

王雪峰, 李林, 王国雨, 等. 南海深水盆地油气地质特征及勘探方向[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(1): 1-10.

南海深水盆地油气地质特征及勘探方向

王雪峰¹, 李林¹, 王国雨², 王彬¹, 刘艳红¹, 闫春¹, 毛超林¹, 孙国忠¹

(1 中国石油杭州地质研究院, 杭州 310023; 2 辽河油田海南油气勘探分公司, 辽宁盘锦 124010)

摘要:在深入调研南海深水盆地油气地质条件的基础上,系统分析了油气分布规律和成藏主控因素,明确了油气资源潜力和有利勘探方向,旨在为南海深水油气勘探决策提供科学依据。研究表明:南海深水盆地发育在非典型边缘海大陆边缘,其石油地质条件具有特殊性,油气分布特征存在显著的南北差异。其中,南海北部深水的珠江口盆地和琼东南盆地,以构造圈闭型油气藏为主;南海中南部深水的曾母盆地南部和文莱-沙巴盆地,主要为构造圈闭型油气藏,曾母盆地北部以岩性油气藏(生物礁滩型油气藏)为主,万安盆地主要为构造圈闭型和基岩潜山型油气藏。南海北部深水盆地和中南部深水盆地的烃源岩、储盖和圈闭等油气地质特征表明,南海深水盆地具有巨大的油气勘探潜力。南海深水的有利勘探方向为:①琼东南盆地乐东-陵水凹陷的中央峡谷、陵南斜坡带,松南-宝岛凹陷的反转构造带,宝岛凹陷北坡海底扇,长昌凹陷的环 A 注圈闭带(海底扇);珠江口盆地白云凹陷的主注深水扇、主注两翼、西南断阶带,荔湾凹陷的深水扇。②南海中南部深水盆地的文莱-沙巴、曾母和万安盆地。

关键词:勘探方向;油气地质条件;深水盆地;南海

中图分类号:P744.4;P618.13

文献标识码:A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2020.041

0 引言

深水盆地一般是指位于水深超过 300 m 的大陆架-大陆坡等海域的沉积盆地。南海深水盆地处于特提斯和古太平洋两大构造域的转换部位和欧亚、印-澳和菲律宾三大板块的交互区,受中、新生代周边不同板块的相互作用以及南海扩张等地球动力学事件的综合控制^[1-7],具有十分复杂的构造演化、沉积充填和油气成藏特征。南海深水盆地与世界上其他深水盆地(特别是大西洋两侧深水盆地)相比,存在着诸多差异:①在构造属性上,南海作为边缘海盆地,区别于世界上典型的被动大陆边缘盆地;②在盆地演化史上,南海深水区主要发育新生代盆地,时代上晚于大西洋两侧的被动陆缘盆地;③在油气地质特征上,南海深水盆地存在着显著的南北差异。其中,南海北部的深水油气勘探主要集

中在珠江口盆地和琼东南盆地^[8-21],但油气发现规模相对较小,加上缺乏大中型构造圈闭,今后的勘探面临由构造走向岩性、由深水走向超深水,勘探的投入和风险越来越高。我国在南海中南部深水盆地的油气勘探长期处于停滞状态,且缺乏足够的基础资料,对中南部深水盆地油气资源及其分布的研究存在一定局限性^[22-27],增大了勘探决策的风险。

本文以南海深水沉积盆地为研究靶区,在深入分析南海深水盆地油气地质特征的基础上,系统总结了油气分布规律和成藏主控因素,明确了油气资源潜力和勘探方向,以期南海深水油气勘探决策提供科学依据。

1 南海深水油气地质条件

南海位于欧亚板块东南部,其构造演化主要受欧亚板块与太平洋板块、欧亚板块与印度板块相互作用的影响。新生代以来的南海构造演化可划分为 3 期:①古新世-渐新世大陆裂离及第 1 次海底扩张阶段(断陷期);②早中新世-中中新世第 2 次海底扩张阶段(断拗转换期);③晚中新世-现今区域性热沉降阶段(拗陷期)^[8]。

南海水域的新生代沉积盆地共有 18 个(图 1)。

收稿日期: 2020-04-20

资助项目:“十三五”国家科技重大专项“南海中建海域深水油气地质条件及目标评价”(2017ZX05026006);中国石油勘探开发研究院超前基础研究项目“中国海域有利油气勘探靶区优选”(2016ycq05)

作者简介:王雪峰(1983-),男,硕士,高级工程师,主要从事海洋油气地质方面的研究工作。E-mail: wangxuef_hz@petrochina.com.cn

其中,南海北部有4个盆地,分别为莺歌海、琼东南、珠江口和北部湾盆地;南海中南部有14个盆地,分别为中建南、双峰、笔架南、曾母、文莱-沙巴、万安、北康、南薇西、礼乐、西北巴拉望、南沙海槽、安渡北、南薇东和九章盆地。因南海各盆地所处构造位置的不同,各盆地的油气地质特征各具特色。

