

# 昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修 复项目竣工环境保护验收调查表

(公示稿)

建设单位：昆明兴禹生态建设投资有限公司

云南云天化环保科技有限公司

编制单位：昆明市生态环境工程评估中心

(昆明市生态环境保护技术应用中心)

二〇二六年九月

|                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div><p>打卡 13:45</p><p>云南省昆明市西山区海口街道015乡道</p><p>2024.07.18 星期四</p><p>环境监理: 双哨</p><p>今日水印相机已验证, 时间地点真实</p></div>                                  | <div><p>打卡 13:45</p><p>云南省昆明市西山区海口街道015乡道</p><p>2024.07.18 星期四</p><p>环境监理: 双哨</p><p>今日水印相机已验证, 时间地点真实</p></div>                                                                             |
| 2024 年 7 月                                                                                                                                                                                                                        | 2024 年 9 月                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <div><p>打卡 10:57</p><p>云南省昆明市西山区海口街道四老老箐</p><p>24.807690°N,102.471765°E</p><p>2024.11.08 星期五</p><p>环境监理: 双哨</p><p>今日水印相机已验证, 时间地点真实</p></div>   | <div><p>打卡 13:09</p><p>云南省昆明市西山区海口街道四老老箐</p><p>24.807695°N,102.471760°E</p><p>2024.12.26 星期四</p><p>环境监理: 双哨</p><p>今日水印相机已验证, 时间地点真实</p></div>                                              |
| 2024 年 11 月                                                                                                                                                                                                                       | 2024 年 12 月                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <div><p>打卡 09:52</p><p>云南省昆明市西山区海口街道015乡道</p><p>24.804162°N,102.477475°E</p><p>2025.01.16 星期四</p><p>环境监理: 双哨</p><p>今日水印相机已验证, 时间地点真实</p></div> | <div><p>打卡 11:14</p><p>云南省昆明市西山区海口街道015乡道</p><p>24.803516°N,102.473114°E</p><p>2025.02.21 星期五</p><p>检查项: 消防设施完好 <input type="checkbox"/></p><p>环境监理: 双哨</p><p>今日水印相机已验证, 时间地点真实</p></div> |
| 2025 年 1 月                                                                                                                                                                                                                        | 2025 年 2 月                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <div><p>打卡 13:38</p><p>云南省昆明市西山区海口街道四老老箐</p><p>24.807635°N,102.471712°E</p><p>2025.03.28 星期五</p><p>环境监理: 双哨</p><p>今日水印相机已验证, 时间地点真实</p></div>  | <div><p>打卡 13:06</p><p>云南省昆明市西山区海口街道县耳公路</p><p>24.805140°N,102.476637°E</p><p>2025.04.18 星期五</p><p>环境监理: 双哨</p><p>今日水印相机已验证, 时间地点真实</p></div>                                             |
| 2025 年 3 月                                                                                                                                                                                                                        | 2025 年 4 月                                                                                                                                                                                                                                                                    |



2025 年 5 月

2025 年 6 月



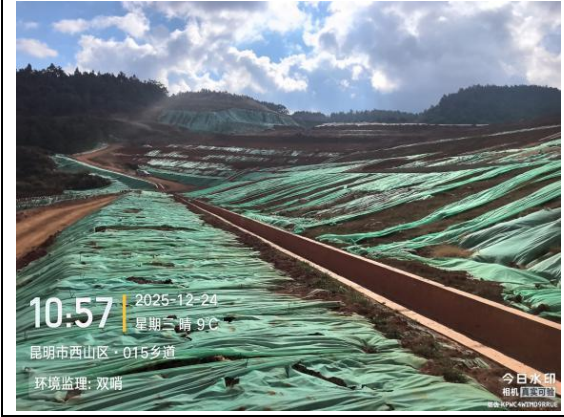
2025 年 7 月

2025 年 8 月



2025 年 9 月

2025 年 11 月



2025 年 12 月

2026 年 1 月



20206 年 3 月



2026 年 4 月



2026 年 4 月



2026 年 4 月

建设单位法人代表：刘路（兴禹公司） 马庆福（环保科技公司）

编制单位法人代表：阮虹嘉

项 目 负 责 人： 覃扬颂

报 告 编 写 人： 李建林 时友益

建设单位： 昆明兴禹生态建设投资有限公司 （盖章）

地址：云南省昆明市西山区海口街道办事处碧水雅苑小区综合楼

联系人：刘路

联系电话：18988058054

建设单位： 云南云天化环保科技有限公司 （盖章）

地址：云南省昆明市西山区小海口中轻依兰（集团）有限公司生产区

联系人：方成鹏

联系电话：183 8843 3839

编制单位： 昆明市生态环境工程评估中心（昆明市

生态环境保护技术应用中心） （盖章）

地址：昆明市官渡区银海金岸广场（A2 地块）D 栋 4 层、5 层

联系人：覃扬颂

联系电话：0871-68241008

## 目 录

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 前 言 .....               | 1   |
| 表一 项目总体情况 .....         | 2   |
| 表二 调查范围、因子、目标.....      | 5   |
| 表三 验收执行标准 .....         | 7   |
| 表四 工程概况 .....           | 11  |
| 表五 环境影响评价回顾.....        | 36  |
| 表六 环境保护措施执行情况.....      | 42  |
| 表七 环境质量及污染源监测.....      | 72  |
| 表八 验收监测质量控制及监测调查结果..... | 81  |
| 表九 环境管理状况及监测计划.....     | 115 |
| 表十 调查结论及建议 .....        | 120 |
| 附图附件 .....              | 124 |

## 前 言

昆明市西山区海口双哨磷矿厂始建于1986年10月，主要从事磷矿石开采、铝土矿及石灰石等资源加工，2012年正式关停。矿山长期露天开采导致区域地形地貌严重破坏，形成多处不稳定边坡、采空坑塘，植被大面积消亡，水土流失问题突出，同时矿坑裸露产生扬尘、淋滤水下渗及漫流引发土壤、地下水污染风险，属于中央及省级生态环境保护督察重点整改点位。

为落实生态环境保护督察整改要求，治理矿山地质灾害、修复区域生态环境，同时推进云南省磷石膏大宗固废资源化利用，昆明兴禹生态建设投资有限公司联合云南云天化环保科技有限公司启动昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目。本项目采用磷石膏基生态修复材料对废弃矿坑进行回填治理，结合地质灾害治理、地形重塑、土壤重构、植被重建实施一体化生态修复，既解决历史矿山遗留环境问题，又消纳工业固废磷石膏，兼具生态效益、社会效益与资源利用效益。

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目位于昆明市西山区海口街道双哨社区曹家沟，项目核心目标为治理矿区滑坡、高陡边坡等地质灾害，采用无害化磷石膏基材料回填，完成地形重塑、土壤重构、植被重建，修复总面积480503m<sup>2</sup>（约720.75亩）。

2023年7月21日取得《昆明市生态环境局西山分局关于〈昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目〉的批复》（西环管发〔2023〕25号），2023年7月30日正式开工建设，建设过程中严格落实环评报告及批复中提出的各项环保措施要求，经过三年时间，2026年6月24日项目全面竣工，项目全部纳入本次验收范围。

2026年8月26日，由昆明兴禹生态建设投资有限公司、云南云天化环保科技有限公司组织验收调查报告编制单位昆明市生态环境工程评估中心（昆明市生态环境保护技术应用中心）、施工单位中国有色金属工业昆明勘察设计院有限公司、设计及环评单位云南中环正浩环境科技有限公司、工程监理单位昆明建设咨询管理有限公司及特邀专家共同组成验收工作组，通过现场检查、查阅资料及对《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表》的审核；经验收组讨论，建设项目环境保护设施满足验收条件，同意项目通过竣工环保验收，验收后按照程序办理备案相关手续。

表一 项目总体情况

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |                   |            |       |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------|------------|-------|
| 建设项目名称     | 昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |                   |            |       |
| 建设单位名称     | 昆明兴禹生态建设投资有限公司、云南云天化环保科技有限公司                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |                   |            |       |
| 建设单位联系人    | 刘路 18988058054                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 建设单位联系人  | 方成鹏 183 8843 3839 |            |       |
| 项目建设地点     | 云南省昆明市西山区海口街道双哨社区曹家沟                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |          |                   |            |       |
| 建设项目性质     | 新建 <input type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 技改 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                         |          |                   |            |       |
| 行业类型       | 八、非金属矿采选业-12.化学矿开采-矿区修复治理工程                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |                   |            |       |
| 环境影响报告表名称  | 昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复建设项目环境影响报告表                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |                   |            |       |
| 环境影响评价单位   | 云南中环正浩环境科技有限公司                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |                   |            |       |
| 环境影响评价审批部门 | 昆明市生态环境局西山分局                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |                   |            |       |
| 环境影响评价审批文号 | 西环管发〔2023〕25号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 时间       | 2023年7月21日        |            |       |
| 设计单位       | 云南中环正浩环境科技有限公司                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |                   |            |       |
| 建设单位单位     | 中国有色金属工业昆明勘察设计院有限公司                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |          |                   |            |       |
| 工程监理单位     | 昆明建设咨询管理有限公司                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |                   |            |       |
| 投资总概算（万元）  | 40136.02                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 环保投资（万元） | 4200.07           | 环保投资占比（%）  | 10.46 |
| 开工建设时间     | 2023年7月30日                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 工程竣工时间   |                   | 2026年6月24日 |       |
| 验收调查依据     | <p>一、法律法规及技术规范</p> <p>(1) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年7月16日中华人民共和国国务院令第682号，自2017年10月1日起施行）；</p> <p>(2) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）；</p> <p>(3) 《改性磷石膏用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（DB53/T1269-2024）；</p> <p>(4) GB18599-2020《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》</p> <p>(5) 《建设项目竣工环境保护验收技术规范生态影响类》（HJ/T394-2007）；</p> <p>(6) 《磷石膏利用和无害化贮存污染控制技术规范》</p> |          |                   |            |       |

(HJ/1415-2025)。

## 二、项目相关资料

(1) 《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境影响报告表》(2023 年 6 月,报批稿);

(2) 2023 年 7 月 21 日,《昆明市生态环境局西山分局关于〈昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目〉的批复》(西环管发〔2023〕25 号);

(3) 《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目突发环境事件应急预案》(2024 年 2 月实施)及备案文件(备案编号:530112-2024-014-L);

(4) 2023 年 2~4 月,《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目工程地质勘察报告》《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境水文地质调查报告》,编制单位为中国有色金属工业昆明勘察设计院有限公司;

(5) 2023 年 2~5 月,《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目水土保持方案》,编制单位为云南今禹生态工程咨询有限公司;并完成备案;

(6) 《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目水土保持设施验收报告》(编制单位:金山(云南)环境工程有限公司;2026 年 7 月);

(7) 2024 年 6 月 14 日云南中环正浩环境科技有限公司《关于昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目底部堆填区人工防渗衬层堆填物调整的说明》;

(8) 中国有色金属工业昆明勘察设计院有限公司《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目地下水监测井成井记录报告》和《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目地下水监测井设置规范性论证报告》;

(9) 《改性磷石膏质量总结报告》(2026 年 6 月 10 日,北京建工环境修复股份有限公司);

(10) 昆明建设咨询管理有限公司《昆明市西山区海口双哨磷

|  |                                                                                                                                                 |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>矿厂磷矿生态修复项目回填区施工总承包工程质量评估报告》和《云南云天化环保科技有限公司昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目监理工作总结》；</p> <p>(11) 设计单位云南中环正浩环境科技有限公司《防渗漏监测系统说明》；</p> <p>(12) 项目其他相关资料。</p> |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

表二 调查范围、因子、目标

## 2.1 调查范围

本次验收范围为项目全域修复区域，总修复面积  $480503\text{m}^2$ ，其中地质灾害回填修复区  $280639\text{m}^2$ ，包括地质灾害治理（场地平整、基础处理、边坡治理、防渗工程、回填治理及地形重塑）+生态重建（土壤重构+植被重建）”+跟踪监测；其他生态修复区  $199864\text{m}^2$ ，包括生态重建（土壤重构+植被重建）”+跟踪监测。

涵盖主体修复工程、防渗工程、地形重塑工程、土壤重构工程、植被重建工程；配套辅助工程、公用工程；废气、废水、地下水、土壤、噪声、固废等全部环保设施；水土保持、生态保护设施；环境风险应急设施、监测系统及全套管理体系。

## 2.2 调查因子

### （1）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。

### （2）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。

### （3）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。

### （4）现状环境调查

针对目前的声、地下水、地表水、土壤、大气及敏感环境目标进行了调查分析。

## 2.3 调查目标

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

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

(3) 声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 2 类标准；地表水执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准；大气环境执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单中的二级标准；地下水执行《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类标准要求。

### 表三 验收执行标准

本次验收监测报告，原则上采用《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境影响报告表》及其批复文件中的标准。

#### 3.1 地表水

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

表 3-1 地表水环境质量标准

单位：mg/L

| 序号 | 项目          | 标准值           |
|----|-------------|---------------|
| 1  | pH（无量纲）     | 6~9           |
| 2  | 总磷（mg/L）    | ≤0.3(湖、库 0.1) |
| 3  | 氟化物（mg/L）   | ≤1.5          |
| 4  | 化学需氧量（mg/L） | ≤30           |
| 5  | 氨氮（mg/L）    | ≤1.5          |
| 6  | 铜（mg/L）     | ≤1.0          |
| 7  | 锌（mg/L）     | ≤2.0          |
| 8  | 砷（mg/L）     | ≤0.1          |
| 9  | 汞（mg/L）     | ≤0.001        |
| 10 | 硒（mg/L）     | ≤0.02         |
| 11 | 六价铬（mg/L）   | ≤0.05         |
| 12 | 镉（mg/L）     | ≤0.005        |
| 13 | 铅（mg/L）     | ≤0.05         |
| 14 | 铍（mg/L）     | ≤0.002        |
| 15 | 镍（mg/L）     | ≤0.02         |

#### 3.2 地下水

地下水监控井 5 座、敏感目标 1 口水井、地下水导排口 1 个。

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

表 3-2 地下水质量标准（摘录）

单位：mg/L

| 序号 | 水质指标              | III类标准  |
|----|-------------------|---------|
| 1  | pH（无量纲）           | 6.5~8.5 |
| 2  | 高锰酸盐指数（mg/L）      | ≤3.0    |
| 3  | 溶解性总固体（mg/L）      | ≤1000   |
| 4  | 氟化物（mg/L）         | ≤1.0    |
| 5  | 总硬度（以碳酸钙计）（mg/L）  | ≤450    |
| 6  | 氯化物（mg/L）         | ≤250    |
| 7  | 硝酸盐（以 N 计）（mg/L）  | ≤20.0   |
| 8  | 砷（mg/L）           | ≤0.01   |
| 9  | 汞（mg/L）           | ≤0.001  |
| 10 | 硒（mg/L）           | ≤0.01   |
| 11 | 铜（mg/L）           | ≤1.00   |
| 12 | 锌（mg/L）           | ≤1.00   |
| 13 | 铬（总铬）（mg/L）       | /       |
| 14 | 镉（mg/L）           | ≤0.005  |
| 15 | 铅（mg/L）           | ≤0.01   |
| 16 | 镍（mg/L）           | ≤0.02   |
| 17 | 氨氮（mg/L）          | ≤0.50   |
| 18 | 六价铬（mg/L）         | ≤0.05   |
| 19 | 硫酸盐（mg/L）         | ≤250    |
| 20 | 亚硝酸盐（以 N 计）（mg/L） | ≤1.00   |
| 21 | 总磷（mg/L）          | ≤0.2    |

### 3.3 土壤

监测点位 10 个：在矿山修复区红线外 50m 上下风向（西南风）各设置 2 个监测点 TR01（环评阶段 5#，图 4-1 中土壤表层样采样点绿色标识），TR02（环评阶段 7#），TR03（环评阶段 14#），TR04（环评阶段 15#）；对照点 TR05（环评阶段 13#）、TR06（环评阶段 12#）；矿山修复区范围内设置 1 个表层样点 TR07（环评阶段 2#）；修复区范围外周边 1km 内布设 3 个点位，即地表径流下游 TR08（环评阶段 9#）、耕地 TR09（JCJ02 下游耕地）和 TR10（JCJ02 下游耕地）。

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

表 3-3 土壤环境质量标准限值

单位：mg/kg

| 序号 | 污染物项目 | 筛选值 | 管制值 |
|----|-------|-----|-----|
| 1  | 砷     | 60  | 140 |
| 2  | 镉     | 65  | 172 |
| 3  | 铬（六价） | 5.7 | 78  |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

|    |               |       |       |
|----|---------------|-------|-------|
| 4  | 铜             | 18000 | 36000 |
| 5  | 铅             | 800   | 2500  |
| 6  | 汞             | 38    | 82    |
| 7  | 镍             | 900   | 2000  |
| 8  | 四氯化碳          | 2.8   | 36    |
| 9  | 氯仿            | 0.9   | 10    |
| 10 | 氯甲烷           | 37    | 120   |
| 11 | 1,1-二氯乙烷      | 9     | 100   |
| 12 | 1,2-二氯乙烷      | 5     | 21    |
| 13 | 1,1-二氯乙烯      | 66    | 200   |
| 14 | 顺-1,2-二氯乙烯    | 596   | 2000  |
| 15 | 反-1,2-二氯乙烯    | 54    | 163   |
| 16 | 二氯甲烷          | 616   | 2000  |
| 17 | 1,2-二氯丙烷      | 5     | 47    |
| 18 | 1,1,1,2-四氯乙烷  | 10    | 100   |
| 19 | 1,1,2,2-四氯乙烷  | 6.8   | 50    |
| 20 | 四氯乙烯          | 53    | 183   |
| 21 | 1,1,1-三氯乙烷    | 840   | 840   |
| 22 | 1,1,2-三氯乙烷    | 2.8   | 15    |
| 23 | 三氯乙烯          | 2.8   | 20    |
| 24 | 1,2,3-三氯丙烷    | 0.5   | 5     |
| 25 | 氯乙烯           | 0.43  | 4.3   |
| 26 | 苯             | 4     | 40    |
| 27 | 氯苯            | 270   | 1000  |
| 28 | 1,2-二氯苯       | 560   | 560   |
| 29 | 1,4-二氯苯       | 20    | 200   |
| 30 | 乙苯            | 28    | 280   |
| 31 | 苯乙烯           | 1290  | 1290  |
| 32 | 甲苯            | 1200  | 1200  |
| 33 | 间二甲苯+对二甲苯     | 570   | 570   |
| 34 | 邻二甲苯          | 640   | 640   |
| 35 | 硝基苯           | 76    | 760   |
| 36 | 苯胺            | 260   | 663   |
| 37 | 2-氯酚          | 2256  | 4500  |
| 38 | 苯并[a]蒽        | 15    | 151   |
| 39 | 苯并[a]芘        | 1.5   | 15    |
| 40 | 苯并[b]荧蒽       | 15    | 151   |
| 41 | 苯并[k]荧蒽       | 151   | 1500  |
| 42 | 蒽             | 1293  | 12900 |
| 43 | 二苯并[a,h]蒽     | 1.5   | 15    |
| 44 | 茚并[1,2,3-cd]芘 | 15    | 151   |
| 45 | 萘             | 70    | 700   |

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

表 3-4 农用地土壤污染风险筛选值和管制值（基项目） 单位：mg/kg

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

### 3.4 厂界无组织废气

颗粒物监测设置厂界上风向 1 个点、下风向 3 个点，共 4 个监测点。执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 无组织排放监控浓度限值，即颗粒物 $\leq 1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。

### 3.5 场界噪声

在东、南、西、北场界外 1m 处各设 1 个噪声监测点。执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准，详见下表。

表 3-5 工业企业厂界环境噪声排放限值 单位：dB（A）

| 厂界外声环境功能区类别 | 昼间 | 夜间 |
|-------------|----|----|
| 0           | 50 | 40 |
| 1           | 55 | 45 |
| 2           | 60 | 50 |
| 3           | 65 | 55 |
| 4           | 70 | 55 |

## 表四 工程概况

### 4.1 项目概况

根据《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境影响报告表》（报批稿，2023年6月）和《昆明市生态环境局西山分局关于<昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境影响报告表>的批复》（西环管发〔2023〕25号）可知，工程内容包括地质灾害治理、地形地貌重塑、生态重建等主体工程，配套建设辅助、公用、环保工程；采用“地质灾害治理（场地平整、基础处理、边坡治理、防渗工程、回填治理及地形重塑）+生态重建（土壤重构+植被重建）”的方式进行生态修复，修复面积480503m<sup>2</sup>（约720.75亩），地质灾害治理采用磷石膏基生态修复材料回填。

(1) 项目名称：昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目

(2) 建设性质：新建

(3) 实施单位：昆明兴禹生态建设投资有限公司、云南云天化环保科技有限公司

(4) 建设地点：昆明市西山区海口街道双哨社区曹家沟

(5) 环评阶段项目恢复区范围及实施年限：修复面积480503m<sup>2</sup>（约720.75亩），实施年限为5.5年，其中施工期实施年限为2.5年，养护管理3年。

### 4.2 修复方案

#### 4.2.1 修复思路

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

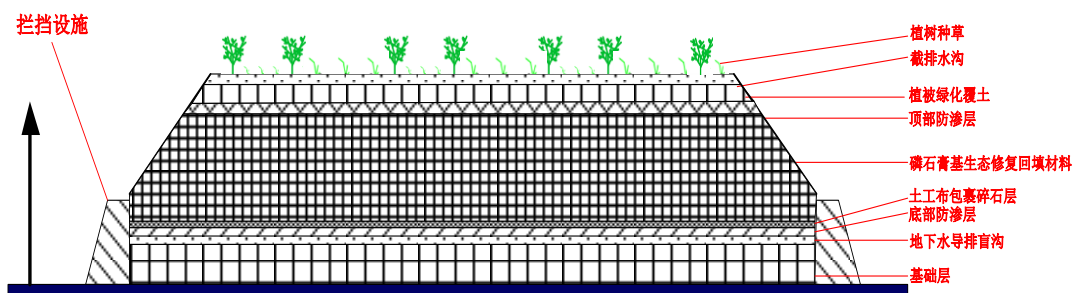


图 4.2-1 生态修复系统示意图

#### 4.2.2 修复目标

根据《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复治理变更方案》，该工程修复目标为：

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

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

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

□土地复垦率不低于 95%。

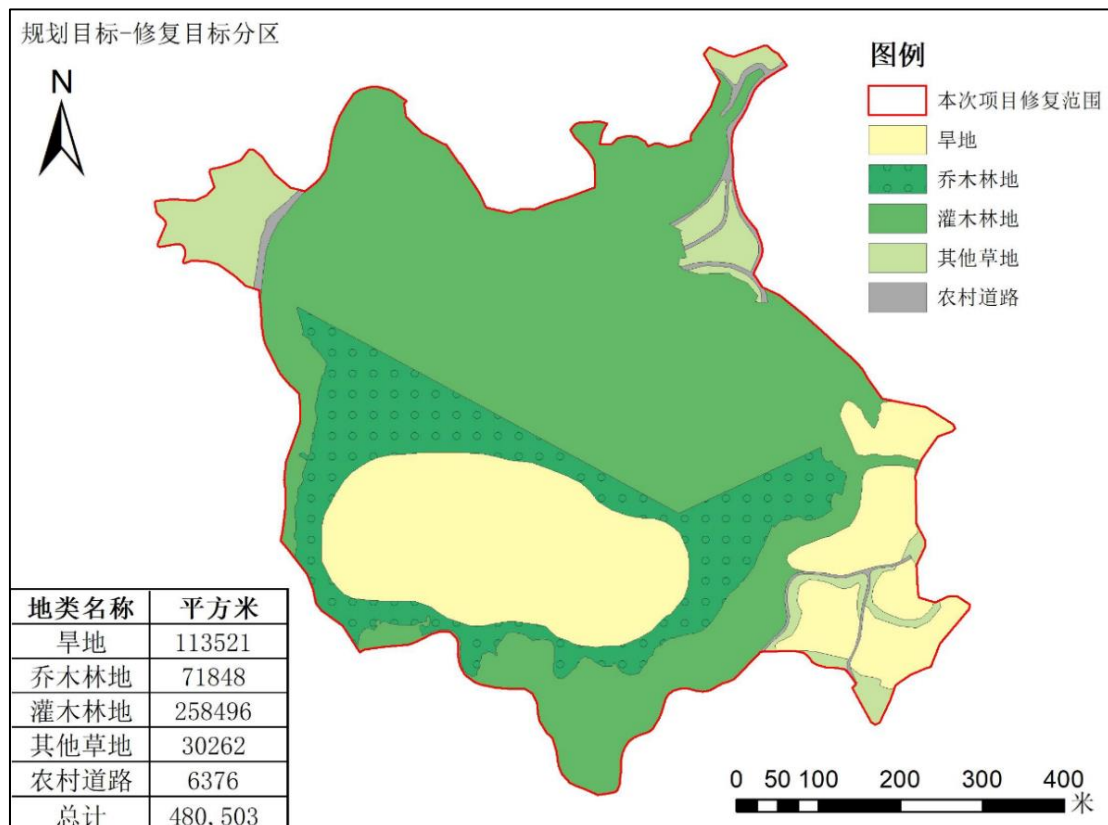


图 4.2-2 修复目标图

#### 4.2.3 修复范围

根据《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复治理变更方案》，项目最终生态修

复范围为  $480503\text{m}^2$  (约 720.75 亩)。修复范围见图 4.2-3。



图 4.2-3 生态修复范围图

#### 4.2.4 修复分区

根据《生态修复治理变更方案》，将修复区分为 2 大块：地质灾害回填修复治理区及其他修复区。其中回填修复区面积  $280639\text{m}^2$  (约 420.96 亩)，其他生态修复区面积  $199864\text{m}^2$  (约 299.79 亩)。

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

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

项目分区治理详见图 4.2-4。

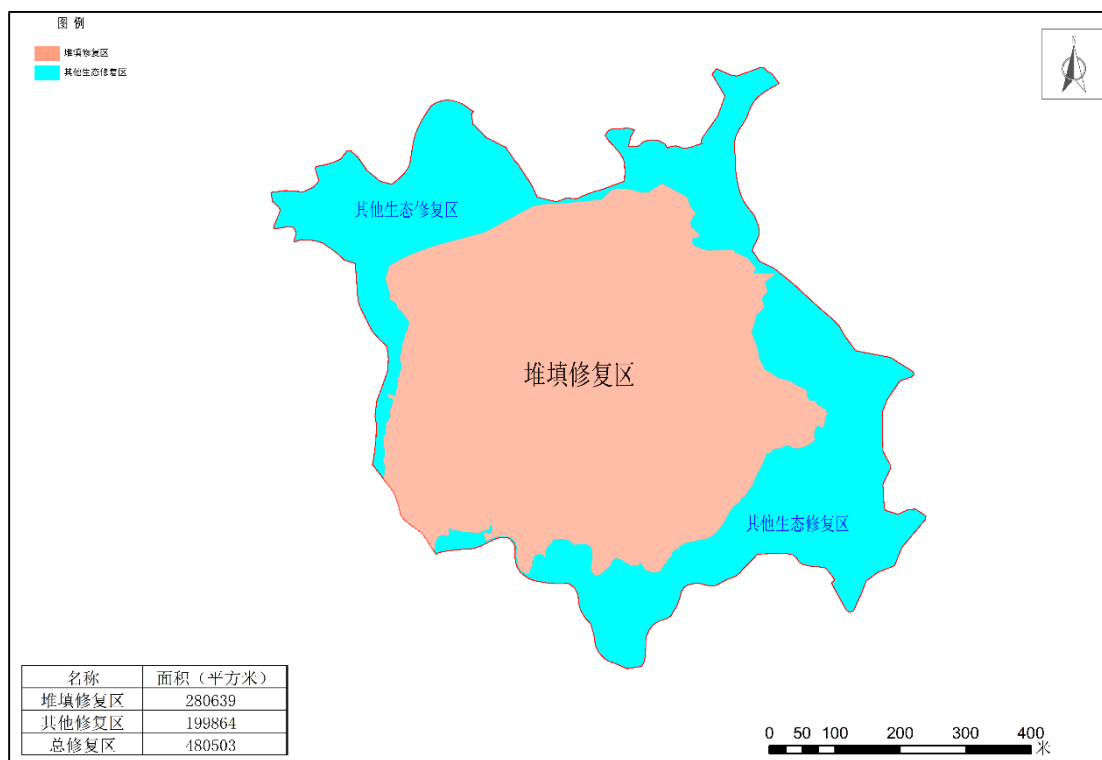


图 4.2-4 生态修复分区图

4.3 项目建设内容与规模

项目工程实际建设情况见表 4.3-1，并注明工程变动情况。

表 4.3-1 项目工程实际建设情况

| 工程名称 |       | 环评报告建设内容及规模                                                                                                                                                                                            | 实际建设内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 变动情况                                                                                                                                                     |
|------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 项目概况 | 项目地点  | 昆明市西山区海口片区双哨磷矿位于昆明市西山区海口街道双哨社区曹家沟，地理坐标东经 102°28'28.599"，北纬 24°48'20.866"。                                                                                                                              | 昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目位于昆明市西山区海口街道双哨社区曹家沟，地理中心坐标东经 102°28'28.599"、北纬 24°48'20.866"。                                                                                                                                                                                                                                                                  | 未变动                                                                                                                                                      |
|      | 修复区范围 | 项目矿山生态修复范围 480503m <sup>2</sup> （约 720.75 亩），修复区分为 2 大块：地质灾害回填修复治理区 280639m <sup>2</sup> （约 420.96 亩）及其他修复区 199864m <sup>2</sup> （约 299.79 亩）。                                                         | 项目矿山生态修复范围 480503m <sup>2</sup> （约 720.75 亩），修复区分为 2 大块：地质灾害回填修复治理区 283907.32m <sup>2</sup> （约 425.86 亩）及其他修复区 196595.68m <sup>2</sup> （约 294.89 亩）。                                                                                                                                                                                                | 地质灾害回填修复治理区新增 3268.32m <sup>2</sup> （约 4.90 亩），其他修复区减少 3268.32m <sup>2</sup> （约 4.90 亩），总体修复范围未变。                                                        |
|      | 修复思路  | 采用“地质灾害治理（场地平整、基础处理、边坡治理、防渗工程、回填治理及地形重塑）+生态重建（土壤重构+植被重建）”的方式进行生态修复，地质灾害治理采用磷石膏基生态修复材料回填，回填量 825.6 万 m <sup>3</sup> 。                                                                                   | 采用场地平整→基础处理→削破退台→底部防渗→磷石膏基生态修复材料回填→顶部防渗+生态重建（土壤重构+植被重建）的方式进行生态修复，西侧悬崖部分采用挂设主动防护网反压改性磷石膏消除安全隐患，地质灾害治理主要采用磷石膏基生态修复材料回填，回填量 921.7 万 m <sup>3</sup> （约 1746 万吨）。                                                                                                                                                                                        | 磷石膏基生态修复材料新增 96.1 万 m <sup>3</sup> ，新增比例 11.64%。                                                                                                         |
|      | 修复目标  | 解决现有滑坡、不稳定边坡、高陡边坡等地质灾害、水土流失及生态环境次生问题，地质灾害全部得到治理。项目实施后可恢复乔木林地 71848m <sup>2</sup> ，灌木林地 258496m <sup>2</sup> ，其他草地 30262m <sup>2</sup> ，旱地 113521m <sup>2</sup> 、农村道路 6376m <sup>2</sup> ；土地复垦率不低于 95%。 | 项目的全面实施，原有滑坡、不稳定边坡和高陡边坡等地质灾害隐患已全部消除，水土流失得到有效控制，相关的生态环境次生问题也已根本解决。累计恢复乔木林地 62821.36m <sup>2</sup> 、灌木林地 166065.84m <sup>2</sup> 、其他草地 114089.84m <sup>2</sup> 、旱地 91467.69m <sup>2</sup> 、果园 23125m <sup>2</sup> ，修建农村道路 15395m <sup>2</sup> 、保留坑塘水面 5718.27m <sup>2</sup> 。乔木林地、灌木林地、其他草地、旱地、果园总计面积 457569.73m <sup>2</sup> ，土地复垦率为 95.23%；实现了治理目标。 | 实际复垦面积为 457569.73m <sup>2</sup> ，相对于环评复垦面积 474127m <sup>2</sup> 减少 16557.27m <sup>2</sup> （3.49%），土地复垦率 95.23%，实现环评 95%的治理目标。修建道路新增 9019m <sup>2</sup> 。 |

| 工程名称 |      |    |    | 环评报告建设内容及规模                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 实际建设内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 变动情况                                     |
|------|------|----|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 主体工程 | 工程组成 |    |    | 工程内容包括地质灾害治理、地形地貌重塑、生态重建等主体工程，配套建设辅助、公用、环保工程。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 工程内容包括地质灾害治理、地形地貌重塑、清基整平、拦挡设施、地下水导排、淋滤水导排、防渗工程、回填工程、土壤重构、造林工程、截排水工程、地下水监测工程、位移监测工程、管养工程及相关辅助设施。                                                                                                                                                                                                                            | 细化工程组成内容，未变动                             |
|      | 依托工程 |    |    | 项目回填使用的磷石膏基生态修复材料依托《海口工业园区（街道）云龙磷矿矿区修复治理项目》中的磷石膏基生态修复材料生产线生产，生产能力5万吨/天。<br>磷石膏基生态修复材料应满足以下要求： <input type="checkbox"/> 符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表2重金属指标限值要求； <input type="checkbox"/> 特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值； <input type="checkbox"/> 按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6~9 之间。 | 回填使用的磷石膏基生态修复材料全部依托《海口工业园区（街道）云龙磷矿矿区修复治理项目》配套建设的磷石膏基生态修复材料生产线进行生产与供应。该生产线已全面建成并投入稳定运行，实际生产能力达到4万吨/天，能够连续、稳定地提供符合设计要求的生态修复回填材料。<br>施工期间，改性磷石膏生产单位对每批次进场的磷石膏基生态修复材料均进行了严格的质量检验与见证取样检测。根据《改性磷石膏质量总结报告》（2026年6月10日，北京建工环境修复股份有限公司）：自开工至项目结束，监测公司为云南华测检测认证有限公司、云南亚明环境监测科技有限公司、云南环绿环境检测技术有限公司、玉溪华恒环境科技有限公司，共计取样约1746个样品，检测结果均合格。 | 未变动                                      |
|      | 项目投资 |    |    | 项目总投资 40136.02 万元，其中环保投资 4200.07 万元。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 项目实际总投资 49337.97 万元，其中实际环保投资 6530.85 万元、占总投资比例 13.24%。                                                                                                                                                                                                                                                                     | 相对于环评总投资新增 9201.95 万元，环保投资新增 2330.78 万元。 |
|      | 实施年限 |    |    | 实施年限为 5.5 年，其中施工期实施年限为 2.5 年，养护管理 3 年。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 实施年限为 6 年，其中施工期实施年限为 3 年，养护管理 3 年。                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 施工期新增半年时间                                |
| 主体工程 | 地质   | 地质 | 场地 | 修复区四周形成陡峻坑壁、堆积着大量的松散危岩、浮石，在生态修复前期通过场地清理对                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 修复区四周边坡在清除表层浮土后，均采取削坡退台的方式进行处理，将原本陡峻的坑壁修整为多级台阶状稳定边                                                                                                                                                                                                                                                                         | 未变动                                      |

| 工程名称                      |                                           |                            |      | 环评报告建设内容及规模                                                                                                                                              | 实际建设内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 变动情况 |
|---------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 灾害<br>回填<br>修复<br>治理<br>区 | 灾<br>害<br>回<br>填<br>修<br>复<br>治<br>理<br>区 | 灾<br>害<br>治<br>理<br>设<br>计 | 平整   | 于修复区内四周形成的陡峻坑壁、松散危岩、浮石进行削坡处理，对于修复区底部的杂草、乱石进行清理，清理后的土石方直接用于坑底回填，不设临时堆场。                                                                                   | 坡，彻底消除了松散危岩与浮石隐患。其中，回填区西侧高陡岩质边坡除完成危岩清理外，额外挂设了主动防护网系统，形成隔离防护，有效控制残余松动岩体的崩落风险。修复区底部全面清除了淤积软泥及杂物，随后利用场内削坡产生的土石方进行分层摊铺、碾压回填，全程不设临时堆场，土石方直接在坑内平衡利用。通过上述措施，原陡峻坑壁、松散危岩体及坑底淤泥均得到根本治理，区域场地达到平整、稳定和安全的预期目标。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |      |
|                           |                                           |                            | 边坡治理 | 采用清表及削坡整理方式，采用自上而下分台清理，开挖平台兼做锚固沟使用，边坡按 1:1.5 的外坡，每下降 10m 留一宽 3m 的平台，保证边坡施工期临时稳定。开挖削坡土石方用于坑底回填。<br>随着后期生态修复材料的回填，各不稳定边坡也是一个逐渐压护坡脚的过程，边坡稳定性将随着回填量的增加而逐渐提高。 | 施工过程中，首先对坡面进行彻底清除松动岩块，露出原状岩土结构。随后严格按照“自上而下分台清理、开挖平台兼做锚固沟”的方案组织削坡。采用挖掘机分层接力、人工配合修整的方式，从坡顶向下逐级削坡，设计外坡坡比控制为 1:1.5，每垂直下降 10m 留设一道宽 3m 的平台。平台在开挖时同步兼作锚固沟使用，沟槽断面按设计要求成形，既满足了施工期截排水与临时稳定需求，也为后期生态修复材料回填提供了锚固条件。削坡产生的土石方即挖即运，全部用于坑底回填，实现了场内土方平衡。<br>受原地形起伏及岩土分界面变化影响，施工中分东南、西和西南三个区域逐台进行控制，完工后形成了以高程命名的多级平台体系。经竣工实测，各平台实际标高范围如下：<br>①东南侧平台：2110 平台（2113m~2040m）、2100 平台（2105m~2090m）、2090 平台（2101m~2085m）、2080 平台（2089m~2079m）、2070 平台（2072m~2068m）、2060 平台（2070m~2057m）、2050 平台（2060m~2043m）、2040 平台（2055m~2038m）。<br>②西侧平台：2040 西平台（2047m~2040m）、2050 西平台（2055m~2051m）、2060 西平台（2062m~2059m）、2070 西平台（2072m~2068m）、2080 西平台（2081m~ | 未变动  |

| 工程名称 |  |             |             | 环评报告建设内容及规模                                                                                                                                                                                                           | 实际建设内容                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 变动情况                                |
|------|--|-------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
|      |  |             |             |                                                                                                                                                                                                                       | 2078m)、2090 西平台 (2090m~2080m)。<br>③西南侧平台: 2100 西南平台 (2103m~2100m)、2090 西南平台 (2096m~2088m)、2075 西南平台 (2086m~2073m)、2060 西南平台 (2067m~2061m)、2050 西南平台 (2056m~2051m)。<br>所有平台坡面平整、坡度统一,平台宽度及锚固沟断面均满足设计要求,边坡在施工期保持了良好的临时稳定。随着后续生态修复材料分层回填,各不稳定边坡坡脚将逐步被压护,边坡整体稳定性也将随回填高度增加而持续提高。               |                                     |
|      |  | 回填治理及地形地貌重塑 | 基础处理        | 根据水文地质勘查报告,回填区稳定水位 5~50m,上游地下水埋深较深,下游地下水埋深略浅,坑底为硅质白云岩,透水性中等,考虑到回填安全性,基础处理采用筛后剥离土进行回填压实构造人工回填层,提高地下水埋深及包气带防污性能,回填厚度 5m,回填量 46.8 万 m³,处理后包气带防污性能中等。                                                                     | 根据水文地质勘查报告,回填区稳定水位 5~50m,上游地下水埋深较深,下游地下水埋深略浅,坑底为硅质白云岩,透水性中等。基础处理采用筛后剥离土进行回填压实构造人工回填层,提高地下水埋深及包气带防污性能,回填厚度 5m,回填量 30.2 万 m³,处理后包气带防污性能中等。2026 年 6 月 20 日昆明建设咨询管理有限公司《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目回填区施工总承包工程质量评估报告》:工程质量评估结论为合格。                                                                   | 基础处理实际回填量减少 16.6 万 m³。              |
|      |  |             | 回填治理及地形地貌重塑 | 设计采用生态修复材料回填进行地形重塑及边坡治理,回填材料由场地尾部至拦挡设施前分层碾压堆填,回填材料通过自卸汽车运输至堆填区内,通过配套推土机、压路机、挖掘机等机械设备予以分区、分层碾压堆存,分层厚度≤1.0m,影响稳定区域压实度 0.92,其余区域压实度 0.85。<br><b>回填方式:</b> 回填材料由场地尾部至拦挡设施前分层碾压回填,外坡每 5m 高差分一层,修整外坡坡比 1:3.0,再留置层间平台,宽度 5m, | 项目采用生态修复材料进行地形重塑与边坡治理,回填总量 921.7 万 m³。回填材料由自卸汽车运输至堆填区,通过推土机、装载机配合摊铺,压路机分区、分层碾压堆填。分层厚度 1.0m 以内,坝前 100m 影响稳定区域压实度达 0.92,其余区域压实度达 0.85。<br>回填总体由场地尾部向拦挡设施方向分层碾压推进。外坡每 5m 高差设置一层马道,单级坡比 1:3.0,马道宽度 5m,整体综合坡比控制为 1:4.0。回填场内滩面按纵向 1%的统一坡比进行平整,滩面呈中间高、两侧低的散水形态,中部高程控制为 2113m,东、西两侧边缘高程均降至 2110m, | 磷石膏基生态修复材料新增 96.1 万 m³,新增比例 11.64%。 |

