

# 渤海湾盆地东营凹陷 $S_6$ 界面的构造变革意义

任建业

中国地质大学资源学院 湖北武汉 430074

**摘要:**以三维地震剖面的解释为基础,在东营凹陷古近纪裂陷期充填序列中识别出了一条在全盆地范围内可以追索对比的区域性不整合界面  $S_6$ ,该界面构成了盆地沙三段的底界。盆地充填地层的厚度和构造应力场分析揭示  $S_6$  界面将盆地古近纪同裂陷期的演化划分为2个不同构造应力场控制的裂陷幕,即裂陷 I—II 幕和裂陷 III—IV 幕。前者受控于近南北向的拉伸应力场,形成了分别由 NW 向的陈南断裂和石村断裂带控制的半地堑式断陷盆地;后者受控于 NW—SE 向的拉伸应力场,形成了由 NE 向的断裂系统控制的半地堑式断陷盆地。 $S_6$  界面的发育是区域性的,在渤海湾盆地和中国东部的许多盆地中均可追索,其发育的时代为中始新世晚期(43.5 Ma),并且与印度洋板块和太平洋板块新生代期间的一次重大的运动学调整的时间一致,因此  $S_6$  界面的识别有可能为中国东部新生代盆地形成演化的动力学背景的研究提供新的信息。

**关键词:** 东营凹陷 构造变革  $S_6$  界面 板块构造运动学重组。

中图分类号: P618.130.2

文章编号: 1000-238X(2004)01-0069-08

收稿日期: 2003-05-02

## Tectonic Significance of $S_6$ Boundary in Dongying Depression, Bohai Gulf Basin

REN Jian-ye

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

**Abstract:** A regional unconformity- $S_6$  is distinguished in Tertiary filling sequence of Dongying depression by interpretation of 3D seismic profiles. This sequence boundary lies on the bottom of the 3rd Member, Shahejie Formation and can be traced and contrasted in the whole basin area. Analysis on stratigraphic thickness and tectonic stress field of the basin reveals that  $S_6$  boundary divided the Tertiary synrifting stage into two episodes controlled by different tectonic stress fields, that is, the first episode of basin development and the second episode of basin development. The former was controlled by N-S trending extensional tectonic stress field, forming half grabens bounded by Chennan fault and Shicun fault; while the latter was controlled by NW-SE trending extensional tectonic stress field, forming half graben bounded by NE trending fault system.  $S_6$  boundary is a regional unconformity and can be found and traced in Bohai gulf basin and many other basins in East China. The boundary occurred in late Middle Eocene, which was consistent with the time of a great reorganization of global plate tectonics during Cenozoic. Thus identification of  $S_6$  boundary may provide new information for dynamic setting of formation and evolution of Cenozoic basins in East China.

**Key words:** Dongying depression; tectonic revolution;  $S_6$  boundary; kinematic reorganization of plate tectonic.

## 0 引言

东营凹陷位于渤海湾盆地的东南部,东西长约 90 km,南北宽 65 km,面积约为 5 700 km<sup>2</sup>,是我国油气资源丰度最大,勘探程度最高的地区之一(图 1)。

