

临南洼陷油气藏分布特征与油气富集 主控因素分析

于轶星^{1,2}, 庞雄奇^{1,2}, 陈冬霞^{1,2}, 刘惠民³

1. 中国石油大学(北京)地球科学学院盆地与油藏研究中心, 北京 102249
2. 中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249
3. 中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司地质科学研究院, 山东东营 257015

摘要 临南洼陷具有良好的油气资源潜力,但随着油气勘探的逐渐深入,临南洼陷的勘探难度越来越大。为了更好的指导今后的油气勘探工作,在研究临南洼陷油气藏基本特征的基础上,从烃源岩、储集层、构造特征等多方面入手,总结油气藏分布特征和规律,分析油气富集成藏的主控因素,剖析各要素对油气富集的影响。结果表明,临南洼陷油气藏类型丰富,主要为断块油气藏及与断层有关的复合油气藏,油气藏主要分布在馆陶组、沙二段和沙三段。临南洼陷油气藏平面上主要分布在临商断裂、夏口断裂及其伴生构造带上,呈环状分布;油积扇、冲积扇及河流沉积是油气藏分布的主要沉积类型;其富集主要受烃源岩、沉积相、断层等因素控制。油气藏受烃源岩控制围绕生油洼陷展布;有利沉积相带在平面上连续展布,纵向上叠置连片,具有良好的储集条件;断层作为油气的运移通道控制油气的运移,并与地层产状、构造等相配合形成圈闭,控制油气的聚集。

关键词 临南洼陷;油气藏分布;烃源岩;沉积相;断层

中图分类号 TE121

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.04.03

Characteristics and Main Controlling Factors About Hydrocarbon Accumulation and Distribution in the Linnan Sag

YU Yixing^{1,2}, PANG Xiongqi^{1,2}, CHEN Dongxia^{1,2}, LIU Huimin³

1. Basin and Reservoir Research Center, College of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing 102249, China
2. State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing 102249, China
3. Geological Scientific Research Institute, Shengli Oilfield Company, China Petroleum & Chemical Corporation, Dongying 257015, Shandong Province, China

Abstract Linnan Sag is the most important oil and gas sag in Huimin Depression. With the development of exploration, the difficulty of exploration is increasingly growing in Linnan Sag. Based on study of the essential characteristics of oil and gas reservoirs and summarization of the distribution features and rules, main controlling factors of reservoirs in Linnan Sag were analyzed for oil and gas exploration in the future. There are various petroleum reservoir types in Linnan Sag, and the sag is dominated by fault-block reservoir and composite reservoir about fault. Reservoirs are mainly distributed in turbidite fan facies, alluvial fan facies, and fluvial facies. According to the study, the distribution and accumulation of petroleum reservoirs is mainly controlled by source rocks, sedimentary facies belts, and faults in Linnan Sag. Petroleum reservoirs are controlled by hydrocarbon source rocks and distributed surrounding the oil-generating sag. Because the favorable of sedimentary facies belts are continuously overlapped, they are well reservoir beds. Faults not only control the hydrocarbon migration pathways, but also control the hydrocarbon accumulation by trapping with formations and structures.

Keywords Linnan Sag; oil-gas reservoir distribution; source rock; sedimentary facies; fault

收稿日期: 2010-11-09;修回日期: 2011-01-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(4080209, 41072100)

作者简介: 于轶星, 博士研究生, 研究方向为油气成藏理论, 电子信箱: yuyixing1980@163.com; 庞雄奇(通信作者), 教授, 研究方向为油气成藏理论, 电子信箱: pangxq@cup.edu.cn

