

# 白垩纪的地层层序及海平面变化

李文汉 谭康 编译

(地矿部成都地质矿产研究所)

## 序 言

区分全球范围内海平面变化与可能得到的或产生的沉积物的变化及沉积位置沉降速率的变化是地层学长期存在的问题之一,也是研究全球海平面变化的起因和结果的基础。对地震地层学和层序地层学——沉积序列可分为许多以不整合面为边界的沉积层序——的认识,以及在這些层序中地层形状和相组合与海平面变化关系的新知,为论证全球海平面变化历史取得巨大的进展铺平了道路。与过去经典的海平面变化分析方法相比,层序地层学的主要进展是:与滨岸的海进和海退或古深度变化不同,突出的层序边界的发育对沉积物的供给是相对不敏感的。因此,全球海平面变化成因的主层序边界在与开阔海洋连通的所有盆地中几乎等时。

GSGP的CRER第1工作组的任务是基于按1—10Ma时间标对白垩纪沉积旋回性成因的共同研究的新进展,特别是估计了在形成白垩纪以不整合面为边界的沉积层序中全球海平面变化的作用。本文是1988年9月16日至23日在法国迪涅举行北约组织的高级研究学会提出的意向性论文的修订稿。它综合了到会者的共同认识,以及未出席迪涅会议的工作组其它成员所写的建议。

本文的意图并不在于提出一个白垩纪海平面变化的综合模式,而是着重指出将来研究的路子。层序地层学方法尽管在其基本概念方面有许多不一致之处,但由这些概念所得出的若干原则,仍可用来解释给定的地层剖面与海平面变化(与沉积古环境和古气候有关)相应的地层中的重大变化,可得到的陆源和非陆源沉积物的相对量,沉积环境的构造背景。尽管部分文章中许多方面都是一致的,但在特定术语方面有不可避免的差异,许多不同观点不可能通过本文得以解决,只能在未来几年的全球沉积研究中取得某种程度的一致。

## 有计划研究的重要性

估价全球海平面变化因果的某些基本问题需要很好地限定海平面变化的时限和幅度。例如,在诸如海底扩张、俯冲作用和造山作用之类的大规模岩石圈作用所驱动的全球海平

面变化的时间和范围? 板块内火山作用、海底隆起的生长与消亡、与小型克拉通内的或与全球海洋隔绝的海盆中旱涝交替变化的影响有多大? 与沉降速率完全是局部性的变化相反, 岩石圈内原地应力 (in-plane stress) 的暂时变化会导致海平面的巨大变化吗? 冰川-海平面升降的作用何在? 在像白垩纪这种相对较温暖时期各大陆上的冰川冰的可测数量是多少? 海平面变化的多大范围是归因于地下水储存的变化? 而这种机制在白垩纪也许特别重要。与上述各现象相关的海平面变化的速率和数量是多少? 这些现象间的反馈是什么? 每个驱动机制和它的海平面的升降变化反应之间的是什么? 最后, 海平面升降与诸如碳酸盐台地的生长、消亡以及海底缺氧事件的出现之类的重要白垩纪现象之间有何关系?

白垩纪很适合我们有计划的研究工作, 因为在许多大陆内部和巨厚的被动边缘层序中都广泛分布有合适的地层。前者是在晚白垩世时海平面长期处于高水位的结果, 后者则与中生代超级联合古大陆的解体有关。白垩系层序中的深水相和浅水相都具显著的旋回性, 其原因至少部分与海平面的变化有关。白垩系有相对高质量的时代测定优势, 它限于新生代特征的全球性气候变冷开始之前, 所以海平面变化的记录没有或很少有冰川-海平面升降的成分, 这提供了一个很好的研究海平面变化的无冰川机制的机会。最近出版的自三叠纪以来海面变动的综合年代表, 尽管部分是基于专门的资料而得出的, 在细节上还有所争论, 但却激发了学术研究和提供了在白垩系地层记录中应集中注意研究的线索。白垩系岩层也含大量的石油和煤资源, 这一研究可能增加我们对这些矿产资源分布规律的了解。处理了的问题对全球性适时发生的基础地球作用过程很重要, 并与资源的探采有关。换言之, 它是很适合归属于全球性沉积计划的合作研究项目。

