

国内外小井眼固井技术研究现状探析

谢志伟（中国石油集团长城钻探工程有限公司固井公司，辽宁 盘锦 124010）

摘要：小井眼可以大大降低钻井成本，使其在国内外得到广泛使用。然而，小井眼具有井眼尺寸小和环空间隙较小的特征。因此，小井眼固井技术难度非常大，这限制了小井眼的推广和使用。本文主要是针对国内外小井眼固井技术的研究现状进行分析，针对性的提出关于小井眼井固井难题施工质量的一些合适的建议。

关键词：小井眼；固井施工；难点；对策

0 引言

在油田的勘探开发中，充分利用小井眼可有效节省约 32% 的勘探开发成本。在某些偏远地区或物流供应困难的地区，小井眼技术可以节省多达一半的钻探和勘探费用。在油气勘探和开发的整个过程中，固井作业的质量在油气井的最终生产寿命中起着重要的作用。然而，由于小井眼具有井眼尺寸小和环空间隙较小，在实际固井过程中非常困难。

1 小井眼固井难点

1.1 套管居中问题

由于小井眼自身的环形空间较小，因此在实际操作过程中通常使用非联接箍或薄箍联接套管，导致扶正器不能很好地使用，从而无法确保在施工的过程中套管的居中，这对固井的置换效率有一定的影响，并且通常容易导致憋泵或堵塞桥梁等，从而导致油井事故的发生。

1.2 环空摩阻大

小井眼的环空间隙又小又窄，套管很容易固定在井壁上，产生过大的摩擦阻力，使套管难以安全、平稳地操作，增加工作的难度。另外，小间隙会导致套管往下移动，钻井液循环和固井过程中的大压力波动，这可能导致井眼坍塌或漏井发生。例如，在一处盆地上，Amoco 公司有部分小井眼固井过程中，由于较大的流体摩擦系数，在注入过程中，环摩擦达到 15MPa，这导致泵压力急剧上升。超过了地面的承压能力，则会发生严重的泄漏，最大泄漏率将达到 25~30m³/h。

1.3 顶替效率低

在施工过程中小套管用于在狭窄的小井眼固井。套管的管壁相对较薄并且非常容易弯曲。与常规的井相比，它具有非常严重的偏心率。然而，由于小井眼井本身的环面非常小，这导致相对较大的流动阻力。为了避免泵压力过大的现象，通常不使用较大的排量，并且通常使用较低的回流速率。因此，难以实现絮流替换效果，从而导致在小井眼井替换效率差的问题。

1.4 水泥浆的性能问题

由于流体通道的整体缩小，水泥注入过程中的流阻显着增加，这导致泵压力增加，并且水泥浆在小井眼的狭窄环中处于高剪切状态。这可能导致水泥浆暴露于高压差下而很快失去水分并且脱水，流动性变差，环摩擦增加，并且增加环空桥堵塞和憋泵的可能性。

1.5 施工工艺及工具问题

由于环空间的间隙小导致固井作业时需要承受非常大的压力，工作量相对少和较小的套管尺寸，这使得小井眼井无法钻探水泥塞。整个作业的过程中除了对井眼质量，钻井液性能，井眼畅通稳定性等严格要求外，对固井筑技术也有更严格的要求，使用前置液，水泥浆性能，控制水泥浆密度，主体排量，和替换液的选择，水泥液的剂量等提出了更高的要求。

2 国内外小井眼固井技术研究现状

2.1 水泥浆

通过充分结合小井眼本身的独特性能，目前在整个小井眼水泥井的固井领域中，向水泥浆中适当地添加了某些添加剂，并对整个小井眼水泥浆系统的具体配方设计。然后详细讨论了整个水泥浆体系的性能和参数，以改善小井眼的固井质量提供数据支持。结合小井眼水泥施工的具体要求，我国中石化集团终于开发出了具有较高弹性和具有韧性较高的 SFP 水泥浆体系，该体系不仅具有良好的流变性和抗压强度，而且在实际应用中具有很高的实用性。

施工过程水泥浆的失水率相对较低，整个系统的稳定性非常好。它也可以有效地改善水泥浆的实际韧性和止裂效果。我国的胜利油田最终开发出了一种碳纤维水泥浆体系，以应对其小井眼施工期间频繁发生的水泥环损和严重的环空压力。水泥浆体系主要向水泥浆中添加适量的碳纤维，有效地提高了水泥浆的最终韧性和回弹性，使其能够承受更大的抗压强度，完全满足目前为水泥浆小井眼固井施工的要求。

2.2 套管居中技术

传统的固井要求套管的居中度不小于 65%。在小井眼的固井作业中，实际的井身质量（例如井倾斜和方位角变化）使套管难以居中。当前，国内外的套管居中技术主要基于两个方面。一方面，对套管和扶正器本身进行优化，另一方面，优化了扶正器的使用数量和位置。

2.3 环空间隙问题

我国西南石油大学通过与石油公司的联合研究已经发现，在实际选择环空间隙时应遵循以下基本原则：首先，必须充分整合水力学系统的基本原则，以优化对环空间隙的选择。其次，应基于对水泥环变化的过程来优化环空间隙。最后，应充分结合水泥的实际胶结强度，以

