

文章编号: 1000-0550(2013)06-1081-07

珠江口盆地番禺天然气区东南缘坡折带韩江组中段沉积层序与岩性地层圈闭研究^①

冉怀江¹ 林畅松² 代一丁³ 秦成岗³ 吴伟⁴ 张俞² 乔阳²

(1. 中国石油长城钻探工程公司 解释研究中心 北京 100101; 2. 中国地质大学(北京) 能源学院 北京 100083;

3. 中国海洋石油深圳分公司研究院 广州 510240; 4. 河南理工大学 河南焦作 454150)

摘要 综合利用钻井、测井、地震等资料,运用层序地层学原理,在珠江口盆地番禺天然气区东南缘陆架坡折带珠江组-韩江组层序地层格架划分的基础上,重点对韩江组中段SQhj₂的沉积层序特征进行了分析研究。SQhj₂层序可划分出低位、海侵及高位体系域,其中低位体系域依据地震、测井等特征可识别出明显的两期。在阐明层序结构和沉积体系域构成特征的基础上,建立了研究区SQhj₂的沉积层序模式,在此基础上,对研究区有利储集砂体和岩性地层圈闭分布进行了预测。

关键词 珠江口盆地 番禺天然气区 陆架坡折带 韩江组中段 沉积层序 岩性地层圈闭

第一作者简介 冉怀江 男 1982年出生 博士研究生 石油地质 E-mail: ransi0007@163.com

中图分类号 P168.130.2⁺2 TE121.3⁺4 **文献标志码** A

0 引言

近年来,随着浅海油气勘探程度的逐渐加深,浅海陆架已经较难满足日渐增多的油气资源需求,油气勘探逐渐向深水区扩展^[1]。据Stow(2000)估计世界上有1 200~1 300个油气田是来自于陆架坡折带上下深水沉积体系中,其中巨型油气田有40余个,地层岩性油气藏占相当重要的地位。地层岩性油气藏与特定的层序地层格架下的特殊沉积体系以及储层发育密切相关,地层岩性油气藏多发育于陆架坡折带控制的低位域沉积中^[2],因此,陆架和陆坡的结合部位—陆架坡折带是石油地质学家关注的重点,也是当前国际学术研究的热点^[3]。中国南海北部珠江口盆地成为该研究的主要热点区域,珠江口盆地属于南海北部中生代被动大陆边缘裂陷盆地,盆地大部分处于大陆架区域,部分在陆坡区。经过20多年的勘探开发,珠江口盆地已经形成我国南海最主要的油气生产基地,在陆架区发现了砂岩油气藏和礁油气藏,在陆坡区发现了陆架边缘三角洲及深水扇体,并取得了一系列的重要发现^[4]。研究区韩江组中段SQhj₂层序是目前主要的勘探目的层之一,但主要集中于陆架坡折带之上的陆架区的构造油气藏,对于陆架坡折带之下的低位陆架边缘三角洲及低位扇形成的岩性地层油

气藏的勘探尚处于起步阶段。因此,对于番禺天然气区东南缘陆架坡折带这一关键区域SQhj₂沉积层序特征的研究,具有重要的现实勘探意义。

1 区域地质概况

珠江口盆地是我国南海大陆边缘南部的一个重要的新生代含油气盆地,是在前古近系基底上发展起来的。自北向南依次划分为北部断阶带、北部拗陷带、中央隆起带、南部拗陷带和南部隆起带等5个次级构造单元。在北西向调节正断层的作用下,各个构造带又可划分为若干个凹陷和低隆起。研究区包括番禺低隆起及白云凹陷北坡,位于珠江口盆地中央隆起带中部和珠Ⅱ拗陷白云凹陷的北部。区内从下到上发育古近系文昌组、恩平组、珠海组以及新近系珠江组、韩江组、粤海组、万山组和第四系^[5]。白云凹陷北坡—番禺低隆起是珠江口盆地天然气勘探的重点地区,目前已发现多个气藏和含气构造(图1)。

珠江口盆地位于南海北部大陆边缘,开始形成于始新世。盆地的形成演化总体经历过3个演化阶段:始新世至早渐新世的裂陷阶段—晚渐新世至中中新世的拗陷阶段—晚中新世至今的断块升降阶段^[6]。在断陷期,珠江口盆地沉积了一套以湖相为主的地层;中新世盆地开始整体下沉,发育了新近系滨海相

