# 济阳坳陷古近系层序界面构建样式、分布特征 及其成因动力学分析

苏宗富<sup>1</sup>) 薛艳梅<sup>2</sup>) 邓宏文<sup>3</sup>) 郝明强<sup>4</sup>)

1) 中国石化集团国际石油勘探开发有限公司, 北京 100083;

2) 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083;

3) 中国地质大学能源学院, 北京 100083;

4) 中国石油勘探开发研究院,北京 100083

**摘 要** 受幕式构造运动的控制,济阳坳陷古近系发育多个级次的层序界面,从下到上主要发育 Tr、T<sub>1</sub>、T<sub>6</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>1</sub>、T<sub>1</sub>等。根据层序界面上下接触组合关系以及层序界面的定义,笔者首次将济阳坳陷古近系层序界面划分为6种成因构建样式:截超型、截平型、平超型、顶超型、平行型和整合型。以地层一岩性圈闭较为发育的 T<sub>6</sub>、和 T<sub>2</sub>、为例,分析了造成层序界面构建样式差异性的动力学因素,认为:断层活动的迁移性与活动时间和活动强度的差异性控制层序界面构建样式的变化;构造沉降中心的迁移性和构造沉降幅度的差异性控制层序界面构建样式的变化;构造沉降中心的迁移性和构造沉降幅度的差异性控制层序界面构建样式上下寻 找地层一岩性圈闭具有重要的指导意义。

# Construction Styles, Distribution Features and Genetic Dynamics of the Paleogene Sequence Boundaries in Jiyang Depression

SU Zongfu<sup>1)</sup> XUE Yanmei<sup>2)</sup> DENG Hongwen<sup>3)</sup> HAO Mingqiang<sup>4)</sup>

1) Sinopec Internation Petroleum Exploration and Production Corporation, Beijing 100083;

2) Sinopec Petroleum Exploration and Production Research Institute, Beijing 100083;

3) School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083;

4) Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina, Beijing 100083

Abstract Under the control of tectonic episodes, multilevel sequence boundaries were developed from early to late Paleogene in Jiyang Depression, which are called Tr, T<sub>7</sub>, T<sub>6</sub>', T<sub>6</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>2</sub>', T<sub>2</sub>, T<sub>1</sub>' and T<sub>1</sub>, respectively. According to the contact relationship of strata and the definition of sequence boundary, the authors have divided for the first time the sequence boundaries into six genetic construction styles, i. e., the onlap/truncation construction style, the parallel/truncation construction style, the onlap/parallel construction style, the onlap/toplap construction style, the parallel/parallel construction style, and the conformity construction style. In this paper T<sub>6</sub>' and T<sub>2</sub>' were taken as examples, below or above which stratigraphic and lithologoic traps are fairly developed. The authors analyzed the dynamic factors responsible for the differences in the construction styles of the sequence boundaries. The results show that there are two genetic dynamics factors controlling the differences of sequence boundaries: one is the migration and the differences of time and intension of fault activities, and the other is the migration of tectonic depocenters and the differences in tectonic subsidence extent. It is very important for geologists to identify stratigraphic and lithologic traps in Jiyang Depression, which are usually controlled by different construction styles of

收稿日期:2008-02-03;改回日期:2008-05-20。责任编辑:刘志强。

本文由中国石化胜利油田重点科技攻关项目"济阳坳陷第三系地层动力学系统与优质储层形成"资助。

第一作者简介:苏宗富, 男, 1975 年生, 博士, 主要从事海外油气新项目开发技术评价研究和管理工作; 通讯地址: 100083, 北京市海淀区 北四环中路 263 号; 电话: 010-82310869; E-mail; zfsu@ sipc. cn。

Paleogene sequence boundaries, as evidenced by the analysis of construction style differences and genetic dynamics. Key words sequence boundary construction styles; genetic dynamics of sequence boundary change; stratigraphic-litholog-

ic trap; Paleogene; Jiyang depression

# 1 区域层序地层格架

根据岩相、测井相、地震相、ESR 测年(郑荣才, 1998;姚益民等,2002;姜在兴等,2002)和古生物 (单怀广等,1982;徐金鲤,1983;周和仪,1984;杨臣 琼,1987;李经荣等,1990;吕希学等,2003)特征所反 映的地层不整合面及与之对应界面的级别和特征, 将济阳坳陷古近系充填序列划分为3个级别,即一 级层序、二级层序和三级层序。古近系盆地断陷充 填期为一个一级层序,该层序是盆地断陷作用的产 物,其底界面为古近系与中生界之间的区域性角度 不整合面(Tr),绝对年龄65 Ma。顶界面为新近系 与古近系之间的区域性角度不整合(T<sub>1</sub>),绝对年龄 为24.6 Ma。在古近系一级层序内,构造幕、气候二 级旋回和物源供给因素的变化导致了沉积基准面的 二级升降旋回并形成相应的不整合及与之对应的界 面,相应地可划分出4个二级层序,即孔店组、沙四 段、沙三段一沙二段下亚段和沙二段上亚段一东营 组(纪友亮等,1996;薛良清,1998;冯有良,1999;李 阳等,2002;陈洁,2003;操应长等,2002;操应长, 2003; 李丕龙, 2003a、2003b; 李丕龙等, 2003a、 2003b;李丕龙等,2004a)。根据二级层序中地层序 列、构造背景、气候和物源供给等因素可进一步进行 三级层序的划分。其中 Tr 为古近系底界面, T, 为 沙四段底,T。'为沙三段底,T。为沙三段中亚段底,  $T_4$  为沙三段上亚段底,  $T_2$  '为沙二段上亚段底,  $T_2$  为 沙一段底,T<sub>1</sub>为古近系和新近系的分界。

