

# 地下矿山采矿技术及采矿的发展

关 力

内蒙古大千博矿业有限责任公司 内蒙古 包头 014500

**摘 要：**随着地表及浅部矿产资源的日益减少，地下矿山开采成为保障资源稳定供应的重要支柱。本文聚焦地下矿山采矿技术及其发展。先概述地下矿山采矿技术，接着阐述其关键技术，包括凿岩爆破、运输提升、岩层加固、膏体充填、远程遥控等技术。分析了影响地下矿山采矿技术发展的因素，如地质条件、矿产资源特性、开采技术和设备水平、人力资源及科研投入等。进而探讨其发展趋势，涉及采矿技术的发展方向、绿色环保与可持续发展、深部开采技术突破以及多技术融合与协同发展等方面，旨在为地下矿山采矿技术的进步提供参考。

**关键词：**地下矿山；采矿技术；采矿的发展

引言：地下矿山采矿在矿产资源开发中占据重要地位，是满足社会对各类矿产需求的关键环节。随着经济的持续发展，对矿产资源的需求不断攀升，地下矿山采矿面临着新的挑战与机遇。一方面，传统采矿技术在效率、安全性和环保性等方面存在一定局限；另一方面，技术的不断进步为地下矿山采矿技术的革新提供了可能。深入研究地下矿山采矿技术及其发展，对提高矿产资源开采效率、保障安全生产、实现可持续发展意义重大。因此，有必要对其展开全面探讨。

## 1 地下矿山采矿技术概述

地下矿山采矿技术作为获取矿产资源的关键手段，在国民经济发展中起着举足轻重的作用。其涵盖了从矿床开拓到矿石采出的一系列复杂且相互关联的工艺过程。在矿床开拓阶段，需依据矿体的赋存状态、地质条件等因素，选择合适的开拓方式，如竖井开拓、斜井开拓、平硐开拓等，斜坡道开拓等，构建起地下矿山的运输、通风、排水等基本系统，为后续采矿作业奠定基础。采矿方法则是地下矿山采矿技术的核心。常见的有房柱采矿法，该方法通过留设矿柱支撑顶板，在矿房内进行矿石回采，适用于开采水平或缓倾斜、顶板稳固的矿体；空场采矿法，利用矿柱和围岩自身的稳定性来维护采空区，广泛应用于围岩和矿石均较稳固的条件；充填采矿法，在采空区进行充填作业，以控制地压和减少地表塌陷，对环境保护要求高或矿体复杂的矿山较为适用<sup>[1]</sup>。

## 2 地下矿山采矿的关键技术

### 2.1 凿岩爆破技术

凿岩爆破技术作为地下矿山采矿的关键环节，是实现矿石高效采出的重要手段。在地下矿山开采中，首先要通过凿岩作业在矿体上钻出炮孔，为后续的爆破提供装药空间。凿岩设备的性能直接影响凿岩效率和钻孔

质量。当前，先进的液压凿岩台车得到广泛应用，其具备自动化程度高、钻孔速度快、精度高等优势，能够在复杂的地下环境中快速、精准地完成凿岩任务。完成凿岩后，便进入爆破阶段。爆破方案的设计需依据矿体的性质、岩石特性以及开采要求来确定。采用合理的炸药类型、装药结构和起爆方式，对于控制爆破效果、保障开采安全以及降低对周边岩体的影响至关重要。例如，毫秒延期爆破技术通过精确控制起爆时间间隔，使爆破能量得到有效利用，既能实现矿石的破碎，又能减少爆破震动对围岩和已采区域的破坏，提高矿石的块度均匀性，方便后续的运输和选矿作业。此外，数码电子雷管的应用进一步提升了爆破的精准度和安全性，为地下矿山高效、安全开采提供了有力支持。

### 2.2 运输提升技术

运输提升技术是地下矿山采矿作业中的物流动脉，直接决定着矿石从开采面到地面的转运效率。在地下运输环节，轨道运输和无轨运输是两种主要方式。轨道运输依靠电机车牵引矿车，具有运输能力大、运营成本低的特点，适用于大规模、长距离的矿石运输，常铺设在矿山的主要运输巷道。无轨运输则借助矿用卡车等设备，灵活性强，能快速穿梭于复杂的采场，适应开采面多变的作业环境，但对巷道条件要求较高，且能耗相对较大。当矿石运输至竖井井底后，便需依靠提升技术送往地面。竖井提升设备主要包括提升机、提升容器等。多绳摩擦式提升机凭借其较高的提升速度和较大的提升载荷，成为深井矿山的首选。提升容器有箕斗和罐笼之分，箕斗专门用于提升矿石，卸载方便、提升效率高；罐笼则可运送人员、设备及材料等，保障矿山生产的多元需求。近年来，自动化控制技术在运输提升系统中的应用日益广泛，实现了运输设备的远程监控与精准调