## 海平面变化的传统地层学记录

海平面变化的传统地层学研究是解释相序列中古深度的变化和估计观察到的对滨线位置变化的整个期间陆地遭受水淹的程度。如果水深或滨线位置的稳定变化是在陆间规模区域上, 在一个从硅质碎屑到碳酸盐相的范围内决定的, 那就表示是海面升降的控制, 其置信度依赖于相解释的可靠性和分辨率和生物地层学对比的精度及其范围。在一个较宽的时标范围内, 水体深度和滨线的位置对构造下沉的速率和碎屑沉积物的供给, 或碳酸盐沉积物的产生以及海面升降都是很敏感的。甚至沉积作用也受海平面升降所调节。一个给定的海面升降“事件”在保存下来的相中可能不明显, 最大或最小水深、海侵/海退的时间不同地区可能不完全一致。例如, 在一个沉积物饥饿的沉陷盆地中, 水深的最大时期显然不是最大海侵的时间, 这是因为接着其后的海退开始和大量沉积物到达深水盆之间有时滞沉积作用与沉陷基本同步, 海平面变化是振荡的, 最大海侵是和海面上升速率最快的时间一致, 沉积物质供给少的地方, 如果沉陷的净速率超过了海平面降落的速率, 海侵甚至也可能出现在海平面下降的时候。故此, 当水深测量或滨岸位置发生区域性稳定的变化, 可能是海面升降控制的时候, 在不同盆地或不同的陆地上海平面旋回的不同定时的证据就没有必要用来排除海面升降符号的存在了。

## 层序地层学与海平面变化

一个可采用的调查海平面变化的研究方法涉及对以不整合面为界限的沉积序列的认识。层序地层学并不否认海进-海退旋回的存在,它只把相的旋回性排列放置在可预测的几何形状格架中。但是,和海进、海退不同,许多不整合面都具时代地层学的意义,上覆于不整合面的地层,都比不整合面之下的地层新。主要层序界限的形成是和海面降低速率的增加或沉陷速率的减少相一致的。而对沉积物质供给则相对不敏感。因此,在与广海相连的所有水盆中,海面升降成因的主要层序界限都应是相关或近乎是相关的,而不考虑给定盆地的沉陷速率或沉积物的供给。不论是大陆冰期期间海平面迅速变化,或是速率类似于典型的构造下沉速率的情况,上述结论都是对的。当然,是否大多数或任何层序界限都具有全球相关性或都是海面升降造成的,仍有不少争议。

层序地层学研究的第二个长处在于能应用于地震反射剖面中(地震地层学)以及在露头上和钻井记录的横截面。不整合面和其它层面的总的几何形态可由地震剖面来确定,因为这些界面通常是声阻抗反差的一个重要来源。地震剖面很少有关于滨线各种位置的信息,因此,它无助于对海进-海退旋回定时的研究。

## 层序地层学的概念体制

### 层序和层序界线

沉积层序的定义是:成因上相关的相对整合的序列,其界面是不整合面及其相关的整合面的地层。层序界限与顶超或下伏地层(退覆)的侵蚀削截,以及上覆地层所记录的海岸上超的下移有紧密联系(见本刊1989年1期P. 3图1和P. 4图2)。因此,这种界限的形成可以认为是无沉积或侵蚀带的扩展(退覆)和它们随后的埋藏(超覆)。

