

文章编号:1009-2722(2016)01-0001-07

# 南黄海盆地海相中—古生界 油气资源潜力巨大

陈建文, 龚建明, 李刚, 李慧君, 袁勇, 张玉玺

(中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071)

**摘要:**南黄海盆地不仅是扬子地台在海域的延伸,而且是下扬子地块的主体。南黄海盆地中—古生代海相沉积建造与四川盆地相似,具有与威远、安岳、五百梯、焦石坝、普光、龙岗等大型、特大型油气田相同的含油气层位,发育 3 套区域性烃源岩和 3 套完整的生储盖组合,油气资源潜力巨大。崂山隆起是海相下古生界的油气远景区,勿南沙隆起是海相中—古生界的油气远景区。

**关键词:**资源潜力;海相中—古生界;南黄海盆地;扬子地台

**中图分类号:**P618.13

**文献标识码:**A

**DOI:**10.16028/j.1009-2722.2016.01001

## 1 地质背景

“扬子地台”或“扬子准地台”一词的使用始于黄汲青 1945 年所著的“Major Tectonic Forms of China”<sup>[1]</sup>和 1954 年地质出版社出版的《中国主要地质构造单位》中文版<sup>[2]</sup>,指的是康滇—龙门山以东,秦岭大别山以南,雪峰—江南隆起以西以北的整个扬子江流域和南黄海,亦称扬子区。扬子区(地块)习惯上分为上、中和下扬子区(地块)。上扬子与中扬子区之间一般以齐岳山一线为界,中扬子与下扬子区之间大致以郯庐断裂的延伸线为界。南黄海盆地位于扬子地台东部的南黄海水域(图 1),面积 18 万 km<sup>2</sup>。其南以江绍断裂为界,通过上海隆起与东海盆地相望,其北以千里岩断裂为界,与千里岩隆起和海洋岛隆起毗邻。



图中红色粗线包络扬子地台范围;

黑色粗线包络上、中、下扬子古陆核范围

图 1 南黄海盆地构造位置

Fig. 1 Tectonic setting of the South Yellow Sea Basin

## 2 南黄海盆地的地质特征

区域地质分析及重、磁资料(图 2、3)表明,南黄海盆地不仅是扬子板块在海域的延伸,而且是下扬子地块的主体。下扬子区的布格重力异常总体表现出正负相间的格局,在构造隆起区其布格异常值较高,而在沉降区则较低,具有明显的分区、分带特征。布格重力异常总体走向为 NEE

收稿日期:2015-12-10

**基金项目:**国土资源部“南黄海前第三系油气前景研究”(XQ-2005-01);中国地质调查局项目(GZH200800503);国土资源部“南黄海崂山隆起和滩海区海相地层油气资源战略选区”(2009GYXQ10)

**作者简介:**陈建文(1965—),男,博士,研究员,主要从事海域油气资源调查评价与研究工作。E-mail:jwchen2012@126.com

向,在南黄海地区  $34^{\circ}50'—36^{\circ}20'N$ ,  $120^{\circ}30'—125^{\circ}30'E$  和  $32^{\circ}40'—34^{\circ}20'N$ ,  $120^{\circ}30'—122^{\circ}30'E$  形成 2 个重力低值中心区,同时存在明显的 NE 向和 NW 向 2 组线性异常(图 2)。根据重力异常的幅度、形态、走向、规模等基本特征,可以比较清楚地划分出 5 个重力异常区:①连云港—千里岩正异常区;②烟台凹陷负异常区;③滨海—崂山隆起正异常区;④苏北—青岛凹陷负异常区;⑤苏南—勿南沙隆起正异常区。从这些异常特征可以看出,在下扬子地块上,从陆地到海域其重力异常是连续的,并且异常的主体在南黄海地区(图 2)。

