

文章编号: 1001-6112(2010)03-0247-05

南襄盆地泌阳凹陷南部陡坡带油气成藏过程分析

夏东领^{1,2}, 尹伟¹, 李治³

(1. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083;

2. 中国石油大学, 北京 102220; 3. 北京能源之星科技有限公司, 北京 100085)

摘要: 烃源岩及构造演化历史控制了南襄盆地泌阳凹陷南部陡坡带油气的成藏与演化。古近系核桃园组核二段沉积时期一核一段沉积末期, 油气小规模充注, 形成早期古油藏; 廖庄组沉积末期, 构造抬升, 油气大规模充注, 形成中期南部陡坡油气聚集带, 是南部陡坡带核三段原生气藏的主要成藏期; 新近系凤凰镇组沉积末期, 晚喜马拉雅期构造运动导致部分早、中期古油藏遭受破坏与调整, 是形成浅层次生气藏的时期。总体而言, 早、中期隆起背景控制南部陡坡带的油气富集, 晚期构造调整决定南部陡坡带的油气分布。南部陡坡带浅层发育的小规模隆起构造、大型隆起构造翼部发育的岩性圈闭及基岩裂缝型圈闭, 是下一步油气勘探值得重视的目标。

关键词: 成藏期次; 成藏过程; 南部陡坡带; 泌阳凹陷; 南襄盆地

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

HYDROCARBON ACCUMULATION PROCESS IN SOUTH STEEP SLOPE, BIYANG SAG, NANXIANG BASIN

Xia Dongling^{1,2}, Yin Wei¹, Li Zhi³

(1. SINOPEC Exploration and Production Research Institute, Beijing 100083, China;

2. China University of Petroleum, Beijing 102220, China; 3. Beijing Energy Star Tech, Ltd., Beijing 100085, China)

Abstract: Evolution history of hydrocarbon source rocks and tectonics dominates hydrocarbon accumulation in the south steep slope of the Biyang Sag, the Nanxiang Basin. In the slope, early paleo-reservoirs are formed by small-scale hydrocarbon charging during the late $Eh^1 - Eh^2$ of Paleogene. The middle key reservoirs of Eh^3 are formed by relatively larger volume of hydrocarbon charging during the late $E1$ uplifting stage of early Paleogene. The shallow secondary oil and gas reservoirs are formed by destruction and redistribution of paleo-reservoirs due to late Himalayan tectonic movement at late Neogene. In general, it is the early and middle uplifts during late $Eh^1 - Eh^2$ of Paleogene which control oil and gas accumulation in the south steep slope, while the structural adjustment in the late stage dominates the present distribution of oil and gas. The small-sized uplifts developed in shallow formations, the lithologic traps developed in flanks of large-sized uplifts as well as the fracture traps developed in bedrock are important targets for future exploration.

Key words: stage of hydrocarbon pooling; process of hydrocarbon pooling; south steep slope; Biyang Sag; Nanxiang Basin

泌阳凹陷是在东秦岭褶皱带上形成的一个中、新生代箕状扇形断陷盆地^[1], 面积 1 000 km²。凹陷的形成和发展受控于南部的唐河—栗园断裂和东缘的栗园—泌阳断裂^[2], 沉积最厚处位于 2 组断裂的交会处。沉积地层主要为新生界, 最大厚度达 8 000 m, 主要勘探目的层系为古近系核桃园组, 以较深湖相的泥岩、砂岩及白云岩沉积为主。根据凹

陷的古构造特征和现今构造格局, 自南向北可划分为 3 个带(图 1), 即南部陡坡带、中部深凹带和北部斜坡带^[3]。

泌阳凹陷南部陡坡带紧邻生油中心, 油源丰富。靠近边界大断裂下降盘一侧发育多个鼻状构造和背斜构造, 是油气运移的主要指向区。南部物源砂砾岩体在陡坡带复合连片呈裙边状展布, 为油

