

苏北盆地盐城凹陷 阜宁组烃源岩研究与成藏模式

纪亚琴,刘义梅,冯武军

(中国石化江苏油田分公司 地质科学研究院,江苏 扬州 225012)

摘要:通过对苏北盆地盐城凹陷阜宁组烃源岩研究,确定阜二段为盐城凹陷最有利烃源岩,结合多项成熟度指标分析及阜二段顶部地震反射层构造图,明确了区内阜宁组烃源岩的成熟生排烃范围,同时结合相关储层横向、纵向上的研究,指出阜三段下部砂体是阜二段油气聚集的最有利层系,并认为盐城凹陷可能存在“下生上储”型和“上生下储”型两类油气成藏模式,最后指出靠近大断裂的深凹带是盐城凹陷最有利的勘探区域。

关键词:成熟排烃;成藏模式;烃源岩;阜宁组;盐城凹陷;苏北盆地

中图分类号:TE122.1⁺15

文献标识码:A

Source rock study and accumulation pattern of Funing Formation in Yancheng Sag, Northern Jiangsu Basin

Ji Yaqing, Liu Yimei, Feng Wujun

(Geologic Scientific Research Institute of SINOPEC Jiangsu Oilfield Company, Yangzhou, Jiangsu 225012, China)

Abstract: The studies of source rocks from the Funing Formation in the Yancheng Sag of the Northern Jiangsu Basin have indicated that the 2nd member of the Funing Formation is most favorable for hydrocarbon generation. Maturity parameters analyses and structural diagram of seismic reflection on the top of the 2nd member of the Funing Formation have shown the maturity and expulsion ranges of source rocks in the Funing Formation. Meanwhile, through the studies of relevant reservoirs, it has been stated briefly that the bottom sand bodies of the 3rd member of the Funing Formation are most favorable for the accumulation of hydrocarbons which generate from the 2nd member of the Funing Formation. 2 hydrocarbon accumulation models may exist in the Yancheng Sag, including “bottom source and top reservoir” and “top source and bottom reservoir”. Deep sags near to big faults are the most favorable targets for petroleum exploration.

Key words: maturity and expulsion; hydrocarbon accumulation models; source rock; Funing Formation; Yancheng Sag; Northern Jiangsu Basin

1 研究概况

苏北盆地是中国东南部最大的中生代盆地,目前在盆地南部东台坳陷已发现有70多个以阜宁组和泰州组为源岩的油气田^[1-2]。由于沉积迁移和构造抬升影响,在盆地北部盐阜坳陷中生代具有沉降晚、地层厚度小的特点,因此该区油气发现较少。

盐城凹陷位于苏北盆地盐阜坳陷东部,其南北分别以建湖隆起、塘洼一大喇叭凸起为边界,东邻黄海,可分为南洋次凹、新洋次凹、中部断隆3个构

造单元(图1),区内第三系及泰州组最大沉积厚度为5 500 m,是盐阜坳陷中生代盆地沉降最大的凹陷。盐城凹陷除了在2000年左右发现有朱家墩阜一段、泰州组气藏、阜二段泥岩裂缝油藏、阜三段砂岩断鼻油藏外,近十几年未再有其他发现,但不可否认盐城凹陷油气显示多,有多口井在阜宁组、泰州组甚至浦口组中见到油迹、油斑、荧光或裂缝含油,显示了较大的勘探潜力,同时油气显示也具有层位分布广、平面分布范围大的特点,因此有必要对烃源和成藏进行深入研究。

对朱家墩气藏气源已有较多认识,总体可以确

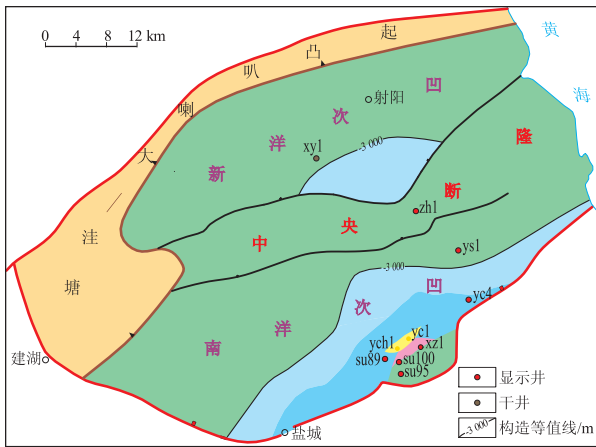


图1 苏北盆地盐城凹陷构造单元及油气显示
Fig. 1 Tectonic units and hydrocarbon shows in Yancheng Sag, Northern Jiangsu Basin

