

应用测井资料识别层序地层界面的方法

于均民^{1,2}, 李红哲², 刘震华², 魏东涛², 陈 涛²

(1.中国地质大学,北京 100083; 2.中国石油勘探开发研究院西北分院,甘肃 兰州 730020)

摘 要 :以层序地层学理论为基础 ,应用自然电位、电阻率、声波时差和感应电导率等测井资料 ,采用自然电位和自然电位镜像法、自然电位与视电阻率曲线组合法、声波时差法、声波时差与电阻率曲线交汇法和感应电导率法等 5 种方法进行层序界面识别。勘探实例证实这些方法是可行的 ,应用效果较好。

关键词 :层序地层界面 ;测井资料 ;自然电位 ;声波时差 ;电阻率 ;电导率

中图分类号 :TE 132.1⁺4 文献标识码 :A 文章编号 :1672-1926(2006)05-0736-03

层序地层界面和(最大)湖泛面是进行层序地层等时对比的关键界面 ,如何准确识别和划分这些界面是工作中经常遇到的难题。层序地层划分和层序界面识别是层序地层学研究的基础。一般主要采用露头、岩心、测井和地震等资料来进行层序地层划分和层序地层界面识别^[1-3]。在露头和岩心资料不足、地震资料分辨率有限的情况下 ,测井资料在识别层序界面方面就显得尤为重要。近年来 ,作者在实际工作中合理地使用测井资料进行了层序界面识别和层序划分 ,取得了较好的效果。本文通过以往的研究实践 ,探讨了应用测井资料识别层序地层界面的有效方法。主要利用包括自然电位、声波时差、电阻率、电导率等测井资料。

1 自然电位和自然电位曲线镜像法

自然电位曲线在层序界面附近突变为箱状、指状或钟形等特征^[4]。在层序界面上下自然电位曲线发生突变 ,这种变化是由于岩性的变化引起的。在层序界面上、下准层序组合方式通常发生变化 ,表现在层序界面之上自然电位曲线为向上变细的测井响应 ,之下为向上变粗的测井响应 ,二者的转化面为最大湖泛面。但是为了更好地应用自然电位曲线来识别层序边界和旋回 ,把自然电位曲线和其镜像曲线对应起来 ,通过其包络区域的变化来识别不同级别的旋回和层序界面则更直观、更实用。在应用中要注

