

井震结合井间等时地层对比方法及其应用

张占松^{1 2)} 朱留方³⁾ 陈 莹³⁾

(1)江汉石油学院 ,湖北 荆州 434102 2)胜利油田博士后工作站 ,山东 东营 257096 ;
3)胜利测井公司 ,山东 东营 257096)

摘 要 井间地层对比是油气勘探开发的重要内容。由于测井资料的井间对比存在穿时问题 ,因此提出一种井震结合的等时地层对比方法。从岩心资料出发 ,利用岩心资料对测井资料进行刻度 ,并充分利用现代测井新技术 ,对测井资料进行岩相、沉积(微)相划分和层序地层分析。通过合成地震记录与层位标定 ,把单井分析结果标注到地震剖面上去 ,确定地震反射同相轴的地质意义。分别利用测井资料和地震资料确定岩相、沉积相以及层序地层特征 ,通过层位标定后 ,使得这些特征在剖面上和空间上达到一致来保证标定结果的准确性。在具有等时意义的地震强同相轴的控制下 ,参考约束地震反演剖面 ,根据高分辨率层序划分结果完成井间等时地层对比。这样的对比保证了井间对比的等时性 ,又确定了地震反射同相轴的地质意义 ,使测井、地震、地质三者紧密结合。这一方法对于建立正确的地层模型具有重要的指导意义。通过在胜坨油田某区块的实际应用 ,取得了良好的效果。

关键词 测井 地震 层位标定 等时地层对比

A Log and Seismic Data Combined Method for
Isochronostratigraphic Correlation between Wells

ZHANG Zhansong^{1 2)} ZHU Liufang³⁾ CHEN Ying³⁾

(1)Jiangnan Petroleum Institute ,Jingzhou ,Hubei ,434102 ;2)Postdoctoral Program of Shengli Oilfield ,Dongying ,
Shandong ,257096 3)Shengli Well Logging Company ,Dongying ,Shandong ,257096)

Abstract Stratigraphic correlation between wells is very important in petroleum exploration and development . As diachronous problems exist in log data correlation ,an isochronostratigraphic correlation method using log and seismic data is described and applied in this study. Based on core analysis ,the authors established lithofacies ,sedimentary facies(or microfacies) and sequence stratigraphic patterns of log data through a comparison between log data and core data. In this way ,lithofacies ,sedimentary facies(or microfacies) and sequence stratigraphy can be determined by log data ,especially by modern log data. With the help of synthetic seismogram and horizontal calibration ,the results of log analysis were labeled to seismic profiles so as to determine the geological attribute of the seismic event. This makes the lithofacies ,sedimentary facies and sequences determined separately by log data and seismic data consistent in seismic profile and space ,and guarantees the correctness of the horizon calibrations. Under the control of a seismic event with isochronous significance and in consideration of the seismic constraint inversion profile ,the isochronostratigraphic correlation between wells was carried out on the basis of sequence stratigraphic analysis. This correlation method guarantees the isochronism of stratigraphic correlation and establishes the relationship between sequence stratigraphy ,sedimentary facies and seismic profile. This closely combines the log ,seismic and geological data. The method is very important in establishing a correct stratigraphic model. It has been applied to a block in Shengtuo oilfield with satisfactory result.

Key words log seismic horizontal calibration isochronostratigraphic correlation

等时地层对比是建立地层模型的基础 ,井间地 比标准 ,测井资料井间对比可分为岩性地层对比和
层对比是油田勘探开发的重要内容。根据不同的对 等时地层对比。利用测井曲线相似性进行地层对比

本文为 CNPC 石油科技中青年创新基金与胜利油田博士后研究项目部分成果。
第一作者 张占松,1965 年生 ,副教授 ,主要从事测井地质、层序地层研究 ,E-mail :zzs223@263.net。