^①国家自然科学基金项目(批准号:41102059,49572120)资助
收稿日期:2011-12-28;收修稿日期:2012-04-09

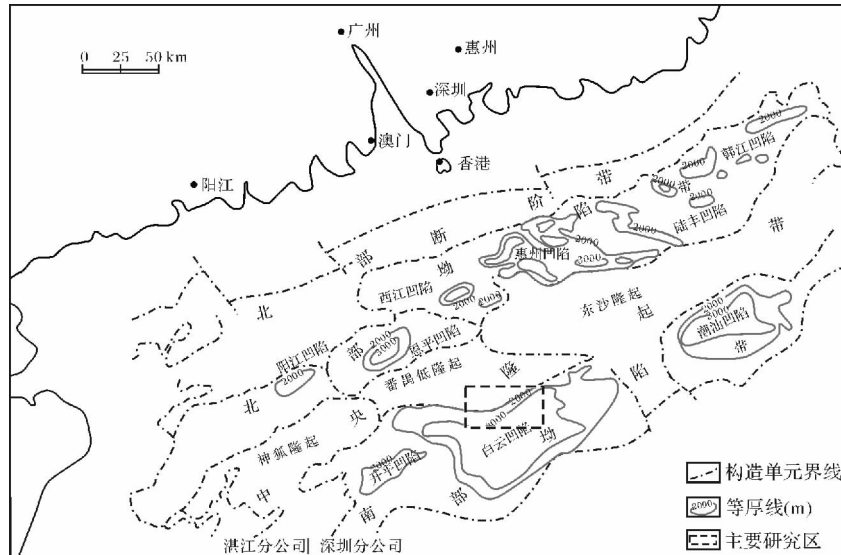


图 1 珠江口盆地构造分区

Fig. 1 Tectonic division of the Pearl River Mouth Basin

和浅海相沉积。在纵向上形成了“下陆上海”的两大沉积体系 构成了“陆生海储”的成油体系^[7]。

2 层序地层格架的建立

层序地层格架包括由层序地层相关界面所限定的成因地层单元,这些地层单元是可容纳空间与沉积物补给相互作用的结果^[8],界面包括强制水退界面、低位和高位正常水退界面、水进界面。在前人研究成果的基础之上,通过多口单井和多条连井、井—震剖面、地震剖面上层序界面性质以及层序内部特征,对研究区新近系珠江组—韩江组地层的关键界面进行了识别,系统厘定了研究区珠江组—韩江组的三级层序、体系域的划分方案,将研究区珠江组—韩江组的层序划分为 7 个三级层序(SQzj₁、SQzj₂、SQzj₃、SQzj₄、SQhj₁、SQhj₂、SQhj₃),每个三级层序又可通过追踪海泛面细分为 3~5 个体系域或四级层序。

与三级层序对应的 8 个层序界面分别为 SB 23.8、SB21、SB17.5、SB16.5、SB15.5、SB13.8、SB12.5、SB10.5,各个层序界面具有明显不同的界面特征,同一层序界面在区内不同部位也呈现明显变化。结合地震、测井、钻井等资料分析表明,三级层序界面包括明显削蚀不整合界面、明显上超不整合界面、底超不整合界面、弱削蚀或上超不整合和整合界面、大型下切谷冲刷界面等多种类型。SB23.8、SB13.8 层序界面可见明显削蚀不整合,表明出现过明显的水退和构造抬升或掀斜剥蚀作用。SB13.8、SB12.5 具有明显的下

切谷充填特征;具有明显上超不整合特征的界面有 SB16.5、SB15.5、SB13.8;SB17.5 主要以弱的削蚀或上超不整合面为特征;SB21 可见底超不整合接触(图 2)。