该凹陷的充填序列由中生界、古近系和新近系组成,其中第三系是主要成藏组合的发育层系和油气勘探的重要目的层系,因而具有丰富的地质和地球物理资料积累。

东营凹陷经历了中生代和古近纪 2 个裂陷期和

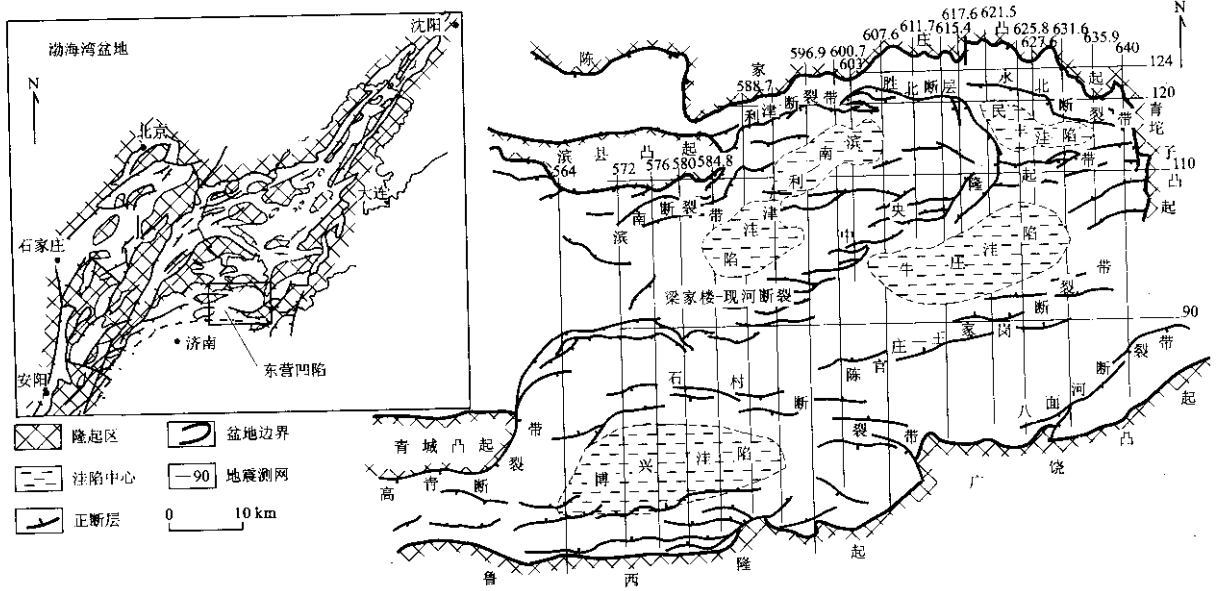


图 1 东营凹陷的地质构造格架示意图

Fig. 1 Sketch map of geological tectonic in Dongying depression

新近纪裂后期,是由 3 个构造层组合而形成的叠合盆地。一般认为中生代和古近纪 2 个裂陷期主要受控于 NE-SW 向的拉伸应力场,新近纪裂后期则为区域性的坳陷盆地(王秉海和钱凯,1992;潘元林等,1996)。本文以高精度的三维地震剖面的地质解释为基础,在盆地的古近系充填序列中又识别出了一条区域性的不整合界面  $S_0$ ,研究表明,该界面是一条重要的构造变革界面,沿该界面,控制盆地发育的应力体制和盆地的主体构造格局曾发生明显的转变。该界面的发育时代为中始新世晚期,与欧亚大陆周缘板块构造在新生代期间发生的一次重大的运动学调整期对应。因此,该界面的识别不仅对于研究东营凹陷和渤海湾盆地的形成演化和油气勘探具有重要的意义,而且有可能为中国东部新生代盆地形成演化的动力学背景的研究提供重要线索。

### 1 基本地质概况

地震、钻井、电测和生物地层等多项资料证实,东营凹陷新生界第三系十分发育,主要为一套河湖相碎屑岩沉积,厚达 8 500 m,从老到新钻遇的新生代地层有(图 2):古近系孔店组、沙河街组和东营组,新近系馆陶组和明化镇组和第四系平原组。新近系及第四系平原组的分布是区域性的,覆盖了下伏所有岩系,总体上厚度变化不大,岩性岩相过渡特征

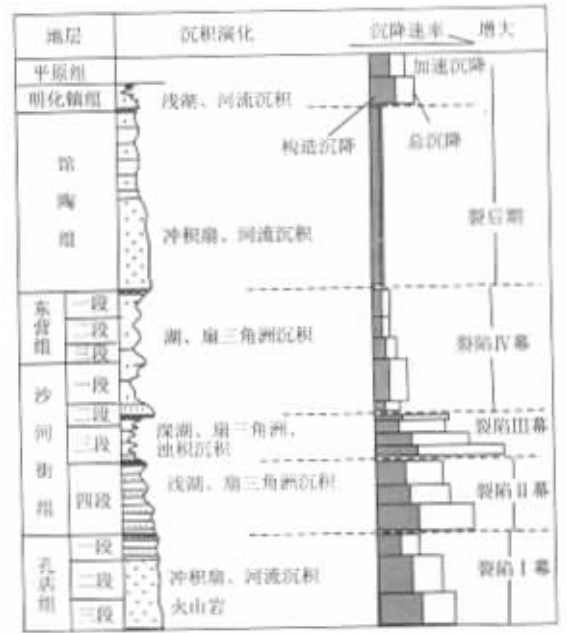


图 2 东营凹陷新生界充填序列和沉降历史

Fig. 2 Cenozoic filling sequence and subsidence history of Dongying depression

具有区域性坳陷的特点,而古近系则显示了剧烈的差异变化特征,无论是时间上还是空间上厚度变化巨大,岩性岩相往往具有突变关系,因此新、老第三系明显属于 2 个不同的构造环境。

2 条区域性的不整合面  $S_R$  界面和  $S_1$  界面,将

盆地的充填序列划分为2个明显的构造层序。 $S_R$  界面为盆地新生界底界面,分隔了盆地中生代和古近纪裂陷期盆地构造层序。古近纪构造层序由孔店组、沙河街组和东营组构成,断层控制作用强烈,其顶界面为裂后不整合面  $S_1$ ,该界面之上为新近纪盆地裂后期构造层序,断层作用极其微弱,地层呈层状或毯状披覆于整个盆地区。

构造上,东营凹陷为一北断南超、半地堑式断陷盆地(图1)。北部陡坡带的结构非常复杂,总体上可以分为2套断裂系统。一套为沿陈家庄凸起南侧古剥蚀面发育的陈南断裂带,该断裂带呈 NWW 向展布,倾角约  $30^\circ \sim 40^\circ$ ,是本区规模最大的一条断裂带。另一套断裂系统,为陈南断层南侧盆地盖层内发育的一套断裂体系,从西南向东北有高青断裂带、平南断裂带、滨南断裂带、利津断裂带和胜北断裂带。这套断裂体系非单条发育,而由一系列的正断层以非常复杂但又有序的方式组合。总体上看这些断裂延伸长度在 20 km 左右,延伸方向为 NEE 向,并呈左阶斜列展布。在断裂发育的主体区段,断层的断距较大,断层的几何学特征相对简单。但是,在断层消失部位及2条断裂的相互交错部位断层的几何学特征变得相当复杂,表现为断裂频数增高,单条断层的断距明显变小,这些部位即所谓的断层位移传递带或将2条主断层连接起来的“桥式构造区”(Morley *et al.*, 1990)。

本区主要存在3种类型的桥式构造区:第1种为同向平行型转换带,可以滨南断裂与平南断裂之间的过渡为代表;第2种为同向接近型转换带,以滨南断裂和利津断裂之间的过渡为代表;第3种为同向叠覆型过渡带,以利津断裂向胜北断裂的转换以及高青断裂向平南断裂的转换为代表。

在东营凹陷东辛、现河庄一线,是“中央背斜隆起带”的发育部位(图1)。由于该构造带在凹陷沉降中心的升起,逐渐把东营凹陷分隔成几个次级小洼

陷,即南部的牛庄洼陷、西部的利津洼陷和北部的民丰洼陷。在东营凹陷南部斜坡带上也发育2套断裂系统:一套为 NWW 向延伸的石村断裂带,发育时代较早,其南侧为另一次级凹陷——博兴洼陷;另一套为3个主体呈 NE 向或 NEE 向延伸的断裂带组成的弧形断裂体系,从南向北依次为八面河断裂带、陈官庄—王家岗断裂带和梁家楼—现河弧形断裂带。

