

文章编号: 1000-0550(2004)03-0535-06

# 泌阳凹陷大仓房组上部生油性及潜力分析

周小进 吴心一

(中国石化石油勘探开发研究院无锡实验地质研究所 江苏无锡 214151)

**摘要** 泌阳凹陷大仓房组上部发育半深湖相,其暗色泥岩有机质丰度较高,母质类型为 I<sub>1</sub>型,处于高成熟演化阶段,具有较强的生烃潜力。油源对比表明,大仓房组原油物性、碳同位素、饱和烃色谱、芳烃色质等特征与核二、核三段原油存在较大的差异,而与大仓房组深灰色泥岩的地化特征相似,属自生自储。南部陡坡带双河—赵凹—安棚一带是勘探大仓房组的有利地区。

**关键词** 大仓房组上部 沉积环境 生油性 油源对比

**第一作者简介** 周小进 男 1969 年出生 高级工程师 石油地质

**中图分类号** TE122.1 **文献标识码** A

泌阳凹陷是南襄盆地北部一个次级构造单元,面积 1 000 km<sup>2</sup>。迄今凹陷内已发现了 9 个油田。近几年来,随着勘探的不断深入,在凹陷深部(埋深 3 400 m 以下)核桃园组之下的大仓房组有多口井获得了工业油气流,并形成一定的产能,是一新的产油气层系。传统认为大仓房组主要是一套红色地层,不具备生油能力,但随着深层勘探的多口钻井揭示,大仓房组不仅发育有暗色泥岩,而且具有储集砂体。关键问题是:大仓房组是否具备生油条件,尤其是已发现的油气是自生自储,还是来自上覆核三段?因此,迫切需要研究深部大仓房组的生储油性和有利勘探方向,为今后油气资源评价和勘探部署提供依据。

## 1 大仓房组上部的沉积环境

大仓房组是南襄盆地早第三纪初始断陷—强烈断陷过渡期沉积,凹陷中心沉积厚度近 2 000 m,南厚北薄。泌 185 井揭示大仓房组 324 m(井深 3 652.5~3 976.5 m,未穿),岩性主要为深灰色泥岩夹浅灰色含砾砂岩,其中暗色泥岩厚 142 m,砂岩厚 182 m,砂岩单层厚度 1~13 m。向北、西、东暗色泥岩减薄,且渐变为灰色和紫红色。自下而上反映为由泛滥平原—滨浅湖—半深湖相的正旋回沉积特征,湖进最大时曾推进到王集附近的王 9 井区。通过对凹陷内 14 口钻井、测井资料分析,大仓房组上部沉积相展布如图 1 所示。主要发育有陡坡扇三角洲、半深湖、滨浅

湖、泛滥平原和三角洲等沉积相,其中南部陡坡扇三角洲的砂岩厚度 50~150 m,且前缘砂体直接插入半深湖相区;北部侯庄三角洲也已初具规模,砂岩厚度为 50~100 m,反映大仓房组沉积晚期已初具与核三段(稳定沉降、湖盆发育鼎盛期沉积)相似的沉积格局和沉积环境。另外,半深湖相的深灰色泥岩二价硫为 0.71%~0.98%,铁还原系数为 0.357%~0.413%,反映为还原的沉积环境。

目前有 6 口井钻揭的暗色泥岩厚度超过 100 m(表 1),存在北西向杜坡—双河和北东向程店—安棚两个暗色泥岩沉积中心,其中安棚中心厚度可达 150 m(未见底),暗色泥岩分布明显受边界断层控制,特别是受北西向唐河—栗园边界断层控制作用较强。据泌 265 井岩心观察,泥岩层理发育,反映大仓房组上部地层沉积时水体动荡。

表 1 泌阳凹陷部分井大仓房组暗色泥岩厚度统计

Table 1 Thickness of the dark mudstone of Ed in Miyang Depression

井号	钻遇地层厚/m	泥岩厚/m	暗色泥岩厚/m
泌 43	224	204	133
泌 41	307.5	151	117.5
泌 124	359	329	104
泌 184	653	507	106
泌 65	270	250	103
泌 185	280.5	142	142

