

鄂尔多斯盆地合水地区长8段裂缝发育特征及其对产油量的影响

刘行军,杨双定,谢刚,刘克波,李兴文,王哲峰

(中国石油测井有限公司 长庆事业部,陕西 西安 710201)

摘要:在岩心观察和电成像测井资料分析的基础上,对鄂尔多斯盆地合水地区长8段裂缝的产状、高度和发育位置进行了统计分析,总结出合水地区长8段裂缝平面分布规律,依据裂缝线密度平面分布特征,将合水地区划分为强裂缝发育区、裂缝发育区、弱裂缝发育区和裂缝不发育区。合水地区长8段裂缝主要分布在粉砂岩和泥岩中,其次分布在细砂岩中。储层物性越好,裂缝越不易发育;同一岩性,岩层厚度越大,裂缝越不发育。长8段强裂缝发育区和裂缝发育区的储层物性均较差,厚度较小,油井产量不高,而在弱裂缝发育区往往有高产油井。这进一步说明,如果储层本身的物性和含油性较差,即使有裂缝发育,也难以获得工业油流;储层围岩裂缝的存在对压裂效果和含油层段产量影响不大,产油量的主控因素是储层本身的岩性、厚度、物性和含油性。

关键词:长8段 裂缝特征 裂缝线密度 产油量 合水地区 鄂尔多斯盆地

中图分类号:TE112.23

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2014)06-0057-04

合水地区位于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡西南部,该地区延长组长8段含油层系分布范围广,但含油程度不均一,单井产油量差异大。对于该地区长8段储层物性、测井“四性关系”特征、储层岩石学特征等方面的研究已较多^[1-4],但对其长8段裂缝发育特征及其对产油量影响的研究却很少。为此,笔者在岩心观察和电成像测井资料分析的基础上,深入探讨了长8段裂缝发育特征及其对产油量的影响,以期为该地区油田的勘探开发和测井解释提供参考和依据。

1 区域地质概况

合水地区延长组长8段沉积微相以辫状河三角洲水下分流河道及河口坝为主,储层纵向上具有多期砂体叠加的特点^[5],厚度为10~25 m,按沉积旋回将长8段分为长8₁和长8₂共2个亚段。长8段储层岩性主要为灰黑色细—中粒岩屑长石砂岩,石英含量为16%~38%,岩屑含量为4.2%~37%,长石含量为10%~47.5%,填隙物含量为0.9%~18%。颗粒分选中等,胶结物以云母和绿泥石为主,其次为方解石。储层岩性致密,磨圆度较差,颗粒间线状支

撑接触,胶结类型以孔隙—薄膜型为主,孔隙类型主要为粒间孔和长石溶孔,其次为岩屑溶孔和微裂隙。平均孔隙度为11.5%,平均渗透率为 $1.37 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

2 裂缝产状及平面分布规律

通过岩心观察可直观地识别出裂缝。对合水地区19口井长8段的岩心进行了观察,分析其典型裂缝照片可知,裂缝多数为垂直裂缝或高角度裂缝,大部分裂缝无充填或被泥质、原油、钙质半充填。

通过岩心观察识别出的裂缝因局限于取心段,所以不能完整地评价长8段裂缝整体的发育情况,也不能给出裂缝的倾向与走向。因电成像测井仪器极板紧贴井壁测量,不但纵向分辨率高,而且具有连续性,裂缝及其产状可明显地在图像上显示出来^[6-7],故近几年对该地区的38口井进行了电成像测井。

利用电成像测井资料分析了合水地区38口井长8段裂缝的特征,结果表明,发育的321条裂缝的倾角主要为75°~90°,平均倾角为82°,以高角度裂

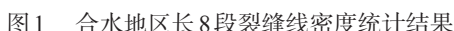
收稿日期:2014-09-03。

作者简介:刘行军,男,工程师,博士,从事测井资料解释与应用、储层地质、含油气盆地沉积体系研究。联系电话:(029)86029719,E-mail:lxjto-ny1975@163.com。

