

文章编号:1001-6112(2011)05-0505-04

# 下扬子黄桥地区上古生界油气成藏研究

夏在连

(中国石化华东分公司石油勘探开发研究院,南京 210036)

**摘要:**通过平衡剖面法、流体包裹体分析、地化分析以及物性测试对下扬子黄桥地区的构造演化、油气成藏史、成藏类型及成藏主控因素进行了研究。黄桥地区构造演化经历了平稳隆降、挤压推覆、拉张裂陷 3 大时期;黄桥地区存在 2 期油气充注的历史,燕山晚期至喜山期油藏形成,晚喜山期上古生界内幕油气藏得以保存并最终定型。该区 HT3 井油藏属于龙潭组自生自储型油藏,构造是油气成藏的主要控制因素,物性是控制油藏分布的重要因素。

**关键词:**油气成藏;上古生界;黄桥地区;下扬子区

**中图分类号:**TE122.3

**文献标识码:**A

## Petroleum accumulation in Upper Paleozoic, Huangqiao region, Lower Yangtze Basin

Xia Zailian

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development,  
East China Branch Company, SINOPEC, Nanjing, Jiangsu 210036, China)

**Abstract:** The tectonic evolution, petroleum accumulation history, accumulation type and main controlling factors in Huangqiao region of the Lower Yangtze Basin were studied with the balanced cross section, fluid inclusion, geochemical and physical analysis methods. The tectonic evolution in Huangqiao region experienced 3 stages including the stable uplift and deposition, the extrusion and nappe, and the extension and rift. 2 periods of petroleum filling took place in the region. From the late Yanshanian to Himalayan, petroleum accumulated. During the late Himalayan, the reservoirs in the Upper Paleozoic were saved and finally formed. The reservoirs found in well HT3 belong to Longtan Formation. They were self-generated and self-reserved. Structures controlled petroleum accumulation. Physical properties influenced reservoir distribution.

**Key words:** petroleum accumulation; Upper Paleozoic; Huangqiao region; Lower Yangtze Basin

### 1 区域地质概况

下扬子区隶属扬子准地台东部,西邻涟黄大断裂,东连南黄海,北至鲁苏隆起,南以华夏隆起为界,陆上面积  $12 \times 10^4$  km。前人对下扬子构造性质及其演化特征有不同认识。下扬子属于扬子准地台东端的台褶带,即地台上构造活动性较强的古生代—三叠纪的拗陷带<sup>[1]</sup>。晚古生代属于断裂拗陷性质,发育有属于晚古生代的火山活动及成矿作用<sup>[2]</sup>。中生代该区演化受到南北两侧两条大断裂控制;侏罗—白垩系火山岩中包含有双峰式火山岩以及具有类似于大陆裂谷碱性玄武岩特征的岩石,显示了陆内裂谷的特征<sup>[3]</sup>。

黄桥地区构造上处于下扬子区南京拗陷(图 1),西起泰兴、东至如东与海域相接,南倚长江北岸,北靠海安,面积 4 000 多 km<sup>2</sup>。钻井及地震资料揭示本区保存了较完整的中、古生界,残留视厚 5~7 km,现埋深 1~5 km;上覆陆相中、新生界,局部残留断陷中的中、下侏罗统、下白垩统沉积厚度达 1 000~3 000 m;浦口组厚度在 700~1 500 m,保存较好,盐城组广泛分布。大部分地区处在海相中、古生界推覆体后缘的复向斜或对冲复背斜中,构造形变相对较弱。该区 HN9, S174, HY1, HN4, HN6, HN5 等井均在上古生界中见良好油气显示;黄桥大型二氧化碳气田,其产气层主要位于上古生界泥盆—二叠系,充分说明黄桥地区上古

