

文章编号: 0253-9985(2007)01-0035-08

苏北—南黄海南部叠合盆地构造演化 与海相油气勘探潜力

马立桥^{1,2}, 陈汉林¹, 董庸², 夏九峰², 孙凤霞², 杨兰英²

(1. 浙江大学 地球科学系, 浙江 杭州 310027;

2. 中国石油天然气股份有限公司 勘探开发研究院 杭州地质研究所, 浙江 杭州 310023)

摘要: 从板块作用机制入手, 基于构造应力场、构造形迹和沉积建造等综合分析, 把晚三叠世华南板块和华北板块碰撞以来苏北—南黄海南部叠合盆地的构造演化划分为 4 个阶段: 1) 晚三叠世—中侏罗世古特提斯洋关闭机制下的前陆盆地发育阶段; 2) 晚侏罗世—早白垩世伊佐奈岐板块斜向俯冲机制下的逆冲推覆构造体系发育阶段; 3) 晚白垩世—古近纪太平洋板块俯冲机制下的伸展盆地发育阶段, 包括晚白垩世坳陷盆地发育阶段和古近纪断陷盆地发育阶段; 4) 新近纪喜马拉雅造山作用机制下的坳陷盆地发育阶段。关于古近纪箕状断陷(群)的发育过程, 强调了 NWW 向基底断裂左行走滑拉分 and NE 向逆冲推覆体系分别对盆地形成和箕状断陷发育的控制作用, 从建造—改造—保存的角度指出了海相油气系统赋存的有利地区。

关键词: 叠合盆地; 构造演化; 海相; 油气系统; 晚期成藏; 苏北—南黄海南部; 中国南方

中图分类号: TE111.1 文献标识码: A

Tectonic evolution of Subei-South Nanhuanghai superimposed basin from the Late Mesozoic to the Cenozoic and marine petroleum potential

Ma Liqiao^{1,2}, Chen Hanlin¹, Dong Yong², Xia Jiufeng², Sun Fengxia², Yang Lanying²

(1. Department of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027, China; 2. Hangzhou Institute of Petroleum Geology, Exploration & Development Research Institute, PetroChina, Hangzhou, Zhejiang 310023, China)

Abstract Based on comprehensive study on tectonic stress field, structural feature, and sedimentary formation, the tectonic evolution of Subei-South Nanhuanghai (North Jiangsu-Southern South Yellow Sea) superimposed basin since the late Triassic plate collision between the Huanan plate and Huabei plate can be divided into the following four stages: ① the foreland basin development stage under the influence of the late Triassic to Middle Jurassic paleo-Tethyan closing; ② the thrust nappe development stage controlled by the Late Jurassic-Early Cretaceous oblique subduction of Izanagi oceanic plate; ③ the basin extension development stage under the influence of the late Cretaceous-Paleogene subduction of the Pacific plate, including the late Cretaceous depression development stage and Paleogene fault depression basin development stage; ④ the depression development stage under the influence of Neogene Himalaya orogenesis. In relation to the development of the Paleogene half-graben-like fault depression, this paper focuses on the controlling effects of the left-lateral strike-slip and pull-apart movement along with the NWW basement faults and of the NE thrust nappe over the development of the basin and half-graben-like fault depression, and points out the exploration prospect of marine petroleum system from the aspect of sedimentation, reworking and preservation.

Key words superimposed basin; tectonic evolution; marine sequence; petroleum system; late-formed hydrocarbon accumulation; Subei-South Nanhuanghai; South China

收稿日期: 2006-07-17

第一作者简介: 马立桥(1964—), 男, 高级地质师、博士研究生, 盆地沉积及石油地质

苏北-南黄海盆地位于东经 $118^{\circ}10' \sim 124^{\circ}20'$, 北纬 $32^{\circ}20' \sim 37^{\circ}00'$, 面积约 $102\,900\text{ km}^2$ (图 1), 为前寒武纪古老克拉通基础上发育的大型含油气叠合盆地^[1]。苏北-南黄海南部叠合盆地^[2]位于华南板块下扬子陆块 (图 1), 夹持于南黄海中部隆起区和苏南-勿南沙隆起区之间; 地理上分为陆区和海区两部分, 分别称为苏北盆地、南黄海南部盆地 (称“南部拗陷”^[3]、“黄南盆地”^[4])。

苏北-南黄海南部盆地为中、古生代海相与中、新生代陆相的多旋回叠合盆地。关于叠合盆地中、古生代海相原型盆地的认识已逐步趋于一致^[5-7], 而对于中、新生代陆相盆地属性及其动力学机制目前尚存在不同的认识。

关于侏罗纪一早白垩纪盆地, 有人认为晚三叠世—中侏罗世为大陆碰撞 (华南板块与华北板块) 背景下的周缘前陆盆地, 晚侏罗世—早白垩世为左旋走滑挤压拉分盆地, 动力学机制上强调西太平洋板块向中国大陆的俯冲作用^[8,9]; 也有人认为晚侏罗世—早白垩世处于裂陷盆地发育期^[10,11]。

