

煤矿掘进工作面支护研究

唐利山

国能蒙西煤化工股份有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要：随着煤矿业的快速发展，煤矿掘进工作面的支护技术显得至关重要。支护结构的稳定性直接影响着矿区的安全生产及工人的生命安全。本文研究了煤矿掘进工作面的支护理论基础，包括支护原理、设计原则及计算方法，并对锚杆支护、锚索支护和架棚支护等常用技术进行了深入探讨。通过定性与定量分析，评估了各支护技术的效果与经济性，提出了针对性的优化建议和改进措施，旨在提高煤矿掘进工作面的支护效果，确保矿区的安全生产。

关键词：煤矿；掘进工作面；支护技术

引言：煤矿掘进工作面的支护研究是确保矿井安全生产的关键环节。随着煤炭资源的深入开采，地质条件愈发复杂，巷道稳定性问题日益凸显。支护技术的选择和应用直接影响着巷道的安全与使用寿命。因此，本研究旨在深入探讨煤矿掘进工作面的支护原理、技术及其应用效果，为煤矿安全生产提供科学指导，推动煤炭行业持续健康发展。通过本研究，我们期望能为煤矿企业提供更为有效的支护方案，提升巷道稳定性，确保矿井生产安全。

1 煤矿掘进工作面支护理论基础

1.1 支护原理与分类

煤矿掘进工作面的支护主要目的是保证巷道的稳定性和安全性，防止因围岩变形或应力释放导致的工作面垮塌。支护原理主要基于岩体力学、材料力学和结构力学等原理，通过合理的设计和选材，使支护结构与围岩形成共同承载体系，以抵抗地压、水压和其他外部载荷。支护结构按照其工作原理可以分为被动支护和主动支护两大类。被动支护如砌碛、棚式支护等，主要依靠支护结构的自身强度和刚度来承受围岩的变形压力；而主动支护如锚杆、锚索等，则通过锚固在围岩内部的锚杆或锚索，将围岩自身强度利用起来，形成自承能力，与支护结构共同承载。

1.2 支护结构的设计原则及计算方法

支护结构设计应遵循安全、经济、合理的原则。设计过程中，需要充分考虑巷道的地质条件、地压大小与分布、围岩的物理力学性质等因素。此外，支护结构的设计还需考虑施工条件和巷道服务期限等因素。支护结构的计算方法主要包括经验法、理论法和数值法。经验法主要依赖于工程实践经验和类似工程的成功案例，具有一定的局限性；理论法基于岩体力学、材料力学等理论，通过公式和计算模型来确定支护参数，较为严谨但

计算过程较为复杂；数值法如有限元法、离散元法等，通过建立数学模型对支护结构和围岩进行整体分析，可得到较精确的计算结果^[1]。

1.3 支护材料的选择与性能分析

支护材料的选择直接影响到支护结构的性能和使用寿命。常见的支护材料包括木材、钢材、混凝土、合成材料等。木材具有易得、易加工的优点，但强度较低、易腐朽；钢材强度高、耐久性好，但成本较高；混凝土抗压性能好，适用于大型支护结构；合成材料如高分子材料，具有轻质、高强、耐腐蚀等特点，近年来得到了广泛的应用。在性能分析方面，需要考虑材料的强度、刚度、耐久性、抗腐蚀性、成本等因素。例如，对于锚杆材料，要求其具有较高的抗拉强度和延伸率，以确保在受到拉力时不易断裂；对于锚索材料，要求其具有良好的抗疲劳性能和耐腐蚀性，以适应长期载荷和恶劣环境。

2 煤矿掘进工作面支护技术研究

2.1 锚杆支护技术研究

(1) 锚杆支护类型及特点。锚杆支护以其独特的特点和广泛的应用，在煤矿掘进工作面的支护技术中占据了重要地位。锚杆支护按其工作原理主要分为全长粘结型锚杆、端头锚固型锚杆和摩擦型锚杆。全长粘结型锚杆利用砂浆或树脂与锚杆全长粘结，通过摩擦阻力提供支护力，特别适用于软弱岩层或节理发育的围岩。这种锚杆能够提供较为均匀的支护阻力，有效提高岩层的整体稳定性。端头锚固型锚杆则主要通过锚杆端部的锚固体承受拉力，适用于坚硬且整体性较好的岩层。这种锚杆的优点在于它能够在较小的锚杆长度内提供较大的锚固力，从而更加经济有效地进行支护。摩擦型锚杆则主要依赖于锚杆与孔壁之间的摩擦力进行支护，特别适用于破碎岩层或节理发育的复杂地质环境。它的支护效果主要取决于锚杆与孔壁之间的摩擦系数和锚杆的预紧

