

# 地震地貌学研究的现状及展望

林 闻<sup>1</sup>, 程岳宏<sup>2</sup>

(1 雪佛龙亚太勘探生产部; 2 中国海洋石油研究总院)

**摘 要** 地震地貌学是通过三维地震资料平面及空间特征,结合地震地层学理论,来解读和还原古地貌、古沉积和其他地质信息的一门综合性学科,其核心技术是通过快速浏览三维地震资料主测线、联络测线及时间切片等来识别“特殊地质体”。该学科的建立,在真正意义上实现了地震解释从二维到三维的跨越,已在指导勘探和储层预测上发挥了巨大作用。从层位解释、平行解释层位切片或地层切片、振幅属性提取和分析、地震信号体素追踪、特殊属性数据体分析以及多数据体属性叠加显示等六大方面介绍了地震地貌学分析技术的应用实例。地震地貌学还处在起步阶段,未来的发展趋势将会主要集中于:(1)海相和陆相背景下碎屑岩和碳酸盐岩沉积演化研究;(2)基于地震资料的生储盖层及源岩岩性的精确预测,如深水沉积环境下河道砂体精细追踪及河道内部沉积结构划分等;(3)层序地层学理论与模式的改进与发展;(4)储层物性量化研究、储层非均质性研究以及更加先进的分析技术手段等。

**关键词** 地震地貌学; 三维地震; 特殊地质体; 地层识别; 技术应用; 发展趋势

**中图分类号**: TE122.11

**文献标识码**: A

## 1 地震地貌学的形成及核心内容

### 1.1 地震地貌学的形成概况

基于二维地震测线的层序地层学研究可追溯至20世纪70年代,它是通过识别地震反射同相轴终止特征来研究层序地层特征。Vail等人<sup>[1]</sup>在1977年提出的地震振幅反射大体与地质时间界线相一致的假设是地震地层学的发展基础。美国AAPG论文集第26卷的发表成为地震地层学发展的里程碑,论文集总结了Vail及其Exxon公司的同事有关地震地层学的研究工作<sup>[1]</sup>。地震地层学的核心思想是把不同的地震反射组合或沉积序列,通过地震资料上的下超、上超、削截及顶超等反射同相轴终止特征来表征,这种地震反射的不连续性反映了地层的不连续性或不整合特性。在此基础上结合振幅和反射连续性等地震内部反射特征也可进行岩性的预测。早期的研究方法是这种基于二维地震剖面的沉积序列解释投射到平面及空间上,随之勾画沉积体系的空间展布,进

而进行岩性预测。

随着80年代地震采集和处理技术的发展以及费用的降低,地震资料得以广泛应用。导航精确、覆盖全面的三维地震资料也随即出现,但研究人员一开始对三维地震数据的应用非常局限,通常只是将地震剖面打印在半透明的牛皮纸上,解释时可透视到其相邻剖面<sup>[1]</sup>。这种方式只是使地震层位解释更容易和直观,但没有真正体现“三维”的价值,本质上只是加密的二维地震数据。到了80年代中期,计算机技术的发展推动了地震数据数字化及三维空间可视化,实现了真正意义上的“三维”地震解释。随着三维地震资料的广泛应用与发展,时间及地层切片、任意线、子波属性提取及地震数据体解释等技术手段也随之得以发展,其中时间切片等提供了地震属性的平面展布,其直观特征非常符合沉积环境及相带的平面分布特征,进而可用于古沉积环境及沉积相平面分析,这种古沉积环境和沉积相即是埋藏保存的古地貌,因而该学科被称之为地震地貌学。

Posamentier<sup>[2]</sup>在2000年正式提出地震地貌学概

收稿日期: 2012-04-28; 改回日期: 2012-08-27

林 闻: 1982 生, 2008 年于中国地质大学(北京)硕士研究生毕业, 目前从事深水勘探工作。通讯地址: 美国 77002 得克萨斯州休斯顿市路易斯安那大街 1500 号; 电话: (001)8328544891

念,定义为“运用三维地震成像研究沉积体系在平面上的展布”。这是三维地震解释历史上一次意义重大的发展,在真正意义上实现了地震解释从二维到三维的跨越!这一跨越将过去简单地把二维地震剖面上识别的地层构架、沉积信息投射到平面上这一技术手段,发展成运用三维地震平面及空间成像技术来直接研究沉积相带的平面分布,使沉积环境及沉积相的研究更加细化和准确,甚至可以精确到沉积微相,从而大大提高了岩性预测以及储层、盖层及烃源岩分布预测的准确性。地震地貌学在短短十几年中就得到了迅速的发展和广泛的应用,在指导勘探和储层预测上发挥了巨大的作用。

