

尾矿资源高效回收利用的选矿技术创新路径

凡运杰 周小伟 梁 毅

新疆紫金锌业有限公司 新疆 克孜勒苏柯尔克孜自治州 845450

摘要: 尾矿资源高效回收利用对于提升资源利用率、降低环境污染具有重要意义。本文探讨了尾矿资源现状及其回收利用价值,分析了传统选矿技术,并着重阐述了新型物理分选、化学与生物浸出、离子交换与吸附、联合工艺及智能化选矿等创新技术路径。这些技术创新有助于提高尾矿回收率,降低生产成本,实现尾矿资源的高效、环保回收利用,推动矿业可持续发展。

关键词: 尾矿资源; 高效回收利用; 选矿技术; 创新路径

引言: 尾矿作为矿业生产中的大量固体废弃物,其资源化利用对于提升资源利用效率、减轻环境压力至关重要。随着科技的不断进步,选矿技术迎来了前所未有的发展机遇。本文旨在探讨尾矿资源高效回收利用的选矿技术创新路径,通过分析现有技术的局限性,提出创新思路与方法,为尾矿资源的综合利用提供理论支撑与实践指导,促进矿业经济与环境的和谐共生。

1 尾矿资源现状及其回收利用价值

1.1 尾矿资源的产生与分布

尾矿是矿石经过破碎、磨矿和选别过程后,产生的有用组分含量低、目前无法直接用于工业生产的固体废物。这些尾矿通常被堆存在尾矿库中。我国尾矿年产生量巨大,且尾矿库数量众多,分布广泛,尤其在河北、辽宁、云南等矿产资源丰富的省份,尾矿库的分布更为集中。尾矿的年产生量与矿山开采规模以及矿石在选别后取得的金属、非金属量密切相关。

1.2 尾矿资源的主要成分与特性

尾矿的主要成分因其来源矿石种类的不同而有所差异,但通常都包含硅酸盐矿物、碳酸盐矿物等多种矿物成分,并含有一定量的有价金属、非金属元素等。尾矿粒度细,组分复杂,且往往含有重金属和选矿过程中使用的药剂等有毒有害物质。这些特性使得尾矿的处理和利用具有一定的挑战性和特殊性。

1.3 尾矿资源回收利用的经济与环境价值

尾矿资源的回收利用具有显著的经济与环境价值。回收利用尾矿中的有价元素和矿物,不仅可以提高资源利用率,降低对原生矿产资源的依赖,还能为企业带来可观的经济效益。同时,尾矿资源的回收利用有助于减少环境污染。通过有效的处理和技术手段,可以将尾矿中的有害物质进行无害化处理,降低对大气、水和土壤等环境的污染。此外,尾矿资源的回收利用还有助于促

进矿业的可持续发展。通过资源的循环利用,可以延长矿山服务年限,减少矿山开发对环境的影响,实现经济与环境的双重效益。

2 尾矿资源回收利用的传统选矿技术

2.1 重选技术

(1) 原理与特点。重选技术是基于矿物密度差异进行分选的方法。在重选过程中,矿物颗粒在介质(如水)中受到重力、流体动力等外力的作用,根据颗粒密度的不同而实现分离。重选技术具有设备简单、操作方便、成本低廉的特点,特别适用于处理密度差异较大的矿物。(2) 应用实例与效果分析。以铁尾矿为例,重选技术常用于回收其中的铁矿物。通过螺旋溜槽、摇床等设备,可以将铁尾矿中的铁矿物与其他矿物有效分离。在某铁选厂,采用重选技术处理铁尾矿,成功回收了品位较高的铁精矿,回收率显著提高,实现了尾矿资源的高效利用。

2.2 浮选技术

(1) 药剂选择与工艺优化。浮选技术是通过添加药剂使矿物颗粒表面发生物理化学变化,从而利用气泡的浮升作用实现矿物分离的方法。药剂的选择与工艺的优化对浮选效果至关重要。捕收剂、起泡剂等药剂的选用需根据矿物的物理化学性质进行调整,同时,工艺参数如磨矿细度、药剂用量、充气量等也需进行优化。(2) 适用范围与限制。浮选技术广泛应用于细粒矿物的分选,特别适用于处理有色金属、贵金属、非金属矿物等。然而,浮选技术也存在一定的限制,如对于密度相近的矿物分选效果较差,同时,药剂的消耗和废水的处理也是浮选技术需要面对的问题^[1]。

2.3 磁选与电选技术

(1) 技术原理与设备介绍。磁选技术是利用矿物磁性差异进行分选的方法。在磁选过程中,矿物颗粒受到

磁场力的作用而发生分离。磁选设备主要包括永磁磁选机、电磁磁选机等。电选技术则是利用矿物颗粒在电场中的电性差异进行分选,设备主要有静电分选机、电晕电选机等。(2)在尾矿处理中的应用效果。磁选技术常用于回收尾矿中的磁性矿物,如铁、钛等。在某磁铁矿尾矿处理厂,采用磁选技术成功回收了品位较高的铁精矿。电选技术则适用于处理非金属矿物和某些有色金属矿物,如石墨、石英、锡石等。通过电选技术,可以进一步提高尾矿中有益矿物的回收率。

