

采矿工程巷道掘进和支护应用

韩海龙

宁夏宝丰能源集团股份有限公司 宁夏 银川 751400

摘要: 矿山开采工作中, 巷道开挖与围岩支护是重要施工环节, 施工效果会直接影响工程质量和现场作业安全。本文针对这类施工技术展开探究, 逐一分析各类掘进工艺、支护手段的技术特点与应用条件, 结合不同地质环境梳理工艺适配情况, 以此优化现场施工流程, 改善围岩失稳、作业效率偏低等问题, 也能够为矿山安全施工、提升整体生产效益提供切实帮助。

关键词: 采矿工程; 巷道掘进; 巷道支护; 技术应用

引言: 如今采矿行业正朝着规模化、安全化稳步发展, 地下矿山作业对巷道施工品质、作业安全以及施工效率, 也提出了更为严格的标准; 巷道是地下开采的关键通道, 它的施工状态会影响通风、运输等多项工序, 地层应力、复杂地质、地下水等因素, 还容易引发围岩变形、垮塌等问题, 相关施工技术也在持续更新完善, 本文便分析各类掘进与支护技术的特点、优缺点及适用场景, 能够为矿山巷道规范化、安全化施工提供相应参考。

1 采矿工程巷道掘进基础概述

巷道掘进是地下采矿工程的基础前置施工工序, 工作人员依托专业设备与技术手段开挖地下岩体和煤层, 以此构筑标准化地下作业通道, 能够为矿山开采的通风、运输、排水及工作面开拓提供基础条件, 该项作业属于地下岩土开挖工程, 施工过程需要依照矿山设计标准定型巷道空间, 同时保障周边岩体的整体稳定性, 可为后续采矿施工与安全防护体系搭建提供基础载体^[1]。地下封闭作业环境会让掘进施工受到地应力、地质构造等多重条件约束, 整体施工的技术性、风险性相对更高, 施工开展需要满足严格的技术适配与工序规范要求。巷道掘进存在地质约束性强、施工精度标准高、工序关联紧密、安全优先级高的技术特点, 实际作业需要遵循地质适配、安全优先、精准成型、协同高效的基础准则。整体掘进施工的质量与效率, 主要受四类核心因素影响, 分别为岩体地质条件、施工设备性能、工艺流程规范程度以及矿山施工标准体系的完善程度, 各项条件都会直接改变巷道成型效果与施工整体难度。

2 采矿工程主流巷道掘进技术分析

2.1 钻爆掘进技术

钻爆掘进是矿山地下巷道施工中沿用已久的传统掘进工艺, 现场施工人员会依次开展钻孔、装药、爆破等工序来破碎地下岩体, 再利用专业出渣设备清理现场破碎产生的岩土物料, 以此完成巷道空间的开拓施工。该技术以岩体爆破破碎相关机理作为核心理论支撑, 施工人员可以对炸药使用剂量、钻孔排布间距以及爆破作业次序进行合理调控, 以此实现岩体的定向破碎作业, 能够最大程度减轻爆破振动对巷道周边围岩造成的扰动影响。该技术的整体应用体系相对成熟, 设备投入的经济成本较低, 施工工况适配范围较广, 能够适用于硬质岩体、复杂地质构造以及异形巷道的掘进施工, 也是目前中小型矿山复杂地质巷道施工的主要技术手段。实际施工过程需要严格依据微差爆破与光面爆破的理论标准, 工作人员通过精准调控各类爆破施工参数, 保障巷道壁面的平整状态, 抑制围岩裂隙的延伸发育, 以此缓解后续巷道支护工序的施工压力; 这项技术的整体机械化水平相对偏低, 施工作业连续性不足, 施工过程中会产生粉尘与振动污染, 整体作业的质量与效率, 也会在很大程度上受到现场人工操作精准度的制约。

2.2 综合机械化掘进技术

综合机械化掘进技术在现代煤矿与中小型金属矿山的巷道施工中应用十分广泛, 也是现阶段矿山掘进施工的核心技术手段, 施工人员可搭配掘进机、转载输送设备、除尘设备等全套机械化设施, 完成巷道开挖、渣土清理、粉尘治理、巷道修整的一体化连续施工作业。该技术采用机械切割的破岩方式, 依靠设备切割头的旋转运动剥离岩体物料, 能够完全取代传统的爆破破岩工艺, 从源头消除爆破振动带来的负面影响, 有效保护巷道围岩的原始结构, 维持岩体的完整性与整体稳

