

# 博兴洼陷西部沙三段有利储集砂体分布探讨

李茂榕<sup>1,2</sup>, 王红亮<sup>1</sup>

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中石化胜利油田有限公司, 东营 257015)

**摘要** 博兴洼陷油气勘探已进入隐蔽油气藏为主的勘探阶段, 储集砂体的分布, 尤其是能够形成地层岩性油藏的有利储集砂体的分布, 是油气勘探的关键。研究区主要发育有浊积扇、辫状三角洲前缘和近岸水下扇三种类型的储集砂体, 其中浊积扇扇体是岩性圈闭勘探的最有利砂体。通过已发现油气藏的地层位置分析, 发现 MSC8、MSC7、MSC6、MSC5、MSC2 旋回的上升半旋回是有利储集砂体发育的主要层段, 浊积扇砂体发育, 且具有有利的油气成藏条件。平面上, MSC8 旋回的有利储集砂体主要发育在高青断层东南侧的狭长区域内, MSC5、MSC6、MSC7 旋回的有利储集砂体发育在坡折带之下的洼陷区。综合上述分析, 预测了坡折带下部洼陷区、高青断裂下降盘和高 24—高 27 井间区域 3 个岩性和构造—岩性圈闭勘探有利区。

**关键词** 博兴洼陷, 沙三段, 有利储集砂体, 浊积扇, 岩性圈闭

中图分类号 P631

文献标识码 A

文章编号 1004-2903(2007)05-1566-05

## Distribution of reservoir sandbodies of the 3rd member of shahejie formation, western of boxing sub-depression

LI Mao-rong<sup>1,2</sup>, WANG Hong-liang<sup>1</sup>

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Shengli Oilfield Ltd, Dongying 257015, China)

**Abstract** Lithologic traps are the main plays for the further exploration of Boxing Sub-depression. The distribution of reservoir sandbodies is the key factor for the exploration of lithologic traps. This paper focused on the analysis of reservoir sandbodies, including the types, the stratigraphic position and distribution of the sandbodies of the 3rd Member of Shahejie Formation, Western of Boxing Sub-depression. Three kinds of reservoir sandbodies are recognized in studied area, which are turbidite fan, braided-delta front and near-bank subaqueous fan. The turbidite fan is the most favorable reservoir to lithologic traps. The favorable members for lithologic traps are the rising hemi-cycles of MSC5, MSC6, MSC7, MSC8 in light of analysis on the stratigraphic position of discovered oil and gas, in which the turbidite fan occurs and the petroleum-forming conditions are better. South-east area of Gaoqing fault is the favorable area for reservoirs in MSC8 and the depression area under the slope break of south slope is the favorable area for reservoirs in MSC5, MSC6, MSC7. Based on compressive analysis, three favorable areas are predicated, which are the depression area under the slope break of south slope, the thrown wall of Gaoqing fault and the region between Well Gao24 and Well Gao 27.

**Keywords** boxing sub-depression, the 3rd member of shahejie formation, favorable reservoir, turbidite fan, lithologic trap

### 0 引言

博兴洼陷是东营凹陷最西部的一个三级构造单元, 是受高青断层和石村断层共同控制的古近系箕

状洼陷。博兴洼陷西部地区是沙河街组沉积时期洼陷的沉积中心和沉降中心, 构造面貌相对比较简单, 地层产状总体上南高北低, 西部边缘的高青—平南断层对这一时期的沉积起主要的控制作用。经过三

收稿日期 2006-10-10; 修回日期 2006-12-20.

基金项目 国家自然科学基金"断陷盆地可容纳空间转换系统研究"(编号 40672078)资助.

