

地震沉积学 (译文集)

Collected Works of Seismic Sedimentology

曾洪流 等著

朱筱敏 曾洪流 董艳蕾 等译

石油工业出版社

地震沉积学（译文集）

曾洪流 等著

朱筱敏 曾洪流 董艳蕾 等译

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以现代沉积学、层序地层学和地球物理学为理论基础,利用三维地震资料,经过地层切片和地震属性分析,确定沉积体系类型、储层分布、储层空间形态和储层质量,完整地呈现了地震沉积学的产生发展、理论基础、研究思路、技术手段、工作流程和应用实例,对沉积地质学、储层地质学和石油地质学等相关研究具有一定的借鉴和指导作用。

本书可作为从事石油勘探工作的技术人员和大、中专院校师生的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

地震沉积学:译文集/ (美) 曾洪流等著; 朱筱敏, 曾洪流, 董艳蕾等译.
北京: 石油工业出版社, 2011. 4
ISBN 978 - 7 - 5021 - 8365 - 3

- I. 地…
- II. ①曾… ②朱…
- III. 地震 - 沉积学 - 文集
- IV. P588. 2 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 052640 号

地震沉积学 (译文集)
曾洪流等

出版发行: 石油工业出版社
(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)
网 址: www.petropub.com.cn
编辑部: (010) 64523583 发行部: (010) 64523620
经 销: 全国新华书店
印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2011 年 4 月第 1 版 2011 年 4 月第 1 次印刷
787 × 1092 毫米 开本: 1/16 印张: 22. 25
字数: 565 千字 印数: 1—1500 册

定价: 160. 00 元
(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)
版权所有, 翻印必究

前 言

自从美国学者 Peter Vail 和他的同事们 30 多年前开创地震地层学以来，对地震资料的地层学和沉积学解释有了长足的进步。地震地层学一直是地震资料地质解释的一个基本工具。但地震地层学中沉积层序的划分对比和地震相分析依赖于用肉眼或图形分析手段研究地震同相轴组合特征，分辨率低，只适用于大套层序的划分、盆地分析以及早期油气资源评价和勘探。随着 20 世纪 70 年代以来三维地震技术的开发和迅速普及，地震资料越来越多地被用于含油气区块综合评价、储层预测和油藏描述，人们对地震资料解释精度和分辨率的要求愈来愈高，解释方法不断改进，新工具层出不穷。地震沉积学即是这些新工具家族中的一员。

地震沉积学的出现有其特殊条件。一方面，沉积盆地中油气储层垂向厚度小（通常几米到几十米），横向分布范围大（一般几十米到几百米，甚至更大），地震资料垂向分辨率与横向分辨率相当，因而储层在横向上更易被地震资料分辨；另一方面，随着对地震反射等时性和穿时性讨论的不断深入，人们逐渐认识到地震反射并非普遍具有年代地层意义，只有少数反射同相轴（如最大洪泛面附近的反射）有稳定的等时意义，而大多数地震反射的产状受地震资料频率成分控制，可等时，也可不等时。其后果是地震地层学惯用的以追踪地震同相轴来解释等时地质界面的方法有多解性，费时，而且不可靠，不适用于高频、储层级别地层单元的研究，因而需要开发替代方法。地震沉积学的出现顺应了这些需要，为地震资料解释提供了高分辨率、相对等时的地震参数显示和分析方法。

与地震地层学和层序地层学相比，地震沉积学的出现相对晚得多。虽然第一张河流沉积体系时间切片 1979 年就已发表，沿层切片方法直到 20 世纪 80 年代才被广泛应用于地震资料解释，地层切片和地震沉积学的概念到 20 世纪 90 年代才出现。地震沉积学目前仍处于发展阶段，并不成熟，在这本译文集中，各位作者从不同角度定义和探讨地震沉积学问题即可见一斑。Miall 强调沉积特征，

Posamentier 重视地貌学特征与沉积体系域及其演化的关系，而 Hongliu Zeng 强调地层切片的等时性、岩性标定、资料处理方法及复杂资料解释方法，应该说各有所长。这些差别不应成为阅读的阻碍，而应综合理解，根据读者实际资料有所取舍，以求掌握方法的精髓，并在运用中进一步改善、提高。

