

影响沉积盆地相对海平面变化的多重因素 和旋回层序响应

柳永清

宋立珩

(中国科学院地质研究所)

(中国地质科学院562队)

〔内容提要〕 沉积盆地内相对海平面变化及沉积层序形成不仅受全球海平面变化旋回控制,而且沉积盆地所处的构造背景和相关因素,如:沉积物供给、盆地沉降和自然地理条件也对沉积层序及其内部组成——体系域具有极大的影响。对应于海平面变化发育的容纳空间旋回层序,沉积供给也可以形成特征的、可以鉴别的供给旋回层序。具有过渡性界线的三级或高频旋回层序受相对海平面变化和沉积供给双重因素控制。不同构造背景沉积盆地边缘发育不同的盆地沉降速率,相对海平面变化响应于盆缘沉降具有明显的构造-海平面分带,岸线在构造-海平面带中的地理位置决定了层序界面和层序堆叠样式,也同样影响着低位体系域的构成。深水盆地环境古地形特点及沉积物供给制约着深水沉积序列。构造运动显著地影响着沉积层序发育。碳酸盐缓坡和平顶镶边陆架的层序格架及体系域发育受其坡度、盆地深度及下降幅度的因素的作用。台地边缘和大陆边缘盆地浊积岩层序的发育和体系域组成受控于差异的沉积物源(平顶碳酸盐台地、镶边台地和陆源碎屑岩陆架)、古地理及构造活动性。

关键词 沉积盆地 海平面变化 多重控制因素 旋回层序

一 序言

现今所应用的层序地层学的大多数概念几乎都源于被动大陆边缘盆地沉积层序的反射地震剖面及露头地质研究^[1]。尽管经典的理论强调了在应用层序地层模式时应考虑大地构造等因素的影响,但是究竟不同的大地构造背景下沉积盆地内海平面变化(或相对海平面变化)、地层层序和沉积格架怎样区别于被动大陆边缘盆地的模式,还不很清楚(Posamentier, 1993)^[2,3]。

传统的层序地层理论认为,地层层序及其内部组成——体系域是叠加在稳定构造背景上的全球海平面变化旋回层序中,而短暂的盆地基底沉降变化、气候和沉积供给只能做为次要因素,并不能主导沉积层序的类型、组成和格架样式。近期的研究愈来愈注意到(Posamentier, 1993^[2]; Posamentier 和 Weimer, 1993^[3]; Vail, 1991^[1]; Schallager, 1993^[4]), 沉积盆地内局部地层层序格架、体系域发育明显地受控于盆地所处的构造背景和活动方式、盆地内部的自然地理状况、盆地沉降速率、沉积物供给和全球海平面变化等(Posamentier and Allen, 1993^[2]; Schallager, 1993^[4]; Weimer, 1992^[5])。而诸上因素中,只有全球板块运动导致的地壳增生和削减(一级或二级构造旋回)及全球气候变化(冰室—温室效应)所引起的海平面变化旋回引起的沉积盆地容纳空间变化具有全球对比意义,但余者却能对局部盆地中沉积层序、地层格架样式产生重要的影响。可以这样认为,全球海平面变化和海底的沉降、上升决定了层序(界面)间的时间间隔,而盆地

局部的构造沉降活动规律、沉积物供给、自然地理条件却控制着不整合和界限单位内地层格架和体系域发育及分布(H. W. Posamentier 和 G. P. Allen, 1993)^[6-7]。因此,对层序地层沉积格架发育特征、盆地内相对海平面旋回及多重影响因素的深入研究,不仅可以丰富发展传统模式和理论,同时也将极大地拓宽层序地层的应用范围,使其适用于各类沉积盆地,如:裂谷、前陆、走滑、克拉通内和弧前盆地(H. W. Posamentier and P. Weimer, 1993)^[7]。

2 影响沉积盆地海平面变化的多重因素和旋回层序响应

传统层序地层理论的基本前提是相对海平面旋回性地变化、新的沉积物容纳空间产生,从而导致层序界面和最大海泛面间不时间断的(punctuated)沉积旋回层序。而容纳空间的产生和变化不受沉积物供给所控制。实质上,潜在的沉积物充填厚度是容纳空间的函数。近200余年来,地质学者们已经认识到海平面变化和沉积物供给对海侵、海退旋回具有同等重要的作用(Schalager, 1993)^[4]。Jervy(1988)认为除了全球海平面变化和盆地沉降外,沉积物供给是控制层序、海侵—海退旋回的主要因素^[8]。Swift 和 Thorne(1991)及 Thorne 和 Swift(1991)对大陆边缘沉积作用的研究也同样证实了容纳空间和沉积物供给是主导因素^[4]。Wolfgang Schalager(1993)认为除全球性海平面和区域大地构造控制的全球性海平面变化外,环境变化应视为第三个控制地层层序的独立要素^[4]。沉积层序和界面可以由沉积物供给的变化而形成,它包括受大地构造影响的或洋壳变化、环境作用形成的海底斜坡垮塌,碳酸盐台地淹没所发生的沉积物输入的变化。Schalager 对应海平面变化形成的容纳空间旋回(海平面旋回)层序,提出了主要由沉积物供给形成的供给旋回层序(supply cycle)。两类层序的区别和识别标志之一是界面特征。前者层序界面为海相沉积物的陆上暴露面,陆架坡折的下移(downstepping)。在时线(timelines)分布