作者简介 李茂榕, 男, 高级工程师, 山东寿光人, 1960 年生, 1985 年毕业于长春地质学院应用地球物理系或工学学士学位, 现在中国地质大学(北京)攻读博士学位. (E-mail: whl4321@sohu.com)

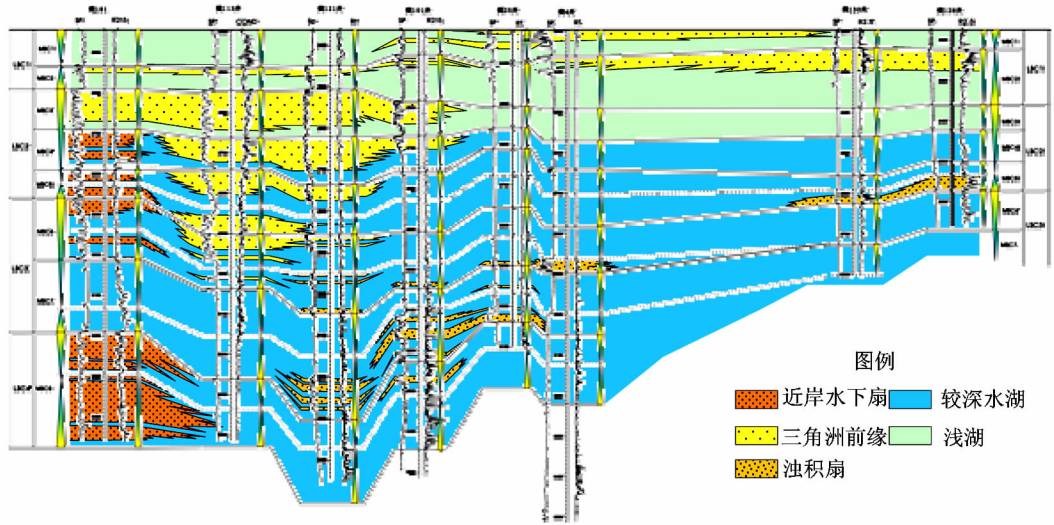


图1 博兴洼陷沙三段主要储集砂体类型及其空间分布(近东西向)

Fig.1 Main types of reservoir sandbodies and Its distribution in space,  
3rd Member of Shahejie Fm., Boxing Sub-depression

十多年的油气勘探,该区域及其周边已发现大芦湖、博兴、高青、金家等9个油气田,是一个油气较富集的勘探区。目前该区的油气勘探已从构造油气田为主转向以地层岩性等隐蔽油气藏为主的勘探阶段。沙河街组三段沉积时期是洼陷的强烈沉降期,也是岩性圈闭最为发育的时期。对研究区而言,储集砂体并不缺乏,但这些砂体能否形成圈闭,尤其是砂体自身能否形成岩性圈闭,是勘探的关键。因此这里把易于或能够形成岩性圈闭的砂体称为有利储集砂体,并从储集砂体的类型、分布层位、分布模式及分布区域等方面对有利储集砂体的分布进行了探讨。

## 1 主要储集砂体类型

在沉积相分析<sup>[1,2]</sup>基础上,确定研究区主要储集砂体<sup>[3]</sup>成因类型有以下几种(图1)。

### 1.1 浊积扇砂体

主要发育在研究区北部洼陷区。平面上呈扇体形态,剖面上多呈透镜体或侧向上相互叠置的透镜体形态。浊积扇主体部位单层厚度大,以发育浊流水道为主,韵律不明显;岩性以粉砂岩为主;沉积构造不发育,整体上以块状为主,中上部见水平层理和微波状层理,局部深灰色泥砾、泥岩撕裂片。向边部单层变薄,泥质夹层增多,泥岩撕裂片、砂泥混杂结构开始发育,局部发育浊积席状砂。砂层厚度一般为几米~几十米,多表现为多层砂体的相互叠置特征。

滑塌浊积岩分布局限,钻井剖面上表现为夹于

大套深灰色湖相泥岩中的块状粉、细砂岩,规模小,厚度不大,一般为几米。

### 1.2 近岸水下扇砂体

主要发育在高青断层的下降盘。钻遇的主要是扇中部分,岩性特征以厚层粉砂岩、细砂岩为主。沉积物近源特征明显,砂岩成熟度较差,平面上分布范围相对局限,沿断层下降盘形成多个扇体相连的带状特征分布;垂向上,下部旋回砂体发育,呈现多个砂体的空间叠置特征,厚度较大,最大可达200多米。

