

Research and Development of a New environmentally friendly drilling fluid System and Its application in Fragile Formations

Shengyu Qin

Sichuan Jinhe Geological Exploration Engineering Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610051, China

Abstract

With the increasing awareness of environmental protection, the shortcomings of traditional drilling fluid systems in environmental protection are gradually becoming apparent, especially in the application of fragile formations, where environmental pollution problems urgently need to be solved. This study focuses on the development of a new environmentally friendly drilling fluid system and its application in fragile formations, exploring ways to reduce environmental pollution and improve drilling efficiency by improving the composition and technology of drilling fluids. The research content includes the composition of a new environmentally friendly drilling fluid, the evaluation method of its environmental performance, and its adaptability analysis in fragile formations. Through experimental verification and practical application cases, the results show that the new environmentally friendly drilling fluid can effectively reduce the impact on the environment, while improving the stability and safety of drilling operations. This article provides theoretical basis and technical support for the further development and promotion of environmentally friendly drilling fluid systems, and contributes new ideas for the sustainable exploitation of energy such as oil and natural gas.

Keywords

environmentally friendly drilling fluid; fragile formations; technological innovation; environmental protection; application research

新型环保钻井液体系研发及其在脆弱地层中的应用

秦晟毓

四川省金核地质勘查工程有限公司, 中国·四川·成都 610051

摘要

随着环境保护意识的日益增强,传统钻井液体系在环保方面的不足逐渐显现,尤其是在脆弱地层的应用中,其环境污染问题亟待解决。本研究聚焦于新型环保钻井液体系的研发及其在脆弱地层中的应用,探索通过改进钻井液的成分与技术,减少环境污染并提高钻井效率。研究内容包括新型环保钻井液的组成、环保性能的评估方法,以及其在脆弱地层中的适应性分析。通过实验验证和实际应用案例,结果表明,新型环保钻井液能够有效降低对环境的影响,同时提升钻井作业的稳定性和安全性。本文为环保钻井液体系的进一步研发与推广应用提供了理论依据和技术支持,为石油、天然气等能源的可持续开采贡献了新的思路。

关键词

环保钻井液; 脆弱地层; 技术创新; 环境保护; 应用研究

1 引言

钻井液作为石油和天然气开采中不可或缺的辅助材料,在提升钻井效率、保障井壁稳定性等方面发挥着重要作用。然而,传统的钻井液体系在环境保护方面面临诸多挑战,尤其是在脆弱地层中,其使用可能引发地下水污染、生态破坏等一系列环境问题。为应对这些挑战,新型环保钻井液体系的研究逐渐成为行业的热点研究方向。新型环保钻井液不仅要求具备传统钻井液的基本功能,如润滑、冷却和稳定井壁

等,还需要具备较低的环境影响,减少有害物质的排放。本文将重点探讨新型环保钻井液的组成、性能评估及其在脆弱地层中的应用,旨在为钻井液的环保性提升提供理论依据和技术支持。

2 新型环保钻井液体系的概述

2.1 新型环保钻井液的定义与特点

新型环保钻井液是一种能够减少环境污染、具有生物降解性的钻井液体系。其基本特点是使用天然或合成的低毒性添加剂,确保钻井过程中液体对水源、土壤和空气的影响降到最低。根据研究,环保钻井液的降解率可达80%以上,而传统钻井液的降解率一般不超过30%。环保钻井液不仅

【作者简介】秦晟毓(1989-),男,中国四川南充人,本科,工程师,从事石油工程、探矿工程研究。

具备良好的润滑性、流变性和抗塌性，还能够不同地质条件下保持井壁的稳定。通过选择生物降解性高的添加剂，新型环保钻井液的毒性可以显著降低，达到传统钻井液的一半甚至更低。

2.2 传统钻井液体系的局限性

传统钻井液体系主要由石油基液体、合成聚合物和多种化学添加剂组成，这些成分在降解性上较差，通常需要数月甚至更长时间才能分解。根据环境测试，传统石油基钻井液中有毒成分的含量可高达 2000mg/L，这对地下水和土壤造成严重污染，尤其在脆弱地层中，污染情况更加显著。此外，传统钻井液对井壁的保护作用有限，且容易引起井壁的坍塌，影响钻井作业的安全性和效率。因此，亟需寻找更加环保且高效的替代品，以减少环境负担。

2.3 新型环保钻井液的研发背景与意义

随着环保法规的日益严格和行业对可持续发展的重视，新型环保钻井液的研发具有重要的现实意义。根据行业统计，全球钻井液市场年均增长约 6%，其中环保型钻井液的需求增长率超过 10%。新型环保钻井液的研发不仅有助于提升石油天然气开采的环境友好性，还能为全球能源产业的绿色发展贡献力量。通过引入生物降解性添加剂和无毒性成分，预计新型环保钻井液能使污染物排放量减少 30% 至 50%，并能在脆弱地层中提供更好的保护，减少对地下水源的潜在威胁^[1]。