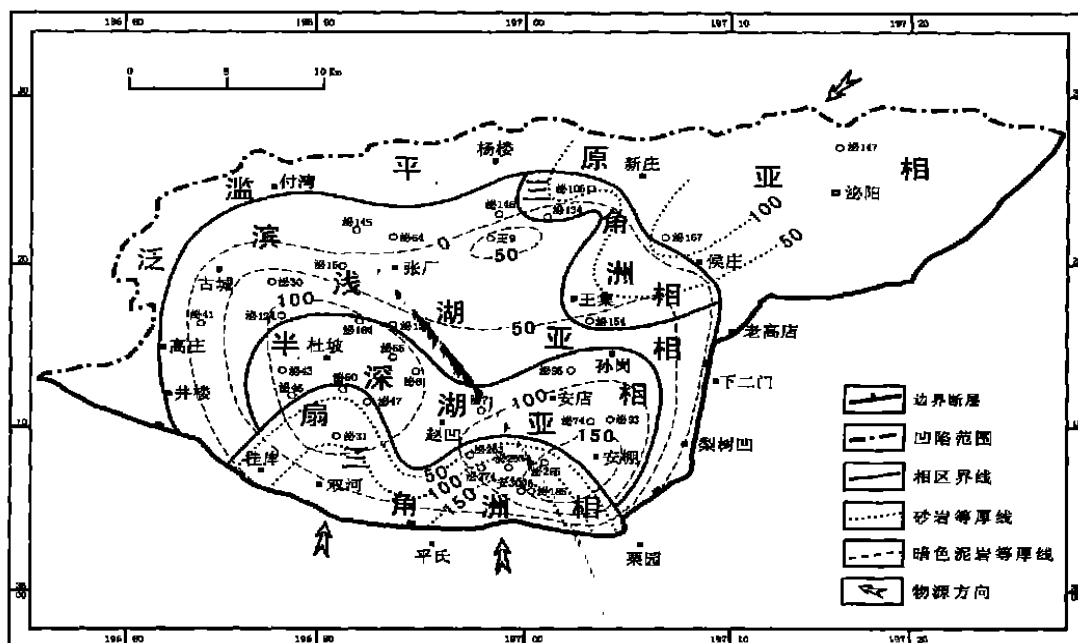


图1 泌阳凹陷大仓房组上部沉积相图

Fig. 1 Sedimentary facies of the upper of Ed in Miyang Depression

## 2 大仓房组上部的生油性

大仓房组上部深灰色泥岩的生油性是迫切需要回答的问题。迄今钻入大仓房组的井较少,取芯更少,仅根据现有资料,将其有机碳、氯仿沥青“A”等丰度指标综合于表2。

由表2可以看出,除泌93井一个样品为粉砂质泥岩,有机碳未能达标外,大部分样品有机碳含量均在0.54%~1.34%之间。热解色谱分析也表明,其生烃潜力较高, $S_1 + S_2$ 可达2.53~2.89 mg/g岩,氢

指数( $I_H$ )为230~232。在凹陷中心大仓房组埋深多在3400 m以下,处于较高演化阶段,有机碳消耗较多,并释出了可溶烃( $S_1$ )。据盛志伟、马万怡等人研究,当镜质体反射率 $R_o > 1.35\%$ 时,有机碳恢复系数可达1.5~1.8。如此,大仓房组有机碳丰度包括氯仿沥青“A”将比现分析数据要高。有机碳和氯仿沥青“A”含量的较高值分布区与暗色泥岩北西向沉积中心一致,并靠近南部边界断裂。根据对核三段烃源岩演化规律研究,其生油高峰在2600~2800 m

