

# 矿建巷道围岩破碎区支护优化

秦泽毓

河南锦源建设有限公司 河南 郑州 451100

**摘要:** 在矿建工程领域, 巷道围岩破碎区的支护问题一直是影响工程安全与稳定的关键环节, 本文聚焦矿建巷道围岩破碎区支护优化。分析围岩自身特性、巷道工程条件、现有支护体系适配性等核心影响因素, 阐述协同承载、及时补强等优化原则, 探讨支护材料、结构、施工工艺优化方向, 介绍优化设计流程。通过系统研究, 为提高矿建巷道围岩破碎区支护效果, 保障巷道安全稳定提供理论依据与技术参考。

**关键词:** 矿建巷道; 围岩破碎区; 支护优化; 影响因素; 设计流程

引言: 矿建巷道在矿山开采中至关重要, 然而围岩破碎区常因地质条件复杂, 给支护带来极大挑战。围岩破碎不仅影响巷道稳定性, 还威胁采矿作业安全, 增加支护成本与难度。现有支护方案在应对破碎区时, 常因对影响因素把握不准、优化原则遵循不足、关键技术运用不当, 导致支护效果不佳。因此, 深入研究矿建巷道围岩破碎区支护优化, 对保障矿山安全生产、提高开采效率意义重大。

## 1 矿建巷道围岩破碎区支护核心影响因素

### 1.1 围岩自身特性影响

围岩自身特性是决定矿建巷道围岩破碎区支护效果的基础要素。围岩岩性组成与结构特征影响支护策略。不同类型岩石, 如砂岩、石灰岩、页岩等, 矿物成分与颗粒排列有别。砂岩颗粒间胶结程度不一, 石灰岩多呈致密块状, 页岩有层理结构。这些结构使岩石受力表现不同, 层理发育的易沿层面滑动, 增加支护难度<sup>[1]</sup>。围岩破碎程度与分布形态很关键。破碎程度高的区域, 裂隙纵横、块体松散, 稳定性差。破碎区分布形态如条带状、块状等, 会改变应力传递路径, 使支护结构荷载更复杂。围岩力学参数是衡量承载能力的重要指标。强度指标反映抵抗破坏能力, 高强度围岩不易破碎, 对支护依赖低。刚度参数决定变形特性, 刚度大利于维持稳定。黏聚力体现岩石颗粒间内聚力, 黏聚力大的破碎围岩仍能保持一定整体性, 减轻支护压力。

### 1.2 巷道工程条件影响

巷道工程条件对围岩破碎区支护有着直接作用。巷道埋深与地应力分布紧密相关。埋深增加, 地应力水平显著提升, 围岩承受压力增大, 破碎可能性上升。地应力方向和大小分布不均, 会在围岩中形成应力集中区, 加剧局部破碎。巷道断面形状与尺寸影响围岩应力分布。矩形断面角部易应力集中, 拱形断面应力分布相

对均匀, 圆形断面则能更好地适应地应力。尺寸方面, 大断面巷道周边围岩暴露面积大, 受地应力影响更明显, 支护难度增大。巷道掘进工艺与扰动程度也不容忽视。爆破掘进产生的冲击波会使围岩产生裂隙, 扩大破碎范围; 机械掘进虽扰动相对小, 但掘进过程中的振动也会对围岩造成损伤, 影响稳定性。

### 1.3 现有支护体系适配性影响

现有支护体系与围岩破碎区的适配性至关重要, 支护材料性能需与破碎区特点匹配, 材料需具备不低于30MPa的抗压强度和150MPa的抗拉强度, 才能承受高应力, 耐久性需满足巷道服务年限20年以上的要求, 抗腐蚀性需达到工业大气腐蚀等级3级标准。支护结构形式要合理, 能与围岩紧密贴合, 有效传递荷载, 发挥围岩自承能力, 如锚杆要深入稳定岩层至少1.5米, 支架需具备500kN以上的承载强度和稳定性。支护施工时机要与破碎区演化协调, 过早支护可能因围岩变形量超过20毫米而损坏结构, 过晚则无法控制破碎和变形, 准确把握时机是实现有效支护的关键。

## 2 矿建巷道围岩破碎区支护优化核心原则

### 2.1 协同承载原则

在矿建巷道围岩破碎区的支护优化工作中, 协同承载原则是基础且关键的准则。围岩本身具备一定的自承能力, 然而在破碎区, 由于岩石的完整性遭到破坏, 结构变得松散, 其自承能力显著降低。此时, 支护结构的作用便凸显出来<sup>[2]</sup>。支护结构并非独立于围岩之外, 而是要与围岩形成一个紧密的整体, 共同承担来自上覆岩层以及周边地质环境所施加的荷载。通过合理的支护设计, 让支护结构与围岩之间产生有效的相互作用力, 将原本集中作用于围岩破碎部分的荷载进行分散和转移。例如, 锚杆支护能够将破碎围岩与相对稳定的深层岩体连接起来, 利用锚固力增强围岩的整体性, 使围岩与支

