石油与天然气地质
第 26 卷 第 1 期 OIL & GAS GEOLOGY 2005 年 2 月

文章编号: 0253- 9985(2005)01- 0049- 07

南黄海中- 古生代海相残留盆地埋藏生烃史模拟及其意义

戴春山, 杨艳秋, 闫桂京
(青岛海洋地质研究所, 山东青岛 266071)

摘要: 南黄海南部地区二叠系上统大隆组—龙潭组和三叠系下统青龙组的海相残留盆地形成于印支至燕山运动早期, 为一系列的逆冲背斜断垒带组成, 与苏北地区南京- 安丰对冲带相接, 经历克拉通形成、挤压冲断和裂陷走滑三个演化阶段。大隆组—龙潭组和青龙组是其主要的烃源岩。根据构造演化、地层结构的不同, 可将南黄海地区划分为两种生烃模式: 勿南沙隆起一次深埋藏一次生烃模式, 潜山内幕油气藏是主要勘探对象; 而在南部坳陷区则为两次深埋藏两次生烃模式, 可形成海相和陆相多套含油气系统和油气藏, 潜山油气藏、潜山内幕油气藏是其主要勘探对象。

关键词: 中、古生界; 残留盆地; 埋藏生烃史; 南黄海
中图分类号: TE111.1 **文献标识码**: A

Modelling of burial and hydrocarbon-generation histories of Meso-Paleozoic marine residual basins in South Yellow Sea and its geologic significance

Dai Chunshan, Yang Yanqiu, Yan Guijing

(Qingdao Marine Geology Research Institute, Qingdao, Shandong)

Abstract: Taking the Upper Permian Dalong-Longtan Formations and the Lower Triassic Qinglong Formation in the southern part of South Yellow Sea as examples, it is discusses exploration and appraisal methods of this remnant marine basin. According to analysis, the residual basin was formed during Indosinian and early Yanshanian. It was composed of a series of thrusted anticline-horst zones and was connected with the Nanjing-Anfeng ramp zone. It experienced three evolutionary stages, including craton formation, compressional thrusting and chasmic strike slipping, which resulted in two hydrocarbon generation modes, with Dalong-Longtan Formations and Qinglong Formation to be the source rocks, respectively. The former has been deeply buried and accompanied by hydrocarbon generation just for one time, just like those in Wunansha uplift, where the buried hill oil and gas reservoirs would be the main exploration targets. The latter has been deeply buried twice and each to be accompanied by hydrocarbon generation, just as those in the southern downwarping region, where several marine and continental petroleum systems and oil and gas accumulations might have been developed.

Key words: Meso-Paleozoic; residual basin; burial and hydrocarbon-generation history; South Yellow Sea

据海上钻井和地震资料证实, 南黄海地区属扬子克拉通的东延部分, 后经印支—燕山 iv幕时期的扬子和华北地块的挤压冲断及剥蚀, 形成了中、古生代海相残留盆地。1999 年, 随着苏北盆地以中、古生界为气源岩的朱家墩气田的发现[1]*, 激起了人们对中、古生代海相残留盆地油气勘探的关注, 但其后相继钻探的常州 35- 2- 1(勿南沙隆起)等两口井, 虽然揭示了巨厚的中、古生代海

第一作者简介: 戴春山, 男, 61 岁, 研究员, 石油地质与海洋地质
收稿日期: 2005- 01- 16
* 陈安定, 刘东鹰, 刘子满. 江苏中、古生界源岩"二次生烃". 碳酸盐岩油气勘探研讨会, 2001. 1~ 5

相地层, 但均未见油气流, 从而引起了人们对海相残留盆地评价研究思路的思考。

大量事实证明, 中、古生代海相残留盆地存在多套烃源岩[2]。因此, 烃源岩的评价不是主要问题, 关键是要在确定残留盆地边界的基础上, 恢复其剥蚀量, 研究盆地的埋藏史和生烃史, 从而确定其生烃期次和成藏组合, 以进行油气评价和勘探。按上述技术思路, 研究中选择了南黄海南部盆地下三叠统青龙组、上二叠统大隆组—龙潭组为研究对象, 编制了青龙组顶面(T_8)、青龙组底面(T_9)和大隆组—龙潭组底面(Tg)以及白垩系和第三系等 7 层构造图和沉积相图等基础图件, 在此基础上研究其埋藏史和生烃史, 以进行海相残留盆地的油气评价。

1 地质模型

1.1 地层结构

与华北地块的渤海湾盆地不同, 本区具有较为完整的加里东期、海西期、印支期海相层序以及中、新生代陆相地层层序, 其变质基底为太古界—元古界变质岩系。据重磁反演和地震解释, 其中、古生界海相地层最大厚度约 5 000 m。钻井揭示的中、古生界海相地层层序由老至新为: 石炭系下统的高丽山组、和州组、中统的黄龙组和上统的船山组, 二叠系下统的栖霞组、孤峰组, 上统的龙潭组、大隆组, 三叠系下统的青龙组和中统的周冲村组。上覆有陆相地层白垩系, 但分布局限, 厚度较小, 为河流-滨湖相沉积, 见 *Cypridea* sp. 女星介和 *Cypridea arciformis* 拱女星介古生物组合。据地震资料解释, 白垩系与古近系阜宁组为整合或假整合接触, 初步确定为白垩系上统泰州组, 未见侏罗系和下白垩统; 白垩系与下伏的三叠系呈不整合接触, 其上覆为古近系和新近系河流湖泊相沉积。

