

# 陆相断陷盆地断-拗转换体系与地层超覆油藏“T-S”控藏模式——以济阳拗陷第三系为例

宋国奇

中国石化胜利油田分公司, 山东东营, 257000

**内容提要:**根据盆地构造活动的阶段性及其在油气成藏中的共性,提出了陆相断陷盆地断-拗转换期与断-拗转换体系的基本概念,分析了该体系的构造、沉积特征及油气藏类型。认为以油源断裂和骨架砂体(不整合面)构成的陡坡带“T”型输导体系、缓坡带复式“T”输导体系和具“S”型的古地貌是控制地层超覆油气藏形成的关键。

**关键词:** 陆相断陷盆地,断-拗转换体系,“T-S”控藏模式,济阳拗陷

济阳拗陷位于山东省北部,是一个以太古界和古生界为基底的中、新生代沉积盆地。其南邻鲁西南隆起,东接郯庐断裂,北部和西部以埕宁隆起为界(图1)。

发展期(沙四段沉积时期)、断陷鼎盛期(沙三段至沙二段下部沉积时期)及断陷萎缩期(沙二段上部至东营组沉积时期)4个阶段;拗陷期可分为拗陷初始期(馆陶组下段沉积时期)和拗陷稳定期(馆陶组上段至第四系沉积时期)。

盆地发育的阶段性和继承性决定着断陷萎缩期和拗陷初始期在断层活动性、沉积充填方式及现存构造样式和油气成藏条件等方面具有较多的共性。在济阳拗陷已发现的古、新近纪地层不整合油藏中,与上述两期有关的地层类储量占该类总储量的77.6%。因此,从盆地性质、演化特点和勘探的实际出发,将断陷萎缩期和拗陷初始期合称为“断-拗转换期”(图2),其间形成的沉积体系及产生的构造样式简称为“断-拗转换体系”。前人对断陷期和拗陷期的构造、沉积和油气成藏等都已取得了大量的成果(潘元林等,2003,蔡进功等,2003),但对断-拗转换期作为一整体体系的研究成果很少(Jiang et al, 2005)。

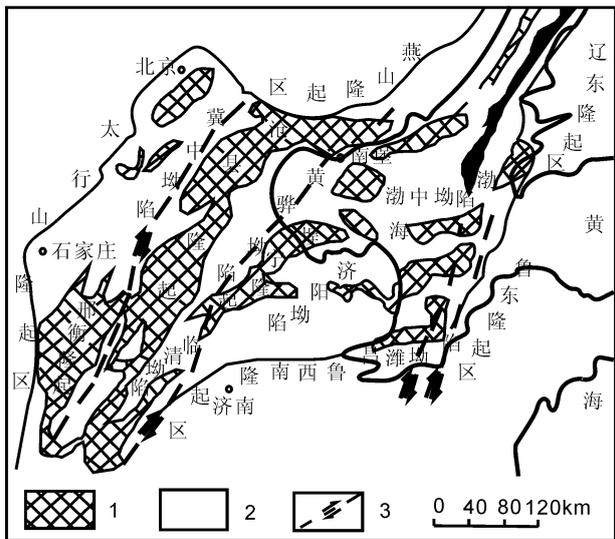


图1 济阳拗陷构造位置示意图

Fig. 1 Location of the Jiyang depression

1—隆起区;2—拗陷区;3—主要走滑断层

1—Uplift; 2—depression; 3—the main strike-slip faults

作为渤海湾盆地的一部分(图1),济阳拗陷经历了中生代裂陷期、古近纪断陷期和新近纪拗陷期。断陷期可分为断陷初始期(孔店组沉积时期)、断陷

## 1 断-拗转换体系的基本特征

### 1.1 构造转型形成了大型区域不整合面

断-拗转换期是盆地发育阶段的转化时期。中新世早期的东营运动(喜山运动Ⅱ幕),使济阳断陷盆地受挤压而抬升,从而结束了断陷阶段,并向拗陷阶段过渡。据测算,东营运动在济阳拗陷大约造成

