

文章编号:0253-9985(2012)03-0392-07

## 南襄盆地南阳凹陷烃源岩再认识与资源潜力

吕明久

(中国石化 河南油田分公司 勘探事业部,河南 南阳 473132)

**摘要:**南襄盆地南阳凹陷烃源岩干酪根类型以 $\text{II}_1 - \text{II}_2$ 型为主,核桃园组二段二亚段与核桃园组二段三亚段有机质类型好于核桃园组三段。核桃园组二段以细菌和低等植物来源为主,核桃园组三段的植物来源更丰富。有机质丰度以核桃园组二段三亚段最高,其次是核桃园组三段一亚段,核桃园组三段二亚段与核桃园组二段二亚段相当,达到了中等烃源岩条件,核桃园组二段一亚段最差。南阳凹陷有效烃源岩分布面积自下而上逐渐变小,烃源岩分布逐渐向南部深洼带收缩和集中。资源重新复算表明:该区资源量由 $0.62 \times 10^8 \text{ t}$ 增加到 $1.04 \times 10^8 \text{ t}$ 。核桃园组三段二亚段占该区资源量的37.5%,其次是核桃园组三段一亚段、核桃园组二段三亚段及核桃园组二段二亚段。整个核桃园组三段占该区总资源量的59.6%。说明核桃园组三段是南阳凹陷的主力烃源层,因其目前资源探明率低,应还有较大的勘探潜力,这为该区加快深层的勘探提供了依据。

**关键词:**烃源岩;地质资源量;核桃园组;南阳凹陷;南襄盆地

**中图分类号:**TE122.1

**文献标识码:**A

## Re-evaluation of source rocks and petroleum resources of Nanyang depression in Nanxiang Basin

Lü Mingjiu

(SINOPEC Henan Oilfield Company, Nanyang, Henan 473132, China)

**Abstract:** Kerogens of source rocks in the Nanyang depression of Nanxiang Basin are dominated by type  $\text{II}_1$  and type  $\text{II}_2$ , and the organic types of the middle and lower Member II of Hetaoyuan Formation (HF) are better than that of the Member III of HF. The organic matters of the Member II of HF are mainly sourced from bacteria and lower plants, while that of the Member III of HF from plants. The organic matter abundance of the source rocks of HF are different for different sub-members. The richest one is the lower Member II, followed by the upper Member III. The organic matter abundance of the middle Member III is moderate just like the middle Member III. The upper Member II is the lowest. The distribution area of active source rocks gradually becomes smaller upwards, and the source rocks concentrated in deep depression to the south. The resources in place by this reassessment are 104 million tons, much larger than 62 million tons by the last assessment. The resources of the middle Member III are the largest, accounting for 37.5% of the total resources, followed by the upper Member III, the lower and middle Member II. The resources of the Member III account for 59.6% of the total resources, indicating that the Member III is the main source rocks of the Nanyang depression. However, the resource exploration maturity for the depression is quite low, indicating that the exploration potential for the depression may be large.

**Key words:** source rock, resource in place, Hetaoyuan Formation, Nanyang depression, Nanxiang Basin

南襄盆地南阳凹陷的烃源条件及资源潜力已进行过多次系统研究<sup>[1-6]</sup>,这些研究对指导油田勘

探起到了重要作用。但传统上对烃源岩的北部边界认识不清,并一直认为核桃园组核二段是本区的

收稿日期:2012-04-01;修订日期:2012-05-08。

作者简介:吕明久(1962—),男,高级工程师,石油及天然气地质、油田勘探。

主力烃源层系,对核三段生烃潜力认识不足。2007年以来,部署了一批新钻井,随着反映深层的有机地化资料不断积累和认识程度的提高,对南阳凹陷深层烃源岩尤其是核三段烃源岩的分布范围和地化特征有了新认识。所以就有必要重新深入地对本区烃源岩地化特征及资源潜力进行重新评价。

## 1 地质概况

南阳凹陷属南襄盆地内的次级构造单元,面积为3 600 km<sup>2</sup>,是以古近系为主的中、新生代陆相断陷<sup>[7-8]</sup>。古近系自下而上形成一个红粗—黑细—红粗的完整沉积旋回,位于旋回中部的核桃园组是凹陷的主要含油岩系,最厚约2 400 m。核桃园组划分3个段,核三段后期至核二段中期是湖盆发育的全盛时期,在凹陷主体部位沉积了一套近千米的较深湖相以暗色泥岩为主的地层,成为南阳凹陷的主要烃源岩系;核二段晚期湖盆开始萎缩,并在廖庄组沉积末期抬升遭受剥蚀,形成了古近系与新近系间区域不整合界面<sup>[9-11]</sup>。目前在南阳凹陷已发现东庄、魏岗、张店和北马庄4个小型油田(图1)。

