

测井资料在层序地层学研究中的应用

Ndongami L.Hinsai

(中国地质大学石油系)

摘要 测井资料具有很高的纵向分辨率,是层序地层学研究不可缺少的一种资料。本文基于大港油田板桥凹陷的某项目,对准层序组、体系域中测井曲线所反应出的特征进行了归纳总结,并对测井曲线在层序界面识别工作中所起的作用进行了分析。

关键词 测井资料 层序地层学 体系域 层序界面 板桥凹陷

层序地层学自20世纪80年代中期引入我国后,对于这门学科的研究得到了很快的发展。层序地层学的理论进入我国并很快引起广大地质工作者的极大兴趣和热情。

目前,层序地层的研究主要采用地震、测井、钻井和露头等资料进行综合研究,这些技术方法在研究工作中起了重要的作用。其中测井资料反映了地下沉积地层旋回变化的丰富信息,可以用于层序地层划分的测井定量评价研究。用测井资料划分层序,不仅具有较高的纵向分辨率,而且可使地层的纵向划分和横向对比定量化。

1 应用测井资料划分的可靠性

由层序地层学原理可知,地层具有旋回性^[1],地层的旋回性是地层岩石组合规律的变化特点的反映,岩石组合规律的变化特点必然在测井曲线上有所反映,而这种旋回性在测井资料上表现为粒度和岩性的韵律性,所以层序内部砂泥岩的变化也可作为划分层序的依据。利用测井曲线进行旋回性研究主要是对测井曲线形态组合规律进行研究;而且测井曲线的突变往往反映了层序地层的更迭,以测井曲线为基础提取出的各种参数也是测井曲线某种特征的反映,即可以对应一定的地质和沉积特性。测井曲线具有较高的纵向分辨率,可以划分出大多数地层单元,如层序、准层序组、准层序、层组等。

2 准层序组和体系域特征

2.1 准层序组识别特征

准层序是层序地层分析中最基本的沉积单元。一个准层序是以洪泛面和与之可以对比的面为界划分的在成因上有联系的、相对统一的一套岩层或岩层组。准层序的基本特点是沉积环境的水深向上变浅,它是在两次小的水泛之间的沉积^[2]。准层序界面为洪泛面,是水深急剧增长并超过沉积速率所致。

准层序组是具有特征堆砌样式的一种地层序列由成因相关的一套准层序所构成,其边界为一个重要的洪泛面和与之可对比的面,有时它与层序边界一致。在测井曲线及岩性剖面上准层序界面具有如下特点^[1]:岩层厚度突变、岩性突变;测井曲线值突然改变。

根据准层序的垂向组合关系(叠置样式),可将准层序组划分为进积、加积和退积三种类型。

进积式准层序组总体构成一个向上水替变浅的准层序堆砌样式。该沉积序列常响应与自然电位曲线的厚层高副复合箱形、漏斗特征。

退积式准层序组总体构成一个向上水替变深的准层序堆砌样式。在自然电位曲线上,每个准层序对应于箱形-漏斗特征或漏斗形。向上泥岩基线所占比重越来越大。

加积式准层序组是在沉积物沉积速率基本等于可容纳空间增长速率的情况下形成的,所以相邻的准层序之间没有明显的沉积岩相侧向移动。准层序内部的砂泥岩、粒度等没明显变化,每个准层序的自然电位曲线有很好的相似性。

2.2 体系域识别特征

体系域是一个连续的同期沉积体系的组合^[3]。测井层序的划分基础是对准层序组的识别和体系域的分析。

低水位体系域发育于可容纳空间的快速大幅度减小至快速增大之前。在自然伽马和自然电位测井曲线上,盆底扇呈光滑柱形显示,上、下界面处测井曲线发生突变;斜坡扇呈齿状双卵形显示,上部具有向上变细的钟形特征;前积复合体呈齿状漏斗形显示。在地层倾角测井矢量图上,低水位体系域一般以乱模式为特征,晚期可能出现绿模式或红模式,反映出快速堆积的沉积环境。低水位体系域的顶界是首次洪泛面,底界是层序的底界面^[4]。

