

采矿工程中绿色开采技术的应用分析

滕丹

富源县金鑫煤业有限公司, 中国·云南 曲靖 655502

摘要: 随着中国经济的迅速发展, 对资源的要求越来越高, 矿山工程作为一种重要的资源开采方式, 正面临着前所未有的机遇和挑战。传统采矿方式往往会带来土地塌陷、水体污染、生物多样性破坏等生态环境问题, 已成为制约矿业可持续发展的重要因素。因此, 如何处理好资源开发和保护环境的关系, 已成为矿业工程领域迫切需要解决的重要课题。“绿色开采”是一种以减少生态损害, 提高资源回收率, 实现矿业可持续发展为目的的绿色开采技术应运而生, 它为矿山工程注入了新的生机和理念, 开启了矿业发展新的篇章。

关键词: 采矿工程; 绿色开采; 技术应用

Analysis of the Application of Green Mining Technology in Mining Engineering

Dan Teng

Fuyuan Jinxin Coal Industry Co., Ltd., Qujing, Yunnan, 655502, China

Abstract: With the rapid development of China's economy, the demand for resources is increasing. As an important resource extraction method, mining engineering is facing unprecedented opportunities and challenges. Traditional mining methods often cause ecological and environmental problems such as land subsidence, water pollution, and biodiversity destruction, which have become important factors restricting the sustainable development of the mining industry. Therefore, how to balance resource development and environmental protection has become an urgent issue to be solved in the field of mining engineering. "Green mining", a technology aimed at reducing ecological damage, improving resource recovery rates, and achieving sustainable development of the mining industry, has emerged. It injects new vitality and concepts into mining engineering and opens a new chapter in the development of the mining industry.

Keywords: mining engineering; green mining; technology application

0 前言

“绿色开采”是矿山工程领域一项重要创新, 它覆盖采矿设计到生产实施的整个过程, 强调将资源开采过程对环境的影响降到最低。这种技术观念上的转变, 不只是技术上的突破, 同时也是对传统采矿理念的深刻反思和重构。通过优化采矿工艺, 采用环保型设备, 实施生态修复措施, 实现资源开发和环境保护的最佳平衡。既注重对环境的短期影响, 又注重长期生态修复和区域可持续发展, 体现了现代矿业社会责任感和生态文明建设的积极响应。

1 采矿工程中绿色开采技术的应用优势

1.1 环境保护与生态修复的显著优势

传统采矿方法对地表植被、土壤结构及水资源造成严重破坏, 采用先进的采矿技术与装备, 可有效降低地表塌陷、土壤侵蚀及水资源污染。在开采过程中, 绿色开采技术注重保护地表生态环境, 优化采矿布局, 采取充填采矿等技术, 将地表植被破坏降到最低^[1]。同时, 绿色开采技术也强调生态修复的重要性, 即在采后及时进行生态修复, 恢复矿区的生态功能, 使其逐步恢复到采前的生态状态。通过对矿区生态环境的保护与修复, 既有利于维持生态平衡, 又能为矿区

周围生物提供适宜的生存环境, 有利于保护生物多样性。

1.2 资源高效利用与经济可持续性的优势

传统的采矿方法存在着资源利用率低、资源浪费严重等问题, 绿色采矿通过优化采矿工艺, 利用先进装备, 可大幅提高资源回收率, 降低资源浪费。该技术不仅可以提高矿产资源利用效率, 而且可以降低采矿成本, 为矿业企业带来更大的经济效益。同时, 绿色开采技术注重资源综合利用, 将伴生矿物、尾矿等资源进行再利用, 使资源最大限度地发挥其经济效益。从经济可持续发展的观点看, 采用绿色开采技术可以延长矿山的使用年限, 降低矿山因资源枯竭而关闭矿山, 降低经济衰退。且绿色开采技术也可以减少矿业企业因环境污染、生态破坏所带来的法律风险与经济赔偿, 提高企业在市场上的竞争能力与可持续发展能力。

1.3 社会和谐与企业形象提升的优势

传统矿山开采带来的环境污染、生态破坏等诸多社会矛盾和社会不满, 采用绿色开采技术可有效缓解这一问题, 减少采矿活动对周边居民生活的影响, 促进矿业企业与当地社会的和谐发展^[2]。采矿业可通过采矿业科技来履行其社会责任, 并获得社会大众的信赖与支持。良好的社会形象不仅可以帮助矿业企业在当地建立起良好的口碑, 而且可以给矿