力。锚杆支护的主要特点在于其能够有效地提高岩体的整体稳定性，减少巷道的变形，保持巷道的几何尺寸。相比传统的支护方式，锚杆支护具有施工方便快捷、材料消耗少等优点。此外，锚杆支护还能够充分利用岩体的自身承载能力，实现支护与岩体的协同承载，从而提高巷道的承载能力^[2]。（2）锚杆支护参数的优化与选择。在锚杆支护设计中，参数的优化与选择至关重要。锚杆的长度、直径、间距和排距等参数需要根据地质条件、巷道断面形状和地压分布等因素进行综合考虑。例如，锚杆长度的选择需要确保锚杆能够深入到稳定的岩层中，提供足够的锚固力；锚杆直径的选择则需要考虑岩体的抗剪强度和锚杆的承载能力；锚杆间距和排距的确定则需要保证锚杆之间的合理分布，以形成有效的支护网络。此外，注浆材料的选择、注浆工艺的控制以及锚杆的安装质量等因素也会对锚杆支护效果产生重要影响。因此，在实际工程中，需要通过现场试验和监测等手段，不断优化锚杆支护参数，提高支护效果。这不仅可以确保巷道的安全稳定，还可以为后续的采煤工作提供良好的作业环境。

2.2 锚索支护技术研究

（1）锚索支护的力学特性。锚索支护在煤矿掘进工作面中扮演着举足轻重的角色，尤其是在高地应力、软岩和破碎围岩等复杂地质条件下。其独特的力学特性使得它能够有效地抵抗围岩的变形压力和地压。锚索支护主要利用高强度钢绞线或钢丝绳等柔性材料，通过锚杆或锚索孔将锚固体与深部稳定岩层相连接。这种连接方式能够形成悬吊、组合梁和桁架等多种作用，有效地分散和传递围岩的压力。与传统的刚性支护相比，锚索支护具有更大的承载能力。其高强度材料和合理的结构设计，使得锚索能够承受来自围岩的多方向压力和变形。同时，锚索支护还具有良好的变形适应性。在围岩发生变形时，锚索可以通过自身的伸长和弯曲来适应这种变形，减少围岩的破坏^[3]。此外，锚索支护的使用寿命也相对较长。由于其材料和结构的耐久性，以及合理的施工工艺和维护措施，锚索支护可以在较长时间内保持其支护效果，减少频繁更换和维修的次数和成本。（2）锚索支护的应用与效果分析。在煤矿掘进工作面中，锚索支护广泛应用于高地应力、软岩和破碎围岩等复杂地质条件下。这些地质条件往往会对巷道的稳定性造成严重威胁，而锚索支护以其独特的力学特性和优异的支护效果，成为保障巷道安全稳定的重要手段。在实际应用中，通过合理设计锚索的长度、直径、间距等参数，可以确保锚索支护的承载能力和稳定性达到最佳状态。同

时，选择合适的注浆材料和注浆工艺也是提高支护效果的关键。注浆材料的选择应根据围岩的性质和地压情况来确定，以确保注浆后锚索与围岩之间的粘结力达到要求。除了单独使用外，锚索支护还可以与锚杆支护、喷浆支护等其他支护方式相结合，形成综合支护体系。这种综合支护体系能够充分发挥各种支护方式的优点，进一步提高巷道的承载能力和稳定性。

2.3 架棚支护技术研究

（1）架棚支护的结构及稳定性分析。架棚支护是煤矿掘进工作中的一种常见支护方式，主要通过钢棚、木棚或其他材料构成的支架体系来支撑巷道围岩，承受地压和抵抗变形。其结构形式多样，如梯形棚、矩形棚等，选择哪种结构形式主要依据巷道的实际地质条件。支架的稳定性是架棚支护技术的核心。首先，支架的承载能力至关重要。支架必须拥有足够的强度和刚度，才能有效抵抗来自围岩的压力和变形，确保巷道的安全稳定。其次，支架与围岩的接触条件也直接影响其稳定性。良好的接触能够确保支架与围岩之间的应力传递顺畅，避免应力集中和失稳现象的发生。最后，支架的变形适应能力也是稳定性的重要因素。在巷道掘进过程中，围岩会产生一定的变形。支架应具有一定的变形适应能力，在受到外力作用时能够发生一定程度的变形而不失稳，从而适应巷道的变化^[4]。（2）架棚支护在实际工作面的应用。架棚支护技术在煤矿掘进工作面中有着广泛的应用，特别是在围岩条件较差、变形较大的地段。这些地段往往地质条件复杂，传统的支护方式难以满足支护需求，而架棚支护以其独特的结构和优异的力学性能成为首选方案。在实际应用中，选择合适的支架材料和结构形式是关键。根据巷道的地质条件和地压分布情况，可以灵活选择钢棚、木棚或其他材料，以及梯形棚、矩形棚等不同的结构形式。同时，为了确保支架的稳定性和承载能力，还需要采取适当的加固措施，如增加支架密度、加强支架与围岩的接触等。这些措施能够有效提高支架的支护效果，保障巷道的安全稳定。

