

现代化采矿工艺技术在采矿工程中的应用分析

晁海杰

内蒙古维华矿业有限责任公司鹰骏一号煤矿 内蒙古鄂尔多斯 016200

摘要：随着采矿工程向深部化、绿色化发展，现代化采矿工艺技术成为行业转型核心支撑。本文围绕现代化采矿工艺技术应用展开分析，先阐述其在提高采矿效率、降低成本、保障安全及保护环境方面的重要意义，再剖析当前应用中面临的作业环境恶劣、工艺复杂、成本高、安全风险大等矛盾，进而详细探讨充填开采、溶浸采矿、绿色生态采矿等技术的具体应用场景，最后提出技术创新、人才培养、环保强化、安全管理及数字化矿山建设等优化对策，为采矿工程高效、安全、可持续发展提供理论与实践参考，助力解决行业现存痛点，推动采矿行业现代化升级。

关键词：现代化采矿；工艺技术；采矿工程；应用分析

引言

矿产资源作为工业生产与社会发展的重要物质基础，其开采需求随经济增长持续提升，传统采矿工艺已难以满足当前高效、安全、环保的发展要求。在“双碳”目标与安全生产政策双重驱动下，采矿工程亟需依托现代化工艺技术实现转型升级。本文立足采矿行业发展现状，聚焦现代化采矿工艺技术在工程中的应用，通过分析其应用价值、现存矛盾及具体实践路径，挖掘技术应用瓶颈并提出优化方案，旨在为采矿企业引入先进技术、提升生产效能、降低安全与环境风险提供指导，推动采矿工程向智能化、绿色化、可持续化方向迈进，保障矿产资源开发与生态保护、安全生产的协同发展。

一、应用现代化采矿工艺技术的重要意义

（一）提高采矿效率

现代化采矿工艺技术借助先进的机械设备与智能化系统，极大提升了采矿效率。例如，大型高效的掘进机、采煤机等设备，具备更强的破岩和采掘能力，能快速完成采矿作业任务，缩短开采周期。智能化的监控与调度系统，可实时掌握采矿现场情况，精准调配人力与设备资源，避免资源闲置与浪费，使各环节紧密衔接、高效运转。而且，一些自动化采矿技术减少了人工操作的繁琐流程，实现了连续、稳定作业，进一步提高了整体采矿效率，满足市场对矿产资源日益增长的需求^[1]。

（二）降低采矿成本

应用现代化采矿工艺技术是降低采矿成本的有效途径。先进的采矿设备往往具有更高的能效比，能在消耗

更少能源的情况下完成相同工作量，降低了能源成本。同时，自动化和智能化技术减少了人工需求，降低了人力成本支出。精准的勘探与开采技术可提高矿产资源的回收率，减少资源浪费，避免二次开采带来的额外成本。此外，现代化的设备维护管理系统能够实时监测设备状态，提前预警故障，及时进行维护保养，延长设备使用寿命，降低设备更换和维修成本，从而全面提升采矿工程的经济效益。

（三）保障采矿安全

采矿作业环境复杂，存在诸多安全隐患。现代化采矿工艺技术为保障采矿安全提供了有力支撑。智能化的安全监测系统可实时监测矿井内的瓦斯浓度、顶板压力、通风状况等关键安全指标，一旦发现异常立即发出警报，为作业人员争取宝贵的撤离时间。先进的支护技术和设备能有效加固巷道和采场，防止冒顶、片帮等事故发生。远程操控和自动化采矿技术使作业人员能够在安全区域操作设备，减少在危险区域的作业时间，降低遭遇事故的风险，切实保障了采矿人员的生命安全。

（四）保护环境

传统采矿工艺对环境造成了严重破坏，而现代化采矿工艺技术注重环境保护。绿色生态采矿技术通过合理规划开采方案，减少对地表植被和生态系统的破坏。充填开采技术利用充填材料对采空区进行填充，有效控制地表塌陷，降低对周边环境的损害。同时，现代化的采矿工艺加强了对废水、废气和废渣的处理与综合利用，减少了污染物排放。例如，采用先进的污水处理技术，使废水达标排放或循环利用；对废渣进行分类回收和再

加工，实现资源的二次利用，从源头上减轻了采矿活动对环境的压力，促进采矿行业的可持续发展。

二、现有采矿工程应用现代化采矿工艺技术存在的矛盾

（一）采矿作业环境恶劣

采矿工程多在地下或偏远山区开展，地下矿井内空间狭窄、通风不畅，导致有害气体易积聚，如瓦斯、一氧化碳等，威胁作业人员生命安全。同时，矿井内湿度大、温度高，长期作业易引发作业人员身体不适和职业病。露天矿场则面临恶劣的自然气候条件，如暴雨、大风、严寒酷暑等，不仅影响作业进度，还增加了作业难度和危险性。