据地震资料解释和钻井揭示, 本区有两种地层结构类型。其一为勿南沙隆起型(图 1), 该区除勿一和勿二凹陷等局部地区外, 大部分为新近系与青龙组不整合接触。据已完钻的常州 35-2-1 井, 钻井揭示新近系盐城组埋深 1 185.5 m, 直接不整合覆盖在三叠系下统青龙组之上, 青龙组底界2 077.0 m, 厚度 891.5 m, 大隆组底界深度2 192.0 m, 厚度 115.0 m; 龙潭组底界深度2 462.0 m, 厚度 270.0 m, 井底为栖霞组未穿。这种地层结构反映了勿南沙隆起只经历过中、古生代时期的一次深埋藏过程。其二为南部坳陷型, 即在中、古生代海相层之上覆盖着巨厚的中、新生代地层, 最厚可达 8 000 m(南五凹陷), 反映了青龙组(T_1)和大隆组—龙潭组(P_2)经历了中、古生代-喜山期两次深埋藏的过程。

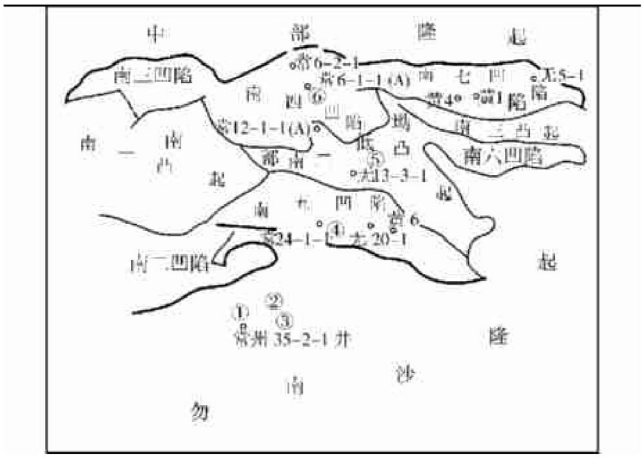

图 1 研究工区及模拟点位置图

Fig. 1 Map showing the location of study area and modelling points

1.2 残留盆地

1.2.1 构造格局

青龙组和大隆组—龙潭组构造层, 经历了克拉通原型盆地形成(P_2—T_1 时期)、挤压冲断残留盆地形成(T_2—K_1 时期)和裂陷-走滑的残留盆地改造(K_2—E)等三大演化阶段。现今的海相残留盆地的基本构造格局由一系列的北东走向的逆冲背斜断垒带和箱式向斜带相间排列组成, 并呈现出沿北西至南东方向对冲的特点, 现以青龙组底面构造图(图 2)为例进行简述。

由图 2 可以看出, 在勿南沙隆起上为三排北东走向的狭窄的逆冲背斜断垒带(图 2 中的 ③、④和 ⑷号)和三排宽缓的箱式向斜带; 至南部坳陷区因受喜山期北东东和北西西向断裂的改造而不十分清楚。逆冲背斜断垒带呈北东方向延伸, 最长达 115 km, 宽仅 12.5 km, 其上缺失青龙组和大隆组—龙潭组, 龙潭组底面埋深仅为 800~1 000 m。分析认为, 该带经历了印支—燕山早期的逆冲背斜形成和燕山晚期正向断陷的演化过程, 使早期逆冲背斜轴部的青龙组和大隆组—龙潭组遭受长期剥蚀夷平而形成。负向带以常州35-2-1井区向斜带最为开阔, 其青龙组底面层埋深为4 000 m, 龙潭组底面层最大埋深达 5 000 m。纵观残留盆地

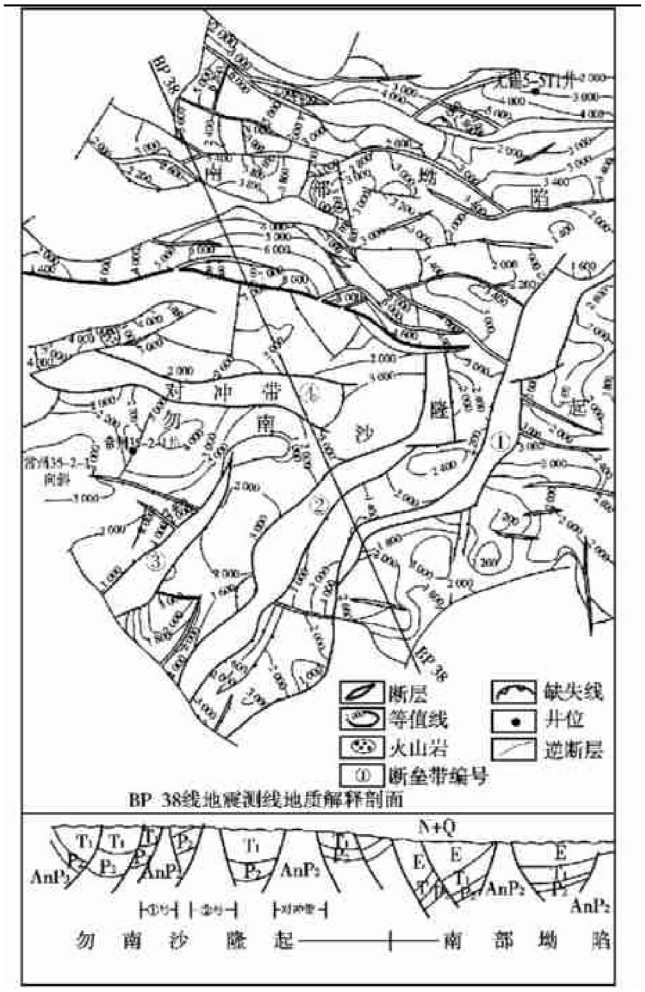

图 2　南黄海南部青龙组底界反射层构造图

Fig. 2　Structural map of the reflection horizon on the bottomboundary of the Qinglong Formation in the southern part of South Yellow Sea

