

# 煤矿采掘过程中的顶板管理技术分析

赵文毓

焦作市宏图矿业设计有限公司 河南 焦作 454000

**摘要：**煤矿采掘过程中的顶板管理技术是保障煤矿安全生产的关键。本文分析了顶板管理技术的重要性，探讨了当前顶板管理技术面临的挑战，如地质条件复杂、顶板管理成本增加及技术要求提高等。同时提出相应的对策，如引入先进的顶板管理技术和设备、加强科技研究和人员培训等。通过科学的顶板管理体系、提高监测技术水平、加强支护与掘进技术研究，可以有效提升煤矿采掘过程中的顶板管理效率和安全性。

**关键词：**煤矿采掘；顶板管理；支护技术

**引言：**顶板管理是煤矿采掘过程中至关重要的环节。随着矿井深度的增加和地质条件的变化，顶板管理面临着新的挑战。正确有效地管理和控制顶板，可以保障采煤工作面的安全稳定运行。本文将对煤矿采掘过程中的顶板管理技术进行详细分析，旨在提高顶板管理的科学性和效率，为煤矿安全生产提供有力保障。

## 1 煤矿采掘过程中顶板管理基础理论

### 1.1 顶板的概念

顶板，位于煤层上方一定距离的岩层，是煤矿开采过程中的关键组成部分。顶板在煤矿开采中主要起到支撑和保护作用，防止上方岩石冒落和塌方，从而保障矿工和设备的安全。根据顶板岩层的岩性、厚度以及采煤时顶板的变形特征和垮落难易程度，顶板通常可以分为三种类型：伪顶、直接顶和老顶（基本顶）。伪顶：紧贴在煤层上面，是容易掉落的薄岩层，通常由碳质页岩等弱岩层构成，厚度一般不到0.5米。伪顶由于其不稳定性，常随采煤过程而脱落。直接顶：位于伪顶或煤层之上，具有一定的稳定性，但厚度不固定，不太硬。直接顶通常由泥质页岩、页岩、砂质页岩等构成，具有随着回柱而落下的特征。直接顶的健全度直接影响工作面的安全和工作效率，也影响支护方式的选择。老顶（基本顶）：位于直接顶之上，多为砂岩或石灰岩，厚度较大，强度也大，能在采空区大面积暴露而不及垮落。老顶的运动和来压程度不仅直接影响顶板的稳定性，还决定是否带来大面积的作用。

### 1.2 顶板管理的目标与原则

顶板管理的目标是保证矿井工作面顶板的安全稳定，防止发生顶板事故，保护矿工的生命安全和财产安全。安全第一原则：在顶板管理过程中，必须始终把人身安全放在首位，确保人员从矿井出来<sup>[1]</sup>。安全是顶板管理的核心，任何措施都应围绕保障矿工的生命安全展

开。预防为主原则：采取先行干预、主动防范的措施，预测、预防顶板事故，及时发现和处理隐患。顶板管理不应只关注事故后的处理，而应更加注重预防和早期干预。综合治理原则：顶板管理不仅仅是治理顶板，还需要从综合的角度出发，对各种因素进行管理，如矿井地质条件、煤层厚度、矿井支护措施等。顶板管理是一个系统工程，需要综合考虑各种因素，制定全面、有效的管理策略。现场管理原则：加强矿井顶板管理现场的组织、协调、指导和监督，确保各项管理措施落实到位。顶板管理的责任和权力应明确分工，确保责任到人。通过现场管理，及时发现和处理顶板问题，确保顶板安全稳定。

## 2 煤矿顶板管理技术体系概述

### 2.1 顶板监测技术

顶板监测技术是煤矿顶板管理中的重要手段，通过对顶板进行实时监测，可以及时发现顶板的不稳定状态，为顶板控制提供科学依据。顶板监测技术主要包括以下几种：（1）顶板位移监测。通过安装位移传感器来监测顶板的位移变化。顶板位移是评价顶板稳定性的重要指标之一，位移传感器可以实时记录顶板在不同时间段内的位移量，从而判断顶板的变形情况。（2）顶板应力监测。利用应力传感器监测顶板的应力变化。顶板应力集中区域是顶板事故的高发区，通过监测顶板应力，可以及时发现应力集中区域，为顶板支护和控制提供重要参考。（3）红外成像监测。通过红外热像仪监测顶板的温度变化。异常温升可能是顶板内部应力释放或破裂的征兆，红外成像监测可以及时发现这些异常现象，为顶板控制提供预警。（4）声发射监测。利用声发射技术监测顶板内部应力释放情况。声发射信号可以反映顶板内部的应力状态和破坏过程，为顶板破裂趋势的预测提供重要依据。

