

珠江口盆地惠州凹陷西江 24-3 油田沉积微相研究

周超宇¹, 陈恭洋¹, 梁 卫², 张 伟²

(1 长江大学计算机科学学院, 湖北荆州 434023;

2 中国海洋石油南海东部公司研究院, 广州 510240)

摘 要: 通过观察岩心, 结合测井、录井资料, 运用沉积学方法, 分析研究了西江 24-3 油田发育的沉积微相类型及其特征; 识别出研究区整体上为三角洲平原和三角洲前缘沉积, 确定了 8 种沉积微相类型; 在此基础上分析了不同的沉积时期各沉积微相的组合特征和平面分布特征, 指出三角洲平原分支河道、三角洲前缘水下分流河道、河口坝、远砂坝、席状砂等砂体为有利储集相带, 为本区的勘探开发提供依据。

关键词: 沉积微相; 三角洲相; 分流河道; 西江 24-3 油田

中图分类号: P618.02

文献标识码: A

1 地质背景

西江 24-3 构造位于珠江口盆地北部珠一坳陷带惠州凹陷的南部构造带上^[1], 为一个在基岩

断块上继承性发育起来的背斜构造, 构造完整、平缓, 圈闭面积小(19.7 km²)(图 1)。

西江 24-3 油田的含油层分布在新近系韩江组下部和珠江组上部。其中, 韩江组下部油层以细粒石英砂岩为主, 向底部变为中粒、不等粒砂

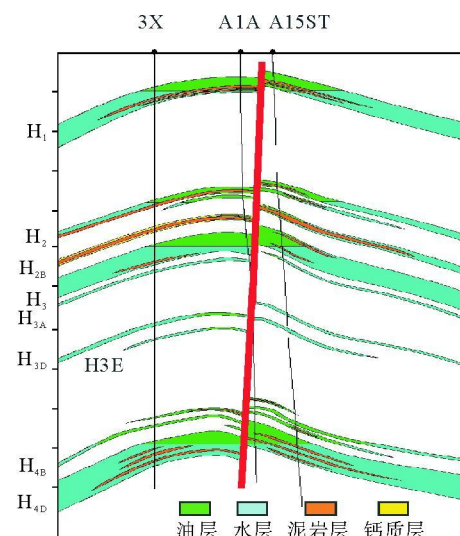
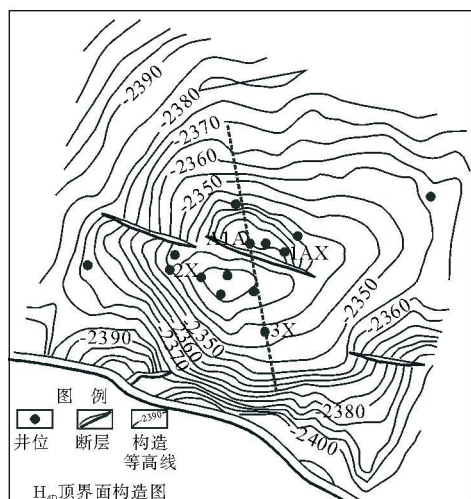


图 1 西江 24-3 油田 H₄₀顶面构造及油藏剖面

Fig. 1 The structural map and section of the top of H₄₀ in Xijiang 24-3 Oil Field

收稿日期: 2010-08-18

基金项目: 油气资源与探测国家重点实验开放项目(KFKT-2010001)

