

# 金属矿山采矿工程常用的采矿技术探究

樊 飞

山东烟台鑫泰黄金矿业有限责任公司 山东 烟台 265100

**摘要:** 随着现代工业的迅猛发展,金属矿产资源的需求持续攀升,金属矿山采矿工程的重要性愈发凸显。本文围绕金属矿山采矿工程常用的采矿技术展开探究。先是概述了金属矿山采矿工程相关内容,接着详细介绍了常见的采矿技术,涵盖空场采矿法、崩落采矿法、充填采矿法几大类别及各自包含的具体方法。同时指出当前采矿技术面临深部开采、资源综合利用、环境保护等挑战,还展望了其智能化、绿色化及多学科融合创新等未来发展趋势,旨在全面呈现金属矿山采矿技术的应用现状及发展方向,为该领域的实践与研究提供参考。

**关键词:** 金属矿山;采矿工程;常用的采矿;技术探究

引言:金属矿山在我国资源开发领域占据重要地位,而采矿工程中采矿技术的选择与应用至关重要。其不仅关系到矿山开采的效率与效益,更影响着资源利用程度以及对周边环境的作用。当下,多种采矿技术在金属矿山开采中得以运用,然而也面临诸多新问题与发展需求。鉴于此,深入探究金属矿山采矿工程常用的采矿技术、明晰其面临的挑战及未来走向,有着重要的现实意义,本文就此展开探讨。

## 1 金属矿山采矿工程概述

金属矿山采矿工程是一项复杂且系统的资源开发活动,旨在从地壳中安全、高效地获取金属矿产资源。其涉及多方面关键要素与流程。首先是地质勘探,通过各种勘查手段详细了解矿体的赋存状态、矿石质量、地质构造等信息,为后续开采设计提供依据。开采准备工作包括开拓系统的构建,如竖井、斜井、平硐等开拓工程,以形成矿石与废石的运输通道以及人员、设备的通行路径。随后进入采矿作业阶段,依据矿体特征与开采要求选择合适的采矿方法,如空场采矿法、崩落采矿法、充填采矿法等。在整个过程中,还需配套完善的通风系统,保障井下空气质量与作业安全;同时,排水系统不可或缺,及时排除地下水以维持作业环境稳定<sup>[1]</sup>。

## 2 金属矿山采矿工程常用的采矿技术

### 2.1 空场采矿法

#### 2.1.1 全面采矿法

全面采矿法适用于水平和缓倾斜薄矿体。它以矿块为单元进行开采,沿走向推进,在回采过程中留下规则矿柱支撑顶板。该方法采矿工艺相对简单,能充分利用矿石资源,贫化率低。但顶板管理难度较大,对矿体的稳定性要求较高,一般适用于矿石和围岩稳固性较好、厚度不大且地质条件较简单的矿体开采,能有效降低开

采成本,提高开采效率。

#### 2.1.2 房柱采矿法

房柱采矿法常用于开采水平和缓倾斜矿体。在矿块内划分矿房与矿柱,先采矿房,留连续或间断矿柱维护顶板。其优点是采准切割工程量小,回采工艺简单,生产能力较高。然而,矿石损失率相对较高,且矿柱回收较为困难。适用于矿石稳固、围岩中等稳固以上,且矿体厚度不大的矿山,能在保障一定安全性的同时实现快速开采,获得较好的经济效益。

#### 2.1.3 留矿采矿法

留矿采矿法主要应用于急倾斜薄和极薄矿体。它自上而下分层回采,每次采下的矿石只放出约三分之一,其余暂留矿房作为工作平台和支撑,待矿房采完后再集中放出。此方法工艺简单,成本较低,可利用矿石自重放矿。但矿房积压大量矿石,资金周转慢,且通风条件较差。适用于矿石中等稳固以上、围岩稳固、无结块性和自燃性的急倾斜矿体,有助于在特定矿体条件下实现高效开采。

#### 2.1.4 分阶段矿房法与阶段矿房法

分阶段矿房法是将矿块在垂直方向上划分成若干分段,各分段依次回采;阶段矿房法则是整个矿块作为一个阶段进行回采。二者均通过在矿房回采时留设矿柱来支撑采场。它们适用于厚大矿体开采,可有效控制采场围岩变形,提高开采安全性。不过,采准切割工程量较大,回采工艺复杂。

## 2.2 崩落采矿法

### 2.2.1 单层崩落法

单层崩落法适用于缓倾斜薄矿体。回采时,将矿体全厚作为一个分层,按预定顺序依次回采,随回采工作面推进,用支柱支撑顶板,回采结束后拆除支柱使顶

板自然崩落。其优点是工艺较简单，能适应矿体形状变化。但木材消耗大，劳动强度高，顶板管理复杂。适用于顶板岩石不稳固、厚度不大且地表允许崩落的矿体，在一些小型金属矿山仍有应用。

