

测井新技术在包-界地区须家河组储层评价中的应用

张冲^{1,2}, 毛志强^{1,2}, 王兆年³, 金燕³, 谢冰³, 刘兴刚³

1. 中国石油大学(北京)资源与信息学院; 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249
2. 中国石油大学(北京)资源与信息学院; 地球探测与信息技术北京市重点实验室, 北京 102249
3. 西南油气田分公司勘探开发研究院, 成都 610051

摘要 包-界地区须家河组储层属于典型的低孔低渗储层, 储层横向变化大, 非均质性强。受构造幅度及岩性和物性限制气水分异程度差, 储层识别存在较大困难, 常规的测井资料很难解决这一难题。阵列感应电阻率、阵列声波、核磁共振等测井新技术的应用为解决这一难题提供了很好的手段, 研究认为, 利用双侧向和阵列感应电阻率组合法识别气层、气水同层和水层的效果最好。阵列声波纵、横波时差比可以定性指示储层的含气性, 核磁共振测井识别储层的含气性也有一定效果。同时井壁微电阻率扫描成像测井技术为研究包-界地区地层的沉积结构和构造特征发挥了重要的作用。通过对几个实例的阐述, 证实了测井新技术在包-界地区须家河储层的流体识别和沉积构造特征描述中的应用是成功的。

关键词 测井新技术; 低孔低渗; 储层; 流体识别; 沉积构造

中图分类号 P631.84

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2009)13-0078-05

New Logging Techniques Used in Formation Evaluation on Xujiahe Group Reservoirs in Bao-Jie Area, Sichuan Basin

ZHANG Chong^{1,2}, MAO Zhiqiang^{1,2}, WANG Zhaonian³, JIN Yan³, XIE Bing³, LIU Xinggang³

1. State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting, Faculty of Natural Resources & Information Technology, China University of Petroleum, Beijing, Beijing 102249, China
2. Key Laboratory of Earth Prospecting and Information Technology; Faculty of Natural Resources & Information Technology, China University of Petroleum, Beijing, Beijing 102249, China
3. Research Institute of E&D, Southwest Oil and Gas Field Company, Petro China, Chengdu 610051, China

Abstract Xujiahe group reservoir in Bao-Jie area is a typical low porosity and low permeability reservoir which is characterized by quick lateral variations and strong heterogeneity. Because of the

restriction of amplitude structure, lithology and physical properties, differential degree of gas and water is poor. It was difficult in reservoir identification which was used by conventional log data. The difficult problem was solved by the application of new logging techniques, such as array induction resistivity, array sonic imaging and nuclear magnetic resonance logging. The results showed that fluid property identification using combination method of dual lateral logging and array induction resistivity has best effect. Gas-bearing of sandstone reservoir can be qualitatively indicated by ratio of compressional wave slowness to shear wave slowness and NMR logging. Meanwhile, micro resistivity imaging played an important role in the research of sedimentary structure and structural feature in Bao-Jie area. After explaining in detail by a few examples, these new logging techniques have been proved to be practical and helpful in fluid property identification and sedimentary structures of the Xujiahe Group reservoirs in Bao-Jie formation of Sichuan Basin.

Keywords new logging technology; low porosity and low permeability; reservoir; fluid identification; sedimentary structure

0 引言

包-界地区属川中古隆平缓构造区的威远龙女寺构造群, 西邻自流井构造群的黄家场构造、隆昌潜伏构造, 北为大

收稿日期: 2009-03-20

基金项目: 西南油气田分公司项目(XNS14JS2005-307)

作者简介: 张冲, 博士研究生, 研究方向为测井资料综合解释与数据处理, 电子信箱: zhangchong1983@qq.com; 毛志强(通信作者), 教授, 研究方向为岩石物理基础理论及方法、应用地球物理测井理论、方法及应用, 电子信箱: petrolog@sina.com

