

# 建设项目环境影响报告表

(生态影响类)

项目名称: 昆明市海口林场先生崖生态修复项目

建设单位(盖章): 昆明恒弘环保科技有限公司

编制日期: 2026年4月

中华人民共和国生态环境部制

打印编号: 1762742672000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	o54918		
建设项目名称	昆明市海口林场先生崖生态修复项目		
建设项目类别	08-012化学矿开采; 石棉及其他非金属矿采选		
环境影响评价文件类型	报告表		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	昆明恒弘环保科技有限公司		
统一社会信用代码	91530100MA6K8WRRXR		
法定代表人 (签章)	[Signature]		
主要负责人 (签字)	[Signature]		
直接负责的主管人员 (签字)	[Signature]		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	云南中环正浩环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91530100MA6K8WRRXR		
<b>三、编制人员情况</b>			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
	主要生态环境保护措施; 生态环境保护措施监督检查清单		
	建设项目基本情况; 建设内容; 生态环境现状、保护目标及评价标准		
	生态环境影响分析; 总结论		

## 目录

一、建设项目基本情况 .....	1
二、建设内容 .....	33
三、生态环境现状、保护目标及评价标准 .....	110
四、生态环境影响分析 .....	138
五、主要生态环境保护措施 .....	183
六、生态环境保护措施监督检查清单 .....	200
七、总结论 .....	208

### 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 投资项目备案证

附件 3 附件 3 关于昆明市海口林场查询“昆明市海口林场先生崖生态修复项目范围内”三区三线函的回复意见

附件 4 关于浮选尾矿供给的情况说明

附件 5 昆明市生态环境局关于磷尾矿用于采空区修复有关事宜的复函

附件 6 昆明市西山区水务局关于《西山区海口街道办事处关于商请出具昆明市西山区海口林场先生崖生态修复项目水务滇管意见的函》的回复意见

附件 7 昆明市海口林场委托建设协议

附件 8 《昆明市海口林场先生崖生态修复项目实施方案》评审意见

附件 9 昆明市海口林场先生崖生态修复项目实施方案联审联批表

附件 10 声环境现状监测

附件 11 土壤环境现状监测

附件 12 地表水、地下水、环境空气监测

附件 13 全本信息公开

附件 14 试验报告及评审意见

附件 15 项目本底调查报告审查意见

附件 16 项目风险评估报告审查意见

附件 17 回填可行性报告审查意见

附件 18 小麦地尾矿库固废属性鉴别评估报告结论

附件 19 云南磷化集团海口磷业有限公司关于昆明市海口林场先生崖生态修复项目排水的情况说明

附件 20 关于昆明市海口林场先生崖生态修复项目与林场森林经营方案一致性的情况说明

附件 21 进度表

附件 22 自检表

附件 23 内部编辑审查意见表

附件 24 内审专家技术审查意见表

附件 25 内审修改单

附件 26 评审会会议纪要

附件 27 修改对照表

**附图：**

附图 1 项目地理位置图

附图 2 项目区水系图

附图 3 项目实施范围图

附图 4 项目周边关系图

附图 5 项目总平面布置图

附图 6 磷尾矿基生态修复材料制备站平面布置图

附图 7 场地地质灾害隐患平面分布图

附图 8 表层雨水沟平面图

附图 9 评价区水文地质图

附图 10 环保设施及位移监测点位布置图

附图 11 项目土地利用现状图

附图 12 监测计划布点图

## 一、建设项目基本情况

建设项目名称	昆明市海口林场先生崖生态修复项目		
项目代码			
建设单位 联系人		联系方式	
建设地点	云南省（自治区） <u>昆明市西山区</u> （区） <u>海口乡</u> （街道） <u>海口林场先生崖</u>		
地理坐标	（ <u>102度28分59.845秒</u> ， <u>24度47分49.377秒</u> ）		
建设项目行业类别	八、非金属矿采选业-12 化学矿开采 102-矿区修复治理工程 四十七、生态保护和环境治理业-103.一般工业固体废物（含污水处理污泥）、建筑施工废弃物处置及综合利用-其他	用地（用海）面积（m <sup>2</sup> ）/长度（km）	482175.09
建设性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建（迁建） <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 技术改造	建设项目申报情形	<input checked="" type="checkbox"/> 首次申报项目 <input type="checkbox"/> 不予批准后再次申报项目 <input type="checkbox"/> 超五年重新审核项目 <input type="checkbox"/> 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）	/
总投资（万元）	39461.54	环保投资（万元）	6464.58
环保投资占比（%）	16.38	施工工期	72 个月（养护期 24 个月）
是否开工建设	<input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 是：_____		
专项评价设置情况	项目专项评价判定如下。		
	<b>表 1-1 项目专项评价判定表</b>		
	专项评价类别	涉及项目类别	项目情况
地表水	水力发电：引水式发电、涉及调峰发电的项目； 人工湖、人工湿地：全部； 水库：全部； 引水工程：全部（配套的管线工程等除外）； 防洪除涝工程：包含水库的项目； 河湖整治：涉及清淤且底泥存在重金属污染的项目	不涉及	否
地下水	陆地石油和天然气开采：全部； 地下水（含矿泉水）开采：全部； 水利、水电、交通等：含穿越可溶岩地层隧道的项目	不涉及	否

	生态	涉及环境敏感区（不包括饮用水水源保护区，以居住、医疗卫生、文化教育、科研、行政办公为主要功能的区域，以及文物保护单位）的项目	不涉及	否
	大气	油气、液体化工码头：全部； 干散货（含煤炭、矿石）、件杂、多用途、通用码头：涉及粉尘、挥发性有机物排放的项目	不涉及	否
	噪声	公路、铁路、机场等交通运输业涉及环境敏感区（以居住、医疗卫生、文化教育、科研、行政办公为主要功能的区域）的项目； 城市道路（不含维护，不含支路、人行天桥、人行地道）：全部	不涉及	否
	环境风险	石油和天然气开采：全部； 油气、液体化工码头：全部； 原油、成品油、天然气管线（不含城镇天然气管线、企业厂区内管线），危险化学品输送管线（不含企业厂区内管线）：全部	不涉及	否
注：“涉及环境敏感区”是指建设项目位于、穿（跨）越（无害化通过的除外）环境敏感区，或环境影响范围涵盖环境敏感区。环境敏感区是指《建设项目环境影响评价分类管理名录》中针对该类项目所列的敏感区。				
<p>项目为矿山生态修复及一般工业固体废物综合利用项目，不涉及发电、引水、防洪除涝、河湖整治、陆地石油和天然气开采、水利、水电、交通、公路、铁路、机场、码头、天然气管线等项目；项目不涉及环境敏感区；项目运营期无废气污染物排放，施工期仅排放扬尘，不涉及其他污染物。</p> <p>综上，项目不设专项评价。</p>				
规划情况	<p>规划名称：《昆明市西山区国土空间总体规划（2021-2035年）》</p> <p>审批机关：云南省人民政府</p> <p>审批文号：云南省人民政府关于《昆明市西山区国土空间总体规划（2021-2035年）》的批复（云政复〔2025〕14号）</p>			
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	<p><b>与《昆明市西山区国土空间总体规划（2021-2035年）》的符合性分析</b></p> <p>2025年4月6日，云南省人民政府批复了《昆明市西山区国土空间</p>			

	<p>总体规划（2021-2035年）》，规划提出：优化国土空间开发保护格局。筑牢生态安全屏障，推进滇池高原湖泊水环境综合治理，加强滇池流域水污染防治，改善入湖河流和湖体水质。持续推进山水林田湖草一体化治理和历史遗留废弃矿山等生态修复，维护区域生态安全，提升生态服务功能。</p> <p>项目属于历史遗留矿山生态修复，有利于改善区域生态环境质量，改善项目区水环境质量，符合《昆明市西山区国土空间总体规划（2021-2035年）》要求。</p>
其他符合性分析	<p><b>1.1 产业政策符合性分析</b></p> <p>根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号《产业结构调整指导目录（2024年本）》，该项目属于鼓励类中：四十二、环境保护与资源节约综合利用“‘三废’综合利用与治理技术、装备和工程”；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”，项目建设符合国家产业政策。</p> <p>项目场址位于昆明市西山区海口街道先生崖，并于2024年5月28日取得西山区发展和改革局核发的投资项目备案证。</p> <p><b>1.2 项目与《昆明市生态环境分区管控动态更新方案（2023年）》符合性分析</b></p> <p>项目位于西山区海口街道办事处，经查询，项目涉及西山区大气环境布局敏感重点管控单元及西山区矿产资源重点管控单元，查询截图如下：</p>

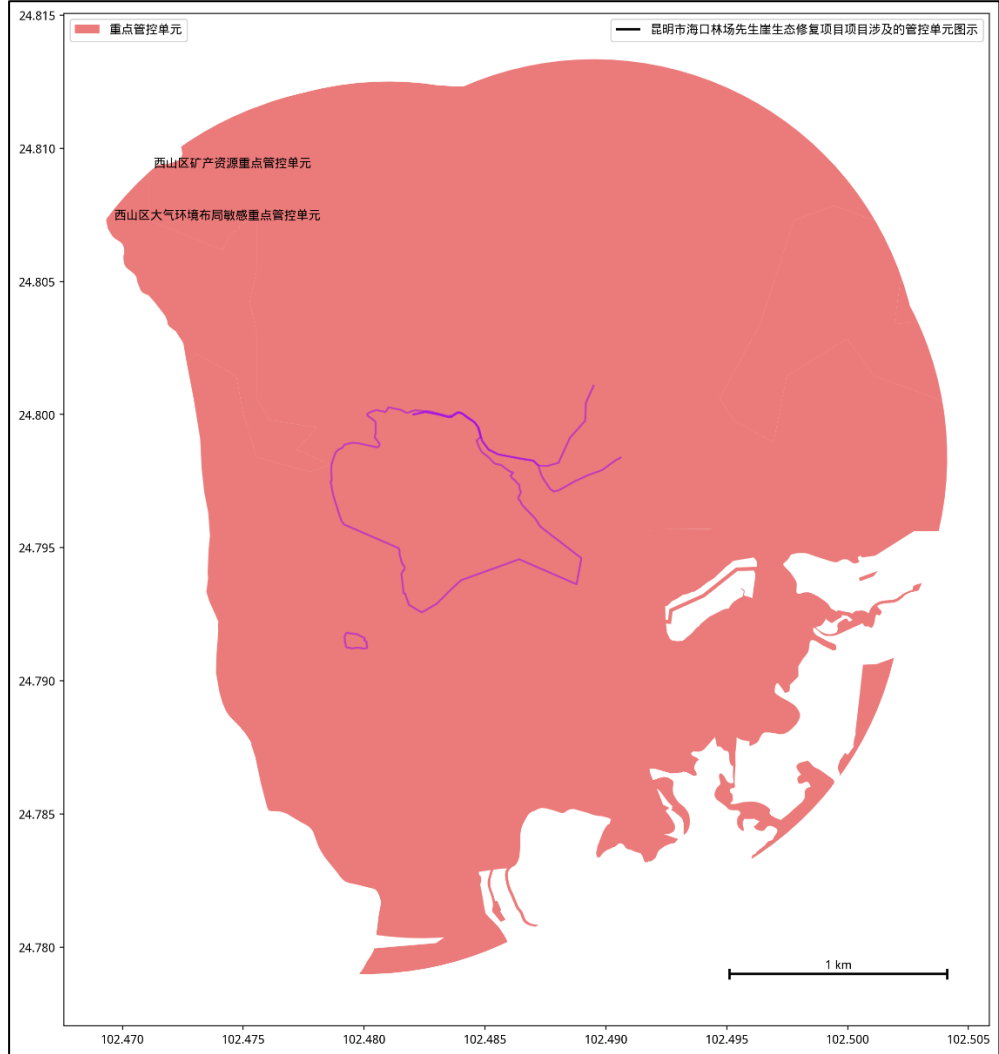


图 1.2-1 项目与昆明市生态环境分区管控动态更新方案（2023 年）位置关系

项目与《昆明市生态环境分区管控动态更新方案（2023 年）》符合性分析见下表：

表 1.2-1 与《昆明市生态环境分区管控动态更新方案（2023 年）》符合性分析

项目	管控要求	项目情况	符合性
总体目标	到 2025 年，全市生态环境质量持续改善，全市国土空间开发保护格局得到优化，绿色低碳发展加快推进，生产生活方式绿色转型成效显著，环境安全得到有效保障。到 2035 年，全市生态环境根本好转，生态服务功能得到提升，全社会形成节能、低碳、绿色的生产、生活方式和消费模式，生态环境质量稳居全国前列，世界春城花都和生态宜居城市魅力凸显，建成美丽中国典范城市，基本实现生态文明现代化。	项目为磷尾矿基生态修复材料充填及生态修复，项目建成后有利于区域生态环境好转及生态环境质量改善。	符合
生态	生态保护红线全面与《昆明市国土空间总体规划	根据西山区自然资	符

态 保 护 红 线	《2021-2035年》衔接，全市生态保护红线面积4274.70km <sup>2</sup> ，占全市国土面积的20.34%，较原有面积占比减少1.85%。全市一般生态空间面积5151.56km <sup>2</sup> ，占国土空间面积的24.37%，较原有面积占比增加2.45%。	源局查询意见，项目范围不涉及生态保护红线，位于城镇开发边界外。	合	
环 境 质 量 底 线	到2025年，昆明市地表水国控断面达到或好于III类水体比例应达到81.5%，45个省控断面达到或好于III类水体比例应达到80%，劣V类水体全面消除，县级及以上集中式饮用水水源地水质达标率100%；空气质量优良天数比率达99.1%，细颗粒物（PM <sub>2.5</sub> ）浓度不高于24μg/m <sup>3</sup> ，重污染天数为0；全市土壤环境质量总体保持稳定，局部稳中向好，受污染耕地安全利用率不低于90%，重点建设用地安全利用得到有效保障。	根据《2024年度昆明市生态环境状况公报》，项目区各项污染物浓度均达到《环境空气质量标准》二级标准。螳螂川干流段的中滩闸门小鱼坝桥、富民大桥断面水质类别保持V类不变，青龙峡、温泉大桥断面水质类别由V类上升为IV类。项目为磷尾矿基生态修复材料充填及生态修复，项目建设不会导致昆明市西山区空气质量变差，项目施工期间施工废水、充填施工区雨水、施工人员生活污水不外排，不会对地表水体造成影响。项目完成后，恢复林地；采空区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。	符 合	
资 源 利 用 上 线	到2025年，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；矿产资源开采与保护达到预期目标；河湖岸线资源管控达到相关要求。	项目属于磷尾矿基生态修复材料充填及生态修复，在采空区范围内实施，不新增占地，施工过程中产生的废水回用，降低新水用量，项目建设将新增林地指标。	符 合	
西	空间布	1.严格限制排放二氧化硫和氮氧化物	项目符合国家及云	符

山区 大气 环境 布局 敏感 重点 管控 单元	局约束	的企业入驻。 2.严禁不符合国家和云南省产业政策和环保标准、资源消耗大、排污量大、废物不能处理达标,清洁生产指标低于国内平均水平企业入驻。	南省产生政策,修复完成后不排放二氧化硫和氮氧化物。	合
	污染物 排放管 控	执行二级空气质量标准,强化污染物排放总量控制。	根据《2024 年度昆明市生态环境状况公报》,项目区各项污染物浓度均达到《环境空气质量标准》二级标准。	符合
	环境风 险防控	加大煤气、液化气及电等清洁能源的普及率。	项目充填材料生产使用电能,属于清洁能源。	符合
	资源开 发效率 要求	/	/	/
西山 区 矿 产 资 源 重 点 管 控 单 元	空间布 局约束	1.落实《云南省矿产资源总体规划》禁止开采区规定,禁止开采区内不得新设采矿权。对于规划区与饮用水水源保护区重叠区域不新设采矿权,原有矿权逐步有序退出,排污口不得设置在饮用水水源保护区内。 2.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。 3.不再新建露天磷矿山,严格总磷排放管控要求,控制总磷排放总量,涉及磷矿开采企业应对排污口和周边环境进行总磷监测,依法公开监测信息。 4.继续实施长江经济带废弃矿山生态修复工作。 5.矿山开采地面设施禁止占用永久基本农田。 6.矿山企业应当按照“谁开发、谁保护、谁破坏、谁治理”的原则,结合矿山生产实际,及时组织开展矿山地质环境恢复治理和土地复垦相关工作,切实履行矿山生态修复义务。加快推进历史遗留矿山生态修复工作。	项目不属于采矿,不新建尾矿库,不新建磷矿山,不占用基本农田,项目充填施工区雨水经潜水泵抽排至雨水收集池回用于选厂,充填区泌水通过污水收集池收集后回用于选厂。项目对先生崖采空区进行充填后种植经济林木,符合生态修复工作要求。	符合
	污染物 排放管 控	1.贯彻“边开采、边治理、边恢复”的原则,及时治理恢复矿山地质环境,复垦矿山占用土地和损毁土地。 2.实施“矿山复绿”行动。重点加强历	项目采用磷尾矿基生态修复材料对先生崖采空区进行地质灾害治理及生态	符合

		<p>史遗留矿山矿区土地复垦,实施矿山地质环境治理恢复及矿区土地复垦工程。</p> <p>3.加强尾矿、废石等资源的再利用与资源综合利用,对尾矿库、废石堆通过平整、覆土、种植等措施开展复垦还绿,严防重金属污染。</p> <p>4.矿山企业应当按照“谁开发、谁保护、谁破坏、谁治理”的原则。</p> <p>5.进一步加强重金属污染防控,严格实行重点行业重点污染物总量控制指标,减少重金属排放。</p>	<p>修复,属于尾矿综合利用及“矿山复绿”行动,项目实施过程中对废水、废气采取相应的管控措施,项目不排放重金属,项目完成后将新增林地指标,同步完成对采空区地质环境及损毁土地治理。</p>	
	<p>环境风险防控</p>	<p>1.产生、利用或处置含重金属的固体废物(含危险废物)的企业在贮存、转移、利用、处置固体废物(含危险废物)过程中,应配套防扬散、防流失、防渗漏及其他防止污染环境的措施。</p> <p>2.各工矿企业应当结合风险源状况明确环境风险的防范、减缓措施。构建“单元—厂区—园区/区域”的环境风险防控体系,设置事故废水收集和应急储存设施。加强地下水环境的监控、预警。编制企事业单位突发环境事件应急预案。金属矿山开采过程中需对人群健康风险进行识别,采取有效措施预防由矿山开发利用带来的疾病。</p>	<p>项目设置危险废物贮存库,贮存库按《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)要求进行建设,项目区周边设置地下水监控井,同时项目生产设施及物料输送管道配套建设事故应急池,储备风险应急物资,控制环境风险,按照要求编制突发环境事件应急预案,定期演练,降低项目实施过程中的环境风险。</p>	<p>符合</p>
	<p>资源开发效率要求</p>	<p>1.积极推进矿产资源开发规模化、集约化,落实云南省关于煤矿转型升级、非煤矿山转型升级、煤炭行业化解过剩产能有关要求。</p> <p>2.对原有大中型矿山进行技术改造,淘汰污染严重、资源利用率低的落后设备与工艺。加强绿色勘查开采新技术、新方法和新工艺研发与推广。构建绿色勘查开采新模式,因地制宜推广充填开采、保水开采、减沉开采等技术方法,推广区域矿山建矿模式和边开采边复垦边归还采矿用地模式,推广节能减排绿色采选冶技术。</p> <p>3.应从源头减少废水产生,实施清污分流,应充分利用矿井水、循环利用选矿水。</p>	<p>项目不属于矿山开采,项目实施过程中废水全部回用,不外排,项目利用磷尾矿基生态修复材料充填采空区,场地清理产生的土石方全部回用于场地平整,项目实施是对磷尾矿资源化利用的积极响应。</p>	<p>符合</p>

		<p>4.加快老矿山改造升级，建设绿色矿山，提高矿产资源回采率和综合回收率，大力开展粉煤灰、磷石膏、炉渣、冶炼废渣、尾矿等资源化利用。</p> <p>5.提高煤矸石、废石等综合利用率，降低废石排放率，鼓励利用尾矿、废石、建筑垃圾等生产机制砂石，提高固体废物循环利用水平。</p>		
--	--	---	--	--

### 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，项目距离最近河道为东面 6km 处的螳螂川，不属于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、不属于尾矿库。

项目采用“场地清理、防渗工程、截排回水、充填工程、土壤重构、经济林种植、跟踪监测”的方式对矿区进行地灾治理及生态修复，恢复矿区破坏植被，重构矿区生态环境，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、降低水土流失，恢复矿区生态环境。

综上，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先生崖，属于螳螂川流域。

项目通过采用“场地清理、防渗工程、截排回水、充填工程、土壤重构、经济林种植、跟踪监测”的方式对矿区进行地灾治理及生态修复，生态修复面积 482175.09m<sup>2</sup>。采空区充填及生态修复后，重塑地貌，然后种植经济林木，实现林业收益。

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	项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，不属于港口布局规划以及港口总体规划的码头项目。	符合

	布局规划以及港口总体规划的码头项目。		
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。	项目不在自然保护区核心区、缓冲区的岸线和河段范围内、不在自然保护区的实验区内。项目属于浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，不属于旅游和生产经营项目。	符合
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。	项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，项目范围不涉及风景名胜区。不涉及修建储存爆炸性、易燃性、放射性、毒害性、腐蚀性物品的设施。	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。	项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，根据查询意见，项目范围内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。	项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，项目范围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。	项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，有利于区域生态环境质量改善；项目距离最近河道为东面 6km 处螳螂川，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	项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项	符合

	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。	目，不在金沙江干流、长江一级支流位置，项目实施完成后无废水、废气等污染物产生；项目施工期产生的废水经收集后回用，不外排，不设废水排放口。	
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。	项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，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。	项目不属于在金沙江干流，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。项目属于浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，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。	项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，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。	项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，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。	项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，不属于产能过剩、高耗能高排放项目，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)符合性分析**

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。

项目采用采空区充填的方式对矿区进行地灾治理及生态修复，降低水土流失，实施后恢复植被面积482175.09m<sup>2</sup>，种植树种及株数：乔木：大果红杉、云南松、红桦、尖叶木樨榄；草本：白三叶草、紫花苜蓿草；爬藤植物：爬山虎、常春藤等。其中云南松7839株、大果红杉12498株、红桦10650株、尖叶木樨榄83000株，爬山虎、常春藤2056株；草种2963.66kg。

项目实施符合《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。

## **1.7 与《长江流域(云南段)总磷污染控制方案》符合性分析**

2023年10月20日，云南省生态环境厅发布了《长江流域(云南段)总磷污染控制方案》，项目与其符合性分析见下表：

表 1.7-1 与《长江流域（云南段）总磷污染控制方案》符合性

方案规定	项目情况	符合性
推动磷矿资源集约高效利用。优化矿产资源开发布局，严格管控采矿活动，严格控制总磷超标流域范围内磷矿探矿权及采矿权核发，健全九大高原湖泊保护区内矿业权退出机制。提高新增磷矿采矿权准入门槛，不再新建、改扩建开采规模在 50 万吨/年以下的磷矿山，不再新建露天磷矿山，推动形成以大中型矿山为主的磷矿开发格局。采取先进选矿技术，降低原矿入选品位，提升磷化工矿石原料磷含量。提高磷矿低品位矿、共生资源、尾矿综合利用水平，全省矿山开采回采率、选矿回收率和综合利用率进一步提高。	项目采用磷尾矿基生态修复材料对矿区进行生态修复。属于磷尾矿综合利用项目，可实现推进磷尾矿源头减量化、资源化、无害化，项目的实施对提高昆明市乃至云南省低品位磷矿回收率及磷尾矿综合利用率有重要示范意义。	符合
提升磷矿生态修复及综合治理水平。有序推进历史遗留矿山生态修复和综合治理，压实属地责任，督促持证矿山履行生态修复和土地复垦义务，消除磷矿采区、排土场、地质塌陷区、工业场地地质安全隐患，完善矿区截排水设施建设，严格控制采区疏排水量，开展区域地形重塑、土壤重构、植被重建、废弃土地复垦利用等，建立生态修复后期管护制度，开展生态修复监测与成效评估，确保磷矿矿区生态修复效果，形成责任明确、措施得当、管理到位的磷矿生态修复工作体系。	项目采用磷尾矿基生态修复材料对矿区进行地形重塑后对矿区进行生态修复，最终恢复为林地，提高土地利用率、消除修复区范围内的地质安全隐患。	符合

综上，项目建设符合《长江流域（云南段）总磷污染控制方案》文件相关要求。

## 1.8 与《地下水管理条例》符合性分析

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、第四十二条，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 1.8-1 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
<b>第四十条</b>			
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	符合

		收集、处理后排至小麦地尾矿库，最终回用于选厂生产，不外排。	
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、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。	项目不涉及利用无防渗漏措施的沟渠、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。	符合
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
<b>第四十一条</b>			
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。	项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，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和跟踪监控方案。	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，且项目已制定了源头防控、过程控制、底部防渗、边坡防渗、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。	项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，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及跟踪监控方案。	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。	项目已制定了多重地下水污染防治措施，保护地下水，降低地下水污染风险。	符合
<b>第四十二条</b>			
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，项目充填区不属于泉域保护范围，项目区为岩溶弱发育区，不属于岩溶强发育、存在较多落水洞和岩溶漏斗的区域。	符合

## 1.9 与《云南省地下水管理办法》（2024年2月1日起施行）符合性分析

项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，不属于地下水取用项目，根据《云南省地下水管理办法》，第四章第三十条、第三十一条，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《云南省地下水管理办法》符合性分析

序号	规定	项目情况	符合性
<b>第三十条</b>			
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后排至小麦地尾矿库，最终回用于选厂生产，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、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。	项目不涉及利用无防渗漏措施的沟渠、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。	符合
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
<b>第三十一条</b>			
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。	项目为浮选磷尾矿胶结充填综合利用及生态修复项目，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和跟踪监控方案。	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，建设地下水水质监测井，按照有关标准和技术规范进行监测。	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，且项目已制定了源头防控、过程控制、底部防渗、边坡防渗、顶部防渗及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,并按照有关标准和技术规范进行防渗漏监测。	项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目,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及跟踪监控方案。	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

### 1.10 与《云南省生物多样性保护战略与行动计划（2024-2030）》符合性分析

2013年2月5日云南省人民政府十二届第二次常务会议审议通过了《云南省生物多样性保护战略与行动计划（2012-2030年）》提出了全省生物多样性保护的6个一级优先区域和18个二级优先区域,涉及16个州、市101个县、市、区,总面积约9.5万km<sup>2</sup>。

2024年5月22日,云南省印发《云南省生物多样性保护战略与行动计划（2024-2030）》（云环发〔2024〕4号),提出30项优先行动。

表 1.10-1 6个一级优先区域和18个二级优先区域一览表

序号	一级优先区域	二级优先区域
1	滇西北高山峡谷针叶林区域	①高黎贡山北段温凉性针叶林区
		②梅里雪山—碧罗雪山寒温性针叶林区
		③云岭山脉寒温性—暖温性针叶林区
		④香格里拉山原寒温性针叶林区
2	云南南部边缘热带雨林区域	①高黎贡山南段中山湿性常绿阔叶林区
		②铜壁关热带雨林区
		③南汀河热带雨林区
		④西双版纳热带雨林区
		⑤红河湿润雨林区
3	滇东南喀斯特东南季风阔叶林区域	①滇东南喀斯特东南季风阔叶林区域
4	滇东北乌蒙山湿润常绿阔叶林区域	①乌蒙山湿润常绿阔叶林区
		②金沙江下游干热、干暖河谷区
5	澜沧江中游—哀牢山中山湿性常绿阔叶林区域	①澜沧江中山宽谷常绿阔叶林区
		②无量山中山湿性常绿阔叶林区
		③哀牢山中山湿性常绿阔叶林区
6	云南高原湿地区域	①滇中高原湖泊区
		②滇西北高原湖泊区

③滇东北高山沼泽化草甸区

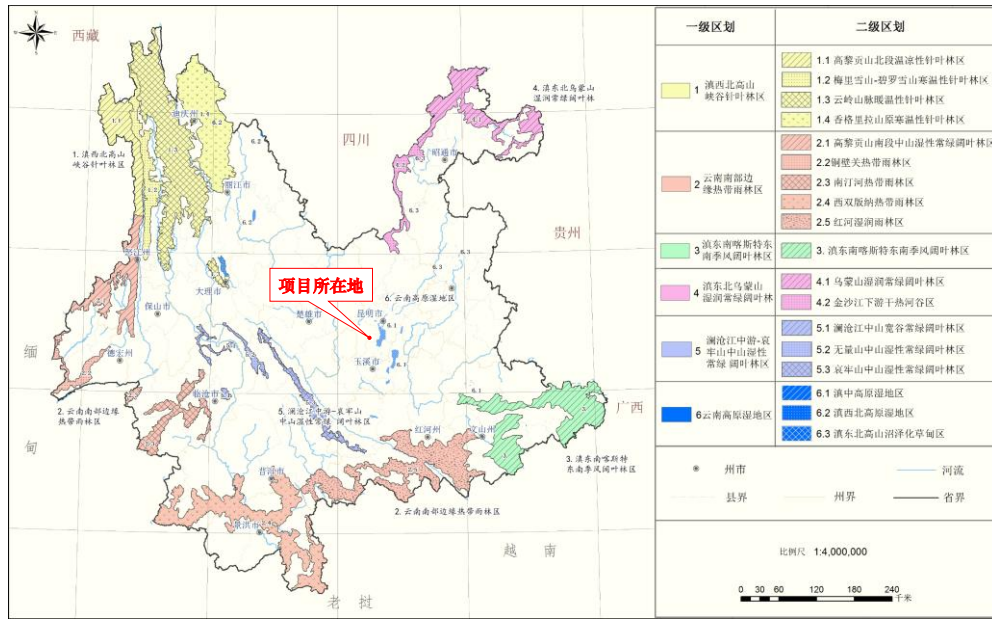


图 1.10-1 项目与云南省生物多样性保护战略与行动计划位置关系

项目位于云南省昆明市西山区，经对照《云南省生物多样性保护战略与行动计划（2024-2030）》及云南省生物多样性保护优先区域区划图，该项目不涉及保护优先区域。项目实施后增加生态修复面积 482175.09m<sup>2</sup>，种植树种：乔木：大果红杉、云南松、红桦、尖叶木樨榄；草本：白三叶草、紫花苜蓿草；爬藤植物：爬山虎、常春藤等。项目实施与《云南省生物多样性保护战略与行动计划（2024-2030）》不冲突。

### 1.11 与《云南省生物多样性保护条例》符合性分析

《云南省生物多样性保护条例》旨在保护生物多样性，保障生态安全，是由云南省第十三届人大常委会第五次会议于 2018 年 9 月 21 日审议通过并公布，共七章四十条，自 2019 年 1 月 1 日起施行。

表 1.11-1 与云南省生物多样性保护条例符合性分析

类别	保护条例内容	项目情况	符合性
物种和基因多样性保护	对生物遗传资源进行收集、科学研究和生物技术开发等活动，不得影响野生生物种群的遗传完整性。生物遗传资源的获取和利用不得损害人类健康、生态安全和生物多样性，不得对当地社会生产、生活造成损害；造成损害的，应当	项目不涉及生物遗传资源进行收集、科学研究和生物技术开发等活动。	符合

		依法赔偿。		
		任何单位和个人不得擅自向自然保护区引进外来物种。确需引进的，应当依法办理审批手续，并按照有关技术规范进行试验。	严格要求文明施工，经济林种植选用当地常见物种，未引入外来物种。	符合
		禁止扩散、放生或者丢弃外来入侵物种。任何单位和个人发现疑似外来物种的，应当及时向当地环境保护、林业、农业、卫生等行政主管部门或者相关自然保护区管理机构报告。	项目施工期间，经济林种植选用当地常见物种，严禁引入外来物种，实施过程中发现外来物种，积极向林草主管部门报告。	符合
生态系统多样性保护		新建、改建、扩建建设项目以及开发自然资源，应当依法开展环境影响评价。对可能造成重要生态系统破坏、损害重要物种及其栖息地和生境的，应当制定专项保护、恢复和补偿方案，纳入环境影响评价。	项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，目前正在开展环境影响评价，项目对生态环境具有正效益。	符合
		在生物多样性保护优先区域的建设项目以及自然资源开发，应当评价对生物多样性的影响，并作为环境影响评价的重要组成部分。	项目不涉及生物多样性保护优先区域。	符合

综上，项目建设符合《云南省生物多样性保护条例》相关要求。

## 1.12 与《云南省空气质量持续改善行动方案》符合性分析

2024年4月23日，云南省人民政府发布了《云南省空气质量持续改善行动方案》，总体要求：

### 一、总体要求

坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的二十大和二十届二中全会精神，深入贯彻习近平生态文明思想和习近平总书记考察云南重要讲话精神，落实全国和全省生态环境保护大会部署要求，坚持稳中求进工作总基调，坚持保护为先、治污为重、扩绿为基、转型为要、发展为本，以改善空气质量为核心，以解决人民群众身边的突出大气环境问题为重点，以降低细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）浓度为主线，大力推动氮氧化物和挥发性有机物（VOCs）减排；突出精准、科学、依法治

污，推进产业、能源、交通绿色低碳转型，强化面源污染治理，加强源头防控，完善大气环境管理体系，加快形成绿色低碳生产生活方式，实现环境效益、经济效益和社会效益多赢。

到 2025 年，州（市）政府所在地城市 PM<sub>2.5</sub> 浓度控制在 20.5μg/m<sup>3</sup> 以内，不出现重度及以上污染天气；县级城市空气质量持续改善；氮氧化物、VOCs 减排量达到国家要求。

项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，提高了云南省浮尾矿综合利用率。项目不排放氮氧化物、VOCs 等污染物。项目建成后恢复为林地，减少颗粒物产生。项目建设符合《云南省空气质量持续改善行动实施方案》。

### 1.13 与《云南省工业固体废物和重金属污染防治“十四五”规划》符合性分析

根据《云南省工业固体废物和重金属污染防治“十四五”规划》，重点任务：二是推进工业固体废物污染防治。严格落实尾矿、粉煤灰、冶炼渣、工业副产石膏等工业固体废物国家综合利用技术和产品标准，规范工业固体废物综合利用行业发展。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、生态修复、路基材料等领域的应用。鼓励水泥、制砖等建材企业优先使用磷石膏、钢渣、冶炼渣、赤泥等工业固体废物作为替代原料，提高工业固体废物综合利用率，推动企业开展固体废物再生利用产物环境风险影响评价。

项目属于采空区充填及生态修复，项目实施可完成先生崖破损山体生态系统恢复 482175.09m<sup>2</sup>，合 723.23 亩。完成先生崖 2116-2250 标高的破损山体修复，消除项目用地范围内 100%地质灾害。恢复林地约 482175.09，综合利用浮选磷尾矿 724.15 万 m<sup>3</sup>。项目实施过程中对废水、废气、固废、环境风险采取相应防控措施，有效控制实施过程的污染。

项目符合《云南省工业固体废物和重金属污染防治“十四五”规划》。

## 1.14 与《云南省固体废物污染环境防治条例》的符合性分析

《云南省固体废物污染环境防治条例》由云南省第十三届人民代表大会常务委员会第三十五次会议于 2022 年 11 月 30 日审议通过,自 2023 年 3 月 1 日起施行。本项目与《云南省固体废物污染环境防治条例》相关要求符合性分析见下表。

表 1.14-1 项目与《云南省固体废物污染环境防治条例》符合性分析

序号	条例	项目情况	符合性
工业固体废物			
1	第二十四条产生工业固体废物的单位应当建立健全工业固体废物产生、收集、贮存、运输、利用、处置全过程的污染环境防治责任制度,按照国家有关规定建立工业固体废物管理台账,如实记录产生工业固体废物的种类、时间、数量、流向、贮存、利用、处置等信息,并采取防治工业固体废物污染环境的措施。工业固体废物管理台账应当保存 5 年以上。禁止向生活垃圾收集设施中投放工业固体废物。	本项目为浮选磷矿尾矿胶结充填及生态修复项目,产生的沉砂池泥砂等为一般工业固体废物,可回用于直接项目充填料浆的制备,不涉及贮存及处置;不向生活垃圾收集设施投放工业固体废物。	符合
2	第二十五条产生工业固体废物的单位委托他人运输、利用、处置工业固体废物的,应当对受托方的主体资格和技术能力进行核实,依法签订书面合同,在合同中约定污染防治要求。	本项目涉及的工业固体废物回用于充填料浆的制备,不涉及委托他人运输、利用及处置。	符合
3	第二十六条产生工业固体废物的单位应当依法实施清洁生产审核,合理选择和利用原材料、能源和其他资源,采用先进的生产工艺和设备,减少工业固体废物的产生量,降低工业固体废物的危害性。 产生工业固体废物的单位应当根据经济、技术条件对工业固体废物加以利用;对暂时不利用或者不能利用的,应当按照国家规定建设贮存设施、场所,安全分类存放,或者采取无害化处置措施。 贮存工业固体废物应当采取符合国家环境	本项目为浮选磷矿尾矿胶结充填及生态修复项目,产生的沉砂池泥砂等为一般工业固体废物,可回用于直接项目充填料浆的制备,不涉及贮存及处置;不向生活垃圾收集设施	符合

	保护标准的防护措施。建设工业固体废物贮存、处置的设施、场所，应当符合国家环境保护标准。	投放工业固体废物。	
4	第二十七条产生工业固体废物的单位应当依法取得排污许可证，向所在地生态环境主管部门提供工业固体废物的种类、数量、流向、贮存、利用、处置等有关资料，以及减少工业固体废物产生、促进综合利用的具体措施，并执行排污许可管理制度的相关规定。	本项目建成后不产生工业固体废物。	符合
5	第二十八条矿山企业应当采取科学的开采方法和选矿工艺，减少尾矿、煤矸石、废石等矿业固体废物的产生量和贮存量。鼓励采取先进工艺对尾矿、煤矸石、废石等矿业固体废物进行综合利用。尾矿、煤矸石、废石等矿业固体废物贮存设施停止使用后，矿山企业应当按照国家有关环境保护等规定进行封场，防止造成环境污染和生态破坏。	本项目为浮选磷矿尾矿胶结充填及生态修复项目，提高了尾矿的综合利用率。	符合
6	第二十九条产生大宗工业固体废物的单位应当采取有效措施，减少大宗工业固体废物的产生量，加强大宗工业固体废物综合利用和无害化处置，制定相关计划逐步消纳大宗工业固体废物历史堆存量。前款所称大宗工业固体废物，是指我国各工业领域在生产活动中年产生量在 1000 万吨以上，对环境和安全影响较大的固体废物，主要包括：尾矿、煤矸石、粉煤灰、冶炼废渣、工业副产石膏、赤泥和电石渣等。	本项目为磷尾矿基生态修复材料充填及生态修复项目，是对磷尾矿的综合利用，减少磷尾矿堆存量。	符合
危险废物			
7	第五十二条产生危险废物的单位，应当按照国家有关规定制定危险废物管理计划；建立危险废物管理台账，如实记录有关信息，并通过省固体废物信息管理平台向所在地生态环境主管部门申报危险废物的种类、产生量、流向、贮存、处置等有关资料。产生危险废物的单位，应当按照国家有关规定和环境保护标准要求贮存、利用、处置危险废物，不得擅自倾倒、堆放。	本项目涉及的危险废物为废机油，项目区新建危废贮存库，委托有资质的单位定期清运处置废机油。	符合
8	第五十四条收集、贮存危险废物，应当按照危险废物特性分类进行。禁止混合收集、贮存、运输、处置性质不相容而未经安全性处置的危险废物。贮存危险废物应当采取符合国家环境保护	本项目涉及的危险废物为废机油，项目区新建危废贮存库，委托有资质的单位	符合

标准的防护措施。禁止将危险废物混入非危险废物中贮存。  
从事收集、贮存、利用、处置危险废物经营活动的单位，贮存危险废物不得超过一年；确需延长期限的，应当报经颁发许可证的生态环境主管部门批准；法律、行政法规另有规定的除外。

定期清运处置废机油。

综上分析，本项目建设符合《云南省固体废物污染环境防治条例》的相关要求。

### 1.15 与《昆明市“十四五”生态环境保护规划》符合性分析

《昆明市“十四五”生态环境保护规划》提出，提升固体废物处置利用水平。推进“无废城市”建设，全面摸底调查和整治现有一般工业固体废物堆存场所，依法查处固体废物非法倾倒等违法行为；全面实施绿色开采，减少矿业固体废物产生和贮存处置量；落实《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》，项目属于浮选磷尾矿综合利用，项目建设有利于提高固体废物综合利用率，符合《昆明市“十四五”生态环境保护规划》要求。

### 1.16 与《昆明市“十四五”林业和草原保护发展规划》符合性分析

《昆明市“十四五”林业和草原保护发展规划》提出，开展国土山川绿化，提高森林覆盖率和森林质量，到2025年森林覆盖率达到53%，森林蓄积量达到6300万立方米以上；加强草原生态修复，草原综合植被盖度达75%；加快湿地恢复与保护，湿地保护率达70%以上；加强生物多样性保护，自然保护地面积达到7.9%，国家重点保护野生动/植物种数保护率达90%；呈现生态美、环境美、城市美、乡村美、山水美生态格局，筑牢“美丽中国”典范城市生态根基。

项目位于海口街道，所有权为海口林场，用地为经济林，由于历史原因，经济林被破坏，现状为磷矿采空区，项目使用磷尾矿基生态修复

材料对采空区进行充填处理及生态修复，通过反压高陡边坡，治理地质灾害隐患、地形地貌重塑、并覆土 1m，同时为生态修复创造条件，种植乔木。项目属于生态修复，项目建设符合《昆明市“十四五”林业和草原保护发展规划》要求。同时根据海口林场意见，项目作为先生崖区域的生态综合提升改造工程，通过生态重建和辅助再生，通过矿坑充填极大改变了该区域的地形地貌，开展覆土植被恢复生态系统逐步恢复，减少滑坡、崩塌等地质灾害的发生，使原本满目疮痍的矿山与周边自然环境更加协调，与昆明市海口林场森林经营方案中生态保护与修复经营区等经营目标是相契合的。

### **1.17 与《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》符合性分析**

根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，国家鼓励采取先进工艺对尾矿、煤矸石、废石等矿业固体废物进行综合利用。项目参考矿井填充方法对浮选磷尾矿进行综合利用，该工艺技术成熟，充填区设防渗层，且制定了渗漏监测计划，产生二次污染的环境风险较小，符合《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》要求。

### **1.18 与《关于深入打好污染防治攻坚战的意见》符合性分析**

2021年11月2日，中共中央 国务院发布了《关于深入打好污染防治攻坚战的意见》，意见提出：持续提升生态系统质量。实施重要生态系统保护和修复重大工程、山水林田湖草沙一体化保护和修复工程。科学推进荒漠化、石漠化、水土流失综合治理和历史遗留矿山生态修复，开展大规模国土绿化行动，实施河口、海湾、滨海湿地、典型海洋生态系统保护修复。

项目实施可完成先生崖破损山体生态系统恢复 482175.09m<sup>2</sup>，合 723.23 亩。完成先生崖 2116-2250 标高的破损山体修复，消除充填区域内 100%地质灾害。恢复林地 455948m<sup>2</sup>，耕地 6969m<sup>2</sup>，草地 12466m<sup>2</sup>，

农村道路 6792m<sup>2</sup>，综合利用浮选磷尾矿 724.15 万 m<sup>3</sup>。种植树种及株数：乔木：大果红杉、云南松、红桦、尖叶木樨榄；草本：白三叶草、紫花苜蓿草；爬藤植物：爬山虎、常春藤等。其中云南松 7839 株、大果红杉 12498 株、红桦 10650 株、尖叶木樨榄 83000 株，爬山虎、常春藤 2056 株；草种 2963.66kg。

综上，项目符合《关于深入打好污染防治攻坚战的意见》要求。

## 1.19 与《固体废物综合治理行动计划》符合性分析

2025 年 12 月 27 日，国务院印发了《固体废物综合治理行动计划》（国发〔2025〕14 号），项目与《固体废物综合治理行动计划》符合性分析见下表。

表 1.19-1 项目与《固体废物综合治理行动计划》符合性分析

序号	行动计划要求	项目情况	符合性
1	（一）加强工业固体废物源头减量。严格落实产业、环保、节能等政策，依法依规淘汰落后产能。强化工业园区固体废物源头管控。大力推行绿色设计，支持企业改进生产工艺和装备，强化工业生产精细化管理，降低固体废物产生强度。推动重有色金属矿采选一体化建设，促进尾矿就近充填回填，原则上不再批准建设无自建矿山、无配套尾矿利用处置设施的选矿项目。推动重点行业固体废物产生量与综合消纳量逐步实现动态平衡。	项目采用磷尾矿胶结固化后就近矿坑充填及生态修复方式对磷尾矿进行综合利用。	符合
2	（七）加强大宗固体废弃物综合利用。提升冶炼渣、尾矿、共伴生矿、赤泥、建筑垃圾综合利用能力，加强有价值组分高效提取及整体利用，因地制宜推动煤矸石多元化利用。拓宽秸秆综合利用途径，提高秸秆还田科学化、规范化水平。推进畜禽养殖废弃物资源化利用。	项目采用磷尾矿胶结固化后就近矿坑充填及生态修复方式对磷尾矿进行综合利用。	符合
3	（十一）稳妥有序探索规模化消纳利用渠道。在符合环境质量标准、污染风险管控要求和安全生产要求前提下，探索通过井下充填、矿坑回填、生态修复等方式规模	项目采用磷尾矿胶结固化后就近矿坑充填及生态修复方式对磷尾矿进行综合利用，	符合

化消纳利用大宗工业固体废物。建立统一规范的管理制度，加强部门协同，严格履行相关审批和决策程序，坚决防范以规模化消纳利用名义非法倾倒。

磷尾矿基充填材料满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》充填利用及污染风险管控要求。

## 1.20 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

2021年3月18日，十部委发布了《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），意见提出：“推进产废行业绿色转型，实现源头减量。开展产废行业绿色设计，在生产过程充分考虑后续综合利用环节，切实从源头削减大宗固废。大力发展绿色矿业，推广应用矸石不出井模式，鼓励采矿企业利用尾矿、共伴生矿填充采空区、治理塌陷区，推动实现尾矿就地消纳。开展能源、冶金、化工等重点行业绿色化改造，不断优化工艺流程、改进技术装备，降低大宗固废产生强度。推动煤矸石、尾矿、钢铁渣等大宗固废产生过程自消纳，推动提升磷石膏、赤泥等复杂难用大宗固废净化处理水平，为综合利用创造条件。在工程建设领域推行绿色施工，推广废弃路面材料和拆除垃圾原地再生利用，实施建筑垃圾分类管理、源头减量和资源化利用。”

项目利用浮选磷尾矿胶结充填磷矿采空区，符合《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》要求。

## 1.21 与《尾矿污染环境防治管理办法》符合性分析

《尾矿污染环境防治管理办法》提出，开展尾矿充填、回填以及利用尾矿提取有价值组分和生产建筑材料等尾矿综合利用单位，应当按照国家有关规定采取相应措施，防止造成二次环境污染。项目对浮选磷尾矿进行综合利用，添加固化剂充填固化，充填区域底部及边坡设置“两布一膜”防渗，顶部采用复合防渗膜阻断降雨渗水对充填物料的冲刷，充填料固化后污染物很难释放，不会对环境造成二次污染，项目建设符合

《尾矿污染环境防治管理办法》要求。

## 1.22 与《磷尾矿处理处置技术规范》 (GB/T38104-2019)的符合性分析

项目采用磷尾矿基生态修复材料用于矿山充填和修复，参考《磷尾矿处理处置技术规范》(GB/T38104-2019)中矿井填充法的相关要求进行分  
析，分析结果如下：

表 1.22-1 与《磷尾矿处理处置技术规范》符合性分析

序号	技术规范要求	项目情况	符合性
1	方法提要：矿井填充是将磷尾矿作为骨料，水泥或半水磷石膏等作为胶凝剂，混合制浆后输送到矿井采空区作为填充材料。	项目使用磷尾矿作为骨料，固化剂作为胶凝剂，混合制浆后输送到露天采空区作为填充材料。	符合
2	工艺流程：将磷尾矿、水泥或半水磷石膏、水按设计配比混合均匀，制备成满足输送要求的料浆，料浆经自流或泵送至矿井采空区进行填充。	项目将磷尾矿、固化剂和水按设计比例混合均匀，经输送泵送至采空区进行填充。	符合
3	工艺控制条件：水泥/半水磷石膏与磷尾矿的配料比：1:1~1:10。	固化剂与磷尾矿的配料比为 1:20；	符合，由于项目为露天采空区填充，对填充物强度要求较矿井填充较低，故固化剂配比降低。
	工艺控制条件：半水磷石膏的结晶水含量：6%~12%。	项目使用固化剂作为胶凝剂，不使用半水磷石膏；	符合
	工艺控制条件：料浆固体量：60%~80%。	项目填充料浆固体量：65%。	符合
4	主要设备：配料混料装置、加压输送装置等。	项目设置配料混料装置、加压输送装置等。	符合
5	处理结果：填充后磷尾矿按 GB5085.3 的规定进行浸出毒性鉴别，并符合相应的限值要求。	项目试验阶段已对固化后的磷尾矿基生态修复材料进行浸出毒性鉴别，符合 GB5085.3 中相应的限值要求，经养护后的填充物按照《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》	符合

		(HJ557-2010) 制备的浸出液中氟化物、磷酸盐(以 P 计)、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬的浓度满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020) 中界定的第 I 类一般工业固体废物的要求。	
--	--	--	--

### 1.23 与《固体废物鉴别标准 通则》的符合性分析

根据《固体废物鉴别标准 通则》要求，按以下方式进行利用或处置的物质，不属于固体废物：

经加工后符合性能、污染控制等相关管理要求，作为复垦、生态修复、土地平整、采空区充填、填埋场覆土等工程填充物料使用后的物质。

本项目利用浮选磷尾矿矿浆经脱水后添加固化剂制成磷尾矿基生态修复材料，生态修复材料用于采空区生态修复，磷尾矿基生态修复材料按照《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》(HJ557-2010) 制备的浸出液中氟化物、磷酸盐（以 P 计）、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬的浓度满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020) 中界定的第 I 类一般工业固体废物的要求。

根据以上分析，项目生产的磷尾矿基生态修复材料可不按固体废物进行管理，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) I 类要求对磷尾矿基生态修复材料进行风险管控。

### 1.24 与《矿山生态环境保护与污染防治技术政策》符合性分析

《矿山生态环境保护与污染防治技术政策》中尾矿的贮存和综合利用中要求推广选矿固体废物的综合利用技术，推广利用尾矿、废石作填充料，充填采空区或塌陷地的工艺技术。本项目利用浮选尾矿及固化剂，

制备胶结料浆充填采空区，符合《矿山生态环境保护与污染防治技术政策》总体要求。

## 1.25 与《关于加快推动工业资源综合利用的实施方案》符合性分析

2022年1月27日，八部委印发了《关于加快推动工业资源综合利用的实施方案》（工信部联节〔2022〕9号），其中“第二条（四）推动技术升级降低固废产生强度。加大技术改造力度，

推动工业数字化智能化绿色化融合发展。推广非高炉炼铁、有色金属短流程冶炼、非硫酸法分解中低品位磷矿、铬盐液相氧化、冷冻硝酸法、尾矿和煤矸石原位井下充填等先进工艺。强化生产过程资源的高效利用、梯级利用和循环利用，降低固废产生强度。鼓励产废企业加强生产过程管理、优化固废处理工艺，提高固废资源品质，降低综合利用难度。（五）加快工业固废规模化高效利用。推动工业固废按元素价值综合开发利用，加快推进尾矿（共伴生矿）、粉煤灰、煤矸石、冶炼渣、工业副产石膏、赤泥、化工废渣等工业固废在有色组分提取、建材生产、市政设施建设、井下充填、生态修复、土壤治理等领域的规模化利用。着力提升工业固废在生产纤维材料、微晶玻璃、超细化填料、低碳水泥、固废基高性能混凝土、预制件、节能型建筑材料等领域的高值化利用水平。组织开展工业固废资源综合利用评价，推动有条件地区率先实现新增工业固废能用尽用、存量工业固废有序减少。

本项目利用浮选磷尾矿添加固化剂制成磷尾矿基生态修复材料充填采空区，与工信部联节〔2022〕9号文鼓励尾矿充填的要求相符。

## 1.26 场址合理性分析

### （1）场址合理性分析

参考《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》中选址要求，项目选址符合性见下表：

**表 1.26-1 与《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》中选址要求符合性**

序号	选址要求	项目情况	是否符合
1	第二十一条：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，禁止建设工业固体废物、危险废物集中贮存、利用、处置的设施、场所和生活垃圾填埋场。	项目选址不涉及生态保护红线、永久基本农田及其他需要特别保护的区域。	符合

综上，项目符合《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》选址要求。

参考《云南省固体废物污染环境防治条例》中选址要求，项目选址符合性见下表：

**表 1.26-2 与《云南省固体废物污染环境防治条例》中选址要求符合性**

序号	选址要求	项目情况	是否符合
1	第十四条：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，禁止建设工业固体废物、危险废物集中贮存、利用、处置的设施、场所和生活垃圾填埋场。	项目选址不涉及生态保护红线、永久基本农田及其他需要特别保护的区域。	符合

综上，项目符合《云南省固体废物污染环境防治条例》选址要求。

参考《地下水管理条例》中选址要求，项目选址符合性见下表：

**表 1.26-3 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
<b>第四十条</b>			
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、处理后排至小麦地尾矿库，最终回用于选厂生产，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、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	项目不涉及利用无防渗漏措施的沟渠、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	符合

	和其他废弃物。	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
<b>第四十一条</b>			
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。	项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，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和跟踪监控方案。	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，且项目已制定了源头防控、过程控制、底部防渗、边坡防渗、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。	项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，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及跟踪监控方案。	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。	项目已制定了多重地下水污染防治措施，保护地下水，降低地下水污染风险。	符合
<b>第四十二条</b>			
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，项目充填区不属于泉域保护范围，项目区为岩溶弱发育区，不属于岩溶强发育、存在较多落水洞和岩溶漏斗的区域。	符合

综上，项目符合《地下水管理条例》中选址要求。

项目为磷尾矿基生态修复材料充填及生态修复，属于《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）中“充填及回填利用”，符合充填及回填利用污染控制要求。

**表 1.26-4 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 场址要求	该项目环保措施	是否符合
<b>8</b>	<b>充填及回填利用污染控制要求</b>		
8.1	第 I 类工业固体废物可按下列途径进行充填或回填作业：	项目主要充填料磷尾矿基生态修复材料满足 I 类工	符合

	c)尾矿、矿山废石等可在原矿开采区的矿井、矿坑等采空区中充填或回填。	业固废要求,先生崖项目充填区为磷矿石原矿开采区的矿坑,可用磷尾矿基生态修复材料进行充填。	
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。	除磷尾矿基生态修复材料外,项目充填料主要为矿山废石、采矿剥离土。项目已按照要求“开展环境本底值调查”“环境风险评估”等工作,根据评价结果,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,对泌水收集池水质进行监测,及时了解充填区情况并开展土壤跟踪监测。	符合
8.3	不应在回填物料中参加除回填作业所需要的添加剂之外的其他固体废物。	项目充填料主要为矿山废石、磷尾矿基生态修复材料、采矿剥离土,不掺杂其他固体废物,施工作业过程中严禁充填其他固体废物。	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。	项目在充填结束后立即进行覆土,种植经济林,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)不得进行充填、回填作业。	项目充填料主要为矿山废石、磷尾矿基生态修复材料、采矿剥离土,充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
<b>10</b>	<b>污染物监测要求</b>		
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,对废水水质进行检测。	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	此次评价共设置了5座地下水污染监控井,其中上游1座、下游(东侧)2座、北侧1座、西侧1座。地	符合

	<p>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。</p>	<p>下水监测频次为每季度监测 1 次。当地下水水质连续 5 年不超出上游地下水水质或者所在区域地下水水质本底水平时可停止监测。</p>	
<p>综上，项目符合《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）污染控制要求。</p> <p>根据《昆明市海口林场先生崖生态修复项目环境风险评估报告》，项目选址未涉及地方部门划定的生态保护红线区域、永久基本农田集中区域或其它需要特定保护的区域内，以及法律法规规定的其它禁止建设区域内。不在活动断层、溶洞区、天然滑坡或泥石流影响区以及湿地等区域；不在集中式饮用水源保护区及汇水范围、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，符合选址评估的相关要求。</p> <p>综上，项目场址符合《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》《云南省固体废物污染环境防治条例》《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》等选址要求，同时项目取得了《西山区生态修复治理方案联审联批表》，项目选址合理。</p> <p>（2）管道合理性分析</p> <p>项目管道沿线无自然保护区、风景名胜区、生态功能保护区等需特殊保护的环境敏感区，管道选址无明显的环境制约因素；管道沿线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；充填区不在集中式饮用水源保护区及汇水范围，管道主要沿现有道路铺设，选址合理。</p>			

## 二、建设内容

地理位置	<h3>2.1 地理位置</h3> <p>昆明市西山区海口街道位于螳螂川畔，东临滇池、南接晋宁、西连安宁、北与西山区碧鸡镇毗邻。海口街道距昆明城市中心约 41.0km，高海高速公路、安晋公路、南环铁路从境内通过，交通条件便利。海口街道东西长约 24km，南北平均宽约 7.3km，总面积 174.37km<sup>2</sup>。</p> <p>拟建项目场地处于海口街道柳树箐上游先生崖，东邻小麦地尾矿库及柳树箐渣库，南靠海磷采矿区、北侧为林地及耕地、西侧为荒地。中心坐标：东经 102°28'59.845"，北纬 24°47'49.377"。对外交通主要为双哨公路--昆孟线--昆明绕城高速，矿山内部交通主要利用原采矿形成的交通道路。现状可经双哨公路--小秧田村级公路--矿区公路直达项目场地或经桃树公路--矿区公路直达项目场地，交通比较便利。地理位置见附图 1。</p>
项目组成及规模	<h3>2.2 项目组成及规模</h3> <h4>2.2.1 项目由来</h4> <p>先生崖位于海口街道，所有权属于海口林场，用地为经济林，由于历史原因，经济林被破坏，现状为磷矿采空区，昆明市海口林场以保护培育森林资源，恢复先生崖经济林，提高区域林地的植被覆盖率，修复与保护林场林地生态安全，2024 年 3 月，昆明市林业和草原局通过招商引资引入昆明恒弘环保科技有限公司实施昆明市西山区海口林场先生崖生态修复项目，2024 年 3 月昆明市海口林场与昆明恒弘环保科技有限公司签订委托协议，委托昆明恒弘环保科技有限公司将位于昆明市海口林场管辖范围内占地面积约 723.23 亩的先生崖采空区进行生态修复。</p> <p>先生崖采空区为一残留的露天磷矿采空区，已停采多年。北部山梁为原始地貌，破损山体的北边缘为开挖残留陡壁，崖高在 10-120m，陡壁基本直立。破损山体中遗留采矿弃土、弃渣，高低不平，呈多个小山丘状，填土坡高在 10-30m，填土边坡为坡度为自然休止角，约在 50°左右，坡面多无植被，现状不稳</p>

定，场地内分布有滑坡、崩塌、潜在不稳定边坡等，且区域地表无适宜种植的耕植土，无林木种植条件，设计使用磷尾矿基生态修复材料对采空区进行充填处理及生态修复，通过反压高陡边坡，治理地质灾害隐患、地形地貌重塑、并覆土 1m，同时为生态修复创造条件，种植乔木：大果红杉、云南松、红桦、尖叶木樨榄；草本：白三叶草、紫花苜蓿草；爬藤植物：爬山虎、常春藤等。