无沉积(沉积物越过)区的扩展主要是沉积基准面下降的结果,该面是一个接近海平面的假想平面,其上不可能堆积大量沉积物。个别特殊地区,基准面的升高是构造下沉和海平面变化速率的函数,在少部分非海相沉积物中,是滨线位置和沉积物供给增加的函数。越过(by passing)是由海平面下降速率增加、沉陷速率降低或滨线的海退引起的。当海面下降的速率减小、沉陷速率增大或滨岸有海退时,不整合面趋于被埋藏(复活上超)。滨线位置的变化主要作为一种反馈调节与沉陷或海平面变化有关的基准面变化。仅由沉积物供给变化引起的滨岸海进、海退可以在非海相沉积物中单独产生较次要的层序界限,但它们不是与明显的相不连续性相伴的层序界限,这种界限也是CRER计划所关注的。

层序界限显示了一种连续性的特征,有两种主要类型:层序界限I与陆上侵蚀、河流回春作用、越过陆棚地区、相向盆地方向迁移以及在较深水中的优先沉积作用有关。界限II一般缺少这些特征,与上覆陆相沉积物间无明显间断。类型I、II不整合的特征可部分地按沉积海岸坡折进行解释<sup>①</sup>。以陆源物质输入为主的环境中,坡折坡度变化小,通常水深

<sup>①</sup> 沉积海岸坡折也被称为沉积滨线坡折或退覆坡折。这些概念被创造出来取代了“陆棚边缘”这种老的词语,从而避免了与熟知的但又有实质性区别的位于陆棚和现代被动大陆边缘的斜坡之间的自然地理界线相混淆

只有几米,介于均衡的或近于均衡的地表剖面 and 浅海陆棚的深水剖面之间。基准面降低,沉积海岸坡折向海迁移,但其速度通常低于沉积物越过带的扩展速度。假如越过带向沉积海岸坡折的向海方向移动,见河流回春作用和峡谷的下切作用增强,产生类型 I 界限;如果越过带在沉积海岸坡折的内侧,则利于类型 II 界限的形成。也可以识别碳酸盐为主环境中的类型 I、II 不整合面 (Sarg, 1988)。那里,类型 I 界限和台地的暴露、广布的大气成岩作用(溶解和胶结),以及由台地边缘侵蚀作用驱动的碎屑席在较深水中的沉积作用有关。陆源沉积物也可能在此时越过台地,并堆积于邻近的盆地中。类型 II 界限仅与台内的潮缘区和台外的浅水区有关。台内地区大气的影响最明显。

在许多实例中,尽管在缺少陆源物质输入的碳酸盐台地的内部可能有一个小而明显的时滞,但是海面升降类型 II 界限的年龄都是与海平面降低速率最大时相一致。在这种背景下,很少有或没有沉积物堆积于海面以上,同时从退覆过渡到超覆的时间大致相当于滨线地区海平面相对从降低过渡为上升的时间。沉积作用的这一变化可在海面降低最快的时间之后。我们提到视时滞后,是因为在同一台地的外部可能很少或没有滞后,因此它是测定不整合时期的最佳地点。以陆源和碳酸盐为主环境中的不同地方,海面升降成因类型 I 界限的时期也可能稍有不同,这是因为在海平面下降速率达到最大值以前,低水位沉积就可能开始堆积于层序界限之上。时期的变化很可能大大地短于  $1/4$  个海面循环,且通常接近或低于能达到的生物地层学分辨率。这些例子严格地说都不是穿时的层序界限。在不同地区,地层原则的应用只能鉴别层序界限微有差别的物理界面。因此,它对断代面 (dated surface) 的沉积学意义是很重要的,但与所见地层间断时代无关。实际上,在陆源缓坡中的类型 I 不整合,从地层退覆到地层超覆的过渡可能出现两个层位:一是在靠近沉积海岸坡折的层序界限;二是在低水位沉积之中。

### 层序中相的排列

基准面的振荡变化也影响滨线位置的旋回变化,从而影响层序中岩相的旋回排列。但海进和海退的定时与地层层序界限是系统地异相,也就是说,海进、海退最大的时候通常不是层序界限形成之时。因此,一个层序序列中,有可能根据地层位置、地层的几何形态和相的排列分出三个系统域

