

矿建工程中新型支护技术的应用研究

王伟

中煤第三建设(集团)有限责任公司 安徽 宿州 234000

摘要: 矿建工程中,复杂地质条件对支护技术提出更高要求。本文聚焦新型支护技术应用,阐述预应力锚索、玻璃纤维锚杆、可缩性支架、注浆加固及喷射混凝土增强等技术的原理、实施要点与适用范围。分析其在安全性能、施工效率、经济成本、地质适应及长期稳定等方面的优势,为矿建工程合理选用支护技术,提升工程安全性与效率提供参考。

关键词: 矿建工程; 新型支护技术; 应用; 优势

引言

在矿建工程领域,随着开采深度与难度的增加,复杂地质条件带来的挑战日益严峻。传统支护技术已难以满足工程安全与效率的需求,新型支护技术的研发与应用成为关键。本文旨在探讨多种新型支护技术在矿建工程中的应用情况,并深入分析其相较于传统技术所具备的独特优势,为矿建工程的支护设计与施工提供有益的借鉴。

1 新型支护技术在矿建工程中的重要性

新型支护技术在矿建工程中具有不可替代的重要性。在复杂地质条件下,传统支护方式难以应对高地应力、高渗透压及围岩大变形等问题,而新型支护技术如锚网喷一体支护通过锚杆、金属网与喷射混凝土的协同作用,构建了兼具刚性与韧性的复合支护体系,显著提升了巷道稳定性。锚杆支护技术凭借组合梁、挤压加固及三向应力平衡等机理,主动利用围岩自承能力,在减少支护材料消耗的同时实现高效加固,尤其适用于深部开采中岩体流变、破裂等复杂场景;双网支护技术通过双层钢筋网与喷射混凝土的叠加防护,增强了支护结构的承载能力与抗风化性能,有效防止岩块脱落,为作业人员提供更可靠的安全屏障。这些技术不仅降低了支护失效引发的坍塌风险,保障了人员与设备安全,还通过减少二次支护需求缩短了施工周期,提升了作业效率,成为矿建工程实现安全高效生产的核心支撑^[1]。

2 几种新型支护技术在矿建工程中的应用

2.1 预应力锚索支护技术的原理与实施

预应力锚索支护技术通过高强度钢绞线与锚固剂的协同作用,将不稳定岩体与深部稳定岩层连接,形成主动受力体系;其核心原理在于利用锚索施加预应力,提前压缩围岩,增强岩体内部摩擦力与抗剪强度,抑制裂隙扩展与变形。实施时,先在岩体中钻设特定倾角与

深度的钻孔,清除孔内碎屑后注入锚固剂,再插入钢绞线并施加设计预应力,使锚索与围岩紧密结合;锚索端部通过锚具固定于岩体表面,形成持续的拉紧力,将松散岩层转化为整体承载结构;该技术适用于高地应力、断层破碎带等复杂地质条件,能有效控制巷道顶板下沉与两帮收敛,减少支护结构变形量;其优势在于主动加固、受力明确,可根据围岩条件调整预应力大小与锚索间距,实现精准支护;配合金属网与喷射混凝土,可形成复合支护体系,进一步提升支护强度与耐久性,为矿建工程提供可靠的安全保障。

2.2 玻璃纤维锚杆支护技术的特性与适用范围

玻璃纤维锚杆以高强度玻璃纤维为杆体,通过树脂基体增强其抗拉与抗剪性能,兼具轻质、耐腐蚀、抗静电等特性。其核心优势在于重量仅为钢锚杆的1/4,便于人工安装与运输,且不导电、不导热,可避免传统金属锚杆在潮湿环境中的锈蚀问题,延长支护结构使用寿命。杆体表面经特殊处理形成粗糙纹路,与锚固剂结合更紧密,有效提升锚固力;该技术适用于软岩、破碎带及含水地层等复杂地质条件,尤其在高瓦斯矿井中,其非金属特性可降低瓦斯引燃风险,保障作业安全。此外,玻璃纤维锚杆抗剪强度高,能抵抗岩体剪切破坏,配合金属网与喷射混凝土形成复合支护体系,可有效控制巷道变形;其适用范围覆盖巷道顶板、两帮加固及边坡支护,尤其适用于对支护材料耐久性、抗腐蚀性要求较高的工程场景,为矿建工程提供经济、安全、高效的支护解决方案^[2]。

2.3 可缩性支架支护技术的工作机制与安装要点

可缩性支架通过特殊结构设计,利用支架节点的滑动或变形能力,在围岩压力作用下实现可控压缩,从而适应岩体变形并维持支护稳定性。其工作机制基于弹性-塑性变形原理,当围岩压力超过支架初始承载力

