

# 浅谈昆明市改性磷石膏用于矿山采空区生态修复环境影响评价的几个关键内容

洪伟斌<sup>1</sup> 张凯龙<sup>2</sup> 叶有<sup>1</sup>

1 云南绿环环保科技有限公司, 云南·昆明 650000

2 中佰科技(云南)有限公司, 云南·昆明 650000

**摘要:** 昆明市磷矿资源丰富, 是我国重要的磷化工基地, 磷肥产量规模极高, 因此副产物磷石膏产生量也极大, 但磷石膏的综合率却极低。将磷石膏进行改性后, 用于废弃矿山采空区回填进行生态修复是一种具有技术可行和潜力较大的综合利用途径。目前, 国内已有很多省市开展了磷石膏用于矿山生态修复的成功案例。本文通过探讨昆明市改性磷石膏用于矿山采空区生态修复环境影响评价中的几个关键内容——回填场地可行性、回填基指标控制、污染防治措施、后期监控措施, 希望能为改性磷石膏用于矿山采空区生态修复环境影响评价工作提供参考。

**关键词:** 改性磷石膏; 矿山生态修复; 环境影响评价; 污染防治

DOI:10.63887/jeti.2025.1.4.7

随着磷肥产业的不断扩张, 磷石膏的产量持续增长, 但没有一种较为有效的综合利用途径, 以至于现有磷石膏产量远远大于消纳量, 整体利用率偏低。2022年7月5日生态环境部关于磷石膏无害化后用于矿坑生态修复项目复函, 鼓励地方因地制宜对无害化后的磷石膏进行资源化利用。因此将无害化后的磷石膏用于矿山采空区矿坑回填, 一方面有效解决了回填材料不足和成本高的问题; 另一方面缓解了地区磷化工行业面临的发展瓶颈—废磷石膏的有效消化的问题。而开展改性磷石膏用于矿山废弃地生态修复, 需进行环境影响评价。根据昆明市近期开展的多个改性磷石膏用于矿山废弃地生态修复项目, 其环境影响评价的关键内容主要为回填场地的可行性、回填基指标控制、回填技术要求、污染防治措施、后期监控措施, 本文针对以上几点内容进行浅谈<sup>[1]</sup>。

## 1 回填场地可行性

根据生态环境部关于磷石膏无害化后用于矿坑生态修复项目复函, 要求项目开展前需对回填场地进行环境风险评估<sup>[2]</sup>。

因此需对回填场地的自然环境(地质结构、地形地貌、水文地质条件、气象与土地利用情况等)、环

境质量现状(土壤、地表水、地下水)、周边保护目标、周边污染源进行调查, 之后进行预测、评估项目实施后可能对周围环境造成的影响及程度, 从而得出项目的场地用于改性磷石膏回填的可行性, 为后续项目实施的环境可行性提供依据<sup>[3]</sup>。

对于昆明地区, 已发布云南地方标准(DB53/T1269—2024)、昆明市地方标准(DB5301/T 98-2023), 均提出了此类项目选址、本底调查、风险评估的要求<sup>[4]</sup>。

可参照其中的标准中的要求执行。开展项目区水文地质、气象、土地利用情况调查, 必要时委托有资质单位编制水文地质调查报告; 根据规范要求制定土壤、地表水、地下水环境质量现状监测方案, 委托有资质单位开展现状监测; 对项目区周围可能受到影响的敏感目标(地表水体、居民区、水源地等保护目标)进行调查, 明确其方位、距离、属性、保护类别、保护要求等信息; 对项目区周围的现有污染源进行调查。通过前期调查及监测得到的资料, 进行现状评估, 之后再对土壤、地表水、地下水进行环境风险预测, 得出影响范围和程度。最后得出项目在该处实施改性磷石膏回填的可行性结论<sup>[5]</sup>。

## 2 回填基指标控制

根据 GB 18599-2020 标准要求,作为采空区矿井、矿坑充填或回填的材料首先需为一般工业固体废物。该标准也对进入不同类型填埋场的一般固体废物做出了要求,提出了充填及回填利用的污染控制要求。因此使用改性磷石膏基作为充填或回填的材料,首先需对其属性进行鉴别,排除其属于危险废物,之后判断其是否属于一般工业固体废物,属于几类一般工业固体废物。

