

下扬子地区中古生界叠加改造 特征与多源多期成藏

郭彤楼

(中国石化 南方勘探开发分公司, 云南 昆明 650200)

摘要: 下扬子区是一个经历了多期构造运动改造的叠合盆地, 2 种构造体制、2 个世代盆地造就了下扬子地区复杂的构造格局。朱家墩气田等 4 种典型油气藏表明, 中古生界在地史上曾经发生过大规模的油气生成、运移和聚集成藏, 本区确实存在多源、多期成藏, 立足于寻找有中上古生界地质实体、具备后期保存条件的地区, 一定能实现中古生界油气勘探的重大突破。

关键词: 下扬子地区; 叠合盆地; 印支运动; 成藏

中图分类号: TE122. 3

文献标识码: A

1 问题的提出

下扬子区中古生界在地史上曾经发生过大规模的油气生成、运移和聚集成藏, 这一点毋庸置疑。究竟是哪些因素制约了本区油气勘探取得突破? 我们又应该采取什么对策来解决它? 长期以来这一直是苦苦思索的问题。经过对下扬子区中古生界多年的研究和勘探^[1~6], 人们逐渐认识到: a) 保存是核心, 要寻找“有效保存单元”; b) 2 种构造体制、2 个世代盆地造就了下扬子地区复杂的构造格局, 也导致了多期、多源成藏; c) 中古生界在多旋回改造之后, 构造变形在平面上和纵向上有强、弱之分, 平面上的滑脱带和纵向上的下古生界相对简单, 因此要“动”中找“静”; d) 在单一地震技术还不能解决本区地质问题的现状下, 要走多种地球物理方法综合勘探之路。本文主要对中古生界叠加改造特征与多源、多期成藏问题, 从以下几个方面加以探讨, 以期有助于本区的油气勘探。

2 两种构造体制、两个世代盆地造就了下扬子地区复杂的构造格局

朱夏(1986)曾强调“运动体制的变化是形成含油气盆地的重要条件”, “我国有属于 2 个地质历史阶段、2 种全球热- 构造运动体制相联系的 2 套富

含油气远景盆地”。在下扬子地区 2 种运动体制的差异, 突出表现在印支运动前后。根据目前的资料, 印支运动应属扬子板块与华北板块拼合、碰撞的前奏, 表现为扬子板块向华北板块的俯冲, 时限为中三叠世—中侏罗世后。这一碰撞经历了较长时间的持续挤压作用, 这种挤压作用除了形成本区中生代期间不同期次的冲断推覆构造以外, 还使前陆盆地中的不同时代的沉积地层形成多个不整合(黄马青群与下伏地层之间, 象山群、上侏罗统、上白垩统与下伏地层之间), 反映下扬子中生代前陆变形具有明显的阶段性, 上述各个不整合代表了前陆变形的 3 个强烈期(早三叠世末、晚三叠世末、中侏罗世末)。之后本区进入了拉张- 挤压交替改造、大型坳陷与断拗复合型盆地发育阶段, 中生代盆地的上覆沉积可合并为 3 套, 苏南和苏北有较大差异。第 1 套, 浦口—赤山组大型坳陷沉积。底部为成分混杂的巨砾, 起因于早白垩世末一期推覆造山活动产生的近源山麓堆积, 向上过渡为湖相。之后则发生仪征事件抬升, 现在见到的大多属于残留盆地。第 2 套为上白垩统一古新统泰州组至始新统三垛组, 属新生代盆地主体。其中阜宁组属大型坳陷, 戴南—三垛组为断- 拗复合型盆地沉积, 渐新世为抬升期。由于断陷斜坡处地层削蚀较多, 从而出现“古大于今”埋深情况。第 3 套为上第三系盐城组, 下部为断陷, 向上过渡为坳陷。

苏南和苏北的不同点在于, 苏北出露中古生界

基岩时代偏老,卷入推覆地层时代也老(Z—S),后期断陷沉降幅度大,新生代地层厚度亦大。经过此期改造之后,于现今构造主剖面上见到的中古生界基岩顶面一般呈“锯齿形”与上覆第三系的梯形、三角形呈正反叠置:断面一侧新生界地层与之呈突变过渡,斜坡一侧翘升为“单面山”,称为“新生隆起”。苏南普遍残存中、上古生界地层,卷入推覆地层最老的为志留系,后期反转幅度小,新生代地层呈零星分布,并主要分布在茅山以东,南京以西(图1)。

