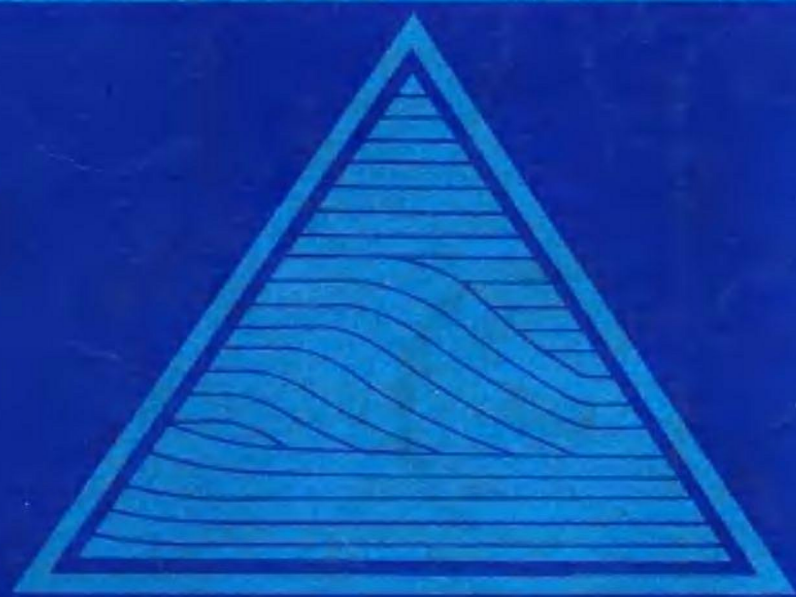


层序地层学原理

(海平面变化综合分析)

〔美〕C.K.威尔格斯 等编



石油工业出版社

层序地层学原理

(海平面变化综合分析)

〔美〕C. K. 威尔格斯 等编
徐怀大 魏魁生 洪卫东 等译
徐怀大 校

石油工业出版社

(京) 新登字 082 号

内 容 提 要

本书原名为“Sea—Level Changes: An Integrated Approach”，因其内容囊括了层序地层学的基本概念、原理和应用，故译作《层序地层学原理（海平面变化综合分析）》。

这部论文集包括 27 篇论文（其中最后 4 篇选自本书以外的文献）；共分为海平面变化分析；海平面变化和层序地层学；地质历史中的海平面变化和海平面变化概念的应用四大部分。书的最后还附有一张大型的中新生代全球海平面升降曲线成果图。

本书对地质学和地球物理学工作者及有关院校师生有重要的参考价值。

层序地层学原理 (海平面变化综合分析)

〔美〕 C.K. 威尔格斯 等编
徐怀大 魏魁生 洪卫东 等译
徐怀大 校

*

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 $33\frac{3}{4}$ 印张 8 插页 847 千字 印 1-1,500

1993 年 4 月北京第 1 版 1993 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-0735-5 / TE · 695

定价: 23.00 元

序

层序地层学是一种划分、对比和分析沉积岩的新方法。当与生物地层学及构造沉降分析相结合时，它提供了一种更精确的地质时代对比、古地理再造和在钻井前预测储油岩、生油岩和盖岩的方法。层序地层学概念在沉积岩上的应用有可能提供一个完整统一的地层学概念，就象板块构造曾经提供一个完整统一的构造概念一样。层序地层学改变了分析世界地层记录的基本原则，因此，它可能是地质学中的一次革命，它打开了了解地球历史的一个新阶段。

从本质上说，层序地层学分析提供了划分名叫层序和体系域的成因地层单位的不连续面的地层格架，这些层序和体系域与特定的沉积体系、岩相和油气产出有联系。这些层序和体系域，是由与海平面相对变化有关的基准面变化引起的。这些基准面变化表现为地震资料上的反射不连续性和测井及露头剖面上相带叠置方式的变化。

感谢徐怀大教授与他的同事和研究生们，他们现在把美国经济古生物和矿物家协会 (SEPM) 42 号论文集译成中文。这些层序地层学的基本概念对于学生和在职人员是很有用处的，同样也有助于深入理解层序地层。我希望将来有机会和本论文集的读者们讨论中国的层序地层学。

Peter R. Vail

1991 年 4 月 19 日于休斯顿

(徐怀大译)

译者前言

地质学、地球物理学和计算机技术相结合，产生了地下成像的地质勘探新技术。尽管这种技术的分辨率还不算很高，但是，大量地震资料和分析解释经验的积累，使许多地质家为之惊愕，发现许多他们在地面露头、岩心和测井资料中从未发现的现象，认识到他们长期以来信守的某些基本地质概念需要修正。层序地层学就是在这种情况下，在地震地层学的基础上，综合了所有地层学的最新发展而诞生的。它的出现，首次在石油地质界掀起了研究层序地层学的热潮，并在地层学、沉积学以及一切与沉积岩有关的科学领域引起了极大的震动。

