

北特鲁瓦油田裂缝成因和产状对储层物性的影响

赵伦, 李长海, 李建新, 王淑琴, 李伟强, 孙猛

中国石油勘探开发研究院, 北京, 100083

关键词: 裂缝; 成因; 产状; 物性特征

随着国内大部分油田进入开发中后期, 海外油气业务正日益成为当今中国保证能源安全的重要途径之一。北特鲁瓦油田是中石油在哈萨克斯坦重要的作业区块之一, 属于典型的碳酸盐岩储层。北特鲁瓦油田 KT-I 层是主力油气产层, 裂缝极其发育且十分复杂, 发育了多成因多产状的裂缝, 尤其非构造缝极其发育, 使裂缝预测十分困难。一方面裂缝的存在提高了早期该油田油气产能, 另一方面裂缝的存在给油田注水开发带来了极大的困难。自 2013 年注水开发以来该油田水窜问题严重, 因而对裂缝问题进行深入研究和认识对于北特鲁瓦油田开发方案调整具有重要意义。本次研究综合薄片资料、岩心资料和成像资料分析了北特鲁瓦油田裂缝的发育特征, 并探讨了不同成因裂缝对储层物性的影响, 深化了对北特鲁瓦油田裂缝认识, 为后续裂缝问题研究提供了重要基础。

1 研究区裂缝发育特征

1.1 裂缝的成因发育特征

按成因的分类揭示了不同类型裂缝形成的机理, 可以为裂缝分布的预测提供指导, 是目前裂缝研究的重要分类方案, 应用十分广泛。基于岩心和薄片资料, 北特鲁瓦油田共识别出构造缝、溶蚀缝、层间缝和缝合线 4 种不同成因类型的裂缝。

北特鲁瓦油田构造缝具有边缘平直, 延伸较远的特征, 并具有一定方向性和组系特征。岩心和薄片资料显示, 研究区构造缝主要以剪切缝为主, 几乎不发育张裂缝。

溶蚀缝按照发育位置可以分为表生岩溶缝和埋藏溶蚀缝。北特鲁瓦油田两种类型溶蚀缝均有发

育。

层间缝就是岩层的层理或面理, 一般以低角度顺层缝为主。研究区层间缝以未充填缝为主, 对地下油气渗流有较大影响。

缝合线是在地层上覆压力的作用下, 接触的沉积物颗粒间发生选择性溶解而形成的裂缝, 可形成于从沉积成岩到深埋的各个阶段。缝合线可以发育于各种岩性中, 在碳酸盐岩储层中发育十分普遍 (Ehrenberg et al., 2016; 高岗, 2013)。北特鲁瓦油田缝合线极其普遍, 但大部分基本都被充填。

基于岩心资料对北特鲁瓦油田 KT-I 层 4 种成因类型的裂缝条数分别进行了统计, 结果显示 KT-I 层共发育各种裂缝 2778 条, 以非构造缝为主, 缝合线最为发育, 比例高达 34.67%, 其次为层间缝, 发育比例为 30.81%, 溶蚀缝和构造缝发育比例略低, 发育比例分别为 24.98% 和 9.54%。

1.2 裂缝的产状发育特征

根据裂缝倾角与层面的关系对裂缝分类是裂缝评价的一个重要指标。岩心和成像测井均可以对裂缝倾角进行分析, 依据裂缝倾角大小, 可以将裂缝划分为高角度缝、斜交缝和低角度缝。由于成像测井资料不如岩心精度高, 因而本次研究主要对岩心资料进行了详细分析。岩心裂缝倾角一般通过观察可直接判定。

按照裂缝倾角的分类标准, 对工区内 17 口取心井的裂缝数目进行分类统计。结果显示, 研究区低角度缝最发育, 发育比例高达 79.31%, 其次是斜交缝, 发育比例为 11.96%, 高角度缝最不发育, 发育比例为 8.73%。综合考虑研究区裂缝成因组成可知, 低角度缝发育主要是因为研究区缝合线和层间缝较发育, 而这两种裂缝均主要以低角度缝为主。

