

文章编号: 0253-9985(2011)01-0108-10

珠江口盆地西部油气成藏组合和成藏模式

张迎朝^{1,2}, 陈志宏^{1,2}, 李绪深², 甘 军²

(1 中国地质大学 资源学院, 湖北 武汉 430074 2 中国海油 湛江分公司 研究院, 广东 湛江 524057)

摘要: 珠江口盆地西部成藏组合多且时代跨度大, 不同构造带主力成藏组合明显不同。从剖析成藏组合分布差异入手, 分析了该盆地西部韩江组—文昌组上、中、下 3 个油气成藏组合的特点、分布规律及其主控因素, 构建了 3 种成藏模式: ①凸起新近系珠江组“长距离侧向运移、背斜成藏”模式; ②新近系珠江组“垂向运聚、次生构造—岩性成藏”模式; ③凹陷断裂陡坡带“垂向运聚、复式成藏”模式。在此基础上, 预测了琼海凸起低幅度背斜油藏及其相关次生低阻油藏、文昌 B 凹陷断裂陡坡带珠海组二段断块油藏及文昌 B 凹陷北坡地层—岩性型隐蔽油气藏 3 个有利油气勘探领域与成藏组合, 提出了盆地下一步勘探方向。经钻探, 新发现了南断裂带下降盘 X 构造、琼海凸起 Y 构造和 Z 构造 3 个整装规模储量的商业性油田。

关键词: 成藏组合; 成藏模式; 琼海凸起; 文昌凹陷; 珠江口盆地西部

中图分类号: TE122.3 **文献标识码:** A

Hydrocarbon plays and pool-forming patterns in the western part of the Pearl River Mouth Basin

Zhang Yingzhao^{1,2}, Chen Zhihong^{1,2}, Li Xushen² and Gan Jun²

(1 China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China;

2 Research Institute of CNOOC Zhanjiang Company, Zhanjiang, Guangdong 524057, China)

Abstract There were many hydrocarbon plays with long geological time span in the western part of Pearl River Mouth Basin. The major plays were different from one structural zone to another. Starting from exploring reasons for the differences of hydrocarbon play distribution, we analyze characteristics, distribution patterns and main controlling factors of the upper, middle and lower plays in the Hanjiang Formation and Wenchang Formation in the western part of this basin. On the basis of above findings, we establish three pool-forming patterns: 1) “long-distance lateral migration and accumulation in anticlines” for the Neogene Zhujiang Formation in the uplift; 2) “vertical migration and accumulation in secondary structure and lithologic reservoirs” for the Neogene Zhujiang Formation; 3) “vertical migration and accumulation in composite reservoirs” for the faulted slope belt in the sag. Three favorable plays are recognized: 1) low-amplitude anticline reservoir and relevant secondary low-resistivity reservoirs in the Qionghai uplift; 2) fault block reservoirs in the 2nd member of the Zhujiang Formation of the faulted slope belt in the Wenchang-B sag; 3) subtle stratigraphic-lithologic reservoirs in the northern slope of the Wenchang-B sag. The predictions are proved by drilling with the discovery of three commercial oilfields at the X structure in the downthrow wall of the south fault belt, the Y structure in the Qionghai uplift and the Z structure in the Qionghai uplift.

Key words play; pool-forming pattern; Qionghai Uplift; Wenchang Sag; western part of the Pearl River Mouth Basin

珠江口盆地西部是南海北部大陆架重要的产油区, 已找到油气田和含油气构造 15 个, 其中已

开发油田 6 个。珠江口盆地西部主要包括珠三坳陷、神狐隆起和珠二坳陷 3 个二级构造单元。珠

收稿日期: 2010-08-06

第一作者简介: 张迎朝 (1971—), 男, 博士研究生, 高级工程师, 油气勘探。

基金项目: 国家科技重大专项 (2008ZX05023-01)。

三拗陷又可划分为 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、阳江凹陷和阳春凹陷, 正向单元有琼海凸起、阳江低凸起和阳江地垒。文昌 A、文昌 B 凹陷是最重要的生烃凹陷, 二者皆为“南断北超”的“箕状”断陷, 南断裂为其控凹断裂, 南部为神狐隆起(图 1)。与盆地模拟计算资源量相比, 文昌 A、文昌 B 凹陷石油探明率为 13%, 天然气探明率为 5%。珠江口盆地西部是一低勘探程度区, 油气勘探开发前景光明, 但对该区油气分布与富集程度差异及主控因素认识不足, 诸如为什么仅琼海凸起新近系珠江组形成了多套含油层系、南断裂带横向上油气分布与富集亦呈现明显差异等。因此, 该区油气分布与富集程度差异及主控因素、成藏模式等问题的解决对下一步勘探实践具有重要

的指导意义。

许多学者基于石油地质学、构造地质学、石油地球化学理论、方法等对油气成藏机理和分布规律进行了综合研究^[1-4], 取得了大量创新性认识与良好的油气勘探效果, 这在研究思路、方法等方面值得本文借鉴, 以解决珠江口盆地西部油气分布与富集程度差异、成藏模式等关键问题。通过对琼海凸起文昌 13-1 与文昌 13-2 油田、文昌 B 凹陷文昌 19-1 油田、神狐隆起文昌 15-1 油田、文昌 A 凹陷文昌 10-3 油气田与文昌 9-2 气田等的深入分析, 本文以成藏组合特征分析为线索, 通过成盆构造演化、沉积体系充填响应综合认识油气成藏要素, 剖析不同构造带含油层系油气运聚特点及控藏要素, 构建成藏模式, 预测有利油气勘探领域, 提出了盆地下一步勘探方向。

