

Research and Application of Wetting and Reverse Injection Cement Plugging Technology In Jiqing Shale Oil Block

Dongxu Zhang¹ Libo Hao² Xianzhou Han² Peng Wang² Lei Sun¹

1. Northwest Project Department of Panjin Great Wall Drilling Company, Panjin, Liaoning, 124010, China

2. Xinjiang Oilfield Company, Karamay, Xinjiang, 834000, China

Abstract

China's demand for energy such as oil and natural gas continues to grow with the development of society and economy. With the large-scale development of shale oil and gas blocks, more and more wells of Jiqing shale oil are being deployed on the edge of the oil zone in the overall environment. During the construction period, multiple platforms experienced well leaks in the Toutunhe Formation of the second vertical well section. Various leak prevention materials and methods were tried, and although some results were achieved, the overall treatment time was long and the losses were large. In the end, cement leak prevention was mainly used. However, there is a breathing effect in the formation, mixing of oil-based drilling fluid and cement, oil film on the wellbore of oil-based drilling fluid, high porosity of the formation, inability to retain cement slurry, and higher hardness of the cement plug than when drilling in the formation. These problems are still difficult to solve simultaneously. In this context, all relevant parties worked together to seek suitable plugging methods. The plugging was achieved by closing the well, squeezing the plug, using dual strength cement, changing the flushing fluid and pre plugging agent, and successfully applied to the JHW79 platform.

Keywords

well leakage; oil-based drilling fluid; wetting inversion; cement plugging

吉庆页岩油区块润湿反转注水泥堵漏技术的研究与应用

张东旭¹ 郝力博² 韩先周² 王鹏² 孙雷¹

1. 辽宁省盘锦市长城钻探钻井二公司西北项目部, 中国·辽宁 盘锦 124010

2. 新疆油田公司, 中国·新疆 克拉玛依 834000

摘要

中国对石油、天然气等能源的需求随着社会和经济的发展而不断增长, 页岩油气区块大规模开发, 在大环境下吉庆页岩油越来越多的井部署在油区边缘。施工期间多个平台均在二开直井段头屯河组发生井漏, 曾尝试多种堵漏材料、多种堵漏方法, 虽然取得了一些效果, 但是整体处理时间长、损失大, 最终都以水泥堵漏为主。但是其地层存在呼吸效应, 油基钻井液与水泥窜混, 油基钻井液井壁存在油膜, 地层孔隙度高、水泥浆无法滞留, 水泥塞硬度强于地层钻塞时丢眼等问题仍然难以同时解决。在此背景下集各相关方共同努力, 寻求合适的堵漏方法, 通过关井挤堵, 双强度水泥, 改变冲洗液和前置堵漏剂的方案实现堵漏, 并成功应用于JHW79平台。

关键词

井漏; 油基钻井液; 润湿反转; 水泥堵漏

1 引言

石油钻井是一项复杂的工程, 施工中涉及多种工艺, 其施工流程存在指向性和系统性, 但其应对的却是可预测而无法规避的客观地质环境, 复杂的地层条件导致井下各种复杂工况, 井漏仅是其中问题之一。经调研发现, 目前国内外油基钻井液出现井漏之后, 堵漏材料及处理手段欠缺, 堵漏材料主要包括 SQD-98、GDJ、蛭石、LCM、综合型堵漏剂; 堵漏方式包括钻井液桥浆堵漏, 自固结堵漏^[1-3], 水泥固结

堵漏等。论文通过吉庆页岩油区域层位特性及施工中存在的问题, 采用润湿反转注水泥堵漏技术, 通过研究和实践, 成功堵漏并缩短堵漏周期。下面以 JHW79 平台堵漏应用情况进行分析。

2 施工难点

2.1 常用堵漏剂与油基钻井液配伍性差

钻井中常见的堵漏方式为桥浆堵漏, 在钻井过程中, 使用桥塞堵漏技术可以有效封堵漏层, 减少钻井液的损失。桥浆堵漏技术通过在钻井液中加入一定浓度、尺寸合适、强度较高的颗粒状物质, 通常可加入锯木、稻草、麦秸、皮、壳、石灰、水泥或速凝物质等堵漏剂, 以制止井漏。当裂缝

