

· 综合研究 ·

真地层切片的拾取及应用

董建华* 范廷恩 高云峰 樊鹏军 张会来

(中海石油(中国)有限公司北京研究中心,北京 100027)

董建华,范廷恩,高云峰,樊鹏军,张会来. 真地层切片的拾取及应用. 石油地球物理勘探, 2010, 45(增刊1): 150~153

摘要 地震切片(水平切片、沿层切片和地层切片)技术是地震资料解释的一种常用手段,但在复杂地质条件下存在穿时现象。本文依据前人对地震切片技术穿时问题的认识,基于地震资料同相轴为基本等时地层单元的假设,严格沿着地震资料同相轴产状变化趋势,应用基于倾角控制体的自动追踪技术获得了真地层切片,在此基础上结合地质特征及地震响应特征,搭建了目的层段的精细等时地层格架,开展了储层内部小层对比划分、垂向构造变化以及横向展布特征分析,取得了较好的效果。

关键词 地震切片 穿时 同相轴 等时地层单元 真地层切片 等时地层格架

1 引言

随着地震解释工作站软硬件的不断升级,水平切片、沿层切片和地层切片等常规地震切片分析技术得到越来越广泛的应用,尤其是在相对简单的地质条件下,地层切片技术在地震资料解释方面取得了较好的效果,但在复杂地质条件下,利用地震切片技术进行储层特征描述则很难取得令人满意的效果。究其原因,制约地震切片技术发展和应用的核心问题是地震切片的穿时问题。自从地震切片技术问世以来,穿时问题就一直受到人们的关注,前人在这方面也进行了有意义的探讨。Zeng等^[1,2]根据油田实际地层界面发育情况,通过构建复杂三维多层介质地质模型,应用地震切片技术提取地震属性,对切片的穿时问题及地震属性随岩性变化等问题进行系统研究后认为,不恰当地拾取地震切片会产生穿时现象,在此基础上进行储层特征描述将会导致错误的结论。张军华等^[3]通过构造河道砂体沉积模型,分析探讨了地震切片的穿时问题。钱荣钧^[4]根据地震波形成的机理,讨论了地震数据的物理意义及与地质信息的关系,指出利用地层切片技术研究特殊岩体的形态是有效的,同时也指出了地层切片的适用范围。刘洪林等^[5]指出了应用地层切片技术

时应注意的一些问题以及地层切片技术应用的局限性等。王长江^[6]、王鹏^[7]、刘勇^[8]等分别在不同的油田区块成功应用地层切片技术,并取得了一定的应用效果。

本文依据前人对地震切片技术穿时问题的认识,基于地震资料同相轴为基本等时地层单元的假设,提出了真地层切片的概念,详细探讨了真地层切片技术的具体实现流程和关键技术环节,并重点分析了真地层切片技术的实际应用效果。

2 真地层切片及其实现

2.1 真地层切片的概念

地震切片技术是地震资料解释的一种常用手段,尤其是在油气田开发阶段应用更为广泛,目前常用的地震切片技术有水平切片、沿层切片和地层切片。水平切片是沿某一固定地震旅行时间从地震数据体中提取的切片,在构造解释以及断层平面组合等方面发挥着重要作用。当沉积地层起伏变化时,水平切片是穿时的,不能准确地描述储层内部的结构特征(图1a)。沿层切片是沿着已解释的地震层位漂移一定的时窗提取的切片,运用沿层切片技术不仅可以刻画地层的沉积现象,而且可对古地貌、古海岸线的变迁进行有效的恢复,但是沿层切片也存

* 北京市东城区东直门外小街6号海油大厦512室,100027

本文于2010年5月31日收到,修改稿于2010年8月26日收到。

在穿时现象,因此不能准确地描述储层内部的结构特征(图 1b、图 1c)。地层切片是在地层顶、底界面间按照厚度比例线性内插一系列的层面而逐一生成的地震切片,地层切片在一定程度上能够解决很多