(spacing)和岸线(shoreline)迁移(shift)图上显示密集状分布的特点;而后的层序界面为渐变过渡关系^[4]。Kauffman(1997)^[9]、Hardie 和 Shinn(1986)^[10]、Schalager(1993)^[4]认为浅水盆地碳酸盐层序及被动边缘的相带间都常常是渐变过渡关系,并且Ⅲ级及高频旋回层间的过渡界面也被Read 和 Goldhammer(1987, 1990, 1993)^[11-13]、Osleger 和 Read(1991)^[14]多次描述过,但由于地震反射波分辨精度的限制,传统层序地层学理论并未包含这类界面。Schlager(1993)认为此种渐变过渡的界面(线)仅以海平面变化或沉积补给差异是难以解释的,而是受两者综合作用的结果,即地层层序是海平面变化和环境变化的复合记录(图1)^[4]。Aigner(1991)、Campbell(1992)用陆架坡折

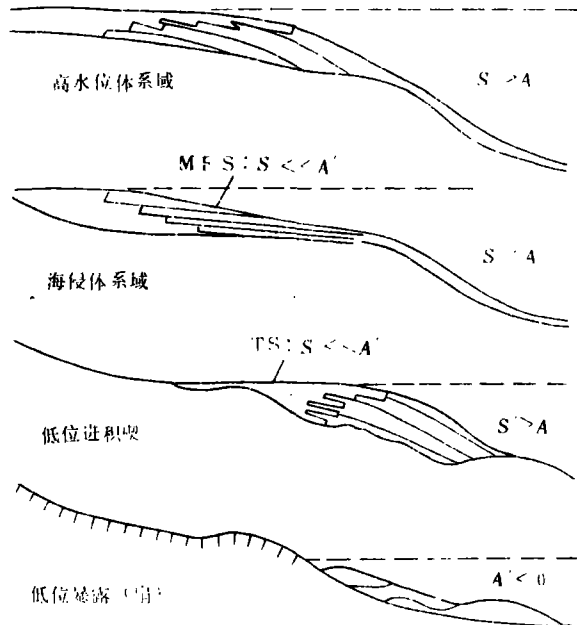


图1 旋回层序体系域形成的双重因素控制:容纳空间和沉积供给(After Schalager, 1993)

$A' = dA/dT$, 海平面变化控制的容纳空间变化速率; $S' = dS/dT$, 沉积物供给速率; ST, 体系域; PW, 进积楔; MFS, 最大海泛面; TS, 海侵面

Fig. 1 System tract controlled by two variables: accommodation and sediment supply (After Schalager, 1993)

带沉积作用加积—进积交叉图解(cross-plot)在海平面变化旋回层序中识别出沉积供给旋回^[15,16,4]。Helland-Hansen(1993)利用进积层形态也识别了这两种旋回。“S”型进积层为较高的容纳空间/沉积供给率,倾斜状进积层为一种典型的低容纳空间/沉积物供给率(图2)。

沉积盆内容纳空间变化响应于相对海平面的变化,它既是海平面表面的(eustasy)运动,也是海底运动(构造沉降、沉积压实、均衡作用和负载弯曲)的函数。所有盆地,无论其位于何种构造背景中,盆地边缘的相对海平面变化都具有不同的变化速率。不同盆地或者是同一盆地,这种变化速率取决于盆地不同部位的盆底沉降和上升速率的变化。沿着盆地边缘,盆底(海底)构造运动存在着快速上升和急速沉降的巨大差异。H. W. Posamentier 和 G. P. Allen(1993)总结了沿盆地边缘倾斜方向,盆底总沉降的三种趋势^[2]:(1)沉降速率向海增大;(2)沉降速率向陆增大;(3)沉降速率相等。这三种沉降样式是不同的大地构造背景下沉积盆地边缘的沉降发育特点。第一种情况出现在克拉通内(intracratonic)盆地、被动大陆边缘盆地以及沿某些边缘(leading-edge)或活动大陆边缘。第二种情况发生在邻近造山带边缘的前陆盆地以及半地堑盆地,前陆盆地克拉通一侧的习性更相似于被动边缘,至少沉降趋势的样式很相似。最后一种情况出现在局部构造作用为主的盆地和地壳超冷却以至很少有差异沉降的盆地。在全球海平面变化的趋势下,这些不同大地构造背景下的盆地边缘相对海平面变化,或称容纳空间的变化,就响应于盆底的构造沉降样式表现着显著的构造—海平面分带(图3)。

