

文章编号: 1001-6112(2009)03-0249-04

北黄海盆地中生界烃源岩评价

梁世友¹, 李凤丽¹, 付洁², 周雨双¹

(1. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151;
2. 国家海洋局 第二海洋研究所, 杭州 310012)

摘要:北黄海盆地位于黄海海域北部, 为中生代盆地, 勘探程度较低, 尚处于早期评价阶段。通过对盆地东部钻井烃源岩有机质丰度、有机质类型和有机质成熟度等有机地化参数分析, 认为: 上侏罗统烃源岩是具一定潜力的中等烃源岩, 也是目前发现原油的油源岩和有效烃源岩; 下白垩统烃源岩是本区目前最好的烃源岩, 但成熟度偏低, 应作为具有一定潜力的潜在油源岩或有效烃源岩加以重视。此次研究对该地区烃源岩的认识起了重要的补充和促进作用, 对油气勘探也具有很好的指导意义。

关键词:有机地化参数; 烃源岩评价; 中生界; 北黄海盆地

中图分类号: TE122.11

文献标识码: A

EVALUATION OF MESO—CENOZOIC HYDROCARBON SOURCE ROCKS IN NORTH YELLOW SEA BASIN

Liang Shiyu¹, Li Fengli¹, Fu Jie², Zhou Yushuang¹

(1. *Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China;*
2. *Second Institute of Oceanography, State Ocean Administration, Hangzhou, Zhejiang 310012, China*)

Abstract: The North Yellow Sea Basin, a Meso—Cenozoic basin, which is located in northern Yellow Sea, is in the earlier stage of evaluation according to its low degree of exploration. This paper analyzed the richness, type and maturity of the organic matter of the well drilling source rocks in eastern of the basin. The results indicate that Upper Jurassic source rock is the chief one which is supposed to be most potential, in addition it is the effective source rock of crude oil discovered at present. And Lower Cretaceous source rock is the best one in this area, but its maturity is lower, so it must be taken consideration into as potential oil source rocks. This research is an important complement and enhancement to source rock in understanding there, and gives well instruction to hydrocarbon exploration as well.

Key words: organic geochemical parameters; evaluation of hydrocarbon source rocks; Mesozoic; the North Yellow Sea Basin

北黄海盆地位于黄海海域北部, 在辽东半岛、山东半岛和朝鲜半岛之间, 西界为庙岛群岛, 呈长椭圆形, 面积约 $5.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该盆地勘探程度较低, 以二维地震勘探为主, 仅在盆地东部先后钻探 15 口钻井, 钻遇地层包括新生界、中生界和古生界^[1], 其中有 6 口井在中生界地层中见油气显示及工业油流(图 1)。

北黄海盆地中生界有上侏罗统与下白垩统 2 套陆相烃源岩^[2~7]。前人研究认为, 上侏罗统浅—半深湖相暗色泥岩沉积巨厚, 约 1 000~3 000 m,

其中烃源岩厚约 800~1 000 m, 为盆地最具潜力的烃源岩; 下白垩统半深湖相暗色泥岩沉积厚约 500~2 000 m, 烃源岩厚度较薄, 最厚可达 300 m, 生烃潜力不及上侏罗统, 为次要烃源岩。事实上, 由于资料所限, 对该地区烃源岩的评价大多以定性和类比评价为主, 仅 Massoud 等(1991, 1993)以 13 井的样品为基础对上侏罗统烃源岩做了定量分析和研究^[8,9]。

为更深入地分析北黄海盆地中生界烃源岩潜力, 本次测试分析了盆地东部 4 口钻井上侏罗统

收稿日期: 2008-08-08; 修订日期: 2009-05-18。

作者简介: 梁世友(1970—), 男, 工程师, 主要从事海洋油气地质综合研究和油气资源评价工作。E-mail: wxlshy@mail.wuxisuo.com。

