

下扬子区中生界油气地质条件评价

郭念发

(中国新星石油公司华东石油局地质研究院, 江苏扬州 225002)

雷一心

(中国新星石油公司华东石油局, 南京 210011)

下扬子区中生界具有海相和陆相两种盆地沉积的特点, 分别发育了海相烃源岩和陆相烃源岩。下三叠统海相烃源岩是下扬子区最有利的烃源岩, 陆相沉积也具有一定的生烃潜力。印支-燕山运动对原海相盆地进行了严重的改造, 对海相油气圈闭保存有重大影响, 同时对陆相烃源岩也有重要的控制作用。然而, 在构造活动相对薄弱的地区。特别是区内几个重要的中生代盆地, 仍有良好的油气勘探前景。

关键词 烃源岩 油气地质 中生界 下扬子区

第一作者简介 郭念发 男 43岁 高级工程师 石油地质

中生代是下扬子海相盆地向陆相盆地转折的时期, 也是构造运动活跃的时期。三叠系早期全区为广海盆地所覆, 碳酸盐岩发育, 分布面积达 $8 \times 10^5 \text{ km}^2$, 最大厚度 1.1 km, 油气显示活跃。句容地区已有 2 口井获工业油流, 苏北黄桥地区 7 口井钻遇海相中生界, 其中 6 口井见油气显示, 反映了海相中生界具有较强的生烃潜力。

此外, 中生界陆相碎屑岩沉积亦很发育, 地层厚度 1~3 km, 最大厚度超过 4 km, 油气显示活跃, 黄桥地区 N16 井上白垩统浦口组(K_{2p})底砾岩段获日产 $1.6 \times 10^4 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$, 并伴有少量凝析油。因此, 下扬子区中生界是一个海盆与陆盆叠置海相烃源岩与陆相烃源岩共同发育的叠合盆地, 是一个重要的油气勘探领域。

1 中生界盆地沉积背景及其演变

中生界是下扬子区海相沉积向陆相沉积转折的时期, 沉积背景及其演变大致经历了下列阶段。

1.1 海相盆地沉积阶段(T₁-T₂)

早三叠世下扬子海盆继承了晚二叠世后期的海侵, 三叠系与二叠系在沉积层系上是连续的。全区发育了青龙群(下青龙组、上青龙组)泥岩、钙质泥岩和灰岩的海相沉积建造。沉积分区大致以石台-宁国-长兴一线为界, 其线以南为深水海盆, 以泥岩、粉砂岩沉积为特征, 岩石富含菊石和瓣鳃类生物化石; 其线以北为海相碳酸盐台地, 沉积了薄层泥晶灰岩

和砾屑灰岩。沉降中心位于长江流域一带, 早三叠世晚期, 海水开始退出, 海相沉积范围缩小, 海盆开始被海湾或泻湖所代替, 长兴、怀宁及浙西一带成为浅滩和潮坪, 沉积了亮晶鲕粒灰岩、砂砾屑灰岩。至中三叠世, 海水变得更浅, 海盆沉积缩小至长兴-宁国-石台一线以北地区, 原广海盆地此时已被海湾或泻湖完全取代, 中三叠统周冲村组(T₁²)沉积了蒸发台地-泻湖相白云岩和膏盐地层。中三叠世后期海水进一步退出, 开始出现中三叠统黄马青组(T₂²)海陆交互相沉积。晚三叠世海水全面退出本区, 从而结束了下扬子区自早古生代以来的海相盆地沉积历史。

1.2 海相沉积盆地改造阶段(T₃-K₁)

印支运动从根本上改变了早、中三叠世的海相沉积盆地体制, 使盆地原型受到严重改造。晚三叠世郯庐断裂发生左行走滑, 在郯庐断裂后缘出现拉分断陷, 沿长江流域至江都、盐城一线发育了晚三叠世的红色含煤砂岩、页岩等陆相碎屑岩建造。早、中侏罗世这些早期的拉分断陷演变成山间盆地, 在这些山间盆地形成陆相含煤碎屑岩堆积, 沉积建造是底部为砾岩, 向上为厚层砂岩和粉砂岩并出现煤系。晚侏罗世火山活动明显加强, 在原山间盆地堆积了大量的中酸性火山熔岩和火山碎屑岩, 并使这些山间湖盆充填成为火山岩盆地。

