

文章编号:1000-0550(2004)04-0628-08

东营凹陷弧形断裂坡折带系统及其对 低位域砂体的控制

任建业 张青林 陆永潮

(中国地质大学 武汉 430074)

摘要 东营凹陷的弧形断裂系统由三个环带组成,由于这三个环带中断裂的同沉积活动导致了同沉积构造坡折带的发育,并进而对沉降中心、生烃中心和砂体均产生了重要的控制作用。已发现的大型低位扇体沿环带分布,并受断裂坡折带的控制。因此,沿层序界面,从构造坡折带向凹陷中心方向是找寻大型低位扇储集体的主要区域。文章总结了陡坡断坡带砂砾岩扇体成藏模式和缓坡构造坡折带两种成藏模式。前者储集体主要由坡折带上广泛发育的低位砂岩复合体组成,其中的扇三角洲河口坝、水下分流河道砂体和浊积扇的扇中部分是最有利的油气储层;后者储集体主要由由下切水道充填砂岩体、水下扇、废弃型三角洲等砂体组成。这些砂体均是良好的油气储层,并具有相似的成藏动力学过程。

关键词 东营凹陷 断裂坡折带 低位扇 成藏模式

第一作者简介 任建业 男 1963 年出生 博士 教授 沉积盆地分析

中图分类号 TE121.3 **文献标识码** A

1 引言

在断陷湖盆中,对盆地或凹陷演化有控制作用的盆缘断裂和凹陷内部同沉积断裂在古地貌上易形成坡折,即构造坡折带。在近年来的油气勘探中构造坡折带日益引起勘探家的重视,因为在深水湖盆的条件下,断坡带有较厚的低位域发育并可形成斜坡扇或盆底扇类型的优质储集体。我国大庆油田和胜利油田在 20 世纪 90 年代勘探低位体系域扇体均有重大的突破^[1~6]。本文详细分析了东营凹陷近环形分布的同沉积断裂系统,探讨了这些同沉积断裂系统对沙河街组第三段低位域扇体分布的控制作用和规律,并总结了断裂坡折带发育条件下低位扇储集砂体的成藏规律和预测方法,以期对这类盆地今后隐蔽油气藏的勘探提供思路。

2 基本构造格局和层序地层格架

东营凹陷是一北断南超的半地堑盆地,总面积 5 700 km²,油气资源非常丰富。东营凹陷古近纪断陷湖盆的地质构造主要由两个同向错位叠合的箕状洼陷及两者之间的隆起带组成,其基本构造单元由东营

东部洼陷、博兴洼陷、纯化—东安隆起带、北部陡坡带和南部斜坡带 5 个基本单元组成(图 1)。在东营东部洼陷深陷区内的东辛、现河庄等油田一线,是东营凹陷“中央背斜隆起带”的发育部位。该构造带把东营东部洼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^[7~10]。

东营凹陷从侏罗纪到新近纪经历了早中侏罗世的挤压作用、晚侏罗—早白垩世和古近纪的裂陷作用以及新近纪的拗陷作用。因此,东营凹陷的充填序列可划分为三个一级层序,分别由 J₃—K₁、古近纪裂陷型充填序列和新近纪拗陷型充填序列所组成,代表盆地演化的两个裂陷期和一个拗陷期。

在地震剖面上,SB₇、SB₆、SB₂和 SB₀这四个界面是在全盆地范围内均可以追索的、规模较大的不整合界面,它们将古近纪—新近纪盆地充填序列分隔为六个二级构造层序(图 1),前四个(SQ₁、SQ₂、SQ₃和 SQ₄)代表古近纪同裂陷期充填内的四次裂陷幕沉积,后两个(SQ₅和 SQ₆)代表新近纪裂后期充填内的两次沉降幕沉积。二级构造层序之下还可以进一步追踪出一系列由不整合面及对应的整合界面为界的三级层序界面(图 1),这些界面控制了盆地内三级层序实体的发