收稿日期:2011-02-14;修订日期:2011-09-05。

作者简介:夏在连(1978—),男,博士,从事下扬子地区油气勘探研究。E-mail:xiazail781106@163.com。

基金项目:中国石化科技部项目(P10005)。

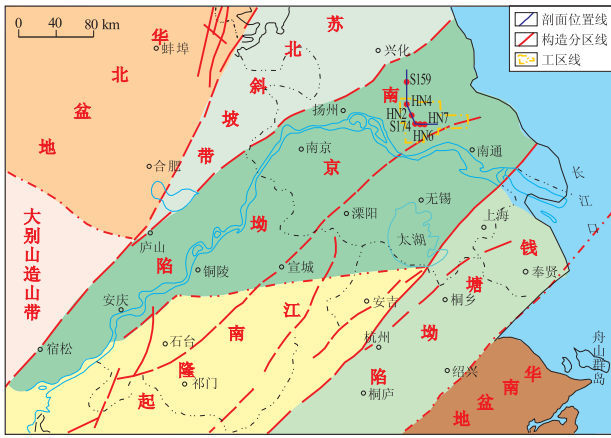


图 1 下扬子区构造区划示意

Fig. 1 Tectonic division of Lower Yangtze Basin

生界内部发育有形成大、中型气田的圈闭条件和保存条件；同时近期在二叠系龙潭组也取得了工业油流突破。以上发现充分显示了该区具有良好的油气成藏前景及勘探潜力。

## 2 黄桥地区构造特征

### 2.1 构造演化

根据区域构造演化<sup>[4-7]</sup>及平衡剖面制作结果(图 2),将黄桥地区构造演化划分为 3 个阶段。

#### 2.1.1 印支运动前平稳沉降阶段

震旦纪—三叠纪黄桥地区构造环境比较稳定,以振荡运动为特征,属于连续沉积的陆缘海和陆表海,极少火山活动。加里东、海西等期构造作用平稳,构造形态简单,构造格局以隆坳为特征。此时,黄桥地区几乎无形变,构造未成型。

#### 2.1.2 印支—燕山早、中期挤压推覆阶段

三叠纪末扬子板块与华北板块、华南板块相碰撞,使下扬子地区隆起造山,形成冲褶构造,这是古生代以来,本区遭受的最强烈的一次构造运动。强烈的隆升、推覆使中、古生代地层遭受褶曲和削蚀。大量钻井和地球物理资料也证实,此时黄桥地区海相中、古生界也发育较大规模的冲断推覆构造,推