表2 大仓房组有机质丰度

Table 2 Organic matter abundance of Ed in miyang Depression

井号	井深/m	有机碳/%	“A”/%	$S_1 + S_2$ /(mg/g.岩)	饱和烃/%	芳烃/%
泌30	2160~2200	1.2				
泌5	860~1040	1.34	0.055			
泌6	2680~2713	0.93				
泌15	1683~1961	0.7	0.0764			
泌49	2102~2175	0.94	0.1833			
泌265	3546~3548	0.97	0.1555	2.89	60.99	21.5
泌263	3571~3574	0.87	0.0897	2.53	62.60	18.25
泌263	3477~3478.5	0.54	0.0053			
泌93	4101	0.01	0.0015			

左右,该时期 HC/C 转化率可大于 40%,显然深埋的大仓房组特别是凹陷中心已处在高成熟的裂解阶段,“A/C”最高为 16%,HC/C 为 13%,二者均表明大仓房组目前仍处于具有较高的油、烃转化率的演化阶段。

泌 263 井 3 477~3 478.5 m 显微组分中,具有结构藻类体和沥青质体,其中藻类体为粒状,发橙色光,占显微组分的 39.5%,沥青质体呈无定形,占 13.2%~20%;泌 93 井,井深已达 4 101 m,藻类体以藻屑为多,发橙光—褐色光,不规则条状、云雾状、小团块状。上述显微组分分析表明,大仓房组具备较强的生烃能力,其中生烃潜力较大的藻类和沥青质体所占比重较大,目前虽为降解过程中的残留物,呈藻屑和粒状,但其荧光性和生油性依然存在。

藻类生烃特征研究和模拟试验表明,每克藻最大油降解量可达 700~800 mg,且生烃过程延续时间长,特别是在高峰—高成熟阶段,异常压力(2 700 m 以下)对有机质的生烃过程产生了抑制作用,致使生油期加长,生烃窗范围扩大。如东营凹陷沙三段生油高峰—高成熟阶段(2 700~5 000 m)尚处于凝析油阶段,泌阳凹陷显微组分特征与东营凹陷沙三段有相似之处,可以比拟。因此,泌阳凹陷大仓房组上部半深湖相深灰色泥岩属 I 型良好生油母质、有机质丰度较高和生烃潜力较大的源岩。

在湖区范围,大仓房组的顶部埋深在 1 700~4 100 m 或更深。特别是深凹区,  $R_o$  高达 1.6%,多数地区  $R_o$  在 1.35%±(3 400~3 600 m),处于生成轻质油—凝析油高成熟阶段;深凹区外围  $R_o$  降低。

根据汪本善等对泌 80 井模拟试验,  $R_o$  在 1.7%~1.8%,液态烃开始减少,由 182.2 降至 61.5 kg/t.c.,气态烃增加,由 70.6 增至 362.25 kg/t.c.;  $R_o$  在 2.0% 以后,以气态烃为主。综合上述分析确认,大仓房组现今埋深仍以液态烃为主,未进入气态阶段。

### 3 大仓房组上部的油源对比

研究过程中采集了安棚油田安 3006 井(3 507~3 518 m)和泌 265 井(3 513.3~3 531.0 m)大仓房组上部的两个油样。

#### 3.1 大仓房组原油性质

##### 3.1.1 原油物理性质

大仓房组原油具“无硫、低蜡”特征,与核二、核三原油存在明显差别,从外表看,前者为清晰的液体,而后者相对粘稠(表 3)。可见,大仓房组原油因母源、

特别是演化程度较高,造成脱硫、高分子蜡裂解、密度减小所致。

表 3 大仓房组和核二、核三段原油物性对比表

Table 3 Oil quality correlation of Ed, Eh<sub>2</sub> and Eh<sub>3</sub>

井号	层位	含硫量/%	含蜡量/%	外观描述
泌 265	E <sub>2</sub> d	0	4.78	液体、橙黄色
安 3006	E <sub>2</sub> d	0	0.40	液体、棕黄色
泌 74	E <sub>2</sub> h <sub>3</sub>	0.24	13.90	液体、棕褐色
泌 274	E <sub>2</sub> h <sub>2</sub>	0.38	9.70	液体、浅棕色