作者简介: 周超宇(1984—), 女, 在读硕士, 主要从事石油地质研究工作. E-mail: zhouchaoyu33@163.com

岩^[2-4]；而珠江组油层主要为中粒偏粗的岩屑长石石英砂岩，其次为不等粒和细粒砂岩，底部为含砾砂岩。

根据前人对区域沉积相的研究成果^[3-7]，本区油层的主力储层的沉积大致经历了 3 个演化阶段：

- ①油田最底部的储层(H_{4b})形成于 18.5~17.5 Ma。此时海平面已经下降，因而形成了一套以上三角洲平原辫状河道为主的含砾粗砂岩沉积，自然伽玛曲线以箱形为主。
- ②从 17.5~17 Ma，本区形成一套海进沉积层序。沉积环境以三角洲前缘(河口坝、远砂坝/席状砂)、前三角洲为主；中部由于次一级海平面变化形成一套上三角洲平原辫状河道沉积。大套厚层前三角洲和分流间湾泥岩对砂岩中油气的聚集极为有利，发育的储层有 H₂—H_{4c} 等 8 个油层段。
- ③从 17~16.5 Ma，海水逐渐退缩，古珠江三角洲向前推进，形成一套进积层序，沉积环境由三角洲前缘转为下三角洲平原，砂体厚度增大，储层主要为辫状河道沉积，形成本区又一个主力油层(H₁)。

由于该油田已有 20 多年的开发历史，主力厚油层已进入了高含水阶段，为了下一步的开发调整和薄油层的动用，开展了该油田的细分沉积微相研究。

2 沉积微相类型及特征

通过对该油田 3 口岩心井(1AX、2X、3X)和 50 口井的录井和测井资料的分析，以岩心沉积微相分析为基础，建立测井微相模式，通过单井测井微相划分和连井剖面对比，建立各小层的沉积微相平面分布。结合前人研究成果，将研究区确定为海陆过渡相的辫状河三角洲沉积^[8、9]。砂体平面分布具有西北厚东南薄的特点，主要发育三角洲平原和三角洲前缘亚相。微相类型有：三角洲平原分支河道、河道间；三角洲前缘水下分流河道、分流间湾、河口砂坝、远砂坝、席状砂以及前三角洲泥(表 1)。

以 3X 井为例，说明各主要储层的微相类型特征。

表 1 研究区沉积微相类型
Table 1 The types of microfacies in the study area

相	亚相	微相	测井曲线模式	曲线特征描述
辫状河三角洲	三角洲平原	分支河道		GR 低值箱形或钟形曲线，顶底面突变接触或呈底部突变接触
		分支河道间		GR 平直或弱齿，曲线异常幅度极低或无异常。 Rt 高值平直或微齿状
	三角洲前缘	水下分流河道		单个河道砂体的 GR 特征呈微齿或光滑的中—高幅钟形或箱形，多个河道砂体连续叠置呈中—高幅钟形叠加钟形或箱形及钟形+箱形的复合形。顶底面突变接触或呈底部突变接触，顶部渐变接触
		分流间湾		GR 呈微齿形或光滑曲线；曲线异常幅度极低或无异常； Rt 高值平直或微齿状
		河口砂坝		GR 为漏斗形，反粒序，曲线可含微齿或呈光滑曲线，齿中线可向内收敛，一般顶部呈渐变或突变接触，底部呈渐变接触。
		远砂坝		GR 以微齿或光滑的漏斗形或指形为主，Rt 低幅齿形
		席状砂		GR 以微齿或光滑的漏斗形或指形为主，在垂向上无明显的粒序变化；Rt 低幅齿形
	前三角洲	前三角洲泥		GR 呈低幅微齿或光滑的曲线形一直线形

2.1 三角洲平原分支河道微相

分流河道沉积构成三角洲平原的骨架砂体, 以河道砂坝侧向迁移加积形成的沉积物为主, 岩性较粗, 为砾岩、含砾砂岩及砂岩, 其基底具冲刷面, 内部具向上变细的沉积序列。分流河道沉积岩性主要以灰色细砂岩、泥质砂岩为主, 底部为灰白色含砾中粒石英砂岩。颗粒多呈次棱角状一次圆状, 分选中等, 孔隙互胶结。自然电位曲线多呈箱形曲线, 起伏很明显。自然伽玛曲线多呈高幅负值, 呈尖齿状; 薄层砂岩段自然伽玛出现尖峰状, 中高幅值; 泥岩段自然伽玛为低幅值, 呈微齿状(图 2)。

