

煤矿掘进巷道支护技术的应用与改进

杜新龙

平煤股份八矿掘进二队 河南 平顶山 467000

摘要: 本文分析八矿掘进巷道支护技术现状,包括现有支护技术概述、成效与问题。介绍主动、被动、联合支护技术应用类型与特点,探讨支护技术改进方向,如材料优化、形式创新等,并阐述改进实施要点,涵盖地质勘察、方案设计、施工管理。为八矿掘进巷道支护技术改进提供参考,保障巷道施工与运营安全。

关键词: 煤矿掘进巷道; 支护技术; 支护材料; 支护形式; 施工工艺

引言: 八矿掘进巷道支护技术对保障煤矿安全生产意义重大。随着我矿开采深度不断增加,地质条件愈发复杂,对支护技术提出更高要求。现有支护技术在中虽取得一定成效,但也暴露出诸多问题。深入研究煤矿掘进巷道支护技术的应用与改进,探索更科学、有效的支护方式,成为当前我矿行业亟待解决的重要课题。

1 煤矿掘进巷道支护技术现状分析

1.1 现有支护技术概述

锚杆支护依靠锚杆深入围岩内部,通过与岩体的摩擦力、锚固力将不稳定岩体与稳定岩体相连,形成整体承载结构,适用于围岩完整性较好、地应力较小的巷道。深水平大断面巷道开采,支护则采用高强度钢绞线锚索,锚固深度更深,能有效控制顶板下沉。顶板破不宜采用锚网索通过时,则采用架棚支护通过,架设金属支架直接对巷道围岩提供支撑力,在地质条件复杂、围岩破碎时可快速形成支护结构^[1]。锚喷支护结合喷射混凝土封闭围岩防止风化,锚杆加固岩体,金属网增强整体稳定性,适用于多种地质条件。

1.2 技术应用成效

现有支护技术在煤矿掘进作业中发挥重要作用。锚网索+W钢带联合支护可有效限制围岩变形,维持巷道形状,减少顶板冒落、片帮事故发生,为施工人员创造安全作业空间。下分层施工顶板破碎严重时可采用架棚支护在紧急情况下能迅速对破碎围岩提供支撑,保障施工连续性,对顶板破碎段再喷浆支护形成的复合支护结构,增强围岩自承能力,提高巷道稳定性,延长巷道使用寿命,降低后期维护成本,保障八矿掘进作业有序推进。

1.3 技术应用存在的问题

现有支护技术在实际应用中存在诸多难题。支护材料耐久性不足,矿井环境潮湿且含有腐蚀性物质,金属网支护材料易生锈腐蚀,降低支护强度与使用寿命。部分支护形式适应性差,面对断层、破碎带等特殊地质条

件,锚杆支护难以有效锚固,架棚支护无法提供足够支撑力。施工工艺复杂,锚索支护钻孔、安装工序繁琐,对施工设备和人员技术要求高,导致施工效率低下;喷锚网支护中混凝土喷射厚度、配合比控制难度大,增加施工成本。随着我矿开采向深部延伸,地应力增大,现有支护技术创新滞后,难以满足深部开采对支护强度和稳定性的更高要求。

2 煤矿掘进巷道支护技术应用类型与特点

2.1 主动支护技术

锚杆支护通过将锚杆锚固在稳定岩体中,利用锚杆与岩体间的锚固力和摩擦力,对不稳定的浅部岩体施加拉力,使围岩由原来的松散状态转变为具有一定承载能力的压缩拱结构。锚索支护采用高强度钢绞线,锚固深度更深、拉力更大,能将不稳定岩体悬吊至深部稳定岩层,增强岩体整体稳定性。这两种支护技术均是在巷道开挖后,及时对围岩施加主动作用力,提高围岩自承能力,改变围岩的受力状态。主动支护技术的优势在于可有效减少围岩变形。在巷道开挖初期,及时安装锚杆或锚索,能抑制围岩因应力释放产生的变形,防止裂隙进一步扩展,降低顶板冒落、片帮风险。在完整性较好、地应力适中的岩层中,锚杆支护可充分发挥作用,通过合理布置锚杆间距和角度,维持巷道长期稳定^[2]。而在深部巷道或大断面巷道,锚索支护能凭借强大的锚固力,控制顶板下沉,保障巷道正常使用。但在破碎、软弱围岩中,主动支护技术需配合其他辅助措施,如注浆加固,以提高锚固效果。

2.2 被动支护技术

架棚支护通过架设金属支架直接对巷道围岩提供支撑力。当围岩发生变形后,支架与围岩紧密接触,承受围岩传递的压力,起到被动阻力作用。砌碛支护则是采用石材、混凝土等材料砌筑成拱形、圆形等形状的支护结构,同样在围岩变形后发挥支撑作用。被动支护技术