意自然电位曲线的极性在上、下井段是否一致 ,基线是否偏移等 ,最好能够结合自然伽马曲线和电阻率曲线应用(图 1)。利用此方法进行的层序地层划分效果较好。

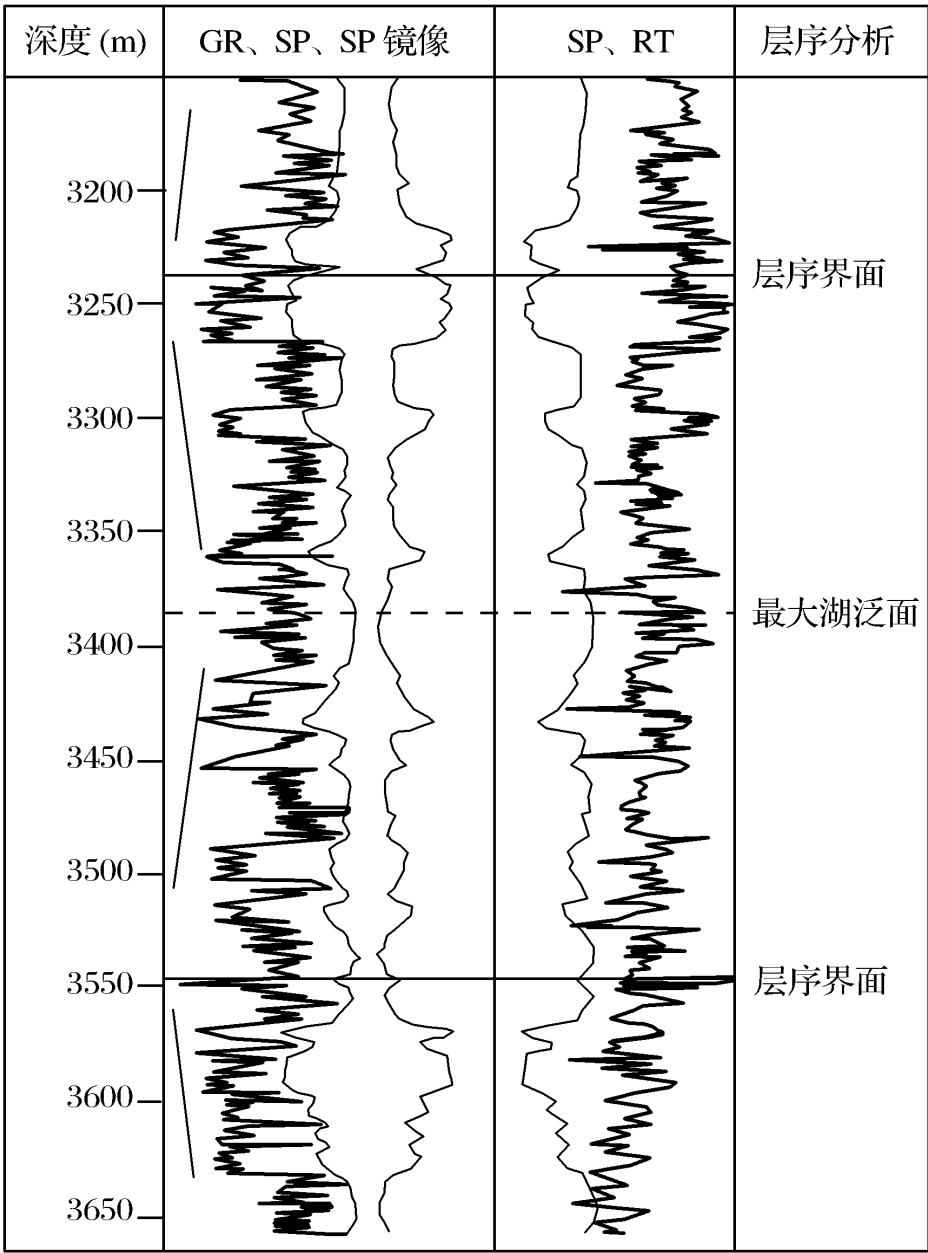


图 1 准噶尔盆地石西 4 井利用自然电位和自然电位曲线镜像识别层序边界

2 自然电位和视电阻率曲线组合法

在层序界面附近 ,自然电位和视电阻率曲线都会因为沉积环境等因素的变化而引起曲线幅度、形态等特征的变化^[5] ,利用这些变化可以在横向上和垂向上识别层序界面(图 1)。图 2 是辽河油田东部凹陷南段开 2 井利用自然电位和视电阻率曲线识别层序界面的实例。图中层序界面以上为退积准层序组合 ,以下为进积准层序组合 ,层序界面上、下岩性的颜色变化很明显。

