

煤矿掘进支护技术在复杂地质条件下的应用

赵亚峰

江苏省矿业工程集团有限公司矿建分公司 江苏 徐州 221000

摘要: 本文探讨了复杂地质条件对煤矿掘进支护的挑战,包括断层破碎带、软岩地层、高应力区域及地下水影响。概述了锚杆、锚索、架棚支护技术特点。针对不同地质条件提出支护技术应用方案,并强调地质条件勘察、支护参数设计及施工质量控制的重要性,以确保支护效果与巷道安全。

关键词: 复杂地质条件; 煤矿掘进; 支护技术; 应用

引言: 在煤矿开采进程中,复杂地质条件给掘进支护带来诸多挑战,如断层破碎带、软岩地层、高应力区域及地下水等。为保障煤矿生产安全高效,需科学运用掘进支护技术。本文围绕复杂地质条件下煤矿掘进支护技术展开探讨,涵盖技术概述、应用要点等内容,旨在为解决实际支护难题提供专业参考。

1 复杂地质条件对煤矿掘进支护的挑战

在煤矿开采过程中,复杂地质条件犹如一道道难以跨越的沟壑,给掘进支护工作带来了诸多严峻挑战。

(1) 断层破碎带是复杂地质条件中极具威胁的一种情况,在这一区域,岩层呈现出高度破碎的状态,节理裂隙纵横交错、密布其间。原本完整的岩体结构被彻底破坏,围岩几乎完全丧失了自稳能力。在掘进作业时,由于缺乏有效的支撑,顶板极易发生冒落现象,巷道也随时可能面临坍塌的危险。这不仅会严重影响掘进进度,更会对井下作业人员的生命安全构成直接威胁。(2) 软岩地层同样给掘进支护带来了巨大难题,软岩具有岩石强度低的显著特点,其抗压、抗拉能力均较弱。更为棘手的是,软岩遇水后会迅速软化,物理力学性质发生显著变化。同时,软岩还具备显著的流变特性,即在外力作用下会发生持续的变形。这就要求支护结构必须长期承受因软岩持续变形而产生的荷载。然而,随着时间的推移,支护结构在持续荷载的作用下极易出现开裂、失效等问题,导致支护效果大打折扣,无法有效保障巷道的稳定性。(3) 高应力区域的存在也使得掘进支护工作面临重重困难,在高应力环境下,地应力的重新分布会对巷道产生诸多不利影响,如巷道底鼓、帮部挤压变形等。这些问题对支护结构的强度和稳定性提出了极高的要求。若支护结构无法承受高应力作用,就难以有效约束围岩的变形,进而引发巷道失稳等安全事故。(4) 地下水的存在进一步加剧了复杂地质条件对掘进支护的挑战,地下水会软化围岩,降低围岩的强度和稳定性,同

时还会增加围岩的自重,加剧失稳风险。而且,地下水的渗流还可能带走围岩中的细小颗粒,导致围岩内部结构松散,进一步恶化围岩状况^[1]。

2 煤矿掘进支护技术概述

2.1 锚杆支护技术

锚杆支护技术是煤矿掘进支护体系中的重要组成部分。其核心机制是利用锚杆搭建起巷道围岩与深部稳定岩体间的连接桥梁。通过锚杆产生的锚固力,把那些处于不稳定状态的岩石牢牢悬吊在稳定岩体之上。在此过程中,原本松散的围岩会形成组合梁或组合拱结构。组合梁结构增强了围岩整体的抗弯性能,组合拱结构则扩大了围岩的自承范围,进而显著提升围岩的自承能力,使围岩自身也能成为支护体系的一部分。锚杆种类丰富,常见的有全长粘结型锚杆、端头锚固型锚杆和摩擦型锚杆等。全长粘结型锚杆锚固力分布均匀,适用于围岩破碎、裂隙多的情况;端头锚固型锚杆施工简便,适合围岩整体较好、局部不稳定的巷道;摩擦型锚杆安装快速,能及时支护,常用于需快速掘进的场景。

2.2 锚索支护技术

锚索支护技术作为煤矿巷道支护中的一种重要主动支护方式,发挥着关键作用。其工作原理是,将高强度钢绞线精准锚固在深部稳定岩层之中。钢绞线在安装后会施加预应力,借助这一预应力对巷道围岩实施加固。(1) 锚索支护具备显著优势,锚固深度大是其突出特点之一。相较于其他支护方式,它能深入到更稳定的岩层,为支护提供可靠的锚固基础。同时,锚索支护的承载力极高,能够承受较大的围岩压力。(2) 在复杂地质条件下,锚索支护的优势尤为明显。在深部矿井,随着开采深度的增加,地应力增大,围岩变形加剧;高应力区域中,巷道围岩也易出现大变形问题。而锚索支护凭借其锚固深度大和承载力高的特性,能够有效控制巷道围岩的大变形,维持巷道的稳定性,保障煤矿生产的安全与高效进行,是复杂地质