在前陆盆地活动边缘,由于负载弯曲(冲断作用所致),沉降速率向陆明显增大;而被动边缘盆地由于响应于盆内的地壳热冷却作用,显现出向海方向沉降速率增大的特点。B带内,在全球海平面下降期间,相同海平面下降速率大于盆底沉降速率,这样,在一个海平面旋回中,时常发生相对海平面下降;而A带内,沉降速率大于海平面下降速率,因此,尽管沿盆地边缘倾斜方向沉降速率有变化,但在全局海平面旋回中,一直处于相对海平面上升状态。于是,在一个海平面旋回过程中,海岸线(shoreline)相对于这种构造—海平面分带所位于向海方

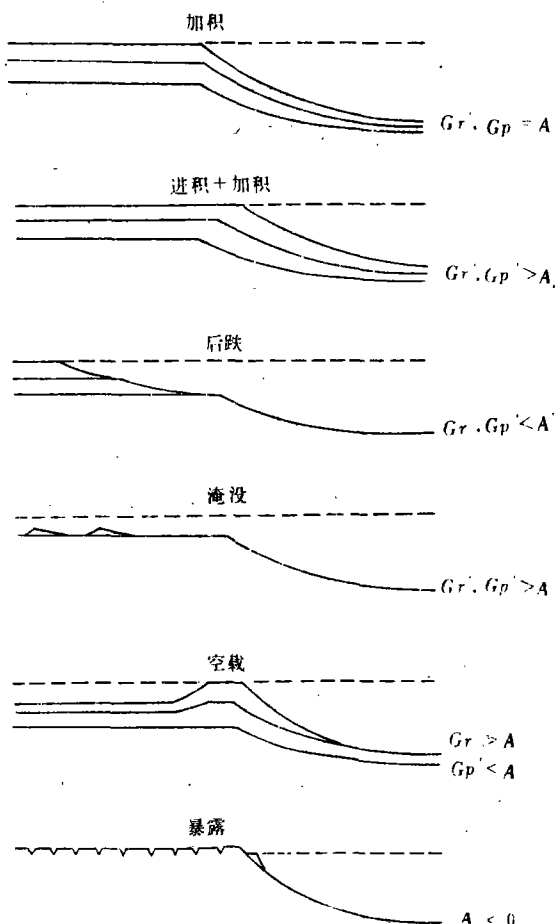


图2 镶边碳酸盐岩台地形态及层序的双重因素控制(After Schalager, 1993)
 $A' = dA/dT$. 容纳空间变化速率; $G' = dG/dT$. 碳酸盐岩生长(生产)速率; $Gr(Gr')$. 镶边生长潜力(变化率); $Gp(Gp')$. 地台内部生长能力(变化速率)

Fig. 2 A dual control on common geometries of rimmed carbonate platforms and their sequences (After Schalager, 1993)

向的远近位置(A带,B带),就决定了是形成I型还是II型界面或层序(图4)。

当岸线向海推进(后退)至B带时,I型界面及层序(SB_1)形成;位于A带内,形成II型界面及层序(SB_2)。倘若不考虑沉积供给因素,那么,据被动边缘盆地与前陆盆地边缘构造活动相反的A、B两带位置,就可以看出它们各自在向陆或向海一侧沉积层序及体系域发育的差异。同时,假如盆地内无A带存在,那么,盆地中B带的差异沉降速率就造成了区域上地层层序格架的迥异。在高速率沉降地带,层序间无沉积间断时间较短,河流下切不发育,Galloway(1989)称其为最大海泛的增强海侵(enhanced transgression)^[17]。

在构造—海平面带中岸线位置一定的情形下,沉积物的补给、注入速率及物质组成就成为控制层序或界面类型及地层格架的重要因素。在前陆盆地造山带边缘,若沉积物供给很充足,完全可以将岸线推进到B带,形成 SB_1 型界面及I型层序;被动边缘盆地在沉积物供给率较低的情况下,也会形成 SB_1 型界面和层序,

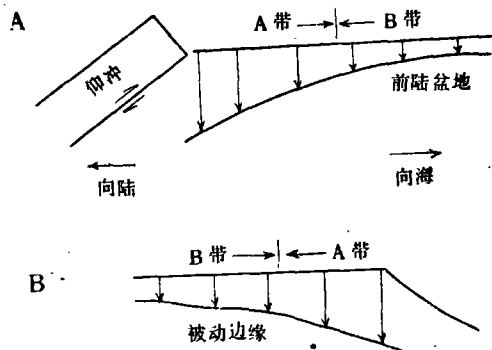


图3 活动边缘前陆盆地(A)

及被动边缘盆地(B)沉降剖面

(据H. W. Posamentier 和G. P. Allen, 1993)

Fig. 3 Subsidence profile of active margin of foreland (A) and passive margin (B) basins

(After H. W. Posamentier and G. P. Allen, 1993)