得到的是岩性界面,它们在很多情况下是穿时的,对于油气勘探与开发已逐渐失去意义。等时地层对比是时间地层单元的对比,相对比的地层为同时期的沉积物,得到的地层界面是等时地层界面。由于等时对比能够正确建立岩层空间上的组合发展关系,对于油气勘探与开发具有十分重要的作用。测井与地震资料是油田研究的重要资料,测井资料的纵向分辨率高,但井间测井资料的对比不可避免地会存在穿时性(张占松,2000);地震资料横向连续,而且强同相轴具有等时意义(徐怀大,1997),因此,二者的结合不仅可以充分发挥各自的优势,而且可以得到井与面的有机结合,保证井间地层对比的等时性。

本文从岩心资料出发,利用岩心资料对测井资料进行刻度,并充分利用现代测井新技术(如成像测井资料),对测井资料进行沉积(微)相划分和层序地层分析。通过合成地震记录与层位标定,把单井分析结果标注到地震剖面上去,确定地震反射同相轴的地质意义。在具有等时意义的地震强同相轴的控制下,参考约束地震反演剖面,完成井间地层的等时对比。这样的对比保证了井间对比的等时性,又确定了地震反射同相轴的地质意义,使测井、地震、地质三者紧密结合,以建立正确的地质模型及搞清工区油水关系,指导油田勘探开发。

1 测井资料分析

单井岩相、沉积相与层序地层分析是井间地层对比的基础,目的是为了建立工区地层的标准剖面,弄清地层纵横向发展规律。根据东营凹陷北部陡坡带发育多期次近岸水下扇以及浊积扇沉积复合体的特点,从岩心资料出发,通过岩心资料对测井资料的刻度,并充分利用 FMI 资料所反映的岩石沉积结构、构造以及韵律性特征,建立起水下冲积扇体的扇根主水道、扇中辫状水道、扇中前缘、水道间以及扇端等的沉积微相模式特征。利用这些典型的微相与测井曲线的对应关系,对单井资料进行沉积微相分析。通过分析建立起工区以退积为主的沉积序列,即自下而上总体上为水下冲积扇扇根-扇中-扇端-半深湖-浊积扇(砂)-半深湖或深湖的沉积演化序列。

在沉积相分析的基础上,充分利用岩心、测井资料,特别是 FMI 资料等所反映出的单一相物理性质的垂向变化、相序与相组合变化、旋回叠加样式的改变和地层几何形态与接触关系等特征来识别基准面旋回和地层特征。通过分析确定研究工区沙三下地

层由一个完整的上升半旋回和下降半旋回组成,上升半旋回主要由退积的冲积扇组成,反映了沉积基准面逐渐上升,可容纳空间逐渐增大;下降半旋回主要由进积的浊积扇(砂)组成,反映了沉积基准面逐渐下降,可容纳空间逐渐减小的沉积过程。在上升半旋回与下降半旋回之间沉积以油页岩(或油泥岩)为特征的密集段在测井资料上的明显特征为高声波时差、高中子孔隙度和比泥岩高的中等电阻率值, FMI 资料上显示为水平纹层层理。根据层序地层学原理,它可以作为井间等时对比的优选位置(邓宏文,1995)。但井与井之间这一位置是否一致,还须由地震资料标定对比之后来确定。

2 井震结合

作为等时地层对比的手段,将测井曲线确定的地层与地震剖面横向上可以追踪的地层详细结合起来,可以得到较好的效果。

2.1 合成地震记录与层位标定

由于工区没有 VSP 资料,因此人工合成地震记录是联接测井资料和地震资料的桥梁。层位标定过程既包含了由井到面的过程,也包含了由面到井的过程(张占松,2000),关键是地震反射属性的分析。分别利用测井资料和地震资料确定岩相、沉积相以及层序地层特征,通过层位标定后,使得这些特征在剖面上和空间上达到一致来保证标定结果的准确性。图 1-a 是根据测井、地震多元综合标定的结果。表面上看它是合理的,但是在同相轴地质属性和层序地层分析之后发现,该井中的密集段同相轴标定在了其他井标定的密集段同相轴之上,井与井之间密集段标定在地震剖面上出现了不一致,通过横向上井与井之间层序一致性和地震层序分析结果,密集段同相轴应该是下一条同相轴,根据这一分析结果,重新标定了该井资料,结果如图 1-b 所示,无论是同相轴的相关性,还是地质属性的空间一致性都更为合理。事实上,通过沉积体系以及油水关系分析,也证实图 1-b 更为正确。