区域特征, 呈现出南、北对冲的构造格局(图 2) , 即坳陷区由北西向南东方向逆冲, 而隆起区由南东向北西方向冲断, 对冲轴部位于　号断垒带; 该对冲带与陆上苏北地区南京- 安丰对冲带相接, 和江苏下扬子区中、古生界构造特征相近[3]。

1.2.2　地层分布

三叠系下统与二叠系上统同属于印支旋回, 之间是连续沉积[4]; 因此在青龙组覆盖区, 其下伏的大隆组 —龙潭组的厚度基本代表了原始地层厚度。大隆组 —龙潭组广泛分布于南黄海南部地区, 至北部中部隆起和南部上海隆起区缺失, 其沉积中心位于勿南沙隆起上的常州 35- 2- 1 向斜带, 地震资料解释最大厚度 1 600 m, 一般厚度为 800~ 1 000 m。往北部中部隆起区呈减薄趋势。青龙组为残留地层, 其总的分布趋势是在北东方向的向斜带中残留地层厚度较大, 地震解释最大厚度达2 000 m。

1.3　沉积环境

下扬子区中、古生代有 4 次海侵高峰期, 即灯影- 幕府山期、高家边期、孤峰期(P_1^2) 和大隆期(P_2^2) , 分别沉积了富含生烃母质的陆棚- 深海相泥质岩, 是下扬子区和南黄海南部中、古生界的主要烃源岩。

无锡 5- ST1 和常州 35- 2- 1 井等两口井揭示了较完整的大隆组 —龙潭组和青龙组。为了研究其沉积环境和生烃史, 采用了钻井与地震结合的分析方法, 编制了沉积相略图, 为运用相标定方法进行生烃史模拟的参数选择提供了依据。

钻井揭示, 自二叠系上统至三叠系下统, 是由滨海沼泽、三角洲(龙潭组)- 陆棚、盆地相(大隆组) - 陆棚、浅海台地(青龙组) 等组成的海进至海退旋回。二叠系上统可分为三个相区, 其中, ⅳ相区, 地震反射为中- 强振幅、中- 低频、较连续平行反射相, 层速度为 4 000~ 4 600 m/ s, 无锡 5- ST1 井揭示的是以砂岩和粉砂岩为主, 厚 284 m, 占已揭露地层总厚度 447 m 的 63%, 暗色泥岩 123 m(其中大隆组 110 m) , 占 27.5%, 煤层 12 层 26 m, 占 6%, 为滨岸沼泽和三角洲环境。㈣相区, 地震反射呈低- 中连续的亚平行反射相, 地震层速度为 3 800~ 4 000 m/ s, 常州 35- 2- 1 井钻探表明, 以大段黑色泥岩为主夹粉、细砂岩, 偶见有煤层。其中, 黑色泥岩厚 284 m, 占地层总厚度 385 m 的 73.8%; 砂质岩厚89.5 m, 占总厚度的 23.2%, 煤层仅 11.5 m, 占总厚度的 3%, 反映了大隆组 —龙潭组由北往南暗色泥岩有增多的趋势, 为以陆棚相为主的环境。㈢相区, 地震反射以弱振幅、低连续性反射相为主, 层速度为3 700~ 3 900 m/ s, 预计为以泥质岩为主的陆棚- 盆地相环境。

青龙组分为两个相区, ⅳ相区为无反射或弱振幅不连续反射相, 地震层速度为5 500~ 6 300 m/ s。该相区经无锡 5- ST1 井钻探表明, 为厚层灰岩夹泥质灰岩、鲕灰岩和白云岩, 灰岩单层最大厚度达203 m, 灰岩总厚度达 1 321 m, 占地层总厚度的 94.2%, 为台地相环境。㈣相区为近平行、中连续反射相, 层速度为 5 000~ 6 000 m/ s, 位于该相区的常州 35- 2- 1 井钻探表明, 青龙群上部为厚层灰岩夹泥岩, 下部 1 676.5~ 2 077.0 m 井段以泥岩为主, 泥岩总厚度达 215.5 m, 属台地边缘至陆棚相沉积环境。

大隆组 —龙潭组和青龙组沉积相带的展布大体上呈北东向, 这与下扬子区加里东运动后晚古生代沉积时北东走向的隆凹相间的古地形相一致。同时说明, 大隆组和龙潭组是以暗色泥质岩

为主的沉积环境,是本区的主力烃源岩系;青龙组以台地灰岩为主,但由北往南过渡为台地边缘和陆棚相,泥质岩增多,也是本区的重要烃源岩。

1.4 烃源岩

南黄海南部仅两口井有较为完整的二叠系上统至三叠系下统的地球化学资料,难以全面反映中、古生界烃源岩特征,现结合华东石油局地质大队在江苏陆上的研究成果阐述如下。

据华东石油局在黄桥-泰州地区井下和露头区的地球化学研究成果,下扬子区有4套主要的烃源岩系(表1)。即寒武系下统、志留系下统、二叠系下统—上统和三叠系下统。这4套烃源岩分别为海侵高峰期的陆棚相和盆地相沉积;而海相泥质岩的有机质丰度远高于碳酸盐岩,按梁狄刚和高瑞琪关于碳酸盐岩烃源岩的评价标准[5,6],该区除栖霞组灰岩达到中-好烃源岩标准,其他均为差和非烃源岩。

