

十屋油田裂缝发育特征及与油气有效关系分析*

杨祥禄, 李朋

中国石油化工股份有限公司东北油气分公司, 长春, 130062

十屋油田位于梨树断陷中央构造带(孔庆莹等, 2010), 南部为挤压背斜, 中部为鼻状构造为主的复杂断块, 北部为斜坡区(唐黎明, 2002)。主力油层分布于营城组和沙河子组, 营城组发育了扇三角洲、辫状河三角洲、滨浅湖和半深湖-深湖等沉积相类型, 但主要以扇三角洲和辫状河三角洲为特征。储层以低孔特低渗为主, 孔隙度平均为 10%, 渗透率平均 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。通过系统描述岩心裂缝 43 口井, 长度 894.43m, 发现十屋油田裂缝非常发育, 裂缝对改善储层的连通性起着非常重要的作用, 有助于认识油气的运聚, 成藏控制因素及成藏模式, 对指导十屋油田下一步开发工作具有重要的意义。

1 十屋油田裂缝发育特征

1.1 裂缝发育程度

对十屋油田 42 口井、732.83m 的岩芯观测, 统计裂缝条数 306 条。根据国内外目前有关划分裂缝规模的有关资料(王时林等, 2011; 宋文燕等, 2011), 发现大尺度裂缝 (>20cm) 占 20%, 中等尺度裂缝 (2~20cm) 占 70% 以上, 小型裂缝 (0.2~2cm) 和微裂缝 (<0.2cm) 总共不到 10%。裂缝宽度主要以 1mm 以下为主, 其次是 1-2mm, 超过 20%, 其它宽度裂缝相对较少。裂缝密度主要集中在小于 0.2 条/米范围内, 约占所有裂缝发育段的 65%; 虽然密度小, 但单个裂缝的规模大, 属于大中型裂缝; 相比而言, 是砂岩裂缝比较发育的地区。

1.2 裂缝倾角研究

十屋油田沙一段和营城组裂缝倾角主要分布于 45°-90°, 以高角度斜交缝和直劈缝为主, 而水平缝和低角度斜交缝相对较少。纵向上营一段裂缝倾角主要为低角度斜交缝和直劈缝, 其中以低角度斜交缝为主, 占营一段裂缝的 60%; 营二段裂缝主要

是高角度斜交缝和直劈缝, 其中直劈缝占 80%, 高角度斜交缝占 20%; 营三段裂缝倾角以高角度斜交缝和直劈缝为主, 此外还发育低角度斜交缝。平面上以直劈缝和高角度缝为主, 低角度缝次之, 水平缝最差。裂缝不但在纵向上分布不均匀, 而且在平面上分布也不均匀。

1.3 裂缝充填特征

营城组大部分裂缝为充填或者半充填裂缝, 其中全充填裂缝 31.6%, 半充填裂缝 37.8%, 未充填裂缝 31.6%。裂缝充填物主要以方解石为主, 占充填物总数的 60%; 其次是泥质, 占充填物总数的 23%; 然后是碳质(包括煤), 占充填物总数的 15%; 最少的是沥青充填物, 仅占充填物总数的 2%。

1.4 裂缝性质研究

根据裂缝的几何形态特征, 特别是缝面形态(磨光镜面、擦痕、粗糙程度等)等特征, 将裂缝按性质分为剪切缝、张性缝。

营城组剪切缝主要发育于营城组末期和登娄库组末期的构造运动, 此时在北西-南东向压应力作用下, 十屋油田发育一组近南北向和近东西向的剪切缝, 其中近南北向的剪切缝较发育, 但裂缝开启程度低, 有效性较差。

营城组末期、登娄库组末期形成的一组近南北向和东西向的高角度剪切缝, 在嫩江组末期十屋油田受到郯庐断裂左旋走滑的影响, 在左旋压扭应力场的作用下, 营末和登末形成的南北向高角度剪切缝部分张开, 形成扭张性裂缝。

1.5 裂缝组合特征

裂缝的组合形态主要有两种: 斜交裂缝和网状裂缝。

斜交缝在十屋油田地层中非常发育, 在各个井段中均有发育, 而且单井发育程度较高。在形态特

注: 本文为中国石油化工股份有限公司油气开发重要先导项目(编号 KF-2010-18)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: 杨祥禄, 男, 1965 年生。工程师, 油气藏开发专业。Email: yangxl0315@163.com。

