煤矿开拓巷道施工质量管控与建设优化分析

朱　博

内蒙古鄂尔多斯永煤矿业有限公司　内蒙古　鄂尔多斯　017000

摘　要：煤矿井下开拓巷道施工受复杂围岩、动态地应力等因素干扰，施工过程极易产生成型偏差、结构失稳等质量问题，传统施工管控模式存在明显短板，难以适配复杂井下施工工况。本文结合巷道施工全流程作业特点，梳理各核心工序的质量控制重点，从技术升级、围岩治理、流程整合、长效运维多角度制定优化方案，为提升巷道施工品质与服役稳定性提供技术参考。

关键词：煤矿开拓巷道；质量管控；建设优化

引言：煤矿井下开拓巷道的施工品质，是保障矿井各类采掘作业有序推进的核心基础。井下地质构造复杂、岩层应力动态变化的特点，让巷道施工极易出现各类质量偏差与结构隐患。落实精细化质量管控手段，持续优化巷道施工建设模式，能够有效改善井下工程建设短板，对保障矿井稳定运行有着重要作用。

1 煤矿开拓巷道施工基础概述

矿井井下作业系统的整体搭建，离不开各类巷道工程的标准化施工作业。开拓巷道属于矿井核心基础性工程结构，对井下空间格局的规整布设、采掘作业的有序衔接起到关键支撑作用。开拓巷道在矿井生产中发挥着不可或缺的核心作用，矿井生产周期内约 65% 的井下作业活动均依托其开展，这类巷道构筑物的服务周期普遍可达 10 年以上，贯穿矿井大部分生产阶段，是保障井下通风输送、物料转运、积水排出等基础作业有序开展的关键载体。巷道施工成型的整体状态，直接决定井下作业空间的安全稳定程度，也对后续各项采掘作业的开展效率与施工效果形成直接影响。井下地质条件复杂多变，不同区域的岩体性质、构造形态、岩层受力状态均存在显著区别，岩体开挖会打破原有地层应力平衡，引发围岩位移、岩体松动等现象，易造成巷道轮廓偏移、墙体变形等施工瑕疵[1]。针对复杂作业环境，需匹配适配性施工技术手段，贴合现场地质实况调整核心施工工序，精准优化掘进、围岩防护等关键环节，为巷道质量管控及施工体系优化提供可靠支撑。煤矿开拓巷道整体布置及功能分类示意见图 1。

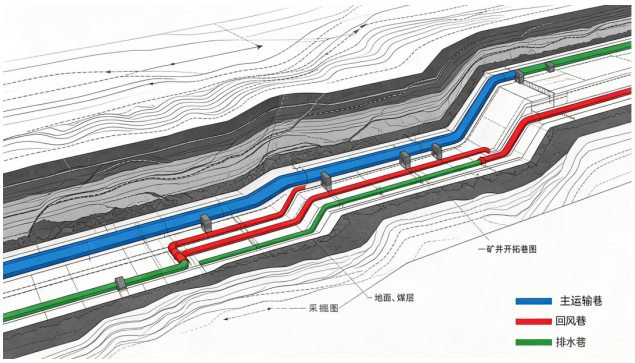


图 1 煤矿开拓巷道布置剖面示意图

2 煤矿开拓巷道施工质量管控要点

2.1 施工前期筹备质量把控

井下巷道工程建设的整体成型效果与结构稳定性，和施工前期各项准备工作的落实细致度密切相关。工程正式动工前的各项准备环节，是优化现场作业条件、减少施工偏差的重要基础，对全程质量管控起到关键铺垫作用。前期地质探查数据覆盖率达到 90% 以上的巷道项目，施工阶段的地质突发问题发生率可降低约 40%。工作人员需对巷道拟建区域的地层情况开展全方位摸排，精准掌握区段内的岩体构造、岩层排布规律及地质结构特点，充分了解围岩力学属性与地层应力分布特点，排查隐伏断层、破碎带等不良地质构造，同步采用钻探、物探相结合的综合勘察手段提升地质资料完整度与数据精准度，同步建立地质档案台账，动态更新地层数据，为方案设计与风险预判提供详实可靠的原始依据。结合现场地质实况优化施工设计，对掘进作业模式、围岩

防护形式及各类技术参数进行细化调整，同时细致核验施工构件、支护材料等物资性能，提前梳理现场作业隐患，制定风险预判与防控预案，组织作业人员熟悉施工细节与技术规范，全面完善前期准备，为巷道后续施工平稳开展提供可靠保障。