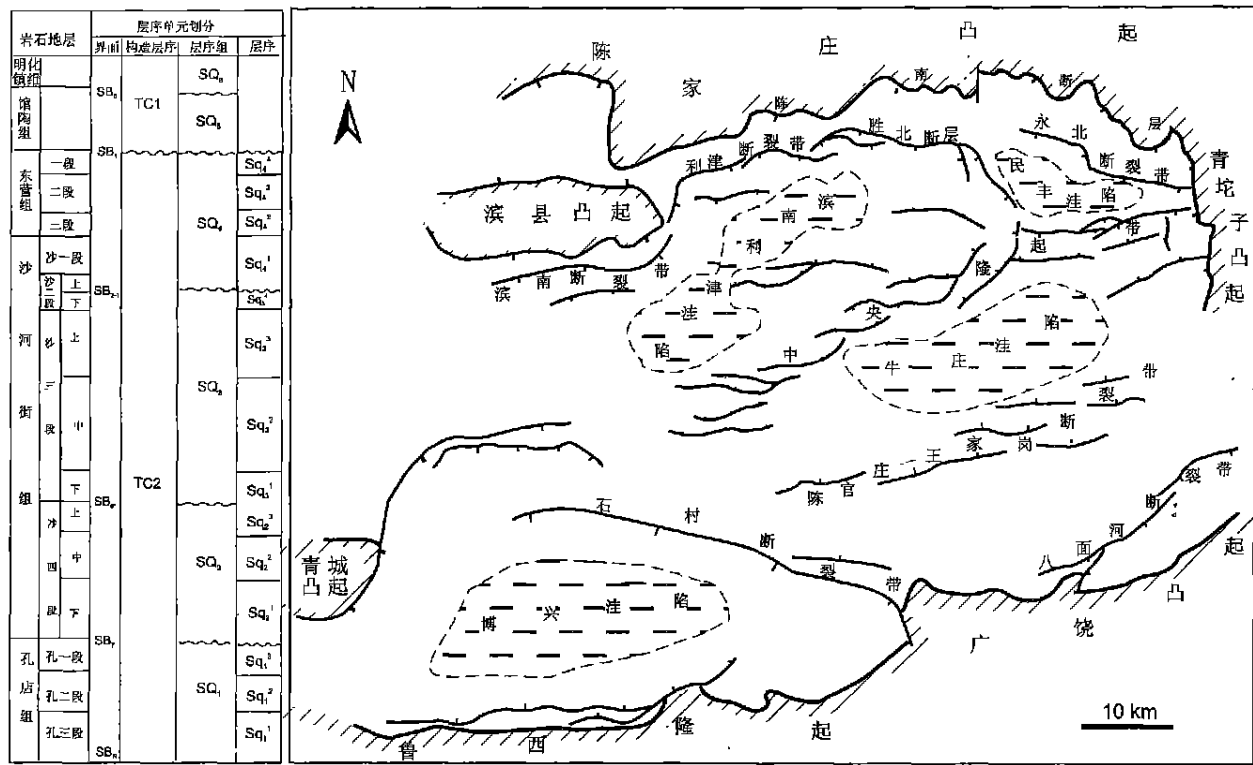


图 1 东营凹陷构造格架和层序单元

Fig. 1 Basic tectonic framework and sequence units of Dongying depression

育。在断陷盆地中,三级层序一般是由较低级别的脉冲式构造作用所控制,它们都具有自身的沉积旋回和结构。盆地的多级次幕式裂陷作用在沉降速率以及火山活动方面也有明显的反映。

3 盆地同沉积断裂发育系统

3.1 北部陡坡带断裂系统

东营凹陷北部陡坡带的结构非常复杂,总体上可以分为两套断裂系统(图 1)。一套为沿陈家庄凸起南侧古剥蚀面发育的陈南断裂带,该断裂带是本区规模最大的一条断裂带,控制了整个盆地的发育演化。其东段较陡,倾角约 30°~40°,呈 NWW 向延伸;断裂的西段较缓,倾角为 10°~20°。断层的主活动期为 Ek—Es₄,东段一直到 S₆(T₆)界面仍然活动,并控制了沙三下及其之前陡坡带单断式断坡带的发育。沙三下沉积之后,断裂活动则向西迁移到胜北断裂带和滨南—利津断裂带上。

另一套断裂系统为陈南断层南侧盆地古近纪—新近纪盖层内发育的一套断裂体系,从西南向北东有

高青—平南断裂带、滨南—利津断裂带及胜北断裂带。陈南断层与这些断层组合在一起控制了东营凹陷陡坡带西段台阶式断裂带折带的发育。总体上看这些断裂延伸方向为 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,而断层的几何学特征相对简单。但在断层消失部位及两条断裂的相互交错部位,其几何学特征变的相当复杂,表现为断裂频数增高,单条断层的断距明显变小,这些部位即为将两条主断层连接起来的“桥式构造区”。

3.2 南部斜坡带弧形断裂系统

在东营凹陷南部斜坡带上发育了三个主体呈 NE 向或 NEE 向延伸的弧形断裂体系。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。后一个断裂带在 Es₃⁺ 时期的形成演化过程中与北部控凹边界断层胜北断层对接,形成了著名的东营凹陷内环带^[8],陈官庄—王家岗断裂带和八面河断裂带分别构成了盆地的中环带和外环带,与内环带相比较而言,这两个环带发育不完整,呈半环带状。

(1) 东营—现河—梁家楼弧形滑脱生长断裂系统

这一构造系统构成了现今东营凹陷中央背斜隆起带的西段,其北部边界是胜北断层,南部边界为梁家楼—现河断裂带,东部边界在东营东侧(图 1)。这一构造系统基本上在滨南—利津洼陷的发育范围内,对该洼陷的形成和演化有重要的控制作用。从结构上看,这个构造系统可以划分出下列基本结构要素:北部断裂褶皱系统、南部断裂褶皱系统、中央挤压隆升褶皱系统和深部滑脱系统,其中北部断裂褶皱系统主要由胜北断层及其上盘的滚动背斜构成。胜北断层主体近东西向延伸,在二维测线 617 线以东,向南东转折延伸并逐渐消失。从剖面上看,该断层上部较陡,倾角约 70°左右,向下变缓与陈南断层连为一条断层。在胜北断层上盘发育大型逆牵引背斜构造,成为盆地内油气富集程度最高、储量最丰富的圈闭之一。