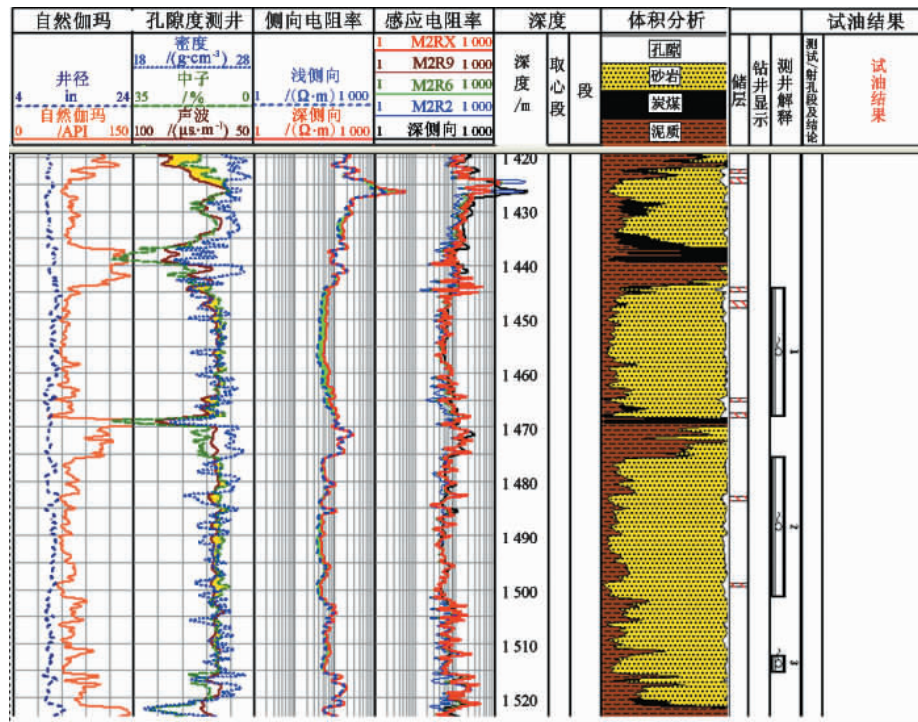


图2 包浅XX1-B井T3X6段1445~1465 m井段气层电阻率特征

Fig. 2 Gas layer resistivity feature in Baoqian XX1-B

1.2 阵列声波测井

其他油田的应用实践表明,阵列声波得到的纵波、声波速度比值(或横波、纵波时差比值)可以很好地指示天然气层^[2-5]。在天然气层,纵波速度会降低,而横波速度基本不受影响。因此,在含水或含油纯砂岩层段,横波、纵波时差比值是一个常数,约为1.60。当储层含泥质时,该比值随泥质含量增加而增加。在含气层段,这个比值会降低,降低的程度与含气饱和度有关。图3为包浅XX1-A井经测试层段横波、纵波时差比值的预测结果对比。图中第6道DTR即为横波、纵波时差比值,当DTR数值小于1.65时,用红色充填,表示地层含气。

包浅XX1-A井T3X2段已经被证明为水层,横波、纵波时差比值(图3)也表明该层段含气性很差。T3X6段测试为气层,横波、纵波时差比值有明显的含气指示。

1.3 核磁共振测井

利用核磁共振测井识别气层主要是利用天然气的极化时间及扩散系数与水的明显差别,采取不同的极化时间(等待时间TW)或回波间隔,用差谱方法或移谱方法识别气层^[6]。理论上,差谱法可以将水信号完全抵消掉,而气的信号则保留在差谱中,由此就可以识别天然气,但实际上由于受噪声的影响,这种差谱定性识别方法是不可靠的,在应用中往往需要通过复杂的时间域分析方法(TDA),实现对双等待时间测井资料的处理和解释,完成对轻烃的识别与定量评价。

图4为BQXX1-A井和BQXX1-B井须二段采用TDA进行气水层识别的成果图,从BQXX1-A井(图4(a))T2谱分布观察,T2谱峰明显后移,水信号明显,且T2谱分布较宽,显示