人们的普遍认识是：“层序地层学改变了分析世界地层记录的基本原则，因此，它可能是地质学中的一场革命，它打开了了解地球历史的新阶段”（P.R.Vail, 1991）。“地层学目前正在进行一场革命。一个世界范围的对旋回式层序和沉积体系域地层概念的评价……正在大学和跨国石油公司中进行”（L.F.Brown, Jr., 1990）。“地震地层学[●]引起了地层学分析中的一场革命，其意义之深远不亚于板块构造引起的革命。结果，几乎所有牵涉到沉积岩的学科都被重新研究和重新受到重视，大量新问题正在涌现。”“地震地层学概念正在和地层分析的更传统的方法结合起来，融合成新的概念，可能永远改变借以解释和了解沉积岩的科学和方法。”“……为建立地层体系结构、沉积相分布和盆地演化的数字模型提供了理论基础。地震地层学在这方面的贡献，可能多于任何其它学科的贡献，……它是把科学从定性领域转到定量领域的推动力”（T. A. Cross, M. A. Lessenger, 1987）。“由于地层在几个层次上的有序排列是从地震层序概念推导的，所以可以提出一个理论格架，从而建立一些能够更精确地模拟地层体系结构、沉积相分布和盆地演化的判别性地质模型。这就提供了新的希望，即地层学这一学科将更具有预测性和定量性”（T. A. Cross, M. A. Lessenger, 1987）。“它对发展基础地质科学：地层学、沉积岩石学和构造地质学有重大贡献，而且可以大大地提高油气普查勘探工作效果，预计可以收到数以十亿卢布计的经济效应”（苏联科学院主席团决议，1988）。

层序地层学之所以获得如此高的评价，有以下几方面原因。

（1）消除了地层学中长期存在的年代地层与岩石地层单位及生物地层单位的三重命名的混乱现象。地震反射近似地逼近等时面本身，为地层的划分与对比（至少在准层序级以上）提供了有力的武器。象板块构造学说提供了全球统一的构造概念一样，层序地层学也有可能提供一个全球统一的地层学概念。

（2）第一次提出了全球统一的成因地层划分方案（成因地层年表）过去人们根据某一或二项标志，提出过地层划分方案（地层年表）。有古生物的、岩性的、放射性同位素年龄的、古地磁的等。但是，由于没有从根本上从地层的成因和发展上进行研究，因此，出现了许多相互矛盾无法解释的现象。层序地层学通过对控制地层形成的四个要素（构造沉降，全球海面升降、气候、沉积物供应）的综合分析，得出相对海平面（或基准面）控制层序形成与发育的概念。将层序内部和层序之间的成因联系确立下来。把地层学从描述性提高到有完

●这里主要指的是层序地层学。——作者

整系统的理性阶段。

(3) 建立了地层分布模式。层序地层学是研究地层分布模式的一门科学，它把层序定义为“顶、底以不整合或与这些不整合可以对比的整合为界的、成因上有联系的一套地层。”层序地层学定义中所说的“地层分布模式”就是这里所指的“成因上有联系的一套地层”。具体到每个层序来说，这“一套地层”就是指在一个海平面相对变化周期（两个相邻下降翼拐点或拐点附近）沉积的地层。即每个层序都包括三个体系域，它们是：低水位体系域、海进体系域和高水位体系域（指Ⅰ型层序），或者陆架边缘体系域、海进体系域和高水位体系域（Ⅱ型层序）。这些概念是层序地层学的核心，是许多理论和实际工作的依托。

(4) 提高了地质学家的预测能力，包括理论预测和实际预测两个方面。从理论预测上讲，通过海平面相对变化的研究，可以预测尚未钻探地层的年代，预测某些应有的体系域的展布方向、范围、可能的岩相及其分布，从而对地质发展史、古地理状况作出科学的预见。从实际上讲，可以通过体系域和岩相的分布规律，预测有利于形成油藏、气藏以及其它沉积矿产的有利分布带。再进一步，通过高精度高分辨率的地震勘探（尤其是三维地震）、油藏描述、碳氢检测等手段，可以进行钻前油藏、油层质量预测，以至已开发油田的扩边和开发效率的预测。

(5) 把地球科学的研究从定性推向定量。总的来讲，地质科学与其它科学相比，是比较偏于推理性的、定性的、描述性的和经验性的。其根本原因，是无法了解地下地质条件在时间和空间这四维参量中的真实情况和细节变化。近年来，由于计算机技术和地震勘探以及其它有关科学的发展，已经在盆地模拟、构造史恢复、油气运移、资源量评价、储量计算、储层质量预测等方面积累了不少经验，提出了一些定量研究的方法。然而，由于对地层及其所代表的岩相在三度空间和时间上分布不够了解，影响了上述评估的确定性，并造成不同评估值之间的重大差异。现在，层序地层学的出现，基本上解决了这个问题。可以相信，在不久的将来，随着地震勘探和计算机技术的进一步提高，将有可能以层序地层及地震地层学为主线，把地质研究和（或者）油气勘探的各项主要工作，从头到尾贯穿起来，构成一个系统工程。在和其它一切与沉积岩有关的科学和技术密切配合的基础上，构成一个从地层划分，相带分布、古地理环境恢复、构造发育史、油藏形成史、油藏预测、油藏质量预测到油藏开发效果监测的一套完整的、比现在精确得多的定量化研究全过程。

本书就是在意识到层序地层学在推动地质学发展和加速油气勘探上的重要价值基础上译出的。本书原名为“Sea-Level Changes: An Integrated Approach”。因其内容囊括了层序地层学的基本原理，故译作“层序地层学原理：海平面变化综合分析”。

