

# 现代采矿理念与充填采矿技术研究

王冲 渠祥生 李佃强

山东宏河控股集团有限公司 山东 邹城 273500

**摘要:** 本文深入探究现代采矿理念与充填采矿技术。现代采矿理念聚焦资源高效利用、环保及可持续发展,革新传统开采模式。充填采矿技术作为实现该理念的关键,其原理、分类、关键技术及发展趋势备受关注。通过阐述两者内涵,揭示现代采矿理念对充填采矿技术的导向作用,为矿业可持续发展提供理论与实践参考,助力实现资源利用与生态保护双赢。

**关键词:** 现代采矿理念; 充填采矿技术; 资源高效利用; 环境保护

## 引言

矿业作为经济发展重要支柱,传统开采模式弊端渐显,资源浪费、生态破坏等问题突出。在此背景下,现代采矿理念应运而生,强调绿色、高效、可持续开采。充填采矿技术作为践行该理念的核心手段,通过废料回填保障矿山安全与环境友好。本文旨在剖析现代采矿理念精髓,梳理充填采矿技术脉络,为矿业转型升级提供思路。

### 1 现代采矿理念概述

现代采矿理念是在传统采矿方式的基础上,结合时代发展的新要求而形成的一种全新模式。面对全球资源需求的持续增长和生态环境保护意识的日益增强,现代采矿理念融合了现代科技、环保诉求与可持续发展目标,对传统采矿思路进行了全面革新。在现代科技的推动下,采矿行业实现了智能化、数字化的转变。利用先进的地质勘探技术,能够更精确地定位矿体,减少开采的盲目性,提高资源开采效率,并降低资源损耗。在环保方面,现代采矿理念将环境保护视为核心任务。在开采前进行全面的环境评估,制定出对周边生态影响最小的开采方案。在开采过程中,严格控制废气、废水、废渣的排放,采用先进的防尘技术,减少对环境的污染。同时,现代采矿理念还注重资源的合理规划与长期利用,追求可持续发展。通过优化开采顺序、提高资源回收率等措施,延长矿山服务年限,并确保矿产资源的稳定供应,实现资源的综合回收利用,避免浪费<sup>[1]</sup>。

### 2 充填采矿技术的基本原理与分类

#### 2.1 基本原理

(1) 在矿产资源开采进程中,采空区的出现是不可避免的。一旦矿石被采出,原本由矿石支撑的围岩失去了依托,在自身重力以及周边岩体压力的共同作用下,采空区围岩极易发生变形。这种变形若得不到有效控

制,随着时间推移,变形程度不断加剧,最终导致围岩垮塌。采空区上方的地表也会随之塌陷,不仅会破坏周边的自然地貌,还可能致使植被损毁、土地荒芜,严重破坏生态环境。同时,采空区的存在改变了地下原有的水文地质条件,导致地下水系紊乱,极有可能使矿山开采过程中产生的有害物质随着地下水扩散,污染周边的地下水资源。(2) 充填采矿技术正是为解决这些难题而诞生。其核心在于将开采过程中产生的废石、尾砂等废料充分利用起来。这些废料通常被视为矿山开采的“副产品”,长期堆放不仅占用大量土地资源,还容易引发环境污染。通过添加适量的胶结材料,如水泥、粉煤灰等,与废料进行科学配比。胶结材料在混合过程中,如同“桥梁”一般,将废料颗粒紧密连接在一起,赋予混合物一定的强度。在经过充分搅拌混合均匀后,利用专门的输送设备,如管道、溜槽等,将这些混合好的充填材料回填至采空区。回填后的充填材料在采空区内逐渐凝固,形成一个坚实的支撑结构,如同为采空区围岩打造了一副坚固的“骨架”,有效地分担了围岩所承受的压力,抑制围岩变形,维持采场的长期稳定,从根本上解决了采空区带来的一系列安全与环境问题。同时,实现了废料的资源化利用,大大减少了废弃物对环境的压力,为矿山的可持续开采提供了有力保障。

#### 2.2 技术分类

依据充填材料和工艺的不同,充填采矿技术呈现出多种类型。(1) 干式充填技术以干燥的废石、尾砂等作为主要充填材料。在输送过程中,通常借助机械输送设备,如装载机、输送机等,将这些充填材料直接运至采空区;或者利用气力输送装置,通过压缩空气产生的气流,将干燥的充填材料吹送至采空区。这种技术特别适用于气候干燥或处于半干燥地区的矿山。在这些地区,水分含量相对较低,采用干式充填无需额外考虑因

