

# 复杂地质条件下采矿掘进支护技术及应用

## Mining Excavation Support Technology and Its Application under Complex Geological Conditions

孙汉超

Hanchao Sun

冀中能源邯矿集团矿山管理分公司 中国·河北邯郸 056000

Jizhong Energy Han Mining Group Mine Management Branch, Handan, Hebei, 056000, China

**摘要:** 随着矿产资源的逐步开采,遇到的地质条件越来越复杂。复杂地质条件不仅加大了采矿掘进的难度,还对工人的安全产生了严重威胁。因此,如何合理、有效地应用采矿掘进支护技术,确保巷道在复杂地质条件下的稳定和安全,成为矿业领域关注的焦点。论文旨在分析复杂地质条件对采矿掘进的影响,探讨现有的支护技术及其在复杂地质环境中的应用,以为相关工程提供有价值的参考。

**Abstract:** With the gradual exploitation of mineral resources, the geological conditions encountered are becoming increasingly complex. The complex geological conditions not only increase the difficulty of mining and excavation, but also pose a serious threat to the safety of workers. Therefore, how to reasonably and effectively apply mining excavation support technology to ensure the stability and safety of tunnels under complex geological conditions has become a focus of attention in the mining industry. This paper aims to analyze the impact of complex geological conditions on mining excavation, explore existing support technologies and their applications in complex geological environments, and provide valuable references for related engineering.

**关键词:** 复杂地质条件; 采矿掘进; 支护技术; 高强度支护结构

**Keywords:** complex geological conditions; mining excavation; support technology; high strength support structure

**DOI:** 10.12346/etr.v5i11.8766

## 1 引言

随着浅部矿产资源的日益枯竭,深部矿产资源的开采已成为必然趋势。然而,深部地质条件通常更为复杂,如软弱破碎地层、裂缝、溶洞等地质缺陷频发。这些复杂地质条件给采矿掘进带来了诸多挑战,如巷道变形、冒顶、片帮等事故风险增加。因此,在复杂地质条件下,采用合理、高效的支护技术对于保障采矿安全、提高采矿效率具有重要意义。

## 2 复杂地质条件对采矿掘进的影响

复杂地质条件对采矿掘进工程的影响深远且多元化,它不仅直接关系到掘进的难易程度,更影响着工程的安全性、稳定性、效率及经济效益。为了更全面地理解这种影响,我们必须深入了解复杂地质条件所包含的各种要素及其与采矿掘进工程的相互关系。

在复杂地质环境中,地层的物理性质及地质构造是关键因素。例如,在包含软弱破碎地层的区域,由于这类地层的承载能力较低,掘进过程中很容易发生巷道的变形和塌方。这种塌方不仅可能导致工人生命的危险,同时也将造成设备的损坏和工程的延误,进而影响到整个工程的经济效益。

除了软弱破碎地层,断裂带和溶洞也是造成地质条件复杂化的重要因素。这些地质构造破坏了岩层的连续性和完整性,导致巷道掘进过程中面临的不确定性和风险显著增加。尤其是在没有有效地质预报和适当支护措施的情况下,这种风险将被进一步放大,可能引发岩爆、突水等严重地质灾害,对工程进度和人员安全构成严重威胁。此外,高地应力也是深部矿产开采中常见的复杂地质条件。随着开采深度的增加,地应力逐渐升高,可能导致巷道发生挤压变形,增加巷道的维护难度。同时,高地应力也可能引发冲击地压等动力

【作者简介】孙汉超(1986-),男,中国河北邯郸人,本科,工程师,从事采矿工程研究。

灾害,对采矿设备和人员安全造成威胁。因此,面对复杂地质条件带来的挑战,传统采矿掘进方法和支护技术显得力不从心。要克服这些挑战,不仅需要采用高强度的支护结构来确保巷道的稳定,还需结合多种支护技术以应对不同的地质问题<sup>[1]</sup>。

### 3 采矿掘进支护技术基础

#### 3.1 采矿掘进支护技术的定义和分类

采矿掘进支护技术,通常简称为支护技术,是专门应用于采矿掘进过程中的一种工程技术方法。其主要目的是通过增强巷道的稳定性,防止围岩的变形和坍塌,以确保采矿作业的安全与高效。

支护技术可以根据其作用原理和应用方式分为以下几类:

**被动支护:**这类支护技术主要是在围岩发生变形或破坏后,为其提供支撑,防止进一步的坍塌。

**主动支护:**与被动支护不同,主动支护在围岩发生显著变形之前就进行预加固,以防止变形和破坏。

**混合支护:**混合支护是结合被动和主动支护的方法,根据具体的地质条件和工程要求,综合运用不同的支护技术。

**局部支护:**仅对巷道的特定区域或局部进行支护,如顶板、两帮等。常用的局部支护方式有顶板锚杆支护、帮锚杆支护等。

**全断面支护:**对整个巷道断面进行支护,增加巷道的整体稳定性。常见的全断面支护方式有钢架喷浆支护、钢筋网喷浆支护等。

#### 3.2 传统采矿掘进支护技术

传统采矿掘进支护技术多是基于经验和实地试验得出的,它们在过去很长一段时间内为矿山工程提供了有效的技术支持。其中,木材支护、钢铁支护、石材支护等是常见的传统支护方式。例如,木材支护采用木材构架支撑巷道顶板和两侧,简单易行,但支护能力相对较低。