征上看,大都属于剪切缝,或者先剪后张大扭张缝;从产状上看,根据其于井眼中轴线垂直线的夹角大小可分为高角度斜交缝($45^{\circ}\sim 75^{\circ}$)、低角度斜交缝($15^{\circ}\sim 45^{\circ}$)和水平斜交缝($<15^{\circ}$)三种。网状缝在十屋油田不多见,主要发育于泥岩段,且全被充填,大多数被充填物全为方解石,网状缝主要是泥岩或者含泥质的岩石在成岩过程中由于失水收缩形成的成岩收缩缝。

2 与构造运动关系分析

十屋油田构造的形成和演化以及构造应力场的分布特征基本上与松辽盆地一致。影响该区的构造运动主要有五期,主要有初始裂陷构造运动,火石岭组末期构造运动,营城组末期构造运动,登娄库组末期构造运动、嫩江组末期构造运动和明水组末期构造运动。其中,后四期对其影响较大。

营城组末期构造运动造成各断陷盆地不同程度的隆升和地层剥蚀,应力场为北西-南东向压应力场。十屋油田发育一组高角度剪切缝,走向分别为近南北和近东西向。

登娄库组末期构造运动导致盆地断陷阶段向拗陷阶段的转化,应力场方向为北西-南东向压应力,只是应力强度增大。营城组末期形成的剪切缝破裂程度增强,裂缝发育程度增大,个别南北向裂缝在两次应力作用下发育成断层。

嫩江组末期构造运动时期,十屋油田受到邻庐断裂左旋走滑的影响,也受到了左旋压扭应力场的影响,早期形成的南北向剪切缝部分张开,东西向裂缝闭合;还形成了北东向和北西向的高角度剪切缝。

明水组末期构造运动造成区域隆起、褶皱、剥蚀,为中央拗陷区和西部斜坡区重要的构造形成与定型时期,对早期形成的裂缝进行了一定的改造作用。

3 与油气有效关系分析

裂缝的有效性,狭义指裂缝的张开程度,在实际油气藏中更关注裂缝之间是否具有有效的连通性。裂缝的充填性与裂缝的有效性是负相关的。

统计结果表明,研究区裂缝充填程度较高,未

充填裂缝由于在地下呈闭合状态,其有效性较差,从而影响油气的渗流,通过现场试油可知,射孔试油产量很低甚至没有产量,压裂才见产。

对主要裂缝进行分析得出,近南北向裂缝基本上为半充填裂缝,有效性较好;近东西裂缝由于没有进行后期扩张,所以基本为全充填裂缝,有效性差;北东向裂缝基本为全充填裂缝,有效性差;北北东向和北北西向是同期裂缝,为半充填的剪切缝,但一般为闭合状态,所以有效性较差。

4 结论

十屋油田裂缝较发育。其密度不大,但规模(长度、宽度)较大,是砂岩裂缝较发育的地区。砂岩中主要发育大~中型高角度缝和直立缝,大部分有充填,微裂缝不发育。泥岩中主要发育营末期的中型~细小~微裂缝,方解石全充填,为无效缝。裂缝中纵向上以沙河子组最发育,其次营二段;裂缝以充填缝和半充填缝为主,未充填缝虽有近 30%,但很大部分是未充填任何固体矿物和流体的闭合裂缝。裂缝的充填物主要以方解石为主,泥质和炭质次之,沥青质最少,仅占 2%;裂缝以剪性缝和扭张缝为主,张性缝和张扭性缝发育次之。裂缝类型较多,按不同的分类标准,裂缝可划分为不同的裂缝类型。裂缝发育受岩性的控制。其中,中砂岩裂缝最发育,其次是粗~砾岩和细砂岩;而泥岩中主要发育早期(营末期)构造缝、成岩缝,以中~细小型裂缝和微裂缝为主,但绝大部分都被方解石充填,后期构造运动主要以塑性变形为主。对主要裂缝进行分析得出,近南北向裂缝基本上为半充填裂缝,有效性较好。

参 考 文 献 / References

- 孔庆莹, 陈志海, 魏荷花. 2010. 松辽盆地十屋油田营城组油气分布. 世界地质, 29(1): 90~95.
- 宋文燕, 王继文, 苏培东, 秦启荣, 甘学启. 2011. 十屋油田营城组储层裂缝特征及有效性分析. 长江大学学报: 自然科学版, 8(2): 56~58.
- 唐黎明. 2002. 松辽盆地十屋断陷沉积特征与油气前景. 吉林大学学报: 地球科学版, 32(4): 345~348.
- 王时林, 秦启荣, 黄亮, 樊佐春. 2012. 十屋油田营城组储层裂缝发育特征及控制因素. 复杂油气藏, 5(1): 1~4.