2019 年 12 月 10 日，自然资源部发布了《关于开展全域土地综合整治试点工作的通知》，通知明确：以科学合理规划为前提，以乡镇为基本实施单元（整治区域可以是乡镇全部或部分村庄），整体推进农用地整理、建设用地整理和乡村生态保护修复，优化生产、生活、生态空间格局，促进耕地保护和土地集约节约利用，改善农村人居环境，助推乡村全面振兴。到 2020 年，全国试点不少于 300 个，各省（区、市）试点原则上不超过 20 个。

2021 年 1 月 4 日，自然资源部办公厅印发了《全域土地综合整治试点名单的通知》（自然资办函〔2020〕2421 号），通知中已将云南省昆明市西山区海口街道列入全域土地综合整治试点单位。

同时，早在 2019 年 7 月 15 日，昆明市西山区人民政府办公室关于印发《昆明市西山区打击固体废物环境违法行为专项行动（2019 清废行动）疑似问题整改方案》的通知，昆明市海口林场先生崖现场堆放物为磷矿开采剥离土石，由海口街道办事处督促海口林场将该点位列入年度修复计划，并制定植被恢复和生态修复工作方案，对该堆放点进行覆土后再对其开始植被恢复工作。后于 2019 年 8 月 1 日昆明市生态环境局西山分局对该区域进行调查，建议由海口林场作为责任主体，将该点位列入年度修复计划，对该堆放点进行覆土后再对其开始植被恢复工作。由于多种原因，特别是因原地貌破损严重形成陡崖，充填工程较大工程造价高，先生崖修复推动缓慢，2024 年海口林场通过招商形式，引入昆明恒弘环保科技有限公司开展先生崖生态修复项目建设，通过采空区磷尾矿基生态修复材料充填治理、生态修复和经济林种植等对先生崖进行植被恢复。

我国磷矿资源丰富，拥有世界磷矿资源的 8.3%左右，资源占有率位居世界第三，磷矿和磷肥产量为世界第二，磷肥的消费量位居世界第一。其副产物磷尾矿产能每年可达 726.15 万 m<sup>3</sup>，但其利用率仅 10%左右，大部分磷尾矿堆存于尾矿库中。国家发改委等十部门联合发布的《关于“十四五”大宗固体废弃物

综合利用的指导意见》指出：到 2025 年，煤矸石、粉煤灰、尾矿、冶炼渣、工业副产石膏、建筑垃圾、农作物秸秆等大宗固废的综合利用能力显著提升，利用规模不断扩大，新增大宗固废综合利用率达到 60%，存量大宗固废有序减少。

在 2020 年 11 月 26 日生态环境部、国家市场监督管理总局发布的《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）中 8.1 提到，“第 I 类一般工业固体废物可按下列途径进行充填或回填作业：a) 粉煤灰可在煤炭开采矿区的采空区中充填或回填；b) 煤矸石可在煤炭开采矿井、矿坑等采空区中充填或回填；c) 尾矿、矿山废石等可在原矿开采区的矿井、矿坑等采空区中充填或回填”。

结合以上政策要求对先生崖采空区进行充填治理和生态修复，同时考虑到因地质灾害治理需大量充填料进行采空区充填、结合工程所需充填料量大、资金投入较大、治理土石方来源困难的实际情况，昆明市海口林场根据实际情况通过与社会资本相结合，经济与生态恢复相关互联的路径，委托昆明恒弘环保科技有限公司开展昆明市西山区海口林场先生崖生态修复项目，对先生崖采空区进行充填，然后进行生态修复。因土方来源困难，昆明恒弘环保科技有限公司拟采用磷尾矿基生态修复材料进行充填、反压高陡边坡，治理地质灾害隐患、地形地貌重塑。磷尾矿基生态修复材料为采用云南磷化集团海口磷业有限公司浮选磷尾矿，经添加固化剂进行生产。云南磷化集团海口磷业有限公司磷矿浮选大大提高了海口低品位磷矿的资源综合利用率，通过浮选为云天化相关企业提供磷精矿，本项目是融合浮选尾矿综合利用、采空区充填以及生态修复项目，为浮选尾矿处置、采空区充填及植被恢复结合探索新的出路，响应云南省磷化工绿色发展、固废循环化综合利用要求。海口磷业原矿采区位于先生崖采空区旁，属于同一成矿带，因此采用属于第 I 类一般工业固体废物的海口磷业尾矿胶结充填采空区是可行的，故设计采用采空区附近海口磷业选厂产生的浮选磷尾矿经处理后进行充填。

云南磷化集团海口磷业有限公司浮选磷尾矿为一般工业固体废物，胶结固化后的磷尾矿基生态修复材料浸出结果满足第 I 类一般工业固体废物相关指标，抗压强度 $\geq 0.5\text{MPa}$ ，综合各试验指标磷尾矿基生态修复材料可满足充填露天采空区要求。

利用磷尾矿基生态修复材料作为建设工程中地质灾害治理主要的充填料，既能解决破碎山体地质灾害治理材料匮乏的矛盾，又能提高区域土地利用价值，同时可大幅提高区域大宗固废的综合利用率和利用途径。

2024年5月10日，项目取得西山区发展和改革局投资项目备案证，备案编号2405-530112-04-01-816377，项目名称为“昆明市西山区海口林场先生崖破损山体植被修复项目”，用地范围409710.21m<sup>2</sup>；2024年5月28日，项目名称变更为“昆明市西山区海口林场先生崖经济林园项目”，用地范围409710.21m<sup>2</sup>；2025年5月22日，项目名称变更为“昆明市海口林场先生崖生态修复项目”，用地范围由409710.21m<sup>2</sup>增加至482175.09m<sup>2</sup>。

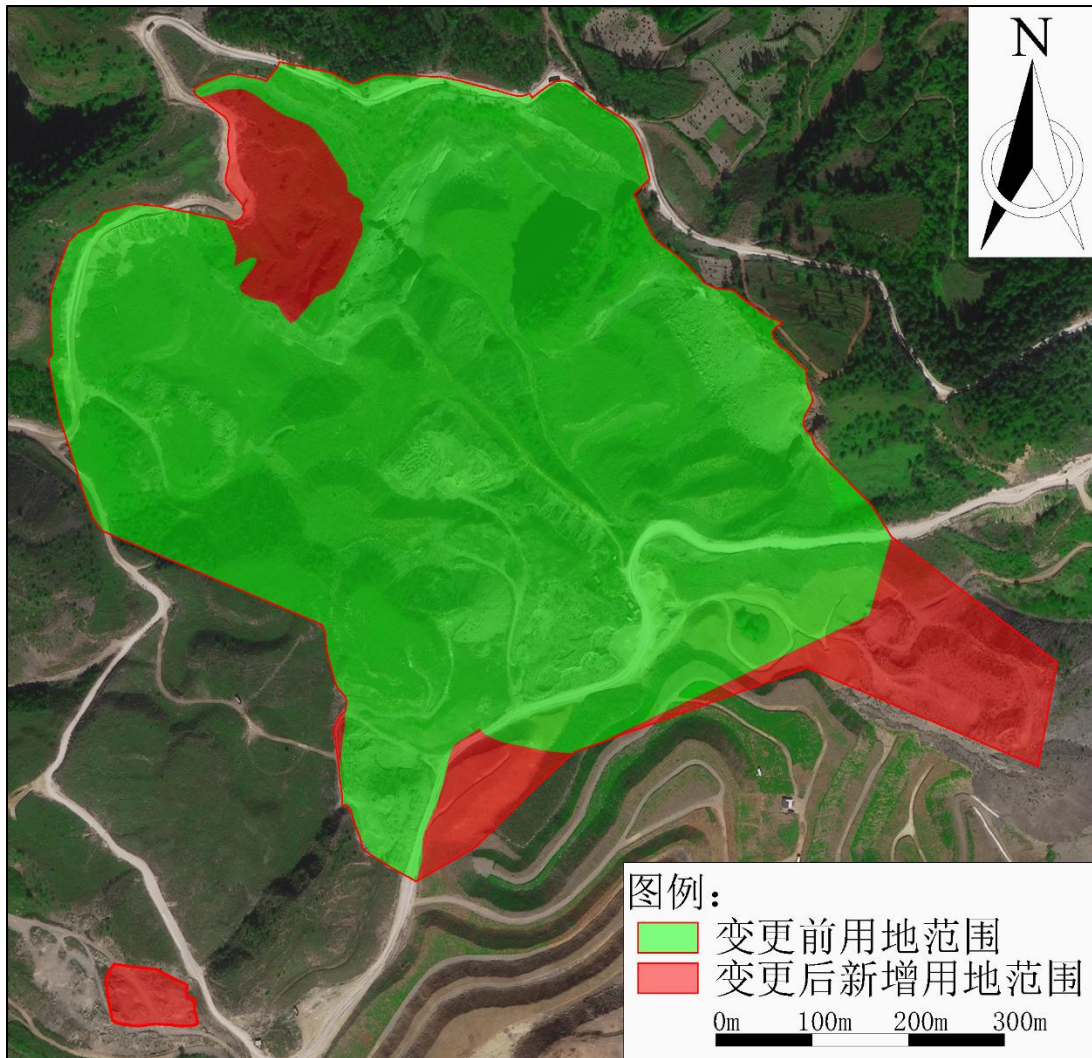


图 2.2-1 项目变更前后用地范围变化情况

2021年10月，编制完成《昆明市西山区海口林场先生崖矿坑生态修复水文地质调查报告》。

2025年5月，编制完成《昆明市海口林场先生崖生态修复项目可行性研究报告》。

2025年9月，编制完成《磷尾矿基生态修复材料胶结固化试验报告》并通过专家评审。

2025年7月，编制完成《昆明市海口林场先生崖生态修复项目实施方案》并通过专家评审，2025年9月，通过西山区自然资源局组织的联审联批。

2025年10月，编制完成《昆明市海口林场先生崖生态修复项目环境风险评估报告》并通过专家评审。

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-矿区修复治理工程”“四十七、生态保护和环境治理业：103、一般工业固体废物（含污水处理污泥）、建筑施工废弃物处置及综合利用-其他”，需要编制环境影响评价报告表，为此，受昆明恒弘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《昆明市海口林场先生崖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：昆明市海口林场先生崖生态修复项目

（2）建设性质：新建

（3）建设单位：昆明恒弘环保科技有限公司

（4）建设项目地址：云南省昆明市西山区海口林场先生崖，地理坐标东经102°28'59.845"，北纬24°47'49.377"。

（5）建设内容及规模：项目总占地面积482175.09m<sup>2</sup>，合723.23亩。根据破损山体现状分生态重建区和辅助再生区进行修复，种植经济林木，实现林业

收益。生态重建区占地 337863.24m<sup>2</sup>，主要采用磷尾矿基生态修复材料进行充填，重塑地形地貌，覆土后为经济林木种植创造必要条件；辅助再生区占地 144311.85m<sup>2</sup>，主要建设内容为场地平整并覆土后种植经济林木。项目配套建设磷尾矿基生态修复材料制备站、尾矿浆输送管道及回水管道，磷尾矿基生态修复材料制备站设计规模为干基浮选磷尾矿处理能力 6000t/d，尾矿浆输送管道 1.082km，回水管道 1.088km。

(6) 占地面积：项目占地面积 482175.09m<sup>2</sup>，合 723.23 亩。

(7) 实施年限：实施年限为 6 年，其中充填修复区实施年限为 4 年，养护管理 2 年。

(8) 项目总投资：39461.54 万元，资金全部自筹。

### 2.2.3 项目区现状地质灾害隐患

项目区现状地质灾害中等发育，调查发现有滑坡、崩塌、不稳定斜坡，未发现地面沉降、地裂缝及泥石流等其他地质灾害点分布。

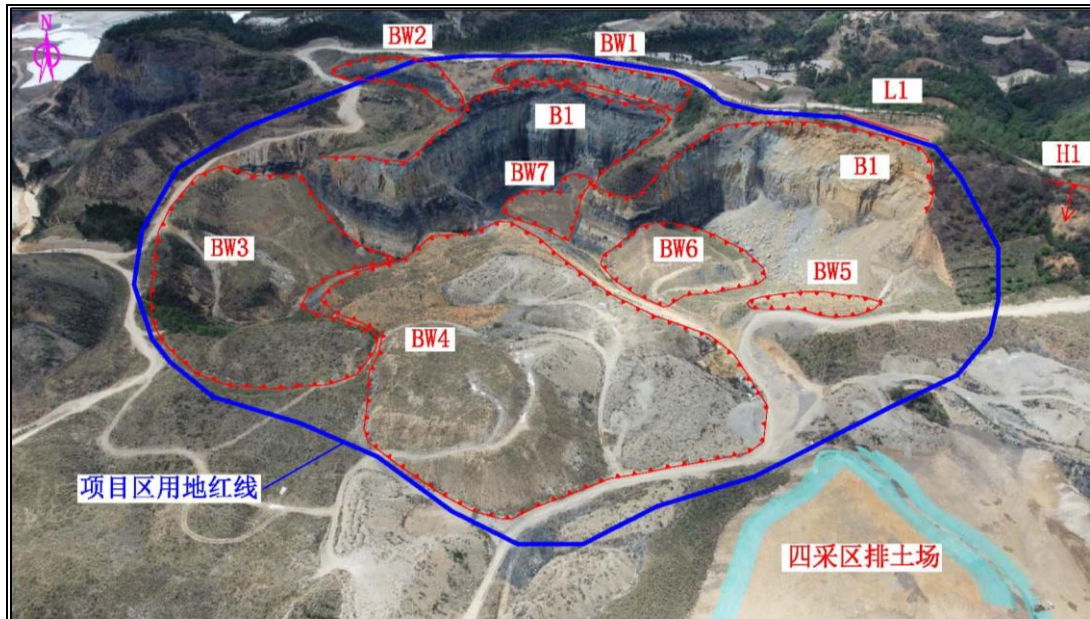


图 2.2-2 评估区地质灾害分布图

#### 2.2.3.1 滑坡

H1 滑坡位于采空区东侧，项目区红线外，滑坡平面上呈半圆状，主滑方向 207°，前缘为矿区公路，高程 2190m，宽约 120m，后缘高程约 2250m，两侧边界较明显，面积约 6000m<sup>2</sup>，平均厚度约 4m，体积约为 2.4×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>，为小型浅层

土体滑坡。该滑坡堆积体地形坡度约 28°，该滑坡后缘明显可见 1 级近似垂直的擦痕，长约 80m，高约 0.5m~8m。滑坡坡体现状条件下被杂草及灌木覆盖。

滑体、滑床及控滑结构面特征：滑体物质为第四系坡残积层 ( $Q^{dl+el}$ ) 粘土，为土质滑坡。组成滑体的物质结构松散，呈黄、黄灰色，碎块呈棱角状，砾径 1~10cm，碎块为页岩。滑床为寒武系下统筲竹寺组 ( $\epsilon_{1q}$ ) 页岩、粉砂质页岩中，表层岩体完整性较差。控滑结构面为风化结构面及土岩接触面。滑坡地质断面见下图。



图 2.2-3 H<sub>1</sub> 滑坡全景

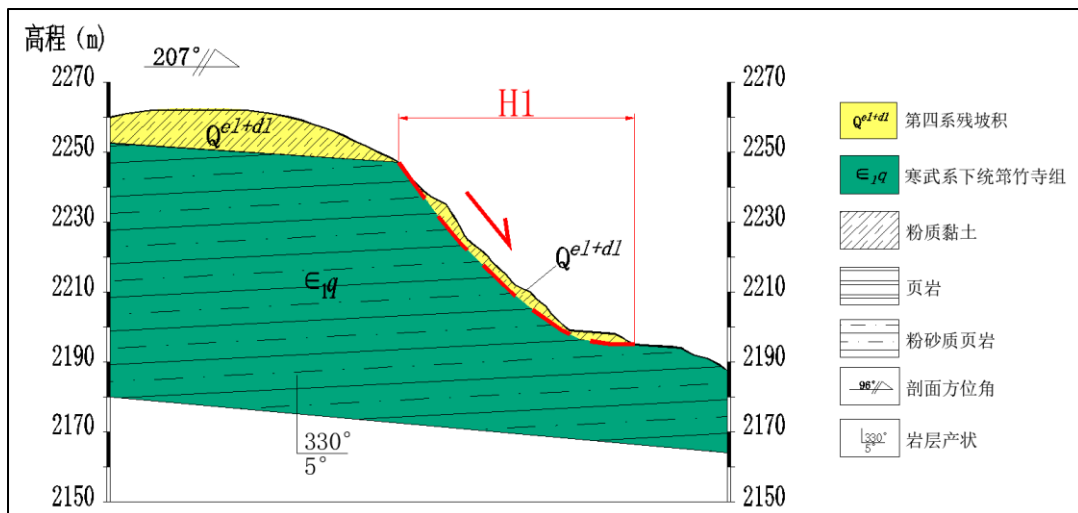


图 2.2-4 H<sub>1</sub> 滑坡地质断面图

该滑坡形成的主要原因是人类工程活动，采矿开挖边坡形成高陡临空面，在该处形成 50°~75°斜坡面，坡体前缘形成了临空面，未能及时支护，滑坡所在斜坡地势较陡、表部土体松散，降雨时地表水渗入坡体，使土岩接触面力学强

度降低，同时由于自重力增大，导致斜坡覆盖层下滑力增大，致使坡体失稳沿土岩接触面产生滑动，属牵引式滑坡。

根据现场调查，滑坡坡前缘临空，平均坡度 $>40^\circ$ ，有间断季节性地表径流流经，坡面上部局部有小的裂缝，后缘有断续的小裂缝发育，因此，该滑坡属强发育。滑坡前缘覆盖于原地表上，滑体上已基本覆盖植被，鼓丘不再发展，后缘裂缝不再扩大，滑坡壁明显，该滑坡处于停滑阶段。前缘为矿区公路，人员不多，危害对象主要为矿山车辆人员等，危害程度小。综上所述，该滑坡灾害发育程度强，危害程度小，地质灾害危险性中等。

### 2.2.3.2 崩塌

#### (1) 现状及规模

B1 崩塌发育于采空区北侧，为采矿后形成高、陡边坡。边坡上部现状存在危岩，下部多见崩塌堆积体。根据卫星历史影像可知，该区原始地貌形态为山脊斜坡地段，该段自 2014 年起进行采矿活动，随着坡脚采空面的增大逐渐形成卸荷张裂缝，现状临空面较大。崩塌近似东西走向，顶宽约 1460m，底部最低高程 2116.24m，顶部最高程为 2267m，崩落方向  $139^\circ\sim 226^\circ$ 。

根据钻探揭露结果，边坡上部为含碎石粉质黏土层，厚度 0.5~3m，下部为寒武系下统筇竹寺组(C1q)强~中风化泥质、粉砂质页岩、粉砂岩，产状  $300^\circ\angle 5^\circ$ ，呈近水平状。但场地主要发育有 2 组节理，裂隙面产状分别为 J1:  $140^\circ\angle 85^\circ$ 、J2:  $230^\circ\angle 89^\circ$ ，该 2 组节理间距比较均匀（约 0.5~1.5m/组），节理面平直光滑。该裂缝沿 J2 裂隙面贯通，延伸较远，迹长较长。

根据现场勘查，该崩塌坡度较陡且常处于地表径流的冲刷之下，有发展趋势，坡面上有多条新发展的裂缝，平缓岩层，沿层理面分裂成薄层状及页片状的性质，多呈柱状、短柱状、局部碎块状结构，裂隙发育，地下水排泄条件好，由此确定，该崩塌不稳定。



图 2.2-5 B<sub>1</sub> 崩塌全景



图 2.2-6 B<sub>1</sub> 崩塌局部照片



图 2.2-7 B<sub>1</sub> 崩塌局部照片



图 2.2-8 崩塌堆积体

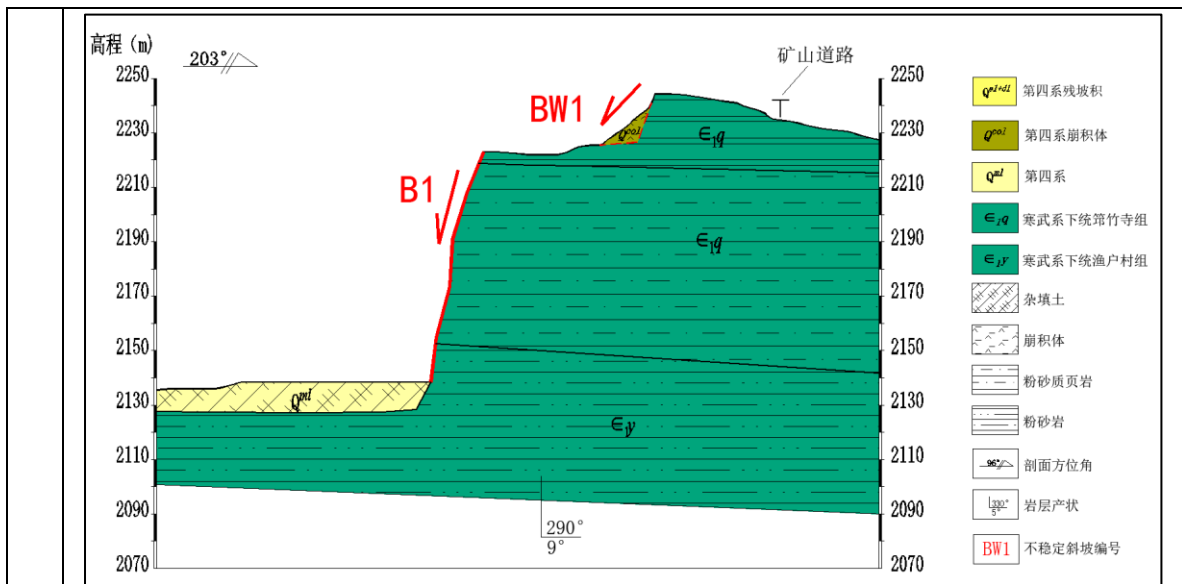


图 2.2-9 B<sub>1</sub> 崩塌剖面图

### 2.2.3.3 裂缝

东段顶部发育有一较大危岩体，危岩裂缝走向西北-东南，裂缝现状长约 160.0m，中间宽约 2.0m 两端逐渐闭合，肉眼可探深度约 10.0~15.0m，预计最大深度约 27.0m，一般深度在 20.0~25.0m 范围，近垂直发育，顶部宽下部呈逐渐闭合的趋势，裂缝中参差充填有两侧塌落的岩土体。开裂范围总体方量粗略估算约有 8.5 万 m<sup>3</sup>，为一中型崩塌群。裂缝前缘发育有多处次级危岩块，大小不一，形状各异。在暴雨条件下地表水下渗到裂缝中，孔隙水压会出现突然增长的现象，地下水会使土体重度增大，在渗流过程中产生的渗透力、孔隙水压力以及对孔隙的潜蚀作用会扩大裂缝。该裂缝现状未发现扩张、移动现象，但坡脚有崩塌堆积体分布、现状不时有落石。随着岩石风化的加剧，降雨等条件下有可能形成逐渐崩塌甚至整体倾倒。



图 2.2-10  $L_1$  地裂缝位置图



图 2.2-11  $L_1$  地裂缝全景



图 2.2-12  $L_1$  地裂缝局部

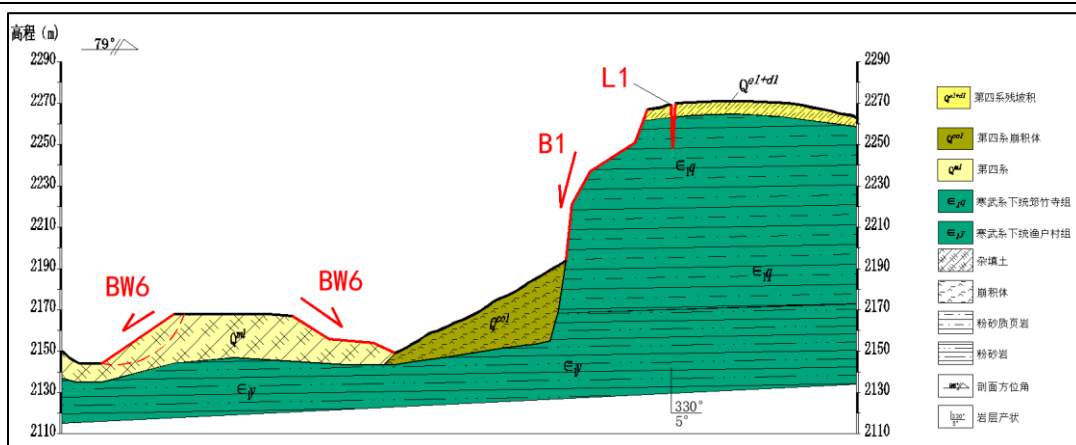


图 2.2-13 L<sub>1</sub> 地裂缝剖面图

### 2.2.3.4 不稳定斜坡

项目区人类活动频繁，区内采矿活动对地质环境影响剧烈，形成了较多陡坡、临空面，不稳定斜坡随处可见。这些陡坡、临空面成为岩土体不稳定因素，根据工程地质调查、勘探，结合场地内各边坡实际情况，本次重点调查了规模稍大的 7 处不稳定斜坡，描述如下：

#### 2.2.3.4.1 岩质不稳定斜坡

##### (1) BW1

位于采空区北部，矿山道路下部。坡顶边缘线长 270m，坡脚边缘线长 270m，呈东西向分布，沿坡向宽约 8~20m。坡顶高程 2245m，坡脚高程 2225m，高度约 20m，坡面倾向 135°~210°，坡体地层为寒武系下统筲竹寺组 (C<sub>1q</sub>) 强风化页岩、中风化粉砂质页岩、中风化粉砂岩，为岩质边坡。岩层产状 290°∠9°，发育两组近垂直节理，第一组节理 (J<sub>1</sub>) 127°∠85°，第二组节理 (J<sub>2</sub>) 208°∠80°。根据现场勘查，该层岩质软，抗风化性能较差，暴露于空气中易龟裂、3~5 天后崩解成散体状。因此，边坡坡脚现状大多为松散风化堆积体，自然休止角约在 35°~43°左右，边坡上部较陡，边坡角近 70°。

##### (2) BW2

位于采空区北部，BW1 西侧，矿山道路下部。坡顶边缘线长 236m，坡脚边缘线长 236m，呈南北向分布，沿坡向宽约 10~16m。坡顶高程 2239m，坡脚高程 2223m，高度约 16m，坡面倾向 180°，坡体地层为寒武系下统筲竹寺组 (C<sub>1q</sub>) 强风化页岩、中风化粉砂质页岩、中风化粉砂岩，为岩质边坡。岩层产

状  $308^{\circ}\angle 8^{\circ}$ ，发育两组节理，第一组节理 ( $J_1$ )  $146^{\circ}\angle 84^{\circ}$ ，第二组节理 ( $J_2$ )  $209^{\circ}\angle 89^{\circ}$ 。根据现场勘查，该层岩质软，抗风化性能较差，暴露于空气中易龟裂、3~5 天后崩解成散体状。因此，边坡坡脚现状大多为松散风化堆积体，自然休止角约在  $35^{\circ}\sim 43^{\circ}$  左右，边坡上部较陡，边坡角近  $50^{\circ}$ 。

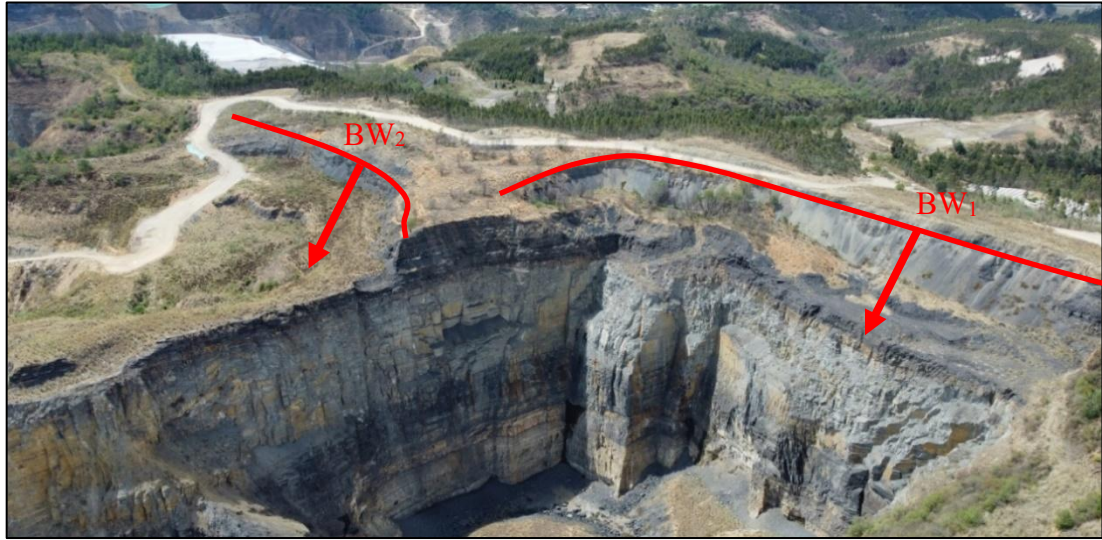


图 2.2-14 BW<sub>1</sub>、BW<sub>2</sub> 不稳定边坡

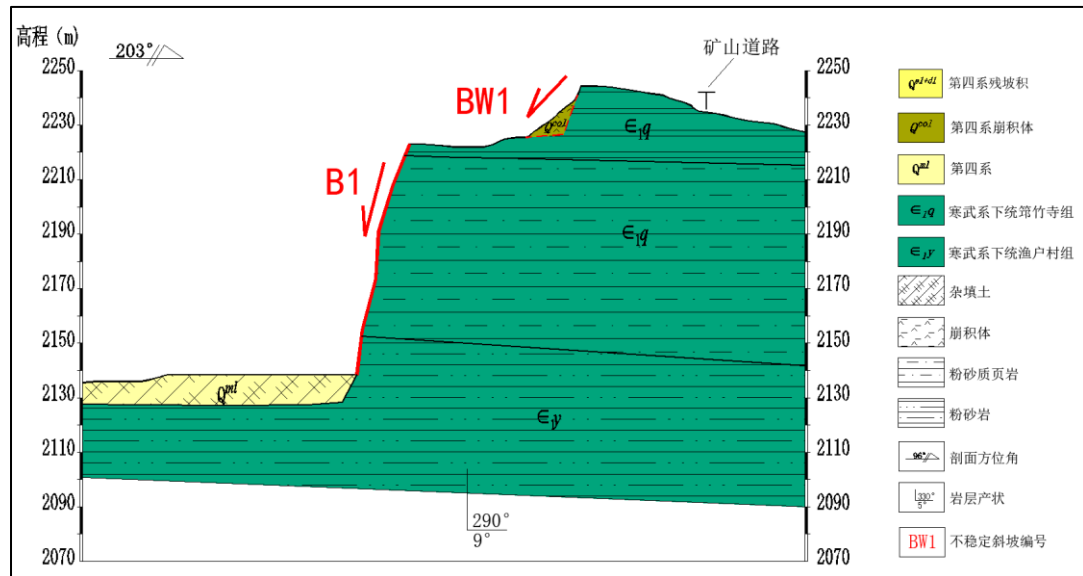


图 2.2-15 BW<sub>1</sub> 不稳定边坡地质剖面图

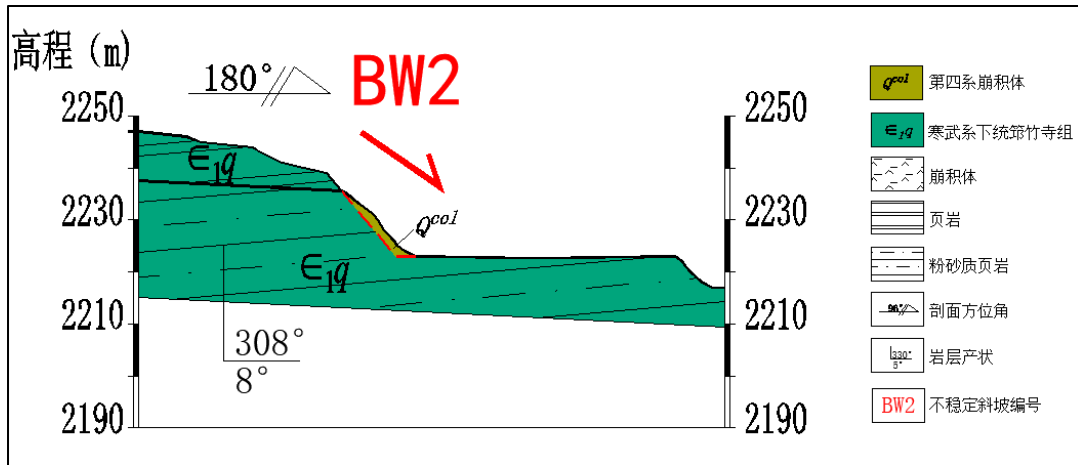


图 2.2-16 BW<sub>2</sub> 不稳定边坡地质剖面图

#### 2.2.3.4.2 填方不稳定斜坡

根据现场调查及钻探揭露结果，场地原山体因采矿活动形成了不规则状的采空区。现状采空区底部及周边均堆填有采矿剥离物。剥离物堆填未经严格规划设计，现状粗略呈多级不同标高平台，堆积厚度无规律，一般厚度在 5.0m~90.0m 范围，大致呈采空区中往周边逐渐变薄的趋势。

表 2.2-1 不稳定斜坡基本情况一览表

编号	斜坡特征
BW <sub>3</sub>	位于采空区内南部，矿山道路下部，填方边坡。坡顶边缘线长 180m，坡脚边缘线长 1058m，沿坡向宽约 66~323m。坡顶高程 2224m，坡脚高程 2133m，高度约 91m，坡面倾向 0°~336°，坡角 35°。坡体地层为露采剥离物，未经系统碾压，随意堆填，自重回结。
BW <sub>4</sub>	位于采空区内西部，矿山道路下部，填方边坡。坡顶边缘线长 277m，坡脚边缘线长 205m，沿坡向宽约 90~200m。坡顶高程 2190m，坡脚高程 2147m，高度约 43m，坡面倾向 72°，坡角 31°。坡体地层为露采剥离物，未经系统碾压，随意堆填，自重回结。
BW <sub>5</sub>	位于采空区内东部，矿山道路下部，填方边坡。坡顶边缘线长 210m，坡脚边缘线长 186m，沿坡向宽约 34~95m。坡顶高程 2192m，坡脚高程 2153m，高度约 39m，坡面倾向 352°，坡角 35°。坡体地层为露采剥离物，未经系统碾压，随意堆填，自重回结。
BW <sub>6</sub>	位于采空区内东部，崩塌底部，填方边坡。坡顶边缘线长 238m，坡脚边缘线长 360m，沿坡向宽约 25~52m。坡顶高程 2165m，坡脚高程 2145m，高度约 20m，坡面倾向 52°~265°，坡角 35°。坡体地层为露采剥离物，未经系统碾压，随意堆填，自重回结。
BW <sub>7</sub>	位于采空区内北部，崩塌底部，填方边坡。坡顶边缘线长 180m，坡脚边缘线长 138m，沿坡向宽约 18~26m。坡顶高程 2133m，坡脚高程 2117m，高度约 16m，坡面倾向 267°~329°，坡角 31°。坡体地层为露采剥离物，未经系统碾压，随意堆填，自重回结。

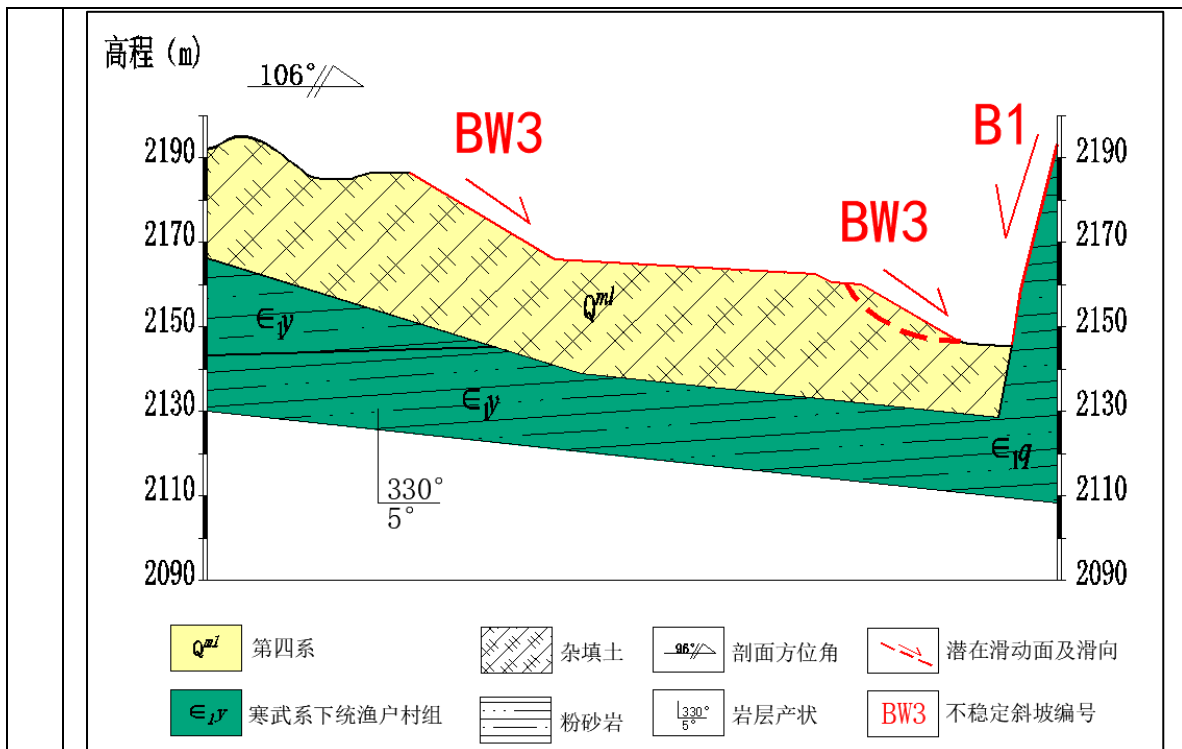


图 2.2-17 BW<sub>3</sub> 不稳定边坡地质剖面图

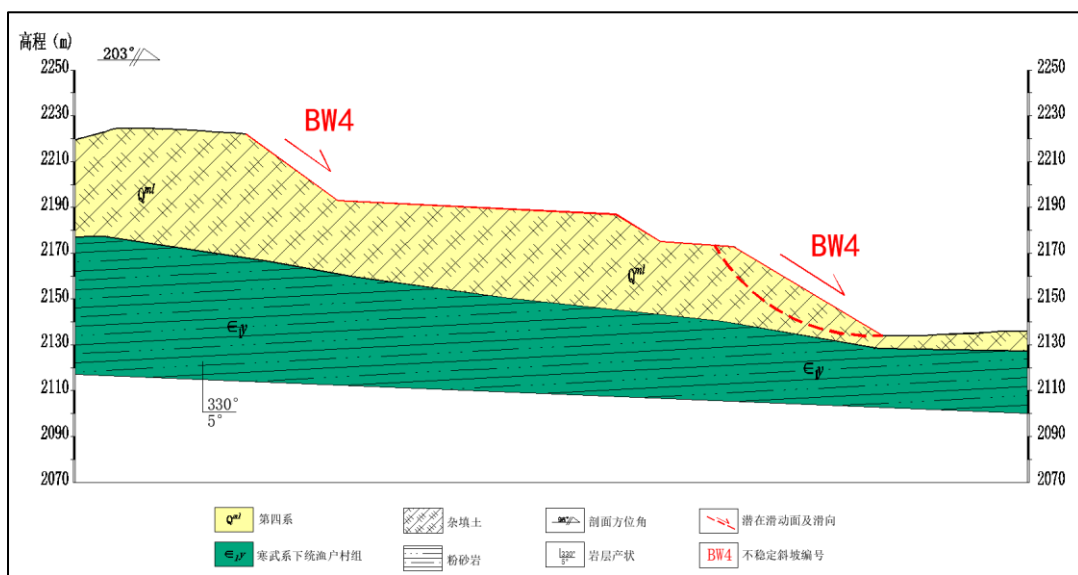


图 2.2-18 BW<sub>4</sub> 不稳定边坡地质剖面图

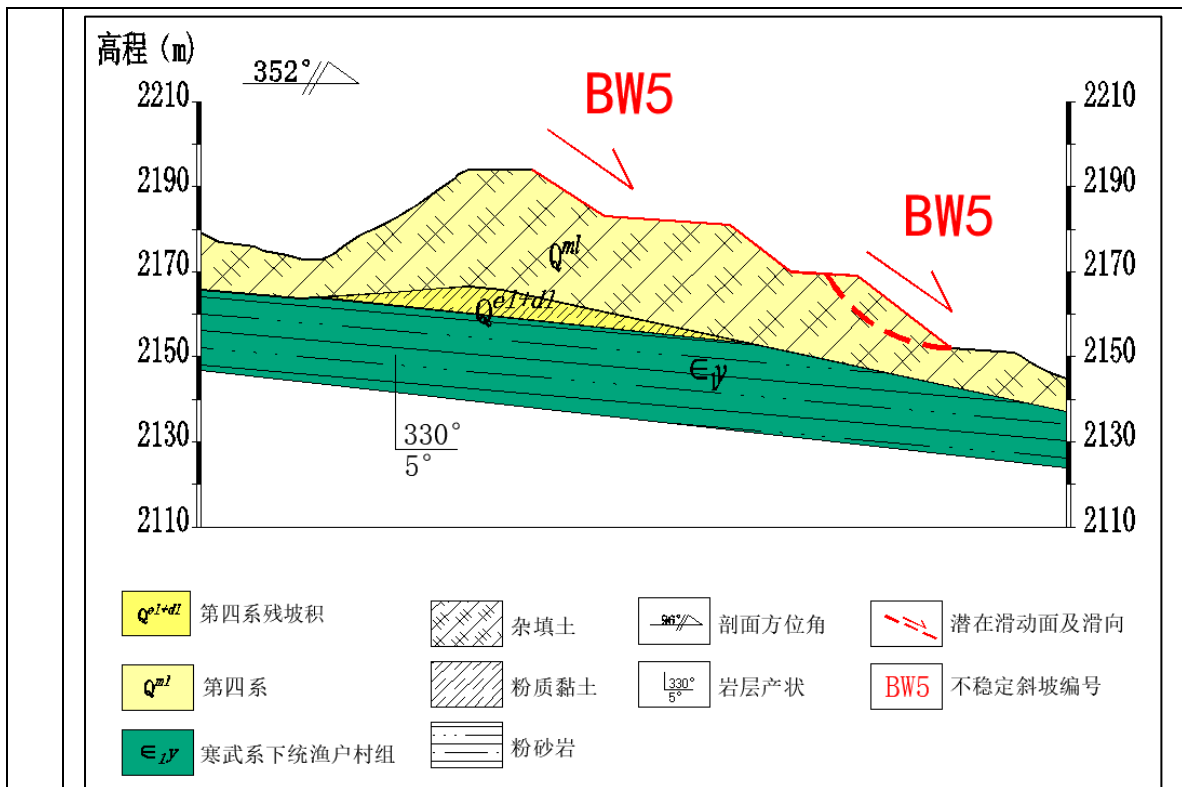


图 2.2-19 BW<sub>5</sub> 不稳定边坡地质剖面图

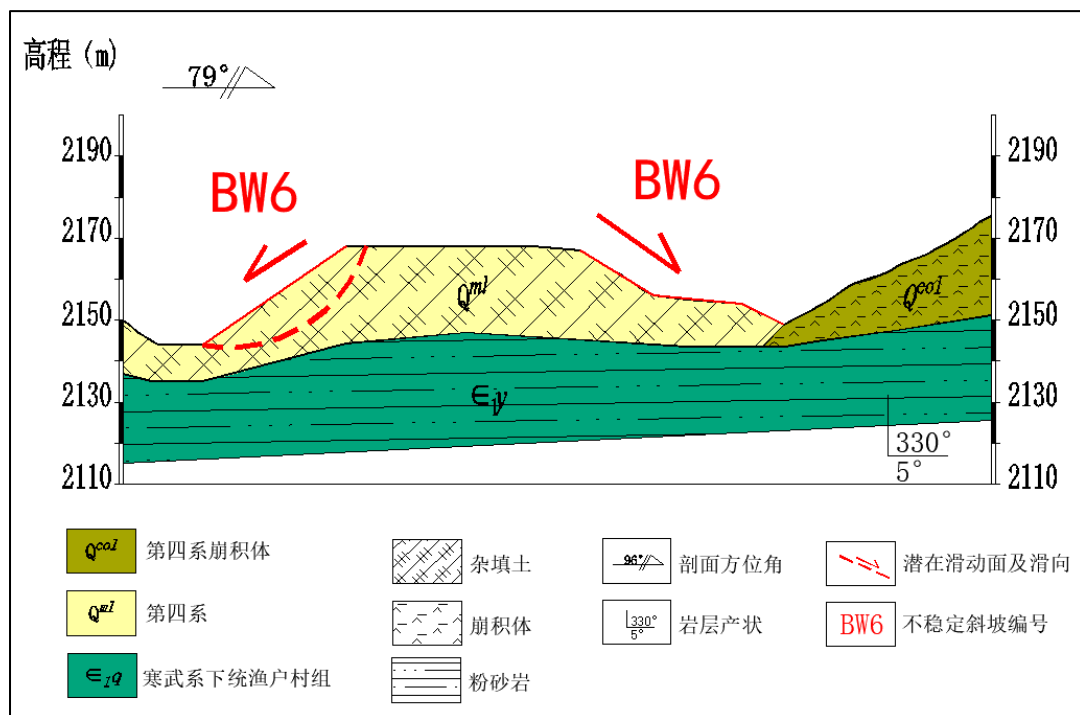


图 2.2-20 BW<sub>6</sub> 不稳定边坡地质剖面图

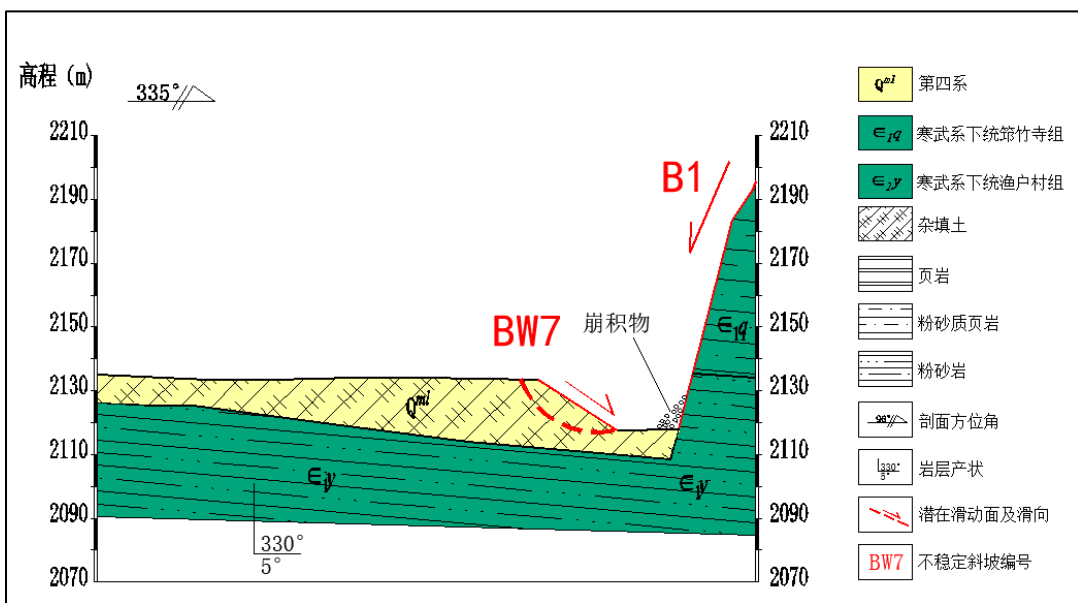


图 2.2-21 BW<sub>7</sub>不稳定边坡地质剖面图

### 2.2.3.5 探矿洞

场地内遗留有探矿洞，规模均较小，洞口呈不规则状，直径约 0.3~0.5m，最大直径约 1.5m，进深较浅，约 0.5~1.0m，最深约 5.0m。



图 2.2-22 遗留探矿洞

## 2.2.4 修复方案

### 2.2.4.1 修复方式及修复分区

#### (1) 修复方式

根据破损山体现状及资料分析，先生崖破损山体生态问题可定义为 I 级破损山体生态问题。对应《TD/T1070.1-2022》附录 C 中矿山生态修复方式选择的指南，场地严重土地损毁面积约 48.2175hm<sup>2</sup>，地表植被生境受到不同程度的影响，生态退化严重。确定采用生态重建措施+辅助再生措施进行生态修复，场地修复为耕地、林地、草地和农村道路。

表 2.2-2 《TD/T1070.1-2022》附录 C

矿山生态修复方式	适宜的场地条件
自然恢复	场地不存在地质安全隐患和水土污染，地质稳定性与水土质量良好，地表仅存在少量土地损毁或水资源破坏，仅局部植被盖度与质量受到影响，物种生境条件稳定，生态系统结构与功能完好。
辅助再生	场地存在一定的地质安全隐患，地质稳定性较差，或场地局部存在水土污染，存在一定程度土地损毁、水资源破坏，部分植被盖度与质量受到影响，物种生境条件较为稳定，生态系统结构与功能基本完好。
生态重建	场地存在重大地质安全隐患，地质条件不稳定，或场地存在具有影响环境安全的重大水土污染问题，或存在严重土地损毁、水资源破坏，地表植被生境受到严重影响，生态退化严重。

#### (2) 修复目标

根据《昆明市海口林场先生崖生态修复项目实施方案》，该工程修复目标为：结合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林地、耕地、草地及交通运输用地。通过场地平整、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；通过充填及地形重塑、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，地质灾害得到有效治理。

②将矿山破坏土地恢复为林地、耕地、草地及农村道路。项目实施后可恢复林地 455948m<sup>2</sup>，耕地 6969m<sup>2</sup>，草地 12466m<sup>2</sup>，农村道路 6792m<sup>2</sup>。

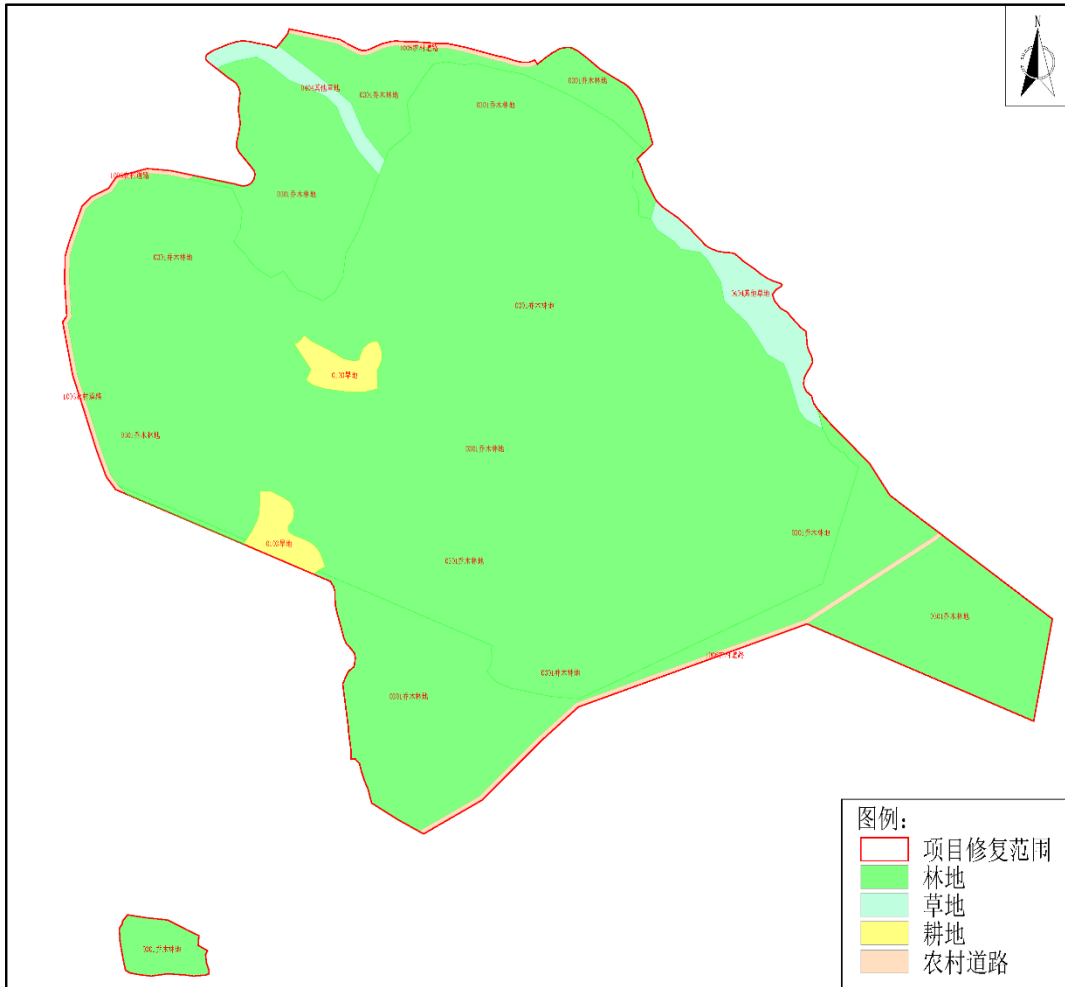


图 2.2-23 项目生态修复目标图

### (3) 修复分区

**生态重建区：**为项目区内存在不稳定边坡、地表凹陷的区域，对该区域采取相应地形地貌重塑进行环境提升改造，占地面积 337863.24m<sup>2</sup>。

**辅助再生区：**为生态重建区域以外的区域，以植被恢复、乔木补植为主。占地面积 144311.85m<sup>2</sup>。

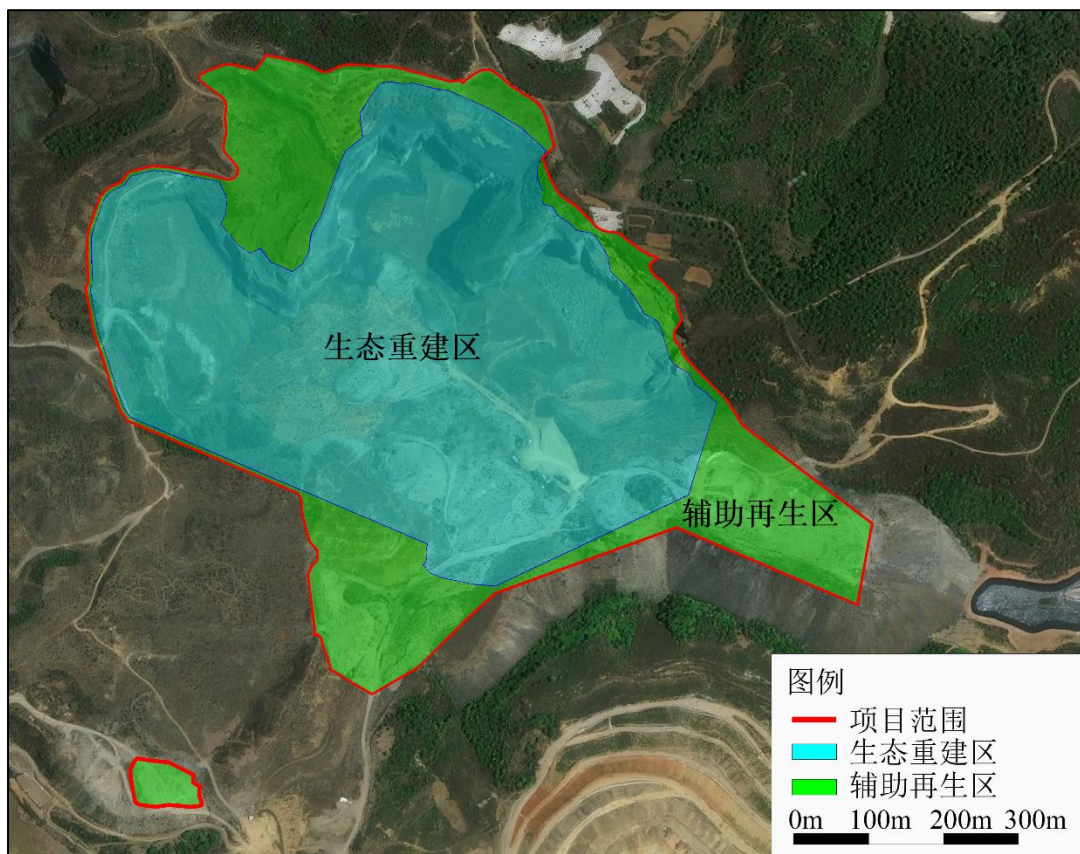


图 2.2-24 项目生态修复分区图

### 2.2.4.2 建设内容

项目主要由主体工程、辅助工程、公用工程、环保工程组成，修复面积 482175.09m<sup>2</sup>，项目组成及规模详见下表。

表 2.2-3 项目组成一览表

工程名称	建设内容及规模		备注
主体工程	磷尾矿基生态修复材料制备生产线	生产线设置于采空区北侧，用地面积 7400m <sup>2</sup> ，主要建设膏体仓储浓密机 4 台，固化剂仓 2 台，生态修复材料制备间（内设高速柔性搅拌机 2 台，充填工业泵 3 台），絮凝剂加药间 1 间（内设絮凝加药机 2 台），溢流水池 2 个，配电站，柴油发电机房等。 生产规模：干基浮选磷尾矿处理能力 180 万 t/a，6000t/d。	充填结束后拆除
	生态重建区	为项目区内存在不稳定边坡、地表凹陷的区域，对该区域采取相应地形地貌重塑并进行环境提升改造，占地面积 337863.24m <sup>2</sup> 。	新建
	地质灾害治理及场地清理	H <sub>1</sub> 滑坡坡体位于修复区外，现状被杂草及灌木覆盖，在 H <sub>1</sub> 滑坡边坡上设置位移、沉降监测点，施工期对 H <sub>1</sub> 滑坡进行边坡监测。 B <sub>1</sub> 崩塌发育于场区北侧，本次场区充填磷尾矿基生态修复材料堆填最大堆存标高 2250m，充填完成后，大部分崩塌区域被充填反压，对开挖区域充填反压区域的边坡采取危岩危石清理排除、表层清表及适当削坡的方式，确保堆填施工期间的安全，随着场	新建

