

文章编号: 0253-9985(2009)01-0041-06

渤海湾盆地东营凹陷现河庄油田河31断块区输导体系特征与成藏规律

刘 华¹, 任景伦², 蒋有录¹

(1. 中国石油大学 地球资源与信息学院, 山东 东营 257061; 2. 北京华宇精攻石油技术有限公司, 山东 东营 257000)

摘要: 东营凹陷现河庄油田河31区块输导体系特征及其与中浅层油气藏成藏规律的关系表明, 对油气运移起重要作用的输导体系主要有断层和砂体, 油气的富集不单受控于砂体和断层的分布, 断-砂时空配置关系决定了输导体系的有效性, 决定了中浅层(特别是沙河街组一段)油藏的形成与分布, 其中二级断层及晚期派生断层对油气的输导具有明显的控制作用, 与其连通性较好的砂体是油气运移的主要指向区。

关键词: 断层; 输导体系; 油气运聚; 现河庄油田; 东营凹陷; 渤海湾盆地

中图分类号: TE122.1 文献标识码: A

Control effects of carrier systems on hydrocarbon pooling in the He-31 block of Xianhezhuang oilfield, the Dongying Sag of the Bohai Bay Basin

Liu Hua¹, Ren Jinglun², Jiang Youlu¹

(1. Earth Resource College, China University of Petroleum, Dongying, Shandong 257061, China;

2. Huayujingong Petroleum Technology Co., LTD, Dongying, Shandong, 257000, China)

Abstract: The characteristics of carrier system and its relationship with the distribution of middle-shallow hydrocarbon pools in the He-31 block of the Xianhe oilfield in the Dongying Sag show that faults and sandbodies dominate the hydrocarbon carrier system in the block. The distribution of sandbodies and faults is not the only factor that control hydrocarbon enrichment in the study area. The spatial and temporal configurations of faults and sandbodies also control the effectiveness of carrier system, thus determine the formation and occurrence of the oil reservoirs in the middle-shallow layers (especially the Es¹). The second-order faults and later induced faults are important to hydrocarbon migration. At the same time, the sandbodies well connected with these faults are the main destination of hydrocarbon migration.

Key words: fault; carrier system; petroleum migration and accumulation; Xianhezhuang oilfield; Dongying Sag; Bohai Bay Basin

输导体系是地下油气运移的通道空间, 是控制油气运聚、成藏的关键因素^[1,2]。油气能否运移成藏取决于输导体系各静态要素在空间上的匹配关系和时间上与成藏作用的动态匹配条件。近年来, 众多学者已对油气输导体系作了研究^[2~8], 指出输导体系在空间上、时间上具有非均质性和不一致性的特点。然而, 目前关于输导体系的研究

往往停滞在区域的定性描述上, 对于区块范围的解剖以及对油气分布的控制作用分析相对较欠缺, 尤其是输导体系对它源油气藏控制作用的研究还不够深入。本文以渤海湾盆地东营凹陷油气富集程度相对较高的河31区块为例, 从地质分析入手, 采用储层反演与地质分析相结合的方法, 依据有效输导体系和油气运移聚集特征, 探讨中、浅

收稿日期: 2008-01-28。

第一作者简介: 刘华(1977—), 女, 博士、讲师, 矿产普查与勘探。

基金项目: 国家“十五”重点科技攻关项目(2001BA605A09); 中国石油大学(华东)博士基金项目(Y060118)。

层油气藏的分布规律,对指导东营凹陷以及相似地区中浅层油气藏的勘探具有重要意义。

1 区域地质背景

东营凹陷为一北陡南缓的箕状凹陷,先后经历了济阳运动(沙河街组四段上部)、东营运动(沙河街组三段—沙河街组二段)而形成现今的构造格局。中央隆起带是东营凹陷的一个正向二级构造带,位于凹陷中央的深陷区,是多因素作用形成的古近系褶曲构造,其特点是边断边隆,断裂发育。河31断块区位于中央隆起带的西段(图1),以复杂断块油气田而著称,构造范围包括河31、河106、河90和河104等4个小断块,断层发育,油气沿断裂运移活跃。

