

断陷盆地构造坡折带形成机制及其 对层序发育样式的控制

任建业, 陆永潮, 张青林

中国地质大学资源学院, 湖北武汉 430074

摘要: 断陷盆地是典型的构造活动型盆地, 盆地中各种类型的坡折带均有其发育的构造背景和控制机制。以中国东部中生代断陷盆地的研究为基础, 提出了断陷盆地构造坡折带的分类方案, 描述了各类构造坡折带的基本特征和形成的构造机制, 建立了陆相断陷盆地层序发育的综合模式。断陷盆地中的构造坡折带可分为断坡带、弯折带、挠曲带和枢纽带 4 种类型。断坡带受控于断陷盆地内各种类型的同生断裂作用, 弯折带则与主控边界断层的几何学形态密切相关, 形成于铲式正断层控制的断层上盘内, 而挠曲带与基底正断层的隐伏式活动有密切的关系。上述 3 种类型的构造坡折带都是由盆地上盘的变形作用所产生的, 而枢纽带的发育则是盆地上盘的旋转掀斜作用引起的变位所致, 同时这类坡折带发育于主边界断层为陡倾平面状正断层控制的断陷盆地内。构造坡折带的发育特征、空间分布、演化过程和组合样式决定了盆地的可容空间和物源系统, 因而制约了沉积物的分散过程和砂体的分布样式。揭示构造坡折带与沉积相的展布关系, 将有助于阐明盆地内部沉积体系分布规律, 有效地进行砂体预测。

关键词: 断陷盆地; 构造坡折带; 构造活动型盆地; 层序地层。

中图分类号: P618.130.2

文章编号: 1000-2383(2004)05-0596-07

收稿日期: 2004-07-12

Forming Mechanism of Structural Slope-Break and Its Control on Sequence Style in Faulted Basin

REN Jian-ye, LU Yong-chao, ZHANG Qing-lin

Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

Abstract: Faulted basin is a kind of typical tectonic active basin, in which there are various kinds of tectonic slope-breaks controlled by different tectonic backgrounds and mechanisms. Based on the researches on Mesozoic and Cenozoic faulted basins in eastern China, classification system on structural slope-break of faulted basin is put forward, basic characteristics and forming mechanism of various kinds of structural slope-break have been described in detail and synthetic models of sequence stratigraphic development in continental faulted basin are set up in this paper. Structural slope-break in faulted basin can be divided into fault slope-break, bend slope-break, flexure slope-break and pivotal slope-break. The fault slope-break is controlled by syndepositional faulting within the basin, the formation of the bend slope-break is related to listric geometry of major boundary fault in faulted basin, while the flexure slope-break often results from activity of blind normal fault in the basin basement. Different from above three slope-breaks, the formation of the pivotal slope-break is a result of rotational tilting of hanging wall of normal fault, the development is mainly controlled by main boundary normal fault with steep dip and plane geometry. Development, distribution in space, evolution process and assemblage pattern of structural slope-break determine accommodation and sediment influx system in faulted basin, further it restricts sediment disperse process and distributional pattern of sand bodies in faulted basin. The researches on relationship between structural slope-break and depositional facies will be a great help to illustrate distribution of depositional systems and promote prediction availability of sand bodies in sedimentary basin.

基金项目: 国家自然科学基金项目 (No. 40372067).

作者简介: 任建业 (1963-), 男, 博士, 教授, 主要从事沉积盆地分析及其资源效应方面的教学和科研工作. E-mail: jyren@cug.edu.cn

Key words: faulted basin; tectonic slope-break; tectonic active basin; sequence stratigraphy.

坡折带是指沉积斜坡具明显突变的地带,在层序地层学研究中,“坡折带”是一个极其重要的概念,构造活动正是通过对盆地地貌的控制,实现对盆地地层格架和沉积体系的影响.坡折带制约着盆地充填的可容空间的变化,控制着低位体系域、高位体系域三角洲—岸线体系的发育部位,对沉积体系的发育和砂体分布起着重要的控制作用.在断陷盆地中,规模较大的同沉积断裂和褶皱常常形成构造古地貌上的突变带或坡折带.本文基于中国东部典型断陷盆地层序地层学的研究,阐明盆地内不同类型构造坡折带的发育机制及其对层序发育样式的控制.