传统支护技术虽然基于经验和实地试验,但在实际应用中具有一定的有效性和经济性。在使用传统支护技术时,通常需要结合具体地质条件和巷道形状进行选择 and 设计。例如,木材支护适用于地压较小、跨度不大的巷道;而钢材支护在地质条件较差、地压较大的情况下能提供更好的支护效果<sup>[2]</sup>。

同时,传统支护技术在施工过程中也有一定的技术要求,如施工质量的控制、支护结构的合理布局等,这些因素都会影响到传统支护技术的效果。

#### 3.3 现代采矿掘进支护技术

随着科技的进步和对矿山工程安全、效率要求的提高,现代采矿掘进支护技术应运而生,这些技术更加注重科学性、精确性和高效性。

**高强度钢材支护:**使用高强度钢材制作的支架,具有更

高的承载能力和稳定性,能够适应更为复杂的地质条件。

**锚杆支护:**锚杆支护是一种主动支护方式,通过锚杆深入稳定岩层,提前加固围岩,有效防止围岩变形和坍塌。

**注浆加固技术:**利用高压注入特种浆液,使其在地层中固化,提高围岩的整体性和稳定性。

**数值模拟与优化技术:**随着计算机技术的进步,利用数值模拟方法对巷道稳定性进行预测和优化已成为现代支护设计的重要手段。这使得支护设计更加精准、经济。

### 4 复杂地质条件下采矿掘进支护技术应用

#### 4.1 高强度支护结构技术

在复杂地质条件下,采矿掘进过程中面临诸多挑战,特别是遇到软弱破碎地层时,巷道的稳定性和承载力成为关键问题。为了解决这一难题,高强度支护结构技术应运而生,并在实际应用中展现出优异的效果。

在复杂地质环境中,高强度支护结构技术发挥着举足轻重的作用。这种支护结构采用了高强度钢材和混凝土,经过精确的设计和施工,成功实现了对地层变形和压力的有效抵抗。不仅如此,高强度支护结构的出现,显著增强了巷道的稳定性和承载能力,为采矿掘进作业的安全进行提供了有力保障。

值得注意的是,这种高强度支护结构的设计并非简单粗暴,而是基于深入的地质勘测和科学的分析。在设计之初,工程师们会详细研究地质资料,了解地层的物理性质、构造特征以及地下水条件等因素,从而为支护结构的设计提供可靠的依据。在施工过程中,工人们也会严格遵守设计要求,确保支护结构的精确安装和牢固性<sup>[3]</sup>。

面对软弱破碎地层,传统的支护方式往往难以应对地层的大变形和高压力。而高强度支护结构技术通过其卓越的承载能力和稳定性,成功克服了这些难题。在实际应用中,这种支护结构不仅能够有效地防止巷道的冒顶、片帮等事故,还能显著减少巷道的维修和加固频率,从而降低工程成本和提高采矿效率。

#### 4.2 注浆加固技术

在复杂地质条件下,采矿掘进过程中常常遇到地层中存在裂缝、溶洞等地质缺陷的情况。这些问题不仅严重影响了巷道的稳定性,还给采矿作业带来了极大的安全隐患。为了解决这一难题,注浆加固技术成为一种非常有效的解决方案。

注浆加固技术是一种通过向地层中注入特种水泥浆或化学浆液,使其在地层中固化,从而提高地层的整体性和稳定性的技术。这种技术在地层存在裂缝、溶洞等地质缺陷时特别有效。通过注浆加固技术,我们能够将这些地质缺陷进行填补和固化,使地层形成一个完整的整体,增加地层的承载能力和稳定性。

在实际应用中,注浆加固技术通常分为水泥注浆和化学

注浆两种方式。水泥注浆采用特种水泥浆作为注浆材料,具有固化后强度高、耐久性好等优点。而化学浆液则具有固化速度可调、渗透能力强等特点,适用于一些特殊的地质条件。

注浆加固技术的施工过程需要严格控制注浆参数和施工工艺。首先,需要进行详细的地质勘测,了解地质缺陷的分布情况和性质,确定合理的注浆方案。其次,在施工过程中,需要精确控制注浆材料的配比、注浆压力和注浆量等参数,确保浆液能够充分填充地质缺陷并固化。最后,需要对注浆效果进行检测和评估,确保加固效果符合设计要求。

通过采用注浆加固技术,我们可以有效解决地层中存在裂缝、溶洞等地质缺陷带来的问题。这种技术能够显著提高地层的整体性和稳定性,增加巷道的承载能力和抗震能力,确保采矿作业的安全进行。同时,注浆加固技术还可以改善巷道的支护效果,减少巷道的变形和维修频率,降低工程成本,提高采矿效率。

