

文章编号: 0253-9985(2009)03-0275-07

珠江口盆地珠三坳陷油气成藏模式与分布规律

姜 华¹, 王 华², 李俊良³, 陈少平⁴, 林正良², 方欣欣², 蔡 佳²

(1. 中国石油天然气股份有限公司 石油勘探开发研究院 博士后流动站, 北京 100083

2. 中国地质大学 资源学院, 湖北 武汉 430074 3. 中国海洋石油有限公司 湛江分公司 技术部,

广东 湛江 524057 4. 中国海洋石油有限公司 油气研究中心, 北京 100027)

摘要: 珠江口盆地珠三坳陷是一个典型的南断北超的箕状断陷, 属于边缘海盆地, 具有丰富的油气资源。受到主干断裂的强烈控制作用, 该坳陷可以划分为 3 个石油系统, 分别为文昌 A 凹、B 凹和 C 凹石油系统。在不同的构造部位发育不同的油气藏类型: 在缓坡带和周边隆起带上发育潜山或潜山披覆油气藏, 局部发育地层超覆油气藏; 在主干断层附近发育岩性-构造油气藏; 在陡坡带发育扇三角洲前缘滑塌体隐蔽油气藏; 在盆地中心位置, 可发育远源浊积扇透镜状油气藏。其中, 缓坡带的地层不整合-岩性油气藏和盆地中心远岸浊积砂体形成的透镜体油气藏应该是最为有利的近期勘探目标。

关键词: 成藏剖面; 油气成藏模式; 隐蔽油气藏类型; 珠三坳陷; 珠江口盆地

中图分类号: TE122.3 文献标识码: A

Research on hydrocarbon pooling and distribution patterns in the Zhu-3 Depression, the Pearl River Mouth Basin

Jiang Hua¹, Wang Hua², Li Junliang³, Chen Shaoping⁴, Lin Zhengliang², Fang Xinxin², Cai Jia²

(1. Post Doctoral Research Center, Research Institute Petroleum Exploration & Development PetroChina, Beijing

100083, China; 2. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China;

3. Technology Department, CNOOC China Ltd-Zhanjiang, Zhanjiang, Guangdong 524057, China;

4. CNOOC China Ltd Research Center, Beijing 100027, China)

Abstract The Zhu-3 depression in Pearl River Mouth Basin is a typical dustpan-shaped basin faulted in its south and overlapping to the north. It belongs to a marginal sea basin abundant in oil and gas resources. Three petroleum systems, namely the Wenchang A, Wenchang B, and Wenchang C, can be recognized in accordance with the strong controlling effect of the major faults. Different types of reservoirs had been developed in different structural zones: buried-hill or buried hill drape anticline hydrocarbon reservoirs and local stratigraphic overlap reservoirs in the gentle slope zone and its peripheral uplift zone; lithological-structural reservoir near the major faults; slump subtle reservoirs of fan delta front in the steep slope zone; and lenticular distal turbidite fan reservoirs in central basin. It is suggested that the unconformity-lithological reservoirs in the gentle slope zone and lenticular reservoirs in the central basin be favorable near-term exploration targets.

Key words reservoir profile; hydrocarbon pooling pattern; subtle reservoir type; Zhu-3 Depression; Pearl River Mouth Basin

石油系统是 M. G. Dow 在 1972 年首次提出的, 主要是研究烃源岩、储集层、盖层和圈闭这些基本地质要素及其与油气成藏过程的关系。石油

系统的划分对于盆地成藏机制和远景区预测具有积极的作用^[1-4]。

珠江口盆地是南海北部大陆边缘油气勘探的

收稿日期: 2008-12-04。

第一作者简介: 姜华 (1977—), 男, 博士, 层序地层学、沉积学研究。

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40872077); 湖北省自然科学基金项目 (2008CDA098)。

主战场之一。大量研究表明,该盆地具有丰富的油气资源^[5~7]。经过 20 多年的勘探,在位于该盆地西部的珠三拗陷及其周缘地区发现了一批中小型油气田,但没有实现重大的突破。通过研究本区内的石油系统,总结了油气分布规律,并对研究区内下一步勘探目标提出了建议。

1 地质背景及勘探现状

珠江口盆地位于中国南海北部大陆架东部近海海域,是一个在前第三系基底上发育起来的新生代陆缘拉张型含油气盆地。在区域构造单元上,珠三拗陷位于珠江口盆地西部,是珠江口盆地的一个次级构造单元。

珠三拗陷可继续划分为 9 个次级构造单元。其中,负向单元有文昌 A 凹陷、文昌 B 凹陷、文昌 C 凹陷、琼海凹陷、阳江 A 凹陷和阳江 B 凹陷;正向单元有琼海低凸起、阳江低凸起和阳江地垒