根据笔者的理解,我们可以对地震地貌学作如下定义:地震地貌学是通过三维地震资料平面及空间特征,结合地震地层学理论,来解读和还原古地貌、古沉积和其他地质信息的一门综合性学科。

## 1.2 地震地貌学的核心内容

地震地貌学的核心思想为通过三维地震资料来还原古地貌和古沉积信息<sup>[3]</sup>,其核心技术是通过快速浏览三维地震资料主测线、联络测线及时间切片等来识别“特殊地质体”。所谓特殊地质体,就是地震上具备地质特征的反射轴,包括局部强振幅(“亮点”)、局部弱振幅(“暗点”)、特殊地质形态等,也即是在地震资料上任何异常的、可能具备地质意义的部分。另外一个核心技术是地震数据显示的透明度设置,即通过振幅差异,将特殊地质体周围的地震显示属性设置为透明,进而突出显示特殊地质体的形态等特征。

一旦在地震资料上识别出特殊地质体,它们将成为下一步地震地貌学分析工作的重点对象,具体包括:(1)地震层位解释追踪;(2)沿层属性提取;(3)沿层地震数据体切片,或地层切片,如果地震数据体按关键层位拉平,属性提取及地震切片均平行于该拉平层位;(4)等比例层间切片,即在两个地震层位之间进行等比例切片;(5)层间属性提取;(6)地震信号体素(Voxbody)追踪;(7)沿层特殊属性提取,如地层倾角的幅度及方位角、地层的曲率等;(8)特殊处理数据体属性提取,如相位、相干体及阻抗等;(9)多数据体属性叠加显示。所有分析技术的核心内容均为通过三维地震资料在平面和空间上的特征来识别具有地质、沉积和古地貌意义的“模式”,这些“模式”包括河流沉积模式、深水浊积水道沉积

模式、滑塌滑动沉积模式以及碳酸盐岩礁体沉积模式等等。

为了能够更准确、更完善地进行地震地貌学的分析研究工作,一个关键的步骤是反复进行从平面到剖面再回到平面的循环过程。换言之,一个特殊地质体必须同时具备平面和剖面的地质特征,因此,有效地结合平面形态横向研究和剖面形态纵向研究显得至关重要。与此同时,充分结合研究区已有钻井数据也十分关键,因为现有钻井数据可以有效地控制和校正岩性预测及沉积相分析结果。另外,现代沉积模式与地貌特征也要作为合理的类比。

## 2 地震地貌学分析技术应用实例

### 2.1 层位解释

首先对特殊地质体进行层位追踪,如河道在地震上可表现为一个异常的波谷反射轴,碳酸盐岩礁体可表现异常向上突起的波峰反射轴,对这些异常的地震反射轴所在的地震层位进行追踪。然后在所追踪的地震层位上提取相应属性,如振幅、频率、相位等,特殊地质体在地震上的异常反射会导致其地震属性出现差异,由这种差异形成的在平面上的属性变化可以直观地反映沉积特征。如前所述,河道可表现为异常波谷,而其所在层位很可能为波峰反射轴,对其进行层位追踪及平面振幅属性提取,河道沉积形态则会在正振幅背景值上以负振幅值的形式出现,从而在平面上直观反映出河道沉积形态及分布位置。图1为一地震解释层位的振幅属性提取及分布图,直观反映了深水环境浊积水道沉积的形态及特征。

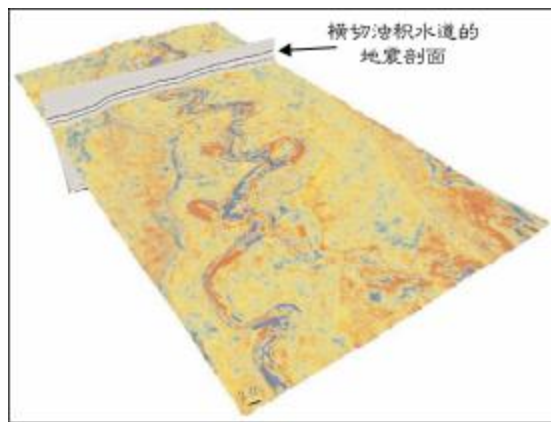


图1 美国墨西哥湾某深水地震解释层位振幅属性分布图<sup>[4]</sup>  
反映深水环境浊积水道沉积特征

## 2.2 平行解释层位切片或地层切片

三维地震切片技术可在剖面、平面及空间上有效反映沉积特征,因此需要充分加以利用。对于三维地震数据而言,存在包括时间切片、沿层切片、平行层位切片及等比例层间切片等多种切片方法。通常情况下,要获得最佳的切片效果就必须在切片时尽可能地接近于目标层段并且平行于构造层位。最常用的方法为沿平行于某一重点地震构造解释层位进行切片,并且尽可能离目标位置最近,这种方法可行