当然，不是说这本书很完善，已经把主要的理论问题都解决了。恰恰相反，读者在逐篇仔细阅读的过程中就会发现，不同作者对某些重大理论问题仍然存在着不同的看法和争论。然而，在推动科学的发展上，重要的是概念和思路的转变和更新。而不是照抄、照搬。我们是本着这一原则和为国内同行提供借鉴而翻译这本书的。根据译者在工作中的体会，我们认为，在我国，至少应当在如下一些方面加强工作：（1）加强对与外海完全隔离的陆相盆地及与外海曾经发生过联系的近海内陆盆地的层序地层学基本理论研究，建立相应的基准面变化曲线；（2）建立适于中国地质特征的不同构造背景、不同古地理环境、不同岩石类型的层序地层模式；（3）选择不同类型的典型露头剖面，进行高分辨率层序地层学研究，建立新的“层型”；（4）研究不同级次的构造运动、不同级次的沉积事件等“噪声”对全球海平面（或基准面）升降曲线的影响及其排除方法；（5）通过艰苦的努力，建立自己的全国统一地层表；

(6) 建立并不断完善适合我国国情的油气藏预测系统工程方案和系统；(7) 尽快建立并逐步完善我国层序地层及地震地层工作规范。

本书由徐怀大、樊太亮、魏魁生、刘金辉、洪卫东、雷清亮、陈波、吴裕根、李剑锋和蒋泰然等同志共同翻译。洪卫东和魏魁生先后对部分初稿作了抽校，徐怀大对全书译稿作了详细统校。对书中出现的新术语，译者曾多次推敲、力求准确（书末附有主要译名表）。但由于水平和时间的关系，不当之处在所难免，敬请读者教正。

本书最后四篇译文，选自本书以外的文献，以期对油气勘探工作者有所助益。

全书译稿完成后，译者趁访美之便，约请层序地层学及地震地层学创始人 Rice 大学的 Peter R. Vail 教授，为中译本写了序，并就层序地层学中的某些问题进行了讨论。译者对 Vail 教授的热情帮助深表谢意。

徐怀大

1991 年 7 月 1 日

目 录

序

译者前言

第一部分 海平面变化分析..... (1)

第一篇 全球性海平面的升和降.....

..... Christopher G. St. C. Kendall and Ian Lerche (3)

第二篇 板内应力: 视海平面中三级周期的构造起因..... Sierd Cloetingh (23)

第三篇 新生界稳定同位素记录得来的海平面变化证据和反证.....

..... Douglas Williams (38)

第二部分 海平面变化和层序地层学..... (47)

第四篇 层序地层学基础综述和关键定义.....

..... J. C. Van Wagoner, H. W. Posamentier R. M. Mitchum,
P. R. Vail, J. F. Sarg, T. S. Loutit, J. Hardenbol (49)

第五篇 硅质碎屑岩层序及其地震表示的定量地质模拟..... M. T. Jervey (56)

第六篇 中、新生代年代地层表与海平面变化周期.....

..... Bilal U. Haq, Jan Hardenbol, and Peter R. Vail (86)

第七篇 全球性海面升降对碎屑沉积作用的控制 I—概念构架.....

..... H. W. Posamentier, M. T. Jervey, P. R. Vail (138)

第八篇 全球性海面升降对碎屑沉积作用的控制 II—层序和体系域模型.....

..... H. W. Posamentier, P. R. Vail (155)

第九篇 碳酸盐岩层序地层学..... J. F. Sarg (185)

第十篇 密集段: 大陆边缘层序年代确定和对比的钥匙.....

..... T. S. Loutit, J. Hardenbol, P. R. Vail and G. R. Baum (220)

第三部分 地质历史中的海平面变化..... (255)

第十一篇 北美大陆中部中奥陶世海侵过程中陆表海海平面变化的确定.....

..... John L. Cisne and Raymond F. Gildner (257)

第十二篇 晚古生代时的海进、海退沉积.....

..... Charles A. Ross and June R. P. Ross (270)

第十三篇 三叠纪海平面的变化: 来自加拿大北极群岛的证据.....

..... Ashton F. Embry (296)

第十四篇 根据新的数据和修订的 Exxon 曲线对侏罗纪海平面变化的重新评价.....

..... A. Hallam (309)

第十五篇 墨西哥湾沿岸和阿拉伯东南部早白垩世海平面曲线.....

..... R. W. Scott, S. H. Frost, B. L. Shaffer (325)

第十六篇 美国西部内陆白垩纪海平面相对变化的记录..... Robert J. Weimer (335)

第十七篇 新泽西晚白垩世海平面变化的有孔虫模型..... Richard K. Olsson (340)

第十八篇	阿拉巴马州中部白垩—第三纪界限的层序地层背景	A. D. Donovan, G. R. Baum, G. L. Blechschmidt, T.S. Loutit, C. E. Pflum, and P. R. Vail (352)
第十九篇	层序地层学的概念在墨西哥湾和大西洋盆地下第三系露头中的应用	Gerald R. Baum and Peter R. Vail (363)
第二十篇	新泽西和阿拉巴马地区滨海第三系地层资料中沉积层序的识别 和解释以及海平面变化的计算	Stephen M. Greenlee and Theodore C. Moore (381)
第四部分	海平面变化概念的应用	(411)
第二十一篇	阿伯特Cardium组底部突变的滨面层序和“滨外沙坝”: 它们与 海平面相对变化的关系	A. G. Plint (413)
第二十二篇	美国西部内陆上白垩统海进—海退旋回中煤层分布控制因素的研究	Timothy A. Cross (429)
第二十三篇	海平面变化与深海扇体系中浊流事件的时间	V. Kolla and D. B. Macurda, Jr. (443)
第二十四篇	层序地层学概念在油气勘探中的最新应用	L. F. Brown, Jr. (457)
第二十五篇	层序地层学概念在南非滨外盆地勘探中的应用	L. F. Brown, Jr. (458)
第二十六篇	得克萨斯东部陆架及相邻Midland盆地维尔吉尔和狼营统层序地层 和体系域模式	L. F. Brown, Jr. (459)
第二十七篇	墨西哥湾密西西比扇的沉积历史、相态与层序地层学	Paul Weimer (484)
附表	主要译名中英文对照表	(520)
附图	中生代全球海平面升降曲线	