地震沉积学在中国的传播和应用始于 2000 年前后，早期的“吃螃蟹者”包括中国石油天然气集团公司石油勘探开发研究院（RIPED）、中国石油东方地球物理公司（BGP）和中国石油大学（北京和华东）的专家、学者、教授和学生。他们将地震沉积学原理应用于中国陆相沉积盆地，进行了开创性的研究，积累了宝贵的经验。在越来越多的读者希望了解地震沉积学，并将地震沉积学原理和方法应用于中国资源勘探开发的实践之际，这本译文集的出现应该说非常及时。我衷心希望它能帮助读者架起一座与英文原始文献交流的桥梁，以准确理解地震沉积学的概念、研究历史和现状，减少误解，增进交流。

我建议读者与我一起感谢朱筱敏教授为本译文集付诸了大量心血。他在几年前就开始动议并准备地震沉积学的译著工作，克服了不少困难，使译文集项目最终得以上马；他和他的学生们花费了大量时间和精力，对译文的准确性一丝不苟，精益求精，从而保证了译文的较高质量。有兴趣的读者可对中译版本较多的译文自行比较。

祝愿地震沉积学有助于中国不同类型沉积盆地油气勘探开发事业。

曾洪流（Hongliu Zeng）

2010 年 9 月 14 日于美国奥斯丁

译者的话

2008年4月笔者到美国 San Antonio 参加 AAPG 年会，宣读论文“Seismic Sedimentology and its application in Qikou Depression, China”，会议期间，与2008年 AAPG 年会地震沉积学分组会议主席，大学同学美国得克萨斯州大学（奥斯丁）Hongliu Zeng 教授讨论如何将地震沉积学理论方法系统介绍到中国，共同商议撰写地震沉积学专著或将重要的地震沉积学文献翻译成中文在中国出版。回国后，中国石油大学朱筱敏、董艳蕾博士与美国得克萨斯州大学（奥斯丁）曾洪流教授围绕地震沉积学形成、方法原理和实际应用等方面共同选定了1998—2009年间发表的、有重要影响的22篇地震沉积学文献。经过一年多的时间，由笔者的同事和学生翻译，由笔者、Hongliu Zeng 校对的译文集终于要出版面世了。

地震沉积学是在地震地层学和层序地层学的基础上发展起来的一门新兴学科，该术语最早由美国得克萨斯州大学（奥斯丁）曾洪流教授提出。1998年，他和 Backus, Henry 等在美国《Geophysics》上发表利用地震资料制作地层切片的论文，首次使用了“地震沉积学”一词，认为地震沉积学是利用地震资料来研究沉积岩及其形成过程的一门学科，是盆地分析的一种新方法。地震沉积学包含地震岩性学和地震地貌学。2000年，Schlager 等认为，地震沉积学是基于高精度地震资料、现代沉积环境和露头古沉积环境模式的联合反馈来识别沉积单元的三维几何形态、内部结构和沉积过程的一门学科。2006年，笔者认为，地震沉积学是以现代沉积学、层序地层学和地球物理学为理论基础，利用三维地震资料及地质资料，经过层序地层、地层切片、地震属性分析、岩心岩性和沉积相刻度研究，确定地层岩石宏观特征、砂体成因、沉积体系发育演化、储层质量及油气分布的地质学科。2005年和2010年先后在美国 Houston 召开了地震沉积学国际会议，推动了地震沉积学的核心——地震岩性学和地震地貌学的发展。目前，在国际上已经掀起了地震沉积学的研究热潮，国外已有许多学者在北美、西非、南亚等含油气盆地开展了一系列的地震沉积学研究，并在油气勘

探和开发方面取得了显著的效果。中国的石油地质研究人员正在将先进的地震沉积学理论方法引入到中国东部陆相沉积盆地沉积体系和薄层沉积砂体的研究，在岩性油气勘探与开发中发挥了积极作用并取得了良好效果。