2.2 现场掘进施工质量把控

井下巷道主体成型依托掘进作业逐步落实，现场作业的标准化执行水平，直接关系巷道整体轮廓形态与结构成型精度。地下作业环境复杂，岩层构造存在不确定性，各类人为操作偏差与地层动态变化，都会造成巷道墙体不平整、断面形态不规则等成型问题。相关施工数据显示，落实全流程标准化掘进管控的工作面，巷道断面尺寸合格率可提升至 92%以上，超挖、欠挖量可控制在 10%以内。作业推进过程中，工作人员需结合掌子面岩体的实际性状动态调整作业节奏，严格规范凿岩、爆落、排矸等关键流程的操作标准，降低施工扰动对原生岩体结构的破坏程度，全程遵循安全施工规范，严控每一道掘进工序的施工质量与作业节奏，实时记录掘进参数便于后期复盘优化施工工艺。爆落工序需优化作业参数，科学布置钻孔点位，合理控制作业强度，避免过量冲击造成周边岩体开裂破损[2]。单次掘进循环结束后，彻底清除作业面松散岩块与堆积矸石，修整巷道空间形态，全程把控掘进作业精度，修正操作偏差，为后续支护工序有序开展筑牢基础。

2.3 巷道支护施工质量把控

井下巷道完成开挖作业后，岩体原有受力结构会出现重塑调整，极易产生岩层滑移与松散脱落问题，支护作业是维系巷道空间稳定的关键施工环节。在巷道开挖作业完成后，及时在 24 小时内落实初次支护封闭施工，能够有效抑制围岩初期形变问题，可将围岩初始变形量减少约 35%，保障支护构件锚固力达标率稳定保持在 95%以上。合理的支护施工模式可以有效抑制围岩形变趋势，缓解开挖扰动带来的结构损伤。支护施工需贴合现场掘进进度，及时对新鲜暴露的岩壁实施封闭处理，缩短岩体裸露时间，降低岩层风化松动的发生概率，严格遵循锚网索支护安装工序规范完成标准化施工操作。各类支护构件的安装施工需严格贴合现场岩体条件，精准把控钻孔布设角度与锚固贴合程度，让支护体系形成均匀受力状态，杜绝局部应力集中造成的结构破损。对于岩体完整性较差、构造复杂的作业区段，可调整支护布设方式，增强防护结构适配能力。施工结束后全面排查支护安装细节，及时处理构件衔接瑕疵，搭建可靠的围岩防护体系。

2.4 巷道成型质量整体把控

井下巷道建设完成后的成型状态，能够直观体现现场施工的精细程度，对井下各类作业活动的正常开展具备重要支撑作用。施工中坚持在每一轮掘进作业后开展成型核验工作，能够有效把控巷道施工精度，将轴线偏移量稳定控制在 50mm 以内，墙面平整度偏差严格控制在 50mm 范围内，大幅提升整体成型的规整度与一致性。岩体开挖与支护作业结束后，巷道轮廓规整程度、断面形态规格以及墙体平整度，都会影响井下空间实际利用效率与设备布设运行条件。施工过程中产生的断面误差、轴线偏移以及墙面不平整等问题，都会干扰围岩原始受力格局，让支护结构无法充分贴合岩体工况，降低整体防护效能[3]。现场作业人员需要在每一轮掘进施工收尾阶段，对巷道成型状态进行细致核查，对局部不规整岩体进行修平处理，校正巷道轴线方位与断面规格，细化处理巷道衔接位置的细微凹凸结构与施工瑕疵，保障巷道整体结构衔接顺畅、形态统一，适配矿井常态化作业的使用需求。

3 煤矿开拓巷道施工建设优化路径

3.1 基础施工工艺优化升级

井下巷道工程建设质量的提升，离不开基础施工技术体系的持续改良与新工艺的落地应用。长期沿用的常规施工技术较为固定，难以灵活应对井下多变的岩体构造与地层条件，整体施工效果存在明显提升空间。当前掘锚一体化施工、聚能光面爆破等新工艺逐步在行业推广，相较于传统分步掘进支护模式，采用掘锚一体化新工艺的工作面，单循环掘进效率可提升约 30%，围岩扰动范围缩小 20%左右。依据施工现场的岩体实际状态、巷道布设需求调整技术方案，能够有效突破原有施工体系的局限。施工开展期间，可按照岩层完整程度区分作业模式，针对结构完整岩体、松散破碎岩体分别选用适配的掘进及防护手段，结合现场设备配置与班组作业能力细化工艺细则，对破岩作业、岩壁防护、废渣清运等关键步骤进行细节调整，删减低效作业步骤，提升整套施工体系的运行效率与科学程度，适配矿井井下工程长期建设发展需求，持续推动巷道施工技术标准化、精细化、智能化升级发展。

