

文章编号:0253-9985(2004)04-0408-08

南海北部陆架盆地非构造油气藏

朱伟林,王振峰,张迎朝

(中海石油有限公司湛江分公司,广东湛江 524057)

摘要:南海北部陆架盆地内具有形成非构造油气藏的有利条件。在历史时期内水平面的频繁变化,使得岩性带在纵横向上都发生交织变化而产生岩性油气藏,尤其是在盆地低水位期形成的盆底扇、斜坡扇等低位扇;历史时期构造活动频繁,形成多个构造面和构造不整合,与之相适应的产生了多种不整合油气藏等。勘探实践与研究成果表明,海域盆地内的非构造油气藏前景区主要有:(1)深水区的盆底扇发育区,如琼东南盆地中央坳陷、珠江口盆地白云凹陷;(2)大型古三角洲的前缘区,如莺歌海盆地临高构造带和珠江口盆地惠州凹陷;(3)斜坡区及隆起区的不整合尖灭带或剥蚀带,如莺歌海盆地莺东斜坡带、琼东南盆地崖城13-1构造带;(4)莺歌海盆地底辟周缘构造背景上的陆架、陆坡、盆底砂岩体等。

关键词:陆架盆地;非构造油气藏;勘探前景;南海北部

中图分类号:TE112.322

文献标识码:A

Non-structural reservoirs in northern shelf basins of South China Sea

Zhu Weilin, Wang Zhenfeng, Zhang Yingzhao

(Zhanjiang Company, CNOOC, Zhanjiang, Guangdong)

Abstract: The northern shelf basins of South China Sea have the favorable conditions for the formation of non-structural reservoirs. In the geological history, frequent sea level fluctuations resulted in both vertical and lateral lithologic variations, leading to the formation of lithologic reservoirs, especially the low-level fans deposited on both the basin floor and slope during the lowstand. Frequent tectonic movements in the geological history resulted in many structural planes and structural unconformities, and so various types of unconformity reservoirs had correspondingly been formed. Exploration practices and research achievements show that the potential areas for non-structural reservoirs in offshore basins are as follows: (1) deep water areas where submarine fans are well developed, such as the central depression in Qiongdongnan basin, and Baiyun sag in Zhujiangkou basin; (2) frontal areas of large paleodeltas, such as Yingdong slope zone in Yinggehai basin and Yacheng 13-1 structural zone in Qiongdongnan basin; (3) sandbodies developed on the shelf, slope and basin floor around the diapiric structures in Yinggehai basin.

Key words: shelf basin; non-structural reservoir; exploration prospect; northern South China Sea

南海北部陆架盆地主要包括莺歌海、琼东南、北部湾和珠江口等4个新生代为主的含油气盆地,其总面积约 $40 \times 10^4 \text{ km}^2$,深水区约占1/3。

早在20世纪60年代初即开始石油普查和勘探,20世纪70年代进行系统的地质调查工作,20世纪80年代初进行大规模油气勘探^[1~3]。至今已钻井369口,作二维地震 $43 \times 10^4 \text{ km}$,三维地震 $18\,600 \text{ km}^2$ 。已发现油气构造80多个,建成油气田25个,建成产能约 $4.795 \times 10^4 \text{ t/d}$ 。

这些油气田,在圈闭类型上以构造型油气藏为主。随着勘探程度加深和油气田发展的需要,南海北部陆架盆地可供钻探的构造圈闭越来越少,而地层-岩性油气藏在油气田周边勘探、开发中屡有斩获^[4~6],地层-岩性油气藏必将成为下一步油气勘探的重要类型。

近几年中国海洋石油总公司在该地区开展了以岩性油气藏研究与勘探为重点的工作,取得了一定的效果,积累了宝贵经验,但也遇到了一些问

基金项目:“九五”国家重点科技攻关项目“中国南海北部莺琼盆地天然气成藏条件及大中型气田勘探方向”(96-110-07)

第一作者简介:朱伟林,男,48岁,高级工程师(博士),油气勘探开发

收稿日期:2004-07-23

题,吸取了不少教训。这些都需要认真加以总结,以指导今后的油气勘探。

1 岩性-地层圈闭的形成条件与类型

南海北部陆架盆地的发育可以追溯到晚白垩世,近海钻探钻遇零星的白垩系。第三纪早期盆地发育以强烈的断陷为特征,盆地狭小而分割。古新统分布局限,以短源河流相与山麓洪冲积相沉积为主。进入始新世后,断陷连通使得盆地的范围明显扩大,开始逐渐形成湖泊环境^[4]。沉积仍为碎屑岩,但粒度明显变细,泥页岩比例加大,是重要的烃源岩^[5,6]。