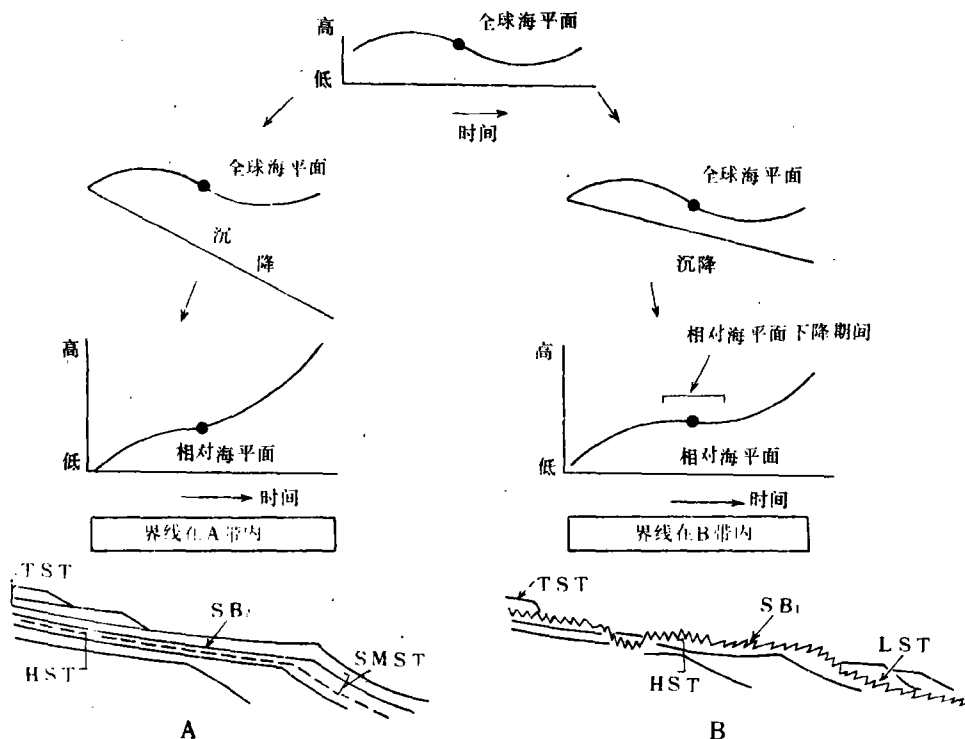


图4 海岸线在A及B带时旋回层序格架发育示意图

岸线在A带,进积、加积和退积作用发育,沉积物退叠、不整合面和低水位沉积;

岸线在B带,低位滨岸沉积、沉积退叠带及河流下切发育

Fig. 4 Sequence patterns when shoreline is within A or B zone (After H. W. Posamentier and G. P. Allen, 1993)

发育低水位、海侵和高水位体系域。在前陆盆地活跃冲期和急速的沉降过程中,沉积物供给远不能和容纳空间的高速增加保持同步(keep pace),而常常形成Ⅰ型层序;被动边缘盆地由于充足的沉积物携入,进积—加积作用发育,也将形成Ⅰ型层序和界面。同时,在被动边缘,由于较低的沉积速率,A-B带界线并不总是位于陆架楔向海一侧,而形成陆架边缘楔、海侵体系域和高水位体系域。

沉积物供给也影响着深水环境盆地中沉积层序。被动大陆边缘,高水位时期较高的沉积速率使得沉积中心下移到陆架坡折处,在相对海平面下降期间,斜坡及盆底上发生广泛的沉积作用,相型极其丰富;而在低速率沉积背景下,盆底及斜坡上深水沉积不发育,仅有少量的早期低水位陆架边缘滑塌堆积。

盆边缘的自然地理条件也很大程度地影响着层序及内部体系域组成,这主要取决于岸线的进积是否越过缓坡边缘或达到不连续的陆架/斜坡折(discrete shelf/slop break)。在缓坡边缘,低水位体系域中深水浊积岩体系不发育,而通常是强制海退(forced regression)形成的陆架盆地内呈线状、孤立状分布的滨岸砂质沉积;海岸线位于陆架—斜坡折带时,陆架上深切河谷,盆底及斜坡上深水浊积岩广泛发育。若此时叠加上沉积物供给及携入组分的差异因素,那么,陆架、斜坡及盆地底部的沉积层序和体系域发育就存在着较大的不同。Posamentier(1993)总结了盆地环境富砂和贫砂泥沉积物供给时,海平面变化、体系域发育的规律和深水环境富砂和贫砂体系的典型垂向岩石序列(图5,图6)^[2]。