由海区无锡5-ST1和常州35-2-1井分析资料看,二叠系上统大隆组和龙潭组泥质岩的有机质丰度最高,有机碳高达1.8%,每克有机质的产油气潜量(s_1+s_2)为10.1 mg,属于以产气为主的Ⅲ型干酪根。相比较而言青龙组灰岩的有机质丰度低,但至海区南部暗色泥岩增厚,预期为好的烃源岩。

另据镜质体反射率和孢粉颜色API指数分析,本区青龙组现处于成熟演化阶段,大隆组(P_2d)处于成熟-高成熟演化阶段,龙潭组(P_2l)处于高成熟以及过成熟演化阶段[7](表2),因此可以说,大隆组—龙潭组以及青龙组是本区已经证实的主要烃源岩系。

表1 黄桥-泰州地区海相中、古生界有机质丰度表

Table 1 Organic abundance of Meso-Paleozoic marine strata in Huangqiao-Taizhou area

岩性	层位	有机质丰度/%	烃源岩厚度/m		岩性	层位	有机质丰度/%	烃源岩厚度/m	
			范围值	平均厚度				范围值	平均厚度
泥质岩	T_1	0.42~0.54	35.5~181	120.4	碳酸盐岩	T_1	0.1~0.25	129~1 008	473.73
	P_2d	1.39~7.73	8.5~57.7	30.53		P_1q	0.24~0.69	23.91~238.8	154.81
	P_2l	0.57~6.02	90~246.5	158.89		C_3	0.02~0.16	25~159	76.75
	P_1	0.81~8.17	1.5~76.5	31.51		C_2	0.02~0.12		
	P_1	0.91~1.63	3.5~55	25.55		O_2	0.02~0.03		
	C_1	0.07~3.62	9.5~55	25.53		O_1	0.03~0.05		
	S_2	0.08~0.63	4.5~216.5	110.5		ϵ_3	0.01~0.09		
	S_1	0.11~2.67	10~466.85	350		ϵ_2	0.05~0.12		
	O_1	0.03~0.80	10.5	10.5		ϵ_1	0.04~0.06		
	ϵ_1	0.55~4.59	1.5~109.5	62.2		Z_2	0.04~0.48	302.4~596	421.46

注:表1中数据由华东石油局提供;空格处无数据

表2 勿南沙隆起常州35-2-1井镜质体反射率及API值数据表

Table 2 R_o and API data of Changzhou 35-2-1 well in Wunansha uplift

层位	埋深/m	镜质体反射率/%	孢粉颜色	颜色指数	演化阶段
T_1	1 185.5~2 077.0	0.7~1.2	黄色	2.1	成熟
P_2d	2 077.0~2 192.0	1.2~1.5	桔黄-棕色	3.2~3.4	成熟-高成熟
P_2l-P_1	2 192.0~2 728.0	1.5~3.5	棕黑-黑色	4.0~6.0	高成熟-过成熟

2 生烃史模拟

根据目前勘探和研究程度,现选择南黄海南部工区内6种不同类型的构造部位做为模拟点(图1),对龙潭组及以上层位进行埋藏史和生烃史模拟。根据编制的构造图确定现今各层组的埋藏深度和厚度,再根据构造演化史和邻区陆上对比确定剥蚀量和剥蚀时间,利用已知井的镜质体反射率值拟合其热史和成熟史,在此基础上求取生烃量(相对)和生烃高峰期,最终用于选区评价。

6个模拟点分别位于勿南沙隆起和南部坳陷南五和南四两个主生烃凹陷以及中央凸起带的南二低凸起(图1);其中, 和④号点分别位于勿南沙隆起常州35-2-1向斜带的凹子和高点部位,㈣号点位于第④号逆冲背斜断垒带的古潜山构造上; 和 号点分别位于南五凹陷和南四凹陷的最深部位, 号点选择南二低凸起的凹子里,以期了解不同部位的埋藏史和生烃史。

2.1　参数选取

2.1.1　剥蚀量和剥蚀时间

根据前述的构造运动分析, 本区最开始也是最主要剥蚀期是印支运动后(T_1 末), 直至燕山 iv 和㈦幕, 剥蚀时间长达 145 Ma, 其间可能有 J- K_1 短暂沉积, 为简化模型而忽略不计, 但计算剥蚀量是个难题, 而且观点不一, 有人认为剥蚀厚度达 5 000 m。但这是不可能, 因为陆上 T_1 和 P_2 的最大总厚度也仅有 983 m。为此本次研究中采用地震解释残留厚度趋势求取剥蚀量, 以恢复埋藏史(表 3)。

2.1.2　岩性模型的建立

根据无锡 5- ST1 和常州 35- 2- 1 井三叠系青龙组和大隆组 —龙潭组实际岩性统计数据, 并根据所编制的沉积相略图, 确定其岩性模型, 并按生烃岩的岩性分为灰岩、泥岩和煤三种类型, 以用于埋藏史和生烃史模拟。

