

充填采矿技术在金属矿山采矿工程中的应用

吴 桐

中煤科工集团武汉设计研究院 湖北 武汉 430064

摘 要: 随着全球金属资源需求激增与开采深度递增,传统采矿方法已难以满足安全、高效、环保的复合需求。本文聚焦充填采矿技术在金属矿山采矿工程中的应用。首先阐述其在金属矿山应用的必要性,包括解决深部开采难题、应对复杂地质条件及满足环保要求。接着介绍具体应用类型,如上向、下向分层充填采矿技术等。随后分析应用中存在的充填材料质量、工艺设计及自动化水平等问题,并针对性提出加强材料质量控制、优化工艺设计、提高自动化水平等相关策略,为充填采矿技术在金属矿山的有效应用提供参考。

关键词: 充填采矿技术; 金属矿山; 采矿工程; 具体应用; 问题与策略

引言: 在金属矿山采矿工程领域,随着开采深度增加、地质条件复杂化以及环保要求日益严格,传统采矿技术面临诸多挑战。充填采矿技术作为一种高效、安全且环保的采矿方法,逐渐受到重视。它不仅能有效控制地压、减少矿石损失贫化,还能降低对周边环境的破坏。深入研究充填采矿技术在金属矿山的应用,对于提高采矿效率、保障生产安全以及实现可持续发展具有重要意义。

1 充填采矿技术在金属矿山应用的必要性

1.1 解决深部开采难题

随着金属矿山开采不断向深部延伸,面临的地质压力增大、岩温升高、通风困难等诸多问题日益凸显。传统采矿方法在深部开采时,易引发大规模的地压活动,导致巷道变形、冒顶等事故频发,严重威胁作业人员安全与生产的正常进行。而充填采矿技术通过向采空区及时充填采矿废料或其他充填材料,能有效支撑围岩,控制地压活动,减少岩爆等灾害的发生。同时,合理的充填体布置可改善深部矿山的应力分布,为深部开采创造相对安全的作业环境,保障深部资源的安全高效开采。

1.2 应对复杂地质条件

金属矿山地质条件复杂多样,常存在断层、褶皱、破碎带等不良地质构造。在这些复杂地质条件下开采,传统采矿方法易出现采场垮塌、矿石贫化损失大等问题。充填采矿技术具有较强的适应性,可根据不同地质条件灵活调整充填方式和参数。例如,在破碎围岩条件下,采用高强度充填材料和合理的充填工艺,能形成稳固的人工支撑体,有效控制围岩变形,保证采场的稳定性。通过充填采矿技术,可降低复杂地质条件对开采的负面影响,提高资源回收率。

1.3 满足环保要求

在当今社会对环境保护日益重视的背景下,金属矿

山开采过程中的环保问题备受关注。传统采矿方法会产生大量废石和尾矿,占用大量土地,还可能造成水土流失、土壤污染和水体污染等环境问题。充填采矿技术能将采矿产生的废石、尾矿等作为充填材料回填至采空区,减少了废石和尾矿的堆存,降低了对土地资源的占用。同时,有效控制了废石和尾矿中有害物质的扩散,减少了对周边生态环境的破坏,符合可持续发展的环保要求,有助于实现金属矿山开采与环境保护的协调发展^[1]。

2 充填采矿技术在金属矿山的具体应用

2.1 上向分层充填采矿技术的应用

上向分层充填采矿技术是金属矿山中常用且有效的采矿方法之一。(1)从采场布置来看,它将矿体划分为若干个水平分层,自下而上逐层进行开采。每个分层高度一般根据矿体厚度、开采设备性能及作业安全等因素确定。在开采过程中,先开采下部分层,形成一定的采空区后,及时进行充填作业。这种分层开采的方式,能够有效控制采场的暴露面积,降低地压对采场稳定性的影响,为后续上部分层的开采创造安全条件。(2)在充填材料选择与输送方面,上向分层充填采矿技术具有较大灵活性。可根据矿山的实际情况,选用合适的充填材料,如尾砂、废石、水泥等按一定比例配制。通过管道输送系统,将充填料浆准确输送到采空区。合理的充填材料配比和输送工艺,能保证充填体具有足够的强度,有效支撑围岩,防止采场塌陷。(3)从开采工艺流程上,上向分层充填采矿技术实现了开采与充填的交替进行。在每一分层开采完成后,立即进行充填,待充填体达到一定强度后,再开展上部分层的开采。这种循环作业模式,不仅提高了资源回收率,减少了矿石损失贫化,还能有效控制地表沉陷,保护周边环境,符合现代矿山绿色开采的发展理念。

