

Research on Surrounding Rock Stability Analysis and Support Optimization for Deep Coal Mine Mining Engineering

Yamin Liu

Shanxi Xinzhou Shenda Qifeng Coal Industry Co., Ltd., Ningwu, Shanxi, 036700, China

Abstract

In deep coal mining engineering, the stability of surrounding rock is a key factor in ensuring mine safety and improving production efficiency. As the depth of mining continues to increase, the stability of surrounding rock faces greater challenges. The destruction and deformation of surrounding rock directly impact the safety of the mining process and the design of the support system. This paper analyzes the factors influencing surrounding rock stability in deep coal mines, including geological conditions, mining methods, and the physical and mechanical properties of surrounding rock, and explores the mechanisms of surrounding rock deformation and failure. By applying various stability evaluation methods and combining actual mine data, the paper assesses the impact of different support technologies on surrounding rock stability and proposes an optimized support design plan. The research provides theoretical basis and technical support for the support design of deep coal mining projects, contributing to the sustainable development of coal mining.

Keywords

deep coal mine; surrounding rock stability; support optimization; mining engineering

深部煤矿采矿工程围岩稳定性分析与支护优化研究

刘亚民

山西忻州神达栖凤煤业有限公司, 中国·山西 宁武 036700

摘要

深部煤矿采矿工程中, 围岩稳定性是确保矿山安全和提高生产效率的关键因素。随着矿山深度的不断增加, 围岩稳定性面临更大的挑战。围岩的破坏和变形直接影响到采矿过程的安全性及支护系统的设计。本文通过分析深部煤矿围岩稳定性影响因素, 包括地质条件、开采方式及围岩的物理力学性质等, 探讨了围岩变形与破坏机制。通过应用多种稳定性评价方法, 结合实际矿山数据, 评估了不同支护技术对围岩稳定性的影响, 并提出了支护优化设计方案。研究为深部煤矿采矿工程的支护设计提供了理论依据和技术支持, 有助于实现煤矿采矿的可持续发展。

关键词

深部煤矿; 围岩稳定性; 支护优化; 采矿工程

1 引言

随着煤矿资源的不断开采, 采矿深度逐渐增加, 深部煤矿采矿工程的围岩稳定性问题愈加突出。围岩的稳定性直接影响着矿井的安全生产以及矿山经济效益。传统的支护技术在深部采矿过程中往往无法有效应对复杂的围岩条件, 因此对围岩稳定性的分析与支护优化设计显得尤为重要。深部煤矿开采不仅需要考虑地质结构的复杂性, 还要关注开采过程中围岩的变形与破坏机制。围岩的不稳定性可能导致矿井塌方、支护失效等严重事故, 甚至对矿工的生命安全构成威胁。为了提高煤矿的安全性和生产效率, 研究围岩的稳定性及支护优化设计成为亟待解决的技术难题。本文将通过分析

影响围岩稳定性的主要因素, 探讨围岩稳定性评价方法, 并结合现代支护技术, 提出支护优化方案, 为深部煤矿采矿工程的安全生产提供理论依据和技术支持。

2 深部煤矿采矿工程概述

深部煤矿开采面临诸多独特的挑战, 主要体现在矿体深度的增加、开采环境的复杂性以及地质条件的不确定性。随着煤矿深度的不断加大, 地下水、压力、温度等因素对矿井安全的影响逐渐显现。矿体的深度使得围岩的稳定性变得更加复杂, 增加了支护系统设计和施工的难度。矿井深部的开采环境比浅层矿井更加复杂, 地下应力变化较大, 开采过程中容易发生地表沉降、围岩破坏等现象, 严重影响矿山的生产安全。此外, 深部煤矿的开采受到复杂地质条件的制约, 围岩类型多样、断层和裂隙分布不均, 这使得围岩的稳定性难以预测, 给矿井安全管理带来了更高的风险。因此, 深部

【作者简介】刘亚民(1990—), 男, 中国山西忻州, 本科, 工程师, 从事煤矿采矿工程研究。

煤矿开采不仅需要更高效的开采技术，还必须应对围岩稳定性等多方面的挑战。

3 深部煤矿围岩稳定性分析

3.1 围岩稳定性的影响因素

深部煤矿围岩的稳定性受到多种因素的影响，首先是地质条件，尤其是岩层的硬度、层理、断层和裂隙的分布情况。不同的岩性层对围岩稳定性的影响差异较大，硬岩和软岩的稳定性差异明显。其次，开采深度是影响围岩稳定性的关键因素。随着矿井深度的增加，地表压力和地下水的的影响逐渐增强，围岩变形和破坏的风险也随之增加。矿井通风、排水系统的设计和运营状态也直接影响围岩的稳定性。若排水系统不畅，地下水渗透到矿体内，可能引发围岩的滑移或坍塌。此外，开采方法和矿体形态对围岩的稳定性有重要作用^[1]。