自始新世末到早渐新世,基底沉降速率较大,但地形较为平坦,以浅水、含煤沉积为主,包括河流、沼泽和湖相。值得注意的是琼东南盆地此时已开始受到海水的影响,崖城组内已见海相地层。晚渐新世珠江口盆地已进入拗陷期,琼东南盆地仍属断陷,再次快速沉降。晚渐新世末的全球海平面显著下降造成西部盆地中广泛的沉积间断,并使已沉积的地层部分剥蚀,形成全区范围的大规模不整合面。

从早中新世开始,各盆地陆续结束了张裂阶段,从而使整个南海北部海域全面进入裂后阶段的拗陷期。随着中中新世末到晚中新世初的又一次海平面下降,出现了又一个明显的沉积间断。晚中新世以后,除莺歌海盆地开始新一幕的走滑外,全区仍以广泛的热沉降为主要特征,绝大部分

处于广海环境,并一直延续至今。此期构造活动不甚发育,但有过多海平面升降,为地层岩性圈闭的形成创造了条件。

1.1 形成条件

各盆地的地质条件决定了地层岩性圈闭的发育程度、圈闭类型和分布规律。南海北部陆架诸盆地上第三系具备有利于非构造圈闭形成的地质条件,主要表现在以下几个方面。

1.1.1 多次海平面升降

晚第三纪,南海北部陆架盆地受到几次大的海平面升降影响(图1)。自21.0 Ma后南海北部陆架盆地出现两次较大的海平面下降事件,形成两个大的区域不整合层序界面,分别对应于S60和S40的二级层序界面。除此之外,在该区还发生多次较小规模的海平面升降和震荡,形成很多三级层序界面^[2,3]。层序的低位体系域中可发育盆底扇,而靠近盆地中央深水区中富砂盆底扇极易形成岩性圈闭。同时,这些盆底扇由于更靠近烃源岩,可以就近捕获油气而形成岩性油气藏^[7,8]。

1.1.2 多方向物源、多沉积体系、沉积速率快

本区尤其是莺琼盆地,进入拗陷期后,早期沉积速率极快。来自越南与海南岛的众多河流注入到该盆地,形成多个不同方向的沉积体系^[9]。由于盆地沉积沉降中心的频繁迁移变化,导致部分区域在纵向上砂泥交互沉积,形成多套储盖组合^[10];

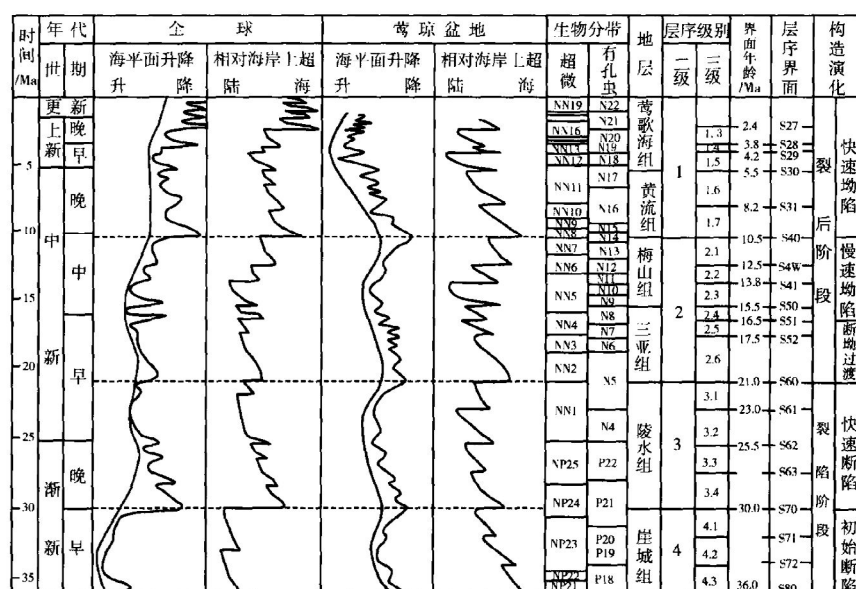


图1 莺-琼盆地层序综合图

Fig.1 Composite diagram showing stratigraphic sequences in Yinggehai-Qiongdongnan basins

平面上每个时期都沉积了不同环境下形态各异、大小不一的砂岩体,成为有利的储集空间。

1.1.3 大面积的超覆沉积

本区在构造和海平面联合影响下形成了多个不整合面,包括像 S70, S60, 和 S40 这类大型的不整合面。大范围的海侵超覆与海退剥蚀造成了多种地层接触关系,为地层圈闭的形成奠定了基础。莺歌海盆地在三亚、黄流和部分莺歌海组

