

济阳拗陷古近系多级控砂机制分析

刘震¹⁾, 李运振¹⁾, 赵阳²⁾, 汲生珍³⁾, 张善文⁴⁾, 吕希学⁴⁾

1) 中国石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室, 北京, 102249

2) 中国海洋石油研究中心, 北京, 100027; 3) 中国石化石油勘探开发研究院, 北京, 100083

4) 中国石化胜利油田有限公司, 山东东营, 257000

内容提要:济阳拗陷古近系砂体形成和分布受到多种因素的控制, 主要包括: ①断陷类型; ②构造带类型; ③坡折带类型; ④体系域类型; ⑤沉积相类型。在不同类型断陷中发育的沉积体系相差较大, 在不同规模箕状断陷中发育的沉积体系也具有差异性。同时, 断陷类型控制着构造带的发育, 构造带类型又决定着坡折带的发育部位, 坡折带类型则影响着湖盆沉积体系域的发育程度和分布范围, 而沉积相类型对砂体的特征具有直接的控制作用。显然济阳拗陷砂岩体的形成和分布遵循“多级控砂”的特征, 5种因素共同影响并逐级控制着砂岩体在断陷湖盆中的形成与分布。

关键词: 济阳拗陷; 砂体类型; 多级控砂; 体系域; 层序

砂岩体隐蔽油气藏勘探已成为当今油气勘探的主要领域之一。预测和描述砂岩体圈闭是进行隐蔽油气藏勘探的关键环节。在陆相断陷盆地中, 砂体发育的规模和类型受很多因素控制, 并且这些因素之间也存在相互影响及相互控制的关系, 因而搞清断陷盆地砂体形成与分布的控制因素对隐蔽油气藏勘探具有十分重要的意义。在这些因素中, 诸如构造因素的决定性、湖盆对古气候变化的敏感性、物源补给条件的复杂性、湖盆类型及其在区域古地理格局中的位置及基准面及可容空间变化的复杂性等都决定着断陷盆地中砂体的分布(李思田等, 2002)。潘元林等(2004)总结了陆相湖盆沉积充填的基本控制因素, 主要包括古地理、构造、古气候、基准面变化、古地貌及物源补给等方面。赵文智等(2004)提出岩性、地层油气藏往往受“三面”控制, 具有“五带”富集特征, “三面”是指最大湖泛面、不整合面与断层面, “五带”指有利沉积相带、古地形坡折带、裂缝带、岩性或地层尖灭带与次生孔隙发育带。因此在沉积盆地中, 砂岩体的形成和分布受控于多种因素, 而在这些因素中具有不同的级别。胡受权等(2001)认为盆地充填序列与构造层序的形成受区域性构造运动所控制, 层序则受控盆边界断裂的脉动性所主导。

长期活动的同沉积断裂形成的“构造坡折带”制约着盆地充填可容纳空间的变化, 对沉积体系的发育和砂体的分布起重要的控制作用(林畅松等, 2000; 王英民等, 2002)。冯有良(2006)认为在断陷盆地主裂陷幕时期盆缘发育的沟谷是流域水系和碎屑物入湖的位置, 它们控制了砂、砾岩扇体发育的位置。李丕龙等(2004)认为断陷盆地沉积体系类型宏观控制着隐蔽油气藏的类型及空间展布。

济阳拗陷是一个典型的陆相断陷含油气盆地, 盆地中多凹共生、凹凸相间的构造格局决定了盆地具有物源方向多、沉积类型多、沉积面貌复杂的特点。济阳拗陷多种类型的沉积作用形成了多种类型的储集砂体, 在济阳断陷盆地的充填沉积中可识别的主要沉积体系和沉积相组合, 有冲积扇、扇三角洲、浊积扇、河流三角洲、滨浅湖滩坝等(林畅松等, 2004)。近年来, 济阳拗陷勘探目标中复杂隐蔽油气藏所占比重日趋增大, 2000年以来探明储量的60%~70%属于隐蔽油气藏, 而且新发现油气藏的规模日益变小, 埋藏变深(李丕龙等, 2003)。因此找出多种砂体控制因素之间相互关系, 发现陆相断陷盆地砂体分布规律, 能够提高对岩性地层圈闭发育位置及分布预测的准确性。由于济阳拗陷具有复杂的砂

注: 本文为中国石化集团公司“十五”科技攻关项目(编号 P01013)资助成果。

收稿日期: 2006-10-08; 改回日期: 2007-02-08; 责任编辑: 周健。

作者简介: 刘震, 男, 1963年生。现为中国石油大学(北京)教授, 博士生导师, 主要从事石油地质学和层序地层学的研究与教学工作。电话: 010-89733182; Email: liuzhenjr@163.com。

体形成机制,这就需要考虑多方面因素进行综合分析,本文通过对济阳拗陷古近系断陷类型、构造带类型、坡折带类型、体系域类型及沉积相类型等砂体形成与分布的主要控制因素进行分析,提出了“多级控砂”的概念,认为断陷类型、构造带类型、坡折带类型控制了不同沉积体系所发育的沉积砂体,体系域类型、坡折带类型控制不同沉积相类型砂体的形成与分布,不同类型沉积相对砂体的特征具有直接的控制作用。

1 断陷类型对砂体分布的控制

陆相断陷湖盆的形成、发育是构造活动的结果,它控制着地层的沉积与分布,因此断裂活动的发育程度控制着砂砾岩体的发育和演化。济阳拗陷各凹陷由于北部的强断裂活动,总体上都是北断南超、北陡南缓的箕状湖盆,但其内部存在不同级别、不同类型的洼陷。对于这些不同的断陷,由于断裂活动的强弱程度、断裂结构不同会直接影响砂砾岩体的成因类型、规模、形态和分布,即不同断陷类型会有不同的扇体组合形式。

1.1 不同类型断陷砂岩体相类型存在差异

箕状断陷湖盆与双断湖盆砂体的沉积类型具有明显差异。箕状断陷湖盆也可称为单断式湖盆,济阳拗陷为一典型的“北断南超”箕状断陷盆地,由东营、惠民、沾化、车镇凹陷和若干凸起组成,它的大部分凹陷北部边界断裂活动强,控制了整个凹陷的沉

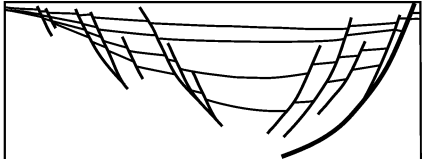
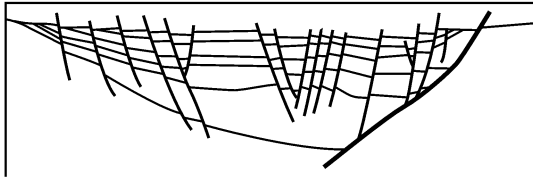
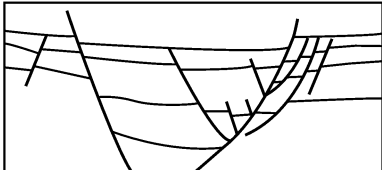
积演化,南部以地层的层层上超为特征,通过不整合面与隆起区相接。而当凹(洼)陷两边的断裂活动都非常强烈时,凹(洼)陷中心的洼陷带就会持续下陷,同两边的断裂带共同组成双断式湖盆(地堑型),整个洼陷呈地堑式结构(表 1)。