2.2 三角洲前缘水下分流河道微相

岩石相类型主要有块状层理中一粗砂相、交错层理(含砾和砾状)中一粗砂岩相、平行层理(含砾)中一粗砂岩相等。总体上河道砂体的粒度较粗, 在电性曲线上表现为高幅度值的正韵律特征(图 1)。底部是凹凸不平的冲刷面, 顶部界面是相转换面或另一河道的底部冲刷面。河道砂体内部常常由多个韵律段组成。在河道的不同部位, 河道砂体表现出多种纵向内结构(正、反和复合旋回), 从而决定了电性曲线形态和水淹特征的多样性(图 2)。

2.3 三角洲前缘河口砂坝微相

主要由平行层理和交错层理的含砾粗一中一细砂岩、交错层理和平行层理细砂岩、平行层理和小型浪成交错层理粉砂岩组成, 总体岩石粒度比河道要细, 这决定了河口坝的电性曲线的幅度比河道低, 主要呈反韵律特征。顶底界面常常表现为两种类型: 突变和过渡相变面。顶界面可以上覆湖相泥岩和粉砂岩或河道砂体(很少见); 底部常常与下伏结构要素如湖相细粒沉积物、河道砂体过渡, 界面位置很难确定。一般有 3~5 个反韵律或全韵律, 主体部位和边部表现出明显的内部结构特征差异, 边部主要表现为由多个反韵律叠置而成的反旋回, 向上韵律的厚度和粒度变厚、变粗; 主体部位总体上表现为向上变粗, 然后向上变细, 有时上覆一个全韵律。这些特征决定了电性曲线形态以漏斗状为主(图 2)。

2.4 三角洲前缘远砂坝微相

远砂坝分布于河口坝或河道末端前方。纵向上, 远砂坝的上部和下部均为厚度较大的深灰色泥岩和灰绿色浪成交错层理、平行层理粉砂岩, 一般由 1~3 个反韵律组成。主要由低角度交错层理和平行层理粉砂岩(常常含泥)、低角度交错层理和平行层理细砂岩、交错层理含砾细砂岩以及少量的含砾中一粗砂岩等岩石相类型组成。细砂岩为远砂坝中主要储层岩石相类型, 而含砾砂岩和粉砂岩由于厚度较小或较致密, 为非储层。岩石相粒度相对较细、韵律少是远砂坝区别于河口坝的最重要的特征, 其自然电位和电阻率曲线的幅度都较低, 常呈对称旋回特征(图 2)。