与东营凹陷区域背景相一致,河31区块具有优越的成藏条件。该区以古近系为主要生储油岩系,其中沙河街组沙四段上亚段和沙三段中、下亚段的泥页岩为两套主力烃源岩,沙河街组三段(沙三段)上亚段、沙河街组二段(沙二段)的河流—三角洲相砂体为主要的储集层。构造位置上,河31区块被东营凹陷最大的生烃中心——利津洼陷所包围,距油源近,易捕获油气;此外,该区下伏的烃源岩层系也已进入生烃门限,为油气藏的形成与富集提供了充足的油气来源^[9]。缘于特殊的构造背景,河31区块的砂体发育,并位于洼陷中心的隆起区,是油气运移的有利指向区。

根据已发现油气的统计,平面上,河31区块

局部高部位及“屋脊”一线油气富集;纵向上,含油层系较多,主要集中在沙二段和沙三段上层系(本文泛指中层),而沙河街组(沙一段)、东营组(本文泛指浅层)油气的分布较局限。从油气分布与烃源岩位置关系可以看出,该区中浅层多为它源油气藏,由于远离烃源岩层系,油气输导体系特征与油气运移是制约中、浅层——他源油气藏分布的关键问题之一。

2 输导要素发育特征

输导体系是沟通烃源岩与油藏的桥梁,是油气得以穿过的通道。构成输导体系的要素包括骨架砂体、断层和不整合面3种^[5,6,10~12]。由于河31区块油气的分布主要集中于古近系内部,缺少不整合面的沟通,因此,对油气运移起重要作用的输导要素主要包括断层(裂缝)和砂体,分析两者的发育特征、分布规律是认识油气运移以及油气分布的前提条件。

2.1 断层发育特征及分布

河31区块位于中央背斜带西段,内部被多条北掉的走向断层切割,形成自南向北节节下掉的断阶。地质构造复杂、断层多、断块小是其基本构造特征。根据钻井断点分布,河31区块共解释出15条大小不等的正断层,其中二、三级断层各有两条,其他均为四级小断层(表1)。该区存在的断层具有断距大小不等,走向近一致的特点,具体来说,四级断层断距较小,仅为10 m左右(如河62断层);而二级大断层断距较大,有的达到350 m(如河106断层)。断层倾角数据表现出该区断层较陡,有利于油气的垂向运移。此外,二级断层在全区延伸,而三、四级断层延伸距离较短,仅见于局部地区。断层分布特征表明,二级断层对研究区油气的运移和聚集起到了重要的控制作用。

2.1.1 断层活动时间与成藏期关系

目前大多数学者普遍认为,活动期的断层对于油气的运移具有重要的输导作用,而静止期的断层主要起封闭油气的作用^[13],因此,断层活动期与油气主要运移期匹配关系的好坏,对于油气运

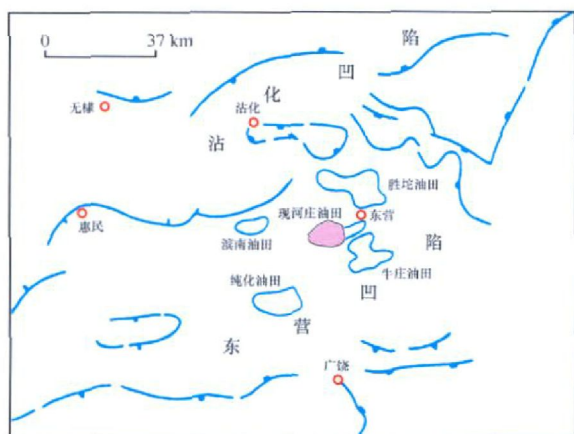


图1 东营凹陷现河庄油田河31区块位置

Fig. 1 Map showing location of He 31 block in the Xianhezhuang oilfield, Dongying sag

表 1 河 31 区块部分断层要素

Table 1 Elements of some faults in the He-31 block

断层	断距/m	走向	倾向	倾角/(°)	延伸长度/km	级别
河 31 断层	40~ 280	东西	正北	50~ 60	全区	II
河 90- 25 断层	10~ 40	北东东	西北	45~ 55	2. 5	IV
河 62 断层	10~ 40	北北东	西北	40~ 50	2. 3	IV
河 104 断层	20~ 100	北西西	东北	40~ 50	1. 2	III
河 106 断层	60~ 350	北东东	北北西	30~ 50	全区	II
河 65 断层	10~ 100	北东	北西	30~ 60	5. 0	III