南部断裂系统由梁家楼—现河复杂褶皱断裂系统组成。在平面上这套断裂呈左阶斜列式排列,在剖面上呈上陡下缓的铲形,一系列次级断裂向下延伸到主断裂之上,总体构成一帚状或马尾状断裂组合(图 1)。与这套断裂相伴发育一套呈斜列形式展布的滚动背斜,这套背斜呈短轴状,其核部由于盐膏层塑性流动而进一步复杂化。由断层生长指数可以确定,南部断裂系统的发育时间为 $E_{s_3}^+$ — E_{s_2} 。

南部断裂系统通过深部滑脱系统与北部的胜北断层相对接,从而导致中央背斜西段弧形生长滑脱断裂系统的形成(图 1)。同沉积滑脱断层发育于东营三角洲的前缘,其前方是开阔的滨南—利津洼陷,具有滑体自由滑动的空间。滑脱面上部较陡,向下到软弱岩层如泥岩、膏盐中变缓,并顺层消失。

(2) 陈官庄—王家岗断裂带

该构造带延伸长度约 40 km,呈北东向展布,为斜坡带上的盆倾断裂,由多条次级断层组合而成。 $E_{s_3}^{\text{中}}$ 是其主要活动时期,并可延续到沙二末期,每遇东西向断层相交即形成含油区。该构造带控制了 $E_{s_3}^{\text{中}}$ 低位期湖盆的范围和 $E_{s_3}^{\text{中}}$ 东营三角洲的前缘位置。

(3) 八面河断裂带

该构造带延伸约 30 km,是东营凹陷东南部一条重要的油源断层。该断裂带由北西走向和北东走向两组互相切割的断层组成。从断层组合关系看,北西走向断层形成时间早,中生代已经形成。现今 NE 走向并向 SE 倾斜的八面河断层形成时代晚于 NW 向断层,但至少 E_{s_4} 期已经活动, $E_{s_3}^+$ 时期有较强烈活动,然后逐渐减弱。它的产生和发展使得在本来简单的

单斜构造上形成一系列对油气聚集十分有利的反向断块或断鼻构造。另外八面河断裂控制了 $E_{s_3}^{\text{下}}$ 低位期湖盆范围。

3.3 弧形断裂系统成因机制

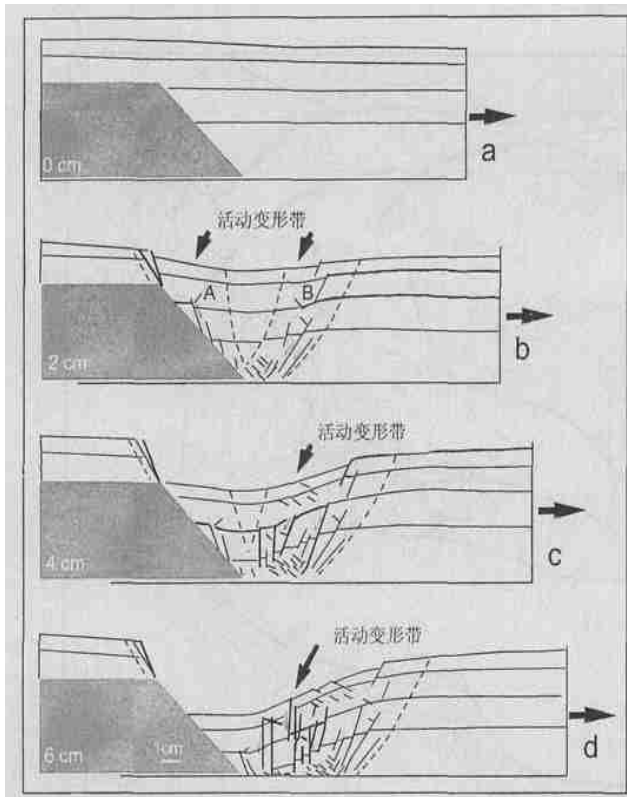
对弧形断裂系统成因的探讨有助于了解其对砂体展布和油气聚集的控制规律。下面主要通过物理模拟实验来阐明铲式断层上盘的断裂发育。

如图 2 所示,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,代表断层的上盘。刚性块右侧为 -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,产生两个变形带,其中一个带位于主断层 45° 倾斜区段之上(图 2 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。第二个变形带从主断层面的弯折带部位向上扩展(图 2b 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渐减小。继续拉伸,第二个变形带向右移动离开断层的弯折部位(图 2c),而且不再活动。而在断弯带部位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 3d),这个变形带又继续向右移动,离开断弯带。在断弯带部位,新的反向变形带又继续形成。从该实验可以看出,靠近主断层弯折带部位的反向断层的形成时代最晚,而远离主断层弯折带部位的反向断层的形成时代最老。