总之,下扬子区的构造演化经历了2次发展阶段,形成多旋回盆地,构造改造强烈,改造的主要方式是逆冲推覆与拉伸反转,早期挤压推覆形成复杂的构造格局,后期伸展拉张再次破坏原有的构造,由此造就了下扬子地区复杂的构造格局,圈闭类型多而复杂。

3 油气显示的多样性与多源、多期成藏

3.1 油气显示的多样性

下扬子区海相中、古生界油气显示异常活跃,油气显示层位多、数量大、分布广,全区在震旦系—古生界—中、新生界的不同层位发现原油、油斑、油迹、荧光、二氧化碳、天然气、固体沥青等诸多油气显示。

在有些地区已取得一定的油气产能,形成了原油、天然气和CO₂气田。

油气显示宏观上分为南、中、北3个区带:a)南区——皖南—浙西下古生界固体碳沥青带,早期成藏、早期破坏,对目前勘探意义不大;b)中区——下扬子复向斜区油苗发育带为古油藏,遭受一定散失;c)北区——苏北新生代盆地天然气、新生古储油、无机二氧化碳气显示带,对目前勘探意义最大。

海相中、古生界油气显示具有如下特点:a)从来源看,有古生古储、古生新储、新生古储、无机成因等类型;b)就储集层系而言,涉及中、新生界至下古生界;c)从油气属性上分,有重油、轻质油、凝析油、二氧化碳气、天然气、固体沥青等。

3.2 4种典型的油气藏类型

本区自北向南依次发现了4种典型的油气藏,分别为苏北盆地盐城凹陷朱家墩气田,中部通扬隆起的黄桥二氧化碳气田,苏南句容的三叠系和二叠系油藏,浙江余杭的泰山古油藏。

3.2.1 朱家墩气田

朱家墩气田位于苏北盆地盐城凹陷,为古生新储型气藏(图2),不同学者从地球化学角度,探讨了朱家墩气田天然气的来源,一致认为朱家墩气藏的烃源主要来自下伏海相中古生界,而且来自上古生

