

Research on the innovation and application of mechanical drilling technology in geological exploration

Lei Sun

The First Geological Brigade of Hebei Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Handan, Hebei, 056001, China

Abstract

With the continuous development of social economy and the increasing demand for resources, geological exploration plays an increasingly important role in various industries. As a core technology in geological exploration, mechanical drilling technology has played an important role in the fields of mineral resources exploration, oil and gas exploration and groundwater resources exploration. In recent years, with the progress of science and technology, mechanical drilling technology has made significant progress in improving drilling efficiency, reducing cost, improving safety and other aspects. By analyzing the current application of mechanical drilling technology in geological exploration, discusses the technical problems and innovation development direction, mainly the new drilling equipment, intelligent drilling technology and drilling process improvement and innovation, aims to provide theoretical support for the development of mechanical drilling technology and practical guidance.

Keywords

mechanical drilling technology; geological exploration; drilling equipment; intelligent technology and technological innovation

地质勘探中机械钻探技术的创新与应用研究

孙雷

河北省地质矿产勘查开发局第一地质大队，中国·河北 邯郸 056001

摘 要

随着社会经济的不断发展和资源需求的日益增加，地质勘探在各个行业中的作用愈发重要。机械钻探技术作为地质勘探中的一项核心技术，已在矿产资源勘探、石油天然气勘探以及地下水资源勘探等领域发挥了重要作用。近年来，随着科技的进步，机械钻探技术在提高钻探效率、降低成本、提升安全性等方面取得了显著进展。本文通过分析当前机械钻探技术在地质勘探中的应用现状，探讨了其面临的技术难题及创新发展方向，重点研究了新型钻探设备、智能化钻探技术以及钻探工艺的改进与创新，旨在为未来机械钻探技术的发展提供理论支持与实践指导。

关键词

机械钻探技术；地质勘探；钻探设备；智能化技术；技术创新

1 引言

地质勘探是获取地下资源信息的关键环节，对于国家资源战略的制定和社会经济的可持续发展具有重要意义。在地质勘探中，机械钻探技术作为最基础的手段之一，一直以来被广泛应用于煤炭、石油、天然气等矿产资源的勘探及地下水资源的开发。随着资源开采的逐步深入，地质勘探对钻探技术的要求越来越高，不仅需要高效、精准的钻探能力，还要求更高的安全性与环境友好性。当前，传统的钻探设备和工艺已无法完全满足复杂地质条件下的勘探需求，因此，创新机械钻探技术成为当前研究的重点。

本文将从机械钻探技术的演变、应用现状、面临的技

术挑战及创新方向等方面进行探讨，分析现有技术的优缺点，并针对性地提出相应的技术创新方案，旨在推动机械钻探技术在地质勘探中的进一步发展与应用。

2 机械钻探技术的发展历程与现状

机械钻探技术经历了从传统手动钻探到现代自动化、智能化钻探的漫长发展过程。随着科技的进步，钻探设备的种类和钻探工艺不断丰富，极大提高了地质勘探的效率和精准度。

2.1 传统机械钻探技术的应用与局限

传统机械钻探技术主要依靠机械设备的动力传输进行钻进作业，具有较高的劳动强度和较低的作业效率。虽然在早期的矿产资源勘探中取得了较好的应用效果，但随着地质环境的不断复杂化，传统钻探技术也暴露出一系列问题，例如：钻探速度较慢、钻具易磨损、对复杂地层的适应性差等。

【作者简介】孙雷（1983-），男，中国河北大名，本科，助理工程师，从事地质机械研究。

这些问题不仅制约了勘探效率，也增加了勘探成本。因此，传统机械钻探技术逐渐显现出无法满足现代高效勘探要求的局限性。

2.2 现代机械钻探技术的发展与优势

现代机械钻探技术在不断创新的过程中，结合了自动化控制、智能化技术以及新型材料的应用，显著提升了钻探效率和安全性。例如，采用高功率钻机和先进的液压系统，使得钻探速度得到了极大提升；同时，智能化钻探技术能够实时监控钻探过程中的各项数据，精确控制钻探方向和深度，有效避免了因操作不当而导致的事故发生。这些技术的应用，不仅提高了资源勘探的精准度和效率，也降低了矿井等勘探作业的危险性。

2.3 机械钻探技术的广泛应用领域

机械钻探技术在矿产资源、油气资源以及地下水资源的勘探中都得到了广泛应用。在矿产勘探中，钻探技术可以帮助地质学家准确获取地下矿体的分布情况，预测矿产资源储量，进而指导资源开采。而在油气勘探中，机械钻探则被用于获取地下油气的具体分布、储量及其生产潜力；在地下水勘探中，钻探技术可用于查明地下水的储量及流向，对水资源的合理开发具有重要意义。