收稿日期: 2009-06-22; 修订日期: 2010-04-01。

作者简介: 夏东领(1973—), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事石油地质综合研究。E-mail: xiadl@pepris.com。

基金项目: 中国石油化工股份有限公司科研项目(P08036)资助。

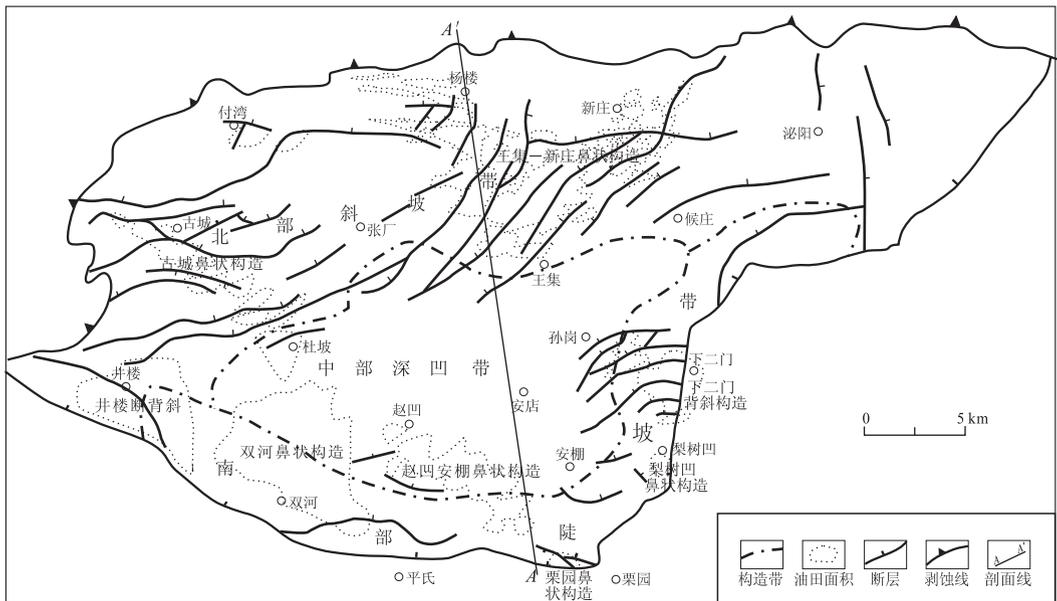


图 1 南襄盆地泌阳凹陷构造纲要

Fig. 1 Structure outline in Biyang Sag, Nanxiang Basin

气藏形成提供了良好的储层条件。该区带已发现双河、赵凹、下二门等油田。近年来,油气勘探再次向南部陡坡带展开,在栗园地区浅层系(核桃园核二段、核一段及廖庄组)发现了稠油藏,在梨树凹地区核三段及核二段发现了岩性油藏,在陡坡边缘带发现了基岩油气藏,充分说明南部陡坡带仍具有较大的勘探潜力。为此,在前人相关研究成果的基础上^[4-14],通过对该区主力烃源岩生排烃史分析、已发现油气藏的油源对比及油气成藏期次、构造演化史分析,剖析其油气动态成藏过程,指出油气聚集成藏的有力位置,明确下一步勘探方向。

1 生烃史及油源分析

泌阳凹陷主要发育 2 套主力烃源岩:核三下亚段和核三上亚段。核桃园组烃源岩埋藏史与成熟演化史恢复结果表明:深凹区核三下亚段烃源岩在核三段沉积末期进入成熟门限,在核二段沉积末期(36 Ma)已全部进入生油窗,在核一段沉积末期(29 Ma)达到生排烃高峰,在廖庄组沉积中期(18 Ma)有部分烃源岩开始进入高成熟演化阶段;核三上亚段烃源岩在核二段沉积初期进入成熟门限,在廖庄组沉积末期开始进入成油高峰阶段^[4]。

前人在原油地球化学特征及油源对比方面做过比较系统的研究工作。王春江^[15]通过系统油源对比,认为南部陡坡带双河、赵凹及下二门地区核三段原油具有自生自储特征,核三下亚段原油成熟度高,具有“伽马蜡烷相对丰度高、三环萜烷相对丰