	<p>区充填，边坡被反压，地质安全隐患消除；东侧部分未被反压的区域，进行危岩危石清理排除后，进行挂网喷浆进行处理；危岩清理采用人工清理，从上往下逐层排险，采用撬棍清理和人工手持风镐破碎凿除；挂网喷浆钢筋网采用 <math>\Phi 8</math> 钢筋，间距 200mm，锚杆采用 <math>\Phi 20</math> 锚杆间距 10m，锚入边坡深度 5 米，锚钉采用 <math>\Phi 14</math> 钢筋，间距 2m，锚入边坡深 1 米，喷浆厚度不小于 10cm。然后在挂网喷浆外层进行喷播复绿，在边坡上下种植爬藤植物。</p> <p>地裂缝现状整体稳定，未发现扩张、移动现象，无继续扩大趋势，为此设计采用裂缝粘土充填封闭，然后表层浇筑 200mm 厚 C20 混凝土垫层，在其上设置排水沟导排表层雨水，防止雨水下渗，排水沟断面 300×400mm，从两侧接入矿坑周边截洪沟，同时在地裂缝两侧设置沉降位移监测系统进行定期监测，确保安全，后期若出现地裂缝有变形或扩大情况，考虑对地裂缝外侧岩体全部清除，然后挂网喷浆。</p> <p>本次采空区充填磷尾矿基生态修复材料堆填最大堆存标高 2250m，磷尾矿基生态修复材料充填后，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采空区充填期间（即施工期）的安全稳定。考虑边坡稳定防渗层铺设施工要求，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，场地不稳定边坡按 1:1.5 的坡比进行清理，每下降 10m 留一宽 3m 的平台，保证边坡施工期临时稳定。</p> <p>为后期堆填安全，在采空区清理整平过程中，对采矿洞进行封堵，采用 C20 混凝土完全充填。</p> <p>地灾治理及场地清理产生的土石方用于场地平整。</p>	
	<p>防渗工程</p> <p>底部防渗：在充填区场地底部铺设 0.75m 厚压实粘土作为衬层，压实粘土采用矿山剥离土进行筛分方式获得，要求土干净、含沙量小、黏粘、粒径小于 0.05mm 的含量应超过 25%、塑性指数大于 15，经压实措施处理后的压实度大于 0.92。衬层上铺设 400g/m<sup>2</sup> 土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup> 土工布的两布一膜防渗层。</p> <p>边坡防渗：对边坡进行危岩清理和整平，然后沿边坡分层堆填压实粘土，每次堆填高度 5m，顶宽 2.0m，堆填边坡 1:1，在堆填的粘土层上铺设 400g/m<sup>2</sup> 土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup> 土工布的两布一膜防渗层，然后充填磷尾矿基生态修复材料。当本层堆填满，把土工布和防渗膜折回库内，然后在边坡位置堆填压实粘土，再把防渗层从库内折回边坡，循环铺设，直至完成矿坑堆填。</p> <p>顶部防渗：场地充填区在磷尾矿基生态修复材料充填完成后，为防止雨水下渗进入堆体，在堆体顶部设置防渗层，采用 HDPE 防渗膜防渗；首先整平堆填区表层，形成不小于 2% 的排水坡度，再铺设防渗层，采用 1.0mmHDPE 复合防渗膜（200g/m<sup>2</sup> 土工布+1.0mmHDPE 防渗膜+200g/m<sup>2</sup> 土工布），然后覆土。</p> <p>防渗漏监测：为保证防渗效果，监测底部防渗层的防渗性能，根据项目情况，对充填区底部进行渗漏监控，主要在场地底部整平最低处设置在线渗漏监测系统，在膜下设置 23 个监控传感器（间</p>	新建

		隔 30.0m 网格布设), 在膜上设置 5 个发射接收传感器, 传感器采用电缆连接, 所有缆线汇总至场区平台上, 接入信号中转装置。信号中转装置通过通讯线缆连接到监控室内。	
	采空区充填及地形地貌重塑	根据采空区现状, 为治理采空区高陡边坡地质灾害, 采空区采用磷尾矿基生态材料进行充填反压, 重塑地貌, 根据边坡情况, 现状先生崖矿区范围周边坡顶高度 2116.24m~2267m, 最高边坡顶标高 2267m, 矿区北侧和东侧为近乎直立的高陡岩质边坡, 边坡高度约 30m~120m, 为尽量对高陡岩质边坡形成反压, 采空区充填标高尽量与原始地面齐平, 恢复原始地貌, 同时需考虑堆填体的安全稳定, 故结合现场地形条件, 最终确定充填至 2250m 标高。充填高度 134m, 有效容积 846.15 万 m <sup>3</sup> , 其中堆填分隔坝占用约 122 万 m <sup>3</sup> , 充填磷尾矿基生态修复材料占用约 724.15 万 m <sup>3</sup> 。	新建
	拦挡设施	采空区南侧垭口位置设置一座碾压式土石主坝, 坝底标高 2172.0m, 坝顶标高 2202.5m, 坝高 30.5m, 坝顶宽 6m, 坝顶长 468.77m。 采空区西侧垭口位置设置一座碾压式土石副坝, 坝底标高 2191.0m, 坝顶标高 2202.5m, 坝高 11.5m, 坝顶宽 6m, 坝顶长 246.02m。	新建
	截排水	采空区四周新建截洪沟, C20 素混凝土结构, 断面尺寸 B×H=0.6~1.0×0.6~1.0m, 最小底坡 1.0%, 把充填区外雨水排出场外, 总长 2136m。 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周边截洪沟或纵向排水沟相连。平台横向排水沟采用 C20 素混凝土结构, 矩形断面, B×H=0.3m×0.4m, 两端坡度不小于 1%。 在已堆存的边坡上设边坡纵向排水沟, 纵向排水沟接入周边截洪沟。纵向坡面排水沟采用 C20 素混凝土结构, 矩形断面, B×H=0.5×0.6m, 纵向坡面排水沟根据堆填边坡情况, 间距 100-200m 设置一条。 在堆存完成的顶面设顶面排水沟, 纵横间距 50m 设置一条, 接入边坡纵向排水沟。顶面排水沟采用 C20 素混凝土结构, 矩形断面, B×H=0.3×0.4m。 在充填分区尾部设临时泌水集水坑, 集水坑在固结生态修复材料上开挖, 尺寸 10m×10m, 深度 2.0m, 开挖边坡 1:2, 在集水坑内设置潜水泵, 坑内充填过程中, 若有表层积水, 则及时进行抽排至小麦地尾矿库回水池, 回抽至选厂处理回用。	新建
	土壤重构	项目区土壤重构使用不小于 100cm 厚的耕植土为覆土。恢复为耕地、林地、草地的区域覆土, 结合最终用地性质, 应满足《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; 恢复为农村道路的区域覆土需满足《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准 (试行)》(GB36600-2018) 中第二类用地要求。	新建
	植被重建	根据海口林场的要求, 场地覆土后复垦为林地、耕地、草地及农村道路, 林地种植树种为乔木: 大果红杉、云南松、红桦、尖叶	新建

		木樨榄；草本：白三叶草、紫花苜蓿草；爬藤植物：爬山虎、常春藤等。耕地及草地覆土后播撒草籽。 抚育管理：经济林种植工程完后适时浇水灌溉、注意防病、适当补植补种、人工巡护。		
	跟踪监测	设置 5 座地下水污染监控井，其中上游 1 座、下游（东侧）2 座、北侧 1 座、西侧 1 座。 土壤污染监控：项目区及周边土壤每年开展一次监测，连续 3 年。	新建	
	辅助再生区：为生态重建区域以外的区域，以土壤重构（使用不小于 100cm 厚的耕植土为覆土）、植被恢复、乔木补植为主。占地面积 144311.85m <sup>2</sup> 。		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。 ①浮选磷尾矿原料采用管道输送至充填材料生产区，选用 DN300 钢丝网骨架管，长度 1.082km，新建管道责任主体为昆明恒弘环保科技有限公司，原有输送管道责任主体为云南磷化集团海口磷业有限公司。 ②充填材料采用管道输送至充填区，选用 DN200 钢丝网骨架管。 ③项目废水通过管道返回小麦地尾矿库回水系统，最终返回选厂，选用 DN300 的钢丝网骨架管，管道长度 1.088km，新建管道责任主体为昆明恒弘环保科技有限公司，小麦地尾矿库及其回水管道责任主体为云南磷化集团海口磷业有限公司。 ④耕植土、砂石料等采用汽车运输至项目区后直接使用，不设置中转区域暂存，固化剂通过罐车运输至项目区后泵入固化剂仓。	新建	
公用工程	给水	项目生活用水主要为饮用水，外购桶装水使用，生产用水从尾矿渣浆脱水废水回用。	新建	
	排水	项目充填施工区雨水经潜水泵抽排至雨水收集池（容积 2100m <sup>3</sup> ）回用，胶结固化区域雨水通过截排水沟外排。浮选磷尾矿渣浆膏体浓密产生的废水经溢流水池缓冲后通过回水管线送至小麦地尾矿库。 充填区泌水通过 600m <sup>3</sup> 泌水收集池收集后通过回水管线送至小麦地尾矿库。 员工生活污水经沉淀后回用于洒水降尘。	新建	
	供电	由云南磷化集团海口磷业有限公司提供。	新建	
依托工程	海口磷业选厂、湿磨装置提升改造及尾矿库	项目浮选磷尾矿及回水依托云南磷化集团海口磷业有限公司 310 万吨磷矿浮选厂、110 万 t/a 湿磨 II 装置提升改造项目、55 万吨/年湿磨 I 装置提升改造项目及其配套尾矿库（小麦地尾矿库）。	依托	
环保工程	废气	洒水车 1 辆，对施工区运输道路进行洒水降尘。	新建	
		雾炮 1 台，对项目区土方工程区域进行喷雾降尘。		
废水	运输车辆须以篷布遮盖，密闭运输，并注意控制车速。	临时沉淀池及车辆高压冲洗设施 1 套，临时沉淀池容积为 3m <sup>3</sup> ，设置于项目区进出口，对运输车辆进行冲洗，避免带泥上路。		新建
	对施工裸露区采用防尘网覆盖。 固化剂仓仓顶分别设置 1 台布袋除尘器，共 2 台。			
		临时沉淀池 1 座，容积为 1m <sup>3</sup> ，对生活污水进行收集沉淀后回用。		

		设置 340m <sup>3</sup> 溢流水池两座，总容积 680m <sup>3</sup> ，脱水废水经溢流水池收集后返回小麦地尾矿库，最终回用于选厂。	
		设置 600m <sup>3</sup> 泌水收集池 1 座，充填区充填泌水收集后返回小麦地尾矿库，最终回用于选厂。	
		设置 2100m <sup>3</sup> 雨水收集池 1 座，充填施工区雨水收集后返回小麦地尾矿库，最终回用于选厂。	
		在搅拌机下方设置事故池，尺寸：3.5m×7.0m×1.5m，容积 36.75m <sup>3</sup> 。	新建
		在尾矿输送管道及回水管道沿线最低点设置应急事故池 1 座，容积 150m <sup>3</sup> 。	新建
	噪声	设备减振、合理布局、合理施工、加强设备维护。	新建
	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。	新建
		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。	新建
		废弃包装料 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。	新建
		设备拆除固废 磷尾矿基生态修复材料制备生产线拆除设备及构筑物外售综合利用。	新建
		废弃土石方 施工期场地清理及边坡整治产生的土石方用于场平整及拦挡设施，无废弃土石方产生。	新建
		收集池沉渣 泌水收集池的沉渣，用于充填区充填。	新建
		废机油 新建危废贮存库，面积 2m <sup>2</sup> ，按《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中重点防渗区防渗要求进行防渗设计，渗透系数≤10 <sup>-10</sup> cm/s。	新建
	地下水	<p>底部防渗：充填区场地底部铺设 0.75m 厚压实粘土作为衬层，衬层上铺设 400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布的两布一膜防渗层。</p> <p>边坡防渗：边坡分层堆填压实粘土，在堆填的粘土层上铺设 400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布的两布一膜防渗层。</p> <p>顶部防渗：堆体顶部设置 1.0mmHDPE 复合防渗膜（200g/m<sup>2</sup>土工布+1.0mmHDPE 防渗膜+200g/m<sup>2</sup>土工布）防渗层。</p> <p>拦挡设施防渗：拦挡设施内坡铺设 400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布的两布一膜防渗层。</p> <p>溢流水池为钢结构，渗透系数≤1.0×10<sup>-7</sup>cm/s，定期检查发现泄漏及时修复。</p> <p>雨水收集池、泌水收集池及应急事故池采用 400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜进行防渗，渗透系数≤1.0×10<sup>-7</sup>cm/s，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。</p> <p>磷石膏基生态修复材料生产线地面硬化。</p>	新建

		防渗漏监测：在场地底部整平最低处设置在线渗漏监测系统。危废贮存库按《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中重点防渗区要求进行防渗，渗透系数 $\leq 10^{-10}$ cm/s。	
	充填废水导排	在每个充填分区尾部设临时泌水集水坑，集水坑在固结生态修复材料上开挖，尺寸 10m×10m，深度 2.0m，开挖边坡 1:2，在集水坑内设置潜水泵，坑内充填过程中，若有表层积水，则及时进行抽排至小麦地尾矿库回水池，回抽至选厂处理回用。	新建
	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，防渗施工完毕后进行防渗性能检测，防渗膜热熔焊接搭接宽度 $\geq 100$ mm，挤压焊接搭接宽度 $\geq 75$ mm，对热熔焊接每条焊缝进行气压检测，合格率应为 100%；对挤压焊接每条焊缝应进行真空检测，合格率应为 100%。防渗工程验收合格后方可进行充填施工，施工结束后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告。	新建
	监控井	设置 5 座地下水污染监控井，其中上游 1 座、下游（东侧）2 座、北侧 1 座、西侧 1 座。	新建

### 2.2.4.3 主要建设内容

#### 2.2.4.3.1 磷尾矿基生态修复材料制备生产线

采用胶结或压滤等方式改变浮选磷尾矿物理力学特性，使其满足堆填要求，同时可添加外加剂以稳定物化特性，技术路线为：以浮选磷尾矿作为主要材料通过胶结、压滤或与其他材料混拌等方式生产磷尾矿基生态修复材料，作为采空区充填中的主要材料，既能解决采空区充填材料匮乏的矛盾，又能大幅提高大宗固废综合利用率。

海口磷业浮选厂及湿磨装置提升改造后每年产生浮选磷尾矿约（干基）180 万 t。磷尾矿基生态修复材料生产技术路线为：先将 40%浓度浮选磷尾矿料浆进行浓密脱水，浓密至 65%浓度。65%浓度尾矿料浆作为主要充填骨料与固化剂充分混拌成为自流自凝磷尾矿基生态修复材料。

浮选磷尾矿采用管道水力输送方式送达先生崖采空区现场。通过固化剂中 pH 调节剂、石灰、水泥等原料调节磷尾矿中 pH 值，利用固化剂胶凝特性，将磷尾矿中总磷、氟化物等污染物固定在修复材料中，最终制备出对环境安全的自流式磷尾矿基生态修复材料。磷尾矿基生态修复材料制备站及相关配套设施设计规模为干基浮选磷尾矿处理能力 180 万 t/a，6000t/d。

磷尾矿基生态修复材料制备生产线设置于采空区北侧，用地面积 7400m<sup>2</sup>，

主要建设膏体仓储浓密机，固化剂仓，生态修复材料制备间，絮凝剂加药间，溢流水池 2 个，配电站，冲洗水泵及空压机房，电气设备间，柴油发电机房。其中膏体仓储浓密机、加药间、溢流水池布置于北侧，水泥仓、磷尾矿基生态修复材料制备站、柴油发电机房及充填泵布置于中部，配电站布置于南侧。

磷尾矿基生态修复材料生产线主要建构筑物见表 2.2-4，设备见表 2.2-5，项目原辅材料用量见表 2.2-6。

**表 2.2-4 磷尾矿基生态修复材料制备生产线建构筑物一览表**

序号	建构筑物	面积	备注
1	絮凝剂加药间	119m <sup>2</sup>	钢结构
2	磷尾矿基生态修复材料制备间	275m <sup>2</sup>	钢结构
3	冲洗水泵及空压机房	70m <sup>2</sup>	钢结构
4	2 个溢流水池	340m <sup>3</sup>	钢结构
5	配电站	80m <sup>2</sup>	钢结构
6	电气设备间	66m <sup>2</sup>	钢结构
7	柴油发电机房	60m <sup>2</sup>	钢结构

**表 2.2-5 磷尾矿基生态修复材料生产设备一览表**

序号	设备名称	规格	数量	备注
1	絮凝加药机	长 3m×宽 1.4m×高 1.2m，流量 1~5m <sup>3</sup> /h	2	-
2	膏体仓储浓密机	GCN12/20，直径 12m，高 22m	4	-
3	固化剂仓	直径 6m，500t 容量	2	-
4	固化剂螺旋输送机	DN300，输送范围 5~40t/h	2	-
5	固化剂计量秤	DN250×2，配套称重传感器 WTC-1000kg，测速传感器 WC-21	2	-
6	高速柔性搅拌机	JGR-6L (Φ2.2×2m)，处理能力 160-200m <sup>3</sup> /h	2	-
7	充填工业泵	流量 250m <sup>3</sup> /h，扬程 100m，功率 200kW	3	-
8	空压机	排气量 31.5m <sup>3</sup> /min，0.8MPa，功率 185kW	2	-
9	储气罐	3m <sup>3</sup> ，带安全阀、泄压阀、压力表一套	2	-
10	溢流回水泵	流量 312m <sup>3</sup> /h，扬程 29.6m	2	-
11	管道冲洗泵	流量 100m <sup>3</sup> ，扬程 88m	2	-
12	充填泌水收集泵	WQN12.5/80	2	一用
13	泌水收集池水泵	WQN12.5/120	2	一备

**表 2.2-6 原辅料用量**

序号	名称	单位	用量
1	浮选磷尾矿（干基）	万吨/年	180
2	固化剂	万吨/年	9
3	絮凝剂	吨/年	54
4	耕植土	m <sup>3</sup>	482175.09
5	压实粘土	m <sup>3</sup>	212828.27
6	400g/m <sup>2</sup> 土工布	m <sup>2</sup>	810871.2

7	1.5mmHDPE 防渗膜	m <sup>2</sup>	405435.6
8	1.0mmHDPE 复合防渗膜	m <sup>2</sup>	371649.56
9	监控传感器	个	23
10	云南松	株	7839
11	红桉	株	10650
12	尖叶木樨榄	株	83000
13	大果红杉	株	12498
14	爬山虎、常春藤	株	2056
15	草种	kg	2963.66

备注：固化剂主要成分为水泥、石灰、pH 调节剂及微量添加剂等，通过罐车运输至项目区。

生态修复工作完成后，磷尾矿基生态修复材料制备站将不在使用，为保障生态修复区域后续建设安全、恢复场地生态功能，需对该区域内遗留建（构）筑物及管道进行拆除。磷尾矿基生态修复材料制备站的建构筑物，全部为钢结构，由专业施工单位进行拆除，拆除后的设备、管道、设备房均为钢结构，拆除后外售综合利用，设备混凝土基础等惰性建筑块体表面覆土 1m 后进行植被种植，恢复为经济林。

拆除建筑物时，遵循从上至下、逐层分段的拆除顺序，分段拆除的跨度不超过 6 米，严禁从底部掏空拆除或立体交叉拆除，防止建筑物整体坍塌。拆除钢结构建筑物时，必须严格按照“楼面→次梁→主梁→柱子”的顺序分步施工，严禁颠倒拆除顺序。进行高处拆除作业时，拆卸下来的各种材料需通过专用物料输送通道或起重机械吊运至地面。高处拆除施工严格遵循“逆施工程序”原则，即按建筑建设时相反的顺序进行拆除，先拆高处构件，后拆低处构件；先拆非承重构件，后拆承重构件。

拆除过程采取喷雾降尘措施减少粉尘产生。

#### 2.2.4.3.2 地质灾害治理及场地清理

设计对采空区内充填磷尾矿基生态修复材料至 2250m 标高，反压采空区边坡，消除边坡地质灾害隐患，根据采空区现状地质灾害及不良地质情况，针对不同地质灾害隐患和不良地质，采取不同的处理措施：

##### （1）滑坡

H<sub>1</sub> 滑坡位于采空区东侧，项目区红线外，滑坡坡体现状被杂草及灌木覆盖。由于 H<sub>1</sub> 滑坡位于项目区红线外，其距离设计拦挡坝坝脚约 140m，对项目区无

影响，其主要影响下游矿山道路，为保证现状道路行车安全，在 H<sub>1</sub> 滑坡边坡上设置位移、沉降监测点，施工期对 H<sub>1</sub> 滑坡进行边坡监测。

## (2) 崩塌

B1 崩塌发育于场区北侧，为采矿后形成高、陡边坡，为一小型崩塌群，坡体坠落碎块石偶有发生，粒径多 2~20cm，规模较大。岩体由高处崩落过程中发生解体，坡底堆积的崩塌块石粒径较小，一般 0.3~0.5m，少数块石粒径可达 3m，一次崩塌方量不超过 100m<sup>3</sup>。目前崩塌发育程度中等，下部为场区底部，崩塌发生变形破坏造成的危害程度中等，危险性中等。本次场区充填磷尾矿基生态修复材料最大堆存标高 2250m，充填完成后，大部分崩塌区域被充填反压，对开挖区域充填反压区域的边坡采取危岩危石清理排除、表层清表及适当削坡的方式，确保堆填施工期间的安全，随着场区充填，边坡被反压，地质安全隐患消除；东侧部分未被反压的区域，进行危岩危石清理排除后，进行挂网喷浆进行处理；危岩清理采用人工清理，采用自上而下的施工顺序，严禁上下同时作业。在清理过程中，设置临时支护措施，防止危岩坠落伤人。挂网喷浆钢筋网采用 Φ8 钢筋，间距 200mm，锚杆采用 Φ20 锚杆间距 10m，锚入边坡深度 5 米，锚钉采用 Φ14 钢筋，间距 2m，锚入边坡深 1 米，喷浆厚度不小于 10cm。然后在挂网喷浆外层进行喷播复绿，在边坡上下种植爬藤植物，挂网喷浆施工时，脚手架的搭设应牢固可靠，脚手架与边坡之间的距离应满足施工要求，避免脚手架与边坡发生碰撞。

为确保在充填期间的安全稳定，设计在崩塌侧设置碎落、掉块的安全防护网，安全防护网外设置安全作业带，同时充填作业时加强作业带上部崩塌的监测工作。

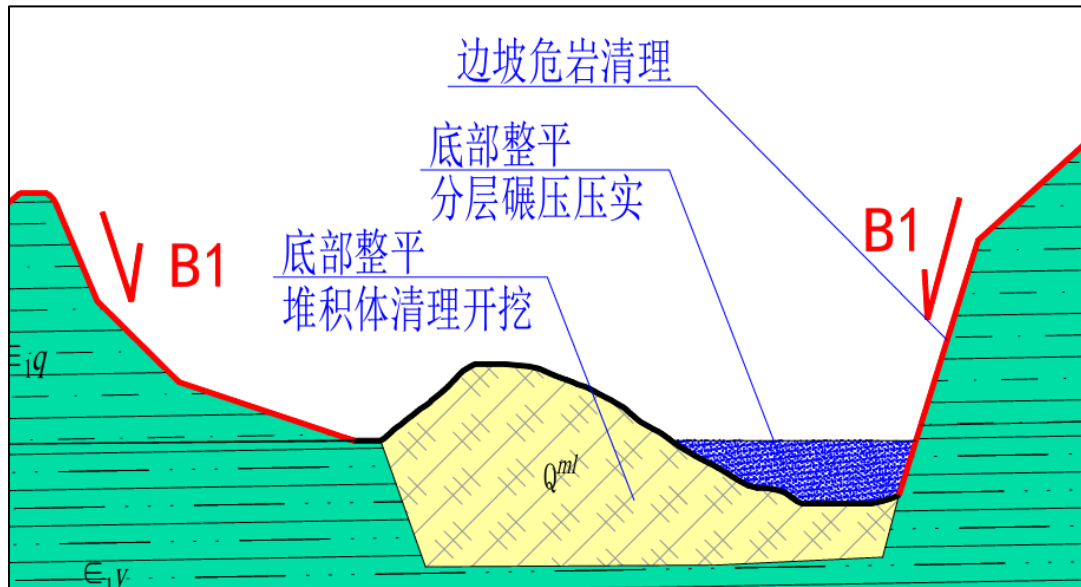


图 2.2-25 崩塌清理示意图

### (3) 裂缝

在崩塌的东部地段，岩层风化较严重，岩石相对较破碎。目前在坡顶已形成长约 160m、开口宽约 0.5-2.5m 的卸荷张裂缝，眼可见深度大于 5m。由于开挖边坡过陡过高，现状极不稳定，已见崩塌、落石等。随着岩石的风化的加剧及降雨等，其形成崩塌的可能性很大，现状对边坡下的场区及坡顶的坡地有危害，危害及危险性中等。根据对地裂缝的勘察及沉降位移监测，地裂缝现状整体稳定，未发现扩张、移动现象，无继续扩大趋势，设计采用裂缝粘土充填封闭，然后表层浇筑 200mm 厚 C20 混凝土垫层，在其上设置排水沟导排表层雨水，防止雨水下渗，排水沟断面 300mm×400mm，从两侧接入矿坑周边截洪沟，同时在地裂缝两侧设置沉降位移监测系统进行定期监测，确保安全，后期若出现地裂缝有变形或扩大情况，考虑对地裂缝外侧岩体全部清除，然后挂网喷浆。

## 地裂缝粘土充填，表层浇筑200mm厚C20混凝土

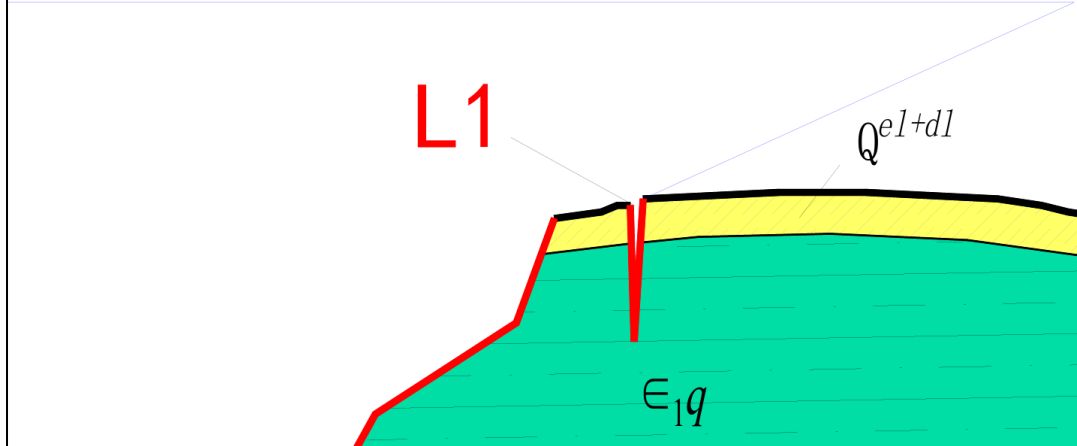


图 2.2-26 裂缝治理方案示意图

### (4) 不稳定斜坡

本次采空区充填磷尾矿基生态修复材料堆填最大堆存标高 2250m，磷尾矿基生态修复材料的充填后，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采空区充填期间的安全稳定。考虑边坡稳定及防渗层铺设施工要求，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，场地不稳定边坡按 1:1.5 的坡比进行清理，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充填整平。经稳定分析，按设计要求对不稳定边坡进行坡脚反压与边坡整形后其抗滑稳定满足安全要求。同时在施工过程中加强对边坡位移监测，增设位移监测设施，施工期加强人工巡检与设备监测。对现状已出现拉裂裂缝，需采取填补和做好截排水设施，防止汇水浸泡边坡产生滑坡体。

随着后期磷尾矿基生态修复材料的充填，各不稳定边坡也是一个逐渐压护坡脚的过程，边坡稳定性将随着充填量的增加而逐渐提高。

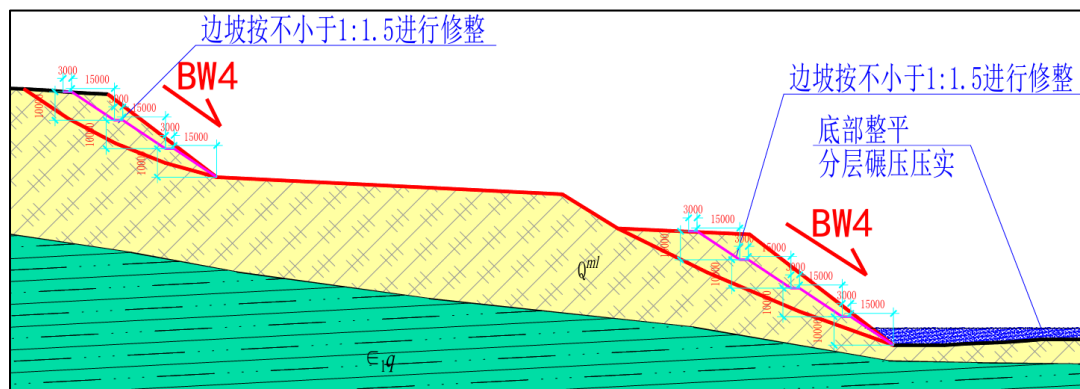


图 2.2-27 不稳定斜坡削坡处理示意图

### (5) 探矿洞

场地内遗留有采矿洞,规模均较小,洞口一般呈不规则状,直径一般约 0.3~0.5m,最大直径约 1.5m,进深较浅,一般约 0.5~1.0m,最深约 5.0m。为后期堆填安全,在采空区清理整平过程中,对采矿洞进行封堵,采用 C20 混凝土完全充填。

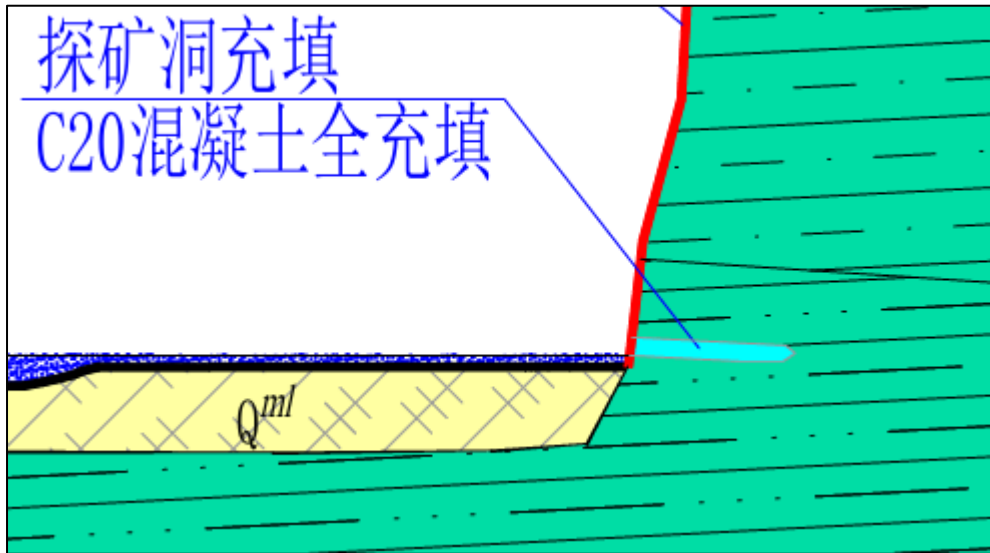


图 2.2-28 探矿洞处理示意图

### (6) 场地清理

项目进场后对项目区进行场地清理平整,清理土石方约 325905.29m<sup>3</sup>,全部用于场地平整及拦挡设施施工。

#### 2.2.4.3.3 防渗工程

##### (1) 底部防渗层结构

修复区底部先进行场地清理;整平后在场地底部铺设 0.75m 厚压实粘土作为衬层,压实粘土采用海口磷业矿山剥离土进行筛分方式获得,要求土干净、含沙量小、黏粘、粒径小于 0.05mm 的含量应超过 25%、塑性指数大于 15,经压实措施处理后的压实度大于 0.92。衬层上铺设 400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布的两布一膜防渗层,最后在上部充填磷尾矿基生态修复材料。

底部防渗结构由下至上各层构成如下:

- ①坑底整平压实基础层;
- ②0.75m 厚压实粘土衬层;

- ③400g/m<sup>2</sup>无纺长丝土工布；
- ④1.5mmHDPE 防渗膜；
- ⑤400g/m<sup>2</sup>无纺长丝土工布；
- ⑥磷尾矿基生态修复材料。

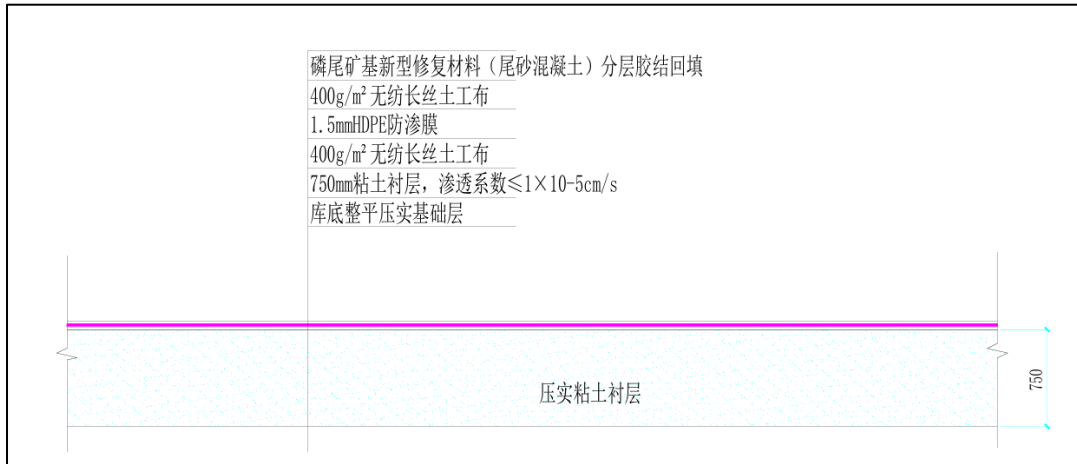


图 2.2-29 底部防渗示意图

#### (2) 边坡防渗结构

由于场地边坡部分较陡，近乎直立，边坡防渗采用对边坡进行危岩清理和整平，然后沿边坡分层堆填压实粘土，悬崖区域用红黏土进行反压，上宽 2 米，下宽 5 米，高度 3-5 米，斜面坡度为 1:1，形成边坡后进行压实，表面应整洁无碎石，在铺设 400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布前应清理干净黏土基面，边坡防渗膜完成一层反压后等待修复材料进行充填，充填至每一层标高下 1 米，用机械清理整形出下一层平面的基层，后铺设两布一膜，完成后用粘土进行下一层的边坡反压及 400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布铺设。循环往复一层一层的向上铺设，直至充填完成。

边坡位置防渗处理结构由下至上各层构成如下：

- ①边坡清理整平；
- ②压实粘土衬层；
- ③400g/m<sup>2</sup>无纺长丝土工布；
- ④1.5mmHDPE 防渗膜；
- ⑤400g/m<sup>2</sup>无纺长丝土工布；
- ⑥磷尾矿基生态修复材料。

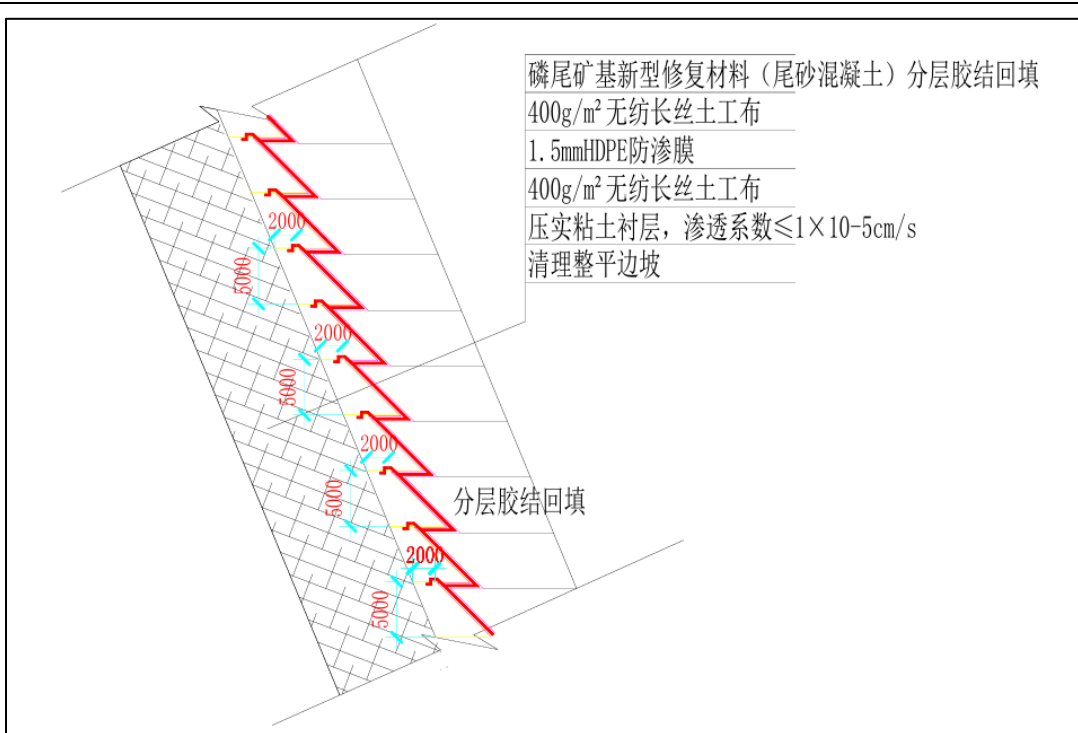


图 2.2-30 边坡防渗示意图

### (3) 防渗层渗漏监测

为保证防渗效果，监测底部防渗层的防渗性能，根据项目情况，对充填区底部进行渗漏监控，主要在场区底部整平最低处设置在线渗漏监测系统，在膜下设置 23 个监控传感器（间隔 30.0m 网格布设），在膜上设置 5 个发射接收传感器，传感器采用电缆连接，所有缆线汇总至场区平台上，接入信号中转装置。信号中转装置通过通讯线缆连接到监控室内。

### (4) 顶部防渗

磷尾矿基生态修复材料充填完成后，为防止雨水下渗进入堆体，在堆体顶部设置防渗层，采用 HDPE 防渗膜防渗；首先整平堆填区表层，形成不小于 2% 的排水坡度，再铺设防渗层，采用 1.0mmHDPE 复合防渗膜（200g/m²土工布+1.0mmHDPE 防渗膜+200g/m²土工布），然后铺设覆土层。

#### 2.2.4.3.4 采空区充填及地形地貌重塑

根据采空区现状，为治理采空区高陡边坡地质灾害，采空区采用磷尾矿基生态材料进行充填反压，重塑地貌，根据边坡情况，现状先生崖矿区范围周边坡顶高度 2116.24m~2267m，最高边坡顶标高 2267m，矿区北侧和东侧为近乎直立的高陡岩质边坡，边坡高度约 30m~120m，为尽量对高陡岩质边坡形成反

压，采空区充填标高尽量与原始地面齐平，恢复原始地貌，同时需考虑堆填体的安全稳定，故结合现场地形条件，最终确定充填至 2250m 标高。

#### 2.2.4.3.4.1 充填规模

先生崖采空区充填标高 2116m-2250m，堆填高度 134m，有效容积 846.15 万 m<sup>3</sup>，其中堆填分隔坝占用约 122 万 m<sup>3</sup>，充填磷尾矿基生态修复材料占用约 724.15 万 m<sup>3</sup>。容积计算详见下表。

表 2.2-7 天生崖破损山体充填区充填量计算表

标高 (m)	面积 (m <sup>2</sup> )	平均面积 (m <sup>2</sup> )	等高距 (m)	相邻等高线间体积 (m <sup>3</sup> )	累计充填量 (m <sup>3</sup> )
2116	0.00	0	0.0	0	
2120.0	1436.29	479	5.0	2394	2394
2125.0	2765.75	2065	5.0	10325	12719
2130.0	4219.70	3467	5.0	17336	30055
2135.0	10707.01	7216	5.0	36081	66136
2140.0	15708.87	13128	5.0	65641	131777
2145.0	17482.27	16588	5.0	82938	214716
2150.0	19446.87	18456	5.0	92279	306995
2155.0	21683.18	20555	5.0	102774	409769
2160.0	33837.66	27536	5.0	137680	547449
2165.0	51961.58	42577	5.0	212885	760334
2170.0	66742.75	59198	5.0	295991	1056325
2175.0	77136.38	71877	5.0	359385	1415709
2180.0	93499.42	85187	5.0	425934	1841643
2185.0	108210.36	100765	5.0	503827	2345470
2190.0	119896.74	114004	5.0	570018	2915488
2195.0	135238.12	127490	5.0	637452	3552941
2200.0	143130.93	139166	5.0	695829	4248770
2205.0	122261.89	132559	5.0	662797	4911567
2210.0	124353.60	123306	5.0	616531	5528099
2215.0	107631.93	115892	5.0	579461	6107560
2220.0	94123.32	100802	5.0	504011	6611571
2225.0	84564.33	89301	5.0	446506	7058076
2230.0	75853.36	80169	5.0	400847	7458923
2235.0	64230.92	69962	5.0	349808	7808732
2240.0	50549.36	57254	5.0	286269	8095000
2245.0	36867.80	43529	5.0	217645	8312646
2250.0	23186.25	29764	5.0	148819	8461465

#### 2.2.4.3.4.2 充填制度

根据场区现状地形情况及实施方案，山体开挖区域首先在东南侧出口位置设置拦挡坝，西侧位置设置副坝，与现有开挖区域围成一个封闭圈，然后进行防渗施工，防渗完成后充填磷尾矿基生态修复材料，每次充填高度 5.0m，采用分隔坝划分充填区域，分隔坝采用碾压土石坝，压实度 0.92；磷尾矿基生态修复材料采用云南磷化集团海口磷业有限公司浮选磷尾矿，经添加固化剂和胶凝固化药剂进行生产，堆填容积分隔坝占用约 122 万 m<sup>3</sup>，充填磷尾矿基生态修复材料占用约 724.15 万 m<sup>3</sup>，充填区充填时间按 4 年考虑。

充填区域充填作业制度匹配云南磷化集团海口磷业有限公司浮选磷尾矿输送，采用 24 小时连续运行，每天 3 班，每班 8 小时，年工作 300 天。

#### 2.2.4.3.4.3 充填工艺

根据场区现状地形情况及堆填设计，场区首先在东南侧出口位置设置拦挡坝，西侧位置设置副坝，与场区围成一个封闭圈，然后堆填磷尾矿基生态修复材料，堆填标高 2116~2250m，堆填量 724.15 万 m<sup>3</sup>。

堆填区从 2116m 标高堆填至 2250m 标高，首先堆平至拦挡坝顶 2202.5m 标高，然后从 2205.5m 标高开始放坡堆存，控制总坡比 1:6，堆填至 2250m 标高，堆积边坡高度 47.5m。

磷尾矿基生态修复材料堆填方式为自流平膏体堆填，磷尾矿基生态修复材料采用管道输送至场区内进行充填，在场区内自流平滩面按 1~2%坡度（尾部高坝前低）控制的前提下，间隔 20~30m 设置充填支管，支管出口流速控制在 0.8~1.0m/s，确保材料在分区内均匀自流平，避免局部冲刷。充填采用分区分层自流平工艺，场区充填场地内以 3~5 万 m<sup>2</sup>为一个分区，分区间采用矿山剥离土建设分隔坝，把场区分成充填区、固结养护区、建设区，轮流替换，分区分层充填。分隔坝高度 5m，顶宽 3m，前坡比 1:2，后坡比 1:2，压实度 0.92，分隔坝一直保留。磷尾矿基生态修复材料输送至分区内，间隔 20~30m 设充填支管，磷尾矿基生态修复材料在分区内自流平，一个分区堆满后，充填下一个分区，充填满的分区进行养护，把表层泌水抽排至场区外泌水收集池，经过 7~14 天的胶结固化，磷尾矿基生态修复材料的抗压强度达到 0.3MPa 以上，然后在磷尾矿

基生态修复材料上采用矿山剥离土建设分隔坝，循环往复，分区分层充填，直至 2202.5m 标高。

2202.5m~2250m 标高充填从拦挡坝和副坝顶放 20m 平台，然后采用矿山剥离土建设子坝，与分隔坝一起围成分区，子坝高度 5m，顶宽 5m，前坡比 1:2，后坡比 1:2。在子坝与分隔坝围成的分区内采用磷尾矿基生态修复材料充填，充填养护至磷尾矿基生态修复材料抗压强度达到 0.3MPa 以上，然后从子坝顶放 20m 平台，再建设下一层子坝，循环往复，分区分层充填，直至 2250m 标高。2202.5m~2250m 标高充填控制总体外边坡 1:6。场内自流平滩面坡度按 1~2% 控制，尾部高坝前低。在每层平台上修建坡面雨水沟，沟断面 300mm×400mm，坡度不小于 0.01，坡向坝坡纵向坡面排水沟，纵向坡面排水沟间隔 200m 设置一条，断面 400mm×500mm。堆填期间表层雨水导流至坝肩雨水沟，断面 600mm×800mm，最终汇集至泌水收集池。沿场区充填区周边设置截洪沟，场区充填完成后，在覆土表层设置表层雨水沟，有效导排场区雨水。

作业环境控制条件：充填作业需在无极端天气（如暴雨、大风、高温、严寒）的环境下进行，暴雨天气需立即停止作业，优先开展排水工作；充填区域内需保持无积水，表层泌水需及时抽排，避免影响充填体固结强度；夜间作业环境温度不低于 5℃，若低于 5℃ 需采取保温措施，防止材料受冻影响性能。

充填顺序控制条件：严格遵循“分区分层、先低后高、先内后外”的充填顺序，严禁逆向作业；同一分区内材料需均匀充填，避免局部堆积过高导致应力不均；养护未完成的分区严禁开展后续充填作业，确保充填体强度达标。

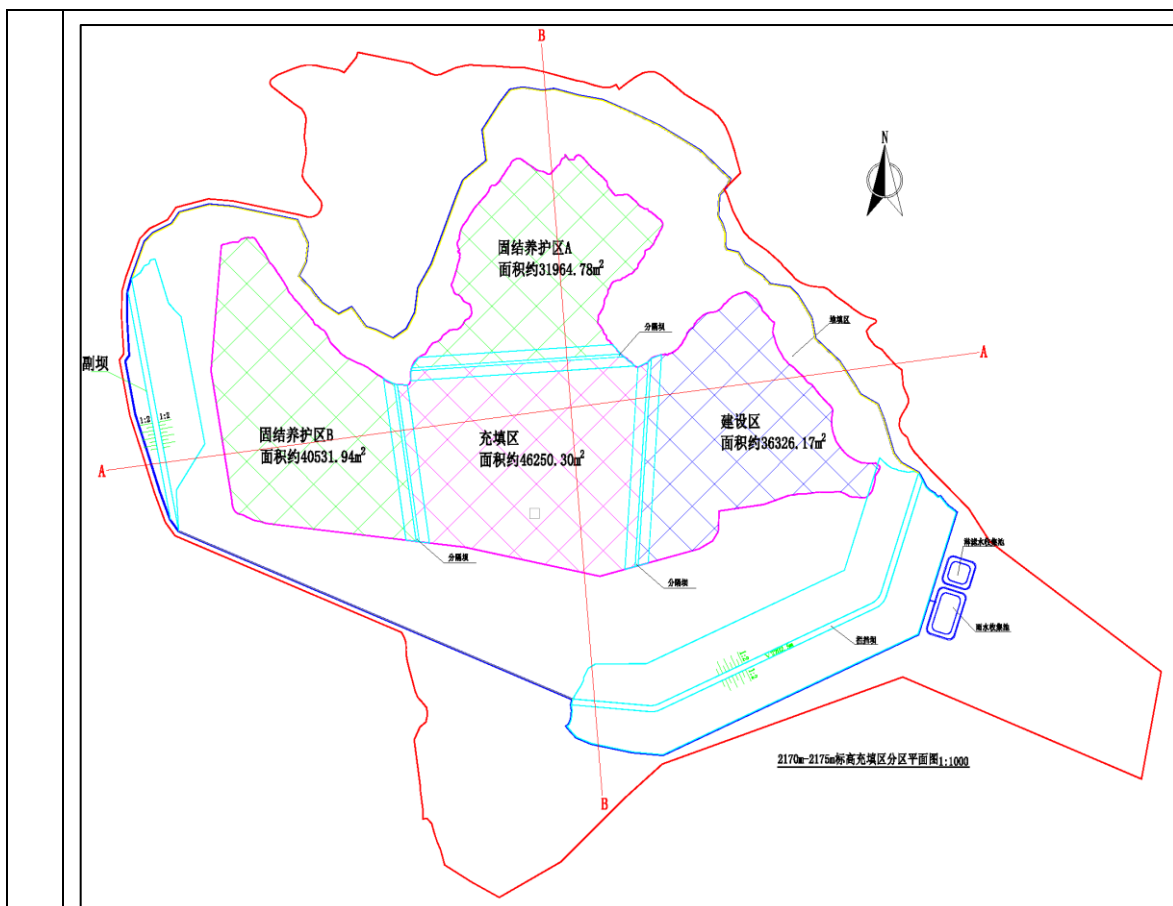


图 2.2-31 2170m-2175m 标高充填分区示意图

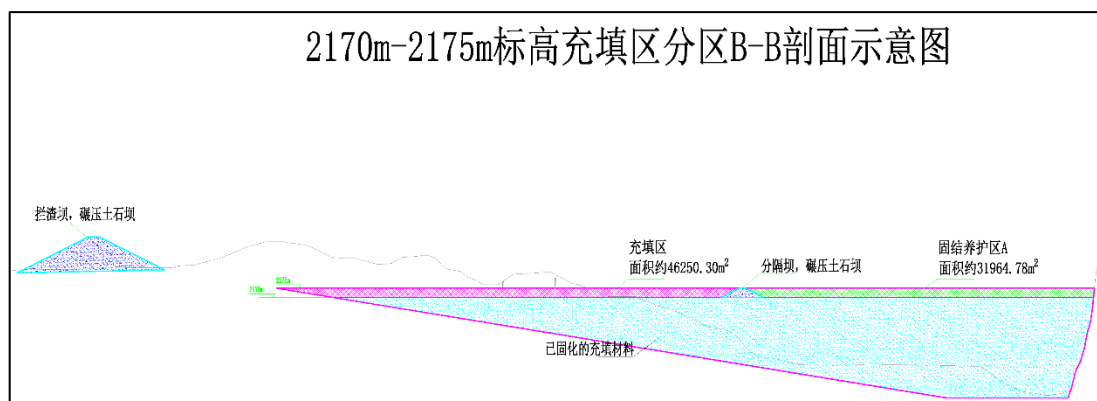
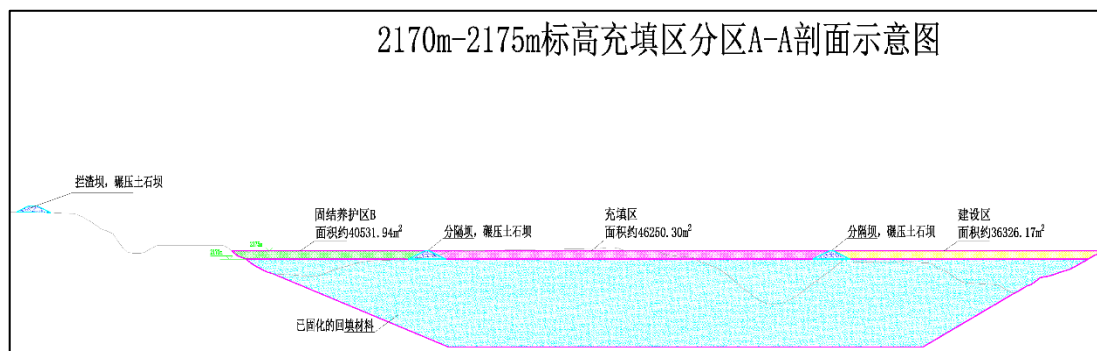


图 2.2-32 2170m-2175m 标高充填分区剖面示意图

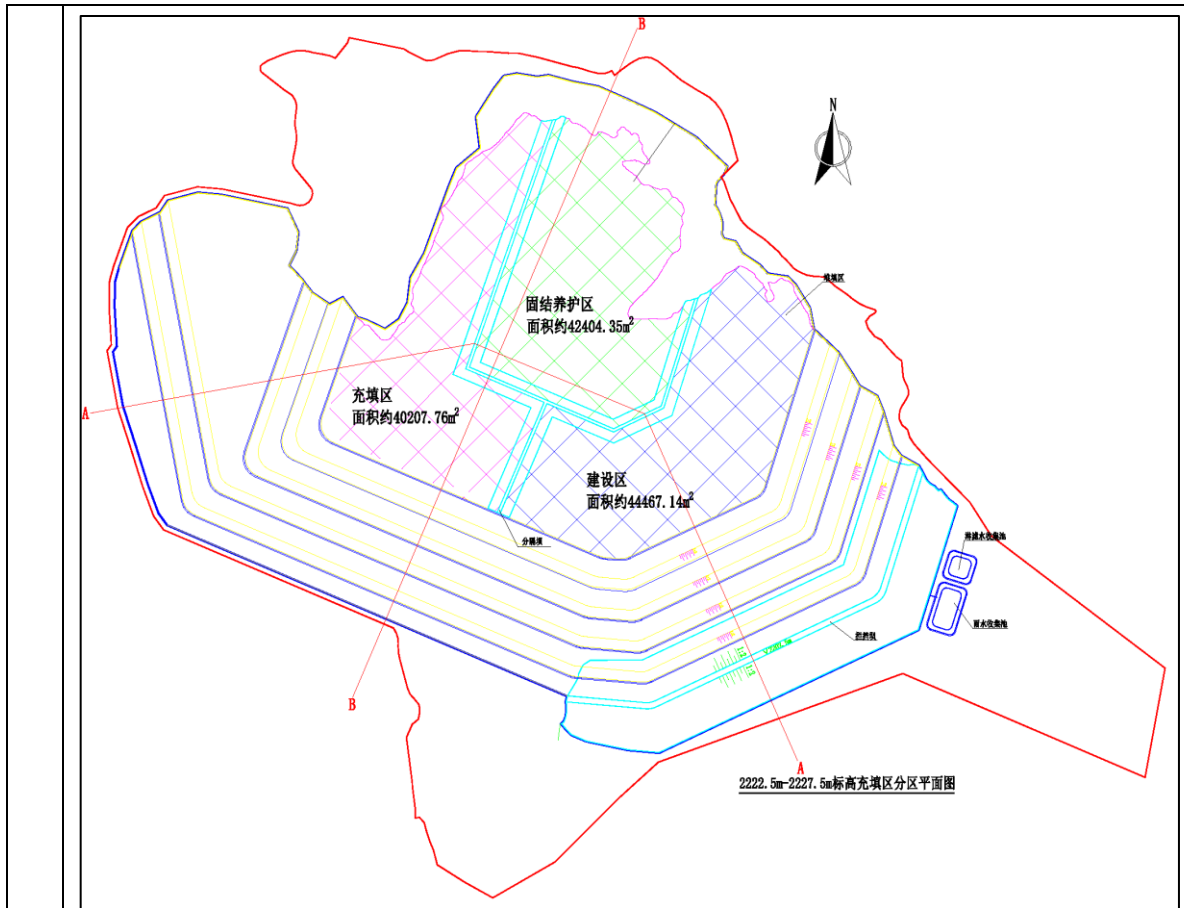


图 2.2-33 2222.5m-2227.5m 标高充填分区示意图

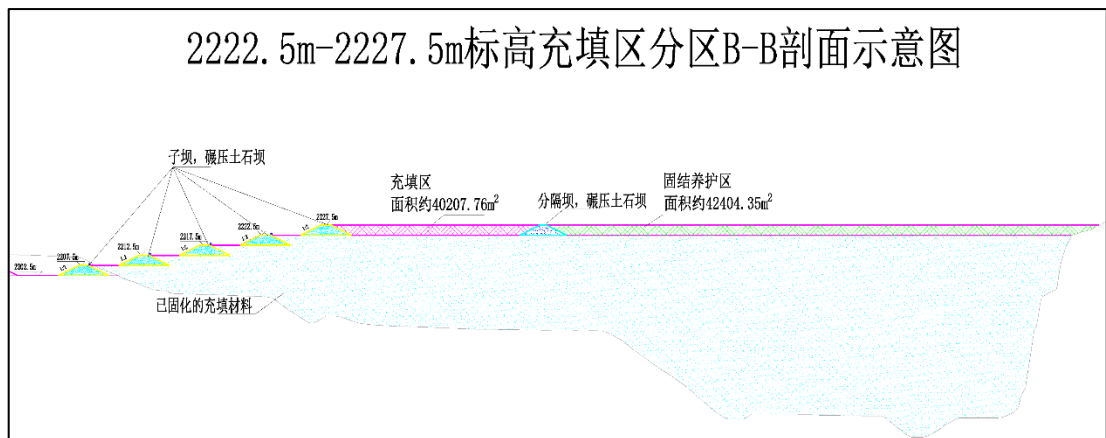
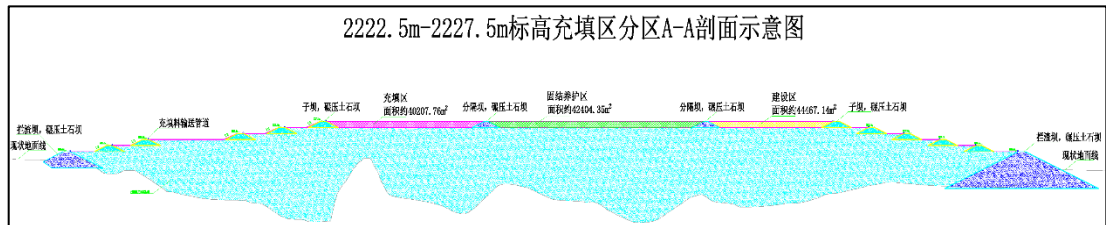


图 2.2-34 2222.5m-2227.5m 标高充填分区剖面示意图

#### 2.2.4.3.5 拦挡设施

根据勘察地层情况，设计对坝基表层填土进行清理开挖，清基深度 3-5m，然后对基底碾压压实，要求坝基承载力特征值达到 200kPa，上部分层碾压筑坝。

设计拦挡坝及副坝采用碾压式土石坝，筑坝材料采用矿坑边坡清理平整开挖的碎石土筑坝或者采用采矿剥离土筑坝。

拦挡坝坝底标高 2172.0m，坝顶标高 2202.5m，坝顶宽 6m，坝顶长 468.77m。拦挡坝坝高 30.5m，拦挡坝上下游坝坡坡比均为 1:2.0。副坝坝底标高 2191.0m，坝顶标高 2202.5m，坝顶宽 6m，坝顶长 246.02m。副坝坝高 11.5m，副坝上下游坝坡坡比均为 1:2.0。

拦挡坝及副坝筑坝时，筑坝材料须逐层填筑，并且要严格遵循分层碾压法施工，分层厚度不得超过 0.8m，并按碾压试验的数据执行，要求经检验确认放坡，压实度达到 0.96，方可施工上一层，直至坝顶。

#### 2.2.4.3.6 截排水

##### (1) 地下水导排

场地内地下水较深，采空区底部有一层透水性较高的填土层，采空区底部设置了防渗层，采空区内雨水下渗较少，采空区外围雨水下渗后补给采空区底部量较少，有部分下渗雨水也从填土层内快速排出，不会形成稳定地下水，故场地内不设地下水导排。

##### (2) 充填泌水抽排系统

在场区每个充填分区尾部设临时泌水集水坑，集水坑在固结尾矿上开挖，尺寸 10m×10m，深度 2.0m，开挖边坡 1:2，在集水坑内设置潜水泵（WQN12.5/80），坑内充填过程中，若有表层积水，则及时进行抽排至泌水收集池，经泌水收集池泵入（WQN12.5/120）溢流水池，最终进入小麦地尾矿库回水系统，回抽至选厂回用。

##### (3) 截洪沟

充填区为露天采空区，采空区周边标高在 2202.5-2267m，设计堆填区堆填标高 2250m，在雨季施工期间堆填区外有局部汇水进入项目区冲刷边坡，影响边坡安全，设计沿堆填边界新建截洪沟。周边截洪沟截留周边雨水及堆填完成