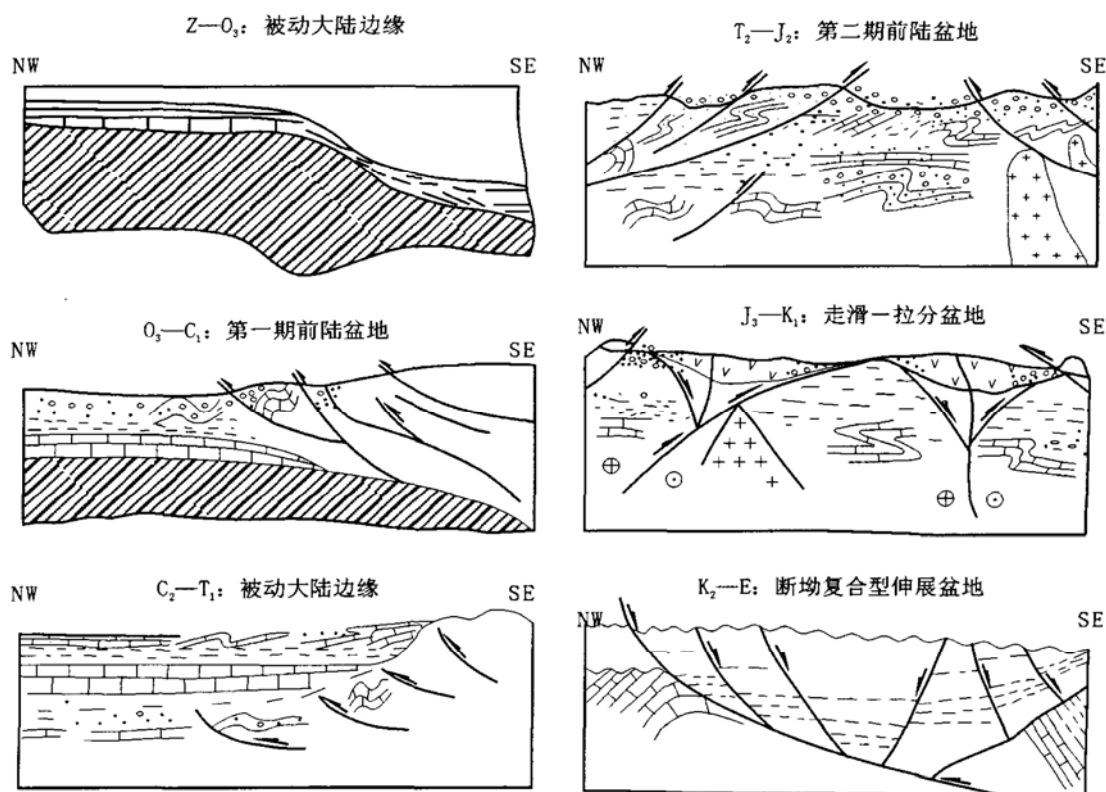


图1 下扬子区古生代以来盆地演化示意图

Fig. 1 Schematic diagram showing basinal evolution since Paleozoic in Yangzi area

界的可能性较大^[7~9]。

3.2.2 黄桥二氧化碳气田

黄桥气田位于苏北泰兴县黄桥镇, 构造位置处于中—古生界的泰兴—如皋推覆构造带或新生界的通扬隆起北缘。黄桥气田实际包括了溪桥浅层气藏和黄桥二氧化碳上、下两个气藏, 两者呈上下叠置, 气体组成有异, 但成因上有紧密联系(图3)。

黄桥二氧化碳气田于1983年10月钻探苏174井时发现, 日产二氧化碳 $36 \times 10^4 \text{ m}^3$, 探明加控制储量达 $260 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[10]。该气藏具有以下主要特征: a) 具有多旋回构造背景, 为一被多组断层切割的背斜圈闭; b) 深层气藏与浅层气藏上下叠置, 均为无机成因, 深层气藏衍生出浅层气藏; c) 气藏具有非均质、块状、多气藏组合的特点; d) 裂隙、溶隙是二氧化碳气藏主要的储集空间。

3.2.3 句容的三叠系和二叠系油藏

地矿、石油、煤炭等不同的部门在句容地区已钻各类井90口, 其中65口井见不同程度油气显示, 层位涉及泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、白垩系, 大部分井见油, 口口不流, 只有句容油藏上的容2、容3井、句12井在印支—燕山面上下层位获低产工业油流, 容2、容3井短时工业油流井(容2、容3井分获初产 6.6 m^3 和 10.1 m^3 工业油流), 属于古生界“自生自储”裂缝型残留油藏(图4)。

3.2.4 泰山古油藏

浙江余杭泰山古油藏位于杭州西约30 km, 余杭、临安、富阳3县交界地带, 大地构造上属于下扬子区钱塘坳陷的印渚东辉凸起。古油藏的形成、发展受该凸起上的一个北东向延伸的基底背斜控制, 古油藏产于震旦系上统西峰寺组和寒武系下统荷塘组中。泰山地区沥青分布层位多, 范围广, 主要分布在上震旦统西峰寺组和下寒武统荷塘组内, 下奥陶统闲林组内碎屑灰岩和中下奥陶统笔石页岩层间也有少量发现(图5)。泰山震旦系西峰寺组中的古油藏, 形成于加里东期。储层和圈闭受古隆起的控制, 储集空间属于孔隙型。油藏类型多且以同沉积背斜型和藻礁型(地层型)为主, 规模大, 储量丰富。但由于埋藏深、埋藏时间过长, 经受的热演化程度过高, 油藏由液态相变为固体沥青。

对这4种油气藏前人已做过大量的研究, 对本区中古生界油气勘探带来的启示主要是:

a) 证实了在 K_2 —E 重建型保存单元内, 海相中、古生界烃源岩晚期供烃、晚期次生成藏的现实性, “二次生烃”不仅存在, 而且可以形成一定规模的气藏, 它对苏北盆地乃至其它类似地区都具普遍

