

选矿机械在矿石处理中的创新发展及应用前景

曲维明

内蒙古高尔奇矿业有限公司 内蒙古锡林郭勒盟 011400

摘要: 选矿机械在矿石处理流程中占据核心地位,其技术革新对矿业可持续发展意义重大。文章系统梳理了选矿机械的类别,详述其工作原理与技术创新,如破碎设备的高能效破碎腔设计、磨矿设备的智能控制与新型介质应用、分选设备的多元化技术融合及脱水设备的高效节能改进。结合典型案例,深入分析各类设备在矿石处理中的应用成效,并对未来选矿机械在智能化、绿色化、大型化与专业化方向的发展趋势作出展望,旨在为矿业企业技术升级与行业可持续发展提供参考。

关键词: 选矿机械; 矿石处理; 技术创新; 应用案例; 发展趋势

引言

在全球矿产资源需求持续增长与资源开发难度不断加大的背景下,选矿机械作为矿石处理流程的关键装备,其技术创新与高效应用成为矿业领域关注的焦点。先进的选矿机械能够显著提升矿石处理效率、提高资源回收率、降低能耗与生产成本,对矿业可持续发展具有不可替代的推动作用。深入探究选矿机械在矿石处理中的创新发展路径与应用前景,对促进矿业转型升级、实现资源高效利用与环境保护协同发展具有重要的现实意义。

一、选矿机械的分类与工作原理

破碎选矿机械按矿石处理环节可分为四类,核心功能与工作原理如下:

(一) 破碎设备

作为矿石处理首道工序,通过挤压、冲击等方式将大块矿石破碎,常见设备有颚式、圆锥、反击式破碎机。其中,颚式破碎机靠动颚与定颚相对运动粗碎矿石,圆锥破碎机借偏心轴套旋转实现中细碎,反击式破碎机以高速转子带动板锤冲击矿石,多用于建筑骨料生产。

(二) 磨矿设备

将破碎后的矿石进一步粉磨,使有用矿物与脉石分离,为分选做准备。主流的球磨机通过筒体旋转带动钢球等研磨介质冲击、研磨矿石;自磨机用矿石自身作研

磨介质减少钢耗,半自磨机则添加少量介质,兼顾效率与节能。

(三) 分选设备

依据矿物物理化学性质差异实现分离,主要包括重力、浮选、磁选、电选设备。重力分选设备(如跳汰机)利用密度差在重力等作用下分离,浮选设备借药剂让目的矿物疏水附气泡上浮,磁选设备凭磁性差异在磁场中分离,电选设备则依据电学性质在电场中分离。

(四) 脱水设备

脱除选矿产品水分,满足后续工序需求并循环用水,常见有浓缩机、过滤机、干燥机。浓缩机靠重力沉降初步固液分离,过滤机用滤布等介质进一步脱水得滤饼,干燥机通过加热实现深度脱水^[1]。

二、选矿机械的创新发展

(一) 高效节能技术的应用

在破碎设备方面,通过优化破碎腔结构设计,如采用新型齿形破碎板、合理调整腔型参数等,提高破碎效率,降低能耗。同时,采用先进的驱动系统,如液压驱动、变频调速等技术,实现设备的节能运行。在磨矿设备领域,智能磨矿控制系统得到广泛应用,通过实时监测磨机的运行参数,自动调整给矿、给水、给球等操作,使磨机始终处于最佳工作状态,提高磨矿效率,降低能耗。此外,开发新型研磨介质,如高铬钢球、陶瓷球等,提高介质的耐磨性和研磨效率,减少介质消耗^[2]。

(二) 智能化与自动化技术的融合

选矿机械的智能化与自动化发展趋势显著。智能传感器技术的应用,能够实时监测设备的运行状态,如温

作者简介: 曲维明(1975.9.30),男,汉族,内蒙古赤峰市人,专科,助理机械工程师,研究方向:选矿机械设备。

度、压力、振动等参数，通过数据分析与处理，实现设备故障的早期预警与诊断，提高设备的可靠性和维护效率。自动化控制系统则可根据预设的工艺流程和参数，自动控制设备的启停、调节设备的运行参数，减少人工干预，提高生产过程的稳定性和产品质量的一致性。

（三）新材料的应用

为提高选矿机械的耐磨、耐蚀性能，延长设备使用寿命，新型材料在选矿机械中得到广泛应用。例如，在破碎设备的破碎腔、磨矿设备的筒体衬板、分级设备的叶片等易磨损部件上，采用高铬铸铁、耐磨陶瓷、聚氨酯等材料，显著提高了部件的耐磨性，减少了设备维修次数和停机时间。在一些接触腐蚀性矿浆的设备部件上，选用不锈钢、特种合金等耐腐蚀材料，有效解决了设备腐蚀问题，提高了设备的运行稳定性。

