

煤矿掘进巷道快速支护技术与装备发展

邱启学

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司综掘服务分公司 宁夏 银川 750011

摘要: 本文深入探讨了煤矿掘进巷道快速支护技术与装备的发展。首先分析了当前煤矿掘进巷道支护技术的主要类型、特点以及存在的问题,包括传统支护方式的局限性。然后详细介绍了快速支护技术与装备的最新发展,如液压支架、锚杆锚索支护装备、自动化支护系统等的创新与应用,以及这些技术和装备在提高支护速度、质量和安全性方面的优势。最后,对煤矿掘进巷道快速支护技术与装备的未来发展趋势进行了展望,提出了进一步的研究方向和发展建议,旨在为煤矿行业的安全高效生产提供理论支持和技术参考。

关键词: 煤矿掘进巷道; 快速支护技术; 支护装备; 发展

1 引言

煤矿作为我国重要的能源产业,其安全生产和高效开采对于国家经济发展和社会稳定具有至关重要的意义。在煤矿开采过程中,掘进巷道是形成煤炭生产系统、实现煤炭开采的重要环节。而巷道支护则是保障掘进工作顺利进行、维护巷道稳定、防止围岩变形和垮落的关键措施。随着煤矿开采深度的不断增加、地质条件的日益复杂以及市场对煤炭需求的变化,对煤矿掘进巷道的支护速度和质量提出了更高的要求。传统的支护技术和装备往往存在支护速度慢、劳动强度大、支护效果不理想等问题,难以满足现代煤矿高效生产的需求。因此,研究和发​​展煤矿掘进巷道快速支护技术与装备具有重要的现实意义。

2 当前煤矿掘进巷道支护技术的主要类型及问题

2.1 主要支护技术类型

2.1.1 棚式支护

棚式支护是一种传统的支护方式,主要包括木支架、金属支架等。木支架具有取材方便、加工简单等优点,但强度低、易腐烂,防火性能差,在煤矿中应用逐渐减少。金属支架如工字钢支架、U型钢支架等,具有较高的强度和较好的可缩性,能够适应围岩的一定变形,在部分地质条件较好的巷道中仍有应用。然而,棚式支护安装工序复杂,劳动强度大,支护速度慢,且对围岩的适应性有限,难以满足快速掘进的要求。

2.1.2 锚杆支护

锚杆支护是利用锚入围岩内部的锚杆,改变围岩的应力状态,提高围岩自身的承载能力。它具有主动支护、支护效果好、成本低等优点,是目前煤矿巷道支护中应用最广泛的支护方式之一。锚杆支护可以根据围岩条件选择不同的锚杆类型(如树脂锚杆、管缝式锚杆

等)和支护参数,适应不同的地质条件^[1]。但锚杆支护施工需要一定的时间进行钻孔、安装锚杆和注浆等工序,支护速度相对有限,且在围岩破碎、节理发育等复杂地质条件下,锚杆的锚固效果可能受到影响。

2.1.3 锚喷支护

锚喷支护是锚杆支护与喷射混凝土支护相结合的复合支护方式。喷射混凝土可以及时封闭围岩,防止围岩风化和剥落,同时与锚杆共同作用,提高围岩的整体性。锚喷支护具有支护及时、强度高、密封性好等优点,能够有效控制围岩变形。然而,锚喷支护施工需要专业的设备和熟练的操作人员,喷射混凝土的回弹率较高,材料浪费较大,且施工环境较差,对工人的健康有一定影响。

2.1.4 联合支护

联合支护是将两种或两种以上的支护方式结合使用,以充分发挥各种支护方式的优点,提高支护效果。常见的联合支护方式有锚杆-锚索联合支护、锚杆-金属网-喷射混凝土联合支护等。联合支护适用于地质条件复杂、围岩稳定性差的巷道,但施工工艺复杂,支护成本较高,支护速度也受到一定影响。

2.2 存在的问题

支护速度慢: 传统的支护技术和装备施工工序繁琐,需要人工操作较多,导致支护时间较长。例如,在安装金属支架时,需要进行支架的搬运、组装、调整等多道工序,耗费大量时间和人力。锚杆支护的钻孔、安装锚杆等作业也需要较长时间,严重制约了巷道的掘进速度。

劳动强度大: 许多支护作业需要人工完成,如搬运支护材料、操作小型支护设备等,工人的劳动强度大,工作效率低。而且,在井下恶劣的工作环境中,高强度

的劳动容易导致工人疲劳,增加安全事故发生的风险。

支护质量不稳定:由于人工操作的差异以及地质条件的不确定性,传统支护方式的支护质量难以保证。例如,锚杆的安装角度、锚固力等参数可能不符合设计要求,导致支护效果不佳。此外,在复杂地质条件下,传统支护方式可能无法及时适应围岩的变化,容易出现支护失效的情况。