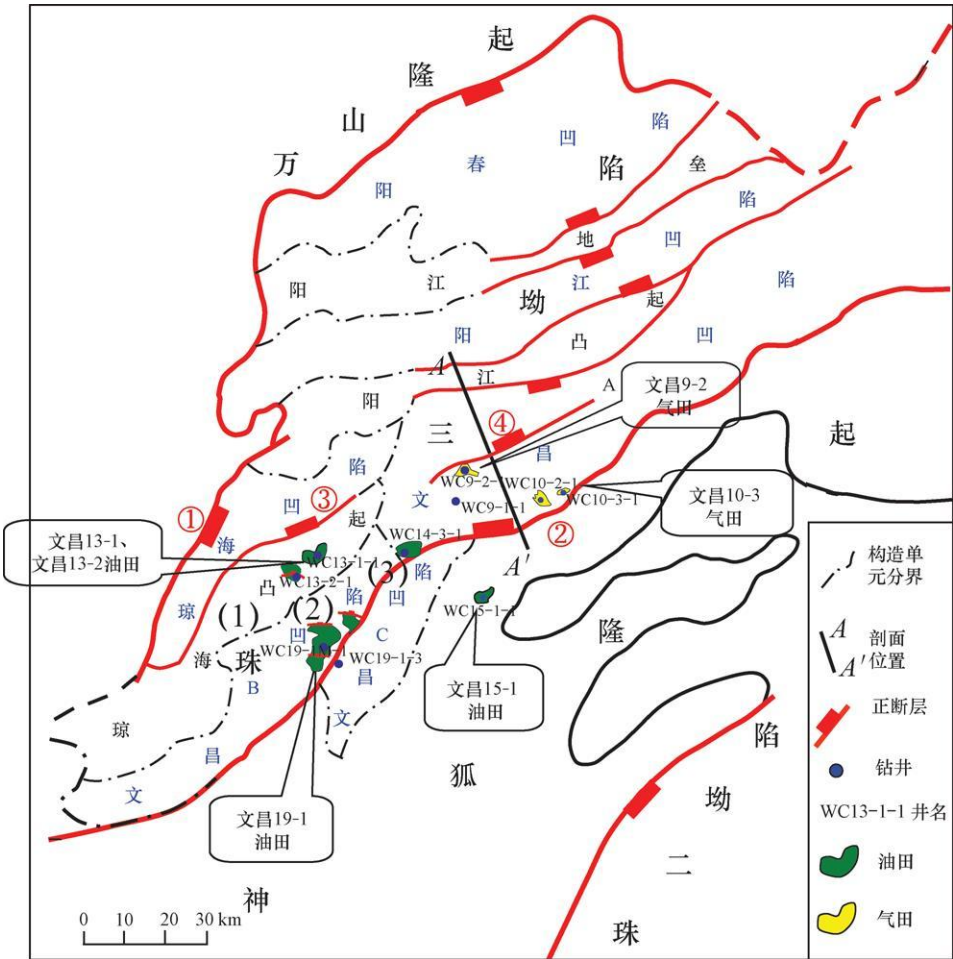


图 1 珠江口盆地西部构造区划简图

Fig. 1 Sketch map showing structure units in the western part of the Pearl River Mouth Basin

①西断裂; ②南断裂; ③二号断裂; ④六号断裂; (1) 琼海凸起低幅度背斜油藏及其相关次生低阻油藏;
(2) 文昌 B 凹陷断裂陡坡带珠海组二段断块油气藏; (3) 文昌 B 凹陷北坡地层-岩性型隐蔽油气藏

1 珠江口盆地西部成藏组合特征

珠江口盆地是一个位于南海北部大陆架以新生代沉积为主的裂谷盆地^[5-8],盆地西部经历了早期张裂和晚期裂后沉降(图 2)。

古新世,盆地西部进入初始裂陷阶段,受神狐运动控制,在近北西-南东向拉张应力作用下发育控盆的一级断层——珠西断裂,形成神狐组的半地堑,堆积了棕红色砂岩、泥岩互层为主的洪冲积相地层。WC19-1-3井揭示了厚 237.2 m 的该套地层。

始新世裂陷期,受珠琼运动一幕控制,构造应力以北西-南东向拉张伸展应力为主,在盆地西部形成了北东-南西向控凹断裂体系,如南断裂、二号断裂等。断裂深陷作用明显控制了文昌期中-深湖相沉积,发育了主力生油岩。凹陷长轴与断裂体系走向一致,呈北东-南西向,控制了文昌组生烃凹陷的分布。位于文昌 C 凹陷的 WC19-1-3 井、文昌 B 凹陷的新钻井 WC19-1M-1 井揭示了文昌组中深湖相优质生油岩。

早渐新世裂陷期,受珠琼运动二幕控制,构造应力略有顺时针旋转,但仍以北西-南东向拉张伸展为主,发育北东-南西向断裂体系。与前

期断裂活动比较,断裂活动强度变弱。恩平期,中-深湖体积变小,呈现出湖盆萎缩的特点,发育了湖沼、河沼相烃源岩,以生气为主。因此,始新世—早渐新世裂陷期盆地西部总体上为断陷湖相沉积环境。

晚渐新世—早中新世,受南海运动控制,构造应力场继续顺时针旋转,断裂活动强度变弱。断裂活动控制形成了大量近东西、北西西向的断裂及断层圈闭。此时,海水入侵盆地西部,沉积环境由先期的断陷湖盆沉积转变为潟湖-潮坪沉积,珠海组、珠江组海相砂岩储层发育。

中中新世以来,断裂活动强度较前期变弱,在盆地西部范围内则呈现东强西弱,古地貌较为平坦,海水自南部开始大范围侵入,沉积环境由前期的潟湖-潮坪相转变为开阔滨浅海相,来自周边古陆物源的三角洲是重要的储集体,更重要的是发育了巨厚的浅海泥岩盖层。

珠江口盆地西部多幕构造旋回导致多期次断裂体系和优质生储盖组合及圈闭发育,奠定了多成藏组合形成的地质基础。多幕构造旋回在空间上的差异性控制了成藏组合分布特征纵、横向不同。综合生油岩层、区域盖层和成藏组合的分布特点,可将盆地的生储盖岩系划归 3 个成藏组合(图 3)。

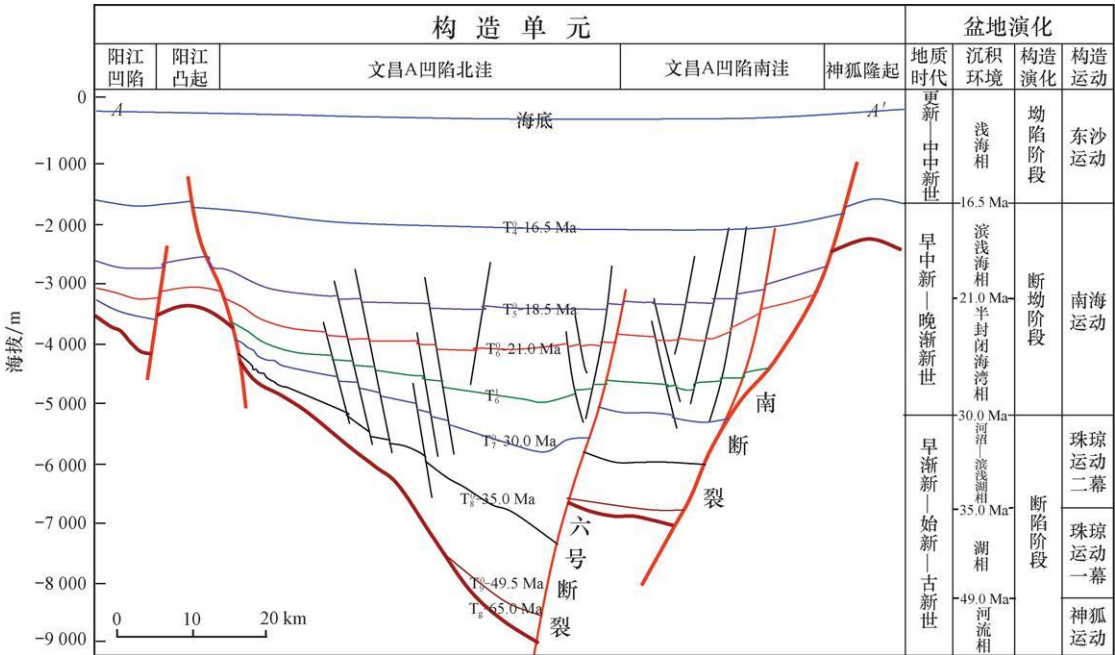


图 2 珠江口盆地西部构造演化阶段示意图

Fig. 2 Tectonic evolutionary stages in the western part of the Pearl River Mouth Basin

