

文章编号: 0253-9985(2004)03-0304-05

东濮凹陷黄河南低含油丰度区的油气勘探

彭君^{1,2}, 何显莉², 孙青², 段红梅², 蒋云静²

(1. 中国地质大学能源地质系, 北京 100083; 2. 中国石化中原油田分公司勘探开发科学研究院, 河南濮阳 457001)

摘要: 东濮凹陷黄河南低含油丰度区由于烃源岩品位低、构造复杂、储盖组合条件差等原因, 油气分布具有近源的构造翼部富集、断块控油、油气藏小而分散、圈闭充满度低等特点, 与北部高含油丰度区有很大差别。针对这一特征, 东濮凹陷黄河南低含油丰度区的进一步勘探应在精细勘探目标解释的基础上, 以断块群为评价对象、以定向井为手段、走滚动勘探开发的道路。

关键词: 东濮凹陷; 富油凹陷; 低丰度区; 成藏模式

中图分类号: TE122.1 **文献标识码:** A

Oil and gas exploration in low oil-abundance area to the south of Yellow River in Dongpu sag

Peng Jun^{1,2} He Xianli² Sun Qing² Duan Hongmei² Jiang Yunjing²

(1. China University of Geosciences, Beijing; 2. Exploration and Development Research Institute, Zhongyuan Oilfield Company, SINOPEC, Puyang, Henan)

Abstract: In low oil-abundance area to the south of Yellow river in Dongpu sag, oil and gas distributions are characterized by hydrocarbons to be accumulated in near-source limbs of structures, fault blocks controlling oil accumulation, oil/gas pools being small and scattered, and low level of trap fullness, due to poor quality of source rocks, complexity of structures and poor combination of reservoirs and seals. It is quite different from the high oil-abundance area in the north. Progressive exploration and development should be carried out in the low abundance area in the future, on the basis of careful interpretation of exploration targets, and taking fault block groups as appraisal objects and directional drilling as a measure.

Key words: Dongpu sag; oil-rich sag; low abundance area; reservoiring pattern

中国东部油气资源主要富集于少数几个富油气凹陷中, 如渤海湾盆地已发现的 70% 的油气储量集中分布在 12 个富油气凹陷的 16 个油气聚集带内^[1~2]。由于这些油气聚集带的勘探程度已经很高, 目前, 发现油气储量的勘探难度愈来愈大。而富油凹陷内的低含油丰度区(油气资源丰度小于 $40 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ 的含油气区) 以其勘探范围广阔、勘探程度低, 日益引起勘探家的重视。以往的勘探实践证实, 在低含油丰度区继续沿用高含油丰度区的勘探思路和方法, 往往投资大而效果差。东濮凹陷的黄河南地区是低含油丰度区, 经过长时间的摸索和总结, 该地区的油气勘探取得了较

大的进展, 系统总结该地区的油气勘探工作, 或许对其他低含油丰度区的油气勘探有参考意义。

1 油气分布特征

黄河南地区位于东濮凹陷东南部, 北以黄河与前梨园洼陷相连, 东至兰聊断裂, 西以黄河断层为界, 包括中央隆起带、东部洼陷带和兰聊陡坡带 3 个次级构造带, 属典型的老第三纪内陆断陷湖盆, 其油气分布具如下特征。

1.1 近源分布、翼部富集^[3~5]

东濮凹陷“两洼一隆”的构造格局决定了油气主要分布于中央隆起带, 但南、北中央隆起带油气

分布特点存在显著差异。黄河北中央隆起带油气分布具典型构造油藏的特点, 隆起带高部位油气富集, 在约 200 km^2 的圈闭面积内 (T_0^3), 分布着文中、文南、文东三大油田, 各层系累计探明石油天然气地质储量 $21\,534 \times 10^4 \text{ t}$ (油气当量), 占整个东濮凹陷探明储量的近 40%, 储量丰度高达 $107.5 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ 。隆起带翼部以水层为主, 至洼陷带发育有岩性气藏。

