

固井水泥浆化验方法及常见外加剂分析

朱重文

中石化中原石油工程有限公司固井公司 河南 濮阳 457001

摘要: 固井水泥浆化验是确保固井质量的重要步骤。化验方法包括密度测试、含水量测定、流变性质评估和硬化时间测定等,以全面评估水泥浆的性能。常见外加剂如缓凝剂、促凝剂、增强剂等,对水泥浆的凝结时间、强度、流动性等具有显著影响。通过精确控制外加剂的种类和用量,可以优化水泥浆的性能,满足工程需求。本文概述了固井水泥浆的化验方法及常见外加剂的分析,为固井作业提供了重要参考。

关键词: 固井水泥浆; 化验方法; 外加剂; 工程应用

1 固井水泥浆化验的重要性

固井水泥浆化验在石油钻井工程中占据着举足轻重的地位,其重要性不言而喻。第一,固井水泥浆是确保油井安全稳定的关键材料,在钻井过程中,地层中的油气资源被钻探出来后,需要通过固井作业来稳定井壁,防止井壁坍塌和油气泄漏。而固井水泥浆作为固井作业的主要材料,其性能直接影响到固井质量。对固井水泥浆进行化验,是确保其性能符合工程要求的基础。第二,固井水泥浆化验有助于预防工程事故,在固井作业中,如果水泥浆的性能不达标,可能会导致固井质量不合格,进而引发井壁坍塌、油气泄漏等严重事故。通过对固井水泥浆进行化验,可以及时发现潜在的问题,并采取相应的措施进行解决,从而有效预防工程事故的发生。第三,固井水泥浆化验还有助于优化施工方案,在固井作业前,需要根据地层条件和工程要求选择合适的固井水泥浆配方。通过对不同配方的水泥浆进行化验,可以比较其性能优劣,从而选出最适合当前工程的配方。这不仅可以提高固井质量,还可以降低工程成本,提高施工效率。第四,固井水泥浆化验对于保障生态环境也具有重要意义,在石油钻井工程中,如果固井质量不合格导致油气泄漏,将对周边环境造成严重的污染。通过对固井水泥浆进行化验,可以确保其性能符合环保要求,从而有效防止油气泄漏对环境的破坏。

2 外加剂在固井水泥浆中的作用

外加剂在固井水泥浆中扮演着至关重要的角色,它们能够显著地改善水泥浆的性能,从而确保固井作业的高效、安全和可靠。外加剂能够调节水泥浆的流动性和稠度,通过添加适量的外加剂,可以调整水泥浆的粘度、流动性和泵送性能,使其更容易被泵送至地下深处,确保固井作业的顺利进行。外加剂能够增强水泥浆的固化性能和强度,一些外加剂如促凝剂可以加速水泥

浆的凝结过程,缩短固井周期;而另一些外加剂如增强剂则可以提高水泥石的强度和耐久性,确保固井结构的长期稳定性^[1]。外加剂还能够改善水泥浆的防渗透性能,在固井作业中,防止地层中的油气、水或其他流体渗透至井筒内是至关重要的。通过添加抗渗剂或防水剂等外加剂,可以有效提高水泥浆的防渗透性能,降低渗透风险。外加剂还能够帮助控制水泥浆的收缩和膨胀,在固井过程中,水泥浆的收缩和膨胀可能会导致固井结构的不稳定。通过添加适当的膨胀剂或收缩控制剂,可以调整水泥浆的体积变化,保持固井结构的稳定性。

3 固井水泥浆常见化验方法

在石油钻井和油气田开发中,固井水泥浆的性能直接影响到油井的安全性和稳定性。为了确保固井水泥浆的性能符合工程要求,需要对其进行一系列精细的化验。

3.1 水泥浆密度测试

水泥浆密度是评价其性能的重要指标之一,它反映了水泥浆的密实程度和稳定性。水泥浆密度测试通常使用密度计或密度瓶来进行。测试步骤:准备仪器和样品,准备密度计或密度瓶,并确保其干燥、清洁。从制备好的水泥浆中取样,确保样品的代表性。测量样品体积,将取样的水泥浆倒入密度瓶中,注意避免气泡的产生。然后,使用适当的工具测量样品在密度瓶中的体积。测量样品质量,将装有水泥浆的密度瓶放在天平上,记录其总质量。将水泥浆倒出,再次测量密度瓶的质量,从而得到样品的质量。计算密度,根据样品的质量和体积,计算水泥浆的密度。密度计算公式为:密度 = 质量/体积。注意事项:在测试过程中,要确保仪器和工具的准确性和可靠性,取样时要确保样品的代表性,避免样品污染或混入杂质,测量体积和质量时要精确到小数点后几位,以提高测试结果的准确性。

