

镇泾油田长 8 段致密砂岩储层裂缝识别方法分析*

王国顺, 王立新
(华北分公司勘探开发研究院)

摘 要: 镇泾油田长 8 段为低孔低渗储层, 由于大量裂缝存在形成了具有有效孔隙度和渗透率的储层, 为评价此类储层, 必须准确地识别裂缝。本文以岩心分析资料为基础, 选取岩心渗透率异常频率分析法、成像测井资料识别法、常规测井资料分析法对裂缝性储层进行了识别, 取得了较好的效果, 该方法对致密砂岩储层的开发具有普遍的指导意义。

关键词: 储层裂缝; 低孔低渗储层; 成像测井; 常规测井; 岩心

中图分类号: P618. 130. 2⁺ 1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7981(2010)20—0148—02

镇泾油田是中石化华北分公司在鄂尔多斯盆地西南部的重点油田, 经过多年的勘探工作, 取得了大量第一手资料, 在油田川口长 8 段的石油勘探开发已取得了突破性进展, 部分井点已投入规模开发, 在总部的统一部署下分别与 09 年和 10 年在镇泾 5 井区和红河 105 井区进行了注水先导试验, 随着镇泾 5 井区的注水开发, 部分井生产中出现了快速的水淹问题, 严重的影响了开发效果。其原因主要是该储层段存在着裂缝, 在注水开发过程中注入水沿着裂缝窜流, 含水上升快, 造成油井水淹和窜流严重, 降低了储量利用率, 增大了油田开发难度。因此, 准确地识别和解释该区的裂缝对保持该区油气稳产具有重要意义。

1 岩心裂缝描述

岩心观察是识别裂缝最直观有效的方法。在该区域对多口井进行了取心, 在不少井上见到了裂缝显示, 并且在岩心观察中见到了多种类型的裂缝, 主要有高角度裂缝和水平缝。如 HH373 井深 2007. 30—2008. 32m 视厚: 1. 02m, 灰色泥质粉砂岩, 致密, 泥质分布较均匀。岩心 2007. 85m 处见垂直裂缝, 缝长 11cm, 缝宽 0. 5mm, 无充填。岩心 2008. 11m 处见斜裂缝, 缝长 15cm, 缝宽 1mm, 岩心滴水即渗。井深 1994. 16—1995. 85m 视厚 1. 69m, 褐灰色油浸中砂岩, 褐灰色, 成分以石英为主, 长石次之, 岩屑及暗色矿物少量, 分选中等, 次棱角状, 泥质胶结, 致密。岩心见 7 条横向裂缝(井深分别为 1994. 46m、1994. 53m、1994. 58m、1994. 98m、1995. 08m、1995. 16m、1995. 65m) 缝宽 0. 5mm。岩心底部见 1 条缝长 0. 40m 垂直裂缝, 缝面被原油浸染, 具油味。

通过岩心观察和岩心样品的分析可以发现: 水平裂缝在本区比较发育, 其分布主要受层理分布影响, 一般沿层理分布, 原因是层理面上由于云母的富集而形成岩石的薄弱处, 因而造成裂缝优先在这里发生。它有效地改善了研究区低孔、低渗储层的物性, 提高了孔隙的连通程度, 在本区油气运聚过程中

起到了重要的通道作用。

2 用岩心渗透率异常频率法识别裂缝

大量岩心分析资料证实, 凡是肉眼可见微裂缝的延长组储集层岩心样品的渗透率都增大, 紧邻有微裂缝样品的岩心渗透率也呈增大趋势。显然, 存在微裂缝(包括肉眼可见和不可见的)是导致岩心渗透率升高的主要因素。鄂尔多斯盆地延长组成岩作用较强, 砂岩孔径偏小, 喉道偏细, 是导致储层物性差的主要原因。延长组岩石力学性质测试结果(黄思静, 1997)表明, 随着围压升高, 峰值应力对应的轴向应变增大, 破坏前期的塑性变形阶段增长, 即围压增加后, 岩石要经历相对较长的微裂隙扩展阶段才破裂。因此, 致密砂岩岩心中大量存在的微裂缝主要应是在相对较长的微裂隙扩展阶段形成的天然微裂缝, 而储集层中相对高渗透率区带的存在与天然微裂缝关系密切。

岩心渗透率异常频率分析方法: 岩心渗透率的算术平均值能直观反映储集层物性概貌。在参与统计的岩心中, 无疑有可能因取心机械作用产生人工微裂缝的样品, 所以统计岩心分析渗透率得到的渗透率算术平均值似乎应明显大于地下储集层的真实渗透率。但油田开发实践的结果却并非如此(其中可能与污染的影响有关), 据此推测, 机械作用产生的人工微裂缝即使存在, 其数量也十分有限, 对渗透率算术平均值的贡献很小, 不可能引起较大幅度地提高储集层渗透率。采用岩心渗透率异常频率分析法, 可分辨人工缝导致的渗透率异常和天然裂缝导致的渗透率异常。分析步骤为: ①根据岩心分析数据中的异常值及单井资料, 以一个地区(沉积体)为单元, 对储集层中大量岩心分析数据进行统计分析, 确定该地区(沉积体)的基质渗透率; 砂岩基质渗透率是指排除了微裂缝(包括肉眼可见和不可见的)引起渗透率升高部分的基质渗透率, 主要反映砂岩骨架孔隙喉道允许流体通过的渗流能力。基质渗透率的研究以单井岩心分析资料和该地区总样本资料为基础。

* 收稿日期: 2010-06-26

作者简介: 王国顺(1977—), 男, 汉族, 工程师, 学士, 2000年毕业于中国地质大学(武汉)资源学院石油系油藏工程学专业, 现在中国石油化工股份有限公司华北分公司勘探开发研究院从事石油开发工作。
© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