注:本文为国家“十五”重点攻关项目“济阳拗陷隐蔽油藏地质评价和勘探关键技术研究”(编号 2003BA613A-02)的部分研究成果。

收稿日期:2007-04-06;改回日期:2007-07-28;责任编辑:郝梓国。

作者简介:宋国奇,男,1957年生。2003年毕业于中国科学院矿物学、岩石学、矿床学专业,获博士学位。长期从事油气地质与地球物理综合研究。先后获国家科技进步一等奖一次,二等奖一次,省部级科技进步一等奖6次。现为中国石化胜利油田分公司油气勘探首席高级专家、副总地质师,教授级高级工程师。电话:0546-8712629;Email:songguoqi@slof.com。

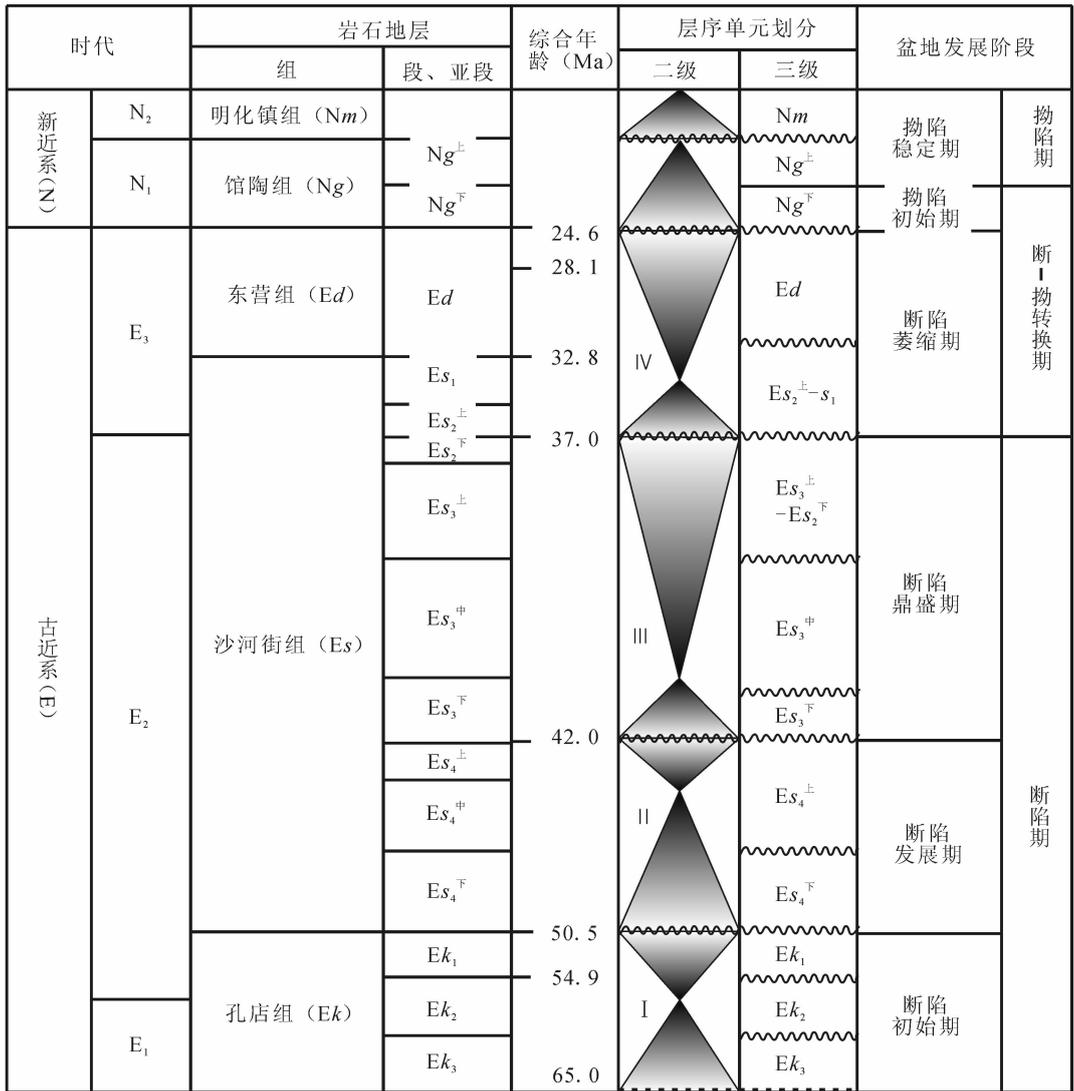


图 2 济阳拗陷断-拗发展阶段示意图

Fig. 2 Sketch map of the fault-depression evolutionary phases in Jiyang depression