表 3　模拟点埋深和剥蚀量表

Table 3　Burial depths and the amounts of denudation at modelling points

地层		绝对年龄/Ma	① 埋深/m	① 剥蚀量/m	② 埋深/m	② 剥蚀量/m	③ 埋深/m	③ 剥蚀量/m	④ 埋深/m	④ 剥蚀量/m	⑤ 埋深/m	⑤ 剥蚀量/m	⑥ 埋深/m	⑥ 剥蚀量/m
第四系—上第三系		24.6	1 200.0		1 000.0		820.0		1 560.0		1 600.0		1 650.0	
三塔组—藏南组		38.0							3 100.0		2 100.0		3 100.0	
阜宁组		65.0							6 000.0		2 700.0		4 800.0	
白垩系	泰州组	95.0							7 000.0				5 400.0	
	下统	135.0												
侏罗系		205.0												
三叠系	上统	230.0												
	中统	240.0												
	青龙组	250.0	4 000.0	300.0		1 800.0		1 800.0	8 400.0	250.0	3 600.0	500.0	6 000.0	400.0
二叠系	大隆组—龙潭组	255.0	5 000.0			800.0		800.0	9 400.0		4 600.0		7 200.0	
	栖霞组	290.0												

注: 表中竖线表示地层缺失

2.1.3　有机碳和成熟度模型

中、古生界海相地层按泥质岩和碳酸盐岩两种类型, 给出不同的有机碳的数值。这两种岩性的百分含量又决定于不同的相带, 因此在建立有机质丰度模型时采用不同相区给出不同的有机碳的含量, 其具体数据的选取参考了黄桥- 泰州地区的有机质丰度值和工区内的实测值。

2.1.4　成熟度和地温场模型

据本区常州 35- 2- 1 和无锡 5- ST1 井实测镜质体反射率数据, 拟合模拟热史和成熟史。实际操作中, 在勿南沙隆起上的　, ④和 ㈣号等 3 个模拟点, 采用常州 35- 2- 1 井的镜质体反射率实测数据, 南部坳陷的　,　和　等 3 个模拟点采用无锡 5- ST1 井镜质体反射率的实测数据, 以进行热史和成熟度史的演化模拟。

2.2　模拟结果

2.2.1　勿南沙隆起

, ④和 ㈣号点的模拟表明, 勿南沙隆起在 P_1 —T_1 克拉通盆地阶段裂陷深埋藏为一次深埋藏生烃类型。其后进入长达 145 Ma 剥蚀阶段(T_2 — K_1), 直至晚第三纪(N) 时期有一次浅埋藏的过程; 其主要生烃层为大隆组 —龙潭组, 其次为青龙组; 大隆组 —龙潭组在晚二叠世末期(P_2 末) 即已开始生烃, 到早三叠世末期即已进入生烃高峰期, 在 K_2 —Q 的漫长的地质时期内虽然有生烃的过程,

但贡献极小, 因此该区显示出典型的一次生烃的特征(图 3, 4) 。青龙组是本区次要的烃源岩, 其生烃史过程与大隆组 —龙潭组相近, 也无二次生烃现象。总累计生烃量直方图给出的是各模拟点的生烃量的相对大小, 因此相比较而言, 以 号点所在的常州 35– 2– 1 向斜带的生烃量最大, 应该说, 该向斜带是 T_1 —P_2 构造层的主要生烃凹陷。

2.2.2 南部坳陷

与勿南沙隆起不同, 南部坳陷有两次深埋藏的过程, 为二次生烃类型, 即 P_2 —T_1 和 E 时期, 因此, 大隆组 —龙潭组显示出二次生烃过程和高峰期, 一次在 T_1 末期, 另一次在阜宁组末到现今。南部坳陷中、古生界海相层有明显的二次生烃现象(或再生烃) , 在南五凹陷 号点和南四凹陷 号点表现更为明显, 二次生烃表现为以生气为主, 已形成的液态烃向气态烃转化(图 5, 6) 。另外还可以看出, 和 号所在的南四、五凹陷还存在有白垩系泰州组(K_2) 、下第三系阜宁组($E_{1+2}f$) 、戴南组(E_3d) 等多套烃源岩, 这为多套的混源的含油气系统的形成提出了物质基础[8,9] 。

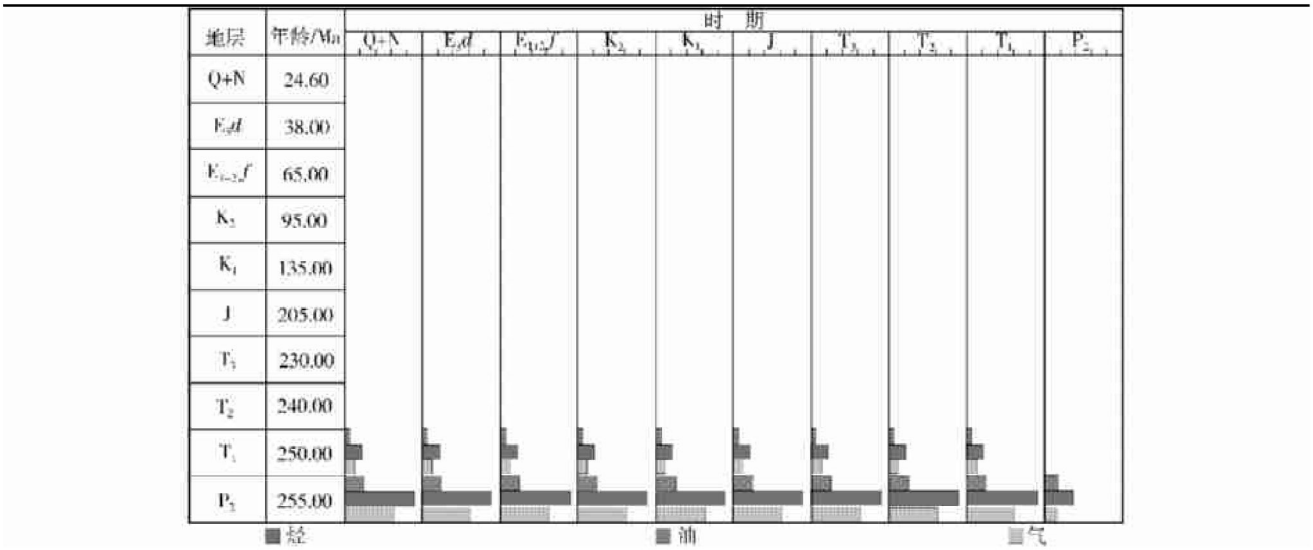

图 3 号模拟点总累计生烃量直方图

Fig. 3 Histogram showing total amount of hydrocarbon generation at No. modelling point