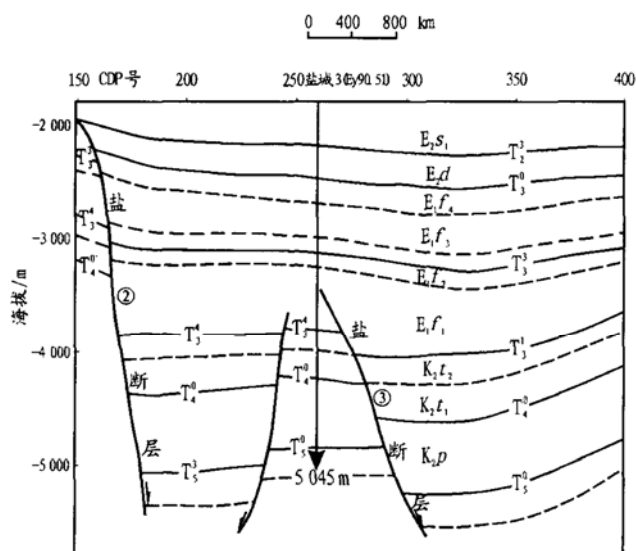


图2 过朱家墩气田构造剖面

Fig. 2 A structural profile passing through Zhuziadiun gasfield

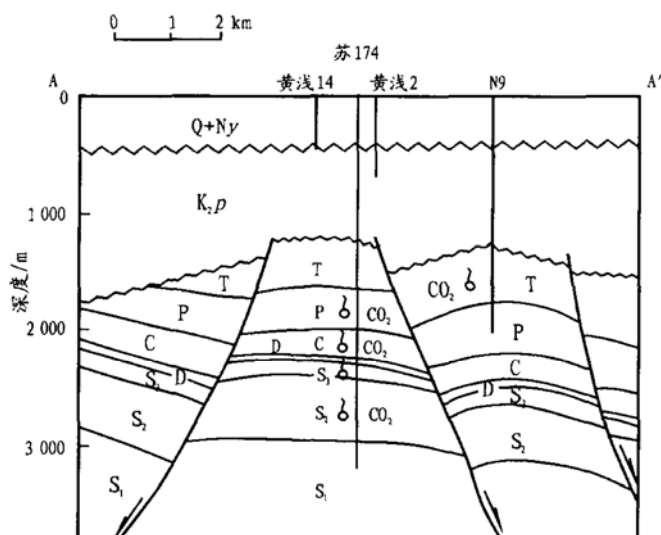


图3 过黄桥二氧化碳气田构造剖面

Fig. 3 A structural profile passing through Huangqiao CO₂ gasfield

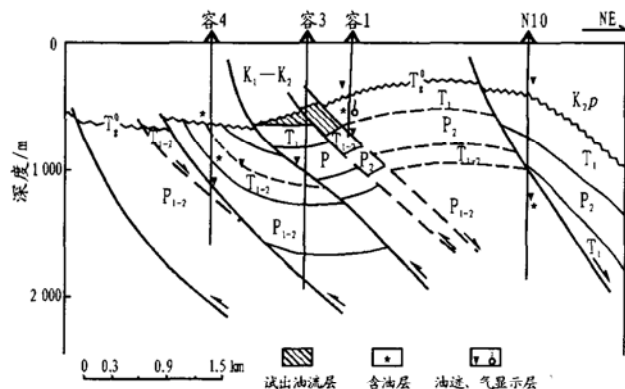


图4 句容的三叠系和二叠系残留油藏

Fig. 4 The residual Triassic and Permian reservoirs in Jurong area

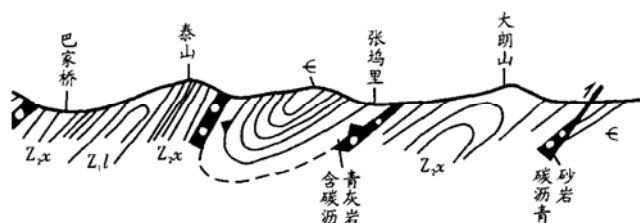


图5 泰山古油藏示意图

Fig. 5 A schematic cross section of paleo-reservoir in Taishan area

表1 黄桥地区烃源岩厚度

Table 1 Thickness of source rocks in Huangqiao area

钻井	T _{1q}	P _{2d}	P _{2l}	P _{1g}	P _{1q}	累计厚度/m
S174	228	47.5	122.5	35	190.5	623.5
XS159	0	113.5	74	214	401	
N4	0	0	0	0	34.5	34.5
N5	257.5	13.5	124	14	227.5	636.5
N6	121	58.7	165.3	61.7	253.8	660.5
N7	344	37	209	16	174.4	> 779.4
N9	252.8	39.2	67.4	34.3	31.4	> 425.1
N12	0	0	249.6	32.5	295.5	> 577.6
N13	102.5	10	172	79.5	291.5	655.5
N16			88.7	34.3	240.5	> 274.8
长1	252.5	10	217.5	36	29.7	> 545.7

指导意义。

b) 4 种类型油气藏表明, 储层不是油气勘探的制约因素。

c) 本区确实存在多源、多期成藏, 立足于寻找有中上古生界地质实体、具备后期保存条件的地区, 一定能实现中古生界油气勘探的重大突破。

d) 形成了新的勘探思路, 苏北盆地等中生代盆地覆盖区, 由于受后期张性构造的叠加改造, 使得海相中古生界的成藏条件变得极其复杂和苛刻, 加之地震勘探无法得到好的海相内幕资料, 因此现阶段寻找海相中古生界天然气, 要从海相内幕转向印支面及其上的中、新生界, 从挤压构造层转向伸展构造层, 尤其类似朱家墩气田的凹中隆更是值得重视的勘探对象。