1.1 南海北部深水油气地质特征

1.1.1 琼东南盆地

琼东南盆地深水区主要包括乐东、陵水、松南、宝岛、长昌、北礁6个凹陷和松南、陵南2个低凸起(图2)。

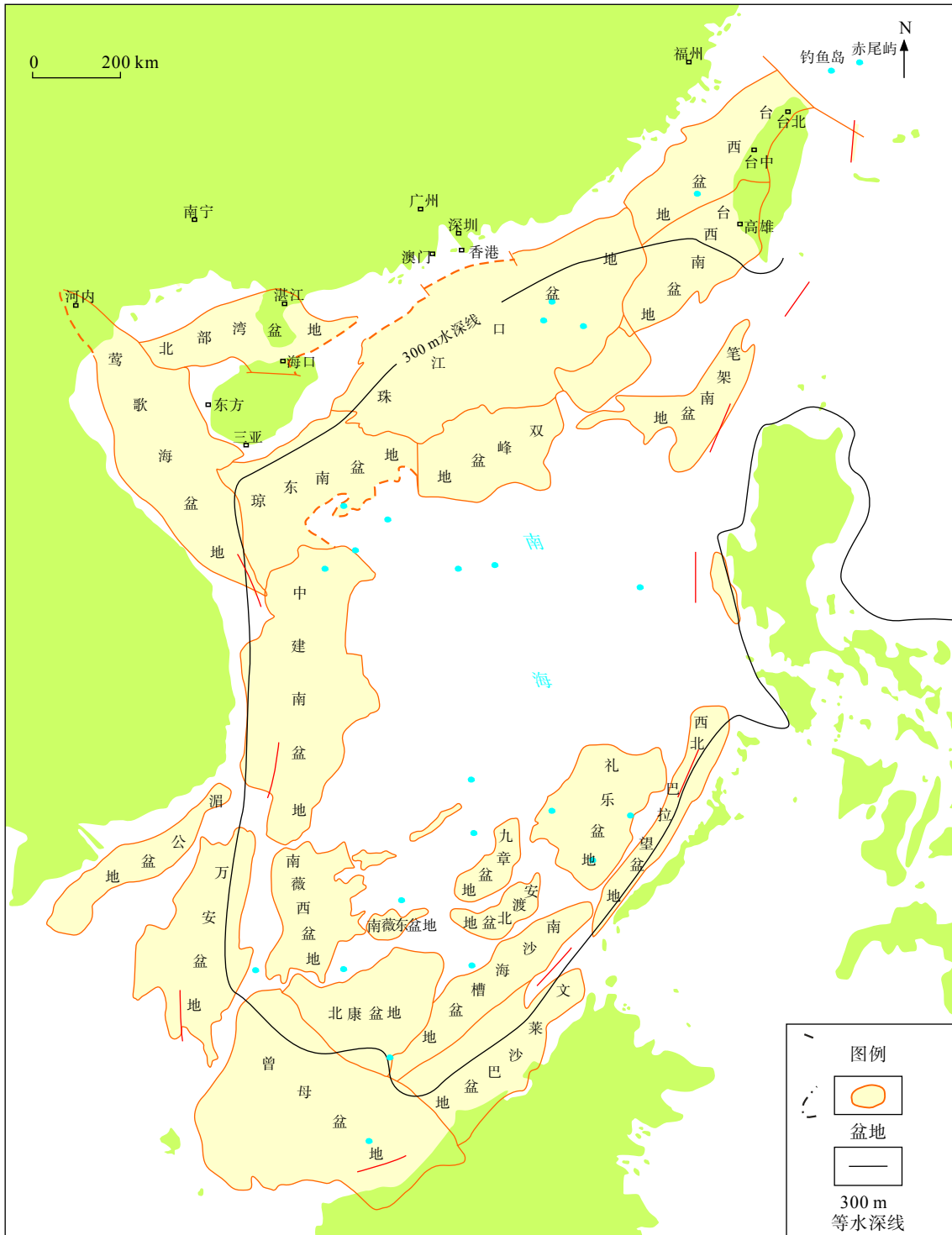


图1 南海深水盆地构造区划图^[8]

Fig.1 Tectonic map of the region^[8]

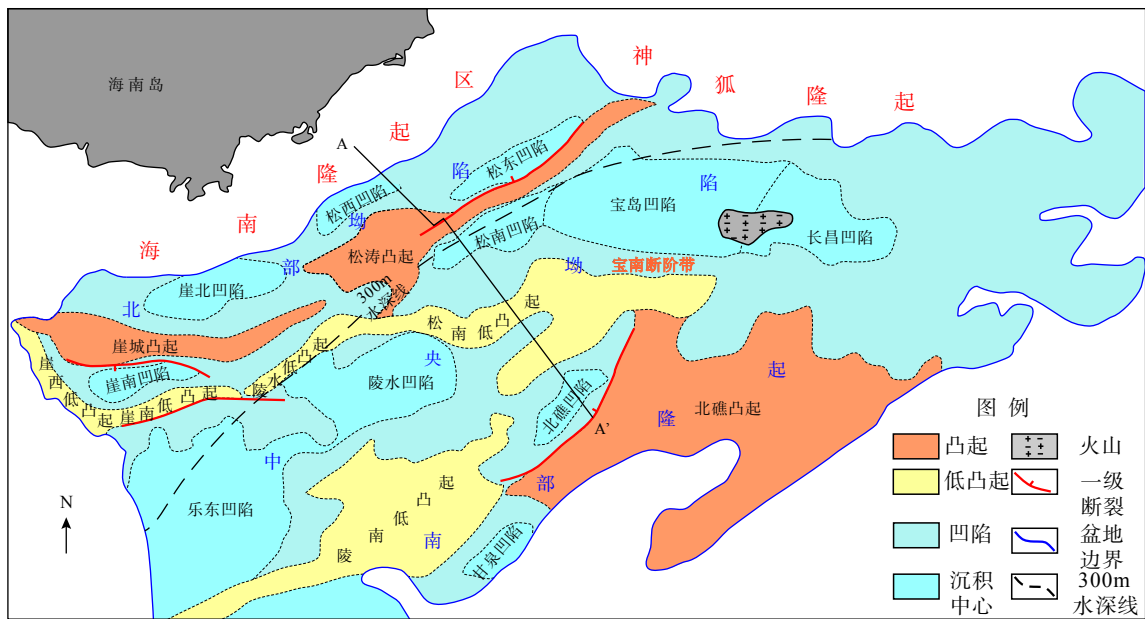


图 2 琼东南盆地构造区划图

Fig.2 Tectonic map of Qiongdongnan Basin

(1) 烃源岩

琼东南盆地深水区存在 3 套烃源层, 包括始新统湖相生油层、渐新统海陆过渡相—浅海相生气层及中新统海相生气层。这些烃源岩层的发育与展布取决于盆地的构造和沉积演化, 不同演化阶段形成的凹陷(或坳陷)发育的烃源层年代和特征有较大的差异^[28]。

目前始新统尚未有钻井揭露, 但从地震资料分析, 琼东南盆地北部发育始新统中深湖相, 沉积厚

度为 500~1000 m; 乐东凹陷、陵水凹陷中深湖相分布较广, 厚度可超过 2 000 m。渐新统包括崖城组和陵水组, 广泛分布于琼东南盆地。业已证实, 崖城组为该盆地的主力生气层, 为一套滨浅海及海岸平原沼泽相含煤砂泥岩, 沉积受半地堑控制; 陵水组为滨浅海砂泥岩沉积, 分布已超过半地堑。中新统在琼东南盆地沉积最厚可达 4 000~5 000 m (图 3), 是沉积充填的主体, 以浅海—半深海相泥岩为主, 推测中新统是琼东南盆地的次要生气层发育区。