地震沉积学研究基于下列两个基本原理：一般沉积体系都具有宽度远远大于厚度的特征（美国得克萨斯州大学 Galloway 教授，1983）；用地震垂向分辨率在垂向上无法识别的地质体，在平面上有可能通过地震横向分辨率被识别出来。三维地震勘探技术的快速发展为沉积环境成像提供了非常好的基础，在有些情况下，地震垂向分辨率可达到 2~3 米。以地震数据层面属性为基础，通过对大量层面属性研究，优选出振幅、方位角、相似性、方差等多种与沉积体系层面几何形态有关的属性。结合层面三维可视化技术、地质历史时期构造形态恢复等技术，展现不同地质历史时期的沉积体系形态特征，依据沉积砂体形态和沉积模式对地震平面属性资料（地层切片）进行直观解释，开展平面沉积地貌分析。当地貌分析与地震平面分析结合后，可以得到重要的沉积地质信息。最后，通过岩心、钻测井和实验数据的综合研究，可以进一步分析沉积体系的发育演化等地质特征。

利用地震沉积学再造高分辨率层序地层格架、识别沉积体系、预测油气储层分布是三维地震解释方法的一个重要革新。多年来，我们习惯于在地震剖面上识别同相轴和地震相，综合多个地震剖面解释结果编制地层等厚图和地震相图，进而在平面上作出沉积相解释。事实证明，许多高分辨率层序和油气储层在地震剖面上是难以分辨的，所以这种方法对高分辨率层序地层学和高精度沉积学研究而言效率低下且易造成混淆。地震沉积学提供了一种新的解决方法：先在平面上成像并依据沉积地貌特征解释沉积体系，然后研究其空间层序地层学和沉积学意义。这种方法大大加快了解释速度并能大幅提高解释精度。我们不再需要用肉眼追踪单个四级、五级层序界面，进而恢复全盆地的高分辨率层序地层格架。因为盆地沉积物的系列地层切片提供了沉积体系在高分辨率层序格架内发育演化和保存的映象。

地震岩性学和地震地貌学是地震沉积学的主要支柱。应用地震岩性学可将三维地震数据体转换为测井岩性数据体，在岩性数据体中，各井点处的岩性测井（如 GR 和 SP）以很小的允许误差与井旁地震道建立关系，以确保储层段井数据与地震数据的最佳匹配。应用地震地貌学，可以将地震数据进一步转换成沉积相图。地震地貌学分析的关键在于从地震数据中提取有明确地质意义的多种地震属性，使反射界面的地貌学特征和沉积体系在地震属性平面图上直观

成像。

现今，地震沉积学已基本形成了较为规范的研究程序：①利用层序地层学原理，综合多种地质和地球物理资料建立等时地层格架；②进行子波相位调整，以建立薄层砂体与地震反射同相轴之间的对应关系，建立测井岩性数据体；③根据地层产状，优选地震数据的切片方法，利用时间切片、层切片和地层切片来研究非水平、非等厚地层的平面地震属性特征；④根据地震调谐厚度与地震频率之间的关系，开展分频地震参数处理和统计，优选能够反映薄层砂体的最佳频率；⑤利用岩心资料，刻度岩性和沉积相，进而开展井震对比以及多井对比检验，建立地震属性平面特征与关键井岩心之间的良好对应关系；⑥综合利用地震属性的平面地貌学特征，开展其与沉积体系关系研究，确定沉积体系类型和砂体形态；⑦多层段高精度地震沉积学研究，建立沉积体系和沉积砂体演化模式，恢复沉积体系和沉积砂体演化历史；⑧开展成藏要素、油气富集程度与沉积体系、砂体类型之间关系研究，分析岩性圈闭勘探有利地区，为油气勘探开发提供精细的沉积砂体分布演化格架。

