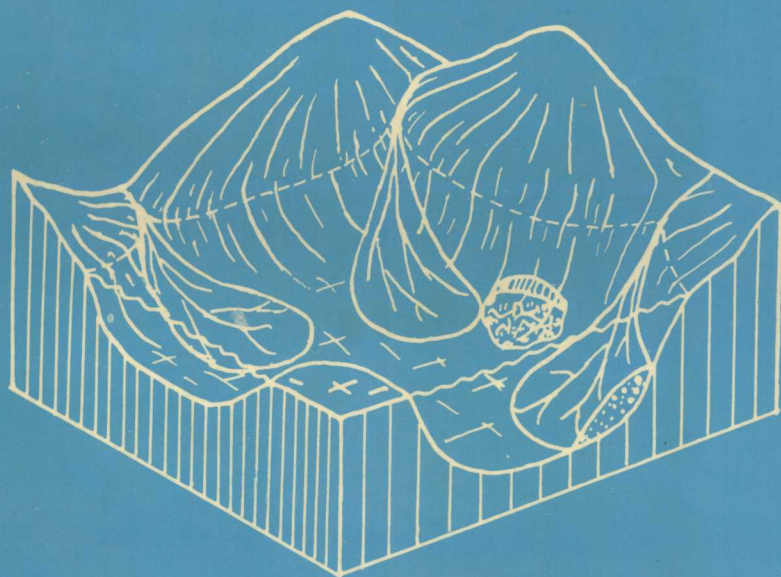


沉积盆地分析译文集

王德坪 蔡进功 郑和荣 编译

周自立 校



中国地质大学出版社

沉积盆地分析译文集

中国地质大学出版社

(鄂)新登字 12 号

内 容 简 介

《沉积盆地分析译文集》选择了国外近年发展层序地层理论、分析方法及应用等论文十篇,本文集介绍了成因地层层序理论,表述了层序地层学研究的新进展,并结合我国东部含油气地区特点介绍了国外箕状地槽盆地构造作用的不对称性以及边界断裂和构造的交替作用对沉积体系的形成、分布及演化的影响。

本书可供石油地质科研工作者、勘探开发生产人员、大专院校石油地质专业师生参考。

沉积盆地分析译文集

编译:王德拜 蔡进功 郑和荣 校:周自立

出版发行 中国地质大学出版社(武汉市·
瑜珈山·邮政编码 430074)

责任编辑 谢荣举 唐其升

印 刷 中国地质大学出版社印刷厂

*

开本:787×1092 1/16 印张:8.25 字数:195千字

1993年4月第1版 1993年4月第一次印刷

印数:1—1000册

*

ISBN7-5625-0854-2/P·294

定价:10.50元

译序

在矿产资源勘探的推动下,沉积盆地分析的内容和方法都迅速扩展和不断创新。为了借鉴国外的研究成果,拓展陆相沉积盆地的研究领域,我们从国外近期杂志上选择十篇文章翻译成集。这些文章论述的重点是盆地的地层分析和应用。

本文集包括三部分:第一部分介绍成因地层层序的理论和应用。Galloway(1989)的论文系统介绍了成因地层层序理论的提出、概念及成因解释,强调海泛面是等时的层序界面;海平面变化、沉积物供给和盆地沉降速率共同控制了沉积幕的形成。这些观点不同于埃克森公司提出的层序地层学理论。Galloway(1989, 1991)和Handford(1981)等成功地运用了成因地层层序的理论研究了墨西哥湾盆地和米兰德盆地的沉积演化史,绘制出沉积幕变化曲线,计算了沉积物堆积速率,建立了沉积盆地的演化模式。第二部分是关于层序地层学的,包括四篇文章。Brett等人(1991)应用层序地层学原理,研究了阿巴拉契亚和安特勒两个前陆盆地的地层层序,划分出准层序和层序,强调海平面变化和构造作用对层序形成的控制,并探讨了盆地演化及沉积中心的迁移规律。Mial(1991)讨论了层序地层学的某些观点,对埃克森层序模式的成因机制和全球海平面变化曲线的年代精确性,特别是海平面变化对层序界面和层序特征的控制提出质疑,强调构造作用和沉积物供应对层序的形成具有极为重要的作用。

Cant(1989)依据层序的成因机制,考虑海平面变化、沉降量、沉积物供应和水深等变量,建立了沉积方程,并成功地解释了美国西部前陆盆地的层序演化,在层序地层学中开创了定量化研究的先河。第三部分是论述构造活动对沉积体系的控制作用,有两篇文章。Cawthorpe和Colella(1991)研究了裂谷盆地中粗粒三角洲的发育特点,强调断层的上盘和下盘构造作用的不对称性和交替变化,对粗粒三角洲的位置、形态和充填构型以及内部几何形态的控制作用;认为陡峭的下盘易形成粗粒的吉尔伯特型三角洲;同震变形作用引起三角洲前缘滑塌,使其内部结构复杂化。Hamblin和Rust(1989)根据地堑盆地不对称的特点,以加拿大新斯科舍省布雷顿角岛的霍顿群为例,分析了沉积体系的特征和堆积方式,探讨陆内断陷盆地的构造演化规律,指出盆地的边界断层和构造作用交替变化对沉积物分布的控制作用,这对认识断陷盆地的充填演化规律有指导意义。

这本译文集是适应石油与天然气勘探过程中储层预测和评价的需要而编印。本文集由王德坪、蔡进功、郑和荣选编,并组织了翻译互作。参加翻译和校译互作的都是从事石油地质研究的科研人员。教授级高级工程师周自立担负了主要的校译互作。王德坪负责译序的执笔及全书的定稿互作。译者、校者为本文集付出了辛勤的劳动,译文注明了外文出处,为了缩短篇幅,其参考文献均已省去,不足之处敬请读者指正。

译者

1992年2月

目 录

- 论盆地分析中的成因地层层序——海泛面所限定沉积单元的构型和成因
..... W. E. Galloway (1)
- 再论盆地分析中的成因地层层序——在墨西哥湾西北部新生代盆地中的应用
..... W. E. Galloway (19)
- 沉积物堆积速率在时间和空间上的变化——墨西哥湾盆地西北部下第三系的成因地层层序
..... W. E. Galloway和T. A. Williams (31)
- 得克萨斯州米德兰盆地二叠系迪恩组和斯普拉贝里组的沉积学和成因地层学特征
..... R. Hawdford (37)

二

- 阿巴拉契亚前陆盆地志留系层序、旋回及盆地动力学
..... C. E. Brett, W. M. Goodman和S. T. LoDuca (49)
- 内华达州中东部安特勒前陆盆地演化和层序地层学
..... J. H. Trexler和Jr. S. P. Nitchman (80)
- 地层层序及其年代地层对比..... A. D. Miall (85)
- 简单沉积作用方程在层序地层学中的应用..... D. J. Cant (95)