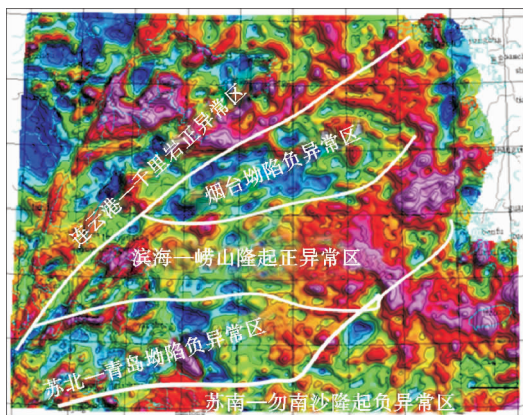


图 2 南黄海布格重力异常(据文献[3])

Fig. 2 Bouguer gravity anomalies of the South Yellow Sea (from reference [3])

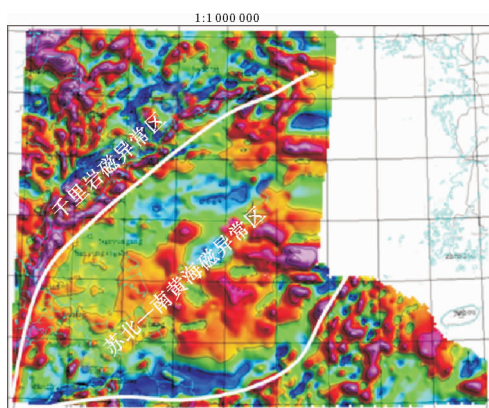


图 3 南黄海及邻区航磁异常图(据文献[3])

Fig. 3 Aeromagnetic anomalies of the South Yellow Sea and its adjacent areas (from reference [3])

根据下扬子区磁场特征,可将其划分为 2 个磁异常区:千里岩磁异常区和苏北—南黄海磁异常区。

### (1) 千里岩磁异常区

该区夹于北黄海与南黄海之间,磁异常以正磁异常变化为主,磁场变化杂乱(图 3),其中显示 NNE 向和 NE 向的紫色条带状正异常夹杂乱的负异常特征,反映沿 NNE 向郯庐断裂与 NE 向连云港—千里岩断裂之间磁性地质体的分布特征。

### (2) 苏北—南黄海磁异常区

该区是以负磁异常为主,其南、北部均为负磁场,异常幅值为  $-50 \sim 200$  nT;中部为负磁场背景上叠加了一些较宽缓的局部正磁异常,异常幅值为  $100 \sim 250$  nT,向西与陆地上的苏北凹陷相连,并且异常的主体在南黄海海区(图 3)。

## 3 南黄海盆地中—古生代海相地层的发育与沉积演化

根据钻井及地震资料解释,结合邻区露头资料推测,南黄海海域的变质基底为太古界—元古界变质岩系,其上为震旦系冰碛岩、浅海相砂泥岩,寒武系盆地相—台缘斜坡相泥质岩和台地白云岩及白云质灰岩,奥陶系浅海陆棚相碳酸盐岩和中、下志留统陆棚相砂泥岩(图 4)。缺失志

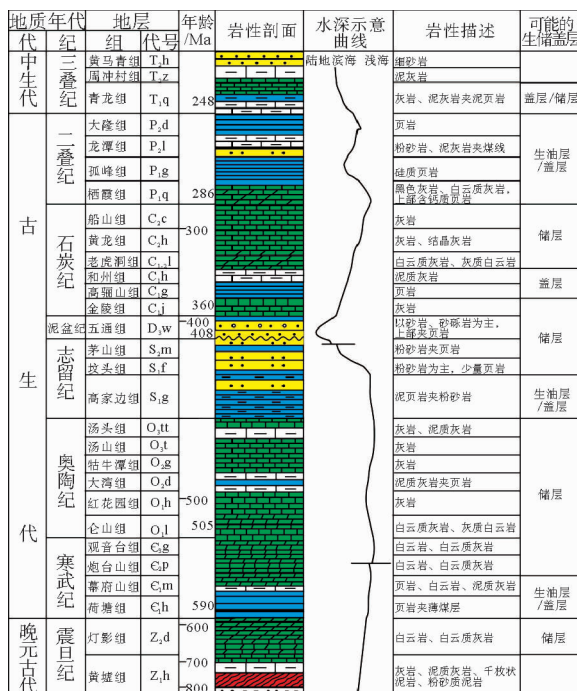


图 4 苏北—南黄海盆地地层综合柱状图

Fig. 4 Integrated stratigraphic column of the Northern Jiangsu area-South Yellow Sea Basin