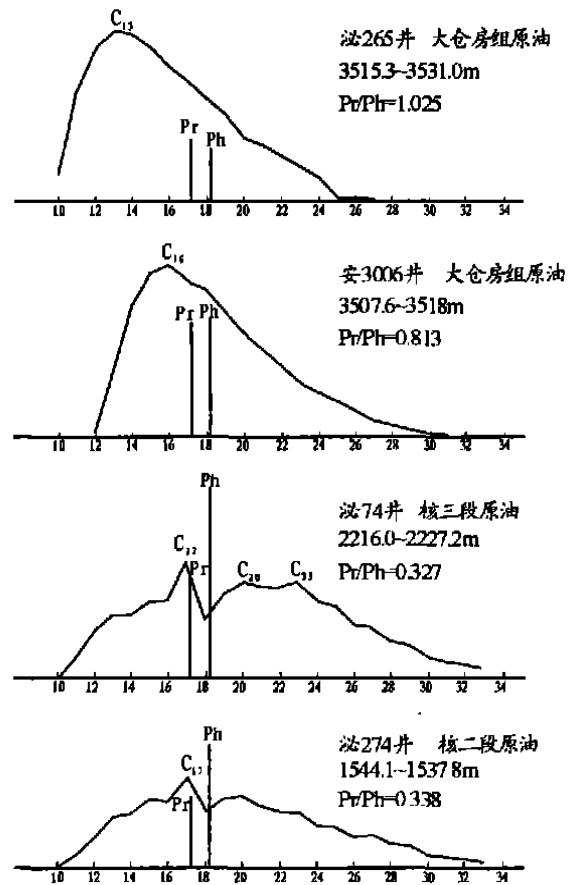


图 2 泌阳凹陷大仓房组和核二、核三段原油饱和烃色谱图

Fig. 2 Oil saturated hydrocarbon fragmentograms of Ed and Eh<sub>2</sub> and Eh<sub>3</sub>

##### 3.1.2 饱和烃色谱特征

大仓房组原油饱和烃色谱中碳数分布范围偏窄,

据中国石化科技开发研究项目《东部第三系断陷盆地油气成藏理论研究》成果。

汪本善,程克明,等.泌阳凹陷下第三系油气运移研究(内部资料).1990.

以  $C_{10}$ — $C_{30}$  为主,主峰碳前移至  $C_{13}$  或  $C_{16}$ ,并具有偶碳优势,姥鲛烷相对偏高,异戊二烯烷烃相对较少(图2)。Shimoyama 和 John 认为,在有数量较多的陆源物质堆积在深部的深成热解过程中,特别是在具有较咸化湖泊沉积环境的凹陷,有机质演化会受到限制,形成了具偶碳优势的环境<sup>[1]</sup>。这些特征反映了大仓房组原油具有相对偏氧化、高等植物掺入的生源构成,而有别于核二、核三段原油。

### 3.1.3 原油所属母质类型和成熟度

原油轻烃分析,特别是其中甲基环己烷指数、环己烷指数、二甲基环戊烷指数和庚烷值、异庚烷值可判别原油母质类型和成熟度。

由于正庚烷烃来自藻类、细菌或被细菌改造过的类脂体,环戊烷类化合物主要来自水生生物的甾族化合物的类脂体,甲基环己烷来自高等植物的木质素、纤维素。故甲基环己烷指数越小,反映原油母质类型越好,反之越差。

从热解演化看,随着成熟度增加,侧链或支链 C—C 链逐渐断裂,向着位能较弱的方向重排,若庚烷含量越大,正构烷烃越多,则表明演化程度越高。

引用张义纲<sup>[2]</sup>、Snowden<sup>[3]</sup>等对轻烃类型和指标分析,安 3006 井的母质类型为  $-I_1$  型,属轻质油;泌 265 井原油的母质类型好于安 3006 井,为  $I_2$  型母质(表 4),但演化程度略高于安 3006 井轻质油。