与北部隆起带高部位油气富集形成鲜明对比的是, 黄河南中央隆起带主体部位的西温寨- 脑里集构造带油气分布零星, 或仅见显示。目前发现的油气田主要富集于隆起带东翼的桥口、唐庄、徐集、马厂、三春集构造中 (图 1), 五大油田约 200 km^2 的圈闭面积内 (T_0^3) 各层系累计发现石油地质储量 $4\,945 \times 10^4 \text{ t}$ (探明+ 控制), 超过了黄河南地区已发现油气储量的 85%。并且同一构造内从高部位向低部位含油趋于丰富, 在向洼陷的构造坡脚部位, 油藏逐渐过渡为气藏, 与常规的“高点富集”理论相悖。平面上, 不同构造的储量规模与距油源的距离密切相关, 如徐集、马厂油田均为隆起带东翼的滚动背斜油藏, 并以葛岗集南洼为油源, 圈闭规模及保存条件相近, 但由于距生油洼陷距离不同, 二者储量则相差近 10 倍。距生油洼陷较近的马厂油田探明储量达 $1\,406.7 \times 10^4 \text{ t}$, 而距洼

陷较远的徐集油田储量仅 $211 \times 10^4 \text{ t}$ 。

1.2 以反向屋脊断块油藏为主

北部因油源丰富, 油气藏类型丰富多样, 构造、岩性、盐层流变等类型油气藏均有发育, 只要有圈闭, 即有油气聚集^[6]。而黄河南地区则不同, 虽然构造圈闭类型较多, 但油气藏类型较为简单, 反向屋脊断块油藏“一枝独秀”十分突出, 其他类型油气藏所占份额较小。“复杂的断块, 简单的油气藏”是本区油气成藏的基本特征, 即一定的构造背景控制油气的成藏, 极发育的断层又将其分为一系列反向屋脊断块油藏。

双断式凹陷、极发育的断裂构造、远离物源区形成的以细粒碎屑岩为主的岩性, 决定了南部地区以形成构造油气藏为主。如马厂构造为一与基底隆起有关的半背斜构造, 马东断裂系将其分割为垒带与翼部两大部分, 其翼部受马东断裂系的控制, 在断层下降盘发育了面积达 52 km^2 (T_0^4) 的滚动背斜构造。由于该构造缺乏北部地区的盐岩塑性地层, 逆牵引挠曲不明显, 以一系列反向断层的发育为典型特征。这些反向断层平面上与主控断层——马东断裂系走向近于一致, 呈 NE 向条带状展布, 剖面上与东倾地层组成叠瓦状反向屋脊断块群, 面临生油洼陷, 有利于多期油气的汇聚, 成为黄河南地区第二大主力油田。徐集、唐庄、三春集油田均与马厂油田相似, 导致了黄河南地区滚动背斜构造背景控制的反向屋脊断块油藏占主导地位油气藏类型。

1.3 规模小、充满度低

黄河南地区各构造面积可达 $80 \sim 150 \text{ km}^2$ 。但到目前为止, 发现的储量规模最大的桥口油田仅 $2\,174 \times 10^4 \text{ t}$ (探明油气当量+ 控制), 最小的徐集油田仅 $211 \times 10^4 \text{ t}$, 且油气分散在数十乃至近百个断块圈闭中, 各构造的油气充满度低。

单个反向断块油藏规模小, 圈闭充满系数低 (多小于 20%)。含油面积多为 $0.3 \sim 1 \text{ km}^2$, 约占圈闭面积的 15%~ 30%, 最小的春古 4 油藏面积仅 0.1 km^2 。油藏含油呈条带状, 沿断层富集于高部位, 油藏宽度 $220 \sim 590 \text{ m}$; 油气层单层厚度一般仅 $1 \sim 3 \text{ m}$, 具有薄油层延伸长度大, 厚油气层延伸长度小的特点。厚油层的油水界面分布在距断层 $50 \sim 100 \text{ m}$ 的范围; 但纵向上平行断层含油井段长, 可达 $100 \sim 800 \text{ m}$, 存在多套油水系统。单个油水系统油藏高度 $20 \sim 120 \text{ m}$, 不同断块及同一断块不同

