

综采面推进过程中周期来压期间顶板管理关键措施研究

王博 张伟伟 曹振

国网能源和丰煤电有限公司沙吉海煤矿 新疆 834411

【摘要】：综采面推进过程中，周期性来压对顶板安全管理提出了严峻挑战。顶板在周期性压力作用下，常出现变形、开裂等现象，影响煤矿的安全生产。因此，研究如何有效应对周期性来压的影响至关重要。通过对顶板支护系统的优化设计、引入实时监测技术以及创新管理措施，可以有效提高顶板的稳定性并确保安全生产。采用先进的动态支护技术和智能监测手段，能够实时获取顶板变形与受力数据，从而实现及时预警和动态调整。综合性管理方案结合了支护技术、实时监测和应急响应，形成了一个系统化的顶板管理框架。研究表明，完善的顶板管理体系在周期性来压环境下具有显著的应用价值。

【关键词】：周期性来压；顶板管理；支护系统；实时监测；安全管理

DOI:10.12417/2811-0536.26.04.087

引言

综采面推进过程中，周期性来压问题已成为煤矿安全生产中不可忽视的重要因素。周期来压通常表现为顶板承载力的逐步递减和反复波动，极大增加了顶板破坏的风险。若未能及时采取有效的管理措施，顶板安全将面临严峻考验，甚至可能导致矿井事故的发生。为此，如何在推进过程中合理应对周期性来压的影响，成为了确保煤矿稳定生产的重要课题。通过分析周期性来压对顶板安全的影响，并结合当前技术手段和管理经验，能够为未来综采面顶板管理提供可行的解决方案和技术支撑。

1 周期性来压对顶板安全的影响分析

周期性来压对顶板安全的影响不可忽视，它是综采面推进过程中常见的自然力作用，通常表现为顶板受力的周期性波动。矿井在采掘过程中，尤其是在巷道、采煤面推进时，地层的运动会周期性地传递到顶部岩层，造成顶板的周期性变形。随着矿井开采深度的增加，周期性来压对顶板的影响更加明显。顶板受周期性压力作用，可能会导致顶板岩层的开裂、变形，甚至引发严重的顶板塌落事故。周期性来压的影响主要表现在顶板的力学性能和结构变化上。在周期性压缩作用下，顶板岩层发生压裂和破碎，致使原本稳定的顶板结构发生不均匀的变形，增加了支护难度^[1]。特别是在煤层岩性较为复杂的地区，周期性来压的变化会导致顶板局部区域的破坏，造成不规则的压力集中，进而影响整体顶板的稳定性。随着来压周期的延续和变化，顶板的破坏范围逐渐扩大，安全隐患日益加剧。周期性来压对顶板安全的影响不仅体现在其物理特性变化上，还与顶板支护的有效性密切相关。顶板支护系统的设计必须考虑到周期性来压对支护结构的影响。常见的支护形式，如锚杆、网架等，在周期

性来压的长期作用下，可能出现松动或失效的风险，导致支护效果无法得到有效保障。在这种情况下，顶板管理的难度显著增加，尤其是在来压强度较大的地区，传统的支护技术和措施往往难以应对。周期性来压的作用还可能引起顶板局部的不均匀沉降，造成支护结构的不对称受力。这不仅影响支护系统的稳定性，还可能增加矿井作业面下沉的风险，进一步加剧矿井作业的安全压力。随着周期性来压的不断作用，顶板安全问题将变得愈发突出，要求顶板管理必须更加精准、及时地进行调控，确保顶板能够在高强度的周期性压力下保持稳定。周期性来压对顶板安全的影响是多方面的，涉及岩层变形、支护失效、局部破坏等问题，这些问题的存在要求在综采面推进过程中采取更加科学的顶板管理措施，以确保煤矿的安全高效开采。

2 顶板支护系统的优化与设计

顶板支护系统的优化与设计是确保煤矿安全生产的关键环节，尤其是在面临周期性来压的情况下，传统支护方式可能难以应对顶板变形和破坏的多样化表现。必须从支护材料、支护结构和支护技术等方面进行创新与改进，以适应不断变化的地质条件和压力环境。在支护材料的选择上，必须考虑到材料的强度、耐久性以及适应性。常规的锚杆和喷浆支护体系虽然能在一定程度上维持顶板的稳定，但随着周期性来压作用的不断增强，传统材料往往无法有效承受长期反复作用带来的疲劳负荷。必须引入具有高强度和高韧性的新型支护材料，例如高强度合金锚杆、复合材料支护网等。这些材料具有更好的抗压性和延展性，在周期性来压的长期作用下，能够有效避免支护结构因疲劳破坏而导致顶板塌方。