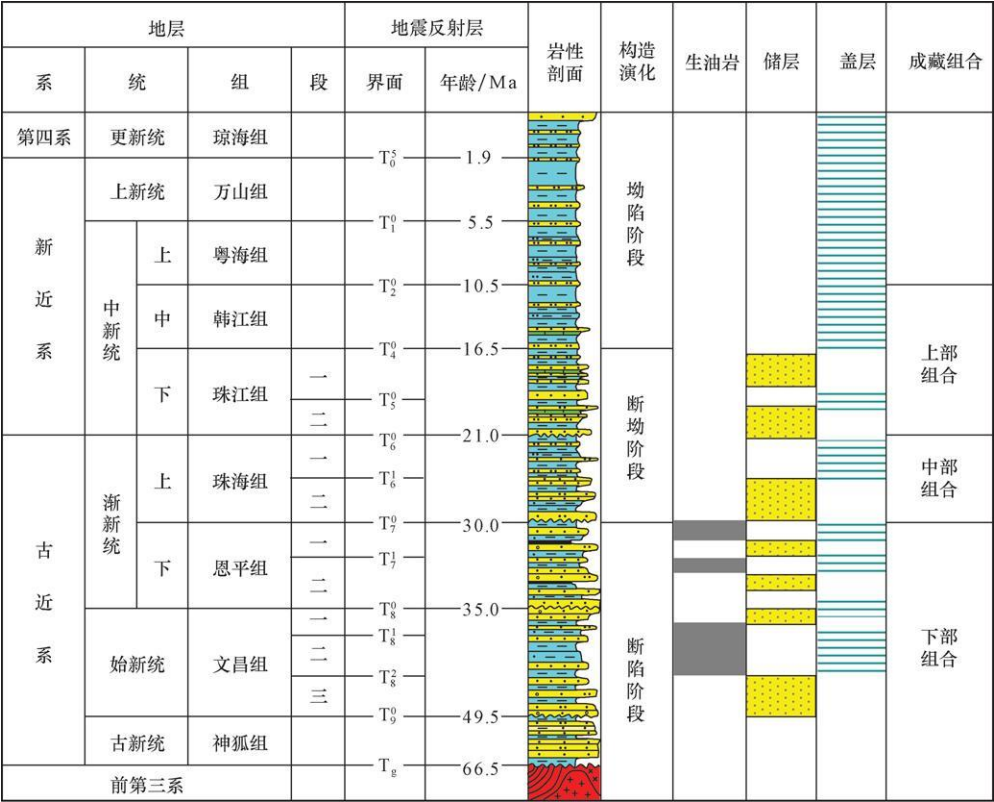


图 3 珠江口盆地西部地层层序与成藏组合划分示意图

Fig 3 Stratigraphic sequences and plays in the western part of the Pearl River Mouth Basin

上部成藏组合以珠江组一段上部—韩江组浅海相泥岩为区域盖层, 其下部珠江组二段滨海潮坪砂和珠江组一段下部滨海临滨砂、浅海滨外砂坝砂为主要储层^[9], 油气来自以文昌 A、文昌 B 凹陷始新统文昌组为主的湖相生油岩层系。无论分布在琼海凸起、神狐隆起还是文昌 B 凹陷, 该组合的油气藏埋藏较浅, 埋深在 1 200~ 1 700 m, 油质较好, 圈闭类型好, 以背斜或断背斜油气藏为主, 珠江组一段还发育构造—岩性低电阻油藏。该成藏组合在各构造带油气富集程度有别, 表现在纵向上发育个数不等的主力油气藏和储量规模, 如琼海凸起文昌 13—1 文昌 13—2 油田纵向上主力油气藏最多, 储量规模大, 油气最富集。在盆地西部迄今已发现的油气田中, 有 6 个油田为上部成藏组合, 该组合油气储量位居第一。

中部成藏组合以珠海组一段海侵泥岩为区域盖层, 珠海组二段的三角洲或扇三角洲砂岩为主要储层^[9], 油气主要来自深部以文昌组湖相泥岩、页岩为主的烃源岩层系或以恩平组河湖沼相泥岩为主的烃源岩层系。该组合分布于文昌 A、文昌 B 凹陷中, 主要发育与断裂带有成生关系的构造型

油气藏, 有效圈闭是油气聚集规模的主控因素。文昌 A 凹陷珠海组油气藏埋藏较深, 深度为 3 000~ 4 300 m, 储层呈现低渗特征, 以断块凝析气藏为主, 如文昌 9—2 气田、文昌 10—3 油气田等; 文昌 B 凹陷珠海组油藏埋藏相对较浅, 深度为 1 600~ 2 400 m, 储层物性好, 以断块油藏为主, 如南断裂带文昌 19—1 油田、文昌 14—3 油气田等。中部成藏组合生储盖配置佳, 各凹陷所发现的油气藏都有相当一部分属于这一组合, 是盆地西部重要的成藏组合之一, 已发现 7 个油气田。

下部成藏组合分布在古近系文昌组、恩平组, 它们是断陷湖盆烃源岩发育层系, 是“自生自储自盖”源内成藏的主要层系^[9]。该组合储层为文昌 A、文昌 B 凹陷断裂陡坡带扇三角洲及前缘浊积砂和缓坡带三角洲与滩坝砂, 埋藏较深, 深度为 3 000~ 4 000 m, 目前发现的含油构造储层呈现低渗特征, 以断块油气藏为主, 如文昌 19—1M 文昌组一段含油构造等。各凹陷所发现的油气藏不多, 勘探、认识程度低。分析认为, 文昌 B 凹陷深洼区、北部沉积斜坡滨浅湖相带是发现该组合油气藏的潜在勘探领域。

珠江口盆地西部每个成藏组合都包含一个或多个相对独立的油气藏,这与不同构造带的烃源条件、断裂体系、砂岩渗透层等油气输导体系的发育特征和区域盖层的封盖作用密切相关(图 4)。新近系没有生烃条件,上部成藏组合却有丰富的油气聚集,这取决于断层的垂向输导,但油气并不因为断裂发育而全部向断层断达的层位运移,区域盖层对阻止油气垂向运移起主要阻挡作用。在油源充足和储层条件良好的情况下,位于区域盖层之下的储层层系通常油气最富集。如文昌 13-1、文昌 13-2 等大中型油田,直接位于韩江组—珠江组一段上部区域盖层之下的珠江组一段和珠江组一段底部“龟背泥岩”之下的珠江组二段油气最富集。古近系也有类似特点,直接位于珠海组一段区域盖层之下的珠海组二段油气富集程度最高,如文昌 19-1、文昌 10-3 等油气田。以下就珠江口盆地西部不同构造带成藏组合特征,进一步从成藏要素分析来构建油气成藏模式,以指导该盆地的油气勘探实践。

