

琼东南盆地中东部三亚组层序构成及有利区带预测

王 华¹, 陆永潮¹, 廖远涛¹, 王振峰², 李绪深²

1. 中国地质大学资源学院, 湖北武汉 430074

2. 中国海洋石油南海西部公司, 广东湛江 524057

摘要: 三亚组为琼东南盆地中东部②号断裂带地区重要的勘探目的层段之一。运用地震资料并结合钻井等其他资料, 将三亚组划分为2个三级层序: $S_{60}-S_{52}$ 、 $S_{52}-S_{50}$, 并指出这2个层序发育的背景为挠曲双陆架坡折型。其中 $S_{60}-S_{52}$ 层序表现出断拗转换阶段的特征, $S_{52}-S_{50}$ 层序则为隐伏断裂控制的挠曲坡折的特征。层序内体系域的发育受上述层序地层格架的控制, 下切谷、斜坡扇等低位体在 $S_{60}-S_{52}$ 层序内较发育, 前积楔、斜坡扇等低位体在 $S_{52}-S_{50}$ 层序内较发育。2个层序内海侵和高位体系域均受双坡折带控制, 并可划分出滨浅海陆架、陆坡和深海—半深海等沉积体系。指出了②号断裂带三亚组内的有利勘探区带。

关键词: 琼东南盆地; ②号断裂带; 三亚组; 层序样式; 有利区带。

中图分类号: P539.1

文章编号: 1000-2383(2004)05-0609-06

收稿日期: 2004-07-06

Sequence Architecture and Favorable Reservoir Prediction of Sanya Formation in the Central and Eastern Qiongdongnan Basin

WANG Hua¹, LU Yong-chao¹, LIAO Yuan-tao¹, WANG Zhen-feng², LI Xu-shen²

1. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. Nanhai West Company of China National Offshore Oil Company, Zhanjiang 524057, China

Abstract: The Sanya Formation is one of the most important exploration layers in the area adjacent to ② fault belt, central and eastern Qiongdongnan basin. The Sanya Formation can be divided into two third-order sequences ($S_{60}-S_{52}$, $S_{52}-S_{50}$) based on the integrated analysis of seismic and logging well data. The sequence of $S_{60}-S_{52}$ is formed on the beginning of thermal subsidence after rifting. This sequence and overlying one of $S_{52}-S_{50}$ are characterized by occurrence of the flexural slope-break, which is controlled by deep buried faults. Two slope-breaks constrain the development of system tracts in third-order sequence. Incised valley and slope fan are observed commonly in lowstand system tracts (LST) of the $S_{60}-S_{52}$ sequence, progradational wedge and slope fan occur widely in LST of the $S_{52}-S_{50}$ sequence. Depositional systems in transgressive system tracts and highstand system tracts are also controlled by double shelf slope-break zones which are taken as the boundary of different depositional systems from littoral shelf to continental slope, bathyal sea to deep sea. The results suggest that the Sanya Formation near the ② fault belt taken as the slope break zone is a favorable area for hydrocarbon exploration.

Key words: Qiongdongnan basin; ② fault belt; Sanya Formation; sequence pattern; favorable area.

1 区域地质概况

琼东南盆地位于海南岛东南、西沙群岛以北的海域中, 面积约 $4.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。盆地东以神狐隆起与珠三凹陷相邻, 西以①号断层与莺歌海盆地为界,

南与永乐隆起相接, 北临海南岛, 总体上呈北东向延伸, 是一个坐落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(龚再升等, 1997a)(图1)。

