

岩相识别技术在陆相盆地页岩油气勘探中的应用 ----以沾化凹陷罗家地区为例

王 敏

中石化胜利油田分公司地质科学研究院, 山东东营, 257000

作为沉积相的主要组成部分, 岩相指的是一定沉积环境中形成的岩石或岩石组合, 它可以反映特定的沉积过程和沉积环境 (姜在兴, 2003)。以往的认识中特定层序下的泥页岩一般变化比较小, 因此岩相的研究主要侧重于砂岩和碳酸盐岩, 而对泥页岩的岩相研究相对较少。近年来, 随着对泥页岩油气勘探和开发重视程度的提高, 寻找具有良好可压性的油气富集带成为泥页岩油气勘探的目标, 而这两个因素都与岩相息息相关, 因此地质学家将目光开始聚焦于泥页岩岩相的研究 (顾健, 1998)。

罗家地区位于济阳坳陷沾化凹陷四扣洼陷的东南斜坡, 陈家庄凸起北部罗家鼻状构造带上。该地区沙三下亚段为深湖一半深湖沉积, 发育一套泥质烃源岩, 主要岩石类型为暗色的泥岩、油泥岩、油页岩等, 大部分地层厚度在 100m-600m 之间, 地层中砂岩储层不发育, 泥页岩发育稳定, 是罗家地区乃至渤南洼陷最有利的一套烃源岩, 也是页岩油气最为发育的层系。罗 69 井是我国第一口针对泥页岩的系统密闭取芯井, 其丰富的实验分析资料为我国东部盆地陆相泥页岩的研究提供了可靠的数据基础。

1 纹层状泥质灰岩相是页岩油气富集的主要岩相

寻找具有良好可压性的油气富集带是泥页岩油气勘探的目标。泥页岩岩相决定了生烃源岩的类型及储集空间类型, 进而影响着泥页岩储集性及含油性, 因此深入研究泥页岩岩相特征及识别方法对现今非常规油气勘探意义重大。

岩相决定生烃源岩的类型, 不同岩相其储集空

间、脆性矿物含量、含油性等参数也存在较大差异, 且解释模式也有所不同, 因此岩相划分在泥页岩综合评价中起着重要作用。

以岩心观察、薄片鉴定、X-衍射分析为手段, 对研究区泥页岩主要岩相的划分方案进行了细致研究, 根据岩石构造特征、矿物组成及方解石结晶特点的不同, 可识别十余种岩相类型, 归结其主要类型包含四种, 分别是纹层状泥质灰岩相、层状泥质灰岩相、层状灰质泥岩相和层状含泥质灰岩相。

邓美寅等通过对比不同岩相条件下储集空间的类型和特征, 得出了纹层状泥质灰岩具有物性好、含油性好的特点, 可作为页岩油气勘探的首选目标, 层状泥质灰岩及层状含泥质灰岩次之、层状灰质泥岩较差 (邓美寅, 2012)。这种差异进一步凸显了岩相研究对于页岩油气勘探的重要性。

2 基于测井响应差异可有效划分陆相盆地页岩岩相

对岩相特征的描述表明, 岩相识别的内容可分为岩性 (矿物组成) 和结构 (层状、纹层状等) 测井新技术在此方面有着独特优势 (赖生华, 1998; 朱振宇, 2003; 母国妍, 2010), 前者可以通过 ECS 测井资料准确计算, 后者可以依据电成像和多极子声波资料定性判定。但基于常规测井曲线, 目前仅可以实现对矿物含量的求取, 受限于测井仪器的纵向分辨率, 对于岩石结构的识别方法尚待完善。

2.1 岩性识别---基于元素俘获测井 (ECS) 定量计算岩石矿物含量

岩性组成是页岩油气地层地质评价的主要内容之一, ECS 测井新技术为准确确定地层岩性提供

注: 本文为中石化科研攻关项目《济阳坳陷页岩油富集条件与有利区预测》(编号: P12062) 的成果。

收稿日期: 2013-03-13; 改回日期: 2013-03-31; 责任编辑: 刘恋。

作者简介: 王敏, 男, 1982 生。博士, 目前从事复杂储层测井评价研究。Email: wangmin136.slyt@sinopecc.com。

了参考。ECS 测井是元素俘获测井的简称,它可以定量提供地层中的 Si、Ca、Fe、S、Ti、Gd 等化学元素的含量。利用这些元素与地层岩性之间的相关关系以及提供的岩石矿物含量,可以确定不同的岩性、进而修订地层的孔隙度、含油饱和度等参数。