3 SQhj₂ 层序体系域特征

在层序地层格架的基础上,依据地震反射特征、测井响应特征及地震属性,层序 SQhj₂ 可识别出低位、海侵及高位体系域,其中,低位体系域根据地震反射振幅强弱及下切水道等特征,可分为明显的两期—早期低位域和晚期低位域。地震剖面上 SQhj₂ 具有明显的四层结构特征(图 3)。高位体系域进积下超于最大海泛面上,以中强振幅、中等连续地震反射为特征,在坡折带下倾方向厚度迅速减薄。海侵体系域以高频、弱振幅、平行反射为特征,主要以泥质沉积为主。早期低位域相对于晚期具有低频、强振幅特征;晚期低位域较早期下切水道发育,为 SQhj₂ 低位扇主要的物源通道,水道内部主要以侧向充填的后期海侵体系域泥质为主。SQhj₂ 低位扇也可分为早期和晚期,分别对应于早期低位域和晚期低位域,其中晚期低位扇规模较大,为 SQhj₂ 主要的低位扇体发育时期。平面厚度图上可见晚期低位域沉积中心较早期向西北方向迁移,陆架坡折也随之向西北方向迁移(图 4)。SQhj₂ 层序底界面 SB13.8 下部 SQhj₁ 高位域晚期发育下降期体系域,沉积物为一组逐级下降的前积楔,可识别出三期,规模依次减小,平面上主要发育在 P1 井区及其西部地区,呈环状展布。

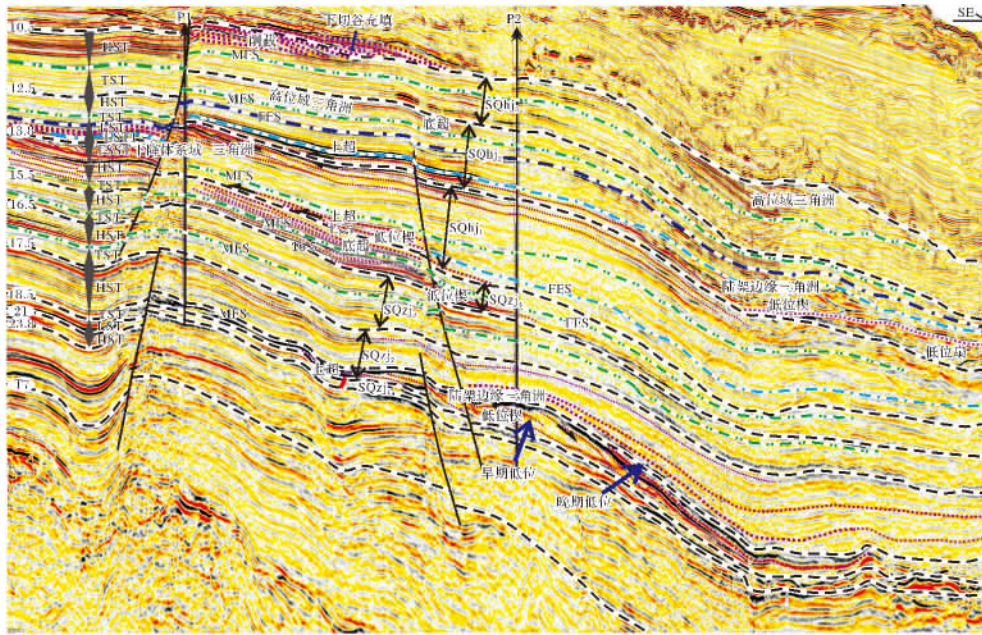


图2 研究区珠江组—韩江组层序地层格架

Fig. 2 The sequence stratigraphic framework of Zhujiang-Hanjiang Formation in the study area

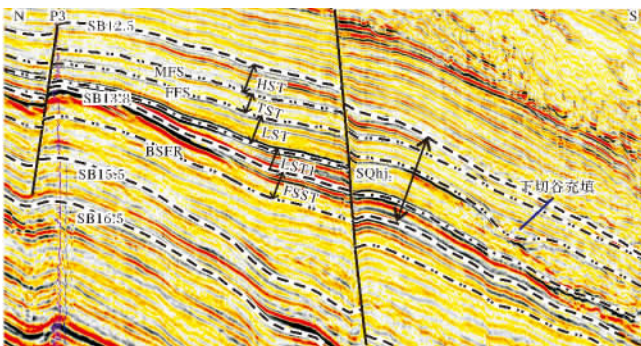


图3 研究区 SQhj₂ 典型地震解释剖面

Fig. 3 Typical 3D seismic interpretation profile of SQhj₂

4 SQhj₂ 沉积特征

SQhj₂ 层序可划分出低位、海侵及高位体系域。低位体系域以陆架边缘三角洲分流河道及河口坝、下切谷或河道充填、低位扇沉积等组成,物源来自西北部的古珠江水系,西北侧为低水位期暴露区。低位域的下切谷冲刷削蚀明显,分布广泛,形成于海平面相对明显下降期。海侵体系域和高位体系域相对富泥,海侵体系域表现为退积到加积特征,高位体系域整体表现为前积的叠加样式。高位体系域主要为前三三角洲至滨浅海陆架环境,以前三角洲泥、陆架泥和滨岸砂坝沉积为主,其中滨岸砂坝沉积呈条带状沿岸线分布,砂体以泥质粉砂—粉砂为主,厚度不大。