【作者简介】张东旭(1989-), 男, 满族, 中国辽宁铁岭人, 本科, 助理工程师, 从事石油工程研究。

扩大到致漏程度时,封堵颗粒随着钻井液漏失进入裂缝中,大颗粒和纤维材料在裂缝中孔隙度偏小的孔喉处滞留架桥,小颗粒填充裂缝剩余空间^[5],最终实现封堵。但是常用堵漏剂与油基钻井液配伍性差,其原因:一是油基钻井液在进入裂缝后,会使裂缝表面的润湿性由亲水性转变为亲油性,这种润湿性的变化导致油基钻井液与亲水性堵漏材料的相互作用减弱,从而降低了堵漏效果。二是油基钻井液的化学性质与许多常规水基钻井液用的堵漏剂不兼容。例如,油基钻井液可能含有的表面活性剂或其他化学添加剂可能会影响堵漏剂的性能^[4]。

2.2 地层存在呼吸效应, 钻井液与水泥浆掺混

吉庆页岩油区块头屯河组地层实际坍塌和漏失压力之间的安全作业压力窗口小,作业期间环空当量密度(ECD)易超过地层漏失压力,引起地层产生呼吸效应,即在钻进期间钻井液进入地层出现漏失现象,停泵后地层返吐产生回流现象。该区块采用油基钻井液施工,经过多井次尝试常规桥浆堵漏和自固结堵漏都无法缓解漏失情况。而采用常规段塞式注灰堵漏方案,钻具下入漏点以下,停注起钻时漏层内钻井液回流及钻具携带钻井液与水泥浆混窜,导致水泥浆受到残留钻井液污染,造成水泥浆凝固不好或者不凝固,致使水泥强度大大下降,无法实现有效堵漏效果。

2.3 使用油基钻井液井壁存在油膜

油基钻井液是以油作为连续相的钻井液,因以油作为钻井液的基础,其优点是抗高温、抗污染能力强、有利于井壁稳定、润滑性好和对油气层损害程度较小等多种优点^[6],被广泛用于复杂和麻烦的页岩油气水平井;其缺点是在施工期间,地层及层位裂缝长期被油基钻井液浸泡,裂缝内为亲油表面,表面存在一层油质保护膜,出现井漏后,注水泥堵漏时致使水泥浆无法与地层直接接触,水泥浆凝固后,会在井壁与水泥之间形成裂缝,造成后续钻塞施工时出现复漏。

2.4 地层孔隙度高、水泥浆无法滞留在裂缝内

吉庆页岩油区块头屯河组细砂岩和泥质粉砂岩发育,且砂岩段孔隙度较高,延展性较好。例如,区块JHW79平台的13井和14井同时施工,14井钻进至头屯河组出现漏失,采用常规桥浆堵漏方式堵漏,而邻近的13井振动筛出口返出大量堵漏材料,经轨迹对比和实际堵漏材料分析确认,两口井出现层位窜通现象,此时两口井井底最近距离138m。据例分析,该层位空隙四通八达,且承压能力低。在采用水泥固结堵漏时,水泥浆受井内压力和水泥失水等因素影响而流失,无法有效滞留在裂缝内,导致堵漏失败。

2.5 水泥硬度强于地层造成丢眼

在水泥堵漏中,因低密度水泥浆体系流动性好,稠化时间长,难以驻留在漏层内;而常规水泥固结堵漏后,一部分水泥滞留在井筒内形成水泥塞,且强度较高,候凝钻塞期间极易钻出新井眼,尤其对于裸眼段上部漏失的井,地层孔隙度高可钻性好,整体强度弱于水泥塞,此现象更为明显。

老井眼丢失后,造成下部原井眼报废,直接影响钻井时效。

3 施工技术措施

3.1 科学堵漏, 选择合适堵漏方式

吉庆页岩油区域头屯河组经过多口井的堵漏尝试以及地层特性证明,桥浆堵漏实际效果甚微;而自固结堵漏技术只能短暂地维持地层承压能力,其通过堵漏剂表面涂覆环氧胶黏剂,可以在井下自行固结,提高堵漏剂的封堵强度,但是该区域漏层孔隙度大,埋深浅、温度低,自固结材料需要的地质条件、时间、温度在该区域不能全部满足而造成堵漏失败;润湿反转注水泥堵漏技术是一种在堵漏过程中用于提高封固质量和承压能力的技术。这项技术的核心在于改变井筒裂缝表面的润湿性,从而使得后续注入的水泥浆能够有效地与井壁接触并固化,形成良好的封固层,通过科学优化方案实现有效封堵,提高地层承压能力。