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2006AA09A101)。

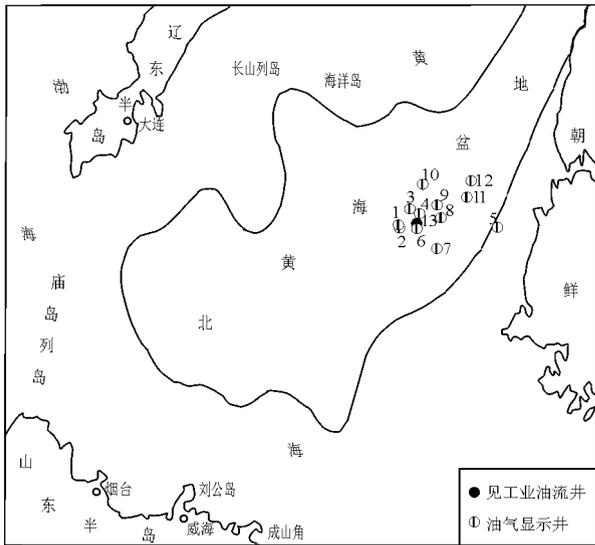


图 1 北黄海盆地位置及钻井位置示意

Fig. 1 Location of the North Yellow Sea Basin and well drilling position

(J_3)与下白垩统(K_1)6 个样品,其中下白垩统 3 个,编号 1~3;上侏罗统 3 个,编号 4~6(表 1)。现就测试结果从有机质丰度、有机质类型和有机质成熟度等方面对北黄海盆地中生界烃源岩进行评价。

1 中生界烃源岩有机地化特征

1.1 有机质丰度

对 6 个样品的有机质丰度分析结果表明(表 1),中生界烃源岩有机碳含量为 0.76%~3.39%;氯仿沥青“ A ”含量为 0.019 8%~0.712 8%;总烃含量为 $126 \times 10^{-6} \sim 6\ 075 \times 10^{-6}$;生烃潜量为 0.67~15.39 mg/g。参照胡见义等^[10]、秦建中等^[11]提出的陆相生油层评价标准及中国陆相湖泊泥质烃源岩有机质丰度评价标准,从有机碳、氯仿沥青“ A ”、总烃和生烃潜量指标综合评价来看,下白垩统烃源岩无论从有机碳、氯仿沥青“ A ”,还是从总

烃和生烃潜量指标来看,都属于好的烃源岩。而上侏罗统烃源岩中来自 13 号井的样品 4 属于中等烃源岩,而另 2 个样品则属于较差烃源岩。表明北黄海盆地中生界具备生烃的物质基础,相比较而言,上侏罗统烃源岩质量不及下白垩统。

1.2 有机质类型

有机质类型是衡量烃源岩质量和油气产率的重要指标。可以用来判别有机质类型的指标很多,最常用的是生油岩热解指标,如氢指数(I_H)、干酪根元素(H/C)、干酪根碳同位素($\delta^{13}C$)和其显微组分类型指数(T),参照秦建中等^[11~13]提出的有机质类型划分标准,对其进行了类型划分(表 2)。

由表 2 可见,下白垩统半深湖相黑色泥岩以 $II_1 - II_2$ 为主,类型总体中等偏好;上侏罗统半深湖相暗色泥岩为 $II_2 - III$ 型,以 II_2 型为主,类型总体中等偏差。

1.3 有机质成熟度

具有较高有机质丰度和好的类型烃源岩,在达到一定的热演化程度才能开始大量生烃。因此有机质成熟度也是评价烃源岩是否有效的一个重要指标。目前判断有机质成熟度的方法有很多,例如:镜质体反射率(R_o)、岩石热解峰温(T_{max})、奇偶优势指数(OEP)、干酪根红外光谱、可溶有机质的演化、孢粉颜色指数(SCI)和热变指数(TAI)以及生物标志化合物等。本次对 6 个样品的成熟度测试分析结果见表 3,表明无论是上侏罗统还是下白垩统烃源岩均已成熟, $R_o > 0.5\%$,但成熟度偏低,尤其是下白垩统类型偏好的烃源岩。