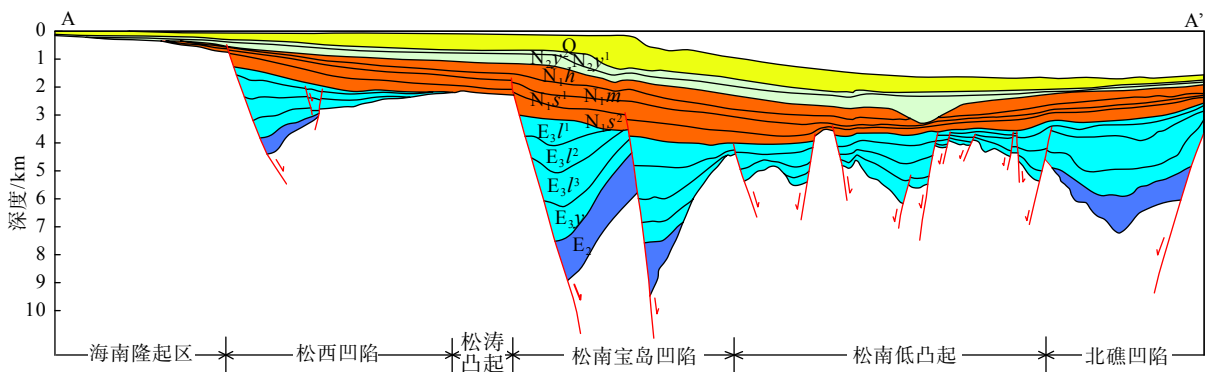


图 3 琼东南盆地典型地震剖面

Fig.3 Typical seismic section of Qiongdongnan Basin

(2) 储盖组合

琼东南盆地深水区存在多套储盖组合^[29], 主要包括: ①以前新生代花岗岩潜山为储层、上覆古近系浅海相泥岩为盖层的储盖组合; ②以崖城组—陵水组滨海—(扇)三角州相为储层、上覆浅海相泥岩为盖层的储盖组合; ③以陵一段海底扇为储层、上

覆中新统浅海—半深海相泥岩为盖层的储盖组合; ④以梅山组—三亚组海底扇为储层、上覆半深海相泥岩为盖层的组合类型; ⑤以陵水组—梅山组生物礁为储层、上覆半深海相泥岩为盖层的储盖组合; ⑥以莺歌海组—黄流组浊积水道—海底扇砂岩为储层、上覆半深海相泥岩为盖层的储盖组合。每套储

盖组合具有特定的发育层位和分布区域。

(3) 圈闭类型

新生代以来,深水区经历了多期构造运动,形成了一批大中型圈闭^[30],圈闭类型好、规模大、成群成带分布。总体来说有4类:①拗陷期岩性+构造圈闭,主要与凹陷内中央峡谷和海底扇有关,部分由于受后期构造运动影响,具有一定的构造形态;②断拗—拗陷期生物礁圈闭,主要发育于低凸起和隆起之上,

盆地内已有钻井钻遇;③断陷期构造+岩性圈闭,规模大,多以(断)背斜和断鼻、断块为主;④中生代古潜山在东部也成群成带发育,在松南低凸起钻遇。

1.1.2 珠江口盆地

珠江口盆地深水区包括珠Ⅱ拗陷的白云凹陷和南部拗陷带的鹤山、荔湾、兴宁凹陷以及潮汕拗陷,主要位于现今海底地形的下陆坡至洋盆边缘,水深多数>1 500 m(图4)。

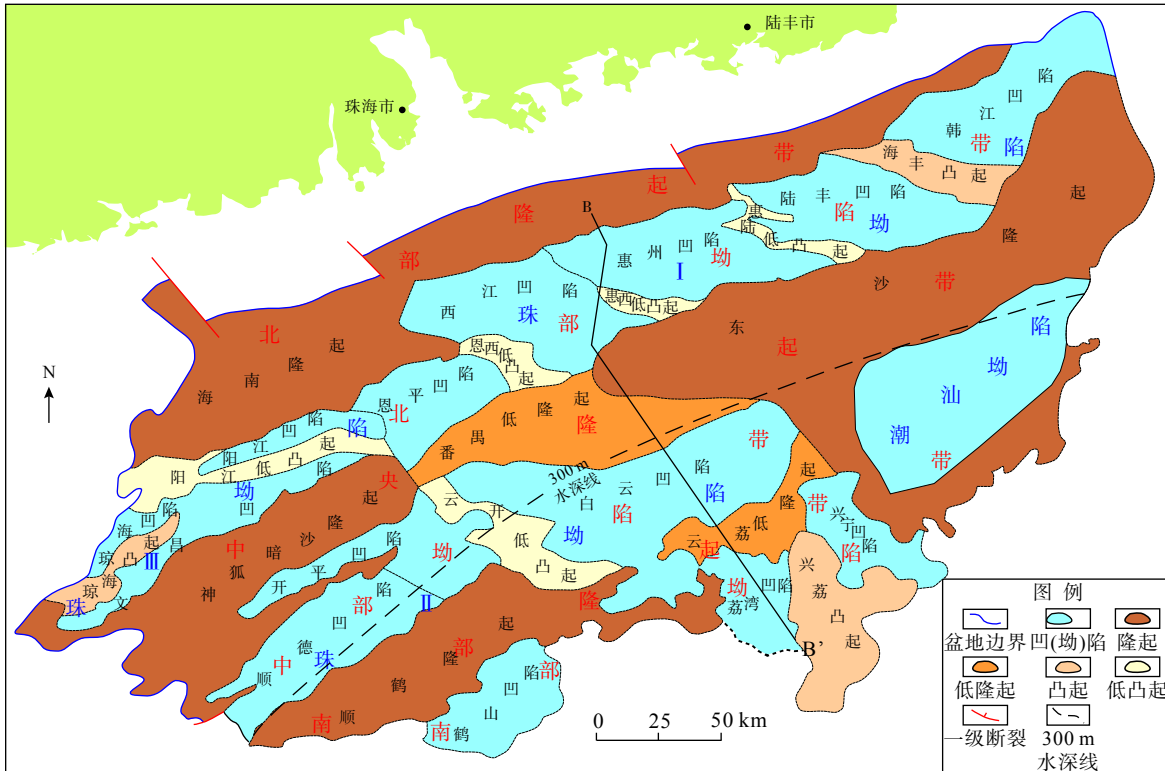


图4 珠江口盆地构造区划图

Fig.4 Tectonic map of Pearl River Mouth Basin

(1) 烃源岩

始新统文昌组和下渐新统恩平组是珠江口盆地的主要烃源层。其中,珠江口盆地白云凹陷文昌组最大厚度达6 000 m,恩平组最大厚度达2 000 m

(图5)。白云凹陷主洼南部受NE、NWW向断层控制,文昌组最发育,烃源岩厚度最大;白云凹陷北部恩平组最发育,埋深最大,成熟度最高,已达到生气门限^[31-32]。