1 构造坡折带的基本类型

根据控制坡折带发育的背景因素,可以分为沉积坡折带和构造坡折带(表 1).前者是构造稳定的背景下,由于大规模的物源供给(如三角洲体系或陆架—陆坡推进)形成的地貌突变,常见于被动大陆边缘盆地陆架—陆坡的形成阶段;后者是指由同沉积构造长期活动引起的沉积斜坡明显突变的地带(林畅松等,2000,2003;李思田等,2002).

在断陷盆地中,规模较大的、活动时期贯通到地表的同沉积断裂常构成断裂坡折带,简称断坡带.断坡带是同沉积断裂活动产生明显差异升降和沉积地貌突变的古构造枢纽带,构成盆内古构造地貌单元和沉积区域的边界,是沉积相带和沉积厚度发生突变的地带,在不同的盆地演化阶段控制着特定的沉积相域的展布.铲式断层是断陷盆地的主边界断层常见的几何学形态,这种断层常常导致断层上盘伸展弯褶皱的发育,进而形成弯折型坡折带,简称弯折带.很多情况下,断陷盆地中基底断层表现为隐伏式活动,可造成上覆地层的变形、挠曲,导致沉积斜坡发生显著突变,这种变形带被称为挠曲坡折带,简

称挠曲带.如果断陷盆地的边界断层为平面式陡倾正断层,通常断层的上盘只发生变位,即旋转掀斜作用,这时在断层的上盘形成缓坡枢纽带,简称枢纽带.

2 构造坡折带的特征和形成机制

2.1 断裂坡折带

断陷盆地中断块掀斜、反向调节断裂和走滑拉伸等各种同生断裂作用均可以沿盆地的陡坡、缓坡和中央洼陷带形成多个断裂坡折带.在半地堑式断陷盆地中,如东营凹陷和沾化凹陷,按照断裂坡折带的分布部位可以划分为陡坡断裂坡折带和缓坡断裂坡折带,根据控制坡折带的断层组合样式的不同,断裂坡折带又可以分单阶式断裂坡折带和多阶式断裂坡折带.

断坡带是较早被学者注意到的坡折带类型之一,对其基本特征和对砂体的控制作用已进行过深入研究(林畅松等,2000,2003;Ren *et al.*,2002;李思田等,2002;任建业等,2004),但是对断陷盆地断坡带,特别是缓坡断坡带的形成机制的研究尚欠深入.东营凹陷缓坡断坡带是目前发现的最典型的断坡带,近年的勘探中已经在该带内发现了千万吨级以上规模的低位扇油气藏.该凹陷南部斜坡带上发育了 3 个主体呈 NE 向或 NEE 向延伸的由弧形断裂体系控制的、从南向北由老到新依次发育的缓坡断裂坡折带(李思田等,2002 中的图 1,2).

图 1 所示的实验模拟研究(Withjack *et al.*,1995)表明,这些缓坡断坡带与类似于陈南断层的主边界断层的铲式几何学形态密切相关.在图 1 中,黑色区为铝块,代表断层下盘的刚性块体;层状空白区为湿泥层,代表断层上盘.刚性块体左侧为一 45° 倾斜面,它与水平箱底面一起代表向上凹的断层面.变形开始阶段,主边界正断层从铝块顶部边缘向上扩展到泥层顶面.拉伸作用继续进行,产生 2 个变形带,第 1 个变形带位于主断层 45° 倾斜区段之上(图 1b 中 A 区),主要由从主断层面上向上扩展的陡倾同向正断层组成.在实验的早期阶段,这些断裂很快就不再继续活动.第 2 个变形带从主断层面的弯折部位向上扩展(图 1b 中 B 区),变形带由向上变宽的反向断层带构成.这些反向断层的位移从下到上逐

表 1 坡折带的分类

Table 1 Classification of slope-break

类型	亚类	发育背景
沉积坡折带		常见于被动大陆边缘陆架—陆坡
	断裂坡折带	由贯通式断裂活动形成
构造坡折带	弯折带或	形成于伸展断弯褶皱或
	挠曲坡折带	隐伏式断裂活动背景
	缓坡枢纽带	断陷盆地旋转掀斜作用的上盘