| 工程名称 |  |  |      | 环评报告建设内容及规模                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 实际建设内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 变动情况                                                                                                                         |
|------|--|--|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |  |  |      | 总坡比控制 1:4.0，场内滩面平整坡度按 1%~2%控制，尾部高拦挡设施前低；堆排至 2110.0m 标高后停止堆排，可全面完成区域内地质灾害治理，回填量 825.6 万 m³。                                                                                                                                                                                                                        | 以利于滩面自然排水。针对西侧悬存在崩塌位置，使用改性磷石膏反压回填处理，外坡 1:3.0、每 5m 设马道、总坡比 1:4.0，从 2110 反压至 2130m 高程，有效稳固了临崖边坡，消除隐患。施工完成后，区域地形重塑与边坡治理全面完成，消除了地质灾害隐患，回填体及坡体整体稳定。                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                              |
|      |  |  | 拦挡设施 | <p>为确保重塑地形稳定，修复区下游建设 1 座拦挡设施，位于东北面沟谷最低处，拦挡设施为碾压式土石坝，拦挡设施底标高 2020m，顶标高 2040m，顶宽 4m，顶长 151.57m。拦挡设施高 20.0m（未含清基部分），拦挡设施上下游坝坡坡比均为 1:2.0。</p> <p>基础处理：拦挡设施位置位于矿坑底部出口，地形较为平缓，现状有 2 个坑塘。根据工勘查明拦挡坝位置坑塘深度 3~20m，下部为硅质白云岩，层位稳定，力学强度较高。</p> <p><b>拦挡设施排水：</b>由于拦挡设施内边坡进行了防渗处理，坝体产生的雨季渗水不受回填体影响，经底部安装排渗管后排入下游，排入附近地表水环境。</p> | 拦挡坝为碾压式土石坝，坝顶高程保持 2040m，坝顶宽 5m，坝顶长 149.34m，上下游坝坡坡比均为 1:2.0。坝址主体位置为原有道路，南北两侧深度 3~20m 不等的坑塘，施工时先对坑塘进行抽水和彻底清淤，揭露下部力学强度较高的硅质白云岩基岩；随后采用碎石分层填筑并整平至 2026m 高程，形成稳定建基面，该部分碎石换填与上部坝体共同构成拦挡设施，坝体碾压填筑高度为 14m。坝体内侧（迎回填修复区一侧）全断面铺设两布一膜防渗层，使回填体与坝体有效隔离，防止渗水进入坝体。坝体底部布设地下水导排管，将雨季产生的地下水有序导排至下游，进入附近地表水系统。坝体外坡设置钢筋混凝土框格梁护坡，框格梁两侧修建纵向排水沟，框格结构内设置急流槽，形成完整的坡面截排水系统，有效保障坝坡稳定与排水畅通。 | 未变动                                                                                                                          |
|      |  |  | 防渗工程 | <p>项目采用磷石膏基生态修复材料回填进行地形重塑及地灾治理，考虑安全问题，采用“基础处理+底部防渗+内边坡防渗+顶部防渗方式”对回填体进行防渗处理。</p> <p><b>（1）基础处理</b></p> <p>根据水文地质勘查报告，回填区稳定水位 5~50m，上游地下水埋深较深，下游地下水埋深略浅，坑底为硅质白云岩，透水性中等，考虑到回填安全性，基础处理采用筛后剥离土进行</p>                                                                                                                   | <p>项目采用磷石膏基生态修复材料回填进行地形重塑及地灾治理，考虑安全问题，采用“基础处理+底部防渗+内边坡防渗+顶部防渗方式”对回填体进行防渗处理。</p> <p><b>（1）基础处理</b></p> <p>根据水文地质勘查报告，回填区稳定水位 5~50m，上游地下水埋深较深，下游地下水埋深略浅，坑底为硅质白云岩，透水性中等，基础处理采用筛后剥离土进行回填压实构造人工回填层，提高地下水埋深及包气带防污性能，回填厚度 5m，回填量 30.2 万 m³，处理后包气带防污性能</p>                                                                                                            | 底部堆填区人工防渗衬层工程变动情况：设计将底部填筑矿山筛选剥离土之上铺设 0.75m 压实粘土层，变更为 450mm 厚素土层+300mm 厚粘土垫层，分层碾压压实，压实度 0.92。<br>内边坡设施防渗工程的 TGSG30-30 双向土工格栅变 |

| 工程名称 | 环评报告建设内容及规模                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 实际建设内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 变动情况                                                                                       |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | <p>回填压实构建人工回填层，提高地下水埋深及包气带防污性能，回填厚度 5m，处理后包气带防污性能中等。</p> <p><b>(2) 底部防渗</b></p> <p>堆填区场地先进行底部整平压实、边坡清理分台平整，然后清除尖锐石块和碎屑杂物，参考《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020) II 类场要求采用单人工复合衬层作为防渗衬层，铺设 0.75m 压实粘土+两布一膜防渗层。</p> <p><b>(3) 内边坡设施防渗</b></p> <p>①边坡坡度较缓：按土质边坡 1:1.5，岩质边坡 1:0.75 进行削坡整平，每 10m 高差设置锚固平台的边坡，其防渗结构为先在整平的边坡上铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅后再铺设两布一膜防渗层。</p> <p>②较陡的岩质边坡：无法进行放坡平整，无法修建锚固沟，其防渗结构为先对岩质高陡边坡进行挂网喷护，每 10m 高差埋设防渗锚固预埋件，然后铺设两布一膜防渗层。</p> <p><b>(4) 拦挡设施内坡防渗</b></p> <p>拦挡设施设计为碾压土石坝，内外坡比均为 1:2.0，为有效保护防渗层的安全，拦挡坝内坡面碾压平整压实好后铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅，再铺设两布一膜防渗层。</p> <p><b>(5) 顶部防渗</b></p> <p>顶部及坡面先后 HDPE 防渗土工膜+土工布联合防渗层，并与周防渗膜相连。</p> | <p>中等。</p> <p><b>(2) 底部防渗</b></p> <p>底部防渗层采用单人工复合衬层：先铺设 450mm 厚素土层+300mm 厚粘土垫层；其上铺设两布一膜防渗层，结构为 400 g/m<sup>2</sup> 长丝无纺土工布+1.5 mm HDPE 单糙面土工膜+300 g/m<sup>2</sup> 长丝无纺土工布。膜下设置地下水导排盲沟，膜上设置淋滤水导排盲沟。导排盲沟采用倒梯形断面，底宽 1m、高 2m、顶宽 5 m，以土工布包裹碎石回填，碎石内埋设 DN315 HDPE 穿孔排渗管（上半圆开孔），盲沟分别外接地下水收集池和淋滤水收集池。</p> <p><b>(3) 内边坡设施防渗</b></p> <p>①边坡坡度较缓：内边坡防渗根据边坡条件分两种形式实施。对于坡度较缓的边坡，按土质边坡 1:1.5、岩质边坡 1:0.75 进行削坡整平，每 10m 高差设置锚固平台；防渗结构为先在整平坡面铺设 300mm 厚压实粘土垫层，再铺设两布一膜防渗层（600 g/m<sup>2</sup> 长丝无纺土工布+1.5 mm HDPE 双光面土工膜+300 g/m<sup>2</sup> 长丝无纺土工布）。</p> <p>②较陡的岩质边坡：</p> <p>坡面先采用主动防护网进行隔离。随后跟随回填进度，逐步在坡面进行黏土反压，反压体底宽 4.5 m、顶宽 1.5m、高 3m。沿反压体外缘（与改性磷石膏接触面）铺设两布一膜防渗层，做到边反压边铺设，与周边防渗层相连。</p> <p><b>(4) 拦挡设施内坡防渗</b></p> <p>拦挡坝为碾压土石坝，内外坡比均为 1:2.0。内坡防渗施工时，先将内坡面碾压平整压实，再铺设两布一膜防渗层（600 g/m<sup>2</sup> 长丝无纺土工布+1.5 mm HDPE 双光面土工膜+300 g/m<sup>2</sup> 长丝无纺土工布），并与场底防渗膜可靠连接。</p> <p><b>(5) 顶部防渗</b></p> | <p>动情况：内边坡设施防渗工程的 TGSG30-30 双向土工格栅变更为 0.3m 厚的黏土垫层。</p> <p>防渗漏监控系统变动情况：未设置防渗衬层的防渗漏监控设备。</p> |

| 工程名称 |  |  |  | 环评报告建设内容及规模                                                                                                                                                                                                                                 | 实际建设内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 变动情况                                                                                      |
|------|--|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |  |  |  | <p><b>(6) 防渗漏监控</b></p> <p>按照第Ⅱ类一般工业固体废物场要求控制，设置防渗漏监控系统，监控防渗衬层的完整性。</p>                                                                                                                                                                     | <p>磷石膏基生态修复材料回填至设计标高后，对回填体进行整平压实，开展顶部防渗。顶部及坡面依次铺设一布一膜防渗层（1.5 mm HDPE 双光面防渗土工膜+300 g/m<sup>2</sup> 无纺长丝土工布），并与周边防渗膜连接。</p> <p><b>(6) 防渗漏监控</b></p> <p>根据设计单位云南中环正浩环境科技有限公司《防渗漏监测系统说明》：按照第Ⅱ类一般工业固体废物场要求控制，在回填修复区防渗膜底部设置了地下水导排管等工程，作为防渗漏监测措施。通过收集地下水，对导排管出水的水量、水质开展观测，满足渗漏预警的需求。</p> <p><b>(7) 防渗工程质量评估</b></p> <p>2026 年 6 月 20 日昆明建设咨询管理有限公司《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目回填区施工总承包工程质量评估报告》和 2026 年 6 月昆明建设咨询管理有限公司《云南云天化环保科技有限公司昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目监理工作总结》，工程质量评估结论为合格。</p> |                                                                                           |
|      |  |  |  | <p>场地内地下水较深，场地内地表降水汇集至矿坑底部下渗补给地下水，矿坑进行生态修复后，由于防渗层的铺设及周边和表层雨水导排设施的建设完成，地表水被截留和导排，不再补给地下水，仅场地周边雨水下渗后，沿表层孔隙向坑底汇集，因此在坑内场底防渗层下设置简易的排水盲沟以排走雨季的场底地下水。地下水导排盲沟采用倒梯形（底宽 3m，高 1.5m，顶宽 5m），土工布包裹碎石充填，碎石内设置 HDPE 排渗管（DN280mm，上半圆开孔），地下水导排盲沟外接地下水收集池。</p> | <p>场地内地下水位较深。矿坑生态修复完成后，防渗层已铺设完毕，周边及表层雨水导排设施也已建成，地表水被截留导排，不再补给地下水；仅场地周边雨水下渗后沿表层孔隙向坑底汇集。已在坑内场底防渗层下设置简易排水盲沟，用于排走雨季的场底地下水。地下水导排盲沟采用倒梯形断面（底宽 1m、高 2m、顶宽 5m），以土工布包裹碎石充填，碎石内埋设 HDPE 排渗管（DN315mm，上半圆开孔），盲沟外接地下水收集池。地下水收集池设于拦挡设施坡脚，为钢筋混凝土矩形水池，长×宽×高=4m×3m×2.5m=30m<sup>3</sup>。导排盲沟全长 2247.172m。</p>                                                                                                                                                                           | <p>HDPE 排渗管由 DN280mm 调整为 DN315mm，直径增加 35mm；导排沟增加 642.172m；地下水收集池容积增加 14m<sup>3</sup>。</p> |

| 工程名称 |  |  |       | 环评报告建设内容及规模                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 实际建设内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 变动情况                                                                             |
|------|--|--|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
|      |  |  |       | 地下水收集池在拦挡设施坡脚设置，采用钢筋混凝土矩形水池，长×宽×高=2m×2m×4m。地下水导排盲沟外接地下水收集池，导排沟长度1605m。                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                  |
|      |  |  | 淋滤水导排 | 回填修复区铺设防渗层后，于防渗层上设置淋滤水导排盲沟，淋滤水导排盲沟采用纺锤形（底宽 5m，高 1m，最宽 5.66m），土工布包裹碎石充填，碎石内设置 HDPE 排渗管（DN280mm 穿孔管，上半圆开孔），淋滤水导排盲沟外接淋滤水收集池。导排盲沟长度 2431m。淋滤水收集池池底及池壁采用 C30 钢筋砼结构。                                                                                                                                                                                                    | 回填修复区底部防渗层已铺设完成，其上设置了淋滤水导排盲沟。淋滤水导排盲沟采用纺锤形断面（底宽 1m、高 2m、顶宽 5m），以土工布包裹碎石充填，碎石内埋设 HDPE 排渗管（DN315mm 穿孔管，上半圆开孔），盲沟外接淋滤水收集池。导排盲沟全长 2214.26m。淋滤水收集池的池底和池壁已铺设 0.3m 厚压实粘土和两布一膜（1.5mm HDPE）防渗层，并在底部铺设 60cm×30cm×4.5cm 预制块。                                                                                                                                                                                                                                                        | 排渗管直径增加 35mm；导排盲沟减少 216.74m，减少比例 8.92%。                                          |
|      |  |  | 场内排水沟 | <p>(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纵向排水沟相连，排水沟为砖砌结构，矩形断面，B×H=0.3m×0.4m，砂浆抹面，两端坡度不小于 1%。</p> <p>(2)边坡纵向排水沟：在已堆存的边坡上设边坡纵向排水沟，纵向排水沟接入坝肩雨水沟。堆排过程中排水沟为砖砌结构，矩形断面，B×H=0.4m×0.5m。</p> <p>(3)临时排水沟：在堆填过程中，在滩面设置临时排水沟，倒梯形，底宽 0.5m，顶宽 1.5m，深 0.5m。铺设塑料膜，砖块压边和护壁。</p> <p>(4)坝肩排水沟：堆填过程中，边坡及滩面雨水通过平台雨水沟、边坡纵向雨水沟、滩面临时雨水沟等汇集至坝肩雨水沟，坝肩雨水沟为砖砌结构，矩形断面，B×H=1.0m×1.2m，砂浆抹</p> | <p>(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纵向排水沟相连，排水沟为素混凝土结构，矩形断面，B×H=0.3m×0.4m，两端坡度不小于 1%。</p> <p>(2)边坡纵向排水沟：在 2040、2045 平台上设平台横向排水沟，横向排水沟两端分别与纵向排水沟相连，排水沟为素混凝土结构，矩形断面，B×H=1.5m×0.6m，两端坡度不小于 1%。在 2070、2090 平台上设平台横向排水沟，横向排水沟两端分别与纵向排水沟相连，排水沟为素混凝土结构，矩形断面，B×H=1m×0.6m，两端坡度不小于 1%。在已堆存的边坡上设边坡纵向排水沟，纵向排水沟接入坝肩雨水沟。堆排过程中排水沟为素混凝土结构，矩形断面 B×H=0.4m×0.5m 以及纵向主雨水沟 B×H=2m×0.5m。</p> <p>(3)临时排水沟：在堆填过程中，在滩面设置临时排水沟，倒梯形，底宽 0.5m，顶宽 1.5m，深 0.5m。铺设塑料膜，砖块压边和护壁。施工过程中结合天气适时铺设。</p> | 边坡纵向排水沟、坝肩排水沟、坝肩排水沟尺寸增加；场内排水沟总长度由 10778m 调整为至 15964.47m，新增 5186.47m，新增比例 48.12%。 |

| 工程名称 |      |      |       | 环评报告建设内容及规模                                                                                                                                                                             | 实际建设内容                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 变动情况                                                                                       |
|------|------|------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |      |      |       | 面，坝肩雨水沟接入淋滤水收集池。<br>(5)中在场排水沟：在中在场周边设置收集沟，接入边坡排水沟，中在场淋滤水收集后自流进入淋滤水收集池，排水沟净断面尺寸为 $B \times H = 0.3m \times 0.3m$ ，最小底坡 1%。<br>(6)排水去向：场内排水最终汇入拦挡设施下游收集池内，经收集后回用于回填区洒水降尘，场内排水沟总长度 10778m。 | (4)坝肩排水沟：堆填过程中，边坡及滩面雨水通过平台雨水沟、边坡纵向雨水沟、滩面临时雨水沟等汇集至坝肩雨水沟，坝肩雨水沟为素混凝土结构，矩形断面， $B \times H = 1.0 \sim 1.5m \times 0.8m$ ，坝肩雨水沟接入截洪沟排水口。<br>(5)中在场排水沟：在中在场周边设置收集沟，接入场内建设收集池，中在场淋滤水收集后自流进入淋滤水收集池，排水沟净断面尺寸为 $B \times H = 0.3m \times 0.3m$ ，最小底坡 1%。<br>(6)排水去向：场内排水最终汇入截洪沟下游出水口排放，场内排水沟总长度 15964.47m。 |                                                                                            |
|      |      |      | 场外截水沟 | 场外截排水沟：沿堆填边界新建截水沟。周边截水沟截留周边雨水及堆填完成复垦后表层的雨水，截水沟采用浆砌石结构，矩形断面，断面尺寸 $B \times H = 1.0 \sim 1.5m \times 1.2 \sim 1.8m$ ，最小纵坡大于 1%，设计在截水沟出口设置沉砂池，回填区外雨水经沉淀后排出场外，场外截水沟长度 2749m。                | 沿堆填边界新建截水沟。周边截水沟截留周边雨水及堆填完成复垦后表层的雨水，截水沟采用钢筋混凝土结构，矩形断面，断面尺寸 $B \times H = 1.0 \sim 1.5m \times 1.2 \sim 1.8m$ ，最小纵坡大于 1%，沿线共设置 10 个沉砂池，回填区外雨水经沉淀后排出场外，场外截水沟长度 2495.3m。                                                                                                                           | 场外截排水沟减少 253.7m，减少比例 9.23%；明确沉砂池的数量。                                                       |
|      | 生态重建 | 土壤重构 |       | 地形重塑区 2110m 平台表面覆基质土 100cm，其余平台及边坡覆基质土 100cm，满足耕作要求（耕作深度一般为 30cm），满足《土地复垦质量控制标准》（TD/T1036-2013）要求；基质土满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）。                                        | 已完成地形重塑区覆土施工，各部位覆盖情况如下：2110m 平台表面覆盖基质土厚度 100cm，其余平台覆盖厚度 100cm，所有斜面覆盖厚度 50cm。根据建设单位提供土壤质量检测报告，本项目总共监测 32 个样品，检测指标为 10 项（pH、汞、砷、铜、锌、铅、镉、铬、镍、氟化物），仅 3 个样品铅超《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）的筛选值（超标 0.014~0.079 倍）、但未超管制值；其余指标均达到 GB 15618-2018 的筛选值。                                      | 斜面覆土厚度由 100cm 调整为 50cm，减少 50cm；覆土厚度均大于一般耕作深度 30cm 的要求，满足《土地复垦质量控制标准》（TD/T 1036-2013）的相关规定。 |
|      |      | 植被重  |       | 恢复为旱地区域播撒草籽（后期交由政府开发），恢复为乔木林地区域种植乔木；恢复为灌木林地区域种植灌木。                                                                                                                                      | 恢复为旱地区域播撒草籽紫花苜蓿（后期交由政府开发）；恢复为乔木林地区域种植乔灌木（树种：旱冬瓜、冬樱花等；灌木：火棘；草种：黑麦草、狗牙根、格桑花）；恢                                                                                                                                                                                                                    | 未变动                                                                                        |

| 工程名称 |       |  |      | 环评报告建设内容及规模                                                                               | 实际建设内容                                                                                                                                                                                                                         | 变动情况                                                                                       |
|------|-------|--|------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |       |  | 建    |                                                                                           | 复为灌木林地区域种植灌草（灌木种：火棘；草种：黑麦草、狗牙根、格桑花）；修复为其他草地区域采取多种草籽混合（狗牙根、黑麦草、格桑花）播撒的方式，草籽按照 65kg/hm <sup>2</sup> 进行播撒；项目回填结束后，悬崖高陡边坡位置还留有一定高度的高陡边坡，通过种植爬藤植被的方式恢复生态。                                                                           |                                                                                            |
|      | 其他修复区 |  | 土壤重构 | 恢复为旱地、灌木林地及草地的区域，覆基质土 100cm 后进行植被恢复。基质土满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）。        | 恢复为旱地、灌木林地及草地的区域，平台覆基质土 100cm 后进行植被恢复，斜面铺设 0.5m。根据建设单位提供土壤质量检测报告，本项目总共监测 32 个样品，检测指标为 10 项（pH、汞、砷、铜、锌、铅、镉、铬、镍、氟化物），仅 3 个样品铅超《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）的筛选值(超标 0.014~0.079 倍)、但未超管制值；其余指标均达到 GB 15618-2018 的筛选值。 | 斜面覆土厚度由 100cm 调整为 50cm，减少 50cm；覆土厚度均大于一般耕作深度 30cm 的要求，满足《土地复垦质量控制标准》（TD/T 1036-2013）的相关规定。 |
|      |       |  | 植被重建 | 恢复为旱地及草地区域播撒草籽；恢复为灌木林地区域种植灌木。                                                             | 项目区东侧顶部平台目前已恢复为果林，主要种植品种为桃、梨等，种植行间距为 3m×3m，林下为草本植物狗牙根。恢复为旱地及草地区域播撒草籽；恢复为灌木林地区域种植灌木。                                                                                                                                            |                                                                                            |
| 辅助工程 | 运输    |  |      | 项目不新建施工道路，利用原有矿区道路，项目回填结束后，保留原有的矿区道路。<br>①生态修复材料由汽车运输至项目区；<br>②粘土、砂石料等采用汽车运输至修复区，购买商品混凝土。 | 施工道路沿用原有矿区道路，回填结束后场外道路保留兼做养护道路。生态修复材料有汽车自加工厂运输至施工场地。粘土、砂石料、商品混凝土等材料采用汽车运输至修复区。                                                                                                                                                 | 未变动                                                                                        |
|      | 值班室   |  |      | 施工人员租用附近村庄设施，现场不设置施工营地，施工人员不在现场食宿，仅设置一个活动板房，作为临时管理用房，位于回填修复区下游。                           | 填区西侧高平台位置设置项目部，提供餐食，兼做日常办公以及值班使用，施工人员住宿主要以租用附近村庄设施为主。                                                                                                                                                                          | 项目部新增施工人员进行餐食。                                                                             |

| 工程名称 |              | 环评报告建设内容及规模                                                                                                                               | 实际建设内容                                                                                                                                                               | 变动情况                                                          |
|------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|      | 中转场          | 在修复区南部设置中转场 1 个，用于回填料中转， 中转场面积 15000m <sup>2</sup> ， 堆存容积约 50000m <sup>3</sup> ， 中转场周边设置截排水沟， 不设拦挡设施， 中转场参考第Ⅱ类一般工业固体废物场要求采用单人工复合衬层作为防渗衬层。 | 在修复区南部设置中转场 1 个，用于回填料中转， 中转场面积 10000m <sup>2</sup> ， 堆存容积约 50000m <sup>3</sup> ， 中转场周边设置截排水沟， 不设拦挡设施， 中转场参考第Ⅱ类一般工业固体废物场要求采用单人工复合衬层作为防渗衬层。                            | 中转场面积减少 5000m <sup>2</sup> ； 堆存容积不变， 新增堆存高度。                  |
| 公用工程 | 高位水池         | 项目区西侧、东侧各建设一个高位水池， 西侧容积 1000m <sup>3</sup> ， 东侧容积 1000m <sup>3</sup> ， 收集运营期雨水用于植被养护。                                                     | 项目区东侧（项目部旁）建成高位水池 3650m <sup>3</sup> ， 2#应急池 3100m <sup>3</sup> ， 采取“30cm 黏土层+土工布+1.5mm HDPE 防渗膜”作为防渗， 施工期应急启动作为淋滤水暂存蓄水； 1#应急池已拆除。后续待渗滤液减少， 改为收集运营期雨水， 收集存蓄水源用于植被养护。 | 高位水池容积增加 4750m <sup>3</sup>                                   |
|      | 给水           | 项目施工期用水主要为洒水降尘用水， 由洒水罐车或管道从高位水池或下游淋滤水收集池取水。                                                                                               | 项目施工期用水主要为洒水降尘用水， 管道设施自下游收集池抽水至高位水池， 然后由洒水罐车在高位水池取水。                                                                                                                 | 未变动                                                           |
|      | 排水           | 施工期施工废水经收集沉淀后回用于项目区洒水降尘， 回填区、 中转场淋滤水经淋滤水收集池收集后最终回用于回填区洒水降尘。                                                                               | 回填区淋滤水经淋滤水收集池收集后最终回用于回填区洒水降尘， 后期 2025 年 6 月开始产生淋滤水通过输送管道回用柳树箐磷石膏渣场的渗滤液收集， 最终回用于厂区。                                                                                   | 淋滤水通过 6.5km 输送管道回用柳树箐磷石膏渣场的渗滤液收集回用。                           |
|      | 供电           | 项目用电为临时用电， 由附近市政供电系统临时接入。                                                                                                                 | 项目用电为临时用电， 由 35kV 县街变电站 056 新路器 10kV 采石场线供电系统临时接入。                                                                                                                   | 未变动                                                           |
| 依托工程 | 磷石膏改性生产线（依托） | 项目生态修复材料部分来源于云天化股份磷石膏基生态修复材料生产线生产的合格材料， 该项目磷石膏基生态修复材料生产能力为 5 万吨/d。                                                                        | 项目生态修复材料部分来源于云天化股份磷石膏基生态修复材料生产线生产的合格材料， 该项目磷石膏基生态修复材料实际生产能力为 4 万吨/d。                                                                                                 | 云天化股份磷石膏基生态修复材料生产线生产能力减少 1 万吨/d， 但能满足双哨磷矿厂磷矿生态修复项目磷石膏基修复材料需求。 |
| 环保工程 | 废气           | 洒水车 3 辆， 对修复区施工面、 运输道路进行洒水降尘， 雾炮 6 台（射程 50m~80m）， 对施工区、 中转场进行雾炮降尘。                                                                        | 洒水车 3 辆， 对修复区施工面、 运输道路进行洒水降尘， 雾炮 6 台（射程 50m~80m）， 对施工区、 中转场进行雾炮洒水降尘。                                                                                                 | 未变动                                                           |

| 工程名称 |    | 环评报告建设内容及规模                                                                                         | 实际建设内容                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 变动情况                                                                                                                              |
|------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 工程名称 |    | 运输车辆须以篷布遮盖，密闭运输，并注意控制车速。                                                                            | 粉料运输车辆以篷布遮盖或密闭运输，控制车速。                                                                                                                                                                                                                                                                  | 未变动                                                                                                                               |
|      |    | 对未覆膜边坡、材料堆存区采用防尘网覆盖。                                                                                | 生态修复回填区域均一次性铺设防渗工程，回填至设计标高及时进行顶膜防渗工程覆盖施工；大风天气，尽量少进行改性磷石膏倾倒和其他易产扬尘的作业；<br>改性磷石膏回填及时碾压、洒水降尘。                                                                                                                                                                                              | 未变动                                                                                                                               |
|      | 废水 | 临时沉淀池及车辆高压冲洗设施 1 套，沉淀池容积为 2m³，设置于修复区进出口，对运输车辆进行冲洗。                                                  | 临时沉淀池及车辆高压冲洗设施 2 套，沉淀池为三级，每个容积为 3m³，设置于修复区进口以及下游淋滤水池东侧出口，对运输车辆进行冲洗。                                                                                                                                                                                                                     | 临时沉淀池及车辆高压冲洗设施各新增 1 套                                                                                                             |
|      |    | 临时沉淀池 1 座，容积为 3m³，对生活污水进行收集沉淀后回用。                                                                   | 项目部配套一体化隔油池、化粪池，沉淀后回用于菜地（项目部种植菜地）和周边林地灌溉、施工场地洒水降尘，不外排。                                                                                                                                                                                                                                  | 未变化                                                                                                                               |
|      |    | 拦挡设施下游设置总容积 3700m³ 的三级淋滤水收集池一座。施工期回填修复区、中转场降雨形成的淋滤水收集至下游淋滤水收集池后回用于回填修复区洒水降尘。<br>淋滤水收集池采用 C30 混凝土建设。 | 拦挡设施下游设置总容积 6700m³ 的三级淋滤水收集池一座。施工期 2025 年 7 月份之前，回填修复区、中转场降雨形成的淋滤水收集至下游淋滤水收集池后回用于回填修复区洒水降尘。2025 年 6 月底完成渗滤液收集池至云南磷化集团海口磷业有限公司柳树箐磷石膏渣库的渗滤液收集池的回用管道、回用泵工程实施，并进行调试；2025 年 7 月初投入使用，回用淋滤水主要作为云南磷化集团海口磷业有限公司生产用水；部分用于未铺设顶部防渗工程的修复回填区洒水降尘。<br>淋滤水收集池采用 0.3m 压实粘土+两布一膜（1.5mm HDPE）铺设，并使用预制块压护。 | 新增渗滤液收集池至云南磷化集团海口磷业有限公司柳树箐磷石膏渣库的渗滤液收集池的回用管道、回用泵工程实施，作为云南磷化集团海口磷业有限公司生产用水。<br>淋滤水收集池采用 C30 混凝土建设，调整为 0.3m 压实粘土+两布一膜（1.5mm HDPE）铺设。 |
|      |    |                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                   |
|      | 噪声 | 选用低噪设备、合理布局、合理施工、加强设备维护。                                                                            | 各参加方加强施工机械的维护保养，避免由于设备性能差产生偶发噪声；合理安排施工物料运输时间，减少途径噪声敏感点产生污染影响。根据施工期季度场界噪声监测结果分析，场界噪声监测结果达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）相关要求，即：昼间≤70dB(A)，                                                                                                                                               | 未变动                                                                                                                               |

| 工程名称 |         | 环评报告建设内容及规模                                                                                                          | 实际建设内容                                                                                                                                                                                                                                                          | 变动情况  |
|------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 固体废物 |         |                                                                                                                      | 夜间 $\leq 55\text{dB(A)}$ 。                                                                                                                                                                                                                                      |       |
|      | 生活垃圾    | 施工期生活垃圾集中收集后清运至附近村庄生活垃圾收集点，由环卫部门定期清运处置。                                                                              | 2023年9月~2023年11月19日，项目现场不设置施工营地，施工人员采取在项目场地外带煮好饭菜带至施工现场就餐，产生的生活垃圾随着施工人员下班随身带走项目施工现场。<br>2023年11月20日起，回填修复区东北侧建成项目部办公用房，并启用办公和施工管理至今，产生生活垃圾，配套分类生活垃圾桶收集生活垃圾，定期清运至双哨镇垃圾收集点，由环卫部门定期清运处置。                                                                           | 未变动   |
|      | 旱厕粪便    | 施工期设置旱厕，旱厕粪便定期清掏，待施工结束后拆除旱厕。                                                                                         | 回填修复区未建设临时旱厕，未有临时旱厕粪污产生。                                                                                                                                                                                                                                        | 未建设旱厕 |
|      | 场地清理土石方 | 施工期场地清理及边坡整治产生的土石方用于场地平整及拦挡设施、截排水沟的修筑。                                                                               | 项目施工期产生的土石方用于场地平整，根据《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目水土保持设施验收报告》（编制单位：金山（云南）环境工程有限公司；2026年7月），项目不产生废弃土石方。                                                                                                                                                                  | 未变动   |
|      | 沉渣      | 沉淀池及淋滤水收集池的沉渣，用于回填修复区回填。                                                                                             | 淋滤水池和高位水池（临时作为渗滤液调节暂存池）的沉渣通过装袋沥干后拉运至回填区同于修复区回填。                                                                                                                                                                                                                 | 未变动   |
| 地下水  | 防渗      | 项目回填区底部进行基础处理。回填区、中转场参考《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）的II类场要求采用单人工复合衬层作为防渗衬层，收集池采用C30混凝土建设。设置防渗漏监控系统，监控防渗衬层的完整性。 | 项目回填区底部进行基础处理后采用压实粘土层+两布一膜（1.5mm HDPE）防渗衬层，顶部进行基础处理后采用压实粘土层+一布一膜（1.5mm HDPE）防渗衬层，地下水收集池采用C30混凝土建设，淋滤水收集池采用压实粘土+两布一膜（1.5mm HDPE）+预制块压覆。根据设计单位云南中环正浩环境科技有限公司《防渗漏监测系统说明》：按照第II类一般工业固体废物场要求控制，在回填修复区防渗膜底部设置了地下水导排管等工程，作为防渗漏监测措施。通过收集地下水，对导排管出水的水量、水质开展观测，满足渗漏预警的需求。 | 未变动   |

| 工程名称 |        |                                                                                           | 环评报告建设内容及规模                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 实际建设内容                                                                                                            | 变动情况 |
|------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|      |        | 回填体淋滤水导排                                                                                  | 在底部防渗层上设置建设淋滤水导排盲沟，淋滤水导排盲沟外接淋滤水收集池。                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 底部防渗层上设置建设淋滤水导排盲沟，淋滤水导排盲沟采用纺锤形断面（底宽 1m、高 2m、顶宽 5m），以土工布包裹碎石充填，碎石内埋设 1.5mm HDPE 排渗管（DN315mm 穿孔管，上半圆开孔），盲沟外接淋滤水收集池。 | 未变动  |
|      |        | 回填区地下水导排                                                                                  | 在坑内场底防渗层下设置简易的排水盲沟以排走雨水季节的场底地下水。                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 在坑内场底防渗层下设置倒梯形断面（底宽 1m、高 2m、顶宽 5m），以土工布包裹碎石充填，碎石内埋设 1.5mm HDPE 排渗管（DN315mm，上半圆开孔）排水盲沟，用于排走雨季的场底地下水。               | 未变动  |
|      |        |                                                                                           | 地下水导排盲沟采用倒梯形，土工布包裹碎石充填，碎石内设置排渗管，地下水导排盲沟外接地下水收集池。                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 地下水导排盲沟采用倒梯形断面（底宽 1m、高 2m、顶宽 5m），以土工布包裹碎石充填，碎石内埋设 1.5mm HDPE 排渗管（DN315mm，上半圆开孔），盲沟外接地下水收集池（容积 30m³）。              | 未变动  |
|      |        |                                                                                           | 地下水收集池在拦挡坝坝脚设置，采用钢筋混凝土矩形水池。                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 地下水收集池设于拦挡设施坡脚，为钢筋混凝土矩形水池，长×宽×高=4m×3m×2.5m，容积 30m³。                                                               | 未变动  |
|      | 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。 | 施工质量管理：项目严格编审了施工组织设计及各项专项施工方案，方案涵盖施工质量保证和质量控制措施，并明确环保条款与责任。各分部分项工程均按规范流程组织实施。施工过程中，依规对所有进场材料进行现场及实验室检测，同步收集归档检测报告；对人工防渗衬层实施全过程完整性控制，逐段检测并出具完整性检测报告。工程完工后，已整理形成施工报告、全套竣工图。<br>2026 年 6 月 20 日工程监理单位昆明建设咨询管理有限公司《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目回填区施工总承包工程质量评估报告》和 2026 年 6 月昆明建设咨询管理有限公司《云南云天化环保科技有限公司昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目监理工作总结》，工程质量评估结论为合格。 | 未变动                                                                                                               |      |

| 工程名称 |  |     | 环评报告建设内容及规模                                   | 实际建设内容                                                                                                                                                                                                                                                            | 变动情况 |
|------|--|-----|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|      |  | 监控井 | 设置 5 座地下水污染监控井，其中上游 1 座，下游 2 座，西侧 1 座，东侧 1 座。 | 根据中国有色金属工业昆明勘察设计院有限公司《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目地下水监测井成井记录报告》和《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目地下水监测井设置规范性论证报告》，项目区已经设置污染监控井 5 座：左岸观测井 1#（JCJ01），钻孔深度 140.00m；下游扩散井 2#（JCJ02），钻孔深度 100.00m；下游观测井 3#（JCJ03），钻孔深度 121.00m；右岸观测井 4#（JCJ04），钻孔深度 238.00m；上游背景井 5#（JCJ05）钻孔深度 204.00m。 | 未变动  |

## 4.4 重大变动分析论证

### 4.4.1 总体变动情况

本项目主体工程变动部分：修复区范围、基础处理、回填治理及地形重塑、修复目标、项目投资、防渗工程、地下水导排、淋滤水导排、场内排水沟、场外截水沟、土壤重构；辅助工程变动部分：中转场；公用工程变动部分：高位水池、排水。

### 4.4.2 底部堆填区人工防渗衬层堆填物变动情况

#### (一)底部堆填区人工防渗衬层已审批文件要求

堆填区场地先进行底部整平压实、边坡清理分台平整，然后清除尖锐石块和碎屑杂物，参考《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）II类场要求采用单人工复合衬层作为防渗衬层，铺设 0.75m 压实粘土+两布一膜（1.5mm HDPE）防渗层。

#### (二)底部堆填区人工防渗衬层工程变动情况及论证

根据 2024 年 6 月 14 日云南中环正浩环境科技有限公司《关于昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目底部堆填区人工防渗衬层堆填物调整的说明》，底部堆填区人工防渗衬层工程变动说明如下：

设计将底部填筑矿山筛选剥离土之上铺设 0.75m 压实粘土层，变更为 450mm 厚素土层+300mm 厚粘土垫层，分层碾压压实，压实度 0.92。

项目堆填区回填物料为经无害化处置的磷石膏基生态修复材料产品，该产品满足土地复垦用土壤要求，其浸出毒性试验检测各有害指标均低于一般工业固废I类相关指标要求。

经工程地质勘察和水文地质勘察，双哨磷矿回填区底部地下水埋深较浅，考虑到回填的安全性，在矿坑底部铺设 8m 厚的剥离土作为底部基础层，基础层顶标高达 2028m 至 2031m。地下水静水位为 2022m，地下水位全年变幅在 2~3m 之间。

虽然磷石膏基生态修复材料经无害化处置，由于矿坑场地主要地层渗透系数大于  $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，设计参照磷石膏堆存防渗要求对矿坑场底及岸坡进行全防渗处置。设计对矿坑底部及侧岸均采用柔性结构防渗系统，防渗材料选择具有化学兼容性、耐久性、耐热性、高强度、低渗透率、易维护、无二次污染、适应地基不均匀沉降、具有较好的抗微生物侵蚀和抗化学腐蚀性能的 HDPE 防渗膜。通过设置人工防渗系统将矿坑场地基底及岸坡与磷石膏基生态修复材料产品完全隔离，以达到防渗要求。

环评和修复方案设计要求堆填区场地先进行底部整平压实、边坡清理分台平整，然后清除尖锐石块和碎屑杂物，参考《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）II类场要求采用单人工复合衬层作为防渗衬层，铺设 0.75m 压实粘土+两

布一膜（1.5mm 的 HDPE 防渗土工膜，渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ）防渗层。压实粘土衬层厚度应不小于 0.75m，且经压实、人工改性等措施处理后的饱和渗透系数不应大于  $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 。使用其他粘土类防渗衬层材料时，应具有同等以上隔水效力。所以关于 0.75m 压实粘土衬层的环保要求：主要是满足防渗衬层材料的饱和渗透系数不应大于  $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$  的隔水效力的粘土类防渗材料。

经各参建方现场调查，明确项目场地内分布的 $\square_2$ 层素填土和 $\square$ 层含碎石粘性土，通过筛选后用于替代部分粘土，因为素填土的压实度和防渗系数不能完全满足环评和修复方案的要求，所以在不降低 0.75m 防渗衬层厚度的前提下，采用粘土和素填土的类粘土层作为 0.75m 防渗衬层。

通过有关试验确定 0.45m 厚素填土+0.3m 厚粘土的类粘土防渗衬层的渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ，满足同等条件下 0.75m 粘土衬层的环保要求。

2024 年 6 月 14 日，由云南中环正浩环境科技有限公司组织专家组开展《云南中环正浩环境科技有限公司关于昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目底部堆填区人工防渗衬层堆填物调整的说明》（简称“调整说明”）进行技术审查，形成《于昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目底部堆填区人工防渗衬层堆填物调整的说明技术审查意见》，总体意见如下：本《调整说明》同意采用 450mm 厚素填土层+300mm 厚粘土复合类粘土垫层替代 750mm 粘土衬层的调整。

#### 4.4.3 淋滤水收集池的结构和防渗工程变动情况

##### （一）已审批文件要求

淋滤水收集池进行防渗处理，饱和渗透系数不应大于  $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ，淋滤水收集池采用 C30 混凝土建设。

##### （二）变动情况及论证

淋滤水收集池的结构和防渗工程变更：淋滤水收集池不采用 C30 混凝土建设，变更为土结构；防渗工程为 0.30m 厚压实粘土层+两布一膜（1.5mm 的 HDPE 防渗土工膜，渗透系数 $\leq 1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ）防渗层。0.30m 厚压实粘土层同时具备防渗功能，防渗工程（0.30m 厚压实粘土层+1.5mm 的 HDPE 防渗土工膜）渗透系数 $\leq 1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ，满足环评报告和批复要求。

2026 年 6 月 20 日昆明建设咨询管理有限公司《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目回填区施工总承包工程质量评估报告》和 2026 年 6 月昆明建设咨询管理有限公司《云南云天化环保科技有限公司昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目监理

工作总结》，工程质量评估结论为合格。淋滤水收集池的结构和防渗工程变动不属于重点变动。

#### 4.4.4 内边坡设施防渗工程的 TGSG30-30 双向土工格栅变动情况

(一)已审批文件要求

□边坡坡度较缓：按土质边坡 1:1.5，岩质边坡 1:0.75 进行削坡整平，每 10m 高差设置锚固平台的边坡，其防渗结构为先在整平的边坡上铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅后再铺设两布一膜（1.5mm 的 HDPE 防渗土工膜，渗透系数 $\leq 1.0 \times 10^{-7}$ cm/s）防渗层。

□较陡的岩质边坡：无法进行放坡平整，无法修建锚固沟，其防渗结构为先对岩质高陡边坡进行挂网喷护，每 10m 高差埋设防渗锚固预埋件，然后铺设两布一膜（1.5mm 的 HDPE 防渗土工膜，渗透系数 $\leq 1.0 \times 10^{-7}$ cm/s）防渗层。

□拦挡设施内坡防渗：拦挡设施设计为碾压土石坝，内外坡比均为 1:2.0，为有效保护防渗层的安全，拦挡坝内坡面碾压平整压实好后铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅，再铺设两布一膜（1.5mm 的 HDPE 防渗土工膜，渗透系数 $\leq 1.0 \times 10^{-7}$ cm/s）防渗层。

(二)工程变动情况及论证

内边坡设施防渗工程的 TGSG30-30 双向土工格栅变更为 0.3m 厚的黏土垫层。

TGSG30-30 双向土工格栅材料不具备防渗性能，其主要作用是加固土质边坡，防止水土流失，以此强化地表适应铺膜的要求。黏土垫层具备防渗性能，同时可以加固土质边坡、强化地表适应铺膜的要求，形成一种柔性结构，有利于上部基础荷载的扩散和均匀传递。此变动达到强化原来防渗工程的防渗性能，满足环评报告要求，不属于重大变动。

#### 4.4.5 防渗漏监控系统变动情况

(一)已审批文件要求

按照Ⅱ类场要求控制，设置防渗漏监控系统，监控防渗衬层的完整性。

(二)变动情况及论证

防渗漏监控系统发生变动，未设置防渗衬层的防渗漏监控设备。通过跟踪监测地下水水质变化和地下水导排水质分析，综合分析控防渗衬层的完整性。

根据设计单位云南中环正浩环境科技有限公司《防渗漏监测系统说明》：按照第Ⅱ类一般工业固体废物场要求控制，在回填修复区防渗膜底部设置了地下水导排管等工程，作为防渗漏监测措施。通过收集地下水，对导排管出水的水量、水质开展观测，满足渗漏预警的需求。此变动满足环评报告要求，不属于重大变动。

#### 4.4.6 重大变动论证分析

重大变动依据《建设项目环境保护管理条例（2017 年修订）》“第十二条 建设项目环境影响报告书、环境影响报告表经批准后，建设项目的性质、规模、地点、采用的生产工艺或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动的，建设单位应当重新报批建设项目环境影响报告书、环境影响报告表”。对项目建设内容的调查梳理，工程实际建设情况与环评发生变动进行重大变动进行论证分析，具体分析见表 4.4-1。

