

Optimization and practice of the downhole drilling process under the complex geological conditions in the deep mining area

Xiahui He Yazhou Zhang

Henan Shenhua Xinglong Mining Co., Ltd., Xuchang, Henan, 461000, China

Abstract

In the deep mining area, due to the complex geological conditions, the traditional underground drilling technology faces many challenges. To solve this problem, this study optimizes the underground drilling process under complex geological conditions and applied it in the actual mining area. In the optimization process, we first conducted a detailed geological analysis to identify the key geological factors affecting the deep drilling effect; then, we designed a new process scheme according to these factors, and verified its feasibility and efficiency through simulation experiments. In practice, the new process scheme has significant effect on improving the drilling quality and work efficiency, and also has significant performance in improving work safety. The results of this study provide a useful reference for other deep underground drilling work, and also provide new ideas for process optimization in related fields.

Keywords

deep mining area; complex geological conditions; optimization of underground drilling process

深部采区复杂地质条件下井下打钻工艺优化与实践

何夏辉 张亚洲

河南神火兴隆矿业有限责任公司, 中国·河南 许昌 461000

摘要

在深部采区, 由于地质条件复杂, 传统的井下打钻工艺面临着许多挑战。针对这一问题, 本研究针对复杂地质条件下的井下打钻工艺进行了优化, 并在实际的采矿区进行了应用实践。优化过程中, 我们首先进行了详尽的地质分析, 明确了影响深部打钻效果的关键地质因素; 然后, 根据这些因素设计了新的工艺方案, 并通过模拟实验验证了其可行性和高效性。在实践中新的工艺方案对改善打钻质量和提高工作效率有显著效果, 并且在提升工作安全性方面也有显著表现。本研究的结果为其他深部井下打钻工作提供了有益参考, 也为相关领域工艺优化提供了新的思路。

关键词

深部采区; 复杂地质条件; 井下打钻工艺优化

1 引言

近年来, 随着矿业资源不断向深部延伸, 深部采区井下开采难度在逐渐增加。在这样的背景下, 井下打钻工艺成为制约深部采区高效率、安全开采的关键技术之一。然而, 深部采区复杂的地质条件与地质环境对井下打钻工艺提出了更高的要求, 普通的打钻工艺已无法满足现阶段的开采需求。如何优化井下打钻工艺, 以改进打钻质量, 提高打钻效率, 避免和处理各类打钻问题, 以及降低作业风险, 是行业内的研究热点。此研究旨在针对深部采区复杂地质条件下的井下打钻工艺进行优化调整, 以提升打钻效率、质量与安全

水平。我们通过深入分析地质因素, 设计新的打钻工艺, 并在实际采矿区进行应用, 并取得了良好的效果。

2 深部采区地质条件概述

2.1 深部矿区的地质特性

深部矿区的地质情况对采矿的安全与经济收益有着重要影响 [1]。深部矿区的地质构造通常复杂, 其中包括地层多样性、高地压、岩层不稳定性以及地下水活动性等各种地质特点 [2]。地层的多样性主要体现在岩石的种类、层理构造以及矿体的变化上, 这使得钻探过程中容易遭遇各种阻碍和风险。高地压是深部地质的一个显著特征, 这种压力不只影响钻具的耐用度, 也会对钻井的路径稳定性产生威胁。由于深部岩层的不稳定性, 地质灾害如塌陷、冒落等情况往往容易发生, 对钻井的持续性产生影响。而活跃的地下水系统

【作者简介】何夏辉 (1996-), 男, 中国河南三门峡人, 助理工程师, 从事矿山地质勘测研究。

可能会在钻探过程中引发涌水或者突水，为井下作业增添了困难。对于这些地质特性的全面理解，是优化钻探工艺、安全进行井下打钻工作的必要条件。

2.2 深部井下打钻面临的挑战

深部井下打钻在复杂地质条件下面临多重挑战。地质结构的多样性和复杂性常常导致岩石的硬度和稳定性显著变化，对钻头寿命和钻进效率产生不利影响。高地应力环境会引发岩体的突发性破裂或塌陷，增加施工风险。地壳内的构造破碎带和断层，实在是针对钻孔工作的大难题，它们让钻孔轨迹变得极易偏斜，使得保持打钻的精度和目标成果的实现变得异常。至于身处那高温高压的环境，设备和工艺需要的标准就更高，增大了能源的消耗和设备维护的负担。而地下水的渗透及其猝然涌出，会引发泥浆失衡甚至阻塞麻烦，对打钻的进展产生了严重的影响。一切都需要有针对性的技术改良，提高作业的安全性及效率。