沉积时期,由于广泛的海侵使沉积覆盖面积不断扩大,向盆地边缘逐层超覆。如莺东斜坡带黄流组一段、二段超覆在 S40 界面上;莺歌海组内部也存在地层超覆现象(图2)。此外,位于临高构造带与东方区之间的斜坡地带,三亚、梅山组等地层中也存在大面积的地层超覆,地层接触关系明显,特征清楚,并且部分地层圈闭还有较明显的含气特征。

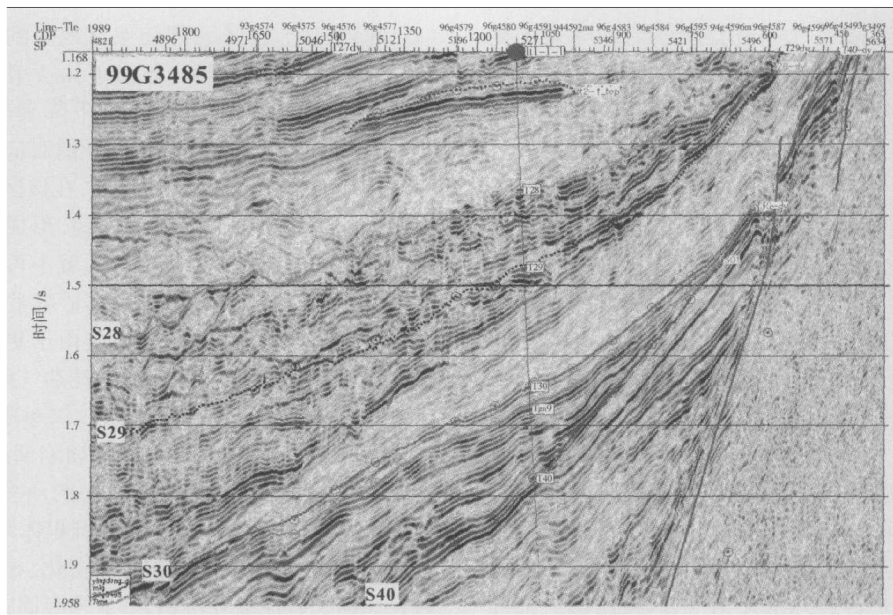


图2 99G3485 剖面显示各层间的层层上超

Fig.2 99G3485 seismic profile showing successive overlapping of strata

1.1.4 独特的古水道体系

盆地中各个层系,无论位于盆地边缘或中央,无论低位或高位域沉积体系,都普遍发育由古水道形成的侵蚀/沉积床形单元的规律性组合。这些古水道体系可垂直岸线发育,也可在盆底大致平行岸线发育。可能与浊流、内波或其他水流有关。所形成的水道充填物有些具有浊积岩特征,有些具有牵引流的侧向迁移、堤岸及决口扇等沉积特征。它们大多可形成岩性圈闭,若有较好的油气运移通道配合,则可形成岩性油气藏。如莺歌海盆地乐东区 S23~S24 层序间所见北西向的水道及相关的各种类型砂体,在一定条件下可形成岩性油气藏^[10]。

1.1.5 浊流沉积

盆地深水沉积区,除具有丰富生气母质的巨厚暗色泥岩外,其最重要的组成部分是三角洲及

重力流沉积,在大段的泥岩中夹有较粗粒的砂岩,但并不只限于低位域。这类沉积岩体主要为浊流和滑塌,多位于生气凹陷中,最有利于形成透镜体气藏。在盆地短轴方向,沉积物直接从断崖上泻入盆地,常沉积近岸水下扇。在琼东南盆地的2号和5号等断裂附近,这种类型沉积只要上覆有较好的盖层,就可以形成岩性圈闭。而在长轴方向,则可形成较大范围的三角洲或海底扇,多与远源河流有关,如莺歌海的红河。这些海底扇比低位体系域的盆底扇沉积水体更大,粒度较细,常以粉细砂岩-泥质粉砂岩夹泥岩为主。其中三角洲砂岩,由于受海流改造,储层物性较好,为较好储层,可形成岩性圈闭,如大东方区浅层的一些含气砂体。

各类储集体前缘和侧翼的岩性尖灭线和岩性致密带具备良好的封闭性;地层超覆不整合面上、下

的岩层由非渗透层组成,是形成地层圈闭必不可少的条件;各类储集体的顶底板、断层遮挡面是非渗透层组成时,才具备封闭条件;地层岩性圈闭几乎都依附于一定的构造背景(除透镜状砂岩圈闭外),岩性尖灭带、地层超覆带和地层不整合带的分布都受某种今古构造的控制。

1.2 类型

地层岩性圈闭的形成取决于岩性尖灭线、地层超覆线、构造等高线、地层不整合面、储集岩体的顶底板面和断层面等因素。这6个基本要素的有机配合,可形成多种类型的地层岩性圈闭。