2 3种油气运聚成藏模式

根据珠江口盆地西部成藏组合及其油气藏特

征,考虑油气运聚方向与输导体系特征的差异,下文在综合分析盆地上、中、下 3 套成藏组合主控因素的基础上,构建了 3 种成藏模式,以指导该盆地的油气勘探实践。

2.1 凸起新近系珠江组“长距离侧向运移、背斜成藏”模式

新近系珠江组油藏发育在凸起或隆起新近系披覆构造背景上,如琼海凸起,珠江组海相沉积披覆于凸起基岩之上。典型代表为文昌 13-1、文昌 13-2 油田,发育珠江组二段和珠江组一段多个背斜构造油藏,纵向上油藏叠置好,珠江组海相砂岩储集性能和渗流能力均好。基岩起伏控制着新近系珠江组储盖组合及油藏多寡。琼海凸起珠江组地层发育较齐全,具有多套储盖组合和多个背斜构造油藏;而神狐隆起主要发育珠江组一段储盖组合和一个主力油藏。

琼海凸起上的文昌 13-1、文昌 13-2 油田,为新近系珠江组披覆背斜,受凸起局部基岩高控制,且基岩起伏控制披覆背斜规模和幅度。文昌 13-1 油田珠江组圈闭面积为 9~10 km²,闭合幅度为 22~42 m。

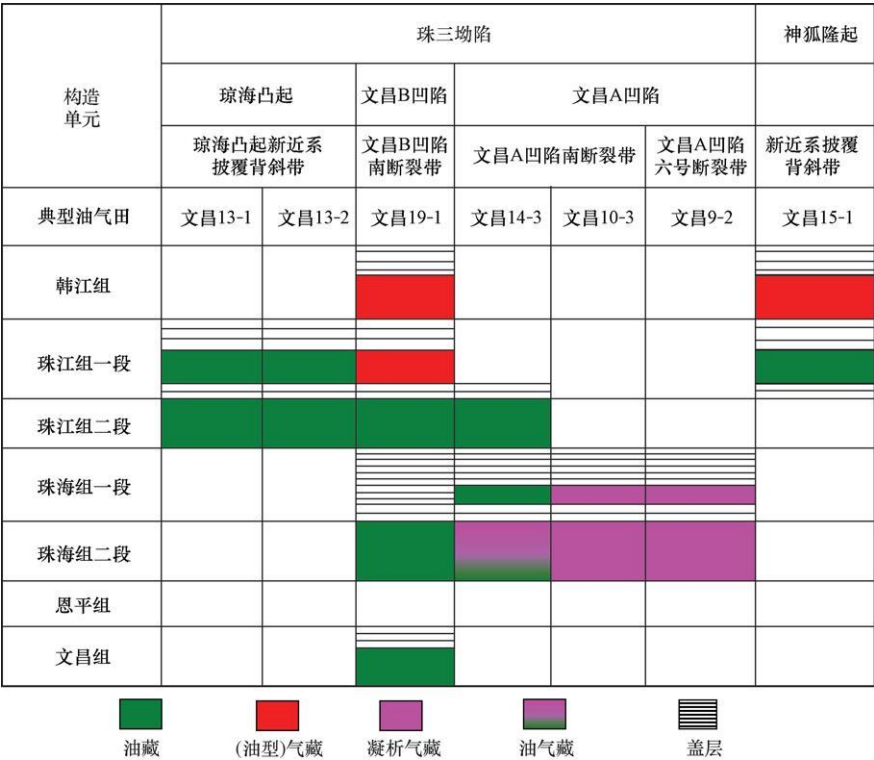


图 4 珠江口盆地西部成藏组合分布对比

Fig 4 Distribution of plays in the western part of the Pearl River Mouth Basin

琼海凸起三面环凹, 南部为文昌 B 凹陷, 东部为文昌 A 凹陷, 北部为琼海凹陷。文昌 13-1 油田位于琼海凸起东区, 处于 3 个凹陷生、排、运、聚油气的最佳指向。近年, 琼海凹陷二号断裂下降盘文昌 7-2 含油构造古近系珠海组油藏的发现证实了琼海凹陷东注是生油洼陷, 对琼海凸起的油气聚集亦有贡献。前人通过成熟度、原油物性、流体包裹体等研究认为, 琼海凸起珠江组油藏的原油主要来自文昌 A、文昌 B 凹陷文昌组烃源岩排出的油气^[10-12]。琼海凸起三面环凹的优越油源条件是珠江口盆地西部神狐隆起、阳江凸起等类似新近系披覆背斜构造带所无法相比的。

在油气输导体系方面, 输导体系的组成包括油源断裂和区域性盖层之下的砂岩渗透层、凸起区珠江组古构造脊。靠近琼海凸起的文昌 A、文昌 B 凹陷部位都发育有断至 T_2^0 (韩江期末, 10.5 Ma) 的北西西-东西向展布的断裂, 断裂的倾向与琼海凸起至凹陷斜坡地层倾向相同 (称正向断裂), 它们是沟通文昌 A、文昌 B 凹陷文昌组烃源岩的油源断裂。输导体系的另一组成要素是区域性盖层之下的砂岩渗透层, 它受控于新近纪早期多期海平面升降所形成的多套储盖组合。珠江组沉积早期发生持续、脉动性的海侵, 神狐隆起的障壁作用逐渐减小, 文昌 A、文昌 B 凹陷区仍继续以发育潮坪为主的沉积。至珠江组沉积中期, 在一次短期、快速海退后 (珠江组二段沉积期末, 10.5 Ma), 紧接着发生了一次短期、快速海侵, 在珠江口盆地西部形成较大范围的半封闭浅海环境, 发育了横向稳定、厚 20~30 m 的深灰色泥岩 (“龟背”泥岩), 成为重要的区域性盖层之一, 从而奠定了珠江组二段成为重要储盖组合的基础; 随着海平面再次迅速下降, 盆地西部又恢复了滨海浅水环境, 滨海潮坪砂和临滨砂等海相砂岩是主要的储集体, 这些海相砂岩储层良好的横向连续性和高孔渗储层物性为油气长距离侧向运移奠定了良好的基础。珠江组沉积后期, 随着海侵扩大, 神狐隆起区已没入水下, 物源区远, 发育了浅海沉积, 即珠江组一段沉积后期至今以浅海泥岩充填为主, 形成了另一套区域性盖层。因此, 珠江口盆地西部发育两套区域性盖层之下的珠江组砂岩输导层。同时, 在琼海凸起东部和南缘, 珠江组发育受控于基底地貌的继承性古构造脊^[12-13], 它们是文昌 A、文昌 B 凹陷油气向琼海凸起汇聚的

优势路径^[14]。因此, 文昌 A、文昌 B 凹陷文昌组烃源岩排出的油气由正向油源断裂进入珠江组一段、二段砂岩中, 沿海相砂岩储层上倾方向及古构造脊汇流式长距离侧向运移, 在珠江组两套储盖组合中形成多个背斜油气藏, 具有“油气长距离侧向运移、背斜聚集”的成藏特点。

综上所述, 两个成藏要素, 即①供油凹陷的多寡及②新近系珠江组储盖组合的发育程度, 是盆地西部凸起、隆起新近系珠江组油气成藏与富集的主控因素。

琼海凸起、神狐隆起已探明开发的多个油藏其地质特征及形成条件与上述成藏模式相同, 由此提出新近系珠江组“长距离侧向运移、背斜成藏”模式 (图 5)。该成藏模式中珠江组二段、一段下部 ($T_4^1-T_3^0$) 海相层系以发育背斜构造型油藏为主, 油气输导体系为凹陷斜坡带正向油源断层和珠江组二段潮坪砂岩及一段下部临滨砂岩, 封盖层则分别为 T_3^0 之上区域稳定分布的“龟背”泥岩层和 T_4^1 之上的浅海泥岩层。琼海凸起三面环凹, 油气来源充足, 储盖组合发育齐全, 有利于油气大规模成藏, 是低幅度背斜油气成藏富集带。