(图 1)。研究区总面积约为 3 000 多 km²,总体为南断北超的箕状断陷结构。

珠三拗陷的发育主要经历了早期的湖泊相沉积、中期的海湾相(过渡相)沉积和晚期的开阔海相沉积 3 个阶段^[6]。湖泊发育阶段是最有利的烃源岩发育时期;海湾发育阶段湖泊消退,海水入侵,不断扩大的开阔海一方面继续发育了储集层,更重要的是发育了巨厚的泥岩盖层,为形成石油体系创造了良好的生储盖配置条件。拗陷内地层从下至上为:古新统神狐组,始新统文昌组,下渐新统恩平组,上渐新统珠海组,早中新统珠江组,中中新统韩江组,上中新统粤海组,上新统及第四系为万山组。神狐组是在拗陷发育早期形成的,以杂色的粗碎屑沉积为主,分布范围比较有限,上部发育有一些暗色泥岩。文昌组沉积时期是湖盆鼎盛期,以湖相暗色泥岩沉积为主,沉积厚逾千米。恩平组为湖泊萎缩期的湖沼沉积,但在文昌 A 凹陷中仍发育湖相泥岩。珠海组在湖泊逐渐消

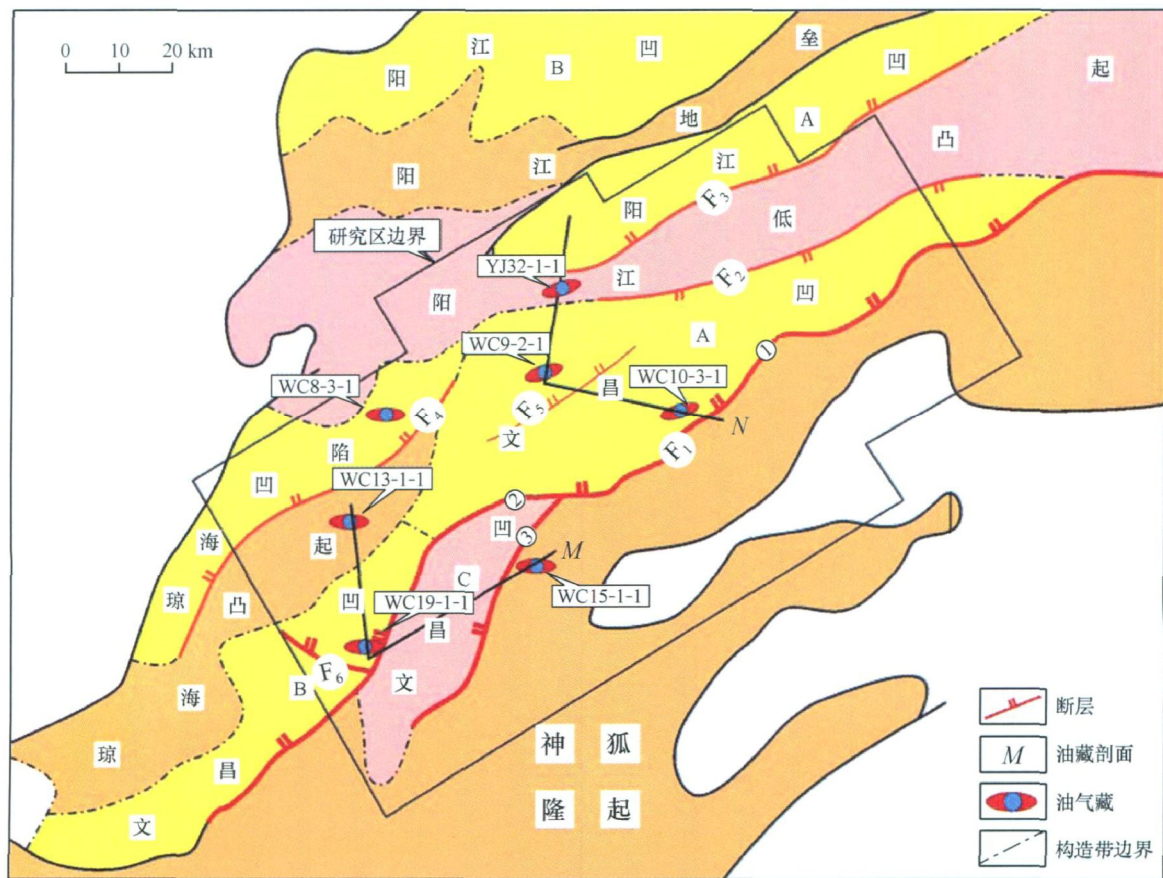


图 1 珠江口盆地珠三拗陷主要构造单元概要

Fig. 1 The main tectonic units of the Zhu-3 depression in Pearl River Mouth Basin