### 4.3 锚杆支护技术

锚杆支护技术,在复杂地质条件下的采矿掘进中,是一项不可或缺的重要技术。这项技术的广泛应用,无疑为矿业工程的稳定性和安全性提供了坚实的保障。

锚杆支护技术是一种主动支护方式,它的核心理念就是将不稳定的岩层或土体固定在稳定的岩层或土体上,防止其发生滑动或坍塌。这种支护方式不仅适用于各种复杂地质条件,而且具有施工灵活、效果显著等优点。

锚杆,作为该技术的核心构件,被深入地锚固在地层中。它通过其强大的锚固力,有效地将围岩稳定在设定位置,防止其产生过大的变形和位移。在这个过程中,锚杆不仅起到了一个固定作用,更重要的是,它通过与围岩的相互作用,改变了围岩的应力分布,提高了围岩的自承能力<sup>[4]</sup>。

除了锚杆本身的作用外,这项技术通常还会与金属网、喷射混凝土等配合使用,形成更为稳固的支护结构。例如,金属网能够防止小块岩石的掉落,同时与锚杆一起形成一个整体,增强支护结构的整体性。而喷射混凝土则能够进一步提高支护结构的强度和刚度,使其更好地抵抗围岩的压力和变形。

在实际应用中,锚杆支护技术的设计和施工都需要根据具体的地质条件和工程要求进行。设计时需要充分考虑围岩的物理性质、地质构造以及地下水等因素,确定合理的锚杆布置和参数。施工时则需要严格控制锚杆的安装质量,确保其能够充分发挥作用。

### 4.4 联合支护技术

在采矿掘进过程中,遭遇复杂地质条件是常有的事情。这些复杂地质条件可能包括软弱破碎的地层、存在裂缝和溶洞的地层、高地应力区域等。在这些条件下,单一的支护方式往往难以提供足够的稳定性和安全性。因此,需要采用联合支护技术来应对这些挑战。

联合支护技术的核心思想是整合不同支护方式的优势,形成互补效应,从而提高支护效果。具体而言,锚杆支护技术通过锚固力将不稳定岩层或土体固定在稳定岩层或土体上,起到主动加固的作用。注浆加固技术则通过注入特种水泥浆或化学浆液,在地层中固化,提高地层的整体性和稳定性,有效填补地层中的缺陷。而高强度支护结构技术利用高强度钢材和混凝土构成支护结构,抵抗地层的变形和压力,确保巷道的稳定性和承载力。

这三种支护方式在联合支护技术中相互协作,形成了一个多层次的支护体系。首先,锚杆支护技术通过主动加固作用,将不稳定岩层与稳定岩层连接在一起,形成初步的加固效果。其次,注浆加固技术在地层中固化浆液,填补裂缝和缺陷,进一步增强地层的稳定性。最后,高强度支护结构技术提供强大的承载能力和抗变形性能,确保巷道在面对复杂地质条件时能够保持稳定和安全<sup>[5]</sup>。

联合支护技术的优势在于它可以根据具体地质条件进行灵活设计和调整。工程师们可以根据地质勘测数据和实际情况,选择合适的支护方式和技术参数,以达到最佳支护效果。这种定制化的设计能够最大程度地发挥每种支护方式的潜力,并确保支护体系与地质环境相匹配。

需要注意的是,联合支护技术的应用需要综合考虑多个因素,包括地质条件、巷道形状、施工技术等。在施工过程中,应严格遵守设计要求,确保每个支护构件的正确安装和施工质量。此外,对于支护体系的监测和维护同样重要,及时发现并处理潜在问题,确保巷道的稳定性和安全性。

## 5 结语

论文从复杂地质条件出发,系统分析了采矿掘进支护技术的现状与应用。高强度支护结构、注浆加固、锚杆支护以及联合支护技术在复杂地质环境中表现出了良好的应用效果,为矿业领域的安全生产提供了有力支持。然而,随着开采深度的增加,未来可能面临更为复杂的地质条件。因此,需要进一步加强支护技术的研究与创新,以适应更为严苛的开采环境,确保矿产资源的可持续开发与利用。

## 参考文献

- [1] 张峰.复杂地质条件下的煤矿掘进支护技术的应用[J].内蒙古煤炭经济,2023(16):157-159.
- [2] 郭鑫琳.复杂地质条件下煤矿掘进支护技术的应用[J].能源与节能,2023(8):127-129.
- [3] 杨海鹏.复杂地质条件下采矿掘进支护技术及应用探究[J].当代化工研究,2023(16):108-110.
- [4] 邓旭斌,曹珂,李政伟.复杂地质条件下的采矿掘进支护技术[J].冶金与材料,2023,43(7):103-105.
- [5] 岑文.复杂地质条件下的煤矿掘进支护技术应用[J].当代化工研究,2023(13):69-71.