

# 油田开发生态监测与生产优化技术研究

## 对企业经济效益的影响

马亚峰 杨 峰 (延长油田股份有限公司下寺湾采油厂, 陕西 延安 716100)

**摘要:** 油田开发生态监测, 是油气高效开采的重要基础保障; 生产优化则是增进开发效益跟经济效益的关键途径。文章围绕油田开发生态监测的四大核心技术原理展开系统探讨, 分别是井下智能监测、分层注水监测、大数据驱动监测以及地球物理勘探监测。结合实际应用场景, 落地井筒健康管理、注水参数调控、能耗优化和储层开发方案优化等生产实践工作, 说清这些实践对降低生产成本、提高采收率跟提升企业盈利能力的直接作用。

**关键词:** 油田开发生态监测; 生产优化; 智能监测技术; 经济效益

**中图分类号:** TE33 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 008-0052-03

### The impact of research on dynamic monitoring and production optimization technology for oilfield development on the economic benefits of enterprises

Ma Yafeng, Yang Feng, (Xiashibowan Oil Production Plant of Yanchang Oilfield Co., Ltd., Yan' an Shaanxi 716100, China)

**Abstract:** Dynamic monitoring in oilfield development serves as a fundamental guarantee for the efficient extraction of oil and gas, while production optimization is a key approach to enhancing both development efficiency and economic benefits. This article systematically explores the four core technical principles of dynamic monitoring in oilfield development, namely downhole intelligent monitoring, stratified water injection monitoring, big data-driven monitoring, and geophysical exploration monitoring. By integrating practical application scenarios, it delves into field practices such as wellbore health management, water injection parameter regulation, energy consumption optimization, and reservoir development plan optimization, clarifying the direct role of these practices in reducing production costs, improving recovery rates, and enhancing corporate profitability.

**Keywords:** Oilfield Development Dynamic Monitoring; Production Optimization; Intelligent Monitoring Technology; Economic Benefits

伴随油气资源的需求一直上升, 油田开发慢慢地遇到老油田的可采储量变少、深层油气的开发环境复杂等问题, 投资、产量跟成本之间的矛盾越来越明显, 动态监测是了解油藏变化、掌握生产状况的重要方法, 技术的高低直接关系到开发决策是否合理; 生产改良是解决开发难题、提高资源采收率的关键办法。本文注重油田开发生态监测的核心技术原理, 结合实际生产的改良实践展开研究, 意在设立监测跟改良协同的技术体系, 给油田高效开发给予理论和实践参照。

#### 1 油田开发生态监测的核心技术原理

##### 1.1 井下智能监测技术原理

井下智能监测技术是应接深层油气开发高温、高压、强腐蚀等恶劣的环境的核心技术, 凭借集成高精度的传感、耐高温的防护及实时的数据传输模块, 实现对井筒及储层动态的准确感知, 这项技术依靠多维度的参数协同采集与准确解析, 融合井下的电视、套管变形预警、产剖测试等技术集群, 设立井筒全生命周期的健康监测体系<sup>[1]</sup>。其中, 井下电视技术使用“三

重阶梯绝热 + 温控相变储热”的物理隔热方案, 搭配温控可溶防污罩与纳米涂层的镜头, 突破 175℃ 的高温限制, 实现 1080P 的高清成像, 准确地捕捉管柱腐蚀、井下落鱼等缺陷; 套管变形预警技术利用磁信号以及声波信号的协同监测, 攻克强干扰环境下的信号识别难题, 提前地捕捉套管变形的微弱异常, 信号识别精度比传统技术高出 40%, 预警响应时间缩短至秒级, 产剖测试技术依靠温度压力法, 完成水平段产出剖面的定量解释, 测试精度达到射孔簇的级别, 能准确地区分不同射孔簇的产液贡献度。

##### 1.2 分层注水监测技术原理

分层注水监测技术是水驱油田高效开发的关键支撑, 核心原理依据储层非均质性的特征, 借助智能测控设备完成各层段注水参数的实时采集以及动态调控, 保证注采平衡, 该技术使用“桥式偏心 + 钢管电缆直读测调”为核心的架构, 把电源模块、远程双向通信模块、参数采集模块以及流量调控模块整合在一起<sup>[2]</sup>。参数采集模块依靠温度的传感器、双压力的传感器(地层的压

力以及管内的压力)还有涡街流量的传感器,完成注水量、压力、温度等核心参数的同步采集,电源模块使用非接触电源转换搭配高能充电的电池,给井下的设备持续地供电;流量调控模块借助大扭矩直流减速的电动机带动阀门的动作,达成注水量的准确控制。预置电缆式系统依靠外置的电缆,让井下的设备跟地面的平台一直连着,保证数据实时地传回,还能远程地控制,非预置电缆系统用无线通信的技术交换数据,测调的效率明显地提高,作业的时间变短,传统分层注水流量测量不准、调控反应慢的问题也得到解决。

