林密度	乔木种植间距 3m×3m 灌木种植间距 1.5×1.5m 草籽：65kg/hm^2	灌木种植间距 1.5m×1.5m 草籽：65kg/hm^2	65kg/hm^2
	配置方式	树种：“口字型”配置；草籽：全面播撒		
	造林方式	树种：容器苗种植；草籽：林下播撒		
	场地清理	覆土、清除地表大石块和其它杂物		
	整地规格	乔木穴状整地：40cm×40cm×30cm；灌木穴状整地：30cm×30cm×30cm；草籽直接播撒		
	苗木质量和规格	乔木、灌木苗高不低于 0.5m，地径不低于 0.5cm，草籽：发芽率 85%，净度 95%。		
	种植时间	雨季		
	抚育管理	造林后适时进行幼林抚育，包括正苗、补苗、中耕、除草、浇水等主要内容。以全面抚育为主，深翻 5~10cm，做到里浅外深，不可伤及幼苗根系。抚育次数造林后半年一次，共 3 年。抚育时间：5~6 月雨季来临前。造林后即开始防火、防盗、防治病害及禁止林内放牧，樵采等常规管护。		

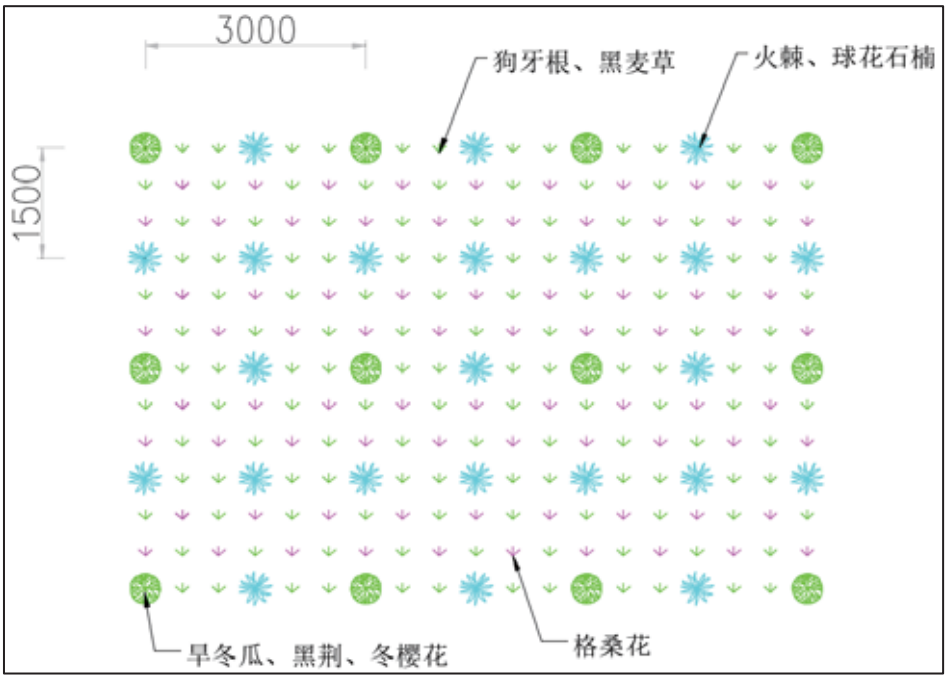


图 2.2-5　乔+灌+草种植示意图

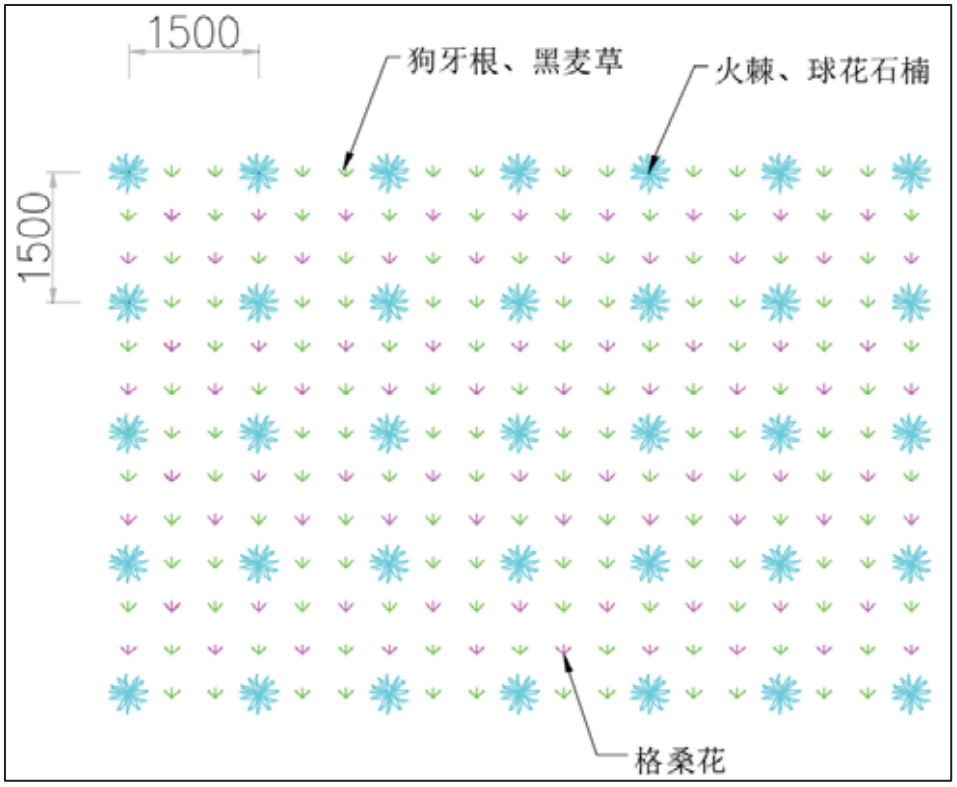


图 2.2-6　灌+草种植示意图

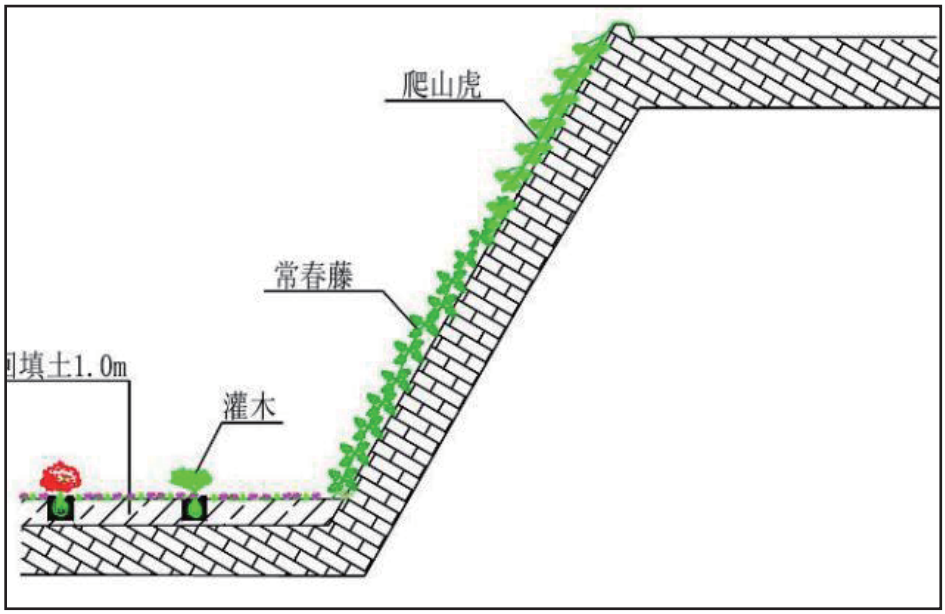


图 2.2-7　高陡边坡植被种植模式

（3）整地措施

①林地清理：项目造林地块地类为宜林荒地，注意保留山脊、山坡中部原生植被及草本植物，增强水土保持作用。

②种植点采用穴状整地，覆土用人工整平、压实。人工造林乔木（旱冬瓜、黑荆、冬樱花）种植坑穴为 40cm×40cm×30cm，火棘、球花石楠种植坑穴为

30cm×30cm×30cm，正方形配置，草籽为直接抛洒，不设置种植坑穴，整地时间一般应在造林前一个月。

③栽植时间：在各区土方工程完成后进行。

④造林密度：

乔木：16 株/100m^2，株间距 3.0m×3.0m。

灌木：45 株/100m^2，株间距 1.5m×1.5m。

草种：65kg/hm^2。

（4）苗木选择

①苗木类型

良种壮苗是林木速生、优质、丰产的重要条件，使用壮苗造林，能提高造林成活率，促进苗木快速生长，增强对不良环境的抵抗能力。

按照监理工程师的要求选用苗木，保证苗木分支点整齐、树冠圆满，整齐一致。选择发育正常，苗干粗而直，组织充实，有较多的须根、根幅大、主根短而直，没有病虫害的优良苗木。

②苗木运输

坚持随挖、随运、随栽原则。在装车前剪除枯黄枝叶，根据土球完好程度适当剪除部分茎干，甚可截干，再结合截枝整形等方法，最大程度保其成活。苗木装卸轻拿轻放，按顺序搬移，不得随意抽拽。与运输工具、绑缚物相接触的部位用草衬垫，以免擦伤苗木。装卸、托运重保护苗根。造林工作中，为防止苗木栽植前在运输过程中根系失水，可采用保水剂蘸根的方法保持苗木根系水分。具体方法是：将粉粒状保水剂产品，按 0.1%浓度加入浸根用容器中，充分搅拌均匀，保水剂充分吸水后使用，裸根苗在保水剂浸液中浸泡半分钟，最好再用塑料薄膜或草袋包扎。这样可以保证苗木根系在 10 小时内不失水，可相应提高造林成活率。

③苗木栽植方法

造林时要求大穴栽植，一穴一株，扶正，苗直。实行种植土栽植，分层填土，分层压实。种植时，取出苗木放置于种植穴中边回填土边踏实，选择苗木要大小粗度相近，高度一致。栽植时树干或树冠中心保持在直线和曲线上，灌木要比原地面高 15cm，灌木高 10cm，踏实时不要将土球捣烂。栽后在树穴边

做环状围堰，堰埂高 10cm~20cm，条件允许可覆盖薄膜用以保水。

生态复绿工程栽植均遵照《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）及《园林绿化工程施工及验收规范》（CJJ/82-2012）等规范。

（5）施底肥及保水剂

①施肥

根据乔灌木的年龄、品种、生育期及草地的生长状况进行施肥。枝叶生长期以氮为主，磷钾肥为辅，开花结果期以磷钾肥为主，氮肥为辅。肥料切忌肥料裸露。施肥量为乔木 100g/株，保水剂 10g/株。草籽为直接抛洒，不进行施肥和使用保水剂。

②施保水剂

a.施在根部，施在种植坑穴中根系分布的土壤层中，任何植物都必须让部分根系接触到保水剂。

b.用“湿施法”或“干施法”。其中湿施法：将保水剂吸水成凝胶后施入（雨水少的季节用）。干施法：将保水剂直接施入（雨水多的季节用）。

保水剂需撒施在种植坑穴后与根土拌匀、或按 1:4 混土后施入。

（6）后期管理、抚育标准

①乔木花草保养保护期，自全部种植工程完工检验合格起算 12 个月。而补植部分自复检合格日起算 6 个月。

②管理：乙方应负责保护保养管理一切工作。包括平时浇水，排水、预防人畜危害、风害、病虫害防治、修剪中耕除草等，浇水之次数视树种及天气而定。

③定期查验：树木每月、灌木每旬查验一次，并应作查验记录。

④完工检验时发现不符规定者，应立即换植。查验时发现稍端枯萎，有严重病虫害、折害等应立即换掉，发现枯死应换植。

（7）养护灌溉

根据一年植物生长规律及气候特点制定绿化管养全年养护计划。气候大致可以划分为四个阶段：即：春旱季；湿雨季；秋干季；霜冻季。

①春旱季：（2 月-5 月）

气候特点：气温逐日上升，天气干旱、风大少雨；白天气温较高；夜间气

温较低，时有薄霜；表现为昼夜间温差较大。植被开始恢复生长，主要表现对水的需求量逐渐增大。养护的重点是保证成活和早日复绿。

具体管理措施：根据项目立地环境情况确定，在气温上升时进行给水。

②湿雨季：（5 月-9 月）

气候特点：降雨季节已开始，随着雨水增加，环境湿度升高，草生长速度加快，养护的重点是剪草和病虫害的预防控治。

管理措施：视天气情况，若几天不下雨，要进行适浇灌以给草坪及时补充水分；

③秋干季：（9 月-10 月）

气候特点：气温逐渐下降，降雨减少，晴朗天气居多；草坪生长速度渐渐减慢；管护的重点是病虫源的清除和控制；及时补充养分，调节草坪生长速度，增强草坪抗性。

管理措施：保持草坪表层土壤 1-3 分公范围内不出现干水现象，3-5 天进行一次透灌溉（以节约用水为指导原则）。

④霜冻季（10 月-第二年 2 月）

气候特点：气温低，少雨；气候干冷，风大；除有霜外，可能有降雪天气，草坪几乎停止生长，保持不缺水即可。

管理措施：浇水次数减少，以草坪不出现萎焉为准；浇水宜在上午 10 点后及下午 5 点前进行。

病虫害防治：以清除过冬害虫和杂草为主，减少第二年的病虫源和危害。

（8）苗木养护

为方便灌木的养护，将按昆明的气候特点，把一年划分为旱季、雨季、秋冬季等三个季节；在不同季节对不同植物采取不同的管护措施。

①旱季养护

工作重点是掌握水分的供给，保证乔灌木的正常水分要求，注意病虫害的防治。

②雨季养护

雨季的气候特点是雨热同季，植物生长茂盛、快速；但病虫害的生长也非常快；要及时修剪萌枝、徒长枝，在保证乔灌木正常生长的同时；加强病虫害

的防治；局部地方要注意植物不要根部积水，发生死亡。

③秋冬季

加强栽培管理，增植树木抗寒能力。在生长期适量施肥、灌水，促进树木健壮生长，使树木内积累较多的营养物质与糖分，可以增强树木的抗寒能力。但秋季须尽早停止施肥，以免徒长，枝梢来不及木质化，反受冻害。

包裹：入冬前用稻草或草绳将不耐寒树木的主干包起来。

涂白：用石灰水加盐或石硫合剂对主干涂白，可反射阳光，减少树干对太阳辐射的吸收，降低树体昼夜温差，避免树干冻裂。还可以杀死树皮内过冬的害虫。涂白要均匀，不可漏。

（9）病虫害防治

①以预防为主，将根据不同病虫害的发生周期性，对植物进行预防性药物喷洒；

②在病虫多发季节，将根据病情及害虫类别，使用人工、机械、生物等方法配合化学防治，以保护生态环境。

③科学合理使用农药，禁止使用国家明令禁止的剧毒农药，使用高效、低毒、低残留农药。在防治上要有科学的针对性，注意用时间和方法，抓住关键时间，对症下药。另外要给植物充分的时间吸收、分解农药，减少残留。防治同一种病虫害的多种类型农药要交替轮换使用，以减少病虫害的抗药性和耐药性。

（10）抚育管护

造林后适时进行幼林抚育，包括正苗、补苗、中耕、除草、浇水等主要内容。以全面抚育为主，深翻 5cm~10cm，做到里浅外深，不可伤及幼苗根系。抚育次数造林后半年一次，共 1 年。抚育时间：5~6 月雨季来临前。造林后即开始防火、防盗、防治病害及禁止林内放牧，樵采等常规管护。

加大对当地群众的广泛宣传力度，提高群众的生态保护观念，实行管护岗位责任制，定人定岗，把造林地块的管护责任真正落实到人。内容包括加强巡护，防止人、畜对幼树的毁坏，并及时进行病虫害防治。

（11）绿化工程竣工验收标准

①种植材料、种植土应在种植前由甲方工作人员按其规格、质量、分批进

行验收。

②绿化实体交付的质量验收标准：

a.当年灌木的成活率达到 95%以上，次年成活率 93%以上。

b.地表植物覆盖土壤度应达到 85%以上，且疏密相当，层次变化分明。

c.撒草籽成活率达到 98%以上。

2.2.6 辅助工程

2.2.6.1 运输

（1）运输方式

①磷石膏基生态修复材料通过汽车运输至修复区。

②粘土层、砂石料、混凝土、基质土等采用汽车运输至修复区后直接使用，不在修复区暂存。

（2）运输路线

项目不新建运输路线，依托现有矿区路线及乡村道路进行运输。生态修复材料、筛选后剥离土运输路线由云龙修复区通过云磷集团海口磷业四采区运输至项目区。基质土、粘土等由周边乡村道路、矿区道路运至修复区。



图 2.2-8　生态修复材料、筛选后剥离土运输路线

（3）中转场

项目在修复区南部设置露天中转场，用于回填料中转，面积 15000m^2，参考 II 类场要求采用单人工复合衬层作为防渗衬层，四周设置淋滤水收集沟，收集沟与回填修复区边坡排水沟相连，淋滤水最终排入淋滤水收集池。

2.2.6.2 办公生活区

施工人员租用附近村庄设施，项目不设置施工营地，施工人员不在现场食宿，现场仅设置一个活动板房，作为临时管理用房，位于回填修复区下游。

2.2.7 公用工程

（1）给水

项目施工期用水主要为洒水降尘用水，由洒水罐车或简易泵站从下游淋滤水收集池取水，不足部分从下游水井取水。

（2）供电

项目用电为临时用电，由附近市政供电系统临时接入。

（3）排水

施工期修复区外部雨水通过外部截排水沟收集后排至项目区下游，修复区内施工废水经收集沉淀后回用于项目区洒水降尘，回填区、中转场淋滤水经收集池收集后由简易泵站扬送至回填区洒水抑尘，不外排。膜下地下水导排至地下水收集池，回用于植被养护，余量外排。

（4）高位水池

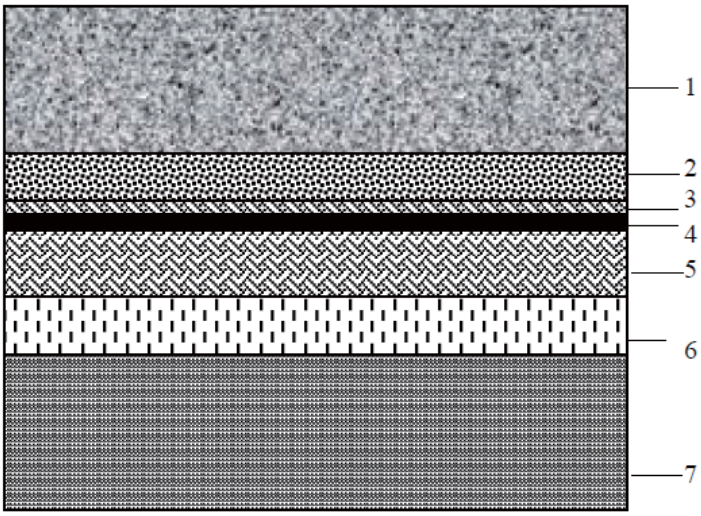
为方便运营期植被养护，在修复区西侧、东侧各设置 1 个高位水池，容积均为 1000m^3，高位水池作为蓄水池收集周边雨水用于植被养护，后续可作为农灌蓄水池。

2.2.8 环保工程

（1）废气（扬尘）治理

①项目拟设洒水车 3 辆，雾炮 6 台（射程 50m-80m），软管若干，对修复区施工面及中转场进行洒水（喷雾）降尘，在大风天、干燥天气，适当增加洒水

	频次； ②运输车辆须以篷布遮盖，密闭运输，并注意控制车速，严禁超载，对项目区外的土路面进行维护，运输道路洒水降尘。 ③对未覆膜边坡、材料堆存区采用防尘网覆盖。 （2）废水处理设施 ①拟建车辆冲洗废水沉淀池 1 座，并配套车辆高压冲洗装置，位于项目区进出口，容积 2m^3/座，对运输的车辆进行冲洗，冲洗废水经沉淀池沉淀后回用； ②施工期回填修复区、中转场降雨形成的淋滤水收集至下游淋滤水收集池，最终回用于回填区洒水降尘； ③施工人员不在项目区内食宿，产生的生活污水主要为洗手废水，收集于项目区内沉淀池，用于洒水降尘。 ④修复区下游设置地下水收集池 1 个，尺寸 2m×2m×4m，地下水收集后回用于项目区洒水降尘，余量外排。 （3）噪声治理设施 选用低噪设备、合理布局、合理施工、加强设备维护，车辆经过村庄时限速、禁止鸣笛，定期对项目区外的土路面进行修缮维护等。 （4）固废处理设施 ①施工期场地清理及地质灾害治理产生的土石方用于场地平整回填； ②施工期施工人员生活垃圾经集中收集后清运至附近村庄生活垃圾收集点堆存，定期清运处置； ③施工期旱厕粪便定期清掏，待施工结束后拆除旱厕，撒石灰进行消毒处理； ④沉淀池及淋滤水收集池沉渣装袋沥水晾干后用于回填修复区回填。 （5）地下水污染防治措施 项目参考《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）II 类场要求采用单人工复合衬层作为防渗衬层，防渗系统见下图：



1—一般工业固体废物； 2—渗滤液导排层；3—保护层； 4—人工防渗衬层（高密度聚乙烯膜）；5—粘土衬层；6—地下水导排层（可选）；7—基础层

图 2.2-9 单人工复合衬层系统示意图

基础处理：根据水文地质勘查报告，回填区稳定水位 5-50m，上游地下水埋深较深，下游地下水埋深较浅，坑底为硅质白云岩，透水性中等，考虑到回填安全性，基础处理采用筛选后剥离土进行回填压实构成人工回填层，提高地下水埋深及包气带防污性能，基础处理后包气带防污性能中等，回填厚度 5m。

回填修复区底部防渗：回填修复区底部场地平整、基础处理及边坡治理后，依次铺设 0.75m 粘土+两布一膜防渗层。

回填修复区边坡防渗：①边坡坡度较缓：按土质边坡 1:1.5，岩质边坡 1:0.75 进行削坡整平，每 10m 高差设置锚固平台的边坡，其防渗结构为先在整平的边坡上铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅后再铺设两布一膜防渗层。②较陡的岩质边坡：无法进行放坡平整，无法修建锚固沟，其防渗结构为先对岩质高陡边坡进行挂网喷护，每 10m 高差埋设防渗锚固预埋件，然后铺设两布一膜防渗层。

回填修复区顶部防渗：顶部及坡面先后铺设 1.5mm 的 HDPE 防渗土工膜+土工布联合防渗层，并与周防渗膜相连。

拦挡设施内坡防渗：拦挡设施设计为碾压土石坝，内外坡比均为 1:2.0，为有效保护防渗层的安全，拦挡坝内坡面碾压平整压实好后铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅，再铺设两布一膜防渗层，并与场底防渗膜相连。

防渗漏监控：设置防渗漏监控系统，监控防渗衬层的完整性。

淋滤水收集池防渗：淋滤水收集池采用 C30 混凝土建设。

监控井：设置 5 座地下水污染监控井，其中上游 1 座，下游 2 座，西侧 1 座，东侧 1 座。

施工质量管理：施工方案包括施工质量保证和施工质量控制内容，明确环保条款和责任，施工完毕后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告，提供人工防渗衬层完整性检测报告。

2.2.9 依托工程概况

项目生态修复材料来源于《海口工业园区（街道）云龙磷矿矿区修复治理项目》（以下简称“云龙项目”）磷石膏基生态修复材料生产线生产的合格材料，磷石膏基生态修复材料生产能力 5 万吨天。

云龙项目磷石膏基生态修复材料生产能力 5 万吨/天，目前仅服务于云龙项目，云龙项目于 2023 年 10 月完成修复，后续将服务于桃树、双哨修复项目，桃树修复项目最大需求量 2.0 万吨/天，双哨修复项目最大需求量 1.5 万吨/天，能够满足项目需求。

2.2.10 施工期原辅料

（1）原辅料用量

表 2.2-13　项目主要原辅料用量表

序号	项目		总耗量	来源
1	回填修复及地形重塑	磷石膏基生态修复材料	825.6 万 m^3	云龙项目
		压实粘土	20.3972 万 m^3	外购
		筛选后剥离土（基础处理）	46.8 万 m^3	云磷集团海口磷业
		土石方	21.6578 万 m^3	边坡治理及场地平整
		基质土	35.4118 万 m^3	云南磷化集团
2	其他修复区	基质土	17.8471 万 m^3	云南磷化集团
3	TGSG30-30 双向土工格栅		67990.67m^2	外购
4	1.5mmHDPE 防渗膜		694071.44m^2	外购
5	土工布		1034024.8m^2	外购
6	C20 商品混凝土		1000m^3	外购
7	水泥砂浆		2000m^3	外购
8	碎石		9722.88m^3	外购
9	淋滤水导排管		2431m	外购

10	地下水导排管	1605m	外购

（2）种苗用量

表 2.2-14　施工期种苗用量

序号	名称	数量	来源
1	旱冬瓜	4181 株	外购
2	黑荆	4181 株	外购
3	冬樱花	4181 株	外购
3	火棘	40033 株	外购
4	球花石楠	40033 株	外购
5	草籽	2985kg	外购
6	爬山虎	5000 株	外购
7	常春藤	5000 株	外购

2.2.11 主要设备

项目所用的施工设备见下表。

表 2.2-15　主要施工设备一览表

序号	设备名称	规格	数量	单位	备注
1	挖掘机	1m^3	3	台	回填修复区回填、碾压
2	推土机	履带式	3	台	
3	重型运输车	30t	50	台	基质土、修复材料、粘土材料
4	洒水车	20m^3	3	台	修复区洒水降尘
5	雾炮	射程 50m-80m	6	台	
6	水泵	100m^3/h	1	台	回填修复区淋滤水回用

2.2.12 劳动定员

本项目平均施工人员 30 人，负责修复区回填及植被种植。每天 3 班，每班 8 小时。

总平面及现场布置

2.3 总平面布置

项目修复区以回填料回填后进行生态修复。场地平整及边坡治理产生的土石方用于场地平整。项目淋滤水收集池布置于拦挡设施下游，1 套“三池一设备”布置于进出口，中转场布置于项目区南侧，生活污水收集池布置于修复区空地。

