

含油气盆地油气输导体系分析

李月¹, 胥凯¹, 颜世永², 林玉祥¹

(1. 山东科技大学 地球科学与工程学院, 山东 青岛 266590; 2. 中国石油大学(华东) 地球科学与技术学院, 山东 青岛 266580)

摘要: 油气输导体系沟通烃源岩与圈闭, 在油气运聚成藏过程中具有关键作用。在前人研究成果的基础上, 通过分析油气输导体系的输导机制, 对含油气盆地的输导体系进行了研究。结果表明, 油气输导机制从根本上来说是油气在空间输导网络中的运移机制, 主要包括输导载体、输导动力及其之间的内在联系和演化规律, 提出油气输导体系的分类命名原则为输导关键时期—输导方向—输导动力—输导空间, 据此可以确定油气输导体系的有效性, 进而预测油气藏的分布以及指导油气勘探。以东营凹陷南斜坡为例, 将其明化镇组沉积末期的油气输导体系分为3类, 分别为明化镇组沉积末期—向上—中高压—中孔隙油气输导体系、明化镇组沉积末期—横向—向上—中高压—大孔隙油气输导体系和明化镇组沉积末期—横向—中高压—浮力—大孔隙油气输导体系。

关键词: 油气输导体系 油气输导机制 断层 骨架砂体 不整合

中图分类号: TE112.12

文献标识码: A

文章编号: 1009-9603(2015)01-0032-05

Study on hydrocarbon carrier system in petroliferous basins

Li Yue¹, Xu Kai¹, Yan Shiyong², Lin Yuxiang¹

(1. College of Earth Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao City, Shandong Province, 266590, China; 2. School of Geoscience, China University of Petroleum (East China), Qingdao City, Shandong Province, 266580, China)

Abstract: Hydrocarbon carrier system is important as “the bridge and vinculum” between the oil sources and traps in hydrocarbon accumulation. Based on previous study, hydrocarbon carrier systems were studied through analyzing the migration mechanism. The results obtained show that the hydrocarbon migration mechanism is in essence hydrocarbon migration in space, which includes carriers, driving force and their intrinsic links and evolution. The naming principles of hydrocarbon migration classification were put forward as key migration period, transportation direction, driving force and transportation space, which can be used in the effectiveness evaluation of hydrocarbon carrier system and the prediction of hydrocarbon reservoir distribution to provide guidance for hydrocarbon exploration. As a case of the southern slope in Dongying sag, the hydrocarbon carrier systems formed at the end of the Minghuazhen Formation sedimentary period are divided into 3 types, which are the end of the Minghuazhen Formation sedimentary period—vertical migration—middle to high pressure—middle porosity hydrocarbon carrier system, the end of Minghuazhen Formation sedimentary period—lateral and vertical migration—middle to high pressure—large porosity hydrocarbon carrier system and the end of Minghuazhen Formation sedimentary period—lateral migration—middle to high pressure—buoyancy—large porosity hydrocarbon carrier system.

Key words: hydrocarbon carrier system; migration mechanism; fault; sandbody framework; unconformity

油气输导体系是具有输导能力的空间及其所含介质组成的空间网络系统, 主要包括油气运移通道、驱动力以及运移方向等。作为沟通烃源岩与圈

闭的桥梁和纽带, 其在油气运聚成藏过程中控制着油气的分布以及油气藏的规模。对于油气输导体系的研究, 前人主要从研究思路、方法和内容等方

收稿日期: 2014-11-05。

作者简介: 李月(1979—), 女, 河北沧州人, 讲师, 博士, 从事油气成藏方面的研究。联系电话: 15064837652, E-mail: lyysy_79@163.com。

基金项目: 国家自然科学基金项目“沁水盆地煤层气与致密砂岩气共生藏机理研究”(41172108), 国家自然科学基金项目“张性断层断裂带水岩相互作用机理及其对断层封闭性影响”(41202091), 山东省高等学校科技计划项目“脆性正断层断裂带水—岩相互作用机理研究”(J13LH02)。