业企业带来更大的发展机会与合作空间。同时,绿色开采技术的应用,也可以吸引到更多的资金和人才,促进矿业的可持续发展,促进社会经济的稳定增长。

2 采矿工程中绿色开采技术的应用策略

2.1 基于生态保护的系统化开采规划与设计优化技术路径

在矿山工程实施之前,需要建立一个涵盖整个开采周期的生态采矿规划系统。可通过遥感监测、地雷达扫描和无人机航拍等手段,对矿区及周边 5km 范围内的地形地貌、水文地质特征、植被类型和动物生境分布等进行三维立体调查,构建包含土壤 pH 值、地下水水位、生物多样性等多个参数的生态环境动态数据库。在此基础上,利用地理信息系统(GIS)空间分析技术,将矿区划分为生态敏感区、缓冲区和开采作业区,确定首采区和接续采区的开采范围、深度和时间节点,保证各开采阶段工作面与生态恢复区面积之比不大于 3 : 1^[3]。在设计优化方面,借助三维地质建模软件,精确模拟矿体赋存状态,采用 FLAC 三维数值分析方法,优化脉内巷道布置方式,减少对围岩的扰动。对于埋深超过 200m 的矿体,采用无底柱分段崩落法结合充填采矿法,在露天开采条件下,需采用岩土力学计算软件确定台阶高(10~15m)、坡角(45°~55°)和安全平台宽度(3~5m),开挖量比传统设计降低 20% 以上。同时,在矿区与周边自然保护区及水源地间设置宽 50m 以上的生态保护带,并通过乔灌草复合种植方式构筑生物屏障。采用大型有限元软件 ANSYS 对采动地表沉降(预警值设为 100mm)和地下水漏斗(影响半径控制在 300m 以内)进行数值模拟,研究采动影响下地层移动监测方案和地下水补给方案。将植被保护率(不少于 90%)、地下水保护率(下降幅度≤5m)、表土剥离保留率(≥85%)纳入采煤设计评价体系,采用层次分析法对设计方案进行多目标优化,保证生态保护指标的权重不少于 35%。

2.2 绿色开采工艺与智能化技术装备的集成应用实施流程

在采矿技术选择中,应遵循低污染低能耗的原则,并建立工艺方案的优选指标体系。在煤矿开采方面,推广固体废物充填开采技术,利用矸石破碎筛分系统(处理量≥500t/h)加工成 5~20mm 的充填骨料,与粉煤灰和水泥按 7 : 2 : 1 比例掺混,采用长距离输送(输送压力≤8MPa)输送到采空区,实现“采充平衡”,控制地面沉降不超过 50mm。金属矿山采用分段空场法和尾砂胶结充填工艺,采用微差爆破(时差≥50 毫秒)控制爆破震动速率≤2.5cm/s,采用遥控铲运机出矿,使矿石回收率大于 95%,贫化率低于 8%。为实现装备的绿色化升级,需要制定分阶段的技术改造方案^[4]。淘汰能耗在二级以下的老设备,采用电动凿岩台车(能耗比柴油机低 40%)和智能化爆破系统(爆破参数自动优化误

差不超过 3%)。在已有的破碎设备上加装袋式除尘器(除尘效率≥99%),并在机动车排气管上加装三元催化转化器,使颗粒物排放浓度≤20mg/m³。在智能化改造方面,构建 5G+ 北斗的矿井物联网系统,利用传感器阵列(采样频率≥10Hz)实时采集设备运行参数,采用 AI 算法对凿岩、爆破、搬运等多个环节进行协同优化,实现设备综合能耗降低 15%~20%。此外,绿色采矿技术装备的集成应用需要建立全过程的协同机制。地质勘查环节,利用三维地震勘探和钻孔 CT 成像(精度≤0.5m)精确圈定矿体边界。在采矿环节,利用数字孪生技术构建虚拟采矿情景,实现实时数据驱动的采矿参数优化。运输部分采用封闭式皮带输送系统(宽度≥1.2m,输送速度≤4m/s),在输送点安装喷雾降尘装置(雾滴粒径≤50μm)。在选矿环节,采用高压辊磨机和多级磨分级技术,可降低磨矿能耗 12% 以上。同时,利用高效密炼机(处理量≥20 吨/m²·h),实现选矿废水 90% 回收,通过各环节技术设备的协同联动,建立高效绿色开采系统

2.3 矿区环境污染立体防控与生态修复的协同实施体系构建

环境污染防治需要建立分级控制机制;在污水处理上,建立三级处理系统,采用调节池+初沉池(停留时间≥8 小时)对悬浮颗粒物进行去除;采用 AO 生物反应器(污泥浓度为 3~5 克/升)对有机物进行二级处理;采用膜过滤+紫外线消毒的三级处理工艺,处理出水水质可达《地表水环境质量标准》中的 III 类标准,回用利用率≥70%,具有良好的经济效益。在矿区上游、下游和周边布设 5~8 口地下水监测井(至地下 5~10m),利用在线监测设备对地下水 pH、重金属离子浓度等进行实时监测,当某一指标超出本底 1.5 倍时,自动启动应急预案,以实现粉尘和废气污染的综合治理。在采煤工作面加装高效布袋除尘装置(过滤风速不超过 0.8m/min),作业区域内粉尘浓度不超过 2mg/m³;运输道路采用 C30 砼硬化(厚度≥20cm),配置智能化洒水车(根据 PM₁₀ 浓度自动调整洒水频率),路两旁种植 2~3 排高大乔木(杨树、槐树等),形成防尘林带。在柴油装置上安装 DPF 捕集器后,氮氧化物排放量可降低 40%,颗粒物排放量可达 90% 以上。采用水炮泥封堵技术(封堵长度≥2m)和爆破喷雾联动系统,30 分钟内爆破粉尘浓度低于 5mg/m³。生态恢复工作采用“边采边治”的方式进行,采前先将表土层(0.5~1m)剥离,集中堆放(坡面坡度≤1 : 1.5),再盖上防水布,设置截水沟^[4]。在开采过程中,对已采完的区域及时进行土地复垦:先将地面上的垃圾清理干净,用液压锤击硬化地面(粉碎深度≥30cm),再回填 30cm 厚的耕土,铺设滴灌系统(滴头间距 30cm),根据区域生态特征,选用当地植物(如矿区干旱地区可选用沙棘、柠条等)进行植被恢复,使植被覆盖率年均提高 15% 以上。在此基础上,建立生态恢复监测站,按季度监测土壤有机质、植被盖度、生物多样性等指标,并据此对生态修复方案进行