便合理确定环形间隙。国外成熟小井眼的井眼大小一般为 77.0~111.1mm。通过实践经验和理论研究,合理选择环形间隙可以大大缩建井时间并节省套管成本。

2.4 施工工艺

由于小井眼的井眼结构复杂,因此在实际施工过程中通常采用尾管完井方法。因此,需要不断改进尾管固井工艺技术和相关的配套施工工具。在其发展过程中,完美的配套固井技术和相关的固井工具逐渐完善。华北石油管理局开发了针对小井眼固井技术,在实际水泥固井过程中普遍存在的冲击压力成功率低和尾管固井中存在水泥堵塞的问题。在大港油田尾管水泥技术的实际应用中,通常存在井眼小,倾斜角度大,低排量等问题普遍存在。在仔细检查了上述问题之后,终于开发出了内管冲洗尾管水泥技术,该技术的主要应用是内部管道循环法,有效减少了固井施工过程中的位移量,也大大减少了固井施工的正常运行时间,有效地提高了施工过程中的置换效率。

2.5 目前水泥浆技术不成熟

关于水泥浆技术,国外已经对用于水泥浆细孔的水泥浆系统进行了深入研究,以确保各层之间的绝缘和水泥环的机械完整性。但是,国内的研究仍在进行中,并且缺乏有关水泥环机械完整性的适当材料,模型和评估方法的准备。与其他国家相比,固井工具有很大的差距。B. 摩擦时,钻具,带有可膨胀管的钻具和相关的辅助工具,用于用细长孔固井。尽管有国内研究,但该技术还不够成熟,现场应用很少。适合满足建筑需求。在建筑技术方面,在国内,可以通过提高箱体居中程度,确保箱体安全运行和提高置换效率来研究细孔建筑技术。但是,自动化程度低,并且缺乏用于控制小井眼中的作业过程的技术软件。

2.6 护眼工具

目前,臂式护眼主要在中国使用,扩张式护眼工具主要在国外使用。为解决钻井时减小盐石膏层直径的问题,胜利油田设计了 BG 型臂式护眼。该工具在井测解释平均井径达到 139.7mm,整个井眼的胶结质量也非常好,全井固井质量优良。阿巴拉契亚盆地为了扩大井眼并确保固井质量,设计了 XR 型护眼工具。最大的特点是,不会损坏套管和井壁。并能在护眼后全排量起钻,并且可以实现在井下裸眼护眼。

3 未来小井眼固井技术的方向建议

3.1 套管安全下入技术

在操作套管下入之前,应仔细检查并调整钻井液的各种特性。在将钻井工具降低到井眼底部之后,钻井液通常会完全循环超过 2 周,以便有效地去除切岩削床并确保井眼的稳定性,从而避免井眼泄漏。采取了相关的技术措施来减小套管的摩擦阻力,例如:用扩眼技术实现扩眼,在缩径的地方将套管抬头下入技术等。

3.2 随钻扩眼技术

随钻扩眼钻孔技术是指在使用小井眼工具时使用随

钻扩眼技术和常规钻孔技术,以在钻孔时广泛扩大小井眼。实践表明,在随钻扩眼技术过程中进行对井下处理复杂的问题,降低大量钻井成本,提高钻井速度和确保钻井安全具有重大影响。

3.3 提高套管居中技术

根据小井眼的尺寸大小,以及井直径的变化率等,适当地设计扶正器的数量,类型和位置。同时,设计软件安放来模拟和优化扶正器的放置,以提供理论依据。在一些小井眼中特别针对一些经过特殊处理的扶正器用于改善居中程度,例如:腰鼓形螺旋刚性扶正器等。

3.4 固井排量优化技术

考虑到地层的承压能力,水泥浆的流动方式以及低速下的预液替换技术的量,选择它来提高替换效率。根据地层的承压能力,使用平衡压力计算确定水泥浆环塞流的最大向上流速和临界位移。确定水泥浆环空塞流最大上返速度和临界排量,在顶替起压之前用略大于注灰时的排量顶替,起压后降低排量。控制机的泵排量小于临界排量,以确保施工中不泄漏。在施工过程中,应使用水泥浆塞的排量上限,以使初级流体在湍流条件下上升,有效地稀释和替换钻井液,并确保水泥环的固井质量。

4 结束语

由于小井眼固井具有井眼尺寸小和环空间隙较小的特殊性,固井工艺难以设计。因此,有必要对水泥浆体系,施工工具,施工工艺等各个方面进行深入研究,以有效提高小井眼油井的水泥技术水平以及水泥质量。建议国内的油田公司划定试块,进行小井眼固井的关键技术研究和现场试验,使小井眼固井和配套工具能够同步协调,为未来小井眼的推广应用奠定坚实的基础。

参考文献:

- [1] 张永忠. 国内外小井眼固井技术研究现状探析 [J]. 西部探矿工程, 2020, 32(03): 107-108+112.
- [2] 张凯, 李明, 刘小利等. 国内外小井眼固井技术研究现状 [J]. 钻采工艺, 2015, 38(02): 23-26+7.
- [3] 何生辉, 高俊奎, 牛庆华. 小井眼固井技术 [J]. 钻采工艺, 2006(04): 12-13+7.
- [4] 孟庆拥, 秦文革. 小井眼固井工艺技术研究及现场应用 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2005(S1): 217-218+7.
- [5] 刘伟. 浅谈国内完井技术现状及研究方向建议 [J]. 化工管理, 2016(20): 190.
- [6] 刘乃震, 王廷瑞, 丁文正, 张世军, 曹生. 油气井侧钻技术研究与应 [J]. 特种油气藏, 2008(05): 97-100+110.

作者简介:

谢志伟 (1985-), 2008 年毕业于中国石油大学 (华东) 石油工程专业, 大学本科, 中级工程师, 现就职于中国石油集团长城钻探工程有限公司固井公司, 主要从事水泥浆体系研究与固井技术研究及技术管理工作。