（二）采矿工艺技术复杂

现代化采矿工艺技术融合了多学科知识，涵盖机械、电子、自动化、地质等多个领域，技术体系庞大且复杂。例如，智能化采矿系统需要精准的传感器、高效的通信网络和先进的算法支持，任何一个环节出现问题都可能影响整个系统的正常运行。不同矿床的地质条件差异巨大，需要针对性地选择和调整采矿工艺，这对技术人员的专业知识和实践经验要求极高。

（三）采矿成本较高

引入现代化采矿工艺技术需要大量的资金投入。一方面，先进的采矿设备价格昂贵，如大型智能化采煤机、掘进机等，其购置成本高昂。另一方面，技术的研发、引进和人才培养也需要巨额资金支持。此外，现代化采矿工艺对设备维护和管理的要求更为严格，需要专业的技术人员和完善的维护体系，这无疑增加了运营成本。

（四）采矿作业安全风险高

尽管现代化采矿工艺技术在一定程度上提升了安全性，但采矿作业本身的高风险性并未完全消除。地下矿井可能遭遇突水、火灾、瓦斯爆炸等重大灾害，这些灾害具有突发性和毁灭性，一旦发生，将造成严重的人员伤亡和财产损失。露天矿场则存在边坡失稳、爆破事故等安全隐患，尤其是在地质条件复杂或恶劣天气条件下，安全风险更为突出^[2]。

三、现代化采矿工艺技术在采矿工程中的具体应用

（一）充填开采技术

充填开采技术通过向采空区注入充填材料（如全尾砂膏体、胶结物等）形成人工支撑体，有效控制地层移动与地表沉降。该技术核心在于利用充填体替代原有矿柱支撑顶板，降低岩层应力集中导致的塌陷风险，尤其

适用于岩层稳定性差、地表保护要求高的矿区。其优势体现在三方面：一是提高资源回收率，通过充填减少矿石损失，回采率较传统方法提升15%–20%；二是增强作业安全性，充填体可隔离瓦斯、水等灾害源，降低事故发生率；三是减少环境破坏，避免采空区塌陷引发的土地荒漠化与水土流失。技术实施需结合矿体赋存条件选择充填方式，如上向分层充填适用于缓倾斜矿体，下向分层充填则用于深部开采，同时需优化充填材料配比与输送系统，确保充填体强度与施工效率。

（二）深孔预裂爆破强化抽采技术

深孔预裂爆破通过在煤层或岩体中钻设深孔并装药爆破，形成裂隙网络以增强渗透性，是解决低透气性煤层瓦斯抽采难题的关键技术。其原理是利用爆破能量扩大原生裂隙并产生新裂缝，增加瓦斯流动通道，使抽采浓度提升30%–50%。技术要点包括：一是精准控制爆破参数，如孔深、孔距、装药量，避免过度破碎导致顶板失稳；二是结合地质条件优化布孔方案，在松软煤层中采用小直径钎头钻孔，孔深控制在1.5米内，孔距0.5米左右；三是强化安全防护，采用间隔装药与阻爆器降低飞石风险。该技术可与水力压裂、化学溶浸等工艺协同，形成复合增透体系，显著提高瓦斯抽采效率，同时减少煤与瓦斯突出事故，保障深部开采安全。

（三）绿色生态采矿技术

绿色生态采矿技术以“减量化、再利用、资源化”为原则，通过技术创新实现资源开发与环境保护的协同。其核心包括：一是废弃物综合利用，将尾砂、废石等固体废弃物加工为充填材料或建筑材料，减少土地占用与污染；二是保水开采，通过地面注浆、离层注浆等技术保护含水层，避免地下水漏失导致的生态退化；三是清洁生产，采用湿式作业、喷雾降尘等措施控制粉尘排放，利用选择性采矿技术减少矸石产出。此外，该技术强调全生命周期管理，从矿区规划到闭坑复垦均需遵循生态修复标准，如采用植被混凝土基材喷播技术恢复地表植被，重建生态系统功能。通过绿色技术集成应用，可降低采矿活动对土地、水、大气的综合影响，推动矿业可持续发展。

（四）智能化采矿技术

智能化采矿技术依托物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术，实现采矿全流程的自主感知、智能决策与高效执行。其核心应用包括：一是自动化装备，如无人驾驶矿车、智能凿岩台车等，通过激光雷达、卫星定位等技术实现精准作业，减少人工干预与安全风险；