度,有效提高了运输提升的安全性和整体效率,大幅减少了人力成本和运输故障风险。

### 2.3 岩层加固技术

在地下矿山开采过程中,由于矿体的开挖,会破坏原有的岩石平衡状态,导致岩层出现变形、破碎甚至坍塌的风险,此时岩层加固技术就显得尤为关键。锚杆支护是一种常见且有效的加固方式。通过在岩体中钻孔,插入锚杆并注入锚固剂,将锚杆与岩体紧密结合,利用锚杆的锚固力,将不稳定的岩层与深部稳定岩体连接在一起,从而提高岩层的整体稳定性。锚索加固技术也广泛应用。锚索相较于锚杆,其长度更长、承载能力更大。锚索穿过不稳定岩层,深入到稳定的岩体内部,借助锚索的强大拉力,对较大范围的岩层进行加固,有效控制岩层的位移和变形。此外,喷射混凝土技术也不可或缺。将混凝土通过喷射设备高速喷射到岩面,混凝土迅速凝结,在岩面形成一层具有一定强度的防护层,封闭岩石裂隙,防止岩石风化、破碎,同时与岩体紧密结合,增强岩体的整体性,共同抵抗矿山开采过程中产生的地压,为地下采矿作业创造安全稳定的环境。

### 2.4 膏体充填技术

膏体充填技术是现代地下矿山采矿的一项重要技术革新。其原理是将矿山开采产生的废石、尾矿等固体废弃物,经过破碎、磨细等预处理后,与水泥等胶凝材料及适量的水混合,制成具有良好流动性和稳定性的膏体充填料浆。通过泵送等方式,将膏体充填料浆输送至采空区进行充填作业。膏体充填技术具有显著优势。一方面,能有效控制采空区地压,减少围岩变形和坍塌风险,保障矿山安全生产。膏体充填料浆在采空区内凝固后,形成具有一定强度的支撑体,可支撑顶板,维持矿山开采过程中的岩体稳定性。另一方面,该技术有利于环境保护。实现了矿山固体废弃物的资源化利用,减少了废弃物排放对周边环境的污染,同时降低了尾矿库建设和维护成本。此外,膏体充填技术可提高矿石回采率,通过对采空区的有效充填,能对复杂矿体进行更高效的开采,提升矿山资源利用率,促进矿山可持续发展,在众多地下矿山得到广泛应用与推广。

### 2.5 远程遥控技术

远程遥控技术正逐步改变地下矿山的作业模式,成为提升采矿效率与保障安全的关键力量。在地下矿山复杂且存在潜在危险的环境中,人员直接作业面临诸多风险,远程遥控技术的优势得以凸显。对于采矿设备,如凿岩台车、铲运机等,操作人员可在远离危险区域的地面控制室内,通过远程操控系统,精准控制设备的运

行。借助先进的传感器技术与通信网络,设备的位置、姿态、工作状态等信息能实时反馈到控制室,操作人员根据这些数据进行操作,如同在现场一般灵活、准确地完成钻孔、铲装、运输等任务。在监测方面,远程遥控技术可实现对地下矿山各类参数的实时监控。通过在巷道、采场等关键位置布置传感器,对岩层压力、通风状况、瓦斯浓度等数据进行收集与传输。一旦数据出现异常,系统能及时发出警报,技术人员可远程调整相关设备运行参数,提前采取应对措施,有效预防安全事故的发生,大幅提高矿山开采的安全性与智能化水平,推动地下矿山向无人化、少人化作业方向迈进。

## 3 影响地下矿山采矿技术发展的因素

### 3.1 地质条件

地质条件是影响地下矿山采矿技术发展的关键因素之一。复杂的地质构造,如断层、褶皱等,会增加采矿作业的难度。断层可能导致矿体错动、破碎,使矿石开采过程中容易发生坍塌等安全事故,并且增加矿石贫化率。不同的岩石硬度和稳定性也决定了开采方式的选择。坚硬岩石需要更强力的凿岩设备和爆破技术,而松软、破碎的岩石则要求更有效的支护手段,以保障作业安全。此外,地下水位的高低以及涌水量大小,对排水系统的设计和运行提出挑战。高水位和大涌水量不仅需要强大的排水能力,还可能引发突水事故,严重威胁矿山安全。

### 3.2 矿产资源特性

矿产资源特性对采矿技术发展影响显著。矿石品位直接关系到开采的经济效益,低品位矿石要求更为高效的选矿技术和大规模开采方法,以降低单位矿石的开采成本。矿石的物理性质,如粒度、硬度、可磨性等,影响着破碎、磨矿等后续加工流程的设备选型与工艺参数。例如,硬度大的矿石需要更先进的破碎设备和耐磨材料。同时,矿体的形态和规模也至关重要。矿体形态复杂、规模较小,适合采用灵活性高的采矿方法,如浅孔留矿法;而大规模、规则的矿体,则更利于机械化程度高的采矿方法,如分段崩落法的应用。

