

矿产选矿技术和工艺方法研究

李新华

云南迪庆有色金属有限责任公司 云南 香格里拉 674400

摘要：矿产选矿技术通过物理、化学方法分离矿石中的有用矿物，以提高矿石质量。本文探讨了破碎、磁选、反浮选等关键工艺，并分析了自动化、智能化技术在选矿中的应用趋势。同时，本文对比了传统与现代选矿工艺方法的优劣，强调了技术创新和节能环保技术的重要性。最后，提出了优化策略和建议，旨在推动矿产选矿行业的可持续发展，提高资源利用率。

关键词：矿产选矿技术；工艺方法；优化建议

引言：矿产选矿技术和工艺方法的研究对于提升矿产资源开发利用效率、促进矿业可持续发展具有重要意义。随着矿产资源的日益紧张和环境保护要求的提高，传统选矿技术已难以满足现代矿业的需求。因此，本文旨在深入探讨矿产选矿的最新技术和工艺方法，分析其在提高选矿效率、降低能耗、保护环境等方面的优势，以期为矿业行业的转型升级和可持续发展提供理论支持和实践指导。

1 矿产选矿技术概述

1.1 选矿技术的基本原理

选矿技术是通过物理、化学或两者结合的方法，将原矿中的有用矿物与脉石或有害矿物分离的过程。其基本原理在于利用矿物间的物理性质（如密度、磁性、电性）或表面化学性质差异进行分选，以提高矿石质量、降低冶炼成本，并实现资源的综合利用。

1.2 选矿技术的分类

（1）破碎技术。破碎技术是选矿过程的首要步骤，其目的是将大块矿石减小到适合后续磨矿和分选的粒度。破碎技术主要分为粗破、中破和细破三个阶段。粗破阶段主要将矿山采出的粒度较大的矿块碎裂至中等粒度；中破阶段进一步将矿石碎裂至较小粒度；细破阶段则继续细化矿石粒度，为磨矿作业提供合适大小的原料。应用设备包括颚式破碎机、圆锥破碎机、反击式破碎机等，这些设备通过挤压、劈碎、冲击等方式实现矿石的破碎。（2）波磁性矿物遴选法。波磁性矿物遴选法，尤其是磁选法，在选矿中占有重要地位。对于弱磁性矿物，如赤铁矿、褐铁矿等，通常采用强磁场磁选机进行分选。磁选过程中，矿物颗粒通过磁选机磁场时，同时受到磁力和机械力的作用。磁性较强的矿粒所受的磁力大于机械力，被吸附在磁选机的圆筒上并随之排出，成为磁性产品；非磁性矿粒则因所受磁力较小而被

排出成为非磁性产品。（3）矿物反浮选工艺。矿物反浮选工艺主要用于含有硅质元素等脉石矿物的矿产资源中。通过添加特定的浮选药剂，使脉石矿物上浮而被去除，而有用矿物则留在矿浆中。反浮选工艺能有效降低矿石中的硅质含量，提高精矿品位^[1]。

1.3 选矿技术的发展趋势

（1）自动化与智能化技术的应用。随着科技的进步，自动化与智能化技术逐渐应用于选矿领域。通过构建选矿全流程数字孪生系统，实现实时优化控制，提高生产效率。例如，利用人工智能技术预测磨矿粒度，优化磨矿过程。（2）节能环保技术的应用。面对日益严峻的环保压力，节能环保技术成为选矿技术发展的重要方向。开发无毒或低毒的浮选药剂，推广尾矿干堆与资源化利用技术，减少浮选药剂残留和尾矿对环境的污染。同时，通过优化选矿流程，降低能耗和生产成本。

2 矿产选矿工艺方法分析

2.1 传统选矿工艺方法的局限性

传统选矿工艺方法主要依赖于人工操作和经验判断，存在诸多局限性。首先，人工选矿的精确度和效率相对较低，需要大量的人力及时间，却往往得不到高效精准的结果。这不仅增加了企业成本，还提高了工作风险性，容易因人为失误导致严重事故。其次，传统选矿方法缺乏严格的技术标准，选矿人员的专业技能和职业水平参差不齐，给选矿行业带来许多问题和阻碍。再者，传统选矿方法对于矿产资源的利用率较低，所开发矿物资源的质量也缺乏稳定性。此外，传统矿产开采和选矿技术还缺乏针对性，无法将技术有针对性地应用于实际矿产的开发和采集过程，导致所采用的开采技术和方法缺乏科学性和合理性。