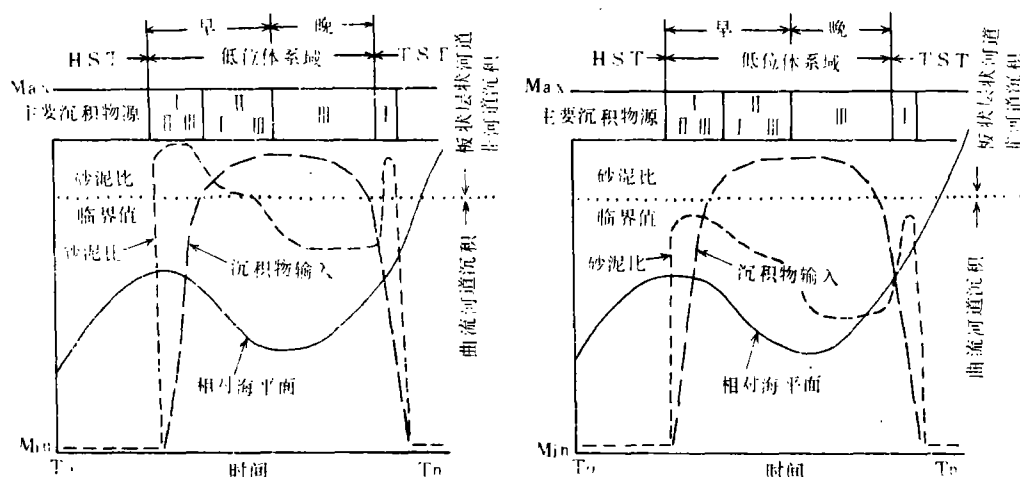


图5 富砂环境砂、泥比率,沉积物体积和相对海平面变化(据H. W. Posamentier and G. P. Allen, 1993)

I. 衰退的边缘三角洲; II. 深切河谷; III. 冲积沉积物。

(注:砂、泥比临界线和主要沉积物源将随自然地理条件及时间变化)

Fig. 5 Ratio of sand/mud, sediment volume and relative sea-level change
(After H. W. Posamentier and G. P. Allen, 1993)

缓坡与镶边陆架对相对海平面的反应主要取决于缓坡向盆地方向的坡度、相邻盆地的深度及海平面下降的幅度^[18]。因此,碳酸岩镶边陆架和缓坡对不同的海平面高度有明显不同的反应。大多数碳酸盐镶边陆架在相对海平面高位期(整个台地被淹没)形成的沉积物数量要多于低位期形成的沉积数量。浪基面仅仅下降几米(相当于许多第四级和第五级相对海平面变化幅度)就可使碳酸盐台地(包括缓坡边缘)的整个内部暴露出来,宽可达几百公里(图7)。

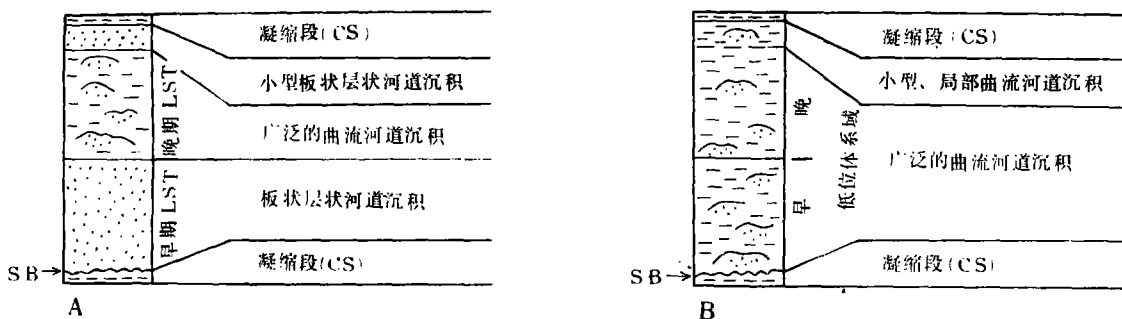
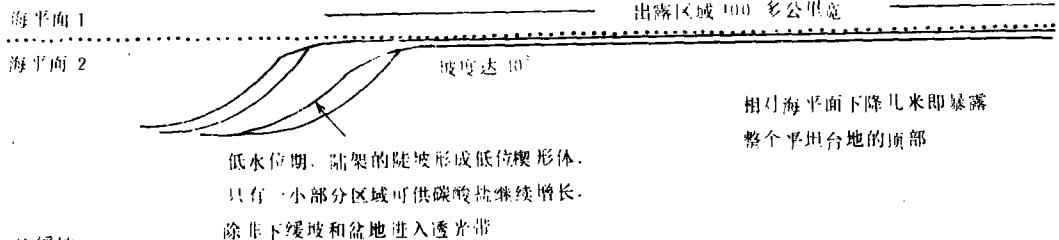


图6 深水富砂及贫砂体系的典型垂向沉积序列(据H. W. Posamentier 和 G. P. Allen, 1993)

A. 富砂; B. 贫砂

Fig. 6 Typical vertical sand-rich and sand-poor depositional successions in deep-water settings (After H. W. Posamentier and G. P. Allen, 1993)

A 增长的镶边陆架



B 缓坡

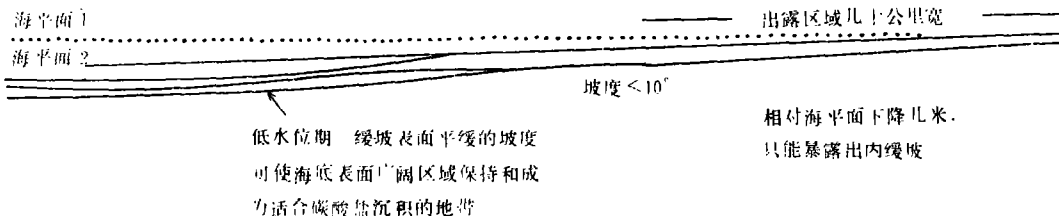


图7 相对海平面微小变化对镶边陆架(A)和缓坡(B)的沉积作用的影响(据 T. P. Burchette et al., 1992)