双断湖盆的典型代表是惠民凹陷的临南洼陷,临南洼陷是受临邑断层和夏口断层控制的地堑式洼陷,洼陷中心以湖相泥岩沉积为主,在断层下降盘既可形成裙边状分布的水下冲积扇体,也可形成物源供给充足较大型的三角洲沉积体,洼陷中心可形成规模较小的浊积砂体(褚庆忠等,2002,刘玉亮等,2003),但相对于单断式湖盆来说,双断湖盆沉积体系类型要少的多。同时由于洼陷两侧的断层上升盘并不是物源的直接供应区,而在长轴方向的辫状河三角洲或曲流河三角洲沉积特别发育(郝琦等,2006),洼陷与物源供给区相距较远,因此相对于单断式湖盆的控盆断层来说,物源供给相对较少。

1.2 不同规模箕状断陷砂岩体相类型也存在差异

济阳拗陷内部由于构造作用控制范围不同会出现大小不同的箕状断陷,其中东营凹陷的规模较大,是大型宽缓箕状凹陷,而沾化凹陷以发育大小不等、形态各异的断陷和断隆为特征,显示出复杂多变的构造形态,其中渤南洼陷就是其中一个洼陷。同东营凹陷相比,渤南洼陷规模要小的多,为小型箕状断陷,因此它们的砂体分布特征既存在相似性,也存在差异性(表 1)。

表 1 济阳拗陷不同断陷类型砂体相类型表
Table 1 Types of sandbodies in different fault basins in Jiyang depression

断陷湖盆类型	砂体相类型	断陷结构示意图	实例
小型狭长箕状断陷湖盆	主要发育扇三角洲、辫状河三角洲、近岸水下扇、湖底扇		车镇凹陷、沾化凹陷
大型开阔箕状断陷湖盆	各种类型沉积砂体均有发育		东营凹陷
双断湖盆	主要发育水下沉积扇、扇三角洲、三角洲、浊积扇		临南洼陷

由于这两种不同规模的断陷同为单断式湖盆,因此湖盆中砂体的形成和分布具有相似性。陡坡带主要发育冲积扇、扇三角洲或近岸湖底扇沉积(林畅松等,2003);缓坡带相带分布较宽,靠近盆地边缘部位主要发育冲积扇-河流相沉积,向盆地方向发育有三角洲、滩坝、远岸浊积扇等沉积体系类型;洼陷带事实上是由缓坡和陡坡的洼陷边缘断阶坡折带所限定的相对深水的、沉降较大的沉积区带,以深湖、半深湖、湖底浊积扇以及三角洲等沉积为主(康仁华等,2002)。

这两种断陷由于发育规模不同,湖盆中砂体的形成和分布也具有差异性。大型宽缓箕状断陷断裂发育规模大,持续时间长,扇体类型多样;小型箕状断陷受到凸起边界断裂控制更加明显,下降盘砂体厚度大,扇体类型较简单。大型宽缓箕状断陷砂体和断层组合类型多,砂体分布复杂;小型箕状断陷断裂系统呈阶梯状发育,由于洼陷规模小,砂体规模相对较大,缓坡带和陡坡带沉积的砂体能够贯通。大型宽缓箕状断陷洼陷带浊积扇发育规模大且数量多,由于隆起带的存在,不仅把洼陷带分成多个自成体系又相互影响的含油气系统,而且使砂体类型复杂化;而小型箕状断陷洼陷带存在的低凸起只能起到分隔洼陷的作用,形成不了大型断陷洼陷带中的中央隆起带,不能对砂体分布产生控制作用。

2 不同构造带的控砂模式

济阳拗陷构造带主要分为陡坡带、缓坡带和洼陷带。由于凹陷基底的构造样式、后期活动与第三系断层的组合特征不同,对盆地的充填样式和砂体的分布产生不同的控制作用,从而形成不同的砂体分布模式(表2)。

2.1 陡坡带断裂控砂模式

济阳拗陷不同地区陡坡带构造样式及其活动规律不同,其砂体类型及规模也有明显差异,特定的断裂及其组合方式控制了特定砂体的发育。其主要有板式、铲式、马尾式、座墩式和阶梯式等5类断裂控砂模式(肖焕钦等,2002)。

(1)板式:板式断裂控砂模式的断面陡峭而平直,呈平板状,倾角大于 60° ,以车西地区最为典型。由于坡陡水急,沉积物颗粒粗,分选极差,多发育近岸深水浊积扇和冲积扇沉积。沉积类型单一,自下而上为一套连续的粗粒沉积。扇体分布窄,相带变化快,扇根大而厚,扇中及扇端分布范围很小。

(2)铲式:铲式断裂控砂模式的断面呈铲状,上

部较陡,倾角 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$,下部较缓,以永安地区最为典型。相对而言,该类陡坡沉积区距物源区较远。沉积类型较丰富,发育了冲积扇、扇三角洲以及小型的辫状河三角洲。扇体规模较大,期次较明显,扇与扇之间可被泥岩分隔。

(3)马尾式:马尾式断裂控砂模式由呈铲状的主断裂和与其前方斜交的一系列顺向断裂组合而成,多条断裂向下倾方向收敛构成马尾状。因此沉积体内幕破碎,沿断裂破碎带构造裂缝发育,地下水活跃,溶蚀孔、洞较易产生,从而改善了砂、砾岩扇体的储集性能。

(4)座墩式:座墩式断裂控砂模式的特点是在呈铲状的主断面上残留一个前第三系潜山,以王庄地区最为典型。在潜山与后侧的主断面之间往往形成沟谷,充填了数百米厚的洪积扇沉积,后期潜山上部和前方可发育扇三角洲沉积陡坡上的残丘型潜山,孔、缝、洞较发育。

(5)阶梯式:阶梯式断裂控砂模式由铲状或板状的主断面与多条次级顺向断裂构成,这些次级顺向断裂相互平行成阶梯状节节下掉。其沉积类型丰富,物源区到沉积物前端距离较长,其最前端可发育滑塌浊积扇和深水浊积扇,中部可发育水下冲积扇。