琼东南盆地已发现 YC13-1 大气田及多个含油气构造, 显示了较好的油气勘探前景(龚再升等,

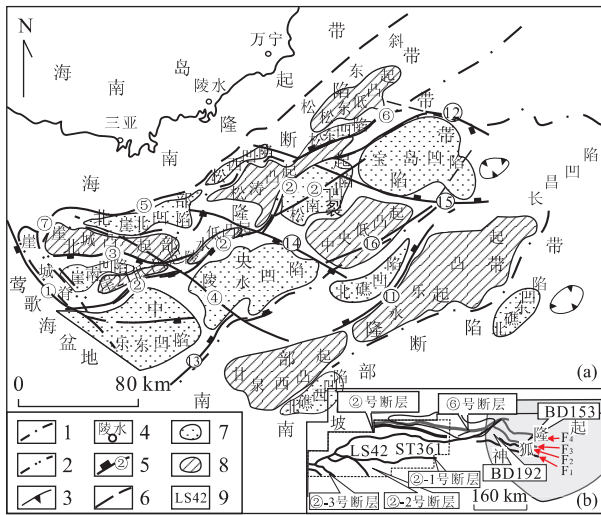


图 1 琼东南盆地(a)及其②号断裂带(b)构造格架

Fig. 1 Structural framework of Qiongdongnan basin (a) including ② fault belt (b)

1. 一级构造单元界; 2. 二级构造单元界; 3. 剥蚀线; 4. 地名; 5. 断层及编号; 6. 推测的断层线; 7. 凹陷; 8. 凸(隆)起; 9. 文中所指构造

1997a; 陆永潮等, 1999; 张国华, 1999; 魏魁生等, 2001; 肖军等, 2003.). 此次研究区主要是琼东南盆地②号断裂带及其周缘地区(图 1), 主要包括 LS42、ST361、BD192、BD153 四个构造. 其中, ②号断裂带主要由②号断层及其相关的②-1号、②-2号、②-3号、F₄、F₃、F₂、F₁、⑥号等一系列断层构成, 根据断裂带由西向东延伸控制的凹陷不同可以具体细分为乐东段、陵水段、松南段和宝岛段; 研究

层段以新近系三亚组为重点, 该组地层属于琼东南盆地纵向上构造层最底部的沉积, 上下二分. 三亚组二段由灰—深灰色泥岩、砂质泥岩与灰白色粉砂岩、细砂岩互层组成; 三亚组一段主要以细砂岩、粉砂岩和泥岩互层状产出为特征.

2 ②号断裂带三亚组层序格架特征

2.1 三亚组层序划分及层序界面特征

根据地震层序界面的划分标志, 结合钻井、测井、古生物等资料进行分析(王华和陆永潮, 2003. 琼东南盆地②号断裂带沉积相分析及储层预测研究报告), 琼东南盆地三亚组可识别出 2 个三级层序: S₆₀—S₅₂、S₅₂—S₅₀, 分别对应于三亚组二段和一段.

(1) S₆₀ 界面为三亚组的底界面, 为破裂不整合面, 代表了盆地由裂陷向坳陷过渡的界面. 在地震剖面上的反射连续性和振幅强度变化较大, 在高部位可见界面下的明显剥蚀, 有些地方低部位也可见削蚀. 该界面在全区削蚀程度不一, 最深可削至下部地层, 并发育下切河谷, 是重要的物源通道(图 2a). 界面之上的斜坡扇主要发育于低位坡折下外陆架或半深海的陆坡中, 其中主要发育于②号、②-1号隐伏断裂的下降盘的陆坡区中(图 2b).