3.2 水泥浆含水量测试

水泥浆的含水量是其性能的重要参数之一，它反映了水泥浆中水分的含量和分布。含水量过高或过低都会影响水泥浆的性能。测试步骤；准备仪器和样品，准备烘箱、天平、干燥器等仪器，并准备一定量的水泥浆样品。称重样品，使用天平测量水泥浆样品的质量，并记录。干燥样品，将水泥浆样品放入烘箱中，在适当的温度下干燥至恒重。干燥过程中要注意避免样品污染或氧化。称重干燥后的样品，将干燥后的水泥浆样品取出，放在天平上称重，并记录。计算含水量，根据样品干燥前后的质量差，计算水泥浆的含水量。含水量计算公式为：含水量 = (干燥前质量 - 干燥后质量) / 干燥前质量 × 100%。注意事项：烘箱的温度和时间要根据水泥浆的性质和实验要求进行调整，干燥过程中要确保样品的均匀性和避免样品氧化，称重时要精确到小数点后几位，以提高测试结果的准确性^[2]。

3.3 水泥浆流变性质测试

水泥浆的流变性质是指其在外力作用下的流动和变形特性，它反映了水泥浆的粘度和流动性。流变性质测试对于确保固井水泥浆在泵送和注入过程中的性能至关重要。测试步骤；准备仪器和样品，准备流变仪、转子、样品杯等仪器，并准备一定量的水泥浆样品。安装转子和样品杯，将转子安装在流变仪上，并将样品杯放在流变仪的底座上。确保转子和样品杯的清洁和干燥。加载样品，将水泥浆样品倒入样品杯中，注意避免气泡的产生。确保样品的体积和高度符合流变仪的要求。设置测试参数，根据实验要求，设置流变仪的测试参数，如转速、剪切速率等。进行测试，启动流变仪进行测试，观察并记录样品的流变曲线和数据。根据流变曲线和数据可以评估水泥浆的粘度和流动性。注意事项；流变仪的型号和参数要根据实验要求进行选择，在测试过程中要确保样品的均匀性和避免气泡的产生，测试数据要精确到小数点后几位，并进行适当的处理和分析。

3.4 水泥浆硬化时间测试

水泥浆的硬化时间是指其从液态转变为固态所需的时间，它反映了水泥浆的凝结和硬化性能。硬化时间测试对于确定固井水泥浆的注入时间和固井周期至关重要。测试步骤；准备仪器和样品：准备硬化时间测定仪、样品杯、搅拌器等仪器，并准备一定量的水泥浆样品。加载样品，将水泥浆样品倒入样品杯中，并使用搅拌器搅拌均匀。注意避免气泡的产生。设置测试参数，根据实验要求，设置硬化时间测定仪的测试参数，如温度、湿度等。进行测试，启动硬化时间测定仪进行测试，观察并记录样品的硬化过程和时间。当样品达到

一定的硬化程度时（如达到一定的抗压强度或固化程度），即认为水泥浆硬化完成。注意事项；硬化时间测定仪的精度和稳定性对于测试结果的准确性至关重要，因此需要定期进行校准和维护。在测试过程中，要确保样品杯的密封性和温度、湿度的稳定性，以消除外部环境对测试结果的干扰。不同类型的水泥浆可能需要采用不同的硬化时间测试方法和标准，因此在进行测试前需要仔细阅读相关标准和规范。

4 外加剂在固井水泥浆中的应用

4.1 外加剂种类及功能介绍

在固井水泥浆的配制过程中，外加剂是不可或缺的一部分，它们通过改善水泥浆的某些性能来适应不同的工程需求。外加剂的种类繁多，根据其功能可分为以下几类；（1）缓凝剂：这类外加剂能够延长水泥浆的凝结时间，为施工人员提供更长的工作时间窗口。在高温或深井等复杂环境下，缓凝剂能够有效防止水泥浆过早凝结，确保固井作业的顺利进行。（2）促凝剂：与缓凝剂相反，促凝剂能够加速水泥浆的凝结过程。在需要快速固化的场合，如抢险救援或临时封井等情况下，促凝剂能够显著提高工作效率。（3）增强剂：增强剂能够增强水泥浆的强度、硬度和耐久性。通过添加适量的增强剂，可以显著提高固井结构的承载能力和使用寿命。（4）防渗透剂：防渗透剂能够改善水泥浆的防渗透性能，减少地层流体对固井结构的影响。在富含油气、水或其他流体的地层中，防渗透剂能够有效防止井壁坍塌和油气泄漏等风险。（5）分散剂：分散剂能够改善水泥浆的流动性和分散性，减少水泥颗粒之间的团聚现象，通过添加分散剂，可以使得水泥浆更加均匀、易于泵送，提高固井作业的施工质量。

4.2 外加剂对水泥浆性能的影响

外加剂的加入会对水泥浆的性能产生显著影响，这些影响主要表现在几个方面；流动性：通过添加分散剂等外加剂，可以改善水泥浆的流动性，使其更加易于泵送和注入。这对于提高固井作业的施工效率和质量具有重要意义。凝结时间：缓凝剂和促凝剂能够分别延长和缩短水泥浆的凝结时间，从而满足不同工程对水泥浆凝结时间的要求。这有助于确保固井作业在合适的时间内完成，避免过早或过晚凝结带来的问题。强度：增强剂能够显著提高水泥浆的强度、硬度和耐久性，使得固井结构更加牢固、稳定^[1]。这对于提高油井的承载能力和使用寿命具有重要意义。防渗透性：防渗透剂能够改善水泥浆的防渗透性能，减少地层流体对固井结构的影响。这有助于防止井壁坍塌、油气泄漏等风险的发生，确保油井的