2.2 过井剖面的反演

约束地震反演技术将地震、地质、测井资料有机地结合为一体,把地震资料的常规界面反射型剖面反演成能与测井直接对比的岩层型波阻抗剖面或地层速度属性剖面。它可以分析储集体、岩相以及沉积体系的空间变化,这些分析结果可用于指导井间地层的等时对比。

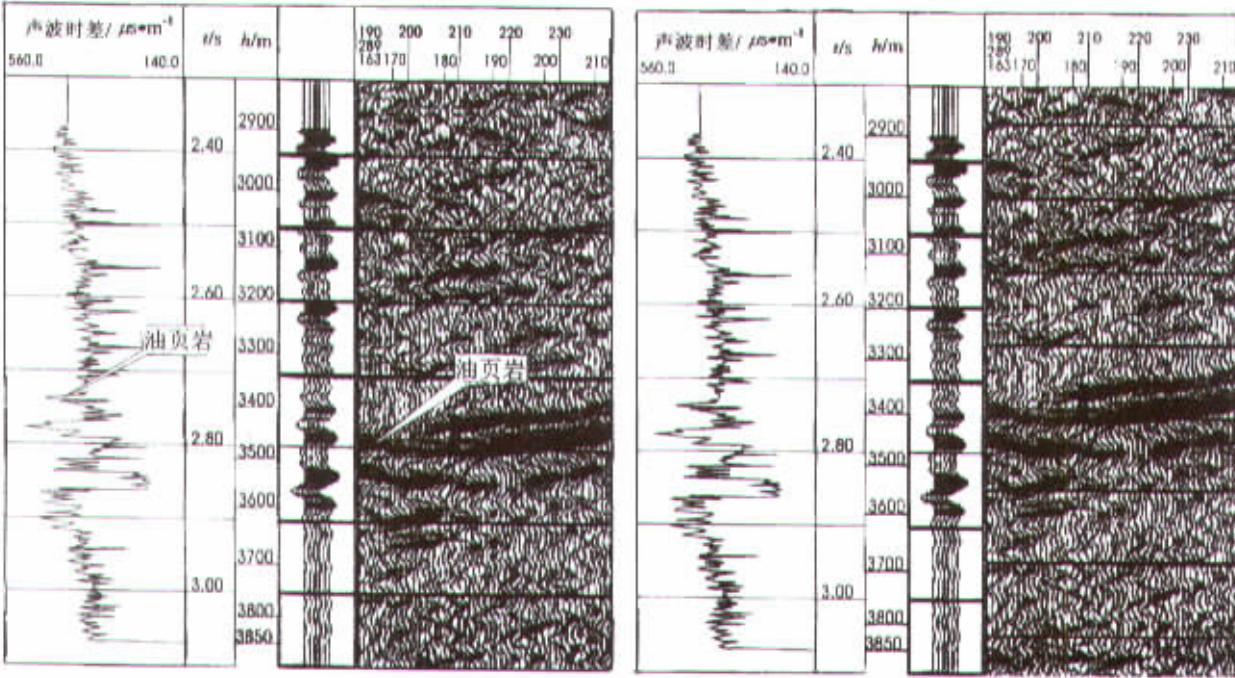


图 1 2 种合成记录标定结果的比较

Fig.1 The comparison of two horizon calibrations

2.3 建立层序、相与地震剖面之间的关系

在地震剖面上识别的层序、体系域的边界是一个物理面 , 同时也是一个具年代地层学意义的界面 , 这是利用地震资料进行层序地层学解释研究的基础。通过层位标定建立起了地震反射与测井资料的对应关系 , 根据测井资料的沉积相与层序划分也就在地震剖面上建立起沉积相与沉积体系 , 进而建立起层序地层格架 , 反过来 , 这一层序地层格架又可以指导井间地层对比。由于地震反射同相轴具有等时意义 , 因此在地震同相轴控制下的地层对比是等时地层对比。

