

# Application and challenge of driving support technology in mining of thick coal seam in “three soft” geology

Jianxiong Liu

Huozhou Coal Power Group Fenyuan Coal Industry Co., Ltd., Xinzhou, Shanxi, 035107, China

## Abstract

“Three soft” geological conditions, namely soft rock, soft coal and soft surrounding rock, have brought great challenges to coal mining. Under the condition of large slope and thick coal seam, the traditional mining technology and support technology are faced with many difficulties, and it is urgent to improve the mining efficiency and safety through technological innovation and improvement. As the core technology to ensure the stability and safety of coal mining, excavation support technology has been widely used in the coal mining process under “three soft” geological conditions. This paper analyzes the current situation of excavation support technology, discusses its application practice under “three soft” geological conditions, analyzes the challenges faced in the current application of technology, and puts forward the direction of future improvement. The research shows that the optimization of support technology, combined with new support materials and intelligent control, can effectively solve the safety and stability problems in the mining process under the “three soft” geological conditions, and provide technical support for the sustainable development of coal mines.

## Keywords

three soft geology; Thick coal seam; Driving support technology; Mining safety; Intelligent control

## 掘进支护技术在“三软”地质厚煤层开采中的应用与挑战

刘建雄

霍州煤电集团汾源煤业有限公司, 中国·山西忻州 035107

## 摘要

“三软”地质条件, 即软岩、软煤和软围岩, 给煤矿开采带来了极大的挑战。在大坡度和厚煤层的条件下, 传统的采煤工艺和支护技术面临诸多困难, 亟须通过技术革新与改进来提升开采效率与安全性。掘进支护技术作为保障煤矿开采稳定性与安全性的核心技术, 已被广泛应用于“三软”地质条件下的煤矿开采过程中。本文通过分析掘进支护技术的现状, 探讨了其在“三软”地质条件下的应用实践, 分析了当前技术应用中面临的挑战, 并提出了未来改进的方向。研究表明, 通过优化支护技术, 结合新型支护材料与智能化控制, 能够有效解决“三软”地质条件下开采过程中的安全与稳定问题, 为煤矿的可持续发展提供技术保障。

## 关键词

三软地质; 厚煤层; 掘进支护技术; 开采安全; 智能化控制

## 1 引言

随着煤炭资源的日益枯竭, 煤矿开采逐渐向复杂的“三软”地质条件转移。所谓“三软”地质条件, 是指软岩、软煤和软围岩等复杂的地质构造。这种地质条件下, 煤矿开采的安全性和稳定性面临着极大的挑战, 尤其是在大坡度和厚煤层的开采过程中, 传统的掘进支护技术已无法满足实际需求。掘进支护作为保障煤矿开采稳定性和安全性的重要技术, 其技术水平的高低直接影响到矿井的生产效率和作业环境。在“三软”地质条件下, 如何提高支护的适应性和稳定性,

已经成为煤矿技术发展的关键问题。本文旨在探讨掘进支护技术在“三软”地质厚煤层开采中的应用现状、挑战及未来的发展方向, 进而为提高煤矿开采的安全性与效率提供理论支持与技术指导。

## 2 三软地质条件下掘进支护的技术背景

“三软”地质条件是当前煤矿开采中面临的主要地质问题之一。由于软岩、软煤和软围岩的物理力学性质较差, 煤层的稳定性较弱, 这使得开采过程中易发生煤层坍塌、岩石滑坡等安全事故。为确保煤矿的安全开采, 必须对支护技术进行优化与改进, 以适应这一复杂的地质环境。

### 2.1 软岩和软围岩的特点与影响

软岩和软围岩的力学性质较差, 主要表现为强度低、变形大、易崩塌。特别是在煤层开采过程中, 软岩和软围岩

【作者简介】刘建雄(1988-), 男, 中国山西洪洞人, 本科, 工程师, 从事采矿研究。

的支撑力不足,极易造成地面沉降和煤层变形。这些因素会直接影响支护结构的稳定性,使得掘进作业的难度增加。

## 2.2 软煤层的开采特性

软煤层的开采难度较大,主要表现为煤层的脆性和易碎性。采煤机的作用力容易使煤层发生破碎,进而影响开采效率。此外,由于软煤层缺乏足够的支撑力,煤层在开采过程中容易发生垮塌,从而导致事故的发生。因此,需要对支护系统进行特殊设计,以提高煤层的稳定性和支护的效果。

## 2.3 传统掘进支护技术的局限性

传统的掘进支护技术,通常采用钢支架、木支架等手段进行支护。这些支护技术虽然在一定程度上能够保障煤矿的开采安全,但在“三软”地质条件下,效果不理想。传统支护材料和结构存在适应性差、稳定性差、维护成本高等问题,难以满足大坡度、厚煤层和复杂地质条件下的开采需求。因此,急需对掘进支护技术进行改进与创新,以适应更为复杂的矿井环境。