项目总平面布置图详见附图 9。

施工方案

2.4 施工方案

2.4.1 施工工艺

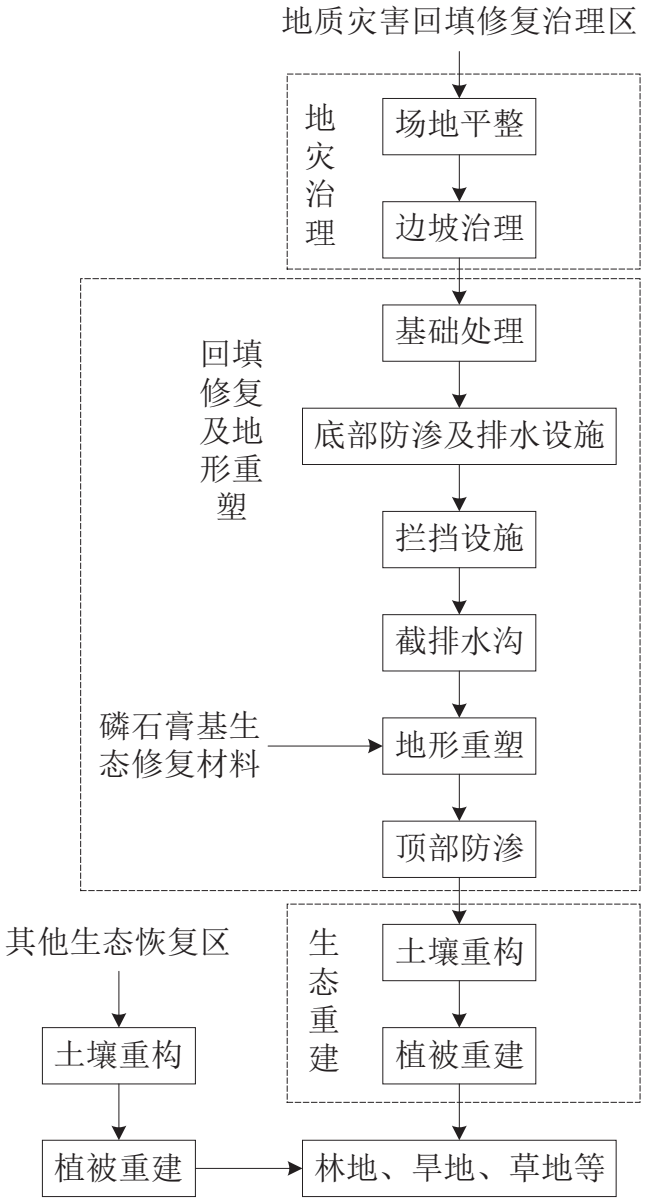


图 2.4-1　施工方案流程图

项目施工期大致分为两个阶段，第一阶段为前期基础土建施工，包括场地平整及边坡修整等；第二阶段为生态修复材料回填及地形重塑；第三阶段为生态重建。

施工期第一阶段：施工前准备—临时设施—边坡整治—场地平整—截排水沟修建—施工放线—复核施工图纸。

施工期第二阶段：回填修复区基础处理—地下水导排沟—修建底部防渗—淋滤水导排沟修建—回填修复及地形重塑—顶部防渗。

施工期第三阶段：土壤重构：清理拆除临时设施，基质土覆土 100cm；植被重建：土壤重构后进行植被种植及养护。

根据项目总体布局，项目回填修复区施工工序为：截排水沟施工→坑底整平→基础处理→地下水排水沟→铺设粘土层→防渗层铺设→淋滤水导排→拦挡设施→生态修复材料回填及地形重塑→顶部防渗层→覆基质土→植被恢复。

2.4.2 施工组织设计

2.4.2.1 施工交通运输

项目周边有矿区道路，矿区道路与乡村公路连通，交通便利，施工材料可方便地运抵施工现场。

2.4.2.2 施工用水、用电

①施工用水

项目用水主要为洒水降尘用水，洒水降尘用水由洒水罐车及简易泵站从下游淋滤水收集池取水。

②施工供电

项目用电为临时用电，由附近电网临时接入，供电能力满足项目需要。

2.4.2.3 三场设置

项目设置中转场，施工场地在项目修复面积内设置，不新增占地，不涉及临时占地。不设取土场，不设弃土场，不设施工营地。

①施工营地：施工人员均为附近村民，不设施工营地，施工人员 30 人。

②施工场地：项目生态修复材料为检验合格后运至现场，现场设置中转场。项目施工过程中，回填修复区清理、截排水沟开挖过程中产生部分土石方用于场地平整回填；植被恢复用土采用外购基质土。

③项目外购商品混凝土，现场不设混凝土拌合站。

④项目砂石料外购，现场不设置砂石料场。

	2.4.3 施工时限 项目实施时限为 5.5 年，2023 年 7 月开始至 2029 年 2 月。施工期 2.5 年，养护期 3 年。方案将分 3 阶段实施： 第一阶段：2023 年 7 月～2023 年 10 月，对较陡边坡进行削坡、整平，截排水沟、拦挡设施修建，防渗层铺设，淋滤水收集池修建； 第二阶段：2023 年 7 月～2025 年 12 月，分台阶回填、压实作业，对回填作业完毕的台阶进行顶部防渗层铺设，基质土覆土，植被种植，回填时间 2.5 年； 第三阶段：2026 年 1 月～2029 年 2 月，定期对已恢复植被进行监护和补种树草，成活率达到 93%，植被覆盖度达到 85%。
其他	无。

生态环境现状

3.1.1 云南省主体功能区规划

根据《云南省主体功能区规划》（2014 年 1 月 6 日），云南省国土空间按照开发方式分为重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域 3 类主体功能区；按开发内容分为城市化地区、农产品生产区和重点生态功能区；按层级分为国家和省级两个层面。

拟建项目所在的西山区位于国家层面重点开发区，国家层面重点开发区域是对全国区域经济协调发展有重大意义的城市化地区，是支撑全国经济增长的重要增长极。该区域的功能定位为：我国面向西南开放重要桥头堡建设的核心区，连接东南亚、南亚国家的陆路交通枢纽，面向东南亚、南亚对外开放的重要门户；全国重要的烟草、旅游、文化、能源和商贸物流基地，以化工、有色冶炼加工、生物为重点的区域性资源深加工基地，承接产业转移基地和外向型特色优势产业基地；我国城市化发展格局中特色鲜明的高原生态宜居城市群；全省跨越发展的引擎，我国西南地区重要的经济增长极。

项目属于生态修复项目，符合主体功能区划，对推动云南省磷化工企业长远发展和新能源战略布局有利。完成生态修复任务的同时提高土地利用率，提高云南省磷石膏综合利用率。项目实施过程有少量废气、废水产生，采取相应措施后，项目环境影响较小，项目完成后，磷石膏综合利用量 825.6 万 m^3，修复有林地面积 330340m^2；草地 30260m^2，旱地 113520m^2、农村道路 6380m^2。项目区生态环境得以恢复，工程建设有利于改善区域的生态环境条件。

因此项目建设与《云南省主体功能区规划》功能定位不冲突。

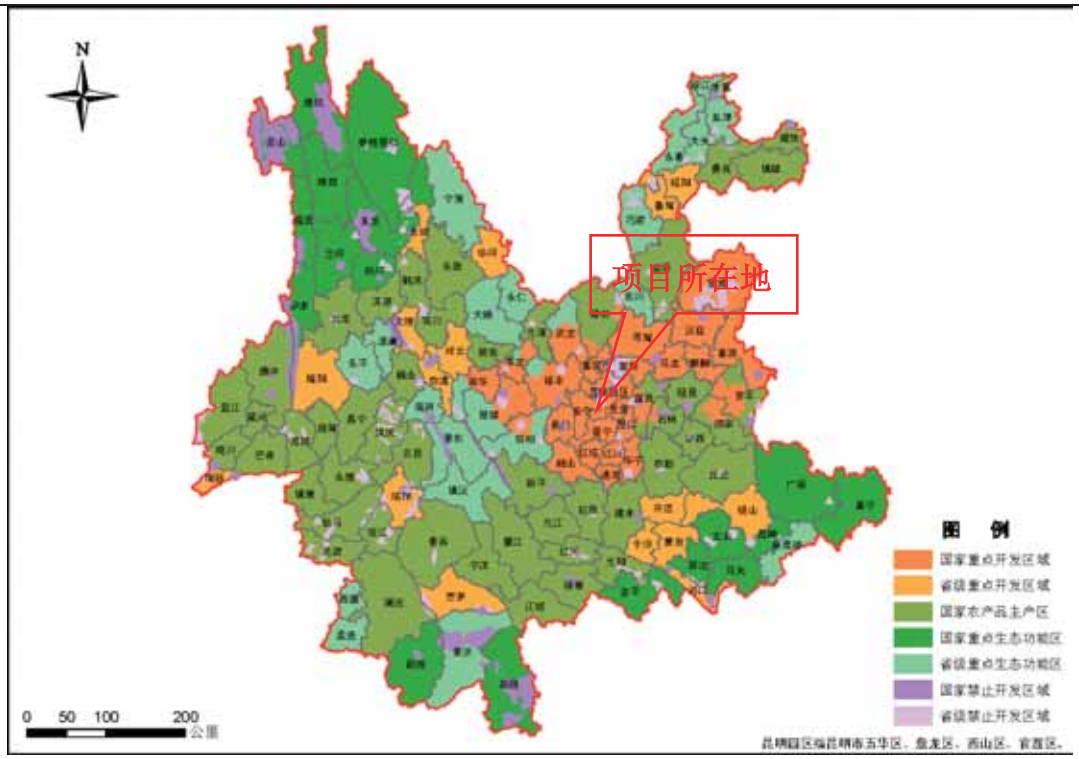


图 3.1-1　项目与云南省主体功能区位置关系

3.1.2 云南省生态功能区划

根据《云南省生态功能区划》，项目位于西山区，属于昆明、玉溪高原湖盆城镇建设生态功能区。所在地生态功能区单元及其生态服务功能、主要生态问题及产业发展方向见下表。

表 3.1-1　云南省生态功能区划简表

生态功能分区单元	生态区	III 高原亚热带北部常绿阔叶林生态区
	生态亚区	III1 滇中高原谷盆半湿润常绿阔叶林、暖性针叶林生态亚区
	生态功能区	III1-6 昆明、玉溪高原湖盆城镇建设生态功能区
所在区域与面积		澄江、通海、红塔区、江川县，昆明市大部分区域，峨山县的部分地区，面积 11532.70km^2
主要生态特征		以湖盆和丘状高原地貌为主。滇池、抚仙湖、星云湖、杞麓湖等高原湖泊都分布在本区内，大部分地区的年降雨量在 900-1000 毫米，现存植被以云南松林为主。土壤以红壤、紫色土和水稻土为主
主要生态环境问题		农业面源污染，环境污染、水资源和土地资源短缺
生态环境敏感性		高原湖盆和城乡交错带的生态脆弱性
主要生态系统服务功能		昆明中心城市建设及维护高原湖泊群及周边地区的生态安全
保护措施与发展方向		调整产业结构，发展循环经济，推行清洁生产，治理高原湖泊水体污染和流域区的面源污染

项目属于生态修复项目，项目实施过程有少量废气、废水产生，采取相应措施后，项目环境影响较小，项目完成后，恢复乔木林地 71848m^2，灌木林地 258496m^2，其他草地 30262m^2，旱地 113521m^2、农村道路 6376m^2。项目生态重建后与现有生态环境相近，项目区生态环境得以恢复，工程建设有利于改善区域的生态环境条件。因此，工程建设基本符合云南省生态功能区划的要求。

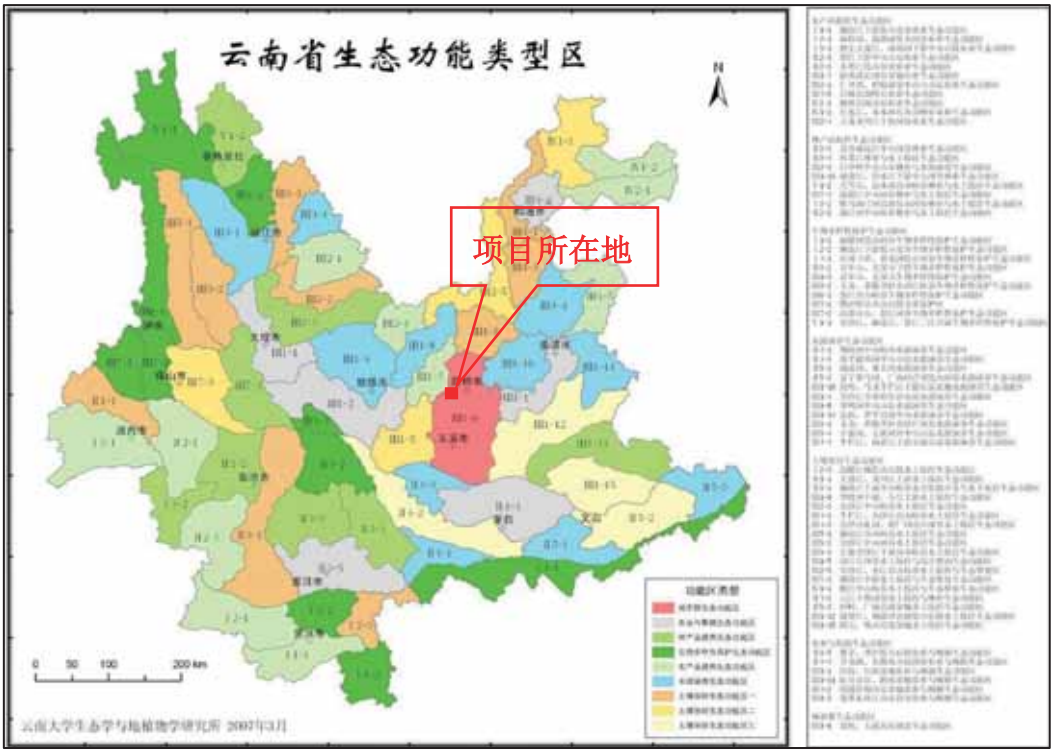


图 3.1-2　项目与云南省生态功能区划位置关系

3.1.3 生态环境现状

3.1.3.1 调查时间、范围及方法

本区域的植物植被调查开展于 2023 年 2 月 20 日、2023 年 3 月 06 日，调查人员由云南大学马绍宾、胡健生老师和云南中环正浩环境科技有限公司相关技术人员构成，调查队共 5 人。

调查范围：本次生态调查范围主要为项目占地区及周边外延 200m 范围。

调查方法：

（1）线路调查

根据室内判读的植被与土地利用类型初图，采用 GPS 在评价区现场核实判读的正误率，并对每个 GPS 取样点作如下记录：

①海拔高度（注意相应植被类型的垂直变化）；

②植被类型（群系、群系组或植被亚型），特别是在植被类型发生明显变化的地方要做准确详细的记录；

③优势植物（5 种左右）和重要物种，如珍稀濒危植物；

④拍摄典型植被的外貌与结构；

⑤在视野广阔清晰之处，拍摄周围植被或景观的照片，并作详细的表述，如上方为旱冬瓜林，西面有耕地，等等。

（2）群落调查

在实地线路踏查的基础上，确定典型的群落地段，采用法瑞学派样地记录法进行群落调查，滇中地区常绿阔叶林群落最小样地面积应为 $20\times20m^2$，但调查中未发现评价区内常绿阔叶林分布，故按 $10\times10m^2$ 样地面积进行调查；针叶林、灌丛样地面积为 $10\times10m^2$，记录样地的所有种类，并按 Braun-Blanquet 多优度—群聚度记分，综合 3 个以上典型样地资料，确定 1 个群落类型，并用 GPS 确定样地位置。

（3）植物种类调查

在调查过程中，确定评价区内的植物种类、经济植物的种类及资源状况、珍稀濒危植物的种类及生存状况等。实地调查过程中，采取路线调查与重点调查相结合的方法，对于天然植被较差的区域采取路线调查，在重点区域以及天然植被状况良好的区域实行重点调查；对资源植物和珍稀濒危植物调查采取野外调查和民间访问、市场调查相结合的方法进行。对有疑问的经济植物和珍稀濒危植物，采集凭证标本和拍摄照片。

（4）动物种类调查

野外调查工作的重点为评价范围内，其次是与评价范围相邻的地区。野外调查中，主要观察记录了陆栖脊椎动物的生境状况；鸟类调查采用双筒望远镜观察记录；重要野生脊椎动物的情况调查采用访问法；同时收集昆明市的相关资料及已发表的相关文献资料。

3.1.3.2 土地利用现状及规划

（1）土地利用现状

根据《西山区土地利用总体规划 2010-2020（年）》，项目区现状用地类型包括采矿用地、灌木林地果园、旱地等。经到西山区自然资源局查询，项目地土地利用现状如下表：

表 3.1-2　项目土地利用现状情况统计

序号	土地利用现状	面积（m^2）
1	采矿用地	320634
2	公路用地	102
3	灌木林地	48323
4	果园	20228
5	旱地	21751
6	坑塘水面	15470
7	农村道路	16021
8	农村宅基地	1818
9	其他草地	22618
10	其他林地	1065
11	乔木林地	8523
12	设施农用地	437
13	水浇地	3515
	总计	480503

（2）土地利用规划

项目修复完成后与西山区自然资源局查询的土地利用规划一致，项目修复完成后恢复乔木林地 71848m^2，灌木林地 258496m^2，其他草地 30262m^2，旱地 113521m^2、农村道路 6376m^2。

3.1.3.3 植被现状调查

根据调查成果，项目区植被情况如下：

（1）植被现状与评价

依据《中国植被》、《云南植被》、《昆明植被》等专著中确定的植被分类依据与原则，该项目区域植被分区为：Ⅱ亚热带常绿阔叶林区域—ⅡA 西部（半湿润）常绿阔叶林亚区域—ⅡAii 高原亚热带北部常绿阔叶林地带—ⅡAii-1 滇中、滇东高原半湿润常绿阔叶林、云南松林区。

该项目的地带性植被为半湿润常绿阔叶林，但评价区比邻城镇，是人类人口密度大，活动历史悠久的区域，天然植被受到了人类活动持续性长期影响。由于当地群众砍伐栎类作薪柴以及放牧活动的影响，原来的常绿阔叶林已基本不存在。在评价区内，整体上以带有次生性质的落叶阔叶林、华山松林、暖温性灌木草丛及人工植被组成。

落叶阔叶林在云南虽然分布广泛，但多为零星小片状，是一种非地带性植被。在评价区，主要是旱冬瓜形成的落叶阔叶林，面积很小。从实地考察看，评价区内的旱冬瓜林是人工营造形成的。

华山松林常与旱冬瓜林、暖温性灌木草丛及人工植被镶嵌分布。项目区及周边的华山松林为人工林。

暖温性灌木草丛主要分布在地形陡峭、干旱的区域，在项目区内及周边较为常见，常与其他植被镶嵌分布。

根据现场调查，项目评价区内及其周边基本为工矿厂区、农田耕地、道路等，受到采场占地及生产、人类活动的影响，评价区内植被面积不大，评价区目前的植被类型已经发生了许多变化。由于农业生产、工业采矿历史悠久，原生植被大量消失或改变，次生植被及人工植被大量增加。在村镇周边分布大量的耕地和经济林等人工植被。项目区主要分布耕地，以农田植被为主，同时混杂分布少量蓝桉林、干香柏林等。

（2）评价区植被分类

目前评价区的自然植被类型包括 3 个植被型、3 个植被亚型、3 个群系。主要自然植被为人工植被、落叶阔叶林、华山松林暖温性灌丛。

表 3.1-3　评价区植被分类系统

A 自然植被
Ⅰ 落叶阔叶林
（Ⅰ）杞木林
一、旱冬瓜林（Form. *Alnus　nepalensis*）
Ⅱ 暖性针叶林
（Ⅱ） 暖温性针叶林
二、华山松林（Form. *Pinus armandii*）
Ⅲ 灌丛
（Ⅲ）暖温性土山灌丛
三、密蒙花-白草灌木草丛（Form. *Buddleia　officinalis*- *Pennisetum　flaccidum*）
B 人工植被

桉树林
黑荆树林
干香柏林
矿山覆土植被
耕地

注：植被型：I、II、III、…植被亚型：（I）、（II）、… 群系：一、二、三、…。

（3）植被类型特点

①旱冬瓜林

旱冬瓜是桦木科的一落叶阔叶乔木树种，在昆明地区山地均有分布，性喜温暖湿润环境，以山谷两侧、低山丘陵、平缓坡和洼地较常见，对土壤要求不严，在山地红壤、黄红壤、棕红壤上都有生长，一般在撩荒地、火烧迹地上土层深厚肥沃湿润，生长尤好。旱冬瓜生长快，适应性强，伐根萌生力强，病虫害少，并具有一定的抗寒能力，木材好，用途广。具根瘤菌、落叶量大等优点，是昆明附近荒山绿化造林、改良土壤的优良树种。

旱冬瓜林属次生性植被类型，人工种植的多为旱冬瓜纯林，天然林多与云南松、华山松、栎类、云南油杉等树种混生成林，呈块带状分布。



图 3.1-3 项目区周边旱冬瓜群落外貌

项目区旱冬瓜林群落结构简单，树冠整齐，树冠椭圆状至伞形，春夏常绿，冬秋叶落，季相十分明显，群落盖度 80%～85%，植物种类约 52 种，乔木层以旱冬瓜为优势，含有分布不均匀的滇石栎 *Lithocarpus dealbatu*、马樱花

Rhododendron delavayi 和槲栎 *Quercus aliena* 乔木层盖度 70%～75%，树高 15 米～25 米，胸径 20 厘米～40 厘米，枝下高 5 米～6 米，树干较通直，基径约 50 厘米左右。灌木层盖度 15%～30%，分布不均匀，在台地、农地土埂附近灌木层特别发达，在低洼湿地草本层特别发达，灌木层高度 2 米～2.5 米，个别马醉木、火把果，密结成丛生状，高达 3 米。常见的灌木种类有南烛 *Lyonia ovalifolia*、火把果 *Pyracantha fortuneana*、薄叶鼠李 *Rhamnus leptophyllus*、棠梨 *Pyrus pashia* 等。其余种类分布很不均匀。草本层盖度 30%～50%左右，高度 70 厘米~150 厘米，分布不均匀，优势种类有毛蕨菜 *Pteridium revolutum*、车前 *Plantago major*、杜牛膝 *Achyranthes aspera*、苦蒿 *Artmisia condoncephala* 等。

项目地东侧，旱冬瓜群落样地样方见下表。

表 3.1-4 旱冬瓜群落样地综合表

样方地点	评价区内	评价区内	评价区内	
记录人	高石红	高石红	高石红	
样方面积 m^2	200	200	200	
点位	102°28′52.930″	102°28′47.292″	102°28′51.541″	
	24°48′5.581″	24°47′56.467″	24°48′4.701″	
海拔	2314	2307	2311	
坡向	NE	NW	S	
坡度	30	20	30	
土壤	红壤	红壤	红壤	存
基岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	在
群落总高度（m）	15	25	25	度
群落总盖度（%）	85	85	80	
乔木层高度（m）	15	25	5	
乔木层盖度（%）	75	70	75	
灌木层高度（m）	2	2.5	2	
灌木层盖度（%）	15	25	30	
草本层高度（m）	1.3	0.7	1.5	
草本层盖度（%）	30	50	50	
乔木层				
旱冬瓜 *Alnus nepalensis*	5.5	5.5	5.5	V
滇石栎 *Lithocarpus dealbatus*	1.1			III
马樱花 *Rhododendron delavayi*	1.1			III
槲栎 *Quercus aliena*		1.1		III
灌木层				
南烛 *Lyonia ovalifolia*	1.1		1.1	IV
光叶高山栎 *Quercus rehderiana*	+			III

毛刺花椒 *Zanthoxylum canthopodium var. villosum*			+	III
粉叶小檗 *Berberis pruinosa*	＋			III
麻叶绣线菊 Spiraea cantoniensis	＋			III
五花悬钩子 *Rubus biflorus*	＋	+		IV
野坝子 *Elshotzia rugolosa*	1.1			III
二列叶金丝桃 *Hypericum eudistichum*	+			III
常绿蔷薇 *Rosa longicuspis*			+	III
火把果 *Pyracantha fortuneana*		+	2.2	IV
细齿柃木 *Eurya nitida*	+			III
鸡骨柴 *Elsholtzia fruticosa*		+		III
臭荚蒾 *Viburnum foetidum*			+	III
柳叶胡颓子 *Elaeagnus lanceolata*			+	III
青刺尖 *Prinsepia utilis*		+		III
水麻柳 *Debregeasia edulis*		+		III
薄叶鼠李 *Rhamnus leptophyllus*		+	+	IV
波叶梵天花 *Urena repanda*		+		III
棠梨 *Pyrus pashia*		+	+	IV
白牛胆 *Inula cappa*		+	+	IV
戟叶酸模 *Rumex hastatus*			+	III
草本层				
毛蕨菜 *Pteridium revolutum*	3.3			III
牛至 *Origanum vulgare*	+			III
星毛繁缕 *Stellaria vestita*	+			III
杏叶防风 *Pimpinella candolleana*	+			III
翻白叶 *Potentilla fulgens*	+			III
车前 *Plantago major*	+	+		IV
猪殃殃 *Galium aparina*	+			III
小鱼眼菊 *Dichrocephala benthamii*	+	+		IV
酢酱草 *Oxalis corniculata*	+	+		IV
红果莎草 *Carex baccans*	+			III
紫茎泽兰 *Eupatorium coelestrium*	+		+	IV
天名精 *Carpesium abrotanoides*	+			III
黄龙尾 *Agrimonia nepalensis*	+	+	+	V
糯米团 *Gonostegea hirta*	+	+	+	V
天南星 Arisaema erubescens	+	+		IV
土三七 Gynura japonica		+		III

风轮菜 *Clinopodium chinensis*		+		III
裸头过路黄 *Lysimachia gymnocephala*		+	+	IV
矛叶荩草 *Arthraxon lanceolata*	+		+	IV
地草果 *Viola betonicifolia*	+	+	+	V
杜牛膝 *Achyranthes aspera*		+	1.1	IV
香薷 *Elsholtzia ciliata*		+	+	IV
蛇莓 *Duchesnea indica*	+	+		IV
尼泊尔老鹳草 *Geranium nepalense*		+		III
苦蒿 *Artmisia condoncephala*			2.2	III
小木通 *Clematis armandii*		+	+	IV
云南粘山药 *Dioscorea yunnanensis*		+		III
西南拉拉藤 *Galium elegans*	+		+	IV

②华山松林

项目区周边暖温性针叶仅有华山松林 1 个群系。

项目周边的华山松林大部分为人工林，基本上是由华山松构成的纯林，乔木层仅由华山松构成，偶尔有少量旱冬瓜及云南松植株，灌木层稀少，仅在幼年林中存在少量种类；草本层的情况亦与群落年龄有密切关系，在中、老年林中，草本层稀少，但在幼年林中，草本层较发达。