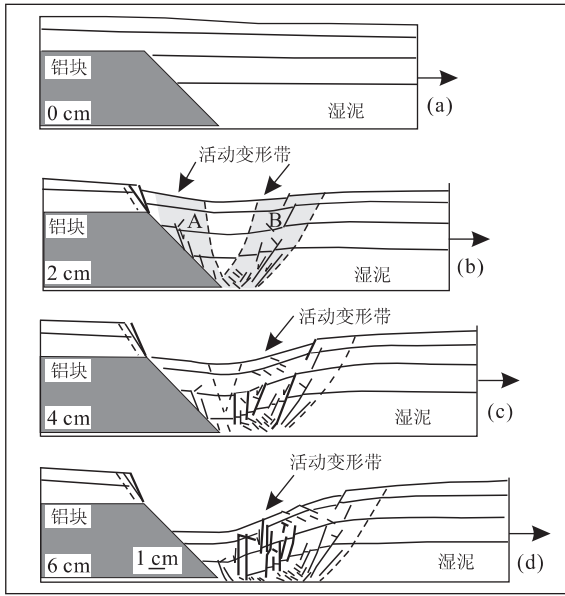


图 1 拉伸断层上盘变形实验(据 Withjack *et al.*, 1995)
Fig. 1 Experiment about hangingwall deformation of extensional fault

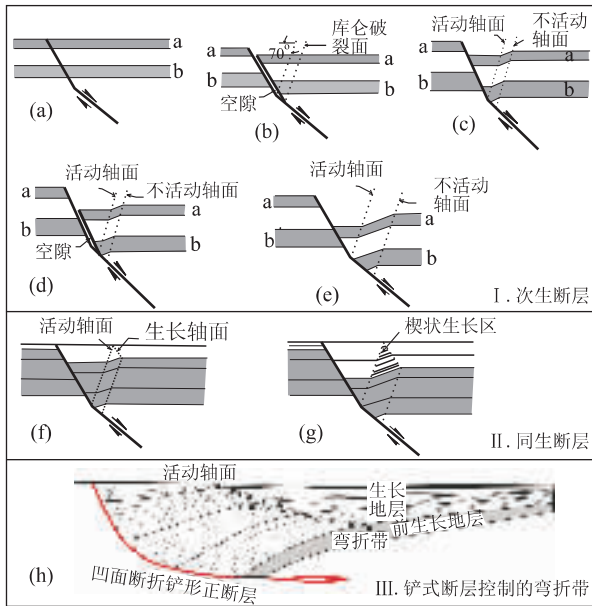


图 2 伸展断弯褶皱的发育

Fig. 2 Development of extensional fault bend fold

渐减小。继续拉伸,第 2 个变形带向右移动离开断层的弯折部位(图 1c),而且不再活动。而在断面弯折部位向上重新产生一个新的同样由陡倾反向正断层带组成的变形带。再继续拉伸(图 1d),这个变形带继续向右移动,远离断面弯折部位,而新的反向变形带又继续在断面弯折部位形成。从该实验可以看出,靠近主断层弯折部位的反向断层形成的时代最晚,

而远离主断层弯折部位的反向断层的形成时代最老。

东营凹陷缓坡带上的 3 条断裂中(李思田等, 2002 中的图 1, 2),从南向北分别于 $E_{s3}^{\text{下}}$, $E_{s3}^{\text{中}}$ 和 $E_{s3}^{\text{上}}$ 时期活动,并控制了相应时期的低位扇体。

2.2 弯折带

弯折带是由于沿半地堑式盆地陡坡带的控凹铲型正断层滑动导致断层上盘(缓坡带)弯折变形使沉积斜坡坡度发生明显变化的地带(图 2)。弯折带上曲率最大的线,即枢纽线直接控制了湖盆的低水位滨岸坡折。典型的实例如南阳凹陷控凹边界断层上盘古近纪充填时期古构造地貌。

理论计算及物理模拟研究表明(Xiao and Suppe, 1992; Withjack *et al.*, 1995; Schlische, 1995),盆地内部的变形与控盆主边界断层的几何形态有密切关系。图 2a 表示一个切过先存地层并随深度向下弯折变缓的正断层。当断层上盘与下盘拉开时,如果是刚性体,则会在二者之间形成一个空隙带(图 2b),但岩层并非刚性体,会向下崩塌充填这个空隙带,从而导致岩层变形。有多种上盘崩塌的模式被提出来,其中 Xiao and Suppe(1992)应用库仑剪切破裂理论模拟了这一过程。图 2c 显示受重力作用,上盘岩块将沿着倾斜角大约为 70° 的库仑破裂面滑移而充填这个空隙。在这一个过程中,将发生沿库仑剪切破裂面方向的变形,形成滚动背斜。变形区构成了滚动背斜的前翼,并处于沿断层弯折部位定位的活动轴面(active axial surface)和不活动轴面(inactive axial surface)之间。不活动轴面是一个代表变形前沿活动轴面分布的岩石的一个界面。在递进的断层滑移过程中,不活动轴面向离开活动轴面的方向(向盆地方向)移动,从而,滚动变形区随断层的位移增大而逐渐加宽(图 2d, 2e)。

