

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: 2025 年 8 月

中华人民共和国生态环境部制

目录

一、建设项目基本情况	1
二、建设内容	25
三、生态环境现状、保护目标及评价标准	88
四、生态环境影响分析	116
五、主要生态环境保护措施	163
六、生态环境保护措施监督检查清单	174
七、总结论	182

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	2405-530112-04-01-816377														
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 ² ）/长度（km）	482175.09												
建设性质	☒ 新建（迁建） ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 技术改造	建设项目申报情形	☒ 首次申报项目 ☐ 不予批准后再次申报项目 ☐ 超五年重新审核项目 ☐ 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）	2405-530112-04-01-816377												
总投资（万元）	39461.54	环保投资（万元）	2204												
环保投资占比（%）	7.20	施工工期	72 个月（养护期 12 个月）												
是否开工建设	☒ 否 ☐ 是：_____														
专项评价设置情况	项目专项评价判定如下。 表 1-1 项目专项评价判定表 <table border="1"> <thead> <tr> <th>专项评价类别</th><th>涉及项目类别</th><th>项目情况</th><th>是否设置</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>地表水</td><td>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</td><td>不涉及</td><td>否</td></tr> <tr> <td>地下水</td><td>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</td><td>不涉及</td><td>否</td></tr> </tbody> </table>			专项评价类别	涉及项目类别	项目情况	是否设置	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
专项评价类别	涉及项目类别	项目情况	是否设置												
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	是
	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。 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。 综上，项目不设专项评价。			
规划情况	无。			
规划环境影响评价情况	无。			
规划及规划环境影响评价符合性分析	无。			
其他符合性分析	1.1 产业政策符合性分析 根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 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。

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。

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

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：

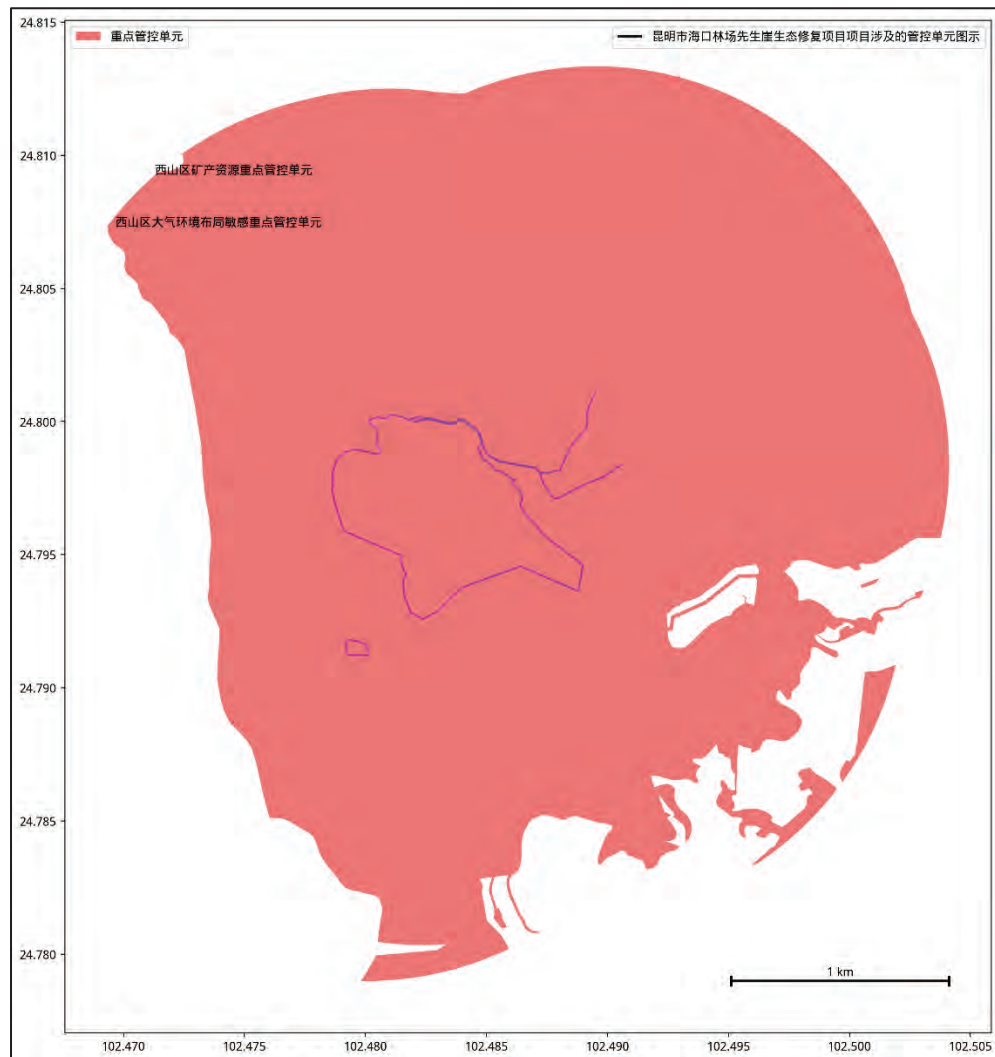


图 1.2-1 项目与昆明市生态环境分区管控动态更新方案（2023 年）位置关系

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
生态保护红线	生态保护红线全面与《昆明市国土空间总体规划（2021-2035 年）》衔接，全市生态保护红线面积 4274.70km ² ，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 ² ，占国土空间面积的 24.37%，较原有面积占比增加 2.45%。	根据西山区自然资源局查询意见，项目范围不涉及生态保护红线，位于城镇开发边界外。	符合
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 _{2.5} ）浓度不高于 24μg/m ³ ，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回填及生态修复，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、回填施工区雨水、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	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	项目属于磷尾矿基生态修复材料回填	符合

	利用上线	“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。		及生态修复，在原有采空区范围内实施，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。	
	西山区大气环境布局敏感重点管控单元	空间布局约束	1.严格限制排放二氧化硫和氮氧化物的企业入驻。 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的企业入驻。	项目符合国家及云南省产生政策，不排放二氧化硫和氮氧化物。	符合
		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。	项目回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	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，项目对先生崖采空区进行回填后种植经济林木，符合生态修复工作要求。	符合

			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。		
	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。 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。 4.矿山企业应当按照“谁开发、谁保护、谁破坏、谁治理”的原则。 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。	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修复,项目不排放重金属,项目完成后将新增林地指标,同时提高磷尾矿综合利用率。	符合	
	环境风险防控	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。 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“单元一厂区一园区/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。	项目设置危险废物暂存间,暂存间按《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,按照要求编制突发环境事件应急预案。	符合	
	资源开发效率要求	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。 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	项目不属于矿山开采,项目废水全部回用,不外排,项目利用磷尾矿基生态修复材料回填采空区,场地清理产生的土石方全部回用于场地平整。	符合	

		垦边归还采矿用地模式,推广节能减排绿色采选冶技术。 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。 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。 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。	
--	--	---	--

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、回填工程、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。

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、回填工程、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 482175.09m²。采空区回填及生态修复后，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及设施。	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、经济林改善；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，项目不在金沙江干流、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，不设置废水排放口。	
	8	禁止在金沙江干流、长江一级支流、水生生物保护区和长江流域禁捕水域开展天然渔业资源生产性捕捞。	项目为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、耗能高排放项目，不属于高毒高残留以及对环境影响大的农药原药生产项目。	符合

综上，项目与《云南省长江经济带发展负面清单指南实施细则》不冲突。

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

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

项目通过采用采空区回填的方式对矿区进行地灾治理及生态修复，生态修复面积 482175.09m²，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《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，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 1.7-1 与《地下水管理条例》符合性分析

序号	条例规定	项目情况	符合性
第四十条			
1	利用渗井、渗坑、裂隙、溶洞	项目不涉及利用渗井、渗坑、裂隙、	符合

		以及私设暗管等逃避监管的方式排放水污染物。	溶洞以及私设暗管等逃避监管的方式排放水污染物，项目施工废水经收集、处理后回用于选厂生产，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
	第四十一条			
	1	兴建地下工程设施或者进行地下勘探、采矿等活动，依法编制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。	项目已制定了相应的地下水污染防治措施。	符合
	第四十二条			
	1	在泉域保护范围以及岩溶强发育、存在较多落水洞和岩溶漏斗的区域内，不得新建、改建、扩建可能造成地下水污染的建设项目。	根据项目水文地质勘察报告，项目回填区不属于泉域保护范围以及岩溶强发育、存在较多落水洞和岩溶漏斗的区域。	符合

1.8 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 1.8-1 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
第四十条			
1	利用渗井、渗坑、裂隙、溶洞以及私设暗管等逃避监管的方式排放水污染物。	项目不涉及利用渗井、渗坑、裂隙、溶洞以及私设暗管等逃避监管的方式排放水污染物，项目施工废水经收集后回用于选厂生产，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
第四十一条			
1	兴建地下工程设施或者进行地下勘探、采矿等活动，依法编制的环境影响评价文件中，应当包括地下水污染防治的内容，并采取防护性措施。	项目为浮选磷尾矿胶结回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

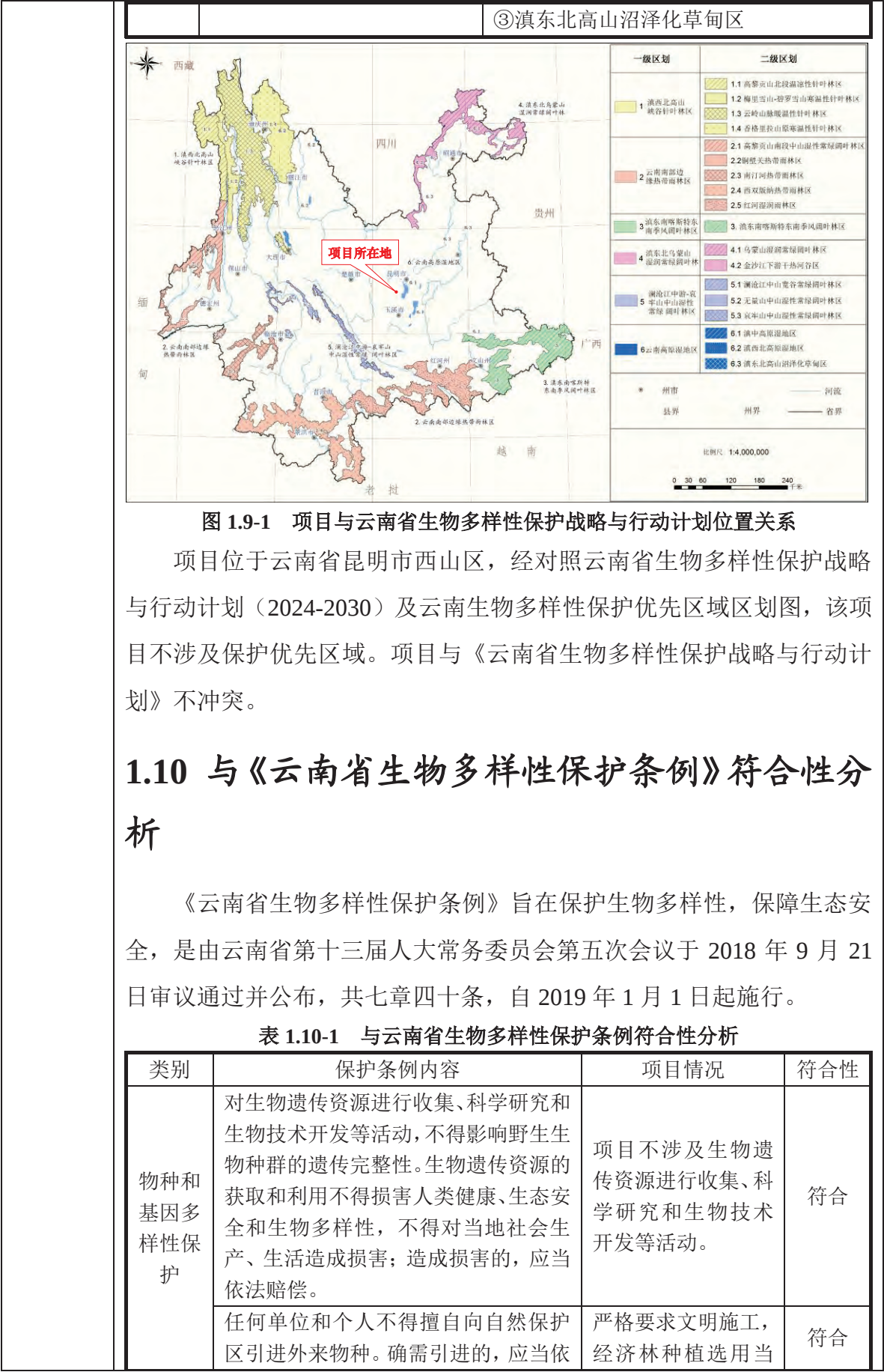
1.9 与《云南省生物多样性保护战略与行动计划2024-2030》符合性分析

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km²。

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 1.9-1 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



		法办理审批手续,并按照有关技术规范进行试验。	地常见物种,未引入外来物种。	
		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。	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。

1.11 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_{2.5})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 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度控制在 $20.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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》。

1.12 与“坚决打好污染防治攻坚战”符合性分析

2019 年 3 月 27 日，学习时报访生态环境部党组书记、部长李干杰：“二是坚决打好污染防治攻坚战。以改善生态环境质量为核心，以解决群众反映强烈的突出生态环境问题为重点，围绕污染物总量减排、生态环境质量提高、生态环境风险管控三类目标，突出大气、水、土壤污染防治三大领域，坚决打好污染防治攻坚战。”

项目实施可完成先生崖破损山体生态系统恢复 482175.09m^2 ，合 723.23 亩。完成先生崖 2116-2250 标高的破损山体修复，消除回填区域内 100%地质灾害。恢复林地 482175.09m^2 ，综合利用浮选磷尾矿 724.15 万 m^3 。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“坚决打好污染防治攻坚战”要求。

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。

项目属于采空区回填及生态修复，项目实施可完成先生崖破损山体生态系统恢复 482175.09m²，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 m³。

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《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。项目采用胶结固化工艺对浮选磷尾矿进行综合利用，该工艺技术成熟，符合《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》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《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回填磷矿采空区，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。

1.17 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，添加水泥回填固化，回填区域底部设置“两布一膜”防渗，回填料固化后无污染物产生，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。

1.18 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、废石作充

填料，充填采空区或塌陷地的工艺技术。本项目利用浮选尾矿及水泥，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。

1.19 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水泥制成胶结料浆充填采空区，与工信部联节〔2022〕9 号文鼓励尾矿充填的要求相符。

1.20 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 1.20-1 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回填及生态修复项目，产生的沉砂池泥砂等为一般工业固体废物，可回用于直接项目回填料浆的制备，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回填料浆的制备，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。	本项目为浮选磷矿尾矿胶结回填及生态修复项目，产生的沉砂池泥砂等为一般工业固体废物，可回用于直接项目回填料浆的制备，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
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	本项目建成后不产生工业固体废物。	符合

		措施，并执行排污许可管理制度的相关规定。		
	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回填及生态修复项目，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。	本项目为浮选磷矿尾矿胶结回填及生态修复项目，可有效减少尾矿的外排。	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，项目区新建危废暂存间，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。	本项目涉及的危险废物为废机油，项目区新建危废暂存间，委托有资质的单位定期清运处置废机油。	符合

综上所述，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。

1.21 场址合理性分析

(1) 场址合理性分析

本项目为浮选磷尾矿胶结回填及生态修复，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 1.21-1 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准要求

序号	GB18599-2020 场址要求	该项目环保措施	是否符合要求
8	充填及回填利用污染控制要求		
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： 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。	项目主要回填料磷尾矿为 I 类工业固废，先生崖项目回填区为磷矿石原矿开采区的矿坑，可用磷尾矿进行充填及回填。	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。	除磷尾矿外，项目回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，对废水收集池水质、回填区地下水导排水质进行监测，及时了解回填区情况并开展土壤跟踪监测。	符合
8.3	不应在回填物料中掺加除回填作业所需要的添加剂之外的其他固体废物。	项目回填料主要为矿山废石、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回填其他固体废物。	符合
8.4	一般工业固体废物回填作业结束后应立即实施土地复垦（回填地下的	项目在回填结束后立即进行覆土，种植经济林，并	符合

		除外), 土地复垦应符合本标准 9.9 条的规定。	按照 9.9 条对覆土、土地复垦提出了要求。	
	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。	项目回填料主要为矿山废石、磷尾矿基生态修复材料、采矿剥离土, 回填料不涉及食品制造业、纺织服装和服饰业、造纸和纸制品业、农副食品加工业等产生的废物。	符合
	10	污染物监测要求		
	10.1	淋滤水及其处理后排放废水污染物的监测频次, 应根据废物特性、覆盖层和降水等条件加以确定, 至少每月 1 次。废水污染物的监测分析方法按照 GB8978 的规定执行。	项目已制定监测计划, 对废水水质进行检测, 监测频次 1 次/月。监测分析方法按照 GB8978 的规定执行。	符合
	10.3	在地下水流场上游应布置 1 个监测井, 在下游至少应布置 1 个监测井, 在可能出现污染扩散区域至少应布置 1 个监测井。设置有地下水导排系统的, 应在地下水主管出口处至少布置 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。	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 2 座、北侧 1 座、南 1 座。地下水监测频次为每季度一次。直到地下水水质连续 2 年不超出地下水本底水平。	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) 场址要求。 (2) 管道及供电线路合理性分析 项目管道及供电线路沿线无自然保护区、风景名胜区、生态功能保护区等需特殊保护的环境敏感区, 管道及供电线路选址无明显的环境制约因素; 管道及供电线路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; 回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。				

二、建设内容

地理位子	2.1 地理位置 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 174.37km²。 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°28'59.8456"，北纬 24°47'49.3773"。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。
项目组成及规模	2.2 项目组成及规模 2.2.1 项目由来 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，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。 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回填处理及生态修复，通过反压高陡边坡，治理地质灾害隐患、地形地貌重塑、并覆耕植土 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区对该区域进行调查，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，回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，通过采空区磷尾矿充填治理、生态修复和经济林种植等对先生涯进行植被恢复。 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 600 万吨，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回填料进行采空区回填、结合工程所需回填料量大、资金投入较大、治理土石方来源困难的实际情况，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回填，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回填、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，经添加水泥进行生产。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、采空区回填以及生态修复项目，为浮选尾矿处置、采空区回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回填采空区是可行的，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回填。 根据云南省生态环境科学研究院编制的《磷尾矿基生态修复材料胶结固化试验报告》，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胶结固化形成的生态修复材料可满足回填露天采空区要求。
--

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回填料，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。 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》。 2024 年 6 月，编制完成《昆明市海口林场先生崖生态修复项目工程地质勘察报告》。 2025 年 5 月，编制完成《昆明市海口林场先生崖生态修复项目堆填方案设计》。 2024 年 6 月，编制完成《昆明市海口林场先生崖生态修复项目（充填站）工程地质勘察报告》。 2024 年 8 月，编制完成《昆明市海口林场先生崖生态修复项目地质灾害危险性评估报告》。 2025 年 9 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。 2025 年 8 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 2 月，取得昆明市林业和草原局关于对海口林场开展先生崖生态修复项目建设的批复。 根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》的规定，该项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部部令第 16 号）的规定，该项目属于“八、非金属矿采选业：102、化学矿开采-矿区修复治理工程”、“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°28'59.8456"，北纬 24°47'49.3773"。

（5）建设内容及规模：项目总占地面积 482175.09m²，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 337863.24m²，主要采用磷尾矿基生态修复材料进行回填，重塑地形地貌，为经济林木种植创造必要条件；辅助再生区占地 144311.85m²，主要种植经济林木。

（6）占地面积：项目占地面积 482175.09m²，合 723.23 亩。

（7）实施年限：实施年限为 6 年，其中回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。

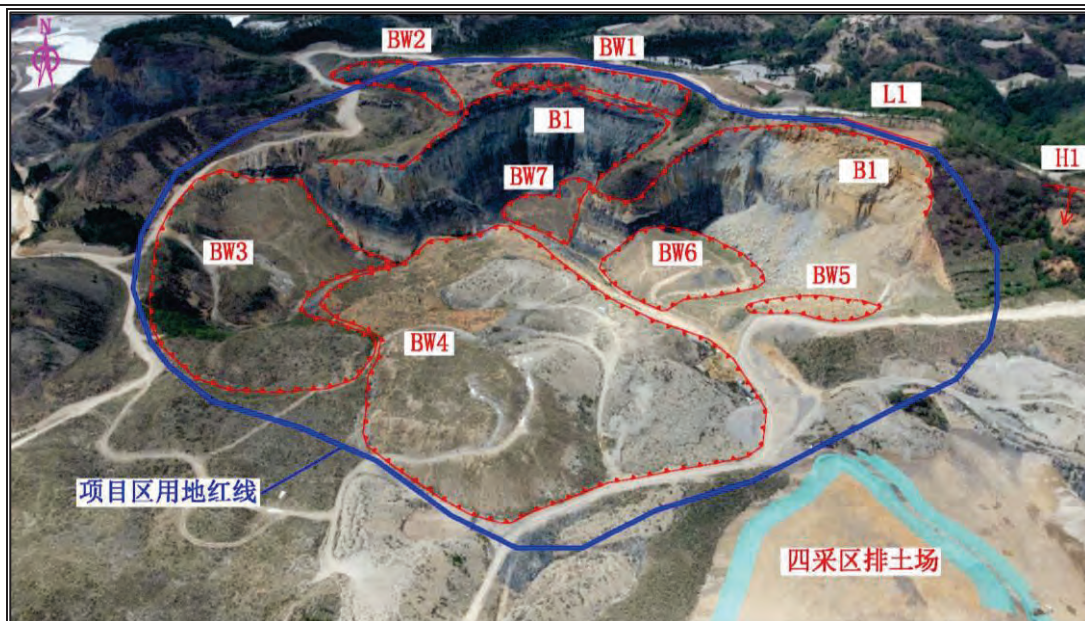


图 2.2-1 评估区地质灾害分布图

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^2 ，平均厚度约 4m，体积约为 $2.4 \times 10^4\text{m}^3$ ，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_4^{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。滑床为寒武系下统筇竹寺组 (C_{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 2.2-2 H₁滑坡全景

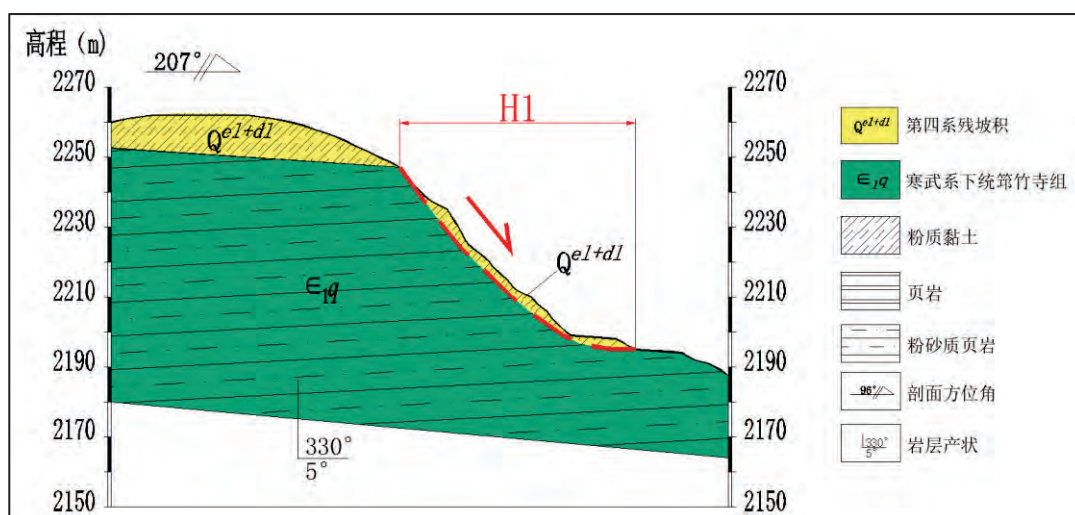


图 2.2-3 H₁滑坡地质断面图

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°，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 2.2-4 B1 崩塌全景



图 2.2-5 B₁崩塌局部照片



图 2.2-6 B₁崩塌局部照片



图 2.2-7 崩塌堆积体

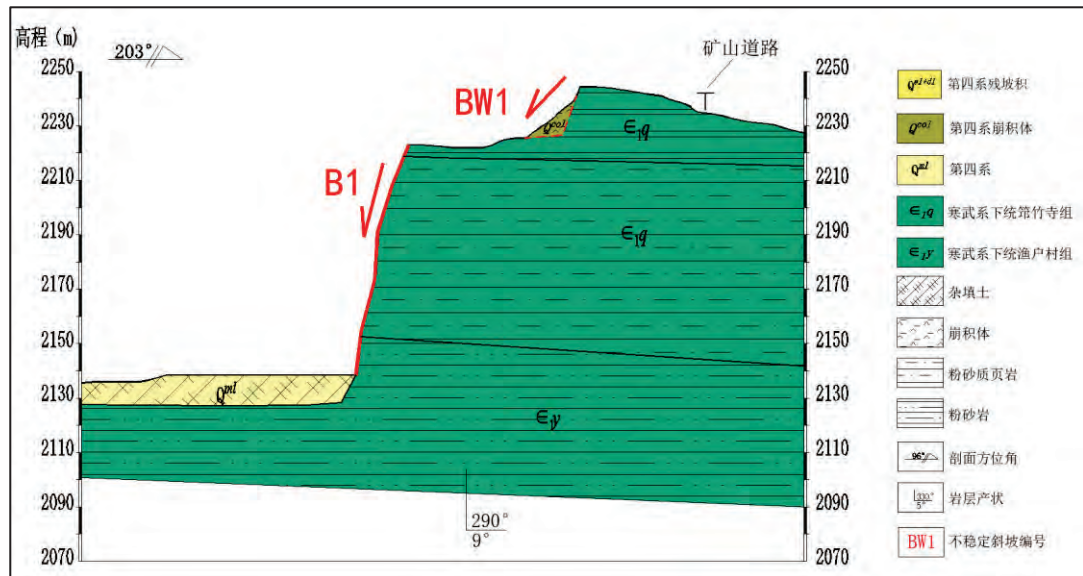


图 2.2-8 B₁崩塌剖面图

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，近竖直发育，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 m³，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 2.2-9 L₁ 地裂缝位置图



图 2.2-10 L₁ 地裂缝全景



图 2.2-11 L₁地裂缝局部

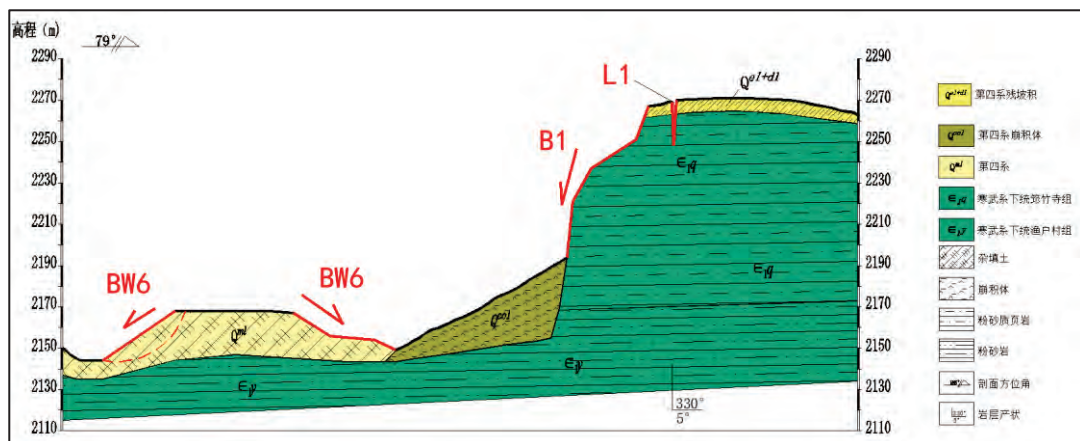


图 2.2-12 L₁地裂缝剖面图

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，形成了较多陡坎、临空面，不稳定斜坡随处可见。这些陡坎、临空面成为岩土体不稳定因素，根据工程地质调查、勘探，结合场地内各边坡实际情况，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筇竹寺组（ C_{1q} ）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 $290^\circ \angle 9^\circ$ ，发育两组近垂直节理，第一组节理（ J_1 ） $127^\circ \angle 85^\circ$ ，第二组节理（ J_2 ） $208^\circ \angle 80^\circ$ 。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 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筇竹寺组（ C_{1q} ）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° 。