表 4 大仓房组原油类型和成熟度

Table 4 Oil types and maturity of Ed in Biyang Depression

井号	甲基环己烷指数	环己烷指数	类型	庚烷值	异庚烷值	二甲基环戊烷指数	成熟度
安 3006 井	36.5	31.1	$-I_1$	30.6	3.6	12.0	轻质油
泌 265 井	33.3	27.7		32.4	3.62	11.02	轻质油

## 3.2 油源对比

为确认大仓房组原油的源岩,我们做了如下分析和对比。

### 3.2.1 油、岩碳同位素 ( $^{13}C$ ) 特征

源岩和原油中的碳同位素,既反映了母质类型的差异,也反映了成熟度,它们在族组成中的分馏趋势在岩、油对比中具很大的作用。

源岩中的碳同位素,随着演化程度的加深,干酪根降解,C—C 链断裂,首先从  $^{12}C$ — $^{13}C$  开始, $^{12}C$  烃类从源岩中解析排出,从而在高成熟阶段残留物中相对富集  $^{13}C$  的烃,干酪根  $^{13}C$  变重,此时降解或裂解的液态烃无疑也同样富集  $^{13}C$ ,使烃变重,而由芳烃到饱和烃其分馏趋势变轻将更明显。

泌阳凹陷大仓房组油、岩碳同位素反映了上述情况(表 5)。泥岩的干酪根  $^{13}C$  在  $-23.74\%$ ~ $-25.70\%$  之间,以  $I_2$  型母质为主,但族组成饱和烃同位素在  $-27.10\%$ ~ $-28.36\%$ ,大仓房组原油各族组成同位素处于  $-26.21\%$ ~ $-26.95\%$  之间。由图 3 所示,它们由沥青质—非烃—芳烃—饱和烃的分馏趋势基本一致,特别是泌 265 井原油,与泌 265 井大仓房组泥岩几乎呈平行线变化。因此,油、岩族组成碳同位素具相近的分馏趋势,表明它们的同源性。

### 3.2.2 油、岩芳烃色谱—质谱特征

芳烃化合物中除侧链降解脱离母环,六元环在演化过程中相对比较稳定,用它们进行油、岩对比具有较好的效果,且甲基菲指数在高成熟阶段 3、2、9、1-甲基菲的组合也可作为油源对比指标。

大仓房组泌 265 井、安 3006 井两个油样与大仓房组 263 岩样具相似的两个特征(图 4):萘烯—茈萸

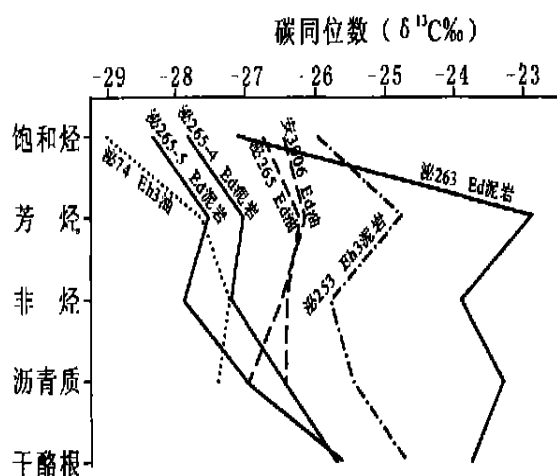


图 3 泌阳凹陷大仓房组和核三段油、岩族组成碳同位素图

Fig. 3 Carbon isotope of oil-rock group composition of Ed and  $Eh_3$

表 5 大仓房组油、岩族组成和干酪根碳同位素(%)

Table 5 Carbon isotope of oil-rock group composition and kerogen of Ed(%)

