

提高石油固井施工质量的技术措施探讨

栗 森

胜利油田纯梁采油厂地质所 山东 滨州 256504

摘 要：固井技术是石油开采过程中至关重要的环节，其施工质量直接影响油井的寿命、开采效率及资源保护。本文旨在探讨提高石油固井施工质量的技术措施，通过分析当前固井施工中存在的问题，结合实际案例与理论研究，提出针对性的解决方案，以期为石油固井工程提供实践指导。

关键词：固井技术；施工质量；技术措施；套管下入；水泥浆性能

引言

固井工程是通过在井壁和套管之间的环空部位注入水泥浆，以封隔油气水层、巩固井壁、提供井口装置安装基础等目的的技术手段。随着石油开采技术的不断发展，对固井施工质量的要求也日益提高。然而，在实际操作中，固井施工仍面临诸多挑战，如套管下入困难、水泥浆性能不稳定、固井质量不达标等问题。因此，探讨提高石油固井施工质量的技术措施具有重要意义。

1 石油固井施工中存在的问题

1.1 套管下入困难

在石油固井施工中，套管下入是至关重要的一环，它直接关系到固井方案能否顺利实施。然而，在实际操作过程中，套管下入困难成为了一个不容忽视的问题。这主要是由于井眼条件复杂多变，如井壁坍塌、井径扩大或缩小等情况，都会给套管下入带来极大的阻碍。同时，钻井液的性能也直接影响着套管的下入。如果钻井液密度、粘度等参数控制不当，就可能导致套管在下入过程中遇到阻力增大，甚至无法下到预定位置。此外，套管及入井工具附件的管理也是影响套管下入的重要因素。如果套管本身存在质量问题，或者入井工具附件使用不当，都可能导致套管下入困难。

1.2 水泥浆性能不稳定

水泥浆作为固井施工中的关键材料，其性能直接影响着固井质量。然而，在井下恶劣的环境中，水泥浆的性能往往难以保持稳定。在注入过程中，水泥浆易受到井下温度、压力等多种因素的影响，导致其稠度发生变化，失水量增加等问题^[1]。这些性能的不稳定，会严重影响水泥浆与井壁和套管的胶结效果，进而降低固井质量。

1.3 固井质量不达标

固井质量不达标是石油固井施工中最严重的问题之一。这主要表现为水泥环胶结不良，存在窜槽、漏失等现象。这些问题不仅会影响油井的正常开采，降低油

井的产量和寿命，还可能对周围环境造成严重的污染。因此，必须高度重视固井质量问题，采取有效措施加以解决。

2 提高石油固井施工质量的技术措施

石油固井作为油气井建设中的关键环节，其施工质量对油气井的寿命、开采效率和安全性具有至关重要的影响。为了确保固井施工的高质量完成，必须从套管下入、水泥浆性能改善以及固井过程监控与后期评估等多个方面入手，采取一系列具体、详细且有效的技术措施。

2.1 优化套管下入技术

套管下入是固井施工的第一步，也是确保固井质量的基础。针对常规井和特殊井的不同情况，需要采取不同的套管下入措施。

2.1.1 常规井下套管措施

(1) 通井作业

在下套管前，必须进行通井作业，以彻底清除井眼中的杂物、泥饼和可能存在的落物。通井作业应使用与套管外径相匹配的通井规，并严格按照作业规程进行操作。通井过程中，要密切关注井眼的变化情况，确保井眼畅通无阻，无遇阻点、卡点和缩径点。一旦发现异常情况，应立即停止作业，查明原因并采取措施进行处理。

(2) 钻井液处理

钻井液的性能对套管下入具有重要影响。为了优化钻井液的性能，需要调整其密度、粘度和切力，确保其具有良好的润滑性和流动性。具体来说，可以通过添加适量的润滑剂、降粘剂和流变剂等来调整钻井液的性能。同时，要严格控制钻井液的含砂量，避免砂粒对套管和井壁的磨损。此外，还需要定期对钻井液进行性能检测和维护，确保其始终保持在最佳状态。

(3) 套管及附件管理

对套管及入井工具附件进行严格检查和管理是确保套管下入质量的重要环节。在套管运输、装卸和存放过程中，

应采取必要的保护措施,避免碰撞、挤压和损坏^[2]。入井前,要对套管进行逐根检查,确保其符合设计要求,无裂纹、变形和腐蚀等缺陷。同时,还要对入井工具附件进行试压和检验,确保其性能可靠、使用安全。