该界面上、下地层具有明显的角度关系和地震相差异, 代表了充填方式和物源方向截然不同; 界面

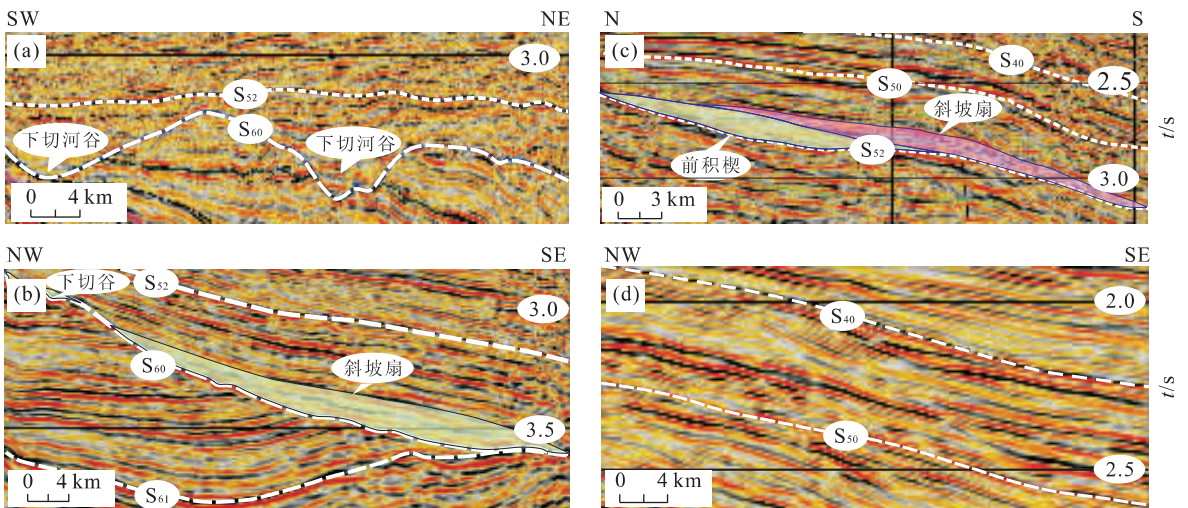


图 2 琼东南盆地中东部②号断裂带地区层序界面特征

Fig. 2 Sequence boundary characteristics in the area of ② fault belt, central and eastern of Qiongdongnan basin a. ②号断裂带松涛区 S₆₀、S₅₂层序界面特征; b. ②号断裂带 S₆₀—S₅₂层序斜坡扇地震反射特征; c. ②号断裂带地区 S₅₂—S₅₀层序前积楔、斜坡扇地震反射特征; d. ②号断裂带松涛区 S₅₀层序界面特征

下多为近源、多源裂陷充填特征,断层对沉积的控制作用明显,沉降中心偏于断层一侧;界面之上为拗陷期远源的较细质的沉积物。

在松涛区,该层序界面上表现为⑥号断层和②号断层所夹的陵水低凸起范围变窄,北部的松东凹陷地层整体为西南高东北低;南部的松南凹陷中(②号断层的下降盘),地层展布表现为隆凹相间性变差,基本连片。在 BD192 和 BD153 构造区,除了盆地边缘断层 F_1 对地层影响较大外,其他区域性断层对地层的影响已经很小,而此时期发育的早晚两期坡折对区域性的古地貌和沉积作用产生影响,其中②号断裂和 F_2 断层控制着早期坡折,盆地的晚期坡折主要由隐伏的 F_4 断层控制。在 2 个坡折带内,地势均向南倾斜,反映出地层西高东低、北高南低的特征。总体上, S_{60} 界面在平面上表现特征为断层对层序发育的影响已逐渐减弱,地层均一化程度逐渐增强,整体地层的空间展布表现出西高东低、北高南低的特点。

(2) S_{52} 界面为三亚组二段与一段的分界面,因区域不同而在地震剖面上表现特征不同。研究区西部、北部为光滑、连续的强反射,有时出现“双轨”现象,向东部反射变弱,连续性变差。在研究区的中部,该界面特征一般不明显,反射不强,多呈假整合(图 2a)。 S_{52} 常超覆在 S_{60} 上,该界面对下覆地层的削蚀范围较小,仅在现今构造的高部位可以见到。

在松涛区,层序界面展布明显反映出受早晚两期坡折带的控制和影响。对应于坡折带(②-1 号断层)和晚期坡折带(②号断层)发育的位置,地层起伏比较大,有隆有凹。而早晚两期坡折带之间的地区,地层起伏不大。低位扇裙自西向东由 5 个低位楔或