## 2 烃源岩分布

南阳凹陷是一个南断北超的断陷,沉积和沉

降中心位于凹陷南部边界断层一侧,主要发育牛三门、东庄两个次凹,其间是魏岗隆起。烃源岩在平面上主要分布于紧邻南部边界断层的深洼带中;垂向上较优质烃源层主要发育在湖泛期的核三段与核二段,表现为较深湖相暗色泥岩。受构造、物源等因素的控制,各洼陷的沉积厚度、岩相和泥质岩发育程度等方面都有不同,烃源岩的分布规律也明显不同(图2)。

核桃园组三段二亚段(Eh<sup>3(2)</sup>):该段烃源岩主要分布在南1井—袁6井—金1井以南的深洼带和斜坡内侧,此线以外,烃源岩厚度一般小于100 m。两个洼陷显示出一定的分隔性,东庄洼陷烃源岩厚度最大,最大厚度位于南40—南77井附近,厚度400 m;牛三门洼陷以南27井附近为中心,最大厚度约300 m。烃源岩厚度分布以南部深洼带为中心,向北部斜坡迅速减薄。

核桃园组三段一亚段(Eh<sup>3(1)</sup>):该段烃源岩厚度一般为100~250 m,西部东庄和焦店地区厚度一般100 m,并存在两个烃源岩中心,东庄地区受东1号断层控制明显。东部牛三门洼陷半地堑形态明显,烃源岩厚度大,南27井附近最大可达250 m。东部洼陷暗色泥岩平均厚度明显大于西部。与Eh<sup>3(2)</sup>相比,沉积中心变化不大,但东、西部洼陷湖盆分隔性减弱,暗色泥岩分布出现向南收缩的趋势。

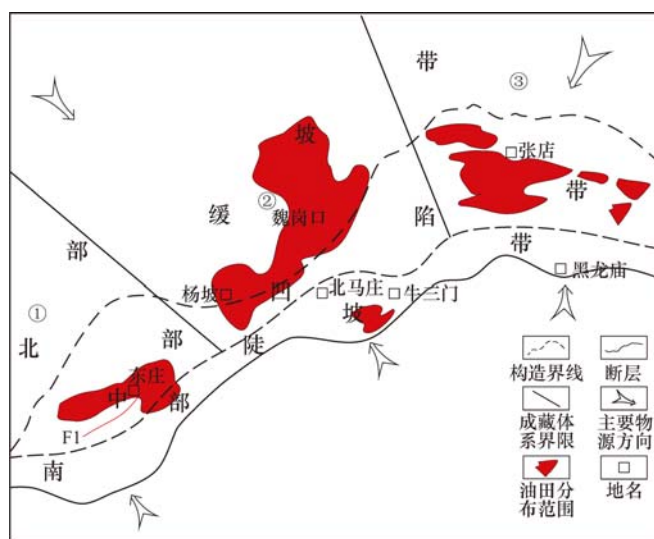


图1 南阳凹陷构造简图及勘探示意图

Fig. 1 Schematic diagram showing structures and exploration status of the Nanyang depression  
F<sub>1</sub>. 断层;①. 东庄—东赵庄油气成藏体系;②. 魏岗—北马庄油气成藏体系;③. 张庄—白秋油气成藏体系