对于新生代盆地, 主要分歧在于古近纪断陷盆地的形成机制, 主要观点有经典裂谷模式 (即纯剪切伸展模式^[12,13], 强调地幔隆起 (或称地幔垫、地幔枕^[14]) 引起岩石圈减薄和地壳伸展裂陷; 还

有简单剪切伸展模式 (称单剪模式)^[14,15,16], 强调地壳引张变形和壳内低速层的均衡调节作用; 陈安定主张来自太平洋板块和印度板块的两种力源交替作用导致的以削蚀作用为主的箕状盆地形成模式^[17,18]。

本文拟从中生代南、北大陆碰撞以来板块运动、深部结构、力学机制以及构造形迹、沉积建造等方面予以综合分析, 从构造-沉积、建造-改造-保存的角度分析其海相油气勘探潜力。

1 晚三叠世—中侏罗世

为古特提斯洋关闭机制下的前陆盆地发育阶段, 其前陆区的海相地层得以保存。

中三叠世 (T_2 , 230 Ma 前后) 特提斯洋开始向北东 (NE) 方向俯冲; 晚三叠世 (T_3 , 220~205 Ma) 华南板块快速北移与华北板块 (中朝板块) 发生碰撞, 形成秦岭-大别-胶南碰撞带^[19,20]; 这一活动持续到中侏罗世^[21]。最近的古地磁研究成果^[21]表明, 两大块体的碰撞对接过程呈现先东后西的序次。平面上形成嵌入的构造特征——推测下扬子陆块沿郯庐断裂、五莲-青岛-荣城断裂及嘉山-响水断裂之间的结合带及朝鲜半岛西缘的断裂带, 向北移动嵌入华北板块中, 形成巨大的“Z”形构造带^[22~24]。

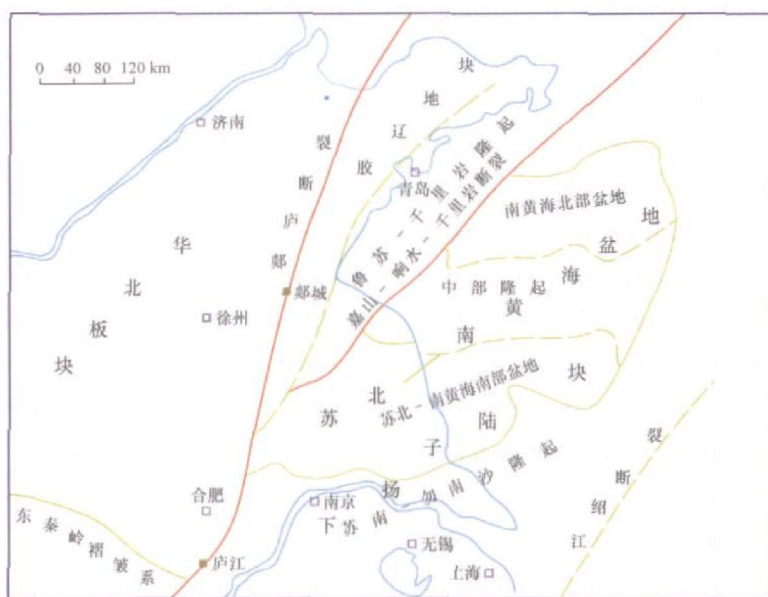


图 1 苏北-南黄海南部叠合盆地构造位置

Fig. 1 Tectonic map of Subei-South Nanhua Basin

陆-陆碰撞导致了苏鲁造山带南侧下扬子周缘前陆盆地(“典型的前陆盆地”^[25 26])的发育,也正是前陆盆地的发育,覆盖并保护了下伏海相地层。

中、古生界海相地层的改造结果,形成了近东西向展布的大隆大坳构造格局,鲁苏隆起、中部隆起及江南隆起显示出该期改造的形迹(图 1),这些古隆起的形成,从另一个角度考虑,也延缓了海相烃源岩的热演化。

受近南北向挤压派生的近东西向拉伸应力作用, NNE 向郯庐断裂、朝鲜半岛西缘断裂启动。受中朝块体的拖曳,平面上形成弧形体系,弧顶向北凸出;张八岭隆起和鲁苏隆起就是在这样的作用机制下变位的。

中三叠世末期黄马青群沉积时期的沿江前陆盆地为双向压陷性盆地,早侏罗世象山早期的沉降中心较黄马青群沉积期明显向北迁移,推测是沿江南隆起带强烈隆升的结果^[9];至中侏罗世象山晚期,造山运动停止,前陆盆地萎缩,彼此孤立的小盆地趋于消亡。