早白垩世, 全区普遍发生构造推覆活动, 在推覆构造后缘出现若干小型山间盆地, 这些小型盆地叠置于早期火山岩盆地之上, 发育了以葛村组为代表

的一套底部为暗紫色砾岩、砂砾岩和砂岩，向上为暗色泥岩的陆相碎屑岩沉积，厚度小于 1.5km。早白垩世晚期，区内自早古生代至早、中三叠世海相盆地原型基本上被改造完毕。

1.3 陆相盆地稳定发展阶段(K₂)

晚白垩世，剧烈的构造活动趋于停止，原挤压应力场逐渐被拉张应力场所代替。区内第一次出现稳定的区域性陆相沉积，以区域拗陷沉积为特征的下白垩统浦口组覆盖全区，该组以底部砾岩开始的磨拉石建造厚逾 4m，不整合于不同时代基底之上，其沉降和沉积中心在苏北东台一带，主要岩性为红色砂岩和页岩，局部发育黑色泥岩，在苏北淮安一带形成巨厚的膏盐沉积。

晚白垩世之后，除苏北，长江流域及江绍断裂带局部地区继续沉降形成中、新生代复合陆相盆地外，其它地区均上升遭受剥蚀(图 1)，从而标志着全区性的下白垩统拗陷沉积的结束。

2 中生界油气地质条件评价

2.1 海相建造油气地质条件

研究显示下扬子区海相中生界烃源岩发育，主

要烃源岩是下三叠统青龙群暗色泥岩和碳酸盐岩，厚 2~3km，母质类型以腐泥型和混合型为主，有机质丰度高(图 2，表 1)，泥岩有机碳含量最高达 12.53%；灰岩有机碳含量最高达 0.70%，泥岩氯仿

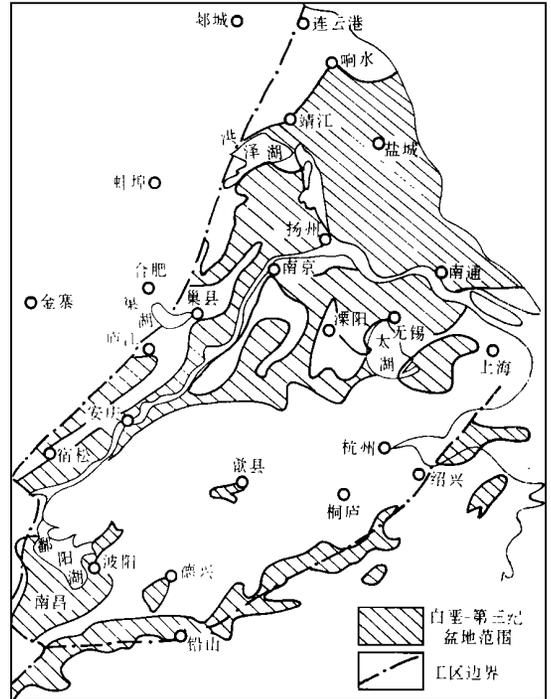


图 1 下扬子区白垩-第三纪陆相盆地分布图

表 1 下扬子区海相烃源岩有机碳含量

岩性	时代	颜色	有机碳含量(%)		
			最大	最小	平均
泥岩	T ₁	黑、灰黑	12.53	0.28	2.040
		深灰	5.34	0.15	1.350
碳酸盐岩	T ₁	黑、灰黑	0.52	0.09	0.390
		深灰	0.70	0.01	0.195

(据杨盛良, 1997)

