

济阳拗陷垦东地区油气运聚规律再认识

杨贵丽^{1,2}, 郑荣才¹, 赵约翰², 王志英², 谢传金², 武云云², 王 婵²

(1.成都理工大学 沉积地质研究院, 四川 成都 610059; 2.中国石化胜利油田分公司 地质科学研究院, 山东 东营 257015)

摘要: 近期济阳拗陷垦东地区发现新的含油层系和油藏类型, 须对油气运聚规律重新认识。利用地震、地质及钻井资料, 对垦东地区不同含油层系的主要油气运移通道和优势运移路径进行研究, 认为研究区新近系和古近系为2套相对独立的油气运聚子系统。上部油气运聚子系统为构造活动期双通道式运移, 走滑断裂带和骨架砂体是油气横向运移的主要通道, 具有断—砂输导型和砂—断输导型2种油气输导方式; 下部油气运聚子系统为构造平静期单通道式缓慢运移, 不整合面是油气横向运移的有效通道, 油气以断层—不整合面输导为主。研究区上、下2套油气运聚子系统具有不同的油气运聚规律, 据此建立垦东地区“二层台”式油气运聚模式。

关键词: “二层台”式断—砂输导 砂—断输导 不整合面输导 油气运聚规律 垦东地区 济阳拗陷

中图分类号: TE111.1

文献标识码: A

文章编号: 1009-9603(2015)03-0010-06

New understanding of petroleum migration and accumulation law in Kendong area, Jiyang depression

Yang Guili^{1,2}, Zheng Rongcai¹, Zhao Yuehan², Wang Zhiying², Xie Chuanjin², Wu Yunyun², Wang Chan²

(1. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu City, Sichuan Province, 610059, China; 2. Geoscience Research Institute, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying City, Shandong Province, 257015, China)

Abstract: With the new oil-bearing formations and types of reservoir found in Kendong area in recent years, it is necessary to reconsider the petroleum migration and accumulation law accordingly. The main and priority migration pathway of different oil-bearing formations were studied by using seismic data, geological data and new well logging data of the area. It is shown that there are two different petroleum migration and accumulation sub-systems in the Neogene and the Paleogene respectively. For the Neogene system, the oil and gas migrated laterally through two paths that were strike slip faults and sandstone framework during the tectonic active period, and the paths were named as fault-sandstone system and sandstone-faults system respectively. For the Paleogene system, the oil and gas migrated slowly through the single path that was the unconformity for hydrocarbon transporting laterally during the tectonic stable period, and the path was named as fault-unconformity system. The petroleum migration and accumulation model of “two-story platforms” was built according to the differences of the migration medium and their priority pathway between two oil and gas bearing formations.

Key words: “two-story platforms” model; fault-sandstone carrier; sandstone-fault carrier; unconformity carrier; hydrocarbon migration and accumulation law; Kendong area; Jiyang depression

垦东地区位于黄河入海口附近的滩浅海地区, 是滩海地区重要的储量与产能阵地; 目前已发现新滩和新北2个油田, 其主力含油层系为新近系馆上段和明化镇组。前人对垦东地区新近系油气藏分布规律进行了大量研究^[1-9], 但未对控制研究区油气

分布规律的原因进行深入探讨。近年来针对垦东地区新层系和新类型油气藏的勘探取得了重要发现, 古近系沙河街组和东营组地层超覆油气藏、东营组和馆下段构造油气藏均获得高产工业油气流, 表明垦东地区是一个多层系立体含油的复式油气

收稿日期: 2015-03-30。

作者简介: 杨贵丽(1981—), 女, 山东沂水人, 高级工程师, 在读博士研究生, 从事石油地质综合研究与勘探部署工作。联系电话: (0546) 8715330, E-mail: yangguili776.slyt@sinopec.com。

基金项目: 国家科技重大专项“济阳拗陷油气富集机制与增储领域”(2011ZX05006-003), 中国石化科技攻关项目“胜利滩海西北向构造带古近系油气成藏规律”(P13018)。