之有效地减少构造因素对沉积特征识别的影响。首先要选定目标层位,如选择区域不整合面或特征明显、解释精确的层序界面进行切片,或选择目标储层单元的顶面(通常为河流相或深水浊积水道),拉平该地震层位,然后沿该层位向下或者向上进行水平切片,其特殊地质体如河道和扇体等会在切片平面上被突显出来。

图2为通过平行于目标储层单元的顶部地震层位向下进行平行切片来表征埃及尼罗河三角洲深水环境下斜坡水道沉积的平面特征。

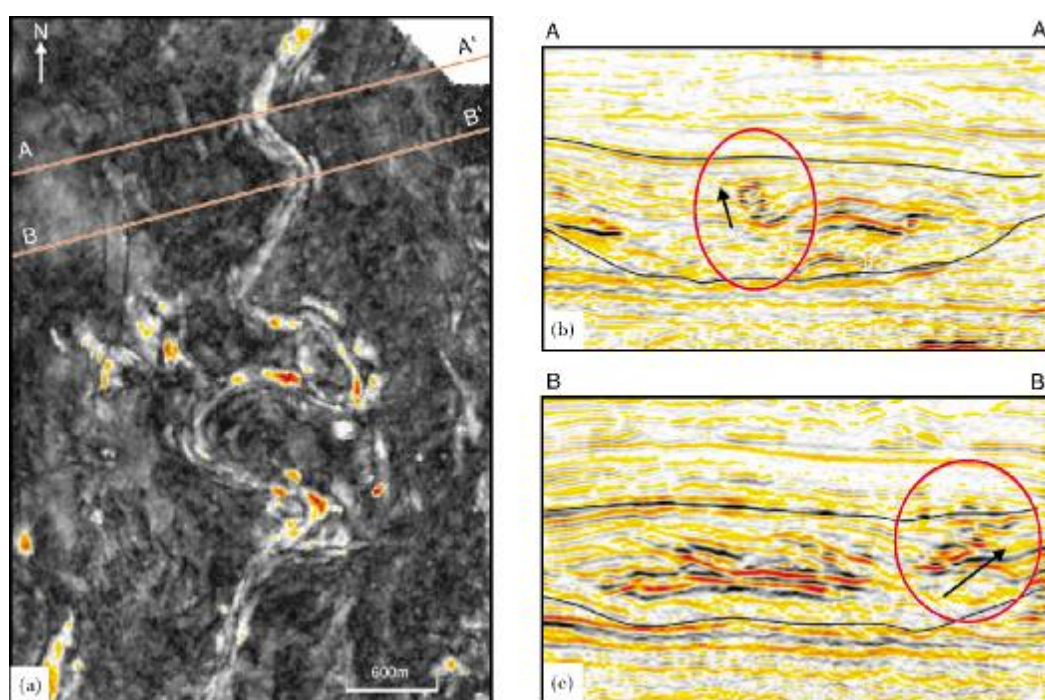


图2 埃及尼罗河三角洲平行目的层的切片属性分布图<sup>[5]</sup>

反映深水环境斜坡水道沉积特征

(a) Sequoia 储层斜坡水道沉积在地震时间切片上的形态特征。这是该储层顶面层位向下开 50 毫秒时窗最大振幅分布图,在平面上直观反映了 Sequoia 储层斜坡水道沉积的弯曲特征。A—A' 和 B—B' 为地震测线位置; (b) A—A' 地震剖面,反映了河道沉积向左侧向加积的特征(图中椭圆所圈位置); (c) B—B' 地震剖面,反映了河道沉积向右侧向加积的特征(图中椭圆所圈位置)