地震沉积学解释是以各种地震信息的平面图为基础，从地震数据中提取有明确地质意义的多种地震平面属性，使反射界面特征（地貌学特征）和沉积体系在地震属性上直观成像，并进行反射界面特征的地貌学分析和进行沉积体系展布解释。地震沉积学的优势表现为：①以层序地层格架为基础，保证地层对比等时性；②充分利用了地震水平分辨率，可识别地震垂向分辨率难以识别的薄层砂体，分辨能力更高；③将沉积学与地震属性处理结合起来，可预测砂体空间展布及其演化；④可利用储层反演等方法技术，预测储层和流体性质以及有利的岩性油气圈闭勘探地区。

地震沉积学可利用地震振幅信息和属性分析技术研究沉积岩石学、古地貌学、沉积体系和沉积砂体类型以及沉积演化历史等。为了推动地震沉积学在中国石油工业领域的发展，服务于中国海陆相盆地薄层砂体以及碳酸盐岩油气勘探，我们组织了地震沉积学重要文献的翻译工作，具体来说，包括了三个部分：地震沉积学的形成发展历史、基本原理和方法以及实际应用，主要翻译人员有朱筱敏、董艳蕾、朱世发、刘长利、张义娜、刘媛、阮壮、陈欢庆、李焯和胡廷惠，图件编辑人员有龚盈盈、尹晓丽、陶文芳。笔者和 Hongliu Zeng 对全部翻译文献进行了审校。

在本书的地震沉积学重要文献译校过程中，得到了美国石油地质学家协会（AAPG）、美国勘探地球物理学家协会（SEG）和石油工业出版社等单位的大力

帮助支持，在此表示衷心感谢。

愿地震沉积学（译文集）的出版发行，对中国石油高等教育、石油精细勘探和开发等教学、研究工作起到积极推进作用，愿地震沉积学在中国得到发扬光大。

朱筱敏

2010年10月8日，于北京昌平

目 录

前 言 译者的话

地震沉积学的形成

从地震地层学到地震沉积学	(3)
三维地震模拟和地震沉积相成像	(11)
三维地震分析的发展趋势：地震地层学和地震地貌学的综合	(20)

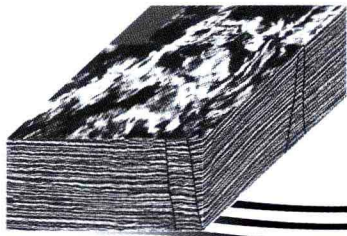
地震沉积学基本原理和方法

地震波频率对碳酸盐岩地震地层学的控制作用——以得克萨斯西部金德姆阿波层序为例	(25)
地层切片（第一部分）：仿真三维地震模型	(45)
地层切片（第二部分）：实际三维地震资料	(59)
90°相位子波的解释优势（第一部分）：模型研究	(69)
90°相位子波的解释优势（第二部分）：地震应用	(83)
深层地震地貌学的地震成像：潜力与挑战	(93)

地震沉积学应用

路易斯安那州岸外弗里里恩 50 区块和老虎滩地区中新世—上新世沉积物的地层切片研究	(107)
地震沉积学在路易斯安那州岸外弗里里恩 50 区块和老虎滩地区中新统高频层序地层学研究 中的应用	(116)
利用地震沉积学研究四级—五级层序沉积物分布模式及体系域：以得克萨斯州科珀斯克里斯 蒂湾为例	(136)
定量地震地貌学在南美东北部特立尼达和多巴哥东部近海第四纪天然堤—水道体系中的 应用	(157)
古陆棚砂脊——海侵体系域的一个潜在重要组成部分：以爪哇海西北部为例	(178)
西非安哥拉近海古近—新近系深水弯曲水道演化特征及其对储层构型的影响	(202)
用地震时间切片分析马来盆地更新世河流沉积构型及层序地层	(226)
三维地震地貌学：爪哇海韦杜里油田河流储层沉积和开采特征研究	(243)
委内瑞拉马拉开波湖迈尔辛诺第地区地震沉积学和区域沉积体系	(260)
坎普斯盆地深水浊积岩的三维地震适应性可视化研究	(272)

深水环境沉积单元的地震地貌学和地层学研究	(278)
一个浅滨天然气储层的勘探风险分析	(309)
路易斯安那州岸外中新统高频层序地层学：旋回格架及其对成熟陆棚油气区产能分布的影响	(316)