图 3.1-4　项目区周边华山松林群落外貌

项目地东北侧，华山松林群落样方如下表。

表 3.1-5　华山松林群落样地综合表

样方地点	评价区内	评价区内	评价区内	存在度
记录人	高石红	高石红	高石红	
样方面积 m^2	100	100	100	
点位	102°28′46.67″	102°28′50.65″	102°28′45.63″	
	24°48′14.48″	24°48′14.83″	24°48′16.43″	
海拔	2115	2032	2022	
坡向	NE	NE	NE	
坡度	5	30	10	
土壤	红壤	红壤	红壤	
基岩	沙岩	砂岩	砂岩	
群落总高度（m）	3	7	6	
群落总盖度（%）	100	85	95	
乔木层高度（m）	3	7	6	
乔木层盖度（%）	50	70	75	
灌木层高度（m）	1.5	2.5	2	
灌木层盖度（%）	50	25	30	
草本层高度（m）	1.3	0.7	0.7	
草本层盖度（%）	90	50	70	
乔木层				
华山松 *Pinus armandi*	3.3	5.5	4.4	V
旱冬瓜 *Alnus nepalensis*	1.1		1.1	
灌木层				
南烛 *Lyonia ovalifolia*			+	III
粉叶小檗 *Berberis pruinosa*	+			III
麻叶绣线菊 *Spiraea cantoniensis*	1.1			III
矮杨梅 *Myrica nana*		1.1	+	IV
密蒙花 *Buddleia officinalis*	1.1			III
野坝子 *Elshotzia rugolosa*	+	+	1.1	V
二列叶金丝桃 *Hypericum eudistichum*	1.1			III
火把果 *Pyracantha fortuneana*			+	III
臭荚蒾 *Viburnum foetidum*			+	III
波叶梵天花 *Urena repanda*		+	+	IV
棠梨 *Pyrus pashia*		+		III
拔毒散 *Sida szechuensis*	+			III
老鸦泡 *Vaccinium fragile*	+		+	IV
水红木 *Viburnum cylindricum*		+	+	IV
草本层				
毛蕨菜 *Pteridium revolutum*	+		+	IV
牛至 *Origanum vulgare*	+			III
星毛繁缕 *Stellaria vestita*	+			III

杏叶防风 *Pimpinella candolleana*	+		+	IV
翻白叶 *Potentilla fulgens*	1.1		+	IV
猪殃殃 *Galium aparina*	+		+	IV
小鱼眼菊 *Dichrocephala benthamii*		+		III
酢酱草 *Oxalis corniculata*	+	+	+	V
红果莎草 *Carex baccans*		1.1		III
糯米团 *Gonostegea hirta*	+			III
天南星 Arisaema erubescens		+	+	IV
风轮菜 *Clinopodium chinensis*	+		+	IV
矛叶荩草 *Arthraxon lanceolata*	+	+	+	V
地草果 *Viola betonicifolia*		+	+	IV
香薷 *Elsholtzia ciliata*	+			III
蛇莓 *Duchesnea indica*		+		III
尼泊尔老鹳草 *Geranium nepalense*	+		+	IV
小木通 *Clematis armandii*			+	III
云南粘山药 *Dioscorea yunnanensis*		+	+	III
西南拉拉藤 *Galium elegans*	+		+	IV
龙牙草 *Agrimonia pilosa var. neplensis*	+	+	+	V
三点金 *Desmodium triflorum*	+		+	IV
窃衣 *Torilis japonica*	1.1			III
滇大蓟 *Cirsium chlorolepis*	1.1			III
川续断 *Dipsacus asper*	+			III
小车前 *Plantago erosa*	+	+	+	V
接骨草 *Sambucus chinensis*	2.2			III
虎掌草 *Anemone rivularis*	+			III
野棉花 *Anemone vitifolia*	+			III

③密蒙花-白草灌木草丛

分布于陡峭的山坡、土壤瘠薄的区域。群落表现出较强的次生性。群落总盖度在 85%-90%之间，群落高 2 米左右，群落分为灌木层和草本层两层；灌木层高 2 米左右，层盖度在 80%-85%之间，灌木层在局部地区以密蒙花为优势，而在局部区域则以马桑（*Coriaria nepalensis*）占优势。



图 3.1-5　项目区周边密蒙花-白草灌木草丛群落外貌

项目地西北侧，密蒙花-白草灌木草丛群落样方见下表：

表 3.1-6　密蒙花-白草灌木草丛群落样地综合特征表

样方地点	评价区内	评价区内	评价区内	存在度
记录人	高石红	高石红	高石红	
样方面积 m^2	100	100	100	
点位	102°28′18.94″	102°28′24.16″	102°28′26.44″	
	24°48′21.53″	24°48′21.63″	24°48′22.97″	
海拔	2070	2031	2042	
坡向	NW	NE	NE	
坡度	40	45	25	
土壤	红壤	红壤	红壤	
基岩	砂岩	砂岩	砂岩	
群落总高度（m）	2	2.5	2	
群落总盖度（%）	85	85	90	
灌木层高度（m）	2	2.5	2	
灌木层盖度（%）	40	55	55	
草本层高度（m）	1.5	1.3	1.5	
草本层盖度（%）	80	80	85	
灌木层				
密蒙花 *Buddleia officinalis*	2.2	1.1	2.2	V
马桑 *Coriaria nepalensis*	+	1.1	2.2	V
清香木 *Pistacia weinmannifolia*		+	+	IV
棠梨 *Pyrus calleryana*	+	1.1		IV
沙针 *Osyris wightiana*	+		+	IV

西南栒子 *Cotoneaste franchetii*		+	+	IV
滇青冈 *Cyclobalanopsis glaucoides*	1.1		+	IV
老鸦炮 *Vaccinium fragile*	+		+	IV
薄叶鼠李 *Rhamnus leptophyllus*			+	IV
小雀花 *Campylotropis polyantha*	+	+		V
羊蹄甲一种 *Bauhinia sp.*	+			III
毛薄皮木 *Leptodermis pilosa*			+	III
南烛 *Lyonia bracteata*			+	III
野拔子 *Elsholtzia rugulosa*	+		+	IV
帚枝鼠李 *Rhamnus virgatus*			+	III
地石榴 *Ficus ti-koua*	+		+	IV
草本层				
白草 *Pennisetum flaccidum*	1.1	2.2	2.2	V
黄背草 *Themeda triandra* var. japonica	1.1	1.1	1.1	V
芸香草 *Cymbopogon distans*	+	+	1.1	V
刺芒野古草 *Arundinella setosa*	1.1		1.1	IV
灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana var. divaricata*		1.1	+	IV
穗状香薷 *Elsholtzia tachyodes*	+		+	IV
金色狗尾草 *Setaria glauca*			+	IV
鬼针草 *Bidens pilosa*	+		+	IV
毛萼香茶菜 *Rabdosia eriocalyx*	+	+		IV
硬杆子草 *Capillipedium assimile*		+		IV
野青茅 *Deyeuxia arundinacea*	+		+	IV
戟叶火绒草 *Leontopodium dedekensii*		+	+	IV
龙胆一种 *Gentiana sp.*		+	+	IV
麦冬 *Ophiopogon japonicus*	+	+		IV
荩草 *Arthraxon hispidus*	+		+	V
云南粘山药 *Dioscorea yunnanensis*			+	IV

④人工植被

a.桉树林

主要零星分布在矿区北面、采矿办公生活区周边。林内较干燥，结构较简单，灌木层不发达，种类少，草本层较发达，以旱生种类占优势。

b.干香柏林

为人工林。其种植的区域常为生境干旱、土壤瘠薄且常有基岩露头。干香柏为云南乡土树种，滇中及滇东南、滇西北地区多用作造林树种。在群落中常伴生有滇中地区常见旱生土著种类，如多花杭子梢 *Campylotropis polyantha*、白

刺花*Sophora davidii*、清香木*Pistacia weinmannifolia*、粉背小檗*Berberis pruinosa*、小叶栒子 *Cotoneaster microphyllus* 等。

c.黑荆树林

黑荆树林在评价区内有小面积分布。植株高约 8m，稀疏，盖度约为 75～90%，灌木层不甚发达，种类较少，盖度在 10%左右；草本层亦较少，常为一些耐荫种类，盖度在 10%左右。

d.耕地

分布在修复区北面以及矿区西北面，有时零星分布在坡度较缓的山地上，主要种植玉米、小麦等作物。

e.矿山覆土植被

项目区少部分矿山覆土植被主要由旱冬瓜、云南松和华山松构成。

（4）主要植被类型演替序列特征

项目区及周边人为活动强烈，稍平缓的区域多已被开垦，坡地陡坡耕种亦较为常见。强烈的人为活动破坏了大量的自然植被。评价区内的地带性植被为半湿润常绿阔叶林，原生性植被被破坏后，植被演替的序列为半湿润常绿阔叶林→半湿润常绿阔叶林萌生灌丛→云南松林→暖温性稀树灌木草丛→暖温性灌丛。

（5）植被垂直分布规律

项目区及周边整体上均处于云南高原面，地形起伏不大，因此，评价区内的植被没有体现出明显的垂直分布规律。评价区内植被的变化主要是地形、地貌及人类活动影响的结果。

（6）植被水平分布规律

项目区及周边没有跨越不同的气候带，因此，评价区内的植被没有体现出相应的水平变化规律。

（7）植物资源现状

项目区域及邻近区域开发较早，人口密集，人类活动对植被及植物种类的影响较为深远，原生植被已基本上不存在，现有的植被基本上都是人工植被，或被开垦为耕地、或为人工经济林，仅在局部区域保留有原生植被。由于人类的干扰，在评价区内的植物中，栽培植物及分布广泛的杂草占有很高比例，而

土著植物所占比例较低。

根据野外考察，该区域有维管束植物 469 种，隶属于 108 科，320 属。其中，蕨类植物 9 科，10 属，13 种；裸子植物 4 科，8 属，10 种；被子植物 95 科，302 属，446 种（附录 1），组成情况见下表。

表 3.1-7　评价区维管植物组成情况

植物类群			统计项目		
			科	属	种
蕨类植物			9	10	13
种子植物	裸子植物		4	8	10
	被子植物	双子叶	78	235	343
		单子叶	17	67	103
		合计	95	302	446
总计			108	320	469

（8）珍稀及保护植物

根据国务院 2021 年 9 月 7 日颁布执行的《国家重点保护野生植物名录》及对云南省政府 1989 年颁布的《云南省第一批省级重点保护野生植物名录》并经实地调查，项目区及周边无国家级和省级保护野生植物分布，也未发现有当地特有植物种的分布。

（9）古树名木

据云南省林业厅文件云林保护字（1996）第 65 号《关于印发云南省古树名木名录的通知》和实地调查，在项目区及周边没有古树名木分布。

3.1.3.4 野生脊椎动物现状调查

项目组于 2023 年 2 月和 3 月对项目评价区及邻近地区的脊椎动物进行了专业调查。

调查方法：脊椎动物调查主要采用样线调查、访问调查、典型生境调查、分布和生境判定法（文献资料查阅和现场核实）进行调查。由于受调查季节和周期的限制，本次脊椎动物调查以样线调查和访问调查为主，以查阅相关文献资料为辅。哺乳动物调查内容为样线上所遇到的动物实体，并对样线内野生动物留下的各种痕迹；此外，还观察了评价区内影响哺乳动物分布的自然要素，如栖息地植被类型、坡度坡向、水源位置、人为干扰情况。鸟类调查主要使用 10×35mm 双筒望远镜对样线两侧和周围出现的鸟类进行观察；两栖爬行动物

调查是在哺乳动物和鸟类调查样线的基础上进行扩展调查，在调查区域内，凡是遇到两栖爬行动物，就地观察鉴定种类，予以记录。

由于长期进行矿石开采，生态环境已被完全破坏，植被已丧失殆尽，野生脊椎动物已经在项目区内完全消失。磷矿矿区由于矿石开采年代已久，详细的植物、植被、生境及动物资料欠缺，在磷矿区仅有大蹼铃蟾、华西大蟾蜍、昆明攀蜥、铜蜓蜥、黄臀鹎、山斑鸠和赤腹松鼠等种类。从周边相似的生境进行估计，在附近存有植被的地区还有少量种类和数量的野生脊椎动物，如华西大蟾蜍、大蹼铃蟾、昆明攀蜥、铜蜓蜥、黄臀鹎、山斑鸠、大嘴乌鸦、家燕、白颊噪鹛、树麻雀、赤腹松鼠、小家鼠、褐家鼠等十几种陆生脊椎动物。陆栖脊椎动物的种类和数量均很少。

根据对评价区及邻近地区现场调查及文献记载，评价区分布有两栖动物 6 种，隶属 1 目 3 科 3 属（附录二）鱼类 8 种，隶属于 3 目 5 科 8 属；两栖类 6 种，隶属于 1 目 4 科 5 属；爬行类 7 种，隶属于 2 目 4 科 7 属；鸟类 37 种，隶属于 5 目 17 科 31 属；哺乳类 11 种，隶属于 4 目 8 科 11 属。

具体分布在各纲中的数量状况参见下表。

表 3.1-8　修复区脊椎动物各纲下分类阶元数量

纲	目	科	属	种
鱼类	3	5	8	8
两栖类	1	4	5	6
爬行类	2	4	7	8
鸟类	5	17	31	37
哺乳类	4	8	11	11
小计	15	38	62	70

（1）生境

项目区占地不属于生物多样性丰富区域，不利于动物生存，动物种类及数量较为稀少，无动物集中栖息地分布。

（2）陆生脊椎动物

项目区空间范围缺乏能容纳较多物种的大片森林，区域内人类活动较为频繁，植被主要为杂草和低矮灌木，未见大型野生动物分布，区域动物多为适应人类活动的啮齿目动物和小型鸟类。总体上讲，评价区域及周边环境陆栖脊椎动物物种数量很少。

（3）评价区珍稀特有保护动物

评价范围内记录有国家 II 级重点保护野生动物 4 种，其中鸟类 3 种，哺乳类 1 种，分别为松雀鹰 *Accipiter virgatus*、普通鵟 *Buteo buteo*、红隼 *Facol tinnunculus* 和豹猫 *Prionailurus bengalensis*；无云南省省级重点保护野生动物。豹猫 *Prionailurus bengalensis* 被“中国脊椎动物红色名录”列为易危动物（VU）。；但它们的范围不局限于项目区，而是较广泛。

松雀鹰 *Accipiter virgatus*

俗名：鹞鹰

英文名：Besra　Sparrow Hawk

形态特征：与雀鹰相似，但喉部具显著的中央喉纹；第 6 枚初级飞羽外翈无缺刻。两性基本相似，但雌性成鸟体形稍大，上体多褐色，下体棕褐色的斑纹更浓著。

生态习性：栖息于山地林区，多见单个盘旋于空中或停歇在突出的枝头或枯树枝上。飞翔于高空时，两翅鼓动数次后即直线滑翔一段距离，有时作圈状翱翔。以捕食小型动物如小鸟、昆虫等为食。捕食时先用锐爪捕捉，然后用嘴撕碎，将不能消化的食物残块由口中吐出。

在乔木上营巢，巢小而坚固，由树枝、等筑成，每产 4-5 枚近白色卵。

资源状况为常见种。国家Ⅱ级重点保护鸟类。

野外调查表明，评价区范围内有该物种活动的可能，但野外调查无观察记录。

普通鵟 *Buteo buteo*

俗名：饿老鹰。土豹，奇哈（藏语）

英文名：Common Buzzard

形态特征：全长 480-530mm。羽色变化较大，有黑色型、棕色型及中间型。上体暗褐色；头顶、颈及颈侧具红棕色羽缘；下体暗褐色或淡褐色，具深棕色横斑；尾羽通常灰褐色，具 4-5 条不显著的黑褐色横斑，跗蹠和趾为黄色。全身体色大致为暗褐或灰褐色。飞行时腹面淡色，初级飞羽末端黑色、翼角黑色，喉暗褐色、胸及腹部淡褐色，腹部有黑褐色纵斑，尾羽褐色呈扇形，并有数条黑褐色横纹。

生活习性：栖息于海拔 3700m 以下的各类生境中，多停息在高大的乔木等突出部位，也常见单独在稀疏林中和农田等多种生境的上空翱翔，食物以鼠类为主，也捕食野兔、小型鸟类、蜥蜴、蛙类和昆虫等。

资源状况为常见种。国家Ⅱ级重点保护鸟类。

该物种在分布区为常见种类，对人类干扰有相当适应。野外调查中在评价区范围高空曾有观察记录。但当地无该物种繁殖记录。

红隼 *Falco tinunculus*

俗名：茶隼

英文名：Eurasian Kestrel

形态特征：体长 350mm 左右，雄鸟头顶至后颈灰，并具黑色条纹;背羽砖红色，布有黑色粗斑;尾羽青灰色，具宽阔的黑色次端斑及棕白色端缘，外侧尾羽较中央尾羽短甚，呈凸尾型。雌鸟上体砖红色，头顶满布黑色纵纹，背具黑色横斑，爪黑色。雌雄鸟胸和腹均淡棕黄色，具黑色纵纹和点斑。

生态习性：栖息于林缘、灌丛、田野等开阔地及居民区。常单独活成对活动。飞行速度快，有时见在空中振翅定点停留，主要捕食地面上的食物，如昆虫、两栖类、小型爬行类、小型鸟类和小型兽类等，有时也取食少量植物性食物。

资源状况为常见种。国家Ⅱ级重点保护鸟类。

豹猫 *Prionailurus bengalensis*

是猫科、豹猫属动物。主要栖息于山地林区、郊野灌丛和林缘村寨附近。分布的海拔高度可从低海拔海岸带一直分布到海拔 3000 米高山林区。豹猫的窝穴多在树洞、土洞、石块下或石缝中。主要为地栖，但攀爬能力强，在树上活动灵敏自如。夜行性，晨昏活动较多。独栖或成对活动。善游水，喜在水塘边、溪沟边、稻田边等近水之处活动和觅食。食性：主要以鼠类、松鼠、飞鼠、兔类、蛙类、蜥蜴、蛇类、小型鸟类、昆虫等为食，有时潜入村寨盗食鸡、鸭等家禽。为中国国家二级重点保护动物。属少见种。

项目区域调查未见其他极危、濒危、易危保护动物。

（4）鱼类

评价区周边地表水系主要为螳螂川。项目修复后期，利用矿区遗留下来的

矿坑蓄水，形成少量水塘或水池，形成湿地生境，动物生境条件改善，形成可供一些常见鱼类的繁殖场所。

3.1.4 声环境现状

项目所在地区属于昆明市西山区海口街道办事处，项目矿区现已停止开采多年，根据《建设项目环境影响报告表编制技术指南（试行）》，生态修复范围周边 50m 无声环境敏感目标，不开展现状监测，项目区现状声环境质量满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 2 类标准，项目所在区域属于达标区。

3.1.5 地表水环境现状

根据现场踏勘，项目区内无地表河流、水库，距离项目区东面 6.5km 为螳螂川。根据《云南省水功能区划（2014 年修订）》，螳螂川（海口--安宁温青闸）2030 年水质目标为 IV 类，执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准。

螳螂川中滩闸门断面位于本项目上游约 10km，根据昆明市生态环境局发布的《2022 年昆明市生态环境状况公报》，与 2021 年相比，螳螂川温泉大桥断面（水质类别为劣 V 类）水质类别保持不变，中滩闸门断面水质类别由劣 V 类提高为 V 类，水质总体不能达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准要求。项目区水系图详见附图 2。

本底调查单位委托云南求实环境检测技术有限公司于 2023 年 3 月 16-18 日共三天，对螳螂川上游里仁村附近和下游甸基村附近进行了地表水采样检测（附件），上游检测断面位于项目区上游 8km，下游检测断面位于项目区下游 5km。上游水质情况见下表。

表 3.1-9　螳螂川上游里仁村附近水质情况　　单位：mg/L

检测项目	检测值			标准值	达标判断
	2023.03.16	2023.03.17	2023.03.18		
pH（无量纲）	7.7	7.6	7.7	6~9	达标
溶解氧	5.6	5.5	5.2	3	达标
高锰酸盐指数	2.92	3.04	2.07	10	达标
化学需氧量	14	13	16	30	达标
氨氮	0.527	0.551	0.560	1.5	达标
总磷	0.18	0.18	0.18	0.3	达标

铜	0.008	0.008L	0.007	1.0	达标
锌	0.016	0.016	0.017	2.0	达标
氟化物	0.52	0.52	0.54	1.5	达标
砷	3×10^{-4}L	3×10^{-4}L	3×10^{-4}L	0.1	达标
汞	4×10^{-5}L	4×10^{-5}L	4×10^{-5}L	0.001	达标
硒	4×10^{-4}L	4×10^{-4}L	4×10^{-4}L	0.02	达标
镉	7×10^{-4}	2×10^{-4}	7×10^{-4}	0.005	达标
六价铬	0.004L	0.004L	0.004L	0.050	达标
铅	6×10^{-4}L	6×10^{-4}L	6×10^{-4}L	0.05	达标
氰化物	0.004L	0.004L	0.004L	0.2	达标
挥发酚	0.0003L	0.0003L	0.0003L	0.01	达标
石油类	0.01L	0.01	0.01L	0.5	达标
阴离子表面活性剂	0.05L	0.05L	0.05L	0.3	达标
硫化物	0.01L	0.01L	0.01L	0.5	达标
五日生化需氧量	4.5	4.7	4.1	6	达标
粪大肠菌群（MPN/L）	3.3×10^{2}	2.1×10^{2}	4.6×10^{2}	20000	达标

根据监测结果，螳螂川上游里仁村附近水质指标能达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准要求。

螳螂川下游甸基村质情况见下表。

表 3.1-10　螳螂川下游甸基村附近水质情况　　单位：mg/L

检测项目	检测值			标准值	达标判断
	2023.03.16	2023.03.17	2023.03.18		
pH（无量纲）	7.4	7.5	7.5	6~9	达标
溶解氧	5.3	5.7	5.4	3	达标
高锰酸盐指数	2.80	2.48	2.69	10	达标
化学需氧量	13	15	16	30	达标
氨氮	0.532	0.553	0.568	1.5	达标
总磷	0.20	0.19	0.20	0.3	达标
铜	0.008	0.009	0.015	1.0	达标
锌	0.015	0.015	0.015	2.0	达标
氟化物	0.56	0.61	0.51	1.5	达标
砷	3×10^{-4}L	3×10^{-4}L	3×10^{-4}L	0.1	达标
汞	4×10^{-5}L	4×10^{-5}L	4×10^{-5}L	0.001	达标
硒	4×10^{-4}L	4×10^{-4}L	4×10^{-4}L	0.02	达标
镉	6×10^{-4}	4×10^{-4}	8×10^{-4}	0.005	达标
六价铬	0.004L	0.004L	0.004L	0.05	达标
铅	3.6×10^{-3}	1.7×10^{-3}	1.7×10^{-3}	0.05	达标
氰化物	0.004L	0.004L	0.004L	0.2	达标
挥发酚	0.0003L	0.0003L	0.0003L	0.01	达标
石油类	0.01L	0.01L	0.01L	0.5	达标

阴离子表面活性剂	0.05L	0.05L	0.05L	0.3	达标
硫化物	0.01L	0.01L	0.01L	0.5	达标
五日生化需氧量	4.8	4.9	5.2	6	达标
粪大肠菌群（MPN/L）	2.0×10^2	1.7×10^2	3.2×10^2	20000	达标

根据监测结果，螳螂川下游甸基村附近水质指标能达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准要求。

3.1.6 大气环境现状

项目位于昆明市西山区海口街道办事处，属于二类环境空气质量功能区，执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单中的二级标准。

根据《2022 年度昆明市生态环境状况公报》。昆明市主城区环境空气优良率达 100%，其中优 246 天、良 119 天。与 2021 年相比，优级天数增加 37 天，环境空气污染综合指数降低 13.68%，项目所在地属于达标区。

本底调查单位委托云南求实环境检测技术有限公司于 2023 年 3 月 17-19 日共三天，对修复区下风口（修复区东北 400m）的 TSP 进行了监测（附件），检测点位见附图。

监测情况见下表。

表 3.1-11　双哨下风口 TSP 检测情况　　单位：μg/m³

采样日期	采样时段	检测结果	标准值	达标判断
2023.03.16-2023.03.17	08:00-08:00（次日）	128	300	达标
2023.03.17-2023.03.18	08:10-08:10（次日）	123	300	达标
2023.03.18-2023.03.19	08:20-08:20（次日）	131	300	达标

由上表可知，项目区 TSP 质量现状满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单中的二级标准。

3.1.7 地下水

为了解项目区地下水水质情况，根据项目本底调查报告，本底调查单位委托云南环绿环境检测技术有限公司于 2023 年 2 月 11 日在项目区内及周边 4 个点位地下水进行取样检测（附件），取样位置示意见下图。

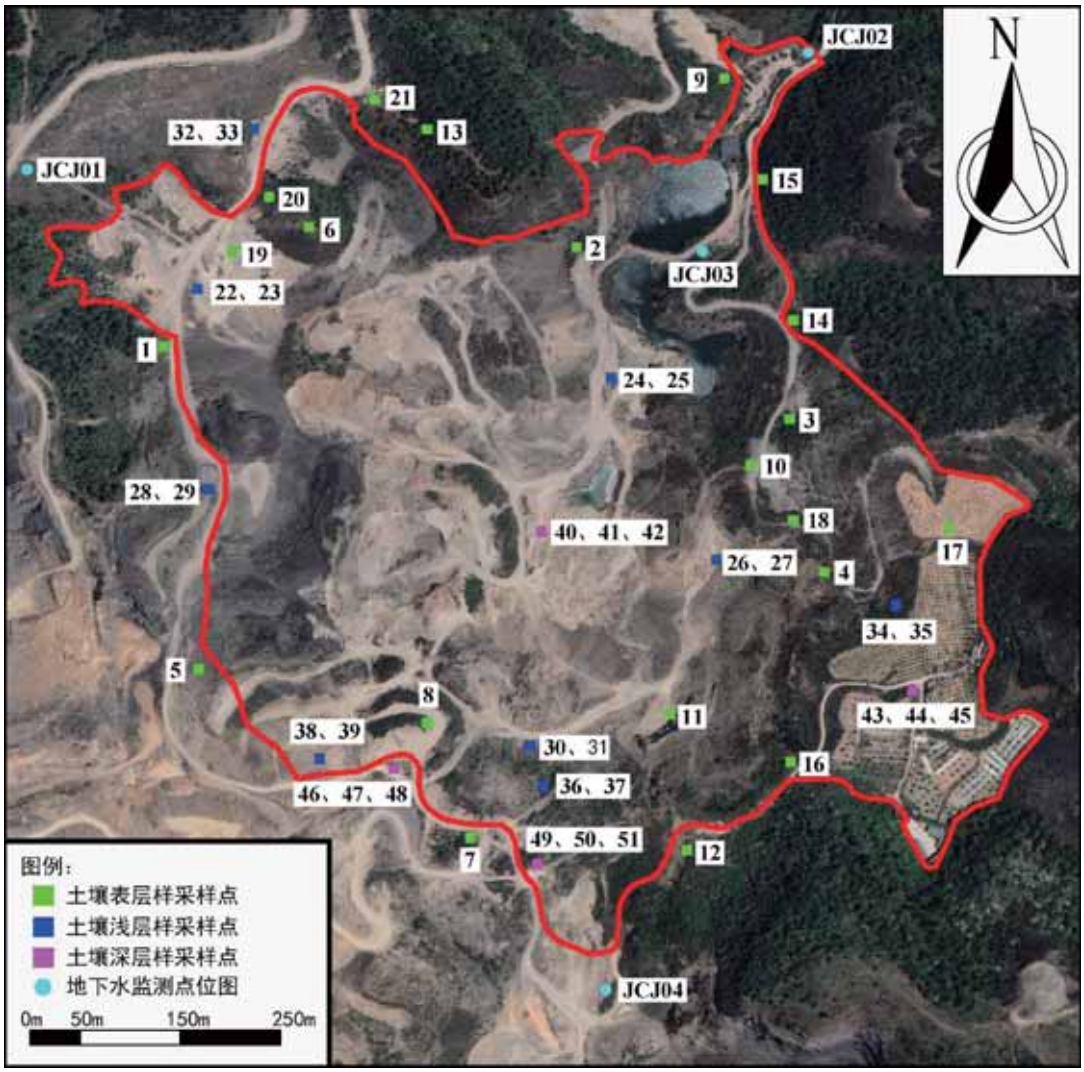


图 3.1-6 土壤和地下水取样位置示意图

4 个点位地下水水质情况见下表。

表 3.1-12 地下水检测结果一览表 **单位：mg/L**

检测点位	JCJ01	JCJ02	JCJ03	JCJ04	标准值	达标判断
日期	2023/2/11	2023/2/11	2023/2/11	2023/3/31		
时间	16:21	16:57	17:32	11:27		
pH 值（无量纲）	7.3	7.4	7.3	7.2	6.5~8.5	达标
总硬度	876	810	930	1206	450	超标
氟化物	0.17	0.16	0.18	0.28	1.0	达标
耗氧量	1.38	1.22	1.22	2.45	3.0	达标
总磷	0.03	0.02	0.02	0.05	/	/
汞	0.00004L	0.00004L	0.00004L	0.00004L	0.001	达标
砷	0.0004	0.0006	0.0010	0.0012	0.01	达标
六价铬	0.004L	0.004L	0.004L	0.004L	0.1	达标
镉	0.001L	0.001L	0.001L	0.001L	0.01	达标
铅	0.01L	0.01L	0.01L	0.01L	0.1	达标