2.2 新近系珠江组“垂向运聚、次生构造-岩性成藏”模式

珠江组一段上部低阻油藏发育在凸起、隆起新近系披覆构造背景上, 低阻油藏的下部往往是储集性能较好的珠江组一段或珠江组二段高阻 (断) 背斜油藏。典型代表为琼海凸起文昌 13-2 油田珠江组一段上部低阻油藏, 油气储层为浅埋藏 (埋深约 1 100 m) 泥质粉砂岩, 具有一定的储集性能和渗流能力, 储层分布受控于其下部的珠江组一段低幅构造背景, 储层在油田范围内分布稳定, 在更大范围内横向分布不连续。

文昌 13-2 油田珠江组一段低阻油藏储层系海侵初期的一套灰色-灰黑色泥质粉砂岩, 沉积时水动力较弱, 储层泥质含量为 20%~30%, 全岩矿物中粘土占 20%~35%, 为浅海相滨外砂坝砂岩储层。这种砂岩储层叠覆在下部 T_4^0 (ZJ1-4 油组) 披覆背斜构造背景之上, 为形成背斜-岩性圈闭奠定了基础。

无论琼海凸起还是神狐隆起珠江组一段上部低阻油藏, 因其储层分布受控于下部珠江组一段

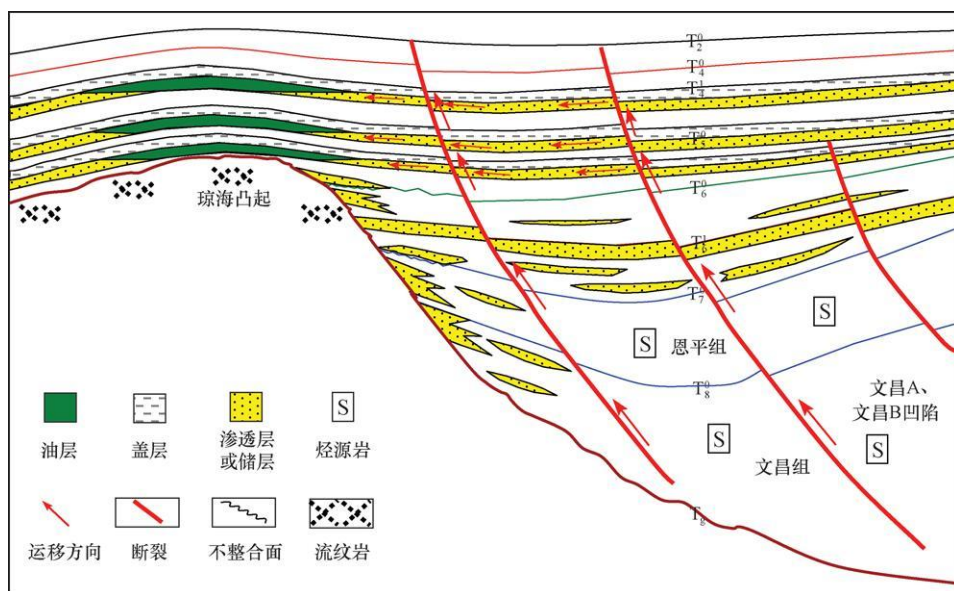


图 5 凸起新近系珠江组“长距离侧向运移、背斜成藏”模式示意图

Fig 5 Schematic diagram showing the pattern of “long-distance lateral migration and accumulation in anticlines” for the Neogene Zhujiang Formation in uplifts

披覆背斜构造背景,因而在更大范围内横向分布不稳定,缺乏油气长距离侧向运移的有效途径。高分辨率三维地震资料及构造特征分析表明,在珠江组一段、二段储集物性好的高阻油藏区明显发育断裂,如琼海凸起。这些近东西走向的断裂切穿珠江组一段、二段高阻油藏,且持续活动至韩江期末(T_2^0 , 10.5 Ma),使高阻油藏与上方的滨外砂坝砂岩储层间形成势差,扮演了垂向运移通道的作用;而滨外砂坝砂岩储层之上发育厚度大、质量好的海侵泥岩,后期断裂作用使珠江组一段、二段油藏中的油气向上方以滨外砂坝砂岩为储层的背斜-岩性圈闭中富集,含油范围超出了背斜圈闭,形成珠江组一段上部低阻背斜-岩性油藏(油层的电阻率约为 $1.5 \Omega \cdot m$, 邻近泥岩的电阻率为 $1.0 \Omega \cdot m$)。文昌 13-2 油田珠江组一段、二段高阻油藏原油密度为 $0.8830 \sim 0.8990 \text{ g/cm}^3$,明显重于珠江组一段上部低阻油藏的密度 $0.7989 \sim 0.8103 \text{ g/cm}^3$ 。

综上分析,珠江组一段上部低阻油藏是其下部珠江组一段、二段油藏在中中新世沿断裂发生垂向运移调整的结果,属后期油气调整再分布所形成的次生油气藏。

琼海凸起、神狐隆起已探明的低阻油藏,其地质特征与上述成藏模式相同,由此建立新近系珠江组“垂向运聚、次生构造-岩性成藏”模式

(图 6)。该成藏模式中,珠江组一段上部($T_4^0-T_1^1$)海相低阻层系发育背斜-岩性型油藏,从凹陷至凸起或隆起的油气输导体系与凸起珠江组“长距离侧向运移、背斜成藏”模式中的相同。在琼海凸起、神狐隆起,持续活动至韩江期末(T_2^0 , 10.5 Ma)的断裂切穿珠江组一段、二段高孔渗、高电阻油藏,使其与上方的滨外砂坝砂岩储层连通,油气在势差作用下垂向运移至浅部,且在滨外砂坝砂岩储层之上的厚度大、质量好的海侵泥岩封盖下富集,形成珠江组一段泥质重、但具一定孔渗条件储层的低阻油藏。盆地中,琼海凸起、神狐隆起等既是珠江组低幅度背斜油气成藏富集带,亦是低阻油藏勘探潜力区,尤其是在南海、东沙构造运动所形成断裂的发育区。此外,这种成藏模式对于在中部成藏组合,如南断裂带文昌 19 区、14 区等寻找“次生油气藏”有借鉴意义。

2.3 凹陷断裂陡坡带“垂向运聚、复式成藏”模式

属于该类成藏模式的珠江组、珠海组、文昌组等复式油气藏发育在控凹断裂带下降盘,如南断裂带和二号断裂带,典型代表为文昌 19-1 油田、文昌 14-3 油气田和文昌 10-3 油气田。以文昌 19-1 油田为例,其古近系珠海组为断块油藏,单个断块圈闭面积约为 2.0 km^2 ,储层为扇三角洲前缘水下分流河道砂岩,还有文昌组一段断块油藏;