2.3 对深部打钻影响的关键地质因素

在深采区域，地质条件异常复杂，这一现象对井下剖破岩石的操作产生具有重大意义的干扰。识别关键地质要素是提升打钻技术的必由之路。岩石的非均质性以及地质构造的繁杂性均是推动剖破岩石稳定性变动的重要动力。地球表面压力的多变以及地热递增的现象可能诱发岩石坚硬程度的下滑，制约剖破岩石的效能。地缝、裂径以及其他地质结构特征存在的情况可能激起钻孔的移位，扩大剖破岩石的难度。水源丰富的地区可能引发井壁失稳和被破坏的问题，这样才会损害剖破岩石的安全性。矿质组分和岩石固度的多样性都直接影响剖破岩石头部的磨损和剖破的速度调控。这些混合因素的共享作用使得在地质条件复杂的背景下执行剖破岩石行动积聚了诸多的困难。

3 井下打钻工艺现状及评价

3.1 当前井下打钻工艺评述

当前井下打钻工艺在深部采区的应用中主要依赖传统机械钻探技术，这些技术通常基于标准化流程和设备，包括钻机、钻具及常规泥浆系统的使用。深部地质条件的复杂性对这些工艺构成挑战。普遍采用的回转钻进、冲击回转钻进等方法虽在浅部和中深部应用广泛，但在应对深部高压、高温及地应力时往往显得力不从心。现有工艺在面对多变的岩层、地质构造时，其稳定性和可靠性受到极大考验，尤其是在高应力及易塌陷、易失稳区域，传统钻探常常效率低下，甚至存在较高的安全风险。现有工艺普遍存在钻进速度慢、成本高及对地层破坏严重等问题，需要在技术上进一步创新以满足复杂地质条件下的实际需求。这些问题强调了对工艺优化的紧迫性和必要性。

3.2 打钻工艺存在的问题及其影响

在井下打钻过程中，传统工艺常受到复杂地质条件导致的诸多问题影响。这些问题包括地质结构多变导致的钻进

过程不稳定，岩层硬度差异造成的钻头损耗加剧，以及孔壁坍塌和缩径等工程事故频发。传统的开采手段往往在面對深度矿区高温高应力的环境时显得捉襟见肘，这常常引发设备故障，同时也对矿工的安全构成威胁。岩石中混杂的水气也是不朽的难题，给钻进效率设下了障碍，从而加大了施工的复杂度。另外，传统打钻方式，时常对各种地质变化反应不足，显得应对能力不足。可以看到，现行的工艺对繁多复杂地质条件的处理能力有限，对于提升矿下开采效率与安全性形成了枷锁。

3.3 对传统打钻工艺的需求分析

传统的井下钻探模式碰到复杂的地质状态时，一些问题亟待解决，以弥补其不足。棘手的地质布局对钻探设备的耐久性和灵活性提出了挑战，设备需要拥有更好的适应性和精确性。对未预知地质问题的应对，传统模式往往力不从心，这不得不让人看到，提升实时监测和反馈调整的能力是急需解决的问题。由于传统打钻技术对于操作安全的防护有其局限性，在高温和高压环境下更为明显，亟需改良施工方法，降低线上风险。对提高钻探效率和确保安全的需求，是推动传统打钻工艺改良的最大动力。

4 井下打钻工艺的优化过程

在深部采区复杂地质条件下的井下打钻工艺优化过程，是一项极具挑战性的任务，它要求技术人员全面考虑地质环境的多样性和不确定性，从而设计出高效、安全且适应性强的打钻方案。这一过程中，首先需对目标区域的地质特征进行详尽的勘探与分析，明确岩层的不稳定性、高压环境、地下水状况以及潜在的地质灾害风险等因素，为后续的工艺设计提供坚实的数据基础。

针对深部矿区岩层的不稳定性和高压特性，打钻工艺的优化重点在于提升钻头和钻机的性能。通过采用新型耐磨、耐压材料制成的钻头，以及具有更强动力输出和稳定控制能力的钻机，可以有效应对复杂地质条件下的钻进难题。同时，钻具材料的选择也至关重要，需确保其在极端环境下仍能保持良好的机械性能和抗腐蚀能力，延长使用寿命，减少故障率。

在打钻液体的配比方面，同样需要根据深部采区的特殊地质条件进行调整。优化后的打钻液体不仅需具备良好的润滑性能，以降低钻头与岩层之间的摩擦阻力，还需具有出色的冷却效果，确保在高温高压环境中钻头能够有效散热，避免因过热而损坏。

达到理想的打钻效果，必须让钻液拥有出色的携岩能力，携带钻孔内的岩屑，保障钻孔的流畅性。之后就是钻井路线的设计，这是打钻工艺中作为关键环节的又一部分。技术团队需基于地质探测数据，运用精准的地质建模与路线优化技术，趋向制定出远离潜在风险区的钻井路线，以此方式既能提高钻进效率，又能有效减少地质灾害风险，确保操

作人员的节肋安全。执行打钻作业时，依赖实时检测和智能控制系统也是必不可少的，从而紧密监控打钻过程中的各种数据，如钻压、转速、扭矩等的参数，同时观察钻孔内的地质变化情况。智能控制系统的引入，则进一步提升了打钻作业的自动化和智能化水平，使得整个工艺过程更加高效、精准且安全可靠^[3]。