3.2 关井挤堵, 控制回流, 解决窜混

为遏制呼吸效应对堵漏造成的影响,水泥堵漏时控制井底压力以控制地层内流体回流,通过研究发现,以关井挤堵、钻具内外平推的方式施工,可以有效地控制井底压力,实现遏制回流提高封堵效果,其施工基本流程:先下堵漏钻具组合至漏点以上200m,分别注入前置堵漏泥浆,高效驱油前置液,双强水泥浆,后置液。然后关井替浆挤堵,保证水泥全部替出钻具后再多替1.5m³,然后环空反挤泥浆2m³,确保钻具外环空没有水泥,保证钻具安全。为防止回流,继续关井候凝至水泥初凝结束,开井起钻。此流程完美控制地层吞吐效应,解决水泥浆与钻井液混窜问题。

3.3 润湿反转实现水泥与地层胶结

高效驱油前置液由悬浮剂、加重剂、高效冲洗液等组成,配方为:水+125%重晶石+3.5%BCS-040S+30%BCS-010L+2%BCS-021L+5%BXF-200L+0.5%BXR-200L+1%G603。经过调查表明高效驱油前置液对油基钻井液的井壁冲洗率较高,并能有效隔离水泥浆和钻井液,没有絮凝、增稠、沉淀的现象,混合后保持较好的流变性和抗污染能力,具有优异的沉降稳定性能。同时有塑化、减水等作用改善不同材料之间的亲和作用,使前置液体系的稳定性能增加的同时具有渗透乳化的作用,可以改变裂缝表面的润湿性,实现亲油与亲水性的转变,实现润湿反转,提高注灰堵漏质量。

3.4 前置堵漏材料, 改变水泥流态

①注入钻井液桥堵材料:在施工前,先向井内注入钻井液桥堵材料作为铺垫。这种材料通常由综合堵漏剂和随钻堵漏剂组成,浓度约为25%。这样做的目的是让堵漏钻井液先行进入地层裂缝,形成阻力,从而改变后期水泥进入漏层的流态,使其在裂缝中形成层流,提高封堵效果。

②优化水泥浆配方:调整水泥浆的配方,使其具有微触变性,这样在顶替结束后水泥浆的流动性可以快速下降,

停留在裂缝内。这种水泥浆的配方包括使用特殊的添加剂，如华千素，以改善水泥浆的流变性能和提高其在裂缝中的稳定性。

③添加水泥堵漏专用纤维：在水泥浆中加入专用纤维，如高强度有机聚合物单丝短纤维，这些纤维在水泥浆中有很好的分散性，并且能在漏层中形成“滤网结构”，增加水泥浆流动阻力，提高固结质量。

3.5 双强度水泥，减少丢眼率

在固井施工中，采用双强水泥浆进行堵漏是一种有效的方法。领浆使用微触变、高强度水泥浆，其配方中包含天山G级水泥、淡水以及多种添加剂，这些添加剂包括BCF-200S、BCG-300S、CF40S、BCT-800L、BXR-200L和G603，它们共同作用以提高水泥浆的强度和胶结质量。尾浆则采用坂土水泥，其配方中除了天山G级水泥和淡水，还加入了膨润土、分散剂和降失水剂。在施工中精确计量替量，确保其留在井筒内，而高强度水泥浆则挤入地层。

通过这种双强水泥浆的堵漏方案，施工中精确计量，高强度水泥挤入地层，有效控制地层孔隙度，保证固井质量；低强度水泥驻留于井筒内即不影响固结质量，又减少丢眼率和后续施工风险，提高施工效率。

4 应用效果

2023年区块井位外移出现第一口严重漏失井，该井堵漏周期37天，随后陆续出现多口漏失井，平均堵漏周期在15~20天。通过该技术可以将堵漏周期控制在10天以内，目前已经通过2口井实际测试，并取得优异成果。