图 2.2-13 BW₁、BW₂ 不稳定边坡

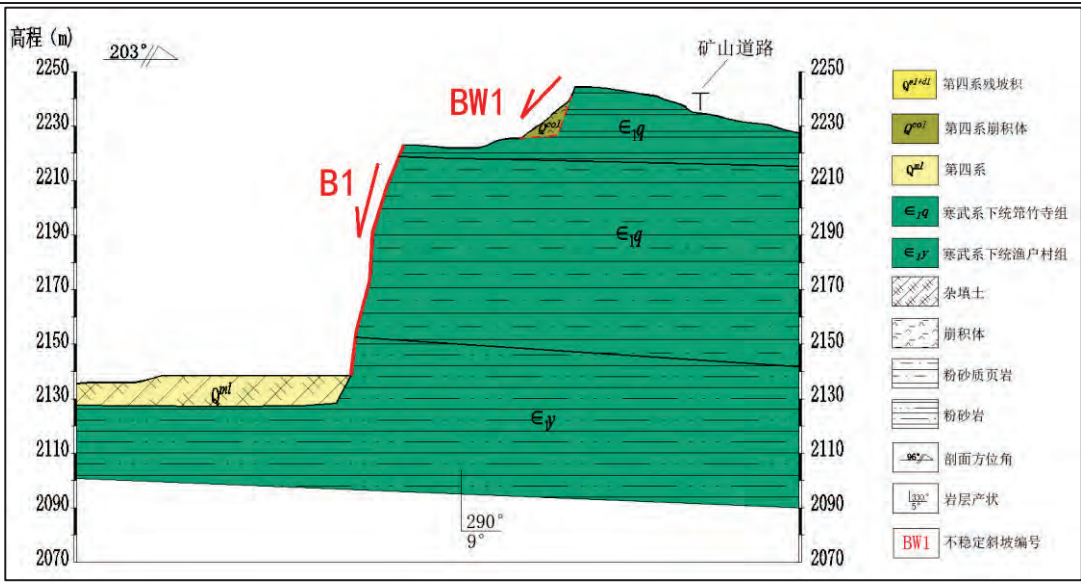


图 2.2-14 BW₁ 不稳定边坡地质剖面图

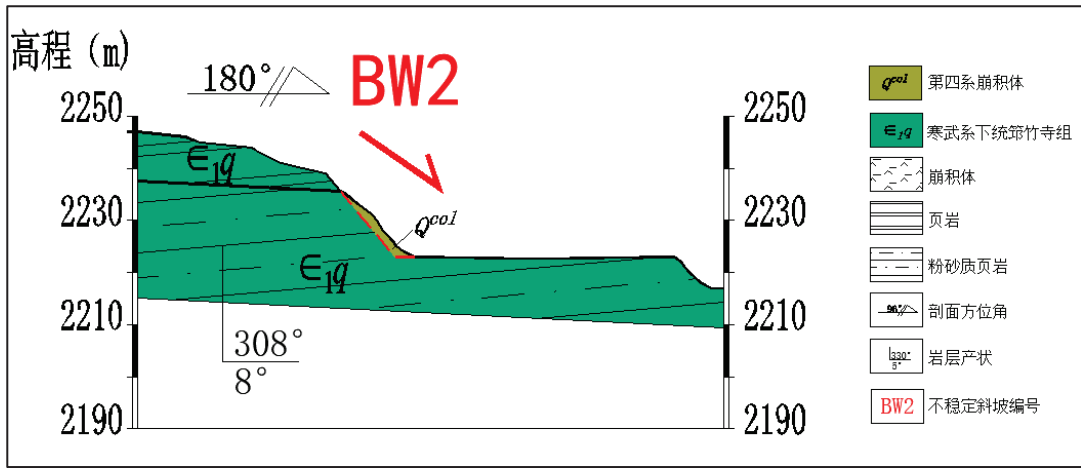


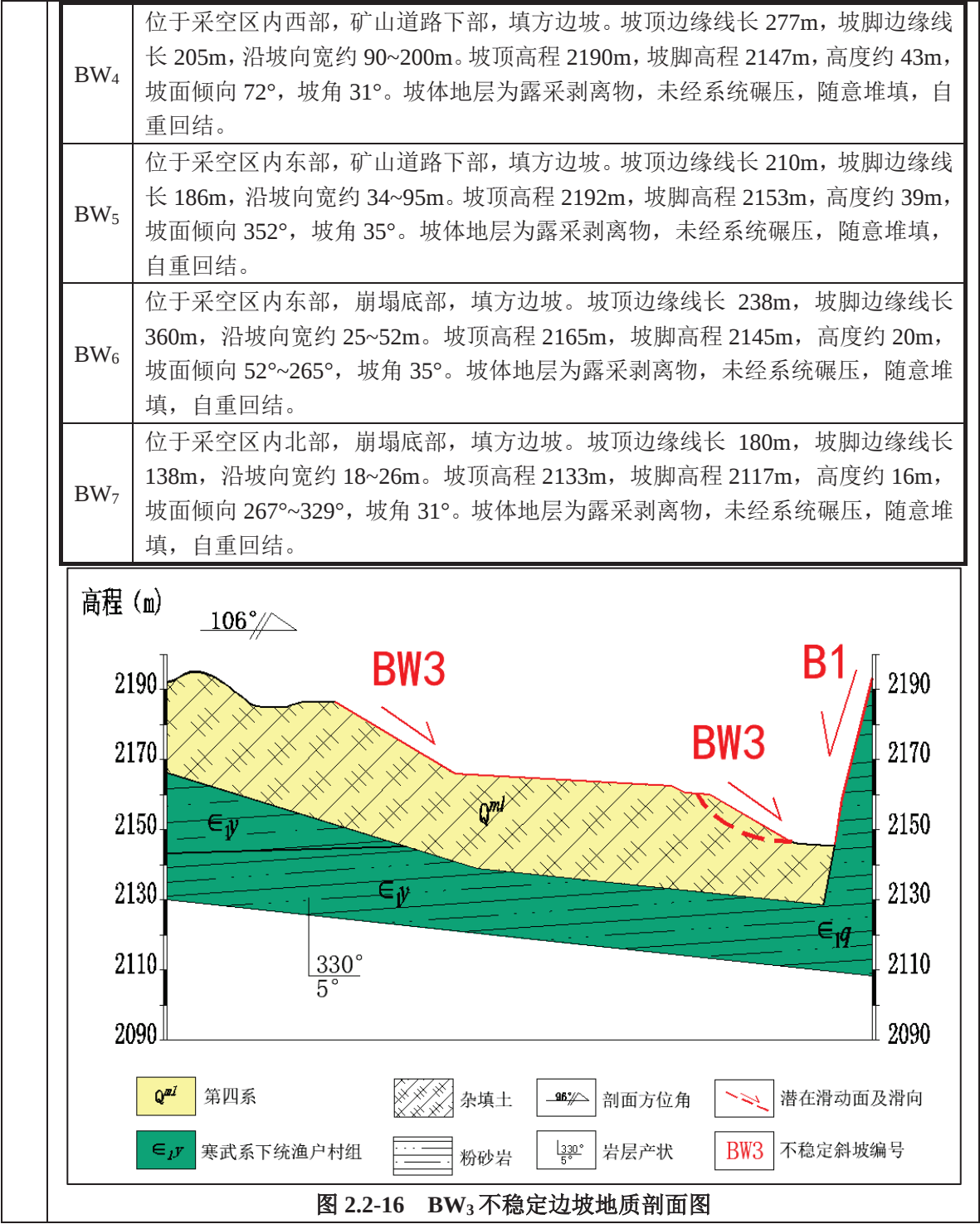
图 2.2-15 BW₂ 不稳定边坡地质剖面图

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 5.0~90.0m 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 ₃	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。



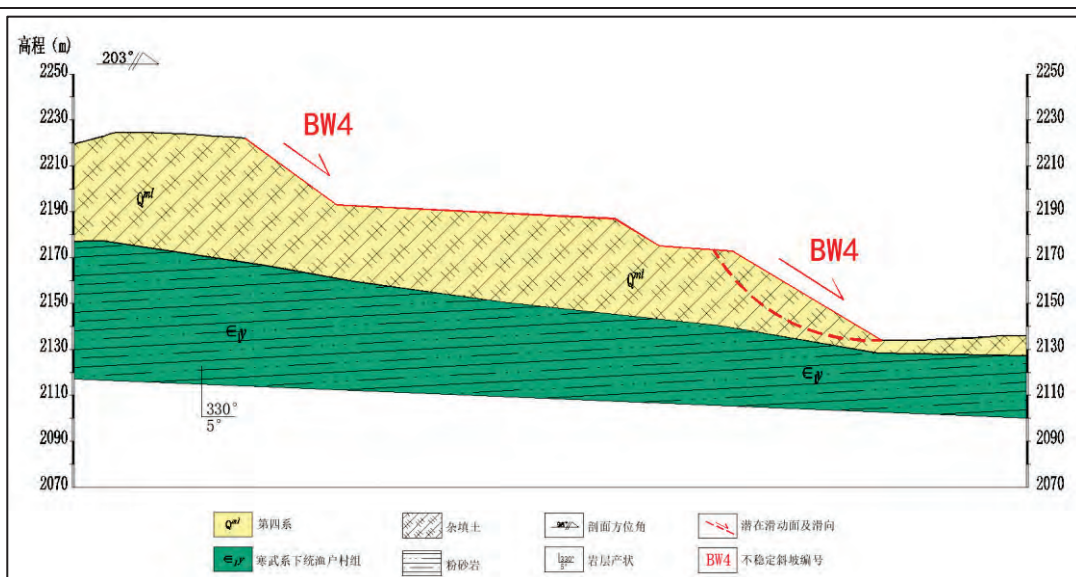


图 2.2-17 BW₄ 不稳定边坡地质剖面图

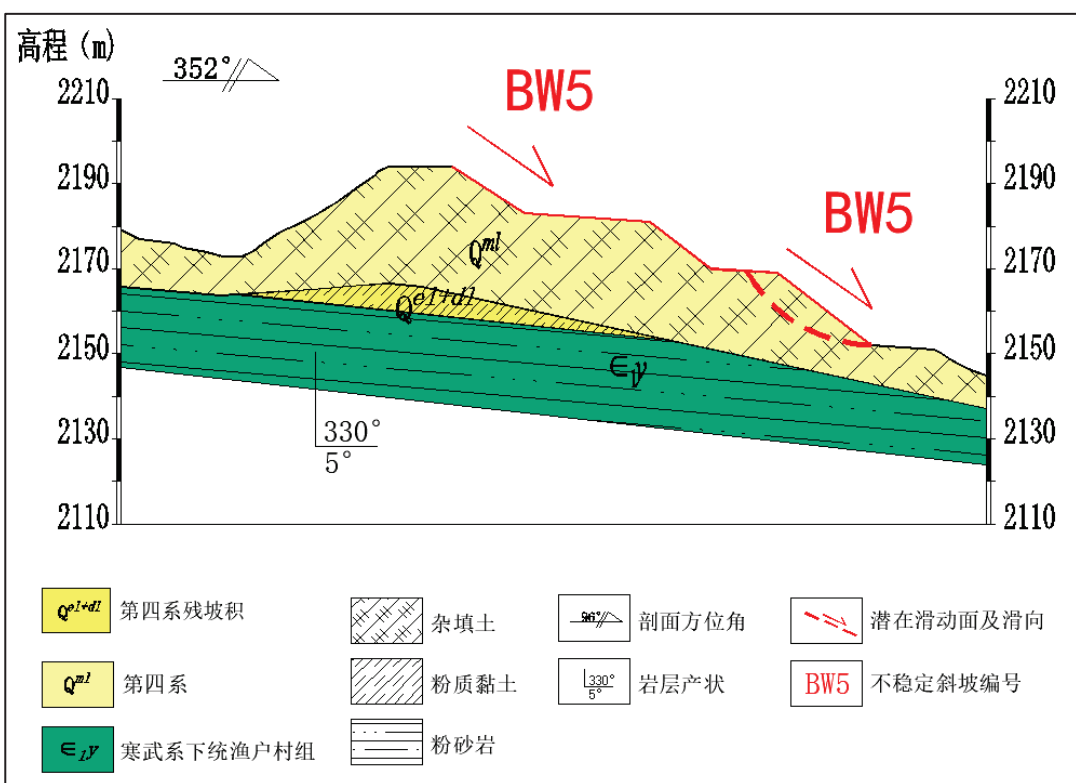


图 2.2-18 BW₅ 不稳定边坡地质剖面图

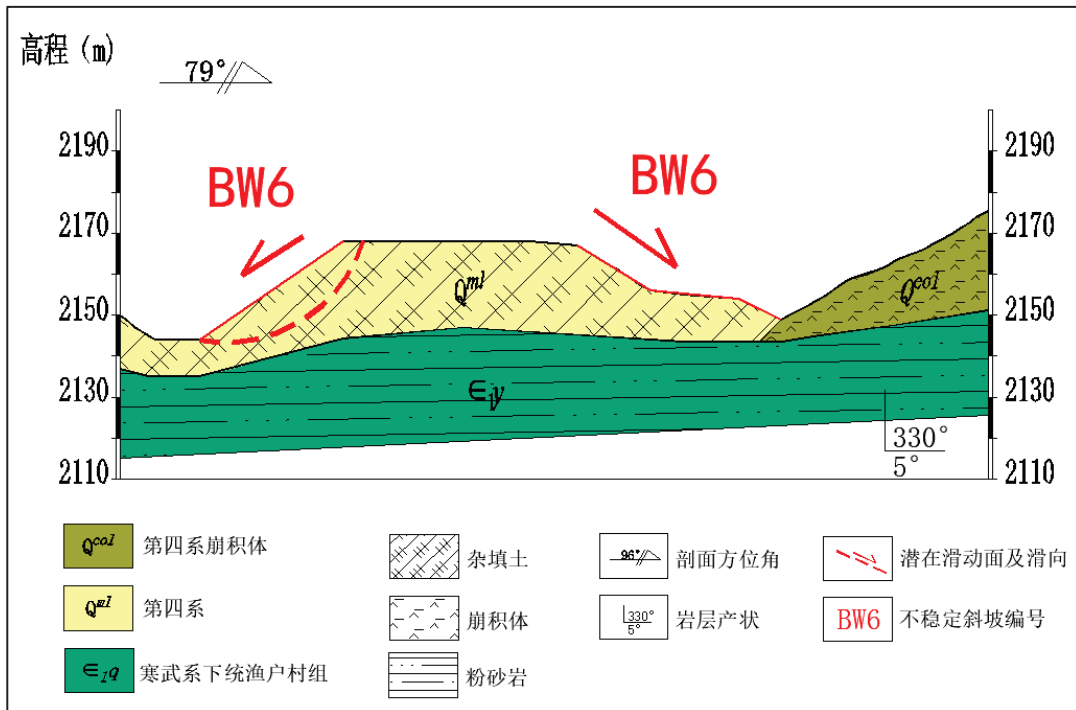


图 2.2-19 BW₆不稳定边坡地质剖面图

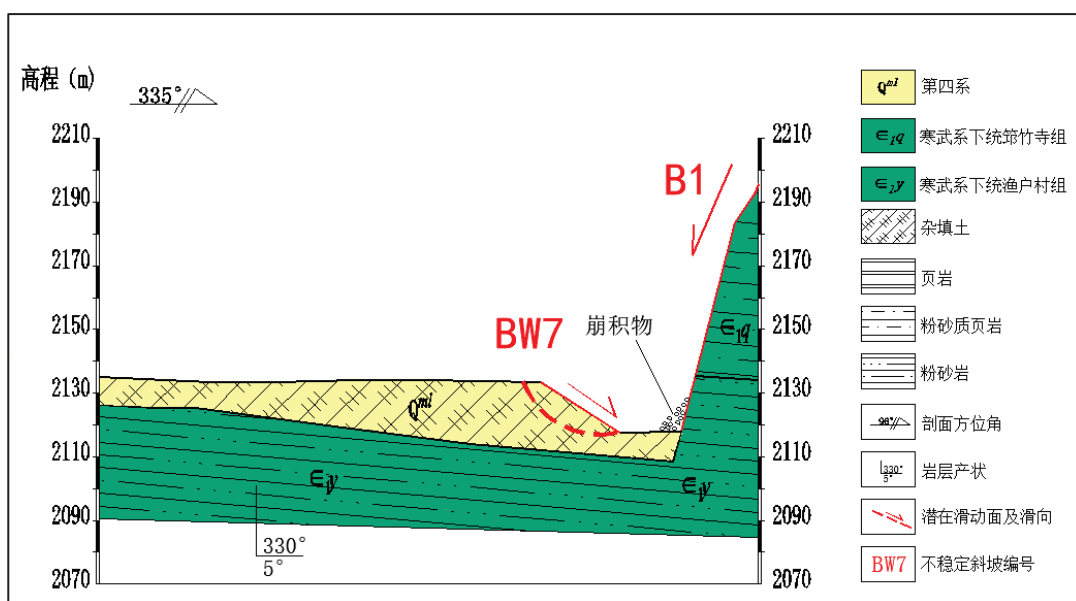


图 2.2-20 BW₇不稳定边坡地质剖面图

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 2.2-21 遗留探矿洞

2.2.4 项目建设方案

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 48.2175hm²，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、林地和草地。

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 337863.24m²。

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 144311.85m²。

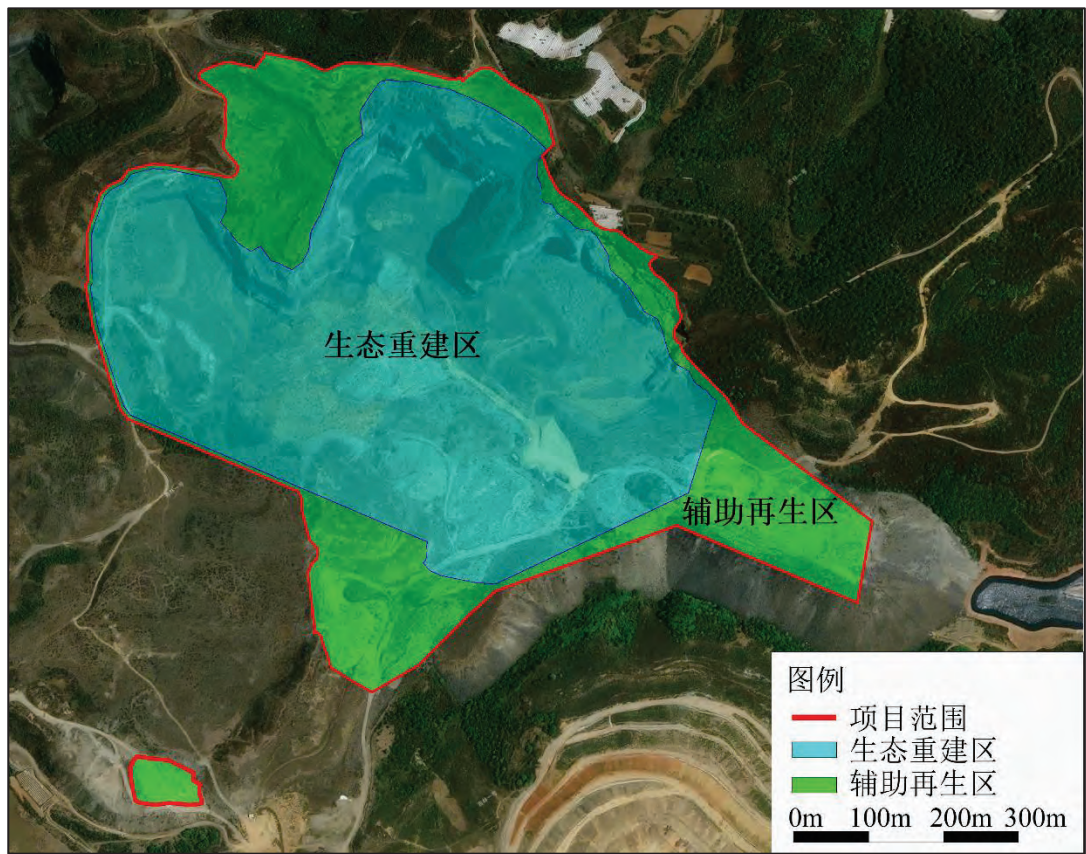


图 2.2-22 项目生态修复分区图

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 482175.09m²，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	回填材料制备生产线	生产线设置于采空区北侧，主要建设渣浆浓密设施、回填材料制备设施、回填材料泵送站、水泥仓、絮凝药剂储存及制备车间、回水泵房、6kV 变配电所等组成。	新建
		生产规模：干基浮选磷尾矿处理能力 114.7 万 t/a，4000t/d。	
	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		新

		相应地形地貌重塑进行环境提升改造，占地面积 337863.24m ² 。	建
	地质灾害治理及场地清理	H₁ 滑坡坡体现状被杂草及灌木覆盖，在 H₁ 滑坡边坡上设置位移、沉降监测点，施工期对 H₁ 滑坡进行边坡监测。 B₁ 崩塌发育于场区北侧，本次场区回填磷尾矿基生态修复材料堆填最大堆存标高 2250m，回填完成后，大部分崩塌区域被回填反压，对开挖区域回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，随着场区回填，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 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。 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。 本次采空区回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回填后，各不稳定边坡体被反压，安全隐患消除，因此不稳定边坡治理主要满足采空区回填期间（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。 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。 地灾治理及场地清理产生的土石方用于场地平整。	新建
	防渗工程	底部防渗：在回填区场地底部铺设 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/m² 土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m² 土工布的两布一膜防渗层。 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/m² 土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m² 土工布的两布一膜防渗层，然后回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	新建

			设，直至完成矿坑堆填。 顶部防渗：场地回填区在磷尾矿基生态修复材料回填完成后，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），然后覆土。 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，对回填区底部进行渗漏监控，主要在场地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。	
		采空区回填	项目自产磷尾矿基生态修复材料经管道输送到破损山体的回填排放口实施回填。回填标高为 2116m~2250m，回填高度 134m，有效容积 846.15 万 m ³ ，其中堆填分隔坝占用约 120 万 m ³ ，回填磷尾矿基生态修复材料占用约 724.15 万 m ³ 。	新建
		拦挡设施	破损山体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。	新建
			破损山体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。	
		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%，把回填区外洪水排出场外，总长 2136m。	新建
			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。	
			在回填分区尾部设临时泌水和淋滤水集水坑，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，坑内回填过程中，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。	
		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。	新

			耕植土需满足《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）。	建
		植被重建	根据海口林场的要求，场地覆土后复垦为林地、耕地及草地，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。 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。	新建
		跟踪监测	设置 5 座地下水污染监控井，其中上游 1 座、下游 2 座、北侧 1 座、南 1 座。	新建
			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。	
		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 ² 。		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回填材料生产区，选用 DN428 复合钢管，钢管内衬 8mmPO 内衬，长度 1.1km； ②回填材料采用管道输送至回填区，选用 Φ212×6，16Mn 无缝钢管，法兰连接，金属八角垫片密封； ③部分回填材料通过汽车运输至项目区，回填材料来源为云南磷化集团海口磷业有限公司 110 万 t/a 湿磨装置浮选技改项目产生的磷尾矿制备的回填材料，产能为 44 万吨/年。 ④项目废水通过管道返回小麦地尾矿库，最终返回选厂，选用 DN150 焊接钢管； ⑤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，水泥通过罐车运输至项目区后泵入水泥仓。	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	项目回填施工区雨水经潜水泵抽排至雨水收集池（容积 2000m ³ ）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。 回填区泌水通过 600m ³ 污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 万吨磷矿浮选厂及其配套尾矿库。	依托
		生态修复材料生产线	云南磷化集团海口磷业有限公司 110 万 t/a 湿磨装置浮选技改项目产生的磷尾矿制备的磷尾矿基生态修复材料，产能为 44 万吨/年。	
	环保	废气	洒水车 1 辆，对施工区运输道路进行洒水降尘。	新

	工程		雾炮 1 台，对项目区土方工程区域进行喷雾降尘。	建
			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。	
			水泥仓仓顶设置布袋除尘器。	
		废水	临时沉淀池及车辆高压冲洗设施 1 套，沉淀池容积为 3m ³ ，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
			临时沉淀池 1 座，容积为 1m ³ ，对生活污水进行收集沉淀后回用。	
			设置 340m ³ 溢流水池两座，总容积 680m ³ ，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 ³ 废水收集池 1 座，回填区回填泌水收集后返回小麦地尾矿库，最终回用于选厂。	
			设置 2100m ³ 雨水收集池 1 座，回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 ³ 。	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，容积 150m ³ 。	新建
		噪声	设备减震、合理布局、合理施工、加强设备维护。	新建
		固体废物	生活垃圾	新建
			旱厕粪便	新建
			废弃包装材料	新建
			废弃土石方	新建
			收集池沉渣	新建
			废机油	新建

地下水	防渗	底部防渗：回填区场地底部铺设 0.75m 厚压实粘土作为衬层，衬层上铺设 400g/m² 土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m² 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铺设 400g/m² 土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m² 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/m² 土工布+1.0mmHDPE 防渗膜+200g/m² 土工布）防渗层。 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。 危废暂存间按《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≤10⁻¹⁰cm/s。	新建
	回填废水导排	在每个回填分区尾部设临时泌水和淋滤水集水坑，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，坑内回填过程中，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，施工完毕后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告，提供人工防渗衬层完整性检测报告。	新建
	监控井	设置 5 座地下水污染监控井，其中上游 1 座、下游 2 座、北侧 1 座、南 1 座。	新建

2.2.4.3 主要建设内容

2.2.4.3.1 回填材料生产线

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料理化特性，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，作为采空区回填中的主要材料，既能解决采空区回填材料匮乏的矛盾，又能大幅提高大宗固废综合利用率。

海口磷业浮选厂每年产生浮选磷尾矿（干基）114.7 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回填骨料与水泥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。利用水泥胶凝特性，最终制备出对环境安全的自流式磷尾矿基生态修复材料。回填材料制备

站及相关配套设施设计规模为干基浮选磷尾矿处理能力 114.7 万 t/a，4000t/d。

磷尾矿基生态修复材料生产设备见下表，原辅材料用量见表 2.2-5。

表 2.2-4 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
1	絮凝加药机	长 3m×宽 1.4m×高 1.2m，流量 1~5m³/h	2
2	膏体仓储浓密机	GCN12/20，直径 12m，高 20m	4
3	水泥仓	直径 6m，500t 容量	2
4	水泥螺旋输送机	DN300，输送范围 5~40t/h	2
5	水泥计量称	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 160-200m³/h	2
7	回填工业泵	流量 250m³/h，扬程 100m，功率 200kW	3
8	空压机	排气量 31.5m³/min，0.8MPa，功率 185kW	2
9	储气罐	3m³，带安全阀、泄压阀、压力表一套	2
10	溢流回水泵	流量 312m³/h，扬程 29.6m	2
11	管道冲洗泵	流量 100m³，扬程 88m	2

表 2.2-5 原辅料用量

序号	名称	单位	用量
1	浮选磷尾矿（干基）	万吨/年	114.7
2	水泥	吨/年	57350
3	絮凝剂	吨/年	34.41
4	耕植土	m³	482175.09
5	磷尾矿基生态修复材料	万吨/年	44

2.2.4.3.2 地灾治理及场地清理

设计对采空区内回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

H₁ 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 H₁ 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 H₁ 滑坡边坡上设置位移、沉降监测点，施工期对 H₁ 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 100m³。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。本次场区回填磷尾矿基生态修复材料最大堆存标高 2250m，回填完成后，大部分崩塌区域被回填反压，对开挖区域回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，随着场区回填，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 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。

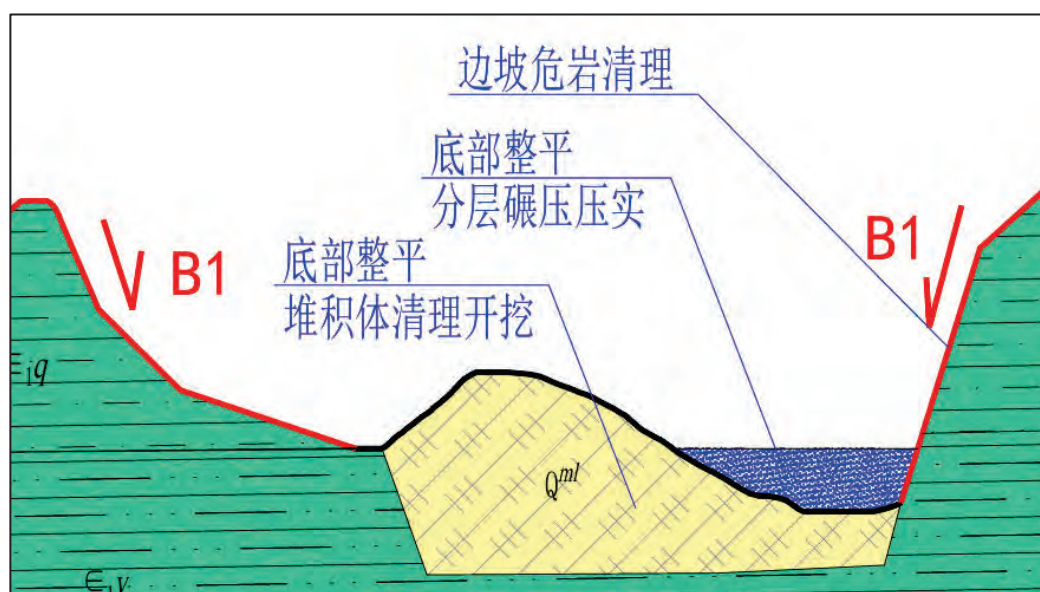


图 2.2-23 崩塌清理示意图

(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。

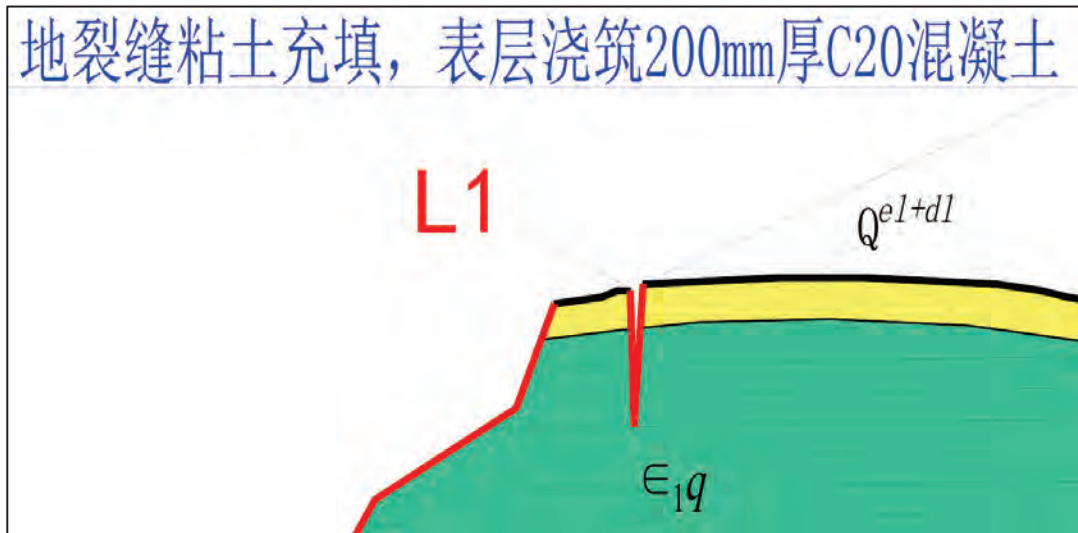


图 2.2-24 裂缝治理方案示意图

(4) 不稳定斜坡

本次采空区回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回填后，各不稳定边坡体被反压，安全隐患消除，因此不稳定边坡治理主要满足采空区回填期间的安全稳定。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回填整平。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回填，各不稳定边坡也是一个逐渐压护坡脚的过程，边坡稳定性将随着回填量的增加而逐渐提高。