### 1.3 辫状三角洲前缘砂体

主要发育在研究区的南部和中部,以粉砂岩、细砂岩为主,发育有水下分流河道及河口坝微相,总体具向上变粗的反韵律特征。分支河道相砂岩测井曲线呈齿状箱形,为多期向上变细的旋回叠置而成,以发育槽状交错层理为主,顶部见平行层理。单个河口坝呈典型的漏斗形自然电位曲线特征,研究区多呈现为多个河口坝砂体的垂向叠置特征。分布范围广,厚度大,单层厚度一般几十米,最大累计厚度可达600~700 m。南北向上表现为前积反射特征,而横向上表现为多个透镜体的侧向叠置或双向下超特征。该砂体又可进一步分为前缘分支河道、河口坝、席状砂三种类型。

对岩性油气藏勘探而言,以浊积扇砂体最为有利,自身易于形成砂岩透镜体圈闭和砂岩上倾尖灭圈闭。其次为近岸水下扇和辫状三角洲前缘砂体。辫状三角洲前缘砂体发育,物性好,但多数难以形成岩

地 层		层序划分				储 层 成因类型	已 知 油气层 位 置	主要油气藏 类 型	典型井 或地区
组	亚段	中期	名称	长期	名称				
沙 三 段	沙二段	沙二下	MSC1	LSC1	三角洲砂体 浊积砂体	构造—岩性	樊41井		
			MSC2						
	沙三上	MSC3	LSC2	三角洲砂体	火山岩遮挡	高81井			
		MSC4		三角洲砂体 浊积砂体	砂岩透镜体	樊11井 樊29井			
		MSC5		三角洲砂体 浊积砂体	砂岩上倾尖灭 砂岩透镜体	樊23井 樊24井			
		MSC6		三角洲砂体 浊积砂体	构造—岩性 砂岩透镜体	樊23井 樊10井			
		MSC7		三角洲砂体 浊积砂体	砂岩上倾尖灭 砂岩透镜体	樊23井 樊14井			
	沙三中	MSC8	LSC3	三角洲砂体 浊积砂体	构造—岩性	樊25井 樊15井			
		MSC6		三角洲砂体 浊积砂体	构造—岩性	樊181井			
		MSC7		三角洲砂体 浊积砂体	砂岩上倾尖灭 砂岩透镜体				
沙三下		LSC4	三角洲砂体 浊积砂体	砂岩上倾尖灭 砂岩透镜体					

图 2 博兴洼陷沙三段油气层与储集砂体分布的地层位置

Fig. 2 Stratigraphic position of hydrocarbon layers and reservoir sandbodies in the 3rd Member of Shahejie Fm., Boxing Sub-depression

性圈闭,需要有较好的构造配合,可形成构造-岩性圈闭;在三角洲砂体的上倾方向可能形成砂岩上倾尖灭圈闭;同时由于研究区中南部发育火成岩,也可由火成岩遮挡而形成圈闭.近岸水下扇砂体与上倾方向断层组合形成断层-岩性圈闭或由扇根非渗透性的砂砾岩封堵而形成圈闭.

## 2 有利储集砂体发育的地层位置分析

研究区下第三系沙三段~沙二下为一个二级层序<sup>[4]</sup>,根据以基准面旋回为参照面的层序地层理论与分析技术<sup>[5~8]</sup>,可进一步划分为4个长期基准面旋回(相当于三级层序),和8个中期旋回(大致相当于四级层序)(图2).通过对已发现油气层及其储集砂体类型和油气藏类型的统计,发现油气层比较集中的层位(尤其是与岩性油气藏相关的层位)主要为

MSC8、MSC7、MSC6、MSC5旋回, MSC4、MSC2旋回也有发育;油气层在各层序内的位置主要是位于各中期旋回的上升半旋回(图2).

MSC8旋回:该旋回目前已发现的油气显示主要集中在近研究区西部高青断裂带下降盘附近.该旋回发育的较深水湖相暗色泥岩为良好的烃源岩;浊积扇砂岩、辫状三角洲前缘砂岩、近岸水下扇砂体发育适中,具备较好的储集层条件;自身发育的较深水湖相泥岩及其上覆的泥岩作为良好的盖层,可以形成自生自储自盖或自生自储上盖的组合,具备比较有利的形成油气藏的条件.该区油气藏形成的不利条件一是近岸水下扇砂体的物性较差,一是埋深较大.总体上,该层系勘探程度比较低,是下一步应该重点勘探的层系,勘探的方向有:辫状三角洲前缘的滑塌浊积扇体及滑塌浊积岩、高青断裂下降盘的