第一部分 海平面变化分析

第一篇 全球性海平面的升和降

Christopher G. St. C. Kendall and Ian Lerche

摘要 确定全球性海面变化相对幅度的方法包括：(1) 测量大陆边缘沉积物上超的数值；(2) 测量海相沉积旋回的厚度和古海滨线标志之间的高程和距离；(3) 测量单个热构造沉降曲线和叠加的地壳沉降曲线上的摄动；(4) 测量沉积物中的深海氧同位素的变化；(5) 测量在盆地充填作图和数值模拟的“逆”题解中使用的变量的大小，如构造运动速度、沉积物堆积速度和全球海面变化速度。时至今日，可以采用综合这些方法的某些方法或者全部方法编制相对（构造和全球海面）海平面曲线。然而，这些都不是绝对全球海面变化的唯一解。每种方法都对这三种基本作用（基底构造运动、沉积物堆积和全球海面变化）中的两种的某些特性作了假定，然后确定相对于这两种作用的假想模型特性的第三种作用。数学模型肯定了这种结果的意义，它说明只能得到基底构造沉降和海平面变化的综合解。

一、简介

确定全球海面变化的视垂直幅度虽然有几种间接方法，但是还没有推导出直接的方法，因为没有固定不变的基准面可以根据它量出这些变化。这种基准面不可能建立（Burton等，1987），因为地球表面有一部永恒的运动历史，这些运动反应了：(1) 沉积物压实；(2) 地壳对处于其上的沉积物和水柱负载变化的均衡响应；(3) 热—构造运动。这个固定的基准面可能是地心，但是由于它相对于古老沉积物的位置不可能确定，因此，只能观察到“相对”海平面。正如 Vella (1961) 指出的那样，海平面高度的视变化只能表示为四种参考点中的两对之间的高差，但是它们当中没有一个是固定的，而且它们都受垂直运动支配。它们是：(1) 平均海平面上的任一点；(2) 相对于岩石圈的任一固定点；(3) 岩石圈变化中的表面上的任一点；(4) 任一沉积表面下方稍低处接近压实表面的任一点。因为不能直接测量，所以地质家们力图使用海平面运动产生的物理变化的测值来编制模型。这些与全球海面变化幅度有关的间接测值是本文的主题。读者应当注意，本文中所用的全球海面变化(eustasy)的定义是“海平面在全球规模上相对于一个固定基准面如地心的高程变化”。这个定义可能不同于本文所引其他地质家们的定义。

我们的文章考虑了描述地球对全球海面变化的物理响应的四种方法：(1) 大陆被海上超面积的变化；(2) 海相沉积物沉积记录；(3) 地壳对上覆海水重量的响应；(4) 海水体积的变化。我们现在评论一下这些不同的方法。

1. 利用大陆被海相沉积物覆盖面积的变化确定海面变迁的幅度

1) 测高曲线

针对现今大陆地形，Kossinna (1921, 1933) 编辑了测高曲线(hypsometric curve)①。他的曲线以及那些使用他的修改过的概念的科学家们的曲线，成了全球海面变迁

①又译陆高海深曲线或面积高程曲线。——译者

幅度的众多计算的基础。这种针对当今地形的测高曲线，是计算与被海覆盖的大陆面积成比例的海平面上升了多少的一种工具。任一特定时间间隔中海水跨过大陆推进的数量，可以利用一个求积仪和一个等面积投影从该时期海相沉积层序的古地理图中得出（图 1-1）。许多最近的文章（Eyged, 1956; Hallam, 1963, 1984; Forney, 1975; Bond, 1976, 1978a, b; Cogley, 1981 1984; Harrison, 等, 1981; 和 Wyatt, 1984）描述了在确定海平面变迁幅度中使用测高曲线（或地势曲线（hypsographic curve））。