复垦后表层的雨水，截洪沟采用 C20 素混凝土结构，矩形断面，按汇水面积分段设计断面，断面尺寸  $B \times H = 0.6 \sim 1.0 \times 0.6 \sim 1.0\text{m}$ ，最小纵坡大于 1%，设计在截水沟出口设置沉砂池，防止汇水冲刷山体。

#### (4) 平台排水沟

##### ① 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周边截洪沟或纵向排水沟相连。平台横向排水沟采用 C20 素混凝土结构，矩形断面， $B \times H = 0.3 \times 0.4\text{m}$ ，两端坡度不小于 1%。

##### ② 边坡纵向排水沟

在已堆存的边坡上设边坡纵向排水沟，纵向排水沟接入周边截洪沟。纵向坡面排水沟采用 C20 素混凝土结构，矩形断面， $B \times H = 0.5 \times 0.6\text{m}$ ，纵向坡面排水沟根据堆填边坡情况，间距 100-200m 设置一条。

##### ③ 顶面排水沟

在堆存完成的顶面设顶面排水沟，纵横间距 50m 设置一条，接入边坡纵向排水沟。顶面排水沟采用 C20 素混凝土结构，矩形断面， $B \times H = 0.3 \times 0.4\text{m}$ 。

#### 2.2.4.3.7 土壤重构

项目充填结束后，场区范围内全部覆土，覆土厚度 1m，覆土来源为海口磷业采矿剥离土，恢复为耕地、林地、草地的区域覆土，结合最终用地性质，应满足《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；恢复为农村道路的区域覆土需满足《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第二类用地要求。

生态重建充填区表层覆土 337863.24m<sup>3</sup>，辅助再生区表层覆土 144311.85m<sup>3</sup>，共需覆土 482175.09m<sup>3</sup>。

根据项目所处位置，对项目区周边可获取耕植土地区进行了调研，选取云南磷化集团海口磷业有限公司采矿剥离土作为项目覆土来源。

#### 2.2.4.3.8 植被重建

根据海口林场的要求，场地覆土后复垦为林地、耕地、草地及农村道路，林地种植树种为乔木：大果红杉、云南松、红桦、尖叶木樨榄；草本：白三叶

草、紫花苜蓿草；爬藤植物：爬山虎、常春藤等。耕地及草地覆土后播撒草籽。后期树种选择以海口林场相关要求为准。根据实施方案种植分区（图 2.4-8），充填区种植树种为尖叶木樨榄，尖叶木樨榄为常绿小乔木，根系不深，在保证覆土厚度的情况下，不会对顶部防渗膜造成破坏。

采空区内磷尾矿基生态修复材料充填胶结固化后，即可进行覆土，种植经济林木。覆土厚度 1.0m。林地复垦标准为：地形坡度 $\leq 25^\circ$ ，土壤容重 $\leq 1.5\text{g/cm}^3$ ，土壤有机质 $\geq 2.50\%$ 。

根据栽植分区面积、初植密度，项目需苗木：云南松 7839 株、大果红杉 12498 株、红桉 10650 株、尖叶木樨榄 83000 株，爬山虎、常春藤 2056 株；草种 2963.66kg。

表 2.2-8 生态修复需种苗量测算表

统计单位	种苗名称	栽植面积/亩	苗木株数	草种数量/kg	苗木来源
经济林区	云南松	47.03	7839	203.80	购入
	红桉	63.90	10650	276.90	购入
	尖叶木樨榄	497.98	83000	2158.02	购入
	大果红杉	74.98	12498	324.94	购入
修复区	爬山虎、常春藤	18.70	2056	/	购入
合计		702.59	116043	2963.66	购入

### 2.2.4.3.9 跟踪监测

#### 2.2.4.3.9.1 地下水污染监控

防渗施工完成后，应当建立充填场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、配备先进的检测仪器和设备，以便及时发现问题，及时采取预防措施。项目周边分布有柳树箐渣库、小麦地尾矿库、玉铜汞尾矿库、曹家沟尾矿库、海口磷业采区、双哨生态修复区等潜在污染源，为避免周边污染源对监测井的水质影响，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，项目区周边及下游设置地下水监测井 5 座，根据《昆明市西山区海口林场先生崖矿坑生态修复水文地质调查报告》项目区出露地层为寒武系筇竹寺组（ $\epsilon 1q$ ）、寒武系渔户村组（ $\epsilon 1y$ ）及震旦系灯影组（ $Zbdn$ ）碳酸盐岩岩溶裂隙含水层，项目充填主要影响为地下水含水层为寒武系筇竹寺组（ $\epsilon 1q$ ）碎屑岩裂隙水含水层及震旦系灯影组（ $Zbdn$ ）碳酸盐岩岩溶裂隙含水层，则项目监测井监测层位为寒武系

箬竹寺组 ( $\epsilon_{1q}$ ) 碎屑岩裂隙水含水层及震旦系灯影组 ( $Z_{bdn}$ ) 碳酸盐岩岩溶裂隙含水层。

监测指标: pH、氟化物、磷酸盐 (以 P 计)、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬。

监测频次: 每季度监测 1 次。当地下水水质连续 5 年不超出上游地下水水质或者所在区域地下水水质本底水平时可停止监测。

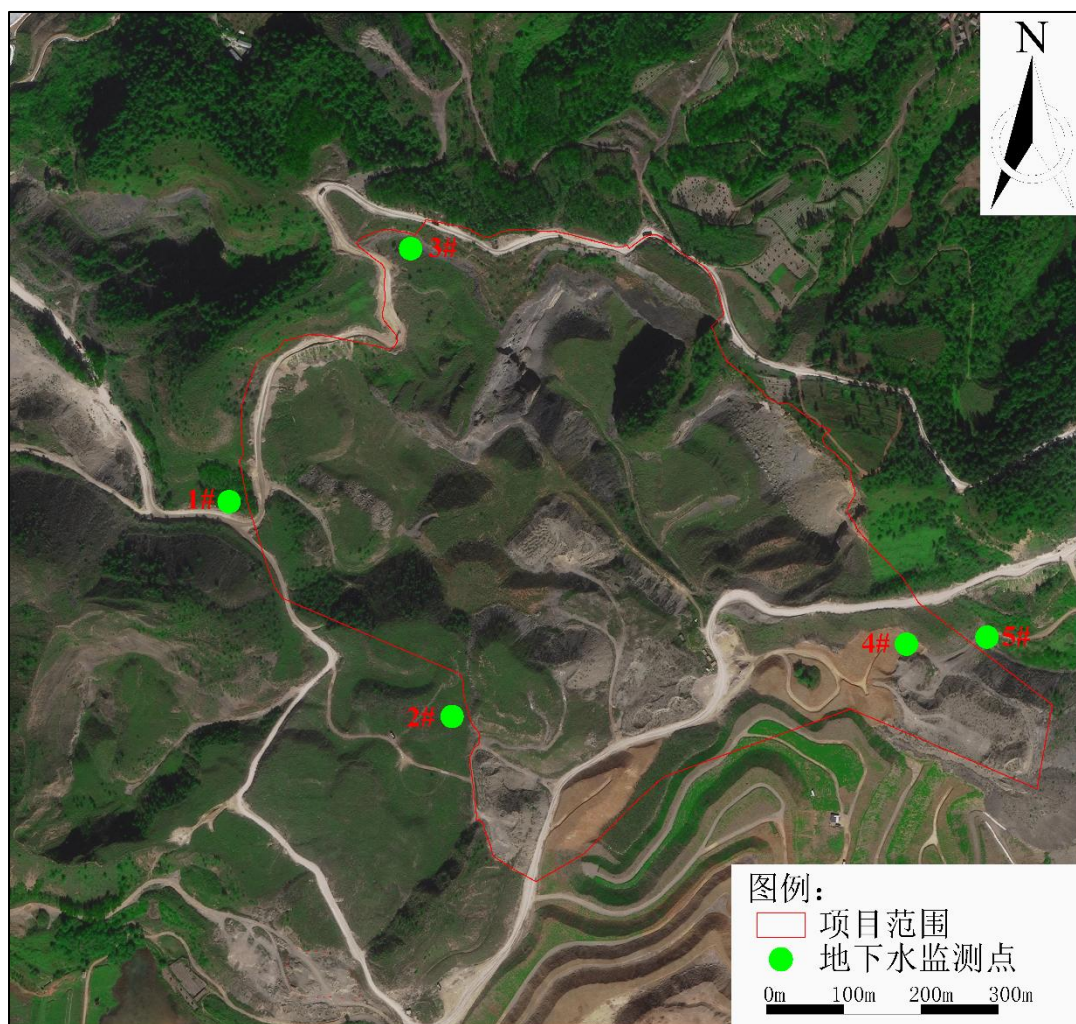


图 2.2-35 地下水监测井点位

表 2.2-9 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	<p>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。</p>	  

2.2.4.3.9.2 土壤污染监控

为了解项目实施对周边土壤环境的影响程度，建立跟踪监测制度，并制定跟踪监测计划，以便及时发现问题，采取措施，土壤环境跟踪监测计划应向社会公开。

表 2.2-10 土壤监测计划

土壤	项目区及项目四周开展土壤跟踪监测	pH、镉、汞、砷、铜、铅、铬、镍、锌	每年一次，直到生态修复工程完成后，相关指标连续 3 年内，年均检测指标持续稳定。	恢复为耕地、林地、草地的区域覆土，结合最终用地性质，应满足《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；恢复为农村道路的区域覆土需满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第二类用地要求。
----	------------------	--------------------	--	---

2.2.4.4 辅助工程

(1) 尾矿输送管线

海口磷业出厂浮选磷尾矿料浆平均浓度为 40%，干基尾矿输送量为 180 万

吨/年。目前，海口磷业厂内建设有尾矿料浆加压泵站，尾矿料浆由泵站加压后输送至小麦地尾矿库。浮选厂尾矿加压泵站标高 2105m，本项目拟建制备站标高 2250m。经现场踏勘和海口磷业确认，尾矿料浆加压泵站的泵送高程具备直接输送尾矿料浆至拟建制备站的能力。

本次设计在小麦地尾矿库料浆输送管线路径建设料浆管线切换设施。管线切换设施为地面式，平面尺寸为 4×4（m）。

正常情况下，切断原送往小麦地尾矿库的尾矿管线，尾矿料浆经新建管线送至拟建制备站；制备站故障时，切断新建至制备站管线，切换尾矿料浆由原小麦地尾矿库管线送达小麦地尾矿库。

新建管线长度 1.082km，采用浅埋地布置，连接方式为焊接连接，规格为 DN300 钢丝网骨架管。新建管道责任主体为昆明恒弘环保科技有限公司，原有输送管道责任主体为云南磷化集团海口磷业有限公司。

#### （2）回水管线

尾矿料浆浓密脱水工艺、充填泌水等废水需全部回收利用。项目建设起于拟建充填站收集水池止于小麦地尾矿库的回水管线，回水管线总长 1.088km。废水经新建回水管线返回小麦地尾矿库。新建管道责任主体为昆明恒弘环保科技有限公司，小麦地尾矿库及其回水管道责任主体为云南磷化集团海口磷业有限公司。

回水管选用 DN300 的钢丝网骨架管，管道采用浅埋地布置，焊接连接。

#### （3）充填料输送管线

充填料输送管线采用选用 DN200 钢丝网骨架管，管道长度 1.8km。

#### （4）运输

项目耕植土、固化剂等运输依托矿区现有道路运输。

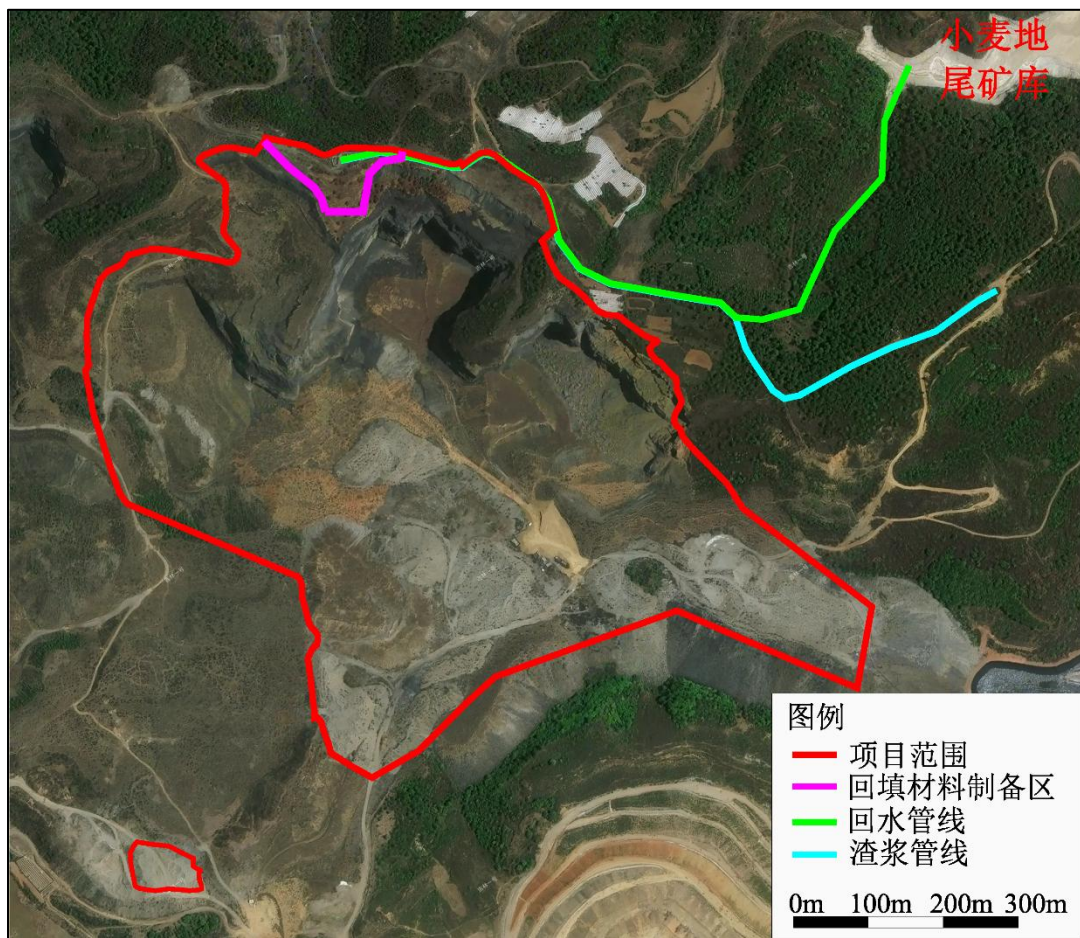


图 2.2-36 项目尾矿料浆管线及回水管线图

#### 2.2.4.5 公用工程

##### (1) 给水

项目生活用水主要为饮用水，外购桶装水使用，生产用水从尾矿渣浆脱水废水回用。

##### (2) 排水

项目充填施工区雨水经潜水泵抽排至雨水收集池（容积 2100m<sup>3</sup>）回用，胶结固化区域雨水通过截排水沟外排。

浮选磷尾矿渣浆膏体浓密产生的废水经溢流水池缓冲后通过回水管线送至小麦地尾矿库。

充填区泌水通过潜水泵抽排至 600m<sup>3</sup>泌水收集池，收集后通过回水管线送至溢流水池，最终进入小麦地尾矿库，回水管线布置见图 2.2-36。

员工生活污水经沉淀后回用于洒水降尘。

(3) 供电

由云南磷化集团海口磷业有限公司提供。

### 2.2.4.6 环保工程

(1) 废气

洒水车 1 辆，对施工区运输道路进行洒水降尘。

雾炮 1 台，对项目区土方工程区域进行喷雾降尘。

运输车辆须以篷布遮盖，密闭运输，并注意控制车速。

对施工裸露区采用防尘网覆盖。

固化剂仓仓顶分别设置 1 台布袋除尘器。

(2) 废水

临时沉淀池及车辆高压冲洗设施 1 套，临时沉淀池容积为 3m<sup>3</sup>，设置于项目区进出口，对运输车辆进行冲洗，避免带泥上路。

临时沉淀池 1 座，容积为 1m<sup>3</sup>，对生活污水进行收集沉淀后回用。

设置 340m<sup>3</sup>溢流水池两座，总容积 680m<sup>3</sup>，脱水废水经溢流水池收集后返回小麦地尾矿库，最终回用于选厂。

设置 600m<sup>3</sup>泌水收集池 1 座，充填泌水收集后返回小麦地尾矿库，最终回用于选厂。

设置 2100m<sup>3</sup>雨水收集池 1 座，充填施工区雨水经潜水泵抽排至雨水收集池回用，胶结固化区域雨水通过截排水沟外排。

在搅拌机下方设置事故池，尺寸：3.5m×7.0m×1.5m，容积 36.75m<sup>3</sup>。

在尾矿输送管道及回水管道沿线最低点设置应急事故池 1 座，容积 150m<sup>3</sup>。

(3) 噪声

设备减振、合理布局、合理施工、加强设备维护。

(4) 固体废物

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。

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。

设备废弃包装料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。

施工期场地清理及边坡整治产生的土石方用于场平整。

泌水收集池的沉渣，用于充填区充填。

新建危废贮存库，面积 2m<sup>2</sup>，按《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中重点防渗区防渗要求进行防渗设计，渗透系数≤10<sup>-10</sup>cm/s。

#### （5）地下水

##### ①防渗

底部防渗：充填区场地底部铺设 0.75m 厚压实粘土作为衬层，衬层上铺设 400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布的两布一膜防渗层。

边坡防渗：边坡分层堆填压实粘土，在堆填的粘土层上铺设 400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布的两布一膜防渗层。

顶部防渗：堆体顶部设置 1.0mmHDPE 复合防渗膜（200g/m<sup>2</sup>土工布+1.0mmHDPE 防渗膜+200g/m<sup>2</sup>土工布）防渗层。

拦挡设施防渗：拦挡设施内坡铺设 400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布的两布一膜防渗层。

溢流水池为钢结构，渗透系数≤1.0×10<sup>-7</sup>cm/s，定期检查发现泄漏及时修复。

雨水收集池、泌水收集池及应急事故池采用 400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜进行防渗，渗透系数≤1.0×10<sup>-7</sup>cm/s，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。

磷石膏基生态修复材料生产线地面硬化。

防渗漏监测：为保证防渗效果，监测底部防渗层的防渗性能，根据项目情况，对充填区底部进行渗漏监控，主要在场地底部整平最低处设置在线渗漏监测系统，在膜下设置 23 个监控传感器（间隔 30.0m 网格布设），在膜上设置 5 个发射接收传感器，传感器采用电缆连接，所有缆线汇总至场区平台上，接入信号中转装置。信号中转装置通过通讯线缆连接到监控室内。

危废贮存库按《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中重点防渗区要求进行防渗，渗透系数≤10<sup>-10</sup>cm/s。

##### ②充填废水导排

在每个充填分区尾部设临时泌水集水坑，集水坑在固结生态修复材料上开

挖，尺寸 10m×10m，深度 2.0m，开挖边坡 1:2，在集水坑内设置潜水泵，坑内充填过程中，若有表层积水，则及时进行抽排至小麦地尾矿库回水池，回抽至选厂处理回用。

### ③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，防渗施工完毕后进行防渗性能检测，防渗膜热熔焊接搭接宽度 $\geq 100\text{mm}$ ，挤压焊接搭接宽度 $\geq 75\text{mm}$ ，对热熔焊接每条焊缝进行气压检测，合格率应为 100%；对挤压焊接每条焊缝应进行真空检测，合格率应为 100%。防渗工程验收合格后方可进行充填施工，施工结束后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告。

### ④监控井

设置 5 口地下水污染监控井，其中上游 1 座、下游（东侧）2 座、北侧 1 座、西侧 1 座。

## 2.2.4.7 依托工程

### （1）海口磷业浮选厂、湿磨装置提升改造及尾矿库

项目浮选磷尾矿原料来源于云南磷化集团海口磷业有限公司浮选厂、湿磨装置提升改造项目，回水依托小麦地尾矿库，浮选厂生产规模为年处理 310 万吨原矿（干基），年产尾矿约 114.7 万吨（干基），110 万 t/a 湿磨 II 装置提升改造后年产磷尾矿约 44 万吨（干基）、55 万吨/年湿磨 I 装置提升改造后年产磷尾矿约 22 万吨。尾矿采用湿法排渣，尾矿通过浓密机浓密至 40%浓度后通过渣浆泵打到小麦地尾矿库。

小麦地尾矿库总库容为 1112 万  $\text{m}^3$ ，总坝高 85m，为三等库，尾矿库库尾设置取水泵（岸边的简易浮筒潜水泵），南部较高处山坡的道路旁边新建取水泵站，管道（ $D \times \delta = 273\text{mm} \times 8\text{mm}$  钢管， $PN=1.5\text{MPa}$ ）沿道路往南方向，顺行至库尾道路分叉处，然后沿着新修缮道路至初期坝下游回水池中。该尾矿库在运营过程中产生的尾矿含水和库区内汇水面积内雨水经过库内后再经坝下沉淀池收集后，通过回水泵房抽至浮选厂及湿磨装置提升改造项目使用，废水不外排。小麦地尾矿库已建沉淀池、回水池及事故池，每个池子长 50m，宽 30m，深 4m，

单个容积 6000m<sup>3</sup>，总容积 18000m<sup>3</sup>。现有尾矿库水平衡见下图。

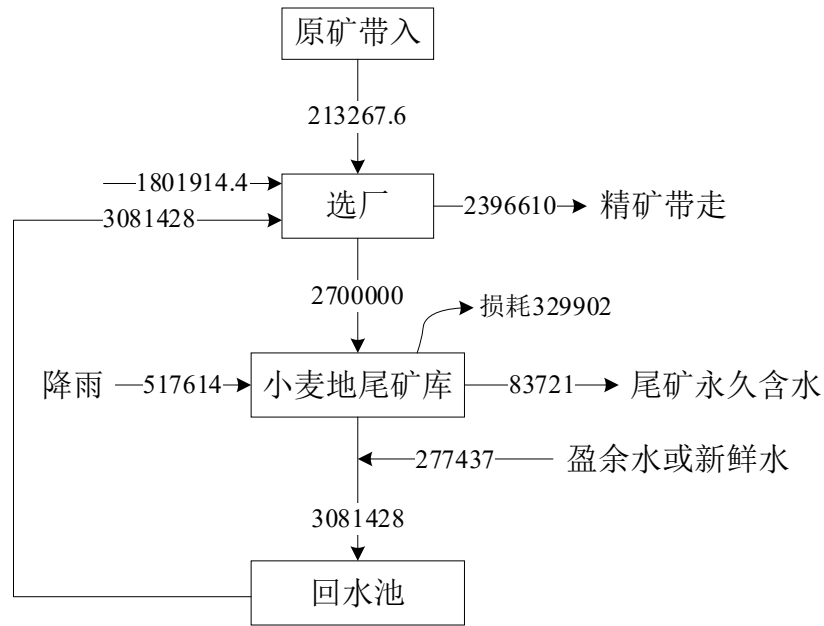


图 2.2-37 现有选厂及尾矿库现有水平衡

## 2.2.5 充填物料来源

项目施工过程中使用土石料、磷尾矿基生态修复材料、耕植土等。

土石料：来源于项目区内场地平整、边坡削坡降台产生的土石料，用作项目区场地平整及拦挡设施填筑。

耕植土：海口磷业剥离土。

充填料：浮选磷尾矿生产的磷尾矿基生态修复材料，浮选磷尾矿来源于海口磷业浮选生产线。

### 2.2.5.1 浮选磷尾矿性质

云南磷化集团海口磷业有限公司于 2025 年 8 月委托云南方源科技有限公司编制了《云南磷化集团海口磷业有限公司小麦地尾矿库尾矿固废属性鉴别评估报告》，并于 2025 年 8 月 24 通过了专家评审，根据该报告鉴别结论，在鉴别检测的 36 份样品中，按照《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》(HJ557-2010) 规定方法获取的尾矿浸出液里，检测项均未超出《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 规定的最高允许排放浓度(第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行)。因此，判定小麦地尾矿库尾矿属于“第 I 类”一般工业固体

废物。鉴别结果见下表。

表 2.2-11 鉴别结果一览表

单位: mg/L

监测点位 监测项目	SMD1#			SMD2#		
	0m~0.5m	0.5m~1.5m	1.5m~3.0m	0m~0.5m	0.5m~1.5m	1.5m~3.0m
pH (无量纲)	6.61	6.52	6.5	6.64	6.67	6.68
铜	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
锌	0.04	0.03	0.05	0.02	0.02	0.38
铬	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
钡	0.05	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04
镍	<0.02	<0.02	<0.02	0.04	<0.02	<0.02
银	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
铅 (µg/L)	<4.2	<4.2	<4.2	<4.2	<4.2	<4.2
镉 (µg/L)	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	2.5
铍 (µg/L)	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
铊 (µg/L)	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3
汞 (µg/L)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
硒 (µg/L)	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
砷 (µg/L)	24.2	18.2	34.7	23.7	11.5	26.2
化学需氧量	9	6	5	8	7	4
氰化物	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
氟化物	0.18	0.19	0.26	0.23	0.25	0.2
六价铬	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
磷酸盐	0.41	0.39	0.25	0.43	0.32	0.26
水分 (%)	24	16	21	21	22	19
监测点位 监测项目	SMD3#			SMD4#		
	0m~0.5m	0.5m~1.5m	1.5m~3.0m	0m~0.5m	0.5m~1.5m	1.5m~3.0m
pH (无量纲)	6.71	6.78	6.73	6.62	6.81	6.72
铜	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
锌	0.04	0.03	0.04	0.07	0.04	0.04
铬	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.04	<0.02
钡	0.04	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03
镍	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
银	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
铅 (µg/L)	<4.2	<4.2	<4.2	<4.2	<4.2	<4.2
镉 (µg/L)	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
铍 (µg/L)	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
铊 (µg/L)	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3
汞 (µg/L)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
硒 (µg/L)	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.27
砷 (µg/L)	19.5	14.3	28.3	15.8	115	23.7
化学需氧量	4	4	8	15	16	17
氰化物	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004

氟化物	0.18	0.24	0.28	0.24	0.25	0.26
六价铬	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
磷酸盐	0.42	0.38	0.34	0.43	0.34	0.28
水分 (%)	22	24	22	21	22	25
监测点位 监测项目	SMD5#			SMD6#		
	0m~0.5m	0.5m~1.5m	1.5m~3.0m	0m~0.5m	0.5m~1.5m	1.5m~3.0m
pH (无量纲)	6.75	6.71	6.94	6.99	6.98	6.84
铜	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
锌	0.03	0.04	0.17	0.01	0.01	0.39
铬	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
钡	0.04	0.05	0.02	0.04	0.03	0.04
镍	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
银	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
铅 (µg/L)	<4.2	<4.2	<4.2	<4.2	<4.2	<4.2
镉 (µg/L)	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
铍 (µg/L)	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
铊 (µg/L)	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3
汞 (µg/L)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
硒 (µg/L)	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
砷 (µg/L)	12.2	26.1	17.8	5.2	93.6	19.3
化学需氧量	4	6	11	6	12	11
氰化物	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
氟化物	0.21	0.24	0.22	0.21	0.18	0.15
六价铬	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
磷酸盐	0.32	0.32	0.2	0.35	0.32	0.33
水分 (%)	20	20	20	18	16	18
监测点位 监测项目	SMD7#			SMD8#		
	0m~0.5m	0.5m~1.5m	1.5m~3.0m	0m~0.5m	0.5m~1.5m	1.5m~3.0m
pH (无量纲)	6.71	6.88	6.72	6.94	6.91	6.73
铜	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
锌	0.03	0.02	0.03	0.02	0.06	0.04
铬	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
钡	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03
镍	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
银	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
铅 (µg/L)	<4.2	<4.2	<4.2	<4.2	<4.2	<4.2
镉 (µg/L)	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
铍 (µg/L)	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
铊 (µg/L)	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3
汞 (µg/L)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
硒 (µg/L)	<0.10	<0.10	<0.10	0.25	0.39	<0.10
砷 (µg/L)	99.4	11	2.5	31.3	25.4	55.5

化学需氧量	8	9	<4	4	15	19
氰化物	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
氟化物	0.34	0.15	0.24	0.28	0.18	0.21
六价铬	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
磷酸盐	0.41	0.42	0.36	0.32	0.28	0.25
水分(%)	22	21	22	19	21	23
监测点位	SMD9#			SMD10#		
监测项目	0m~0.5m	0.5m~1.5m	1.5m~3.0m	0m~0.5m	0.5m~1.5m	1.5m~3.0m
pH(无量纲)	6.7	6.56	7.09	6.72	6.78	6.74
铜	<0.01	0.02	<0.01	0.01	<0.01	<0.01
锌	0.06	0.07	0.05	0.12	0.11	0.28
铬	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
钡	0.04	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02
镍	<0.02	0.03	<0.02	0.03	<0.02	0.04
银	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
铅(μg/L)	<4.2	<4.2	<4.2	<4.2	<4.2	<4.2
镉(μg/L)	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	1.2
铍(μg/L)	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
铊(μg/L)	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3
汞(μg/L)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
硒(μg/L)	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
砷(μg/L)	81.4	29.1	69.2	18.1	33.1	54.1
化学需氧量	7	4	5	5	11	9
氰化物	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
氟化物	0.24	0.23	0.23	0.28	0.2	0.26
六价铬	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
磷酸盐	0.42	0.43	0.35	0.45	0.38	0.25
水分(%)	20	20	22	22	22	24
监测点位	SMD1#-SMD10#					
监测项目	0m~0.5m	0.5m~1.0m	1.0m~1.5m	1.5m~2.0m	2.0m~2.5m	2.5m~3.0m
pH(无量纲)	6.88	6.81	6.83	6.78	6.82	6.71
铜	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
锌	0.34	0.17	0.54	0.14	0.54	0.49
铬	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
钡	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03
镍	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
银	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
铅(μg/L)	<4.2	<4.2	<4.2	<4.2	<4.2	<4.2
镉(μg/L)	1.4	<1.2	2.3	<1.2	1.6	2
铍(μg/L)	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
铊(μg/L)	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3
汞(μg/L)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

硒 (µg/L)	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
砷 (µg/L)	23.2	48.9	17	22.5	14.1	14.3
化学需氧量	15	10	4	4	6	7
氰化物	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
氟化物	0.2	0.26	0.29	0.25	0.2	0.23
六价铬	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
磷酸盐	0.46	0.36	0.32	0.28	0.27	0.26
水分 (%)	21	21	21	22	20	19

云南磷化集团海口磷业有限公司磷矿来源于项目西南侧四采区，原矿来源稳定，磷矿浮选产生的磷尾矿属性基本保持不变。

根据《磷尾矿基生态修复材料胶结固化试验报告》，云南省生态环境科学研究院对海口磷业磷尾矿料浆滤液进行检测，检测结果如下。

表 2.2-12 磷尾矿料浆滤液检测结果

单位: mg/L

序号	项目	检测日期/样品编号/检测结果										
		2023.10.28			2024.01.09				2025.05.27			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	pH 无量纲	7.07	7.24	7.21	6.43	6.6	6.86	7.13	7.25	7.2	6.73	7.34
2	氟化物	5.15	4.08	5.81	6.11	7.18	5.49	2.27	3.26	2.25	6.72	2.62
3	总磷	3.39	3.95	4.02	6.31	6.42	5.18	2.96	3.09	3.34	5.01	2.24
4	氨氮	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5	COD	72	75	61	73	67	62	59	67	69	77	73
6	铅	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
7	镉	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
8	总铬	0.0158	0.0022	0.0075	0.0024	0.015	0.0102	0.0021	ND	0.009	0.004	0.0062
9	砷	0.00621	0.0077	0.00865	0.00571	0.0106	0.00742	0.0115	0.00828	0.0153	0.0158	0.0158
10	汞	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
11	铍	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
12	银	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
13	镍	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
14	六价铬	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
15	锌	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
16	烷基汞	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

根据检测结果可知，磷尾矿料浆中主要污染物为 pH、总磷及氟化物。

## 2.2.5.2 磷尾矿基生态修复材料控制要求

### 2.2.5.2.1 充填利用控制要求

根据《磷尾矿处理处置技术规范》(GB/T38104-2019)，充填后的磷尾矿基

生态修复材料按《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB5085.3-2007)的规定进行浸出毒性鉴别,根据《磷尾矿基生态修复材料胶结固化试验报告》,昆明勘察院科技开发有限公司于2025年12月25日对固化后的磷尾矿基生态修复材料按照《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB5085.3-2007)的规定进行浸出毒性鉴别,鉴别结果符合相应的限值要求。鉴别结果见下表。

**表 2.2-13 磷尾矿基生态修复材料鉴别结果一览表**

序号	检测项目		检测结果	限值
1	pH 值 (腐蚀性)		6.24	-
2	总铅 (mg/L)		ND	5
3	总镉 (mg/L)		ND	1
4	总铬 (mg/L)		ND	15
5	总砷 (μg/L)		1.55	5000
6	总汞 (μg/L)		ND	100
7	六价铬 (mg/L)		ND	5
8	锌 (mg/L)		ND	100
9	镍 (mg/L)		ND	5
10	铍 (mg/L)		ND	0.02
11	铜 (mg/L)		ND	100
12	硒 (μg/L)		1.12	1000
13	银 (mg/L)		ND	5
14	钡 (mg/L)		ND	100
15	无机氟化物 (μg/L)		ND	100000
16	氰化物 (μg/L)		ND	5000
17	烷基汞 (ng/L)	甲基汞	10L	不得检出
		乙基汞	20L	

根据《磷尾矿基生态修复材料胶结固化试验报告》检测数据,添加固化剂7天后的磷尾矿基生态修复材料已经固化,按照《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》(HJ557-2010)制备的浸出液中氟化物、磷酸盐(以P计)、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬的浓度满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)中界定的第I类一般工业固体废物的要求。

**表 2.2-14 磷尾矿基生态修复材料检测结果 (水平振荡法)**

序号	检测项目	1#样品	2#样品	3#样品	4#样品	5#样品	6#样品	污水综合排放标准限值
1	pH (无量纲)	7.5	7.3	7.3	7.3	7.3	6.6	6-9
2	磷酸盐 (mg/L)	0.02	0.05	0.16	0.10	0.17	0.16	0.5
3	氟化物 (mg/L)	0.50	0.22	0.34	0.45	0.36	0.45	10

4	氨氮 (mg/L)	0.250	0.208	0.232	0.203	0.216	0.273	15
5	COD (mg/L)	28	24	21	24	29	26	100
6	总铅 (mg/L)	0.07L	0.07L	0.07L	0.07L	0.07L	0.07L	1.0
7	总镉 (mg/L)	0.005L	0.005L	0.005L	0.005L	0.005L	0.005L	0.1
8	总铬 (mg/L)	0.03L	0.03L	0.03L	0.03L	0.03L	0.03L	1.5
9	总砷 (μg/L)	0.3L	0.3L	0.3L	0.3L	0.3L	0.3L	500
10	总汞 (μg/L)	0.04L	0.04L	0.04L	0.04L	0.04L	0.04L	50
11	六价铬 (mg/L)	0.004L	0.004L	0.004L	0.004L	0.004L	0.004L	0.5
12	锌 (mg/L)	0.013	0.016	0.013	0.011	0.013	0.014	2.0
13	镍 (mg/L)	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L	1.0
14	铍 (μg/L)	0.31	0.23	0.39	0.22	0.35	0.14	5
15	银 (mg/L)	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L	0.02L	0.5
16	烷基汞 (ng/L)	甲基汞	10L	10L	10L	10L	10L	不得 检出
		乙基汞	20L	20L	20L	20L	20L	

### 2.2.5.2.2 抗压强度

根据《磷尾矿基生态修复材料胶结固化试验报告》检测结果，磷尾矿基生态修复材料养护 14 天抗压强度不小于 0.3MPa，28 天抗压强度不小于 0.5MPa。

### 2.2.6 劳动定员及工作制度

劳动定员：项目施工期劳动定员 40 人，养护期劳动定员 1 人。

工作制度：施工期年工作 300 天，每天工作 3 班，每班工作 8 小时。养护期年工作日 365 天，每周 1 班，每班 8 小时。

### 2.2.7 建设周期

根据《昆明市海口林场先生崖生态修复项目实施方案》，项目共计建设 6 年，分施工期、养护期，施工期 4 年、养护期 2 年。计划 2026 年 5 月开工建设，2032 年 4 月完工。

总  
平  
面  
及  
现  
场  
布  
置

## 2.3 总平面及现场布置

### 2.3.1 总平面布置

项目区范围为海口林场先生崖破损山体实际破坏及扰动范围，占地面积 482175.09m<sup>2</sup>，合 723.23 亩。根据破损山体现状分生态重建区和辅助再生区进行

	<p>恢复。</p> <p>生态重建区主要建设内容：修建周边排水沟 2136m；建设 600m<sup>3</sup>泌水收集池 1 座，2100m<sup>3</sup>雨水收集池 1 座；铺设 400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布的两布一膜防渗层 405435.6m<sup>2</sup>；地形地貌重塑充填工程量 846.15 万 m<sup>3</sup>，铺设 1.0mmHDPE 复合防渗膜 371649.56m<sup>2</sup>，种植土再造 337863.24m<sup>2</sup>，经济林木种植 337863.24m<sup>2</sup>；建设采空区内积水抽排系统，配套设置洒水降尘，地下水等跟踪监测设施。</p> <p>辅助再生区主要内容：建设充填料制备站（后期恢复为林地），种植土再造 144311.85m<sup>2</sup>，林木种植 144311.85m<sup>2</sup>。</p> <p>充填材料制备区：位于项目区北面空地，充填料制备、运输、充填约 724.15 万 m<sup>3</sup>；建设充填料制备设备及其配套设施；建设 1.082km 原料输送管道，1.088km 回水输送管道；1.8km 充填料输送管道，充填料输送管道建设视充填材料运输情况而定。</p> <p>碾压土石坝主坝位于项目东南侧，碾压土石坝副坝位于项目西侧，泌水收集池、雨水收集池位于项目东南侧。项目总平面布置图详见附图。</p> <p><b>2.3.2 项目“三场”设置</b></p> <p>项目使用粘土、覆土等来自海口磷业采区，砂石料均外购，项目施工过程中无弃土产生，不设置取土场、弃土场及砂石料场。</p>
<p>施 工 方 案</p>	<p><b>2.4 施工方案</b></p> <p><b>2.4.1 施工工艺</b></p> <p><b>2.4.1.1 充填材料生产</b></p> <p>海口磷业浮选厂每年生产副产品浮选磷尾矿（干基）180 万 t。磷尾矿基生态修复材料生产技术路线为：先将 40%浓度浮选磷尾矿料浆进行浓密脱水，浓密至 65%浓度。65%浓度尾矿料浆作为主要充填骨料与固化剂充分混拌成为自流自凝磷尾矿基生态修复材料。</p> <p>直接利用浮选厂尾矿渣浆，采用管道输送方式送达磷尾矿基生态修复材料</p>

制备站现场。通过固化剂中 pH 调节剂、石灰、水泥等原料调节磷尾矿中 pH 值，利用固化剂胶凝特性，将磷尾矿中总磷、氟化物等污染物固定在修复材料中，最终制备出对环境安全的自流式磷尾矿基生态修复材料。磷尾矿基生态修复材料制备站及相关配套设施设计规模为干基浮选磷尾矿处理能力 180 万 t/a，6000t/d。

充填材料生产工艺流程详见图 2.4-1。充填材料生产工艺由尾矿输送工艺段、浓密工艺段、固化剂比例配制工艺段、混合搅拌工艺段、充填泵送工艺、溢流回水工艺段依次串联构成。

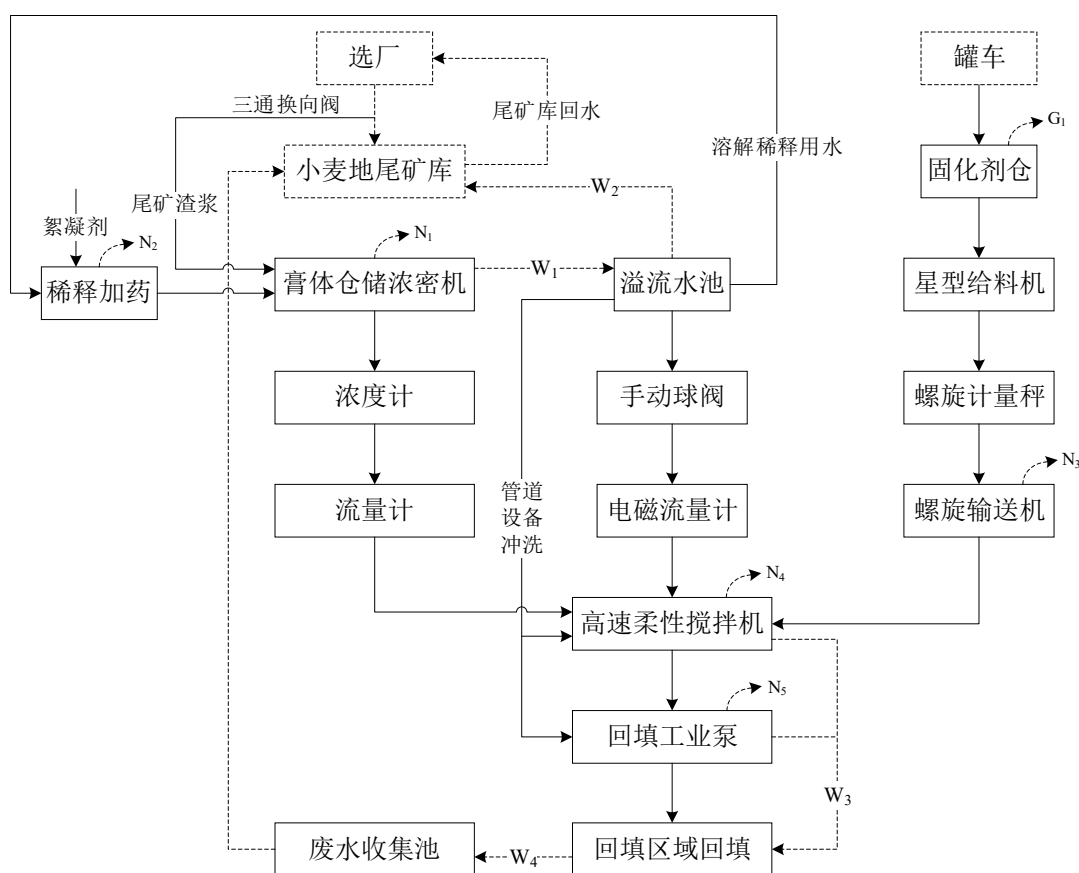


图 2.4-1 充填材料生产工艺

### (1) 尾矿输送

海口磷业浮选厂产生的 40%料浆浓度的浮选磷尾矿通过管道送入小麦地尾矿库，本次在浮选厂至小麦地尾矿库料浆输送管线路径新建料浆管线切换设施，通过三通阀将磷尾矿输送至项目磷尾矿基生态修复材料制备站，新建管线长度 1.082km，管线切换设施为地面式，平面尺寸为 4×4（m）。

### (2) 尾矿浓密工艺段

该工艺段主要将 40%浓度尾矿料浆浓密到 65%浓度。尾砂通过管道输送至膏体仓储浓密机进行中高效浓缩,形成高浓度底流尾砂浆,浓缩时间不少于 24h,溢流清水通过管道回流至小麦地尾矿库。浓缩过程中,根据膏体浓度检测结果,适时添加浮选磷尾矿专用絮凝剂,加速固液分离,提高浓缩效率,该工段产生的浓密脱水废水(W1)通过溢流水池返回小麦地尾矿库回水系统。

该工段配置高精度核子浓度计对关键指标进行 24 小时连续监测,重点监控原材料浓缩浓度(确保达到 65%),监测数据每小时记录一次,发现数据异常时立即启动预警机制,调整相关设备运行参数,直至指标恢复正常。

### (3) 固化剂比例配制工艺段

按充填工艺要求,按 5%固化剂掺加比例制备充填材料。固化剂由固化剂仓底部的稳流给料装置均匀卸料至螺旋计量秤,由螺旋计量秤计量后输送至充填料浆搅拌系统。日最大消耗固化剂 300t。设计两座仓储容量为 500t 的固化剂仓,可满足 3~5 天的充填需求。固化剂仓采用钢结构,仓顶设收尘器、雷达料位计及检查孔。该工段配置高精度流量计对关键指标进行 24 小时连续监测,重点监控固化剂添加量(精准控制约 5%),监测数据每小时记录一次,发现数据异常时立即启动预警机制,调整相关设备运行参数,直至指标恢复正常。固化剂仓产生的粉尘(G1)通过袋式除尘器处理后排放。

### (4) 混合搅拌工艺段

将浓缩后的 65%浓度膏体通过管道输送至充填厂房内的搅拌设备,同时通过固化剂仓的计量系统精准添加约 5%的固化剂,启动搅拌设备进行充分搅拌,搅拌时间不少于 3 分钟,确保固化剂与膏体均匀混合,形成具有一定胶结强度的生态修复材料。单台搅拌机制备能力 200m<sup>3</sup>/h。该工段产生的设备管道冲洗废水(W3)进入充填区自然蒸发损耗。

### (5) 充填泵送工艺段

本次设计中充填制备站设计为固定式。鉴于采空区充填区面积较大,采空区底较深,充填制备站需要具备泵送充填材料到达充填区的能力。

考虑到分区充填需求,工业充填泵送按两用一备配置,工业充填泵单机功率为 220kW。出于线路降损、提高有功功率、降低变电设备成本等考虑,本工

艺段选用 6kV 供电。泵送管线与工业充填泵出口连接，沿采空区布设。该工段产生的设备管道冲洗废水（W3）进入充填区自然蒸发损耗。

充填过程产生充填泌水（W4）收集后返回小麦地尾矿库回水系统。

#### （6）溢流回水系统

建设从磷尾矿基生态修复材料制备站溢流水池到小麦地尾矿库的回水管线，回水管线总长约 1.088km，回水通过水泵抽排至小麦地尾矿库。

### 2.4.1.2 采空区充填

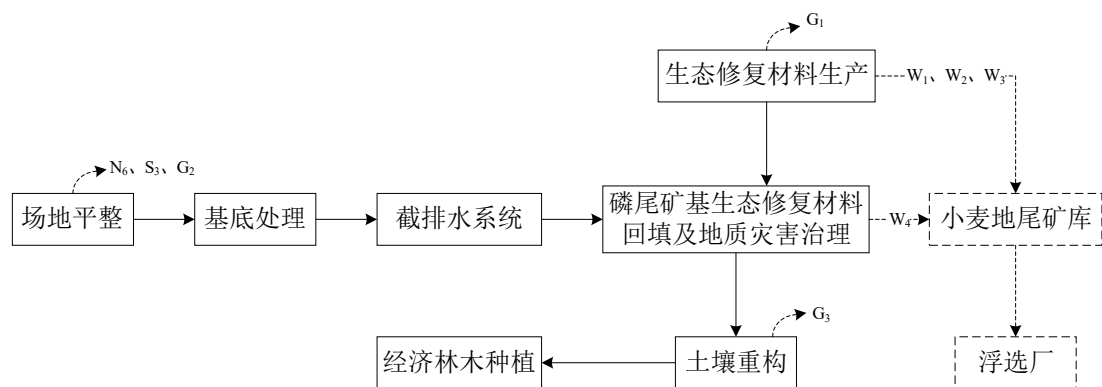


图 2.4-2 采空区充填工艺

充填区从 2116m 标高充填至 2250m 标高，首先充填至拦挡坝顶 2202.5m 标高，然后从 2205.5m 标高开始放坡充填，控制总坡比 1:6，充填至 2250m 标高，充填边坡高度 47.5m。

磷尾矿基生态修复材料堆填方式为自流平膏体堆填，磷尾矿基生态修复材料采用管道输送至场区内进行充填，在场区内自流平滩面按 1~2% 坡度（尾部高坝前低）控制的前提下，间隔 20~30m 设置充填支管，支管出口流速控制在 0.8~1.0m/s，确保材料在分区内均匀自流平，避免局部冲刷。充填采用分区分层自流平工艺，场区充填场地内以 3~5 万 m<sup>2</sup> 为一个分区，分区间采用矿山剥离土建设分隔坝，把场区分成充填区、固结养护区、建设区，轮流替换，分区分层充填。分隔坝高度 5m，顶宽 3m，前坡比 1:2，后坡比 1:2。磷尾矿基生态修复材料输送至分区内，间隔 20~30m 设充填支管，磷尾矿基生态修复材料在分区内自流平，一个分区堆满后，充填下一个分区，充填满的分区进行养护，把表层泌水抽排至场区外泌水收集池，经过 7~14 天的胶结固化，磷尾矿基生态修复材料的抗压强度达到 0.3MPa 以上，然后在磷尾矿基生态修复材料上采用矿山

剥离土建设分隔坝，循环往复，分区分层充填，直至 2202.5m 标高。

2202.5m~2250m 标高充填从拦挡坝和副坝顶放 20m 平台，然后采用矿山剥离土建设子坝，与分隔坝一起围成分区，子坝高度 5m，顶宽 5m，前坡比 1:2，后坡比 1:2。在子坝与分隔坝围成的分区内采用磷尾矿基生态修复材料充填，充填养护至磷尾矿基生态修复材料抗压强度达到 0.3MPa 以上，然后从子坝顶放 20m 平台，再建设下一层子坝，循环往复，分区分层充填，直至 2250m 标高。2202.5m~2250m 标高充填控制总体外边坡 1:6。场内自流平滩面坡度按 1~2%控制，尾部高坝前低。在每层平台上修建坡面雨水沟，沟断面 300mm×400mm，坡度不小于 0.01，坡向坝坡纵向坡面排水沟，纵向坡面排水沟间隔 200m 设置一条，断面 400mm×500mm。堆填期间表层雨水导流至坝肩雨水沟，断面 600mm×800mm，最终汇集至泌水收集池。沿场区充填区周边设置截洪沟，场区充填完成后，在覆土表层设置表层雨水沟，有效导排场区雨水。

作业环境控制条件：充填作业需在无极端天气（如暴雨、大风、高温、严寒）的环境下进行，暴雨天气需立即停止作业，优先开展排水工作；充填区域内需保持无积水，表层泌水需及时抽排，避免影响充填体固结强度；夜间作业环境温度不低于 5℃，若低于 5℃需采取保温措施，防止材料受冻影响性能。

充填顺序控制条件：严格遵循“分区分层、先低后高、先内后外”的充填顺序，严禁逆向作业；同一分区内材料需均匀充填，避免局部堆积过高导致应力不均；养护未完成的分区严禁开展后续充填作业，确保充填体强度达标。

充填过程中，严格按照有关规范、标准及技术要求进行，尽可能消除安全隐患。场内采用分区排放、分区养护的方式，磷尾矿基生态修复材料充填过程中需及时调整出料口，使堆存顶面基本水平，控制 1-2%的坡度坡向拦挡坝方向。

当堆积台阶最终按设计要求形成后，应及时覆土及种植林木。

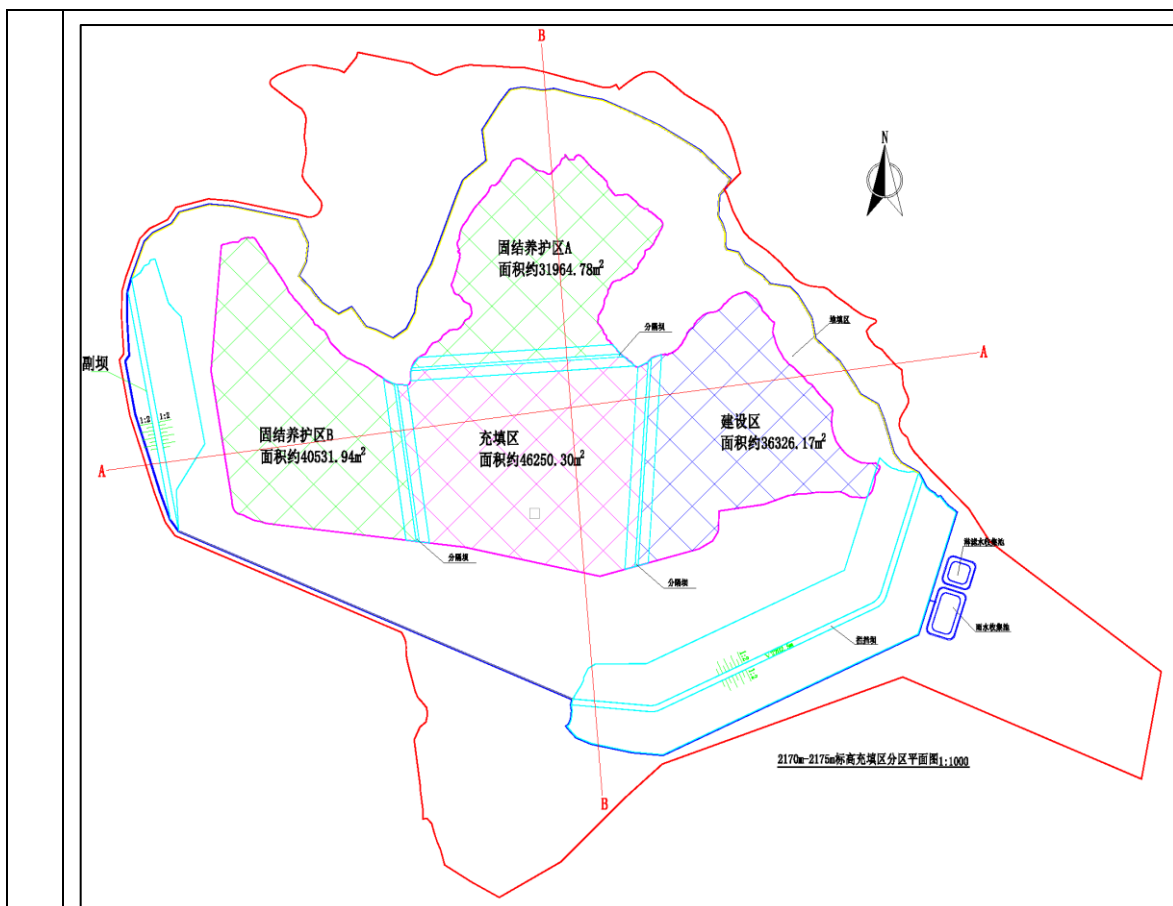


图 2.4-3 2170m-2175m 标高充填分区示意图

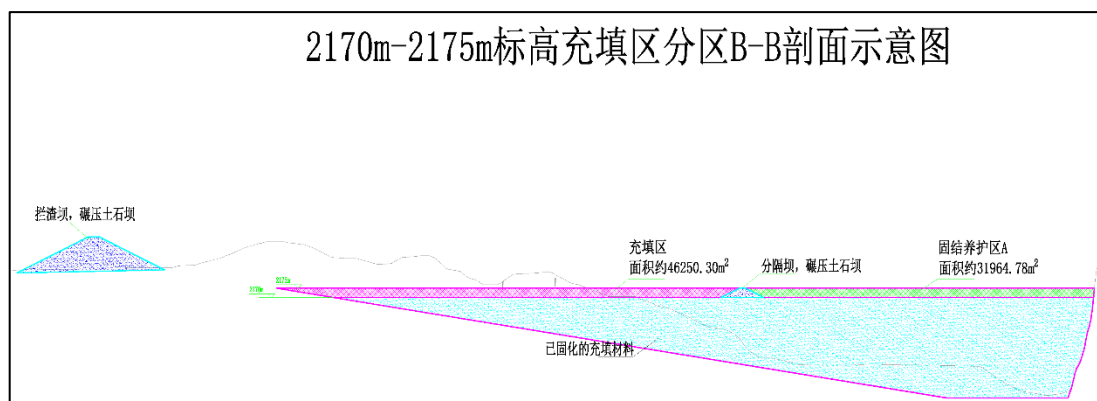
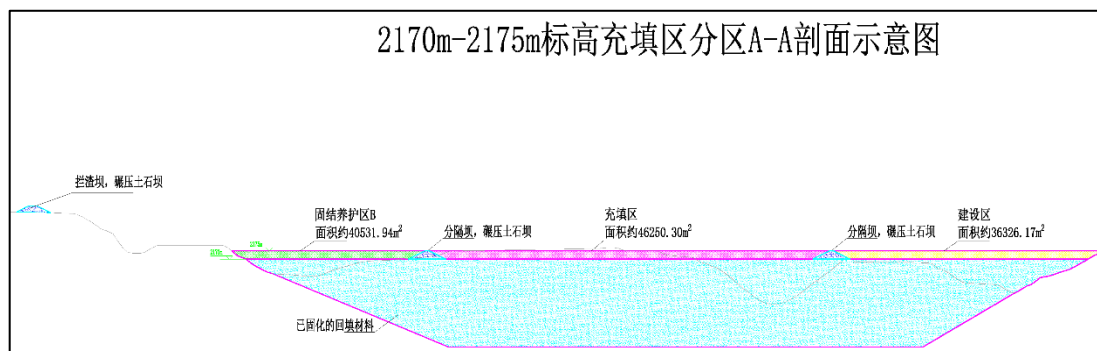