时, 支架节点通过摩擦滑移或弹性屈服释放部分能量, 避免因应力集中导致结构破坏, 同时保持对围岩的持续支撑作用; 该技术适用于深部开采、软岩巷道及地压活动强烈区域, 能有效应对岩体流变、膨胀等非线性变形问题。安装时需确保支架各部件连接牢固, 节点滑动面清洁并涂抹润滑剂以降低摩擦阻力; 支架间距根据围岩条件与设计精确布置, 保证整体受力均匀; 安装后需检查支架垂直度与连接紧固度, 防止局部失稳; 配合金属网与背板使用, 可增强支护体系完整性, 进一步提升对破碎岩体的约束能力, 为矿建工程提供动态适应性强、安全可靠的支护保障。

2.4 注浆加固技术的工艺步骤与工程实践

注浆加固技术通过向岩体裂隙或松散层注入浆液, 填充空隙并胶结破碎岩块, 形成整体承载结构以增强围岩稳定性。其工艺步骤包括: 先对加固区域进行详细探测, 明确裂隙分布与渗透特性; 根据岩体条件选择水泥基、化学类或复合型浆液, 并调整浆液配比以控制凝固时间与强度; 采用钻孔将注浆管插入目标位置, 通过高压泵将浆液注入岩体, 过程中实时监测注浆压力与流量, 确保浆液充分扩散; 待浆液凝固后, 检查加固效果, 对未达标区域进行补注。工程实践中, 该技术适用于破碎带、断层影响区及软弱夹层等地质条件, 能有效控制巷道变形与顶板冒落。注浆后岩体强度显著提升, 抗渗性增强, 为后续支护作业提供稳定基础。配合锚杆、金属网等支护手段, 可形成复合加固体系, 进一步提升支护效果, 保障矿建工程安全高效推进。

2.5 喷射混凝土增强支护技术的施工方法与成效

喷射混凝土增强支护技术通过高压风将水泥、骨料与速凝剂按比例混合后喷射至岩体表面, 形成一层致密、高强度的混凝土结构, 与围岩紧密粘结以增强整体稳定性。施工时需先清理岩面浮石与杂质, 确保基面平整; 按设计配比调制混凝土, 严格控制水灰比与速凝剂掺量以保证早期强度; 采用分层喷射法, 先喷薄层形成初始粘结, 再逐层加厚至设计厚度, 每层喷射间隔需待前层初凝后进行; 喷射过程中调整喷嘴角度与距离, 使混凝土均匀覆盖岩体, 避免出现空洞或离析。该技术适用于破碎围岩、软岩巷道及高应力区域, 能有效封闭岩体裂隙, 防止风化剥落, 同时通过混凝土与围岩的粘结作用提升整体承载能力; 喷射后岩体抗压强度显著提高, 变形量减少, 配合锚杆、金属网形成复合支护体系, 可进一步增强支护效果, 为矿建工程提供快速、可靠的临时或永久支护保障^[3]。

3 新型支护技术应用的优劣势分析

3.1 安全性能强化分析

新型支护技术通过材料创新与结构优化, 显著提升了支护体系的安全性能。其采用碳纤维、高性能混凝土等高强度复合材料与模块化拼接设计, 增强了整体结构的抗折、抗剪能力, 能够更好地抵御复杂地质条件下的动荷载与不均匀沉降带来的压力, 降低了因结构薄弱环节引发的垮塌风险。融入智能感知元件与自适应调整系统后, 可实时监测支护体系的变形、应力分布等状态, 当发现局部应力异常或变形超过预警值时, 通过内置的液压或机械调节装置自动调整支撑力度, 避免变形进一步扩大, 将潜在危险控制在萌芽状态。防护范围更全面, 不仅覆盖了传统支护难以兼顾的基坑边角、隧道拱顶等薄弱区域, 还通过柔性连接设计减少了对周边围岩或土体的扰动, 降低了因围岩松动、土体滑移引发二次坍塌的可能性。这种从材料到结构、从被动防护到主动预警的全方位安全强化设计, 使得新型支护技术在应对深基坑、软土隧道等复杂施工环境时, 能够为作业人员与施工设备提供更可靠的防护, 有效保障了施工过程中的人身安全与工程进展的顺利进行。

3.2 施工效率优化分析

新型支护技术通过工艺革新与设备升级, 显著提升了施工效率, 缩短了工程周期。传统支护方式依赖人工操作与简单机械, 工序繁琐且耗时较长, 而新型技术引入自动化、智能化设备, 如液压成孔机、智能锚固系统等, 实现支护结构的快速安装与精准定位, 大幅减少人工干预与操作时间; 其模块化设计理念使支护组件可提前预制, 现场仅需简单组装, 避免了传统现浇作业的湿作业环节, 减少了养护等待时间, 加快了施工进度。此外, 新型支护技术优化了施工流程, 通过并行作业与工序衔接的紧密设计, 使支护施工与其他工程环节(如土方开挖、主体结构施工)形成高效协同, 避免了因工序冲突导致的停工等待。施工效率的提升还体现在对复杂地质条件的适应性上, 新型支护技术通过动态调整支护参数与施工方案, 快速应对地质变化, 减少因地质问题引发的返工或停工, 确保施工连续性; 这种效率优化不仅缩短了工程总工期, 降低了时间成本, 更提升了资源利用率, 减少了人力与设备的闲置浪费, 为工程整体效益的提升提供了有力支撑^[4]。