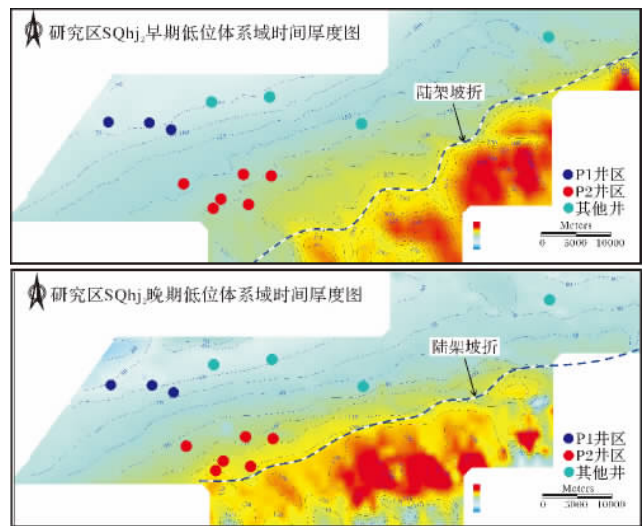


图4 研究区 SQhj₂ 早期、晚期低位体系域时间厚度图

Fig. 4 The time isopach of the early and late stage lowstand system tract of SQhj₂ in study area

全球油气勘探表明深水陆架坡折及其控制的低位域最有利于形成非构造油气藏,对于研究区陆架坡折带控制的低位体系域沉积体的研究具有重要的勘探意义^[9]。低位域沉积体是沉积层序低位体系域内发育的不同成因类型沉积体的总称。通过对研究区SQhj₂ 层序陆架坡折带内沉积特征的研究,发现其低位期主要发育有陆架边缘三角洲、下切谷或河道充填、低位扇等沉积体系。

陆架边缘的三角洲是指物源越过陆架坡折向陆坡延伸发育的三角洲,随着沉积物不断向陆坡运移,陆架坡折逐渐向远陆方向前进,沉积形态呈分别向陆和向海减薄的楔形。SQhj₂ 层序低位域在陆架坡折之上是以向陆的三角洲平原河道沉积为主,从地层切片均方根振幅属性图中可以看出,本时期较为明显的异常区主要集中在番禺低隆起向白云凹陷过渡的斜坡部位,并呈弧形条带状分布,推测其位置可能与当时的岸线位置相平行。越过坡折带向海方向是厚层的陆架边缘三角洲前缘沉积,呈明显的楔形进积体地震反射特征。

在一次海平面变化范围内,陆架边缘三角洲总是由一套进积的楔形体构成,而每一单独的楔形体又彼此通过分流河道或河道冲蚀谷形成的不整合面相互分开^[10]。SQhj₂ 层序低位域可识别出两期,两期均发育下切水道充填,依此可将陆架边缘三角洲楔形体分为两期。在 SQhj₂ 层序低位域陆架边缘三角洲发育过程中,在后期断裂活动及物源供给等因素的影响下,沉积物会越过陆架坡折发生再沉积,形成低位沉积扇体。研究区东部 LW 三维区 SQhj₂ 层序低位域广泛发育下切水道,在下切水道下部相对缓坡地区沉积盆底扇,依据沉积层序特征可识别出两期扇体,与层序的两期陆架边缘三角洲对应(图 5)。