斜坡扇组成斜坡扇裙(图 2c)。

在 BD192 和 BD153 构造区,层序界面展布同样受早晚两期坡折带的控制,它们分别受②号断裂、 F_2 断层、 F_4 断层的控制,其中 F_2 断层和 F_3 断层控制着 BD192 构造的早期坡折,而晚期坡折主要由隐伏的 F_4 断层控制。

(3) S_{50} 界面是一个反射连续性较好的界面。该界面在②号断层的西北部多见对下覆地层的顶部削蚀现象;在盆地边缘,该界面的反射一般强而连续,至盆地中部则振幅变弱、连续性变差(图 2d)。 S_{52} 与 S_{50} 界面之间为反射波组较强、连续性较好的反射,其内部结构为平行或亚平行。

在松涛区,层序界面整体为西高东低、北高南低。在 BD192 和 BD153 构造区,层序界面展布同样受早晚两期坡折带的控制,它们分别受②号断裂、隐伏的 F_4 断层的控制。

2.2 三亚组层序格架的宏观特征

三亚组发育期,琼东南盆地进入了拗陷沉积阶段,断裂活动逐渐趋于减弱。三亚组发育早期(三亚组二段),盆地在一定程度上处在裂陷到拗陷的过渡状态,地层的发育仍受断层的控制,但与下覆的陵水组相比,断层的控制作用已减弱。三亚组发育中后期(三亚组一段),在大规模的海侵背景下,在盆地中部,地形由北向南倾覆,开始形成陆架、陆坡的雏形,并发育相应的陆架、陆坡沉积体系。在此阶段,组成②号断裂带的②号、②-1 号及其他次级断裂以隐伏活动样式为主,致使其上的地层发生构造挠曲作用,产生挠曲坡折。通常沿②号、②-1 号断裂或与之相关联的断裂下降盘的沉降速率的差异导致沿②号、②-1 号断裂早晚双坡折的发育,并形成上、下

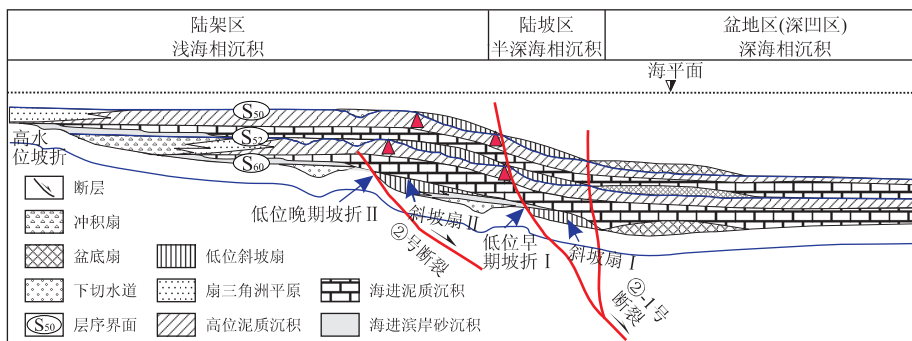


图 3 琼东南盆地中东部②号断裂带地区三亚组层序格架特征

Fig. 3 Sequence framework characteristics of Sanya Formation in the area of ② fault belt, central and eastern of Qiongdongnan basin

陆坡。因此,在上述大的背景下,三亚组发育了独具特色的层序样式——挠曲双陆架坡折型层序(图 3)。该类型层序格架的宏观特征如下:

(1)层序界面具明显剥蚀或削截能力,尤其是 S_{60} 界面表现为强剥蚀或削截作用,其幅度达 50~250 m,沿界面表现为断续的、振幅较强的平行、亚平行和前积反射结构。

(2)隐伏②号、②-1号断层或与之相关联的断层下盘的沉降速率的差异导致沿②号、②-1号隐伏断裂早晚双坡折的发育。早期坡折在松涛区沿②号隐伏断裂走向分布,向东到宝岛区沿 F_2 或 F_3 断层分布,其控制的下斜坡较窄,坡降较陡;晚期坡折在松涛区大致沿②-1号断层分布,向东到宝岛区过渡为沿 F_4 断层分布,其控制的斜坡较宽,坡降较缓。