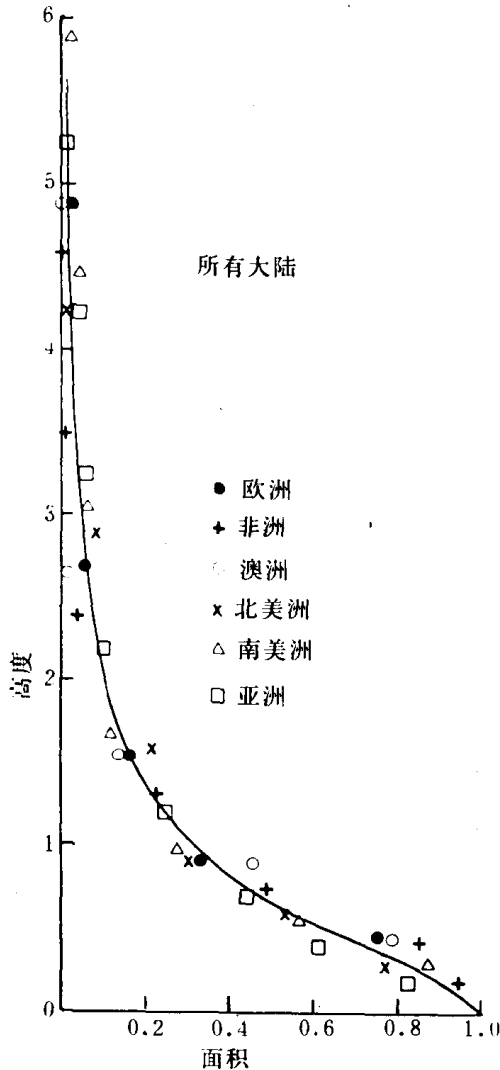


图 1-1 归一化测高曲线（据 Harrison 等, 1981, 6 页）

大陆高度通过实测高度除以平均高度予以归一。因此，每个大陆的平均高度都按 1 画在纵坐标上。横坐标上面积是 1。

还表示出通过这些点的最佳拟合地势线

测高曲线以总陆地面积百分比的方式表示各对等高线之间的陆地面积。例如，Harrison 等人（1981）利用分数面积对分数高度和包含的陆架面积作出他们的关系曲线。他们通过观测的高度除以观测的平均高度将曲线归一化，在他们的图中纵坐标表示平均高度，因此，平均高度是 1，而面积是大陆总面积的百分数（图 1-1）。

利用这种方法确定海平面升或降的幅度的问题，是假定描述现今大陆的测高曲线与过去存在的曲线一样。然而，这种简单概念的应用随科学家不同而异。因为第三纪中的造陆上升，今日地形的测高曲线（例如 Kossinna, 1921, 1933）可能太陡了（Bond, 1976）。按照 Harrison 等人（1981）的意见，一个大陆的测高值在整个历史时期看来不是个常数，因为：（1）与大陆边缘沉积物充填有关的变化；（2）褶皱山产生的影响；（3）编制测高曲线中的问题，例如，在测高曲线覆盖的大陆面积中不包括陆架。此外，配合测高曲线使用的古地理图常常有错误，特别是当制作比较老的地层层系图时，有一种把临滨线画得比较短、比较简单的偏向，从而低估了历史时期的被淹大陆面积（Cogley, 1981）。

“现代的面积—海拔分布为古大陆提供了重要线索”（Cogley, 1984, 116 页），并且可以用在模型中，去确定海平面变迁幅度。然而，不存在推导“正确”测高曲线的明确方法。人们可以使用

Kossinna (1921, 1933)、Bond (1976)、Harrison 等 (1981)、Southam 和 Whitman (1981) 的方法，或者 Cogley (1984) 的方法，或者他们自己的一套方法。侵蚀作用造成地

层剖面的损失也把事情复杂化了, 并且导致低估了被水淹面积。因此, 很明显, 仅仅不精确的古地理图, 就会导致不精确的海平面关系, 虽然可能得到某些有用的相对曲线。

2) 得自地震反射资料的沉积物加积和上超几何形态

Vail 等 (1977)、Hardenbol 等 (1981) 和 Vail 等 (1984) 曾经开发了一种技术, 它是 Wheeler (1958)、Sloss (1963, 1972) 和 Sloss 及 Speed (1974) 等人工作成果的一个延伸。经证实, 地震剖面上的地震层序服从这个假定, 即连续地震反射近似相当于年代地层界面, 或者时间界面, 如层面和不整合面。界定层序的不整合面以地震反射对着下面的不整合面上超和终止或互为终止为特征 (图 1-2)。论据是上超地震反射的位置受标志着平均高水位的沉积基准面的控制。因此, 沉积物进侵曲线图将显示海底、海岸和冲积沉积物楔上超到盆地边缘有多远 (Vail 等, 1984)。沉积物加积图将显示上超地震反射上爬或下降的垂直数量 (图 1-2 (c); Vail 等, 1977, 66—67 页)。在应用此法当中, Vail 等 (1977, 77 页) 指出: “海岸加积测值的求得要尽可能靠近下伏不整合, 以使差异盆地沉降影响最小。”他们对比了许多地方测得的海平面相对变化周期, 并将全球地震上超周期 (他们称之为海岸上超) 的产状合并编成一个的曲线图。利用得自地震资料的加积测值, Vail 等 (1977) 计算了相对海平面变迁的幅度。然而, 正如 Hardenbol 等人 (1981, 34 页) 指出的那样, “从测得的海岸上超的变化求得的全球海平面定量变化, 不会提供准确的量值, 因为不同盆地中的沉降有变化”。据推测, 他们假定一旦在整个地质历史分析中排除掉沉降因素, 就只保留下全球海面变化 (理论上)。应当记住, 这只是一种假定而不是事实。