5 SQhj₂ 沉积层序模式

在阐明层序结构和沉积体系域构成特征的基础

上,参考前人研究成果,通过地震反射特征、钻测井资料及岩心分析,建立了研究区 SQhj₂ 的沉积层序模式(图 6)。

在以钻井古生物及环境信息建立的珠江口盆地相对海平面变化曲线中可以看出^[11,12] 21 Ma 以来珠江口盆地经历了 16 次明显的海平面升降旋回,共有 6 次相对海平面下降到白云凹陷北坡陆架坡折附近,其中 13.8 Ma 时海平面下降幅度最大^[13,14],坡折之下出现大量的下切水道,在陆坡下方水道口的缓坡区发育低位扇体。当相对海平面下降到陆架坡折之下时,坡折带向陆方向是下切谷和剥蚀面最发育的地带。此时低位进积楔形体在坡折带的控制下开始形成,但规模较小。之后海平面开始缓慢上升,随着沉积物的向海推进,低位进积楔规模变大,沉积厚度增大,向陆方向以上超在 SB13.8 层序界面上为特征,这就形成了早期低位楔进积体;在 13.4 Ma 时随着相对海平面的快速上升及沉积物的供给,低位楔规模和沉积厚度持续增大,形成晚期低位楔,向陆方向也是以上超在 SB13.8 层序界面上为特征,向海方向以底超于早期低位扇上为特征;晚期低位楔形成后,相对海平面短期快速下降,多条水道下切晚期低位楔形体,平面上下切水道向陆方向尖灭于晚低位域楔形成的陆架坡折带下部,在下切水道口下部缓坡区发育低位扇体,规模较低位域早期的扇体大,是 SQhj₂ 低位扇主要的形成时期。随后,相对海平面快速上升并维持在较高水位,此时主要发育海侵体系域,以陆棚及

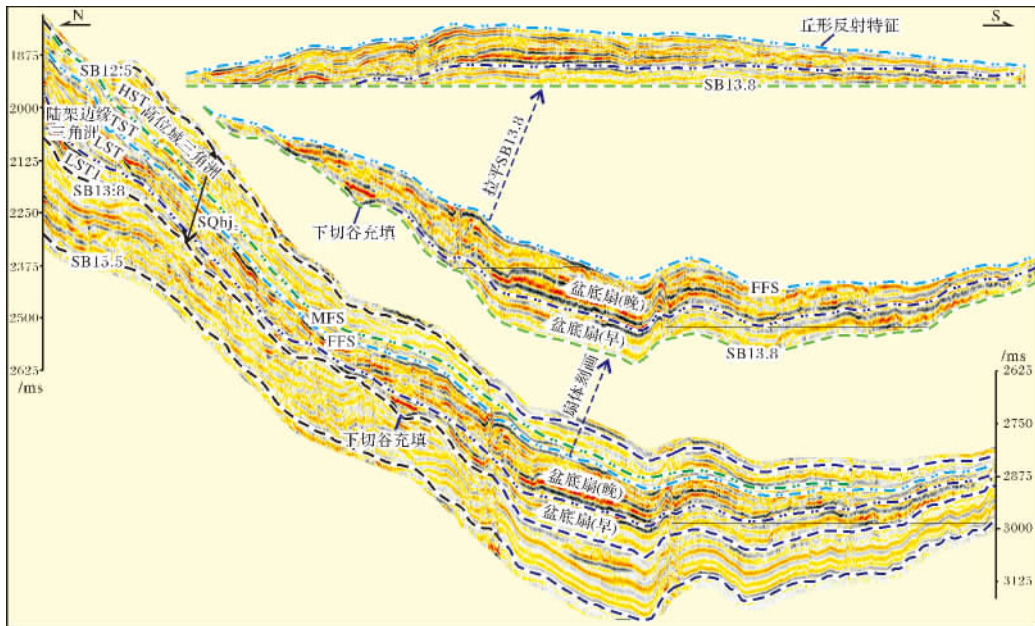


图 5 LW 三维区两期陆架边缘三角洲低位楔及低位扇

Fig. 5 The two stages shelf margin delta lowstand wedges and fans of LW-3D seismic work area