图 2.4-4 2170m-2175m 标高充填分区剖面示意图

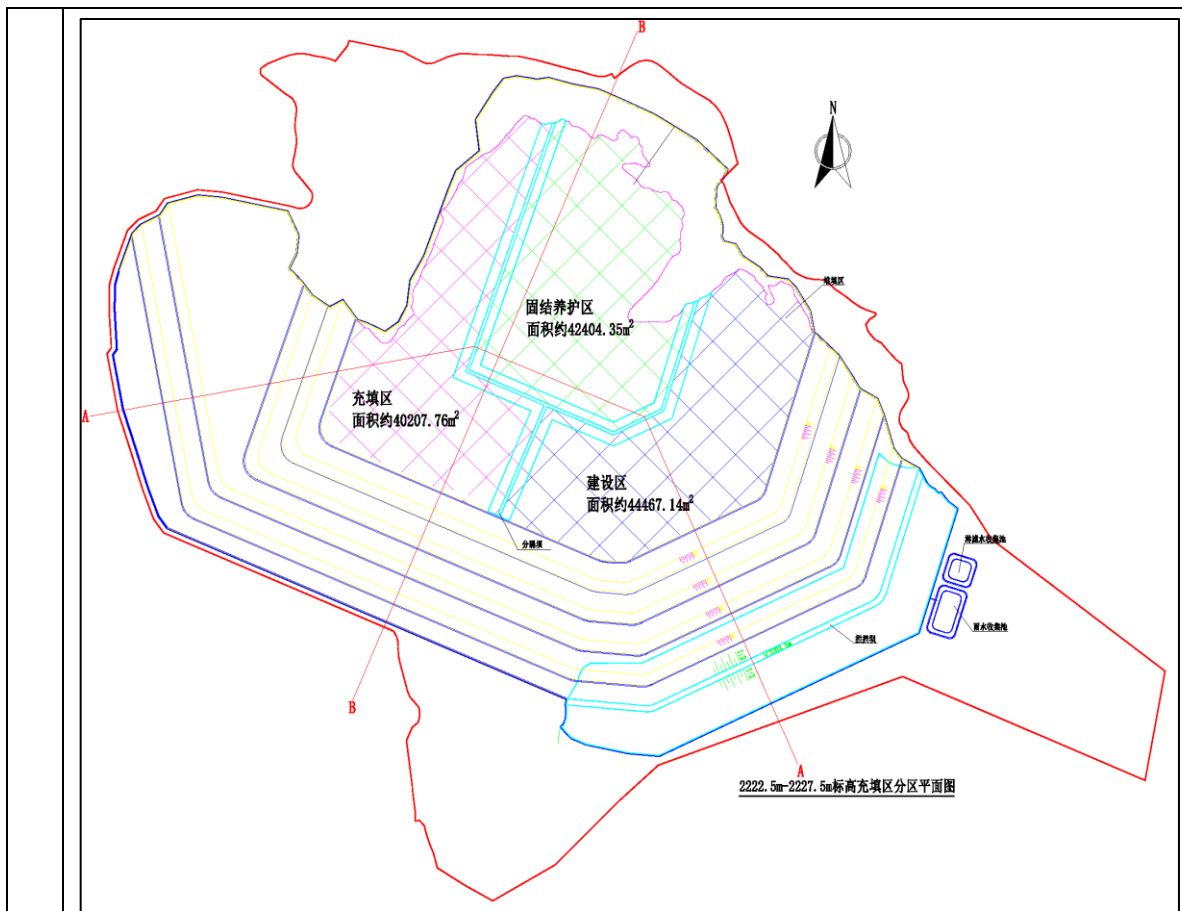


图 2.4-5 2222.5m-2227.5m 标高充填分区示意图

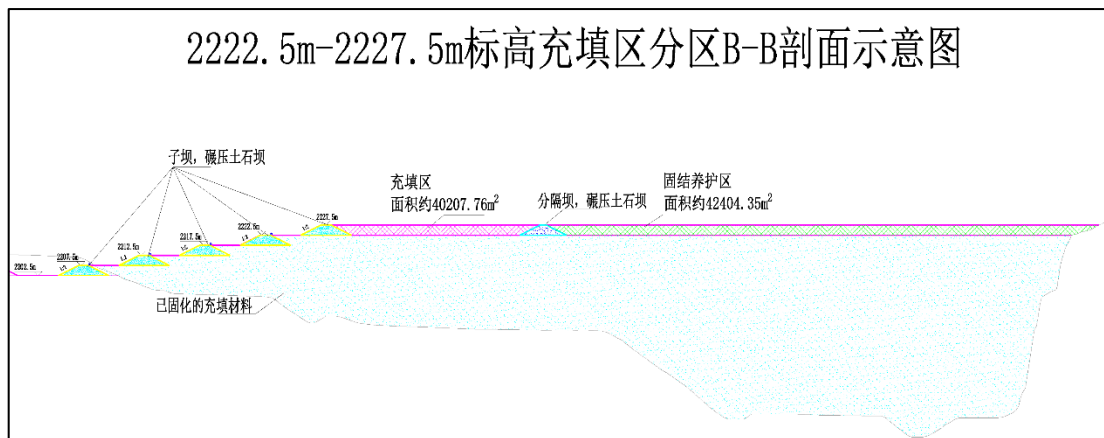
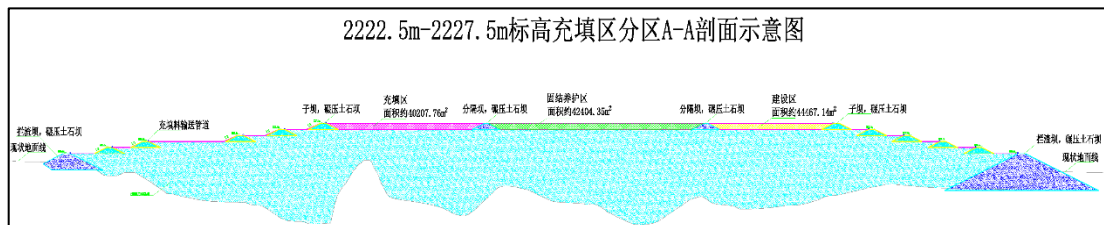


图 2.4-6 2222.5m-2227.5m 标高充填分区剖面示意图

项目产污节点见下表。

表 2.4-1 项目施工期产污节点分析

污染类别	编号	产污节点	主要污染物
废水	W <sub>1</sub>	脱水废水	SS
	W <sub>2</sub>	溢流废水	SS
	W <sub>3</sub>	设备及管道冲洗废水	SS
	W <sub>4</sub>	充填区泌水	SS
	W <sub>5</sub>	生活污水	COD、SS
废气	G <sub>1</sub>	固化剂仓废气	颗粒物
	G <sub>2</sub>	场地平整	颗粒物
	G <sub>3</sub>	耕植土覆土	颗粒物
	G <sub>4</sub>	耕植土运输	颗粒物
噪声	N <sub>1</sub>	浮选磷尾矿浓密机	噪声
	N <sub>2</sub>	絮凝加药机	噪声
	N <sub>3</sub>	螺旋输送机	噪声
	N <sub>4</sub>	高速柔性搅拌机	噪声
	N <sub>5</sub>	充填工业泵	噪声
	N <sub>6</sub>	施工机械	噪声
	N <sub>7</sub>	空压机	噪声
	N <sub>8</sub>	回水泵	噪声
固体废物	S <sub>1</sub>	包装材料	/
	S <sub>2</sub>	生活垃圾	/
	S <sub>3</sub>	土石方	/
	S <sub>4</sub>	收集池沉渣	/
	S <sub>5</sub>	废机油	/

### 2.4.1.3 覆土及林木种植

采空区内磷尾矿基生态修复材料充填堆排达到最终标高 2250.0m 后，即可进行覆土，种植经济林。覆土厚度 1.0m。林地复垦标准为：地形坡度 $\leq 25^\circ$ ，土壤容重 $\leq 1.5\text{g/cm}^3$ ，土壤有机质 $\geq 2.50\%$ 。

根据海口林场的要求，场地覆土后复垦为经济林地，初步筛选种植树种为乔木：大果红杉、云南松、红桦、尖叶木樨榄；草本：白三叶草、紫花苜蓿草；爬藤植物：爬山虎、常春藤等。后期具体树种以海口林场要求为准。根据实施方案种植分区（图 2.4-8），充填区种植树种为尖叶木樨榄，尖叶木樨榄为常绿小乔木，根系不深，在保证覆土厚度的情况下，不会对顶部防渗膜造成破坏。

#### 2.4.1.3.1 种植区划分

根据充填设计按充填后立地条件对项目区划分种植区。

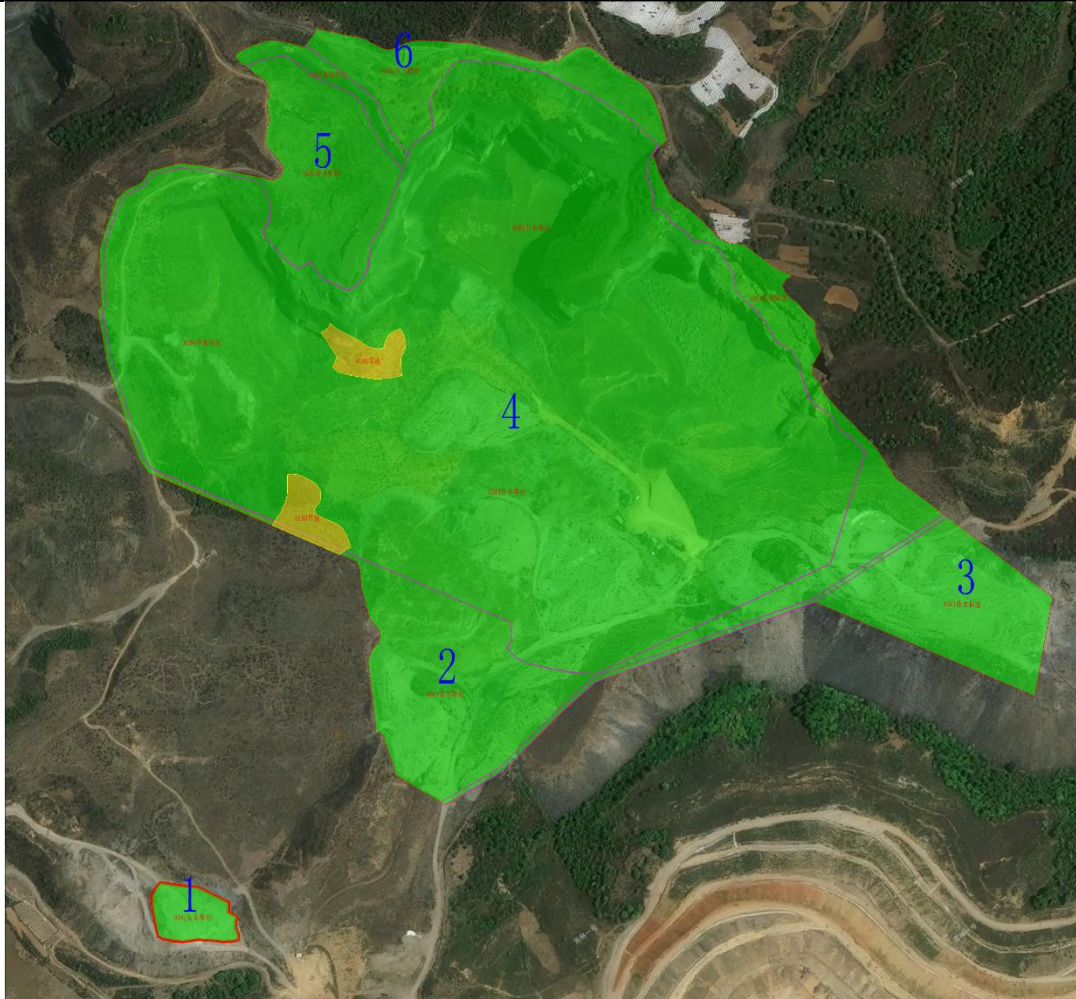


图 2.4-7 种植区划分

#### 2.4.1.3.2 植被选择

树草种的选择以生态效能大、景观效果好的乡土树种和经济效益好的树种为主。项目生态修复工程树草种选择遵循以下原则：

(1) 定向性原则：生态修复工程必须符合以生态效益为主，兼顾经济效益，具有一定景观效果的树草种。

(2) 适地适绿原则：结合树草种的生物学特性及生长习性，筛选生长迅速、成活率高、种源丰富、抗病虫害能力较强的优良乡土植物及引种实验成功的植物作为主要树草种；

(3) 稳定性原则：选取的树草种应具备生长快，根深、根系发达、根蘖性强、萌发性好、易郁闭，具有较强的改良土壤、吸尘抗污能力、抗逆性强等性状，易形成稳定的林分；

(4) 种苗充足原则：选择的树草种必须有充足的种苗来源。

(5) 充填区防护原则：项目充填区域选取的树种需考虑乔木根系对防渗膜造成破坏，在表层防渗区域进行植被选择时，选择根系不深的小乔木或灌木。

根据上述原则，初步筛选乔木为：大果红杉、云南松、红桦、尖叶木樨榄（尖叶木樨榄为常绿小乔木或灌木，根系不深，在保证覆土厚度的情况下，不会对防渗膜造成破坏）；草本：白三叶草、紫花苜蓿草；爬藤植物：爬山虎、常春藤等。后期树种选择以海口林场相关要求为准，初步筛选树草种生物学特性详见下表。

①中文学名：大果红杉；拉丁学名：*Larix potaninii var. australis* A. Henry ex Handel-Mazzetti

生物及生态学特性：乔木，高达 50m，胸径 1m；树皮灰色或灰褐色，纵裂粗糙；枝平展，树冠圆锥形；小枝下垂，幼枝有毛，后渐脱落，一年生长枝红褐色或淡紫褐色，很少淡黄褐色，直径 1.5-3mm，有光泽，通常无毛，稀叶枕之间的凹槽内有短毛，二年生枝红褐色或紫褐色，老枝和短枝灰黑色；短枝直径 3-4mm，顶端叶枕之间密生黄褐色柔毛；冬芽卵圆形，褐色或深褐色，有光泽，外层芽鳞先端尖，微开展，边缘具睫毛。叶倒披针状窄条形，长 1.2-3.5cm，宽 1-1.5mm，先端渐尖，上面中脉隆起，每边有 1-3 条气孔线，下面沿中脉两侧各有 3-5 条气孔线，表皮有乳头状突起。

适宜区域及立地：大幅度大果红杉是松科落叶松属红杉的变种，属于大型落叶乔木，具有强阳性，能够耐受高寒气候和贫瘠土壤，但怕水涝。它适宜在深厚肥沃、排水良好的微酸性棕色森林土上生长。大果红杉能够在山顶、岩石裸露、土层浅薄、冰碛石等恶劣环境中生长，显示出极强的适应性。

②中文学名：红桦；拉丁学名：*Mill Betula albosinensis* Burkill

生物及生态学特性：红桦是桦木科桦木属的大乔木植物。株高可达 30m；树皮淡红褐色或紫红色，有光泽和白粉，呈薄层状剥落；小枝紫红色，有时疏生树脂腺体，仅边缘具短纤毛；叶卵形或卵状矩圆形，基部圆形或微心形边缘具不规则的重锯齿；雄花序圆柱形，苞鳞紫红色，仅边缘具纤毛；果序圆柱形，序梗纤细，疏被短柔毛，果苞中裂片矩圆形或披针形，侧裂片近圆形；小坚果卵形，上部疏被短柔毛，膜质翅宽与果近等；花期 4~5 月；果期 6~7 月。红桦为大乔木，高可达 30m；树皮淡红褐色或紫红色，有光泽和白粉，呈薄层状剥

落，纸质；枝条红褐色，无毛；小枝紫红色，无毛，有时疏生树脂腺体；芽鳞无毛，仅边缘具短纤毛。

适宜区域及立地：红桦常生于海拔 1000~3400m 的山坡杂木林中。其喜阳光充足、湿润的环境，适宜在微酸性肥沃湿润土壤上生长。红桦喜欢酸性土壤，pH 值在 5.0-7.0 之间较为适宜。红桦适合在土层深厚、肥沃、排水良好的土壤中生长，如壤土、沙壤土等，并且要求土壤富含有机质，能为其生长提供充足养分。红桦是阳性喜光树种，需要充足的阳光照射，以保证光合作用的正常进行，促进生长和发育，在开阔的林地、山坡等地生长较好。红桦具有一定的耐寒能力，能适应较为寒冷的气候环境，但在温暖湿润的环境中生长更为适宜，一般适宜生长的温度范围在 15℃-25℃ 左右。

③中文学名：云南松；拉丁学名：*Pinus yunnanensis* Franch.

生物及生态学特性：云南松为乔木，高达 30m，胸径 1m；树皮褐灰色，深纵裂，裂片厚或裂成不规则的鳞状块片脱落；枝开展，稍下垂；一年生枝粗壮，淡红褐色，无毛，二、三年生枝上苞片状的鳞叶脱落露出红褐色内皮；冬芽圆锥状卵圆形，粗大，红褐色，无树脂，芽鳞披针形，先端渐尖，散开或部分反曲，边缘有白色丝状毛齿。针叶通常 3 针一束，稀 2 针一束，常在枝上宿存三年，长 10~30cm，径约 1.2mm，先端尖，背腹面均有气孔线，边缘有细锯齿；横切面扇状三角形或半圆形，二型皮下层细胞，第一层细胞连续排列，其下有散生细胞。

适宜区域及立地：云南松生于海拔 600m-3100m 地带，喜光，适应性强，耐旱、耐瘠，喜气候温和的半阴环境和深厚、肥沃、排水良好的酸质砂质土壤。云南松喜欢高温多雨的环境，适宜在热带、亚热带湿润气候区域种植。这些地区年降水量大于蒸发量，提供了绝佳的生长条件。云南松适应南亚热带季风气候，全年高温，雨热同期，这种气候条件有利于其生长。云南松的根系特别喜欢扎在山地红壤中，这种土壤含有丰富的赤铁矿和铁、铝氧化物，呈酸性反应，提供了足够的营养。尽管红壤质地黏重，但其良好的渗透性有利于云南松根系的生长。云南松是喜光树种，需要充足的光照才能正常开花生长。

④中文学名：尖叶木樨榄，拉丁学名：*Olea europaea subsp. cuspidata*

生物及生态学特性：尖叶木樨榄为常绿小乔木，高 3-10 米；树皮灰褐色，

纵裂；叶对生，革质，狭披针形至长椭圆形（故名“尖叶”），叶缘全缘，先端渐尖，表面深绿光亮，背面密被银白色鳞片。圆锥花序腋生，花小，白色，芳香；核果椭圆形，成熟时紫黑色。耐旱、耐瘠薄，喜光，耐轻度盐碱，抗风性强；对土壤要求不严，但以排水良好的石灰质或中性壤土为佳。耐寒性中等，可耐短期-10℃低温。

适宜区域及立地：尖叶木樨榄主要分布中国西南（云南、四川、西藏）、华南及台湾；亚洲热带至亚热带地区（印度、东南亚）。示意于海拔 300-2400 米的干热河谷、山坡、石灰岩山地；常见于干旱疏林、灌丛或石缝中。忌低洼积水，适宜年降水量 600-1500 毫米的区域。木犀榄性喜夏季炎热，有充分光照，冬季温暖、湿润的环境、有足够的低温和水分满足花芽分化的要求，耐旱能力较弱。它的最适生长温度是 18-24℃，如果温度不是骤然变化，一般品种在休眠状态下能忍耐-10 至-8℃的低温，有的品种还能忍耐到-15 至-12℃甚至-17℃的短期严寒（单害怕剧烈变化的气候）。木犀榄对土壤要求不很严格，在沙土、壤土和粘土上都能生长，但最适宜的是含有石砾的中性或微碱性土壤。在酸性土壤上种植，需要加施石灰。在黏重而排水不良的土壤上生长不好。

⑤中文学名：白三叶草，拉丁学名：*Trifolium repens*L.

生物及生态学特性：豆科车轴草属的多年生草本植物，茎贴地匍匐；叶柄直立，小叶心形，边缘具细齿，叶脉明显，小叶叶柄极短；托叶椭圆形，顶端尖抱茎；头状花序，总花梗长于叶柄；花白色或淡红色；荚果倒卵状，矩形，包于膜质、膨大；种子褐色，近圆形；花期 4-6 月。白车轴草喜温暖湿润气候，不耐干旱和长期积水，最适于生长在年降水量 800~1200mm 的地区，白三叶草的根系发达，侧根密集，能固着土壤，茂密的叶片能阻挡雨水对土壤的冲刷和风蚀，因而蓄水保土作用明显，适宜在坡地、堤坝湖岸种植护岸，防止水土流失。

适宜区域及立地：白三叶是种多年生豆科植物，它是很常见的绿化草坪，除去绿化和美化效果非常好外，它的营养价值高，固氮能力强，可以有效提升土壤肥力，并且这种植物耐荫性强，可以在经济林种植，能够让乔木产量提高。白三叶是种很容易种植的植物，它的适应能力强，能耐寒耐热，不挑剔土壤，在阴处也能正常生长，生存能力非常强，适合在经济林中种植。

⑥中文学名：紫花苜蓿草；拉丁学名：*Medicagosativa*L

生物及生态学特性：蔷薇目、豆科、苜蓿属多年生草本，高 30-100cm。根粗壮，深入土层，根茎发达。茎直立、丛生以至平卧，四棱形，无毛或微被柔毛，枝叶茂盛。羽状三出复叶；托叶大，卵状披针形，先端锐尖，基部全缘或具 1-2 齿裂，脉纹清晰；叶柄比小叶短；小叶长卵形、倒长卵形至线状卵形，等大，或顶生小叶稍大，长（5）10-25（40）mm，宽 3-10mm，纸质，先端钝圆，具有中脉伸出的长齿尖，基部狭窄，楔形，边缘三分之一以上具锯齿，上面无毛，深绿色，下面被贴伏柔毛，侧脉 8-10 对，与中脉成锐角，在近叶边处略有分叉；顶生小叶柄比侧生小叶柄略长。花序总状或头状，长 1-2.5cm，具花 5-30 朵；总花梗挺直，比叶长；苞片线状锥形，比花梗长或等长；花长 6-12mm；花梗短，长约 2mm；萼钟形，长 3-5mm，萼齿线状锥形，比萼筒长，被贴伏柔毛。

适宜区域及立地：紫花苜蓿是豆科植物，它的根系十分发达，能深入泥土中，生命力顽强，耐旱性非常好，也能抵挡寒冷，冬季可以安全越冬。紫花苜蓿对环境的适应性强，可以在乔木中种植，能很好的保持水土，并且这是种豆科植物，能为土壤提供氮肥，增强肥力，从而让乔木长得非常好，增加产量。紫花苜蓿还是一种优质牧草，营养丰富，口感好，牲畜都很喜欢食用，所以将其种植经济林中，还能增加一份收益，经济价值非常高，它的种植范围也就很广。

⑦中文学名：爬山虎，拉丁学名：*Parthenocissus tricuspidate* (Siebold&Zucc.) Planch.

生物及生态学特性：多年生大型落叶木质藤本植物，其形态与野葡萄藤相似。藤茎可长达 18 米。夏季开花，花小，成簇不显，黄绿色或浆果紫黑色，与叶对生。花多为两性，雌雄同株，聚伞花序爬山虎常着生于两叶间的短枝上，长 4~8cm，较叶柄短；花 5 数；萼全缘；花瓣顶端反折，子房 2 室，每室有 2 胚珠。表皮有皮孔，髓白色。枝条粗壮，老枝灰褐色，幼枝紫红色。枝上有卷须，卷须短，多分枝，卷须顶端及尖端有粘性吸盘，遇到物体便吸附在上面，无论是岩石、墙壁或是树木，均能吸附。叶互生，小叶肥厚，基部楔形，变异很大，边缘有粗锯齿，叶片及叶脉对称。花枝上的叶宽卵形，长 8~18cm，宽 6~16cm，常 3 裂，或下部枝上的叶分裂成 3 小叶，基部心形。叶绿色，无毛，

背面具有白粉，叶背叶脉处有柔毛，秋季变为鲜红色。幼枝上的叶较小，常不分裂。浆果小球形，熟时蓝黑色，被白粉，鸟喜食。花期6月，果期大概在9~10月。爬山虎适应性强，性喜阴湿环境，但不怕强光，耐寒，耐旱，耐贫瘠，耐修剪，怕积水，对土壤要求不严，阴湿环境或向阳处，均能茁壮生长，但在阴湿、肥沃的土壤中生长最佳。

适宜区域及立地：爬山虎适应性强，性喜阴湿环境，但不怕强光，耐寒，耐旱，耐贫瘠，气候适应性广泛，在暖温带以南冬季也可以保持半常绿或常绿状态。耐修剪，怕积水，对土壤要求不严，阴湿环境或向阳处，均能茁壮生长，但在阴湿、肥沃的土壤中生长最佳。

⑧中文学名：常春藤；拉丁学名：*Hederanepalensis* var. *sinensis* (Tobl.) Rehd

生物及生态学特性：多年生常绿攀援灌木，长3-20m。茎灰棕色或黑棕色，光滑，有气生根，幼枝被鳞片状柔毛，鳞片通常有10-20条辐射肋。单叶互生；叶柄长2-9cm，有鳞片；无托叶；叶二型；不能枝上的叶为三角状卵形或戟形，长5-12cm，宽3-10cm，全缘或三裂；花枝上的叶椭圆状披针形，条椭圆状卵形或披针形，稀卵形或圆卵形，全缘；先端长尖或渐尖，基部楔形、宽圆形、心形；叶上表面深绿色，有光泽，下面淡绿色或淡黄绿色，无毛或疏生鳞片；侧脉和网脉两面均明显。伞形花序单个顶生，或2-7个总状排列或伞房状排列成圆锥花序，直径1.5-2.5cm，有花5-40朵；花淡黄白色或淡绿白色；萼密生棕色鳞片，长约2mm，边缘近全缘；花瓣5，三角状卵形，长3-3.5mm，外面有鳞片；雄蕊5，花丝长2-3mm，花药紫色；子房下位，5室，花柱全部合生成柱状；花盘隆起，黄色。果实圆球形，直径7-13mm，红色或黄色，宿存花柱长1-1.5mm。花期9-11月，果期翌年3-5月。

适宜区域及立地：阴性藤本植物，也能生长在全光照的环境中，在温暖湿润的气候条件下生长良好，耐寒性较强。对土壤要求不严，喜湿润、疏松、肥沃的土壤，不耐盐碱。

#### 2.4.1.3.3 生态修复设计

##### （一）生态修复模式

种植模式分为林园区乔木草本结合、高陡边坡藤本种植2种模式。

林园区种植乔木，同时撒播豆科草本植物，能为土壤提供氮肥，增强肥力，

从而促进乔木生长，增加产量，也能防止水土流失。

高陡边坡植被恢复，项目充填区内北侧的高陡悬崖边坡，充填磷尾矿基生态修复材料最大充填标高为 2250m，可反压悬崖高度为 134m，充填反压结束后，周边部分无法反压的边坡通过挂网种植爬藤植物的方式恢复生态。

### （二）生态修复布局

按照充填后的立地条件划分的种植分区，结合所选乔木：大果红杉、云南松、红桦、尖叶木樨榄；草本：白三叶草、紫花苜蓿草；爬藤植物：爬山虎、常春藤等的生长习性 & 经济价值设计生态修复中各种乔木的种植规模布局。

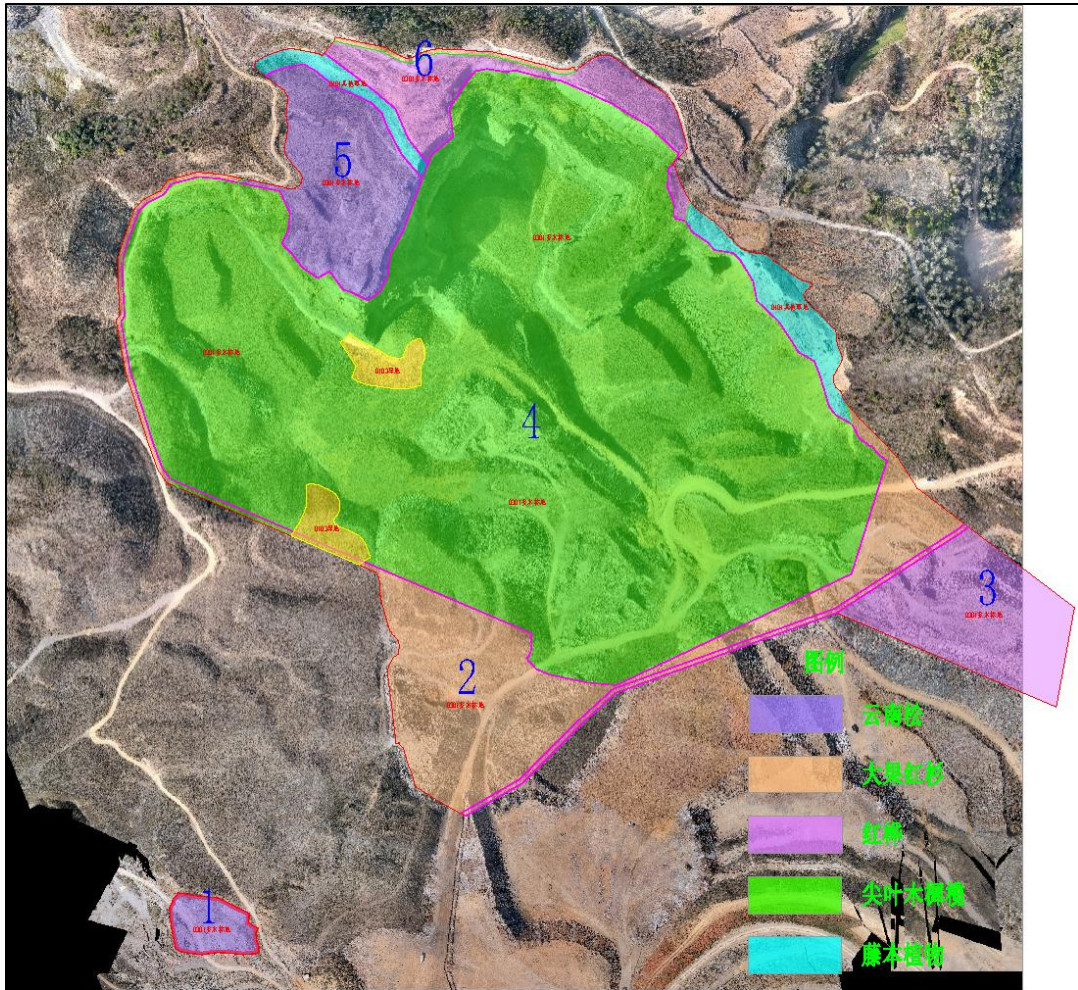


图 2.4-8 林木种植分区示意图

### （三）生态修复设计

本生态修复建设工程区的乔木、藤本种植方法主要以植苗栽植（容器苗栽植）为主，草本植物种植以种子撒播为主。

乔木栽植密度为 167 株/亩，株行距为 2m×2m，配置方式为品字型配置。藤本植物栽植度为 1040 株/亩，株行距为 0.8m×0.8m。配置方式为正方形配置。草

本种子撒播 5kg/亩。

乔木栽植时采用人工穴状整地植苗，整地方式为穴状整地，规格为 60cm×60cm×40cm。藤本植物栽植时采用人工穴状整地植苗，整地方式为穴状整地，规格为 30cm×30cm×30cm。

乔木栽植时要求大穴栽植，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充填土边踏实，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，充填土要比原地面高 15cm，踏实时不要将土球捣烂。栽后在树穴边做环状围堰，堰埂高 10~20cm，同时覆盖薄膜用以保水。

本生态修复工程栽植均遵照《水土保持工程设计规范》(GB51018-2014)及《园林绿化工程施工及验收规范》(CJJ/82-2012)等规范。

表 2.4-2 种植分区设计表

分区编号：1	分区面积：4810.37m <sup>2</sup>	种植面积：7.22 亩	区域类型：螳螂川流域
位置：西山区海口街道海口林场先生崖			
地类：采矿用地		所有权：国有；使用（经营）权：国有	
立地 条件	海拔（m）：2210m；坡位：平地；坡向：无；坡度：平		
	土壤名称：黄棕壤；土层厚：100cm；成土母岩：石灰岩；质地：砂壤土；含石量：5%		
	主要幼树种类：无 分布： 数量：		
	主要灌木种类：无 分布： 盖度：		
造林 设计	主要地被物种类：无 分布： 盖度：		
	培育目标（林种）：经济林；亚林种：乔木林；造林类型：无林地造林		
	树草种：云南松、白三叶草、紫花苜蓿草；混交方式：纯林；配置方式：品字型		
	株行距：2m×2m；初植密度：167 株/亩；草种数量：5kg/亩		
	清理方式：客土；客土土类：耕作土；方法：全覆盖；用量：4810.37m <sup>3</sup>		
	整地方式：穴状整地；规格：长 60cm×宽 60cm×深 40cm；		
	种植方法：植苗、林下撒播草种。		
	云南松：苗龄：大于 1 年，地径≥1.5cm，苗高≥80cm； 白三叶草、紫花苜蓿草：种子，5kg/亩。		
种植施肥：0.3kg/穴；保水剂：0.2kg/穴。			
抚育措施（2 年）：补植、松土、追肥、除杂草、病虫害防治			

表 2.4-3 种植分区设计表

分区编号：2	分区面积：49991.47m <sup>2</sup>	种植面积：74.98 亩	区域类型：螳螂川流域
位置：西山区海口街道海口林场先生崖			
地类：采矿用地		所有权：国有；使用（经营）权：国有	
立地	海拔（m）：2210m；坡位：全坡；坡向：西；坡度：斜		

条件	土壤名称：黄棕壤；土层厚：100cm；成土母岩：石灰岩；质地：砂壤土；含石量：5%
	主要幼树种类：无 分布： 数量：
	主要灌木种类：无 分布： 盖度：
	主要地被物种类：无 分布： 盖度：
造林设计	培育目标（林种）：经济林；亚林种：乔木林；造林类型：无林地造林
	树草种：大果红杉、白三叶草、紫花苜蓿草；混交方式：纯林；配置方式：品字型
	株行距：2m×2m；初植密度：167 株/亩；草种数量：5kg/亩
	清理方式：客土；客土土类：耕作土；方法：全覆盖；用量：49991.47m <sup>3</sup>
	整地方式：穴状整地；规格：长 60cm×宽 60cm×深 40cm；
	种植方法：植苗、林下撒播草种。
	大果红杉：苗龄：大于 1 年，地径≥1cm，苗高≥50cm； 白三叶草、紫花苜蓿草：种子，5kg/亩。
	种植施肥：0.3kg/穴；保水剂：0.2kg/穴。
抚育措施（2 年）：补植、松土、追肥、除杂草、病虫害防治	

表 2.4-4 种植分区设计表

分区编号：3	分区面积：25789.55m <sup>2</sup>	种植面积：38.68 亩	区域类型：螳螂川流域
位置：西山区海口街道海口林场先生崖			
地类：采矿用地		所有权：国有；使用（经营）权：国有	
立地条件	海拔（m）：2180m；坡位：全坡；坡向：西南；坡度：斜		
	土壤名称：黄棕壤；土层厚：100cm；成土母岩：石灰岩；质地：砂壤土；含石量：5%		
	主要幼树种类：无 分布： 数量：		
	主要灌木种类：无 分布： 盖度：		
造林设计	主要地被物种类：无 分布： 盖度：		
	培育目标（林种）：经济林；亚林种：乔木林；造林类型：无林地造林		
	树草种：红桉、白三叶草、紫花苜蓿草；混交方式：纯林；配置方式：品字型		
	株行距：2m×2m；初植密度：167 株/亩；草种数量：5kg/亩		
	清理方式：客土；客土土类：耕作土；方法：全覆盖；用量：25789.55m <sup>3</sup>		
	整地方式：穴状整地；规格：长 60cm×宽 60cm×深 40cm；		
	种植方法：植苗、林下撒播草种。		
	红桉：苗龄：大于 1 年，地径≥0.8cm，苗高≥50cm； 白三叶草、紫花苜蓿草：种子，5kg/亩。		
种植施肥：0.3kg/穴；保水剂：0.2kg/穴。			
抚育措施（2 年）：补植、松土、追肥、除杂草、病虫害防治			

表 2.4-5 种植分区设计表

分区编号：4	分区面积：332003.46m <sup>2</sup>	种植面积：497.98 亩	区域类型：螳螂川流域
位置：西山区海口街道海口林场先生崖			
地类：采矿用地		所有权：国有；使用（经营）权：国有	
立地	海拔（m）：2202~2250m；坡位：全坡；坡向：东南；坡度：斜		

条件	土壤名称：黄棕壤；土层厚：100cm；成土母岩：石灰岩；质地：砂壤土；含石量：5%
	主要幼树种类：无 分布： 数量：
	主要灌木种类：无 分布： 盖度：
	主要地被物种类：无 分布： 盖度：
造林设计	培育目标（林种）：经济林；亚林种：乔木林；造林类型：无林地造林
	树草种：尖叶木樨榄、白三叶草、紫花苜蓿草；混交方式：纯林；配置方式：品字型
	株行距：2m×2m；初植密度：167 株/亩；草种数量：5kg/亩
	清理方式：客土；客土土类：耕作土；方法：全覆盖；用量：332003.46m <sup>3</sup>
	整地方式：穴状整地；规格：长 60cm×宽 60cm×深 40cm；
	种植方法：植苗、林下撒播草种。
	尖叶木樨榄：苗龄：大于 2 年，地径≥1.5cm，苗高≥80cm； 白三叶草、紫花苜蓿草：种子，5kg/亩。
	种植施肥：0.3kg/穴；保水剂：0.2kg/穴。 抚育措施（2 年）：补植、松土、追肥、除杂草、病虫害防治

表 2.4-6 种植分区设计表

分区编号：5	分区面积：26543.55m <sup>2</sup>	种植面积：25.21 亩	区域类型：螳螂川流域
位置：西山区海口街道海口林场先生崖			
地类：采矿用地	所有权：国有；使用（经营）权：国有		
立地条件	海拔（m）：2215~2250m；坡位：全坡；坡向：东；坡度：斜		
	土壤名称：黄棕壤；土层厚：100cm；成土母岩：石灰岩；质地：砂壤土；含石量：5%		
	主要幼树种类：无 分布： 数量：		
	主要灌木种类：无 分布： 盖度：		
造林设计	主要地被物种类：无 分布： 盖度：		
	培育目标（林种）：经济林；亚林种：乔木林；造林类型：无林地造林		
	树草种：云南松、白三叶草、紫花苜蓿草；混交方式：纯林；配置方式：品字型		
	株行距：2m×2m；初植密度：167 株/亩；草种数量：5kg/亩		
	清理方式：客土；客土土类：耕作土；方法：全覆盖；用量：26543.55m <sup>3</sup>		
	整地方式：穴状整地；规格：长 60cm×宽 60cm×深 40cm；		
	种植方法：植苗、林下撒播草种。		
	云南松：苗龄：大于 1 年，地径≥1.5cm，苗高≥80cm； 白三叶草、紫花苜蓿草：种子，5kg/亩。 种植施肥：0.3kg/穴；保水剂：0.2kg/穴。 抚育措施（2 年）：补植、松土、追肥、除杂草、病虫害防治		

表 2.4-7 种植分区设计表

分区编号：6	分区面积：16809.87m <sup>2</sup>	种植面积：37.7 亩	区域类型：螳螂川流域
位置：西山区海口街道海口林场先生崖			
地类：采矿用地	所有权：国有；使用（经营）权：国有		
立地	海拔（m）：2245~2250m；坡位：全坡；坡向：东；坡度：缓		

条件	土壤名称：黄棕壤；土层厚：100cm；成土母岩：石灰岩；质地：砂壤土；含石量：5%
	主要幼树种类：无 分布： 数量：
	主要灌木种类：无 分布： 盖度：
	主要地被物种类：无 分布： 盖度：
造林设计	培育目标（林种）：经济林；亚林种：乔木林；造林类型：无林地造林
	树草种：红桦、白三叶草、紫花苜蓿草；混交方式：纯林；配置方式：品字型
	株行距：2m×2m；初植密度：167 株/亩；草种数量：5kg/亩
	清理方式：客土；客土土类：耕作土；方法：全覆盖；用量：16809.87m <sup>3</sup>
	整地方式：穴状整地；规格：长 60cm×宽 60cm×深 40cm；
	种植方法：植苗、林下撒播草种。
	红桦：苗龄：大于 2 年，地径≥1.5cm，苗高≥80cm； 白三叶草、紫花苜蓿草：种子，5kg/亩。
	种植施肥：0.3kg/穴；保水剂：0.2kg/穴。
抚育措施（2 年）：补植、松土、追肥、除杂草、病虫害防治	

#### 2.4.1.3.4 补植补造

为保证栽植成活率和保存率，当年种植完的苗木在第二年 1 月~5 月进行第一次补植补造，第二年 5 月~9 月应根据幼树成活情况对栽植地块采用相同树种、苗木进行补植补造。

#### 2.4.1.3.5 幼树抚育管理

幼树抚育管理采取的措施和内容为：适时松土除草、适时修枝、病虫害预防。通过松土、除草，改善土壤水分和理化性质，排除杂草、灌木对幼苗的竞争，创造优越的环境条件，满足幼苗对水、肥、气、光、热的要求，使之迅速成长，达到较高的成活率和保存率。

##### （1）松土

松土时用锄头沿种植穴边缘疏松表土，切断表层和底层土壤的毛细管理联系，以减少水分蒸发，改善土壤的通气性、透水性和保水性，促进土壤微生物的活动，加速有机质的分解和转化，让土壤翻入养分肥力，从而提高土壤的营养水平，使树木根系呼吸、透气，便于苗木吸收水分，有利于幼林的成活和生长。

##### （2）除草

除草的目的是排除种植穴周边杂草对水、肥、气、光、热的竞争，避免杂

草对幼树的危害。

松土除草是林分郁闭前幼林抚育的基本措施，一般可同时进行。松土除草在栽植后第二年开始每年进行1次，连续抚育2年。抚育季节根据栽植地所选栽植树种生长规律、土壤的水分、养分动态及杂草生活习性等因素而定，一般选择在每年的5~8月进行。

### （3）施肥

施肥是林木生长过程中改善林地肥力状况的措施。林木施肥分为基肥和追肥两种。基肥在栽植时施用。用作基肥的主要是有机肥料。追肥一般用化学肥料（复合肥），追肥时要注意氮、磷、钾肥的搭配。

### （4）整形修枝

通过修枝可以调整林内光照条件，改善林地环境，减少营养物质消耗，促进林木生长。修枝一定要保持树均衡，突出主干、干枝分明。

修剪时期：休眠期间，栽植树种有伤流现象，故不宜进行修剪；其修剪时期以早春或晚秋季最适宜，有利于伤口在当年内早愈合。

幼树整形：栽植树种树干性强，芽的顶端优势特别明显，顶芽发育比侧芽充实肥大，树冠层性明显，结合此特性，以采用主干疏层形为宜，且整形极易。其整形方法为：定植当年不作任何修剪，只将主干扶直，并保护好顶芽（若顶芽损坏，可找一壮芽代替），待春季发芽后，顶芽将向上直立生长，将其作为中心干，顶芽下部的5~6个芽将萌发侧枝（其余芽不能萌发），5~6月选分布均匀生长旺的3~4个侧枝为第一层主枝，将其余新梢全部抹去。第二年按同样的方法培育第二层主枝，第二层保留2~3个主枝（与第一层相距60~80cm），第三年选第三层主枝，保留1~2个主枝，与第二层相距50~70cm。1~4年主枝不用修剪，可自然分生侧枝，扩大树冠。一般3~4年成形，成形时树高3~5m左右。

### （5）病虫害防治

加强管理，提高树体的抗病抗虫能力，在防治上，坚持预防为主，综合治理的原则，在有害而未成灾的情况下，采取人工、生物、物理等综合防治的方法、认真做好护林防火工作和森林病虫害防治工作；对幼林生长中出现的问题，如林木生长状况、林业有害生物情况、成活率等情况进行监测，发现问题及时

上报，及时采取应对措施，真正做到预防为主，综合治理。

### 2.4.1.3.6 种苗设计

#### (1) 种苗规格质量

项目所需林木种苗必须坚持适地、适树、适种源和就近解决的原则。优先使用本地优良乡土树种繁殖材料和现有苗木生产基地生产的繁殖材料。壮苗的基本标准为：根系发达，主根粗壮，不弯曲，侧根和须根多，苗木基干挺直，冠幅完整，高粗比例适当，充分木质化，无徒长现象，顶芽健壮、饱满，无病虫害和机械损伤。根据《主要造林树种苗木》(DB53/062-2006)，栽植培育目的的要求，项目栽植使用 I 级苗，大树苗，具体苗木标准见下表。

表 2.4-8 栽植苗木规格质量标准

树种名称	苗木种类	苗龄	I 级苗		综合控制指标	适用范围
			地径 (cm)	苗高 (cm)		
云南松	容器苗	1~2	>1.5	>80	生长健壮 根系发达 无病虫害	全省海拔 650m-3000m
尖叶木樨榄	容器苗	2~3	>1.5	>80		
红桦	容器苗	2~3	>1.5	>80		
大果红杉	容器苗	2~3	>1.5	>80		
爬山虎、常春藤	容器苗	1~2	>0.2	>50		

#### (2) 种苗量测算

根据栽植分区面积、初植密度，项目需苗木：云南松 7839 株、大果红杉 12498 株、红桦 10650 株、尖叶木樨榄 83000 株，爬山虎、常春藤 2056 株；草种 2963.66kg。

表 2.4-9 生态修复需种苗量测算表

统计单位	种苗名称	栽植面积/亩	苗木株数	草种数量/kg	苗木来源
经济林区	云南松	47.03	7839	203.80	购入
	红桦	63.90	10650	276.90	购入
	尖叶木樨榄	497.98	83000	2158.02	购入
	大果红杉	74.98	12498	324.94	购入
修复区	爬山虎、常春藤	18.70	2056	/	购入
合计		702.59	116043	2963.66	购入

其他

无。

### 三、生态环境现状、保护目标及评价标准

生态环境现状	<p><b>3.1.1 云南省主体功能区规划</b></p> <p>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。</p> <p>拟建项目所在的西山区位于国家层面重点开发区域,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。</p> <p>该项目是融合浮选尾矿综合利用、采空区充填以及生态修复项目,为浮选尾矿处置、采空区充填、生态修复建设结合探索新的出路,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,完成植被恢复任务的同时提高土地利用效率,提高云南省磷尾矿综合利用率。项目建设与《云南省主体功能区规划》功能定位不冲突,有利于国家重点开发区域发展。</p>
--------	---

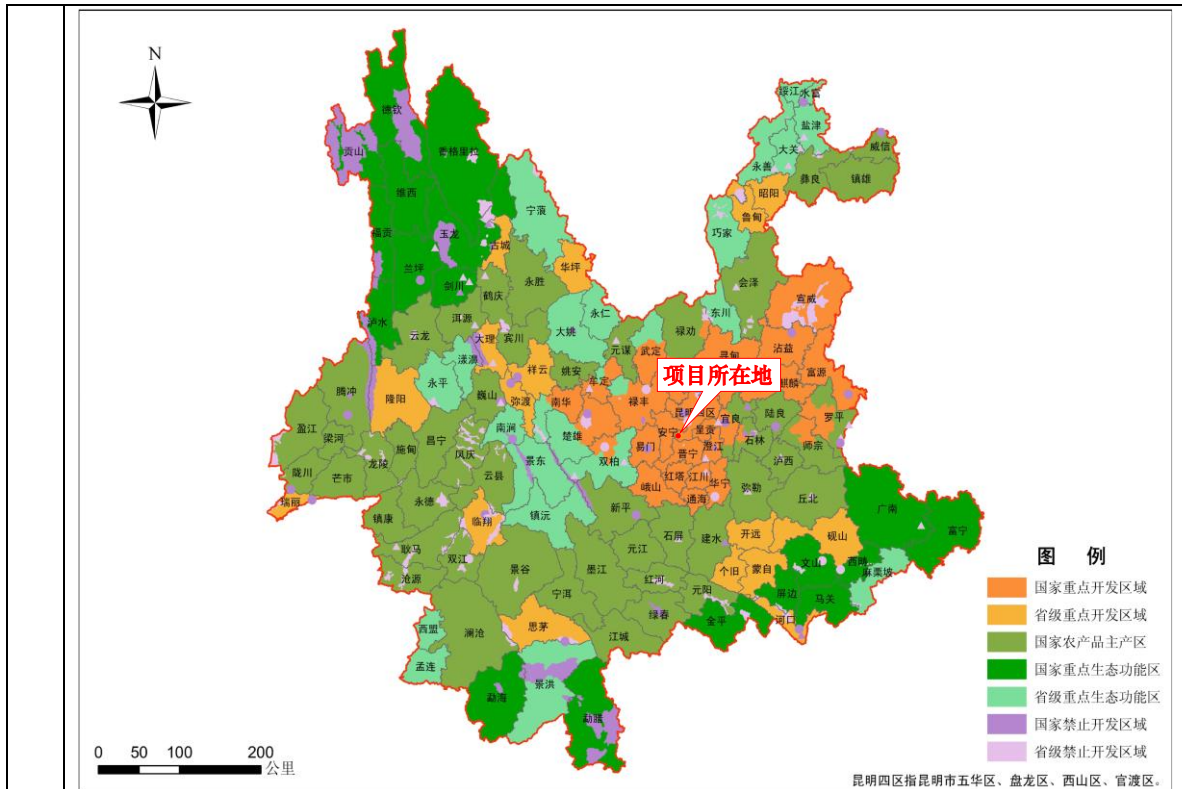


图 3.1-1 项目与云南省主体功能区位置关系

### 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 <sup>2</sup>	
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 900-1000mm，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	

项目属于采空区充填及生态修复项目，项目实施过程有少量施工粉尘、废水产生，采取相应措施后，项目环境影响较小，项目完成后，对土壤和生态环境进行重构，重构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。

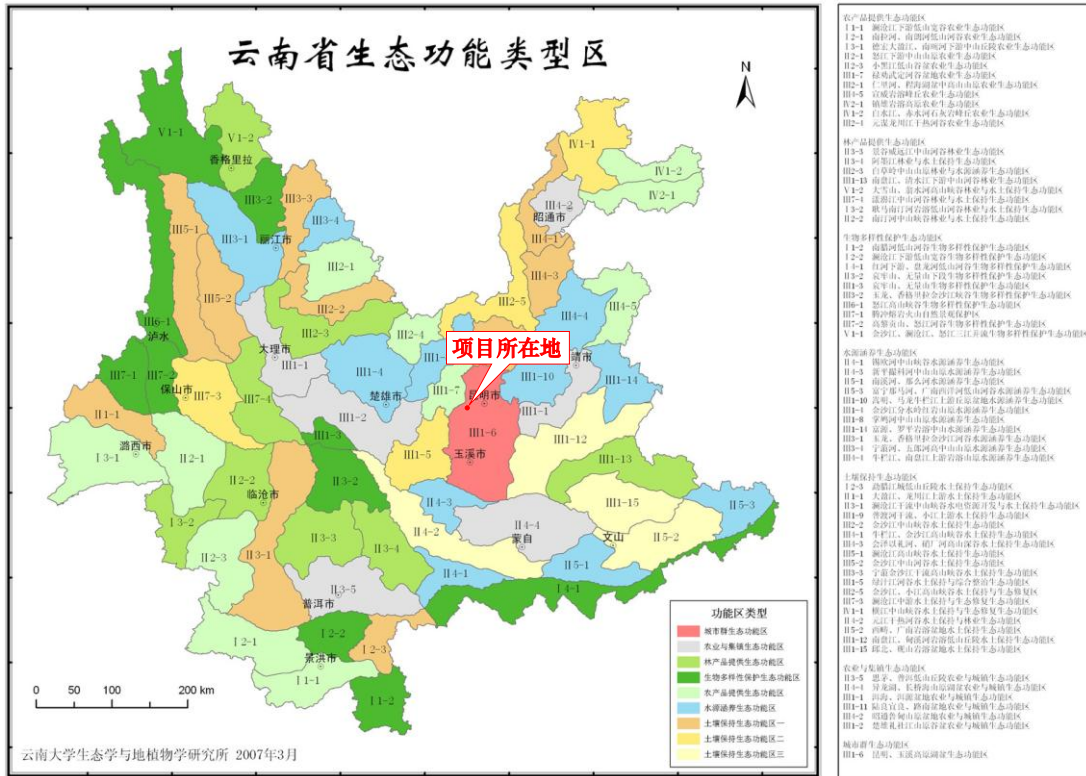


图 3.1-2 项目与云南省生态功能区划位置关系

### 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 2024 年 7 月，调查人员由云南大学马绍宾、胡建生老师和编制单位相关技术人员构成，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，如东北面为旱冬瓜林，东面有耕地等等。

#### （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  $20 \times 20 \text{m}^2$ ，但调查中未发现评价区内常绿阔叶林分布，故按  $10 \times 10 \text{m}^2$  样地面积进行调查；针叶林、灌丛样地面积为  $10 \times 10 \text{m}^2$ ，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

根据现场勘查，目前项目区土地利用现状主要为采空区、交通运输用地与林地，本次实施范围总面积 723.23 亩。

#### (2) 土地利用规划

根据海口林场的要求，场地覆土后复垦为经济林地，种植树种为乔木：大果红杉、云南松、红桦、尖叶木樨榄；草本：白三叶草、紫花苜蓿草；爬藤植物：爬山虎、常春藤等。

### 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—II A 西部（半湿润）常绿阔叶林亚区域—II Aii 高原亚热带北部常绿阔叶林地带—II Aii-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。从实地考察看，评价区内的旱冬瓜林是人工营造形成的。

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。

## (2) 评价区植被分类

目前评价区的自然植被类型包括 1 个植被型、1 个植被亚型、1 个群系。主要自然植被为落叶阔叶林，主要人工植被为桉树林、耕地。

表 3.1-2 评价区植被分类系统

A 自然植被
I 落叶阔叶林
(I) 柃木林
一、旱冬瓜林 (Form. <i>Alnus nepalensis</i> )
B 人工植被
桉树林
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，一般在撂荒地、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、栎类等树种混生成林，呈块带状分布。

项目区旱冬瓜林群落分布区项目区东北面，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 2m~2.5m，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 *Pteridiumrevolutum*、车前 *Plantago major*、杜牛膝 *Achyranthes aspera*、苦蒿 *Artemisiacondoncephala* 等。

## ②人工植被

### a.桉树林

主要零星分布在项目区西北面。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.耕地

分布在项目区东北面，有时零星分布在坡度较缓的山地上，主要种植玉米等作物。

## （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 3.1-3 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

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〕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 2024 年 7 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 10mm×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。

由于磷矿开采，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。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，在磷矿区仅有昆明攀蜥、铜蜓蜥、黄臀鹌、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、黄臀鹌、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 3.1-4 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 *Falco 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 枚初级飞羽外翮无缺刻。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。常单独或成对活动。飞行速度快，有时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。

**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，建设单位委托中博源检测（云南）有限公司于 2024 年 12 月 5 日~6 日对项目区厂界四周声环境现状进行监测，监测点位布置满足《建设项目环境影响报告表编制技术指南（污染影响类）》（试行）要求，监测结果见下表。

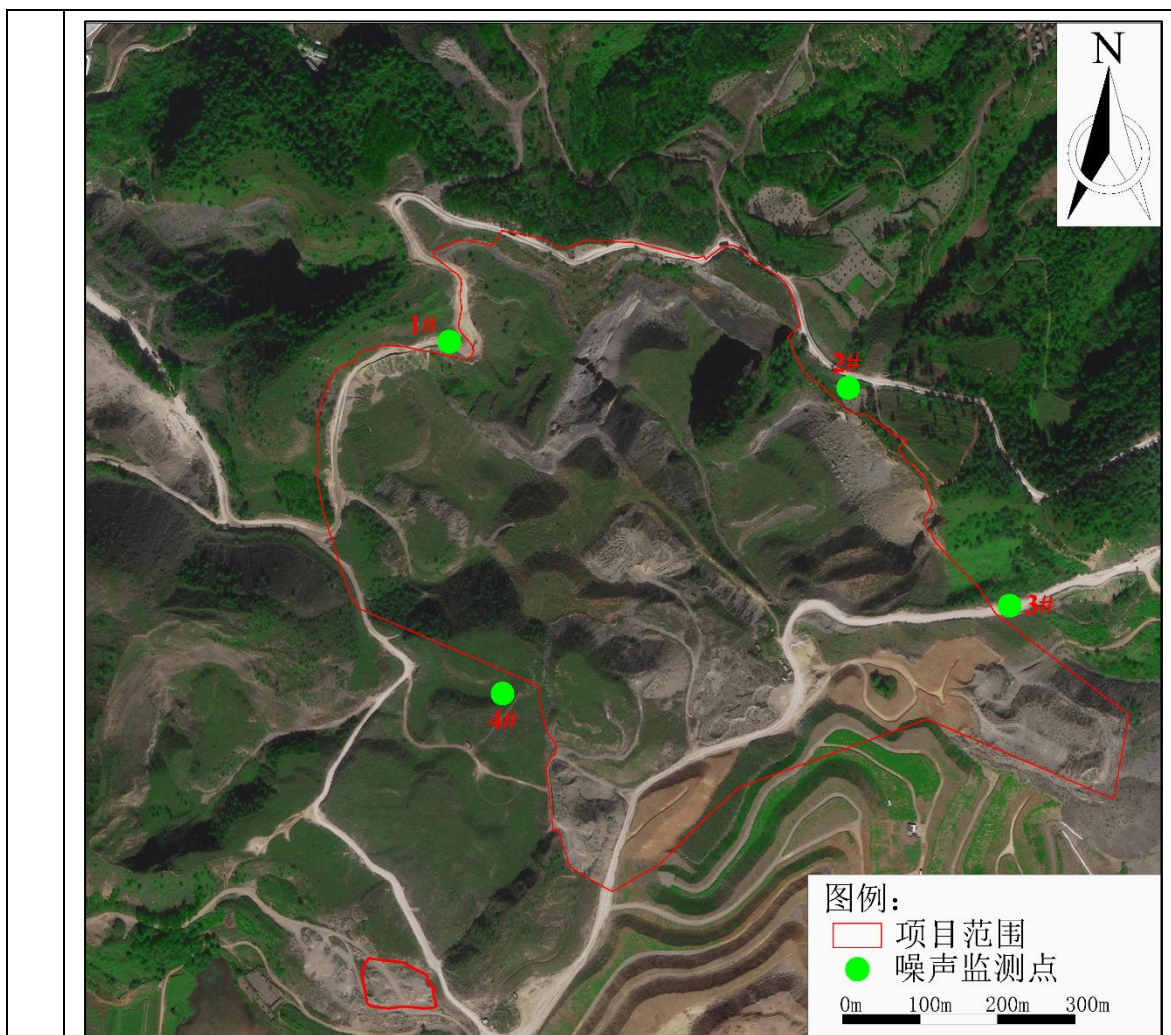


图 3.1-3 声环境监测点位图

表 3.1-5 声环境监测结果

检测点位	检测日期	采样时段	噪声值 dB (A)	标准值	达标情况
场界东外 1m	2024.12.5	昼间 14:59-15:09	44	60	达标
		夜间 22:02-22:12	43	50	达标
场界南外 1m		昼间 15:34-15:44	43	60	达标
		夜间 22:43-22:53	41	50	达标
场界西外 1m		昼间 16:11-16:21	44	60	达标
		夜间 23:10-23:20	41	50	达标
场界北外 1m		昼间 16:49-16:59	47	60	达标
		夜间 23:49-23:59	41	50	达标
场界东外 1m	2024.12.6	昼间 16:08-16:18	44	60	达标
		夜间 22:05-22:15	41	50	达标
场界南外 1m		昼间 16:47-16:57	43	60	达标
		夜间 22:31-22:41	41	50	达标
场界西外 1m		昼间 17:22-17:32	43	60	达标
		夜间 23:24-23:34	42	50	达标
场界北外 1m		昼间 17:55-18:05	43	60	达标

	夜间	23:52-00:02	41	50	达标
--	----	-------------	----	----	----

根据监测结果，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。

### 3.1.5 地表水环境现状

根据现场踏勘，项目区地表水为季节性箐沟，地表水流向为由西向东，最近的地表水体为项目东面6km的螳螂川。根据《昆明市和滇中产业新区水功能区划（2011~2030年）》，螳螂川昆明-安宁工业、景观用水区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。

根据昆明市生态环境局发布的《2024年度昆明市生态环境状况公报》，与2023年相比，螳螂川干流段的中滩闸门、小鱼坝桥、富民大桥断面水质类别保持V类不变，青龙峡、温泉大桥断面水质类别由V类上升为IV类；普渡河段的普渡河桥断面水质类别由III类下降为IV类，尼格水文站断面水质类别保持II类不变。

项目位于中滩闸门下游，建设单位委托中博源检测（云南）有限公司于2025年8月18日~2025年8月20日对螳螂川水质现状进行监测，其中上游断面距离项目6.13km，下游断面距离项目7.35km，监测结果见下表。

表 3.1-6 地表水监测结果

样品类别	检测项目	采样时间	螳螂川 上游断面	螳螂川 下游断面	标准值	是否 达标
地表水	pH（无量纲）	2025.08.18	7.4	7.5	6~9	达标
		2025.08.19	7.5	7.5		达标
		2025.08.20	7.5	7.5		达标
	化学需氧量 （mg/L）	2025.08.18	4L	26	30	达标
		2025.08.19	4L	28		达标
		2025.08.20	4L	24		达标
	氨氮（mg/L）	2025.08.18	0.025L	0.025L	1.5	达标
		2025.08.19	0.025L	0.025L		达标
		2025.08.20	0.025L	0.025L		达标
	铜（mg/L）	2025.08.18	0.006L	0.006L	1.0	达标
		2025.08.19	0.006L	0.006L		达标
		2025.08.20	0.006L	0.006L		达标
	锌（mg/L）	2025.08.18	0.004L	0.02	2.0	达标
		2025.08.19	0.004L	0.027		达标
		2025.08.20	0.004L	0.033		达标