2.2 缓坡带控砂模式

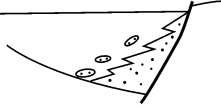
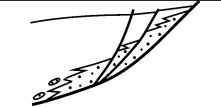
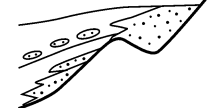
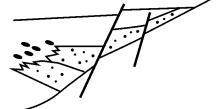
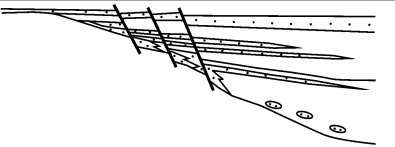
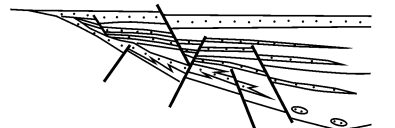
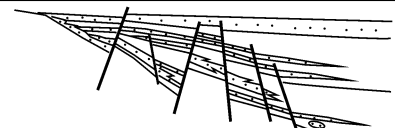
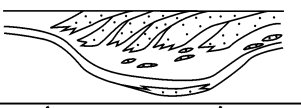
对于箕状断陷来说,缓坡带位于陡坡带的相对方向,倾角较小,延伸距离较长。它的单一断阶与多级断阶对沉积砂体的发育具有不同的控制作用,所以不同类型的缓坡带在沉积体的几何形态和沉积体系类型上都显示出一定的差异(周廷全2005,张宇,2005)。

(1)单断型坡折式:单断型坡折式缓坡带断裂相对不发育,古地貌的形态对沉积体系的分布起控制作用,地貌(断裂)坡折带往往是沉积物的主要卸载区,是有利储集体的发育区带。以沾化凹陷南坡西段和车镇凹陷南坡东段为代表,其缓坡带坡度平缓,主要发育三、四级调整性断层。单断型坡折式缓坡带以地层超覆为特征,坡折之上主要发育冲积扇-河流相沉积,坡折之下主要发育扇三角洲沉积。

(2)单断型断阶式:基底阶梯状断裂与上部地层盆倾断层活动的结合,形成了剖面上向凹陷边缘呈台阶式逐级抬高的构造格局,进而控制了这种类型缓坡带的沉积。以东营凹陷南坡西段和车镇凹陷南坡西段为代表。缓坡一侧低级序断层的强烈活动,使得缓坡地形高差一定幅度增加和沉积格局复杂化,导致沉积环境多变和沉积物厚度在断层下降盘

表 2 济阳凹陷构造带类型与砂体成因类型表

Table 2 Relationship between sandbody typies and structural zones in Jiyang depression

构造带类型	构造带样式	沉积体系类型	示意图	实例
陡坡带	板式	近岸深水浊积扇、冲积扇		埕子口凸起南陡坡带的车西段，陈家庄凸起南陡坡带的永北地区
	铲式	冲积扇、扇三角洲以及小型的鞭状河三角洲		埕子口凸起南陡坡带的郭北段，宁津、无，无棣凸起南陡坡带的滋北段，八里泊段的大部分地区及阳北段
	马尾式	近岸水下扇或扇三角洲		埕南地区
	座墩式	扇三角洲		王庄地区，埕子口凸起南陡坡带的车3段地区，宁津、无棣凸起南陡坡带的八里泊地区
	阶梯式	冲积扇、扇三角洲、滑塌浊积扇和深水浊积扇		胜北地区、滨南地区
缓坡带	单断型坡折式	冲积扇—河流相、扇三角洲		沾化凹陷南坡西段和车镇凹陷南坡东段
	单断型断阶式	冲积扇—河流相、滨浅湖滩坝、辫状三角洲、滑塌浊积扇		东营凹陷南坡西段和车镇凹陷南坡西段
	双断型半地堑式	冲积扇、河流、扇三角洲、滨浅湖滩坝、浊积扇		东营凹陷南坡东段
	双断型全堑式	冲积扇、河流—（扇）三角洲、曲流河		沾化凹陷南坡东段和惠民凹陷南坡
洼陷带	简单洼陷式	扇三角洲及浊积复合砂体		济阳坳陷内各洼陷带
	轴向入注式	三角洲及浊积复合砂体		东营凹陷东部洼陷带
	注中隆起式	三角洲、水下扇、滨浅湖		东营凹陷中央隆起带

增厚。靠近盆地边缘部位主要发育冲积扇-河流相沉积,向盆地方向断阶带以发育扇三角洲、滨浅湖滩

坝沉积为主,其次发育缓坡浊积扇、三角洲等沉积体系类型。

(3)双断型半地堑式:基底存在与盆倾方向相反的断裂,但对后期地层发育不起控制作用,这种类型缓坡带的沉积体系较单断型更为复杂,以东营凹陷南坡东段为代表。缓坡带北部随着盆地的抬升与沉降,在凸缘部位发育众多的冲积扇、河流沉积;缓坡带中部是各种沉积体系发育的场所,如冲积扇、大型扇三角洲、近岸缓坡浊积扇、滨浅湖滩坝沉积;缓坡带近洼陷侧,断层发育,形成构造坡折带,发育各种类型浊积扇体和扇三角洲。

(4)双断型垒堑式:两组以上切穿基底断层发育,形成明显的地垒、地堑构造,将缓坡带分为上、下两部分,对缓坡带沉积及砂体分布起分割作用,粗碎屑沉积相对更为发育,以沾化凹陷南坡东段和惠民凹陷南坡为代表。凸缘发育冲积扇为主,垒堑结构带以河流-(扇)三角洲沉积为主。

2.3 洼陷带控砂模式

相对于其他构造带,洼陷带会存在一些小型扇体,可以成为油气的运聚目标;当洼陷带存在小型隆起时,构造作用相对明显,砂体分布与其他构造带类似;当盆地轴向边缘有较大物源注入时,洼陷带被以轴向进积三角洲为主体的轴向带逐步替代。

(1)简单洼陷式:陆相沉积中洼陷的沉积方式主要有两种,一种是垂向加积,一种是侧向加积。以垂向加积为主的洼陷,洼陷中部既是沉积中心,也是沉降中心,沉积物以泥岩为主,并且厚度很大,缺乏渗透层,洼陷内易形成各类规模较小的浊积岩。

(2)轴向入洼式:以侧向加积为主的洼陷,由于湖盆一侧有大型三角洲作用,其沉积中心不断侧移,但底积层以厚层泥岩为主,前积层中也以大套泥岩夹薄层砂岩为主,并且沉积速度很快,三角洲快速连续推进过程中可以形成的满洼分布的多个小型滑塌扇体,例如东营凹陷洼陷带的东营三角洲沉积。

(3)洼中隆起式:处于沉积盆地浅湖—深湖区,由于塑性拱张或构造抬升,可以形成隆起带,由于它两侧临洼,可具有一系列“包心菜”样式断裂体系或鼻状构造,例如东营凹陷的中央隆起带,它的主要储集层发育段主要存在三角洲沉积、近岸深水浊积扇沉积、滨浅湖沉积3种沉积体系(孙龙德,2000)。

3 坡折带类型与砂体成因及分布关系

坡折带是一个由多种地貌单元组合在一起而构成的地貌景观,不论在沉积盆地中还是在剥蚀区都可能发育。其中坡折带的几何特征可主要由构造带的坡度、宽度、高差、长度以及坡折脊水深等特征来