# 2 层序界面构建样式划分

层序界面上下接触关系包括削截、上超、顶超和 下超4种地震反射终止。这4种反射终止的地质意 义分别为:削截代表下伏地层在沉积之后经过了强 烈的构造运动或切割侵蚀;上超表示在水域不断扩 大的情况下逐层超覆的沉积现象;顶超代表了一种 时间不长的、与沉积作用差不多同时发生的过路冲 蚀现象,与削截的区别在于顶超只出现在三角洲、扇 三角洲沉积的顶积层发育区;而下超表示携带沉积 物的水流在一定方向上的前积作用。根据层序界面 上下接触组合关系以及层序界面定义,笔者首次将 济阳坳陷古近系层序界面划分为6种成因构建样 式:截超型、截平型、平超型、顶超型、平行型和整合 型(苏宗富等,2006;苏宗富,2006;图1)。

## 3 层序界面构建样式平面分布特征

通过解释 7 条区域地震大剖面(苏宗富等, 2006;苏宗富,2006),笔者就 T<sub>6</sub>'和 T<sub>2</sub>'地震反射界 面的层序界面构建样式进行了识别和追踪,然后将 其标注到平面图上,结合区域地质背景进行勾图,编 制出了 T<sub>6</sub>'和 T<sub>2</sub>'层序界面构建样式平面分布图。

### 3.1 T。'层序界面构建样式平面分布特征

T<sub>6</sub>'(Es<sub>3</sub><sup>下</sup>/Es<sub>4</sub><sup>上</sup>):在东营凹陷,南部缓坡带主 要发育平超型层序界面构建样式,注陷带发育平行 型层序界面构建样式,北部陡坡带发育截超型层序 界面构建样式;在惠民凹陷,北部陡坡带发育截超型



图1 层序界面构建样式示意图

Fig. 1 Schematic diagram showing construction styles of sequence boundaries



图 2 济阳坳陷古近系  $T_6'(Es_3^{\top}/Es_4^{\perp})$ 二级层序界面构建样式平面分布图

Fig. 2 Distribution of T<sub>6</sub>' construction styles and genetic mechanism interpretation of the Paleogene strata in Jiyang Depression (1)-宁南断层; (2)-无南断层; (3)-埕东断层; (4)-临邑断层; (5)-陈南断层; (6)-夏口断层; (7)-曲堤断层; (8)-滨南断层; (9)-胜北断层; (0)-齐广断层; (1)-平南—高青断层; (2)-中央断层: (1)-陈官庄断层; (4)-石村断层; (5)-博兴断层; (0-八面河断层 (1)-Ningnan fault; (2)-Wunan fault; (3)-Chengdong fault; (4)-Linyi fault; (5)-Chennan fault; (6)-Xiakou fault; (7)-Qudi fault; (8)-Binnan fault; (9)-Shengbei fault; (0)-Qiguang fault; (1)-Pingnan-Gaoqing fault; (2)-Central fault; (13)-Chenguanzhuang fault; (14)-Boxing fault; (16)-Boxing fault; (16)-Boxing fault; (10)-Bamianhe fault

为主、平超型为辅的层序界面构建样式,在南部缓坡 带发育平超型为主、截超型为辅的层序界面构建样 式,在洼陷带发育平行型层序界面构建样式;在北部 的沾化凹陷和车镇凹陷,同 T<sub>7</sub>时期一样,受区域构 造沉降幅度的差异性控制,T<sub>6</sub>'界面形成时期北部 地层整体抬升遭受剥蚀,形成大面积的截超型层序 界面构建样式,平行型层序界面构建样式仅在洼陷 中心位置局限发育(图2)。

### 3.2 T<sub>2</sub>'层序界面构建样式平面分布特征

 $T_2'(Es_2^{\perp}/Es_2^{\top}):该界面形成时期,由于盆地$ 基底稳定抬升加上气候变得干燥导致整个盆地萎缩,其时,济阳坳陷大部分地区出露地表,形成剥蚀与沉积间断,形成区域性角度不整合,尤其是在北部的车镇凹陷和沾化凹陷,剥蚀和缺失的范围更大,主要发育截超型和平超型,在东营凹陷中心位置发育平行型(图3)。

## 4 成因动力学分析

### 4.1 断层活动的迁移性控制层序界面构建样式

陆相断陷盆地断裂活动强烈,以张性或张扭性 断层为主,多个期次、不同走向的断层交错叠置,形 成复杂的构造格局(冯有良等,2000)。在济阳坳 陷,中始新世一渐新世为扭张阶段,表现为多组走向 的新断层的形成和老断层的消亡和转换。新产生的 断层按走向划分为 NE(NNE)、NEE、WE 和 NWW 向,其中以 NE 及 NEE 为主,前期 NW 向反转断层 有的渐渐消亡,有的方向偏转到 NWW 向,NS 向断 层也呈消亡之势。总体上,老断层的消亡顺次是由 WS 向 EN 方向推进,即愈向 EN 方向老断层继承性 活动的时间愈长。

另外,济阳坳陷古近纪断层 NE 向、NW 向和近 EW 向3组断层中,NE 向断层最为发育。从地震剖







# 图 4 东营凹陷 T<sub>6</sub>'界面形成时期构造应力场 解释(据仁建业,2004)



面上可以看出,NW 向断层发育层位较深,主要在古 近系下部和以下地层;NE 向断层发育的层位相对较 浅,古近系上部最发育。说明断层的活动在时间上 和空间上均有差异,NW 向断层活动时间早,主要在 中生代和古近纪早期,而且由早至晚 NW 向断层的 活动地区由 SW 向 NE 扩展。中生代 NW 向断层在 济阳坳陷占据优势地位,古近纪早期 NW 向断层主 要活动在济阳坳陷东北部,古近纪晚期整个济阳坳 陷内 NW 向断层的活动均较弱。