3 对比方法

理论上所采用的地层单元的相似性原理、沉积旋回、层序地层学中的基准面旋回、等时地层格架等理论 , 都是为了把同一时期沉积的砂砾岩体划分为同一个地层单元 , 从而建立起正确的沉积体系 , 所以砂砾岩体的横向对比中 , 最重要的是等时性。但由于工区砂砾岩体沉积的多期次性叠覆的特点 , 对于砂砾岩体的期次划分和不同扇体间的对比问题 , 相对而言要复杂的多。要解决这个问题 , 比较可行的办法是以钻井、测井资料为主 , 结合地震资料综合对比。一般情况下 , 层序内部的反射波具有较好的等

时性 , 所以 , 用地震资料在宏观上控制测井资料的地层对比是非常必要的。实践证明 , 通过测井资料和地震资料的综合对比可以较好地解决砂砾岩体内部的地层划分对比问题。针对东营凹陷北带陡坡砂砾岩体沉积 , 提出如下的对比步骤 :

(1) 确定具有等时意义的对比点。在成因层序的对比中 , 基准面旋回的转换点 , 即基准面由下降到上升或由上升到下降的转变位置 , 可作为时间地层对比的优选位置(邓宏文 , 1995)。密集段和层序界面是基准面旋回的转折点 , 具有等时意义 , 可用作等时对比点。通过井震结合可确定剖面上的对比点位置 , 例如图 1 所示密集段强同相轴。

(2) 地震剖面上的追踪对比。对于井震结合确定的对比点强同相轴进行过井剖面或空间上的追踪对比 , 使得井与井之间、井与剖面之间岩相、沉积相以及层序地层划分结果相一致 , 并把这一结果作为控制井与井之间等时对比的条件。