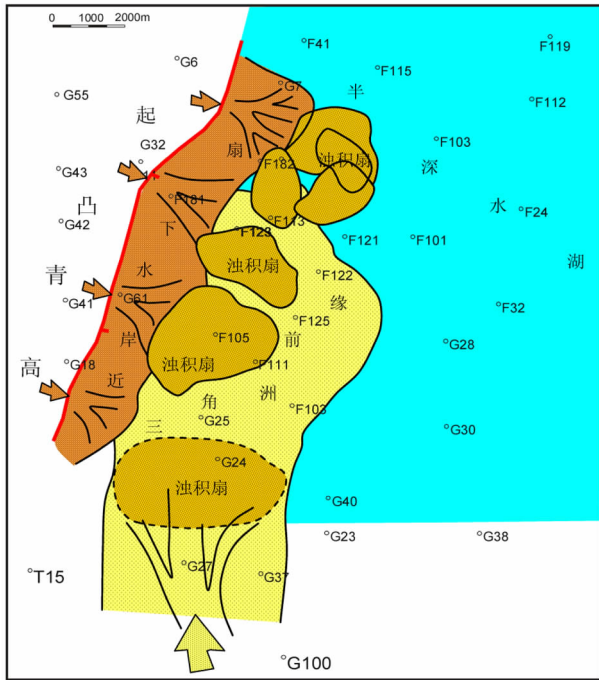


图3 博兴洼陷西部沙三段 MSC8 上升旋回储集砂体分布

Fig. 3 Distribution of reservoir sandbodies in rising hemi-cycle of MSC8, 3rd Member of Shahejie Fm., Western of Boxing Sub-depression

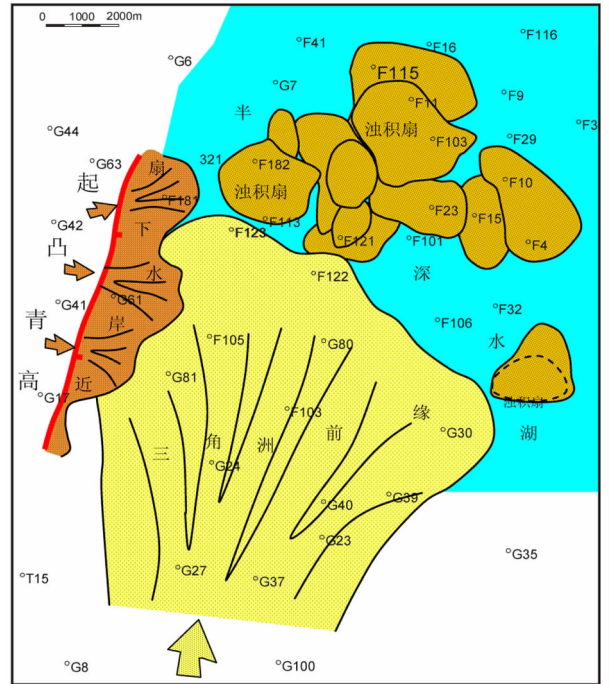


图4 博兴洼陷西部沙三段 MSC6 上升旋回储集砂体分布

Fig. 4 Distribution of reservoir sandbodies in rising hemi-cycle of MSC6, 3rd Member of Shahejie Fm., Western of Boxing Sub-depression

近岸水下扇的有利相带部位、坡折带下部的浊积扇体及研究区南部辫状三角洲前缘砂体的上倾尖灭部位或与构造配合的位置。

MSC7、MSC6、MSC5 旋回:为研究区最主要的油气层位,油气层主要分布在各旋回上升半旋回。目前已发现的油气藏(大芦湖油田)主要分布于洼陷区,在高青断裂下降盘局部见显示。这几个旋回在洼陷区均是较深水湖相的暗色泥质岩发育,为良好的烃源岩,同时又可以作为良好的盖层;夹于湖相泥岩中的辫状三角洲前缘的滑塌浊积扇砂体作为储集层,物性较好,可以形成自生自储自盖组合,具备形成岩性油气藏的优越条件。虽然该层系勘探程度已比较高,其仍具备一定的勘探潜力。下一步勘探的重点一是要放在滚动勘探开发方面,精确圈定每一个浊积扇砂体的分布范围,结合已有的勘探开发成果,可能发现新的含油面积及新层系、新储量;二是对于东南侧的几个没有钻探的砂体,应该尽快实施部署,以确定其含油性。