(F₁, F₂, F₃, F₄, F₅, F₆ 为主干断裂。断裂 F₁ 可继续分为: ① F₁ 断裂东段; ② F₁ 断裂西段北支; ③ F₁ 断裂西段南支。)

亡 海水不断入侵的背景下发育, 沉积了一套海湾相的以潮汐作用为主的砂泥岩, 也是本区主要储集层。珠江组基本为正常海相沉积, 下部以滨浅海相砂岩为主, 上部为浅海相泥岩, 在台地上的浅水部位广泛发育碳酸盐岩和生物礁。韩江组为巨厚的浅海相泥岩, 为本区的区域性盖层。粤海组和万山组为浅海相砂泥岩互层, 其中第四系尚未成岩 (图 2)^[5~11]。

2 珠三坳陷油气成藏条件

珠三坳陷是一个在构造控制下形成的由多个隆起和凹陷组成的大坳陷, 再加上南侧的大型古隆起神狐隆起的存在, 使其构造格局相对比较复杂。多个生油凹陷、多套生油层系的存在, 使其油气运聚情况十分复杂。不同的构造部位的圈

闭其油气的来源不一样, 具有不同的油气运聚规律^[9 10]。

珠三南断裂的形成演化对珠三坳陷油气系统的形成具有重要的控制作用。珠三南断裂同生断层分段性活动特点使得在珠三坳陷形成了 3 个特征不同的成油体系 (图 3)^[5]。

在珠三坳陷东部, 珠三南断裂东段的活动控制了文昌 A 凹陷成油体系的形成。该断层神狐-文昌期活动相对较弱, 恩平期强烈活动, 后期活动时间持续长, 主体活动至珠江期, 从而使文昌 A 凹陷厚度极大, 最大厚度接近 10 000 m, 因而导致文昌组烃源岩在有效圈闭形成以前大部分已经达到过成熟。在具有较大厚度上覆岩层的情况下, 恩平组烃源岩成熟度也相对较高, 主要有效烃源岩为恩平组湖沼相烃源岩, 因此文昌 A 凹以生气为主。