沥青“A”含量最高达 6108 × 10⁻⁶；灰岩达 803 × 10⁻⁶，泥岩总烃含量最高达 2724 × 10⁻⁶；灰岩达 1578 × 10⁻⁶，烃转化率(H/C)平均在 6%以上，生油潜量(S₁+ S₂)泥岩达 2.40mg/g，灰岩达 0.64mg/g。

海相烃源岩热演化程度低，有利于油气的保存。据徐伟民(1988)烃源岩热解模拟结果，区内海相烃源岩除个别地区处于高成熟外，大部分地区处于成

熟阶段；少数地区尚处于未成熟阶段。安徽无为地区 N 参 4 井(井深 1100m 青龙群灰岩)CAI 值(牙形刺色变指数)为 3~4，基本属于干气阶段。苏北海安海参 1 井(井深 3454m 青龙群灰岩)CAI 值为 2~3，属于凝析油和湿气阶段。浙江长兴地区 CAI 值为 1，处于尚未成熟阶段。而区内大部分地区 CAI 为 1~2，属于生油阶段。

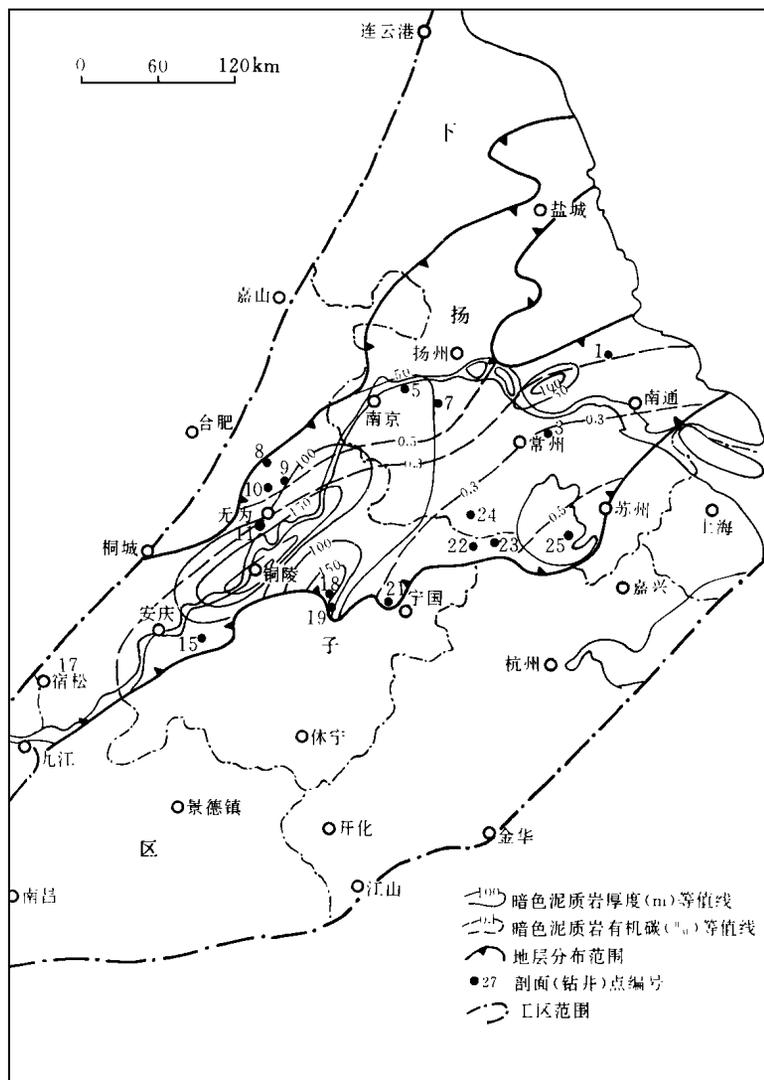


图2 下扬子区三叠系下统暗色泥质岩厚度、有机碳等值线图

综合各种地化指标,区内中生界海相烃源岩下青龙组下段泥岩生烃能力最佳,灰岩次之。油气显示多集中于下青龙组泥岩段灰岩夹层的裂缝中,苏北黄桥 N5 井(2351~2772m)、N9 井(1694~1741m)青龙灰岩油气显示均属此种类型。全区青龙群油气显示达 80 余处,主要集中在南京、句容、黄桥、长兴、宣城、无为、海安一带(图 3)。江苏油田曾在句容盆地地下青龙组灰岩中获工业油流,容 2 井最高日产原油 6.6m^3 ;容 3 井最高日产原油 10.1m^3 。