(3)沉积分区为陆架—双陆坡—深凹型,晚期坡折以北为广阔的陆架区,局部发育下切水道,以南为双陆坡和盆地区,发育双低位斜坡扇和低位体,其中上斜坡为低位斜坡扇主要堆积区。

(4)研究区内以广阔宽缓的双陆坡沉积为主。在低位体系域发育期,坡折以北为宽缓的露裸陆架区,物源主要为暴露陆架过路剥蚀,在低位滨岸带,再沉积产物,无明显大规模的远岸物源供给;在海侵体系域和高位体系域发育期,研究区被广海覆盖,为远滨—滨外的陆架、陆坡沉积。

(5)层序内部构成样式包括早期低位体系域(ELST)、晚期低位体系域(LLST)、海侵体系域(TST)、高位体系域(HST)。以②号断裂带控制的两期坡折可将层序发育时的古构造地理划分为陆架、陆坡和深海平原三大沉积区,其中陆坡可分为上陆坡和下陆坡。

3 ②号断裂带三亚组层序构成特征

层序格架的构成指在等时层序地层格架(一般指三级)内,客观地重建和预测地层格架内体系域和沉积相的分布,尤其是通过地震反射终止和界面的精细识别、追踪和对比,开展沉积体系及沉积体在三维空间上的配置关系及其内部构成的精细研究(陈英甫等,2002)。

3.1 S_{60} — S_{52} 层序

该层序是在 S_{60} 破裂不整合面之上在逐渐海侵过程中所发育的。该层序低位体系域整体发育特点

如下:

(1)早晚两期陆架坡折分别沿②号 F_4 、②-1号 F_3 或 F_2 及其相关的隐伏断裂呈北东向,向东呈东南向展布,一般以②号 F_4 隐伏断裂为晚期坡折线,②-1号 F_3 或 F_2 隐伏断裂为早期坡折线。以早晚两期坡折线为界,在平面上自北向南可划分出北侧宽缓陆架、双陆坡(上下复合陆坡)、盆地三大沉积区。在低位体系域发育期,陆架区普遍暴露;陆坡区在西段较宽缓,在中段和东段变窄。

(2)由于 S_{60} 界面是大的不整合面和海侵面,因而在该界面之上的低位体系域普遍发育。根据各种低位体在地震反射上的响应特征,可识别出②号断裂带西段、中段两大扇体裙共 4 个复合低位体,其中西段(松南段)3 个复合低位体,中段宝岛段发育 1 个复合低位体,东段无低位扇裙发育。在②号断裂带松南段,低位扇体裙表现为向宝岛凹陷进积的 3 个复合低位体,这些低位体明显分布于②号和②-1号断层之间,厚度最大的朵体分布在松南凹陷东部,各低位体的延伸方向基本与断层垂直,推测物源可能主要来自陵水低凸起。中段宝岛段低位扇体裙主要是沿双坡折带呈带状分布,并被控制在早晚坡折和盆地的边缘断层 F_1 之间,此外 F_1 断层的下降盘也有小型的低位砂体发育(图 4)。总的来说,宝岛区共有 3 个低位砂体群发育:第 1 个低位域砂体群遍布 BD192 构造区的早期坡折和晚期坡折带,并延伸至盆地边缘 F_1 断层以下,是该段内面积最大、厚度最大的低位域砂体,其值分别为 360 km^2 和 330 m ;第 2 个低位域砂体群发育于 BD192 和 BD153 构造区块

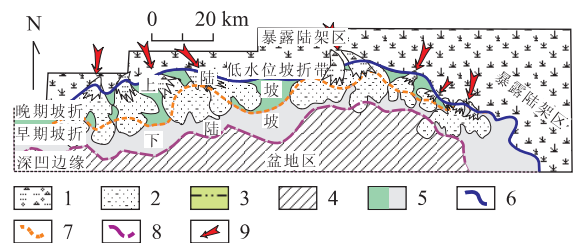


图 4 琼东南盆地中东部②号断裂带地区 S_{60} — S_{52} 层序低位体系域空间配置

Fig. 4 Spatial map of lowstand system tract of S_{60} — S_{52} sequence in the area of ② fault belt, central and eastern of Qiongdongnan basin