3 尾矿资源高效回收利用的选矿技术创新路径

3.1 新型物理分选技术

(1)超声波分选、激光分选等新型技术的介绍。超声波分选技术利用超声波在液体中的空化效应、散射效应和微射流效应等物理作用,使矿物颗粒表面产生微裂纹或剥落,从而改变其表面性质,提高分选效率。该技术适用于处理微细粒级、表面性质相似的矿物颗粒,能有效分离出有用矿物和脉石矿物。激光分选技术则利用激光束对矿物颗粒进行快速扫描和识别,根据颗粒的光学性质(如反射率、透射率等)进行分选。该技术具有高精度、高速度、低能耗等特点,适用于处理高附加值矿物资源,如稀有金属、贵金属等^[2]。(2)技术优势与应用前景。新型物理分选技术具有显著的技术优势。超声波分选技术能够破坏矿物颗粒表面的包覆层和污染层,提高分选精度和效率;激光分选技术则能够实现矿物颗粒的快速识别和精准分离,降低人工操作成本。在应用前景方面,新型物理分选技术具有广阔的市场空间。随着尾矿资源回收利用需求的不断增加,以及国家对环保和节能要求的日益提高,新型物理分选技术将成为尾矿资源回收利用领域的重要发展方向。未来,随着技术的不断成熟和成本的进一步降低,这些技术有望在更多领域得到广泛应用。

3.2 化学浸出与生物浸出技术

(1)化学浸出法的优化与创新。化学浸出法的优化与创新主要体现在浸出剂的选择、浸出条件的优化以及绿色化学理念的应用等方面。传统的化学浸出剂主要包括无机酸(如硫酸、盐酸等)和一些强氧化剂。近年来,随着环保要求的提高,有机酸浸出剂逐渐受到关注。这些有机酸具有环境友好、腐蚀性小等优点,适用于处理低品位、难浸出的尾矿资源。此外,微波辅助浸出、超声辅助浸出等新技术也逐渐应用于化学浸出过程中。这些技术通过提高浸出体系的温度和压力,加速化学反应的进行,从而提高浸出效率和金属回收率。(2)生物浸出技术的原理、优势与挑战。生物浸出技术是利

用微生物或其代谢产物与尾矿中的金属进行作用,使金属离子溶解到溶液中。该技术具有环境友好、能耗低、选择性强等优点。生物浸出过程中的微生物可以通过直接作用于尾矿材料表面,或者通过分泌特定的酶或代谢产物来实现金属的溶解。然而,生物浸出技术也面临一些挑战。首先,微生物的生长和代谢过程受环境因素(如温度、pH值、氧气含量等)的影响较大,需要精确的控制和优化。其次,生物浸出的反应速率相对较慢,需要较长的处理时间,这在一定程度上限制了其大规模工业应用。为了克服这些问题,研究人员正在通过基因工程等手段对微生物进行改造,提高其对金属的浸出能力和适应环境变化的能力^[3]。

3.3 离子交换与吸附技术

(1)树脂吸附与离子交换的原理与应用。树脂吸附技术依赖于树脂材料表面特殊的功能基团,这些基团可以选择性地吸附尾矿溶液中的目标离子。通过调整树脂的结构和性质,可以实现对不同种类离子的高效吸附和分离。离子交换技术则基于离子交换树脂中的可交换离子与目标离子之间的置换反应,从而实现离子的提纯和浓缩。离子交换树脂具有稳定的化学性质、高效的离子交换能力和良好的再生性能,使其在尾矿资源回收利用中发挥着重要作用。在应用中,树脂吸附与离子交换技术已被广泛应用于从尾矿废水中去除重金属离子、回收有价元素等领域。通过选择合适的树脂类型和处理条件,可以实现高效、低成本的尾矿资源回收利用。(2)在尾矿资源回收中的实际效果。离子交换与吸附技术在尾矿资源回收中展现出了显著的实际效果。一方面,这些技术能够有效去除尾矿废水中的重金属离子和有害物质,降低废水对环境的污染;另一方面,通过回收尾矿溶液中的有价元素,实现了资源的有效利用和节约。例如,在处理含有铜、镍等金属的尾矿废水时,采用离子交换树脂进行回收,可以显著提高金属的回收率和纯度。此外,树脂吸附技术还可以用于从尾矿中提取稀有金属和贵金属等高附加值资源,实现尾矿资源的高值化利用。