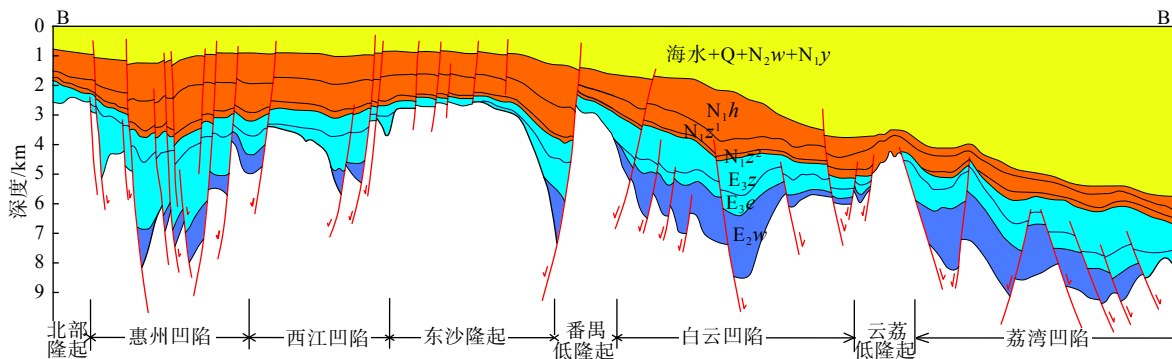


图5 珠江口盆地典型地震剖面

Fig.5 Typical seismic section of Pearl River Mouth Basin

(2) 储盖组合

以相对湖平面和海平面变化带来的湖泛泥岩和海泛泥岩为盖层, 形成 5 种储盖组合^[33]: ①始新统文昌组深水湖底扇、浅水三角洲及滨浅湖相砂岩为储层, 湖泛泥岩为盖层的储盖组合; ②下渐新统恩平组大型浅水辫状河三角洲、河流相及滨浅湖相砂岩为储层, 恩平组一段为泥岩盖层的储盖组合; ③上渐新统珠海组浅海三角洲—滨浅海相砂岩为储层, 海泛泥岩为盖层的储盖组合; ④下中新统珠江组海相三角洲砂体、滨浅海砂岩、碳酸盐岩台地礁滩、重力流砂体为储层, 上覆海泛泥岩为盖层的储盖组合; ⑤中中新统及上新统陆架海相三角洲砂岩储层, 上覆海相泥岩为盖层的储盖组合。

(3) 圈闭类型

珠江口盆地深水盆地主要发育 4 种圈闭类型^[32, 34]: ①拗陷期岩性+构造圈闭; ②断拗—拗陷期

生物礁圈闭; ③断陷期构造+岩性圈闭; ④中生代古潜山圈闭。

1.2 南海中南部深水油气地质条件

南海中南部主要发育曾母、万安、文莱-沙巴、北康、中建南、笔架南、双峰、南沙海槽、礼乐、西北巴拉望、南薇东、南薇西、九章和安渡北等 14 个沉积盆地。南海中南部深水盆地的勘探层系主要位于新近系, 其中, 文莱-沙巴、曾母、万安盆地的新近系厚度最大(图 6), 且油气资源最为丰富, 本文重点介绍这 3 个盆地的石油地质条件及勘探潜力。

