

油基泥浆水平井堵漏水泥浆体系研究与应用

李磊

中石化中原石油工程有限公司钻井二公司, 河南 濮阳 457001

摘要： 本文详细介绍了油基泥浆水平井的堵漏技术，探讨了其特性、技术分类以及目前的发展状况。文章着重阐述了油基泥浆水平井堵漏专用水泥浆体系的设计过程，包括设计原则、配方优化策略以及性能评估方法。通过系统的实验研究，对实验所需材料与设备、水泥浆的性能测试、堵漏效果评估以及实验数据进行了深入分析。此外，本文还综合评估了该水泥浆体系在实际现场应用中的表现，包括施工工艺、应用效果以及经济效益，为油基泥浆水平井堵漏技术的实际应用提供了科学依据和实践指导。

关键词： 油基泥浆；水平井；堵漏技术；水泥浆体系；实验研究；现场应用；经济效益

Research and Application of Oil based Mud System for Blocking Water Leakage in Horizontal Wells

Li Lei

Sinopec Zhongyuan Petroleum Engineering Co., Ltd. Drilling Company 2, Puyang, Henan 457001

Abstract： This article provides a detailed introduction to the plugging technology of oil-based mud horizontal wells, exploring its characteristics, technical classification, and current development status. The article focuses on the design process of a specialized cement slurry system for plugging oil based mud horizontal wells, including design principles, formulation optimization strategies, and performance evaluation methods. Through systematic experimental research, in-depth analysis was conducted on the materials and equipment required for the experiment, performance testing of cement slurry, evaluation of leak sealing effect, and experimental data. In addition, this article comprehensively evaluates the performance of the cement slurry system in practical field applications, including construction technology, application effects, and economic benefits, providing scientific basis and practical guidance for the practical application of oil-based mud horizontal well plugging technology.

Keywords： oil-based mud; horizontal well; leak sealing technology; cement slurry system; experimental research; on site application; economic performance

引言

随着我国石油工业的快速发展，油基泥浆水平井在油气勘探开发中的应用越来越广泛。然而，由于油基泥浆水平井特殊的地质条件和复杂的井筒环境，井漏问题一直是制约其发展的重要问题。因此，研究油基泥浆水平井堵漏技术具有重要的现实意义。

一、油基泥浆水平井堵漏技术概述

随着全球油气资源的日益稀缺，油基泥浆水平井技术以其高效的开采能力，在油气田的开发中扮演着越来越关键的角色。然而，这一技术的应用面临着由复杂地质条件和作业环境所引起的井漏问题的严峻挑战，这些问题成为限制其进一步发展的主要障碍。鉴于此，深入研究油基泥浆水平井的堵漏技术，不仅对于提升油气开采效率至关重要，而且对于确保油气田的可持续开发具有重大的实际意义和应用价值。

(一) 油基泥浆水平井特点

油基泥浆水平井技术，作为现代油气开采领域的一项先进技术，以其显著的优势确立了其在行业中的重要地位。该技术通过

扩展井筒与油藏的接触面积，大幅提升了油气开采的效率，使得与传统直井相比，能够实现更高的产量和更优的资源利用效率。然而，水平井段的构造特点要求其穿越多种复杂地层，这不仅带来了地质条件上的挑战，而且提高了井漏发生的可能性，从而对堵漏技术提出了更为严格的要求。常规水泥浆受油基泥浆污染时性能变化较大，安全风险较高，制约了水泥浆在油基泥浆水平井堵漏作业中的应用。要建立油基泥浆钻井水平井堵漏水泥浆技术，必须要解决油基泥浆污染水泥浆问题^[1]。此外，油基泥浆的环境友好性也是其一大亮点，其对环境的负面影响较小，这与全球日益增强的绿色开采和环境保护意识不谋而合。