3.4 联合工艺与智能化选矿技术

(1)重选-浮选联合工艺、氰化-电解联合工艺等。重选-浮选联合工艺结合了重选和浮选两种选矿技术的优势,适用于处理复杂多金属尾矿。通过调整选矿条件和设备参数,可以实现对不同种类矿物的有效分离和富集。氰化-电解联合工艺则特别适用于处理含金尾矿,通过氰化过程将金溶解到溶液中,再通过电解过程实现金的提取和回收。这些联合工艺的应用不仅提高了尾矿资

源的回收效率,还降低了生产成本和环境污染。未来,随着技术的不断进步和创新,联合工艺将在尾矿资源回收利用领域发挥更加重要的作用^[4]。(2)智能化、自动化选矿设备的应用与前景。智能化、自动化选矿设备的应用是选矿技术发展的重要趋势。通过集成传感器、控制器和执行器等先进技术,这些设备能够实现对选矿过程的实时监测和控制。智能化选矿技术不仅可以提高选矿效率和产品质量,还可以降低人工操作的风险和成本。在尾矿资源回收利用中,智能化、自动化选矿设备的应用前景广阔。一方面,这些设备可以根据尾矿的特性和处理需求进行定制化设计,满足不同类型的尾矿资源回收利用需求;另一方面,通过与其他智能系统进行集成和协同工作,这些设备可以实现选矿过程的智能化和自动化管理,进一步提高尾矿资源的回收效率和产品质量。

4 尾矿资源高效回收利用的政策建议与保障措施

4.1 政策法规与标准制定

(1)尾矿资源管理的法律法规体系。构建完善的尾矿资源管理法律法规体系是保障尾矿资源高效回收利用的基础。政府应出台相关法律法规,明确尾矿资源的所有权、使用权及回收利用责任主体,确保尾矿资源在开采、利用、处置等各个环节有法可依。同时,应加大对违法行为的惩处力度,提高违法成本,形成有效的法律威慑。(2)回收利用的标准与规范。制定科学合理的尾矿资源回收利用标准和规范,是指导尾矿资源高效回收利用的关键。政府应组织专家团队,结合尾矿资源的特性和市场需求,制定涵盖尾矿分类、分级、处理、利用等方面的标准和规范。这些标准和规范应具有可操作性、可衡量性和可复制性,以便在全国范围内推广实施。

4.2 技术研发与推广支持

(1)政府与企业合作机制。建立政府与企业之间的紧密合作关系,是推动尾矿资源高效回收利用技术创新的重要途径。政府应鼓励企业加大研发投入,支持企业与高校、科研机构开展产学研合作,共同攻克尾矿资源回收利用的关键技术难题。同时,政府应建立尾矿资源高效回收利用技术的示范和推广机制,通过示范项目引领和带动技术的大规模应用。(2)技术研发资金支持与优惠政策。政府应设立尾矿资源高效回收利用技术研发

专项资金,对在尾矿资源回收利用领域取得重大突破的企业和团队给予奖励。同时,政府应制定一系列优惠政策,如税收减免、土地优惠、贷款贴息等,以降低企业研发和应用新技术的成本,提高企业参与尾矿资源高效回收利用的积极性。

4.3 环境保护与生态修复

(1)尾矿库的环境管理与监测。尾矿库是尾矿资源存储和处置的重要设施,其环境管理与监测对于保障尾矿资源高效回收利用和生态环境安全至关重要。政府应加强对尾矿库的环境监管,建立健全尾矿库环境管理制度和监测体系。通过定期监测和分析尾矿库水质、土壤、空气质量等环境指标,及时发现和解决环境问题,确保尾矿库环境安全。(2)生态修复技术与模式探讨。生态修复是尾矿资源高效回收利用后的重要工作。政府应加大对生态修复技术的研发和推广力度,鼓励企业采用先进的生态修复技术和模式,恢复尾矿库及其周边地区的生态环境。同时,政府应加强对生态修复项目的监督和评估,确保生态修复效果达到预期目标。通过探讨和实践有效的生态修复技术和模式,为实现尾矿资源高效回收利用后的生态环境可持续发展提供有力支撑。

结束语

尾矿资源的高效回收利用不仅关乎资源节约与环境保护,更是推动矿业可持续发展的重要途径。通过不断探索和创新选矿技术,我们能够有效提升尾矿资源的利用价值,实现经济与环境的双赢。未来,我们应继续加大技术研发力度,推广先进适用的选矿技术,同时加强政策引导和支持,构建完善的尾矿资源管理体系。只有这样,我们才能更好地利用尾矿资源,为矿业发展和生态文明建设作出更大贡献。

参考文献

- [1]苗磊.尾矿综合利用与资源化技术路径探索[J].建筑技术科学,2025,(04):43-44.
- [2]梁浩坚.矿山尾矿资源综合利用现状分析[J].建筑设计及理论,2020,(11):107-108.
- [3]陈甲斌.尾矿资源综合利用现状与模式[J].国民经济,2022,(12):131-132.
- [4]宁冲冲.尾矿资源综合利用水平探讨及对策研究[J].建筑技术科学,2024,(10):95-96.