2.1.2 特殊井下套管措施

(1) 套管负荷过重

在深井、超深井或高压油气井中,套管负荷过重是一个常见问题。为了减轻套管有效悬重,可以采用套管掏空法、漂浮接箍下套管或尾管固井及回接固井工艺等方法。套管掏空法是通过在套管内部注入轻质液体或气体来减轻其有效悬重;漂浮接箍下套管则是利用漂浮接箍的浮力来减轻套管的下入难度;尾管固井及回接固井工艺则是一种将套管分段下入的固井方法,可以有效地减轻每段套管的负荷。

(2) 大斜度井、水平井和大位移井

在这类井中,套管下入摩阻大、下入困难。为了克服这一问题,可以采用钻井液减阻技术、滚动减阻技术、套管漂浮技术等措施。钻井液减阻技术是通过添加减阻剂来降低钻井液的摩阻系数,减少套管下入过程中的摩擦力;滚动减阻技术则是利用套管在井眼中的滚动来减小摩阻,提高下入效率;套管漂浮技术则是通过向套管内注入气体或轻质液体来使套管漂浮在钻井液中,从而减小摩阻和下入难度。

(3) 漏失井

在下套管前,应对漏失井进行堵漏作业,确保井眼稳定。堵漏作业应根据漏失原因和漏失层位选择合适的堵漏材料和工艺。常见的堵漏材料包括水泥、堵漏剂、树脂等,堵漏工艺则包括静压堵漏、动压堵漏和化学堵漏等。在下套管过程中,还应采取防漏措施,如减小环空流阻、严格控制套管下放速度、使用防漏套管等,以避免漏失事故的发生。

2.2 改善水泥浆性能

水泥浆的性能直接影响固井质量。为了提高水泥浆的性能,需要从配比、外加剂和顶替效率等方面入手,采取一系列具体的技术措施。

2.2.1 优化水泥浆配比

根据井下条件,如温度、压力、地层岩性等,需要制定合理的水泥浆配比。水泥浆配比应确保其具有良好的流动性和强度,以满足固井施工的要求。具体来说,可以通过实验室测试来确定最佳的水泥、水、外加剂等的配比比例。在测试过程中,要充分考虑井下环境的特殊性和复杂性,确保水泥浆在注入过程中能够保持稳定性能^[3]。同时,在现场施工过程中,还要严格控制水泥浆

的配比和搅拌质量,确保其性能符合设计要求。

2.2.2 添加外加剂

外加剂是调节水泥浆性能的重要手段。可以根据井下环境的特殊要求,采用缓凝剂、降失水剂、分散剂、消泡剂、促凝剂、抗高温强度稳定剂、减轻剂等外加剂来改善水泥浆的性能。缓凝剂可以延长水泥浆的凝固时间,便于施工和操作;降失水剂可以减少水泥浆在固化过程中的失水量,提高水泥石的致密性和强度;分散剂可以改善水泥浆的流动性,使其更容易注入井眼;消泡剂可以消除水泥浆中的气泡,提高水泥石的均匀性和密实性;促凝剂可以加速水泥浆的凝固过程,缩短施工周期;抗高温强度稳定剂可以提高水泥石在高温下的强度稳定性,确保固井质量;减轻剂则可以减轻水泥浆的比重,便于在高压油气井中使用。

2.2.3 提高顶替效率

顶替效率是影响固井质量的重要因素之一。为了提高顶替效率,可以采取以下具体措施:

(1) 采用套管扶正器

通过安装套管扶正器来改善套管居中条件,减小套管与井壁之间的间隙,提高水泥浆顶替效率。套管扶正器可以有效地防止套管在井眼中偏斜或变形,确保水泥浆能够均匀地分布在套管与井壁之间。

(2) 活动套管

在注水泥过程中,适时活动套管可以增大水泥浆流动的牵引力,有利于水泥浆的顶替和均匀分布。活动套管的具体方式和频率应根据井下情况和施工要求来确定。

(3) 调整水泥浆性能

通过调整水泥浆的粘度、切力和密度等性能参数,使其更容易顶替钻井液,提高顶替效率。具体来说,可以通过添加适量的外加剂来调节水泥浆的性能,使其满足施工要求。

(4) 形成紊流或塞流

在注水泥过程中,通过控制注入速度和压力,使水泥浆在环空的流动形成紊流或塞流状态。紊流或塞流状态可以提高水泥浆的顶替效率,确保水泥浆能够均匀地分布在套管与井壁之间。

(5) 打入隔离液或清洗液

在注水泥前,向井内打入一定量的隔离液或清洗液,增加水泥浆与钻井液之间的密度差,提高顶替效率。隔离液或清洗液应具有良好的流动性和与水泥浆、钻井液的相容性,以确保施工过程的顺利进行。

