

露天采矿工程中绿色采矿技术的应用

黄屹伟

中煤科工集团武汉设计研究院有限公司 湖北 武汉 430000

摘要：文章围绕露天采矿工程，深入探究绿色采矿技术的应用。阐述其对生态保护、资源利用及行业可持续发展的重要意义，系统梳理土地复垦、清洁能源应用等技术类型，并结合露天煤矿等实际案例，分析其在开采各环节的实践应用。同时，展望该技术智能化、低碳化、协同化的发展趋势，从创新、研发、人才等方面提出建议，为露天采矿行业绿色转型提供理论与实践指导。

关键词：露天采矿；绿色采矿技术；生态保护；资源利用；可持续发展

引言：露天采矿是保障工业生产与社会发展矿产需求的关键力量，但传统模式弊端重重。大面积土地开挖致使植被损毁、水土流失，“三废”排放加剧环境污染，资源浪费现象也屡见不鲜。在生态保护意识觉醒与可持续发展理念盛行的当下，露天采矿行业转型迫在眉睫。绿色采矿技术秉持减损增效、协调发展理念，为行业指明方向。深入研究并推广其在露天采矿工程中的应用，对守护生态环境、提升资源利用率、推动行业绿色转型，有着不可忽视的战略意义。

1 露天采矿工程中绿色采矿技术重要性

1.1 保护生态环境

传统露天采矿对生态环境破坏巨大。大面积地表剥离使植被荡然无存，动植物栖息地支离破碎，生物多样性急剧减少。如山区露天煤矿开采，森林被肆意砍伐，众多珍稀物种失去安身之所，区域生态平衡岌岌可危。同时水土流失问题严峻，大量土壤被雨水裹挟而去，土地肥力锐减，甚至出现土地沙化。而绿色采矿技术堪称生态救星，其借助先进开采工艺与生态修复手段，在开采时尽量少扰动或不扰动地表，减少植被破坏；采后迅速开展土地复垦与植被恢复，逐步修复生态，降低负面影响，守护生态平衡。

1.2 提高资源利用效率

传统露天采矿受技术与理念限制，常导致资源开采粗放、浪费显著。开采过程中，因缺乏精准规划与高效设备，大量表土剥离后未能合理利用，且开采边界把控不严，造成矿体周边资源残留。在露天绿色采矿中，采用高精度三维建模与智能规划系统，可精准设计开采方案，减少无效剥离，最大化利用矿体资源。例如，利用无人驾驶矿用卡车和智能调度系统，能优化运输路径，提高开采效率，降低能耗^[1]。同时针对开采过程中产生的废石、尾矿，通过创新工艺实现二次利用，将废石加工成

建筑骨料，对尾矿进行有价元素提取，实现资源的循环利用，既提高资源整体利用效率，又减少废弃物堆积对环境的影响，推动露天采矿向绿色、可持续方向发展。

1.3 促进可持续发展

露天采矿行业的可持续发展不仅关乎行业自身的生存和发展，也对国家的资源安全和社会可持续发展具有重要意义。绿色采矿技术的应用能够实现采矿活动与生态环境保护、资源合理利用的协调发展，是露天采矿行业实现可持续发展的关键。通过采用绿色采矿技术，矿山企业可以降低环境治理成本，减少因环境问题引发的法律风险和社会矛盾；同时提高资源利用效率可以增加企业的经济效益，提升企业的竞争力。另外绿色采矿技术的推广还能够引导整个行业向绿色、低碳、循环方向发展，推动产业升级，促进经济社会的可持续发展。

1.4 减少环境污染

露天采矿过程中产生的废气、废水和废渣等废弃物是造成环境污染的重要来源。废气主要包括采矿过程中产生的粉尘、爆破产生的有害气体等，这些废气排放到大气中，会造成空气质量下降，影响周边居民的身体健康；废水含有大量的重金属和有害物质，未经处理直接排放会污染地表水和地下水，破坏水体生态系统；废渣随意堆放不仅占用大量土地资源，还可能通过雨水冲刷等方式污染土壤和水体。绿色采矿技术通过采取有效的污染防治措施，如安装高效除尘设备减少粉尘排放、建设废水处理设施实现废水达标排放、对废渣进行综合利用或安全处置等，能够显著减少采矿活动对环境的污染，改善周边环境质量，保障人民群众的身体健康和生态环境安全。