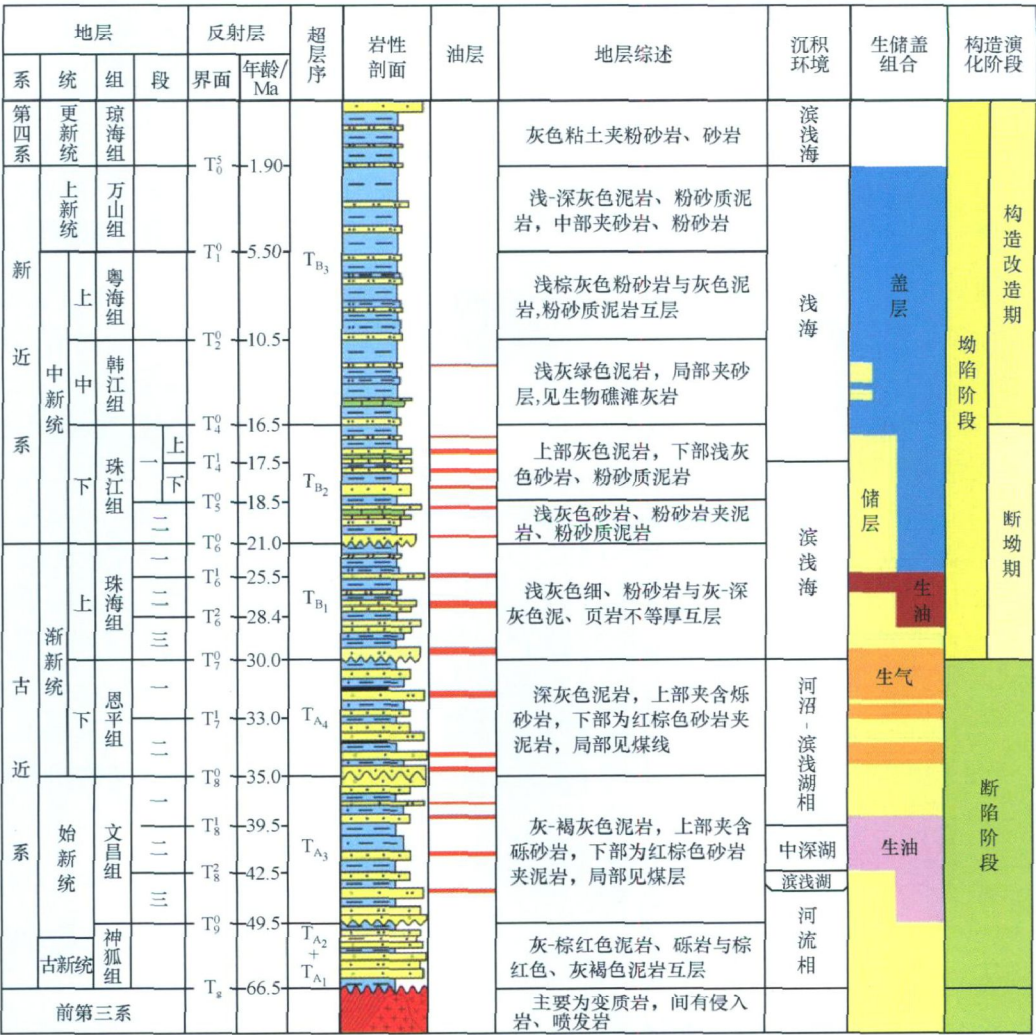


图 2 珠江口盆地珠三坳陷综合柱状剖面

Fig. 2 Comprehensive columnar section of the Zhu-3 depression in Pearl River Mouth Basin

控制下的油气主要运聚成藏时间各不相同。具体运聚规律如下。

在文昌 A 凹陷,文昌组烃源岩成熟较早,在恩平组沉积后就已经开始进入生烃门限,至韩江组沉积末期大部分烃源岩已经达到过成熟。因此,恩平末期至韩江末期是文昌组烃源岩的主要生、排烃时期。恩平组烃源岩主要生、排烃时期是珠海末期至现今,尤其是对生气而言,现今大部分处于过成熟阶段,正处于生气高峰期。

文昌 B 凹陷由于较文昌 A 凹陷浅,沉积厚度薄,因而烃源岩成熟演化阶段较后者稍晚。珠海期至韩江末期是主要的生排烃时期,恩平组生、排烃时期较文昌组晚。

文昌 C 凹陷较浅,神狐-文昌组现今埋深约 4 000 m,达到了生烃门限,其生烃潜力较好,从万山期初开始生油,现今正处于生油高峰期。

4 南堡坳陷成藏模式

根据珠三坳陷烃源岩时空展布特点,可将珠三坳陷分为 3 个相对独立的成油体系:文昌 A 凹陷成油体系、文昌 B 凹陷成油体系及文昌 C 凹陷成油体系。各成油体系具有不同的成藏方式。

文昌 A 凹陷成油体系有两种不同的运聚方式(图 4a),其中珠三南断裂东段下降盘深凹区以 WC10-3-1 油气藏为代表,北部斜坡隆起以 YJ32-1-1 含油气构造为代表。WC10-3-1 油气藏的油气主要来自文昌 A 凹陷的恩平组烃源岩,文昌组烃源岩供烃比率较低;主要储层为珠海组一段、二段。有效圈闭形成于中新世中期,此时文昌组烃源岩已进入生油中后期,原油成熟度较高,生成的油气沿断层向上运移至珠海组二段储层,再经侧向运移进入圈闭构造,形成轻质油藏。珠海组一段有效圈闭形成于中新世中晚期,形成时间较晚。此时文昌组烃源岩已进入生气阶段,恩平组烃源岩进入主生油阶段,文昌组生成的气及恩平组生成的油气进入珠海组一段聚集成藏。WC10-3-1 油气藏位于烃源岩上方,油气顺断层运移,以垂向运移为主。YJ32-1-1 油气藏的油气主要来自文昌 A 凹陷恩平组。YJ32-1-1 油气构造所在阳江低凸起与文昌 A 凹陷北部缓坡相接,是油气运移的指向区。油气运移的第一种方式为,油气首先沿连通的砂体或不整合面作垂向

运移,在凹陷边缘地区,由于基底之上发育断陷期所沉积的粗碎屑,油气通过这些连通的砂体或沿不整合面向上倾方向运移,随后顺断层作垂向运移至圈闭;另外一种方式为,油气先经断层向上运移,进入横向连通性好的海相砂岩输导体后再横向运移至圈闭。文昌 A 凹陷总体是一个南断北超的箕状断陷,因此阳江低凸起离文昌 A 凹生烃中心距离较远,同时源岩到圈闭的构造起伏相对较小,因此 YJ32-1-1 油气构造的油气运移以侧向运移为主,垂向运移为辅。