刻画。相对于海相盆地,陆相湖盆单个坡折带的规模相对比较小,从而在纵向上规模相近的坡折往往容易多次出现,形成所谓多级坡折带。对于多级坡折带,有些坡折带可能会位于水上,有些则位于水下。这时即使其几何特征完全一样,但对沉积的控制作用则有很大不同(王英民等,2003)。坡折带按其成因机制可以分为构造坡折带、沉积坡折带、侵蚀坡折带,其中构造坡折带还可细分为断裂坡折带和挠曲坡折带。

3.1 断裂坡折带与砂体

在箕状断陷的陡坡带和缓坡带,作为凸起、斜坡(断阶)和洼陷等次级构造单元之间分界线的大型同沉积断裂往往形成断裂坡折带,从而从陡坡带到缓坡带依次发育有凸起-陡坡边缘、陡坡-洼陷边缘、凸起-缓坡边缘、缓坡-洼陷边缘等断裂坡折带,在这些坡折带附近的较小的同沉积调整断层可以形成更次级的断裂坡折,并形成各种复杂的坡折平面组合样式(表3)。断裂坡折带作为同沉积构造长期活动引起的沉积斜坡明显突变的地带,其沉积扇体主要包括冲积扇、大型浊积扇、小型三角洲和扇三角洲。陡坡带浊积扇及扇三角洲远端部分分布于低台阶,扇三角洲主体、下切谷充填分布在高台阶,更高处为三角洲近端部分及冲积扇。缓坡带在沉积基准面快速下降时,其上产生陆上下切水道,其下形成冲积扇砂体;当基准面缓慢上升时,在断裂坡折带之上形成下切水道充填,之下发育水下冲积扇砂体和远岸浊积扇砂体。

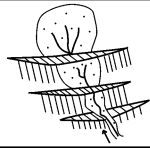
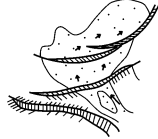
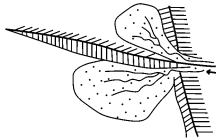
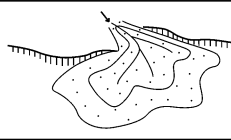
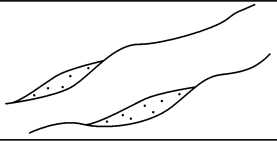
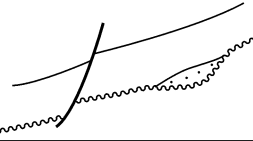
(1)断阶型坡折带与砂体:断阶型坡折带受多条断层的复合控制,断层从边缘带向洼陷带节节下掉,在盆地的陡坡和缓坡带均有发育。在沉积基准面快速下降时,中、高位坡折带可产生下切谷,发育不整合层序界面,而在低位坡折带前方可发育浊积扇沉积;当沉积基准面缓慢上升时,可在高位坡折带发育冲积扇—三角洲平原沉积,中位坡折带发育下切谷充填及扇三角洲主体沉积,而在低位坡折带可发育扇三角洲远端及滑塌浊积岩沉积。此类坡折带以胜坨陡坡坡折带最为典型。

(2)帚状断裂坡折带与砂体:帚状断裂系一般是由一条主干断裂向一端发散或分叉成多条规模变小、断距变小的次级断裂系(冯有良等,2003)。在平面上呈帚状,如沾化凹陷的义东帚状断裂带、邵家帚状断裂带、惠民凹陷的临商断裂系等。帚状断裂系的主干断裂常控制着粗碎屑供给水系的方向,帚状发散部位形成构造低地貌,一般控制着砂质沉积中心。

表 3 济阳坳陷坡折带砂体相类型及展布特征表(据冯有良等,2003,王英民等,2003 修改)

Table 3 Types and distribution of sandbodies in slope-break belts in Jiyang depression

(modified from Feng Youliang et al. , 2003 and Wang Yingmin et al. , 2003)

坡折带类型			砂体相类型	示意图	实例
构造坡折带	断裂坡折带	断阶型坡折带	冲积扇、三角洲、 扇三角洲、湖底扇		济阳坳陷内陡坡断裂带及缓坡断裂带
		帚状断裂坡折带	三角洲、扇三角洲、 湖底扇		沾化凹陷的义东帚状断裂带、 邵家帚状断裂带、惠民凹陷的 临南断裂系
		叉形断裂坡折带	三角洲、扇三角洲、 湖底扇		沾化孤南洼陷的陡坡断裂与 孤东断裂带
		断裂转换坡折带	三角洲、扇三角洲、 湖底扇		东营凹陷中滨南断裂带与胜北 断裂带
	挠曲坡折带		三角洲、扇三角洲、 冲积扇及 远岸浊积扇		东营凹陷中央隆起带北翼、南部 缓坡带樊家—樊东三维区、 梁家楼地区
沉积坡折带			三角洲、滑塌浊积扇		东营三角洲
侵蚀坡折带			冲积扇、三角洲、 扇三角洲		陈家庄凸起按南缘

(3)叉形断裂坡折带与砂体:由两条同沉积断裂带相交形成的叉形断裂构造,其内叉角是构造低部位,控制着沉积中心。沿主断裂上游端可捕获主要水系,沉积体系沿断裂带向洼陷推进。如沾化孤南洼陷的陡坡断裂与孤东断裂带的交汇形成叉状断裂组合,来自长堤凸起的沉积体系沿孤南断裂东端与孤东断裂相交部位堆积,形成叉状砂质沉积带。

(4)断裂转换坡折带与砂体:一般沿一条同沉积断裂的上升盘,在最大断距部位由于挠曲上升形成最高的地形,沿断裂中部向末端地形变低,形成断裂末端的构造低地。因此,在两条同沉积断裂交汇处的断裂转换带,通常是最大水系的注入位置。水系携带的大量沉积物从转换带向盆地方向卸载,形成三角洲、扇三角洲沉积或湖底扇沉积,在斜列状同沉积断裂间的调节带也为构造低地,易于水流的斜向

注入并在前方形成三角洲或湖底扇。在东营凹陷,沿滨南断裂带与胜北断裂带之间的断裂调节带就发育有低位扇复合体,在沙河街组三段沉积中期该调节带发育的低位扇面积达 60 km²。

3.2 挠曲坡折带与砂体

济阳坳陷虽然是断裂活动特别发育的断陷盆地,但也同样存在着古潜山、底辟构造、构造挠曲和同期深部断裂等构造背景,可能导致挠曲坡折带产生。其与断裂坡折带的最大区别是在坡折带下部有明显的地层上超尖灭现象,在坡折带上部有时可见地层削蚀尖灭。挠曲坡折带主要与同沉积背斜、同沉积鼻状构造相伴生,在中央隆起带的两翼,北部陡坡带的滚动背斜带的南翼以及南部缓坡带中系列分布的鼻状构造的两翼最为发育。