图 2f 和 2g 表示断层上盘同沉积地层中伸展断弯褶皱的发育过程。该图表示同沉积地层变形区限制在一个由先存地层顶面、活动轴面和生长轴面(growth axial surface)限制的楔形生长区内(图 2f),岩层 1 是最新沉积物,活动轴面和生长轴面在岩层 1 界面的交汇点是正在进入变形区的物质。图 2g 表示岩层 2 沉积时,进入生长楔内的岩层 1 已发生平行于活动轴面的变形。在断陷盆地中,受铲式断层控制的伸展断弯褶皱的前翼越向下,进入变形区的岩层越宽,褶皱幅度越大;向上则逐渐变窄,以致消失,岩层变为水平。

在边界断层为多个上凹弯折组成的情形下(图 2b),上盘内可以发育多个相应的库仑剪切变形带,且倾向方向与边界断层的倾向方向相反,为反向剪切。而边界断层为上凸断层的情形下,则上盘内库仑剪切变形带同向剪切。实际的伸展断层往往表现为光滑的曲线,在几何学上可以看作是一系列连续的弯折,由此控制的伸展断弯褶皱也表现为连续的弯曲,而非简单的膝折。

2.3 挠曲带

在伸展作用背景下,挠曲带的发育一般是隐伏式正断层的断层扩展式褶皱作用(fault-propagation fold)在地表产生的构造结果。莺歌海盆地裂后期沉降阶段这种构造活动非常明显,且对盆地低位扇有明显的控制作用(谢玉洪等,2004)。

图 3 显示伸展背景下断层扩展褶皱发育过程,基底为一刚性块体,是正断层开始发育的部位,刚性基底上覆韧性的盖层(图 3a-1)。在拉伸应力作用下,基底正断层开始活动时,断层的端点开始向上扩展,同时由于断层上盘下降和下盘抬升导致盖层被动弯曲而形成挠曲式褶皱(图 3a-2),有些学者称之为生长褶皱(growth fold)(Gupta *et al.*, 1999)或强制性褶皱(forced fold)(Nancye *et al.*, 2000)。这种褶皱发育在隐伏断层的断端之上,形成一个由下到上逐渐变得宽阔的单斜带。随断裂活动的增强,挠曲幅度增大,单斜带变陡,最后断层扩展到盖层表面,形成贯通式破裂(图 3a-3)。正断层除了可以垂

向扩展外,也可以在侧向上扩展,形成如图 3b 所示的构造特征。在分段活动断层区块中心,断距最大,可以形成贯通地表的正断层。而沿断层走向追踪,地表断距逐渐减小,一直到地表断距为零的部位,断层呈隐伏式活动,地表则表现为断层顶端发育断层扩展褶皱,沿走向离开断块中心越远,褶皱的幅度越小,一直到变形消失,恢复为断裂变形之前的状态。

断层扩展褶皱作用是很多断陷盆地古地貌的重要的构造控制因素。贯通式断裂的发育部位形成了断裂坡折带,断层扩展式褶皱发育的部位形成挠曲坡折带,而在正断层的上盘,或者是不存在断层扩展褶皱作用的部位形成缓坡带。在半地堑断陷中,挠曲带多是构造转换带发育部位(孙向阳和任建业,2004),而转换带构造是流入盆地的水系汇聚地。因此,在挠曲带部位往往发育着盆地靠近边界断层处最大的三角洲或规模非常大的扇体,垂向上表现为以加积和进积型为特征的叠加样式。

2.4 枢纽带

研究表明,控盆边界断层的形态对盆内构造变形有直接的控制作用。如前所述,南阳凹陷和东营凹陷边界断层呈上陡下缓的铲式形态,由此导致盆地缓坡的挠曲作用使沉积斜坡发生弯折变形,或者发育一个反向的调节正断层,形成断坡带。但是,泌阳凹陷控制盆地的边界断层呈陡倾平面状,这种边界断层一般仅导致上盘地层发生旋转掀斜作用,而不发生弯曲或破裂,或者说只发生变位,而不产生明显的变形。