护结构协同工作,共同抵御外部荷载,从而提高整个支护体系的稳定性和可靠性。

### 2.2 及时补强原则

破碎区的演化是一个动态变化的过程,随着巷道的掘进以及时间的推移,围岩的破碎程度和范围可能会不断发生变化。及时补强原则要求针对破碎区的这种动态演化特征,迅速且精准地施加支护措施。在破碎区刚刚出现或处于初期发展阶段时,及时采取补强手段,能够有效防止破碎范围的进一步扩大和破碎程度的加深。若补强不及时,破碎区可能会迅速恶化,导致围岩失稳,不仅会增加后续支护的难度和成本,还可能对巷道的安全使用造成严重威胁。需要对破碎区进行实时监测,根据监测数据及时调整支护策略,在合适的时间点施加恰当的补强支护,以维持围岩的相对稳定。

### 2.3 因地制宜原则

矿建巷道围岩破碎区的具体条件复杂多样,不同的地质构造、岩性组成、地应力分布等因素都会对支护方案的选择产生影响。因地制宜原则强调结合破碎区的具体实际情况,如围岩的破碎程度、力学性质、地下水状况等,其中地下水渗透量超过5升/分钟时需优先考虑防水型支护方案,选择最适合的支护方案。不能盲目套用已有的支护模式,而应进行详细的地质勘察和分析,勘察点间距不超过10米,根据具体条件制定个性化的支护措施,以确保支护效果的最大化。

### 2.4 稳定性优先原则

在矿建巷道围岩破碎区支护优化过程中,稳定性优先原则是核心目标,所有支护措施的实施都要以确保支护后围岩的整体稳定为前提,支护后围岩的累计变形量需控制在30毫米以内,变形速率控制在0.5毫米/天以内。无论是选择支护结构形式、确定支护参数,还是安排支护施工顺序,都要围绕提高围岩稳定性这一核心展开。只有保证围岩的稳定,才能保障巷道的安全使用,为后续的采矿作业等提供可靠的基础条件。

## 3 矿建巷道围岩破碎区支护优化关键技术方向

### 3.1 支护材料优化

在矿建巷道围岩破碎区支护中,支护材料优化是提升支护效果的重要基础。高性能支护材料选型是关键一步。高强度锚杆和锚索具备更高的抗拉和抗剪能力,能有效承受围岩破碎区产生的高应力,防止围岩进一步变形和破坏。喷射混凝土可快速封闭围岩表面,防止风化和松散,增强围岩的整体性。复合材料在破碎区支护中的应用也日益广泛<sup>[3]</sup>。复合材料结合了多种材料的优点,如纤维增强复合材料,具有高强度、高韧性等特点,能

更好地适应围岩的变形,提高支护的可靠性。支护材料与围岩界面耦合性能优化同样不容忽视。良好的界面耦合能确保支护材料与围岩之间有效传递应力,充分发挥支护作用。通过改进材料表面处理工艺、添加界面剂等方式,可增强材料与围岩的粘结力,提高耦合性能。

### 3.2 支护结构优化

支护结构优化对于提高围岩破碎区稳定性至关重要。锚杆-锚索-网-喷联合支护结构参数优化需综合考虑围岩条件、巷道断面尺寸等因素。合理确定锚杆和锚索的长度、间距、排距等参数,能使联合支护结构更好地发挥协同作用,有效控制围岩变形。针对拱形、圆形等不同断面,改进适配的支护结构可提高支护效果。例如,对于拱形断面,优化拱架的形状和尺寸,增强承载能力;对于圆形断面,采用合适的支护形式,确保围岩受力均匀。破碎区局部强化支护结构设计能有效对局部围岩破碎严重的情况。棚架支护可在破碎区提供较强的支撑力,注浆加固与常规支护组合能改善破碎围岩的力学性质,增强其自承能力。

### 3.3 支护施工工艺优化

支护施工工艺优化是保障支护质量的重要环节。掘进与支护协同施工流程优化可减少施工对围岩的二次扰动。合理安排掘进和支护的顺序和时间,使两者紧密配合,提高施工效率的同时保证围岩稳定。支护参数施工控制技术对支护效果影响显著。严格控制锚杆锚固深度、注浆压力等参数,确保支护结构达到设计要求。精确的参数控制能提高支护的可靠性和耐久性。破碎区围岩预处理工艺可提前改善围岩条件。超前注浆加固能在掘进前对破碎围岩进行加固,提高其强度和稳定性,为后续支护施工创造良好条件。