2.2 下向分层充填采矿技术的应用

下向分层充填采矿技术在金属矿山开采中发挥着独特且重要的作用。(1)在适用条件方面,该技术尤其适用于矿体倾角较大、顶板不稳定且上覆岩层压力大的金属矿床。由于是自上而下分层回采,在开采过程中,每一分层作业都在其下方已充填好的稳固充填体上进行,这为作业人员和设备提供了可靠的支撑和安全保障,有效避免了因顶板冒落而引发的安全事故,极大提升了开采作业的安全性。(2)从开采工艺流程来讲,下向分层充填采矿技术先将矿体划分为多个水平分层,从运输水平开始,自上而下依次回采。在回采每一分层时,先进行凿岩爆破作业,将矿石破碎后运出采场。随后,及时对采空区进行充填,充填材料一般选用具有较高强度和稳定性的胶结充填料,以确保充填体能够承受上部岩层的压力。通过这种顺序作业,保证了开采过程的连续性和稳定性。(3)在资源回收与环境影响方面,下向分层充填采矿技术能够有效提高矿石的回收率,减少资源浪费。同时,由于充填体对围岩起到了良好的支撑作用,控制了地表的沉陷,降低了对周边生态环境的破坏,符合绿色矿山建设的理念,实现了金属矿山开采的经济效益与环境效益的有机统一。

2.3 分段充填采矿技术的应用

分段充填采矿技术是金属矿山开采中一种高效且应用广泛的方法。(1)在采场结构划分上,它将矿体沿垂直方向划分成若干个分段,每个分段又进一步划分成矿房和矿柱。这种结构划分方式能够依据矿体的具体特征,如厚度、倾角等,进行灵活调整,从而更好地适应不同地质条件的金属矿山开采需求。通过合理的分段设置,可有效控制采场的暴露面积,降低地压对采场稳定性的影响,为后续的开采作业提供安全可靠的环境。(2)在开采流程方面,分段充填采矿技术采用先开采矿房,后开采矿柱的顺序。在矿房开采过程中,随着矿石的不断采出,及时对采空区进行充填。充填材料一般选用具有一定强度和稳定性的胶结充填料,以形成稳固的支撑体,支撑上覆岩层,防止地表沉陷。待矿房开采及充填完成后,再对矿柱进行回采,进一步提高矿石的回收率。(3)从技术优势来看,分段充填采矿技术不仅能有效控制地压,减少矿石损失贫化,还能降低对周边环境的影响。合理的充填作业可减少废石和尾矿的排放,实现资源的综合利用,符合绿色矿山建设的要求,为金属矿山的可持续发展提供了有力支持。

2.4 削壁充填采矿技术的应用

削壁充填采矿技术作为金属矿山开采的特色方法,

具有独特的应用价值。(1)从适用场景来讲,它主要应用于矿体厚度较薄、围岩稳固性较好的金属矿床开采。在这类矿床中,传统采矿方法可能因矿体薄而难以高效作业,且会造成较大资源浪费。而削壁充填采矿技术能充分利用围岩条件,将围岩与矿体同时开采,把采下的围岩作为充填材料回填至采空区,既解决了薄矿体开采难题,又实现了资源的有效利用。(2)在开采工艺方面,该技术采用边采边充的方式。在回采过程中,先剥离并采出矿体周围的围岩,将其破碎后作为充填料。接着,再开采矿体,把采出的矿石运出采场。随着开采的推进,不断将新采的围岩充填到已采空的区域,形成稳定的支撑结构,有效控制地压,防止采场塌陷,保障作业安全。(3)从经济与环境效益上看,削壁充填采矿技术显著降低了开采成本。由于利用围岩作为充填材料,减少了额外充填材料的采购和运输费用。同时,减少了废石排放,降低了对土地的占用和环境的污染,符合绿色矿山建设理念,实现了金属矿山开采的经济与环境双赢。

3 充填采矿技术应用中存在的问题

3.1 充填材料质量问题

充填材料质量对充填采矿效果影响重大。当前,部分矿山选用的充填材料质量不稳定,如胶结材料强度不达标,导致充填体凝固后强度不足,难以有效支撑围岩,易引发采场塌陷等安全事故。一些尾砂作为充填骨料时,其粒径分布不合理,细颗粒过多会使充填料浆流动性差,难以均匀充填采空区;而粗颗粒过多则会导致充填体孔隙率大,降低整体稳定性。此外,材料中杂质含量超标,会影响充填体与围岩的胶结性能,进而影响充填质量,威胁矿山开采安全^[2]。

3.2 充填工艺设计问题

充填工艺设计存在诸多不合理之处。在充填顺序方面,部分矿山未根据矿体地质条件和开采进度科学规划,导致充填体受力不均,影响采场稳定性。充填管道布置不合理,易出现堵塞、磨损等问题,影响充填料浆的正常输送,降低充填效率。而且,充填参数设定不准确,如充填浓度、充填速度等,浓度过高会使料浆输送困难,浓度过低则影响充填体强度;充填速度过快可能导致充填不密实,过慢又会延长开采周期,增加生产成本。