0 引言

自 20 世纪 60 年代华 7 井成功钻探以来, 临南洼陷经过了半个世纪的勘探, 已经进入较高勘探程度阶段, 勘探难度越来越大。赵密福等^[1]针对临南洼陷内浊积岩的分布规律及其控制要素进行研究, 认为滑塌型浊积岩的形成和发育主要受洼陷带开阔程度、古沉积特征、水动力条件、三角洲规模等因素限制。赵阳等^[2]认为洼陷内异常低压控制了油气运聚, 使油气不易浅部地层运移, 而主要富集在中深部地层。王克等^[3]对临南洼陷内烃源岩与输导体系的配置关系进行研究, 认为不同的配置组合决定了油气空间分布的不同。褚庆忠^[4]对临南洼陷油气分布特征进行研究后认为, 油气分布受构造因素控制。段云歌等^[5]在研究临南洼陷岩性油藏时, 发现不同类型的岩性油层成藏与含油性存在差异。刘惠民^[6]认为构造应力场、流体势、断层特征与输导层的配置对油气的运移聚集具有显著的影响。总结前人研究, 大多仅针对油气富集的某一控制因素进行分析。本文系统总结临南洼陷油气分布特征, 分析油气富集的主控因素, 以期对今后的油气勘探具有实际指导意义。

临南洼陷位于惠民凹陷西南部, 是惠民凹陷的一个次级构造单元, 面积约 1300km²。如图 1 所示, 洼陷北部为中央隆起带, 南部由斜坡带逐渐向鲁西隆起过渡, 受北侧临商断层和南侧夏口断层的控制, 构成地堑式结构^[4, 7-9]。临南洼陷长期处于惠民凹陷的沉积中心, 地层发育齐全, 主要沉积地层自下而上为古近系孔店组 E_k、沙河街组 E_s、东营组 E_d、新近系馆陶组 N_g、明化镇组 N_m 和第四系平原组 Q_p。经过长期勘探, 临南洼陷共完钻各类探井 560 余口, 发现临盘、商河、临南、江家店、玉皇庙 5 个油田及多个含油构造, 共探明地质储量 2.60 亿 t。

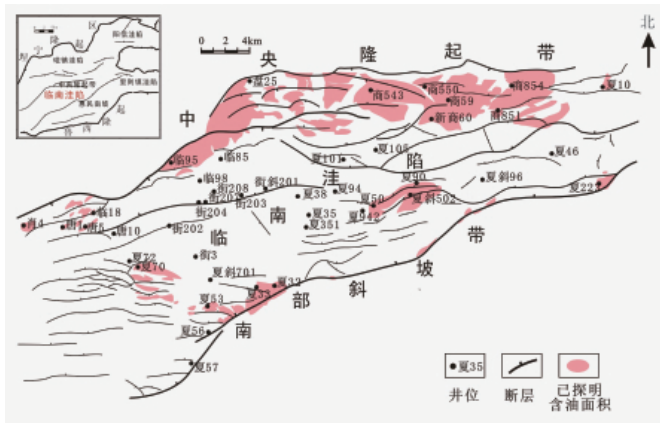


图 1 临南洼陷构造位置和油气藏分布示意图
Fig. 1 Structural location and distribution of oil and gas reservoir in Linnan Sag

1 油气藏分布特征

临南洼陷是惠民凹陷中油气最富集的地区之一, 油气藏类型非常丰富^[2, 10-11]。根据圈闭成因的差异将研究区内油气藏

分为构造油气藏、岩性油气藏、地层油气藏、火成岩油气藏和复合型油气藏, 其中岩性油气藏包括砂岩透镜体油气藏和上倾尖灭油气藏。根据数据统计, 临南洼陷内断块油气藏及与断层有关的复合油气藏约占油气藏总数的 70%, 其中断块油气藏个数占全部油气藏的 54%, 主要分布在中央隆起带和夏口断裂带附近; 其次为复合型油气藏, 占全部油气藏的 22%, 多分布于断裂附近或局部凸起区; 岩性油气藏占全部油气藏的 16%, 分布在洼陷中心; 地层油气藏和火山岩油气藏极少, 分布于距洼陷较远的局部凸起内。

1.1 油气藏垂向分布特征

对临南洼陷 125 个油气藏进行统计分析, 油气藏分布在 1338~3690m 埋深范围内。从层位上来看(图 2), 含油层系主要为馆陶组、东营组、沙一段、沙二段、沙三段和沙四段, 其中沙二段和沙三段油气藏分布最多, 占油气藏总数的 37%、29%, 但是从储量上来看, 沙三段储量最大, 占总储量的 45%, 其次分别为馆陶组 20.4%、沙二段 16.6%、沙一段 11.5%, 东营组和沙四段都较少。