3 机械钻探技术面临的挑战与问题

尽管机械钻探技术取得了诸多进展，但在实际应用中仍然面临一系列技术难题。

3.1 复杂地质环境下的钻探难题

在“三软”地质条件（软岩、软煤、软围岩）和高温、高压等特殊地质环境下，传统的钻探技术面临着诸多挑战。由于这些特殊地质条件的复杂性，钻探过程中常常遇到设备磨损加剧、钻进阻力增加等问题，这不仅导致钻探进度缓慢，还增加了钻探过程中设备故障的概率。例如，软煤层的钻探过程中，钻头极易被削弱，导致钻进速度降低，严重时甚至会发生钻头卡滞的情况。更为严重的是，在软岩和软围岩环境下，岩层结构的稳定性差，容易发生地层坍塌、井壁破裂等安全事故，这对于勘探作业的安全构成了巨大威胁。尤其是在高温高压环境下，地下岩层的物理化学性质变化更加剧了钻探的难度，给传统钻探技术带来了不可忽视的挑战。因此，在这些复杂地质环境下，如何改进钻探工艺、提高钻探设备的适应性和稳定性，成为当前地质勘探领域亟待解决的问题。

3.2 钻探设备的技术瓶颈

虽然国内外已经研发了多种先进的钻探设备，但在一些特殊地质条件下，现有设备仍然面临显著的技术瓶颈，特别是在高温、高压的深井环境中。钻探设备往往在超负荷工作状态下容易出现故障，尤其是在承受极大压力的深井钻探中，钻具的受力过大，容易发生钻具损坏、钻头断裂等现象。此外，现有的钻探设备在极端条件下的稳定性和耐用性问题

仍然未得到根本解决，设备的频繁损坏导致了维修和更换成本的增加，这直接影响了钻探效率和勘探进度。传统钻探设备往往需要频繁地进行修复或更换，这不仅导致工期延误，还大大增加了作业成本。因此，如何提高钻探设备在特殊地质条件下的可靠性、提升其耐久性，成为目前钻探技术创新的重点。对于特定环境下的钻探需求，亟需开发更为适应性强、故障率低且能承受极端条件的钻探设备。

3.3 钻探成本控制问题

随着钻探深度的不断增加，机械钻探的整体成本也随之上升，尤其是在复杂地质环境下，钻探设备的能耗、维护和操作难度显著提高，进而导致钻探成本大幅增加。高成本的主要原因在于复杂地质条件下，钻探设备和工人需要面对更大的工作强度和更复杂的操作环境。例如，深井钻探需要使用更加专业和高效的钻探设备，而这些设备的采购、维护和运行成本都远高于常规钻探作业。

4 机械钻探技术的创新与应用前景

随着科学技术的不断发展，机械钻探技术已经步入一个全新的发展阶段，特别是在新型钻探设备、智能化钻探技术以及材料创新等方面取得了显著进展。这些技术创新不仅提高了钻探的效率，还提高了钻探的精准度和安全性，为地质勘探提供了更可靠的支持。钻探技术的发展，不仅限于设备的升级换代，更涵盖了整个钻探过程的智能化管理、材料的优化选择以及钻探工艺的革新，全面推动了资源勘探的高效开展。

4.1 新型钻探设备的创新

新型钻探设备的出现是机械钻探技术创新的核心推动力之一。现代钻探设备在动力系统、钻头技术、设备自动化等方面实现了多项突破。例如，大功率、高效率的钻机，使得钻探工作能够更加迅速地进行，尤其是在需要快速获取资源信息的油气勘探和矿产勘探中，能够大幅提高钻探速度，显著缩短了项目周期。此外，新型钻头的材料和设计理念的创新也极大提升了钻具的使用寿命和适应能力。这些钻头采用了更为先进的合金材料，使其在面对坚硬岩层或复杂地质环境时更加耐磨、耐高温，减少了钻探过程中由于磨损或设备故障引发的停机时间。与此相对应，新型钻具和钻探系统的结构优化设计，使得钻探过程中的振动和损耗得到有效减少，大幅降低了设备的维护频率，显著降低了勘探成本。因此，创新钻探设备不仅使钻探效率提升，也极大地降低了作业中的风险与成本，推动了资源的高效勘探。

4.2 智能化钻探技术的应用

智能化钻探技术的应用解决了传统钻探技术中人工干预过多、操作繁琐和难以精确控制的问题。通过自动化控制系统的引入，智能化钻探技术能够实时监控钻探过程中的多个关键参数，如钻探速度、钻进深度、钻头温度等，并根据实时数据自动调整钻探策略。这种高精度的控制方式使得钻