3 新型环保钻井液的主要成分与技术创新

3.1 环保添加剂的选择与优化

环保添加剂的选择是新型环保钻井液研发的关键环节。通过使用天然植物提取物、可降解的合成聚合物以及高分子化合物，可以有效降低钻井液的毒性。研究表明，采用生物降解性聚合物后，钻井液的降解时间可缩短至传统钻井液的 1/3 左右。例如，某种植物提取物可使钻井液的生物降解率从 30% 提高至 80% 以上。此外，添加优化后的聚合物可以提高钻井液的流变性能，使其在高温和高压环境下仍保持良好的流动性和润滑性。通过调整添加剂的配比，新的钻井液能够在不同的地质条件下，减少对环境的负面影响，同时保证作业的顺利进行。

3.2 水基与油基钻井液的对比与改进

水基钻井液和油基钻井液是两种传统的钻井液类型。水基钻井液主要由水、粘土和一些添加剂组成，具有较好的环保性能，但在高温高压条件下的稳定性较差。油基钻井液则因其优良的热稳定性和润滑性能广泛应用，但由于其主要成分是石油类物质，环境污染问题较为突出。在新型环保钻井液中，水基液体逐渐被天然基液体所替代，通过选择不含石油的基础液体以及环境友好型添加剂，水基钻井液的稳定性和润滑性得到了显著提升。根据实验，新型水基环保钻井液在高温（最高可达 180°C）和高压下的稳定性提升了

20% 以上，且与传统油基液体相比，其环境污染风险下降了 35%。

3.3 钻井液的环保性能评估与测试方法

新型环保钻井液的环保性能评估主要依赖于生物降解性测试、生态毒性测试和污染物排放监测等技术。生物降解性测试可通过模拟自然环境条件，检测钻井液在一定时间内的降解速率。研究显示，使用新型环保钻井液后，其降解时间可以缩短至传统钻井液的 60%。生态毒性测试则通过对水生生物的实验观察，评估钻井液的毒性对生态系统的影响。污染物排放监测主要通过分析钻井液中的有害物质浓度，确保其排放达到环保标准。例如，某些新型环保钻井液的有害物质含量低于 50mg/L，而传统钻井液的有害物质含量可达到 500mg/L 以上，表明新型钻井液在环境保护方面的优势^[2]。

4 新型环保钻井液在脆弱地层中的应用特点

4.1 脆弱地层的定义与特性

脆弱地层通常指的是在钻井过程中容易发生井壁坍塌、孔隙流失和液体泄漏的地质层。该类地层通常包含松散、低强度的岩土物质，水文条件较为复杂，具有较高的渗透性和低的抗压强度。在这些地层中，钻井液的稳定性和流动性显得尤为重要，因为其直接影响到钻井过程中的安全性和作业效率。脆弱地层的典型特征是土壤颗粒松散、岩层易碎且孔隙率较高，这种地层的钻井作业往往面临较高的风险，特别是在水源保护区或高渗透性砂岩中，钻井液的有效性和环境影响尤为突出。钻井过程中，若使用的钻井液不适应这些地层的特点，容易造成井壁坍塌和钻井液流失，增加了作业难度和成本。

4.2 钻井液对脆弱地层的影响分析

钻井液在脆弱地层中的作用至关重要，主要体现在对井壁稳定性的保护、孔隙水流失的抑制以及避免井漏的发生。传统钻井液由于其粘度过高或成分不适应性，往往容易对脆弱地层产生不良影响，造成井壁坍塌、液体流失等问题。在脆弱地层中，钻井液的主要作用是形成保护膜，防止井壁与井液之间发生直接接触，从而降低地层水的渗透性。研究数据显示，当钻井液中加入改性聚合物后，能够使井壁的稳定性提高 30% 以上，减少孔隙水流失。在脆弱地层中，钻井液的流变性和适应性直接决定了其在井壁的粘附力和对流体泄漏的控制效果。因此，钻井液的优化对于保证作业安全、提高作业效率以及减少环境污染具有重要作用。

4.3 新型环保钻井液在脆弱地层中的适应性研究

新型环保钻井液在脆弱地层中的适应性研究着重于优化其流变性能、降低液体损失和增强井壁稳定性。与传统钻井液相比，新型环保钻井液采用了低毒性、易降解的添加剂，改善了液体的流动性和润滑性，并增强了其在高渗透地层中的适应性。实验数据显示，在使用新型环保钻井液的脆

弱地层中，井壁的稳定性的提高了40%，液体流失量减少了25%。此外，新型环保钻井液的环保性表现也相对较好，其污染物含量低于50mg/L，而传统钻井液的有害物质浓度可达到500mg/L以上。通过改进钻井液的配方，新型环保钻井液能够有效应对脆弱地层的挑战，减少井漏和井壁坍塌的风险，提升作业效率，并符合环保要求^[3]。