海相烃源岩储层较为发育,以亮晶颗粒灰岩为代表的原生孔隙储层和以溶缝、溶洞为代表的次生裂缝储层分布广泛。原生孔隙储层主要来源于高能浅滩环境下形成的鲕状灰岩,亮晶颗粒灰岩以及其它碎屑灰岩。苏州、休宁、安庆、贵池一带高能浅滩

相极为发育,这些地区是海相中生界储集岩分布的重要地区。次生溶缝、溶洞和构造裂缝在青龙群海相灰岩中异常发育,极大地改善了灰岩储层的储集性能。在下扬子大部分地区,如宁国、宜兴、宿松、广德等,青龙群油气显示主要以裂隙、溶缝、溶洞含油为主。句容地区容 2 井、容 3 井工业油流,黄桥地区 N5 井、N9 井、苏 174 井油气显示均是以灰岩裂隙含油为特征,这些地区的绝大部分井中的原油与生油岩地化指标十分接近,其储集类型以自生自储型为主。

海相烃源岩的封盖条件是十分优越的,青龙群(T_1)上覆周冲村组(T_1^2),该地层是一套含膏盐层,分布于贵池、芜湖、南京、常州一带(图 4),厚度 100~200m,其中无为地区最厚,达 712m,这套地层可作为区域性盖层,膏盐层之上的黄马青组(T_2^3)泥岩