移、聚集的研究非常重要。根据成藏时间与期次分析,现河庄油田沙二段、沙一段和东营组油藏主要是在新近纪馆陶组沉积末—明化镇组沉积时期成藏,只有少数烃源岩层系内的油藏为东营末早期充注^[13],因此,东营组沉积末—明化镇组沉积时期断层的活动性对于研究区油气的运聚、成藏具有重要的影响。

河 31 区块部分断层生长指数分析表明,本区大断层活动时间较长,小断层活动时间短,并存在早期产生和晚期派生两种。如河 62 断层在东营组和沙一段沉积时期活动,到了馆陶时期活动停止,即早期产生型;而河 90- 25 断层在馆陶期才开始活动,为晚期派生型。与成藏时间对比^[14]可

知,除长期继承性活动断层以外,晚期派生型断层对研究区油气的运移更为有利。此外,除了不同断层生长指数差异较大以外,同一时期、同一断层不同部位的活动性差异也比较明显。如沙一段沉积时期,河 31 断层中段的生长指数为 1. 6,东段为 1. 2,西段为 1. 1。表明同一时期同一断层的不同部分的活动性具有明显的差异。因此,油气更容易沿着活动强度较大的部分运聚成藏^[15]。

2. 1. 2 断面形态与油气运移

Hindle(1997) 指出,断面形态对于油气的聚集成藏具有重要的影响^[4]。针对这一观点,恢复了河 31 区块主要断层的断面形态(图 2)。结合油藏

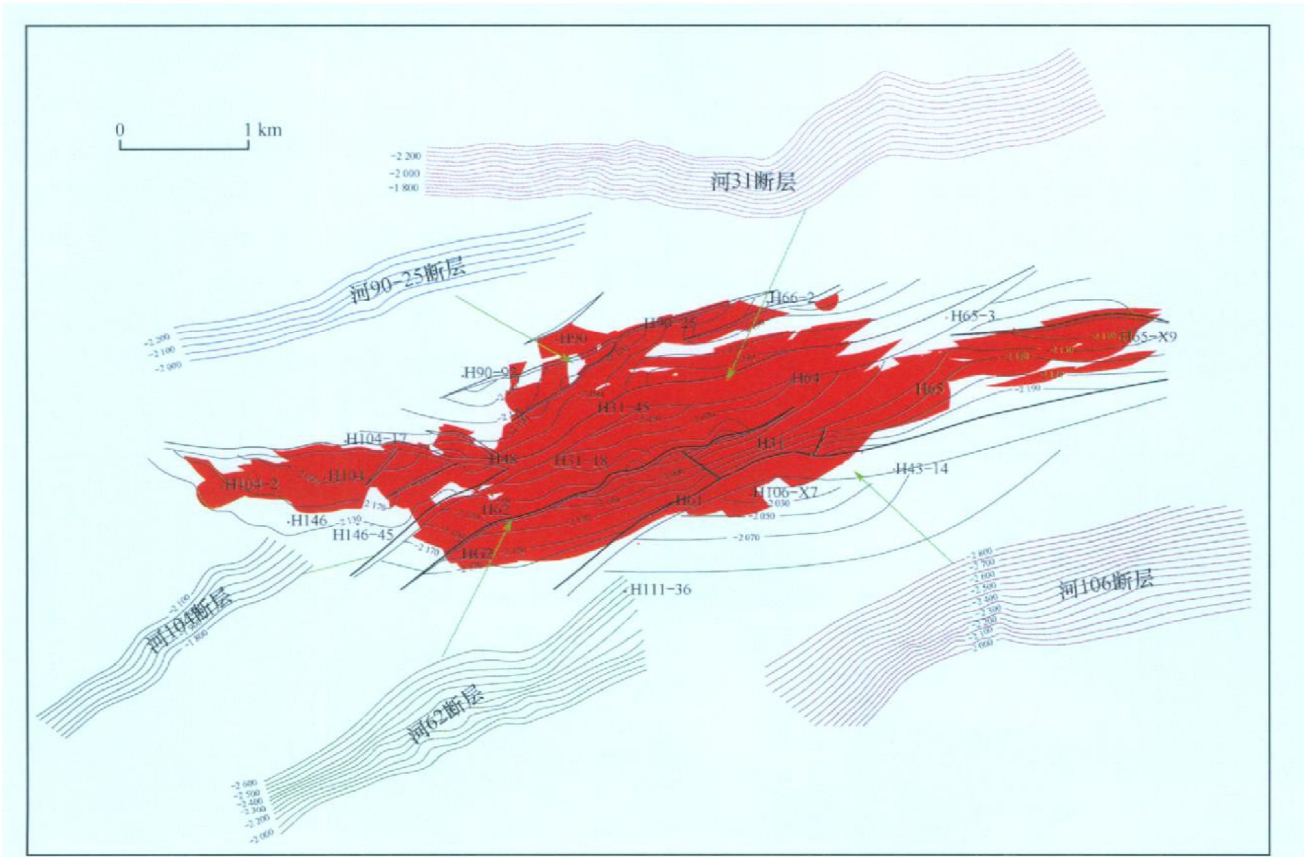


图 2 河 31 区块主要断层断面形态及油藏分布

Fig. 2 Configuration of major fault surfaces and reservoir distribution in the He-31 block

分布特征可知,研究区的油气主要聚集在断层上升盘的构造高部位,即断层的凸面。其中,河31断层的断面形态变化最为明显,构造高点自上而下具有自西向东迁移的特点,对该区油气的形成与分布具有明显的控制作用,是本区油气运移最重要的通道。此外,该区河104河62等三、四级断层的断面形态变化幅度虽大,但规律性不明显,主要起到了局部调节油气运移和遮挡成藏的作用。

2.2 砂体分布特征