留系上统和泥盆系中、下统。上覆泥盆系上统的  
 滨岸和河流三角洲相的砂泥岩、石炭系潮坪—台  
 地相碳酸盐岩、二叠系台地碳酸盐岩至沼泽相煤  
 系地层<sup>[4,5]</sup>。再往上为印支期的碳酸盐岩和砂泥  
 岩沉积<sup>[6]</sup>。南黄海盆地中—古生代海相地层发育  
 齐全,厚度大,与四川盆地具有相似的中—古生代  
 海相充填沉积演化历史(图 5)。目前,南黄海海域  
 钻井仅揭示了石炭系以上的中—古生界海相地层。

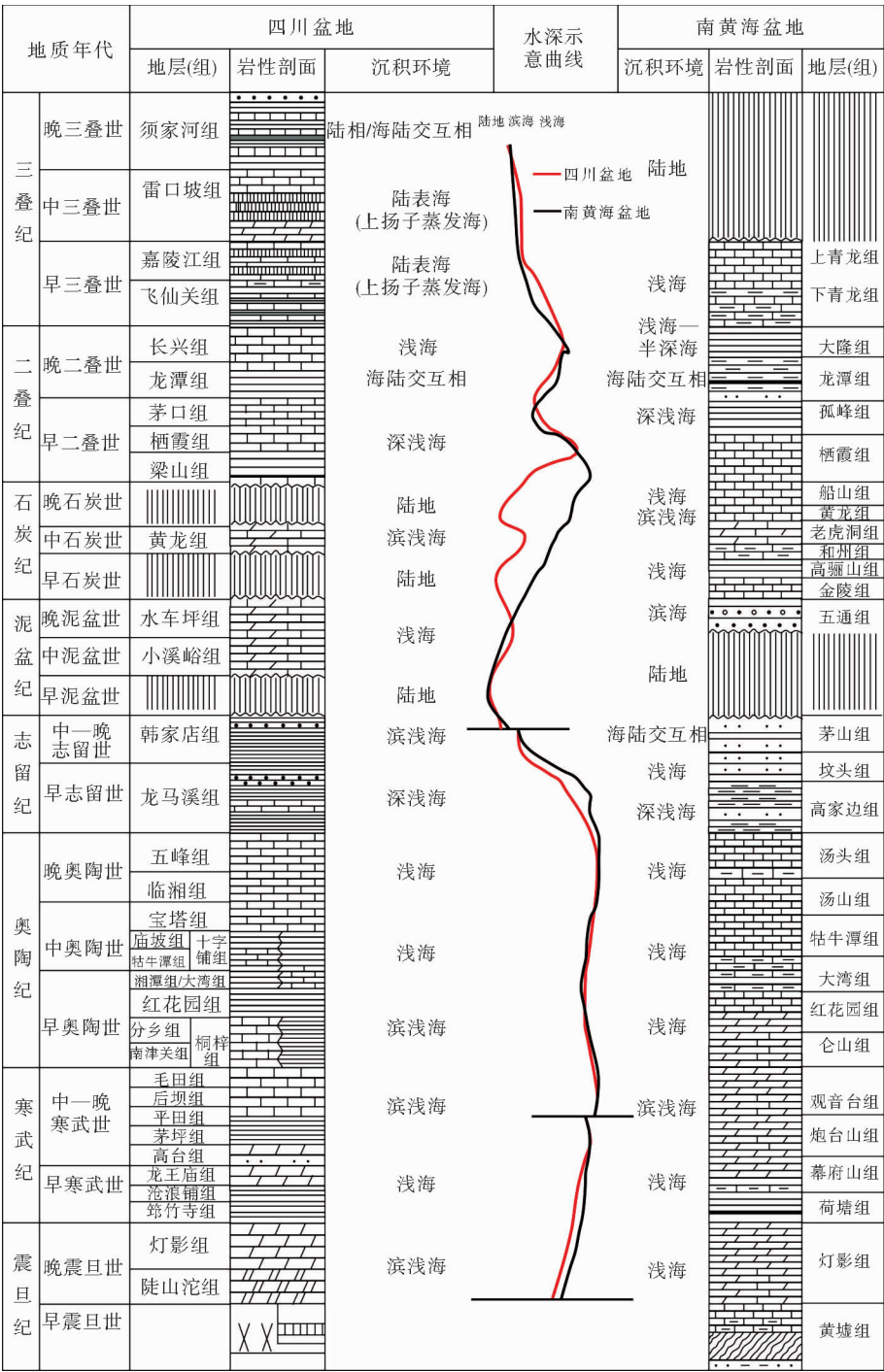


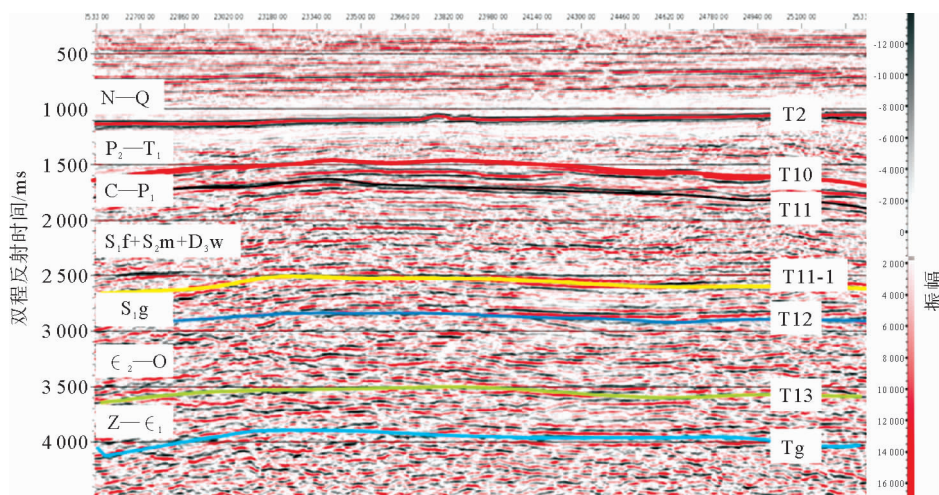
图 5 南黄海盆地与四川盆地中—古生代沉积充填史对比

Fig. 5 Correlation of Mesozoic-Paleozoic depositional history between South Yellow Sea Basin and Sichuan Basin



下三叠统青龙组、上二叠统大隆组 and 龙潭组、下二叠统栖霞组至石炭系和州组在现有地震剖面上反射较清楚,上古生界底部及下古生界总体反

射弱,但依然可以根据波组特征进行识别和对比(图 6)。地震解释认为,南黄海海相中—古生界厚度总体为 4 000~6 000 m,最厚超过 8 000 m<sup>[7]</sup>。



Z- $\epsilon_1$ :震旦—下寒武统; $\epsilon_2$ -O:中寒武统一奥陶系; $S_1g$ :下志留统高家边组; $S_1f+S_2m+D_3w$ :

下志留统坟头组+中志留统茅山组+上泥盆统五通组; $C-P_1$ :石炭系—下二叠统; $P_2-T_1$ :上二叠统—下三叠统; $N-Q$ :新近系—第四系

图 6 HB15—L15 叠前时间偏移解释剖面(局部)

