

# 中国南海油气资源前景

朱伟林<sup>1</sup>, 张功成<sup>2</sup>, 钟 锴<sup>1</sup>, 刘宝明<sup>2</sup>

(1. 中国海洋石油总公司, 北京 100010; 2. 中海石油研究中心, 北京 100027)

**[摘要]** 南海处于欧亚板块、太平洋板块和印—澳板块三大板块的交汇处, 经历了复杂的地质作用和演化过程, 在其北部、西部和中南部形成了数目众多、类型各异的沉积盆地, 石油地质条件优越, 油气资源潜力巨大。其中南海北部陆架区已经成为中国近海的主要油气产区之一, 陆坡深水区的勘探也获得了重大突破。目前, 我国传统疆域内的油气资源正在不断受到南海周边国家的蚕食, 因此, 应该加快南海地区的油气资源勘探, 切实维护国家主权和领土完整。

**[关键词]** 南海; 油气资源; 石油地质条件; 深水区; 国家主权

**[中图分类号]** TE132.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2010)05-0046-05

## 1 南海概况

南海是西太平洋最大的边缘海之一, 位于 $0^{\circ}\text{N} \sim 22^{\circ}\text{N}$ ,  $106^{\circ}\text{E} \sim 121^{\circ}\text{E}$ , 北部为华南大陆, 南临加里曼丹岛和苏门达腊岛, 西以马来半岛和中南半岛为界, 整个海域几乎被大陆、半岛和岛屿所包围, 总面积约 $350 \times 10^4 \text{ km}^2$  [1]。

南海地区位于研究特提斯和太平洋两大构造域的交互作用以及东亚季风重建、全球气候变化等一系列重大科学问题的关键部位, 同时还蕴藏有丰富的油气资源, 因而倍受地球科学界的瞩目。

### 1.1 南海地区区域地质背景

南海地区位于特提斯构造域和太平洋构造域两大构造域交互部位, 受欧亚板块、太平洋板块和印—澳板块三大板块的联合作用, 经历了复杂的地质作用和演化过程。

南海的地质特征与西太平洋其他一系列边缘海存在一定差异, 它既不同于菲律宾海、日本海那样典型的弧后盆地, 也不像白令海那样的被岛弧圈捕的边缘海, 其形成和演化与周边三大板块的活动密切相关, 并经历了一系列微板块拼合、增生、裂解、滑移等过程, 形成了构造属性迥异的边界。其北缘为

张裂背景、南缘为挤压环境、西缘发育剪切构造、东缘为消减带 [2-6]。

### 1.2 南海地区盆地分布与类型

多期、复杂的构造运动及板块之间的相互作用使南海形成了类型不同、数量众多的沉积盆地, 从北向南依次有台西南盆地、珠江口盆地、琼东南盆地、北部湾盆地、莺歌海盆地、西沙海槽盆地、中建南盆地、万安盆地、曾母盆地、北康盆地、南薇西盆地、南沙海槽盆地、礼乐盆地、南、北巴拉望盆地及文莱—沙巴盆地等一系列沉积盆地(见图1)。

由于其受到不同成盆动力学机制的控制, 南海周边的沉积盆地类型各异。例如, 万安盆地是在古近纪伸展拉张盆地的基础上, 后期受到走滑断层影响发生扭张而形成的张性特征非常明显的复合型剪切拉张盆地; 曾母盆地是早期为周缘前陆盆地、后期受到走滑拉张影响而形成的一个剪切—周缘前陆叠置型盆地; 文莱—沙巴盆地是在早期两个不同原型盆地同时发育的基础上形成的一个弧前盆地; 南沙海槽盆地则是在早期残留洋盆基础上, 经过周缘前陆盆地和局限残留洋盆演化阶段的复合叠置型盆地; 北巴拉望盆地、安渡北盆地和礼乐等盆地属于典型的克拉通内部断陷盆地。