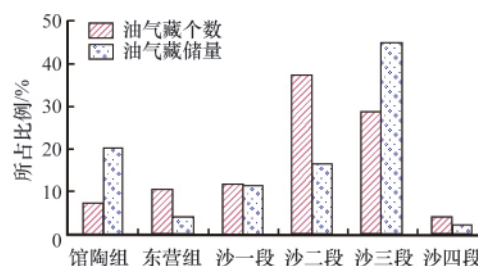


图 2 临南洼陷油气藏分布层位统计

Fig. 2 Statistical graphs of distribution of oil and gas reservoir in Linnan Sag

1.2 油气藏平面分布特征

目前临南洼陷已发现的油气藏主要分布在临商断裂、夏口断裂及其伴生构造带上, 呈环状分布。临南洼陷北侧为中央隆起带, 南侧为临南斜坡, 周边发育了多个物源区, 分布有基山三角洲、盘河三角洲、双丰三角洲、江家店瓦屋扇三角洲沉积体系。从油气藏所属沉积相带来看(图 3), 浊积扇相中储集了临南洼陷 25% 的已探明储量, 其次依次为冲积扇相、河流相、三角洲相、扇三角洲相和湖泊相。

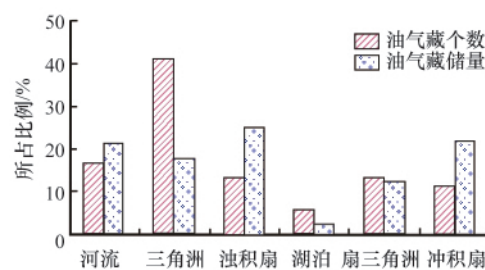


图 3 临南洼陷油气藏所属沉积相带统计

Fig. 3 Statistical graphs of sedimentary facies belt of oil and gas reservoir in Linnan Sag

2 油气成藏主控因素分析

临南洼陷油气成藏主要受烃源岩、沉积相带、断层等因素控制,以下依次对各控制因素进行详细分析。

2.1 烃源岩对油气藏的控制作用

根据前人研究^[12-13],临南洼陷发育多套生油层系,主要为沙一段、沙三中—沙三下亚段和沙四上亚段,这几个阶段内洼陷均为湖相沉积,有利于形成良好的烃源岩。沙一段主要为钙质泥岩和油页岩沉积,有机碳含量平均为 1.96%,氯仿沥青 A 含量平均 0.25%;沙三中—沙三下亚段主要由暗色泥岩和油页岩组成,有机碳含量在 1.5%~6.6%,氯仿沥青 A 含量平均为 0.42%;沙四上亚段主要为灰色泥岩沉积,有机碳含量平均为 1.8%,氯仿沥青 A 含量多在 0.1%~0.2%。根据临南洼陷生排烃史分析,研究区内沙四段和沙三段烃源岩在东营组沉积期开始进入生烃门限(约 2600m),正处于成熟—高成熟演化阶段,而沙一段烃源岩目前尚未进入生烃门限。根据上述综合研究表明,沙三中—沙三下亚段烃源岩是研究区主力烃源岩,其次为沙四上亚段。

目前所发现的油气藏围绕生油中心呈环带状分布(图 4),含油性东部好于西部,北部好于南部^[5,14]。根据目前已发现油气藏与烃源岩生排烃中心距离统计资料分析,99%的油气井和油气藏均分布在距烃源岩生排烃中心 25km 范围内,并且超过 50%的已探明油气储量分布在距烃源岩生排烃中心 5km 范围内,充分显示了烃源岩对油气分布的控制作用。