Fig. 6 Pre-stack time migration (PSTM) interpretation profile of HB15-L15

## 4 南黄海盆地海域构造特征

### 4.1 南黄海盆地发育刚性古陆核

据地质地球物理资料综合解释,下扬子原始海盆的基底有深、浅 2 套变质岩。深变质岩形成于早元古代或更老,为一套变质的基性超基性岩,构成了下扬子的古陆核(图 1),属于刚性结晶基底。由于该刚性基底的存在使其表层褶皱变形较弱。在古陆核周围<sup>[8]</sup>分布塑性的胸山系(或胶南群)、张八岭群和海州群(云台组和锦屏组),岩性为黑云斜长片麻岩、黑云二长片麻岩、角闪斜长片麻岩、含铁变粒岩、黑云片岩类<sup>[9-11]</sup>。江苏埭城、镇江、上海浦东井下所见为一套变质年龄为 1 700~1 900 Ma 的片麻岩与混合岩。

上扬子区康定杂岩分布于康滇地区,出露于康定、冕宁、西昌、德昌、攀枝花、元谋一带,是一套经中—高变质作用的混合片麻岩系<sup>[12]</sup>,同位素年龄为 1 706~3 100 Ma,大多数样品约在 2 000

Ma,属晚太古代—早元古代<sup>[13,14]</sup>。上扬子区变质的基性超基性岩构成了上扬子的古陆核,具有很高的强度,是川中表层褶皱极为平缓的原因之一。

中扬子主体为太古代—早元古代形成的崆岭群基底,是一套中—高变质的以角闪岩相—麻粒岩相为主的混合岩和混合片麻岩<sup>[15]</sup>。片麻岩中锆石 U—Pb 年龄为(2 850±15) Ma。与川中太古代—早元古代形成的康定群基底同属刚性结晶基底,但其分布范围较小。

### 4.2 印支运动以来,南黄海与苏浙皖地区构造活动具有显著的差异

南黄海与陆上苏浙皖地区在古生代具有基本相同的沉积和构造面貌,其构造差异主要是中—新生代的构造变动和改造作用。在中、新生代,南黄海与苏浙皖地区构造活动具有显著的差异,主要表现在 2 个方面:①构造作用强度的差异;②构造变动性质的差异。南黄海相对稳定,构造活动强度相对较弱,以挤压作用为主;苏浙皖地区构造活动性则较强,以伸展、裂隙作用为主。这些差异

显示出南黄海比陆上稳定。

在印支运动和早燕山运动期间,下扬子地区广泛发育逆冲推覆构造和对冲构造<sup>[16,17]</sup>,但陆区(苏浙皖地区)推覆构造的规模、强度要大得多,古生界中的倒转褶皱、平卧褶皱发育;而南黄海地区,尤其是南黄海中部地区褶皱比较平缓,构造要相对简单得多。

南黄海青岛坳陷和勿南沙隆起有 4 口探井钻遇三叠系,钻井显示南黄海的三叠系比陆地上的地层更完整。4 口井只有 CZ12-1-1 井出现地层重复和倒转现象,其他 3 口井地层层序正常,比陆地构造简单。

## 5 南黄海海相中—古生界具有大型油气田形成的物质基础

### 5.1 发育 3 套区域性烃源岩

地震资料解释、海陆对比分析和区内的钻井揭示,南黄海海相中—古生界发育 3 套可能的区域性烃源岩<sup>[18-21]</sup>,分别是下寒武统荷塘组、下志留统高家边组 and 上二叠统龙潭—大隆组。

#### (1) 下寒武统荷塘组

该套地层泥页岩分布广、厚度大、有机质丰度高。苏北苏东 121 井有效烃源岩厚度 146 m,有机碳含量 2%~5%;皖南皖宁 2 井有效烃源岩厚度 465 m,有机碳含量 2%~10%。