定为古生界来源^[3-8],阜二段泥岩裂缝油藏以及阜三段砂岩油藏均来自阜二段泥岩,其他油显示也多为阜二段来源,因此对阜二段的烃源评价就显得尤为重要,特别是成熟排烃方面研究。与阜二段烃源相关的有利储层主要有阜三段砂岩储层和阜二段泥岩裂缝储层及阜一段底部砂岩和泰州组砂岩储层。泥岩裂缝虽然也是一种潜在的储层,但因裂缝非均质性强,裂缝油藏具有开发难度大的特点^[9]。因此目前在盐城凹陷比较实际的勘探目的层主要是阜三段砂岩储层^[10],其次是阜一段砂岩储层。

2 烃源岩成熟排烃研究

2.1 阜宁组烃源岩评价

在苏北盆地,阜宁组发育2套优质烃源岩,阜二段及阜四段泥岩、泥灰岩^[11]。在盐城凹陷阜四段生油岩主要发育在上部,以大套暗色泥岩为主,夹薄层泥灰岩及油页岩。根据地化资料,上部泥灰岩段的有机质丰度相对较高,其中有机碳含量0.84%~3.55%,平均1.72%;沥青“A”为0.01%~0.14%,平均0.05%;总烃(50~661)×10⁻⁶,平均195×10⁻⁶;生烃潜力(S₁+S₂)为1.85~15.98 mg/g,平均4.9 mg/g,有机质类型以II₁型为主,普遍未熟,综合评价是较好的生油岩。

盐城凹陷阜二段生油岩以灰黑色泥岩为主,夹薄层泥灰岩、生物灰岩或鲕粒灰岩。电性上阜二段生油岩可分为上、中、下三段,即上部的“泥脖子段”,中部“王八盖—四尖峰”及下部泥岩段^[12]。其中“王八盖—四尖峰”段有机碳含量0.35%~4.82%,平均2.33%;沥青“A”为0.06%~0.46%,平均0.21%;总烃(24~2665)×10⁻⁶,平均892×10⁻⁶;生烃潜力(S₁+S₂)为0.39~37.45 mg/g,平均13.16 mg/g,有机质类型以II₁型为主,部分为I型,深凹带可达成熟,综合评价是好—极好的生油岩。上部“泥脖子”和下部泥岩段的有机碳指标相对较高,但氯仿沥青“A”、生烃潜量(S₁+S₂)指标较低,有机质类型以III型为主,部分为II₂型,综合评价可达中等—差烃源岩。

2.2 烃源岩成熟排烃研究

在苏北盆地,一般是通过R_o、CPI(正构烷烃奇偶优势指数)及C₂₉ααα20S/(20S+20R)甾烷异构化参数(以下用SM表示)3项指标确定烃源岩成熟排烃范围,并根据原油、烃源岩等资料把CPI≤1.3、SM≥0.1及R_o≥0.6%作为生油岩成熟排烃的“门槛值”^[13]。由于盐城凹陷阜四段烃源普遍未熟,烃源岩成熟排烃范围研究主要是针对阜二段烃源岩(表1)。

通过对盐城凹陷阜二段取心样品分析,SM-深度关系指示该区阜二段生烃门限深度约为3000 m,CPI-深度曲线指示门限深度为2800 m(图2)。而据新洋次凹ZH1井R_o资料,该井阜二段3个岩心样(深度为2620~2626 m),其中1个样品R_o为0.62%,

表1 苏北盆地盐城凹陷YC1井阜二段生油岩热演化阶段
Table 1 Thermal evolution stage of resource rocks in 2nd member of Funing Formation in well YC1, Yancheng Sag, Northern Jiangsu Basin

指标	最小值~最大值	平均/样品数
R _o /%	0.75~0.92	0.8/3
T _{max} /°C	431~441	438.5/23
SM	0.05~0.25	0.12/7
(A/C)/%	2.8~17.1	9.3/24
CPI	0.61~1.45	1.01/61
演化阶段	低熟—成熟	