2.2 现代选矿工艺方法的创新

（1）CAD技术在选矿厂工程设计中的应用。CAD技

术在选矿厂工程设计中的应用,大大提高了设计的效率和精确度。通过参数化绘图和基于高级程序语言的二次开发,设计师能够快速生成和优化工艺设备配置图,实现设备配置的计算机自动设计。此外,三维图形设计的应用使设计结果更加直观和清晰,减少了设计变更和施工过程中的返工。(2)自动控制和软件系统与选矿过程的结合。自动控制和软件系统与选矿过程的结合,实现了选矿过程的智能化和自动化。通过集成传感器、执行器和控制器,系统能够实时监测和控制选矿过程中的各项参数,如磨矿粒度、浮选药剂用量等。这不仅提高了生产效率,还降低了能耗和生产成本。(3)人工智能技术在选矿中的应用前景。人工智能技术在选矿中的应用前景广阔。通过机器学习和数据分析,AI系统能够预测和优化选矿过程中的关键参数,提高精矿品位和回收率。此外,AI技术还可以用于故障预测和维护管理,降低设备故障率和停机时间^[2]。

2.3 不同矿产资源的选矿工艺方法对比—以金矿为例

金矿的选矿工艺方法复杂多样,主要包括破碎、筛分、重选、浮选等步骤。其中,浮选是金矿选矿的关键环节之一。通过添加特定的浮选药剂,使金矿颗粒选择性地附着在气泡上并实现分离。对于不同类型的金矿,如硫化矿和氧化矿,需要采用不同的浮选工艺流程和药剂制度。此外,随着科技的进步,离析-浮选法、生物氧化法等新型选矿技术也逐渐应用于金矿的选矿过程中,进一步提高了金矿的回收率和精矿品位。

3 大型浮选机在矿产选矿中的应用

3.1 大型浮选机的研发背景与意义

(1)资源禀赋差,需依靠技术升级实现大规模矿产资源的集约化开发。当前,许多矿产资源赋存条件复杂,品位低,开采难度大。传统的选矿设备在处理这类资源时往往效率低下,能耗高。因此,研发大型浮选机成为解决这一问题的关键。大型浮选机凭借其强大的处理能力和高效的分选效率,能够实现大规模矿产资源的集约化开发,提高资源利用率,降低开采成本。(2)超大型浮选机在处理能力、单机性能、智能化水平上的优势。超大型浮选机在处理能力上显著优于传统设备,能够一次性处理更多矿石,从而提高生产效率。同时,其在单机性能上也更为出色,如搅拌强度、气泡生成率等指标均有所提升,有助于提高分选效率。此外,随着智能化技术的发展,超大型浮选机在自动化控制、远程监控、故障预警等方面也取得了显著进步,进一步提升了设备的可靠性和稳定性^[3]。

3.2 680m³大型浮选机的应用研究

(1)技术思路。680m³大型浮选机的研发过程中,采用了基于平均叶轮搅拌雷诺数相等、几何及悬浮相似的放大理论。这一理论确保了浮选机在放大过程中,其搅拌性能和悬浮性能能够保持稳定,从而保证分选效率。通过精确的计算和模拟实验,研发团队成功地将这一理论应用于浮选机的设计中,实现了设备的优化升级。

(2)关键技术。在680m³大型浮选机的关键技术中,叶轮-定子系统是其中的核心部分。该系统通过优化叶轮和定子的结构参数,提高了搅拌效率和气泡生成率。同时,泡沫槽的设计也至关重要。合理的泡沫槽结构有助于气泡与矿物的充分接触和分离,从而提高分选效率。

(3)工业测试与应用效果分析。经过严格的工业测试,680m³大型浮选机在实际应用中表现出了优异的性能。在多个矿山的应用实例中,该设备在提高选矿效率、降低能耗、提升精矿品位等方面均取得了显著成效。其强大的处理能力和稳定的分选效率得到了广泛认可。

3.3 800m³大型浮选机的技术展望与挑战

(1)技术特点与创新点分析。800m³大型浮选机在技术上相较于680m³设备有了进一步的提升。其采用了更为先进的搅拌系统和气泡生成技术,进一步提高了分选效率。同时,该设备在智能化方面也取得了显著进步,如引入了自动化控制系统和远程监控技术,实现了设备的智能化管理。(2)与680m³浮选机的对比分析。与680m³浮选机相比,800m³设备在处理能力、单机性能和智能化水平上均有所提升。在处理能力方面,800m³设备能够一次性处理更多矿石,从而提高了生产效率。在单机性能方面,其搅拌效率和气泡生成率均优于680m³设备。在智能化水平方面,800m³设备引入了更为先进的自动化控制系统和远程监控技术,进一步提升了设备的可靠性和稳定性。(3)应用前景与挑战探讨。800m³大型浮选机在应用前景上非常广阔。随着全球矿产资源的日益紧张和开采难度的增加,该设备将成为矿业领域的重要选择。然而,其在实际应用中仍面临一些挑战,如设备维护成本高、操作技术难度大等问题。因此,需要加强技术研发和人才培养,提高设备的可靠性和稳定性,降低操作难度和成本。