### 2.2.2 分层崩落法

分层崩落法是自上而下分层回采并逐层崩落围岩充填采空区。在每个分层中，先回采矿石，然后崩落上一分层的顶板围岩充填本分层采空区，如此循环。该方法能较好地控制地压，矿石损失贫化较小。但工艺复杂，作业循环时间长，成本较高。适用于矿石价值高、围岩不稳固且矿体厚度较小的金属矿山，可有效保障开采安全与资源回收率。

### 2.2.3 分段崩落法与阶段崩落法

分段崩落法将矿块划分为若干分段，在分段内进行崩落采矿作业；阶段崩落法以整个阶段为单元进行崩落采矿。它们均利用崩落的围岩处理采空区，可实现大规模高效开采，生产能力大。不过，分段崩落法采准切割工程量较大，阶段崩落法对矿体条件和技术管理要求较高。适用于厚大矿体，尤其是围岩易崩落、矿石稳固性较好的情况，能大幅提升金属矿山的开采效率和产量。

## 2.3 充填采矿法

### 2.3.1 单层充填采矿法

单层充填采矿法适用于缓倾斜薄矿体。回采时将矿体全厚作为一个分层，随回采作业进行充填，多利用废石、尾砂等作为充填材料。其优势在于能较好地适应矿体形态变化，有效控制地压，降低矿石贫化率。然而，充填与回采相互干扰，导致生产效率相对较低。该方法常用于围岩稳定性较差、矿石价值较高且对地表变形有严格要求的矿山，在保障资源回收的同时，最大程度减少对环境的影响。

### 2.3.2 上向水平分层充填采矿法

上向水平分层充填采矿法常用于中厚以下矿体开采。采用自下而上的水平分层方式回采，每采完一层立即充填，形成人工假顶支撑上部分层作业。此方法矿石回收率高，能有效控制采场地压，作业安全性良好。不过，充填成本较高，回采工序较为繁琐，对充填材料的性能和充填工艺要求也较高。适用于矿石价值高、围岩不稳固的金属矿山，有助于在复杂地质条件下实现高效开采与资源充分利用。

### 2.3.3 上向倾斜分层充填采矿法

上向倾斜分层充填采矿法主要应用于倾斜中厚矿体。沿着矿体倾斜方向分层回采并充填，充填体可为下一分层提供工作平台，减少了充填准备工作量。其优

点是提高了采场生产能力，在一定程度上降低了充填成本。但对充填材料的流动性和凝固特性有特殊要求，需确保充填体质量以维持采场稳定。在矿体有一定倾角、矿石稳固性较好且对成本较为敏感的金属矿山中应用较为适宜，可在保障安全的前提下提升经济效益。

### 2.3.4 分采充填采矿法与方框支架充填采矿法

分采充填采矿法针对矿脉厚度较小且矿石与围岩界限清晰的矿体。分别开采矿脉和围岩，随后充填采空区，能有效降低矿石贫化率，但开采效率较低。方框支架充填采矿法适用于极不稳固围岩的薄矿体，利用方框支架支撑采空区并充填，可防止围岩垮落，但木材消耗量大、成本高昂。这两种方法在特定复杂矿体条件下发挥着重要作用，利于资源的精细回收与开采作业的安全进行<sup>[2]</sup>。

## 3 采矿技术面临的挑战与未来发展趋势

### 3.1 面临的挑战

#### 3.1.1 深部开采难题

随着金属矿山开采深度增加，面临诸多挑战。地压显著增大，原岩应力升高，导致巷道变形严重、片帮冒顶事故频发，支护难度与成本大幅上升。深部岩石的力学性质发生改变，表现出更强的脆性和流变特性，增加了采矿工程的不确定性，深部高温环境对人员健康和设备正常运行构成威胁，如人员易中暑、设备散热困难导致故障率提高。此外，深部开采的通风阻力增大，难以保证良好的通风效果，易引发有害气体积聚，危害作业人员生命安全并影响开采效率。

#### 3.1.2 资源综合利用问题

金属矿山在资源综合利用方面存在不足。一方面，共伴生矿产资源的回收利用率低。许多金属矿山中存在多种有价值的共伴生矿物，但由于选矿技术局限或成本考量，往往仅针对主金属进行开采和提取，大量共伴生资源被遗弃在尾矿中，造成资源浪费。另一方面，尾矿的综合利用程度不高。尾矿中除了含有少量未提取的金属矿物外，还包含大量可用于建筑、化工等行业的非金属矿物，但目前尾矿的资源化处理技术尚不成熟，多数尾矿只能以堆存方式处理，不仅占用大量土地，还可能引发环境污染和地质灾害隐患<sup>[3]</sup>。