又如,当地震反射同相轴互相平行并接近水平时,水平的时间切片便可有效反映古地貌和识别沉积特征。如果地震反射同相轴统一向某一方向倾斜,近乎平行于反射轴倾斜方向的地震切片则会反映古地貌和沉积特征(图3a);如果地震反射同相轴向不同方向倾斜,那么如前所述的平行于地震解释层位的切片则可最客观地反映真实古地貌和沉积特征(图3b)。如果地震反射轴向某一方向聚敛,此时等比

例层间地层切片则为最佳选择(图4)。

## 2.3 振幅属性提取和分析

振幅属性提取主要分为沿地震解释层位或地震切片进行的振幅属性提取和针对存在特殊地质体的地层所进行的层间地震振幅属性提取。沿层提取的振幅属性可通过由于沉积相带和沉积要素变化导致的地震波阻抗差异来反映和预测沉积环境与沉积相。

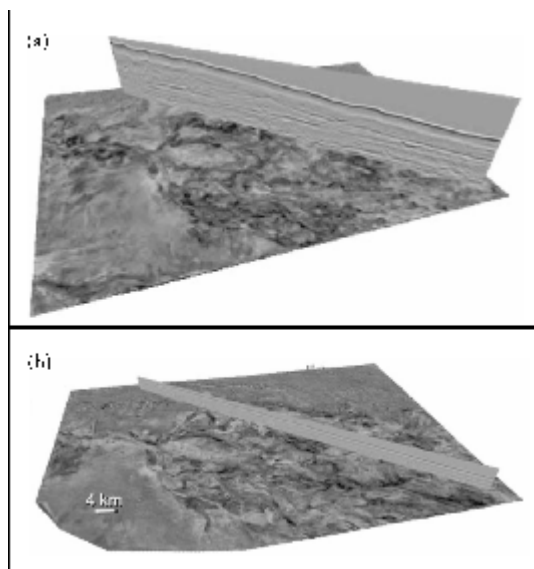


图3 墨西哥湾深水浊积扇沉积振幅切片图<sup>[6]</sup>  
(a) 沿平行于反射轴统一倾斜方向的振幅切片图,反映了深水浊积扇的古地貌和沉积特征;(b) 沿平行于地震解释层位的振幅切片图,最大程度地反映了深水浊积扇的古地貌和沉积特征

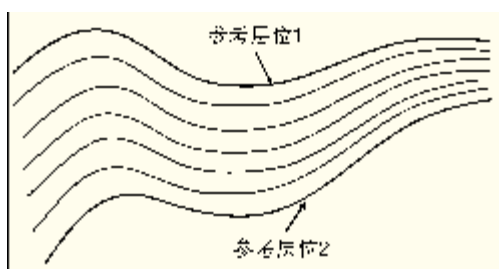


图4 地震反射轴向同一方向聚敛的等比例层间地层切片示意图<sup>[4]</sup>

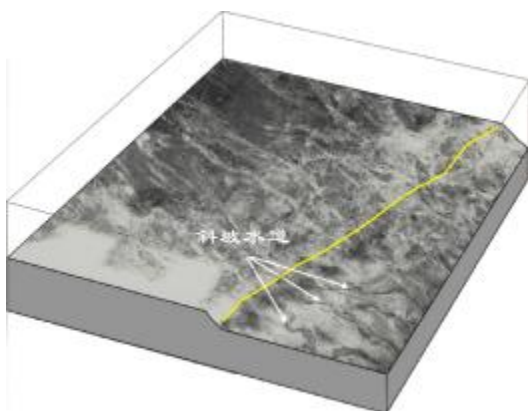


图5 珠江口盆地层位切片振幅属性图  
反映深水沉积环境陆架斜坡水道沉积

如图5所示,由于陆架斜坡水道与周围地层地震反射特征存在差异,沿层的振幅属性提取反映了陆架斜坡水道沉积形态。振幅属性分析则包含多种不同振幅属性,如最大正极性振幅、最大绝对振幅、正负振幅比及总累积振幅等。有时可通过多种属性综合应用来对比和证实所识别出的地质特征,进而降低单一振幅属性对地质解释所带来的多解性。

## 2.4 地震信号体素追踪

三维地震是由大量信号体素(Voxbody)组成的,每个信号体素相当于一个地震道采样点。地震信号体素追踪,或称为子数据体检测,其方法为在三维地震资料上选取一个特殊地震信号体素(所谓特殊,是指具备某种异常的地震反射特征),然后以该体素为起点,对其周围满足某种自定义属性值(通常为振幅值)范围内的其他体素进行追踪。一般将振幅值范围及其他追踪条件设定后采用自动追踪模式。这种方法大量应用于河道、决口扇追踪或其他局部发育的沉积相解释。

