

南襄盆地南阳凹陷核桃园组“源势相导”控藏作用

罗家群¹, 彭金宁², 杨云飞¹, 刘桂兰¹, 郭飞飞¹, 张帆¹, 闫永芳¹

(1. 中国石化 河南油田分公司 勘探开发研究院, 郑州 450000;

2. 中国石化 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214126)

摘要:南襄盆地南阳凹陷核桃园组油气勘探实践表明, 油气受“源势相导”共控成藏, 即烃源岩、流体势、地质相和输导层的协同控制。“源控”作用表现为近源控藏, “相控”作用表现为高孔渗、优相控藏, “势控”作用表现为低界面势能控藏, “导控”作用表现为断层和优势砂体控藏。通过典型油气藏解剖结果显示, 南阳凹陷核桃园组烃源岩、流体势、地质相的控油气作用的模式为“近源—低势—优相”, 油气主要分布在中高势—中相区和中势—优相区, 油气运移遇断层后向钝角方向呈同式侧向运移, 富集于正向断块。白秋地区核三段的油气汇聚优于魏岗地区, 因此是下一步的有利勘探区。

关键词:流体势; 沉积相; 相-势耦合; 核桃园组; 古近系; 南阳凹陷; 南襄盆地

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

Reservoir forming control of “source-potential-facies-migration” in Hetaoyuan Formation of Nanyang Sag, Nanxiang Basin

LUO Jiaqun¹, PENG Jinning², YANG Yunfei¹, LIU Guilan¹, GUO Feifei¹, ZHANG Fan¹, YAN Yongfang¹

(1. Exploration & Development Research Institute of Henan Oil Field Company, SINOPEC, Zhengzhou, Henan 450000, China;

2. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214126, China)

Abstract: The hydrocarbon exploration practice of the Hetaoyuan Formation in the Nanyang Sag indicates that the hydrocarbon distribution is controlled by “source-potential-facies-migration”, that is, the coordinated control of source rock, fluid potential, geologic facies and migration channel. The effect of “source control” reflects near source-controlled reservoir, the effect of “facies control” reflects high porosity and permeability, and superior facies-controlled reservoir, the effect of “potential control” reflects low interfacial potential energy-controlled reservoir, and the effect of “migration control” reflects fault and dominant sand body-controlled reservoir. According to typical oil and gas reservoir analysis, the hydrocarbon controlling pattern of the Hetaoyuan Formation in the Nanyang Sag is “near source-low potential-superior facies” one, and hydrocarbon mainly distributed in the middle-high potential and middle facies area, as well as the middle potential-superior facies area. After meeting faults, hydrocarbon migration presented an alley lateral migration pattern in obtuse angle direction and concentrated in positive fault blocks. It is predicted that hydrocarbon accumulation in the He-3 member of the Baiqiu area is better than that of in the Weigang area, which is considered to be a favorable exploration area in the next step.

Key words: fluid potential; sedimentary facies; facies-potential coupling; Hetaoyuan Formation; Nanyang Sag; Nanxiang Basin

陆相生油理论奠定了中国油气勘探开发的理论基础^[1-6]。从1970年代开始, 前人^[5-7]在中国东部盆地如渤海湾盆地等油气勘探实践的基础上, 以“定凹选带”为主, 总结出油气田多以生油凹陷为中心、呈环绕状分布的油气成藏模式; 1980年代经历了东部断陷盆地复式油气聚集油气勘探^[8], 进

一步发展了“定凹选带”理论。到了1990年代后期, 以胜利油田为代表, 主体进入了隐蔽油气藏勘探阶段, 至此也形成了一系列的陆相油气勘探开发理论, 如断裂坡折带油气成藏、断层与坡折带控砂、复式输导以及优势相与流体势控藏等^[9-17]。上述理论在南阳凹陷核桃园组构造—岩性油气藏勘

收稿日期: 2018-12-19; 修订日期: 2019-04-10。

作者简介: 罗家群 (1962—), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 从事油气勘探综合研究工作。E-mail: luojq5186@126.com。

基金项目: 国土资源部项目“南襄及南华北盆地油气资源动态评价”(1A14YQKYQ0107)和中国石化科技部项目“南阳凹陷核三段油气成藏条件研究”(P11069)资助。

探中取得了一定效果^[18],同时也存在很多不足之处,如仅用“定凹选带”、“源控”、“相控”等来判断油气运移通道和有利聚集场所效果并不明显。因此,本文综合考虑“源控”油气机制、“相势”耦合控油气机制和输导层控油机制,探讨“源势相导”耦合关系,以期为提高南阳凹陷核桃园组有利油气勘探目标提供依据。

1 “源势相导”评价方法

1.1 “源势相导”思路

本次研究利用“相势耦合”来解剖南阳凹陷油气成藏过程,结果发现受边界断层影响,油藏源控特征明显;同时沉积相、断层也明显地控制了油藏的分布,基于此提出了定性一半定量的勘探方法,即“源势相导”的思路。

