

绿色掘进工艺在矿井建设中的应用与节能减排效果分析

李盛君

云南金吉安建设咨询监理有限公司 云南昆明 650000

DOI:10.32629/ems.v8i5.20196

[摘要] 本研究目的在于分析绿色掘进工艺对于矿井建设的应用价值, 以及其对于节能减排所产生的现实影响。本文主要对两方面进行了研究: 一是绿色掘进工艺对矿井建设的意义, 主要表现为处理好资源和环境约束, 提高综合效益和促进矿业长远发展等; 其次是绿色掘进工艺达到节能减排目的的具体办法, 涉及工艺装备优化, 粉尘和废气治理, 固废和水资源化利用及智能管控和监控等方面。研究指出: 绿色掘进工艺可以从改善能量使用方式, 减少废弃物生成, 控制空气污染物和实行动态监测调节等方面有效地降低单位掘进工作量能源消耗和排放强度。这一工艺的运用为矿井建设提供了低环境代价和高资源效率等技术取向, 并具有鲜明的工程实践意义。

[关键词] 绿色掘进工艺; 矿井建设; 应用; 节能减排效果

引言:

传统的矿井掘进工艺一直存在着能耗大, 排放大, 废弃物处理粗放的问题。伴随着矿产资源的大规模开采, 地下水资源遭到破坏, 渣石堆积和有害气体排放等环境负担越来越大。与此同时, 我国开发活动环境准入标准不断趋紧, 矿区土地, 水源和大气容量已逼近可承受边界。在这种情况下, 延续粗放型掘进方式会加剧资源供给和环境容量的紧张。绿色掘进工艺在能量传递效率, 材料的利用方式和污染物的控制手段上系统地完善了传统工艺。本课题从重要性及实现路径 2 个层次对绿色掘进工艺应用于矿井建设的效果进行了分析, 着重研究了该工艺对降低能耗, 减少排放及资源回用的影响机制。

1. 绿色掘进工艺在矿井建设中应用的重要性

1.1 应对资源与环境约束的迫切需求

传统的矿井掘进活动长期以来依赖于高能耗和高排放作业方式, 造成了明显的资源消耗和环境污染等问题。矿产资源开采的扩大使地下水资源的破坏, 地表沉陷, 渣石堆积和有害气体排放的环境负担越来越大。同时国家对于各种开发活动环境准入标准也在不断紧缩, 矿区所处土地, 水源以及大气容量都已接近乃至超出了可以承受的限度。在这种情况

下, 粗放型掘进工艺的持续采用会直接激化资源供给和环境容量的矛盾^[1-2]。绿色掘进工艺改善了能量使用方式, 降低了废弃物产生量, 治理了粉尘及废气排放等问题, 从根本上减轻了掘进作业给自然系统带来的胁迫。它不是传统的工艺进行简单的修复, 而是将掘进时的物质流和能量流进行重新整理, 使得矿井建设不再牺牲环境承载力来满足资源开发的需要。这种转变已经成为化解资源硬约束与环境高要求的现实出路, 也是矿区走出“发展和保护的两难选择”困境的必经环节。

1.2 提升矿井建设综合效益的关键途径

绿色掘进工艺的核心价值在于将资源节约与环境友好理念嵌入施工全过程, 从而改变传统矿井建设“重产出, 轻消费”的单一效益结构。传统的掘进方式通常注重进尺速度和工程进度, 而忽视能源的过度利用, 设备的空转和材料的浪费等隐性成本的影响, 并且没有在工程评价中考虑后期环境治理的成本。绿色掘进工艺以提高能量传递效率, 物料运输路线和废渣处置方式为基础环节, 减少了不必要的能量损耗和物料浪费, 并直接减少了电力, 燃油和水的直接费用。同时本工艺控制粉尘, 噪声和震动等施工干扰因素, 改善巷道工作状况, 减少工人患职业病几率, 还可减少环境恶劣造成

停工及人员损失。废水和固体废物源头减量和循环使用则缓解矿区外处理压力、避免环保不合格所面临罚款和整改费用。当能耗, 物耗, 环境代价和健康成本等指标同时降低时, 矿井建设整体效益就不再限于产量指标上, 而要兼顾经济合理性和环境友好性。绿色掘进工艺就是实现这种均衡的现实渠道。