	镉 (mg/L)	2025.08.18	0.001L	0.001L	0.005	达标
		2025.08.19	0.001L	0.001L		达标
		2025.08.20	0.001L	0.001L		达标
	铅 (mg/L)	2025.08.18	0.010L	0.010L	0.05	达标
		2025.08.19	0.010L	0.010L		达标
		2025.08.20	0.010L	0.010L		达标
	总铬 (mg/L)	2025.08.18	0.004L	0.004L	/	/
		2025.08.19	0.004L	0.004L		/
		2025.08.20	0.004L	0.004L		/
	六价铬 (mg/L)	2025.08.18	0.004L	0.004L	0.05	达标
		2025.08.19	0.004L	0.004L		达标
		2025.08.20	0.004L	0.004L		达标
	汞 (mg/L)	2025.08.18	0.00004L	0.00004L	0.001	达标
		2025.08.19	0.00004L	0.00004L		达标
		2025.08.20	0.00004L	0.00004L		达标
	铍 (mg/L)	2025.08.18	0.00002L	0.00002L	/	/
		2025.08.19	0.00002L	0.00002L		/
		2025.08.20	0.00002L	0.00002L		/
	镍 (mg/L)	2025.08.18	0.007L	0.007L	/	/
		2025.08.19	0.007L	0.007L		/
		2025.08.20	0.007L	0.007L		/
	银 (mg/L)	2025.08.18	0.02L	0.02L	/	/
		2025.08.19	0.02L	0.02L		/
		2025.08.20	0.02L	0.02L		/
	砷 (mg/L)	2025.08.18	0.0003L	0.0003L	0.1	达标
		2025.08.19	0.0003L	0.0003L		达标
		2025.08.20	0.0003L	0.0003L		达标
氟化物 (mg/L)	2025.08.18	0.05L	0.05L	1.5	达标	
	2025.08.19	0.05L	0.05L		达标	
	2025.08.20	0.05L	0.05L		达标	
总磷 (mg/L)	2025.08.18	0.04	0.06	0.3	达标	
	2025.08.19	0.04	0.05		达标	
	2025.08.20	0.03	0.05		达标	
硫酸盐 (mg/L)	2025.08.18	28	82	/	/	
	2025.08.19	32	89		/	
	2025.08.20	30	85		/	
备注：“检出限+L”表示检测结果低于方法检出限						
根据监测结果，螳螂川监测期间水环境质量现状满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) IV 类标准。						



图 3.1-4 地表水监测断面

### 3.1.6 大气环境现状

#### 3.1.6.1 环境空气质量达标区判定

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》（GB3095-2026）二级标准过渡阶段限值。

根据《2024 年度昆明市生态环境状况公报》：全市主城区环境空气优良率 99.7%，其中优 221 天良 144 天、轻度污染 1 天。与 2023 年相比，优级天数增加 32 天，各项污染物均达到二级空气质量日均值（臭氧为日最大 8 小时平均）标准。项目区属于达标区。

#### 3.1.6.2 补充监测数据分析

建设单位委托中博源检测（云南）有限公司于 2025 年 8 月 19 日~2025 年 8 月 21 日对项目区下风向环境空气现状进行监测，监测点位于下风向 430m，

监测指标为 TSP，监测点位布置满足《建设项目环境影响报告表编制技术指南（污染影响类）》（试行）要求，监测结果见下表。

表 3.1-7 项目下风口 TSP 检测情况

单位：μg/m<sup>3</sup>

采样日期	采样时段	检测结果	标准值	达标判断
2025.08.18-2025.08.19	09:00-次日 09:00	83	300	达标
2025.08.19-2025.08.20	10:00-次日 10:00	85	300	达标
2025.08.20-2025.08.21	11:00-次日 11:00	81	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》（GB3095-2026）二级标准。



图 3.1-5 环境空气监测点

### 3.1.7 地下水

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016），项目潜水含水层水质监测点应不少于 3 个，可能受建设项目影响且具有饮用水开发利用价值

的含水层 1~2 个。原则上建设项目场地上游及下游影响区的地下水水质监测点各不得少于 1 个。为了解项目区地下水水质情况，建设单位在项目区设置了 5 口地下水监测井，监测井布置合理。建设单位委托中博源检测（云南）有限公司及中佰科技（云南）有限公司于 2025 年 10 月 12 日、2026 年 1 月 8 日在项目区上游（1#、2#）及下游（5#）地下水进行取样检测，其中 3#、4#监测井监测期间未见地下水。

表 3.1-8 地下水监测井基础情况

水井	坐标	井深 m	含水层	稳定水位 m	地下水埋深 m	井口高程 m
项目区上游 1#水井	102°28'43" 24°47'49"	116.3	ε <sub>1q</sub> 含水层	2100.9	91.997	2192.897
项目区上游 2#水井	102°28'53" 24°47'40"	114.0	ε <sub>1q</sub> 含水层	2123.5	89.99	2213.490
项目区下游 5#水井	102°29'17" 24°47'43"	70.0	Z <sub>b</sub> dn 含水层	2106.2	61.978	2168.178

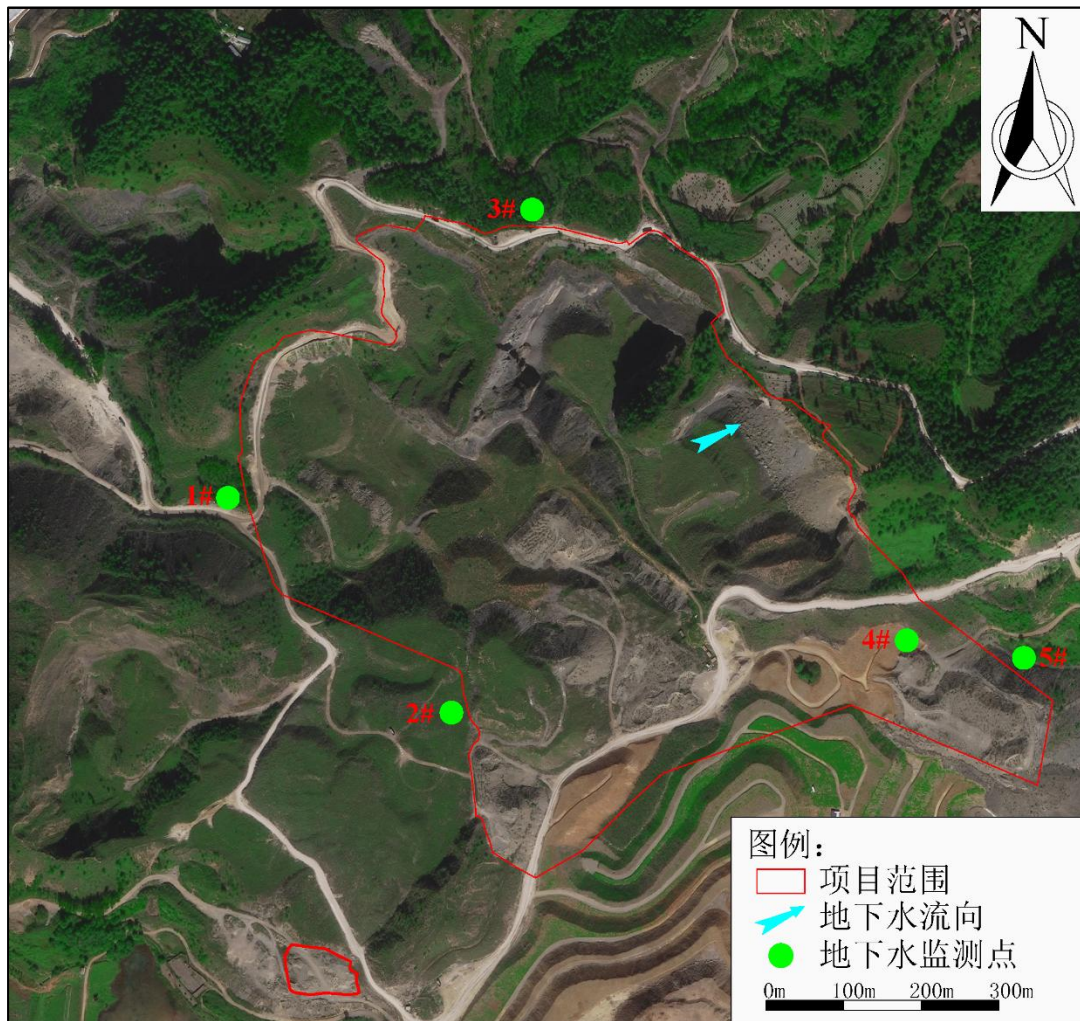


图 3.1-6 地下水监测点位图

表 3.1-9 地下水水质监测结果一览表

样品类别	检测项目	1#监测井	2#监测井	5#监测井	标准限值	是否达标
		2026.1.08 102°28'43" 24°47'49"	2026.1.08 102°28'53" 24°47'40"	2025.10.12 102°29'17" 24°47'43"		
地下水	pH (无量纲)	7.74	7.56	8.1	6.5-8.5	达标
	氨氮 (mg/L)	0.074	0.097	0.24	0.5	达标
	硝酸盐氮 (mg/L)	0.85	3.46	1.39	20	达标
	亚硝酸盐 (mg/L)	0.006	0.255	0.004	1	达标
	氯化物 (mg/L)	14	11	4.5	250	达标
	氟化物 (mg/L)	0.08	0.14	0.09	1.0	达标
	总磷 (mg/L)	0.02	0.01L	0.06	0.2	达标
	硫酸盐 (mg/L)	13	36	84	250	达标
	铁 (mg/L)	0.03L	0.14	0.0045L	0.3	达标
	锰 (mg/L)	0.01L	0.08	0.0119	0.10	达标
	溶解性总固体 (mg/L)	183	174	315	1000	达标
	铜 (mg/L)	0.05L	0.05L	0.009L	1.0	达标
	锌 (mg/L)	0.05L	0.05L	0.012	1.0	达标
	镉 (mg/L)	0.0001L	0.0001L	0.0005L	0.005	达标
	铅 (mg/L)	0.001L	0.001L	0.0025L	0.01	达标
	硒 (mg/L)	0.0004L	0.0004L	0.0004L	0.01	达标
	总铬 (mg/L)	0.03L	0.03L	0.004L	/	/
	六价铬 (mg/L)	0.004L	0.004L	0.004L	0.05	达标
	汞 (mg/L)	0.00005	0.00004	0.0002	0.001	达标
	铍 (mg/L)	0.00002L	0.00002L	0.0002L	0.002	达标
	镍 (mg/L)	0.012L	0.012L	0.006L	0.02	达标
	银 (mg/L)	0.0025L	0.0025L	0.013L	0.05	达标
	砷 (mg/L)	0.0003	0.0003L	0.001L	0.01	达标
	钾离子	7.46	7.94	1.28	/	/
	钠离子	5.32	5.44	0.52	/	/
	钙离子	36.4	37.8	25.3	/	/
	镁离子	12.9	9.34	39.8	/	/
	碳酸根离子	1L	1L	5L	/	/
重碳酸根离子	146	112	149	/	/	
氯离子	14	11	2.98	/	/	
硫酸根离子	13	36	72.5	/	/	
八大离子相对误差	3.52	2.97	4.90	/	/	

备注：①“检出限+L”表示检测结果低于方法检出限；②总磷参照《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类水质标准。

从监测结果可以看出，3个监测井所有检测指标均达到《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准要求。

### 3.1.8 土壤环境

根据项目本底调查报告，建设单位委托云南环绿环境检测技术有限公司于2025年8月15日对项目区土壤环境质量进行监测，其中3#土壤点位于耕地内，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，其余点位执行《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”，监测结果见下表。

表 3.1-10 建设用地土壤环境监测结果一览表

检测点位		土壤 1	土壤 2	土壤 4	二类用地 筛选值	是否低于 筛选值
		102°28'36.63" 24°47'31.03"	102°28'42.29" 24°47'49.86"	102°28'47.19" 24°47'52.86"		
采样深度		0-0.5m	0-0.5m	0-0.5m		
pH 值	无量纲	6.96	6.84	6.04	/	/
氟化物	mg/kg	8918	2040	1937	/	/
锌	mg/kg	348	120	106	/	/
砷	mg/kg	23.5	8.91	13.6	60	是
镉	mg/kg	0.34	0.32	0.21	65	是
铬	mg/kg	65	64	65	/	/
六价铬	mg/kg	未检出	未检出	未检出	5.7	是
铜	mg/kg	22	19	32	18000	是
铅	mg/kg	418	67	58	800	是
汞	mg/kg	0.344	0.027	0.044	38	是
镍	mg/kg	38	36	49	900	是
四氯化碳	μg/kg	未检出	未检出	未检出	2800	是
氯仿	μg/kg	未检出	未检出	未检出	900	是
氯甲烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	37000	是
1,1-二氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	9000	是
1,2-二氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	5000	是
1,1-二氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	66000	是
顺式-1,2-二氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	596000	是
反式-1,2-二氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	54000	是
二氯甲烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	616000	是
1,2-二氯丙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	5000	是
1,1,1,2-四氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	10000	是
1,1,2,2-四氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	6800	是
四氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	53000	是
1,1,1-三氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	840000	是
1,1,2-三氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	未检出	2800	是
三氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	未检出	2800	是

1,2,3-三氯丙烷	µg/kg	未检出	未检出	未检出	500	是
氯乙烯	µg/kg	未检出	未检出	未检出	430	是
苯	µg/kg	未检出	未检出	未检出	4000	是
氯苯	µg/kg	未检出	未检出	未检出	270000	是
1,2-二氯苯	µg/kg	未检出	未检出	未检出	560000	是
1,4-二氯苯	µg/kg	未检出	未检出	未检出	20000	是
乙苯	µg/kg	未检出	未检出	未检出	28000	是
苯乙烯	µg/kg	未检出	未检出	未检出	1290000	是
甲苯	µg/kg	未检出	未检出	未检出	1200000	是
间,对-二甲苯	µg/kg	未检出	未检出	未检出	570000	是
邻-二甲苯	µg/kg	未检出	未检出	未检出	640000	是
硝基苯	mg/kg	未检出	未检出	未检出	76	是
2-氯苯酚	mg/kg	未检出	未检出	未检出	2256	是
苯并[a]蒽	mg/kg	未检出	未检出	未检出	15	是
苯并[a]芘	mg/kg	未检出	未检出	未检出	1.5	是
苯并[b]荧蒽	mg/kg	未检出	未检出	未检出	15	是
苯并[k]荧蒽	mg/kg	未检出	未检出	未检出	151	是
蒽	mg/kg	未检出	未检出	未检出	1293	是
二苯并[a,h]蒽	mg/kg	未检出	未检出	未检出	1.5	是
茚并[1,2,3-cd]芘	mg/kg	未检出	未检出	未检出	15	是
萘	mg/kg	未检出	未检出	未检出	70	是
苯胺*	mg/kg	0.03L	0.03L	0.03L	260	是
检测点位		土壤 5	土壤 6	/	筛选值	是否低于 筛选值
		102°28'59.37" 24°47'53.49"	102°28'55.38" 24°47'42.29"	/		
采样深度		0-0.5m	0-0.5m	/		
pH 值	无量纲	6.44	7.17	/	/	/
氟化物	mg/kg	4864	8563	/	/	/
锌	mg/kg	242	141	/	/	/
砷	mg/kg	24.4	19.5	/	60	是
镉	mg/kg	0.34	0.4	/	65	是
铬	mg/kg	73	86	/	/	/
六价铬	mg/kg	未检出	未检出	/	5.7	是
铜	mg/kg	27	22	/	18000	是
铅	mg/kg	650	508	/	800	是
汞	mg/kg	0.272	0.13	/	38	是
镍	mg/kg	28	31	/	900	是
四氯化碳	µg/kg	未检出	未检出	/	2800	是
氯仿	µg/kg	未检出	未检出	/	900	是
氯甲烷	µg/kg	未检出	未检出	/	37000	是
1,1-二氯乙烷	µg/kg	未检出	未检出	/	9000	是
1,2-二氯乙烷	µg/kg	未检出	未检出	/	5000	是

1,1-二氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	/	66000	是
顺式-1,2-二氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	/	596000	是
反式-1,2-二氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	/	54000	是
二氯甲烷	μg/kg	未检出	未检出	/	616000	是
1,2-二氯丙烷	μg/kg	未检出	未检出	/	5000	是
1,1,1,2-四氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	/	10000	是
1,1,1,2-四氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	/	6800	是
四氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	/	53000	是
1,1,1-三氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	/	840000	是
1,1,2-三氯乙烷	μg/kg	未检出	未检出	/	2800	是
三氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	/	2800	是
1,2,3-三氯丙烷	μg/kg	未检出	未检出	/	500	是
氯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	/	430	是
苯	μg/kg	未检出	未检出	/	4000	是
氯苯	μg/kg	未检出	未检出	/	270000	是
1,2-二氯苯	μg/kg	未检出	未检出	/	560000	是
1,4-二氯苯	μg/kg	未检出	未检出	/	20000	是
乙苯	μg/kg	未检出	未检出	/	28000	是
苯乙烯	μg/kg	未检出	未检出	/	1290000	是
甲苯	μg/kg	未检出	未检出	/	1200000	是
间, 对-二甲苯	μg/kg	未检出	未检出	/	570000	是
邻-二甲苯	μg/kg	未检出	未检出	/	640000	是
硝基苯	mg/kg	未检出	未检出	/	76	是
2-氯苯酚	mg/kg	未检出	未检出	/	2256	是
苯并[a]蒽	mg/kg	未检出	未检出	/	15	是
苯并[a]芘	mg/kg	未检出	未检出	/	1.5	是
苯并[b]荧蒽	mg/kg	未检出	未检出	/	15	是
苯并[k]荧蒽	mg/kg	未检出	未检出	/	151	是
蒽	mg/kg	未检出	未检出	/	1293	是
二苯并[a,h]蒽	mg/kg	未检出	未检出	/	1.5	是
茚并[1,2,3-cd]芘	mg/kg	未检出	未检出	/	15	是
萘	mg/kg	未检出	未检出	/	70	是
苯胺*	mg/kg	0.03L	0.03L	/	260	是

根据监测结果, 1#、2#、4#、5#、6#土壤环境质量现状均低于《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)中“第二类用地筛选值”要求。

表 3.1-10 农用地监测结果

检测点位	土壤 3		筛选值	是否低于筛选值
	102°29'11.74", 24°47'53.07"			
采样深度	0-0.5m			
pH 值	无量纲	5.62	5.5 < pH ≤ 6.5	/

锌	mg/kg	58	200	是
砷	mg/kg	28.4	40	是
镉	mg/kg	0.18	0.3	是
铬	mg/kg	80	150	是
铜	mg/kg	39	50	是
铅	mg/kg	31	90	是
汞	mg/kg	0.036	1.8	是
镍	mg/kg	36	70	是

根据监测结果，3#土壤环境质量现状均低于《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）筛选值标准要求。

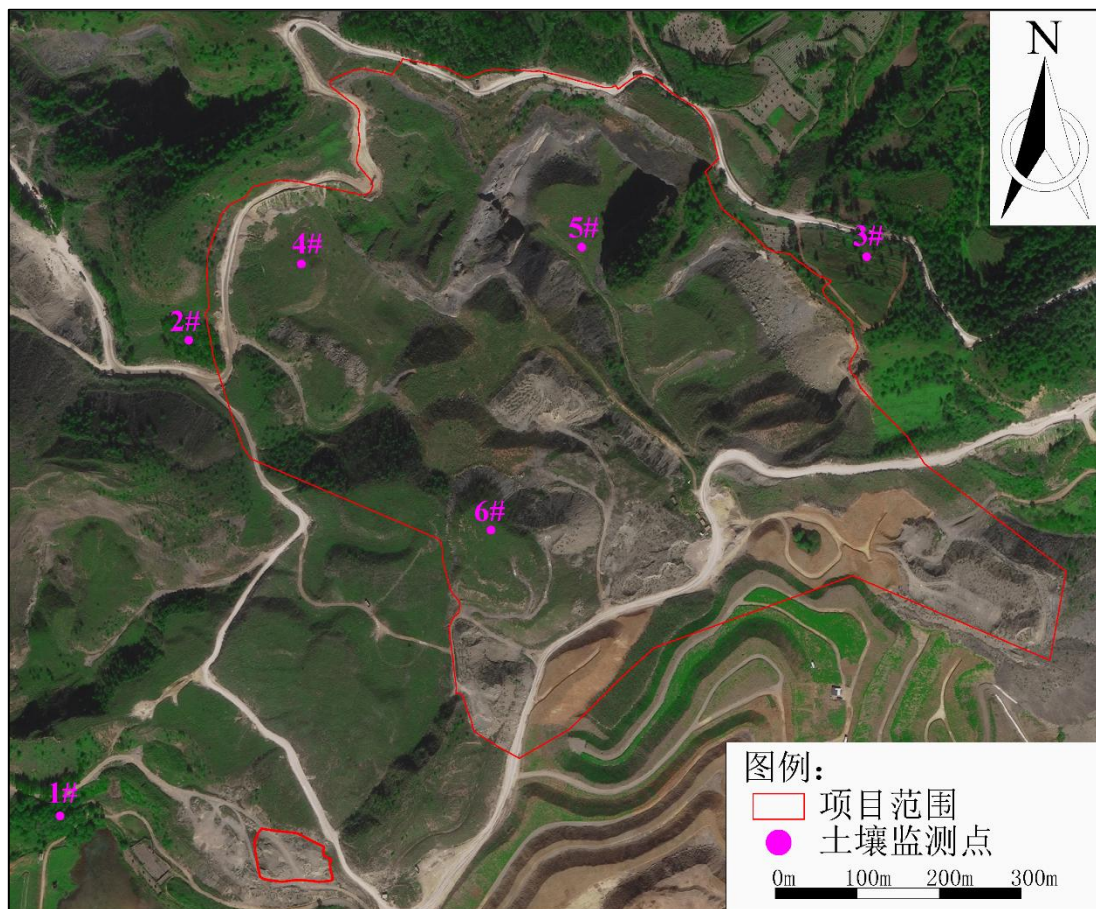


图 3.1-7 土壤监测点位图

与项目有关的原有环境

矿山主要环境问题：

（1）由于历史原因，矿山存在多次开采、充填的采矿活动。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。

（2）因多年无序开采，采空区范围内土地遭到大面积破坏，区内植被遭受破坏程度严重，现采空区仅少量地表植被覆盖，水土流失严重、生态环境差；

<p>污染和生态破坏问题</p>	<p>(3) 采空区地表开挖长期裸露、土地利用率低、植被覆盖率低, 原有动物栖息环境遭到破坏;</p> <p>(4) 采空区内挖方边坡、填方边坡随处, 形成了 1 个崩塌, 6 个不稳定边坡, 1 条地裂缝等地质灾害, 影响周边山体的稳定;</p> <p>(5) 采空区地质灾害严重发育, 存在次生地质环境风险;</p> <p>(6) 采空区未开展相关有效植被恢复工作, 裸露区域受到风化易产生含磷扬尘;</p> <p>(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;</p> <p>(8) 采空区表土剥离后破坏了土壤结构, 现状无土壤覆盖。</p> <p>(9) 项目周边分布有柳树箐渣库、小麦地尾矿库、玉铜汞尾矿库、曹家沟尾矿库、海口磷业采区、双哨生态修复区等潜在污染源。</p>																																																			
<p>生态环境保护目标</p>	<p>项目新建管道周边 200m 范围内无环境保护目标分布。</p> <p>项目声环境保护目标按照《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021) 确定, 以建设项目边界向外 200m 为评价范围, 评价范围内无声环境保护目标; 大气环境保护目标按照《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018) 确定, 大气环境影响评价范围边长取 5km, 生态调查范围为项目周边 300m。项目主要环境保护目标见下表。</p> <p style="text-align: center;"><b>表 3.3-1 主要环境保护目标</b></p> <table border="1" data-bbox="274 1355 1372 2036"> <thead> <tr> <th>要素</th> <th>名称</th> <th>坐标</th> <th>保护对象</th> <th>相对方位</th> <th>相对距离 (m)</th> <th>环境功能区</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">环境空气</td> <td>桃树箐</td> <td>E102°30'10.102" N24°47'06.949"</td> <td>居住区</td> <td>东南</td> <td>1532</td> <td rowspan="3">《环境空气质量标准》(GB3095-2026) 二类区</td> </tr> <tr> <td>小场村</td> <td>E102°30'24.238" N24°48'41.582"</td> <td>居住区</td> <td>东北</td> <td>2517</td> </tr> <tr> <td>双哨村</td> <td>E102°30'03.999" N24°49'06.613"</td> <td>居住区</td> <td>东北</td> <td>2266</td> </tr> <tr> <td>地表水环境</td> <td>螳螂川</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>东面</td> <td>6000</td> <td>《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) IV 类</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">地下水环境</td> <td>小场村水井</td> <td>E102°30'34.437" N24°48'42.487"</td> <td>民井 无饮用功能 Zbdn 含水层</td> <td>东北</td> <td>2800</td> <td rowspan="2">《地下水质量标准》(GB14848-2017) III 类</td> </tr> <tr> <td colspan="6">项目所在水文地质单元地下水 (€1y、Zbdn 含水层)</td> </tr> <tr> <td>土壤环境</td> <td colspan="5">项目修复范围内及修复范围外 50m 范围内的土壤</td> <td>建设用地满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险</td> </tr> </tbody> </table>	要素	名称	坐标	保护对象	相对方位	相对距离 (m)	环境功能区	环境空气	桃树箐	E102°30'10.102" N24°47'06.949"	居住区	东南	1532	《环境空气质量标准》(GB3095-2026) 二类区	小场村	E102°30'24.238" N24°48'41.582"	居住区	东北	2517	双哨村	E102°30'03.999" N24°49'06.613"	居住区	东北	2266	地表水环境	螳螂川	—	—	东面	6000	《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) IV 类	地下水环境	小场村水井	E102°30'34.437" N24°48'42.487"	民井 无饮用功能 Zbdn 含水层	东北	2800	《地下水质量标准》(GB14848-2017) III 类	项目所在水文地质单元地下水 (€1y、Zbdn 含水层)						土壤环境	项目修复范围内及修复范围外 50m 范围内的土壤					建设用地满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险
要素	名称	坐标	保护对象	相对方位	相对距离 (m)	环境功能区																																														
环境空气	桃树箐	E102°30'10.102" N24°47'06.949"	居住区	东南	1532	《环境空气质量标准》(GB3095-2026) 二类区																																														
	小场村	E102°30'24.238" N24°48'41.582"	居住区	东北	2517																																															
	双哨村	E102°30'03.999" N24°49'06.613"	居住区	东北	2266																																															
地表水环境	螳螂川	—	—	东面	6000	《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) IV 类																																														
地下水环境	小场村水井	E102°30'34.437" N24°48'42.487"	民井 无饮用功能 Zbdn 含水层	东北	2800	《地下水质量标准》(GB14848-2017) III 类																																														
	项目所在水文地质单元地下水 (€1y、Zbdn 含水层)																																																			
土壤环境	项目修复范围内及修复范围外 50m 范围内的土壤					建设用地满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险																																														

		管控标准（试行）》（GB36600-2018）要求，耕地满足《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
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）	
环境风险	修复区周边耕地，修复范围内地下水	

### 3.4.1 环境质量标准

#### （1）声环境

项目位于西山区海口街道先生崖，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
夜间突发噪声，其最大声级超过环境噪声限值的幅度不得高于 15dB（A）。		

#### （2）大气环境

根据《环境空气质量标准》（GB3095-2026）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，环境空气污染物基本项目执行《环境空气质量标准》（GB3095-2026）二级标准过渡阶段限值，TSP 执行二级标准限值，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 <sub>2</sub> ）	年平均	60μg/m <sup>3</sup>	《环境空气质量标准》（GB3095-2026）
		24 小时平均	150μg/m <sup>3</sup>	
		1 小时平均	500μg/m <sup>3</sup>	
2	二氧化氮（NO <sub>2</sub> ）	年平均	40μg/m <sup>3</sup>	
		24 小时平均	80μg/m <sup>3</sup>	
		1 小时平均	200μg/m <sup>3</sup>	
3	一氧化碳（CO）	24 小时平均	4mg/m <sup>3</sup>	
		1 小时平均	10mg/m <sup>3</sup>	
4	臭氧（O <sub>3</sub> ）	日最大 8 小时平均	160μg/m <sup>3</sup>	
		1 小时平均	200μg/m <sup>3</sup>	

评价标准

5	颗粒物 (粒径小于 10 $\mu\text{m}$ )	年平均	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		24 小时平均	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6	颗粒物 (粒径小于 2.5 $\mu\text{m}$ )	年平均	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		24 小时平均	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
7	总悬浮颗粒物 (TSP)	年平均	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		24 小时平均	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

### (3) 地表水

项目区地表水体为螳螂川，根据《昆明市和滇中产业新区水功能区划（2011~2030 年）》，螳螂川昆明-安宁工业、景观用水区 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
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
镉	0.005
六价铬	0.05
铅	0.05

### (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	6.5~8.5
2	氨氮（mg/L）	≤0.5
3	硝酸盐氮（mg/L）	≤20
4	亚硝酸盐（mg/L）	≤1
5	氯化物（mg/L）	≤250
6	氟化物（mg/L）	≤1.0
7	硫酸盐（mg/L）	≤250
8	铁（mg/L）	≤0.3

9	锰 (mg/L)	≤0.10
10	溶解性总固体 (mg/L)	≤1000
11	铜 (mg/L)	≤1.0
12	锌 (mg/L)	≤1.0
13	镉 (mg/L)	≤0.005
14	铅 (mg/L)	≤0.01
15	硒 (mg/L)	≤0.01
16	六价铬 (mg/L)	≤0.05
17	汞 (mg/L)	≤0.001
18	铍 (mg/L)	≤0.002
19	镍 (mg/L)	≤0.02
20	银 (mg/L)	≤0.05
21	砷 (mg/L)	≤0.01

(5) 土壤环境

项目恢复为农村道路区域土壤环境质量执行《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第二类用地标准；恢复为耕地、林地、草地的区域覆土，结合最终用地性质，应满足《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。土壤环境质量标准限值见下表。

表 3.4-5 建设用地土壤污染风险管控标准

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	蒽	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

表 3.4-6 农用地土壤污染风险管控标准

单位: mg/kg

序号	污染物	筛选值	管制值	筛选值	管制值	筛选值	管制值	筛选值	管制值
		pH≤5.5		5.5<pH≤6.5		6.5<pH≤7.5		pH>7.5	
1	镉	0.3	1.5	0.3	2.0	0.3	3.0	0.6	4.0
2	汞	1.3	2.0	1.8	2.5	2.4	4.0	3.4	6.0
3	砷	40	200	40	150	30	120	25	100
4	铅	70	400	90	500	120	700	170	1000
5	铬	150	800	150	850	200	1000	250	1300
6	铜	50	-	50	-	100	-	100	-
7	镍	60	-	70	-	100	-	190	-
8	锌	200	-	200	-	250	-	300	-

### 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 <sup>3</sup>	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《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)中表1规定的排放限值，标准限值见下表。

3.4-8 建筑施工噪声排放限值

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

项目施工期生活污水经收集后用于洒水降尘，浓密脱水废水、充填泌水经收集后返回小麦地尾矿库，最终送回选厂用于生产，不外排，不设排放标准。

(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，施工临时旱厕委托环卫部门定期清掏。废机油收集后暂存于危废贮存库，定期委托资质单位处置，危险废物贮存库执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)。设备包装材料收集后外售，场地清理产生的土石方用地场地平整。

其他

无。

## 四、生态环境影响分析

施工期生态环境影响分析

### 4.1.1 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，采空区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、现采空区仅少量地表植被覆盖、水土流失严重、生态环境差；采空区内挖方边坡、填方边坡随处可见，形成了较多不稳定斜坡、滑坡、崩塌等地质灾害体，影响周边山体的稳定；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：根据《昆明市海口林场先生崖生态修复项目水土保持方案报告书》，项目区原生土壤流失量为 4248.89t，可能造成的土壤流失总量为 17255.97t，新增土壤流失量为 13007.08t，其中生态重建区新增水土流失 11916.00t，辅助再生区新增水土流失 1091.08t。

**表 4.1-1 水土流失预测成果表**

预测分区		土壤侵蚀背景值	扰动后侵蚀模数	侵蚀面积	侵蚀时间	背景流失量	总流失量	新增流失量
		t/ (km <sup>2</sup> ·a)	t/ (km <sup>2</sup> ·a)	m <sup>2</sup>	a	t	t	t
生态重建区		2087.51	8500	337863.24	5.5	3879.11	15795.11	11916.00
辅助再生区	材料制备区	800	7300	7400	5.5	32.56	297.11	264.55
	再生区	2463.01	8500	136911.85	1	337.22	1163.75	826.53
合计						4248.89	17255.97	13007.08

通过设置排水沟、沉砂池、植被恢复等水土保持措施后，项目区水土流失治理度达到 99%。

(2) 植被：项目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，充填后项目区覆盖 100cm 耕植土后种植经济林木，届时因矿区开发建设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，

不再适宜大中型野生动物生存，现状调查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小型啮齿类动物发生迁徙，但该行为是短暂的，待生态恢复后，因采矿而造成的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，宣传教育施工工人严禁非法猎捕鸟类、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、普通鳶、红隼、豹猫等，项目施工区域位于采空区，区域重点保护野生动物主要活动范围一般为农田及草地区域，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。项目实施完成后，可恢复林地 455948m<sup>2</sup>，耕地 6969m<sup>2</sup>，草地 12466m<sup>2</sup>，农村道路 6792m<sup>2</sup>。

项目充填后将地块恢复为林地、耕地、草地、农村道路等，根据《关于昆明市海口林场先生崖生态修复项目与林场森林经营方案一致性的情况说明》，项目建设符合用地规划，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。

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。

## 4.1.2 地下水影响分析

### 4.1.2.1 区域地质条件

#### 4.1.2.1.1 区域地层岩性

调查区出露地层主要有：第四系冲洪积层 ( $Q_4^{al+pl}$ )、第四系残坡积层 ( $Q_4^{el+dl}$ )、第四系人工堆积层 ( $Q_4^{ml}$ )、二叠系下统栖霞茅口组 ( $P_1^{q+m}$ )、二叠系下统倒石头组 ( $P_1d$ )、石炭系中统威宁组 ( $C_2w$ )、石炭系下统大塘组 ( $C_1d$ )、泥盆系上统宰格组 ( $D_3z$ )、泥盆系中统海口组 ( $D_2h$ )、寒武系筲竹寺组 ( $\epsilon_{1q}$ )、寒武系渔户村组 ( $\epsilon_{1y}$ ) 及震旦系灯影组 ( $Z_{bdn}$ )；其中寒武系渔户村组为本矿区的含磷矿层。现由新到老分述如下：

(1) 第四系 ( $Q$ ):

①第四系人工堆积层 ( $Q_4^{ml}$ ): 主要分布于调查区斜坡及沟谷内, 由采矿人为搬运堆积形成, 岩性主要为页岩、粉砂岩碎石土组成, 块径大小不一, 结构松散。堆积厚度 5m~90m 不等。

②第四系冲洪积层 ( $Q_4^{al+pl}$ ): 主要分布于河流沿岸阶地, 由粘土、泥炭土、碎石质土及砂卵砾石组成, 由常流水和洪水堆积而成, 厚 5m~30m 不等。

③第四系残坡积层 ( $Q_4^{dl+el}$ ): 分布于调查区内斜坡地段。岩性为褐红色、黄褐色腐殖土和砂质粘土组成, 含粉砂岩风化残余碎块、角砾组成, 稍湿, 呈硬塑状, 土质较均匀, 厚约 2m~8m, 其母岩多为渔户村组页岩、粉砂岩。

(2) 二叠系下统栖霞茅口组 ( $P_1^{q+m}$ ): 下部为浅灰色细晶块状白云岩与白云质虎斑状灰岩互层, 底部为深灰色中一薄层泥质页岩。中部为浅灰色厚层状中一粗晶灰质白云岩夹虎斑状灰岩一层。上部为灰白色厚层粉晶—细晶灰岩, 具豆荚状白云质条带。本组与下伏倒石头组地层为假整合接触。厚度 149m~554m。

(3) 二叠系下统倒石头组 ( $P_{1d}$ ): 为一套海相含煤、铝土岩、赤铁矿扁豆体的碎屑沉积。上部为灰绿色鲕状、豆状铝土岩为主, 常夹煤层、炭质页岩、薄层泥晶藻灰岩、泥灰岩。中部为灰绿、灰紫色块状铝土岩, 铝土页岩, 有时夹煤层。下部为黄褐、褐色粘土岩、炭质页岩和铝土页岩。厚 2.6m~36.36m。

(4) 石炭系中统威宁组 ( $C_{2w}$ ): 灰白、浅灰色中厚层生物灰岩、含生物碎屑泥晶灰岩、鲕粒灰岩、内碎屑泥晶纯灰岩。厚 28.18m~70m。

(5) 石炭系下统大塘组 ( $C_{1d}$ ): 上部岩性为灰白、粉红、灰紫色中一厚层状晶粒白云岩、角砾状含燧石结核白云岩、角砾状白云质灰岩夹泥晶灰岩、砂岩、页岩透镜体。下部为灰白灰紫色细粒石英砂岩夹粉砂岩、黑色炭质页岩或煤线。厚度 12.5m~187.5m。与下伏地层平行不整合接触。

(6) 泥盆系上统宰格组 ( $D_{3z}$ ): 底部为土黄、灰黄色厚层状灰质粉晶白云岩、白云质粉晶灰岩; 下部为灰、深灰色中层状细至中晶白云岩、泥质白云岩夹薄层黄绿色页岩。厚 34m~164m。与下伏地层整合接触。

(7) 泥盆系中统海口组 ( $D_{2h}$ ): 岩性为灰、灰白、黄绿色中层状石英砂岩, 夹黄绿色、灰绿色页岩、粉砂质页岩, 本组岩性、成份、结构、颜色以及页岩、

粉砂岩夹层各有差异。厚 5.77m~30m。与下伏地层整合接触。

(8) 寒武系筲竹寺组 ( $\epsilon_{1q}$ ): 下部为黄绿色、灰色细—粉砂岩及黑色页岩。黑页岩在区内分布稳定。中上部为黄绿色页岩、粉砂质页岩。富含化石。厚 126.4m~318m。与下伏地层整合接触。

(9) 寒武系渔户村组 ( $\epsilon_{1y}$ ): 上部为浅灰色厚层状含磷石英砂质白云岩夹燧石条带、灰色中层状白云岩夹燧石条带及扁豆体。中部浅灰、灰白灰紫色薄—中层状含磷、砂泥质内砂屑、含石英内砂屑至细晶白云岩夹白色硅质条带、团块及透镜体。下部为灰绿色薄层状具断续条纹状构造的泥质粉晶白云岩、磷块岩及黑色炭质粉砂质页岩。厚 193.4m。与下伏地层整合接触。

(10) 震旦系灯影组 ( $Z_{bdn}$ ): 岩性单一, 为一套含丰富藻类的镁质碳酸盐沉积。总的为上部贫藻、中部富藻、下部贫藻。上部灰色、灰黄色薄至中层状含藻泥质粉晶白云岩, 粉晶贫藻白云岩。厚度 136.44m。中部深灰、黄白色、肉红色薄至中厚层状富藻白云岩、含灰质藻叠层白云岩、粉晶白云岩。局部具碎裂状及角砾状构造。厚度 99.49m。下部浅灰、深灰色中厚层状含藻白云岩、粉晶白云岩。厚度 39.91m。

#### 4.1.2.1.2 区域地质构造

调查区区域大地构造位置位于扬子准地台西部、川滇台背斜与滇东台褶皱的交汇部位, 属川滇南北向构造带的南段。从地质力学的观点分析位于南岭东西构造、川滇南北构造与云南山字型构造交接带。区内历经多期构造运动的改造而复杂化, 并深刻地控制了测区构造的发生和发展, 形成了现代地质、地貌景观。总之, 受应力场及构造运动的影响和制约, 显得区域断裂及褶皱发育, 构造形迹复杂多变。

调查区处于普渡河-西山断裂与罗次-易门断裂之间, 区域构造行迹以近南北向断裂构造为主, 北东、北西及近东西向断裂为次, 褶皱构造发育。区域地质构造见下图。

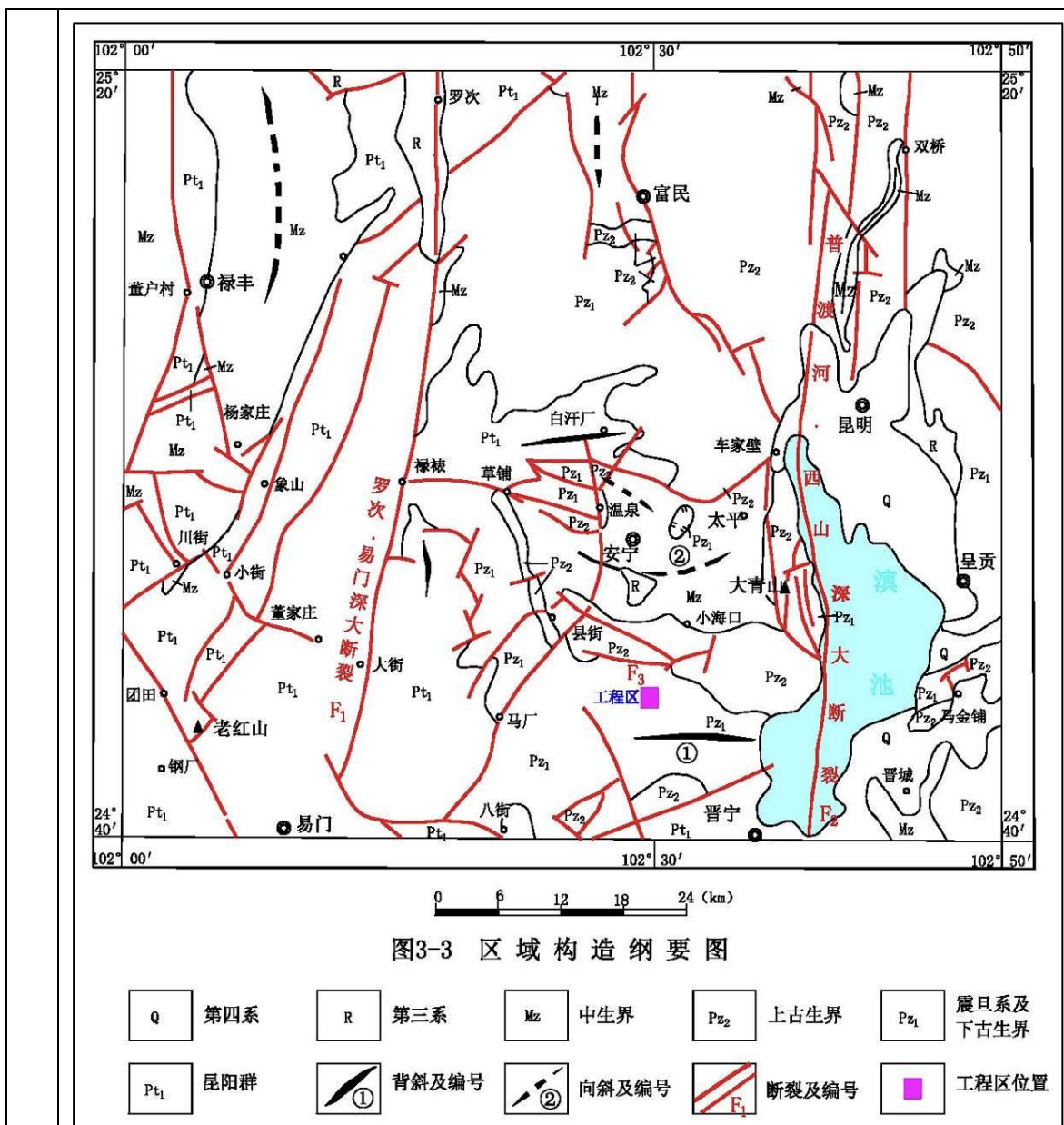


图 4.1-1 构造纲要图

### 4.1.2.2 项目区水文地质

#### 4.1.2.2.1 水文地质调查概述

##### (1) 工作目的

2021年10月，云南磷化集团海口磷业有限公司委托文山蔚鑫地矿工程勘察有限公司承担了先生崖矿坑水文地质调查工作，并编制完成了《昆明市西山区海口林场先生崖矿坑生态修复水文地质调查报告》，调查范围涵盖了昆明市海口林场先生崖生态修复项目及云龙磷矿生态修复用地范围。

水文地质调查主要开展工作包括区域地质背景条件调查、评价区水文地质条件调查，其中区域地质背景条件主要包括：区域自然环境条件、地形地貌特征、区域地质构造演化、地层岩性特征和区域地下水补给、径流、排泄等；而评价区水文地质条件主要包括地下含水层系统特征及地下水水流动系统特征。

(2) 水文地质调查完成工作量

水文地质调查采用追索法重点对水文地质点进行调访，以 1:25000 地质图为工作底图，调访面积 80km<sup>2</sup>，工作场地内对土层进行了试坑渗透试验及弥散试验。

主要实物工作量见下表。

表 4.1-1 专项水文地质调查工作量明细表

序号	工作项目	单位	工程量	备注
(一)	地质调查			
1	2.5 万区域水文工程地质简测	km <sup>2</sup>	80	
2	1:1000 水文地质测绘	km <sup>2</sup>	0.70	
3	1:1000 水文地质剖面测量	km	5.6	
4	探井施工	m/个	40/20	探井 20 个总长度 40m
5	水文地质编录	m	40	
6	水点测量	点	10	
7	设备进出场	次	1	
8	工地建筑	次	1	钻孔封闭
(二)	水文地质试验			
1	渗坑注水试验	个次	20	
2	渗坑弥散试验	个次	3	成功 2 次
3	取水质分析样	件	5	
4	水质分析	件	5	
(三)	物探			
1	物探剖面	km/条	0.6/5	

4.1.2.2.2 水文地质勘查试验

1、试坑渗水试验

根据项目区所在位置及出露地层，采用《SL345-2007 水利水电工程注水试验规程》，选用试坑单环注水试验对项目所在土层进行渗透性试验，了解建设场地土层渗透性能及地表径流，从而掌握重金属等污染物在土层中的运移情况。

针对项目区包气带厚度较大的特点，为了了解包气带的地层岩性、结构和渗透性能，本次在调查区内选取了 20 个点进行渗水试验，采用试坑单环注水试

验测定土层渗透系数。试坑单环注水试验统计评价见下表。

表 4.1-2 试坑单环注水试验统计评价表

试验点 编号	试验 位置	岩土 名称	水头高度 H	试环面积 F	单位吸水量 Q	渗透系数 k	渗透性 等级
			(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(L/min)	(cm/s)	
TK01	残坡积 土层	粉质 粘土	10	490.625	0.055	1.87E-03	中等透水
TK09			10	490.625	1.100	3.74E-02	强透水
TK14			10	490.625	0.043	1.46E-03	中等透水
TK04	人工堆 积层	含块石 碎石土	10	490.625	0.068	2.29E-03	中等透水
TK05			10	490.625	0.105	3.57E-03	中等透水
TK06			10	490.625	0.385	1.31E-02	强透水
TK07			10	490.625	0.045	1.53E-03	中等透水
TK12			10	490.625	0.640	2.17E-02	强透水
TK16			10	490.625	0.020	6.80E-04	中等透水
TK18			10	490.625	1.100	3.74E-02	强透水
TK19			10	490.625	0.460	1.56E-02	强透水
TK23			10	490.625	0.150	5.10E-03	中等透水
TK24			10	490.625	0.460	1.56E-02	强透水
TK26			10	490.625	0.105	3.57E-03	中等透水
TK28			10	490.625	0.275	9.34E-03	中等透水
TK33			10	490.625	0.075	2.55E-03	中等透水
TK34			10	490.625	0.260	8.83E-03	中等透水
TK36			10	490.625	0.060	2.04E-03	中等透水
TK38			10	490.625	0.120	4.08E-03	中等透水
TK40			10	490.625	0.640	2.17E-02	强透水

通过上表的归纳，可以看出残坡积土层及人工填土层两个土层试验点的渗透系数都集中在中等透水-强透水两个等级之中。

## 2、试坑弥散试验

为查明调查区污染物在土壤中的迁移及富集，可能污染的土壤及下部含水层。本次工作主要借鉴一维饱和土壤弥散试验及双环入渗试验的原理和方法，即假定一种流速为常数情况下（似为均质体），研究土壤纵横向弥散系数。为此，我们在采空区范围内土壤中进行了三组包气带土渗坑弥散试验，其方法为双环入渗法。

（1）先生崖采空区地表充填土弥散试验计算结果

纵向弥散度  $\alpha L=5.15m$ 。纵向弥散系数  $DL=82.47m^2/h$ ；横向弥散系数  $DT=49.48m^2/h$ 。孔隙度：0.05，流速：16.0m/h。

(2) 先生崖地表残坡积含碎石粉土弥散试验计算结果

纵向弥散度  $\alpha L=1.34\text{m}$ 。纵向弥散系数  $DL=17.91\text{m}^2/\text{h}$ ；横向弥散系数  $DT=10.75\text{m}^2/\text{h}$ 。孔隙度：0.34，流速：13.33m/h。

(3) 岩层的弥散试验

本次岩层野外弥散试验主要收集的云龙磷矿生态修复的 1#、2#矿坑的野外钻孔弥散试验的资料。云龙磷矿生态修复项目位于项目下游 1.8km，与项目属于同一地层，云龙磷矿生态修复项目 1#、2#矿坑的野外钻孔弥散试验以 MS1-1、MS2-1 号钻孔为投源孔，并利用 4 个副孔作为观测孔进行野外弥散试验以获取碳酸盐岩岩溶水含水层弥散系数，采用多孔弥散的方法来求取含水层地下水弥散系数。

①1#坑弥散试验

地下水埋深 52.4m，水位标高 2001.99m。试验段含水层为震旦系灯影组 ( $Z_{bdn}$ ) 白云岩。

根据 MS1-1 至 MS1-5 钻孔内监测到的地下水 NaCl 浓度值，求得的弥散参数：纵向弥散度  $\alpha L=2.9124\text{m}$ ；横向弥散度  $\alpha T=0.2998\text{m}$ 。纵向弥散系数  $DL=0.5825\text{m}^2/\text{h}$ ；横向弥散系数  $DT=0.05995\text{m}^2/\text{h}$ 。

孔隙度：0.0022，流量  $0.11\text{m}^3/\text{h}$ ，流速：0.2m/h。

②2#坑弥散试验，地下水埋深 15.65m，水位标高 2006.2m。试验段含水层为寒武系渔户村组 ( $\epsilon_{ly}$ ) 磷块岩、含磷白云岩。

根据 MS2-1 至 MS2-5 钻孔内监测到的地下水 NaCl 浓度值，求得的弥散参数：纵向弥散度  $\alpha L=2.2598\text{m}$ ；横向弥散度  $\alpha T=0.2141\text{m}$ 。纵向弥散系数  $DL=0.3390\text{m}^2/\text{h}$ ；横向弥散系数  $DT=0.0321\text{m}^2/\text{h}$ 。

孔隙度：0.0021，流量  $0.04\text{m}^3/\text{h}$ ，流速：0.15m/h。

表 4.1-3 弥散试验计算成果一览表

水文地质参数	含水层位	2#矿坑	1#矿坑
		寒武系渔户村组 ( $\epsilon_{ly}$ )	震旦系灯影组 ( $Z_{bdn}$ )
纵向弥散度 $\alpha L$ (m)		2.2598	2.9124
横向弥散度 $\alpha T$ (m)		0.2141	0.2998
纵向弥散系数 $DL$ ( $\text{m}^2/\text{h}$ )		0.3390	0.5825
横向弥散系数 $DT$ ( $\text{m}^2/\text{h}$ )		0.0321	0.5995
地下水流速 $V$ (m/h)		0.15	0.20
孔隙度 $n$		0.0021	0.0022

流量 Q (m <sup>3</sup> /h)	0.04	0.11
水力坡度 i	0.044	0.055

#### 4.1.2.3 地下水补径排

据海口磷矿资料,海口磷矿及附近长期地下水位标高为 2001.77m~2108m,雨季最高地下水位 2215.53m,目前先生崖采空区的最低点为 2116.24m,高出采空区近 100m,坑底无水,其可靠性较差。从柳树箐上游 JK1 号监测井井深 206m,地面高程 2180.38m,含水层  $Z_{bdn}$ ,地下水位 2090.38m,大麦地鱼塘(泉点)水面出露标高 2022.878m,收集的 5 口供水井的最低水位为 1917.9m。

根据建设单位对现状监测井的水位调查,1#监测井稳定水位 2100.9m,2#监测井稳定水位 2123.5m,3#监测井稳定水位 2079.6m,5#监测井稳定水位 2106.2m。对比判断地下水总体由西向东径流。

场地地下水主要接受大气降水补给,随后于地形低洼处排泄,具有径流途径短、即时补给、即时排泄的特点。部分留存在人工填土、含碎石粉质黏土空隙内,形成上层滞水,部分向深处补给,形成基岩裂隙水。场地位于地下水补给、径流区,大气降水补给地下水后向东径流,流向螳螂川,螳螂川为场地及附近区域的最低侵蚀基准面。地下水流向主要受地形控制,其流向与地表水流向基本一致。

#### 4.1.2.4 项目区地下水类型及含水层组

项目区地下水根据含水层赋存空间类型及发育规律、水动力特征可划分为裂隙水、岩溶水两类,在野外调查资料统计和区域地质资料分析的基础上,对各类地下水描述如下,其中部分数据来源于区域地质资料。

##### (1) 裂隙水

赋存于沉积碎屑岩、变质碎屑岩裂隙中的地下水。裂隙发育主要受地层、岩性、构造、地貌等因素的控制。含水层有  $\epsilon_{1q}$ ,富水性较弱~弱。地下水埋藏于各种基岩风化裂隙、原生裂隙及构造裂隙中,赋存条件较差。

寒武系筇竹寺组( $\epsilon_{1q}$ )碎屑岩裂隙水含水层:在项目区大面积出露,岩性为黄绿色、灰色细—粉砂岩、页岩及黑色页岩。厚 126.4m~318m。该地层裂隙发育,多呈闭合状。据区域水文地质资料,地下径流模数(M) 0.621.1L/s·km<sup>2</sup>~

1.1L/s·km<sup>2</sup>，泉流量（Q）0.003L/s~0.3L/s，赋水性极差，为相对隔水层，局部含弱风化裂隙水。

裂隙水地下水化学类型以 HCO<sub>3</sub>-Mg·Ca 型水为主。

#### （2）岩溶水

岩溶水的赋存和运移受岩溶发育特征和规律的控制。区内 Z<sub>bdn</sub>、ε<sub>ly</sub> 中层状泥晶白云岩、硅质白云岩、磷块岩 CaCO<sub>3</sub> 含量相对较低，岩溶发育相对均匀，其形态以溶隙为主。

①寒武系渔户村组（ε<sub>ly</sub>）碳酸盐岩岩溶裂隙含水层：岩性为上部为灰色含磷石英砂质白云岩夹燧石条带、灰色中层状白云岩夹燧石条带。中部为含磷、砂泥质内砂屑、含石英内砂屑至细晶白云岩夹白色硅质条带。下部为断续条纹状构造的泥质粉晶白云岩、磷块岩。厚 193.4m。岩层的硬、脆、碎与 Z<sub>bdn</sub> 近同或略次之。裂隙发育，局部有轻微溶蚀现象，富水性不均匀，根据收集的水文地质资料，该层泉流量 < 1L/s~27.94L/s，钻孔单位涌水量 0.0006L/s·m~3.223L/s·m，富水性中等。

②震旦系灯影组（Z<sub>bdn</sub>）碳酸盐岩岩溶裂隙含水层：岩性为灰色、肉红色粉晶白云岩、灰质白云岩，厚度 275.84m。该岩层以硬、脆、碎而著称。裂隙发育，以南北向溶隙最发育，开张均一，密集而交错成网，面岩溶率 0.8~5%；发育深度大而均称，局部裸露区发育溶洞暗河，深部以构造裂隙为主，隐现溶痕。渗透性强而较均一。据收集的水文地质资料，地下径流模数（M）7.11L/s·km<sup>2</sup>~10.40L/s·km<sup>2</sup>，常见泉水流量（Q）3.45L/s~30.99L/s，平均泉水流量 17.22L/s，钻孔单位涌水量 0.787L/s·m~5.96L/s·m，水量较为丰富，富水性强。

岩溶水地下水化学类型以 HCO<sub>3</sub>-Mg·Ca 型水为主。

根据调查及昆明市西山区水务局关于《西山区海口街道办事处关于商请出具昆明市西山区海口林场先生崖生态修复项目水务滇管意见的函》的回复意见，项目不涉及农村人饮用水源点范围。

#### 4.1.2.5 岩溶发育情况

场地侧壁及库盆分布的岩层为非可溶性岩石，不存在发生岩溶塌陷的可能；库盆无软弱地层分布，无滑坡、崩塌、泥石流、断层、破碎带、岩溶裂隙、溶洞、落水洞等不良地质作用，亦未见采空区和导水贯通裂隙；基岩中无软弱夹

层，岩体强度较高，岩层稳定，不会产生震陷和较大差异沉降，库盆稳定。

据《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011 第 6.6 节表 6.6.2 及《岩溶地区建筑地基基础技术标准》GB/T51238-2018 表 3.0.3，地表无岩溶塌陷、漏斗；溶沟、溶槽不发育，钻孔见洞（隙）率小于 10%或线岩溶率小于 5%，拟建场地岩溶发育程度等级划分为岩溶弱发育。

#### 4.1.2.6 项目地下水影响分析

##### 4.1.2.6.1 充填后水文地质条件及水质影响分析

项目充填前，采用 0.75m 压实粘土+400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布的两布一膜防渗层对底部和边坡进行防渗处理，渗透系数 $<1.0\times 10^{-7}\text{cm/s}$ ，项目施工期间，分区胶结充填，充填泌水收集后返回小麦地尾矿库，项目大雨天不施工，雨天胶结固化区的雨水通过雨水沟外排，充填施工区的雨水进入雨水收集池，最终返回小麦地尾矿库。

项目实施完成后，充填体覆盖现有裸露采空区，充填体硬化，上部铺设 1.0mmHDPE 复合防渗膜，无雨水下渗，降雨入渗补给项目区表层耕植土含水层，沿截排水沟向下游沟渠排放。

充填没有改变地下水总体流向，充填料满足第 I 类工业固体废物，充填料固化后无雨水及废水下渗，充填后对地下水水质影响很小。

正常情况下，经底部及边坡防渗处理以及充填体固化后，渗透系数 $\leq 1.0\times 10^{-7}\text{cm/s}$ ，对区域地下水、补给水质影响很小。

实施过程中，严格按照设计及相关规范要求施工，充填料生产必须严格按照设计参数进行。底部防渗层渗透系数 $\leq 1.0\times 10^{-7}\text{cm/s}$ ，充填后充填料固化，有效阻断充填作业过程中降雨形成的废水下渗，充填作业产生的泌水经收集后回用，降低对地下水的污染风险。

充填完成后原有裸露采空区不再存在，充填后与周边地形一致，项目实施后原有裸露采空区变为林地，恢复当地生态环境，原有裸露采空区淋滤水及扬尘消失，有效降低原有裸露采空区淋滤水大量下渗对地下水污染风险。