度高及孕甾烷相对丰度高”的三高特征,来源于凹陷核三下亚段烃源岩;核三上亚段原油成熟度低,具有“伽马蜡烷相对丰度低、三环萜烷相对丰度低及孕甾烷相对丰度低”的三低特征,来源于凹陷核三上亚段烃源岩。林社卿等^[5]通过对双河油田烃源岩地球化学特征及油源的对比研究,也得出了相同结论。在综合归纳前人油源对比研究成果的基础上,重点对南部陡坡带基岩及栗园地区浅层系已发现油气藏的油源进行系统分析(图 2),结果表明:基岩及栗园地区浅层系油气藏的油气来源于核三下亚段烃源岩;下二门地区浅层系油气藏的油气主要来源于核三上亚段烃源岩。

2 油气成藏期次分析

鉴于目前各种成藏期次确定方法的优缺点,本文采用宏观与微观、定性与定量相结合的分析方法,开展油气成藏期次综合分析。

2.1 圈闭形成时间法

泌阳凹陷南部陡坡带主要发育砂岩上倾尖灭、断鼻及背斜圈闭^[16]。沉积及构造发育史研究表明,核三段沉积末期,双河、赵凹等鼻状构造初具雏形,至核一段沉积末形成了现今西北部为单斜抬起、东南部为鼻状构造的形态。在此期间,因凹陷北部抬升幅度渐趋增强,沉积时北西向下倾的平氏、栗园等扇三角洲砂体前缘逐渐转变为上倾,形成了多层幅度不等、面积不等的砂岩上倾尖灭圈闭^[16];同时凹陷东缘泌阳—栗园边界断裂的强烈活动也引起