戴俊生等(2002)认为,断层活动的差异性主要体 现在4个方面:①同一条断层在不同时期不同区段 活动强度差别很大;②同一时期不同断层的活动强 度也存在较大的差异;③同一时期不同地区的断层 活动存在较大差异;④不同时期断层活动强度不同。

下面以 T<sub>6</sub>'二级层序界面为例,分析其各层序 界面构建样式动力学成因机制:

 $T_6$ ,界面( $Es_3$ <sup>下</sup>/ $Es_4$ <sup>上</sup>)形成于断陷 I、II幕向断陷Ⅲ、IV幕过渡时期。

在东营凹陷,从断陷 I、Ⅱ幕到断陷 Ⅲ、Ⅳ幕,构 造应力场出现了明显的变化(图4),即由 Ek-Es₄ 沉 积时期的近 SN 向或 NNE 向拉伸,转化为近 NW 向 拉伸,NE 向断层活动强烈。断陷 I、Ⅱ幕时期的应 力场表现为 NNE-SSW 方向的拉伸作用,整个东营 凹陷演化过程中表现为两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(仁建业, 2004)。与断陷 I、Ⅱ幕地层厚度等值线延伸相比, 在断陷 Ⅲ、Ⅳ幕时期,早期两个独立的盆地单元合为 一体。而且 Es<sub>3</sub>-Ed 时期的沉积厚度等值线延伸方 向有一明显偏转,由 Ek-Es₄ 期的 NWW 向或近 EW 向转为 NE 向延伸。这表明断陷 Ⅲ、Ⅳ幕时期盆地 充填主要受控于 NE 向正断层的活动。湖盆从北断

Table 1 Essential factors of main faults in Dongying Depression (modified from Song et al., 2003)							
断层类别	断层名称	断层走向	断层倾向	断层倾角 /°	延伸长度 /km	强烈活动时期	剖面样式
	陈南断层西段	NEE	SSE	10 ~ 20	38.4	$J_1$ - $K_1$ , $Es_3$	坡坪式
巫	陈南断层东段	NWW	SSW	30 ~ 40	41.8	$Ek-Es_4 \stackrel{ au}{=}$ , Ed	坡坪式
成	平南断层	NE	SE	40 ~ 60	20	Ek-Es₄ <sup>下</sup> , Ed	铲式
±.	高青断层西段	EW	s	30 ~ 50	18	Ek-Es₄ <sup>™</sup> , Es₃	铲式
<b>的</b> f	高青断层东段	NNE	SEE	50 ~ 60	32	Ed	铲式
层	石村断层	NW	SW	30~45	43.2	$J_3$ -K <sub>1</sub> , Ek-Es <sub>4</sub> $\overline{}$	铲式
基底	八面河断层	NE	SE	50 ~ 60	35.6	$J_3-K_1$ , $Es_3$ <sup>T</sup>	铲式
次级	陈官庄断层	NEE	NNW	50 ~ 60	30	Ek-Es <sub>4</sub> 下,Es <sub>3</sub> 中	板式
断层	博兴断层	NEE	NNW	40 ~ 60	24.4	$Ek-Es_4$	板式
盖层	胜北断层	NEE	SSE	17 ~ 52	57.7	Es3, Ed	铲式
主要	滨南断层	NEE	SSE	35 ~ 45	25	Es3, Ed	铲式
断层	中央带断层	NEE	NNW	30 ~ 50	50	Es <sub>3</sub> <sup>上</sup> , Es <sub>1</sub> , Ed	铲式

表1 东营凹陷断层要素表(据宋国奇等,2003 修改)

南超的半地堑向北西断南东超的半地堑转化。这种 转化是因为在断陷Ⅰ、Ⅱ幕时,控盆断层活动性强, 主要为北部陡坡带的陈南断层和南部缓坡带的石村 断层,活动断距大,活动时间长,而到了断陷Ⅲ、Ⅳ幕 时,由于构造应力场的转化,这两断层停止活动,凹 陷内的 NE 向断层,如北部的高青断层、平南断层、 滨南断层、利津一胜北断层,南部的八面河断层、陈 官庄断层、中央断层等开始活动(表1)。

如此,在早期活动断层与后期活动断层夹持的 断块区因断层活动时间的差异性造成该断块区相对 抬升,由于断层强烈活动,此时断层的活动具有瞬时 性,形成构造坡折带,之后断层活动基本停止。断层 的瞬时剧烈活动使盆地基底快速下陷,湖平面也随 之快速下降,此时地形高差大,剥蚀作用强烈(戴俊 生等,2002),T<sub>6</sub>'底界遭受强烈剥蚀。当湖平面下 降到最低点后,由于河流的注入,湖平面开始缓慢上 升,形成初始湖泛面。之后湖平面不断上升,可以越 过构造坡折带,到达边界断层的上升盘,在T。'界面 之上发生逐层超覆现象,这就形成了东营凹陷陡坡 带和缓坡带截超型层序界面构建样式。东营凹陷截 超型层序界面构建样式大致发育范围为北部陡坡带 陈南断层与滨南断层、陈南断层与利津一胜北断层 之间的断块区和南部缓坡带石村断层与八面河断 层、陈官庄断层和中央断层之间的断块区(图2)。