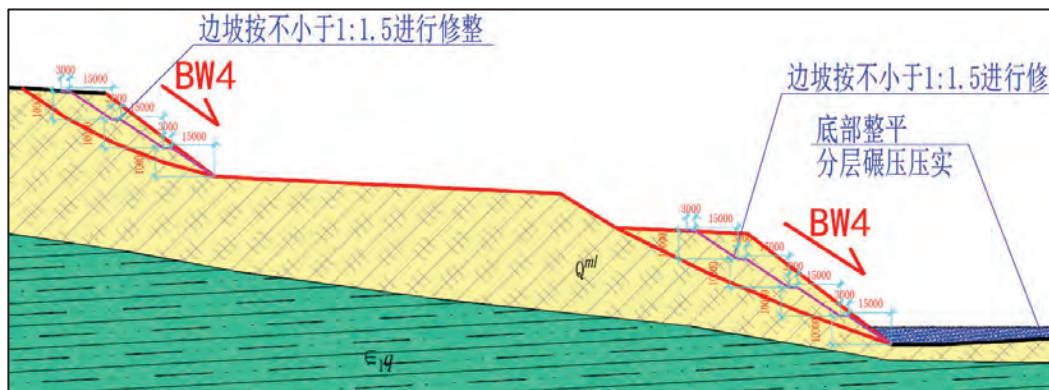


图 2.2-25 不稳定斜坡削坡处理示意图

(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。

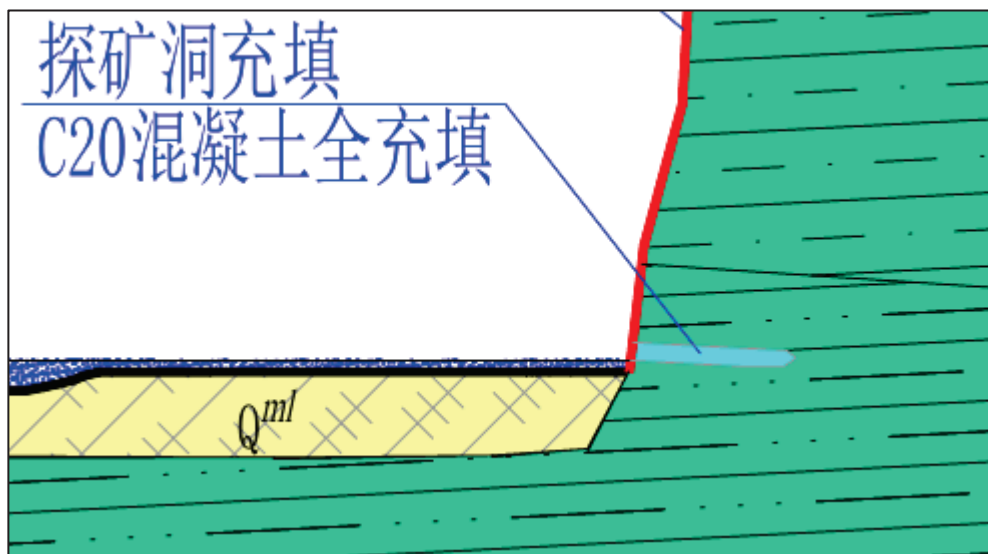


图 2.2-26 探矿洞处理示意图

(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 326126.22m³，全部用于场地平整。

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/m²土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m²土工布的两布一膜防渗层，最后在上部回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库底整平压实基础层；
- ②0.75m 厚压实粘土衬层；
- ③400g/m²无纺长丝土工布；
- ④1.5mmHDPE 防渗膜；
- ⑤400g/m²无纺长丝土工布；
- ⑥磷尾矿基生态修复材料。

（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，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/m²土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m²土工布的两布一膜防渗层，然后回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。

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/m²无纺长丝土工布；
- ④1.5mmHDPE 防渗膜；
- ⑤400g/m²无纺长丝土工布；
- ⑥磷尾矿基生态修复材料。

（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，对回填区底部进行渗漏监控，主要在场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回填完成后，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。

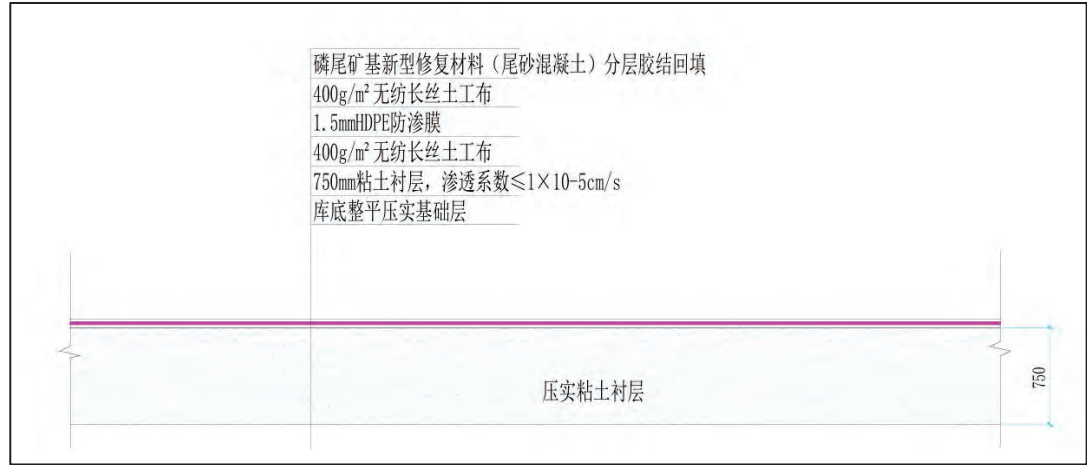


图 2.2-27 底部防渗示意图

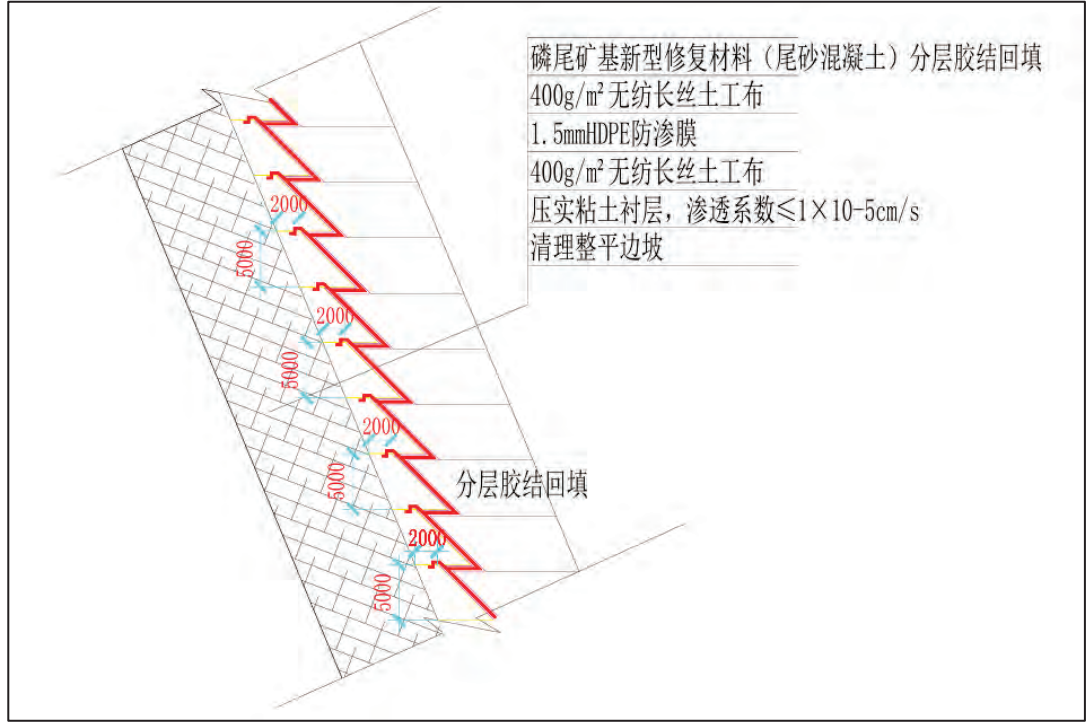


图 2.2-28 边坡防渗示意图

2.2.4.3.4 采空区回填

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回填反压，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，采空区回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，最终确定回填至 2250m 标高。

2.2.4.3.4.1 回填规模

先生崖采空区回填标高 2116m-2250m，堆填高度 134m，有效容积 846.15 万 m³，其中堆填分隔坝占用约 120 万 m³，回填磷尾矿基生态修复材料占用约 724.15 万 m³。容积计算详见下表。

表 2.2-6 天生崖破损山体回填区回填量计算表

标高 (m)	面积 (m ²)	平均面积 (m ²)	等高距 (m)	相邻等高线间体积 (m ³)	累计回填量 (m ³)
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 回填制度

根据场区现状地形情况及堆填设计，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，防渗完成后回填磷尾矿基生态修复材料，每次回填高度 5.0m，采用分隔坝划分回填区域，分隔坝采用碾压土石坝；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，经添加水泥和胶凝固化药剂进行生产，堆填容积分隔坝占用约 120 万 m³，回填磷尾矿基生态修复材料占用约 724.15 万 m³，回填区回填时间按 4 年考虑。

回填区域回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 330 天。

2.2.4.3.5 拦挡设施

根据勘察地层情况，设计对坝基表层固结较差的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) 回填泌水抽排系统

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。

在场区每个回填分区尾部设临时泌水和淋滤水集水坑，集水坑在固结尾矿上开挖，尺寸 $10\text{m} \times 10\text{m}$ ，深度 2.0m ，开挖边坡 $1:2$ ，在集水坑内设置潜水泵，坑内回填过程中，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。

(2) 截洪沟

回填区为露天采空区，采空区周边标高在 $2202.5\text{--}2267\text{m}$ ，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。

(3) 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 $100\text{--}200\text{m}$ 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

项目回填结束后，场区范围内全部覆土，覆土厚度 1m，覆土满足《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）要求，其中生态重建回填区表层覆土 337863.24m³，辅助再生区表层覆土 144311.85m³，共需耕植土 482175.09m³。

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，初步筛选种植树种为乔木：大果红杉、云南松、红桉、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。后期树种选择以海口林场相关要求为准。

采空区内磷尾矿基生态修复材料回填堆排达到最终标高 2250.0m 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≤25°，土壤容重≤1.5g/cm³，土壤有机质≥2.50%。

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耕植土来源。

耕植土应对现场所取土壤进行取样检验。取样原则：原状土在同一区域每 2000m²为一检验批，应于土层 20cm，随机取样 5 处，每处取样 100g，混合后组成一组试样；原状土 2000m²以下，随机取样不得少于 3 处。运至建设区的耕土要求土壤具有较好的肥力，土壤环境质量符合《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）要求。

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 2.2-7 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 跟踪检测

2.2.4.3.9.1 地下水污染监控

防渗施工完成后，应当建立回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，项目区周边及下游设置地下水监测井 5 座。



图 2.2-29 拟建地下水监测井点位

表 2.2-8 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。	 

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 2.2-9 土壤监测计划

土壤	开展土壤跟踪监测	pH、镉、汞、砷、铜、铅、六价铬、镍、总磷、氟化物、铬、锌	1 年/次，连续 3 年	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）中标准限值。
----	----------	-------------------------------	--------------	---

2.2.4.4 辅助工程

（1）尾矿输送管线

海口磷业白腊山浮选厂出厂浮选磷尾矿料浆浓度为 40%，干基尾矿输送量为 114.7 万吨/年。目前，海口磷业浮选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白腊山浮选厂确认，浮选厂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。 本次设计考虑在白腊山浮选厂至小麦地尾矿库料浆输送管线路径营建料浆管线切换设施。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，采用双管道并行浅埋地布置。连接方式采用法兰和法兰式柔性伸缩管连接。规格为 DN428 复合钢管，钢管内衬 8mmPO 内衬。 （2）回水管线 尾矿料浆浓密脱水工艺、回填泌水等废水需全部回收利用。项目建设起于拟建回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。 回水管选用 DN150 的焊接钢管。管道采用浅埋地布置，焊接连接。 （3）回填料输送管线 回填料输送管线采用 Φ212×6，16Mn 无缝钢管，法兰连接，金属八角垫片密封，管道长度 1.8km。 （4）运输 项目耕植土、水泥及生态修复材料等运输依托矿区现有道路运输。
--	--



图 2.2-30 项目渣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

项目回填施工区雨水经潜水泵抽排至雨水收集池（容积 2000m³）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。

回填区泌水真空泵抽排至 600m³废水收集池，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。

(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。

水泥仓仓顶设置布袋除尘器。

(2) 废水

临时沉淀池及车辆高压冲洗设施 1 套，沉淀池容积为 3m³，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 1m³，对生活污水进行收集沉淀后回用。

设置 340m³溢流水池两座，总容积 680m³，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 600m³废水收集池 1 座，回填泌水收集后返回小麦地尾矿库，最终回用于选厂。

设置 2100m³雨水收集池 1 座，回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 36.75m³。

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 150m³。

(3) 噪声

设备减震、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。 废水收集池的沉渣，用于回填区回填。 新建危废暂存间，面积 2m²，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≤10⁻¹⁰cm/s。 （5）地下水 ①防渗 底部防渗：回填区场地底部铺设 0.75m 厚压实粘土作为衬层，衬层上铺设 400g/m²土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m²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/m²土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m²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/m² 土工布+1.0mmHDPE 防渗膜+200g/m² 土工布）防渗层。 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。 危废暂存间按《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≤10⁻¹⁰cm/s。 ②回填废水导排 在每个回填分区尾部设临时泌水和淋滤水集水坑，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，坑内回填过程中，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，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。 ④监控井 设置 5 口地下水污染监控井，其中上游 1 座、下游 2 座、北侧 1 座、南侧 1 座。
--	---

2.2.4.7 依托工程

(1) 海口磷业白腊山浮选厂及尾矿库

项目浮选磷尾矿原料及回水依托云南磷化集团海口磷业有限公司白腊山浮选厂及小麦地尾矿库，2021 年，昆明市生态环境局审批了《云南磷化集团海口磷业有限公司浮选厂 110 万 t/a 扩能技改项目环境影响报告书》，同意白腊山浮选厂生产规模从 200 万吨/年提升至 310 万吨/年，该选厂规模为年处理 310 万吨原矿（干基），年产尾矿约 114.7 万吨（干基），选厂尾矿采用湿法排渣，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，选厂新鲜水用量 1046226.6m³/a，尾矿库回用水量 2407272m³/a。小麦地尾矿库总库容为 1112 万 m³，总坝高 85m，为三等库，2020 年，昆明市生态环境局批复了《云南磷化集团海口磷业有限公司小麦地尾矿库三期加坝工程项目环境影响报告书》，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×δ=273mm×8mm 钢管，PN=1.5MPa）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，通过回水泵房抽至白腊山浮选厂选矿用，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 6000m³，总容积 18000m³。

根据《云南磷化集团海口磷业有限公司浮选厂 110 万 t/a 扩能技改项目环境影响报告书》，浮选厂及尾矿库水平衡如下：

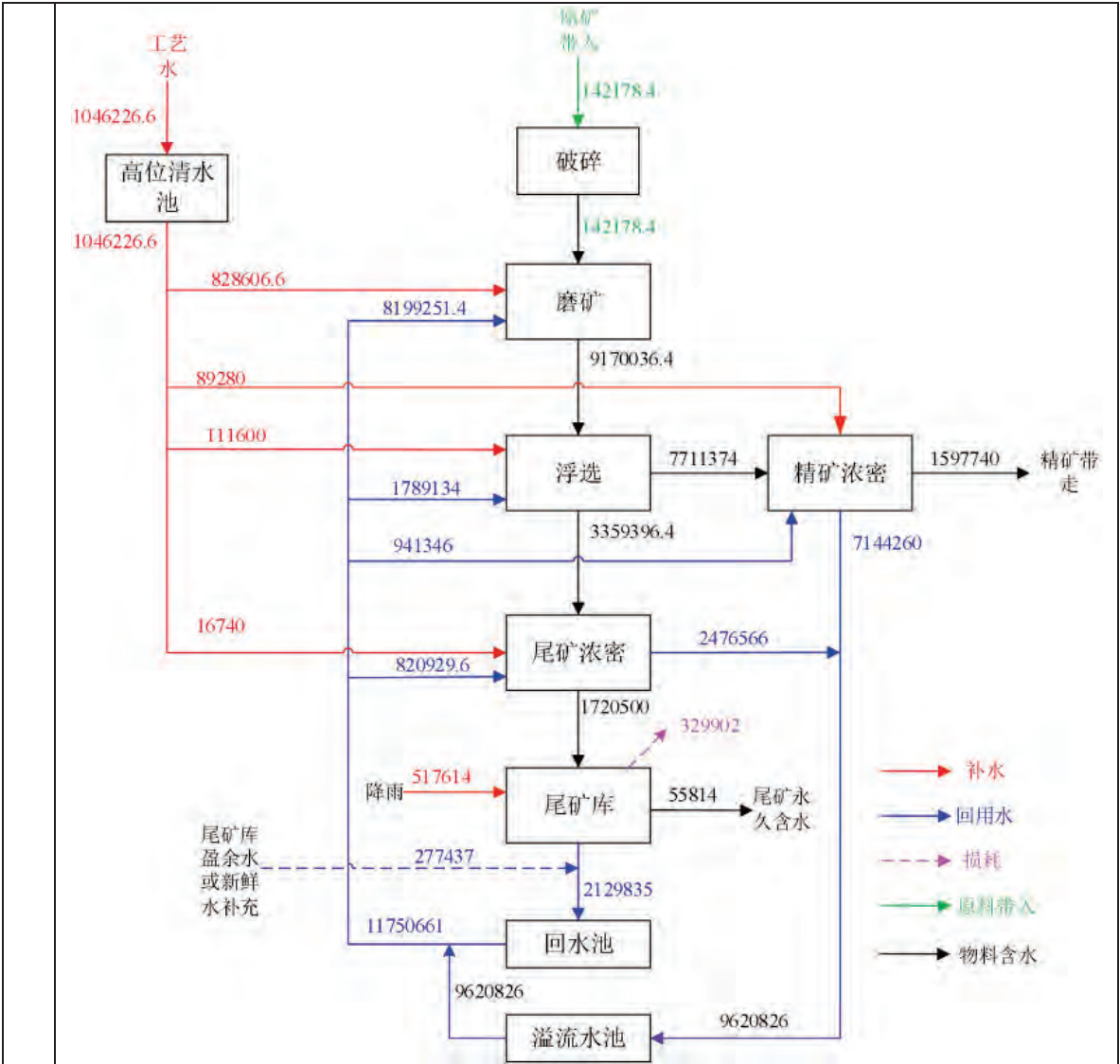


图 2.2-31 海口磷业选厂及尾矿库水平衡 单位: m³/a

(2) 云南磷化集团海口磷业有限公司 110 万 t/a 湿磨装置浮选技改项目配套的磷尾矿基生态修复材料生产线

云南磷化集团海口磷业有限公司 110 万 t/a 湿磨装置浮选技改项目配套的磷尾矿基生态修复材料生产线与项目制备站采用相同的生产工艺，生产能力 44 万吨/年，生产的磷尾矿基生态修复材料由矿区道路通过汽车运输至回填区。

2.2.5 回填物料来源

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。

回填料：磷尾矿基生态修复材料，浮选磷尾矿来源于海口磷业。

2.2.5.1 浮选磷尾矿性质

2.2.5.1.1 危险废物鉴别

根据《危险废物鉴别标准腐蚀性鉴别》（GB5085.1-2007）中的规定，当 pH ≥ 12.5 ，或者 ≤ 2.0 时，则该物料是具有腐蚀性的危险废物。

本次试验采用海口磷矿浮选尾矿，根据《磷尾矿基生态修复材料胶结固化试验报告》检测数据：pH 平均值为 7.58，对照《危险废物鉴别标准腐蚀性鉴别》（GB5085.1-2007）标准，其 pH 值在 2~12.5 之间，因此不是危险废物。

2.2.5.1.2 固废类别鉴别

根据《磷尾矿基生态修复材料胶结固化试验报告》检测数据。按照《固体废物浸出毒性浸出方法》（HJ557-2010）进行浸出试验而获得的浸出液中，磷酸盐的浓度超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度。

表 2.2-11 浮选磷尾矿检测结果（水平振荡法）

序号	检测项目	检测结果	浓度限值
1	pH（无量纲）	7.58	6~9
2	磷酸盐（mg/L）	7.65	0.5
3	氟化物（mg/L）	2.41	10

2.2.5.2 磷尾矿基生态修复材料性质

2.2.5.2.1 固废类别

根据《磷尾矿基生态修复材料胶结固化试验报告》检测数据，磷尾矿基生态修复材料陈化 3 天后，按照《固体废物浸出毒性浸出方法》（HJ557-2010）进行浸出试验而获得的浸出液中，任何一种污染物的浓度均未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度，回填材料属于第 I 类一般工业固体废物。

表 2.2-12 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	水泥配比（5%）	浓度限值
1	pH（无量纲）	8.49	6-9
2	磷酸盐（mg/L）	0.48	0.5
3	氟化物（mg/L）	0.37	10

	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 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：项目劳动定员 40 人。 工作制度：年工作 300 天，每天工作 3 班，每班工作 8 小时。 2.2.7 建设周期 根据建设单位提供资料，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。
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 482175.09m²，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恢复。 生态重建区主要建设内容：修建周边排水沟 2136m；建设 600m³废水收集池 1 座，2100m³雨水收集池 1 座；铺设两布一膜防渗层 405435.6m²；地形地貌重塑回填工程量 846.15 万 m³，种植土再造 337863.24m²，经济林木种植 337863.24m²；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。 辅助再生区主要内容：建设回填料制备站（后期恢复为林地），种植土再造 144311.85m²，林木种植 144311.85m²。 回填材料制备区：位于项目区北面空地，回填料制备、运输、回填约 724.15 万 m³；建设回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 回填料输送管道，回填料输送管道建设视回填材料运输情况而定。

	碾压土石坝主坝位于项目南侧，碾压土石坝副坝位于项目西侧，废水收集池、雨水收集池位于项目东南侧。项目总平面布置图详见附图。
施 工 方 案	2.4 施工方案 2.4.1 施工工艺 2.4.1.1 回填材料生产 海口磷业浮选厂每年生产副产品浮选磷尾矿（干基）120 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回填骨料与水泥充分混拌成为自流自凝磷尾矿基生态修复材料。 直接利用浮选厂尾矿渣浆，采用管道输送方式送达回填材料制备站现场。利用水泥胶凝特性，最终制备出对环境安全的自流式磷尾矿基生态修复材料。回填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 120 万 t/a，4000t/d。 回填材料生产工艺流程详见图 2.4-1。回填材料生产工艺由尾矿输送工艺段、浓密工艺段、水泥比例配置工艺段、混合搅拌工艺段、回填泵送工艺、溢流回水工艺段依次串联构成。

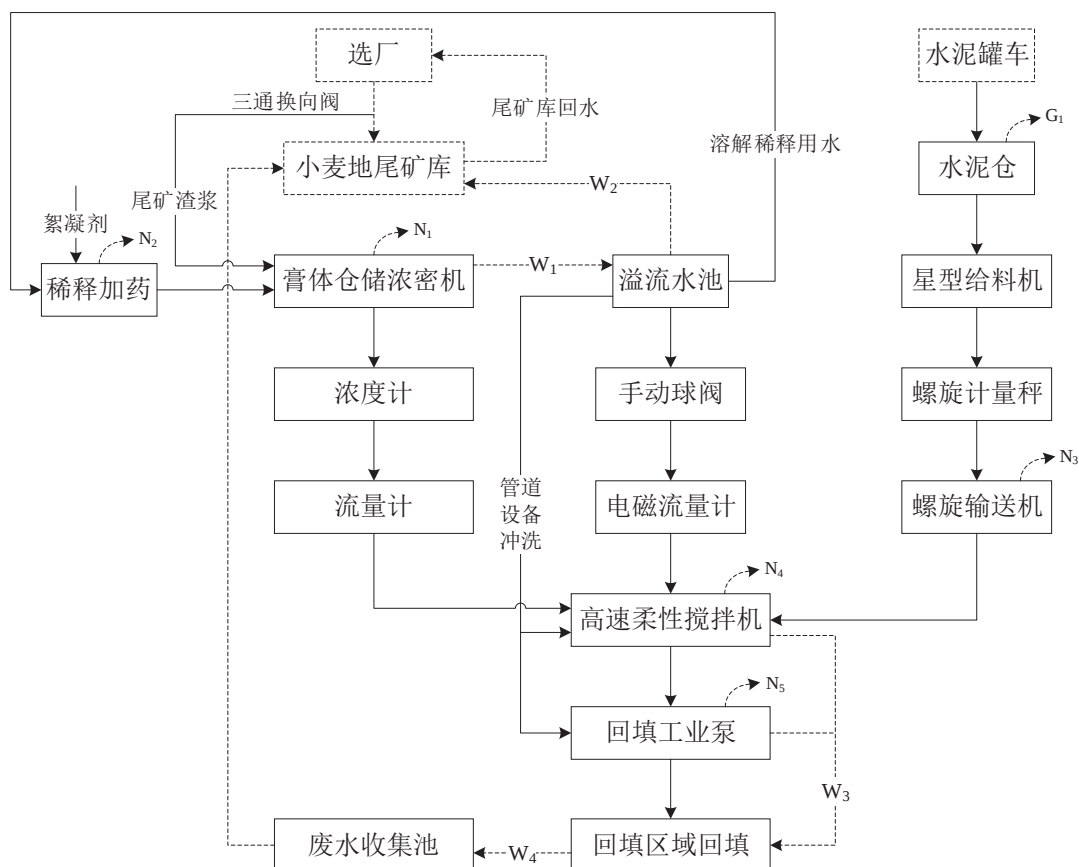


图 2.4-1 回填材料生产工艺

（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营建料浆管线切换设施，通过三通阀将磷尾矿输送至项目回填材料制备站，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尾矿库。为提高膏体仓储浓密机的生产效率，采用浮选磷尾矿专用絮凝剂实现浮选磷尾矿的快速固液分离。同时，该工艺段配置高精度核子浓度计、高精度流量计等在线检测仪表实时反馈浓密机底流参数，保证自动控制系统的精确控制。

（3）水泥比例配置工艺段

按回填工艺要求，按 5%水泥掺加比例制备回填材料。水泥由水泥仓底部的

稳流給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。日最大消耗水泥 200t。设计两座仓储容量为 500t 的水泥仓，可满足 3~5 天的回填需求。水泥仓采用钢结构，仓顶设收尘器、雷达料位计及检查孔。

（4）混合搅拌工艺段

根据浓缩工业试验情况，一段柔性搅拌能够将高浓度的回填料浆均质活化搅拌，同时使得料浆的搅拌时间可以得到很好的保证。设计采用一段的高速柔性活化搅拌方式，单台搅拌机制备能力 200m³/h。

（5）回填泵送工艺段

本次设计中回填制备站设计为固定式。鉴于采空区回填区面积较大，采空区底较深，回填制备站需要具备泵送回填料到达回填区的能力。

考虑到分区回填需求，工业回填泵送按两用一备配置，工业回填泵单机功率为 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。泵送管线与工业回填泵出口联接，沿采空区布设。