水分引发的充填材料性能变化等问题。而且对于一些对充填材料含水量要求极为严苛的矿山,比如某些金属矿山,若充填材料含水量过高,可能会影响矿石质量,甚至引发井下安全事故,干式充填技术无疑是较为理想的选择。其工艺相对简单,设备投入成本在一定程度上较低,便于矿山企业操作与维护。(2)水砂充填则是将废石、尾砂与适量的水混合,制成具有一定流动性的砂浆。水在这里充当了输送载体的角色,通过管道、溜槽等输送设施,将砂浆顺利输送至采空区。在含水量丰富的地区,矿山能够轻松获取大量水源用于制备砂浆,而且矿山自身若具备完善的水力输送系统,水砂充填的优势便能充分彰显。水的流动性使得砂浆能够快速且高效地填充采空区各个角落。然而,该技术也存在一定局限性,由于砂浆中含有大量水分,在充填完成后,必须配备完善的脱水系统,及时处理多余水分。否则,过多的水分会导致充填体强度不足,影响采场的稳定性,甚至可能引发井下积水等安全隐患。(3)膏体充填是将废石、尾砂与胶结材料进行充分搅拌混合,形成一种具有良好流动性且类似膏状的充填体。这种充填体在填充采空区时,能够紧密贴合采空区的复杂形状,无论是狭窄的巷道还是不规则的采空空间,都能实现全方位、无死角的填充,极大地提升了充填体的密实度。经过凝固后,形成高强度的支撑结构,对于开采深度大、地压高的矿山而言,具有强大承载能力的膏体充填体能够有效抵抗高压,保障采场安全。但膏体充填对充填材料的配比要求极为严格,需要精确控制废石、尾砂与胶结材料的比例,以确保膏体的流动性和最终强度。同时,其工艺控制精度也颇高,从材料搅拌、输送到填充过程,都需要专业的技术人员进行严格监控与操作。在实际应用中,矿山企业需要综合考量自身的地质条件、开采规模、成本预算以及技术水平等多方面因素,审慎地选择最适合自身需求的充填采矿技术类型,以实现高效、安全、环保的矿山开采目标<sup>[2]</sup>。

### 3 充填采矿技术的关键技术

#### 3.1 充填材料的制备与选择

(1) 优质充填材料的物理力学性能是其发挥支撑作用的基础。以抗压强度为例,在深部开采环境下,采空区承受着巨大的地压,此时就要求充填材料具备极高的抗压强度,像在一些深度超过千米的金属矿山,采用的胶结充填材料抗压强度需达到10MPa甚至更高,才能有效支撑围岩,防止其变形垮塌。同时,合适的流动性也是不可或缺的性能指标。对于通过管道输送的充填材料而言,良好的流动性确保其能够顺利抵达采空区的各个

角落。在采用膏体充填技术时,膏体的流动性需严格控制,一般通过调整材料的颗粒级配、添加适量的外加剂来实现。若膏体流动性过差,会导致输送困难,甚至出现堵管现象;而流动性过强,则会影响充填体的最终密实度与强度。(2) 稳定性方面,充填材料需在长期的服役过程中保持性能稳定。这意味着它不能因受到地下水的侵蚀、温度和湿度的变化以及地压的动态作用而发生物理化学性质的显著改变。比如在一些富含地下水的矿山,充填材料若抗水侵蚀能力不足,随着时间推移,其强度会逐渐降低,严重影响充填体的支撑效果。从环保角度出发,选用的充填材料必须无毒无害。以往部分矿山采用含有重金属等有害物质的材料进行充填,随着环保意识的增强与法规的严格,这类材料已被淘汰。如今,越来越多的矿山倾向于使用尾矿、煤矸石等固体废弃物作为主要充填材料,不仅实现了废弃物的资源化利用,减少了对新资源的开采,还降低了对环境的潜在危害。(3) 在制备过程中,追求简单、高效是降低采矿成本的关键。许多矿山因地制宜,利用自身产出的尾矿作为主要充填材料。以某铜矿为例,其尾矿经过简单的破碎、筛分处理,将粒度较大的颗粒用于干式充填,粒度较小的尾矿则与水泥、粉煤灰等胶凝材料按一定比例混合,制备成胶结充填材料。通过优化配比与工艺,不仅使尾矿得到了充分利用,减少了尾矿库的建设与维护成本,还降低了充填材料的制备成本。此外,在一些矿山,采用工业废渣如炉渣、钢渣等作为辅助充填材料,通过添加激发剂等手段,激发其活性,使其与其他材料协同作用,在保证充填材料性能的同时,进一步降低了成本<sup>[3]</sup>。