**[收稿日期]** 2010-03-03

**[作者简介]** 朱伟林(1956-), 男, 江苏苏州市人, 教授级高级工程师, 博士, 中国海洋石油总公司总地质师, 长期从事中国海域的石油天然气勘探研究和管理工作的; E-mail: zhuwl@cnooc.com.cn

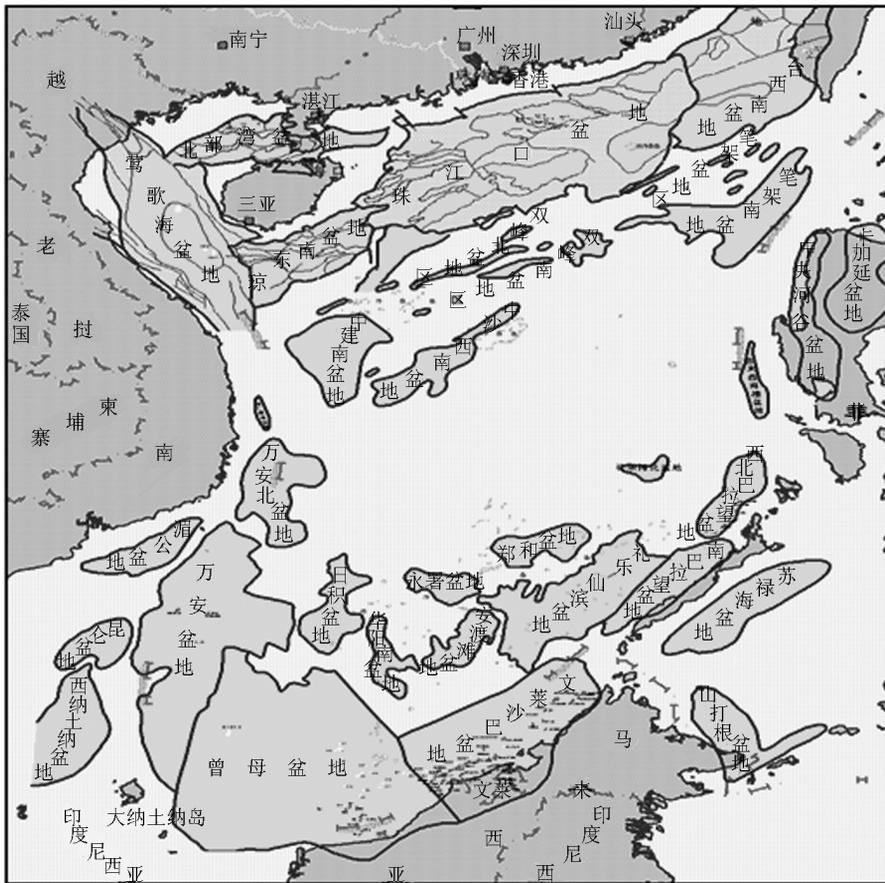


图1 南海沉积盆地分布图

Fig. 1 Sketch map showing the distribution of sedimentary basins in the South China Sea

### 1.3 南海海域勘探概况

在南海南部的我国传统疆域内,已发现的大中型油气田众多,年产量达到  $5\,000 \times 10^4 \text{ m}^3$  油当量,据不完全统计,目前已发现油气田 350 个,其中处在我国传统疆域内 120 个;南海南部共发现深水油气田 19 个,其中我国传统疆域内 13 个。

目前中国海洋石油总公司对南海的油气勘探活动主要集中在南海北部,经过 30 余年的艰苦探索(见图 2),在珠江口、北部湾、琼东南和莺歌海 4 个盆地共发现油气田 51 个,年产量约为  $2\,000 \times 10^4 \text{ m}^3$  油当量,其中石油主要集中在一系列大中型油田中,这些油田成群成带分布,油质轻、采收率高,天然气主要分布在崖城 13-1,东方 1-1 和荔湾 3-1 等大型气田中。