表 4.4-1 项目重大变动分析

| 工程名称 | 工程内容      | 变动情况                                                                                                                                                     | 重大变动依据                                                                | 重大变动分析                                                                                                                     |
|------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 主体工程 | 修复区范围     | 地质灾害回填修复治理区新增 3268.32m <sup>2</sup> （约 4.90 亩），其他修复区减少 3268.32m <sup>2</sup> （约 4.90 亩），总体修复范围未变。                                                        | 《建设项目环境保护管理条例（2017 年修订）》：建设项目的性质、规模、地点、采用的生产工艺或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动。 | 地质灾害回填修复治理区新增，有利于生态环境改善，总体修复范围未变，此变动不属于重大变动。                                                                               |
|      | 基础处理      | 基础处理实际回填量减少 16.6 万 m <sup>3</sup> 。                                                                                                                      |                                                                       | 《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目回填区施工总承包工程质量评估报告》《云南云天化环保科技有限公司昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目监理工作总结》：工程质量评估结论为合格。变动未弱化防治污染、防止生态破坏，此变动不属于重大变动。 |
|      | 回填治理及地形重塑 | 磷石膏基生态修复材料新增 96.1 万 m <sup>3</sup> ，新增比例 11.64%。                                                                                                         |                                                                       | 磷石膏基生态修复材料新增比例 11.64%，未导致防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动，此变动不属于重大变动。                                                                  |
|      | 修复目标      | 实际复垦面积为 457569.73m <sup>2</sup> ，相对于环评复垦面积 474127m <sup>2</sup> 减少 16557.27m <sup>2</sup> （3.49%），土地复垦率 95.23%，实现环评 95%的治理目标。修建道路新增 9019m <sup>2</sup> 。 |                                                                       | 未导致防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动，此变动不属于重大变动。                                                                                        |
|      | 项目投资      | 相对于环评总投资新增 9201.95 万元，环保投资新增 2330.78 万元。                                                                                                                 |                                                                       | 环保投资新增，强化生态环境保护，此变动不属于重大变动。                                                                                                |
|      | 防渗工程      | 底部堆填区人工防渗衬层工程变动情况：设计将底部填筑矿山筛选剥离土之上铺设 0.75m 压实粘土层，变更为                                                                                                     |                                                                       | 2024 年 6 月 14 日云南中环正浩环境科技有限公司《关于昆明市西                                                                                       |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

|      |       |                                                                                                                                                |  |                                                                                                           |
|------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |       | 450mm 厚素土层+300mm 厚粘土垫层，分层碾压压实，压实度 0.92。内边坡设施防渗工程的 TGSG30-30 双向土工格栅变动情况：内边坡设施防渗工程的 TGSG30-30 双向土工格栅变更为 0.3m 厚的黏土垫层。防渗漏监控系统变动情况：未设置防渗衬层的防渗漏监控设备。 |  | 山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目底部堆填区人工防渗衬层堆填物调整的说明》及专家论证意见，以及设计单位云南中环正浩环境科技有限公司《防渗漏监测系统说明》，变动未弱化防治污染、防止生态破坏，此变动不属于重大变动。 |
|      | 地下水导排 | HDPE 排渗管由 DN280mm 调整为 DN315mm，直径增加 35mm；导排沟增加 642.172m；地下水收集池容积增加 14m <sup>3</sup> 。                                                           |  | 强化生态环境保护，此变动不属于重大变动。                                                                                      |
|      | 淋滤水导排 | 排渗管直径增加 35mm；导排盲沟减少 216.74m，减少比例 8.92%。                                                                                                        |  | 未导致防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动，此变动不属于重大变动。                                                                       |
|      | 场内排水沟 | 边坡纵向排水沟、坝肩排水沟、坝肩排水沟尺寸增加；场内排水沟总长度由 10778m 调整为至 15964.47m，新增 5186.47m，新增比例 48.12% 。                                                              |  | 强化生态环境保护，此变动不属于重大变动。                                                                                      |
|      | 场外截水沟 | 场外截排水沟减少 253.7m，减少比例 9.23%；明确沉砂池的数量。                                                                                                           |  | 未导致防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动，此变动不属于重大变动。                                                                       |
|      | 土壤重构  | 斜面覆土厚度由 100cm 调整为 50cm，减少 50cm；覆土厚度均大于一般耕作深度 30cm 的要求，满足《土地复垦质量控制标准》（TD/T 1036-2013）的相关规定。                                                     |  | 未导致防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动，此变动不属于重大变动。                                                                       |
| 辅助工程 | 中转场   | 中转场面积减少 5000m <sup>2</sup> ；堆存容积不变，新增堆存高度。                                                                                                     |  | 未导致防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动，此变动不属于重大变动。                                                                       |
| 公用工程 | 高位水池  | 高位水池容积增加 4750m <sup>3</sup>                                                                                                                    |  | 强化生态环境保护，此变动不属于重大变动。                                                                                      |
|      | 排水    | 淋滤水通过 6.5km 输送管道回用柳树箐磷石膏渣场的渗滤液收集回用。                                                                                                            |  | 强化生态环境保护和应急能力，此变动不属于重大变动。                                                                                 |

综上所述，项目部分变动，对照《建设项目环境保护管理条例（2017 年修订）》分析，项目变动不属于重大变动；在本次项目竣工环境保护验收中进行变动说明即可，可直接纳

入竣工环保验收管理。

## 表五 环境影响评价回顾

### 5.1 环评编制、审批基本情况

#### 5.1.1 环评编制单位及基础资料

本项目建设单位为云南云天化环保科技有限公司，委托云南中环正浩环境科技有限公司编制《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境影响报告表》（生态影响类），报告编制完成时间 2023 年 6 月。编制阶段依托全套专题支撑文件作为评价基础，主要支撑资料包括：

立项备案文件：西山区发改局项目备案证（项目代码：2304-530112-04-05-189865）；

工程勘察类：工程地质勘察报告、环境水文地质调查报告、地质灾害危险性评估报告、堆填设计方案；

环境专项报告：2023 年 4 月通过专家评审的《环境本底值调查报告》《场地风险评估报告》、2023 年 5 月通过评审的《改性磷石膏回填可行性评估报告》；

材料试验文件：磷石膏基生态修复材料 XRF 检测、淋溶试验、物理力学、固废属性鉴别、土壤检测等全套试验报告；

政策文件：西政办通〔2023〕5 号、21 号（4 个关停磷矿整改方案）、环办环评函〔2022〕273 号（生态环境部磷石膏回填复函）、昆明市磷石膏综合二十条措施等；

水保、安全预评价、应急预案、选址核查、三线一单核查、信息公示材料、专家评审修改对照表等附件、附图。

#### 5.1.2 环评审批情况

2023 年 7 月 21 日，昆明市生态环境局西山分局出具《昆明市生态环境局西山分局关于〈昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目〉的批复》（西环管发〔2023〕25 号），批复文件明确项目建设规模、修复工艺、污染防治、生态保护、环境风险、环保三同时、变更管理等全部管控要求，作为本项目施工、环境监理、竣工环保验收法定依据。

#### 5.1.3 项目基础参数环评原文核定内容

项目位于昆明市西山区海口街道双哨社区曹家沟，中心坐标东经 102°28'28.599"，北纬 24°48'20.866"，总修复面为 480503m<sup>2</sup>，其中地质灾害回填修复区 280639m<sup>2</sup>、其他生态修复区 199864m<sup>2</sup>。计划回填磷石膏基生态修复材料合计 1242.3 万 m<sup>3</sup>。

项目总投资 45356.09 万元，环保投资 4200.07 万元，环保占比 7.35%，总工期 66 个月（施工期 2.5 年，植被养护期 36 个月）；修复工艺模式采用地质灾害治理（场地平整、边坡治理、防渗、回填）+地形重塑+土壤重构+植被重建。原辅材料依托磷石膏原料取自柳

树箐渣库，改性、混配、养护依托云龙磷矿修复项目 5 万吨/天生产线，磷石膏经聚合硫酸铁、石灰、水泥钝化改性后达标外运。

## 5.2 环评产业政策、规划、法规符合性结论回顾

环评系统论证项目与国家、省、市各级法规、规划、政策相符，全部结论如下：

国家产业政策依据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，矿山生态环境恢复工程属于鼓励类四十三类第一条，项目以历史遗留关停磷矿治理、磷石膏资源化利用为核心，完全符合国家产业导向。

昆明市“三线一单”管控要求项目位于昆明市一般管控单元，不在生态保护红线、城镇开发边界、永久基本农田范围，不属于矿山重点管控、水环境高敏感单元，管控要求无冲突，符合分区准入清单。

《长江保护法》符合性项目为矿山生态修复工程，不属于新建/扩建尾矿库；采用磷石膏回填不属于磷石膏库建设，契合长江流域废弃矿山治理、自然恢复与人工修复结合的法定要求。

《长江经济带生态环境保护规划》项目地处螳螂川（长江支流）流域，通过回填防渗、截排水、植被恢复削减矿区淋滤水污染，削减水土流失与面源污染，契合螳螂川劣Ⅴ类水体综合治理任务。

云南省长江经济带负面清单实施细则项目为生态修复公益治理工程，不属于工业开发、矿产开采类负面清单限制项目，无条款冲突。

自然资源部长江沿线废弃矿山修复通知项目消除滑坡、陡崖等地灾隐患，大面积恢复乔灌木植被，完全匹配滇中磷矿山治理工作要求。

生态环境部环办环评函〔2022〕273 号复函磷石膏用于废弃矿坑回填不属于新建磷石膏库，属国家鼓励固废资源化途径；本项目完成全套水文地质、风险评估、材料检测，神修复前后致癌风险由  $4.01 \times 10^{-5}$  降至  $4.86 \times 10^{-10}$ ，风险降至可接受水平，回填具备合规可行性。

《“十四五”大宗固废综合利用指导意见》拓宽磷石膏生态修复利用渠道，材料浸出液、重金属均满足Ⅰ类一般固废标准，符合政策推广方向。

昆明市磷石膏综合利用二十条措施项目为官方鼓励磷石膏矿坑修复试点类型，依托云天化研发的标准化改性磷石膏材料，配套团体标准 T/KMSHJBHLHH001-2022，属于政策支持示范工程。

GB18599-2020《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》项目回填区按Ⅱ类场全

套防渗、导排、监测体系设计，选址、防渗、物料管控全部满足标准充填回填条款。

### 5.3 环评现状调查与环境本底评价回顾

#### 5.3.1 生态环境现状评价结论

土地利用：原矿区以采矿裸露裸地为主，原生半湿润常绿阔叶林完全破坏，仅零星次生灌丛、华山松人工林；

植被：区域维管束植物 469 种，无国家、省级保护野生植物；施工扰动后短期影响可逆，修复后新增乔木、灌木、草地，植被覆盖度大幅提升；

野生动物：矿区内因长期采矿无大中型动物，周边分布松雀鹰、普通鵟、红隼、豹猫 4 种国家Ⅱ级保护动物；施工管控、后期植被恢复可重建栖息环境；

地质灾害：存在 BW1~BW9 共 9 处不稳定边坡，滑坡、水土流失强烈，是本项目核心治理目标；

水土流失现状：采矿扰动区为强烈侵蚀区，修复后通过地形重塑、截排水、植被固土降为轻微侵蚀。

#### 5.3.2 大气、声环境本底评价

大气：项目区属二类功能区，现状 TSP 满足 GB3095 二级标准，主要污染源为历史矿堆扬尘；

声环境：周边 50m 无声敏感点，现状满足 GB3096-20082 类区，无持续性噪声源。

#### 5.3.3 地表水环境现状

区域地表水为螳螂川（Ⅳ类水体），环评监测上下游断面水质均达标；原矿区无持续外排废水，但雨季裸露采坑产生高磷、高氟淋滤水直排，是历史水环境突出问题。

#### 5.3.4 地下水环境现状

地下水执行 GB/T14848-2017Ⅲ类标准，现状主要超标因子为总硬度；历史矿坑淋滤水下渗存在氟、磷潜在污染风险，场地防污性能中等，下游无集中地下水敏感取水点。

#### 5.3.5 土壤环境本底

全区共 51 个土壤样品，5 个表层样品砷超过 GB36600 二类用地筛选值、低于管制值，局部点位铅超标；超标原因为多年采矿粉尘、矿渣堆存，修复需通过隔离防渗、全覆盖基质土消除土壤健康风险。环评风险评估结论：修复前砷致癌风险不可接受，修复后风险值远低于  $10^{-6}$ ，非致癌危害指数  $<1$ ，土壤风险完全可控。

### 5.4 环评施工期环境影响预测与结论回顾

#### 5.4.1 生态环境影响预测

短期负面影响：场地开挖、边坡削坡会临时扰动少量原生植被，加剧短期水土流失；野生动物短期迁徙；

长期正面效益：完工后 48 万 m<sup>2</sup> 土地复垦，新增乔灌林地 33 万 m<sup>2</sup>，地质灾害全部消除，水土流失强度大幅下降，生物多样性恢复提升；

管控前提：严格红线施工、分区开挖、随挖随覆、禁止捕猎野生动物，可将短期生态损失降至最低。

#### 5.4.2 水环境影响预测

淋滤水量核算：回填区+中转场雨季最大日均淋滤水 2237.36m<sup>3</sup>，配套 3700m<sup>3</sup> 三级收集池可满足 5 天连续降雨储存，全部回用不外排；

施工废水（车辆冲洗、生活洗手废水）经沉淀后洒水抑尘，无外排；

地下水风险预测：底部 5m 压实基础层+0.75m 粘土+1.5mmHDPE 多层防渗，即便防渗破损，淋滤水穿透堆体、粘土层、基础层需上百年，项目仅 2.5 年施工期，地下水污染概率极低；配套 5 座监测井实时预警，非正常工况可抽水应急处置。

#### 5.4.3 大气环境影响预测

施工扬尘为无组织 TSP，通过洒水、篷布密闭运输、防尘网覆盖后，下风向 150m 外浓度低于 GB16297 无组织限值；机械尾气为间歇性低浓度排放，无长期大气污染影响。

#### 5.4.4 声环境影响预测

施工机械昼间场界达标，夜间 90m 外满足标准；沿线村庄路段限速禁鸣、错峰运输后无噪声扰民风险。

#### 5.4.5 固体废物影响预测

土石方、沉淀池沉渣 100% 场内回填；生活垃圾、包装料规范清运，固废处置率 100%，无场外堆弃、二次污染风险。

#### 5.4.6 环境风险评价（环评专题结论）

主要风险源：防渗层破损、回填堆体滑坡垮塌、极端降雨淋滤水溢流；

风险发生概率极低，配套多层防渗、拦挡土石坝、截排水、应急抽排、地下水监控井、专项应急预案可有效防控；

土壤、地下水、人群健康风险经修复后全部降至可接受水平，项目环境风险总体可控。

### 5.5 环评提出的污染防治与生态保护措施汇总

#### 5.5.1 磷石膏材料源头管控措施（核心）

每 3 万吨为一个检测批次，前 5 批次全指标检测，后续批次检测 pH、氟、磷酸盐；

材料必须同时满足：团体标准 T/KMSHJBHLHH001-2022、GB36600 二类用地筛选值、HJ557 浸出液满足污水一级标准、pH6~9；

不合格材料严禁入场，建立完整检测、进场台账。

#### 5.5.2 地下水、土壤防控措施

回填区严格按 GB18599II类场实施复合防渗（5m 基础层+粘土+HDPE 膜），边坡、顶部同步防渗封闭；

全场设置地下水导排盲沟，布设 5 座地下水跟踪监测井（上、下、东、西分设）；覆土采用符合农用地标准基质土，修复完成每 3 年开展土壤跟踪监测。

#### 5.5.3 施工期大气、噪声、废水、固废措施

大气：洒水车、雾炮常态化抑尘，物料密闭运输、裸区盖防尘网；

噪声：低噪设备、限时运输、村庄禁鸣；

废水：配套 3700m<sup>3</sup>淋滤收集池、小型临时沉淀池，所有废水回用零外排；

固废：土石方、沉渣就地回填，生活垃圾环卫清运。

#### 5.5.4 生态保护措施

严格控制施工红线，严禁越界破坏外部植被；

分片区开挖、及时覆土复绿；

禁止捕杀野生保护动物，设置生态保护警示；

植被选用本土耐旱乔灌木，制定月度/旬度苗木管护、补植制度。

#### 5.5.5 运营期管护与监测措施

植被定期巡查、枯死苗木及时换植，配套灌溉系统；

地下水每半年监测一次，连续 2 年稳定达标后可降低频次；

定期巡检防渗层、拦挡坝、截排水、收集池；

编制突发环境事件应急预案并备案，定期组织应急演练。

#### 5.5.6 环保管理要求

落实环保“三同时”，环保设施与主体同步设计、施工、投用；

全过程开展施工环境监理，监理报告作为竣工环保验收必备材料；

项目性质、规模、地点、环保措施发生重大变动必须重新报批环评。

### 5.6 环评批复（西环管发〔2023〕25 号）十条要求逐条回顾

昆明市生态环境局西山分局 2023 年 7 月 21 日批复共十项强制性管控要求，原文回顾如下：

严格管控磷石膏基回填物料，逐批检测、建立台账，达标后方可回填；  
落实施工期扬尘管控，洒水、密闭、覆盖，场界颗粒物达标；  
完善淋滤水收集设施，施工、运营废水全部回用，禁止外排；  
选用低噪设备，车辆低速禁鸣，场界噪声达标；  
施工固废全部综合利用或规范处置，处置率 100%；  
落实Ⅱ类场全套防渗工程，设置地下水监测井，严控土壤污染；  
运营期常态化地下水监测，编制地下水污染应急处置方案；  
严控施工范围，保护野生动植物，落实水土保持与植被长期养护；  
执行环保三同时，同步开展环境监理，监理文件作为验收依据；  
项目发生规模、工艺、选址、治污重大变更，须重新报批环评文件。

### 5.7 环评、批复要求落实总体对比结论

结合施工档案、环境监理 2025 年二、三季度季报、现场核查、材料检测台账、防渗工程竣工资料、地下水土壤监测数据对比：

产业政策、规划、法规符合性相关要求全部落实，项目未改变修复性质、回填工艺、用地范围；

磷石膏物料逐批检测台账完整，数百份检测报告均达标，无不合格物料入场；

防渗系统、淋滤水收集池、地下水 5 座监测井全部按设计建成，防渗渗透系数满足  $\leq 1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ；

施工期扬尘、噪声、废水、固废防治设施全部配套，施工全过程监理记录完整；

生态修复工程按环评批复规模实施，各类林地、草地、旱地面积与环评一致，苗木养护制度落实；

突发环境事件应急预案已编制并在西山生态环境分局备案，组织多次应急演练；

项目仅实施 4 项局部工艺优化（防渗层配比、收集池结构、边坡垫层、监测设备优化），均不改变核心环保标准，组织专家论证通过，不属于重大变更，无需重新报批；

环评预测的各类环境负面影响均已通过配套环保设施消除，施工、现阶段监测数据优于环评预测值；

环评提出长期土壤、地下水跟踪监测计划已启动执行，环保管理体系、台账档案齐全。  
综合结论：本项目实际建设内容、环保设施、生态治理措施、环境管理制度完全落实环境影响报告表及西环管发〔2023〕25 号批复全部管控要求，无遗漏、未落实条款，环评提出的环境影响防控目标全部实现

## 表六 环境保护措施执行情况

### 6.1 环保“三同时”制度执行总体情况

#### 6.1.1 环保审批手续及“三同时”执行情况

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目审批及建设过程中，昆明兴禹生态建设投资有限公司和云南云天化环保科技有限公司严格按照《中华人民共和国环境保护法》和《建设项目环境保护管理办法》等相关要求进行了环境影响评价，履行了环境影响审批手续。

(1) 2023 年 2~3 月，《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目可行性研究报告》，编制单位为云南中环正浩环境科技有限公司；通过专家论证。

(2) 2023 年 2~4 月，《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目工程地质勘察报告》《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境水文地质调查报告》，编制单位为中国有色金属工业昆明勘察设计院有限公司。

(3) 2023 年 2~3 月，《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目地质灾害危险性评估报告》，编制单位中国有色金属工业昆明勘察设计院有限公司；通过专家论证。

(4) 2023 年 2~3 月，《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目堆填设计方案》，编制单位为中国有色金属工业昆明勘察设计院有限公司；通过专家论证。

(5) 2023 年 2~3 月，《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目安全预评价报告》，编制单位为云南大成安全技术服务有限公司；通过专家论证。

(6) 2023 年 2~4 月，《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境本底值调查报告》和《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境风险评估报告》，编制单位为云南中环正浩环境科技有限公司；2023 年 4 月 21 日通过专家论证。

(7) 2023 年 2~4 月，《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复治理变更方案》，编制单位为云南中环正浩环境科技有限公司。

(8) 2023 年 2~5 月，《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目水土保持方案》，编制单位为云南今禹生态工程咨询有限公司；并完成备案。

(9) 2023 年 2~5 月，《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目排险方案设计报告》、《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目生产安全事故应急预案》、《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目应急资源调查报告》、《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目生产安全事故风险评估报告》，编制单

位为昆明诚信勘察设计有限公司；通过专家论证。

(10) 2023 年 2~5 月，《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目改性磷石膏回填可行性评估报告》，编制单位为云南中环正浩环境科技有限公司；通过昆明市生态环境局西山分局组织的审查；2023 年 7 月取得《昆明市生态环境局西山分局关于〈昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目可行性评估报告〉审查意见》。

(11) 2023 年 5~7 月，《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境影响报告表》（报批稿），编制单位为云南中环正浩环境科技有限公司；2023 年 7 月 4 日取得《昆明市生态环境工程评估中心关于对〈昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境影响报告表〉的技术评估意见》（昆环评估意见 西山（2023）23 号）。

(12) 2023 年 7 月 21 日，《昆明市生态环境局西山分局关于〈昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境影响报告表〉的批复》（西环管发（2023）25 号）。

(13) 2024 年 2 月，《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目突发环境事件应急预案》（2024 年 2 月实施）及备案文件（备案编号：530112-2024-014-L）。

(14) 2026 年 7 月，《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目水土保持设施验收报告》（编制单位：金山（云南）环境工程有限公司）。

经现场调查核实，该项目可研、环评报告、环评批复等文件资料齐全，项目建设按照国家有关建设项目环境保护管理相关法律法规及要求办理了环保审批备案手续，在项目建设及运行过程中严格落实环评报告及环评批复要求的污染防治措施，执行了建设项目环保“三同时”制度，污染防治措施及设施基本到位，有相关的环境管理制度及应急处置措施。

#### 6.1.2 制度落实依据

根据《中华人民共和国环境保护法》《建设项目环境保护管理条例》及本项目环评批复（西环管发〔2023〕25 号）第四条要求，项目严格执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的“三同时”管理制度。项目主体为矿山生态修复工程，环保工程包含防渗系统、淋滤水收集回用设施、地下水监测体系、扬尘噪声管控设施、固废收集设施、生态修复配套工程、环境风险应急设施，全部与回填、边坡整治、土壤重构、植被工程同步开展设计、同步进场施工、主体竣工后同步投运养护。

6.1.3 施工期环保措施落实情况

项目环评及批复对施工期工程环保措施的要求及环保措施实际落实情况如表 6.1-1 所示。

表 6.1-1 施工期工程环保措施落实情况一览表

| 环境要素 | 环评报告/批复文件 | 环评阶段施工期污染防治措施                                 | 实际采取污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                         | 评价  |
|------|-----------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 生态环境 | 项目环评报告    | (1) 施工期间严格控制施工占地，严禁越界施工等措施控制对周边植被造成破坏。        | 施工期间各参建方按照设计图纸施工，严格控制施工占地，均未越界施工对周边植被造成破坏。                                                                                                                                                                                                                                         | 已落实 |
|      |           | (2) 施工过程中须严格控制施工作业面，采取水土保持措施，可有效改善开采区的水土流失问题。 | 施工期间各参建方按照设计图纸施工、控制施工作业面。施工期截排水设施建设逐步完善，落实环评报告和水土保持方案相关措施，合理布置施工工序，完善落实水土保持措施，减少雨季来临造成水土流失。根据《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目水土保持设施验收报告》（编制单位：金山（云南）环境工程有限公司；2026 年 7 月）分析，项目施工期落实相关水土保持措施。                                                                                                  | 已落实 |
|      |           | (3) 合理布局施工总图，分片区施工。                           | 按照回填一期（2030-2060 平台）、回填二期（2060-2080 平台）、回填三期（2080-2110 平台）进行布局施工总图，分片区施工。                                                                                                                                                                                                          | 已落实 |
|      |           | (4) 施工期间要求文明施工，严禁非法猎捕鸟类、兽类等野生动物。              | 项目施工期间未出现非法猎捕鸟类、兽类等野生动物的行为。                                                                                                                                                                                                                                                        | 已落实 |
|      |           | (5) 回填结束后，进行覆土，栽种植被。                          | 累计恢复乔木林地 62821.36m <sup>2</sup> 、灌木林地 166065.84m <sup>2</sup> 、其他草地 114089.84m <sup>2</sup> 、旱地 91467.69m <sup>2</sup> 、果园 23125m <sup>2</sup> ，修建农村道路 15395m <sup>2</sup> 、保留坑塘水面 5718.27m <sup>2</sup> 。乔木林地、灌木林地、其他草地、旱地、果园总计面积 457569.73m <sup>2</sup> ，土地复垦率为 95.23%；实现了治理目标。 | 已落实 |
|      |           | (6) 供水保障：项目区西侧、东侧各建设一个高                       | 项目区东侧（项目部旁）建成高位水池 3650m <sup>3</sup> ，2#应急池                                                                                                                                                                                                                                        | 已落实 |

| 环境要素 | 环评报告/批复文件             | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                                                                                                                                                  | 实际采取污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 评价  |
|------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      |                       | 位水池，西侧容积 1000m <sup>3</sup> ，东侧容积 1000m <sup>3</sup> ，用于收集回填修复区以外的雨水用于项目区洒水降尘及植被养护。拦挡设施下游设置总容积 3700m <sup>3</sup> 的三级淋滤水收集池一座，用于收集施工期回填修复区、中转场降雨形成的淋滤水，淋滤水收集池后回用于回填修复区洒水降尘。                                    | 3100m <sup>3</sup> ，采取“30cm 黏土层+土工布+1.5mm HDPE 防渗膜”作为防渗，施工期应急启动作为淋滤水暂存蓄水；1#应急池已拆除。后续待渗滤液减少，改为收集运营期雨水，收集存蓄水源用于植被养护。                                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|      |                       | （7）陆生生态：通过回填治理及生态重建，项目区种植旱冬瓜、黑荆、冬樱花、火棘、球花石楠、狗牙根、黑麦草、格桑花、爬山虎、常春藤。恢复乔木林地 71848m <sup>2</sup> ，灌木林地 258496m <sup>2</sup> ，其他草地 30262m <sup>2</sup> ，旱地 113521m <sup>2</sup> 、农村道路 6376m <sup>2</sup> 。苗木和草籽的购买合同。 | 项目区东侧顶部平台目前已恢复为果林，主要种植品种为桃、梨等，种植行间距为 3m×3m，林下为草本植物狗牙根。恢复为旱地及草地区域播撒草籽；恢复为灌木林地区域种植灌木。累计恢复乔木林地 62821.36m <sup>2</sup> 、灌木林地 166065.84m <sup>2</sup> 、其他草地 114089.84m <sup>2</sup> 、旱地 91467.69m <sup>2</sup> 、果园 23125m <sup>2</sup> ，修建农村道路 15395m <sup>2</sup> 、保留坑塘水面 5718.27m <sup>2</sup> 。乔木林地、灌木林地、其他草地、旱地、果园总计面积 457569.73m <sup>2</sup> ，土地复垦率为 95.23%；实现了治理目标。 | 已落实 |
|      | 环评批复文件（西环管发〔2023〕25号） | 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；文明施工，严禁非法猎捕鸟类、兽类等野生动物；严格控制施工作业面，落实水土保持措施；合理布局施工总图，分片区施工。                                                                                                                     | 施工期间各参建方按照设计图纸施工，严格控制施工占地和作业面；项目施工期未越界施工对周边植被造成破坏，未出现非法猎捕鸟类、兽类等野生动物的行为；按照回填一期（2030-2060 平台）、回填二期（2060-2080 平台）、回填三期（2080-2110 平台）进行布局施工总图，分片区施工。<br>为了后续顶层覆土运输方便，主要为临时截排水沟，施工期间不断完善落实水土保持措施，减少雨季造成水土流失和淋滤水产生量。<br>场内排水沟：场内排水最终汇入截洪沟下游出水口排放，场内排水沟总长度 15964.47m；沿线共设置 10 个沉砂池，回填区外                                                                                      | 已落实 |

| 环境要素  | 环评报告/批复文件 | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                                                                                                                          | 实际采取污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 评价  |
|-------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|       |           |                                                                                                                                                                                        | 雨水经沉淀后排出场外，场外截水沟长度 2495.3m。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |
|       |           | 回填结束后，进行覆土，栽种植被，制定管养计划，树木每月、灌木每旬查验一次，发现枯死应换植；做好恢复区灌溉工作。                                                                                                                                | 乔木林地、灌木林地、其他草地、旱地、果园总计面积 457569.73m <sup>2</sup> ，土地复垦率为 95.23%；实现了治理目标。<br>养护管理 3 年：由施工单位中国有色金属工业昆明勘察设计研究院有限公司进行养护，发现枯死植物及时换植；制定灌溉工作制度，安排专人现场养护。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 已落实 |
| 地表水环境 | 项目环评报告    | <p>（1）中转场及回填修复区淋滤水：在回填修复区拦挡设施下游设置淋滤水收集池。淋滤水收集池采用 C30 混凝土建设。定期检查发现开裂及时修复，淋滤水收集池配套回用水泵，淋滤水及时抽排回用于回填区洒水降尘。在回填修复区拦挡设施下游设置 3700m<sup>3</sup> 的淋滤水收集池（淋滤水收集池设置为三级收集沉淀池），正常情况下可以保证淋滤水不外排。</p> | <p>本项目施工期设置改性磷石膏中转场，主要作为试验区；单独设置淋滤水收集暂存池，未配套回用管网，采用洒水车抽取至生态修复回填区洒水降尘。</p> <p>项目修复区拦挡设施下游设置总容积 6764m<sup>3</sup> 的淋滤水收集池一座，防渗工程采用“0.30m 厚压实黏土层+两布一膜（1.5mm HDPE）”，用于收集施工期改性磷石膏回填修复区洒水降尘和降雨形成的淋滤水，淋滤水收集池后回用于回填修复区洒水降尘。</p> <p>项目区东侧（项目部旁）建成高位水池 3650m<sup>3</sup>，淋滤水收集池已配套回用水泵；1#应急池 4250m<sup>3</sup>，2#应急池 3100m<sup>3</sup>，采取 1.5mm HDPE 防渗膜作为防渗，施工期应急启动作为淋滤水暂存蓄水。</p> <p>施工期 2025 年 7 月份之前，回填修复区、中转场降雨形成的淋滤水收集至下游淋滤水收集池后回用于回填修复区洒水降尘。2025 年 6 月底完成渗滤液收集池至云南磷化集团海口磷业有限公司柳树箐磷石膏渣库的渗滤液收集池的 6.5km 回用管道、回用泵工程实施，并进行调试；2025 年 7 月初投入使用，回用淋滤水主要作为云南磷化集团海口磷业有限公司生产用水；部分</p> | 已落实 |

| 环境要素 | 环评报告/批复文件             | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                                                                                                  | 实际采取污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 评价  |
|------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      |                       |                                                                                                                                                                | 用于未铺设顶部防渗工程的修复回填区洒水降尘。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|      |                       | (2) 施工废水: 设置容积为 3m <sup>3</sup> 的临时沉淀池 1 座, 将施工废水收集沉淀后回用于车辆冲洗、施工场地洒水等, 不外排。                                                                                    | 临时沉淀池及车辆高压冲洗设施 2 套, 沉淀池为三级, 每个容积为 3m <sup>3</sup> , 设置于修复区进口以及下游淋滤水池东侧出口, 对运输车辆进行冲洗; 处理施工废水后回用于改性磷石膏回填修复区洒水降尘, 不外排。                                                                                                                                                                                                                                                                       | 已落实 |
|      |                       | (3) 生活污水: 设置容积为 2m <sup>3</sup> 的临时沉淀池 1 座, 施工人员洗手水经收集后全部回用于施工场地降尘, 不外排。                                                                                       | 项目部配套一体化隔油池、化粪池, 沉淀后回用于菜地(项目部种植菜地)和周边林地灌溉、施工场地洒水降尘, 不外排。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 已落实 |
|      |                       | (4) 修复区设置截排水沟: 回填修复区外围设置截排水沟, 把回填修复区外围雨水排出修复区外。                                                                                                                | 回填修复区外围设置截排水沟, 场外沿线共设置 10 个沉砂池, 回填区外雨水经沉淀后排出场外和减少淋滤水产生量, 场外截水沟长度 2495.3m。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 已落实 |
|      | 环评批复文件(西环管发〔2023〕25号) | 落实施工期废水污染防治措施, 禁止废水外排。                                                                                                                                         | 施工期落实废水污染防治措施。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 已落实 |
|      |                       | (1) 淋滤水: 应在中转场四周、回填修复区设置淋滤水收集沟, 在回填修复区天然拦挡设施下游设置 3700m <sup>3</sup> 的淋滤水收集池, 淋滤水通过收集沟收集至淋滤水收集池后回用于回填修复区洒水降尘, 淋滤水完全消纳, 不得外排。<br>(2) 其余施工废水: 应经沉淀处理后回用于施工场地洒水降尘。 | (1) 淋滤水<br>项目修复区拦挡设施下游设置总容积 6764m <sup>3</sup> 的淋滤水收集池一座, 淋滤水收集池已配套回用水泵。项目区东侧(项目部旁)建成高位水池 3650m <sup>3</sup> , 1#应急池 4250m <sup>3</sup> , 2#应急池 3100m <sup>3</sup> , 施工期应急启动作为淋滤水暂存蓄水。<br>施工期 2025 年 7 月份之前, 回填修复区、中转场降雨形成的淋滤水收集至下游淋滤水收集池后回用于回填修复区洒水降尘。<br>2025 年 6 月底完成渗滤液收集池至云南磷化集团海口磷业有限公司柳树箐磷石膏渣库的渗滤液收集池的 6.5km 回用管道、回用泵工程实施, 并进行调试; 2025 年 7 月初投入使用, 回用淋滤水主要作为云南磷化集团海口磷业有限公司生产用水; 部分 | 已落实 |

| 环境要素  | 环评报告/批复文件 | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 实际采取污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 评价  |
|-------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|       |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>用于未铺设顶部防渗工程的修复回填区洒水降尘。</p> <p><b>(2) 其余施工废水：</b>项目部配套成品化粪池、隔油池处理生活污水，用于菜地（项目部种植菜地）和周边林地灌溉、施工场地洒水降尘，不外排；临时沉淀池及车辆高压冲洗设施 2 套，沉淀池为三级，每个容积为 3m<sup>3</sup>，设置于修复区进口以及下游淋滤水池东侧出口，对运输车辆进行冲洗；处理施工废水后回用于改性磷石膏回填修复区洒水降尘，不外排。</p>                                                                                                  |     |
| 地下水环境 | 项目环评报告    | <p><b>(1) 物料源头防控</b></p> <p>①磷石膏基生态修复材料需经检测符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物&lt;10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6~9 之间，方可回填。</p> <p>②建设单位设专人管理回填料制造过程，根据《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）要求，每</p> | <p><b>(1) 物料源头防控</b></p> <p>施工期间，改性磷石膏生产单位北京建工环境修复股份有限公司对每批次进场的磷石膏基生态修复材料均进行了严格的质量检验与见证取样检测；建设单位对改性磷石膏进行抽验。根据《改性磷石膏质量总结报告》（2026 年 6 月 10 日，北京建工环境修复股份有限公司）：自开工至项目结束，监测公司为云南华测检测认证有限公司、云南亚明环境监测科技有限公司、云南环绿环境检测技术有限公司、玉溪华恒环境科技有限公司，共计取样约 1746 个样品，检测结果均合格。磷石膏基生态修复材料回填量 921.7 万 m<sup>3</sup>（约 1746 万吨），质量检测比例约 1 个样/t。</p> | 已落实 |

| 环境要素 | 环评报告/批复文件 | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 实际采取污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 评价  |
|------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      |           | <p>一批次回填物料均需检验，即每 3 万 t 为 1 个批次，开始 3 个批次，每次取样 5 个，水平振荡法测全指标；之后每 5 个批次抽样 2 次水平振荡法测全指标；3 批次之后，每个批次水平振荡法测 pH、氟化物、磷酸盐 3 个指标。经检验合格后方可运入回填区回填，并保留监测记录。</p> <p>③从源头起进行严格控制，加大监督力度，生态修复作业点必须设置检验点，做到“严禁回填固废”进入回填修复区。</p>                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |
|      |           | <p><b>(2) 防渗措施</b></p> <p>①对回填修复区底部进行基础处理，基础处理采用筛选后剥离土进行回填压实形成人工回填层，回填厚度 5m。</p> <p>②堆填区场地先进行底部整平压实、基础处理、边坡清理分台平整，然后清除尖锐石块和碎屑杂物，铺设一层 75cm 厚压实黏土垫层后铺设两布一膜防渗层。</p> <p>③边坡坡度较缓：其防渗结构为先在整平的边坡上铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅后再铺设两布一膜防渗层。</p> <p>④较陡的岩质边坡：防渗结构为先对岩质高陡边坡进行挂网喷护，每 10m 高差埋设防渗锚固预埋件，然后铺设两布一膜防渗层。</p> <p>⑤拦挡设施设计为碾压土石坝，为有效保护防渗</p> | <p><b>(2) 防渗措施</b></p> <p>项目采用磷石膏基生态修复材料回填进行地形重塑及地灾治理，考虑安全问题，采用“基础处理+底部防渗+内边坡防渗+顶部防渗方式”对回填体进行防渗处理。</p> <p><b>①基础处理</b></p> <p>根据水文地质勘察报告，回填区稳定水位 5~50m，上游地下水埋深较深，下游地下水埋深略浅，坑底为硅质白云岩，透水性中等，基础处理采用筛后剥离土进行回填压实构造人工回填层，提高地下水埋深及包气带防污性能，回填厚度 5m，回填量 30.2 万 m<sup>3</sup>，处理后包气带防污性能中等。</p> <p><b>②底部防渗</b></p> <p>底部防渗层采用单人工复合衬层：先铺设 450mm 厚素土层+300mm 厚粘土垫层；其上铺设两布一膜防渗层，结构为 400 g/m<sup>2</sup> 长丝无纺土工布+1.5 mm HDPE 单糙面土工膜+300 g/m<sup>2</sup> 长丝无纺土工布。膜下设置地下水导排盲沟，膜上设置淋滤水导</p> | 已落实 |

| 环境要素 | 环评报告/批复文件 | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                                                                                                                                                    | 实际采取污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 评价 |
|------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|      |           | <p>层的安全，拦挡坝内坡面碾压平整压实好后铺设一层 TGSG30-30 双向土工格栅，再铺设两布一膜防渗层，并与场底防渗膜相连。</p> <p>⑥顶部及坡面先后 1.5mm 的 HDPE 防渗土工膜+土工布联合防渗层，并与周防渗膜相连。</p> <p>⑦防渗漏监控：按照Ⅱ类场要求，设置防渗漏监控系统，监控防渗衬层的完整性。</p> <p>⑧顶部防渗层铺设完成后，铺设 100cm 基质土层后进行植被种植。</p> | <p>排盲沟。导排盲沟采用倒梯形断面，底宽 1m、高 2m、顶宽 5 m，以土工布包裹碎石回填，碎石内埋设 DN315 HDPE 穿孔排渗管（上半圆开孔），盲沟分别外接地下水收集池和淋滤水收集池。</p> <p><b>③内边坡设施防渗</b></p> <p>a.边坡坡度较缓：内边坡防渗根据边坡条件分两种形式实施。对于坡度较缓的边坡，按土质边坡 1:1.5、岩质边坡 1:0.75 进行削坡整平，每 10m 高差设置锚固平台；防渗结构为先在整平坡面铺设 300mm 厚压实粘土垫层，再铺设两布一膜防渗层（600 g/m<sup>2</sup> 长丝无纺土工布+1.5 mm HDPE 双光面土工膜+300 g/m<sup>2</sup> 长丝无纺土工布）。</p> <p>b.较陡的岩质边坡：坡面先采用主动防护网进行隔离。随后跟随回填进度，逐步在坡面进行黏土反压，反压体底宽 4.5 m、顶宽 1.5m、高 3m。沿反压体外缘（与改性磷石膏接触面）铺设两布一膜防渗层，做到边反压边铺设，与周边防渗层相连。</p> <p><b>④拦挡设施内坡防渗</b></p> <p>拦挡坝为碾压土石坝，内外坡比均为 1:2.0。内坡防渗施工时，先将内坡面碾压平整压实，再铺设两布一膜防渗层（600 g/m<sup>2</sup> 长丝无纺土工布+1.5 mm HDPE 双光面土工膜+300 g/m<sup>2</sup> 长丝无纺土工布），并与场底防渗膜可靠连接。</p> <p><b>⑤顶部防渗</b></p> <p>磷石膏基生态修复材料回填至设计标高后，对回填体进行整平压实，开展顶部防渗。顶部及坡面依次铺设一布一膜防渗层（1.5 mm HDPE 双光面防渗土工膜+300 g/m<sup>2</sup> 无纺长丝土工布），并与周边防渗膜连接。</p> |    |

| 环境要素 | 环评报告/批复文件 | 环评阶段施工期污染防治措施                                            | 实际采取污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 评价  |
|------|-----------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      |           |                                                          | <p><b>⑥防渗漏监控</b></p> <p>根据设计单位云南中环正浩环境科技有限公司《防渗漏监测系统说明》：按照第Ⅱ类一般工业固体废物场要求控制，在回填修复区防渗膜底部设置了地下水导排管等工程，作为防渗漏监测措施。通过收集地下水，对导排管出水的水量、水质开展观测，满足渗漏预警的需求。</p> <p><b>⑦防渗工程质量评估</b></p> <p>2026年6月20日昆明建设咨询管理有限公司《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目回填区施工总承包工程质量评估报告》和2026年6月昆明建设咨询管理有限公司《云南云天化环保科技有限公司昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目监理工作总结》，工程质量评估结论为合格。</p> <p><b>⑧生态重建</b></p> <p>已完成地形重塑区覆土施工，各部位覆盖情况如下：2110m平台表面覆盖基质土厚度100cm，其余平台覆盖厚度100cm，所有斜面覆盖厚度50cm。覆土厚度均大于一般耕作深度30cm的要求，满足《土地复垦质量控制标准》（TD/T 1036-2013）的相关规定。</p> <p>累计恢复乔木林地62821.36m<sup>2</sup>、灌木林地166065.84m<sup>2</sup>、其他草地114089.84m<sup>2</sup>、旱地91467.69m<sup>2</sup>、果园23125m<sup>2</sup>。乔木林地、灌木林地、其他草地、旱地、果园总计面积457569.73m<sup>2</sup>，土地复垦率为95.23%。</p> |     |
|      |           | <p><b>（3）防渗材料性能要求</b></p> <p>①HDPE土工膜性能要求：土工膜幅宽应≥7m，</p> | <p><b>3）防渗材料性能</b></p> <p>①HDPE土工膜性能：土工膜幅宽≥7m，极限厚度偏差控制在</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 已落实 |