4 立足中上古生界地质实体、定位于晚期成藏, 是下步的勘探方向

中上古生界地质实体是本区进行油气勘探的物质基础, 这是因为:

a) 圣科 1、海参 1 井、N1 井等推覆倒转地层剖面证实存在后期增熟现象, 圣科 1 井位于句容地区, 在中、上古生界钻遇向斜, 向斜上翼二叠系埋深 570~ 670 m, R_o 为 0.71%~ 0.89%; 下翼重复出现

的二叠系, 埋深为 2 074~ 2 424 m, R_o 为 1.32%~ 1.55%。向斜上、下翼成熟度差异应来自褶皱之后再次深埋产生的成熟度调整(或称为“淹没”)作用, 单纯的褶皱(J₃—K₁ 时期)不可能产生这一现象。

b) 张淮等对黄桥地区 P, T 流体包裹体色-质谱图、赭图谱的分析, 以及与烃源岩的甾烷色-质谱图和各种参数的对比, 表明印支面附近的 S174 井 K_{2p}; N9 井 T₁, N7 井 P_{1q}, N12 井 K_{1g}, C_{3c}; N2 井 O_{1h}; 长 1 井 T_{1q}; N2 井-C_{2p} 抽提物的 m/z 217 甾烷色-质谱图与 P_{2d}, P_{2l}, C_{3h} 的烃源岩的 m/z 217 甾烷色-质谱图具有很好的可比性。说明这些烃源主要来自 P_{2d}, P_{2l} 组。

根据钻井揭示的烃源岩的镜质体反射率和最高热解峰温值看, 黄桥地区青龙组泥岩 R_o 为 0.66%, T_{max} 在 430~ 435 °C 之间, 青龙组灰岩 R_o 为 1.02%, T_{max} 在 430~ 445 °C 之间; 龙潭组泥岩 R_o 在 0.66%~ 0.95% 之间, T_{max} 在 428~ 470 °C 之间; 大隆组泥岩 R_o 在 0.73%~ 0.79% 之间, T_{max} 在 433~ 507 °C 之间; 孤峰组泥岩 R_o 在 0.72%~ 1.12% 之间, T_{max} 在 433~ 475 °C 之间; 栖霞组泥岩 R_o 为 1.18%, T_{max} 在 435~ 521 °C 之间, 栖霞组灰岩 R_o 在 0.52%~ 1.35%, T_{max} 在 434~ 512 °C 之间, R_o 平均值 < 1.18%, T_{max} 值 < 471 °C, 绝大部分可归入低成熟—成熟生油岩范畴。

c) 不同学者从地球化学角度, 探讨了朱家墩气田天然气的来源, 一致认为朱家墩气藏的烃源主要来自下伏海相中古生界, 而且来自上古生界的可能性较大^[7,8]。

d) 中上古生界具有足够厚的烃源岩, 以黄桥地区为例(表 1), 仅从烃源岩成熟度、有机质丰度、厚度来看, 本地区并不缺乏烃源岩, 但令人关注的问题是, 中上古生界的分布与保存状况如何, 这是本区油气成藏规模的关键, 笔者认为本区中上古生界的分布很广泛, 证据如下:

1) 大量的钻井揭示苏北的主要隆起、凸起均有三叠、二叠及石炭系保存;

2) 不少探井揭示在震旦、寒武系等推覆构造之下保存有上古生界地层, 如镇 4 井; 同时以新生界凹陷区揭示寒武系的兴参 1 井为例, 在中生界浦口组之下不整合面即为中寒武统炮台山组, 在不到 100 Ma 的时间内, 正常的抬升剥蚀很难造成五六千米的地层缺失;

3) 苏皖南茅山露头资料证实, 志留系、泥盆系推覆体山头之下即为断层接触的石英、二叠系。上述几个方面表明, 在下扬子地区中上古生界的分布与

保存应该是很广泛的, 立足于寻找有中上古生界地质实体、具备后期保存条件的地区, 一定能实现中古生界油气勘探的重大突破。

参考文献:

- 1 丁幼文, 朱慧娟, 恽龄玲等. 下扬子盆地的地壳深部结构与盆地演化的研究[J]. 石油实验地质, 1985, 7(1): 70~78
- 2 丁道桂, 李萍, 吕俊祥. 下扬子地区晚古生代含油气盆地原型[J]. 石油实验地质, 1987, 9(3): 272~282
- 3 陈焕疆, 邱之俊. 中扬子区与上、下扬子区油气地质条件的对比分析[J]. 石油实验地质, 1988, 10(4): 305~314
- 4 郭念发, 雷一心. 下扬子区中生界油气地质条件评价[J]. 石油实验地质, 1998, 20(4): 354~361
- 5 闫吉柱, 俞凯, 赵曙白等. 下扬子区中生代前陆盆地[J]. 石油实验地质, 1999, 21(2): 95~99
- 6 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): 41~46
- 7 侯建国, 陈安定, 肖秋生等. 盐城天然气藏地质特征及其勘探意义[J]. 石油实验地质, 2001, 23(2): 183~185

SUPERIMPOSITION AND MODIFICATION OF THE MESOZOIC AND PALEOZOIC BASINS AND MULTI-STAGES OF HYDROCARBON ACCUMULATION WITH MULTIPLE SOURCE ROCKS IN LOWER YANGTZE AREA

GUO Tong-lou

(Southern Exploration and Development Company, SINOPEC, Kunming, Yunnan 650200, China)

Abstract: Lower Yangtze area is a superimposition basin modified by multiple tectonic movement. It showed complicated structural pattern as a result of existence of two tectonic mechanisms and two generations of basins. Four typical oil and gas fields, such as Zhujiadun gasfield, indicated that a large scale of hydrocarbon generation, migration and accumulation were occurred during Mesozoic and Paleozoic. There are reservoirs with multiple sources and repeatedly accumulation in the area. The area with Upper Paleozoic and Mesozoic geological bodies and good preservation condition is potential target for petroleum exploration.

Key words: Lower Yangtze area; superimposed basin; Indosinian movement; hydrocarbon accumulation

(continued from page 318)

from north to south, and NW-trending structures divided the Jurassic into some blocks from west to east. Several thickness centers formed because of the controlling of NW-trending and near EW-trending structures. The Early-Middle Jurassic basin was an extensional faulted basin, in which major hydrocarbon source rocks were deposited. And the Late Jurassic-Cretaceous basin was a compressional basin. From the Early Jurassic to the Cretaceous, strata deposition migrated from south to north and from west to east. The deposition of the Cenozoic basin superposed on the Jurassic basin played an important role in the preservation of the Jurassic, and promoted oil and gas generation. Structure deformation and combination of the Cenozoic provided favorable conditions for the oil and gas pool formation of the study area.

Key words: structural characteristic; evolution; the Jurassic basin; the northern margin of the Qaidam Basin