1.1.1 “源”是形成油气藏的基础

(1) 运移距离对油气的控制作用

根据前人的研究^[19],认为中国大中型油气田的分布与烃源岩区有很大关系。姜福杰等^[20]也运用烃源岩最大排烃强度(M)、油气藏距离生烃中心远近(L)以及油气藏距离烃源岩排烃边界远近(L') 3个参数,总结与建立了油气成藏概率的定量评价模型。本次研究使用目标区与生烃中心的距离和最大排烃强度来表征烃源岩对油气控制作用。

南阳凹陷自西向东可划为 3 个构造单元,即:东庄构造带、魏岗—北马庄构造带(魏岗、杨坡)和张店—白秋构造带(张店、马店)(图 1)。张店—白秋构造带资源量为 $4\,400 \times 10^4$ t,魏岗—北马庄构造带资源量为 $4\,200 \times 10^4$ t,后者尽管资源量较小,但是目标区距离生烃中心距离较近,多集中在 8 km 以内,而前者相对较远,一般在 10~15 km,大于 30 km 基本没有油气藏分布。因此,从目前统计来看,南阳凹陷核桃园组烃源岩排烃横向运移距离在 15 km 以内的地区,油气成藏的概率较高,其中以烃源岩排烃横向运移距离在 3~9 km 以内最为集中。

(2) 排烃强度对油气的控制作用

根据前人研究与油气田统计分析,排烃强度也控制着油藏的分布。南阳凹陷东庄次凹烃源岩排烃强度达到了 21 t/km²,控制了东庄构造的油气资源,其已发现的三级石油储量达到 198×10^4 t。牛三门次凹烃源岩累积排烃强度为 96×10^4 t/km²,张店和魏岗构造带受牛三门次凹烃源排烃强度的影响。目前,张店和魏岗构造带探明储量达到了 $1\,736 \times 10^4$ t 和 $1\,026 \times 10^4$ t。因此,南阳凹陷油藏的分布明显受核桃园组烃源岩排烃强度(供烃)的影响与控制(图 2)。总体来说,烃源岩的排烃强度越大,其周缘油气藏的面积和储量也就越大。