2 晚侏罗世—早白垩世

该阶段为伊佐奈歧板块斜向俯冲机制下的冲断体系发育阶段,也是海相地层的重要改造期。

晚侏罗世,伊佐奈歧(Izanagi 有译作“伊泽纳崎”)大洋板块朝 NW-NNW 方向运移俯冲到东亚大陆之下^[27 28],早白垩世(K₁)达到高峰;该期新生的太平洋板块仅向 SW 微弱的俯冲。

下扬子地区总体上受到北西向的强烈挤压,在早期前陆形变基础上,又形成了强烈的 NNE-NE 向褶皱和冲断带^[19](图 2),改造了海相地层。表现为南、北对冲的构造格局,大致以泰州-安丰对冲带(图 2 ④)为轴,北部形变构造主要表现为由北向南的逆冲及推覆,南部的形变构造表现为由南向北的逆冲及推覆。该对冲带被认为有大量海相层系的残留,也是苏北-南黄海南部盆地一个重要的海相勘探领域。

晚燕山运动旋回, NW 向挤压应力派生 NNE 向和 NWW 或近东西向的共轭剪切断裂系,分别发生左行和右行平移。 NNE 向郯庐断裂带在早白垩世发生大规模的左行平移,为近年来对安徽段糜棱岩的同位素年代学研究和走滑期岩浆活动的研究所证实^[29]。糜棱岩中白云母⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄

为 $127.62 \text{ Ma} \pm 0.19 \text{ Ma}$ 与全岩⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄 $118.75 \text{ Ma} \pm 0.45 \text{ Ma}$ 相吻合(样品采自安徽肥东烟头山东麓),属早白垩世。野外调查发现无论是山东段、张八岭隆起段还是大别山东缘,早白垩世的岩浆岩都受到一系列 NNE 向左行平移断裂的切割。

晚侏罗世山间盆地中充填的杂色碎屑岩及其后的中性、中酸性岩浆岩和火山碎屑岩堆积^[19],均受到上述 NE 向构造带的控制。

3 晚白垩世—古近纪

该阶段为太平洋板块俯冲机制下的伸展盆地发育阶段,其叠覆加载作用催熟了海相烃源岩。

晚白垩世初期,伊佐奈歧板块已运动到东亚东北部边缘(日本中部以北),太平洋板块向中国东部大陆边缘中速(136 cm/a)高角度(从侏罗纪至晚白垩世初期,俯冲角由早期的 10° 左右逐渐转变成约 80° ^[30])正向俯冲。导致陆壳由挤压应力场转换为 NW-SE 向拉张应力场(苏北地区习称“黄桥转换事件”^[31])。

该时期,印度板块与欧亚大陆之间的软碰撞^[32 33]造成 NE 方向的远程挤压效应,使以郯庐断裂带为代表的 NE 和 NNE 向断裂右行走滑。

3.1 晚白垩世坳陷盆地发育阶段

晚白垩世初期,下扬子地区主要表现为早期逆冲推覆活动后的均衡补偿^[13],在伸展作用下发育了大型坳陷盆地;G78 地震-地质综合解释剖面(图 3)揭示出,上白垩统(K₂)分布广泛,几乎覆盖了全区,其底部磨拉石建造厚逾千米,与下伏层系(P₂, P₂)呈现角度不整合接触。其浦口组膏岩、含膏泥岩的沉积对海相层系起到有利封盖作用^[34]。

3.2 古近纪断陷盆地发育阶段

晚白垩世末期仪征运动后,伸展作用进一步加强,在苏北-南黄海南部一带发育了一系列箕状断陷。

断陷是深部壳幔运动在浅层的响应。太平洋板块高角度俯冲,幔源物质上涌,造成了岩石圈的区域伸展减薄,由于壳内低速层和沉积盖层内不同层次的软弱层作为滑脱面,起到了调节变形的作用,发生简单剪切伸展(图 4b)而形成

