

金属矿采矿工艺技术现状与展望

白鹏举

新疆火烧云铅锌矿有限责任公司 新疆 和田 848000

摘要: 金属矿采矿工艺技术正经历着显著变革, 现状表现为传统方法与现代科技融合, 逐步向智能化、自动化迈进。然而, 资源枯竭、环境压力等挑战日益凸显, 促使行业向环保与可持续发展方向转型。未来展望中, 多元化与综合利用成为关键趋势, 旨在提高资源利用效率, 减少环境污染。技术创新将是推动行业发展的关键力量, 通过引入人工智能、大数据等先进技术, 实现采矿工艺的全面升级, 为金属矿产业的可持续发展奠定坚实基础。

关键词: 金属矿; 采矿工艺; 技术现状; 展望

引言: 金属矿采矿工艺技术作为矿业发展的基石, 其进步与革新直接关系到资源的高效利用与环境保护。当前, 随着科技的飞速发展, 采矿工艺正逐步向智能化、绿色化转型, 因此, 深入剖析金属矿采矿工艺技术的现状, 并展望其未来发展趋势, 对于促进矿业可持续发展具有重要意义。本文旨在探讨该领域的最新进展与未来方向, 为行业提供参考与借鉴。

1 金属矿采矿工艺技术的现状

金属矿采矿工艺技术的现状呈现多元化、不平衡且逐步向智能化、绿色化转型的特点。第一, 随着全球科技的不断进步, 金属矿采矿工艺技术正经历着从传统向现代的深刻变革。在发达地区, 先进的采矿技术如智能化采掘设备、自动化控制系统、大数据与云计算等已得到广泛应用, 显著提高了采矿效率与安全性。这些技术不仅降低了人力成本, 还通过精准控制减少了资源浪费和环境破坏, 实现了经济效益与环境效益的双赢。在国内, 金属矿采矿工艺技术的发展水平却呈现出显著的不平衡性。在一些经济发达、技术先进的地区, 采矿技术已达到国际领先水平, 能够高效、安全地开采金属矿产。但在一些经济相对落后的地区, 采矿技术仍然较为落后, 设备陈旧, 采矿效率低下, 且存在较大的安全隐患。这种不平衡的发展状况, 严重制约了我国金属矿产业的整体进步。第二, 随着环保意识的日益增强, 绿色采矿技术逐渐成为金属矿采矿工艺技术的发展方向^[1]。绿色采矿技术强调在采矿过程中最大限度地减少对环境的影响, 通过节能减排、资源循环利用等措施, 实现矿山的可持续发展。目前, 我国已在绿色采矿技术方面取得了一定成果, 如充填采矿技术、无废开采技术等, 这些技术的应用不仅有效解决了采矿过程中产生的环境污染问题, 还提高了资源综合利用率。金属矿采矿工艺技术的现状既展现出科技进步带来的巨大潜力, 也面临着发

展不平衡、环保压力等挑战。未来, 我国金属矿产业应继续加大科技创新力度, 推动采矿工艺技术的智能化、绿色化转型, 以实现更加高效、安全、环保的采矿生产。

2 金属矿采矿工艺技术的类型

2.1 露天开采技术

金属矿采矿工艺技术的类型中, 露天开采技术是一种历史悠久且至今仍被广泛应用的重要方法。该技术具有剥离量小、基建工程量少、建设周期短以及最终边坡暴露时间短等显著优势, 尤其适合于矿体埋藏较浅、矿岩稳固性较好的金属矿床。第一, 露天开采技术涉及多个关键环节, 包括穿孔、爆破、铲装、运输和排岩等。其中, 穿孔作业是露天开采的第一道工序, 通过牙轮钻机、潜孔钻等穿孔设备在计划开采的台阶区域内穿凿炮孔, 为后续爆破工作提供装药空间。爆破作业则利用炸药爆炸产生的能量破碎矿岩, 形成便于铲装的矿堆。铲装作业则采用铲运机、挖掘机等设备将破碎后的矿岩装入运输车辆中。运输作业则负责将矿岩运往选矿厂或堆场, 而排岩作业则将剥离的废石排放至指定区域。第二, 在露天开采技术的发展过程中, 不断有新的工艺和技术被引入和应用。例如, 陡帮开采技术通过优化开采境界和边坡角度, 进一步减少了剥离量和基建工程量; 松土机—铲运机露天开采工艺则利用松土机松散和破碎矿岩, 以代替传统的凿岩爆破方式, 提高了开采效率和安全性; 间断—连续开采工艺则结合了汽车运输和胶带运输机的优点, 实现了矿石的高效运输; 陡坡铁路运输则解决了深凹露天矿的运输难题, 降低了运输成本。

2.2 地下开采技术

地下开采技术涉及多个关键环节, 包括开拓、采准、切割、回采等。其中, 开拓是建立地下井巷工程, 形成完整的提升、运输、通风、排水等系统; 采准是在矿块内掘进一系列巷道, 为回采工作创造必要的条件;