将 ECS 测井资料处理的矿物组分含量(钙质含量、粘土矿物、石英+长石含量)与实验室全岩 X-衍射分析值进行对比,其中第 5 道为实验室分析值,第 6 道为 ECS 处理结果,发现二者有着较好的一致性,说明该方法可以有效解决地层岩性识别的问题。

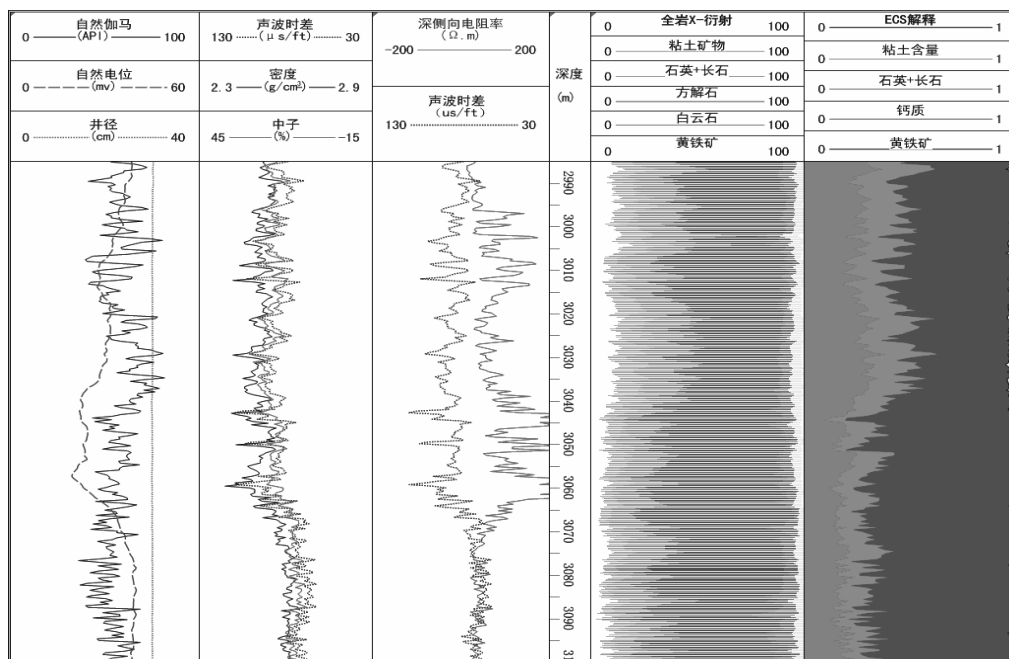


图 1 罗 69 井 ECS 测井处理成果与实验室分析值对比图

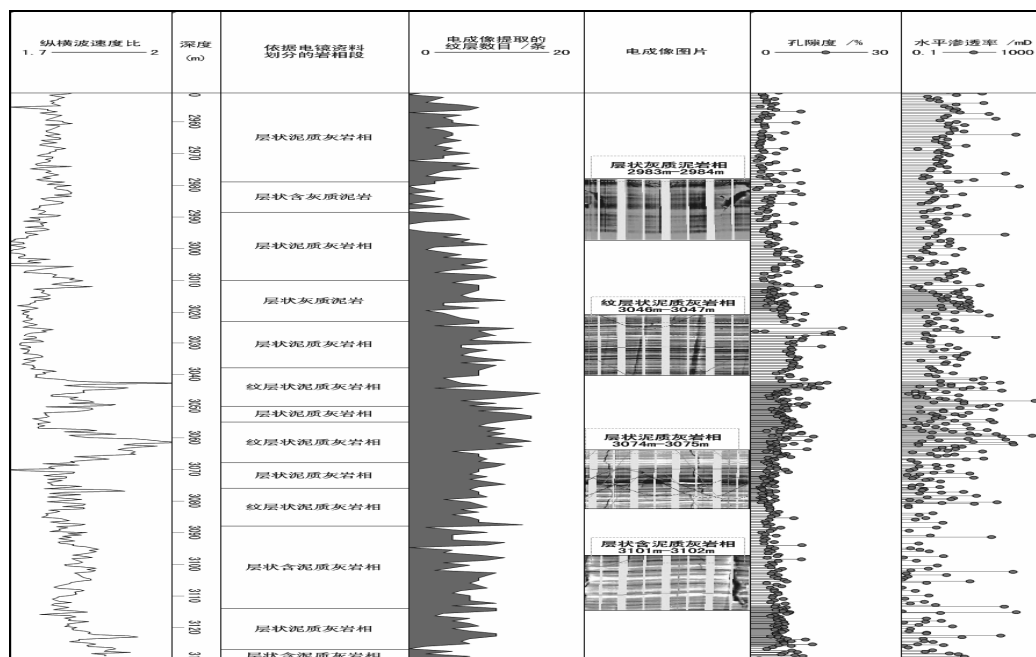


图 2 基于纵横波速度比法与电成像的岩相识别实例

2.2 纹层识别---基于成像测井(FMI)及纵横波资料划分地层纹层发育程度

前述可知,纹层状泥质灰岩相是本区页岩油气最为富集的岩相,纹层的识别成为该类岩相识别的关键。从形成机理看,纹层属于弱水动力环境下的产物。在罗家地区沙三下亚段,这种微层理非常发育,岩石层理的形成主要是钙质含量和粘土含量的相对变化(姜秀芳,2011)。由于钙质与粘土的导电性差异,反映在 FMI 电阻率动态图像上呈现出明显的亮暗相间的特征,亮色为钙质,暗色为粘土矿物,如图 2 所示。针对四类不同岩相在电成像下的响应差异,对其进行了总结和对比,如图 2 中第 5 道所示,层状灰质泥岩(2983m-2984m)纹层发育一般,高泥质含量使其在电成像中多呈现暗色条带;而纹层状泥质灰岩相(3046m-3047m)显示了亮暗相间的密集纹层,虽然层状泥质灰岩相(3074m-3075m)也显示有亮暗相间的纹层,但密集发育程度要逊于纹层状泥质灰岩相;层状的含泥质灰岩相(3101m-3102m)由于钙质含量较高,电成像显示中亮色条带居多,这是其与层状灰质泥岩相的明显区别。采用计算机对动态成像图上的层界面进行拾取 FMI 图像中层界面数随深度变化的曲线,如图 2 中的第 3 道。对于纹层的识别,该方法是目前最为直观和有效的方法之一。

另外一种识别烃源岩纹层的识方法是纵横波速度比法。根据纵横波传播原理,横波质点的位移方向与井轴垂直,在层理和低角度裂缝中,横波的部分能量沿着层理和低角度裂缝传播,从而造成仪器采集到的横波传播速度减小,而纵波的传播方向及质点位移方向与井轴平行,层理和低角度裂缝对其速度影响不大,那么在层理和低角度裂缝发育的地方,纵横波速比 V_p/V_s 增大,如图 2 中第 1 道所示。罗 69 井 3040m-3050m 和 3060m-3070m 井段,根据电镜资料将其划为纹层状泥质灰岩相,从纵横