东营凹陷陡坡带控盆边界断裂为上陡下缓的铲式断层,梁家楼—现河断裂带和陈官庄—王家岗断裂带实际上类似于上述反向断层带。梁家楼—现河断裂带在 $E_{s_3}^+$ 时期形成,远离主断层断弯带。陈官庄—王家岗断裂带在 $E_{s_3}^{\text{中}}$ 时期活动,二者的发育和形成序次受到主控边界断裂的几何学和拉伸量的控制。这些反向调节断层,尽管规模较小,但却对斜坡带古构造地貌有重要的改造,进而控制了沉积相带,特别是一些特殊砂体的展布,对于隐蔽油气勘探具有重要意义。八面河断层比较特殊,这是一条同向调节断层带,其发育可能与盆地上盘的先存组构有关,主活动期是 $E_{s_3}^{\text{下}}$ 。

4 弧形断裂系统对低位域砂体的控制作用

盆地的基本构造格架和样式决定了盆地的古地貌、物源和输送沉积物的水系分布,进而控制了层序

图 2 拉伸断层上盘变形实验模型^[11]

(左下角数字代表拉伸量)

Fig. 2 Experiment model about hangingwall deformation of the extensional fault

样式和体系域的构成(图 3)。

盆地陡坡构造坡折带主要发育在永安—胜坨—滨南一带,这种构造坡折带同生断层断距大,其最显著的特点是构造坡折带之上和之下沉积环境变化快,所发育层序低位体系域砂体以粗粒的冲积扇—扇三角洲沉积体系及浊积扇体系为特征。永安镇单断式断坡和胜坨断阶状构造坡折层序是陡坡带上发育的两种典型的层序样式。

永安镇陡坡单断式断坡带发育在呈 NW—NWW 向展布的永安镇边界断层的下降盘,该构造坡折带断层陡,断阶带窄。所发育层序低位体系域主要由陡坡近源浊积扇沉积体系组成,其岩性以近源重力滑塌角砾岩和浊流含砾砂岩为主,构造坡折带控制了低位砂体的厚度。这套沉积体在高分辨率地震剖面上表现为杂乱的扇形反射,而且集中发育在构造坡折带的下方。湖泊扩展体系域(EST)主要由深湖泥岩、油页岩及浅湖沉积组成,在地震剖面上为连续强反射同相轴。高位体系域主要由河控三角洲沉积及深湖沉积组成,在地震剖面上具有明显的前积地震反射特征。

胜坨陡坡断阶状构造坡折带发育在陈南、胜北 NWW—EW 向展布的坐椅式伸展构造带上,该构造坡折带断面较缓、断阶带较宽,但断距大。由陈南、胜北断层把该带划分为两个大的断阶,一个就是胜北断层下降盘,一个是胜北断层上升盘,前者是低台阶,后者是高台阶。这就使得胜坨陡坡断阶状构造坡折带对湖平面升降变化极为敏感,湖平面快速下降阶段时,在构造坡折带之上的高台阶产生下切水道、发育层序界面,低台阶发育浊积扇及扇三角洲体系的远端部分,随后而来的湖平面缓慢上升使低台阶发育扇三角洲远端部分及浊积扇,高台阶发育扇三角洲主体、下切水道充填及扇三角洲平原—冲积扇沉积,它们构成了胜坨陡坡断阶状构造坡折式层序的低位体系域(LST)。这套组成层序低位体系域的冲积扇—扇三角洲及浊积扇体系在地震剖面上可见到明显的楔形反射。湖平面快速上升阶段形成广泛分布的深湖到浅湖沉积体系构成了层序的湖扩展体系域(EST)。这套地层在地震剖面上为强振幅连续反射。当湖平面达到最高并开始缓慢下降,则发育了一套细粒河控型三角洲体系,该沉积体系在地震剖面上表现为明显的前积反射,构成了层序的高位体系域(HST)。

南部缓坡带主要发育一套辫状河三角洲或滨浅湖沉积体系。这个部位的扇体分布范围广,相带较宽,但厚度较薄。在湖盆深陷期,沿着缓坡构造坡折带发育特殊的沉积类型——缓坡浊积扇。在斜坡带上一系列反向调节断层的发育可导致同沉积斜坡发生明显的变化,产生显著的差异沉降。低位期,湖平面下降,可导致近岸砂体的二次搬运,越过坡折断层入湖可形成低位扇。此时坡折带以上是剥蚀区,是下切河流的发育部位,而坡折带以下是缓坡扇撒开堆积的部位。