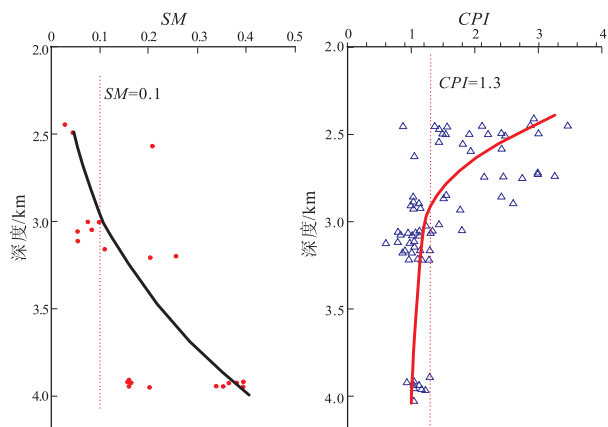


图2 苏北盆地盐城凹陷甾烷成熟度参数(SM)及CPI随深度变化

Fig. 2 SM and CPI vs. burial depth in Yancheng Sag, Northern Jiangsu Basin

2个样品为0.7%,并且该井在阜三段下部砂岩中见荧光显示,说明阜二段已开始生排烃。因此综合确定盐城凹陷生烃门限深度为2 600 m。结合该区阜二段顶部反射层构造图,综合各项指标所确定的阜二段生油岩成熟排烃范围主要在盐城凹陷南洋次凹和新洋次凹的深凹部位,成熟可排烃面积最大约300 km²(图3)。

3 与阜二段烃源相关的储层研究

3.1 阜三段砂岩储层

苏北盆地阜三段沉积期主要受东北物源区的三角洲体系控制^[14],在盐城凹陷以三角洲前缘沉积为主,砂岩发育,砂岩总厚度大于100 m,厚度分布具有南北次凹大于中央断隆带的特点(图4)。

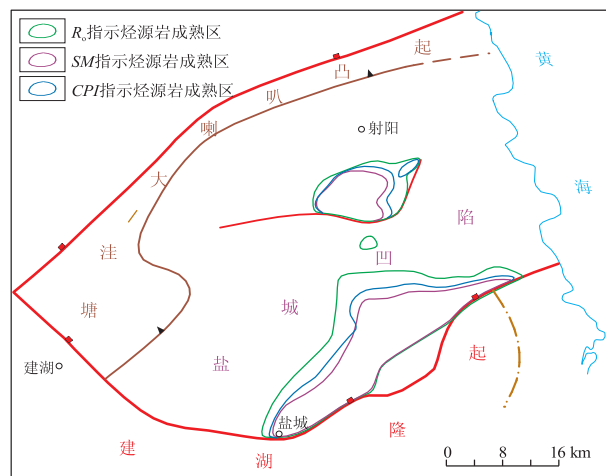


图3 苏北盆地盐城凹陷成熟度参数指示阜二段烃源岩成熟可排烃区域

Fig.3 Maturity and expulsion range for source rocks in 2nd member of Funing Formation, indicated by maturity parameters, Yancheng Sag, Northern Jiangsu Basin

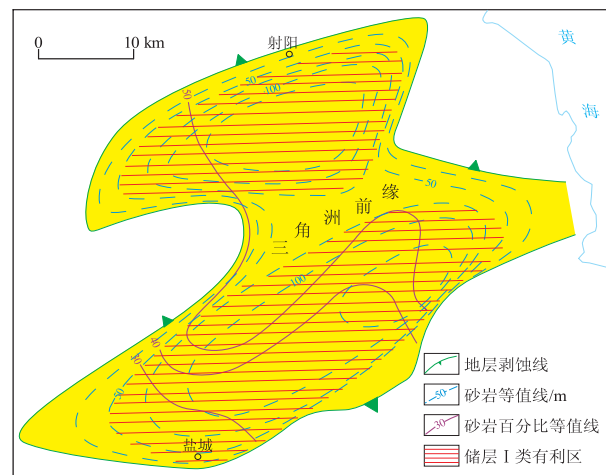


图4 苏北盆地盐城地区阜三段砂岩储层分布

Fig.4 Distribution of sandstone reservoirs in 3rd member of Funing Formation, Yancheng Sag, Northern Jiangsu Basin