钾离子（K^+）	5.36	4.95	5.88	2.08	/	/
钠离子（Na^+）	3.28	3.67	3.39	2.94	/	/
钙离子（Ca^{2+}）	312	304	320	213	/	/
镁离子（Mg^{2+}）	256	229	282	148	/	/
碳酸根	0	0	0	0	/	/
重碳酸根	183	177	183	134	/	/
氯离子（Cl^-）	7.87	7.68	8.10	6.58	/	/
硫酸根（SO_4^{2-}）	1877	1725	1996	1089	/	/
备注	“最低检出限+L”表示检测结果低于分析方法检出限					

根据上表可知，项目区地下水 4 个监测点的水质总硬度超标，其余指标满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）Ⅲ类标准要求。超标原因为区域原生地质环境造成。

3.1.8 土壤环境

根据项目本底调查报告，本底调查单位委托云南环绿环境检测技术有限公司于 2023 年 2 月对项目区土壤环境进行现状调查，主要采集项目区表层样、柱状样分别进行检测分析。

①监测点位：布点主要考虑采坑活动影响较大，在矿坑外部区域布设采样点，采样点选择在未经外界扰动的裸露土壤，采集样品为表层土壤样品及柱状土壤样品。共计 21 个表层样，9 个浅层样，4 个深层样，共 34 个检测点，其中修复范围外 12 个点位（9 个表层样，2 个浅层样，1 个深层样），修复范围内 22 个点位（12 个表层样，7 个浅层样，3 个深层样），共采集 51 个土壤样品。监测布点图详见图 3.1-6，检测报告详见附件。

②监测项目：pH、总磷、氟化物、硫酸盐、砷、镉、铬（六价）、铜、铅、汞、镍、四氯化碳、氯仿、氯甲烷、1,1-二氯乙烷、1,2-二氯乙烷、1,1-二氯乙烯、顺-1,2-二氯乙烯、反-1,2-二氯乙烯、二氯甲烷、1,2-二氯丙烷、1,1,1,2-四氯乙烷、1,1,2,2-四氯乙烷、四氯乙烯、1,1,1-三氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、三氯乙烯、1,2,3-三氯丙烷、氯乙烯、苯、氯苯、1,2-二氯苯、1,4-二氯苯、乙苯、苯乙烯、甲苯、间二甲苯+对二甲苯、邻二甲苯、硝基苯、苯胺、2-氯酚、苯并[a]蒽、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒽、苯并[k]荧蒽、䓛、二苯并[a,h]蒽、茚并[1,2,3-cd]芘、萘，共计 49 项。

③监测时间：2023 年 2 月 10 日。

④监测单位：云南环绿环境检测技术有限公司。

⑤采样要求：表层样采样点在 0-0.5m 处取样；深层柱状样点位在 0~0.5m、0.5~2.5m、2.5~4.5m 处分别采样；浅层柱状样点位在 0~0.5m、0.5~2.5m 处分别取样，分别检测。

⑥检测结果分析

项目监测结果分析详见表 3.1-13~表 3.1-15，检测报告详见附件。

表 3.1-13　土壤检测结果表（摘录）

检测点位/监测日期 分析项目/单位		表层样 8（0m-0.5m）8# 2023/2/10	表层样 13（0m-0.5m）13# 2023/2/10	浅层样 4（0m-0.5m）28# 2023/2/11	筛选值	管制值	评价
pH 值	无量纲	8.45	5.47	8.1	/	/	-
砷	mg/kg	65.4	69.7	63.0	60	140	低于管制值
镉	mg/kg	2.08	0.20	0.41	65	172	低于筛选值
六价铬	mg/kg	未检出	未检出	未检出	5.7	78	
铜	mg/kg	27	51	23	18000	36000	
铅	mg/kg	355	41	189	800	2500	
汞	mg/kg	0.384	0.140	0.490	38	82	
镍	mg/kg	38	52	36	900	2000	
总磷	mg/kg	9036	1969	10827	/	/	-
氟化物	mg/kg	3937	1018	6198	/	/	-
酸溶性硫酸盐	mg/kg	864	803	1029	/	/	-
挥发性有机物							
四氯化碳	μg/kg	未检出	未检出	未检出	2.8	36	低于筛选值
氯仿	μg/kg	未检出	未检出	未检出	0.9	10	
氯甲烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	37	120	
1,1-二氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	9	100	
1,2-二氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	5	21	
1,1-二氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	66	200	
顺-1,2-二氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	596	2000	
反-1,2-二氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	54	163	
二氯甲烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	616	2000	
1,2-二氯丙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	5	47	
1,1,1,2-四氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	10	100	
1,1,2,2-四氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	6.8	50	
四氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	53	183	
1,1,1-三氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	840	840	
1,1,2-三氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	2.8	15	

三氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	2.8	20	
1,2,3-三氯丙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	0.5	5	
氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	0.43	4.3	
苯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	4	40	
氯苯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	270	1000	
1,2-二氯苯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	560	560	
1,4-二氯苯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	20	200	
乙苯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	28	280	
苯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	1290	1290	
甲苯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	1200	1200	
间，对-二甲苯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	570	570	
邻-二甲苯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	640	640	
半挥发性有机物							
硝基苯	mg/kg	未检出	未检出	未检出	76	760	低于筛选值
苯胺	mg/kg	未检出	未检出	未检出	260	663	
2-氯酚	mg/kg	未检出	未检出	未检出	2256	4500	
苯并[a]蒽	mg/kg	未检出	未检出	未检出	15	151	
苯并[a]芘	mg/kg	未检出	未检出	未检出	1.5	15	
苯并[b]荧蒽	mg/kg	未检出	未检出	未检出	15	151	
苯并[k]荧蒽	mg/kg	未检出	未检出	未检出	151	1500	
䓛	mg/kg	未检出	未检出	未检出	1293	12900	
二苯并[a,h]蒽	mg/kg	未检出	未检出	未检出	1.5	15	
茚并[1,2,3-cd]芘	mg/kg	未检出	未检出	未检出	15	151	
萘	mg/kg	未检出	未检出	未检出	70	700	

表 3.1-14　土壤检测结果表（摘录）

检测点位/监测日期 分析项目/单位		深层样 3（0m-0.5m）46# 2023/2/11	深层样 3（0.5m-2.5m）47# 2023/2/11	筛选值	管制值	评价
pH	无量纲	8.11	8.47	/	/	-
砷	mg/kg	62.4	66.3	60	140	低于管制值
铅	mg/kg	2229	2237	800	2500	
镉	mg/kg	1.49	1.21	65	172	低于筛选值
六价铬	mg/kg	未检出	未检出	5.7	78	
铜	mg/kg	29	28	18000	36000	
汞	mg/kg	0.834	0.933	38	82	
镍	mg/kg	34	31	900	2000	
总磷	mg/kg	9407	10542	/	/	-
氟化物	mg/kg	5328	1164	/	/	-
酸溶性硫酸盐	mg/kg	782	761	/	/	-
挥发性有机物						
四氯化碳	μg/kg	未检出	未检出	2.8	36	低于筛

氯仿	μg/kg	未检出	未检出	0.9	10	选值
氯甲烷	μg/kg	未检出	未检出	37	120	
1,1-二氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	9	100	
1,2-二氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	5	21	
1,1-二氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	66	200	
顺-1,2-二氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	596	2000	
反-1,2-二氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	54	163	
二氯甲烷	μg/kg	未检出	未检出	616	2000	
1,2-二氯丙烷	μg/kg	未检出	未检出	5	47	
1,1,1,2-四氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	10	100	
1,1,2,2-四氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	6.8	50	
四氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	53	183	
1,1,1-三氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	840	840	
1,1,2-三氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	2.8	15	
三氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	2.8	20	
1,2,3-三氯丙烷	μg/kg	未检出	未检出	0.5	5	
氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	0.43	4.3	
苯	μg/kg	未检出	未检出	4	40	
氯苯	μg/kg	未检出	未检出	270	1000	
1,2-二氯苯	μg/kg	未检出	未检出	560	560	
1,4-二氯苯	μg/kg	未检出	未检出	20	200	
乙苯	μg/kg	未检出	未检出	28	280	
苯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	1290	1290	
甲苯	μg/kg	未检出	未检出	1200	1200	
间，对-二甲苯	μg/kg	未检出	未检出	570	570	
邻-二甲苯	μg/kg	未检出	未检出	640	640	
半挥发性有机物						
硝基苯	mg/kg	未检出	未检出	76	760	低于筛选值
苯胺	mg/kg	未检出	未检出	260	663	
2-氯酚	mg/kg	未检出	未检出	2256	4500	
苯并[a]蒽	mg/kg	未检出	未检出	15	151	
苯并[a]芘	mg/kg	未检出	未检出	1.5	15	
苯并[b]荧蒽	mg/kg	未检出	未检出	15	151	
苯并[k]荧蒽	mg/kg	未检出	未检出	151	1500	
䓛	mg/kg	未检出	未检出	1293	12900	
二苯并[a,h]蒽	mg/kg	未检出	未检出	1.5	15	
茚并[1,2,3 -cd]芘	mg/kg	未检出	未检出	15	151	
萘	mg/kg	未检出	未检出	70	700	

表 3.1-15　土壤检测结果表（摘录）

检测点位/监测日期 分析项目/单位		深层样 4（0m-0.5m）49# 2023/2/11	深层样 4（0.5m-2.5m）50# 2023/2/11	深层样 4（2.5m-4.5m）51# 2023/2/11	筛选值	管制值	评价
pH	无量纲	8.03	7.97	8.43	/	/	-
砷	无量纲	59.4	55.9	50.8	60	140	低于筛选值
镉	mg/kg	0.57	1.48	2.18	65	172	
六价铬	mg/kg	未检出	未检出	未检出	5.7	78	
铜	mg/kg	27	26	31	18000	36000	
铅	mg/kg	208	176	185	800	2500	
汞	mg/kg	0.045	0.364	0.342	38	82	
镍	mg/kg	39	39	31	900	2000	
总磷	mg/kg	10024	10002	1812	/	/	-
氟化物	mg/kg	3642	1363	1328	/	/	-
酸溶性硫酸盐	mg/kg	761	720	885	/	/	-
挥发性有机物							
四氯化碳	μg/kg	未检出	未检出	未检出	2.8	36	低于筛选值
氯仿	μg/kg	未检出	未检出	未检出	0.9	10	
氯甲烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	37	120	
1,1-二氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	9	100	
1,2-二氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	5	21	
1,1-二氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	66	200	
顺-1,2-二氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	596	2000	
反-1,2-二氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	54	163	
二氯甲烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	616	2000	
1,2-二氯丙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	5	47	
1,1,1,2-四氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	10	100	
1,1,2,2-四氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	6.8	50	
四氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	53	183	
1,1,1-三氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	840	840	
1,1,2-三氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	2.8	15	
三氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	2.8	20	
1,2,3-三氯丙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	0.5	5	
氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	0.43	4.3	
苯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	4	40	
氯苯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	270	1000	
1,2-二氯苯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	560	560	
1,4-二氯苯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	20	200	
乙苯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	28	280	
苯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	1290	1290	
甲苯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	1200	1200	

间，对-二甲苯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	570	570	
邻-二甲苯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	640	640	
半挥发性有机物							
硝基苯	mg/kg	未检出	未检出	未检出	76	760	低于筛选值
苯胺	mg/kg	未检出	未检出	未检出	260	663	
2-氯酚	mg/kg	未检出	未检出	未检出	2256	4500	
苯并[a]蒽	mg/kg	未检出	未检出	未检出	15	151	
苯并[a]芘	mg/kg	未检出	未检出	未检出	1.5	15	
苯并[b]荧蒽	mg/kg	未检出	未检出	未检出	15	151	
苯并[k]荧蒽	mg/kg	未检出	未检出	未检出	151	1500	
䓛	mg/kg	未检出	未检出	未检出	1293	12900	
二苯并[a,h]蒽	mg/kg	未检出	未检出	未检出	1.5	15	
茚并[1,2,3 -cd]芘	mg/kg	未检出	未检出	未检出	15	151	
萘	mg/kg	未检出	未检出	未检出	70	700	

根据项目本底调查报告，调查矿坑的 34 个监测点位共 51 个土壤样品，其中有 5 个土壤样品砷含量超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》中的第二类用地标准的风险筛选值，但低于管制值，分别为用地范围内表层样点位 8（土壤样品 8#，0m-0.5m）；用地范围外表层样点位 13（土壤样品 13#，0m-0.5m）；用地范围外浅层样点位 4（土壤样品 28#，0m-0.5m）；用地范围外深层样点位 3（土壤样品 46#，0m-0.5m；土壤样品 47#，0.5-2.5m）。另外，用地范围外深层样点位 2（土壤样品 46#，0m-0.5m；土壤样品 47#，0.5-2.5m）的铅超筛选值限值，但未超管制值限值，其余所有土壤样品检测结果均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》中的第二类用地标准的风险筛选值。

用地范围内砷超过筛选值（低于管制值）原因为丰源矿业堆存的磷矿堆，目前磷矿堆已清运用于磷酸生产。

用地范围外砷、铅超过筛选值（低于管制值）原因为矿区开采导致矿区无表土，主要为矿区运输粉尘、矿渣堆积导致超标，超标区域主要为矿区运输道路及其两侧。

与项目有关的原

矿山主要环境问题：

（1）由于历史原因，矿山存在多次开采、回填的采矿活动。区内的山体基本全被开挖破坏，矿区内大量无规划堆填的碎石状的采矿遗留物，导致现状的地形地貌产生了极大变化。

有环境污染和生态破坏问题	（2）因多年无序开采，矿界范围内土地遭到大面积破坏，区内植被遭受破坏程度严重，现矿坑仅少量地表植被覆盖，水土流失严重、生态环境差； （3）矿坑地表开挖长期裸露、土地利用率低、植被覆盖率低，原有动物栖息环境遭到破坏； （4）矿坑内挖方边坡、填方边坡随处，形成了 9 个不稳定边坡（地质灾害点），影响周边山体的稳定； （5）矿坑采空区地质灾害严重发育，存在次生地质环境风险； （6）矿坑未开展相关有效修复工作，裸露区域受到风化易产生含磷扬尘； （7）现状土地几乎为裸露地表，每年产生采坑积水漫流至下游，污染下游水体；淋滤废水下渗，影响地下水体； （8）矿坑表土剥离后破坏了土壤结构，现状无土壤覆盖。 （9）根据《云南省自然资源厅关于召开中央环保督察指出问题整改落实情况约谈会的通知》（云自然资便签〔2023〕95 号）及约谈会精神，西山区桃树村委会磷矿、双哨村委会磷矿未通过省级验收。
生态环境保护目标	根据现场调查，项目周边 500m 范围内无居民区等敏感点，项目主要环境保护目标见下表。

表 3.3-1　主要环境保护目标

环境要素	名称	坐标/m		保护对象	保护人数	环境功能区	相对方位	相对距离/m
		经度	纬度					
环境空气	/	/	/	/	/	/	/	/
声环境	/	/	/	/	/	/	/	/
地表水	名称	水环境功能		水质目标			方位	距离/m
	螳螂川	工业、农业、景观、娱乐用水		《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准			东面	6500
地下水	名称	功能		水质类别			方位	距离/m
	裂隙含水层	/		《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类标准			/	/
	SJ12 水井	坐标：东经 102.479445°，北纬 24.812795°。用途：工业		《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）			下游	430

		用水。	III 类标准		
环境要素	影响对象		保护要求		
生态环境	项目占地影响范围内的动植物等国家 II 级重点保护野生动物（松雀鹰、普通鵟、红隼、豹猫）		不降低区域生态环境功能		
土壤环境	项目修复范围内的土壤		《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中“第二类用地筛选值”		
环境风险	修复区下游耕地，修复范围内地下水		通过采取风险防范措施最大程度降低环境风险		

评价标准

3.4.1 环境质量标准

（1）声环境

项目位于西山区海口街道曹家沟，根据《声环境质量标准》（GB3096-2008）声环境功能区分类要求，项目所在区域可划分为 2 类声环境功能区，执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准，具体见下表。

表 3.4-1 声环境质量标准 单位：dB（A）

时段	昼间	夜间
2 类声环境功能区	60	50

（2）大气环境

根据《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单中关于环境空气功能区分类，项目区属于二类环境空气功能区，环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单二级标准，标准值见下表。

表 3.4-2 环境空气质量标准

序号	污染物项目	平均时间	浓度限值	执行标准
1	二氧化硫（SO_2）	年平均	60μg/m^3	《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单二级标准
		24 小时平均	150μg/m^3	
		1 小时平均	500μg/m^3	
2	二氧化氮（NO_2）	年平均	40μg/m^3	
		24 小时平均	80μg/m^3	
		1 小时平均	200μg/m^3	
3	一氧化碳（CO）	24 小时平均	4mg/m^3	
		1 小时平均	10mg/m^3	
4	臭氧（O_3）	日最大 8 小时平均	160μg/m^3	
		1 小时平均	200μg/m^3	

5	颗粒物（粒径小于 10μm）	年平均	70μg/m^3	
		24 小时平均	150μg/m^3	
6	颗粒物（粒径小于 2.5μm）	年平均	35μg/m^3	
		24 小时平均	75μg/m^3	
7	总悬浮颗粒物（TSP）	年平均	200μg/m^3	
		24 小时平均	300μg/m^3	

（3）地表水

项目区地表水体为螳螂川，《云南省水功能区划（2014 年修订）》，螳螂川（海口--安宁温青闸）2030 年水质目标为 IV 类，执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准。具体标准限值见下表。

表 3.4-3　地表水环境质量标准　　单位：mg/L

项目	标准值
pH（无量纲）	6~9
溶解氧	3
高锰酸盐指数	10
化学需氧量	30
氨氮	1.5
总磷	0.3
铜	1.0
锌	2.0
氟化物	1.5
砷	0.1
汞	0.001
硒	0.02
镉	0.005
六价铬	0.05
铅	0.05
氰化物	0.2
挥发酚	0.01
石油类	0.5
阴离子表面活性剂	0.3
硫化物	0.5
五日生化需氧量	6
粪大肠菌群（MPN/L）	20000

（4）地下水

项目区地下水环境执行《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类标准，标准限值见表 3.4-4。

表 3.4-4　地下水质量标准 （摘录）　　单位：mg/L

序号	水质指标	III 类标准
1	pH（无量纲）	6.5~8.5
2	总硬度	450
3	溶解性总固体	1000
4	硫酸盐	250
5	氟化物	1.0
6	氯化物	250
7	耗氧量	3.0
8	氨氮	0.5
9	硫化物	0.02
10	总大肠菌群（MPN/100mL）	3
11	汞	0.001
12	砷	0.01
13	镉	0.005
14	铬（六价）	0.05
15	铅	0.01
16	铁	0.3
17	锰	0.1
18	挥发性酚	0.002
19	氰化物	0.05

（5）土壤环境

项目区土壤现状、磷石膏基生态修复材料、筛选后剥离土、粘土执行《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第二类用地筛选值标准。标准限值见表 3.4-5。

表 3.4-5　土壤环境质量标准限值　　单位：mg/kg

序号	污染物项目	筛选值	管制值
1	砷	60	140
2	镉	65	172
3	铬（六价）	5.7	78
4	铜	18000	36000
5	铅	800	2500
6	汞	38	82
7	镍	900	2000
8	四氯化碳	2.8	36
9	氯仿	0.9	10
10	氯甲烷	37	120
11	1,1-二氯乙烷	9	100

12	1,2-二氯乙烷	5	21
13	1,1-二氯乙烯	66	200
14	顺-1,2-二氯乙烯	596	2000
15	反-1,2-二氯乙烯	54	163
16	二氯甲烷	616	2000
17	1,2-二氯丙烷	5	47
18	1,1,1,2-四氯乙烷	10	100
19	1,1,2,2-四氯乙烷	6.8	50
20	四氯乙烯	53	183
21	1,1,1-三氯乙烷	840	840
22	1,1,2-三氯乙烷	2.8	15
23	三氯乙烯	2.8	20
24	1,2,3-三氯丙烷	0.5	5
25	氯乙烯	0.43	4.3
26	苯	4	40
27	氯苯	270	1000
28	1,2-二氯苯	560	560
29	1,4-二氯苯	20	200
30	乙苯	28	280
31	苯乙烯	1290	1290
32	甲苯	1200	1200
33	间二甲苯+对二甲苯	570	570
34	邻二甲苯	640	640
35	硝基苯	76	760
36	苯胺	260	663
37	2-氯酚	2256	4500
38	苯并[a]蒽	15	151
39	苯并[a]芘	1.5	15
40	苯并[b]荧蒽	15	151
41	苯并[k]荧蒽	151	1500
42	䓛	1293	12900
43	二苯并[a,h]蒽	1.5	15
44	茚并[1,2,3-cd]芘	15	151
45	萘	70	700

项目周边农用地及项目基质土覆土执行《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018），标准限值详见表 3.4-6。

表 3.4-6 农用地土壤污染风险筛选值和管制值（基项目） 单位：mg/kg

序号	污染物	筛选值
		6.5≤pH≤7.5
1	砷	30

2	镉	0.3
3	铬	200
4	铜	100
5	铅	120
6	汞	2.4
7	镍	100
8	锌	250

3.4.2 污染物排放标准

项目为生态修复，为非生产性项目，运营期无废气、废水、噪声等环境污染物排放，不设排放标准。

（1）大气污染物排放标准

项目施工期大气污染物主要为无组织颗粒物，排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 中无组织排放限值，详见下表。

表 3.4-7　大气污染物综合排放标准

序号	污染物	执行标准	监控点
1	颗粒物	1.0mg/m^3	周界外浓度最高点

（2）噪声排放标准

项目施工期噪声排放执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中表 1 规定的排放限值，标准限值见下表。

3.4-8　建筑施工场界环境噪声排放限值　　单位：dB（A）

昼间	夜间
70	55
夜间噪声最大声级超过限值的幅度不得高于 15dB(A)。	

（3）废水

施工期废水经临时沉淀池沉淀后回用于施工场地洒水降尘，不外排。

生态修复回填区及中转场降雨形成的淋滤水经收集至拦挡设施下游淋滤水收集池沉淀处理后由回用于回填区洒水降尘，不外排。淋滤水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表 1 及表 4 一级标准限值。

表 3.4-9　污水综合排放标准

项目	标准（mg/L）
pH	6-9
镉	0.1
铅	1.0

总铬	1.5
汞（μg/L）	50
铍	0.005
镍	1.0
总银	0.5
砷	0.5
六价铬	0.5
磷酸盐	0.5
氟化物	10

（4）固体废物

生活垃圾按照《生活垃圾处理技术指南》遵循无害化、减量化、资源化的原则，在项目区内设置带盖垃圾桶收集垃圾，定期把垃圾清运至附近村庄垃圾收集点。项目不在现场机修，无机修废物产生。场地清理产生的土石方和沉淀池沉渣进行回填处置不外排。

（5）地下水防渗控制标准

项目回填的生态修复材料性质稳定，有害元素检出值较低。根据项目所在地生态环境以及回填材料成分考虑，项目参照《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）对回填区进行防渗。采用单人工复合衬层作为防渗衬层，并符合以下技术要求：

a、人工合成材料采用高密度聚乙烯膜，厚度不小于 1.5mm，并满足 GB/T17643 规定的技术指标要求。

b、粘土衬层厚度应不小于 0.75m，且经压实、人工改性等措施处理后的饱和渗透系数不应大于 1.0×10^{-7}cm/s。使用其他粘土类防渗衬层材料时，应具有同等以上隔水效力。