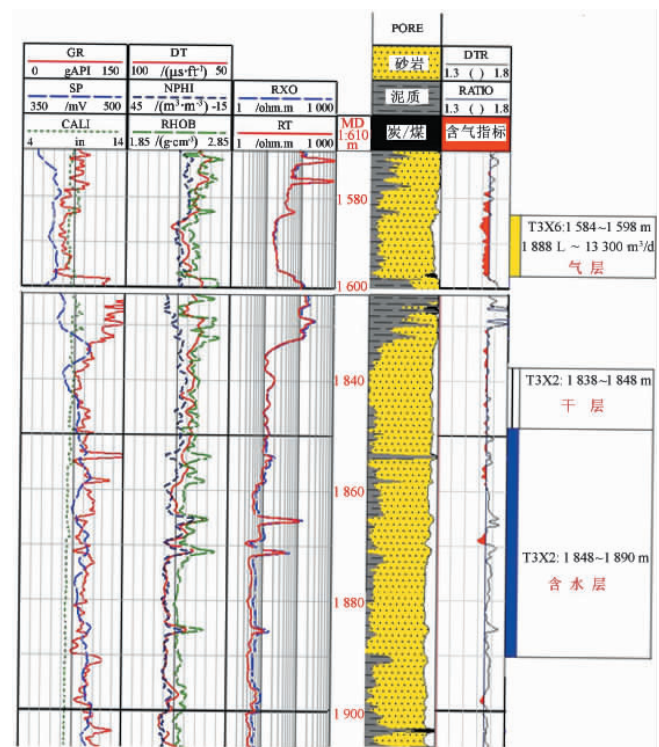


图3 包浅XX1-A井横、纵波时差比识别气层

Fig. 3 Identify gas layer by S/P in Baoqian XX1-A

孔结构较复杂,束缚水含量较高。根据TDA解释结果及差谱烃检测结果显示,该套储层在须二段基本上没有气的信号,含大量可动水,TDA解释结果为水层,1838~1890 m测试为水层。BQXX1-B井(图4(b))T2谱为单峰,显示孔结构较好。

根据 TDA 解释结果及差谱烃检测结果显示,该套储层含气性十分明显,仅含少量可动水,从电阻率及阵列感应曲线分析,该段有一定泥浆侵入,可动水是泥浆滤液的反映,TDA 解释结果为气层,1 784~1 790 m 测试产气 4 490 m³,不产水,与测试结果吻合较好。说明核磁共振测井在识别流体性质方面有其独特的优势。

2 井壁微电阻率扫描成像测井研究储层地质特征

对包浅 001 的 4 口试验井均进行了井壁微电阻率扫描成像测井,其中,包浅 XX1-B、包浅 XX1-C、包浅 XX1-D 井使用的是 Eclips-5700 的 STAR 仪器,包浅 XX1-A 井使用的是 Excel-2000 系统的 EMI 仪器。4 口井均取得了很好的资料,地层沉积结构和构造特征的图像显示清晰。