## 2 $S_6$ 界面的识别及盆地古近系裂陷期的构造演化

三维地震剖面详细的层序追踪和构造解释揭示,在盆地古近系构造层序中,沿沙三段( $E_{s3}$ )的底界面,发育一条在整个盆地范围内均可追索的区域性不整合面  $S_6$ 。该界面在地震剖面上表现为强振幅反射同相轴,对下伏层序的削顶、截切现象非常明显,从图3可以看出,在凹陷的北部,该界面之下  $E_{s4}$  同相轴被明显削截,而该界面之上沙三下地层的同相轴则显示明显的下超反射结构。界面上下的地层以较大的交角相交。向凹陷的南部,尽管二者之间的交角变小,但是削截反射结构仍然非常明显。

对于同沉积断层而言,地层的厚度反映了盆地的古构造格架。笔者试图通过同生地层厚度的变化以及同期断裂几何学特征分析盆地同裂陷演化时期的构造应力场的变化。图4是以地震剖面和大量的钻孔资料为基础编制的盆地不同发育时期的地层厚度等值线图(图4a-4d)和构造应力场分析图(图4e)。图4a,4b表示  $S_6$  界面发育之前孔店组( $E_k$ )和沙河街组四段( $E_{s4}$ )地层厚度等值线图,从图中可以明显看出,在这个时期,东营凹陷有2个沉降中心,分别位于陈南断裂和石村断层南侧。厚度等值线延伸趋势为 NWW 向,与石村断裂和陈南断裂带的延伸趋势一致,表明这一时期盆地充填主要受控于 NW 向断裂活动的控制,这个时期盆地的快速沉降

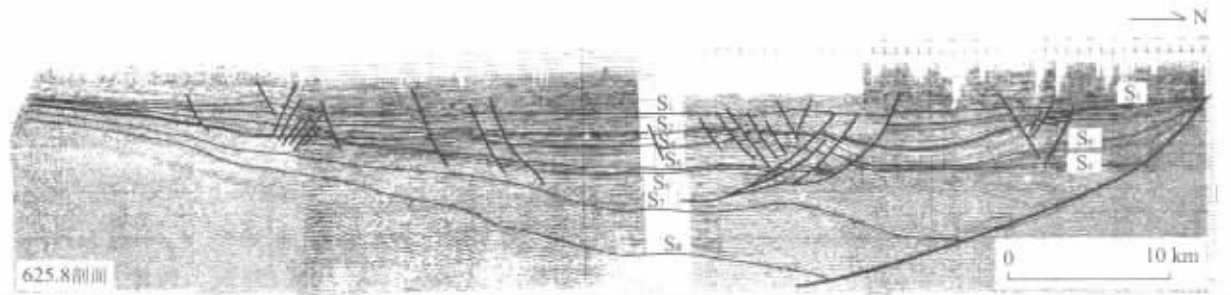


图3 东营凹陷 625.8 测线三维地震剖面及其地质解释(剖面位置见图1,界面代号地质意义见图5)