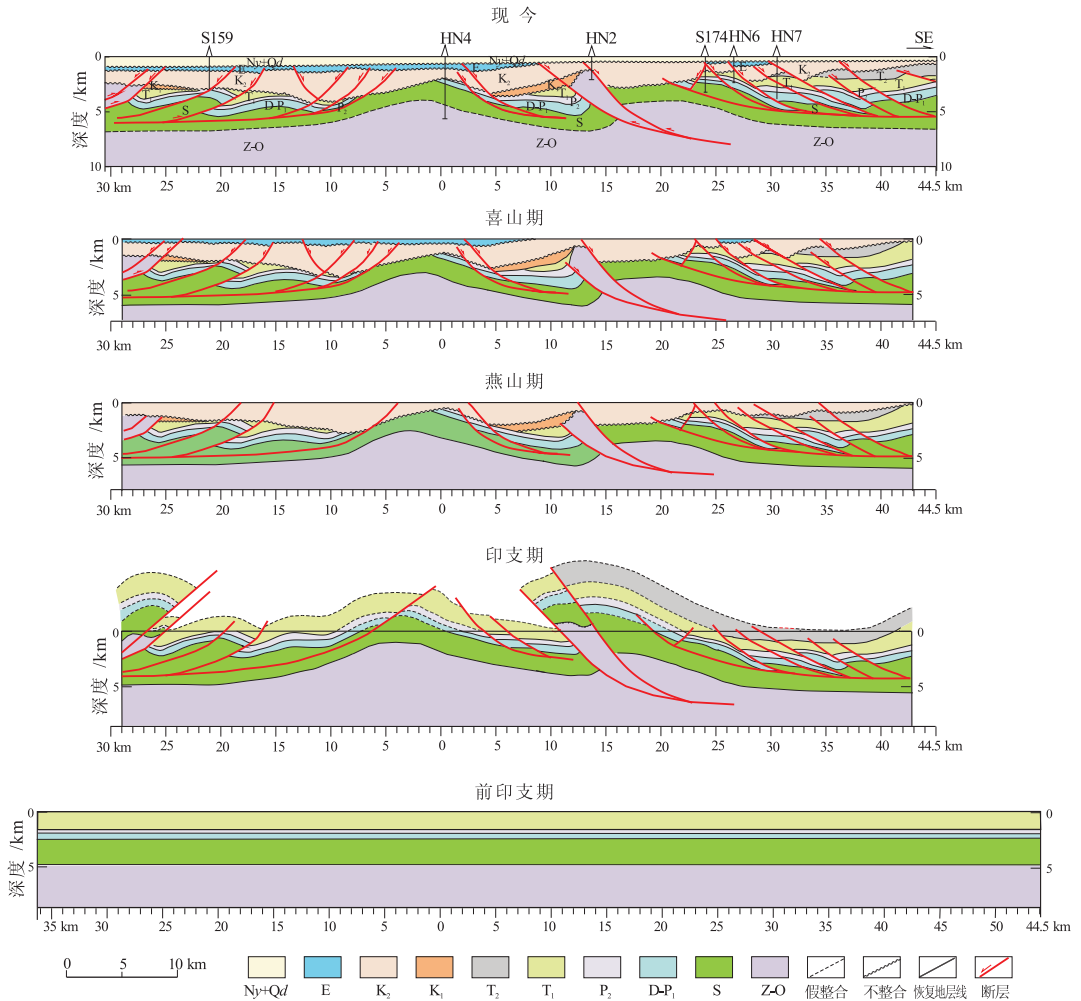


图 2 下扬子黄桥地区近 N-S 向构造演化剖面

剖面位置见图 1。

Fig. 2 N-S profile of tectonic evolution in Huangqiao region, Lower Yangtze Basin

覆构造以下志留统高家边组泥岩为滑脱面,在平面上具有明显的对冲构造特征。如 HN4 井以北一带发育一系列北西向南东逆冲的推覆构造,断层及褶皱挤压量 6.8 km;HN4 井以南一带发育一系列南东向北西逆冲的推覆构造,断层及褶皱挤压量 11.5 km。在 HN4 井处除剥蚀了中上二叠统一三叠系,还剥蚀了大量中古生界,奥陶系出露。印支期黄桥地区构造形成锥形,表现为一系列的推覆构造和逆冲牵引背斜。

### 2.1.3 燕山晚期—喜山期拉张裂隙阶段

晚白垩世—古近纪,下扬子地区应力场转变为 SE—NW 向的拉张,整体下降,广泛接受沉积。该阶段构造活动较强,先期逆冲断层发生构造反转,拉张断陷。如 HN4 井以北一带发育一系列北掉的正断层,地层拉张量 1.8 km;HN4 井以南一带发育一系列南掉的正断层,地层拉张量 2.1 km。不仅形成了 NNE 向以箕状凹陷和潜山凸起为特征的构造格局,还对中古生界冲褶构造进一步改造,使其更加复杂化。拉张走滑大断层既控制着古近系的沉积,又改造推覆冲褶构造,形成了今日新面貌。同时主断层伴生补偿正断层,致使黄桥地区形成了由一系列断垒和断鼻构成的构造。

