

# NH 区块丛式井高效开发模式探索及实践

梁 珀, 张 磊

(中国石化华东油气分公司泰州采油厂, 江苏 泰州 225300)

**摘要:** NH 区块位于苏北盆地溱潼凹陷西部单斜构造的西北部, 2015 年获得商业发现。面对国际油价持续低迷, 安全环保要求持续提高, 勘探开发建设征地难度持续加大等多方面的严峻挑战, 采取常规思路开展新区产能建设和开发管理难以实现效益开发和可持续发展。在 NH 区块开展先导试验, 以丛式井开发为核心, 通过协作机制高效化、研究应用平台一体化、产建方案集约化和生产管理信息化, 形成了适合苏北特色的高效开发模式。实践表明, 该模式在改善开发效果, 提高生产效率及开发效益等方面应用效果显著, 区块日产量较方案设计提高 12.7%, 与常规建产模式相比, 单井建井周期缩短 4.6 d, 总投资降低 28%, 运行成本节约 520 万元/年。

**关键词:** NH 区块; 丛式井; 高效开发; 低油价; 一体化; 信息化

**中图分类号:** TE323      **文献标志码:** A

## Exploration and practice of high-efficiency development model of cluster wells in NH Block

LIANG Po, ZHANG Lei

(Taizhou Oil Production Plant of East China Oil and Gas Company, SINOPEC, Taizhou 225300, China)

**Abstract:** The NH Block is in the northwestern part of the western monoclinic structure in the Qintong Sag, Subei Basin, and was commercially discovered in 2015. Facing severe challenges such as the continued sluggish international oil prices, the continuous increase in safety and environmental protection requirements, and the increasing difficulty of land acquisition for exploration and development, it is difficult to achieve effective and sustainable development by adopting conventional ideas for capacity construction and development management in new areas. The pilot tests were carried out in the NH Block, with cluster well development as the core, through efficient collaboration mechanism, integration of research and application platforms, intensification of production and construction plans, and informatization of production management, forming an efficient development model suitable for northern Jiangsu. The practice has shown that this model has significant application effects in aspects of improving development effect, production efficiency, and development benefits. The daily output of the block was 12.7% higher than that of the plan design. Compared with the conventional production model, the single-well construction period was shortened by 4.6 days, the total investment was reduced by 28%, and the operating cost was saved by 5.2 million Yuan/year.

**Key words:** NH block; cluster well; efficient development; low oil prices; integration; informatization

苏北盆地溱潼凹陷油藏具有“碎、小、低、薄、深”的特点<sup>[1-3]</sup>。近年来, 通过对高精度三维地震资料的解释以及成藏条件的再认识, 在溱潼凹陷西斜坡阜三段发现了多个有利构造带。相比前期开采油藏, 具有埋深浅、渗透率高、“小而肥”的特点。NH 区块是其中之一, 该区块位于溱潼凹陷西部单斜构造的西北部, 于 2015 年 4 月查明圈闭含油气性, 同年 11 月证实油藏具有工业开采价值。

2014 年以来, 国际油价出现断崖式下跌, 油田

行业进入“寒冬期”。面对国际油价低、安全环保要求高、勘探开发建设征地难等严峻挑战, 采取常规思路开展新区产能建设和开发管理, 难以实现效益开发和可持续发展。目前, 页岩气、致密油等非常规油气以及部分常规油藏<sup>[4-9]</sup>实现了资源、技术

收稿日期: 2020-05-31; 改回日期: 2020-06-13。

第一作者简介: 梁珀(1984—), 女, 硕士, 高级工程师, 现从事油田生产及油藏管理工作。E-mail: 289790080@qq.com。

和人工的优化配置,勘探开发效益较好,其中部分成功经验对苏北盆地复杂断块油田开发具有良好的指导意义。为破解苏北盆地效益勘探开发面临的风险与挑战,解决各种复杂开发难题,提升整体效益,亟待开展理念、技术和管理创新,探索出一条高效开发的新路。在NH区块建产及开发管理实践中,针对苏北工区地面和油藏特点,借鉴页岩气效益开发经验,以丛式井开发为核心,结合技术和管理创新,探索了高效开发管理模式,为后续苏北盆地复杂断块油藏高效开发奠定了基础。