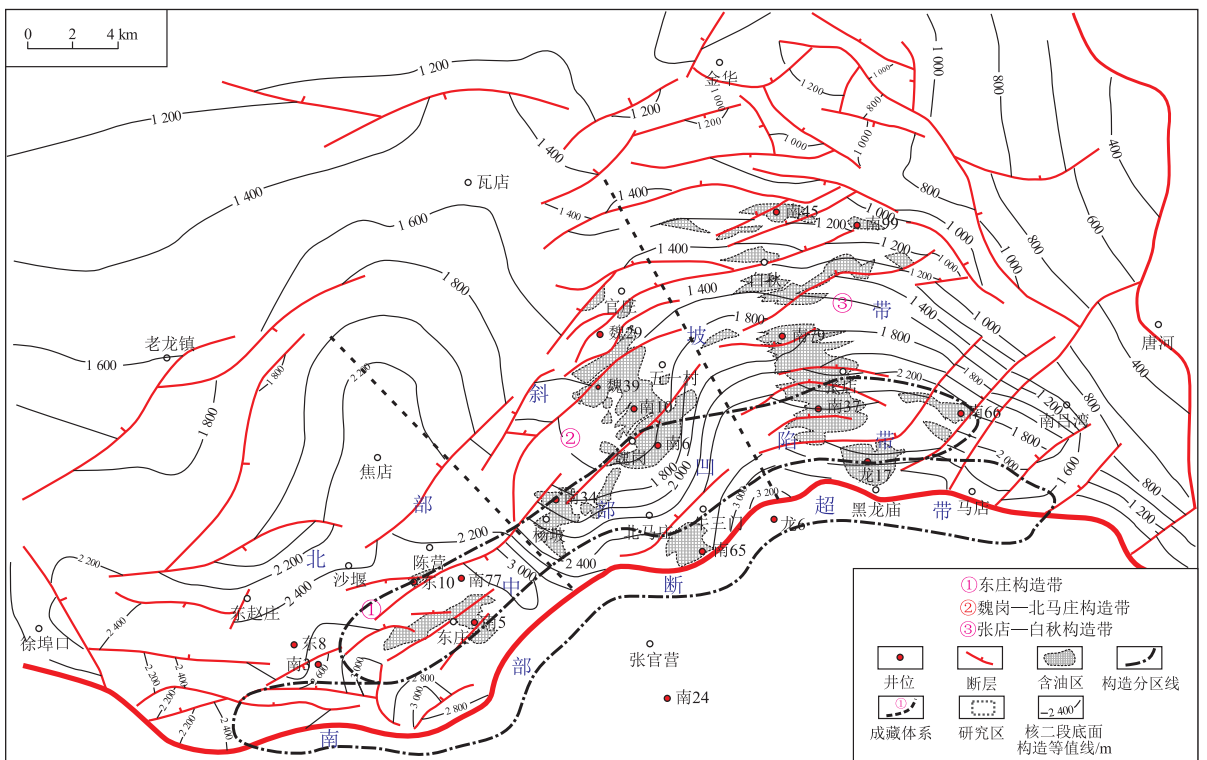


图 1 南襄盆地南阳凹陷构造单元划分略图

Fig.1 Structural units of Nanyang Sag, Nanxiang Basin

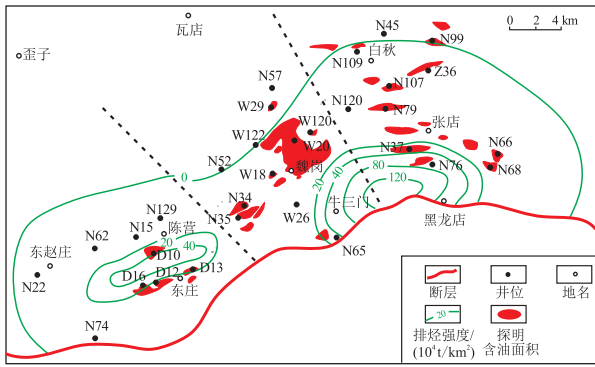


图2 南襄盆地南阳凹陷核二下段烃源岩排烃强度
Fig.2 Hydrocarbon expulsion intensity of lower section of 2nd member of Hetaoyuan Formation in Nanyang Sag, Nanxiang Basin

1.1.2 “势”是油气富集的重要因素

“势”即流体势(Φ_0),是指单位质量的流体所具有的机械能总和,用以反映目标区与生烃中心势能差的大小。流体势的计算公式:

$$\Phi_0 = gz + P/\rho_0$$

式中: Φ_0 为该点的流体势, J/kg; g 为重力加速度; z 为该点相对于基准面(高程为0 m)的高程,数据来源于各层构造图, m; P 为测点压力, pa; ρ_0 为地层原油密度, kg/m³。

根据前人研究^[21],南阳凹陷核桃园组以常压为主,因此 P 即对应于测点的地层静水压力。南阳凹

陷核三段流体势南部断超带向北部斜坡带整体呈现逐渐减小的趋势(图3),其范围为55~25 kJ/kg。东庄地区流体势值最大,为54~61 kJ/kg;张店主体流体势值相对较大,为44~50 kJ/kg;魏岗和白秋地区流体势值相对较小,为31~41 kJ/kg。南阳凹陷核二下段流体势平面分布特征与核三段相似,南部断超带上的东庄、北马庄地区流体势值较大,在50~55 kJ/kg之间;杨坡和张店主体也具有较高的流体势,为38~50 kJ/kg;魏岗和白秋地区流体势相对较小,为23~39 kJ/kg。油气总是沿势能降低最快的方向运移,而魏岗和张店地区油藏正是处在势能降低最快的路径上。

1.1.3 “相”是油气赋存的重要因素

一般意义的“地质相”对油气富集的控制作用,主要体现在“构造相”、“沉积相”等宏观要素至“岩相”、“岩石物理相”等微观要素对油气的运聚与成藏的控制与影响。

(1) 构造相控油气作用

构造相总体是反映区域形成的构造形态、环境等背景,不同构造带所处的古地理环境不同,物源存在差异,这种差异性导致沉积分布及油气运聚等方面也存在差异。总体上,油气的分布宏观上受构造相的控制与影响(图4)。