适用于破碎围岩、软弱岩层等地质条件较差的区域。在这些区域，围岩自稳能力差，主动支护难以有效发挥作用，被动支护可快速形成稳定的支护结构，保障施工安全。在巷道穿越断层破碎带时，架棚支护能迅速对破碎岩体进行支撑，防止坍塌事故发生。砌碛支护形成的封闭结构，可有效抵抗地下水和风化作用对围岩的侵蚀，维持巷道形状。然而，被动支护技术存在局限性，其自身不具备主动加固围岩的能力，当围岩变形过大时，支架或砌体可能因承受过大压力而损坏，且施工速度较慢，成本相对较高。

2.3 联合支护技术

喷锚网支护将喷射混凝土、锚杆和金属网相结合，喷射混凝土封闭围岩表面，防止风化和碎落；锚杆加固深部岩体，提高围岩自承能力；金属网增强喷射混凝土的整体性和抗裂性。锚带网索联合支护则进一步整合了锚杆、钢带、金属网和锚索的优势，通过多种支护形式协同作用，提高支护效果。联合支护技术在应对复杂地质条件时优势显著。在断层、破碎带等区域，单一支护技术难以满足要求，联合支护技术可根据具体地质情况，灵活组合多种支护形式。如在破碎围岩中，先通过锚杆和锚索进行深部加固，再喷射混凝土封闭表面，铺设金属网增强整体性，最后采用钢带将各支护单元连接成整体，有效控制围岩变形。在不同工程条件下，联合支护技术的设计需遵循“因地制宜、协同互补”原则，根据巷道断面大小、埋深、地应力方向等因素，合理确定各支护构件的参数和施工顺序，以达到最佳支护效果。

3 煤矿掘进巷道支护技术改进方向

3.1 支护材料优化

传统支护材料在复杂地下环境中易出现性能衰退问题，新型高性能支护材料研发成为关键。高强度、耐腐蚀的锚杆钢材突破常规材料局限，凭借更高的抗拉强度与抗腐蚀能力，在高应力、潮湿且富含腐蚀性物质的巷道环境中，仍能保持稳定的承载性能，有效延长锚杆使用寿命，降低支护结构因材料失效引发的安全隐患。高韧性、高粘结性的注浆材料，可在破碎围岩中更好地渗透填充裂隙，增强岩体整体性，提高围岩自承能力。未来，支护材料将朝着复合化、功能化方向发展，融合多种材料特性，赋予材料自修复、智能感知等功能，使其更适应复杂多变的地质环境，为巷道长期稳定提供可靠保障。

3.2 支护形式创新

智能化、自适应支护形式打破传统支护被动应对的局限。基于传感器与智能控制系统的动态支护技术，通

过在巷道围岩与支护结构中布置各类传感器，实时采集围岩变形、应力变化数据。智能控制系统依据预设算法分析数据，当监测到围岩变形速率加快或应力异常时，自动调整支护力，及时抑制围岩变形发展，实现支护与围岩变形的动态匹配。仿生支护结构借鉴自然界生物结构的力学原理，设计出更符合围岩受力特点的支护形态，提高支护结构的承载效率。可缩性支护结构在围岩大变形过程中，通过自身结构的可缩变形释放围岩压力，避免支护结构因应力集中而破坏，显著增强支护技术对断层、破碎带等复杂地质条件的适应性及灵活性。

3.3 施工工艺改进

传统支护施工流程繁琐，环节众多，导致施工效率低下。优化施工流程，整合重复或冗余环节，明确各工序衔接节点，可大幅缩短施工周期^[9]。引入自动化锚杆安装设备，通过机械精准定位、钻孔、安装锚杆，减少人工操作误差，提升锚杆安装效率与质量。机械化喷浆设备可精确控制喷射混凝土的厚度、配合比与喷射角度，保证混凝土层均匀密实，降低因人工喷浆不均匀导致的质量问题。推进施工工艺标准化与规范化，制定统一的施工操作手册与质量验收标准，使施工人员在每个环节都有章可循，保障不同施工队伍作业质量的一致性与稳定性。

3.4 监测与预警技术融合

将围岩变形监测、应力监测技术深度融入支护体系。在巷道关键部位布置高精度位移传感器、应力传感器，持续采集围岩变形量、应力大小及分布数据。利用数据传输网络将监测数据实时传输至数据分析中心，借助大数据分析、机器学习算法对数据进行处理，建立围岩状态评估模型。当模型分析预测到支护结构出现失效风险时，系统自动发出预警信号，并提供针对性的处置建议，如加强局部支护、调整施工进度等。通过监测与预警技术融合，实现从被动应对到主动预防的转变，为支护技术改进提供真实可靠的数据支撑，助力科学制定施工决策，保障巷道施工与运营安全。