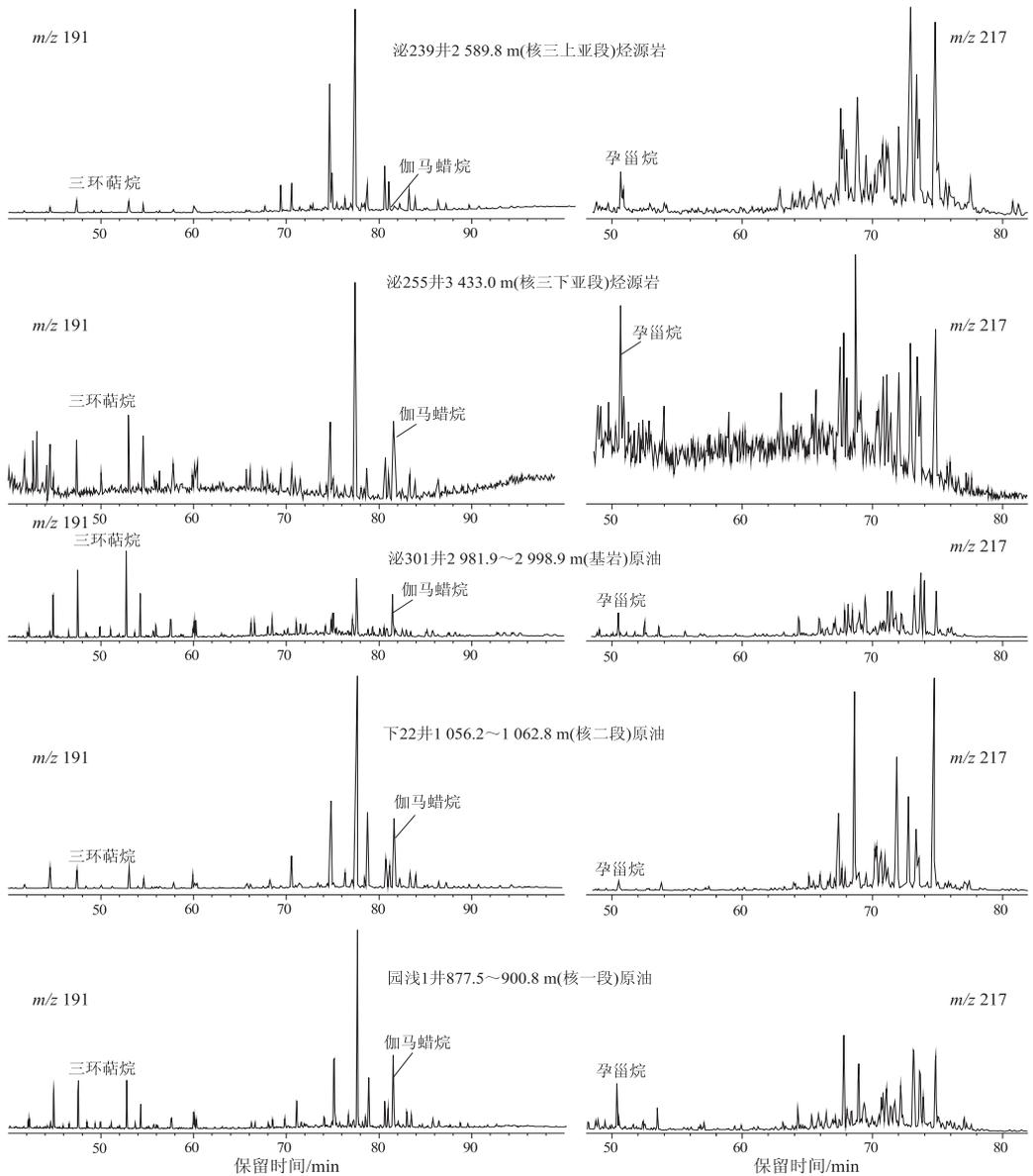


图 2 南襄盆地泌阳凹陷南部陡坡带烃源岩、原油的甾萜烷分布对比

Fig. 2 Correlation of sterane distribution in source rocks and crude oil in south steep slope, Biyang Sag, Nanxiang Basin

上盘构造变形,形成下二门滚动背斜^[17]。廖庄组沉积末期,大规模的差异构造抬升使早期形成的砂岩上倾尖灭圈闭幅度急剧增大,下二门背斜隆起幅度增大,同时在南部陡坡带栗园等地区形成小型反转构造。据此推断,凹陷油气最早成藏时间为核三段沉积末期,大规模油气成藏应发生在廖庄沉积末构造抬升期或其之后。

2.2 生排烃史分析法

根据主力烃源岩生排烃史分析,深凹区核三下亚段烃源岩在核三段沉积末期开始生烃,至核一段沉积末期达到生排烃高峰;核三上亚段烃源岩在核一段沉积末期开始生烃,至廖庄组沉积末期达到生排烃高峰。结合油源对比结果,认为南部陡坡带在

核一段沉积之前可能存在小规模油气成藏,其大规模的油气成藏可能发生在核一段沉积末期—廖庄组沉积期(渐新世晚期)及廖庄组沉积末差异抬升期(中新世—上新世早期)。

2.3 流体包裹体分析法

根据包裹体内液态烃颜色、胶结物期次及均一化温度资料,将包裹体分为早、中、晚 3 期(表 1)。早期与中期、中期与晚期之间的均一化温度差均为 10 °C 左右,说明中、晚期成藏是在构造抬升背景下进行的^[4]。结合单井热史、埋藏史模拟结果,认为南部陡坡带存在 3 期成藏(图 3):早期油气成藏发生在核二段沉积末期—核一段沉积末期,成藏规模较小;中期油气成藏发生在廖庄组沉积末构造抬升

表 1 南襄盆地泌阳凹陷南部陡坡带烃类包裹体特征

Table 1 Characters of hydrocarbon inclusions in south steep slope, Biyang Sag, Nanxiang Basin