地震沉积学的形成



从地震地层学到地震沉积学

Hongliu Zeng 著, 朱筱敏译

摘要 20世纪70年代, 基于二维地震技术, 提出了地震地层学概念。依据地震剖面上地震反射终止关系、内部结构和外部形态, 地质人员可在沉积层序中分析地震相, 并推断区域规模的沉积环境和沉积历史。三维地震资料可为改善地震相分析提供空间密集的、高分辨率的、水平地震反射样式, 从而开展了地震沉积学的研究。相对于地震地层学来说, 地震沉积学就是利用空间地震反射样式和沉积体系地貌学特征研究沉积物的沉积相、岩性和几何结构。地震解释人员要在垂向地震剖面上获取储层规模的沉积界面信息是无能为力的, 但可通过地层切片技术来解决这个问题。该技术在两个地震同相轴之间等比例切片获取沉积界面信息。路易斯安那州两个三维地震区块的地层切片研究表明, 在地震相分析中, 地震沉积学研究明显改善了下列问题: ①减少了地震相和岩性解释的多解性; ②提高了垂向分辨率(从分辨100m厚的三级层序到10m厚的储层); ③利于确定储层规模的沉积几何结构。

引 言

自 Vail (1977) 发表地震地层学论著 (AAPG 专题报告 26) 以来, 地震地层学在地震资料的沉积相解释方面取得了巨大成功。过去 20 多年发表的许多关于地震地层学的理论和应用的论著标志着该学科的成熟。现今, 地震地层学已成为盆地分析的标准方法, 特别是在仅有二维地震资料的区域。

在碎屑岩地震地层学研究中, 地质人员常通过地震反射同相轴定性分析寻找地层信息, 利用反射振幅、频率、连续性和内部结构等参数描述区域地震相, 进而通过类比地下和露头资料赋予地震相的地层和沉积含义。然而, 为了开展地震相分析, 地层厚度应足够厚到能在一定精度上描述地震相, 这就将地震相分析限制到了 100m 厚的地层尺度。

三维地震技术明显改善了地震资料的解释精度。除了改善构造制图精度外, 三维地震技术可在真正意义的界面 (或窄时窗) 上解释沉积相, 这明显提高了沉积相制图的精度并减少了解释的多解性。Dahm 和 Graebner (1979) 首次在泰国湾三维区块利用时间切片方法进行曲流河沉积体系的地震成像研究。后来, 发表了许多高质量的、类似于卫星照片的沉积体系成像图片 (Brown, 1981; Zeng, 1995, 1996)。沉积相制图的分辨率得到了明显改善, 达到了 10m 级的精度。

地震沉积学成功的关键就是在追踪沉积界面的小时窗中, 利用水平地震图像研究沉积体系。时间切片和水平切片方法常用于具有良好地震界面显示的资料中, 但这些方法的应用是有限制的。只有当地层是水平、席状时, 时间切片才能反映沉积界面特征。当地层倾斜并且呈席状时, 水平切片可获得良好结果。另一种替代方法是地层切片。这种方法在地质上等时的 (如最大洪泛面) 地震反射同相轴之间, 通过线性切片方法来改善界面的显示特征。在厚度变化的、沉积楔状体和生长断层的断块中均可应用地层切片方法。Zeng (1995, 1998)

和 Posamentier (1996) 的论著详细介绍了地层切片方法。

本文以路易斯安那州海岸区中新统上部到上新统下部地层为例 (图 1), 开展了经典地震地层学的地震相分析与地层切片成像分析的对比研究。两个三维区块弗米里恩, Vermilion 50 块—老虎滩和西 Cote Blanche 湾均位于同一个地区, 具有类似的区域地质背景。地震资料质量良好, 研究层段地震主频为 30 Hz。研究表明, 地层切片方法比经典的地震地层学方法以更高的分辨率和可信度揭示了沉积体的地貌和沉积相特征。在地震沉积学研究中, 还可通过对三维地震资料进行调整处理, 研究沉积岩性和几何结构特征。