了 11Ma 的沉积间断,表现为呈近水平产状的新近纪地层超覆于下伏老地层之上(任安身、杜公仅, 1989;王秉海、钱凯,1992)。其间形成的区域不整合面及其上下岩性组合和底板构造形态具有非常重要的石油地质意义。

1.2 盆地结构由不对称半地堑向近对称性转化

燕山构造运动使郯庐断裂的山东段发生了明显的左旋走滑,鲁西南隆起随之发生顺时针旋转,形成了北西西向断裂构造体系。喜马拉雅运动导致地幔上隆和郯庐断裂的右旋走滑,使得渤海湾地区大规模拉张,形成了整体不对称的半地堑结构(图 3)。这种不对称结构在济阳拗陷表现为孔店组、沙四段、沙三段具有“北断南超”的箕状凹陷的基本特征。至断-拗转换期(特别是东营组沉积以来),随着盆地的

不断充填以及边界断裂(特别是北西向断裂)活动的降低,这种不对称半地堑结构逐步弱化,呈现出近对称性的结构特点(图 3)。

1.3 沉积环境由深(半)湖相向稳定浅水湖泊及河流相转化

盆地转型导致沉积环境变化。在断陷主要发育阶段形成的“箕状凹陷”控制下,济阳拗陷各陡坡带形成了以冲积扇、近岸水下扇为主的沉积体系,洼陷区以三角洲—浊流沉积体系为主,缓坡带则广布滩、坝相沉积。在断陷萎缩期,随着断裂活动的减弱及盆地充填的进一步加剧,济阳拗陷整体进入稳定的浅水湖泊—河流相沉积环境,虽然在陡坡带发育有小型的水下扇粗碎屑沉积(沙一段),但主要以近湖岸相生物灰岩滩、坝、滨浅湖相滩砂和缓坡小型冲积

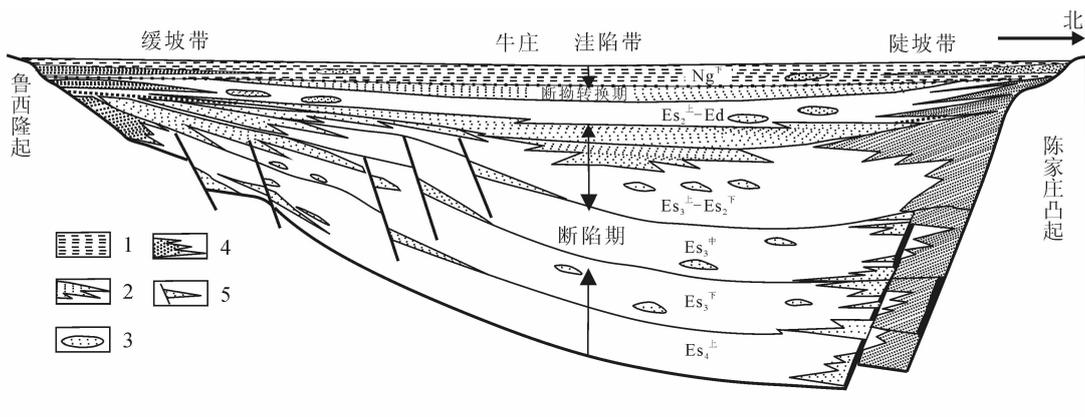


图3 东营凹陷盆地结构及沉积演化示意图

Fig. 3 Sketch map of the structure and sedimentary evolution in Dongying depression

- 1—河流相沉积; 2—河流三角洲砂体; 3—滨浅湖和浊积成因的砂体; 4—盆缘冲积扇及扇三角洲砂砾岩体; 5—同沉积断层及水下扇、低位扇
- 1—river facies deposit; 2—river delta sand body; 3—shore-shallow lake and turbidite sand body; 4—basin edge delta and fan delta sand gravel body; 5—syndepositional fault and subaquatic fan

扇及广大半深湖、浅湖区的暗色泥岩、油页岩沉积为主。进入拗陷初始期,水体更浅,地势更为平坦,拗陷开始普遍接受河流相沉积(图3)。

## 2 断—拗转换体系油气成藏模式与主控因素

### 2.1 主要油藏类型及空间展布

综上所述,陆相断陷盆地断拗转换期具有特殊的构造和沉积体系类型:盆缘地层超剥带与鼻状构造的配置控制了大中型地层圈闭的发育;扇三角洲—河流相为主的充填过程形成了优质的储集岩系;不同类型的输导体系与古地形(圈闭)的有利配置成为断—拗转换体系大规模含油的基础。因此,分布于盆地周缘的地层油藏(包括地层超覆不整合油藏和地层剥蚀不整合油藏)及与其有关的复合型油藏是陆相断陷盆地断拗转换体系主要的油藏类型(图4)。