2 露天采矿工程中绿色采矿技术的主要类型

2.1 土地复垦与生态修复技术

土地复垦与生态修复技术是绿色采矿技术的重要组

成部分,旨在对因采矿活动破坏的土地进行恢复和重建。该技术包括土地平整、土壤改良、植被恢复等环节。(1)在土地平整方面,通过对开采后的土地进行回填、压实、修整等操作,使其达到适合后续利用的地形条件。(2)土壤改良则是针对采矿活动导致的土壤肥力下降、结构破坏等问题,采用添加有机肥料、土壤改良剂等方法,改善土壤的物理化学性质,提高土壤肥力。(3)植被恢复是土地复垦的关键环节,根据当地的气候、土壤条件,选择适宜的植物种类进行种植,如在干旱地区选择耐旱的草本植物和灌木,在湿润地区选择乔木、灌木和草本植物相结合的种植模式,逐步恢复植被覆盖,重建生态系统。

2.2 清洁能源应用技术

清洁能源应用在露天采矿工程中的推广,有助于减少对传统化石能源的依赖,降低碳排放和环境污染。太阳能、风能等清洁能源在露天采矿中的应用日益广泛。例如,在矿山建设太阳能光伏发电系统,利用太阳能可为矿山的照明、设备运行等提供电力;安装风力发电机组,将风能转化为电能,满足矿山部分用电需求^[2]。此外电动采矿设备的应用也逐渐增多,相比传统的燃油设备,电动设备具有噪音低、污染小、能源效率高等优点,能够有效减少废气排放,降低对环境的影响。

2.3 数字化开采技术

数字化开采技术借助计算机技术、信息技术、传感器技术等,实现露天采矿的智能化和精准化。(1)三维地质建模技术可以根据地质勘探数据,建立矿山的三维地质模型,直观地展示矿体的形态、结构和地质条件,为采矿设计和生产规划提供准确的数据支持。(2)智能采矿设备通过安装传感器和控制系统,实现设备的自动运行、远程监控和故障诊断,提高开采效率和安全性。(3)数字化开采技术还可以实现对开采过程的实时监测和优化,根据矿体变化和生产需求,及时调整开采方案,减少资源浪费,提高开采效率。

2.4 废弃物综合利用技术

废弃物综合利用技术主要针对露天采矿过程中产生的废渣、废水等废弃物进行再利用,实现资源的循环利用和废弃物的减量化、无害化。(1)对于废渣,可采用破碎、筛分、磨矿等工艺进行加工处理,将其用于生产建筑材料,如制作水泥、砖、骨料等;也可以提取废渣中的有用成分,实现资源的二次回收。(2)对于废水,通过物理、化学和生物处理方法,去除其中的有害物质,实现废水的净化和回用,用于矿山的降尘、冷却等环节,减少新鲜水资源的消耗。

3 露天煤矿绿色采矿技术的实践应用

3.1 露天煤矿土地复垦与生态修复技术应用

在开采初期,矿山企业采用分层剥离、分层堆放的精细化开采工艺,将表层土壤与下层岩石严格分离,单独堆存优质表土资源。该工艺不仅能最大限度保留土壤肥力和微生物群落,还为后续生态修复提供了基础条件。开采作业结束后,针对采空区实施分层回填压实,利用岩土力学原理优化回填材料配比,确保地基稳定性。随后,通过土地平整重塑地形地貌,采用土壤改良剂与有机肥混合施用的方式,改善土壤结构和理化性质,增强土壤保水保肥能力。在植被恢复环节,基于当地气候条件和土壤特性,筛选抗旱、耐寒、耐贫瘠的草本植物和灌木品种,构建多层次植被群落。同时引入滴灌、渗灌等节水灌溉系统,结合智能水肥一体化设备,实现精准灌溉与施肥,显著提升植被成活率。以某千万吨级露天煤矿为例,经过5年生态修复周期,矿区植被覆盖率从开采前的8%提升至65%,有效遏制了水土流失,重建了生物栖息地,矿区生态系统服务功能得到显著恢复。

3.2 露天煤矿清洁能源应用技术应用

从源头上降低了碳排放与环境污染。部分大型露天煤矿依托矿区广阔的土地资源与充足的光照、风力条件,建设兆瓦级太阳能光伏电站和风力发电场,构建“风光储一体化”清洁能源供应体系。所产生的电能优先满足矿山生产生活用电需求,多余电量并入电网,实现能源循环利用^[3]。在运输环节电动矿用卡车逐步替代传统燃油车辆,这类车辆采用锂电池驱动,配备能量回收系统,在制动过程中可将动能转化为电能,降低能耗成本。据测算,单台电动卡车每年可减少二氧化碳排放超300吨,显著改善矿区空气质量,同时电动车辆运行噪音低,有效缓解了噪声污染问题。此外,部分矿区探索氢燃料电池在矿用设备中的应用,进一步推动矿山能源结构向零碳转型。