#### (2) 下志留统高家边组

高家边组烃源岩分布范围较广,厚度较大,存在鲁丹阶泥页岩,有机质丰度较高,而且成熟度适中。苏北黄桥 N4 井有效烃源岩厚度 75 m,有机碳含量 1%~2%。南京大学于 2014 年钻探的南京汤山 3 号井揭示,其岩性组合为深灰—黑色泥页岩、炭质页岩、硅质泥页岩,夹薄层粉砂质泥岩,有效烃源岩厚度 > 80 m,有机碳一般为 1.5%~3%,成熟度( $R_o$ )为 1.7%~2.6%,有机质类型为 I 和 II<sub>1</sub> 型,证明是一套具有较高潜力的烃源岩(据贾东,2015)。

#### (3) 二叠系龙潭—大隆组

在南黄海 WX5-ST-1 和 CZ35-2-1 井中钻遇该套地层,厚度 260~385 m,有机质丰度高,有机碳含量 0.8%~13%,热演化程度适中, $R_o$  在

0.7%~2.0%之间,该套烃源岩区域上厚度大,分布广,有机质含量高。如苏北苏 32 井龙潭组和大隆组有效烃源岩厚度达 200 m,有机碳含量 2%~5%;新苏泰 159 井龙潭组有效烃源岩厚度 100 m,有机碳含量 1%~5%;苏 32 井大隆组有效烃源岩厚度 35 m,有机碳含量 2%~5%;浙江长兴煤山 13 井龙潭组有效烃源岩厚度达 670 m,有机碳含量 1%~2%。

此外,南黄海钻井中还揭示了下二叠统栖霞组和下三叠统青龙组烃源岩。WX13-3-1 和 CZ35-2-1 井中揭示下二叠统栖霞组烃源岩岩性为黑色灰岩,厚 100~200 m,平均有机碳含量为 1.1%,平均 S1+S2 为 0.84 mg/g,平均氯仿沥青“A”含量为 0.09%,平均热解氢指数为 69.2 mg/g,干酪根类型为 II—III 型,为较好—好烃源岩。CZ35-2-1、CZ24-1-1、WX5-ST-1 和 WX4-2-1 井揭示下三叠统青龙组烃源岩岩性为泥灰岩,有效烃源岩厚度为 160~200 m,有机碳含量为 0.12%~0.55%,具有生烃能力。综合分析认为,青龙组下部属较好生油层,区域上处于较有利生油带。

#### (2) 发育 3 套完整的生储盖组合

地震资料综合解释和区域对比<sup>[22,23]</sup>表明,南黄海海相中—古生界发育 3 套完整的生储盖组合(图 4、5)。第 1 组合以下寒武统荷塘组泥页岩为烃源岩,以中、上寒武统一奥陶系灰岩为储层,下志留统高家边组泥页岩为盖层;第 2 组合以下志留统高家边组泥页岩为烃源岩,以下志留统坟头组、中志留统茅山组、上泥盆统五通组砂岩以及石炭系灰岩为储层,以下二叠统栖霞组泥灰岩、上二叠统龙潭组及大隆组泥页岩为盖层;第 3 组合以下二叠统栖霞组泥灰岩、上二叠统龙潭组及大隆组泥页岩为烃源岩,以上二叠统龙潭组砂岩和下三叠统青龙组白云岩为储层,以下三叠统青龙组泥灰岩和膏盐层为盖层。

上述 3 套生储盖组合与四川盆地可以类比,各组合在四川盆地均找到了大型、特大型气田。如在第 1 套组合找到了威远、安岳 2 个大型、特大型气田;在第 2 套组合在川东地区找到了五百梯、沙坪坝、卧龙河等大型气田以及 26 中小型气田,并在重庆涪陵地区发现了焦石坝特大型页岩气田;在第 3 组合发现了普光、龙岗、元坝等特大型气田。