自动化程度低:目前,大部分煤矿掘进巷道的支护作业仍以人工为主,自动化、智能化程度较低。缺乏先进的自动化支护装备和控制系统,难以实现对支护过程的实时监测和精确控制,无法满足现代煤矿高效、安全生产的需要。

3 煤矿掘进巷道快速支护技术与装备的最新发展

3.1 液压支架快速支护技术

3.1.1 液压支架的发展与应用

新型液压支架在结构设计上更加合理,采用了高强度、轻量化的材料,如高强度合金钢等,在保证支护强度的同时减轻了支架的重量,便于支架的运输和安装。例如,一些大采高液压支架的顶梁和掩护梁采用了优化后的箱形结构,提高了支架的整体稳定性和抗变形能力。

3.1.2 液压支架的自动化控制

电液控制系统是液压支架自动化的核心。该系统由电液控制阀、传感器、控制器等组成,通过电缆或无线通信方式实现各部件之间的信息传输和控制。操作人员可以在安全区域通过控制台对液压支架进行远程控制和自动操作,如升架、降架、移架等动作。电液控制系统具有响应速度快、控制精度高的特点,能够精确控制液压支架的动作和姿态,大大缩短了移架时间^[2]。例如,在一些先进的液压支架电液控制系统中,移架时间可缩短至几十秒甚至更短,相比传统的人工操作方式,效率提高了数倍。

3.1.3 液压支架与掘进机的配套使用

一些新型掘进机配备了可伸缩的临时支护装置,如机载前探梁、护帮板等。在掘进过程中,临时支护装置能够及时伸出,对巷道顶板和两帮进行临时支护,为后续液压支架的快速就位创造条件。临时支护装置的动作由液压系统控制,具有操作简单、支护速度快的特点,能够在短时间内为工作面提供安全的工作环境。

3.2 锚杆锚索支护装备的改进与创新

3.2.1 高效钻机的发展

新型钻机采用了高性能的液压马达或电动机作为动力源,提供了更大的扭矩和转速。例如,一些全液压钻机的液压马达具有可调的排量和压力,能够根据不同的

地质条件和钻孔要求调整输出功率,提高了钻孔效率。同时,动力系统的可靠性也得到了提升,减少了设备故障的发生。在钻进技术方面,采用了先进的钻头设计和钻进工艺。例如,金刚石复合片钻头具有硬度高、耐磨性好等优点,能够在硬岩中快速钻进;冲击-回转钻进技术结合了冲击和回转两种作用方式,提高了钻进速度和钻孔质量,特别是在破碎岩层中效果显著。此外,一些钻机还配备了自动排渣系统,能够及时将钻孔内的岩屑排出,减少了钻头的磨损和卡钻现象。

3.2.2 锚杆锚索安装设备的创新

自动锚杆安装机可以自动完成锚杆的输送、定位、钻孔和安装等工序。它采用了机械臂和自动夹持装置,能够准确地抓取锚杆并将其输送到钻孔位置。在钻孔完成后,安装机可以自动将锚杆推入钻孔,并进行搅拌和锚固操作。整个安装过程无需人工干预,大大缩短了锚杆的安装时间^[3]。同时,安装机还配备了扭矩传感器和锚固力检测装置,能够实时监测锚杆的安装质量,确保锚杆的锚固效果。锚索张拉设备也得到了改进,具有张拉速度快、张拉力控制准确等优点。新型锚索张拉设备采用了高精度的液压控制系统和传感器技术,能够精确控制张拉力的大小和张拉速度。在张拉过程中,设备可以实时显示张拉力和锚索的伸长量,当达到预设的张拉力时,设备自动停止张拉并锁定锚索。此外,一些张拉设备还具备数据存储和传输功能,方便对张拉过程进行记录和分析。

3.2.3 树脂锚固剂的优化

树脂锚固剂是锚杆锚索支护中常用的锚固材料,其性能对锚杆的锚固力有重要影响。近年来,通过对树脂锚固剂的配方和工艺进行优化,提高了锚固剂的固化速度和锚固强度。一些新型树脂锚固剂能够在短时间内达到较高的锚固力,满足了快速支护的要求。

3.3 自动化支护系统

3.3.1 自动化锚杆支护系统

自动化锚杆支护系统主要由钻杆子系统、锚杆安装子系统和控制系统组成。在工作时,钻机首先根据预设的程序自动定位并进行钻孔作业;钻孔完成后,锚杆安装设备自动抓取锚杆并将其输送到钻孔位置,进行搅拌和锚固操作;控制系统对整个支护过程进行实时监测和控制,确保各子系统协调运行。整个支护过程实现了连续、高效的自动化作业,大大提高了锚杆支护的速度和质量。为了确保锚杆支护的质量,自动化系统配备了质量监测装置。例如,通过在锚杆上安装应力传感器,可以实时监测锚杆的受力情况;利用超声波检测技术,可