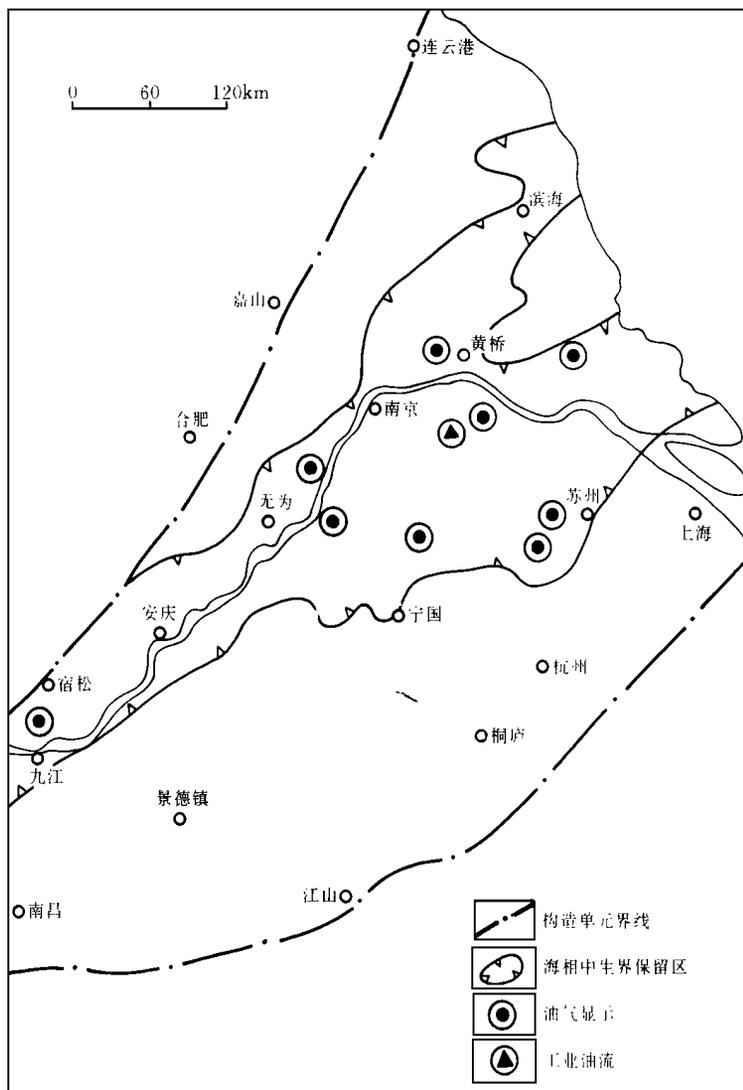


图3 下扬子区海相中生界油气显示分布图

虽遭到一定程度剥蚀,但长江沿江地域仍保留 $2 \times 10^5 \text{ km}^2$ 的沉积,厚约 100m,安徽怀宁最厚达 1883m,可视为第二套区域性盖层。

2.2 陆相建造油气地质条件

下扬子区陆相中生界暗色泥岩发育,这些暗色泥岩通常属浅湖至深湖相沉积,具有较强的生烃能力,是良好的生油母岩。这些烃源岩主要是中、下侏罗统,下白垩统及上白垩统暗色泥岩。

中、下侏罗统暗色泥岩以象山群暗色泥岩为代表,多见于江苏泰州—仪征一带,暗色泥岩厚度较大,有机物丰度高,泰州苏 111 井象山群暗色泥岩厚达 119m,有机碳平均含量为 2.1%, R^o 为 1.24%。向北至盐城地区象山群暗色泥岩厚度减薄,有机物丰度变低,苏 104 井象山群暗色泥岩厚 32m,有机碳

平均含量为 0.7%。与海相下三叠统烃源岩相比,中、下侏罗统陆相暗色泥岩分布相当局限。

下白垩统暗色泥岩发育,在苏北盆地,句容盆地、金衢盆地和信江盆地均有一定数量的分布,苏北盆地苏 98 井葛村组暗色泥岩厚 120m, N12 井葛村组暗色泥岩厚 81.5m,它们的有机碳含量大部分超过 0.5%。信江盆地下白垩统冷水坞组暗色泥岩厚 300~500m,金衢盆地下白垩统方岩组暗色泥岩厚度超过 100m,它们的有机碳含量基本超过 0.5%,最高者为 1.15%,从局部地区上看,下白垩统烃源岩有一定的分布,具有一定的生烃能力。