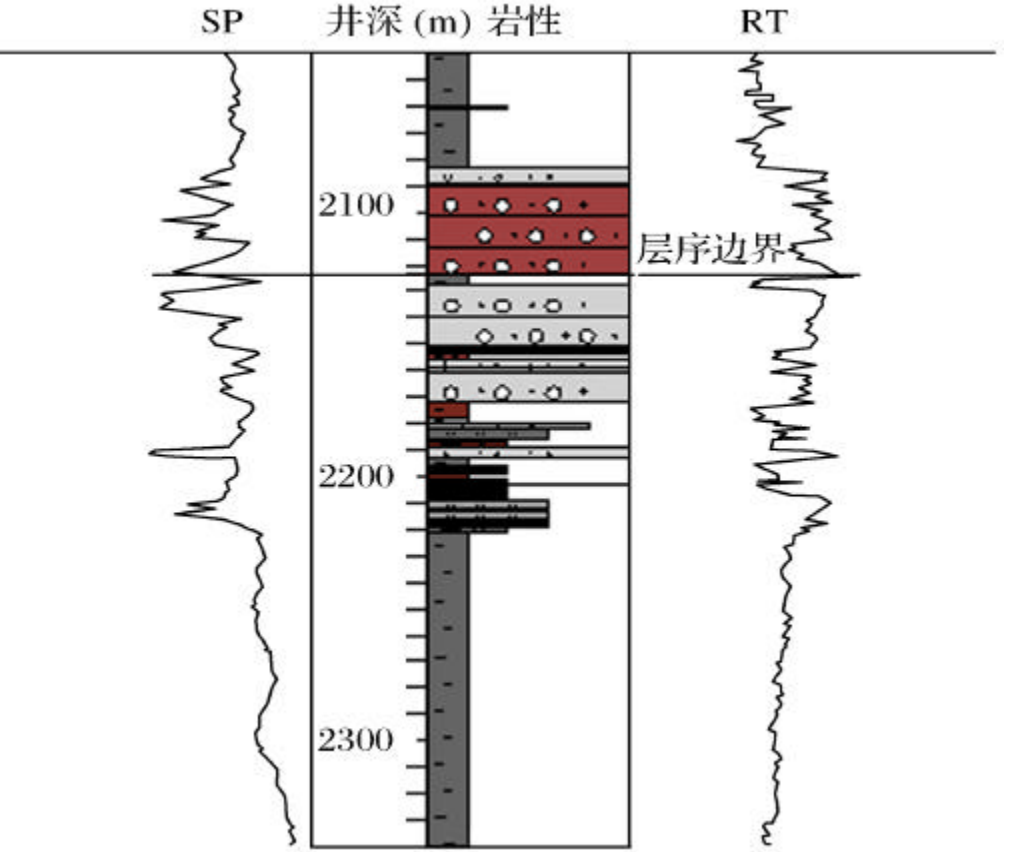


图 2 辽河油田东部凹陷南段开 2 井利用自然电位和视电阻率曲线组合识别层序边界

3 声波时差法

利用声波时差测井资料来识别层序界面和凝缩段(CS)已经有学者研究过^[5-7]。值得说明的是 ,在地层垂向剖面中 ,由于不整合面的存在 ,可以引起沉积地层缺失、形成风化壳 ,出现湖侵泥岩覆盖形成的超压带等现象 ,这些现象均可以导致声波时差对数与深度的线性回归图上出现一系列异常 ,这些异常现象就是识别层序界面的重要标志。但是 ,在应用声波时差测井资料划分层序地层界面时应考虑岩性的影响 ,在实际应用中 ,可以选择某口井中的某一种岩性的声波时差作为分析样本 ,而且还要结合其他资料进行综合分析。应该在排除其它因素引起的异常后 ,单独利用此资料进行层序界面的识别和划分。作者在应用泥岩声波时差资料进行了层序地层界面划分(图 3)时发现 ,层序界面上、下的回归线明显错开 ,并且界面之下的声波时差值高于界面之上 ;在 CS 段声波时差具有明显的高值 ,在最大湖泛面处达到最大 ,向上、向下均呈减小趋势 ,应用效果良好。