## 2 南海海域油气地质特征

南海北部大陆边缘经历了从燕山期主动陆缘向新生代边缘海被动陆缘的转变,除莺歌海盆地外,其

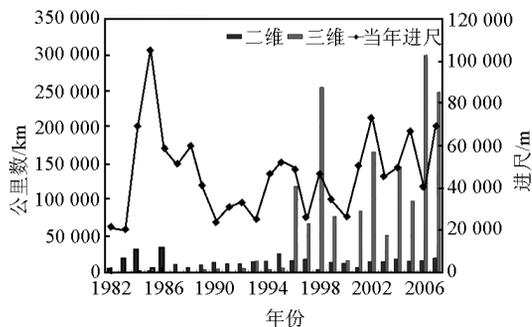


图2 南海北部油气勘探工作量图

Fig. 2 The exploration workload in the northern margin of the South China Sea

余盆地大都发育在中生代末至新生代早期。神狐运动使一系列北东向张性断裂开始发育,产生一系列北东向地堑、半地堑,并在之后发育了湖相沉积<sup>[7,8]</sup>。直至始新世末,热沉降作用使陆缘逐渐沉于水下,广泛接受海陆交互相和海相沉积,沉积盆地成型。始新世时,由于湖泊的面积逐步增大,深度加

深,湖底接受了富含有机质的烃源岩,形成了分布广泛的古近系中深湖相烃源岩。而在南海南部,除万安盆地为走滑拉张盆地外,曾母盆地为前陆盆地,文莱-沙巴盆地和南、北巴拉望盆地为前弧盆地,这些盆地从形成之时就开始广泛接受封闭环境的海相沉

积,始新统和渐新统以及下中新统皆发育烃源岩,这些烃源岩不仅面积、厚度较大,而且有机质丰度高、类型好,如曾母盆地的康西坳陷面积达  $5 \times 10^4 \text{ m}^2$ 。因此南海南部的沉积盆地亦具备优良的油气源条件(见表1)。

表1 南海沉积盆地烃源岩特征<sup>[1,2,6-12]</sup>

Table 1 The characteristics of source rocks in the basins of the South China Sea<sup>[1,2,6-12]</sup>

盆地	地层	时代	沉积相带	岩性	干酪根类型	有机碳含量/%
珠江口	文昌—恩平组	$E_3 - E_2$	湖泊相—过渡相	泥岩	I - II	平均 1.72
莺—琼	崖城组—梅山组	$E_3 - N_1$	沼泽相、过渡相、海相	泥岩、煤层	II - III	0.44 ~ 2.97
北部湾	流沙港—涠州组	$E_3 - E_2$	湖相—湖沼相	泥岩	I - II	平均 1.53
曾母	Setap	$E_3 - N_1^1$	海陆过渡相、海相	泥岩、碳质 泥岩、煤层	II - III	西部 0.63 ~ 0.93, 东部 1 ~ 21
万安	万安—李准组	$N_1^{1-2}$	海陆过渡相、海相	泥岩	II - III	0.69 ~ 0.93
	西卫群	$E_3^2$	海陆过渡相、湖相	泥岩、碳质 泥岩、煤层	I - III	0.5 ~ 2.26
文莱—沙巴	Setap	$E_3 - N_1^2$	海陆过渡相、海相	泥岩、碳质 泥岩、煤层	II - III	
礼乐滩		$E_3 - E_2$	海相	页岩	II - III	0.12 ~ 1.9
		$E_1$		泥岩	II - III	0.5 ~ 1.0
		$K_1$	海相	页岩		0.3 ~ 1.0
北巴拉望	Pagasa	$N_1^{1-2}$	海相	页岩、灰岩	II - III	0.50 ~ 2.48
		$E_2$		泥岩		
		K	海陆过渡相	页岩		
湄公		$E_3^2$	湖相	泥岩	II	0.6 ~ 3.0
中建南		$E_3 - E_2$	湖相	泥岩	II	
		$N_1^{1-2}$	海陆过渡相、海相	泥页岩、煤层及 碳质泥岩	II - III	