南阳凹陷油气藏个数以张店构造带最多,其次为魏岗构造带,再次为东庄构造带,东庄次凹和牛

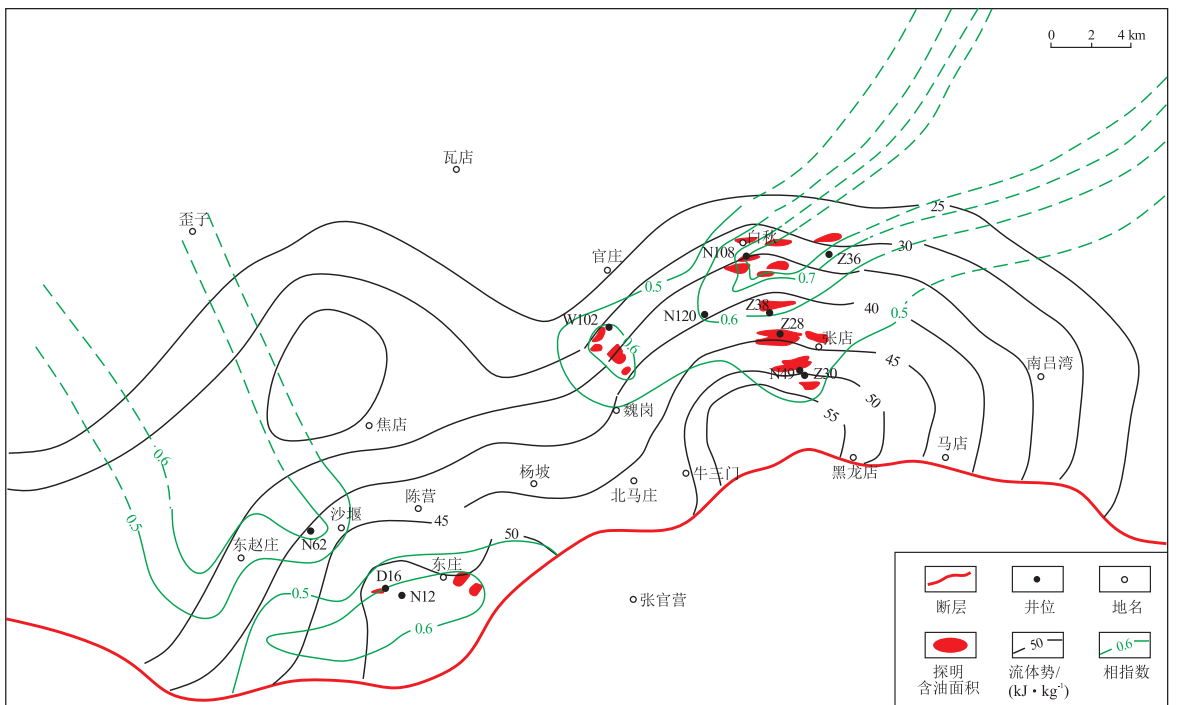


图3 南襄盆地南阳凹陷核三段油藏与流体势、相指数的关系

Fig.3 Fluid potential, Facies index and reservoirs of 3rd member of Hetaoyuan Formation in Nanyang Sag, Nanxiang Basin

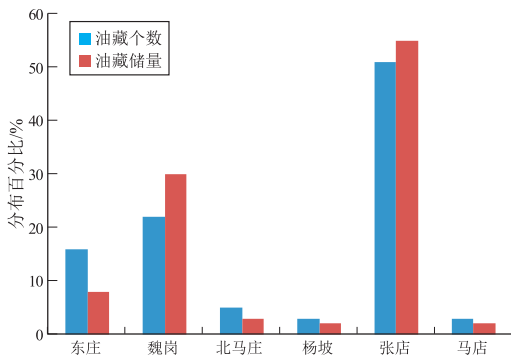


图 4 南襄盆地南阳凹陷不同构造单元油藏分布直方图

Fig.4 Histogram of reservoir distribution in different structural units of Nanyang Sag, Nanxiang Basin

三门次凹附近的东庄、北马庄和马店地区油藏数量相对较少;从储量分布来看,以张店构造带最为丰富,其次为魏岗构造带,东庄构造带油气储量排第三位。本区张店构造带和魏岗构造带的主体部位是有利于油气成藏的地区。

(2) 沉积相控油气作用

沉积相是沉积物的生成环境、生成条件和其特征的总和。同时,不同的古地貌背景发育着不同的沉积相组合类型,不同的沉积相控制着不同储集性能储层的展布,对油气的运聚也就存在着明显的差异性。从目前勘探开发效果看,曲流河三角洲相、近岸水下扇相和滨浅湖相、半深湖—深湖相等沉积相类型是南阳凹陷有利的储集类型。南阳凹陷油气藏个数以三角洲相最多,其次是扇三角洲相,再次为滨浅湖相;从储量分布来看,以三角洲相最为丰富,其次为扇三角洲相和滨浅湖相。本区有利于油气富集成藏的沉积相带主要是近岸水下扇相、三角洲相和滨浅湖相。

(3) 岩相及物理相控油气作用

根据统计,南阳凹陷储层类型为粉砂岩、细砂岩和中砂岩,其油气藏较为发育,储层的孔隙度在 10%~30%之间,以 15%~25%为主,渗透率在 $(5 \sim 1\ 000) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。同时发现南阳凹陷油气藏储量、含油饱和度与砂岩物性(孔隙度、渗透率)没有正相关关系,不会随着孔隙度的增大而一直增加。根据统计发现,孔隙度小于 10%、渗透率小于 $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的储层中基本没有油气藏的发现。因此,孔隙度在 15%~25%之间最有利于油气的成藏,优质储层物理相影响和控制着南阳凹陷核桃园组油气的成藏与分布。

(4) 相控油气作用模式及其定量表征

“相”指的是目标区由沉积相所决定的岩石物性的大小,用相指数(FI)来表征,相指数计算

公式:

$$FI = (\Phi_i + K_i) / 2, \Phi_i = \Phi / \Phi_{\max}, K_i = \lg K / \lg K_{\max}$$

式中: Φ_i 为相对孔隙度,%; Φ 为岩石孔隙度,%; Φ_{\max} 为同等条件下最大孔隙度,%; K_i 为相对渗透率, $10^{-3} \mu\text{m}^2$; K 为岩石渗透率, $10^{-3} \mu\text{m}^2$; K_{\max} 为同等条件下最大渗透率, $10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

核三段油藏主要分布在张店地区,魏岗和东庄地区有少量分布。核三段东庄地区相指数为 0.48~0.52,为低相特征;魏岗地区为 0.58~0.62,为中优相特征;张店主体相指数为 0.49~0.55,为中相特征;白秋地区相指数为 0.62~0.83,为优相特征(图 3)。核二段油藏在张店和魏岗地区广泛分布。张店和白秋地区相指数分别为 0.69~0.88 和 0.61~0.9,为优相特征;东庄、北马庄和马店地区相指数普遍在 0.48~0.55 之间,为低—中相特征(图 5)。