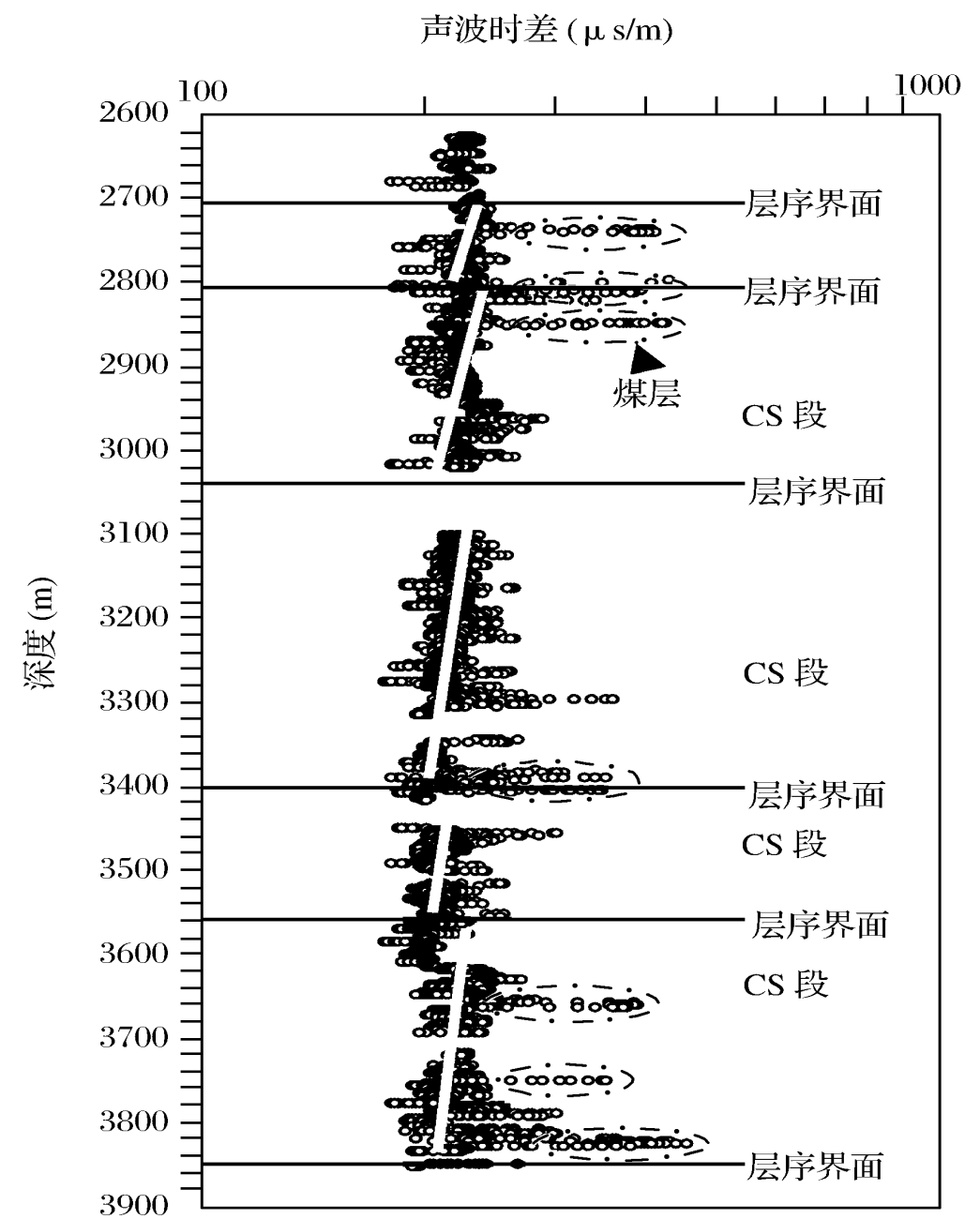


图 3 准噶尔盆地夏盐 1 井声波时差与深度关系

4 声波时差曲线和电阻率曲线叠合法(即 TOC 识别法)

近年来 ,国内外许多学者利用测井曲线重叠法来识别富含有机质的烃源岩 ,并进行有机碳含量的测定^[8]。应用此方法的前提是必须进行岩心实测数据的标定。国内有几位学者在这方面进行过研究^[5-7,9-10]。该方法是利用电阻率和声波时差曲线重叠的间距 $\log R$ 来反映有机质的相对丰度^[11]。在一般情况下 , $\log R$ 与烃源岩中的有机碳含量(TOC)成正比。在单一层序地层剖面中 ,TOC 峰值对应最大湖泛面 ,层序界面常对应于 TOC 的低谷值。图为准噶尔盆地石西 4 井有机碳含量与 $\log R$ 的对比 ,在层序 I 底界面和层序 II 顶界面处的 $\log R$ 降低为 0 ,在层序 I 和层序 II 的界面处 $\log R$ 没有明显的减小与该时期的湖平面下降规模小有关。在层序 I 和层序 II 的 CS 段 $\log R$ 明显增大 ,并且在同一层序内部有向上、向下逐渐减小的趋势。由此可见 ,AC 与 RT 对应关系良好 , $\log R$ 可以进行层序地层的划分与对比。

5 电导率曲线法(电阻率的倒数)