文昌 B 凹陷成油体系样有两种不同的运聚方式(图 4b),其中珠三南断裂西段北支下降盘深凹区以 WC19-1-1 油气藏为代表,北部斜坡隆起以 WC13-1-1 油藏为代表。WC19-1-1 构造的油气主要来自文昌 B 凹陷的文昌组烃源岩,其中恩平组烃源岩对其也有一定的供烃作用;主要储层为珠海组和珠江组。该构造带处于凹陷沉积中心,因此油气以顺断层垂向运移为主。WC13-1-1 构造生油岩主要来自文昌 B 凹陷的文昌组烃源岩,其中恩平组烃源岩对其也有一定的供烃作用,文昌 A 凹陷油源可能也少量供烃;主要储层为珠江组。下部油藏供油方式为,凹陷中生成的油气顺斜坡向上运移到构造高部位后,再沿构造脊部继续向上运移,直至 WC13-1-1 等圈闭聚集成藏;上部油藏的供油方式与下部不同,油先经断层向上运移,进入横向连通性好的海相砂岩后再横向运移至圈闭。

文昌 C 凹陷成油体系以 WC15-1-1 油气藏为代表(图 4b)。WC15-1-1 构造的生油岩主要来自文昌 C 凹陷的文昌组,油气藏形成较晚,主成藏期在 5 Ma 以后,主要烃源岩文昌组现今埋深范围在 3 000~4 000 m,位于文昌 C 凹陷的沉积中心;主要储层为珠江组一段下部的细-中砂岩。油气生成-运移-聚集期为粤海期-第四纪,保存时间为粤海期-第四纪,上覆岩层为文昌组以上地层;圈闭构造形成于粤海期,临界时刻为万山组沉积初期。其油气运移的路径为:油气从源岩先向东运移,珠三南断裂西段南支下降盘处发育的扇三角洲为粗碎屑沉积,与烃源岩直接接触,可作为油气横向运移和纵向运移的通道,可将油气由源区运移到基底,然后油气沿着基底的构造脊运移至 WC15-1-1 构造珠江组的背斜圈闭中。

