

超前支护在采矿工程中的应用

白元亮 郭鹏飞 茹志平 苏欣 高健伟

内蒙古蒙泰不连沟煤业有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要: 本文围绕超前支护技术在采矿工程中的应用展开研究。详细阐述超前支护技术原理,分析其提前加固、提升工程稳定性等特点优势,介绍锚杆(索)、棚式、注浆等常见技术类型。结合地下巷道掘进、回采工作面及特殊地质条件,探讨其具体应用,并提出技术创新、成本控制与规范管理等优化策略,为采矿工程中超前支护技术的合理应用提供理论参考与实践指导。

关键词: 超前支护; 采矿工程; 应用

1 超前支护技术

在采矿工程中,超前支护技术是保障施工安全与工程顺利推进的关键技术之一。超前支护技术是指在采矿作业正式开展前,针对可能出现的围岩变形、坍塌等问题,预先对采掘区域周边岩体或土体进行加固、支撑的一系列工程技术措施。其核心目的在于提高围岩的稳定性,为后续的巷道掘进、回采等作业创造安全、稳定的工作环境。超前支护技术的发展与采矿工程的需求紧密相连。随着采矿规模不断扩大,开采深度逐渐增加,地质条件日益复杂,传统的支护方式已难以满足现代采矿工程对安全与效率的要求。为应对这些挑战,超前支护技术应运而生,并在实践中不断发展和完善^[1]。早期的超前支护技术较为简单,主要依赖于木支架等简易支撑结构,随着材料科学和工程技术的进步,各类新型支护材料和先进支护工艺不断涌现,使得超前支护技术的应用范围和效果得到了极大提升。如今,超前支护技术已广泛应用于地下巷道掘进、回采工作面等多种采矿场景,成为保障采矿工程安全高效开展不可或缺的重要手段。

2 超前支护的特点与优势

2.1 提前加固,预防坍塌

超前支护技术最显著的特点之一便是提前加固。在采矿作业开始前,通过对目标区域的地质条件进行详细勘察和分析,提前布置锚杆、注浆等支护措施,对围岩进行加固处理。这种提前干预的方式能够有效提高围岩的自稳能力,改变围岩的力学性能,使其在采掘作业过程中能够更好地抵抗地应力的作用,从而预防坍塌事故的发生。与传统的事后补救式支护相比,超前支护从源头上解决了围岩稳定性问题,大大提高了采矿工程的安全性和可靠性。

2.2 提高工程稳定性与安全性

超前支护技术通过多种方式提高采矿工程的稳定性

与安全性。一方面,它能够有效控制围岩的变形,减少因围岩变形过大而引发的安全隐患。在回采工作面,超前支护可以及时支撑顶板,防止顶板下沉、冒落,为回采作业人员和设备提供安全的工作空间。另一方面,超前支护技术能够分散地应力,避免应力集中对工程结构造成破坏。例如,锚杆(索)超前支护通过将锚杆(索)深入到稳定岩层中,将不稳定岩体与稳定岩体连接起来,使地应力能够更均匀地分布,从而提高整个采矿区域的稳定性。超前支护技术还可以在在一定程度上减少地下水对采矿工程的影响,通过注浆等措施封堵地下水通道,降低地下水对围岩的软化作用,进一步保障工程的安全。

2.3 适用范围与条件

超前支护技术具有广泛的适用范围,但在不同的地质条件和采矿作业环境下,需要选择合适的超前支护技术。从地质条件来看,无论是在松软破碎的岩层、富水地层,还是在高应力的坚硬岩层中,超前支护技术都能发挥重要作用。从采矿作业场景来看,超前支护技术适用于地下巷道掘进、回采工作面支护以及特殊地质条件下的采矿作业。然而超前支护技术的应用也受到一些条件的限制,如施工成本、施工空间和时间等。在实际应用中,需要综合考虑地质条件、工程要求、成本效益等多方面因素,选择最适合的超前支护技术方案,以确保其有效性和经济性。

3 采矿工程中常见的超前支护技术类型

3.1 锚杆(索)超前支护

锚杆(索)超前支护是采矿工程中应用较为广泛的一种超前支护技术。锚杆(索)主要由杆体、锚头和锚固段组成,其工作原理是通过将锚杆(索)锚固在稳定的岩体中,利用锚杆(索)的抗拉强度,将不稳定的岩体与稳定岩体连接起来,形成一个整体,从而提高围岩

的稳定性。锚杆(索)可以有效地限制围岩的变形,分散围岩的应力,增强围岩的承载能力。在实际应用中,锚杆(索)的类型多样,包括全长粘结型锚杆、端头锚固型锚杆、预应力锚索等^[2]。全长粘结型锚杆通过水泥砂浆等粘结材料将锚杆与岩体粘结在一起,使锚杆全长都能发挥锚固作用,适用于一般的稳定或较稳定岩层;端头锚固型锚杆则仅在锚杆的端头进行锚固,安装较为方便,适用于中等稳定岩层;预应力锚索能够对岩体施加较大的预应力,使岩体处于受压状态,提高岩体的抗剪强度和整体稳定性,常用于高应力、破碎等复杂地质条件下的支护。锚杆(索)超前支护在地下巷道掘进和回采工作面的顶板支护中都有广泛应用,能够有效保障采矿作业的安全进行。