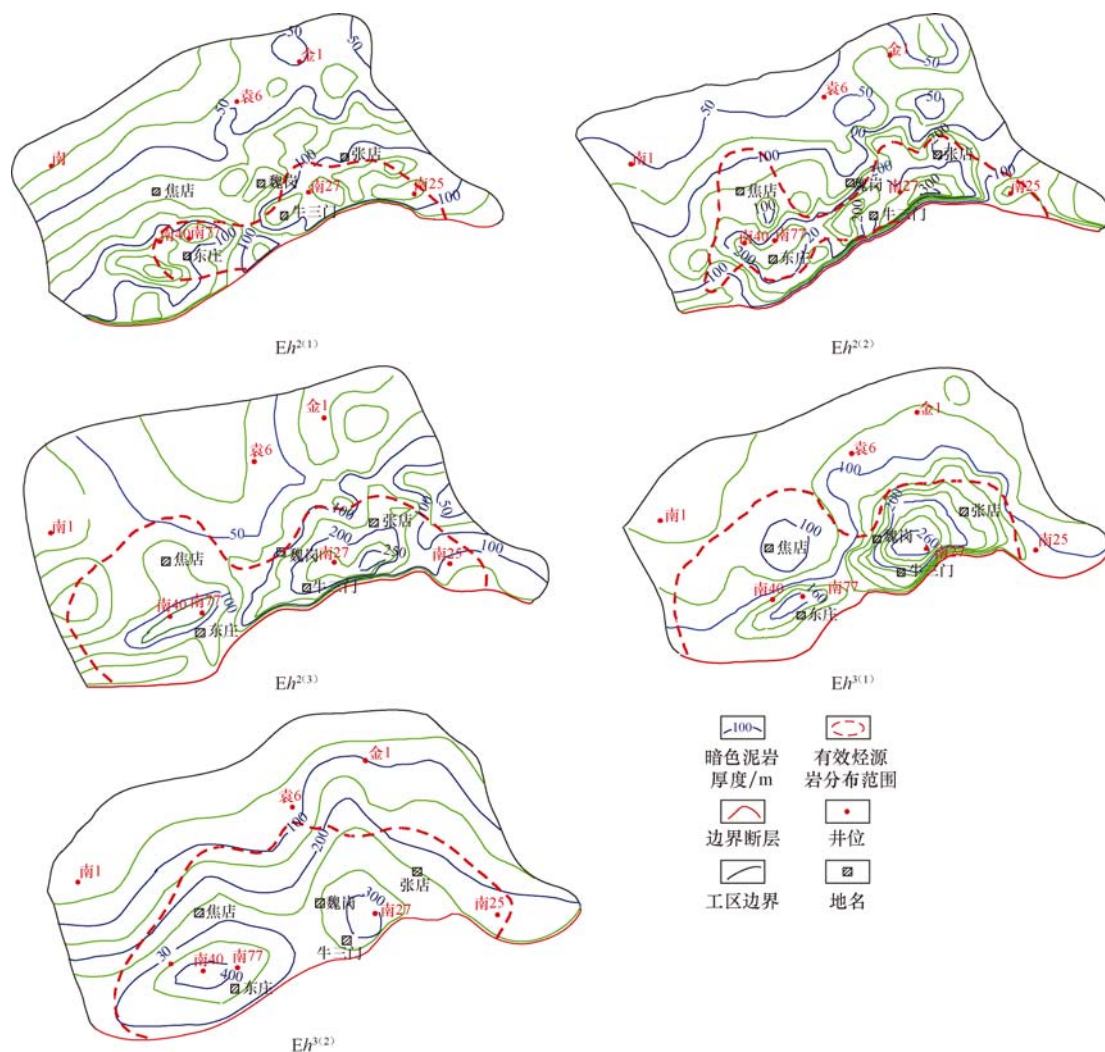


图2 南阳凹陷核桃园组暗色泥岩厚度

Fig. 2 Isopach of the dark shale in the Hetaoyuan Formation in Nanyang depression

核桃园组二段三亞段( $Eh^{2(3)}$ ):该段烃源岩厚度分布规律与 $Eh^{3(1)}$ 类似,东部牛三门洼陷沉积中心向东迁移,范围向东扩大到南25井地区,烃源岩厚度一般为100~250 m,最大厚度中心位于张店以南的张28井附近,厚度约250 m,主要受北东东向边界断层控制,范围明显向南收缩;西部地区厚度只有100 m左右,主要受东1断层控制。

核桃园组二段二亞段( $Eh^{2(2)}$ ):东部牛三门洼陷沉积格局变化不大;西部洼陷泥岩厚度与范围有所扩大。

核桃园组二段一亞段( $Eh^{2(1)}$ ):西部东1断层对烃源岩分布的控制作用增强,东庄洼陷内烃源岩北厚南薄的趋势明显。烃源岩分布进一步向南部深洼带内集中,受北东向边界断层的控制作用

更加明显,烃源岩厚度一般100~150 m,以分布于南部狭长的深洼带为主。

总体上看,自下而上,烃源岩分布面积方向上有收缩的趋势,边界断层对烃源岩分布的控制作用逐渐增强,烃源岩分布逐渐向南部深洼带集中,这反映了凹陷由断拗式沉积向断陷式沉积的演化过程。

### 3 烃源岩地球化学特征

#### 3.1 有机质类型

根据岩石热解分析结果(图3),南阳凹陷干酪根类型以 $II_1 - II_2$ 型为主。氢指数(HI)为11~772 mg/g,平均为271.6 mg/g,大部分为100~