采取以上措施之后，可以有效降低生态充填过程中废水对地下水的污染风险。

项目实施年限为 6 年，其中充填实施年限为 4 年，养护管理 2 年。施工作业完成后无废水产生，对地下水环境影响很小。

综上，项目完成后，正常情况下对地下水影响很小。

#### 4.1.2.6.2 非正常情况下对地下水水质影响分析

充填作业过程中充填材料泌水会形成少量废水，泌水集中汇至下游收集池。非正常情况下，充填区防渗膜或泌水收集池防渗层破损废水下渗，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废水进入地下水进行预测分析。

##### （1）预测模式

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016），项目参考工业固体废物（含污泥）集中处置，为 III 类建设项目，地下水评价等级为三级，根据导则评价可采用解析法。本次预测选择一维半无限长多孔介质柱体——一端为定浓度边界，不考虑介质的吸附，污染源以固定的浓度不断入渗到含水层中。模拟情景为泌水收集池防渗层破损废水持续渗漏情况下的污染物运移情况。公式如下：

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{x-ut}{2\sqrt{D_L t}}\right) + \frac{1}{2} e^{\frac{ux}{D_L}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x+ut}{2\sqrt{D_L t}}\right)$$

式中：x—距注入点的距离；m；

t—时间，d；

C—t 时刻 x 处的示踪剂浓度，mg/L；

C<sub>0</sub>—注入的示踪剂浓度，mg/L；

u—水渗流速度，m/d；

D<sub>L</sub>—纵向弥散系数，m<sup>2</sup>/d；erfc—余误差函数（可查《水文地质手册》获得）。

##### （2）污染源强

本次评价模拟情景为泌水收集池防渗层破损废水持续渗漏情况下的污染物运移情况。项目废水污染源强参考《磷尾矿基生态修复材料胶结固化试验报告》中磷尾矿基生态修复材料浸出液的浓度，仅磷酸盐及氟化物浓度超标地下水 III 类标准，此次主要选取氟化物、总磷 2 项特征污染物进行影响预测，选取其中

添加固化剂 1 天后尚未固化经检测浓度最高的氟化物、总磷污染浓度作为源强参数，非正常排放预测源强见下表。

表 4.1-4 污染物源强

污染源	污染物	浓度 (mg/L)	地下水Ⅲ类水体标准限值 (mg/L)	检出限 (mg/L)
废水	总磷	0.23	0.2 (参照地表水Ⅲ水质标准限值)	0.01
	氟化物	5.06	1.0	0.05

(3) 预测参数

根据本次水文地质调查各地层试验参数，溶质运移模型参数见下表：

表 4.1-5 溶质运移模型参数表

参数		取值	备注 (数据来源)
渗透系数 均值 (cm/s)	$Z_{bdn}$	$1.20 \times 10^{-3}$	数据来源于本次水文地质勘查及水文地质试验
	$\epsilon_{lq}$	$9.04 \times 10^{-5}$	
	$\epsilon_{ly}$	$1.20 \times 10^{-3}$	
地下水流速度平均值 (m/d)		0.15	
含水层平均厚度 (m)		38.40m	
纵向弥散系数 (m <sup>2</sup> /d)		0.5825	
横向弥散系数 (m <sup>2</sup> /d)		0.05995	
有效孔隙度		0.0022	
水力坡度 $i$		0.0035	
项目影响的主要含水层为 $\epsilon_{ly}$ 及 $Z_{bdn}$ 含水层，此次预测按最不利情况选择 $Z_{bdn}$ 含水层考虑。			

(4) 项目区废水非正常排放预测结果分析

项目共计建设 6 年，包含施工期 4 年、养护期 2 年。根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016)，本次评价预测时段为充填废水连续下渗后的第 100d、365d、施工期满 (1460d) 情景进行预测分析。修复后作业完成后无废水产生。

①总磷预测

非正常情况下，修复区废水下渗后地下水中总磷运移情况预测结果见下表，预测图见下图。

表 4.1-6 废水持续下渗不同时间条件下下游地下水中总磷浓度变化预测结果

时间 (浓度) 距离 (m)	100 天 (mg/L)	365 天 (mg/L)	1460 天 (mg/L)
0	0.23	0.23	0.23
10	0.19	0.23	0.23
20	0.10	0.23	0.23
30	0.03	0.21	0.23

40	0.00	0.19	0.23
50	0.00	0.15	0.23
60	0.00	0.11	0.23
70	0.00	0.06	0.23
80	0.00	0.03	0.23
90	0.00	0.01	0.23
100	0.00	0.00	0.23
110	0.00	0.00	0.23
120	0.00	0.00	0.23
130	0.00	0.00	0.23
140	0.00	0.00	0.23
150	0.00	0.00	0.22
160	0.00	0.00	0.22
170	0.00	0.00	0.21
180	0.00	0.00	0.20
190	0.00	0.00	0.18
200	0.00	0.00	0.16
210	0.00	0.00	0.14
220	0.00	0.00	0.12
230	0.00	0.00	0.10
240	0.00	0.00	0.08
250	0.00	0.00	0.06
260	0.00	0.00	0.04
270	0.00	0.00	0.03
280	0.00	0.00	0.02
290	0.00	0.00	0.01
300	0.00	0.00	0.01
310	0.00	0.00	0.00
320	0.00	0.00	0.00
330	0.00	0.00	0.00
340	0.00	0.00	0.00
350	0.00	0.00	0.00
360	0.00	0.00	0.00
370	0.00	0.00	0.00
380	0.00	0.00	0.00
390	0.00	0.00	0.00
400	0.00	0.00	0.00
410	0.00	0.00	0.00
420	0.00	0.00	0.00
430	0.00	0.00	0.00
440	0.00	0.00	0.00
450	0.00	0.00	0.00

460	0.00	0.00	0.00							
470	0.00	0.00	0.00							
480	0.00	0.00 </tr <tr> <td>490</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr>	490	0.00	0.00	0.00	500	0.00	0.00	0.00
490	0.00	0.00	0.00							
500	0.00	0.00	0.00							

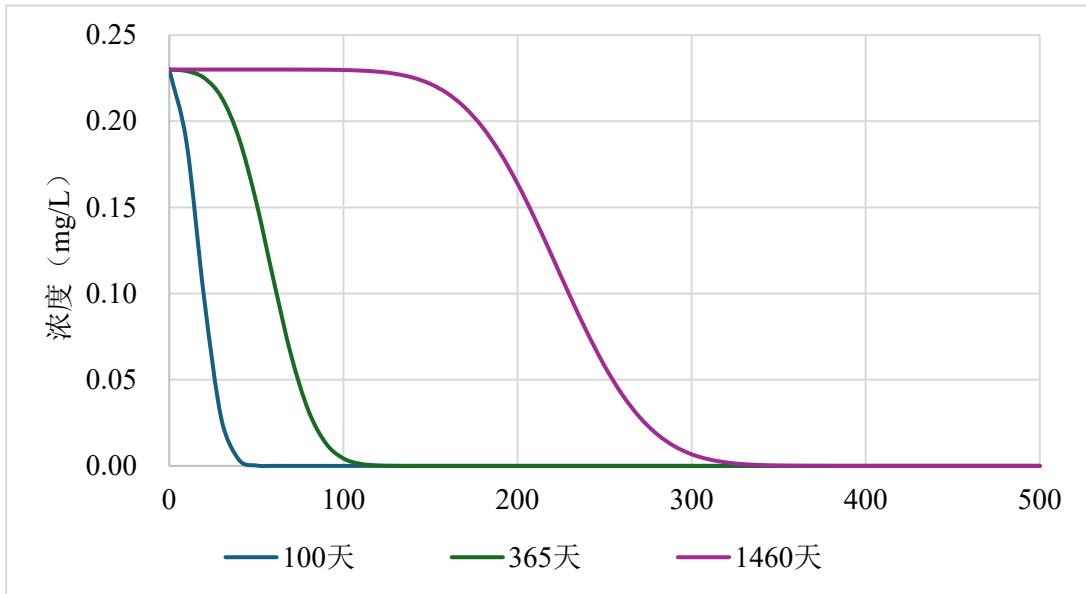


图 4.1-2 废水持续下渗不同时间条件下下游地下水中总磷浓度变化曲线图

从上表及上图中,可以看出模拟废水持续下渗情况,最大超标距离为 172m;连续渗入 100d 情况下,超标距离为收集池下游 8m,影响距离为收集池下游 35m;连续渗入 365d 情况下,超标距离为收集池下游 36m,影响距离为收集池下游 92m;连续入渗 1460d,超标距离为收集池下游 172m,影响距离为收集池下游 289m。根据调查,预测总磷超标范围及影响范围内没有泉点和居民取用地下水。

### ②氟化物预测

非正常情况下,修复区废水下渗后地下水中氟化物运移情况预测结果见下表,预测图见下图。

表 4.1-7 废水持续下渗不同时间条件下下游地下水中氟化物浓度变化预测结果

时间 (浓度) 距离 (m)	100 天 (mg/L)	365 天 (mg/L)	1460 天 (mg/L)
0	5.06	5.06	5.06
10	4.12	5.04	5.06
20	2.14	4.95	5.06
30	0.59	4.70	5.06
40	0.08	4.19	5.06
50	0.00	3.36	5.06

60	0.00	2.36	5.06
70	0.00	1.41	5.06
80	0.00	0.70	5.06
90	0.00	0.29	5.06
100	0.00	0.10	5.05
110	0.00	0.03	5.05
120	0.00	0.01	5.03
130	0.00	0.00	5.00
140	0.00	0.00	4.96
150	0.00	0.00	4.88
160	0.00	0.00	4.75
170	0.00	0.00	4.57
180	0.00	0.00	4.32
190	0.00	0.00	4.00
200	0.00	0.00	3.61
210	0.00	0.00	3.15
220	0.00	0.00	2.67
230	0.00	0.00	2.18
240	0.00	0.00	1.70
250	0.00	0.00	1.28
260	0.00	0.00	0.92
270	0.00	0.00	0.63
280	0.00	0.00	0.41
290	0.00	0.00	0.25
300	0.00	0.00	0.15
310	0.00	0.00	0.08
320	0.00	0.00	0.04
330	0.00	0.00	0.02
340	0.00	0.00	0.01
350	0.00	0.00	0.00
360	0.00	0.00	0.00
370	0.00	0.00	0.00
380	0.00	0.00	0.00
390	0.00	0.00	0.00
400	0.00	0.00	0.00
410	0.00	0.00	0.00
420	0.00	0.00	0.00
430	0.00	0.00	0.00
440	0.00	0.00	0.00
450	0.00	0.00	0.00
460	0.00	0.00	0.00
470	0.00	0.00	0.00

480	0.00	0.00	0.00
490	0.00	0.00	0.00
500	0.00	0.00	0.00

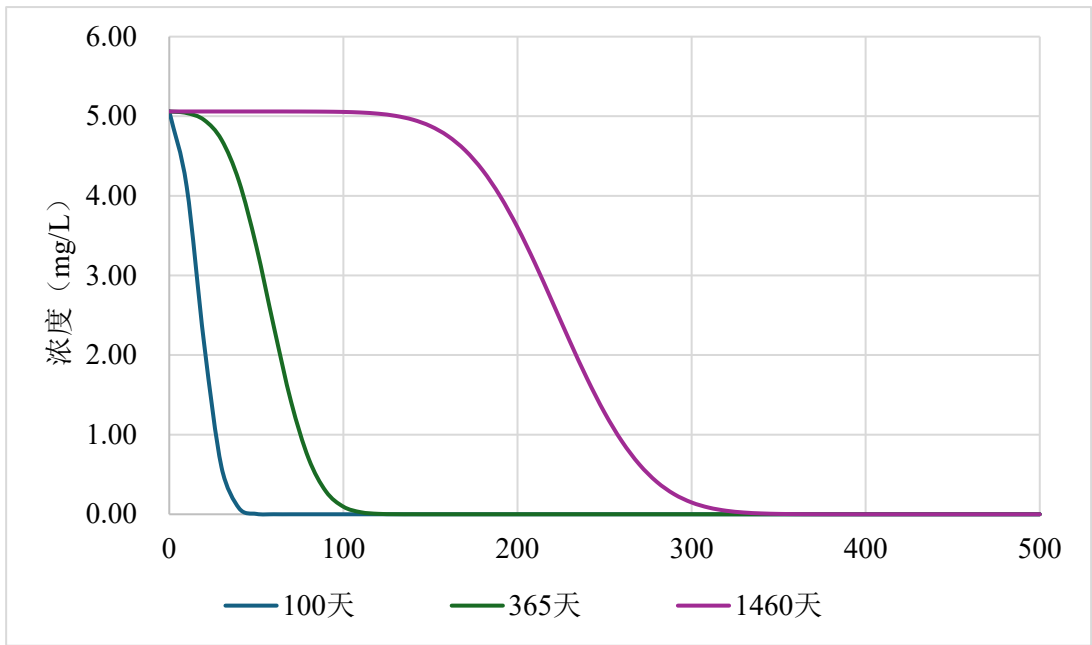


图 4.1-3 废水持续下渗不同时间条件下下游地下水中氟化物浓度变化曲线图

从上表及上图中可以看出模拟废水持续下渗情况，最大超标距离为 254m；连续渗入 100d 情况下，超标距离为收集池下游 26m，影响距离为收集池下游 41m；连续渗入 365d 情况下，超标距离为收集池下游 75m，影响距离为收集池下游 105m；连续入渗 1460d，超标距离为收集池下游 254m，影响距离为收集池下游 315m。根据调查，预测氟化物影响范围内没有泉点和居民取用地下水。

#### (5) 下游水井影响

项目泌水收集池下游 2.8km 处分布有小场村水井，根据调查及昆明市西山区水务局关于《西山区海口街道办事处关于商请出具昆明市西山区海口林场先生崖生态修复项目水务滇管意见的函》的回复意见，项目不涉及农村人饮用水源点范围，小场村水井地面高程 2054.39m，地下水水位 2001.99m，位于震旦系灯影组（Zbdn）含水层。根据预测，非正常情况下废水排放不会对该地下水井造成影响。

#### 4.1.2.7 地下水环境防治措施

该项目施工期使用磷尾矿基充填物料填充采空区，充填过程有泌水产生，废水含有一定量污染物。为防止充填泌水渗漏对地下水造成污染，采取以下措

施进行污染控制。

#### 4.1.2.7.1 物料源头控制

(1) 为确保磷尾矿基生态修复材料质量，建设单位应确保磷尾矿原料满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020) I类要求。磷尾矿基生态修复材料胶结固化后污染物固化在胶结材料中，不会再释放。磷尾矿基生态修复材料按照《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》(HJ557-2010) 制备的浸出液中氟化物、磷酸盐(以 P 计)、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬的浓度满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020) 中界定的第 I 类一般工业固体废物的要求；

(2) 建设单位设专人管理磷尾矿基生态修复材料检测，并保留监测记录；

(3) 从源头起进行严格控制，加大监督力度，作业点必须设置检验点，防止其他垃圾及固废混入，在充填过程中也要检查，一旦发现其他垃圾及固废混入，应立即停止充填，确保其他垃圾及固废不得进入采空区充填。

#### 4.1.2.7.2 过程控制

(1) 分区防渗

充填区防渗采用 0.75m 压实粘土+400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布的两布一膜防渗层，底部防渗层施工结束后进行渗水试验，确保渗透系数满足  $1.0 \times 10^{-7}$  cm/s。对充填区底部进行渗漏监控，在场地底部整平最低处设置在线渗漏监测系统，在膜下设置 23 个监控传感器(间隔 30.0m 网格布设)，在膜上设置 5 个发射接收传感器，传感器采用电缆连接，所有缆线汇总至场区平台上，接入信号中转装置。信号中转装置通过通讯线缆连接到监控室内。

泌水收集池、溢流水池防渗，渗透系数  $\leq 1.0 \times 10^{-7}$  cm/s，阻断废水下渗影响地下水，底部防渗层施工结束后进行渗水试验，确保渗透系数满足  $1.0 \times 10^{-7}$  cm/s。

危废贮存库按《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023) 中防渗要求进行防渗设计，渗透系数  $\leq 10^{-10}$  cm/s。

(2) 施工管理

①工程施工时严格按照工程设计要求进行，确保防渗层的施工质量，保证充填废水不泄漏；

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,防渗施工完毕后进行防渗性能检测,防渗膜热熔焊接搭接宽度 $\geq 100\text{mm}$ ,挤压焊接搭接宽度 $\geq 75\text{mm}$ ,对热熔焊接每条焊缝进行气压检测,合格率应为 100%;对挤压焊接每条焊缝应进行真空检测,合格率应为 100%。防渗工程验收合格后方可进行充填施工,施工结束后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告。

③委托有资质的监理单位,开展充填等工程的环境监理工作,对防渗工程的施工方式、材料性质等内容开展施工监理,并将其反映在监理月报中。

④施工严格按照堆填方案进行施工,落实好施工监理,确保充填堆体稳定、安全,规范施工。

⑤项目施工期间定期对生态修复材料制备站的所有设备进行校验与调试,包括 1~4#浓密机、1~2#固化剂仓仓、絮凝剂加药系统、空压机及输送管道等。重点校验浓密机的浓缩效率及液位控制精度,确保能稳定将原材料浓缩至约 65%浓度的膏体;校验水泥仓的计量系统,保证胶固材料添加量精准控制在约 5%。工艺系统在线监测设施,对制备过程中的关键指标进行 24 小时连续监测,重点监控原材料浓缩浓度(确保达到 65%)、固化剂添加量(精准控制约 5%),监测数据每小时记录一次,发现数据异常时立即启动预警机制,调整相关设备运行参数,直至指标恢复正常。

⑥安排专人对制备站设备运行状态进行巡查,巡查频次为每 30min 一次,重点检查浓密机、固化剂仓卸料装置、加药泵、空压机等关键设备的运行稳定性,查看管道有无泄漏、设备有无异常振动或异响。建立设备运行台账,记录设备运行参数、巡查情况及故障处理情况,确保设备始终处于良好运行状态。

⑦采用“定时抽样+随机抽样”相结合的方式对制备过程中的中间产品(膏体及生态修复材料)进行检测。每 2 小时进行一次定时抽样,每天至少进行 1 次随机抽样,检测指标包括膏体浓度、密度、水灰比等,检测发现中间产品质量不达标,立即停止该批次产品制备,排查问题原因(如原材料质量、设备参数偏差等),整改完成并经复检合格后,方可恢复生产。

⑧每 30000t 一批次抽样检测,磷尾矿基生态修复材料按照《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》(HJ557-2010)制备的浸出液中氟化物、磷酸盐

(以 P 计)、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬的浓度满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)中界定的第 I 类一般工业固体废物的要求;检测不合格的区域需挖除后,用移动拌和机拌固化剂重新处理,直至检测合格。

⑨每天对充填泌水进行 pH 值监测,通过 pH 值判断固化剂添加量是否满足要求。

### (3) 废水导排

①项目胶结充填胶结时间约 7-14 天,大雨天气停止充填,确保胶结充填体质量达标,分区充填之间采用碾压土石方构筑挡墙,形成横向阻隔,充填泌水收集后进入泌水收集池,泌水收集池三个月或者半年清理检测一次,确保收集池防渗效果。

②充填区外部修建截排水沟,有效降低雨季施工期间雨水汇入充填区,降低由于降雨形成的废水水量;

③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周边截洪沟或纵向排水沟相连。平台横向排水沟采用 C20 素混凝土结构,矩形断面,  $B \times H = 0.3 \times 0.4\text{m}$ , 两端坡度不小于 1%。

④在已堆存的边坡上设边坡纵向排水沟,纵向排水沟接入周边截洪沟。纵向坡面排水沟采用 C20 素混凝土结构,矩形断面,  $B \times H = 0.5 \times 0.6\text{m}$ , 纵向坡面排水沟根据堆填边坡情况,间距 100-200m 设置一条。

⑤在堆存完成的顶面设顶面排水沟,纵横间距 50m 设置一条,接入边坡纵向排水沟。顶面排水沟采用 C20 素混凝土结构,矩形断面,  $B \times H = 0.3 \times 0.4\text{m}$ 。

⑥设置 1 座泌水收集池,泌水收集池定期巡检,收集池采用  $400\text{g}/\text{m}^2$  土工布 +  $1.5\text{mm}$  HDPE 防渗膜进行防渗,阻断废水下渗,降雨形成废水进行回用处理。

⑦项目尾矿渣浆输送管选择 DN300 钢丝网骨架管,沿道路敷设;项目回水管道采用 DN300 的钢丝网骨架管。管道采用浅埋地布置,焊接连接。

⑧在尾矿及废水输送管道及沿线最低点设置  $150\text{m}^3$  的应急事故池,确保事故状态下管道内废水及尾矿浆完全收集于事故池内,避免废水及尾矿浆漫流至外环境。

(4) 表层覆土

充填后表层覆土，恢复为耕地、林地、草地的区域覆土，结合最终用地性质，应满足《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，恢复为农村道路的区域覆土需满足《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第二类用地要求，对覆土进行抽检，每 5 万 m<sup>3</sup>抽检 1 次，抽检次数不少于 10 次，经济林木养护严禁使用高毒高残留农药。

4.1.2.7.3 末端监管

建立充填场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、配备先进的检测仪器和设备，以便及时发现问题，及时采取预防措施。

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，项目所在区域地下水流向总体由西至东，评价共布设 5 座地下水污染监控井，其中上游 1 座、下游（东侧）2 座、北侧 1 座、西侧 1 座，确保对充填区、泌水收集池渗漏情况及时跟踪监测，避免对下游造成影响。

表 4.1-8 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，埋入水泥平台下 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。	

监测井深度要求：根据《昆明市西山区海口林场先生崖矿坑生态修复水文地质调查报告》项目区出露地层为寒武系筇竹寺组 ( $\epsilon_{1q}$ )、寒武系渔户村组 ( $\epsilon_{1y}$ ) 及震旦系灯影组 ( $Z_bdn$ ) 碳酸盐岩岩溶裂隙含水层，项目充填主要影响为地下水含水层为寒武系筇竹寺组 ( $\epsilon_{1q}$ ) 碎屑岩裂隙水含水层及震旦系灯影组 ( $Z_bdn$ ) 碳酸盐岩岩溶裂隙含水层，则项目监测井监测层位为寒武系筇竹寺组 ( $\epsilon_{1q}$ ) 碎屑岩裂隙水含水层及震旦系灯影组 ( $Z_bdn$ ) 碳酸盐岩岩溶裂隙含水层。

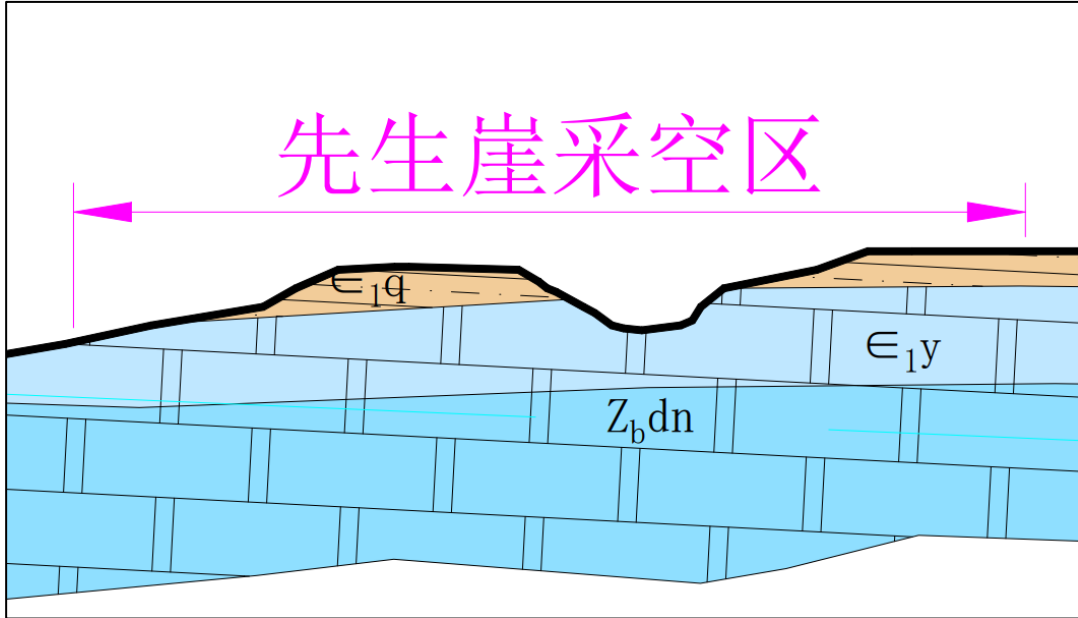


图 4.1-4 项目场址范围出露地层

建设单位通过采取以上措施处理之后，充填废水基本不会下渗，非正常排放废水影响范围有限，非正常排放对下游地下水水质产生一定的影响，建设单位需要认真落实防渗措施，通过地下水监控井对防渗效果进行监控，防止地下水污染，监测资料存档，便于长时间观测项目区下游水质变化情况。

#### 4.1.2.7.4 应急措施

制定地下水应急预案，项目区底部设置有渗漏检测系统，如果发现渗漏信号，立即停止充填，及时对渗漏部位进行进一步判断和确定，及时采取补漏措施，降低环境风险，同时提高地下水监测井监测频次，对水质异常的监控井进行抽水，抽排至泌水收集池或者槽车及时处理。

#### 4.1.2.8 小结

##### (1) 预测结论

为了避免充填料泌水下渗对地下水的影响，充填区底部及边坡，进行防渗

处理，阻断废水下渗，充填物料固化后，污染物固定在物料中，泌水产生量有限，采取以上措施后，项目充填作业废水对地下水影响较小。充填后表层覆土，恢复为耕地、林地、草地的区域覆土，结合最终用地性质，应满足《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，恢复为农村道路的区域覆土需满足《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第二类用地要求，对覆土进行抽检，每 5 万 m<sup>3</sup>抽检 1 次，抽检次数不少于 10 次，经济林木养护严禁使用高毒高残留农药。

非正常排放，废水进入地下水会造成一定程度影响，影响范围内无人取用地下水，为了避免对地下水污染，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，并定期巡检泌水收集池，发现破损、开裂及时修补，避免废水长时间下渗污染地下水，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。

#### （2）风险评估结论

根据《昆明市海口林场先生崖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：项目区地下水无饮用功能，对人体无暴露途径。生态修复过程中在完成覆土后，建立填充场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、配备先进的检测仪器和设备，以便及时发现问题，及时采取预防措施。采取以上措施后，生态修复充填作业泌水对地下水影响较小。

### 4.1.3 地表水影响

#### 4.1.3.1 施工用水

##### （1）絮凝剂溶解稀释用水

项目絮凝剂溶解稀释浓度 0.5%，浓密脱水工序絮凝剂用量 30g/t（原料），项目日处理浮选磷尾矿 6000t（干基），年处理 180 万 t（干基），则絮凝剂用量为 180kg/d，絮凝剂溶解稀释水用量为 360m<sup>3</sup>/d，108000m<sup>3</sup>/a，用水来自浓密脱水废水，絮凝剂溶解稀释无废水产生。

##### （2）搅拌用水

项目采用高速柔性搅拌机对物料进行搅拌，搅拌过程需加水将料浆浓度调

节至 65%，项目固化剂添加量为浮选磷尾矿用量的 5%，则固化剂用量 300t/d，经计算，搅拌用水量 161.54m<sup>3</sup>/d、48461.54m<sup>3</sup>/a，该部分用水来自浓密脱水废水。

#### 4.1.3.2 施工废水

##### (1) 浓密脱水废水

项目浮选磷尾矿搅拌前需投加絮凝剂进行浓密脱水，料浆浓度从 40%脱水至 65%，项目日处理浮选磷尾矿 6000t（干基），年处理 180 万 t（干基），则项目浓密脱水废水产生量 6129.23m<sup>3</sup>/d、1838769.23m<sup>3</sup>/a，其中 360m<sup>3</sup>/d、108000m<sup>3</sup>/a 回用于絮凝剂溶解稀释，2.3m<sup>3</sup>/d、690m<sup>3</sup>/a 回用于设备管道及车辆冲洗，161.54m<sup>3</sup>/d、48461.54m<sup>3</sup>/a 回用于搅拌工序，剩余部分废水经收集后通过管道送至小麦地尾矿库，由小麦地尾矿库回水系统回用至海口磷业选厂。

##### (2) 充填区泌水废水

项目充填采用分区分层自流平工艺。磷尾矿基生态修复材料自流充填至采空区内，其在固结过程中，会产生泌水，根据《昆明市海口林场先生崖生态修复项目实施方案》，泌水率在 3-5%，本次计算按 5%考虑，项目充填后物料总含水量约 3392.31m<sup>3</sup>/d、1017692.31m<sup>3</sup>/a，则泌水量为 169.62m<sup>3</sup>/d、50884.62m<sup>3</sup>/a，该部分废水返回小麦地尾矿库回水系统，最终回用于浮选厂。

##### (3) 设备及管道冲洗废水

项目每天对搅拌设备及充填管道进行风水联动冲洗 1 次，冲洗用水量约 2m<sup>3</sup>/d，600m<sup>3</sup>/a，该部分废水随充填管道进入充填区自然蒸发损耗。

##### (4) 车辆冲洗废水

项目对进出车辆进行冲洗，冲洗用水 3m<sup>3</sup>/d，冲洗废水循环使用，损耗量约 0.3m<sup>3</sup>/d，由浓密脱水废水补充。

##### (5) 生活污水

施工人员不在项目区内食宿，使用旱厕，施工人员产生的生活污水主要为洗手废水，收集于项目区内临时沉淀池，用于洒水降尘。该项目以平均施工人数 40 人，人均日排生活污水 10L 计算，则施工期的生活污水排放量为 0.4m<sup>3</sup>/d。

### 4.1.3.3 雨水

项目用地范围外的雨水经截排水沟外排，项目用地范围内雨水实施雨污分流，其中固结区雨水无污染，经截排水沟收集后外排，充填施工区降雨形成的雨水与充填泌水一同经潜水泵收集后回用。

雨水计算公式： $Q=q \times \Psi \times F$

式中： $q$ ——降雨量；

$\Psi$ ——径流系数（取 0.7）；

$F$ ——汇水面积（50000m<sup>2</sup>，充填施工区域最大面积）；

项目邻近安宁市，根据安宁气象站 2004 年-2023 年常规气象资料统计，项目所在区域年均降雨量 862.46mm，则充填施工区雨水产生量为 30186.1m<sup>3</sup>/年，项目区年均降雨天数 133 天，则日均雨水量 226.96m<sup>3</sup>，经雨水收集池收集后由回水管线送至小麦地尾矿库。最终回用于选厂生产。

综上所述，项目用排水情况见下表。

表 4.1-9 项目用排水情况一览表

用水项目	用水定额	规模	用水量		废水率	废水量		备注
			m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /a		m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /a	
办公	12.5L/(人·d)	40 人	0.5	150	0.8	0.4	120	洒水降尘
脱水废水	/	干基磷尾矿 6000t/d	/	/	/	6129.23	1838769.23	回用于选厂及稀释、搅拌、设备管道冲洗等
絮凝剂稀释	0.5‰	絮凝剂 180kg/d	360	108000	/	0	0	回用水
设备管道冲洗	2m <sup>3</sup> /次	300 次	2	600	/	0	0	
车辆冲洗	/	/	0.3	90	/	0	0	
搅拌	浓度 65%	固化剂 300t/d	161.54	48461.54	/	0	0	
充填泌水	/	干基磷尾矿 6000t/d	/	/	5%	169.62	50884.62	回用于选厂
雨水	/	/	/	/	/	226.96	30186.1	
总计	/	/	524.34	157301.54	/	6526.21	1919959.95	/

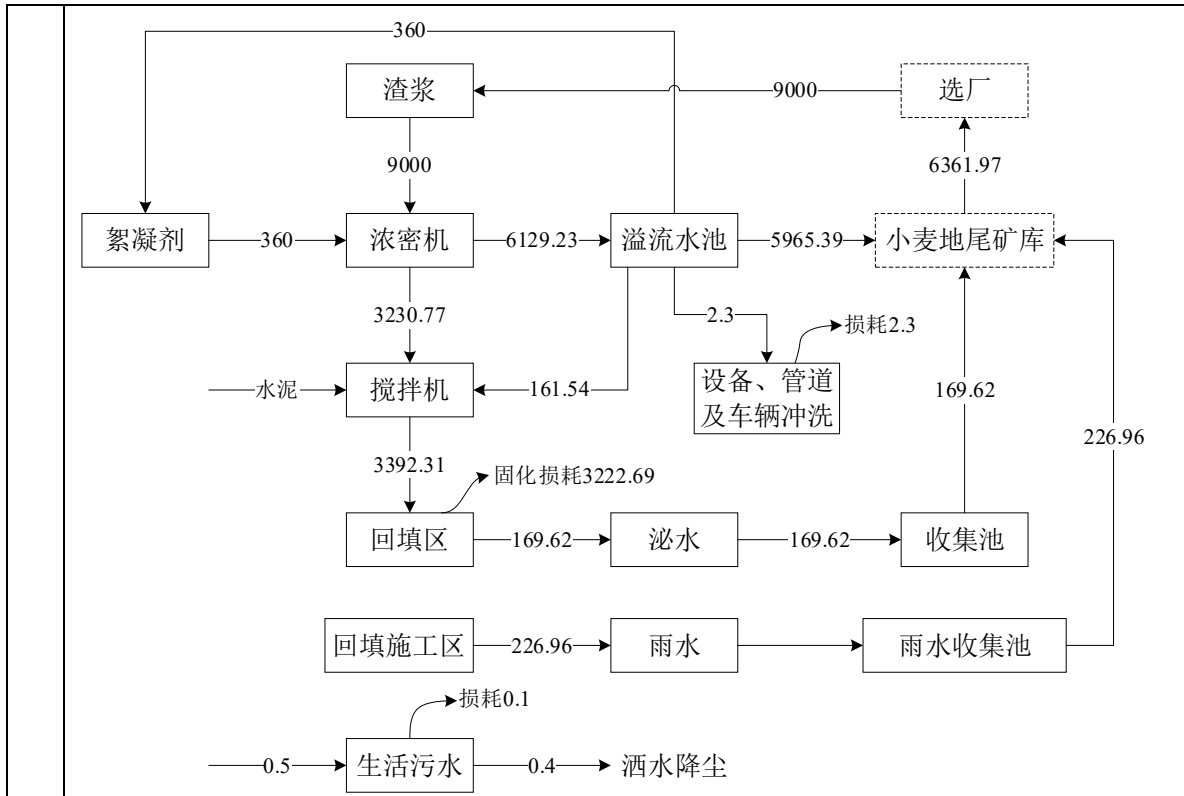


图 4.1-5 项目施工期水平衡图

单位: m<sup>3</sup>/d

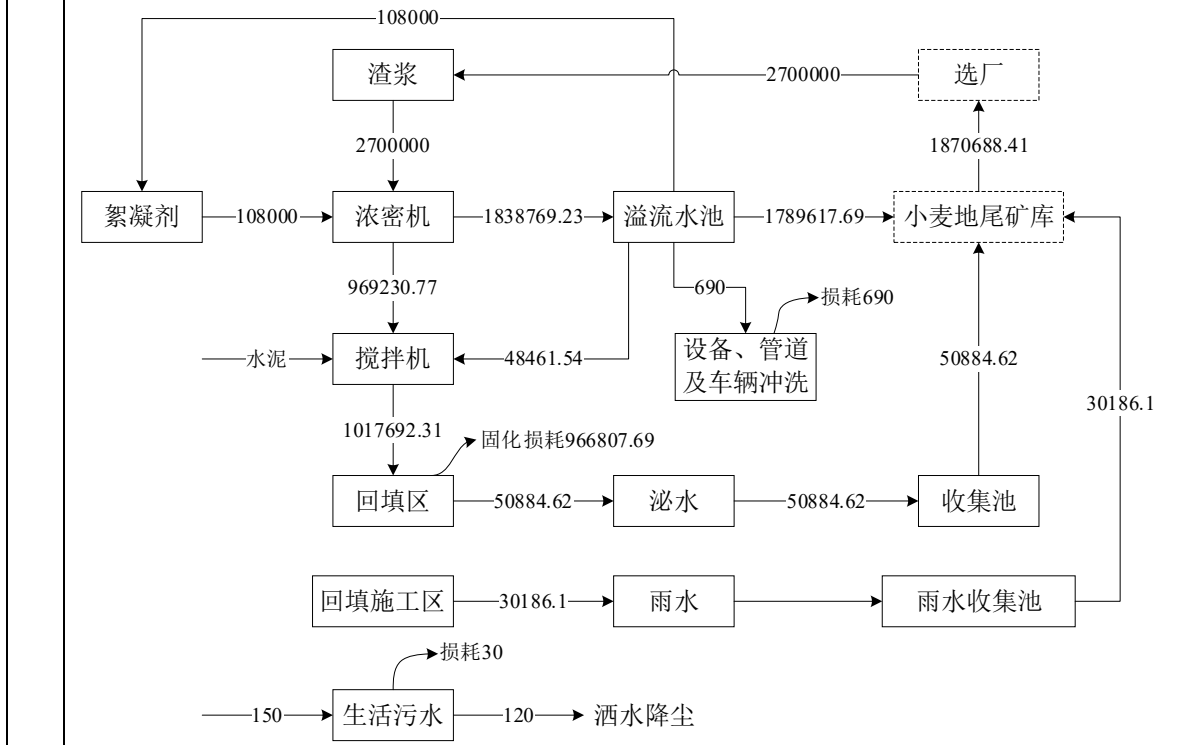


图 4.1-6 项目施工期水平衡图

单位: m<sup>3</sup>/a

综上所述,项目产生的生活污水及施工废水全部回用不外排,对周边地表水环境影响很小。

#### 4.1.3.4 30 年一遇降雨影响

项目区 30 年一遇最大日降雨量 108.6mm。在发生 30 年一遇降雨条件下项目停止生产，尾矿浆通过原有管道输送进入小麦地尾矿库，项目充填施工区雨水暂存于各充填分区网格及雨水收集池内，暂存水量 5430m<sup>3</sup>，待降雨结束后返回小麦地尾矿库回水系统，因此，在 30 年一遇降雨情况下，可通过充填分区调洪及雨水收集池收集雨水，增大小麦地尾矿库回用水回用量的方式做到废水不外排，

另外小麦地尾矿库最小调洪库容 115000m<sup>3</sup>，且尾矿库坝下设置了沉淀池、回水池容积共 12000m<sup>3</sup>，调洪库容及沉淀池、回水池最小可储存 12.7 万 m<sup>3</sup>洪水，因此，在 30 年一遇降雨情况下，不会对小麦地尾矿库造成影响。

#### 4.1.4 大气环境影响

项目充填材料生产过程废气主要为固化剂仓粉尘，项目施工期废气主要为场地平整、耕植土覆土、车辆运输扬尘及运输车辆和施工机械尾气。

##### (1) 扬尘

##### ①固化剂仓粉尘

项目固化剂由罐车输送至固化剂仓时有粉尘产生，参考《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》中 3021 水泥制品制造（含 3022 砼结构构件制造、3029 其他水泥类似制品制造）行业系数手册，水泥输送储存过程粉尘产生量约 0.19kg/t 水泥，项目年使用固化剂 90000 吨，则粉尘产生量 17.1t，粉尘经仓顶布袋除尘器处理后无组织排放，布袋除尘效率约 99%，则粉尘排放量 171kg/a，固化剂仓每天输送储存时间约 4h，则粉尘排放速率约 0.143kg/h。

##### ②施工扬尘

地表扰动扬尘主要来源于场地清理、截排水沟开挖、泌水收集池的开挖。根据统计，此次工程拟扰动面积约 482175.09m<sup>2</sup>，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一起尘量，kg/（a·m<sup>2</sup>）；

U—气象平均风速，1.67m/s；

W—含水率，取 8%。

经计算，扰动期间扬尘产生量约为 3.88kg/h，参考《固体物料堆存颗粒物产排污核算系数手册》，在扰动过程中采取洒水降尘措施后可减少约 74%扬尘，即扬尘排放量为 1.01kg/h，项目场地清理、平整时间约 2 个月，每天施工 12h，则场地清理、平整排放的扬尘量 0.73t/a。

### ③耕植土装卸扬尘

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（1.67m/s）；

W—含水率，8%；

H—装卸高度，取 1.0m。

项目装卸耕植土量约 723262.64 t，项目整个覆土期间装卸扬尘量为 53.62t，根据施工进度，覆土时间为 36 个月，每天覆土时间约 12h，经计算，覆土期间扬尘产生量约为 4.08kg/h。

参考《固体物料堆存颗粒物产排污核算系数手册》，采取喷雾防尘洒水措施后可控制 74%扬尘产生，则耕植土装卸扬尘总排放量为 4.65t/a，1.06kg/h。

### ④车辆运输扬尘

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<sup>2</sup>）。

项目采用 30t 自卸车对耕植土进行运输，平均时速 10km/h、道路表面粉尘量按 0.2kg/m<sup>2</sup>计算。土路运距 3km，运输期间每天约 23 车次，在不采取防治措

施的情况下，汽车道路扬尘达 30.82kg/d，项目所在地非雨天为 232 天，则扬尘产生量为 7.15t/a。

在对道路进行洒水降尘等措施后，扬尘量可下降 74%左右，运输扬尘排放量下降至 8.01kg/d，1.86t/a，项目每天运输 8h，则扬尘排放量 1kg/h。

项目在进行削坡造台、场地平整、充填土石方、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<sup>3</sup>，至 150m 处降至 1.51mg/m<sup>3</sup>，至 200m 处 TSP 浓度降至 1.0mg/m<sup>3</sup>以下，至 300m 处 TSP 浓度降至 0.5mg/m<sup>3</sup>以下。为降低扬尘对环境的影响，应采取如下环保措施：耕植土运输禁止超载，装载高度不得超过车厢板，并盖篷布，严禁沿途撒落，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<sup>3</sup>。

项目废气排放情况见下表。

**表 4.1-10 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/a	处理措施	处理效率	排放量 t/a	去向	标准 名称	浓度 限值
固化剂仓	17.1	仓顶除尘器	99%	0.171	大气 环境	《大气 污染物 综合排 放标 准》	颗粒 物： 1.0mg/m <sup>3</sup>
施工扬尘	2.79	洒水降尘 喷雾降尘	74%	0.73			
装卸扬尘	17.87			4.65			
运输扬尘	7.15	1.86					
合计	44.91	/	/	7.411			

**(5) 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 NO<sub>x</sub>，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。

综上所述，项目施工期采取布袋除尘、洒水降尘及喷雾降尘等措施后，项目废气对周边环境影响很小，能够满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）无组织排放监控浓度限值。

## 4.1.5 声环境影响

### 4.1.5.1 噪声源强

项目施工期噪声主要为充填材料生产的设备噪声，场地平整、耕植土覆土的运输噪声及施工机械噪声，主要产噪设备见下表。

表 4.1-11 主要施工设备源强

序号	主要噪声源	数量	单位	1m 处噪声源强 dB (A)
1	膏体仓储浓密机	4	台	75
2	絮凝加药机	2	台	70
3	螺旋输送机	2	台	70
4	高速柔性搅拌机	2	台	80
5	充填工业泵	2	台	80
6	回水泵	2	台	75
7	空压机	2	台	80
8	管道冲洗泵	2	台	75
9	运输车辆	10	辆	75
10	挖掘机	3	辆	75

备注：空压机、冲洗泵仅管道冲洗时启动，每天冲洗 1 次，每次运行时间约 2min。

### 4.1.5.2 声环境影响预测与评价

#### （1）预测因子及标准

预测因子：Leq[dB(A)]

使用标准：《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）中表 1 规定的排放限值。

#### （2）评价范围、预测点

①预测范围：本次评价声环境评价范围为项目区外延 200m。

②预测点：针对本次声环境质量现状监测，设置东、南、西、北 4 个边界噪声预测点作为预测点。

③预测时间：昼间和夜间

④预测内容：预测施工场界噪声，给出施工场界噪声的贡献值。

(3) 预测方法及模式

①预测方法

依据各噪声源与各预测点的距离计算出各噪声设备产生的噪声对各预测点的影响值，并根据能量合成法叠加各噪声设备对各预测点的噪声贡献值，来预测分析项目投产后对厂界及周围声环境的影响。

②预测模式

采用《环境影响评价技术导则声环境》(HJ2.4-2021)中的附录 A 预测模式中无指向性点声源几何发散衰减，无指向性点声源几何发散衰减的基本公式如下：

$$L_p(r) = L_p(r_0) - 20\lg(r/r_0)$$

式中： $L_p(r)$ ——预测点处声压级，dB；

$L_p(r_0)$ ——参考位置  $r_0$  处的声压级，dB；

$r$ ——预测点距声源的距离；

$r_0$ ——参考位置距声源的距离。

式中第二项表示了点声源的几何发散衰减：

两个以上的多个噪声源同时存在时，总声级计算公式为：

$$L_A = 10\lg \left[ \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{A_i}(r)}{10}} \right]$$

(4) 预测结果

根据以上模式，得出项目厂界噪声贡献值预测结果见下表。

表 4.1-12 主要施工机械噪声贡献值预测结果 单位：dB (A)

产噪设备	降噪措施	措施后源强	厂界			
			东	南	西	北
膏体仓储浓密机	基础减振	70	32	21	36	50
絮凝加药机		65	21	13	26	40
螺旋输送机		65	19	14	34	33
高速柔性搅拌机		75	29	24	43	43
充填工业泵		75	29	24	42	43
回水泵		70	26	18	32	40
空压机		75	31	23	36	47
管道冲洗泵		70	26	18	31	42
挖掘机	/	75	46	46	46	46

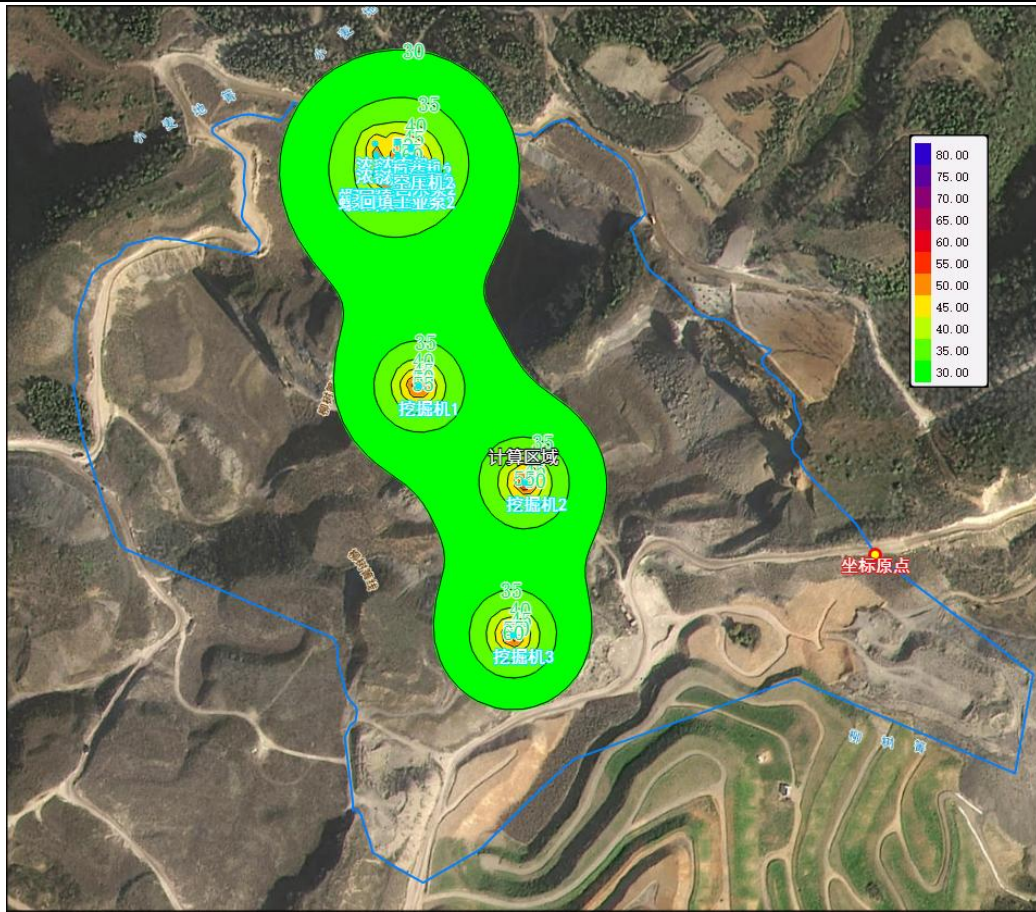


图 4.1-7 等声值线图

项目施工期单体设备声源最大声级为 80dB(A)，从预测可以看出，项目施工过程中场界噪声可以达到《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025) 排放限值要求，即昼间<70dB(A)，夜间<55dB(A)。项目周边 200m 无声环境保护目标，施工噪声对环境的影响很小。

项目表面覆土采用汽车运输，为避免车辆运输噪声对沿途村民点的影响，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。

#### 4.1.6 固体废物影响

项目施工机械不在项目区维修，项目施工期固体废物主要为废弃包装材料、生活垃圾、旱厕固废、土石方、收集池沉渣、废机油、设备拆除固废等。

(1) 废弃包装材料

项目设备包装材料产生量约 0.2t，该部分固废能回收利用的回收利用，不能回收利用部分与生活垃圾一同清运处置。

(2) 生活垃圾

项目施工期施工人员生活垃圾产生量 0.5kg/人·天，项目施工人员 40 人，则生活垃圾产生量 20kg/d，6t/a，经收集后清运至附近村庄垃圾收集点，由环卫部门清运处置。

(3) 旱厕固废

项目区新建临时旱厕 1 个，施工人员入厕固废产生量按 0.25kg/人·天计算，旱厕固废产生量共计 10kg/d，旱厕委托定期清掏，施工结束后进行消毒充填。

(4) 土石方

项目进场后对项目区进行场地清理平整，根据《昆明市海口林场先生崖生态修复项目实施方案》，项目边坡排险危岩清理土石方约 20000m<sup>3</sup>，底部场地平整清理土石方约 121664.58m<sup>3</sup>，拦挡坝清基土方 184240.71m<sup>3</sup>，合计 325905.29m<sup>3</sup>，全部用于场地平整及拦挡设施施工。

(5) 收集池沉渣

项目泌水收集池及雨水收集池沉渣产生量约 1t/a，清掏后清运至充填区充填。

(6) 废机油

项目运营期维修机械设备产生废机油约 0.2t/a。废机油属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中规定的废机油与含矿物油废物，危废代码 HW08 900-214-08，经危废收集桶收集暂存于危废贮存库后委托有资质的单位定期清运处置；废机油桶亦属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中规定的其他废物，危废代码 HW08 900-249-08，收集暂存于贮存库后，委托有资质单位定期清运、处置。

(7) 磷尾矿基生态修复材料制备生产线拆除固废

磷尾矿基生态修复材料制备站的建构物，全部为钢结构，由专业施工单位进行拆除，拆除后的设备、管道、设备房均为钢结构，拆除后外售综合利用。

## 4.1.7 土壤影响分析

### 4.1.7.1 土壤类型

项目占地范围现状为采空区，堆存有采矿弃土废石，项目周边土壤类型据现场调查及查询资料对照，项目周边土壤类型以棕壤、黄棕壤为主，褐黄、褐灰色，结构较紧密，稍湿，可塑~硬塑状，属中压缩性土。土壤肥力较好，有效土层厚度一般 20cm~60cm，最大 1.50m，项目周边耕地耕作层厚度一般在 50cm~60cm。

### 4.1.7.2 土壤影响途径

根据拟建项目的特点，拟建项目属于土壤污染影响型项目。项目对土壤影响主要为施工废水发生泄漏对土壤造成污染，以及土壤重构覆土对区域土壤产生影响。项目对周边土壤环境影响的类型与影响途径见下表。

表 4.1-13 建设项目土壤环境影响类型与影响途径表

不同时段	污染影响型			
	大气沉降	垂直入渗	其他	地面漫流
施工期	/	√	覆土	√
运营期	/	/	/	/

项目影响源详见下表。

表 4.1-14 污染型建设项目土壤环境污染影响源及影响因子识别表

污染源/影响源	污染途径	工艺流程节点
600m <sup>3</sup> 泌水收集池破裂，废水泄漏； 生活污水收集池发生泄漏	地面漫流 垂直入渗	泌水收集池
耕植土覆土	不合格土壤	覆土

### 4.1.7.3 土壤环境敏感目标识别

项目评价范围内的土壤保护目标见下表。

表 4.1-15 土壤环境保护目标

类别	与项目区的方位及距离	土壤保护目标
土壤环境	项目区边界 200m 范围	评价范围内耕地

#### 4.1.7.4 土壤环境影响预测与评价

磷尾矿基生态修复材料按照《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》(HJ557-2010)制备的浸出液中氟化物、磷酸盐(以P计)、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬的浓度满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)中界定的第I类一般工业固体废物的要求。充填区采用0.75m压实粘土+400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布的两布一膜防渗层并配套渗漏监控系统,渗透系数 $\leq 1.0 \times 10^{-7}$ cm/s,设置了废水导排系统,及时对充填区废水进行导排,减少了废水泄漏的风险;同时项目废水经收集后排入泌水收集池后回用,不外排。泌水收集池进行防渗处理,泌水收集池采用400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE防渗膜进行防渗,渗透系数不大于 $1.0 \times 10^{-7}$ cm/s。项目覆土来自海口磷业剥离土,恢复为耕地、林地、草地的区域覆土,结合最终用地性质,应满足《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,恢复为农村道路的区域覆土需满足《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)中第二类用地要求。项目建设完成后开展土壤跟踪监测,每年一次,直到生态修复工程完成后,相关指标连续3年内,年均检测指标持续稳定。

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,防渗施工完毕后进行防渗性能检测,防渗膜热熔焊接搭接宽度 $\geq 100$ mm,挤压焊接搭接宽度 $\geq 75$ mm,对热熔焊接每条焊缝进行气压检测,合格率应为100%;对挤压焊接每条焊缝应进行真空检测,合格率应为100%。防渗工程验收合格后方可进行充填施工,施工结束后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告。

综上,在采取以上措施后,项目废水泄漏的几率很低,同时废水中氟化物及重金属含量极低,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。

## 4.1.8 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、易燃易爆等物质泄漏，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的影响和损害程度，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。

### 4.1.8.1 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，风险调查重点关注的内容包括物质风险、生产系统风险和危险物质向环境转移途径。

通过识别，项目对环境风险主要表现为以下几方面：

（1）磷尾矿基生态修复材料无害化处理不达标，造成地下水的污染风险。

（2）项目施工期充填区产生泌水废水，因此项目施工期可能由于工程质量问题或充填过程中操作不当造成废水泄漏，对周边的地表水、地下水、土壤环境产生污染风险。

（3）项目充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充填过程中操作不当造成滑坡、垮塌，对周边的环境产生风险，充填体发生滑坡，从而影响下游生态。

（4）浮选磷尾矿渣浆管道及废水回用管道破裂导致废水流失进入环境，对沿线地表水及土壤产生污染风险。

（5）项目危废贮存库废机油发生泄漏，对周边的地表水、地下水、土壤环境产生污染风险。

### 4.1.8.2 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。

### 4.1.8.3 风险概率

项目充填后充填体胶结固化，无废水产生。项目存在的风险具有不确定性和随机性，由于计算充填区废水泄漏的概率数据不全，而且发生的原因也不一致，通过查阅相关资料。结合国内一些对充填废水泄漏概率的统计。确定充填区充填废水、废机油、管道泄漏发生概率为 $1\times 10^{-5}$ 次/年。项目充填体下游有拦挡措施，综合分析，该充填体不属于重大危险源。

### 4.1.8.4 环境风险分析

#### (1) 废水泄漏风险

充填区废水防渗措施不完善，一旦出现泄漏，泄漏污水渗透进入地下水，就会造成地下水污染，破坏地下水环境，而一旦地下水环境如果遭到污染破坏，对其恢复是极其困难的，对区域地下水环境影响较大。

根据地下水环境影响预测，当废水发生泄漏，对地下水会产生一定的影响。采取对充填材料入场合格控制，要求施工过程中严格采取基础处理、防渗措施，严格按照实施方案进行施工，使其形成一个相对隔水层。

另外施工设置环境监理，确保充填材料达标充填，防渗施工满足要求，保证其防渗效果；废水泄漏情况极小。同时，项目设置了渗漏监控系统、监控井及时监控地下水，在发生泄漏情况立即启动应急方案，对下游污染监控井进行抽水，水质经处理达标后回用于洒水降尘。通过采取以上措施，可有效防止废水泄漏而污染地下水、地表水以及土壤环境。

#### (2) 充填体坍塌风险

充填区如施工管理不当，突遇暴雨情况下存在充填体滑坡、垮塌的可能性。项目下游方向存在拦挡设施，且充填区下游处经削坡降台、覆土及植被绿化后，为充填体坍塌起到缓冲作用。一旦发生充填体坍塌，经拦挡设施拦挡，从而避免对下游林地和土壤造成的环境风险。

根据方案，项目严格设置充填体坍塌风险防范措施：设置排洪构筑物安全监测、充填平台安全监测，并编制应急预案及定期演练。

综上所述，项目要求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，环境监理，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，降低充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。

### （3）管道输送风险

浮选磷尾矿及脱水废水在输送过程中若因故障、管道破损导致废物泄漏至环境中，造成区域地表水、地下水、土壤环境产生污染风险。

项目管道敷设采用明设，项目浮选磷尾矿管道选用钢丝网骨架管，泄漏概率低，管道沿线最低点设置事故应急池，同时设置三通阀，在泄漏时可通过三通阀将磷尾矿输送至小麦地尾矿库，不会造成磷尾矿进入外环境。项目回水管道泄漏时通过事故应急池收集，停工等措施确保废水不会进入外环境，项目环境风险可控。

### （4）废机油泄漏

项目废机油发生泄漏，危废贮存库渗透系数未达到要求，废机油下渗对周边的地表水、地下水、土壤环境产生污染风险。

### （5）磷尾矿基生态修复材料无害化处理不达标

项目磷尾矿基生态修复材料无害化处理不达标，充填区防渗破损，污染物随废水下渗进入地下水，造成地下水污染风险。

## 4.1.8.5 环境风险防范措施

入场磷尾矿基生态修复材料按照《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》（HJ557-2010）制备的浸出液中氟化物、磷酸盐（以 P 计）、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬的浓度满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）中界定的第 I 类一般工业固体废物的要求。落实充填区底部防渗、边坡防渗、顶部防渗、泌水收集池防渗、泌水导排措施；在场地底部设置在线渗漏监测系统，监控防渗衬层完整性；设置施工质量管理措施，工程施工时严格按照设计要求进行，开展地下水跟踪检测；开展施工期环境监理；汛期前对排洪构筑物进行安全检查；对回填平台及拦挡设施进行安全检查；编制应急预案并定期演练。

#### 4.1.8.6 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，生态修复充填作业过程中定期对充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 4.1-16 建设项目环境风险简单分析内容表**