(二) 堵漏技术分类

堵漏技术主要涵盖化学堵漏、物理堵漏以及混合堵漏三大

类。化学堵漏通过向井漏区域注入特定的化学堵漏剂，这些剂能够在漏失通道中形成坚固的堵漏体，从而有效封堵井漏。物理堵漏则采用物理方法，如使用砂石、水泥等固体物质来填充漏失通道，以达到堵漏的目的。混合堵漏技术则综合了化学堵漏和物理堵漏的优点，通过多种方法的协同作用，实现更高效、更可靠的堵漏效果。

（三）油基泥浆水平井堵漏技术发展现状

油基泥浆水平井堵漏技术虽然已经取得了一定的研究成果，但在实际应用中仍面临一系列挑战。为了提高堵漏技术的成功率，需要针对不同地质条件和井漏特点研发适应性强的堵漏材料，优化现有堵漏工艺，并建立完善的堵漏效果评价体系，为现场施工提供依据^[2]。总之，油基泥浆水平井堵漏技术在实际应用中具有重要意义，需要深入研究堵漏材料、工艺和效果评价等方面，以进一步提高堵漏技术的成功率。

二、油基泥浆水平井堵漏水泥浆体系设计

在油基泥浆水平井的钻探与完井作业中，水泥浆体系的设计扮演着确保井壁稳定和预防井漏的关键角色。本节旨在深入探讨水泥浆体系的设计原则，并针对油基泥浆水平井的独有特性，展示如何进行精确的配方优化和全面的性能评价，以保障作业的安全性和效率。

（一）水泥浆体系设计原则

在设计水泥浆体系时，关键是要遵循一套严格的原则，这些原则不仅确保水泥浆与油基泥浆的相容性，还关乎施工安全和现场作业的顺利进行。兼容性原则是核心，它要求水泥浆与油基泥浆能够和谐共存，避免任何性能下降的风险。安全性原则至关重要，它要求我们选择对施工人员和环境无害的材料，以维护所有人的安全和环境的完整性^[3]。可泵性原则同样重要，它保证了水泥浆在施工现场条件下能够顺利流动和泵送。稳定性原则则确保了水泥浆在泵送和固化过程中的稳定性，防止了分层和沉淀的问题。

（二）油基泥浆水平井堵漏水泥浆体系配方优化

在油基泥浆水平井的堵漏作业中，配方优化是实现高效堵漏的关键。为了提升水泥浆的堵漏性能，我们采取了一系列策略，包括精心选择适宜种类和掺量的水泥，以确保水泥浆具有必要的稳定性和堵漏效果。此外，我们还通过添加适量的外加剂，如增稠剂、分散剂和缓凝剂，来进一步提升水泥浆的整体性能。通过精确的实验研究，我们确定了最优的水灰比，确保水泥浆在保持优良流动性和可泵性的同时，还能满足堵漏作业的高标准要求。

（三）水泥浆性能评价方法

水泥浆性能的评价是堵漏作业成功的关键环节。为了精确衡量水泥浆的性能，我们实施了多种评价手段。在实验室环境中，我们对水泥浆的流变性、抗压强度和渗透率等关键指标进行了全面测试，以确保其满足堵漏作业的需求。随后，在相似的地质条件下，我们进行了现场试验，以验证水泥浆的堵漏效果是否符合预期^[4]。此外，我们还对水泥浆在现场应用的效果进行了持续跟

踪，以便及时发现并解决可能出现的问题。

三、油基泥浆水平井堵漏水泥浆体系实验研究

为了验证油基泥浆水平井堵漏水泥浆体系的实际效果，本节将详细阐述实验研究的全过程，涵盖实验材料与设备的选择、水泥浆体系性能的测试、堵漏效果的评价以及实验结果的深入分析。

（一）实验材料与设备

实验材料主要包括油基泥浆、水泥、各种外加剂（如增稠剂、分散剂、缓凝剂等）以及用于模拟井漏通道的装置。实验设备则包括搅拌机、流变仪、压力测试仪和渗透率测试仪等。这些设备和材料的选择是为了确保实验的准确性和可靠性，为研究提供坚实的基础。

