

石油固井中影响质量的主要因素及改进策略试析

王晓波 石磊

中海石油(中国)有限公司天津分公司 天津 300458

摘要: 通过详尽阐述石油固井在油气勘探与开发的核心价值,及地层岩性、水泥浆特性、钻井液性能等关键因素对固井质量的影响。文中提出了一系列策略,如精研水泥浆配方、实施防窜固井技术、提升作业人员素质、强化现场监控、引入前沿科技与深化固井技术研究,旨在依托技术创新与精细化管理,稳固提升固井品质与耐久性,降低安全风险,压缩生产成本,助力油田安全、高效开采。

关键词: 石油固井; 质量; 影响因素; 改进措施

1 石油固井在石油勘探与开发中的重要性

石油固井在石油勘探与开发中占据着举足轻重的地位,其重要性不容忽视。作为钻井作业与完井工程之间的关键环节,固井直接关系到油井的结构完整性和后续开采作业的安全与效率。在石油勘探阶段,固井质量的好坏直接影响着勘探成果的验证与评估。通过固井作业,可以有效隔绝地层间的流体窜通,确保勘探数据的准确性,为后续开发决策提供可靠依据。同时,固井还能稳固井壁,防止地层坍塌和钻井液漏失,保障勘探作业的顺利进行。进入开发阶段,石油固井的重要性更加凸显。优质的固井作业能够确保油井套管与地层之间的良好胶结,防止油气泄漏和地下水污染,保护生态环境。固井还能支撑和保护套管,抵抗地层压力变化,延长油井使用寿命,提高开采效率。在采用多层开采或特殊工艺(如水力压裂)时,固井更是起到了分隔地层、引导流体流向的关键作用,确保开发作业的高效与安全。因此,石油固井不仅是石油勘探与开发过程中的一道必要工序,更是保障石油资源可持续开发、保护生态环境的重要技术手段^[1]。随着石油勘探与开发技术的不断进步,石油固井技术也需不断创新与完善,以适应更加复杂多变的地质条件和开采需求。

2 石油固井影响质量的主要因素

2.1 地层岩性对质量的影响

地层岩性是石油固井过程中一个极为关键的影响因素,其多样性和复杂性给固井作业带来了诸多挑战。不同岩性地层的孔隙度、渗透率、强度等物理性质差异显著,直接影响了水泥浆的渗透、胶结和固化过程。例如,在高渗透率、高孔隙度的砂岩地层中,水泥浆容易渗入地层深处,导致有效水泥环厚度减少,降低固井质量。地层中的裂缝、断层等不连续面也是影响固井质量的重要因素,它们可能成为流体窜通的通道,影响水泥

浆的封隔效果。

2.2 水泥浆对质量的影响

水泥浆作为固井作业中的核心材料,其性能对固井质量具有决定性影响。水泥浆的性能包括密度、流动性、凝固时间、失水量等多个方面,这些性能指标的合理控制直接关系到水泥浆在井下的行为表现和最终的固井质量。例如,水泥浆的密度直接影响其浮力效应和顶替效率,密度过低则浮力过大,可能导致水泥浆无法有效顶替钻井液,形成混浆带;密度过高则可能增加泵压,影响施工安全。同时,水泥浆的凝固时间和失水量也是影响固井质量的关键因素。凝固时间过长可能导致水泥浆在固化前被地层流体冲刷,影响封隔效果;失水量过大则会导致水泥浆体积收缩,降低胶结强度。

2.3 钻井液对质量的影响

钻井液在钻井过程中起着循环冷却钻头、携带岩屑、稳定井壁等多种重要作用,但其性能对固井质量也有着不可忽视的影响。钻井液的密度、黏度、失水量等性能参数直接影响其与水泥浆的配伍性和顶替效率^[2]。当钻井液密度过高时,会增加水泥浆的顶替难度;黏度过大则会影响水泥浆的流动性,降低顶替效果;失水量过大则会导致钻井液与地层之间的相互作用增强,影响水泥浆的渗透和胶结。此外,钻井液中的固体颗粒和添加剂也可能对水泥浆的凝固过程和胶结强度产生不利影响。

3 提高石油固井质量的几点措施

3.1 提高水泥浆的质量

提高石油固井质量,关键在于优化和提高水泥浆的质量,因为水泥浆作为固井过程中的核心材料,其性能直接决定了固井的成功与否及质量高低。(1)优化水泥浆的配比设计是提升质量的基础。这涉及到根据地层岩性、井况条件及开采需求,科学合理地选择水泥类型、添加剂种类及用量,以确保水泥浆具有适宜的密度、流