2 中生界烃源岩评价

通过对中生界烃源岩有机质丰度、有机质类型和有机质成熟度的综合分析,对每个样品的有机相和烃源岩品质进行了评价,最后按层位分别对下白

表 1 北黄海盆地中生界烃源岩有机质丰度

Table 1 Organic abundance of Mesozoic hydrocarbon source rocks in North Yellow Sea Basin

样品 编号	井代号	取样深度/m	层位	样品描述	沉积相	有机质丰度			
						($S_1 + S_2$)/ ($mg \cdot g^{-1}$)	TOC, %	“ A ”, %	HC, 10^{-6}
1	3#	1 736	K_1	灰黑色泥岩		7.62	3.39	0.712 8	6 075
2	6#	2 672~2 674	K_1	黑色泥岩	半深湖	15.39	3.12	0.195 0	1 377
3	6#	2 731	K_1	黑色泥岩		6.70	1.76	0.138 2	951
4	13#	2 471.65~2 473.27	J_3	暗灰色钙质泥岩		2.33	1.02	0.191 5	1 400
5	8#	3 517.82~3 519.07	J_3	黑色泥岩	浅一半深湖	0.67	0.76	0.019 8	
6	6#	3 545	J_3	灰黑色泥岩		1.96	1.07	0.019 8	126

表 2 北黄海盆地中生界烃源岩有机质类型划分

Table 2 Division of the organic matter type of Mesozoic hydrocarbon source rocks in the North Yellow Sea Basin

样品 编号	井号	层位	$I_H/$ ($mg \cdot g^{-1}$)	有机质 类型	干酪根 元素 H/C	有机质 类型	$\delta^{13}C, \%$	有机质 类型	显微组分 类型指数 T 值	有机质 类型	类型 综合
1	3#	K ₁	143	Ⅲ	0.63	Ⅲ	-27.78	Ⅱ ₂	-18.25	Ⅱ ₂	Ⅱ ₁ -Ⅱ ₂ 为主
2	6#	K ₁	419	Ⅱ ₁	1.24	Ⅱ ₁	-28.54	Ⅱ ₁	-3.75	Ⅱ ₁	
3	6#	K ₁	357	Ⅱ ₂	1.20	Ⅱ ₂	-30.07	I	44.25	Ⅱ ₁	
4	13#	J ₃	191	Ⅱ ₂	0.87	Ⅲ	-27.41	Ⅱ ₂	-38.75	Ⅲ ₁	Ⅱ ₂ -Ⅲ Ⅱ ₂ 为主
5	8#	J ₃	87	Ⅲ	1.20	Ⅱ ₂	-24.30	Ⅲ	-13.00	Ⅱ ₁	
6	6#	J ₃	165	Ⅱ ₂	0.79	Ⅲ	-25.30	Ⅱ ₂	9.00	Ⅱ ₂	

表 3 北黄海盆地中生界烃源岩有机质成熟度

Table 3 The organic matter maturity of Mesozoic hydrocarbon source rocks in the North Yellow Sea Basin

样品 编号	井号	层位	有机质成熟度				综合评价
			$R_o, \%$	$T_{max}/^{\circ}C$	OEP	$C_{29}^{aaa} 20S/$ ($20S+20R$)	
1	3#	K ₁	0.65	367	1.1		低成熟
2	6#	K ₁	0.55	433	1.3	0.32	
3	6#	K ₁	0.56	434	1.3	0.31	
4	13#	J ₃	0.58	432	1.2	0.41	低—成熟
5	8#	J ₃	0.64	435	1.2	0.33	
6	6#	J ₃	0.71	440	1.1	0.69	