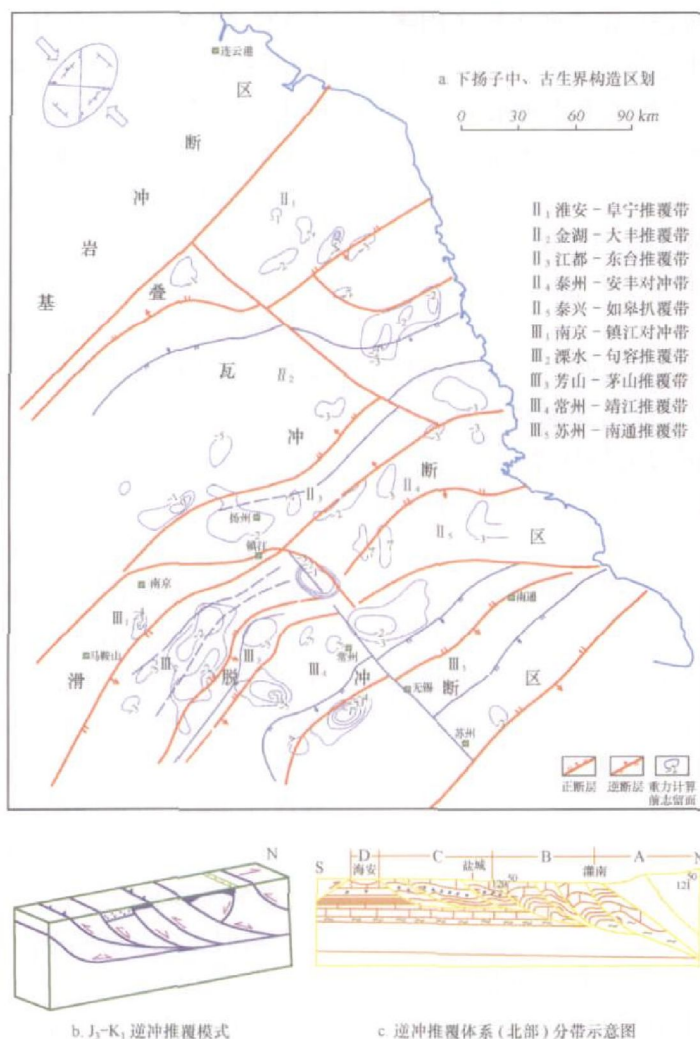


图 2 逆冲推覆体系展布及演化机制示意图

Fig. 2 Distribution and evolution model of thrust-nappe system in Subei Basin

[据张永鸿 (1990)、马力 (1993)、郭彤楼 (1998)等资料综合编绘]

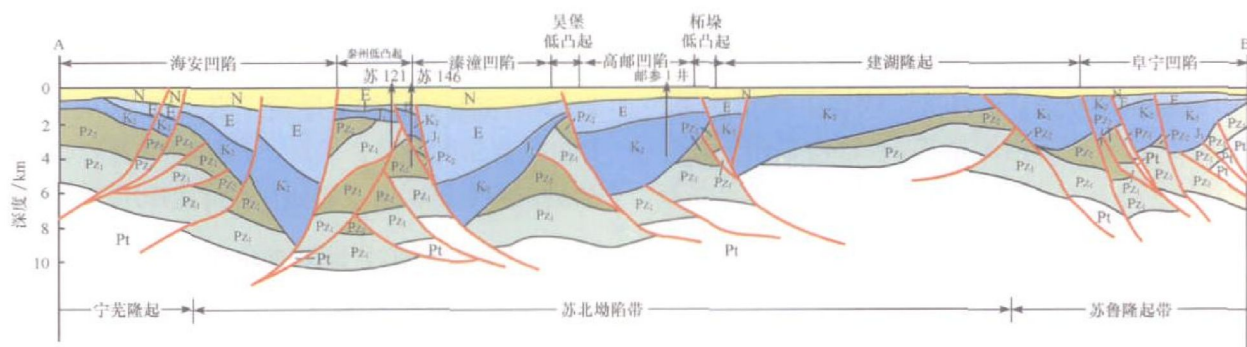


图 3 苏北盆地 G78地震-地质解释剖面 (剖面位置见图 4)

Fig. 3 Seismic-geologic interpretation of traverse G78 in Subei Basin (see profile location in Fig. 4)