## 3 掘进支护技术在“三软”地质厚煤层中的应用实践

针对“三软”地质条件,煤矿企业和科研机构已经开展了大量的技术研发和应用实践,取得了一定的进展。通过优化支护技术、更新支护材料和加强智能化控制,煤矿开采的安全性和效率得到了显著提升。

### 3.1 高强度支护材料的应用

在“三软”地质条件下,高强度支护材料的应用是解决矿井稳定性问题的有效途径。例如,超高强度的钢支架、复合材料支护板和喷射混凝土等新型支护材料,可以大大提高支护结构的稳定性和适应性。这些材料能够承受更大的压力,减少支护结构因煤层变形而发生的破坏。此外,复合材料支护板具有更好的韧性和耐久性,能够更好地适应软煤层和软围岩的变化,提供长期的支护保障。

### 3.2 液压支护技术的创新应用

液压支护技术作为一种新型支护技术,具有较高的适应性和灵活性。在“三软”地质条件下,液压支护能够根据矿井的实际情况调整支护力,确保支护系统的稳定性。液压支护系统通过控制支架的液压系统,可以实现支护结构的自适应调整,适应矿井开采过程中不断变化的压力 and 支护需求,从而提高支护的效率和安全性。

### 3.3 智能化支护系统的应用

随着信息技术和自动化技术的发展,智能化支护系统逐渐被应用于煤矿开采过程中。智能化支护系统能够实时监测矿井的开采情况,获取煤层稳定性、支护力、煤层温度等关键数据。通过数据分析,智能化系统可以实时调整支护策略,确保煤层的稳定性和矿井的安全。同时,智能化监控系统还能够检测设备的运行状态,及时发现设备故障,避免因设备故障造成的事故。这一技术的应用大大提高了煤矿的管

理水平和安全性。

## 4 掘进支护技术面临的挑战与解决策略

尽管掘进支护技术在“三软”地质条件下的应用已取得了一定的成效,但在实际应用中仍然面临诸多挑战,尤其是在大坡度、厚煤层及复杂地质条件下,传统技术的局限性更加凸显。解决这些问题,除了要加大技术创新外,还需要在支护材料、支护系统的稳定性以及智能化技术的普及等方面采取有效的应对策略。

### 4.1 支护材料的适应性问题

尽管高强度支护材料如钢支架、喷射混凝土等在矿井支护中已被广泛使用,但其适应性问题在“三软”地质条件下仍显得尤为突出。软岩、软煤和软围岩的开采,特别是在深层和大坡度条件下,地层的稳定性较差,导致矿井巷道的支护需求极高。现有的支护材料在某些环境下的耐久性不足,常常导致支护结构提前失效,这对煤矿的安全性构成了威胁。此外,由于“三软”地质的复杂性,部分材料可能无法适应快速变化的地质条件,进而导致支护效果不佳。为了应对这一挑战,未来亟需研发更具适应性的支护材料。例如,高强度复合材料、智能感应支护材料等新型材料的出现,有望通过其较高的强度、良好的变形能力以及在复杂地质条件下的适应性,解决当前支护材料不足的问题。研发阶段的材料,还需通过与实际生产数据相结合,进行多次现场试验与模拟,以确保其稳定性和耐久性。

### 4.2 支护系统的稳定性问题

在“三软”地质条件下,围岩和煤层的稳定性差,支护系统容易发生变形、失稳或破坏。尤其在大坡度和厚煤层开采过程中,支护系统受到的压力更大,地下水和瓦斯等问题的交互影响也增加了支护系统的不稳定性。传统的支护结构在应对这些复杂因素时,往往显得力不从心。以传统的钢支架为例,尽管具有较强的承载力,但在面对软围岩和软煤层时,支撑效果仍然有限。煤矿开采时,由于支护系统经常暴露在高应力和变形环境中,容易出现支护结构的疲劳破坏,尤其是在长时间高强度使用后,支护的可靠性降低。因此,支护技术的进一步优化至关重要。改进支护结构的稳定性,首先需要通过合理的支护设计来减小支护结构受到的外部压力,如增加支护构件的数量,采用高强度支护材料等。其次,支护技术的自动化与智能化发展,也将有效监控支护系统的运行状态,通过实时数据分析来调整支护系统,以更好地适应不同地质环境下的变化。值得注意的是,不同地区和不同煤矿的地质情况不同,因此支护技术的应用需要结合实际地质环境,量身定制支护方案。