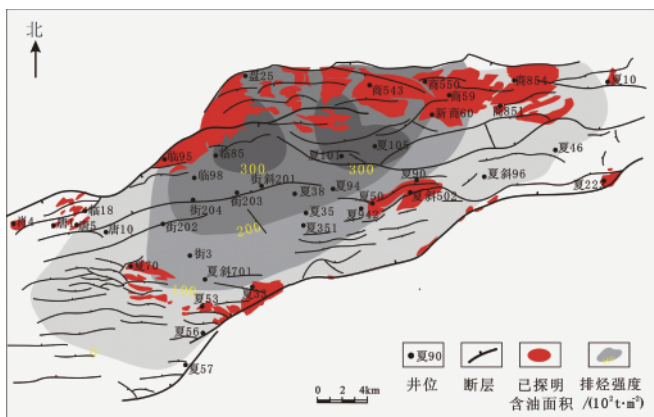


图 4 临南洼陷已探明油气藏与烃源岩生排烃范围展布
Fig. 4 Distribution map between proved reserve and expulsion range of source rock in Linnan Sag

2.2 沉积相带对油气藏的控制作用

根据前人^[7-8]对临南洼陷沉积演化过程的研究,研究区在沙四段沉积时期经历了由洪水漫湖沉积转化为正常湖泊沉积的过程,洼陷中心为滨浅湖沉积体系,北侧出现冲积扇沉积体系,南侧主要发育扇三角洲沉积体系。沙三段沉积时期,沙三下—沙三中亚段断陷活动增强,洼陷发生沉降,水体扩张,洼陷内深湖—半深湖沉积发育,至沙三上亚段,断陷活动

减弱,湖盆水体变浅,洼陷周边发育三角洲沉积体系。沙二段沉积时期,湖盆强烈收缩,水体继续变浅,沉积体系基本继承了沙三上亚段的特征。沙一段沉积时期,基底再次沉降,水体再度扩大,洼陷内以深湖—半深湖沉积为主,周边三角洲沉积规模均有所缩小,滩坝和滑塌浊积扇相对发育。东营组沉积时湖水逐渐退去,三角洲沉积体系再次发育。后期盆地整体抬升,遭受剥蚀,新近纪盆地发生整体拗陷,馆陶组和明化镇组以河流相和冲积扇相沉积为主。

沉积相的发育和演化控制着储集体的分布,而烃源岩与储集体的匹配是油气成藏的必要条件。沙四上亚段、沙三段作为研究区的主力烃源岩,分布在烃源岩中的冲积扇、扇三角洲和浊积扇等沉积相作为储集体,直接与烃源岩接触,使大量油气通过初次运移即可聚集成藏,提高了油气的运聚效率。广泛分布在沙三上亚段、沙二段、东营组的三角洲沉积体系,分支河道砂体富集,具有良好的成藏条件;馆陶组和明化镇组的河流及冲积扇沉积砂体叠置连片,结合断层的垂向沟通作用,油气经过二次运移后广泛分布于其中。

2.3 断裂对油气藏的控制作用

临南洼陷内部断裂十分发育(图 4),洼陷周边主要有临商断层、夏口断层,为控洼断层^[3,7,15-19]。临商断层位于临南洼陷北侧,分割洼陷和中央隆起带,北东向延伸,倾向以南和南东为主,断距多在 1500m 左右,临商断层宽度较大,其中伴生断层众多,规模大小不一,断距变化大,主要控制局部构造的形成。夏口断层位于洼陷东南侧,是洼陷与南部斜坡带的边界断层,北东向延伸,倾向北西,最大断距 1300m。临商断层和夏口断层自下古生代开始活动,至馆陶后期逐渐平息,其中临商断层强烈活动期为沙二晚期至沙一期,夏口断层在沙三早期强烈活动,之后明显减弱。根据统计,与断层有关的油气藏占油气藏总数的 70% 以上,表明断层对油气藏的形成与分布具有明显的控制作用。