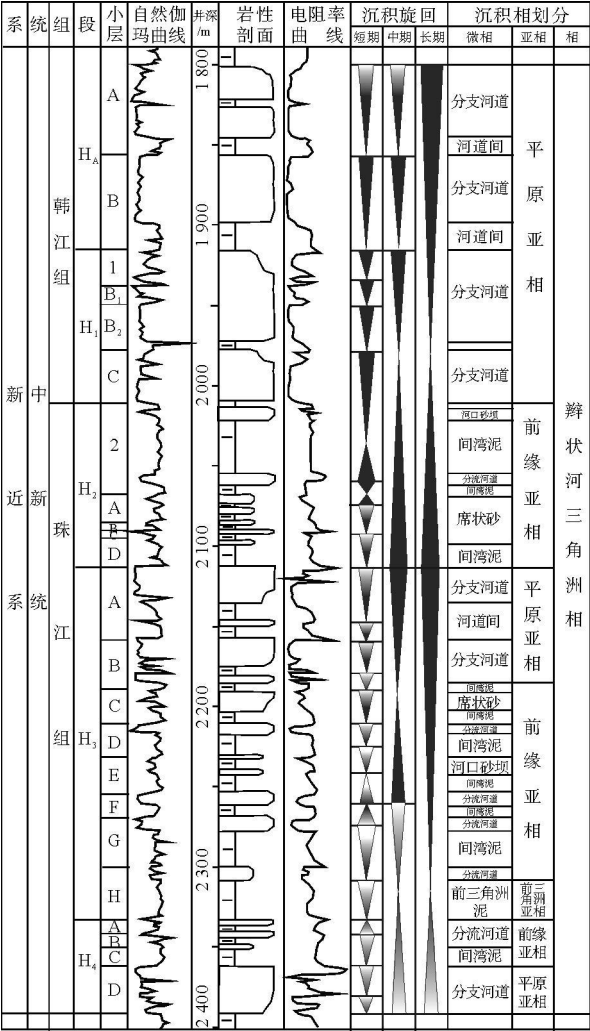


图 2 3X 井单井沉积微相划分

Fig. 2 The diagram showing microfacies in Well 3X

2.5 三角洲前缘席状砂微相

席状砂是由河口砂坝和远砂坝经海浪改造, 沿岸侧向堆积形成, 其特点是砂体分布面积广泛, 厚度较薄, 砂质较纯。从研究区来看席状砂多为细粉砂岩组成。其间为薄层泥所隔开, 砂岩中发育沙纹层理, 在相序上系河口砂坝、远砂坝、三角洲泥或浅湖泥共生, 在测井曲线上表现为低幅度的微齿化曲线(图 2)。

3 沉积微相平面展布特征及沉积演化

选取 6 个有代表性的小层(H_{4D} 、 H_{4A} 、 H_{3A} 、 H_{2D} 、 H_{2A} 、 H_1)进行重点描述(图 3)。可以清楚地反映该区的储层分布特征和沉积演化规律。

(1)珠江组底部(H_{4D})为三角洲平原亚相, 沉积了分支河道、分支河道间微相, 测井曲线 GR 形态主要为箱形和钟形。单砂层厚度较大, 物性也较好, 为 H_4 油层做出了重要贡献。从下往上, 砂泥比减小, 并且过渡为三角洲前缘亚相, 其间发育一大段泥岩(H_{3H} 底部)(图 2), 按照层序地层学的

观点^[19], 可作为一个层序界面, 下层序形成了向上变细的退积式准层序组, 而上层序由下到上沉积了反粒序的进积准层序组, 单砂层厚度和砂泥比也增加, 沉积了前三角洲泥—席状砂—河口坝—水下分支河道沉积微相。从下而上, 岩性基本上为砂泥互层, 在前缘顶端发育一套很大的泥岩, 是研究区好的区域盖层, 也是油气聚集的先决条件。

(2)珠江组的 H_{3A} — H_{3B} 油组沉积了三角洲平原亚相, 广泛发育分支河道微相沉积发育, 由下而上形成了向上变粗的反粒序的进积式准层序组, 单砂层厚度向上增加, 砂泥比也增大, 岩性由泥岩、粉砂岩逐渐变为中、细粒砂岩, 层厚由薄变厚, H_{3C} — H_{3G} 沉积了三角洲前缘亚相(图 2), 处于海平面上升阶段, 层序内部由下至上, 砂岩厚度减少, 砂地比也减小。主要发育席状砂—河口坝沉积—水下分支河道微相沉积, 有些井也发育远砂坝沉积。与 H_4 油组相比, 砂体在研究区内沉积范围有所减小, 厚度也有所变薄。但这类沉积砂体的岩性单一, 不论结构成熟度还是成分成熟度都很高, 储集性能也很好, 故这些砂体是该油组的主要储集砂体。为 H_3 油组也做出重要的贡献。旋