期次	油田或地区	包裹体颜色	荧光	相态	均一化温度/°C
早期	双河、下二门	灰褐色、黑褐色	无荧光	液态	89.5~116.0
中期	双河、下二门	灰黄色	弱黄色、褐黄色荧光	液态	71.5~104.0
		灰黑或深灰色	无荧光	气态	
晚期	双河、下二门	浅黄色、淡黄色或透明无色	浅黄色、蓝色或蓝绿色荧光	液态	59.5~91.0
		灰色	弱荧光	气态	

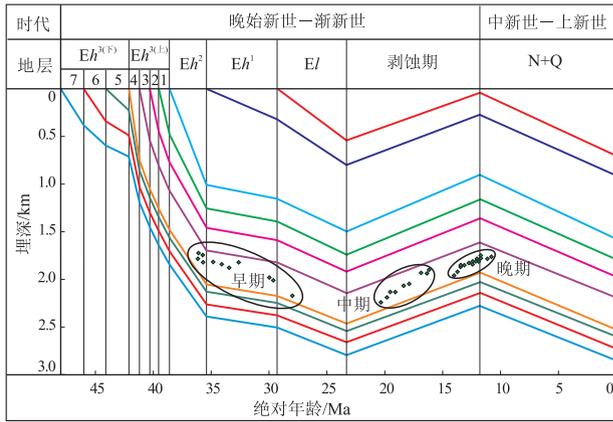


图 3 南襄盆地泌阳凹陷下 21 井埋藏史及包裹体均一化温度分布

Fig. 3 Burial history and homogenization temperature of inclusions distributed in Well Xia21, Biyang Sag, Nanxiang Basin

期,是形成大规模油气藏的主要时期;晚期油气成藏主要发生在新近系凤凰镇组沉积末期^[18]。

综合上述分析结果,认为南部陡坡带存在以下 3 个成藏期次:核二段沉积末期—核一段沉积末期、廖庄组沉积末构造抬升期以及新近系凤凰镇组沉积末期。

3 构造演化史分析

泌阳凹陷新生代构造演化经历了断陷期、反转期和反转期后三大发展阶段^[19]。古近纪快速和稳定断陷期,在东北—南西向伸展应力场的作用下,兼具左旋走滑性质的南部边界唐河—栗园断裂强烈活动^[20],形成与边界断裂呈锐角关系的同沉积构造,如双河、安棚鼻状构造等。这些局部构造自核三上亚段沉积时开始显现出背斜或鼻状构造雏形,此后构造幅度进一步加大(图 4)。

古近纪低速断陷期,在东北—南东向伸展应力场的作用下,兼具右旋走滑性质的东部边界泌阳—栗园断裂开始强烈活动,引起上盘构造变形,形成下二门滚动背斜。

古近系廖庄组沉积末期,区域性的隆升作用使

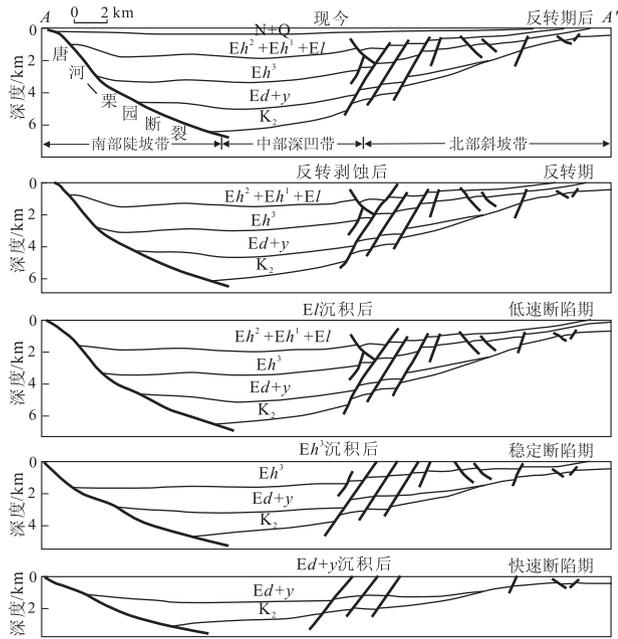


图 4 南襄盆地泌阳凹陷构造演化史剖面位置见图 1。

Fig. 4 Tectonic evolution history in Biyang Sag, Nanxiang Basin

构造应力场发生转变,由伸展转为挤压。南部陡坡带在北西—南东向挤压应力场的作用下,进一步加剧了早期构造的隆起幅度,同时沿边界断裂形成一系列后期反转构造,如栗园、梨树凹、老高店鼻状构造等。与前述同沉积构造相比,此类构造规模较小,且主要发育在核二段以上地层^[16]。