3.3 经济成本节约分析

新型支护技术的经济优势贯穿于材料选用、施工流程与后期维护的全过程。传统支护依赖重型材料, 其生产与运输需消耗大量能源, 而新型支护采用轻质高强度材料, 在保证结构稳定性的同时, 大幅减少材料用量与

运输能耗,从源头降低直接成本。施工环节中,模块化设计使构件标准化程度提升,减少了现场加工环节与材料损耗,且安装过程借助机械化工具完成,人工投入减少,人工成本随之下降。此外,新型支护的耐久性显著增强,其抗腐蚀、抗变形能力优于传统结构,使用寿命延长,减少了频繁更换或加固的维护支出;更值得关注的是,其快速安装特性缩短了施工周期,使后续工序提前启动,间接降低了项目管理成本与资金占用成本。在地下工程中,新型支护体系通过优化结构形式,减少了支护层数与厚度,进而降低土方开挖量与处理费用;这种全周期成本优化模式,不仅通过减少直接投入实现经济效益提升,更通过提升资源利用效率,为工程成本控制提供了可持续的解决方案,使项目在保证质量的前提下更具市场竞争力。

3.4 地质条件适应能力分析

新型支护技术凭借材料性能与结构设计的创新,展现出对复杂地质条件的强适应能力。传统支护方式在软土、岩层破碎、地下水位波动等地质环境中易出现沉降、变形或失效问题,而新型支护技术通过采用高强度、高韧性材料,如高性能混凝土、纤维增强复合材料等,提升了支护结构的抗变形与抗破坏能力,有效抵御地质条件变化带来的应力冲击。其结构设计更注重灵活性与可调节性,如可伸缩式锚杆、自适应支护框架等,可根据地质条件实时调整支护参数,确保在不同地层中均能保持稳定支撑效果。针对软土地基,新型支护技术通过增加支护结构刚度或采用组合式支护体系,减少地基沉降对工程安全的影响;在岩层破碎带,通过优化锚固方式与注浆工艺,增强支护结构与围岩的粘结力,防止岩体滑移或坍塌。此外,新型支护技术还具备对地下水位变化的适应能力,通过防水材料与排水系统的协同设计,降低地下水对支护结构的侵蚀与渗透压力,确保在湿润或富水地质条件下的长期稳定性;这种对多元地质条件的广泛适应能力,使新型支护技术成为复杂地质工程中保障安全与效率的关键手段^[5]。

3.5 长期稳定与耐久性分析

新型支护技术通过材料革新与结构优化,显著提升

了工程结构的长期稳定性与耐久性。传统支护方式易受环境侵蚀、材料老化等因素影响,导致承载力下降或变形加剧,而新型技术采用高强度、抗腐蚀的新型材料,如纤维增强复合材料、高性能混凝土等,有效抵御水分、化学物质及温度变化的侵蚀,延长了结构使用寿命。其结构设计更注重力学性能的合理性,通过优化受力分布与连接方式,减少应力集中现象,避免局部破坏引发的整体失稳,确保在复杂地质条件或长期荷载作用下仍能保持稳定。此外,新型支护技术注重施工工艺的精细化控制,通过标准化作业流程与智能化监测手段,减少人为误差对结构质量的影响,进一步提升长期稳定性。耐久性方面,新型材料与工艺的组合应用降低了后期维护频率与成本,减少了因频繁修缮导致的结构损伤累积,使支护体系在全生命周期内维持良好性能;这种长期稳定与耐久性的提升,不仅降低了工程全周期成本,更减少了因结构失效引发的安全隐患,为工程安全提供了可靠保障,体现了新型支护技术在可持续性发展中的显著优势。

结束语:新型支护技术在矿建工程中的应用展现出显著的优势,从提升安全性能、优化施工效率、节约经济成本,到增强地质条件适应能力以及保障长期稳定与耐久性,都为矿建工程的安全高效推进提供了有力支持。未来,应进一步加大新型支护技术的研发与推广力度,结合工程实际不断创新,以更好地适应复杂多变的矿建工程需求。

参考文献

- [1]张高亮.支护技术在煤矿开采工程中的应用研究[J].科技资讯,2025,23(12):90-92.
- [2]刘苗.建筑工程施工中深基坑支护技术的应用与优化研究[J].安家,2025(9):0130-0132.
- [3]刘利民.大断面巷道支护技术在煤矿工程中的应用研究[J].西部探矿工程,2025,37(8):177-179.
- [4]平立芬,王自荣,葛中坤.煤矿采矿工程巷道掘进与支护技术的实践研究[J].内蒙古煤炭经济,2025(2):26-28.
- [5]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.