## 2.2 顶板支护技术

顶板支护技术是保障煤矿顶板安全稳定的关键措施之一。通过合理的支护方式,可以提高顶板的承载能力,防止顶板事故的发生。单体液压支柱支护:利用单体液压支柱对顶板进行支撑。单体液压支柱具有较高的承载力和稳定性,适用于各种顶板条件。锚杆支护:通过锚杆将顶板与岩体锚固在一起,增强顶板的稳定性。锚杆支护适用于中硬和坚硬顶板,可以有效防止顶板冒落和片帮事故的发生。木支柱支护:使用木材制作支柱对顶板进行支撑。木支柱支护适用于浅层煤矿,具有成本低、施工简单的优点。钢架支护:利用钢架结构对顶板进行支撑和加固。钢架支护适用于顶板破碎、松软或存在地质构造的地区<sup>[2]</sup>。

## 2.3 地压控制技术

地压控制技术是煤矿顶板管理中的另一项关键技术。合理确定采场断面形状及矿房、矿柱参数:利用矿柱控制采矿房的跨度、形状,并支撑上覆岩层的压力。合理确定采场参数可以减小地压显现,提高采场的稳定性。支撑与岩体加固:利用人工支护和岩体加固技术增强采场围岩的强度。常用的支护方法包括立柱、支架、木垛等支撑方式,以及锚杆、注浆等加固方式。利用免压拱解除采场地压:在高压力区进行回采时,利用形成免压拱的方法使得采矿块处于卸压区内,改善回采条件。合理的回采顺序:根据地质构造和地压显现规律,合理安排回采顺序,避免应力集中和地压显现的加剧。充填与崩落:利用充填处理空区,增强采场围岩的稳定性;利用崩落围岩的方法消除采空区,控制地压显现。

## 3 煤矿采掘过程中顶板管理技术的具体分析

### 3.1 顶板支护技术的选择与优化

顶板支护技术是煤矿顶板管理中的关键环节,其选择与优化直接关系到矿井的安全性和生产效率。在选择顶板支护技术时,需综合考虑地质条件、开采方式、支护材料、成本效益等多个因素。地质条件是决定支护方式的基础,对于不同的顶板岩性,如坚硬、中硬、软弱等,应选择不同的支护方式。例如,在坚硬顶板条件下,可采用锚杆支护或锚索支护,利用锚杆或锚索将顶板与深部稳定岩层连接,形成稳定的支护体系。而在软弱顶板条件下,则需采用更为密集的支护方式,如钢架支护或联合支护,以提高顶板的承载能力。开采方式也是影响支护方式的重要因素,对于长壁开采,由于工作面较长,顶板暴露面积大,需采用更为稳固的支护方式,如液压支架支护。对于短壁开采,则可采用单体支柱或锚杆支护等灵活多变的支护方式。支护材料的选择

也至关重要,支护材料应具有良好的物理力学性能,如高强度、高韧性、耐腐蚀等。支护材料还应具备经济性和易获取性,以降低支护成本。在顶板支护技术的优化方面,应注重支护参数的合理确定和支护体系的整体稳定性。通过现场试验和数值模拟等方法,确定合理的支护参数,如锚杆长度、间距、倾角等,以确保支护效果达到最佳。还应加强支护体系的监测和维护,及时发现和处理支护失效问题,确保顶板安全稳定。

### 3.2 顶板监测与预警技术的应用

顶板监测与预警技术是煤矿顶板管理中的另一项重要技术。通过实时监测顶板状态,及时发现顶板异常变化,为顶板管理提供科学依据。顶板监测技术主要包括位移监测、应力监测、声发射监测等。位移监测是通过在顶板关键部位安装位移传感器,实时监测顶板的位移变化。应力监测则是利用应力传感器监测顶板应力分布和变化情况。声发射监测则是通过捕捉顶板内部应力释放产生的声发射信号,判断顶板内部的破坏程度和趋势。在顶板预警方面,通过设定预警阈值和建立预警模型,可以实现对顶板异常变化的早期预警。当顶板位移、应力或声发射等监测指标超过预警阈值时,系统会发出预警信号,提醒操作人员及时采取措施,避免顶板事故的发生。

### 3.3 顶板管理的智能化与信息化

随着信息技术的快速发展,顶板管理的智能化与信息化已成为煤矿安全生产的重要趋势。通过引入智能化设备和信息化系统,可以实现对顶板状态的实时监测、数据分析和预警预报。智能化设备如智能传感器、无人机等,可以实现对顶板状态的远程监测和实时数据传输。信息化系统则可以对监测数据进行处理和分析,建立顶板状态数据库和预警模型,为顶板管理提供决策支持<sup>[3]</sup>。智能化与信息化技术还可以实现对顶板管理过程的全面监控和管理。通过引入物联网技术,可以将顶板支护设备、监测设备等连接成一个整体,实现对顶板管理过程的实时监控和远程调度。这不仅可以提高顶板管理的效率和质量,还可以降低人工干预的风险和成本。