聚集带。在油气勘探不断取得新突破的同时,针对新层系、新类型油气藏部署的多口评价井相继钻探失利,油气成藏规律认识不清成为制约研究区勘探部署的关键问题。为明确垦东地区油气成藏规律,笔者从分析研究区主力供烃凹陷的宏观油气运聚规律入手,结合钻井油气显示情况,对研究区不同含油层系的油气运聚规律进行研究,明确各层系的油气优势运移路径;在此基础上,多层系综合分析,建立垦东地区“二层台”式油气运聚模式。研究成果对垦东地区油气勘探目标评价,尤其对其古近系的油气勘探具有重要的指导意义。

1 新近系双通道式运移

垦东地区新近系油气非常富集,油气藏分布广泛,在垦东凸起主体、东部斜坡带和北部断阶带均有发现(图1),不同构造带的油气藏发育规律与富集程度存在较大差异^[2-3]。其中,北部断阶带和东部斜坡带的油气富集程度高,含油井段长、含油层数

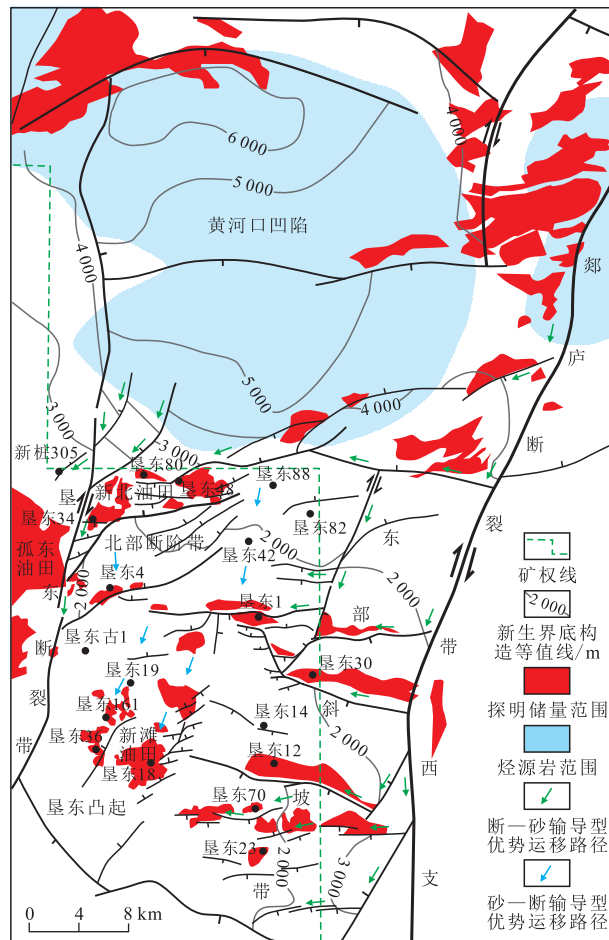


图1 黄河口凹陷—垦东地区新近系油气分布及优势运移路径

Fig.1 Neogene oil and gas distribution and their prior migration paths of Huanghekou sag, Kendong area

多,自馆下段至明化镇组均有发育,油气藏类型以岩性-构造油气藏和构造-岩性油气藏为主,且油气藏分布与断层密切相关;凸起主体的油气藏在平面上呈南北向条带状展布,油气藏类型为具有构造背景的岩性油气藏,其含油层段单一,主要分布于馆上段底部的6和7砂组。研究区不同构造带油气分布规律与富集程度的差异与油气运移通道和运移方式密切相关。

油源对比结果表明,垦东地区新近系油气藏中聚集的油气主要来源于北部黄河口凹陷沙河街组烃源岩生成的油气^[5-6]。黄河口凹陷具有晚期生烃、快速充注的成藏特征,新构造运动与大規模生、排烃期相匹配,油气在地震泵效应下沿油源断裂带发生大规模纵向运移,油源断裂带附近的各类圈闭优先捕获油气成藏,形成了渤中25-1、渤中34-1等多个以新近系为主力含油层系的亿吨级大型油气田^[10-12]。油气大规模运移至新近系后,由凹陷带向周围凸起带进行远距离横向运移,具有断—砂输导型和砂—断输导型2种运移方式(图1)。