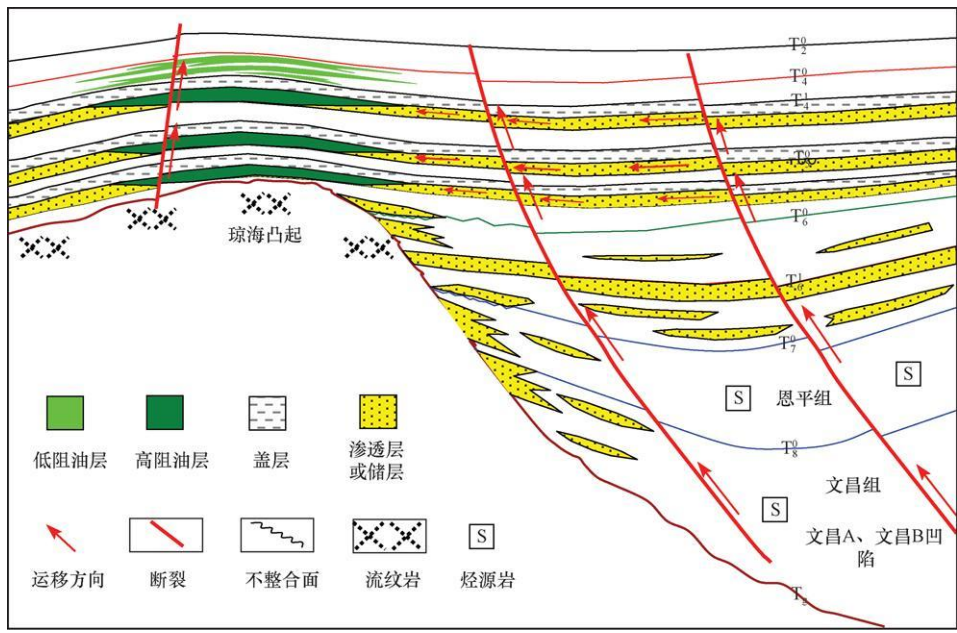


图 6 新近系珠江组“垂向运聚、次生构造-岩性成藏”模式示意图

Fig 6 Schematic diagram showing the pattern of “vertical migration and accumulation in secondary structure-lithologic reservoirs” for the Neogene Zhujiang Formation

新近系珠江组为背斜油藏, 圈闭面积为 27~ 76 km², 闭合幅度为 32~ 156m, 储层为滨海潮坪砂岩。

通过成熟度、原油物性、油-岩对比等研究认为, 南断裂带下降盘文昌 19- 1 油田珠海组二段、珠江组二段油藏原油主要来自油田深部文昌 B 凹陷文昌组湖相生油岩排出的油气^[15], 由深部沿沟源断裂向浅部运聚。

珠海组沉积期, 南断裂带受近南北向拉张应力控制, 同时因南断裂走向变化及神狐隆起基岩等边界的影响, 南断裂带西段产生近东西向挤压应力, 在下降盘形成正向、负向地形相间的构造格局^①。下降盘珠海组近东西向的断裂体系控制断块、断背斜圈闭的形成。中中新世以来, 因张扭应力, 南断裂西段发生构造反转, 形成文昌 19- 1 珠江组反转背斜构造^[16]。

在油气输导体系方面, 南断裂带复式油气聚集的输导体系组成包括油源断裂和区域性盖层之下的砂岩渗透层。南断裂带下降盘, 珠海组沉积期处于滨海潮坪沉积环境, 自下而上为一海侵沉积序列, 以正韵律沉积为主。更为重要的是珠海组二段沉积期在南断裂下降盘发育扇三角洲 (如文昌 19- 1 油田的 2 和 N1 井区、文昌 10- 3 油气

田)、辫状河三角洲 (如文昌 9- 1、文昌 9- 2、文昌 9- 3 气田) 优质砂岩储层, 从而形成珠海组一段偏泥、珠海组二段富砂的特点。珠海组一段、二段上、下叠置, 形成了良好的区域性储盖组合。另一套珠江组二段滨海潮坪砂岩及之上横向稳定的深灰色“龟背”泥岩区域性储盖组合同样发育。珠海组沉积期受近南北向构造拉张应力控制, 文昌 B 凹陷上渐新统珠海组主要发育近东西向断裂体系, 它们既控制断块圈闭的形成, 同时又起到沟通深部文昌组源岩油气运移的作用。如文昌 19- 1 油田北部的雁列式断裂带, 断裂切穿深部的文昌组源岩, 断裂持续活动至韩江期末 (T₂⁰, 10.5 Ma), 扮演了油气垂向运移通道的角色。

南断裂带东段下降盘文昌 10- 3 油气田的主力油气层为珠海组二段, 属中部成藏组合, 尚未发现浅层珠江组油气藏的上部成藏组合, 油气富集程度不如前述南断裂带西段下降盘的文昌 19- 1 油田。分析认为, 南断裂带成藏富集程度差异主要受控于圈闭类型和油气藏保存条件。一方面, 南断裂带东段珠江组圈闭类型主要是断层圈闭, 而珠江组砂地比高, 珠江组二段平均砂地比达 60%; 另一方面, 南断裂带东段晚期 (中中新世以

① 张迎朝, 甘军. 珠江口盆地西部油气勘探实践与下步大中型油气田勘探方向. 中海油湛江分公司研究院, 2007

来)断裂活动强于西段,断裂甚至断至海底,易造成油气散失,故南断裂带东段油气藏保存条件较之西段差。

南断裂带已探明开发的文昌 19-1 油田等油藏形成条件与上述成藏模式基本相同,由此总结出凹陷断裂陡坡带“垂向运聚、复式成藏”模式(图 7)。该成藏模式中,珠海组二段($T_6^1-T_7^0$)以发育断块、背斜构造油藏或气藏为主,新近系珠江组以发育(断)背斜油藏为主。油气输导体系为主干断裂派生所形成的多期近东西走向的沟源断裂,它们将油气向浅部珠海组、珠江组两套储盖组合运聚。盆地中各控凹断裂带,如文昌 19 区、文昌 14 区、文昌 9 区、文昌 7 区等是下一步寻找珠海组、珠江组复式油气藏的有利勘探区。

3 有利勘探领域和勘探方向

珠江口盆地西部油气成藏条件及勘探开发史表明,该区油气资源潜力很大,具备形成大中型油气田的物质基础。但是,受深部和复杂储层预测及地震烃类检测、海上深层油气储层保护和改造技术条件的限制,对上部成藏组合珠江组、中部成

藏组合珠海组、礁油藏与隐蔽油气藏新类型和深层古近系恩平组—文昌组新领域全面展开勘探的条件尚未成熟,仍要循序渐进。

当前的主要勘探领域和方向是: 1)凸起低幅度背斜油藏及其相关次生低阻油藏。按照“油气长距离侧向运移、背斜成藏”的理论认识,进一步加强琼海凸起、神狐隆起区两个成生关系的认识,一是优势油气运移聚集方向与油藏的成生关系,另一是珠江组披覆背斜油藏与上覆低阻油藏的成生关系,利用高分辨率三维地震准确描述低幅度背斜、低阻油藏滨外砂坝储层的分布范围,近期在琼海凸起东缘、神狐隆起北缘、琼海凸起中西部及阳江低凸起西缘解剖勘探。 2)凹陷断裂陡坡带断块油气藏。按照凹陷断裂陡坡带“垂向运聚、复式成藏”的理论认识,进一步加强南断裂带、二号断裂带、六号断裂带珠江组、珠海组、恩平组或文昌组复杂断块构造描述和陡坡带储层预测,利用三维地震准确描述断块构造、陡坡带扇三角洲等沉积体系有利储层分布,近期在文昌 19 区、文昌 14 区、文昌 9 区和文昌 7 区针对珠海组、珠江组实施预探井钻探。 3)地层-岩性型隐蔽油气藏。加强盆地内地质历史时期沉积斜坡与枢纽带综合识别