2.3 加强固井过程监控与后期评估

固井过程的监控和后期评估是确保固井质量的重要

环节。需要采取一系列具体的技术措施来加强这一环节的管理和控制。

2.3.1 实时监控

在固井过程中,应实时监控水泥浆的注入速度和压力。注入速度过快可能导致水泥浆在环空中分布不均,形成窜槽或漏失;注入速度过慢则可能影响施工效率和质量。因此,需要根据井下情况和施工要求来合理控制注入速度。同时,还要监控井口返出情况,确保钻井液被水泥浆完全顶替出井眼。压力监控也是必不可少的环节,要确保水泥浆在注入过程中不会因压力过大而压裂地层或损坏套管^[4]。为此,可以安装压力传感器和数据采集系统来实时监测井下的压力变化情况,并根据监测结果及时调整施工参数和措施。

2.3.2 后期评估

固井完成后,应进行全面的固井质量评估。评估内容包括水泥环的胶结情况、窜槽、漏失等问题。为了准确评估固井质量,可以采用声波探测、伽马测井、磁定位等先进技术手段对固井质量进行全面检测和评价。声波探测技术可以检测水泥环的胶结情况和窜槽情况,通过分析声波在水泥环和地层中的传播速度和衰减情况来判断固井质量;伽马测井技术可以判断水泥浆是否窜入地层,通过测量地层中的伽马射线强度来判断水泥浆的分布情况;磁定位技术则可以确定套管在井眼中的位置,通过测量套管上的磁性标记来确定套管的下入深度和居中情况。通过后期评估,可以及时发现并处理固井质量问题,确保油气井的安全生产和长期稳定运行。同时,还可以将评估结果与施工前的设计要求和预期目标进行对比分析,总结经验教训,为今后的固井施工提供有益的参考和借鉴。

3 案例分析:胜利固井公司复杂井固井案例

胜利油田某区块的一口复杂井,由于地层压力异常、井眼轨迹复杂(大斜度、多拐点)、且存在严重的漏失问题,给固井施工带来了极大的挑战。该井的固井质量直接关系到后续开采的效率和安全性,因此,胜利固井公司决定采用一系列创新的技术措施来确保固井施工的成功。

3.1 技术措施实施:

3.1.1 优化入井工具结构

针对井眼轨迹复杂的特点,设计了具有良好通过性和稳定性的入井工具组合,包括漂浮接箍、柔性接头等,以确保套管能够顺利下入到预定位置。对入井工具进行了严格的测试和检验,确保其性能符合设计要求。

3.1.2 选择暂堵凝胶及高强韧性水泥浆体系

针对地层压力异常和漏失问题,选择了具有暂堵功能的凝胶体系,在注水泥前打入井内,有效封堵了漏失层段。研发了高强韧性水泥浆体系,该体系具有良好的抗压强度、抗裂性和抗渗性,能够满足复杂井对水泥浆性能的高要求。

3.1.3 设计浆柱结构

根据井眼条件和地层压力分布,精心设计了浆柱结构,确保了水泥浆在注入过程中的稳定性和顶替效率。通过实验室模拟和现场试验,优化了浆柱的配比和注入参数。

3.2 施工效果

套管顺利下入到预定位置,无遇阻、卡点等问题。水泥浆注入过程顺利,压力、速度等参数均在控制范围内。固井质量评估结果显示,水泥环胶结良好,无窜槽、漏失等问题。该井在后续开采过程中表现稳定,产量达到预期目标。

3.3 分析与启示

该案例的成功实施,得益于胜利固井公司对固井施工技术的深入研究和不断创新。通过优化入井工具结构、选择暂堵凝胶及高强韧性水泥浆体系、设计浆柱结构等措施,有效解决了复杂井固井施工中的难题。该案例为我们提供了宝贵的经验和启示:在固井施工中,应根据实际情况灵活调整施工方案和技术措施;加强技术研发和创新,不断提高固井施工的技术水平;注重施工过程的监控和管理,确保施工质量和安全。

结语

提高石油固井施工质量的技术措施涉及多个方面,包括优化套管下入技术、改善水泥浆性能、加强固井过程监控与后期评估等。通过采取这些措施,可以有效解决固井施工中存在的问题,提高固井施工质量。未来,随着石油开采技术的不断发展,还应继续深入研究固井技术,探索新的施工方法和技术手段,为石油开采事业做出更大的贡献。

参考文献

- [1]张晖,王勇.提高石油固井施工质量的技术措施[J].石化技术,2024,31(05):319-321.
- [2]李新育.提高石油固井施工质量的技术措施[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(09):25-27.
- [3]赵亚平,刘振,尚元元.提高石油固井施工质量的技术措施[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(04):34-36.
- [4]李彬.提高石油固井施工质量的技术措施[J].化工管理,2020,(11):172-173.