三

- 大地构造对裂谷盆地中粗粒三角洲沉积体系的控制作用
..... R. J. Gawthorpe和A. Colella (104)
- 箕状地堑盆地充填层系不对称方向交替变化的构造沉积分析——以加拿大新斯科舍省布雷顿角岛晚泥盆世——早石炭世霍顿群为例..... A. P. Hamblin和B. R. Rust (115)

论盆地分析中的成因地层层序

——海泛面所限定沉积单元的构型和成因

W. E. Galloway

一、前言

对沉积体系和盆地规模相带的成功解释及三维描述，需要进行成因地层组合的识别和对比。我们对古地理、沉积物扩散方式及盆地史的最终认识，只能建立在地层学基础上。因此，在盆地分析中，地层单元的建立是进一步分析研究和制图的基础，但也是艰难的起点。

解决这个问题一个可能途径早已获知：即盆地充填记录一般具有事件性。因此，对旋回韵律这个概念 (Wandess和Weller, 1932) 及其派生概念 (Kauffman, 1969) 经历了多次反复认识，对时空方面的沉积预测模式亦是如此。Wheeler (1960) 和 Sloss (1963) 发展了克拉通盆地内重复沉积和侵蚀模式的概念。

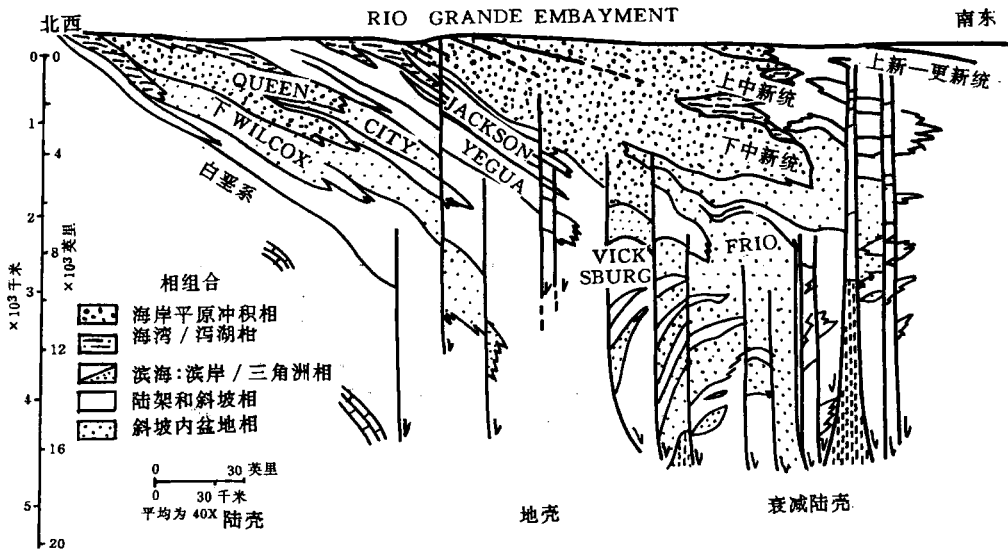


图1 通过墨西哥湾西北部海岸沉积楔状体的倾向综合地层横剖面

图中标明了新生代主要沉积复合体。注意沉积复合体在通过生长断裂带处加厚，断裂带为连续古陆边缘位置

新生代沉积的重复性，在墨西哥湾盆地的巨厚地层剖面研究中较早得到认识 (Deussen

和Owen, 1939; Fisher, 1964), 并提供了区域地层对比和分析的基础。这里的舌状砂体序列由海岸平原和海陆交互相沉积组成, 并渐近地向盆地方向延伸。那里它们上覆于厚层海相泥岩之上或渐变为海相泥岩(图1)。该厚层富砂退覆楔状沉积体, 被含生物化石的上倾延伸海相泥岩薄层所分隔, 这些泥岩薄层则有效地间隔开沉积剖面上部5—6 km的岩性地层。沉积旋回由这些作为分界的海相泥岩层所限定。这些海相泥岩所限定的地层单元, 提供了对墨西哥湾北部新生界剖面进行系统沉积分析的基础。

在不同时代和构造背景的盆地碎屑充填物中, 主要的沉积模式受控于一个相似的地层模式, 即由广泛分布而岩性又往往特殊的海相层所分隔的退覆砂质舌状体或楔状体(图2)。海相层也是作为区域对比和综合相分析的基础。

1. 沉积要素和沉积构型

对墨西哥湾岸北部和晚古生代米德兰盆地充填物的沉积史研究, 特别是在得克萨斯州经

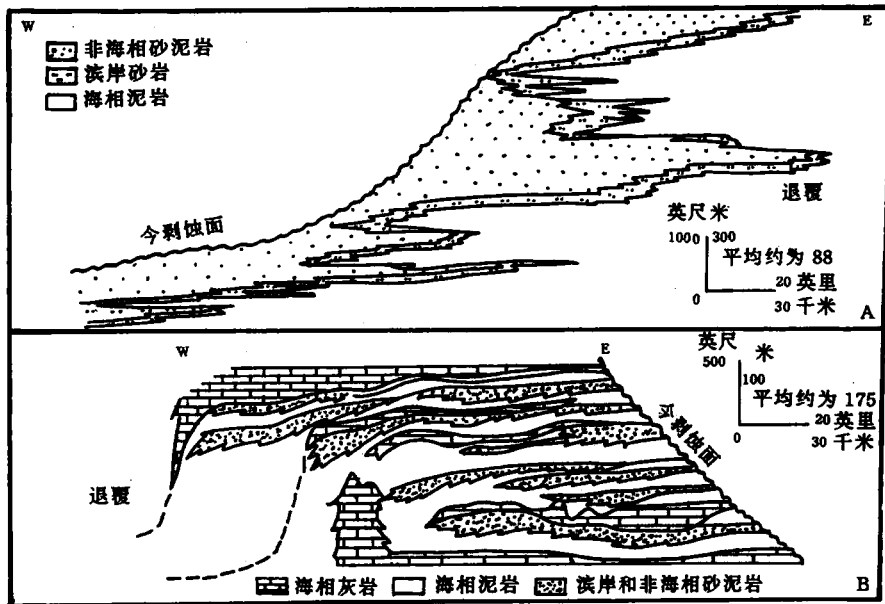


图2 退覆盆地边缘沉积柱状体的地层综合横剖面

表示进积砂质舌状体的重复样式。舌状体由海岸相和非海相沉积组成, 为海侵海相泥岩或灰岩单元所分隔。(A)为San Juan盆地北美Seaway西部上白垩统沉积。在间歇性逆冲负载前陆盆地中明显存在着七个沉积物注入事件。(B)内陆盆地上埃西法尼亚统东部进积陆棚。这里发育八个薄而明显沉积旋回, 分隔了稳定克拉通内盆地硅质碎屑和碳酸盐混合充填沉积。据Molenaar (1983) 和 Brown (1973), 有改动