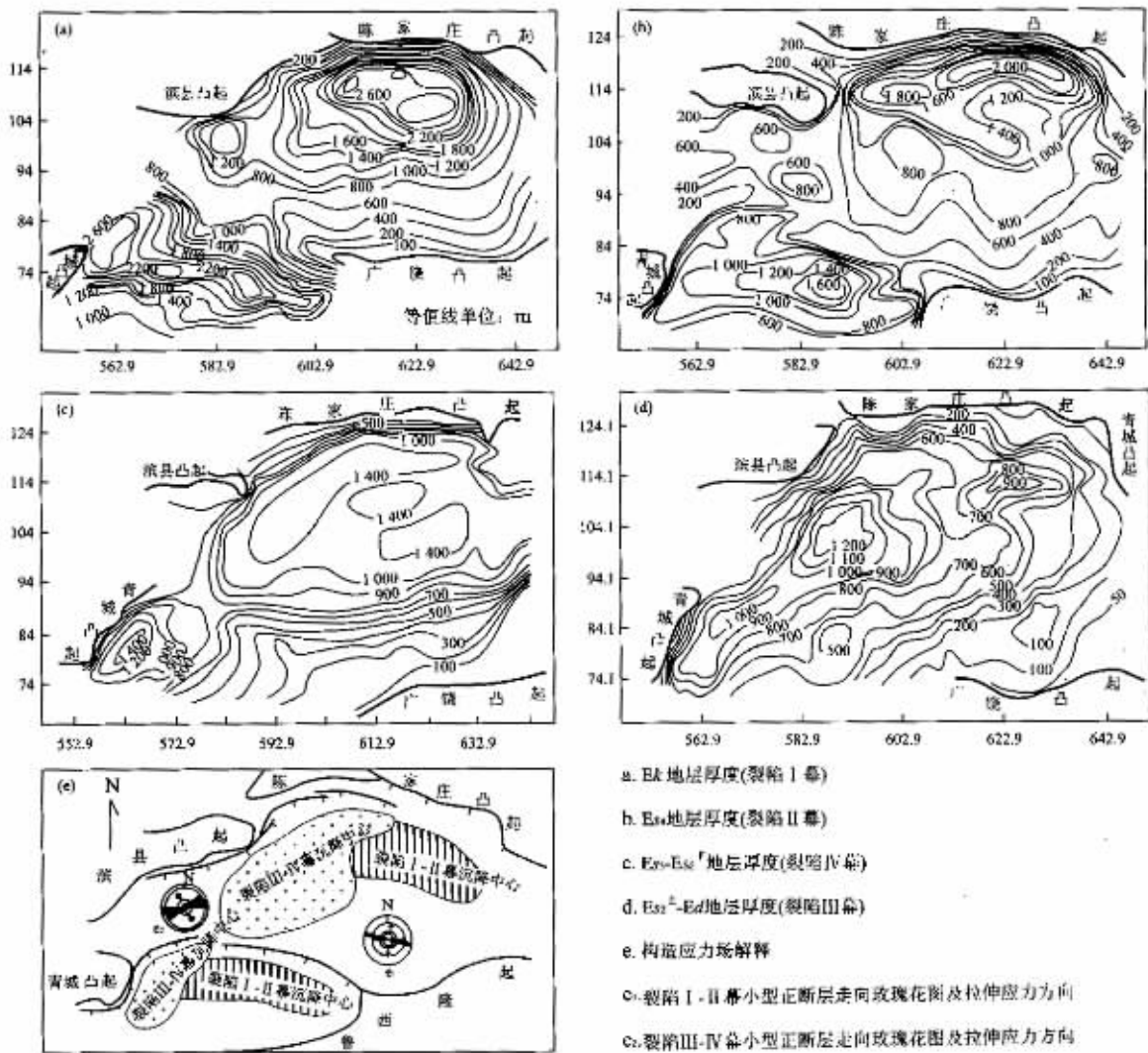


图4 东营凹陷古近纪同裂陷期地层厚度等值线 (a - d)和构造应力场 (e)

Fig. 4 Thickness isolines ( a - d) and tectonic stress field ( e) of Tertiary strata in Dongying depression

区和沉降中心也位于这个部位. 据主边界断层延伸方向和这个时期断裂方位统计分析判断(图4e中的 $e_1$ ), 该时期的应力场表现为NNE - SSW方向的拉伸作用(图4e), 整个东营凹陷演化过程中表现为2个相对独立的盆地单元, 即以陈南断裂带为界的东营北部半地堑式断陷盆地和以石村断裂带为界的博兴断陷盆地.

$S_6$ 界面发育之后, 古近纪裂陷期构造层序由沙河街组三段( $Es_3$ )、沙河街组二段( $Es_2$ )、沙河街组一段( $Es_1$ )和东营组( $Ed$ )组成. 与上述 $Ek-Es_4$ 期地层厚度等值线延伸相比, 在这一时期, 上述2个独立的盆地单元合为一体. 而且 $Es_3-Ed$ 时期的沉积厚度等值线延伸方向有一明显偏转, 由 $Ek-Es_4$ 期

的NNW向或近EW向转为NE向延伸. 这表明这个时期盆地充填主要受控于NE向正断层的活动(图4c 4d). 同一时期的小型正断层统计分析(图4e中的 $e_2$ )揭示了NW - SE向的拉伸应力场(图4e). 这个时期的控盆边界断裂可以从图5中的一系列从南向北穿越凹陷全区的地震地质解释剖面的分析确定. 大体在621测线以东(图1 5), 陈南断裂控制了 $Ek-Es_4-Es_3$ 下地层的沉积, 这套地层楔状形态明显, 向盆地边部逐渐变厚,  $S_6$ 界面( $Es_3$ 中底界面)向陈南断裂延伸显示出上超趋势(图3, 图5中的621.5和625.8剖面), 向陈南断层方向,  $S_6$ 界面和 $S_1$ 界面之间的地层厚度逐渐减小, 反映该界面形成之后, 陈南断裂已停止活动. 从621测线向西的系列