### 4.3 智能化技术的普及问题

智能化支护技术近年来在部分煤矿取得了一定进展,但仍面临普及率低、技术成本高等问题。智能化支护系统的核心优势在于其能够通过大数据采集、实时监控和数据分

析,实现支护系统的自适应调节,从而在开采过程中实时调整支护策略,以应对复杂的地质条件。然而,目前智能化技术的应用还面临着技术普及率低、设备投资高、操作复杂等问题,尤其是在一些中小型矿井,资金和技术力量有限,智能化支护系统的推广受到了较大阻碍。为了加速智能化支护技术的普及,煤矿企业首先需要加大对智能化技术的研发投入,并引进先进的技术设备,逐步降低智能化系统的运行和维护成本。与此同时,国家和地方政府也应通过政策支持和资金补助,推动智能化技术的应用推广。此外,智能化系统的应用不仅仅限于技术层面的革新,还需要配合工作人员的培训,提高技术人员的操作能力和应用水平。

## 5 未来发展方向

随着科技的不断进步,掘进支护技术也在不断发展。在“三软”地质条件下,未来掘进支护技术的研究方向将更加注重智能化、自动化、个性化的发展趋势。智能化支护系统的发展,将是未来煤矿开采的重要趋势之一。通过引入人工智能、大数据分析、物联网等先进技术,支护系统将具备更加精准的预测和自适应调节能力。未来的智能化支护系统不仅能够实时监控支护结构的稳定性,还能根据矿井的实时数据调整支护策略,做到提前预警和精准调节,提高煤矿开采的安全性和效率。

另外,支护材料和设备的创新也将是未来发展的重点方向。随着新型材料和新型设备的不断涌现,未来煤矿开采中的支护技术将更加高效、安全。例如,能够智能感知应力变化的复合材料支护系统,可以实现实时调节支护压力,避免因材料破损引发的煤矿事故。同时,未来的支护设备将更加轻便、高效,能够在极为复杂的地质条件下进行自动化作业,提高工作效率并减少人工干预。

此外,自动化技术的应用也是未来支护技术发展的关键方向。自动化支护技术能够减少人工操作,提高煤矿开采的安全性。自动化支护设备不仅能够高效完成支护任务,还能够通过智能控制系统自动调整支护结构的高度、角度和位置,极大提高支护系统的适应性和稳定性。

## 6 结语

掘进支护技术在“三软”地质条件下的应用,不仅对

提高煤矿开采的安全性、生产效率及稳定性具有重要意义,还在保障矿井安全和提高经济效益方面发挥着不可忽视的作用。随着矿井开采深度的不断增加和采掘难度的不断加大,传统的掘进支护技术已逐渐难以适应复杂多变的地质环境。尤其是在“三软”地质条件下,软岩、软煤和软围岩的开采使得支护系统面临更大压力,导致支护材料的老化、支护结构的不稳定和支护系统的失效。因此,提升支护技术的适应性和稳定性,成为当前煤矿开采技术研究的核心问题之一。

目前,掘进支护技术虽然在实际应用中已取得一定成果,但在支护材料的适应性、支护系统的稳定性、智能化技术的普及等方面依然存在诸多问题。例如,部分支护材料的耐久性不足,无法在“三软”地质条件下保持良好的支护效果,导致矿井巷道支护结构失效,甚至发生煤层坍塌等事故;支护系统的稳定性不足,容易发生变形、失稳等现象,这些问题对矿井的生产安全构成了重大威胁。

随着科技的不断进步和技术的逐步优化,未来掘进支护技术将朝着智能化、自动化和个性化方向发展。智能化支护技术的推广,能够通过实时监控与数据分析,动态调整支护方案,提前预警潜在的支护风险,极大提高支护系统的稳定性与安全性。同时,自动化技术将进一步提高采掘作业的效率 and 精确度,减少人工操作,降低人为失误和安全隐患。个性化的支护方案将根据不同煤矿的地质条件量身定制,使支护系统更加适应复杂的地质环境。因此,随着这些新技术的不断应用与发展,煤矿开采的效率将得到显著提升,事故发生率有望大幅降低,矿工的作业环境将得到更加有效地保障。

## 参考文献

- [1] 王振帆.煤矿开采过程中采煤工艺与技术探讨[J].能源与节能,2025,(01):191-193+197.
- [2] 张敏.某煤矿薄煤层高效开采技术分析[J].能源与环境,2024(02):48-50.
- [3] 伍永平,郎丁,负东风,等.我国大倾角煤层开采技术变革与展望[J].煤炭科学技术,2024,52(01):25-51.
- [4] 王瑞龙.煤矿井下特厚煤层开采关键技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2023,(21):38-40.