| 环境要素 | 环评报告/批复文件 | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                                                                                                                                    | 实际采取污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 评价 |
|------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|      |           | <p>极限厚度偏差应控制在±10%之内；土工膜产品颜色要求为黑色，采用高密度聚乙烯膜，厚度不小于1.5mm，并满足GB/T17643规定的技术指标要求。</p> <p>②土工布性能要求：土工布原材料采用抗氧化性和紫外线强的无纺土工布；土工布外观质量需逐卷进行检验和评定，每卷土工布不得出现孔洞和破损；外观疵点不得出现重缺陷，轻缺陷每200m<sup>2</sup>不超过5个。</p> | <p>±10%之内；土工膜产品颜色为黑色，采用高密度聚乙烯膜，厚度不小于1.5mm，并满足《土工合成材料 聚乙烯土工膜》（GB/T 17643）规定的技术指标要求。</p> <p>2024年1月13日云南理工检测科技有限公司《1.5mm单糙面HDPE防渗膜检测报告》（报告编号：LGJC-FSCL-24011002；代表数量10000m<sup>2</sup>）：厚度、拉伸性能、直角撕裂负荷、抗穿刺强度、炭黑含量和水蒸气渗透系数检测结果均合格，其中水蒸气渗透系数4.07×10<sup>-14</sup> gcm/(cm<sup>2</sup> s pa)；</p> <p>2024年1月17日云南理工检测科技有限公司《1.5mm双光面HDPE防渗膜检测报告》（报告编号：LGJC-FSCL-24011001；代表数量10000m<sup>2</sup>）：厚度、拉伸性能、直角撕裂负荷、抗穿刺强度、炭黑含量和水蒸气渗透系数检测结果均合格，其中水蒸气渗透系数4.39×10<sup>-14</sup> gcm/(cm<sup>2</sup> s pa)；</p> <p>2025年3月4日云南理工检测科技有限公司《1.5mm双光面HDPE防渗膜检测报告》（报告编号：LGJC-FSCL-25022704-1；代表数量20000m<sup>2</sup>）：水蒸气渗透系数检测结果合格，其中水蒸气渗透系数6.57×10<sup>-14</sup> gcm/(cm<sup>2</sup> s pa)；</p> <p>2026年4月13日云南理工检测科技有限公司《1.5mm双光面HDPE防渗膜检测报告》（报告编号：LGJC-FSCL-26041303；代表数量30000m<sup>2</sup>）：厚度、拉伸性能、直角撕裂负荷、抗穿刺强度、炭黑含量和水蒸气渗透系数检测结果均合格，其中水蒸气渗透系数4.1×10<sup>-14</sup> gcm/(cm<sup>2</sup> s pa)。</p> <p>思欧工程科技有限公司开展1.5mm HDPE防渗膜拉伸屈服强度、屈服伸长率、拉伸断裂强度、断裂伸长率、抗穿刺强度相</p> |    |

| 环境要素 | 环评报告/批复文件 | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                                                                                                                                                    | 实际采取污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 评价  |
|------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      |           |                                                                                                                                                                                                                  | 关检测；土工膜完整性、焊接气密性检测。检测结果均合格。<br>②土工布性能：土工布原材料采用抗氧化性和紫外线强的无纺土工布；土工布外观质量在工程监理的监督下逐卷进行检验和评定，每卷土工布不得出现孔洞和破损；外观疵点不得出现重缺陷，轻缺陷每 200m <sup>2</sup> 不超过 5 个。<br>思欧工程科技有限公司开展聚酯长丝土工布断裂强度、标称强度对应伸长率、CBR 顶破强力、撕破强力检测，检测结果均合格。<br>③工程质量：2026 年 6 月 20 日昆明建设咨询管理有限公司《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目回填区施工总承包工程质量评估报告》和 2026 年 6 月昆明建设咨询管理有限公司《云南云天化环保科技有限公司昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目监理工作总结》，工程质量评估结论为合格。 |     |
|      |           | <b>（4）施工管理</b><br>①工程施工时严格按照工程设计要求进行，确保土工布、防渗膜、土工布防渗层的施工质量，保证回填淋滤水不泄漏。<br>②施工方案包括施工质量保证和施工质量控制内容，明确环保条款和责任，施工完毕后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告，提供人工防渗衬层完整性检测报告。<br>③专人现场负责检验、一旦发生破损，及时更换。<br>④委托有资质的监理单位，开展回填、生态恢复 | <b>（4）施工管理</b><br>①工程施工时严格按照工程设计要求、项目环评报告、环评批复、《双哨磷矿厂磷矿生态修复治理变更方案》等进行，确保土工布、防渗膜、土工布防渗层的施工质量，保证回填淋滤水不泄漏。施工单位落实防渗膜焊缝 100%气密性自检，建设单位委托资质单位思欧工程科技有限公司规范开展防渗膜及焊接质量检测，检测结果均合格。<br>②项目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                                                                                                               | 已落实 |

| 环境要素 | 环评报告/批复文件 | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                            | 实际采取污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 评价  |
|------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      |           | <p>等工程的环境监理工作,对防渗工程的施工方式、施工顺序、材料性质等内容开展施工监理,并将其反应在监理月报中,对防渗工程质量加以控制和监理,加强施工及运营过程中对防渗层的保护,防止回填施工破坏防渗层。</p> <p>⑤磷石膏基生态修复材料堆排时进行压实,施工严格按照《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复治理变更方案》和堆填方案进行施工,落实好施工监理,确保回填堆体稳定、安全,规范施工,磷石膏基生态修复材料堆排时,外坡前 100m 范围内压实度<math>\geq 92\%</math>,场内压实度<math>\geq 85\%</math>。</p> | <p>测报告。建设单位制定防渗膜及焊接质量抽验方案,委托资质单位规范开展检测。</p> <p>③专人现场负责检验、一旦发生破损,及时整改/更换。</p> <p>④委托有昆明市生态环境工程评估中心开展环境监理工作,开展回填、生态恢复等工程的环境监理工作,对防渗工程的施工方式、施工顺序、材料性质等内容开展施工监理,并将其反应在监理阶段性报告中,对防渗工程质量加以控制和监理,加强施工及运营过程中对防渗层的保护,防止回填施工破坏防渗层。</p> <p>⑤磷石膏基生态修复材料堆排时进行分层压实,施工严格按照《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复治理变更方案》、堆填方案和设计方案进行施工,落实好施工工程监理和环境监理,确保回填堆体稳定、安全,规范施工,磷石膏基生态修复材料堆排时,外坡前 100m 范围内压实度<math>\geq 92\%</math>,场内压实度<math>\geq 85\%</math>。思欧工程科技有限公司开展压实度检测,检测结果均合格。</p> <p>⑥昆明建设咨询管理有限公司《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目回填区施工总承包工程质量评估报告》和《云南云天化环保科技有限公司昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目监理工作总结》,以及中国有色金属工业昆明勘察设计研究院有限公司《施工总结报告》,工程质量评估结论为合格。</p> |     |
|      |           | <p><b>(5) 淋滤水导排</b></p> <p>①回填修复区外部修建截排水沟,有效降低雨季施工期间雨水汇入回填修复区雨水,降低由于降</p>                                                                                                                                                                                                                | <p><b>(5) 淋滤水导排</b></p> <p>①回填修复区外围设置截排水沟,场外截水沟长度 2495.3m,沿线共设置 10 个沉砂池,雨季把回填修复区外围雨水排出修复</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 已落实 |

| 环境要素 | 环评报告/批复文件 | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                                                                                                                                       | 实际采取污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 评价  |
|------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      |           | <p>雨形成的淋滤水水量。</p> <p>②修复区在底部防渗层上设置建设淋滤水导排沟，将回填区淋滤水导出场外至收集池收集。</p> <p>③设置 1 座三级淋滤水收集沉淀池，收集池容积 3700m<sup>3</sup>，收集池渗透系数<math>\leq 1.0 \times 10^{-7}</math>cm/s，收集池位于拦挡设施下游，淋滤水收集池定期巡检，发现破损及时修补。</p> | <p>区外和减少淋滤水产生量。</p> <p>②修复区在底部防渗层上已设置建设淋滤水导排沟，将回填区淋滤水导出场外至渗漏液收集池收集。淋滤水导排盲沟采用纺锤形断面（底宽 1m、高 2m、顶宽 5m），以土工布包裹碎石充填，碎石内埋设 HDPE 排渗管（DN315mm 穿孔管，上半圆开孔），盲沟外接淋滤水收集池。导排盲沟全长 2214.26m。</p> <p>③拦挡设施下游设置总容积 6764m<sup>3</sup>的淋滤水收集池一座，防渗工程采用“黏土层+两布一膜（1.5mm HDPE）”，用于收集施工期改性磷石膏回填修复区洒水降尘和降雨形成的淋滤水。淋滤水收集池已配套回用水泵，已建成回用管道至 3650m<sup>3</sup>的高位水池、1#应急池 4250m<sup>3</sup>、2#应急池 3100m<sup>3</sup>作为应急暂存。</p> <p>④2025 年 6 月底完成渗滤液收集池至云南磷化集团海口磷业有限公司柳树箐磷石膏渣库的渗滤液收集池的 6.5km 回用管道、回用泵工程实施，并进行调试;2025 年 7 月初投入使用，回用淋滤水作为云南磷化集团海口磷业有限公司生产用水。</p> |     |
|      |           | <p><b>（6）地下水导排</b></p> <p>沿场底在防渗土工膜下设置集水盲沟收集场底的地下渗水并排向下游收集池。并对导排地下水进行监测。</p>                                                                                                                        | <p><b>（6）地下水导排</b></p> <p>矿坑生态修复完成后，防渗层已铺设完毕，周边及表层雨水导排设施也已建成，地表水被截留导排，不再补给地下水；仅场地周边雨水下渗后沿表层孔隙向坑底汇集。已在坑内场底防渗层下设置简易排水盲沟，用于排走雨季的场底地下水。地下水导排盲沟采用倒梯形断面（底宽 1m、高 2m、顶宽 5m），以土工布包裹碎石充填，碎石内埋设 HDPE 排渗管（DN315mm，上半圆开孔），盲沟外接地下水收集池；导排盲沟全长 2247.172m。地下水收集池设于拦挡设施坡脚，为钢筋混凝土矩形水池，长×</p>                                                                                                                                                                                                                                                       | 已落实 |

| 环境要素 | 环评报告/批复文件             | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                           | 实际采取污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 评价  |
|------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      |                       |                                                                                                                                                                                                                                                         | 宽×高=4m×3m×2.5m=30m <sup>3</sup> 。施工期间，地下水导排口均未有地下水排出。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |     |
|      |                       | <b>（7）末端监管</b><br>末端监管主要采取设置地下水监控井，建立回填修复区地下水环境监控体系，包括建立地下水污染监控制度和环境管理体系，制定监测计划。根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016），并结合项目实际水文地质调查情况，项目区设置污染监控井 5 座，其中上游 1 座，东侧 1 座，西侧 1 座，下游 2 座，对下游监控井水质持续跟踪监测。同时利用回填修复区防渗膜底部地下水导排管进行膜下排水监控，防渗膜底部地下水导排管有水排出时定期对导排管水质进行监测。 | <b>（7）末端监管</b><br>根据中国有色金属工业昆明勘察设计院有限公司《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目地下水监测井成井记录报告》和《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目地下水监测井设置规范性论证报告》，项目区已经设置污染监控井 5 座：左岸观测井 1#（JCJ01），钻孔深度 140.00m；下游扩散井 2#（JCJ02），钻孔深度 100.00m；下游观测井 3#（JCJ03），钻孔深度 121.00m；右岸观测井 4#（JCJ04），钻孔深度 238.00m；上游背景井 5#（JCJ05）钻孔深度 204.00m；对下游监控井水质按照季度持续跟踪监测；利用回填修复区防渗膜底部地下水导排管进行膜下排水监控，防渗膜底部地下水导排管有水排出时定期对导排管水质进行监测，施工期均未有出水。 | 已落实 |
|      | 环评批复文件（西环管发〔2023〕25号） | 磷石膏基生态修复材料需满足指标控制要求，每一批次经检验合格后方可回填，不得回填不合格的生态修复材料。                                                                                                                                                                                                      | 磷石膏基生态修复材料回填量 921.7 万 m <sup>3</sup> （约 1746 万吨），回填过程做了台账记录；根据《改性磷石膏质量总结报告》（2026 年 6 月 10 日，北京建工环境修复股份有限公司）：自开工至项目结束，监测公司为云南华测检测认证有限公司、云南亚明环境监测科技有限公司、云南环绿环境检测技术有限公司、玉溪华恒环境科技有限公司，共计取样约 1746 个样品，检测结果均合格。                                                                                                                                                               | 已落实 |
|      |                       | 回填区按《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）5.3 章节Ⅱ类场技术要求采取的防渗措施，设置防渗漏监控系统；设置                                                                                                                                                                                | 利用回填修复区防渗膜底部地下水导排管进行膜下排水监控，防渗膜底部地下水导排管有水排出时定期对导排管水质进行监测；项目施工期地下水导排管均未有出水。施工期改性磷石膏                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 已落实 |

| 环境要素 | 环评报告/批复文件 | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 实际采取污染防治措施                                                                                                                                                                                                                         | 评价  |
|------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      |           | 地下水导排系统，有水排出时应进行水质检测；应加强施工及运营过程中对防渗层的保护，防止回填施工破坏防渗层；矿坑回填完成后，应在顶部设置阻隔防渗层，减少淋滤水的产生。                                                                                                                                                                                                                          | 回填作业加强对防渗工程的防护，防止回填施工破坏防渗层。生态修复回填区顶部设置阻隔防渗层（1.5mm HDPE+土工布），减少淋滤水的产生。                                                                                                                                                              |     |
| 土壤环境 | 项目环评报告    | <p>（1）磷石膏基生态修复材料需经检测符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物&lt;10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6~9 之间，方可回填。</p> | 结合项目环评报告、环评批复、DB5301/T99-2023、DB53/T 1269-2024 和“便函（2024）2322 号”等相关要求制定改性磷石膏属性鉴定监测方案；根据《改性磷石膏质量总结报告》（2026 年 6 月 10 日，北京建工环境修复股份有限公司）：自开工至项目结束，监测公司为云南华测检测认证有限公司、云南亚明环境监测科技有限公司、云南环绿环境检测技术有限公司、玉溪华恒环境科技有限公司，共计取样约 1746 个样品，检测结果均合格。 | 已落实 |
|      |           | <p>（2）加强回填区污染控制，回填区、中转场、淋滤水收集池采取防渗措施。加强施工及运营过程中对防渗层的保护，确保其防渗效果能满足Ⅱ类场防渗要求。回填修复区底部进行基础处理，底部、边坡均进行了防渗，防渗层由下至上：0.75m 压实粘土衬层、膜下保护层、膜防渗层、膜上保护层。</p>                                                                                                                                                              | 本项目施工期设置改性磷石膏中转场，主要作为试验区；单独设置淋滤水收集暂存池。回填区、中转场、淋滤水收集池的坑底和内边坡防渗工程采用“黏土层+两布一膜（1.5mm HDPE）”防渗措施。施工期改性磷石膏回填作业加强对防渗工程的防护，防止回填施工破坏防渗层。                                                                                                    | 已落实 |

| 环境要素 | 环评报告/批复文件 | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                                                                                                                                                     | 实际采取污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 评价  |
|------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      |           | <p>(3) 回填区设置了淋滤水及地下水导排系统，及时对回填区淋滤水及地下水进行导排，减少了雨季对回填体的冲刷及浸泡，减少了淋滤水泄漏的风险；同时项目淋滤水经收集后排入下游淋滤水收集池后回用于回填区洒水降尘，不外排。淋滤水收集池进行防渗处理，饱和渗透系数不应大于<math>1.0\times 10^{-7}\text{cm/s}</math>，淋滤水收集池采用 C30 混凝土建设，定期检查发现破损及时修复。</p> | <p>回填区设置淋滤水及地下水导排系统，及时对回填区淋滤水及地下水进行导排，减少了雨季对回填体的冲刷及浸泡，减少了淋滤水泄漏的风险；项目淋滤水经收集后排入拦挡设施下游淋滤水收集池后回用于回填区洒水降尘，不外排。</p> <p>淋滤水收集池的坑底和内边坡防渗工程采用“30cm 黏土层+两布一膜（1.5mm HDPE）”防渗措施。淋滤水收集池已配套回用水泵，已建成回用管道至 3650m<sup>3</sup> 的高位水池作为应急暂存。</p> <p>2025 年 6 月底完成渗滤液收集池至云南磷化集团海口磷业有限公司柳树箐磷石膏渣库的渗滤液收集池的 6.5km 回用管道、回用泵工程实施，并进行调试；2025 年 7 月初投入使用，回用淋滤水作为云南磷化集团海口磷业有限公司生产用水。</p> | 已落实 |
|      |           | <p>(4) 土壤重构用土来源于外购基质土，基质土满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）要求，修复完成后开展土壤跟踪监测，每 3 年开展一次土壤环境质量跟踪监测。</p>                                                                                                      | <p>根据建设单位提供土壤质量检测报告，本项目总共监测 32 个样品，检测指标为 10 项（pH、汞、砷、铜、锌、铅、镉、铬、镍、氟化物），仅 3 个样品铅超《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）的筛选值(超标 0.014~0.079 倍)、但未超管制值；其余指标均达到 GB 15618-2018 的筛选值。</p> <p>修复完成后根据云南省地方标准《改性磷石膏用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（DB53/T 1269-2024）相关要求开展土壤跟踪监测，土壤监测点自行监测频次不少于每年 1 次，按照 1 次/年。</p>                                                            | 已落实 |
|      |           | <p>(5) 项目防渗施工完毕后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告，提供人工防渗衬层完整性检测报告，检测合格后方可</p>                                                                                                                                          | <p>防渗工程相关工程质量合格佐证材料包含防渗膜质量检测报告、完整性和气密性检测、过程控制资料等，通过验收合格后，才进行下步回填工序。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 已落实 |

| 环境要素 | 环评报告/批复文件             | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                        | 实际采取污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 评价  |
|------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      |                       | 开始回填施工。                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|      |                       | (6) 设置防渗漏监控系统，监控防渗衬层的完整性。                                                            | 根据设计单位云南中环正浩环境科技有限公司《防渗漏监测系统说明》：按照第II类一般工业固体废物场要求控制，在回填修复区防渗膜底部设置了地下水导排管等工程，作为防渗漏监测措施。通过收集地下水，对导排管出水的水量、水质开展观测，满足渗漏预警的需求。                                                                                                                                                                                                                                                          | 已落实 |
|      | 环评批复文件（西环管发〔2023〕25号） | 土壤重构用土来源于云磷集团基质土，土壤应满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）的要求；修复完成后开展土壤跟踪监测。     | 结合项目环评报告、环评批复、DB5301/T99-2023、DB53/T 1269-2024 和“便函（2024）2322 号”等相关要求制定改性磷石膏属性鉴定监测方案。<br>根据建设单位提供土壤质量检测报告，本项目总共监测 32 个样品，检测指标为 10 项（pH、汞、砷、铜、锌、铅、镉、铬、镍、氟化物），仅 3 个样品铅超《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）的筛选值(超标 0.014~0.079 倍)、但未超管制值；其余指标均达到 GB 15618-2018 的筛选值。<br>修复完成后根据云南省地方标准《改性磷石膏用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（DB53/T 1269-2024）土壤监测相关要求开展土壤跟踪监测，土壤监测点自行监测频次不少于每年 1 次，按照 1 次/年。 | 已落实 |
| 环境空气 | 项目环评报告                | (1) 施工扬尘污染防治措施<br>①施工过程中采取洒水喷雾降尘，洒水喷雾次数根据天气状况而定；非雨天每日洒水次数不少于 10 次；若遇到大风或干燥天气应增加洒水喷雾次 | 施工过程配套洒水车、雾炮设施，施工现场和运输道路采取洒水喷雾降尘，大风或干燥天气增加洒水喷雾次数。<br>黏土、改性磷石膏等运输车辆顶部采取覆盖措施，控制车速，避免沿途抛、洒、滴、漏。                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 已落实 |

| 环境要素 | 环评报告/批复文件 | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                                                                                                                                  | 实际采取污染防治措施                                                                                  | 评价  |
|------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      |           | 数。设洒水车 3 辆，雾炮 6 台，对修复区施工面进行洒水喷雾降尘。<br>②施工场地运输车辆的车厢应确保牢固、严密，并注意控制车速，严禁在装运过程中沿途抛、洒、滴、漏。<br>③控制施工作业面，在合理安排施工进度情况下，尽可能减少大面积施工，以减少扬尘产生量。<br>④合理安排施工工序、施工进度，尽量避免在大风气象条件下施工。<br>⑤对未覆膜边坡、材料堆存区采用防尘网覆盖。 | 大风天气，尽量少进行改性磷石膏倾倒和其他易产扬尘的作业。<br>改性磷石膏回填及时碾压、洒水降尘。                                           |     |
|      |           | <b>（2）运输扬尘污染防治措施</b><br>①对回填料、筛选后剥离土、粘土及基质土的运输须密闭运输，施工场地运输车辆的车厢应当篷布遮盖，密闭运输，确保牢固、严密，严禁在装运过程中沿途抛、洒、滴、漏；<br>②减速慢行，严禁超载、超速，并规划好运输车辆的运行路线与时间；<br>③运输道路合理安排洒水降尘，出场车辆进行冲洗，严禁带泥上路。                     | 黏土、改性磷石膏等运输车辆顶部采取覆盖措施、密闭运输，严禁超载，控制车速，避免沿途抛、洒、滴、漏。<br>运输道路合理安排洒水降尘措施，有效抑制扬尘。出场车辆进行冲洗，严禁带泥上路。 | 已落实 |
|      |           | <b>（3）施工机械及运输车辆废气污染防治措施</b><br>施工机械和运输车辆定期维护保养，严禁带病作业。                                                                                                                                         | 施工机械和运输车辆定期维护保养，减少尾气产生。                                                                     | 已落实 |
|      |           | <b>（4）验收标准：</b> 场界颗粒物浓度执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 无组织                                                                                                                                    | 根据 2023 年第 4 季度至 2026 年第 2 季度项目场界无组织排放废气检测报告分析，场界颗粒物监测结果均达到《大气污染物                           | 已落实 |

| 环境要素 | 环评报告/批复文件             | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                                                                                                                                       | 实际采取污染防治措施                                                                                           | 评价  |
|------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      |                       | 排放限值要求，即：颗粒物浓度 $\leq 1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。                                                                                                                                                     | 《综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 无组织排放限值要求，即：颗粒物浓度 $\leq 1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。                         |     |
|      | 环评批复文件（西环管发〔2023〕25号） | 施工过程中应采取洒水喷雾降尘，控制施工作业面，合理安排施工工序、施工进度。                                                                                                                                                               | 施工过程中配套洒水车、雾炮设施，施工现场和运输道路采取洒水喷雾降尘，大风或干燥天气增加洒水喷雾次数。                                                   | 已落实 |
|      |                       | 对未覆膜边坡、材料堆存区应采用防尘网覆盖，对回填料、筛后剥离土、黏土及基质土的运输须密闭运输。                                                                                                                                                     | 大风天气，尽量少进行改性磷石膏倾倒和其他易产扬尘的作业。改性磷石膏回填及时碾压、洒水降尘。                                                        | 已落实 |
|      |                       | 设置“三池一设备”，合理安排运输道路的洒水降尘，出场车辆进行冲洗。                                                                                                                                                                   | 黏土、改性磷石膏等粉料物质运输车辆顶部采取覆盖措施、密闭运输，严禁超载，控制车速，避免沿途抛、洒、滴、漏。运输道路合理安排洒水降尘措施，有效抑制扬尘。出场车辆进行冲洗，严禁带泥上路。          | 已落实 |
|      |                       | 场界颗粒物浓度应达到《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 无组织排放限值要求。                                                                                                                                                 | 根据 2023 年第 4 季度至 2026 年第 2 季度项目场界无组织排放废气检测报告分析，场界颗粒物监测结果均达到《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 无组织排放限值要求。 | 已落实 |
| 声环境  | 项目环评报告                | <b>（1）施工噪声污染防治措施：</b><br>①在符合施工需要的前提下，尽可能选取噪声低、振动小、能耗小的先进设备。加强对施工机械的维护保养，避免由于设备性能差而使机械噪声增大的现象发生，避免偶发噪声发生。<br>②加快施工进度，合理安排施工时间。<br>③加强对施工人员的环境宣传和教育，使他们认真落实各项降噪措施，做到文明施工。<br>④运输施工物资应注意合理安排施工物料运输时间。 | 各参加方加强施工机械的维护保养，避免由于设备性能差产生偶发噪声。合理安排施工物料运输时间，减少途径噪声敏感点产生污染影响。                                        | 已落实 |

| 环境要素 | 环评报告/批复文件              | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                                                                                      | 实际采取污染防治措施                                                                                                       | 评价  |
|------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      |                        | ⑤加强对施工场地的噪声管理，文明施工，做好区内交通组织，施工场地车辆出入现场时应低速、禁鸣，设立专人负责。                                                                                              |                                                                                                                  |     |
|      |                        | <b>(2) 运输噪声污染防治措施：</b><br>为避免车辆运输噪声对沿途村民的影响，要求运输车辆经过此处时减速慢行，同时加强途经村庄道路维护；在经过沿线村庄时，应减缓车速、禁止鸣笛；合理安排运输时间，运输尽量安排在昼间；运输车辆禁止夜间 22:00～次日 06:00 时间段通过乡村路段。 | 黏土、改性磷石膏等物料运输车辆途径村庄，减速慢行，禁止鸣笛，合理安排运输时间，禁止夜间 22:00～次日 06:00 时间段通过村庄路段。                                            | 已落实 |
|      |                        | <b>(3)验收要求：</b> 每季度对施工场界噪声进行监测，施工场界噪声符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）相关要求，即：昼间≤70dB(A)，夜间≤55dB(A)。                                                 | 根据 2023 年第 4 季度至 2026 年第 2 季度项目场界噪声检测报告分析，场界噪声监测结果均达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）相关要求，即：昼间≤70dB(A)，夜间≤55dB(A)。 | 已落实 |
|      | 环评批复文件（西环管发〔2023〕25 号） | <b>落实施工期噪声污染防治措施：</b> 应选取噪声低、振动小、能耗小的先进设备，加强机械养护；加快施工进度，合理安排施工时间；加强对施工人员的环境宣传和教育，做到文明施工，应合理安排施工物料运输时间；车辆出入现场时应低速、禁鸣。                               | 加强运输车辆和机械养护，运输路线途径环境敏感点控制车速、禁鸣。                                                                                  | 已落实 |
|      |                        | <b>达标要求：</b> 施工场界噪声应符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）。                                                                                              | 根据 2023 年第 4 季度至 2026 年第 2 季度项目场界噪声检测报告分析，场界噪声监测结果均达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）相关要求。                         | 已落实 |

| 环境要素 | 环评报告/批复文件             | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                                     | 实际采取污染防治措施                                                                                          | 评价  |
|------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 固体废物 | 项目环评报告                | (1) 项目施工期产生的土石方用于场地平整, 不产生废弃土石方。                                                                  | 项目施工期产生的土石方用于场地平整, 根据《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目水土保持设施验收报告》(编制单位: 金山(云南)环境工程有限公司; 2026年7月), 项目不产生废弃土石方。  | 已落实 |
|      |                       | (2) 沉淀池及淋滤水收集池沉渣, 定期进行清理, 装袋沥水晾干后用于回填区回填。                                                         | 淋滤水收集池沉渣后续定期清理, 清理过程注意保护防渗工程, 避免造成破损, 装袋沥水晾干后用于修复回填区回填。                                             | 已落实 |
|      |                       | (3) 废弃包装料能回收利用的回收利用, 不能回收的统一收集后与生活垃圾一同处置, 生活垃圾收集后清运至附近村庄垃圾收集点堆存, 定期由环卫部门处理。                       | 产生生活垃圾, 配套生活垃圾桶收集, 由环卫部门定期清运处置。                                                                     | 已落实 |
|      |                       | (4) 旱厕委托环卫部门定期清掏, 施工结束后进行消毒回填。                                                                    | 本项目部不设置旱厕, 不产生粪污。                                                                                   | 已落实 |
|      |                       | (5) 验收标准: 项目产生的各项固体废物均得到合理处置, 处置率 100%。                                                           | 固体废物妥善处置, 处置率 100%                                                                                  | 已落实 |
|      | 环评批复文件(西环管发〔2023〕25号) | 加强施工期固体废物综合利用和规范处置, 防止产生二次污染, 固废处置率应达 100%。                                                       | 施工期固体废物妥善处置, 处置率 100%。                                                                              | 已落实 |
|      |                       | 废弃包装料应尽量回收利用, 不能回收的统一收集后与生活垃圾一同处置; 生活垃圾应收集后清运至垃圾收集点堆存, 定期由环卫部门处理; 沉淀池及淋滤水收集池沉渣定期清理, 装袋沥水后用于回填区回填。 | 产生生活垃圾, 配套生活垃圾桶收集, 由环卫部门定期清运处置。淋滤水收集池沉渣后续定期清理, 清理过程注意保护防渗工程, 避免造成破损, 装袋沥水晾干后用于修复回填区回填。              | 已落实 |
| 环境风险 | 项目环评报告                | <b>回填体泥石流环境风险防范:</b><br>①排洪构筑物安全监测排洪构筑物在汛期前应进行一次安全大检查, 检查构筑物有无变形、位移、                              | 项目施工期设置临时截排水设施, 不断完善落实水土保持措施; 场内排水沟总长度 15964.47m、最终汇入截洪沟下游出水口排放; 场外截水沟长度 2495.3m, 沿线共设置 10 个沉砂池, 回填 | 已落实 |

| 环境要素 | 环评报告/批复文件 | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 实际采取污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 评价  |
|------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      |           | 损毁、淤堵等情况，汛期应每天观察排水能力，发现异常，立即排除。<br>②回填平台安全监测，回填安全监测内容包括：拦挡设施坝体轮廓尺寸、变形、裂缝、滑坡和渗漏、坝面保护监测等。平台位移监测可采用视准线法和前方交汇法。位移异常变化时应增加监测次数。<br>③位移监测点 21 个。                                                                                                                                                            | 区外雨水经沉淀后排出场外；减少雨季造成水土流失和淋滤水产生量；在汛期前进行安全大检查，确保通畅。<br>设置回填平台安全监测，回填安全监测内容包括：拦挡设施坝体轮廓尺寸、变形、裂缝、滑坡和渗漏、坝面保护监测等；位移异常变化时应增加监测次数。<br>建设单位组织编制《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目突发环境事件应急预案》（2024 年 2 月实施），并获得昆明市生态环境局西山分局的备案文件（备案编号：530112-2024-014-L）；定期开展应急演练。                                                                                                                                                  |     |
|      |           | 淋滤水泄漏环境风险防范：详见地下水防范措施。                                                                                                                                                                                                                                                                                | 严格落实情况见地下水防范措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 已落实 |
| 环境监测 | 项目环评报告    | ①施工期大气例行监测，每季度一次。<br>②施工期噪声监测，每季度一次。<br>③地下水跟踪监测，每季度 1 次，每两次监测之间间隔不少于 1 个月。<br>④淋滤水收集池水质监测，每月一次。<br>⑤地下水导排管排水跟踪监测。<br>⑥生态修复材料检测，回填的磷石膏需符合由云天化环保科技有限公司提出、昆明市环境保护联合会发布的团体标准《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（T/KMSHJBHLHH001-2022）表 2 重金属指标限值要求；特征污染物均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物< | ①施工期大气、噪声、地下水按照每季度开展例行监测；地下水导排管排水有出水按照每月跟踪监测；淋滤水收集池每月开展水质监测；具体见表 6.2-6 项目施工期监测基本情况和结果评价。<br>②施工期间，改性磷石膏生产单位对每批次进场的磷石膏基生态修复材料均进行了严格的质量检验与见证取样检测。根据《改性磷石膏质量总结报告》（2026 年 6 月 10 日，北京建工环境修复股份有限公司）：自开工至项目结束，监测公司为云南华测检测认证有限公司、云南亚明环境监测科技有限公司、云南环绿环境检测技术有限公司、玉溪华恒环境科技有限公司，共计取样约 1746 个样品，检测结果均合格。<br>③根据建设单位提供土壤质量检测报告，本项目总共监测 32 个样品，检测指标为 10 项（pH、汞、砷、铜、锌、铅、镉、铬、镍、氟化物），仅 3 个样品铅超《土壤环境质量 农用地土壤污 | 已落实 |

| 环境要素 | 环评报告/批复文件 | 环评阶段施工期污染防治措施                                                                                                                                                                  | 实际采取污染防治措施                                                                           | 评价 |
|------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
|      |           | 10000mg/kg；按照 HJ557 规定方法获得的浸出液中特征污染物浓度未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），pH 在 6~9 之间。<br>⑦基质土购买时检测，项目基质土须满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》（GB15618-2018）要求。 | 染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）的筛选值(超标 0.014~0.079 倍)、但未超管制值；其余指标均达到 GB 15618-2018 的筛选值。 |    |

6.1.4 营运期环保措施“三同时”落实情况

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目属于环保工程项目，“三同时”内容包括：□地质灾害治理（场地平整、边坡治理）；□回填治理及地形地貌重塑（基础处理、回填治理及地形重塑、拦挡设施、防渗工程、地下水导排、淋滤水导排、场外截水沟）；□生态重建（土壤重构、植被重建）；□其他修复区（土壤重构、植被重建）；□渗滤液收集池；□地下水监控井等。双哨磷矿厂磷矿生态修复项目项目“三同时”落实情况如表 6.1-2。

表 6.1-2 双哨生态修复项目营运期工程环保措施落实情况一览表

| 环境要素   | 环评报告/批复文件 | “三同时”污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 落实情况                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 评价  |
|--------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 建设项目概况 | 环评批复      | <p>（1）建设地点<br/>云南省昆明市西山区海口街道双哨社区曹家沟，地理坐标东经 102°28'28.599"、北纬 24°48'20.866"。</p> <p>（2）主要建设内容<br/>①项目修复面积 480503m<sup>2</sup>（约 720.75 亩），其中地质灾害回填修复区面积 280639m<sup>2</sup>，其他生态修复区面积 199864m<sup>2</sup>。采用“地质灾害治理（场地平整、基础处理、边坡治理、防渗工程、回填治理及地形重塑）+生态重建（土壤重构+植被重建）”的方式进行生态修复。工程内容包括地质灾害治理、地形地貌重塑、生态重建等主体工程，配套建设辅助、公用、环保工程。<br/>②地质灾害治理采用磷石膏基生态修复材料回填，回填量 825.6 万 m<sup>3</sup>。项目回填使用的磷石膏基生态修复材料依托《海口工业园区（街道）云龙磷矿矿区修复治理项目》中的磷石膏基生态修复材料生产线生产。<br/>③项目实施后可恢复乔木林地 71848m<sup>2</sup>，灌木林地 258496m<sup>2</sup>，其他草地 30262m<sup>2</sup>，旱地 113521m<sup>2</sup>，农村道路 6376m<sup>2</sup>。</p> <p>（3）投资</p> | <p>（1）建设地点<br/>昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目位于昆明市西山区海口街道双哨社区曹家沟，地理中心坐标东经 102°28'28.599"、北纬 24°48'20.866"。</p> <p>（2）主要建设内容<br/>①项目矿山生态修复范围 480503m<sup>2</sup>（约 720.75 亩），修复区分为 2 大块：地质灾害回填修复治理区 283907.32m<sup>2</sup>（约 425.86 亩）及其他修复区 196595.68m<sup>2</sup>（约 294.89 亩）。采用“地质灾害治理（场地平整、基础处理、边坡治理、防渗工程、回填治理及地形重塑）+生态重建（土壤重构+植被重建）”的方式进行生态修复；工程内容包括地质灾害治理、地形地貌重塑、生态重建等主体工程，配套建设辅助、公用、环保工程。<br/>②采用改性磷石膏基生态修复材料回填，累计回填量 921.7 万 m<sup>3</sup>，约 1746 万吨。项目回填使用的磷石膏基生态修复材料依托《海口工业园区（街道）云龙磷矿矿区修复治理项目》中的磷石膏基生态修复材料生产线生产，其生产能力为 5 万吨/天。实际回填相对于环评报告改性磷石膏基生态修复材料回填量 825.6 万 m<sup>3</sup>新增 96.1 万 m<sup>3</sup>，新增比例 11.64%。<br/>③累计恢复乔木林地 62821.36m<sup>2</sup>、灌木林地 166065.84m<sup>2</sup>、其他草地 114089.84m<sup>2</sup>、旱地 91467.69m<sup>2</sup>、果园 23125m<sup>2</sup>，修建农村道路 15395m<sup>2</sup>、保留坑塘水面 5718.27m<sup>2</sup>。乔木林地、灌木林地、其他草地、旱地、果园总计面积 457569.73m<sup>2</sup>，土地复垦率为 95.23%。</p> <p>（3）投资</p> | 已落实 |

| 环境要素  | 环评报告/批复文件 | “三同时”污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 落实情况                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 评价  |
|-------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|       |           | 项目总投资 40136.02 万元，其中环保投资 4200.07 万元。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 项目实际总投资 49337.97 万元，其中实际环保投资 6530.85 万元，实际环保投资比例 13.24%。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |
| 生态环境  | 项目环评报告    | 供水保障：项目区西侧、东侧各建设一个高位水池，西侧容积 1000m³，东侧容积 1000m³，用于收集回填修复区以外的雨水用于项目区植被养护。                                                                                                                                                                                                                                                                             | 项目区东侧（项目部旁）建成高位水池 3650m³，2#应急池 3100m³，1#应急池 4250m³ 已拆除，采取“30cm 黏土层+土工布+1.5mm HDPE 防渗膜”作为防渗，施工期应急启动作为淋滤水暂存蓄水。后续待渗滤液减少，改为收集运营期雨水，收集存蓄水源用于植被养护。                                                                                                                                                                                                                                                                              | 已落实 |
| 地表水环境 | 项目环评报告    | 项目运营期顶部覆膜后无淋滤水产生，若有淋滤水产生则运回到云南磷化集团海口磷业有限公司厂区回用于生产线。定期对淋滤水进行监测，记录水质情况，直到连续 2 年内没有淋滤水产生。                                                                                                                                                                                                                                                              | 渗滤液收集池至云南磷化集团海口磷业有限公司柳树箐磷石膏渣库的渗滤液收集池通过 6.5km 回用管道输送，并配套回用泵工程；回用淋滤水作为云南磷化集团海口磷业有限公司生产用水。每月开展一次淋滤水水质监测。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 已落实 |
| 地下水环境 | 项目环评报告    | <p><b>（1）设置地下水跟踪监测井 5 口：</b>上游对照监测井 1 口，下游污染监控井 2 口，东侧对照监测井 1 口，西侧污染监控井 1 口。</p> <p><b>（2）监测井建设要求：</b>井口保护筒使用不锈钢材质，井盖中心部分采用高密度树脂材料，避免数据无线传输信号被屏蔽；井口锁头使用异型锁，避免偷盗行为；保护筒高 50cm，下部埋入水泥平台中 10cm 起到固定作用。警示柱直径 4cm，用碳钢材质，长 1m，漆成黄黑相间色，高出水泥平台 0.5m，埋在水泥平台下 0.5m。水泥平台为厚 15cm 的正方形水泥台，水泥台四角须磨圆，并各设置一根警示柱；在水泥平台式保护装置周边 1m 区域内设立地下水环境监测井警示牌。在水泥平台的四个角设立警示柱。</p> | <p><b>（1）</b>根据中国有色金属工业昆明勘察设计研究院有限公司《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目地下水监测井成井记录报告》和《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目地下水监测井设置规范性论证报告》，项目区已经设置污染监控井 5 座：左岸观测井 1#（JCJ01），钻孔深度 140.00m；下游扩散井 2#（JCJ02），钻孔深度 100.00m；下游观测井 3#（JCJ03），钻孔深度 121.00m；右岸观测井 4#（JCJ04），钻孔深度 238.00m；上游背景井 5#（JCJ05）钻孔深度 204.00m。对下游监控井水质持续跟踪监测；利用回填修复区防渗膜底部地下水导排管进行膜下排水监控，防渗膜底部地下水导排管有水排出时定期对导排管水质进行监测。</p> <p><b>（2）</b>已经按照《地下水环境监测技术规范》（HJ164-2020）设立地下水跟踪监测井标识标牌。</p> | 已落实 |
|       |           | <b>监测要求：</b> 修复完成后，地下水监测系统继续运行，至少每半年 1 次对地下水水质进行检测，直到地下水水质连续 2 年不超出地下水本底水平。                                                                                                                                                                                                                                                                         | 修复完成后，地下水监测系统继续运行，每季度 1 次，修复完成后根据云南省地方标准《改性磷石膏用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（DB53/T 1269-2024）地下水监测要求开展地下水跟踪监测，地下水监测系统继续运行，按照 1 次/季；直到地下水水质连续 2 年不超出地下水本底水平。                                                                                                                                                                                                                                                                          | 已落实 |
|       |           | <b>应急措施：</b> 制定地下水应急预案，在监控井水质异常情况下，须立即采取应急措施，启动应急方案，对下游污染监控井进行抽水，水质经处理达标后回                                                                                                                                                                                                                                                                          | 编制突发环境应急预案，包含地下水应急预案，在监控井水质异常情况下，须立即采取应急措施，启动应急方案，对下游污染监控井进行抽水，抽排至淋滤水收集池，利用渗滤液收集池至云南磷化集团海口磷业有限                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 已落实 |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