MSC3、MSC4 旋回:这两个旋回特征相似,油气显示较少,以构造油气藏为主,局部见有火成岩遮挡油气藏,在洼陷区 MSC4 上升半旋回发育有浊积扇

砂体为储层的岩性油气藏。该层系储集层发育,但盖层条件缺乏,不易形成圈闭,不应作为岩性油气藏勘探的重点层系。下一步勘探的重点应放在火成岩遮挡油气藏或构造油气藏勘探上。

MSC2 旋回:该旋回油气显示也较少,在上升半旋回和下降半旋回均有。该旋回埋深相对较浅,只是洼陷区才基本达到生油门限,大部分地区未达到成熟烃源岩的标准,油气主要来自下部的层系,由断层作为运移的通道。储集层有辫状三角洲浊积扇砂岩和辫状三角洲前缘砂体。盖层为其自身或 MSC1 旋回下部的浅湖一半深湖相的泥质岩,形成下生上盖的组合太哦件条件,以构造—岩性油气藏为主。该层系下一部的勘探重点一洼陷区浊积扇砂岩体与构造的配置部位;一是沿博兴断裂带寻找构造或岩性的有利位置,寻找构造或构造—岩性油气藏,尤其是来自东南方向的辫状三角洲前缘砂体与博兴断裂相配置有利位置。

由上述各层系已知油气层位置的分析,确定研究区有利储集砂体发育的主要层系为 MSC8、MSC7、MSC6、MSC5、MSC2 旋回的上升半旋回。

### 3 有利储集砂体分布探讨

MSC8 旋回: 储层主要发育在上升半旋回, 该时期储层的发育相带较窄, 主要发育在研究区西侧高青断层东南侧的狭长区域内(图 3), 其分布主要受沙三段前古地形的控制。发育的储集层类型主要有浊积扇砂体、辫状三角洲前缘砂体、近岸水下扇砂体和滑塌浊积岩。浊积扇砂体的分布多呈孤立状, 砂体厚度一般为 20~30 m, 单个扇体面积一般为 2~6 km<sup>2</sup>, 最南部的扇体面积较大, 可达十几 km<sup>2</sup>, 为多个扇体形成的叠合浊积扇体。这些浊积扇体累积面积可达 27 km<sup>2</sup>。高青断层下降盘的近岸水下扇砂体厚度比较大, 且在 MSC8 的上升与下降半旋回均比较发育, 砂岩累积厚度近 200 米; 平面上沿高青断层下降盘多个扇体侧向叠置, 总体呈带状分布, 累计面积大, 可达 20 km<sup>2</sup>, 但其物性较差。滑塌浊积岩主要发育在下降半旋回的辫状三角洲前端, 规模不大, 厚度一般为几米, 最大可达十几米, 面积一般不足 1 km<sup>2</sup>。辫状三角洲前缘砂体在研究区比较发育, 分布面积大, 厚度大, 但由于砂体太发育, 不易形成圈闭, 其有利的位置推测在研究区的南部的上倾尖灭部位。

MSC7、MSC6、MSC5 旋回: 对形成岩性油气藏有利的储集层主要是各旋回上升半旋回的浊积扇砂体, 近岸水下扇和辫状三角洲前缘砂体在有利的地层或构造位置可能形成构造一岩性油气藏或地层油气藏。浊积扇体主要发育在第二坡折带之下的洼陷区, 表现为多个扇体的叠合连片, 单个扇体面积大小不等, 小的不足 1 km<sup>2</sup>, 大的可达 10 km<sup>2</sup>, 一般为 2~6 km<sup>2</sup>。浊积扇体平面叠合面积为 28~40 km<sup>2</sup>(图 4)。垂向上, 各旋回浊积砂体厚度比较大, 一般为 20~50 m, 最厚可达 70 多米。由于浊积扇体来自于辫状三角洲前缘砂体的再搬运, 其物性较好。近岸水下扇砂体与辫状三角洲前缘砂体在研究区非常发育, 但其不具备形成岩性圈闭的条件, 因此对这种砂体储层不是关键, 主要是看能否形成圈闭。