井号	层位	样品	饱和烃	芳烃	非烃	沥青质	干酪根	母质类型
泌 265	Ed3571~3574	深灰色泥岩	-27.84	-27.05	-27.20	-26.46	-25.70 - 25.65	1
	3546~3548	深灰色泥岩	-28.36	-27.56	-27.87	-26.96		1
泌 263	Ed	黑灰色泥岩	-27.10	-22.89	-23.91	-23.28	-23.60	2
泌 253	Eh <sub>3</sub>	黑灰色泥岩	-25.95	-24.78	-25.79	-25.45	-23.74	1
泌 265	Ed	轻质油	-26.75	-26.21	-26.38	-26.39		1 母质,高成熟
安 3006	Ed	轻质油	-26.46	-26.15	-26.47	-26.95		1 母质,高成熟,
								有正常油掺入
泌 74	Eh <sub>3</sub>	正常油	-29.00	-27.62	-27.21	-27.36		型母质

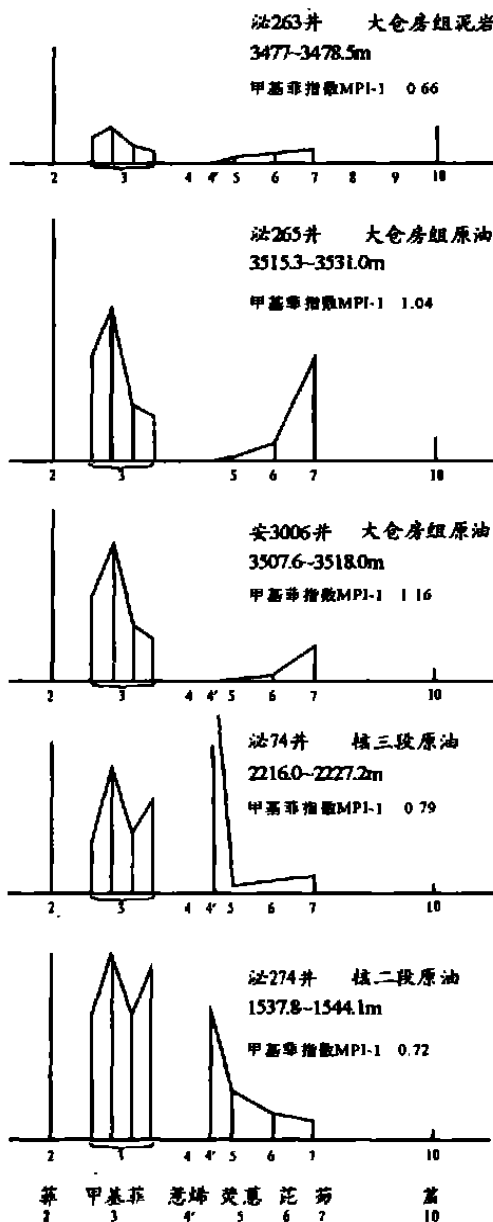


图 4 泌阳凹陷大仓房组油、岩与核二、核三段原油芳烃色质对比图

Fig. 4 Comparison of aromatic hydrocarbon GC-MS of Ed oil-rock and Eh<sub>2</sub>-oil and Eh<sub>3</sub>-oil

一苊一苊含量均具有升高趋势,并含有一定数量的;甲基菲指数中 3、2、9、1-甲基菲中的 2-甲基菲含量高,而 1-甲基菲含量低,显然是由于演化程度高,1-甲基菲移至 2-位,造成甲基菲指数变成 1.04(泌 265 井油)和 1.16(安 3006 井油),大仓房组泥岩甲基菲指数因演化高而趋于低值。

泌 74 井核三段油和泌 274 井核二段油在芳烃色谱图上表明了与大仓房组的油、岩的差异,葱烯—苊—苊呈阶梯下降,1-甲基菲相对高于大仓房组含量,具高的 3、2、9、1-甲基菲组合。甲基菲指数分别为 0.79 和 0.72。

因此,芳烃色质对比也进一步证明了大仓房组原油不同于核二、核三段的原油,而与大仓房组泥岩具极大的相似性。

#### 4 结论与建议

综合以上分析,可以得出如下几点认识:

(1) 泌阳凹陷大仓房组上部在紧靠南部北西向边界断裂一侧发育半深湖相,面积约 220 km<sup>2</sup>。杜坡—双河、安棚—程店一带为暗色泥岩沉积中心,暗色泥岩厚度 50~150 m。