| 环境要素 | 环评报告/批复文件             | “三同时”污染防治措施                                                      | 落实情况                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 评价  |
|------|-----------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      |                       | 到农灌高位水池用于农田用水。                                                   | 公司柳树箐磷石膏渣库的渗滤液收集池的 6.5km 回用管道输送，作为云南磷化集团海口磷业有限公司生产用水。                                                                                                                                                                                                                                                          |     |
|      | 环评批复文件（西环管发〔2023〕25号） | 设置 5 座地下水跟踪监测井，应定期对地下水进行监测，并做好台账记录管理。                            | 设置 5 座地下水跟踪监测井：左岸观测井 1#（JCJ01），下游扩散井 2#（JCJ02），下游观测井 3#（JCJ03），右岸观测井 4#（JCJ04），上游背景井 5#（JCJ05）。地下水跟踪监测井和地下水导排口进行跟踪监测，每季度至少开展 1 次监测，并做好台账记录管理，观测特征污染因子的变化趋势，并判定项目防渗工程的完好性。                                                                                                                                      | 已落实 |
|      |                       | 制定地下水应急预案，在发生泄露情况下应立即启动应急预案，对水质异常的监控井进行抽水，抽排至淋滤水收集池或槽车及时处理。      | 对地下水跟踪监测井和地下水导排口进行跟踪监测，每季度至少开展 1 次监测，并做好台账记录管理，观测特征污染因子的变化趋势，并判定项目防渗工程的完好性，若发现地下水水质异常，则分析原因，必要情况启动地下水应急预案。<br>建设单位组织编制《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目突发环境事件应急预案》（2024 年 2 月实施），包含地下水应急预案，在监控井水质异常情况下，须立即采取应急措施，启动应急方案，对下游污染监控井进行抽水，抽排至淋滤水收集池，利用渗滤液收集池至云南磷化集团海口磷业有限公司柳树箐磷石膏渣库的渗滤液收集池的 6.5km 回用管道输送，作为云南磷化集团海口磷业有限公司生产用水。 | 已落实 |
| 环境风险 | 项目环评报告                | （1）严格控制回填的磷石膏基生态修复材料质量。                                          | 按照项目环评报告、环评批复、DB5301/T99-2023、DB53/T 1269-2024 和“便函〔2024〕2322 号”等相关要求制定改性磷石膏属性鉴定监测方案，并委托资质单位开展检测。确保每批次改性磷石膏均达到第 I 类一般工业固体废物质量指标后，方可回填本项目生态修复区，并做好台账记录。                                                                                                                                                         | 已落实 |
|      |                       | （2）严格按照《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复治理变更方案》和堆填方案进行施工，落实好施工监理，确保回填堆体稳定、安全。 | 磷石膏基生态修复材料回填按照生态修复方案、堆填设计方案实施，分层回填，分层碾压，并委托思欧工程科技有限公司开展压实度检测，检测结果均合格；采取工程监理、环境监理等质量控制措施，确保工程施工质量、回填堆体稳定、安全运行。                                                                                                                                                                                                  | 已落实 |
|      |                       | （3）严格按照地下水污染防治措施执行。                                              | 回填修复区和渗滤液收集池矿坑底、内边坡落实防渗工程，配套淋滤水收集管网和淋滤水收集池；利用渗滤液收集池至云南磷化集团海口磷业有限公司柳树箐磷石膏渣库的渗滤液收集池的 6.5km 回用管道输送，作为云南磷化集团海口磷业有限公司生产用水。设置 5 口地下水跟踪监测井和 1 个地下水导排口，定期开展检测。                                                                                                                                                         | 已落实 |
|      |                       | （4）回填料泥石流环境风险防范                                                  | ①排洪构筑物安全监测                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 已落实 |

| 环境要素   | 环评报告/批复文件             | “三同时”污染防治措施                                                                                                                                                                                                                                                  | 落实情况                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 评价  |
|--------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|        |                       | <p>①排洪构筑物安全监测<br/>排洪构筑物在汛期前应进行一次安全大检查，检查构筑物有无变形、位移、损毁、淤堵等情况，汛期应每天观察排水能力，发现异常，立即排除。</p> <p>②回填平台安全监测<br/>回填安全监测内容包括：拦挡设施坝体轮廓尺寸、变形、裂缝、滑坡和渗漏、坝面保护监测等。平台位移监测可采用视准线法和前方交汇法，位移异常变化时应增加监测次数。</p> <p>③编制应急预案备案并定期演练<br/>应编制生态修复区安全生产各项规章制度并组织实施，编制各种灾害应急预案并组织演练。</p> | <p>场内排水沟：平台横向排水沟素混凝土结构，矩形断面，<math>B \times H = 0.3m \times 0.4m</math>；边坡纵向排水沟素混凝土结构，矩形断面，<math>B \times H = 1.5m \times 0.6m</math>；场内排水沟总长度 15964.47m。场外截水沟：截水沟采用钢筋混凝土结构，矩形断面，断面尺寸 <math>B \times H = 1.0 \sim 1.5m \times 1.2 \sim 1.8m</math>，沿线共设置 10 个沉砂池，回填区外雨水经沉淀后排出场外，场外截水沟长度 2495.3m。在汛期前应进行一次安全大检查，确保通畅。</p> <p>②回填平台安全监测<br/>设置回填平台安全监测，回填安全监测内容包括：拦挡设施坝体轮廓尺寸、变形、裂缝、滑坡和渗漏、坝面保护监测等；位移异常变化时增加监测次数。</p> <p>③编制应急预案备案并定期演练<br/>编制《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目突发环境事件应急预案》（2024 年 2 月实施），并获得昆明市生态环境局西山分局的备案文件（备案编号：530112-2024-014-L）；定期组织开展应急演练。</p> |     |
|        | 环评批复文件（西环管发〔2023〕25号） | <p>磷石膏基生态修复材料回填应按照生态修复方案、堆填设计方案实施，确保回填堆体稳定、安全，杜绝安全事故发生。</p> <p>编制突发环境事件应急预案，并报昆明市生态环境局西山分局备案，最大限度减轻风险事故对周围环境的影响。</p>                                                                                                                                         | <p>磷石膏基生态修复材料回填按照生态修复方案、堆填设计方案实施，分层回填，分层碾压，并委托思欧工程科技有限公司开展压实度检测，检测结果均合格；确保回填堆体稳定、安全，杜绝安全事故发生。</p> <p>建设单位组织编制《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目突发环境事件应急预案》（2024 年 2 月实施），并获得备案文件（备案编号：530112-2024-014-L）；配套相关应急物资和措施；定期开展应急演练。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 已落实 |
|        | 环评批复                  | 设计阶段应开展环境保护设计，落实生态保护和污染防治的各项措施及投资。严格执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环保“三同时”制度。                                                                                                                                                                                 | 本项目工程设计阶段开展环境保护设计，落实生态保护和污染防治的各项措施及投资。已经执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环保“三同时”制度。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 已落实 |
| 重大变动情况 | 环评批复                  | 项目的性质、规模、地点或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动的，应当重新报批建设项目的环评文件。                                                                                                                                                                                                          | 参照《建设项目环境保护管理条例（2017 年修订）》对比分析，本项目变动部分，不属于重大变动。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 已落实 |
| 重新审核   | 环评批复                  | 自本批复之日起超过五年，方决定项目开工建设的，环评文件应当报我局重新审核。                                                                                                                                                                                                                        | 本项目 2023 年 7 月 30 日开工建设，项目环评批复时间 2023 年 7 月 21 日，开工建设在本批复之日五年期限内。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 已落实 |

### 6.1.5 环保投资落实情况调查

根据《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境影响报告表》（报批稿，2023年6月）和《昆明市生态环境局西山分局关于<昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境影响报告表>的批复》（西环管发〔2023〕25号）分析，估算总投资40136.02万元，其中环保投资为4200.07万元，占本次总投资比例的10.46%。本项目实际总投资49337.97万元，其中环保投资6530.85万元占本次总投资比例的13.24%；环保措施均已按要求落实，较环评提出的环保投资多投入2330.78万元。环保投资落实情况表见6.1-5。

表 6.1-5 项目环保投资落实情况

| 时段  | 类别 | 环保治理措施                                                                                       | 环评报告投资<br>(万元) | 实际投资费用<br>(万元) |
|-----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|
| 施工期 | 废气 | 洒水降尘、篷布遮盖、控制车速；洒水车3辆、雾炮6台。                                                                   | 32             | 33.60          |
|     |    | 每季度对项目区大气环境进行监测。                                                                             | 10             | 10.25          |
|     |    | 对未覆膜边坡、材料堆存区采用防尘网覆盖。                                                                         | 5              | 5.72           |
|     | 废水 | 临时沉淀池2个（容积分别为3m <sup>3</sup> 、2m <sup>3</sup> ），分别用于收集生活污水、施工废水。                             | 2              | 2.90           |
|     |    | 淋滤水导排沟、地下水导排沟                                                                                | 221.72         | 378.73         |
|     |    | 回填修复区底部基础处理                                                                                  | 300            | 1392.64        |
|     |    | 回填修复区防渗：底部进行基础处理，铺设粘土层，回填区底部、内边坡、顶部铺设防渗层，粘土层、防渗层渗透系数 $\leq 1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 。 | 2109.89        | 3242.93        |
|     |    | 三级淋滤水收集沉淀池1座，渗透系数 $\leq 1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 。                                    | 100            | 84.56          |
|     |    | 施工质量管理：施工方案包括施工质量保证和施工质量控制内容，明确环保条款和责任，施工完毕后保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告，提供人工防渗衬层完整性检测报告。    | 40             | 196.50         |
|     |    | 定期对淋滤水、地下水进行监测。                                                                              | 20             | 32.48          |
|     | 噪声 | 选用低噪设备、合理布局、合理施工、加强设备维护                                                                      | 5              | 0.40           |
|     |    | 每季度进行噪声监测                                                                                    | 5              | 1.80           |
|     | 固废 | 废土石全部用于场地平整。                                                                                 | 4              | 78.78          |
|     |    | 生活垃圾收集桶                                                                                      | 0.02           | 0.10           |
|     |    | 临时旱厕1个                                                                                       | 1              | 1.20           |
|     | 其他 | 对每批次生态修复材料进行检测，对每批次入场基质土进行监测                                                                 | 25             | 150.00         |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

|     |        |                                                                        |         |         |
|-----|--------|------------------------------------------------------------------------|---------|---------|
|     |        | 定期对管理人员进行培训，并按照国家档案管理等法律法规进行整理与归档，永久保存。                                | 2       | 0.80    |
|     | 生态     | 生态修复 480503m <sup>2</sup> 。管理、维护：定期浇灌、基肥及追肥；连续抚育 3 年，每年一次，适时补植，种植后人工巡护 | 757.44  | 357.46  |
| 运营期 | 环境监测管理 | 项目运营期顶部覆膜后无淋滤水产生，若有淋滤水产生则运回厂区回用。                                       | 60      | 60.00   |
|     |        | 地下水跟踪监测点 5 个；地下水导排管排口。                                                 |         |         |
|     |        | 淋滤水收集池跟踪监测、土壤跟踪监测。                                                     |         |         |
|     |        | 开展生态调查。                                                                |         |         |
|     | 应急资金   | 运营期环境风险及地下水污染应急资金                                                      | 500     | 500.00  |
| 合计  |        |                                                                        | 4200.07 | 6530.85 |

表七 环境质量及污染源监测

7.1 地下水环境质量监测

(1) 执行标准

总磷执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准限值，总铬例行监测作为参考，其余指标执行《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准限值。

(2) 监测点位及监测因子

地下水监控井 5 座、敏感目标 1 口水井、地下水导排口 1 个，监测内容见表 8-1。

项目环评报告要求跟踪监测 17 项因子：pH、耗氧量、总磷、总溶解性总固体、氟化物、总硬度、氯化物、硝酸盐、铜、砷、锌、镉、铅、汞、总铬、六价铬、镍

云南省地方标准《改性磷石膏用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（DB53/T 1269-2024）地下水跟踪监测因子：氟化物、pH、氯化物、硫酸盐、硝酸盐、亚硝酸盐、铜、锌、砷、硒、镉、铬、铅等监测指标以及改性磷石膏的特征污染物。

《磷石膏利用和无害化贮存污染控制技术规范》（HJ1415-2025）回填利用控制特征污染因子 pH、氟化物、磷酸盐、氨氮、化学需氧量、总铅、总镉、总砷、总铬。

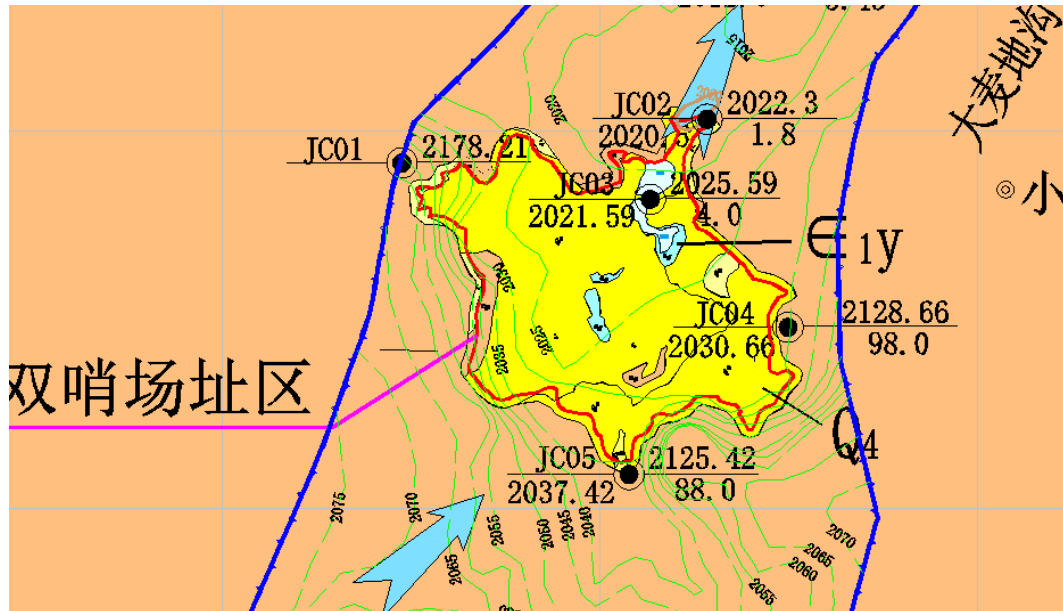
综上所述，本项目竣工环境保护验收地下水跟踪监测因子 21 项：pH，耗氧量，总磷，总溶解性总固体，氟化物，总硬度，氯化物，硝酸盐，铜，砷，锌，镉，铅，汞，总铬，六价铬，镍，硫酸盐，亚硝酸盐，硒，氨氮。

表 7.1-1 本次项目竣工环境保护验收地下水监测内容一览表

| 监测点位                                                 | 监测项目                                                                            | 监测频次                  | 评价标准                                                                                      |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 左岸观测井 1#（JCJ01）：东经 102°28'49.2916"，北纬 24°49'09.6249" | 监测因子 21 项：pH，耗氧量，总磷，总溶解性总固体，氟化物，总硬度，氯化物，硝酸盐，铜，砷，锌，镉，铅，汞，总铬，六价铬，镍，硫酸盐，亚硝酸盐，硒，氨氮。 | 监测 2 天，每天测 2 次（上午和下午） | 总磷执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III 类标准限值，总铬例行监测作为参考，其余指标执行《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类标准限值 |
| 下游扩散井 2#（JCJ02）：东经 102°28'16.1601"，北纬 24°49'20.9201" |                                                                                 |                       |                                                                                           |
| 下游观测井 3#（JCJ03）：东经 102°28'41.7038"，北纬 24°48'17.1424" |                                                                                 |                       |                                                                                           |
| 右岸观测井 4#（JCJ04）：东经 102°28'49.8444"，北纬 24°48'03.3451" |                                                                                 |                       |                                                                                           |
| 上游背景井 5#（JCJ05）：东经 102°28'36.7196"，北纬 24°47'54.3145" |                                                                                 |                       |                                                                                           |
| 地下水导排口 6#（东经 102°28'41.9383"，北纬 24°48'19.3461"）      |                                                                                 |                       |                                                                                           |

畅茂化工生产用水 SJ12 水井 7# (污染监控井, 项目区下游 430m; 东经 102°28'35.121", 北纬 24°49'11.05")

备注: (1) 监测期间需测定井口标高和水位; (2) 地下水监测井需按照《地下水环境监测技术规范》(HJ164-2020) 相关要求规范洗井。



#### (4) 监测时间和频率

频次为 2 次/天, 监测 2 天。

## 7.2 淋滤水监测

### (1) 执行标准

环评批复未给出标准。

### (2) 监测点位及监测因子

淋滤水导流口 1 个监测点位, 监测内容见表 8-2。

项目环评报告渗滤液监测因子 12 项: pH、氟化物、总磷、铜、砷、锌、镉、铅、汞、总铬、六价铬、镍。

云南省地方标准《改性磷石膏用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》(DB53/T 1269-2024) 渗滤液监测要求:《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 和 DB53/T 1269-2024 第 7 章确定监测指标 (pH、磷酸盐、氟化物、总汞、总镉、总铬、六价铬、总砷、总铅、总镍、总锌、总钼、总银、烷基汞)。

综上分析, 项目竣工环境保护验收阶段淋滤水监测因子为 13 项: pH、氟化物、总磷、铜、砷、锌、镉、铅、汞、总铬、六价铬、镍、钼。

表 7.2-1 淋滤水监测内容一览表

| 监测点位       | 监测项目                                     | 监测频次                     | 评价标准 |
|------------|------------------------------------------|--------------------------|------|
| 淋滤水导流口 1 个 | 13 项指标：pH、氟化物、总磷、铜、砷、锌、镉、铅、汞、总铬、六价铬、镍、铍。 | 监测 2 天，每天测 4 次（按照 4 个时段） | /    |

(3) 监测时间和频率

频次为 4 次/天，监测 2 天。

7.3 地表水环境质量监测

(1) 监测点位、因子和执行标准

云南省地方标准《改性磷石膏用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（DB53/T 1269-2024）地表水监测要求：生态修复后，《污水综合排放标准》（GB8978-1996）和 DB53/T 1269-2024 第 7 章确定监测指标（pH、磷酸盐、氟化物、总汞、总镉、总铬、六价铬、总砷、总铅、总镍、总锌、总铍、总银、烷基汞）；监测点位和采样具体要求与 5.4.4 中要求保持一致。“5.4.4 地表水监测指标：按照 GB3838 要求，根据水环境保护功能，综合回填改性磷石膏的污染特征因子合理确定，包括但不限于总磷、氟化物、pH、化学需氧量、氨氮、铜、锌、砷、汞、镉、铬、铅等监测指标。”

项目环评报告现状监测：项目区东面 6.5km 为螳螂川，本底调查单位委托检测公司 2023 年 3 月 16-18 日，对螳螂川上游里仁村附近和下游甸基村附近进行了地表水采样检测，其中上游检测点名位于项目区上游 8km，下游检测断面位于项目区下游 5km。检测指标项：pH、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量、氨氮、总磷、铜、锌、氟化物、砷、汞、硒、镉、六价铬、氟化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物、BOD<sub>5</sub>、粪大肠菌群。

综上分析，本次竣工环境保护验收监测地表水监测 15 项指标：pH、总磷、氟化物、化学需氧量、氨氮、铜、锌、砷、汞、镉、六价铬、硒、铅、铍、镍。

地表水环境保护目标为项目东面 6.5km 的螳螂川，环境功能为《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准。

项目地表水监测点位 3 个，监测内容见表 7.3-1。

表 7.3-1 地表水监测内容一览表

| 监测点位                                                                                                                    | 监测项目                                             | 监测频次      | 评价标准                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------|--------------------------------|
| 螳螂川上游里仁村附近断面 SW1，螳螂川下游甸基村附近断面 SW2，项目淋滤水收集池下游水塘 SW3                                                                      | 15 项指标：pH、总磷、氟化物、化学需氧量、氨氮、铜、锌、砷、汞、镉、六价铬、硒、铅、铍、镍。 | 1 次/天，2 天 | 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准 |
| 备注：（1）螳螂川上游检测断面位于项目区上游 8km，下游检测断面位于项目区下游 5km；（2）里仁村：102°35'06.75"，24°47'17.09"；甸基村：102°31'19.06"，24°51'47.77"；项目淋滤水收集池下 |                                                  |           |                                |

游水塘：102.478051，24.810260°。



图 7.3-1 项目淋滤水收集池下游水塘 SW3

## 7.4 雨水监测

### (1) 执行标准

参照执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准。

### (2) 监测点位

左右岸截排水沟末端各 1 个监测点位，SW4（左岸）和 SW5（右岸）。

### (3) 监测项目

16 项指标：pH、总磷、氟化物、化学需氧量、氨氮、铜、锌、砷、汞、镉、六价铬、硒、铅、铍、镍。备注：监测因子参照地表水，下雨天进行监测。

### (4) 监测时间和频率

监测 2 天，每天 1 次。

## 7.5 土壤环境质量监测

### (一) 审批文件要求

根据《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境影响报告表》（2023 年 6 月，报批稿）和《昆明市生态环境局西山分局关于昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态

修复项目环境影响报告表的批复》（西环管发〔2023〕25号）相关要求，土壤环境质量监测：修复完成后开展土壤跟踪监测。

根据云南省地方标准《改性磷石膏用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（DB53/T 1269-2024）相关要求，回填过程土壤监测要求如下：

（1）在矿山废弃地周边雨水易于汇流和积聚的区域以及矿山废弃地外主导风向的下风向区域布设土壤采样监测点，并根据环境风险评估结果，采集表层土壤样品；监测点位可使用 5.4.2 中已有监测点位或根据实际情况另行增设，表层土壤监测点位数量均不少于 4 个。

（2）土壤监测因子应根据场地环境质量本底情况及第 7 章提出，具有代表性且能表征磷石膏可能的污染特征；土壤监测因子的分析方法按照 GB36600 或 GB15618 的规定执行。

（3）土壤监测点的自行监测频次不少于每年 1 次。

其中 DB53/T 1269-2024 涉及“5.4.2 土壤”：调查矿山废弃地范围内土壤时，需参照以下要求进行：□土壤布点及采样要求：根据矿山废弃地及周边可能受到影响的区域地形特征、主导风向、地表径流方向等情况，按照 HJ25.2 中监测布点与采样要求进行；矿山废弃地内和外围均应设置表层样采样点；如已裸露基岩，可不设置采样点，并注明理由；□土壤监测指标：根据土地利用规划用途，参照 GB36600 或 GB15618 等标准选取基本因子，并结合回填改性磷石膏的特征因子合理确定，包括但不限于矿山废弃土壤中的氟化物、pH、镉、汞、砷、铅、铬、铜、镍、锌监测指标。

备注：审批文件要求作为制定项目竣工环境报告验收土壤环境质量监测方案的依据。

## （二）项目环评阶段土壤环境质量现状监测

根据《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境影响报告表》（2023 年 6 月，报批稿）相关内容，项目环评阶段土壤环境质量现状监测如下：

共计 21 个表层样，9 个浅层样，4 个深层样，共 34 个检测点。其中修复范围外 12 个点位（9 个表层样，2 个浅层样，1 个深层样），修复范围内 22 个点位（12 个表层样，7 个浅层样，3 个深层样），共采集 51 个土壤样品。环评阶段土壤现状监测布点图见图 8-2。

备注：项目环评阶段土壤环境质量现状监测在本次竣工环境保护验收工作不另单独开展监测工作，仅作为制定项目竣工环境报告验收土壤环境质量监测方案的依据。

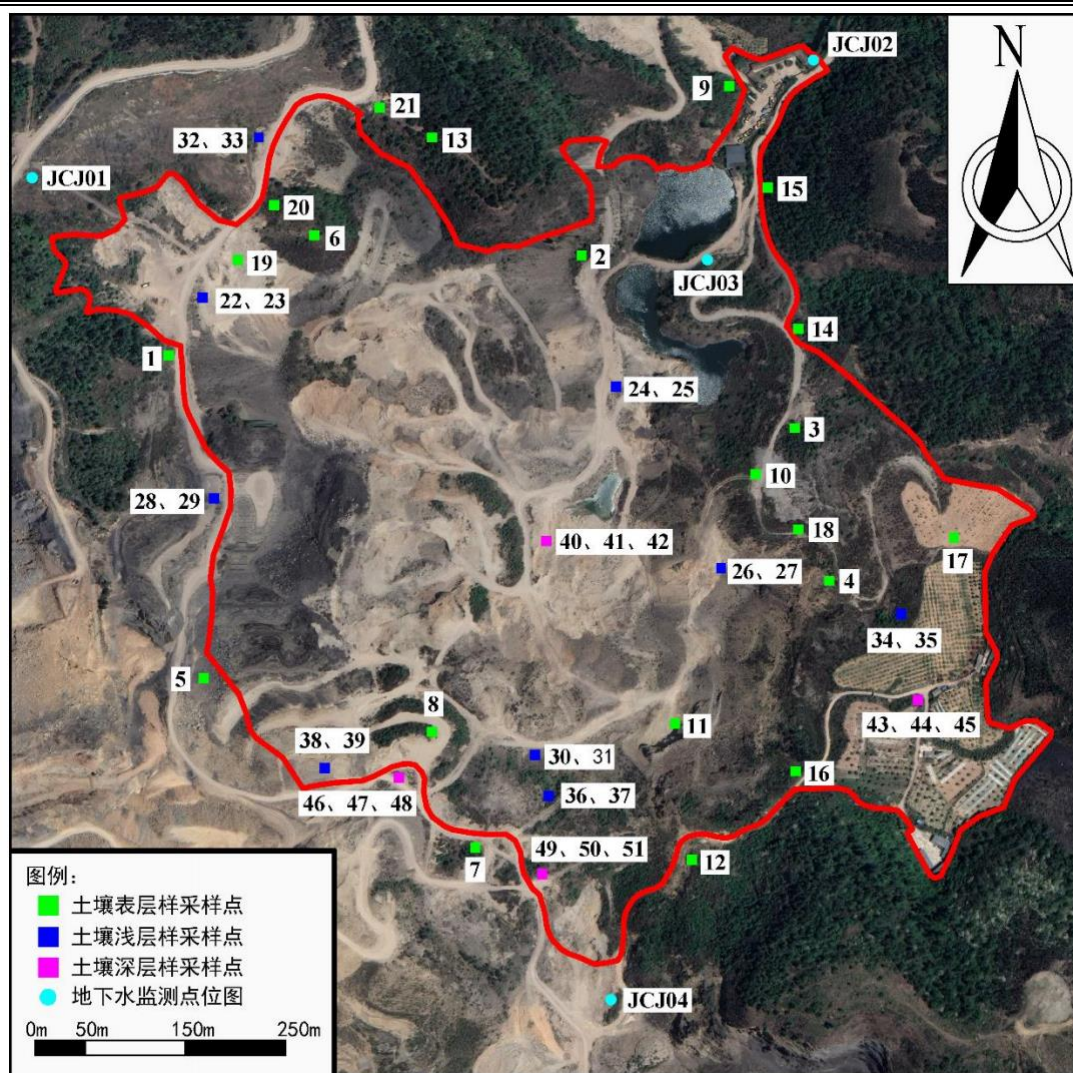


图 7.5-1 环评阶段土壤现状监测布点图

### （三）项目竣工环境报告验收土壤环境质量监测

结合上述审批文件要求和项目环评阶段土壤环境质量现状监测相关要求，制定项目竣工环境报告验收土壤环境质量监测方案。

监测点位 10 个：在矿山修复区红线外 50m 上下风向（西南风）各设置 2 个监测点 TR01（环评阶段 5#，图 4-1 中土壤表层样采样点绿色标识），TR02（环评阶段 7#），TR03（环评阶段 14#），TR04（环评阶段 15#）；对照点 TR05（环评阶段 13#）、TR06（环评阶段 12#）；矿山修复区范围内设置 1 个表层样点 TR07（环评阶段 2#）；修复区范围外周边 1km 内布设 3 个点位，即地表径流下游 TR08（环评阶段 9#）、耕地 TR09（JCJ02 下游耕地）和 TR10（JCJ02 下游耕地）。备注：耕地监测取样时，需注明农作物类型。

项目环评报告要求运营期土壤开展土壤跟踪监测因子 12 项：pH、总磷、氟化物、砷、镉、汞、铅、铬、铜、镍、六价铬、锌。

云南省地方标准《改性磷石膏用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》（DB53/T

1269-2024) 要求: 土壤监测因子应根据场地环境质量本底情况及第 7 章提出, 具有代表性且能表征磷石膏可能的污染特征。

综上分析, 本次竣工环境保护验收监测土壤监测因子为 12 项目: pH、总磷、氟化物、砷、镉、汞、铅、铬、铜、镍、六价铬、锌。

表 7.5-1 土壤监测内容一览表

| 监测项目                                  | 监测频次                        | 评价标准                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12 项指标: pH、总磷、氟化物、砷、镉、汞、铅、铬、铜、镍、六价铬、锌 | 监测 1 天, 每天测 1 次; 表层样 0~0.5m | 建设用地: 砷、镉、汞、铅、铬、铜、镍、六价铬执行《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018) 第二类用地筛选值; 氟化物参考执行深圳市地方标准《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》(DB4403/T 67-2020) 标准, 氟化物第二类用地筛选值及管制值均 $\leq 10000\text{mg/kg}$ ; 其余指标(总磷、锌、铬)参照背景点对比分析。<br>耕地: 镉、汞、砷、铅、铬、铜、镍、锌执行《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018); 氟化物参考执行深圳市地方标准《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》(DB4403/T 67-2020) 标准, 氟化物第二类用地筛选值及管制值均 $\leq 10000\text{mg/kg}$ ; 其余指标(六价铬、总磷)参照背景点对比分析。 |

## 7.6 厂界无组织废气监测

### (1) 执行标准

《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 表 2 无组织排放监控浓度限值

### (2) 监测点位及监测因子

拟设置 4 个无组织废气监测点位, 监测内容见表 7.6-1。

表 7.6-1 厂界无组织废气监测内容一览表

| 监测点位置                         | 监测项目     | 监测频次                          | 评价标准                                                                      |
|-------------------------------|----------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 厂界上风向 1 个点、下风向 3 个点, 共 4 个监测点 | 颗粒物(TSP) | 监测 2 天, 每天采样 4 次(4 个时段, 测小时值) | 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 表 2 无组织排放监控浓度限值, 即颗粒物 $\leq 1.0\text{mg/m}^3$ |

注: (1) 监测点位置根据监测时主导风向确定, 主导风向为西南风。

## 7.7 场界噪声监测

### (1) 监测点位及频次

拟在东、南、西、北场界外 1m 处各设 1 个噪声监测点, 监测内容见表 7.7-1。

表 7.7-1 噪声监测内容一览表

| 分期  | 监测点位                                                             | 监测项目                | 监测频次              | 评价标准                                  |
|-----|------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------------------------|
| 运营期 | 共设 4 个厂界噪声监测点：东面厂界（N1）、南面厂界（N2）、西面厂界（N3）、北面厂界（N4）外 1m 各设 1 个监测点。 | 等效连续 A 声级<br>Leq(A) | 监测 2 天，每天昼夜各测 1 次 | 执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准 |

## 7.8 质量保证和质量控制

### 7.8.1 监测分析方法

按环境要素说明各项监测因子监测分析方法名称、方法标准号或方法来源、分析方法的最低检出限。

### 7.8.2 监测仪器

按照监测因子给出所使用的仪器名称、型号、编号及量值溯源记录。

### 7.8.3 人员能力

简述参加验收监测人员能力情况。

### 7.8.4 水质监测分析过程中的质量保证和质量控制

水样的采集、运输、保存、实验室分析和数据计算的全过程均按《环境水质监测质量保证手册》（第四版）等的要求进行。选择的方法检出限应满足要求。采样过程中应采集一定比例的平行样；实验室分析过程一般应使用标准物质、空白试验、平行双样测定、加标回收率测定等质控措施，并对质控数据分析，附质控数据分析表。

淋滤水按照《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）落实采样质量控制（现场采样、样品保存、全程序空白样品、现场平行样品、实验室分析质量控制）、实验室分析质量控制、水质监测安全、原始记录（地表水采样记录、样品交接记录、实验室原始记录）等。

地下水按照《地下水环境监测技术规范》（HJ164-2020）和《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）落实采样质控控制、实验室分析质量控制（现场采样、样品保存、全程序空白样品、实验室空白样品、校准曲线控制、精密度控制、准确度控制、原始记录和监测报告的审核）。

地表水按照《地表水环境质量监测技术规范》（HJ91.2-2022）和《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）落实采样质控控制、实验室分析质量控制（现场采样、样品保存、全程序空白样品、实验室空白样品、校准曲线控制、精密度控制、准确度控制、原始记录和监测报告的审核）。

### 7.8.5 土壤监测分析过程中的质量保证和质量控制

土壤检测、质量控制满足《土壤环境监测技术规范》（HJ166-2026）、《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）、《四川省建设用地土壤污染风险管控标准》（DB51 2978-2023）、广西地方标准《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（DB45/T 2556-2022）等相关要求。

### 7.8.6 噪声监测分析过程中的质量保证和质量控制

声级计在监测前后用标准发声源进行校准，附噪声仪器校验表。

## 表八 验收监测质量控制及监测调查结果

## 8.1 验收监测期间生产工况记录：

在监测时段里，昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目渗滤液收集设施运行正常，各环保设施运转正常，满足竣工环保验收要求，监测数据有效。

## 8.2 验收监测结果

## 8.2.1 污染物排放监测结果

## 8.2.1.1 地表水监测结果

(1) 本项目地表水水质监测结果见表 8.2-1。

表 8.2-1 本项目地表水质监测结果分析一览表

| 检测<br>点位                    |                          | 螳螂川上游里仁村附近断面<br>SW1       |                           |    | 螳螂川下游甸基村附近断面<br>SW2       |                           |    | 项目淋滤水收集池下游水塘<br>SW3       |                           |    |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|----|---------------------------|---------------------------|----|---------------------------|---------------------------|----|
| 样品<br>编号                    | IV类<br>标准                | W260622B<br>09-1          | W260623B<br>09-1          | 评价 | W260622B<br>10-1          | W260623B<br>10-1          | 评价 | W260622B<br>11-1          | W260623B<br>11-1          | 评价 |
| 采样<br>日期<br>/接<br>样日<br>期   |                          | 2026.06.22/<br>2026.06.23 | 2026.06.23/<br>2026.06.23 | /  | 2026.06.22/<br>2026.06.23 | 2026.06.23/<br>2026.06.23 | /  | 2026.06.22/<br>2026.06.23 | 2026.06.23/<br>2026.06.23 | /  |
| 样品<br>状态                    |                          | /                         | /                         | /  | /                         | /                         | /  | /                         | /                         | /  |
| 项目                          |                          | /                         | /                         | /  | /                         | /                         | /  | /                         | /                         | /  |
| pH<br>(无<br>量<br>纲)         | 6~9                      | 7.84                      | 7.68                      | 达标 | 7.86                      | 7.73                      | 达标 | 8.07                      | 8.04                      | 达标 |
| 总磷<br>(m<br>g/L)            | ≤0.3(<br>湖、<br>库<br>0.1) | 0.14                      | 0.15                      | 达标 | 0.11                      | 0.12                      | 达标 | 0.06                      | 0.07                      | 达标 |
| 氟化<br>物<br>(m<br>g/L)       | ≤1.5                     | 0.424                     | 0.408                     | 达标 | 0.420                     | 0.402                     | 达标 | 0.378                     | 0.361                     | 达标 |
| 化学<br>需氧<br>量<br>(m<br>g/L) | ≤30                      | 24                        | 24                        | 达标 | 26                        | 26                        | 达标 | 8                         | 7                         | 达标 |
| 氨氮<br>(m<br>g/L)            | ≤1.5                     | 0.170                     | 0.201                     | 达标 | 0.167                     | 0.184                     | 达标 | 0.378                     | 0.398                     | 达标 |
| 铜<br>(m<br>g/L)             | ≤1.0                     | <0.006                    | <0.006                    | 达标 | <0.006                    | <0.006                    | 达标 | <0.006                    | <0.006                    | 达标 |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

|                                                                               |            |                       |                       |    |                       |                       |    |                       |                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------|-----------------------|----|-----------------------|-----------------------|----|-----------------------|-----------------------|----|
| 锌<br>(m<br>g/L)                                                               | ≤2.0       | 0.004                 | 0.004                 | 达标 | <0.004                | <0.004                | 达标 | 0.007                 | 0.007                 | 达标 |
| 砷<br>(m<br>g/L)                                                               | ≤0.1       | 1.8×10 <sup>-3</sup>  | 1.7×10 <sup>-3</sup>  | 达标 | 1.6×10 <sup>-3</sup>  | 1.6×10 <sup>-3</sup>  | 达标 | 6.8×10 <sup>-4</sup>  | 5.5×10 <sup>-4</sup>  | 达标 |
| 汞<br>(m<br>g/L)                                                               | ≤0.0<br>01 | <4.0×10 <sup>-5</sup> | <4.0×10 <sup>-5</sup> | 达标 | <4.0×10 <sup>-5</sup> | <4.0×10 <sup>-5</sup> | 达标 | <4.0×10 <sup>-5</sup> | <4.0×10 <sup>-5</sup> | 达标 |
| 硒<br>(m<br>g/L)                                                               | ≤0.0<br>2  | <4.0×10 <sup>-4</sup> | <4.0×10 <sup>-4</sup> | 达标 | <4.0×10 <sup>-4</sup> | <4.0×10 <sup>-4</sup> | 达标 | 4.6×10 <sup>-4</sup>  | 5.0×10 <sup>-4</sup>  | 达标 |
| 六价<br>铬<br>(m<br>g/L)                                                         | ≤0.0<br>5  | <0.004                | <0.004                | 达标 | <0.004                | <0.004                | 达标 | <0.004                | <0.004                | 达标 |
| 镉<br>(m<br>g/L)                                                               | ≤0.0<br>05 | <5.0×10 <sup>-5</sup> | <5.0×10 <sup>-5</sup> | 达标 | 5.74×10 <sup>-5</sup> | 6.39×10 <sup>-5</sup> | 达标 | 1.33×10 <sup>-4</sup> | 1.20×10 <sup>-4</sup> | 达标 |
| 铅<br>(m<br>g/L)                                                               | ≤0.0<br>5  | <9.0×10 <sup>-5</sup> | 1.14×10 <sup>-4</sup> | 达标 | 2.86×10 <sup>-4</sup> | 3.32×10 <sup>-4</sup> | 达标 | <9.0×10 <sup>-5</sup> | <9.0×10 <sup>-5</sup> | 达标 |
| 铍<br>(m<br>g/L)                                                               | ≤0.0<br>02 | <4.0×10 <sup>-5</sup> | <4.0×10 <sup>-5</sup> | 达标 | <4.0×10 <sup>-5</sup> | <4.0×10 <sup>-5</sup> | 达标 | <4.0×10 <sup>-5</sup> | <4.0×10 <sup>-5</sup> | 达标 |
| 镍<br>(m<br>g/L)                                                               | ≤0.0<br>2  | 2.59×10 <sup>-3</sup> | 2.67×10 <sup>-3</sup> | 达标 | 2.15×10 <sup>-3</sup> | 2.15×10 <sup>-3</sup> | 达标 | 2.43×10 <sup>-3</sup> | 2.56×10 <sup>-3</sup> | 达标 |
| 备注：数据来源云南坤发环境科技有限公司《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收监测检测报告》（坤发环检字[2026]-06149号）。 |            |                       |                       |    |                       |                       |    |                       |                       |    |

由表 8.2-1 分析可知，项目淋滤水收集池下游水塘水质、螳螂川上游里仁村附近断面 SW1、螳螂川下游甸基村附近断面 SW2 监测结果各项指标浓度均达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准要求。

### 8.2.1.2 大气监测结果

#### （1）无组织排放

无组织排放废气颗粒物场界监测结果见表 8.2-2。

表 8.2-2 无组织排放场界监测结果一览表

| 检测<br>点位          | 采样日期/接样日期                 | 采样时段            | 样品编号             | 无组织<br>排放监<br>控浓度<br>限值<br>(mg/m <sup>3</sup> ) | 检测项目                               | 平均值<br>(mg/m <sup>3</sup> ) | 最大值<br>(mg/m <sup>3</sup> ) | 评价 |
|-------------------|---------------------------|-----------------|------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----|
|                   |                           |                 |                  |                                                 | 总悬浮<br>颗粒物<br>(mg/m <sup>3</sup> ) |                             |                             |    |
| 参照<br>点<br>(<br>上 | 2026.06.22/2026.0<br>6.23 | 10:00~11:<br>00 | G260622B0<br>1-1 | ≤1                                              | 0.041                              | 0.036                       | 0.041                       | 达标 |
|                   |                           | 12:00~13:<br>00 | G260622B0<br>1-2 | ≤1                                              | 0.034                              |                             |                             |    |
|                   |                           | 14:00~15:<br>00 | G260622B0<br>1-3 | ≤1                                              | 0.039                              |                             |                             |    |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

|                  |                       |             |              |    |       |       |       |    |
|------------------|-----------------------|-------------|--------------|----|-------|-------|-------|----|
| 风向)              |                       | 16:00~17:00 | G260622B01-4 | ≤1 | 0.032 |       |       |    |
|                  | 2026.06.23/2026.06.24 | 09:30~10:30 | G260623B01-1 | ≤1 | 0.023 | 0.029 | 0.039 | 达标 |
|                  |                       | 11:30~12:30 | G260623B01-2 | ≤1 | 0.039 |       |       |    |
|                  |                       | 13:30~14:30 | G260623B01-3 | ≤1 | 0.023 |       |       |    |
|                  |                       | 15:30~16:30 | G260623B01-4 | ≤1 | 0.032 |       |       |    |
| 监控点1#<br>(下风向1#) | 2026.06.22/2026.06.23 | 10:00~11:00 | G260622B02-1 | ≤1 | 0.072 | 0.07  | 0.089 | 达标 |
|                  |                       | 12:00~13:00 | G260622B02-2 | ≤1 | 0.089 |       |       |    |
|                  |                       | 14:00~15:00 | G260622B02-3 | ≤1 | 0.055 |       |       |    |
|                  |                       | 16:00~17:00 | G260622B02-4 | ≤1 | 0.062 |       |       |    |
|                  | 2026.06.23/2026.06.24 | 09:30~10:30 | G260623B02-1 | ≤1 | 0.077 | 0.072 | 0.078 | 达标 |
|                  |                       | 11:30~12:30 | G260623B02-2 | ≤1 | 0.078 |       |       |    |
|                  |                       | 13:30~14:30 | G260623B02-3 | ≤1 | 0.062 |       |       |    |
|                  |                       | 15:30~16:30 | G260623B02-4 | ≤1 | 0.071 |       |       |    |
| 监控点2#<br>(下风向2#) | 2026.06.22/2026.06.23 | 10:00~11:00 | G260622B03-1 | ≤1 | 0.093 | 0.094 | 0.108 | 达标 |
|                  |                       | 12:00~13:00 | G260622B03-2 | ≤1 | 0.089 |       |       |    |
|                  |                       | 14:00~15:00 | G260622B03-3 | ≤1 | 0.108 |       |       |    |
|                  |                       | 16:00~17:00 | G260622B03-4 | ≤1 | 0.087 |       |       |    |
|                  | 2026.06.23/2026.06.24 | 09:30~10:30 | G260623B03-1 | ≤1 | 0.061 | 0.074 | 0.092 | 达标 |
|                  |                       | 11:30~12:30 | G260623B03-2 | ≤1 | 0.071 |       |       |    |
|                  |                       | 13:30~14:30 | G260623B03-3 | ≤1 | 0.092 |       |       |    |
|                  |                       | 15:30~16:30 | G260623B03-4 | ≤1 | 0.073 |       |       |    |
| 监控点3#<br>(下风向3#) | 2026.06.22/2026.06.23 | 10:00~11:00 | G260622B04-1 | ≤1 | 0.059 | 0.058 | 0.067 | 达标 |
|                  |                       | 12:00~13:00 | G260622B04-2 | ≤1 | 0.057 |       |       |    |
|                  |                       | 14:00~15:00 | G260622B04-3 | ≤1 | 0.067 |       |       |    |
|                  |                       | 16:00~17:00 | G260622B04-4 | ≤1 | 0.05  |       |       |    |
|                  | 2026.06.23/2026.06.24 | 09:30~10:30 | G260623B04-1 | ≤1 | 0.054 | 0.055 | 0.069 | 达标 |
|                  |                       | 11:30~12:30 | G260623B04-2 | ≤1 | 0.069 |       |       |    |
|                  |                       | 13:30~14:30 | G260623B04-3 | ≤1 | 0.048 |       |       |    |
|                  |                       | 15:30~16:30 | G260623B04-4 | ≤1 | 0.05  |       |       |    |