本区非构造圈闭主要有地层圈闭和岩性圈闭。根据勘探工作的需要,现将南海北部陆架盆地的非构造圈闭分为以下几种类型。

(1)低位盆底扇型。这类圈闭在南海北部陆架盆地广泛分布,尤其在琼东南盆地,存在有大量的典型的低位盆底扇。不同样式的沉积或构造坡折类型,控制着相应的低位体。由此又可以细分为:

构造坡折型低位扇是在陆架陆坡尚未形成之前,由构造形成的断阶带控制的低位盆底扇,如琼东南盆地陵水13-1和YC28-1等;

同生断裂之下陆坡型低位扇由同生断裂及陆架陆坡共同控制下的低位盆底扇,如琼东南盆地YC24-1等;

经典陆架陆坡型低位扇分布于陆架坡折以下,其上的海侵域层层上超,最大海泛面以上为高位域,走向剖面上可见扇体向两边尖灭,且地震特征与围岩有差异,如陵水4-3, BD31-1(S50)等(图3)。

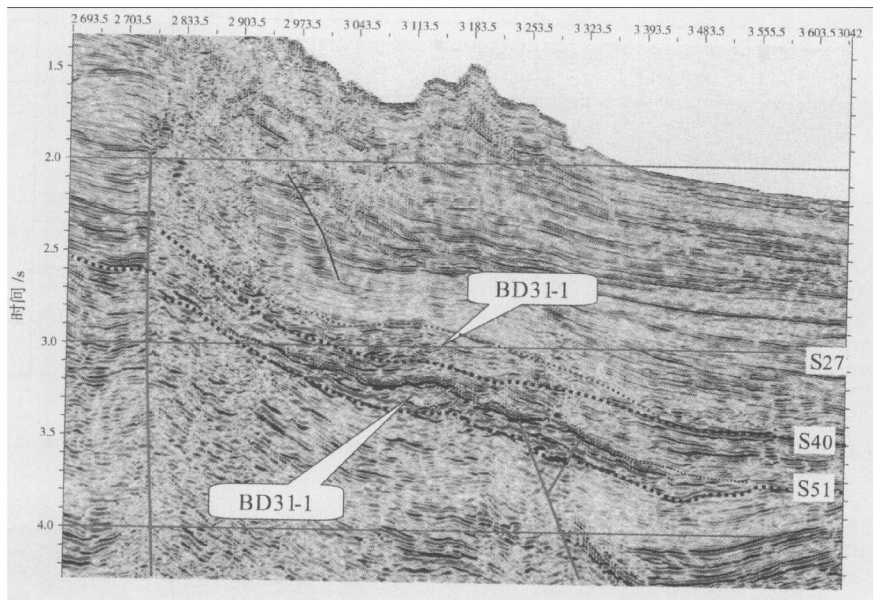


图3 BD31-1盆底扇地震剖面

Fig.3 BD31-1 seismic profile showing submarine fans

(2)砂岩上翘尖灭型。主要分布在斜坡带和中央隆起带周围,以莺歌海盆地莺东斜坡带最为典型。可通过沉积环境分析、岩相分析和构造分析等圈定圈闭范围,如岭头1-1圈闭就属于此种类型圈闭。

(3)浊积砂岩型。主要是细粒浊积体与半深海的泥岩互层,具有非常有利的生储盖组合。随着勘探技术的提高,薄层细粒浊积体的识别已成为可能,这类圈闭越来越受到重视。如莺歌海盆地的岭头13-1就属于此种类型圈闭^[10]。

(4)地层超覆型。在古斜坡上,由于海侵海退

而形成沉积层自下而上逐层超覆,当下伏的渗透层被上覆的不渗透层所超覆,其前缘又被遮挡而形成这种圈闭。如莺东的岭头2-1和临高区的临高27-1就属于此种类型圈闭。

(5)地层不整合型。如琼东南盆地崖坡13-1气藏。

(6)三角洲前缘砂体型。大型古三角洲前缘砂体呈断续的透镜状、席状等,其与前三角洲泥岩和上覆的海相泥岩接触,可形成岩性圈闭。如珠江口盆地惠州凹陷发育古珠江三角洲和莺歌海盆地北部发育的古红河三角洲,其前缘发现一批岩性油气藏。

(7)底辟周缘构造背景上的岩性圈闭^[11]。在 2002 年,对东方 1-1 底辟周缘岩性圈闭群实施了集束勘探,表明底辟构造背景上的岩性圈闭具有良好的天然气成藏条件。底辟构造及其周缘岩性圈闭具有复式成藏的特点,底辟周缘岩性圈闭成为盆地重要的油气勘探的领域之一。近年的研究表明,乐东区底辟带浅中层具有发育中小型底辟构造背景上岩性圈闭的良好地质背景,莺、琼盆地已成为一个盆地,处于被动大陆边缘盆地演化阶段,层序(陆架-陆坡-盆底体系)充填、体系域特征较清楚^[10],寻找、发现了一批底辟构造背景上岩