图6是利用地震信号体素追踪特殊地质体的应用实例。前期工作通过地震切片的浏览检测发现类似决口扇沉积的异常反射,在图上可见其特征为波峰反射同相轴上一段局部异常波谷反射。从图上地震资料中大体可见河道特征(平面上异常强振幅条带及剖面上强振幅叠加特征),由于所述的“局部异

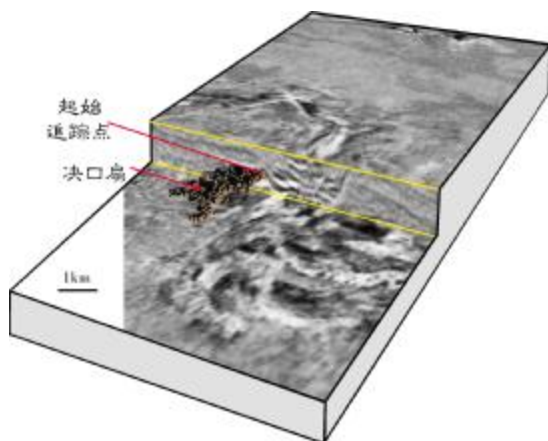


图6 墨西哥湾深水河道地震信号体素追踪实例<sup>[7]</sup>

该图识别出了墨西哥湾一深水河道的决口扇,图中黄色线条范围为一切过该决口扇的剖面。平面上的异常强振幅条带及该剖面上的强振幅叠加特征反映了河道沉积。图中的橘黄色小点是通过地震信号体素追踪所得到的信号体素,它们密集分布于河道一侧,因此认为是决口扇沉积

常波谷反射”发育于河道旁,所以我们假定其为决口扇沉积。以该异常反射体(Voxbody)为起点,设定振幅值范围限于该 Voxbody 振幅值的上下 30%以内,然后对其周围具备类似振幅特征的其他 Voxbody 进行自动追踪。图中棕色小点所示的信号体素(图 6 中“决口扇”所指区域的小点)为追踪出来的具有相似振幅值的体素,其发育于河道叠加砂体旁,平面上具有扇状形态,从空间展布形态来判断,应为决口扇沉积。

## 2.5 特殊属性数据体分析

基于地震解释层位或地震数据体进行多属性计算,其中一些特殊属性值分布图可有效揭示一些细微沉积相特征及其他地质现象,如地层倾角、方位角、相干体等。相干体原理为通过读取和分析相邻地

震道数据属性值的相似性,从而进行相干系数计算,然后结合相干系数高低,通过相似性差异来体现细微的沉积相变化和其他细微地质现象。相干体数据最初应用于断层分析,由于断层两侧数据相似性差、相干系数低,因此可以明显显示出断层特征。近年来相干体被广泛应用于地震地貌和沉积相分析,基于其主要突显地震值相似性差异的这一特征,尤其适用于河道等具有突变边界的地质体,相干切片可以清楚反映河道边界及与河道相关的细微沉积特征。图 7 为针对同一地区分别用振幅数据体和相干数据体进行时间切片来刻画河道沉积平面特征。图 7a 为振幅属性切片,重点反映了河道填充的振幅异常特征;图 7b 为相干时间切片,充分体现了河道边界等细节特征。