运用南阳凹陷部分试油资料与油气层物性资料(孔隙度、渗透率)可以得到油藏的相(相指数)与势(流体势)的关系(图 6)。牛三门次凹北部官庄—白秋地区油藏埋深(H)相对较浅,地层压力(P)和流体势能相对较小,而孔隙度主要集中在 10%~25%之间,相指数主体处于中—优相;地层压力随着油气藏埋深的增大相应增大,但油层有效孔隙度和相指数随之而降低。南部断超带北马庄地区和东庄地区油藏平均埋深大,有效孔隙度和相指数低,地层压力和流体势相应较大。张店和魏岗主体部位油气储量大,油藏分布较多,分布范围也较大,埋藏深度适中。将流体势与相指数数值投影到图上,可以更为直观地反映流体势与岩相(相指数)的相关关系。根据霍志鹏等^[22]的研究成果,济阳凹陷 85%以上的油气藏位于 $FI > 0.5, \Phi_e < 30 \text{ kJ/kg}$ 的范围内。本次研究结合南阳凹陷实际勘探情况,将流体势划分为高势($>45 \text{ kJ/kg}$)、中势($30 \sim 40 \text{ kJ/kg}$)和低势($<30 \text{ kJ/kg}$);将相划分为优相(0.6)、中相(0.4~0.6)和低相(<0.4)。从相势交会图(图 6)中可以看出,流体势与相指数呈明显的负相关关系,势能高,相指数下限低;势能低,相指数下限高。高势优相、高势低相、低势优相均可成藏;低势低相则不能成藏,即:

$$Y = 492.3x^{-0.865}$$

式中: Y 为流体势, kJ/kg ; x 为相指数。曲线之下为含油气区,流体势与相指数数值交会在该区域的容易成藏;曲线之上为不含油气区,流体势与相指数交会在该区域的不能成藏(图 6)。据此可以进行钻前油气预测。

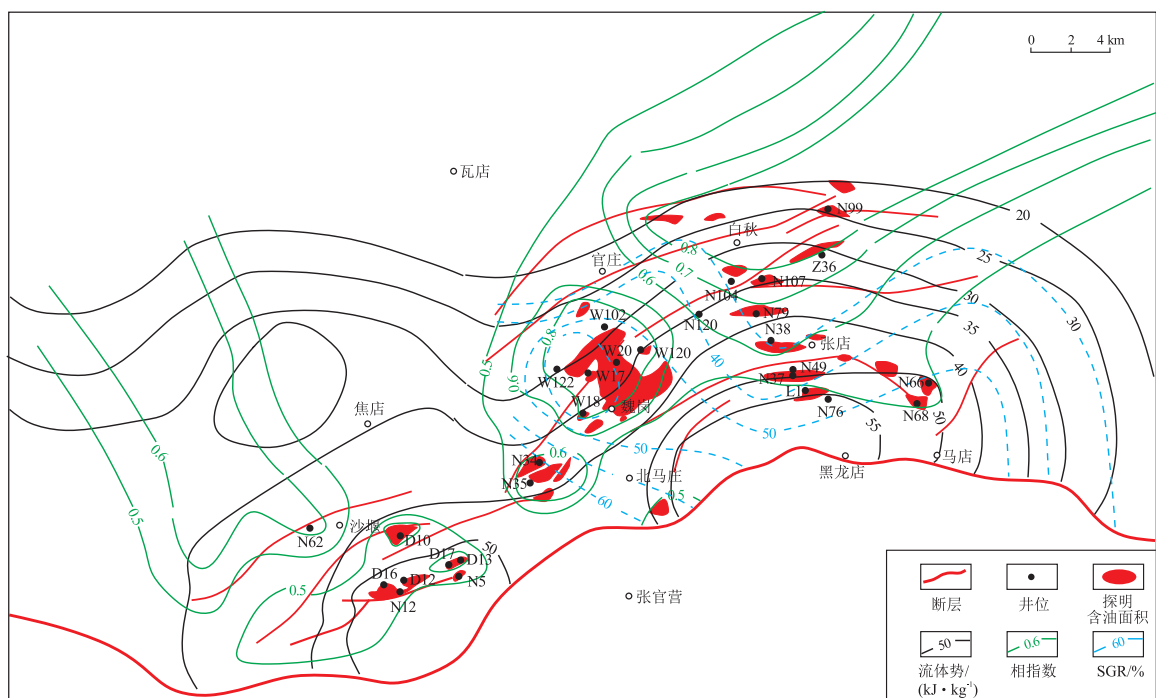


图5 南襄盆地南阳凹陷核二下段油藏与流体势、相指数及断层 SGR 的关系

Fig.5 Fluid potential, facies index, fault SGR and reservoirs of lower section of 2nd member of Hetaoyuan Formation in Nanyang Sag, Nanxiang Basin