(2) 大仓房组上部暗色泥岩具有较高的有机质丰度和以 I 型为主的较好母质类型,虽演化程度较高,但仍具有较大的生烃潜力。

(3) 大仓房组原油的物理和化学性质明显不同于上覆核二、核三段原油。油、岩族组成碳同位素分馏趋势和芳烃色质特征,表明大仓房组岩、油具很大的相似性,特别是泌 265 井原油更具自生自储特点。

(4) 大仓房组上部沉积格局和生储盖空间组合特征,决定了凹陷南部位于扇三角洲相带上的双河—赵凹—安棚是勘探深部大仓房组的有利地区。

建议在今后深部油气勘探中重视和加强对大仓房组的勘探,并对大仓房组的生、储油性进行深入研究,为油气资源评价提供更丰富的数据和资料。

致谢 河南油田勘探开发研究院为该研究提供了样品和部分基础资料,表示感谢!

参考文献(References):

- 蒂索 B P, 威尔特 D H. 石油形成和分布. 北京:石油工业出版社, 1989[Tissot B P, Welt D H. Petroleum formation and distribution. Beijing: Petroleum Industry Press, 1989]
- 张义纲, 等. 天然气的生成聚集和保存. 南京:河海大学出版社, 1991[Zhang Yigang, et al. The generation, accumulation and preservation of natural gas. Nanjing: Fluvio-marine University Press, 1991]
- Snowden L R and Powell T G. Immature oil and condensate - modification of hydrocarbon generation model for terrestrial organic matter. AAPG Bulletin, 1982, 66:46 ~ 72
- 张新社, 等. 泌阳凹陷腹部湖相白云岩油藏地质特征. 新疆石油地质, 2000, 21(6):54 ~ 60[Zhang Xinshe, et al. Geologic characteristics of lacustrine dolomite reservoirs in Biyang depression hinterland. Xinjiang Petroleum Geology, 2000, 21(6):54 ~ 60]
- 胡爱权. 古气候变迁对泌阳断陷湖盆陆相层序发育的影响. 江汉石油学院学报, 1998, 20(1):37 ~ 42[Hu Shouquan. Influence of Paleoclimatic changes on the development of terrigenous sequence in Biyang lacustrine faulted basin. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 1998, 20(1):37 ~ 42]
- 陈世加, 等. 干酪根裂解气和原油裂解气的成因判别方法. 石油实验地质, 2002, 21(4):87 ~ 92[Chen Shijia. A method of genetic differentiation of gases by Kerogen cracking and oil cracking. Petroleum Geology and Experiment, 2002, 24(4):87 ~ 92]
- 范璞, 等. 塔里木油气地球化学. 北京:科学出版社, 1990. 29 ~ 40 [Fan Pu. Petroleum Geochemistry of Tarim Basin. Beijing: Science Press, 1990. 29 ~ 40]

## On the Source Nature of Upper Dacangfang Formation in Biyang Depression and Estimation of Its Potentiality

ZHOU Xiao-jin WU Xin-yi

(Wuxi Research Institute of Experimental Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

**Abstract** Semibathyle facies was developed in the upper Dacangfang formation of Biyang depression, and its dark mudstones with parent material of type  $1$  and being organic abundant, have reached a high maturation stage suggesting a strong generation potential. Based on oil-source correlation, the authors believe that the oil of Dacangfang much differs from those of  $Eh_2$  and  $Eh_3$  members in terms of physical properties, carbon isotopics, chromatography of saturated hydrocarbons, GC-MS characteristics of aromatic hydrocarbons, but geochemically similar to the dark grey mudstones in Dacangfang formation, i. e. attributed to authigenic and authi-reservoired deposits. The belt of Shuanghe-Zhaoao-Anpeng in the steep slope to the south is considered as a favourable area in Dacangfang formation.

**Key words** upper Dacangfang Formation, sedimentary environment, source nature, oil-source correlation