砂体的分布特征受沉积相影响明显,它决定了油气侧向运移的方向和油气藏的分布。分析表明,河31区块不同层系的砂体对油气的输导以及油藏的分布存在较大差异,总体表现为两种类型:一类是邻近烃源岩层系的砂体,如沙三段上亚段和沙二段下亚段发育的砂体;另一类是远离烃源岩层系的砂体,如沙二段上亚段及沙一段发育的砂体。

2.2.1 邻近烃源岩层系的砂体

河31区块油气主要来源于沙三段中、下亚段和沙四段上亚段烃源岩,沙三段上亚段与沙二段砂体位于烃源岩之上,距离烃源岩近,油气运移条件便利。结合目前勘探可知,研究区沙三段上亚段与沙二段下亚段为河流-三角洲沉积,砂体厚度较大,分布较广,油气富集程度较高,为主力含油层系,油气藏的分布主要受控于砂体的厚度及其物性变化;沙二段上亚段砂体的分布特征表现出河道沉积的特点,平面上多呈条带状、零星状和不规则状分布,横向连通性差,砂体基本为北西-南东向或近南北向展布。砂体上倾方向被断层遮挡,形成反向“屋脊”断块油气藏。沙二段上亚段

部分微构造高点内具有油气显示但未成藏,表明油气在此聚集或运移过,后期的断层活动使油藏遭到不同程度的破坏,导致了目前含油较少的状况。

2.2.2 远离烃源岩层系的砂体

沙一段、东营组的砂体纵向上远离生烃层系,其分布特征对油气聚集的影响不同于邻近烃源岩的砂体。沙一段沉积时期,河31区块为三角洲前缘席状砂沉积-滨浅湖滩坝沉积,砂体多表现为片状形态,分布范围基本上占据整个研究区,但是该层系砂体分布的厚度不均,其中河31断块及河90断块的砂体发育最厚,而西侧河104断块砂体发育较薄(图3,图4)。结合油藏分布特点,沙一段油藏以河31断层为界,主要分布在河31断块和河104断块,而砂体厚度较大的河90断块只有零星分布(图4)。分析表明,远离烃源岩层系砂体的输导能力并不仅仅取决于砂体的厚度和物性特征,还明显受控于断层的特征,其中河31断层对沙一段油气的运移和聚集具有重要的控制作用。

3 输导要素组合关系

目前,对于断-砂组合关系的研究方法还不成熟。波阻抗反演可以直观地在横向较宽的范围内预测出储集砂体的分布,是显示砂体和断层匹配关系的理想手段之一。河31断块区砂体与断层的组合关系在不同层段差异较大。沙二段下亚段砂体发育,横向连通性好,油气侧向运移畅通,加之断层活动使油气沿断层垂向运移,因此该层系输导要素空间组合关系较好,有利于油气的运移