断陷。

现今盆地结构形态与下扬子地区莫霍面埋深 (由陆区向黄海海区逐渐抬起, 从 33 km 到 28 km,

呈波状起伏)不呈镜像对称^[11]。

从断陷盆地形成和发展的序次看, 本区裂陷过程可概括为 3 个亚阶段。

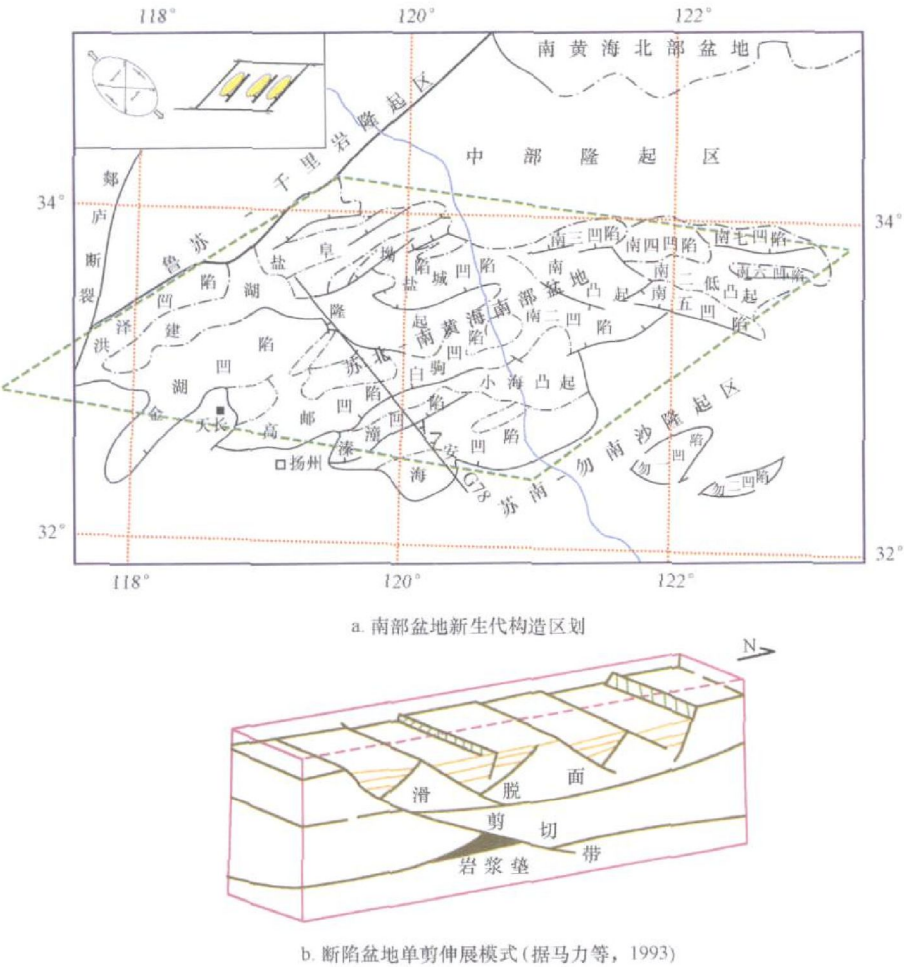


图 4 南部盆地古近纪构造格局及演化机制示意图

Fig. 4 Paleogene tectonic framework and its evolution pattern in Subei-South Nanhua Hai Basin

3.2.1 NWW 向基底断裂左行走滑拉分形成盆地雏形

进入伸展阶段, NWW 向基底断裂在 J_3-K_1 挤压应力下从右行走滑转变为左行走滑, 雁列的 NWW 向断裂走滑拉分活动^[35] 奠定了苏北箕状断陷盆地的雏形, 使苏北-南黄海南部盆地平面形态近于菱形 (图 4a 中虚线所示), NE 向凹陷及控凹断裂大致呈左行排列, 盆地南界原有的北西西向断裂被新发育的 NE 向断裂错断^[36] 而不连续。

3.2.2 NE 向逆冲断裂反转阶段

生长断层控制了箕状断陷的发育。在 NW-SE 向强烈拉张作用下, 早期的 NE 和 NNE 向逆冲断裂普遍发生负反转, 在重力作用下后缘断块沿

早期断面下滑 (重力回滑) 形成半地堑, 边界断层演变成上陡下缓的犁式断层^[37] (马力等称为“继承性”^[11]), 箕状断陷发育。

由于受印支期冲断体系的制约, 古近纪, 特别是古新世断陷盆地的发育 (沉降幅度、规模) 与冲断体系的分带性具有一定的相关性^[37] (表 1, $T_4^0-T_3^0$ 地震波组之间代表古新统)^④, 具体表现为原逆冲体系 C 带 (图 2c, 滑脱带) 上的凹陷具有较大的拉张量, 拉张量一般大于 3.5 km, 而 B 带 (图 2 逆冲楔状体) 上的盐城凹陷和洪泽凹陷则一般小于 3 km, 拉张量具有向北递减的特征。

3.2.3 伸展和重力均衡作用下断陷稳定发展阶段

箕状断陷发育过程中, 在重力均衡作用下, 与

马立桥, 夏九峰, 杨兰英, 等. 苏北探地构造沉积与勘探潜力评价. 中国石油杭州地质研究所, 2004

④汪祖智, 刘东鹰, 万述年, 等. 苏北盆地晚白垩世-新生代构造演化研究. 江苏石油勘探局地质科学研究所, 1991

表 1 苏北盆地内部凹陷各构造层拉张量统计

Table 1 Statistics of extensional amount of structural layers in Subei Basin

凹陷名称	各构造层拉张量 /km				前期逆冲体系分带
	$T_4^0-T_3^0$	$T_3^0-T_2^0$	$T_2^0-T_1^0$	$T_4^0-T_1^0$	
洪泽凹陷	2.0	0.6	1.6	4.2	B
盐城凹陷	2.9	0.5	0.9	4.3	B
金湖凹陷	4.4	1.0	2.0	7.4	C
高邮凹陷	4.0	2.1	2.2	8.3	C
白驹凹陷	3.4	0.8	1.8	6.0	C
溱潼凹陷	3.9	0.8	0.9	5.6	C
海安凹陷	3.3	1.3	1.9	6.4	D