水进体系域发育于可容纳空间增大至最大增长速率之间的时间段。随着可容纳空间的不断增大,盆地内的沉积物供应逐渐减少,沉积物几乎全部被保存在不断上超的岸线附近,准层序以退积型式叠加。在自然伽马和自然电位测井曲线上,水进体系域呈齿状钟形显示。在地层倾角测井矢量图上,一般以红模式显示,反映向上变细的沉积环境,水进体系域的顶界是最大洪泛面。

高水位体系域发育于可容纳空间增长速率最大至增长停止或开始减小之间的时间段。随着可容纳空间增长速率的减小,准层序组将由退积型式转变为前积型式,沉积物不断向盆地前积。在自然伽马和自然电位测井曲线上,高水位体系域呈齿状柱形、齿状漏斗形显示^[5]。在地层倾角测井矢量图上,一般以绿、蓝模式显示,反映向上变粗的沉积环境,高水位体系域的顶界是层序界面。

研究区为大港油田板桥凹陷位于黄骅拗陷中北部,为黄骅拗陷伸展—裂陷阶段形成的半地堑箕状断陷,它具有断裂深、沉降幅度大、沉积厚的特点。以沙三段为主体的广泛分布的湖盆沉积,发育多套油气生储盖组合。沙三段沉积于断陷湖盆扩张深陷期,北部和西部不同物源区控制了不同沉积体系的发育,主要形成了扇三角洲—深水浊积扇—深湖沉积体系和近岸水下扇—深湖沉积体系。

沙二段层序,主要以低位体系域和高位体系域为主,湖进体系域地层相对很薄,图1中的SP(左)曲线和Rt(右)曲线较具代表性。由于湖进体系域地层薄,测井曲线主要以漏斗型—箱形为主。

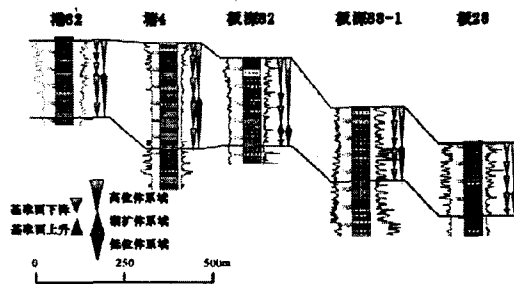


图1 大港油田板桥凹陷过港82—塘4—板深82—板深88-1—板28等井的层序格架剖面

3 层序界面识别

划分层序地层的关键在于不同级别层序界面的识别。不同的层序界面岩性和沉积特征差异较大,反映到测井曲线上可表现为不同的幅度和频率(尺度)特征。测井曲线的幅度和趋势变化在一定程度上反映了沉积环境的变化,沉积环境的变化是层序界面形成的重要因素。

层序界面和最大湖泛面是层序地层学研究中两个重要的界面,是进行盆地级区域性层序地层等时性对比的关键界面。层序界面对应于侵蚀不整合面或无沉积间断面及其与之相对应的整合面,最大湖泛面是划分湖侵域和高位域的界面^[6]。

3.1 层序界面的一般识别特征

层序界面特征一般比较复杂,在不同的沉积部位表现出不同的特征,并可以用不同的标志加以识别。层序界面在测井上有明显的反映,起反映的类型和样式概括起来主要有以下3种:

(1)由层序地层学原理可知,层序地层具有旋回性^[1],而这种旋回性在测井资料上表现为粒度和岩性的韵律性,所以层序内部砂泥岩的变化也可作为划分层序的依据。而且测井曲线的突变往往反映了层序地层的更迭。层序界面位于测井曲线基值发生明显转变的转折点上。当层序界面为不整合面或较大沉积断面时,界面上下地层岩相和