注:即使很小的海平面变化也可暴露平顶镶边陆架的整体表面,而将碳酸盐沉积限制在老台地缓坡的狭窄边缘内。

在缓坡上,相带向盆内移,越过缓坡表面没有明显的间断,形成一个“低位进积楔形体”

Fig. 7 The variations of rimmed shelf (A) and ramp (B) under slight relative sea-level changes

(After T. P. Burchette et al., 1992)

在低位期,碳酸盐的形成可以继续,但速度降低而且被限制在老的台地缓坡上,这就造成了镶边陆架在相对高位期和相对低位期的沉积物生长速度的显著不平衡,并表现为在相邻盆地内沉积物成分的变化。陆架—潟湖体系的缺失使大多数缓坡体系的高位体系沉积物“增加”了。

Vail 等(1991)认为,构造运动和海平面变化过程一起影响着海平面的相对变化。同时,构造运动对增加或减少容纳空间影响最大,而且当与气候因素结合一起还控制着容纳空间里沉积物类型和沉积量。盆底构造沉降样式与构造运动状态及层序和不整合界面关系密切,构造活动趋于增强或减弱全球海平面旋回层序和体系域界线(图8)。当盆底快速沉降期间,层序界线被减弱,具有微弱的侵蚀,类型 I 层序界线在此背景并不转化为 II 型界线;沿着减

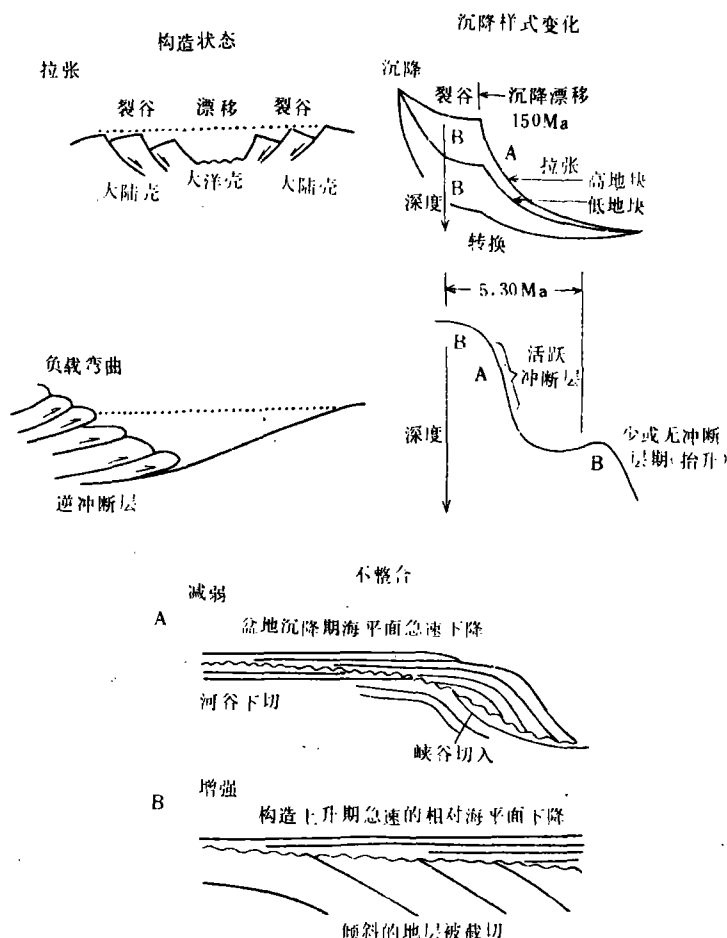


图8 构造沉降样式及其与构造状态和不整合的关系(据Vail et al., 1991)
Fig. 8 Tectonic subsidence patterns and their relation to tectonic regimes and unconformities (After Vail et al., 1991)

弱的层序界线,地层样式趋于平行或近似平行并具微小的上超。在构造稳定或上升期,层序的边界往往在那些活动上升时期已变形的地层接触面之上被增强^[19]。

碳酸盐浊积岩不仅可以由海平面的变化所致,而且构造活动因素以及它的活动样式和规律都极大地影响着层序的形成和其旋回堆叠的样式。在相对稳定构造背景的被动边缘(进积台地边缘),旋回的加积—进积的样式完全由海平面变化控制^[20];而在聚敛边缘盆地或伸展构造背景,如陆—陆或弧—陆等冲断系前渊、张性断陷、同生生长正断层等是影响盆地中相对海平面变化和沉积层序中旋回样式的主要因素。伸展断裂或聚敛碰撞的幕式活动规律和样式直接控制着陆源或台缘物质供给、浊积岩发育频率以及旋回层序格架的发育。在这类盆地中的充填层序通常是在断陷或冲断巨烈活动期,由于盆底在同生生长断层或冲断层系的作用,导致持续沉降,形成较深的欠补偿盆地,沉积大量的块体流或深水复理石建造,随着它的活动性衰减及相对海平面的上升,形成向上变薄、变细的旋回充填序列,晚期发育特征的浅水沉积或磨拉石建造,总体层序样式表现着向上变浅、变粗。因为在这类盆地中相对海平面变化和旋回层序的发育完全是区域构造活动所驱动的,故此,这种海平面变化及旋回层