### 1.3 大数据驱动监测技术原理

大数据驱动的监测技术原理是整合油井生产全流程的数据,依靠数据挖掘与智能分析的算法,完成油藏动态以及生产工况的趋势预判以及异常识别,核心逻辑包含数据采集、预处理、融合分析三大环节:数据采集阶段依靠油田自控系统以及信息系统,全面获取 23 万余口机采井的生产运行数据、能耗数据、地质数据等海量信息,预处理阶段依靠滤波去噪、缺失值补充、异常值剔除及数据标准化转换,加强数据质量,为后续分析打好基础,融合分析阶段使用因子分析、回归分析等算法,挖掘生产参数与开发效果的内在关联,设立生产趋势预测模型。该技术突破传统经验判断的局限,凭借对比实时的数据跟历史的数据,准确地筛选异常井的位置并发出预警<sup>[5]</sup>。

### 1.4 地球物理勘探监测技术原理

地球物理勘探监测技术的原理依靠地球物理场的变化规律,利用地震、电磁等探测手段获取油藏地质结构跟流体分布的信息,给油藏开发决策给予基础的依据,该技术依靠流体力学、岩石力学及地球物理学做理论的支撑,核心包含三维地震监测跟多物理场耦合监测两大方向。

三维地震监测靠发射地震波、接收反射信号,再用全波场反演跟机器学习的算法处理,得到高精度的油藏结构图像,清楚地看出油藏的构造、裂缝以及油水界面的位置,叠前深度偏移的技术用上后,构造解释的误差缩到 5m 以内,多物理场监测把分布式光纤传感、超声波传感等的方法合起来,同时地测温度、压力、应力等的参数,搭起油藏动态变化的立体模型。分布式光纤传感能连续地监测千米长的井段,每 1m 就能分出一个点,前沿的技术融合遥感数据(SAR、LIDAR)与地理信息系统(GIS),利用高分辨率的图像处理技术分析地表的变化,间接显现油藏的动态<sup>[4]</sup>。

## 2 基于油田开发动态监测的生产优化实践

### 2.1 井筒健康管理优化实践

依靠井下智能监测技术的原理,西南、华北等地

的工区开展井筒健康管理的改良实践,达成井筒缺陷的准确诊断以及作业效率的增进,西南油气永页 16-1HF 井使用温度压力法产剖测试技术,顺利地做完 1800m 水平段产出剖面的定量解释,给储量评定与井筒作业规划带来准确的依据<sup>[5]</sup>。涪陵页岩气田焦页 26-4HF 井把井下电视技术用到压裂孔眼测试当中,让压裂效果评定精度由段簇级加强到孔眼级,检测精度达到 0.01mm,清楚地看到孔眼磨蚀的形态与通畅性。借助井下电视技术完成 35 口井的井底检查,准确地找到管柱腐蚀、井下落鱼等“病灶”,事故处理时效增强 65%,套管变形预警技术于威荣页岩气田应用 36 次,预警成功率 100%,顺利地避开 4896m 位置的轻微套变风险,保证压裂施工的安全。

### 2.2 分层注水参数优化实践

依据分层注水监测技术的原理,于水驱高含水油田实行分层注水参数的改良实践,显著地增进注采平衡度以及注水合格率,推广使用可充电式以及预置电缆式的智能分层注水系统,在多个老油田达成各层段注水量的实时监测跟自动调控。利用井下传感器采集的压力、流量的数据,配合油藏数值模拟,准确地判断各层段吸水的能力,改良水嘴的开度,解决传统注水“笼统调控”造成的层间矛盾的问题,针对低渗透、非均质强的复杂储层,创新地使用“监测-模拟-调控”闭环改良形式,利用分层注水监测的数据校准油藏数值模型,准确地预测不同注水参数下的油藏动态响应,据此制定个性化的注水方案。某低渗透油田应用该形式后,主力油层的吸水厚度增多 28%,低效无效循环的体积减少 32%,某油田应用该技术后,测调效率增强 50% 以上,测调时间缩短至传统工艺的三分之一;同时依靠实时地修正注水量的偏差,注水合格率由 72% 提高到 93%,有效改良储层的水驱效果。

### 2.3 生产能耗与异常井优化实践

借助大数据驱动的监测技术,华北油田等老油田开展生产能耗的改良与异常井的管控实践,达成降本增效的目标,采集西柳油田一百余口油水井的能耗数据,凭借大数据分析发现抽油机系统的效率同耗电量呈负相关,三分之一的抽油机井消耗一半的电量,只产出六分之一的原油,出现低效高耗的问题。基于此改良抽油机的参数,改动皮带、连杆等设备的匹配度,同步引入变频调速的技术跟大数据能耗预测的模型,依照油井产量的波动动态地调节抽油机的运行频率,在保证产量的前提下最大限度地减少能耗,西柳油田应用该组合改良的方案后,单位产油的耗电量减少 18%,年节约的电费超 300 万元。设立异常井智能监测预警系统,实时地监测 23 万口机采井的运行数据,