济地质局出版物中(始于Fisher和McGowen对Wilcox群的研究), 一般用海侵为界的地层单元来确定和图解被称为“沉积体系”的三维空间成因岩性地层单元。沉积体系是盆地分析的一个重要方面(Miall, 1984; Galloway和Hobday, 1983)。

区域地震反射剖面质量和有效性的提高, 促进了地震地层学的发展。地震地层学是盆地分析的一种方法, 它可对区域沉积和侵蚀界面进行圈定和作图解释(Mitchum, 1977)。因为不整合在区域地震剖面上反映特别明显, 故边界限定的地层单元或地震层序便成为应用地

震资料进行盆地分析的基本单元。

尽管沉积体系和地震地层分析存在着差异，但它们均强调沉积空间和分界面，并把确定盆地充填成因地层学的下列三个基本要素综合在一起。

(1) 沉积体系是有成因联系的沉积相的三维组合，这些相记录着盆地的主要古地貌要素。它们在侧向上与相邻沉积体系过渡，形成各古地理要素间的逻辑组合。沉积体系一般通过地层序列来反映演化趋势，这些地层序列记录着具有地质意义的时间区，但以间断面（不整合面）与上、下相邻沉积体系分开。成因地层组合由若干相关沉积体系的沉积物组成。

(2) 间断面将不同的地层组分隔开，并记录着盆地沉积史中的主要间断事件。这些界面通过有无相伴生的陆上的或海底侵蚀，来记录无沉积作用或非常缓慢沉积作用的主要时期。界面有多种成因，其本身也可以是迁移相带的组成部分。因此，间断面可能是相关等时沉积体系的组成部分，或者能将不同时期和成因地层单元分隔开。

不整合是间断界面，它削蚀下伏地层。已识别出三种不整合类型：①陆上侵蚀面，包括下切谷体系；②海侵期侵蚀形成的临滨冲刷面 (Suift, 1968)；③海底陆架和陆坡侵蚀面。它反映沉积物的非补偿作用和由水流或块体坡移产生的侵蚀 (Frazier, 1974; Christie - Blick等，正在出版)。

凝缩层序是沉积作用非常缓慢的产物。陆源碎屑盆地充填物中，海相凝缩层发育于盆地边缘广泛海进和海泛期的开阔陆架和陆坡上，并表现出古生物和成分特征的变化。薄而广布、富含化石的深海一半深海泥岩层，一般反映沉积物非补偿性。化学沉积物，如薄层泥灰岩或灰岩层、海绿石、磷酸盐带、硅质页岩，代表极为缓慢的沉积作用。广布的海相放射虫泥岩单元（放热页岩），也同样反映缓慢的沉积作用和有机质富集作用。在陆上环境中，广泛的古土壤和煤质层，指示缓慢的碎屑堆积速率。

(3) 层理构型描述沉积体系内及界面上的层面或层理之间的几何关系。进积、退积及加积沉积单元的几何形态的比较识别早已进行过。同样，从简单沟道作用到大型沟谷或峡谷下切的各种侵蚀特征的级别通过野外露头和常规地下岩石资料已被认识。用地震资料对这些界面和这些界面格架内不协调层理的几何形态的解释能力，已提高了我们在解释沉积过程及沉积历史时运用层理关系的理解能力 (Mitchum, 1977)。

对沉积盆地充填的详细研究，必须综合并协调沉积体系的三维分布组成相、层理几何形态、界面及凝缩剖面（见图1、图2所示的重复沉积旋回图式）。层序地层学通过对部分成因上以无沉积及侵蚀面为界的沉积单元重复沉积的研究，试图对这些方面进行综合。在本文中，成因地层层序的宗旨是强调沉积体系与地层间断界面这两者作为盆地充填组成单元具有同等的重要性。主要目的是确定实用地层单元：①包括记录沉积体系常见古地理组合的所有沉积物②这种单元由反映盆地古地理格架中主要组合关系的地层界面来限定。必须强调，所选定的可能界面是沉积体系组合变化的分界面。对这些层序的描述、作图和解释就可以对盆地沉积充填中所记录的基本沉积幕提供一个概观。

2. 沉积幕和成因地层层序

Frazier (1974) 提出了在退覆充填碎屑盆地中确定成因地层单元及其组分的概念模型。通过对墨西哥湾盆地北部晚第四纪沉积层序三维地层的研究，Frazier 概括下列几条原则，构成层序地层学的基础 (Galloway和Hobday, 1983)。

(1) 陆源碎屑沉积物是外来的，并主要由河流体系搬运到盆地边缘，因此，盆地古地理的

重要改组必然涉及主要河流轴向变化。

(2) 通过沉积（退覆）和非沉积（海侵）层段的反复交替，盆地得到充填。在任一特定时期，活跃的沉积作用总是集中发生于整体下沉盆地的一小部分地区内。在其它地区只有少量沉积物堆积；实际上，非沉积作用和侵蚀作用可能是主要的。因此，基本上无沉积间隔层将沉积层分隔开。

(3) 由水下间断面所代表的时间间隔因地而异；但这些间断面处处将不同时代不同沉积事件的沉积物分隔开来。

(4) 每个沉积脉动或事件，均由最大海泛期岸线始末端向海盆间断与其它沉积脉动分隔开。一个沉积脉动可形成一个有限界面的成因地层单元，Frazier称之为“相序”。与此有相似的地层单元也一直被称为“准层序”（Van Wagoner）。

(5) 一个相序中，进积、加积及海侵相呈有规律地排列。

(6) 大多数盆地中，存在着海侵—海退旋回分级。多种事件将区域沉积幕分为不同阶段。Frazier将沉积幕和沉积复合体视为盆地史和盆地充填的主要成因时间和岩石地层的细分。沉积幕以区域海泛事件为结束标志；其物质地层单元记录了岸带海退建造：其上覆层为海侵相和上邻海底不整合面或凝缩沉积薄层。尽管Frazier没有使用“沉积层序”这个术语，但他的“沉积复合体”是一个层序地层单元，它以侵蚀面或无沉积面及相关整合面为分界面。沉积复合体提供了确定交互层序地层单元的基础，它不必象Exxon 研究组定义沉积层序所需的那样，依靠陆上广布不整合的存在及对它们的识别（Vail, 1987; Van Wagoner, 1987）。我在Frazier模式的基础上，提出了交替层序地层研究范例，它已被证明在分析进积碎屑盆地充填中是有用的。