发育在东营凹陷中央隆起带北翼的挠曲坡折带

是一个典型实例。该坡折带主要发育在沙河街组四段上部,其基本特征是在沙四段地层总体上向南减薄的背景上,在挠曲部位发生急剧减薄,并出现超覆和削截。坡折带的形成主要受中央隆起带底辟构造发育的影响,沙四段上部的坡折带发育在底辟构造之上,这表明中央隆起带的雏形在沙四段沉积晚期就开始形成。此外陈家庄边界大断裂在沙四沉积期强烈活动,地层向南翘倾挠曲也对坡折带的形成有一定影响(王英民等,2003)。

3.3 沉积坡折带与砂体

一般说来,在构造活动较强烈的盆地中构造坡折带往往控制了沉积坡折带的发育,使二者重合,只有在构造坡折带不发育的情况下沉积坡折带才会显著地表现出来。

东营三角洲沉积坡折带是一个典型实例。该坡折带主要发育在沙三中段,是由大型的东营三角洲体向前推进所形成的沉积坡折。其特征是具有明显的S型前积结构,并于坡折带底部发育有低位域沉积,超覆在层序界面之上。东营凹陷的东部在古近纪的沉积也受到北部胜北、陈南断裂的影响,沙三段沉积早期,胜北地区深陷,相对使东部地区沉积的扇体规模较小。沙三段沉积中、晚期,凹陷内水体由东向西变深,中央洼陷带受轴向水流控制,构造活动平定,使东营三角洲长期继承性发育,由东向西发生了3次较大规模的推进,并在三角洲的前缘形成了典型的沉积坡折带。沉积坡折带如果与重大的湖平面下降相配合,则可以控制低位域的发育,形成低位扇和岩性圈闭。而在某些时期,沉积物供给特别充分,使沉积坡折的斜坡角度迅速增大,则形成三角洲前缘滑塌浊积砂体。

3.4 侵蚀坡折带与砂体

侵蚀坡折带是由于风化、侵蚀等外力地质作用造成的地形坡度突变而形成的。一般在成盆早期长期发育的不整合面之上的地形突变处形成,也可以发育在湖盆发育晚期地层剥蚀面处(费宝生等,2004)。侵蚀坡折带分布比较局限,目前主要在陈家庄凸起南缘有发现。坡折带的形成主要受陈家庄凸起上风化剥蚀的影响,在陈家庄主断裂的下盘,沙二段底界不整合面是一个经受了长期风化剥蚀的不整合面,其地貌形态凸凹不平,具有坡折的特点,在沙二段地层受陈家庄南同生断裂控制总体上向北减薄的背景上,在挠曲部位发生急剧减薄,并出现超覆和削截。

4 体系域类型与砂体成因类型

在陆相断陷湖盆中,体系域为同期沉积体系的组合,是构成层序的基本单位。在三分层序中可划分为:低水位体系域、湖侵体系域和高水位体系域。初始湖泛面为湖侵体系域与低水位体系域的分界面,即油页岩集中段与分布不连续、规模不等的各类砂体的岩性分界面。最大湖泛面是指在湖平面上快速上升、岸线不断向陆地迁移至最大限度时湖平面所处的位置,它是湖侵体系域和高水位体系域的分界面。岩性主要为油页岩、泥岩等,局部夹有深水浊积岩、三角洲不发育的地区以厚层块状泥岩与油页岩集中段的垂向叠加为特征(潘元林等,2003)。低水位体系域湖水范围较小,多分布坡折带之下,在盆地边缘形成冲积扇或扇三角洲沉积体系。此外,前期沉积不久未固结的沉积物可沿斜坡滑塌,形成水下扇;在湖侵时期,沉积物供给速率小于新增可容空间速率,易形成退积型砂体,湖侵体系域沉积体系类型主要为深湖、半深湖、滨浅湖、三角洲或扇三角洲沉积;在高水位时期,受气候、构造及外部水系等因素影响基准面呈高频率的变化,沉积物供给速率等于新增可容空间速率,易发育垂相加积或进积型三角洲砂体(图1)。

4.1 低水位体系域与砂体成因

低位体系域砂体主要发育在湖盆演化早、中期,例如东营凹陷孔店末期盆地普遍抬升,从沙四段沉积初期开始了新的沉积发育史。早期凹陷内普遍形成红色砂泥岩沉积,从凹陷北部边缘到凹陷中心依次发育冲积扇-河流及不稳定的浅湖体系,这主要是由于此期地势高差较大,气候较为干燥,紧靠凹陷边缘区物源供给充分,从而发育了厚层状粗粒红色碎屑岩系。而南部缓坡因地势较为平坦则形成滨浅湖沉积。该期沉积代表了湖平面相对缓慢上升初期的低水位发育期(田景春等,1994)。

4.2 湖侵体系域与砂体成因

湖侵体系域一般形成于断陷盆地发展中期,古湖平面快速上升,陆源碎屑供给及沉积速率开始小于新增可容空间速率,出现了欠补偿状态,此时期发生强烈断陷,断层剧烈活动。沉积物具有阶状后退性质,易形成砂、页岩互层,从而形成多储集层系,这种互层的沉积物层层上超,在上倾方向可以形成湖侵体系域超覆圈闭发育带。东营凹陷沙四段沉积晚期到沙三段沉积早期为湖侵体系域发育时期,主要表现为湖区范围扩大,湖平面相对上升,砂质沉积物

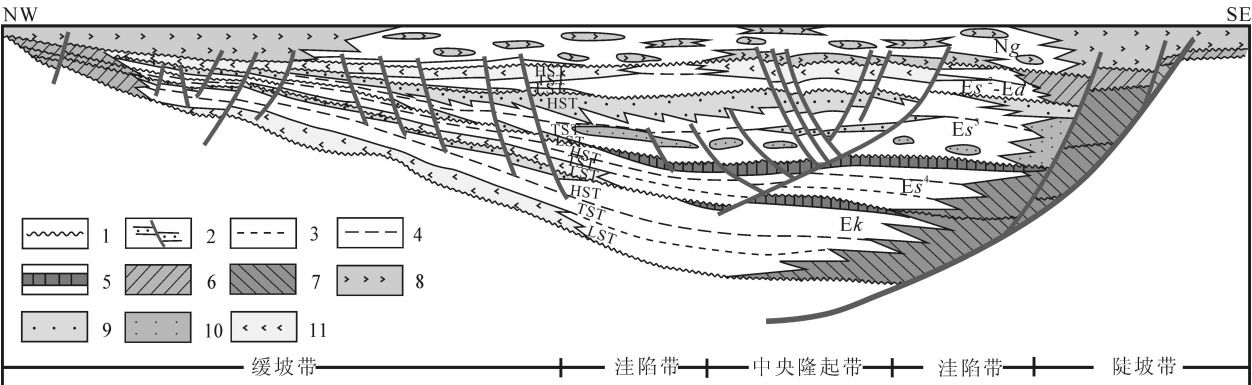


图 1 东营凹陷层序地层及砂体类型发育剖面示意图

Fig. 1 Section of sequence stratigraphy and sandbody types in Dongying sag

1—不整合面；2—断层；3—初次湖泛面；4—最大湖泛面；5—盐膏层；6—冲积扇；7—扇三角洲；8—河流；9—三角洲；10—浊积扇；11—河流—三角洲；Ek—孔店组；Es⁴—沙四段；Es³—沙三段；Es²—Ed—沙二段-东营组；Ng—馆陶组；LST—低水位体系域；TST—湖侵体系域；HST—高水位体系域