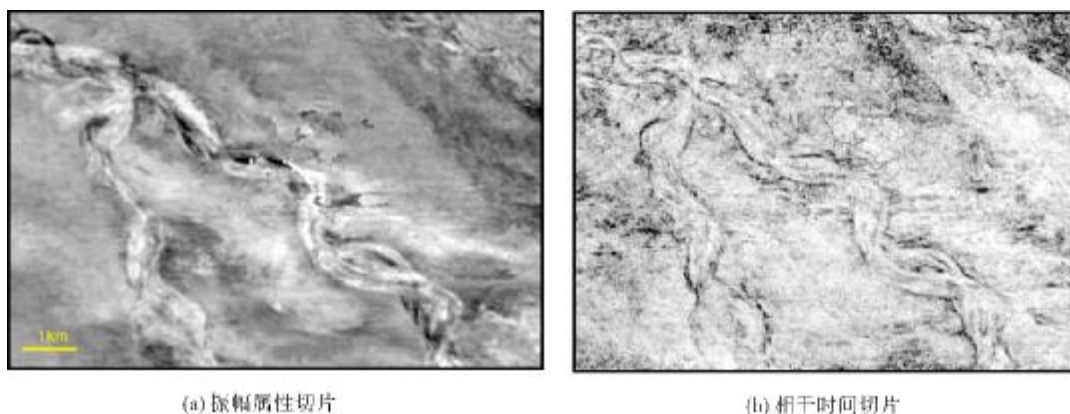


图 7 振幅属性切片(a)与相干时间切片(b)对墨西哥湾深水浊积水道反映的对比图<sup>[8]</sup>

## 2.6 多数据体属性叠加显示

两种以上不同地震属性特征叠加显示有时可强化空间可视效果,从而更加直观地突出古地貌特征或沉积相、岩相分布特征。通常使用的技术手段之一为将具振幅属性地震剖面与相干时间切片进行叠加显示(图 8)。

## 3 总结与展望

上述三维地震数据分析技术最大程度地优化和加强了地震数据对地质信息的反映和揭示。通过上面所述的地震分析技术手段,抽象的地球物理信号可以被三维可视化技术进行形象处理,进而能够帮助我们更加直观地识别古地貌和沉积特征,更加逼近地质真实,同时也是对三维地震资料最大限度的

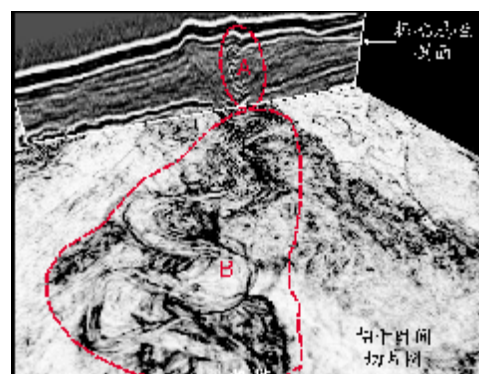


图 8 相干时间切片与地震振幅属性剖面叠合反映墨西哥湾深水浊积水道沉积<sup>[9]</sup>

虚线圈 A 所示范围为地震振幅属性剖面上深水浊积水道叠加沉积特征;虚线圈 B 为与剖面上水道叠加沉积特征相对应的相干时间切片平面上的深水浊积水道沉积

应用。当然,如前所述,整个过程中尤为关键的是能够结合研究区内已有钻井资料来证实和校正我们通过地震信息所判断的岩性信息和对沉积环境及沉积相的预测。与此同时,解释人员必须具备能够辨别和区分真实地质信息与由地震数据所产生的假象之能力。随着数字化技术的日新月异,解释人员也需要了解计算机和软件如何计算地震属性,以及所计算出的地震属性的真实地质指向意义及其纵向和横向的精度。然而,追本溯源,通过地震数据对古地貌和沉积环境进行分析和预测的成败关键还是在于解释人员对沉积学理论是否有着扎实的掌握,对区域地质情况是否有着深入的了解,一旦在地震资料上识别出特殊地质体,便可以准确地判断出其沉积环境及沉积相,使地震地貌学研究更加精确化。

地震地貌学作为一门新兴的学科,在学术上有很多突破,例如直接通过三维地震数据在平面上表征古地貌和沉积相,对古地貌、沉积相和岩相精确预测的先进地球物理和地质的综合应用技术,对经典层序地层学模式的修正和发展,以及新技术的研发与应用等,尤其是在对碎屑岩沉积体系中沉积相及储层预测等方面已取得了显著的成果。但是,地震地貌学尚处在发展阶段,还存在一些问题和挑战,如对地震资料品质和分辨率要求较高,对埋藏较深地层的研究有一定困难,以及对古地貌和沉积相解释的多解性等等,这些都是有待随着技术的进步和资料的优化不断予以提高和改善的。另外,地震地貌学虽然在对第三纪海相碳酸盐岩系古地貌和沉积研究中取得了很好的结果,但在老的碳酸盐岩系(前第三系)中,由于受成岩过程的影响,三维地震成像效果变差,因此解析其受岩溶作用的沉积模式仍然是对碳酸盐岩地震地貌学研究的一个挑战。

与此同时,地震地貌学还具有很大的发展和应用空间。目前主要应用于海相地层的研究,尤其以深水沉积环境为主,其未来的发展趋势将会主要集中在以下方面:

(1)海相和陆相背景下碎屑岩和碳酸盐岩沉积演化研究;

(2)基于地震资料的生储盖层及源岩岩性的精确预测,如深水沉积环境下河道砂体精细追踪及河道内部沉积结构划分等;