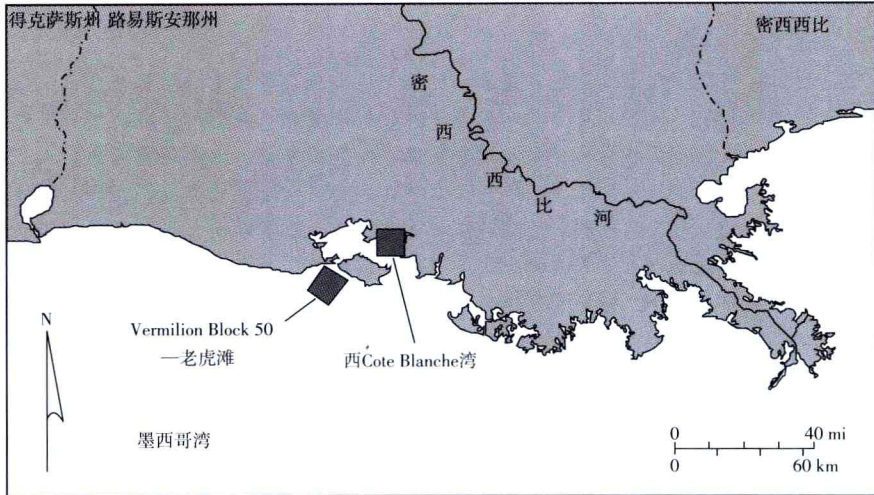


图 1 路易斯安那州海岸地区两个三维区块位置图

一、地震相分析

经典的地震相是指有别于相邻地区的地震反射特征 (内部结构、振幅、连续性、频率、层速度等) (Mitchum, 1977)。也是指集合的、可统计的地震反射同相轴特征。为了较为准确地编图, 编图单元的厚度应至少包括几个同相轴 (对于典型资料来说应为几百米厚)。根据二维地震技术的发展状况, 主要在垂向剖面上测定地震相参数并进行平面编图。

本文研究的两个三维区块在中新统上部和上新统下部具有相似的地震反射特征 (图 2)。构造平缓、几乎没有断层以及有盐构造运动引起的轻微形变 (图 2)。地震反射同相轴相互平行到轻微发散, 无明显的前积或不整合反射特征。在地震剖面上隐现的下切和充填特征难以进行区域编图。地震反射振幅和连续性是唯一描述地震相的参数 (图 2)。高连续—变振幅 (HC—VA) 地震相主要发育在中新统上部, 变连续—变振幅地震相 (VC—VA) 在上新统下部更为明显。地震相单元厚度对应 400 ~ 600ms (480 ~ 720m)。

地震相可用来解释形成地震反射的地层、岩性和沉积特征 (Mitchum, 1977)。因为地震相单元分辨率的限制, 地层解释常是区域规模的, 是对较大区域规模的顶超、削蚀、上超、下超以及丘状、杂乱或平行地震相的解释。同样, 即使在三维地震资料上开展地震相研究, 如未使用井信息对地震相进行标定, 也只能通过类比或区域地震相组合推测地震相的沉积意义。根据区域地质背景 (Hunt and Burgess, 1995; Galloway, 2000), 上中新统 HC—VA 地震相指示了高连续、波浪搬运的浅水碎屑沉积, 即浅海/陆棚沉积。下上新统 VC—VA 地震相表明了不连续到中等连续的、海岸平原的河流和近岸碎屑沉积。