二是智能管理系统，基于矿山大数据平台整合地质、生产、设备等数据，构建数字孪生模型，优化开采方案与调度计划；三是预测性维护，利用传感器实时监测设备状态，通过机器学习算法预测故障，提前安排检修，降低停机率。此外，5G通信技术为远程操控与高清视频监控提供低时延、高带宽支持，推动“少人化”甚至“无人化”矿井建设。智能化技术不仅提升生产效率与资源利用率，还通过精准控制减少能源消耗与废弃物排放，助力矿业绿色转型。

四、采矿工程中现代化采矿工艺技术应用优化对策

（一）加强技术创新和技术引进

采矿企业应积极与科研机构、高校建立产学研合作机制，聚焦智能化采矿设备、高效开采工艺等关键技术开展联合攻关，突破技术瓶颈。同时，密切关注国际采矿技术前沿动态，通过技术合作、设备采购等方式引进国外先进的采矿工艺与装备，如自动化掘进系统、智能监测装置等。在引进过程中，注重技术的消化吸收与再创新，结合国内矿山的实际地质条件和开采需求，对引进技术进行适应性改进，形成具有自主知识产权的核心技术体系。

（二）优化人才培养和技能提升

采矿企业需构建多层次、全方位的人才培养体系。一方面，与专业院校开展订单式人才培养合作，根据企业实际需求设置采矿工程、安全工程等相关专业课程，定向培养既懂理论知识又具备实践操作能力的专业人才。另一方面，加强企业内部在职员工的技能培训，定期组织技术讲座、实操演练等活动，邀请行业专家进行现场指导，使员工及时掌握现代化采矿工艺技术的新知识、新技能。

（三）增强环境保护和可持续发展

采矿企业要树立绿色发展理念，将环境保护贯穿于采矿工程的全生命周期。在开采前，进行详细的环境影响评估，制定科学合理的开采方案，最大限度减少对生态环境的破坏。在开采过程中，采用绿色生态采矿技术，如废水循环利用、废渣综合回收等，降低污染物排放。加强对矿区生态环境的监测，及时发现和处理环境问题。开采结束后，积极开展土地复垦和生态修复工作，恢复矿区植被和生态系统。

（四）加强安全管理

采矿企业应建立健全安全管理体系，制定完善的安

全生产规章制度和操作规程，明确各级管理人员和员工的安全职责。加强安全教育培训，提高员工的安全意识和自我保护能力，确保员工熟悉现代化采矿工艺技术的安全生产要点。加大对安全设施的投入，为作业人员配备齐全的个人安全防护用品，在矿井、采场等关键区域安装先进的安全监测设备，实时监控瓦斯、顶板压力等安全指标，及时发现安全隐患并采取措施予以消除。同时，加强安全监督检查，定期开展安全大检查和专项整治活动，对违规行为进行严肃处理，营造良好的安全生产氛围，保障采矿作业的安全进行。

（五）推广数字化矿山建设

数字化矿山建设是现代化采矿工艺技术发展的重要方向。采矿企业应加大对数字化技术的投入，构建涵盖地质勘探、开采设计、生产调度、安全监测等全流程的数字化管理平台。利用物联网、大数据、人工智能等技术，实现对矿山设备的远程监控和自动化控制，提高生产效率和设备运行的稳定性。通过三维建模和虚拟现实技术，对矿山进行可视化模拟，为开采方案的优化提供科学依据。同时，利用数字化平台实现数据的实时共享和分析，为企业决策提供精准支持^[3]。

结束语

现代化采矿工艺技术在采矿工程中的应用，是行业发展的必然趋势与关键驱动力。它凭借高效、安全、环保等显著优势，有力推动了采矿工程向智能化、绿色化转型。从提高资源回收率到降低开采成本，从保障人员安全到减少环境破坏，其价值全方位彰显。然而，应用过程中仍面临技术适配、成本投入等挑战。未来，需持续加大技术创新投入，加强人才培养，完善政策支持体系，以进一步突破瓶颈，让现代化采矿工艺技术更好地服务于采矿工程，实现行业的高质量、可持续发展，为社会经济发展提供坚实的资源保障。

参考文献

- [1] 石义龙, 程游, 王帅. 现代化采矿工艺技术在采矿工程中的应用探究[J]. 写真地理, 2021(1): 339.
- [2] 姚占辉. 现代化采矿工艺技术在采矿工程中的应用探讨[J]. 新疆有色金属, 2020, 43(4): 69-70.
- [3] 阿山江·阿不拉哈提. 现代化采矿工艺技术在采矿工程中的应用探析[J]. 消费导刊, 2020(28): 123.