如图 4a 所示,当盆地基底发生旋转掀斜作用时,靠近主边界断层的一侧发生沉降,且离主边界断层越近,沉降量越大,而远离主边界断层的一侧不发生沉降,反而上升。在旋转掀斜的断块内既不沉降,也不上升,垂向位移为零的点被称为枢纽点(在平面上为枢纽线或枢纽带)。所以,远离枢纽点向边界断层的方向,沉降量由零逐渐增大,而离开枢纽点向缓坡带方向,上升量逐渐增大。进一步,旋转掀斜作用与湖平面变化相叠加就控制了断层上盘可容空间的变化。

为了阐明上述旋转掀斜作用对层序发育的控制,考虑以下几种情况,即枢纽点(枢纽线或枢纽带)的位置高于湖平面、枢纽点低于湖平面和与湖平面持平(图 4)。在以下分析中假设湖平面保持恒定,而且盆地为补偿盆地。湖平面高于枢纽带时,在一次幕式旋转掀斜事件的初期(图 4 低位域),构造活动速

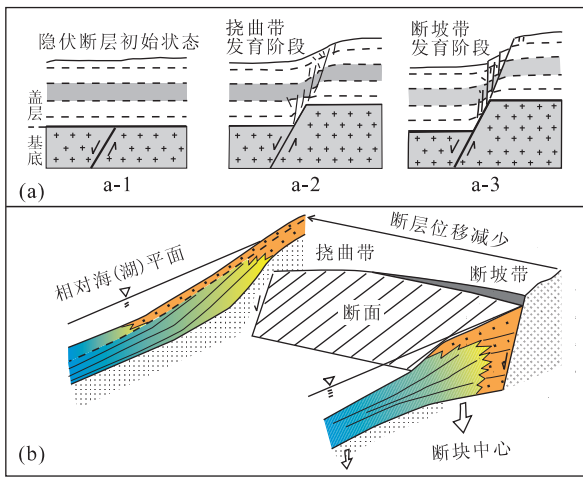


图 3 断层扩展式褶皱作用和挠曲带的发育

Fig. 3 Fault-propagation folding and formation of flexure slope-break

a. 垂向剖面演化; b. 平面侧向演化

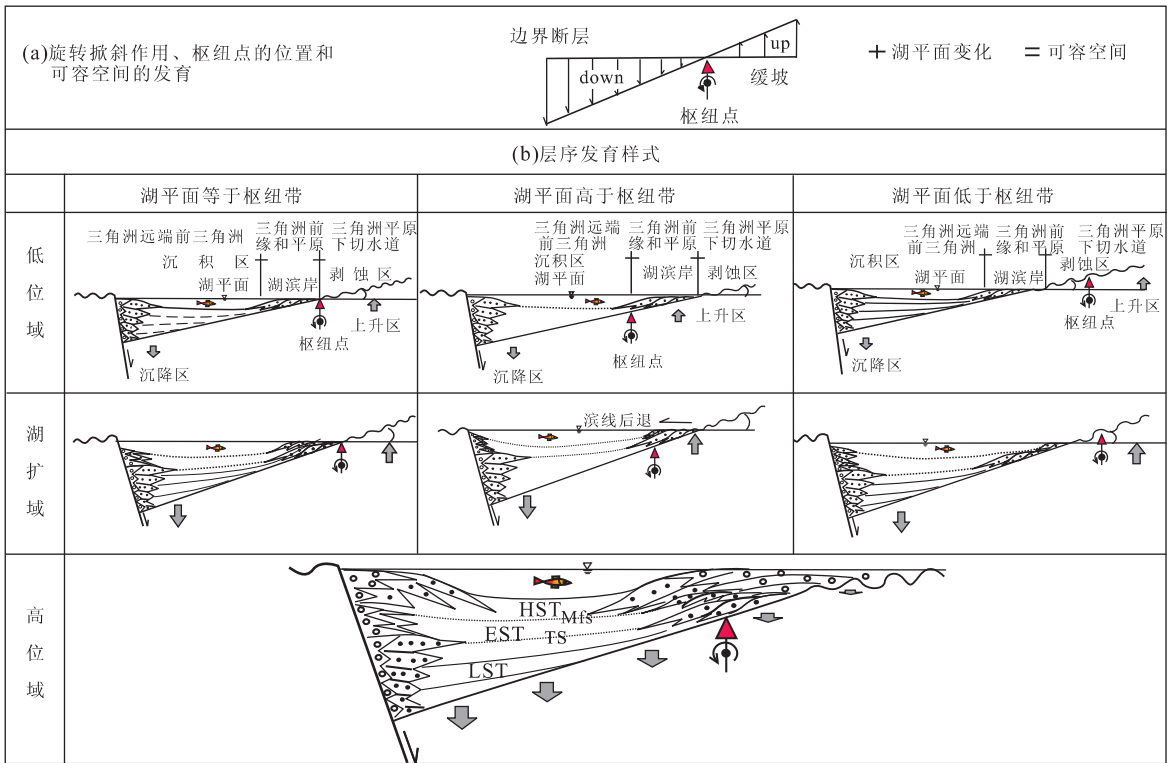


图 4 断块掀斜作用与层序和体系域构成样式

Fig. 4 Tilting of fault block and style of sequences and systems tracts

率较弱,湖岸线远离枢纽点,基底旋转掀斜上升区靠近枢纽带的一部分处于沉积区内,并发育了向盆地中心进积的辫状河三角洲沉积朵体,湖岸线分隔了三角洲前缘和平原沉积相带.当幕式旋转掀斜作用加快时(图 4 湖扩域),基底的沉降快速加大,靠近枢纽带原先处于水下的基底上升区开始露出水面,初期形成的扇三角洲体根带部位遭受剥蚀.