(1) 烃源特征

文莱-沙巴盆地主要发育中中新统、上中新统和上新统 3 套烃源岩, 其中, 中新统烃源岩是其主力烃源岩。烃源岩主要是海陆过渡相煤系烃源岩和

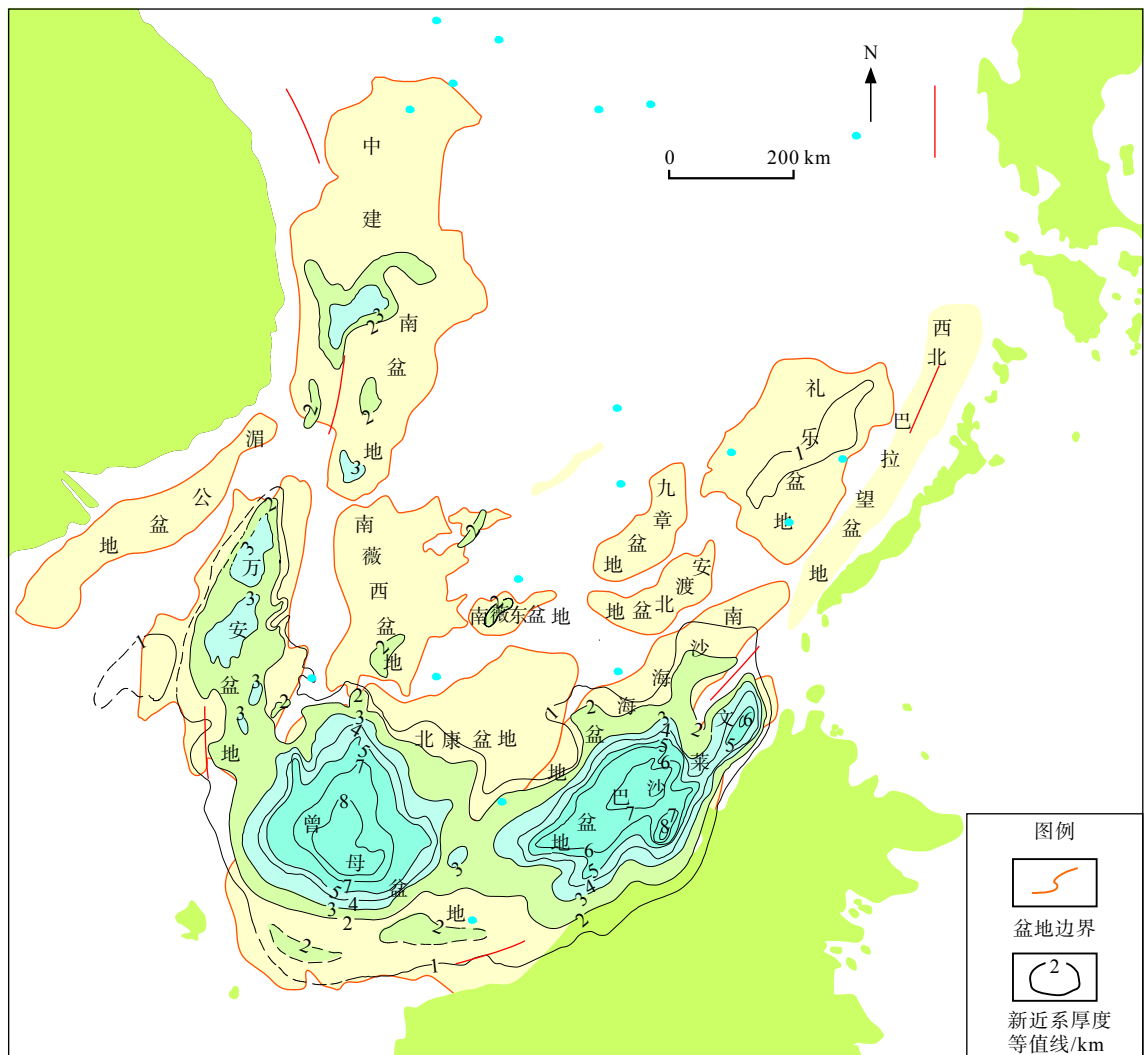


图 6 南海中南部深水盆地新近系厚度分布

Fig.6 Neogene thickness in deep water basins in central and south parts of the South China Sea

海相烃源岩,岩性主要为煤、炭质泥岩和泥岩,为中等—好烃源岩^[23]。由于文莱-沙巴盆地地层时代新、埋藏浅,且盆地地温梯度低,主体为16~36 °C/km,其烃源岩主要处于成熟—高成熟阶段,以生油为主^[35-36]。

曾母盆地的主力烃源岩为渐新统和下中新统海陆过渡相煤系烃源岩和海相烃源岩,次要烃源岩为中中新统海相烃源岩,有机质类型为Ⅱ—Ⅲ型^[23]。受盆地古构造、古环境等多因素影响,不同部位烃源岩分布和生烃能力具有差异性,北部的康西拗陷和南部的东巴林坚拗陷为盆地最有利的烃源岩发育区。同时,受盆地地温场“南低北高”的影响,北部的康西拗陷上渐新统—中中新统海陆过渡相含煤页岩有机质大多数已达成熟—过成熟阶段,以生气为主,而南部的东巴林坚拗陷有机质处于成熟—高成熟阶段,以生油为主。

万安盆地发育渐新统、下中新统和中中新统3套烃源岩,干酪根类型为Ⅱ—Ⅲ型,自下而上烃源岩地球化学指标有逐渐变差的趋势。渐新统烃源岩具有“早陆晚海”的特征,早期以湖泊相泥岩为主,晚期以海陆过渡相泥岩为主,TOC值大部分>1%,主体位于1%~10%,氢指数(HI)值为200~300 mg/g,干酪根类型以Ⅱ₁—Ⅱ₂型为主,总体评价属于中等—好烃源岩。下中新统烃源岩具有三角洲—滨浅海的烃源特征,TOC值大部分>1%,氢指数(HI)值为200 mg/g,干酪根类型以Ⅱ—Ⅲ型为主,总体评价也属于中等—好烃源岩。中中新统烃源岩干酪根类型为Ⅲ型,地球化学指标比较差,为差—中等烃源岩^[25]。

(2) 储盖组合

南海中南部沉积盆地中的储层主要为渐新统—中中新统砂岩和中—上中新统碳酸盐岩/礁灰岩,个别盆地还见基岩储层^[24,35-38]。砂岩储层主要为河流相、三角洲相、浊积相等相带的砂岩,孔隙度为10%~29%,渗透率为0.001~7 μm²,具有良好的储集性能。万安盆地目前的砂岩产油层以下中新统砂岩储层为主,渐新统砂岩储层则以产气为主。在曾母盆地的东巴林坚拗陷,渐新统和中中新统砂岩为主要产油层。在文莱-沙巴盆地,中中新统—上新统砂岩为主要产油层。

南海中南部深水盆地的区域盖层主要为上新统—第四系泥岩,个别盆地的区域盖层为下—中新统泥岩和始新统—渐新统泥岩。在上新世—第四纪期间,该区处于区域沉降阶段,沉积了一套富含泥

质的浅海—外浅海相碎屑岩,泥岩特别发育,构成大多数盆地的良好区域性盖层。

(3) 圈闭类型

南海中南部深水盆地圈闭类型多样,既有以构造作用为主形成的构造圈闭(滚动背斜、披覆背斜、断块、断鼻等),又有以地层因素为主形成的岩性圈闭(生物礁隆、碳酸盐岩隆、古潜山、地层尖灭、三角洲砂体、浊积砂体和不整合圈闭等),也有构造、地层因素共同作用的复合圈闭(断块-礁隆、断块-碳酸盐岩隆、古潜山-披覆背斜等)。断块圈闭是南海中南部最主要的圈闭类型,分布于走滑拉张环境下的盆地中,如万安盆地;背斜型圈闭主要分布于曾母盆地南部增生带和万安盆地北部隆起带;礁隆、碳酸盐岩隆圈闭在南海中南部分布广泛,主要发育于曾母盆地南康台地、万安盆地;基岩潜山圈闭主要分布于中生代中晚期花岗岩或花岗闪长岩构成的风化裂缝、孔隙和洞穴中,如万安盆地的大熊油田^[26,35-36]。

2 南海深水油气分布特征

2.1 深水油气平面分布特征

平面上,位于南海北部深水的珠江口盆地和琼东南盆地,其油气藏主要分布于盆地的隆起或凸起部位,主要为构造圈闭型油气藏,且以油为主。位于南海中南部深水的曾母盆地南部和文莱-沙巴盆地,受古南海由西向东“剪刀式”俯冲、缝合的影响,地层发生强烈挤压、褶皱,形成了以构造圈闭型为主的油气藏;曾母盆地北部则以岩性油气藏(生物礁滩型油气藏)为主。万安盆地早期为断陷盆地,同时受到越东断裂带走滑的影响,主要形成构造圈闭型和基岩潜山型油气藏。总体上:①油藏主要分布在靠近南海周缘的陆块,气藏分布则往海盆延伸;②靠近南海周缘以构造、潜山等油气藏类型为主,远离大陆边缘,逐渐以生物礁滩、深水水道等岩性油气藏类型为主。