缓坡断阶状构造坡折带主要发育在东营凹陷南缓坡王家岗和博兴洼陷南坡。这种构造坡折由多个平行分布的同向断层组成。缓坡带的低位扇规模巨大,并受缓坡构造坡折带的明显控制。 $E_{s3}^{\text{下}}$ 时期缓坡带低位扇主要发育于盆地东南的八面河断裂及其以北一带,规模较小,从 $E_{s3}^{\text{中}}$ 开始由于陈官庄—王家岗断裂带的强烈活动,导致缓坡带突然变陡,并控制了牛庄—王家岗低位扇和史南低位扇的分布(图 3),在断裂带之上为平原水道(下切谷)发育区,过断裂控制的坡折带是湖区发育范围,扇体面积和厚度均有明显的增大; $E_{s3}^{\text{上}}$ 时期的低位扇受现河构造坡折带控制,沙三上层序底界面(SB_{33})、初始湖面(T_4)和高

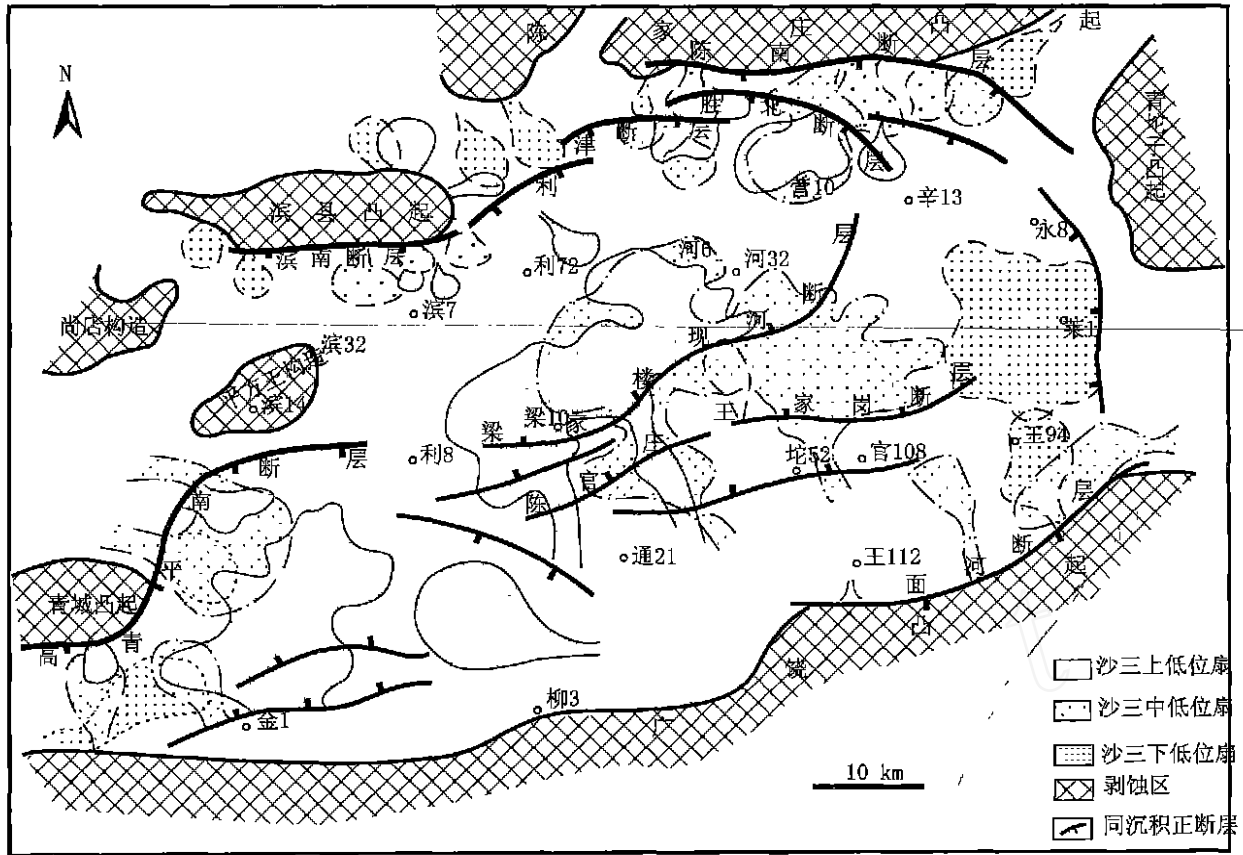


图3 东营凹陷沙三段时期断坡带及其对低位扇的控制

Fig. 3 Fault break slopes and their controlling for low stand fans of the third Member, Shahejie Formation in Dongying depression

位三角洲体系构成的层序结构型式非常完整,在断层上盘,砂体和低位扇厚度明显增大,向湖盆方向变薄尖灭, T_4 与 SB_{33} 层序界面合为一体。

从沙三期低位扇的发育可以看出,由梁家楼—现河弧形断裂带,陈官庄—王家岗断裂带和八面河断裂带控制的缓坡构造坡折带分别控制了 $E_{S_3}^+$ 、 $E_{S_3}^{\text{中}}$ 和 $E_{S_3}^{\text{下}}$ 的低位扇体的分布(图5)。由于沿缓坡带断裂构造活动从南东向北西迁移,斜坡带暴露面积的逐渐加大。因而,从 $E_{S_3}^{\text{下}}$ 到 $E_{S_3}^+$ 低位扇砂体的规模也逐渐增大。