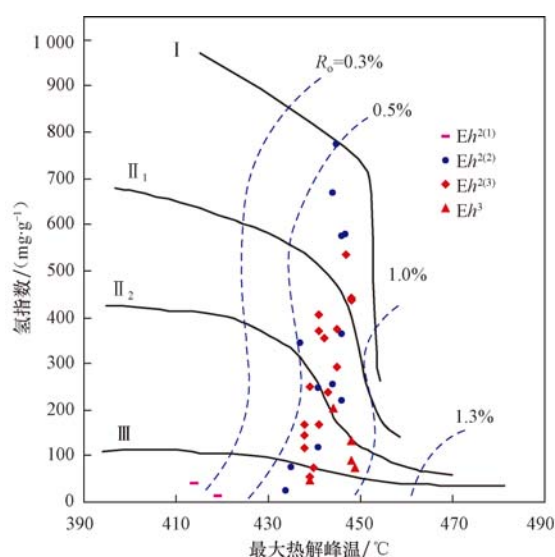


图3 HI-Tmax 有机质类型判别图

Fig. 3 Diagram showing organic matter types by HI-Tmax

500 mg/g。最大热解峰温 ( $T_{\max}$ ) 值除了  $Eh^{2(1)}$  两个样品外,其他样品均大于 435 °C,表明已进入成熟阶段。其中核三段以  $II_2$  型为主, $Eh^{2(1)}$  以 III 型为主, $Eh^{2(2)}$  与  $Eh^{2(3)}$  有机质类型好于核三段,以  $II_1 - II_2$  型为主。

### 3.2 有机质丰度

在南阳凹陷以前的分析化验资料基础上,增加了 2007 年以后新钻井地化分析资料,主要是深层核三段资料,把各烃源层分别进行了统计(表 1)。结果表明,总体上  $Eh^{2(3)}$  烃源岩有机碳含量、氯仿沥青“A”含量等指标明显高于其他各层;其次是  $Eh^{3(1)}$ ,这与以前的认识相同。而  $Eh^{3(2)}$  烃源岩此前一直被忽视,通过本次分析发现其主要地化指标已达到了中等烃源岩的标准,由于  $Eh^{3(2)}$  埋藏深,已有样品主要取自凹陷边缘构造相对较高部位,深洼部位的钻井基本没有钻达,因此目前

的资料并不能完全反映其真实情况,实际分析深洼部位的有机地化指标可能会更好,而且其厚度一般是  $Eh^{3(1)}$  的二倍以上,因此,生烃潜力十分可观。

### 3.3 生物标志物特征

暗色泥岩甾、萜类生物标志化合物特征表明:在  $m/z$  191 的质量色谱图中,以细菌和低等植物来源的五环三萜烷的藿烷类为主,同时,细菌或藻类成因的长链三环萜烷含量也相当丰富。一般认为,双环倍半萜的主要来源是高等植物的树脂类组成,反映陆相有机质特征。本区烃源岩有机质中的倍半萜与五环三萜的比值 ( $m/z$  123/191) 多数低于 1.0,其中,有 4 个样品大于 1.0,除红 10 井为核二段外,其余 3 个样品都来源于核三段。这说明核二段烃源岩有机质以细菌和低等植物来源为主,其有机质类型较好,而核三段烃源岩高等植物来源相当丰富,从图 3 中也可以反映这种特征。

暗色泥岩饱和烃色谱特征具有植烷优势或均势(表 2)。在 19 个测试样品中,Pr/Ph 比小于 1.0 的样品有 8 个,分布在 0.58 ~ 0.99,反映植烷优势和强还原环境;Pr/Ph 比在 1 ~ 2 的样品有 11 个,分布为 1.02 ~ 2.08,反映姥、植均势和还原环境。 $nC_{21}^-/nC_{22}^+$  多数小于 1.0,说明低碳数烃含量相对较低,高等植物来源占有相当的比例。少数样品大于 1.0,有的高达 6.673 (南 65 井,  $Eh^{2(1)}$ )。

### 3.4 有机质热演化程度与有效烃源岩展布

依照目前石油行业湖相泥质有效烃源岩评价标准,同时参考邻区泌阳凹陷的烃源岩研究工作<sup>[12-17]</sup>,本区有效烃源岩判定标准为:有机碳丰度 (TOC) 下限标准取 0.5%,烃源岩成熟门限标准镜质体反射率 ( $R_o$ ) 为 0.5%。