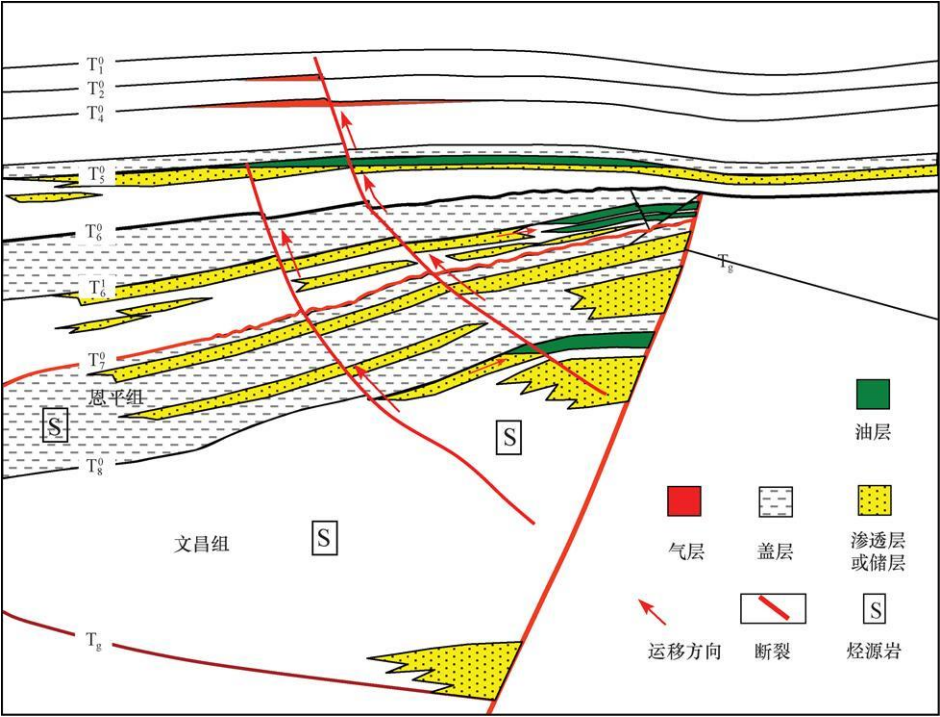


图 7 凹陷断裂陡坡带“垂向运聚、复式成藏”模式示意图

Fig. 7 Schematic diagram showing the pattern of “vertical migration and accumulation in composite reservoirs” for the fault slope of sags

及其围岩岩性配置研究, 准确描述地层 – 岩性圈闭的空间分布。文昌 B 凹陷北部沉积斜坡珠海组二段 – 文昌组、神狐隆起北缘珠江组地层超覆及文昌 A 凹陷东北部珠江组一段古珠江三角洲前缘浊积砂岩圈闭, 处于油气运移必经之路, 是有利勘探领域, 近期展开综合研究, 有望取得大突破。

4) 与此同时, 要进一步强化上述领域勘探技术配套攻关, 切实形成行之有效的综合勘探技术, 如文昌 A 凹陷深层珠海组和文昌 B 凹陷深层文昌组“甜点”储层综合描述技术、珠江组一段低电阻油藏叠前储层预测与含油检测技术、海上低渗储层保护和改造技术等, 确保勘探目标的实现和勘探开发工作的可持续发展。

研究成果较好地指导了近两年的勘探实践, 并取得良好效果, 新发现了南断裂带下降盘 X 构造、琼海凸起 Y 构造和 Z 构造 3 个整装规模储量的商业性油田和一批含油气构造。在文昌 X 断背斜构造古近系珠海组获得了高产轻质原油, 证实了自 1984 年发现文昌 19-1 油田以来南断裂带仍蕴藏着良好的勘探潜力。在琼海凸起文昌 Y、文昌 Z 披覆背斜构造新近系珠江组获得了较高产轻质原油, 证实了琼海凸起及周缘蕴藏着良好的原油勘探潜力。

参 考 文 献

[1] 王庭斌. 中国大中型气田成藏的主控因素及勘探领域 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 582– 589
Wang Tingbin. Main control factors of large and medium gas fields and exploration domains in China [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(5): 582– 589

[2] 达江, 胡咏, 赵孟军, 等. 准噶尔盆地克拉美丽气田油气源特征及成藏分析 [J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(2): 187– 192
Da Jiang, Hu Yong, Zhao Mengjun, et al. Features of source rocks and hydrocarbon pooling in the Kelameili gas field the Junggar Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(2): 187– 192

[3] 周心怀, 牛成民, 滕长宇. 环渤中地区新构造运动期断裂活动与油气成藏关系 [J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(4): 469– 482
Zhou Xinhuai, Ni Chengmin, Teng Changyu. Relationship between faulting and hydrocarbon pooling during the Neotectonic movement around the central Bohai Bay [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(4): 469– 482

[4] 范昌育, 王震亮, 李萍. 新构造运动对东濮凹陷北部古近系烃源岩生烃的影响及其对浅层油气成藏的意义 [J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(3): 386– 392

Fan Changyu, Wang Zhenliang, Li Ping. Influence of Neotectonics on hydrocarbon generation in the Paleogene source rocks of the northern Dongpu Depression and its implications for the forming of oil/gas pools in shallow strata [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(3): 386– 392

[5] 龚再升, 李思田, 谢俊泰, 等. 南海北部大陆边缘盆地分析与油气聚集 [M]. 北京: 科学出版社, 1997: 44– 126
Gong Zaisheng, Li Sitian, Xie Juntao, et al. Basin analysis and hydrocarbon accumulation in the northern continental margin of South China Sea [M]. Beijing: Science Press, 1997: 44– 126

[6] 龚再升, 杨甲明, 杨祖序, 等. 中国近海大油气田 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997: 7– 67.
Gong Zaisheng, Yang Jianming, Yang Zuxu, et al. Giant oil/gas fields in China offshore [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997: 7– 67

[7] 朱伟林, 黎明碧, 吴培康. 珠江口盆地珠三坳陷石油体系 [J]. 石油勘探与开发, 1997, 24(6): 21– 23
Zhu Weilin, Li Mingbi, Wu Peikang. Petroleum system in Zhu III depression of Pearl River Mouth Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 1997, 24(6): 21– 23

[8] 朱伟林. 中国近海新生代含油气盆地古湖泊学与烃源条件 [M]. 北京: 地质出版社, 2009: 25– 49
Zhu Weilin. Paleolakes and source rock conditions of the Cenozoic petroliferous basins in China offshore [M]. Beijing: The Geological Publishing House, 2009: 25– 49

[9] 张迎朝, 甘军, 邓勇, 等. 珠江口盆地西部文昌 B 凹陷及周边油气成藏组合 [J]. 中国海上油气, 2009, 21(5): 303– 307
Zhang Yingchao, Gan Jun, Deng Yong, et al. Pool-forming patterns of hydrocarbon plays and favorable exploration trend in Wenchang B sag and surrounding areas, Zhu III depression, Pearl River Mouth Basin [J]. China Offshore Oil and Gas, 2009, 21(5): 303– 307.

