

# 采矿作业中采矿技术的应用

李雪松

内蒙古自治区矿山安全技术服务中心 内蒙古 呼和浩特 010010

**摘要：**本文聚焦采矿作业场景，结合智能开采、绿色开采等技术发展趋势，阐述智能监控、无人作业、生态修复等核心技术在资源开采、安全保障、环境治理中的应用路径。通过分析技术应用现状与痛点，结合工程案例数据，明确采矿技术对提升资源回收率、降低安全风险、实现低碳开采的关键作用，为采矿行业技术升级与高质量发展提供参考。

**关键词：**采矿作业；采矿技术；应用

引言：采矿作业作为资源供给的核心环节，其技术水平直接决定开采效率、安全管控与生态效益。随着矿产资源开发向深部、智能化方向转型，传统开采技术面临资源损耗高、安全隐患多、环境影响大等挑战。本文以采矿作业全流程为切入点，结合当前智能装备、数字孪生、绿色环保等技术发展成果，阐述采矿技术创新的必要性，梳理技术应用的核心方向与研究价值，为后续技术优化与工程实践奠定理论基础。

## 1 采矿作业相关基础理论与采矿技术分类

### 1.1 采矿作业核心基础理论

(1) 采矿作业的基本概念与流程：采矿是从地壳中开采有用矿物的生产活动，核心流程包括穿孔、爆破、铲装、运输、采空区处理五大环节。穿孔为爆破作业奠定基础，爆破破碎矿体，铲装将破碎矿岩装入运输设备，运输送至指定地点，采空区处理则规避坍塌风险，保障作业安全。(2) 采矿作业的核心要求：以安全为首要前提，杜绝安全事故；追求高效生产，提升开采效率；践行节能理念，降低能耗；落实环保要求，减少生态破坏，最终实现资源回收率最大化，提升开采经济效益与社会效益。(3) 影响采矿技术选择的核心因素：地质条件决定开采难度，矿体特征影响开采方式，经济成本控制开采投入，环境要求规范开采行为，四者协同决定采矿技术的合理选择。

### 1.2 主流采矿技术分类及核心特征

(1) 露天采矿技术：核心特征是作业空间开阔、机械化程度高，适用范围为矿体埋藏浅、地表条件适宜的矿床，占全球金属矿开采总量的60%以上，优势在于开采效率高、成本低、安全性强。(2) 地下采矿技术：核心特征是作业在地下进行，对地表破坏小，适用范围为矿体埋藏深、地表条件复杂的矿床，按采空区处理方式可分为充填采矿、崩落采矿、空场采矿，三者在本成本、安全性、

适用条件上存在明显差异。(3) 专项采矿技术：包括溶浸采矿、海底采矿等，溶浸采矿适用于低品位、难选冶矿床，通过化学方法提取矿物；海底采矿适用于海底矿产资源，技术难度高、对设备要求严格<sup>[1]</sup>。

### 1.3 采矿技术应用的核心原则

(1) 适配性原则：技术选择需与矿床地质条件、开采规模精准匹配，避免技术与实际需求脱节，提升开采合理性。(2) 安全性原则：优先保障作业人员及设备安全，建立完善的安全防控体系，规避地压、突水等潜在风险。(3) 可持续原则：兼顾资源高效利用与生态环境保护，推广绿色开采技术，减少粉尘、废水排放，实现采矿行业可持续发展。

## 2 不同采矿场景下采矿技术的具体应用

### 2.1 露天采矿场景下的技术应用

(1) 台阶式开采技术：核心工艺为划分台阶分层开采，参数控制重点聚焦台阶高度、坡面角及台阶宽度，根据矿体厚度、岩体稳定性合理设定参数，确保开采作业有序推进。该技术适用于浅部大宗金属矿开采，典型案例为巴西卡拉加斯铁矿，其采用该技术划分合理台阶，实现规模化高效开采，大幅提升矿石产出量，有效降低开采成本，成为全球露天采矿的标杆案例。(2) 露天爆破技术：核心在于爆破参数设计与全程安全控制，重点优化爆破孔距、排距、装药量及起爆顺序，同时强化爆破前检查、爆破中监测、爆破后清理的全流程管控。基于共享控制理论优化爆破方案，可精准匹配矿体特性，有效降低爆破物料损耗与作业成本，减少资源浪费，同时提升爆破作业的稳定性与经济性，保障后续铲装、运输环节高效衔接。(3) 露天运输与排土技术：依托大型挖掘机、自卸卡车、推土机等重型设备协同作业，形成“穿孔-爆破-铲装-运输-排土”高效作业流水线。重点推行“剥离-采矿-排土”一体化工艺，将矿体剥离物直接