在惠民凹陷,从断陷 I、Ⅱ 幕到断陷Ⅲ、Ⅳ幕,由 于郯庐断裂右旋走滑引起的 SN 向伸展作用的影 响,基底断层出现走滑分量。此时,北部阳信低角度 滑脱断层停止活动,而改造成倾角较陡的高角度正 断层,控制了 Es<sub>3</sub>-Es<sub>2</sub><sup>⊥</sup> 的沉积,切割了早期滑脱断 层。临邑、夏口一带发育了小型张扭性临南洼陷,临 南断层和夏口断层作为边界断层控制着洼陷的构造 样式,在平面上组成长而窄的S形洼陷。构造应力 场出现了重大变化,伸展作用的主体方向为近南北 向,夏口断层和临邑断层活动进入高峰期。在南部 缓坡带,齐广断层 Es4 时期产生的右旋扭张应力场 派生出了曲堤断层的发育。如此,孔店一沙四时期 强烈活动的阳信断层(无南断层)和滋镇断层(宁南 断层)与沙三段早期强烈活动的临邑断层和夏口断 层所夹持的断块区形成了大范围的截超型层序界面 构建样式(图2)。

沾化凹陷,北部以义南、义东和垦东断层为界, 东部到垦东凸起,向南地层区域性抬升,超覆过渡到 陈家庄凸起(路顺行,2003)。从断陷Ⅰ、Ⅱ幕到断 陷Ⅲ、Ⅳ幕,主控断层及其活动强度都发生了明显的 迁移(李丕龙等,2003c)。在断陷 II 幕时期,主控断 层是位于东部的五号桩一长堤断层,该时期同时活 动的断层还包括埕东断层(NNE 向)、桩西断层(近 EW 向)和义东断层(NNE 向),其中埕东断层、桩西 断层和五号桩断层控制了孤北洼陷的3个沉降带, 而义东断层则控制了一 NNE 向或近 SN 向的最大沉 降带—四扣洼陷。到了断陷Ⅲ幕,埕东断层活动加 强,五号桩断层活动减弱,沉降、沉积中心发生由东 向西的迁移。因此,早期强烈活动的断层和晚期强 烈活动的断层所夹持的部分在断层活动时间的差异 性因素和区域性地层抬升致使南部缓坡带地层发生 剥蚀和发生由北向南超覆的双重因素作用下产生了 大面积分布的截超型层序界面构建样式的发育;而 在断陷Ⅲ幕强烈活动的埕东断层上盘下降和下盘上 升产生了新的沉积中心,发育了平行型层序界面构 建样式(图2)。

另外,从断陷 I、II 幕向断陷 III、Ⅳ幕过渡时期, 整个济阳坳陷4个凹陷基底沉降和构造沉降差异性

时代		东营凹陷	惠民凹陷	沾化凹陷	车镇凹陷
	范围	0.04 ~ 0.14	0.04 ~ 0.12	0.04 ~ 0.20	0.06~0.20
Ed 沉积期	平均	0.09	0.08	0.12	0.13
r %7 #0 #0	范围	0.04 ~ 0.14	0.04 ~0.12	0.04~0.12	0.04 ~ 0.12
Es <sub>1</sub> 仉积期	平均	0.09	0.08	0.08	0.08
TE VZ AT HT	范围	0.04 ~ 0.12	0.04~0.14	0.02~0.10	0.04 ~ 0.14
Es <sub>2</sub> 仉枳朔	平均	0.08	0.09	0.06	0.09
下 %7 和 #u	范围	0.14~0.50	0.12~0.43	0.07~0.33	0.07~0.33
Es <sub>3</sub> 仉枳期	平均	0.32	0.28	0.20	0.20
	范围	0.04 ~ 0.10	0.06~0.20	0.025 ~ 0.08	0.02~0.05
Es4 <sup>-</sup> 讥积期	平均	0.07	0.13	0.05	0.035
	范围	0.07~0.24	0.08 ~ 0.31	0.02~0.08	0.04 ~ 0.12
Ek-Es <sub>4</sub> ' 沉积期	平均	0.15	0.19	0.05	0.08

表2 济阳坳陷古近纪各凹陷沉积速率表 /mm・a<sup>-1</sup>

较大,尤其是北部的沾化凹陷和车镇凹陷,该时期基 底沉降和构造沉降相对较小,因此,大部分地区出露 地表,遭受大范围剥蚀,后期基准面上升发生超覆, 因此在车镇凹陷形成了大范围的截超型层序界面构 建样式(图2)。

综上所述,济阳坳陷 T<sub>6</sub>'界面类型的分布以无 棣凸起一陈家庄凸起为界表现出明显的南北分带 性,成因机制上也同样表现出明显的南北差异性。

在层序界面构建样式上,在南部的东营凹陷和 惠民凹陷,T。'界面发育的层序界面构建样式包括 截超型、平超型和平行型,三者均较发育,而且具有 明显的规律性,即南部缓坡带以发育平超型层序界 面为主,中央洼陷带以发育平行型层序界面为主,北 部陡坡带以发育大面积的截超型层序界面为特征: 在北部的沾化凹陷和车镇凹陷,该界面发育的层序 界面构建样式以截超型为主,平超型和平行型层序 界面构建样式发育范围非常有限。

在层序界面构建样式成因机制上,在南部的东 营凹陷和惠民凹陷主要是断层活动的迁移性与活动 时间和活动强度的差异性控制层序界面构建样式的 变化;而在北部的沾化凹陷,层序界面构建样式差异 性除受断层活动差异性方面的影响外,更主要的是 受整个济阳坳陷整体构造沉降差异性所致,在车镇 凹陷,层序界面构建样式差异性几乎不受断层活动 的影响,而仅受济阳坳陷整体构造沉降差异性所致, 形成了大面积分布的截超型层序界面构建样式。

#### 4.2 构造沉降中心的迁移性控制层序界面构建样式

沉积盆地沉降速率受控于区域构造运动的变 化,由于陆相断陷盆地构造格局的复杂性,盆地内构 造应力场的变化使盆地内不同构造单元沉降速率差 异性较大(操应长,2003)。而沉积物的供给速率是 物源区沉积、气候环境变化、盆地边界条件的复杂响 应。因此,不同时期,盆地沉降速率和沉积物供给速 率的不同会产生不同类型的不同级别的层序界面。