4 煤矿掘进巷道支护技术改进实施要点

4.1 地质条件勘察与评估

地质条件是影响煤矿掘进巷道支护技术选择与设计的关键因素。在开展支护技术改进工作前，必须对巷道所处区域进行全面且详细的地质勘察。勘察内容涵盖岩层结构，包括岩层的分层情况、各岩层厚度、层理发育程度，清晰掌握岩层分布特征；岩石力学性质，测定岩石的抗压强度、抗拉强度、弹性模量等参数，了解岩石的变形和破坏特性；地下水情况，确定地下水的水位、

水量、水质以及流动方向，评估地下水对围岩稳定性的影响。采用多种地质条件评估方法，如现场地质测绘，通过实地观察和测量，绘制地质剖面图和平面图，直观呈现地质构造；钻孔取样分析，获取岩芯样本进行实验室测试，获取准确的岩石力学参数；地球物理勘探，利用物探设备探测地下地质结构和异常区域。通过综合分析各类勘察数据，建立详细的地质模型，为后续合理选择支护技术、精确设计支护参数提供坚实的科学依据。只有准确把握地质条件，才能确保支护方案符合实际需求，有效保障巷道稳定性。

4.2 支护方案设计与优化

支护方案设计需综合考虑多方面因素。依据地质条件勘察评估结果，结合巷道用途，如运输巷道、回风巷道对断面尺寸和稳定性的不同要求，以及开采工艺，如综采、炮采对巷道变形控制的差异，遵循安全可靠、经济合理、技术可行的原则，设计个性化支护方案。在设计过程中，充分运用数值模拟技术对支护方案进行优化。借助专业的数值模拟软件，建立巷道开挖与支护的三维模型，模拟不同支护方案下围岩应力、变形情况。改变锚杆长度、间距、角度，锚索的预紧力，喷射混凝土的厚度等支护参数，观察围岩应力分布变化和变形规律。对比分析多种模拟结果，选择能够有效控制围岩变形、降低应力集中、确保支护结构稳定且成本合理的最优支护方案。通过数值模拟技术，提前预判支护方案实施效果，避免实际施工中的盲目性，提高支护方案的科学性和有效性。

4.3 施工过程管理与质量控制

加强支护施工过程管理是确保支护技术改进效果的关键环节。严格执行既定的施工工艺标准，明确各施工工序的操作流程和技术要求，确保施工过程规范有序。施工人员按照标准进行每一道工序操作，从锚杆钻孔、安装到喷射混凝土施工，再到支架架设，都要保证施工质量。施工质量控制贯穿整个施工过程^[4]。锚杆锚固力检测采用专业的拉拔设备，确保锚杆锚固牢固，满足设计要求；喷射混凝土厚度检测通过预埋钢筋头、钻孔测量等方式，保证混凝土层厚度均匀，达到设计厚度；支架安装质量检查关注支架的间距、垂直度、连接牢固程度等指标，确保支架承载能力符合要求。建立质量追溯

机制，对每一批次的支护材料、每一个施工环节进行记录，明确责任人员。一旦发现质量问题，能够迅速追溯到具体环节和责任人，及时采取整改措施，保障支护工程质量，为巷道长期稳定运行奠定基础。

4.4 人才培养与技术培训

掌握新型支护技术的专业人才是推动支护技术改进的核心力量。企业需要培养涵盖支护设计、施工、监测等方面的专业人才。在支护设计方面，培养具备扎实地质知识、力学理论和丰富设计经验的人才，能够根据实际情况设计出科学合理的支护方案；施工方面，培养熟练掌握新型施工工艺和设备操作的技术工人，确保施工质量和效率；监测方面，培养能够准确分析监测数据、及时发现潜在问题的专业人员。加强企业内部技术培训，定期组织技术交流与学习活动。邀请行业内经验丰富的专家进行技术讲座，分享先进的支护技术和施工经验；组织企业内部技术骨干进行经验交流，探讨实际工作中遇到的问题和解决方法。通过培训和交流，不断提高从业人员的技术水平和创新能力，使他们能够适应支护技术不断改进和发展的需求，为煤矿掘进巷道支护技术改进提供持续的人才支撑，推动支护技术持续进步。

结束语

煤矿掘进巷道支护技术的持续改进是应对复杂地质条件、提升安全保障能力的关键路径。从材料性能优化到支护形式创新，再到施工工艺升级与监测技术融合，各项措施相辅相成，共同推动支护体系向高效、智能、可靠方向发展。未来，应进一步加强地质评估、方案设计、施工管理与人才培养，形成系统化、标准化的支护管理模式，为煤矿掘进工程的安全、高效推进提供坚实基础。

参考文献

- [1]张岳勇.煤矿巷道掘进与支护技术研究[J].能源与节能,2024,(08):129-131.
- [2]许晓明.煤矿工程中巷道掘进和支护技术分析[J].当代化工研究,2024,(14):114-116.
- [3]徐世华.煤矿采矿工程支护策略探讨[J].化工技术,2024(1):113-115.
- [4]郭勇.煤矿掘进支护技术存在的问题及解决措施分析[J].冶金与材料,2023,43(08):91-93.