

# 珠江口盆地岩性油气藏类型及形成条件 ——以惠西南地区中新统珠江组为例

丁琳, 杜家元, 张向涛, 刘道理

(中海石油(中国)有限公司深圳分公司)

**摘要** 珠江口盆地惠西南地区新近系珠江组发育古珠江三角洲前缘的连续型尖灭砂体和受波浪或潮流等改造再沉积的独立型尖灭砂体。根据研究区珠江组岩性油气藏的勘探实践,综合砂体类型与构造背景,把珠江组岩性油气藏分为3类:上倾尖灭型岩性油气藏,主要发育在东沙隆起区侧翼的鼻状构造带;背斜-上倾尖灭复合型岩性油气藏,主要发育在凹陷内部的古潜山构造带;断层-上倾尖灭复合型岩性油气藏,主要发育在断层下降盘的逆牵引构造带以及由倾向相反的正断层所夹持的凸起带。珠江组岩性油气藏为下生上储型,古近系文昌组提供了充足的油源,有利的构造背景和由断层、不整合面、渗透性砂岩及构造脊联合形成的油气垂向、横向运移路径是岩性油气藏成藏的重要条件。

**关键词** 珠江口盆地; 惠州凹陷; 珠江组; 砂岩储层; 岩性油气藏; 成藏条件

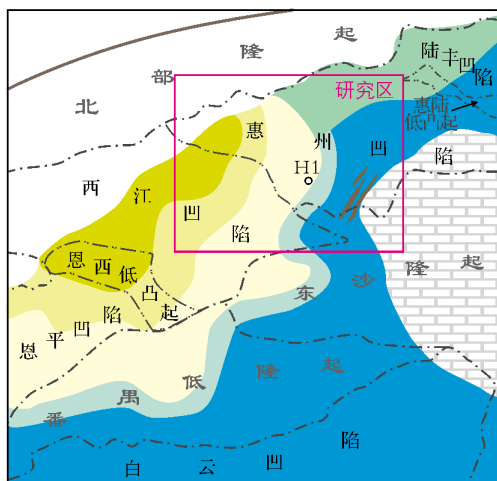
中图分类号: TE121

文献标识码: A

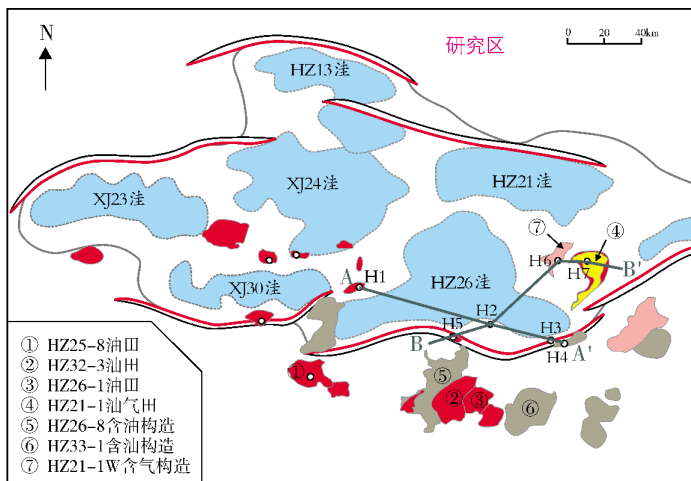
## 1 概况

惠州凹陷是珠江口盆地已经证实的富生烃凹陷。2003年以来,在惠西南地区(包括惠州凹陷西南部以及及与惠州凹陷相接的东沙隆起西北部(图1a),

在高品质的三维地震覆盖区,针对发现油层最多的珠江组开展了岩性油气藏勘探,共发现了7个商业性或潜在商业性岩性油气藏(图1b),其中,HZ32-3岩性油藏和HZ26-1岩性油藏是在钻探构造圈闭的过程中发现的,HZ25-8油田、HZ21-1W含气构造、