备注：数据来源云南坤发环境科技有限公司《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收监测检测报告》（坤发环检字[2026]-06149号）。

由表 8.2-2 分析可知，场界无组织排放颗粒物监测浓度达到《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 无组织排放监控浓度限值。

8.2.1.3 噪声监测结果

项目厂界噪声监测结果见表 8.2-3。

表 8.2-3 噪声监测结果 单位：dB(A)

| 检测点位     | 检测日期       | 主要声源 | 检测时间<br>(时:分) | 样品编号         | 昼间标注限值:<br>dB<br>(A) | 昼间监测值:<br>dB<br>(A) | 评价 |
|----------|------------|------|---------------|--------------|----------------------|---------------------|----|
| 东面厂界(N1) | 2026.06.22 | 生产   | 15:21         | N260622B01-1 | ≤60                  | 53.7                | 达标 |
|          | 2026.06.23 |      | 11:19         | N260623B01-1 | ≤60                  | 38.5                | 达标 |
| 南面厂界(N2) | 2026.06.22 |      | 15:36         | N260622B02-1 | ≤60                  | 57.8                | 达标 |
|          | 2026.06.23 |      | 11:06         | N260623B02-1 | ≤60                  | 41.0                | 达标 |
| 西面厂界(N3) | 2026.06.22 |      | 15:49         | N260622B03-1 | ≤60                  | 44.9                | 达标 |
|          | 2026.06.23 |      | 10:51         | N260623B03-1 | ≤60                  | 49.2                | 达标 |
| 北面厂界(N4) | 2026.06.22 |      | 15:02         | N260622B04-1 | ≤60                  | 49.9                | 达标 |
|          | 2026.06.23 |      | 10:38         | N260623B04-1 | ≤60                  | 37.9                | 达标 |

备注：（1）检测期间企业夜间不生产，仅测昼间；（2）数据来源云南坤发环境科技有限公司《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收监测检测报告》（坤发环检字[2026]-06149号）。

由表 8.2-3 分析可知，项目厂界昼间噪声监测结果均达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）的 2 类标准。

8.2.1.4 淋滤水监测结果

项目厂界噪声监测结果见表 8.2-4

表 8.2-4 淋滤水监测结果 单位：mg/L)

| 序号 | 指标        | 标准<br>限值 | 2025 年 10 月 24 日      |                       |    | 2025 年 11 月 11 日      |                       |    | 2025 年 12 月 29 日      |                       |    |
|----|-----------|----------|-----------------------|-----------------------|----|-----------------------|-----------------------|----|-----------------------|-----------------------|----|
|    |           |          | 无浮油、臭、淡绿色、微浊          |                       |    | 无浮油、微弱异味、淡绿色、微浊       |                       |    | 无浮油、微弱异味、淡绿色、微浊       |                       |    |
|    |           |          | 监测值 1                 | 监测值 2                 | 评价 | 监测值 1                 | 监测值 2                 | 评价 | 监测值 1                 | 监测值 2                 | 评价 |
| 1  | pH 值（无量纲） | 6~9      | 8.8                   |                       | 达标 | 8.6                   | 8.6                   | 达标 | 8.8                   | 8.9                   | 达标 |
| 2  | 六价铬（mg/L） | ≤0.5     | 0.004ND               | 0.004ND               | 达标 | 0.004ND               | 0.004ND               | 达标 | 0.004ND               | 0.004ND               | 达标 |
| 3  | 总磷（mg/L）  | /        | 3.20                  | 3.23                  | /  | 2.49                  | 2.52                  | /  | 4.36                  | 4.43                  | /  |
| 4  | 氟化物（mg/L） | ≤10      | 14.9                  | 15.4                  | 超标 | 18.9                  | 18.6                  | 超标 | 11.1                  | 11.6                  | 超标 |
| 5  | 汞（mg/L）   | ≤0.05    | 4×10 <sup>-5</sup> ND | 4×10 <sup>-5</sup> ND | 达标 | 4×10 <sup>-5</sup> ND | 4×10 <sup>-5</sup> ND | 达标 | 4×10 <sup>-5</sup> ND | 4×10 <sup>-5</sup> ND | 达标 |
| 6  | 砷（mg/L）   | ≤0.5     | 0.0059                | 0.0061                | 达标 | 0.0042                | 0.0039                | 达标 | 0.0018                | 0.0021                | 达标 |
| 7  | 铅（mg/L）   | ≤1.0     | 0.00217               | 0.00217               | 达  | 0.00049               | 0.00047               | 达  | 9×10 <sup>-5</sup> ND | 9×10 <sup>-5</sup> ND | 达  |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |      |                    |                       |    |                       |                       |    |                         |                         |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------|--------------------|-----------------------|----|-----------------------|-----------------------|----|-------------------------|-------------------------|----|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |      |                    |                       | 标  |                       |                       | 标  |                         |                         | 标  |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 铜 (mg/L) | ≤0.5 | $8 \times 10^{-5}$ | $8 \times 10^{-5}$ ND | 达标 | $8 \times 10^{-5}$ ND | $8 \times 10^{-5}$ ND | 达标 | $8 \times 10^{-5}$ ND   | $8 \times 10^{-5}$ ND   | 达标 |
| 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 铬 (mg/L) | ≤1.5 | 0.00039            | 0.00036               | 达标 | 0.00016               | 0.00016               | 达标 | $1.1 \times 10^{-4}$ ND | $1.1 \times 10^{-4}$ ND | 达标 |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 锌 (mg/L) | ≤2.0 | 0.0121             | 0.0125                | 达标 | 0.00380               | 0.00366               | 达标 | 0.00134                 | 0.00139                 | 达标 |
| 11                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 镉 (mg/L) | ≤0.1 | $8 \times 10^{-5}$ | $8 \times 10^{-5}$    | 达标 | $5 \times 10^{-5}$ ND | $5 \times 10^{-5}$ ND | 达标 | 0.00010                 | 0.00008                 | 达标 |
| 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 镍 (mg/L) | ≤1.0 | 0.00241            | 0.00245               | 达标 | 0.00184               | 0.00179               | 达标 | 0.00152                 | 0.00149                 | 达标 |
| 备注：（1）“检出限+ND”表示检测结果低于分析方法最低检出限。<br>（2）数据来源云南华测检测认证有限公司《双哨磷矿厂磷矿生态修复项目废水检测报告（2025年10月24日取样）》-A2250374811159、《双哨磷矿厂磷矿生态修复项目废水检测报告（2025年11月11日取样）》-A2250374811162、《双哨磷矿厂磷矿生态修复项目废水检测报告（2025年12月29日取样）》-A2250374811195。<br>（3）渗滤液参照执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中表1第一类污染物最高允许排放浓度、表4第二类污染物一级标准最高允许排放浓度，渗滤液不外排。 |          |      |                    |                       |    |                       |                       |    |                         |                         |    |
| 渗滤液参照执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中表1第一类污染物最高允许排放浓度、表4第二类污染物一级标准最高允许排放浓度限值，由表8.2-4分析可知，监测因子氟化物超标（最大超标倍数0.89）外，其余因子均满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中表1第一类污染物最高允许排放浓度、表4第二类污染物一级标准最高允许排放浓度限值要求，项目淋滤水不外排，氟化物超标对外环境影响较小，建议后期运营过程中加强淋滤水的回用管理，严禁淋滤水外排。                                                                 |          |      |                    |                       |    |                       |                       |    |                         |                         |    |

## 8.2.2 工程建设对环境的影响

### 8.2.2.1 地下水

项目地下水监测点位设置 7 个，地下水监控井 5 座、敏感目标 1 口水井、地下水导排口 1 个。左岸观测井 1#（JCJ01）因监测过程取样时无地下水，故未开展监测。敏感目标 1 口水井畅茂化工生产用水 SJ12 水井 7#（污染监控井，项目区下游 430m；东经 102°28'35.121"，北纬 24°49'11.05"）于 2026 年 7 月 9 日-10 日开展补充监测；地下水导排口 6#为项目渗滤液收集池下游山体渗水。

地下水监测结果见表 8.2-5-1，敏感目标 7#水井监测结果见 8.2-5-2。

表 8.2-5-1 地下水监测结果 (单位 mg/L)

| 检测点<br>位             | III<br>类<br>标准<br>限值 | 下游扩散井 2# (JCJ02)         |                          |                          |                          |    | 下游观测井 3# (JCJ03)         |                          |                          |                          |    | 右岸观测井 4# (JCJ04)         |                          |                          |                          |    | 上游背景井 5# (JCJ05)         |                          |                          |                          |    | 山体渗水                     |                          |                          |                          |    |
|----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----|
| 样品<br>编号             |                      | W26<br>0622<br>B02-<br>1 | W26<br>0622<br>B02-<br>2 | W26<br>0623<br>B02-<br>1 | W26<br>0623<br>B02-<br>2 | 评价 | W26<br>0622<br>B03-<br>1 | W26<br>0622<br>B03-<br>2 | W26<br>0623<br>B03-<br>1 | W26<br>0623<br>B03-<br>2 | 评价 | W26<br>0622<br>B04-<br>1 | W26<br>0622<br>B04-<br>2 | W26<br>0623<br>B04-<br>1 | W26<br>0623<br>B04-<br>2 | 评价 | W26<br>0622<br>B05-<br>1 | W26<br>0622<br>B05-<br>2 | W26<br>0623<br>B05-<br>1 | W26<br>0623<br>B05-<br>2 | 评价 | W26<br>0622<br>B06-<br>1 | W26<br>0622<br>B06-<br>2 | W26<br>0623<br>B06-<br>1 | W26<br>0623<br>B06-<br>2 | 评价 |
| 采样<br>日期             | /                    | 2026.06.22               |                          | 2026.06.23               |                          | /  | 2026.06.22               |                          | 2026.06.23               |                          | /  | 2026.06.22               |                          | 2026.06.23               |                          | /  | 2026.06.22               |                          | 2026.06.23               |                          | /  | 2026.06.22               |                          | 2026.06.23               |                          | /  |
| 样品<br>状态             | /                    | 无色、<br>无味、<br>透明         | 无色、<br>无味、<br>透明         | 无色、<br>无味、<br>透明         | 无色、<br>无味、<br>透明         | /  | 无色、<br>无味、<br>透明         | 无色、<br>无味、<br>透明         | 无色、<br>无味、<br>透明         | 无色、<br>无味、<br>透明         | /  | 无色、<br>无味、<br>透明         | 无色、<br>无味、<br>透明         | 无色、<br>无味、<br>透明         | 无色、<br>无味、<br>透明         | /  | 无色、<br>无味、<br>透明         | 无色、<br>无味、<br>透明         | 无色、<br>无味、<br>透明         | 无色、<br>无味、<br>透明         | /  | 无色、<br>无味、<br>透明         | 无色、<br>无味、<br>透明         | 无色、<br>无味、<br>透明         | 无色、<br>无味、<br>透明         | /  |
| 项目                   | /                    | 透明                       | 透明                       | 透明                       | 透明                       | /  | 透明                       | 透明                       | 透明                       | 透明                       | /  | 透明                       | 透明                       | 透明                       | 透明                       | /  | 透明                       | 透明                       | 透明                       | 透明                       | /  | 透明                       | 透明                       | 透明                       | 透明                       | /  |
| pH<br>(无量纲)          | 6.5<br>~<br>8.5      | 8.10                     | 8.14                     | 8.09                     | 8.08                     | 达标 | 6.95                     | 6.91                     | 6.97                     | 6.94                     | 达标 | 7.81                     | 7.83                     | 7.74                     | 7.77                     | 达标 | 7.41                     | 7.38                     | 7.43                     | 7.40                     | 达标 | 8.26                     | 8.24                     | 8.28                     | 8.29                     | 达标 |
| 高锰酸盐<br>指数<br>(mg/L) | ≤<br>3.0             | 2.6                      | 2.9                      | 2.8                      | 2.9                      | 达标 | 2.6                      | 2.6                      | 2.9                      | 2.9                      | 达标 | 3.0                      | 2.3                      | 3.0                      | 2.4                      | 达标 | 2.9                      | 2.2                      | 2.8                      | 2.9                      | 达标 | 2.8                      | 2.8                      | 2.9                      | 3.0                      | 达标 |
| 溶解性<br>总             | ≤<br>1000            | 407                      | 400                      | 394                      | 412                      | 达标 | 2.35<br>×10 <sup>3</sup> | 2.43<br>×10 <sup>3</sup> | 2.14<br>×10 <sup>3</sup> | 2.21<br>×10 <sup>3</sup> | V类 | 373                      | 366                      | 401                      | 392                      | 达标 | 1.33<br>×10 <sup>3</sup> | 1.40<br>×10 <sup>3</sup> | 1.22<br>×10 <sup>3</sup> | 1.31<br>×10 <sup>3</sup> | V类 | 3.14<br>×10 <sup>3</sup> | 3.21<br>×10 <sup>3</sup> | 3.13<br>×10 <sup>3</sup> | 3.06<br>×10 <sup>3</sup> | V类 |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

|                      |           |       |       |       |       |    |                          |                          |                          |                          |    |       |       |       |       |    |       |       |       |       |    |                          |                          |                          |                          |    |
|----------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----|
| 固体（<br>mg/L）         |           |       |       |       |       |    |                          |                          |                          |                          |    |       |       |       |       |    |       |       |       |       |    |                          |                          |                          |                          |    |
| 氟化物（<br>mg/L）        | ≤<br>1.0  | 0.154 | 0.159 | 0.161 | 0.156 | 达标 | 0.099                    | 0.096                    | 0.095                    | 0.097                    | 达标 | 0.101 | 0.103 | 0.104 | 0.099 |    | 0.104 | 0.104 | 0.105 | 0.108 | 达标 | 0.167                    | 0.162                    | 0.163                    | 0.157                    | 达标 |
| 总硬度（以碳酸钙计）（<br>mg/L） | ≤<br>450  | 271   | 268   | 263   | 258   | 达标 | 1.48<br>×10 <sup>3</sup> | 1.47<br>×10 <sup>3</sup> | 1.44<br>×10 <sup>3</sup> | 1.45<br>×10 <sup>3</sup> | V类 | 292   | 287   | 286   | 283   | 达标 | 996   | 997   | 984   | 987   | V类 | 1.97<br>×10 <sup>3</sup> | 1.97<br>×10 <sup>3</sup> | 1.95<br>×10 <sup>3</sup> | 1.95<br>×10 <sup>3</sup> | V类 |
| 氯化物（<br>mg/L）        | ≤<br>250  | 18.90 | 19.10 | 19.20 | 18.20 | 达标 | 6.83                     | 6.84                     | 5.96                     | 5.83                     | 达标 | 2.65  | 2.66  | 2.91  | 2.57  | 达标 | 6.98  | 6.25  | 6.08  | 6.14  | 达标 | 45.80                    | 50.00                    | 45.90                    | 41.00                    | 达标 |
| 硝酸盐（以N计）（<br>mg/L）   | ≤<br>20.0 | 0.188 | 0.198 | 0.172 | 0.176 | 达标 | 0.327                    | 0.307                    | 0.271                    | 0.266                    | 达标 | 3.57  | 3.57  | 3.92  | 3.36  | 达标 | 4.26  | 3.68  | 3.73  | 3.64  | 达标 | 15.6                     | 18.2                     | 15.6                     | 14.3                     | 达标 |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

|                                         |                   |                               |                               |                               |                               |    |                               |                               |                               |                               |    |                               |                               |                               |                               |    |                               |                               |                               |                               |    |                               |                               |                               |                               |    |
|-----------------------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----|
| /L)                                     |                   |                               |                               |                               |                               |    |                               |                               |                               |                               |    |                               |                               |                               |                               |    |                               |                               |                               |                               |    |                               |                               |                               |                               |    |
| 砷<br>(<br>mg<br>/L)                     | ≤<br>0.<br>0<br>1 | <<br>3.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>3.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>3.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>3.0×<br>10 <sup>-4</sup> | 达标 | 2.7×<br>10 <sup>-3</sup>      | 2.5×<br>10 <sup>-3</sup>      | 2.5×<br>10 <sup>-3</sup>      | 2.5×<br>10 <sup>-3</sup>      | 达标 | 3.6×<br>10 <sup>-4</sup>      | <<br>3.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>3.0×<br>10 <sup>-4</sup> | 3.6×<br>10 <sup>-4</sup>      | 达标 | 6.2×<br>10 <sup>-4</sup>      | 6.7×<br>10 <sup>-4</sup>      | 5.2×<br>10 <sup>-4</sup>      | 5.2×<br>10 <sup>-4</sup>      | 达标 | <<br>3.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>3.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>3.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>3.0×<br>10 <sup>-4</sup> | 达标 |
| 汞<br>(<br>mg<br>/L)                     | ≤<br>0.<br>0<br>1 | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | 达标 | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | 达标 | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | 达标 | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | 达标 | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-5</sup> | 达标 |
| 硒<br>(<br>mg<br>/L)                     | ≤<br>0.<br>0<br>1 | <<br>4.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-4</sup> | 达标 | <<br>4.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-4</sup> | 达标 | 4.4×<br>10 <sup>-4</sup>      | <<br>4.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-4</sup> | 达标 | <<br>4.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-4</sup> | 达标 | <<br>4.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>4.0×<br>10 <sup>-4</sup> | 达标 |
| 铜<br>(<br>mg<br>/L)                     | ≤<br>1.<br>0<br>0 | <<br>0.006                    | <<br>0.006                    | <<br>0.006                    | <<br>0.006                    | 达标 | <<br>0.006                    | <<br>0.006                    | <<br>0.006                    | <<br>0.006                    | 达标 | <<br>0.006                    | <<br>0.006                    | <<br>0.006                    | <<br>0.006                    | 达标 | <<br>0.006                    | <<br>0.006                    | <<br>0.006                    | <<br>0.006                    | 达标 | <<br>0.006                    | <<br>0.006                    | <<br>0.006                    | <<br>0.006                    | 达标 |
| 锌<br>(<br>mg<br>/L)                     | ≤<br>1.<br>0<br>0 | 0.043                         | 0.047                         | 0.05                          | 0.036                         | 达标 | <<br>0.004                    | <<br>0.004                    | <<br>0.004                    | <<br>0.004                    | 达标 | <<br>0.004                    | 0.005                         | 0.005                         | 0.005                         | 达标 | <<br>0.004                    | <<br>0.004                    | <<br>0.004                    | <<br>0.004                    | 达标 | 0.048                         | 0.051                         | 0.05                          | 0.056                         | 达标 |
| 铬<br>(<br>总<br>铬<br>)<br>(<br>mg<br>/L) | /                 | <<br>0.03                     | <<br>0.03                     | <<br>0.03                     | <<br>0.03                     | /  | <<br>0.03                     | <<br>0.03                     | <<br>0.03                     | <<br>0.03                     | /  | <<br>0.03                     | <<br>0.03                     | <<br>0.03                     | <<br>0.03                     | /  | <<br>0.03                     | <<br>0.03                     | <<br>0.03                     | <<br>0.03                     | /  | <<br>0.03                     | <<br>0.03                     | <<br>0.03                     | <<br>0.03                     | /  |
| 镉<br>(<br>mg<br>/L)                     | ≤<br>0.<br>0<br>5 | 6.38<br>×10 <sup>-5</sup>     | 1.30<br>×10 <sup>-4</sup>     | 1.04<br>×10 <sup>-4</sup>     | 1.22<br>×10 <sup>-4</sup>     | 达标 | 6.75<br>×10 <sup>-5</sup>     | <<br>5.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>5.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>5.0×<br>10 <sup>-5</sup> | 达标 | <<br>5.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>5.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>5.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>5.0×<br>10 <sup>-5</sup> | 达标 | 7.63<br>×10 <sup>-5</sup>     | <<br>5.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>5.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>5.0×<br>10 <sup>-5</sup> | 达标 | 2.27<br>×10 <sup>-4</sup>     | 2.60<br>×10 <sup>-4</sup>     | 1.77<br>×10 <sup>-4</sup>     | 2.39<br>×10 <sup>-4</sup>     | 达标 |
| 铅<br>(<br>mg<br>/L)                     | ≤<br>0.<br>0<br>1 | 1.39<br>×10 <sup>-4</sup>     | 1.35<br>×10 <sup>-4</sup>     | 1.42<br>×10 <sup>-4</sup>     | 1.49<br>×10 <sup>-4</sup>     | 达标 | <<br>9.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>9.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>9.0×<br>10 <sup>-5</sup> | <<br>9.0×<br>10 <sup>-5</sup> | 达标 | 5.76<br>×10 <sup>-4</sup>     | 5.85<br>×10 <sup>-4</sup>     | 5.41<br>×10 <sup>-4</sup>     | 5.72<br>×10 <sup>-4</sup>     | 达标 | 8.04<br>×10 <sup>-4</sup>     | 7.92<br>×10 <sup>-4</sup>     | 7.80<br>×10 <sup>-4</sup>     | 8.01<br>×10 <sup>-4</sup>     | 达标 | 1.08<br>×10 <sup>-4</sup>     | 1.11<br>×10 <sup>-4</sup>     | <<br>9.0×<br>10 <sup>-5</sup> | 1.16<br>×10 <sup>-4</sup>     | 达标 |
| 镍<br>(<br>mg<br>/L)                     | ≤<br>0.<br>0<br>1 | <<br>6.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>6.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>6.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>6.0×<br>10 <sup>-4</sup> | 达标 | 1.30<br>×10 <sup>-4</sup>     | 8.04<br>×10 <sup>-5</sup>     | 1.79<br>×10 <sup>-4</sup>     | 1.69<br>×10 <sup>-4</sup>     | 达标 | <<br>6.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>6.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>6.0×<br>10 <sup>-4</sup> | <<br>6.0×<br>10 <sup>-4</sup> | 达标 | 5.68<br>×10 <sup>-4</sup>     | 6.27<br>×10 <sup>-4</sup>     | 5.89<br>×10 <sup>-4</sup>     | 6.29<br>×10 <sup>-4</sup>     | 达标 | 4.01<br>×10 <sup>-3</sup>     | 4.15<br>×10 <sup>-3</sup>     | 4.16<br>×10 <sup>-3</sup>     | 4.10<br>×10 <sup>-3</sup>     | 达标 |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

|                             |               |                  |                  |                  |                  |        |                          |                          |                          |                          |        |                  |                  |                  |                  |        |            |            |            |            |        |                          |                          |                          |                          |        |  |
|-----------------------------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------|------------|------------|------------|------------|--------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------|--|
| mg/L)                       | 0<br>2        | 10 <sup>-5</sup> | 10 <sup>-5</sup> | 10 <sup>-5</sup> | 10 <sup>-5</sup> |        |                          |                          |                          |                          |        | 10 <sup>-5</sup> | 10 <sup>-5</sup> | 10 <sup>-5</sup> | 10 <sup>-5</sup> |        |            |            |            |            |        |                          |                          |                          |                          |        |  |
| 氨氮<br>(<br>mg/L)            | ≤<br>0.5<br>0 | 0.145            | 0.109            | 0.164            | 0.192            | 达<br>标 | 0.145                    | 0.164                    | 0.149                    | 0.192                    | 达<br>标 | 0.064            | 0.109            | 0.062            | 0.092            | 达<br>标 | 0.123      | 0.137      | 0.128      | 0.181      | 达<br>标 | 0.099                    | 0.082                    | 0.114                    | 0.100                    | 达<br>标 |  |
| 六价铬<br>(<br>mg/L)           | ≤<br>0.0<br>5 | <<br>0.004       | <<br>0.004       | <<br>0.004       | <<br>0.004       | 达<br>标 | <<br>0.004               | <<br>0.004               | <<br>0.004               | <<br>0.004               | 达<br>标 | <<br>0.004       | <<br>0.004       | <<br>0.004       | <<br>0.004       | 达<br>标 | <<br>0.004 | <<br>0.004 | <<br>0.004 | <<br>0.004 | 达<br>标 | <<br>0.004               | <<br>0.004               | <<br>0.004               | <<br>0.004               | 达<br>标 |  |
| 硫酸盐<br>(<br>mg/L)           | ≤<br>25<br>0  | 129              | 130              | 100              | 99.2             | 达<br>标 | 1.41<br>×10 <sup>3</sup> | 1.41<br>×10 <sup>3</sup> | 1.28<br>×10 <sup>3</sup> | 1.28<br>×10 <sup>3</sup> | V<br>类 | 132              | 131              | 161              | 107              | 达<br>标 | 647        | 735        | 832        | 820        | V<br>类 | 1.89<br>×10 <sup>3</sup> | 1.96<br>×10 <sup>3</sup> | 1.90<br>×10 <sup>3</sup> | 1.50<br>×10 <sup>3</sup> | V<br>类 |  |
| 亚硝酸盐<br>(以N计)<br>(<br>mg/L) | ≤<br>1.0<br>0 | <<br>0.003       | <<br>0.003       | <<br>0.003       | <<br>0.003       | 达<br>标 | 0.009                    | 0.010                    | 0.008                    | 0.009                    | 达<br>标 | <<br>0.003       | <<br>0.003       | <<br>0.003       | <<br>0.003       | 达<br>标 | 0.004      | 0.005      | 0.004      | 0.004      | 达<br>标 | 0.091                    | 0.090                    | 0.086                    | 0.086                    | 达<br>标 |  |
| 总磷<br>(<br>mg/L)            | ≤<br>0.2      | 0.02             | 0.02             | 0.03             | 0.03             | 达<br>标 | 0.01                     | 0.01                     | 0.02                     | 0.02                     | 达<br>标 | 0.03             | 0.03             | 0.03             | 0.03             | 达<br>标 | 0.03       | 0.03       | 0.04       | 0.04       | 达<br>标 | 0.05                     | 0.05                     | 0.06                     | 0.06                     | 达<br>标 |  |

备注：左岸观测井 1# (JCJ01) 因无水，故无法采样。

(1) “检出限+ND”表示检测结果低于分析方法最低检出限。

(2) 参考标准：磷参考执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类标准限值，其余指标执行《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) 表 1 的 III类标准。

表 8.2-5-2 敏感目标 7#水井监测结果一览表 （单位 mg/L）

| 检测点位<br>样品编号      | III类标准限值 | 畅茂化工生产用水 SJ12 水井 7#（污染监控井，项目区下游 430m；东经 102°28'35.121"，北纬 24°49'11.05"） |                       |                       |                       |    |
|-------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----|
| 采样日期/接样日期         |          | W260709C01-1                                                            | W260709C01-2          | W260710C01-1          | W260710C01-2          | 评价 |
| 采样日期/接样日期         | /        | 2026.7.9/2026.7.9                                                       |                       | 2026.7.10/2026.7.10   |                       | /  |
| 样品状态              | /        | 无色、无味、透明                                                                | 无色、无味、透明              | 无色、无味、透明              | 无色、无味、透明              | /  |
| 项目                | /        |                                                                         |                       |                       |                       | /  |
| pH（无量纲）           | 6.5~8.5  | 7.44                                                                    | 7.47                  | 7.47                  | 7.43                  | 达标 |
| 高锰酸盐指数（mg/L）      | ≤3.0     | 2.2                                                                     | 2.2                   | 2.3                   | 2.2                   | 达标 |
| 溶解性总固体（mg/L）      | ≤1000    | 361                                                                     | 368                   | 372                   | 376                   | 达标 |
| 氟化物（mg/L）         | ≤1.0     | 0.210                                                                   | 0.214                 | 0.202                 | 0.218                 | 达标 |
| 总硬度（以碳酸钙计）（mg/L）  | ≤450     | 299                                                                     | 279                   | 294                   | 275                   | 达标 |
| 氯化物（mg/L）         | ≤250     | 19.4                                                                    | 19.5                  | 19.8                  | 19.8                  | 达标 |
| 硝酸盐（以 N 计）（mg/L）  | ≤20.0    | 0.143                                                                   | 0.138                 | 0.137                 | 0.136                 | 达标 |
| 砷（mg/L）           | ≤0.01    | 6.4×10 <sup>-4</sup>                                                    | 8.2×10 <sup>-4</sup>  | 6.1×10 <sup>-4</sup>  | 9.0×10 <sup>-4</sup>  | 达标 |
| 汞（mg/L）           | ≤0.001   | 4.50×10 <sup>-5</sup>                                                   | 4.20×10 <sup>-5</sup> | 5.00×10 <sup>-5</sup> | 4.00×10 <sup>-5</sup> | 达标 |
| 硒（mg/L）           | ≤0.01    | 5.6×10 <sup>-4</sup>                                                    | 6.1×10 <sup>-4</sup>  | 6.7×10 <sup>-4</sup>  | 6.6×10 <sup>-4</sup>  | 达标 |
| 铜（mg/L）           | ≤1.00    | <0.006                                                                  | <0.006                | <0.006                | <0.006                | 达标 |
| 锌（mg/L）           | ≤1.00    | 0.034                                                                   | 0.038                 | 0.039                 | 0.041                 | 达标 |
| 铬（总铬）（mg/L）       | /        | <0.03                                                                   | <0.03                 | <0.03                 | <0.03                 | /  |
| 镉（mg/L）           | ≤0.005   | <5.0×10 <sup>-5</sup>                                                   | <5.0×10 <sup>-5</sup> | <5.0×10 <sup>-5</sup> | <5.0×10 <sup>-5</sup> | 达标 |
| 铅（mg/L）           | ≤0.01    | <9.0×10 <sup>-5</sup>                                                   | <9.0×10 <sup>-5</sup> | <9.0×10 <sup>-5</sup> | <9.0×10 <sup>-5</sup> | 达标 |
| 镍（mg/L）           | ≤0.02    | <6.0×10 <sup>-5</sup>                                                   | <6.0×10 <sup>-5</sup> | <6.0×10 <sup>-5</sup> | <6.0×10 <sup>-5</sup> | 达标 |
| 氨氮（mg/L）          | ≤0.50    | 0.217                                                                   | 0.222                 | 0.214                 | 0.230                 | 达标 |
| 六价铬（mg/L）         | ≤0.05    | <0.004                                                                  | <0.004                | <0.004                | <0.004                | 达标 |
| 硫酸盐（mg/L）         | ≤250     | 100                                                                     | 119                   | 102                   | 118                   | 达标 |
| 亚硝酸盐（以 N 计）（mg/L） | ≤1.00    | <0.003                                                                  | <0.003                | <0.003                | <0.003                | 达标 |
| 总磷（mg/L）          | ≤0.2     | 0.02                                                                    | 0.02                  | 0.02                  | 0.02                  | 达标 |

由表 8.2-5-1 分析可知，项目下游扩散井 2#（JCJ02）、右岸观测井 4#（JCJ04）监测结果均达到《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）的III类标准。总磷满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准限值；下游观测井 3#（JCJ03）、上游背景井 5#（JCJ05）、地下水导排口 6#除硫酸盐（V类）、总硬度（V类）、溶解性总固体（V类），其余指标均满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）的III类

标准。根据《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境影响报告表》、《环境风险评估》现状监测数据硫酸盐（V类）、总硬度（V类）、溶解性总固体（V类），故超标原因为区域本地值较高原因导致。

由表 8.2-5-2 分析可知，敏感目标 7#水井监测指标均满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）的Ⅲ类标准，总磷满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类标准限值。

8.2.2.2 历史监测数据对比分析

项目施工期 2024 年 1 季度-2026 年 2 季度监测达标情况见表 8.2-6-1。

表 8.2-6-1 项目施工期监测结果一览表（单位 mg/L）

| 阶段           | 要素      | 取样时间                                | 监测点位                                                             | 监测因子                                                                                        | 监测公司           | 评价                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------|---------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2024 年第 1 季度 | 地下水     | 磷采样时间 2024/03/12, 其余采样时间 2024/01/26 | 左岸观测井（JCJ01）、下游扩散井（JCJ02）、下游观测井（JCJ03）、右岸观测井（JCJ04）、上游背景井（JCJ05） | 19 项指标：pH（无量纲）、（浑）浊度（NTU）、溶解性总固体、氯化物、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氟化物、高锰酸盐指数（耗氧量）、总硬度、铜、砷、锌、镉、铅、汞、六价铬、镍、总铬、总磷 | 云南鑫田环境分析测试有限公司 | 项目 2024 年第 1 季度地下水下游扩散井（JCJ02）、下游观测井（JCJ03）溶解性总固体和总硬度均超过《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）表 1 Ⅲ类标准，磷达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类标准限值，其余指标均达到《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）表 1 Ⅲ类标准。左岸观测井（JCJ01）水质磷达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类标准限值，其余指标均达到《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）表 1 Ⅲ类标准。监测期间右岸观测井（JCJ04）和上游背景井（JCJ05）均为干涸状态。 |
|              | 厂界无组织废气 | 2024/2/20                           | 厂界上风向 1 个点、下风向 3 个点，共 4 个监测点                                     | 颗粒物（TSP）                                                                                    | 云南鑫田环境分析测试有限公司 | 2024 年 1 季度项目施工期厂界废气达到 GB16297—1996《大气污染物综合排放标准》（表 2）无组织排放监控限值，即：颗粒物≤1.0mg/m3；项目施工期废气对周边环境影响可以接受。                                                                                                                                                                                                  |
|              | 施工场界噪声  | 2024/2/20                           | 东面厂界（N1）、南面厂界（N2）、西面厂界（N3）、北面厂界（N4）外 1m 各设 1 个监测点                | 等效连续 A 声级 Leq(A)                                                                            | 云南鑫田环境分析测试有限公司 | 2024 年 1 季度项目施工期厂界噪声达到 GB12523—2011《建筑施工场界环境噪声排放标准》相应标准限值，即昼间≤70dB(A)，夜间≤55dB(A)；项目施工期噪声对周边环境影响可以接受。                                                                                                                                                                                               |
| 2024 年第 2 季度 | 地下水     | 2024/6/26                           | 左岸观测井（JCJ01）、下游扩散井（JCJ02）、下游观测井（JCJ03）、右岸观测井（JCJ04）、上游背景井（JCJ05） | 20 项指标：pH 值、浑浊度、溶解性总固体、氯化物、硝酸盐（以 N 计）、亚硝酸盐（以 N 计）、硫酸盐、磷、氟化物、耗氧量（以 O2 计）、总硬度、                | 云南鑫田环境分析测试有限公司 | （1）上游背景井（JCJ05）监测结果：浑浊度（NTU）超过《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类标准限值，超标倍数为 1.13 倍；总磷达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类标准限值；其余 18 项指标达到《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）表 1 的                                                                                                                                             |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

| 阶段 | 要素          | 取样时间      | 监测点位                                                     | 监测因子                | 监测公司               | 评价                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|-------------|-----------|----------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |             |           |                                                          | 铜、锌、镉、铅、铬、镍、六价铬、砷、汞 |                    | III类标准。<br>(2) 左岸观测井 (JCJ01) 监测结果：浑浊度、溶解性总固体、总硬度均超过《地下水质量标准》<br>(GB/T14848-2017) 表 1 的 III类标准，超标倍数分别<br>浑浊度 9.53 倍、溶解性总固体 2.09 倍、总硬度 2.46 倍；<br>总磷达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III<br>类标准限值；其余 16 项指标达到《地下水质量标准》<br>(GB/T14848-2017) 表 1 的 III类标准。<br>(3) 右岸观测井 (JCJ04) 监测结果：硫酸盐超过《地<br>下水质量标准》(GB/T14848-2017) 表 1 的 III类标准，<br>超标倍数 1.10 倍；总磷达到《地表水环境质量标准》<br>(GB3838-2002) III类标准限值；其余 18 项指标达到《地<br>下水质量标准》(GB/T14848-2017) 表 1 的 III类标准。<br>(4) 下游扩散井 (JCJ02) 监测结果：pH 值(无量纲)、<br>浑浊度、溶解性总固体、硫酸盐、耗氧量(以 O <sub>2</sub> 计)、<br>总硬度均超过《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)<br>表 1 的 III类标准，超标倍数分别为 pH 值 1.20 倍、浑<br>浊度 5.03 倍、溶解性总固体 2.68 倍、硫酸盐 1.12 倍、<br>耗氧量(以 O <sub>2</sub> 计) 1.42 倍、总硬度 3.36 倍；总磷达到<br>《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类标准限<br>值；其余 13 项指标达到《地下水质量标准》<br>(GB/T14848-2017) 表 1 的 III类标准。<br>(4) 下游观测井 (JCJ03) 监测结果：浑浊度、溶解性<br>总固体、耗氧量(以 O <sub>2</sub> 计)、总硬度均超过《地下水<br>质量标准》(GB/T14848-2017) 表 1 的 III类标准，超<br>标倍数分别为浑浊度 33.67 倍、溶解性总固体 3.07 倍、<br>耗氧量(以 O <sub>2</sub> 计) 1.31 倍、总硬度 4.32 倍；总磷达到<br>《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类标准限<br>值；其余 15 项指标达到《地下水质量标准》<br>(GB/T14848-2017) 表 1 的 III类标准。 |
|    | 厂界无组织废<br>气 | 2024/6/26 | 厂界上风向 1 个点、下风向 3<br>个点，共 4 个监测点                          | 颗粒物 (TSP)           | 云南鑫田环境分<br>析测试有限公司 | 2024 年 2 季度项目施工期厂界废气达到 GB16297—<br>1996《大气污染物综合排放标准》(表 2) 无组织排放<br>监控限值，即：颗粒物≤1.0mg/m <sup>3</sup> ；项目施工期废气对<br>周边环境的影响可以接受。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|    | 施工场界噪声      | 2024/6/26 | 东面厂界 (N1)、南面厂界<br>(N2)、西面厂界 (N3)、<br>北面厂界 (N4) 外 1m 各设 1 | 等效连续 A 声级 Leq(A)    | 云南鑫田环境分<br>析测试有限公司 | 2024 年 2 季度项目施工期厂界噪声达到 GB12523—<br>2011《建筑施工场界环境噪声排放标准》相应标准限值，<br>即昼间≤70dB(A)，夜间≤55dB(A)；项目施工期噪声对周                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

| 阶段           | 要素      | 取样时间                                 | 监测点位                                                             | 监测因子                                                            | 监测公司           | 评价                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------|---------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              |         |                                      | 个监测点                                                             |                                                                 |                | 边环境影响可以接受。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|              | 淋滤水     | 2024/4/7 和<br>2024/6/26              | 淋滤水收集池/淋滤水排水口                                                    | 13 项指标：pH 值、氟化物、总磷、磷酸盐、铜、锌、镉、铅、砷、汞、铬、镍、六价铬                      | 云南鑫田环境分析测试有限公司 | 2024 年 4 月 7 日 11 项指标（pH 值、氟化物、铜、锌、镉、铅、砷、汞、铬、镍、六价铬）监测结果均达到 GB8978-1996 表 1 及表 4 一级标准限值；2024 年 6 月 26 日监测氟化物浓度超过 GB8978-1996 表 1 及表 4 一级标准限值，其余 11 项指标（pH 值、磷酸盐、铜、锌、镉、铅、砷、汞、铬、镍、六价铬）达到 GB8978-1996 表 1 及表 4 一级标准限值。均回用不外排。                                                                                                                  |
| 2024 年第 3 季度 | 地下水     | 2024/7/17、<br>2024/7/18、<br>2024/8/5 | 左岸观测井（JCJ01）、下游扩散井（JCJ02）、下游观测井（JCJ03）、右岸观测井（JCJ04）、上游背景井（JCJ05） | 17 项：pH 值、六价铬、总硬度、氟化物、氯化物、汞、溶解性总固体、砷、硝酸盐、铅、铜、总铬、锌、镉、镍、高锰酸盐指数、总磷 | 云南华测检测认证有限公司   | 2024 年第 3 季度 7 月份和 8 月份分别开展地下水监测工作：左岸观测井 1#、下游扩散井 2#、下游观测井 3#总硬度和溶解性总固体均超过《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准限值的结果一致，超标原因可能如下：地下水总硬度、溶解性总固体背景值偏高和水文地质原因；2024 年 8 月份相对于 2024 年 7 月份，左岸观测井 1#水质总磷超标倍数从 1.30 倍降低至 0.85 倍，下游观测井 3#从超标 0.20 倍至达标。地下水水质磷超过《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准限值，超标原因可能如下：主要是水质浑浊和添加固定剂，未根据水质检测规范和浑浊程度对水质进行过滤或离心预处理，造成数据异常。 |
|              | 厂界无组织废气 | 2024/8/21                            | 厂界上风向 1 个点、下风向 3 个点，共 4 个监测点                                     | 颗粒物（TSP）                                                        | 云南华测检测认证有限公司   | 双哨磷矿厂磷矿生态修复项目 2024 年第 3 季度施工期厂界废气达到《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）（表 2）无组织排放监控限值，即：颗粒物≤1.0mg/m3。                                                                                                                                                                                                                                               |
|              | 施工场界噪声  | 2024/8/22                            | 东面厂界（1#）、南面厂界（2#）、西面厂界（3#）、北面厂界（4#）外 1m 各设 1 个监测点                | 等效连续 A 声级 Leq(A)                                                | 云南华测检测认证有限公司   | 双哨磷矿厂磷矿生态修复项目 2024 年第 3 季度施工期厂界噪声达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）相应标准限值，即昼间≤70dB(A)，夜间≤55dB(A)。                                                                                                                                                                                                                                            |
|              | 淋滤水     | 2024/8/21 和<br>2024/9/25             | 淋滤水收集池/淋滤水排水口                                                    | 12 项指标：pH 值、六价铬、总磷、氟化物、汞、砷、铅、铜、铬、锌、镉、镍                          | 云南华测检测认证有限公司   | 项目 2024 年第 3 季度 8 月、9 月淋滤水开展监测，监测指标 12 项，淋滤水回用于改性磷石膏回填区（已采取防渗措施）洒水降尘，不涉及外排。                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2024 年第 4 季度 | 地下水     | 2024/10/23、<br>2024/12/31            | 左岸观测井（JCJ01）、下游扩散井（JCJ02）、下游观测井（JCJ03）、右岸观测井（JCJ04）、上游背景井（JCJ05） | 17 项：pH 值、六价铬、总硬度、氟化物、氯化物、汞、溶解性总固体、砷、硝酸盐、铅、铜、总铬、锌、镉、镍、高锰酸盐指数、总磷 | 云南华测检测认证有限公司   | 2024 年第 4 季度 10 月份和 12 月份分别开展地下水监测工作：左岸观测井 1#、下游观测井 3#总硬度和溶解性总固体均超过《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准限值的结果一致，超标原因可能如下：地下水总硬度、溶解性总固体背景值偏高和水文地质原因；2024 年 12 月份相对于 2024 年 10 月份，下游观测井 3#                                                                                                                                                          |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