## 1 NH区块概况

NH区块区域上位于江苏省姜堰区华港镇,地处苏北平原水网地区,地势平坦,海拔高度5.0~6.0 m,气候温暖湿润,年平均温度15℃左右,土地肥沃,工农业发达。构造位于溱潼凹陷西北斜坡,属于构造-岩性复合油藏,开采目的层主要是阜三段油藏Ⅲ、Ⅳ油组。油层埋深为1 520~1 780 m,孔隙度20%~32%,渗透率 $(100\sim600)\times10^{-3}\mu\text{m}^2$ ,原始地层压力平均15.96 MPa,原始含油饱和度62.5%,属于常规中高孔中高渗透油藏。2015年4月部署NH2井钻遇砂体尖灭带,2015年5月试获0.5 t/d低产油流,查明圈闭含油气性。2015年11月部署NH201井,试获11 t/d工业油流,证实油藏具备工业开采价值。2016年12月至2018年6月期间,经过三轮扩边,整体部署13注46采,落实含油面积6.47 km<sup>2</sup>,地质储量298×10<sup>4</sup> t。

## 2 高效开发模式

油气田开发从地震到油藏、钻井,再到采油及地面工程,是一个全生命周期的连续完整的工作过程。对于传统的生产管理模式,这个连续过程被分割成几个独立单元,打破了认知的连贯性和一致性,导致效率低下、资源浪费等问题<sup>[10]</sup>。在NH区块开展先导试验的过程中,以油藏为中心,重新认识油藏、钻井、采油、地面和经济评价等各专业之间的联系,创新团队协作机制、工程工艺技术及生产管理模式,形成了适合苏北复杂地面环境和丛式井开发特征的高效开发模式。

### 2.1 团队协作机制高效化

整合油藏、钻井、采油、地面、经济评价等部门,建立多学科互动、职能融合、协作高效的新区

产能建设项目团队。以项目团队的形式改管理部门间的“接力赛”为“团体赛”,重点强化产能建设的顶层设计,一方面提升各专业、各部门之间的协同性,另一方面提升方案设计的整体性<sup>[11-12]</sup>。

### 2.2 研究应用平台一体化

以信息化油田为基础,以油藏研究为核心,整合地球物理、综合地质、油藏工程、钻采工程、地面工程等专业软件,搭建一体化的研究应用平台。一体化的研究应用平台开展了数字油藏、数字井筒、数字地面等多层次数字油田建设,通过数据、软件和成果共享,将油藏、钻井、采油和地面工程及效益评价等方案集中在协同决策环境中,实现从油藏到地面的全面感知与决策支持,提升方案设计决策水平<sup>[13-14]</sup>。

### 2.3 产建方案集约化

在充分应用油藏认识成果的基础上,结合NH油田地处里下河水网地带的地面条件,优化产建方案。优化注采井网,有效建立注采关系单井产量和区块采收率;以丛式井为核心,优化上井道路和平台数量,降低钻前和钻井费用;精细油井管理,优化地面流程、模块化施工,降低产能建设投资和开发生产成本。

### 2.4 生产管理信息化

应用物联网、大数据等技术实时采集数据及视频,通过生产监控系统对油水井、场站、管道集中监控及生产与安全故障自动预警报警,达到资源共享、实时监控、远程操控、趋势预测和动态分析的效果<sup>[15]</sup>,实现生产管理信息化。

