复杂断块油藏滚动增储关键技术

韩建斌，侯亚伟，李林，杨青，姚元戎
中海石油（中国）有限公司天津分公司，天津，300452

关键词：复杂断块；断层封闭性；隐性断层；储层描述

PL 油田为大型复杂断块油田，主要含油层位为新近系明化镇组和馆陶组，储层受浅水辫状河三角洲、曲流河沉积控制。该油田经过 20 年的开发，已进入双高阶段，寻找优质接替储量，保证稳产上产成为油田开发的主要矛盾。开发实践证明，油田边部断块油底之下潜力受制于控藏断层的封闭能力；开发老区潜力分布在隐性断层控制的正向微构造单元，受断层开启性和隐性断层双重因素控制；曲流河沉积的岩性砂体潜力受限于储层砂描手段。基于上述认识，综合油田动静态资料和已有成果，针对边部断块封闭能力、隐性断层描述、砂体精细描述开展研究，研究成果有效指导了目标区开发。

1　断层封闭能力评价

1.1　岩性对接定性评价

通过井—震结合分析研究区正断层及走滑断层两盘岩性对接模式，综合储层展布特征及断层要素、断层类型，建立 3 种断层可能开启的岩性配置模式：①正断层—同期砂体对接模式，断距小于砂体厚度，断层两盘同期沉积砂体对接，该情况断层两侧砂体发生连通的可能性较大；②正断层—异砂体对接模式，断距较大，断层两侧非同期沉积砂体发生对接，可能发生连通；③走滑断层—砂体对接模式，断距小于砂体厚度，走滑断层两盘同期沉积砂体对接，与正断层—同砂体对接模式类似。若断层两盘砂岩与泥岩发生对接，泥岩对砂岩具有封闭遮挡作用，断层侧向封堵能力较强。

1.2　基于 SGR 与 AFPD 关系定量评价

断层形成过程中，原岩地层滑过断层带内任意一点累积泥岩厚度与该点断距的比值，此为断层泥比率（SGR），来表征断层带内泥质含量。由于断层带内水压力资料难以获得，所以利用断层两侧同一深度流体压力差来近似代表过断层压差。断层两侧井压力数据能够提供断面任意深度流体的压力差值，当井压力数据缺乏时，岩石中烃类密度与水的密度可分别获得烃类与水的压力变化梯度，再结合烃水界面深度，最终确定断面两侧任意深度过断层压差（AFPD）。统计多个区块的结果，确定 SGR 与 AFPD 断层封闭包络线（图 1），并总结拟合出 SGR 与 AFPD 定量关系公式，研究表明随着 SGR 值的增大，过断层压差呈现对数增大的趋势，以此为理论依据可以预测断层动态开启性，并对断层封闭性强弱的区间进行划分。

利用上述方法，指导开发井评价落实，累计增加探明储量约 1500×10^4 m^3，增加部署开发井 30 口，其中 16 口井已实施，开发效果较好。

2　隐性断层描述

在对 PL 油田走滑断层进行多年深入研究中，选择使用特征放大法和油水关系差异法对隐性断层进行识别，总结其控藏模式。首先对地震剖面进行分频处理，并选择合适的频率后，可以发现在隐性断层两侧的地震同向轴有明显地错断，断层面成像清晰，两侧地层上翘，可以指示隐性走滑断层的存在，反映隐性走滑断层断面的位置。开发生产实践中发现，在同一构造内，储层发育较为相似的两口井，如果油水关系差异较大，可以考虑是否有隐性断层的存在。通过系统总结目标区成藏因素空间配置关系，明确了“构造脊横向运移—深切断层疏导—有效圈闭保存”的成藏模式，重点摸排侧封较好的岩性—构造油藏。

通过开发井/调整井过路评价，成功评价落实岩

注：本文为中国海油集团公司重大专资助项目（编号：CN00C-KJ 145 ZDXM 03-01）的成果。
收稿日期：2023-12-10；改回日期：2024-02-05；责任编辑：周健。DOI：10.16509/j.georeview. 2024. s1. 138
作者简介：韩建斌，男，1983 年生，硕士，高级工程师，主要从事油气藏综合评价研究；Email：hanjb@cnooc.com.cn。

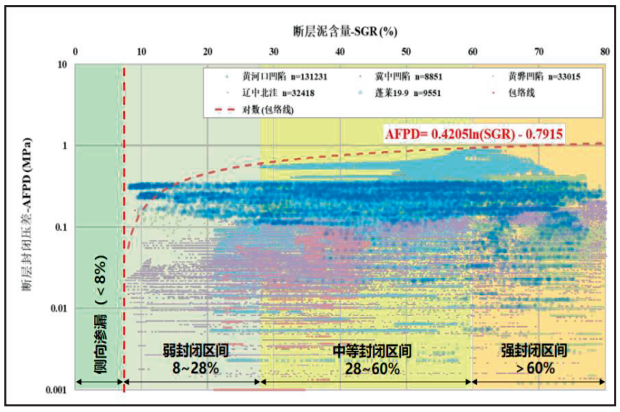

图 1 断层侧向封闭能力评价模型图

性—构造油藏 3 个，新增储量 146 万吨，新增 5 口水平井位。

3 岩性储层描述

为了弥补边部区域井较少、样本点不足的情况，同时考虑到局部砂体围岩的影响，采用基于地质模式的地震多属性智能融合方法进行砂体预测。

首先是将井上的砂体厚度作为目标数据集，将井点一定半径范围内的优选地震属性值作为训练数据集，通过基于支持向量机的机器学习来建立地震属性与砂体厚度之间的多维非线性映射关系，达到清晰刻画砂体边界。