(a) 珠江口盆地早中新世珠江期沉积相



(b) 惠西南地区生烃洼陷及岩性油气藏分布

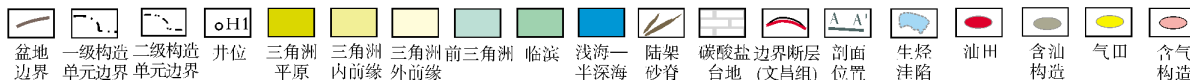


图1 珠江口盆地珠江期沉积背景及惠西南地区岩性油气藏分布

收稿日期: 2015-10-16; 改回日期: 2016-12-12

本文为“十三五”国家科技重大专项“南海东部海域勘探新领域及关键技术”(编号: 2016ZX05024-004)部分成果

丁琳: 女, 1981年生, 工程师, 博士, 从事油气勘探领域地质研究工作。通讯地址: 518000 广东省深圳市南山区后海滨路(深圳湾段) 3168号中海大厦A座; E-mail: dinglin@cnooc.com.cn

HZ33-1 含油构造是新发现的岩性油气藏, HZ26-8 含油构造和 HZ21-1 油气田是在对老油田油气层挖潜过程中进一步发现的岩性油气藏。

从勘探现状来看, 珠江口盆地岩性油气藏的成藏规律还有待梳理总结。本文通过对惠西南地区已钻探的珠江组岩性油气藏成藏条件的分析, 提出了 3 种岩性油气藏类型以及岩性油气藏成藏的 3 个主要有利条件, 以期对珠江口盆地岩性油气藏的勘探领域和勘探方向提供指导。

## 2 中新世沉积背景分析

珠江口盆地属于下陆上海的沉积盆地, 具有下断上坳的构造格局<sup>[1-2]</sup>, 经历了裂陷期、拗陷期和断

裂活化期等三个构造演化阶段(图2)。裂陷期, 珠江运动 I 幕的强烈拉张在古近系文昌组形成了盆地最主要的生油层, 在惠州凹陷内部, 表现为一系列受边界断层控制的生烃洼陷(图1b)。本次研究的目的层——中新统珠江组处于拗陷期, 发育三角洲—碳酸盐台地沉积体系(图1a, 图2), 外部物源主要来自于西北部的古珠江三角洲<sup>[4]</sup>, 北部隆起带提供了大量碎屑物质进入宽缓的陆架区, 河流的改道造成三角洲朵体的来回交叠, 海平面的频繁升降使研究区发育了大面积的三角洲前缘沉积, 三角洲前缘砂体和受到改造的砂体与海相泥岩呈指状交互分布, 砂体的横向尖灭与后期构造抬升背景的叠合是形成岩性圈闭的条件<sup>[5-6]</sup>。