表 1 南阳凹陷各烃源岩层有机质丰度对比

Table 1 Organic matter abundances of each source rocks in Nanyang depression

| 层位          | 有机碳含量<br>平均值/% | 氯仿沥青“A”<br>含量平均值/% | 总烃含量<br>平均值/% | 生烃潜力<br>( $S_1 + S_2$ )/(mg · g <sup>-1</sup> ) |
|-------------|----------------|--------------------|---------------|-------------------------------------------------|
| $Eh^{2(1)}$ | 0.52           | 0.047              | 812.37        | 0.02                                            |
| $Eh^{2(2)}$ | 0.69           | 0.157              | 1 504.83      | 7.17                                            |
| $Eh^{2(3)}$ | 0.84           | 0.243              | 2 195.38      | 3.24                                            |
| $Eh^{3(1)}$ | 0.80           | 0.109              | 1 554.53      | 0.65                                            |
| $Eh^{3(2)}$ | 0.66           | 0.086              | 685.69        | 0.65                                            |

表2 岩石饱和烃气相色谱分析参数(各层平均值)

Table 2 Gas chromatography of saturated hydrocarbons

| 层位                 | Pr/nC <sub>17</sub> | Ph/nC <sub>18</sub> | Pr/Ph | C <sub>21</sub> <sup>-</sup> /C <sub>22</sub> <sup>+</sup> |
|--------------------|---------------------|---------------------|-------|------------------------------------------------------------|
| Eh <sup>2(1)</sup> | 0.642               | 0.614               | 1.023 | 5.490                                                      |
| Eh <sup>2(2)</sup> | 0.477               | 0.413               | 1.284 | 0.753                                                      |
| Eh <sup>2(3)</sup> | 0.701               | 0.623               | 1.208 | 0.838                                                      |
| Eh <sup>3(1)</sup> | 0.713               | 0.868               | 1.365 | 1.500                                                      |
| Eh <sup>3(2)</sup> | 0.320               | 0.215               | 1.703 | 1.728                                                      |

注:表中数据为各层平均值。

研究中将已有的(39个)和新测定的(35个)岩样镜质体反射率( $R_o$ )数据随深度(H,m)变化作图,并建立了回归方程: $\ln R_o = 0.000\ 5H - 1.678$ ,吻合度达92%。通过将烃源岩埋藏深度转化为镜质体反射率,得知本区核桃园组烃源岩进入生油门限深度为1970 m。而总体上烃源岩热演化程度不高, $R_o$ 值基本上小于1.0%。通过将有机碳平面图、 $R_o$ 值平面图及暗色泥岩厚度分布图叠合确定了南阳凹陷有效烃源岩的分布(图2)。在有效烃源岩分布面积上,核三段有效面积最大,向上是逐渐减小的。东部与西部也有差异,西部的有效区域总体上大于东部。东部烃源岩有效区域主要分布于边界断层附近的深洼带,自南向北,烃源岩厚度和成熟度均不断降低。北部斜坡带的烃源岩基本没有进入生烃期;自下而上,从Eh<sup>3(2)</sup>—Eh<sup>2(1)</sup>有效烃源岩面积趋于减小。西部地区不仅深洼带进入生烃期,焦店及其附近的斜坡区也已进入生烃期。

Eh<sup>3(2)</sup>:埋深大,大部分地区进入生烃门限,尤其是西部地区, $R_o$ 值基本分布于0.5%~1%,整个焦店地区的Eh<sup>3(2)</sup>烃源岩已进入生烃期。东部地区南46井以南也进入了成熟区,Eh<sup>3(2)</sup> $R_o$ 值最高达到了1.4%(南27井附近),进入高熟阶段。

Eh<sup>3(1)</sup>:生烃范围较大,东、西部差异也较大,西部包括焦店地区 $R_o$ 值分布在0.5%~0.9%,烃源岩已全部进入生烃期。而东部牛三门及魏岗地区

有效烃源岩范围进一步减小,最北部分布于魏21、魏42、南51井一线以南地区。

Eh<sup>2(3)</sup>:烃源岩成熟度基本在1%以下,有效烃源岩范围进一步缩小,其中,西部地区有效烃源岩区的范围变化不大。东部牛三门洼陷进一步缩小到南79井附近。魏岗构造上只有鼻状构造南部地区进入了生油门限,分布于魏21井以南,构造顶部的大部分地区没有进入生烃阶段。

Eh<sup>2(2)</sup>:烃源岩成熟度较低,东部最大可以达到0.9%,西部最大可以达到0.7%。有效烃源岩的范围进一步减小,其中东部变化不大,而西部东庄及魏岗地区有效烃源岩的范围变化较大,较核三段有明显的减小,但焦店大部分地区也已进入生烃期。