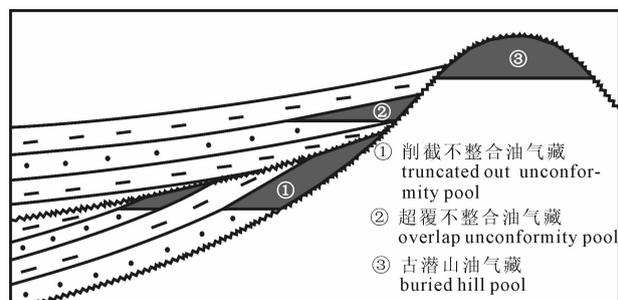


图4 不整合油藏剖面示意图

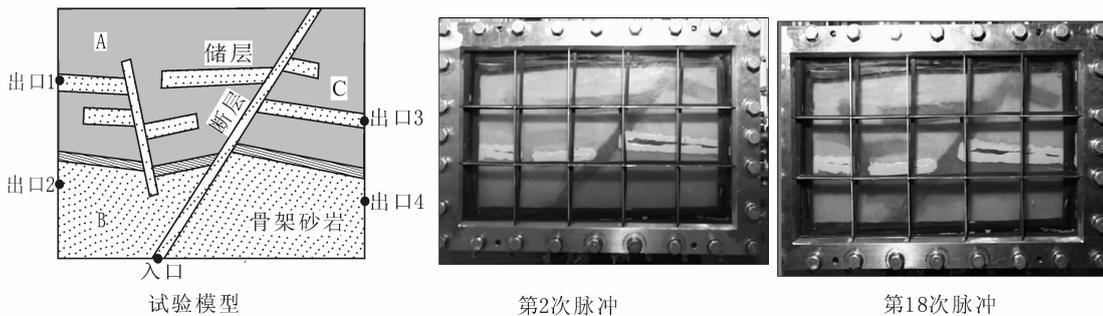
Fig. 4 Sketch profile map of the unconformity pool

### 2.2 地层超覆圈闭“T-S”输导控藏模式

#### 2.2.1 “T”型输导体系

油气是一种流体矿床,从生成到聚集成藏往往需要进行复杂的长距离的运移,因而,输导体系是在油气成藏过程中最为关键要素之一。关于输导体系类型划分及其输导机理前人己进行过许多研究。谢泰俊等(1997)在研究南海北部大陆边缘盆地时,根据不同类型通道在运移中的作用和具体地质情况,划分了四类运移通道体系:以断裂带为主的运移通道体系、与古构造脊相关的运移通道体系、与活动热流体底辟作用相关的通道体系和与不整合有关的运移通道体系;张照录等(2000)将输导体系按油气运移主干道的不同分为四种基本类型:断层型、输导层型、裂隙型、不整合面型。付广等(2001)按照构成输导体系构成要素(连通孔隙、裂缝和孔隙—裂缝)的复杂程度将输导体系分为由单独要素构成的简单输导体系和多要素组合构成的相对复杂的复合输导体系。张善文(2003)根据通过对济阳拗陷新近系大量油藏的解剖结合物理模拟实验,提出了“网毯式”输导体系的基本概念,并对其在油气成藏过程中的作用进行了系统阐述。

济阳拗陷是一个典型的断陷盆地,烃源岩主要形成于断陷阶段的沙河街组三段、四段的湖相沉积,而断拗转换体系内的地层超覆圈闭主要位于盆地的边缘,距生油母岩较远,因而应该具有特殊的输导体系类型以沟通源岩与圈闭。对陡坡带而言,地层超覆圈闭大都位于烃源岩侧上方,因此,由烃源岩—活动性断层—骨架砂岩(不整合面)—圈闭构成的“T”



试验说明：  
模型中A为致密材料，代表泥岩；断层和骨架砂岩B的渗透性高于储层C。采用单一油相、脉动式注入方式，注入速率45ml/次，总注入量为904.33ml、20次。图中的暗色部分显示了油充注的过程和到达的位置