定性^[2]。这项技术拥有作业连续性稳定、巷道成型误差小、围岩扰动程度低、施工安全系数高的基础特点,能够满足煤层、软岩、中硬岩等常规地质条件下的巷道掘进需求,匀速切削与精准塑形的作业模式,可以有效控制巷道断面的施工偏差,缩减围岩松动圈的分布范围,能够为后续标准化、轻量化的支护施工营造良好条件。施工过程可以搭载自动监测与智能调控装置,对掘进施工参数进行动态调整,能够契合现代矿山安全高效的建设标准,不过该技术存在一定适用短板,整体施工效果难以满足极硬岩以及岩体破碎程度较高的复杂地质巷道的掘进施工要求。

2.3 盾构掘进技术

盾构掘进属于机械化等级较高的先进巷道掘进工艺,现阶段多用于大断面、深部高地压以及岩体破碎程度较高的矿山巷道施工场景,盾构机为该技术的核心施工设备,设备集成开挖、临时支护、渣土转运、巷道衬砌成型等多项施工功能,工作人员可以依托该设备完成全封闭、自动化的巷道掘进作业。设备刀盘能够通过持续旋转切削地下岩体,设备外壳可以对巷道围岩进行实时支撑,能够有效避免掘进作业中围岩长期裸露引发的失稳问题,施工过程中可以同步完成渣土输送与巷道初期成型防护工作。该技术具备较高的施工安全性与作业精度,整体自动化水平和施工稳定性更为突出,可以有效抵御地下水、高地应力、围岩坍塌等各类施工风险,能够适配深部矿山、高水压及岩体结构破碎的恶劣地质工况,可实现掘进作业与临时防护的同步开展,缩短围岩裸露时长,有效降低巷道围岩失稳的发生概率。该技术也存在一定的应用短板,设备采购与投入成本较高,安装调试需要耗费较长周期,设备适配的巷道断面规格较为固定,整体通用性能不足,一般只会应用在大型矿山的核心主干巷道施工当中。

2.4 连续采煤机掘进技术

连续采煤机掘进是矿山巷道施工中适配煤层与短距离巷道的高效掘进方式,施工人员可以借助连续采煤机的往复切割功能剥离煤层岩体,再搭配配套运输设备完成施工现场的排渣作业,以此推进巷道开拓工作的有序开展。该技术的施工流程相对简易,整体作业节奏较快,设备具备良好的机动性能,可以适配短距离巷道与多分支巷道的施工场景,能够有效提升巷道开拓的整体施工速度。整套工艺不需要开展钻孔爆破相关作业,机械切割的作业模式能够有效降低对煤层围岩的扰动作用,维持煤体的整体完整性,减少巷道片帮与顶板脱落等安全隐患的发生^[3]。该掘进设备的整体结构尺

寸较小,转运与对位操作较为便捷,能够适应空间狭窄的巷道施工环境,有效提升矿山巷道掘进施工的灵活程度。该技术存在固定的应用范围限制,仅能够满足煤层与软岩地质的掘进施工需求,无法适配硬岩巷道的开挖作业,同时设备对大断面巷道的成型控制精度存在一定不足,施工人员需要在掘进作业完成后开展人工修整作业,以此保障巷道整体的成型质量符合施工标准。

3 采矿工程巷道支护技术及应用解析

3.1 锚杆支护技术

锚杆支护是矿山巷道施工中常用的主动支护方式,施工人员会将锚杆构件植入巷道深部稳定岩体当中,依托锚杆自身的抗拉与抗剪性能,搭配锚固剂的粘结效果,把巷道表层松散岩体和深部完整岩体结合为统一整体,能够改变表层围岩的受力形式,让围岩从被动承受压力转变为主动约束变形,以此限制岩体裂隙发育与位移变化,充分发挥岩体自身的承载能力,改善围岩内部的应力分布状态,有效消除局部应力集中问题,进一步提升巷道整体的稳定性。该技术拥有多项应用优势,具备主动防护的工作特点,能够提前干预围岩变形问题,支护效果优于传统被动支护手段,技术适配范围较为广泛,工作人员可结合围岩应力状态调整锚杆的各项施工参数,整体施工操作简便,设备便携且耗材投入成本较低,不会对巷道空间与后续设备运行造成影响,同时可以和多种支护技术搭配使用,组成复合型支护结构。在实际应用的过程中,工作人员需要结合围岩硬度、破碎状态与地应力条件设定锚杆参数,严格把控钻孔施工精度,保证锚固剂填充密实,均匀对称布置锚杆结构,以此规避支护盲区与锚固失效的各类问题。