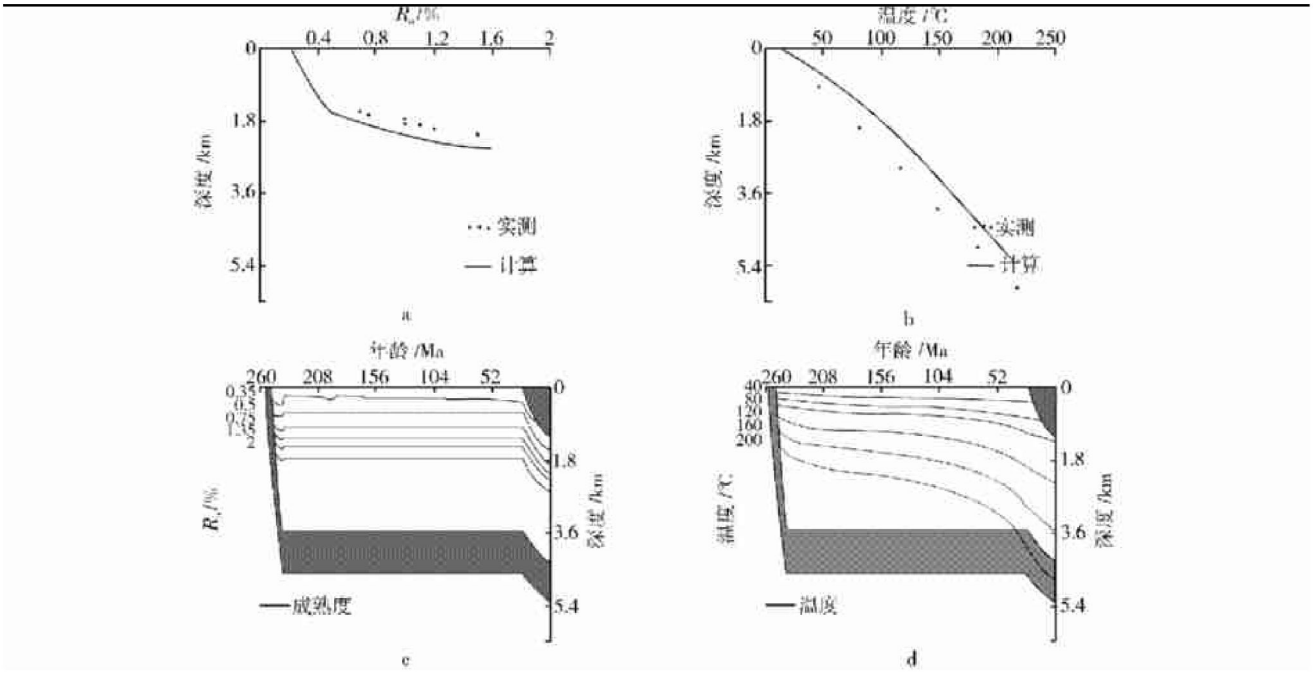

图 4 号模拟点埋藏- 成熟史图

Fig. 4 Map showing burial-maturity history at No. modelling point

a —现今深度 R_o 交会图; b —现今深度温度交会图; c —埋藏史成熟史图; d —埋藏史温度图

3　勘探意义

本区中、古生界有寒武系下统、志留系下统、二叠系和三叠系下统等 4 套烃源岩。据本次地震解释编图, 二叠系上统大隆组 —龙潭组和三叠系下统青龙组在本区分布十分广泛, 而且厚度较大, 同时在构造编图中发现了众多的不同类型的基岩圈闭, 这为以中、古生界为烃源岩的油气藏形成提供了地质条件。

通过上述两种类型的模拟成果认为, 在南部坳陷区, 中、古生界海相层存在有两次生烃和再生烃现象, 这可以弥补中、新生界陆相烃源岩生烃潜力的不足。因此, 在南部坳陷可以形成陆相和海相混源的含油气系统和油气藏, 其类型相近于苏北油田朱家墩气田。由于坳陷区有巨厚的新生代的盖层, 其基岩油藏的类型可能为古潜山(古地貌) 和潜山内幕两种类型的油气藏。而在勿南沙隆起区, 由于大部分地区只有新近系覆盖, 又经历了长期的裸露剥蚀, 因此其形成古潜山(古地貌) 圈闭的油气藏的可能性要小, 主要的勘探对象是潜山内幕油气藏。