性圈闭,储层主要是陆架砂(如低位滨海砂坝、风暴席状砂等)、陆坡砂和盆底扇或盆底水道砂等,它们多具有底辟或“气烟囱”构造背景^[11]。

2 实例分析

2.1 崖城 13-1 气田(图 4,5)

崖城 13-1 气田位于琼东南盆地西部,其主体就是由 T60 不整合面及上覆梅山组盖层与下伏陵水组三段砂岩组成的岩性圈闭气藏。尤其是 2001 年钻探的崖城 13-1-A8 井,揭露的下中新统三亚组 A 楔状砂体更是一个上翘方向受水道泥岩遮挡的岩

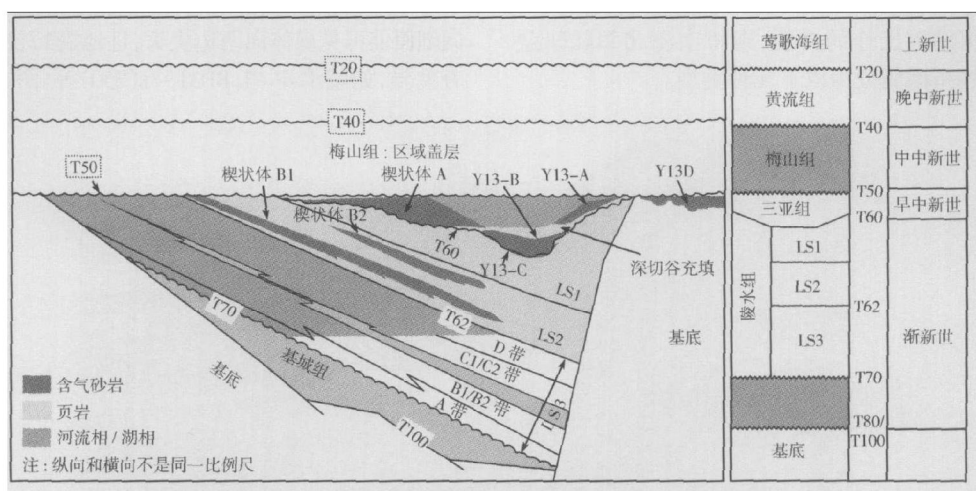


图 4 琼东南盆地崖城 13-1 气田气藏剖面

Fig.4 Cross section of Yacheng 13-1 gas field showing characteristics of gas reservoirs in Qiongdongnan basin

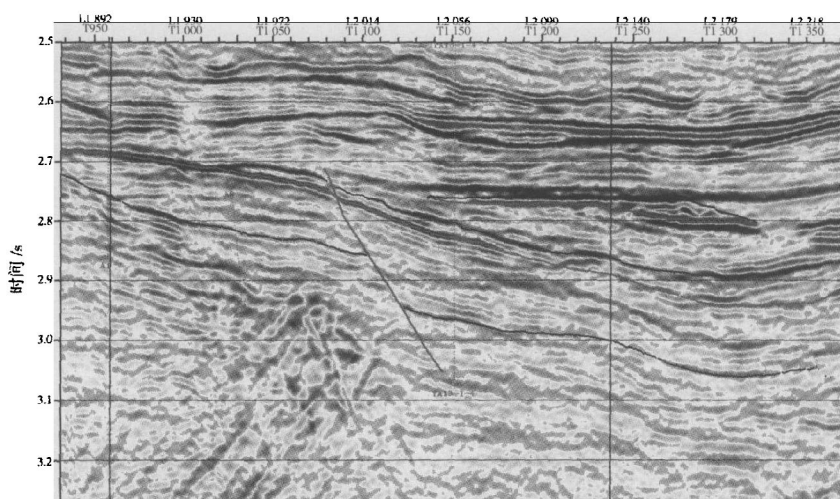


图 5 过崖城 13-1 气藏地震剖面图

Fig.5 Seismic section across Yacheng 13-1 gas reservoir

性圈闭。A 楔状砂体是从一号断层上升盘陵水组扇三角洲因翘倾遭剥蚀的再沉积。该砂体受到水流的改造,储层质量较好;其西北、东南皆为低洼地形。砂体的东南部为富生烃凹陷崖南凹陷主洼,自砂体至凹陷发育有盆倾式断裂,具有自东南向西北方向“阶梯式”的天然气运移的条件;在砂体高部位发育有一条切谷,充填泥岩,对岩性体成藏起到了良好的侧封作用,在盆地东区宝岛 19-2 三亚岩性气藏也具有相似的切谷侧封条件。此外,在砂体分布区也有断层沟通深部崖城组,主洼生成的天然气向西北方向运移,再沿断层进入砂体。