## 2.2 构造特征

黄桥地区现今海相中古生界构造格局是经印支—早中燕山期褶皱推覆和晚燕山期拉张裂隙改造所形成的,其主要特征为:1)新老构造比较复杂,构造走向以 NE—SW 为主;2)构造破碎,大部分局部构造断断裂而存在,古生界冲断逆牵引背斜受印支晚期—燕山早期逆冲断层控制,浦口组的圈闭则受晚燕山期—喜山早期的断隆控制;3)构造走向与断裂走向基本一致,次级构造单元的划分均以断层为界,主要目的层埋深、形态、面积均受断层控制。

## 3 油气成藏分析

### 3.1 生烃史

区内主要发育 2 套生油岩:下古生界烃源岩和上古生界一下三叠统烃源岩。从纵向上看,本区海相下古生界烃源岩有机碳含量的高值分布层位是寒武系和志留系<sup>[8-9]</sup>;从岩性上看,主要是泥岩、碳质泥岩、泥灰岩。优质烃源岩主要是二叠系孤峰组泥岩、龙潭组泥岩、大隆组泥岩,泥岩有机质丰度则为 0.8%~16%。

根据黄桥地区钻井中现今烃源岩镜质体反射率<sup>[10]</sup>(表 1),黄桥地区上古生界成熟生油时间为晚白垩世;燕山晚期至喜山期(K<sub>2</sub>—E<sub>5</sub>)时R<sub>o</sub>值基本

表 1 下扬子黄桥地区海相上组合烃源岩镜质体反射率和演化阶段

Table 1 Vitrinite reflectance and evolution stage of source rocks from upper assemblage of marine facies, Huangqiao region, Lower Yangtze Basin

层位	井号	岩性	R <sub>o</sub> /%	热演化阶段
P <sub>2d</sub>	X1	泥岩	0.97	成熟阶段
	X2	碳质泥岩	1.56	
	X2	碳质泥岩	1.25	
	HN5	泥岩	1.07	
P <sub>2l</sub>	HN5	泥岩	0.98	成熟阶段
	HN5	泥岩	1.13	
	X1	泥岩	1.07	
	X1	泥岩	1.03	
	X2	泥岩	1.24	
P <sub>1g</sub>	X2	碳质泥岩	1.41	高成熟阶段
	X2	碳质泥岩	1.25	

可达 0.7%以上,故晚白垩世为本区上古生界烃源岩主要的晚期成藏期。本区上古生界烃源岩(含下三叠统)在印支—燕山期之前尚未/或进入生烃门限,但由于构造抬升,上古生界(含下三叠统)经印支—燕山早中期的褶皱、断裂及抬升,部分源岩还可能暴露地表,生烃停止;燕山晚期—喜山期拉张裂隙,沉积了中新世,上古生界(含下三叠统)烃源岩进入生烃高峰。因此区内上古生界与中、新生界叠置区有利于“海相上组合”<sup>[9]</sup>烃源岩晚期生烃,是有效烃源岩分布区。

### 3.2 成藏期次分析

根据 S174 井、C1 井龙潭组流体包裹体分析,S174 井在龙潭组孔隙方解石胶结物中检测到 3 期盐水包裹体:第 1 期 79.7℃,第 2 期 102.8℃,第 3 期 130.2℃;C1 井在龙潭组方解石胶结物中检测到 2 期盐水包裹体:第 1 期 81.4℃,第 2 期 122.8℃。可知黄桥地区至少存在 2 期油气充注。结合源岩生烃史分析,油气第 1 期充注时期为晚白垩世,第 2 期充注时期为第三纪。

### 3.3 油气成藏演化史

根据构造演化史、“海相上组合”烃源岩生烃史、流体充注期次的研究,可将黄桥地区上古生界油气成藏归纳为 3 期:印支运动前,“海相上组合”烃源岩尚未进入生烃门限,或进入生烃期,但缺乏圈闭无法聚集成藏;燕山晚期至喜山期由于中生界盆地沉降,使“海相上组合”烃源岩进入晚期生烃<sup>[8,11-12]</sup>,达到生烃高峰,生成的油气向已形成的上古生界内幕圈闭运移;晚喜山期“海相上组合”源岩再次深埋增熟,进入二次生烃高峰,圈闭再次充注烃类,使上古生界内幕油气藏得以保存并最终定型。