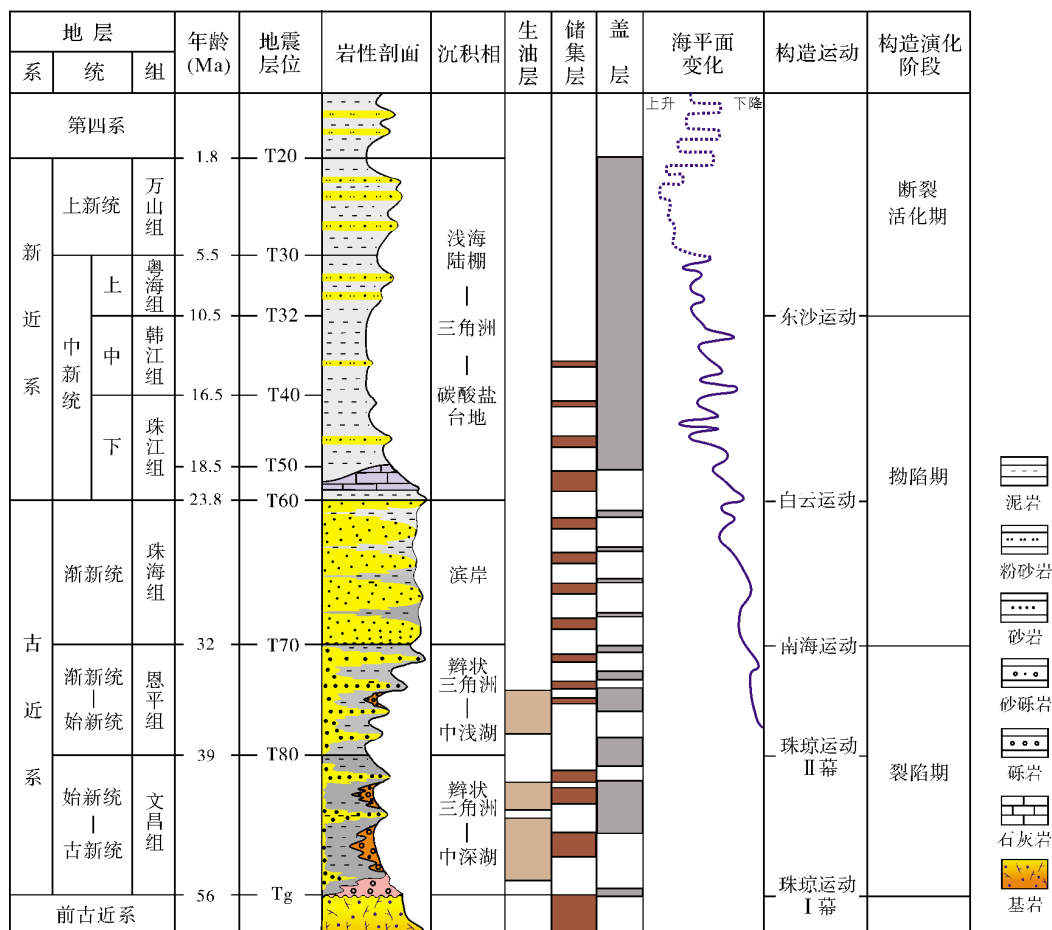


图2 珠江口盆地新生界地层综合柱状图

海平面变化, 实线部分由录井和测井资料确定, 虚线部分参考文献[3]编绘(由微体古生物资料确定)