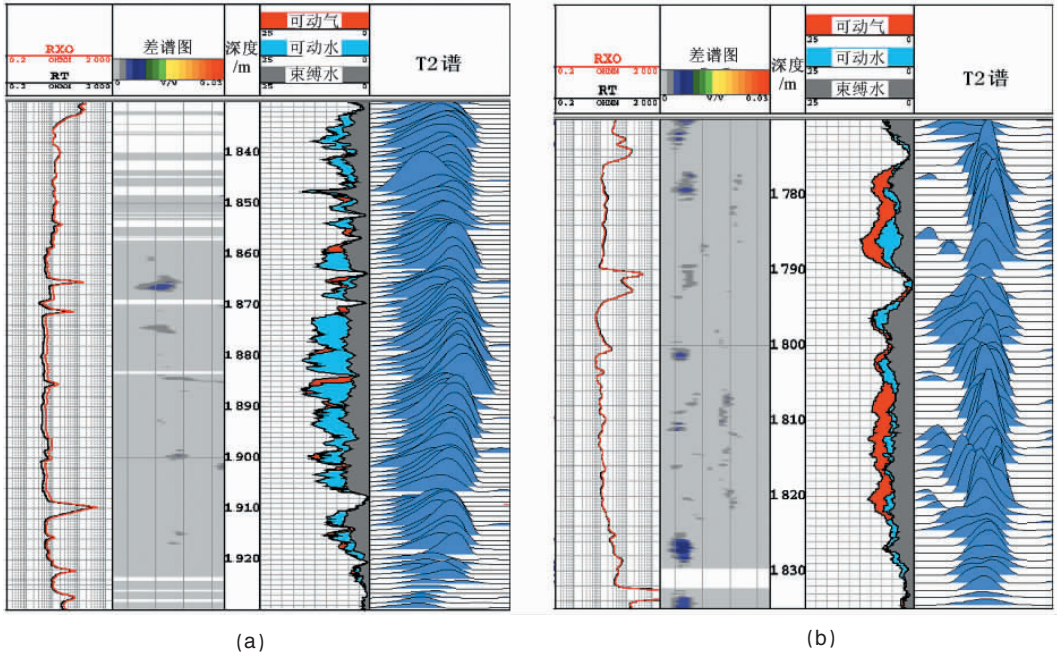


图 4 包浅 XX1-A 井(a)包浅 XX1-B 井(b)须二段核磁测井处理解释结果
Fig. 4 Effort chart of NMR interpretation in Baoqian XX1-A and Baoqian XX1-B

图 5 为包浅 XX1-C 井 T3X2 段井壁电阻率成像(STAR)。从图 5 中可以清楚地观察到走向 E-W 的一组正交闭合裂缝的存在。这组正交闭合裂缝的走向只有在包浅 XX1-B 井是近

S-N 向,其他 3 口井均为 E-W 向,而且主要发育在 T3X2 段的中上部。这些裂缝特征可以为研究目标区构造演化提供证据。

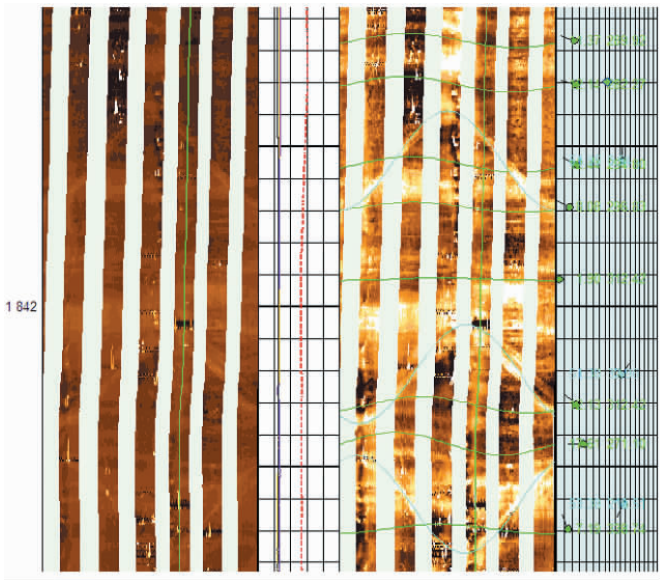


图 5 包浅 XX1-C 井 T3X2 段井壁电阻率成像(STAR)
Fig. 5 STAR in Baoqian XX1-C

从井壁电阻率成像图上还可以观察到许多其他的沉积构造特征。图 6 为包浅 XX1-D 井 T3X2 段中部砂层底部冲刷构造常规测井响应特征和井壁电阻率图像特征。在常规测井曲线上,冲刷面(1 922.5 m)以上约 2 m 砂岩地层表现为“三低两高”,即低自然伽马(Natural Gamma Ray

Log, GR)、低时差、低中子、高密度和高电阻率。在静态图像上,表现为白色高阻特征,底部冲刷面特征非常清晰(1 922.5 m 深度处高角度正弦曲线上下颜色变化指示一个突变砂泥岩界面的存在),冲刷面倾向正西,表明由东向西的古水流方向。