1.1 断—砂输导型

断—砂输导型油气运移方式是油气通过近南北走向的大型走滑断裂带进行远距离横向运移,并通过与之相交的次级断层进行分流后,进入与断层相接的砂体内进行短距离运移并聚集成藏。垦东凸起东界郯庐断裂带营潍段西支断裂带和西界垦东断裂带是2条近南北走向的走滑断裂带,新构造运动时期走滑构造运动活跃^[11-12],主走滑断裂带旁侧伴生大量与之相交的近东西向、北西西向和北东向次级断层,形成梳状、帚状和马尾状等平面构造样式,2条主走滑断裂带是垦东地区重要的油气输导通道,与伴生次级断层共同构成断裂输导网^[13]。油气在断裂输导网中进行运移的过程中,进入与断层伴生的岩性-构造或构造-岩性圈闭中聚集成藏,在不同级别的输导断层附近均形成了富集高产的油气藏,如垦东30块馆陶组岩性-构造油气藏、垦东12块馆上段—明化镇组岩性-构造油气藏以及垦东70块馆上段—明化镇组构造-岩性油气藏等(图2)。

1.2 砂—断输导型

砂—断输导型油气运移方式是油气通过馆下段骨架砂体构成的毯状仓储层进行远距离横向运移^[14-15],然后通过与之相通的下切河道砂体及小、微断层进行短距离纵向运移后聚集成藏。垦东凸起具有东西向沟梁相间、南北向沟梁呈带状展布,整体呈南高北低、西高东低的构造面貌。油气在仓储层内横向运移的优势运移路径受构造形态控制,具

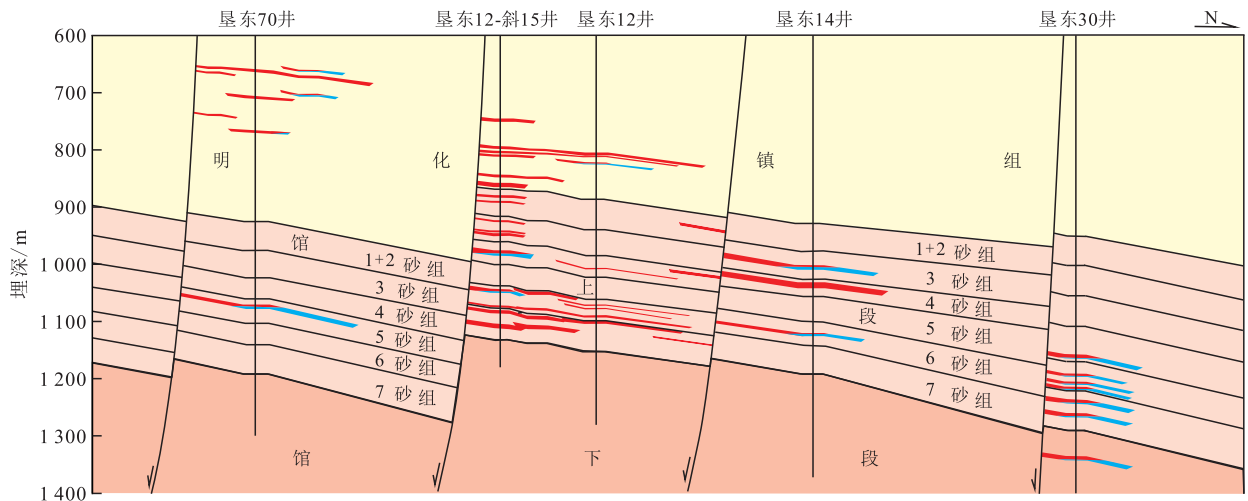


图2 垦东地区垦东70井—垦东30井近南北向油藏剖面

Fig.2 Nearly north-south reservoir profile of Well Kendong70-Well Kendong30 of Kendong area

有沿构造脊自北向南呈条带状运移的特征。

油气在馆下段毯状仓储层内进行横向运移的过程中,可通过2种方式再次发生纵向运移;一是断至馆下段仓储层的晚期小、微断层^[16-17],二是后期河道下切作用造成的上覆河道砂体与馆下段骨架砂体桥接。油气可通过这2种分流通道从仓储层进入

馆上段底部河道砂体聚集成藏。由于构造背景对仓储层优势运移路径的控制作用,馆上段油藏同样具有沿构造脊呈南北向条带状展布的特征(图1),且纵向上主要分布于馆上段底部的6—7砂组,含油井段局限,油藏丰度低(图3)。