序可称之为构造-海平面变化和构造-海平面变化旋回层序。

G. P. Eberli (1991)^[21]系统地论述了钙质浊积岩发育与海平面变化和构造作用的关系, 其观点极大地冲击了传统的层序地层学理论。首先, 他和Droxler 和Schalager (1985) 以及Reymer 等(1988)指出, 现代巴哈马台地在间冰期的高水位期, 也即高海平面期, 障壁岛已被完全淹没, 此时钙质浊积岩发生的频率是非常高的。太平洋中的深海钻孔中揭示的情况也同样可以得出该种结论。这样G. P. Eberli 归纳了不同沉积物源和沉积背景下浊积岩发育和海平面变化旋回的关系模式(图9)。

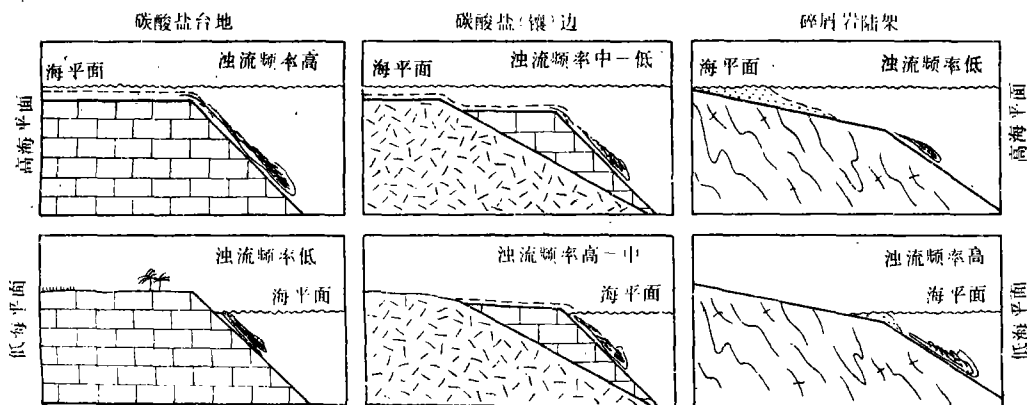


图9 浊积岩发育与沉积物供给及相对海平面变化的相互关系
Fig. 9 Turbidite successions and their relation to sediment supply and sea-level change (After G. P. Eberli, 1991)

从这理论模式中可以看出有两个端元环境, 即纯碳酸盐和纯碎屑岩环境以及一个过渡的混合碳酸盐-陆源碎屑岩环境。在海平面高水位期, 碳酸盐环境沉积物高速产生并可被越过台缘搬运至斜坡一带, 导致高频的浊流发育; 而低海平面期, 台地暴露, 碳酸盐生产速率降低, 但台缘礁丘(镶边)可能仍在发育, 因此, 此时的物源由于镶边障壁的阻挡, 陆架上的物质很难搬运过镶边, 而主要沉积物源只能来自台缘的塌积角砾岩(碎屑块体流), 从而导致低海平面时期盆地及斜坡环境的钙质浊积岩就不很发育。在陆源碎屑环境高海平面时期, 沉积物皆被限制在内陆架内, 浊流少有发生。随着海平面的下降, 海流将内陆架沉积物携运至陆架边缘而形成高频的向下斜坡及深海盆地的浊积流, 混合物源的环境主要取决于环境中物源是以陆源还是内源为主, 前者同陆源碎屑岩环境, 后者则相反。

同陆源碎屑浊积岩一样, 碳酸盐岩浊积岩也同样记录着短暂的沉积物再搬运至沉积的过程。但由于碳酸盐岩的高生产率使得它的浊积岩石组合中既包含了再沉积物, 也具有新生的组份。并且同陆源碎屑浊积岩相比, 它并不十分发育与鲍马序列同样的层序, 但却发育大量岩块碎屑及生屑, 但一般块体粗碎屑沉积分布在底部。碳酸盐岩浊积岩并不广泛发育扇体, 而多形成斜坡底的沉积或称“类坡积裙”。对碳酸盐浊积岩的发育与海平面变化的关系我们可以归结为, 低海平面期由于台缘的侵蚀作用增强, 使得块体流在坡底尤为发育, 而细粒浊积物质是在高海平面期盛行在盆地中。而混合堆积背景可能导致沉积堆叠样式与海平面变化的关系变得更复杂, 因此, 在研究钙质浊积岩层序发育和海平面变化旋回的关系时, 需全部综合考虑物源、古地理背景以及沉积物自身的供给特点。