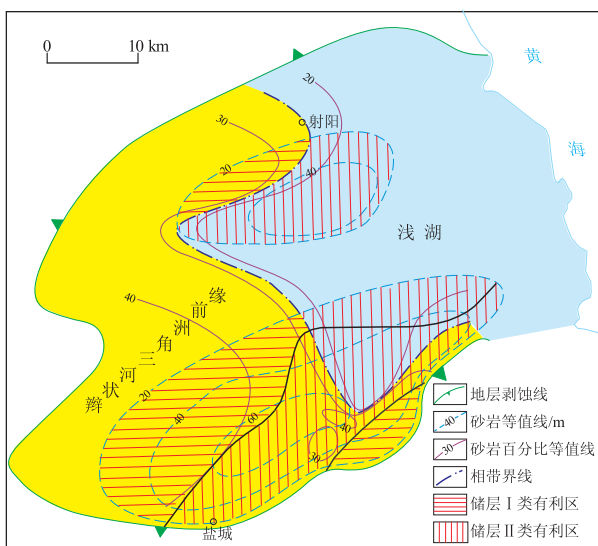


图5 苏北盆地盐城凹陷阜一段砂岩储层分布

Fig.5 Distribution of sandstone reservoirs in 1st member of Funing Formation, Yancheng Sag, Northern Jiangsu Basin

根据所钻探井岩心物性分析,总体上盐城地区古近系阜三段的储层物性较好;砂岩孔隙度多在20%以上,渗透率一般大于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,按砂岩储层划分标准应为I-II类储层。

3.2 阜一段砂岩储层

苏北盆地阜一段物源主要来自西北方向,在盐城凹陷南部的建湖隆起可能也是物源区^[14]。盐城凹陷阜一段发育辫状河三角洲—湖泊沉积体系,下部为辫状河三角洲沉积,中上部为浅湖—半深湖相沉积,砂岩主要集中在阜一段下部,总厚度一般为40~60 m,在凹陷西北部及南部的砂岩厚度要大于中东部区域(图5)。

根据物性分析,总体上盐城凹陷阜一段储层物性中等,砂岩孔隙度多在10%~20%之间,渗透率在 $(1 \sim 642) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,按砂岩储层物性标准可划归II-III类储层。

4 成藏模式

根据以上油气显示分析,结合有效烃源岩评价及储层的空间展布研究,总结盐城地区的油气成藏模式主要有2种类型:“下生上储”型和“上生下储”型油藏。

“下生上储”型存在2种情况,一是阜二段烃类流体直接上排至阜三段下部砂体成藏;二是受反向断层的调整,阜二段生油岩与阜三段砂体侧向对接引起的侧向排烃后聚集成藏(图6a)。这类成藏模式主要受烃源灶控制,因此在盐城凹陷深凹带都可以形成这类油藏模式,比如盐城南洋次凹深凹带