3.4 大型浮选机在矿产选矿中的实际案例

3.4.1 具体矿山的应用实例分析

在某大型铜矿的应用实例中,680m³和800m³大型浮选机均得到了成功应用。该铜矿矿石性质复杂,含铜品位低,传统选矿设备在处理这类矿石时效率较低。然而,引入大型浮选机后,选矿效率得到了显著提升。通过优化浮选工艺参数和调整药剂制度,该铜矿实现了铜

精矿品位的稳定提升和回收率的显著提高。同时,大型浮选机的应用还降低了能耗和生产成本,为企业带来了可观的经济效益。

在另一个金矿的应用案例中,800m³大型浮选机发挥了关键作用。该金矿矿石中含金品位较高,但脉石矿物含量也较高,给选矿工作带来了较大难度。通过引入800m³大型浮选机并采用反浮选工艺,成功地将脉石矿物与金矿物进行了有效分离。同时,借助先进的自动化控制系统和远程监控技术,实现了对浮选过程的精确控制和实时监测。这不仅提高了选矿效率和质量,还降低了人工成本和操作风险。

3.4.2 选矿效率、回收率等指标的提升情况

在实际应用中,大型浮选机在提高选矿效率、回收率等指标方面表现出了显著优势。以某铜矿为例,引入680m³大型浮选机后,选矿效率提高了约30%,铜精矿品位提高了约5个百分点,回收率提高了约10%。而在金矿应用中,800m³大型浮选机的使用使得选矿效率提高了近40%,金精矿品位提高了约3个百分点,回收率也实现了显著提升。这些指标的提升不仅为企业带来了可观的经济效益,还有助于提高矿产资源的利用率和保护环境。

4 矿产选矿技术和工艺方法的优化建议

4.1 针对现有技术和工艺方法的不足提出的优化策略

(1) 精细化破碎与磨矿:通过改进破碎和磨矿设备,提高矿石的细碎程度和均匀性,为后续选别过程创造有利条件。同时,优化磨矿介质和磨矿浓度,降低能耗和提高磨矿效率。(2) 高效浮选与分离技术:研发新型浮选药剂和设备,提高浮选效率和选择性。针对不同矿物特性,采用适宜的浮选工艺,如反浮选、闪浮选等,以实现矿物的有效分离。(3) 智能化选矿流程:利用大数据、人工智能等技术,实现选矿过程的智能化监控和管理。通过实时监测和分析选矿数据,优化工艺参数,提高生产效率和资源利用率。(4) 节能环保技术应用:推广节能设备和环保技术,降低选矿过程中的能耗和排放。例如,采用节能型球磨机、浮选机等设备,以及废水处理、尾矿综合利用等技术^[4]。

4.2 加强技术创新和研发力度的重要性

技术创新和研发是推动矿产选矿行业发展的关键。通过加强技术研发,可以解决现有技术瓶颈,提高选矿效率和资源利用率。同时,新技术和新工艺的研发还能为企业带来新的经济增长点,增强市场竞争力。因此,政府和企业应加大对矿产选矿技术研发的投入,鼓励创新,培养专业人才,推动行业技术进步。

4.3 推动矿产选矿行业可持续发展的建议

(1) 政策引导与支持:政府应制定相关政策,鼓励企业采用先进技术和环保标准,对技术创新和绿色发展给予税收优惠和资金支持。(2) 加强国际合作与交流:加强与国际先进矿产选矿技术和工艺的交流与合作,引进国外先进技术和管理经验,提升我国矿产选矿行业的整体水平。(3) 推动产业链协同发展:加强矿产开采、选矿、冶炼等环节的协同与合作,形成完整的产业链,提高资源利用效率,降低生产成本。(4) 强化环境监管与治理:加强对矿产选矿企业的环境监管,确保其符合环保标准和要求。同时,加大矿山生态修复力度,保护生态环境。

结束语

综上所述,矿产选矿技术和工艺方法的研究是推动矿业行业发展的重要力量。通过不断优化和创新,我们不仅能够有效提高矿产资源的利用率,还能在节能减排、保护生态环境等方面取得显著成效。未来,随着科技的不断进步和环保要求的日益严格,我们有理由相信,矿产选矿技术和工艺方法将会更加高效、环保、智能化。这将为矿业行业的可持续发展奠定坚实基础,为人类社会的绿色发展贡献力量。

参考文献

- [1] 罗洪武.选矿技术进展及选矿浮选工艺研究[J].世界有色金属,2021,(02):23-24.
- [2] 迈倩琳,王丽明,曹钊.矿物型稀土矿的选矿工艺研究进展[J].现代矿业,2021,(04):51-52.
- [3] 刘思亮,王峰,周鑫.多金属难选锌锡矿选矿工艺技术研究[J].矿产勘查,2021,(10):107-108.
- [4] 卢军.现代化采矿工艺技术在采矿工程中的应用探讨[J].测绘与勘探,2022,(04):35-36.