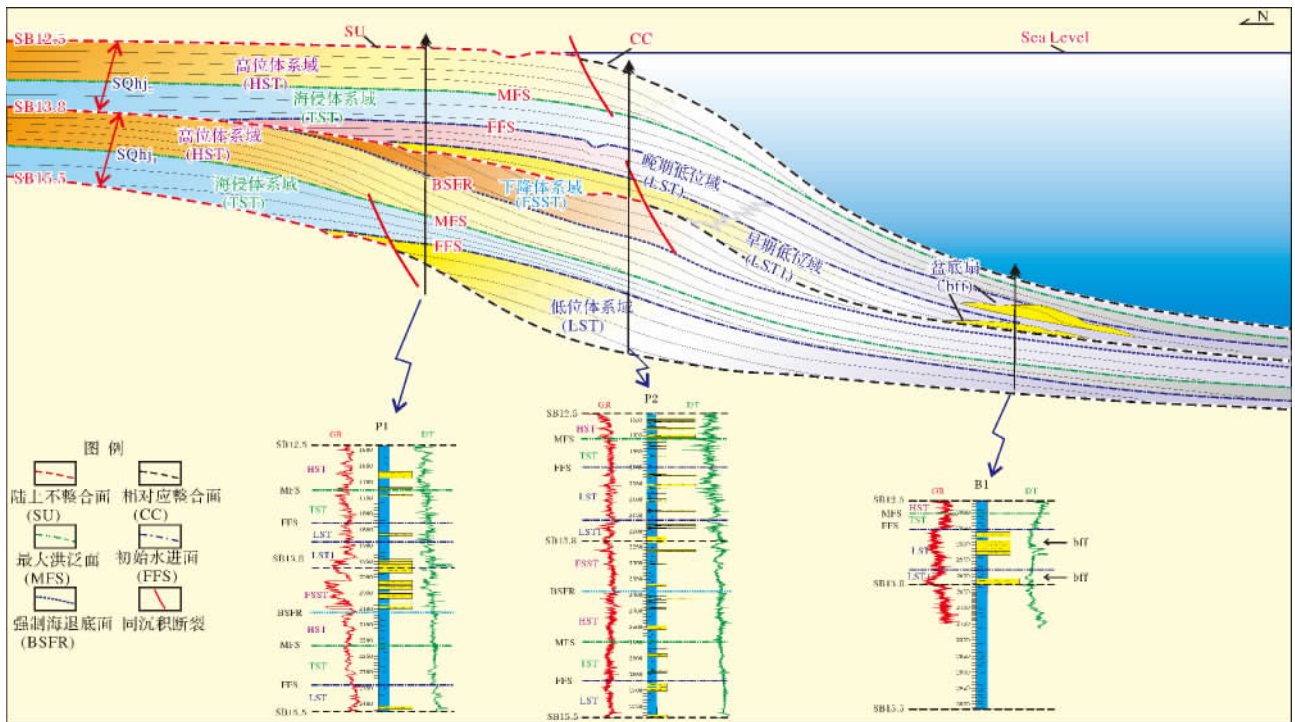


图 6 研究区 SQhj₂ 沉积层序模式

Fig. 6 Depositional sequence model of SQhj₂ in the study area

深水泥质沉积为主,在海平面快速上升早期,海侵体系域泥质沉积物充填下切晚期低位楔的水道,可见侧向充填特征。高位域晚期主要发育在相对海平面稳定及缓慢下降时期,进积下超于最大海泛面之上,并在跨越 SQhj₂ 陆架坡折之后向海方向迅速减薄。SQhj₂ 整体为海侵退积层序组合,具有下粗上细的沉积序列。

6 有利储集砂体和岩性地层圈闭分布

研究区韩江组中段 SQhj₂ 主要储集砂体一般是沿层序界面的上、下分布的,包括层序界面上低位域三角洲口坝、水下分流河道、下切谷水道或低位扇体,或层序界面下伏的高位域、下降体系域的三角洲前缘砂坝、分流河道砂体等。古隆起—坡折带是有利的低位域砂体的分布区带,砂体上倾方向上超于层序界面或不整合面,可与高位域的泥质层、上斜坡泥层相接,上覆为水进期泥岩,具有较好的封盖条件,形成上超不整合圈闭类型。SB13.8 层序界面上发育规模较大的海侵—低位域上超沉积楔(带),低位楔和早期海侵体系域向层序界面的上超尖灭关系清晰,可观察到一系列上超尖灭楔状体,特别是 SQhj₂ 低位和海侵体系域三角洲广泛发育,下切水道充填砂岩厚度大,形

成良好的储层。界面上的下切河道砂体、低位楔的三角洲砂体或早期海侵滨岸砂坝砂体等与其上覆的浅海、前三三角洲泥岩组成区内重要的储盖组合,形成总体由东南向西北上倾尖灭的岩性圈闭。同时,研究区 SQhj₂ 坡折带下部的两期低位扇体与深海泥岩构成最佳储盖组合,可形成良好的地层圈闭。