（四）设备大型化与专业化发展

设备大型化是提高选矿生产效率、降低单位投资和生产成本的重要途径。近年来，大型破碎机、磨机、浮选机等设备不断涌现。同时，针对不同类型矿石的性质和选矿工艺要求，专业化的选矿设备不断研发和应用。如针对细粒嵌布矿石的高效细粒分级设备、针对复杂难选矿石的新型联合分选设备等，满足了不同矿山的个性化需求，提高了矿石处理的针对性和有效性^[3]。

三、选矿机械在矿石处理中的应用案例

（一）某铜矿选矿厂破碎与磨矿设备应用

某铜矿选矿厂此前采用传统三段一闭路破碎流程，搭配普通球磨机磨矿系统，生产过程中不仅能耗偏高，单台设备的处理能力也难以满足矿山扩产需求。在技术改造过程中，厂里引入了新型单段锤式破碎机负责粗碎作业，直接简化了原有的破碎流程，破碎比也从原来的15提升至25。同时，将磨矿系统升级为半自磨机与球磨机组成的联合磨矿系统，并配套安装了智能磨矿控制系统。这套控制系统能实时监测给矿量、磨矿浓度和电机电流等关键参数，自动调整给矿速度、补水量和钢球添加量。改造完成后，选矿厂的日处理能力从原来的1200吨提升至1560吨，磨矿环节的单位能耗从每吨矿石8.5千瓦时降至6.8千瓦时，每年仅电费就能节省120万元。

（二）某铅锌矿浮选设备应用

某铅锌矿的矿石成分复杂，其中铅、锌矿物的嵌布粒度大多在0.02–0.05毫米之间，传统浮选设备因充气不均匀、气泡尺寸过大，导致有用矿物与气泡附着效率低，铅、锌的回收率分别只有72%和68%。为解决这一问题，

矿山引进了新型充气式浮选机，该设备通过特殊设计的充气搅拌装置，能产生直径在0.1–0.3毫米的微气泡，且气泡分布均匀。同时，技术团队还优化了浮选药剂制度，调整了捕收剂和起泡剂的配比，并增加了一次精选作业。经过半年的试运行，铅的回收率稳定在80%以上，锌的回收率提升至78%，精矿中铅品位从55%提高到58%，锌品位从52%提高到55%，每年为矿山增加经济效益约300万元^[4]。

（三）某铁矿磁选设备应用

某铁矿属于典型的低品位弱磁性铁矿，矿石中铁品位仅为25%左右，且铁矿物主要以赤铁矿、褐铁矿为主，传统磁选机因磁场强度不足、磁场梯度小，难以有效捕获细粒铁矿物，最终产出的铁精矿品位仅能达到60%，无法满足后续冶炼要求。针对这一情况，矿山采用了新型高梯度磁选机，该设备的磁场强度可达1.8特斯拉，磁场梯度比传统设备提高了3倍。同时，技术人员通过试验调整了磁选流程中的关键参数，将给矿浓度控制在28%~32%，矿浆流速调整为1.2米/秒。改造后，铁精矿品位稳定在65%以上，部分批次甚至能达到67%，铁的回收率从原来的65%提升至80%，每年可多回收铁金属约5000吨。

（四）某金矿脱水设备应用

某金矿选矿厂原有的脱硝系统由传统中心传动浓缩机和真空过滤机组成，浓缩机的底流浓度仅能达到45%，真空过滤机产出的金精矿水分高达18%，不仅增加了精矿运输成本，还导致后续冶炼环节的能耗偏高。此外，浓缩过程中上清液的悬浮物含量较高，无法直接循环利用，造成水资源浪费。为改善这一状况，厂里对脱硝系统进行了升级，先用高效深锥浓缩机进行预浓缩，该设备通过添加专用絮凝剂，底流浓度能提升至65%以上，且上清液悬浮物含量低于50毫克/升，可直接回用于磨矿和浮选环节。预浓缩后的矿浆再进入陶瓷过滤机进行深度脱水，陶瓷过滤机采用多孔陶瓷滤板作为过滤介质，过滤精度高，最终产出的金精矿水分稳定在12%以下。改造后，精矿运输成本降低了15%，冶炼环节的单位能耗下降了8%，每年节约用水约20万吨。