建设项目名称	昆明市海口林场先生崖生态修复项目			
建设地点	云南省	昆明市	西山区	海口林场先生崖
地理坐标	经度	东经 102°28'59.845"	纬度	北纬 24°47'49.377"
主要危险物质及分布	该项目环境风险为充填材料不达标、废水发生渗漏、废机油泄漏，从而污染地下水。			
环境影响途径及危害后果（大气、地表水、地下水等）	<p>(1) 项目施工期充填区产生泌水废水，因此项目施工期可能由于工程质量问题或充填过程中操作不当造成废水泄漏，对周边的地表水、地下水、土壤环境产生污染风险。</p> <p>(2) 项目充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充填过程中操作不当造成滑坡、垮塌，对周边的环境产生风险，充填体发生滑坡，从而影响下游生态。</p> <p>(3) 浮选磷尾矿渣浆管道及废水回用管道破裂导致废水流失进入环境，对沿线地表水及土壤产生污染风险。</p> <p>(4) 项目危废贮存库废机油发生泄漏，对周边的地表水、地下水、土壤环境产生污染风险。</p> <p>(5) 磷尾矿基生态修复材料无害化处理不达标，造成地下水的污染风险。</p>			
风险防范措施要求	入场磷尾矿基生态修复材料按照《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》(HJ557-2010) 制备的浸出液中氟化物、磷酸盐(以 P 计)、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬的浓度满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020) 中界定的第 I 类一般工业固体废物的要求。落实充填区底部防渗、边坡防渗、顶部防渗、泌水收集池防渗、泌水导排措施；在场地底部设置在线渗漏监测系统，监控防渗衬层完整性；设置施工质量管理措施，工程施工时严格按照设计要求进行，开展地下水跟踪检测；开展施工期环境监理；汛期前对排洪构筑物进行安全检查；对回填平台及拦挡设施进行安全检查；编制应急预案并定期演练。			

运营期生态环境

#### 4.2.1 运营期环境影响分析

项目运营期为所有区域覆土、绿化工作结束后，主要工作内容为后期绿化的养护和补植等内容，养护工作昆明恒弘环保科技有限公司负责，养护期 2 年。

影响分析

通过采取相应的生态修复措施，矿山生态修复总面积 482175.09m<sup>2</sup>。

### (1) 污染影响分析

废气：项目为生态环境提升改造，运营期无废气产生。

噪声：植被养护期间产生不规律人员活动噪声、回用水泵噪声等偶发性噪声，噪声级较小，经距离衰减、植被吸收对周边环境影响小。

废水：充填区进行底部、边坡、顶部均进行防渗，充填完成后覆土进行土壤重构，运营期充填体固化，顶部设置防渗膜，基本无废水产生；项目设置 5 座地下水跟踪监测井，生态修复完成后，监测频次至少每半年 1 次。直至相关指标连续 3 年内，年均检测指标持续稳定，特征指标不呈上升趋势。项目运营期雨水收集后用于项目区绿化灌溉，多余经雨水收集池沉淀后外排。

固废：施工结束后，运营期雨水收集池产生少量泥沙定期清掏处置用于植被覆土。

### (2) 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、矿坑充填、土地整治、林木种植等各项措施的实施，①与周边环境相协调；②消除矿坑地质灾害、安全、环保等各类隐患，改善生态环境；③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；④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，生物多样性得到丰富；⑤改善项目区周边小气候，调节周边温度、湿度和风力，还能削减洪峰，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。

并且项目使用磷尾矿基生态修复材料充填，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，而且在按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，同时使磷尾矿得到有效利用。

综上，项目实施对区域生态环境提升具有积极意义。

### (3) 生态环境效益分析

项目实施后，生态修复面积 482175.09m<sup>2</sup>，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，使磷尾矿基生态修复材料得到有效利用，同时可修复园地，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的负面影响。该项目具有生态正效益。

#### (4) 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合规定者，应立即换植。查验时发现梢端枯萎，有严重病虫害、折害等立即换掉，发现枯死、半枯应换植。

#### ④绿化工程养护灌溉措施

项目施工结束后泌水收集池及雨水收集池保留，收集项目区雨水用于旱季灌溉，根据《云南省地方标准 用水定额》，绿化用水量约  $3\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{次}$ ，项目绿化面积  $482175.09\text{m}^2$ ，则绿化用水量  $1446.53\text{m}^3/\text{次}$ ，绿化用水来源于泌水收集池及雨水收集池收集的雨水，不足部分通过罐车运输至项目区。

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  $100\text{g}/\text{株}$ ，保水剂  $10\text{g}/\text{株}$ 。草籽为直接抛撒，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，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；使用农药、化肥的过程中，须合理进行处置其包装物，不得随意丢弃。

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。

### 4.3.1 选址选线环境合理性分析

#### (1) 场址合理性分析

参考《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》中选址要求，项目选址符合性见下表：

**表 4.3-1 与《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》中选址要求符合性**

序号	选址要求	项目情况	是否符合
1	第二十一条：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，禁止建设工业固体废物、危险废物集中贮存、利用、处置的设施、场所和生活垃圾填埋场。	项目选址不涉及生态保护红线、永久基本农田及其他需要特别保护的区域。	符合

综上，项目符合《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》选址要求。

参考《云南省固体废物污染环境防治条例》中选址要求，项目选址符合性见下表：

**表 4.3-2 与《云南省固体废物污染环境防治条例》中选址要求符合性**

序号	选址要求	项目情况	是否符合
1	第十四条：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，禁止建设工业固体废物、危险废物集中贮存、利用、处置的设施、场所和生活垃圾填埋场。	项目选址不涉及生态保护红线、永久基本农田及其他需要特别保护的区域。	符合

综上，项目符合《云南省固体废物污染环境防治条例》选址要求。

参考《地下水管理条例》中选址要求，项目选址符合性见下表：

**表 4.3-3 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
<b>第四十条</b>			
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、处理后排至小麦地尾矿库，最终回用于选厂生产，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	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	符合

	的污泥和处理后的污泥或者其他有毒有害物质。	设施产生的污泥等有害物质处置。	
3	利用无防渗漏措施的沟渠、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。	项目不涉及利用无防渗漏措施的沟渠、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。	符合
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
<b>第四十一条</b>			
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。	项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，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和跟踪监控方案。	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，且项目已制定了源头防控、过程控制、底部防渗、边坡防渗、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。	项目为浮选磷尾矿综合利用及生态修复项目，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及跟踪监控方案。	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。	项目已制定了多重地下水污染防治措施，保护地下水，降低地下水污染风险。	符合
<b>第四十二条</b>			
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，项目充填区不属于泉域保护范围，项目区为岩溶弱发育区，不属于岩溶强发育、存在较多落水洞和岩溶漏斗的区域。	符合
<p>综上，项目符合《地下水管理条例》中选址要求。</p> <p>项目为磷尾矿基生态修复材料充填及生态修复，属于《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）中“充填及回填料利用”，符合充填及回填料利用污染控制要求。</p>			

表 4.3-4 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 场址要求	该项目环保措施	是否符合
<b>8</b>	<b>充填及回填料利用污染控制要求</b>		
8.1	第 I 类工业固体废物可按下列途径进行充填或回填料作业： c) 尾矿、矿山废石等可在原矿开采区的矿井、矿坑等采空区中充填或回填料。	项目主要充填料磷尾矿基生态修复材料满足 I 类工业固废要求，先生崖项目充填区为磷矿石原矿开采区的矿坑，可用磷尾矿基生态修复材料进行充填。	符合
8.2	第 II 类一般工业固体废物以及不符合 8.1 条回填料或回填料途径的第 I 类一般工业固体废物，其回填料或回填料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。回填料或回填料活动结束后，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。	除磷尾矿基生态修复材料外，项目充填料主要为矿山废石、采矿剥离土。项目已按照要求“开展环境本底值调查”“环境风险评估”等工作，根据评价结果，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，对泌水收集池水质进行监测，及时了解充填区情况并开展土壤跟踪监测。	符合
8.3	不应在回填料物料中掺加除回填料作业所需要的添加剂之外的其他固体废物。	项目充填料主要为矿山废石、磷尾矿基生态修复材料、采矿剥离土，不掺杂其他固体废物，施工作业过程中严禁充填其他固体废物。	符合
8.4	一般工业固体废物回填料作业结束后应立即实施土地复垦(回填料地下的除外)，土地复垦应符合本标准 9.9 条的规定。	项目在充填结束后立即进行覆土，种植经济林，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)不得进行充填、回填料作业。	项目充填料主要为矿山废石、磷尾矿基生态修复材料、采矿剥离土，充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
<b>10</b>	<b>污染物监测要求</b>		
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，对废水水质进行检测。	符合

10.3	<p>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。</p>	<p>此次评价共设置了 5 座地下水污染监控井，其中上游 1 座、下游（东侧）2 座、北侧 1 座、西侧 1 座。地下水监测频次为每季度监测 1 次。当地下水水质连续 5 年不超出上游地下水水质或者所在区域地下水水质本底水平时可停止监测。</p>	符合
------	---	---	----

综上，项目符合《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）污染控制要求。

根据《昆明市海口林场先生崖生态修复项目环境风险评估报告》，项目选址未涉及地方部门划定的生态保护红线区域、永久基本农田集中区域或其它需要特定保护的区域内，以及法律法规规定的其它禁止建设区域内。不在活动断层、溶洞区、天然滑坡或泥石流影响区以及湿地等区域；不在集中式饮用水源保护区及汇水范围、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，符合选址评估的相关要求。

综上，项目场址符合《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》《云南省固体废物污染环境防治条例》《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》等选址要求，同时项目取得了《西山区生态修复治理方案联审联批表》，项目选址合理。

#### （2）管道合理性分析

项目管道沿线无自然保护区、风景名胜区、生态功能保护区等需特殊保护的环境敏感区，管道选址无明显的环境制约因素；管道沿线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；充填区不在集中式饮用水源保护区及汇水范围，管道主要沿现有道路铺设，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

### 5.1.1 生态环境保护措施

尽管本工程建设利用现有采空区，将减缓原有采空区对周边生态环境的影响，但由于项目的建设，尤其是建设期间，可能会影响到采空区周边的土地和植被，为了更好的保护生态环境，建议采取以下保护措施：

- (1) 合理布局施工总图，分区施工；
- (2) 严格控制施工作业面，采取水土保持措施，严禁越界施工；
- (3) 文明施工，严禁非法猎捕鸟类、兽类等野生动物；
- (4) 充填结束后，覆土 1m 并栽种植被。

### 5.1.2 地表水环境保护措施

#### (1) 影响分析

施工期废水主要为施工废水、雨水和施工人员少量生活污水。

生活污水产生量约 0.4m<sup>3</sup>/d，经 1m<sup>3</sup>临时沉淀池收集沉淀后回用于项目区洒水降尘，不外排。

施工废水主要为浓密脱水废水、充填区泌水废水、设备管道冲洗废水等，废水中所含污染物主要为 SS，脱水废水产生量约 6129.23m<sup>3</sup>/d，废水经溢流水池收集后部分用于絮凝剂稀释溶解、搅拌工序及设备管道冲洗，多余返回小麦地尾矿库，最终送回选厂用于生产，不外排。充填泌水量 169.62m<sup>3</sup>/d，废水经 600m<sup>3</sup>泌水收集池收集后返回小麦地尾矿库，最终送回选厂用于生产，不外排。设备管道冲洗废水产生量 2m<sup>3</sup>/d，废水进入充填区域蒸发损耗，不外排。综上所述，项目施工废水均不外排，对周围水环境影响较小。

项目充填胶结固化区域雨水经雨水沟收集后外排，充填施工区域雨水产生量约 226.96m<sup>3</sup>/d，经收集池收集后返回小麦地尾矿库，最终送回选厂用于生产，不外排，对周围水环境影响较小。

综上，项目施工期生活污水、施工废水、雨水均能得到有效处理，对周边水环境影响较小。

(2) 废水不外排的可行性和可靠性分析

①水质回用可行性

项目脱水使用絮凝剂与海口磷业浮选厂絮凝剂相同，pH 在 7-8 之间，脱水水质与海口磷业尾矿库回水水质相同，不会对海口磷业浮选厂工艺产生影响，项目脱水废水回用于海口磷业浮选厂可行。

项目充填泌水产生量约 169.62m<sup>3</sup>/d，pH 值约为 12，小麦地尾矿库正常库容达 1112 万 m<sup>3</sup>，回水系统具备较大的调蓄与缓冲能力，碱性泌水进入库区回水系统后，被大量脱水废水及库水迅速稀释、混合，根据海口磷业选矿工艺，尾矿库回水用于选矿生产时，通过 pH 调节剂调节至弱酸性，项目排水不会对浮选厂生产造成明显影响。根据云南磷化集团海口磷业有限公司情况说明，可以接纳该部分排水进入该公司回水系统。

综上，项目排水水质回用于选厂可行。

②水量回用可行性

项目废水依托海口磷业小麦地尾矿库及选厂，根据项目建设前后选厂及尾矿库水平衡对比图可知，项目实施前，尾矿渣浆直接进入小麦地尾矿库水量 2700000m<sup>3</sup>/a，尾矿库返回选厂水量 3081428m<sup>3</sup>/a，项目实施后，尾矿渣浆全部用于胶结充填，小麦地尾矿库返回选厂水量为 2335837.41m<sup>3</sup>/d，较之前减少 745590.59m<sup>3</sup>/a，选厂新鲜水用量由 1801914.4m<sup>3</sup>/a 增加至 2547504.99m<sup>3</sup>/a，项目实施不会对小麦地现有废水收集设施产生影响，项目实施后小麦地尾矿库回水量将减少，选厂新鲜水用量增加，项目废水可完全回用于选厂生产，不外排。

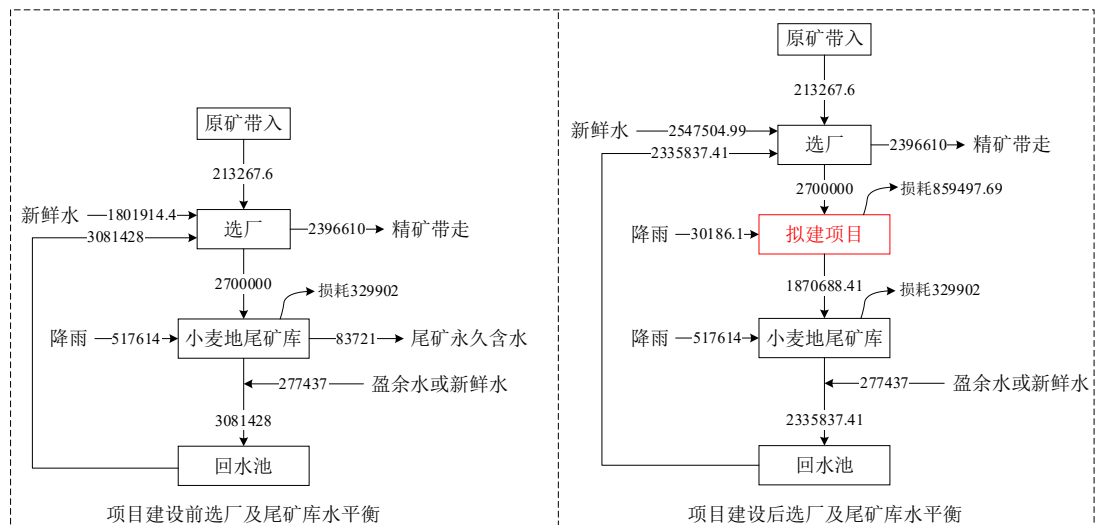


图 5.1-1 项目建设前后选厂及尾矿库水平衡对比图

单位：m<sup>3</sup>/a

### 5.1.3 地下水环境保护措施

#### 1、物料源头控制

(1) 为确保磷尾矿基生态修复材料质量，建设单位应确保磷尾矿原料满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020) I类要求。磷尾矿基生态修复材料胶结固化后污染物固化在胶结材料中，不会再释放。磷尾矿基生态修复材料按照《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》(HJ557-2010) 制备的浸出液中氟化物、磷酸盐(以P计)、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬的浓度满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020) 中界定的第I类一般工业固体废物的要求；

(2) 建设单位设专人管理磷尾矿基生态修复材料检测，并保留检测记录；

(3) 从源头起进行严格控制，加大监督力度，作业点必须设置检验点，防止其他垃圾及固废混入，在充填过程中也要检查，一旦发现其他垃圾及固废混入，应立即停止充填，确保其他垃圾及固废不得进入采空区充填。

#### 2、过程控制

##### (1) 分区防渗

充填区防渗采用 0.75m 压实粘土+400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布的两布一膜防渗层，底部防渗层施工结束后进行渗水试验，确保渗透系数满足  $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 。对充填区底部进行渗漏监控，在场地底部整平最低处设置在线渗漏监测系统，在膜下设置 23 个监控传感器(间隔 30.0m 网格布设)，在膜上设置 5 个发射接收传感器，传感器采用电缆连接，所有缆线汇总至场区平台上，接入信号中转装置。信号中转装置通过通讯线缆连接到监控室内。

泌水收集池、溢流水池防渗，渗透系数 $\leq 1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ，阻断废水下渗影响地下水，底部防渗层施工结束后进行渗水试验，确保渗透系数满足  $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 。

危废贮存库按《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023) 中防渗要求进行防渗设计，渗透系数 $\leq 10^{-10} \text{cm/s}$ 。

##### (2) 施工管理

①工程施工时严格按照工程设计要求进行，确保防渗层的施工质量，保证充填废水不泄漏；

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,防渗施工完毕后进行防渗性能检测,防渗膜热熔焊接搭接宽度 $\geq 100\text{mm}$ ,挤压焊接搭接宽度 $\geq 75\text{mm}$ ,对热熔焊接每条焊缝进行气压检测,合格率应为 100%;对挤压焊接每条焊缝应进行真空检测,合格率应为 100%。防渗工程验收合格后方可进行充填施工,施工结束后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告。

③委托有资质的监理单位,开展充填等工程的环境监理工作,对防渗工程的施工方式、材料性质等内容开展施工监理,并将其反映在监理月报中。

④施工严格按照堆填方案进行施工,落实好施工监理,确保充填堆体稳定、安全,规范施工。

⑤项目施工期间定期对生态修复材料制备站的所有设备进行校验与调试,包括 1~4#浓密机、1~2#固化剂仓仓、絮凝剂加药系统、空压机及输送管道等。重点校验浓密机的浓缩效率及液位控制精度,确保能稳定将原材料浓缩至约 65%浓度的膏体;校验水泥仓的计量系统,保证胶固材料添加量精准控制在约 5%。工艺系统在线监测设施,对制备过程中的关键指标进行 24 小时连续监测,重点监控原材料浓缩浓度(确保达到 65%)、固化剂添加量(精准控制约 5%),监测数据每小时记录一次,发现数据异常时立即启动预警机制,调整相关设备运行参数,直至指标恢复正常。

⑥安排专人对制备站设备运行状态进行巡查,巡查频次为每 30min 一次,重点检查浓密机、固化剂仓卸料装置、加药泵、空压机等关键设备的运行稳定性,查看管道有无泄漏、设备有无异常振动或异响。建立设备运行台账,记录设备运行参数、巡查情况及故障处理情况,确保设备始终处于良好运行状态。

⑦采用“定时抽样+随机抽样”相结合的方式对制备过程中的中间产品(膏体及生态修复材料)进行检测。每 2 小时进行一次定时抽样,每天至少进行 1 次随机抽样,检测指标包括膏体浓度、密度、水灰比等,检测发现中间产品质量不达标,立即停止该批次产品制备,排查问题原因(如原材料质量、设备参数偏差等),整改完成并经复检合格后,方可恢复生产。

⑧每 30000t 一批次抽样检测,磷尾矿基生态修复材料按照《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》(HJ557-2010)制备的浸出液中氟化物、磷酸盐

(以 P 计)、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬的浓度满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)中界定的第 I 类一般工业固体废物的要求;检测不合格的区域需挖除后,用移动拌和机拌固化剂重新处理,直至检测合格。

⑨每天对充填泌水进行 pH 值监测,通过 pH 值判断固化剂添加量是否满足要求。

### (3) 废水导排

①项目胶结充填胶结时间约 7-14 天,大雨天气停止充填,确保胶结充填体质量达标,分区充填之间采用碾压土石方构筑挡墙,形成横向阻隔,充填泌水收集后进入泌水收集池,泌水收集池三个月或者半年清理检测一次,确保收集池防渗效果。

②充填区外部修建截排水沟,有效降低雨季施工期间雨水汇入充填区,降低由于降雨形成的废水水量;

③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周边截洪沟或纵向排水沟相连。平台横向排水沟采用 C20 素混凝土结构,矩形断面,  $B \times H = 0.3 \times 0.4\text{m}$ , 两端坡度不小于 1%。

④在已堆存的边坡上设边坡纵向排水沟,纵向排水沟接入周边截洪沟。纵向坡面排水沟采用 C20 素混凝土结构,矩形断面,  $B \times H = 0.5 \times 0.6\text{m}$ , 纵向坡面排水沟根据堆填边坡情况,间距 100-200m 设置一条。

⑤在堆存完成的顶面设顶面排水沟,纵横间距 50m 设置一条,接入边坡纵向排水沟。顶面排水沟采用 C20 素混凝土结构,矩形断面,  $B \times H = 0.3 \times 0.4\text{m}$ 。

⑥设置 1 座泌水收集池,泌水收集池定期巡检,收集池采用  $400\text{g}/\text{m}^2$  土工布 +  $1.5\text{mm}$  HDPE 防渗膜进行防渗,阻断废水下渗,降雨形成废水进行回用处理。

⑦项目尾矿渣浆输送管选择 DN300 钢丝网骨架管,沿道路敷设;项目回水管道采用 DN300 的钢丝网骨架管。管道采用浅埋地布置,焊接连接。

⑧在尾矿及废水输送管道及沿线最低点设置  $150\text{m}^3$  的应急事故池,确保事故状态下管道内废水及尾矿浆完全收集于事故池内,避免废水及尾矿浆漫流至外环境。

#### (4) 表层覆土

充填后表层覆土，恢复为耕地、林地、草地的区域覆土，结合最终用地性质，应满足《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，恢复为农村道路的区域覆土需满足《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第二类用地要求，对覆土进行抽检，每 5 万 m<sup>3</sup>抽检 1 次，抽检次数不少于 10 次，经济林木养护严禁使用高毒高残留农药。

#### 3、跟踪监测措施

地下水监测将遵循以下原则：

①监测潜水含水层地下水；②上下游同步对比监测原则；③水质监测项目参照《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）相关要求和潜在污染源特征污染因子确定。监测结果应按项目有关规定及时建立档案（电子档及纸质档）备查。

项目周边分布有柳树箐渣库、小麦地尾矿库、玉铜汞尾矿库、曹家沟尾矿库、海口磷业采区、双哨生态修复区等潜在污染源，为避免周边污染源对监测井的水质影响，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，项目区周边及下游设置地下水监测井 5 座，根据《昆明市西山区海口林场先生崖矿坑生态修复水文地质调查报告》项目区出露地层为寒武系筇竹寺组（ $\epsilon_{1q}$ ）、寒武系渔户村组（ $\epsilon_{1y}$ ）及震旦系灯影组（ $Z_{bdn}$ ）碳酸盐岩岩溶裂隙含水层，项目充填主要影响为地下水含水层为寒武系筇竹寺组（ $\epsilon_{1q}$ ）碎屑岩裂隙水含水层及震旦系灯影组（ $Z_{bdn}$ ）碳酸盐岩岩溶裂隙含水层，则项目监测井监测层位为寒武系筇竹寺组（ $\epsilon_{1q}$ ）碎屑岩裂隙水含水层及震旦系灯影组（ $Z_{bdn}$ ）碳酸盐岩岩溶裂隙含水层。

在日常例行监测中，一旦发现地下水水质监测数据异常，尽快核查数据，确保数据的正确性。并将核查过的监测数据通告环保部门或专员，由专人负责对数据进行分析、核实，并密切关注生产设施的运行情况，为防止地下水污染采取措施提供正确的依据。

如发现异常或发生事故，加密监测频次，改为每周监测一次，并分析污染原因，确定泄漏污染源，及时采取应急措施。

### 5.1.4 大气环境保护措施

项目为利用采空区，进行磷尾矿基生态修复材料充填及经济林木种植，项目为分区网格作业，做好底部及侧壁防渗措施后开始施工，针对建设期扬尘防治，建设施工应遵守下列防尘规定：

- (1) 施工时，应当采取洒水、喷雾降尘等抑尘措施；
- (2) 充填材料生产区地面应当进行硬化等降尘处理。
- (3) 固化剂仓仓顶分别设置 1 台布袋除尘器处理；
- (4) 临时堆场当采取围挡、遮盖等防尘措施；
- (5) 运输车辆除泥、冲洗干净后方可驶出作业场所，不得使用空气压缩机等易产生扬尘的设备清理车辆、设备和物料的尘埃。
- (6) 施工机械尾气属于无组织排放，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，设备使用合格燃料，及时对运输车辆和施工机械进行维修保养，严禁带病作业。

根据《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》附表 2《固体物料堆存颗粒物产排污核算系数手册》，洒水对粉尘的控制效率约 74%，编织覆盖对粉尘的控制效率约 86%，出入车辆冲洗对粉尘的控制效率约 78%，项目采取的控制措施可行。

### 5.1.5 声环境保护措施

为了减轻本工程施工噪声的环境影响，建议采取以下控制措施：

- (1) 施工噪声
  - ①加强施工管理，合理布局，高噪声设备尽量昼间施工；
  - ②施工机械应尽可能放置于对场界外造成影响最小的地点；
  - ③高噪声设备设置减振设施，周围设置掩蔽物；
  - ④尽量压缩施工区域汽车数量和行车密度，控制汽车鸣笛；
  - ⑤做好劳动保护工作，让在噪声源附近操作的作业人员佩戴防护耳塞。

在采取相应措施并加以科学严格的管理下，根据国内多个文明施工现场的调查，施工期噪声对外环境造成的污染不大，且这种影响仅是暂时性的，随着

施工作业结束，影响将立即消失。

另外，项目施工期应在不影响施工质量的前提下，对有固定基座的设备应作单独地基处理，以减少地面振动与结构噪声的传递；规范操作，并加强对设备的维护保养，以维持其正常运转；对移动较少的噪声设备，可设于波形板制成的隔声围墙内。确保不会对周围居民产生扰民现象，并使施工场界噪声符合《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）中昼间<70dB(A)、夜间<55dB(A)的规定。

#### （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，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。

### 5.1.6 固体废物处置措施

施工期产生的固体废物主要为施工产生的土石方、废包装材料、施工人员生活垃圾、收集池沉渣及废机油。

施工期土石方约325905.29m<sup>3</sup>，全部用于场地平整及拦挡设施施工。

废弃设备包装材料产生量约0.2t，收集后外售综合利用。

施工期施工人员生活垃圾产生量20kg/d，经收集后清运至附近村庄垃圾收集点，由环卫部门清运处置；施工人员入厕固废经旱厕收集后委托环卫部门定期清掏。

施工期收集池沉渣产生量约1t/a，清掏后与尾矿一同用于充填。

施工期废机油产生量约0.2t/a，收集后暂存于危废贮存库，定期委托资质单位清运处置。

磷尾矿基生态修复材料制备生产线拆除后设备及构筑物外售综合利用。

### 5.1.7 土壤环境保护措施

（1）磷尾矿基生态修复材料按照《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》（HJ557-2010）制备的浸出液中氟化物、磷酸盐（以P计）、氨氮、化学需

氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬的浓度满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)中界定的第 I 类一般工业固体废物的要求。充填区采用 0.75m 压实粘土+400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布的两布一膜防渗层并配套渗漏监控系统,渗透系数 $\leq 1.0 \times 10^{-7}$ cm/s,设置了废水导排系统,及时对充填区废水进行导排,减少了废水泄漏的风险;同时项目废水经收集后排入下游泌水收集池后回用,不外排。泌水收集池进行防渗处理,泌水收集池采用 400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜进行防渗,渗透系数不大于  $1.0 \times 10^{-7}$ cm/s。

项目覆土来自海口磷业剥离土,恢复为耕地、林地、草地的区域覆土,结合最终用地性质,应满足《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,恢复为农村道路的区域覆土需满足《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)中第二类用地要求,对表层覆土进行抽检,每 5 万 m<sup>3</sup>抽检 1 次,抽检次数不少于 10 次,项目建设完成后开展土壤跟踪监测,每年一次,直到生态修复工程完成后,相关指标连续 3 年内,年均检测指标持续稳定。

(2)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,防渗施工完毕后进行防渗性能检测,防渗膜热熔焊接搭接宽度 $\geq 100$ mm,挤压焊接搭接宽度 $\geq 75$ mm,对热熔焊接每条焊缝进行气压检测,合格率应为 100%;对挤压焊接每条焊缝应进行真空检测,合格率应为 100%。防渗工程验收合格后方可进行充填施工,施工结束后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告。

在采取以上措施后,项目实施对该区域土壤结构改善有积极意义。

### 5.1.8 风险防范措施

入场磷尾矿基生态修复材料按照《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》(HJ557-2010)制备的浸出液中氟化物、磷酸盐(以 P 计)、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬的浓度满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)中界定的第 I 类一般工业固体废物的要求。落实充填区底部防渗、边坡防渗、顶部防渗、泌水收集池防渗、泌水导排

措施；在场地底部设置在线渗漏监测系统，监控防渗衬层完整性；设置施工质量管理措施，工程施工时严格按照设计要求进行，开展地下水跟踪检测；开展施工期环境监理；汛期前对排洪构筑物进行安全检查；对回填平台及拦挡设施进行安全检查；编制应急预案并定期演练。

### 5.1.9 施工期环境监理计划

项目具体环境监理计划见下表。

表 5.1-1 施工期环境监理计划一览表

环境问题	管理要求	实施机构	监督单位
空气污染	<p>1) 在场内主要运输道路及施工现场应配备洒水车，雾炮，定期定时洒水、喷雾降尘，以减少装卸、运输产生的扬尘。</p> <p>2) 遇大风天气，尽可能停止产生扬尘的作业。</p> <p>3) 土石方临时堆场防尘网覆盖。</p> <p>4) 运输车辆须以篷布遮盖，密闭运输。</p> <p>5) 固化剂仓仓顶分别设置 1 台布袋除尘器除尘。</p> <p>6) 每季度对项目区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。</p>	承建单位	
地表水污染	<p>充填修复区外围设置截排水沟，把充填修复区外围雨水排出修复区外。</p> <p>设置临时沉淀池及车辆高压冲洗设施 1 套，对运输车辆进行冲洗，避免带泥上路。</p> <p>设置临时沉淀池 1 座，对生活污水进行收集沉淀后回用。</p> <p>设置溢流水池两座，脱水废水经溢流水池收集后返回小麦地尾矿库，最终回用于选厂。溢流水池为钢结构，渗透系数<math>\leq 1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}</math>，定期检查发现泄漏及时修复。</p> <p>设置泌水收集池 1 座，充填泌水收集后返回小麦地尾矿库，最终回用于选厂。泌水收集池采用 400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜进行防渗，渗透系数<math>\leq 1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}</math>，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。</p> <p>设置雨水收集池 1 座，充填施工区雨水经潜水泵抽排至雨水收集池回用，胶结固化区域雨水通过截排水沟外排，雨水收集池采用 400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜进行防渗，渗透系数<math>\leq 1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}</math>，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。</p> <p>在搅拌机下方设置事故池，容积 36.75m<sup>3</sup>，收集池采用 C30 防渗混凝土浇筑，厚度 20cm 以上，渗透系数<math>\leq 1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}</math>，定期检查发现开裂及时修复。</p> <p>在尾矿输送管道及回水管道沿线最低点设置应急事故池，容积</p>	承建单位	监理单位

	150m <sup>3</sup> , 收集池采用 400g/m <sup>2</sup> 土工布+1.5mmHDPE 防渗膜进行防渗, 渗透系数≤1.0×10 <sup>-7</sup> cm/s, 定期检查发现破损及时修复。		
地下水污染	<p>底部防渗: 在充填区场地底部铺设 0.75m 厚压实粘土作为衬层, 压实粘土采用矿山剥离土进行筛分方式获得, 要求土干净、含沙量小、黏粘、粒径小于 0.05mm 的含量应超过 25%、塑性指数大于 15, 经压实措施处理后的压实度大于 0.92。衬层上铺设 400g/m<sup>2</sup> 土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布的两布一膜防渗层。</p> <p>边坡防渗: 对边坡进行危岩清理和整平, 然后沿边坡分层堆填压实粘土, 每次堆填高度 5m, 顶宽 2.0m, 堆填边坡 1:1, 在堆填的粘土层上铺设 400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布的两布一膜防渗层, 然后充填磷尾矿基生态修复材料。当本层堆填满, 把土工布和防渗膜折回库内, 然后在边坡位置堆填压实粘土, 再把防渗层从库内折回边坡, 循环铺设, 直至完成矿坑堆填。</p> <p>顶部防渗: 场地充填区在磷尾矿基生态修复材料充填完成后, 为防止雨水下渗进入堆体, 在堆体顶部设置防渗层, 采用 HDPE 防渗膜防渗; 首先整平堆填区表层, 形成不小于 2%的排水坡度, 再铺设防渗层, 采用 1.0mmHDPE 复合防渗膜 (200g/m<sup>2</sup>土工布+1.0mmHDPE 防渗膜+200g/m<sup>2</sup>土工布), 然后覆土。</p> <p>拦挡设施防渗: 拦挡设施内坡铺设 400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布的两布一膜防渗层。</p> <p>溢流水池为钢结构, 渗透系数≤1.0×10<sup>-7</sup>cm/s, 定期检查发现泄漏及时修复。</p> <p>雨水收集池、泌水收集池及应急事故池采用 400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜进行防渗, 渗透系数≤1.0×10<sup>-7</sup>cm/s, 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。</p> <p>磷石膏基生态修复材料生产线地面硬化。</p> <p>防渗漏监测: 为保证防渗效果, 监测底部防渗层的防渗性能, 根据项目情况, 对充填区底部进行渗漏监控, 主要在场地底部整平最低处设置在线渗漏监测系统, 在膜下设置 23 个监控传感器 (间隔 30.0m 网格布设), 在膜上设置 5 个发射接收传感器, 传感器采用电缆连接, 所有缆线汇总至场区平台上, 接入信号中转装置。信号中转装置通过通讯线缆连接到监控室内。</p>	承建单位	
噪声污染	<p>1) 严格执行噪声标准以防止建筑工人受噪声侵害, 靠近高噪声源的工人将进行劳动保护, 并限制工作时间。</p> <p>2) 加强对机械和车辆的维护保养, 使它们保持较低的噪声。</p> <p>3) 固定设备设置减振垫。</p>	承建单位	
固废污染	<p>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。</p> <p>施工期设置旱厕, 旱厕粪便定期清掏。</p> <p>设备废弃包装料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。</p> <p>施工期场地清理及边坡整治产生的土石方用于场平整, 部分临</p>	承建单位	

	时堆存于项目区南侧，后期用于分区充填拦挡设施建设。 泌水收集池的沉渣，用于充填区充填。 新建危废贮存库，面积 2m <sup>2</sup> 。		
修复材料检测	委托专业检测机构对磷尾矿基生态修复充填材料进行检测，确保生态修复材料满足充填要求，禁止充填不合格材料。	承建单位	
土壤检测	委托专业检测机构对覆土进行检测，确保覆土满足要求，禁止充填不合格覆土。	承建单位	
充填	充填过程严格按照实施方案进行，禁止超高充填。	承建单位	
生态环境	1) 尽量减少填挖土方。 2) 加强施工人员的环境保护教育，严禁随意排放废物和破坏植被。 3) 项目施工期应严格控制施工范围，尽量减少对地表的扰动面积。	承建单位	
社会环境	1) 做好现场施工人员的保护措施，对操作高噪声设备的施工人员及时轮换； 2) 对施工人员做好劳保措施。	承建单位	
施工场地	1) 在施工场地采取足够的措施，如提供垃圾箱和卫生处理设施，建临时旱厕等。 2) 垃圾收集在固定场所的垃圾箱内，并定期清理。	承建单位	
水土流失	1) 施工期间严格规范施工车辆、机械行驶路线，严禁随意行驶破坏施工区外原有植被和扰动地表土壤； 2) 对施工场地进行合理规划，对于平整场地产生的土方，应采取临时防护措施； 3) 场区内空地应及时进行植草绿化，防止土层裸露造成水土流失； 4) 严禁在大雨天气下施工； 5) 对于场区周围边坡应及时施工护坡、及时绿化，缩短裸土暴露时间，发挥树草固土保水功能，防止雨水冲刷和风化造成的滑坡；	承建单位	
事故风险	1) 为保证施工安全，在施工道路上安装有效照明设备和安全信号。 2) 将采用有效的安全和警告措施，以减少事故。	承建单位	
交通运输	1) 将尽可能利用当地施工材料，以避免施工材料的长途运输，特别是土石方及耕植土。	承建单位	
环境计划管理	环境方案的实施情况，包括项目区环境整治、场区绿化、环保治理方案的落实情况等。	建设单位	
环境监测管理	布设地下水及土壤监测。	建设单位	

### 5.1.9 环境监测计划

参考《改性磷石膏用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》(DB53/T1269-2024)、《磷石膏利用和无害化贮存污染控制技术规范》(HJ1415-2025)并结合

项目特点，项目具体监测计划见下表。

表 5.1-2 项目环境监测计划一览表

时期	监测对象	监测点	监测内容	监测频率	执行标准
施工期	生态修复材料	生态修复材料	氟化物、磷酸盐（以 P 计）、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬。连续 2 周监测结果均满足限值要求时，在磷尾矿来源及投加量稳定的前提下，监测指标可减少为 pH、氟化物、磷酸盐，后续每月开展 1 次全指标监测。若在此期间监测结果超出规定限值或磷尾矿来源发生变化，或利用活动中断 3 个月以上，则监测指标重新调整为全指标，依次重复。	以 30000t 为一批次，每一批次均需检测	按照《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》（HJ557-2010）制备的浸出液中氟化物、磷酸盐（以 P 计）、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬的浓度满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）中界定的第 I 类一般工业固体废物的要求。
	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	《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）。
	表层覆土	项目表层覆土	pH、镉、汞、砷、铜、铅、铬、镍、锌。	覆土抽检，每 5 万 m <sup>3</sup> 抽检 1 次，抽检次数不少于 10 次。	恢复为耕地、林地、草地的区域覆土，结合最终用地性质，应满足《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，恢复为农村道路的区域覆土需满足《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第二类用地要求。
	充填泌水	泌水收集池	pH 值	每天 1 次	/
	地下	5 座地	pH、氟化物、磷酸盐	每季度 1 次	《地下水质量标准》

运营期	水	下水监控井	(以 P 计)、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬。		(GB/T14848-2017) III 类标准。
	地下水	5 座地下水监控井	pH、氟化物、磷酸盐(以 P 计)、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬。	每季度监测 1 次。当地下水水质连续 5 年不超出上游地下水水质或者所在区域地下水水质本底水平时可停止监测。	/
	土壤	项目区 2 个点, 项目周边 100m 范围 4 个点	pH、镉、汞、砷、铜、铅、铬、镍、锌。	每年一次, 直到生态修复工程完成后, 相关指标连续 3 年内, 年均检测指标持续稳定	恢复为耕地、林地、草地的区域覆土, 结合最终用地性质, 应满足《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, 恢复为农村道路的区域覆土需满足《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)中第二类用地要求。
	生态	植物成活率达到 93%以上; 地表植物覆盖度应达到 85%以上, 且疏密相当, 层次变化分明。撒草籽成活率达到 98%以上。			

## 5.2 运营期生态环境保护措施

### 5.2.1 水环境保护措施

(1) 修复完成后, 地下水监测系统继续运行, 地下水监测频次为每季度监测 1 次, 当地下水水质连续 5 年不超出上游地下水水质或者所在区域地下水水质本底水平时可停止监测。

### 5.2.2 生态环境保护措施

(1) 后期应制定保护养护管理制度。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。

运营期生态环境保护措施

(3) 完工检验时发现不符合规定者，应立即换植。查验时发现梢端枯萎，有严重病虫害、折害等立即换掉，发现枯死、半枯应换植。

#### (4) 绿化工程养护灌溉措施

项目施工结束后泌水收集池、雨水收集池保留，收集项目区雨水用于旱季灌溉，根据《云南省地方标准 用水定额》，绿化用水量约  $3\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{次}$ ，项目绿化面积  $482175.09\text{m}^2$ ，则绿化用水量  $1446.53\text{m}^3/\text{次}$ ，绿化用水来源于雨水收集池收集的雨水，不足部分通过罐车运输至项目区。

(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，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  $100\text{g}/\text{株}$ ，保水剂  $10\text{g}/\text{株}$ 。草籽为直接抛撒，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。

### 5.2.3 环境风险防范措施

(1) 严格按照地下水污染防治措施执行；

(2) 充填体环境风险防范

#### 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。保留巡查记录。

②充填平台安全监测

充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。保留监测记录。

③编制应急预案并定期演练

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

在发生泄漏情况立即启动应急方案，对下游污染监控井进行抽水，抽排至泌水收集池或者槽车及时处理，降低影响。

### 5.2.4 运营期环境监理计划

项目具体环境监理计划见下表。

表 5.2-1 项目运营期环境监督管理计划

监督管理计划	监督管理内容	实施单位	监督单位
环境监测管理	地下水及土壤监测。	建设单位	监理单位
生态环境管理	定期检查受影响范围内生态系统的动态变化情况。	建设单位	

其他

无。

### 5.4.1 环保投资

项目总投资 39461.54 万元，其中环保投资 6464.58 万元，占总投资的 16.38%，环保投资明细见下表。

表 5.4-1 环保工程设施投资估算表

序号	项目	主要环保措施	估算投资 (万元)	
施工期环保投资				
1	废水	充填泌水	600m <sup>3</sup> (20m×20m×1.5m) 泌水收集池 1 个及配套收集设施	25.82
		脱水废水	340m <sup>3</sup> (Φ6m×12m) 溢流水池 2 个	30
		车辆冲洗	临时沉淀池 1 个，容积 3m <sup>3</sup> (3m×2m×0.5m)	3
		雨水	2100m <sup>3</sup> (48m×28m×2m) 雨水收集池 1 个	90.38

环保投资

		生活污水	1m <sup>3</sup> (1m×1m×1m) 临时沉淀池 1 个	2
		管道事故池	150m <sup>3</sup> (10m×5m×3m) 事故池 1 个	20
		搅拌机事故池	搅拌机下方设置事故池, 容积 36.75m <sup>3</sup>	5
2	废气	施工扬尘、道路扬尘、装卸扬尘	洒水降尘、喷雾降尘、篷布遮盖、防尘网覆盖	15
		固化剂仓废气	袋式除尘器 2 套	5
3	固废	生活垃圾	集中收集后清运至村镇垃圾收集点, 入厕固废旱厕收集后委托定期清掏	2
		危险废物	2m <sup>2</sup> 危险废物贮存库	5
4	噪声	噪声	合理布局、隔声减振	5
5	地下水	防渗及监控	底部及边坡采用 0.75m 压实粘土+400g/m <sup>2</sup> 土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m <sup>2</sup> 土工布的两布一膜防渗层, 充填泌水设置泌水收集抽排系统, 抽排至泌水收集池。 充填区底部设置渗漏监控系统。 顶部采用 1.0mmHDPE 复合防渗膜。 地下水监测井 (监测层位为寒武系筇竹寺组 (ε <sub>1q</sub> ) 碎屑岩裂隙水含水层及震旦系灯影组 (Z <sub>6dn</sub> ) 碳酸盐岩岩溶裂隙含水层)。	4599.62
		生态修复材料分批监测	生态修复材料监测	65
6	监测	噪声监测、大气监测、地下水监测、土壤跟踪监测、充填泌水监测	噪声监测、大气监测、地下水监测、土壤跟踪监测、充填泌水监测	30
7	生态	林木种植	覆土及经济林种植	1476.76
运营期环保投资				
1	生态	植被养护、管理	植被养护、管理	20
2	监测	跟踪监测	地下水、土壤跟踪监测	15
环境管理投资				
1			环境监理	30
2			竣工环保验收	20
合计				6464.58

## 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	通过采用采空区充填的方式对矿区进行地灾治理及生态修复,种植乔木:大果红杉、云南松、红桦、尖叶木樨榄;草本:白三叶草、紫花苜蓿草;爬藤植物:爬山虎、常春藤等。	恢复林地 455948m <sup>2</sup> ,耕地 6969m <sup>2</sup> ,草地 12466m <sup>2</sup> ,农村道路 6792m <sup>2</sup> ,苗木和草籽购买合同。	/	植物成活率达到 93%以上;地表植物覆盖度应达到 85%以上,且疏密相当,层次变化分明。撒草籽成活率达到 98%以上。
水生生态	/	/	/	/
地表水环境	生活污水经 1m <sup>3</sup> 临时沉淀池收集沉淀后回用于项目区洒水降尘,不外排。	临时沉淀池,容积 1m <sup>3</sup> 。	/	项目运营期顶部覆膜后无废水产生,若有废水产生则运回到厂区回用于生产线。
	浓密脱水废水经容积 340m <sup>3</sup> 的溢流水池收集后部分用于絮凝剂稀释溶解、搅拌工序及设备管道冲洗,多余返回小麦地尾矿库,最终送回选厂用于生产,不外排。	溢流水池 2 个,容积 340m <sup>3</sup> /个;泌水收集水池 1 个,容积 600m <sup>3</sup> ;充填区雨水收集池 1 个,容积 2100m <sup>3</sup> 。		
	充填泌水经容积 600m <sup>3</sup> 的泌水收集池收集后返回小麦地尾矿库,最终送回选厂用于生产,不外排。			
	设备管道冲洗废水进入充填区域蒸发损耗,不外排。 充填区雨水经雨水收集池收集后由回水管线送至小麦地尾矿库。最终回用于选厂生产。			
	车辆冲洗废水经收集沉淀后回用。	设置 3m <sup>3</sup> 临时沉淀池 1 个		
地下水及土壤环境	1、物料源头控制 (1) 为确保磷尾矿基生态修复材料质量,建设单位应确保磷尾矿原料满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020) I 类要求。磷尾矿基生态修复材料胶结固化后污染物固化在胶结材料中,不会再释放。磷尾矿基生态修复材料按照《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》(HJ557-2010) 制备的浸出液中氟化	①防渗膜防渗系数达到 10 <sup>-7</sup> 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,	地下水跟踪监测,直至水质稳定	废水全部回用,不外排。地下水质量满足《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III 类标准。

	<p>物、磷酸盐（以 P 计）、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬的浓度满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）中界定的第 I 类一般工业固体废物的要求；</p> <p>（2）建设单位设专人管理充填料检测，并保留监测记录；</p> <p>（3）从源头起进行严格控制，加大监督力度，作业点必须设置检验点，防止其他垃圾及固废混入，在充填过程中也要检查，一旦发现其他垃圾及固废混入，应立即停止充填，确保其他垃圾及固废不得进入采空区充填。</p> <p>2、过程控制</p> <p>（1）分区防渗</p> <p>充填区防渗采用 0.75m 压实粘土+400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布的两布一膜防渗层，底部防渗层施工结束后进行渗水试验，确保渗透系数满足 <math>1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}</math>。对充填区底部进行渗漏监控，在场地底部整平最低处设置在线渗漏监测系统，在膜下设置 23 个监控传感器（间隔 30.0m 网格布设），在膜上设置 5 个发射接收传感器，传感器采用电缆连接，所有缆线汇总至场区平台上，接入信号中转装置。信号中转装置通过通讯线缆连接到监控室内。</p> <p>泌水收集池、溢流水池防渗，渗透系数 <math>\leq 1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}</math>，阻断废水下渗影响地下水，底部防渗层施工结束后进行渗水试验，确保渗透系数满足 <math>1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}</math>。</p> <p>危废贮存库按《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中防渗要求进行防渗设计，渗透系数 <math>\leq 10^{-10} \text{cm/s}</math>。</p> <p>（2）施工管理</p> <p>①工程施工时严格按照工程设计要求进行，确保防渗层的施工质量，保证充填废水不泄漏；</p> <p>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，防渗施工完毕后进行防渗性能检测，</p>	<p>防渗膜铺设施工竣工验收报告。</p> <p>②充填区防渗采用 0.75m 压实粘土+400g/m<sup>2</sup>土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m<sup>2</sup>土工布的两布一膜防渗层。充填区底部设置渗漏监控系统。</p> <p>③危险废物贮存库按《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中重点防渗区防渗要求进行防渗设计，渗透系数 <math>\leq 10^{-10} \text{cm/s}</math>。</p> <p>④地下水监测每季度监测 1 次；出具监测报告，检测结果满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类标准。</p> <p>⑤施工质量是否保证，防渗衬层是否完整。</p> <p>⑥充填材料监测报告。</p> <p>⑦恢复为耕地、林地、草地的区域覆土，结合最终用地性质，应满足《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，恢复为农村道路的区</p>		
--	---	--	--	--

	<p>防渗膜热熔焊接搭接宽度<math>\geq 100\text{mm}</math>，挤压焊接搭接宽度<math>\geq 75\text{mm}</math>，对热熔焊接每条焊缝进行气压检测，合格率应为 100%；对挤压焊接每条焊缝应进行真空检测，合格率应为 100%。防渗工程验收合格后方可进行充填施工，施工结束后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告。</p> <p>③委托有资质的监理单位，开展充填等工程的环境监理工作，对防渗工程的施工方式、材料性质等内容开展施工监理，并将其反映在监理月报中。</p> <p>④施工严格按照堆填方案进行施工，落实好施工监理，确保充填堆体稳定、安全，规范施工。</p> <p>⑤项目施工期间定期对生态修复材料制备站的所有设备进行校验与调试，包括 1~4#浓密机、1~2#固化剂仓库、絮凝剂加药系统、空压机及输送管道等。重点校验浓密机的浓缩效率及液位控制精度，确保能稳定将原材料浓缩至约 65%浓度的膏体；校验水泥仓的计量系统，保证胶固材料添加量精准控制在约 5%。工艺系统在线监测设施，对制备过程中的关键指标进行 24 小时连续监测，重点监控原材料浓缩浓度（确保达到 65%）、固化剂添加量（精准控制约 5%），监测数据每小时记录一次，发现数据异常时立即启动预警机制，调整相关设备运行参数，直至指标恢复正常。</p> <p>⑥安排专人对制备站设备运行状态进行巡查，巡查频次为每 30min 一次，重点检查浓密机、固化剂仓卸料装置、加药泵、空压机等关键设备的运行稳定性，查看管道有无泄漏、设备有无异常振动或异响。建立设备运行台账，记录设备运行参数、巡查情况及故障处理情况，确保设备始终处于良好运行状态。</p> <p>⑦采用“定时抽样+随机抽样”相结合的方式对制备过程中的中间产品（膏体及生态修复材料）进行检测。每 2 小时进行一次定时抽样，每天至少进行 1</p>	<p>域覆土需满足《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第二类用地要求。</p> <p>⑧是否按要求设置应急池。</p> <p>⑨充填泌水监测报告。</p>	
--	---	---	--

	<p>次随机抽样，检测指标包括膏体浓度、密度、水灰比等，检测发现中间产品质量不达标，立即停止该批次产品制备，排查问题原因（如原材料质量、设备参数偏差等），整改完成并经复检合格后，方可恢复生产。</p> <p>⑧每 30000t 一批次抽样检测，磷尾矿基生态修复材料按照《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》（HJ557-2010）制备的浸出液中氟化物、磷酸盐（以 P 计）、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬的浓度满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）中界定的第 I 类一般工业固体废物的要求；检测不合格的区域需挖除后，用移动拌和机拌固化剂重新处理，直至检测合格。</p> <p>⑨每天对充填泌水进行 pH 值监测，通过 pH 值判断固化剂添加量是否满足要求。</p> <p>（3）废水导排</p> <p>①项目胶结充填胶结时间约 7-14 天，大雨天气停止充填，确保胶结充填体质量达标，分区充填之间采用碾压土石方构筑挡墙，形成横向阻隔，充填泌水收集后进入泌水收集池，泌水收集池三个月或者半年清理检测一次，确保收集池防渗效果。</p> <p>②充填区外部修建截排水沟，有效降低雨季施工期间雨水汇入充填区，降低由于降雨形成的废水水量；</p> <p>③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周边截洪沟或纵向排水沟相连。平台横向排水沟采用 C20 素混凝土结构，矩形断面，<math>B \times H = 0.3 \times 0.4m</math>，两端坡度不小于 1%。</p> <p>④在已堆存的边坡上设边坡纵向排水沟，纵向排水沟接入周边截洪沟。纵向坡面排水沟采用 C20 素混凝土结构，矩形断面，<math>B \times H = 0.5 \times 0.6m</math>，纵向坡面排水沟根据堆填边坡情况，间距 100-200m 设置一条。</p>		
--	---	--	--

	<p>⑤在堆存完成的顶面设顶面排水沟，纵横间距 50m 设置一条，接入边坡纵向排水沟。顶面排水沟采用 C20 素混凝土结构，矩形断面，<math>B \times H = 0.3 \times 0.4m</math>。</p> <p>⑥设置 1 座泌水收集池，泌水收集池定期巡检，收集池采用 <math>400g/m^2</math> 土工布 + <math>1.5mm</math> HDPE 防渗膜进行防渗，阻断废水下渗，降雨形成废水进行回用处理。</p> <p>⑦项目尾矿渣浆输送管选择 DN300 钢丝网骨架管，沿道路敷设；项目回水管道采用 DN300 的钢丝网骨架管。管道采用浅埋地布置，焊接连接。</p> <p>⑧在尾矿及废水输送管道及沿线最低点设置 <math>150m^3</math> 的应急事故池，确保事故状态下管道内废水及尾矿浆完全收集于事故池内，避免废水及尾矿浆漫流至外环境。</p> <p>（4）表层覆土</p> <p>充填后表层覆土，恢复为耕地、林地、草地的区域覆土，结合最终用地性质，应满足《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，恢复为农村道路的区域覆土需满足《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第二类用地要求，对覆土进行抽检，每 5 万 <math>m^3</math> 抽检 1 次，抽检次数不少于 10 次。经济林木养护严禁使用高毒高残留农药。</p> <p>4、跟踪监测措施</p> <p>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，项目所在区域地下水流向总体由西至东，本次评价共布设 5 座地下水污染监控井，其中上游 1 座、下游（东侧）2 座、北侧 1 座、西侧 1 座，确保对充填区、泌水收集池渗漏情况及时跟踪监测，避免对下游造成影响。</p> <p>地下水监测将遵循以下原则：</p> <p>①监测潜水含水层地下水；②上下游同步对比监测原则；③水质监测项目参照《地下水质量标准》（GB/T14848-</p>		
--	---	--	--

	<p>2017) 相关要求和潜在污染源特征污染因子确定。监测结果应按项目有关规定及时建立档案(电子档及纸质档)备查。</p> <p>在日常例行监测中,一旦发现地下水水质监测数据异常,尽快核查数据,确保数据的正确性。并将核查过的监测数据通告环保部门或专员,由专人负责对数据进行分析、核实,并密切关注生产设施的运行情况,为防止地下水污染采取措施提供正确的依据。</p> <p>如发现异常或发生事故,加密监测频次,改为每周监测一次,并分析污染原因,确定泄漏污染源,及时采取应急措施。</p>			
声环境	<p>①加强施工管理,合理布局,高噪声设备尽量昼间施工;</p> <p>②施工机械应尽可能放置于对场界外造成影响最小的地点;</p> <p>③高噪声设备设置减振设施,周围设置掩蔽物;</p> <p>④尽量压缩施工区域汽车数量和行车密度,控制汽车鸣笛;</p> <p>⑤做好劳动保护工作,让在噪声源附近操作的作业人员佩戴防护耳塞。</p> <p>⑥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,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。</p>	<p>每季度对施工场界噪声进行监测,场界噪声达到《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)要求,提供噪声监测报告。</p>	/	/
振动	/	/	/	/
大气环境	<p>(1)施工时,应当采取洒水、喷雾降尘等抑尘措施;</p> <p>(2)充填材料生产区地面应当进行硬化等降尘处理。</p> <p>(3)固化剂仓仓顶设置布袋除尘器处理;</p> <p>(4)临时堆土场当采取围挡、遮盖等防尘措施;</p> <p>(5)运输车辆在除泥、冲洗干净后方</p>	<p>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<math>\leq 1\text{mg}/\text{m}^3</math>,提供</p>	/	/

	可驶出作业场所，不得使用空气压缩机等易产生扬尘的设备清理车辆、设备和物料的尘埃。	厂界颗粒物监测报告。		
固体废物	<p>施工期土石方临时堆存于项目区南侧，后期用于分区充填拦挡设施修建。废弃设备包装材料收集后外售综合利用。</p> <p>施工期施工人员生活垃圾经收集后清运至附近村庄垃圾收集点，由环卫部门清运处置；施工人员入厕固废经旱厕收集后委托环卫部门定期清掏。</p> <p>施工期收集池沉渣清掏后与尾矿一同用于充填。</p> <p>施工期废机油收集后暂存于危废贮存库，定期委托资质单位清运处置。</p> <p>磷尾矿基生态修复材料制备生产线拆除后设备及构筑物外售综合利用。</p>	固废得到妥善合理处置，固废清运记录及台账，危废处置合同及转移联单。	/	/
电磁环境	/	/	/	/
环境风险	<p>入场磷尾矿基生态修复材料按照《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》（HJ557-2010）制备的浸出液中氟化物、磷酸盐（以 P 计）、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬的浓度满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）中界定的第 I 类一般工业固体废物的要求。落实充填区底部防渗、边坡防渗、顶部防渗、泌水收集池防渗、泌水导排措施；在场地底部设置在线渗漏监测系统，监控防渗衬层完整性；设置施工质量管理措施，工程施工时严格按照设计要求进行，开展地下水跟踪检测；开展施工期环境监理；汛期前对排洪构筑物进行安全检查；对回填平台及拦挡设施进行安全检查；编制应急预案并定期演练。</p>	<p>①磷尾矿基生态修复材料检测报告；</p> <p>②防渗工程合格材料；</p> <p>③施工期环境监测报告；</p> <p>④应急预案及演练材料；</p> <p>⑤地下水检测报告。</p>	地下水跟踪监测，直至水质稳定	<p>废水全部回用，不外排。</p> <p>地下水质量满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类标准。</p>
环境监测	<p>①施工期大气例行监测，每季度一次；</p> <p>②施工期噪声监测，每季度一次；</p> <p>③项目覆土监测，定期抽检，每 5 万 m<sup>3</sup>抽检 1 次，抽检次数不少于 10 次；</p> <p>④生态修复材料监测，每 30000t 一批次，磷尾矿基生态修复材料按照《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡</p>	提供大气、噪声、地下水、耕植土、生态修复材料、充填泌水监测报告。	<p>①地下水跟踪监测，每季度监测 1 次。</p> <p>②土壤跟踪监</p>	<p>①地下水跟踪监测，每季度监测 1 次，当地下水水质连续 5 年不超出上游地下水水质或者所在区</p>

	<p>法》(HJ557-2010)制备的浸出液中氟化物、磷酸盐(以P计)、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总汞和总铬的浓度满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)中界定的第I类一般工业固体废物的要求;</p> <p>⑤地下水跟踪监测,每季度监测1次。</p> <p>⑥每天对充填泌水进行pH值监测。</p>		<p>测,每年一次。</p>	<p>域地下水水质本底水平时可停止监测。</p> <p>②土壤跟踪监测,每年一次,直到生态修复工程完成后,相关指标连续3年内,年均检测指标持续稳定。</p>
<p>其他</p>	<p>提供施工期环境监理总结报告,防渗工程施工竣工验收报告,项目竣工验收报告。</p>			

## 七、总结论

项目建设符合国家产业政策，场址不涉及环境敏感区，项目不在当地生态红线范围内。项目所在地环境质量现状较好，项目实施不存在重大环境制约因素。经预测及评价分析，项目建设过程中对环境有一定的的不利影响，采取措施后影响较小，项目实施完成后有利于区域生态环境改善，提高海口低品位磷矿的资源综合利用率，有利于云南省磷化工绿色发展、固废资源化综合利用，对周围地表水环境、地下水环境影响较小，项目的建设不会改变区域环境功能。

本次评价认为，项目在认真落实环评和设计所提污染治理措施及生态保护措施，加强环境管理，环境风险可控，从环境保护角度，项目的建设可行。