控凹边界断层相耦合的调节断层或派生断层发育,使得断陷进一步发展和复杂化。

4 新近纪

新近纪为喜马拉雅造山作用机制下的坳陷盆地发育阶段,是重要的海相晚期成藏期。

进入新近纪,中国大陆西部喜马拉雅造山作用居主导^[38-39],印度板块与亚洲大陆碰撞、挤压力指向 NNE,产生向东的挤出作用,西太平洋边缘弧后盆地发育^[40],中国大陆地势呈现西高东低的特征。

总体上,近东西向的挤压应力使苏北晚白垩世—古近纪伸展盆地普遍抬升,结束了前期的断陷格局,进入坳陷沉降发育期,新近纪盐城组沉积时期沉降中心已向东迁移(海 3 井揭示盐城组厚达 1 956 m)。

晚喜马拉雅运动旋回是现今盆地的定型期,也是南方大部分中、新生代盆地的构造定型期,是最重要的海相油气成藏期^④。

5 海相油气勘探潜力

5.1 海相烃源岩特点

自震旦纪至早中三叠世,苏北—南黄海南部地区沉积了 2 000~5 000 m 的海相地层,发育了下

寒武统幕府山组(μ)泥岩、上奥陶统高家边组下部(原五峰组)至下志留统高家边组上部(原高家边组)(O_3-S_{1g})泥岩、中二叠统栖霞组(P_2q)泥岩和灰岩、上二叠统龙潭组(P_3l)泥岩和煤以及下三叠统青龙组(T_1q)泥岩为主的 5 套烃源岩。这些烃源岩分布广泛,最新勘探成果揭示,东经 124°以西的中、古生界分布面积就达 100 000 km²以上^[41],有机质丰度高、类型好^⑤,为本区海相生烃提供了充足的物质基础。苏北与南黄海海相烃源岩分布的差异在于下三叠统青龙组烃源岩在苏北陆区分布局限,而在南黄海水域则分布广,保存较完整^[41-42]。

苏北探井资料揭示,海相烃源岩的热演化程度基本符合自上而下(地层层位自新而老)逐渐增高的规律。下古生界烃源岩,虽在建湖隆起、小海凸起等部分地区相对较低,但目前仍处于成熟或高成熟阶段,其余大部分地区为过成熟,尤以冯家墩次凹热演化程度最高, R_o 值可达 5.0%;上古生界二叠系、三叠系烃源岩在建湖隆起、东台坳陷内的凸起地区, R_o 值一般为 0.7%~1.4%(如盐 3 井为 0.8%,苏 1 井为 0.95%),属低演化区,其余地区大部已进入高成熟至过成熟阶段,因此,苏北—南黄海地区海相油气勘探应以寻找天然气气为主。

5.2 海相含油气系统及其分布区预测

从油气成因角度分析,苏北—南黄海叠合盆地海相油气系统主要分为 3 类,即原生油气系统、次生油气系统和再生油气系统,复杂的盆地演化历史决定了海相油气藏多是“混合系统”。

预测原生油气系统和次生油气系统分布,要重点研究保存条件,其中盖层性质、构造运动的改造作用显得尤为关键。

上白垩统坳陷期浦口组沉积稳定,分布广泛,苏北陆区有大量钻井揭示,其厚度达千米以上,且泥质岩与膏盐岩发育,一般大于地层总厚度的 50%,单层最大厚度可达 81.5 m(获 5 井)、110.0 m(获 7 井)。经对兴参 1、获 2、获 7 井等井浦口组的测试,泥岩渗透率均小于 $0.000\ 01 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,突

地质矿产部海洋地质综合研究大队,江苏石油地质大队,苏北—南黄海地质构造特征及含油气性研究报告,1983

④马立桥,董庸,屠小龙,等.中国南方海相油气勘探领域与前景.国土资源部战略勘查司等,2006

⑤江苏石油勘探局地质科学研究院.苏北深层海相中、古生界烃源岩研究.江苏石油勘探局地质科学研究院,1995

马立桥,董庸,夏九峰,等.苏北—南黄海南部叠合盆地海相油气勘探前景分析,2006

刘宏宇.苏北下扬子区海相中古生界上覆陆相盖层的封闭性能.江苏石油勘探局地质科学研究院,1996

破压力一般大于 20 MPa 泊松比值较大, 一般大于 0.2 弹性模量一般大于 10×10^{-3} MPa 它不仅对油气具有良好的封盖能力, 而且具有较好的可塑性和横向变形能力, 因此应重视上白垩统浦口组上部含膏泥岩作为区域性盖层的作用。