面,针对输导要素、特点、影响因素、输导能力及分类等进行了评述^[1-2]。对于油气输导体系的分类主要侧重于几何学特征和静态描述,多为基于单一要素的划分^[3-13]。基于油气输导体系复杂的结构特点以及输导能力的影响因素,有学者分别采用层序地层学、沉积学、成藏动力学和地球化学等方法对其进行研究^[14];但仅根据油气输导体系类型无法明确其在某一地质时期对油气运聚的作用,也难以确定油气输导体系的有效性。实际上,输导要素只是组成油气输导体系的1个方面,即为油气的输导提供了运移空间,而油气输导的动力、输导体系的作用时间等因素也是油气输导体系组成中必不可少的关键要素。鉴于目前的研究现状,油气勘探实践亟需建立一套基于输导机制的油气输导体系分类方案以及相应的定量评价标准。为此,笔者以输导机制为指导,多因素、动态地研究油气输导体系,并在此基础上提出一种新的油气输导体系分类方案,进而可以有效地预测油气藏分布以及指导油气勘探。

1 油气输导机制

油气输导机制是油气在输导网络中的运移机制。主要包括输导载体、输导动力及其之间的内在联系和演化规律。

1.1 骨架砂体

骨架砂体是油气侧向运移的通道,主要通过粒间孔隙来输导油气,因此能否成为优势输导通道主要取决于骨架砂体的孔隙度和渗透率。虽然受压实作用影响,随着埋深的增大骨架砂体的输导能力会受到一定程度的影响,但总体来看,骨架砂体作为油气长距离侧向运移的通道是比较稳定的^[15]。对于颗粒比较均一的骨架砂体,由于不存在粒度级差,通常无法形成优势输导通道;对于颗粒不均一的骨架砂体,其优势输导通道主要发育在颗粒相对较大的骨架砂岩处^[15]。油气在骨架砂体中的输导动力主要是浮力。

鄂尔多斯盆地侏罗系延安组延10油层组为吴起地区的主要储层^[16-17]。通过对其沉积相、砂体展布及物性特征等的分析认为,不同沉积相类型,其砂体的物性特征不同,输导能力亦不同。例如延10油层段发育辫状河、天然堤和漫滩沉积。其中,辫状河沉积的砂岩厚度一般大于40 m,孔隙度大于16%,渗透率大于 $12 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于中孔—低渗透—好连通—中输导;天然堤沉积的砂岩厚度为20~40 m,孔隙度为14%~16%,渗透率为 $4 \times 10^{-3} \sim 12 \times 10^{-3}$

μm^2 ,属于中低孔—低(特低)渗透—中连通—差输导;漫滩沉积的砂岩厚度小于20 m,孔隙度小于14%,渗透率小于 $4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于低孔—特低渗透—差连通—差输导。

1.2 断层(裂缝)

发育过程中的断层内部结构非常复杂,主要包括破碎带和诱导裂缝带^[18-19],是油气垂向运移通道的主要输导空间。当断层活动时,破碎带及诱导裂缝带的孔隙空间增大,孔渗性变好,致使断裂带内部流体压力降低,在内、外压力差的驱动下,流体沿开启断层进行垂向运移,断层成为良好的垂向运移通道。当断层停止活动时,在上覆载荷、围压以及水—岩相互作用下,在断层活动期形成的裂缝逐渐闭合,破碎带的岩石孔隙度也随之降低,进而降低了油气输导能力。

裂缝包括构造裂缝和非构造裂缝。由构造运动及与断层相伴生的裂缝的油气输导机制与断层一致,而由成岩作用形成的成岩缝及超压形成的天然水力破裂缝作为输导要素时,油气输导能力稍差于构造裂缝。但在断层不发育的区域,非构造裂缝的存在仍可成为油气垂向和侧向输导的重要通道。

1.3 不整合

不整合是油气进行长距离侧向运移的重要通道,是否对油气起到输导作用,主要由不整合结构所决定。在剖面上可将不整合结构分为上底砾岩、风化粘土层和半风化岩石3部分^[20]。其中,上底砾岩的颗粒粗、孔渗性好,可作为油气运移通道;风化粘土层是在物理及化学风化的基础上形成的细粒残积物,其孔渗性差,一般难以成为油气运移通道;半风化岩石在风化过程中可发育裂缝,且具有良好的次生孔隙,是油气运移的重要通道。与骨架砂体一样,油气在不整合中的输导动力主要为浮力。