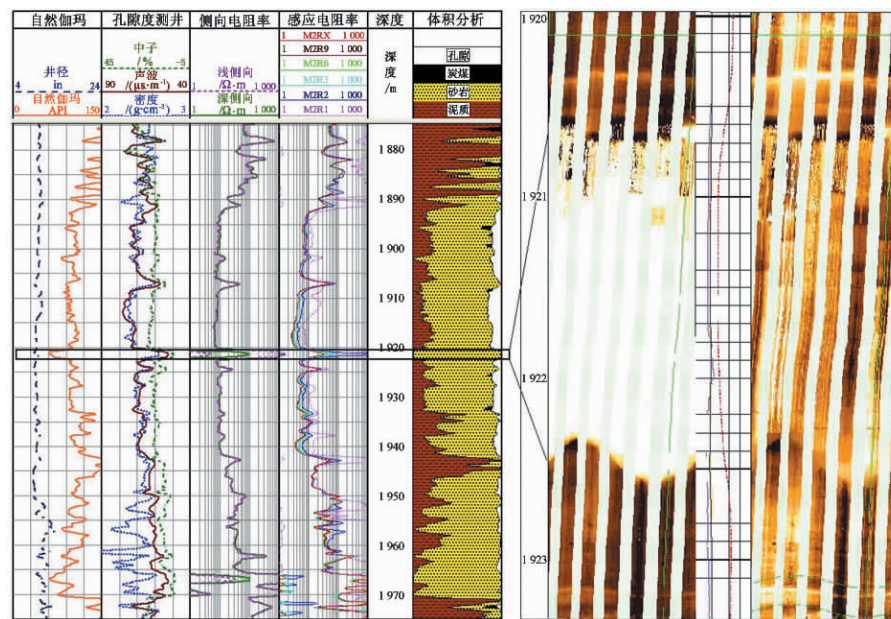


图 6 包浅 XX1-D 井 T3X2 中部砂层底部冲刷构造(钙质胶结,表现为高电阻率特征)

Fig. 6 Erode structure in bottom of sand in Baoqian XX1-D

3 结论

包-界地区使用斯伦贝谢、阿特拉斯、哈里伯顿国外测井公司的成像仪器进行了测井新技术资料采集。采集的成像测井资料包括阵列感应、井壁微电阻率扫描、阵列声波和核磁共振等。对包浅 XX1 的 4 口试验井成像资料分析表明,利用侧向和阵列感应电阻率组合方法识别气层、气水同层和水层的效果最好,阵列声波纵、横波时差可以定性指示储层的含气性,核磁共振测井识别储层的含气性也有一定效果。井壁微电阻率扫描在储层地质综合研究工作中发挥了重要作用。

参考文献 (References)

- [1] 毛志强, 王兆年, 金燕, 等. 川中须家河组储层测井评价基础、方法和技术研究[J]. 测井技术, 2007, 31(3): 203-206.
Mao Zhiqiang, Wan Zhaonian, Jin Yan, et al. Well Logging Technology, 2007, 31(3): 203-206.
- [2] 杨双定, 赵建武, 唐文江, 等. 低孔隙度、低渗透率储层气层识别新方法[J]. 测井技术, 2005, 29(1): 43-45.
Yang Shuangding, Zhao Jianwu, Tang Wenjiang, et al. Well Logging Technology, 2005, 29(1): 43-45.
- [3] 雍自权, 赵异华, 周仲礼, 等. 八角场-金华-秋林香溪四段各类产层测井响应特征及识别[J]. 石油天然气报, 2006, 28(2): 66-68.
Yong Ziquan, Zhao Yihua, Zhou Zhongli, et al. Journal of Oil and Gas Technology, 2006, 28(2): 66-68.

- [4] 徐朝晖, 徐怀民, 林军, 等. 常规测井资料识别砂砾岩储集层裂缝技术[J]. 科技导报, 2008, 26(7): 34-37.
Xu Zhaohui, Xu Huaimin, Lin Jun, et al. Science & Technology Review, 2008, 26(7): 34-37.
- [5] 雍世和, 张超模. 测井数据处理与综合解释 [M]. 东营: 石油大学出版社, 1996: 135-138.
Yong Shihe, Zhang Chaomo. Log data process and interpretation [M]. Dongying: University of Petroleum Press, 1996: 135-138.
- [6] Coates G R, Xiao L Z, Prammer M G. NMR logging principles and applications[M]. Houston: Gulf Publishing Company, 2000.

(责任编辑 岳臣)

《科技导报》“学术不端行为举报”栏目征稿

“学术不端行为举报信箱”栏目以净化学术环境为宗旨,以打击学术不端行为,倡导老老实实、认认真真、严谨求实的科学作风为根本目的。自 2006 年第 3 期开设以来,本栏目已核正刊登学术不端行为举报信息几十条,为进一步净化我国的学术环境和科研氛围做出了应有的努力。欢迎广大读者就自然科学领域发生的论文抄袭剽窃、一稿多投、数据造假等学术不端行为,向我刊提供证据举报。栏目责任编辑:赵佳;投稿邮箱:hjy@cast.org.cn。