注: 本文为国家科技重大专项资助项目 (编号: 2017ZX05030-002) 的成果。

收稿日期: 2019-01-10; 改回日期: 2019-03-20; 责任编辑: 周健。 Doi: 10.16509/j.georeview.2019.s1.126

作者简介: 赵伦, 男, 1970 年生。博士, 高级工程师, 海外油气田开发研究, Email: zhaolun@petrochina.com.cn。

从不同倾角裂缝的成因组成上看,随着裂缝倾角的增大,构造缝发育的比例不断升高,且高角度缝主要以构造缝和缝合线为主,而溶蚀缝和层间缝发育比例不断减小,缝合线比例几乎不变,稳定在40%左右。低角度缝主要以层间缝和缝合线为主,高角度缝主要以构造缝和缝合线为主。由于研究区缝合线大部分被充填,因而高角度有效缝以构造缝为主,而低角度有效缝以层间缝为主。

2 裂缝的成因和产状对储层物性的影响

裂缝的发育对孔隙度影响不大,主要是对渗透率有较大影响。本次分析重点研究了不同裂缝成因类型和不同产状特征对渗透率的影响。

以岩心资料为基础,根据岩心识别的裂缝成因类型及测试的孔渗数据,研究了北特鲁瓦油田不同成因裂缝对渗透率的影响。结果表明北特鲁瓦油田

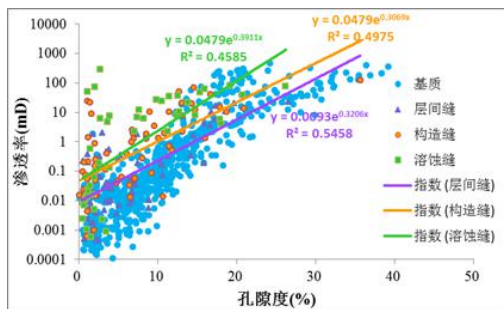


图1 裂缝成因和产状对孔渗关系的影响

裂缝对渗透率改善显著,溶蚀缝改善作用最强,其次是构造缝,层间缝改善作用最弱(图1)。

根据成像测井数据识别的裂缝产状和常规测井解释的物性数据,分析了裂缝产状对研究区渗透率的影响。研究结果表明裂缝产状对渗透率也有一定的影响,裂缝倾角越大对储层渗透率改善越显著(图2)。

3 结论

本次研究基于薄片数据、岩心数据、成像测井数据和物性数据,明确了北特鲁瓦油田裂缝的成因类型,分析了北特鲁瓦油田裂缝的产状发育特征,并进一步分析了裂缝成因和产状对储层物性的影响。裂缝对孔隙度影响不明显,对渗透率改善显著。从裂缝成因上分析,溶蚀缝、构造缝和层间缝对渗透率改善的效果依次变差。从产状上分析,裂缝倾角越高,对渗透率的改善越显著。

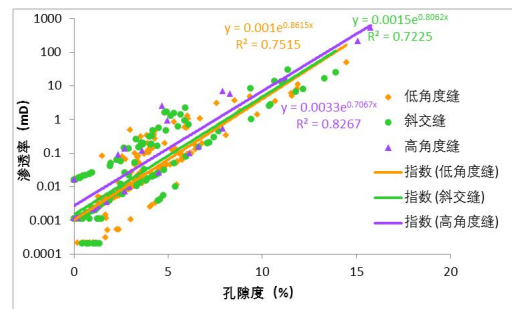


图2 裂缝成因和产状对孔渗关系的影响

参 考 文 献 / References

- Ehrenberg S N, Morad S, Yaxin L, Chen R. 2016. Stylolites and porosity in a lower Cretaceous limestone reservoir, onshore Abu Dhabi, U. A. E. *Journal of Sedimentary Research*, 86(10): 1228~1247.
- 高岗. 2013. 碳酸盐岩缝合线研究及油气地质意义. *天然气地球科学*, 24(2): 218~226.

ZHAO Lun, LI Changhai, LI Jianxin, WANG Shuqin, LI Weiqiang, SUN Meng: Distribution characteristics and control factors of stylolites in north Truva oilfield

Keywords: stylolites; distribution character-istics; control factors