自古近纪以来济阳坳陷沉降、沉积中心由 WS 向 EN 方向迁移。孔店期一沙四期在惠民凹陷,沙 三期一沙二期在东营凹陷,沙一期一东营期在沾化 和车镇凹陷,到了东营一馆陶一明化镇一第四纪时 期沉降沉积中心已经出了济阳坳陷而迁移到了渤海 湾盆地的渤中凹陷(图5)。

另外,从济阳坳陷古近纪各凹陷沉积速率表 (表2)对比也可以看出,早期东营凹陷和惠民凹陷 沉积速率大,晚期沾化凹陷和车镇凹陷沉积速率大, 这也体现了构造沉降由南向北、由西向东的迁移性。

构造沉降的差异性在济阳坳陷4个凹陷中表现 是非常明显的。沙三期,整个济阳坳陷均处于构造 活动发育高峰,沉降沉积速率最大且分布广泛;东营 期,北部的车镇凹陷、沾化凹陷大面积沉降,接受了 巨厚(中心大于1000 m)的以暗色泥岩为主的湖相 沉积,而南部的惠民凹陷和东营凹陷最大厚度只有 700 m,且基本为河流相沉积,尤其是惠民凹陷,除临 南洼陷外的其他地区沙二段及上覆沉积层很薄,且 在古近纪末期得构造运动中被剥蚀殆尽(李丕龙 等,2003a)。

 $T_2'(Es_2^{\perp}/Es_2^{\top})$ 界面在湖盆的陡坡带边缘地 区可见到明显的上超、削截等反射终止现象(图6)。 Es,-Es, 沉积期间, 湖盆的沉积范围经历扩大—缩 小--扩大的过程, Es2 暴露水面, 为红色河流相沉 积。东营凹陷边部见  $Es_1$  直接盖在  $Es_3^{\perp}$  之上。 Es,<sup>™</sup> 为河流三角洲发育晚期形成的沼泽化还原环 境;Es,<sup>上</sup>则属于干燥气候条件下的氧化浅湖至河流



图 5 济阳坳陷不同时期沉降沉积中心迁移示意图

Fig. 5 Schematic diagram showing subsidence centers and depocenters of different periods in Jiyang Depression



图 6 东营凹陷北部陡坡带 T<sub>2</sub> '地震反射特征 (in line616-618 测线)

Fig. 6 Seismic reflection features of  $T_2$ ' boundary in the actic region of northern Dongying Depression (Inline 616-618)

### 相红色碎屑岩相沉积。

由于盆地基底稳定抬升加上气候变得干燥导致 盆地萎缩,T<sub>2</sub>'界面形成时期,济阳坳陷大部分地区 出露地表,形成剥蚀与沉积间断,形成区域性角度不 整合,尤其是在北部的车镇凹陷和沾化凹陷,剥蚀和 沉积间断的范围更大。

从图 4 可以看出,仅东营凹陷发育平行型层序 界面构建样式,其他 3 个凹陷均不发育,说明该时期 东营凹陷整体水体较其他 3 个凹陷都深,大部分地 区接受沉积,仅在陡坡带和缓坡带位置发育截超型 和平超型层序界面构建样式。而其他 3 个凹陷接受 沉积的面积很小,整体露出水面,在接受沉积的地方 遭受了严重的剥蚀作用,发育截超型和截平型层序 界面构建样式。

- 5 层序界面构建样式对地层一岩性圈 闭的控制作用
- 5.1 层序界面构建样式与岩性一地层圈闭的对应 关系

济阳坳陷勘探成熟区和已发现的岩性—地层油 气藏分布区层序界面构建样式与相应控制的岩性— 地层圈闭类型具有较好的对应关系(表3)。这对研 究层序界面在岩性—地层圈闭形成、圈闭类型及圈 闭成藏以及研究岩性—地层圈闭分布规律具有非常 重要的指导意义(潘元林等,2003)。

## 5.2 层序界面构建样式控制下的岩性—地层圈闭 成因模式

在陆相断陷湖盆中,从盆缘地层圈闭(超覆、不 整合)、构造单元过渡部位的构造一岩性一地层复 合圈闭,到洼陷中心的岩性圈闭,断陷湖盆岩性一地 层圈闭分布的控制因素中,除了不同成因类型和级 别的断坡带对其有重要的控制作用外(操应长等, 2004;李丕龙等,2002;李丕龙等,2004a,2004b),不 同成因类型和级别的层序界面构建样式也是不容忽 视的一个重要控制因素。层序界面构建样式与岩 性一地层圈闭分布的关系表现为以下5个方面(图 7):凸起周缘发育的平超型层序界面构建样式控制 了地层超覆圈闭和下切谷充填岩性圈闭的发育;缓

### 表3 济阳坳陷古近系层序界面构建样式与控制的岩性——地层圈闭类型对应关系

Table 3 The correspondence of Paleogene sequence boundary construction styles to their controlling lithologic

and stratigraphic traps in Jiyang Depression

层序界面构建样式	组合特征图解	所控制的岩性一地层圈闭类型	实例	
±h +n mi	(四11)	地层超覆圈闭	陈家庄地层超覆油气藏	
截趙型	图 1(a)	地层不整合圈闭	草桥地层不整合油气藏	
截平型	图 1(b)	地层不整合圈闭	金家地层不整合油气藏	
	I 切剪叫 团 1 ( .)	地层超覆圈闭	太平油田地层超覆油气藏	
	1: 通復型 图 1( c)	下切谷充填岩性圈闭	纯47 井下切谷充填油藏	
平超型		砂岩透镜体岩性圈闭	营2井砂岩透镜体油气藏	
	ll:充填型 图1(d)	物性封闭圈闭	永 921 井物性封闭油气藏	
		砂岩上倾尖灭圈闭	永安镇砂岩上倾尖灭油藏	
		地层超覆圈闭	也过来日子教人法与莱	
坝超型	图 1(e)	地层不整合圈闭	盆河地层个整合油气溅	
平行型	图 1(f)	砂岩透镜体岩性圈闭	坨 76 砂岩透镜体油气藏	
	I:平行整合型 图 1(g)	<b>冰</b> 出禾炖休出料图闩	营11 砂岩透镜体油气藏	
<b>登</b> 台型	II:下超整合型 图 1(h)	砂石透現沖石性圈内	王70砂岩透镜体油气藏	