综上所述,新近系油气成藏具有双通道式运移

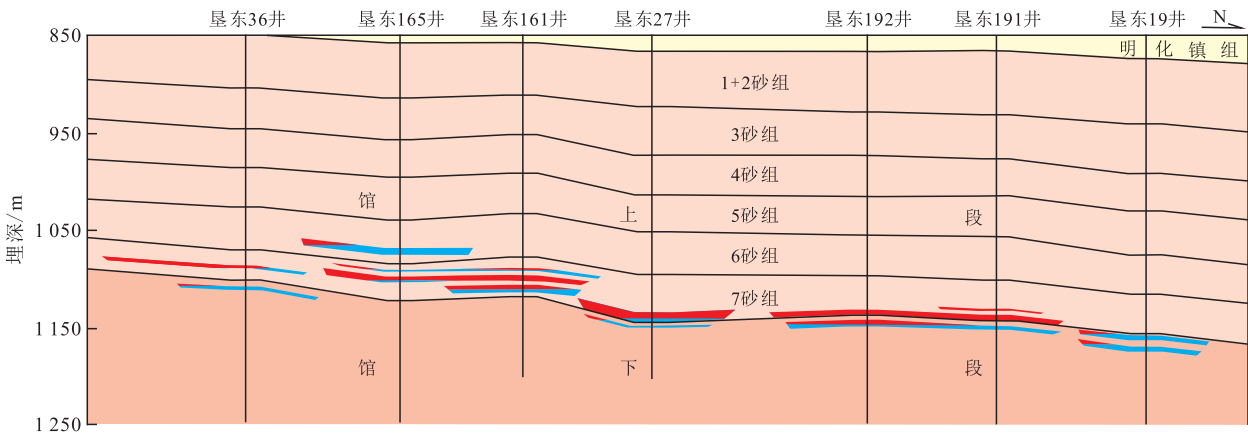


图3 垦东地区垦东36井—垦东19井近南北向油藏剖面

Fig.3 Nearly north-south reservoir profile of Well Kendong36-Well Kendong19 of Kendong area

特征。主要通过大型走滑断裂带进行远距离横向运移的断—砂输导型为油气运移的快速通道,形成的油气藏明显受断层控制,油气富集程度高;主要通过馆下段仓储层进行横向运移的砂—断输导型油气运移速度较前者缓慢,形成的油气藏受构造背景控制,油气富集程度比断—砂输导型差。

2 古近系单通道式运移

垦东地区古近系由北、东、南3个方向向垦东凸起层层超覆,具有围绕凸起呈帽沿状展布的特征,

形成一系列地层超覆圈闭。目前垦东地区发现的古近系油气藏主要分布于垦东凸起北部斜坡带,含油层系包括沙三段、沙一段以及东营组,主力含油层系为沙三段,油气藏类型主要为地层超覆油气藏,其次为断鼻构造油气藏。北部斜坡带古近系多口探井仅在古近系底部的不整合面之上30 m井段内钻遇油气显示,表明古近系与中生界之间的不整合面是油气运移的有效通道。

不整合面是油气输导的重要通道之一,其对油气的输导能力主要受不整合面的性质、类型、上下的岩性和物性条件等多种因素影响^[18-21]。前古近系

潜山顶部遭受长时间风化淋滤作用,具有一定的渗透性,油气从烃源岩排出后沿油源断层垂向短距离运移或穿过断层后进入潜山顶部不整合进行横向运移^[22]。垦东地区中生界顶部岩性复杂多变,发育火成岩类的玄武岩、安山岩、凝灰岩和闪长岩等,沉积岩类的细砾岩、砂砾岩、硬砂岩、凝灰质砂岩、泥质砂岩和泥岩等多种岩性,且平面分布变化快、规律性差,以安山岩和砂砾岩的分布范围最广。分析研究区中生界顶部各类岩性的物性条件发现,砂砾岩的物性条件相对较好,孔隙度可达18.7%,渗透率最高可达 $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,可以横向输导油气;而安山岩、闪长岩等火成岩的孔隙度大多小于5%,渗透率小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,不能有效输导油气。受不整合面的构造形态、结构、上下岩石类型及风化壳物性条件等多种因素的影响,不整合面的油气运移路径较为曲折,且直线运移距离较短。根据研究区不整合面之上30 m井段内古近系含油气情况,可以反映其优势运移路径(图4)。由于不整合面对油气的输导