5 坡折带低位砂岩复合体油气成藏模式

对东营凹陷油气藏的分布规律,前人提出过“场环论”,即气藏和油藏在空间上围绕凹陷中心呈环带状分布^[8]。从前面分析可知,这些环带形成的构造背景就是凹陷内不同时期发育和活动的弧形断裂构造系统。从含油气系统和成藏动力学过程分析的角度出发,东营凹陷油气运移的主要驱动力是异常流体压

力和浮力,复杂多样的断裂系统和丰富砂砾岩体是其主要输导通道。在超压带内,主要是岩性油气藏,在压力过渡带和常压带则形成构造圈闭、岩性—构造圈闭和地层圈闭油气藏。东营凹陷典型低位砂岩复合体油气藏的成藏模式按成藏要素、成藏过程和油气藏的成因组合关系可分为两大类型:盆地缓坡低位砂岩复合体成藏模式和盆地陡坡低位砂岩复合体成藏模式。

盆地缓坡低位砂岩复合体的发育主要受控于缓坡构造坡折带,它由下切水道充填、水下扇、废弃型三角洲等砂体组成。虽然这些砂体的成因不同,但均是良好的油气储层,其成藏动力学过程相似,油气藏在空间上具有成因组合关系。如图4A所示,梁家楼—史南低位砂岩复合体为一典型的受构造坡折带控制的下切水道充填及水下扇砂体,该砂体厚度大、分布面积广、储层物性良好。其底部通过层序界面与沙三中层序的高位体系域浅湖灰色泥岩接触,该砂岩复合体的顶部在构造坡折带及其以上地区被湖扩展体系