Fig. 7 Genetic model of Paleogene lithologic and stratigraphic traps under the control of different construction styles

in Jiyang Depression

①-下切谷充填岩性圈闭;②-地层不整合圈闭;③-地层超覆圈闭;④-砂岩上倾尖灭岩性圈闭;⑤-砂岩透镜体岩性圈闭;
 ⑥-断层-一岩性复合圈闭

①-lithologic trap of incised valley filling; ②-stratigraphic unconformity trap; ③-stratigraphic overlap trap; ④-lithologic trap of updip sandstone pinchout; ⑤-lithologic trap of sandstone lens; ⑥-combination trap of fault & lithology

坡带和陡坡带截超型和截平型层序界面构建样式控制了地层超覆圈闭和地层不整合圈闭的发育;中央 洼陷带下超整合型和平行型层序界面构建样式控制 了低位体系域或湖侵体系域(低位体系域不发育的 情况下)砂岩上倾尖灭岩性圈闭和砂岩透镜体岩性 圈闭;缓坡带顶超型层序界面构建样式控制了地层 超覆圈闭和地层不整合圈闭的发育;陡坡带下超整 合型层序界面构建样式控制了岩性圈闭,与断层配 合可以形成断层一岩性复合圈闭。

### 6 结论

通过研究,取得以下几点认识和结论:

(1)根据层序界面上下接触组合关系以及层序
界面定义,首次将济阳坳陷古近系层序界面划分为
6种成因构建样式:截超型、截平型、平超型、顶超型、平行型和整合型;

(2)首次探讨了济阳坳陷古近系界面变化动力 学成因机制。济阳坳陷古近系层序界面变化动力学 因素主要包括以下两个方面:断层活动的迁移性与 活动时间和活动强度的差异性控制层序界面类型的 变化;构造沉降中心的迁移性和构造沉降幅度的差 异性控制层序界面类型的变化。并以  $T_6'(Es_3^{F}/Es_4^{L})$ 和  $T_2'(Es_2^{L}/Es_2^{T})$ 两个二级层序界面分别 阐述了界面变化动力学因素的控制作用; (3)层序界面构建样式与相应控制的岩性一地 层圈闭类型具有较好的对应关系。各层序界面构建 样式控藏作用明显,不同类型的层序界面构建样式 可以控制相同类型的油气藏;同一类型的层序界面 构建样式可以控制一种或一种以上类型的油气藏。

#### 参考文献

- 操应长. 2003. 幕式差异沉降运动对断陷湖盆中湖平面和可容空间 变化的影响[J]. 石油实验地质, 25(4): 323~327.
- 操应长,姜在兴,李春华,全升吉.2002.山东惠民凹陷中央隆起带 古近系沙三段层序地层及其沉积演化[J].古地理学报,4(3): 40~46.
- 操应长,姜在兴.2004. 断陷湖盆层序界面的成因类型及其与油气 藏的关系[J].石油大学学报(自然科学版),28(4):1~6.
- 陈洁. 2003. 济阳坳陷第三系构造层序及其演化[J]. 地球物理学进展, 18(4): 700~706.
- 戴俊生,李理.2002. 油区构造分析[M]. 东营:石油大学出版社.
- 冯有良. 1999. 东营凹陷下第三系层序地层格架及盆地充填模式 [J]. 地球科学一中国地质大学学报,24(6):635~642.
- 冯有良,李思田,解习农. 2000. 陆相断陷盆地层序形成动力学及 层序地层模式[J]. 地学前缘,7(3):119~131.
- 纪友亮,张世奇. 1996. 陆相断陷湖盆层序地层学[M]. 北京:石油 工业出版社. 姜在兴,杨伟利,操应长. 2002. 东营凹陷沙河街 组三段一二段下亚段沉积层序及成因[J]. 石油与天然气地质, 23(2):127~129.
- 李经荣,向维达,范乃敏. 1990. 孤东地区第三系生物地层划分及 对比[J]. 陆相石油地质,25:17~18.
- 李丕龙. 2002. 胜利油区勘探现状与展望[J]. 油气地质与采收率, 9(2):9~12.
- 李丕龙, 陈冬霞, 庞雄奇. 2002. 岩性油气藏成因机理研究现状及 展望[J]. 油气地质与采收率, 9(5):1~3.
- 李丕龙. 2003a. 陆相断陷盆地油气地质与勘探之卷二:陆相断陷盆 地沉积体系与油气分布[M]. 北京:石油工业出版社.
- 李丕龙. 2003b. 陆相断陷盆地油气地质与勘探之卷五: 陆相断陷盆 地层序地层学应用[M]. 北京: 石油工业出版社.
- 李丕龙. 2003c. 陆相断陷盆地油气地质与勘探之卷六: 陆相断陷盆 地勘探新技术[M]. 北京: 石油工业出版社.
- 李丕龙,张善文,王永诗,宋国奇.2003a.多样性潜山成因、成藏与 勘探一以济阳坳陷为例[M].北京:石油工业出版社.
- 李丕龙,金之钧,张善文,庞雄奇,肖焕钦,姜在兴. 2003b. 济阳坳 陷油气勘探现状与问题及主要进展[J].石油勘探与开发,30 (3):1~4.
- 李丕龙, 庞雄奇. 2004a. 陆相断陷盆地隐蔽油气藏形成—以济阳坳 陷为例[M]. 北京:石油工业出版社.
- 李丕龙, 庞雄奇. 2004b. 隐蔽油气藏形成机理与勘探实践[M]. 北京:石油工业出版社.
- 李阳, 蔡进功,刘建民. 2002. 东营凹陷下第三系高分辨率层序地层 研究[J]. 沉积学报, 20(2): 210~216.
- 路顺行. 2003. 沾化凹陷东部构造演化特征[D]. 青岛: 中国海洋大学[硕士学位论文].
- 吕希学,胡斌,姜在兴,陈世悦,李守军.2003.济阳坳陷车镇和沾 化凹陷古近系沙河街组遗迹群落及其沉积环境[J].古地理学 报,5(2):187~196.
- 潘元林,张善文,肖焕钦. 2003. 济阳断陷盆地隐蔽油气藏勘探[M].北京:石油工业出版社.