Vail 等人 (1977) 的沉积上超曲线的另一个问题是, 当他们令人信服地证明全球性海面变化事件存在时, 全球海面事件在大陆上的位置被构造沉降的局部影响复杂化了 (Bally, 1981; Watts, 1982; Thorne 和 Watts, 1984; Parkinson 和 Summerhayes, 1985; Miall, 1986)。这可能解释为什么 Hallam (1981) 和 Vail 及 Todd (1981) 根据不同资料来源编制的侏罗纪海平面曲线对于同样的海平面高度记录到不同的位置。同样, Vail 等人 (1977)、Kauffman (1977)、Hancock 和 Kauffman (1979)、Harris 等 (1984) 以及 Seiglie 和 Baker (1984) 根据不同资料来源 (例如地震、岩石地层和生物地层资料) 编制出的白垩纪海平面曲线也是不同的。Vail 等人 (1977) 编制的晚第三纪海平面曲线不同于 Seiglie 和 Moussa (1984) 编制的曲线。因此, 这些方法 (不同作者用的是不同的) 识别出相同全球海面事件的发生, 但是即不能用来确定它们的幅度, 也不能用来确定它们相对于其它海平面事件的位置。

2. 沉积记录作为确定全球海面变化幅度的一种方法

古水深标志与古海滨线位置结合, 用于计算全球海面变化幅度。这些标志包括在变浅旋回中指示高水位的沉积构造; 古海滩线; 古海蚀崖中的浪蚀龛; 古水深的化石标志, 如底栖生物、藻迭层石、潜穴、珊瑚礁阶地和泥炭等。Busch (1983) 对比了纽约州中部 Manlius 组中的向上变浅旋回或 PACs (被中断的加积旋回 (Punctuated Aggradation Cycles)), 并把它们与海平面事件相联系。他对比了旋回中的高水位, 通过利用旋回中垂直潜穴的上限和藻纹层的下限验证了高水位。Busch 识别了以这些海平面为界的三个周期, 它们在某些地点上具有近似相同的厚度 (1.1, 1.0 和 0.8 或 3.7, 3.3 和 2.5ft), 说明在这些地方相对海平面以这个数量变化过 (图 1-3)。Busch 忽略了压实作用的影响, 所以这些实际记录值可能比真实的相对海平面变化幅度小。他注意到在朝海的方向上海进面在地层层位上上爬。这种计算海平面变迁幅度的方法依据这些假定, 即这些旋回是全球海面变化的结果; 这些地点的每