（6）溢流回水系统

建设从回填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 1km，回水通过水泵抽排至小麦地尾矿库。

2.4.1.2 采空区回填

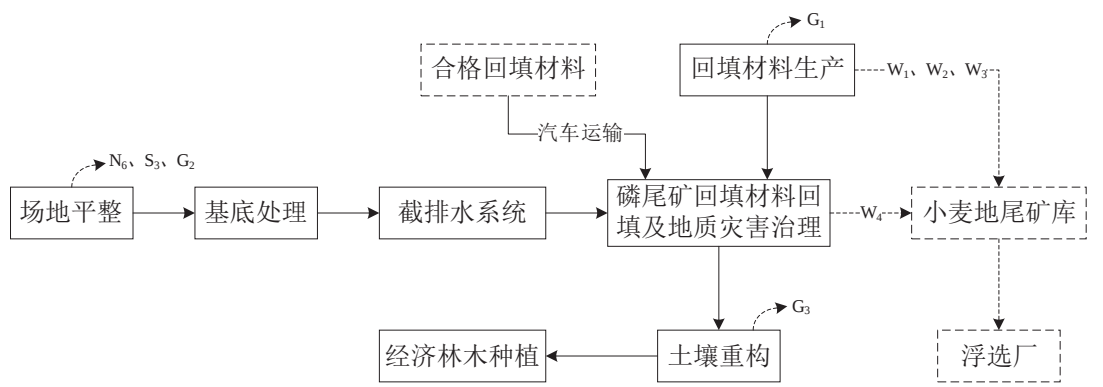


图 2.4-2 采空区回填工艺

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

回填区磷尾矿基生态修复材料堆填方式为自流平膏体回填，磷尾矿基生态

修复材料采用管道输送至采空区内进行回填，回填采用分区分层自流平工艺，矿坑回填场地内以 3-5 万 m^2 为一个分区，分区间采用矿山剥离土建设分隔坝，把采空区分成回填区、固结养护区、建设区，轮流替换，分区分层回填。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 设回填支管，磷尾矿基生态修复材料在分区内自流平，一个分区填满后，回填下一个分区，回填满的分区进行养护，把表层泌水抽排至矿坑外淋滤水收集池，经过 3-7 天的胶结固化，胶结磷尾矿基生态修复材料的抗压强度达到 0.25MPa 以上，然后在胶结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，分区分层回填，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回填，回填养护至磷尾矿基生态修复材料胶结至抗压强度达到 0.25MPa 以上，然后从子坝顶放 20m 平台，再建设下一层子坝，循环往复，分区分层回填，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 $\times$ 400mm，坡度不小于 0.01，纵向坡面排水沟间隔 100m 设置一条，断面 400mm $\times$ 500mm。胶结固化区表层雨水导流至坝肩雨水沟外排。沿回填区周边设置截洪沟，采空区回填完成后，在覆土表层设置表层雨水沟，有效导排场区雨水。

回填过程中，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回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。

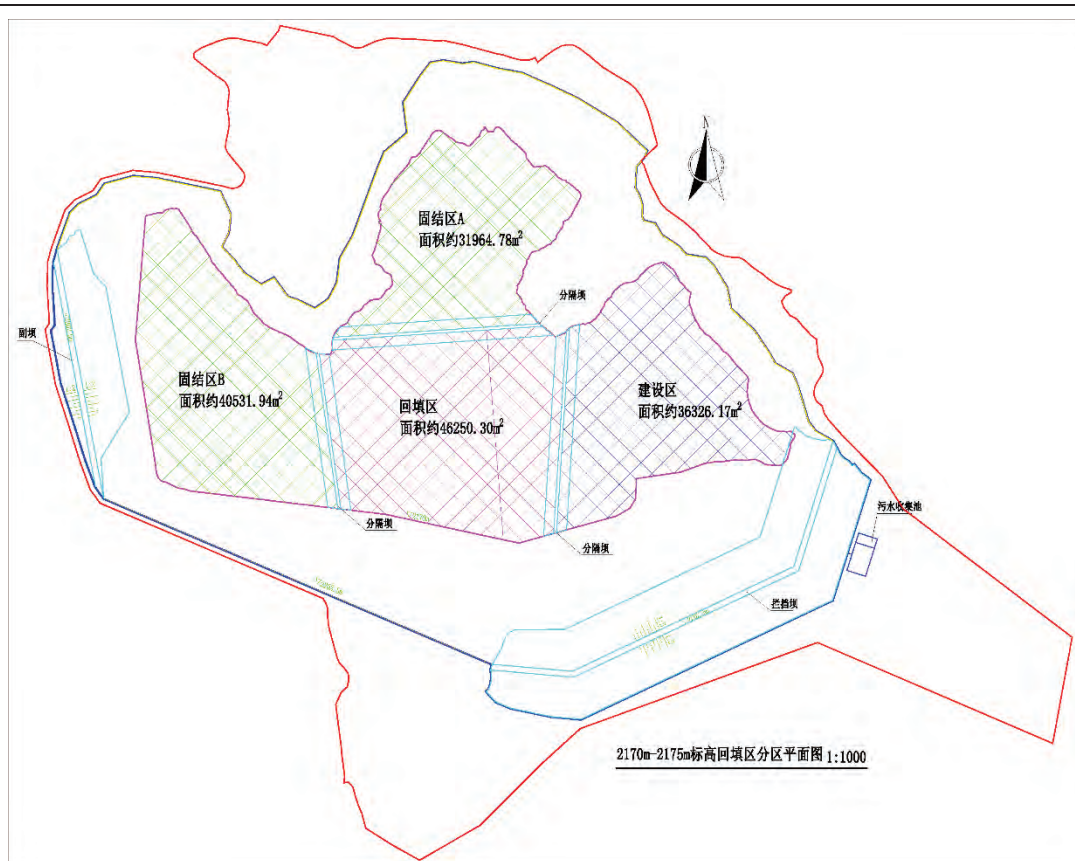


图 2.4-3 2170m-2175m 标高回填分区示意图

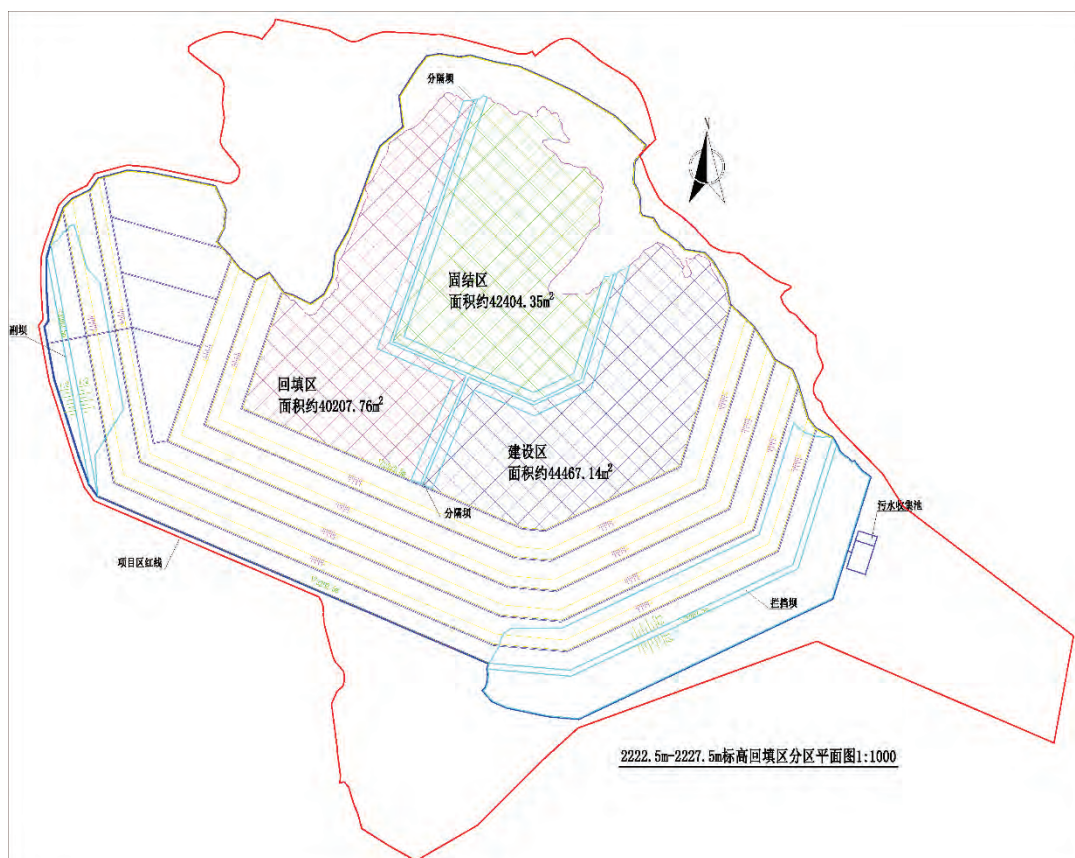


图 2.4-4 2222.5m-2227.5m 标高回填分区示意图

项目产污节点见下表。

表 2.4-1 项目产污节点分析

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

2.4.1.3.1 种植区划分

根据回填设计按回填后立地条件对项目区划分种植区。

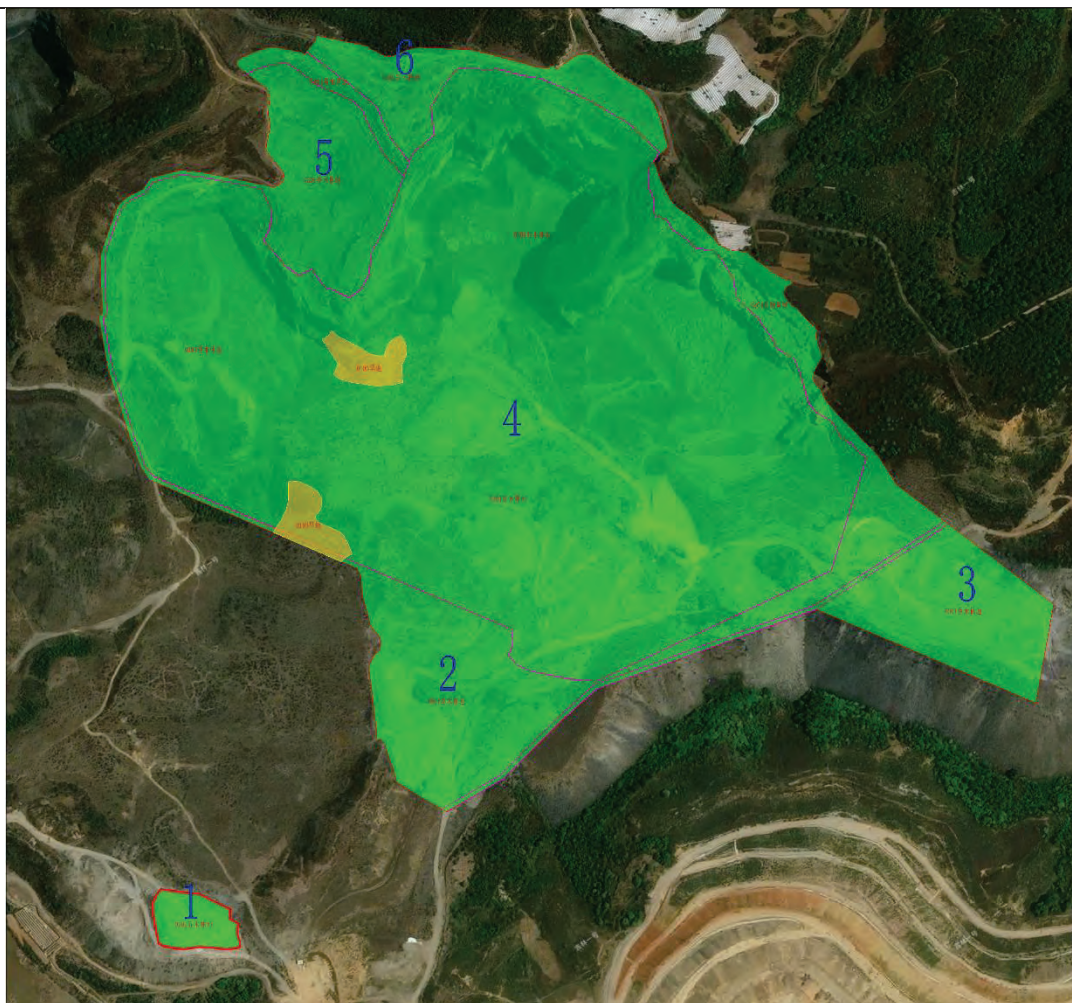


图 2.4-5 种植区划分

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。

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；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：<i>Larix potaninii var. australis</i> A. Henry ex <i>Handel-Mazzetti</i> 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：<i>Mill Betula albosinensis</i> 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：<i>Pinus yunnanensis</i> 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：<i>Olea europaea subsp. cuspidata</i> 生物及生态学特性：尖叶木樨榄为常绿小乔木或灌木，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：<i>Trifolium repens</i>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，白车轴草的根系发达，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：<i>Medicago sativa</i>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，根颈发达。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，具由中脉伸出的长齿尖，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：<i>Parthenocissus tricuspidate</i> (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：<i>Hederanepalensis</i> var. <i>sinensis</i> (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，项目回填区内北侧的高陡悬崖边坡，回填磷尾矿基生态修复材料最大回填标高为 2250m，可反压悬崖高度为 134m，回填反压结束后，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 按照回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。

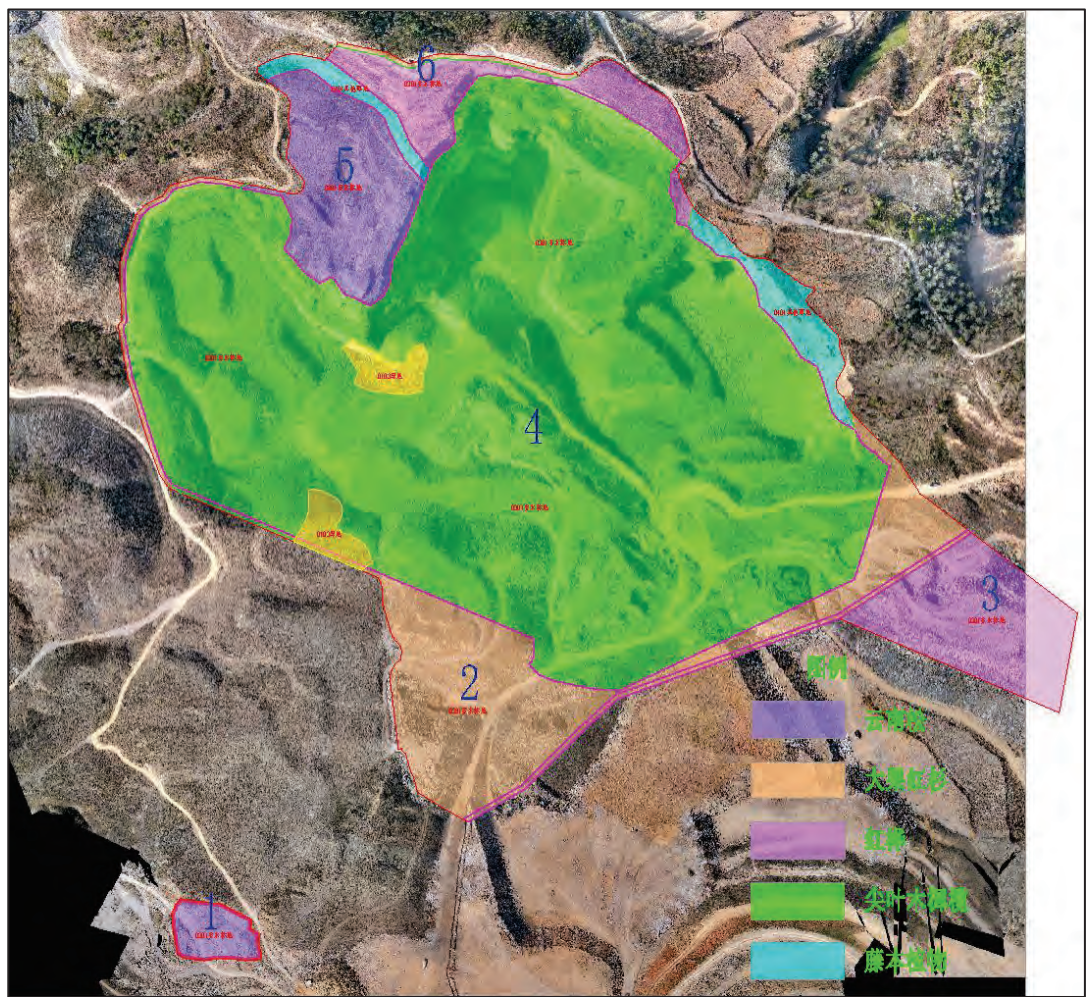


图 2.4-6 林木种植分区示意图

（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回填土边踏实，选择苗

木要大小粗度相近，高度一致。栽植时树干或树冠中心保持在直线和曲线上，回填土要比原地面高 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：4810.37m²	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：
	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：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：4810.37m³		
	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：49991.47m²	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 条件	海拔（m）：2210m；坡位：全坡；坡向：西；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：
	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：49991.47m³			
	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：25789.55m²	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：
	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：25789.55m³			
	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：332003.46m²	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		
立地条件	海拔（m）：2202～2250m；坡位：全坡；坡向：东南；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：
	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：332003.46m³		
	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：26543.55m²	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：
	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：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：26543.55m³		
	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：16809.87m²	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 条件	海拔（m）：2245～2250m；坡位：全坡；坡向：东；坡度：缓		
	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 ³
	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。
	红桢：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：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、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

良种壮苗是林木速生、优质、丰产的重要条件，使用壮苗栽植，能提高栽植成活率，促进苗木快速生长，增强对不良环境的抵抗能力。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《主要栽植树种苗木标准》（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	苗木等级		综合控制指标	适用范围
				I 级苗			
				地径	苗高		
				cm>	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		
	红桉	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、红桉 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		
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	3.1.1 云南省主体功能区规划 根据《云南省主体功能区规划》（2014 年 1 月 6 日），云南省国土空间按照开发方式分为重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域 3 类主体功能区；按开发内容分为城市化地区、农产品生产区和重点生态功能区；按层级分为国家和省级两个层面。 拟建项目所在的西山区位于国家层面重点开发区，国家层面重点开发区域是对全国区域经济协调发展有重大意义的城市化地区，是支撑全国经济增长的重要增长极。该区域的功能定位为：我国面向西南开放重要桥头堡建设的核心区，连接东南亚、南亚国家的陆路交通枢纽，面向东南亚、南亚对外开放的重要门户；全国重要的烟草、旅游、文化、能源和商贸物流基地，以化工、有色冶炼加工、生物为重点的区域性资源深加工基地，承接产业转移基地和外向型特色优势产业基地；我国城市化发展格局中特色鲜明的高原生态宜居城市群；全省跨越发展的引擎，我国西南地区重要的经济增长极。 该项目是融合浮选尾矿综合利用、采空区回填以及生态修复项目，为浮选尾矿处置、采空区回填、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发展。
--------	--

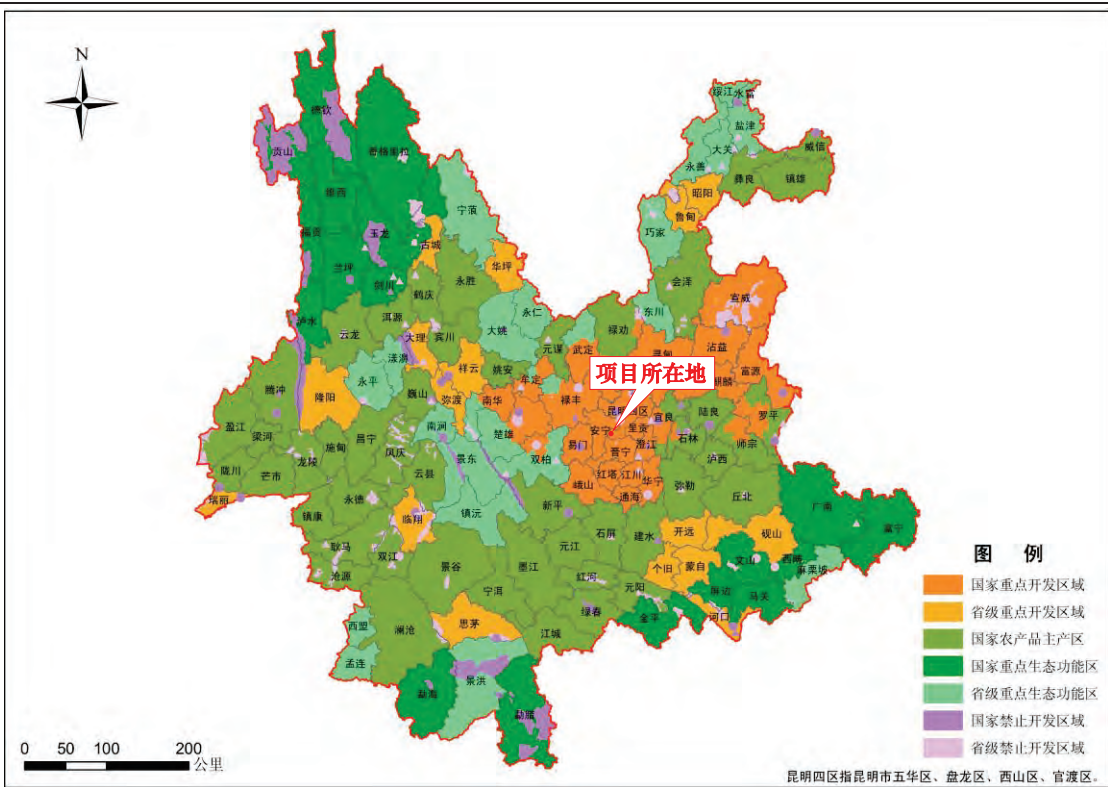


图 3.1-1 项目与云南省主体功能区位置关系

3.1.2 云南省生态功能区划

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

表 3.1-1 云南省生态功能区划简表

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

项目属于采空区回填及生态修复项目，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。

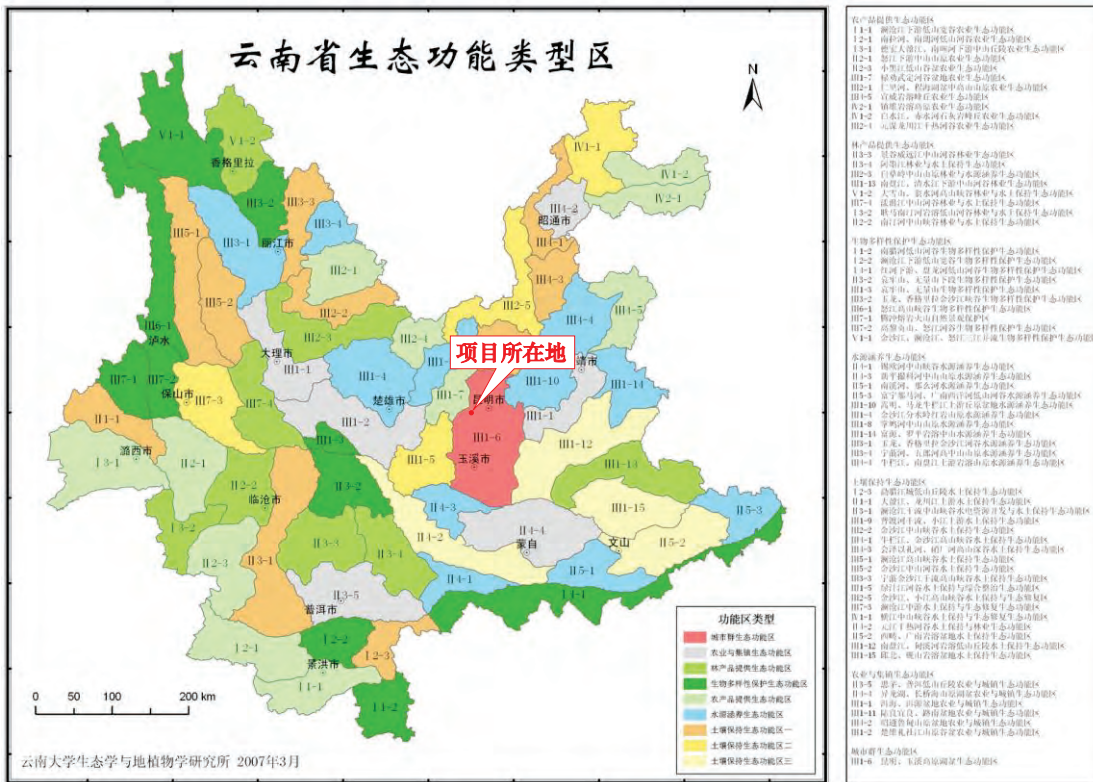


图 3.1-2 项目与云南省生态功能区划位置关系

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 9 日，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裸露的采空区，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) 杞木林
一、旱冬瓜林 (Form. <i>Alnusnepalensis</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，一般在撩荒地、火烧迹地上土层深厚肥沃湿润，生长尤好。旱冬瓜生长快，适应性强，伐根萌生力强，病虫害少，并具有一定的抗寒能力，木材好，用途广。具根瘤菌、落叶量大等优点，是昆明附近荒山绿化造林、改良土壤的优良树种。

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

项目区旱冬瓜林群落结构简单，树冠整齐，树冠椭圆状至伞形，春夏常绿，冬秋叶落，季相十分明显，群落盖度 80%~85%，植物种类约 52 种，乔木层以旱冬瓜为优势，含有分布不均匀的滇石栎 *Lithocarpusdealbatu*、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 <i>Pyracantha fortuneana</i>、薄叶鼠李 <i>Rhamnus leptophyllus</i>、棠梨 <i>Pyrus pashia</i> 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 <i>Pteridium revolutum</i>、车前 <i>Plantago major</i>、杜牛膝 <i>Achyranthes aspera</i>、苦蒿 <i>Artemisia condoncephala</i> 等。 ②人工植被 a.桉树林 主要零星分布在矿区北面、采矿办公生活区周边。林内较干燥，结构较简单，灌木层不发达，种类少，草本层较发达，以旱生种类占优势。 b.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、小麦等作物。 （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木丛→云南松林→暖温带稀树灌木草丛→暖温带灌木丛。 （5）植被垂直分布规律 项目区及周边整体上均处于云南高原面，地形起伏不大，因此，评价区内的植被没有体现出明显的垂直分布规律。评价区内植被的变化主要是地形、地貌及人类活动影响的结果。 （6）植被水平分布规律 项目区及周边没有跨越不同的气候带，因此，评价区内的植被没有体现出相应的水平变化规律。 （7）植物资源现状 项目区域及邻近区域开发较早，人口密集，人类活动对植被及植物种类的影响较为深远，原生植被已基本上不存在，现有的植被基本上都是人工植被，或被开垦为耕地、或为人工经济林，仅在局部区域保留有原生植被。由于人类的干扰，在评价区内的植物中，栽培植物及分布广泛的杂草占有很高比例，而

土著植物所占比例较低。

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

表 3.1-3 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）第 65 号《关于印发云南省古树名木名录的通知》和实地调查，在项目区及周边没有古树名木分布。

3.1.3.4 野生脊椎动物现状调查

项目组于 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 <i>Accipiter virgatus</i>、普通鵟 <i>Buteo buteo</i>、红隼 <i>Falco tinnunculus</i> 和豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>；无云南省省级重点保护野生动物。豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i> 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 <i>Accipiter virgatus</i> 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 <i>Buteo buteo</i> 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 <i>Falco tinunculus</i> 俗名：茶隼 英文名：Eurasian Kestrel 形态特征：体长 350mm 左右，雄鸟头顶至后颈灰，并具黑色条纹;背羽砖红色，布有黑色粗斑;尾羽青灰色，具宽阔的黑色次端斑及棕白色端缘，外侧尾羽较中央尾羽短甚，呈凸尾型。雌鸟上体砖红色，头顶满布黑色纵纹，背具黑色横斑，爪黑色。雌雄鸟胸和腹均淡棕黄色，具黑色纵纹和点斑。 生态习性：栖息于林缘、灌丛、田野等开阔地及居民区。常单独活成对活动。飞行速度快，有时见在空中振翅定点停留，主要捕食地面上的食物，如昆虫、两栖类、小型爬行类、小型鸟类和小型兽类等，有时也取食少量植物性食物。 资源状况为常见种。国家Ⅱ级重点保护鸟类。 豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i> 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 日对项目区声环境现状进行监测，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	2024.12.05	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	2024.12.06	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，项目区地表水体为项目东面 6km 为螳螂川。根据《云南省水功能区划（2014 年修订）》，螳螂川（海口--安宁温青闸）2030 年水质目标为 IV 类，执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准。

根据昆明市生态环境局发布的《2024 年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亚类下降为 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，螳螂川水质现状不能达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准要求。

3.1.6 大气环境现状

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》（GB3095-2012）及修改单中的二级标准。

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

项目引用双哨修复项目的大气质量现状监测（监测点位于项目北面

	1.3km)，监测点与项目之间无其它污染源，引用数据能够反映项目区质量现状，检测结果见下表，检测点位见附图。				
	表 3.1-6 双哨下风口 TSP 检测情况				单位：μg/m³
	采样日期	采样时段	检测结果	标准值	达标判断
	2023.03.16-2023.03.17	08:00-08:00（次日）	128	300	达标
	2023.03.17-2023.03.18	08:10-08:10（次日）	123	300	达标
	2023.03.18-2023.03.19	08:20-08:20（次日）	131	300	达标
由上表可知，项目区 TSP 质量现状满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单中的二级标准。					