条件下巷道支护的得力手段。

2.3 架棚支护技术

架棚支护技术是煤矿巷道支护中一种传统且实用的方式。其具体做法是,在巷道完成掘进作业后,迅速架设金属支架、木支架或混凝土支架等,以此对围岩起到支撑作用。(1)不同材质的支架具有各自的特点,金属支架强度颇高,能够承受较大的围岩压力,而且具备可回收的特性,在巷道服务期满后,可将其回收再利用,降低支护成本,适用于各类巷道环境。木支架成本相对较低,不过其强度有限,难以应对长期、高强度的围岩压力,所以多被用于临时支护,在巷道掘进初期快速提供支撑,防止围岩垮塌。混凝土支架稳定性出色,能够长期保持其支护性能,常被应用于永久支护工程,为巷道提供持久的稳定保障。(2)架棚支护的优势在于能为巷道及时提供支撑力,在围岩破碎、易垮塌的区域,可迅速稳定围岩,保障巷道安全,是煤矿掘进支护中不可或缺的重要手段^[2]。

3 复杂地质条件下煤矿掘进支护技术的应用

3.1 断层破碎带中的支护技术应用

在复杂地质条件里,断层破碎带是煤矿掘进支护面临的一大难题。此区域岩石破碎不堪,整体性极差,单一支护方式难以达到理想的支护效果,联合支护技术成为必然选择。(1)在巷道掘进期间,超前支护是首要环节,采用超前锚杆或超前小导管进行超前支护,这两种支护手段能在巷道正式开挖前,对破碎围岩实施预加固。超前锚杆或小导管深入围岩内部,将松散的岩块串联起来,形成临时支护结构,有效阻止开挖时围岩的突然坍塌,为后续掘进作业创造安全条件。(2)完成超前支护后,锚杆支护紧随其后,依据断层破碎带的破碎程度,合理规划锚杆的布置密度和长度。增加锚杆密度可扩大支护范围,使更多破碎岩块得到固定;适当增长锚杆长度,能深入到相对稳定的岩层,增强锚固效果,进而提升围岩的整体性,让破碎围岩重新形成一个具有一定承载能力的整体。(3)架设金属支架,金属支架强度高、安装便捷,能够迅速为巷道提供即时的支撑力,限制围岩的进一步变形,防止围岩因持续变形而导致支护体系失效,确保巷道在断层破碎带中的稳定性。

3.2 软岩地层中的支护技术应用

在煤矿掘进中,软岩地层是一大挑战,其显著特点是巷道变形大,传统的刚性支护方式难以满足要求,需采用具有高柔性和高阻力的支护技术。(1)锚杆-锚索联合支护是软岩地层中常用的有效手段。锚杆能迅速对围岩进行加固,它通过锚固力将破碎的软岩与深部相对

稳定的岩体连接起来,形成组合结构,有效提高围岩的自稳能力,抑制围岩的早期变形。而锚索则凭借其高强度和可施加预应力的特性,进一步控制围岩的大变形。在巷道开挖后,及时安装锚索并施加预应力,能够主动对围岩施加作用力,抵消部分地应力,防止围岩出现过大的位移。(2)可缩性金属支架也是应对软岩地层变形的关键支护结构。这种支架具有可缩性,当软岩发生变形时,支架能够随之产生一定的收缩,避免因支架刚性过大而被压坏,始终保持对围岩的有效支撑,确保支护结构的长期有效性。(3)注浆加固技术也必不可少。通过向软岩地层中注入水泥浆、化学浆液等材料,填充岩体中的裂隙和孔隙,改善软岩的力学性质,提高围岩的整体强度和稳定性,从本质上增强围岩的自承能力,为巷道提供更可靠的支护保障^[3]。

3.3 高应力区域中的支护技术应用

在煤矿开采的高应力区域,巷道围岩承受着极为巨大的压力,这对支护技术提出了严苛要求,其关键在于提升支护结构的承载能力和稳定性,以保障巷道安全。

(1)锚索支护是高应力区域的核心支护手段,为应对高应力,需增加锚索的长度和直径。较长的锚索能够深入到更稳定的深部岩层,将高应力有效传递至深部,避免应力在巷道周边过度集中;增大直径则可提升锚索自身的强度和锚固力,增强其对围岩的约束作用,从而提高承载力。(2)高强度锚杆支护也必不可少,通过加密锚杆布置,可使锚杆在围岩中形成更密集的支护网络。这些锚杆相互协同,显著增强围岩的抗剪强度,防止围岩因剪切破坏而失稳,同时提升围岩的整体性,让围岩更好地发挥自承能力。(3)在一些特殊情况下,还可结合混凝土喷层,构建锚网喷-锚索联合支护体系,混凝土喷层能够迅速封闭围岩表面,防止围岩风化、剥落,与锚杆、锚索共同作用,形成一个有机的整体支护结构。这种联合支护体系能够充分发挥各支护方式的优势,有效抵抗高应力对巷道围岩的破坏,为巷道在高应力环境下的稳定提供可靠保障。

