超前支护技术在采矿工程中的应用研究

尚 轩

陕西陕煤黄陵矿业有限公司一号煤矿 陕西 延安 727307

摘 要：本文深入探讨了超前支护技术在采矿工程中的应用，首先阐述了超前支护技术的定义、原理、作用机制及应用范围，强调了其在采矿工程中的重要性。详细分析了超前支护技术在巷道掘进、矿井巷道回采工作以及特殊地质条件下的具体应用情况。最后从支护材料的选择与改进、支护参数的优化与调整以及支护技术的创新与发展方向等方面提出了超前支护技术在采矿工程中的优化措施，旨在为提高采矿工程的安全性和效率提供参考。

关键词：超前支护技术；采矿工程；应用研究

引言：采矿工程作为国民经济的重要支柱产业，在为社会提供大量矿产资源的同时，也面临着诸多安全挑战。随着采矿深度的不断增加和地质条件的日益复杂，巷道围岩的稳定性问题愈发突出。超前支护技术作为一种有效的巷道围岩控制手段，在保障采矿工程安全、高效进行方面发挥着至关重要的作用。通过提前对巷道围岩进行支护，能够有效防止围岩的变形、破坏和冒落，为后续的采矿作业创造安全的环境。因此，深入研究超前支护技术在采矿工程中的应用具有重要的现实意义。

1 超前支护技术概述

1.1 超前支护技术的定义

超前支护技术是在采矿工程施工前，针对巷道掘进、回采工作面等作业区域，提前对工作面前方的破碎、软弱或不稳定岩体进行加固与支撑的一种技术手段。它通过在工作面前方预先布置支护结构，如锚杆、锚索、管棚、小导管注浆等，形成具有一定承载能力的支护体，改变岩体的力学性能和应力分布状态，提高岩体的稳定性，从而为后续的采矿作业创造安全、稳定的工作环境，预防因岩体失稳引发的坍塌、冒顶等安全事故，保障采矿作业人员的生命安全和采矿工程的顺利进行。

1.2 超前支护技术的原理及作用机制

超前支护技术的原理基于岩体力学理论，核心在于改善岩体的力学特性和应力状态。在采矿过程中，巷道掘进和回采会破坏岩体原有的应力平衡，导致工作面前方岩体出现应力集中、变形和破坏。超前支护技术通过在工作面前方提前施加支护力，一方面，对岩体起到约束作用，限制岩体的变形和位移，提高岩体的整体刚度和强度；另一方面，改变岩体内部的应力分布，将岩体中的拉应力转化为压应力，增强岩体的稳定性。例如，锚杆支护通过锚杆与岩体之间的摩擦力和粘结力，将不稳定岩体与深部稳定岩体连接在一起，形成一个整体，

共同承受荷载；管棚超前支护则是利用钢管的刚性，在工作面前方形成一个棚状的保护结构，为后续的掘进作业提供安全空间，有效防止岩体坍塌。

1.3 超前支护技术在采矿工程中的应用范围

超前支护技术广泛应用于采矿工程的多个环节和不同地质条件下，在巷道掘进作业中，无论是平巷、斜巷还是竖井的掘进，当遇到破碎岩层、断层带、软弱地层等不稳定地质区域时，都可采用超前支护技术。在回采工作面，尤其是在煤层开采过程中，当工作面接近平层、老空区或顶板破碎区域时，超前支护技术能够有效控制顶板变形，保障回采工作的安全进行^[1]。在深部开采、高应力环境下的采矿工程中，超前支护技术对于预防岩爆、控制巷道变形也发挥着重要作用。它还适用于露天采矿的边坡支护，通过对边坡进行超前加固，提高边坡的稳定性，防止边坡滑坡等事故的发生。

2 超前支护技术在采矿工程中的重要性

2.1 保障采矿作业安全

采矿工程向来被视为高风险行业，其作业环境复杂多变，危险因素众多。而巷道围岩的稳定性在其中起着决定性作用，直接关乎每一位采矿作业人员的生命安全。在采矿过程中，巷道开挖会打破围岩原有的应力平衡，使其处于不稳定状态，极易发生变形、破坏甚至冒落。超前支护技术犹如一道坚固的防线，能够在巷道掘进或回采工作面前方，提前对围岩进行加固和支护。通过合理设置支护结构，改善围岩的应力分布，增强围岩的自承能力，有效防止围岩的变形和破坏。尤其是在地质条件复杂、围岩稳定性差的区域，如断层破碎带、软弱岩层等，超前支护技术的应用显得尤为重要，它能大大降低事故发生的概率，为采矿作业人员创造一个安全可靠的工作环境。