Eh<sup>2(1)</sup>:有效烃源岩范围较小,烃源岩成熟度一般只有0.5%~0.7%,主要沿边界断层分布。

## 4 资源复算结果

运用盆地模拟系统对南阳凹陷烃源层段的地质资源量分运聚单元、分层系进行了重新计算,结果表明:①与全国第三次油气资源评价结果相比,由于对核三段细分成二个亚段评价,并且各层段尤其是核三段补充了较多的新数据,使生油量由 $6.17 \times 10^8$  t增加到 $10.0 \times 10^8$  t,资源量由 $0.62 \times 10^8$  t增加到 $1.04 \times 10^8$  t(表3),为深化本区勘探提供了物质基础。②Eh<sup>3(2)</sup>占本区资源量的37.5%,其次是Eh<sup>3(1)</sup>,Eh<sup>2(3)</sup>和Eh<sup>2(2)</sup>,整个核三段占本区总资源量的59.6%。说明核三段是南阳凹陷的主力烃源层,而以前认为本区的主力烃源层是核二段。由于核二段资源的探明率高,核三段资源探明率低,应还有较大的勘探潜力,这为本区加快核三段的勘探力度提供了基础和依据。③通过对两个洼陷的对比,东部牛三门洼陷资源

表3 南阳凹陷生、排烃量结果

Table 3 Statistics of hydrocarbon generation and expulsion volumes in Nanyang depression

| 生烃层段               | 生烃量/(10 <sup>8</sup> t) | 生烃量所占比例/% | 生油量/(10 <sup>8</sup> t) | 生气量/(10 <sup>8</sup> t) | 排烃量/(10 <sup>8</sup> t) | 资源量/(10 <sup>8</sup> t) | 资源量所占比例/% |
|--------------------|-------------------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------|
| Eh <sup>2(1)</sup> | 1.74                    | 16.3      | 1.67                    | 0.121                   | 0.47                    | 0.11                    | 10.6      |
| Eh <sup>2(2)</sup> | 1.39                    | 13.0      | 1.35                    | 0.082                   | 0.54                    | 0.13                    | 12.5      |
| Eh <sup>2(3)</sup> | 1.80                    | 16.9      | 1.63                    | 0.102                   | 0.78                    | 0.18                    | 17.3      |
| Eh <sup>3(1)</sup> | 2.13                    | 20.0      | 1.99                    | 1.129                   | 0.97                    | 0.23                    | 22.1      |
| Eh <sup>3(2)</sup> | 3.61                    | 33.8      | 3.37                    | 0.236                   | 1.68                    | 0.39                    | 37.5      |
| 合计                 | 10.67                   | 100       | 10.0                    | 0.670                   | 4.44                    | 1.04                    | 100       |

探明率高,而西部东庄洼陷剩余资源量相对较大,其中值得注意的是西部核三段具有较大的有效烃源岩分布面积。因此西部东庄洼陷核三段是未来油气勘探的重要领域。

## 5 结论

南阳凹陷烃源岩的重新评价认为核三段是本区主力烃源层,在地质认识上突破了核二段为主力烃源岩的观念。尤其是西部核三段具有较大的有效烃源岩分布面积和相对较低的资源探明率,因此西部东庄洼陷核三段是未来油气勘探的重要领域,这为该区下一步深化勘探提供了依据。