区分作业井、调开井等不同的井型，准确地锁定异常井的位置并发出警报，同时改良异常井的处置流程，建立“预警-派单-处置-反馈”的闭环管理机制，异常井的平均处置时间由48h缩短到12h，解决传统监测“发现晚、定位难”的问题。改良间抽井的管控方案，配合大数据的预测模型定出合适的开关时间，取代传统的经验判断，让间抽井的管理效率提高百分之四十，人力成本减少30%，明显地减轻老油田的成本压力。

#### 2.4 储层开发方案优化实践

依靠地球物理勘探监测的技术，于胜利页岩油跟西南非常规油气区助推储层开发方案的改良实践，提高储层开发的精准度，使用三维地震监测跟多物理场耦合分析的技术，摸清胜利页岩油储层裂缝的分布规律，改良压裂段簇的设计参数，采取“甜点段加密、非甜点段精简”的差异化压裂方案，单井的产量提高两成以上，压裂施工的成本减少一成半。西南油气区融合地震的数据、测井的数据与产剖测试的数据，设立储层动态的模型，准确地判断油气富集的区域，改良井位部署的方案，使用“丛式井+定向井”组合的布局，减少井场占用的面积，同时加强储层钻遇的概率，单井钻遇油气层的厚度增多35%。利用遥感监测和GIS技术，分析地表植被的变化、土壤的湿度等指标，间接折射油藏注水的波及范围，改良注采井网的布局；针对老油田剩余油分布零散的情况，采取“局部加密+井网重构”的方案，提高水驱的效率，某老油田借助地球物理勘探监测技术改良开发方案，有效挖掘剩余油的潜力，使采收率增进3.5个百分点，延长油藏的开发周期5到8年，同时建立储层动态监测跟方案迭代更新的机制，每季度依据监测数据修正开发方案，更深一步保障开发效益的稳定，验证了该技术在储层开发改良里的核心价值。

### 3 企业经济效益的影响

#### 3.1 直接经济效益分析

油田开发动态监测跟生产优化技术的应用，直接帮企业做到降本增效，这一点主要反映在投资回报增进跟运营成本节约两方面。井下智能监测技术靠实时诊断井筒状态、预警套管风险，大大减少非计划停井跟维修作业的次数。比如在华北某老油田里的应用，井筒故障停机时间降了72%，维修成本也降了45%，既直接省了维护开支，又提高了生产时率。分层注水监测技术靠精准调整注水参数，把注水合格率拉到93%，切实控制住低效水循环问题，强化水驱效果。这让低渗透油田主力油层的吸水厚度增加28%，低效循环体积减少32%，进而提高单井产量，还能延缓产

量递减的趋势，直接拉高油气销售收入。大数据驱动监测技术通过优化抽油机运行参数、预警异常井况，单位产油的耗电量降了18%，每年节约的电费超300万元。

#### 3.2 长期与综合经济效益体现

除了直接节省成本跟提高产量，动态监测与生产优化技术还能为企业带来可持续的综合经济效益，具体还体现在降低投资风险、延长资产寿命、增进管理效能这些方面。借助搭建井筒健康动态评估模型跟储层动态更新机制，企业得以做到预防性维护，同时实时优化开发方案，减少突发性故障造成的产量中断和高昂补救成本，进而增强油田运营的稳定性，提高预测的可靠性。威荣页岩气田靠着套管变形预警，顺利避开深层套变风险，保障压裂施工安全，避免可能产生的数百万损失。

与此同时，注采一体化系统跟智能预警系统，带动油田朝着“无人测试”“无人施工”模式转变，减少对现场作业人员的需求，既降低人工成本，也减少安全风险带来的投入。从长期视角来看，技术集成运用让采收率提高了3.5%，油藏开发周期延长5至8年，大幅提升油气资源的最终采出量跟资产利用率。此外，依托数据驱动的决策体系，降低对经验判断的依靠，提高管理精准度与响应速度，为企业积累数字化资产和智能运维能力，给后续扩产及新区块开发给予可复用的技术模型，最终在全生命周期内持续增进经济效益，强化市场竞争能力。

### 4 结语

油田开发动态监测跟生产优化技术的深度融合，正是突破油气开发瓶颈、提高开发效益跟企业经济回报的关键路径。后续需进一步推动产学研协同创新，促进监测技术跟人工智能、数字孪生等技术深度结合，搭建覆盖全流程的智能化开发体系，为油田高效开发跟持续盈利筑牢根基。

#### 参考文献：

- [1] 高东锋. 油田开发动态分析中油水井动态监测资料应用[J]. 科学与信息化, 2025(6):132-134.
- [2] 吕晓光, 李伟. 多层砂岩油田热采油藏管理提高采收率[J]. 新疆石油地质, 2024,45(1):65-71.
- [3] 蒋凌云. 油井出砂动态预测理论及监测技术分析[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2024(003):0012-0014.
- [4] 杨智鹏. 天然气地下储气库的地面工艺技术研究[J]. 天然气进展, 2025,8(4):26-28.
- [5] 李阳, 王延光, 刘浩杰, 等. 中国石化油藏地球物理二十年发展与思考[J]. 石油物探, 2024,63(1):1-11.