研究区单一属性与砂体厚度相关性最高的为最大谷值振幅，通过增加样本点的基于支持向量机的方式将地震多属性智能融合，融合后属性整体形态与单一属性相似，但属性高值区与低值区的界限区分明显，高值区分布范围清晰（图 2）。

基于新采集地震资料，完成 9 套砂体砂描研究，新增优质地质储量 1670×10^4 m^3。

4 Petrel 平台的工业化应用

以上研究充分利用 petrel 平台实现规模化应用，且在复杂断块 PL 油田的滚动扩边增储中取得较好的效果，为相似油田高效、安全开发提供更好的借鉴。

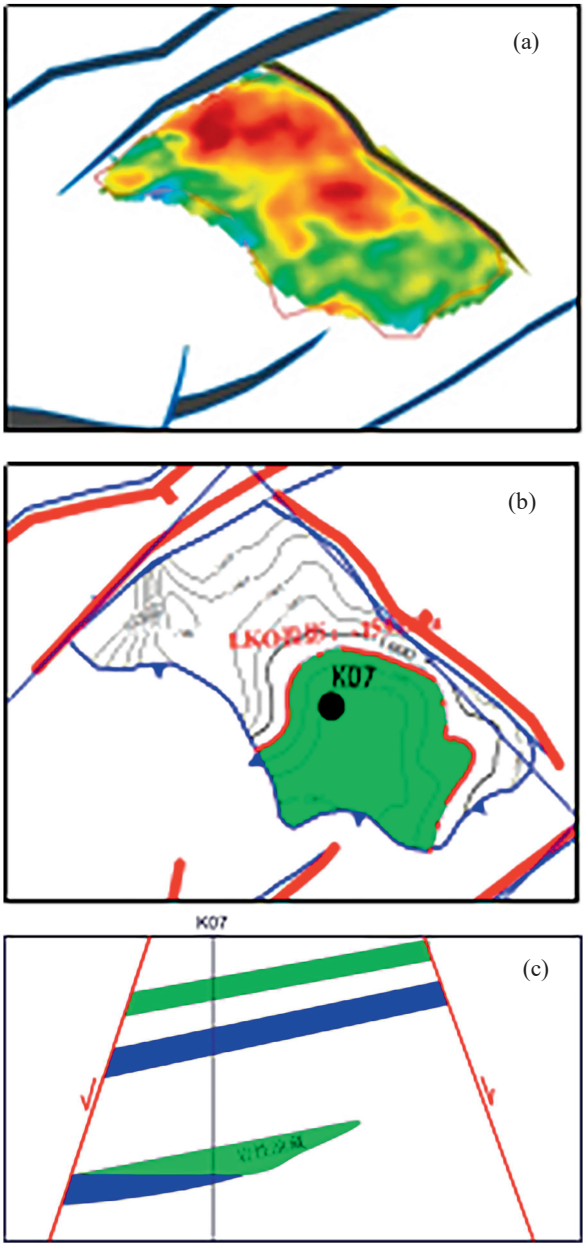

图 2 岩性油藏模式及钻井证实

参 考 文 献 / References

李廷礼, 韩建斌, 梁世豪, 孟云涛, 吴瑞. 2018. 曲流河储层展布特征—以渤海 P 油田为例. 海洋地质前沿, 34(12): 39~46.

李阳. 2009. 从断层岩的角度认识泥岩涂抹及其定量表征——以济阳坳陷东辛油田营 32 断层为例. 地质学报, (3): 426~434.

苏建龙, 米鸿, 王彦春, 张丰麒, 唐静. 2014. 基于支持向量机的非线性弹性阻抗反演方法. 石油地球物理勘探, 49(4): 751~758.

薛永安, 吕丁友, 胡志伟, 黄江波, 任健. 2021. 渤海海域隐性断层构造发育特征与成熟区勘探实践. 石油勘探与开发, 48(2): 233~236.

赵洋, 李振春. 2015. 地震分频解释技术的应用. 2015 年中国地球科学联合学术年会论文集, 3034.

HAN Jianbin，HOU Yawei，LI Lin，YANG Qing，YAO Yuanrong ： Key technologies for rolling storage enhancement in complex fault-block reservoirs

Keywords：fault-block reservoirs；sealing ability; hidden fault; reservoir description