研究认为, 下扬子句容—海安印支—燕山期对冲带 (苏北称泰州—安丰对冲带, 图 2 ④) 构造变

形的二次生烃区。研究认为^④, “对油气勘探有重大意义的古生界烃源岩二次生烃在该区是指早白垩世以后, 由上白垩统和古近系、新近系加载引起的增熟生烃”。苏北—南黄海南部叠合盆地具备二次生烃条件, 在新生代古近纪断陷发育地区, 尤其是各凹陷的次凹, 海相地层晚期深埋可能形成再生烃中心, 易于在邻近生烃凹陷的第一个断阶带发育的牵引背斜, 断裂带的端点、拐点、交点、分枝点和错列点处的圈闭中聚集成藏, 因此成为寻找海相晚期油气系统的最有利区带。

参 考 文 献

- 1 马力, 钱基, 穆曰孔, 等. 苏北—南黄海盆地的构造演化和烃类形成 [J]. 南京大学学报 (地球科学), 1993, 5(2): 148~163
- 2 许蔚玲. 论南黄海区的两个新生代盆地 [J]. 海洋地质研究, 1982, 2(1): 68~80
- 3 沿海大陆架及毗邻海域油气区石油地质编写组. 中国石油地质志, 卷十六 (上) [M]. 北京: 石油工业出版社, 1990 275
- 4 冯志强, 姚永坚, 曾祥辉, 等. 对黄海中、古生界地质构造及油气远景的新认识 [J]. 中国海上油气 (地质), 2002, 16(6): 367~373
- 5 马力, 陈焕疆, 甘克文, 等. 中国南方大地构造和海相油气地质 [M]. 北京: 地质出版社, 2004 59~88
- 6 陈洪德, 田景春, 刘文均, 等. 中国南方海相震旦系—中三叠统
- 7 马立桥, 孙凤霞, 王晓峰, 等. 扬子陆块东南缘海相油气勘探前景 [J]. 海相油气地质, 2002, 7(3): 10~18
- 8 朱光, 王勇生, 牛漫兰, 等. 郯庐断裂带的同造山运动 [J]. 地学前缘, 2004, 11(3): 169~182
- 9 朱光, 刘国生, 李双应, 等. 下扬子地区盆地的“四层楼”结构及其动力学机制 [J]. 合肥工业大学学报, 2000, 23(1): 47~52
- 10 Wernicke B. Deformed zones of extensional unroofing [J]. Journal of Structural Geology, 1982, 4(2): 105~115
- 11 Wernicke B. Uniform-sense normal simple shear of the continental lithosphere [J]. Canadian Journal of Earth Sciences, 1985, 22: 108~125
- 12 陈安定. 苏北第三系盆地、断裂、圈闭形成的力学机制 [J]. 小型油气藏, 2003, 8(1): 1~5
- 13 陈安定. 苏北箕状断陷形成的动力学机制 [J]. 高校地质学报, 2001, 7(4): 408~418
- 14 万天丰, 朱鸿. 中国大陆及邻区中生代—新生代大地构造与环境变迁 [J]. 现代地质, 2002, 16(2): 107~120
- 15 万天丰, 赵维明. 论中国大陆的板内变形机制 [J]. 地学前缘, 2002, 9(2): 451~463
- 16 朱日祥, 杨振宇, 吴汉宁, 等. 中国主要地块显生宙古地磁视极移曲线与地块运动 [J]. 中国科学 (D 辑), 1998, 28(S0): 1~16
- 17 郝天珧, M. Ancheol S. 刘建华, 等. 黄海深部结构与中朝—扬子块体结合带在海区位置的地球物理研究 [J]. 地学前缘——中国地质大学 (北京), 2004, 11(3): 51~61
- 18 郝天珧, M. Ancheol S. 王谦身, 等. 根据重力数据研究黄海周边断裂带在海区的延伸 [J]. 地球物理学报, 2002, 45(3): 385~397
- 19 郝天珧, 刘建华, M. Ancheol S. 等. 黄海及其邻区深部结构特点与地质演化 [J]. 地球物理学报, 2003, 46(6): 803~808
- 20 Dickenson W. R. Plate tectonic evolution of sedimentary basin [A]. In: Dickinson W. R., Yarrowood H., eds. Plate tectonic and hydrocarbon accumulation [C]. AAPG Continuing Education