2.3.1 断层对油气运移的控制作用

根据前文研究表明,临南洼陷在勘探过程中发现了多套含油层系,油气主要集中在馆陶组、沙二段和沙三段含油层系中,油气来自沙四上亚段、沙三段的烃源岩。

控洼断层错断的地层可由下部沙四段—沙三段延伸至上部馆陶组、甚至明化镇组,并且由于控洼断层在烃源岩的主要生排烃期仍处于活动状态,为油气从古近系烃源岩向浅层运移提供了通道,控制着馆陶组、东营组油气藏在平面和剖面上的分布。断层还对已形成的原生气藏进行调整改造,油气沿断层进行垂向运移,使同一个含油气构造内不同层位间的油气进行再分配,形成次生气藏。

2.3.2 断层对圈闭的控制作用

控洼断层的部分伴生断层,由于其形成时间较晚,断层落差小,主要分布于局部构造上,为遮挡断层,与地层产状、鼻状构造等相配合,形成断块圈闭或断鼻圈闭,油气在圈闭内聚集成藏。这样的圈闭主要受断层的落差、储盖层与断层

落差的匹配情况控制,多分布在洼陷的两侧靠近中央隆起带和南部缓坡带地区。

由于断层活动造成沉积条件差异,使储集层横向上发生相变,形成上倾尖灭圈闭,油气在其中富集成藏。这类圈闭多分布在洼陷中部地区。

3 结论

(1) 临南洼陷油气藏类型丰富,断块油气藏及与断层有关的复合油气藏是洼陷内油气藏的主要类型。

(2) 油气藏在纵向上主要分布在馆陶组、沙二段和沙三段,平面上主要分布在临商断裂、夏口断裂及其伴生构造带上,呈环状分布,油气藏主要分布在浊积扇沉积体系中。

(3) 临南洼陷油气藏分布主要受到烃源岩、沉积相、断层等因素的控制。烃源岩是油气成藏的物质基础,油气藏围绕生油洼陷分布;有利沉积相带为油气的富集提供了良好的储集条件;断层不仅控制着油气运移,还控制着圈闭的形成。

致谢 本文研究过程中得到了中国石化胜利油田分公司研究院王永诗、刘惠民、高永进、贾光华、封东晓等的大力支持与帮助,在此表示衷心感谢。

参考文献 (References)

- [1] 赵密福, 信荃麟, 刘泽容. 惠民凹陷临南洼陷滑塌油积岩的分布规律及其控制因素[J]. 石油实验地质, 2001, 23(3): 267-271.
Zhao Mifu, Xin Quanlin, Liu Zerong. *Petroleum Geology & Experiment*, 2001, 23(3): 267-271.
- [2] 赵阳, 刘震, 戴立昌. 惠民凹陷临南洼陷异常低压与油气聚集的关系[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2004, 34(6): 713-716.
Zhao yang, Liu Zhen, Dai Lichang. *Journal of Northwest University: Natural Science Edition*, 2004, 34(6): 713-716.
- [3] 王克, 查明, 吴孔友, 等. 烃源岩与输导体系配置规律研究——以济阳坳陷临南洼陷为例[J]. 石油实验地质, 2006, 28(2): 129-132.
Wang Ke, Zha Ming, Wu Kongyou, et al. *Petroleum Geology & Experiment*, 2006, 28(2): 129-132.
- [4] 褚庆忠. 渤海湾盆地临南洼陷油气分布特征及勘探远景分析[J]. 重庆科技学院学报: 自然科学版, 2006, 8(3): 8-11.
Chu Qingzhong. *Journal of Chongqing University of Science and Technology: Natural Science Edition*, 2006, 8(3): 8-11.
- [5] 段云歌, 常象春. 临南洼陷岩性油藏成藏动力与含油性分析 [J]. 地球科学与环境学报, 2009, 31(3): 272-276.
Duan Yunge, Chang Xiangchun. *Journal of Earth Sciences and Environment*, 2009, 31(3): 272-276.
- [6] 刘惠民. 济阳坳陷临南洼陷油气运聚方向与分布规律 [J]. 现代地质, 2009, 23(5): 894-901.
Liu Huimin. *Geoscience*, 2009, 23(5): 894-901.
- [7] 帅德福, 王秉海, 陈余康, 等. 中国石油地质志: 第 6 卷[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993: 72-82.
Shuai Defu, Wang Binghai, Chen Yukang, et al. *Petroleum geology of China: Vol 6*[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993: 72-82.
- [8] 王秉海, 钱凯. 胜利油区地质研究与勘探实践 [M]. 东营: 石油大学出版社, 1992: 103-127.
Wang Binghai, Qian Kai. *Geological research exploration practice in Shengli Oil Field* [M]. Dongying: Petroleum University Press, 1992: 103-

127.