②以井为单位,统计岩心渗透率大于基质渗透率的频率;单井资料的分析目的是确定岩心基质渗透率界线,并分析存在渗透率异常的岩样频率。例如在 ZJ9 井长 8¹ 小层的 12 个岩心分析渗透率中,5 号样品是有微裂缝的岩心,其上的 4 号样品和其下的 6、7 号样品受微裂缝影响,渗透率均大于 $1.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,而渗透率小于 $1.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的 1~3 号、8~12 号样品的渗透率应是小层的基质渗透率,以 $1.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 作为基质渗透率界限值比较客观,大于该值的样品即存在渗透率异常。某单井存在异常的岩样越多,即异常频率越大,该井微裂缝越发育,反之则弱。③编制渗透率异常频率直方图,找出大于基质渗透率的渗透率异常频率及其在平面(或剖面)上的变化规律。

3 利用微电阻率扫描成像测井识别裂缝

微电阻率扫描成像测井技术,就是在井下采用传感器阵列扫描或旋转扫描测量,沿井纵向、周向、径向大量采集地层信息,传输到井上以后通过图像处理技术得到井壁的二维图像或井眼周围某一探测深度以内的三维图像,它具有高分辨率、高井眼覆盖率和可视性的特点,比以往的曲线方式更准确、更直观、更方便。

裂缝特征:镇泾工区裂缝主要包括高导缝、诱导缝及极少的高阻缝。分析识别裂缝的类型,一方面是为了统计不同类型裂缝的产状或走向,以推断构造应力与其的关系,进而预测有效的天然裂缝的发育范围或裂缝发育的构造部位;另一方面,对有效的天然裂缝进行定量计算,为储层评价提供定量依据。首先介绍镇泾工区存在的裂缝产状,通过分析镇泾油田整个储层的裂缝发育情况来说明长 8 裂缝发育的类型以及其对生产的重要意义。

高导缝(可能的开口缝)属于以构造作用为主形成的天然裂缝,对于储层的形成和改造具有重要作用,对油气的储渗具有现实意义。在 FMI 图像上表现为深色(黑色)的正弦曲线,为钻井泥浆侵入或泥质充填所致,本井中所见的高导缝以中高角度斜交缝为主(图 1)。

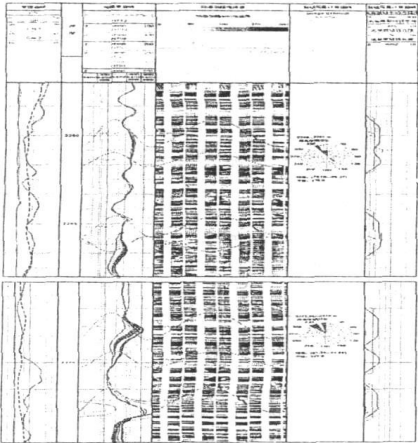


图 1 HH26 井裂缝识别图

无论是长 8 主砂体顶部泥岩还是长 8 主砂体底部砂岩均发育高角度裂缝,分析红河 26(如图 1)、镇泾 5-10、镇泾 26 等井裂缝发育情况,可以看到裂缝主要以高角度裂缝为主,部分储层发育低角度裂缝,裂缝的产状以闭合性裂缝为主,红河 26 井发育张开性裂缝。通过成像测井图可以看到,红河 26 井在储层的下部和储层上部泥岩段发育高角度张开性裂缝,倾角为 71.61~87.02 度,倾向集中在 155 方向;镇泾 5-10 井砂岩底部和上部泥岩同样发育高角度闭合缝,倾角为 75.06~85.27 度,倾向为 335 度,从岩性照片上可以看到明显的裂缝。经过分析,镇泾油田长 8 裂缝发育,主要在砂体的底部和上部泥岩,一般为高角度裂缝或垂直裂缝,角度大于 70 度,裂缝的倾向为 156~335°;基本与本区现今最大主应力方向垂直,则走向与本区最大主应力方向接近平行。

4 常规测井资料识别裂缝

4.1 声波测井资料识别裂缝

对裂缝性储层,声波测井资料响应特征是:时差曲线出现局部增高,甚至发生跳波;声波能量在高角度裂缝发育段基本不衰减,在低角度裂缝发育段有一定衰减;斯通利波波速和能量对裂缝的响应与裂缝的状态有关,高角度裂缝易引起斯通利波能量衰减,网状裂缝易引起斯通利波时差增加,斜交缝在斯通利波时差和能量上也具有响应,如 HHX-6 井 2255-2263 米井段声波值达到 248 米/微秒,为明显的裂缝发育段。

4.2 中子-密度测井资料识别裂缝

由于裂缝发育处被钻开后,开口缝中要充填泥浆,因此使密度出现明显偏低的读值,这种异常显示常常可以作为指示裂缝带的标志;而在补偿中子曲线上,当有裂缝发育时,中子孔隙度出现反常的增大,裂缝发育带在中子-密度测井曲线图上有十分清楚的显示。

5 结束语

利用岩心分析结合常规测井和成像测井资料可以较好的识别出镇泾油田长 8 段低孔低渗储层的裂缝,开展低孔低渗储层裂缝识别方法研究,可以更全面、更准确、科学的评价储集层,对该类油田的开发和提高采收率具有一定的指导作用。并且这些方法成本低、结合生产紧密,简便易行,能可管反映裂缝的存在和分布。对致密砂岩裂缝的识别具有普遍的指导意义。

[参考文献]

[1] 王允诚,等. 裂缝性致密油气储集层. 地质出版社,1992.
[2] 张莉·陕甘宁盆地储层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.
[3] 雍世和,张超谟. 测井数据处理与综合解释. 山东东营:石油工业出版社,1996.