储层描述问题,但当储层顶、底界面不能很好地控制储层内部地层产状的变化时,地层切片也存在穿时现象,也不能准确地描述储层内部的结构特征(图 1d)。

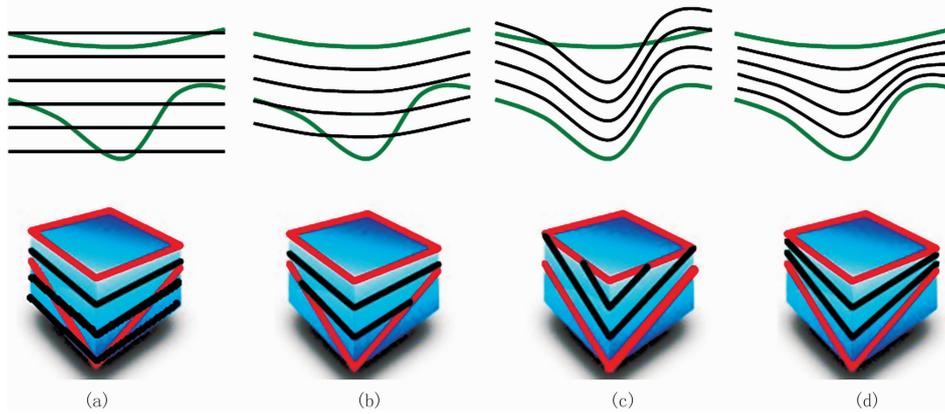


图 1 常规地震切片示意图

(a)水平切片; (b)沿顶切片; (c)沿底切片; (d) 地层切片

在油气田开发阶段需要搭建更加精细的等时地层格架,针对常规地震切片中存在的穿时问题,文中提出了真地层切片的概念。真地层切片是在地震资料同相轴为基本等时地层单元的假设下,严格沿着地震资料同相轴产状变化趋势提取的地震切片(图 2)。应用真地层切片能够很好地解决地震切片的穿时问题,在储层内部搭建精细的等时地层格架,能更加准确地描述储层内部的结构特征。

2.2 真地层切片技术的实现

根据层序地层学和地震勘探的基本理论,实现真地层切片的关键在于准确表征地层的产状和结构

特征,因此可以利用地层的产状属性(倾角和方位角)控制地震数据,开展区域层位自动追踪实现真地层切片。真地层切片技术实现及应用的基本流程主要包括数据准备、获取切片和灵活应用三部分(图 3)。在数据准备阶段要对地震资料品质及地震响应特征进行分析,并开展一系列的解釋性处理工作以增强地震资料同相轴的连续性,为真地层切片的获取做好准备。在获取真地层切片阶段主要采用基于倾角控制体的自动追踪方法,具体步骤包括:①利用数学算法从地震数据中提取倾角控制体;②选定种子点,在待分析的层段内确定需要提取的切片个数;③在种子点的各个样点处利用倾角和方位角信息控制,追踪到下一个样点;④将此样点作为新的种子点,再用倾角和方位角信息控制进行追踪。以此类推,直到完成全区的自动追踪获得真地层切片(图 4)。在获取真地层切片后的首要任务就是搭建目的层段的精细等时地层格架,并在此基础上开展地震属性分析工作,进而准确描述储层的内部结构特征。

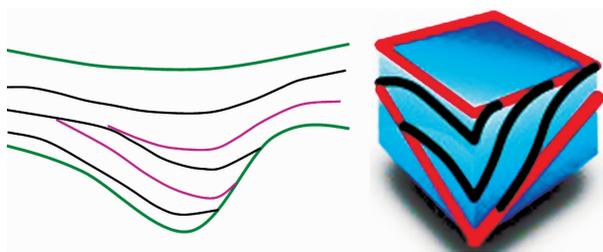


图 2 真地层切片示意图

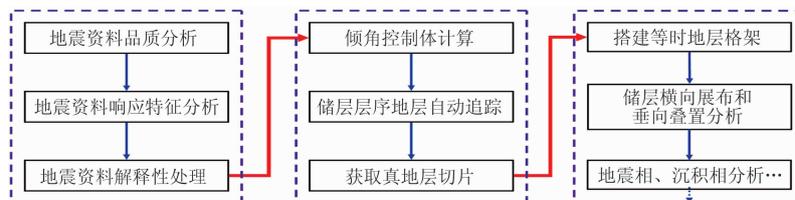


图 3 真地层切片实现的基本流程

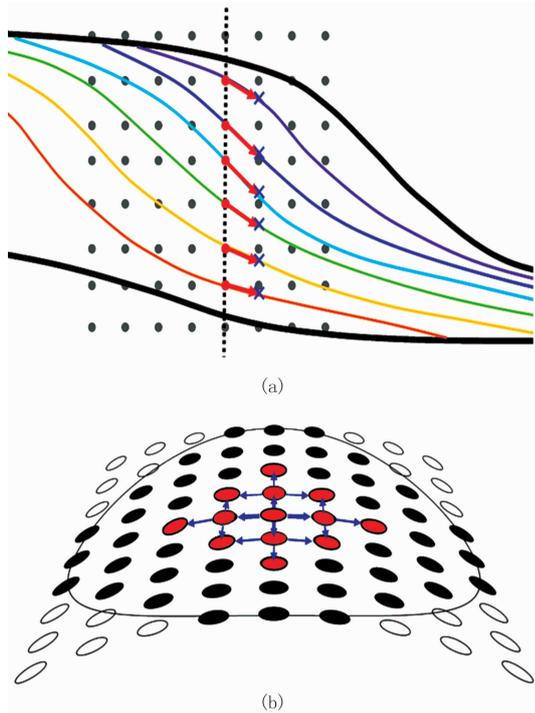


图4 真地层切片剖面示意图(a)及平面示意图(b)