3.1.7 地下水

项目区未钻探到地下水，为了解项目区地下水水质情况，本次引用海口磷业委托云南圣清球境监测科技有限公司对项目区上游水井（ZK43）、下游小场村水井、柳树箐渣库下游水井（JK4）的例行监测数据，ZK43 水井位于项目上游 1.3km，小场村水井位于项目下游 2.8km，JK4 水井位于项目下游 4.3km，3 个水井与项目属于同一水文地质单元。

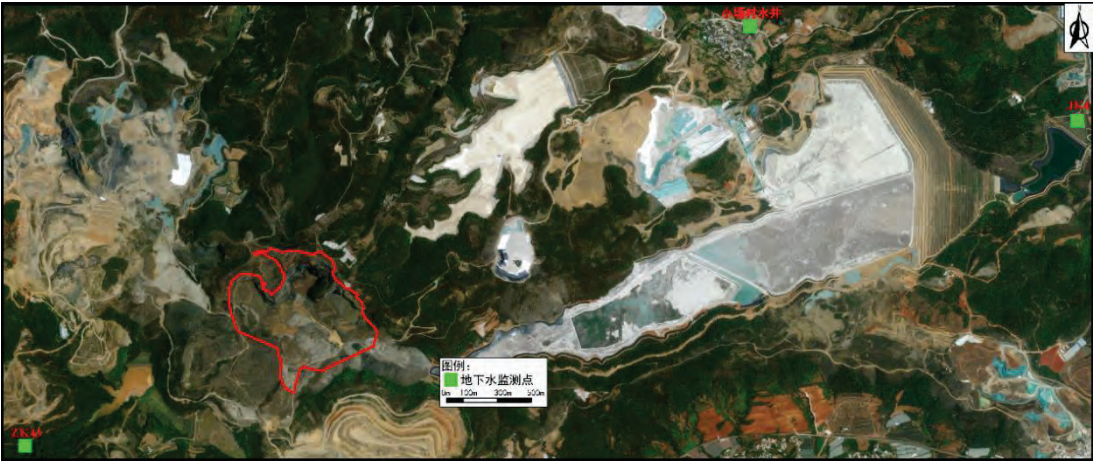


图 3.1-6 地下水监测点位图

表 3.1-7 ZK43 水井地下水水质监测结果表

地点及日期 检测项目	ZK43 水井			标准值 (III 类)	是否达标
	2024.8.14	2024.9.26	2024.10.10		
pH	8.2	8.1	8.2	6.5~8.5	达标
氨氮 (mg/L)	0.146	0.091	0.123	≤0.5	达标
总磷 (mg/L)	0.026	0.136	0.185	≤0.2	达标
氟化物 (mg/L)	0.89	0.78	0.61	≤1.0	达标
砷 (mg/L)	<0.0003	0.00214	<3×10 ⁻⁴	≤0.01	达标

备注：总磷参考《地表水环境质量标准》III 类标准。

表 3.1-8 小场村水井地下水水质监测结果表

地点及日期 检测项目	小场村水井			标准值 (III 类)	是否达标
	2024.8.14	2024.9.10	2024.10.10		
pH	7.1	7.3	7.3	6.5~8.5	达标
高锰酸盐指数 (mg/L)	0.8	0.6	<0.7	/	/
总磷 (mg/L)	0.187	0.054	0.064	≤0.2	达标
氟化物 (mg/L)	0.10	0.11	0.12	≤1.0	达标
硫化物 (mg/L)	<0.003	<0.003	<0.003	≤0.02	达标
砷 (mg/L)	<3×10 ⁻⁴	3.22×10 ⁻³	<3×10 ⁻⁴	≤0.01	达标
六价铬 (mg/L)	<0.004	<0.004	<0.004	≤0.05	达标
镉 (mg/L)	<5×10 ⁻⁴	<5×10 ⁻⁴	<5×10 ⁻⁴	≤0.005	达标
铅 (mg/L)	<2.5×10 ⁻³	<2.5×10 ⁻³	<2.5×10 ⁻³	≤0.01	达标

铜 (mg/L)	<0.04	<0.04	<0.04	≤1.0	达标
锌 (mg/L)	<0.009	0.012	0.009	≤1.0	达标
备注：总磷参考《地表水环境质量标准》III 类标准。					

表 3.1-9 JK4 水井地下水水质监测结果表

地点及日期 检测项目	JK4 水井			标准值 (III 类)	是否达标
	2024.8.14	2024.9.10	2024.10.10		
pH	6.9	7.1	6.8	6.5~8.5	达标
氨氮 (mg/L)	0.412	0.434	0.489	≤0.5	达标
总磷 (mg/L)	0.093	0.027	0.040	≤0.2	达标
氟化物 (mg/L)	0.13	0.12	0.18	≤1.0	达标
砷 (mg/L)	0.00378	0.00282	<3×10 ⁻⁴	≤0.01	达标
备注：总磷参考《地表水环境质量标准》III 类标准。					

从监测结果可以看出，3 个监测井检测指标均符合《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准。

3.1.8 土壤环境

根据本底调查报告，本底调查单位委托云南坤发环境科技有限公司于 2021 年 10 月对项目区土壤环境进行本底调查，本底调查在项目占地范围内布置了 39 个监测点位（其中表层样 7 个，柱状样 32 个），在占地范围外布置了 17 个监测点位（其中表层样 12 个，柱状样 5 个）。48#、52#点位位于旱地，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）筛选值标准，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标准，监测点位满足导则要求，主要采集项目区表层样、柱状样分别进行检测分析。

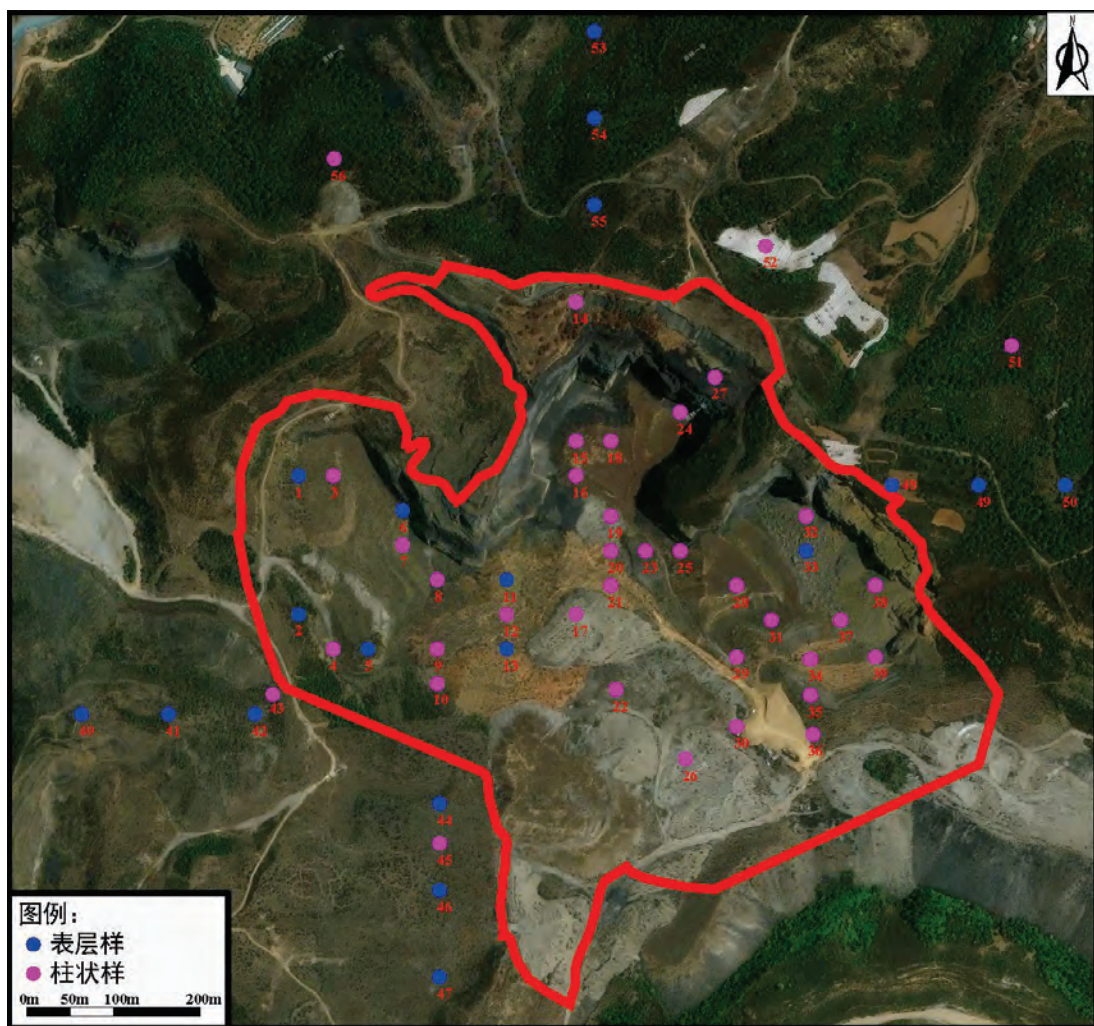


图 3.1-7 土壤监测点位图

项目监测结果分析详见下表。

表 3.1-10 建设用地土壤样品监测结果

单位: mg/kg

点位及 样品编号	镉	铅	六价铬	铜	镍	砷	汞
第二类用 地筛选值	65	800	5.7	18000	900	60	38
01-1	0.086	24.6	<0.5	15.9	33.1	10.9	0.156
02-1	0.12	60	<0.5	18.2	25	11.5	0.204
03-1-1	0.06	30.3	<0.5	18.2	31.8	7.52	0.296
03-1-2	0.059	19.3	<0.5	17.8	31.4	8.51	0.258
03-1-3	0.05	21.6	<0.5	16.9	29.8	7.5	0.503
04-1-1	0.087	118	<0.5	20.2	29.5	19.4	0.248
04-1-2	0.03	119	<0.5	19.6	29.5	17.9	0.216
05-1	0.076	18.5	<0.5	20	30.6	8.86	0.316
06-1	0.134	46.3	<0.5	19.7	30.1	16	0.322
07-1-1	0.185	81.4	<0.5	23.3	34.1	16.5	0.561
07-1-2	0.125	69.7	0.545	20.7	30.7	21.3	0.253

	08-1-1	0.011	8.87	0.653	11	26.4	12	0.121
	08-1-2	0.055	89	<0.5	15.4	28.2	14	0.193
	09-1-1	0.021	10.4	<0.5	13.2	25.4	10.5	0.196
	09-1-2	0.024	9.97	<0.5	12.3	23.7	8.58	0.333
	10-1-1	0.022	7.78	<0.5	11	22.8	9.64	0.211
	10-1-2	0.03	10.1	<0.5	12.5	25.5	7.65	0.254
	11-1-1	0.036	15.9	<0.5	12.7	30.7	8.06	0.162
	11-1-2	0.037	17.4	<0.5	13.4	31.6	8.19	0.323
	12-1-1	0.021	14.9	<0.5	13.6	27.9	20.3	0.355
	12-1-2	0.024	16	<0.5	13.6	26.9	9.47	0.137
	12-1-3	0.022	13.5	<0.5	14.4	27.3	7.47	0.117
	13-1	<0.01	19.8	<0.5	11.6	19.5	11.6	0.172
	14-1-1	<0.01	11.6	<0.5	30.1	32	38.2	0.218
	14-1-2	<0.01	24.4	<0.5	28.6	31.6	24.9	0.193
	15-1-1	0.019	7.48	<0.5	11.6	25	6.49	0.515
	15-1-2	<0.01	4.82	<0.5	12.4	26.6	8.08	0.132
	16-1-1	1.29	427	<0.5	16.1	27.4	19.5	0.539
	16-1-2	0.049	20.2	<0.5	13.4	29.8	8.48	0.424
	17-1-1	0.116	95.3	<0.5	2.13	9.57	17.7	0.277
	17-1-2	0.065	97.8	<0.5	1.05	10.8	25	0.205
	17-1-3	0.02	107	<0.5	2.81	11.2	28	0.206
	18-1-1	<0.01	22.3	<0.5	11	25.1	19.6	0.244
	18-1-2	0.509	928	<0.5	16.4	21.4	25.1	0.236
	18-1-3	1.74	968	<0.5	18.7	25.5	20.4	0.172
	19-1-1	0.02	9.06	0.517	11.4	25.2	6.39	0.151
	19-1-2	0.022	21.3	<0.5	10.8	24.2	7.89	0.174
	20-1-1	0.023	11.9	<0.5	13.4	27.2	6.96	0.117
	20-1-2	0.037	20.2	<0.5	12	26.2	7.8	0.146
	21-1-1	0.018	17.2	<0.5	11.7	26.4	14.4	0.163
	21-1-2	0.036	388	<0.5	13.4	23.8	15.5	0.225
	22-1-1	3.37	157	<0.5	8.99	19.9	45.2	0.456
	22-1-2	3.37	166	<0.5	9	20.5	51.1	0.265
	23-1-1	1.05	489	<0.5	15	26.5	30	0.207
	23-1-2	0.966	295	<0.5	16	27.5	32.6	0.193
	24-1-1	0.03	26.2	<0.5	13.9	26.2	14.8	0.296
	24-1-2	0.034	19.6	<0.5	11	25.3	6.67	0.125
	25-1-1	0.091	713	<0.5	13.6	22.1	31.5	0.327
	25-1-2	0.197	722	<0.5	13	16.5	24.9	0.348
	26-1-1	0.596	826	<0.5	7.47	18.8	44.5	0.218
	26-1-2	0.782	819	<0.5	7.73	20.6	41.8	0.294
	26-1-3	0.811	889	<0.5	8.28	21.8	35.9	0.369
	27-1-1	0.086	31	<0.5	39.6	39.8	32.5	0.166

	27-1-2	0.426	58.2	<0.5	22.3	23.3	24.5	0.259
	28-1-1	0.089	427	<0.5	14.7	21.6	17.1	0.22
	28-1-2	0.083	443	<0.5	15.7	23.1	23.8	0.394
	28-1-3	0.207	321	<0.5	15.7	24.1	24.9	0.583
	29-1-1	<0.01	47.6	<0.5	24.4	30.9	26.4	0.114
	29-1-2	0.019	27.3	<0.5	27.1	36.2	23.4	0.158
	30-1-1	0.814	1.19×10³	<0.5	6.7	13.9	35.9	0.321
	30-1-2	0.752	1.43×10³	<0.5	5.93	13.3	29.2	0.122
	31-1-1	0.041	71.8	<0.5	25.6	27	21.3	0.453
	31-1-2	0.046	54.9	<0.5	23.6	27.1	24.8	0.291
	32-1-1	0.694	613	<0.5	13.7	22.9	24.6	0.304
	32-1-2	0.764	528	<0.5	16.6	29.8	34.9	0.311
	33-1	1.01	432	<0.5	14	22.7	30.6	0.199
	34-1-1	0.048	14.5	<0.5	30.5	35	33.3	0.295
	34-1-2	0.025	22	<0.5	29.3	32	28.2	0.211
	35-1-1	0.769	541	<0.5	20.6	32.5	26.2	0.288
	35-1-2	0.946	496	<0.5	23.8	36.6	28.4	0.214
	36-1-1	0.09	34.2	<0.5	22	29.9	24	0.345
	36-1-2	1.44	4.81×10³	<0.5	11.3	13.5	25.5	0.395
	36-1-3	2.2	4.49×10³	<0.5	12.1	14.8	28.9	0.519
	37-1-1	0.045	102	<0.5	25.8	30.7	30.7	0.436
	37-1-2	0.306	401	<0.5	21.9	29.5	11.9	0.36
	38-1-1	0.044	687	<0.5	25.9	30.3	32.5	0.31
	38-1-2	0.954	1.71×10³	<0.5	19.3	24.4	33.8	0.346
	39-1-1	0.033	68.8	<0.5	22.8	29.8	21.2	0.197
	39-1-2	0.024	30.9	<0.5	24.2	30.9	16.3	0.262
	40-1	0.806	1.26×10³	<0.5	19.1	25.6	36.7	0.334
	41-1	0.103	59.7	<0.5	20.1	31.4	15.4	0.308
	42-1	0.179	71.4	<0.5	21.9	26.1	12.3	0.167
	43-1-1	0.094	18.8	<0.5	21.7	28.7	11.3	0.171
	43-1-2	0.063	17.2	<0.5	20.8	27.5	15.4	0.112
	44-1	0.14	105	<0.5	21.1	30.1	14	0.356
	45-1-1	0.092	49.3	<0.5	22.1	27.4	15	0.129
	45-1-2	0.086	48.4	<0.5	22	27	17	0.24
	46-1	0.097	16.1	<0.5	11.4	29.5	8.21	0.137
	47-1	0.077	42.2	<0.5	21.1	26.1	15.8	0.183
	49-1	0.086	26.6	<0.5	30.4	21.3	50.9	0.286
	50-1	0.31	61.3	<0.5	23.4	22.4	36.4	0.236
	51-1-1	0.06	43.5	<0.5	33.1	30.7	38.6	0.276
	51-1-2	0.065	38.8	<0.5	29.9	26.1	57.4	0.328
	53-1	0.023	10.9	<0.5	66.8	36.6	21.5	0.378
	54-1	0.193	24.8	<0.5	69.1	36.4	27	0.328

	55-1	0.058	26.5	<0.5	61.9	34.3	20.3	0.305
	56-1-1	0.052	40.5	<0.5	59.9	34.4	17.7	0.157
	56-1-2	0.254	39.9	<0.5	61.4	35.1	20.7	0.271
	40#平行 1	0.817	1.39×10 ³	<0.5	21	26.7	41.7	0.396
	45#平行 2	0.047	60.4	<0.5	28.4	33	17.2	0.164
	45#平行 3	0.09	48.4	<0.5	26.4	31.6	18.6	0.239
	50#平行 4	0.265	60	<0.5	25.5	24.4	37.6	0.211
	4#平行 7	0.079	127	<0.5	20.9	28.7	17.1	0.203
	4#平行 8	0.027	127	<0.5	19.6	27.9	18.3	0.255
	18#平行 9	<0.01	29.2	<0.5	18.5	24.4	22.6	0.187
	18#平行 10	0.512	956	<0.5	12.3	27.6	20.6	0.178
	18#平行 11	1.88	1.11×10 ³	<0.5	21	27.9	23.1	0.22
	12#平行 12	0.017	16.1	<0.5	14.3	28.3	19.1	0.303
	12#平行 13	0.023	16.9	<0.5	11	21	8.28	0.15
	12#平行 14	0.022	10	<0.5	11.4	21.6	6.79	0.148
	备注：所有样品 VOCs 及 SVOCs 均低于方法检出限。							
	根据土壤检测数据显示，项目区浅层样 30、38 点位，深层样 18、26 点位及表层样 40 点位的土样铅含量超过第二类用地铅风险筛选值 800mg/kg，最高值为 1710mg/kg，最低值为 819mg/kg，但低于管制值 2500mg/kg；深层样 36 点位(0.5-2.5m、2.5-4.5m)的土样铅含量超过第二类用地铅风险管制值 2500mg/kg，超标原因为该区域堆存采矿废渣。场地内外土壤中镉、铜、铅、汞、镍 5 项指标及其他 39 项指标均低于风险筛选值。在调查检测的土壤样品中挥发性有机物、半挥发性有机物和六价铬均未超标。							
	表 3.1-11 农用地土壤样品监测结果 单位：mg/kg							
	指标	48#点位点位	标准	52#点位		标准		
		表层样		表层样	0.5-2.5m 样品			
	pH（无量纲）	5.92	5.5-6.5	7.3	7.0	6.5~7.5		
	镉（mg/kg）	0.198	0.3	0.258	0.054	0.3		
	铅（mg/kg）	36.9	90	58.7	38.4	120		
	铜（mg/kg）	31.3	50	8.79	4.08	100		
	镍（mg/kg）	21.4	70	10.6	5.44	100		
	汞（mg/kg）	0.279	1.8	0.369	0.253	2.4		
	砷（mg/kg）	38.8	40	17	11.1	30		
	根据土壤检测数据显示，项目区耕地质量现状满足《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）筛选值标准要求。							
与项目	矿山主要环境问题： （1）由于历史原因，矿山存在多次开采、回填的采矿活动。区内的山体基							

有关的原有环境污染和生态破坏问题

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；

(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；

(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，1 个滑坡等地质灾害，影响周边山体的稳定；

(5) 采空区地质灾害严重发育，存在次生地质环境风险；

(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；

(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，影响地下水水体；

(8) 采空区表土剥离后破坏了土壤结构，现状无土壤覆盖。

生态环境保护目标

根据现场调查，项目周边 500m 范围内无居民区等敏感点，项目主要环境保护目标见下表。

表 3.3-1 主要环境保护目标

环境要素	名称	坐标/m		保护对象	保护内容	环境功能区	相对方位	相对距离/m
		经度	纬度					
环境空气	/	/	/	/	/	/	/	/
声环境	/	/	/	/	/	/	/	/
地表水	名称	水环境功能		水质目标		方位	距离/m	
	螳螂川	工业、农业、景观、娱乐用水		《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准		东面	6000	
地下水	名称	功能		水质类别		方位	距离/m	
	项目所在水文地质单元地下水，总	/		《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类标准		/	/	

		面积为9.4km ² 的区域			
		小场村水井	民井，无饮用功能	《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类标准	下游2800
	环境要素	影响对象		保护要求	
	生态环境	项目占地影响范围内的动植物等国家 II 级重点保护野生动物（松雀鹰、普通鵟、红隼、豹猫）		保护周围现有植被，保护生物多样性，保持生态系统完整性	
	土壤环境	项目修复范围内的土壤		《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中“第二类用地筛选值”	
	环境风险	修复区下游耕地，修复范围内地下水		通过采取风险防范措施最大程度降低环境风险	

评价标准

3.4.1 环境质量标准

（1）声环境

项目位于西山区海口街道先生崖，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			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》（GB3095-2012）及其修改单中关于环境空气功能区分类，项目区属于二类环境空气功能区，环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单二级标准，标准值见下表。

表 3.4-2 环境空气质量标准				
序号	污染物项目	平均时间	浓度限值	执行标准
1	二氧化硫（SO ₂ ）	年平均	60μg/m ³	《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单二级标准
		24 小时平均	150μg/m ³	
		1 小时平均	500μg/m ³	
2	二氧化氮（NO ₂ ）	年平均	40μg/m ³	
		24 小时平均	80μg/m ³	
		1 小时平均	200μg/m ³	

3	一氧化碳 (CO)	24 小时平均	4mg/m ³
		1 小时平均	10mg/m ³
4	臭氧 (O ₃)	日最大 8 小时平均	160μg/m ³
		1 小时平均	200μg/m ³
5	颗粒物 (粒径小于 10μm)	年平均	70μg/m ³
		24 小时平均	150μg/m ³
6	颗粒物 (粒径小于 2.5μm)	年平均	35μg/m ³
		24 小时平均	75μg/m ³
7	总悬浮颗粒物 (TSP)	年平均	200μg/m ³
		24 小时平均	300μg/m ³

(3) 地表水

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

表 3.4-3 地表水环境质量标准

单位: mg/L

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

(4) 地下水

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

表 3.4-4 地下水质量标准 (摘录)

单位: mg/L

序号	水质指标	III 类标准
1	pH	6.5~8.5
2	耗氧量 (mg/L)	≤3.0
3	总磷 (mg/L)	≤0.2
4	氟化物 (mg/L)	≤1.0
5	硫化物 (mg/L)	≤0.02
6	砷 (mg/L)	≤0.01
7	六价铬 (mg/L)	≤0.05
8	镉 (mg/L)	≤0.005
9	铅 (mg/L)	≤0.01
10	铜 (mg/L)	≤1.0
11	锌 (mg/L)	≤1.0

(5) 土壤环境

本项目占地范围内为建设用地,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) 中第二类用地筛选值。项目占地范围外农业用地土壤执行《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准 (试行)》(GB15618-2018) 风险筛选值。土壤环境质量标准限值见下表。

表 3.4-5 土壤环境质量标准限值 (基本项目)

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	蔡	70	700

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

序号	污染物	筛选值
		6.5≤pH≤7.5
1	砷	30
2	镉	0.3
3	铬	200
4	铜	100
5	铅	120
6	汞	2.4
7	镍	100
8	锌	250

3.4.2 污染物排放标准

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

（1）大气污染物排放标准

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

表 3.4-7 大气污染物综合排放标准

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

（2）噪声排放标准

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

3.4-8 建筑施工场界环境噪声排放限值 单位：dB（A）

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

（3）废水

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、回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。

（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暂存间，定期委托资质单位处置，危险废物暂存间执行《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。

（5）地下水防渗控制标准

项目回填的磷尾矿基生态修复材料性质稳定，有害元素检出值较低。根据项目所在地生态环境以及回填材料成分考虑，回填区、回填材料生产区、废水收集池防渗按照《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-

	2020) II 类要求进行防渗。 危险废物暂存间执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)。
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 施工期工艺及产污节点 4.1.1.1 回填材料生产 海口磷业浮选厂每年生产副产品浮选磷尾矿（干基）120 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回填骨料与水泥充分混拌成为自流自凝磷尾矿基生态修复材料。 直接利用浮选厂尾矿渣浆，采用管道输送方式送达回填材料制备站现场。利用水泥胶凝特性，最终制备出对环境安全的自流式磷尾矿基生态修复材料。回填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 120 万 t/a，4000t/d。 回填材料生产工艺流程详见下图。回填材料生产工艺由尾矿输送工艺段、浓密工艺段、水泥比例配置工艺段、混合搅拌工艺段、回填泵送工艺、溢流回水工艺段依次串联构成。
---	---

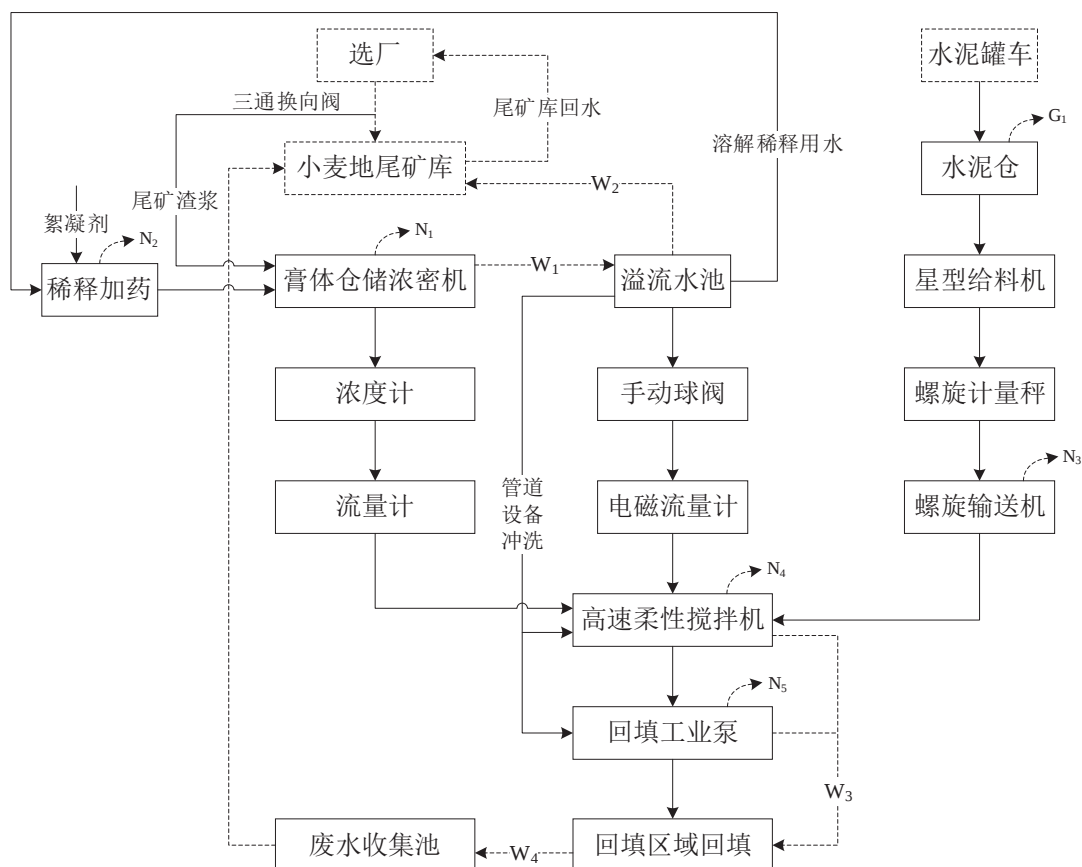


图 4.1-1 回填材料生产工艺

（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营建料浆管线切换设施，通过三通阀将磷尾矿输送至项目回填材料制备站，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尾矿库。为提高膏体仓储浓密机的生产效率，采用浮选磷尾矿专用絮凝剂实现浮选磷尾矿的快速固液分离。同时，该工艺段配置高精度核子浓度计、高精度流量计等在线检测仪表实时反馈浓密机底流参数，保证自动控制系统的精确控制。