上白垩统浦口组分布广泛(图 5),烃源岩发育,油气显示活跃(表 2),有机碳含量丰富。其中以苏北盆地盐城至阜宁地区最为突出,有机碳含量平均为

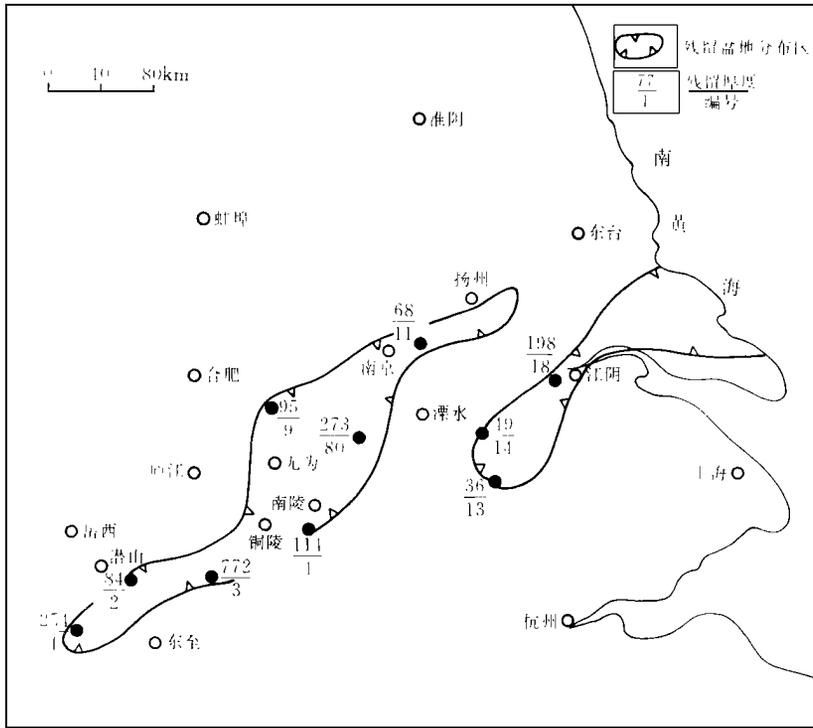


图 4 下扬子区中三叠统(T₂)含膏盐层残留分布图

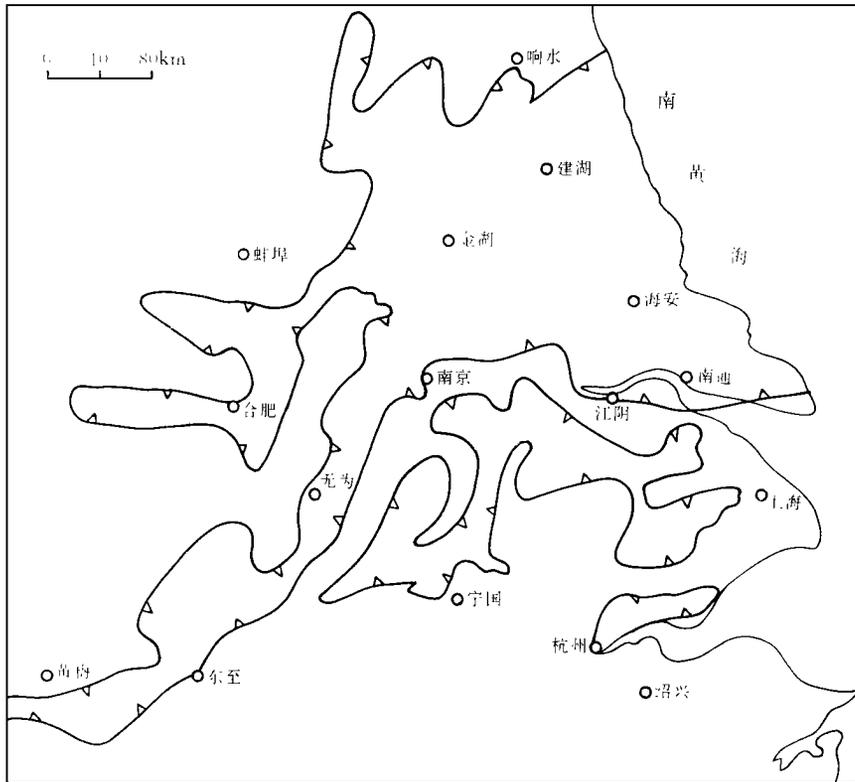


图 5 下扬子区上白垩统浦口组(K₂)残留分布图

表2 下扬子区白垩统钻井油气显示表

井号	层位	油气显示 累计视厚度 (m)	主要岩性	含油级别
S19	K _{2p}	14.8	粉细砂岩	油迹-油斑
S103	K _{2p}	216	粉细砂岩、泥岩	沥青
S110	K _{2p}	100	含泥粉砂岩	含油
S111	K _{2g}	47.1	粉砂岩、细砂岩	油迹-油斑
S127	K _{2p}	31.2	砂岩	沥青
S135	K _{2p}	30	砾岩、粉砂岩	沥青-油斑
S159	K _{2p}	87.4	火山角砾岩	油迹-油斑
S174	K _{2p}	10.9	砾岩、凝灰岩	油迹-油斑
黄验1	K _{2p}	4.4	含灰、含膏粉砂岩	油迹
N2	K _{2p}	17.9	粉砂岩、凝灰岩	油迹-油斑
N4	K _{2p}	13.5	粉砂岩、凝灰岩	油迹-油斑
N5	K _{2p}	4	粉砂岩、凝灰岩	油迹-油斑
N6	K _{2p}	58.5	砾岩、粉砂岩	油迹、CO ₂ 气
N9	K _{2p}	25	粉砂岩	油迹
N11	K _{2p}	6	粉砂岩	油迹
N12	K _{2g}	8.5	粉砂岩	油迹
许20	K _{2p}	4	砾岩	油斑
许23	K _{2p}	37	含砾砂岩	油层、油水同层
泰4	K _{2p}	26	细砂岩	油迹-油斑
泰6	K _{2p}	57.78	砾岩	油迹-油斑
N1	K _{2p}	18.8	长石石英砂岩	油迹-油斑
N8	K _{2p}	12.1	岩屑细砂岩	油迹-油斑
N10	K _{2p}	24.5	中砂岩、粉砂岩	油斑
甸12	K _{2p}	122.1	粉砂岩	裂缝含油
甸11	K _{1g}	8.3	中砂岩	油斑
容4	K	5.3	砂岩	油迹