其他	无。

四、生态环境影响分析

施工期生态环境影响分析

4.1 施工期工艺及产污节点

（1）生态修复产污节点

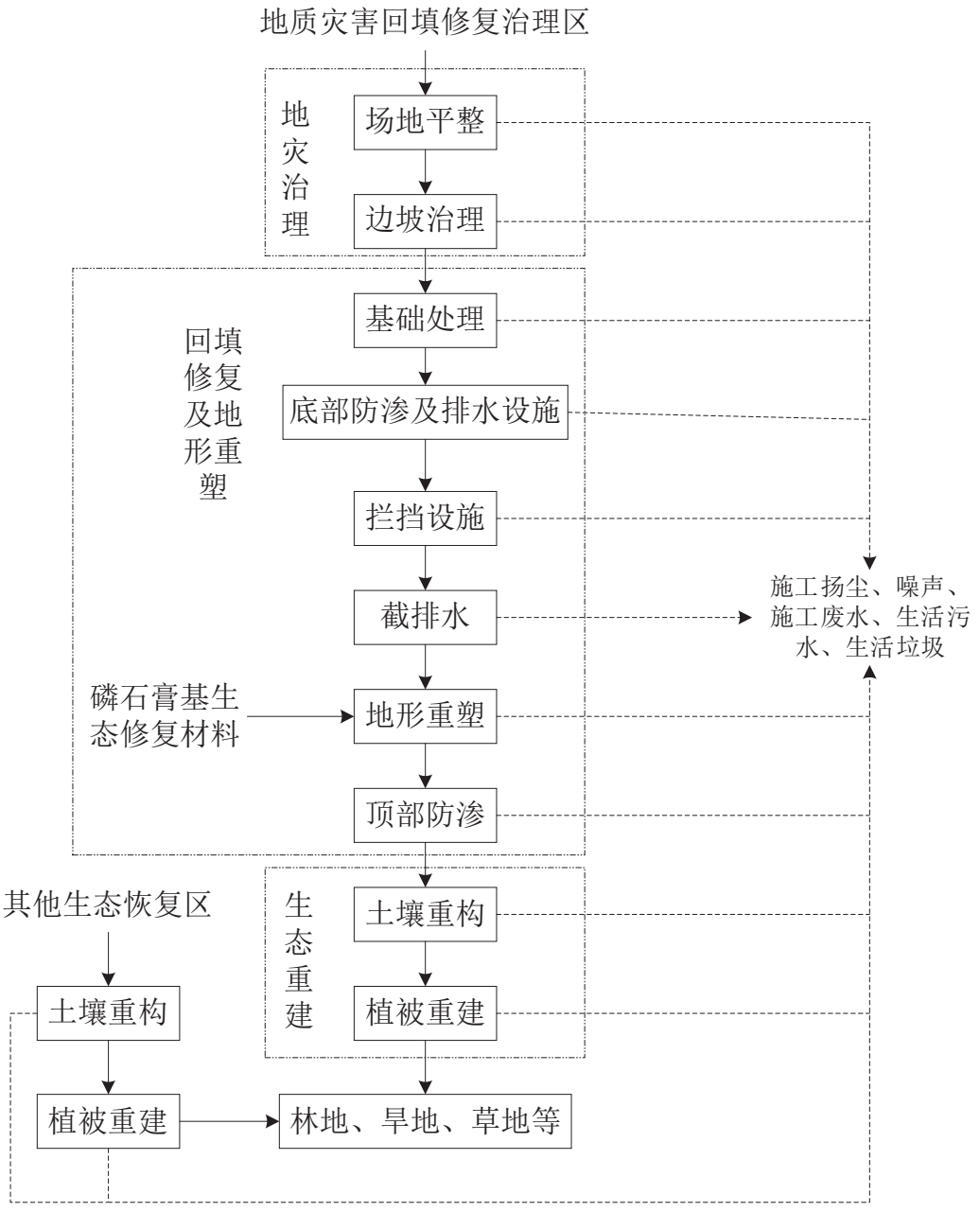


图 4.1-1　施工期工艺流程及产污节点图

对场地平整、边坡整治、基础处理时，回填施工时可能会破坏部分生态环境，加重区域的水土流失情况，施工过程中会产生部分废气、废水、噪声以及

固废。项目施工过程中产生的废气主要为矿坑清基、回填时产生的扬尘，运输车辆、施工机械产生的尾气；废水主要为中转场、矿坑回填时遇到下雨天产生的淋滤水、施工废水、施工人员生活污水；噪声主要来源于施工现场的各类机械设备噪声、施工作业噪声以及物料运输造成的交通噪声；施工期固体废物主要为场地平整、防渗工程场地平整、淋滤水收集池、高位水池开挖、截排水沟开挖等产生的土石方以及施工人员生活垃圾、沉淀池污泥、旱厕粪便。

项目生态修复回填材料不在现场生产，依托云龙寺生态修复项目现有生产线。要求对每批次生态修复回填材料进行检测。检测合格后送入回填修复区回填，不达标不得送至回填区回填。

4.2 生态影响

根据现场勘查，目前项目区土地利用现状主要为裸露的岩石地表，矿坑经前期多年矿山开采，矿界范围内土地遭到大面积破坏、区内植被遭受破坏程度严重、现矿坑仅少量地表植被覆盖、水土流失严重、生态环境差；矿坑内挖方边坡、填方边坡随处可见，形成了较多的不稳定斜坡、滑坡等地质灾害体，影响周边山体的稳定；矿坑采空区地质灾害严重发育，存在次生环境风险。

施工期对生态环境的影响为施工活动对植被、动物生境质量、景观的影响。

（1）水土流失：项目边坡治理过程中可能会加重区域的水土流失情况，引起地质环境灾害。在施工过程中严格按照项目实施方案进行施工及边坡稳定处理，并在施工过程中采取水土保持措施，以减缓施工过程中的水土流失影响。

（2）植被：修复区内植被覆盖率很低，因此项目建设对建设区内的植被破坏不大；项目建设的最终目的是对矿区进行生态重建，回填后项目区覆盖 100cm 基质土后进行植被恢复工作，修复后恢复为乔木林地、灌木林地、其他草地、旱地等。项目覆土厚度 100cm，满足耕作要求（耕作深度一般为 30cm），满足《土地复垦质量控制标准》（TD/T1036-2013）要求，届时因矿区开发建而造成植被破坏将得到恢复，在较短的时间尺度上来看，因该项目建设而造成的少量植被的破坏是暂时的和可逆的，且恢复后林草覆盖率大大增加，生态系统更为丰富，长远来看，对该区域植被恢复是有利的。施工期间严格控制施工占地，

严禁越界施工等措施控制对周边植被造成破坏。

（3）动物：项目区内原生生态系统已大面积破坏，野生动物生境完全恶化，不再适宜野生动物生存，项目区内野生动物不得不迁徙另辟生境，现状区内未发现大中型野生动物存在，项目施工期间可能会造成现有动物发生迁徙，但该行为是短暂的，待生态恢复后，届时因采矿而造成植被破坏将得到恢复，动物逐渐回迁。施工期间要求文明施工，严禁非法猎捕鸟类、兽类等野生动物，定期召开环保专题会议，宣传文明施工理念，提高施工人员环保意识。

评价区的野生保护动物主要有松雀鹰、普通鵟、红隼、豹猫等，项目施工区域位于矿坑，区域重点保护野生动物主要活动范围一般为农田区域，项目建设对野生保护动物的影响较小。

（4）景观：现在项目区内主要为裸露的地表，基本没有植被覆盖，呈现一块灰白色的块状，与周边的绿色林地形成鲜明对比，严重影响了这一片区的景观。项目生态修复完成后，可恢复乔木林地 71848m^2，灌木林地 258496m^2，其他草地 30262m^2，旱地 113521m^2。

表 4.2-1　生态修复前后对比

修复前	修复后
裸露地表 480503m^2	乔木林地 71848m^2，灌木林地 258496m^2，其他草地 30262m^2，旱地 113521m^2。
不适宜野生动物生存	野生动物逐渐回迁
生态系统已破坏	生态系统得到恢复
采坑无植被分布，仅采坑周边分布有旱冬瓜、云南松等植被	种植旱冬瓜、黑荆、冬樱花、火棘、球花石楠、爬山虎、常春藤、播撒草籽，增加了生物多样性，与周边生态系统相协调。

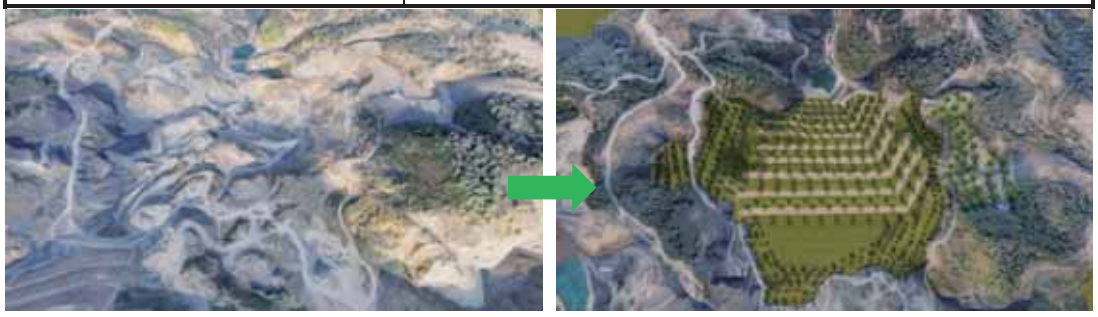


图 4.2-1　项目修复前后对比图

项目生态修复恢复为林地、草地及旱地，符合用地规划，项目草地、旱地、林地景观与周边土地利用类型相近，与周边生态系统协调性较好。

综上，施工期间在采取一定的水土保持措施，施工管理措施后，施工期对生态环境影响不大。

4.3 地下水影响分析

施工期对地下水的影响主要为回填区、中转场、淋虑水收集池等区域防渗层破损，淋滤水发生下渗污染地下水。

根据《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目地下水环境影响评价专题报告》结论：正常情况下，回填修复治理区底部进行基础处理，基础处理采用筛选后剥离土进行回填压实形成人工回填层，厚度 5m，渗透系数≤1.0×10^{-5}cm/s。基础处理后在其上部及边坡铺设 0.75m 压实粘土层（渗透系数≤1.0×10^{-7}cm/s）+两布一膜防渗层，回填修复后顶部铺设一布一膜防渗层，从源头阻断淋滤水产生，底部阻断淋滤水下渗，并设置有淋滤水导排系统，降雨形成淋滤水进行回用处理。

根据《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境风险评估报告》**地下水环境风险评估结论**：项目施工期回填作业过程中，因雨水冲刷回填区会产生一定量淋滤水，主要来源于中转场和回填修复区。为解决淋滤水对地下水污染风险，施工过程中从源头对物料进行防控，在作业场地设置检验点，做到“严禁回填固废”进入场地；场地周边修建截排水沟，防止周边雨水汇入中转场和回填修复区，降低淋滤水产生量；场地采用筛选剥离土进行人工基底处理形成人工回填层，处理后基地渗透系数小于 1.0×10^{-5}cm/s。回填区底部铺设两布一膜防渗层，并对充填料进行反复压实处理，有效阻断生态修复作业过程中降雨形成淋滤水下渗；在拦挡坝坝脚设置容积 3700m^3 的淋滤水收集池（收集量 5 天），钢砼并做防渗处理，饱和渗透系数≤1.0×10^{-7}cm/s，淋滤水沉淀后回用于回填修复区洒水降尘，不外排，且定期有人巡视。采取以上措施后，生态修复充填作业淋滤水对地下水影响较小，对地下水污染风险可控。非正常情况下淋滤水排放，优先穿透堆体，堆体下设置防渗膜，膜下有地下水导排管，极少部分淋滤水穿过堆体、压实粘土层及基础层进入地下水，堆体厚度 85m，渗透系数≤1.13×10^{-6}cm/s，膜下有 0.75m 压实粘土，压实粘土下有 5m 基础层，基础层渗

透系数≤1.0×10^{-5}cm/s，粘土层渗透系数≤1.0×10^{-7}cm/s，若防渗膜发生破损，淋滤水需 238 年方可穿透堆体，24 年方可穿透粘土层，1.5 年方可穿透基础层，该项目仅实施 2.5 年。项目实施完成后，顶部进行防渗膜覆盖，加盖 1m 厚基质土层对防渗膜进行保护，阻断淋滤水产生，运营期没有淋滤水。即便防渗膜发生破损，淋滤水需要很长时间穿透粘土层、基础层进入地下水，淋滤水经粘土层、基础层的吸附过滤后对地下水的影响很小。但为了避免非正常情况发生，要求建设单位施工期间认真落实各项防渗措施，严格按照设计及相关规范建设，并定期巡检淋滤水收集池及拦挡设施，避免淋滤水长时间下渗进入地下水环境，同时定期对下游污染监控井开展水质监测，发现水质异常及时上报，采取应急措施进行处置。

修复区采取防渗措施后非正常情况下，考虑修复区淋滤水收集池防渗破损淋滤水下渗对地下水的影响。修复区回填作业过程中降雨会形成少量淋滤水，淋滤水集中汇至下游收集池，收集池进行防渗处理，淋滤水收集池防渗层破损淋滤水下渗，按照《环境影响评价技术导则地下水环境》（HJ610-2016）导则要求采用解析法对非正常下渗淋滤水进入地下水进行预测分析。

非正常排放，淋滤水优先穿透堆体，堆体下设置防渗膜，膜下有地下水导排管，极少部分淋滤水穿过堆体、压实粘土层及基础层进入地下水，堆体厚度 85m，渗透系数≤1.13×10^{-6}cm/s，膜下有 0.75m 压实粘土，压实粘土下有 5m 基础层，基础层渗透系数≤1.0×10^{-5}cm/s，粘土层渗透系数≤1.0×10^{-7}cm/s，若防渗膜发生破损，淋滤水需 238 年方可穿透堆体，23 年方可穿透粘土层，1.5 年方可穿透基础层，该项目仅实施 2.5 年，项目实施完成后，顶部采用防渗膜、基质土进行覆盖，阻断淋滤水的产生，即便防渗膜发生破损，淋滤水需要很长时间穿透粘土层、基础层进入地下水，淋滤水经粘土层、基础层的吸附过滤后对地下水的影响很小。但为了避免非正常情况发生，要求建设单位施工期间认真落实各项防渗措施，严格按照设计及相关规范建设，并定期巡检淋滤水收集池及拦挡设施，避免淋滤水长时间下渗进入地下水环境，同时定期对下游污染监控井开展水质监测，发现水质异常及时上报，采取应急措施进行处置。

采取以上措施后，项目对地下水环境影响很小、风险可控。

4.4 地表水影响

项目施工期废水主要为中转场淋滤水、修复区淋滤水、施工废水、施工人员生活污水。

（1）中转场淋滤水

露天中转场淋滤水产生量按下式计算：

$$Q = F \times H \times \Psi \times 1000$$

式中：Q—水量，m^3；

F—汇水面积，km^2；中转场面积 0.015km^2；

Ψ—地表径流系数，Ψ值取 0.6；

H—降水量，mm。

根据云南省气象科研所收集 2013-2022 年关于累年各月各要素统计值，昆明市月均降雨量 8 月最多，降水量 214.07mm。不考虑蒸发量情况下，8 月中转场产生淋滤水量为 1926.63m^3，8 月平均降雨天数为 19.3 天，则日均淋滤水产生量 99.83m^3。

根据云南省气象科研所收集 2013-2022 年关于累年各月各要素统计值，昆明市最大降雨量出现在 7 月，降水量 379.8mm，不考虑蒸发量情况下，最大降雨量条件下 7 月中转场淋滤水产生量 3418.20m^3，7 月平均降雨天数为 20.3 天，则日均淋滤水产生量 168.38m^3。

根据云南省气象科研所收集 2013-2022 年关于累年各月各要素统计值，昆明市仅 6 月-10 月降雨量大于蒸发量，其余月份蒸发量大于降雨量，年淋滤水量按 6 月-10 月淋滤水量计算，则中转场产生淋滤水量为 7629.12m^3/a。

该部分废水通过淋滤水收集沟收集至淋滤水收集池后回用于洒水降尘。

（2）回填修复区淋滤水

①降雨量

降雨量按下式计算：

$$Q = F \times H \times \Psi \times 1000$$

式中：Q—淋滤水产生量，m^3；

F—汇水面积，km^2；回填修复区面积 0.2806km^2；

Ψ—地表径流系数，Ψ值取 0.6；

H—降水量，mm。

根据云南省气象科研所收集 2013-2022 年关于累年各月各要素统计值，昆明市月均降雨量 8 月最多，降水量 214.07mm。经计算，8 月回填修复区降雨量为 36040.83m^3。

根据云南省气象科研所收集 2013-2022 年关于累年各月各要素统计值，昆明市最大降雨量出现在 7 月，降水量 379.8mm。经计算，7 月回填修复区降雨量为 63943.13m^3。

②蒸发量

蒸发量按下式进行计算：

$$Q_y = F_y \times H_y \times 1000$$

式中：Q_y—蒸发量，m^3；

F_y—蒸发面积，km^2；回填修复区 0.2806km^2；

H_y—蒸发量，mm；

根据云南省气象科研所收集 2013-2022 年关于累年各月各要素统计值，昆明市 8 月月均蒸发量 84.35mm。经计算，8 月回填修复区蒸发量为 23668.61m^3。

根据云南省气象科研所收集 2013-2022 年关于累年各月各要素统计值，昆明市最大降雨量条件下 7 月蒸发量 78.20mm。经计算，7 月回填修复区蒸发量为 21942.92m^3。

③施工期淋滤水产生量

经计算，项目区月均降雨量条件下 8 月回填修复区淋滤水产生量为 12372.22m^3，8 月平均降雨天数为 19.3 天，则日均淋滤水产生量 740.87m^3（回填修复区+中转场）。

项目区最大降雨量条件下 7 月淋滤水产生量为 45418.41m^3，7 月平均降雨天数为 20.3 天，则日均最大淋滤水产生量 2237.36m^3（回填修复区+中转场）。

根据生态修复区实际地形条件，月均降雨量条件下，按 5 天连续降雨考虑，在回填修复区下游设置 3700m^3 的淋滤水收集池（收集回填修复区及中转场淋滤

水），可满足日均最大降雨情况下 1.4 倍的收集量。综上所述，正常情况下可以保证淋滤水不外排。该部分废水主要污染物为 SS，对该部分废水进行收集后回用于洒水降尘，不得外排。

根据云南省气象科研所收集 2013-2022 年关于累年各月各要素统计值，昆明市仅 6 月-10 月降雨量大于蒸发量，其余月份蒸发量大于降雨量，年淋滤水量按 6 月-10 月淋滤水量计算，则回填修复区及中转场淋滤水量为 23954.26m^3/a。

（3）施工废水

项目区车辆出入口位于设置于项目北侧，施工期间对车辆进行冲洗，冲洗废水产生量约为 1.5m^3/d，废水主要为 SS。根据类比调查，施工生产废水中 SS 浓度为 3000mg/L，废水经收集池（2m×1m×1m）沉淀处理后回用于场地洒水降尘，不外排。

（4）洒水降尘用水

在进行生态修复过程中，须对扰动地表等现状易起尘的裸露地表进行洒水降尘，该部分水量经自然蒸发，无废水产生。

根据《云南省用水定额标准》，洒水降尘用水量取 2L/m^2·次，根据计算，生态修复区每天需洒水降尘区域及洒水量见下表。项目洒水降尘用水由洒水车或简易泵房从下游淋滤水收集池取水。

表 4.4-1　项目对各作业单元洒水降尘用水量一览表

用水区	洒水面积（m^2）	平均洒水频次（次/d）	洒水量（m^3/d）
作业区	50000	10	1000

综上，项目洒水降尘用水量为 1000m^3/d，232000m^3/a（非雨天 232d）。

（5）生活污水

项目施工期平均施工人员约 30 人，项目不设施工营地，施工人员均不在施工场地内进行食宿，生活污水主要是施工人员产生的洗手废水。施工人员每天生活用水以 20L/人计，总用水量为 0.6m^3/d，生活污水产生量按 80%计，则项目施工期施工人员生活污水产生量为 0.48m^3/d。生活污水所含的污染物主要为 SS、BOD_5、COD 等，经 1 个临时沉淀池 3m^3（2m×1m×1.5m）沉淀后回用于施工场地洒水降尘，不外排。

（6）绿化用水

根据《云南省地方标准用水定额》（DB53/T168-2019），林木育苗用水量为1050-1800m^3/hm^2，项目选取植被为耐干旱植被，用水取值1200m^3/hm^2，项目生态修复完成后恢复乔木林地71848m^2，灌木林地258496m^2，其他草地30262m^2，旱地113521m^2、农村道路6376m^2，需养护植被面积474127m^2，则植被养护用水量56895.24m^3/a，该部分用水自然蒸发损耗。项目区西侧、东侧各建设一个高位水池，西侧容积1000m^3，东侧容积1000m^3，用于收集回填修复区以外的雨水用于项目区植被养护，不足部分从下游水井取水。

项目施工结束后回填体顶部设置防渗膜，表面设置排水沟将雨水导流至项目区外，生态修复结束后无淋滤水产生，可利用收集池对项目区雨水进行收集，雨水收集后回用于回填区洒水降尘。

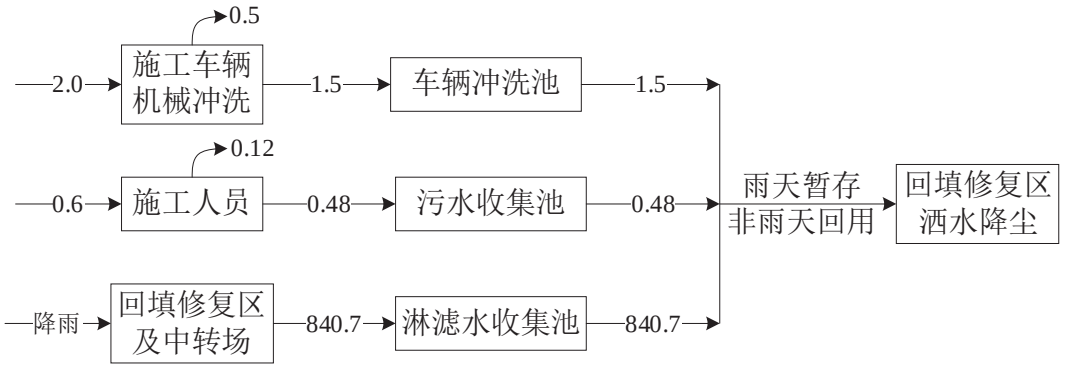


图 4.4-1　项目水平衡图　　**单位：m^3/d**

4.5 大气环境影响

项目施工过程中产生的废气主要为扬尘及运输车辆、施工机械产生的尾气。

（1）扬尘

①地表扰动扬尘

地表扰动扬尘主要来源于场地清理、截排水沟开挖、淋滤水收集池的开挖。根据统计，此次修复工程拟扰动面积约480503m^2，采用经验公式计算，计算公式如下：

$$Q = 0.009U^{4.1}e^{-0.55w}$$

式中：Q—起尘量，kg/（a·m^2）；

U—气象平均风速，2.02m/s；

W—含水率，取 8%。

项目施工时间 2.5 年，扰动期间平均扬尘产生量约为 82.13kg/d，根据《固体物料堆存颗粒物产排污核算系数手册》，在扰动过程中采取喷雾洒水降尘措施后可减少约 74%扬尘，即扬尘排放量为 21.36kg/d。

②回填作业扬尘

根据修复材料物理力学试验报告，修复材料含水率 33.2%，回填区生态修复材料回填过程中，具有一定湿度，扬尘产生量很小。

③中转场临时堆存扬尘

根据修复材料物理力学试验报告，修复材料含水率 33.2%，临时堆存过程中，具有一定湿度，扬尘产生量很小。

④运输扬尘

由于矿山道路均为砂石路面，运输扬尘较大。本评价采用秦皇岛码头汽车道路扬尘经验公式进行计算，公式如下：

$$Q_i = 0.0079VW^{0.85}P^{0.72}$$

式中：Qi—每辆汽车行驶扬尘量（kg/km·辆）；

V—汽车速度（km/h）；

W—汽车重量（t）；

P—道路表面粉尘量（kg/m^2）。

项目采用 30t 自卸车对回填材料进行运输，平均时速 10km/h、道路表面粉尘量按 $0.1kg/m^2$ 计算。土路运距 3km，运输期间每天约 456 车次，在不采取防治措施的情况下，汽车道路扬尘达 370.51kg/d，项目区非雨天 232 天，则施工期间非雨天运输扬尘产生量为 85.96t/a。

根据《固体物料堆存颗粒物产排污核算系数手册》，在对道路进行洒水降尘述措施后可减少约 74%扬尘，则运输扬尘排放量下降至 96.33kg/d，施工期运输扬尘排放量 22.35t/a。

⑤基质土、剥离土及粘土装卸扬尘

装卸扬尘产生量参照“秦皇岛港口煤炭装卸起尘及其扩散规律的研究”得

出的公式计算。

$$Q = 0.03U^{1.8}H^{1.23}e^{-0.23W}$$

式中：Q—装卸起尘量，kg/t；

U—风速（2.02m/s）；

W—含水率，8%；

H—装卸高度，取 1.5m。

项目施工期 2.5 年，装卸基质土、粘土及筛选后剥离土量约 156.59 万 t，项目整个覆土期间装卸扬尘量为 269.23t，根据施工进度，覆土时间为 30 个月，经计算，覆土期间扬尘产生量约为 295.05kg/d，107.69t/a。

采取喷雾防尘洒水措施后，按照抑制 74%扬尘量计算，装卸扬尘总排放量为 28.00t/a，76.71kg/d。

项目在进行削坡造台、场地平整、回填土石方、运输等作业都会产生扬尘，扬尘呈无组织排放。类比云南省环境监测中心站对省内其它建筑施工场地扬尘污染的监测结果，在距离施工现场边界下风向 50m 处，TSP 浓度达最大值 4.53mg/m^3，至 150m 处降至 1.51mg/m^3，至 200m 处 TSP 浓度降至 1.0mg/m^3 以下，至 300m 处 TSP 浓度降至 0.5mg/m^3 以下。为降低扬尘对环境的影响，应采取如下环保措施：回填料运输禁止超载，装载高度不得超过车厢板，并盖篷布，严禁沿途洒落，出入口冲洗轮胎，严禁轮胎带泥上路。为抑制尘土飞扬和降尘，旱季时可利用洒水车对堆积表面进行喷洒，以保护环境。

通过洒水降尘、密闭运输、篷布遮盖等措施，可有效减少扬尘的影响范围，其影响范围可控制在项目施工区域内。

采取上述措施后，场界颗粒物浓度可达《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 无组织排放限值要求，即：颗粒物浓度≤1.0mg/m^3。

（2）运输车辆、施工机械尾气

施工中运输车辆及施工机械运行产生的废气均是动力燃料柴油和汽油燃烧后所产生，主要成份是烃类、CO 和 NOx，属间歇性无组织排放，各类污染物产生量有限，量不大，且随着施工期的结束而消失。进出施工场地的车辆应尽量减速行驶，定期对车辆保养，防止带病作业，以减少汽车尾气对周围大气环境

的污染。

项目废气排放情况见下表。

表 4.5-1　施工期无组织粉尘排放量

产污位置	无组织颗粒物					排放标准	
	产生量 t	处理措施	处理效率	排放量 t	去向	标准名称	浓度限值
地表扰动	29.57	洒水降尘、喷雾降尘	74%	7.69	大气环境	《大气污染物综合排放标准》	颗粒物：1.0mg/m^3
运输扬尘	85.96			22.35			
装卸	107.69			28.00			
合计	223.22	/	/	58.04	/	/	/