### 参 考 文 献

- [1] 宋宏宇,魏文科. 南阳凹陷油气成藏主控因素及勘探潜力分析[J]. 复杂油气藏,2010,6(6):1-4.  
Song Hongyu, Wei Wenke. Analysis on main control factors of oil-gas accumulation and exploration potential in Nanyang Sag [J]. Complex Hydrocarbon Reservoirs, 2010, 6(6): 1-4.
- [2] 何祖荣. 南阳凹陷东庄油田成藏特征[J]. 大庆石油地质与开发,2005,22(4):8-9,106.  
He Zurong. Reservoir formation characteristics of Dongzhuang oil field in Nanyang sag [J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2005, 22(4): 8-9, 106.
- [3] 李水福,何生,张冬梅,等. 南阳凹陷高蜡原油的地球化学特征[J]. 新疆石油地质,2006,27(4):31-35.  
Li Shuifu, He Sheng, Zhang Dongmei, et al. Organic geochemical characteristics of high wax oils in Nanyang sag [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2006, 27(4): 31-35.
- [4] 陈建强,刘忠孝,蒲春志,等. 南阳凹陷核桃园组沉积演化对油气聚集的控制作用[J]. 石油天然气学报,2005,27(5):548-550.  
Chen Jianqiang, Liu Zhongxiao, Pu Chunzhi, et al. Control of sedimentary evolution of Hetaoyuan formation in Nanyang depression to oil and gas accumulation [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2005, 27(5): 548-550.
- [5] 马行陟,庞雄奇,孟庆洋,等. 辽东湾地区深层烃源岩排烃特征及资源潜力[J]. 石油与天然气地质,2011,32(2):251-258.  
Ma Xingzhi, Pang Xiongqi, Meng Qingyang, et al. Hydrocarbon expulsion characteristics and resource potential of deep source rocks in the Liaodong Bay [J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(2): 251-258.
- [6] 蔡佳,王华,罗家群. 基于层序地层格架的南阳凹陷油气成藏模式[J]. 西南石油大学学报(自然科学版),2011,33(3):67-73.  
Cai Jia, Wang Hua, Luo Jiaqun. Hydrocarbon generation model based on the sequence stratigraphic framework in Nanyang sag [J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2011, 33(3): 67-73.
- [7] 田纳新,吴官生,李峰,等. 南襄盆地南阳凹陷构造特征与油气分布[J]. 石油天然气学报,2008,30(6):51-56.  
Tian Naxin, Wu Guansheng, Li Feng, et al. The structural characteristics and petroleum distribution of Nanyang sag in Nanxiang basin [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2008, 30(6): 51-56.
- [8] 付代国,梁文生,罗家群,等. 南阳凹陷核桃园组沉降特征与构造演化关系研究[J]. 石油地质与工程,2008,22(4):16-18.  
Fu Daiguo, Liang Wensheng, Luo Jiaqun, et al. Research of settlement characteristics and structural evolution of Hetaoyuan Formation in Nanyang Depression [J]. Petroleum Geology and Engineering, 2008, 22(4): 16-18.
- [9] 蔡佳,罗家群,姜华,等. 南阳凹陷缓坡弯折带样式及其油气勘探意义[J]. 中国石油勘探,2008,13(5):26-30.  
Cai Jia, Luo Jiaqun, Jiang Hua, et al. Pattern of gentle slope-break zone in Nanyang Depression and its significance in petroleum exploration [J]. China Petroleum Exploration, 2008, 13(5): 26-30.
- [10] 朱军,张本书,赵天富,等. 近岸水下冲积扇储层特征研究——以南阳凹陷北马庄-黑龙庙为例[J]. 石油天然气学报,2008,30(5):48-55.  
Zhu Jun, Zhang Benshu, Zhao Tianfu, et al. Reservoir characteristics of coastal underwater alluvial fan——by taking baimazhuang-heilongmiao area in Nanyang depression for example [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2008, 30(5): 48-55.
- [11] 孙思敏,罗家群. 南襄盆地南阳凹陷核桃园组储层中碳酸盐胶结物富集规律[J]. 石油与天然气地质,2007,28(3):384-400.  
Sun Simin, Luo Jiaqun. Enrichment pattern of carbonate cements in reservoirs of the Hetaoyuan Formation in Nanyang Sag, Nanxiang Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(3): 384-400.
- [12] 王敏,秦伟军,赵追,等. 南襄盆地泌阳凹陷油气藏形成条件及聚集规律[J]. 石油与天然气地质,2001,22(2):169-172.  
Wang Min, Qin Weijun, Zhao Zhui, et al. Pool-forming condition and accumulation regularity of oils and gases in Biyang depression, Nanxiang basin [J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(2): 169-172.
- [13] 陈祥,王敏,严永新,等. 泌阳凹陷陆相页岩油气成藏条件[J]. 石油与天然气地质,2011,32(4):568-576.  
Chen Xiang, Wang Min, Yan Yongxin, et al. Accumulation conditions for continental shale oil and gas in the Biyang depression [J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(4): 568-576.
- [14] 王敏,秦伟军,赵追,等. 南襄盆地泌阳凹陷油气藏形成条