俞广, 徐云俊, 邓红婴, 等. 江苏地区二次生烃成藏条件研究及有利勘探区带优选. 杭州石油地质研究所, 2001

④马立桥, 孙凤霞, 夏九峰, 等. 苏北盆地大丰—兴化地区油气地质早期评价. 中国石油杭州地质研究所, 2002

- Course Note Series, 1997, 1: 1-63
- 26 刘池洋, 赵红格, 杨兴科, 等. 前陆盆地及其确定和研究 [J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(4): 307~313
 - 27 Engebretson D C, Cox A, Gordon R G. Relative motions between oceanic and continental plates in the Pacific basin [J]. The Geological Society of America (Special Paper), 1985, 206: 1-59
 - 28 Maruyama S, Isozaki Y, Kinura G, et al. Paleogeographic maps of the Japanese Islands: plate tectonic synthesis from 750 Ma to the present [J]. Island Arc, 1997, 6(1): 121-142
 - 29 朱光, 王道轩, 刘国生, 等. 郯庐断裂带的演化及其对西太平洋板块运动的响应 [J]. 地质科学, 2004, 39(1): 36~49
 - 30 Zhou X M, Li X M. Origin of Late Mesozoic igneous rocks in Southeastern China: implications for lithosphere subduction and underplating of mafic magmas [J]. Tectonophysics, 2000, 326(3): 269-287
 - 31 张永鸿. 下扬子区构造演化中的黄桥转换事件与中、古生界油气勘探方向 [J]. 石油与天然气地质, 1991, 12(4): 439~447
 - 32 Klootwijk C T, Gee J S, Peirce J W, et al. An early India-Australia contact: paleomagnetic constraints from Ninetyeast ridge, ODP leg 121 [J]. Geology, 1992, 20: 395-398
 - 33 任纪舜, 牛宝贵, 刘志刚. 软碰撞、叠覆造山和多旋回缝合作用 [J]. 地学前缘, 1999, 6(3): 85~93
 - 34 金之钧, 龙胜祥, 周雁, 等. 中国南方膏盐岩分布特征 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(5): 571~583
 - 35 姚柏平, 陆红, 郭念发. 论下扬子地区多期构造格局叠加及其油气地质意义 [J]. 石油勘探与开发, 1999, 26(4): 10~13
 - 36 苏浙皖闽油气区石油地质志编写组. 中国石油地质志 (卷八)——苏浙皖闽油气区 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1992: 148~162
 - 37 练铭祥, 薛冰, 杨盛良. 苏北新生代盆地断陷和坳陷的形成机理 [J]. 石油实验地质, 2001, 23(3): 256~260
 - 38 万天丰. 中国东部中、新生代板内变形, 构造应力场及其应用 [M]. 北京: 地质出版社, 1993
 - 39 Jonathan C A, Davis A M. When did the India-Australia collision really happen? [J]. Gondwana Research, 2001, 4(4): 560-561
 - 40 Kanioka I, Notsu K, Takigami Y, et al. Constraints on the evolution of the Japan Sea based on ^{40}Ar - ^{39}Ar ages and Sr isotopic ratios for volcanic rocks of the Yamato Seamount Chain in the Japan Sea [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1990, 97: 211-225
 - 41 张家强. 南黄海中、古生界油气勘探前景 [J]. 海洋地质动态, 2002, 18(11): 25~27
 - 42 戴春山, 李刚. 黄海海域前第三系及油气勘探 [J]. 海洋地质动态, 2002, 18(11): 21~22

(编辑 高 岩)

2006年全球石油储量变化

美国《油气杂志》全球石油储量年度调查显示, 2006年全球石油和天然气储量比去年略有增长。全球剩余石油储量仍然大于估算的累积石油产量。

与 2005 年的调查结果相比, 2006 年全球石油储量增加了 2%, 而天然气储量增加了 1%。石油和凝析油探明总储量估计为 1.317×10^{12} L, 天然气探明储量为 61.8×10^{12} m³。

2006 年加拿大和美国报告的石油和天然气储量较 2005 年有所增加, 但墨西哥最新的估计数字有所下降。巴西和阿根廷的石油储量增加, 但其天然气储量降低。总体来说, 与 2005 年的调查结果相比, 2006 年西半球国家的油气储量几乎没有变化。

加拿大的石油储量以油砂为主。按照加拿大石油生产商协会 (CAPP) 的数据, 该国常规石油储量估计为 52×10^{10} L, 较 2005 年增加了 20%, 这主要是纽芬兰 3 个在产油气田储量修正的结果。阿尔伯达能源利用委员会估计的加拿大油砂储量为 1.740×10^{12} L。

英国报告的石油和天然气储量都有所下降, 其原因是由于现有油气田开采和储量修正而减少的储量大于新油气田开发和新油气田发现增加的储量。

哈萨克斯坦、苏丹和赤道几内亚的石油储量较 2005 年大幅度增加。由于哈萨克斯坦石油储量的增加, 导致东欧和前苏联地区的总石油储量增加了 26%, 增幅远高于其他地区。

受澳大利亚和中国天然气储量增长的影响, 亚太地区的天然气储量较 2005 年增加了 7%, 而西欧的天然气储量下降了 10%。其他地区的天然气储量没有或很少改变。

OPEC 国家的石油储量较 2005 年的变化很小, 其中伊朗、阿尔及利亚、利比亚和尼日利亚公布的石油储量略增, 但沙特公布的石油储量略降。个别成员国略微调整了其天然气储量。

(摘自《油气工业信息》)