基金项目:陕西省教育厅重点实验室科学研究计划项目“特低渗透储层物性地质效应及动用下限确定方法研究”(14JS082)。

35—庄 197—合 56—50 区带为弱裂缝发育区,中部西 103—庄 132 区带为裂缝不发育地区。

3 裂缝发育程度与岩性和岩层厚度的关系



与岩性的关系 影响储层裂缝发育程度的因素主要包括岩石颗粒的大小、成分及孔隙度等。由于不同岩性的岩石成分、结构及构造不同,使岩石的力学性质各异;因此,在相同的构造应力场作用下,裂缝的发育程度并不一致^[10-14]。统计发现,合水地区裂缝在泥岩、粉砂岩和细砂岩中均有出现,在细砂岩中发育裂缝 111 条,在粉砂岩和泥岩中发育裂缝 210 条,分别占裂缝统计总数的 34.6% 和 65.4%;因此,裂缝主要分布在粉砂岩和泥岩中,其次为细砂岩。裂缝在粒度较细的岩性中大量发育,在粒度较粗的岩性数量较少;储层物性越好,裂缝越不发育,致密脆性地层裂缝较发育。合水地区长 8 段地层砂泥比向西北部逐渐减小,裂缝线密度呈上升趋势;这进一步说明,裂缝发育程度与地层砂泥含量和物性密切相关。

与岩层厚度的关系 合水地区长8段裂缝线密度与岩层厚度成负相关关系。同一种岩性,厚度越大,裂缝越不发育;厚度越小,裂缝越发育。在泥岩中,98%的裂缝穿透薄互层的泥岩;在粉砂岩中,33%的裂缝穿透粉砂岩(图3a);在细砂岩中,92%的裂缝发育于砂岩层内,终止于层界面(图3b)。在电

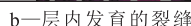
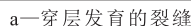
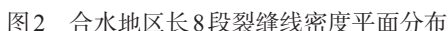


图3 西252井长8段穿层发育的裂缝和层内发育的裂缝

成像测井裂缝分析的基础上,统计了裂缝发育程度与岩层厚度的关系,结果表明,当粉砂岩厚度小于15 cm或细砂岩厚度小于55 cm时,裂缝最发育,当岩层厚度继续增大时,裂缝发育程度却随之减缓。

4 裂缝发育特征对产油量的影响

4.1 裂缝充填特征及含油性

岩心观察结果表明,合水地区长8段裂缝大部分为泥质、原油和钙质半充填,裂缝充填情况与岩性有关。细砂岩中裂缝充填程度低,而泥岩和粉砂岩中裂缝充填程度高。显微镜下观察的微裂缝65%以上为半充填或未充填,但裂缝开度较小(图4);而被充填的微裂缝开度一般较大,充填矿物主要为方解石和泥质,裂缝的充填程度将直接影响储层的孔隙度和渗透率,从而对油气渗流作用产生重要影响。如庄166井在长₈₁亚段1 840~1 858 m处电阻率为74.1 $\Omega\cdot\text{m}$,声波时差为232.9 $\mu\text{s}/\text{m}$,通过测井资料计算的孔隙度为12.8%,该段电阻率高,储层物性好、厚度大,而且发育张开微裂缝,经压裂试油,获得了92.23 t/d的高产油流。

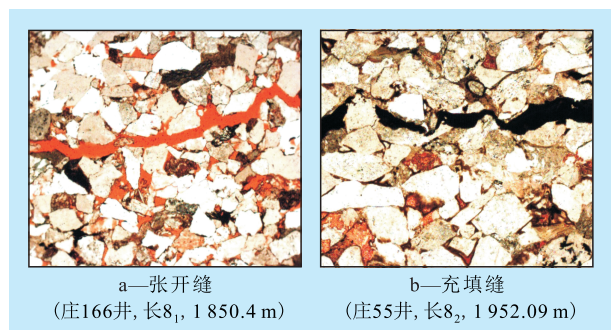


图4 合水地区长8段储层裂缝微观照片

4.2 裂缝分布特征对产油量的影响

研究地下岩层裂缝往往通过观察钻井取心岩样,但取心成本较高,且取样深度有限,合水地区长8段平均厚度为82 m,取心段一般不到20 m,而且大多数取心段的岩性较为单一,以细砂岩为主。因此根据钻井取心资料研究裂缝存在片面性,故笔者利用电成像测井资料对研究区裂缝进行整体评价。

整体上来看,合水地区长8段粉砂岩、泥岩中裂缝的条数多于细砂岩,致密砂岩中的裂缝条数多于物性好的砂岩;但是,从储层含油性角度来看,粉砂岩、泥岩和致密砂岩明显含油性差,试油结果也进一步说明,物性差的储层即使有裂缝发育,经压裂试油也难以获得工业油流。这是因为:①物性差的裂缝性储层中岩层基质供油能力差;②合水地区长

8段裂缝在地下平面延伸距离有限,一般从几十厘米到十多米不等^[15],裂缝内存储的原油在试油初期就可被抽吸出来,到试油稳产期,物性差的储层即使有裂缝发育,产油量也较低;③裂缝与岩层厚度的关系表明,物性差的裂缝性储层厚度小。