## 6 海相中—古生界的油气远景区

(1) 崂山隆起是南黄海中—新生代陆相沉积盆地的隆起,其上分布着海相中—古生界。综合分析认为,该隆起上主要发育二叠系及其以下地层<sup>[24,25]</sup>,上古生界厚度薄,下古生界发育完整,厚度大,埋藏浅,发育下寒武统和下志留统 2 套区域性烃源岩<sup>[26]</sup>,大型局部构造发育。因存在厚度较大的下志留统高家边组泥岩滑脱层,使得下古生界构造变形弱,第 1 套生储盖组合全区保存完好,第 2 套生储盖组合在崂山隆起南部保存完整,因此,崂山隆起是海相下古生界的油气远景区(图 7)。

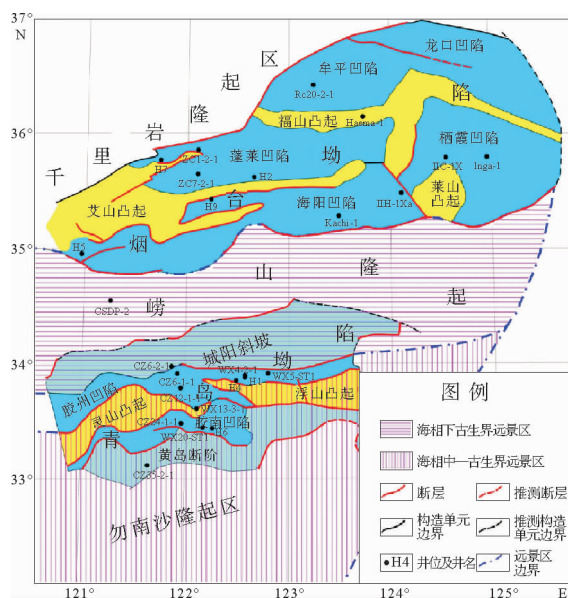


图 7 南黄海海相中—古生界油气远景区预测

Fig. 7 Oil and gas perspective areas of the Mesozoic-Paleozoic marine of the South Yellow Sea Basin

(2) 勿南沙隆起也是南黄海中—新生代陆相沉积盆地的隆起,其上分布着海相中—古生界。CZ35-2-1 井和地震资料揭示,区内 800~1 000 m 以下便是海相中—古生界,下三叠统青龙组厚度大,最厚超过 3 000 m,区内构造变形较弱,发育大型圈闭构造。尽管二叠系以下地层的地震资料品质较差,需要进一步攻关提高成像效果,但据现有的资料推测,海相中—古生界的 3 套生储盖组合均保存完好,因此,勿南沙隆起是海相中—古生

界的油气远景区。

### 参考文献:

- [1] Huang T K. On Major Tectonic Forms of China[M]//Geological Memoirs of National Geological Survey of China (Serial A), 1945, 20: 1-165.
- [2] 黄汲青. 中国主要地质构造单位[M]. 北京:地质出版社, 1954: 1-162.
- [3] 陈建文. 南黄海前第三系油气前景研究 2006 年工作总结[R]. 青岛:青岛海洋地质研究所, 2006.
- [4] 张银国, 梁杰. 南黄海盆地二叠系至三叠系沉积体系特征及其沉积演化[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2014, 44(5): 1406-1418.
- [5] 张银国, 陈清华, 陈建文. 南黄海盆地上二叠统一下三叠统基准面旋回特征及沉积充填模式[J]. 海相油气地质, 2015, 20(3): 10-16.
- [6] 陈建文. 南黄海前第三系油气前景研究 2007 年工作总结[R]. 青岛:青岛海洋地质研究所, 2007.
- [7] 陈建文. 南黄海前第三系油气前景研究成果报告[R]. 青岛:青岛海洋地质研究所, 2010.
- [8] 周鼎武, 刘良, 张成立, 等. 华北和扬子古陆块中新元古代聚合、伸展事件的比较研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2002, 32(2): 109-113.
- [9] 江苏省地质矿产局. 全国地层多重划分对比研究 32: 江苏省岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1997: 1-288.
- [10] 安徽省地质矿产局. 全国地层多重划分对比研究 34: 安徽省岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1997: 1-271.
- [11] 浙江省地质矿产局. 全国地层多重划分对比研究 33: 浙江省岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1996: 1-236.
- [12] 四川省地质矿产局. 全国地层多重划分对比研究 51: 四川省岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1997: 1-417.
- [13] 袁海华, 张树发, 张平. 康滇地轴结晶基底的时代归属[J]. 成都地质学院学报, 1986, 13(4): 64-70.
- [14] 陶洪祥. 扬子古陆核北缘西段元古代侵入岩岩石组合的划分及其地质意义[J]. 西安地质学院学报, 1983(2): 24-34.
- [15] 湖北省地质矿产局编著. 全国地层多重划分对比研究 42: 湖北省岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1996, 1-284.
- [16] 丁道桂, 王东燕, 刘运黎. 下扬子地区古生代盆地的改造变形[J]. 地质前缘, 2009, 16(4): 61-73.
- [17] 郭彤楼. 下扬子地区中古生界叠加改造特征与多源多期成藏[J]. 石油实验地质, 2004, 26(4): 319-323.
- [18] 梁秋刚, 郭彤楼, 陈建平, 等. 中国南方海相生烃成藏研究的若干新进展(一), 南方四套区域性海相烃源岩的分布[J]. 海相油气地质, 2008, 13(2): 1-16.
- [19] 牟传龙, 周恩恩, 梁薇, 等. 中上扬子地区早古生代烃源