压实作用的差异性较大,因此其测井曲线的基值就会发生明显的改变。

(2) 层序界面位于反映加积或退积的正旋回和反映进积的反旋回自然电位曲线之间,这是高位体系域发育进积型沉积型沉积体系的测井响应特征,如图2所示。

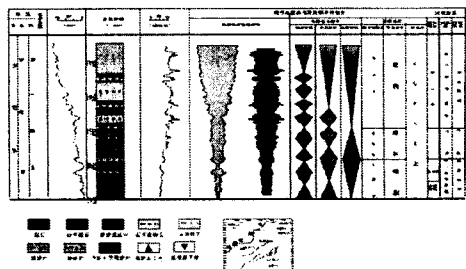


图2 板桥凹陷及周缘钱1井SQES-1层序地层和沉积体系分析柱状图

(3) 当层序界面位于河流下切作用而形成的下切河道或低位扇体砂底部时,其在测井曲线上,则表现为层序界面位于加积的“箱状”或退积的正旋回“钟形”自然电位曲线底部。见图3,沙二段底部低位域的沉积相是分流河道,测井响应特征是呈“钟形”,其底部就是沙二段的层序界面。

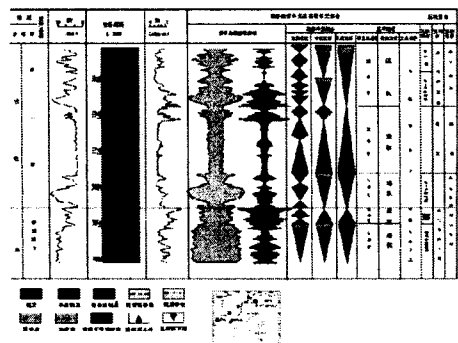


图3 板桥凹陷及周缘B-72井SQES-1、SQES-2层序地层和沉积体系分析柱状图

3.2 声波时差测井资料的识别

声波时差是对沉积地层的岩性、物性、孔隙和裂缝中的流体性质等因素的综合响应。Magara K (1976年) 总结前人的研究成果,提出泥页岩在正常的压实情况下声波时差的对数与埋深存在线性关系。沉积地层中的不整合在声波时差测井上具有响应异常^[6],此处所说的不整合是指岩石地层在沉积上缺少连续性的特征,不整合面对应于层序地层中的层序界面。不整合的形成将导致某些因素出现异常,从而使沉积地层的声波时差偏离正常趋势线,这是进行不整合或层序边界识别的理论基础。在地层垂向剖面中,当这些因素发生异常时,声波时差也随之发生变化,特别是当上述因素变化不是按正常趋势变化时,声波时差随深度变化的趋势将出现异常。岩性对声波时差的影响明显,在分析研究过程中,为了消除岩性的影响,在同一口井中选择同一岩性作为研究对象,一般选用泥页岩。对于泥岩,随深度增加,声波时差减小,可以利用泥岩趋势线的变化特征方法来帮助分析沉积间断的存在。

3.3 声波时差曲线和电阻率曲线叠合法

最大湖泛面是湖侵域和高水位域的分界面,且在界面上下形成了特殊的生油岩密集段(简称CS段)或缓慢沉积段^[9]。在单一层序地层

剖面中,TOC的峰值与最大海(湖)泛面对应,且CS段多为TOC高值段,层序界面常对应于TOC的低谷。因此,声波时差曲线和电阻率曲线叠合图上的幅度差($\Delta \lg R$)与层序界面和CS段间存在良好的对应关系。 $\Delta \lg R$ 方法适用于沉积盆地内的正常沉积地层^[5]。一个层序内的沉积地层与水体深度关系密切,水深在垂向上存在明显的深浅变化,这种变化一般将影响沉积地层中的TOC值。而陆上沉积或于盐湖沉积与水体深度无关,沉积地层中的有机质含量很低,因此, $\Delta \lg R$ 方法在此类地层中基本不适用。