探过程中对地质结构的适应性增强,避免了以往人工操作带来的误差和安全隐患。在深井钻探过程中,智能化技术的优势尤为明显,通过计算机程序和数据采集系统,能够精确分析和预测地层变化,及时调整钻探参数,确保钻探进度的平稳推进。智能化钻探技术的应用不仅提高了钻探作业的精确度,还优化了资源获取的过程,减少了不必要的能源消耗,降低了钻探中的环境影响,从而推动了地质勘探领域的可持续发展。

4.3 材料与工艺的创新

在钻探设备的创新方面,材料的创新与工艺的改进发挥着至关重要的作用。钻头和钻具的材料创新,尤其是在耐高温、耐磨损、抗腐蚀等方面的提升,使得钻探设备能够在极为复杂和恶劣的地质条件下仍然保持高效工作。采用复合材料和高强度合金材料制作钻头,能够有效提高钻探设备的耐用性和适应性,减少了传统钻具的磨损和频繁更换,降低了设备维护成本。此外,钻探工艺的创新也是机械钻探技术发展的关键因素。例如,液压钻探技术的引入,通过液体压力的控制和调节,能够使钻头在较低的动力消耗下实现高效钻进,大大提高了钻探过程中的工作效率。气动钻探技术同样在某些特殊地质环境中得到了应用,利用气流的推动作用,使得钻探过程更加灵活、迅速且稳定。通过这些工艺创新,机械钻探不仅能够更深、更复杂的地质层中顺利进行,还能在保障钻探效率的前提下,提升作业的安全性和稳定性。

5 案例分析与实际应用

通过对国内外多个典型地质勘探案例的深入分析,可以进一步验证机械钻探技术创新带来的显著效果。创新技术的应用在实际勘探中所取得的成功,不仅为地质勘探领域提供了宝贵的经验,也为未来相关技术的推广与应用提供了实践依据。

5.1 国内油气勘探中的应用案例

在国内某大型油田的勘探过程中,采用了新型的高功率钻机以及智能化钻探技术,成功突破了传统钻探技术在高温高压环境下的瓶颈。该油田的勘探工作要求能够在极端复杂的地质条件下快速、精准地获取地下油气资源的信息,传统的钻探技术已经无法满足这一需求。通过引入大功率钻机

和智能化控制系统,勘探团队不仅大大提高了钻探速度,还成功减少了钻探过程中出现的设备故障和钻头卡滞问题。新型钻探设备的应用,使得在数口深井钻探作业中,能够快速穿越多种地层,在最短时间内完成了任务,降低了勘探成本,并确保了作业的安全性和稳定性。

5.2 矿产勘探中的应用案例

某矿山在开展矿产资源勘探时,采用了新型的大功率钻机和智能化控制系统,通过技术手段成功提高了钻探效率。该矿山的矿体分布复杂,传统的钻探方法常常导致钻头卡滞和井壁破裂等问题,影响了勘探精度和作业安全。在这种情况下,新型钻机和智能控制系统的应用,实时监控了钻探过程中的各项数据,及时调整了钻探参数,并精确定位了矿体的分布。钻探过程中,设备的稳定性和高效性极大降低了事故的发生率,提升了矿产资源勘探的精确度,为矿山提供了科学合理的开采决策。

6 结语

机械钻探技术在地质勘探领域的应用具有举足轻重的地位,随着技术的不断创新与发展,机械钻探技术正在朝着高效、精准、安全的方向不断迈进。新型钻探设备、智能化钻探技术以及材料与工艺的创新,不仅提升了钻探效率,降低了成本,还提高了作业过程中的安全性和稳定性。尽管在实际应用中,仍然存在一定的技术难题,但随着科技的进步和各项技术的不断完善,机械钻探技术必将迎来更加广阔的应用前景,成为推动资源勘探和开采的核心技术之一。未来,随着智能化和自动化的进一步发展,机械钻探技术将继续为地质勘探提供强有力的技术支持,为资源的高效勘探和可持续发展奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 黄金桂,刘亚辉,牛永丰.地质勘查和深部地质钻探找矿技术分析[J].石化技术,2024,31(10):235-237.
- [2] 渠洪杰,谭春亮,冉灵杰,等.面向新一轮找矿突破战略行动绿色勘查的钻探技术研发与应用建议[J].中国矿业,2024,33(10):246-256.
- [3] 谷存磊.地质钻探工程施工的关键技术环节分析与应用[J].世界有色金属,2024,(18):178-180.
- [4] 孙焕泉,高楠安,吴陈冰洁等.中深层地热资源勘探开发技术与典型应用[J/OL].地学前缘, 1-13[2025-02-18]