(3) 在强同相轴控制的井段内 , 两口井之间根据旋回关系和地质模型的沉积相组合关系的合理性 , 并参考反演剖面进行对比。

图 2 是工区 SN 向井间测井曲线对比图。由图看出 , 在地震强同相轴控制下 , 密集段的油泥 (页) 岩沉积被作为具有等时意义的对比标志。最大水泛面

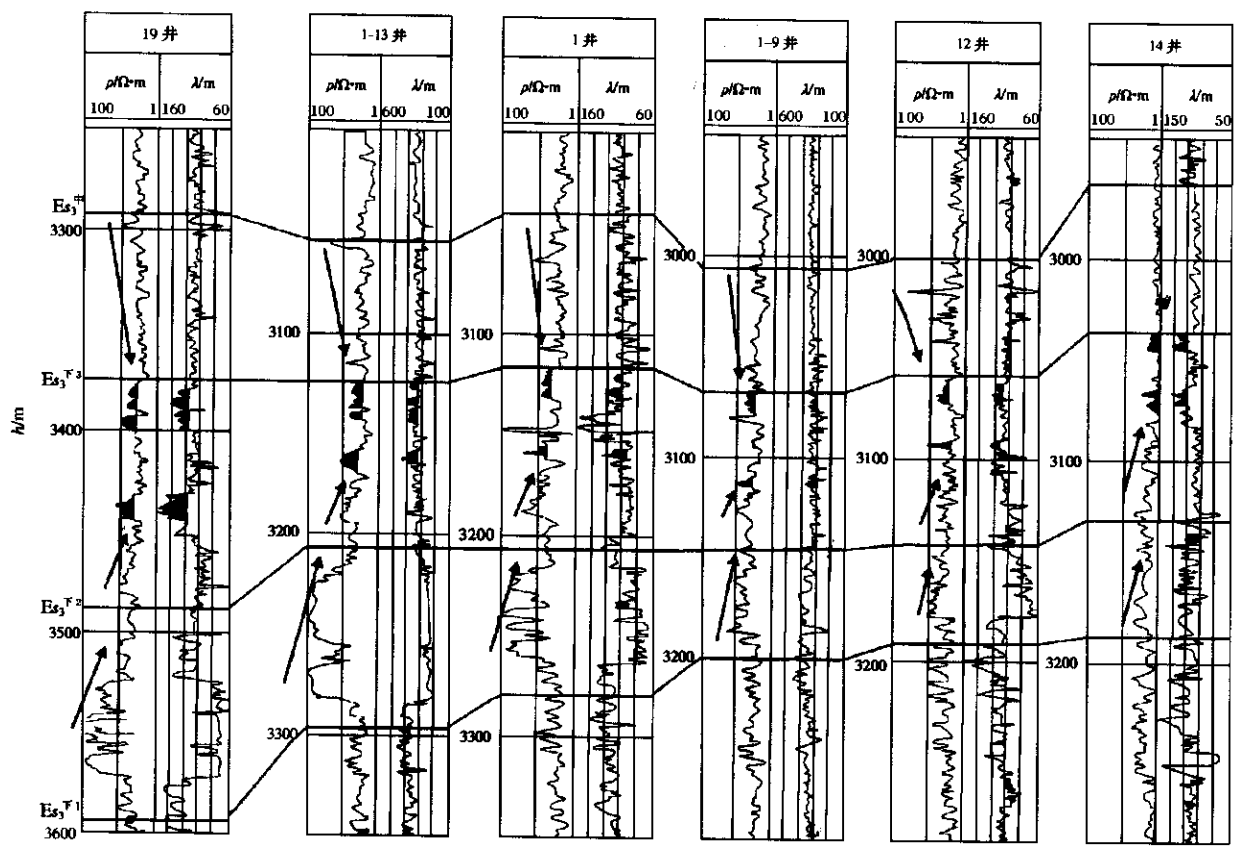


图 2 工区 SN 向联井对比剖面图

Fig.2 Isochronostrigraphical correlation between wells from south to north in block Tuo71

涂黑部分为油页(泥)岩,箭头表示短期旋回

之下,湖盆水体不断向北扩展,水体深度不断加大,在工区广泛发育水下冲积扇。这些扇体呈退积式不断北移。因而在测井单井相序上,自下而上表现为正韵律的退积序列。在最大水泛面之上,发育多期进积浊积扇(砂)沉积,在测井单井垂向相序上,自下而上表现为进积序列。研究井段总体上为水下冲积扇扇根-扇中-扇端-半深湖-浊积扇(砂)-半深湖或深湖沉积演化系列。

4 结论

- (1) 单独依靠测井资料的井间地层对比,可能产生穿时现象。井震结合是井间地层对比具有等时意义的保障。
- (2) 通过地震反射属性的确定和层序地层分析,可以使层位标定更准确。

- (3) 井震结合不是简单意义上的层位标定,它是建立在岩相、沉积相以及层序地层分析基础上的,测井、地震、地质三者统一的有机体。只有这样才能保证建立合理的地层模型。
- 致谢 感谢胜利油田物探研究院地质研究所提供的资料。

参 考 文 献

邓宏文. 1995. 美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学. 石油与天然气地质, 18(2): 89~97.
徐怀大. 1997. 陆相层序地层学研究中的基本问题. 石油与天然气地质, 18(2): 83~89.
张占松. 2000. 测井资料识别层序的方法及问题讨论. 石油勘探与开发, 27(5): 119~121.
张占松, 甘利灯, 徐怀大. 2000. 循环井震结合法划分地层层序. 石油地球物理勘探, 35(3): 372~376.