塔里木盆地塔中地区奥陶系内部发育不整合。其中,中一下奥陶统顶面和奥陶系顶面是2个具有重要意义的不整合。中一下奥陶统顶面不整合类型主要包括超覆不整合、褶皱不整合、底辟不整合和平行不整合^[21-22]。根据不整合上、下的地层岩性,可将塔中地区不整合接触关系分为4种类型,即灰岩与灰岩接触、灰岩与白云岩接触、碎屑岩与灰岩接触、碎屑岩与白云岩接触,并可进一步分为10个小类(图1)。

塔中地区中一下奥陶统顶面不整合之上主要发育砂岩和碳酸盐岩,也有部分泥岩。若不整合之上发育砂体和底砾岩,上覆泥岩盖层封闭,则不整合之上的岩层为有利的油气运移通道;若不整合之

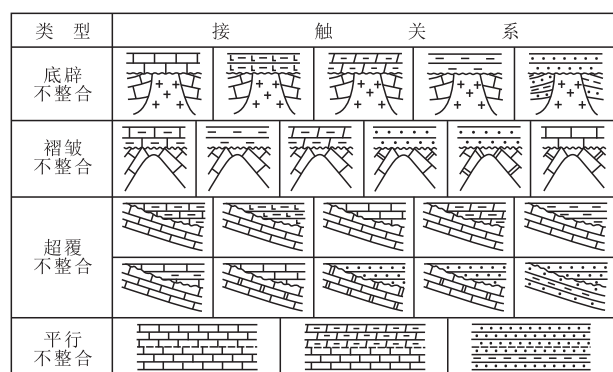


图1 塔中地区中一下奥陶统顶面不整合接触关系

Fig.1 Unconformity contact models on the top of the middle-lower Ordovician

上仅沉积大套泥岩,则不整合之上的岩层为无效的油气运移通道。塔中地区不整合之下主要发育砂岩和碳酸盐岩,其中砂岩主要分布于塔中地区的东北部,为良好的油气运移通道;在碳酸盐岩发育区由于岩溶作用,可形成一定规模的溶洞、溶缝等有利于油气运移的空间,发育良好的油气运移通道。

2 油气输导体系分类

2.1 分类方案及命名原则

通过分析骨架砂体、断层(裂缝)和不整合3种油气输导要素的输导机制可以发现,油气输导能力主要与输导要素的空间大小、空间结构、组合关系、运移动力和演化过程等因素相关。基于油气输导机制的油气输导体系分类方案的确定,重点在于明确油气输导体系的关键要素及其作用和主要演化规律,因此以关注主要矛盾、忽略次要矛盾为原则,对基于油气输导机制的含油气盆地的油气输导体系进行分类,并据此提出分类命名原则为输导关键时期—输导方向—输导动力—输导空间。

输导体系的关键要素主要包括输导空间(静态要素)和输导动力(动态要素)。输导空间是输导体系存在的基础,是各输导要素的空间组合,为油气的运移和聚集提供了容纳与流动的载体。油气在运移过程中,即使输导网络非常复杂,其输导空间都可归纳为孔隙空间。根据孔隙空间的大小可分为大孔、中孔、小孔和微孔,因此油气输导体系可分为大孔油气输导体系、中孔油气输导体系、小孔油气输导体系 and 微孔油气输导体系。通过对这些输导空间进行详细描述即可确定其形态、大小和输导能力等。输导动力是流体在输导空间中运移和聚集的推动力,是输导体系中必要的动态输导要素。油气运移输导的主要动力有异常高压、浮力、水动

力、构造应力和毛细管力等。其中,异常高压是油气从烃源岩排出的主要动力^[23];浮力作为油气运移的动力,必须首先克服毛细管力在油气运移聚集过程中的阻力作用,只有当浮力大于毛细管力时油气才能运移;水动力在油气运移过程中起动力亦或阻力作用,主要根据水流动方向与油气浮力方向是否一致来确定;构造应力包括挤压应力和拉张应力,其对流体流动的影响不同,挤压应力作为输导动力,一方面可以直接驱动油气运移,另一方面可以改变地层压力系统,导致异常高压的形成或泄漏,促使油气沿输导通道运移,而拉张应力虽然在一定程度上可以作为油气输导动力,但对于油气保存却是不利因素,因此不利于大型油气藏的形成。