### 4 地层岩性圈闭勘探目标区预测

在有利储集砂体分布研究基础上, 结合油气成藏条件分析, 确定了地层岩性油气藏勘探的 3 个目标区。

#### 4.1 洼陷区

该区浊积扇砂体在多个层位发育; 埋深整体较大, 主要烃源岩发育层位均已达生油门限, 是主要生油区; 储集层夹于厚层暗色泥质岩中, 砂泥比适当, 生储盖配置好; 断层不发育, 后期构造活动相对较

弱, 原生油气藏没有遭到破坏; 目前已发现以岩性油气藏为主的大芦湖大油田。该区下一步勘探方向主要是油气储量分布范围以外的浊积扇体及储量分布范围内不同层系的挖潜, 具体有利区如樊 32 井东南部浊积扇砂体分布区、樊 41 井南侧 MSC2 上升半旋回浊积扇砂体上倾部位、樊 18 井附近浊积扇体及洼陷区浊积扇叠合发育区。该区潜力很大, 预计可再发现储量规模在  $4\ 000 \times 10^4$  t 以上。

#### 4.2 高青断裂下降盘

该区烃源岩比较有利; 储层类型多样, 发育有近岸水下扇、浊积扇、辫状三角洲前缘等储集砂体。但该区目前并没有大的油气发现, 其主要问题可能为砂体太发育, 相互连通难以形成圈闭; 水下扇砂体物性较差。但该区并不是没有潜力, 下一步寻找的重点层系上主要是 MSC8 旋回, 圈闭类型包括砂岩上倾尖灭、砂岩透镜体和构造一岩性等。后期构造作用使水下扇体远端局部形成翘倾, 且扇体远端(扇中前部或扇端)物性相对较好, 易于形成砂岩上倾尖灭圈闭; 辫状三角洲或水下扇前端发育有小规模浊积透镜体, 可形成砂岩透镜体圈闭。砂体与构造配合的有利位置, 可形成构造一岩性圈闭。该区预计可发现储量规模在  $1\ 500 \times 10^4$  t 以上。

#### 4.3 高 24—高 27 井间区域

该区主要为 MSC8 上升半旋回浊积扇砂体发育区。其上部(南部)断层较发育, 对油气成藏较有利, 且是油气运移指向区; 可能发育砂岩上倾尖灭、构造一岩性及地层超覆等圈闭类型。该区预计可发现储量规模在  $500 \times 10^4$  t 以上。

### 参 考 文 献(References):

- [1] 罗佳强. 东营凹陷博兴洼陷西部沙三段砂岩体的物源及成因分析[J]. 油气地质与采收率, 2001, 8(5): 10~13.
- [2] 郭旭升. 高青地区沙三段砂体成因与油气成藏分析[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(6): 35~37.
- [3] 吴崇筠, 薛权浩, 等. 中国含油气盆地沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992.
- [4] 冯有良. 东营凹陷下第三系层序地层格架及盆地充填样式[J]. 地球科学, 1999, 24(6): 635~642.
- [5] 陈洁. 济阳坳陷第三系构造层序及其演化[J]. 地球物理学进展, 2003, 18(4): 700~706.
- [6] 邓宏文, 王红亮, 祝永军, Tim Cross. 高分辨率层序地层学-原理及应用[M]. 北京: 地质出版社, 2002.
- [7] Cross T A. Applications of high-resolution sequence stratigraphy to reservoir analysis: The Interstate Oil and Gas Compact Commission 1993 Annual Bulletin, 1994, 24~39.
- [8] 张明震, 谭明友, 王兴谋. 济阳坳陷第三系隐蔽藏储层预测配套技术[J]. 地球物理学进展, 2005, 20(1): 42~48.
- [9] 马丽娟, 郑和荣, 陈霞. 隐蔽油气藏地震预测技术新进展[J]. 地球物理学进展, 2007, 22(1): 294~300.