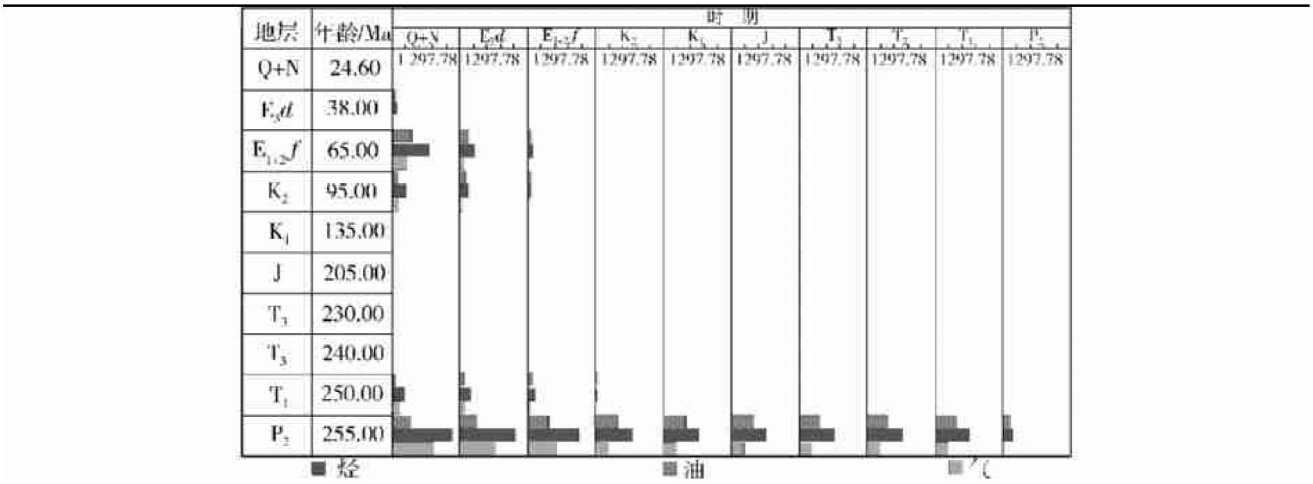

图 5　　号模拟点总累计生烃量直方图

Fig. 5　Histogram showing total cumulative of hydrocarbon generation at No.　　modeling point

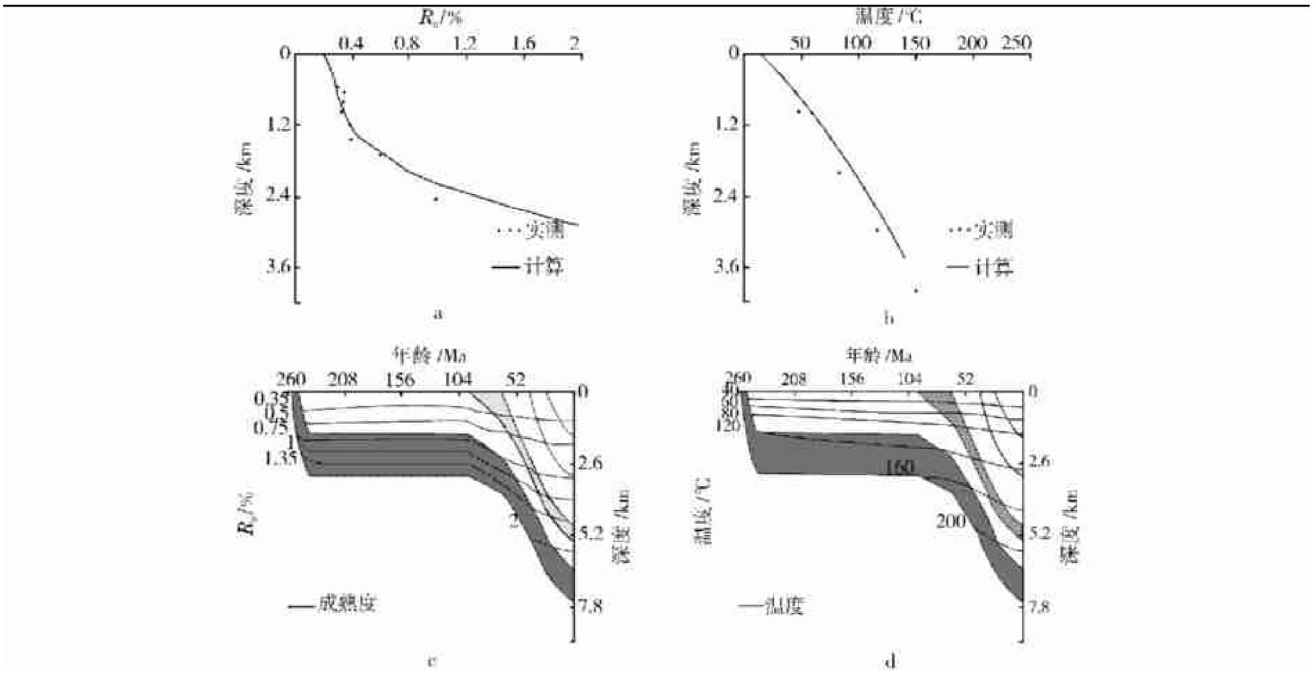

图 6　　号模拟点埋藏- 成熟史图

Fig. 6　Map showing burial-maturity history at No.　　modelling point

a —现今深度 R_o 交会图; b —现今深度温度交会图; c —埋藏史成熟史图; d —埋藏史温度史图

参 考 文 献

1 钱基, 金之钧, 张金川, 等. 苏北盆地盐城凹陷深盆气藏[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 26~ 29
Qian Ji, Jin Zhijun, Zhang Jinchuan, et al. Gas pools of deep basin in yan cheng sag, Subei basin[J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(1): 26– 29

2 戴少武, 贺自爱, 王津义. 中国南方中、古生界油气勘探的思路[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(2): 196~ 202
Dai Shaowu, He Ziai, Wang Jinyi. Thinking of Mezo-paleozoic hydrocarbon exploration in South China[J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(2): 196~ 202