4.6 声环境影响

（1）主要噪声源强

项目施工期间噪声主要是施工现场的各类机械设备噪声、施工作业噪声以及物料运输造成的交通噪声。不同的施工阶段会使用不同的机械设备，所以施工现场会产生强度较高、无规则、不连续的施工噪声。其强度与施工机械的类型、功率、工作状态等因素都有关。

经查阅相关资料可知，施工阶段主要噪声源及其声级值见表 4.6-1。

表 4.6-1　主要施工设备源强

主要噪声源	1m 处噪声源强 dB（A）
挖掘机	85~90
推土机	85~90
重型运输车辆	86
洒水车	75
雾炮	75
水泵	80

（2）声环境影响预测与评价

①预测模式：

设备噪声预测：施工期噪声主要是来自施工车辆和施工机械作业，施工期间主要噪声及振动来源于挖掘机、推土机、搅拌机、洒水车、雾炮及水泵等设备。

考虑到作业机械的种类、台数、具体分布情况随着建设内容变化而变化，因此只能在假设的典型情况进行，即所有施工设备噪声源均看作固定点声源。

采用点源衰减模式，预测声源至受声点的几何发散衰减，不考虑声屏障、空气吸收的衰减。预测公式如下：

$$L_r = L_{r0} - 20\lg(r/r_0)$$

式中：L_r--声源 r 处的 A 声压级，dB(A)；

L_{r0}--距声源 ro 处的 A 声压级，dB(A)；

r 一预测点与声源的距离，m；

r_0 一监测设备噪声时的距离，m。

根据上述预测模型，施工阶段所涉及设备同时运用，根据上述预测模型，项目施工工段厂界噪声预测值如表 4.6-2 所示。

表 4.6-2　主要施工机械噪声贡献值预测结果　　单位：dB（A）

噪声源	源强	施工场界不同距离处噪声贡献值					
		10m	30m	50m	70m	100m	200m
挖掘机	90	70.0	60.5	56.0	53.1	50.0	44.0
推土机	90	70.0	60.5	56.0	53.1	50.0	44.0
重型运输车辆	86	66.0	56.5	52.0	49.1	46.0	40.0
洒水车	75	55.0	45.5	41.0	38.1	35.0	29.0
雾炮	75	55.0	45.5	41.0	38.1	35.0	29.0
水泵	80	60.0	50.5	46.0	43.1	40.0	34.0
噪声贡献值		74.1	64.5	60.1	57.2	54.1	48.1

项目施工期单体设备声源最大声级为 90dB(A)，由表 4.6-2 中可以看出，项目施工过程中各阶段施工噪声昼间在场界 10m 以外排放值可以达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）排放限值要求，夜间在场界 90m 以外排放值可以达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）排放限值要求。项目周边 200m 无声环境保护目标，施工噪声对环境影响很小。

项目运输道路利用现有乡村道路及矿区道路，为避免车辆运输噪声对沿途村民点的影响，要求运输车辆经过村民点时减速慢行，同时加强对途经村庄道路维护；在经过沿线村庄时，应减缓车速、禁止鸣笛；合理安排运输时间；路过村庄点，应避开在 12:00~14:00，夜间 22:00~次日 6:00，减少车辆运输产生的

噪声对于周边环境的影响。经采取以上措施后，项目运输噪声对沿途村庄的影响是可以接受的。

（3）噪声控制措施

为减轻施工期对周围环境影响，项目施工期需注意采取以下措施：

①在符合施工需要的前提下，尽可能选取噪声低、振动小、能耗小的先进设备。加强对施工机械的维护保养，避免由于设备性能差而使机械噪声增大的现象发生，避免偶发噪声发生；

②加快施工进度，合理安排施工时间；

③加强对施工人员的环境宣传和教育，使他们认真落实各项降噪措施，做到文明施工；

④运输施工物资应注意合理安排施工物料运输时间。

⑤运输车辆禁止夜间 22:00~次日 06:00 时间段通过乡村路段，避免对周边村庄造成影响。

⑥加强对施工场地的噪声管理，文明施工，做好区内交通组织，施工场地车辆出入现场时应低速、禁鸣，设立专人负责。

通过采取上述措施，将项目施工期施工机械噪声对周围环境的影响降至最低，施工场界噪声符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），即：昼间≤70dB，夜间≤55dB。随着项目施工结束，施工噪声污染将随之消失，在严格执行上述措施的前提下，项目施工噪声对周边环境产生的影响是可以接受的。

4.7 固体废物影响

项目施工期固体废物主要为土石方、施工人员生活垃圾、沉淀池及淋滤水收集池沉渣、废弃包装材料，项目现场不设机修，无机修废物产生。

（1）土石方

项目场地清理整治开挖 21.66 万 m^3；回填 967.714 万 m^3，其中基础处理回填 46.8 万 m^3、场地平整回填 21.6579 万 m^3、垫层回填 20.3972 万 m^3、磷石膏基生态修复材料回填 825.6 万 m^3、基质土覆土 53.2589 万 m^3，无永久弃渣产生。

表 4.7-1　土石方平衡表

分区		回填治理区		其它修复区	合计
开挖	基础开挖	/		/	0
	场地平整	21.6579		/	21.6579
	小计	21.6579		/	21.6579
回填	基础处理	46.8		/	46.8
	场地平整	21.6579		/	21.6579
	垫层回填	20.3972		/	20.3972
	磷石膏基生态修复材料	825.6		/	825.6
	土壤重构	35.4118		17.8471	53.2589
	小计	949.8669		17.8471	967.714
调入	数量	/		/	0
	来源	/		/	0
调出	数量	/		/	0
	去向	/		/	0
外借	数量	102.609	825.6	17.8471	946.0561
	来源	外购	云天化	外购	/
弃方	数量	/		/	0
	去向	/		/	0

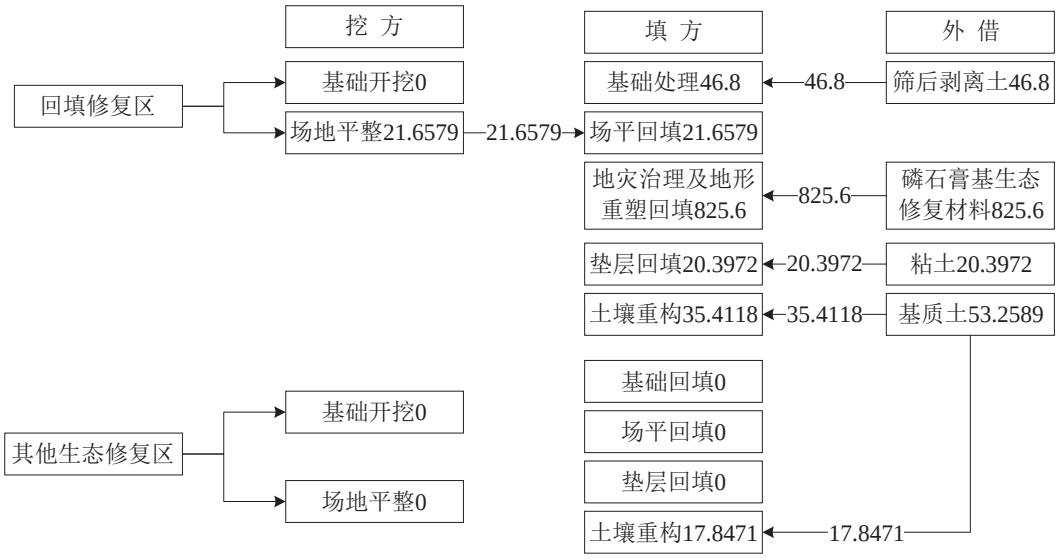


图 4.7-1　土石方平衡图　　**单位：万 m^3**

（2）生活垃圾

项目施工人员均为当地人，施工期平均人员约 30 人，不在施工现场食宿，施工人员生活垃圾产生量以每人每天 0.5kg 计，施工人员产生的生活垃圾约 15kg/d。施工期施工人员生活垃圾经集中收集后清运至附近村庄垃圾收集点，交

由环卫部门清运。

根据类比，施工人员粪便产生量按 0.25kg/人天计算，产生粪便量共计 7.5kg/d，项目区新建临时旱厕 1 个，旱厕委托环卫部门定期清掏，施工结束后进行消毒回填。

（3）沉淀池及淋滤水收集池沉渣

沉淀池及淋滤水收集池的沉渣，定期进行清理，清理出来的沉渣约 3t/a，装袋沥水晾干后用于地形重塑施工。

（4）废弃包装料

项目废弃包装料主要来自于防渗膜及绿化植被的包装材料，产生量约为 0.1t/a，经收集后能回收利用的回收利用，不能回收的统一收集后与生活垃圾一同处置。

4.8 土壤影响分析

4.8.1 土壤影响途径

项目为矿山生态修复，对土壤主要影响表现为：

（1）施工期淋滤水发生泄漏，淋滤水中 pH、氟化物将会对土壤造成影响，尤其是当回填料不符合回填要求时，淋滤水中氟化物对土壤造成影响。

（2）覆土（基质土）对区域土壤的影响。土壤类别与区域的差异造成当地原有土壤理化特性的变化。

4.8.2 土壤环境影响预测与评价

项目回填区磷石膏基生态修复材料需经检测符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》

（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间。回填区设置了淋滤水及地下水导排系统，及时对回填区淋滤水及地下水进行导排，减少了雨季对回填体的冲刷及浸泡，减少了淋滤水泄漏的风险；同时项目淋滤水经收集后排入下游淋滤水收集池后回用，不外排。淋滤水收集池进行防渗处理，饱和渗透系数不应大于 1.0×10^{-7}cm/s，淋滤水收集池采用 C30 混凝土建设，对中转场铺设两布一膜防渗层。定期对淋滤水进行监测；项目为矿山生态修复，耕植土采用外购基质土，基质土满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018），修复完成后开展土壤跟踪监测，每 1 年开展一次土壤环境质量跟踪监测，连续 3 年。

施工方案设置施工质量保证和施工质量控制内容，明确环保条款和责任，施工完毕后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告，提供人工防渗衬层完整性检测报告。

综上，在采取以上措施后，项目淋滤水泄露的几率很低，同时淋滤水中氟化物含量极低，对土壤的影响不大。项目实施后，林草植被覆盖率的增加，能改善土壤物理、化学性状，提高土壤肥力，项目实施对该区域土壤结构改善有积极意义。

4.9 环境风险分析

环境风险是指突发性事故对环境（或健康）的危害程度。环境风险评价目的是分析和预测建设项目存在的潜在危险、有害因素，建设项目施工和运行期间可能发生的突发性事件或事故引起有毒有害、易燃易炸等物质泄漏，或突发事件产生新的有毒有害物质，所造成的对人身安全与环境影响和损害程度，提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使项目事故率、损失和环境影响达到可接受水平。

4.9.1 环境风险源调查

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）中 7.1 条的规定，风险调查重点关注内容包括物质风险、生产系统风险和危险物质向环境转移的

途径。

物质风险：主要原辅材料、燃料、中间产品、副产品、最终产品、污染物、火灾和爆炸伴生/次生物等。

生产系统风险：包括主要生产装置、储运设施、公用工程和辅助生产设施以及环保设施等。

危险物质向环境转移的途径风险：包括分析危险物质特性及可能的环境风险类型，识别危险物质影响环境的途径，分析可能影响的环境敏感目标。

根据调查，项目不涉及《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 B 所列风险物质。

项目环境风险主要表现为以下几方面：

（1）项目施工期回填修复区及中转场雨天产生淋滤水，因此项目施工期可能由于工程质量问题或回填过程中操作不当造成回填修复区及中转场底层防渗层破损事故，对周边的地表水、地下水、土壤环境产生影响。

（2）项目回填体雨天冲刷会导致滑坡、垮塌，因此项目可能由于工程质量问题或回填过程中操作不当造成滑坡、垮塌，对周边的环境产生风险，回填体发生滑坡，从而影响下游生态。

4.9.2 环境敏感目标调查

根据调查，项目不涉及居民区、饮用水源保护区、风景名胜区、自然保护区等环境敏感目标。

4.9.3 风险概率

项目回填物料回填结束后加盖 HDPE 膜，阻断淋滤水产生，回填料自身含水率已较低，即便在回填一段时间后含水率也较低。项目存在的风险具有不确定性和随机性，发生的原因也不一致。通过查阅相关资料。结合国内一些对回填渗水泄露概率的统计。确定回填区淋滤水泄漏发生概率为 1×10^{-5} 次/年。综合分析，该回填重塑体不属于重大危险源。

4.9.4 环境风险分析

（1）淋滤水泄漏风险

若回填区淋滤水防渗措施不完善，一旦出现泄露，泄露污水渗透进入地下水，就会造成地下水影响。根据地下水环境影响预测，当淋滤水发生泄漏，对地下水会产生一定的影响。项目通过坑底基础处理，采取对磷石膏生态修复材料入场合格控制，要求施工过程中严格采取底部、内边坡、顶部防渗措施，阻断雨季对回填体冲刷；严格按照堆填设计方案进行施工，对回填体进行反复压实，压实度达到外坡前 100m 范围内压实度≥92%，场内压实度≥85%，使其形成一个相对隔水层。另外施工设置环境监理，确保防渗施工满足要求，防渗膜铺设前后设置保护层，保证其有效性及使用寿命；设置回填区地下水导排系统，对回填区形成的地下水及时进行导排，避免对回填体造成影响等措施后，淋滤水泄漏情况极小。同时，项目设置了监控井及时进行地下水监控，在发生泄漏情况或水质异常情况下立即启动应急方案，对下游污染监控井进行抽水，水质经处理达标后回到高位水池用于农田用水。通过采取以上措施，可有效防止淋滤水泄漏而影响地下水、地表水以及土壤环境。

根据《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境风险评估报告》：

敏感人群风险评估结论：项目采用磷石膏生态修复材料进行生态修复后，总致癌风险为 4.86E-10＜10^{-6}，危害指数为 7.77E-06＜1，说明场地土壤中重金属砷含量为可接受风险。在对矿坑进行回填处理过程中，进行相应的地表清理、基础处理与防渗处理，回填采用的磷石膏生态修复材料满足建设用地土壤环境质量标准，回填结束后进行顶部防渗隔离，覆土采用合格土壤，不具污染风险，且覆土后恢复为乔木、灌木林地、其他草地及旱地，阻断了氟化物向地下水的渗透途径，因此风险可接受。在磷石膏基生态修复材料回填过程中产生淋滤水，设置收集池对其进行收集，假设发生泄露，全部进入地下水流中，氟化物浓度会因为土壤吸附和稀释作用进一步降低，且附近地表水无饮用功能，因此对人体没有相应的危害途径。项目地块在经过生态修复成后，土壤中的关注污染物

砷对于暴露人群的致癌、非致癌风险均未超过可接受水平，人群基本不会因经口摄入土壤、皮肤接触土壤和吸入土壤颗粒物而导致风险。通过地表清理与防渗处理等措施隔断了污染物向地下水的传播途径，有效避免地下水污染，使人群通过饮用地下水途径造成的健康风险处于可接受水平。

地下水环境风险评估结论：项目施工期回填作业过程中，因雨水冲刷回填区会产生一定量淋滤水，主要来源于中转场和回填修复区。为解决淋滤水对地下水污染风险，施工过程中从源头对物料进行防控，在作业场地设置检验点，做到“严禁回填固废”进入场地；场地周边修建截排水沟，防止周边雨水汇入中转场和回填修复区，降低淋滤水产生量；场地采用筛选剥离土进行人工基底处理形成人工回填层，处理后基地渗透系数小于 1.0×10^{-5}cm/s。回填区底部铺设两布一膜防渗层，并对充填料进行反复压实处理，有效阻断生态修复作业过程中降雨形成淋滤水下渗；在拦挡坝坝脚设置容积 3700m^3 的淋滤水收集池（收集量 5 天），钢砼并做防渗处理，饱和渗透系数≤1.0×10^{-7}cm/s，淋滤水沉淀后回用于回填修复区洒水降尘，不外排，且定期有人巡视。采取以上措施后，生态修复充填作业淋滤水对地下水影响较小，对地下水污染风险可控。非正常情况下淋滤水排放，优先穿透堆体，堆体下设置防渗膜，膜下有地下水导排管，极少部分淋滤水穿过堆体、压实粘土层及基础层进入地下水，堆体厚度 85m，渗透系数≤1.13×10^{-6}cm/s，膜下有 0.75m 压实粘土，压实粘土下有 5m 基础层，基础层渗透系数≤1.0×10^{-5}cm/s，粘土层渗透系数≤1.0×10^{-7}cm/s，若防渗膜发生破损，淋滤水需 238 年方可穿透堆体，24 年方可穿透粘土层，1.5 年方可穿透基础层，该项目仅实施 2.5 年。项目实施完成后，顶部进行防渗膜覆盖，加盖 1m 厚基质土层对防渗膜进行保护，阻断淋滤水产生，运营期没有淋滤水。即便防渗膜发生破损，淋滤水需要很长时间穿透粘土层、基础层进入地下水，淋滤水经粘土层、基础层的吸附过滤后对地下水的影响很小。但为了避免非正常情况发生，要求建设单位施工期间认真落实各项防渗措施，严格按照设计及相关规范建设，并定期巡检淋滤水收集池及拦挡设施，避免淋滤水长时间下渗进入地下水环境，同时定期对下游污染监控井开展水质监测，发现水质异常及时上报，采取应急措施进行处置。

土壤环境风险评估结论：项目回填区设置了淋滤水及地下水导排系统，及时对回填区淋滤水及地下水进行导排，减少雨季对回填体的冲刷及浸泡，减少淋滤水泄漏的风险；同时项目淋滤水经收集后排入下游淋滤水收集池后回用，不外排。项目为矿山生态修复，耕植土采用外购基质土，基质土满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018），修复完成后开展土壤跟踪监测，每 3 年开展一次土壤环境质量跟踪监测。项目在采取以上措施后，项目淋滤水泄露的几率很低，同时淋滤水中氟化物含量极低，对土壤的影响不大。

地表水环境风险评估结论：项目回填修复区外部建设截排水沟，防止外围雨水进入回填修复区，减少淋滤水产生量，且项目回填修复结束后，顶部进行防渗膜覆盖，加盖 1m 厚基质土图层，阻断了淋滤水产生，因此项目实施不会对地表水产生影响。

（2）回填体坍塌

生态恢复回填区如施工管理不当，突遇暴雨情况下存在回填体滑坡、垮塌的可能性，对下游林地和土壤造成一定的环境风险。

要求项目拦挡设施、场内运输、防排洪系统、辅助设施单元严格按照国家有关法律、法规、规章、标准和规范进行设计及建设。

①影响范围确定

拦挡设施高度为 20.0m，按照滑坡距离约为拦挡设施高度的 20 倍计算，则回填体的滑坡距离约为 400m，修复区域下方 400m 范围内是耕地，如果发生滑坡，会把耕地覆盖，造成经济损失。

②影响分析

下游影响范围内均无村庄分布。下游主要分布有林地、耕地，回填体一旦发生垮塌滑坡，下游植被将被完全破坏，对下游生态环境影响较大，对农田生态环境造成较大影响，造成经济损失。

回填料拦挡设施垮塌后，大量土石方下泄至下游，可能使下游土壤性质发生改变，造成土壤污染，受污染区域内的土地难以在短时间内恢复，带来经济损失。通过调查，项目拦挡设施下游主要有耕地，因此发生下泄对下游耕地和

土壤造成不良影响。

综上分析，项目拦挡垮塌后会造成下方耕地和林地环境严重破坏，故应严格按照施工设计要求完成建设，施工过程中切实落实好施工监理，同时加强管理。对拦挡设施、截排水沟定期巡检，发现问题及时处理，降低环境风险。积极采取相应措施，降低生态修复回填料环境风险事故的发生概率。认真执行评价所提出的各项综合风险防范措施后，可将事故发生的几率降至最低，对工程风险事故的环境影响控制在可接受范围内。

4.9.5 环境风险防范措施

（1）物料源头防控

①磷石膏基生态修复材料需经检测符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间，方可回填；

②建设单位设专人管理回填料制造过程，根据《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）要求，每一批次回填物料均需检验，即每 3 万 t 为 1 个批次，开始 5 个批次，每次取样 5 个，水平振荡法测全指标；5 批次之后，每个批次水平振荡法测 pH、氟化物、磷酸盐 3 个指标。经检验合格后方可运入回填区回填，并保留监测记录；

③从源头起进行严格控制，加大监督力度，生态修复作业点必须设置检验点，做到“严禁回填固废”进入回填修复区。

（2）防渗措施

①根据水文地质勘查报告，回填区稳定水位 5-50m，上游地下水埋深较深，下游地下水埋深较浅，坑底为硅质白云岩，透水性中等，包气带防污性能中等，

考虑到回填安全性，基础处理采用筛选后剥离土进行回填压实，提高地下水埋深及包气带防污性能，人工回填层厚度 5m。

②堆填区场地先进行底部整平压实、基础处理、边坡清理分台平整，然后清除尖锐石块和碎屑杂物，铺设一层 75cm 厚压实黏土垫层后铺设两布一膜防渗层。

③边坡坡度较缓：其防渗结构为先在整平的边坡上铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅后再铺设两布一膜防渗层。

④较陡的岩质边坡：防渗结构为先对岩质高陡边坡进行挂网喷护，每 10m 高差埋设防渗锚固预埋件，然后铺设两布一膜防渗层。

⑤拦挡设施设计为碾压土石坝，为有效保护防渗层的安全，拦挡坝内坡面碾压平整压实好后铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅，再铺设两布一膜防渗层，并与场底防渗膜相连。

⑥顶部及坡面先后 1.5mm 的 HDPE 防渗土工膜+土工布联合防渗层，并与周防渗膜相连。

⑦防渗漏监控：按照 II 类场要求，设置防渗漏监控系统，监控防渗衬层的完整性。

⑧顶部防渗层铺设完成后，铺设 100cm 基质土层后进行植被种植。

（3）防渗材料性能要求

HDPE 土工膜性能要求：土工膜幅宽应≥7m，极限厚度偏差应控制在±10%之内；土工膜产品颜色要求为黑色，采用高密度聚乙烯膜，厚度不小于 1.5mm，并满足 GB/T17643 规定的技术指标要求。

土工布性能要求：土工布原材料采用抗氧化性和紫外线强的无纺土工布；土工布外观质量需逐卷进行检验和评定，每卷土工布不得出现孔洞和破损；外观疵点不得出现重缺陷，轻缺陷每 200m^2 不超过 5 个。

（4）施工管理

①工程施工时严格按照工程设计要求进行，确保土工布、防渗膜、土工布防渗层的施工质量，保证回填淋滤水不泄漏；

②施工方案包括施工质量保证和施工质量控制内容，明确环保条款和责任，

施工完毕后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告，提供人工防渗衬层完整性检测报告；

③专人现场负责检验、一旦发生破损，及时更换；

④委托有资质的监理单位，开展回填、生态恢复等工程的环境监理工作，对防渗工程的施工方式、施工顺序、材料性质等内容开展施工监理，并将其反应在监理月报中，对防渗工程质量加以控制和监理，加强施工及运营过程中对防渗层的保护，防止回填施工破坏防渗层。

⑤磷石膏基生态修复材料堆排时进行压实，施工严格按照《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复治理变更方案》和堆填方案进行施工，落实好施工监理，确保回填堆体稳定、安全，规范施工，磷石膏基生态修复材料堆排时，外坡前 100m 范围内压实度≥92%，场内压实度≥85%。项目最终堆排高度为85m。参考《某磷石膏尾矿库堆积坝渗透稳定性分析》（工程地质学报，1004-9665/2016/24（4）-0661-07，褚学伟，许模，王中美），磷石膏随着堆积深度加深，渗透系数减小，堆存厚度 75m 时，渗透系数 1.13×10^{-6}cm/s。项目堆排厚度85m，渗透系数＜1.13×10^{-6}cm/s，地形重塑体形成一个相对隔水层，若防渗膜发生破损，淋滤水需 238 年方可穿透堆体，24 年方可穿透粘土层，1.5 年方可穿透基础层，项目建设对地下水影响很小。

（5）淋滤水导排

①回填修复区外部修建截排水沟，有效降低雨季施工期间雨水汇入回填修复区雨水，降低由于降雨形成的淋滤水水量；

②修复区在底部防渗层上设置建设淋滤水导排沟，将回填区淋滤水导出场外至收集池收集；

③设置 1 座淋滤水收集池，收集池渗透系数≤1.0×10^{-7}cm/s，收集池位于拦挡设施下游，淋滤水收集池定期巡检，发现破损及时修补。

（6）地下水导排

沿场底在防渗土工膜下设置集水盲沟收集场底的地下渗水并排向下游收集池。并对导排地下水进行监测。

（7）末端监管

①末端监管主要采取设置地下水监控井，建立回填修复区地下水环境监控体系，包括建立地下水污染监控制度和环境管理体系，制定监测计划。

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016），并结合项目实际水文地质调查情况，项目区设置污染监控井 5 座，其中上游 1 座，东侧 1 座，西侧 1 座，下游 2 座，对下游监控井水质持续跟踪监测。同时利用回填修复区防渗膜底部地下水导排管进行膜下排水监控，防渗膜底部地下水导排管有水排出时定期对导排管水质进行监测。

②排洪构筑物安全监测

排洪构筑物在汛期前应进行一次安全大检查，检查构筑物有无变形、位移、损毁、淤堵等情况，汛期应每天观察排水能力，发现异常，立即排除。

③回填平台安全监测

回填安全监测内容包括：拦挡设施坝体轮廓尺寸、变形、裂缝、滑坡和渗漏、坝面保护监测等。平台位移监测可采用视准线法和前方交汇法。

（8）应急措施

在监控井水质异常情况下，须立即采取应急措施，启动应急方案，对下游污染监控井进行抽水，水质经处理达标后回到农灌高位水池用于农田用水。

（9）编制应急预案并演练

严格按照相关要求编制突发环境事件应急预案并组织演练。

综上所述，由于该项目发生风险事故的概率较小，故只要加强管理，建立健全相应的防范应急措施，在管理及运行中认真落实拟采取的安全措施及评价所提出的安全设施和安全对策后，上述环境风险事故隐患可降至最低。

4.9.6 分析结论

该项目发生风险事故的概率较小，建设单位应该认真按照设计方案进行施工建设，并认真委托专业单位开展施工监理工作，生态修复回填作业过程中定期对回填完毕台阶和截排水沟进行巡检，根据应急预案做好各项风险防范措施，

