

济阳坳陷裂缝型页岩油富集特征*

朱德燕^{1,2)}, 王勇²⁾, 朱德顺²⁾, 宁方兴²⁾

1) 中国地质大学(北京)能源学院, 北京, 100083;

2) 中石化胜利油田分公司地质科学研究所, 山东东营, 257000

裂缝型页岩油主要以游离态赋存于泥页岩层系的裂缝及微裂缝中, 其富集程度受控于裂缝及裂缝体系的发育程度, 储集及采出条件好, 可开采程度高。济阳坳陷在前期油气勘探阶段, 页岩段就频繁见到气测异常和油气显示。沾化凹陷的罗 42、新义深 9 井, 东营凹陷的河 88 等多口井获得了高产工业油流, 显示了裂缝型页岩油的巨大勘探潜力。从前人针对这种油藏的研究现状来看, 多侧重于裂缝类型及其成因研究(尹克敏, 2002; 袁静, 2002; 刘魁元, 2004; 慈兴华, 2006;)。针对裂缝型页岩油的赋存状态、富集特征开展研究较少。因此, 开展富集规律研究有助于指导下一步的精细勘探。

1 储集空间

1.1 (微) 裂缝的岩心及镜下特征

构造运动产生的(微)裂缝主要发育在断层附近以及构造转折端。产生的裂缝最常见的为近垂直于层面的张裂缝, 常切穿水平缝, 起到连通顺层裂缝的作用, 为油气纵向运移起到了很好的疏导作用。

张开缝: 早期的构造作用使得脆性岩石发生破碎, 流体充注其中, 裂缝后期未发生充填, 至今仍然具有良好的渗滤能力。岩心上往往以高角度显示为主, 且该类裂缝发育密度较大, 具有一定的方向性, 走向与研究区构造应力场基本一致。如罗 69 井在 3379.51 m 处发育多条张裂缝, 构成立体网络状分布; 罗 11 井 3120m 见到一条切穿、连通多条顺层缝的张裂缝, 开度约为 $30\mu\text{m}$ (图 1)。

充填缝: 有些裂缝形成以后, 地下流体在其中发生渗滤, 钙质或泥质发生沉淀将其胶结, 裂缝最终被充填。构造充填缝是构造张开缝进一步演化的

结果。其中, 大 94 井 2360.06m 发育的一条典型的张裂缝, 长度为 1.5cm, 开度在 $30\mu\text{m}$ 左右, 局部被溶蚀扩大, 可达 $80\mu\text{m}$, 有烃类充填(图 1)。

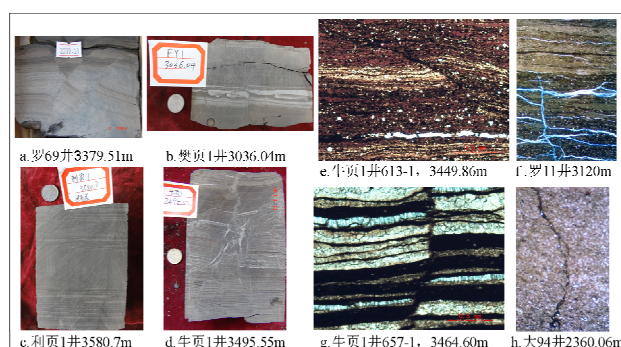


图 1 (微) 裂缝的岩心、镜下特征

1.2 (微) 裂缝的测井响应特征及判识

目前, 利用测井资料识别裂缝主要有常规测井和成像测井 2 种方法。

常规测井识别裂缝被认为是一种经济有效的方法。对于济阳坳陷沙三、沙四段发育的泥页岩段, 利用井径、声波时差、中子、电阻率、密度、伽马等 6 种测井曲线相结合综合判识有效裂缝发育段, 其测井响应特征表现为扩径、高 AC、CNL、R2.5, 低 DEN、低 GR 值。

成像测井对裂缝具有很好的识别能力, 识别裂缝主要依据裂缝发育处的电阻率与围岩的差异。FMI 图像上(微)裂缝表现为深色的正弦曲线, 连续性好, 可见断层两盘之间地层的错动, 断距较小。

2 赋存状态

裂缝型页岩油的赋存状态为游离态, 以罗 42 井为代表。罗 42 井开采初期的综合含水率较低, 随着页岩油的开采, 综合含水率逐渐升高, 由 4%

注: 本文为国家“973”项目(编号 2014CB239104)资助的成果。

收稿日期: 2015-02-03; 改回日期: 2015-03-01; 责任编辑: 周健。

作者简介: 朱德燕, 女, 1974 年生。硕士, 高工, 在读博士, 矿产普查与勘探专业, 目前从事石油地质综合研究。Email: 1102965192@qq.com。