1—Unconformity surface；2—fault；3—first flooding surface；4—the largest flooding surface；5—salt-gypsum formations；6—alluvial fan；7—fan delta；8—fluvial facies；9—delta；10—turbidite fan；11—river delta；Ek—Kongdian Formation；Es⁴—Es⁴ Formation；Es³—Es³ Formation；Es²—Ed—Es² and Dongying Formations；Ng—Guantao Formation；LST—low system tract；TST—transgression system tract；HST—high system tract

供给不足，前期为陆源碎屑沉积的区域演变为盐类、碳酸盐岩和生物礁及油页岩沉积，并夹有透镜状浊积砂体；北部边缘的粗碎屑岩也部分或全部堆积于水下（扇三角洲或水下扇）。此期，在凹陷北陡坡形成近岸深水浊积扇、三角洲前缘滑塌浊积扇等粗碎屑沉积体系，而在南缓坡形成了由水道供给的远岸浊积扇沉积。

4.3 高水位体系域与砂体成因

湖侵期后的高水位期，盆地仍持续下沉，但物源作用增强，盆地边缘坡度变缓，沉积物由陡坡和缓坡两个方向或者从轴向向盆地中心推进，砂体以三角洲前缘滑塌浊积岩、浊积扇和河流相砂体为主，砂体规模大，物性较好。东营凹陷从沙三段沉积中期开始，伴随着块断活动的相对减弱，湖盆回返收缩，此时沉积速率大于沉降速率，从而在湖盆的短轴方向（南北方向）上从边缘到中心由北而南发育了辫状河-扇三角洲-浅湖沉积体系；而在湖盆的长轴方向上（东西方向）从边缘到中心形成了河流-三角洲-浅湖沉积体系（如永安镇地区）。

5 沉积相类型与砂体特征

沉积相是沉积环境及在该环境下形成的沉积物或沉积岩特征的综合。济阳坳陷多凹共生、凹凸相间的构造格局决定了盆地具有物源方向多、沉积类型多、沉积面貌复杂的特点。多种类型的沉积作用形成了多种类型的储集砂体，在断陷盆地的充填沉

积中可识别的主要沉积体系和沉积相组合，有冲积扇、扇三角洲、浊积扇、河流三角洲、滨浅湖滩坝等（林畅松等，2004）。根据盆地不同构造演化阶段的特征、沉积体成因类型等，可将济阳坳陷古近系主要储层段的沉积相划分为 4 大类 9 亚类（表 4）。冲积扇相在沙河街组各沉积时期均有发育，主要分布于盆地边缘。冲积扇岩石类型以砾石、粗砂岩为主，夹红色泥岩，层理不明显，沉积构造呈现向上变细的正韵律沉积序列，成分成熟度和结构成熟度低。砂体平面呈扇形，剖面呈楔状或透镜状。沉积构造从下向上呈变细变薄的正韵律层序。

扇三角洲多发育于盆地断陷的早期，是在湖盆与物源之间高差大、坡度陡的条件下形成的（冯增昭，1993；康仁华等，2002）。东营凹陷沙河街期的扇三角洲相主要发育于北部陡坡带沙四段，由于该带处于坡度陡峻的沟谷地貌，冲积扇易直接入湖形成扇三角洲体系，岩石类型为各种不同粒级的砂岩，平原亚相具正韵律特征，前缘亚相具反韵律特征。砂体平面呈舌形或扇形，剖面呈楔状或透镜状。辫状河三角洲主要发育于沙三段，沿凹陷的短轴方向分布，如东营凹陷北部沙三段上亚段的胜坨辫状河三角洲，分布面积大，厚度大，沉积序列清楚，油气富集程度高，是国内较为典型的辫状河三角洲。曲流河三角洲自沙四段至沙二段均有分布。沙三段沉积时期是曲流河三角洲发育的鼎盛期，尤其是沙三段沉积的中后期，由于盆地周围山地上升，碎屑物源供给

表 4 济阳拗陷古近系主要沉积砂体特征表

Table 4 Characteristics of sandbodies of Paleogene in Jiyang depression

沉积相类型	亚类	砂体特征				
		砂体形态	砂体沉积构造	砂体沉积韵律	砂体岩性	实例
冲积扇	冲积扇	平面:扇形;剖面:楔状	具以牵引流为主的沉积构造	层理不明显,向上变细的正韵律沉积序列	以砾石、粗砂岩为主,夹红色泥岩	济阳拗陷各凹陷北部陡坡带、南部缓坡带
三角洲	扇三角洲	平面:舌形或扇形;剖面:透镜状、楔状	具以牵引流为主、重力流为辅的沉积构造	平原亚相具正韵律,前缘亚相具反韵律	各种不同粒级的砂岩	惠民凹陷临邑西南部、东营凹陷北部陡坡带沙四段
	辫状河三角洲	平面:席状;剖面:楔状或凸镜状	具以牵引流为主的沉积构造	主要呈现反韵律沉积序列	沉积物粒度较粗,多为中砂级以上	东营凹陷北部胜坨地区沙三段上亚段
	曲流河三角洲	平面:席状;剖面:楔状或凸镜状	具以牵引流为主的沉积构造	平原亚相具正韵律,前缘亚相具反韵律	以细砂岩、粉砂岩为主,成熟度较高	东营东部复合三角洲、惠民凹陷北部基山三角洲
浊积扇	近岸深水浊积扇	平面:扇形;剖面:楔状或透镜状	具以洪水重力流为主的沉积构造	鲍马序列一般发育不完整	以长石砂岩为主,粒度差别很大,成熟度很低	东营凹陷北带、沾化孤北洼陷两侧边界断层下降盘
	远岸深水浊积扇	平面:扇形;剖面:楔状或透镜状	具以重力流为主的沉积构造	具明显的鲍马序列	以长石砂岩和岩屑砂岩为主,粒度总体呈不等粒结构,成熟度很低	东营凹陷、沾化凹陷缓坡带沙三段下亚段-沙二段下亚段
	滑塌浊积扇	平面:扇形;剖面:丘形或透镜状	具以滑塌重力流为主的沉积构造	鲍马序列一般发育不完整	以粉砂、细砂岩为主,分选型较差	东营东部复合三角洲
滨浅湖滩坝	滩砂和坝砂	平面:条带状;剖面:丘形或透镜状	具以牵引流(沿岸流、湖流动荡水体)为主的沉积构造	以向上变细的正韵律沉积序列为主	细砂岩、粉砂岩与泥岩频繁互层,成熟度较高	东营凹陷南坡八面河-王家岗地区、沾化凹陷邵家及孤南富林地区