在支护结构的设计方面，顶板支护系统应根据矿井的具体条件进行定制化设计。传统的单一支护结构

已经无法适应复杂的地质环境，尤其是周期性来压对顶板的影响。现代化的支护系统往往采用复合支护技术，通过将锚杆、钢带网、喷射混凝土等多种支护形式结合起来，形成相互配合的支护体系^[2]。通过合理配置这些支护单元，可以最大限度地分散顶板受力，减少局部破坏的发生。除此之外，支护系统的设计还应当考虑到顶板受力的动态变化，根据周期性来压的特征，灵活调整支护强度和支护方式，确保支护结构能始终保持高效稳定的工作状态。在支护技术的创新上，随着科学技术的发展，智能监测技术已逐步应用于煤矿顶板支护中。通过安装传感器和应变计，能够实时监测顶板的变形情况，获取周期性来压作用下顶板的受力数据。这些数据能够为支护系统的调整提供科学依据，并通过智能算法预测顶板的破坏趋势，从而实现支护强度的动态调节。通过这种技术手段，不仅能够提高顶板支护的针对性和及时性，还能有效预防突发性顶板事故的发生。

在支护体系的综合优化中，顶板支护结构的安装和维护也需要进行精细化管理。在周期性来压作用下，支护结构可能会因受力不均或长时间作用而发生松动或失效，因此定期的检查和维修是至关重要的。在支护系统设计中应当考虑到便于维护的因素，确保在支护失效或损坏时，能够迅速进行检修或更换，从而避免事故的发生。顶板支护系统的优化与设计应从多维度出发，结合矿井的实际情况进行材料、结构与技术的综合创新。随着支护技术的不断进步，通过科学的设计和动态的监测与调整，能够有效应对周期性来压对顶板带来的安全隐患，保障煤矿的安全稳定生产。

3 实时监测技术在顶板管理中的应用

实时监测技术在顶板管理中的应用已经成为提升煤矿安全性和生产效率的重要手段。传统的顶板管理依赖人工巡查和经验判断，但这种方式不仅效率低，而且难以及时发现潜在的安全隐患。通过实时监测技术的引入，可以在煤矿作业过程中实时收集和分析顶板的变形、应力、位移等关键数据，从而为支护设计和安全管理提供科学依据。在顶板的动态监测中，最常用的技术手段是基于传感器的监测系统。地面和井下安装应变计、位移传感器和压力传感器等设备，可以实时获取顶板在周期性来压作用下的变形情况。这些传感器可以精准测量顶板的形变、受力和裂纹扩展等信息，实时传送至监测系统，保证信息的及时反馈。这些数据的实时采集和分析使得矿井管理人员能够对顶板的安全状态进行全面评估，及时发现可能导致事故的隐患，从而采取针对性措施进行处理。

振动监测和微震监测技术在顶板管理中的应用也逐步得到推广。周期性来压的作用不仅会导致顶板的明显变形，还可能引发微震等小规模岩体破裂现象。通过安装微震传感器，可以对矿井内的微震信号进行实时监测^[3]。这些信号的变化能够反映出顶板内部的应力集中和裂隙扩展情况，提前预测顶板的破坏趋势。在传统方法无法实时预警的情况下，微震监测为煤矿的安全管理提供了重要的预警手段。无线传输技术的结合，使得数据传输和监控更加高效。通过无线传感器网络，传感器采集到的数据能够实时无线传输到地面监控中心，减少了数据传输过程中的延迟和误差。这种实时传输的监测系统不仅能够随时掌握顶板的安全状况，还能够远程控制设备进行自我校准和调整，提高了系统的整体运行效率。矿井管理人员可以通过网络终端实时查看和分析数据，随时掌握顶板安全信息。

随着智能化技术的发展，基于大数据和人工智能的分析系统开始在顶板监测中得到应用。通过对历史数据的积累和模型的训练，人工智能可以对顶板的应力分布、变形趋势进行深度分析，从中提取出潜在的危险因素。这种智能化分析不仅可以帮助管理人员发现难以察觉的隐患，还可以优化支护方案，提高整体的安全性。实时监测技术的应用改变了传统顶板管理方式，使得煤矿的安全管理更具前瞻性和科学性。通过及时的监控、预警和数据分析，能够在周期性来压的影响下保障顶板的稳定，避免事故的发生，提高煤矿生产的安全性与效率。

4 管理措施在周期性来压中的调整与创新

周期性来压的反复作用对顶板安全构成严峻考验，传统的管理措施难以适应这一复杂的地质条件，因此需要对管理策略进行调整与创新。在应对周期性来压的过程中，管理措施不仅要提升响应速度，还需增强系统性与针对性，以保障顶板的长期稳定性。传统的顶板管理大多依赖固定的支护方式和定期巡查，但周期性来压的影响具有动态性和不确定性，这要求管理措施更加灵活和精准。在调整管理措施时，首先要对地质条件和顶板变形规律进行深入研究，准确掌握周期性来压的特征与顶板的响应模式。根据这一分析结果，管理策略可以灵活调整支护结构和支护材料，确保顶板在不同压力环境下得到有效支撑。针对周期性来压的波动性，采用动态支护调整策略，可以根据实时监测数据变化，适时调整支护强度，避免顶板因支护不当而发生塌方或裂缝扩展。