据前人研究,南海北部陆缘热流值约  $60 \text{ mW/m}^2$ ,与稳定大陆的热流相近,而南海南部海区热流值普遍较高,如曾母盆地平均热流值达  $97 \text{ mW/m}^2$ ,在南部边缘的西部,沿北东走向分布着若干高热流值区,亦是油气的高产区<sup>[9-11]</sup>。与南海北部相比,在同等深度上南海南部的温度比北部高,沉积物中的有机质更易于转化为烃类。

南海地区的储层在时代上分布于前第三纪、渐新世和中新世,其岩性可分为浅海相碳酸盐岩、滨海相、三角洲相砂岩和裂缝性基岩,并以前两者为主。从地域上看,南部的曾母盆地、北康盆地以碳酸盐岩储层为主,北部的北部湾盆地、珠江口盆地北部则以砂岩储层为主。以碳酸盐岩为例,其发育的时代主要为渐新世—中新世,分布于各盆地的低隆起带,岩性以灰岩为主,主要由陆架灰岩、台地灰岩、台地边缘塌积相碎屑灰岩和礁灰岩组成,南海是生物礁发育较为广泛的地区,已发现多个高产的生物礁油藏,如曾母盆地的南康台地上发育 200 多个礁隆构造,

已发现 15 个大型气田。此外,不同地区的储层在物性、储集空间等方面也存在较大差异,据钻井揭示,砂岩储层孔隙度为  $5\% \sim 33\%$ ,渗透率为  $0.01 \sim 7.00 \mu\text{m}^2$ ,储集空间为孔隙,而台地灰岩和生物礁灰岩储层孔隙度为  $9.3\% \sim 55.2\%$ ,渗透率为  $0.01 \sim 54.60 \mu\text{m}^2$ ,储集空间为裂缝和溶孔,风化基岩储层的储集空间为裂缝和溶孔、溶洞<sup>[10-12]</sup>。

在圈闭类型上,南海发育挤压背斜、同沉积背斜、滚动背斜、泥底辟、断鼻构造、生物礁、古潜山等类型多样的局部构造。但在分布上,南部与北部并不均一。南海北部在新生代主要受张性应力场作用,导致挤压构造并不发育,而同沉积背斜、滚动构造、断鼻构造较为发育。与此同时,南海南部在晚新生代为挤压边缘,挤压构造比比皆是,并且由于沉降速率较快,礁岩构造在规模上和数量上都占有重要地位,例如,曾母盆地西部的纳土纳气田,为碳酸盐岩构造,储量达上万亿立方米。

在储盖组合及时间配置上,南海北部大陆边缘经

历了陆相—海陆过渡相—海相的环境变化,反映了从陆到海以及海水逐渐变深的特征。由于物源、海平面和构造沉降在不同构造单元的差异,南海北部不同盆地的储盖组合各具特色<sup>[1,2]</sup>。根据形成储盖组合的沉积环境,可以划分为陆生陆储陆盖型、陆生海储海盖型和海生海储海盖型。南海南部诸盆地烃源岩多数分布在始新统、渐新统和下中新统,生烃时间从晚始新世开始一直持续到第四纪,构造形成时间从中中新世到晚中新世,油气运移时间从中中新世开始,关键时刻为6 Ma,而局部盖层形成时间从晚渐新世开始,区域盖层从晚中新世开始形成。因此,构造形成时间晚于生烃高峰时期,易于形成油气聚集<sup>[5-8]</sup>。

南海北部大陆边缘经历了三大构造演化阶段,由于东区盆地结构主要受裂谷期构造格局控制,西区盆地结构主要受裂后期反转构造控制,因此裂谷、裂后期的伸展构造、热沉降期重力构造、新构造期扭动构造的叠加在不同盆地形成了各具特色、成群成带分布的二级构造带和圈闭。受此构造格局的影响,南海北部发育3种成藏模式,分别是以珠江口盆地为代表的“构造脊长距离运移成藏模式”、以莺歌海盆地为代表的“垂向长距离运移成藏模式”和以琼东南盆地为代表的“短距离汇聚成藏模式”。南海南部普遍具有晚期成藏特征,保存条件好。成藏模式以底辟带幕式动平衡成藏、生物礁成藏模式等为主,油气在平面分布上具有环带状分布特征,陆架区主要是油,陆坡区主要是天然气。