充足,河流频繁注入,分别在永安镇、莱州湾、牛庄、陈官庄等地区形成了多个三角洲沉积。

浊积扇是指以重力流搬运方式形成的深水扇形沉积体系,按其发育的构造部位及其与其他沉积体系的关系,可分为近岸深水浊积扇、远岸深水浊积扇和滑塌浊积扇等 3 种类型(冯有良等,2004)。近岸深水浊积扇、远岸深水浊积扇分别发育在断陷盆地的陡坡带和缓坡带,滑塌浊积扇主要分布在断陷盆地的洼陷带。滑塌浊积扇的成因主要与三角洲的主推进方向及前缘斜坡的地形特征有关,往往位于三角洲主推进方向前方的古地形低洼处,前缘沉积物发生滑塌,经常在三角洲进积体的坡角处或更远的深水湖区形成滑塌浊积扇沉积。其特点是几何形态上呈小型透镜体状,分布面积有限,厚度也较薄,一般数米厚,无补给水道,岩性以粉砂、细砂岩为主。而在湖泛期较长时,尤其是在三角洲发育的晚期,浊积扇的厚度及分布范围一般较大。东营凹陷在整个沙三段中亚段沉积时期,由于多期三角洲进积、湖泛的交替沉积作用,在东营凹陷中央洼陷带形成了多期多个浊积扇体,这些扇体垂向上相互叠置,平面上叠合连片,构成了该区主要的储油砂体(王居峰等,2003)。

滨浅湖砂质滩坝体系发育于无碎屑物源直接注入的滨岸带或浅湖区域,是各类近岸砂体的碎屑物质经湖浪、湖流的淘洗、搬运,在湖岸带及附近浅水区形成的砂体。砂质滩坝在滨浅湖相带十分发育,岩性较

细,与泥岩频繁互层,在低位体系域和高位体系域中较难保存,主要发育在湖侵体系域(冯有良,2004)。砂体平面呈条带状,剖面呈丘形或透镜状,具以牵引流(沿岸流、湖流动荡水体)为主的沉积构造,垂向韵律以向上变细的正韵律沉积序列为主,成熟度较高。济阳拗陷滨浅湖滩坝砂体主要分布在凹陷的缓坡,如东营凹陷南坡的八面河-王家岗和纯化-小营地区,沾化凹陷的邵家及孤南富林地区等。

6 砂岩体形成和分布的多级控制特征讨论

济阳拗陷砂砾岩油气藏在岩性地层油气藏中占主导地位。它们在湖盆中既可形成大量的分散的砂砾岩油气藏,也可以在适合的区带上,由纵向上叠覆、横向上连接的多种类型砂砾岩体形成较大规模的岩性地层油气藏群(谯汉生等,2000),因此断陷湖盆中的砂砾岩体是形成岩性地层油气藏最基本的条件。由于断陷湖盆的形成本身就具有复杂性,从而湖盆中砂砾岩体及油气藏的形成与分布存在不同的控制因素(刘震等,2006)。在这些控制因素中,砂岩体形成和分布不会受控于单一因素,只能是在某一主要因素的控制下,其他因素相互影响共同造成的。并且对于不同的控制因素,其级别也会有所差异,例如断陷类型的级别要高于构造带类型的级别,而构造带类型的级别要高于坡折带类型的级别。因此在

分析砂体形成与分布的控制因素上,可以运用“多级控砂”这一概念对其进行不同层次的归纳总结。

控制济阳拗陷砂岩体形成和分布的主要因素为断陷类型、构造带类型、坡折带类型、体系域类型及沉积相类型。在这 5 种控制因素中,每一种控制因素都能控制砂体的形成与分布。它们可以归纳为构造因素和沉积因素两大宏观因素,其中构造因素起着决定性作用,它控制着沉积因素的形成与分布。构造因素包括断陷类型和构造带类型,沉积因素包括体系域类型和沉积相类型,由于坡折带类型包括构造坡折带和沉积坡折带,因此坡折带类型是构造因素和沉积因素的结合体(图 2)。

控制因素的级别可分为五级,从一到五级分别为断陷类型、构造带类型、坡折带类型、体系域类型及沉积相类型,这 5 种控制因素之间可能是“逐级”控制关系。断陷类型直接控制着断陷湖盆中构造带的类型,在构造带类型确定之后,就可决定构造带中什么部位能够发育何种类型的坡折带,例如陡坡带由于断裂持续发育而容易发育断裂坡折带,缓坡带则因为沉积可容空间经常发生变化而容易发育沉积

坡折带。从表面上看,坡折带直接控制着砂体相类型及砂体分布特征,实际上由于坡折带的存在,它影响着体系域的类型和分布范围。例如当坡折带存在时,低水位体系域只分布在坡折以下;而当坡折带不发育或发育不完全时,低水位体系域分布范围可以很广。体系域类型控制着沉积体系的类型及分布,低水位体系域、湖侵体系域及高水位体系域所控制的沉积相类型及规模会有很大的差异。例如在低水位体系域中,主要发育河流相和滨浅湖相等砂岩体;在湖侵体系域中则主要发育深湖相砂岩体。沉积相是砂岩体的具体控制因素,不同的沉积相类型在湖盆中会表现出不同的砂体特征,因此它对砂体的特征具有直接的控制作用,而前四级控制因素对砂体只起到间接的控制作用。

7 结 论

通过对济阳拗陷古近系控砂机制的分析,可以得到以下结论:

(1)济阳拗陷砂体形成与分布受多种因素控制,主要包括断陷类型、构造带类型、坡折带类型、体系域类型及沉积相类型 5 种主要因素。

(2)济阳拗陷内不同类型断陷发育的沉积体系类型相差较大,双断湖盆相对于单断湖盆来说沉积体系发育类型较少;济阳拗陷内不同规模箕状断陷发育的沉积体系类型相似,不同的是小型箕状断陷从陡坡带与缓坡带沉积的砂体能够相接,洼陷内岩性砂体发育较少。

(3)济阳拗陷边界断层的断面产状与断层组合控制着物源的注入方向,在不同类型构造带及多种类型坡折带上分别发育不同沉积体系的砂体。

(4)济阳拗陷不同体系域发育不同沉积相类型的砂体;不同沉积相类型对砂体特征有直接的控制作用。

(5)济阳拗陷砂岩体的形成和分布遵循“多级控砂”的特征,控制因素的级别可分为五级,从一到五级分别为断陷类型、构造带类型、坡折带类型、体系域类型及沉积相类型。它们共同影响并逐级控制着砂岩体在断陷湖盆中的形成与分布。

参 考 文 献

费宝生, 汪建红. 2004. 坡折带与隐蔽油气藏——以二连盆地为例. 油气地质与采收率, 11(6): 22~23.
冯有良, 周海民, 李思田, 等. 2004. 陆相断陷盆地层序类型与构造特征. 地质论评, 50(1): 43~49.
冯有良. 2006. 断陷湖盆沟谷及构造坡折对砂体的控制作用. 石油