YA13-1A 砂体的成功勘探,增强了我们在南海北部陆架盆地进行非构造油气藏勘探的信心。该砂体的钻探表明,在围绕已证实的富生烃凹陷

(或在已发现油气田的周围)进行岩性圈闭勘探可以有效地提高成功率。

2.2 岭头 1-1 含气圈闭(图 6)

岭头 1-1 位于莺歌海盆地莺东斜坡带,一号断层上升盘,是岩性地层圈闭的典型例子。主要目的层为上第三系黄流组(S30-S40 层序)。由于 S30-S40 层序的分布范围小,地层总体呈一明显楔状,岭头 1-1-1 井在此楔状体内钻遇气层,测试获优质天然气($23 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)。精细的层序分析发现,每个层序由海侵至高位体系域组成。气层位于海侵域,储层属浊积砂岩。在钻井剖面上也见由海侵退积向上转为高位前积的旋回。由于是海侵体系域,气层的盖层及侧封较好,为形成地层上翘尖灭圈闭提供了有利条件。

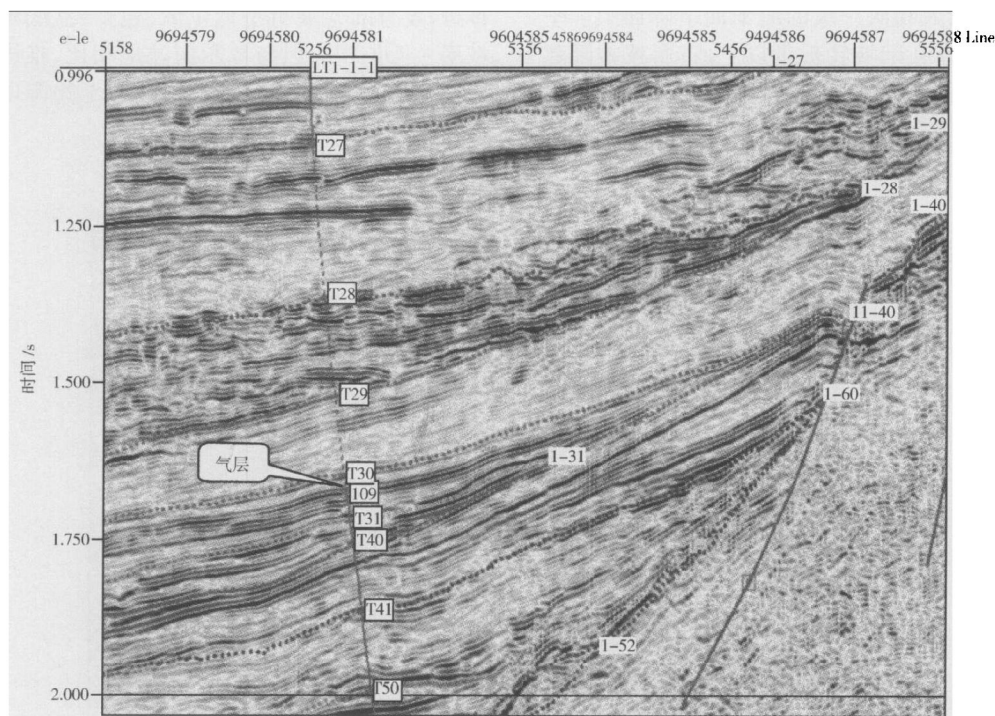


图 6 过岭头 1-1 岩性气藏地震剖面图

Fig.6 Seismic section across Lingtou 1-1 lithologic gas reservoir

3 勘探潜力

从南海北部陆架盆地地层岩性圈闭的发育特征和存在类型上看,本区此种类型圈闭勘探前景是十分乐观的。

3.1 丰厚的烃源基础

要形成地层岩性油气藏,首要条件是具有丰

富的烃源岩。全区共发育 3 套烃源岩,第一是始新统湖相油源岩,第二是渐新统海陆过渡相气源岩,第三是上第三系气源岩。其中北部湾盆地、琼东南盆地和珠江口盆地主要发育前两套烃源岩,而莺歌海盆地主要发育第三套烃源岩。莺歌海盆地上第三系沉积巨厚,主要烃源岩是梅山和三亚组。根据“八五”时期资源评价成果,上第三系总

生气量为 $414 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。天然气资源量为 $5.05 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。

南海北部陆架盆地的主要富生烃凹陷有:北部湾盆地的涠西南凹陷、乌石凹陷、莺歌海盆地的莺歌海坳陷、琼东南盆地的崖南凹陷、珠江口盆地珠三凹陷、惠州凹陷等^[12]。岩性油气藏的勘探也应以这几个富生烃凹陷为中心进行。