二、沉积幕和成因地层层序

一个沉积幕期，盆地边缘沉积层的进积需要从深水斜坡和盆地平原到过渡相（三角洲、岸带、陆架及滨海平原）及陆相（河流或冲积扇）范围内的沉积物。有四种不同深度沉积区，包括斜坡、陆架边缘、陆架和海岸平原。由于盆地边缘进积的结果，相继经过基准点并越过基准点。陆架边缘进积，由分隔陆架台地牵引流沉积物与斜坡重力流沉积物的沉积斜坡转折点所限定，它是任何特定时期和地层层位中盆缘海退建造范围的最稳定标志（Winker, 1982; Jackson和Galloway, 1984）。相反，只要基准面或沉积物供给发生很小的变化，海滨带就会在沉积台地上发生数十千米的迁移。因此海滨带周期性进退及陆架边缘进积和沉陷的脉动，可记录一个理想的沉积幕。

沉积幕和沉积层序的单元

图3所示的成因地层层序的时间格架和相地层学是理想沉积幕的产物。图3上部的时—空坐标系图，说明了主要沉积环境组合之间的时空关系；下部的剖面图表示成因地层层序的层理构型。沉积幕和地层层序由三类单元组成：退覆部分、上超海侵部分和代表最大海泛的界面（相当于Frazier的间断面，1974）。

退覆部分（图3）包括①砂质河流三角洲平原及反映海岸平原加积作用的海湾和（或）泻湖相；②滨岸砂质进积沉积，它向陆上覆于前期沉积层序的海泛沉积台地之上，向海覆于

退覆斜坡同期相之上；③相混合的加积下斜坡相和进积的上斜坡相。尽管“斜坡退覆”与“进积”这两个词使用时是同义的，但斜坡沉积物内部岩相构型受坡脚及相邻盆地底面沉积物重力活化和沉积物加积叠堆作用控制 (Mitchum, 1985; Mutti, 1985)，因此，退覆斜坡体系一般包括呈明显倾斜层理几何形态的上斜坡进积相和斜坡根部与相邻盆地平原加积相层

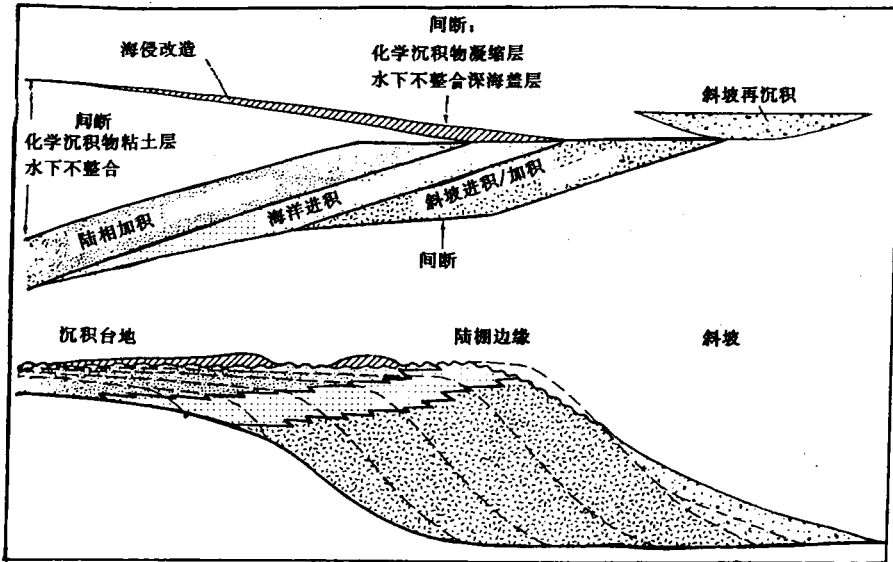


图3 单个沉积幕和成因地层层序的理想地层构型

上图(沉积幕)以时间为纵坐标。下图(层序)以深度为纵坐标来表示地层构型和相组合, 据Galloway (1987)

序, 这两种加积相层序交替出现, 具复合上超及丘状层理形态。Mutti (1985) 的第三阶段浊流沉积发育十分普遍。但第一、二阶段的砂质坡脚叶状沉积体也有出现, 夹于含泥质较多的退覆沉积裙内。海底扇形态或斜坡裙形态破坏的程度是多变量的作用结果, 它们包括沉积物供给(速率、结构、集中程度)、盆地水文条件、大地构造作用和基准面的不稳定性 (Mutti, 1985; Stow等, 1985)。在巨厚的斜坡沉积序列中, 重力构造作用通过加剧陆架边缘处的沉降和产生主要地层间断面来修改沉积相及地层构型的简单模式 (Jackson 和 Galloway, 1984)。

上超部分(图3)包括①在海滨线后退期及刚退以后所形成的经过改造的滨岸带和陆架相沉积; ②斜坡坡脚处, 由重力再沉积作用形成的上斜坡和陆架边缘沉积。陆缘活动海退建造形成后的海侵期, 是上斜坡和大陆边缘块体坡移和退积作用发育最广泛的时期 (Dietz, 1963; Brown和Fisher, 1980; Winker, 1984)。因此, 再沉积形成的特殊堆积裙超覆于斜坡斜面的坡脚处(图3)。再次均夷的斜坡裙还还可由Mutti (1985) I、II类浊积复合体和局部滑塌碎屑组成。简而言之, 图3表示了一个理想的成因地层层序, 其中在海侵期只有很少的沉积物形成, 海侵沉积物为覆盖于冲沟侵蚀面上经改造的岸带沉积物的不连续薄层。在海侵期间(即Curray的沉积海侵或普遍上超, 1964), 流动沉积物输入一般是连续的, 形成厚层沉积并记录着向陆进积沉积事件的持续期(图4A)。“退积”这一术语在描述滨线和陆架边缘长期后退过程是有用的。