[10] 邹雯雯, 郭迺嫻. 珠江口盆地珠三坳陷有机包裹体初步研究 [J]. 中国海上油气, 1997, 11(4): 233– 239.
Zou Wenwen, Guo Naian. A preliminary study on organic inclusions in Zhu III depression, Pearl River Mouth Basin [J]. China Offshore Oil and Gas, 1997, 11(4): 233– 239

[11] 于晓果, 席晓应, 邹雯雯. 珠三坳陷油气成藏的地球化学依据 [J]. 中国海上油气, 1999, 13(4): 268– 274
Yu Xiaoguo, Xi Xiaoying, Zou Wenwen. The geochemical evidences of oil/gas accumulation in Zhu III depression, Pearl River Mouth Basin [J]. China Offshore Oil and Gas, 1999, 13(4): 268– 274

[12] 徐新德, 黄保家, 李里, 等. 珠三坳陷琼海凸起油气运聚研究 [J]. 石油勘探与开发, 1999, 27(4): 41– 44
Xu Xinde, Huang Baojia, Li Li, et al. A study on the migration and accumulation of oil and gas in Qionghai uplift, Zhu III depression [J]. Petroleum Exploration and Development, 1999, 27(4): 41– 44.

ssic West Sichuan area[J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(1): 43– 50

[13] 解习农, 刘晓峰, 赵士宝, 等. 异常压力环境下流体活动及其油气运移主通道分析[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2004, 29(5): 589– 595

Xie Xinong Liu Xiaofeng Zhao Shibao et al Fluid flow and hydrocarbon migration pathways in abnormally pressured environments[J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences 2004, 29(5): 589– 595

[14] 陈荷立. 油气运移研究的有效途径[J]. 石油与天然气地质, 1995 16(2): 123– 131

Chen Heli An efficient approach to hydrocarbon migration researches[J]. Oil & Gas Geology, 1995, 16(2): 123– 131

[15] 刘新社, 席胜利, 黄道军, 等. 鄂尔多斯盆地中生界石油二次运移动力条件[J]. 石油勘探与开发, 2008 35(2): 143– 147.

Liu Xinshe Xi Shengli Huang Daojun et al Dynamic conditions of Mesozoic petroleum secondary migration, Ordos Basin[J]. Petroleum Exploration and Development 2008 35(2): 143– 147.

[16] 武明辉, 张刘平, 罗晓容, 等. 西峰油田延长组长 8 段储层流体作用期次分析[J]. 石油与天然气地质, 2006 27(1): 33– 36

Wu Minghui Zhang Liuping Luo Xiaorong et al Analysis of hydrocarbon migration stages in the 8th member of Yanchang Formation Xifeng oilfield[J]. Oil & Gas Geology, 2006 27(1): 33– 36

[17] Zhao Mengwei Behr H J Ahrendt H. Thermal and tectonic history of the Ordos Basin, China: evidence apatite fission track analysis vitrinite reflectance and K–Ar dating [J]. AAPG Bulletin 1996, 80(7): 1110– 1134

[18] 赵孟为, Behr H J 鄂尔多斯盆地三叠系镜质体反射率与地热史[J]. 石油学报, 1996 17(2): 15– 23.

Zhao Mengwei Behr H J Vitrinite reflectance in Triassic with relation to geothermal history of Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinica 1996 17(2): 15– 23.

[19] 任战利. 利用磷灰石裂变径迹法研究鄂尔多斯盆地地热史[J]. 地球物理学报, 1995, 38(3): 339– 349

Ren Zhanli Thermal history of the Ordos Basin assessed by apatite fission track analysis[J]. Acta Geophysica Sinica 1995 38(3): 339– 349

[20] Lerche I Basin Analysis Quantitative Methods[M]. Academic Press Inc, 1990

[21] Welte D H, Horsfield B Baker D R. Petroleum and basin evolution [M]. Germany Springer 1997.

[22] Wang C, Xie X. Hydrofracturing and episodic fluid flow in shale-rich basins—a numerical study [J]. AAPG Bulletin 1998 82(10): 1857– 1869

[23] 杨占龙, 陈启林, 郭精义, 等. 流体势分析技术在岩性油气藏勘探中的应用[J]. 石油实验地质, 2007, 29(6): 623– 627

Yang Zhanlong Chen Qilin Guo Jingyi et al Fluid potential analysis and application in litho-stratigraphic reservoir exploration[J]. Petroleum Geology & Experiment 2007 29(6): 623– 627

[24] 王震亮, 耿鹏. 准噶尔盆地侏罗系古流体动力与天然气运移、聚集分析[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2002, 32(5): 531– 536

Wang Zhenliang Geng Peng Ancient dynamics of fluid and gas migration and accumulation in Jurassic Systems Jungar Basin [J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2002, 32(5): 531– 536

[25] 王震亮, 刘林玉, 于铁星, 等. 松辽盆地南部腰台地区青山口组油气运移、成藏机理[J]. 地质学报, 2007 81(3): 419– 427

Wang Zhenliang Liu Linyu, Yu Yixing et al The mechanisms on hydrocarbon migration and accumulation in Qingshankou Formation from Yaoyingtai Area, Southern Songliao Basin[J]. Acta Geologica Sinica 2007, 81(3): 419– 427

(编辑 张亚雄)

(上接第 117 页)

[13] 王春修, 张群英. 珠三坳陷典型油气藏及成藏条件分析[J]. 中国海上油气, 1999 13(4): 248– 254

Wang Chunxiu, Zhang Qunying Typical oil and gas reservoirs and their forming conditions in Zhu III depression[J]. China Offshore Oil and Gas 1999 13(4): 248– 254.

[14] Hinkle A D. Petroleum migration pathways and charge concentration a three-dimensional model[J]. AAPG Bulletin 1997, 81(9): 1451– 1481.

[15] 黄保家, 李俊良, 李里, 等. 文昌 A 凹陷油气成藏特征与分布规律探讨[J]. 中国海上油气, 2007 19(6): 361– 366

Huang Baojia Li Junliang Li Li et al A discussion on the hydrocarbon accumulation characteristics and distribution in Wenchang A sag[J]. China Offshore Oil and Gas 2007 19(6): 361– 366

[16] 姜华, 王华, 肖军, 等. 珠江口盆地珠三坳陷构造反转与油气聚集[J]. 石油学报, 2008, 29(3): 372– 377.

Jiang Hua Wang Hua Xiao Jun et al Tectonic inversion and its relationship with hydrocarbon accumulation in Zhu III depression of Pearl River Mouth Basin[J]. Acta Petrolei Sinica 2008 29(3): 372– 377.

(编辑 李 军)