安全稳定运行。经济性：通过添加外加剂，可以在一定程度上优化水泥浆的配方和性能，降低工程成本。

4.3 外加剂与水泥浆化验指标关联分析

在固井水泥浆的化验过程中，需要对多个指标进行监测和分析，以确保水泥浆的性能符合工程要求。外加剂的加入可能会对水泥浆的密度产生一定影响。例如，添加缓凝剂可能会降低水泥浆的密度；而添加增强剂可能会增加水泥浆的密度。在化验过程中需要密切关注外加剂对密度的影响，确保其在合理范围内波动。外加剂的种类和用量也会影响水泥浆的含水量。一些外加剂如分散剂可能会增加水泥浆的含水量；而另一些外加剂如促凝剂可能会降低水泥浆的含水量。在化验过程中需要对外加剂进行适当调整，以确保水泥浆的含水量符合工程要求。流变性质是反映水泥浆流动性和泵送性的重要指标。外加剂的加入可以显著改善水泥浆的流变性质，使其更加易于泵送和注入。在化验过程中需要密切关注外加剂对流变性质的影响，并根据实际情况进行调整。硬化时间是评价水泥浆性能的重要指标之一，外加剂的种类和用量会直接影响水泥浆的硬化时间。在化验过程中需要对外加剂进行精确控制，以确保水泥浆的硬化时间符合工程要求。

5 固井水泥浆化验方法及外加剂分析实验操作

固井水泥浆化验方法及外加剂分析实验操作是确保固井作业质量的关键环节。首先，进行固井水泥浆的化验，需要准备一系列专业的化验设备和工具，如密度计、烘箱、流变仪、硬化时间测定仪等。还需确保这些设备经过校准并处于良好的工作状态。从制备好的固井水泥浆中取样，确保样品的代表性，并避免在取样过程中引入杂质。对于水泥浆的密度测试，可以使用密度计进行测量。将样品倒入密度计中，确保无气泡产生，并读取密度计的示数。这一步骤需要精确操作，以确保测量结果的准确性^[4]。水泥浆的含水量测试则需要使用烘箱进行，将一定量的水泥浆样品放入烘箱中，在设定的温度下烘干至恒重。通过比较烘干前后样品的质量差异，计算出水泥浆的含水量。这一过程中，需要注意控

制烘箱的温度和时间，以确保测试结果的可靠性。流变性质的测试则需要使用流变仪进行，将水泥浆样品倒入流变仪的样品杯中，设定适当的剪切速率和转速，观察并记录流变曲线的变化。通过流变曲线，可以评估水泥浆的流动性和泵送性能。硬化时间的测试则需要使用硬化时间测定仪，将水泥浆样品倒入测定仪的样品杯中，设定适当的温度和湿度条件，观察并记录水泥浆的硬化过程。当水泥浆达到一定的硬化程度时，记录所需的时间，即为水泥浆的硬化时间。在进行固井水泥浆化验的同时，还需要对外加剂进行分析，外加剂的种类和用量对水泥浆的性能具有显著影响。在化验过程中，需要对外加剂的种类、用量和加入时间进行精确控制。通过对比不同外加剂配方下水泥浆的性能表现，可以评估外加剂对水泥浆性能的影响，并优化外加剂的配方和用量。在外加剂分析的实验操作中，需要准备不同种类和用量的外加剂样品。按照预定的配方和加入时间，将外加剂加入到水泥浆中，并搅拌均匀。按照固井水泥浆的化验方法，对加入外加剂后的水泥浆进行各项性能测试。

结束语

固井水泥浆的性能对油气井的安全和稳定运行至关重要。通过科学的化验方法和精确的外加剂分析，能够深入理解水泥浆的性能特点，并据此优化配方，确保固井作业的高效、可靠。未来，随着技术的不断进步，我们期待在固井水泥浆领域取得更多创新成果，为油气勘探开发贡献力量。

参考文献

- [1] 李晓勇,张伟,王海波.固井水泥浆性能化验方法及应用研究[J].石油天然气学报.2019.41(3):156-162.
- [2] 刘志超,陈建国,杨柳.固井水泥浆外加剂的应用与性能分析[J].钻井液与完井液.2020.37(4):40-45.
- [3] 王瑞和,蒋官澄,李明.固井水泥浆化验新方法及其在工程中的应用[J].石油钻探技术.2021.50(1):78-83.
- [4] 张志勇,郑祥,胡洪营.固井水泥浆外加剂的类型与性能分析[J].钻采工艺.2022.45(2):71-76.