## 3 NH区块高效开发实践

### 3.1 建立产建项目团队,提高新区建产效率

为克服苏北油田建产传统管理模式的不足,创新团队协作机制,提升建产效率。以协作机制高效化为目标,在NH区块建产初期,在一体化研究应用平台的基础上,组建以油藏、钻井、采油、地面、物资装备、生产运行、安全环保和经济评价为主体的项目团队。项目团队以“提升运行效率、优化方案设计”为职责,以油井全生命周期效益最大化为目标,实现跨专业的一体化设计、管理和运行。建立项目团队管理制度,明确团队中各专业职责以及不同工序中的牵头部门及相关配合部门。项目团队协作机制如图1所示。

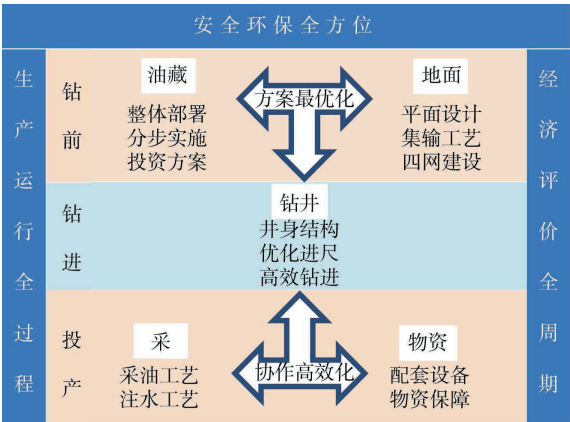


图1 新区建产项目团队协作框架

3.2 注采井网整体设计,滚动探边分步实施

NH区块油藏高部位为岩性歼灭,物性差,为进一步确定油藏类型,减少风险,采用整体部署分步实施的原则产建和评价油藏。用油藏工程方法和数值模拟技术优化油藏注采井距和井网、井型,通过数模多方案对比,以产量效益最大化为原则,最终确定采用菱形反九点面积井网,在整体井网中优选能控制油藏的关键井从高部位向低部位逐步分三期滚动探边评价油藏,逐步确定油藏含油层系、油水边界、含油面积和储量,降低投资风险。

依托数字油藏平台,结合钻井、测井、试油试采等资料不断完善地质建模,提高油藏认识。对边部储层物性、砂体情况较差的区域多次调整方案,有效建立注采关系。NH区块储层物性和砂体连通性较好,经方案论证,初期主体方案按注水开发部署,采用菱形反九点面积井网,主体部位井距350 m,构造边部井距250 m。在确定注采井网的同时,对地面平台进行优化设计,确定了各井井身轨迹及平台分布,如图2所示。开发方案对油田进入高含水期的生产状况和治理措施进行了设计和预测,并优选出CO<sub>2</sub>驱开发作为治理措施,并在地面工程施工中预留CO<sub>2</sub>注气管线,为后续区块调整打好基础,确保区块长期稳产。

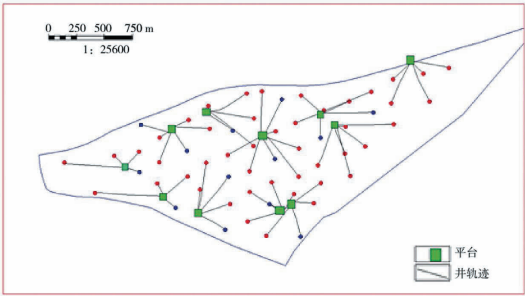


图2 NH区块井身轨迹及平台分布

3.3 丛式井集约化布井,设计方案多轮次优化

针对里下河地区水网密布等地面复杂情况,NH区块大力推进丛式井场建设,以达到减少土地征用和上井道路建设,缩短建井周期,提高劳动效率的目的,实现建产方案集约化。

在一体化研究平台上,重点对井型、顺序、井距、布局、设备、工艺、投资等十个方面进行多轮次优化。在井型上,采油工艺提前介入井身轨迹设计,要求井身轨迹应充分满足油井长期生产的需要。在钻井顺序上,采用工厂化模式,钻机在井间按顺序实现整拖,减少了钻机搬家时间。地面管网和电网与钻井进度紧密结合,一方面应用电网系统提供钻井动力,另一方面保证投产的及时性。在井场规模上,要求井口直线排列,井间距5 m,五井式平台规模为46 m×39 m,每增加1口井长度增加5 m,宽度不变。