（3）水泥比例配置工艺段

按回填工艺要求，按 5%水泥掺加比例制备回填材料。水泥由水泥仓底部的

稳流給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。日最大消耗水泥 200t。设计两座仓储容量为 500t 的水泥仓，可满足 3~5 天的回填需求。水泥仓采用钢结构，仓顶设收尘器、雷达料位计及检查孔。

（4）混合搅拌工艺段

根据浓缩工业试验情况，一段柔性搅拌能够将高浓度的回填料浆均质活化搅拌，同时使得料浆的搅拌时间可以得到很好的保证。设计采用一段的高速柔性活化搅拌方式，单台搅拌机制备能力 200m³/h。

（5）回填泵送工艺段

本次设计中回填制备站设计为固定式。鉴于采空区回填区面积较大，采空区底较深，回填制备站需要具备泵送回填料到达回填区的能力。

考虑到分区回填需求，工业回填泵送按两用一备配置，工业回填泵单机功率为 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。泵送管线与工业回填泵出口联接，沿采空区布设。

（6）溢流回水系统

建设从回填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 1km，回水通过水泵抽排至小麦地尾矿库。

4.1.1.2 采空区回填

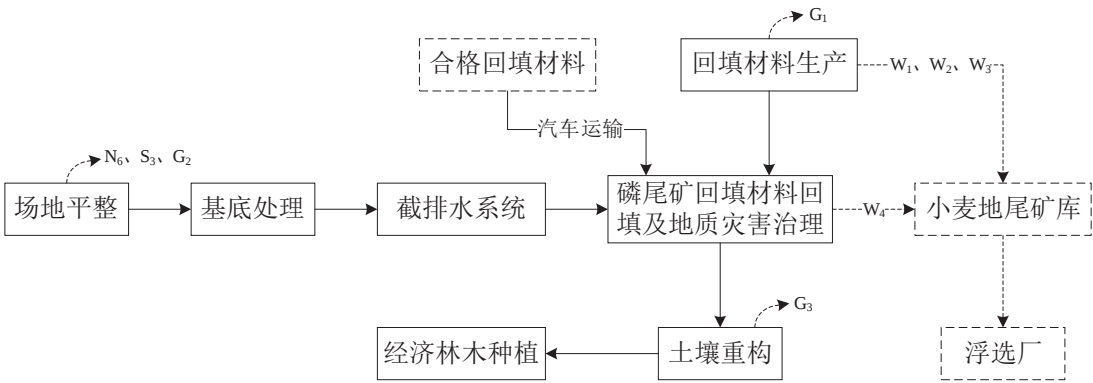


图 4.1-2 采空区回填工艺

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

回填区磷尾矿基生态修复材料堆填方式为自流平膏体回填，磷尾矿基生态

修复材料采用管道输送至采空区内进行回填，回填采用分区分层自流平工艺，矿坑回填场地内以 3-5 万 m² 为一个分区，分区间采用矿山剥离土建设分隔坝，把采空区分成回填区、固结养护区、建设区，轮流替换，分区分层回填。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 设回填支管，磷尾矿基生态修复材料在分区内自流平，一个分区填满后，回填下一个分区，回填满的分区进行养护，把表层泌水抽排至矿坑外淋滤水收集池，经过 3-7 天的胶结固化，胶结磷尾矿基生态修复材料的抗压强度达到 0.25MPa 以上，然后在胶结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，分区分层回填，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回填，回填养护至磷尾矿基生态修复材料胶结至抗压强度达到 0.25MPa 以上，然后从子坝顶放 20m 平台，再建设下一层子坝，循环往复，分区分层回填，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，纵向坡面排水沟间隔 100m 设置一条，断面 400mm×500mm。胶结固化区表层雨水导流至坝肩雨水沟外排。沿回填区周边设置截洪沟，采空区回填完成后，在覆土表层设置表层雨水沟，有效导排场区雨水。 回填过程中，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回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，及时覆土及种植经济林。

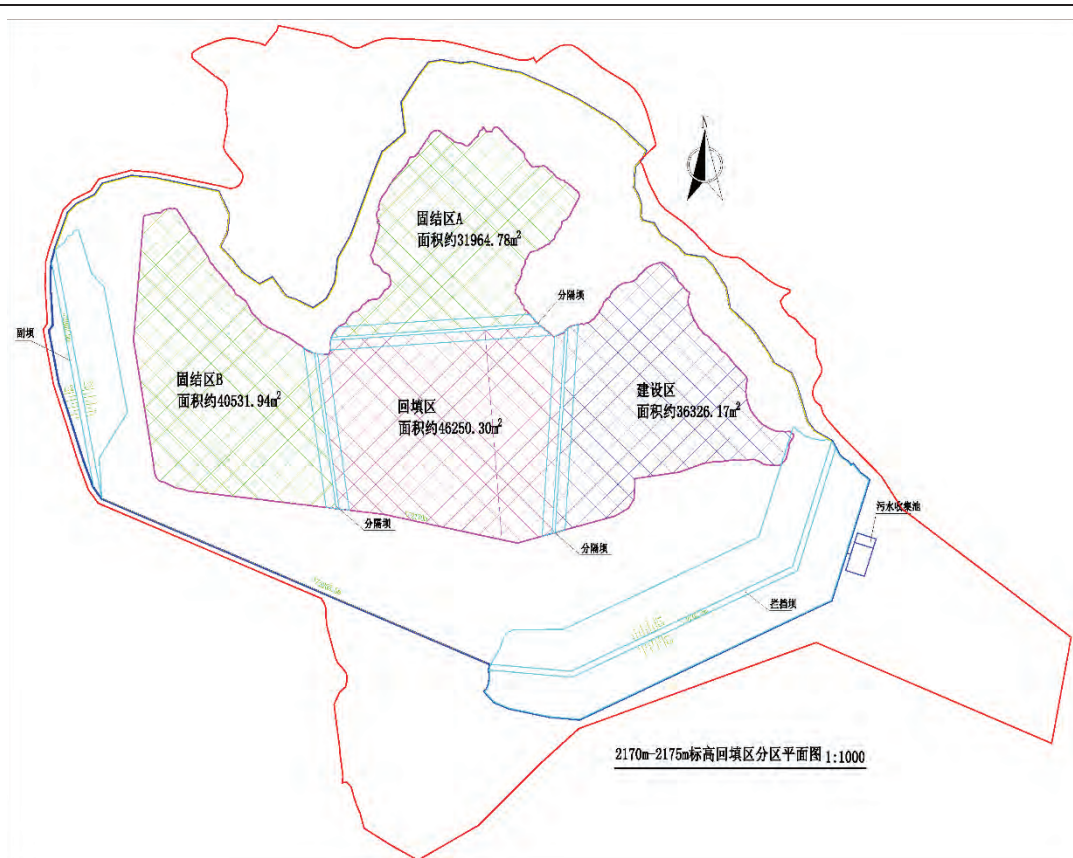


图 4.1-3 2170m-2175m 标高回填分区示意图

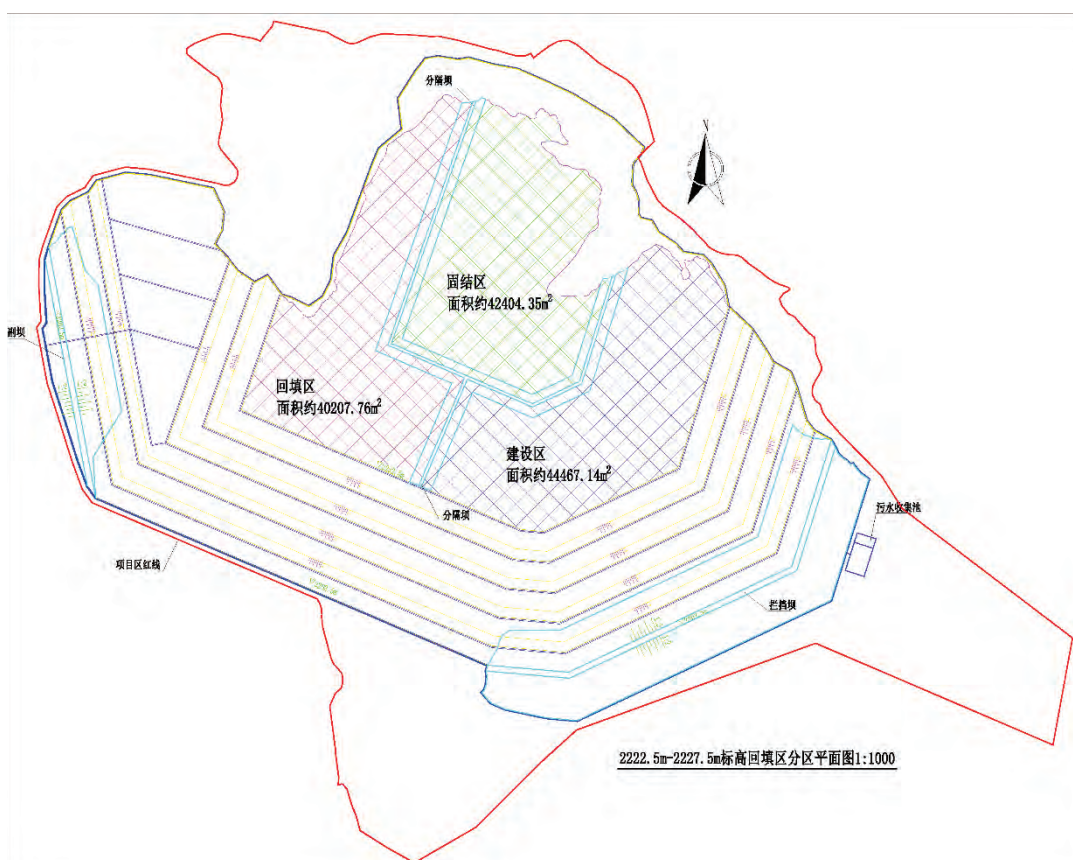


图 4.1-4 2222.5m-2227.5m 标高回填分区示意图

项目产污节点见下表。

表 4.1-1 项目产污节点分析

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

4.1.1.3 覆土及林木种植

采空区内磷尾矿基生态修复材料回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。

4.1.2 生态影响

根据现场勘查，目前项目区土地利用现状主要为裸露的岩石地表，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：项目边坡治理过程中可能会加重区域的水土流失情况，引起地质环境灾害。在施工过程中严格按照项目可研及堆填设计进行施工及边坡稳定处理，并在施工过程中采取水土保持措施，以减缓施工过程中的水土流失影响。 （2）植被：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，回填后项目区覆盖 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、普通鵟、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 482175.09m²。 项目回填后将地块恢复为林地，符合用地规划，项目林地景观与周边土地

	利用类型相近，与周边生态系统协调性较好。 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。 4.1.3 地下水影响分析 4.1.3.1 区域地质条件 4.1.3.1.1 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（ϵ_1q）、寒武系渔户村组（ϵ_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) 寒武系筇竹寺组 (ϵ_{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 (ϵ_{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。

4.1.3.1.2 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带的交汇部位，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。

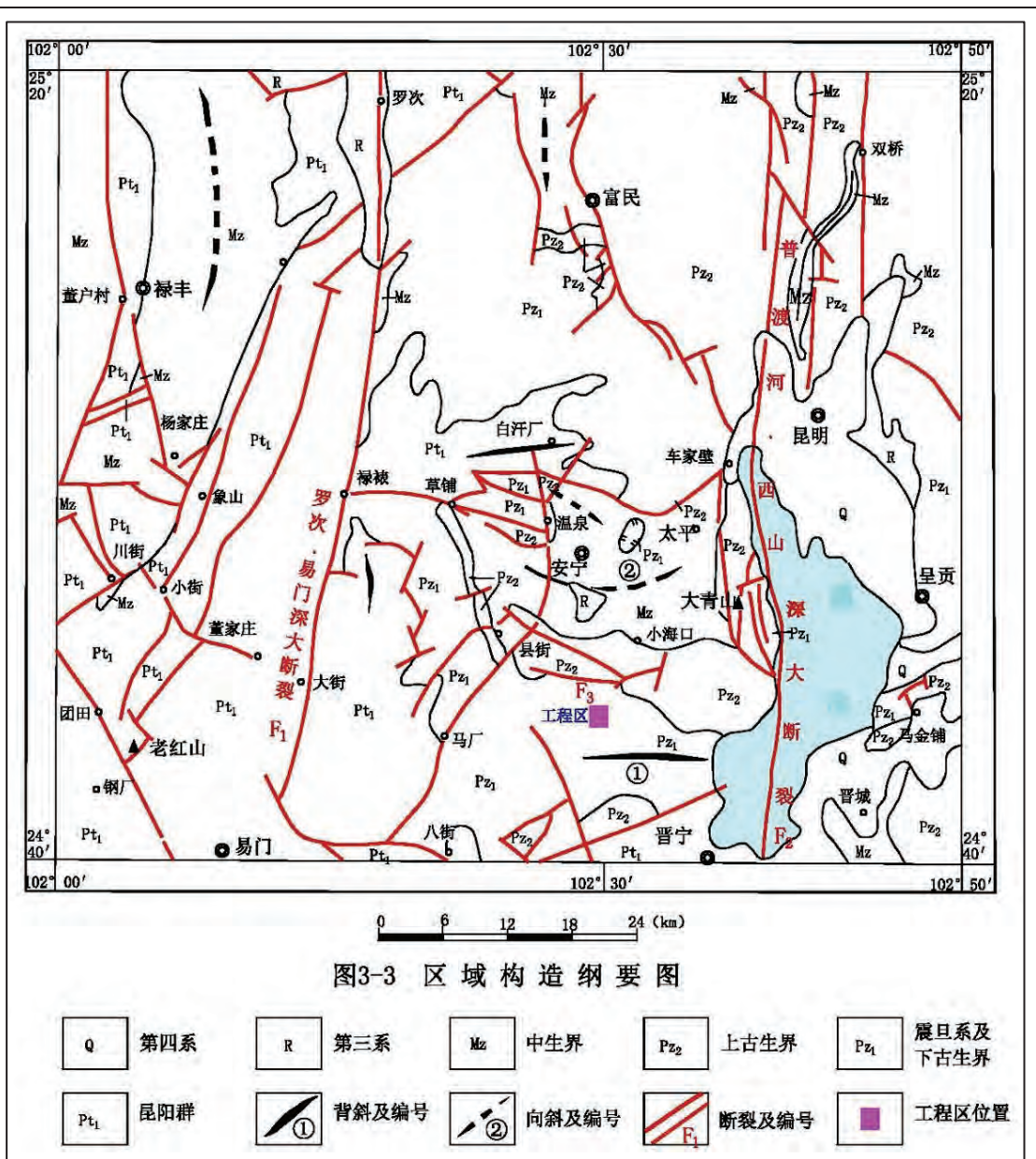


图 4.1-5 构造纲要图

4.1.3.2 项目区水文地质

4.1.3.2.1 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项目区水文地质调查工作，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 地质图作为工作底图，调访面积 80km²，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 4.1-2 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 ²	80	
2	1:1000 水文地质测绘	km ²	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	

4.1.3.2.2 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。

针对库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 4.1-3 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 ²)	(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二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）先生崖采空区地表回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遗留矿坑生态修复项目的 1#、2#矿坑的野外钻孔弥散试验的资料。云龙遗留矿坑位于项目下游 1.8km，与项目属于同一地层，云龙遗留矿坑 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 0.11m³/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（E_{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 0.04m³/h，流速：0.15m/h。

表 4.1-4 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（E _{ly} ）	震旦系灯影组（Z _{bdn} ）	
纵向弥散度 αL （m）	2.2598	2.9124	
横向弥散度 αT （m）	0.2141	0.2998	
纵向弥散系数 DL （m ² /h）	0.3390	0.5825	
横向弥散系数 DT （m ² /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 ³ /h）	0.04	0.11	
水力坡度 i	0.044	0.055	

4.1.3.3 地下水流场及补径排

(1) 地下水的补径排

含水层 Z_{bd} 、 Z_{bdn} 、 ϵ_{ly} 白云岩呈片状分布，为中等岩溶发育区，纯白云岩单斜构造型。据《螳螂川流域 1/5 万水文地质调查报告》大气降水入渗率 0.2141。补给、径流区地表岩溶发育均匀，主要以溶隙为主，其中 Z_{bdn} 发育近南北向溶隙。隔水层主要有 ϵ_{iq} 碎屑岩，其中 ϵ_{iq} 为 ϵ_{ly} 白云岩的隔水顶板，使其在海口河谷侧转为隐伏岩溶水，具承压性。 Z_{bdn} 白云岩在石马哨、三山箐上游裸露，岩溶地下水直接接受大气降水补给；在柳树箐、砂锅村转为隐伏岩溶水，除上游的径流补给外，还接受上部 ϵ_{ly} 白云岩中岩溶水的越流补给。

(2) 水文地质单元地下水流场

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，对比判断地下水总体由西向东径流。由于松散层及 ϵ_{iq} 隔水顶板的覆盖，局部地段地下水具承压性。

先生崖采空区从邻近钻孔、水井、水点推断及物探资料证实，采空区地下水位在 2090m 以下，雨季地下水位高，旱季地下水位低，地下水流向东。

4.1.3.4 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 ϵ_{iq} ，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 (ϵ_{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) $0.621.1L/s \cdot km^2 \sim 1.1L/s \cdot km^2$，泉流量 ($Q$) $0.003L/s \sim 0.3L/s$，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 $HCO_3-Mg \cdot Ca$ 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_{bdn}、ϵ_{1y} 中层状泥晶白云岩、硅质白云岩、磷块岩 $CaCO_3$ 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_{1y}) 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_{bdn} 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，据收集的水文地质资料，该层泉流量 $< 1L/s \sim 27.94L/s$，钻孔单位涌水量 $0.0006L/s \cdot m \sim 3.223L/s \cdot m$，富水性中等。 ②震旦系灯影组 ($Z_{bdn}$) 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 $0.8 \sim 5\%$；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) $7.11L/s \cdot km^2 \sim 10.40L/s \cdot km^2$，常见泉水流量 ($Q$) $3.45L/s \sim 30.99L/s$，平均泉水流量 $17.22L/s$，钻孔单位涌水量 $0.787L/s \cdot m \sim 5.96L/s \cdot m$，水量较为丰富，富水性强。 岩溶水地下水化学类型以 $HCO_3-Mg \cdot Ca$ 型水为主。 4.1.3.5 项目地下水影响分析 4.1.3.5.1 回填后水文地质条件及水质影响分析 项目回填前，采用 0.75m 压实粘土+400g/m² 土工布+1.5mmHDPE 防渗膜

+400g/m² 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，分区胶结回填，回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，回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，回填体覆盖现有裸露采空区，回填体硬化，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。

回填没有改变地下水总体流向，回填料满足第 I 类工业固体废物，回填料固化后无雨水及废水下渗，回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回填体固化后，各层渗透系数均 $\leq 1.0\times 10^{-5}\text{cm/s}$ ，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，回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 $\leq 1.0\times 10^{-7}\text{cm/s}$ ，回填后回填料固化，有效阻断回填作业过程中降雨形成的废水下渗，回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。

回填完成后原有裸露采空区不再存在，回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，可以有效降低生态回填过程中废水对地下水的污染风险。

项目实施年限为 6 年，其中回填实施年限为 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。

4.1.3.5.2 非正常情况下对地下水水质影响分析

回填作业过程中回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，废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。模拟情景为回填区废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；

C₀—注入的示踪剂浓度，mg/L；

u—水渗流速度，m/d；

D_L—纵向弥散系数，m²/d；erfc—余误差函数（可查《水文地质手册》获得）。

（2）污染源强

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，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 4.1-5 污染源强

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	0.48	0.2（参照地表水III水质标准限值）	0.01
	氟化物	0.37	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 4.1-6 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	Z _b dn	1.20×10 ⁻³	数据来源于本次水文地质勘查及水文地质试验
	ε ₁ q	9.04×10 ⁻⁵	

	(cm/s)	ϵ_{ly}	1.20×10^{-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 ² /d)		0.5825	
	横向弥散系数 (m ² /d)		0.05995	
	有效孔隙度		0.0022	
	水力坡度 i		0.0035	
	项目涉及 3 个含水层，此次预测按照最不利地层考虑。			

(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 1 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回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 4.1-7 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	0.48	0.48	0.48
10	0.39	0.48	0.48
20	0.20	0.47	0.48
30	0.06	0.45	0.48
40	0.01	0.40	0.48
50	0.00	0.32	0.48
60	0.00	0.22	0.48
70	0.00	0.13	0.48
80	0.00	0.07	0.48
90	0.00	0.03	0.48
100	0.00	0.01	0.48
110	0.00	0.00	0.48
120	0.00	0.00	0.48
130	0.00	0.00	0.47
140	0.00	0.00	0.47
150	0.00	0.00	0.46
160	0.00	0.00	0.44
170	0.00	0.00	0.42
180	0.00	0.00	0.40

	190	0.00	0.00	0.36
	200	0.00	0.00	0.33
	210	0.00	0.00	0.28
	220	0.00	0.00	0.24
	230	0.00	0.00	0.19
	240	0.00	0.00	0.15
	250	0.00	0.00	0.11
	260	0.00	0.00	0.08
	270	0.00	0.00	0.05
	280	0.00	0.00	0.03
	290	0.00	0.00	0.02
	300	0.00	0.00	0.01
	310	0.00	0.00	0.01
	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	0.00
	490	0.00	0.00	0.00
	500	0.00	0.00	0.00

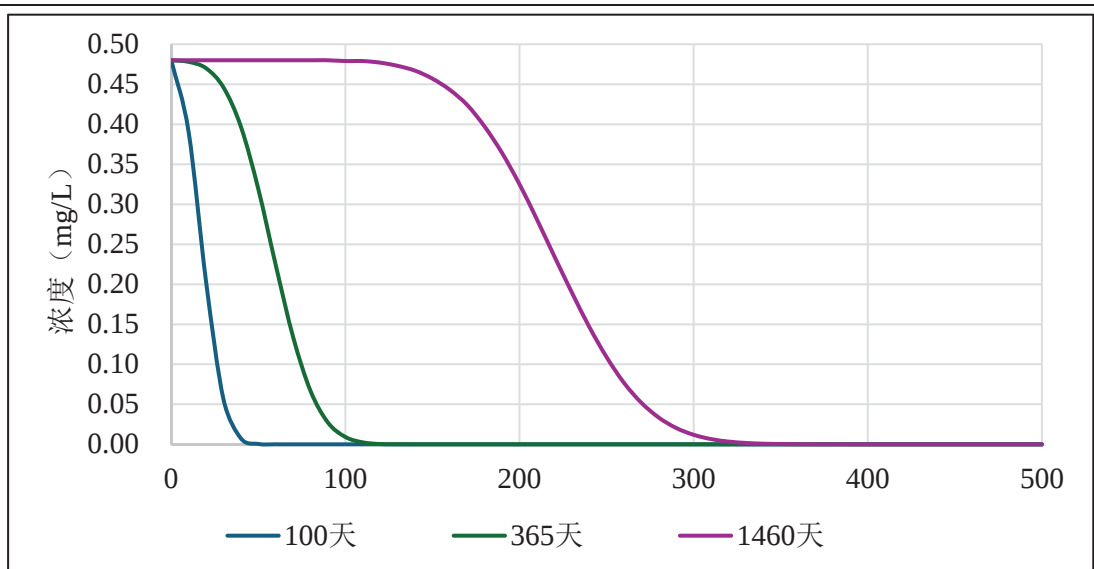


图 4.1-6 废水持续下渗不同时间条件下下游地下水中总磷浓度变化曲线

从上表及上图中，可以看出模拟废水持续下渗情况，连续渗入 100d 情况下，超标距离为收集池下游 20m，影响距离为收集池下游 38m；连续渗入 365d 情况下，超标距离为收集池下游 62m，影响距离为收集池下游 99m；连续入渗 1460d，超标距离为收集池下游 227m，影响距离为收集池下游 303m。根据调查，预测总磷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 4.1-8 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	0.37	0.37	0.37
10	0.30	0.37	0.37
20	0.16	0.36	0.37
30	0.04	0.34	0.37
40	0.01	0.31	0.37
50	0.00	0.25	0.37
60	0.00	0.17	0.37
70	0.00	0.10	0.37
80	0.00	0.05	0.37
90	0.00	0.02	0.37
100	0.00	0.01	0.37
110	0.00	0.00	0.37
120	0.00	0.00	0.37

	130	0.00	0.00	0.36
	140	0.00	0.00	0.36
	150	0.00	0.00	0.35
	160	0.00	0.00	0.34
	170	0.00	0.00	0.33
	180	0.00	0.00	0.31
	190	0.00	0.00	0.28
	200	0.00	0.00	0.25
	210	0.00	0.00	0.22
	220	0.00	0.00	0.18
	230	0.00	0.00	0.15
	240	0.00	0.00	0.11
	250	0.00	0.00	0.08
	260	0.00	0.00	0.06
	270	0.00	0.00	0.04
	280	0.00	0.00	0.03
	290	0.00	0.00	0.02
	300	0.00	0.00	0.01
	310	0.00	0.00	0.01
	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	0.00
	490	0.00	0.00	0.00
	500	0.00	0.00	0.00

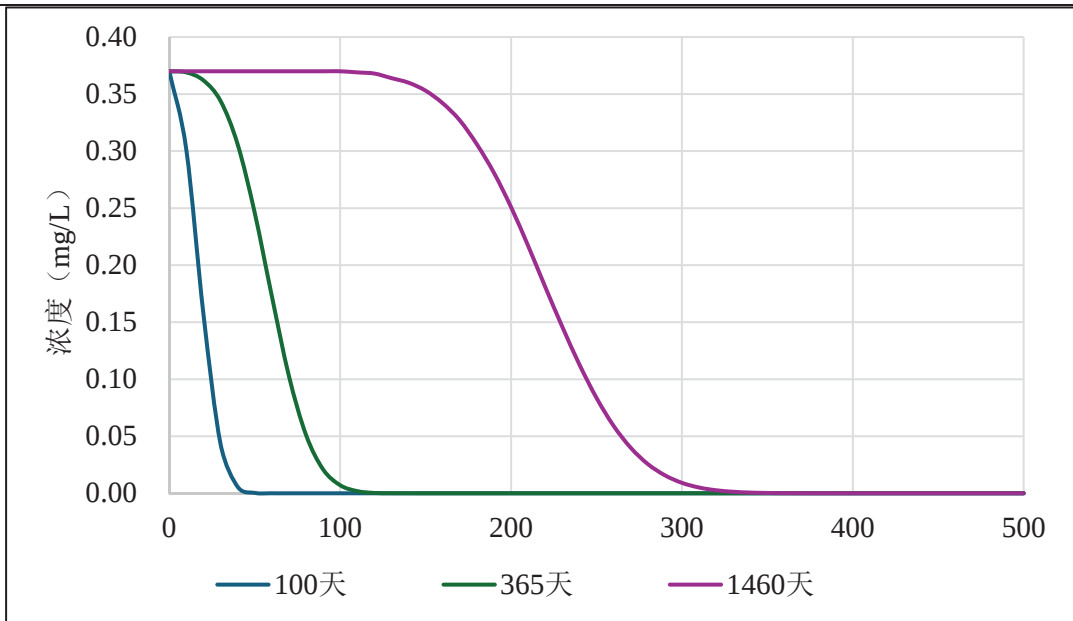


图 4.1-7 废水持续下渗不同时间条件下下游地下水中氟化物浓度变化曲线

从上表及上图中可以看出模拟废水持续下渗情况，影响范围内没有地下水超标点；连续渗入 100d 情况下，影响距离为收集池下游 29m；连续渗入 365d 情况下，影响距离为收集池下游 80m；连续入渗 1460d，影响距离为收集池下游 264m。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

项目废水收集池下游 2.8km 处分布有小场村水井，无饮用功能。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。

4.1.3.6 地下水环境防治措施

该项目施工期使用磷尾矿基回填物料填充采空区，回填过程有泌水产生，废水含有一定量污染物。为防止回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。

4.1.3.6.1 物料源头控制

(1) 项目磷尾矿来源为海口磷业浮选磷尾矿，不得使用其他企业磷尾矿生产回填材料，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。

(2) 建设单位设专人管理回填料检测，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，防止生活垃圾混入，在回填过程中也要检查，一旦发现生活垃圾混入，应立即停止回填，确保生活垃圾不得进入采空区回填。 4.1.3.6.2 过程控制 (1) 分区防渗 回填区防渗采用 0.75m 压实粘土+400g/m² 土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m² 土工布的两布一膜防渗层。 废水收集池、溢流水池防渗，渗透系数$\leq 1.0 \times 10^{-5}$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，确保渗透吸收满足 1.0×10^{-5}cm/s。 危废暂存间按《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，保证回填废水不泄漏； 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，检测合格后方可进行回填，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，开展回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，并将其反应在监理月报中。 ④施工严格按照堆填方案进行施工，落实好施工监理，确保回填堆体稳定、安全，规范施工。 (3) 废水导排 ①项目胶结回填胶结时间约 3-7 天，大雨天气停止回填，确保胶结回填体质量达标，分区回填之间采用碾压土石方构筑挡墙，形成横向阻隔，回填泌水收集后进入废水收集池，废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回填区外部修建截排水沟，有效降低雨季施工期间雨水汇入回填区，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 座废水收集池，废水收集池定期巡检，发现破损及时修补。收集池采用混凝土结构并进行防渗处理，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 DN428 复合钢管，钢管内衬 8mmPO 内衬，低支墩布置，沿道路敷设，管道沿线设置相应的排气阀，防止负压对管道内衬材料的影响；项目回水管道采用 DN300 的焊接钢管，管道采用低支墩布置，焊接连接，管道沿线设置相应的排气阀，防止负压对管道内衬材料的影响。