图 5 “T”型输导物理模拟实验图示

Fig. 5 The images of the “T” mode transport physical simulation experiments

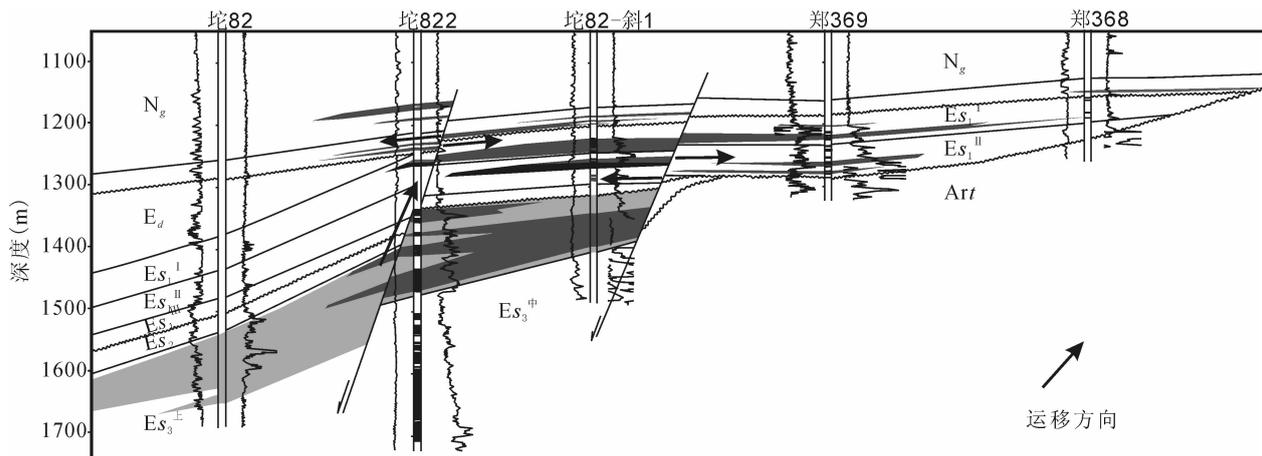


图 6 郑家—王庄油藏剖面图

Fig. 6 The accumulation profile in Zhengjia-Wangzhuang area

型输导体系是油气进入该类地层圈闭的主要方式。即油气在异常高压的作用下首先沿开启性的断层向上作垂向运移,之后遇到具有高孔渗的骨架砂岩或不整合面再做横向运移,最后在地层圈闭中聚集成藏。图 5 是油气充注物理模拟实验结果,表明油首先沿主断层向上运移,充注两侧砂体,随后沿骨架砂层顶部或不整合面侧向运移。济阳坳陷东营凹陷北部陡坡带郑家—王庄油田 Ng、Es<sub>1</sub> 组油藏油气输导即属典型的“T”型体系(图 6)。

缓坡带地层超覆圈闭不但在垂向上远离烃源岩,在平面上与源区也有相当大的距离。断陷阶段发育的多条张性断层和多级次骨架砂体及不整合为油气运移提供了多梯次良好的通道。油气从烃源岩出发,经过断层向上运移,遇到砂体做侧向运移,形成第一级“T”型输导,侧向(垂向)运移的油气遇到开启性断层(骨架砂体及不整合)进一步垂向(侧向)运移,条件具备即可形成第二级、第三级“T”型输

导,直至新近系地层超覆圈闭,这样即可形成连接古近系烃源岩和新近系圈闭的由多级构成的复合(式)“T”型输导体系,从而使油气聚集成藏,济阳坳陷东营凹陷南坡金家油田地层不整合油藏输导过程即属此类(图 7)。

### 2.2.2 地层超覆不整合油藏“S”控藏模式

关于不整合面与油气成藏的关系,前人进行过许多研究。吴亚军等(1998)研究了塔里木盆地不整合类型与油气成藏的关系;吴孔友等(2002)通过研究认为准噶尔盆地二叠系不整合面不仅是油气运移的重要通道,而且是油气聚集的良好场所,超覆不整合圈闭集中分布在盆地周缘斜坡;肖乾华等(2003)根据不整合面上下地层的岩性配置将不整合面划分为 9 类,并对其中的 6 类进行了系统的分析;张善文等(2003)提出了应用坡折带理论寻找隐蔽油气藏的观点。