能力有限^[22-24],形成的油气藏规模较小且分布局限,目前仅在距黄河口凹陷较近的垦东北部地区发现古近系地层超覆油气藏。油气在沿不整合面进行横向运移过程中,遇到开启性较强的次级断层可进行短距离纵向运移,形成古近系断鼻、断块构造油气藏,因此垦东北部地区断层附近具有纵向多层系油气成藏的特征。

3 油气运聚模式

根据黄河口凹陷—垦东地区的宏观油气运聚规律,发现垦东地区新近系和古近系分别属于2套相对独立的油气运聚子系统。新近系是以走滑断裂带和毯状仓储层作为油气远距离横向运移通道的上部油气运聚子系统,而古近系是以不整合面作为油气横向运移通道的下部油气运聚子系统,因此垦东地区具有上、下2层自成体系的“二层台”式油气运聚模式。

研究区上、下2套油气运聚子系统受不同地质因素控制,遵循不同的油气运聚规律。郯庐断裂在新近纪以来曾发生右旋走滑^[11,25-26],在构造活动期,油气沿油源断层发生瞬态幕式快速运移^[27-28],上部油气运聚子系统主导垦东地区新近系的油气运聚成藏,存在断—砂输导型和砂—断输导型2种油气运移方式。而下部油气运聚子系统则主要在构造平静期对油气成藏起控制作用,构造平静期断层不再是油气运移的绝对优势通道,油气在流体势的作用下沿渗透性输导通道进行稳态连续缓慢运移^[27-28],垦东北部地区古近系与中生界之间的角度不整合面与黄河口凹陷的有效烃源岩直接侧向对接,成为油气横向运移的有效通道,遇到开启性强的断层即发生短距离纵向运移,使上、下2套油气运聚子系统发生“直梯式”贯通(图5)。

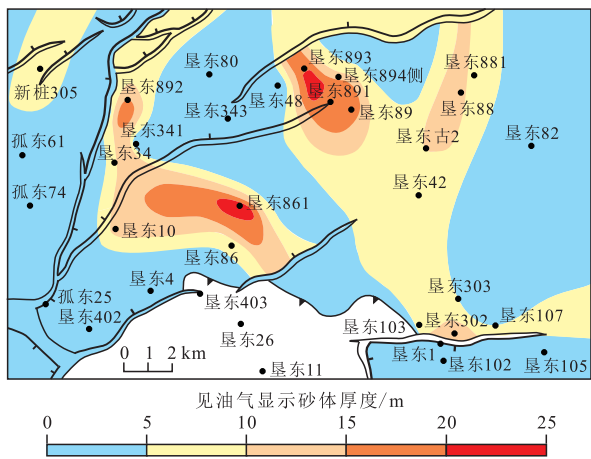


图4 垦东北部地区古近系底部不整合面之上30 m井段内见油气显示砂体厚度

Fig.4 Isopach map of the sand body with oil and gas shows within 30 m above the Eocene bottom unconformity in the north region of Kendong area