除了对油气输导体系的关键要素进行重点描述外,还须对油气输导过程中能够表现输导体系特征的其他要素进行描述,主要包括输导关键时期和输导方向等。其中,输导关键时期是较为重要的要素,只有当输导体系的输导时期与圈闭形成时期以及油气成藏关键时期具有良好的配置关系时,才能成为油气成藏的有力因素,否则将会导致油气散失,不利于油气的聚集成藏;而输导方向主要是由流体势以及运移通道的分布来决定的,一般而言,油气总是从高势区向低势区运移,在非均质输导层中总是沿着渗透率最大、毛细管力最小的输导通道运移,这些主要的输导通道即构成优势输导通道,决定了油气主要的输导方向。

2.2 实例分析

以东营凹陷南斜坡为例,基于油气输导机制对其油气输导体系进行分类。东营凹陷南斜坡的断层十分发育,大型区域性断层主要有石村断层、八面河断层、陈官庄断层和博兴断层等,这些断层活动时间长、落差大且平面延伸远,对地层控制作用较明显^[24-25]。斜坡高部位的断层形成时期较早(沙三段沉积之前),斜坡低部位的断层形成时期较晚(馆陶组—明化镇组沉积初期);而东营凹陷主要的油气运聚成藏期为东营组沉积晚期、馆陶组沉积时期和明化镇组沉积时期,因此其断层活动期与东营凹陷主要油气运聚成藏期匹配,有利于油气运移。

东营凹陷南斜坡古近系砂体分布广、厚度大,除沙三段下亚段和沙三段中亚段由于水体较深而砂体不发育,其他层段砂体均较为发育。其中,沙四段孔隙度约为20%;沙三段上亚段孔隙度由西北向东南逐渐增大,孔隙度等值线呈北东向延伸,在纯化草桥鼻状构造带最高超过36%;沙二段孔隙度

总体较高,多在26%以上^[24]。

东营凹陷南斜坡主要发育3个大型的不整合,分别为孔店组与下伏地层之间的不整合、渐新统与始新统之间的不整合以及古近系与新近系之间的不整合。此外,还存在一些沉积间断,如孔店组与沙四段、沙三段与沙二段、沙二段与沙一段之间的沉积间断等。这些不整合以及沉积间断为研究区的油气运移提供了良好的通道,油气在浮力作用下可沿着不整合以及沉积间断长距离侧向运移。

对于东营凹陷南斜坡,断层是其主要的油气运移通道,其次为砂体及不整合,构成了断层—砂体、断层—不整合以及断层—砂体—不整合复合型油气输导体系。综合油气输导体系的关键要素分析,认为研究区油气运移的优势通道为大孔隙,当油气开始运移时主要以异常高压作为动力,当油气大规模运移时主要以浮力作为动力;因此,以明化镇组沉积末期的油气运移为例,采用基于油气输导机制的油气输导体系分类,将东营凹陷南斜坡的油气输导体系命名为明化镇组沉积末期—横向—向上一中高压—大孔隙油气输导体系、明化镇组沉积末期—横向—中高压—浮力—大孔隙油气输导体系以及明化镇组沉积末期—向上一中高压—中孔隙油气输导体系(图2),且其油气输导能力依次降低。

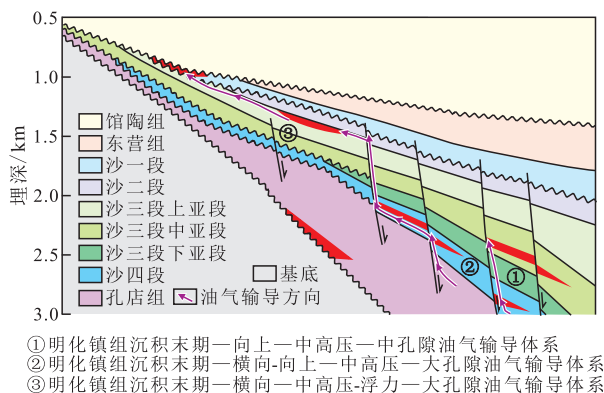


图2 东营凹陷南斜坡油气输导体系

Fig.2 Model of carrier system in the southern slope of Dongying sag

3 结论

通过分析前人对油气输导体系的研究成果,提出基于油气输导机制的油气输导体系分类;以输导要素为基础,充分考虑输导动力及输导体系的作用时间,并确定油气输导体系的命名原则为输导关键时期—输导方向—输导动力—输导空间。据此可以动态地描述油气输导体系的有效性,进而定量分析其输导能力。以东营凹陷南斜坡明化镇组沉积