上述观点无疑对不整合油气藏的研究与勘探提

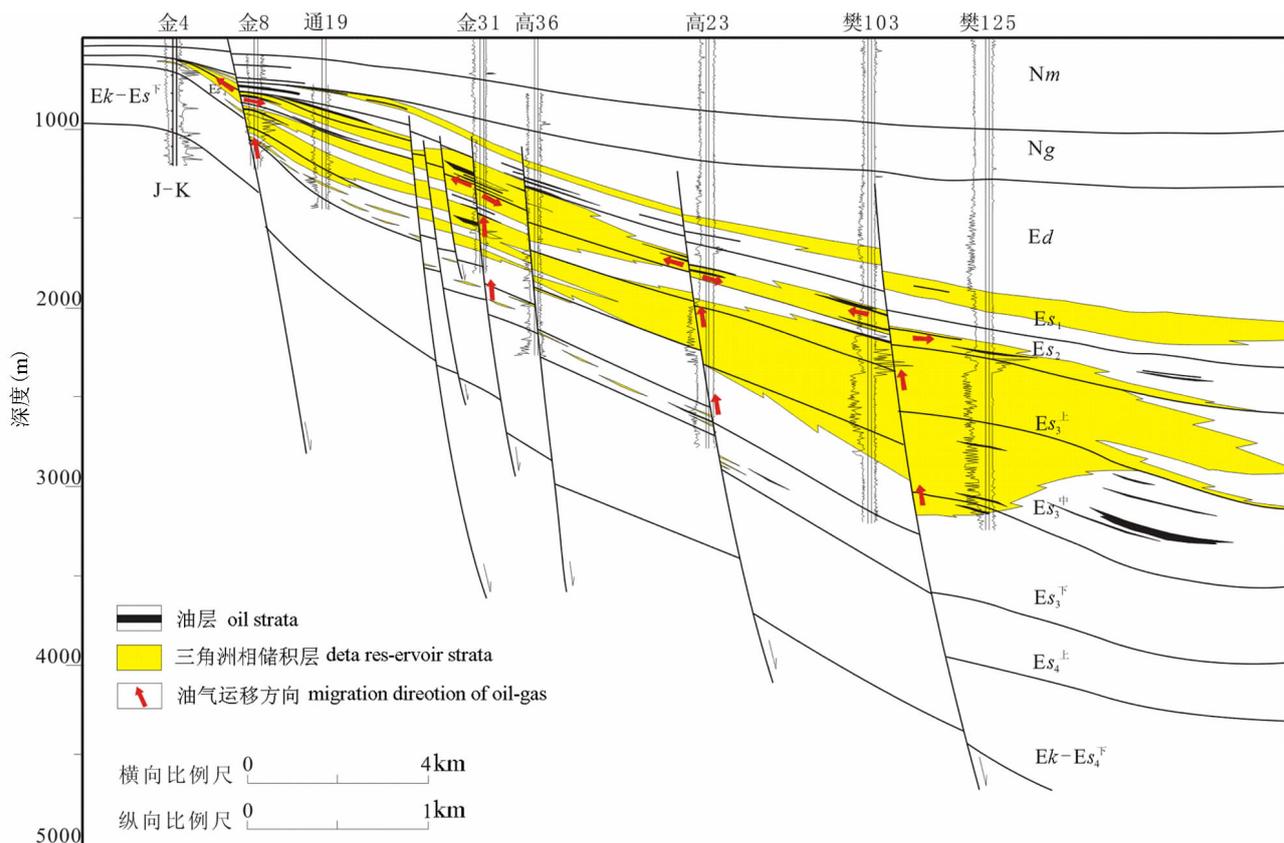


图7 金家地区油藏剖面图

Fig. 7 The accumulation profile in Jinjia area

出了新的思路和方法,但都是针对某一种特殊的盆地结构和(或)油藏类型。陆相断陷盆地断—拗转换期地层超覆不整合圈闭大都发育于盆地的周缘,由于构造运动和地层抗剥蚀能力的差异,古地貌大都具有横向上沟梁相间、纵向上坡度快速变化的基本特征,即无论是在剖面上还是在平面上,都具“S”状的古地貌。

图8(a)是东营凹陷北带郑家—王庄地区沙一段地震属性时间切片图,可以清楚的看到盆地边缘地形具“S”状的古地貌(箭头处),(b)是穿过该区的剖面图,油藏下方的古地貌也具有“S”状。