1. 下切谷或前积楔; 2. 斜坡扇或盆底扇; 3. 陆架区或(陆架)暴露区; 4. 深凹浅海或深海平原区; 5. 陆坡区(上/下); 6. 晚期坡折线; 7. 早期坡折线; 8. 陆坡/盆地区界线; 9. 物源方向

结合处,规模较小;第 3 个低位域砂体群,尽管规模较大,但是厚度最大值只有 200 m,较之第 1 个低位域砂体厚度要小。

②号断裂带主要发育下切谷、前积楔、斜坡扇等低位体。其中下切谷充填样式可划分为 2 类,即垂向充填型和侧向加积型。垂向充填型具上平下凸的透镜状外形,内部为变振幅平行或略下凹上超反射结构(图 2a)。侧向加积充填型一般具上平下凸的透镜状外形,内部一般呈变振幅下超或丘状充填反射结构。前积楔是低位时期毗邻同生断裂下盘堆积的沉积楔状体,地震剖面显示明显的斜交式前积结构。在松南段低位楔主要发育于低位坡折带的外陆架一半深海部位,常常和斜坡扇伴生。这些前积楔形成显然与不同区段断裂活动有关。前积楔内部显示弱振幅,一般呈一端下超、一端上超的变振幅反射结构。斜坡扇是低位体系域时期发育于坡折带下的沉积楔状体。斜坡扇发育指示较陡的古沉积坡度。研究区斜坡扇主要发育于低位坡折下外陆架或半深海的陆坡中,其中主要发育于②号、②-1 号隐伏断裂的下降盘的陆坡区中,并发育早期和晚期 2 个低位扇(图 2b)。

3.2 S₅₂—S₅₀层序

该层序在②号断裂带仍可分成陆架、陆坡和盆地三大沉积区。双低位坡折带在松南段分别大致追踪②号、②-1 号隐伏断裂呈北东向分布,向东至宝岛段追踪 F₄、F₃ 或 F₂ 断裂发育。层序内可明显划分出上下陆坡,陆坡在东段较缓较宽,中西段较窄较陡,②号断裂以北为宽缓的陆架区。

该层序内低位体在②号断裂带自西向东沿上下陆坡分西、中和东段,呈裙状展布。

(1)西段(松涛区)低位扇裙自西向东由 5 个低位楔或斜坡扇组成斜坡扇裙。单个扇体自西北向东南呈朵状或叉状分布,累计面积达 1 000 km²,其中最大朵体单个面积达 280 km²。由于松南凹陷沉降速率大、地势低,且该区北侧陆架相对较窄,沉积可容纳小,在低水位期容易快速将过路剥蚀的大量碎屑物搬运至陆坡下进行堆积,因此,发育的低位扇具有较强的进积性特征,其平面形态沿物源进积方向呈指状和伸长状,侧向相连成带状或裙状。

(2)中段 BD192 区低位扇裙主要以前积楔或陆坡上的斜坡扇为主,同时也发育深入到宝岛凹陷的大型盆底扇;东段 BD153 区低位扇,自北向南深入坡折内,规模较小。在中段、东段(宝岛段),由于陆架

宽缓,沉降沉积速率较低,发育的扇体沿轴向伸展有限,形态呈朵状,侧向也不相连。

该层序内低位体发育的规模较大,尤其在盆地的西段松涛区和 BD153 区,低位扇规模大。低位体在地震剖面上反射特征明显,前积楔和斜坡扇叠置发育(图 2c),向盆内延伸较远。下切谷尽管发育在上斜坡上,仅局部切入到低位坡折的陆架上;但其宽度较大,一般达 2~3 km(图 5)。