⑧在尾矿及废水输送管道及沿线最低点设置 150m³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与事故池内，避免废水及尾矿浆漫流至外环境。

（4）表层覆土

回填后表层覆土需满足《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018），经济林木养护严禁使用高毒高残留农药。

4.1.3.6.3 末端监管

建立回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，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 2 座、北侧 1 座、南 1 座，确保对回填区、废水收集池渗漏情况及时跟踪监测，避免对下游造成影响；另外同时考虑跟踪对深层含水层影响，对下游小场村水井水质进行跟踪监测。

表 4.1-7 地下水监测井建设要求		
类型	要求	监测井设置图样
监测井建设要求	井口保护筒使用不锈钢材质，井盖中心部分采用高密度树脂材料，避免数据无线传输信号被屏蔽；井口锁头使用异型锁，避免偷盗行为；保护筒高 50cm，下部埋入水泥平台中 10cm 起到固定作用。警示柱直径 4cm，用碳钢材质，长 1m，漆成黄黑相间色，高出水泥平台 0.5m，埋在水泥平台下 0.5m。水泥平台为厚 15cm 的正方形水泥台，水泥台四角须磨圆，并各设置一根警示柱。在水泥平台式保护装置周边 1m 区域内设立地下水环境监测井警示牌。在水泥平台的四个角设立警示柱。	 
	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》回填区出露地层为寒武系筇竹寺组（ ϵ_{1q} ）、寒武系渔户村组（ ϵ_{1y} ），项目回填主要影响为地下水含水层为寒武系渔户村组（ ϵ_{1y} ）碳酸盐岩岩溶裂隙含水层，根据水文地质图，寒武系渔户村组（ ϵ_{1y} ）碳酸盐岩岩溶裂隙含水层最低标高为 2091m，故监测井井底标高应高于 2091m，避免打穿寒武系渔户村组（ ϵ_{1y} ）碳酸盐岩岩溶裂隙含水层对震旦系灯影组（ $Z_{b\text{dn}}$ ）碳酸盐岩岩溶裂隙含水层造成影响。	

先生崖采空区

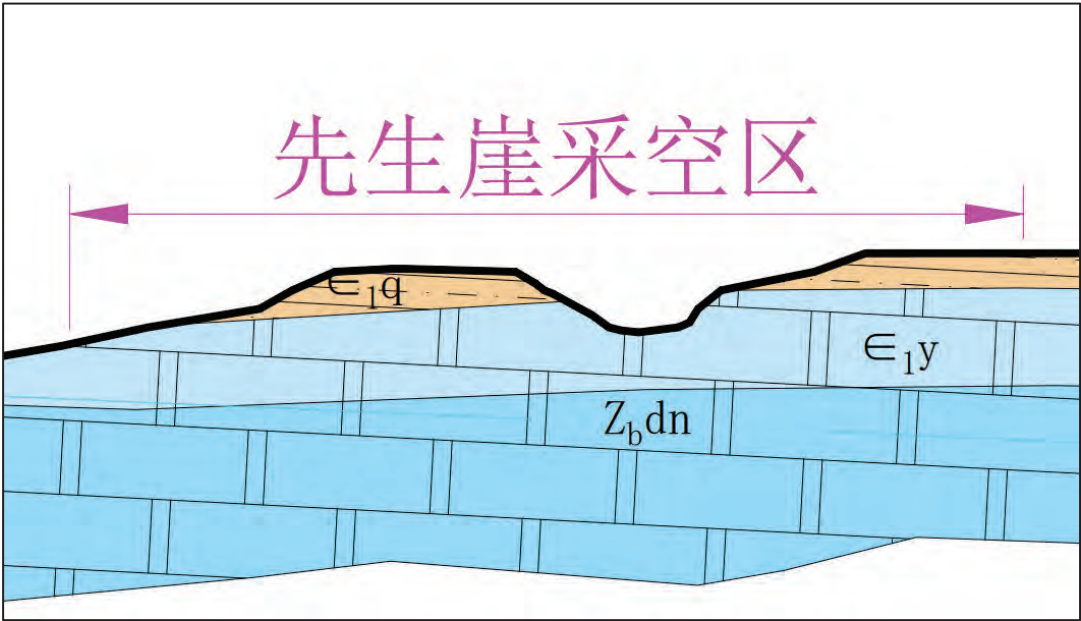


图 4.1-8 项目场址范围出露地层

建设单位通过采取以上措施处理之后，回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。 4.1.3.6.4 应急措施 制定地下水应急预案，在监控井水质异常情况下，须立即采取应急措施，启动应急方案，对泄漏废水水质进行监测，对水质异常的监控井进行抽水，抽排至废水收集池或者槽车及时处理，降低影响。同时对下游进行水质跟踪监测。 4.1.3.7 小结 为了避免回填料泌水下渗对地下水的影响，回填区底部及边坡，进行防渗处理，阻断废水下渗，采取以上措施后，项目回填作业废水对地下水影响较小。回填后表层覆土需满足《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018），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，并定期巡检废水收集池，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。 4.1.4 地表水影响 （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 4000t（干基），年处理 114.7 万 t（干基），则絮凝剂用量为溶解稀释水用量为 240m³/d，68820.00m³/a 用水来自浓密脱水废水。 （2）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 4000t（干基），年处理 114.7 万 t（干基），则项目浓密脱水废水产生量 3846.15m³/d、1102884.62m³/a，其中 240m³/d、68820.00m³/a 回用于絮凝剂溶解稀释，2m³/d、600m³/a 回用于设备管道冲洗，
--

107.69m³/d、30880.77m³/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选厂。 (3) 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%，项目水泥添加量为浮选磷尾矿用量的 5%，则水泥用量 200t/d，经计算，搅拌用水量 107.69m³/d，30880.77m³/a，该部分用水来自浓密脱水废水。 (4) 回填区固结泌水 项目回填采用分区分层自流平工艺。磷尾矿基生态修复材料自流回填至采空区内，其在固结过程中，会产生泌水，根据《磷尾矿基生态修复材料胶结固化试验报告》，其泌水率在 3-5%，本次计算按 5%考虑，项目回填后物料总含水量约 2261.54m³/d、648496.15m³/a，则泌水量为 113.08m³/d、32424.81m³/a，该部分废水返回小麦地尾矿库，最终回用于浮选厂。 (5) 设备及管道冲洗废水 项目每天对搅拌设备及回填管道进行风水联动冲洗 1 次，冲洗用水量约 2m³/d，600m³/a，该部分废水随回填管道进入回填区自然蒸发损耗。 (6) 雨水 项目回填后回填材料固结，固结区雨水经截排水沟外排，回填施工区降雨形成的雨水收集后回用。 雨水计算公式： $Q=q \times \Psi \times F$ 式中：q——降雨量； Ψ——径流系数（取 0.7）； F——汇水面积（50000m²，回填施工区域最大面积）； 根据气象资料，项目所在区域年均降雨量 862.46mm，则回填施工区雨水产生量为 30186.1m³/年，项目区年均降雨天数 133 天，则日均雨水量 226.96m³，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。 (7) 生活污水 施工人员不在项目区内食宿，产生的生活污水主要为洗手废水，收集于项目区内沉淀池，用于洒水降尘。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 0.4m³/d。

(8) 水平衡

表 4.1-8 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
			m³/d	m³/a		m³/d	m³/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	/	4000t/d	/	/	/	3846.15	1102884.62	回用于选厂及稀释、搅拌、设备冲洗等
絮凝剂稀释	0.5‰	120kg/d	240	68820	/	0	0	回用水
设备管道冲洗	2m³/次	次	2	600	/	0	0	
搅拌	浓度 65%	200t/d	107.69	30880.77	/	0	0	
回填泌水	/	4000t/d	/	/	5%	113.08	32424.81	回用于选厂
雨水	/	/	/	/	/	226.96	30186.1	
总计	/	/	350.19	100450.77	/	4186.59	1165615.53	/

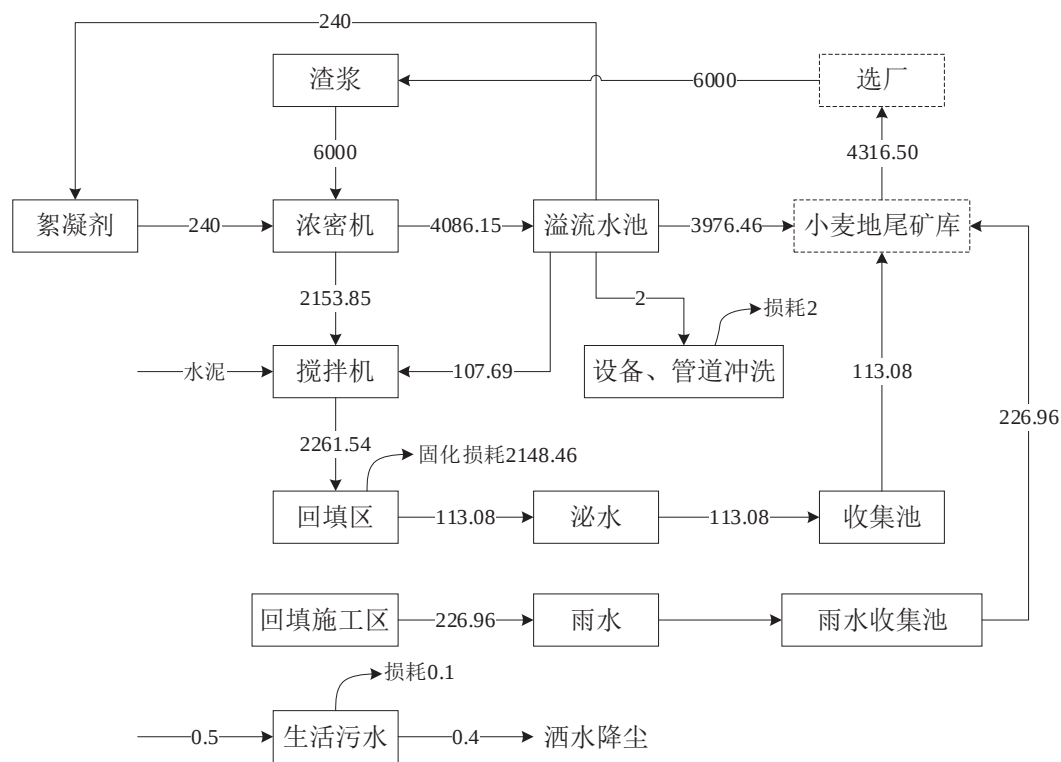


图 4.1-9 项目施工期水平衡图

单位: m³/d

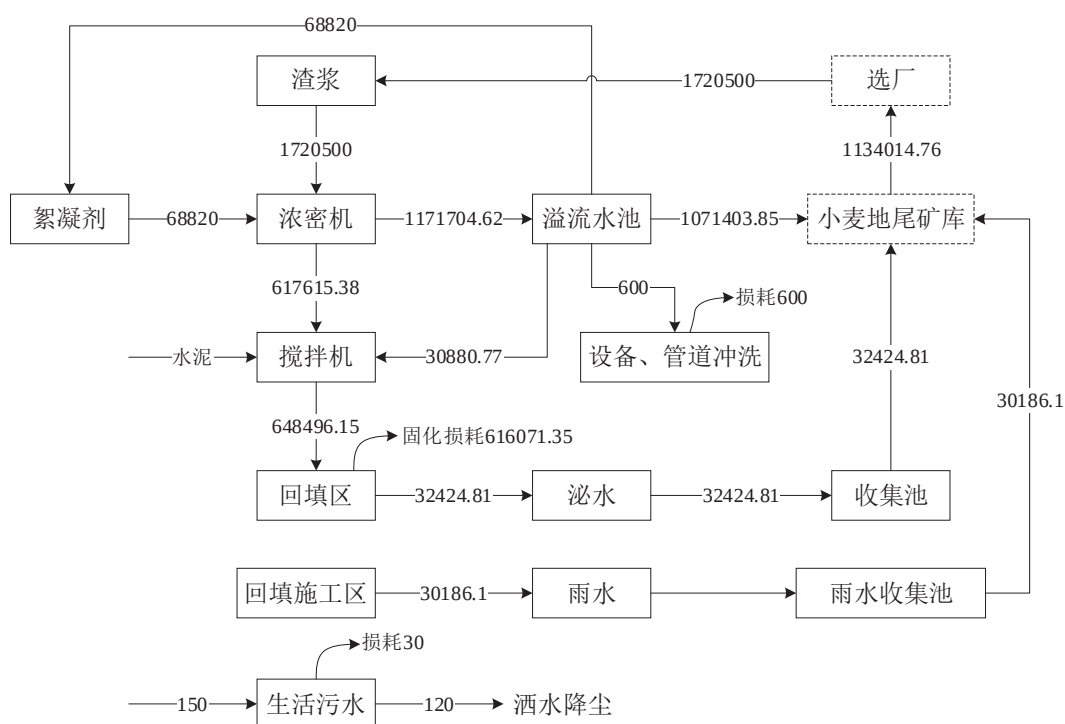


图 4.1-10 项目施工期水平衡图

单位: m³/a

4.1.5 大气环境影响

项目回填材料生产过程废气主要为水泥仓粉尘, 项目施工期废气主要为场地平整、耕植土覆土及车辆运输扬尘。

(1) 水泥仓粉尘

项目水泥由罐车输送至水泥仓时有粉尘产生, 根据《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, 项目年使用水泥 57350 吨, 则粉尘产生量 10.9t, 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 99.7%, 则粉尘排放量 32.69kg/a, 水泥仓每天输送储存时间约 2h, 则粉尘排放速率约 0.054kg/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、废水收集池的开挖。根据统计, 此次工程拟扰动面积约 482175.09m², 采用经验公式计算, 计算公式如下:

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

式中: Q—起尘量, kg/(a·m²);

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 3.3kg/h，在扰动过程中采取洒水降尘措施后可减少约 70%扬尘，即扬尘排放量为 0.99kg/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 0.71t/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 614565.315t，项目整个覆土期间装卸扬尘量为 45.56t，根据施工进度，覆土时间为 24 个月，每天覆土时间约 12h，经计算，覆土期间扬尘产生量约为 5.2kg/h。

采取喷雾防尘洒水措施后，按照抑制 70%扬尘量计算，耕植土装卸扬尘总排放量为 6.83t/a，1.56kg/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：Q_i—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/m²）。

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/m²计算。土路运距 3km，运输期间每天约 30 车次，在不采取防治措施的情况下，汽车道路扬尘达 40.19kg/d，项目所在地非雨天为 232 天，则扬尘

产生量为 9.33t/a。

在对道路进行洒水降尘措施后，扬尘量可下降 70%左右，运输扬尘排放量下降至 12.06kg/d，2.8t/a，项目每天运输 8h，则扬尘排放量 1.51kg/h。

（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_x，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。

4.1.6 声环境影响

4.1.6.1 噪声源强

项目施工期噪声主要为回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 4.1-9 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	回填工业泵	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。

4.1.6.2 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：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）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，预测周边声环境敏感点（关心点）的声环境质量。

(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 4.1-10 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	基础减震	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
回填工业泵		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
贡献值叠加	/	/	46	46	50	54

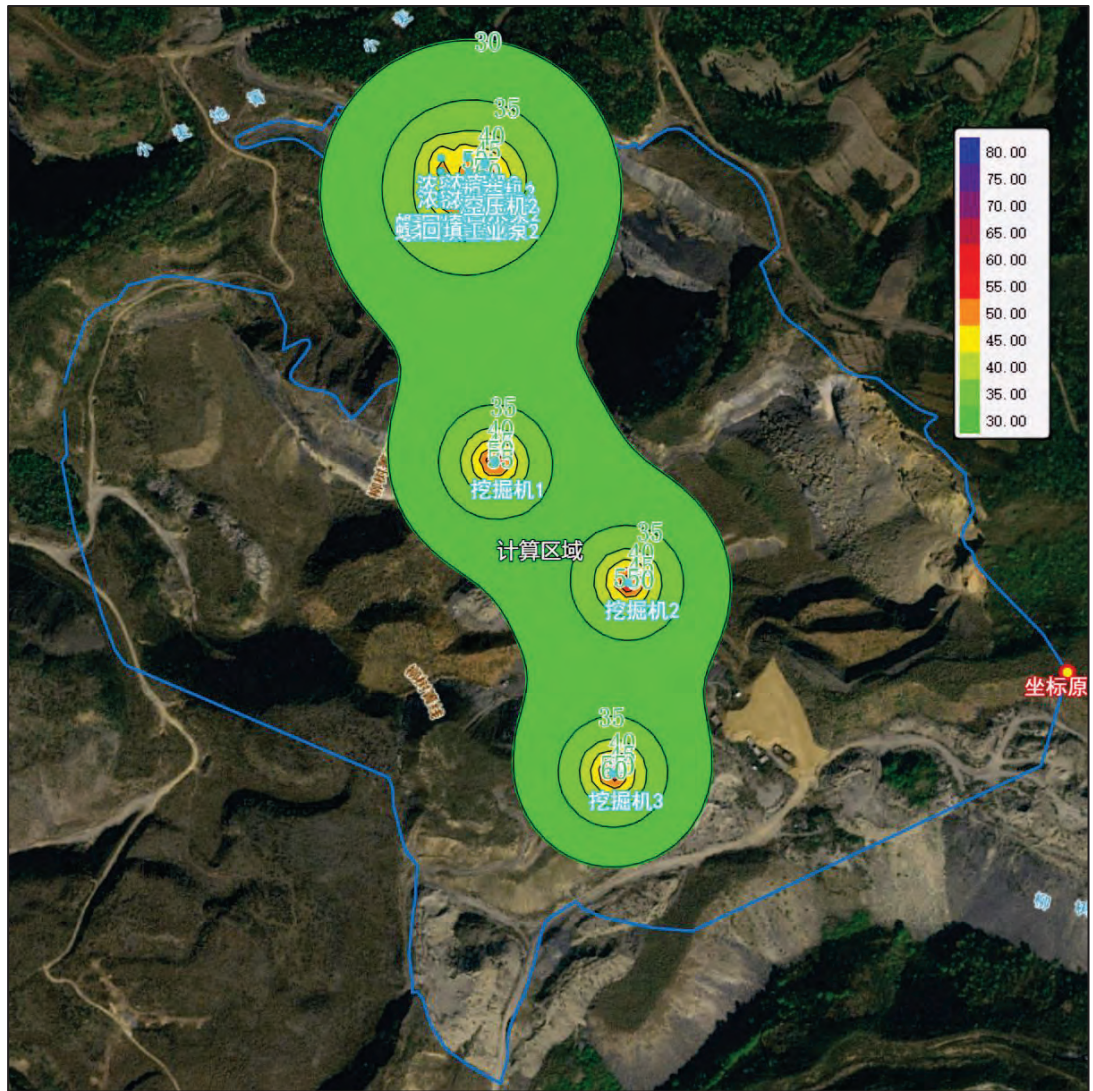


图 4.1-11 等声值线图

项目施工期单体设备声源最大声级为 80dB(A)，从上表中可以看出，项目

施工过程中场界噪声可以达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）排放限值要求，即昼间<70dB(A)，夜间<55dB(A)。项目周边 200m 无声环境保护目标，施工噪声对环境影响很小。

4.1.7 固体废物影响

（1）包装材料

项目设备包装材料产生量约 0.2t，该部分固废收集后外售综合利用。

（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。

根据类比，施工人员粪便产生量按 0.25kg/人·天计算，产生粪便量共计 10kg/d，项目区新建临时旱厕 1 个，旱厕委托环卫部门定期清掏，施工结束后进行消毒回填。

（3）土石方

项目进场后对项目区进行场地清理平整，清理土石方约 540158.04m³，其中 168931.62m³ 临时堆存于项目区南侧，后期用于回填分区拦挡设施建设，其余均用于场地平整。

（4）收集池沉渣

项目废水收集池及雨水收集池沉渣产生量约 1t/a，清掏后清运至回填区回填。

（5）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）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暂存间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）中规定的其他废物，危废代码 HW08 900-249-08，收集暂存于暂存间后，委托有资质单位定期清运、处置。

4.1.8 土壤影响分析

4.1.8.1 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。

4.1.8.2 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。项目产生的污染物主要为施工废水，主要表现为废水下渗对周边土壤的影响。项目对周边土壤环境影响的类型与影响途径见下表。

表 4.1-11 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
施工期	/	√	覆土
运营期	/	/	/

项目影响源详见下表。

表 4.1-12 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 ³ 废水收集池破裂，废水泄漏； 生活污水收集池发生泄漏	地面漫流 垂直入渗	废水收集池
耕植土覆土	不合格土壤	覆土

4.1.8.3 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 4.1-13 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

4.1.8.4 土壤环境影响预测与评价

项目回填磷尾矿基生态修复材料满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）I 类工业固废要求；回填区设置了废水导排系统，

及时对回填区废水进行导排，减少了废水泄漏的风险；同时项目废水经收集后排入下游废水收集池后回用，不外排。废水收集池进行防渗处理，废水收集池采用 C30 混凝土建设，渗透系数不大于 $1.0 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 。项目耕植土来自海口磷业剥离土，剥离土满足《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018），项目建设完成后开展土壤跟踪监测，每 1 年开展一次土壤环境质量跟踪监测，连续 3 年。

施工方案设置施工质量保证和施工质量控制内容，明确环保条款和责任，防渗施工完毕后进行防渗性能检测，检测合格后方可进行回填，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。

4.1.9 环境风险分析

环境风险是指突发性事故对环境（或健康）的危害程度。环境风险评价目的是分析和预测建设项目存在的潜在危险、有害因素，建设项目施工和运行期间可能发生的突发性事件或事故引起有毒有害、易燃易爆等物质泄漏，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。

4.1.9.1 环境风险源调查

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）中 7.1 条的规定，风险调查重点关注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。

（1）物质危险性识别，包括主要原辅材料、燃料、中间产品、副产品、最终产品、污染物、火灾和爆炸伴生/次生物等。

（2）生产系统危险性识别，包括主要生产装置、储运设施、公用工程和辅

	助生产设施，以及环境保护设施等。 （3）危险物质向环境转移的途径识别，包括分析危险物质特性及可能的环境风险类型，识别危险物质影响环境的途径，分析可能影响的环境敏感目标。 通过识别，项目对环境风险主要表现为以下几方面： （1）项目施工期回填区产生泌水废水，因此项目施工期可能由于工程质量问题或回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。 （2）项目回填体雨天冲刷会导致滑坡、垮塌，因此项目可能由于工程质量问题或回填过程中操作不当造成滑坡、垮塌，对周边的环境产生风险，回填体发生滑坡，从而影响下游生态。 （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。 （4）项目危废暂存间废机油发生泄漏，对周边的地表水、地下水、土壤环境产生污染风险。 4.1.9.2 环境敏感目标调查 根据调查，项目不涉及居民区、饮用水源保护区、风景名胜区、自然保护区等环境敏感目标。 4.1.9.3 风险概率 项目回填后回填体胶结固化，无废水产生。项目存在的风险具有不确定性和随机性，由于计算回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。结合国内一些对回填废水泄漏概率的统计。确定回填区回填废水、废机油、管道泄漏发生概率为 1×10^{-5} 次/年。项目回填体下游有拦挡措施，综合分析，该回填体不属于重大危险源。 4.1.9.4 环境风险分析 （1）废水泄漏风险 回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。采取对回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，严格按照堆填设计方案进行施工，使其形成一个相对隔水层。 另外施工设置环境监理，确保回填材料达标回填，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）回填体坍塌风险 回填区如施工管理不当，突遇暴雨情况下存在回填体滑坡、垮塌的可能性。项目下游方向存在拦挡设施，且回填区下游处经削坡降台、覆土及植被绿化后，为回填体坍塌起到缓冲作用。一旦发生回填体坍塌，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，项目严格设置回填体坍塌风险防范措施：设置排洪构筑物安全监测、回填平台安全监测，并编制应急预案及定期演练。 综上分析，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，降低回填料环境风险事故的发生概率。认真执行评价所提出的各项综合风险防范措施后，可将事故发生的几率降至最低，对工程风险事故的环境影响控制在可接受范围内。 （3）浮选磷尾矿运输风险 浮选磷尾矿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。 （4）废机油泄漏 项目废机油发生泄漏，危废暂存间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。

	4.1.9.5 环境风险防范措施 1、物料源头控制 （1）项目磷尾矿来源为海口磷业浮选磷尾矿，不得使用其他企业磷尾矿生产回填材料，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。 （2）建设单位设专人管理回填料检测，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，防止生活垃圾混入，在回填过程中也要检查，一旦发现生活垃圾混入，应立即停止回填，确保生活垃圾不得进入采空区回填。 2、过程控制 （1）分区防渗 回填区防渗采用 0.75m 压实粘土+400g/m² 土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m² 土工布的两布一膜防渗层。 废水收集池、溢流水池防渗，渗透系数$\leq 1.0\times 10^{-5}\text{cm/s}$，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，确保渗透吸收满足 $1.0\times 10^{-5}\text{cm/s}$。 危废暂存间按《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，保证回填废水不泄漏； 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，检测合格后方可进行回填，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，开展回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，并将其反应在监理月报中。 ④施工严格按照堆填方案进行施工，落实好施工监理，确保回填堆体稳定、安全，规范施工。 （3）废水导排
--	---

	①项目胶结回填胶结时间约 3-7 天，大雨天气停止回填，确保胶结回填体质量达标，分区回填之间采用碾压土石方构筑挡墙，形成横向阻隔，回填泌水收集后进入废水收集池，废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回填区外部修建截排水沟，有效降低雨季施工期间雨水汇入回填区，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 座废水收集池，废水收集池定期巡检，发现破损及时修补。收集池采用混凝土结构并进行防渗处理，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 DN428 复合钢管，钢管内衬 8mmPO 内衬，低支墩布置，沿道路敷设，管道沿线设置相应的排气阀，防止负压对管道内衬材料的影响；项目回水管道采用 DN300 的焊接钢管，管道采用低支墩布置，焊接连接，管道沿线设置相应的排气阀，防止负压对管道内衬材料的影响。 ⑧在尾矿及废水输送管道及沿线最低点设置 150m³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与事故池内，避免废水及尾矿浆漫流至外环境。 （4）表层覆土 回填后表层覆土需满足《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018），经济林木养护严禁使用高毒高残留农药。 3、末端监管 建立回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。				
4、应急措施				
制定地下水应急预案，在监控井水质异常情况下，须立即采取应急措施，启动应急方案，对泄漏废水水质进行监测，对水质异常的监控井进行抽水，抽排至废水收集池或者槽车及时处理，降低影响。				
综上所述，由于该项目发生风险事故的概率较小，故只要加强管理，建立健全相应的防范应急措施，在管理及运行中认真落实拟采取的安全措施及评价所提出的安全设施和安全对策后，上述环境风险事故隐患可降至最低。				
4.1.9.6 分析结论				
该项目发生风险事故的概率较小，建设单位应该认真按照设计方案进行施工建设，并认真委托专业单位开展施工监理工作，生态修复回填作业过程中定期对回填完毕台阶和截排水沟进行巡检，根据应急预案做好各项风险防范措施，完善管理制度，项目环境风险可接受。				
表 4.1-14 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°28'59.8456"	纬度	北纬 24°47'49.3773"
主要危险物质及分布	该项目环境风险为回填材料不达标、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）	（1）项目施工期回填区产生泌水废水，因此项目施工期可能由于工程质量问题或回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。 （2）项目回填体雨天冲刷会导致滑坡、垮塌，因此项目可能由于工程质量问题或回填过程中操作不当造成滑坡、垮塌，对周边的环境产生风险，回填体发生滑坡，从而影响下游生态。 （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。 （4）项目危废暂存间废机油发生泄漏，对周边的地表水、地下水、土壤环境产生污染风险。			
风险防范措施要求	1、物料源头控制 （1）项目磷尾矿来源为海口磷业浮选磷尾矿，不得使用其他企业磷尾矿生产回填材料，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。 （2）建设单位设专人管理回填料检测，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,防止生活垃圾混入,在回填过程中也要检查,一旦发现生活垃圾混入,应立即停止回填,确保生活垃圾不得进入采空区回填。 2、过程控制 (1)分区防渗 0.75m 压实粘土+400g/m² 土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m² 土工布的两布一膜防渗层。 废水收集池、溢流水池防渗,渗透系数$\leq 1.0 \times 10^{-5}$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,确保渗透吸收满足1.0×10^{-5}cm/s。 危废暂存间按《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,保证回填废水不泄漏; 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,检测合格后方可进行回填,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,开展回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,并将其反应在监理月报中。 ④施工严格按照堆填方案进行施工,落实好施工监理,确保回填堆体稳定、安全,规范施工。 (3)废水导排 ①项目胶结回填胶结时间约 3-7 天,大雨天气停止回填,确保胶结回填体质量达标,分区回填之间采用碾压土石方构筑挡墙,形成横向阻隔,回填泌水收集后进入废水收集池,废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回填区外部修建截排水沟,有效降低雨季施工期间雨水汇入回填区,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, $B \times H = 0.3 \times 0.4$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, $B \times H = 0.5 \times 0.6$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, $B \times H = 0.3 \times 0.4$m。 ⑥设置 1 座废水收集池,废水收集池定期巡检,发现破损及时修补。收集池采用混凝土结构并进行防渗处理,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 DN428 复合钢管,钢管内衬 8mmPO 内衬,
--	--