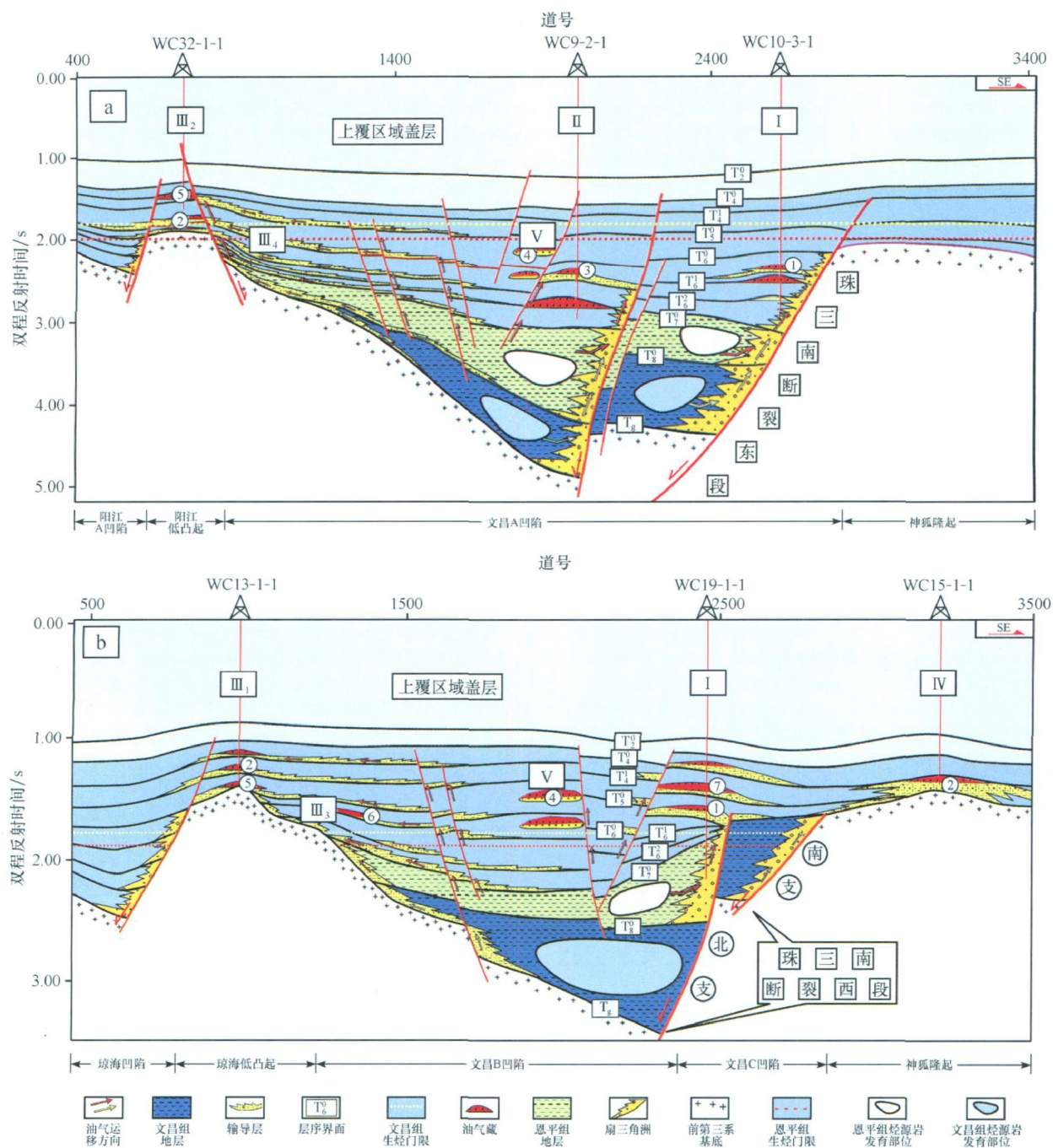


图 4 珠江口盆地珠三坳陷成藏剖面

Fig. 4 The reservoir mode profiles of the Zhu-3 depression in Pearl River Mouth Basin

I. 珠三南断裂下降盘成藏组合; II. 文昌 A 凹“二级构造带”成藏组合; III₁. 琼海低凸起成藏组合; III₂. 阳江低凸起成藏组合; III₃. 文昌 B 凹北部斜坡成藏组合; III₄. 文昌 A 凹北部斜坡成藏组合; IV. 神狐隆起成藏组合; V. 凹陷中心成藏组合

① 断超地层岩性-构造油气藏; ② 古潜山油气藏; ③ 地层不整合-岩性油气藏;

④ 砂岩透镜体油气藏; ⑤ 披覆背斜油气藏; ⑥ 上倾尖灭油气藏; ⑦ 地层岩性-构造油气藏

综合以上分析, 珠三坳陷可以总结为 3 种成藏模式。一种是断裂下降盘深凹区模式, 圈闭位于烃源岩上方, 断层沟通源岩和圈闭, 油气以顺断层垂向运移为主, 如 WC10-3-1 和 WC19-1-1 等油气构造。第二种是珠三南断裂上升盘隆起区模式, 该模式以 WC15-1-1 油气藏为代表, 油气

先顺断层运移, 然后沿基底不整合面、砂体等输导体侧向运移至圈闭。第三种为斜坡加凸起模式, 以 WC13-1-1 油藏和 YJ32-1-1 油气构造为代表, 油气有两种运聚方式: 一种是, 凹陷中生成的油气顺斜坡向上运移到构造高部位后, 再沿构造脊部继续向上运移, 直至圈闭聚集成藏; 另外一