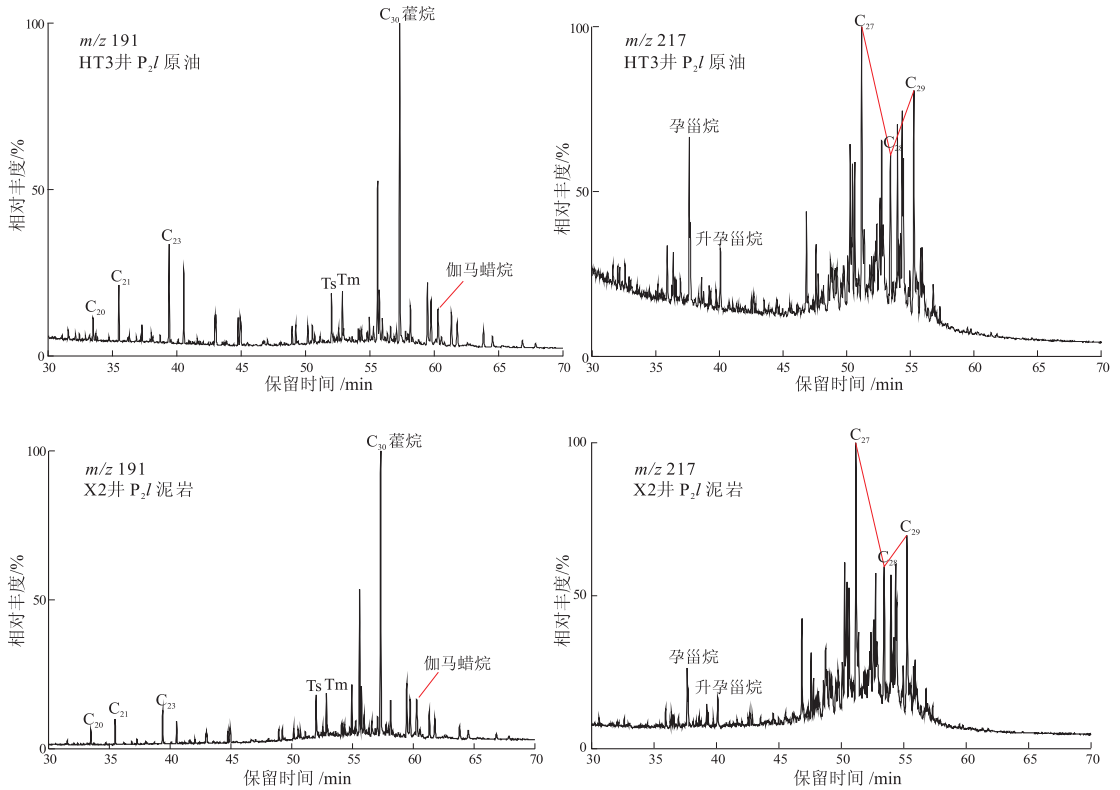


图 3 下扬子黄桥地区 HT3 井原油、X2 井龙潭组源岩部分生物标志物特征

Fig. 3 Biomarkers of crude oil from well HT3 and source rock of Longtan Formation from well X2, Huangqiao region, Lower Yangtze Basin

### 3.4 HT3 井油藏类型

通过对黄桥地区溪桥老井进行复查,共有 8 口井在龙潭组发现了含油层位。其中 HT3 井于 1 600 m 左右解释出油层。对该油层进行压裂测试,获得稳定工业油流,实现了下扬子地区上古生界油气勘探的重大突破。通过 HT3 井龙潭组原油和 X2 井龙潭组源岩生物标志物特征(图 3)及碳同位素特征的对比,可看出 HT3 井原油主要来自二叠系龙潭组烃源岩。表明了 HT3 井油藏龙潭组上部致密砂岩油层夹在大隆组、龙潭组、孤峰组烃源岩中,属于自生自储型油藏。