3.3 自动化水平较低

目前,许多金属矿山充填采矿的自动化程度不高。在充填材料制备环节,多依靠人工操作设备进行配料、搅拌,不仅效率低下,还容易出现配料比例不准确的问题,影响充填材料质量。充填料浆输送过程中,缺乏先进的自动化监测与控制系统,无法实时掌握输送压力、流量

等参数,难以及时发现并处理输送故障。在充填作业现场,自动化设备应用较少,大部分工作仍需人工完成,劳动强度大,且作业精度和效率难以保证,制约了充填采矿技术的进一步发展。

4 充填采矿技术应用的相关策略

4.1 加强充填材料质量控制

加强充填材料质量控制是保障充填采矿技术有效应用的关键。在原材料选择上,要严格把关。对于胶结材料,如水泥等,应挑选质量稳定、符合国家标准的产品,确保其强度、凝结时间等指标满足充填要求。对于骨料,像尾砂、废石等,要进行详细的粒度分析,保证粒度分布合理,避免细颗粒过多或粗颗粒占比过大,影响充填料浆的流动性和充填体的强度。建立完善材料检测体系至关重要。在原材料进场时,进行全面检测,包括化学成分、物理性能等方面,不合格的材料坚决不予使用。在充填材料制备过程中,定期抽检,及时调整配料比例,保证充填材料质量的稳定性。此外,还需注重材料的储存与管理。不同种类的原材料要分类存放,防止混杂和污染。储存环境应保持干燥、通风,避免材料受潮变质。通过这些措施,从源头上把控充填材料质量,为充填采矿提供优质、可靠的充填材料,确保采场稳定和开采安全。

4.2 优化充填工艺设计

优化充填工艺设计对提升充填采矿技术的效果与效率意义重大。在充填顺序规划上,需依据矿体的地质条件、开采进度以及地压分布规律进行科学设计。对于复杂地质矿体,可采用分阶段、分区域的充填顺序,先对地压较大、稳定性差的区域进行充填,形成稳固支撑,再逐步完成其他区域的充填,保障采场整体稳定。充填管道布置方面,要综合考虑采场布局、料浆流动特性等因素。合理规划管道走向和连接方式,减少弯头和阀门的使用,降低料浆输送阻力,避免堵塞和磨损问题。同时,设置备用管道,以应对突发故障,确保充填作业的连续性。对于充填参数的设定,应通过大量的试验和实践,精准确定充填浓度、充填速度等关键参数。根据不同的矿体条件和开采阶段,动态调整参数,使充填体既

能达到足够的强度,又能保证良好的密实性,从而提高充填质量,降低开采风险,实现充填采矿的高效与安全。

4.3 提高自动化水平

提高充填采矿技术的自动化水平,是推动金属矿山高效、安全开采的重要举措。在充填材料制备环节,引入自动化配料与搅拌系统。利用高精度的传感器和智能控制算法,精确计量各种原材料的比例,实现自动配料。搅拌过程中,通过实时监测搅拌速度、时间等参数,自动调整搅拌工艺,确保充填材料质量均匀稳定,减少人为因素导致的误差。充填料浆输送方面,部署自动化监测与控制系统。在输送管道上安装压力、流量、温度等传感器,实时采集数据并传输至控制中心。一旦出现异常,系统能迅速发出警报,并自动调整输送参数,如调节泵的转速,保障料浆稳定输送,避免堵塞和泄漏问题。在充填作业现场,推广使用自动化设备。同时,利用机器人进行现场巡检和数据采集,降低人工劳动强度,提升作业安全性,推动充填采矿向智能化、自动化方向发展^[1]。

结束语

充填采矿技术在金属矿山采矿工程中的应用成效显著。它不仅有效控制了地压,减少了矿石损失与贫化,提高了资源回收率,还降低了对地表环境的破坏,契合绿色矿山建设理念。然而,当前该技术在充填材料质量把控、工艺设计优化以及自动化水平提升等方面仍存在不足。未来,需持续加大研发投入,不断创新与改进。通过攻克现存问题,进一步挖掘充填采矿技术的潜力,使其在金属矿山采矿中发挥更大作用,推动行业朝着更高效、更安全、更环保的方向稳步迈进。

参考文献

- [1]黎维平.充填采矿技术在金属矿山采矿工程中的应用研究[J].冶金与材料,2024,44(08):121-123.
- [2]潘广跃.充填采矿技术在金属非金属矿山采矿工程中的运用探讨[J].中国设备工程,2024,(12):216-218.
- [3]郭玉杰.金属非金属矿山采矿工程中充填采矿技术的有效运用[J].中国金属通报,2024,(02):43-45.