1.3 推动矿业可持续发展的重要支撑

推广应用绿色掘进工艺事关矿业是否能从资源开发和环境保护中寻求一条持久可行的运行途径。矿产资源开采存在周期长, 影响范围广和环境修复困难等问题, 无论哪一环节的建设方式均会给后续生产和区域生态带来延续性^[3]。传统掘进工艺所造成的土地占用, 水质变化和空气污染常常在矿井停采之后仍然存在很长一段时间, 加重了全行业外部负担和社会争议。绿色掘进工艺从施工源头控制废弃物产生量, 减少对周边水体和土层的扰动, 使得矿井建设不再是“首先是破坏, 其次是管理”的被动局面。这一过程的变化使矿业活动既能满足目前资源需求又不透支将来环境容量与治理能力。一个矿区能不能做到从施工、投产、停产整个过程都能顺利运转, 主要取决于前期掘进阶段采取的技术路线。绿色掘进工艺恰恰是该线路中最基本的一环。为矿业的启动提供了低环境代价和高资源效率, 进而确保全产业链具有长期存续和自我更新等基础条件。

2. 绿色掘进工艺的应用与节能减排实现路径

2.1 工艺装备优化路径

绿色掘进工艺是否能有效地实现节能减排, 首先要看施工装备自身性能水平。传统掘进设备设计时偏重于掘进能力和结构强度而没有充分考虑能量传递效率和运行负荷之间的匹配度, 导致设备某些工况长期低效运转。工艺装备优化以增加能量由投入向有用功转换的比重, 降低传动环节摩擦损失和空转消耗为中心方向。利用变频调节技术实现了电动机输出功率随着岩石硬度和断面条件的变化而自动调节, 从而避免了恒定高速运行所造成的电能浪费。实现了截割机构齿

形排列和旋转速度之间的合理配合, 减少了单位进尺需要截割能量。开发掘进, 锚固和运输一体化作业平台使原来零散的多个工序集中在同一台设备上进行, 降低了因设备往返移动和重复定位而增加的能耗。液压系统密封改进和管路优化减少了压力损失和油液发热引起的能量散失。对装备结构进行轻量化设计还有利于降低行走和驱动部件载荷。通风及除尘附属装置中采用高效低阻过滤组件降低风机功率消耗。这些优化措施没有改变掘进作业基本过程, 只是调整了设备中各个子系统间的合作关系, 使得每个输入能量在岩石破碎和渣土转运过程中得到了更为充分的利用, 从而在源头上减少了单位掘进工作量能源消耗总量。

2.2 粉尘与废气控制路径

掘进作业中大量粉尘和柴油设备尾气是矿井建设阶段空气污染物的2类主要来源。粉尘不仅使巷道能见度下降, 设备磨损加剧, 而且对作业人员呼吸系统健康也有直接危害; 废气中有害成分聚集于封闭空间, 加重通风负担和安全风险。绿色掘进工艺治理粉尘及废气是从产生源头, 传播路径及末端收集3个层次同时进行。从源头控制上, 利用带密闭除尘罩截割机构将粉尘从产生的一瞬间就吸进净化通道内, 降低了向巷道空间扩散。改善截齿形状和切削角度以减少破碎时微细颗粒飞扬比例。对以柴油为动力的输送和锚固设备逐步改用电驱动或者安装尾气净化装置以降低一氧化碳和氮氧化物原始排放量。在传播路径控制方面, 设置多层水雾幕墙和除尘风机构成分区阻断通风模式, 引导含尘气流进入专用回风巷道, 而不是穿过整个作业区^[4]。末端收集环节利用高效过滤材料和湿式沉降装置二次捕集排出空气中残留粉尘。在以上措施配合下, 掘进工作面空气中污染物浓度一直维持在一个较低的水平, 不仅降低了主通风机排风压力, 同时又避免了因稀释污染物风量过大造成的附加电耗。