末期的油气运移为例,将其油气输导体系分为3类,分别为明化镇组沉积末期—横向—向上一中高压—大孔隙油气输导体系、明化镇组沉积末期—横向—中高压—浮力—大孔隙油气输导体系以及明化镇组沉积末期—向上一中高压—中孔隙油气输导体系,且其油气输导能力依次降低。

参考文献:

- [1] 陈欢庆,朱筱敏,张琴,等.输导体系研究进展[J].地质论评, 2009, 55(2): 269-276.
Chen Huanqing, Zhu Xiaomin, Zhang Qin, et al. Advances in pathway system research [J]. Geological Review, 2009, 55(2): 269-276.
- [2] 王良军,邹华耀,段金宝.元坝气田油气输导体系及其对成藏的控制作用[J].油气地质与采收率, 2014, 21(5): 40-44.
Wang Liangjun, Zou Huayao, Duan Jinbao. Study of carrier system and its control on hydrocarbon reservoirs, Yuanba gas field [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2014, 21(5): 40-44.
- [3] 谢泰俊,潘祖荫,杨学昌.油气运移动力和通道体系[C]//冀再生,李思田.南海北部大陆边缘盆地分析与油气聚集.北京:科学出版社, 1997: 385-405.
Xie Taijun, Pan Zuyin, Yang Xuechang. The driving force and passway of oil and gas [C]//Ji Zaisheng, Li Sitian. Basin analysis and gas accumulation on north continental margin of the South China sea. Beijing: Science Press, 1997: 385-405.
- [4] Galeazzi J S. Structural and stratigraphic evolution of the western Malvinas Basin, Argentina [J]. AAPG Bulletin, 1998, 82(4): 596-636.
- [5] 张照录,王华,杨红.含油气盆地的输导体系研究[J].石油与天然气地质, 2000, 21(2): 133-135.
Zhang Zhaolu, Wang Hua, Yang Hong. Study on passage system of petroliferous basins [J]. Oil & Gas Geology, 2000, 21(2): 133-135.
- [6] 赵忠新,王华,郭齐军,等.油气输导体系的类型及其输导性能在时空上的演化分析[J].石油实验地质, 2002, 24(6): 527-532.
Zhao Zhongxin, Wang Hua, Guo Qijun, et al. Types of passage system and analysis of evolution of its capabilities in temporal and spatial range [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2002, 24(6): 527-532.
- [7] 张卫海,查明,曲江秀.油气输导体系的类型及配置关系[J].新疆石油地质, 2003, 24(2): 118-120.
Zhang Weihai, Zha Ming, Qu Jiangxiu. The type and configuration of petroleum transportation system [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2003, 24(2): 118-120.
- [8] 付广,孟庆芬.徐家围子地区深层运移输导系统及对天然气成藏与分布的控制[J].油气地质与采收率, 2004, 11(2): 18-20.
Fu Guang, Meng Qingfen. Migration translocation system and its controlling to reservoir forming and distribution of natural gas in deep strata of Xujiaweizi region [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2004, 11(2): 18-20.