- [9] 何瑞武. 临南洼陷构造沉积演化及油气成藏研究[M]. 北京: 地质出版社, 2008: 1-7.
He Ruiwu. *The research on structural, sedimentary evolution and reservoir formation of Linnan Depression* [M]. Beijing: Geological Press, 2008: 1-7.
- [10] 谭丽娟, 蒋有录. 渤海湾盆地东营-惠民凹陷油气成藏模式和油气富集控制因素[J]. 石油实验地质, 2003, 25(4): 366-370.
Tan Lijuan, Jiang Youlu. *Petroleum Geology & Experiment*, 2003, 25(4): 366-370.
- [11] 信荃麟, 刘泽容. 石油地质文集 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2008: 13-21.
Xin Quanlin, Liu Zerong. *Collected works in petroleum geology* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2008: 13-21.
- [12] 马士忠. 惠民凹陷古近纪构造与沉积演化及油气成藏模式[D]. 北京: 中国地质大学, 2007.
Ma Shizhong. *The study of Paleogene Tectonic-Sedimentary evolution and hydrocarbon reservoir formation model in Huimin Sag* [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2007.
- [13] 陈庆春. 临南洼陷油藏地球化学研究[M]. 北京: 地质出版社, 2008, 11-23.
Chen Qingchun. *Research of oil reservoir geochemistry in Linnan Sag* [M]. Beijing: Geological Press, 11-23.
- [14] 李丕龙. 富油断陷盆地油气环状分布与惠民凹陷勘探方向 [J]. 石油实验地质, 2001, 23(2): 146-148.
Li Pilong. *Petroleum Geology & Experiment*, 2001, 23(2): 146-148.
- [15] 王书宝, 钟建华, 陈志鹏. 惠民凹陷新生代断裂活动特征研究 [J]. 地质力学学报, 2007, 13(1): 86-96.
Wang Shubao, Zhong Jianhua, Chen Zhipeng. *Journal of Geomechanics*, 2007, 13(1): 86-96.
- [16] 刘苏, 王伟锋. 惠民凹陷沙三期-东营期断裂活动性研究 [J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2007, 22(3): 38-41.
Liu Su, Wang Weifeng. *Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition*, 2007, 22(3): 38-41.
- [17] 赵密福, 刘泽容, 信荃麟, 等. 惠民凹陷临南地区断层活动特征及控油作用[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(6): 9-11.
Zhao Mifu, Liu Zerong, Xin Quanlin, et al. *Petroleum Exploration and Development*, 2000, 27(6): 9-11.
- [18] 刘建国, 刘延峰, 黎有炎, 等. 惠民凹陷西部断层活动性研究[J]. 石油天然气学报, 2009, 31(4): 195-199.
Liu Jianguo, Liu Yanfeng, Li Youyan, et al. *Journal of Oil and Gas Technology*, 2009, 31(4): 195-199.
- [19] 杜玉民. 夏口断层对临南斜坡区油气分布及运移方向的影响[J]. 新疆石油地质, 2005, 26(5): 525-528.
Du Yumin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2005, 26(5): 525-528.

(责任编辑 刘志远)

《科技导报》“走向职场”栏目征稿

“走向职场”栏日期望通过业内专家撰文,或有关人士讲述自己求职、就业的经历和成功事例,帮助博士生和博士后学会如何应聘、如何创业和发展,给即将走上职场的读者朋友启迪和帮助。欢迎投稿,择优录用,每篇文章约 2200 字。栏目责任编辑:陈广仁,投稿邮箱:chenguangren@kjdb.org。