### 3.5 成藏主控因素

#### 3.5.1 构造是油气成藏的主要控制因素

溪桥构造具有形成早,长期继承性发育的特点。溪桥构造 S174—HN9 块构造高背景较为明显,构造高带被区内 2 条次级小断层切割成 3 个断鼻,构造变得破碎,即便如此,构造整体背景依然存在,因此溪桥构造得以成藏。同时,构造又控制了油藏的形成演化。

#### 3.5.2 物性是控制油藏分布的重要因素

虽然 HT3 井目前证实了溪桥构造油气成藏,但同处该构造的其他老井虽见良好的油气显示,但

始终没有获得工业油流。究其原因之一,可能和储层的非均质性有关。通过岩心物性测试及测井解释,得出龙潭组砂岩孔隙度在 4%~12% 之间,初步得出储层物性是控制油藏分布的重要因素。

## 4 结论

1) 黄桥地区构造演化经历了平稳隆降、挤压推覆、拉张裂陷 3 大时期。

2) 通过生烃史研究、流体包裹体分析,得出黄桥地区存在 2 期油气充注的历史,即燕山晚期至喜山期油藏形成,晚喜山期上古生界内幕油气藏得以保存并最终定型。

3) HT3 井油藏属于龙潭组自生自储型油藏。

4) 构造是油气成藏的主要控制因素,物性是控制油藏分布的重要因素。

#### 参考文献:

[1] 黄汲清,任纪舜,姜春发,等. 中国大地构造及其演化[M]. 北京:科学出版社,1980:35.  
 [2] 徐克勤,朱金初,任启江. 论中国东南部几个断裂拗陷带中某些铜铁矿床的成因问题[C]//国际交流地质学论文集第 3 册. 北京:地质出版社,1980:39.

生上储型组合。受古珠江三角洲影响,恩平凹陷这一时期主要为三角洲前缘—前三角洲沉积,砂岩储层相对发育,物性好,但缺乏厚层区域性盖层,各海泛期的前缘分流间湾和前三角洲亚相泥岩是主要的盖层,珠江组上段泥岩一般占 50%~68%,最大厚度达 50 m,起地区性和局部性封盖作用。

总体来说,受北部物源区的控制,恩平凹陷北部断裂构造带和中央断裂构造带浅层地层砂岩含量普遍偏高,缺乏厚层泥岩盖层,晚期聚集的油气难以保存,也是导致这 2 个构造带浅层钻探失利的原因之一。而南部斜坡构造带主要目的层珠江组—韩江组为三角洲前缘—前三角洲沉积,储盖组合是恩平凹陷最有利地区,目前钻探的几口井也证实了这一点。

### 2.4 油气成藏模式

恩平凹陷可分为上下 2 个构造层,文昌组和恩平组为下构造层,珠海组及其以上地层属于上构造层。下构造层文昌组发育地层、岩性圈闭,洼陷内发育断裂反转构造,洼陷边缘受断裂影响可以形成岩性—构造复合型圈闭<sup>[5,8]</sup>,边界断裂后期不活动,早期形成的圈闭封闭性相对较好,对早期捕获的油气保存有利。在洼陷内恩平组局部发育河、湖沼泽相泥岩,与河流相砂岩储层可以形成良好的储盖组合,是深层重要的勘探层系。因此,下构造层应以文昌组地层、岩性圈闭或岩性—构造复合圈闭勘探为主,兼探恩平组构造圈闭。

上构造层晚期断裂发育,是主要的构造形成期,断裂的封闭性差,并且多在排烃高峰期结束之后活动,对晚期圈闭成藏和保存不利,其成藏主要取决于区域盖层的发育程度。从钻探结果看,以自圈构造成藏为主,断圈构造成藏规模小,以远离古珠江三角洲物源区的南部斜坡带较有利。