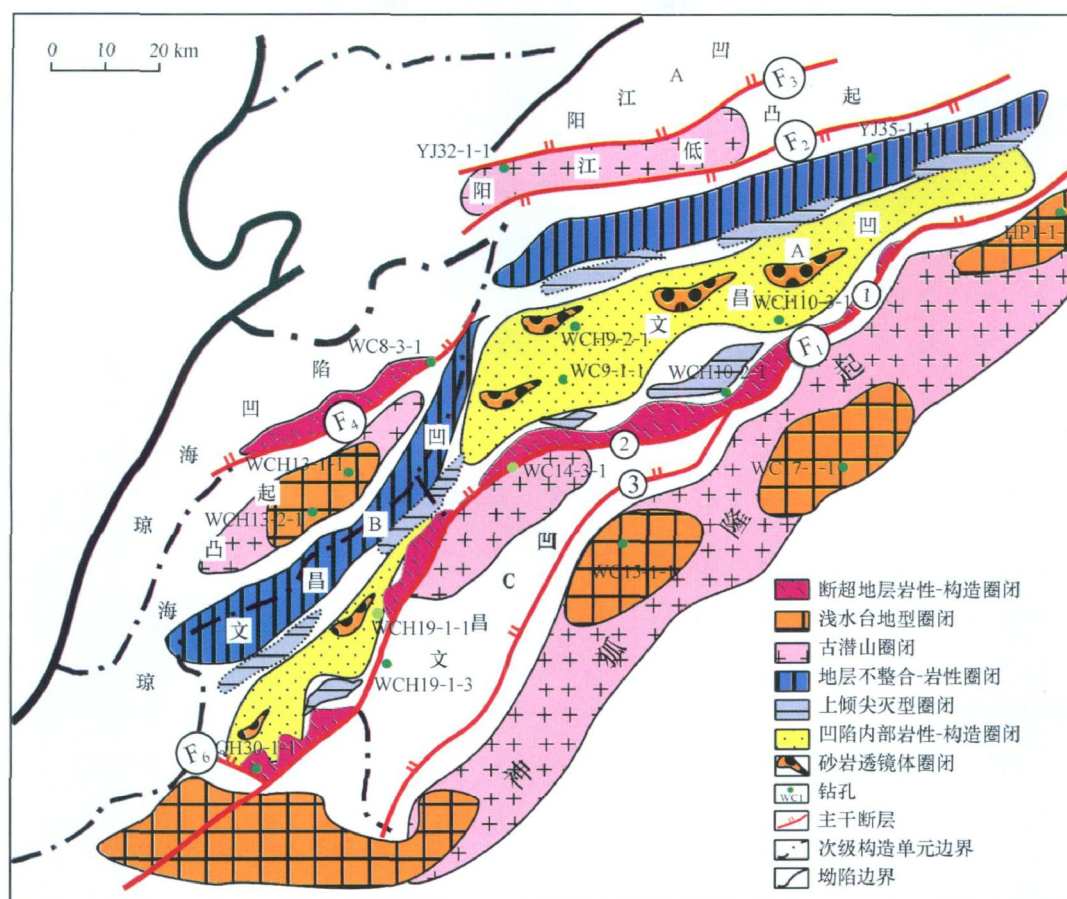


图 5 珠江口盆地珠三坳陷隐蔽油气藏类型与分布

Fig. 5 Types and distributions of subtle reservoirs in the Zhu-3 depression in Pearl River Mouth Basin
(F_1, F_2, F_3, F_4, F_6 为主干断裂。断裂 F_1 可继续分为: ① F_1 断裂东段; ② F_1 断裂西段北支; ③ F_1 断裂西段南支。)

种表现为, 油气先经断层向上运移, 进入横向连通性好的海相砂岩后, 再横向运移至圈闭。

5 油气藏预测

随着油气勘探的进一步深化, 隐蔽油气藏在油气储量中所占位置日益重要^[12-13]。目前, 珠三坳陷隐蔽油气藏勘探尚处于起步阶段, 单纯的岩性或地层油气藏基本未钻遇 (仅 WC13-1-1 油藏可归类为古潜山披覆背斜类型)。通过石油系统分析认为, 文昌 A 凹和文昌 B 凹是长期以来继承性的生烃中心, 其周缘地区是油气聚集的有利区带; 而文昌 C 凹的文昌组烃源岩目前正处于生烃门限, 具有一定的生烃潜力, 可能为临近的神狐隆起上的油气藏的供烃 (图 5)。3 个生烃灶周缘部位是形成隐蔽油气藏的有利场所。下一步勘探应以缓坡带的地层不整合-岩性油气藏和盆地中心远岸浊积砂体形成的透镜体油气藏为重点。

6 结论与建议

1) 珠三坳陷南断裂活动的时空差异性不仅形成 3 个主要生油凹陷 (文昌 A、文昌 B、文昌 C 凹陷), 更由于其对沉降速率的控制, 影响了烃源岩的厚度和类型以及生烃门限的差异, 使其天然地可以划分为 3 个石油系统。

2) 珠三坳陷整体为一南断北超的箕状断陷, 在缓坡带和周边隆起带上发育潜山或潜山披覆油气藏, 局部发育地层超覆油气藏; 在主干断层附近发育岩性-构造油气藏; 在陡坡带发育扇三角洲前缘滑塌体隐蔽油气藏; 在盆地中心位置, 可发育远源浊积扇透镜状油气藏。

3) 随着勘探程度的深化, 该区下一步的油气勘探应以隐蔽油气藏为主, 缓坡带的地层不整合-岩性油气藏和盆地中心远岸浊积砂体形成的透镜体油气藏应该是最为有利的近期勘探目标。

(下转第 286 页)

导作用,它呈小块状散布。三角洲的天然堤大都保存不完整。当分流河道发展到单一顺直时,天然堤保持完好,平行河道分布。泛滥平原沉积物粒度较细,河道、决口扇沉积物以粉砂为主。