2.2 深水油气纵向分布特征

南海深水油气在纵向上的分布与所处的构造位置密切相关。南海北部珠江口盆地珠Ⅰ拗陷和珠Ⅲ拗陷的油气主要赋存于上渐新统、下中新统滨海、浅海相砂岩中,珠Ⅱ拗陷主要富集在下中新统半深海相浊积砂岩中;琼东南盆地储层主要为上渐

新统滨海相砂岩。南海中南部深水的万安盆地西北部油气主要富集于中新统滨岸三角洲相砂岩, 南部富集于中中新统生物礁碳酸盐岩中, 少数富集于前新生界基岩储层; 曾母盆地西部斜坡和南康台地主要赋存于中中新统碳酸盐岩, 东巴林坳陷油气主要富集于下中新统滨海相三角洲砂岩中; 文莱-沙巴盆地主要富集于中上中新统、上新统滨岸三角洲、滩坝和半深海浊积砂岩中^[8]。

3 南海深水油气成藏主控因素

烃源岩、储层、圈闭等成藏主控因素的有效配置为在南海深水形成大中型油气田奠定了良好的成藏基础。

(1) 烃源岩为油气成藏提供了充足的物质基础

南海深水发育湖相、海陆过渡相和海相 3 种烃源岩类型。南海断陷期(古新世—渐新世)、断拗转换期(早中新世—中中新世)控制了南海主要烃源岩的发育和分布。其中, 始新世是陆相断陷湖盆发育的鼎盛时期, 也是南海深水湖相烃源岩的主要发育期; 渐新世, 陆相断陷湖盆萎缩, 是海陆过渡相烃源岩的主要发育期; 中新世发生区域性拗陷和大范围海侵, 是海相烃源岩的主要发育期。

(2) 多类型储层为油气聚集提供了良好的储集空间

南海深水主要发育砂岩、碳酸盐岩、生物礁滩、基岩风化壳等多种储层类型。其中, 三角洲—滨浅海砂岩储层主要形成分布在断陷期(古新世—渐新世)与断拗转换期(早中新世—中中新世)之间的不整合面附近; 深水沉积砂岩主要在拗陷(区域沉降)期形成; 碳酸盐岩台地、生物礁滩主要在断拗转换期(早中新世—中中新世)形成; 前新生界基底遭受长期的风化剥蚀, 花岗岩基岩溶蚀后可形成潜山储层, 主要形成于前新生代。

(3) 众多圈闭形成多种油气藏类型

南海深水发育构造圈闭型、岩性圈闭型和复合型圈闭型等多种油气藏类型。其中, 构造圈闭型以背斜型、断背斜型、断块(鼻)型圈闭为主, 岩性圈闭型包含生物礁滩型和深水水道型圈闭, 复合型圈闭主要为构造-岩性型和基岩潜山型圈闭。从现有勘探发现来看, 珠江口盆地荔湾 3-1 气藏属于地层-断背斜复合油气藏, 万安盆地的大熊油田是以前新生界花岗岩缝隙为储层的缝隙型基岩潜山油气藏^[8]。

4 油气资源潜力与勘探方向

4.1 南海北部深水盆地

4.1.1 琼东南盆地

根据全国油气资源动态评价结果(2015 年)^[39], 琼东南盆地的乐东-陵水凹陷、长昌凹陷、松南低凸起和松南-宝岛凹陷主要以生天然气为主, 天然气资源量为 $3.36 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。根据盆地石油地质条件、资源潜力和勘探成效等特征分析, 琼东南盆地的有利勘探方向为: ①乐东-陵水凹陷的中央峡谷、陵南斜坡带; ②松南-宝岛凹陷的反转构造带、宝岛北坡海底扇; ③长昌凹陷的环 A 洼圈闭带(海底扇)。

乐东-陵水凹陷发育多个有利勘探区带, 其中, 中央峡谷为勘探成熟领域, 已在黄流组发现超千亿立方米大气田。随着近期中央峡谷内莺二段的突破, 中央峡谷东区莺二段成为下一步的勘探重点层系; 陵南斜坡带油气成藏条件的认识清晰, 重点目标多, 资源潜力大, 是近期深水勘探的重要现实领域。

松南-宝岛凹陷及周缘共发育 4 个构造带: 松南-宝岛凹陷反转构造带、松南低凸起北部披覆构造带、宝岛北坡大型海底扇岩性圈闭群以及宝南断阶带。勘探潜力研究表明, 松南-宝岛凹陷反转构造带和宝岛北坡大型海底扇岩性圈闭群是松南-宝岛凹陷油气勘探的重点领域。

长昌凹陷 A 洼陵水组、三亚组继承性发育了多套扇三角洲—海底扇沉积, 各扇体在 seismic 剖面上表现为中—强振幅, 较连续反射特征, 分布范围广且多期次纵向叠置。长昌环 A 洼圈闭带物源主要来自南部隆起区, 陵水组—三亚组沉积时期, 南部隆起存在剥蚀区, 三角洲发育, 盆缘三角洲沉积可二次搬运到凹陷中央形成海底扇。长昌环 A 洼圈闭带主要目的层系为陵水组和三亚组, 与崖城组和始新统烃源岩近, 是多个领域里面目的层离烃源岩最近的。该区“花状断裂”发育, “花状断裂”与下伏烃源岩直接沟通, 油气运移条件十分有利, 勘探潜力大, 是实现古近系突破的重点领域。

4.1.2 珠江口盆地

根据全国油气资源动态评价结果(2015 年)^[39], 珠江口盆地深水区珠 II 坳陷原油资源量为 4.62 亿 t, 天然气资源量为 $1.47 \times 10^{12} \text{ m}^3$; 南部坳陷原油资源量为 4.64 亿 t, 天然气资源量为 $0.26 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。天然气资源主要分布于珠 II 坳陷的白云凹陷、东沙隆

起、云荔低隆起、云开低凸起,南部拗陷的荔湾凹陷。珠江口盆地的有利勘探方向为:①白云凹陷的主洼深水扇、主洼两翼、西南断阶带;②荔湾凹陷的深水扇。

白云凹陷主洼发育大量面积巨大的流体底辟带,被认为是油气运移的重要通道,底辟带及周边发育的深水扇是有利的勘探潜力区。白云凹陷主洼两翼发育2个有利勘探区带,分别是位于主洼西侧的云开低凸起和主洼东侧的东沙25构造带。云开低凸起位于陆架坡折带的侧翼,为缓坡泥质背景,其主要目的层除珠海组—珠江组三角洲相、滨岸相砂体和中新统半深海相浊积砂体外,在深层还有恩平组河流三角洲相砂体作为次要储层;东沙25构造带是一个复式成藏带,有利储集体包括水道砂、地层圈闭和生物礁,形成了超覆在斜坡带上具有局部构造背景控制的复合圈闭群。