调整, 确保复垦土地在 3 年内与当地同类天然植被具有相同的生态功能。

2.4 绿色开采技术应用的全维度管理与保障体系建设

建立绿色开采管理制度需要明确组织结构和责任划分, 成立以总经理为组长的绿色开采领导小组, 下设三个职能部门: 技术研发部, 环保部, 生产协调部。环保监督部配备专职环保工程师(按年产 50 万吨/年 1 人), 负责日常环境监测和整改工作; 生产协调部统筹开采进度和生态恢复工作的衔接。制定《绿色开采技术应用管理办法》, 明确环保目标责任制, 明确每年的环保目标(如粉尘排放达标率 $\geq 95\%$, 废水回收率 $\geq 70\%$), 并实行“月考评, 季度奖惩”, 考核结果与部门绩效工资相结合, 所占权重不少于 20%^[5]。

“产学研用”的合作模式是科技研发和创新能力建设的重要途径, 可联合 3~5 家高等院校和科研机构建立绿色采矿技术研发中心, 设立专项研发基金(不少于企业年收入 3%), 对充填材料改性、智能开采控制、生态修复等关键技术进行研究。建立企业技术创新激励机制, 对发明专利的团队给予 5 万~10 万元奖励, 对推广应用新技术使环境保护成本下降 10% 以上的项目负责人给予年度特殊贡献奖。在此基础上, 构建绿色开采技术信息数据库, 对国内外先进技术动态进行跟踪(每季更新), 采用“引进—消化—再创新”的方式, 实现每年至少 2 项先进适用技术的转化。保障制度建设包括政策层面、资金层面和人才层面, 在政策保障上, 安排专人与相关部门对接, 争取国家绿色矿山建设专项资金、环保设备税收优惠等政策扶持, 确保每年得到的政策补助不少于 15%。资金保障方面, 设立绿色开采专项资金(不少于年度采矿营业收入的 5%), 专款专用, 主要用于环保设备更新、生态修复工程、技术研发等方面的支出, 并每年委托第三方机构开展审计工作。在人才保障上, 与各大高校合

作设立绿色采矿专业方向, 以“订单式”培养方式(每年扩招 50 名以上)培养专业技术人才^[6]。建立企业内部培训制度, 每年至少开展 40 学时以上的环保知识和技能培训, 确保矿山从业人员 100% 通过绿色开采专项考核, 其中具有环保专业背景的人员比例不少于 30%。在此基础上, 构建全维度保障体系, 为可持续应用绿色开采提供制度和资源支持^[7]。

3 结语

综上所述, 将绿色采矿技术应用于矿山工程, 具有重要的现实意义, 不仅可以减少采矿活动对生态环境造成的破坏, 保护自然资源与生物多样性, 而且可以提高资源的利用率, 促进矿业经济的可持续发展。展望未来, 随着科技水平的不断提高, 环境保护意识的提高, 矿山绿色开采技术将会越来越广泛、越来越深地应用于矿山工程, 不仅可以促进中国矿产资源的可持续利用, 而且可以为全球生态文明建设做出重要贡献。

参考文献:

- [1] 王勇强, 郑和忠. 绿色开采技术在采矿工程中的应用研究[J]. 中国金属通报, 2024(11): 27-29.
- [2] 刘志旭. 露天矿山工程开采技术及施工安全管理分析[J]. 世界有色金属, 2024(21): 193-195.
- [3] 况金明. 矿山工程开采技术的创新与应用研究[J]. 中国金属通报, 2024(9): 49-51.
- [4] 敬请关注“恩菲期刊”公众号[J]. 中国有色冶金, 2024, 53(4): 164.
- [5] 王勤明. 绿色勘查技术在矿山地质钻探施工中的应用分析[J]. 中国金属通报, 2024(4): 155-157.
- [6] 孙浩. 绿色矿山建设背景下的露天矿山开采工艺研究[J]. 工程机械与维修, 2024(1): 159-161.
- [7] 赵润涛, 田寨飞, 刘小平. 绿色开采技术在采矿工程中的应用研究[J]. 中国金属通报, 2024(3): 46-48.