惠西南地区珠江组内部共分为5个三级层序<sup>[7]</sup>, 珠江组沉积时期, 古珠江三角洲受到河流、波浪以及

潮汐等多种水动力条件的影响, 在区内形成了丰富多样的砂体沉积类型(图3)。

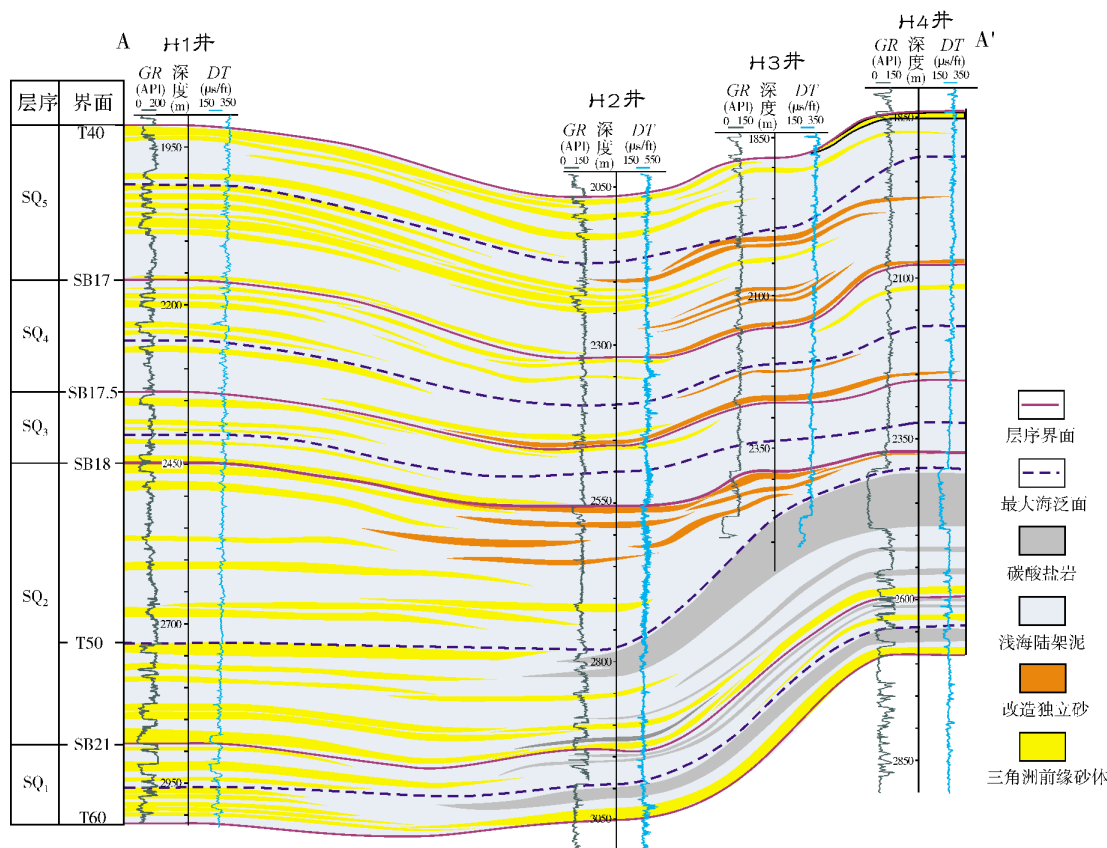


图3 珠江口盆地惠西南地区珠江组沉积相连井剖面

A—A'剖面位置见图1b

研究区西北侧以河流作用为主的三角洲体系中,河控作用强,往物源方向砂体分布较连续,有利砂体包括水下分流河道、河口坝、远砂坝以及前缘席状砂,由于物源供应充足,这类砂体在物源方向一侧往往与其他类型砂体紧密相连,只在远离物源的一侧发生尖灭,为三角洲前缘连续型尖灭砂体;伴随着海平面的升降,三角洲前缘尖灭砂体在纵向上形成“阶梯式”的尖灭砂体叠置区。

研究区东南侧靠近东沙隆起区(图1a),发育受波浪和潮汐改造的沉积体系,独立于三角洲体系之外。三角洲前缘砂体在波浪或潮流等水动力条件下被搬运改造,包括受潮流破坏和改造重新沉积下来的潮道—潮砂坝,以及受波浪再搬运和再改造而重新沉积的陆架砂脊—砂席<sup>[8]</sup>,它们不仅在顺物源方向一侧发生砂体尖灭,在逆物源方向一侧,由于脱离三角洲体系也发生砂体尖灭,从而成为砂体独立分布的类型。独立型尖灭砂体在垂直于物源方向沿长轴两端延伸,沿短轴方向朝两侧尖灭。

连续型尖灭砂体和独立型尖灭砂体,它们与特定的构造背景叠合都能形成岩性圈闭。

### 3 珠江组岩性油气藏类型

根据珠江组砂体沉积特征,结合研究区岩性油气藏的勘探实践和研究,可将珠江组岩性油气藏类型分为以下3类(图4)。

**上倾尖灭型** 由岩性尖灭线与鼻状构造叠合形成的岩性油气藏(图4a),包括HZ25-8、HZ32-3、HZ26-8等岩性油藏(图1b中①、②、⑤号油藏),它们以三角洲前缘河道、河口坝或席状砂为目的层,砂体在物源近端分布相对比较广泛、连续,在物源远端发生尖灭,与东沙隆起西倾的鼻状构造叠合形成岩性圈闭,XJ30洼和HZ26洼(图1b)的油气通过油源断层垂向运移到达目的层,然后顺着分布在东沙隆起上的砂体沿构造脊方向横向运移到岩性圈闭中成藏。另外,HZ26-1和HZ33-1岩性油藏(图1b中③、⑥号油藏),其目的层属于三角洲前缘或远端受水动力