(3)层序地层学理论与模式的改进与发展;

(4)储层物性定量化研究、储层非均质性研究以及更加先进的分析技术手段等。

除此之外,地震地貌学还将具体应用于古海洋学<sup>[10-11]</sup>、古气候学、生物地理学、构造地貌学、火成岩地貌学<sup>[12-15]</sup>、生态地貌学等多学科范围的研究。从技术手段上来说,未来的发展方向会在现有三维可视化基础上,加入动画技术,将地震数据对地质信息的表征从静态引向动态;同时引入时间域的概念,将三维拓展到四维,把地质上一个动态的构造、沉积演化过程动态地加以还原与重现。当然,地震地貌学的未来发展一定会需要地球物理科研人员和地质科研人员的紧密配合、平衡发展、优势互补。

地震地貌学这一学科在国外的研究相对较多,而在中国国内的研究尚处于起步阶段。由于国内碎屑岩沉积体系大部分为陆相,而海相沉积大多为碳酸盐岩体系,另外中国大部分油气田为陆上油气田,地震资料的品质不如海上地震资料,这些因素都给地震地貌学的发展应用带来了较大的挑战<sup>[16]</sup>。但是,地震地貌学目前在国内已经开始得到应用,很多科研人员已经开展该方向的研究,并取得了一定的成果。例如地震地貌学对大庆油田火成岩储层表征的应用<sup>[17-18]</sup>;利用地震地貌学对鄂尔多斯盆地东部奥陶系碳酸盐岩喀斯特古地貌以及塔里木盆地塔北隆起奥陶系喀斯特古地貌的刻画<sup>[19-20]</sup>;运用地震地貌学对南海北部陆架斜坡深水重力流沉积控制的认识<sup>[21]</sup>;地震地貌学在东营凹陷浊积砂及近岸水下扇预测的应用等。我们有理由相信,在不久的将来,这一学科将会如同层序地层学一样,深刻地影响国内油气勘探领域的发展,在提高油气勘探成功率、降低勘探成本方面做出贡献。

地震地貌学是一门迅速发展的学科,它的发展是基于迅速发展的三维地震采集处理技术之上的。在三维地震资料上,尤其是在平面和空间上识别重要的地质信息,包括沉积模式的识别等是地震地貌学的核心思想。同样,在平面上对沉积模式识别的同时,要紧密结合对地震剖面所提供信息的研究,也就是将地震地貌学与地震地层学有效地结合起来。地震地貌学不能仅仅依赖于技术手段,更不能局限于单一的技术手段,还要注重与同时代同沉积环境的露头进行类比,以及结合钻井资料等其他信息的综合应用。地震地貌学研究领域十分广泛,涵盖了火成岩沉积学、碳酸盐岩沉积学及碎屑岩沉积学,研究涉及的主要问题从岩性预测到成岩作用,再到宏观构造等等。