笔者通过对济阳拗陷已发现的郑家—王庄(凹陷陡坡带)、太平、林樊家(凹陷缓坡带)等油田解剖发现:地层超覆不整合圈闭虽然发育于凹陷的不同部位(陡坡、缓坡),但能否成藏和(或)规模大小却都与上述古地形有关:底板具“S”型比平板状的地层超覆圈闭更易于成藏,较陡的坡度不但易于成藏,而且含油高度也相对较大。造成上述现象的主要原因有以下两点:

(1)油气运移动力条件。油气在常压地层中运

移的动力主要是浮力,运移的主要路径是沿阻力最小的方向运移,也就是沿着流体势变化最快的方向由高势区向低势区运移,而构造的陡缓在一定程度上决定着流体势变化的快慢,也就影响了油气运移方向和聚集的有利部位。相比较而言,地形突然变陡处是流体势变化较快的区域,在其它外界条件相同的情况下,是油气优选的运移通道。

(2) 储集与封堵条件。储盖条件控制着油藏分布和富集。对于分布在盆地边缘的地层超覆圈闭而言,古地貌的变化首先影响了圈闭中储层的发育程度。平面上,具“S”状的古地貌恰恰是“沟扇对应”沟的反映,是“扇体”发育的有利部位;在平面上,地层倾角较大的地方,相应的储集层更发育,这也是“断坡控砂”的主要内涵,储集物性相对更好。另外古地貌形态在一定程度上反映了地层的抗风化能力,即相对较陡的部位风化较弱,对油气的侧向封堵能力更强,对油气的聚集成藏意义重大。胜利油田的太平、郑家—王庄、林樊家油田新近系地层超覆油藏的底板皆属此类,三个油田累计探明新近系地层超覆油藏储量  $4458.56 \times 10^4 \text{t}$ 。