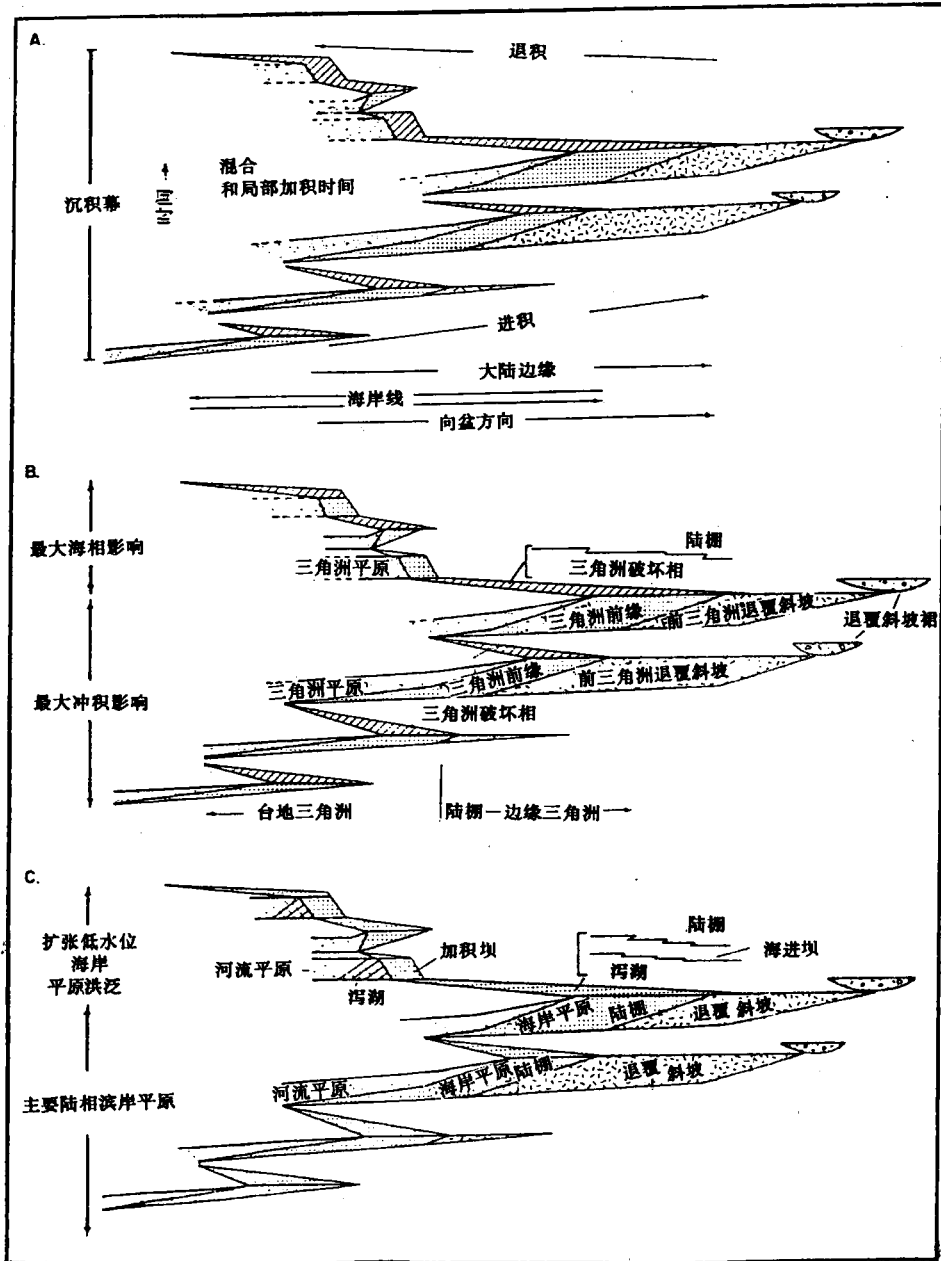


图4 (A) : 典型成因沉积幕海退建造和退积特征的复合发育史时-空示意图
 进积和退积小旋回将海侵流线后退以后长期区域退覆沉积史划分为不同时期, 样式与图3相同。
 (B、C) : 沉积幕内三角洲侵蚀碑和三角洲间湾常见成因组合单元的横剖面

最后, 成因地层层序由两个地层界面所限定 (图3), 它表示在海侵期及最大海泛保持期, 陆架和斜坡处于碎屑沉积物相对非补偿状态。这里按Frazier (1974) 的原始意义, 使用“间断面”这一概念将一个层序的退积或海侵沉积与后续层序的进积沉积分开。间歇性沉

积作用一般跨越海泛沉积台地区发育。然而，陆源沉积速率非常低，其延续时间由薄而具特殊地层及成分的标志层来记录，这种标志层包含着无法进行单个解释的多重假整合。海泛界面的地层表现形式包括不整合和凝缩层，它们形成下超地震层序边界 (Asquith, 1970; Mitchum, 1977)。这种表现形式提供了明显的测井标志，并且一般是石油源岩层 (Meyer and Nederlof, 1984)。

有意义的是，Frazier 模式也可预测沿成因地层层序向陆边缘及其内部发育的陆上间断面 (图3)。滨线是沉积作用的集中区，当它向海迁移时，内海岸平原可以变为一个均衡面，该均衡面起着沉积物分流带作用。在较大盆地中，当沉积加载于地壳时，基准面的微小变化或者周缘上升，均会引起无沉积作用、沟谷下切作用、或者甚至对层序较老的盆地边缘带的低角削蚀作用的发生。这种侵蚀面是Vail等 (1984) 的第一种主要类型的沉积层序界面。然而，把它作为等时区域地层边界的意义，则是基于一个假说，即盆地边缘地层构型唯一受控于海下降至陆架边缘或更低水平 [许多作者，如Pitman和Golovchenko (1983), Miall (1986) 和Christie-Blick (正在出版) 等对这个假说提出疑问]。最近，Vail (1987) 和 Van Wagoner (1987) 已重新定义第一类陆上不整合，指出它仅需海面下降至滨线碎浪带和滨面以下。新定义大幅度减小了形成 I 类层序边界所需的海面下降量。同时，也减小了所形成的陆上侵蚀面的可能、地理范围和地层意义，而相应增加形成陆上侵蚀面为构造作用的影响。

所有层序均是盆地内沿走向具区域连续性的三维地层单元。理想情况下，每个层序都包括几个在走向和倾向上相关的沉积体系。在许多离散大陆边缘和前陆盆地内，现代和古代海岸平原均揭示了一个侧向有关沉积单元的一般性模式 (Weimer, 1970; Wiker, 1979, 1984; Galloway, 1981)。大型盆外冲积体系可形成宽广的海岸平原冲积和 (或) 三角洲沉积裙以及向陆架边缘进积的三角洲前端岬角 (图5)。在河流和三角洲轴线之间，小河流可形成河流平原，它向海伸入三角洲间小型滨岸海湾。沉积物由相邻三角洲岬角被局部水流和沿岸流搬运到海湾中。陆架从海湾滨岸沉积体系向盆地延伸 (图5)。同时，陆架边缘向外滨扩展。相同的古地理单元在海侵和海泛期间持续发育；然而，宽阔陆架则分布于三角洲和相邻海湾的前方。为了表征沿此典型盆缘沉积幕的层序地层特征，需要两种不同的综合体系横切面。

