

矿物加工过程中尾矿综合回收利用技术路径探析

作者：杜云章

身份证号：530129198802242318

摘要：矿物加工生产会产生大量尾矿固废，长期堆存易引发资源浪费、土地占用与生态污染等问题，制约矿业绿色可持续发展。尾矿内部残留大量有价金属与非金属矿物组分，具备极高的二次开发利用价值。本文结合当前矿物加工行业发展现状，梳理尾矿综合回收利用的技术价值与现存难题，分类阐述主流回收利用技术路径，针对性提出技术优化与落地保障策略，旨在提升矿产资源综合利用率，推动矿业固废减量化、资源化、无害化发展。

关键词：矿物加工；尾矿处理；综合回收；资源化利用；绿色矿山

一、引言

矿产资源是工业发展的核心基础原料，传统矿物加工工艺分选精度有限，大量有价组分随尾矿废弃，造成严重资源损耗。在绿色矿山建设政策推进下，尾矿资源化利用成为矿业转型升级的核心方向。通过尾矿资源化处置，可有效挖掘尾矿剩余价值，实现固废消纳与资源再生的双向赋能，有效破解矿山生态治理难题、延伸矿业产业链。探究科学高效的尾矿回收利用技术路径，对推动矿业绿色低碳、高质量发展具有重要实践意义。

二、矿物加工尾矿综合利用的核心价值

（一）盘活二次矿产资源，提升资源利用率

我国矿产资源多为贫矿、伴生矿，组分结构复杂，传统选矿工艺分选精度不足，尾矿中常残留铁、铜、锌、石英、长石等多种有价组分。尾矿属于未充分开发的低品位二次矿产资源，并非彻底废弃废渣。通过精细化再选工艺回收尾矿中的有效组分，可有效弥补原生矿产资源短板，显著提升矿产综合利用率，实现资源最大化开发利用。

（二）降低生态污染风险，践行绿色发展理念

尾矿长期露天堆存，不仅占用土地资源，尾矿中的重金属、残留选矿药剂易随雨水渗透引发水土污染，扬尘也会造成大气污染。开展规模化尾矿综合利用，可从源头减少尾矿堆存量，降低尾矿库运维压力与溃坝风险。资源化处理后的尾矿性质稳定，能彻底消除有害物质迁移扩散隐患，改善矿区生态环境，契合绿色矿山建设的核心要求。

（三）延伸矿业产业链，提升产业经济效益

尾矿资源化利用打破了矿山单一采矿选矿的传统模式，可将废弃尾矿转化为工业建材、生态修复原料，有效延伸矿业产业链。回收尾矿有价组分可直接创造经济效益，尾渣充填、建材加工等利用方式还能降低矿山生产与固废处置成本，培育新型产业增长点，实现矿区生态、经济与社会效益协同发展。

三、当前尾矿综合回收利用存在的技术难题

（一）尾矿组分复杂，分选难度较大

多数矿山尾矿颗粒细小、组分繁杂、有价元素占比低，矿物相互嵌布包裹，常规分选手段难以精准分离。多共生伴生组分的物化性质相似度高，单一浮选、磁选工艺分选效果有限，易出现有价组分回收不彻底、精矿品质不达标等问题，极大制约了尾矿资源化利用的整体效率与质量。

（二）资源化技术适配性不足，成本偏高

现阶段尾矿回收技术存在两极分化问题，低端建材利用技术附加值低，资源浪费严重；高端精细化回收技术工艺复杂、设备投入大、能耗较高，中小型矿山难以承担运维成本。同时，多数回收技术通用性差，无法适配不同矿区、不同类型尾矿的组分特征，缺乏低成本、高效率、普适性强的综合利用工艺，难以实现规模化推广应用。

（三）资源化产品附加值低，产业链不完善

目前国内尾矿综合利用仍以低端处置方式为主，大多用于制备免烧砖、填充采空区、路基铺设等低附加值场景，高值化深加工技术应用不足。行业普遍存在

重回收、轻深加工的问题，缺乏尾矿精细化提纯、功能材料制备、高端固废利用的成熟产业链，导致尾矿资源价值未能充分挖掘，资源化利用经济效益受限。

四、尾矿综合回收利用核心技术路径

（一）有价组分再选回收技术

针对尾矿残留的各类有价组分，可采用多工艺联合选矿模式提升回收效果。行业实践证实，粗精矿再磨、脱泥与浮选联合工艺，可高效回收尾矿中的稀有金属，搭配重选、强磁选、擦洗提纯工艺，可同步实现石英、长石等非金属矿物的分选提纯。针对低品位铁矿尾矿，预富集、磁化焙烧搭配阶段磨矿磁选技术，可有效破解分选难题，显著提升铁精矿回收率。