3.2 地层岩性圈闭的时空展布

地层岩性圈闭的存在与分布不是偶然的、孤立的,往往是成群成带分布,从属于一定的地质条件,有一定的展布规律。它的发育受盆地类型、海平面变化、沉积古地理环境以及构造演化史等因素的控制。南海北部陆架盆地上第三系已发现的地层岩性圈闭,纵向上主要分布在 21.0 Ma 和 10.5 Ma 等几个较大和次一级的海平面下降面上。平面上主要分布在陆坡转折带以下,古斜坡古隆起周围、古水道沉积体系以及大型三角洲前缘区。但不同的地区有不同的特征,南海北部陆架盆地

地层岩性圈闭展布特征如下。

3.2.1 莺歌海盆地

莺歌海盆地 S60 和 S40 是区域性二级海退界面,其上低位储层发育。低位扇规模比较大,并大致有在斜坡低部位沿岸分布的特点。随沉降中心的南移,低位扇主要分布在盆地的中、南部的莺东斜坡带-中央底辟带。如 S40 面上在乐东区就发育了大规模的低位扇,自北向南可见岭头 32-1db、乐东 9-2db、乐东 22-4db 等扇体。S31 面上以大型三角洲沉积为主,物源供给较复杂但有规律,临高-东方区以红河、越南方向为主,乐东区以海南岛为主,偏西部受越南方向物源影响^[10]。乐东 2-2db、乐东 22-3db 就是发育在此面上的低位扇。莺东区 5.5Ma(S30)后才开始向陆架、陆坡推进,发育陆架坡折型低位域,包括:盆底扇-斜坡扇-低位楔。但与琼东南盆地相比,推进速度很快,并在 S20 之前就已结束。由于物源以细碎屑为主,低位扇不够典型。

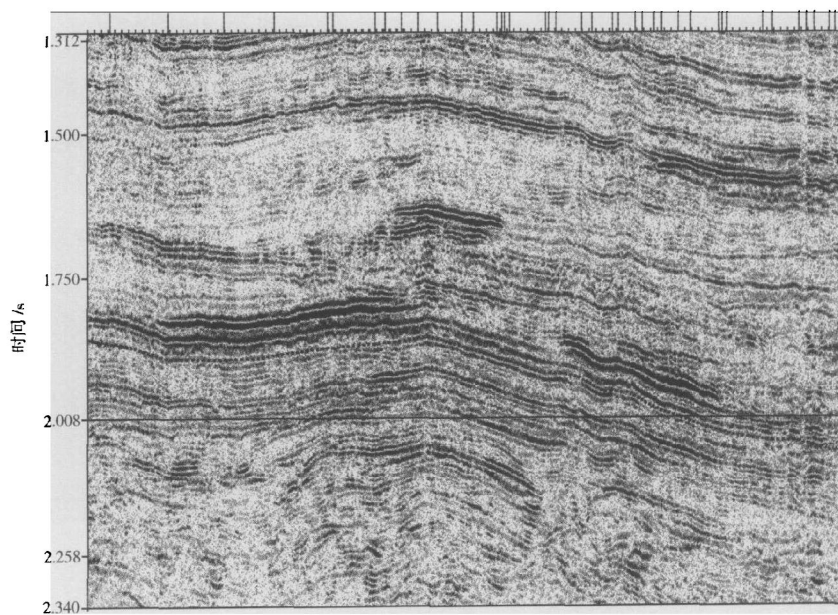


图7 乐东区过乐东 1-2、乐东 2-4 岩性圈闭地震剖面图

Fig.7 Seismic section across Ledong 1-2 and 2-4 lithologic traps in Ledong area

近期研究发现,莺歌海盆地存在一大批岩性地层型圈闭,如莺东斜坡带分布有岭头 2-1 和岭头 8-3 等一批地层超覆圈闭;临高构造带与东方构造带之间展布有临高 27-1、东方 1-2 等地层

超覆圈闭;乐东区浅中层底辟构造背景上的乐东 1-2db、乐东 21-2db 等低位盆底扇岩性圈闭。

3.2.2 琼东南盆地

琼东南盆地 S60 是大型不整合面和大型海退

面,之上有低位域发育,具较多的斜坡扇、盆底扇和低位三角洲。虽然埋深较大,地震信噪比低,扇体表现不清,但借助陆架坡折线、水下峡谷、高位三角洲的位置及下超方向、厚度特征等,仍可识别出陵水 14-1db 等 6 个较大的扇体。这些扇体比较集中的分布于原陵水、松南和宝岛凹陷部位,显然是与这些地方率先发育陆坡有关。