3.2 锚索支护技术

锚索支护是在锚杆支护基础上优化升级的支护技术,两者基础作用原理基本一致,锚索在锚固深度与抗拉承载能力方面有着明显提升,能够弥补普通锚杆支护的技术短板。施工人员可将高强度钢绞线锚索布置在巷道深部稳定岩层中,通过预应力张拉工艺对围岩施加主动预紧力,以此抵消岩体内部的地应力和变形压力,对深部围岩形成固定约束,阻断表层围岩的变形传导路径,能够有效改善深部高应力环境、大跨度巷道的围岩失稳问题,实现浅层与深层围岩的分层加固效果^[4]。该技术具备锚固深度大、承载能力强、预应力可调控的基础特点,能够适应深部矿山高地应力、大变形围岩、大跨度巷道等复杂施工工况,长期稳控围岩的效果良好,锚索可穿透破碎围岩圈层,依托深部完整岩体提供稳定支撑,自身的柔性适配性能适应围岩微小形变,能够有

效保障支护结构的整体稳定性与使用寿命。在实际施工中,该技术多用于深部巷道、破碎围岩巷道及大跨度主干巷道,工作人员需要精准测算围岩应力范围确定锚固深度,严格执行分级张拉施工标准,同时搭配锚杆协同布设,构建全覆盖的分层支护体系。

3.3 喷射混凝土支护技术

喷射混凝土支护是矿山巷道常用的表层防护手段,施工人员可借助高压喷射设备,将配比合格的混凝土浆料均匀喷涂在巷道围岩表面,浆料凝固后即可形成具备较高强度的防护层,该结构可以全面覆盖围岩表层裂隙,隔绝岩体与空气、地下水的接触渠道,能够有效规避岩体风化和水蚀破坏的问题,同时可以粘结巷道表层的松散岩块,合理分散围岩内部应力,限制表层岩体的变形位移,能够和锚杆、锚索支护技术相互配合,形成一体化的协同支护体系。该技术整体成型速度较快,结构整体性与封闭性能良好,能够在掘进施工完成后快速开展作业,缩短围岩的裸露时长,弥补锚杆与锚索在表层防护层面的不足,适配各类高效掘进的施工节奏。在实际施工过程中,工作人员需要根据围岩破碎程度确定喷射厚度与层数,岩体破碎较为严重时可采用双层喷射工艺,施工前需要清理围岩表面的浮石与粉尘,规范控制喷射压力和角度,保障混凝土层厚度均匀平整,针对含水围岩的施工环境,工作人员可添加防水助剂,提升混凝土结构的抗渗能力,减少空鼓、脱落、开裂等常见施工质量问题。

3.4 联合支护技术

联合支护技术属于复合型巷道支护体系,该技术主要整合锚杆、锚索、金属网、喷射混凝土等多种单一支护手段,施工人员可以结合各类支护技术的性能特点实现互补适配,完成分层防护的施工目标^[5]。整套技术能够借助锚杆加固巷道浅层围岩,利用锚索固定深部围岩结构,依托金属网收拢表层松散岩体,配合喷射混凝土完成整体封闭作业,以此搭建多层立体支护结构,能够

有效应对复杂地质环境下的围岩应力变化、岩体变形及风化侵蚀等问题。该技术改善了单一支护方式防护范围有限、适配性较差的缺陷,整体支护整体性、结构稳定性与使用耐久性都有明显提升,能够适配深部高应力、岩体破碎、大跨度巷道等恶劣施工工况,各支护结构可以相互配合、协同受力,有效约束岩体变形,封堵围岩裂隙,分散集中应力,降低巷道失稳坍塌的概率,延长巷道整体使用年限。工作人员开展联合支护施工时,需要遵循适配性施工原则,结合巷道埋深、断面跨度、地质条件与应力状态搭配支护组合,规范把控各工序施工顺序,保障支护结构紧密贴合,避免因工序错乱引发支护失效问题。

结束语

综上所述,地下采矿作业能否安全有序推进,很大程度上依托巷道掘进与支护技术,该技术也直接影响巷道施工质量、围岩稳固状态以及整体作业效率;不同矿区的地质条件存在明显差别,施工人员要结合现场情况选用对应工艺,才能减少围岩变形、巷道垮塌等隐患,如今采矿作业不断向深部地层延伸,复杂施工环境也越来越多,这就需要行业持续改良施工方法、完善支护结构,守住安全底线,助力采矿行业实现平稳向好发展。

参考文献

- [1] 王鑫. 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术措施研究[J]. 当代化工研究, 2025(7):137-139.
- [2] 王军锋. 煤炭采矿工程巷道掘进和支护技术的应用[J]. 石化技术, 2025, 32(7):151-153.
- [3] 孙长升. 煤矿采矿工程中巷道掘进和支护技术应用研究[J]. 科技资讯, 2025, 23(11):167-169.
- [4] 胡金春. 煤矿采矿工程中巷道掘进和支护技术的应用[J]. 新疆钢铁, 2025(2):95-97.
- [5] 王晓强, 王伟, 迟振鹏. 采矿工程巷道掘进和支护技术应用分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2025(21):145-147.