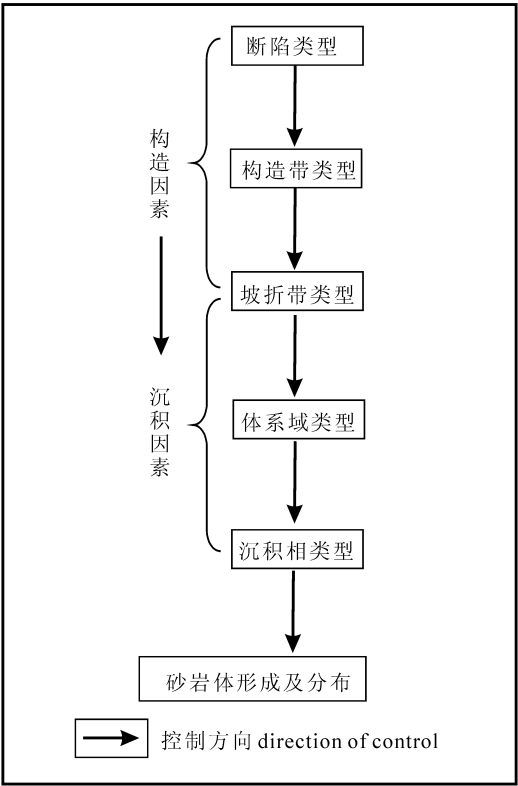


图 2 “多级控砂”概念控制因素级次图
Fig. 2 Diagram of controlling factors on multi-grades controlling of formation and distribution on sandbodies

学报, 27(1):13~16.

郝琦, 刘震. 2006. 中国东部陆相断陷盆地双断凹陷类型及特征. 西安石油大学学报, 21(4):37~41.

胡受权, 郭文平, 杨凤根, 等. 2001. 试论控制断陷湖盆陆相层序发育的影响因素. 沉积学报, 19(2):256~262.

康仁华, 刘魁元, 赵翠霞, 等. 2002. 济阳拗陷渤海洼陷古近系沙河街组沉积相. 古地理论, 4(4):19~29.

李丕龙, 金之钧, 张善文, 等. 2003. 济阳拗陷油气勘探现状及主要研究进展. 石油勘探与开发, 30(3):1~4.

李丕龙, 张善文, 宋国奇, 等. 2004. 断陷盆地隐蔽油气藏形成机制——以渤海湾盆地济阳拗陷为例. 石油实验地质, 26(1):3~10.

李守军, 郑德顺, 蔡进功, 等. 2003. 鲁北和鲁西南地区古近纪盆地沉积特征与控制因素探讨. 地质论评, 49(3):225~232.

李思田, 潘元林, 陆永潮, 等. 2002. 断陷湖盆隐蔽油气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[J]. 地球科学, 27(5):592~598.

林畅松, 潘元林, 肖建新, 等. 2000. 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, 25(3):260~266.

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, 33(11):1025~1036.

刘玉亮, 陈红汉, 刘金, 等. 2003. 临南地区沙三段砂岩体及其成藏特征. 特种油气藏, 10(4):10~15.

刘震, 赵阳, 杜金虎, 等. 2006. 陆相断陷盆地岩性油气藏形成与分布的"多元控油—主元成藏"特征. 地质科学, 41(4):612~635.

潘元林, 宗国洪, 郭玉新, 等. 2003. 济阳断陷湖盆层序地层学及砂

砾岩油气藏群. 石油学报, 24(3):16~23.

潘元林, 李思田. 2004. 大型陆相断陷盆地层序地层与隐蔽油气藏研究——以济阳拗陷为例. 北京:石油工业出版社, 116~141.

譙汉生, 王明明. 2000. 渤海湾盆地隐蔽油气藏. 地学前缘, 7(4):497~506.

孙龙德. 2000. 东营凹陷中央隆起带沉积体系及隐蔽油气藏. 新疆石油地质, 21(2):123~128.

田景春, 曾允孚, 张长俊. 1994. 东营凹陷沙河街组层序地层及地层格架研究. 矿物岩石, 14(2):37~46.

王居峰, 蔡希源, 邓宏文, 等. 2003. 渤海湾盆地东营凹陷中央洼陷带沙三段基准面旋回变化与岩性圈闭. 石油实验地质, 25(4):357~361.

王英民, 刘豪, 李立诚, 等. 2002. 准噶尔大型断陷湖盆坡折带的类型和分布特征. 地球科学, 27(6):683~688.

王英民, 金武弟, 刘书会, 等. 2003. 断陷湖盆多级坡折带的成因类型、展布及其勘探意义. 石油与天然气地质, 24(3):199~203.

吴因业, 邹才能, 季汉成. 2005. 中国层序地层学导论. 北京:石油工业出版社:23~36.

肖焕钦, 王宝言, 陈宝宁, 等. 2002. 济阳拗陷陡坡带断裂控砂模式. 油气地质与采收率, 9(5):20~23.

张宇. 2005. 济阳拗陷缓坡带构造特征及分类. 断块油气田, 12(3):22~25.

赵文智, 邹才能, 汪泽成, 等. 2004. 富油气凹陷“满凹含油”论——内涵与意义. 石油勘探与开发, 31(2):5~13.

邹才能, 陶士振, 谷志东. 2006. 中国低丰度大型岩性油气田形成条件和分布规律. 地质学报, 80(11):1739~1751.

周廷全. 2005. 济阳拗陷缓坡带沉积模式及有利储集体分布研究. 油气地质与采收率, 12(3):18~22.

Analysis of Multi-Grade Controlling of Formation and Distribution on Paleogene Sandbodies in the Jiyang Depression, Bohai Bay Basin

LIU Zhen¹⁾, LI Yunzhen¹⁾, ZHAO Yang²⁾, JI Shengzhen³⁾, ZHANG Shanwen⁴⁾, LÜ Xixue⁴⁾

1) Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation Mechanism of the Ministry of Education, China University of Petroleum, Beijing, 102249

2) Research Center, China National Offshore Oil Corporation, Beijing, 100027

3) Sinopec Exploration and Production Research Institute, Beijing, 100083

4) Shengli Oilfield Co. Ltd., Dongying, Shandong, 257000

Abstract

In the Jiyang Depression, the main controlling factors on the formation and distribution of Paleogene sandbodies include ① fault basin types, ② structural zone types, ③ system tract types, ④ slope-break belt types, and ⑤ sedimentary facies types. In different types of fault basins, there are different types of sedimentary system. There are also differences in the sedimentary systems in half-graben basins with different scales. At the same time, the types of fault basin control the development of structural zones. The types of structural zone decide the location of slope-break belt. The types of slope-break belt affect the development and distribution of system tract. The types of sedimentary facies directly control the characteristics of sand-bodies. Obviously, the formation and distribution of sandbodies in the Jiyang depression follow the regulation of "multi-grade controlling formation and distribution of sandbodies". The formation and distribution of sandbodies in a fault basin are affected commonly and controlled progressively by the five factors.

Key words: Jiyang Depression; sandbody type; multi-grades controlling of formation and distribution on sandbodies; system tract; sequence

