

东营、沾化凹陷页岩油有利目标综合评价方法

朱德顺

中石化胜利油田分公司勘探开发研究院, 山东东营, 257000

关键词: 东营、沾化凹陷; 页岩油; 要素; 叠合评价

对济阳拗陷页岩油油流井的产量与不同参数之间进行相关性研究, 明确了页岩油富集主要受泥岩岩相类型、页岩油的可流动能力及泥岩地层的压力条件、泥岩裂缝发育程度等四方面因素控制。济阳拗陷页岩油有利目标区优选或勘探目标评价主要采用单因素评价、多因素叠合评价方法, 即在各单因素评价结果的基础上, 将多因素在空间进行叠合评价, 最终落实的页岩油甜点目标。老井增产改造实践证明该方法行之有效, 有效提高了页岩油甜点的预测精度。

1 地质概况

东营凹陷和沾化凹陷属于渤海湾中、新生代裂谷盆地的三级构造单元, 位于济阳拗陷东部, 受一系列北西向或近南北向的断裂控制, 在凹陷内部形成多个次级洼陷和突起, 东营凹陷内以民丰洼陷、博兴洼陷、牛庄洼陷、利津洼陷为主, 沾化凹陷主要发育渤南洼陷、邵家洼陷、四扣洼陷等, 其中沙三下亚段烃源岩, 其生烃指标好, 厚度及分布范围大, 油气生成量大, 是研究区油气生成的主力层系, 具有良好的页岩油气资源潜力。

2 单因素评价

2.1 有利岩相评价

受有机质生烃及与有机质相关的储集空间影响, 富有机质纹层状泥页岩与其它岩相类型相比, 孔隙度和含油饱和度相对更高。

东营、沾化凹陷各次级洼陷泥岩段的测井曲线具较好的横向可对比、追踪性, 从测井曲线组合特征上的变化可以有效区分不同岩相类型, 因而通过

测井相划分以区别不同的岩相类型。主要基于伽马—声波—电阻三种测井曲线, 结合曲线的锯齿化形态, 从有机质发育、岩性组合、夹层发育划分出九种测井相类型。富有机质纹层状泥质灰岩相具有电阻率高、三孔隙度高测井组合, 有机质越发育, 电阻率越高。多井分析结果显示优势岩相—富有机质纹层状泥页岩主要集中在湖盆半深水斜坡带。

2.2 评价页岩油可动性有利区

原油组分中轻质组分越高, 原油自身黏度、密度越低, 页岩油相对更易发生流动。目前国内外常用热解参数 S_1 与泥岩中有机碳含量的比值反映页岩油流动性。以页岩油油流井为标准确定各项页岩油可动性的边界条件: $S_1 \geq 2 \text{ mg/g}$ 、 $S_1/\text{TOC} \geq 10\%$ 、原油黏度 $\leq 10 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, 其中油流井原油样品可以测得原油黏度, 热解参数与有机碳的数值目前主要通过测井曲线多元回归方式进行建模求取, 评价结果证实深洼区与地层起伏或泥岩中小夹层匹配, 页岩油的流动性较好。

2.3 评价裂缝分布区

现阶段对泥岩中微小裂缝的识别较困难, 泥页岩中构造缝在常规测井响应上具有井径值高、声波高、中子高、电阻高; 密度低、伽马低的测井响应组合, 裂缝的走向通常与地应力方向较一致。对 LY1 等井岩心利用电镜、岩心薄片、常规测井等对裂缝进行综合识别, 裂缝大多为层理缝, 镜下开度 $0.5 \mu\text{m}$ 左右, 常规测井无明显响应。在非取芯区域, 目前常用测井属性分析, 在裂缝发育段小波属性波动频幅大, 主频幅值增大, 积分属性曲线在裂缝发育界面处出现相应的梯度性变化。

2.4 评价地层压力分布区

泥岩地层受生烃作用影响普遍具有一定超压特征。压差存在提高了易流动页岩油的聚集效率,

注: 本文为国家科技重大专项 (编号: 2017ZXCB239104) 的成果。

收稿日期: 2019-01-10; 改回日期: 2019-03-20; 责任编辑: 章雨旭。Doi: 10.16509/j.georeview.2019.s1.098