虽然长8段强裂缝发育区和裂缝发育区裂缝线密度较大,但其产油量均不高,而在弱裂缝发育区往往有高产油井。研究结果还表明,物性和含油性好且裂缝又发育的储层很少,但如果在物性好、含油饱满的储层发育裂缝,那么该储层可能会获得高产油流。可见,产油量的主控因素是储层本身的岩性、厚度、物性和含油性,裂缝对于储层产油量起着“锦上添花”的作用,而不是决定性作用。

4.3 裂缝发育位置与产油量的关系

罗菊兰等研究表明,在鄂尔多斯盆地延长组低渗透储层中,天然裂缝的发育程度会影响压裂效果,尤其是裂缝位置(位于储层内部还是围岩)会影响压裂缝延伸^[16];但越来越多的试油资料、储层裂缝特征及储层物性、含油性关系研究表明,裂缝发育位置与产油量的关系较为复杂。

通过对合水地区38口井长8段电成像测井特征进行统计分析,在37个含油层段中,储层内部发育裂缝105条,围岩中发育裂缝216条。表明合水地区储层围岩中裂缝的发育程度好于储层内部的,在泥质含量较高以及致密的围岩中更易发育裂缝,50%以上储层的围岩中有裂缝存在。为了进一步明确裂缝发育位置与产油量的关系,根据合水地区长8段储层与裂缝发育位置关系将储层分为4类:储层及围岩均无裂缝(I类)、储层及围岩均发育裂缝(II类)、储层发育裂缝但围岩无裂缝(III类)、围岩发育裂缝但储层无裂缝(IV类)。

研究结果表明,当合水地区长8段储层厚度大于等于5 m、含油饱和度大于等于50%、电阻率大于等于42 $\Omega\cdot\text{m}$ 、声波时差大于等于220 $\mu\text{s}/\text{m}$ 时,以上4类储层均可产出工业油流。例如钻遇I类储层的西103、西31-35、董77-49、庄167-35等井,钻遇II类储层的西105、西189、西266等井,钻遇III类储层的庄166、董75-54等井,钻遇IV类储层的西252、西46、西120、庄26-19等井,以上这些井在长8段储层中均有工业油流产出。在压裂规模和强度大、固井质量好的情况下,当压裂砂窜到围岩裂缝中时,储层必然会得到一定改造,储层围岩裂缝的存在,对压裂效果和含油层段产油量影响不大。据野外岩石露头统计分析,延长组地层天然裂缝在地下平面延伸的距离有限,而现在的压裂规模可在均匀的砂

岩地层中产生高达十多米、平面延伸为50~100 m的裂缝,相比而言,天然裂缝的规模要小得多。

5 结论

合水地区裂缝以高角度裂缝和垂直裂缝为主,平均走向为 $75^{\circ}\sim 255^{\circ}$,平均裂缝线密度为0.16条/m。依据裂缝线密度平面分布特征,将合水地区划分为强裂缝发育区、裂缝发育区、弱裂缝发育区和裂缝不发育区。

裂缝主要分布在粉砂岩和泥岩中,其次为细砂岩。裂缝在粒度较粗的储层中数量较少,储层物性越好,越不易发育裂缝;同一种岩性,厚度越大,裂缝越不发育;在多数泥岩和部分粉砂岩储层中,裂缝穿透岩层,在细砂岩中,大多数裂缝发育于砂岩层内。

裂缝充填程度对油气渗流作用可产生重要影响,物性好的储层若发育张开缝,那么该储层可能获得高产油流,如果储层本身的物性和含油性较差,即使有裂缝发育,也难以获得工业油流。储层围岩裂缝的存在对压裂效果和含油层段产油量影响不大,产油量的主控因素是储层本身的岩性、厚度、物性和含油性。

参考文献:

- [1] 高辉,孙卫.鄂尔多斯盆地合水地区长8储层成岩作用与有利成岩相带[J].吉林大学学报:地球科学版,2010,40(3):542-547.
- [2] 陈杰,周鼎武.鄂尔多斯盆地合水地区长8储层微观非均质性的试验分析[J].中国石油大学学报:自然科学版,2010,34(4):13-17.
- [17] 黄玉平,姜正龙,李景瑞,等.塔里木盆地新构造运动时期构造应力方向[J].油气地质与采收率,2013,20(3):5-9,17.
- [18] 马如辉,王安志.利用构造恢复原理制作古构造演化图[J].中国西部油气地质,2006,2(2):185-188.
- [19] 鲍志东,齐跃春,金之钧,等.海平面波动中的岩溶响应——以塔里木盆地牙哈—英买力地区下古生界为例[J].地质学报,2007,81(2):205-211.
- [20] 杨宁,吕修祥,李建交,等.塔里木盆地英买力地区英买32井碳酸盐岩油气藏成藏模式[J].石油天然气学报,2005,27(6):828-830.
- [21] 卢华复,王胜利.地震剖面中走滑断层旋向判断模型——以塔东阿拉干北断层为例[J].大地构造与成矿学,2009,33(1):