	低支墩布置，沿道路敷设，管道沿线设置相应的排气阀，防止负压对管道内衬材料的影响；项目回水管道采用 DN300 的焊接钢管，管道采用低支墩布置，焊接连接，管道沿线设置相应的排气阀，防止负压对管道内衬材料的影响。 ⑧在尾矿及废水输送管道及沿线最低点设置 150m³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与事故池内，避免废水及尾矿浆漫流至外环境。 （4）表层覆土 回填后表层覆土需满足《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018），经济林木养护严禁使用高毒高残留农药。 3、末端监管 建立回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，以便及时发现环境问题，及时采取预防措施。 4、应急措施 制定地下水应急预案，在监控井水质异常情况下，须立即采取应急措施，启动应急方案，对泄漏废水水质进行监测，对水质异常的监控井进行抽水，抽排至废水收集池或者槽车及时处理，降低影响。 综上所述，由于该项目发生风险事故的概率较小，故只要加强管理，建立健全相应的防范应急措施，在管理及运行中认真落实拟采取的安全措施及评价所提出的安全设施和安全对策后，上述环境风险事故隐患可降至最低。
运营期生态环境影响分析	4.2.1 运营期环境影响分析 项目回填完成后，回填体胶结固化，无废水产生，运营期主要为经济林种植，无废水、废气、噪声及固废产生。 ①生态环境改善 项目实施后，通过采空区清理、基础处理、回填治理及土壤重构、植被重建等各项措施的实施，使采空区林草植被覆盖、恢复，能改善土壤物理、化学性状，提高土壤肥力、减少水土流失；第二消除采空区地质灾害、安全、环保等各类隐患，改善生态环境；第三削弱采空区扬尘对周边空气的影响、采空区积水对附近地表水体及区域地下水环境的影响；第四增加项目区内动植物种类，并且随着项目区植被的大面积恢复，使得项目区的生态功能得到提高，动、植物的生存环境得到改善，生物多样性得到丰富；第五改善项目区周边小气候，调节周边温度、湿度和风力，还能消减洪峰，增加常流水，净化空气，有效的改善因前期采矿活动对生态环境带来的负面影响，改变项目区景观。

	项目实施对区域生态环境提升有积极意义。 ②生态环境效益分析 项目实施后，林地种植面积 482175.09m²，可减少采空区淋滤水对地表水、地下水污染。通过项目的实施，能有效改变原露天采场的地形地貌景观，使弃渣得到有效利用，同时恢复林地 482175.09m²。林草植被覆盖率的增加，净化空气，有效的改善因采矿活动对生态环境带来到负面影响。 ③经济效益分析 项目实施后，林地种植面积 482175.09m²，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。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。项目实施提高了土地经济价值，有利于地区经济发展。通过项目的实施，能有效改变原露天采场的地形地貌景观，使弃渣得到有效利用，同时恢复林地 482175.09m²。林草植被覆盖率的增加，净化空气，有效的改善因采矿活动对生态环境带来到负面影响。																
选址选线环境合理性分析	4.3.1 选址选线环境合理性分析 （1）场址合理性分析 该项目为浮选磷尾矿胶结回填及生态修复，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 4.3-1 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准要求 <table><tr><th>序号</th><th>GB18599-2020 场址要求</th><th>该项目环保措施</th><th>是否符合要求</th></tr><tr><td>8</td><td colspan="3">充填及回填利用污染控制要求</td></tr><tr><td>8.1</td><td>第Ⅰ类工业固体废物可按下列途径进行充填或回填作业： 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。</td><td>项目主要回填料磷尾矿为Ⅰ类工业固废，先生崖项目回填区为磷矿石原矿开采区的矿坑，可用磷尾矿进行充填及回填。</td><td>符合</td></tr><tr><td>8.2</td><td>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</td><td>除磷尾矿外，项目回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</td><td>符合</td></tr></table>	序号	GB18599-2020 场址要求	该项目环保措施	是否符合要求	8	充填及回填利用污染控制要求			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： 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。	项目主要回填料磷尾矿为Ⅰ类工业固废，先生崖项目回填区为磷矿石原矿开采区的矿坑，可用磷尾矿进行充填及回填。	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	除磷尾矿外，项目回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	符合
序号	GB18599-2020 场址要求	该项目环保措施	是否符合要求														
8	充填及回填利用污染控制要求																
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： 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。	项目主要回填料磷尾矿为Ⅰ类工业固废，先生崖项目回填区为磷矿石原矿开采区的矿坑，可用磷尾矿进行充填及回填。	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	除磷尾矿外，项目回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	符合														

		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。	受。本次评价要求对项目下游地下水水质进行监控；同时，对废水收集池水质、回填区地下水导排水质进行监测，及时了解回填区情况并开展土壤跟踪监测。	
	8.3	不应在回填物料中掺加除回填作业所需要的添加剂之外的其他固体废物。	项目回填料主要为矿山废石、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回填其他固体废物。	符合
	8.4	一般工业固体废物回填作业结束后应立即实施土地复垦（回填地下的除外），土地复垦应符合本标准 9.9 条的规定。	项目在回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。	项目回填料主要为矿山废石、磷尾矿基生态修复材料、采矿剥离土，回填料不涉及食品制造业、纺织服装和服饰业、造纸和纸制品业、农副食品加工业等产生的废物。	符合
	10	污染物监测要求		
	10.1	淋滤水及其处理后排放废水污染物的监测频次，应根据废物特性、覆盖层和降水等条件加以确定，至少每月 1 次。废水污染物的监测分析方法按照 GB8978 的规定执行。	项目已制定监测计划，对废水水质进行检测，监测频次 1 次 / 月。监测分析方法按照 GB8978 的规定执行。	符合
	10.3	在地下水流场上游应布置 1 个监测井，在下游至少应布置 1 个监测井，在可能出现污染扩散区域至少应布置 1 个监测井。设置有地下水导排系统的，应在地下水主管出口处至少布置 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。	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 2 座、北侧 1 座、南 1 座。地下水监测频次为每季度一次。直到地下水水质连续 2 年不超出地下水本底水平。	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）场址要求。			

	（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；回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）加强项目区植树造林，一方面可以减少地表径流，另一方面可以降低风速，减少施工现场的扬尘影响；同时可通过绿化设计，降低项目区的景观影响；回填结束后应及时进行覆土，并种植经济林木。 经济林木不仅可以美化环境、改善项目区的外貌，同时树木及草地还可以吸滞灰尘和有害气体，提高经济效益。 （2）加强管理，尽可能减少对当地植被的破坏。尤其是在施工期，由于人为活动的增加，各种机械设备施工作业，应限制车辆的随意行驶，禁止物资和设备乱堆乱放。 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 $0.4\text{m}^3/\text{d}$，经 1m^3收集池收集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、回填区泌水废水、设备冲洗废水等，废水中所含污染物主要为 SS，脱水废水产生量约 $3846.15\text{m}^3/\text{d}$，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。回填泌水量 $113.08\text{m}^3/\text{d}$，废水经 600m^3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 $2\text{m}^3/\text{d}$，废水进入回填区域蒸发损耗，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。 项目回填胶结固化区域雨水经雨水沟收集后外排，回填施工区域雨水产生量约 $226.96\text{m}^3/\text{d}$，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

项目脱水使用絮凝剂与海口磷业浮选厂絮凝剂相同，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，项目废水回用于海口磷业浮选厂可行。

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 1720500m³/a，尾矿库返回选厂水量 2129835m³/a，项目实施后，尾矿渣浆全部用于胶结回填，小麦地尾矿库返回选厂水量为 1599163.76m³/d，较之前减少 530671.24m³/a，选厂新鲜水用量由 1046226.6m³/a 增加至 1576897.84m³/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。

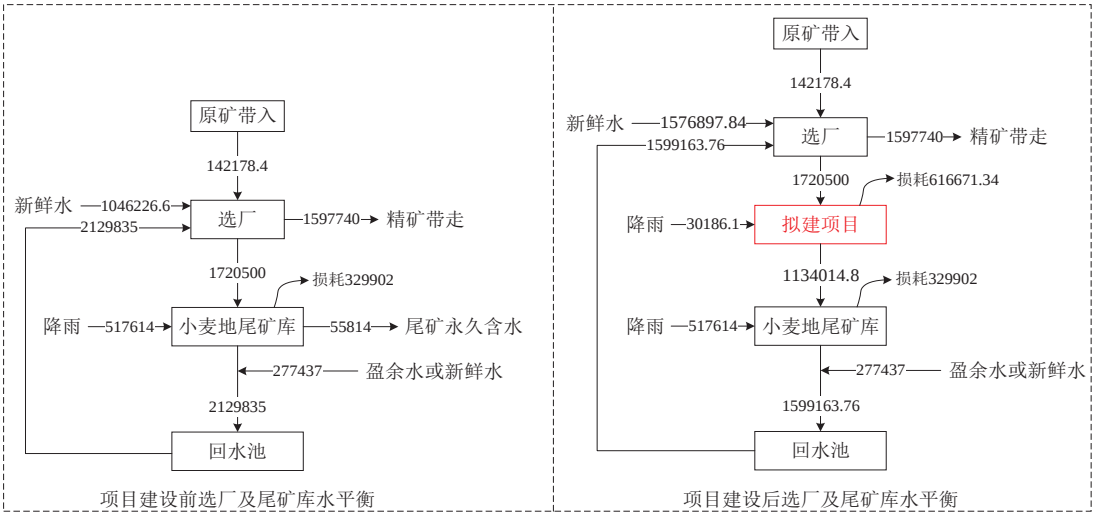


图 5.1-1 项目建设前后选厂及尾矿库水平衡对比图 单位：m³/a

5.1.3 地下水环境保护措施

1、物料源头控制

（1）项目磷尾矿来源为海口磷业浮选磷尾矿，不得使用其他企业磷尾矿生产回填材料，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。

	(2) 建设单位设专人管理回填料检测，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，防止生活垃圾混入，在回填过程中也要检查，一旦发现生活垃圾混入，应立即停止回填，确保生活垃圾不得进入采空区回填。 2、过程控制 (1) 分区防渗 回填区防渗采用 0.75m 压实粘土+400g/m² 土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m² 土工布的两布一膜防渗层。 废水收集池、溢流水池防渗，渗透系数$\leq 1.0 \times 10^{-5}$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，确保渗透吸收满足 1.0×10^{-5}cm/s。 危废暂存间按《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，保证回填废水不泄漏； 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，检测合格后方可进行回填，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，开展回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，并将其反应在监理月报中。 ④施工严格按照堆填方案进行施工，落实好施工监理，确保回填堆体稳定、安全，规范施工。 (3) 废水导排 ①项目胶结回填胶结时间约 3-7 天，大雨天气停止回填，确保胶结回填体质量达标，分区回填之间采用碾压土石方构筑挡墙，形成横向阻隔，回填泌水收集后进入废水收集池，废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回填区外部修建截排水沟，有效降低雨季施工期间雨水汇入回填区，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 座废水收集池，废水收集池定期巡检，发现破损及时修补。收集池采用混凝土结构并进行防渗处理，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 DN428 复合钢管，钢管内衬 8mmPO 内衬，低支墩布置，沿道路敷设，管道沿线设置相应的排气阀，防止负压对管道内衬材料的影响；项目回水管道采用 DN300 的焊接钢管，管道采用低支墩布置，焊接连接，管道沿线设置相应的排气阀，防止负压对管道内衬材料的影响。 ⑧在尾矿及废水输送管道及沿线最低点设置 150m^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与事故池内，避免废水及尾矿浆漫流至外环境。 （4）表层覆土 回填后表层覆土需满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018），经济林木养护严禁使用高毒高残留农药。 3、跟踪检测措施 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，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 2 座、北侧 1 座、南 1 座，确保对回填区、废水收集池渗漏情况及时跟踪监测，避免对下游造成影响；另外同时考虑跟踪对深层含水层影响，对下游小场村水井水质进行跟踪监测。 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。

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,由专人负责数据分析、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回填及经济林木种植,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) 回填材料生产区地面应当进行硬化等降尘处理。
- (3) 水泥仓仓顶设置布袋除尘器处理;
- (4) 临时堆土场当采取围挡、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。

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高噪声设备设置减震设施,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配戴防护耳塞。

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《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中昼间<70dB(A)、夜间<55dB(A)的规定。

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 168931.62m³，临时堆存于项目区南侧，后期用于分区回填拦挡设施修建。

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回填。

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

5.1.7 土壤环境保护措施

（1）项目回填磷尾矿基生态修复材料满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）I类工业固废要求；回填区设置了废水导排系统，及时对回填区废水进行导排，减少了废水泄漏的风险；同时项目废水经收

集后排入下游废水收集池后回用，不外排。废水收集池进行防渗处理，废水收集池采用 C30 混凝土建设，渗透系数不大于 $1.0 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 。项目耕植土来自海口磷业剥离土，剥离土满足《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018），项目建设完成后开展土壤跟踪监测，每 1 年开展一次土壤环境质量跟踪监测，连续 3 年。

（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，检测合格后方可进行回填，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 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	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。 2) 遇大风天气，尽可能停止产生扬尘的作业。 3) 土石方临时堆场防尘网覆盖。 4) 运输车辆须以篷布遮盖，密闭运输。 5) 水泥仓仓顶设置布袋除尘器除尘。	承建单位	昆明市生态环境局西山分局
水污染	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。 设置临时沉淀池 1 座，对生活污水进行收集沉淀后回用。 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。 设置废水收集池 1 座，回填泌水收集后返回小麦地尾矿库，最终回用于选厂。 设置雨水收集池 1 座，回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，容积 36.75m^3 。 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 150m^3 。	承建单位	
噪声污染	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。 2) 加强对机械和车辆的维护保养，使它们保持较低的噪声。 3) 固定设备设置减震垫。	承建单位	
固废	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	承建	

污染	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。 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，部分临时堆存于项目区南侧，后期用于分区回填拦挡设施建设。 废水收集池的沉渣，用于回填区回填。 新建危废暂存间，面积 2m ² 。	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，应采取临时挡护措施； 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程护坡、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

结合项目特点，项目具体监测计划见下表。

表 5.1-2 施工期环境监测计划一览表

监测期	监测对象	监测点	监测内容	监测频率	执行标准
施工期	大气	场界四周	颗粒物	每年一次	《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 无组织排放浓度限值
	噪声	场界四周	噪声	每季度一次	《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）
	耕植土	项目耕植土	pH、镉、汞、砷、铜、铅、铬、镍、锌、氟化物	定期抽检，抽检次数不少于 10 次。	各成分均低于《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018），氟化物参考执行《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（DB4403_T67-2020）标准二类用地筛选值，氟化物第二类用地筛选值及管制值均 <10000mg/kg
	地下水	5 座地下水监控井	pH、耗氧量、总磷、溶解性总固体、氟化物、总硬度、氯化物、硝酸盐、铜、砷、锌、镉、铅、汞、总铬、六价铬、镍	每月一次	《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类标准
运营期	地下水	5 座地下水监控井	pH、耗氧量、总磷、溶解性总固体、氟化物、总硬度、氯化物、硝酸盐、铜、砷、锌、镉、铅、汞、总铬、六价铬、镍	项目完成后每季度 1 次，直到地下水水质稳定	/
	土壤	开展土壤跟踪监测	pH、镉、汞、砷、铜、铅、六价铬、镍、总磷、氟化物、铬、锌、氟化物	1 年/次，连续 3 年	《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）、氟化物 <10000mg/kg

运营期生态环境保护

5.2.1 环境保护措施

回填结束后应立即进行覆土种植，覆土厚度 1m，并栽种植物进行绿化，达到采空区恢复原地貌和植被目的。

建设单位维护管理至稳定后，将已恢复地貌和植被的土地交还采空区土地

护 措 施	所有者，经济林木养护严禁使用高毒高残留农药。 5.2.2 运营期环境监理计划 项目具体环境监理计划见下表。 <table><tr><th colspan="4">表 5.2-1 项目运营期环境监督管理计划</th></tr><tr><th>监督管理计划</th><th>监督管理内容</th><th>实施单位</th><th>监督单位</th></tr><tr><td>环境监测管理</td><td>地下水及土壤监测。</td><td>建设单位</td><td rowspan="2">昆明市生态环境局西山分局</td></tr><tr><td>生态环境管理</td><td>定期检查受影响范围内生态系统的动态变化情况。</td><td>建设单位</td></tr></table>	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	昆明市生态环境局西山分局	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																																																			
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	昆明市生态环境局西山分局																																																																
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。																																																																		
环 保 投 资	5.4.1 环保投资 项目总投资 30608 万元，其中环保投资 2204 万元，占总投资的 7.20%，环保投资明细见下表。 <table><tr><th colspan="5">表 5.4-1 环保工程设施投资估算表</th></tr><tr><th>序号</th><th colspan="2">项目</th><th>主要环保措施</th><th>估算投资 (万元)</th></tr><tr><td colspan="5">施工期环保投资</td></tr><tr><td rowspan="7">1</td><td rowspan="7">废水</td><td>回填泌水</td><td>600m³施工废水收集沉淀池 1 个及配套收集设施</td><td>40</td></tr><tr><td>脱水废水</td><td>340m³溢流水池 2 个</td><td>50</td></tr><tr><td>车辆冲洗</td><td>临时沉淀池 1 个，容积 3m³</td><td>3</td></tr><tr><td>雨水</td><td>2000m³雨水收集池 1 个</td><td>87</td></tr><tr><td>生活污水</td><td>1m³生活污水收集池 1 个</td><td>2</td></tr><tr><td>管道事故池</td><td>150m³事故池 1 个</td><td>20</td></tr><tr><td>搅拌机事故池</td><td>搅拌机下方设置事故池，容积 36.75m³</td><td>5</td></tr><tr><td>2</td><td>废气</td><td>施工扬尘、道路扬尘、装卸扬尘</td><td>洒水降尘、喷雾降尘、篷布遮盖、防尘网覆盖</td><td>15</td></tr><tr><td rowspan="2">3</td><td rowspan="2">固废</td><td>生活垃圾</td><td>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环卫部门定期清掏</td><td>2</td></tr><tr><td>危险废物</td><td>2m²危险废物暂存间</td><td>5</td></tr><tr><td>4</td><td>噪声</td><td>噪声</td><td>合理布局、隔声减震</td><td>5</td></tr><tr><td>5</td><td>地下水</td><td>防渗、施工废水导排</td><td>采用 0.75m 压实粘土+400g/m²土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m²土工布的两布一膜防渗层，回填泌水设置泌水收集抽排系统，抽排至废水收集池。</td><td>850</td></tr><tr><td>6</td><td>监测</td><td>地下水监测、土壤跟踪监测</td><td>地下水监测、土壤监测</td><td>50</td></tr></table>	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	回填泌水	600m³施工废水收集沉淀池 1 个及配套收集设施	40	脱水废水	340m³溢流水池 2 个	50	车辆冲洗	临时沉淀池 1 个，容积 3m³	3	雨水	2000m³雨水收集池 1 个	87	生活污水	1m³生活污水收集池 1 个	2	管道事故池	150m³事故池 1 个	20	搅拌机事故池	搅拌机下方设置事故池，容积 36.75m³	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	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环卫部门定期清掏	2	危险废物	2m²危险废物暂存间	5	4	噪声	噪声	合理布局、隔声减震	5	5	地下水	防渗、施工废水导排	采用 0.75m 压实粘土+400g/m²土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m²土工布的两布一膜防渗层，回填泌水设置泌水收集抽排系统，抽排至废水收集池。	850	6	监测	地下水监测、土壤跟踪监测	地下水监测、土壤监测	50
	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	回填泌水	600m³施工废水收集沉淀池 1 个及配套收集设施	40																																																														
			脱水废水	340m³溢流水池 2 个	50																																																														
			车辆冲洗	临时沉淀池 1 个，容积 3m³	3																																																														
			雨水	2000m³雨水收集池 1 个	87																																																														
			生活污水	1m³生活污水收集池 1 个	2																																																														
			管道事故池	150m³事故池 1 个	20																																																														
搅拌机事故池			搅拌机下方设置事故池，容积 36.75m³	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																																																															
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环卫部门定期清掏	2																																																															
		危险废物	2m²危险废物暂存间	5																																																															
4	噪声	噪声	合理布局、隔声减震	5																																																															
5	地下水	防渗、施工废水导排	采用 0.75m 压实粘土+400g/m²土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m²土工布的两布一膜防渗层，回填泌水设置泌水收集抽排系统，抽排至废水收集池。	850																																																															
6	监测	地下水监测、土壤跟踪监测	地下水监测、土壤监测	50																																																															

	7	生态	林木种植	经济林种植	1000
	运营期环保投资				
	1	生态	植被养护、管理	植被养护、管理	20
	环境管理投资				
	1	环境监理			30
	2	竣工环保验收			20
	合计				2204

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	通过采用采空区回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 482175.09m ² ,苗木和草籽的购买合同。	/	植物成活率达到 93%以上;土地复垦率不低于 95%。
水生生态	/	/	/	/
地表水环境	生活污水经 1m ³ 收集池收集后回用于项目区洒水降尘,不外排。	收集沉淀池, 容积 1m ³	全部回用,不外排	全部回用,不外排
	浓密脱水废水经容积 340m ³ 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。 回填泌水经容积 600m ³ 的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回填区域蒸发损耗,不外排。 回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。	溢流水池 2 个, 单个容积 340m ³ 废水收集水池 1 个, 容积 600m ³ 回填区雨水收集池 1 个, 容积 2000m ³		
	车辆冲洗废水经收集后回用。	设置 3m ³ 车辆冲洗池 1 个		
地下水及土壤环境	1、物料源头控制 (1)项目磷尾矿来源为海口磷业浮选磷尾矿,不得使用其他企业磷尾矿生产回填材料,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。 (2)建设单位设专人管理回填料检测,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,防止生活垃圾混入,在回填过程中也要检查,一旦发现生活垃圾混入,应立即停止回填,确保生活垃圾不得进入采空区回填。	①防渗膜防渗系数达到 10 ⁻⁵ -10 ⁻⁷ cm/s,提供防渗膜购买记录,施工记录,检验合格证。防渗膜铺设施工环境监理记录及总结报告、防渗膜铺设完成后的完整性检测报告,防渗膜铺设施工竣工验收报告。 ②回填区防渗	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。

	2、过程控制 (1) 分区防渗 回填区防渗采用 0.75m 压实粘土+400g/m² 土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m² 土工布的两布一膜防渗层。废水收集池、溢流水池防渗，渗透系数$\leq 1.0 \times 10^{-5}$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，确保渗透吸收满足 1.0×10^{-5}cm/s。 危废暂存间按《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，保证回填废水不泄漏； 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，检测合格后方可进行回填，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，开展回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，并将其反应在监理月报中。 ④施工严格按照堆填方案进行施工，落实好施工监理，确保回填堆体稳定、安全，规范施工。 (3) 废水导排 ①项目胶结回填胶结时间约 3-7 天，大雨天气停止回填，确保胶结回填体质量达标，分区回填之间采用碾压土石方构筑挡墙，形成横向阻隔，回填泌水收集后进入废水收集池，废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回填区外部修建截排水沟，有效降低雨季施工期间雨水汇入回填区，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	采用 0.75m 压实粘土+400g/m² 土工布+1.5mmHDPE 防渗膜+400g/m² 土工布的两布一膜防渗层。 ③危险废物暂存间按《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$\leq 10^{-10}$cm/s。 ④地下水监测每季度一次；出具检测报告，检测结果满足《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III 类标准。 ⑤施工质量是否保证，防渗衬层是否完整。		
--	---	---	--	--

	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 座废水收集池，废水收集池定期巡检，发现破损及时修补。收集池采用混凝土结构并进行防渗处理，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 DN428 复合钢管，钢管内衬 8mmPO 内衬，低支墩布置，沿道路敷设，管道沿线设置相应的排气阀，防止负压对管道内衬材料的影响；项目回水管道采用 DN300 的焊接钢管，管道采用低支墩布置，焊接连接，管道沿线设置相应的排气阀，防止负压对管道内衬材料的影响。 ⑧在尾矿及废水输送管道及沿线最低点设置 150m^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与事故池内，避免废水及尾矿浆漫流至外环境。 （4）表层覆土 回填后表层覆土需满足《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018），经济林木养护严禁使用高毒高残留农药。 4、跟踪检测措施 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，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 2 座、北侧 1 座、南 1		
--	---	--	--

	座,确保对回填区、废水收集池渗漏情况及时跟踪监测,避免对下游造成影响;另外同时考虑跟踪对深层含水层影响,对下游小场村水井水质进行跟踪监测。 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。 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。			
声环境	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高噪声设备设置减震设施,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配戴防护耳塞。	每季度对施工场界噪声进行监测,场界噪声达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)要求。	/	/
振动	/	/	/	/

大气环境	(1) 施工时, 应当采取洒水、喷雾降尘等抑尘措施; (2) 回填材料生产区地面应当进行硬化等降尘处理。 (3) 水泥仓仓顶设置布袋除尘器处理; (4) 临时堆土场当采取围挡、遮盖等防尘措施; (5) 运输车辆在除泥、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。	每年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 $\leq 1\text{mg/m}^3$	/	/
固体废物	施工期土石方临时堆存于项目区南侧, 后期用于分区回填拦挡设施修建。废弃设备包装材料收集后外售综合利用。 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。 施工期收集池沉渣清掏后与尾矿一同用于回填。 施工期废机油收集后暂存于危废暂存间, 定期委托资质单位清运处置。	100%合理处置	/	/
电磁环境	/	/	/	/
环境风险	1、物料源头控制 (1) 项目磷尾矿来源为海口磷业浮选磷尾矿, 不得使用其他企业磷尾矿生产回填材料, 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。 (2) 建设单位设专人管理回填料检测, 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, 防止生活垃圾混入, 在回填过程中也要检查, 一旦发现生活垃圾混入, 应立即停止回填, 确保生活垃圾不得进入采空区回填。 2、过程控制 (1) 分区防渗 回填区防渗采用 0.75m 压实粘土+400g/m²土工布+1.5mmHDPE 防渗膜	① 防渗膜防渗系数达到 10^{-5}-10^{-7}cm/s, 提供防渗膜购买记录, 施工记录, 检验合格证。防渗膜铺设施工环境监测记录及总结报告、防渗膜铺设完成后的完整性检测报告, 防渗膜铺设施工竣工验收报告。 ② 回填区防渗采用 0.75m 压实粘土+400g/m²土工布+1.5mmHDPE 防	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。

	+400g/m²土工布的两布一膜防渗层。废水收集池、溢流水池防渗，渗透系数$\leq 1.0 \times 10^{-5}$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，确保渗透吸收满足1.0×10^{-5}cm/s。 危废暂存间按《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，保证回填废水不泄漏； 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，检测合格后方可进行回填，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，开展回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，并将其反应在监理月报中。 ④施工严格按照堆填方案进行施工，落实好施工监理，确保回填堆体稳定、安全，规范施工。 (3) 废水导排 ①项目胶结回填胶结时间约 3-7 天，大雨天气停止回填，确保胶结回填体质量达标，分区回填之间采用碾压土石方构筑挡墙，形成横向阻隔，回填泌水收集后进入废水收集池，废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回填区外部修建截排水沟，有效降低雨季施工期间雨水汇入回填区，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×H=0.3×0.4m，两端坡度不小于 1%。 ④在已堆存的边坡上设边坡纵向排水	渗膜+400g/m²土工布的两布一膜防渗层。 ③危险废物暂存间按《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$\leq 10^{-10}$cm/s。 ④地下水监测每季度一次；出具检测报告，检测结果满足《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III 类标准。 ⑤施工质量是否保证，防渗衬层是否完整。		
--	--	---	--	--

	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, $B \times H = 0.5 \times 0.6m$,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, $B \times H = 0.3 \times 0.4m$。 ⑥设置 1 座废水收集池,废水收集池定期巡检,发现破损及时修补。收集池采用混凝土结构并进行防渗处理,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 DN428 复合钢管,钢管内衬 8mmPO 内衬,低支墩布置,沿道路敷设,管道沿线设置相应的排气阀,防止负压对管道内衬材料的影响;项目回水管道采用 DN300 的焊接钢管,管道采用低支墩布置,焊接连接,管道沿线设置相应的排气阀,防止负压对管道内衬材料的影响。 ⑧在尾矿及废水输送管道及沿线最低点设置 150m³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与事故池内,避免废水及尾矿浆漫流至外环境。 (4) 表层覆土 回填后表层覆土需满足《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018),经济林木养护严禁使用高毒高残留农药。 3、末端监管 建立回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。 4、应急措施 制定地下水应急预案,在监控井水质异常情况下,须立即采取应急措施,启动应急方案,对泄漏废水水质进行监测,对水质异常的监控井进行抽水,抽			
--	---	--	--	--

	排至废水收集池或者槽车及时处理，降低影响。			
环境监测	①施工期大气例行监测，每年一次； ②施工期噪声监测，每季度一次； ③项目耕植土监测，定期抽检，抽检次数不少于 10 次。 ④地下水跟踪监测，每月 1 次。	提供大气、噪声、地下水、根植土检测报告。	/	/
其他	提供施工期环境监理总结报告。			

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。