白云凹陷西南断阶带是一个古近系构造圈闭和新近系深水砂体岩性圈闭组成的复式成藏带,该成藏带各类构造和岩性圈闭众多。此外,可识别出多条构造脊从白云凹陷指向云开低凸起,发育多组断裂与白云凹陷文昌—恩平组烃源岩沟通,晚期断裂亦强烈活动。因此,珠海组砂岩构造脊与断裂活动是该区带成藏的主控因素。

荔湾凹陷是一个被岩浆底辟作用改造过的残余盆地,其原型盆地为拉张背景下的断陷。由于受到大型底辟及重力滑动等复杂动力作用的改造,使得该凹陷的沉积结构及成藏模式变得十分复杂。受渐新世陆架坡折带控制,在荔湾凹陷发育大量珠海组低位域深水扇砂体。目前已在坡折带下方识别出一系列深水扇大型构造-岩性复合型圈闭,且成群成带分布,具有广阔的油气勘探潜力。

4.2 南海中南部深水盆地

南海中南部海域14个沉积盆地的总面积约为 $75 \times 10^4 \text{ km}^2$,油气资源十分丰富,主要盆地累计石油地质资源量为 $201 \times 10^8 \text{ t}$,天然气地质资源量为 $32.4 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ^[20]。其中,石油地质资源量为 $116 \times 10^8 \text{ t}$,天然气地质资源量为 $26.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。从资源分布来看,南海中南部油气资源主要分布于文莱-沙巴、曾母、万安盆地,三大盆地累计地质资源量占总量的72.5%^[19]。其中,文莱-沙巴盆地石油地质资源量居首位,其次是曾母盆地,两者约占石油资源总量的1/2,是极富石油资源的盆地。天然气地质资源主要集中在曾母盆地,其次分布于万安、礼乐、文莱-沙

巴、北康等盆地等。

文莱-沙巴盆地目前勘探程度已相当高,但主要集中在浅水区,发现新的油气勘探区比较困难。深水区相对钻井较少,还有较大勘探潜力,是该盆地有利区带。

曾母盆地已发现大量油气田和油气储量,深水区是油气勘探重点方向,主要位于康西拗陷北部。康西拗陷是曾母盆地最大的生烃拗陷,油气可以向西运移至西部斜坡带或向东运移到南康地台的有利构造部位成藏。这些地区除具备较有利的储集条件外,而且生储盖组合较好,同时又处于背斜或斜坡的背景,形成比较优越的远景区带。

万安盆地油气有利勘探区是北部隆起及中部拗陷,这一有利区周缘是全盆地渐新统烃源岩和中—下中新统烃源岩的主要分布区,并包括多种油气成藏组合。该勘探区的南段已发现了油气藏,而北段仍有巨大的油气勘探潜力,其构造上属箕状拗陷的陡翼,是有利的油气成藏部位。

5 结论

(1) 南海深水盆地发育在非典型边缘海大陆边缘,其石油地质条件具有特殊性,油气分布规律存在显著的南北差异。南海北部深水盆地和中南部深水盆地的烃源岩、储盖和圈闭等油气地质特征表明,南海深水盆地具有巨大的油气勘探潜力。

(2) 南海北部深水盆地的有利勘探方向为:琼东南盆地乐东-陵水凹陷的中央峡谷、陵南斜坡带,松南-宝岛凹陷的反转构造带、宝岛北坡海底扇以及长昌凹陷的环A洼圈闭带(海底扇);珠江口盆地白云凹陷的主洼深水扇、主洼两翼、西南断阶带以及荔湾凹陷的深水扇。

(3) 南海中南部深水盆地的有利勘探方向为文莱-沙巴、曾母和万安盆地。

参考文献:

- [1] NORTHROP C J, ROYDEN L H, BURCHFIELD B C. Motion of the Pacific plate relative to Eurasia and its potential relation to Cenozoic extension along the eastern margin of Eurasia[J]. *Geology*, 1995, 23(8): 719-722.
- [2] REN J Y, TAMAKI K, LI S T, et al. Late Mesozoic and Cenozoic rifting and its dynamic setting in Eastern China and adjacent areas[J]. *Tectonophysics*, 2002, 344(3/4): 175-205.
- [3] RU K, PIGOTT J D. Episodic rifting and subsidence in the South China sea[J]. *AAPG Bulletin*, 1986, 70(9): 1136-1155.