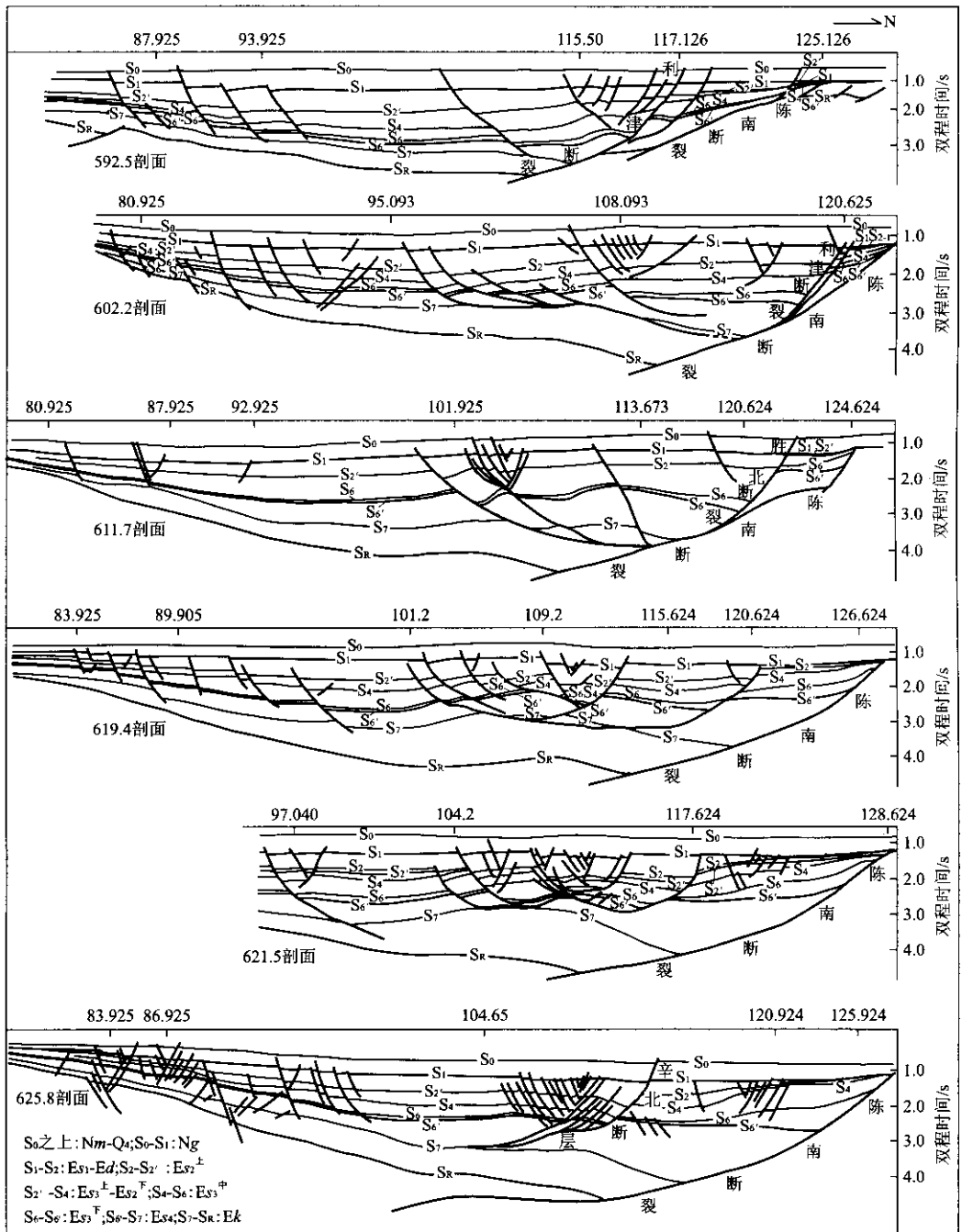


图 5 东营凹陷系列地震地质解释剖面

Fig. 5 Geological interpretation sections for seismic profiles of Dongying depression

剖面上(图 1, 图 5 中的 619.4, 611.7, 602.2 和 592.5 剖面) 陈南断层仍然仅控制了  $Ek-Es_4$  地层,  $S_6$  界面以上的地层已向陈家庄凸起的明显超覆。但是沿这些剖面向南, 跨过发育在陈南断裂下降盘内的一套 NE 或 NEE 向斜列展布的盖层断裂系统, 如胜北断层、滨南断层、利津断裂,  $Es_3-Ed$  的地层厚度明显增大, 并呈楔状形态。显然, 这套断裂控制了

$S_6$  界面形成之后的  $Es_3-Ed$  时期盆地的发育, 盆地的控盆边界断裂的活动已经从陈南断裂带转移到由高青断裂带、平南断裂带、滨南断裂带、利津断裂带和胜北断裂带组合而成的 NE 向断裂系统之上(图 1, 图 4e)。

由此可见, 东营凹陷古近纪裂陷期存在一个明显由  $S_6$  不整合面代表的构造应力场的转化界面。在

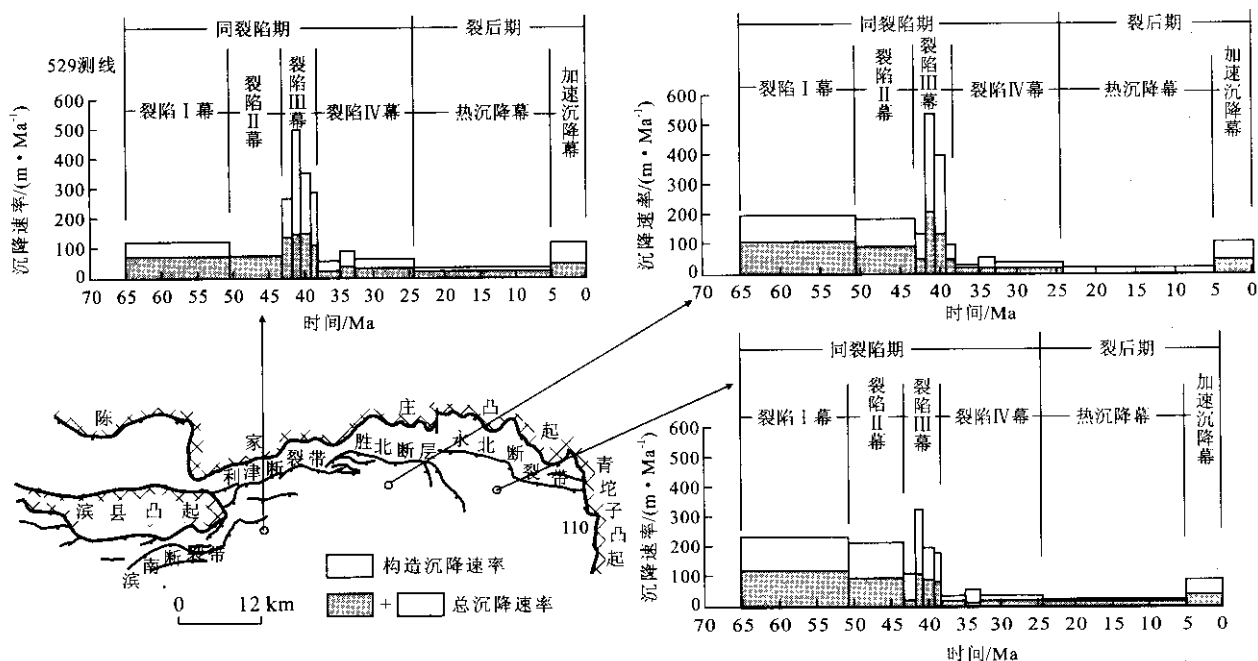


图 6 沿凹陷陡坡带沉降速率的变化

Fig. 6 Changes of subsidence rate along the deep slope belt of Dongying depression