层序中最老的沉积物由低水位域和陆棚边缘体系域(见本刊 1989 年 1 期 P. 3 图 1 中的 SMST) 组成,这取决于它们各自是上覆于类型 I 还是类型 II 层序界限之上。低水位沉积包括“深海”浊积岩系统(扇)、有些地方的推进陆棚上的楔状体和斜坡沉积,而且它们可部分或全部充填在层序界限形成期间切割暴露陆棚或海岸平原的深切谷,位于深水相单元之下或它们之间的界限通常是下超面,此沉积作用时的实际水深取决于斜坡是被动大陆边缘的斜坡,还是陆棚内较少的地形(斜坡环境)的特征。低水位沉积不一定堆积在特别深的水中。

所有以不整合面为界限的沉积层序都由较高-较老的层序或准层序组成,特别在陆源和碳酸盐沉积物向上变浅和上、下界面均为海洋泛滥面的层序中。这些准层序可排列成准层序组,在其中相连的准层序向盆地推进(前跳型)或远离盆地(后跳型),或在某些情况下为垂向叠置(加积型)<sup>①</sup>。低位体系域(与类型 I 界限有关)上部和陆棚边缘体系域(与类

① 分别相当于 Van Wagoner 等的进积的和退积的,见《岩石》1989 年 1 期

型Ⅰ界限有关)以含一个或更多的前跳准层序逐渐增多到加积的准层序组为特征,且这些体系域中的每一个的上部界限(海进面)都与海退最厉害的时间相当。(见本刊1989年1期P. 3图1)

介于层序界限形成和海侵面发育之间的相位滞后是沉积物供给和沉陷及海平面下降速率的函数,在一个海面升降层序界限发育期间,许多盆地边缘都遭受越过甚至侵蚀作用,这增多了沉积物的供给。如果可能获得充足的沉积物,那么即使是靠在层序界限上的海洋和/或海岸的上超重新开始,滨线也会不断地向海方向迁移。在碳酸盐为主的环境中,快速的碳酸盐产率可以容许在层序界限发育之后,台地边缘不断向海迁移,导致低位和陆棚边缘体系域中的所谓“赶上”(“catch-up”)碳酸盐堆积作用。

上覆于海侵面的是海侵体系域(TST),由一个或更多的后跳准层序组组成,其上是对较薄的深海的及半深海的沉积物的饥饿层<sup>①</sup>,其时,海平面相对于沉陷盆地正处上升阶段。海侵体系域在陆棚上形成席状层,并充填与深切谷有关的残留地形。野外观察表明,在深切谷中存在一种系统过渡,朝向陆地,从主要由低位沉积物组成的充填过渡为大部或全部由海进沉积物组成的充填。海侵面与下伏层序界限的合并使海侵体系域的沉积物直接沉积在盆地边缘的下伏层序的高位沉积物之上。海侵沉积物在向陆和向海方向都较薄,饥饿层也可在盆地最深部分与下伏的层序界限相并。在饥饿层的沉积期间,陆源沉积物供给的相对低速率的标志是出现薄的、横向连续的潜穴带;丰富而多种多样的浮游和底栖的微体生物化石组合;如海绿石、磷酸盐、菱铁矿、有机质和蒙脱石之类的自生矿物的富集;海底上颗粒溶解或磨蚀及簸选特征和发育碳酸盐硬底。饥饿层在横向上逐渐变为近滨沉积物中的最大泛滥面,同时,由于有丰富的化石,所以它是沉积层序中最易于定时的单元。饥饿层在地震剖面中也可表现为下超面,但这样的几何形态在露头中一般是难以见到的。

沉积层序的最上面部分是高位体系域(HST),它由一个或更多的加积到前跳型的准层序组组成,其上为一个层序界限(见本刊1989年1期P. 3图1)<sup>②</sup>准层序在该体系的下部呈S形,而在其上部进积倾斜度增加,这说明通常在高位体系域的沉积期间而不是在其结束上超达到最大。据此,在层序界限之下地层的结束是越过带向海迁移和侵蚀作用的共同作用所致。