S52-S51 层序低位扇体主要分布在中央坳陷带东部,与下伏层高位三角洲的位置有关。由于沉积时的海平面仍不高,其盆底扇的位置较靠近盆地中心。陆架上局部也可见明显下切谷特征,成为低位扇的物源通道。盆底扇中最大的当属 BD32-1db,面积 914 km²,BD33-1db,面积小些。ST35-1db2,ST35-2db 为另一组盆底扇、斜坡扇组合。由于此处 2 号断层的活动较强,扇体均位于陆坡下不远,并相互叠置。此外还有 BD34-1db、陵水 9-1db 等较小的盆底扇。

通过分析层序格架,S50 亦为较大的海退面,并造成了琼东南盆地 S50-S51 层序的缺失。因此在该界面之上应有较多的低位扇体发育。又由于 S50 是在长期海平面上升最高时快速海退所致,这就决定了低位扇体多分布于靠近陆坡坡脚的位置。本层序的低位扇体主要集中在盆地原中央坳陷带东部,2 号断层下降盘附近^[12]。由于物源充分,盆地东部的低位扇可相互叠置,形成大型的复合扇。其中特征最清楚的当属 BD31-1db2 盆底扇,面积 376 km²,地震时间剖面上可达 210 ms。在 BD31-1db2 以东还有 BD27-1db2 盆底扇和 BD26-1db2 斜坡扇等。

S40 是本区的二级大型海退面,低位扇体非常发育。随着盆地西区的下沉,低位扇体集中发育的位置也由东部向西部迁移,盆地东部仍有继承性的低位扇体发育,但位置更偏向盆地中心,面积也有所增大。如 BD31-1db1/BD31-2db, BD26-1db1 或 BD22-1db/BD28-1db 等。盆地中西部较明显的低位扇体为陵水 13-1db, YC17-1db, YC22-1db, YC35-1db 等一大批扇体。S30-S27 层序间在盆底水深最大处有一条明显的海底峡谷贯穿东西,长度大于 240 km,横截面宽 5~10 km,面积约 2 100 km²。

3.3 主要勘探领域

通过以上分析,我们不难看出南海北部陆架盆地的地层-岩性圈闭有着很大的勘探潜力。从成因上包括深水区的大型低位扇、前三三角洲区的

浊积体、河流相的砂体、构造相对高部位的不整合圈闭和古潜山。从领域上,本区地层-岩性圈闭勘探的重要领域有以下几个方面。

(1) 琼东南盆地 2 号断裂带中新统盆底扇岩性圈闭。这类盆底扇往往有 2-1 号断层沟通下第三系烃源岩,成藏条件比较好。

(2) 琼东南盆地南部深水区上第三系盆底扇岩性圈闭。通过对宝岛 31-1 低位扇成藏条件的分析,可以看出深水区低位扇具有一定的勘探前景。

(3) 莺东斜坡及其他区带不整合界面,特别是 S60 和 S40 在这两个大型不整合界面上下形成的地层不整合圈闭、地层超覆圈闭。

(4) 已发现油气田周缘的一些中、小型岩性圈闭,如涠西南凹陷、乐东区底辟构造带等。这些岩性圈闭虽然规模不大,但却是扩大现有储量、保持稳产的重要因素。

(5) 珠江口盆地白云凹陷、琼东南盆地深水区。

参 考 文 献

- 1 Morley C K. A tectonic model for the Tertiary evolution of strike-slip faults and rift basins in SE Asia[J]. Tectonophysics, 2002, 347: 189~215
- 2 威尔格斯 C K. 层序地层学原理(海平面变化综合分析)[M]. 徐怀大,魏魁生,洪卫东,等译. 北京:石油工业出版社,1993. 526
- 3 徐怀大,王世凤,陈开远. 地震地层学解释基础[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1990. 181
- 4 龚再升. 中国近海大油气田[M]. 北京:石油工业出版社,1997. 159~197
- 5 邱中建,龚再升. 中国油气勘探(第四卷)——近海油气区[M]. 北京:地质出版社,石油工业出版社,1999. 1 164~1 223
- 6 龚再升,李思田. 南海北部大陆架边缘盆地分析与油气运聚[M]. 北京:科学出版社,1997. 140~149
- 7 吕明. 莺-琼盆地低位沉积模式的新探讨[J]. 中国海上油气(地质),2002,16(4):221~230
- 8 吕明. 莺-琼盆地含气区储层特征[J]. 天然气工业,1999,19(1):20~24
- 9 何家雄,咎立声. 莺歌海盆地泥丘发育特征与油气远景[J]. 石油与天然气地质,1990,11(4):436~445
- 10 王华,朱伟林. 莺歌海盆地充填史及中-深层储层特征[J]. 石油与天然气地质,1999,20(1):55~57
- 11 宫少波,王彦. 莺歌海盆地中央底辟带油气成藏条件分析[J]. 石油与天然气地质,2000,21(3):232~235
- 12 张树林,田世澄. 断裂构造与成藏动力系统[J]. 石油与天然气地质,1997,18(4):261~266