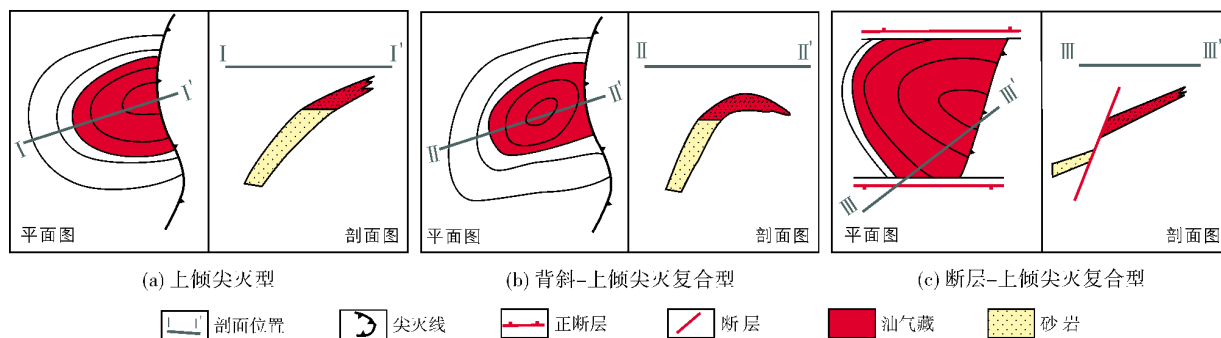


图4 珠江口盆地惠西南地区珠江组岩性油气藏类型示意图

改造后的独立型砂体,砂体两侧或多侧具有封闭性,此类砂体极易形成岩性圈闭,但由于砂体展布较独立,油气运移是此类圈闭成藏的风险之一。

**背斜-上倾尖灭复合型** 由岩性尖灭线与凹陷内部古潜山带叠合形成的岩性油气藏(图4b),包括HZ21-1和HZ21-1W岩性油气藏(图1b中的④、⑦号油藏)。HZ21-1W的目的层属于三角洲体系的河道与河口坝沉积,HZ21-1的目的层属于三角洲体系受到水动力改造的条带状砂岩复合体,这两类砂体都在物源远端发生尖灭,与古潜山构造或古潜山斜坡背景叠合形成岩性圈闭。HZ26洼(图1b)的油气沿油源断层向上运移,再通过砂体沿着构造脊方向输导至岩性圈闭中成藏。

**断层-上倾尖灭复合型** 由岩性尖灭线与凹陷内部的正向构造叠合形成的岩性油气藏(图4c),该类岩性圈闭由岩性尖灭线、构造线和断层面组成,圈闭的有效性不仅受高部位的岩性尖灭线控制,还要受到断面封堵性的控制,由于形成有效圈闭的条件复杂,目前尚未有突破实例,但可作为岩性圈闭探索的一个方向。

## 4 珠江组砂岩岩性油气藏形成条件

### 4.1 油源条件

古近系文昌组是珠江口盆地的主要烃源岩。惠州凹陷文昌组有多个富生烃洼陷,其中惠州西南部HZ26洼、XJ24洼、XJ30洼(图1b)的平均生烃强度都在 $1500 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ 以上(表1)。临近这些富生烃洼陷的二级构造带为油气强充注区,已获得大量油气发现(图1b)。

表1 珠江口盆地惠州凹陷西南部古近系文昌组生烃洼陷生烃指标<sup>①</sup>

洼陷	面积 ( $\text{km}^2$ )	生烃量 ( $\times 10^8 \text{ t}$ )	平均生烃强度 ( $\times 10^4 \text{ t/km}^2$ )
HZ13	115	2.34	203.87
HZ21	198	11.94	602.95
HZ26	397	72.95	1837.61
XJ23	202	15.53	768.61
XJ24	533	95.45	1790.79
XJ30	136	21.19	1558.00