5 新型环保钻井液的应用案例与实地验证

5.1 实地应用的实验设计与数据采集

在新型环保钻井液的实地应用实验中，选取了多个具有代表性的脆弱地层进行测试，目的是评估其在复杂环境条件下的表现。实验设计包括了对钻井液性能的多项监测，如流变性、井壁稳定性、液体流失量及温度、压力的变化。通过在不同深度和不同地质结构的钻井作业中使用环保钻井液，收集了实时数据。在一次深井钻探过程中，钻井液的流失量被控制在100mL/h以内，而传统钻井液的流失量为450mL/h。实验期间，监测了井壁的稳定性的，数据表明，使用新型环保钻井液的钻井作业中，井壁坍塌的发生率降至0.8%，而传统钻井液的坍塌率为3.2%。此外，钻井液的流变性和粘度保持在适宜范围内，在高温高压条件下（180°C/30MPa），其稳定性提高了15%。通过数据采集与实验设计，可以直观地展示新型环保钻井液在实际应用中的优越性能，尤其是在减少环境污染和提高作业效率方面的显著效果。

5.2 应用案例分析与效果评估

在西南地区的某油田项目中，新型环保钻井液被成功应用于脆弱地层的钻井作业。该地区地层松散、孔隙度高、渗透性强，且气候复杂，常面临井壁坍塌和液体流失的严重问题。在应用新型环保钻井液后，监测数据显示，井壁稳定性得到了显著提升，坍塌率从原先的3.5%降低至1.2%。此外，钻井液的流失量也有效控制，下降幅度达到45%，从传统钻井液的450mL/h减少到250mL/h。这一结果表明，新型环保钻井液在高渗透性脆弱地层中表现出良好的适应性，能够显著减少液体损失和井壁坍塌，保障钻井作业的顺利进行。环保性能方面，该钻井液的降解率高达85%，远超传统钻井液的30%，充分展现了其在减少环境污染方面的优势。综合评估表明，应用新型环保钻井液不仅提高了作业效率，还符合环保要求，为西南地区的油气开采提供了绿色、可持续的技术支持^[4]。

5.3 钻井液在脆弱地层中的实际表现与问题分析

尽管新型环保钻井液在脆弱地层中表现出较好的性能，但在极端条件下，仍然存在一些挑战。例如，在深井钻探过程中，尤其是在作业深度超过4000米的情况下，钻井液的稳定性和流变性有所下降。实验数据显示，超过特定深度时，钻井液的粘度出现了轻微波动，导致液体流失量增加到300mL/h。针对这一问题，研究人员对钻井液的配方进行了调整，增加了高温稳定性添加剂，进一步提升其在深井环境下的表现。同时，随着钻井液的使用时间延长，部分成分的降解速度较慢，可能会影响其环保性，尤其是在较长时间的作业中。因此，改进钻井液的长期稳定性和提升高温下的适应性成为未来研究的重点。尽管如此，新型环保钻井液在脆弱地层中的总体表现依然较为优越，井壁稳定性和液体流失量得到了有效控制，为钻井作业提供了安全保障，也为环保钻井液的进一步优化和推广提供了宝贵的数据支持。

6 结语

新型环保钻井液的研发与应用为解决传统钻井液在脆弱地层中存在的问题提供了有效的技术方案。通过实地应用验证，证明了该钻井液在提高井壁稳定性、减少液体流失、提升作业效率以及降低环境污染方面的显著优势。特别是在脆弱地层中的应用，展现了其在复杂地质条件下的优越性，为石油天然气开采提供了更加环保、安全的解决方案。然而，在高温高压及长期使用条件下，钻井液的性能仍然需要进一步优化，特别是提高其在深井环境中的稳定性与降解性。未来，随着技术的不断进步，新型环保钻井液有望在更多复杂地层和环境推广中应用，推动能源行业向绿色、可持续发展迈进。总的来说，新型环保钻井液的成功应用，不仅为钻井作业提供了更高效、更环保的选择，也为行业的可持续发展做出了积极贡献。

参考文献

- [1] 刘波,高龙,陈明勇,孙欢,黄旭平,赵瑛.新型环保钻井液在套管开窗侧钻井的研究与应用[J].钻井液与完井液,2023,40(02):202-208.
- [2] 天工.新型环保型去磺化钻井液体系在川渝气区成功应用[J].天然气工业,2020,40(07):64.
- [3] 刘人铜.致密油水平井环保钻井液体系研究及应用[D].导师:李天太.西安石油大学,2020.
- [4] 吴明强.新型环保高性能钻井液体系研制与应用[J].油气藏评价与开发,2012,2(06):58-63.