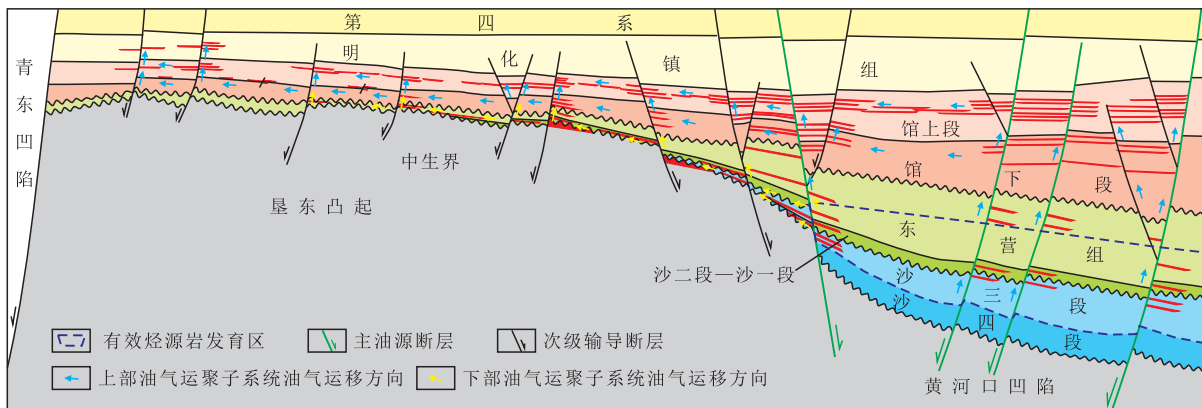


图5 垦东地区油气运聚成藏模式

Fig.5 Oil and gas migration and accumulation model of Kendong area

4 结论

垦东地区以黄河口凹陷为主要油源区,油气成藏受黄河口凹陷的宏观油气运聚规律控制,在油气进行远距离二次运移过程中,受自身地质条件的控制具有独特的油气运聚规律。其新近系和古近系油气成藏分别受控于上、下2套相对独立的油气运聚子系统,具有“二层台”式油气运聚模式。在构造活动期,油气经生烃凹陷周缘的油源断裂快速运移至新近系后,继续沿近南北向走滑断裂带和馆下段毯状仓储层进行远距离横向运移,形成新近系构造-岩性和岩性-构造油气藏;在构造平静期,除走滑断裂带之外,不整合面成为油气横向运移的有效通道,控制形成地层油气藏和断鼻构造油气藏,二者在断层处可发生“直梯式”纵向贯通。研究区2套油气运聚子系统的主要输导通道和优势运移路径不同,新近系为断-砂输导型和砂-断输导型并存的双通道式运移,前者的优势运移路径受走滑断裂带和与之相交的次级断层控制,后者主要受馆下段毯状仓储层的顶面构造形态控制;古近系为断层-不整合面输导型的单通道式运移,优势运移路径受不整合面上下岩性、物性条件及不整合面构造形态控制。油气运聚方式的差异控制垦东地区新近系和古近系具有不同的油气藏类型及油气分布规律,在油气勘探过程中须制定不同的探井部署思路,优先钻探位于油气优势运移路径的圈闭。

参考文献:

- [1] 方旭庆,林会喜,王智帮.垦东凸起“陀螺式”演化与油气成藏[J].西安石油大学学报:自然科学版,2007,22(4):13-16.
Fang Xuqing, Lin Huixi, Wang Zhibang. Gyro-type tectonic evolution and hydrocarbon accumulation of Kendong Uplift[J]. Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition, 2007, 22(4):13-16.
- [2] 石砥石,王永诗,王大华.垦东凸起上第三系油气成藏特征及勘探技术[J].中国海上油气:地质,2001,15(1):51-55.
Shi Dishu, Wang Yongshi, Wang Dahua. Neogene hydrocarbon accumulation and applicable exploration techniques in Kendong Uplift[J]. China Offshore Oil and Gas: Geology, 2001, 15(1):51-55.
- [3] 彭存仓,顾菊萍.垦东地区上第三系馆陶组上段成藏规律研究[J].江汉石油学院学报,2002,24(4):10-12.
Peng Cuncang, Gu Juping. Reservoir forming rules of upper member of Guantao formation, Neogene in Kendong area[J]. Journal of Jiangnan Petroleum Institute, 2002, 24(4):10-12.
- [4] 王大华,苏宪锋,魏艳萍.垦东凸起上第三系油气分布与断层关系研究[J].中国海上油气:地质,2003,17(4):232-235.
Wang Dahua, Su Xianfeng, Wei Yanping. The relationship between Neogene hydrocarbon distribution and faults in Kendong Uplift[J]. China Offshore Oil and Gas: Geology, 2003, 17(4):232-235.
- [5] 林玉祥,唐洪三.垦东凸起石油地球化学特征与成藏系统划分[J].油气地质与采收率,2001,8(5):27-31.
Lin Yuxiang, Tang Hongsan. Petroleum geochemistry characteristics and reservoir forming system division of Kendong arch[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2001, 8(5):27-31.
- [6] 陈永红,陈庆春,林玉祥,等.渤海湾盆地垦东凸起油源对比与成藏条件研究[J].地质地球化学,2003,31(1):16-22.
Chen Yonghong, Chen Qingchun, Lin Yuxiang, et al. Study of oil source correlation and oil accumulation conditions on Kendong Arch, Bohai Basin[J]. Geology Geochemistry, 2003, 31(1):16-22.
- [7] 姜涛,逢铭玉,胡洪浩,等.渤海湾盆地新北油田网毯式油气成藏体系[J].石油地质与工程,2010,24(3):5-12.
Jiang Tao, Pang Mingyu, Hu Honghao, et al. The meshwork-carpet type oil and gas accumulation system in the Xinbei oilfield, Bohai Bay basin[J]. Petroleum Geology and Engineering, 2010, 24(3):5-12.
- [8] 尧鹏,王六柱,余朝华,等.济阳拗陷垦东走滑断裂构造特征及其对油气成藏的影响[J].天然气工业,2009,20(1):1-8.
Yan Peng, Wang Liuzhu, Yu Zhaohua, et al. Strike-slip structural feature and its influence on the hydrocarbon accumulation in Kendong area, Jiyang depression[J]. Natural Gas Geoscience, 2009, 20(1):1-8.
- [9] 邹激滢.垦东凸起构造特征及其对油气成藏的控制作用[J].油气地质与采收率,2008,15(4):27-29.
Zou Lianyan. Structural features of Kendong salient and its control on hydrocarbon accumulating[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2008, 15(4):27-29.
- [10] 孔庆莹,邹华耀,胡艳飞,等.黄河口凹陷古近系烃源岩的地球化学特征[J].西安石油大学学报:自然科学版,2009,24(2):5-8.
Kong Qingying, Zou Huayao, Hu Yanfei, et al. Geochemical characteristics of Paleogene hydrocarbon source rock in Huanghekou Sag[J]. Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition, 2009, 24(2):5-8.
- [11] 陈斌,邓运华,郝芳,等.黄河口凹陷BZ34断裂带油气晚期快速成藏模式[J].石油学报,2006,27(1):37-41.
Chen Bin, Deng Yunhua, Hao Fang, et al. Late-stage rapid petroleum accumulation model of BZ34 fault zone in Huanghekou Sag[J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27(1):37-41.
- [12] 彭文绪,孙和风,张如才,等.渤海海域黄河口凹陷近源晚期优势成藏模式[J].石油与天然气地质,2009,30(4):510-518.
Peng Wenxu, Sun Hefeng, Zhang Rucai, et al. Late-stage near-source preponderant hydrocarbon pooling pattern in the Huanghekou Sag of the Bohai sea waters[J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(4):510-518.
- [13] 邱贻博,王永诗,刘伟.断裂带内部结构及其输导作用[J].油气地质与采收率,2010,17(4):1-3.
Qiu Yibo, Wang Yongshi, Liu Wei. Study on internal structure and migration in fault zones[J]. Petroleum Geology and Recovery