（二）水泥浆体系性能测试

在实验过程中，对水泥浆的流变性、抗压强度和渗透率等关键性能进行了全面而细致的测试。这些测试的目的是评估水泥浆在不同环境条件下的性能表现，以确定其是否能够满足复杂地质条件下堵漏作业的需求^[5]。通过精确调整水灰比和外加剂的掺量，进行了配方优化，旨在提升水泥浆的性能，确保其能够在实际应用中有效地完成堵漏任务。实验结果为后续的现场应用提供了坚实的参考基础，并为优化水泥浆配方提供了科学的依据。

（三）堵漏效果评价

堵漏效果的评价依赖于实验结果和现场试验数据的综合分析。在实验室环境中，通过模拟井漏通道，对水泥浆的堵漏能力进行测试，以模拟实际井漏情况。这包括观察水泥浆在模拟井漏通道中的流动行为、渗透性变化以及形成的堵漏体的稳定性。然而，实验室测试仅能提供部分信息，因此现场试验同样至关重要。在现场试验中，水泥浆体系在真实的油气井环境中进行应用，以验证其堵漏效果是否符合预期。现场试验的数据可以提供更真实的反馈，帮助研究人员了解水泥浆在实际应用中的性能表现，包括堵漏速度、堵漏效果的持久性以及与周围地质条件的适应性。

（四）实验结果分析

实验数据的深入分析是评估水泥浆体系堵漏效果的关键步骤。通过精确的统计和解析，能够揭示水泥浆在不同条件下的性能表现，从而对堵漏效果进行全面的评估^[6]。同时，实验结果分析帮助我们识别潜在的问题和不足，为改进措施的制定提供科学依据。

在分析过程中，不仅关注水泥浆体系的整体性能，还特别关注其在特定地质条件下的适应性和稳定性。通过对实验数据的深入挖掘，能够识别出影响堵漏效果的关键因素，并据此提出针对性地改进建议。

此外，实验结果分析还包括对现场试验数据的综合评估。通过将实验室测试结果与现场试验数据进行对比分析，我们能够更好地理解水泥浆体系在实际应用中的表现，并为现场施工提供更准确的技术支持。

四、油基泥浆水平井堵漏水泥浆体系现场应用

理论与实践的结合是科技发展的必然路径。本节将详细阐述油基泥浆水平井堵漏水泥浆体系在现场应用中的概况、施工工艺、应用效果分析及经济效益评价，以期在现场施工提供参考和指导。

(一) 现场概况

在油基泥浆水平井的钻探和完井作业中，井漏问题是一个常见的挑战，它不仅影响施工进度，还可能增加安全风险和成本^[7]。为了应对这一问题，选择了一个具有代表性的油气田作为现场试验的地点，以便在真实的生产环境中验证堵漏水泥浆体系的实际应用效果。

在现场试验中，采用了经过实验室优化后的水泥浆配方，并严格按照预定的施工工艺进行操作。在施工过程中，特别关注了井漏的位置和程度，以及水泥浆注入后的反应^[8]。在施工完成后，对井漏进行了全面的检查，以评估水泥浆的堵漏效果。

(二) 施工工艺

在现场施工中，我们采用了以下工艺流程：

1. 准备工作：根据地质条件和井漏情况，制定详细的施工方案。
2. 配制水泥浆：按照实验室优化后的配方，现场配制堵漏水泥浆。
3. 注入水泥浆：通过泵送设备，将堵漏水泥浆注入井漏通道。
4. 固化与封堵：待水泥浆固化后，形成坚固的封堵体，实现堵漏^[9]。