### 3 南海油气资源潜力

经过30多年的勘探,中国海洋石油总公司在南海北部大陆边缘发现了惠州凹陷、涠西南凹陷、西江凹陷、文昌B凹、陆丰13洼、番禺4洼等富油凹(洼)陷以及莺中、崖南和白云凹陷等富气凹陷。这些凹陷虽然经过多年的勘探,但总体勘探程度仍较低,如发现石油储量最多的惠州凹陷,20世纪90年代预测资源量为 $10 \times 10^8$  t左右,最近按7个层系重新评价,其资源量达到 $50 \times 10^8$  t。这无疑为该凹陷的进一步勘探提供了物质基础,其他富烃凹陷也存在评价程度低的情况。此外,目前已发现的油气资源多集中在浅层,如珠江口盆地西江凹陷、文昌B凹、陆丰13洼、惠州26洼、番禺4洼等凹(洼)陷油气层主要分布于珠海组—珠江组底部,而文昌—恩平组深层和浅层韩江组则发现较少,前第三系没有发现。北部湾盆地涠西南凹陷油气主要分布于涠州

组,始新统长流组和流沙港组发现较少。崖南凹陷除在渐新统陵水组发现YC13-1大气田之外,其他层系至今未有重大发现。然而,南海北部油气藏与断裂关系密切,复式成藏模式屡被证实,非构造圈闭勘探亦方兴未艾,因此以“复式油气聚集带理论”、“富成藏体系理论”为指导,从立体勘探的角度进行综合分析,这些领域的勘探潜力仍十分广阔。

南海北部陆坡深水区沉积了巨厚的第三系湖相、海陆过渡相及海相地层,发育多套、多类型的烃源岩,多以古近系湖相、浅海相泥岩为主,有机质丰度中等,干酪根以Ⅱ、Ⅲ型为主,具有丰富的油气资源潜力。同时,从钻探结果和地震资料分析可知,深水区发育三角洲、滨浅海相砂岩及低位扇砂体与海相泥岩、台地灰岩与海相泥岩等多套储盖组合,圈闭条件优越,存在多种类型的构造和地层岩性圈闭。例如琼东南盆地除了背斜、断背斜、断鼻、断块及潜山构造外,还存在大量的地层岩性圈闭,且成群成带发育,构造与储层匹配,运移通道发育,可以形成以中新统滨浅海砂岩或碳酸盐岩为储层的大型低幅背斜油气藏,以早期块断构造晚期大型披覆背斜为主的厚层状砂岩或复合储层油气藏、以中新统发育的低位储集体和南部隆起区发育的生物礁为主体的深水区大型岩性或地层圈闭油气藏等,通过烃类检测振幅异常体的搜索及运聚单元等综合研究,预测该区具有较大的资源潜力和良好的勘探前景。而位于南海北部东区的白云凹陷,其始新统和渐新统是丰度较高、成熟度适宜的裂陷期优质湖相烃源岩和高产气率的煤系烃源岩,面积超过 $10\,000\text{ km}^2$ ,最大厚度达6500 m,烃源岩体积是目前南海北部发现石油储量最多的惠州凹陷的10倍以上,荔湾3-1的天然气发现也直接证实了深水区的巨大资源潜力和良好的勘探前景。

南海南部沉积盆地众多,其中厚度大于2000 m的就有12个盆地,总面积达 $178 \times 10^4\text{ km}^2$ ,且沉积地层厚度大,半封闭的沉积环境有利于有机质的保存,而较强的热作用有利于有机质向烃类转化,储盖组合匹配合理,油气运聚和圈闭形成时间相宜,油气地质条件优越。