3.2 巷道围岩稳定优化调控

矿井地下空间开挖会打破地层原本的力学平衡状态，围岩结构会随之产生持续性的力学响应，岩层位移与松散现象普遍存在，对巷道整体结构稳固性产生持续影响。借助微应力在线监测、围岩形变大数据分析等技

术手段，可实现围岩状态的动态把控，数据更新频率不低于每 2 小时一次的监测体系，可提前预判约 70%的围岩失稳风险。岩体稳定性管控不应只依靠固定的加固方式，需要依托地层力学变化特征制定动态调控策略，契合井下复杂多变的地质条件。围岩形变演化具备较强隐蔽性与滞后性，初期结构损伤不易被察觉，会在长期地层扰动下持续蔓延扩张。对于地应力偏高、岩体完整性较差的施工区段，可通过调整应力疏导形式优化围岩受力格局，缓解局部应力聚集引发的结构损伤问题[4]。依据巷道不同区域的岩体结构特征选用适配的加固模式，通过强化岩体结构强度、补齐岩层薄弱部位等方式提升围岩承载性能，施工全程持续监测围岩状态变化，及时调整调控策略，保障巷道结构始终保持稳定状态。

3.3 整体施工流程优化整合

矿井巷道建设属于多工种、多工序协同推进的系统性工程，各作业单元配合程度的高低，直接决定现场施工的推进状态与工程成型效果。常规施工模式往往采取分段独立推进的作业思路，各施工模块缺乏有效联动，工序之间存在衔接空档，不利于施工资源的充分利用。对施工流程进行系统性优化整合后，能够有效消除工序衔接空档问题，班组施工的工序空耗时间可缩短约 25%，整体单循环作业周期可减少 15%左右，施工连续性与作业效率得到显著提升。对整套施工流程进行系统性梳理与重构，能够优化各作业模块的联动机制，构建更为紧凑的现场作业体系。依据井下施工的内在逻辑重新规划作业次序，统筹协调岩体开挖、围岩防护、废渣清理、轮廓修整等核心作业的衔接关系，优化现场作业的穿插配合方式，缩减工序切换产生的空耗时间。对繁琐冗余的作业步骤进行合理精简，规范人员与设备的配合模式，减少交叉作业干扰，科学调配施工资源，切实提升井下工程施工的整体效能。

3.4 巷道长效运维优化完善

矿井巷道完成主体施工后，会长期置于地下复杂的地质环境之内，地层应力的持续作用以及采掘作业带来的持续扰动，都会让岩体结构产生持续性的状态变化。常规的后期维护方式多以故障修复为主，侧重于事后处理，缺少常态化的主动养护手段。巷道运维阶段落实常态化主动巡检机制，能够有效遏制结构老化破损问题，可将巷道整体结构劣化速率降低约 40%，同时使工程服役周期延长 20%以上，大幅提升巷道长期使用的稳定性与耐久性。主动完善巷道运维体系，能够改变传统修复模式的局限性，实现巷道结构状态的常态化管控。依据巷道所处地质条件、岩体完整程度以及实际使用周期制定适配的养护方案，定期对支护体系、岩壁结构以及断面轮廓开展全方位检查维护，及时处置初期微小损伤，避免小范围缺陷持续扩大。对于围岩条件偏弱、埋藏深度较大的巷道区段，采用针对性的养护手段强化结构防护能力，减缓岩体变形和支护老化的发展速度[5]。持续细化运维作业执行规范，统一后期养护与结构修复的作业标准，维持巷道结构的长期完整性，让巷道工程可以长期适配矿井作业的运行需求。

结束语：未来，可结合矿井井下地质环境的动态变化特征，持续完善巷道施工质量管控体系，迭代升级各类施工与支护技术。通过不断优化施工流程、细化围岩调控方案、健全长效运维机制，全方位解决巷道施工及服役期间的各类结构问题。持续提升巷道工程的成型品质与结构稳定性，构建适配复杂井下工况的建设体系，助力煤矿井下工程实现长效、稳定的建设发展。

参考文献

[1] 梁建军. 煤矿巷道掘进效率与工程质量有效提升途径 [J]. 凿岩机械气动工具,2025,51(11):153-155.

[2] 殷国强. 煤矿巷道掘进施工的地质情况分析与支护技术研究 [J]. 中文科技期刊数据库（全文版）工程技术,2025(10):117-120.

[3] 何勇. 煤矿井巷工程质量管控与安全监理研究 [J]. 当代化工研究,2024(14):194-196.

[4] 徐强. 煤矿开采工程巷道掘进和支护技术的应用研究 [J]. 中国科技期刊数据库工业 A,2025(2):060-063.

[5] 吕玉柱, 孙鹏, 王力强. 韩城矿区岩巷快速施工工艺匹配支护优化研究 [J]. 陕西煤炭,2024,43(12):173-177.