依托丛式井集约化布井,创新油水井投产流水线作业模式。NH区块新井投产作业主要包括上井准备、通探洗、射孔、下泵、挂抽等工序。不同于以往单井完成全部工序后进行下一口井作业的模式,流水线作业是将同一平台所有井一个工序完成后进行下一个工序。

3.4 四网建设同步推进,地面建设快速高效

在NH区块建产过程中涉及路网、电网、管网、信息网等“四网”建设,为保障钻井和投产需要,优化四网建设方案,实现快速高效。一是为了在水网密集区打通陆路,提高上井效率,经过4轮次平台位置优化和地方政府对接工作,双方达成道路共建协议,以便解决上井困难和当地交通不便的问题。二是油田内部电网同步建设,保证钻井和生产用电。三是简化地面流程。充分利用NH区块生产气油比大、天然气富足的特点,通过应用数字地面分析计算,摒弃苏北工区常用的双管掺水流程,采用单管加热集输流程,平台采用燃气热水炉加热,平台间串联汇至集输增压泵输送至中转站。燃气热水炉实现撬装化安装,缩短了施工工期,降低了运行成本。四是加快信息网建设,利用光纤建设油田内网,为信息化油田建设打好基础,确保生产实时监控。

3.5 全生命周期优化设计,高效发挥油井产能

丛式井平台虽有集中建井方面的优点,但同时也伴随平台井数量多、井斜大、水平位移大、井身轨迹复杂等实际问题。因此,在NH区块建产过



程中,以保障油水井全生命周期高效生产为目标,集成快速优质钻完井、长效举升、有效分注等配套工艺。

在延长井筒完整周期方面:①优化井身结构,优选套管组合,增加油水井寿命;②提高固井质量,确保不发生管外窜等问题;③优选无固相钻井液体系,降低储层伤害;④采取合理的注采比,控制合理注入压力。在延长举升免修周期方面:①以数字井筒为依托,在设计阶段,充分优化井身轨迹,严格控制造斜点和井斜角,为机抽管柱创造良好的先天条件;②强化钻井质量,采用随钻测斜,严控轨迹;③优化举升工艺设计,井斜超过 $35^{\circ}$ 使用斜井泵,提高泵效;④采用防腐防磨内衬油管并

配套使用耐磨合金抽油杆接箍;⑤优化工作参数,抽油机配套变频器,实现“长冲程、大泵径、慢冲次”,减少管杆偏磨;⑥建立定期维护制度,防止油井结蜡。一方面建立集中加药装置,一个平台设置一套集中加药装置用于泵加清防蜡剂,另一方面建立定期热洗制度,热洗清蜡。在提高分注合格率方面,采用智能同心测调工艺,实时监测测调过程中各层流量和压力。

### 3.6 依托信息化智能化,构建新型管理模式

为提高NH区块生产管理效率,降低运行成本,构建“生产数据信息化采集、生产状况智能化分析、生产站场无人化值守”的新型管理模式。NH区块信息化系统整体架构如图3所示。