岩性的电阻率为高阻时反应好 ,低阻(泥岩)时就很难区分高位体系域和湖侵体系域的界面。若将

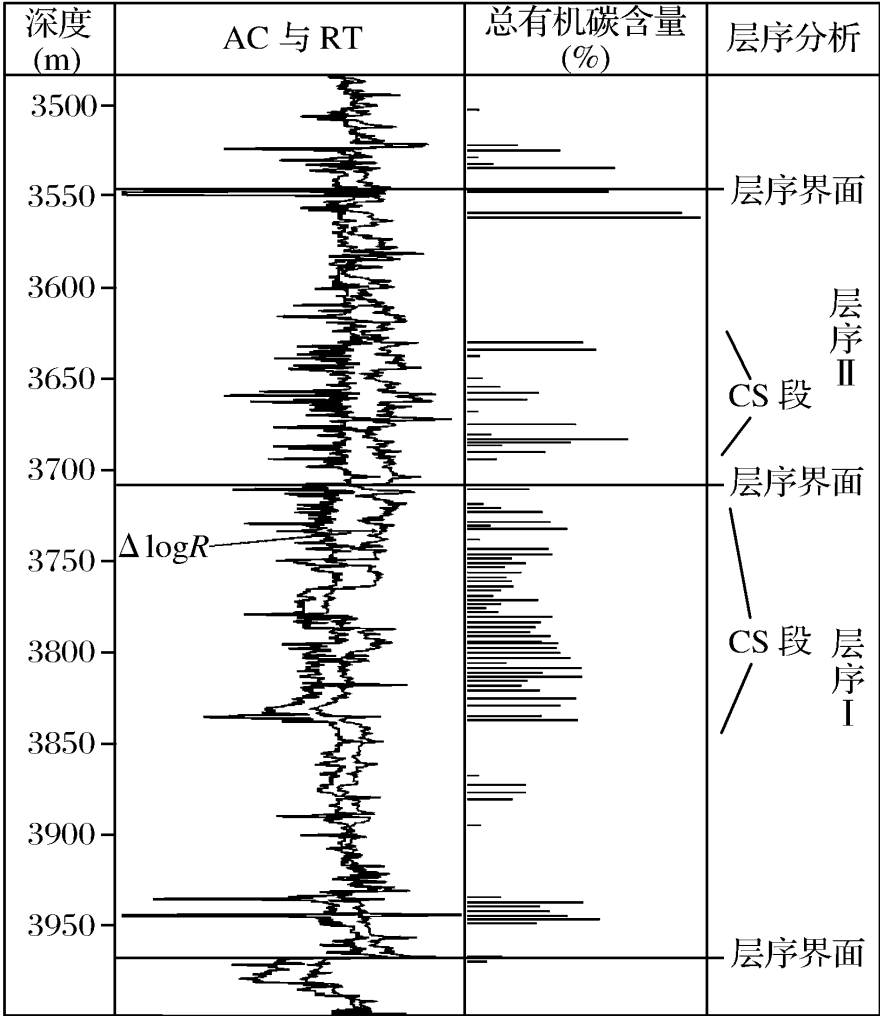


图 4 准噶尔盆地石西 4 井电阻率和声波时差交汇图与层序界面和 cs 段的对应关系

电阻率数据取倒数变为电导率数据曲线,就能反映低阻泥岩最稳定的层段,即最大湖泛面。此方法对于识别最大湖泛面很有效,作者在工作中应用后取得了很好的效果。如准噶尔盆地腹部石南 17 井层序四($S_2^1 - S_1$)的 CS 段在电阻率曲线上为低阻平直段,取倒数成图后,就会变得圆滑,就能很好地识别最大湖泛面(图 5)。

6 其他测井资料的应用

操应长^[7]和王卫红^[5]等也尝试用地层倾角测井来识别以不整合为边界的层序地层界面。自然伽玛能谱测井 Th/U 值剧增有若干个明显的峰值,可以用来识别层序边界^[4-5],而在缓慢沉积段(CS 段)自然伽玛能谱测井 Th/U 值为低^[4-5]。

7 结语

应用测井资料进行层序地层界面识别与划分可以提高层序地层划分的纵向分辨率,是进行层序地层精细划分必不可少的手段。但是在研究的初期使用测井资料必需结合岩心和地震等资料进行综合分析。在应用测井资料进行层序地层界面划分研究中,只有综合应用多种测井资料,才能发挥测井资料的优势,得到正确的结果。

参考文献：

[1] 顾家裕. 陆相盆地层序地层学格架概念及模式[J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(4): 6-10.