相对于初期的情形,枢纽带部位的湖岸线明显收缩,由于这个时期旋转掀斜作用导致剥蚀区倾角加大,剥蚀作用进一步加强,因而,可以形成加积型甚至进积型的扇三角洲沉积朵体.湖平面低于枢纽带时,枢纽带附近部分沉降区也处于剥蚀区带之内,当旋转掀斜作用加强时(图 4 湖扩域),发生明显的湖进,形成湖相泥岩沉积,扇三角洲朵体明显退积,湖盆扩张.湖平面正好处于枢纽带上时,在盆地基底的旋转掀斜过程中,湖盆缓坡岸线保持不变,扇三角洲沉积体不断旋转,但不遭受剥蚀,不同时期的沉积朵体在断面上呈扇形展布,越向深处,这些朵体的倾角越陡.

从构造的角度分析,当断层滑移速率相对稳定时,其控制的断陷盆地也进入旋转掀斜的稳定时期,这时高位体系域开始发育,形成由扇三角洲或辫状

河三角洲构成的加积或进积型小层序组(图 4).之后,盆地进入旋转掀斜作用衰退时期,可容空间快速减小,形成一套强进积小层序组.断层活动平静时期,可容空间不再快速增加,盆地边缘遭受剥蚀,形成层序界面.泌阳凹陷高位期全盆地的厚度都比较大,因此,盆地整体表现为沉降(图 4).

3 陆相断陷盆地层序地层综合模式

断陷盆地是一种典型的构造活动型盆地,表现为时间上的阶段性、幕式性和空间上的差异沉降,造成盆地内构造古地貌的极大变化,并由此导致了盆地内不同构造部位发育不同类型的构造坡折带及其控制的层序边界类型、构成样式发生显著的变化(图 5).发育在陡坡断坡带边界正断层断距最大的区段中心的由下盘的物源体系供给而形成的层序主要由高位体系域构成.在物源供给较弱的情况下(位置 3),层序边界与湖扩面一致.而在物源供给较强的部位(位置 1),如下盘源区为继承性水系的部位,层序构型以加积型副层序组叠置样式为特征,类似于被动大陆边缘发育的由陆架边缘、海进和高位体系域