转运至排土场,大幅缩短作业流程,减少物料转运过程中的损耗,显著提升露天采矿的整体作业效率,降低运输成本<sup>[2]</sup>。(4)露天转地下联合开采技术:适用场景为露天开采后期,矿体埋深不断增加,露天开采成本攀升、效率下降的情况。过渡工艺重点做好露天坑与地下巷道的衔接设计,优化巷道布置与通风系统,保障开采衔接顺畅、安全。抚顺煤矿应用该技术,有效实现露天残留资源与地下深部资源的高效回收,延长矿山服务年限,显著提升矿山整体经济效益与资源利用率。

## 2.2 地下采矿场景下的技术应用

(1)空场采矿技术:以房柱法、阶段矿房法为核心,工艺要点是根据矿体特征预留合理规格的矿柱,利用矿柱支撑采空区,防止采空区坍塌,保障井下作业安全。其适用条件为矿体稳固性好、厚度适中、埋藏较深的矿床,典型案例为澳大利亚卡尔古利金矿,该矿采用阶段矿房法,合理设计矿柱参数,既保证了开采效率,又有效保障了井下作业安全,实现效益与安全双赢。(2)崩落采矿技术:无底柱与有底柱分段崩落法应用差异显著,无底柱分段崩落法无需预留底柱,开采灵活性强,适配厚大矿体开采;有底柱分段崩落法需预留底柱支撑采场,适用于矿体厚度适中、岩体稳定性一般的矿床。地压控制要点为实时监测岩体变形、应力变化,及时采取锚杆加固、喷浆支护等防控措施。瑞典基律纳铁矿应用该技术,结合矿床规模与地质条件优化崩落参数,实现大规模地下高效开采,提升资源回收效率<sup>[3]</sup>。(3)充填采矿技术:分为胶结、非胶结、膏体充填三种类型,工艺特点各有侧重:胶结充填采用胶结材料加固充填体,强度高,可有效控制采空区变形;非胶结充填无需胶结材料,成本低,适用于低价值矿体开采;膏体充填环保性最优,可减少废水排放,实现废弃物资源化利用。该技术环保优势突出,可有效减少采空区坍塌与地表沉降,在金矿、铜矿等高价矿体中广泛应用,兼顾资源高效回收与生态环境保护。

## 2.3 特殊采矿场景下的技术应用

(1)深地采矿技术:针对深地采矿面临的高地应力、高温、高水压等极端环境,采取针对性技术措施,如采用锚杆锚索联合加固岩体、安装降温通风设备控制井下温度、优化巷道布置分散地应力。同时搭配智能化采矿装备,实现井下作业远程操控,减少人员井下作业频次,大幅降低安全风险,显著提升深地采矿的安全性与高效性。(2)溶浸采矿技术:适用于低品位、难选冶的铜、铀等矿床,工艺流程主要包括钻孔布液、矿物浸出、溶液回收,通过向矿体钻孔注入溶浸剂,溶解矿物后回收浸

出液,再提取有用矿物。德兴铜矿应用该技术,对低品位铜矿进行规模化溶浸开采,大幅提升低品位铜矿的回收利用率,有效降低开采与选冶成本,实现低价值资源的高效利用。(3)海底采矿技术:当前处于试验推广阶段,尚未实现大规模商业化开采,核心技术难点集中在深海设备抗压性能、海底复杂环境适配性及海底资源开采后的生态修复。海底多金属结核、多金属硫化物等资源储量丰富,开发潜力巨大,随着深海装备技术与生态保护技术的不断成熟,未来将成为采矿行业的重要发展方向,填补海底资源开采空白,拓展采矿行业发展空间。

## 3 采矿技术应用中的现存问题及成因分析

### 3.1 采矿技术应用中的核心问题

(1)技术适配性不足:部分矿山盲目选用先进采矿技术,忽视自身矿床地质条件、经济实力、开采规模及资源禀赋等实际情况,未合理选型,导致技术与需求脱节、难以落地,既无法发挥技术优势,还增加开采成本、埋下安全隐患。(2)安全管理与技术应用脱节:爆破、地下掘进等关键环节,技术应用缺乏规范管控,部分作业人员未严格遵循技术标准操作,导致技术应用不规范,安全隐患突出,易引发爆破事故、巷道坍塌等问题,威胁作业人员生命及采矿设备安全。(3)资源利用率偏低:采矿技术应用不精准、开采工艺不完善,导致矿石损失、贫化率过高,资源浪费严重,部分矿山回收率未达行业标准,尤其地下采矿中,采空区残留矿石无法有效回收,浪费问题更为突出。(4)环保配套技术滞后:采矿产生的粉尘、废水、废石等污染物,因配套处理技术滞后,处理未达环保标准,粉尘污染空气,废水乱排污染土壤与水资源,废石堆积破坏地表生态,生态破坏明显<sup>[4]</sup>。