综上所述,恩平凹陷的成藏模式为:上构造层以自圈构造成藏为主,南部斜坡带成藏条件优越;下构造层以地层、岩性圈闭和断圈构造成藏为主,近洼勘探有利(图 3)。

### 3 结论

1)受生烃洼陷的控制,恩平凹陷的油气分布具有环洼分布、近源聚集的特征,靠近洼陷含油气层位深、纵向跨度长。

2)本区油气成藏的关键是运移条件,南部缓坡带内带是油气运移的优势方向。

3)恩平凹陷发育文昌组、恩平组上段和珠江组—韩江组 3 套有利储盖组合,并控制了油气的纵向分布。

4)恩平凹陷中央断裂构造带深层和南部缓坡构造带内带浅层是恩平凹陷最有利、最具潜力的成藏区带。

#### 参考文献:

[1] 陈长民. 珠江口盆地东部石油地质及油气藏形成条件初探[J]. 中国海上油气,2000,14(2):73-83.  
 [2] 黄丽芬. 层序地层学在陆相沉积凹陷分析中的应用:以珠江口盆地恩平凹陷为例[J]. 中国海上油气,1999,13(3):159-168.  
 [3] 陈长民,施和生,许仕策,等. 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.  
 [4] 傅宁,丁放,何仕斌,等. 珠江口盆地恩平凹陷烃源岩评价及油气成藏特征分析[J]. 中国海上油气,2007,19(5):295-305.  
 [5] 吕成福,陈国俊,王天琦,等. 恩平凹陷第三系文昌组异常岩性体特征[J]. 石油学报,2008,29(3):368-377.  
 [6] 傅宁,何仕斌,张功成. 珠江口盆地恩平凹陷油气充注期次及时间[J]. 矿物岩石地球化学通报,2009,28(1):42-47.  
 [7] 赵忠新,王华,郭齐军,等. 油气输导体系的类型及其输导性能在时空上的演化分析[J]. 石油实验地质,2002,24(6):527-536.  
 [8] 陈国俊,吕成福,李玉兰,等. 珠江口盆地恩平凹陷文昌组浊积体含油性分析[J]. 沉积学报,2008,26(5):881-885.

(编辑 黄娟)

~~~~~  
 (上接第 508 页)

[3] 吴言昌. 长江中下游裂谷初探[J]. 安徽地质科技,1987(1):27-34.  
 [4] 何明喜,杜建波,古哲,等. 下扬子北缘前陆盆地构造变形样式[J]. 石油实验地质,2006,28(4):322-326.  
 [5] 王金渝,周荔青,郭念发,等. 苏浙皖石油天然气地质[M]. 北京:石油工业出版社,2000:1-23.  
 [6] 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.  
 [7] 杜建波,何明喜,张艳霞,等. 下扬子北缘前陆盆地构造演化及沉积特征[J]. 石油实验地质,2007,29(2):133-137.  
 [8] 俞凯,郭念发. 下扬子区下古生界油气地质条件评价[J]. 石

油实验地质,2001,23(1):41-50.  
 [9] 张淮,周荔青,李建青. 下扬子地区海相下组合油气勘探潜力分析[J]. 石油实验地质,2006,28(1):15-19.  
 [10] 张建球. 下扬子区中、古生界构造演化与油气藏形成史[J]. 石油与天然气地质,1996,17(2):145-148.  
 [11] 袁玉松,郭彤楼,付孝悦,等. 下扬子地区热历史与海相烃源岩二次生烃潜力[J]. 现代地质,2006,28(2):284-290.  
 [12] 曾萍. 下扬子区下组合烃源岩热演化及有效性研究[J]. 天然气地球科学,2010,21(1):54-61.

(编辑 徐文明)