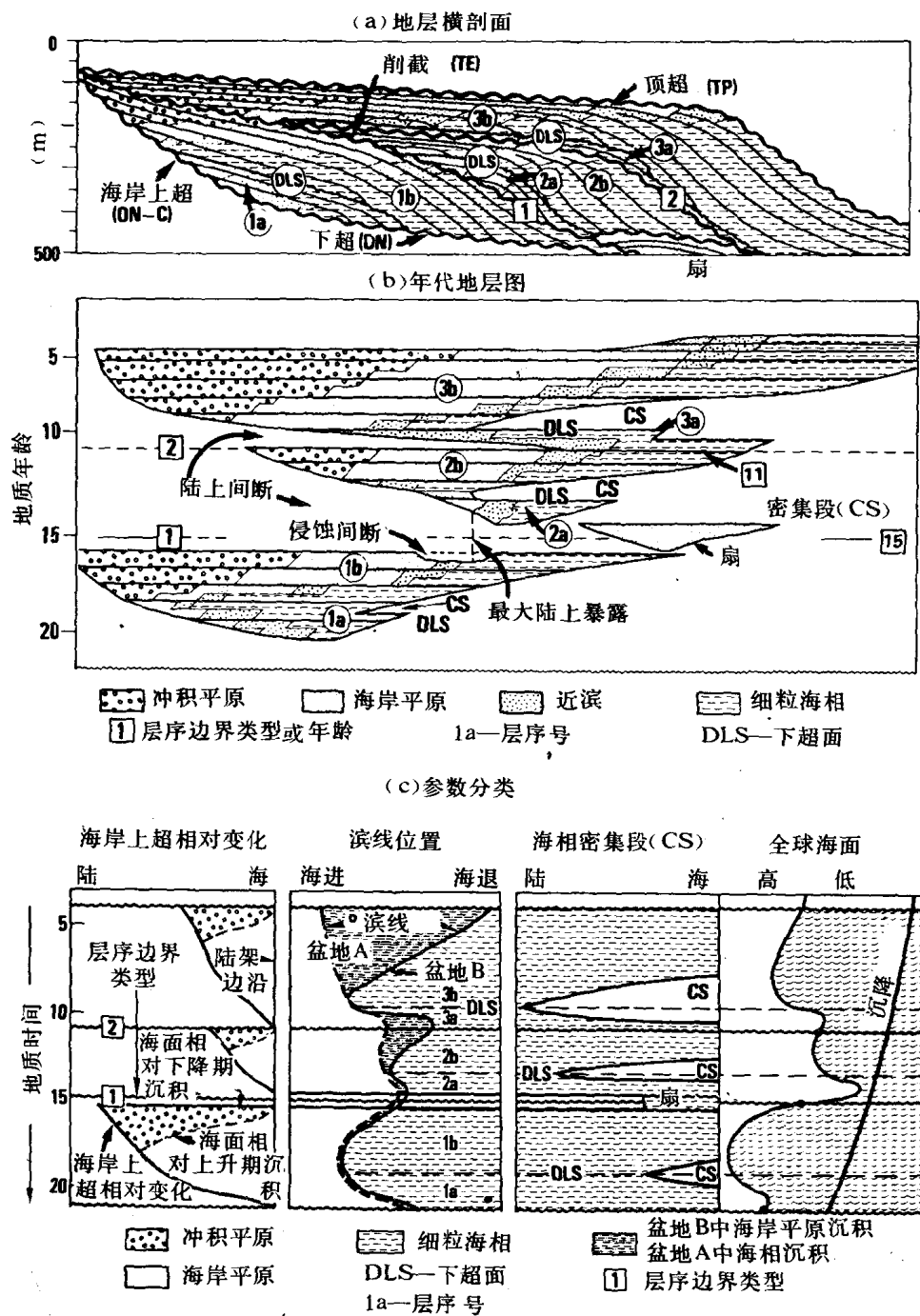


图 1-2

(a) 通过一理想地震横剖面的图解或地层横剖面，说明地下深处三个理想化层序的层序界面类型、下超面（密集段）和岩相的分布；(b) 与图 (a) 相同的年代地层图解或 Wheeler 图解 (Wheeler, 1958; Sloss, 1984)，说明层序界面、下超面、密集段和岩相的性质；(c) 与上述相同的地震层序参数分类图解，说明海岸上超、海平面相对变化、海进—海退、海相密集段和全球海面变化及沉降作用的关系 (Vail 等人, 1984)

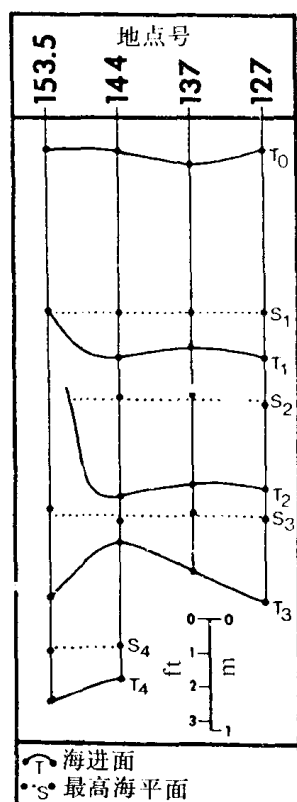


图 1-3 纽约州中部 Manlius 组四个研究地点最大高海平面 (S) 和海进面 (T) 的对比 (Busch, 1983)

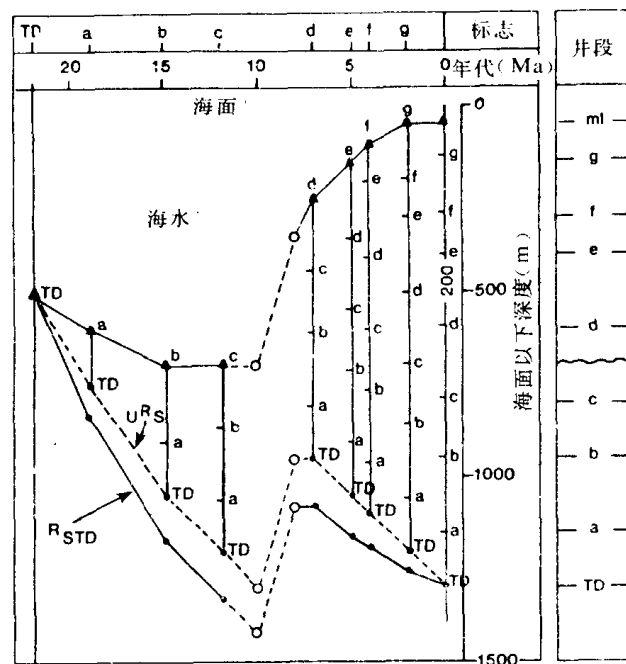


图 1-4 理想井的地质历史图解 (Van Hinte, 1978)

上部曲线表示该地的古水深。下部虚线 UR_s 为未校正的整个时期 TD 的埋藏路线, 由水和沉积物之间的界面累积量得; 下部实线 R_{STD} 为 TD 的校正过的埋藏曲线, 其中加进了随着 TD 的埋藏上覆沉积物的逐步压实

一个, 都具有同样的构造历史; 以及这种构造的影响可以准确地模拟。

其它人 Beukes (1977)、Kauffman (1977)、McKerrow (1979)、Harris 等 (1984)、Seiglie 和 Baker (1984)、Seiglie 和 Moussa (1984) 和 Weimer (1984) 的文章采用了相似的方法, 但在识别一个全球海面变迁信号时, 没有忽视局部构造活动在产生供沉积剖面使用的可容纳空间的重要性。

利用礁阶地、泥炭、海蚀崖浪蚀龛和古水深标志的总思路和刚才引证的文章中的思路是一样的。他们全都是或者要求沉积背景的构造特性方面的假定, 或者要求全球海面变化或沉积方面的假定。因此, 海平面变迁的规模还是依靠一个不可能单独证明的一种假想模型。

3. 利用回剥沉降法 (Backstripped Subsidence) 确定全球海面变迁的幅度

1) 地壳沉降与热构造曲线间的差别

Hardenbol 等人 (1981, 35 页) 指出过: (1) Vail 和 Hardenbol (1979) 及 Vail 和 Todd (1981) 的全球海面变化曲线是以计算“海岸上超和来自古生物研究的变化”为基础的; (2) 低频海面变化事件的幅度可以通过测量根据井算出的地壳沉降曲线与利用 Royden 等人 (1980) 概括的方法针对该地推测出的理论热构造沉降之间差别算出。同样, Hallam (1963) 提出过根据假设的太平洋海底平顶山 (guyot) 沉降速度测量海平面变迁的可能性。