3.2 棚式超前支护

棚式超前支护是一种较为传统但仍然广泛应用的超前支护技术。它主要由棚架和背板等组成,棚架通常采用型钢、钢轨等材料制作,背板则用于封闭棚架与围岩之间的空隙,防止碎岩掉落。棚式超前支护的作用原理是通过棚架的刚性支撑,对围岩提供及时的支护力,限制围岩的变形和坍塌。常见的棚式超前支护类型有木棚、金属棚等。木棚具有重量轻、安装方便等优点,但承载能力相对较低,耐久性较差,一般适用于临时性的支护或围岩条件较好的情况;金属棚则具有较高的强度和刚度,承载能力大,耐久性好,适用于各种复杂地质条件下的支护。在地下巷道掘进过程中,当遇到破碎岩层或松软地层时,采用棚式超前支护可以迅速形成支护结构,为后续的掘进作业提供安全保障。棚式超前支护还可以与其他支护技术如锚杆(索)支护、注浆支护等联合使用,进一步提高支护效果。

3.3 注浆超前支护

注浆超前支护是利用注浆设备将水泥浆、化学浆液等注入到围岩的裂隙、孔隙中,通过浆液的胶结作用,填充裂隙,增强岩体的整体性和强度,从而达到加固围岩的目的。注浆超前支护不仅能够提高围岩的稳定性,还可以起到堵水的作用,在富水地层或有涌水风险的采矿区域具有重要的应用价值。根据注浆材料的不同,注浆超前支护可分为水泥注浆、化学注浆等。水泥注浆材料来源广泛、成本较低,适用于大多数地质条件,能够有效改善岩体的力学性能;化学注浆则具有凝结速度快、强度高、可注性好等优点,常用于处理复杂地质条件下的特殊问题,如加固极破碎岩体、封堵高压涌水等。在实际应用中,需要根据具体的地质条件和工程要求,选择合适的注浆材料和注浆工艺。

3.4 其他超前支护技术

除了上述几种常见的超前支护技术外,还有一些其他的超前支护技术在采矿工程中也有应用。例如,管棚超前支护是在巷道开挖前,沿巷道开挖轮廓线,以一定的间距和角度打入钢管,形成一个棚状的预支护结构,然后在管棚的保护下进行巷道掘进。管棚超前支护能够有效控制围岩的变形,适用于软弱地层、破碎带等复杂地质条件下的大断面巷道掘进。还有超前小导管注浆支护,它是在巷道开挖前,沿巷道开挖轮廓线打入小导管,并通过小导管向围岩注浆,形成一个加固圈,对围岩进行超前支护。超前小导管注浆支护具有施工简单、成本较低等优点,常用于浅埋隧道和巷道的超前支护。

4 超前支护在不同采矿场景中的应用

4.1 地下巷道掘进中的应用

在地下巷道掘进过程中,超前支护技术起着至关重要的作用。由于巷道掘进会破坏岩体原有的应力平衡状态,导致围岩发生变形和坍塌的风险增加。因此在巷道掘进前,必须采用合适的超前支护技术对围岩进行预加固。对于不同的地质条件,应选择不同的超前支护技术^[3]。在稳定岩层中,可采用锚杆(索)超前支护,通过锚杆(索)将巷道围岩与稳定岩体连接起来,提高围岩的稳定性;在破碎岩层中,棚式超前支护和注浆超前支护的联合应用能够有效加固围岩,防止坍塌。例如,在某金属矿山的巷道掘进中,遇到了破碎的石英砂岩地层,采用了钢拱架棚式超前支护与水泥-水玻璃双液注浆超前支护相结合的方式,先架设钢拱架形成临时支撑,然后进行注浆加固,成功地控制围岩的变形,保障巷道的顺利掘进。另外,在富水地层中掘进巷道时,注浆超前支护不仅可以加固围岩,还能封堵地下水,降低涌水对掘进作业的影响,确保施工安全。

4.2 回采工作面中的应用

回采工作面是采矿工程的核心作业区域,其安全性和生产效率直接关系到整个矿山的经济效益。在回采工作面,常见的超前支护方式有单体液压支柱支护、液压支架支护等。单体液压支柱支护具有灵活性强、适应性好等优点,可根据工作面的实际情况进行灵活布置,适用于各种条件的回采工作面;液压支架支护则具有自动化程度高、支护强度大等优势,能够实现快速移架和支护,提高回采效率,常用于综采工作面。例如,在某煤矿的综采工作面,采用大采高液压支架进行超前支护,有效地支撑顶板,保障采煤机和刮板输送机的正常运行,提高煤炭的开采效率。同时在回采工作面的两巷,也需要采用锚杆(索)、棚式等超前支护技术,对巷道