### 4 南海油气勘探面临的挑战

#### 4.1 技术挑战

南海地区的油气勘探还面临着特殊地质条件下的地球物理资料采集等问题。例如,崎岖海底环境

下地球物理资料采集难度大,并且处理中难题也很多,如水柱中主波回响产生的长周期多次波压制和消除、火成岩岩下地层的成像等问题<sup>[12]</sup>,亟待攻关解决。随着勘探程度的深入,成熟领域的油气勘探逐渐向非主力油层过渡,这些油层多属低孔低渗储层,如 Wz11-7-1 井低孔低渗段平均渗透率只有 1 md,因此,寻找孔渗相对发育的储集相带及研制适用的储层改造技术迫在眉睫。另外,针对超压储层的勘探亟待解决烃类检测、压力预测、高温高压平衡钻井、固井及测试等技术,而超压储层的成藏问题迄今还尚无定论。

#### 4.2 领土争议

中国对南沙群岛及其附近海域拥有无可争辩的主权。然而,20 世纪 70 年代以来,周边国家在南沙群岛附近海域开始进行大规模的资源开发活动,并不断蚕食和攫取我国传统疆域内的油气资源。因此,我们应在遵循“搁置争议、共同开发”的政策下,在前期研究和评价的基础上,加大南沙附近海域的勘探力度,切实维护国家主权和领土完整。

#### 参考文献

[1] 朱伟林,张功成,杨少坤. 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
- [2] 李国玉,吕鸣岗. 中国含油气盆地图集(第二版)[M]. 北京:石油工业出版社,2002
- [3] 刘光鼎. 中国海区及邻域地质地球物理特征[M]. 北京:科学出版社,1992
- [4] 姚伯初. 南海新时代的构造演化与沉积盆地[J]. 南海地质研究,1998,(10): 1-17
- [5] Ru Ke, Pigott J. Episodic rifting and subsidence in the South China Sea [J]. AAPG Bulletin, 1986, 70(9):1136-1155
- [6] 刘宝明,夏斌,祝有海,等. 我国南海南部油气远景评价——兼论“九五”期间南海新的勘查动态[A]. 我国专属经济区和大陆架勘测专项研究文集[C]. 北京:海洋出版社,2002.163-171
- [7] 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,1999
- [8] 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
- [9] 张功成,米立军,吴时国,等. 深水区-南海北部大陆边缘盆地油气勘探新领域[J]. 石油学报,2007, 28(2):15-21
- [10] 金庆焕. 南海地质与油气资源[M]. 北京:地质出版社,1989
- [11] 刘宝明,金庆焕. 南海曾母盆地油气地质条件及其分布特征[J]. 热带海洋,1997,16(4):18-25
- [12] 周守为. 中国海洋石油高新技术与实践[M]. 北京:地质出版社,2005

## South China Sea: Oil and gas outlook

Zhu Weilin<sup>1</sup>, Zhang Gongcheng<sup>2</sup>, Zhong Kai<sup>1</sup>, Liu Baoming<sup>2</sup>

(1. China National Offshore Oil Corporation, Beijing 100010, China;

2. China National Offshore Oil Corporation Research Center, Beijing 100027, China)

[Abstract] South China Sea is located in the junction of Eurasian Plate, Pacific Plate and Indian - Australian Plate, and experienced a complex and poly - phase history. A great number of basins with favorable petroleum geological settings and huge resource potentials are distributed in the northern, western and central - southern South China Sea. Among them, the northern shelf region has become an important oil and gas production region and significant breakthrough has attained in the petroleum exploration of northern slope deepwater recently. Currently, petroleum resources in the Chinese conventional boundary line in the South China Sea have been looting by nearby countries, in order to maintain national sovereignty and territorial integrity; efforts must be made to accelerate the oil and gas exploration in the South China Sea.

[Key words] South China Sea; oil and gas resource; petroleum geological setting; deepwater region; national sovereignty