### 4.2 构造条件

研究区岩性圈闭的形成,受到沉积因素和构造因素的控制。古珠江三角洲从西北方向向研究区推进,三角洲前缘砂体总体往东南方向发生尖灭,东沙隆起西翼的地层由于晚期构造运动的影响整体处于往东南方向抬升的背景,两种因素叠合可形成有效的岩性圈闭。对于研究区独立型的尖灭砂体,由于存在两个或多个方向的沉积尖灭线,只要存在上倾的构造背景,就有可能形成岩性圈闭。惠西南地区存在4种有利于岩性圈闭发育的构造带(图5)。

隆起区侧翼的鼻状构造带(I)发育于东沙隆起之上,主要表现为一个向西倾没的大型鼻状隆起,较高部位的三角洲前缘砂体尖灭线与鼻状构造叠合可形成上倾尖灭岩性圈闭(图4a)。

凹陷内部的继承性古潜山带(II)潜山构造指具有相当起伏的古剥蚀面及其上覆的新地层所组成的正向构造<sup>[9]</sup>。珠江组沉积时期,这一区域同时发育有三角洲前缘连续型尖灭砂体及独立型潮砂坝或陆架砂脊尖灭砂体,它们在古潜山带及其翼部,可形成上倾尖灭岩性圈闭(图4b)。

① 施和生,舒誉,陈斯忠,等.珠一坳陷古近系层序地层与油气成藏条件研究.中海石油(中国)有限公司深圳分公司,2008.



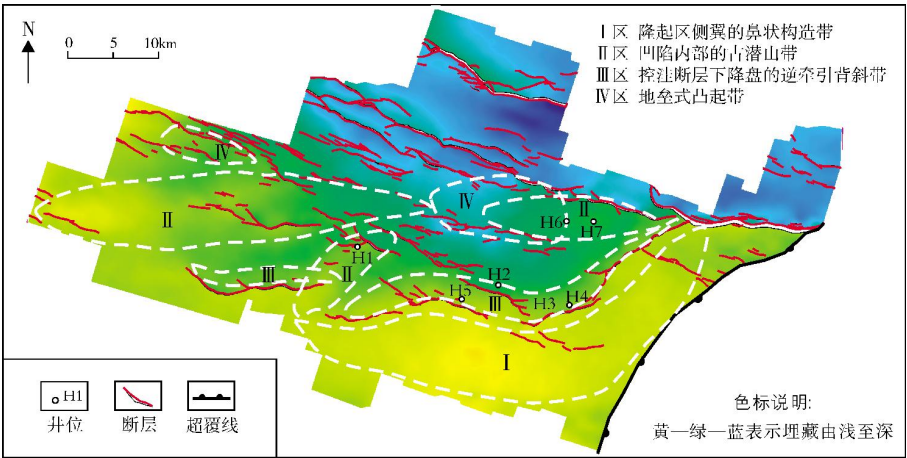


图5 珠江口盆地惠州凹陷西南部有利构造带分布图

控注断层下降盘的逆牵引背斜带(Ⅲ) 研究区断层受控凹(洼)断层控制的逆牵引背斜发育在弧形断层内侧,靠近断层一翼较陡,远离断层一翼平缓,沿断层呈NWW与NEE向展布(图5)。珠江组砂岩尖灭线与逆牵引背斜叠合可形成岩性圈闭,通常岩性圈闭靠近断层的一侧需要依靠断层封闭。

洼陷之间的凸起带(Ⅳ) 垂直构造走向,被倾向相反的正断层所限而形成的“地垒式”断块构造,主要受控注断层控制,沿断层走向展布,常与洼陷相间出现。在这种构造背景下形成的岩性圈闭,其有效性除了受到岩性尖灭线控制外,还要受到两侧断层封闭性的控制(图4c)。