进行加固,确保两巷在回采过程中的稳定性,为通风、运输等工作提供安全保障。

4.3 特殊地质条件下的应用

在采矿工程中,常常会遇到一些特殊地质条件,如断层破碎带、溶洞发育区、高地应力区等,这些特殊地质条件给采矿作业带来了极大的困难和安全风险。在这些情况下,超前支护技术的合理应用显得尤为重要。在断层破碎带区域,由于岩体破碎、稳定性差,通常采用多种超前支护技术联合应用的方式。例如,先采用管棚超前支护形成初步的支撑结构,然后进行注浆加固,提高岩体的整体性和强度,最后再辅以锚杆(索)支护,进一步增强围岩的稳定性。在溶洞发育区,需要根据溶洞的大小、形状和分布情况,采用相应的超前支护措施。对于较小的溶洞,可采用注浆填充的方式进行处理;对于较大的溶洞,则可能需要采用混凝土浇筑、架设钢梁等方式进行加固。在高地应力区,由于地应力较大,围岩容易发生大变形和岩爆等灾害,预应力锚索支护和注浆加固相结合的方式能够有效释放地应力,提高围岩的抗变形能力,保障采矿作业的安全进行。

5 超前支护在采矿工程中应用的优化策略

5.1 技术创新与改进

随着采矿工程的不断发展和地质条件的日益复杂,对超前支护技术的要求也越来越高。因此需要不断进行技术创新与改进,以提高超前支护技术的适应性和有效性。一方面,要加强新材料的研发和应用。例如,开发高强度、高韧性、耐腐蚀的新型锚杆(索)材料,提高锚杆(索)的承载能力和使用寿命;研究新型注浆材料,使其具有更好的可注性、凝结速度和强度,以满足不同地质条件下的注浆需求。另一方面,要推进施工工艺的创新,利用现代信息技术,如三维地质建模、数值模拟等,对超前支护方案进行优化设计,提高支护方案的科学性和合理性;研发自动化、智能化的超前支护施工设备,提高施工效率和质量,降低劳动强度和安全风险。

5.2 成本控制与经济优化

在采矿工程中,成本控制是提高经济效益的重要环节。首先,要合理选择超前支护技术方案。在满足工程安全和质量要求的前提下,选择成本较低的超前支护技术。例如,在地质条件较好的区域,优先采用简单、经济的锚杆(索)支护;在复杂地质条件下,通过技术经济比较,选择性价比最高的支护方案。其次,要加强材

料管理,降低材料成本。通过集中采购、优化库存管理等方式,降低材料的采购成本和储存成本;同时提高材料的利用率,减少材料的浪费^[4]。另外,还要提高施工效率,缩短工期。通过优化施工组织设计、采用先进的施工设备和工艺等方式,加快施工进度,降低人工成本和设备租赁成本。

5.3 管理与操作规范

规范的管理和操作是确保超前支护技术有效应用的重要保障。在采矿工程中,需要建立健全超前支护技术的管理和操作规范,加强施工过程中的质量控制和安全管理。在管理方面,要建立完善的超前支护技术管理制度,明确各部门和人员的职责,加强对超前支护工程的设计、施工、验收等环节的管理。同时要加强对施工人员的培训和教育,提高施工人员的技术水平和安全意识,使其熟悉超前支护技术的原理、施工工艺和操作规范。在操作方面,要严格按照设计要求和操作规程进行施工,确保超前支护的施工质量。例如,在锚杆(索)施工过程中,要严格控制锚杆(索)的安装角度、深度和预应力值;在注浆施工过程中,要准确控制注浆压力、流量和注浆时间等参数。还要加强对超前支护工程的监测和维护,及时发现和处理施工过程中出现的问题,确保超前支护工程的安全可靠运行。

结束语

超前支护技术作为采矿工程安全与高效施工的关键保障,在不同作业场景及复杂地质条件下发挥着不可替代的作用。其应用有效提升了采矿工程稳定性,降低安全风险。随着采矿行业发展,未来需持续推进技术创新,加强新材料、新工艺研发,优化管理模式,以适应不断变化的工程需求,推动超前支护技术在采矿工程中实现更广泛、更高效的应用。

参考文献

- [1]高奇强.超前支护在采矿工程中的应用探析[J].能源与节能,2020(11):183-184
- [2]郭卢进.采矿工程中超前支护的应用[J].机械管理开发,2020,31(08):152-153+159.
- [3]班建军.超前支护在采矿工程中的应用[J].矿业装备,2023(2):24-25.
- [4]王强.超前支护在采矿工程中的应用[J].中国金属通报,2022(7):45-47.