图 a: 浅灰色点表示地震采样点; 黑色虚线表示选定的初始种子点位置; 红色箭头表示种子点处地震同相轴的产状; 蓝色×符号表示从种子点处按同相轴产状控制追踪得到的新样点; 黑色粗线表示目的层顶底面控制层位; 内部彩色细线表示最终追踪获得的内部小层。图 b: 中心红点表示选定的初始种子点; 蓝色箭头表示由种子点向外扩散追踪的方向

3 真地层切片技术的应用

本次研究主要选取渤海 A 油田的实际资料进行分析, 按照图 3 的流程成功获得了真地层切片, 搭建了精细的等时地层格架, 并在此基础上展开了储层内部小层对比划分、垂向构造变化以及横向展布特征方面的分析工作, 取得了较好的效果。

3.1 搭建精细等时地层格架

在油气田的开发阶段, 等时地层格架搭建的精细程度在一定程度上影响着油藏描述的精度。充分利用真地层切片技术, 将目的层段地震资料各个同相轴的峰值点和零值点都自动追踪出来, 结合地震资料波组响应特征和地质特征, 可以在目的层段搭建精细的等时地层格架。

本次研究应用基于倾角控制体的自动追踪技术获得了该区的真地层切片, 结合该区地质特征及地震响应特征, 搭建了目的层段的精细等时地层格架(图 5)。

3.2 指导小层对比划分

在油气田开发阶段, 小层的对比划分至关重要, 直接影响对目的层段的准确认识, 影响砂体叠置和连通模式的认识, 进而影响开发模式和注采关系的建立。利用真地层切片技术在搭建精细等时地层格架的基础上进一步结合测井资料可以指导小层的对比划分。

通过 A 井和 B 井的井间资料对比认为, 目的层段存在上、下两套砂体, 而且井间砂体的横向连通性很好(图 6a)。结合地震资料应用真地层切片技术分析后发现, 该区目的层段存在典型的具侧向迁移叠置特征的四套砂体, 而且井间砂体横向是不连通的(图 6b), 这些认识将直接影响开发方案的设计。