7 结论

(1) 研究区新近系珠江组—韩江组地层可划分为 7 个三级层序 (SQzj₁、SQzj₂、SQzj₃、SQzj₄、SQhj₁、SQhj₂、SQhj₃), 每个三级层序又可通过追踪海泛面细分为 3~5 个体系域或四级层序。韩江组中段 SQhj₂ 层序可划分出低位、海侵及高位体系域,其中低位体系域依据地震、测井等特征可识别出明显的两期。

(2) 通过对研究区 SQhj₂ 层序陆架坡折带内沉积特征的研究,发现其低位体系域时期主要发育陆架边缘三角洲(或低位楔三角洲)、下切谷或水道充填、低位扇等沉积体系。在阐明层序结构和沉积体系域构成特征的基础上,建立了研究区 SQhj₂ 的沉积层序模式。

(3) SB13.8 界面上的下切水道充填砂体、低位楔三角洲砂体或早期海侵滨岸砂坝砂体等与其上覆

的浅海、前三角洲泥岩组成区内重要的储盖组合,形成总体由东南向西北方向上倾尖灭的岩性圈闭;坡折带下部的两期低位扇体与深海泥岩构成最佳储盖组合,可形成良好的地层圈闭。

参考文献(References)

- 1 吴景富,徐强,祝彦贺. 南海白云凹陷深水区渐新世—中新世陆架边缘三角洲形成及演化[J]. 地球科学, 2010, 35(4): 681-689 [Wu Jingfu, Xu Qiang, Zhu Yanhe. Generation and evolution of the Shelf-Edge Delta in Oligocene and Miocene of Baiyun sag in the South China Sea[J]. Earth Science, 2010, 35(4): 681-689]
- 2 龙更生,施和生,王英民,等. 珠江口盆地惠州凹陷新近系坡折带成因类型及对地层沉积的控制作用[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(2): 215-222 [Long Gengsheng, Shi Hesheng, Wang Yingmin, et al. Genetic types of the Neogene slope-breaks and their controls on deposition in Huizhou depression in Pearl River Mouth Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(2): 215-222]
- 3 徐强,王英民,王丹,等. 南海白云凹陷深水区渐新世—中新世断阶陆架坡折沉积过程响应[J]. 沉积学报, 2010, 28(5): 906-915 [Xu Qiang, Wang Yingmin, Wang Dan, et al. Sedimentary responses of retreating shelf break from Oligocene to Miocene, in deep water area of Baiyun depression, South China Sea[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28(5): 906-915]
- 4 祝彦贺,朱伟林,徐强,等. 珠江口盆地中部珠海组—珠江组层序结构及沉积特征[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2009, 29(4): 77-82 [Zhu Yanhe, Zhu Weilin, Xu Qiang, et al. Sedimentary characteristics and sequence framework of the Zhuhai-Zhujiang Formation in the middle area of Pearl River Mouth Basin[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2009, 29(4): 77-82]
- 5 施和生,秦成岗,高鹏,等. 珠江口盆地番禺低隆起—白云凹陷北坡天然气晚期成藏特征[J]. 中国海上油气, 2008, 20(2): 73-76 [Shi Hesheng, Qin Chenggang, Gao Peng, et al. Late gas accumulation characteristics in Panyu low-uplift and the north slope of Baiyun sag, Pearl River Mouth Basin[J]. China Offshore Oil and Gas, 2008, 20(2): 73-76]
- 6 董伟,林畅松,谢利华,等. 珠江口盆地番禺隆起东南缘断裂坡折带及其对低位域构造—岩性油气藏的控制作用[J]. 地球学报, 2009, 30(2): 256-262 [Dong Wei, Lin Changsong, Xie Lihua, et al. Fault slope-break zone and its control over structural lithostratigraphic traps of lowstand system tracts in southeast Panyu uplift of the Pearl River Mouth Basin[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2009, 30(2): 256-262]
- 7 施和生,秦成岗,张忠涛,等. 珠江口盆地白云凹陷北坡—番禺低隆起油气复合输导体系探讨[J]. 中国海上油气, 2009, 21(6): 361-366 [Shi Hesheng, Qin Chenggang, Zhang Zhongtao, et al. A discussion on the complex hydrocarbon transport system in the north slope of Baiyun sag-Panyu low uplift, Pearl River Mouth Basin[J]. China Offshore Oil and Gas, 2009, 21(6): 361-366]
- 8 Catuneanu O, Abreu V, Bhattacharya J P, et al. Towards the standardization of sequence stratigraphy [J]. Earth-Science Reviews, 2009, 92: 1-33
- 9 Stow D A, Mayall M. Deep-water sedimentary systems: Now models for the 21st century [J]. Marine and Petroleum Geology, 2000, 17: 125-135
- 10 武强,解习农,姜涛. 陆架边缘三角洲的研究现状及其意义[J]. 海洋地质动态, 2005, 21(3): 1-5 [Wu Qiang, Xie Xinong, Jiang Tao. Study situation of shelf-margin delta and its significance [J]. Marine Geology Letters, 2005, 21(3): 1-5]
- 11 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运用[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1996, 16(4): 1-18 [Qin Guoquan. Application of micropaleontology to the sequence stratigraphic studies of Late Cenozoic in the Zhujiang River Mouth Basin [J]. Ocean Geology & Quaternary Geology, 1996, 16(4): 1-18]
- 12 秦国权. 珠江口盆地新生代晚期层序地层划分和海平面变化[J]. 中国海上油气(地质), 2002, 16(1): 1-10 [Qin Guoquan. Late Cenozoic sequence stratigraphy and sea level changes in Pearl River mouth basin, South China Sea [J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 2002, 16(1): 1-10]
- 13 庞雄,陈长民,施和生,等. 相对海平面变化与南海珠江深水扇系统的响应[J]. 地学前缘, 2005, 12(3): 167-177 [Pang Xiong, Chen Changmin, Shi Hesheng, et al. Response between relative sea level change and the Pearl River deep-water fan system in the South China Sea [J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(3): 167-177]
- 14 庞雄,陈长民,彭大钧,等. 南海珠江深水扇系统及油气[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 144-150 [Pang Xiong, Chen Changmin, Peng Dajun, et al. The Pearl River deep-water fan system & petroleum in South China Sea [M]. Beijing: Science Press, 2007: 144-150]