图4B和C说明沿穿过三角洲前端岬角和三角洲间湾横切面上，典型相组合的时-空关系。在海岸后退期，沉积物供给仍然活跃，不断发育退积形成上超。三角洲前端岬处，初始的三角洲进积首先恢复早期沉积幕的海泛台地。前三洲和三角洲前缘相组成进积相单元。三角洲平原沉积覆盖进积台地。随着进积向下伏陆架边缘的不断伸展，陆架边缘、三角洲前缘及前三三角洲相的厚度逐渐增大，同时，在进一步较深水海退建造斜坡处，重力活化作用起更重要的作用 (Suter和Berryhill, 1985; Armentrout, 1987)。海退斜坡建造包括三角洲体系进积单元和退覆水下扇或裙沉积体系混合构型。与此相伴，陆内三角洲平原连续加积，并最终形成宽广加积裙。干流节点决口穿过冲积裙，使得三角洲叶体切开，这在大型体系中经常达几百英里的规模 (Galloway在1981总结墨西哥湾海岸第三系和第四系的许多实例)。因此，在任何横切面上，这种海退建造被发育三角洲侵蚀相的亚区域 (沉积走向几十到几百千米) 海侵所间断。退积则进一步限制三角洲前缘和前三三角洲沉积的发育。三角洲将再次进积到新海泛台地的浅滩水域。更接近均衡的供给和改造，形成海控作用增强的三角洲前缘相的叠加

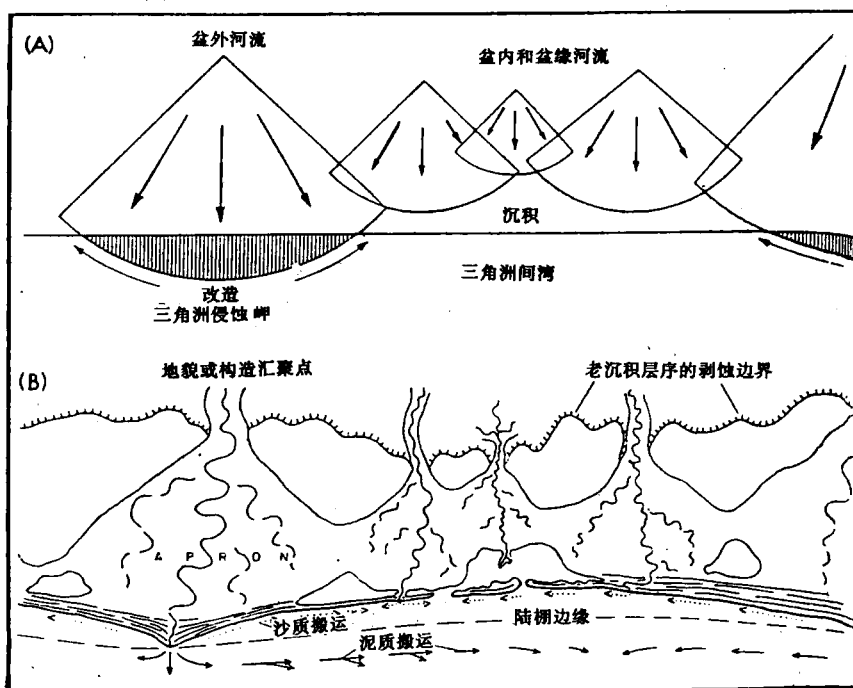


图5 进积碎屑海岸平原和陆架的理想古地理单元

一个或多个河流-三角洲向陆棚和上陆坡进积。黄线和三角洲间湾沉积由砂、泥沿岸搬运及局部河流供给。在沉积盆地抬升边缘，主干和次级河流体系通过侵蚀谷进入沉积海岸平原。由结点冲裂产生宽阔的冲积裙。据Galloway (1986)

层序 (Galloway, 1975)。侵蚀三角洲相则依次被广布的前三角洲和陆架泥层所覆盖。基准面相对上升，造成三角洲和冲积平原加积的增强，也导致更多地保存了溢岸相和洪积盆地相 (Galloway等, 1986)。不稳定陆架边缘三角洲沉积不断滑塌，形成再沉积的三角洲前缘、前三角洲及上斜坡沉积物，也产生上超斜坡堆积裙。大型水下峡谷可以深切过扩展的陆架 (Galloway等, 1988)。

在三角洲间地带 (图4C)，砂质或泥质滨海平原可进积越过早期沉积幕的海泛陆架台地。陆上海岸平原沉积一般由许多小河形成河流平原 (Galloway, 1981)，并加积在海岸平原沉积的进积层之上。陆架边缘海退建造速率降低，那里的泥质沉积物从陆架扩展到陆坡。陆坡退覆层又由再沉积的前积和加积复合沉积组成。陆坡转折点与更活跃的进积三角洲岬角相比更具渐变性，在后继的退积期间，由块体坡移造成的退积可能不剧烈。因为，随着沉积中心的迁移，由沿岸流从相邻三角洲岬角供给沉积物，所以，三角洲相相区的海退建造也是间歇性的，进积事件被亚区域上的稳定期或海侵作用中断。如墨西哥湾西北部那样，浪控海岸的退积，通常反映在当滨岸海泛发育时，障壁砂坝和 (或) 泻湖体系的重要性增加。基准面上升，使加积海岸平原冲积体系和海湾-泻湖体系得以保存 (Galloway等, 1986)。厚层加积障壁和薄层海侵障壁相被保存下来。泥质陆架沉积层全部或部分地覆盖于宽广的、新生海泛沉积台地之上。特殊的陆架体系沉积，包括富砂相，很可能是在海侵和洪泛期形成的 (

Swiftt和Rice, 1984)。由于陆架沉积来源于经历搬运的海侵沉积物或同期退积沉积物，其分布一般反映先期沉积幕的古地理特征。这些沉积物完全包括于或用图表示在下覆成因地层层序的一个相单元中。

总之，成因地层层序是一个沉积物组合，它记录着由广大盆地边缘海泛事件所时限的盆地边缘海退建造和盆地充填的一个重要事件（图6）。确定最大海泛时间的沉积薄层或侵蚀面，通常是主要三维沉积体系之间的边界。典型薄层海侵相或界面与记录着最大海泛的凝缩古生物层或沉积层的一般地层并列关系，广泛应用于许多盆地背景的区域地层对比实践中。层序内部沉积体系的相关组合可以通过绘制骨架砂岩分布图来加以确定和描绘。对海泛面所限定层序内沉积体系骨架所推测和观察到的成因相关性，是与Vail等（1984）以低水位期不整合所限定层序的一个基本差别，后者包括海泛面，并把较老体系的退积相与较新体系的进积相结合在一起（图6）。在成因地层层序中，可识别和预测海岸平原冲积河流、三角洲、三角洲间滨带、陆架和陆坡等体系沉积作用的演化模式。