### 4.3 运移条件

新近系岩性油气藏属于“下生上储”型油气藏,其烃源来自古近系文昌组,主要依靠油源断层沟通油气至新近系储层。在惠州凹陷烃源岩排烃期间,断层活动包括4个阶段<sup>[10]</sup>:早期活动期(20Ma以前)、中期相对平静期(20~14Ma)、晚期活动期(14~5Ma)以及现今相对平静期(5Ma~现今)。早期断层活动期,油气主要聚集在古近系;中期相对平静期和现今相对平静期都以古近系近源成藏为主;只有在晚期断层活动期,随着早期断层的活化,油气才能够经过断层、砂体及构造脊组成的复合输导体系运移至新近系圈闭成藏<sup>[8]</sup>(图6)。

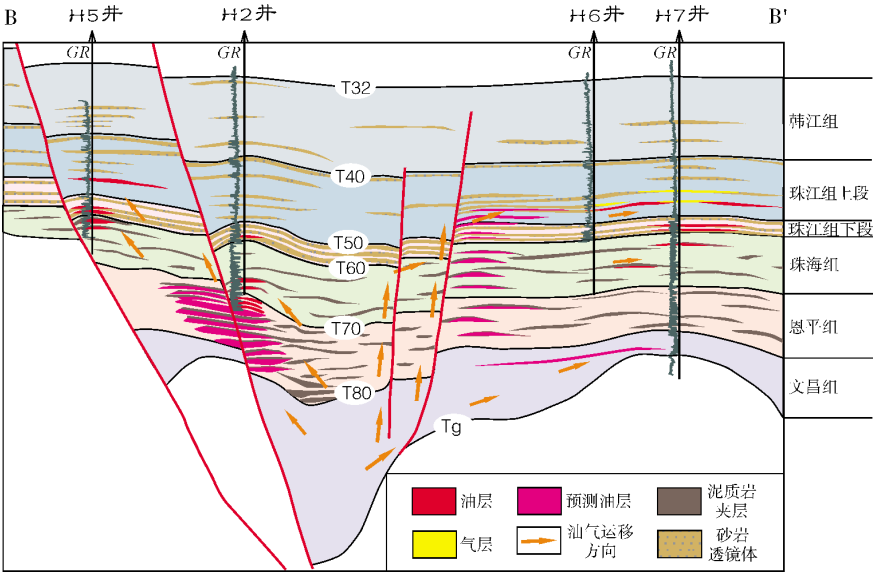


图6 珠江口盆地惠西南地区岩性油气藏成藏模式图  
B—B'剖面位置见图1b

**油气垂向运移** 古近系的油气主要沿控凹(洼)大断层向上垂向运移至新近系。研究区断层非常发育(图5),断层走向以NEE、NWW向为主,部分为EW向,均为正断层。凹陷内断层发育规模不同,不同级别的断层控制着凹陷内不同的负向单元。控凹(洼)断层规模较大,延伸长度一般几十千米,平面上呈反“S”形,走向近EW向,剖面形态以铲式为主,断层既控制着凹(洼)陷的构造形态和沉积作用,同时它们也是油气运移的主要通道。本区存在两种油气垂向运移方式(图6):油气直接沿着主干断层向上垂向运移;深层油气沿着不整合面由深洼区向凸起区横向运移,再沿着主干断层向上垂向运移。

**油气横向运移** 方式复杂多样,可以沿渗透性砂体、不整合面和构造脊运移。在晚期断层活动期,油气沿断层进入珠江组后,受到泥岩顶板遮挡,油气发生横向运移;在横向运移过程中,油气沿区域性分布的渗透性砂岩向低势区的构造高点运移,在岩性圈闭中聚集成藏(图6)。

## 5 结 论

(1)珠江口盆地惠西南地区新近系珠江组发育古珠江三角洲前缘的连续型尖灭砂体和受波浪或潮流等改造再沉积的独立型尖灭砂体,它们与合适的构造背景叠合可形成岩性圈闭。

(2)综合砂体类型与构造背景,研究区珠江组岩性油气藏可分为3类:上倾尖灭型岩性油气藏,主要发育在东沙隆起区侧翼的鼻状构造带;背斜-上倾

尖灭复合型岩性油气藏,主要发育在凹陷内部的古潜山构造带;断层-上倾尖灭复合型岩性油气藏,主要发育在断层下降盘的逆牵引构造带以及由倾向相反的正断层所夹持的凸起带。

(3)珠江组岩性油气藏为下生上储型,富生烃洼陷内古近系文昌组提供了丰富的烃源,由断层、不整合面、渗透性砂岩和构造脊联合形成的油气垂向、横向运移路径是岩性油气藏成藏的重要条件。