四、选矿机械的应用前景展望

（一）智能化与自动化发展趋势

未来，选矿机械的智能化与自动化水平将进一步提升。随着物联网技术的普及，选矿设备将实现全面的互联互通，形成“设备–数据–平台”的一体化管理模式。

通过在设备关键部位安装多参数智能传感器，可实时采集温度、振动、压力、流量等运行数据，再借助大数据分析技术，不仅能实现设备运行状态的实时监控，还能建立设备性能预测模型，提前预判设备可能出现的故障。例如，通过分析磨机衬板的振动频率变化，可准确判断衬板的磨损程度，提前安排更换，避免因衬板突然损坏导致的生产中断。同时，自动化无人选矿厂将成为行业发展的重要方向，通过机器人完成矿石取样、设备巡检、药剂添加等重复性作业，减少人工干预，不仅能降低人工成本，还能提高生产安全性。目前，国内已有部分大型矿山试点建设无人选矿车间，其生产效率比传统车间提高了10%~15%，设备故障率降低了20%。

（二）绿色环保技术创新

在国家“双碳”目标和环保政策日益严格的背景下，绿色环保将成为选矿机械创新的核心方向之一。一方面，研发更加节能高效的设备将成为重点，例如开发新型节能电机、优化设备传动结构，进一步降低设备的单位能耗。另一方面，将加强对设备运行过程中污染物的控制，如在破碎机、磨机等设备上安装高效除尘装置，使粉尘排放浓度控制在10毫克/立方米以下；采用低噪声设计的电机和减震装置，将设备运行噪声降低至85分贝以下，改善车间工作环境。此外，尾矿和废水的资源化利用技术也将得到进一步发展，例如研发专用的尾矿干排设备，将尾矿含水量降至20%以下，干排后的尾矿可用于制砖、充填采空区等；开发高效的废水处理设备，实现选矿废水的循环利用率达到95%以上，减少新鲜水用量，降低对周边水环境的影响^[5]。

（三）设备大型化与专业化持续推进

设备大型化仍将是大型矿山的主要选择，未来大型球磨机的筒体直径可能突破7米，单台日处理能力可达5000吨以上；大型浮选机的单槽容积可能达到500立方米，大幅提高浮选作业的处理效率。同时，设备大型化还能减少设备数量，降低车间占地面积，减少设备安装和维护成本。在专业化方面，针对不同类型矿石的特性，将研发更多专用设备，例如针对细粒难选金矿的高效离心浮选设备、针对高硫铁矿的脱硫专用磁选设备、针对稀土矿的新型电选设备等。这些专业化设备将根据特定矿石的物理化学性质优化设计，提高选矿效率和资源回收率。例如，针对细粒金矿研发的离心浮选设备，其回

收率可比传统浮选设备提高5%~8%。

（四）与新工艺的协同发展

选矿机械的发展将与选矿新工艺深度融合，形成“工艺引领设备创新，设备支撑工艺落地”的协同发展模式。近年来，生物选矿、微波辅助选矿、电场辅助选矿等新工艺逐渐进入工业化试验阶段，这些新工艺对选矿设备提出了新的要求。例如，生物选矿需要专用的生物反应设备，该设备须具备恒温、恒湿、搅拌均匀等特点，且能有效控制有害微生物的滋生；微波辅助选矿需要研发专用的微波加热设备，该设备需能实现矿石的均匀加热，且加热效率高、能耗低。未来，选矿机械企业将加强与科研院所、矿山企业的合作，针对新工艺的技术特点，开发专用设备，推动新工艺的工业化应用。例如，某科研团队正在研发的微波辅助磨矿设备，通过微波预处理矿石，可使矿石的脆性增加，磨矿能耗降低15%~20%，目前该设备已进入中试阶段。

结论

综上所述，选矿机械作为矿石处理的核心装备，正朝着高效节能、智能化自动化、绿色环保、大型化专业化及与新工艺协同的方向发展。从铜、铅锌、铁、金矿应用案例可见，先进选矿机械能显著提升处理效率与资源回收率，降低成本和环境影响，为矿山企业带来经济与社会效益。未来选矿机械将在矿产资源高效开发利用中发挥更重要作用，为全球矿业高质量发展提供技术支撑，助力资源开发与环境保护协同。

参考文献

- [1] 林陇飞. 选矿机械设备的的使用及维护方法[J]. 世界有色金属, 2025, (03): 88-90.
- [2] 吉海龙. 选矿机械磨机传动系统结构部件的优化与效率提升[J]. 有色金属设计, 2024, 51(04): 26-30.
- [3] 李慧. 低品位氧化锰矿石选矿工艺的改进[J]. 中国锰业, 2024, 42(05): 115-118+127. DOI: 10.14101/j.cnki.issn.1002-4336.2024.05.017.
- [4] 张涛. 智能传感技术在金矿选矿机械设备状态监测中的应用[J]. 自动化博览, 2024, 41(09): 32-35.
- [5] 耿浩. 刍议选矿机械的日常管理与维护[J]. 中国设备工程, 2024, (10): 45-47.