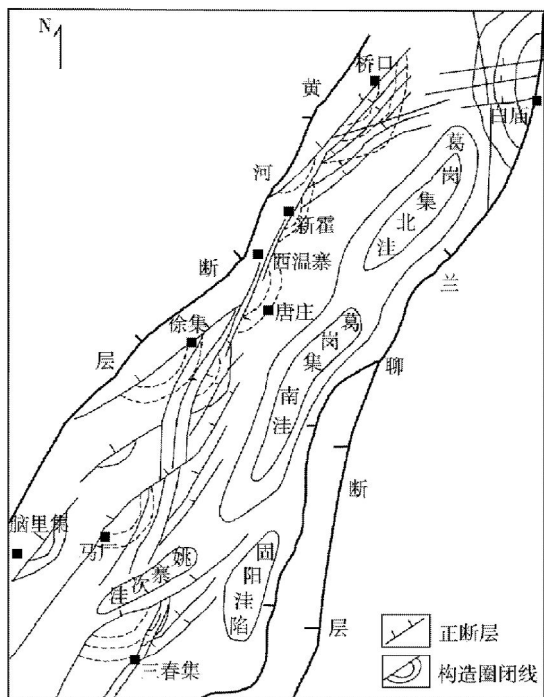


图 1 黄河南地区 Es_3 顶部构造纲要略图

Fig. 1 Structure outline map of the top of Es_3 in the area to the south of Yellow River

油组油水界面各不相同。各断块储量规模小,平均每个储量计算单元探明储量不足 $100 \times 10^4 \text{ t}$,最小的仅 $16 \times 10^4 \text{ t}$ 。平面上不同断块的油藏叠加连

片,形成黄河南中央隆起带“背景控制、翼部成藏、断块控油、高点富集、叠瓦状分布”的油气成藏模式(图2)。

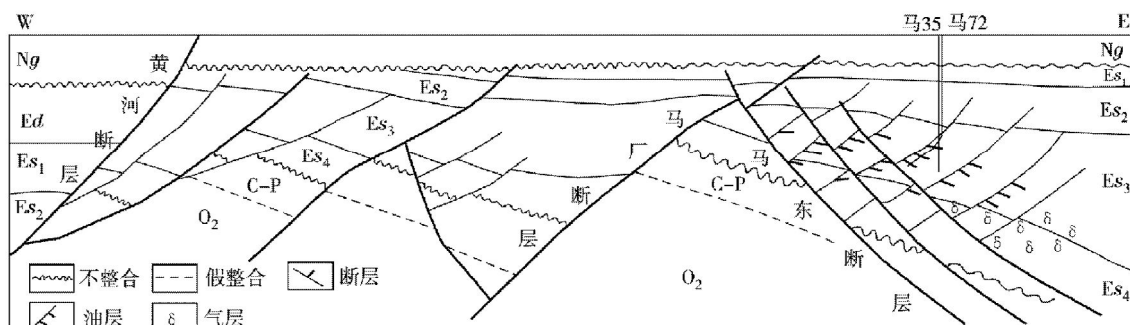


图2 马厂地区油气成藏剖面图

Fig. 2 Hydrocarbon reservoiring patterns in Machang area

这种独特的油气成藏模式决定了勘探技术的特殊性,运用直井勘探仅能钻遇少量的油层,而定向井则可以取得好的勘探效果。如马厂构造马35井在沙河街组沙三中亚段(以下简称沙三中亚段)钻遇油层2层,厚4.6 m,而2002年在同一井场部署的定向井马73井于沙三中—下亚段钻遇油层9层,厚达26.4 m,油水同层7层,厚21.6 m,处于同一区带的马72和马74等井亦钻遇多层油层,8个断块共探明石油地质储量 $424 \times 10^4 \text{ t}$ 。

1.4 含油气层位少

北部中央隆起带含油气层位多,既有文东油田沙三中亚段 $5000 \times 10^4 \text{ t}$ 级的自生自储油气藏,又有文南沙河街组二段下亚段(以下简称沙二下亚段)规模达 $4000 \times 10^4 \text{ t}$ 的整装次生油藏,沙一段至沙河街组三段上亚段(以下简称沙三上亚段)三套层系次生油气藏的储量高达 $10161 \times 10^4 \text{ t}$,占整个北部中央隆起带的47.2%,同时,在沙河街组四段(以下简称沙四段)还形成了文23规模达 $151.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的古生新储煤成气藏。自沙一段至沙四段,6套含油气层系层层叠加,形成典型的复式油气富集区。而黄河南地区油气藏多属自生自储油气藏,含油气层位较为集中,油气主要富集于烃源岩性质相对较好的沙三中亚段、沙三下亚段,已发现油气储量 $5071 \times 10^4 \text{ t}$ (油气当量),占整个黄河南中央隆起带油气储量的88.2%。三春集构造含油层位更为单一,油气集中分布在沙三下亚段,尚未发现复合油气藏。仅桥口构造因黄河断层晚期的活动,在沙一段、沙二下亚段形成次生油