2.3 固废与水资源化利用路径

矿井掘进所产生的固体废物以渣石为主, 并伴有大量从降尘, 冷却及地下涌水等方面排出的污水。传统的处置方式

是把渣石举升到地表堆存起来, 污水经过简单的沉淀再向外排放, 这样不仅占用了土地, 而且还会对周围水体造成污染。在绿色掘进工艺中, 这两种材料被认为是可以再投入生产循环中的一种资源。固废利用核心实践是引入井下分选和直接充填两种方式, 掘进巷道中安装简易破碎和筛分装置实现渣石原位回填到采空区或者废弃巷道中, 以免提升运输造成能耗和地表堆积等。对回填不彻底的渣石可以粉碎成巷道铺底材料或者混凝土骨料以降低外运量。水资源化利用主要是在掘进面周围建立闭路循环系统并收集施工排水和巷道涌水进入移动式净化装置以除去悬浮物和油类组分, 然后再次应用于截割头的冷却, 喷雾降尘, 液压设备冲洗等。提纯时分离出来的矿泥煤, 还可以混入渣石充填料浆中一起处理。通过以上途径, 固体废物和废水不再脱离井下系统, 掘进作业向外界环境物质输出压缩至最小, 在降低清水补给量和排矸能耗的前提下, 废物减量和资源回用一体化作业。

2.4 智能管控与监测路径

绿色掘进工艺是否能有效地节能减排, 取决于能否准确把握施工期能量流动和物质排放情况。传统的掘进作业通常是凭经验来设置设备的运行参数, 很难根据岩石条件的变化进行实时调节, 从而导致能源浪费和排放波动。智能管控和监测路径以掘进工作面建立感知, 分析, 调整闭合回路为中心工作。将传感器设置于关键部位, 对电流, 电压, 振动频率, 粉尘浓度和风量等操作数据进行持续采集。当上述数据汇聚至现场控制单元时, 匹配预设节能运行区间并自动识别出偏离最优工况部分。当某一装置负荷率在较长时间内处于较低水平时, 该系统就会下达调整指令以改变截割速度或者运输节奏来匹配实际能量供给。对通风和除尘系统通过对巷道两端气压差和污染物浓度进行监测来动态调整风机转速和风门开度以避免因过度通风而消耗电力^[5]。并利用监测数据判断除尘装置和尾气净化器是否正常运行, 并在过滤阻力非

正常增大时, 及时进行更换提示以避免净化效率降低。将全部运行记录按作业班次和巷道断面的种类进行分类储存, 作为制定后续施工计划的能耗基准。该基于实时数据的管控方式实现了节能减排措施由静态规定到动态适应的过渡, 使得各阶段掘进作业均保持了较小排放强度。

3. 小结

将绿色掘进工艺运用于矿井建设可以从根本上缓解资源消耗和环境污染这一突出矛盾。通过优化工艺装备变频调节和一体化作业, 有效地控制了单位进尺的能耗。粉尘及废气控制措施在源头, 传播路径及末端收集3个环节同步进行, 减少工作面污染物浓度, 减轻通风负担。固废和水资源化利用使渣石和废水再次融入生产循环中, 降低地表堆积和清水补给量。智能管控和监测路径做到准确把握能量流动和物质排放, 节能减排措施由静态规定变为动态适应。以上路径协同作用共同组成了低环境代价掘进作业系统。这一工艺的推广和应用有利于矿井建设达到经济合理性和环境友好性相统一的目标, 也为矿业的长期稳定运行提供了基础保障。

[参考文献]

- [1] 张凯棋. 煤矿矿井建设中岩石巷道的快速掘进技术实践分析[J]. 能源与节能, 2026, (03): 276-278.
- [2] 胡小勇. 智能掘进装备在煤矿矿井建设中的应用[J]. 能源与节能, 2026, (02): 273-275.
- [3] 刘玉忠. 煤矿矿井建设掘进中的巷道支护与加固技术探析[J]. 能源与节能, 2026, (02): 191-193.
- [4] 杨俊磊. 高产高效矿井综合防尘系统的建设与应用[J]. 煤炭技术, 2025, 44(11): 149-152.
- [5] 李昱诺. 矿井建设中的安全风险评估与控制措施[J]. 矿业装备, 2025, (10): 108-110.

作者简介: 李盛君(1977年4月), 男, 彝族, 云南禄劝人, 本科, 中级工程师, 主要从事矿山工程工作。