| 阶段           | 要素      | 取样时间                    | 监测点位                                                             | 监测因子                                                            | 监测公司         | 评价                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------|---------|-------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              |         |                         |                                                                  |                                                                 |              | 水质总磷达标。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|              | 厂界无组织废气 | 2024/11/21              | 厂界上风向 1 个点、下风向 3 个点，共 4 个监测点                                     | 颗粒物（TSP）                                                        | 云南华测检测认证有限公司 | 双哨磷矿厂磷矿生态修复项目 2024 年第 4 季度施工期厂界废气达到《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）（表 2）无组织排放监控限值，即：颗粒物≤1.0mg/m3。                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|              | 施工场界噪声  | 2024/11/21              | 东面厂界（1#）、南面厂界（2#）、西面厂界（3#）、北面厂界（4#）外 1m 各设 1 个监测点                | 等效连续 A 声级 Leq(A)                                                | 云南华测检测认证有限公司 | 双哨磷矿厂磷矿生态修复项目 2024 年第 4 季度施工期厂界噪声达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）相应标准限值，即昼间≤70dB(A)，夜间≤55dB(A)。                                                                                                                                                                                                                                                                |
|              | 淋滤水     | 2024/10/23 和 2024/11/21 | 淋滤水收集池/淋滤水排水口                                                    | 12 项指标：pH 值、六价铬、总磷、氟化物、汞、砷、铅、铜、铬、锌、镉、镍                          | 云南华测检测认证有限公司 | 项目 2024 年第 4 季度 10 月、11 月淋滤水开展监测，监测指标 12 项，淋滤水回用于改性磷石膏回填区（已采取防渗措施）洒水降尘，不涉及外排。                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|              | 山体渗水    | 2024/12/31              | 项目渗滤液收集池下游山体渗水                                                   | 17 项：pH 值、六价铬、总硬度、氟化物、氯化物、汞、溶解性总固体、砷、硝酸盐、铅、铜、总铬、锌、镉、镍、高锰酸盐指数、总磷 | 云南华测检测认证有限公司 | 2024 年第 4 季度磷达到 GB3838-2002 的Ⅲ类标准限值，总硬度、溶解性总固体 GB/T14848-2017 的Ⅴ类，其余 14 项指标达到 GB/T14848-2017 的Ⅲ类标准。                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2025 年第 1 季度 | 地下水     | 2025/2/28               | 左岸观测井（JCJ01）、下游扩散井（JCJ02）、下游观测井（JCJ03）、右岸观测井（JCJ04）、上游背景井（JCJ05） | 17 项：pH 值、六价铬、总硬度、氟化物、氯化物、汞、溶解性总固体、砷、硝酸盐、铅、铜、总铬、锌、镉、镍、高锰酸盐指数、总磷 | 云南华测检测认证有限公司 | (1)上游背景井 5#（JCJ05）和下游扩散井 2#（JCJ02），水质磷达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类标准限值，其余 15 项指标均达到《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）表 1 的Ⅲ类标准。<br>(2)左岸观测井 1#（JCJ01），水质总硬度Ⅴ类，溶解性总固体Ⅳ类，磷达到 GB3838-2002 的Ⅲ类标准限值，其余 13 项指标达到 GB/T14848-2017 的Ⅲ类标准。<br>(3)下游观测井 3#（JCJ03），水质总硬度Ⅴ类，溶解性总固体Ⅴ类，磷达到 GB3838-2002 的Ⅲ类标准限值，其余 13 项指标达到 GB/T14848-2017 的Ⅲ类标准。<br>(4)右岸观测井 4#（JCJ04）和地下水导排口，监测期间无出水。 |
|              | 厂界无组织废气 | 2025/2/20               | 厂界上风向 1 个点、下风向 3 个点，共 4 个监测点                                     | 颗粒物（TSP）                                                        | 云南华测检测认证有限公司 | 双哨磷矿厂磷矿生态修复项目 2025 年第 1 季度施工期厂界能达到《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）（表 2）无组织排放监控限值，即：颗粒物≤1.0mg/m3。                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|              | 施工场界噪声  | 2025/2/20               | 东面厂界（1#）、南面厂界（2#）、西面厂界（3#）、北面厂界（4#）外 1m 各设 1 个监测点                | 等效连续 A 声级 Leq(A)                                                | 云南华测检测认证有限公司 | 双哨磷矿厂磷矿生态修复项目 2025 年第 1 季度施工期厂界噪声达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）相应标准限值，即昼间≤70dB(A)，夜间≤55dB(A)。                                                                                                                                                                                                                                                                |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

| 阶段           | 要素      | 取样时间                   | 监测点位                                                             | 监测因子                                                                | 监测公司         | 评价                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------|---------|------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              | 淋滤水     | 2025/2/28              | 淋滤水收集池/淋滤水排水口                                                    | 12 项指标：pH 值、六价铬、总磷、氟化物、汞、砷、铅、铜、铬、锌、镉、镍                              | 云南华测检测认证有限公司 | 项目 2025 年第 1 季度 2 月淋滤水开展监测，监测指标 12 项，淋滤水回用于改性磷石膏回填区（已采取防渗措施）洒水降尘，不涉及外排。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|              | 山体渗水    | 2025/2/28              | 项目渗滤液收集池下游山体渗水                                                   | 17 项：pH 值、六价铬、总硬度、氟化物、氯化物、汞、溶解性总固体、砷、硝酸盐、铅、铜、总铬、锌、镉、镍、高锰酸盐指数、总磷     | 云南华测检测认证有限公司 | 2025 年第 1 季度，监测期间无水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2025 年第 2 季度 | 地下水     | 2025/4/28-30、2025/5/14 | 左岸观测井（JCJ01）、下游扩散井（JCJ02）、下游观测井（JCJ03）、右岸观测井（JCJ04）、上游背景井（JCJ05） | 18 项：pH 值、六价铬、总硬度、氟化物、氯化物、汞、溶解性总固体、砷、硝酸盐、硫酸盐、铅、铜、总铬、锌、镉、镍、高锰酸盐指数、总磷 | 云南华测检测认证有限公司 | 项目 2025 年第 2 季度地下水监测结果如下：<br>（1）上游背景井 5#（JCJ05）监测结果：总磷达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）的Ⅲ类水质标准，总硬度和硫酸盐监测水质为Ⅴ类，其余 15 项指标达到《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）的Ⅲ类水质标准。<br>（2）左岸观测井 1#（JCJ01）监测结果：总磷达到 GB3838-2002 的Ⅲ类水质标准，总硬度和硫酸盐监测水质为Ⅴ类，溶解性总固体监测水质为Ⅳ类，其余 14 项指标达到 GB/T14848-2017 的Ⅲ类水质标准。<br>（3）右岸观测井 4#（JCJ04）监测结果：总磷达到 GB3838-2002 的Ⅲ类水质标准，其余 17 项指标达到 GB/T14848-2017 的Ⅲ类水质标准。<br>（4）下游扩散井 2#（JCJ02）监测结果：总磷达到 GB3838-2002 的Ⅲ类水质标准，其余 17 项指标达到 GB/T14848-2017 的Ⅲ类水质标准。<br>（5）下游观测井 3#（JCJ03）监测结果：总磷达到 GB3838-2002 的Ⅲ类水质标准，总硬度、溶解性总固体和硫酸盐监测水质为Ⅴ类，其余 14 项指标达到 GB/T14848-2017 的Ⅲ类水质标准。<br>（6）地下水导排口监测结果：总磷达到 GB3838-2002 的Ⅲ类水质标准，总硬度、溶解性总固体和硫酸盐监测水质为Ⅴ类，其余 14 项指标达到 GB/T14848-2017 的Ⅲ类水质标准。 |
|              | 厂界无组织废气 | 2025/6/5               | 厂界上风向 1 个点、下风向 3 个点，共 4 个监测点                                     | 颗粒物（TSP）                                                            | 云南华测检测认证有限公司 | 双哨磷矿厂磷矿生态修复项目 2025 年第 2 季度施工期厂界废气达到《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）（表 2）无组织排放监控限值，即：颗粒物≤1.0mg/m3。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|              | 施工场界噪声  | 2025/6/5               | 东面厂界（1#）、南面厂界                                                    | 等效连续 A 声级 Leq(A)                                                    | 云南华测检测认证有限公司 | 双哨磷矿厂磷矿生态修复项目 2025 年第 2 季度施工期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

| 阶段        | 要素      | 取样时间                                  | 监测点位                                                             | 监测因子                                                               | 监测公司         | 评价                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------|---------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           |         |                                       | (2#)、西面厂界(3#)、北面厂界(4#)外1m各设1个监测点                                 |                                                                    | 证有限公司        | 厂界噪声达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)相应标准限值,即昼间≤70dB(A),夜间≤55dB(A)。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|           | 淋滤水     | 2025/4/27、<br>2025/5/29、<br>2025/6/30 | 淋滤水收集池/淋滤水排水口                                                    | 12项指标: pH值、六价铬、总磷、氟化物、汞、砷、铅、铜、铬、锌、镉、镍                              | 云南华测检测认证有限公司 | 项目2025年第2季度淋滤水每月开展监测,监测指标12项,淋滤水回用于改性磷石膏回填区(已采取防渗措施)洒水降尘,不涉及外排。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|           | 山体渗水    | 2025/4/30                             | 项目渗滤液收集池下游山体渗水                                                   | 18项: pH值、六价铬、总硬度、氟化物、氯化物、汞、溶解性总固体、砷、硝酸盐、硫酸盐、铅、铜、总铬、锌、镉、镍、高锰酸盐指数、总磷 | 云南华测检测认证有限公司 | 2025年第2季度磷达到GB3838-2002的Ⅲ类标准限值,总硬度、溶解性总固体和硫酸盐GB/T14848-2017的Ⅴ类,其余14项指标达到GB/T14848-2017的Ⅲ类标准。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 2025年第3季度 | 地下水     | 2025/7/23、<br>2025/9/22               | 左岸观测井(JCJ01)、下游扩散井(JCJ02)、下游观测井(JCJ03)、右岸观测井(JCJ04)、上游背景井(JCJ05) | 18项: pH值、六价铬、总硬度、氟化物、氯化物、汞、溶解性总固体、砷、硝酸盐、硫酸盐、铅、铜、总铬、锌、镉、镍、高锰酸盐指数、总磷 | 云南华测检测认证有限公司 | 项目2025年第3季度地下水监测结果如下:<br>(1)上游背景井5#(JCJ05)监测结果:总磷达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)的Ⅲ类水质标准,总硬度监测水质为Ⅳ类,溶解性总固体监测水质为Ⅳ类,硫酸盐监测水质为Ⅴ类,其余14项指标达到《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)的Ⅲ类水质标准。<br>(2)左岸观测井1#(JCJ01)监测结果:总磷达到GB3838-2002的Ⅲ类水质标准,硫酸盐监测水质为Ⅴ类,总硬度和溶解性总固体监测水质为Ⅳ类,其余14项指标达到GB/T14848-2017的Ⅲ类水质标准。<br>(3)右岸观测井4#(JCJ04)监测结果:总磷达到GB3838-2002的Ⅲ类水质标准,其余17项指标达到GB/T14848-2017的Ⅲ类水质标准。<br>(4)下游扩散井2#(JCJ02)监测结果:总磷达到GB3838-2002的Ⅲ类水质标准,其余17项指标达到GB/T14848-2017的Ⅲ类水质标准。<br>(5)下游观测井3#(JCJ03)监测结果:总磷达到GB3838-2002的Ⅲ类水质标准,总硬度、溶解性总固体和硫酸盐监测水质为Ⅴ类,其余14项指标达到GB/T14848-2017的Ⅲ类水质标准。 |
|           | 厂界无组织废气 | 2025/9/28                             | 厂界上风向1个点、下风向3个点,共4个监测点                                           | 颗粒物(TSP)                                                           | 云南华测检测认证有限公司 | 双哨磷矿厂磷矿生态修复项目2025年第3季度施工期厂界废气达到《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)(表2)无组织排放监控限值,即:颗粒物≤1.0mg/m3。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|           | 施工场界噪声  | 2025/9/28                             | 东面厂界(1#)、南面厂界(2#)、西面厂界(3#)、北                                     | 等效连续A声级Leq(A)                                                      | 云南华测检测认证有限公司 | 双哨磷矿厂磷矿生态修复项目2025年第3季度施工期厂界噪声达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

| 阶段           | 要素      | 取样时间                                     | 监测点位                                                             | 监测因子                                                                | 监测公司         | 评价                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------|---------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              |         |                                          | 面厂界（4#）外 1m 各设 1 个监测点                                            |                                                                     |              | （GB12523-2011）相应标准限值，即昼间≤70dB(A)，夜间≤55dB(A)。                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|              | 淋滤水     | 2025/7/29、<br>2025/8/15、<br>2025/9/11    | 淋滤水收集池/淋滤水排水口                                                    | 12 项指标：pH 值、六价铬、总磷、氟化物、汞、砷、铅、铜、铬、锌、镉、镍                              | 云南华测检测认证有限公司 | 2025 年 6 月份开始，双哨改性磷石膏淋滤水两个去向：通过管道输送至柳树箐磷石膏渗滤液收集池至厂区生产用水，另外一个用途为晴天用于双哨生态修复回填区洒水降尘，不涉及外排。                                                                                                                                                                                                                      |
| 2025 年第 4 季度 | 地下水     | 2025/12/11                               | 左岸观测井（JCJ01）、下游扩散井（JCJ02）、下游观测井（JCJ03）、右岸观测井（JCJ04）、上游背景井（JCJ05） | 18 项：pH 值、六价铬、总硬度、氟化物、氯化物、汞、溶解性总固体、砷、硝酸盐、硫酸盐、铅、铜、总铬、锌、镉、镍、高锰酸盐指数、总磷 | 云南华测检测认证有限公司 | 项目 2025 年第 4 季度地下水监测结果如下：<br>（1）左岸观测井 1#（JCJ01）、下游观测井 3#（JCJ03）和上游背景井 5#（JCJ05）监测结果：总磷达到 GB3838-2002 的Ⅲ类水质标准；总硬度监测水质为 GB/T14848-2017 的Ⅴ类，溶解性总固体监测水质为Ⅳ类，硫酸盐监测水质为Ⅴ类，其余 14 项指标达到 GB/T14848-2017 的Ⅲ类水质标准。<br>（2）下游扩散井 2#（JCJ02）、右岸观测井 4#（JCJ04）监测结果：总磷达到 GB3838-2002 的Ⅲ类水质标准，其余 17 项指标达到 GB/T14848-2017 的Ⅲ类水质标准。 |
|              | 厂界无组织废气 | 2025/11/11                               | 厂界上风向 1 个点、下风向 3 个点，共 4 个监测点                                     | 颗粒物（TSP）                                                            | 云南华测检测认证有限公司 | 双哨生态修复项目 2025 年第 4 季度施工期厂界废气达到《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）（表 2）无组织排放监控限值，即：颗粒物≤1.0mg/m3。                                                                                                                                                                                                                      |
|              | 施工场界噪声  | 2025/11/11                               | 东面厂界（1#）、南面厂界（2#）、西面厂界（3#）、北面厂界（4#）外 1m 各设 1 个监测点                | 等效连续 A 声级 Leq(A)                                                    | 云南华测检测认证有限公司 | 双哨生态修复项目 2025 年第 4 季度施工期厂界噪声达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）相应标准限值，即昼间≤70dB(A)，夜间≤55dB(A)。                                                                                                                                                                                                                   |
|              | 淋滤水     | 2025/10/24、<br>2025/11/11、<br>2025/12/29 | 淋滤水收集池/淋滤水排水口                                                    | 12 项指标：pH 值、六价铬、总磷、氟化物、汞、砷、铅、铜、铬、锌、镉、镍                              | 云南华测检测认证有限公司 | 2025 年 6 月份开始，双哨改性磷石膏淋滤水两个去向：通过管道输送至柳树箐磷石膏渗滤液收集池至厂区生产用水，另外一个用途为晴天用于双哨生态修复回填区洒水降尘，不涉及外排。                                                                                                                                                                                                                      |
|              | 山体渗水    | 2025/12/11                               | 项目渗滤液收集池下游山体渗水                                                   | 18 项：pH 值、六价铬、总硬度、氟化物、氯化物、汞、溶解性总固体、砷、硝酸盐、硫酸盐、铅、铜、总铬、锌、镉、镍、高锰酸盐指数、总磷 | 云南华测检测认证有限公司 | 2025 年第 4 季度磷达到 GB3838-2002 的Ⅲ类标准限值，总硬度、溶解性总固体和硫酸盐 GB/T14848-2017 的Ⅴ类，其余 14 项指标达到 GB/T14848-2017 的Ⅲ类标准。                                                                                                                                                                                                      |
| 2026 年第 1 季度 | 地下水     | 2026/3/19                                | 左岸观测井（JCJ01）、下游扩散井（JCJ02）、下游观测井（JCJ03）、右岸观测井（JCJ04）、上游背景井（JCJ05） | 18 项：pH 值、六价铬、总硬度、氟化物、氯化物、汞、溶解性总固体、砷、硝酸盐、硫酸盐、铅、铜、总铬、锌、镉、镍、高锰酸盐指数、总磷 | 云南华测检测认证有限公司 | 项目 2026 年第 1 季度地下水监测结果如下：<br>（1）左岸观测井 1#（JCJ01）、下游观测井 3#（JCJ03）和上游背景井 5#（JCJ05）监测结果：总磷达到 GB3838-2002 的Ⅲ类水质标准；总硬度、溶解性总固体和硫酸盐监测水质为 GB/T14848-2017 的Ⅴ类，其余 14                                                                                                                                                    |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

| 阶段           | 要素      | 取样时间                                  | 监测点位                                                                  | 监测因子                                                                          | 监测公司         | 评价                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------|---------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              |         |                                       |                                                                       |                                                                               |              | 项指标达到 GB/T14848-2017 的Ⅲ类水质标准。<br>(2) 下游扩散井 2#(JCJ02)、右岸观测井 4#(JCJ04) 监测结果: 总磷达到 GB3838-2002 的Ⅲ类水质标准, 其余 17 项指标达到 GB/T14848-2017 的Ⅲ类水质标准。                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|              | 厂界无组织废气 | 2026/2/10                             | 厂界上风向 1 个点、下风向 3 个点, 共 4 个监测点                                         | 颗粒物 (TSP)                                                                     | 云南华测检测认证有限公司 | 双哨生态修复项目 2026 年第 1 季度施工期厂界废气达到《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) (表 2) 无组织排放监控限值, 即: 颗粒物≤1.0mg/m <sup>3</sup> 。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|              | 施工场界噪声  | 2026/2/10                             | 东面厂界 (1#)、南面厂界 (2#)、西面厂界 (3#)、北面厂界 (4#) 外 1m 各设 1 个监测点                | 等效连续 A 声级 Leq(A)                                                              | 云南华测检测认证有限公司 | 双哨生态修复项目 2026 年第 1 季度施工期厂界噪声达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 相应标准限值, 即昼间≤70dB(A), 夜间≤55dB(A)。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|              | 淋滤水     | 2026/1/22、<br>2026/2/26、<br>2026/3/10 | 淋滤水收集池/淋滤水排水口                                                         | 21 项指标: pH 值、六价铬、总磷、氟化物、汞、砷、铅、铜、铬、锌、镉、镍、化学需氧量、总氰化物、氨氮、烷基汞-甲基汞、烷基汞-乙基汞、硒、钡、铍、银 | 云南华测检测认证有限公司 | 2025 年 6 月份开始, 双哨改性磷石膏淋滤水两个去向: 通过管道输送至柳树箐磷石膏渗滤液收集池至厂区生产用水, 另外一个用途为晴天用于双哨生态修复回填区洒水降尘, 不涉及外排。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|              | 山体渗水    | 2026/2/8                              | 项目渗滤液收集池下游山体渗水                                                        | 18 项: pH 值、六价铬、总硬度、氟化物、氯化物、汞、溶解性总固体、砷、硝酸盐、硫酸盐、铅、铜、总铬、锌、镉、镍、高锰酸盐指数、总磷          | 云南华测检测认证有限公司 | 2026 年第 1 季度磷达到 GB3838-2002 的Ⅲ类标准限值, 总硬度、溶解性总固体和硫酸盐 GB/T14848-2017 的 V 类, 其余 14 项指标达到 GB/T14848-2017 的Ⅲ类标准。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2026 年第 2 季度 | 地下水     | 2026/5/23                             | 左岸观测井 (JCJ01)、下游扩散井 (JCJ02)、下游观测井 (JCJ03)、右岸观测井 (JCJ04)、上游背景井 (JCJ05) | 17 项: pH 值、六价铬、总硬度、氟化物、氯化物、汞、溶解性总固体、砷、硝酸盐、铅、铜、总铬、锌、镉、镍、高锰酸盐指数、总磷              | 云南华测检测认证有限公司 | 项目 2026 年第 2 季度地下水监测结果如下:<br>(1) 左岸观测井 1#(JCJ01) 无水; 下游观测井 3#(JCJ03) 和上游背景井 5#(JCJ05) 监测结果: 总磷达到 GB3838-2002 的Ⅲ类水质标准; 总硬度、溶解性总固体监测水质为 GB/T14848-2017 的 V 类, 其余 14 项指标达到 GB/T14848-2017 的Ⅲ类水质标准。<br>(2) 上游背景井 5#(JCJ05) 监测结果: 总磷达到 GB3838-2002 的Ⅲ类水质标准; 总硬度、溶解性总固体监测水质为 GB/T14848-2017 的 IV 类, 其余 14 项指标达到 GB/T14848-2017 的Ⅲ类水质标准。<br>(3) 下游扩散井 2#(JCJ02)、右岸观测井 4#(JCJ04) 监测结果: 总磷达到 GB3838-2002 的Ⅲ类水质标准, 其余 16 项指标达到 GB/T14848-2017 的Ⅲ类水质标准。 |
|              | 厂界无组织废气 | 2026/5/23                             | 厂界上风向 1 个点、下风向 3 个点, 共 4 个监测点                                         | 颗粒物 (TSP)                                                                     | 云南华测检测认证有限公司 | 双哨生态修复项目 2026 年第 2 季度施工期厂界废气达到《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) (表                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

| 阶段 | 要素     | 取样时间                         | 监测点位                                              | 监测因子                                                                                                                         | 监测公司         | 评价                                                                                                      |
|----|--------|------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |        |                              |                                                   |                                                                                                                              |              | 2) 无组织排放监控限值，即：颗粒物≤1.0mg/m3。                                                                            |
|    | 施工场界噪声 | 2026/5/23                    | 东面厂界（1#）、南面厂界（2#）、西面厂界（3#）、北面厂界（4#）外 1m 各设 1 个监测点 | 等效连续 A 声级 Leq(A)                                                                                                             | 云南华测检测认证有限公司 | 双哨生态修复项目 2026 年第 2 季度施工期厂界噪声达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）相应标准限值，即昼间≤70dB(A)，夜间≤55dB(A)。              |
|    | 淋滤水    | 2026/4/7、2026/5/23、2026/6/17 | 淋滤水收集池/淋滤水排水口                                     | 2026/4/7 和 2026/6/17 监测 12 项指标：pH 值、六价铬、总磷、氟化物、汞、砷、铅、铜、铬、锌、镉、镍；<br>2026/5/23 监测 9 项指标：化学需氧量、总氰化物、氨氮、烷基汞-甲基汞、烷基汞-乙基汞、硒、钡、铍、银。 | 云南华测检测认证有限公司 | 2025 年 6 月份开始，双哨改性磷石膏淋滤水两个去向：通过管道输送至柳树箐磷石膏渗滤液收集池至厂区生产用水，另外一个用途为晴天用于双哨生态修复回填区洒水降尘，不涉及外排。                 |
|    | 山体渗水   | 2026/5/23                    | 项目渗滤液收集池下游山体渗水                                    | 17 项：pH 值、六价铬、总硬度、氟化物、氯化物、汞、溶解性总固体、砷、硝酸盐、铅、铜、总铬、锌、镉、镍、高锰酸盐指数、总磷                                                              | 云南华测检测认证有限公司 | 2026 年第 2 季度磷达到 GB3838-2002 的Ⅲ类标准限值，总硬度、溶解性总固体和硫酸盐 GB/T14848-2017 的Ⅴ类，其余 14 项指标达到 GB/T14848-2017 的Ⅲ类标准。 |

由表 8.2-6-1 分析可知，项目施工期 2024 年 1 季度-2026 年 2 季度监测结果除溶解性总固体、硫酸盐、总硬度其余指标均满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）的Ⅲ类标准；总磷满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类标准限值。

项目施工期 2024 年 1 季度-2026 年 2 季度 pH、溶解性总固体、硫酸盐、总硬度、氟化物、总磷监测结果统计见表表 8.2-6-2。

表 8.2-6-2 项目施工期地下水监测结果一览表（单位 mg/L）

| 监测点位          | 指标               | III类标准限值要求 | 2024 年 1 季度 | 2024 年 2 季度 | 2024 年 3 季度 8 月 | 2024 年 3 季度 9 月 | 2024 年 4 季度 10 月 | 2024 年 4 季度 12 月 | 2025 年 1 季度 | 2025 年 2 季度 4 月 | 2025 年 2 季度 5 月 | 2025 年 3 季度 7 月 | 2025 年 3 季度 9 月 | 2025 年 4 季度 | 2026 年 1 季度 | 2026 年 2 季度 |
|---------------|------------------|------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| 左岸观测井 (JCJ01) | pH（无量纲）          | 6.5~8.5    | 7.9         | 6.6         | 8.2             |                 | 8.2              | 7.5              | 7.1         | 7.3             |                 | 7.3             | 8.2             | 7.1         | 7.1         |             |
|               | 溶解性总固体（mg/L）     | ≤1000      | 617         | 2092        | 1500            | 2070            | 1760             | 1460             | 1410        | 1750            |                 | 1150            | 1420            | 1500        | 1330        |             |
|               | 总硬度（以碳酸钙计）（mg/L） | ≤450       | 424         | 1106        | 1210            | 1220            | 1070             | 1040             | 982         | 1220            |                 | 710             | 246             | 1090        | 1030        |             |
|               | 硫酸盐（mg/L）        | ≤250       |             | 318         |                 |                 |                  |                  |             | 1030            |                 | 510             | 686             | 804         | 738         |             |
|               | 氟化物（mg/L）        | ≤1.0       | 0.27        | 0.83        | 0.175           |                 | 0.355            | 0.311            | 0.195       | 0.296           | 0.340           | 0.143           | 0.292           | 0.189       | 0.213       |             |
|               | 总磷（mg/L）         | ≤0.2       | 0.06L       | 0.06L       | 0.46            | 0.37            | 0.05             | 0.04             | 0.02        | 0.10            | 0.02            | 0.01ND          | 0.04            | 0.01ND      | 0.06        |             |
| 下游扩散井 (JCJ02) | pH（无量纲）          | 6.5~8.5    | 7.7         | 6.4         | 6.7             |                 | 7.3              | 7.7              | 8.1         | 7.8             |                 | 8.2             | 8               | 8.2         | 8.1         | 8.2         |
|               | 溶解性总固体（mg/L）     | ≤1000      | 2300        | 2682        | 2480            | 2460            | 500              | 414              | 460         | 414             |                 | 490             | 353             | 461.5       | 371         | 346.5       |
|               | 总硬度（以碳酸钙计）（mg/L） | ≤450       | 1173        | 1514        | 1560            | 1370            | 280              | 283.5            | 305.5       | 276             |                 | 284             | 289             | 310.5       | 312         | 301.5       |
|               | 硫酸盐（mg/L）        | ≤250       |             | 280         |                 |                 |                  |                  |             | 92.1            |                 | 90.9            | 97.7            | 93.2        | 0.032       |             |
|               | 氟化物（mg/L）        | ≤1.0       | 0.22        | 0.87        | 0.157           |                 | 0.164            | 0.126            | 0.129       | 0.133           | 0.100           | 0.134           | 0.086           | 0.111       | 0.120       | 0.134       |
|               | 总磷（mg/L）         | ≤0.2       | 0.06L       | 0.06L       | 0.14            | 0.115           | 0.02             | 0.02             | 0.02        | 0.03            | 0.02            | 0.02            | 0.01            | 0.03        | 0.01ND      | 0.06        |
| 下游观测井 (JCJ03) | pH（无量纲）          | 6.5~8.5    | 8.0         | 6.6         | 6.8             |                 | 8.2              | 6.9              | 7           | 7.0             |                 | 7               | 8.2             | 7.3         | 8.25        | 7.1         |
|               | 溶解性总固体（mg/L）     | ≤1000      | 1599        | 3066        | 2460            | 3060            | 2300             | 2460             | 2210        | 3045            |                 | 2530            | 1930            | 1890        | 2065        | 2630        |
|               | 总硬度（以碳酸钙计）（mg/L） | ≤450       | 926         | 1942        | 1650            | 1800            | 1385             | 1820             | 2010        | 1905            |                 | 1610            | 1410            | 1340        | 1455        | 2520        |
|               | 硫酸盐（mg/L）        | ≤250       |             | 162         |                 |                 |                  |                  |             | 1860            |                 | 1505            | 1200            | 1220        | 1315        |             |
|               | 氟化物（mg/L）        | ≤1.0       | 0.21        | 0.78        | 0.081           |                 | 0.165            | 0.160            | 0.706       | 0.174           |                 | 5.54            | 5.3             | 0.098       | 0.075       | 0.861       |
|               | 总磷（mg/L）         | ≤0.2       | 0.06L       | 0.06L       | 0.24            | 0.13            | 0.205            | 0.04             | 0.02        | 0.01            |                 | 0.02            | 0.01ND          | 0.01ND      | 0.01ND      | 0.04        |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

| 监测点位          | 指标               | III类标准限值要求 | 2024 年 1 季度 | 2024 年 2 季度 | 2024 年 3 季度 8 月 | 2024 年 3 季度 9 月 | 2024 年 4 季度 10 月 | 2024 年 4 季度 12 月 | 2025 年 1 季度 | 2025 年 2 季度 4 月 | 2025 年 2 季度 5 月 | 2025 年 3 季度 7 月 | 2025 年 3 季度 9 月 | 2025 年 4 季度 | 2026 年 1 季度 | 2026 年 2 季度 |
|---------------|------------------|------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| 右岸观测井 (JCJ04) | pH（无量纲）          | 6.5~8.5    |             | 7.4         | 7.8             |                 |                  |                  |             | 7.9             |                 | 8               | 7.9             | 7.3         | 7.9         | 7.7         |
|               | 溶解性总固体（mg/L）     | ≤1000      |             | 842         | 778             |                 |                  |                  |             |                 |                 | 307             | 305             | 398         | 422         | 347         |
|               | 总硬度（以碳酸钙计）（mg/L） | ≤450       |             | 439         | 657             |                 |                  |                  |             | 302             |                 | 176             | 91              | 251         | 265         | 268         |
|               | 硫酸盐（mg/L）        | ≤250       |             | 274         |                 |                 |                  |                  |             | 122             |                 | 62.8            | 75              | 118         | 148         |             |
|               | 氟化物（mg/L）        | ≤1.0       |             | 0.58        | 0.063           |                 |                  |                  |             | 0.171           | 0.070           | 0.027           | 0.089           | 0.074       | 0.045       | 0.056       |
|               | 总磷（mg/L）         | ≤0.2       |             | 0.06L       | 0.12            |                 |                  |                  |             | 0.01            | 0.03            | 0.02            | 0.02            | 0.01ND      | 0.03        | 0.05        |
| 上游背景井 (JCJ05) | pH（无量纲）          | 6.5~8.5    |             | 7.4         | 7.9             |                 | 7.9              | 8.2              | 7.6         | 7.6             |                 | 7.4             | 7.3             | 7.3         | 7.4         | 7.4         |
|               | 溶解性总固体（mg/L）     | ≤1000      |             | 483         | 287             |                 | 413              | 398              | 412         | 994             |                 | 1470            | 1110            | 1450        | 1410        | 1320        |
|               | 总硬度（以碳酸钙计）（mg/L） | ≤450       |             | 225         | 219             |                 | 238              | 338              | 381         | 843             |                 | 847             | 815             | 958         | 890         | 465         |
|               | 硫酸盐（mg/L）        | ≤250       |             | 67          |                 |                 |                  |                  |             | 573             |                 | 698             | 578             | 688         | 638         |             |
|               | 氟化物（mg/L）        | ≤1.0       |             | 0.41        | 0.052           |                 | 0.124            | 0.085            | 0.088       | 0.204           | 0.340           | 0.034           | 0.026           | 0.086       | 0.089       | 0.095       |
|               | 总磷（mg/L）         | ≤0.2       |             | 0.1         | 0.76            |                 | 0.05             | 0.04             | 0.13        | 0.03            | 0.02            | 0.02            | 0.03            | 0.01ND      | 0.02        | 0.06        |
| 山体渗水          | pH（无量纲）          | 6.5~8.5    |             |             |                 |                 |                  | 8.2              |             | 7.3             |                 |                 |                 | 7.3         | 7.3         | 7.3         |
|               | 溶解性总固体（mg/L）     | ≤1000      |             |             |                 |                 |                  | 3350             |             | 2610            |                 |                 |                 | 3320        | 3040        | 3070        |
|               | 总硬度（以碳酸钙计）（mg/L） | ≤450       |             |             |                 |                 |                  | 2510             |             | 2250            |                 |                 |                 | 2120        | 2000        | 2410        |
|               | 硫酸盐（mg/L）        | ≤250       |             |             |                 |                 |                  |                  |             | 2160            |                 |                 |                 | 2000        | 1980        |             |
|               | 氟化物（mg/L）        | ≤1.0       |             |             |                 |                 |                  | 0.414            |             | 0.286           |                 |                 |                 | 0.132       | 0.218       | 0.112       |
|               | 总磷（mg/L）         | ≤0.2       |             |             |                 |                 |                  | 0.04             |             | 0.03            |                 |                 |                 | 0.01        | 0.02        | 0.04        |