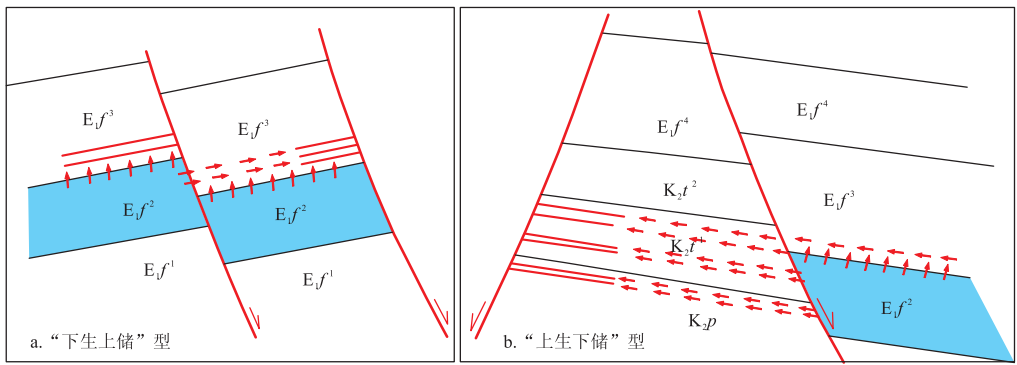


图6 苏北盆地盐城凹陷油藏模式示意

Fig. 6 Reservoir models of Yancheng Sag, Northern Jiangsu Basin

的 XZH1 阜三段油藏。

“上生下储”型是指受顺向断层调整,阜二段生油岩与阜一段底部砂体或泰州组储层侧向对接,烃类流体侧向运移成藏(图6b),这种成藏模式需大断层调整。由于盐城地区阜一段上部发育巨厚的膏泥岩(500 m左右)^[15],很少有断距大于500 m的顺向断层,因此这种成藏模式可能仅局限在靠近深大断裂的深凹部位。如南洋次凹南部断块带的S95井在泰州组及古生界中见油迹显示,该井受盐2断层调整^[16],地层抬升幅度大,造成泰州组及以下地层与盐城深凹的阜宁组地层对接,“上生下储”成藏模式成为可能。

5 结论

1) 苏北盆地盐城凹陷油气显示较多,新生界发育阜四段、阜二段2套有利的烃源岩,阜四段生油岩主要发育在上部,综合评价为较好烃源岩;阜二段生油岩以中部的“王八盖—四尖峰”段为好—极好烃源岩,并且在深凹处已经达到成熟阶段,具有较大的生排烃区域。

2) 与阜二段烃源岩相关的有利储层主要有阜三段砂岩和阜一段底部砂岩储层,其中阜三段砂岩储层在盐城凹陷普遍发育,具有厚度大、物性好的特点,是目前最有利的勘探层系。

3) 盐城凹陷以阜二段为烃源岩的原油可形成“下生上储”型和“上生下储”型2类油藏模式,“下生上储”型在盐城凹陷深凹带都可以形成,“上生下储”型可能仅局限在靠近深大断裂的深凹部位。

参考文献:

- [1] 江夏,周荔青. 苏北盆地富油气凹陷形成与分布特征[J]. 石油实验地质,2010,32(4):319-325.
- [2] 邱旭明. 苏北盆地断块圈闭分类及油气成藏特征[J]. 石油与天然气地质,2003,24(4):371-374.
- [3] 陈安定,王文军,岳克功,等. 盐城朱家墩气田气源及发现意义[J]. 石油勘探与开发,2001,28(6):45-49.
- [4] 马安来,包建平,王培荣,等. 盐城凹陷天然气成藏成因研究[J]. 石油勘探与开发,2001,28(6):42-44.
- [5] 姚柏平,李永波,郑绍贵,等. 苏北盐城地区(油)气田烃源分析与启示[J]. 天然气工业,2001,21(1):42-46.
- [6] 许正龙. 苏北朱家墩气田气源的新证据[J]. 高校地质学报,2002,8(4):422-427.
- [7] 张汉荣,钱勤,陈亚光,等. 苏北盆地盐城凹陷天然气源岩探讨[J]. 石油天然气学报,2006,28(5):7-9.
- [8] 饶丹,徐国盛,邱蕴玉. 苏北盆地朱家墩气田气源追溯[J]. 成都理工大学学报:自然科学版,2006,33(4):394-401.
- [9] 曾联波,肖淑蓉. 低渗透储集层中的泥岩裂缝储集体[J]. 石油实验地质,1999,21(3):266-269.
- [10] 周荔青,刘池洋,陆黄生,等. 苏北盆地阜三段油气成藏规律[J]. 石油实验地质,2004,26(2):187-193.
- [11] 刘玉瑞. 苏北盆地与南黄海盆地中—新生界成烃对比浅析[J]. 石油实验地质,2010,32(6):541-546.
- [12] 刘玉瑞. 苏北盆地地层层序及划分标准[M]. 扬州:江苏石油勘探局,2007.
- [13] 陈安定. 苏北盆地第三系烃源岩排烃范围及油气运移边界[J]. 石油与天然气地质,2006,27(5):630-636.
- [14] 傅强,李益,张国栋,等. 苏北盆地晚白垩世—古新世海侵湖泊的证据及其地质意义[J]. 沉积学报,2007,25(3):380-385.
- [15] 宋宁,朱霞,林春明,等. 苏北盐城凹陷复合含油气系统[J]. 海洋地质动态,2003,19(12):18-24.
- [16] 陆红梅,朱煜. 盐城凹陷盐2断层样式与形成机理研究[J]. 江汉石油学院学报,2003,25(增刊下):12-14.

(编辑 徐文明)