2.4 其他支护技术介绍与比较

在煤矿掘进工作中，除了之前介绍的锚杆支护、锚索支护和架棚支护外，还有其他多种支护技术得到了广泛应用。每种支护技术都有其独特的适用范围和优缺点，因此在实际工程中，需要根据具体的地质条件、施工环境和经济因素来选择合适的支护方式。（1）喷射混凝土支护是一种快速封闭巷道的支护方法。它通过喷射设备将混凝土混合物高速喷射到围岩表面，形成一层密实的混凝土层。喷射混凝土支护具有施工速度快、整

体性好的优点,能够有效封闭巷道,防止围岩风化和松动。然而,这种方法对施工环境要求较高,需要在干燥、无水的条件下进行,且材料消耗较大,成本相对较高。(2)钢带支护则是一种利用高强度钢带作为支护结构的支护方式。钢带通过锚杆或锚索固定在围岩中,能够承受较大的拉应力和剪应力,提高巷道的承载能力。钢带支护具有承载能力强、稳定性好的特点,适用于高地应力、软岩等复杂地质条件。然而,钢带支护的重量较大,施工较为困难,且钢材的耐腐蚀性能较差,需要定期维护和更换。(3)注浆加固是一种通过向巷道围岩中注入浆液来加固岩体的支护方法。浆液通过注浆设备注入到岩体的裂隙和孔洞中,填充和固结岩体,提高岩体的整体性和强度。注浆加固能够改善岩体的物理力学性质,减少巷道的变形和破坏。注浆加固适用于围岩破碎、节理裂隙发育等地质条件,但浆液的选择和注浆工艺对加固效果影响较大,需要严格控制施工质量和注浆参数。

3 支护技术的综合评价与优化建议

3.1 支护技术效果的定性与定量分析

支护技术效果的评估是确保巷道安全稳定的重要环节。定性分析方面,我们可以通过现场观察、变形监测和结构完整性检查等手段,对支护技术的应用效果进行直观判断。例如,观察巷道是否出现明显的变形、开裂或破坏现象,检查支护结构是否完整、稳定,以及是否存在明显的应力集中区域等。定量分析则需要通过收集和分析大量的监测数据来实现。这些数据可以包括巷道变形量、支护结构应力分布、围岩位移等。通过统计分析这些数据,我们可以得出支护技术在实际应用中的效果指标,如支护结构的承载能力、变形控制能力等。这些指标可以为支护技术的优化和改进提供科学依据。

3.2 支护技术的经济性评价

支护技术的经济性评价是综合考虑支护效果与成本投入的过程。首先,我们需要评估支护技术的初期投资成本,包括材料成本、施工成本等。然后,结合支护技术的使用寿命、维护成本和更换频率等因素,计算支

护技术的总成本。同时,我们还需要分析支护技术对生产效益的影响。支护技术的应用可以有效减少巷道的变形和破坏,保持巷道的稳定性,从而提高煤矿的生产效率。此外,支护技术还可以降低安全事故的风险,减少因巷道失稳而造成的生产中断和人员伤亡等损失。综合考虑支护技术的成本投入和生产效益,我们可以得出支护技术的经济性评价结果。这将为支护技术的选择和优化提供重要的参考依据。

3.3 基于综合评价的优化建议与改进措施

基于支护技术效果的定性与定量分析以及经济性评价,我们可以提出针对性的优化建议和改进措施。例如,针对某些支护效果不明显的地段,我们可以优化支护参数设计,如增加锚杆或锚索的密度、改进注浆工艺等。对于成本较高的支护技术,我们可以探索使用新型材料或简化施工流程等方法来降低成本。此外,我们还应加强支护技术的现场管理和维护工作,确保支护结构的完整性和稳定性。同时,建立完善的监测体系,及时发现和处理支护结构的问题和隐患,避免安全事故的发生。

结束语

本文对煤矿掘进工作面的支护技术进行了全面而深入的分析,旨在为煤矿安全生产提供理论支持和实践指导。通过综合评估各种支护技术的效果和经济性,我们提出了针对性的优化建议和改进措施,以期提高支护效果、降低生产成本并保障矿工的生命安全。展望未来,我们将继续关注煤矿掘进支护技术的发展趋势,为煤炭行业的可持续发展贡献智慧和力量。

参考文献

- [1]李菁戈.煤矿掘进巷道支护技术研究[J].机械管理开发,2019,33(10):265-267.
- [2]王晓.煤矿快速掘进技术中锚杆支护分析[J].机械管理开发,2020,33(09):279-281.
- [3]李永旺.煤矿掘进巷道锚杆支护技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2019(17):53-54.
- [4]邓呈.煤矿掘进中支护技术的应用[J].能源与节能,2018(08):111-112.