目前《磷石膏的处理处置规范》(GB/T32124-2024)、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/T1269—2024)均对磷石膏的质量及后续处理后用于露天填充的改性磷石膏的质量提出了要求。从原料、生产、存放、运输、检验标准等方面制定了控制标准

针对昆明地区而言,目前已有多家企业具备生产达到标准要求用于矿山回填的改性磷石膏。在实际使用中,生产方、使用方需严格执行入场控制指标、控制节点和控制方案,加强对每批次使用的改性磷石膏的监测。

### 3 回填技术要求

改性磷石膏作为磷肥工业的副产物,经过化学或物理改性处理后,可用于矿山废弃地的生态修复回填工程。这种材料不仅实现了工业废弃物的资源化利用,减少了环境污染和堆存压力,还能有效填充矿坑、恢复地形,促进植被重建和生态系统恢复。然而,回填过程中必须严格遵循科学规范,以确保工程安全、对周围环境的影响可接受。通过严格的设计遵循、安全性论证、质量控制和环境保护,可以有效避免次生灾害,实现废弃矿山的可持续修复。

使用改性磷石膏进行回填时,必须依据通过专业审查的设计方案和回填施工方案执行。安全性论证可能涉及现场钻探取样,确定底层地质条件(如土壤类型、岩层结构),并使用数值模拟软件评估回填后的边坡稳定性和承载能力,以预防次生地质灾害如滑坡、地面沉降或塌陷。同时,施工过程中需实施分层回填和压实控制。回填工程必须优先考虑环境保护,严格落实底部防渗、渗滤液收集与处理、废水收集管理、雨水截排系统、顶部阻隔与生态恢复。这些措施的核心

是构建“封闭式”回填系统,最大限度降低对土壤、水体和大气的影

昆明市作为云南省的核心城市,辖区内矿山废弃地多分布于喀斯特地貌区,地质条件复杂(如岩溶发育),易引发渗漏或塌陷风险。因此,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/T1269—2024)为当地项目提供了针对性指导。该标准由云南省市场监督管理局发布,基于多年实践和科学研究,详细规定了材料改性工艺、回填设计参数、施工步骤和验收标准。

## 4 污染防治措施

### 4.1 常规污染防治措施

改性磷石膏用于矿山生态修复,环境污染主要体现在施工期,主要为施工期的扬尘、回填基产生的渗滤液及地表径流、施工噪声、废水处理池污泥等。

针对施工期扬尘,主要采取洒水降尘、控制施工作业面、加强运输车辆管控(使用篷布整改、限值载重、限值车速)等措施。

针对施工期渗滤液,通过回填场地底部的渗滤液导排管收集至渗滤液收集池后,定期委托有资质单位进行清运处置;施工期地表径流经平台排水沟收集后,进入雨水收集池,晴天回用于施工场地洒水降尘。

针对施工期噪声,主要通过加强管理,文明施工,选用性能良好的设施设备来降低噪声影响。

### 4.2 地下水、土壤污染防治措施

鉴于此类项目的特征,应着重对地下水、土壤的污染防治。主要从源头防控、过程控制、末端监管方面制定污染防治措施:

参考昆明市范围内现已开展的部分项目对磷石膏属性鉴别的结论:未改性的磷石膏一般情况下属于第II类一般工业固体废物;通过改性后属于第I类一般工业固体废物。为避免改性磷石膏作为采空区矿井、矿坑充填或回填材料稳定性的不确定,因此使用改性磷石膏作为采空区矿井、矿坑充填或回填材料的项目一般需按照 GB 18599-2020 标准中的II类场污染控制技术要求进行。

根据 GB 18599-2020 标准要求结合昆明市目前已

开展项目采取的污染防治措施主要如下：

#### 4.2.1 设置底部导排系统

为防止雨季地下渗水不能及时排走引起顶托造成防渗膜破坏，影响防渗性能，在场区底部防渗层下设置导水盲沟以排走雨季的场底渗水。

#### 4.2.2 充填、回填修复区防渗

使用改性磷石膏的矿山生态修复项目，防渗措施至关重要，能有效的阻断填埋基、渗漏液对地下水、土壤环境的影响。

充填、回填修复区防渗主要分为场底及岸坡防渗、拦挡坝内坡防渗，充填或回填结束后回填体顶部及外坡面防渗。防渗技术要求需满足 GB 18599-2020 标准中对于 II 类场的要求，采用单人工复合衬层作为防渗衬层，此外使用的防渗膜的厚度、防渗性能需满足标准中要求，对于粘土厚度、基础层表面距离地下水最高水位的距离，标准中也做了相关要求。