一口井的地壳沉降曲线首先是通过根据现代海平面确定它的埋藏路线得到的 (图 1-4, Van Hinte 的地质历史曲线图, 1978)。接着, 利用古水深作为基准面, 按照 Watts 和

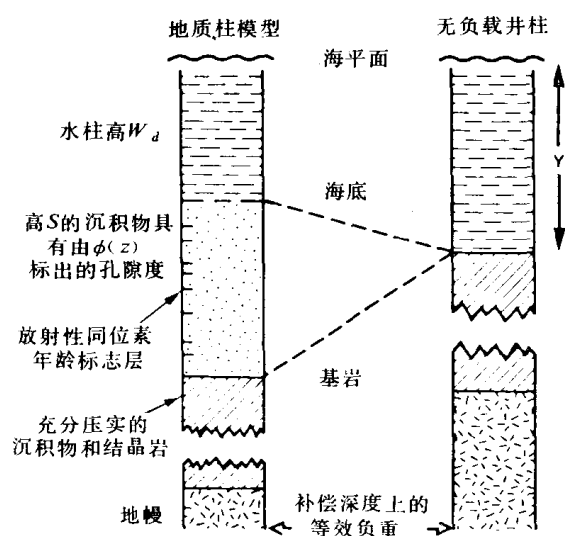


图 1-5 利用 Bomford (1971) 修改过的 Airy 地壳均衡概念清除掉沉积物及水重对地壳的压实及均衡效应影响 (据 Watts 和 Steckler, 1979。原书中有此图, 但无图名。——译者)

Steckler (1979) 的方法, 排除掉沉积物 and 水的重量对地壳的压实影响和均衡影响, 他们用的是经过 Bomford (1971) 修改过的 Airy (1855) 的地壳均衡概念。因此, 通过补偿沉积作用的影响算出基底沉降, 但是忽略了海平面浮动对这个沉降的影响 (图 1-5)。

埋藏史计算所得结果示于图 1-6 中, 图中显示了得自北海一口采样井的重塑沉积史和基底沉降曲线。然后, 将基底沉降曲线与热构造曲线进行比较, 用它们之间的差别确定海平面变迁的大小。然而, 理想的热构造曲线是随作者而异的。许多地质家提出过模型, 包括 Falvey (1974), McKenzie (1978)、Royden 等 (1980)、Beaumont (1981)、Hellinger 和 Sclater (1983) 和 Nunn 等 (1984)。每种方法都是不同的, 并且是围绕着其它方法的弱点找出路而研究出来的。如果我们测量的是根据井导出的地壳沉降曲线与热构造沉降之间的差别, 就必须从众多的迥然不同的模型中选一个模型。一旦我们作出选择, 就可以通过最小二乘差法得出从一口井导出的地壳沉降曲线与主观选择的热构造沉降曲线之间的差值。反过来, 导出海平面变迁大小的量值。

Hardenbol 等人 (1981) 给出这样一种计算的结果, 他选择了 Royden 等人 (1980) 的模型, 并将其用于西北非的一个例子。他们说 (33 页): “这些变化的地层分辨率很少有可能对它们的幅度严格地定量, 但是, 海平面变化最低速度通常是可以确定的”。虽然这些作者考虑的只是低频事件, 但是我们的意见是, 一条平滑的、与模型相关的热构造沉降曲线的这种假定是没有根据的。尽管盆地间有明显的岩性地层对比关系, 但是在地壳沉降曲线上看到

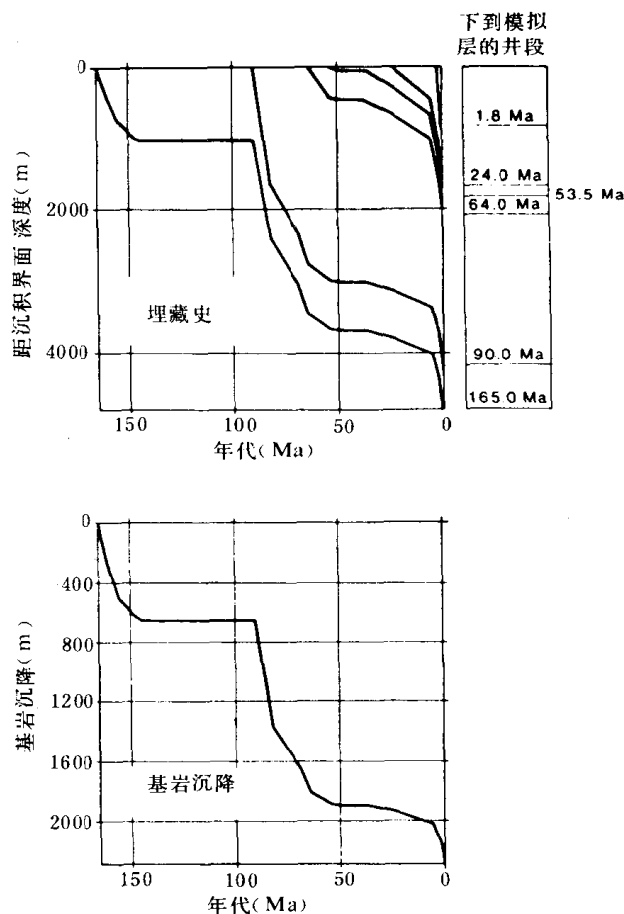


图 1-6 北海井的埋藏历史加上地壳沉降 (据 Guidish 等人 (1984))