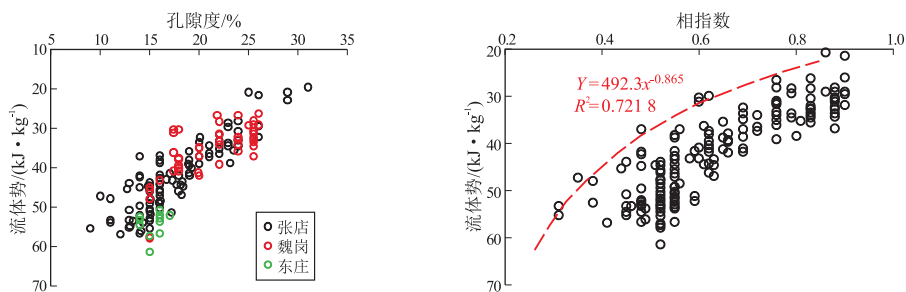


图6 南襄盆地南阳凹陷核桃园组孔隙度、相指数与流体势交会图

Fig.6 Intersection diagram of porosity, facies index and fluid potential of Hetaoyuan Formation in Nanyang Sag, Nanxiang Basin

1.1.4 “导”是油气汇聚的关键

“导”主要体现在目标区与生烃中心连通的断层的输导性及其与优势砂体的配合性,用断层泥比率(SGR)和断层与势能分隔槽线之间的夹角(A)来表征,是寻找油气藏的关键。

断层泥岩比率,也称断层泥岩质量分数,是YEILING在1997年提出的,其计算结果越大,反映断层的封堵性越好。计算公式如下:

$$SGR = \sum (V \cdot \Delta Z) / D \times 100\%$$

式中:V表示断层断距内每个岩层泥质含量;Z表示每个岩层的厚度;D表示断距。

魏岗地区断层封堵性较好,断层SGR为40%~60%;白秋地区断层SGR在30%~40%之间,具有较好的封堵性(图5)。油气运移流线与断层存在

一个夹角,油气向钝角方向运移,有利于油气向白秋东部运聚。

2 源势相导预测流程

2.1 源势相导复合控藏作用

油气受“源势相导”共控成藏,即烃源岩、流体势、地质相和输导层的协同控制。“源控”作用表现为近源控藏,“相控”作用表现为高孔渗、优相控藏,“势控”作用表现为低界面势能控藏,“导控”作用表现为断层和优势砂体控藏。当储层满足近源、优相、低势以及高输导性四方面条件时,储层具有较高的含油饱和度。源势相导复合控藏作用的基本模式为“近源—优相—低势—高导”控藏。

2.2 油气聚集带预测流程

本次研究应用“近源—优相—低势—高导”控

藏的规律,在南阳凹陷进行有利区预测的步骤为:

- (1) 在相指数平面图中找出 $FI > 0.4$ 的相区;
- (2) 在流体势平面图上找出 $\Phi_0 < 50$ kJ/kg 的势区;
- (3) 将相区与势区分级别叠合,预测出背斜类和断块类油气藏可能的有利发育区。

2.2.1 东庄构造带

核三段沉积期,东庄地区烃源岩最大排烃强度为 90×10^4 t/km²,油藏距离排烃中心距离为 0.53~2.13 km。目前在该区已发现储量 35×10^4 t,反映了近源成藏的特点。东庄地区油藏以断背斜油藏为主,其地层压力为 26~27.2 MPa,流体势为 50.9~53.7 kJ/kg,反映了高势的特点(图3)。东庄地区发育扇三角洲和三角洲前缘沉积,岩性以细砂岩和粉砂岩为主,有效孔隙度为 14%~16%,相指数为 0.48~0.52,反映了低相的特点。东庄地区断层发育,断层泥岩比率(SGR)为 48%~81.57%,涂抹系数(SSF)为 2.74~8.33,反映封堵性良好。核二段沉积期,东庄地区烃源岩最大排烃强度为 50×10^4 t/km²,目前在该段已发现储量 163×10^4 t,孔隙度为 14%~15.5%,流体势为 52~57 kJ/kg,反映高势弱相特征(图5)。

2.2.2 魏岗—北马庄构造带

核三段沉积时期,牛三门次凹最大排烃强度为 200×10^4 t/km²,油藏距离排烃中心距离为 2.2~11.2 km,官庄—魏岗发育三角洲相沉积,目前在该区已发现储量 16.7×10^4 t。该区油藏以断块、断鼻油藏为主,地层压力为 15.68~18.5 MPa,流体势为 30~36 kJ/kg,孔隙度为 17.5%~18%,相指数为 0.60~0.62,反映了低势中—优相的特征。魏岗地区断层发育,SGR 为 63.9%~94.6%,SSF 为 1.01~9.75,反映封堵性良好。核二段沉积时期,牛三门次凹最大排烃强度为 240×10^4 t/km²,流体势为 30~42 kJ/kg,相指数为 0.62~0.88,反映了中低势优相特征。