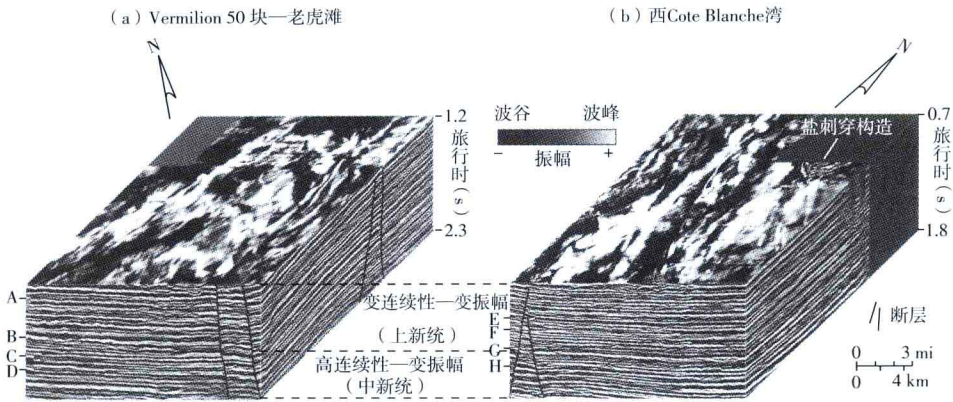


图2 路易斯安那州三维勘探区块中新统上部至上新统下部沉积地震相
(A至H标注表示图3地层切片位置)

二、地层切片中的沉积相成像

基于地层切片原理，对研究区的两块三维地震资料进行了再处理和解释。以最大洪泛面作为时间标志层，以3~5ms旅行时间（据厚度梯度而变化）对三维地震资料进行地层切片采样。然后，将地层切片采样结果按地质时间顺序存储，以便研究地质历史时期的古地貌特征及其演化。对所有的单个地震同相轴（波峰和波谷）进行切片，替代了原有的地震相单元的综合特征研究，进而研究与不同沉积体系的地貌特征匹配的地震反射平面特征。

在Vermilion 50块—老虎滩三维探区（图2a），对两个地震相进行了273个地层切片研究。这些地层切片表明了盆地发展地质时期的多个沉积旋回和典型的沉积相图像特征。部分典型的地层切片（图3a—d）表明，河道是最主要的图像特征。它们包括大规模的、顺直的下切谷（图3b—d）和小规模的、弯曲的河流和分支河道（图3a—c）。进而推断了由老到新的沉积体系变化，图3d表明下切谷下切在陆棚沉积之上（中新世），图3c说明下切谷下切在高位三角洲沉积之上（中新世），图3b表明下切谷下切在早期海岸平原沉积之上（上新世），图3a说明多期河道位于海岸平原之上（上新世）。该区的基于测井资料的层序地层和沉积相分析也支持上述观点（Hentz等，1999）。

在西Cote Blanche湾三维探区，对两个地震相单元开展了304张地层切片研究。部分切片（图3e—h）具有类似于以及不同于Vermilion50块—老虎滩三维探区的地震反射特征。上新统河流和下切河道（图3e—f）总体类似于Vermilion50块—老虎滩三维探区（图3a—b）的地震反射特征。然而，在图3g中具有明显的地震反射极性变化，出现了河道形态，这表明存在岸线及其伴生的河口湾/泻湖环境。图3h中尖形及其伴生的河道特征可被解释为浪控三角洲沉积体系。该湾头状三角洲/泻湖和浪控三角洲沉积明显不同于Vermilion50块—老虎滩三维探区的浅海/下切谷沉积，尽管它们的地震相特征相同。

整个地震数据体系统研究揭示，图3中研究区大多数沉积单元类型反复出现在进积和退积沉积序列的某个阶段，将地层切片叠加形成可视化电影格式（未附）能更好地揭示沉积体系迁移的动力和韵律特征。该技术可有助于确信地质解释成果，恢复研究区构造和沉积发育历史。