## 4 矿建巷道围岩破碎区支护优化设计流程

### 4.1 破碎区特征参数采集与分析

破碎区特征参数采集与分析是支护优化设计的前提与基础,核心在于精准获取反映围岩破碎程度与力学特性的关键参数。采集工作需结合地质勘察技术与现场实测手段,重点开展围岩岩性识别、破碎带分布范围探测、岩体完整性系数测定等工作<sup>[4]</sup>。同时获取围岩天然含水率、容重、抗压强度等力学参数,以及破碎区地应力大小与分布规律。分析过程中需对采集数据进行可靠性验证与归一化处理,通过岩体质量分级体系评估破碎区围岩稳定性等级,明确破碎区发育特征与潜在失稳风险,为后续支护设计提供精准的地质参数支撑。

### 4.2 现有支护问题诊断与梳理

现有支护问题诊断与梳理需基于现场支护结构检测结

果与围岩变形监测数据,结合破碎区支护工程理论开展系统性分析。现场检测重点关注现有支护结构的完整性,包括锚杆锚索锚固力、喷射混凝土层厚度与强度、支护结构连接可靠性等指标的实测与核查。同时整理巷道开挖后不同阶段的围岩收敛量、顶底板下沉量等变形监测数据,分析变形速率与累计变形量是否超出允许范围。诊断过程中需明确现有支护方案与破碎区围岩条件的适配性不足,梳理支护结构受力不合理、支护强度不足、支护时机不当等具体问题,厘清问题产生的地质因素与设计因素,为优化方案的制定提供明确的改进方向。

#### 4.3 优化方案初步设计

优化方案初步设计需以破碎区特征参数分析结果为依据,针对现有支护问题开展材料结构工艺的协同优化配置。材料选择需兼顾强度要求与适配性,优先选用高强度锚杆锚索、高性能喷射混凝土等支护材料,必要时搭配钢筋网、钢带等辅助支护材料增强结构整体性。结构设计需结合破碎区分布特征,优化锚杆锚索的布置间距、长度与锚固深度,合理设计喷射混凝土层的支护范围,构建锚杆锚索喷射混凝土协同承载的支护结构体系。工艺设计需明确支护施工的先后顺序与技术要求,优化钻孔锚固喷射等关键施工工序的参数,确保支护结构与围岩及时有效耦合,提升支护体系的承载能力与变形协调能力。

#### 4.4 支护体系受力与稳定性模拟分析

支护体系受力与稳定性模拟分析需采用数值模拟方法,结合破碎区围岩力学参数与支护结构力学特性,构建符合工程实际的数值计算模型。模拟过程中需准确设定围岩与支护结构的本构关系,合理划分网格单元以保证计算精度,模拟支护结构施加后围岩应力的重新分布特征,分析支护体系各组成部分的受力状态与承载分布规律。同时开展支护体系长期稳定性预测,模拟不同工况下围岩与支护结构的变形演化过程,验证初步设计方案对破碎区围岩失稳风险的控制效果。通过模拟结果与工程允许值的对比分析,判断初步设计方案的合理性,识别支护体系中的受力薄弱环节,为方案调整提供量化

依据。

#### 4.5 优化方案调整与确定

优化方案调整与确定需基于模拟分析结果,结合现场工程条件与施工可行性开展多维度论证。针对模拟分析识别出的支护薄弱环节,调整支护材料的选型参数、支护结构的布置形式或施工工艺的关键参数,优化支护体系的受力分布,提升整体稳定性。调整过程中需兼顾支护效果与经济性,在保证支护安全的前提下合理控制支护成本<sup>[5]</sup>。方案确定阶段需组织技术论证,结合岩体力学理论与类似工程支护经验,对调整后的方案进行全面评估,核查方案与破碎区地质条件的适配性、施工工艺的可操作性以及支护参数的合理性。最终确定的优化方案需形成完整的技术文件,明确支护材料规格、结构参数、施工工序与质量控制标准,为支护工程施工提供精准技术依据。

#### 结束语

矿建巷道围岩破碎区支护优化是一项系统且复杂的工作。通过对核心影响因素的剖析、优化原则的遵循、关键技术方向的探索以及优化设计流程的规范,能够有效提升支护效果,增强巷道稳定性。在实际工程中,需结合具体地质条件,灵活运用优化方法,严格把控施工质量,确保支护体系可靠,为矿山开采活动的顺利开展筑牢坚实基础。

#### 参考文献

- [1] 王晓栋. 矿建巷道围岩破碎区支护优化[J]. 机械管理开发, 2023, 38(5): 125-126.
- [2] 王立杰, 耿帅, 尹爱民, 等. 复杂砂卡岩巷道锚杆支护参数优化研究[J]. 金属矿山, 2022(4): 60-65.
- [3] 方志强. 深部破碎顶板回采巷道支护方案优化设计研究[J]. 凿岩机械气动工具, 2025, 51(5): 117-119.
- [4] 刘森虎, 宁建国, 史新帅, 等. 破碎围岩巷道锚注支护参数优化及应用[J]. 煤矿安全, 2024, 55(3): 181-189.
- [5] 王磊. 矿井深部高应力破碎围岩巷道支护技术应用[J]. 矿业装备, 2025(9): 36-38.