2.2.3 张店构造带

核三段沉积时期,张店地区油藏距离排烃中心距离为 3.7~9.5 km,主要发育三角洲相沉积,流体势为 30~43 kJ/kg,相指数为 0.51~0.83,属于中—低势优相,其势能差中等,目前在该区已发现储量 358.68×10^4 t。核三段沉积中期,张店地区流体势为 30~43 kJ/kg,相指数为 0.52~0.9,属于中低势优相,目前在该层段发现储量 650.7×10^4 t;而马店地区流体势为 51~57 kJ/kg,相指数为 0.41~0.52,反映了中高势中相特征,目前在该层段已发现储量 31.12×10^4 t。

2.3 实例应用

白秋地区资源潜力较大,资源量为 6403×10^4 t。核三段沉积期,白秋地区为优相中势区(相指数 0.51~0.83,流体势 30~43 kJ/kg);魏岗地区为中—弱相中势区(相指数 0.46~0.62,流体势 30~41 kJ/kg)(图3)。核三段魏岗地区相势不耦合,白秋地区势能偏大,但当相势不耦合时,相起主导作用,在泵吸作用下,张店三角洲砂体将魏岗地区的油气运移至张店—白秋油气运聚区,因此,张店—白秋地区的油气资源量应大于 6403×10^4 t;断层可调节油气运移,使白秋地区发散的油气为帚状汇聚。总之,“源势相导”作用使核三段白秋油气运聚优于魏岗。

3 结论

(1) 南阳凹陷油气藏受边界断层影响,油藏源控特征明显;同时沉积相、断层也明显地控制了油藏的分布。烃源岩、流体势、地质相的控油气作用的模式为“近源—低势—优相”。

(2) 油气主要分布在中高势—中相区和中势—优相区,油气运移遇断层后向钝角方向呈胡同式侧向运移,富集于正向断块。“源势相导”控藏综合作用分析认为,白秋地区核三段油气汇聚优于魏岗地区。因此,白秋西北部是下一步的有利勘探区。

参考文献:

- [1] 李德生.迈向新世纪的中国石油地质学[J].石油学报,2000,21(2):1-8.
LI Desheng.The progress in the petroleum geology of China towards new century[J].Acta Petrolei Sinica,2000,21(2):1-8.
- [2] 朱夏.论中国含油气盆地构造[M].北京:石油工业出版社,1986.
ZHU Xia.The tectonics of petroleum bearing basins in China[M].Beijing:Petroleum Industry Press,1986.
- [3] 李德生.中国石油地质学的理论与实践[J].地学前缘,1995,2(3/4):15-19.
LI Desheng.Theory and practice of petroleum geology in China[J].Earth Science Frontiers,1995,2(3/4):15-19.
- [4] 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.
HU Jianyi,HUANG Difan.The bases of nonmarine petroleum geology in China[M].Beijing:Petroleum Industry Press,1991.
- [5] 杨继良.发展石油地质理论寻找更多的油气田[J].大庆石油地质与开发,1999,18(6):1-2.
YANG Jiliang.To develop petroleum geology theory to seek more oil and gas fields[J].Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing,1999,18(6):1-2.