在此特别感谢 Posamentier 先生为本文所提供的指导和大量资料。

## 参考文献

- [1] Vail P R, Mitchum R M Jr, Thompson S. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 3: Relative changes of sea level from coastal onlap[M]// Payton C E ed. Seismic stratigraphy: Applications to hydrocarbon exploration. AAPG Memoir 26, 1977: 63-81.
- [2] Posamentier H W, Laurin P, Warmath A. Cenozoic carbonates systems of central Australasia[M]. SEPM Special Publication 95, 2010: 104-121.
- [3] Reijnen H M, Posamentier H W, Bhattacharya J P. Seismic geomorphology and high-resolution seismic stratigraphy of inner-shelf fluvial, estuarine, deltaic, and marine sequences, Gulf of Thailand[J]. AAPG Bulletin, 2011, 95(11): 1959-1990.
- [4] Posamentier H W, Davies R J, Cartwright J A, et al. Seismic geomorphology—An overview[M]. Geological Society of London, Special Publications 277, 2007: 1-14.
- [5] Cross N E, Cunningham A, Cook R J, et al. 3-D seismic geomorphology of a deepwater slope channel system; The Sequoia Field, offshore West Nile Delta, Egypt[C]. AAPG Annual Conference, Denver, 2009.
- [6] Posamentier H W. Application of 3D seismic visualization techniques for seismic stratigraphy, seismic geomorphology and depositional systems analysis: Examples from fluvial to deep-marine depositional environments[C]// Dore A G, Vining B A. Petroleum geology: North-West Europe and global perspectives—Proceedings of the 6th petroleum geology conference. London: Geological Society, 2005: 1565-1576.
- [7] Posamentier H W. Seismic stratigraphy into the next millennium: A focus on 3D seismic data[C]. AAPG Annual Conference, New Orleans, 2000: A118.
- [8] Kolla V, Posamentier H W, Wood L J. Deep-water and fluvial sinuous channels—Characteristics, similarities and dissimilarities, and modes of formation[J]. Marine and Petroleum Geology, 2007, 24(6-9): 388-405.
- [9] Posamentier H W. Ancient shelf ridges —A potentially significant component of the transgressive systems tract: Case study from offshore Northwest Java[J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(1): 75-106.
- [10] Hohbein M, Cartwright J. 3D seismic analysis of the West Shetland Drift: Implications for late Neogene palaeoceanography of the NE Atlantic[J]. Marine Geology, 2006, 230(1-2): 1-20.
- [11] Knutz P C, Cartwright J. Seismic stratigraphy of the West Shetlands Drift: implications for North Atlantic circulation[J]. Palaeoceanography, 2003, 18: 1093-1109.
- [12] Davies R, Bell B, Cartwright J A, et al. Three-dimensional seismic imaging of dikefed submarine volcanoes[J]. Geology, 2002, 30: 223-226.
- [13] Hansen D M, Cartwright J A, Thomas D. The development of intersecting igneous sills from 3D seismic[C]// Davies R J, Cartwright J, Stewart S A, et al. 3D seismic technology: Application to the exploration of sedimentary basins. Geological Society of London, Special Publications 29, 2004: 301-316.
- [14] Planke S, Symonds P, Alvestad E, et al. Seismic volcano stratigraphy of large volume basaltic extrusive complexes on rifted margins[J]. Journal of Geophysical Research, 2000, 105(19): 335-351.
- [15] Trude J T. Emplacement of igneous sills[D]. Cardiff University, UK, 2004.
- [16] 刘力辉, 王绪本, 陈雪菲. 地震地貌学在 L 区浊积砂体预测中的应用[J]. 石油物探, 2011, 50(3): 266-269.
- [17] Yang F, Zhao W, Sun Z, et al. 3D seismic sedimentology of nearshore subaqueous fans—A case study from Dongying depression, eastern China[J]. Advances in Data, Methods, Models and Their Applications in Geoscience, 2009: 125-138.
- [18] Zhang K, Marfurt K J, Wan Z, et al. Seismic attribute illumination of an igneous reservoir in China[J]. The Leading Edge, 2011, 30(3): 266-270.
- [19] Zeng H, Loucks R, Janson X, et al. Three-dimensional seismic geomorphology and analysis of the Ordovician paleokarst drainage system in the central Tabei Uplift, northern Tarim Basin, western China[J]. AAPG Bulletin, 2011, 95(12): 2061-2083.
- [20] 张宏, 董宁, 宁俊瑞, 等. 利用地震地貌学刻画古喀斯特地貌[J]. 石油地球物理勘探, 2010, 45(增刊 1): 125-129.
- [21] Li L, Wang Y, Xu Q, et al. Seismic geomorphology and main controls of deep-water gravity flow sedimentary process on the slope of the northern South China Sea[J]. Science China: Earth Sciences, 2012, 55(5): 747-757.

编辑:吴厚松

## An Overview and the Future Development of Seismic Geomorphology

Lin Wen, Cheng Yuehong

**Abstract:** Seismic geomorphology is the extraction of geomorphic insights using predominant 3-D seismic data and plan view images to study paleo-geomorphology, paleo-deposition and other geological information. The critical techniques is detecting the "funny looking thing" by quickly slicing through inline, crossline and time slice on seismic data. Application examples of seismic geomorphology analytical techniques are covered by introducing horizon interpretation, stratal slicing, amplitude extraction, voxel body detection, volume-based attribute analysis, and multi-volume attribute display, etc. This discipline is only in its early stages of development and will become the major one, which will be widely applied in (1) clastic and carbonate depositional evolution in both marine and continental depositional environments; (2) seismic-based petroleum system prediction, such as deep-water channel body detection and internal texture configuration; (3) sequence stratigraphy theory and model development and modification; and (4) reservoir property quantification, heterogeneity study and beyond.

**Key words:** Seismic geomorphology; 3-D seismic; Formation identification; Technical application; Development trend

Lin Wen; male, Master. Add: Chevron Asia Pacific E & P, 1500 Louisiana Avenue, Houston, TX, US 77002