测试情况如下：

①试验井JHW79-11井使用该技术1次堵漏成功。

该井钻至井深2543m，循环验漏，排量从31.2L/s提至31.4L/s时发生漏失，漏速5.6m³/h。在使用钻井液桥浆堵漏无效后，采用润湿反转注水泥堵漏技术进行堵漏，并成功控制漏失提高了地层层压能力恢复施工，该井堵漏周期为7.35天。

②试验井JHW79-12井使用该技术3次堵漏成功。

第一，该井钻进至2093m出现漏失，降排量至26.5L/s循环观察，继续钻进至2150m，起钻使用该技术进行第一次堵漏。钻塞时在1912m出现放空现象，钻塞至1962m，发生漏失，漏速5.2m³/h。分析层位存在多个漏点，第一次堵漏仅将承压能力低（井底2150m）的位置堵漏成功。

第二，随后采用该技术进行第二次堵漏。钻塞在1905m出现漏失，漏速21.6m³/h，降排量循环时返出大量堵漏剂。分析因邻井JHW79-15井发生漏失，挤堵时将地层压开造成两井窜通，该井循环时返出邻井挤堵堵漏材料，造成双方堵漏均失败。

第三，最后使用该方案进行联合堵漏，堵漏施工时邻井关井，保证地层压力稳定，最终实现堵漏成功。该井堵漏周期为9.22天。

5 结论与建议

润湿反转注水泥堵漏技术施工流程：下堵漏钻具至漏点以上200m，先注入配合型堵漏钻井液5m³，然后使用泵车注入大量加重驱油亲水型隔离液（15m³及以上，确保水泥浆进入地层裂缝之前能够有效冲刷清理裂缝油基钻井液，并实现润湿反转，由亲油型改为亲水型），随后注水泥浆，施工前精确计算各堵漏材料的注入量，当计算堵漏泥浆出钻具时，关井继续注水泥（水泥量根据实际井漏情况确定，一般注水泥的总量为30m³），其间观察套压和立压并做好记录。最后注后置液、替浆，保证水泥浆全部替出钻具后多替1.5m³，环空反挤泥浆2.5m³，确保钻具内外没有水泥浆，保证钻具安全。为防止水泥回吐，继续关井候凝至水泥初凝时间多两个小时，立即开井起钻。

技术优点：

①能控制呼吸地层，解决停泵后回吐的问题，这能有效防止水泥窜混，不固结问题。

②使用驱油型隔离液可以冲刷井壁及裂缝中的油膜，这能够防止水泥与地层固结不实后期施工复漏问题。

③能够解决地层孔隙度高、水泥浆在漏层内站不住的问题，这对堵漏施工的成功率是至关重要的。

④有助于解决水泥强度高导致的老井眼丢失问题，这对提速和施工效率有着重要意义。

局限性：

该技术主要适用于套管鞋附近，或者上部地层承压能力相对较高的已知漏点的漏层堵漏。一旦遇到井底漏失，上部地层承压能力弱，该方案既存在一定钻具安全问题，所以具有一定的应用范围限制。

参考文献

- [1] 罗文,杨云超.地层呼吸效应的识别及对固井质量的影响[J].石化技术,2024(5):286-288.
- [2] 齐志刚,陈阳,张磊.高效驱油前置液SLP在BYPI井的应用[J].山东化工,2019(48):124-127.
- [3] 王在明,许婧,张艺馨,等.自固结堵漏剂性能评价及现场应用[J].石油钻探技术,2021,49(6):62-66.
- [4] 李大勇,肖超,王胜建,等.下扬子地区页岩气井失返性漏失堵漏技术研究[J].油气藏评价与开发,2021,11(2):122-126.
- [5] 贾佳心,冯雷,夏忠跃,等.临兴致密气区块表层堵漏技术研究与应用[J].北京石油化工学院学报,2021,29(3).
- [6] 郭鸿,许锋,张若愚.陕南地区页岩气探井钻探可能遇到的挑战与对策[C]/2018IFEDC油气田勘探与开发国际会议.[2024-12-30].