昆明市目前已开展项目，大多采用“两布一膜（土工布+高密度聚乙烯膜+土工布）”的组合方式，使用的高密度聚乙烯膜多为 2.0mm 的 HDPE 防渗膜。

#### 4.2.3 设置渗滤液导排及收集系统

磷石膏基采用干法堆存，正常情况下渗滤液产生量极少，但因雨季降雨，但雨季降雨会冲刷未封顶的填埋体，导致堆填体含水率升高，引发软化、泥化现象，进而产生渗滤液并影响磷石膏稳定性。为将堆场内的膜上渗水排走，因此需在防渗膜上设置导排系统，及时将渗滤液导排。

此外，为防止场内磷石膏基堆填区渗滤液和汛期雨水无序排放影响下游水体，因此在导排系统下游设置渗滤液收集池，对产生的渗滤液、雨水进行收集，避免外排对下游生态环境造成污染。收集池防渗要求不低于填埋场的防渗要求，通常采用“两布一膜（土工布+高密度聚乙烯膜+土工布）”的组合方式进行防渗处理，采用防渗措施后，收集池内收集的雨季雨水及渗滤液与四周土壤及地下水可完全隔绝，从而阻止渗滤液对环境的污染。

#### 4.2.4 回填体顶部排水系统

充填或回填结束后回填体顶部、外坡面完成防渗处理，需进行覆土。为避免雨天降雨在填埋体顶部汇

流，需设置截、排水沟，将回填体底部的雨水及时导排至下游收集池，避免下渗对填埋基顶部防渗膜甚至填埋基造成冲击。

## 5 末端监管

### 5.1 防渗漏监控

按照 II 类场要求设置防渗漏监控系统，实时监控防渗衬层的完整性。

### 5.2 防渗工程施工期监理

开展施工期监理，重点对防渗工程质量、防渗漏监控系统设置情况、渗滤液导排、收集池建设情况等进行监理，并形成监理报告，作为项目验收的依据。加强施工及运营过程中对防渗层的保护，防止回填施工破坏防渗层。

### 5.3 地下水、土壤环境跟踪监测

建立回填场环境监控体系，包括建立地下水、土壤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）、《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2001）、《改性磷石膏综合利用矿山生态修复跟踪评估规范》（DB5301/T 100-2023）、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）中要求设置地下水跟踪监测井和土壤跟踪监测点，及时对项目区周边地下水、土壤进行监测。以便及时发现问題，及时采取处置措施。

## 6 结束语

改性磷石膏在矿山生态修复中的应用突破了传统固废治理与生态治理的割裂困境，形成了“以废治损”的闭环环保模式。在修复受损地貌的同时实现了污染物原位封存。这种以工业副产物替代天然修复材料的技术路径，不仅缓解了磷石膏堆存引发的占地、渗滤液污染等环境问题，更通过矿山生态重建创造了工业代谢与自然生态系统的良性交互。但需注重项目选址、磷石膏改性质量管控，以及实施过程中的污染防治与跟踪监测，从而建立覆盖“原料改性—工程实施—生态稳定”的全生命周期环境风险管控体系。这

样才能推进工业固废协同生态治理的双重环境效益。

#### 参考文献

- [1]DB5301/T98-2023, 改性磷石膏综合利用矿山生态修复环境风险评估规范[S]. 昆明: 昆明市市场监督管理局, 2023.
- [2]DB53/T1269-2024, 改性磷石膏用于矿山废弃地生态修复回填技术规范[S]. 昆明: 云南省市场监督管理局, 2024.
- [3]GB/T32124-2024, 磷石膏的处理处置规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.
- [4]姬成岗, 谭娟, 叶珊, 等. 基于矿坑(井)生态修复的磷石膏无害化改性研究[J]. 环境科技, 2024, 37(6): 1-5.
- [5]杨晓攀. 以改性磷石膏为充填材料的露天矿坑修复方案研究[D]. 昆明理工大学, 2023.