0.9%, 氯仿沥青“A” 750×10^{-6} , 有机物干酪根母质类型以混合型为主。浦口组是一种在区域拉张背景下的拗陷型沉积, 苏北地区以灰色、灰黑色泥岩含膏岩为特征, 苏北淮安地区浦口组出现大套岩盐层, 长江以南地区浦口组膏岩层渐次减薄, 岩性变粗, 颜色由灰黑变为紫色、紫红色, 反映其生烃能力逐渐变弱。

陆相中生界储集条件较好, 储集岩主要是砂岩、含砾砂岩和火山凝灰岩, 据张建球(1995)对江苏地区46口井415个样品分析(表3), 上白垩统赤山组(K_{2c})砂岩孔渗性最好, 上白垩统浦口组(K_{2p})砂岩孔渗性变化较大, 总体表现上部砂岩好, 下部砂岩差, 中、下侏罗统象山群(J_{1-2})及下白垩统葛村组砂岩孔渗性较差。

表3 下扬子区北部陆相中生界孔渗数据表

物性	K_{2c}	K_{2p}	K_{1g}	J_{1-2}	
孔隙度 (%)	样品数	47	114	45	13
	最大值	30.38	21.78	14.25	14.33
	最小值	4.97	0.36	0.95	2.42
	平均值	16.51	7.79	8.45	6.45
渗透率 ($10^{-3} \mu\text{m}^2$)	样品数	47	92	44	13
	最大值	1026.22	143.06	13.4	2.08
	最小值	0.19	0.00457	< 0.01	0.0187
	平均值	66.22	7.12	2.72	0.73

砂岩储集层的主要孔隙类型是粒间孔, 其次为溶孔、溶洞和构造缝隙, 黄桥N6井浦口组底砾砂岩(1190~1198m井段)曾发生井喷, 日产 $\text{CO}_2 1.6 \times 10^4 \text{m}^3$ 并伴有少量凝析油。 CO_2 储集空间主要是浦口组底砾砂岩中的溶洞和溶缝。淮安地区N参1井和句容地区句11井在钻遇浦口组时均发现泥浆严重漏失现象, 说明中生代陆相地层溶洞、溶缝是普遍发育的。

陆相封盖层系是相当发育的, 区域上存在多套盖层, 特别是浦口组含膏泥岩分布广, 横向连续性好, 地层厚度大, 可视为良好的区域性盖层。浦口组在高邮、兴化一带含膏厚达千米, 在淮安地区发育近千米厚的盐岩。虽然在苏南、浙皖地区浦口组膏岩和厚度均有所减少, 但在浦口组缺失或膏盐不发育情况下, 象山群及葛山村泥岩仍能起到局部盖层的封闭作用。