垩统和上侏罗统进行了综合评价。

2.1 下白垩统烃源岩

以 3# 和 6# 两井为代表,其为半深湖相黑色泥岩,有机质含量丰度高($TOC: 1.76\% \sim 3.39\%$; 氯仿沥青“A”: $0.1382\% \sim 0.7128\%$; $HC: (951 \sim 6075) \times 10^{-6}$; $S_1 + S_2: 6.70 \sim 15.39 mg/g$),沉积有机相以含草本藻类相和含藻类草本相为主,有机质类型中等偏好,以Ⅱ₁-Ⅱ₂型为主,成熟度偏低($R_o < 0.65\%$),属于较好一好的低成熟烃源岩。

2.2 上侏罗统烃源岩

以 6#、8#、13# 井为代表,其为浅至半深湖相暗灰—黑色泥岩,有机质含量变化大($TOC: 0.76\% \sim 1.07\%$; “A”: $0.0198\% \sim 0.1915\%$; $HC: (126 \sim 1400) \times 10^{-6}$; $S_1 + S_2: 0.67 \sim 2.33 mg/g$),有机质丰度以 13# 井为代表丰度较高,其它中等偏低;沉积有机相以含藻类草本相为主,有机质类型以Ⅱ₂型为主,中等偏差;成熟度相对较高($R_o: 0.6\% \sim 0.7\%$);属较好—较差、成熟(个别接近生油高峰)烃源岩。

3 认识与讨论

1)北黄海盆地上侏罗统烃源岩是该地区具有

一定潜力的烃源岩,也是目前发现原油的油源岩和有效烃源岩,结合 Massoud^[8]的研究结果,认为上侏罗统上部(新义洲组)是成烃环境较好的烃源岩(如 13# 井)。

2)下白垩统烃源岩在此之前仅作为次要烃源岩。本次研究样品测试分析结果表明,下侏罗统是本区目前最好的烃源岩(6# 井 2、3 号样)。应注意寻找其沉积发育埋藏深度较大的有利地区,它应作为具有一定潜力的潜在油源岩或有效烃源岩并有待发现自生自储型油藏。

3)北黄海盆地由于勘探程度低,前人对其中生界烃源岩评价不多。此次通过 4 口井 6 个样品的测试分析,对该地区烃源岩研究做了有益的补充。但是,由于采集样品的范围局限,而且样品个数较少,因此认识上可能存在局限性。要想获得更为详细可靠的烃源岩评价认识,尚需要进一步开展烃源岩空间展布特征的研究,这将对该地区的油气勘探起到重要的作用。

致谢:本次研究中的样品测试由中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所实验研究中心完成,在结果分析的过程中得到了胡民高级工程师

师的悉心指导,在此一并表示最诚挚的谢意。

参考文献:

1 蔡峰. 北黄海盆地基底地质特征[J]. 海洋地质动态, 1999, (12): 1~3

2 刘振湖, 高红芳, 胡小强等. 北黄海盆地东部坳陷中生界含油气系统研究[J]. 中国海上油气, 2007, 19(4): 229~233

3 蔡东升, 冯晓杰, 高乐等. 中国近海前第三纪残余盆地及其勘探潜力与方向[J]. 中国海上油气, 2004, 16(1): 1~17

4 龚建明, 温珍河, 陈建文等. 北黄海盆地中生代地层的地质特征和油气潜力(英文)[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20(2): 69~78

5 蔡峰. 北黄海盆地中生界源岩地化特征分析[J]. 海洋地质动态, 1997, (9): 4~7

6 蔡峰, 温珍河. 北黄海盆地的油源岩及其勘探领域[J]. 海洋地质动态, 1995, (7): 4~6

7 金仁植, 费琪, 杨香华等. 北黄海盆地含油气系统与勘探前

景[J]. 石油实验地质, 2006, 28(5): 445~449

8 Massoud M S, Killops S D, Scott A C, et al. Oil source rock potential of the lacustrine Jurassic Sim Uuju Formation, West Korea Bay Basin; Part I: oil-source rock correlation and environment of deposition [J]. Journal of Petroleum Geology, 1991, 14(4): 365~386