### 3.3 开采技术和设备水平

开采技术和设备水平是推动地下矿山采矿技术发展的直接动力。先进的凿岩爆破技术能够提高矿石开采效率,精准控制爆破效果,减少对围岩的破坏。例如,高精度的凿岩台车可实现快速、准确钻孔,毫秒延期爆破技术能有效降低爆破震动危害。高效的运输提升设备,如大吨位的矿用卡车、先进的提升机,能大幅提高矿石运输能力,缩短开采周期。自动化、智能化设备的

应用,可减少人工干预,降低劳动强度,提高作业安全性。但目前部分矿山设备老化、技术落后,限制了采矿技术的整体提升,迫切需要更新升级。

### 3.4 人力资源和科研投入

人力资源和科研投入是地下矿山采矿技术持续发展的保障。专业的技术人才是掌握和运用先进采矿技术的关键。矿山行业缺乏高素质、创新型人才,会导致新技术推广应用困难。具备丰富实践经验和专业知识的技术人员,能够根据实际情况优化采矿工艺,解决现场技术难题。同时,科研投入为技术创新提供支撑。加大在采矿技术研发方面的资金投入,有利于开展前沿技术研究,如深部开采技术、数字化矿山技术等。产学研合作机制的完善,能促进科研成果更快地转化为实际生产力,推动地下矿山采矿技术不断进步<sup>[2]</sup>。

## 4 地下矿山采矿技术的发展趋势

### 4.1 地下矿山采矿技术的发展趋势

在科技飞速发展的当下,地下矿山采矿技术正朝着智能化与自动化深度变革。各类传感器将如同敏锐的触角,全方位感知设备运行与矿体状态,借助物联网搭建起数据传输的高速通道,源源不断地将信息汇聚到大数据平台。依托人工智能算法,设备能够依据实时数据,自行优化运行参数,精准执行凿岩、爆破、铲装等作业流程,开采效率与精准度得以显著提升。无人化采矿将不再是设想,远程操控室里的技术人员轻点鼠标,就能指挥井下设备有序作业,或是设备依据既定程序自主运行,极大降低人员在危险环境作业的风险,推动地下矿山从劳动密集型向技术密集型生产模式转变。

### 4.2 绿色环保与可持续发展

绿色环保与可持续发展已成为地下矿山采矿的核心追求。矿山将大力推行精细化开采,运用先进的采矿方法与工艺,最大程度提高矿石回采率,减少贫化损失,实现资源的高效利用。尾矿与废石不再被视为无用之物,而是通过磁选、浮选等技术,从中提取有价值的金属元素,剩余部分经加工制成建筑用砖、道路骨料等,实现废弃物的资源化。在开采全程,采用喷雾降尘、污水处理循环利用、废气净化等环保措施,降低粉尘、废水、废气对周边生态环境的破坏,致力于打造环境友好、资源循环利用的绿色矿山,达成经济效益与生态效益的双赢。

### 4.3 深部开采技术突破

随着浅部矿产资源渐趋枯竭,深部开采成为保障资源供应的关键路径,但也面临诸多挑战。研发适配深部恶劣环境的设备与工艺迫在眉睫。耐高温、高压且高强度的凿岩、支护设备,能够在高温高应力环境下稳定运行,高效完成钻孔与岩层加固任务。高效的深部通风与降温系统,可确保井下空气流通,降低作业温度,为人员与设备营造适宜环境。同时,通过对深部地压分布规律的深入研究,结合数值模拟技术,制定科学有效的地压控制方案,攻克岩爆防治难题,提升深部矿体开采的安全性及稳定性,为深部矿产资源大规模、可持续开发创造条件

### 4.4 多技术融合与协同发展

地下矿山采矿技术的进步离不开多技术融合与协同。采矿、地质、机械、自动化、信息技术等多学科相互渗透,形成全方位解决方案。地质勘查技术借助高精度探测设备,为采矿设计精准勾勒矿体形态、地质构造等信息,为科学规划开采方案提供依据。机械制造技术聚焦高效、智能设备研发,打造大功率、低能耗的采矿装备。自动化与信息技术实现设备的远程精准操控,以及对生产过程的智能化监控与管理。各技术紧密配合,从矿山规划、开采作业到后期运维,全方位提升地下矿山的开采效率、安全保障能力与经济效益,推动矿山行业向高质量、现代化方向发展<sup>[3]</sup>。

## 结束语

综上所述,地下矿山采矿技术正处于快速变革期。智能化、自动化技术为其注入新活力,极大提升开采效率与安全性;绿色环保理念贯穿始终,实现资源高效利用与生态保护双赢;深部开采技术突破有望开启新资源开发篇章;多技术融合协同发展则为矿山行业高质量发展提供全方位支撑。

## 参考文献

- [1]陈泉.建国以来我国金属矿采矿技术的进展与未来展望[J]科学技术创新,2023(17):182-183.
- [2]董占军,韩明龙.地下金属矿充填采矿技术分析[J]科学技术创新,2023(14):152-153.
- [3]尹伟天,郭威.地下金属采矿科学技术的发展趋势[J]世界有色金属,2022(02):125-126.