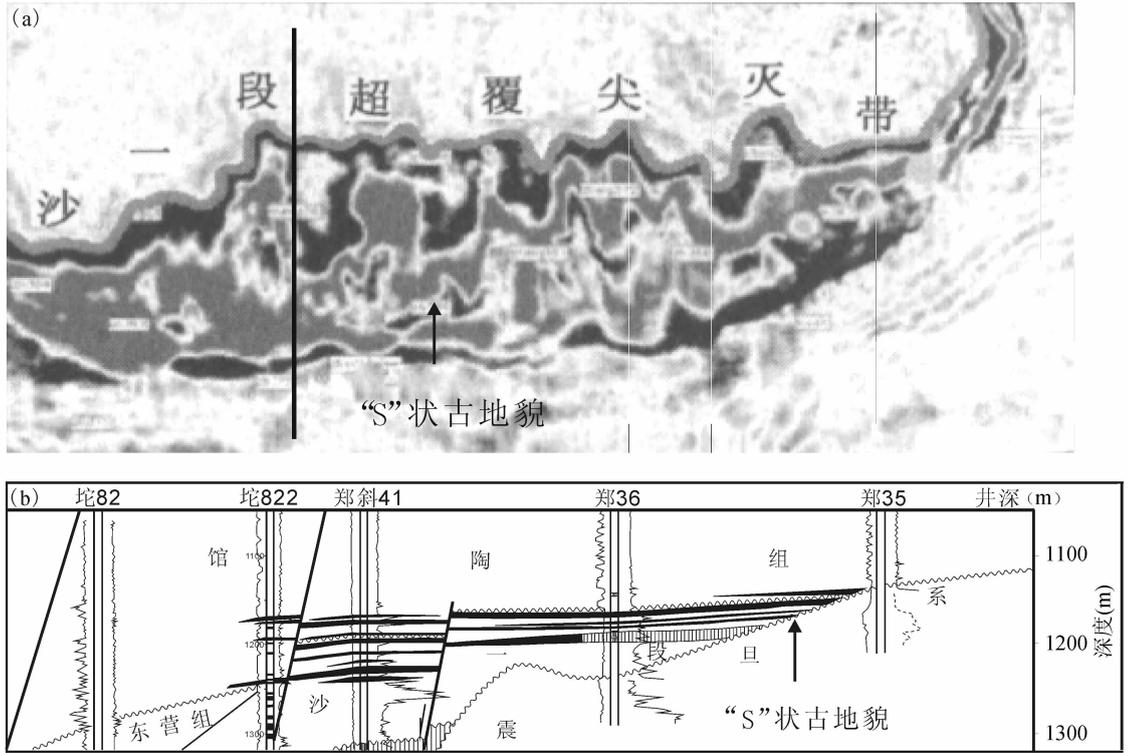


图 8 “S”状古地貌控藏示意图

Fig. 8 Sketch map of the “S” form paleogeomorphology control reservoir

(a)—地震属性切片图; (b)—油藏剖面图

(a)—Map of triaxial seismic slice; (b)—profile map of pool

### 3 结论

陆相断陷盆地断拗转换体系中,大型地层超剥带和继承性鼻状构造带的结合部位是大中型地层油藏的主要勘探方向,而沟通优质源岩的高效(复式)“T”型输导体系、“S”古地貌的有机配置是盆缘地层超覆油藏成藏的关键。济阳拗陷的勘探实践及其认识对其他陆相断陷湖盆断拗转换期该类油藏的勘探具有现实的指导意义。

### 参 考 文 献

蔡进功,等. 2003. 陆相断陷盆地沉积体系与油气分布. 见:李丕龙等著陆相断陷盆地油气地质与勘探(卷二). 北京:石油工业出版社、地质出版社, 45~107,133~151.

付广,薛永超,付晓飞. 2001. 油气运移输导系统及其对成藏的控制. 新疆石油地质,22(1):24~26.

李丕龙,庞雄奇. 2004. 陆相断陷盆地隐蔽油藏形成——以济阳拗陷为例. 北京:石油工业出版社,33~54.

潘元林,张善文,等. 2003. 济阳断陷盆地隐蔽油气藏勘探. 北京:石油工业出版社,16~26,83~115.

曲寿利,等. 2003. 陆相断陷盆地构造演化与构造样式见:李丕龙等著陆相断陷盆地油气地质与勘探(卷一). 北京:石油工业出版社、

地质出版社, 20~22.

任安身,杜公仪. 1989. 济阳拗陷构造特征及油气勘探. 见:中国含油气区构造特征,北京:石油工业出版社, 128~138.

王秉海,钱凯. 1992. 胜利油区地质研究与勘探实践. 东营:石油大学出版社, 100~159.

吴亚军,张守安,艾国华. 1998. 塔里木盆地不整合类型与油气藏的关系. 新疆石油地质, 19(2):101~105.

吴孔友,查明,柳广第. 2002. 准噶尔盆地二叠系不整合及其油气运聚特征. 石油勘探与开发, 29(2):53~57.

肖乾华,李美俊,彭苏萍,等. 2003. 辽河东部凹陷北部不整合类型及油气成藏规律. 石油勘探与开发 30(2):43~45.

谢泰俊,潘祖荫,杨学昌. 1997. 油气运移动力及通道体系. 见:龚再升,李思田主编. 南海北部大陆边缘盆地分析与油气聚集. 北京:科学出版社,385~405.

张善文,等. 2003. 网毯式油气成藏模式——以济阳拗陷新近系为例. 石油勘探与开发,30(1):1~8.

张善文,王英民,李群. 2003. 应用坡折带理论寻找隐蔽油气藏. 石油勘探与开发 30(3):5~7.

张照录,王华,杨红. 2000. 含油气盆地的输导体系研究. 石油与天然气地质,21(2):133~135.

Jiang Z. et al. 2005. Transformation of accommodation space of the Cretaceous Qingshankou Formation, the Songliao Basin, NE China, Basin Research, 17, 569~582.

# Fault-Depression Transformation System and “T-S” Control Reservoir Mode of Stratigraphic Overlap pool——An Example From Jiyang Depression

SONG Guoqi

*Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying, Shandong, 257000*

## Abstract

Based on the stages of tectonic activities and common characteristics of hydrocarbon reservoir forming, this study proposes a basic concept for fault-depression transformation system. Through detailed analyzing on the features of large-scale structure and stratigraphy, and reservoir types, it is believed that the “T” type transport system consisting of oil source fault and framework sands (unconformable surface) in the steep slope zone, multiple “T” type transport in the gentle slope zone, and “S” type paleogeomorphology are the key conditions to control the stratigraphic overlap pool formation.

**Key words:** continental faulted basin; fault-depression transformation system; “T-S” control reservoir mode; Jiyang depression