5 新工艺方案的实地应用实践

5.1 选取深部采区的应用实践过程描述

为了验证新工艺方案的实际应用效果，选取了多个具有典型复杂地质条件的深部采区进行实地测试。这些采区的选择基于其在地质结构、岩层特性及施工难度等方面的代表性。每个采区实施了全面的数据收集和现场勘查，以确保新工艺在各种地质条件下的适用性。应用实践过程严格按照预先设计的工艺步骤进行，并记录下每个关键阶段的操作参数和效果。勘探钻孔位置的选择和勘探路径的规划，均依据详尽的地质数据分析，确保勘探过程中与可能遇到的复杂地质构造相协调。现场施工管理加强，对操作人员也进行了针对性技术培训，以确保新工艺的正确执行和安全操作。

5.2 对应用实践结果的数据统计和效果评价

在新工艺方案的实地应用实践中，对深部采区的打钻效率、钻孔精度及设备故障率等关键指标进行了详细的数据统计和效果评价。通过采集多个试验段的数据，与传统工艺进行对比分析，发现新工艺方案在钻进效率上提高了约25%，钻孔偏差减少了15%。设备故障率显著降低，平均故障时间减少了30%。这些数据表明，新工艺在提高作业效率和精度方面显著优化了设备的可靠性。安全性能方面的改进也通过对事故率的监测得到了验证，事故率下降超过40%。这些成果表明新工艺在复杂地质条件下的应用效果显著。

6 新工艺方案的研究意义和应用前景

6.1 研究意义

在复杂地质环境下，井下打钻工艺经过优化实在是个明显的理论和实用价值的成果。细致入微的地质分析为咱们找到了打钻效果的决定性因素，这样一来基础就扎实了，为开发适合这些复杂地质环境的工艺套路做了引导。这套优化过的工艺演示在模拟试验和现场使用时，表现得特别出色，大大提升了打钻的质量和效益。这新工艺之所以显得优秀，是因为它尤为针对复杂的地质环境设计的。它不但大大克服了地质条件变化导致的建筑困难，还有效地减少了操作中的隐藏危机，让井下操作变得更安全。这优化过的工艺是带

有新颖的技术，这在实践中就体现出它的适应性和实用性。所以说，它就为深部采区的高效率作业提供了确实可行的方案。

6.2 新工艺方案对其他深部打钻的参考价值

新工艺方案在深部打钻工艺中展现出的优越性能，为其他类似作业环境提供了重要的参考价值。其一，通过对复杂地质条件的细致分析与针对性优化，新工艺方案能够有效适应各种复杂地质结构的需要。这种灵活适应性意味着在其他面临地质挑战的深部采矿区域，新的方案可作为有效解决方案应用，从而提升整体作业效率和安全性。其二，模拟实验及实地收集的数据具有无可反驳的实证力，显示出新工艺在提升钻探品质、降低事故危险、增加安全性上的杰出表现，这种长处被看作是高精度和高安全性地下施工的理想选择。新工艺的实际成效不只提供给现有科技有效的优化选择，还为开发创新采矿设备指明了道路。其他地下采矿行为亦可参考这种优化的思路，检视细致的地质分析和适应性设计，提拔全行业的施工水平和安全管理水平，带领深部钻探技术向更高层次发展和完善。

7 结语

本研究对深部采区复杂地质条件下井下打钻工艺进行深入研究与优化，成功地应用于实践，并取得显著的效果。对深部矿区的地质分析，针对关键地质因素设计的新工艺方案，以及模拟实验和实践的结果，都表明新工艺方案在提高打钻质量、效率，降低事故潜在风险，提升工作安全性等方面有显著效果。尽管如此，仍有许多问题值得进一步研究和探讨，例如如何在更复杂的地质条件下优化打钻工艺，如何通过进一步研究提高工艺方案的泛用性和稳定性等。这些问题的解决，将为深部井下打钻工艺的进一步优化提供有价值的参考。同时，本研究的方法和结果也为其他类似的矿区井下打钻工作，乃至其他相关领域的工艺优化，提供了有效的理论支持和实践参考。我们期待未来有更多的研究能在这一基础上进行，以改进和完善我们的工艺方案，进一步提升深部井下打钻的工作效率和安全性。

参考文献

- [1] 贾进元.浅析复杂地质条件下井下采煤技术[J].当代化工研究,2021,(12):117-118.
- [2] 胡月强周耀.复杂地质条件下井下巷道瓦斯运移规律研究[J].粘接,2023,50(08):146-148.
- [3] 陈晓利,郭勤强,李帅,王哲,王新民,于正.复杂采空区条件下井下通风系统模拟仿真与优化[J].黄金,2021,42(01):26-31.