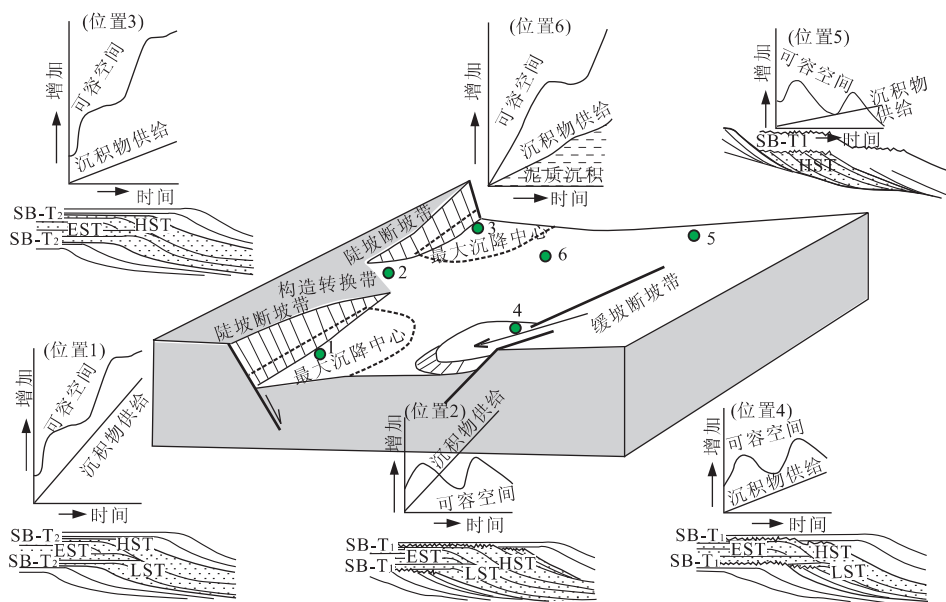


图 5 陆相断陷盆地层序构成样式

Fig. 5 Sequence styles of continental faulted basin

SB-T1, I 型层序; SB-T2, II 型层序; LST, 低位域; EST, 湖扩域; HST, 高位域

组成的 II 型层序. 这种层序构型是由于正断层上盘的高速滑移导致可容空间持续发育的结果. 构造转换带(位置 2)是主要的入盆水系发育部位, 物源供给充分, 低速沉降对可容空间发育的控制作用较弱. 构造转换带部位的层序构型以加积或进积副层序组叠置样式为特征, 层序一般发育由完整的体系域构成的 I 型层序. 在盆地上盘缓斜坡部位(位置 5), 类似于被动大陆边缘缓坡型层序或前述枢纽带发育的背景, 很多研究实例, 如泌阳凹陷显示, 相对湖平面下降期间, 早期形成的层序被下切剥蚀, 表现为 I 型层序边界; 新的层序由强制性低位水退体系域构成, 表现为向陆地尖灭、向盆地发生相跃迁的低位滨岸沉积.

图 5 中的位置 4 是缓坡断坡带或者弯折带的发育部位, 该部位盆地的沉降除了缓坡带本身的沉降分量之外, 又叠加了断层或褶皱弯曲的沉降, 所以这个部位是缓坡带上沉降较快, 可容空间较大的位置, 由于其控制断层一般是盆地内的二级断层, 因此可容空间增加的幅度要比陡坡断坡带小. 从东营凹陷缓坡断坡带和南阳凹陷缓坡弯折带来看, 其所控制的盆地古构造地貌背景类似于被动大陆边缘的陆架—陆坡型古地貌. 因此形成的层序构造样式是典型的 I 型层序. 盆地的较深部位(位置 6), 层序构型的主要控制因素是沉积物的供给, 中等沉降区深盆内, 相对湖平面的下降可能形成低位扇或者有机质含量较高的泥质沉积.

4 结论

(1) 在断陷盆地中, 各种同生构造作用均可以产生不同类型的构造坡折带, 贯通式断裂形成断坡带, 隐伏式断裂则形成挠曲带, 铲式边界主断层的几何学特征控制了盆地缓坡上弯折带的构造样式和缓坡断裂坡折带的分布和演化规律. 陡倾平面状主断层控制的断层上盘的旋转掀斜作用决定了枢纽带发育分布特征. 构造坡折带的发育特征、空间分布、演化过程和组合样式决定了盆地的可容空间和物源系统, 并进而决定了盆地不同部位不同构成样式的层序的发育. (2) 断陷盆地中的局部因素, 如幕式裂陷作用、物源供给变化对层序边界和层序构成样式发育更为重要. 在盆地快速沉降部位, 如边界主断层上盘的沉降中心, 可容空间持续增加, 一般形成 II 型层序; 而在构造沉降的缓慢部位, 如构造转换带、缓坡断坡带、弯折带(因缓坡枢纽带不包括在内)部位, 一般发育 I 型层序; 盆地的缓坡枢纽带部位, 可容空间持续减小, 发生强制性水退, 多形成缓坡型三角洲或辫状河三角洲组成的强制海退型层序. (3) 中国东部中生代断陷盆地的构造坡折带及其配置对沉积物的分散过程和砂体的分布样式起到了关键的控制作用. 从构造和沉积研究入手, 再造盆地构造坡折带及其控制的构造古地貌, 揭示各种类型构造坡折带与沉积相展布的成因联系, 将有助于阐明盆地内部沉