动性、凝固时间及失水量等关键性能参数。通过精细化的配比设计,可以有效控制水泥浆的物理化学性质,提高其在井下的稳定性和适应性,减少因性能波动而导致的固井质量问题。(2)加强水泥浆的混合均匀性至关重要。混合不均匀的水泥浆往往存在性能差异,容易在固化过程中形成缺陷,影响固井质量。因此,应采用先进的混合设备和工艺,确保水泥、水及添加剂等原材料在混合过程中得到充分搅拌,形成均质的水泥浆。加强混合过程的监控和检测,及时发现并解决混合不均匀的问题,确保水泥浆的质量稳定性。(3)提高水泥浆的稠化时间控制精度也是提升固井质量的关键。稠化时间是指水泥浆从液态转变为固态所需的时间,其长短直接影响水泥浆的顶替效率、凝固状态及封隔效果。因此,应通过精确控制水泥浆中的缓凝剂或促凝剂用量,结合井况条件和施工要求,合理设定稠化时间范围,并加强对水泥浆稠化过程的实时监测和调整,确保水泥浆在适当的时间内完成固化,达到理想的封隔效果。(4)加强水泥浆的性能检测和质量控制也是必不可少的环节。这包括在水泥浆制备过程中定期进行性能检测,如密度、流动性、凝固时间等关键指标的测试,以及固化后的强度、渗透率等性能测试。通过全面的性能检测和严格的质量控制,可以及时发现并纠正水泥浆质量问题,确保每批水泥浆都符合标准要求,为高质量的固井作业提供有力保障。

3.2 防窜固井技术

提高石油固井质量是确保油气井长期安全生产的重要环节,其中防窜固井技术尤为关键。防窜固井技术旨在通过一系列有效措施,防止地层流体在固井过程中窜流,从而保障固井质量。

3.2.1 优化水泥浆性能

通过精细的配比设计和添加高性能外加剂,如降失水剂、防气窜剂等,可以显著降低水泥浆的失水量,增强其封堵地层微裂缝和孔隙的能力。调整水泥浆的流变性,使其在井下易于形成均匀、致密的胶结层,有效隔绝地层流体的窜流通道^[3]。

3.2.2 采用多级注水泥技术

多级注水泥技术是一种有效的防窜固井手段。该技术通过在不同阶段注入不同性能的水泥浆,形成多层水泥环结构,增加固井的冗余度和可靠性。特别是采用上慢下快凝速的水泥浆体系,可以在井底形成早期强度较高的水泥环,有效防止下部地层流体上窜。

3.2.3 加强井眼准备和套管居中

在固井前,应对井眼进行充分清洗,清除钻井过程

中产生的岩屑和泥饼,确保井眼畅通无阻。同时,采用套管扶正器等工具,确保套管在井眼中居中,减少偏心距,提高水泥浆的顶替效率和胶结质量。

3.2.4 引入先进的防窜固井工艺

随着技术的不断进步,新型防窜固井工艺不断涌现。例如,泡沫水泥浆技术通过引入氮气等气体形成泡沫结构,显著降低水泥浆的密度和流动性,提高其在低压易漏失地层中的封堵能力。还有膨胀性水泥浆技术、直角凝固型防窜水泥浆体系等,这些新技术都在不同程度上提高了固井的防窜能力。

3.3 提高工人工作质量,加强现场施工过程监督

提高石油固井质量,需双管齐下,既要致力于提升工人工作质量,又要加强现场施工过程的监督。首先,工人工作质量的提升是基础,通过定期培训、技能考核与激励机制,确保每位工人都能熟练掌握最新的固井技术和操作规范,提升其在复杂环境下的应对能力和施工精度。建立健全的质量意识教育体系,让每位工人深刻认识到固井质量对油田长期运行的重要性,从而在工作中始终保持高度的责任心和严谨的态度;另一方面,加强现场施工过程的监督则是保障。应增设专门的现场监督岗位,配备经验丰富、技术精湛的监督人员,他们需全程跟踪施工进度,严格执行施工规范和质量标准,对每一道工序进行细致检查,确保施工质量的稳定性和可控性。引入先进的监控技术和信息化管理系统,实现施工现场的实时监控、数据记录和问题追溯,提高监督效率和准确性。此外,建立健全的质量检查和验收机制,对关键节点进行重点把关,确保固井作业符合设计要求,为后续生产打下坚实基础。

3.4 引进先进的技术

提高石油固井质量,关键在于积极引进并应用先进的技术手段,以应对复杂多变的地质条件和不断提升的工程质量要求。应聚焦于固井材料技术的创新,积极引进高性能、环保型的水泥及添加剂。这些新材料不仅能够提升固井体的强度、耐久性和抗渗性,还能有效减少施工过程中的环境污染,符合可持续发展的要求。同时,研究并应用能够改善固井界面粘结性能的新型化学处理剂,以确保固井层与地层之间的紧密结合,提高固井的整体效果。引进先进的固井工艺技术同样至关重要。例如,多级注水泥技术可以根据不同地层的特点和需要,在固井过程中灵活调整水泥浆的注入量和压力,提高固井的均匀性和密封性;应关注智能固井技术的发展,利用大数据、物联网和人工智能技术,实现对固井过程的智能化监控、自动控制和优化调整,提高施工的