2.2 提高采矿效率

在采矿过程中,如果巷道围岩发生变形和破坏,将会带来一系列严重问题。一方面,巷道变形会导致采矿设备的运行空间受限,设备无法正常安装和操作,影响采矿作业的连续性。例如,大型采煤机可能因巷道断面缩小而无法正常行走和切割,导致采煤进度受阻。另一方面,围岩破坏会增加巷道的维修和维护工作量,需要投入大量的人力和物力进行修复,这不仅会耗费大量时间,还会打乱正常的采矿计划。而超前支护技术能够提前对围岩进行加固,保持巷道的稳定,减少巷道的变形和破坏,使采矿设备能够在良好的环境中正常作业,从而提高采矿效率,确保采矿作业的顺利进行^[2]。

2.3 降低采矿成本

虽然超前支护技术在初期需要一定的资金投入,包括支护材料的采购、施工设备的购置以及人工费用等,但从长远来看,它能够显著降低采矿成本。一方面,超前支护可以有效减少巷道的维修和维护工作量。由于巷道围岩得到了及时加固,其稳定性得到提高,减少了因围岩破坏而导致的巷道修复次数和修复难度,从而降低了维修和维护成本。另一方面,稳定的巷道围岩能够减少采矿过程中的矿石损失和贫化。在围岩不稳定的情况下,矿石容易混入废石中,导致矿石回收率降低和质量下降。而超前支护技术可以保证巷道的稳定性,使采矿作业能够更加精准地进行,提高矿石的回收率和质量,增加经济效益,进而降低采矿的综合成本。

3 超前支护技术在采矿工程中的具体应用

3.1 巷道掘进中的超前支护

在巷道掘进过程中,根据不同的地质条件和巷道断面大小,常采用多种超前支护方式。对于破碎岩层,超前小导管注浆支护是常用的方法。施工时,在巷道工作面前方以一定角度打入小导管,然后向导管内注入水泥浆、水玻璃等浆液,浆液在压力作用下渗入破碎岩体的裂隙中,将松散的岩体胶结成一个整体,提高岩体的强度和稳定性。锚杆支护也是巷道掘进中广泛应用的超前支护手段,通过在岩体内钻孔,插入锚杆并施加预应力,使锚杆与岩体紧密结合,将不稳定岩体锚固在深部稳定岩体上,起到悬吊、组合梁和挤压加固等作用,当遇到较大断面的巷道或极其破碎的地层时,管棚超前支护技术则更为适用^[3]。管棚一般采用大直径的钢管,沿巷道轮廓线超前打入地层,形成一个棚状的支护结构,为巷道掘进提供可靠的支撑,有效控制围岩变形和坍塌。

3.2 矿井巷道回采工作中的超前支护

在矿井巷道回采工作中,超前支护主要用于控制顶板和保障工作面安全。在煤层开采中,液压支架超前支

护是保障回采工作面安全的重要设备。液压支架能够根据顶板压力的变化自动调整支撑力,及时支护顶板,防止顶板垮落。在工作面回采过程中,随着工作面的推进,液压支架紧跟采煤机移动,对新暴露的顶板进行及时支护,形成一个连续的支护体系。此外,单体液压支柱与铰接顶梁配合使用也是常见的超前支护方式,在工作面上下顺槽等区域,通过布置单体液压支柱和铰接顶梁,形成密集支护,加强对巷道顶板的支撑,确保回采工作顺利进行。在回采工作面接近断层、老空区等特殊区域时,还需结合锚杆、锚索等支护方式,对顶板进行加强支护,防止顶板事故的发生。

3.3 特殊地质条件下的超前支护

在特殊地质条件下,如断层破碎带、软弱夹层、高应力区等,超前支护技术的应用更为关键且复杂。在断层破碎带区域,由于岩体破碎、节理发育,常规的支护方式难以满足要求。此时,常采用超前预注浆加固与管棚联合支护的方法。先通过超前预注浆,将破碎岩体加固,提高岩体的整体性和强度,然后再施作管棚,形成双重支护结构,为巷道掘进或回采提供稳定的工作环境。在软弱夹层区域,由于岩体强度极低,容易产生大变形,可采用超前锚杆与注浆相结合的方式,锚杆深入软弱夹层,通过注浆将锚杆与岩体粘结在一起,形成一个整体,提高软弱夹层的承载能力。在高应力区,岩爆等灾害风险较高,超前支护需要注重释放岩体中的高应力,可采用超前钻孔卸压与锚杆支护相结合的技术,通过超前钻孔释放岩体中的应力,再利用锚杆对岩体进行支护,降低岩爆发生的可能性。