完善管理制度，项目环境风险可接受。

表 4.9-1　建设项目环境风险简单分析内容表

建设项目名称	昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目				
建设地点	云南省	昆明市	西山区	海口街道	双哨曹家沟
地理坐标	经度	102°28′28.599″	纬度	24°48′20.866″	
主要危险物质及分布	该项目环境风险为回填区及淋滤水收集池发生渗漏，从而影响地下水。				
环境影响途径及危害后果（大气、地表水、地下水等）	因此项目施工期可能由于工程质量问题或回填过程中操作不当造成回填修复区底层防渗层破损事故，对周边的地下水环境产生污染风险。				
风险防范措施要求	（1）物料源头防控 ①磷石膏基生态修复材料需经检测符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间，方可回填； ②建设单位设专人管理回填料制造过程，根据《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）要求，每一批次回填物料均需检验，经检验合格后方可运入回填区回填，并保留监测记录； ③从源头起进行严格控制，加大监督力度，生态修复作业点必须设置检验点，做到“严禁回填固废”进入回填修复区。 （2）防渗措施 ①坑底底部进行基础处理，基础处理采用筛选后剥离土进行回填压实，提高地下水埋深及包气带防污性能，人工回填层厚度 5m。 ②堆填区底部铺设一层 75cm 厚压实黏土垫层后铺设两布一膜防渗层。 ③边坡坡度较缓：其防渗结构为先在整平的边坡上铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅后再铺设两布一膜防渗层。 ④较陡的岩质边坡：防渗结构为先对岩质高陡边坡进行挂网喷护，每 10m 高差埋设防渗锚固预埋件，然后铺设两布一膜防渗层。 ⑤拦挡设施设计为碾压土石坝，为有效保护防渗层的安全，拦挡坝内坡面碾压平整压实好后铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅，再铺设两布一膜防渗层，并与场底防渗膜相连。 ⑥顶部及坡面先后 1.5mm 的 HDPE 防渗土工膜+土工布联合防渗层，并与周防渗膜相连。 ⑦防渗漏监控：按照 II 类场要求，设置防渗漏监控系统，监控防渗衬				

层的完整性。
⑧顶部防渗层铺设完成后，铺设 100cm 基质土层后进行植被种植。
（3）防渗材料性能要求
HDPE 土工膜性能要求：土工膜幅宽应≥7m，极限厚度偏差应控制在±10%之内；土工膜产品颜色要求为黑色，采用高密度聚乙烯膜，厚度不小于 1.5mm，并满足 GB/T17643 规定的技术指标要求。
土工布性能要求：土工布原材料采用抗氧化性和紫外线强的无纺土工布；土工布外观质量需逐卷进行检验和评定，每卷土工布不得出现孔洞和破损；外观疵点不得出现重缺陷，轻缺陷每 200m^2 不超过 5 个。
（4）施工管理
①工程施工时严格按照工程设计要求进行，确保土工布、防渗膜、土工布防渗层的施工质量，保证回填淋滤水不泄漏；
②施工方案包括施工质量保证和施工质量控制内容，明确环保条款和责任，施工完毕后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告，提供人工防渗衬层完整性检测报告；
③专人现场负责检验、一旦发生破损，及时更换；
④委托有资质的监理单位，开展回填、生态恢复等工程的环境监理工作，对防渗工程的施工方式、施工顺序、材料性质等内容开展施工监理，并将其反应在监理月报中，对防渗工程质量加以控制和监理，加强施工及运营过程中对防渗层的保护，防止回填施工破坏防渗层。
⑤磷石膏基生态修复材料堆排时进行压实，项目堆排厚度 85m，渗透系数＜1.13×10^{-6}cm/s，地形重塑体形成一个相对隔水层，淋滤水穿透堆体、粘土层、基础层需要 262.5 年。
（5）淋滤水导排
①回填修复区外部修建截排水沟，有效降低雨季施工期间雨水汇入回填修复区雨水，降低由于降雨形成的淋滤水水量；
②修复区在底部防渗层上设置建设淋滤水导排沟，将回填区淋滤水导出场外至收集池收集；
③设置 1 座三级淋滤水收集池，总容积 3700m^3，收集池渗透系数≤1.0×10^{-7}cm/s，收集池位于拦挡设施下游，淋滤水收集池定期巡检，发现破损及时修补。
（6）地下水导排
沿场底在防渗土工膜下设置集水盲沟收集场底的地下渗水并排向下游收集池。并对导排地下水进行监测。
（7）末端监管
①末端监管主要采取设置地下水监控井，建立回填修复区地下水环境监控体系，包括建立地下水污染监控制度和环境管理体系，制定监测计划。
根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016），并结合项目实际水文地质调查情况，项目区设置污染监控井 5 座，其中上游 1 座，东侧 1 座，西侧 1 座，下游 2 座，对下游监控井水质持续跟踪监测。同时利用回填修复区防渗膜底部地下水导排管进行膜下排水监控，

		防渗膜底部地下水导排管有水排出时定期对导排管水质进行监测。 ②排洪构筑物安全监测 排洪构筑物在汛期前应进行一次安全大检查，检查构筑物有无变形、位移、损毁、淤堵等情况，汛期应每天观察排水能力，发现异常，立即排除。 ③回填平台安全监测 回填安全监测内容包括：拦挡设施坝体轮廓尺寸、变形、裂缝、滑坡和渗漏、坝面保护监测等。平台位移监测可采用视准线法和前方交汇法。 （8）应急措施 在监控井水质异常情况下，须立即采取应急措施，启动应急方案，对下游污染监控井进行抽水，水质经处理达标后回到农灌高位水池用于农田用水。 （9）编制应急预案并演练 严格按照相关要求编制突发环境事件应急预案并组织演练。
运营期生态环境影响分析		

4.10 运营期环境影响分析

项目运营期为所有区域土壤重构、植被重建工作结束后，主要工作内容为后期绿化的养护和补植等内容。通过采取相应的生态修复措施，矿山生态修复总面积 480503m^2。

（1）项目为矿山生态修复，运营期无废气、噪声、固废产生；回填区进行基础处理，底部、边坡、顶部均进行防渗，回填完成后覆土进行土壤重构，运营期回填体淋滤水产生量逐渐减少，若有淋滤水产生则运回到云南磷化集团海口磷业有限公司厂区回用于生产线。定期对淋滤水进行监测，记录水质情况，直到连续 2 年内没有淋滤水产生；设置 5 座地下水监跟踪监测井，生态修复完成后，监测频次至少每半年 1 次，直到地下水水质连续 2 年不超出地下水本底水平。运营期淋虑水对环境的污染可控。

（2）生态环境效益分析

①生态环境影响及生物多样性分析

项目实施后，通过矿坑清理、基础处理、回填治理及地形重塑、土壤重构、植被重建等各项措施的实施，第一使矿坑林草植被覆盖、恢复，能改善土壤物理、化学性状，提高土壤肥力、减少水土流失；第二消除矿坑地质灾害、安全、环保等各类隐患，改善生态环境；第三削弱矿坑扬尘对周边空气的影响、矿坑积水对附近地表水体及区域地下水环境的影响；第四增加项目区内动植物种类，

并且随着项目区植被的大面积恢复，使得项目区的生态功能得到提高，动、植物的生存环境得到改善，生物多样性得到丰富；第五改善项目区周边小气候，调节周边温度、湿度和风力，还能消减洪峰，增加常流水，净化空气，有效的改善因前期采矿活动对生态环境带来的负面影响，改变项目区景观。

并且项目使用磷石膏基生态修复材料回填，不仅减少了土石方的开挖、大量资金的投入、生态环境的破坏，而且在参考一般工业固废填埋场要求对矿坑进行防渗隔离，环境风险得到控制，同时使磷石膏得到有效利用。项目实施对区域生态环境提升有积极意义。

②生态环境效益分析

项目实施后，生态修复面积 480503m^2，可减少矿坑淋滤水对地表水、地下水体污染。通过本方案的实施，方案实施后将能有效改变原露天采场的地形地貌景观，使弃渣得到有效利用，同时恢复乔木林地 71848m^2，灌木林地 258496m^2，其他草地 30262m^2，旱地 113521m^2。林草植被覆盖率的增加，净化空气，有效的改善因采矿活动对生态环境带来到负面影响。

据相关资料表明，林木每生长 1 立方米蓄积量，大约可以吸收 1.83 吨二氧化碳，释放 1.62 吨氧气。旱冬瓜 10 年生人工林，每公顷蓄积量 149m^3/hm^2，20 年生时，蓄积量为 250～300m^3/hm^2。黑荆和旱冬瓜混交林蓄积量高于纯黑荆林或旱冬瓜林。根据《全国青少年绿化知道普及教育 300 问》，每公顷草坪每天吸收 CO_2 量约为 900kg，释放 O_2 约 650kg。

回填修复区仅以草地计，则工程实施后随着林木增长，项目区碳汇也逐年增长，10 年后，可吸收约二氧化碳 432.453t，释放氧气 312.327t。

综上，该项目具有生态正效益。

（3）生态修复区后期养护、管理措施

①后期应制定保护保养管理制度。包括平时浇水，排水、预防人畜危害、风害、病虫害防治、修剪中耕除草等工作内容及计划。

②定期查验：树木每月、灌木每旬查验一次，并应作查验记录。

③完工检验时发现不符规定者，应立即换植。查验时发现稍端枯萎，有严重病虫害、折害等应立即补植，发现枯死应换植。

④绿化工程养护灌溉措施

对恢复区内进行灌溉。根据一年植物生长规律及气候特点制定绿化管养全年养护计划。

⑤为方便灌木的养护，将按昆明的气候特点，把一年划分为旱季、雨季、秋冬季等三个季节；在不同季节对不同植物采取不同的管护措施。

⑥根据乔灌木的年龄、品种、生育期及草地的生长状况进行施肥。枝叶生长期以氮为主，磷钾肥为辅，开花结果期以磷钾肥为主，氮肥为辅。肥料切忌肥料裸露。施肥量为乔木 100g/株，保水剂 10g/株。草籽为直接抛洒，不进行施肥和使用保水剂。

⑦病虫害防治以预防为主，将根据不同病虫害的发生周期性，将根据病情及害虫类别，采取应对措施。

⑧科学合理使用农药，禁止使用国家明令禁止的剧毒农药，使用高效、低毒、低残留农药。在防治上要有科学的针对性，注意用时间和方法，抓住关键时间，对症下药。另外要给植物充分的时间吸收、分解农药，减少残留。防治同一种病虫害的多种类型农药要交替轮换使用，以减少病虫害的抗药性和耐药性。

⑨重视化学防治的同时应综合应用物理、机械、生物等多种方法进行防治，如：利用害虫趋光、趋波特性生产杀虫灯；利用害虫趋味特性制成糖醋液诱杀等等。

选址选线环境合理性分析

4.11 选址选线环境合理性分析

项目矿坑采用磷石膏基生态修复材料进行回填修复，该生态修复材料以磷石膏为原料通过添加改性剂制成，符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）

最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间。满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）充填及回填利用污染控制要求。

根据调查，项目用地范围不涉及生态保护红线、永久基本农田，不在城镇开发边界范围内；回填区不在集中式饮用水源保护区及汇水范围、活动断层、溶洞区、天然滑坡或泥石流影响区域。

回填矿坑前，需对每批次成回填物料进行检测，符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间。方可入场回填；回填区底部按Ⅱ类场技术要求采取防渗措施，回填完成后按照Ⅱ类场的封场结构进行建设，设置阻隔层、雨水导排层、覆盖土层；开展回填、生态恢复等工程的环境监理工作，防止回填施工破坏防渗层，同时对修复工程质量加以控制和监理。采取上述措施后，改性磷石膏回填矿坑对环境的污染可控，环境可行。

项目参考《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）选址分析见下表。

表 4.11-1　一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准要求

序号	GB18599-2020 选址要求	该项目环保措施	是否符合
4	贮存场和填埋场选址要求		
4.1	一般工业固体废物贮存场、填埋场的选址应符合环境保护法律法规及相关法定规划要求。	项目为废弃矿坑生态修复项目，拟修复选址不涉及环境敏感区，选址符合环境保护法律法规要求。	符合
4.2	贮存场、填埋场的位置与周围居民区的距离应依据环境影响评价文件及审批意见确定。	项目为生态修复项目，不属于贮存场、填埋场的位置，拟修复区域周边无居民区分	符合

		布。	
4.3	贮存场、填埋场不得选在生态保护红线区域、永久基本农田集中区域和其他需要特别保护的区域内。	项目为生态修复项目，根据西山区自然资源局关于《西山区桃树村委会磷矿、海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项新增建设用地土地利用总体规划的函》的回复意见，项目占地范围不占用生态保护红线、永久基本农田和其他需要特别保护的区域。	符合
4.4	贮存场、填埋场应避开活动断层、溶洞区、天然滑坡或泥石流影响区以及湿地等区域。	项目为生态修复项目，不属于贮存场，填埋场，根据项目工程地质勘察报告，修复范围无活动断层、溶洞区及湿地，项目生态修复对现有人工扰动形成滑坡进行治理。	符合
4.5	贮存场、填埋场不得选在江河、湖泊、运河、渠道、水库最高水位线以下的滩地和岸坡，以及国家和地方长远规划中的水库等人工蓄水设施的淹没区和保护区之内。	项目生态修复范围不属于国家和地方长远规划中的水库等人工蓄水设施的淹没区和保护区之内。	符合
8	充填及回填利用污染控制要求		
8.2	第 II 类一般工业固体废物以及不符合 8.1 条回填或回填途径的第 I 类一般工业固体废物，其回填或回填活动前应开展环境本底调查，并按照 HJ25.3 等相关标准进行环境风险评估，重点评估对地下水、地表水及周边土壤的环境污染风险，确保环境风险可以接受。回填或回填活动结束后，应根据风险评估结果对可能受到影响的土壤、地表水及地下水开展长期监测，监测频次至少每年 1 次。	项目回填料主要为土石方、筛选后剥离土、粘土、基质土及磷石膏生态修复材料，经检测，回填材料符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）	符合

		最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间。项目已按照要求“开展了环境本底值调查”“环境风险评估”等工作，根据评估结论，项目对地下水、地表水环境风险可接受。本次评价要求对项目下游地下水水质进行监控；同时，对淋滤水收集池水质、回填区地下水导排水质进行监测，及时了解回填区情况；并开展土壤跟踪监测。	
8.3	不应在回填物料中掺加除回填作业所需要的添加剂之外的其他固体废物。	项目回填物为筛选后剥离土、粘土、基质土、场地清理及边坡整治产生的土石方、磷石膏基生态修复回填材料，不掺杂其他固体废物，修复作业过程中严禁回填其他固体废物。	符合
8.4	一般工业固体废物回填作业结束后应立即实施土地复垦（回填地下的除外），土地复垦应符合本标准 9.9 条的规定。	项目已制定生态修复方案，在回填结束后立即进行覆土绿化，种植植物，并按照 9.9 条对覆土、土地复垦提出了要求。	符合
8.5	食品制造业、纺织服装和服饰业、造纸和纸制品业、农副食品加工业等为日常生活提供服务的活动中产生的与生活垃圾性质相近的一般工业固体废物以及其他有机物含量超过 5%的一般工业固体废物（煤矸石除外）不得进行回填、回填作业。	项目回填料为基质土、粘土、筛选后剥离土、场地清理及边坡整治产生的土石方、磷石膏基生态修复材料，回填料不涉及食品制造业、纺织服装和服饰业、造纸和纸制品业、农副食品加工业等产生的废物。	符合
10	污染物监测要求		
10.1	淋滤水及其处理后排放废水污染物的监测频次，应根据废物特性、覆盖层和降水等条件加以确定，至少每月 1 次。废水污染物的监测分析方法按照 GB8978 的规定执行。	项目已制定监测计划，对淋滤水水质进行检测，监测频次 1 次/月。监测分析方法按照《污水综合排放标准》（GB8978-1996）的规定执行。	符合
10.3	在地下水流场上游应布置 1 个监测井，	此次评价共设置了地下水监	符合

	在下游至少应布置 1 个监测井，在可能出现污染扩散区域至少应布置 1 个监测井。设置有地下水导排系统的，应在地下水主管出口处至少布置 1 个监测井，用以监测地下水导排系统排水的水质；当地下水含水层埋藏较深或地下水监测井较难布设的基岩山区，经环境影响评价确认地下水不会受到污染时，可减少地下水监测井的数量； 地下水监测系统应继续正常运行，监测频次至少每半年 1 次，直到地下水水质连续 2 年不超出地下水本底水平。	测井 5 座，其中上游 1 座，下游 2 座，西侧 1 座，东侧 1 座。另外要求对回填区地下水导排口设置监测点，对该水质进行监测。地下水监测频次为每季度一次。直到地下水水质连续 2 年不超出地下水本底水平。	

综上，项目建设环境可行，项目回填区选址合理。

五、主要生态环境保护措施

施工期生态环境保护措施

5.1 生态环境保护措施

（1）施工期间严格控制施工占地，严禁越界施工等措施控制对周边植被造成破坏；

（2）施工过程中须严格控制施工作业面，采取水土保持措施，可有效改善开采区的水土流失问题；

（3）合理布局施工总图，分片区施工；

（4）施工期间要求文明施工，严禁非法猎捕鸟类、兽类等野生动物；

（5）回填结束后，进行覆土，栽种植被。

（6）供水保障：项目区西侧、东侧各建设一个高位水池，西侧容积 1000m^3，东侧容积 1000m^3，用于收集回填修复区以外的雨水用于项目区洒水降尘及植被养护。拦挡设施下游设置总容积 3700m^3 的三级淋滤水收集池一座，用于收集施工期回填修复区、中转场降雨形成的淋滤水，淋滤水收集池后回用于回填修复区洒水降尘。

项目生态修复恢复为乔木林地、灌木林地、其他草地、旱地及其他用地，符合用地规划，项目林地景观与周边土地利用类型相近，与周边生态系统协调性较好。施工期间在采取一定的水土保持措施，施工管理措施后，施工期对生态环境影响不大。

5.2 地表水环境保护措施

项目施工期废水主要为中转场及回填修复区淋滤水、施工废水、施工人员生活污水。

（1）中转场及回填修复区淋滤水

在回填修复区拦挡设施下游设置淋滤水收集池。淋滤水收集池采用 C30 混凝土建设。定期检查发现开裂及时修复，淋滤水收集池配套回用水泵，淋滤水及时抽排回用于回填区洒水降尘。

项目施工期平均日均淋滤水产生量为 740.87m^3，日均最大淋滤水产生量

2237.36m^3。根据生态修复区实际地形条件，考虑连续平均日均下雨 5 天计，在回填修复区拦挡设施下游设置 3700m^3 的淋滤水收集池（淋滤水收集池设置为三级收集沉淀池），可满足日均最大降雨情况下 1.4 倍的收集量。正常情况下可以保证淋滤水不外排。

（2）施工废水

项目施工废水主要为车辆冲洗废水。项目施工废水产生量约为 1.5m^3/d，废水主要为 SS。根据类比调查，施工生产废水中 SS 浓度为 3000mg/L，废水经收集沉淀处理后回用于车辆冲洗，不外排。

（3）生活污水

项目施工期生活污水主要为施工人员施工区内洗手废水，生活污水产生量约 1.28m^3/d，经临时沉淀池沉淀处理后回用于施工场地洒水降尘，不外排。

项目施工期施工废水及施工人员生活污水产生量共 0.48m^3/d，考虑 1.2 的富容系数，并考虑连续存 5 天，设容积不小于 3m^3（2m×1m×1.5m）的临时沉淀池 1 座。经临时排水沟和临时沉淀池沉淀处理后回用于施工场地洒水降尘，不外排。

项目施工期产生的废水产生量为 740.87m^3/d，项目回填修复区洒水降尘用水量为 1000m^3/d，水量可完全回用，根据淋溶实验检测数据，淋滤水水质 pH 值 8.34~8.35，磷酸盐 0.033~0.038mg/L，氟化物 0.52~0.54mg/L，水质满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表 4 一级标准限值，项目施工期产生的淋滤水回用具有可行性。

项目施工结束后回填体顶部设置防渗膜，表面设置排水沟将雨水导流至项目区外，生态修复结束后无淋滤水产生。施工期废水可完全回用不外排，不会对周边地表水体产生影响。

5.3 地下水环境保护措施

（1）物料源头防控

①磷石膏基生态修复材料需经检测符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生

态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间，方可回填；

②建设单位设专人管理回填料制造过程，根据《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）要求，每一批次回填物料均需检验，即每 3 万 t 为 1 个批次，开始 3 个批次，每次取样 5 个，水平振荡法测全指标；之后每 5 个批次抽样 2 次水平振荡法测全指标；3 批次之后，每个批次水平振荡法测 pH、氟化物、磷酸盐 3 个指标。经检验合格后方可运入回填区回填，并保留监测记录；

③从源头起进行严格控制，加大监督力度，生态修复作业点必须设置检验点，做到“严禁回填固废”进入回填修复区。

（2）防渗措施

①对回填修复区底部进行基础处理，基础处理采用筛选后剥离土进行回填压实形成人工回填层，回填厚度 5m。

②堆填区场地先进行底部整平压实、基础处理、边坡清理分台平整，然后清除尖锐石块和碎屑杂物，铺设一层 75cm 厚压实黏土垫层后铺设两布一膜防渗层。

③边坡坡度较缓：其防渗结构为先在整平的边坡上铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅后再铺设两布一膜防渗层。

④较陡的岩质边坡：防渗结构为先对岩质高陡边坡进行挂网喷护，每 10m 高差埋设防渗锚固预埋件，然后铺设两布一膜防渗层。

⑤拦挡设施设计为碾压土石坝，为有效保护防渗层的安全，拦挡坝内坡面碾压平整压实好后铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅，再铺设两布一膜防渗层，并与场底防渗膜相连。

⑥顶部及坡面先后 1.5mm 的 HDPE 防渗土工膜+土工布联合防渗层，并与

周防渗膜相连。

⑦防渗漏监控：按照 II 类场要求，设置防渗漏监控系统，监控防渗衬层的完整性。

⑧顶部防渗层铺设完成后，铺设 100cm 基质土层后进行植被种植。

（3）防渗材料性能要求

HDPE 土工膜性能要求：土工膜幅宽应≥7m，极限厚度偏差应控制在±10%之内；土工膜产品颜色要求为黑色，采用高密度聚乙烯膜，厚度不小于 1.5mm，并满足 GB/T17643 规定的技术指标要求。

土工布性能要求：土工布原材料采用抗氧化性和紫外线强的无纺土工布；土工布外观质量需逐卷进行检验和评定，每卷土工布不得出现孔洞和破损；外观疵点不得出现重缺陷，轻缺陷每 200m^2 不超过 5 个。

（4）施工管理

①工程施工时严格按照工程设计要求进行，确保土工布、防渗膜、土工布防渗层的施工质量，保证回填淋滤水不泄漏；

②施工方案包括施工质量保证和施工质量控制内容，明确环保条款和责任，施工完毕后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告，提供人工防渗衬层完整性检测报告；

③专人现场负责检验、一旦发生破损，及时更换；

④委托有资质的监理单位，开展回填、生态恢复等工程的环境监理工作，对防渗工程的施工方式、施工顺序、材料性质等内容开展施工监理，并将其反应在监理月报中，对防渗工程质量加以控制和监理，加强施工及运营过程中对防渗层的保护，防止回填施工破坏防渗层。

⑤磷石膏基生态修复材料堆排时进行压实，施工严格按照《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复治理变更方案》和堆填方案进行施工，落实好施工监理，确保回填堆体稳定、安全，规范施工，磷石膏基生态修复材料堆排时，外坡前 100m 范围内压实度≥92%，场内压实度≥85%。项目最终堆排高度为 85m。参考《某磷石膏尾矿库堆积坝渗透稳定性分析》（工程地质学报，1004-9665/2016/24（4）-0661-07，褚学伟，许模，王中美），磷石膏随着堆积深度加

深，渗透系数减小，堆存厚度 75m 时，渗透系数 1.13×10^{-6}cm/s。项目堆排厚度 85m，渗透系数＜1.13×10^{-6}cm/s，地形重塑体形成一个相对隔水层。矿坑回填完成后，顶部设置阻隔防渗层，减少淋滤水产生。

（5）淋滤水导排

①回填修复区外部修建截排水沟，有效降低雨季施工期间雨水汇入回填修复区雨水，降低由于降雨形成的淋滤水水量；

②修复区在底部防渗层上设置建设淋滤水导排沟，将回填区淋滤水导出场外至收集池收集；

③设置 1 座三级淋滤水收集沉淀池，收集池容积 3700m^3，收集池渗透系数≤1.0×10^{-7}cm/s，收集池位于拦挡设施下游，淋滤水收集池定期巡检，发现破损及时修补。

（6）地下水导排

沿场底在防渗土工膜下设置集水盲沟收集场底的地下渗水并排向下游收集池。并对导排地下水进行监测。

（7）末端监管

末端监管主要采取设置地下水监控井，建立回填修复区地下水环境监控体系，包括建立地下水污染监控制度和环境管理体系，制定监测计划。

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016），并结合项目实际水文地质调查情况，项目区设置污染监控井 5 座，其中上游 1 座，东侧 1 座，西侧 1 座，下游 2 座，对下游监控井水质持续跟踪监测。同时利用回填修复区防渗膜底部地下水导排管进行膜下排水监控，防渗膜底部地下水导排管有水排出时定期对导排管水质进行监测。

表 5.3-1　地下水监测井建设要求

类型	要求	监测井设置图样
监测井建设要求	井口保护筒使用不锈钢材质，井盖中心部分采用高密度树脂材料，避免数据无线传输信号被屏蔽；井口锁头使用异型锁，避免偷盗行为；保护筒高50cm，下部埋入水泥平台中10cm起到固定作用。警示柱直径4cm，用碳钢材质，长1m，漆成黄黑相间色，高出水泥平台 0.5m，埋在水泥平台下0.5m。水泥平台为厚15cm的正方形水泥台，水泥台四角须磨圆，并各设置一根警示柱。在水泥平台式保护装置周边1m 区域内设立地下水环境监测井警示牌。在水泥平台的四个角设立警示柱。	 

表 5.3-2　项目污染监控井设置表

序号	监测井	位置及坐标
1	下游污染监控井	利用水文地质勘查监测井 JC02 102°28′39.21"，24°48′32.39"
2	下游污染监控井	利用现有水井，102°28′51.58″，24°48′35.64″
3	东侧对照监测井	利用水文地质勘查监测井 JC04 102°28′46.77"，24°48′14.50"
4	西侧污染监控井	利用水文地质勘查监测井 JC01 102°28′10.41"，24°48′28.72"
5	上游对照监测井	利用水文地质勘查监测井 JC05 102°28′31.72"，24°48′01.91"