## 实际考察

### 地震地层学

地震剖面中的不整合面是从地震波至的倾斜终端而得到认识的,这些终端相当于上超、下超、顶超和侵蚀截。这些地层学的关系通常沿一条边界横向变化,而地震波至局部平行不整合面,特别是在真正无沉积间断处的相关整合面更是如此。只有在大的阻抗反差出现时,不整合本身才发出反射波。这种反射波也可能不连续,特别是在上覆和/或下伏反射层的角度不整合导致了横向的相变化的地方更是不连续。并非所有地震波至都具有重要的地

① 沉积层序中的饥饿层相当 Van Wagoner 等(1987, 1988)、Haq 等(1987, 1988)和 Loutit 等(1988)的凝缩层。参见《岩古》1989年6期《层序地层学基础和关键意义》。

② 注意本文的海侵和高位体系域都包括在 R. J. Weiner 的高位沉积之中。

层学意义。非地层学波至的实例是由低角度断层和成岩作用界线,连同诸如多次反射波、相干燥声、信号经过它们的固有位置期间衍射无位移,横击(从剖面以外反射回来的能量)之类的特征所产生的那些波。

并非所有地层学上有意义的反射终端的实例都显示是层序界线。例如,下超面可能在沉积层序中,也可能在低位体系域中以及海侵与高位体系域之间。对层序中的反射终端的识别意味着违背早期的实践(e. g., Vail 等, 1977)。层序界限的关键特性是它与海岸上超的向下迁移紧密相关,但地震解释被地震剖面中的向下迁移不能分辨或推测复杂化了。为了全球性对比的目的,显然不能将层序界限和层序中的下超面混淆一起。沉积层序本来也是三维的,单个的体系域在一个特殊的横剖面上可能会变薄或消失。为了获得内部一致的和地质学合理的解释,在地震剖面网周围追踪层序界限(和体系域界限)显得十分重要。根据单一剖面的解释所得的论点是很可疑的。

纵向地震波分辨主要在几十米的级别上,但在石油勘探过程中获得的地震剖面是经常和合理地与用从速度和密度测井记录编制的地震图、或用纵向的地震剖面所得出的钻井或测井资料密切相关的。在生物地层学可分辨或与相或地层倾角显著变化相关的地方,岩石地层学中一个给定的不整合面的定位,至少比地震波分辨率的定位好一个数量级。地震地层学中,错误经常出现在缺乏钻井控制和不整合反射波横向上追索为实际上超覆于该不整合面之上的主反射波的地方(Vail 等, 1980)。

### 露头中的层序地层学

小规模的路头观察对层序地层学研究有利有弊,其主要优点在于即使在地震分辨率水平以下的微细地层形态和相的间断也是明显的。露头研究使得用高分辨率事件地层学来简捷地综合层序地层学成为可能(Kauffman, 1988),其中的相关关系是用多种多样地层学的、地球化学的、古生物学的以及古地磁学的资料确定的。露头研究成果也相对较低,而且,如确属需要,还可不用通常是具专利的地下资料。露头研究的主要短处在于只能在单一露头中见到给定层序的一小部分,这里由于层序的横向面积可比其厚度大几个数量级。据此,在层序界线处的地层削截和上超只有在对区域规模物理学表面仔细填图之后才能见到。在信赖生物地层学间断和相的不连续的解释胜于大范围内地层几何形态解释的地区,有些层序界限至少在局部是隐蔽的,而在有些情况,隐蔽是区域性的。因此,用各种先进技术手段去综合所取得的全部资料是合情合理的。

如上所示,并非所有在露头中观察到的地层间断都是层序界限。层序中的海侵面、其它冲刷面和海洋硬底也可能以主间断的面目出现。为了进行区际的层序地层学的客观对比,极其重要的是对比具相同的地层学和沉积学意义的沉积要素以及在这里辨别这些面的标准是什么。关于这些标准和大量实例的讨论在 Baum 和 Vail (1988)、Donovan 等 (1988)、Haq 等 (1987)、Van Wagener 等 (1987, 1988)、Loutti 等 (1988) 以及 Sarg (1988) 的文章中都有论述。