4 超前支护技术在采矿工程中的优化措施

4.1 支护材料的选择与改进

支护材料的性能直接影响超前支护的效果,传统的支护材料如木材、普通钢材等,在强度、耐久性等方面存在一定的局限性。随着材料科学的发展,新型支护材料不断涌现。高强度、高韧性的钢材被广泛应用于锚杆、锚索等支护构件,提高了支护结构的承载能力。高分子材料如碳纤维增强复合材料,具有重量轻、强度高、耐腐蚀等优点,在一些特殊环境下的超前支护中展现出良好的应用前景。此外,对注浆材料的研究也在不断深入,新型注浆材料如超细水泥浆、化学浆液等,具有更好的渗透性和粘结性,能够更有效地加固岩体^[4]。

4.2 支护参数的优化与调整

合理的支护参数是保证超前支护效果的关键所在,支护参数涵盖了锚杆长度、直径、间距,管棚的直径、长度、间距,以及注浆压力、注浆量等多个方面。这

些参数的确定并非随意为之,而是需要综合考虑地质条件、巷道断面大小、开采工艺等多种因素。传统的支护参数确定方法大多基于经验和简单的理论计算,往往难以达到最优效果。例如,在地质条件复杂的区域,简单的经验公式可能无法准确反映围岩的实际应力状态和变形规律,导致支护参数设置不合理,支护效果不佳。近年来,数值模拟技术在采矿工程中的应用越来越广泛,通过建立精确的地质模型和支护结构模型,利用数值模拟软件对不同支护参数下的岩体应力、变形等进行详细分析,能够为支护参数的优化提供科学依据。例如,通过数值模拟可以深入研究不同锚杆长度和间距对巷道围岩稳定性的影响。可以模拟在不同锚杆参数下,围岩的应力分布、位移变化等情况,从而确定最佳的锚杆支护参数。在实际工程中,还应根据现场监测数据,如围岩变形监测、支护结构受力监测等,及时对支护参数进行调整。当监测数据表明围岩变形较大或支护结构受力异常时,应立即对支护参数进行优化,确保支护结构始终处于最佳工作状态,保障采矿工程的安全和高效进行。

4.3 支护技术的创新与发展方向

随着采矿工程不断向深部、复杂地质条件发展,对超前支护技术提出了更高的要求,这也推动着支护技术不断创新。智能化是超前支护技术的重要发展方向之一。利用传感器、物联网、大数据等先进技术,可以实现对支护结构的实时监测和智能控制。例如,在锚杆、锚索上安装应力传感器,能够实时监测支护结构的受力情况。这些传感器将采集到的数据通过物联网传输到监控中心,利用大数据分析技术对数据进行处理和分析。当应力超过设定阈值时,系统自动报警并采取相应的加固措施,如启动注浆设备进行二次注浆,增强支护结构的强度。此外,多技术融合也是超前支护技术的发展趋势。将超前支护技术与地质雷达探测、TSP超前地质预报等技术相结合,能够更准确地预测前方地质情况。地质

雷达探测可以快速获取巷道前方的地质构造信息,TSP超前地质预报则可以对较大范围内的地质灾害进行预警。根据这些地质预报信息,提前采取针对性的支护措施,如调整支护参数、增加支护强度等,提高超前支护的针对性和有效性^[5]。

未来,还应加强对超前支护技术基础理论的研究,深入探索岩体与支护结构的相互作用机制。通过理论研究,揭示岩体在不同应力状态下的变形规律和破坏模式,以及支护结构对岩体的约束作用机理,为支护技术的创新提供理论支持,不断提升超前支护技术在采矿工程中的应用水平。

结束语

超前支护技术作为采矿工程中的关键技术,在保障采矿安全、提高开采效率、保护生态环境等方面发挥着不可替代的作用。通过对超前支护技术的原理、应用及优化措施的研究可知,随着采矿工程面临的挑战日益严峻,需要不断创新和完善超前支护技术。在未来的采矿工程中,应进一步加强对新型支护材料的研发、支护参数的优化和支护技术的创新,推动超前支护技术向智能化、高效化方向发展,为采矿工程的安全、高效、可持续发展提供坚实的技术保障。

参考文献

- [1]王强.超前支护在采矿工程中的应用[J].中国金属通报,2022,(04):45-47.
- [2]段影会.超前支护技术在高速公路隧道工程中的应用[J].交通世界,2022,(Z1):93-94.
- [3]陈启洪.超前支护技术在采矿工程中的应用研究[J].内蒙古煤炭经济,2023(18):148-150.DOI:10.13487
- [4]韩永生.超前支护在采矿工程中的应用研究[J].世界有色金属,2021(06):35-36.
- [5]叶林.采矿工程中超前支护的合理运用[J].当代化工研究,2020(20):99-100.