切割则是在回采工作面前切割出一定宽度的矿带,形成自由面,为回采爆破工作提供条件;回采则是采用一定的采矿方法,将矿石从矿体中采出并运出矿坑的过程。地下开采技术根据不同的矿体条件、矿石性质、开采规模等因素,可细分为多种类型,如空场法、崩落法、充填法等。将矿体周围的土壤和岩石全部清除,然后用爆破、掘进机械等设备将矿石采出。该方法适用于矿岩稳固性好、开采深度不大的矿体。利用矿体自身的重力和裂隙,将矿石自然崩落,然后用装载机、矿车等设备将矿石运出。该方法适用于矿体破碎、稳固性差、开采深度较大的矿体^[2]。将矿坑或矿柱填充材料(如砂、石、土等),使其稳定,然后再进行开采。该方法能够控制岩层移动和地表沉陷,保护自然和生态环境,但成本较高,通常用于矿物价值较高的矿山。未来,地下开采技术的发展趋势将主要体现在以下几个方面:一是提高开采效率和资源回收率;二是降低开采成本和能耗;三是加强环境保护和生态修复;四是推动智能化、自动化技术在地下开采中的广泛应用。通过不断的技术创新和管理优化,地下开采技术将为实现金属矿业的可持续发展提供有力支撑。

2.3 空场采矿法

空场采矿法是指在回采过程中,主要依靠围岩自身的稳固性或少量的矿柱、人工支柱来支撑采空区的采矿方法。这种方法的特点在于矿房开采过程中不用人工支撑,而是充分利用矿石与围岩的自然支撑力,将矿石与围岩的暴露面积和暴露时间控制在其稳固程度所允许的安全范围内。另外,空场采矿法一般适用于矿石及围岩相当稳固,允许有相当大暴露面的矿床。这种方法的成功应用,关键在于对矿体和围岩稳定性的准确评估,以及对开采过程中暴露面积和暴露时间的严格控制。空场采矿法通常将矿体沿走向划分成矿房和矿柱,分两步骤回采。矿房回采时,采空区顶板主要依靠矿岩自身的稳固性和矿(岩)柱来支撑。顶板管理是空场采矿法的关键之一,包括顶板的监测、控制以及防范措施的制定,以确保作业人员和设备的安全。矿房回采完毕后,需要有计划地回采矿柱或不采矿柱,并及时处理采空区。这一过程需要严格控制,以防止地压活动导致的顶板冒落等安全事故。在采用中深孔或深孔爆破时,应严格控制炮孔的方位和深度,不许穿透暂不回采的矿柱,以确保爆破作业的安全和有效。

2.4 充填采矿法

充填采矿法是指伴随落矿、运搬及其他作业的同时,用充填料充填采空区的采矿方法。其基本原理是利

用充填料(如废石、尾砂、水泥等)的力学性能和物理化学性质,对采空区进行支撑和加固,以防止顶板冒落和地表塌陷,同时减少矿石损失和贫化,提高回采率。充填采矿法适用于多种复杂地质条件下的金属矿床开采,包括:矿石和围岩不稳固,不允许有较大暴露面的矿床。地表需要保护的矿床,如位于城市、交通干线、重要水源地等敏感区域的矿床。稀有贵金属或高品位的矿床,需要尽可能提高回采率和资源利用率。有自燃性的硫化矿床,通过充填可以减少暴露面积,降低自燃风险。赋存条件复杂的矿床,如矿体形态复杂、厚度变化大、倾角大等。充填料的选择与加工:根据矿床的具体条件选择合适的充填料,如废石、尾砂、水泥等,并进行必要的加工处理,以满足充填要求。充填工艺与设备:包括充填料的输送、混合、充填等工艺流程,以及相关的充填设备选择和配置。充填体的质量控制:通过监测充填体的强度、稳定性等指标,确保充填体能够有效支撑顶板、控制地压。回采工艺与安全措施:在充填体保护下进行回采作业,同时加强通风、排水等安全措施,确保作业人员的安全。

3 金属矿采矿工艺技术的未来展望

3.1 智能化与自动化趋势

智能化与自动化技术的深度融合,将使得金属矿采矿过程变得更加精准与高效。通过引入先进的传感器、机器人、无人机等智能设备,以及运用大数据、云计算、人工智能等先进技术,可以实现对采矿环境的实时监测、精准分析与智能决策。这不仅能够显著提高采矿作业的精度和效率,还能有效减少人为因素对采矿过程的影响,降低安全事故的发生概率。在智能化与自动化的推动下,金属矿采矿企业将能够构建起一个集数据采集、处理、分析、决策于一体的智能化管理系统。该系统能够自动完成采矿计划的制定、设备的调度、生产过程的监控以及故障的预警与处理,从而实现采矿作业的全面智能化与自动化^[3]。这将极大地提升企业的生产效率和资源利用率,降低运营成本,并为企业创造更大的经济效益。金属矿采矿工艺技术的未来展望中,智能化与自动化趋势将成为不可逆转的主流方向。随着技术的不断进步与应用深化,金属矿采矿行业将迎来更加广阔的发展前景与机遇。通过不断深化这一趋势的应用和发展,金属矿采矿行业将实现更加高效、安全、可持续发展。