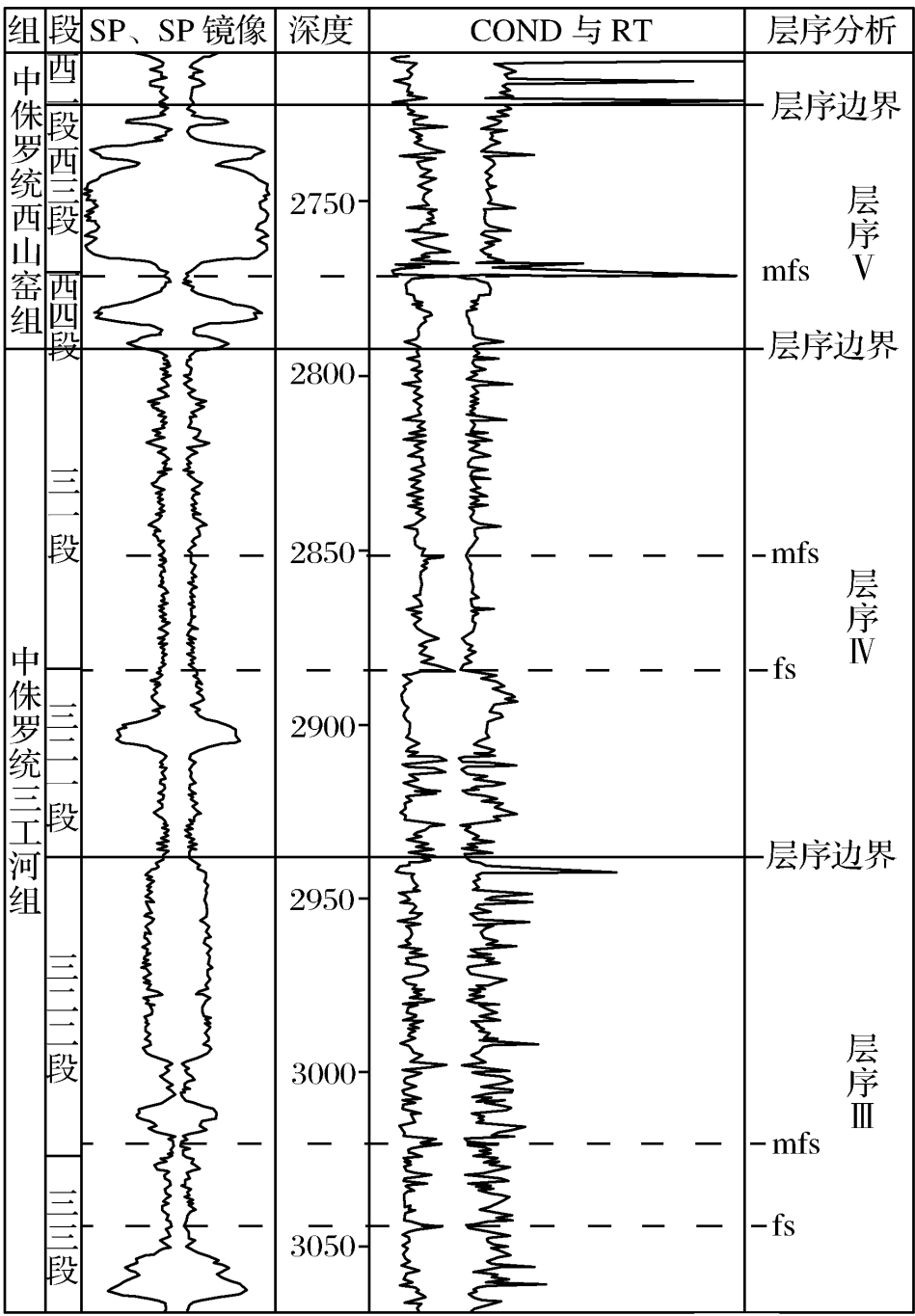


图 5 准噶尔盆地石南 17 井利用感应电导率识别层序界面

[2] 顾家裕, 郭彬程, 张兴阳. 中国陆相盆地层序地层格架及模式[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(5): 11-15.

[3] 贾承造, 赵文智, 邹才能, 等. 岩性地层油气藏勘探研究的两项核心技术[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(3): 3-9.

[4] 操应长, 姜在兴, 王留奇. 陆相断陷湖盆层序地层单元的划分及界面识别标志[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 1996, 2(4): 1-5.

[5] 王卫红, 姜在兴, 操应长, 等. 测井曲线识别层序边界的方法探讨[J]. 西南石油学院学报, 2003, 25(3): 1-4.

[6] 操应长, 姜在兴, 夏斌, 等. 声波时差测井资料识别层序地层单元界面的方法、原理及实例[J]. 沉积学报, 2003, 21(2): 318-323.

[7] 操应长, 姜在兴, 夏斌, 等. 利用测井资料识别层序地层界面的几种方法[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2003, 27(2): 23-26.

[8] 张志伟, 张龙海. 测井评价烃源岩的方法及其应用效果[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(3): 84-87.