4 煤矿掘进支护技术应用要点

4.1 地质条件勘察

在煤矿掘进支护技术正式应用之前,地质条件勘察是一项至关重要的基础工作,其准确性和全面性直接关系到支护方案的科学性和有效性。(1)地质条件复杂多变,不同区域的岩石性质、地质构造和应力分布都存在显著差异。因此,必须采用多种勘察手段进行详细探测。地质钻探是一种直接且有效的方法,通过向地下钻探取芯,能够直观地了解岩石的岩性、层理、节理发育

情况,以及是否存在断层、褶皱等地质构造。地球物理勘探则利用岩石的物理性质差异,如电性、磁性、弹性等,来推断地下的地质结构和岩性分布,具有快速、大面积覆盖的优势。(2)综合运用这些勘察手段,可以准确掌握巷道掘进区域的地质信息。这些信息是选择合适支护技术的关键依据,例如在断层破碎带应采用联合支护技术,在软岩地层适合锚杆-锚索联合支护等。同时,地质条件也是设计支护参数的重要基础,如锚杆的长度、直径、间距,锚索的预应力大小等,都需要根据地质条件进行精确计算和合理确定,以确保支护结构能够满足巷道的安全需求。

4.2 支护参数设计

支护参数设计是煤矿掘进支护技术应用中的关键环节,其合理性直接决定了支护技术能否有效发挥作用,保障巷道安全稳定。(1)在完成地质勘察,充分掌握巷道掘进区域的地质信息后,需依据这些结果进行科学合理的支护参数设计。对于锚杆支护而言,要精准确定多个关键参数。锚杆类型需根据岩石性质和地质构造来选,如全长粘结型适合破碎围岩,端头锚固型用于相对完整围岩;长度和直径要依据围岩强度、应力大小确定,以确保锚杆有足够的锚固力;间距和排距的确定则要考虑围岩的稳定性和锚杆的支护范围,避免出现支护盲区。(2)锚索支护同样需要明确关键参数,锚索规格要结合承载要求选择,预应力大小要能有效控制围岩变形,锚固长度要保证锚索能深入稳定岩层。(3)架棚支护时,要确定合适的支架类型,如金属支架适用于多种地质条件,混凝土支架稳定性好常用于永久支护;支架间距要根据围岩压力和支架承载能力来确定,保证支架能为巷道提供可靠支撑。科学合理的支护参数设计,能够充分发挥支护技术的作用,显著提高支护效果^[4]。

4.3 施工质量控制

在煤矿掘进支护技术应用中,严格控制施工质量是保障支护效果、确保巷道安全的核心要素。(1)对于锚杆、锚索支护而言,安装角度和深度的精准把控至关重

要,安装角度偏差可能导致锚固力分布不均,无法充分发挥其支护作用;深度不足则会使锚杆、锚索无法深入到稳定岩层,难以提供足够的锚固力。因此,施工时必须严格按照设计要求操作,采用专业的安装设备和测量工具,确保每一个锚杆、锚索都能精准就位。同时,要严格检查锚固质量,保证注浆饱满、锚固剂使用规范,让锚杆、锚索与围岩紧密结合。(2)在架棚支护过程中,支架的架设质量是关键,支架必须与围岩紧密接触,避免出现悬空现象,以充分发挥其支撑作用。各支架之间的连接要牢固可靠,防止因连接松动而导致支架失稳。(3)加强施工过程中的监测必不可少,通过实时监测围岩变形、支护结构受力等情况,能够及时发现潜在的安全隐患。一旦发现问题,应立即采取针对性的措施进行处理,如调整支护参数、加强支护等,确保支护施工质量始终符合要求,为巷道的安全掘进提供坚实保障。

结束语

综上所述,复杂地质条件给煤矿掘进支护带来了断层破碎带、软岩地层、高应力区域及地下水等多重挑战。而锚杆、锚索、架棚等支护技术各有特点与优势,在不同地质条件下发挥着关键作用。在支护技术应用中,地质条件勘察是基础,支护参数设计是关键,施工质量控制是核心。只有全面把握各环节要点,精准应用支护技术,才能有效应对复杂地质条件,保障煤矿掘进的安全与高效,推动煤矿行业的可持续发展。

参考文献

- [1]牛施开.关于复杂地质条件下煤矿掘进支护技术要点及应用难点研究[J].内蒙古煤炭经济,2024(12):10-12.
- [2]吴磊.复杂地质条件下的煤矿采煤掘进支护技术的运用[J].内蒙古煤炭经济,2025,(03):114-116
- [3]王鹏.复杂地质条件下的煤矿巷道掘进支护技术研究[J].能源与节能,2025,(01):149-152.
- [4]姚晓峰.复杂地质条件下煤矿掘进技术应用[J].矿业装备,2025,(01):14-16.