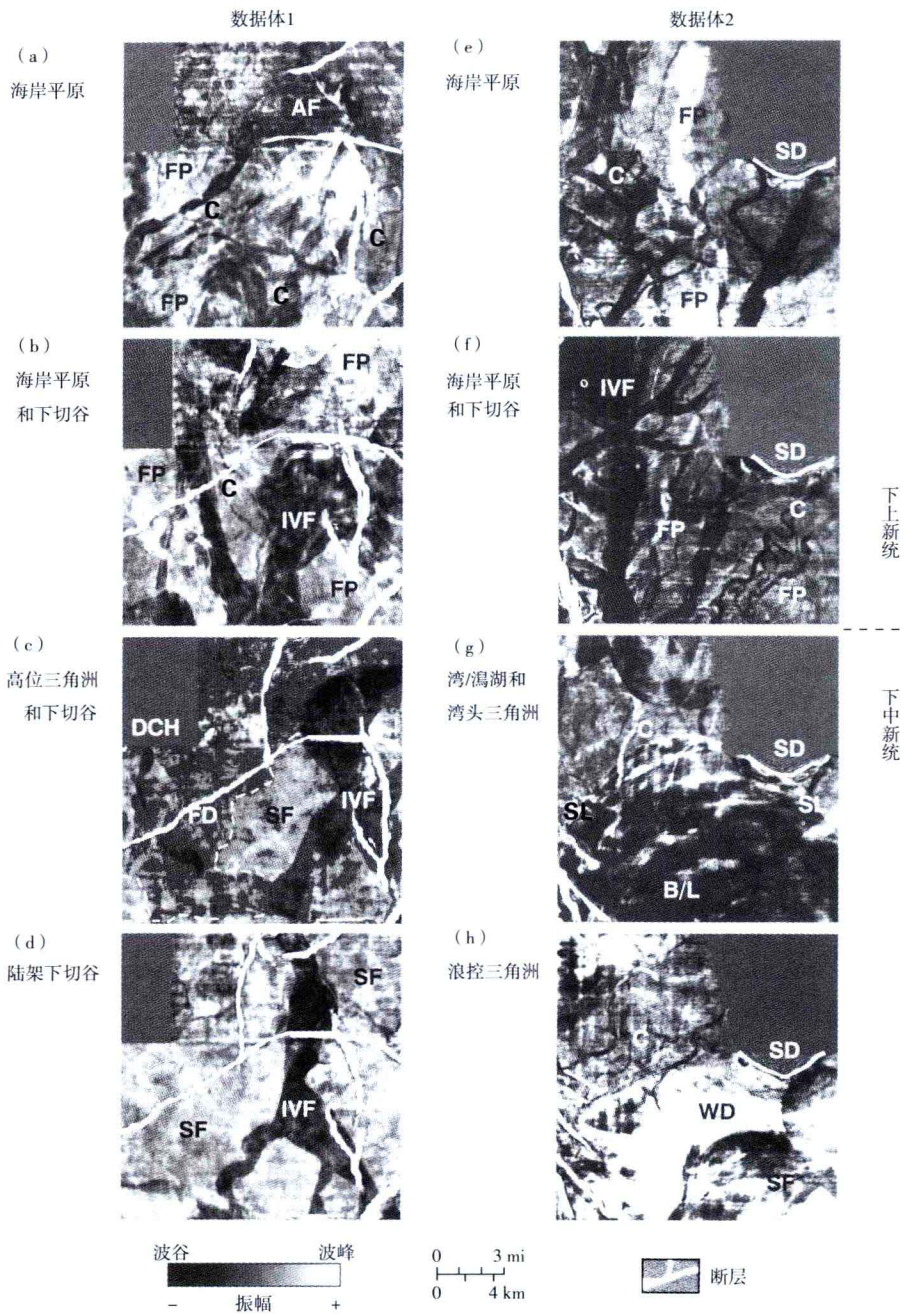


图3 Vermilion 50 块—老虎滩和西 Cote Blanche 湾三维探区地层切片解释

3D 数据体的位置见图2。CH—河道；FP—泛滥平原；IVF—下切谷充填；DCH—分支河道；FD—河控三角洲；SF—陆架；SL—岸线；B/L—湾/泻湖；WD—浪控三角洲；AF—地震采集噪声；SD—盐刺穿构造

三、岩性特征分析

地层切片除了提供作为储层的沉积单元的地貌形态外，还可更详细地分析储层的岩性特征。为了完成该工作，需要从声学特征上区分砂岩与页岩，研究层段砂岩波阻抗应高于或低于页岩波阻抗，实际上，墨西哥湾地区许多沉积层序均具上述波阻抗典型特征。另外，还需