3.3 垂向构造变化特征分析

在搭建精细等时地层格架的基础上, 绘制了各层段顶面构造图(图 7), 可进而分析油田区内的垂向构造变化特征, 准确刻画各小层顶面构造形态。

3.4 横向储层展布特征分析

在获取真地层切片的基础上, 沿层间进行地震属性分析, 能够更加准确地描述储层的横向展布特征, 为目标砂体的搜索提供依据。

图 8 为层间均方根属性平面图, 由图中可见, 研

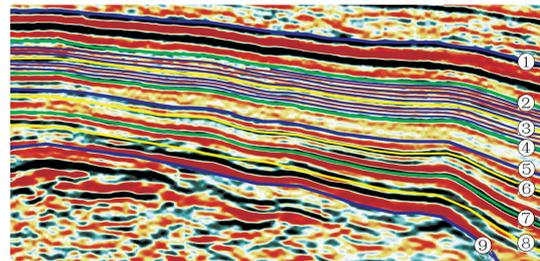


图5 精细等时地层格架

蓝色层位为一级层序界面, 绿色层位为二级层序界面, 黄色层位为三级层序界面

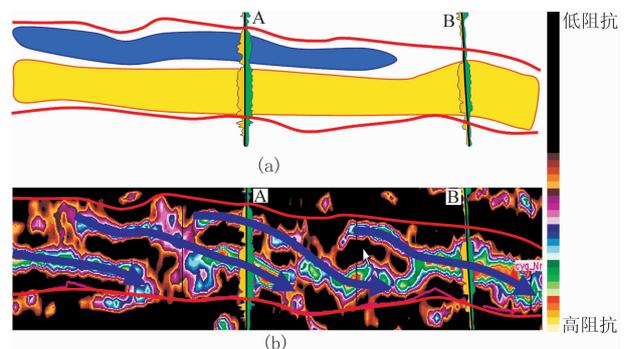


图6 小层对比划分结果

(a)井间对比结果; (b)地震属性分析结果

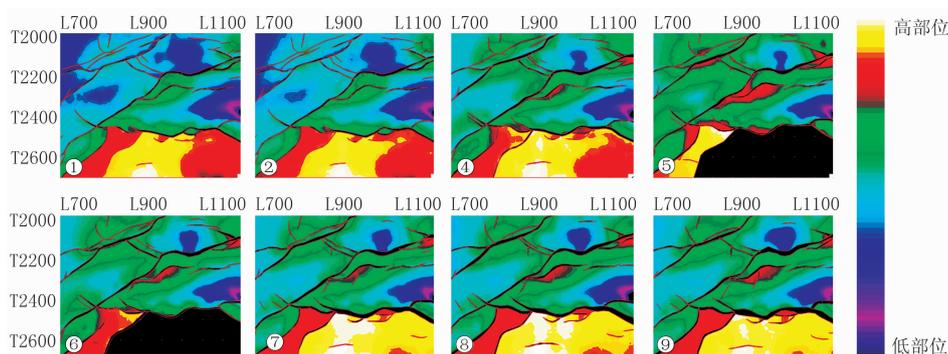


图 7 各层段顶面构造图

图中数字编号与图 5 中的层位编号一致,图 8 同

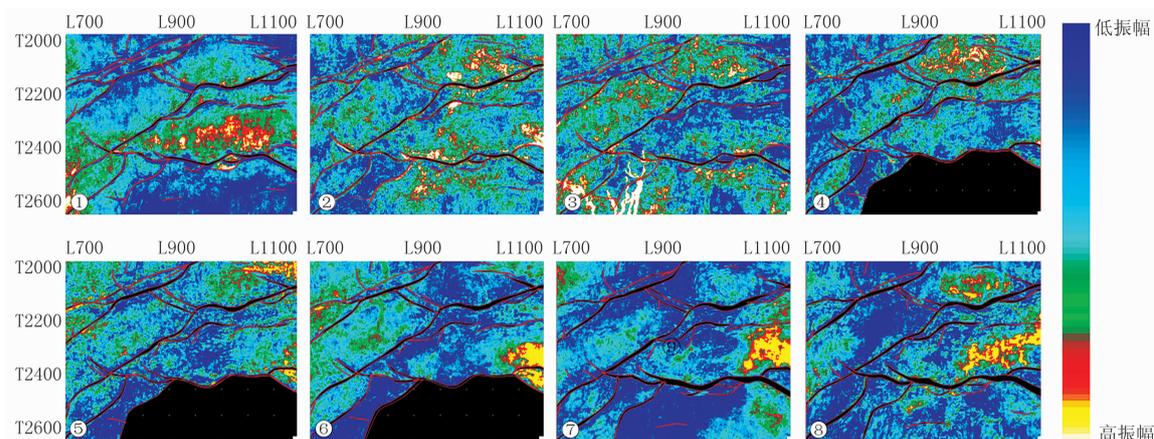


图 8 层间均方根属性平面图

究区以多物源的辫状河沉积为主,层位⑦、层位⑧主要以东侧物源为主,层位⑤、层位⑥出现西侧物源,层位②、层位③出现南侧物源,从而指示了不同时期目标砂体位置。

4 结束语

本文基于地震资料同相轴为基本等时地层单元的假设,提出了真地层切片的概念,真地层切片较常规地震切片具有更好的等时性。应用基于倾角控制体的自动追踪技术获得了真地层切片,在此基础上结合地质特征及地震响应特征,搭建了目的层段的精细等时地层格架,开展了储层内部小层对比划分、垂向构造变化以及横向展布特征分析,取得了较好的效果。尚需指出的是,在真地层切片的实现过程中进行适当的解释性处理非常必要。

参考文献

[1] Zeng Hongliu, Backus M M, Barrow K T and Tyler N.

OfficeStratal slicing, Part I: Realistic 3-D seismic model. *Geophysics*, 1998, 63(2): 502~513

[2] Zeng Hongliu, Henry S C and Riola J P. Stratal slicing, Part II: Real 3-D seismic data. *Geophysics*, 1998, 63(2): 514~522

[3] 张军华,周振晓,谭明友等. 地震切片解释中的几个理论问题. *石油地球物理勘探*, 2007, 42(3): 348~361

[4] 钱荣均. 对地震切片解释中一些问题的分析. *石油地球物理勘探*, 2007, 42(4): 482~487

[5] 刘洪林,杨微,王江等. 地层切片技术应用的局限. *石油地球物理勘探*, 2009, 44(增刊 1): 125~129

[6] 王长江,刘书会,穆星. 提高地震属性分析精度的方法及其应用. *石油物探*, 2004, 43(增刊): 112~114

[7] 王鹏,高伟,张红斌. 地震切片演化技术在乍得 A 区块的应用. *石油地球物理勘探*, 2008, 43(增刊 1): 115~118

[8] 刘勇,邓安雄,高洁. 应用 LandMark 解释模块制作地层切片识别非构造圈闭. *石油地球物理勘探*, 2009, 44(增刊 1): 101~104

(本文编辑:刘勇)