该界面之下  $E_k-E_{s_4}$  期为北侧断陷并向南超的半地堑盆地,受控于近 NS 向拉伸构造应力场。界面之上  $E_{s_3}-E_d$  期应为北西断南东超的半地堑盆地,受控于 NW-SE 向的拉伸构造应力场。这 2 个时期的盆地单元叠合在一起构成了现今东营凹陷老第三纪裂陷期北西和北东侧弧形断裂控制的总体格局,由此可见,  $S_6$  界面具有构造变革意义。除了构造应力场的转变之外,该界面形成前后,沉积体系、古气候和沉降中心等也发生明显转化。 $S_6$  界面之下  $E_{s_4}$  时期主要是一套干旱气候条件下的开阔盐湖盆沉积充填。 $S_6$  界面之上  $E_{s_3}$  时期则转变为潮湿气候条件下的深湖和半深湖沉积充填(王秉海和钱凯,1992)。图 6 是沿盆地北部陡坡带通过沉降史回剥的结果确定的不同时期沉降速率的变化图,可以明显地看出: $E_k-E_{s_4}$  沉积时期,盆地东北部的沉降速率很高,总沉降量平均在  $250 \text{ m/Ma}$  以上,反映了陈南断裂的强烈活动。但向西过渡总沉陷速率逐渐减小,到 592 测线时,已降到  $125 \text{ m/Ma}$ ,仅为东部沉降速率的  $1/2$ 。这个时期沉降中心位于东北区域。 $E_{s_3}-E_d$  沉积时期,盆地东侧的沉降速率较低,而西侧明显增高,反映这个时期滨南-利津断裂带和胜北断裂带的强烈活动,盆地的快速沉降区由东向西迁移到滨南-利津洼陷。

### 3 界面的形成时代

由于油气勘探的需要,渤海湾盆地各油田在第三系生物地层、火山活动和磁性地层学等方面做了大量的工作(王秉海和钱凯,1992;姚益民等,1994)。图 7 是根据地层中生物群的特征,盆地火山活动同位素年龄测定结果和盆地充填中古地磁极性的测定结果综合分析确定的盆地主要界面形成时代。其中位于东营凹陷的牛 38 井沙三段古地磁剖面(姚益民等,1994)和极性年代对于确定  $S_6$  的发育时代最为重要。牛 38 井位于东营凹陷的牛庄地区,该井从  $2770 \sim 3367 \text{ m}$  井段连续取心  $597 \text{ m}$ ,收获率为  $97.5\%$ ,并作了详细的古生物分析和古地磁测定,古地磁测定样品 430 块(姚益民等,1994)。测定结果表明,牛 38 井分析岩心段的磁化模式和全球中、晚始新世的地磁极性变化规律一致。其油页岩层顶界面,即  $S_6$  界面相当于 18 极性时,根据国际地磁倒转年代表( Harland, 1982 ),其绝对年龄值为  $42 \text{ Ma}$ ,该取心段的下部界面已接近于油页岩的底界面  $S_6$ 。相当于 19 极性时,其相应的地质年龄为  $43.5 \text{ Ma}$  左右。由此,本文确定  $S_6$  界面的形成时代为中始新世晚期。