升至 26.7%。①第一个周期 2 年 2 个月, 初期日产较高, 达 50t, 产量下降较快, 通过一年半时间开采, 日产降到 20t 以下。又过了一年, 日产量降至 5t 以下, 停产; ②第二个周期 2 年半, 初期日产 15t, 至周期末降到 1t; ③第三个周期 1 年半, 日产量更低, 初期只有 5t。全井累积产油 13605t, 水 1079m³, 综合含水 7.3%。

3 富集特征

3.1 断层上盘油气富集

精细解剖罗家地区罗 42-新义深 9 南北向油藏剖面, 发现断层上盘油气富集。位于断层上盘的罗 42 井, 沙三下 3 层组发育富有机质纹层状泥质灰岩相, 日产油 79.9t, 累产油 13456t; 位于断层下盘的罗 69 井, 沙三下 4 层组同样为富有机质纹层状泥质灰岩相, 却产能较低, 日产油 0.85t; 累产油 2.9t。利用地震提取的相干和曲率属性都反映断层上盘的罗 42 井裂缝发育, 而断层下盘的罗 69 井裂缝不发育。研究区断裂均属于拉张型断裂, 诱导裂缝主要发育在断层的上盘, 与实际情况吻合。罗 42 井高产说明在岩相相同和原油密度差不多的情况下, 裂缝的发育程度控制了油气富集。断层上盘较下盘裂缝发育, 更有利于裂缝型页岩油气富集。

统计出油井距离断层的距离与日产量以及出油井距离断层的距离与含油饱和度的关系, 发现距断层越近, 单井产能越高(图 2)、含油饱和度也越大(图 3)。一般认为, 距离断层的距离 <1.2km, 单井日产量较高。

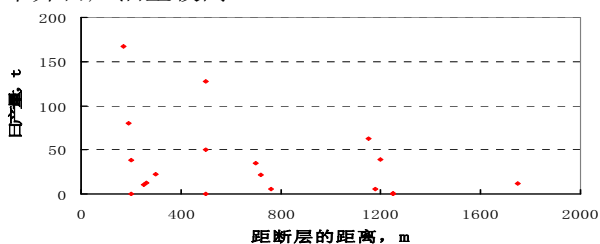


图 2 距断层距离与日产量的关系图

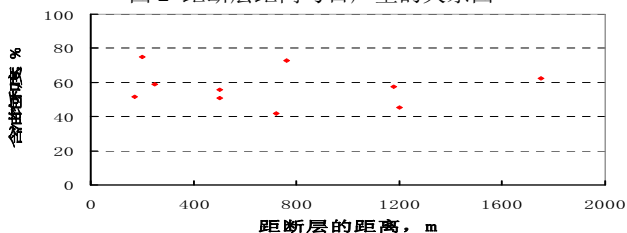


图 3 距断层距离与含油饱和度的关系图

3.2 岩性控制裂缝发育层系

研究区岩性多样, 发育富有机质纹层状泥质灰岩、富有机质纹层状灰质泥岩、富有机质层状泥质灰岩、富有机质层状灰质泥岩、富有机质块状泥质灰岩、富有机质块状泥岩、含有机质纹层状泥质灰岩等类型。研究 13 口井各种岩性与裂缝发育程度的关系, 均表现出富有机质纹层状岩性裂缝发育程度高的特点。进而说明, 岩性控制了裂缝发育层系。

4 结论

(1) 利用地震资料预测裂缝平面发育区, 测井资料判识裂缝纵向发育段, 岩心、薄片识别不同类型微裂缝。

(2) 当断层断距大于 100m, 断层上盘裂缝发育程度满足裂缝发育系数 >0.2 , 当地层压力异常, 一般压力系数 >1.3 的情况下, 距断层距离小于 1.2Km 的区域, 富有机质纹层状岩性、网状裂缝及压力联合控制了裂缝型页岩油“甜点”的形成和富集。

参 考 文 献 / References

- 刘惠民, 张守鹏, 王朴, 王伟庆, 朱日房, 刘洪营. 2012. 沾化凹陷罗家地区沙三段下亚段页岩岩石学特征. 油气地质与采收率, 19(6): 11~15.
- 王永诗, 巩建强, 房建军, 刘雅利, 李政, 孟涛. 2012. 渤南洼陷页岩油气富集高产条件及勘探方向. 油气地质与采收率, 19(6): 6~10.
- 张林晔, 李政, 朱日房. 2009. 页岩气的形成与开发. 天然气工业, 29(1): 124~128.
- 赵铭海, 傅爱兵, 关丽, 王敏, 朱家俊. 2012. 罗家地区页岩油气测井评价方法. 油气地质与采收率, 19(6): 20~24.
- 邹才能, 杨智, 崔景伟, 朱如凯, 侯连华, 陶士振, 袁选俊, 吴松涛, 林森虎, 王岚, 白斌, 姚涇利. 2013. 页岩油形成机制、地质特征及发展对策. 石油勘探与开发, 40(1): 14~26.