波速度比法的显示来看,纵横波速度比增大,显示纹层发育,同时 FMI 显示的层理数增加,进一步辅证了该方法在层理识别中的良好应用。

3. 成果应用实例

利用前述的测井岩相识别模式对罗 69 井沙三下亚段进行了划分,见图 2 第三道。

为了解和验证罗家地区沙三下亚段泥页岩储集性能及含油气情况,在罗家地区附近部署了一口开发页岩油气的水平井 BP-1 井,其目的层段相当于罗 69 井的纹层状泥质灰岩层段。该井顺利完钻并在沙三下段获得了良好的油气显示,钻至水平段 4288.00m~4335.54m 时,钻时 44.8min/m, dc 指数 1.25,综合录井全烃 1.77%↗91.57%,甲烷 0.02%↗87.11%,乙烷 0.006%↗2.471%,丙烷 0.034%↗1.943%,异丁烷 0.011%↗0.187%,正丁烷 0.055%↗0.578%,异戊烷 0.037%↗0.134%,正戊烷 0.058%↗0.213%,有力的辅证了本文提出的研究思路。

参考文献 / References

- 姜在兴.沉积学.北京:石油工业出版社,2003:5-10.
- 顾健,黄永健,王成善.松辽盆地“松科 1 井”南孔青山口组泥岩岩相研究.中国矿业,1998,19(增刊):161~165.
- 邓美寅,梁超.渤南洼陷沙三下亚段泥页岩储集空间研究:以罗 69 井为例[J].地质前缘,2012,19(1):173~181.
- 赖生华,刘文碧,李德发.泥质岩裂缝油藏特征及控制裂缝发育的因素[J].矿物岩石,1998,18(2):47~51.
- 朱振宇,刘洪,李幼铭.△logR 技术在烃源岩识别中的应用与分析.地球物理学进展,2003,18(4):647~649.
- 母国妍,钟宁宁,刘宝.湖相泥质烃源岩的定量评价方法及其应用.石油学报,2010,31(2):218~224.
- 姜秀芳.济阳坳陷湖相碳酸盐岩沉积主控因素.油气地质与采收率,2011,18(6):23~27.