许多层序中最易于识别的地层面是准层序顶部的海洋泛滥面(Haq 等, 1987)。这些面通常是和下为非海相或浅海相,上覆为深海相之间的明显间断相对应。由于海侵期间的冲刷,这些界面局部是侵蚀的,它们可伴有砾石滞留沉积和潜穴。在 Van Wagener 等人(1987, 1988)术语中,海侵面分隔开了在区域范围内加积的准层序(低位期或陆棚边缘体系域)与向陆推进的准层序(海侵体系域),但在有限的露头中,特别是在深切谷内,海侵面与其它

海洋泛滥面则难以区分。在这些区分不能客观地获得的地方,实际上只简单地鉴别海洋泛滥面而不管它是否是海侵面。R. J. Weiner 将侵蚀的海侵面这一术语在更基本的意义上用于主要泛滥面。

在许多近岸沉积中,第二种最易识别的面是层序界面。主要的不整合(类型 I)通常都与深切谷有关,且常以相的间断为醒目的标志(例如,介于浅海沉积物(下)和河流沉积物(上)之间)。即使在相同的相(如河流相)重叠的地方,层序界线也可由沉积物突然变粗而显现出来。类型 I 不整合也可和渗流成岩作用及古土壤的发育有关。类型 II 不整合则由于相的间断很少或没有而不容易从露头中的相关系去识别。据此,尽管有些微小的不整合可以显示出生物地层学的间断,但如果只有露头资料,许多次要的不整合将是不清楚的。另一难点是,向盆地边缘海侵面趋于与下伏的层序界限合并。在这一例子中,甚至类型 I 层序界限也可以和向上突然变深而不是和向上变浅的相一致。在朝盆地中心追索层序时,识别出层序界限与海侵面的分离处是极其重要的。如果这一工作没做,那么估计出的层序界限年龄就会太小。

在细粒的深水相中,不论是从化石的富集程度还是从物理学证据的角度,饥饿层较层序界限易于识别。当饥饿层横向上变为浅海沉积时,它就渐变为隐蔽的、但可呈现出准层序叠置型式的变化,从海进体系域中的“后跳”到高位体系域的“前跳”。

层序中相的横向变化和层序界限处相的叠置特征是很重要的。层序地层学当然不可能从孤立的实测剖面的露头中一举获得成功,但必须绘制局部的和区域性的物理界面图。露头研究中两个容易犯的错误是把海洋泛滥面错误解释为层序界限和未识别出向上变浅序列中的层序界限。高位期体系域和上覆的低位期体系域(或陆架边缘)均向上变浅。

### 井录和岩心的层序地层学

井录提供的区域地层学资料在规模上介于地震剖面 and 地表露头之间。如果有大量的钻井资料,那么就可能得到很好的地层几何形态三维的区域,但如同地震资料的情况一样,要对沉积相作完美的解释仍需岩心资料。如果钻井的间距小于 10km,那么井录分析很可能取得良好效果。这样可减少局部被侵蚀或与其它层位合并的那些层位的对比错误。井录的相关对比不能简单地视之为拼图练习,而应按层序地层学原理进行,例如,在页岩单元中和来自有关的海洋泛滥面可以得到最可靠的地层及时间关系。在有些例子中,也可通过井录来解释准层序叠置型式。例如,伽玛射线和自然电位/电阻率井录对岩性变化非常敏感,因而对层序内特殊位置的层厚也敏感。伽玛曲线的峰值也可以判断饥饿层,因为其粘土含量高和低速沉积作用速率带中有放射性矿物。

