

海上水平井高效开发完井技术及其应用

王 龙¹ 刘 伟² 王俊石¹ 黄家曦¹

(1. 中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司 天津 300459; 2. 中海石油(中国)有限公司天津分公司 天津 300459)

摘 要: [目的]垦利 6-1 油田是莱北低凸起浅层勘探发现的首个亿吨级岩性大型油田, 开发投产对国家能源保障具有重要意义。[方法]为应对无人化、智能化开采需求和快速建产投产任务, 根据油藏特点, 创新应用了一批新技术新工艺, 同时通过技术提升优化项目管理, 高效快速完成完井作业, 形成一套海上水平井高效开发完井技术。[结果]垦利 6-1 油田实际工期 1642.97 天, 提速超过 25%; 峰值产油量 9142.88m³/d, 超配产 43%。[结论]垦利 6-1 油田的高效开发为海上油田开发提供了技术指导与经验借鉴。

关键词: 渤海油田; 提速增效; 水平井完井

1. 引言

垦利 6-1 油田位于渤海南部海域, 2017 年发现, 历时 3 年勘探评价, 于 2020 年完成国家储量申报, 是莱北低凸起浅层勘探发现的首个亿吨级岩性大型油田。油田探明储量 7383.21 万吨, 通过新建六座智能无人平台开发, 布置开发井 107 口, 为应对无人化、智能化开采需求和快速建产投产任务, 在一次优快和二次优化的基础上^[1], 创新应用多项完井工艺及技术, 研究实践出一套水平井高效开发完井技术, 其中设计工期 2218.5 天, 实际工期 1642.97 天, 提速超过 25%; 投产生产井 79 口, 总配产 6386m³/d, 峰值产油量 9142.88m³/d, 超配产 43%。垦利 6-1 油田的高效开发对于渤海油田上产 4000 万吨具有重大意义。

2. 油田开发特点

2.1 地质油藏

油田主要目的层为明化镇组, 地质类型虽为岩性油田, 但储量分布“散”、河道宽度“窄”、油层厚度“薄”, 流体系统“杂”, 部分地层非均质情况严重, 顶底界面变化快, 储层薄, 水平井开发及投产难度大。

2.2 完井工程

油田发育典型红褐色泥岩, 易吸水膨胀、造成井眼安全周期短, 管柱起下困难等, 井眼质量要求极高。该油田为渤海首个智能化集群式平台, 由于所有平台均为无人值守, 需充分考虑无人平台智能化开发模式, 对井下工具可靠性、井口设备完整性、智能控制准确

率、信号传输稳定性都有极高要求。且部分砂体具有底水, 生产期间易出现底水突进的问题, 投产稳产、高产难度大。

2.3 项目管理

垦利 6-1 开发项目是渤海油田首个浅层非整装大型油田无人平台集群式开发项目, 6 座无人平台集中开发, 作业量集中密集, 对项目团队、设备、物料、作业支持带来极大考验。

3. 完井高效开发技术及现场应用情况

3.1 高效洗井

洗井作业是储层保护的重要措施, 常规水平井洗井作业分四步: 原井泥浆循环清除井内固相、烧碱水清洗钻杆及套管壁、停泵彻底清理循环系统、过滤清洁盐水洗井。通过多次技术研究和试验, 得出一套高效洗井技术: (1) 使用水溶性 JWY-S 高效洗井液代替油性洗井液, 钻开油层前的主要污染矛盾为钻杆、套管内污染, 使用水溶性清洗剂对此类污染清洗效果更好; (2) 在实际生产作业中, 储层伤害的类型有很多种, 其中固相颗粒堵塞储层孔隙和裂缝, 造成渗透率下降是最为普遍的一种损害现象^[2]。为更大程度清除井内固相, 优化洗井顺序及参数: 1. 加长大排量泥浆循环时间, 运用泥浆的高粘度、高切力将井内固相大部清除; 2. 运用多段烧碱水高排量模式代替一段烧碱水低排量模式, 提升烧碱水与井下管柱有效接触时间。通过上述措施, 洗井时间缩短至 2.7h 左右, 洗井质量 NTU 衡量值缩小至 40~50。

表 1 优化前后洗井时间对比

	洗井总时长	泥浆洗井	烧碱水洗井	清理循环系统	过滤洗井
优化前	6.11	1.42	1.25	0.80	2.64
优化后	2.67	0.71	0.75	0.21	1.00

3.2 过程管控技术：提升工序衔接程度，现场作业连贯有序

完井作业工况复杂、工具多、提升过程管控质量是提升完井作业质量及效率的关键。通过分析每项作业，形成了一套切实有效的监督管理模式：1.作业前提前预连待用钻具工具；作业时可直接入井，减少作业待机时间；2.油管、筛管提前通径，作业时直接入井，提升下管柱速度；3.使用插接式过电缆封隔器，上部电缆插接，下部连接接，单井缩短接电缆时间 3h；4.针对需砾石充填防砂 8-1/2”水平裸眼开发井，创新使用了大外径带提环提丝，批量完井时可采用立冲管立柱方式代替单根冲管起下方式，规避了传统作业中起下无接箍冲管坠落的风险下，大幅提升起下冲管时间。应用 6 口井，节省起下冲管时间 20 余小时，节省日费 30 余万元。