以检测锚杆的锚固长度和密实度。监测数据实时传输到控制系统,控制系统根据预设的标准对支护质量进行评估。如果发现支护质量不符合要求,系统会自动发出警报,并调整支护参数或重新进行支护作业,实现了支护质量的闭环控制。

3.3.2 巷道喷浆机器人

巷道喷浆机器人具有灵活的机械臂,机械臂通常由多个关节组成,能够实现多自由度的运动。通过先进的运动控制算法,机械臂可以精确地按照预设的轨迹对巷道进行喷浆作业。例如,在喷浆过程中,机械臂可以根据巷道的曲面形状自动调整喷头的角度和距离,确保混凝土能够均匀地覆盖在巷道表面^[4]。喷浆机器人配备了混凝土输送系统、速凝剂添加系统和压力控制系统等,能够自动调节喷浆参数。根据巷道的尺寸、形状和混凝土的配合比,机器人可以自动控制混凝土的输送量、速凝剂的添加量和喷浆压力,保证喷浆质量。同时,机器人还可以实时监测喷浆过程中的各项参数,如混凝土的流量、压力等,一旦发现异常情况,自动进行调整。

3.3.3 综合自动化支护监控系统

为了实现对快速支护过程的全面监控和管理,综合自动化支护监控系统得到了发展。该系统集成了各种传感器、数据采集设备和监控软件,能够实时监测支护设备的运行状态、支护参数(如锚杆锚固力、支架压力等)以及巷道的变形情况。通过对这些数据的分析和处理,管理人员可以及时了解支护效果,发现潜在的安全隐患,并采取相应的措施进行调整和优化,确保支护作业的安全和高效进行。

4 煤矿掘进巷道快速支护技术与装备的未来发展趋势

4.1 智能化发展

未来,煤矿掘进巷道快速支护技术与装备将朝着智能化方向发展。通过引入人工智能、大数据、物联网等先进技术,实现支护设备的自主决策、自动运行和智能监控。例如,智能支护机器人可以根据巷道的地质条件和支护要求,自动选择合适的支护方式和参数,并完成支护作业。同时,利用大数据分析技术对支护过程中的各种数据进行挖掘和分析,为支护方案的优化提供依据。

4.2 绿色环保发展

随着环保意识的不断提高,绿色环保将成为快速支

护技术与装备发展的重要方向。研发和应用环保型支护材料,减少对环境的污染。例如,开发可降解的锚固剂、低粉尘的喷射混凝土等。同时,优化支护装备的设计和制造工艺,降低能源消耗和噪音污染,实现煤矿掘进巷道支护的绿色可持续发展。

4.3 一体化发展

实现掘进、支护、运输等作业的一体化是未来煤矿开采的发展趋势。快速支护技术与装备将与掘进机、运输设备等进行深度融合,形成一体化的作业系统。通过优化各设备之间的协同作业流程,实现掘进与支护的无缝衔接,进一步提高巷道的掘进速度和效率。

4.4 个性化定制发展

由于不同煤矿的地质条件和开采要求差异较大,未来快速支护技术与装备将朝着个性化定制方向发展。根据煤矿的具体情况,为其量身定制适合的支护方案和装备。例如,针对特殊地质构造的巷道,研发专用的支护装备和技术,以满足其特殊的支护需求。

结语

煤矿掘进巷道快速支护技术与装备发展对提升生产效率、保障安全至关重要。近年,液压支架、锚杆锚索支护装备及自动化支护系统等进展显著,但受地质、技术、成本和人员素质等制约。未来,其将向智能化、绿色环保、一体化和个性化定制迈进。推动发展需加强多学科交叉研究,突破技术瓶颈;加大政策扶持,鼓励企业研发投入;强化人员培训,提升工人素质技能。煤矿企业要依自身条件合理选用技术与装备,加强监测管理。科研院校应与企业合作,提供技术支撑与创新动力。

参考文献

- [1]刘子港.煤矿巷道快速掘进技术及快速掘进装备发展现状研究[J].当代化工研究,2021,(09):15-16.
- [2]刘亚志,毛文勤,张帆,等.煤矿巷道快速掘进技术及快速掘进装备发展现状研究[J].中国设备工程,2019,(16):187-189.
- [3]马昭.煤矿井下巷道掘进与支护同步作业技术及装备研究[J].煤矿机械,2020,41(05):132-134.
- [4]孔凡伟,冯帆.关于巷道锚杆支护的煤矿井下掘进装备工艺研究[J].现代制造技术与装备,2024,60(05):97-99.