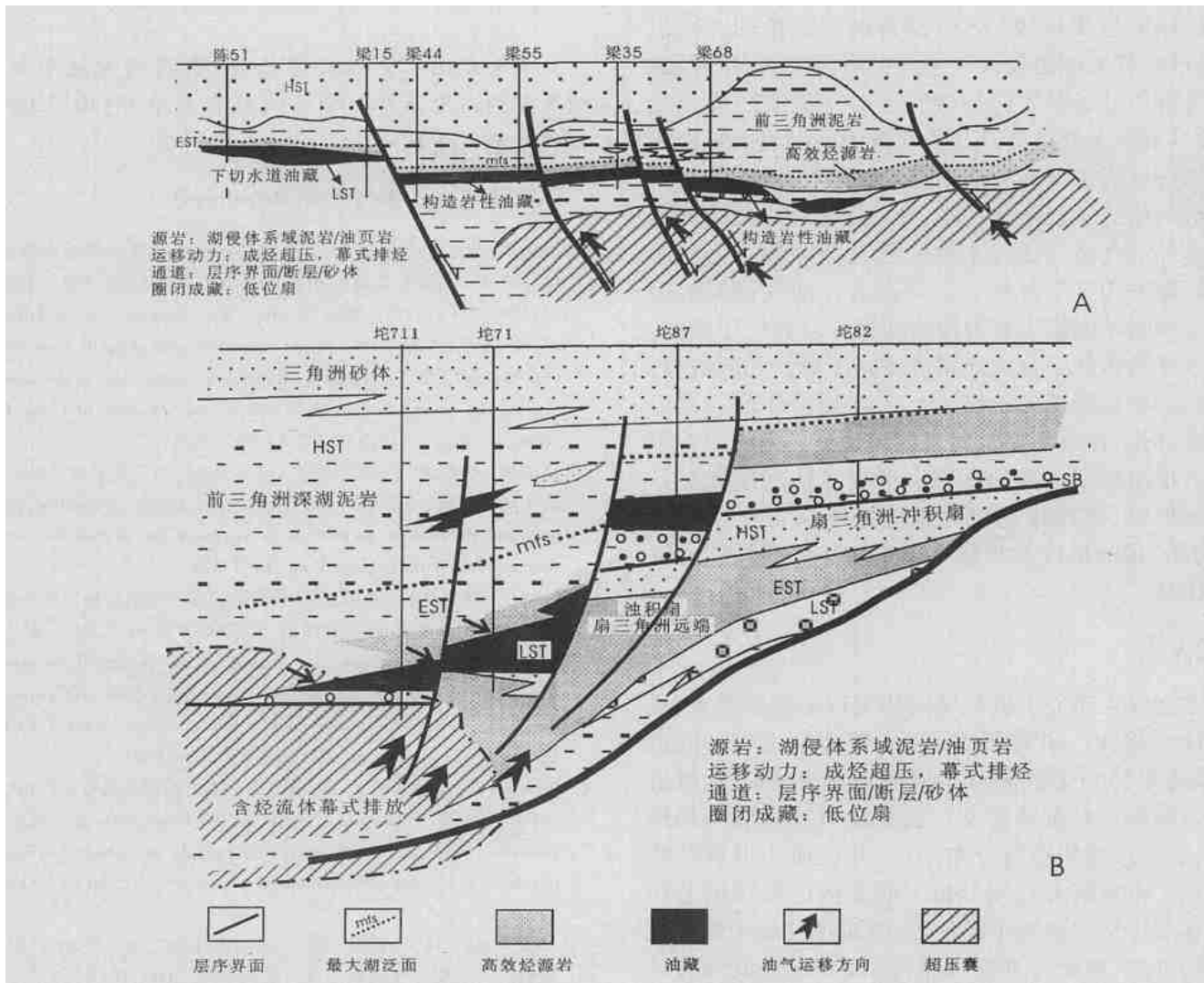


图 4 东营凹陷低位砂岩复合体成藏模式(A 缓坡模式;B 陡坡模式)

Fig. 4 Hydrocarbon accumulation models of low stand sand bodies in Dongying depression (A gentle slope model; B steep slope model)

域滨浅湖相泥岩 (EST) 覆盖,在构造坡折带之下被半深湖相泥岩、油页岩覆盖。在沙三上层序的高位体系域(HST)见三角洲砂体及其滑塌浊积岩。上述这种低位砂岩复合体与湖相泥岩、构造坡折断层的关系决定了其油气藏类型及其成因组合关系有如下的特征:位于层序界面上的下切水道充填砂体含油构成下切水道油藏,在其前方的水下冲积扇体形成构造—岩性油气藏;层序高位体系域砂岩透镜体含油形成透镜体状岩性油气藏。油气来源于利津洼陷中心沙三上层序湖泊扩展体系域的高效烃源岩和该砂体下部沙三中层序高效烃源岩。层序界面和构造坡折断层充当了良好的油气运移的输导体系,把洼陷中心和深部的油气通过这些输导体系导入低位砂岩复合体和高位

透镜体状砂体成藏。由于这些砂体分布在地层流体异常高压体系之中或边缘,异常高压体系所产生的流体压裂、幕式排烃作用和断层的“单向阀”聚油机理极有利于把深部的油气通过断裂输导体系导入低位砂岩复合体和高位透镜体状砂体成藏。

盆地陡坡断阶状构造坡折带上广泛发育了层序低位砂岩复合体,它们由冲积扇—扇三角洲及浊积扇组成。其中扇三角洲河口坝、水下分流河道砂体和浊积扇的扇中部分是良好的油气储层。这些砂体由于受陡坡断阶状构造坡折带的控制,一般都分布在深湖相泥岩之中,成藏条件良好。图 4B 所示胜坨地区坨 76 井和坨 52 井沙三中低位砂岩复合体油气藏为典型的陡坡带低位砂岩复合体含油实例。该砂岩为沙

三中层序低位体系域(LST)发育的扇三角洲—浊积扇复合体,其顶部覆盖沙三中湖扩展体系或高效烃源岩。底部通过层序界面与沙三下层序优质烃源岩接触,故其成藏条件良好。其油气藏的空间成因组合表现为构造坡折带下部为浊积扇岩性油气藏、构造坡折带上部为构造—岩性油气藏,高位体系域见三角洲滑塌浊积体油气藏。油气主要来自其顶部沙三上层序高效烃源岩和其下部沙三下烃源岩。油气运聚的输导体系和封堵因素主要为构造坡折断层和层序界面。由于这些砂体处于盆地地层流体高压囊的北部边缘,这些构造坡折断层为地层内高压含烃流体幕式排烃的主要部位,在这些部位通过流体包裹体分析发现了较高古地温梯度异常的证据。地层流体高压囊存在的流体压裂、幕式排烃机理及这些断层可能发生的“单向阀”排油机理都非常有利于北陡坡低位砂岩复合体成藏。

6 结语

本文深入研究了低位域扇体发育的构造背景、成藏条件和规律。研究所揭示的“断裂坡折带—低位扇”成藏规律和形成的认识对我国陆相断陷盆地岩性油藏勘探具有重要意义。在大陆边缘盆地海相地层中,低位域浊积扇体分布广泛,并已成为世界性找油热点。本项研究首先分析了研究区已发现的浊积扇体在层序地层格架中的位置,确定了其属于低位域扇体的性质,阐明了其形成条件,区分了缓坡带与陡坡带两种低位扇的差异,其中缓坡带扇体规模大,物性好,是最为理想的储集体,按照其发育规律预测,在沙三段深湖发育期的各个三级层序中均具备找寻低位扇储集体的前景。

在低位域扇体发育的构造背景方面揭示了断裂坡折带对低位扇群的控制作用。东营凹陷的弧形断裂系统由三个环带组成,由于这三个环带的断裂形成了同沉积构造坡折带,因此其对沉降中心、生烃中心和砂体均有重要控制作用,已发现的大型低位扇体即发育于环带的中心区。因此,笔者认为沿着层序界面,从构造坡折带向凹陷中心方向,是找寻大型低位扇储集体的主要区域。