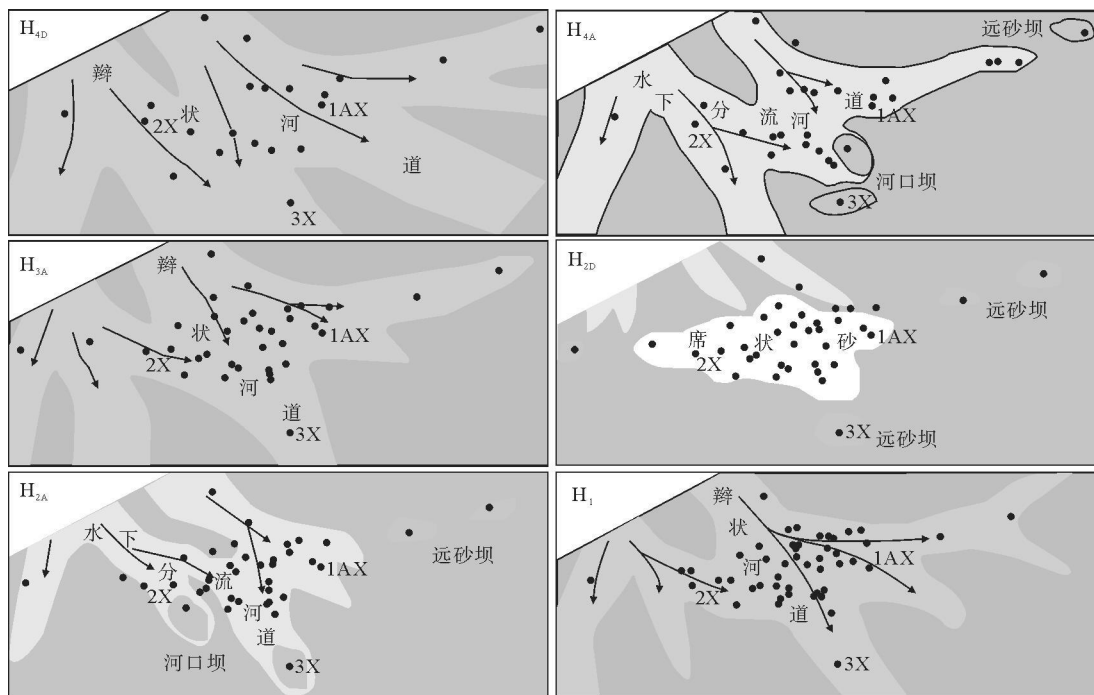


图 3 西江油田重点小层沉积微相平面图

Fig. 3 The spatial distribution of microfacies in Xijiang 24-3 Oil Field

回的底部有大段泥岩, 为下面地层的油气起了重要的封盖作用。

(3) 珠江组的 H_2 油层, 单砂层厚度减小, 处于海平面上升期, 是三角洲的高建设期。层序界面为韩江组底部的一大段泥岩, 位于 H_{1C} 的底部, 这也是韩江组和珠江组的层序界面和区域不整合面。 H_2 从下至上颗粒序列为正粒序, 砂泥比减小(图 2), 主要沉积了河口坝和水下分支河道砂体, 发育薄油层。

(4) 韩江组(H_A 、 H_B 和 H_1) 沉积时期物源供应充分, 处于高水位体系域, 沉积环境的大背景是海平面下降, 在全区各井沉积了厚度很大的砂层。从下而上, 单砂层厚度明显增加, 砂泥比也增大, 有的甚至达到 90% 以上(图 2)。粒度也有所变粗, 形成了向上变粗的反粒序的进积式沉积。主要发育三角洲平原亚相的分支河道和分支河道间微相, 形成本区的一个主力油层(H_1)。

总之, 从下至上(H_{4D} — H_A), H_{4D} 小层到 H_2 小层, 砂体沉积的范围有所减小, 而由 H_2 小层到 H_A 小层, 砂岩厚度和范围都有所增加。三角洲平原亚相中的分支河道和三角洲前缘亚相的水下分支河道、河口坝和席状砂等微相为西江 24-3 油田的主要储集相带。

4 结论

(1) 研究区辫状河三角洲相可进一步划分为辫状河三角洲平原亚相、辫状河三角洲前缘亚相和前三角洲 3 个亚相, 细分为三角洲平原分支河道、分支河道间、三角洲前缘水下分流河道、水下分流间湾、决口坝、远砂坝、席状砂和前三角洲泥等 8 种微相。

(2) 本区的沉积演化经历了海平面的上升(H_{4D} — H_{3H})、下降(H_{3H} — H_{2A})、再上升(H_2)、再

下降(H_2 — H_A) 的 2 个长期旋回阶段。三角洲平原亚相中的分支河道和三角洲前缘亚相的水下分支河道、河口坝和席状砂等微相为西江 24-3 油田的主要储集相带。