9 Massoud M S, Scott A C, Killops S D, et al. Oil source rock potential of the lacustrine Jurassic Sim Uuju Formation, West Korea Bay Basin; Part II: nature of the organic matter and hydrocarbon-generation history[J]. Journal of Petroleum Geology, 1993, 16(3): 265~284

10 胡见义, 黄第藩. 中国陆相石油地质理论基础[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991

11 秦建中. 中国烃源岩[M]. 北京: 科学出版社, 2005

12 秦建中, 付小东, 腾格尔. 川东北宜汉一达县地区三叠—志留系海相优质烃源层评价[J]. 石油实验地质, 2008, 30(4): 367~374

13 秦建中, 李志明, 刘宝泉等. 海相优质烃源岩形成重质油与固体沥青潜力分析[J]. 石油实验地质, 2007, 29(3): 280~285

(编辑 李凤丽)

(上接第 248 页)

6 李明刚, 庞雄奇, 漆家福等. 东营凹陷砂岩岩性油气藏分布特征及成藏模式[J]. 油气地质与采收率, 2008, 15(2): 13~15

7 孙永壮. 东营凹陷砂岩岩性油气藏分布特征及成藏模式[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(4): 52~54

8 牛嘉玉, 李秋芬, 鲁卫华等. 关于“隐蔽油气藏”概念的若干思考[J]. 石油学报, 2005, 26(2): 122~126

9 张运东, 薛红兵, 朱如凯等. 国内外隐蔽油气藏勘探现状[J]. 中国石油勘探, 2005, 10(3): 64~68

10 费宝生. 隐蔽油气藏的勘探[J]. 油气地质与采收率, 2002, 9(6): 29~32

11 李祥权, 崔丽静, 陈少平. 隐蔽油气藏勘探回顾与展望[J]. 油气地质与采收率, 2005, 12(1): 30~32

12 郑和荣, 胡宗全. 隐蔽油藏勘探潜力与中国石油储量增长趋势[J]. 当代石油石化, 2004, 12(6): 12~15

13 胡文海, 陈冬晴. 美国油气田分布和勘探经验[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995. 68~90

14 李丕龙, 张善文, 宋国奇. 断陷盆地隐蔽油气藏形成机制——以渤海湾盆地济阳坳陷为例[J]. 石油实验地质, 2004, 26(10): 4~10

15 关德师, 李建忠. 松辽盆地南部岩性油藏成藏要素及勘探方向[J]. 石油学报, 2003, 24(3): 25~27

16 郑祝堂. 泌阳凹陷王集—新庄三维地震资料处理方法研究; [学位论文]. 北京: 中国地质大学, 2008

17 刘全稳. 油气圈闭评价与管理信息系统[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000

18 袁政文. 阿尔伯达深盆地研究[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996

19 蒋恕, 王华. 泌阳凹陷基于层序地层格架的油气成藏模式[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2007, 37(4): 744~751

20 Mcpherson J G. Fan-deltas and braided deltas: Varieties of coarse-grained deltas[J]. GSA Bulletin, 1987, 99: 331~340

21 Gawthorpe R L, Hurst J M, Sladen C P. Evolution of Miocene foot-wall-derived coarse-grained deltas, Gulf of Suez, Egypt: Implication for exploration[J]. AAPG Bulletin, 1990, 7(7): 1077~1086

22 李明诚. 石油与天然气运移[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994

23 王平. 复杂断块油气田详探与开发[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997

24 蔡佳, 罗家群, 李连生等. 泌阳凹陷北坡油气富集规律与二次勘探潜力分析[J]. 石油天然气学报, 2007, 29(6): 25~28

25 漆家福, 夏义平, 杨桥. 油区构造解析[M]. 北京: 石油工业出版社, 2006

26 邱荣华. 层序地层学译文集[C]. 北京: 石油工业出版社, 1996

27 李振铎. 鄂尔多斯盆地上古生界深盆地研究[J]. 天然气工业, 1998, 18(3): 10~16

(编辑 韩 或)