### 在确定层序界限的成因时所遇到的实际困难

海平面升降不整合的一个基本特征是它们的全球持续性。在试图区分海平面升降不整合与那些局部意义的不整合时(例如,与构造、沉积物供给或古海洋条件变化有关的不整合),在一个给定盆地中“全球性”层序界限的明显缺失通常被认为是反对海平面升降成因的有力证据。这一原则使用时务必谨慎,不同地层学家可主观地选择不同的不整合在相同盆地中进行对比,甚至不用相同的原则来进行层序界限的选择,许多不整合可以过渡为相关的整合;同时,就地震地层学来说,一个给定的不整合,即使已经知道它的存在(例如,从生物地层学资料),地震波也可能分辨不出来。要排除一个不整合的海平面升降成因,只看给定盆地内所推测的全球性不整合的定时与主要的但是局部的构造事件一致是不够的,

海平面升降成因的不整合可被构造活动加强或模糊。另一方面,不同盆地中局部成因的不整合也可能偶然呈大致相同的年龄,因此被错误地对比和假设为代表海平面升降的标志。为了客观地解决这些问题,用来对比的每个盆地的地层都应根据所得到的露头和测井资料及地震剖面的内在一致而又详细的解释,并且这些资料都应是高质量的。这些综合性解释曾应用于油气工业以外的部门。这不仅是对获得层序界限的年龄的确切估计,而且对认识每条界线可能达到的地质年代学精度也是绝不可少的。现在的问题不单是要说明一个给定盆地的地层与假定的全球性不整合的特殊模式图一致(或不一致),还要用该模式为依据去检验其判断。

为了方便起见,通常都假定构造下沉仅在很长时间范围内变化( $>10\text{Ma}$ ),相对海平面的高频振荡运动是海平面升降成因的。这是一个恰当的假设,但尚需从地质观察中得到可靠的证据来证实。Cloetingh 等(1985)和 Karner (1986)通过理论研究指出,岩石圈中水平应力的变化可导致数千米的垂向运动,其速率可与构造下沉的典型速率( $1\text{cm}/1,000$  年)相当,时间规模上与海平面相对变化( $<5\text{Ma}$ )的第三和第四级旋回的生成相当。现行的工作是用纽芬兰大提岸(Brand Banks)的白垩纪地层资料来检验这个机理,但不论这些研究的结果是什么,短期海平面变化的其它构造机制也许还会被揭示出来,而只简单地根据频率就能区分海平面的全球海平面变化和构造控制的假定也是不成熟的。在有确实相反的证据存在以前,最好把各种各样时间范围内的海平面变化、构造下沉和沉积物供给看作是在不断变化的。

## 海平面变化的幅度

在地层记录中,比识别出主要海平面升降事件更难的问题是估计海平面变化的幅度和速率。严格地讲,对于地球中心的全球海平面升降是可测的。其实,它仅能在地壳上的一些点进行估计,地壳很少被当作是稳定平台。反之,完全稳定的地壳对测量地质时代中海平面升降变化并无多大价值,因为只有很少或根本就没有记录着海平面升降变化的沉积物被保留下来,但在沉积盆地中,在可以找到存在良好地层记录的地方,海面升降的计算需要一个关于构造的或驱动下沉和确定海面升降的精度限制的假设。即使在不同的盆地中获得了相同海面升降事件的相同幅度,也很难排除假设的下沉中的系统误差。影响可达到的精度的限制还可归因于以下不确定的因素:1)古海洋深度随时间的变化;2)由于就位的沉积物载荷引起的压实和均衡补偿对盆地下沉的影响。这些因素的估计都需按相同的年龄分辨率作为待计算的海平面升降符号。

Christie-Blick 等(1989)指出,海岸上超中的变化不能用来度量海面升降的幅度,因为要排除大的下沉因素而去推导较小的海平面升降符号是很困难的。层序地层学提供了有关海面变化定时的主要信息。幅度的合理估计只有通过沿区域性横截面的层序地层学内容中的下沉历史的严格分析才能获得,这类研究成果在 Greenlee 和 Moore (1988)、Greenlee 等(1988)及 Steckler 等(1988)最近的文章中均有发展。在完成进一步研究工作之前,Haq 等(1988)指出的白垩系中某些第二级和第三级沉积旋回海平面变化的幅度达 100 米的意见肯定是推测性的,且可能大了 2 至 3 倍。