3 有利含油气区块评价

综合各种有利因素, 下扬子区中生界油气勘探

选区评价应集中于几个生储盖条件保存较好的中生代盆地, 这些盆地分别是句容盆地(面积 1480km^2)、常州盆地(面积 2500km^2)、南陵盆地(2500km^2)、无为盆地(2500km^2)、望江盆地(5200km^2), 这些盆地属中生代或中生代复合盆地, 海相中生界烃源岩分布广, 厚度大, 后期构造改造相对较弱, 一般热演化程度并不高($R^0 = 1\% \sim 1.9\%$), 许多盆地烃源岩仍处于低演化的肥煤至瘦煤阶段, 因此, 上述盆地是海相中生界油气勘探的重点地区。此外, 苏北盆地的东南部也保存了较厚的海相中生界沉积, 油气显示活跃, 特别是苏北黄桥地区, 已在下三叠统青龙群海相沉积中见到良好的油气显示, 因此, 苏北盆地东南部也是一个具有良好前景的海相中生界油气勘探区。

上述盆地和地区也是陆相中生界油气勘探的主要靶区, 这些盆地和地区陆相中生界烃源岩发育, 保存较好, 储盖配置有利。如句容盆地具有上白垩统浦口组、下白垩统葛村组及中、下侏罗统象山群多套烃源岩, 油气显示活跃, 葛村组砂岩含油级别高达油砂

级, 烃源岩热演化程度低($R^0 = 0.94\% \sim 1.09\%$), 因此对成油十分有利。

苏北地区陆相中生界分布广, 保存较好。泰县-如皋地区, 盐城-阜宁地区以及淮安-建湖地区是陆相中生界油气勘探的重点地区。泰县-如皋地区已有 10 口钻穿陆相中生界钻井, 上白垩统浦口组厚 800~1500m, 并发现其下保存有一定的下白垩统葛村组沉积, 浦口组油气显示活跃, 10 口钻井 9 口见浦口组的油气显示, 油气一般聚集在浦口组含膏泥岩段之下的砂岩中。盐城-阜宁地区除上白垩统烃源岩发育外, 中、下侏罗统象山群自身还发育一套较好的烃源岩, 哈 1 井等钻井揭示该区具有良好的油气显示。淮安-建湖地区保存较厚的上白垩统浦口组和中、下侏罗统象山群, 浦口组发育一套黑色泥

岩, 厚度大, 有机质丰度高, 是该区重要的生油源岩。

参 考 文 献

- 1 杨盛良. 下扬子区中生界构造特征及油气远景. 石油勘探与开发, 1997, 24(3): 10~14
- 2 庞荣庆. 苏浙皖三叠系碳酸盐岩有利储集相带与油气分布特征. 华东石油地质, 1988, 21(1): 16~19
- 3 郭念发、王武元. 长江下游中生代岩浆活动与中生代盆地. 江苏地质, 1996, 20(3): 150~156
- 4 徐伟民. 下扬子地区青龙群(T_1)成油特征及含油气远景. 华东石油地质, 1988, 21(1): 16~20
- 5 程石林. 黄桥地区下三叠统油气运移方向及保存条件的初步认识. 华东石油地质, 1991, 23(1): 11~20

(收稿日期: 1998年1月13日)

EVALUATION ON THE GEOLOGIC CONDITIONS OF THE MESOZOIC HYDROCARBONS IN THE LOWER YANGTZE AREA

Guo Nianfa

(*Geological Research Institute, East China Bureau of Petroleum Geology, Yangzhou, Jiangsu 225002*)

Lei Yixin

(*Department of Exploration and Development, East China Bureau of Petroleum Geology, Nanjing 210011*)

Abstract

The Mesozoic group in the Lower Yangtze area possesses the features of both marine and continental basinal deposits, and develops marine and continental hydrocarbon source rock, respectively. The Lower Triassic marine source rock is the most favorable one in the Lower Yangtze area, and the continental deposit has certain hydrocarbon-generating potential. Indosinian-Yanshanian movement greatly reforms proto-marine basins, takes significant effect on the preservation of marine hydrocarbon traps, and meanwhile has important control over continental source rock. However, the prospects for hydrocarbon exploration are still good in the areas with relatively weak tectonic movement, especially in some major Mesozoic basins within the area.