- Efficiency, 2010, 17(4): 1-3.
- [14] 张善文,王永诗,石砥石,等.网毯式油气成藏体系——以济阳拗陷新近系为例[J].石油勘探与开发, 2003, 30(1): 1-9.
Zhang Shanwen, Wang Yongshi, Shi Dishu, et al. Meshwork-carpet type oil and gas pool-forming system-Taking Neogene of Jiyang depression as an example[J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(1): 1-9.
- [15] 房煦.非近海河流相层序地层学探讨——以济阳拗陷新近系为例[J].油气地质与采收率, 2014, 21(6): 10-14.
Fang Xu. Discussion on non-coastal fluvial facies sequence stratigraphy: an example from the Neogene in Jiyang depression [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2014, 21(6): 10-14.
- [16] 杨满平,王正茂.微小断层野外地质调查及作用初探[J].特种油气藏, 2013, 20(2): 29-33.
Yang Manping, Wang Zhengmao. Outdoor geology investigation on micro-fault and its function [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2013, 20(2): 29-33.
- [17] 刘显太,李军,王军,等.低序级断层识别与精细描述技术研究[J].特种油气藏, 2013, 20(1): 44-47.
Liu Xiantai, Li Jun, Wang Jun, et al. Study on the technologies of identification and delicate description of low level faults [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2013, 20(1): 44-47.
- [18] 沈朴,张善文,林会喜,等.油气输导体系研究综述[J].油气地质与采收率, 2010, 17(4): 4-8.
Shen Pu, Zhang Shanwen, Lin Huixi, et al. Overview on hydrocarbon migration pathway [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2010, 17(4): 4-8.
- [19] 高长海,查明.不整合运移通道类型及输导油气特征[J].地质学报, 2008, 82(8): 1113-1120.
Gao Changhai, Zha Ming. The types of unconformity migration passages and characteristics of hydrocarbon transport [J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(8): 1113-1120.
- [20] 陈涛,宋国奇,蒋有录,等.不整合油气输导能力定量评价——以济阳拗陷太平油田为例[J].油气地质与采收率, 2011, 18(5): 27-30.
Chen Tao, Song Guoqi, Jiang Youlu, et al. Quantitative evaluation of transportation ability of unconformity-case of Taiping oilfield, Jiyang depression [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2011, 18(5): 27-30.
- [21] 李月,胥凯,颜世永,等.含油气盆地油气输导体系分析[J].油气地质与采收率, 2015, 22(1): 32-36.
Li Yue, Xu Kai, Yan Shiyong, et al. Study on hydrocarbon carrier system in petroliferous basins [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2015, 22(1): 32-36.
- [22] 盛秀杰,赵乐强,向立宏,等.济阳拗陷古近系—新近系地层油气藏油气输导方式[J].油气地质与采收率, 2010, 17(3): 31-33.
Sheng Xiujie, Zhao Leqiang, Xiang Lihong, et al. The oil-gas migration of stratigraphic reservoir of Paleogene-Neogene in Jiyang depression [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2010, 17(3): 31-33.
- [23] 宋国奇,隋风贵,赵乐强.济阳拗陷不整合结构不能作为油气长距离运移的通道[J].石油学报, 2010, 31(5): 744-747.
Song Guoqi, Sui Fenggui, Zhao Leqiang. No unconformity structure in Jiyang Depression as long distance migration pathway of hydrocarbon [J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(5): 744-747.
- [24] 隋风贵,宋国奇,赵乐强,等.济阳拗陷陆相断陷盆地不整合的油气输导方式及性能[J].中国石油大学学报:自然科学版, 2010, 34(4): 44-48.
Sui Fenggui, Song Guoqi, Zhao Leqiang, et al. Oil and gas transportation way and ability of unconformity of continental rifted-basin in Jiyang depression [J]. Journal of China University of Petroleum: Edition of Natural Science, 2010, 34(4): 44-48.
- [25] 吴国强,吕修祥,周心怀,等.新生代郯庐断裂活动在莱州湾地区的响应[J].石油实验地质, 2013, 35(4): 407-413.
Wu Guoqiang, Lü Xiuxiang, Zhou Xinhuai, et al. Response of Cenozoic Tan-Lu fault activity in Laizhou Bay area, Bohai sea [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2013, 35(4): 407-413.
- [26] 方旭庆.沾化凹陷凸起带旋扭运动及其与新近系油气聚集的关系[J].油气地质与采收率, 2015, 22(2): 39-44, 65.
Fang Xuqing. Rotation-shearing movement and its relationship with hydrocarbon accumulation of Neogene in uplift belts of Zhanhua sag [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2015, 22(2): 39-44, 65.
- [27] 郝芳,邹华耀,方勇,等.断-压双控流体流动与油气幕式快速成藏[J].石油学报, 2004, 25(6): 38-43.
Hao Fang, Zou Huayao, Fang Yong, et al. Overpressure-fault controlled fluid flow and episodic hydrocarbon accumulation [J]. Acta Petrolei Sinica, 2004, 25(6): 38-43.
- [28] 郝芳,蔡东升,邹华耀,等.渤中拗陷超压-构造活动联控型流体流动与油气快速成藏[J].地球科学——中国地质大学学报, 2004, 29(5): 518-524.
Hao Fang, Cai Dongsheng, Zou Huayao, et al. Overpressure-tectonic activity controlled fluid flow and rapid petroleum accumulation in Bozhong depression, Bohai Bay basin [J]. Earth Science - Journal of China University of Geosciences, 2004, 29(5): 518-524.

编辑 邹淑滢