作者简介: 朱德顺, 男, 1987 年生, 硕士, 助理研究员, 矿产普查与勘探专业, 目前从事石油地质综合研究, Email: 461569232@qq.com。

从已有油流井压力恢复结果分析,页岩油出油段主要集中在地层压力系数 1.3~1.5,属于强超压向低压的过渡段。压力恢复常用声波时差数据和试油压力资料,综合等效深度法结合地层因子法、经验关系法对地层压力进行恢复。将油流井压力分布范围作为压力有利区评价边界:泥岩地层压力系数 >1.2 。平面上多集中在湖盆洼陷带,近中央隆起附近的压力释放区油流井数量最多。

3 多因素综合评价

不同的因素在页岩油富集过程发挥作用不同,有利岩相为页岩油富集提供基质生烃条件,并与裂缝结合为页岩油提供有效储集空间,在外界压力的作用下易流动页岩油优先在泥岩中的优势区富集成藏。

在进行有利区评价时,首先对单因素的平面分布特征进行评价,按照单因素的边界标准确定有利区域,将多个单因素进行平面叠合即可确定有利页岩油分布区。以东营凹陷沙三下亚段为例,叠合有利区面积超过 800 km²,显示较好的页岩油勘探潜力。单井井位目标部署需要更加精细的单因素评价结果,主要遵循以下几个原则:在湖盆半深水斜坡区开展精细岩相评价,优选富有机质纹层状泥岩发育区,考虑构造起伏对泥岩裂缝发育的促进作用,兼顾泥岩中夹层对页岩油的高效输导聚集作用,尽量考虑成熟度较高的深部泥岩地层进行部署。

应用有利区预测结果,结合井位部署原则,2018年开展的3口老井增产改造均获得了工业性页岩油气流,效果明显,其中F159连续自喷超过60天,累产油超千吨,经济社会效益显著。

4 结论

基于页岩油富集的单因素评价、多因素叠合的陆相页岩油有利目标区评价方法,综合考虑了泥岩的生油条件、储集条件及页岩油的移动属性。在页岩油有利区预测及实际井位优选过程中取得了显著的应用效果,有效提高了页岩油的预测精度。另外东营、沾化凹陷的成功经验对其它陆相湖盆的页岩油勘探也具有重要借鉴价值。

参 考 文 献 / References

- 艾亚博. 2013. 渤海湾盆地济阳坳陷沾化凹陷渤南洼陷带罗 69 井完井地质总结报告. 东营: 中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司.
- 李凯, 游海涛, 刘兴起. 2017. 中国湖泊沉积物纹层年代学研究进展. 湖泊科学, 28(1): 59~64.
- 刘传联, 舒小辛, 刘志伟. 2001. 济阳坳陷下第三系湖相生油岩的微观特征. 沉积学报, 19(2): 293~298.
- 宋国奇, 徐兴友, 李政等. 2013. 济阳坳陷古近系陆相页岩油产量的影响因素. 石油与天然气地质, 36(3): 463~471.
- 王昌勇, 孟祥豪. 2018. 咸水湖盆沉积物原始有机碳定量恢复的新方法——以青海湖布哈河口区沉积物为例. 湖泊科学, 42(3): 666~671.
- 王永诗, 李 政, 巩建强等. 2013. 济阳坳陷页岩油气评价方法: 以沾化凹陷罗家地区为例. 石油学报, 34 (1): 83~92.
- 张 顺, 陈世悦, 崔世凌等. 2014. 东营凹陷半深湖-深湖细粒沉积岩岩相类型特征. 中国石油大学学报(自然科学版), 38(5): 9~17.
- 张 顺, 陈世悦, 鄢继华等. 2015. 东营凹陷西部沙三下亚段—沙四上亚段泥页岩岩相及储层特征. 天然气地球科学, 26(2): 320~331.

ZHU Deshun, XIONG Wei, WANG Yong, FU Aibing, DING Juhong, YANG Yonghong: Comprehensive evaluation method for favorable targets of shale oil in Dongying and Zhanhua sag

Keywords: Dongying and Zhanhua sag; shale oil; Element; qverlay evaluation