泌阳凹陷的多期构造运动造就了南部陡坡带多种类型的局部构造,是油气运移的最有利指向区。勘探实践表明,上述局部构造是油气富集的主要部位。

4 油气成藏过程分析

油气成藏过程取决于凹陷内主力烃源岩大量生排烃期及其后的构造演化历史。根据生烃史及油源对比、油气成藏期次和构造演化史的综合分析,认为泌阳凹陷南部陡坡带经历了 3 期油气充注成藏过程(图 5)。

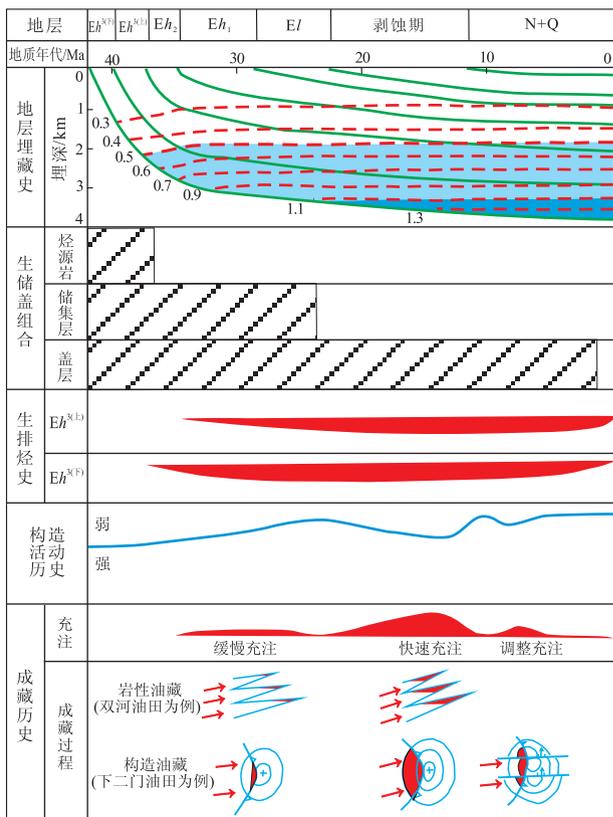


图5 南襄盆地泌阳凹陷南部陡坡带油气成藏过程

Fig. 5 Evolution of oil accumulation in south steep slope, Biyang Sag, Nanxiang Basin

4.1 第一期小规模油气充注成藏

核二段沉积期—核一段沉积末期,核三下亚段烃源岩开始生油、排烃并逐渐达到生排烃高峰阶段,为此时油气成藏提供了一定规模的烃类。受南部边界断裂活动影响,双河鼻状构造、安棚鼻状构造及下二门背斜已经初具规模,与之相关的砂岩上倾尖灭圈闭及低幅度背斜圈闭形成,为油气聚集成藏提供了有利的构造背景及聚集空间。油气以砂体为输导体向构造高部位侧向运移聚集,形成了早期的小规模古油藏。另外,该时期南部边界唐河—栗园断裂活动逐渐减弱^[20],为基岩油气藏的形成提供了圈闭条件,推测该时期可能是基岩油气藏的成藏期,这也与前述基岩油气藏油气来源于核三下亚段烃源岩的认识相吻合。