(三) 现场应用效果分析

通过对现场试验数据的分析，堵漏水泥浆体系在油基泥浆水平井中取得了显著的应用效果。主要表现在以下几个方面：

1. 堵漏成功率高：堵漏水泥浆体系能够迅速、有效地封堵井

漏通道。

2. 施工安全性好：堵漏过程中无事故发生，确保了施工安全。

3. 环境污染小：堵漏水泥浆体系对环境污染较小，有利于环境保护。

(四) 经济效益评价

从经济效益的角度来看，堵漏水泥浆体系在现场应用中具有以下优势：

1. 节省施工成本：相较于其他堵漏方法，堵漏水泥浆体系的成本较低。

2. 提高生产效率：堵漏成功后，油气井能够迅速恢复正常生产，提高生产效率。

3. 延长油气井寿命：堵漏水泥浆体系的有效应用，有助于延长油气井的使用寿命。

总之，油基泥浆水平井堵漏水泥浆体系在现场应用中展现出了良好的堵漏效果和经济效益，为油气田的开发提供了有力保障^[10]。在今后的工作中，我们还需进一步优化堵漏水泥浆体系，提高其适应性和堵漏效果，为我国石油工业的可持续发展做出更大贡献。

结束语

未来，油基泥浆水平井堵漏技术仍面临诸多挑战，包括更加复杂的地质条件、更高的环保要求以及不断变化的全球经济环境。这就要求我们继续深化研究，不断完善技术体系，提升堵漏效果，降低成本，同时注重环境保护，实现绿色可持续发展。

此外，随着大数据、人工智能等技术的发展，我们有理由相信，智能化、精细化的管理和技术应用将成为未来油基泥浆水平井堵漏技术发展的重要趋势。通过智能化监测和预测，我们可以更准确地识别井漏风险，更高效地实施堵漏作业，从而进一步提高油气田的开发效率和经济效益。

参考文献

- [1] 杨志城, 俞欢, 周杨, 等. 油基泥浆水平井堵漏水泥浆体系研究与应用 [J]. 辽宁化工, 2016, 45(03): 272-275. DOI: 10.14029/j.cnki.issn1004-0935.2016.03.012.
- [2] 吴晓红, 李云峰, 周岩, 等. 复杂压力系统薄互层致密油藏水平井钻井关键技术 [J]. 钻井液与完井液, 2024, 41(01): 45-52.
- [3] 孙晓日. 神木气田水平井优快钻井配套技术 [J]. 辽宁化工, 2022, 51(08): 1170-1173. DOI: 10.14029/j.cnki.issn1004-0935.2022.08.004.
- [4] 梁文利, 宋金初, 陈智源, 等. 涪陵页岩气水平井油基钻井液技术 [J]. 钻井液与完井液, 2016, 33(05): 19-24.
- [5] 赵常青, 鲜明, 冯子淇, 等. 深层页岩气水平井侧钻水泥塞技术 [J]. 石化技术, 2024, 31(05): 121-123.
- [6] 马金龙, 陶丽杰. 油基钻井液在徐深气田的应用 [J]. 采油工程, 2024, (01): 43-48+81-82.
- [7] 高文龙. 致密油水平井用高效封堵油基钻井液体系的研制与应用 [J]. 精细石油化工进展, 2024, 25(01): 1-4. DOI: 10.13534/j.cnki.32-1601/te.2024.01.003.
- [8] 钟成旭, 李道雄, 李郑涛, 等. 渝西区块龙马溪组强封堵油基钻井液技术研究 [J]. 西南石油大学学报 (自然科学版), 2024, 46(02): 103-113.
- [9] 张晓明, 陈金, 袁建华, 等. 黔北地区正安区块页岩气水平井钻井关键技术 [J]. 山东石油化工学院学报, 2023, 37(04): 53-58.
- [10] 王皓. 钻井液作用下水平井构造煤并壁围岩工程性质变化研究 [D]. 中国矿业大学, 2023. DOI: 10.27623/d.cnki.gzkyu.2023.002422.