- [6] 贾光华,高永进,宋建勇.博兴洼陷古近系红层油气成藏期“源—相—势”耦合关系:以金26井—滨斜703井剖面为例[J].油气地质与采收率,2015,22(3):1-9.
JIA Guanghua,GAO Yongjin,SONG Jianyong.Study on“source-facies-potential”coupling relationship during oil and gas accumulation in Paleogene red beds,Boxing Subsg;a case study of the section Jin26-Binxie703[J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency,2015,22(3):1-9.
- [7] 胡见义,牛嘉玉.渤海湾盆地油气聚集理论和勘探实践的再深化:为渤海湾含油气盆地发现40周年而作[J].石油学报,2001,22(1):1-5.
HU Jianyi,NIU Jiayu.The further deepening of oil-gas accumulation theory and exploratory practice of Bohai Bay Basin[J].Acta Petrolei Sinica,2001,22(1):1-5.
- [8] 李德生.渤海湾含油气盆地的地质构造特征[J].石油学报,1980,1(1):6-20.
LI Desheng.Geology and structural characteristics of Bohai Bay,China[J].Acta Petrolei Sinica,1980,1(1):6-20.
- [9] 李丕龙,张善文,宋国奇,等.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(1):3-10.
LI Pilong,ZHANG Shanwen,SONG Guoqi,et al.Forming mechanism of subtle oil pools in fault basins;taking the Jiyang Depression of the Bohaiwan Basin as an example[J].Petroleum Geology & Experiment,2004,26(1):3-10.
- [10] 王永诗,赵乐强.隐蔽油气藏勘探阶段区带评价方法及实践:以济阳坳陷为例[J].油气地质与采收率,2010,17(3):1-5.
WANG Yongshi,ZHAO Leqiang.Prospect evaluation approach and application in exploration stage of subtle reservoir;a case of Jiyang Depression[J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency,2010,17(3):1-5.
- [11] 王文彬.盐家地区沙三段中浅层砂砾岩扇体成藏特征[J].特种油气藏,2014,21(1):42-45.
WANG Wenbin.Characterization of reservoir forming in the mid-shallow Sha 3 member glutenite fan,Yanjia Oilfield[J].Special Oil & Gas Reservoirs,2014,21(1):42-45.
- [12] 万欢,黄文辉,王华军.东营凹陷北部陡坡带沙河街组四段砂砾岩成岩作用[J].特种油气藏,2012,19(3):39-42.
WAN Huan,HUANG Wenhui,WANG Huajun.Glutenite diagenesis in the fourth member of Shahejie Formation in the north slope of Dongying Depression[J].Special Oil & Gas Reservoirs,2012,19(3):39-42.
- [13] 刘军锴,简晓玲,康波,等.东营凹陷东营三角洲沙三段中亚段古地貌特征及其对沉积的控制[J].油气地质与采收率,2014,21(1):20-23.
LIU Jun'e,LIAN Xiaoling,KANG Bo,et al.Paleogeomorphology of the middle part of 3rd member of Shahejie Formation and their effects on depositional systems,Dongying Delta,Dongying Depression[J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency,2014,21(1):20-23.
- [14] 刘书会,唐东,陈敬义.东营凹陷南坡西段红层地球物理特征及储层预测[J].油气地质与采收率,2012,19(3):53-56.
LIU Shuhui,TANG Dong,CHEN Jingyi.Geophysical and reservoir feature of redbed,south slope of Dongying Depression[J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency,2012,19(3):53-56.
- [15] 赵凯,蒋有录,胡洪瑾,等.济阳坳陷陷山油气分布规律及富集样式[J].断块油气田,2018,25(2):137-140.
ZHAO Kai,JIANG Youlu,HU Hongjin,et al.Distribution regularities and enrichment styles of buried-hill reservoirs in Jiyang Depression[J].Fault-Block Oil and Gas Field,2018,25(2):137-140.
- [16] 姜超.断陷湖盆斜坡带重力流砂体沉积特征及沉积模式:以沾化凹陷渤南洼陷南部斜坡带沙三段为例[J].油气地质与采收率,2018,25(1):6-13.
JIANG Chao.Characteristics and model of gravity flow sand body deposition in the slope zone of rifted lacustrine basin;a case study from the Sha3 member in the south slope zone of Bonan Sag,Zhanhua Depression[J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency,2018,25(1):6-13.
- [17] 谭建财,范彩伟,宋鹏,等.琼东南盆地中中新统古沟谷和坡折带特征及油气勘探意义[J].油气地质与采收率,2017,24(3):30-36.
TAN Jiancai,FAN Caiwei,SONG Peng,et al.Characteristics of the mid-Miocene paleo ravine-slope break zones in Qiongdongnan basin and its significance for oil-gas exploration[J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency,2017,24(3):30-36.
- [18] 李黎明,李小红,陈雪菲,等.南阳凹陷魏岗油田储层沉积特征与油气分布规律[J].石油地质与工程,2018,32(1):36-40.
LI Liming,LI Xiaoxia,CHEN Xuefei,et al.Reservoir sedimentary characteristics and oil and gas distribution law of Weigang Oilfield in Nanyang Depression[J].Petroleum Geology and Engineering,2018,32(1):36-40.
- [19] 庞雄奇,郭永华,姜福杰,等.渤海海域优质烃源岩及其分布预测[J].石油与天然气地质,2009,30(4):393-397.
PANG Xiongqi,GUO Yonghua,JIANG Fujie,et al.High-quality source rocks and their distribution prediction in the Bohai Sea waters[J].Oil & Gas Geology,2009,30(4):393-397.
- [20] 姜福杰,庞雄奇,姜振学,等.东营凹陷沙四上亚段烃源岩排烃特征及潜力评价[J].地质科技情报,2007,26(2):69-74.
JIANG Fujie,PANG Xiongqi,JIANG Zhenxue,et al.Hydrocarbon-expulsion characters and the potential resource evaluation of hydrocarbon source rocks from the upper section of 4th member of Shahejie Formation in Dongying Depression[J].Geological Science and Technology Information,2007,26(2):69-74.
- [21] 王忠楠,柳广弟,陈婉,等.利用声波速度计算南阳凹陷古近纪末地层抬升量[J].岩性油气藏,2014,26(6):69-74.
WANG Zhongnan,LIU Guangdi,CHEN Wan,et al.Quantification of Late Paleogene uplift in Nanyang Sag using acoustic velocity[J].Lithologic Reservoirs,2014,26(6):69-74.
- [22] 霍志鹏,庞雄奇,范凯,等.济阳坳陷典型岩性油气藏相—势耦合控藏作用解剖及应用[J].石油实验地质,2014,30(5):574-582.
HUO Zhipeng,PANG Xiongqi,FAN Kai,et al.Anatomy and application of facies-potential coupling on hydrocarbon accumulation in typical lithologic reservoirs in Jiyang Depression[J].Petroleum Geology and Experiment,2014,30(5):574-582.