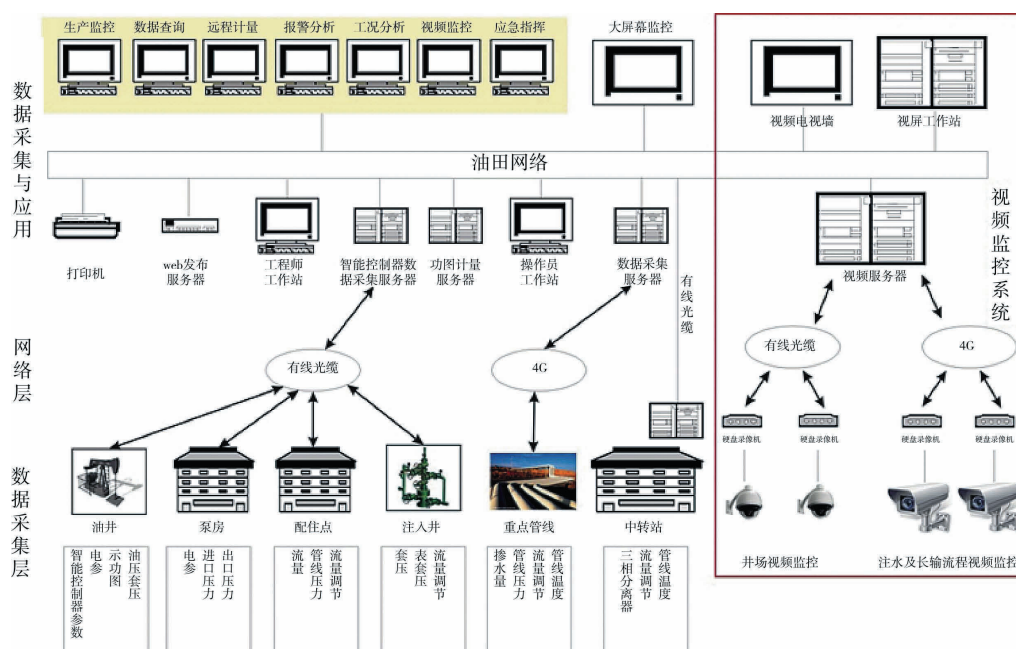


图3 NH区块信息化系统整体架构

生产数据信息化采集是通过信息化建设,将NH区块所有平台实现视频采集,可实时掌控现场生产情况。采油井实现示功图、油套压、电参、油井含水、井底流压等数据远程传输。注水井实现管压、油套压、流量远程传输。燃气热水炉、混输泵实现进出口压力、温度及运行状态传输。新建流程采用光纤伴随技术实施监控流程运行状态,对管线周围震动等异常情况及时报警。

生产状况智能化分析是通过生产数据的采集进入生产指挥中心生产监控系统,实现生产状况智能化分析,如采油井远程启停、压力报警、平衡度判断、工况异常报警、功图量油等;注水井远程流量调节;燃气热水炉远程启停、温度及压力报警等。

在生产数据信息化采集和生产状况智能化分析的基础上,实现了生产站场无人化值守。监控人员负责油水井站生产运行的监控和判断,发现异常时,通知现场管理人员及时处理。

## 4 实施效果

(1)提高了开发效果。2016年至2018年,经过三期产能建设共建成油井46口,注水井13口,分布在11个丛式井井场,其中八井式平台1个,七井式平台1个,六井式平台2个,五井式平台4个,四井式平台3个。产能建设过程中从高部位向低部位逐步分三期滚动探边评价油藏,油井中靶率100%,新建产能 $10 \times 10^4$  t。产能建设完成后井网控制程度和采

油速度分别达到100%和2.8%,区块日产量311 t,较方案设计日产量高12.7%。12口注水井应用同心测调工艺实施分注,测调成功率100%,层段合格率100%,应用效果良好,为区块稳产奠定了坚实基础。为控制含水上升速率,目前区块部分井控液生产,区块日产油240 t,综合含水18%。

(2)提高了生产效率。一是通过丛式井集约化布井、工厂化流水线作业和完善上井道路,提高了生产效率,建井周期、钻井周期、投产作业周期分别为14.8,12.2,2.5 d,较常规建产分别缩短4.6,0.8,0.4 d;二是通过简化地面流程,采用撬装化,地面建设周期由原来常规模式的17 d缩短至9 d;三是通过信息化管理,实现区块无人值守。采油厂指挥中心负责日常监控,所辖班组仅负责处理异常情况,在油水井井数翻倍情况下,班组人数不变,大大提高了劳动效率。