- 岩沉积环境与油气勘探[J]. 地质学报, 2011, 85(4): 526-532.
- [20] 李双建, 肖开华, 沃玉进, 等. 南方海相上奥陶统一志留统优质烃源岩发育的控制因素[J]. 沉积学报, 2008, 26(5): 872-880.
- [21] 蔡 峰, 熊斌辉. 南黄海海域与下扬子地区海相中—古生界地层对比及烃源岩评价[J]. 海洋地质动态, 2007, 23(6): 1-6.
- [22] 杨方之, 闫吉柱, 苏树桢, 等. 下扬子地区海相盆地演化及油气勘探选区评价[J]. 江苏地质, 2001, 25(3): 134-141.
- [23] 郭念发, 尤效忠, 刘德法. 下扬子区古生界油气地质条件及勘探选区[J]. 石油勘探与开发: 地质勘探, 1998, 25(1): 4-7.
- [24] 张海啟, 陈建文, 李 刚, 等. 地震调查在南黄海崂山隆起的发现及其石油地质意义[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2009, 29(3): 107-113.
- [25] 王 丰, 李慧君, 张银国. 南黄海崂山隆起地层属性及油气地质[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2010, 30(2): 95-102.
- [26] 龚建明, 王建强, 王 蛟, 等. 南黄海崂山隆起古生界页岩气远景区[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2013, 33(6): 114-120.

## GREAT RESOURCES POTENTIAL OF THE MARINE MESOZOIC-PALEOZOIC IN THE SOUTH YELLOW SEA BASIN

CHEN Jianwen, GONG Jianming, LI Gang, LI Huijun, YUAN Yong, ZHANG Yuxi  
(Qingdao Institute of Marine Geology, CGS, Qingdao 266071, China)

**Abstract:** The South Yellow Sea Basin is not only the seaward extension of the Yangtze Platform, but also the main part of the Lower Yangtze Platform. The Mesozoic-Paleozoic marine sequences there is similar to those in the Sichuan Basin and the oil-gas bearing horizons are accordant with those in the large oil-gas fields in Sichuan Basin, such as the Weiyuan, Anyue, Wubaiti, Puguang and Longgang gas fields. There are three sets of source rocks and three source-reservoir-cap assemblages in the South Yellow Sea Basin. The Laoshan Uplift is the most promising region for oil and gas prospect in the marine Lower Paleozoic, while the Wunansha Uplift is the most promising region for oil and gas prospect in the marine Mesozoic-Paleozoic.

**Key words:** hydrocarbon resource potential; marine Mesozoic-Paleozoic; South Yellow Sea Basin; Yangtze Platform