- [9] 李丕龙, 庞雄奇. 陆相断陷盆地隐蔽油气藏形成——以济阳坳陷为例[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004.
Li Pilong, Pang Xiongqi. Subtle reservoir of continental rift basin—an example from Jiyang Depression[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004.
- [10] 卓勤功, 宁方兴, 荣娜. 断陷盆地输导体系类型及控藏机制[J]. 地质论评, 2005, 51(4): 416–421.
Zhuo Qingong, Ning Fangxing, Rong Na. Type of passage system and reservoir-controlling mechanisms in rift basins[J]. Geological Review, 2005, 51(4): 416–421.
- [11] 梁书义, 刘克奇, 蔡忠贤. 油气成藏体系及油气输导子体系研究[J]. 石油实验地质, 2005, 27(4): 327–332.
Liang Shuyi, Liu Keqi, Cai Zhongxian. Study of petroleum accumulation system and pathway system[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2005, 27(4): 327–332.
- [12] 蒋有录, 查明. 石油天然气地质与勘探[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 166–172.
Jiang Youlu, Zha Ming. Oil and gas geology and exploration[M]. Beijing: Science Press: 166–172.
- [13] 杨德彬, 朱光有, 苏劲, 等. 中国含油气盆地输导体系类型及其有效性评价[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2011, 33(3): 8–17.
Yang Debin, Zhu Guangyou, Su Jin, et al. The passage system and effectiveness evaluation of oil and gas basin in China[J]. Journal of Southwest Petroleum University: Science & Technology Edition, 2011, 33(3): 8–17.
- [14] 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.
- [15] 佟卉. 油气输导通道的内部结构和输导机制特征[J]. 大庆石油学院学报, 2008, 32(2): 23–26.
Tong Hui. Interior structure, transporting mechanism and characteristics of oil or gas transporting passage[J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2008, 32(2): 23–26.
- [16] 代金友, 李建霆, 王宝刚, 等. 鄂尔多斯盆地里151油藏延8—延10油组沉积特征及其与油气的关系[J]. 油气地质与采收率, 2013, 20(4): 5–9.
Dai Jinyou, Li Jianting, Wang Baogang, et al. Sedimentary microfacies study for Yan8–Yan10 layers of Yan'an formation in Li151 oilfield, Ordos basin[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2013, 20(4): 5–9.
- [17] 代金友, 李建霆, 王宝刚, 等. 里151油藏延安组延8—延10油层微构造研究[J]. 特种油气藏, 2012, 19(6): 22–27.
Dai Jinyou, Li Jianting, Wang Baogang, et al. Study on the microtectonics of layers Y8–Y10 of Yanan formation of No.151 Li oilfield[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2012, 19(6): 22–27.
- [18] 孙波, 张善文, 王永诗. 断层输导能力定量评价及其在油气勘探中的应用——以济阳坳陷青西地区为例[J]. 油气地质与采收率, 2013, 20(6): 10–14.
Sun Bo, Zhang Shanwen, Wang Yongshi. Quantitative evaluation of fault transporting capacity and its application in hydrocarbon exploration—case study of west Qingxi uplift of Jiyang Depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2013, 20(6): 10–14.
- [19] 吴智平, 陈伟, 薛雁, 等. 断裂带的结构特征及其对油气的输导和封堵性[J]. 地质学报, 2010, 84(4): 570–578.
Wu Zhiping, Chen Wei, Xue Yan, et al. Structural characteristics of faulting zone and its ability in transporting and sealing oil and gas[J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 84(4): 570–578.
- [20] 何登发. 不整合面的结构与油气聚集[J]. 石油勘探与开发, 2007, 34(2): 142–150.
He Dengfa. Structure of unconformity and its control on hydrocarbon accumulation[J]. Petroleum Exploration and Development, 2007, 34(2): 142–150.
- [21] 薛艳梅. 塔里木盆地塔中地区奥陶系关键不整合面特征及其对储层分布的控制[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2006.
Xue Yanmei. Features of key unconformities and their controls on reservoir distribution of Ordovician in Tazhong area, Tarim basin[D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing), 2006.
- [22] 张小兵, 吕海涛, 赵锡奎, 等. 塔河油田中下奥陶统顶面古构造演化及油气关系[J]. 石油实验地质, 2011, 33(3): 233–238.
Zhang Xiaobing, Lü Haitao, Zhao Xikui, et al. Paleogeological evolution of Lower–Middle Ordovician top and its relationship with hydrocarbon in Tahe Oil Field[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2011, 33(3): 233–238.
- [23] 宋亮, 张营革, 牟敏, 等. 陆相断陷盆地超压系统下的油气运聚——以车镇凹陷车西地区为例[J]. 油气地质与采收率, 2014, 21(1): 28–32.
Song Liang, Zhang Yingge, Mou Min, et al. Hydrocarbon migration and accumulation in overpressure system of continental rifted basins—case study of Chexi area, Chechen Depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2014, 21(1): 28–32.
- [24] 刘震, 张善文, 赵阳, 等. 东营凹陷南斜坡输导体系发育特征[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(3): 84–86.
Liu Zhen, Zhang Shanwen, Zhao Yang, et al. Development of carrying bed systems in the south slope of Dongying Sag[J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(3): 84–86.
- [25] 孙永壮. 东营凹陷南斜坡地层油藏成藏规律[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(4): 52–55.
Sun Yongzhuang. Reservoir forming regularity of stratigraphic oil pool in the south slope of Dongying Sag[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2006, 13(4): 52–55.