图 5.3-1　地下水监测井布置图

（8）应急措施

制定地下水应急预案，在监控井水质异常情况下，须立即采取应急措施，启动应急方案，对下游污染监控井进行抽水，水质经处理达标后回到农灌高位水池用于农田用水。

5.4 大气环境保护措施

项目施工过程中产生的废气主要为施工扬尘、运输车辆、施工机械产生的

尾气。

（1）施工扬尘

项目生态修复过程中产生的扬尘属于无组织排放，为减缓施工扬尘对环境影响，项目拟采取以下措施：

①通过在施工过程中采取洒水喷雾降尘，洒水喷雾次数根据天气状况而定；非雨天每日洒水次数不少于 10 次；若遇到大风或干燥天气应增加洒水喷雾次数；

②施工场地运输车辆的车厢应当确保牢固、严密，严禁在装运过程中沿途抛、洒、滴、漏；

③控制施工作业面，在合理安排施工进程情况下，尽可能减少大面积施工，以减少扬尘产生量。

④合理安排施工工序、施工进度，尽量避免在大风气象条件下施工。

⑤对未覆膜边坡、材料堆存区采用防尘网覆盖。

（2）运输扬尘

针对运输扬尘要求：

①对回填料、筛选后剥离土、粘土及基质土的运输须密闭运输，施工场地运输车辆的车厢应当确保牢固、严密，严禁在装运过程中沿途抛、洒、滴、漏；

②减速慢性，严禁超载、超速，并规划好运输车辆的运行路线与时间；

③运输道路合理安排洒水降尘，出场车辆进行冲洗，严禁带泥上路。

（3）施工机械及运输车辆废气对环境的保护措施

施工机械废气属于无组织排放，具有间断性产生、产生量较小、产生点相对分散、易被稀释扩散等特点，设备定期维护保养，严禁带病作业。采取上述措施后，场界颗粒物浓度可达《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 无组织排放限值要求，即：颗粒物浓度≤1.0mg/m^3。

5.5 声环境保护措施

施工期间噪声主要是施工现场的各类机械设备噪声、施工作业噪声以及物料运输造成的交通噪声。

（1）施工噪声

项目周边 50m 范围内无声环境保护目标。为减轻施工期对周围环境影响，项目施工期需注意采取以下措施：

①在符合施工需要的前提下，尽可能选取噪声低、振动小、能耗小的先进设备。加强对施工机械的维护保养，避免由于设备性能差而使机械噪声增大的现象发生，避免偶发噪声发生；

②加快施工进度，合理安排施工时间；

③加强对施工人员的环境宣传和教育，使他们认真落实各项降噪措施，做到文明施工；

④运输施工物资应注意合理安排施工物料运输时间。

⑤加强对施工场地的噪声管理，文明施工，做好区内交通组织，施工场地车辆出入现场时应低速、禁鸣，设立专人负责。

（2）运输噪声

为避免车辆运输噪声对沿途村民的影响，要求运输车辆经过此处时减速慢行，同时加强途经村庄道路维护；在经过沿线村庄时，应减缓车速、禁止鸣笛；合理安排运输时间，运输尽量安排在昼间；路过村庄点，应避开在 12:00~14:00，夜间 22:00~次日 6:00。

通过采取上述措施，将项目施工期施工机械噪声对周围环境的影响降至最低，施工场界噪声符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），即：昼间≤70dB，夜间≤55dB。随着项目施工结束，施工噪声污染将随之消失，在严格执行上述措施的前提下，项目施工噪声对周边环境产生的影响是可以接受的。

5.6 固体废物处置措施

项目施工期固体废物主要为施工人员生活垃圾、废水收集池的沉渣。

（1）项目施工期产生的土石方用于场地平整，不产生废弃土石方。

（2）废水收集池沉渣，定期进行清理，装袋沥水晾干后用于回填区回填。

（3）废弃包装料能回收利用的回收利用，不能回收的统一收集后与生活垃

垃一同处置，生活垃圾收集后清运至附近村庄垃圾收集点堆存，定期由环卫部门处理。

（4）旱厕委托环卫部门定期清掏，施工结束后进行消毒回填。

通过采取以上措施后，项目产生的各项固体废物均得到合理处置，处置率100%，对环境影响很小。

5.7 土壤环境保护措施

（1）磷石膏基生态修复材料需经检测符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间，方可回填。

（2）加强回填区污染控制，回填区、中转场、淋滤水收集池采取防渗措施。加强施工及运营过程中对防渗层的保护，确保其防渗效果能满足 II 类场防渗要求。回填修复区底部进行基础处理，底部、边坡均进行了防渗，防渗层由下至上：0.75m 压实粘土衬层、膜下保护层、膜防渗层、膜上保护层。

（3）回填区设置了淋滤水及地下水导排系统，及时对回填区淋滤水及地下水进行导排，减少了雨季对回填体的冲刷及浸泡，减少了淋滤水泄漏的风险；同时项目淋滤水经收集后排入下游淋滤水收集池后回用于回填区洒水降尘，不外排。淋滤水收集池进行防渗处理，饱和渗透系数不应大于 1.0×10^{-7}cm/s，淋滤水收集池采用 C30 混凝土建设，定期检查发现破损及时修复。

（4）土壤重构用土来源于外购基质土，基质土满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）要求，修复完成后开展土壤跟踪监测，每 3 年开展一次土壤环境质量跟踪监测。

（5）项目防渗施工完毕后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及

实验室检测报告，提供人工防渗衬层完整性检测报告，检测合格后方可开始回填施工。

（6）设置防渗漏监控系统，监控防渗衬层的完整性。

在采取以上措施后，项目淋滤水泄露的几率很低，对引起土壤酸化及氟化物、总磷污染的可能性不大，对土壤的影响不大。项目实施后，林草植被覆盖率的增加，能改善土壤物理、化学性状，提高土壤肥力，项目实施对该区域土壤结构改善有积极意义。

5.8 施工期环境监理计划

施工监理主要工程为回填区的防渗系统、淋滤水收集和导排系统；

回填区施工方案中应包括施工质量保证和施工质量控制内容，明确环保条款和责任，可作为建设环境监理的主要内容。回填区在施工完毕后应保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告。采用高密度聚乙烯膜作为人工合成材料衬层的贮存场及填埋场还应提交人工防渗衬层完整性检测报告。结合项目特点，项目具体环境监理计划见表 5.8-1。

表 5.8-1　环境监理计划一览表

时期	项目	处理措施	监理标准	执行单位	监督部门
施工期	废气	①设洒水车 3 辆，雾炮 6 台，对修复区施工面进行洒水喷雾降尘，在大风天、干燥天气，适当增加洒水频次； ②运输车辆须以篷布遮盖，密闭运输，并注意控制车速； ③对未覆膜边坡、材料堆存区采用防尘网覆盖。	每季度对区域大气环境质量进行监测，监测指标颗粒物，监测结果满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）无组织排放监控浓度限值。	建设单位	环境监察部门
	废水	回填修复区外围设置截排水沟，把回填修复区外围雨水排出修复区外。	通过设置外围截洪沟，将回填修复区外部洪水排出回填修复区外。		
		回填修复区排水沟，收集中转场及回填修复区雨水及淋滤水后排向下游三级淋滤水	淋滤水收集后回用与回填区洒水降尘，不外排。每月对淋滤水进行检测，检测指标 pH、氟化物、总磷。		

			收集池。			
			回填修复区底部基础处理	基础处理采用筛选后剥离土进行回填压实，提高地下水埋深及包气带防污性能，回填厚度 5m。		
			回填修复区底部防渗	清基压实、基础处理后自下而上依次铺设 75cm 粘土衬层、无纺土工布、1.5mmHDPE 土工膜、无纺土工布。 防渗施工影像资料，施工记录，防渗膜购买合同，每批次的检验合格证。 防渗膜铺设后完整性检测报告。		
			边坡防渗	边坡坡度较缓：在整平的边坡上铺设一层土工格栅后再铺设两布一膜防渗层。较陡的岩质边坡：防渗结构为先对岩质高陡边坡进行挂网喷护，每 10m 高差埋设防渗锚固预埋件，然后铺设两布一膜防渗层。 防渗施工影像资料，施工记录，防渗膜购买合同，每批次的检验合格证。 防渗膜铺设后完整性检测报告。		
			回填修复区顶部防渗	顶部及坡面先后铺设 1.5mm 的 HDPE 防渗土工膜、土工布联合防渗层，并与周防渗膜相连。 防渗施工影像资料，施工记录，防渗膜购买合同，每批次的检验合格证。 防渗膜铺设后完整性检测报告。		
			拦挡设施防渗	拦挡坝内坡面碾压平整压实好后铺设一层土工格栅，再铺设两布一膜防渗层，并与场底防渗膜相连。 防渗施工影像资料，施工记录，防渗膜购买合同，每批次的检验合格证。 防渗膜铺设后完整性检测报告。		
			施工质量管理	施工方案包括施工质量保证和施工质量控制内容，明确环保条款和责任，施工完毕后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告，提供人工防渗衬层完整性检测报告。		
			淋滤水收集池防渗	淋滤水收集池采用 C30 混凝土建设。淋滤水收集后及时抽排回用于回填区洒水降尘或生产。施工完毕后保存		

			施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告。		
		临时沉淀池 2 个，容积分别为 $2m^3$、$3m^3$	施工期废水经临时沉淀池沉淀后回用于施工场地车辆冲洗、洒水降尘，不外排		
	修复材料	委托专业检测结构对磷石膏基生态修复材料进行检测，确保生态修复材料满足回填要求，禁止回填不合格材料。	对每一批次生态修复材料进行检测，检测结果符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间。		
	回填	回填过程严格按照堆填设计进行，禁止超高回填。	回填过程是否按设计进行，是否超过设计标高，是否按时按成矿区生态修复。		
	噪声	使用低噪声设备、分时段、夜间禁止施工、施工现场周围加围护、距离衰减等。	每季度对施工场界周边进行监测，监测结果满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）要求。		
	固废	废土石方	弃土全部回用于场地平整，做好弃土回填记录，回填量。		
		施工人员生活垃圾	经集中收集后清运至附近村庄生活垃圾收集点堆存，定期清运处置		
	生态	土壤重构	基质土、粘土购买记录，入场检测记录，确保粘土、筛选后剥离土满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地要求。基质土满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）要求，氟化物参考《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（DB4403/T 67-2020），氟化物＜10000mg/kg。植被恢		
		植被重建			

			复面积480503m^2，并定期养护、扶植，确保存活率。修复完成后开展生态调查及土壤跟踪监测。		

5.9 环境监测计划

结合项目特点，项目具体监测计划见表5.9-1。

表5.9-1 环境监测计划一览表

监测期	监测对象	监测点	监测内容	监测频率	执行标准
施工期	大气	场界四周	颗粒物	每季度一次	《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表2无组织排放浓度限值
	噪声	场界四周	噪声	每季度一次	《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）
	生态修复材料	生态修复材料	前五批次：pH、铜、锌、镉、铅、总铬、六价铬、烷基汞、汞、铍、钡、镍、银、砷、硒、氰化物、氟化物、总磷。 后续批次：pH、氟化物、磷酸盐。	每一批次均需检测	回填的磷石膏需符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表2重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照HJ557规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH在6～9之间。

		剥离土	基础层	pH、镉、汞、砷、铜、铅、铬、镍、氟化物	定期抽检，抽检次数不少于 10 次。	各成分均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物参考《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（DB4403/T 67-2020），氟化物第＜10000mg/kg。
		基质土	项目周边及基质土	pH、镉、汞、砷、铜、铅、铬、镍、锌、氟化物	定期抽检，抽检次数不少于 10 次。	《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018），氟化物参考《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（DB4403/T 67-2020），氟化物＜10000mg/kg。
		淋滤水	淋滤水收集池	前一年：pH、氟化物、总磷、铜、砷、锌、镉、铅、汞、总铬、六价铬、镍。 后续：pH、氟化物、总磷	每月一次	/
		地下水	5 座地下水监控井	pH、耗氧量、总磷、溶解性总固体、氟化物、总硬度、氯化物、硝酸盐、铜、砷、锌、镉、铅、汞、总铬、六价铬、镍。	每季度 1 次，每两次监测之间间隔不少于 1 个月	《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类标准
		地下水	地下水导排口		有水排出时检测	
	运营期	淋滤水	淋滤水收集池	pH、氟化物、总磷、铜、砷、锌、镉、铅、汞、总铬、六价铬、镍。	每月一次，直到生态修复工程完成后连续 2 年没有淋滤水产生。	/
		地下水	5 座地下水监控井	pH、耗氧量、总磷、溶解性总固体、氟化物、总硬度、氯化物、硝酸盐、	每季度 1 次，每两次监测之间间隔不少于 1 个月，直到地下水	《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类标准

			铜、砷、锌、镉、铅、汞、总铬、六价铬、镍。	水质连续 2 年不超出地下水本底水平	
		地下水导排口		有水排出时检测	
	土壤	开展土壤跟踪监测	pH、镉、汞、砷、铜、铅、六价铬、镍、总磷、氟化物、铬、锌、氟化物	1 年/次，连续 3 年	《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018），氟化物参考《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（DB4403/T 67-2020），氟化物＜10000mg/kg。

运营期生态环境保护措施

5.10 水环境保护措施

（1）项目运营期顶部覆膜后无淋滤水产生，若有淋滤水产生则运回到云南磷化集团海口磷业有限公司厂区回用于生产线。定期对淋滤水进行监测，记录水质情况，直到连续 2 年内没有淋滤水产生。

（2）修复完成后，地下水监测系统继续运行，至少每半年 1 次对地下水水质进行检测，直到地下水水质连续 2 年不超出地下水本底水平。

5.11 生态环境保护措施

（1）后期应制定保护保养管理制度。包括平时浇水，排水、预防人畜危害、风害、病虫害防治、修剪中耕除草等工作内容及计划。

（2）定期查验：树木每月、灌木每旬查验一次，并应作查验记录。

（3）完工检验时发现不符规定者，应立即换植。查验时发现稍端枯萎，有严重病虫害、折害等应换植，发现枯死应换植。

（4）绿化工程养护灌溉措施

设计在主管道设置接头连接活动的皮管，人工对恢复区内进行灌溉。根据一年植物生长规律及气候特点制定绿化管养全年养护计划。

（5）为方便灌木的养护，将按昆明的气候特点，把一年划分为旱季、雨季、秋冬季等三个季节；在不同季节对不同植物采取不同的管护措施。

（6）病虫害防治以预防为主，将根据不同病虫害的发生周期性，将根据病情及害虫类别，采取应对措施。

（7）根据乔灌木的年龄、品种、生育期及草地的生长状况进行施肥。枝叶生长期以氮为主，磷钾肥为辅，开花结果期以磷钾肥为主，氮肥为辅。肥料切忌肥料裸露。施肥量为乔木 100g/株，保水剂 10g/株。草籽为直接抛洒，不进行施肥和使用保水剂。

（8）科学合理使用农药，禁止使用国家明令禁止的剧毒农药，使用高效、低毒、低残留农药。在防治上要有科学的针对性，注意用时间和方法，抓住关键时间，对症下药。另外要给植物充分的时间吸收、分解农药，减少残留。防治同一种病虫害的多种类型农药要交替轮换使用，以减少病虫害的抗药性和耐药性。

（9）重视化学防治的同时应综合应用物理、机械、生物等多种方法进行防治，如：利用害虫趋光、趋波特性生产杀虫灯；利用害虫趋味特性制成糖醋液诱杀等等。

（6）供水保障：项目区西侧、东侧各建设一个高位水池，西侧容积 1000m^3，东侧容积 1000m^3，用于收集回填修复区以外的雨水用于项目区植被养护，不足部分从下游水井取水。

5.12 环境风险防范措施

（1）严格控制回填的磷石膏基生态修复材料质量。

（2）严格按照《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复治理变更方案》和堆填方案进行施工，落实好施工监理，确保回填堆体稳定、安全

（3）严格按照地下水污染防治措施执行；

（4）回填体泥石流环境风险防范

①排洪构筑物安全监测

排洪构筑物在汛期前应进行一次安全大检查，检查构筑物有无变形、位移、损毁、淤堵等情况，汛期应每天观察排水能力，发现异常，立即排除。

②回填平台安全监测

回填安全监测内容包括：拦挡设施坝体轮廓尺寸、变形、裂缝、滑坡和渗漏、坝面保护监测等。平台位移监测可采用视准线法和前方交汇法，位移异常变化时应增加监测次数。

③编制应急预案备案并定期演练

应编制生态修复区安全生产各项规章制度并组织实施，编制各种灾害应急预案并组织演练。

④地下水应急

在发生泄漏情况或水质异常情况下立即启动应急方案，对下游污染监控井进行抽水，水质经处理达标后回到高位水池用于农田用水。

其他

无。

环保投资

5.13 环保投资

项目总投资 40136.02 万元，其中环保投资 4200.07 万元，占总投资的 10.46%，环保投资明细见下表 5.13-1。

表 5.13-1 环保工程设施投资估算表

时段	类别	环保治理措施	投资（万元）
施工期	废气	洒水降尘、篷布遮盖、控制车速；洒水车 3 辆、雾炮 6 台。	32
		每季度对项目区大气环境进行监测。	10
		对未覆膜边坡、材料堆存区采用防尘网覆盖。	5
	废水	临时沉淀池 2 个（容积分别为 3m^3、2m^3），分别用于收集生活污水、施工废水。	2.0
		淋滤水导排沟、地下水导排沟	221.72
		修复区设置截排水沟	纳入水保投资
		回填修复区底部基础处理	300
		回填修复区防渗：底部进行基础处理，铺设粘土层，回填区底部、内边坡、顶部铺设防渗层，粘土层、防渗层渗透系数≤1.0×10^{-7}cm/s。	2109.89
		三级淋滤水收集沉淀池 1 座，渗透系数≤1.0×10^{-7}cm/s。	100
		施工质量管理：施工方案包括施工质量保证和施工质量控制内容，明确环保条款和责任，施工完毕后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告，提供人工防渗衬层完整性检测报告。	40.0

			定期对淋滤水、地下水进行监测。	20
		噪声	选用低噪设备、合理布局、合理施工、加强设备维护	5
			每季度进行噪声监测	5
		固废	废土石全部用于场地平整。	4.0
			生活垃圾收集桶	0.02
			临时旱厕 1 个	1
		其他	对每批次生态修复材料进行检测，对每批次入场基质土进行监测	25
			定期对管理人员进行培训，并按照国家档案管理等法律法规进行整理与归档，永久保存。	2
		生态	生态修复 480503m^2。管理、维护：定期浇灌、基肥及追肥；连续抚育 3 年，每年一次，适时补植，种植后人工巡护	757.44
	运营期	环境监测管理	项目运营期顶部覆膜后无淋滤水产生，若有淋滤水产生则运回厂区回用。 地下水跟踪监测点 5 个；地下水导排管排口。 淋滤水收集池跟踪监测、土壤跟踪监测。 开展生态调查。	60
		应急资金	运营期环境风险及地下水污染应急资金	500
	合计			4200.07

六、生态环境保护措施监督检查清单

内容 要素	施工期		运营期	
	环境保护措施	**验收要求**	**环境保护措施**	**验收要求**
陆生生态	通过回填治理及生态重建，项目区种植旱冬瓜、黑荆、冬樱花、火棘、球花石楠、狗牙根、黑麦草、格桑花、爬山虎、常春藤	恢复乔木林地71848m^2，灌木林地258496m^2，其他草地30262m^2，旱地113521m^2、农村道路6376m^2。苗木和草籽的购买合同。	/	植物成活率达到93%以上；土地复垦率不低于95%。
水生生态	/	/	/	/
地表水环境	①设置临时排水沟和临时沉淀池，将施工废水收集沉淀后可回用于施工用水、施工场地洒水等； ②淋滤水导排管，中转场及回填区淋滤水收集后回用于回填区洒水降尘； ③施工人员洗手水经收集后全部回用于施工场地降尘，不外排。	临时沉淀池2个（容积分别为3m^3、2m^3）；三级淋滤水收集沉淀池1个（容积3700m^3）	项目运营期顶部覆膜后无淋滤水产生，若有淋滤水产生则运回厂区回用生产。	淋滤水回用记录，水质监测报告。
地下水及土壤环境	①磷石膏基生态修复材料需经检测符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表2重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照HJ557规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综	①防渗膜防渗系数达到10^{-7}cm/s，提供防渗膜购买记录，施工记录，检验合格证。防渗膜铺设施工环境监理记录及总结报告、防渗膜铺设完成后的完整性检测报告，防渗膜铺设施工竣工验收报告。 ②每批次生态修复回填材料符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿	①地下水跟踪监测，直至水质稳定。 ②淋滤水跟踪监测，直至无淋滤水产生。 ③地下水导排口跟踪监测	淋滤水全部回用，不外排。地下水质量满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准。

	合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间； ②建设单位设专人管理回填料制造过程，根据《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）要求，每一批次回填物料均需检验，即每 3 万 t 为 1 个批次，开始 5 个批次，每次取样 5 个，水平振荡法测全指标；之后每 5 个批次抽样 2 次水平振荡法测全指标；5 批次之后，每个批次水平振荡法测 pH、氟化物、磷酸盐 3 个指标。经检验合格后方可运入回填区回填，并保留监测记录； ③从源头起进行严格控制，加大监督力度，生态修复作业点必须设置检验点，做到“严禁回填固废”进入回填修复区； ④回填修复区底部进行基础处理，基础处理采用筛选后剥离土进行回填压实，提高地下水埋深及包气带防污性能，回填厚度 5m。 ⑤堆填区场地先进行底部整平压实、基础处理、边坡清理分台平整，然后清除尖锐石块和碎屑杂物，铺设一层 75cm 厚压实黏土垫层后铺设两布一膜防渗层。 ⑥边坡坡度较缓：其防渗结构为先在整平的边坡上铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅后再铺设两布一膜防渗层。	山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间。 ③每批次入场基质土满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）要求。 ④地下水监测每季度一次；出具检测报告，检测结果满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类标准。 ⑤对地下水导排管排水进行跟踪监测。 ⑥施工质量是否保证，防渗衬层是否完整。		

	⑦较陡的岩质边坡：防渗结构为先对岩质高陡边坡进行挂网喷护，每 10m 高差埋设防渗锚固预埋件，然后铺设两布一膜防渗层。 ⑧拦挡设施设计为碾压土石坝，为有效保护防渗层的安全，拦挡坝内坡面碾压平整压实好后铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅，再铺设两布一膜防渗层，并与场底防渗膜相连。 ⑨顶部及坡面先后 1.5mm 的 HDPE 防渗土工膜+土工布联合防渗层，并与周边防渗膜相连。 ⑩防渗漏监控：按照 II 类场要求，设置防渗漏监控系统，监控防渗衬层的完整性。 ⑪顶部防渗层铺设完成后，铺设 100cm 基质土层后进行植被种植。 ⑫HDPE 土工膜性能要求：土工膜幅宽应≥7m，极限厚度偏差应控制在±10%之内；土工膜产品颜色要求为黑色，采用高密度聚乙烯膜，厚度不小于 1.5mm，并满足 GB/T17643 规定的技术指标要求。 ⑬磷石膏基生态修复材料堆排时进行压实，磷石膏基生态修复材料堆排时，外坡前 100m 范围内压实度≥92%，场内压实度≥85%。 ⑭回填修复区外部修建截排水沟，有效降低雨季施工期间雨水汇入回填修复区雨水，降低由于降雨形成的淋滤水水量；西侧修复区在底部防渗层上设置建设淋滤水导排盲沟及导排井，将回填			

	区淋滤水导出场外至收集池收集。			
声环境	①在符合施工需要的前提下，尽可能选取噪声低、振动小、能耗小的先进设备。加强对施工机械的维护保养，避免由于设备性能差而使机械噪声增大的现象发生，避免偶发噪声发生； ②加快施工进度，合理安排施工时间； ③加强对施工人员的环境宣传和教育，使他们认真落实各项降噪措施，做到文明施工； ④运输施工物资应注意合理安排施工物料运输时间。 ⑤运输车辆禁止夜间 22:00~次日 06:00 时间段通过乡村路段，避免对周边村庄造成影响。 ⑥加强对施工场地的噪声管理，文明施工，做好区内交通组织，施工场地车辆出入现场时应低速、禁鸣，设立专人负责。	每季度对施工场界噪声进行监测，场界噪声达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）要求。	/	/
振动	/	/	/	/
大气环境	①通过在施工过程中采取洒水喷雾降尘，洒水喷雾次数根据天气状况而定；非雨天每日洒水次数不少于 10 次；若遇到大风或干燥天气应增加洒水喷雾次数； ②施工场地运输车辆的车厢应当确保牢固、严密，严禁在装运过程中沿途抛、洒、滴、漏； ③控制施工作业面，在合理安排施工进程情况下，尽可能减少大面积施工，以减少扬尘产生量。	每季度对项目区场界颗粒物进行检测，检测结果满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）无组织排放监控浓度限值≤1mg/m^3	/	/

	④合理安排施工工序、施工进度，尽量避免在大风气象条件下施工。 ⑤对未覆膜边坡、材料堆存区采用防尘网覆盖。			
固体废物	①项目施工期产生的废土石方全部用于场地平整。 ②废弃包装料能回收利用的回收利用，不能回收的统一收集后与生活垃圾一同处置，生活垃圾收集后清运至附近村庄垃圾收集点堆存，定期由环卫部门处理； ③沉淀池及淋滤水收集池沉渣，定期进行清理，装袋沥水晾干后用于回填区回填。	100%合理处置	/	/
电磁环境	/	/	/	/
环境风险	回填体泥石流环境风险防范： ①排洪构筑物安全监测 排洪构筑物在汛期前应进行一次安全大检查，检查构筑物有无变形、位移、损毁、淤堵等情况，汛期应每天观察排水能力，发现异常，立即排除。 ②回填平台安全监测，回填安全监测内容包括：拦挡设施坝体轮廓尺寸、变形、裂缝、滑坡和渗漏、坝面保护监测等。平台位移监测可采用视准线法和前方交汇法。位移异常变化时应增加监测次数。 淋滤水泄漏环境风险防范：详见地下水防范措施。	位移监测点 21 个	/	定期巡查记录
环境监测	①施工期大气例行监测，每季度一次； ②施工期噪声监测，每季度一次； ③地下水跟踪监测，每季度 1	提供大气、噪声、地下水、淋滤水、生态修复材料、基质土检测报告	/	/

	次，每两次监测之间间隔不少于 1 个月； ④淋滤水收集池水质监测，每月一次； ⑤地下水导排管排水跟踪监测； ⑥生态修复材料检测，回填的磷石膏需符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间。 ⑦基质土购买时检测，项目基质土须满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）要求。			
其他	提供施工期环境监理总结报告。			

七、总结论

项目属于生态修复工程，项目使用的磷石膏基生态修复材料符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物＜10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6～9 之间。属于鼓励类项目，项目施工期会产生一定的污染，采取污染防治和控制措施后，外排污染物可达标排放，环境影响在可接受范围内，环境功能区质量能够满足相应标准要求，环境风险可控。项目选址没有重大环境制约因素，评价认为，在建设单位认真实施本环评提出的废水、废气、噪声、固体废物治理措施及生态保护措施，落实环保各项投资，落实环境监理制度，从环保角度来看，项目实施后对区域生态环境恢复以及对提高云南省磷石膏综合利用率具有积极作用，项目建设在环境上可行。