3.4 地层倾角测井法

地层倾角矢量图能识别出大的不整合面,但常规蝌蚪图较分散,也存在多解性;累计地层倾角图,即使不整合面上下地层倾角相差很小,也能用它来识别不整合面。对于一组地层倾角,把测量结果按由浅到深进行排列,对每一测点结果给定一个编号,最浅的编号为1,向下依次增加。在交会图上,纵轴为测点编号,横轴为累计倾角值,解释的重点在累计倾角图上的转折^[1],通常转折对应层序界面。累计倾角图对于识别层序边界非常有效。累积地层倾角法主要适用于沉积时具有较好地层产状的正常的沉积地层理论上该方法主要识别角度不整合面,但在断陷湖盆边缘地区,平行不整合上下地层产状存在轻微的差异,也可以运用该方法进行界面识别。

3.5 成像测井资料在层序地层界面识别中的应用

目前,在地质应用方面,声电成像测井资料可以识别不整合。不整合的主要特征之一是在一个不谐和面的上下地层产状及岩性的突变,相应的测井资料有一定的响应特征。在成像图上观察岩石结构的变化,有时可判定到不整合面^[5]。不整合面之上的岩石结构具有砾状结构,不整合面之下从砾状构造逐步变为块状构造,成像一般从暗色逐渐变为亮色。在成像测井处理图上识别短期基准面旋回的标志主要有层理类型、粒序变化、旋回性分析、岩性突变、地层界面接触关系、不整合面等。

4 结语

做层序地层研究工作,仅仅靠测井资料是不够的。利用测井资料确定层序和地层对比,必须用地震资料加以约束。利用测井资料识别层序地层界面是层序地层研究中的一种辅助研究方法和手段,在研究区初期使用时,需要结合地震、岩心等资料进行综合分析。在掌握了研究区内层序地层界面在测井资料上的基本响应特征后,才可单独使用。只有这样,利用测井资料进行层序地层单元及其界面划分和识别才能得到正确结果,才能建立起合理的层序地层格架。

参考文献

- [1] 汪彦,彭军,游李伟等.中国高分辨率层序地层学的研究现状[J].天然气地球科学,2005,16(3):352~358
- [2] 王贵文,邓清平,唐为清.测井曲线谱分析方法及在沉积旋回研究中的应用[J].石油勘探与开发,2002,29(1):93~95
- [3] 威尔格斯ck编,徐怀大,魏勉生,洪卫东等译.层序地层学原理(海平面变化综合分析)[M].北京:石油工业出版社,1994
- [4] 张占松.测井资料识别层序的方法及问题讨论.石油勘探与开发,2000,27(5):119~120
- [5] 李霞,范宜仁,邓少贵,房文静.利用测井资料研究层序的方法述评,2006,30(5):412~413
- [6] 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.石油大学学报,2003,27(2):25~26
- 作者简介 Ndongami L.Hinsai (1978-),来自中非共和国,现就读于中国地质大学(武汉)研究生院,学习石油地质专业。

(收稿日期:2008-03-28)

[4] 王世襄.髹饰录解说.文物出版社,1983年3月第1版;沈福文.漆器工艺技术资料摘要.文物参考资料,1957,7

[5] 新唐书·肃宗纪

[6] 旧唐书·代宗纪

[7] 杨有润.王建墓漆器的几片银饰件.文物,1957,7

[8] 陈鼎.常州等地出土五代漆器刍议.文物,1987,8

作者简介 刘中伟(1978-),郑州大学历史学院秦汉考古2005级研究生。

(收稿日期:2008-04-20)

(接14页)平脱并未消亡,而是以新面目呈现在人们的面前。时至今日,人们通过考古发掘和传世遗物以及当代此类器物的制作,仍然能够感受它独具特色的艺术魅力。

参考文献

- [1] 唐段成式.酉阳杂俎(卷一)
- [2] 唐姚汝能.安禄山事迹(卷上)
- [3] 李书谦在.浅谈三门峡唐代特殊工艺镜.中原文物,1999,3