S₅₂—S₅₀层序海侵和高位体系域基本继承了前期沉积地貌特征,以复合低位坡折带为界,向坡折以北、以东均为广布的滨岸平原和浅海陆架区,坡折以南主要为陆坡内浅海一半深海沉积区(图 5),该层序沉积分布范围明显大于下部 S₅₂—S₆₀层序。

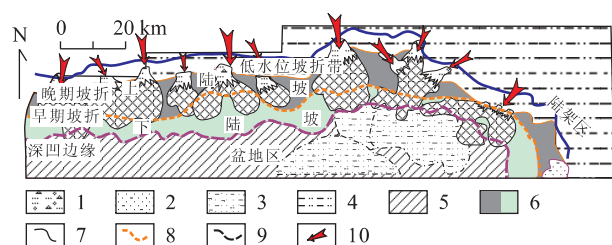


图 5 琼东南盆地②号断裂带 S₅₂—S₅₀层序低位体系域空间配置

Fig. 5 Spatial map of lowstand system tract of sequences S₅₂—S₅₀ in ② fault belt of Qiongdongnan basin

1. 下切谷或前积楔; 2. 斜坡扇或盆底扇; 3. 盆底扇; 4. 陆架区或(陆架)暴露区; 5. 深凹浅海或深海平原区; 6. 陆坡区(上/下); 7. 晚期坡折线; 8. 早期坡折线; 9. 陆坡/盆地界线; 10. 物源方向

4 主要认识与有利区带预测

从盆地中东部三亚组层序构成样式分析入手,结合②号断裂带演化特征及各层序不同体系域的沉积体系空间配置分析可见:(1)低位体的发育受控于古地貌面貌、物源供给的方式。②号隐伏断裂以北为宽广平缓的陆架区,以南为陆坡和盆地深凹区,低位期其物源主要为露裸陆架,无长期发育的长源河流回春作用留下的下切水道注入松南和宝岛深凹,因此露裸陆架坡面堆积物的粗细直接决定了该时期陆坡和深凹中发育的低位楔、斜坡扇和盆底扇物性的好坏,而坡面暴露的时间长短决定其低位扇的发育程度;S₆₀、S₅₂、S₅₀界面都是较大的海退面,剥蚀强烈,故该时期低位扇体岩性应相对较粗。据此沿 S₆₀、S₅₂、S₅₀界面上发育的低位扇要引起高度的重视;(2)通过对琼东南盆地②号断裂带三亚组宏观层序格架

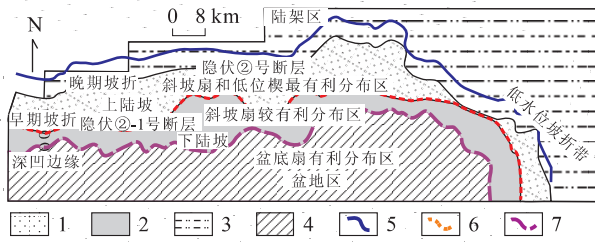


图 6 琼东南盆地中东部②号断裂带地区低位体有利分布区示意图

Fig. 6 Favorable distribution area of lowstand body in the area of ② fault belt, central and eastern Qiongdongnan basin