（二）尾矿充填采矿技术

尾矿充填是实现尾矿大宗消纳、低成本利用的核心路径，契合矿山原位处置的发展思路。将脱水处理后的尾矿搭配胶凝材料、骨料制备充填浆料，通过管道输送至地下采空区、塌陷区，可实现尾矿就地消纳。该技术不仅能够彻底解决尾矿堆存问题，还能有效支撑井下采场围岩稳定，预防地面塌陷，修复矿区地质环境，兼具固废处置与生态治理双重作用，是现阶段适用性最广的尾矿利用技术。

（三）尾矿建材化利用技术

尾矿富含二氧化硅、氧化铝等氧化物，是优质的工业建材原料，可实现大批量资源化利用。经过脱水、研磨、活化处理后的尾矿，可替代天然砂石制备水泥、免烧砖、陶瓷釉料、发泡陶瓷等建筑材料。通过优化配方与烧制工艺，能够有效提升尾矿建材的稳定性与强度，实现固废资源化与建材绿色生产的双向赋能，大幅降低天然石材开采带来的生态破坏。

（四）尾矿生态化治理利用技术

针对无污染或低污染尾矿，可通过改性活化、配比改良，制备土壤改良剂、生态修复基材，用于矿区土地复垦、边坡绿化、植被修复。尾矿经过高温焙烧、表面改性处理后，具备良好的吸附性能，可有效吸附水体中的重金属离子，用于

矿山废水净化处理。该技术以生态修复为核心，实现尾矿无害化、生态化利用，助力矿区生态环境长效修复。

五、尾矿综合利用技术优化与发展对策

（一）优化联合分选工艺，提升回收精度

摒弃单一分选工艺，推广适配复杂尾矿的联合选矿技术，根据尾矿组分特征，搭配磨矿、脱泥、磁选、浮选、焙烧等多工艺组合模式，精准分离各类有价值组分。依托精细化磨矿技术优化矿物解离效果，解决细粒尾矿分选难、回收率低的问题，最大限度挖掘尾矿二次资源价值。

（二）推广低成本绿色技术，降低应用门槛

加大轻量化、低能耗尾矿资源化技术研发与推广，简化工艺流程、降低设备投入与运维成本，适配中小型矿山生产需求。重点发展机械活化、低温改性、原位充填等绿色工艺，减少尾矿处理过程中的能耗与二次污染，实现低成本、高效率、无害化的综合利用目标。

（三）推进高值化利用，完善产业体系

推动尾矿利用从低端处置向高端深加工转型，突破尾矿精细化提纯、功能矿物材料制备、高端环保材料研发等核心技术。构建尾矿回收、深加工、资源化应用一体化产业链，培育高附加值尾矿产品体系，提升尾矿资源化利用的经济效益，推动矿山产业绿色转型升级。

六、结语

尾矿综合回收利用是矿业绿色转型与固废治理的重要举措。针对当前尾矿分选难度大、处理成本高、附加值低等问题，矿山企业需结合尾矿组分特征，合理选用各类资源化技术路径，持续优化分选工艺、完善产业体系，以技术革新提升尾矿利用价值，实现矿业资源、生态、经济协同发展。

参考文献

- [1]袁金明.复杂多金属尾矿有色组分协同回收工艺研究[J].矿业研究与开发,2024,44(06):112-116.
- [2]李刚.我国矿产资源综合利用现状评估与发展路径分析[J].中国矿业,2024,33(08):45-49.
- [3]王浩.尾矿在建材与环保领域的资源化利用技术进展[J].矿产保护与利用,2025,45(02):78-83.
- [4]张磊.金属尾矿预富集磁化焙烧回收技术及工程应用[J].矿山机械,2024,52(11):56-60.
- [5]陈建军.尾矿活化改性 with 高值化利用关键技术研究[J].矿业科学学报,2023,08(05):91-96.