Sedimentary Sequence and Lithologic-stratigraphic Trap of the Middle Segment of Hanjiang Formation in the Shelf Break Zone in Southeast Panyu Natural Gas Area , Pearl River Mouth Basin

RAN Huai-jiang¹ LIN Chang-song² DAI Yi-ding³ QIN Cheng-gang³
WU Wei⁴ ZHANG Yu² QIAO Yang²

(1. Geoscience Center , PetroChina Great Wall Drilling Company Ltd. , Beijing 100101;

2. School of Energy Resources , China University of Geosciences , Beijing 100083;

3. Shenzhen Institute of CNOOC Limited , Guangzhou 510240;

4. Henan Polytechnic University; Jiaozuo , Henan 454150)

Abstract: On the basis of previous studies on the sequence stratigraphic framework of Zhujiang—HanJiang Formation in the shelf break zone in southeast Panyu natural gas area , Pearl River Mouth Basin , and comprehensively using well drilling , logging and seismic data and sequence stratigraphic principles , the characteristics of sedimentary sequence for SQhj₂ of the middle segment of Hanjiang Formation was studied. It was divided into lowstand system tract , transgressive system tract and highstand system tract , and the lowstand system tract can be recognized as two stages(two fourth order cycles) —the early and late stage lowstand system tract. The sequence structure and depositional system tract has the feature of four-layer architecture. From up to down , the SQhj₂ can be divided into transgressive system tract , highstand system tract , the early and late stage lowstand system tract in the seismic section. On the basis of the constitutive characteristics of the sequence structure and depositional system tract was demonstrated , SQhj₂ sedimentary sequence model was established. In this model , under the sequence boundary of SB13.8 , the late highstand system tract of SQhj₁ developed the falling stage system tract. And above the SB13.8 , the sequence of SQhj₂ developed the early and late stage lowstand system tract under the shelf break. The favorable zones of the study area were predicted , and the sand body of lowstand system tract controlled by the paleo uplift and the shelf break is the favorable reservoir sand body and the distribution area of the lithologic and stratigraphic trap.

Key words: Pearl River Mouth Basin; Panyu natural gas area; shelf break zone; the middle segment of Hanjiang formation; sedimentary sequence; lithologic-stratigraphic trap