### 3.2 问题产生的核心成因

(1)技术选型缺乏科学论证:矿山在选择采矿技术时,未充分结合矿体特征、地质条件、经济成本、环境要求进行多维度全面评估,仅凭经验或盲目跟风选型,缺乏系统性与科学性,最终导致技术与实际需求脱节。(2)技术研发与实践结合不紧密:部分科研机构研发的先进采矿技术,侧重理论研究,未充分结合矿山实际开采场景进行针对性优化,导致技术落地难度大、应用成本高,难以适应不同矿山的差异化需求,无法推广应用。(3)从业人员专业素养不足:随着采矿行业向智能化、绿色化转型,对从业人员的技術能力提出了更高要求,但现有从业人员大多缺乏智能化、绿色化采矿技术的操作与管理能力,操作不规范、管理不到位,制约技术应用效果。(4)政策与监管力度不足:虽然国家已出台绿色开采、安全开采的相关政策与监管标准,但部分地区监管

落实不到位，对矿山技术应用、环保处理、安全管理的督查力度不足，违规行为未得到有效遏制。

### 3.3 典型矿山案例问题剖析

(1) 案例选取：选取不同类型矿山作为研究对象，涵盖露天、地下、深地三种主流采矿场景，确保案例的代表性与全面性，为剖析问题、总结成因提供可靠依据。(2) 问题呈现：露天矿山（某中小型铁矿）盲目引入大型智能化开采设备，与自身地质条件、经济实力不匹配，设备利用率极低，且爆破技术应用不规范，加剧矿石贫化；地下矿山（某金矿）采矿工艺应用不合理，矿石损失严重，资源回收率偏低，安全隐患突出；深地矿山（某铜矿）极端环境防控技术不足，作业效率低下，且污染物处理不达标，生态破坏明显。(3) 成因总结：共性成因主要包括技术选型缺乏科学论证、从业人员专业素养不足、政策监管落实不到位；个性成因方面，露天矿山侧重盲目追求技术先进、忽视适配性，地下矿山侧重工艺应用不合理，深地矿山侧重极端环境防控技术滞后，为后续问题解决提供针对性参考。

## 4 采矿技术应用的优化策略与发展趋势

### 4.1 采矿技术应用的优化策略

(1) 科学选型采矿技术：建立多维度评估体系，全面涵盖地质条件、经济成本、环保要求等核心因素，结合矿山自身实际禀赋，科学优化技术选型，摒弃盲目跟风选用先进技术的行为，确保所选技术适配性强、落地性好，契合矿山生产需求。(2) 强化技术创新与落地：聚焦采矿行业痛点难点，推动智能化、绿色化技术与采矿实践深度融合，对先进技术进行针对性优化，简化应用流程、降低落地难度与应用成本，让先进技术真正服务于矿山生产，提升开采效能<sup>[5]</sup>。(3) 提升从业人员专业素养：建立专项技术培训机制，重点围绕智能化采矿装备操作、绿色开采技术应用等内容开展培训，着力培养具备智能化采矿操作与管理能力的专业人才，优化从业人员结构，保障技术规范应用。(4) 完善监管与配套体系：健全采矿行业安全、环保监管标准，强化常态化督查力度，

规范矿山开采行为；同步推动矿山环保、安全等配套设施升级，为采矿技术优化应用提供坚实保障。

### 4.2 采矿技术的未来发展趋势

(1) 智能化深度渗透：无人化开采装备将广泛应用于采矿各环节，数字孪生技术实现采矿全流程精准模拟，5G+物联网技术实现矿山设备、人员、环境的实时监测与智能调控，全面提升采矿智能化水平。(2) 绿色化转型加速：尾矿回收、生态修复、低碳开采技术成为行业发展核心方向，通过技术升级实现废弃物资源化利用，降低采矿对生态环境的破坏，推动采矿行业绿色可持续发展。(3) 高效化与多元化发展：深部采矿技术持续突破，攻克极端环境开采难题，提升深地资源开发能力；采矿技术跨界融合，积极适配新能源矿产开发需求，拓展采矿领域，实现高效化、多元化发展。

### 结束语

综上，采矿技术的创新应用是推动采矿行业突破发展瓶颈的核心动力。未来需持续深化智能开采技术研发，强化技术与工程场景的深度融合，同时兼顾资源回收、安全管控与生态保护三大目标。通过完善技术标准体系、推进装备升级与人才培养，实现采矿作业从传统粗放式向智能绿色高效化转型，助力矿产资源行业可持续发展，为经济社会建设提供坚实资源支撑。

### 参考文献

- [1]郑强英.关于现代化采矿工艺技术在采矿工程中的应用初探[J].当代化工研究,2021,(9):156-157.
- [2]隋欣.试析现代化采矿工艺技术在采矿工程中的运用[J].中国金属通报,2021,6(1):19-20.
- [3]卢军.现代化采矿工艺技术在采矿工程中的应用探讨[J].测绘与勘探,2022,4(2):34-36.
- [4]周明良.采矿工程中采矿技术和施工安全探讨[J].卷宗,2021,11(18):366-369.
- [5]张国昌.采矿工程中采矿技术与安全管理问题的思考[J].中国金属通报,2022,11(4):51-53.