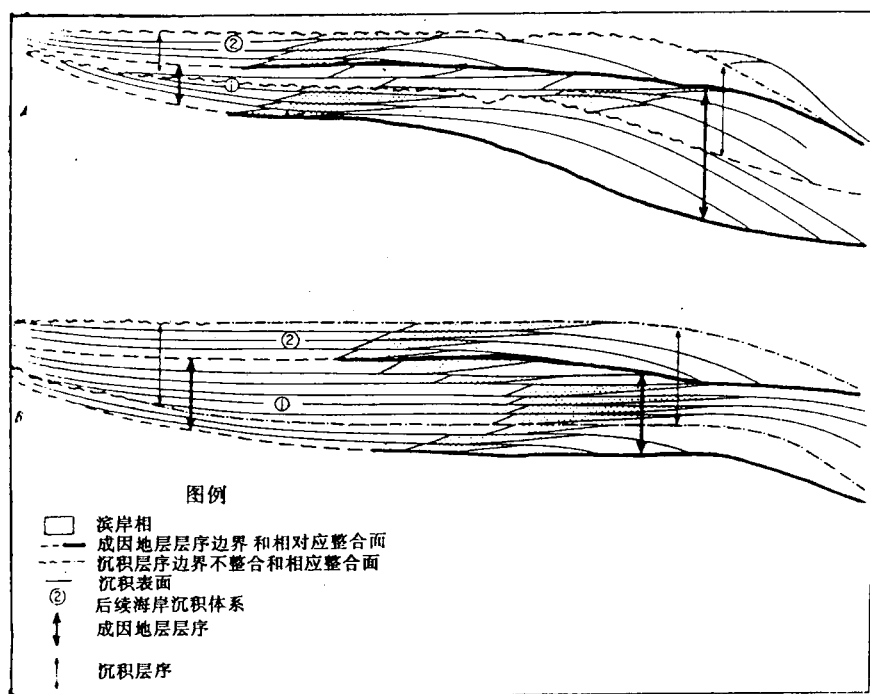


图6 将 (A) Exxon I 类和 (B) Exxon II 类沉积层序边界与成因地层层序边界进行对比

(A)；Exxon 模式强调陆上不整合及其等效地层界面，这类界面在相对基准面降至进积陆棚边缘以下的地区非常重要。(B) 相反，在基准面不低于台地边缘的地区，边界不整合则是模糊的，并且在类型 II 中延伸也有限。两个实例中，由海岸平原的海侵和海泛所产生的下超间断面会形成一个容易对比的界面，它将砂质海岸平原、滨岸带及海相陆坡沉积物边缘包络起来

三、沉积幕的成因

已知盆地边缘沉积楔状体中事件性沉积及其组成层序有着突出的重要性，所以成因问题变

得特别引人注目。当然，对同期海平面升降变化控制沉积旋回的认识，是众所周知的 (Vail, 1984)。然而，许多学者 (Kumbein和Sloss, 1976; Curray, 1964; Hardenbol, 1981) 一直强调沉积模式可反映三种基本控制因素，即海平面变化、陆源沉积供给及盆地沉降速率 (图7) 的动力相互作用。

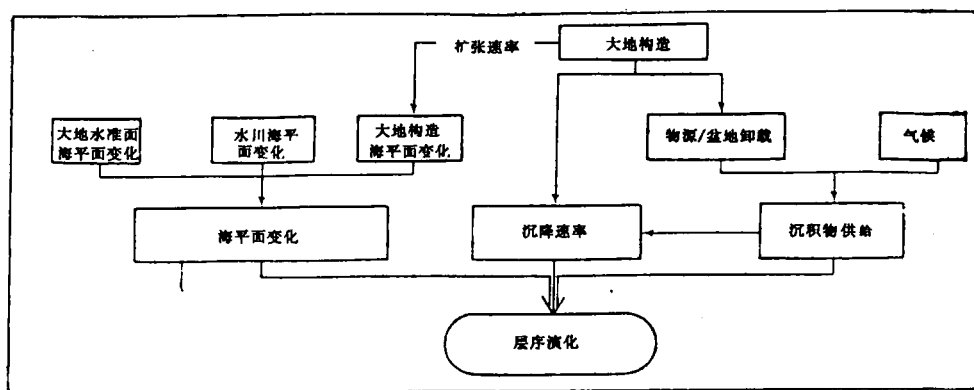


图7 影响进积盆地边缘沉积史和层序地层特征的变量

层序构型是海平面变化、沉降速率和沉积物供给三者相互作用的产物

海平面变化直接影响滨岸线的位置，因此也就影响沉积物流入盆地的场所。海面升降组成部分，包括大洋盆地容积的变化（构造海平面变化）、水体体积的变化（冰成海平面变化），及大地水准面变化（大地水准面海平面升降） (Fairbridge, 1961; Morner, 1980)。

陆源沉积物供给取决于源岩出露区和区域气候。在次级区域范围内，内因旋回起着重要作用。

盆地沉降速率（不包括沉积负载诱发的沉降）基本是局部和区域板块边缘的板内热应力特征的产物。沉降绝对速度和辐度变化或速度方向可决定盆地边缘的地层构型 (Pitman, 1978)。

在适当条件下，沉降、抬升、沉积物聚积及基准海面变化的速率，可以达到最大值，但其相对变化范围为1—100m/1000a (图8)。因此，如图9所示，反映盆地边缘进积、加积、退积及海侵作用的全部沉积构型变化也同样是源于沉积输入、沉降速率或海平面的变化产生的。在基本构型中，地层产物看起来是相似的，似乎与哪一个变量的变化无关。成因地层层序就是进积部分与后续退积或海侵部分的综合体。加积层段也可能是层序中不同层位的组合。因此，对盆地边缘地层演化的任何关键性调查研究都必须考虑到所有三个因素：沉积物供给、沉降速率和海平面 (Miall, 1986)。

1. 海平面升降变化

海平面变化有三种潜在的变化因素：冰川、构造、大地水准面 (图7)。

冰川性海面升降变化是由大陆冰盖体积变化引起的，并具有较高的变化率，为

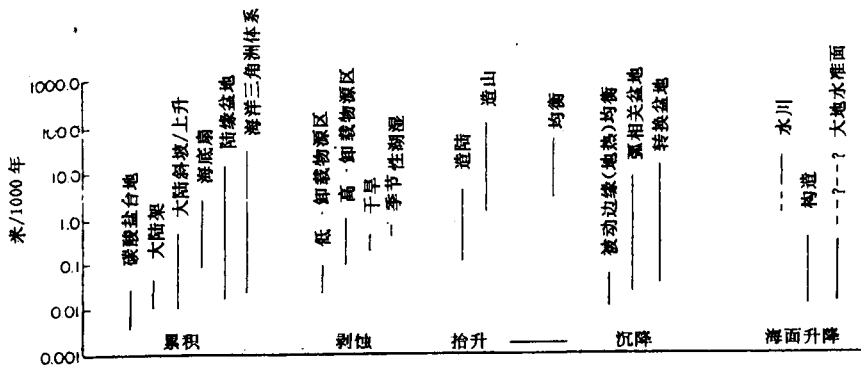


图8 沉积、侵蚀、构造抬升或沉降及海面变化的相对速率

速率大于 $1\text{m}/1000\text{a}$ 是沉积及大地构造背景的广阔范围的特征。只有冰成和可能的大地水准面海平面变化可与最大抬升-沉降和加积速率相比。据Stow等(1985)有改动