在周期性来压的环境中，管理创新不仅体现在支护设计和实施上，还体现在监控和预警体系的完善上

[4]。引入先进的监测技术,结合数据采集与分析平台,可以实时获取顶板的应力、位移和变形等关键数据,及时评估周期性来压对顶板安全的影响。这一数据驱动的管理模式,能够帮助管理人员在发现问题的第一时间做出科学决策,并采取针对性的措施进行干预。实时监控的引入,使得管理措施不再是固定不变的,而是能够随着周期性来压的变化进行及时调整。

周期性来压对顶板安全的影响还要求管理措施能够融合多种技术手段。除常规的支护与监测外,可以结合喷射混凝土、锚网一体化支护等新型支护技术,提高支护系统的整体强度与稳定性。创新性地结合先进的自动化技术和人工智能,可以使支护设计更加精确和个性化,提高支护效果并延长支护系统的使用寿命。在周期性来压的背景下,管理措施的调整与创新关键在于提升灵活性和科学性,通过数据支持和技术创新,有效应对不确定的周期性来压带来的顶板安全风险。

5 综采面顶板管理的综合应对方案

综采面顶板管理的综合应对方案需要在多方面的协同作用下,形成一套系统化、可持续的管理机制,以应对周期性来压所带来的顶板安全问题。针对顶板管理的复杂性,综合应对方案应从技术手段、管理制度、人员培训以及应急响应等多个方面着手,形成一体化的防护体系,确保煤矿生产的长期稳定和安全。在技术手段的运用上,综采面顶板管理的综合应对方案首先应依托精确的地质勘探数据,对矿井顶板的结构特征和周期性来压的规律进行详细分析。通过对顶板受力和变形规律的深入研究,结合先进的监测技术,可以实时获取顶板的应力、位移等关键数据,从而为支护设计和管理决策提供科学依据。顶板支护技术应当从传统的固定支护方式,向灵活可调的支护系统转变。动态支护技术结合实时监测数据进行调整,使得支护系统在顶板受到周期性来压作用时,能够及时加强或调整支撑力,确保顶板稳定。

在管理制度的建设上,应当优化和完善顶板管理

的流程和规范。通过制定严格的顶板管理标准和作业流程,确保顶板支护的每一个环节都能够得到有效控制。周期性来压期间,强化顶板管理的实时性和动态性,做到及时发现问题,快速采取应对措施^[5]。顶板管理工作应当与矿井整体安全管理体系相结合,形成全员、全方位、全过程的管理模式,确保顶板安全不被忽视。人员培训和技术操作是确保顶板管理方案得以顺利实施的关键。矿井管理人员、技术人员以及操作工人应定期接受专业培训,提升对周期性来压特性和顶板安全管理的认知能力。通过对管理人员进行专项培训,使其熟悉并掌握实时监测技术、动态支护技术以及应急处理方案,从而在紧急情况下能迅速采取正确的应对措施。同时,操作人员也需要掌握顶板监测和支护操作的基本技能,保证支护系统的正常运行和顶板安全。

在应急响应方面,综合应对方案还应具备完善的预警和应急机制。通过实时监控与数据分析,能够在顶板发生异常变化时,及时发出预警信号,为矿井管理人员提供决策依据。应急处理预案则需要根据实际情况,制定详细的应急流程,包括支护系统的快速加固、人员疏散和事故救援等措施。定期进行应急演练,确保在突发情况下,所有相关人员能够迅速做出反应,将潜在风险降到最低。综采面顶板管理的综合应对方案通过综合运用现代技术、优化管理流程、强化人员培训和完善应急响应机制,能够有效应对周期性来压带来的顶板安全挑战,确保煤矿生产的稳定与安全。

6 结语

综采面顶板管理的关键在于科学合理的支护设计、实时监测技术的应用以及灵活的管理措施。通过优化支护结构、引入先进技术并加强管理,可以有效应对周期性来压对顶板安全带来的影响,确保矿井的安全稳定生产。顶板管理不仅需要技术手段的支持,更需要整体系统的精密配合,持续创新和完善管理策略将为煤矿的长期安全运营提供有力保障。

参考文献:

- [1] 董博,史云,李杰,乔佳妮,冯港归.基于矿压及顶板条件探测的综采面安全开采技术研究[J].陕西煤炭,2025,44(5):145-150156.
- [2] 马勇.煤柱综采面矿压控制与水力压裂技术[J].山西化工,2025,45(3):219-221.
- [3] 夏海伟.新元煤矿中厚煤层 9104 综采面矿压显现特征分析[J].煤炭与化工,2020,43(3):22-25.
- [4] 郭强.基于大数据的煤矿顶板支护风险预警系统构建[J].现代工业工程,2025(4):106-108.
- [5] 王强.煤矿综采工作面顶板支护管理分析[J].西部探矿工程,2021,33(11):185-187.