3.2 围岩变形与破坏机制

围岩在开采过程中可能发生多种类型的变形与破坏，主要包括塑性变形、弹性变形和破裂等。塑性变形主要发生在围岩受力较大的区域，岩体内的裂隙会随着应力的增大逐渐扩展，导致围岩发生形变。弹性变形通常在围岩应力较小的情况下发生，岩体表现为弹性恢复，但随着外力的持续作用，可能导致应力积聚，进而引发更为严重的破坏。破裂是围岩失稳的主要表现形式，通常发生在矿体开采后的应力重新分配过程中。当围岩的内力超过其抗力时，岩体会出现裂缝，最终导致围岩的破坏。此外，围岩的破坏往往是多因素共同作用的结果，包括地质结构、开采方式、地下水的影响等。

3.3 围岩稳定性评价方法

围岩稳定性评价方法主要包括地质调查法、数值模拟法、监测法以及理论分析法等。地质调查法通过对矿山周围的地质构造、岩层分布、裂隙情况进行详细勘探，评估围岩的稳定性。数值模拟法则通过建立围岩的力学模型，模拟开采过程中的应力分布、变形和破坏情况，从而评估围岩的稳定性。这种方法能够在实际开采前预测围岩可能发生的变形及破坏过程，为支护设计提供依据。监测法通过在矿井内安装各种监测设备，如应变计、位移传感器等，实时监控围岩的变形情况，及时发现潜在的安全隐患。理论分析法则通过对围岩力学特性、开采影响因素等进行数学建模，采用理论公式进行分析，评估围岩稳定性。

4 深部煤矿采矿过程中围岩稳定性的动态变化

4.1 开采过程中的围岩变形

在深部煤矿开采过程中，围岩的变形是动态变化的，随着采掘作业的进行，围岩不断受到新的应力作用，产生不同程度的变形。开采初期，围岩受到的应力较小，变形较为缓慢，但随着开采深度的增加，围岩的变形速度逐渐加快。开采作业不仅改变了围岩的应力分布，还引起了围岩的塑性

流动和破裂，尤其是在采空区附近，围岩的变形尤为显著。为了避免开采过程中围岩发生大规模的破坏，需要实时监测围岩的变形情况，并根据变形规律及时调整开采方案和支护措施。围岩的动态变形过程不仅与开采深度和地质条件密切相关，还受到矿井通风、排水等外部环境因素的影响，因此，在实际开采中必须综合考虑各种因素，确保围岩的稳定性^[2]。

4.2 采矿方法与围岩稳定性的关系

采矿方法对围岩稳定性的影响至关重要，不同的采矿方法会引发不同的围岩变形模式和破坏方式。传统的采矿方法，如垂直开采和水平开采，在深部煤矿中面临较大的围岩稳定性挑战。随着开采深度的增加，围岩的应力集中和变形风险也逐渐增大。近年来，采用了诸如分层开采、回采技术等先进采矿方法，这些方法可以在一定程度上减缓围岩的应力集中，降低围岩失稳的风险。同时，合理的采矿顺序、开采间隔和支护设计，也能在一定程度上改善围岩的稳定性。采矿方法的选择不仅影响围岩的变形，还直接关系到支护系统的设计和施工效果。因此，在深部煤矿开采中，合理选择采矿方法对于确保围岩稳定性至关重要。

4.3 围岩稳定性对矿山安全的影响

围岩稳定性直接关系到矿山的安全生产，围岩失稳可能导致矿井内事故频发，严重时甚至造成矿井的塌方和设备损坏。围岩不稳定的区域往往是矿井生产的安全隐患区，若未及时发现并采取有效的支护措施，矿井内的生产设施和矿工的生命安全都会受到威胁。围岩稳定性差不仅会导致矿井的结构破坏，还会影响矿井的通风、排水等系统的正常运行，进而影响到整体矿山的生产效率和安全性。为了保障矿山的安全，必须建立有效的围岩监测与评估机制，实时掌握围岩的变化情况，并根据实际情况采取相应的支护和加固措施。围岩稳定性的有效控制是矿山安全管理中的核心内容，只有确保围岩稳定，才能有效保障矿山的长效运营和矿工的安全。

5 支护优化设计与技术方案

5.1 支护类型与选择原则

支护类型的选择在深部煤矿采矿工程中具有重要作用，直接决定着围岩稳定性的保障效果。支护类型通常包括钢架支护、锚杆支护、混凝土支护以及复合支护等多种形式。选择合适的支护类型需考虑围岩的力学性质、开采深度、矿井环境等因素。对于软弱围岩，锚杆支护和喷锚支护常被优先选择，而在硬岩地区则更多采用钢架支护。支护类型的选择还需综合考虑施工成本、安装难度以及支护后的稳定性效果。支护类型的决策不仅关系到围岩的稳定性，还直接影响矿山的生产效率和安全性。因此，支护设计需进行科学的力学分析，评估不同支护类型的适用性和效果，确保在保证安全的前提下，能够有效控制支护成本，避免不必要的资源浪费。