- 件及聚集规律[J]. 石油与天然气地质, 2001, 02(2): 169-172.
- Wang Min, Qin Weijun, Zhao Zhui, et al. Pool-forming condition and accumulation regularity of oils and gases in Biyang depression, Nanxiang Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2001, 02(2): 169-172.
- [15] 易士威, 蒋有录, 范炳达, 等. 渤海湾盆地饶阳凹陷古近系源岩特征与新近系油气来源[J]. 石油实验地质, 2010, 32(5): 475-479.
- Yi Shiwei, Jiang Youlu, Fan Bingda, et al. Neogene petroleum source and characteristic of Paleogene hydrocarbon source rock in the Raoyang sag, Bohai Bay basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2010, 32(5): 475-479.
- [16] 关德范, 徐旭辉, 李志明, 等. 烃源岩有限空间生排烃基础研究新进展[J]. 石油实验地质, 2011, 33(5): 441-446.
- Guan Defan, Xu Xuhui, Li Zhiming, et al. New progress in basic studies of hydrocarbon generation and expulsion of source rock in finite space [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2011, 33(5): 441-446.
- [17] 邱荣华, 付代国, 万力. 泌阳凹陷南部陡坡带油气勘探实例分析[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(5): 605-609.
- Qiu Ronghua, Fu Daiguo, Wan Li. A case study of hydrocarbon exploration in the southern steep slope zone of the Biyang Depression [J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(5): 605-609.

(编辑 高岩)

(上接第391页)

- [13] 王晓, 周文, 王洋新, 等. 新场深层致密碎屑岩储层裂缝常规测井识别[J]. 石油物探, 2011, 50(6): 634-638.
- Wang Xiao, Zhou Wen, Wang Yangxin, et al. Conventional log identification of fractures in the deep tight clastic reservoir in Xinchang area [J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2011, 50(6): 634-638.
- [14] 李健, 吴智勇, 曾大乾, 等. 深层致密砂岩气藏勘探开发技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002.
- Li Jian, Wu Zhiyong, Zeng Daqian, et al. Deep compacted sandstone gas reservoir exploration and development of the technology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002.
- [15] 宫秀梅, 曾溅辉, 邱楠生. 淮北凹陷深层致密砂岩气成藏特征[J]. 天然气工业, 2005, 25(6): 7-10.
- Gong Xiumei, Zeng Jianhui, Qiu Nansheng. Characteristics of deep tight sandstone reservoir formation in Weibei sag [J]. Natural Gas Industry, 2005, 25(6): 7-10.
- [16] 王志萍, 秦启荣, 王保全, 等. 川西 DY 构造须家河组致密砂岩储层裂缝分布控制因素[J]. 断块油气田, 2011, 18(1): 22-25.
- Wang Zhiping, Qin Qirong, Wang Baoquan, et al. Controlling factors for fracture distribution in the tight sandstone reservoir of Xujiahe Formation in DY structure, western Sichuan [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2011, 18(1): 22-25.
- [17] 王勇, 施泽进, 刘亚伟, 等. 鄂西渝东地区石柱复向斜志留系小河坝组致密砂岩成岩作用[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(1): 75-82.
- Wang Yong, Shi Zejin, Liu Yawei, et al. Diagenesis of tight sandstone in the Silurian Xiaoheba Formation of the Shizhu Synclinalium, western Hubei eastern Chongqing Area [J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(1): 75-82.
- [18] 廖群山, 胡华, 林建平, 等. 四川盆地川中侏罗系致密储层石油勘探前景[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(6): 815-822.
- Liao Qunshan, Hu Hua, Lin Jianping, et al. Petroleum exploration prospect of the Jurassic tight reservoirs in central Sichuan Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(6): 815-822.
- [19] 李占东, 马金龙, 刘文超, 等. 鸡西盆地南部成藏特征及有利含油区研究[J]. 油气地球物理, 2010, 8(2): 28-33.
- Li Zhandong, Ma Jinlong, Liu Wenchao, et al. The research on the reservoir forming feature and distribution of oil-bearing favorable area in Jixi Basin [J]. Petroleum Geophysics, 2010, 8(2): 28-33.
- [20] 卢双舫. 有机质成烃动力学理论及其应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996: 54-121.
- Lu Shuangfang. Organic matter into hydrocarbon dynamics theory and its application [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996: 54-121.
- [21] 徐立恒, 陈践发, 卢双舫, 等. 应用生烃动力学法研究川东上二叠统烃源岩生烃史[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2008, 38(4): 594-599.
- Xu Liheng, Chen Jianfa, Lu Shuangfang, et al. Study on hydrocarbon-generating history of hydrocarbon source rock in Upper Permian east. Sichuan basin with hydrocarbon-generating kinetics [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2008, 38(4): 594-599.
- [22] Zou Y R, Zhao C Y, Wang Y P, et al. Characteristics and origin of natural gases in the Kuqa Depression of Tarim Basin, NW China [J]. Organic Geochemistry, 2006, 37(3): 280-290.

(编辑 董立)