3.2 环保与可持续发展方向

随着全球对环境保护意识的增强和可持续发展理念的深入人心,金属矿采矿行业必须积极应对环境挑战,

推动绿色采矿技术的发展,以实现经济效益与环境保护的双赢。(1)环保将成为金属矿采矿工艺技术的重要驱动力。未来,金属矿采矿企业将更加注重采矿过程中的环境保护,通过采用先进的环保技术和设备,减少采矿活动对生态环境的影响。例如,采用低污染、低能耗的采矿设备,实施严格的废水、废气、废渣处理措施,确保采矿活动符合环保法规要求,加强矿山生态修复工作,通过植被恢复、土壤改良等手段,恢复矿山区域的生态环境,实现矿山的可持续发展。(2)可持续发展将成为金属矿采矿工艺技术的核心目标。为了实现可持续发展,金属矿采矿企业需要不断优化采矿工艺流程,提高资源利用效率,降低能源消耗和碳排放。通过引入智能化、自动化等先进技术,实现采矿作业的精准控制和高效运行,减少资源浪费和环境污染,加强与国际社会的合作与交流,借鉴国际先进经验和技术,推动金属矿采矿行业的可持续发展。(3)金属矿采矿企业还需要加强科技创新和人才培养工作。通过加大科研投入,推动采矿工艺技术的创新与发展,为环保与可持续发展提供强有力的技术支撑,加强人才培养和引进工作,提高员工的专业素质和技能水平,为企业的可持续发展提供人才保障。

3.3 多元化与综合利用

在金属矿采矿工艺技术的未来展望中,多元化与综合利用是推动行业高质量发展的关键路径。这一趋势不仅体现了对资源高效利用的追求,也反映了对环境保护和可持续发展的深刻理解。一是多元化采矿工艺技术的发展将促进金属矿资源的全面开发。随着科技的进步和市场需求的变化,单一的采矿工艺已难以满足金属矿资源的复杂性和多样性。因此,未来金属矿采矿工艺将更加注重新多元化发展,包括采用多种采矿方法(如露天开采、地下开采、海洋采矿等)、应用多种技术手段(如智能化、自动化、远程遥控等)以及开发新型采矿设备(如高效能钻机、智能采掘机器人等)。这种多元化的发展模式将有助于提高采矿效率,降低开采成本,并适

应不同地质条件和资源特性的需求。二是综合利用将成为金属矿采矿工艺技术的核心策略。金属矿资源往往伴生有多种有用元素和矿物,传统采矿工艺往往只关注主矿种的开采,而忽视了伴生资源的综合利用。然而,在资源日益紧张和环境压力加大的背景下,综合利用已成为提高资源利用率、减少环境污染的重要途径。未来金属矿采矿工艺将更加注重对伴生资源的回收和利用,通过选矿、冶炼、深加工等环节的优化升级,实现资源的最大化利用^[4]。同时,加强废旧金属矿产品的回收和再生利用,也是推动金属矿采矿工艺技术可持续发展的重要方向。多元化与综合利用将是金属矿采矿工艺技术在未来的重要发展趋势。通过不断推动采矿工艺技术的多元化发展和综合利用策略的实施,金属矿采矿行业将实现更高效、更环保、更可持续的发展目标。这将不仅有助于满足经济社会发展对金属矿产品的需求,也将为地球生态环境的保护和可持续发展做出积极贡献。

结语

总之,金属矿采矿工艺技术正处于快速发展与变革之中,智能化、环保化、多元化成为不可逆转的趋势。面对资源约束与环境压力,技术创新与可持续发展理念将成为行业前行的关键。未来,随着科技的不断进步和应用,金属矿采矿工艺技术将更加高效、环保、智能,为全球经济社会发展提供更加坚实的资源保障。同时,也需要加强国际合作与交流,共同推动金属矿采矿工艺技术的进步与发展。

参考文献

- [1]张溢,徐敏.现阶段金属矿山露天采矿技术进展及发展趋势[J].世界有色金属,2019,000(016):54,56.
- [2]赵志刚.我国金属矿采矿技术的进展与未来展望[J].建材发展导向,2020,017(006):135-136.
- [3]曹贞兵.地下金属矿山采矿技术进展及研究方向[J].中国金属通报,2020,No.1024(07):19-20.
- [4]孟鹏飞.关于金属矿山采矿技术的发展方向的思考[J].科教导刊(电子版),2022(12):273-273.