- 仁建业. 2004. 渤海湾盆地东营凹陷 S\_(6') 界面的构造变革意义 [J]. 地球科学—中国地质大学学报, 29(1): 69~76.
- 单怀广,张慧娟. 1982. 济阳坳陷沙河街组四段介形类古生态研究 [R]. 胜利油田地质科学研究院,胜利油田勘探开发研究报告 集 13,89~122.
- 宋国奇. 2003. 东营凹陷成藏组合体研究与勘探实践[D]. 北京:中国科学院研究生院[博士学位论文].
- 苏宗富,邓宏文,陶宗普,林会喜,齐陆宁,周传迅,曲剑.2006. 济阳坳陷古近系区域层序地层格架地层特征对比[J].古地理 学报,8(1):89~102.
- 苏宗富. 2006. 济阳坳陷古近系区域层序地层对比与岩性一地层圈 闭有利区带预测[D]. 中国地质大学(北京)博士论文.
- 徐金鲤. 1983. 沾化凹陷沙河街组二、三段沟鞭藻类新类型及其古 生态环境讨论[R]. 胜利油田地质科学研究院,胜利油田勘探 开发研究报告集 16,113~126.
- 薛良清. 1998. 论沉积层序级别的划分[J]. 石油勘探与开发, 25 (3):10~14.
- 姚益民,修申成,魏秀玲,孟松海,业渝光,刁少波.2002.东营凹陷 下第三系 ESR 测年研究[J].油气地质与采收率,9(2):31~34.
- 杨臣琼. 1987. 东营凹陷沙三段轮藻及其生物地层学研究[J]. 胜利 石油地质, 239(2): 85~102.
- 郑荣才. 1998. ESR 测年在石油地质研究中的应用[J]. 石油与天然 气地质, 19(2): 93~98.
- 周和仪. 1984. 单家寺地区第三系孢粉、藻类组合及其沉积环境 [R]. 胜利油田地质科学研究院,胜利油田勘探开发研究报告 集 19,147~154.

#### References

- CAO Yingchang. 2003. Effects of episodic differential subsidence on the changes of lake level and accommodation in rift lake basins[J]. Petroleum Geology & Experiment, 25(4):323 ~ 327 (in Chinese with English abstract).
- CAO Yingchang, JIANG Zaixing, LI Chunhua, QUAN Shengji. 2002. Sequence stratigraphy and depositional evolution of the Member 3 of Shahejie Formation in the western Huimin Depression of Shandong Province[J]. Journal of Palaeogeography, 4(3):40 ~ 46 (in Chinese with English abstract).
- CAO Yingchang, JIANG Zaixing. 2004. Relationship between hydrocarbon reservoir and genetic types of sequence boundary in rift lacustrine basin[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 28(4):1~6 (in Chinese with English abstract).
- CHEN Jie. 2003. Tectonic sequence of Tertiary in Jiyang depression and its evolution [J]. Progress in Geophysics, 18(4):700 ~ 706 (in Chinese with English abstract).
- DAI Junsheng, LI Li. 2002. Tectonic analysis in oil regions [M]. Dongying: University of Petroleum Press.
- FENG Youliang. 1999. Lower Tertiary sequence stratigraphy framework and basin filling model in Dongying depression [J]. Earth Science -Journal of China University of Geosciences, 24(6):635 ~ 642 (in Chinese with English abstract).
- FENG Youliang, LI Sitian, XIE Xinong. 2000. Dynamics of sequence generation and sequence stratigraphic model in continental rift subsidence basin[J]. Earth Science Frontiers, 7(3):119 ~ 131 (in Chinese with English abstract).
- JI Youliang, ZHANG Shiqi. 1996. Sequence Stratigraphy in Continental Fault Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press (in Chinese).