- [4] TAYLOR B, HAYES D E. The tectonic evolution of the South China basin[M]//Hayes D E. The Tectonic and Geologic Evolution of Southeast Asian Seas and Islands, Volume 23. Washington: American Geophysical Union, 1980: 89-104.
- [5] TAYLOR B, HAYES D E. Origin and history of the South China Sea basin[M]//HAYES D E. The Tectonic and Geologic Evolution of Southeast Asian Seas and Islands; Part 2, Volume 27. Washington: American Geophysical Union, 1983: 23-56.
- [6] 刘绍文, 施小斌, 王良书, 等. 南海成因机制及北部岩石圈热-流变结构研究进展[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2006, 26(4): 117-124.
- [7] 孙珍, 钟志洪, 周蒂, 等. 南海的发育机制研究: 相似模拟证据[J]. 中国科学 D辑: 地球科学, 2006, 36(9): 797-810.
- [8] 吴敬武, 孙国忠, 鲁银涛, 等. 南海油气藏类型及分布规律[J]. 海相油气地质, 2019, 24(3): 29-38.
- [9] 陈长民. 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.
- [10] 戴焕栋, 龚再升. 中国近海油气田开发[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.
- [11] 龚再升, 李思田. 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.
- [12] 龚再升, 李思田. 南海北部大陆边缘盆地油气成藏动力学研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [13] 李思田, 林畅松, 张启明, 等. 南海北部大陆边缘盆地幕式裂陷的动力过程及10Ma以来的构造事件[J]. 科学通报, 1998, 43(8): 797-810.
- [14] 李绪宣, 朱光辉. 琼东南盆地断裂系统及其油气输导特征[J]. 中国海上油气, 2005, 17(1): 1-7.
- [15] 张强, 吕福亮, 王彬, 等. 南海油气分布特征及主控因素探讨[J]. 海相油气地质, 2012, 17(3): 1-8.
- [16] 周蒂, 孙珍, 陈汉宗. 世界著名深水油气盆地的构造特征及对我国南海北部深水油气勘探的启示[J]. 地球科学进展, 2007, 22(6): 561-572.
- [17] 朱伟林. 南海北部大陆边缘盆地天然气地质[M]. 北京: 石油工业出版社, 2007.
- [18] 朱伟林, 张功成, 高乐. 南海北部大陆边缘盆地油气地质特征与勘探方向[J]. 石油学报, 2008, 29(1): 1-9.
- [19] 朱伟林. 南海北部深水区油气勘探关键地质问题[J]. 地质学报, 2009, 83(8): 1059-1064.
- [20] 朱伟林. 南海北部深水区油气地质特征[J]. 石油学报, 2010, 31(4): 521-527.
- [21] 朱伟林, 钟锴, 李友川, 等. 南海北部深水区油气成藏与勘探[J]. 科学通报, 2012, 57(20): 1833-1841.
- [22] 朱伟林. 中国近海油气勘探的回顾与思考[J]. 中国工程科学, 2011, 13(5): 4-9.
- [23] 张功成, 唐武, 谢晓军, 等. 南海南部大陆边缘两个盆地带油气地质特征[J]. 石油勘探与开发, 2017, 44(6): 849-859.
- [24] 李金有, 郑丽辉. 南海沉积盆地石油地质条件研究[J]. 特种油气藏, 2007, 14(2): 22-26.
- [25] 姚伯初, 万玲, 刘振湖. 南海海域新生代沉积盆地构造演化的动力学特征及其油气资源[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2004, 29(5): 543-549.
- [26] 张厚和, 赫栓柱, 刘鹏, 等. 万安盆地油气地质特征及其资源潜力新认识[J]. 石油实验地质, 2017, 39(5): 625-632.
- [27] 张厚和, 刘鹏, 廖宗宝, 等. 南沙海域主要盆地地质特征与油气分布[J]. 中国石油勘探, 2018, 23(1): 62-70.
- [28] 李友川, 邓运华, 张功成, 等. 南海北部第三系海相烃源岩[J]. 石油学报, 2011, 32(2): 219-225.
- [29] 李俊良, 左倩媚, 解习农, 等. 琼东南盆地深水区新近系沉积特征与有利储盖组合[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2011, 31(6): 109-116.
- [30] 范彩伟, 李绪深, 刘昆, 等. 琼东南盆地乐东、陵水凹陷中新统岩性地层圈闭成藏条件[J]. 中国海上油气, 2016, 28(2): 53-59.
- [31] 米立军, 张功成, 傅宁, 等. 珠江口盆地白云凹陷北坡-番禺低隆起油气来源及成藏分析[J]. 中国海上油气, 2006, 18(3): 161-168.
- [32] 米立军, 刘震, 张功成, 等. 南海北部深水区白云凹陷古近系烃源岩的早期预测[J]. 沉积学报, 2007, 25(1): 139-146.
- [33] 施和生, 何敏, 张丽丽, 等. 珠江口盆地(东部)油气地质特征、成藏规律及下一步勘探策略[J]. 中国海上油气, 2014, 26(3): 11-22.
- [34] 张功成, 陈莹, 杨海长, 等. 恩平组岩性地层圈闭: 白云凹陷深水区天然气勘探新领域[J]. 中国海上油气, 2015, 27(6): 1-9.
- [35] 刘世翔, 赵志刚, 谢晓军, 等. 文莱-沙巴盆地油气地质特征及勘探前景[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(4): 29-34.
- [36] 张厚和, 廖宗宝, 王登, 等. 文莱-沙巴盆地北内带构造区中新统烃源岩地球化学特征及生烃史[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2016, 13(14): 9-15.
- [37] 张功成, 屈红军, 赵冲, 等. 全球深水油气勘探40年大发现及未来勘探前景[J]. 天然气地球科学, 2017, 28(10): 1447-1477.
- [38] 李颂, 杨树春, 仝志刚, 等. 南海南部礼乐盆地深水区烃源岩生烃潜力研究[J]. 天然气地球科学, 2012, 23(6): 1070-1076.
- [39] 国土资源部. 2015全国油气资源动态评价成果[R]. 北京: 国土资源部, 2016.

PETROLEUM GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND EXPLORATION DIRECTIONS OF DEEP WATER BASINS IN SOUTH CHINA SEA

WANG Xuefeng¹, LI Lin¹, WANG Guoyu², WANG Bin¹, LIU Yanhong¹,
YAN Chun¹, MAO Chaolin¹, SUN Guozhong¹

(1 PetroChina Hangzhou Research Institute of Geology, Hangzhou 310023, China;

2 PetroChina Liaohe Oilfield Hainan Oil and Gas Exploration Company, Panjin 124010, Liaoning, China)

Abstract: Based on the in-depth investigation of petroleum geological conditions, we discussed in this paper the distribution pattern of oil and gas in the South China Sea deep-water basins and their controlling factors on reservoir formation, petroleum resources potentials and favorable exploration directions, so as to provide a scientific basis for decision-making in deep-water oil and gas exploration of the region. The results show that the deep-water basins in the South China Sea are formed on the typical continental margin of a marginal sea, with special petroleum geological conditions and significant north-south differences. The deep-water Pearl River Mouth Basin and Qiongdongnan Basin in the northern South China Sea are dominated by structural traps, the southern Zengmu Basin and Brunei Shaba Basin in the south dominated by structural traps; the northern Zengmu Basin dominated by lithologic reservoirs (reef bank type reservoirs); while the Wan'an Basin by structural trap and buried hill types of reservoirs. The petroleum geological characteristics of the deep-water basins in the northern South China Sea and the South Central South China Sea suggest that the deep-water basins in the South China Sea have great potential of oil and gas accumulation. The favorable exploration directions include: ① the Central Canyon and Lingnan Slope of Ledong-Lingshui Depression of the Qiongdongnan Basin, the reversed structural zone of Songnan-Baodao Depression, the submarine fan on the north slope of Baodao Depression, the trap belt around A sub-depression (submarine fan) of Changchang Depression, the deep water fan and the two wings of main depressions, and southwest fault step belt of the Baiyun Depression in Pearl River Mouth Basin, and the deep water fan in Liwan Depression. ② Brunei-Sabah, Zengmu and Wan'an basins are favorable exploration directions in the Southern Central of South China Sea.

Key words: exploration direction; oil and gas geological characteristics; deep-water basin; South China Sea