(3)提高了开发效益。一是通过企地共建道路、丛式井集约化布井、优化地面流程等措施节约征地、钻前、搬安、钻井液材料及运输、地面建设等费用,投资降低28%,节约了投资成本。二是在信息化管理模式,场站实现无人化值守较常规管理模式节约人员10人以上,年节约人工费用100万元。长效管柱设计使油井平均检泵周期达920 d以上,投产以来仅发生2次检泵,年节约检泵费用120万元以上。应用单管流程充分利用油井套管气,年节约燃料费用300万元,节省了运行成本。三是应用网电系统提供钻井动力,减少了温室气体排放和噪声污染,实现清洁生产。

## 5 认识与结论

(1)在石油行业“寒冬期”,NH区块针对复杂的地面和油藏特点,以丛式井开发为核心,创新高效的协作机制,搭建一体化研究应用平台,优选集约化建产,探索信息化开发管理模式,形成了具有苏北工区特色的高效开发管理模式。

(2)丛式井高效开发模式在NH区块实现了成功应用。油井中靶率100%;区块日产量311 t,较方案设计日产量提高12.7%;建井周期缩短4.6 d,地面建设周期缩短8 d,班组人员劳动效率翻倍;降低新区产能建设投资28%;年节约人工、检泵、燃料等运行费用520余万元。丛式井高效开发模式在NH区块的成功应用,降低了开发风险,提高了开发效益。

(3)在低油价下,NH区块丛式井高效开发模式及其实践对今后解放苏北盆地大量探明未动用低品位储量,支撑低油价下油田的效益开发及长远发展具有重要借鉴意义。

### 参考文献:

- [1] 吴群,余文端,骆卫峰,等.苏北盆地溱潼凹陷岩性油藏勘探成果及启示[J].中国石油勘探.2016,21(3):99-107.
- [2] 蒋永平,吴志良,张勇.复杂小断块油藏动态监测技术应用及展望[J].油气藏评价与开发.2011,1(4):34-39.
- [3] 张航国,咎灵.苏北盆地溱潼凹陷西斜坡阜宁组三段油气富集规律[J].长江大学学报(自科版).2016,13(35):13-17.
- [4] 许冬进,廖锐全,石善志,等.致密油水平井体积压裂工厂化作业模式研究[J].特种油气藏.2014,21(3):1-6.
- [5] 刘乃震,柳明.苏里格气田苏53区块工厂化作业实践[J].石油钻采工艺.2014,36(6):16-19.
- [6] 张威,刘新,张玉玮.世界致密油及其勘探开发现状[J].石油科技论坛.2013,32(1):41-44.
- [7] 贾承造,邹才能,李建忠,等.中国致密油评价标准、主要类型、基本特征及资源前景[J].石油学报.2012,33(3):343-350.
- [8] 严向阳,李楠,王腾飞,等.美国致密油开发关键技术[J].科技导报.2015,33(9):100-107.
- [9] 吴奇,胥云,刘玉章,等.美国页岩气体积改造技术现状及对我国的启示[J].石油钻采工艺.2011,32(2):1-7.
- [10] 李兴科,孙超,许建国.大井丛集约化效益建产开发方案优化与技术应用[J].特种油气藏.2018,25(2):169-174.
- [11] 赵贤正,赵平起,李东平,等.地质工程一体化在大港油田勘探开发中探索与实践[J].中国石油勘探.2018,23(2):6-14.
- [12] 戴勇,陈开明,彭景云,等.“科研+生产”一体化运作模式探索与实践[J].石油科技论坛.2015,34(2):10-15.
- [13] 曾义金.页岩气开发的地质与工程一体化技术[J].石油钻探技术.2014,42(1):1-6.
- [14] 黄玉珍,黄金亮,葛春梅,等.技术进步是推动美国页岩气快速发展的关键[J].天然气工业.2009,29(5):7-10,44.
- [15] 梁珀,张磊.苏北油田生产信息化建设实践及下步思路探讨[J].油气藏评价与开发.2016,6(3):63-66.

(编辑 谢 葵)