3.3 优化防砂施工参数：根据地层情况“量体裁衣”

在海上油气田丛式井网开发中，水平井由于可大幅度利用油藏资源而得到广泛应用。特别是离底水较远，且油层厚度大于 5m 的单层疏松砂岩，广泛采用砾石充填水平井开发^[9]。该油田主要防砂井型为 8-1/2”裸眼+5-1/2”优质筛管砾石充填完井，目的层位为明化镇组，平均水平段长 400m。储层砂岩物性好，通过压前测试压力、摩阻优化防砂充填排量以及砂比，对于泥岩少的层位，使用 8bpm 排量，0.6~0.65ppg 砂比，较常规设计作业时提高 20%，充填效果满足设计要求。

3.4 配套生产管柱提效技术：逐项细节提效，增添完井创新动力

(1) 创新应用新注水管柱。渤海油田常用水平井合注注水管柱，项目引入“平衡注水管柱”，使用平衡注水工作筒搭配专用生产封隔器，在满足油藏要求及井控安全条件下，大幅度缩短了注水井作业时间，针对此井型对防砂管柱中心管进行了优化，将防砂管柱中心管作为注水管柱一部分，作业时，将封隔器座封工具起出后，井下中心管不出井，继续下注水管柱。此项工序优化，单井节省时间近 4h。

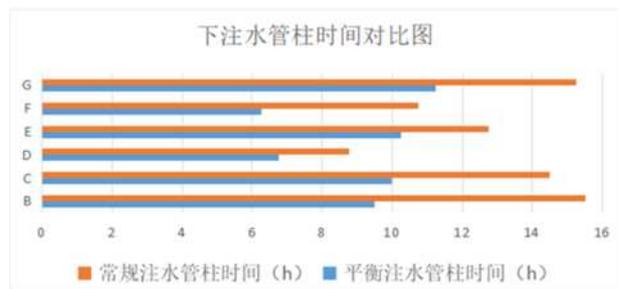


图 1 下注水管柱时间对比图

(2) 创新应用“钢丝投捞电泵”工艺，助力“智能无人平台”

长期高效开采。优化钢丝作业工艺，提前预接湿接头三项保护器，优化湿接头内筒油压和插接井口方式缩短插接时间等，打破了海上完井作业周期记录。采用钢丝投捞作业可大幅降低后续维修成本。

3.5 联合党建管理：充分调动作业人员积极性

从战略高度规划项目，优化资源配置，实现资源利用率最大^[4]。根据项目特点，联合地质、油藏相关单位，将各单位“流动”党员“聚”起来，以平台为前沿阵地，海上联合党建学习为抓手，充分发挥党员的模范带头和战斗堡垒作用，统一管理，充分发挥党员“一不怕苦，二不怕累”的先锋模范作用，充分调动每个岗位人员积极性。

4. 完井高效开发技术结论

(1) 水平井作为油田开发最佳上产井型，在增加油气卸流面积，降低油气流动表皮指数，提升采油指数方面有极大优势，对于该类井型高效开发是增储上产的绝佳途径，对缩短建井周期，提前实现油水井见产有重要意义，同时也具备极大的经济价值。

(2) 现场作业时，作为管理者一方面要聚焦技术进度，在人员管理方面也非常重要，通过作业前对作业人员筛选，作业过程中对相关人员进行培训交底，同时充分调动人员积极性，才能发挥良好的效果。

(3) 高效开发技术不光局限于新工具的应用，同时对以往的作业模式、作业经验也提出了改进措施，要敢于对老模式提出质疑，在理论依据充足的条件下，试验新模式，从而总结出一套高效开发的技术体系。

参考文献：

[1] 王一生, 张明, 赵成龙等. 渤海低渗油气田开发钻完井技术研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(03): 169-171.

[2] 张平, 王多才, 王海峰等. 储层伤害分析与预防保护及解堵技术优化[J]. 粘接, 2023, 50(12): 119-122.

[3] 范白涛. 我国海油防砂技术现状与发展趋势[J]. 石油科技论坛, 2010, 29(05): 7-12+73.

[4] 范白涛. 渤海油田钻完井技术现状及发展趋势[J]. 中国海上油气, 2017, 29(04): 109-117.

第一作者简介：王龙，男，1993 年 12 月出生，汉族，内蒙古包头市昆都仑区，本科，现就职于中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司，中级职称，从事海洋石油钻完井相关技术研究与应用工作。