积体系和沉积相的分布规律,有效地进行砂体预测。

References

- Gupta, S., Underhill, J. R., Sharp, I. R., et al., 1999. Role of fault interactions in controlling synrift sediment dispersal patterns: Miocene, Abu Alaqa Group, Suez Rift, Sinai, Egypt. *Basin Research*, 11: 167—189.
- Ren, J. Y., Tamaki, K., Li, S. T., 2002. Late Mesozoic and Cenozoic rifting and their Dynamic setting in Eastern China. *Tectonophysics*, 344(3—4): 175—203.
- Li, S. T., Pan, Y. L., Lu, Y. C., et al., 2002. Key technology of prospecting and exploration of subtle traps in lacustrine fault basins; Sequence stratigraphic researches on the basis of high resolution seismic survey. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 27(5): 592—598 (in Chinese with English abstract).
- Lin, C. S., Pan, Y. L., Xiao, J. X., et al., 2000. Structural slope-break zone; Key concept for stratigraphic sequence analysis and petroleum forecasting in fault subsidence basin. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 25(3): 260—267 (in Chinese with English abstract).
- Lin, C. S., Zheng, H. R., Ren, J. Y., et al., 2003. The control of syndepositional faulting on the Eogene sedimentary basin fills of the Dongying and Zhanhua sags, Bohai Bay basin. *Science in China (Series D)*, 33(11): 1025—1036 (in Chinese).
- Nancye, H., Dawers, J., Underhill, R., 2000. The role of fault interaction and linkage in controlling synrift stratigraphic sequence; Late Jurassic, Statfjord East Area, Northern Sea. *AAPG Bulletin*, 84(1): 45—64.
- Ren, J. Y., 2004. Tectonic significance of S_6 boundary in Dongying depression, Bohai Gulf basin. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 29(1): 69—76 (in Chinese with English abstract).
- Schlische, R. W., 1995. Geometry and origin of fault-related

folds in extensional settings. *AAPG Bulletin*, 79(11): 1661—1678.

- Sun, X. Y., Ren, J. Y., 2004. Transfer zone and its relative reservoir distribution in northern zone of Dongying sag. *Petroleum Exploration and Development*, 31(1): 21—23 (in Chinese with English abstract).
- Withjack, M. O., Islam, Q. T., La Pointe, P. R., 1995. Normal faults and their hanging-wall deformation; An experimental study. *AAPG Bulletin*, 79: 1—18.
- Xiao, H., Suppe, J., 1992. Origin of rollover. *AAPG Bulletin*, 76: 509—525.
- Xie, Y. H., Wang, Z. F., Xie, X. N., et al., 2004. Patterns of slope-break zone and their depositional models in the Yinggehai basin. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 29(5): 569—574 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 李思田, 潘元林, 陆永潮, 等, 2002. 断陷湖盆隐蔽油藏预测及勘探的关键技术——高精度地震探测基础上的层序地层学研究. *地球科学——中国地质大学学报*, 27(5): 592—598.
- 林畅松, 潘元林, 肖建新, 等, 2000. 构造坡折带——断陷湖盆层序和油气预测的重要概念. *地球科学——中国地质大学学报*, 25(3): 260—267.
- 林畅松, 郑和荣, 任建业, 等, 2003. 渤海湾盆地东营、沾化凹陷早第三纪同沉积断裂作用对沉积充填的控制. *中国科学(D辑)*, 33(11): 1025—1036.
- 任建业, 2004. 渤海湾盆地东营凹陷 S_6 界面的构造变革意义. *地球科学——中国地质大学学报*, 29(1): 69—76.
- 孙向阳, 任建业, 2004. 东营凹陷北带转换带构造与储集体分布. *石油勘探与开发*, 31(1): 21—23.
- 谢玉洪, 王振峰, 解习农, 等, 2004. 莺歌海盆地坡折带特征及其对沉积体系的控制. *地球科学——中国地质大学学报*, 29(5): 569—574.