(3) 沉积微相类型决定了含油砂体的展布、厚度变化、几何形态、空间配置和连通性。西江 24-3 油田的厚油层主要形成于三角洲平原亚相中的分支河道微相和部分三角洲前缘亚相中的水下分流河道; 薄油层则主要形成于三角洲前缘亚相中水下分流河道、河口坝、远砂坝和席状砂等沉积微相。

参考文献:

- [1] 郭泊举, 谢家声, 向凤典. 珠江口盆地珠一坳陷含油气系统研究[J]. 中国海上油气(地质), 2000, 14(1): 1-8.
- [2] 陈长民. 珠江口盆地东部石油地质及油气藏形成条件初探[J]. 中国海上油气(地质), 2000, 14(2): 73-83.
- [3] 姚伯初. 南海海盆新生代的演化史[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1996, 16(2): 1-13.
- [4] 施和生, 李文湘, 邹晓萍, 等. 珠江口盆地(东部)砂岩油田沉积相研究及其应用. 中国海上油气(地质), 1999, 13(3): 181-188.
- [5] 江德昕, 杨惠秋. 珠江口盆地早第三纪油源岩形成环境[J]. 沉积学报, 2000, 18(3): 469-474.
- [6] 徐怀大. 陆相层序地层学研究中的某些问题[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(2): 83-89.
- [7] 黄正吉. 珠江口盆地陆相烃源岩与油气生成[J]. 中国海上油气地质, 1998, 12(4): 255-261.
- [8] 梁杏, 王旭升, 张人权, 等. 珠江口盆地东部第三纪沉积环境与古地下水流模式[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2000, 25(5): 542-546.
- [9] 傅宁, 李友川, 汪建蓉. 惠州凹陷西区油源研究[J]. 中国海上油气地质, 2001, 15(5): 322-328.
- [10] 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学[J]. 石油与天然气地质, 1995, 2(2): 89-97.

(下转第 22 页)

A REVIEW OF RESERVOIR HETEROGENEITY RESEARCH

ZHANG Yunpeng^{1,2}, TANG Yan³

(1 Key Laboratory of Tectonics and Petroleum Resources of Ministry of Education, China University of Geosciences Wuhan 430074, China;

2 Faculty of Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

3 Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: The research of reservoir heterogeneity has remained as the core of fine reservoir description since its appearance, and has achieved remarkable progress so far. This paper briefed the history of the reservoir heterogeneity research, summarized its classification and description scheme, and concluded with the state of the art methods for the research of reservoir properties and heterogeneity, including the description of outcrop, sedimentary system analysis, level interface analysis, structural unit and flow unit analysis, high-resolution sequence study, statistics method and Lorentz curve method which is now commonly used. Key parameters and their applications in reservoir heterogeneity description are emphasized in order to provide a scientific basis for the residual oil exploitation in old blocks, and the forecast of favorable zone in new oil and gas exploration areas.

Key words: reservoir heterogeneity; reservoir description; residual oil exploitation; Lorentz Curve Method; permeability variation coefficient

(上接第 5 页)

STUDY OF SEDIMENTARY MICROFACIES IN XIJIANG 24-3 OIL FIELD, PEARL RIVER MOUTH BASIN

ZHOU Chaoyu¹, CHEN Gongyang¹, LIANG Wei², ZHANG Wei²

(1 College of Computer Science Yangtze University, Jingzhou 434023, Hubei, China;

2 Research Institute of CNOOC Nanhai East Corporation, Guangzhou 510240, China)

Abstract: Through the observation of cores and well logging data using sedimentological methods, the types and characteristics of sedimentary microfacies of the Xijiang 24-3 Oil Field have been carefully studied. It reveals that deltaic plain and deltaic front deposits dominate the sequence. 8 types of microfacies are recognized. We grouped the microfacies in accordance with their temporal and spatial distribution. It suggested that the reservoirs of the region mainly consist of the microfacies of distributary channels in the delta plain, and the subaqueous distributary channels, mouth bars, distributary bars and sand sheets in the delta front. They are the favorable targets for further exploration.

Key words: sedimentary microfacies; delta facies; distributary channel; Xijiang 24-3 Oil Field