3.3 露天煤矿数字化开采技术应用

通过三维激光扫描、地质勘探数据整合等技术,构建高精度三维地质模型,实现对煤炭资源赋存状态的精准掌握。结合智能开采系统,可实时优化开采方案,精准控制开采边界,减少煤炭资源损失率。智能钻孔设备搭载自动定位与深度控制系统,根据预设参数自动完成钻孔作业,相比人工操作效率提升40%,且钻孔精度误差控制在厘米级,为后续爆破作业提供精准基础。无人驾驶矿用卡车配备多传感器融合感知系统,可在复杂矿区环境中自动规划最优运输路线,实现24小时连续作业。通过车-路-云协同管理平台,可实时监控车辆运行状态,

动态调度运输资源,使运输效率提升30%,同时降低人工成本与安全风险。此外,数字孪生技术的应用,使矿山管理者能够在虚拟环境中模拟开采全流程,提前预判潜在风险,优化开采工艺,实现绿色开采的精细化管理。

4 绿色采矿技术的发展趋势与建议

4.1 发展趋势

未来绿色采矿技术将朝着智能化、低碳化和协同化方向发展。(1)智能化方面,随着人工智能、大数据、物联网等技术的不断发展,露天采矿将实现更高水平的自动化和智能化。智能采矿设备将具备更强的自主决策和学习能力,能够根据开采环境的变化自动调整工作参数,实现精准开采;通过建立智能监测和管理系统,实现对采矿全过程的实时监控和优化,提高生产效率和安全性。(2)低碳化趋势下,露天采矿行业将进一步加大清洁能源的应用力度,提高能源利用效率,降低碳排放。除了太阳能、风能等清洁能源的广泛应用外,氢能源、储能技术等也将逐步应用于露天采矿领域。同时采矿设备将向电动化、氢能化方向发展,减少对传统燃油的依赖,实现绿色低碳发展。(3)协同化发展要求露天采矿行业加强与上下游产业的协同合作,实现资源的高效配置和循环利用。矿山企业将与科研机构、设备制造商、环保企业等建立紧密的合作关系,共同研发和推广绿色采矿技术;与建材、能源等产业加强协同,实现废弃物的综合利用和能源的梯级利用,构建绿色采矿产业链。

4.2 发展建议

为了推动绿色采矿技术的发展和应用,各部门应共同努力。(1)企业要强化绿色发展意识,加大技术创新和研发投入,积极引进和应用先进的绿色采矿技术和设备。加强与科研机构的合作,开展产学研联合攻关,解决绿色采矿技术应用中的关键问题。建立健全企业内部

的绿色采矿管理体系,加强对开采过程的环境管理和资源管理,实现企业的可持续发展。(2)还应加强人才培养和技术推广^[4]。高校和职业院校应开设相关专业和课程,培养适应绿色采矿发展需求的专业技术人才和管理人才。同时通过举办技术培训、学术交流等活动,加强绿色采矿技术的宣传和推广,提高行业从业人员对绿色采矿技术的认识和应用水平,推动露天采矿行业绿色转型升级。

结语

绿色采矿技术在露天采矿工程中的应用是实现采矿行业可持续发展的必由之路。通过应用绿色采矿技术,能够有效保护生态环境、提高资源利用效率、减少环境污染,促进经济与环境的协调发展。目前,土地复垦与生态修复技术、清洁能源应用技术、数字化开采技术、废弃物综合利用技术等多种绿色采矿技术已在露天采矿实践中取得了显著成效。未来,随着技术的不断进步,绿色采矿技术将朝着智能化、低碳化、协同化方向发展。为推动绿色采矿技术的广泛应用,需要政府、企业和社会各方共同努力,加强政策支持、技术创新、人才培养和推广应用,助力露天采矿行业实现绿色高质量发展,为经济社会发展提供可持续的资源保障。

参考文献

- [1]蔡舒,邓期义.露天采矿工程中的采矿技术实践研究[J].世界有色金属,2024,(16):91-93.
- [2]昌正林.我国露天采矿技术发展趋势及展望[J].现代矿业,2023,39(07):1-4.
- [3]李弘.露天采矿技术及其采矿设备的发展思考[J].当代化工研究,2022,(14):159-161.
- [4]刘海洋.浅谈露天采矿技术分析[J].设备管理与维修,2021,(06):149-150.