#### 3.2 充填工艺的控制与优化

(1) 充填工艺的控制与优化对于提升充填效率和质量起着决定性作用。传统的充填工艺往往依赖人工经验进行操作,这就导致在充填过程中存在诸多问题。例如,在确定充填材料的配比时,由于人工操作的误差,很难保证每次配比的精确性,进而影响充填体的强度与稳定性。而且在输送充填材料时,无法根据采空区的实际情况实时调整输送参数,容易出现充填不均匀的现象,部分区域充填不足,而部分区域又过度充填。(2) 随着科技的进步,先进的自动化、智能化技术逐渐应用于充填工艺中,实现了对充填过程的精确控制。自动化的计量设备成为保证充填材料配比准确性的有力工具。在一些大型矿山的充填站,采用高精度的电子秤和自动化控制系统,能够按照预设的比例精确称取各种充填材料,误差可控制在极小范围内。以胶结充填为例,通过

自动化计量设备精确控制水泥、尾砂、水等材料的用量,确保每次制备的胶结充填材料性能一致,从而保证充填体的质量稳定。(3)智能输送系统则根据采空区的实际形状、大小以及地质条件,自动调整输送速度和流量。在复杂的采空区环境下,如存在分支巷道、不规则空洞等情况,智能输送系统能够通过安装在管道和采空区内的传感器,实时获取充填材料的流动状态、压力变化等信息,并将这些信息反馈给控制系统。控制系统根据预设的算法,自动调节输送泵的转速、阀门的开度等参数,使充填材料能够均匀、高效地填充到采空区的各个部位。在多中段同时开采的矿山,自动化控制系统还能根据各中段的开采进度、采空区的稳定性等因素,合理安排不同中段的充填顺序。优先对稳定性较差、急需充填的中段进行作业,确保整个矿山开采过程的安全与高效<sup>[4]</sup>。

### 3.3 充填设备的研发与应用

(1)充填设备作为充填采矿技术的硬件支撑,其研发与应用对提升技术水平至关重要。现代化的充填设备应具备高效、节能、环保等多方面的特点。高效性体现在设备能够在短时间内完成大量充填材料的输送与填充作业。以充填泵为例,新型的高压大流量充填泵,其输送能力可达到每小时数百立方米,大大缩短了充填周期,提高了矿山的开采效率。在一些大型煤矿的充填开采中,采用的高效充填泵能够快速将膏体或水砂充填材料输送至采空区,满足了大规模开采对充填速度的要求。(2)节能方面,通过技术创新,新型充填设备在能源利用效率上有了显著提升。采用节能型电机,其能效等级更高,能够在相同功率下输出更大的动力,减少能源消耗。同时,对设备的输送结构进行优化,降低输送过程中的阻力。例如,在管道输送系统中,采用内壁光滑的新型管材,减少了充填材料与管道内壁的摩擦力,降低了输送能耗。在一些矿山,通过对充填设备进行智能化控制,根据充填作业的实际需求实时调整设备的运行功率,避免了设备在低负荷运行时的能源浪费。(3)环保性能也是现代充填设备的重要考量因素。设备具备

良好的密封性能,防止充填材料泄漏造成环境污染。在一些采用尾矿充填的矿山,若充填设备密封不严,尾矿中的有害物质可能会泄漏到周围环境中,对土壤和水体造成污染。新型的充填设备在设计上采用了多重密封结构,确保在输送和填充过程中,充填材料不会泄漏。同时,一些设备还配备了粉尘收集装置,减少了干式充填过程中粉尘的飞扬,改善了井下作业环境。(4)不同矿山由于地质条件、开采规模等方面存在差异,对充填设备的需求也各不相同。小型矿山由于开采规模较小,资金有限,更需要体积小、操作简便、价格相对低廉的充填设备。这类设备能够适应小型矿山狭窄的巷道空间,且易于维护和操作。而大型矿山,由于开采规模大、采空区范围广,对充填设备的输送能力和稳定性要求极高。大型矿山需要能够连续、稳定输送大量充填材料的设备,以满足高强度的充填作业需求。在一些露天转地下开采的大型金属矿山,采用的大型充填系统,包括大型搅拌站、高压输送泵以及自动化控制系统,能够实现高效、稳定的充填作业,保障了矿山的持续开采。

### 结语

现代采矿理念与充填采矿技术紧密关联,对矿业发展意义重大。实践表明,贯彻现代采矿理念,运用充填采矿技术,能有效提升资源利用效率,守护生态环境。未来,应持续加大研发投入,鼓励技术创新,攻克现有难题,进一步完善充填采矿技术体系,推动矿业向绿色、高效方向稳健迈进,实现长远可持续发展。

### 参考文献

- [1]焦富国.现代采矿理念与充填采矿技术研究[J].能源与节能,2022(3):124-125,134.
- [2]王云.现代采矿理念与充填采矿研究[J].能源与节能,2020(9):92-93.
- [3]苏晓军,张刚柱.现代采矿理念与充填采矿研究[J].建筑工程技术与设计,2020(36):5178.
- [4]陈明.采矿中充填采矿技术的应用及存在的问题研究[J].中国金属通报,2021(2):27-28.