#### 3.1.3 环境保护压力

金属矿山在资源综合利用方面存在不足。一方面，共伴生矿产资源的回收利用率低。许多金属矿山中存在多种有价值的共伴生矿物，但由于选矿技术局限或成本考量，往往仅针对主金属进行开采和提取，大量共伴生资源被遗弃在尾矿中，造成资源浪费。另一方面，尾矿

的综合利用程度不高。尾矿中除了含有少量未提取的金属矿物外,还包含大量可用于建筑、化工等行业的非金属矿物,但目前尾矿的资源化处理技术尚不成熟,多数尾矿只能以堆存方式处理,不仅占用大量土地,还可能引发环境污染和地质灾害隐患。

### 3.2 未来发展趋势

#### 3.2.1 智能化发展

在未来,金属矿山采矿技术的智能化发展将重塑整个行业格局。首先,智能感知技术将遍布矿山各个角落,从矿体的精准探测到设备的实时监测,无所不及。通过高精度传感器,能够获取海量的地质数据、设备运行参数以及人员位置信息等,构建起矿山的数字化模型。基于此,大数据分析与人工智能算法将大显身手,它们可以对这些数据进行深度处理和分析,从而实现诸如智能开采规划,根据矿体变化动态调整采矿方案;设备故障预测性维护,提前发现潜在故障隐患并安排维修,大幅减少设备停机时间。再者,自动化采矿设备将成为主流,如无人驾驶的矿车、钻机和装载机等,它们能够依据预设程序和实时指令,高效且精准地完成各项作业任务,显著提高生产效率和安全性,降低人力成本和事故风险,使金属矿山开采迈向一个全新的高度。

#### 3.2.2 绿色采矿技术的推广

绿色采矿技术的推广是金属矿山可持续发展的必然路径。一方面,充填采矿技术会持续革新,新型充填材料的研发将成为焦点,这些材料不仅要具备良好的充填性能,还需兼顾成本效益和环境友好性。例如,研发出高强度、低成本且可降解的充填材料,既能有效支撑采空区,防止地表塌陷,又能减少对环境的长期影响。同时,充填工艺也将更加智能化和自动化,提高充填效率和质量。另一方面,无废开采理念将深入贯彻,从源头上减少废弃物的产生,提高资源的综合利用率。例如,通过优化选矿工艺,使尾矿中的有用成分得到充分回收,剩余废渣则被转化为建筑材料、土壤改良剂等有价值的产品,实现矿山废弃物的近零排放,从而减轻对土地、水体和大气的污染,达成矿山开发与生态保护的和谐统一。

#### 3.2.3 多学科融合创新

多学科融合创新将为金属矿山采矿技术注入源源不断的活力。与地质学、岩土力学的融合,能够让我们对矿体和围岩的特性有更深入的了解,建立更精准的地质模型和地压控制模型。例如,借助先进的地质勘探技术和岩土力学分析方法,提前预测深部开采可能遇到的地质灾害,并制定相应的防范措施。材料科学与工程参与,则为采矿设备提供更优质、耐用的材料,提高设备的抗磨损、抗腐蚀能力,延长设备使用寿命,降低维护成本。信息技术的深度嵌入,如物联网、区块链等技术,实现矿山生产过程的透明化、可追溯化管理,优化供应链和物流配送。此外,与环境科学、生态学的协同合作,促使绿色矿山建设更具科学性和系统性,在采矿过程中同步开展生态修复和生物多样性保护工作,实现经济、社会和环境效益的多赢局面<sup>[4]</sup>。

### 结束语

在金属矿山采矿工程领域,对常用采矿技术的深入探究为行业发展奠定了坚实基础。空场采矿法、崩落采矿法和充填采矿法等技术在各适用场景中展现出独特优势,有力地推动了金属资源的开采进程。但我们也清晰地认识到,行业发展的道路上依然布满荆棘。深部开采的困境、资源综合利用的难题以及环境保护的重压,都迫切需要我们谋求创新与突破。展望未来,智能化发展将借助先进的信息技术实现开采精准化与高效化;绿色采矿技术的推广会让矿山与自然和谐共生;多学科融合创新更会为采矿技术注入全新活力。唯有持续探索与进取,才能在保障金属矿产稳定供应的同时,铸就资源开发与环境保护协同发展的辉煌篇章。

### 参考文献

- [1]陈焯州.金属矿山采矿中大体积采矿结构的采矿技术研究[J].采矿技术技术发展,2021,1(2):9-10.
- [2]韩青松.矿山采矿技术中的安全管理问题研究[J].中国金属通报,2020(6):141-143
- [3]许超.研究金属矿山采矿中大体积采矿结构的采矿技术要点[J].建材与装饰,2020,No.606(09):20-21.
- [4]王征宇.采矿结构采矿技术管理在金属矿山采矿中的应用研究[J].科学与财富,2020,000(004):143-144