$10-100\text{m}/1000\text{a}$ (Pitman, 1978)。这样的变化受到大规模极地冰盖形成期限制,但并不是这种作用所固有的。极地冰盖开始形成于渐新世,广泛分布于中新世(Loutit和Kennett, 1981; Leckie和Webb, 1983)。相反,晚中生代和早新生代,全球可能是无冰期。要使海平面升降变化几十米需要大量的冰。例如,如果现代冰川和冰盖全部融化,将会造成海平面上升 60m (Pitman和Golovchenko, 1983)。由于缺乏中生代和早新生代的相当大量冰的直接地质证据,故难以调和这期间所推论的高幅度冰川性海平面变化。我们假定在地球历史某些阶段,冰川性海平面变化是重要的海平面控制因素,但在其它同样的扩张期它并不一定如此。

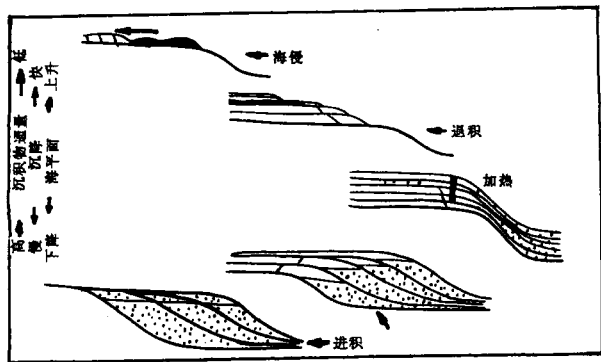


图9 进积、加积、退积及海侵的简略地层构型与控制它们发育的三个变量

任一变量发生变化可能形成相似的地层构型。一个成因地层层序包括了后续构型的叠置,这反映了从滨线和陆棚边缘进积到滨线后退和陆棚沉降的演化。据Galloway (1987)。

构造海平面变化是由大规模岩石圈板块相互作用所引起的大洋体积的变化而产生的。其中最重要的似乎为海底扩张速率及扩张洋中脊和周围洋壳后续抬升速率的变化。Pitman (1978)计算了因大洋中脊体积变化引起的海平面变化的最大可能速率约为 $1\text{cm}/1000\text{a}$ 。自晚白垩世以来,递减扩张速率使海平面一般降低 $100-300\text{m}$ (Kominz, 1984),但构造海平面变化似乎不能解释快速的(10^6a)地层学上巨大的($10-100\text{m}$)海面变化。

地层学家不承认大地水准面海平面变化的潜在作用。大地水准面是旋转和重力势场复合的等势面,并与平均大地水准海平面相当。环境大地水准面(海平面)通常不同于一个几十米的理想数学界面。可以预料,大地水准面几何形态的变化在规模上可能与地壳构造作用相

似。然而, Morner (1980) 预测大地水准面幅度抬升几十米的变化是反复而快速的 (1000a)。Newman等 (1980) 提出地史时期大地水准面资料变化的证据。暂且不论对非冰川性海平面变化将要提出的推测机制, 如果从依据而言, Morner (1980) 的假说对层序地层学有着重要意义。首先, 大地水准面海平面变化虽然是同期和全球性的, 但不同的盆地之间将显示出相位迁移。一个地区海平面上升, 必须通过其它地区海平面下降来平衡。其次, 有关正在进行着的大地水准面变化的资料 (Newman, 1980) “自相矛盾的证明了单纯海平面变化曲线研究是无益的。地球形体不断发生着形变…… (Newman, 1980) ”。

2. 沉降速率

沉降是构造作用 (地壳扩张、冷却、构造负载) 或沉积负荷作用的产物。大多数沉降模式都被假设为均匀速率, 可用简单数学公式表达。然而, 均匀沉降只是实际情况的一级近似表示。冷却、拉伸或加载的速率是不均匀的 (Wiltschko和Dorr, 1983; Poag和Schlee, 1984; Ru和Pigott, 1986)。进一步说, 地壳负载和挠曲下弯产生应力, 能导致边缘抬升。如果负载在时空上发生变化, 则这种抬升的轨迹是移动的 (Quinland和Beaumont, 1984)。区域板块间应力场的变化能够会有效地改变地壳对负载挠曲的响应。这些模式表明, 水平应力场发生几千帕的变化, 就可能导致相对基准面发生100m变化 (Cloetingh等, 1985)。

有证据表明, 地壳水平应力场的大小和方向可能在1—10Ma周期中发生变化; 因此, 与活动构造带相邻盆地的基准面可能发生1cm/1000a的变化 (Cloetingh等, 1985)。陆内地壳应力场的规模 (Zoback和Zoback, 1980) 说明了一种可能, 即板块边缘构造变化可以影响横跨大陆板块的广大区域的沉降。

3. 沉积物供给

在对会聚板块边缘无直接联系的盆地的层序分析中, 一直忽视沉积物供给。然而, 在进积盆地边缘, 沉积物供给是十分重要的, 因为那里沉积物输入必须超过受水盆地可容空间的潜力。已观察的第四纪沉降中心的沉积速率一般为每千年几十米, 除了最快速的冰川性海平面变动速率, 这相当于甚至超过所有海平面变化速率 (图8)。Schumm (1977) 讨论过影响沉积物供给的因素。所有陆源碎屑沉积物供给均是物源区至盆地之间地形特征和物源区气候条件的综合反映 (图7)。而地形又受物源区及向盆地搬运途径地区构造的控制 (它可使主流发生迁移和袭夺, 并产生沉积物下沉)。气候变化, 或气候不稳定, 导致沉积物供给的变化。

沉积物供给作为一个主要变化因素, 已由Stott (1984) 对白垩纪海域北部的研究得到充分证实。该区盆地平均沉积物堆积速率受一个或二个因素影响而发生反复变化。在其他学者中, Swift和Rice (1984) 陈述了活跃逆冲时期海域沉积物供给与北美西部的活动逆冲作用时期的相对关系, 建立了物源区构造作用与盆地边缘事件性进积作用之间的直接关系。对墨西哥湾西北部局部新生代区域沉积速率研究的初步成果表明, 在几百万年中可发生十次变化。白垩纪海区和墨西哥湾盆地的古地理编图, 显示出三角洲沉积中心的反复迁移。因此, 随着时间推移, 局部沉积物应呈现更大的变化。

海平面变动对沉积物供给量和性质没有什么影响。除非流域盆地地形起伏 (物源区基岩抬升) 相对搬运距离的比率明显增大, 否则海平面下降不会增加水流沉积物负载的体积和能量 (Schumm, 1977, Vita-Finzi, 1986)。实际上可能产生相反的结果。在低水位期, 低起伏海岸平原非常广阔, 且平均河流坡度很小。在低水位期, 由出露海岸平原河谷下切挖蚀