- [3] 朱聪,施冬,张春生,等.鄂尔多斯盆地合水地区长8段储层岩矿特征及成岩作用研究[J].长江大学学报:自然科学版,2011,8(2):50-52.
- [4] 庞国印,唐俊,王琪,等.利用概率神经网络预测成岩相——以鄂尔多斯盆地合水地区延长组长8段储层为例[J].特种油气藏,2013,20(2):43-47.
- [5] 窦伟坦,田景春,徐小蓉,等.陇东地区延长组长6—长8储层成岩相研究[J].成都理工大学学报:自然科学版,2005,32(2):129-132.
- [6] 刘行军,刘克波,李香玲,等.成像测井在演武地区北部延安组油藏勘探中的应用[J].西北大学学报:自然科学版,2012,42(1):95-103.
- [7] 王珺,杨长春,许大华,等.微电阻率扫描成像测井方法应用及发展前景[J].地球物理学进展,2005,20(2):357-364.
- [8] 孙晓飞,张艳玉,王中武.裂缝性低渗透砂砾岩油藏一体化评价方法及应用——以盐家油田盐22块为例[J].油气地质与采收率,2011,18(5):70-73.
- [9] 宋惠珍,贾承造,欧阳建,等.裂缝型储集层研究理论与方法[M].北京:石油工业出版社,2001.
- [10] 范存辉,郭彤楼,王本强,等.四川盆地元坝中部地区须家河组储层裂缝发育特征及控制因素[J].油气地质与采收率,2013,20(5):52-54.
- [11] 曾联波,李忠兴,史成恩,等.鄂尔多斯盆地上三叠统延长组特低渗透砂岩裂缝特征及成因[J].地质学报,2007,81(2):174-179.
- [12] 郑浩,苏彦春,张迎春,等.裂缝性油藏渗流特征及驱替机理数值模拟研究[J].油气地质与采收率,2014,21(4):79-83.
- [13] 张莉.陕甘宁盆地砂岩裂缝特征及形成的构造应力场分析[J].地质科技情报,2003,22(2):21-24.
- [14] 杨坚,吕心瑞,李江龙,等.裂缝性油藏离散裂缝网络随机生成及数值模拟[J].油气地质与采收率,2011,18(6):74-77.
- [15] 贺晓.鄂尔多斯盆地姬塬—元城地区上三叠统裂缝发育特征及形成机理研究[D].西安:西北大学,2009:75-95.
- [16] 罗菊兰,成军军,焦晓娟.B地区延长组裂缝发育评价及裂缝与储层压裂效果关系分析[J].测井技术,2008,32(5):422-426.

编辑 常迎梅

(上接第56页)

- [17] 黄玉平,姜正龙,李景瑞,等.塔里木盆地新构造运动时期构造应力方向[J].油气地质与采收率,2013,20(3):5-9,17.
- [18] 马如辉,王安志.利用构造恢复原理制作古构造演化图[J].中国西部油气地质,2006,2(2):185-188.
- [19] 鲍志东,齐跃春,金之钧,等.海平面波动中的岩溶响应——以塔里木盆地牙哈—英买力地区下古生界为例[J].地质学报,2007,81(2):205-211.
- [20] 杨宁,吕修祥,李建交,等.塔里木盆地英买力地区英买32井碳酸盐岩油气藏成藏模式[J].石油天然气学报,2005,27(6):828-830.
- [21] 卢华复,王胜利.地震剖面中走滑断层旋向判断模型——以塔东阿拉干北断层为例[J].大地构造与成矿学,2009,33(1):

46-48.

- [22] 倪新峰,王招明,杨海军,等.塔北地区奥陶系碳酸盐岩储层岩溶作用[J].油气地质与采收率,2010,17(5):11-16.
- [23] 焦存礼,何治亮,邢秀娟,等.塔里木盆地构造热液白云岩及其储层意义[J].岩石学报,2011,27(1):277-284.
- [24] 崔海峰,郑多明.英买力—牙哈地区复式油气藏油气分布规律[J].石油地球物理勘探,2009,44(4):445-450.
- [25] 任康绪,张亚光,郑多明,等.塔北隆起西部英买32潜山区岩溶储集层特征[J].新疆石油地质,2007,28(6):684-686.
- [26] 顾亿,邵志兵,赵明,等.塔里木盆地巴楚隆起油气保存条件与勘探方向[J].石油实验地质,2011,33(1):50-55.

编辑 邹澍滢