4.2 第二期大规模油气充注成藏

廖庄组沉积末期,核三上亚段烃源岩及核三下亚段烃源岩均处于大量生排烃阶段。受盆地构造运动影响,泌阳凹陷发生大规模的向北抬升的掀斜运动,差异构造抬升使早期圈闭幅度急剧增加并定型,为油气大规模聚集成藏提供了大量储集空间;同时也导致了鼻状或背斜构造与源岩区之间势能差的

急剧增加,大量油气在强大势能差的作用下以砂体为输导体向陡坡带圈闭运移聚集成藏。该期油气充注是南部陡坡带核三段原生油气藏的主要成藏期,同时也奠定了晚期油气藏调整的基础。

4.3 第三期浅层次生油气充注成藏

新近系凤凰镇组沉积末期,晚喜马拉雅期构造运动导致泌阳凹陷大规模断裂活动,形成多条北东、北东东向张性断裂,这些断裂一般规模较大,向下切入核三下亚段,使部分早、中期原生油气藏遭受破坏与调整,大量油气沿断层向上运移,遇遮挡在核二段、核一段甚至廖庄组聚集成次生油气藏^[18]。该时期东部边界断裂的活动也直接导致了古油藏的破坏与调整,栗园地区地面露头油苗就是一个佐证。油气在沿断层垂向运移的同时,深凹区生成的高成熟油气也沿砂体侧向运移进行补给,从而促使了南部陡坡带下二门、栗园等地区现今浅层次生油气藏的形成。

泌阳凹陷南部陡坡带的油气成藏受构造形成演化的控制,区带上发育的一系列鼻状构造、背斜和断鼻成为油气的富集区。目前,南部陡坡带规模较大的隆起构造均已发现油田,而规模较小的栗园、梨树凹和老高店等鼻状构造也逐渐引起重视,这些构造多是反转期形成的反转构造,规模较小且主要发育在浅层系,是次生油气藏发育的有利场所。近期在栗园构造浅层系发现大套稠油藏,油气勘探已经取得新突破。另外,大型隆起构造翼部发育的岩性圈闭及基岩裂缝型圈闭,也是下一步油气勘探值得重视的目标。

5 结论

受烃源岩演化和构造演化历史的控制,泌阳凹陷南部陡坡带经历了3期油气充注成藏过程:核二段沉积期—核一段沉积末期,油气小规模充注,形成早期小规模古油藏;廖庄组沉积末构造抬升期,油气大规模充注,形成中期南部陡坡油气聚集带,是南部陡坡带核三段原生油气藏的主要成藏期;新近系凤凰镇组沉积末期,部分早、中期古油藏遭受破坏与调整,是形成浅层次生油气藏的时期。

构造形成演化控制了泌阳凹陷南部陡坡带的油气成藏与分布,总体而言,早、中期(核二段沉积期—廖庄组沉积末期)隆起背景控制南部陡坡带的油气富集,晚期(新近系凤凰镇组沉积末期)构造调整决定了南部陡坡带的油气分布。

泌阳凹陷南部陡坡带油气资源丰富,浅层系发

(下转第256页)

4(3):59-66.

[6] 聂永生,田景春,夏青松,等. 鄂尔多斯盆地白豹-姬塬地区山三叠统延长组物源分析[J]. 油气地质与采收率,2004,11(5):4-6.

[7] 蔺宏斌,姚泾利. 鄂尔多斯盆地南部延长组沉积特性与物源探讨[J]. 西安石油学院学报(自然科学版),2000,15(5):7-9.

[8] 李树同,王多云,秦红,等. 鄂尔多斯盆地姬塬地区三角洲前缘储层砂体成因分析[J]. 油气地质与采收率,2005,12(6):19-22.

[9] 李文厚,柳益群,冯乔. 川口油田长 6 油层组沉积相特征与储集条件[J]. 西北大学学报(自然科学版),1996,26(2):155-158.

[10] 杨华,付金华,喻建. 陕北地区大型三角洲油藏富集规律及

勘探技术应用[J]. 石油学报,2003,24(3):6-10.

[11] 李克勤,张东生,张世富,等. 长庆油田石油地质志[M]. 北京:石油工业出版社,1992.