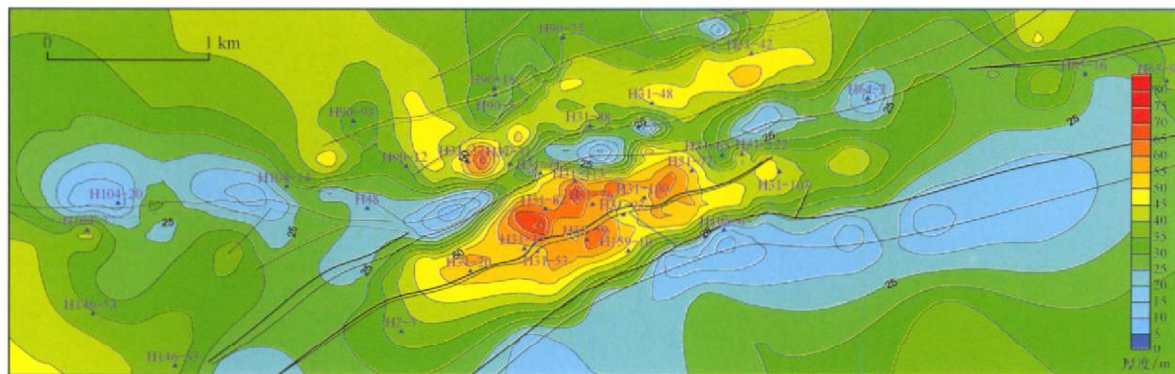


图3 河31区块沙一段砂体等厚图

Fig. 3 Isopach map of sandbodies in Es¹ in the He31 block

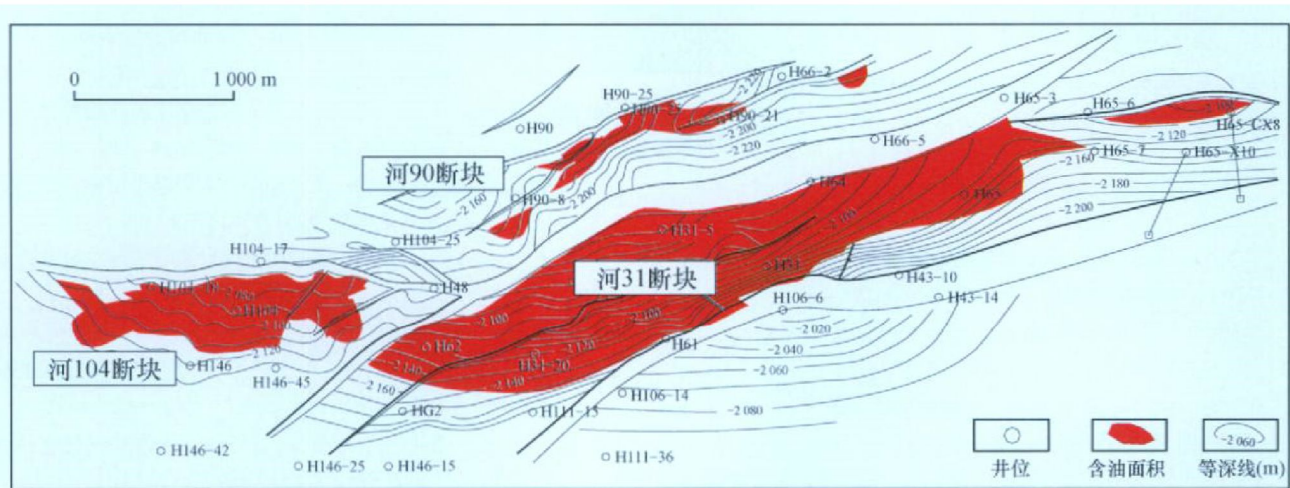


图 4 河 31 区块沙一段油藏分布
Fig. 4 Distribution of Es¹ reservoirs in the He-31 block

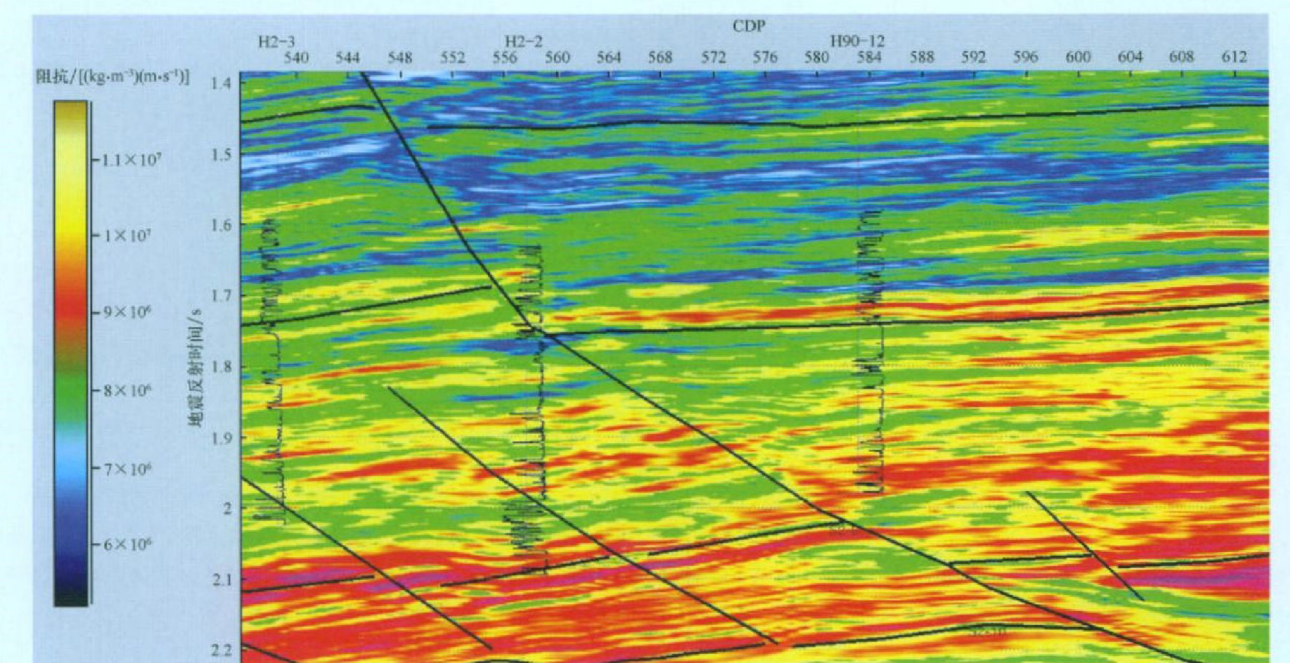


图 5 河 31 断块区南北向 451 测线随机波阻抗反演剖面
Fig. 5 Inversion profile of wave impedance along the line NS451 in the He-31 block

和成藏;而沙二段上亚段及沙一段砂体发育程度相对较差,砂体与断层的连接情况在空间分布上具有不一致性,导致油气富集程度差异较大(图 5)。

例如,河 90 断块沙一段的砂体发育规模较大,但砂体与河 31 断层的连接程度相对较差,由于远离烃源岩,又无断层沟通,造成下部油气不能运移到沙一段砂体中形成它源油气藏,使其成为无效的输导体系;相反沙一段砂体发育规模较差的河 104 断块,由于砂体与河 31 断层连接较好,成为有效的输导体系,导致该区油气富集。因此,浅层它源油气藏的形成主要受砂体与有效输导断

层组合关系的制约。

4 结论

- 1) 东营凹陷河 31 区块的油气输导体系主要由断层和砂体组成,油气的富集不单独受控于砂体和断层的分布,断-砂的时空配置关系决定了输导体系的有效性,与有效输导断层连通性较好的砂体是油气运移的主要指向区。
- 2) 断层对于浅层它源油气藏的形成与分布具有明显的控制作用,其中继承性生长断层和晚期派生断层的活动时间与成藏期匹配较好,具有较