### 4 研究意义

$S_6$  界面的识别及其性质的确定进一步深化了东营凹陷构造演化、盆地构造格架的认识。该界面的

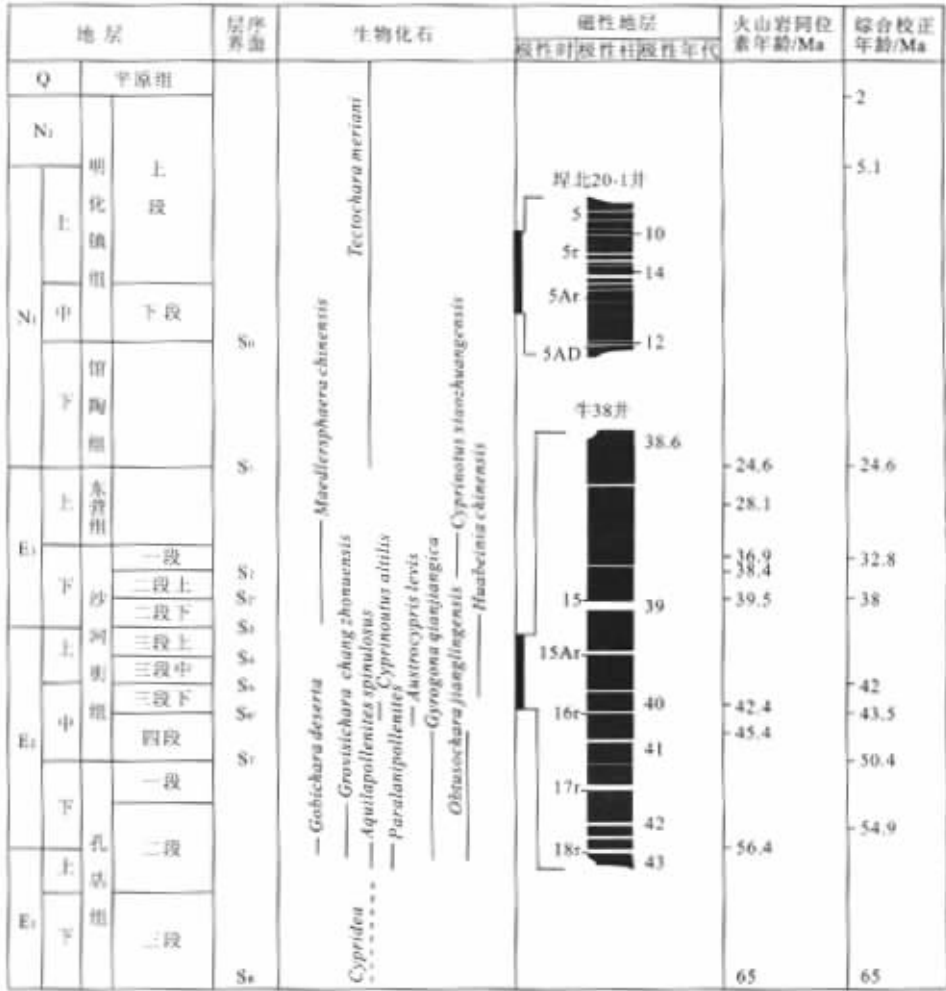


图 7 东营凹陷第三系层序界面形成时代

Fig. 7 Ages of Tertiary sequence boundaries in Dongying depression

存在表明古近纪裂陷事件具有分期次、呈幕式的特征,可以  $S_6$  界面为界进一步划分为古新世到中始新世早期和中始新世晚期到渐新世 2 个各具特色的伸展作用幕,不同幕的构造应力场、盆地构造格架、沉积环境和沉降速率等均具有明显的变化。 $S_6$  界面不仅发育于东营凹陷,而且在渤海湾盆地的其他凹陷内也广泛发育。在惠民凹陷中,  $S_6$  界面之下可见清晰削截反射结构,该界面上下地层的交角一般在  $20^\circ$  左右,最大可达  $30^\circ$ 。在黄骅凹陷中,  $S_6$  界面在盆地内的大部分地区可以追踪对比,在地震剖面上,界面之上可见上超(尤其是凹陷内的孔店隆起带上),界面之下可见削截反射结构。同样在东营凹陷北侧的沾化凹陷中,  $S_6$  不整合界面广泛发育,表现在界面之上的沙三段与界面之下的沙四段和孔店组的发育范围和程度存在很大的差别,沙四段和孔店组仅

在部分地区发育,而沙三段则广泛分布。

在形成时代上,  $S_6$  界面的发育时期与新生代期间欧亚大陆周缘太平洋板块和印度洋板块发生的一次重大的运动学调整时期一致(Patriat and Achache, 1984)。在中始新世的晚期(43.5 Ma),夏威夷 Emperor 火山岛链方向的改变和菲律宾海洋壳磁异常资料显示太平洋板块的绝对运动方向由 NNW 向转变为 NWW 向,并向欧亚大陆正向俯冲。印度次大陆与欧亚板块的碰撞始于始新世初期(56 Ma),最终也在中始新世末期与欧亚板块全面碰撞(Patriat and Achache, 1984)。多年来,国内外地球科学界对这一重大的全球板块构造事件及其后续效应进行了广泛深入的研究,许多研究者揭示了大陆边缘盆地发育与新生代期间发生的这一全球板块构造重组事件的密切关系(Tapponnier and Molnar, 1979; Pack-

ham, 1993; Jolivet *et al.*, 1994; Tamaki, 1995). 亚洲大陆夹持在印度洋板块和太平洋板块之间, 因而, 上述重大的板块运动学的重组事件必然会对欧亚板块边缘及其内部的构造应力场和变形格局产生重大的影响. 因此, 渤海湾盆地中的  $S_6$  界面是否是这次板块构造运动学重大调整的陆内响应界面值得引起注意.

中始新世末期板块运动重组事件的影响是大区域性的, 不仅影响了板块边缘, 而且影响了板块内部的变形, 因而, 除了板块边缘弧后盆地内有记录外, 在陆内和大陆边缘盆地中也有相应的表现和记录. 对中国东部陆上的第三纪裂谷带及大陆边缘盆地中一些典型盆地沉积充填序列中构造-地层的记录的研究, 已经提供了关于该事件十分重要的信息和线索. 除了渤海湾盆地之外, 中国大陆东部许多新生代陆内和边缘盆地的充填序列中也发现了与晚始新世初全球板块运动学重组事件相关的构造变革界面. 由于盆地所处的大地构造位置和盆地的边界条件的变化, 该界面的表现形式和盆地构造变革样式在不同的盆地中不尽相同. 依兰-伊通地堑是沿邻庐断裂的东北分支发育的一个具有走滑性质的伸展盆地, 该盆地晚始新世永吉组二段底界面 ( $SB_c$  界面), 分隔了走滑伸展型和伸展型盆地原型(任建业等, 1999). 在南海北部边缘盆地区, 该事件触发了该区最广泛的伸展裂陷作用幕, 导致了盆地的构造样式及岩浆序列的明显变化, 并形成了相关的响应界面, 如珠江口盆地的  $T_7$  界面, 琼东南盆地的  $T_6$  界面等, 并在相应的裂陷盆地中发育了含有丰富油气资源的河流湖泊相沉积序列( Ru and Pigott, 1986; Zhou *et al.*, 1995; Ren *et al.*, 2002). 而在东海地区, 由于中始新世末的板块运动重组事件的影响, 该区较早地结束了同裂陷阶段的演化 ( $T_{30}$  界面), 在渐新世时期即进入到挤压收缩和热沉降演化阶段(孙向阳和任建业, 2001).

在油气勘探方面,  $S_6$  界面的识别也具有重要的意义. 渤海湾盆地经过 30 多年的勘探, 中浅层的以构造圈闭为主、易于发现的油气田, 特别是大型的油气田, 大部分已经发现. 今后油气勘探的领域将由中浅层转向中深层, 油气勘探的难度将越来越大, 盆地深层精细构造格架的确定显得越来越重要. 在东营凹陷, 油气勘探主要集中在  $S_6$  界面之上由  $Es_3$ -Ed 地层组成的盆地单元内,  $S_6$  界面之下由  $Ek$ - $Es_4$  组成的盆地单元将是未来盆地深层勘探的重要领域.  $S_6$  界面使我们认识到,  $Ek$ - $Es_4$  时期盆地呈东西向延伸, 并由两个分别为陈南断裂和石村断裂控制的

半地堑式断陷盆地组成. 这一认识直接涉及到对油气勘探极其重要的盆地深层沉积相带分布的确定.