3 佘晓宇, 徐宏节, 何治亮. 江苏下扬子区中-古生界构造特征及其演化[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 227~ 230
She Xiaoyu, Xu Hongjie, He Zhiliang. Tectonic characteristics and evolution of Mesozoic and Paleozoic in lower Yangtze region, Jiangsu[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2): 227–230

4 任纪舜, 王作勋, 陈炳蔚. 从全球看中国大地构造[M]. 北京: 地质出版社, 1999. 7~ 9

5 张水昌, 梁狄刚, 张大江, 等. 关于古生界烃源岩有机质丰度的评价标准[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(2): 8~ 12
Zhang Shuichang, Liang Digang, Zhang Dajiang, et al. Evaluation criteria for Paleozoic effective hydrocarbon source rock[J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29(2): 8–12

6 高瑞琪, 赵政璋. 中国油气新区勘探(第五卷), 中国南方海相油气地质及勘探前景[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001. 94~ 95

7 傅宁, 刘英丽, 熊斌辉. CZ35–2–1井古生界烃源岩地球化学参数异常分析[J]. 中国海上油气(地质), 2003, 17(2): 93~ 98
Fu Ning, Liu Yingli, Xiong Binhui. An analysis of abnormal geochemical parameters of Palcozoic source rocks in CZ 35–2– 1 well, the southern Yellow Sea[J]. China Offshore Oil and Gas(geology), 2003, 17(2): 93–98

8 戴春山, 李刚, 蔡峰, 等. 黄海前第三系及油气勘探方向[J]. 中国海上油气(地质), 2003, 17(4): 225~ 231
Dai Chunshan, Li Gang, Cai Feng. The Pretertiary and its hydrocarbon exploration targets in Yellow Sea[J]. China Offshore Oil and Gas (geology), 2003, 17(4): 225~ 231

9 郭彤楼, 田海芹. 南方中-古生界油气勘探的若干地质问题及对策[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(3): 244~ 246
Guo Tonglou, Tian Haiqin. Several geology issues about Mesozoic-Palaeozoic oil and gas exploration in southern China and the way of how to deal with[J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(3): 244–246

(上接第48页)

Zeng Xianbin, Zhang Jinghua, Jin Hui, et al. The distribution rule of natural gas and the screening of profitable exploration areas in foreland basins of central and west China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2001. 28(1): 12–14

63 高瑞琪, 赵政璋. 中国西北地区油气侏罗系分布[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001. 2~ 11

64 刘树根, 罗志立, 戴苏兰, 等. 川西前陆盆地"四川运动"及与油气关系[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(4): 276~ 281
Liu Shugen, Luo Zhili, Dai Sulan, et al. Sichuan movement in west Sichuan foreland basin and its relation to oil and gas[J]. Oil & Gas Geology, 1996, 17(4): 276–281

65 王庭斌. 中国气藏主要形成、定型于新近纪以来的构造运动[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 126~ 132
Wang Tingbin. Gas pools in China have mainly been formed and finalized during tectonic movements since Neogene[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2): 126–132

66 何登发. 塔里木盆地新生代构造演化与油气聚集[J]. 石油勘探与开发, 1994, 21(3): 1~ 8
He Dengfa. Cenozoic tectonic evolution and oil-gas accumulation in Tarim basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 1994, 21(3): 1–8

67 卢华复, 贾东, 陈楚铭, 等. 库车新生代构造性质和变形时间[J]. 地学前缘, 1999, 6(4): 215~ 221
Lu Huafu, Jia Dong, Chen Chuming, et al. Nature and timing of the Kuqa Cenozoic Structures[J]. Earth Science Frontiers, 1999, 6(4): 215–221

68 刘树根, 徐国盛, 徐国强, 等. 四川盆地天然气成藏动力学初探[J]. 天然气地球科学, 2004, 15(4): 323~ 330
Liu Shugen, Xu Guosheng, Xu Guoqiang, et al. Primary study on the dynamics of natural gas pools in Sichuan basin, China[J]. Natural Gas Geoscience, 2004, 15(4): 323–330

69 何登发, 周路, 雷振宇, 等. 断层相关褶皱原理在前陆冲断带构造建模中的应用[A]. 见: 中国石油勘探与生产分公司. 中国中西部前陆盆地冲断带油气勘探文集[C]. 北京: 石油工业出版社, 2002. 75~ 90

70 刘树根, 徐国盛, 李巨初, 等. 龙门山造山带-川西前陆盆地系统的成山成盆成藏动力学[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2003, 30(6): 559~ 566
Liu Shugen, Xu Guosheng, Li Juchu, et al. A study on the dynamics of mountain-building, basin-formation and natural gas pool formation in the system of Longmen Mountains and west Sichuan foreland basin[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2003, 30(6): 559–566

71 王庭斌. 新近纪以来的构造运动是中国气藏形成的重要因素[J]. 地质论评, 2004, 50(1): 33~ 42
Wang Tingbin. Tectonic movement since the Neogene- a significant factor of the formation of the gas reservoirs in China[J]. Geological Review, 2004, 50(1): 33–42

72 王庭斌. 新近纪以来中国构造演化特征与天然气田的分布格局[J]. 地学前缘, 2004, 11(4): 403~ 416
Wang Tingbin. Characteristics of tectonic evolution in China since Neogene and the distribution pattern of natural gas[J]. Earth Science Frontiers, 2004, 11(4): 403–416