## 4 煤矿采掘过程中顶板管理技术的改进与优化策略

### 4.1 顶板管理技术的创新与发展

顶板管理技术的创新与发展是推动煤矿采掘安全高效进行的关键。随着科技的进步,顶板管理技术正逐步向智能化、自动化方向发展,以应对日益复杂的矿井环境和开采条件。首先,智能化监测技术的应用日益广泛,通过引入高精度传感器、物联网技术和大数据分析,可以实现对顶板状态的实时监测和预警。这些技术

能够捕捉到顶板微小的位移和应力变化,及时发出预警信号,为顶板管理提供精准的数据支持。其次,新型支护材料的研发和应用也取得了显著进展,传统支护材料如木材、钢材等存在成本高、易腐蚀等问题,而新型支护材料如高分子材料、复合材料等具有重量轻、强度高、耐腐蚀等优点,能够显著提高支护效果,降低支护成本。另外,智能化支护系统的研发也取得了重要突破,通过引入自动化控制技术和智能算法,可以实现对支护设备的远程控制和智能调节,提高支护系统的稳定性和可靠性。

#### 4.2 顶板管理人才的培养与引进

顶板管理人才的培养与引进是提升顶板管理水平的关键环节。顶板管理不仅需要专业的理论知识,还需要丰富的实践经验和高度的责任心。应加强对现有顶板管理人才的培训和教育,通过组织定期培训、交流研讨等活动,提高顶板管理人才的专业素养和操作技能。鼓励顶板管理人才参与科研项目和技术创新活动,提升他们的创新能力和解决实际问题的能力。应积极引进外部优秀人才,通过设立人才引进计划、提供优厚的薪酬待遇和职业发展机会等措施,吸引具有丰富经验和专业技能的顶板管理人才加入。这些人才可以为煤矿顶板管理带来新的理念和技术,推动顶板管理水平的持续提升。还应建立完善的激励机制和考核机制,通过设立奖励基金、晋升机会等措施,激励顶板管理人才积极投身工作,提高工作效率和质量。通过定期考核和评估,对顶板管理人才的工作表现进行客观评价,为人才培养和引进提供科学依据。

#### 4.3 顶板管理制度的完善与实施

顶板管理制度的完善与实施是确保顶板管理工作有序进行的重要保障。一个科学、合理、完善的顶板管理制度能够规范顶板管理行为,提高管理效率和质量。建

立完善的顶板管理制度体系,包括顶板监测制度、支护管理制度、应急预案制度等,涵盖顶板管理的各个方面和环节。这些制度应明确各级管理人员的职责和权限,确保顶板管理工作有序进行<sup>[4]</sup>。加强制度的执行力度和监督检查,通过设立专门的监督机构或部门,对顶板管理制度的执行情况进行定期检查和评估。对于违反制度的行为,应依法依规进行严肃处理,确保制度的严肃性和权威性。还应加强制度的宣传和培训,通过组织制度宣讲、培训等活动,提高全体员工对顶板管理制度的认识和理解。鼓励员工积极参与制度建设和改进工作,为顶板管理制度的完善提供有益的建议和意见。

#### 结束语

通过对煤矿采掘过程中顶板管理技术的深入分析,我们认识到顶板管理对于煤矿安全生产的重要性。随着科技的不断进步,顶板管理技术也在不断创新与发展。未来,应继续加强顶板管理技术的研发与应用,提高顶板管理的智能化和信息化水平,以应对更加复杂的地质条件和开采环境。加强人员培训和管理,确保顶板管理工作的有效实施,为煤矿采掘过程中的安全生产保驾护航。

#### 参考文献

- [1]周国龙.煤矿综采工作面顶板管理分析[J].矿业装备.2023,(5).DOI:10.3969/j.issn.2095-1418.2023.05.041.
- [2]马秋聪,卢晗,朱春.煤矿顶板事故分析与防治对策研究[J].内蒙古煤炭经济.2024,(12).DOI:10.3969/j.issn.1008-0155.2024.12.035.
- [3]尹国庆.煤矿综采工作面顶板管理技术分析[J].当代化工研究,2021(9):71-72.DOI:10.3969/j.issn.1672-8114.2021.09.033.
- [4]徐显富.煤矿采掘工作面顶板管理问题及处理方法[J].内蒙古煤炭经济.2022,(9).DOI:10.3969/j.issn.1008-0155.2022.09.006.