## References

- Harland, W. B., 1982. A geologic time scale. Cambridge University Press.
- Jolivet, L., Tamaki, K., Fournier, M., 1994. Japan Sea opening history and mechanism: A synthesis. *Journal of Geophysical Research* 99(B11): 22237 - 22259.
- Morley, C. K., Nelson, R. A., Patton, T. L., *et al.*, 1990. Transfer zones in the east African Rift system and their relevance to the east African Rift system and their relevance to hydrocarbon exploration in rifts. *AAPG Bulletin*, 74(8): 1234 - 1253.
- Packham, G. H., 1993. Plate tectonics and the development of sedimentary basins of the dextral regime in western Southeast Asia. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences* 8(1-4): 497 - 511.
- Pan, Y. L., Kong, F. X., Yang, S. B., *et al.*, 1996. Subtle reservoir in China. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Patriat, P., Achache, J., 1984. India Eurasia collision chronology has implications for crustal shortening and driving mechanism of plates. *Nature* 311: 615 - 621.
- Ren, J. Y., Lu, Y. C., Li, S. T., 1999. The tectonic evolution of Yishu graben and its depositional filling response. *Scientia Geologica Sinica* 34(2): 196 - 203 (in Chinese with English abstract).
- 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.
- Ru, K., Pigott, J. D., 1986. Episodic rifting and subsidence in the South China Sea. *AAPG Bulletin* 70: 1136 - 1155.
- Sun, X. Y., Ren, J. Y., 2001. Dynamical mechanism of tectonic evolution during post-rifting period in Xihu depression, East China Sea. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences* 26(Suppl): 22 - 26 (in Chinese with English abstract).
- Tamaki, K., 1995. Opening tectonics of the Japan Sea. In: Taylor, B., ed., Backarc basins: Tectonics and magmatism. Plum Press, New York: 407 - 419.
- Tapponnier, P., Molnar, P., 1979. Active faulting and Cenozoic tectonics of the Tianshan, Mongolia, and Baikal regions. *Journal of Geophysical Research* 84: 3425 - 3459.
- Wang, B. H., Qian, K., 1992. Geological study and exploration practice of Shengli oilfield. 1st edition. Petroleum University Press, Dongying, Shandong Province, 1 - 357 (in Chinese).



( 3 ) 40 - 50.

李寒旭 Pan Weiping , Jennifer K. , 1996b. TGA-MS 对煤燃烧时氯的析出特征的研究. 煤炭转化 , 19( 3 ) 34 - 39.

刘桂建 彭子成 杨萍月 等 2001. 煤中微量元素富集的主要因素分析. 煤田地质与勘探 29( 4 ) : 1 - 4.

刘桂建 王桂梁 张威 , 1999. 煤中微量元素的环境地球化学研究. 徐州 : 中国矿业大学出版社 42 - 53.

鲁百合 , 1996. 我国煤层中氟和氯的赋存特征. 煤田地质与勘探 24( 1 ) : 9 - 12.

任德贻 赵峰华 张军营 等 , 1999. 煤中有害微量元素富集的成因类型初探. 地学前缘 ( 增刊 ) : 17 - 22.

田恒 , 1994. 谈谈煤中氯及其危害. 煤质技术与科学管理 , ( 3 ) : 18 - 22.

袁三畏 , 1999. 中国煤质论评. 北京 : 煤炭工业出版社 , 80 - 112.

张振桴 樊金串 晋菊芳 等 , 1992. 煤中砷、铅、铍、铬等元素的存在状态. 燃料化学学报 2 : 206 - 211.

赵峰华 , 1997. 煤中有害微量元素分布赋存机制及其燃烧产物淋滤实验研究( 博士论文 ). 北京 : 中国矿业大学.

赵锋华 任德贻 张旺 , 1999. 煤中氯的地球化学特征及逐级化学提取. 中国矿业大学学报 28( 1 ) : 61 - 64.

赵伦山 张本仁 , 1988. 地球化学. 北京 : 地质出版社 60 - 81.

\*\*\*\*\*

( 上接 76 页 )

Yao , Y. M. , Liang , H. D. , Cai , Z. G. , et al. , 1994. Tertiary in petroloferous regions of China ( IV ) : The Bohai gulf basin. Petroleum Industry Press , Beijing 82 - 87 ( in Chinese with English abstract ).

Zhou , D. , Ru , K. , Chen , H. Z. , 1995. Kinematics of Cenozoic extension on the South China Sea continental margin and its implications for the tectonic evolution of the region. *Tectonophysics* , 1995 251 : 161 - 177.

质出版社.

任建业 陆永潮 李思田 , 1999. 伊舒地堑构造演化的沉积充填响应. 地质科学 34( 2 ) : 196 - 203.

孙向阳 任建业 2001. 东海西湖凹陷裂后期构造演化驱动机制探讨. 地球科学——中国地质大学学报 26( 增刊 ) : 22 - 26.

王秉海 钱凯 , 1992. 胜利油区地质研究与勘探实践. 第 1 版. 东营 : 石油大学出版社 , 1 - 357.

姚益民 梁鸿德 蔡治国 等 , 1994. 中国油气区第三纪( IV ) 渤海湾盆地油气区分册. 北京 : 石油工业出版社 , 82 - 87.

附中文参考文献

潘元林 孔凡仙 杨申镛 等 , 1996. 中国隐蔽油气藏. 北京 : 地