项目施工期 2024 年 1 季度-2026 年 2 季度 JCJ01 溶解性总固体、硫酸盐、总硬度监测结果趋势见图 8.2-6-1

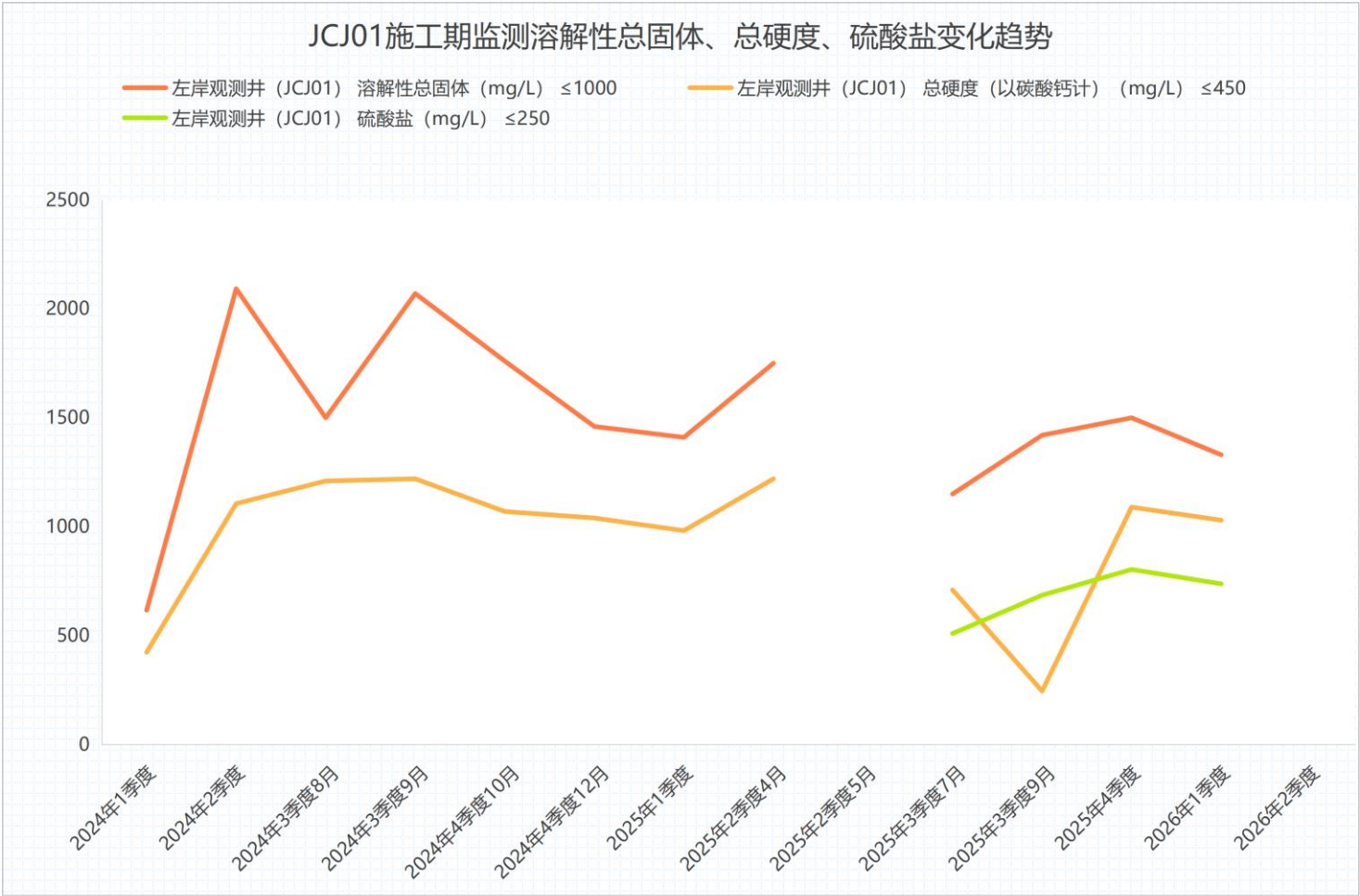


图 8.2-6-1 JCJ01 溶解性总固体、硫酸盐、总硬度监测结果趋势图

项目施工期 2024 年 1 季度-2026 年 2 季度 JCJ02 溶解性总固体、硫酸盐、总硬度监测结果趋势见图 8.2-6-2

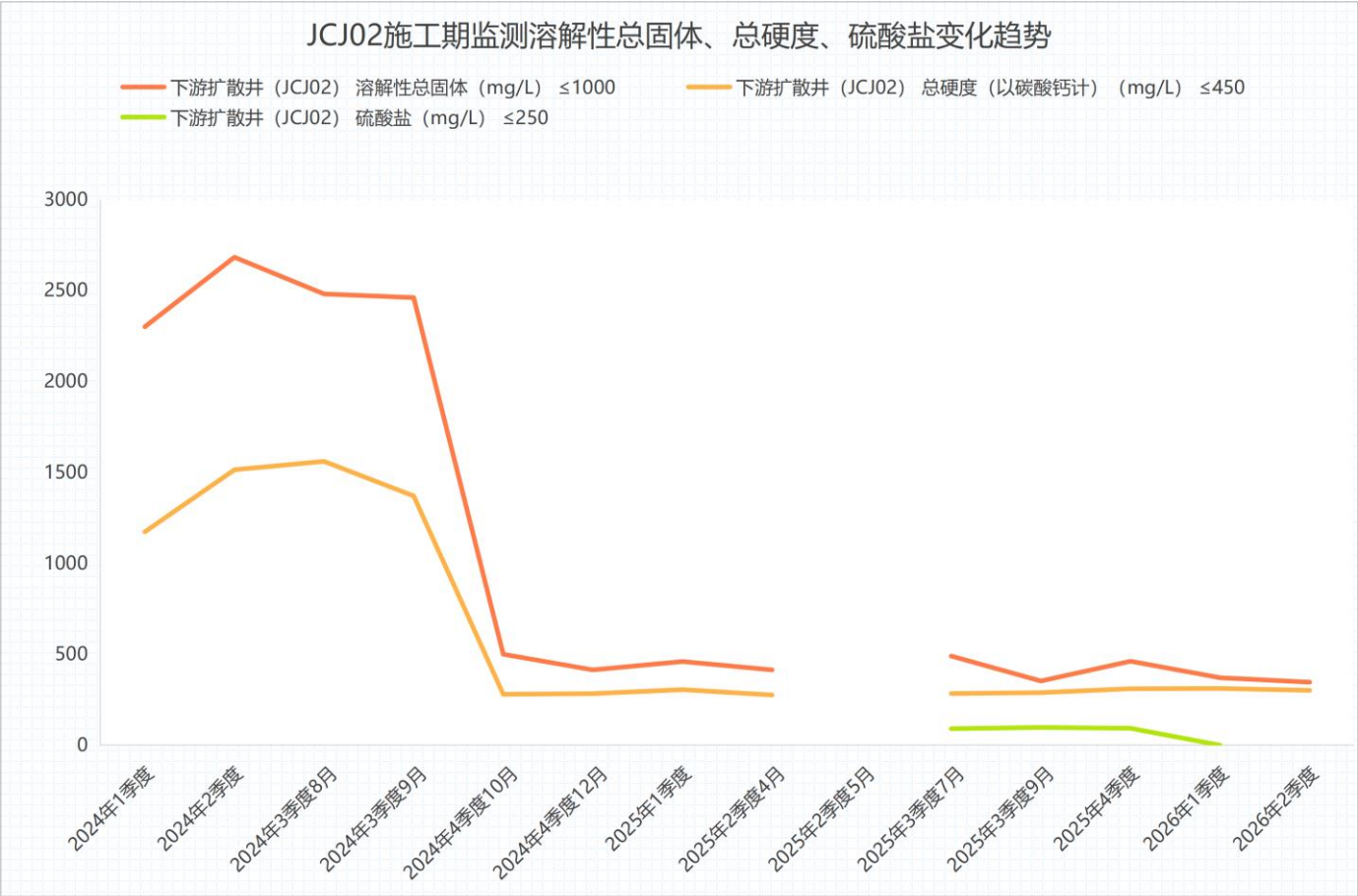


图 8.2-6-2 JCJ02 溶解性总固体、硫酸盐、总硬度监测结果趋势图

项目施工期 2024 年 1 季度-2026 年 2 季度 JCJ03 溶解性总固体、硫酸盐、总硬度监测结果趋势见图 8.2-6-3

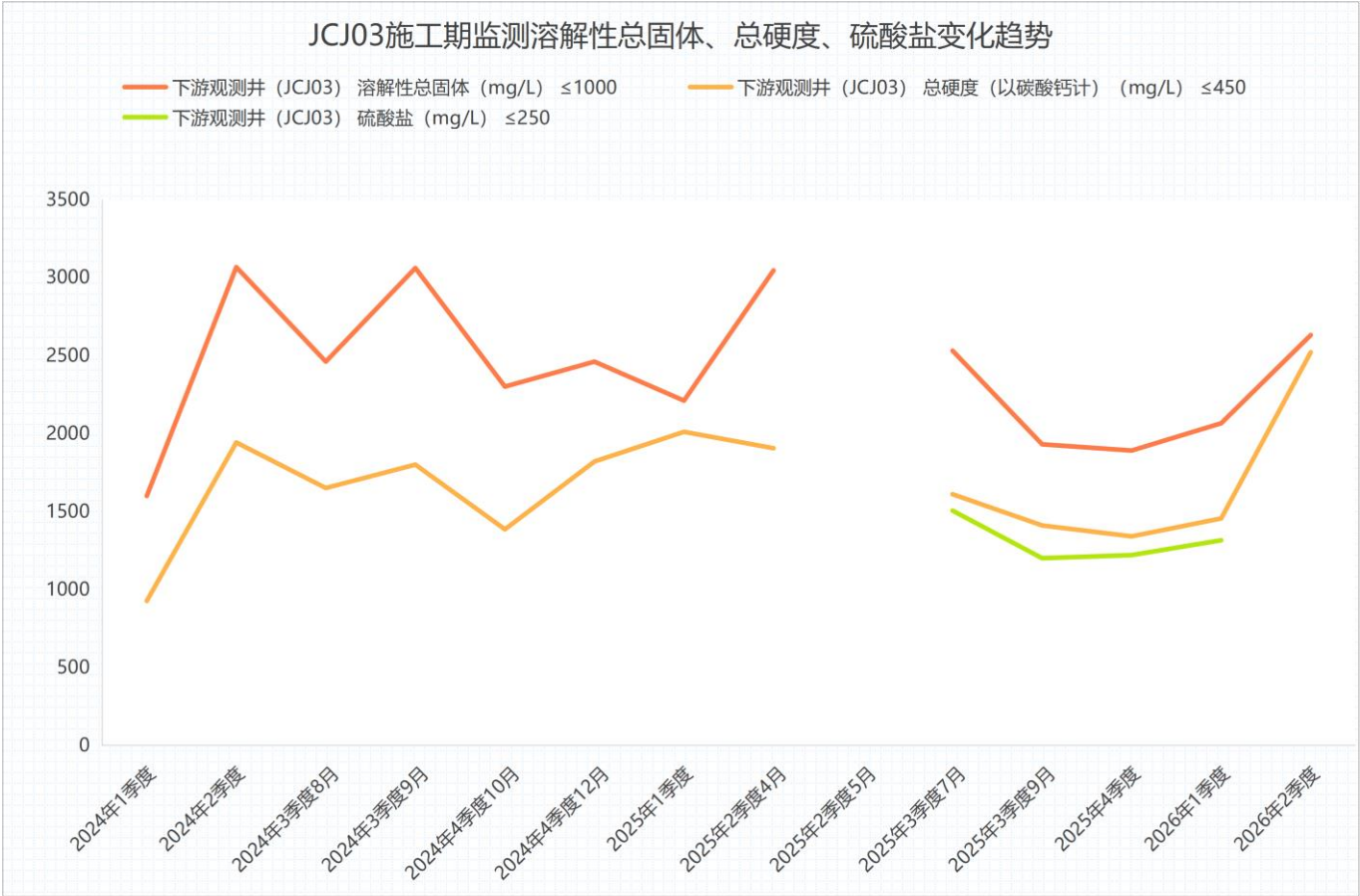


图 8.2-6-3 JCJ03 溶解性总固体、硫酸盐、总硬度监测结果趋势图

项目施工期 2024 年 1 季度-2026 年 2 季度 JCJ04 溶解性总固体、硫酸盐、总硬度监测结果趋势见图 8.2-6-4

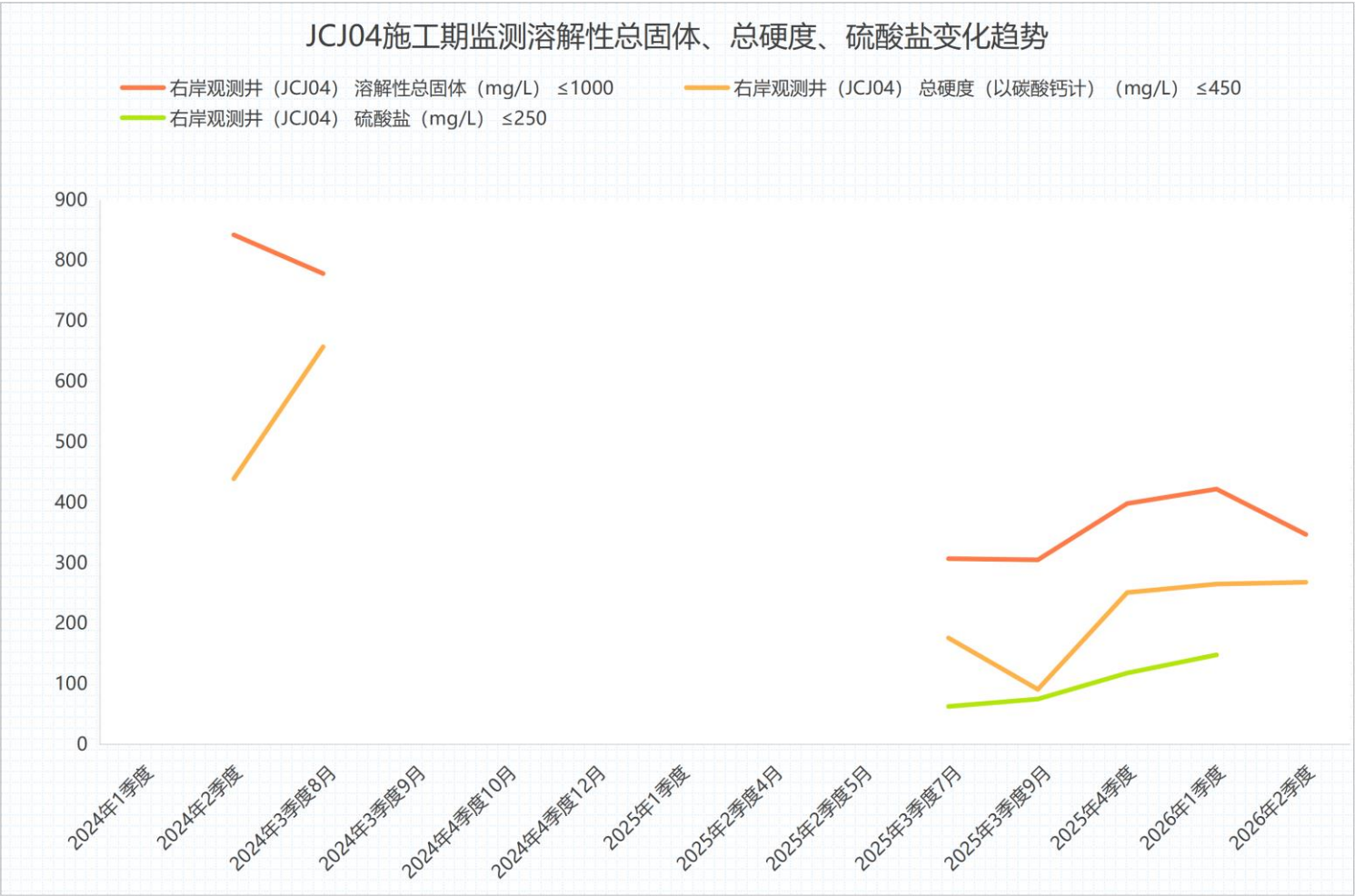


图 8.2-6-4 JCJ04 溶解性总固体、硫酸盐、总硬度监测结果趋势图

项目施工期 2024 年 1 季度-2026 年 2 季度 JCJ05 溶解性总固体、硫酸盐、总硬度监测结果趋势见图 8.2-6-5。

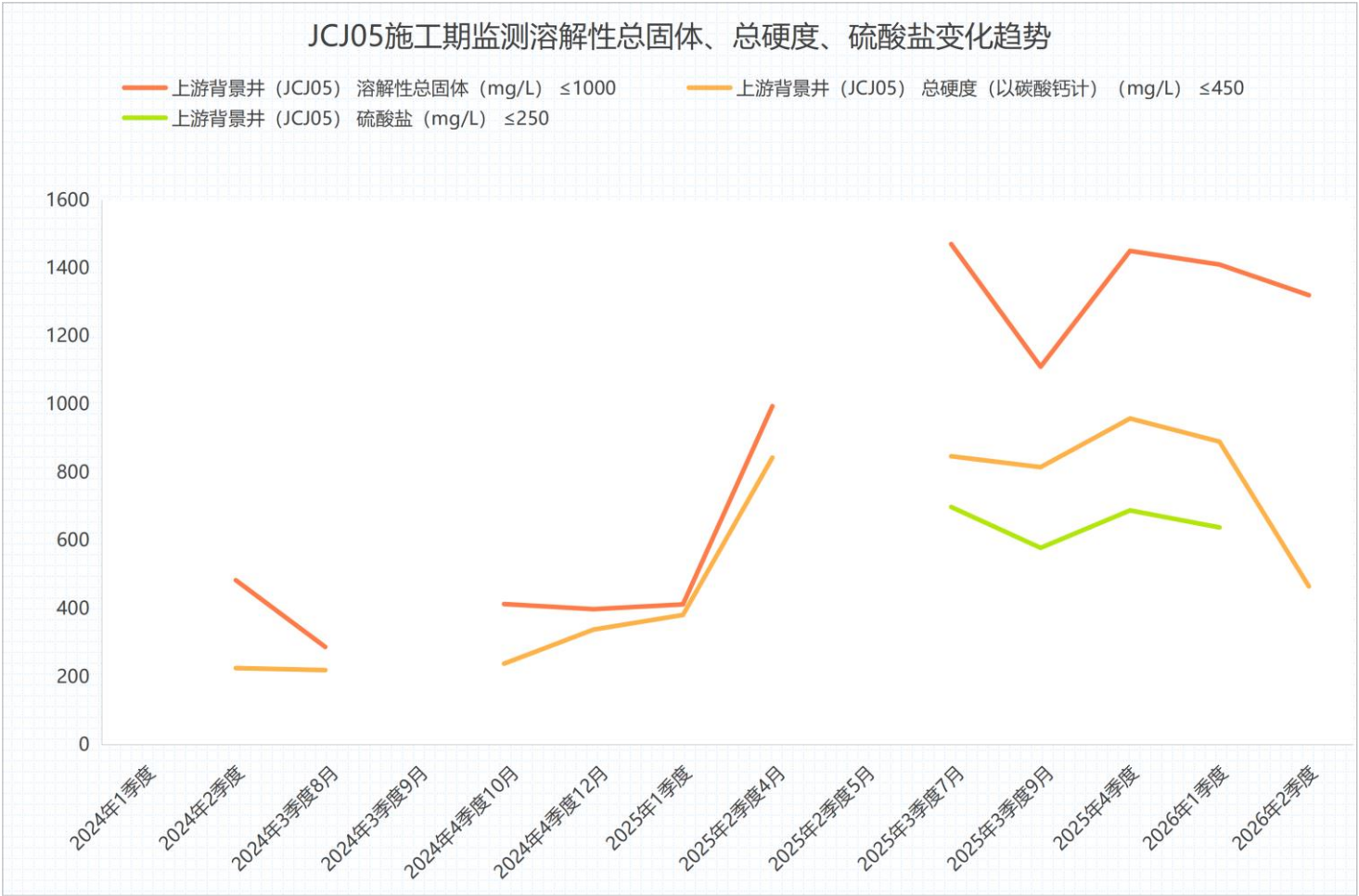
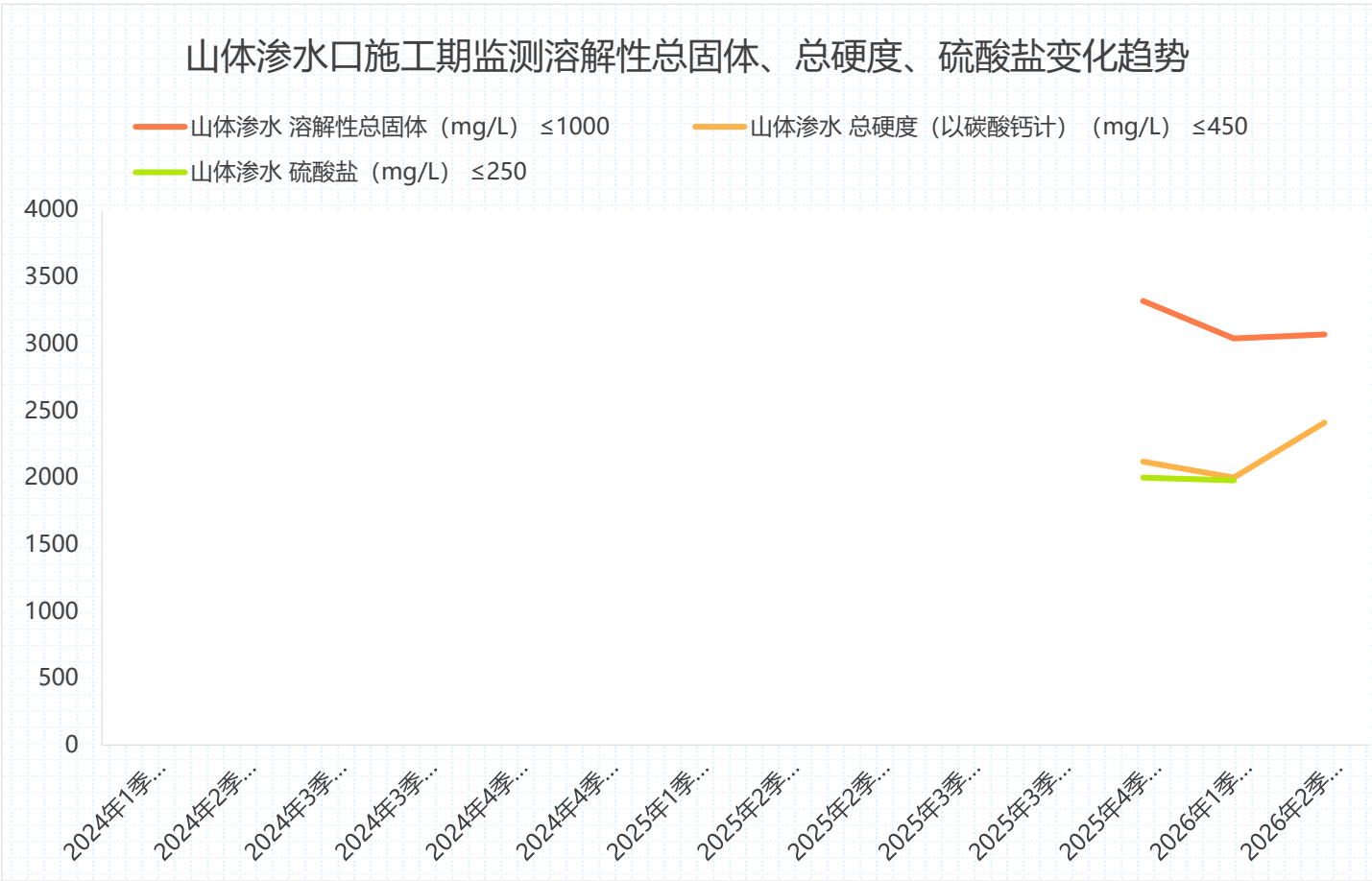


图 8.2-6-5 JCJ05 溶解性总固体、硫酸盐、总硬度监测结果趋势图

项目施工期 2024 年 1 季度-2026 年 2 季度山体渗水口溶解性总固体、硫酸盐、总硬度监测结果趋势见图 8.2-6-6。



由表 8.2-6 及图 8.2-6-1 至图 8.2-6-6 分析可知，2024 年 1 季度至 2026 年 2 季度监测左岸观测井（JCJ01）、下游扩散井（JCJ02）、下游观测井 3#（JCJ03）、上游背景井 5#（JCJ05）、山体渗水口 6#硫酸盐、总硬度、溶解性总固体均出现超标情况，其余指标均满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）的Ⅲ类标准，与本次监测结果对比无明显变化趋势，硫酸盐、总硬度、溶解性总固体出现超标的原因因为区域本底值较高。

#### 8.2.2.3 土壤监测数据分析

项目土壤监测点位设置 8 个，TR01（环评阶段 5#）、TR02（环评阶段 7#）TR03（环评阶段 14#）、TR04（环评阶段 15#）、对照点 TR05（环评阶段 13#）TR06（环评阶段 12#）、TR07（环评阶段 2#）、地表径流下游 TR08（环评阶段 9#）；下游耕地设置耕地 TR09（JCJ02 下游耕地）、耕地 TR10（JCJ02 下游耕地）2 个土壤监测点位。

土壤监测结果见表 8.2-7、8.2.8。

表 8.2-7 土壤监测结果（单位:mg/kg）

|            |                       |                      |                      |                      |                      |                       |                      |                      |                                                                                   |       |       |
|------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
| 采样点位       | TR01（环评阶段 5#）         | TR02（环评阶段 7#）        | TR03（环评阶段 14#）       | TR04（环评阶段 15#）       | 对照点 TR05（环评阶段 13#）   | TR06（环评阶段 12#）        | TR07（环评阶段 2#）        | 地表径流下游 TR08（环评阶段 9#） | 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》中的第二类用地标准筛选值                                           | 管制值   | 评价结果  |
| 样品编号       | S260618B01-1          | S260618B02-1         | S260618B03-1         | S260618B04-1         | S260618B05-1         | S260618B06-1          | S260618B07-1         | S260618B08-1         |                                                                                   |       |       |
| 采样日期/接样日期  | 2026.06.18/2026.06.18 |                      |                      |                      |                      | 2026.06.18/2026.06.18 |                      |                      |                                                                                   |       |       |
| 品状态        | 黄棕、颗粒                 | 暗棕、颗粒                | 黄棕、颗粒                | 黄色、颗粒                | 棕色、颗粒                | 黄棕、颗粒                 | 棕色、颗粒                | 棕色、颗粒                |                                                                                   |       |       |
| 项目         |                       |                      |                      |                      |                      |                       |                      |                      |                                                                                   |       |       |
| pH（无量纲）    | 7.44                  | 7.96                 | 7.97                 | 4.31                 | 6.02                 | 5.49                  | 7.37                 | 7.66                 | /                                                                                 | /     | /     |
| 总磷（mg/kg）  | 30                    | 940                  | 440                  | 90                   | 40                   | 110                   | 410                  | 260                  | /                                                                                 | /     | /     |
| 氟化物（mg/kg） | 1.04×10 <sup>3</sup>  | 7.80×10 <sup>3</sup> | 3.64×10 <sup>3</sup> | 1.22×10 <sup>3</sup> | 1.71×10 <sup>3</sup> | 1.15×10 <sup>3</sup>  | 2.87×10 <sup>3</sup> | 1.82×10 <sup>3</sup> | 氟化物参考执行深圳市地方标准《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（DB4403/T 67-2020）标准，氟化物第二类用地筛选值及管制值均≤10000mg/kg | 10000 | 低于筛选值 |
| 砷（mg/kg）   | 21.2                  | 48.2                 | 35.6                 | 12.8                 | 40.5                 | 6.02                  | 36.3                 | 26.2                 | 60                                                                                | 140   | 低于筛选值 |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收调查表

|             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |               |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| 汞 (mg/kg)   | 0.044 | 0.193 | 0.267 | 0.019 | 0.053 | 0.026 | 0.646 | 0.103 | 38    | 82    | 低于<br>筛选<br>值 |
| 镉 (mg/kg)   | 0.048 | 0.864 | 1.85  | <0.03 | 0.644 | 2.05  | 2.26  | 0.389 | 65    | 172   | 低于<br>筛选<br>值 |
| 铅 (mg/kg)   | 18.7  | 180   | 761   | 14.9  | 44.6  | 11.3  | 439   | 62.6  | 800   | 2500  | 低于<br>筛选<br>值 |
| 铬 (mg/kg)   | 53.9  | 38.7  | 35.4  | 47.1  | 79.6  | 38.4  | 61.5  | 53.6  | /     | /     | /             |
| 铜 (mg/kg)   | 23.8  | 12.6  | 14.6  | 13.1  | 46.3  | 8.64  | 59.2  | 29.2  | 18000 | 36000 | 低于<br>筛选<br>值 |
| 镍 (mg/kg)   | 37.8  | 24.9  | 18.2  | 22.4  | 85.4  | 20.1  | 39.5  | 34.6  | 900   | 2000  | 低于<br>筛选<br>值 |
| 锌 (mg/kg)   | 86    | 338   | 973   | 63.6  | 130   | 120   | 710   | 124   | /     | /     | /             |
| 六价铬 (mg/kg) | <0.5  | <0.5  | <0.5  | <0.5  | <0.5  | <0.5  | <0.5  | <0.5  | 5.7   | 7.8   | 低于<br>筛选<br>值 |

表 8.2-8 土壤监测结果（单位:mg/kg）

| 采样点位                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 对照点 TR05（环评阶段 13#）    |           | 耕地 TR09（JCJ02 下游耕地） |                 |                       |            | 耕地 TR10（JCJ02 下游耕地） |                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------|---------------------|-----------------|-----------------------|------------|---------------------|-----------------------|----|
| 样品编号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | S260618B05-1          | 环评阶段检测    | 筛选值(pH>7.5, 其他)     | 管制值(pH>7.5, 其他) | S260618B09-1          | 评价         | 筛选值(6.5<pH≤7.5, 其他) | S260618B10-1          | 评价 |
| 采样日期/接样日期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2026.06.18/2026.06.18 | 2023/2/10 | /                   | /               | 2026.06.18/2026.06.18 | /          | /                   | 2026.06.18/2026.06.18 | /  |
| 样品状态/项目                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 棕色、颗粒                 | /         | /                   | /               | 暗棕、颗粒                 | /          | /                   | 棕色、颗粒                 | /  |
| pH（无量纲）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 6.02                  | 5.47      | /                   | /               | 7.69                  | /          | /                   | 8.28                  | /  |
| 总磷（mg/kg）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1870                  | 1969      | /                   | /               | 15700                 | /          | /                   | 1670                  | /  |
| 氟化物（mg/kg）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1.71×10 <sup>3</sup>  | 1018      | ≤10000              | ≤10000          | 4.47×10 <sup>3</sup>  | 达标         | ≤10000              | 1.68×10 <sup>3</sup>  | 达标 |
| 砷（mg/kg）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 40.5                  | 69.7      | ≤25                 | ≤100            | 28.5                  | 超筛选值，不超管制值 | ≤30                 | 26.4                  | 达标 |
| 汞（mg/kg）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0.053                 | 0.140     | ≤3.4                | ≤6.0            | 0.124                 | 达标         | ≤2.4                | 0.032                 | 达标 |
| 镉（mg/kg）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0.644                 | 0.20      | ≤0.6                | ≤4.0            | 0.914                 | 超筛选值，不超管制值 | ≤0.3                | 0.184                 | 达标 |
| 铅（mg/kg）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 44.6                  | 41        | ≤170                | ≤1000           | 181                   | 超筛选值，不超管制值 | ≤120                | 17.3                  | 达标 |
| 铬（mg/kg）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 79.6                  | /         | ≤250                | ≤1300           | 40.3                  | 达标         | ≤200                | 68.3                  | 达标 |
| 铜（mg/kg）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 46.3                  | 51        | ≤100                | /               | 20.7                  | 达标         | ≤100                | 66.8                  | 达标 |
| 镍（mg/kg）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 85.4                  | 52        | ≤190                | /               | 22.9                  | 达标         | ≤100                | 37                    | 达标 |
| 锌（mg/kg）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 130                   | /         | ≤300                | /               | 188                   | 达标         | ≤250                | 104                   | 达标 |
| 六价铬（mg/kg）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <0.5                  | 未检出       | /                   | /               | <0.5                  | 达标         | /                   | <0.5                  | 达标 |
| 备注：（1）镉、汞、砷、铅、铬、铜、镍、锌执行《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）；氟化物参考执行深圳市地方标准《建设用地上壤污染风险筛选值和管制值》（DB4403/T 67-2020）标准，氟化物第二类用地筛选值及管制值均≤10000mg/kg；其余指标（六价铬、总磷）参照背景点对比分析。<br>（2）验收期间数据来源云南坤发环境科技有限公司《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目竣工环境保护验收监测检测报告》（坤发环检字[2026]-06149 号）。<br>（3）项目环评阶段监测数据来源云南环绿环境检测技术有限公司《双哨磷矿矿坑生态修复治理项目本底值调查监测检测报告》（报告编号：HL20230208007；报告日期 2023 年 4 |                       |           |                     |                 |                       |            |                     |                       |    |

| 采样点位                 | 对照点 TR05（环评阶段 13#）    |           | 耕地 TR09（JCJ02 下游耕地） |                 |                       |            | 耕地 TR10（JCJ02 下游耕地） |                       |    |
|----------------------|-----------------------|-----------|---------------------|-----------------|-----------------------|------------|---------------------|-----------------------|----|
| 样品编号                 | S260618B05-1          | 环评阶段检测    | 筛选值(pH>7.5, 其他)     | 管制值(pH>7.5, 其他) | S260618B09-1          | 评价         | 筛选值(6.5<pH≤7.5, 其他) | S260618B10-1          | 评价 |
| 采样日期/接样日期            | 2026.06.18/2026.06.18 | 2023/2/10 | /                   | /               | 2026.06.18/2026.06.18 | /          | /                   | 2026.06.18/2026.06.18 | /  |
| 样品状态/项目              | 棕色、颗粒                 | /         | /                   | /               | 暗棕、颗粒                 | /          | /                   | 棕色、颗粒                 | /  |
| pH（无量纲）              | 6.02                  | 5.47      | /                   | /               | 7.69                  | /          | /                   | 8.28                  | /  |
| 总磷（mg/kg）            | 1870                  | 1969      | /                   | /               | 15700                 | /          | /                   | 1670                  | /  |
| 氟化物（mg/kg）           | 1.71×10 <sup>3</sup>  | 1018      | ≤10000              | ≤10000          | 4.47×10 <sup>3</sup>  | 达标         | ≤10000              | 1.68×10 <sup>3</sup>  | 达标 |
| 砷（mg/kg）             | 40.5                  | 69.7      | ≤25                 | ≤100            | 28.5                  | 超筛选值，不超管制值 | ≤30                 | 26.4                  | 达标 |
| 汞（mg/kg）             | 0.053                 | 0.140     | ≤3.4                | ≤6.0            | 0.124                 | 达标         | ≤2.4                | 0.032                 | 达标 |
| 镉（mg/kg）             | 0.644                 | 0.20      | ≤0.6                | ≤4.0            | 0.914                 | 超筛选值，不超管制值 | ≤0.3                | 0.184                 | 达标 |
| 铅（mg/kg）             | 44.6                  | 41        | ≤170                | ≤1000           | 181                   | 超筛选值，不超管制值 | ≤120                | 17.3                  | 达标 |
| 铬（mg/kg）             | 79.6                  | /         | ≤250                | ≤1300           | 40.3                  | 达标         | ≤200                | 68.3                  | 达标 |
| 铜（mg/kg）             | 46.3                  | 51        | ≤100                | /               | 20.7                  | 达标         | ≤100                | 66.8                  | 达标 |
| 镍（mg/kg）             | 85.4                  | 52        | ≤190                | /               | 22.9                  | 达标         | ≤100                | 37                    | 达标 |
| 锌（mg/kg）             | 130                   | /         | ≤300                | /               | 188                   | 达标         | ≤250                | 104                   | 达标 |
| 六价铬（mg/kg）           | <0.5                  | 未检出       | /                   | /               | <0.5                  | 达标         | /                   | <0.5                  | 达标 |
| 月 14 日）。             |                       |           |                     |                 |                       |            |                     |                       |    |
| （4）验收期间，两个耕地点位为种植玉米。 |                       |           |                     |                 |                       |            |                     |                       |    |

由表 8.2-7、表 8.2-8 分析可知，TR01（环评阶段 5#）、TR02（环评阶段 7#）TR03（环评阶段 14#）、TR04（环评阶段 15#）、对照点 TR05（环评阶段 13#）TR06（环评阶段 12#）、TR07（环评阶段 2#）、地表径流下游 TR08（环评阶段 9#）8 个土壤监测点砷、

汞、镉、铅、铜、镍、六价铬均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》中的第二类用地标准筛选值，氟化物低于深圳市地方标准《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（DB4403/T 67-2020）标准，即：氟化物第二类用地筛选值及管制值均 $\leq 10000\text{mg/kg}$ 。耕地 TR09（JCJ02 下游耕地）、耕地 TR10（JCJ02 下游耕地）2 个土壤监测点氟化物低于深圳市地方标准《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（DB4403/T 67-2020）标准，即：氟化物第二类用地筛选值及管制值均 $\leq 10000\text{mg/kg}$ ；砷、镉、铅高于筛选值，低于管制值，高于筛选值的原因因为区域本底值较高；汞、铬、铜、镍、锌均低于筛选值。建议后期加强对区域土壤的长效监测。

表九 环境管理状况及监测计划

9.1 环境管理机构

本项目的建设，在为当地环境保护作出贡献的同时，对周围环境造成一定的负面影响，开展项目的环境管理及监测的目的是要全面落实环境保护是我国基本国策的精神；对运营期进行监督管理，同时进行系统的环境监测，及时、准确、全面地了解项目环保措施的落实情况及环境污染状况，发现潜在的不利影响，从而及时采取有效的环保措施以减轻和消除不利影响，以便使环保设施发挥最佳效果，使环境不利影响减免到最低限度。本项目环境管理职责及落实情况对比分析一览表见表 9.1-1。

表 9.1-1 环境管理职责及落实情况一览表

| 序号 | 环境管理职责     | 实际落实情况 |
|----|------------|--------|
| 1  | 建立环境保护管理机构 | 已经落实   |
| 2  | 环境管理制度的制定  | 已经落实   |

昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目的建设由建设单位统一组织；在项目建设至运行阶段，均建立项目环保责任制，实现精细化化管理。运营期间加强设施设备维护和环境监测，确保污染物达标排放。企业规章制度、岗位职责健全，工作人员安全操作，规范作业，未发生过环保事故。

9.2 环境管理情况

建设单位制定安全环保管理制度、安全员岗位职责、环保员的岗位职责。

从现场调查可知，本项目各项环境管理制度基本能够落到实处，环保档案有专人管理，与环境保护相关的文件资料保存完好，本项目的建设基本做到了“三同时”，在工程推进过程当中环境管理体系和日常管理制度得到逐步完善。

9.3 应急预案落实情况调查

建设单位 2023 年 10 月提供资料，请专业的第三方编制机构进行《突发环境事件专项应急预案》的编制；2023 年 12 月组织了单位的内部讨论，征求了应急预案编制小组的意见；针对编制小组提出的意见对应急预案进行了修改完善。2024 年 1 月进行专家评估会，然后根据专家提出的意见进行了修改完善，形成

《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目突发环境事件应急预案(第一版)》(2024年4月1日发布实施);并报备案于昆明市西山区生态环境局,备案编号为530112-2024-014-L。

9.4 环境监测情况

建设单位已按照环评报告书的要求制定监测计划表。该项目主要对废气、地下水、废水和噪声、噪声进行定期监测,委托具有相关监测资质的单位进行监测。项目监测计划及落实对比情况见表9.4-1。

表 9.4-1 项目监测计划及落实对比情况

| 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     | 厂界上风向1个点、下风向3个点,共4个监测点                        | 颗粒物                                                                        | 每季度一次    | 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)表2无组织排放浓度限值                                                                                                                                                                                                    |
|     | 噪声     | 东面厂界(1#)、南面厂界(2#)、西面厂界(3#)、北面厂界(4#)外1m各设1个监测点 | 噪声                                                                         | 每季度一次    | 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)                                                                                                                                                                                                            |
|     | 生态修复材料 | 生态修复材料                                        | 前五批次: pH、铜、锌、镉、铅、总铬、六价铬、烷基汞、汞、铍、钡、镍、银、砷、硒、氟化物、氟化物、总磷。<br>后续批次: pH、氟化物、磷酸盐。 | 每一批次均需检测 | 回填的磷石膏需满足《磷石膏无害化处理用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》(T/KMSHJBHLHH001-2022)、《改性磷石膏用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》(DB53/T1269-2024)要求,各成分均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)二类用地筛选值,氟化物参考执行《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》(DB4403_T 67-2020)标准,氟化物第二类用地筛选值及管制值均≤10000mg/kg。 |

|  |     |                                                                                           |                                                        |                       |                                                                                                                                    |
|--|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | 剥离土 | 基础层                                                                                       | pH、镉、汞、砷、铜、铅、铬、镍、氟化物                                   | 定期抽检，抽检次数不少于10次。      | 各成分均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）二类用地筛选值，氟化物参考执行《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（DB4403_T 67-2020）标准，氟化物第二类用地筛选值及管制值均≤10000mg/kg。 |
|  | 基质土 | 项目周边及基质土（基质土-1：102°28'40.3462"E，24°48'16.1558"N；基质土-2：102°28'37.1210"E，24°48'16.6644"N）   | pH、镉、汞、砷、铜、铅、铬、镍、锌、氟化物                                 | 定期抽检，抽检次数不少于10次。      | 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018），氟化物参考执行《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（DB4403_T 67-2020）标准，氟化物第二类用地筛选值及管制值均≤10000mg/kg。               |
|  | 淋滤水 | 淋滤水收集池                                                                                    | 前一年：pH、氟化物、总磷、铜、砷、锌、镉、铅、汞、总铬、六价铬、镍。<br>后续：pH、氟化物、总磷    | 每月一次                  | /                                                                                                                                  |
|  | 地下水 | 5座地下水监控井（左岸观测井（JCJ01）、下游扩散井（JCJ02）、下游观测井（JCJ03）、右岸观测井（JCJ04）、上游背景井（JCJ05）和项目渗滤液收集池下游山体渗水口 | pH、耗氧量、总磷、溶解性总固体、氟化物、总硬度、氯化物、硝酸盐、铜、砷、锌、镉、铅、汞、总铬、六价铬、镍。 | 每季度1次，每两次监测之间间隔不少于1个月 | 《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准                                                                                                    |
|  | 地下水 | 地下水导排口                                                                                    |                                                        | 有水排出时检测               |                                                                                                                                    |

|     |     |          |                                                        |                                             |                                                                                                                     |
|-----|-----|----------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 运营期 | 淋滤水 | 淋滤水收集池   | pH、氟化物、总磷、铜、砷、锌、镉、铅、汞、总铬、六价铬、镍。                        | 每月一次，直到生态修复工程完成后连续2年没有淋滤水产生。                | /                                                                                                                   |
|     | 地下水 | 5座地下水监控井 | pH、耗氧量、总磷、溶解性总固体、氟化物、总硬度、氯化物、硝酸盐、铜、砷、锌、镉、铅、汞、总铬、六价铬、镍。 | 每季度1次，每两次监测之间间隔不少于1个月，直到地下水水质连续2年不超出地下水本底水平 | 《地下水质量标准》<br>(GB/T14848-2017) III类标准                                                                                |
|     |     | 地下水导排口   | 六价铬、镍。                                                 | 有水排出时检测                                     |                                                                                                                     |
|     | 土壤  | 开展土壤跟踪监测 | pH、镉、汞、砷、铜、铅、六价铬、镍、总磷、氟化物、铬、锌、氟化物                      | 1年/次，连续3年                                   | 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018），氟化物参考执行《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（DB4403_T67-2020）标准，氟化物第二类用地筛选值及管制值均≤10000mg/kg。 |

## 9.5 后期养护情况

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

(2) 定期查验：树木每月、灌木每旬查验一次，并应作查验记录。

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

(4) 绿化工程养护灌溉措施

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

(5) 为方便灌木的养护，将按昆明的气候特点，把一年划分为旱季、雨季、

秋冬季等三个季节；在不同季节对不同植物采取不同的管护措施。

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

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

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

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

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

## 表十 调查结论及建议

### 10.1 验收监测结论

#### 10.1.1 地表水、淋滤水监测结论

根据监测结果，项目淋滤水收集池下游水塘水质、螳螂川上游里仁村附近断面 SW1、螳螂川下游甸基村附近断面 SW2 监测结果各项指标浓度均达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准要求。

渗滤液参照执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中表 1 第一类污染物最高允许排放浓度、表 4 第二类污染物一级标准最高允许排放浓度限值，根据监测结果，监测因子氟化物超标（最大超标倍数 0.89）外，其余因子均满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中表 1 第一类污染物最高允许排放浓度、表 4 第二类污染物一级标准最高允许排放浓度限值要求，项目淋滤水不外排，氟化物超标对外环境影响较小。

#### 10.1.2 废气排放监测结论

##### （1）无组织排放废气

项目厂界无组织排放废气主要颗粒物。根据监测结果，厂界无组织排放颗粒物监测浓度达到 GB9078-1996《工业窑炉大气污染物排放标准》无组织排放监控浓度限值，即颗粒物最高浓度值 $\leq 2\text{mg}/\text{m}^3$ 。

#### 10.1.3 噪声

根据监测结果，项目厂界昼间噪声监测结果均达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）的 2 类标准，即昼间限值 $\leq 60\text{dB}(\text{A})$ 。

#### 10.1.4 固体废物验收结论

项目施工期产生土石方全部用于场地平整。废水收集池沉渣，定期进行清理，装袋沥水晾干后用于回填区回填。废弃包装料能回收利用的回收利用，不能回收的统一收集后与生活垃圾一同处置，生活垃圾收集后清运至附近村庄垃圾收集点堆存，定期由环卫部门处理。旱厕委托环卫部门定期清掏，施工结束后进行消毒回填。

项目产生的各项固体废物均得到合理处置，处置率 100%。

#### 10.1.5 土壤环境验收结论

项目区域土壤监测点砷、汞、镉、铅、铜、镍、六价铬均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》中的第二类用地标准筛选值，氟化物低于深圳市地方标准《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（DB4403/T 67-2020）标准，即：氟化物第二类用地筛选值及管制值均 $\leq 10000\text{mg/kg}$ 。下游耕 2 个土壤监测点氟化物低于深圳市地方标准《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（DB4403/T 67-2020）标准，即：氟化物第二类用地筛选值及管制值均 $\leq 10000\text{mg/kg}$ ；砷、镉、铅高于筛选值，低于管制值，高于筛选值的原因因为区域本底值较高；汞、铬、铜、镍、锌均低于筛选值。建议后期加强对区域土壤的长效监测。

#### 10.1.6 工程建设对环境的影响调查结论

根据地下水监测结果，项目下游扩散井 2#（JCJ02）、右岸观测井 4#（JCJ04）监测结果均达到《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）的Ⅲ类标准。总磷满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类标准限值；下游观测井 3#（JCJ03）、上游背景井 5#（JCJ05）、地下水导排口 6#除硫酸盐（Ⅴ类）、总硬度（Ⅴ类）、溶解性总固体（Ⅴ类），其余指标均满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）的Ⅲ类标准。根据《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境影响报告表》、《环境风险评估》现状监测数据硫酸盐（Ⅴ类）、总硬度（Ⅴ类）、溶解性总固体（Ⅴ类），故超标原因为区域本底值较高原因导致，对环境的影响可接受。

#### 10.1.6 工况验收结论

根据《关于建设项目环境保护设施竣工验收监测管理有关问题的通知》（环发〔2000〕38 号）、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南 生态影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）的要求，环境保护设施运行正常下进行监测，以保证数据的真实、可靠性。

2026 年 6 月 23 日，云南坤发环境科技有限公司对云南云天化环保科技有限公司昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目进行了废水、废气、厂界噪声、地下水、土壤环境质量监测；所有环保设施均已正常运行。

#### 10.1.7 污染物排放总量结论

项目废水不外排，项目不涉及总量指标。

## 10.2 环境管理检查

《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境影响报告表》管理部门批复等文件资料齐全，各项环保措施与主体工程同时建成。环境管理规章制度能满足日常工作需要，环境管理措施基本落实，环保机构健全。企业在建设中落实了环评及批复的要求。在项目建设的各阶段，均执行了建设项目环境保护管理的相关法规和“三同时”制度，手续完备，满足环境管理的要求。

## 10.3 验收监测总结论

云南云天化环保科技有限公司昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目自立项到验收阶段的全过程，能够执行环保管理各项规章制度；落实环评及批复提出的环保对策措施和建议；环保设施运转正常；管理措施基本得当，符合国家有关规定和环保管理要求。

根据验收监测结果，云南云天化环保科技有限公司昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目废气无组织组织排放达到环评及批复的相关排放标准要求；厂界噪声监测结果均达到国家相关标准要求；项目的固体废弃物均得到了妥善处置、处置率达 100%。项目地下水、土壤环境质量满足功能区要求。

## 10.4 建议

(1) 云南云天化环保科技有限公司严格按照环评报告及其批复的要求进行建设昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目，并按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）和《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）等相关法律法规、技术规范开展环境保护竣工验收工作。

(2) 严格按照环评报告及其批复的要求进行地下水敏感目标（7#）跟踪监测，严格按照监测计划开展监测，同时利用回填修复区防渗膜底部地下水导排管进行膜下排水监控，防渗膜底部地下水导排管有水排出时定期对导排管水质进行监测。

(3) 强化环保意识，设置专职环保管理人员，按环境保护的有关规定，落

实和完善环境管理规章制度；对项目管理人员和职工进行必要的环保培训，增强职工的环保意识。

(4) 加强废气、淋滤水、噪声、固废治理设施日常台账管理。

(5) 定期开展土壤长效监测。

## 附图附件

### 附图

附图 1 项目地理位置图；

附图 2 水系图

附图 3 项目竣工平面布置图

附图 4 淋滤水回用管线图

附图 5 监测布点图

### 附件

附件 1 《昆明市生态环境局西山分局关于对<《昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目环境影响报告表》>的批复》（西环管发〔2023〕25 号）；

附件 2 防渗膜渗透系数检测报告；

附件 3 渗滤液回用台账资料；

附件 4 防渗漏监测系统说明；

附件 5 昆明市西山区海口双哨磷矿厂磷矿生态修复项目回填区施工总承包工程——突发事件应急演练方案及总结报告；

附件 6 云南坤发环境科技有限公司检测质量控制报告（双哨）

附件 7 工程监理质量评估报告

附件 8 土壤重构质量检测报告

附件 9 改性磷石膏质量总结报告及第三方检测报告台账

附件 10 黏土渗透系数

附件 11 生态修复项目底部堆填区人工防渗衬层堆填物调整的说明及专家评审意见

附件 12 《关于昆明市西山区海口镇双哨矿山生态修复项目改性磷石膏修复材料堆填体顶部防渗层的设计说明》

附件 13 企业事业单位突发环境事件应急预案备案表

附件 14 改性磷石膏质量总结报告