5.2 支护材料的性能分析

支护材料的性能直接影响支护系统的稳定性和长期使用效果。常用的支护材料包括钢材、混凝土、复合材料以及高分子材料等。钢材具有较强的抗拉强度和延展性，适用于承受较大压力的深部矿井支护，但其抗腐蚀性较弱，需进行防腐处理。混凝土材料则广泛用于大规模支护工程，具备良好的抗压性能，但在复杂围岩条件下可能出现裂缝。复合材料和高分子材料在现代支护中逐渐获得应用，它们结合了传统材料的优点，具有较高的抗压、抗拉和抗腐蚀性能，且重量轻，施工便捷。材料性能的优化选用能够提高支护的安全性和经济性，延长使用寿命并减少维护成本。因此，在支护设计中，必须根据围岩特性和矿井开采环境，选择最适宜的支护材料，以提高支护效果和矿井的安全性。

5.3 支护系统的优化设计方法

支护系统的优化设计涉及多个方面，包括支护结构的合理性、支护材料的选择以及施工工艺的改进等。在优化设计中，需要考虑围岩的实际情况，如岩层的强度、裂隙的分布、地下水的影响等因素，制定最为合理的支护方案。数值模拟技术是支护优化设计中常用的工具，它通过建立力学模型，模拟支护系统在开采过程中受到的力学作用和围岩的变形情况，从而指导支护方案的设计。此外，支护系统的优化还需关注施工工艺的改进，如采用先进的支护施工技术，提高支护的精度和效率。支护系统的优化设计不仅能够提升围岩的稳定性，还能够在保障安全的基础上，降低开采成本，提高矿井的生产效率和经济效益。

6 支护优化对围岩稳定性的影响

6.1 支护优化设计的作用与效果

支护优化设计对围岩稳定性有着直接而深远的影响。通过对围岩的力学性质和应力状态进行细致分析，优化支护系统可以有效减少围岩变形，避免发生塌方、滑移等破坏现象。在支护设计中，通过合理选择支护材料和支护方式，结合矿井的地质条件，可以最大限度地提高支护效果，降低支护成本。优化设计还能够延长支护的使用寿命，减少维护频次和维护成本。在深部煤矿开采中，支护优化设计尤其重要，它能够在开采过程中减少对围岩的破坏，确保围岩的稳定性和矿井的安全运行，从而保障矿山的长期生产效益和安全。

6.2 支护优化实施的关键技术

支护优化实施的关键技术包括先进的支护材料技术、

施工技术以及实时监测技术。采用新型支护材料，如高强度钢材、复合材料等，能够有效提高支护系统的承载能力和抗腐蚀性能。施工技术的改进，如喷射混凝土技术、机械化支护技术等，提高了支护施工的效率和质量。此外，实时监测技术也是支护优化中的关键技术之一，通过在矿井中安装位移传感器、应变计等设备，能够实时监控围岩的变形和支护的状态，及时调整支护方案，避免因围岩变化而导致的支护失效。综上所述，支护优化实施的成功离不开先进技术的支持，这些技术的应用能够确保支护系统的稳定性和安全性^[1]。

6.3 支护优化对矿山安全及经济效益的影响

支护优化设计和实施对矿山的安全性和经济效益具有显著影响。通过优化支护设计，能够显著提高围岩的稳定性，减少矿井发生事故的风险，保障矿工的生命安全。支护系统的优化不仅提升了矿山的安全性，还能降低矿井的维修成本，提高矿山的生产效率。在经济效益方面，优化支护设计能够减少不必要的资源浪费和支护成本，同时提高矿山的生产能力和矿石回收率。支护优化不仅能在短期内提升矿山的经济效益，还能为矿山的长期发展奠定基础。因此，支护优化是提高矿山综合效益的重要手段，对矿山的持续稳定运营具有重要意义。

7 结语

通过对深部煤矿采矿工程围岩稳定性与支护优化设计的分析，可以看出，围岩的稳定性是确保矿山安全和提高生产效率的关键因素。在深部采矿中，支护优化设计不仅能够有效提高围岩稳定性，减少事故风险，还能降低施工成本和提高矿山的经济效益。通过采用先进的支护材料、科学的支护设计以及精确的施工技术，能够实现围岩稳定性和矿山安全的最佳平衡。未来，随着采矿深度的不断增加，支护技术和优化设计将持续发展和完善，为矿山的安全运营和可持续发展提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1] 穆利明.采矿工程中煤矿深部岩巷围岩稳定与支护策略[J].能源与节能,2024,(08):231-233.
- [2] 张喜成.采矿工程中煤矿深部岩巷围岩稳定与支护策略[J].矿业装备,2023,(12):7-9.
- [3] 张明光.探讨采矿工程中煤矿深部岩巷围岩稳定与支护对策[J].门窗,2019,(07):145.