### 参 考 文 献

- [1] 陈长民,施和生,许仕策,等. 珠江口盆地(东部)第三系油气藏形成条件[M]. 北京:科学出版社,2003: 1-30.
- [2] 庞雄,陈长民,邵磊,等. 白云运动:南海北部渐新统—中新统重大地质事件及其意义[J]. 地质论评,2007,53(2): 145-151.
- [3] 秦国权. 微体古生物在珠江口盆地新生代晚期层序地层学研究中的应用. 海洋地质与第四纪地质,1996,16(4): 1-18.
- [4] 杜家元,施和生,丁琳,等. 珠江口盆地(东部)地层岩性油气藏勘探有利区域分析[J]. 中国海上油气,2014,26(3): 30-36.
- [5] 龙更生,施和生,杜家元. 珠江口盆地惠州地区中新统地层岩性圈闭形成条件分析[J]. 中国海上油气,2006,18(4): 229-235.
- [6] 杜家元,陈维涛,张昌民. 珠江口盆地新近系地层岩性圈闭形成条件及发育规律分析[J]. 石油实验地质,2014,36(5): 555-561.
- [7] 陈维涛,杜家元,龙更生,等. 珠江口盆地惠州地区珠江组控砂机制及地层-岩性圈闭发育模式[J]. 石油与天然气地质,2012,33(3): 449-458.
- [8] 丁琳,杜家元,张昌民,等. 珠江口盆地惠州凹陷珠江组K系列陆架砂脊沉积演化与成因[J]. 石油与天然气地质,2014,35(3): 379-385.
- [9] 易士威,赵淑芳,范炳达,等. 冀中坳陷中央断裂构造带潜山发育特征及成藏模式[J]. 石油学报,2010,31(3): 361-367.
- [10] 杜家元,施和生,丁琳,等. 惠州凹陷油气成藏期次划分及其勘探意义[J]. 中国海上油气,2009,21(4): 221-226.

编辑:董 庸

## Types and Forming Conditions of Lithologic Oil and Gas Reservoirs in Zhujiangkou Basin: A Case in Miocene Zhujiang Formation, Southwestern Huizhou Sag, Zhujiangkou Basin

Ding Lin, Du Jiayuan, Zhang Xiangtao, Liu Daoli

**Abstract:** The ancient Zhujiang delta developed in Neogene Zhujiang Formation, Zhujiangkou Basin. In the southwestern Huizhou Sag and in the western Dongsha Uplift, the continuous sand bodies and the independent sand bodies developed on the delta front, and the latter is modified by waves or tidal currents. Considering the sand body type and tectonic setting, the lithologic reservoirs in Zhujiang Formation can be divided into three categories: monocline-uplifting type, mainly developed in a nasal tectonic zone on the flanks of Dongsha Uplift; anticline-uplifting type, mainly developed in the buried hill; and fault-uplifting type, mainly developed in the hanging wall of roll-over anticline or in the horst. The reservoir in Zhujiang Formation has a lower-generation and upper-storage pattern. Paleogene Wenchang Formation is a sufficient source-rock layer. The favorable tectonic setting and the transport system which is composed of fault, unconformity, permeable sandstone and structural ridge are the important conditions for the lithologic reservoirs in Zhujiangkou Basin.

**Key words:** Huizhou sag; Zhujiangkou Basin; Zhujiang Fm.; Sandstone reservoir; Lithologic reservoir; Hydrocarbon accumulation  
Ding Lin: PhD, Geological Engineer. Add: Shenzhen Branch of CNOOC, 3168 Houhaibin Rd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China