结论

1. 影响沉积盆地内相对海平面变化具有许多因素,它包括全球海平面变化、盆底沉降速率的变化、沉积物供给及物源性质、盆地所处的自然地理位置和构造背景及活动样式等。

2. 响应于不同因素的控制作用,在沉积盆地中可以形成容纳空间(相对海平面变化)、沉积供给和构造-海平面旋回,它们皆以独特的沉积旋回变化样式、层序界面和体系域沉积构成显示出来。陆源碎屑岩和碳酸盐岩浊积岩旋回发育更明显地受控于构造活动及沉积物源供给。

3. 研究分析沉积盆地中相对海平面变化,要充分注意如上因素的影响和作用,并注重把握主导控制因素的存在,从而限制或增大沉积盆地中海平面变化规律及区域或洲际对比的置信度,提高研究水平。

参 考 文 献

- 1 Vail, P. R. *et al.* The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology. In: G. Einsele *et al.* (Editors), Cycles and Events in Stratigraphy. Springer, Heidelberg, 1991. 617—659
- 2 Posamentier, H. W. and Allen, G. P. Variability of the sequence stratigraphic model, effects of local basin factors. *Sedim. Geo.*, 86: 91—109
- 3 Posamentier, H. W. and Weimer, P. Siliciclastic sequence stratigraphy and petroleum geology—where to from here?, *AAPG Bulletin*, 1993, 77(5): 731—742
- 4 Wolfgang Schalager, Accommodation and supply—a dual control on stratigraphic sequences. *Sedim. Geo.*, 1993, 86: 111—136
- 5 Weimer, R. J. Developments in sequence stratigraphy: foreland and cratonic basins, *AAPG Bulletin*, 1992, 76(7): 965—982
- 6 Posamentier, H. W., Allen, G. P., James, D. P. and Tesson, M. Forced regression in a sequences stratigraphic framework: concepts, examples and exploration significance. *AAPG Bulletin*, 1992, 76(11): 1687—1709
- 7 Posamentier, H. W. and Allen, G. P. Siliciclastic sequence stratigraphic patterns in foreland ramp-type basins. *Geology*, 1993, 21: 455—458
- 8 Jervey, M. T. Quantitative geological modelling of siliciclastic rocks sequences and their seismic expression. In: C. K. Wilgns, B. S. Hastings *et al.* (Editors), *Sea-Level Changes—an Integrated Approach*. Soc. Econ. Paleontol. Mineral Spec. Publ. 1988, 42: 47—69
- 9 Kauffman, E. Geological and biological overview: western interior Cretaceous Basin. *Geol. Rocky Mountain Assoc.*, 1977, 14: 75—99
- 10 Hardie, L. A. and Shinn, E. A. Tidal flats. In: *Carbonate depositional environments, modern and ancient*, part 3, *Colo.*, Sch. Mines, Q., 1986, 80(3).
- 11 Goldhammer, R. K. *et al.* High-frequency glacio-eustatic sea-level oscillation with Milankovitch characteristics recorded in Middle Triassic platform carbonate in northern Italy. *American Journ. Sci.*, 1987 287: 857—892
- 12 Goldhammer, R. K. *et al.* Depositional cycles, composite sea-level changes, cycle stacking patterns and the hierarchy of stratigraphic forcing: examples from Alpine Triassic platform carbonate. *Geological Society of American Bulletin*, 1990, 102: 535—562
- 13 Goldhammer, R. K. *et al.* The origin of high frequency platform carbonate cycles and third-order sequences (Lower Ordovician EL PASO GP, West Texas), constraints from outcrop data and stratigraphic modeling, *Jour. Seim. Petro.*, 1993, 63(8): 318—359
- 14 Osleger, D. and Read J. F. Relation of eustasy to stacking patterns of meter-scale carbonate cycles, Late Cambrian U.

- S. A. Jour. Sediment. Petrol. ,1991,61:1225—1252
- 15 Aigner *et al.* Stratigraphic modeling of epicontinental basins, two case studies, In: R. H. Dott and T. Aigner (Editors), Processes and patterns in shelf and epeiric basins, Sediment. Geol. 1991, 69: 167—190
 - 16 Campbell, A. E. Unconformities in seismic records and outcrops, Ph. D. dissertation, Vrije Universiteit, Amsterdam, 1992, 187
 - 17 Galloway, W. E. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis. I. architecture and genesis of flooding-surfaces bounded depositional units, AAPG Bulletin, 1989, 73: 125—142
 - 18 Burchette, T. P. *et al.* Carbonate ramp depositional systems. Sedimentary Geology, 1992, 79: 2—57
 - 19 Vail, P. *et al.* Seismic stratigraphy and global changes of sea-level from coastal onlap. In: C. E. Payton (Editors), Seismic stratigraphy—application: hydrocarbon exploration, AAPG Memoir, 26, 63—81
 - 20 Pedro Angel I. R. *et al.* Carbonate depositional sequences developments on active fault blocks, the Albian in the Castro Urdiales areas, Northern Spain. Sedimentology, 1994, (4): 861—882
 - 21 Eberli, G. P. Calcareous turbidites and their relationship to sea-level fluctuation and tectonism. In: Einsele *et al.* (Editors), Cycles and Events in Stratigraphy, 1991