[9] 王方雄, 苏坚. 电阻率和孔隙度测井曲线重叠法的新应用[J]. 江汉石油学院学报, 2001, 23(增刊): 69-70.

[10] 杨玉峰, 王占国, 张维琴. 松辽盆地湖相泥岩地层有机碳分布特征及层序分析[J]. 沉积学报, 2003, 21(2): 340-344.

[11] CREANEY S, PASSEY Q R. Recurring patterns of total organic carbon and source rock quality within a sequence stratigraphic framework[J]. AAPG Bulletin, 1993, 77(3): 386-401.

4 结语

在具体储层描述过程中,地震属性提取是地震属性分析的基础,只有提取出反映真实地质体的地震属性,属性分析的结果才具有可用性。由于地震属性本身具有多解性,相同地质特征会有相似属性特征,但相似属性特征并不一定会有相似地质特征,必须紧密结合测井、地质研究结果及现有的钻井动态等,才能更好的发挥属性分析的强大功能,才能使属性分析在岩性油气藏勘探中起到更大的作用。

参考文献：

[1] 姚逢昌,刘雯林,梁青,等.横向预测技术在储层研究中的应用[J].石油地球物理勘探,1991,25(1):31-34.

[2] 秦月霜,陈显森,王彦辉.用优选后的地震属性参数进行储层预测[J].大庆石油地质与开发,2000,19(6):44-45.

[3] 杜世通.探索用地震资料研究油藏参数的技术[C]//地震勘探技术交流论文集(下册).北京:石油工业出版社,1993.

[4] 倪逸,杨慧珠,郭玲萱,等.储层油气预测中地震属性优选问题探讨[J].石油地球物理勘探,1999,34(6):614-626.

[5] 黄真萍,王晓华,王云专.薄层地震属性参数分析和厚度预测[J].石油物探,1997,36(3):28-38.

[6] 凌云研究组.基本地震属性在沉积环境解释中的应用研究[J].石油地球物理勘探,2003,38(6):642-653.

[7] 刘文岭,牛彦良,李刚,等.多信息储层预测地震属性提取与有效性分析方法[J].石油物探,2002,41(1):100-106.

[8] 杨占龙,陈启林,郭精义,等.地震信息多参数综合分析与岩性油气藏勘探——以JH盆地XN地区为例[J].天然气地球科学,2004,15(6):628-632.

SEISMIC ATTRIBUTE ANALYSIS AND APPLICATION IN SUBTLE TRAPS EXPLORATION

HUANG Yun feng , YANG Zhan long , GUO Jing yi , W EILihua
(Northw est Branch , Research Institute of Petroleum Exploration and Development , PetroChian , Lanzhou 730020 , China)

Abstract :Application of seismic attribute in subtle traps exploration makes most of seismic information and seismic attribute analysis is a key of application of attribute in subtle traps exploration . The new method for seismic attribute analysis colligates information of seismic , logs and geology by crossplot and broadcast and cluster with the methodology of science instead of analysis with handcraft and eyeballing . With the method , seismic attribute analysis plays an important role in subtle traps exploration .
Key words : Subtle traps ; Attribute analysis ; Crossplot ; Broadcast ; Cluster .

(上接第 738 页)

IDENTIFYING SEQUENCE STRATIGRAPHY BOUNDARIES USING WELL LOGGING

YU Jun min^{1,2} , LIHong zhe² , LIU Zhen hua² , W EIDong tao² , CHEN Tao²
(1.China University of Geosciences , Beijing 100083 , China ; 2.N orthw est Branch , Research Institute of Petroleum Exploration and Developm ent , PetroChina , Lanzhou 730020 , China)

Abstract :On the basis of the theory of sequence stratigraphy , identifying sequence stratigraphy boundarie using well logging of SP (spontaneous potential) , AC (acoustic time) , RA (apparent resistivity) , electric conductivity were comprehensively analyzed . In this paper , five methods are introduced to recognize sequence stratigraphy boundaries : SP and SP mirror image , method of combination of SP and RA , AC method , crossing method of AC and RA , and electric conductivity method so on . Some examples have applied to prove that these methods are feasible . Applied effect is better .
Key words : Sequence stratigraphy boundaries ; Well logging ; SP (spontaneous potential) ; AC (acoustic time) ; RA (apparent resistivity) ; Electric conductivity .