[12] 陈欢庆,朱玉双,李庆印,等. 安塞油田杏河区长 6 油层组沉积微相研究 [J]. 西北大学学报(自然科学版),2006,36(2):295-300.

[13] 陈全红,李文厚,高永祥,等. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组深湖沉积与油气聚集意义[J]. 中国科学(D 辑):地球科学,2007,37(增刊 I):39-48.

[14] 卢进才,李玉宏,魏仙祥,等. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组长 7 油层组油页岩沉积环境与资源潜力研究[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2006,36(6):928-932.

(编辑 徐文明)

(上接第 251 页)

育的小规模隆起构造、大型隆起构造翼部发育的岩性圈闭及基岩裂缝型圈闭,是下一步油气勘探的有利目标。

参考文献:

[1] 王定一,车自成,张树田,等. 南襄盆地构造发育特征及形成机制[J]. 石油与天然气地质,1987,8(4):22-25.

[2] 温志新,王红漫,陈春强,等. 南襄盆地泌阳凹陷南部陡坡带隐蔽油气藏形成与分布[J]. 石油实验地质,2006,28(2):117-122.

[3] 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.

[4] 邱荣华,林社卿,涂阳发. 泌阳凹陷油气成藏特征及勘探潜力分析[J]. 石油天然气学报,2005,27(2):158-161.

[5] 林社卿,杨道庆,夏东领. 双河油田地球化学特征及成藏意义[J]. 石油天然气学报,2005,27(2):162-165.

[6] 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.

[7] 谢晓军,盛湘. 泌阳凹陷油源对比及油气运移初探[J]. 天然气地球科学,2001,12(6):23-26.

[8] 张永华,田小敏,罗家群. 泌阳凹陷隐蔽油气藏分布特征与勘探方法[J]. 油气地质与采收率,2001,8(3):28-30.

[9] 夏东领,杨道庆,林社卿,等. 南襄盆地中、新生代构造演化与油气成藏[J]. 油气地质与采收率,2007,14(6):32-34.

[10] 李海华. 南襄盆地泌阳凹陷层序地层学与隐蔽油气藏研究[J]. 石油实验地质,2008,30(1):47-51.

[11] 谢晓军,盛湘. 泌阳凹陷油气展布及运移特征[J]. 天然气地球科学,2003,14(2):130-133.

[12] 郑求根,孙家振,江勇,等. 泌阳凹陷油气成藏动力学特征[J]. 天然气工业,2003,23(4):126-128.

[13] 秦伟军,林社卿,程哲,等. 南襄盆地泌阳凹陷油气成藏作用及成藏模式[J]. 石油与天然气地质,2005,26(5):668-673.

[14] 邱荣华,田小敏,付代国,等. 泌阳富油凹陷油气深化勘探实践与认识[J]. 石油天然气学报,2007,29(2):42-44.

[15] 王春江,涂阳发,王正文,等. 泌阳凹陷下第三系成烃研究[R]. 南阳:河南油田分公司石油勘探开发研究院,2003.

[16] 夏东领,林社卿,全书进,等. 泌阳凹陷南部陡坡带隐蔽油气藏形成条件与勘探技术[J]. 石油天然气学报,2007,29(5):63-65.

[17] 陈文礼,林社卿,杨道庆,等. 泌阳凹陷下二门油田构造特征与油气聚集[J]. 石油实验地质,2003,25(2):174-177.

[18] 尹伟,吴胜和,孙琦,等. 泌阳凹陷下二门油田油气成藏机制探讨[J]. 矿物岩石地球化学通报,2006,25(1):75-81.

[19] 杨道庆,陆建林. 泌阳凹陷新生代构造演化及其形成机制[J]. 石油天然气学报,2005,27(4):416-419.

[20] 王子煜,漆家福,张永华. 泌阳凹陷新生代构造特征与形成机制及其与油气成藏的关系[J]. 地质学报,2004,78(3):332-344.

(编辑 韩 或)