根据本区油气成藏动力、输导网络及储集砂体与有效烃源岩的关系总结了陡坡断坡带砂砾岩扇体成藏模式和缓坡构造坡折带砂岩复合体成藏模式,揭示了断裂坡折带—低位扇成藏规律,为岩性油藏群勘探提供了理论依据,并在实践中取得明显效果。

本文是国家自然科学基金《渤海湾盆地中始新世末期构造变革界面研究》(项目批准号:40372067)的部分研究成果。

参考文献(References)

- 1 李思田,潘元林,陆永潮,等. 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,2002,27(5):592~598[Li Sitian, Pan Yuanlin, Lu Yongchao, et al. 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, 2002, 27(5): 592~598]
- 2 高瑞祺,蔡希源. 松辽盆地油气田形成条件与分布规律. 北京:石油工业出版社,1997. 329[Gao Ruiqi, Cai Xiyuan. Formation conditions and distribution pattern of the oil-gas fields in Songliao basin. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997. 329]
- 3 林畅松,潘元林,肖建新,等. 构造坡折带—断陷盆地层序分析和油气预测的重要概念. 地球科学,2000,25(3):260~265[Lin Changsong, Pan Yuanlin, Xiao Jianxin, et al. Structural slope-break zone: key concept for stratigraphic sequence analysis and petroleum forecasting in fault subsidence basins. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2000, 25(3): 260~266]
- 4 李阳,蔡进功,刘建民. 东营凹陷下第三系高分辨率层序地层研究. 沉积学报,2002,20(2):210~216[Liyang, Cai Jingong, Liu Jianming. High resolution sequence stratigraphy of Paleogene in Dongying depression. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20(2): 210~216]
- 5 冯有良,潘元林,郑和荣. 东营凹陷中始新统上部—上始新统层序地层模式及其石油地质意义. 沉积学报,2000,18(3):377~383[Feng Youliang, Pan Yuanlin, Zheng Herong. Sequence stratigraphic model and its petroleum geological significance of upper part of Middle Eocene Series and upper Eocene Series in Dongying Depression. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(3): 377~383]
- 6 王宁,陈宝宁,翟建飞. 岩性油气藏形成的成藏指数. 石油勘探与开发,2000,24(4):4~5[Wangning, Chen Baoning, Zhai Jianfei. Reservoir forming index for the lithological reservoir. Petroleum Exploration and Development, 1996, 27(6): 1~3]
- 7 帅德福,王秉海主编. 胜利油田. 中国石油地质志(卷六). 北京:石油工业出版社,1993. 518[Shuai Defu, Wang Binghai, eds. Shengli Oil Field, Petroleum Geology of China, Vol. 6. Beijing: Oil Industry Press, 1993. 518]
- 8 刘兴材,钱凯,吴世祥. 场势作用与复式油气区的形成——场环对应论略. 复式油气田,1996,(4):1~3[Liu Xingcai, Qiankai, Wu Shixiang. Field-potential and the formation of multiple oil-gas region: Brief discussion of field-belt corresponding theory. Multiple Oil = Gas Field. 1996, (4): 1~3]
- 9 潘元林,孔凡仙,杨申镛,等. 中国隐蔽油气藏. 北京:地质出版社,1996[Pan Yuanlin, Kong Fanxian, Yangshenbiao, et al. Subtle Reservoirs of China. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996]
- 10 王秉海,钱凯主编. 胜利油区地质研究与勘探实践. 山东东营:石

油大学出版社,1992. 1 ~ 357 [Wang Binghai, Qiankai (eds.). Geological study and exploration practice in Shengli oil field. Shandong Province: Petroleum University Press,1992. 1 ~ 357]

11 Withjack M O, Islam Q T, La Pointe P R. Normal faults and their hanging-wall deformation: an experimental study. AAPG Bulletin, 1995, 79: 1 ~ 18

Arc-shaped Fault Break Slope System and Its Control on Low Stand Systems Sandbodies in Dongying Depression

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

(China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Abstract Arc-shaped fault system of Dongying depression is composed of 3 circle belts. Syndepositional faulting in these circle belts caused the development of syndepositional fault break slope, which further controlled the distribution of subsidence centers, hydrocarbon-generating center and sand bodies. Big low stand fan sand bodies that have been found distribute along the circle belts and were controlled by fault break slopes. Thus, important direction of finding new low stand reservoirs should be from fault break slope to sag depression along sequence boundary. Moreover, based on the analysis of hydrocarbon-generating dynamics, migration systems and relationship between reservoirs and effective hydrocarbon rocks, two kinds of hydrocarbon accumulation models have been put forward in this paper. The low stand fans in fault break mainly are almost all favorable reservoirs for oil and gas, and show similar dynamic progress of hydrocarbon accumulation.

Key words Dongying depression, fault break slope, low stand fan, hydrocarbon accumulation model