- JIANG Zaixing, YANG Weili, CAO Yingchang. 2002. Origin and sedimentary sequence of Es3-Es2 in Shahejie Formation of Dongying depression[J]. Oil & Gas Geology, 23(2):127 ~ 129 (in Chinese with English abstract).
- LI Jingrong, XIANG Weida, FAN Naimin. 1990. Biostratum division and correlation in Tertiary of Gudong area[J]. Continental Petroleum Geology, 25:17 ~18 (in Chinese).
- LI Pilong. 2003a. The second volume of Petroleum Geology and Exploration of Continental Fault Basin: Depositional system and hydrocarbon occurrence in Continental Fault Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press (in Chinese).
- LI Pilong. 2003b. The fifth volume of Petroleum Geology and Exploration of Continental Fault Basin: Application of Sequence Stratigraphy in Continental Fault Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press (in Chinese).
- LI Pilongc. 2003. The sixth volume of Petroleum Geology and Exploration of Continental Fault Basin: New exploration techniques in Continental Fault Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press (in Chinese).
- LI Pilong, PANG Xiongqi. 2004a. The Formation of Subtle Reservoirs in Continental Rifted-Basin: Taking Jiyang Depression as an Example [M]. Beijing: Petroleum Industry Press (in Chinese).
- LI Pilong, PANG Xiongqi. 2004b. The formation mechanism and exploration experience of Subtle Reservoirs[M]. Beijing; Petroleum Industry Press (in Chinese).
- Ll Pilong, ZHANG Shanwen, WANG Yongshi, SONG Guoqi. 2003a. The origin, accumulation and exploration of multifarious buried hill-Taking Jiyang Depression as an Example [M]. Beijing: Petroleum Industry Press (in Chinese).
- LI Pilong. 2002. Status quo and prospects of exploration in Shengli petroliferous area [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 9 (2):9~12 (in Chinese with English abstract).
- LI Pilong, CHEN Dongxia, PANG Xiongqi. 2002. Research progress and prospect about origin mechanism of lithologic deposit[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 9(5): 1~3 (in Chinese with English abstract).
- LJ Pilong, JIN Zhijun, ZHANG Shanwen, PANG Xiongqi, XIAO Huanqin, JIANG Zaixing. 2003b. The present research status and progress of petroleum exploration in the Jiyang Depression [J]. Petroleum Exploration and Development, 30(3):1~4 (in Chinese with English abstract).
- LI Yang, CAI Jingong, LIU Jianmin. 2002. High-resolution sequence stratigraphy of Paleogene in Dongying depression [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 20(2):210 ~ 216 (in Chinese with English abstract).
- LU Shunxing. 2003. The characteristics of structural evolution in the east of Zhanhua depression[D]. Qingdao: Ocean University of China. [Master Thesis] (in Chinese with English abstract). .-
- LÜ Xixue, HU Bin, JIANG Zaixing, CHEN Shiyue, LI Shoujun. 2003. Ichnoconenoses and their sedimentary environments of the Shahejie Formation of Paleogene in Chezhen and Zhanhua sags, Jiyang Depression, Shandong Province [J]. Journal of Palaeogeophraphy, 5 (2):187~196 (in Chinese with English abstract).
- PAN Yuanlin, ZHANG Shanwen, XIAO Huanqin. 2003. The subtle res-

ervoir exploration in Jiyang rifted-basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press (in Chinese).

- REN Jianye. 2004. Tectonic Significance of S\_(6') Boundary in Dongying Depression, Bohai Gulf Basin [J]. Earth Science - Journal of China University of Geosciences, 29(1): 69 ~ 76 (in Chinese with English abstract).
- SHAN Huaiguang, ZHANG Huijuan. 1982. Ostracoda paleoecology in the fourth member of Shahejie Formation of Jiyang Depression[R].
  In: Geological Science Research Institute of Shengli Oilfield Company Ltd(ed). Collected Research Reports of Exploration and Development of Shengli Oilfield, (13):89 ~ 122 (in Chinese).
- SONG Guoqi. 2003. The study of reservoir forming assemblage and exploration experience in Dongying depression [D]. Beijing: Graduate University of Chinese Academy of Sciences, [Doctor's Thesis] (in Chinese).
- SU Zongfu, DENG Hongwen, FAN Tailiang. 2004. Carboniferous nonstructural traps in Tazhong area and prediction of favorable exploration targets[J]. Oil & Gas Geology, 25(5): 548 ~ 553 (in Chinese with English abstract).
- SU Zongfu, DENG Hongwen, TAO Zongpu, LIN Huixi, QI Luning, ZHOU Chuanxun, QU Jian. 2006. Correlation of stratigraphic features in regional sequence stratigraphic framework of the Paleogene in Jiyang Depression [J]. Journal of Palaeogeography, 8(1):89 ~ 102 (in Chinese with English abstract).
- SU Zongfu. 2006. Regional sequence stratigraphic correlation and prediction of favorable lithologic & stratigraphic traps zones for Palaeogene in Jiyang Depression [J]. China University of Geosciences (Beijing), [Doctor's Thesis] (in Chinese with English abstract).
- XU Jinli. 1983. New types of Dinoflagellates and discussion on their paleoecological environments in the second and third members of Shahejie Formation of Zhanhua sag[R]. In: Geological Science Research Institute of Shengli Oilfield Company Ltd (ed). Collected Research Reports of Exploration and Development of Shengli Oilfield (16); 113 ~ 126 (in Chinese with English abstract).
- XUE Liangqing. 1998. Classification of depositional sequence hierarchies [J]. Petroleum Exploration and Development, 25(3);10~14 (in Chinese with English abstract).
- YAO Yimin, XIU Shencheng, WEI Xiuling, MENG Songhai, YE Yuguang, DIAO Shaobo. 2002. Researches on the ESR geochronometry in Paleogene of Dongying depression [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 9(2):31 ~ 34 (in Chinese with English abstract).
- YANG Chenqiong. 1987. Researches on the charophytes and biostratigraphy in the third member of Shahejie Formation of Dongying depression[J]. Shengli Petroleum Geology, 239(2):85 ~ 102 (in Chinese with English abstract).
- ZHENG Rongcai. 1998. Application of ESR dating to petroleum geology [J]. Oil & Gas Geology, 19(2):93 ~98 (in Chinese with English abstract).
- ZHOU Heyi. 1984. Spore-pollen, algae, and their depositional environments in Tertiary of Shanjiasi area[R]. In: Geological Science Research Institute of Shengli Oilfield Company Ltd (ed). Collected Research Reports of Exploration and Development of Shengli Oilfield (19), 147 ~ 154 (in Chinese).