强的油气输导作用;同一时期,同一断层的不同部位具有不同的输导能力,主要表现为断层凸面以及活动强度大的部分输导能力强。

参 考 文 献

- 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,2004.11~15
- 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):416~422
- 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
- Hindle A D. Petroleum migration pathways and charge concentration: a three-dimensional model[J]. AAPG Bulletin, 1997, 81: 1451~1481
- 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
- 郝雪峰,陈汉林,杨树锋,等.东营凹陷梁家楼油田有效输导体系研究[J].高校地质学报,2005,11(1):1~8
- Larter S R, Bowler B F J, Li M, et al. Molecular indicators of secondary oil migration distances[J]. Nature, 1996, 383: 593~597
- 魏福军,高志前,樊太亮,等.塔里木盆地塔中地区输导体系及成藏效应[J].石油与天然气地质,2007,28(2):266~273
- 刘华,蒋有录,杨万芹,等.东营凹陷中央隆起带油源特征的分析[J].石油与天然气地质,2004,25(1):39~43
- 孙永河,吕延防,付广,等.断裂输导体系输导天然气效率评价方法及其应用[J].天然气地球科学,2006,17(1):73~77
- 倪金龙,吕宝凤,夏斌.渤海湾盆地八面河缓坡带断裂系统及其对孔店组油气成藏的影响[J].天然气地球科学,2006,1(3):370~373
- 付广,付晓飞.断裂输导系统及其组合对油气成藏的控制作用[J].世界地质,2001,20(4):344~349
- Hooper E C D. Fluid migration along growth faults in compacting sediments[J]. Journal of Petroleum Geology, 1991, 14: 161~180
- 蒋有录,刘华,王宁,等.东营凹陷油气成藏期分析[J].石油与天然气地质,2003,24(3):215~218
- 马丽娟,郑和荣,解习农.东营凹陷中央隆起带断裂构造及油气运移[J].石油与天然气地质,2005,26(2):246~251

(编辑 高 岩)

全球油气储量和石油产量小幅攀升

据美国《油气杂志》2008年12月22日发布的全球石油产量和油气储量年终统计,由于2007年下半年及2008年上半年的强劲需求,以及油价在7月份达到每桶147美元的历史高点,初步预计2008年全球石油(包括原油及凝析油)产量将有1.1%的增长,达到 36.48×10^8 t。

全球石油估算探明储量(下称储量)为 $1\ 838.64 \times 10^8$ t,小幅增长0.79%。天然气估算探明储量(下称储量)为 177.11×10^{12} m³,增幅1.11%。沙特阿拉伯和俄罗斯连续6年以上分列世界石油储量和天然气储量之首。

《油气杂志》预计2008年全球石油产量达 36.48×10^8 t,同比增长1.1%。其中,中东石油产量大幅攀升5.4%;东欧及前苏联地区石油产量小幅增长2.5%,但俄罗斯石油产量十年来出现首次下降,预计2008年产量为 4.88×10^8 t,同比下降0.7%;西欧地区石油产量持续滑坡,2008年走低7.2%;西半球石油产量下降2.7%,加拿大跌幅1.8%,美国石油产量2008年更是跌过3%,墨西哥2008年产量直降9.2%。石油产量排名前5位的国家连续4年均均为俄罗斯、沙特阿拉伯、美国、伊朗和中国。

近10年全球油气储量变化

1月1日	世界原油 储量/(10^8 t)	同比增长, %	欧佩克原油 储量/(10^8 t)	同比增长, %	世界天然气 储量/(10^{12} m ³)	同比增长, %
2009	1 838.64	0.79	1 293.17	1.29	177.11	1.11
2008	1 824.24	1.08	1 270.52	2.79	175.16	0.05
2007	1 804.72	1.93	1 236.09	0.08	175.08	1.15
2006	1 770.62	1.16	1 235.15	1.86	173.08	1.19
2005	1 750.34	0.94	1 212.59	1.80	171.04	-0.46
2004	1 733.99	4.36	1 191.12	6.17	171.84	10.30
2003	1 661.48	17.63	1 121.93	0.02	155.78	0.92
2002	1 412.47	0.26	1 121.70	0.55	154.37	3.27
2001	1 408.85	1.22	1 115.61	1.49	149.47	2.57
2000	1 391.84	-1.76	1 099.29	0.25	145.73	0.03

预计中国2008年可生产石油 1.9×10^8 t,同比增长1.6%,仍居世界第5位;石油储量连续两年持平在 21.92×10^8 t,仍居世界第13位;天然气储量连续两年持稳于 2.27×10^{12} m³,但排名由第15位下降至第16位。

(李军摘编自《油气报告》)