1. 上陆坡; 2. 下陆坡; 3. 陆架区(陆架)暴露区; 4. 深凹浅海或深海平原区; 5. 晚期坡折线; 6. 早期坡折线; 7. 陆坡/盆地界线

的分析及其内部构成特点的研究,可以确定,该区有利的储集相带主要发育在②号断裂带沿线的上、下陆坡区域内,具体为低位体发育与堆积区(图 6, 3); (3)研究区斜坡扇和低位楔主要发育在挠曲坡折双陆架层序的上陆坡中,也即②号隐伏断裂与②-1号隐伏断裂或 F_1 断裂间部位,大部分低位楔均未越过②-1号或 F_1 断层间,但在上下陆坡中均发育斜坡扇,尤以上陆坡为主,在 S_{60} 、 S_{52} 、 S_{50} 界面上均有很好的发育,并且各低位体发育部位基本具有继承性。盆底扇主要分布于宝岛凹陷的 BD192 和 BD153 构造区,以 S_{52} — S_{50} 层序相对集中发育;(4)低位体是否有利并具备成藏条件还需要综合考虑以下因素: a. 低位体发育的古构造沉积背景和与烃源岩的沟通状况;b. 物源条件和低位体的岩性;c. 低位储集体成岩和物性条件。综合这几个因素考虑认为:②号断裂带 BD192、BD153 区有利勘探带为②号断层、 F_3 断层与 F_1 断层间尤其是两断裂交叉的断角区的三亚组的低位体发育区,以岩性—构造圈闭为主;松涛区的有利勘探区带为②号与②-1号隐伏断裂间三亚组上陆坡低位体发育区,以岩性圈闭为主(图 6)。

References

Chen, Y. F., Zhang, Y. C., Lü, M., 2002. Study of lowstand fan characteristics and sequence stratigraphy of upper Tertiary in Qiongdongnan basin. In: Wang, H., Li, Z., Lu, Y. C., eds., Some idea and way of modern sedimentology—Contribution to China sedimentology meeting in 2001. China University of Geosciences Press, Wuhan, 61—68 (in Chinese).

Gong, Z. S., Li, S. T., Xie, T. J., et al., 1997a. Continental margin basin analysis and hydrocarbon accumulation of the northern South China Sea. Science Press, Beijing, 1—498 (in Chinese).

Gong, Z. S., Yang, J. M., Yang, Z. X., et al., 1997b. Oil field in offshore China. Petroleum Industry Press, Beijing, 159—223 (in Chinese).

Lu, Y. C., Xiang, C. F., Chen, P., et al., 1999. Application of sequence stratigraphy to the study of diagenesis of siliciclastic rock; Take the Lower Tertiary of Ya13-1 gas field as an example. *Experimental Petroleum Geology*, 21(2): 100—118 (in Chinese with English abstract).

Wei, K. S., Cui, H. Y., Ye, S. F., et al., 2001. High precision sequence stratigraphy in Qiongdongnan basin. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 26(1): 59—66 (in Chinese with English abstract).

Xiao, J., Wang, H., Lu, Y. C., et al., 2003. Characteristics of structural slope-break zone and its controlling effect on sediment in Qiongdongnan basin. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 23(3): 55—63 (in Chinese with English abstract).

Zhang, G. H., 1999. Hydrocarbon reservoirs in the giant gas area in western South China Sea. *Natural Gas Industry*, 19(1): 18—20 (in Chinese with English abstract).

附中中文参考文献

陈英甫, 张迎朝, 吕明, 2002. 琼东南盆地上第三系层序地层及低位扇特征研究. 见: 王华, 李忠, 陆永潮. 现代沉积学研究的若干思路与方法—2001年中国沉积学大会论文集选编. 武汉: 中国地质大学出版社, 61—68.

龚再升, 李思田, 谢泰俊, 等, 1997a. 南海北部大陆边缘盆地分析与油气聚集. 北京: 科学出版社, 1—498.

龚再升, 杨甲明, 杨祖序, 等, 1997b. 中国近海大油气田. 北京: 石油工业出版社, 159—223.

陆永潮, 向才富, 陈平, 等, 1999. 层序地层学在碎屑岩成岩作用研究中的应用—以 YA13-1 气田下第三系为例. *石油实验地质*, 21(2): 100—118.

魏魁生, 崔早云, 叶淑芬, 等, 2001. 琼东南盆地高精度层序地层学研究. *地球科学——中国地质大学*, 26(1): 59—66.

肖军, 王华, 陆永潮, 等, 2003. 琼东南盆地构造坡折带特征及其对沉积体系的控制作用. *海洋地质与第四纪地质*, 23(3): 55—63.

张国华, 1999. 南海西部大气区烃源潜力. *天然气工业*, 19(1): 18—20.