5 结语

通过钻孔取心,对入海口地区黄河三角洲浅层沉积特征进行了分析。沉积相带主要以河道、决口扇、泛滥平原、潮坪为主,垂向序列类型主要为河口砂席-三角洲侧缘型和河口砂席-三角洲侧缘-砂席型两种。其中,入海口地区东北方向垂向序列主要以河口砂席-三角洲侧缘型为主;在西北方向,以河口砂席-三角洲侧缘-砂席型为主。由此,提出了黄河三角洲发育的沉积模式。该认识不仅为本地区高密度地震采集提供了定量的表层地球物理参数,而且为层序地层学研究提供了一个实例。

参 考 文 献

- 姜在兴,王留奇.黄河三角洲现代沉积研究[M].山东东营:石油大学出版社,1994
- 成国栋.黄河三角洲现代沉积作用及模式[M].北京:地质出版社,1991
- 薛春汀.现代黄河三角洲叶瓣的划分和识别[J].地理研究,

1994, 13(2): 59~66

- 任于灿,董万.现代黄河三角洲地貌特征[J].海洋地质与第四纪地质,1987,7(增刊): 19~28
- 高善明,李元芳,安凤桐,等.黄河三角洲形成和沉积环境[M].北京:科学出版社,1989
- 曾允孚.沉积岩石学[M].北京:地质出版社,1986
- 钟建华.黄河三角洲上的3种典型沉积构造[J].西北大学学报(自然科学版),1996(增刊): 506~510
- Colman JM. Delta processes of deposition and models for exploration[M]. Second Edition Boston, 1982
- 叶青超.黄河三角洲的地貌结构及发育模式[J].地理学报,1982,37(4): 349~362
- 钟建华,马在平.黄河三角洲胜利I号心滩的研究[J].沉积学报,1998,16(3): 38~43
- 张进,刘怀山,童思友.黄河口现代海洋沉积高分辨率地震地层学研究[J].海洋地质动态,2004,20(5): 1~5
- 李宏伟,袁士义,朱怡翔,等.河流相地层相分异与沉积物体积分配规律[J].石油与天然气地质,2005,26(3): 356~360
- 高志勇,韩国猛,张丽华.河流相沉积中的准层序——以四川中部须家河组为例[J].石油与天然气地质,2007,28(1): 59~68
- 孟万斌,张善文,田波,等.沾化凹陷五号桩地区沙河街组三段浊流沉积特征及储集性能[J].石油与天然气地质,2007,28(4): 504~510
- 胡学智,鲍志东,那未红,等.松辽盆地南部扶余油田泉头组四段沉积相研究[J].石油与天然气地质,2008,29(3): 334~341

(编辑 陈喜禄)

(上接第 281 页)

参 考 文 献

- LiDesheng Tectonic types of oil and gas basins in China[M]. Beijing Petroleum Industry Press 1991. 181~191
- Magoon L M, Dow W G. The petroleum system[A]. In The petroleum system from source to trap[C]. AAPG Memoir 60 1994 3~24
- Dow W G. Application of oil correlation and source rock data to exploration in Eilistion basin[J]. AAPG Bulletin, 1990, 74(1): 1~12
- 吴东胜,扬申谷,刘少华.陆相盆地隐蔽油气藏综合勘探方法与应用初探[J].石油与天然气地质,2006,27(1): 118~123
- 龚再升,李思田.南海北部大陆边缘盆地油气成藏动力学研究[M].北京:科技出版社,2004 289~298
- 张志杰,于兴河,侯国伟,等.张性边缘海的成因演化特征及沉积充填模式[J].现代地质,2004,18(3): 284~289
- 姜华,王华,肖军,等.珠江口盆地珠三凹陷构造反转与油气聚

集[J].石油学报,2008,29(3): 372~377

- 朱伟林,黎明碧,吴培康.珠江口盆地珠三拗陷石油体系[J].石油勘探与开发,1997,24(6): 21~26
- 王春修,张群英.珠三拗陷典型油气藏及成藏条件分析[J].中国海上油气(地质),1999,13(4): 248~254
- 孙龙涛,陈长民,詹文欢,等.珠江口盆地断层封堵特征及其影响因素[J].石油学报,2007,28(4): 36~40
- 连世勇,何敏,庞雄,等.珠江口盆地深水白云凹陷始新世洼陷结构研究[J].石油学报,2007,28(3): 13~16
- 石世革.黄骅拗陷板桥凹陷古近系沙一段中部层序地层学研究及岩性油气藏勘探[J].石油与天然气地质,2008,29(3): 320~326
- 鲁国明,刘魁元.济阳拗陷高凸起斜坡带新近系油气成藏与勘探实践[J].石油与天然气地质,2006,27(2): 258~263

(编辑 李 军)