精度和效率。重视施工设备的更新换代也是不可或缺的一环；引进高效、精准的固井施工设备，如自动化固井车、智能钻井平台等，不仅可以减轻工人的劳动强度，提高施工效率，还能通过精密的传感器和控制系统，实时监测和调整施工参数，确保固井质量的稳定性和可靠性。加强与国内外顶尖企业和科研机构的合作与交流，共同推动石油固井技术的创新与发展；通过共享资源、交流经验、联合研发等方式，吸收引进最新的科研成果和技术成果，为我所用，不断提升我国石油固井技术的整体水平，为油田的安全高效开发保驾护航。

3.5 重视优质固井技术的研究

提高石油固井质量，必须高度重视优质固井技术的研究与应用。这包括持续投入研发资源，探索创新性的固井材料、工艺和设备，以应对复杂多变的地质条件和工程技术挑战。通过优化水泥浆配方，增强固井界面的粘结强度和密封性能；引入先进的固井工艺技术，如多级注水泥、环空加压等技术，以提高固井作业的可靠性和效率；研发智能化固井设备，利用自动控制和远程监测技术，实现对固井过程的精确控制和实时调整；积极借鉴国际先进经验，加强与国际油气行业的交流与合作，不断吸收和引进新技术、新理念，推动石油固井技术的持续进步与创新^[4]。

4 石油固井质量改进策略的效益

4.1 提高固井质量与持久性

提高石油固井质量的首要效益在于显著提升固井体的整体质量与持久性。优质的固井作业能够确保油井在复杂地质条件下的稳定运行，减少因固井质量问题导致的油井泄漏、层间窜通等安全隐患。通过引进先进的固井技术和材料，如高性能水泥、智能固井技术等，可以显著提高固井层的强度和密封性，增强固井层与地层之间的粘结力，从而有效延长油井的使用寿命。精细化的施工管理和严格的质量监控措施，能够确保每一道工序都符合高标准要求，进一步提升固井质量的稳定性和可靠性。这种长期的质量保障不仅减少了后期的维护和修复成本，还为油田的可持续开发奠定了坚实的基础。

4.2 减少事故发生风险

石油固井质量的提升还带来了显著的安全效益，即有效降低事故发生的风险。在油气田开发过程中，固井质量直接关系到油井的完整性和安全性。如果固井质量

不合格，极易导致油气泄漏、井喷、塌陷等严重事故，不仅会造成巨大的经济损失，还可能对环境和人员安全构成严重威胁。通过采取一系列改进措施提高固井质量，可以显著降低这些事故的风险，确保油田生产活动的顺利进行。同时，优质固井作业还能减少因事故导致的停产损失和信誉损害，为油田企业的长期发展创造良好的条件。

4.3 降低生产成本

从经济效益的角度来看，提高石油固井质量还能够有效降低生产成本。一方面，优质的固井作业能够减少因质量问题导致的返工和修复费用。在固井过程中，如果出现质量问题，往往需要花费大量的人力、物力和财力进行返工或修复，这不仅会增加生产成本，还会延误工程进度。而提高固井质量则可以避免或减少这些问题的发生，从而降低生产成本^[5]。另一方面，优质固井作业还能提高油井的采收率和生产效率，通过减少油气泄漏、降低井底压力波动等方式，提高油井的出油量和出油质量，从而增加油田的经济效益。长期稳定的固井质量还有助于延长油井的使用寿命，降低油田整体的开发成本。

结束语

综上所述，石油固井质量对于油田的勘探、开发与生产至关重要。通过深入分析影响固井质量的主要因素，并针对性地实施一系列改进措施，可以有效提高固井作业的可靠性和安全性，为油田的长期稳定发展奠定坚实基础。未来，随着技术的不断进步和管理水平的提高，石油固井技术必将迎来更加广阔的发展前景。

参考文献

- [1]孙武.石油固井中影响质量的主要因素及改进措施[J].石化技术,2020,27(08):193,207.
- [2]王彬.常规探井固井质量影响因素分析与提质措施[J].石油石化物资采购,2021(01):125.
- [3]刘行臣.水平井固井质量的影响因素及对策分析[J].石化技术,2021,28(02):162-163.
- [4]张宏林,王金鹏.石油固井中影响质量的主要因素及改进措施探析[J].科技创新与应用.2017(03):112-112
- [5]李钊.石油固井中影响质量的主要因素及改进措施探析[J].石油石化物资采购.2019(16):12-12