藏,但规模小,仅占总储量的8.1%。

1.5 上油下气的分布格局

上油下气是东濮凹陷中央隆起带油气分布的基本特征,但南、北中央隆起带天然气分布的位置有所不同。北部中央隆起带沙三段及以上层系含油,沙四段含气,油藏叠置于气藏之上。而南部中央隆起带主要为沙三下亚段及以下层系含气,受油气源控制的特点明显,主要分布于构造向葛岗集洼陷的倾没部位,与油藏平面上相连,但纵向上不叠置。桥口—唐庄东翼已在沙三下亚段分别探明、预测天然气储量 $83.47 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $183.24 \times 10^8 \text{ m}^3$,徐集、马厂东翼也见良好气显示,并有多口井获低产气流,沙三下亚段底界构造图上,各气藏范围均已超出圈闭溢出点,形成桥口—马厂东翼斜坡带连片含气的大型深层致密砂岩气藏。

2 原因探析

东濮凹陷是在中生代全球板块构造体制下由动力和热力学双重机制作用形成的陆内断陷盆地。受区域构造控制,东濮凹陷存在显著的南北差异,即以白庙—桥口—孟居为界,分黄河南、北两大构造区,两区在基底形态、构造特征、沉积特征、烃源岩发育等方面均存在较大差异,从而导致其油气分布与富集特征的极大不同。

2.1 深部构造背景^[7~10]

(1) 受区域构造背景控制,北部地区属典型的渤海湾新生代裂陷—伸展构造体系,其构造活动以垂向差异升降运动为主,边界断层断距大而陡,

形成“高山深盆”的古地理景观。南部地区因受南华北北西向走滑构造体系所控制,以水平伸展运动为主^[11],表现为主裂陷幕的沙三段沉积期,凹陷拉张速率和断陷沉降速率比值达0.21~ 5.45,远高于北部地区的0.1~ 1.85,凹陷宽而浅,并大体上保持西高东低的“箕状凹陷”形态。

(2) 基底构造形态存在显著差异,北部航磁负异常大,可达- 250 伽马,而南部负异常仅为- 150 伽马,反映磁性基底的埋藏也是北深南浅。

(3) 暗色泥岩中生物群的分布特征也反映了南高北低的古地理面貌:北部地区指示贫氧至缺氧环境的半深湖- 深湖相介形类生物化石 *Can-dona binxianesis*, *C. sagmiformis*, *Glenocypris elliptica* 及痕迹化石 *Protapaleodictyon*, *Paleodictyon* 等属种广

泛发育,并在盐层周围出现多套反映无氧深湖环境不含底栖生物群的灰黑色泥岩;平面上半深湖- 深湖生物相带分布面积大,东西两侧的滨、浅湖生物相带窄。而南部地区则缺失深湖生物相,并且滨湖、浅湖、半深湖生物相带呈近等间距分布。利用生物化石优势度计算的沙三段古水深北部可达23.5 m,南部地区仅为8 m。

2.2 油气源条件

(1) 古地理面貌的差异必然导致凹陷南北生油条件的不同,北部高盐环境中有机质丰度高,有机质类型以 II₁ 型为主,部分 I 型,有利于生油;南部淡化环境中不利有机质的保存,烃源岩品质差,以 II₁~ II型干酪根为主(表 1),既生油,又生气。

表 1 东濮凹陷主要生油洼陷沙三—沙四段烃源岩性质表
Table 1 Properties of source rocks in the 3rd and 4th members of Shahejie Formation
in the main hydrocarbon generating subsags of Dongpu sag

注陷		有机质丰度			有机质类型及所占比例/ %			
		有机碳/ %	氯仿沥青“A”/ %	总烃/ 10 ⁻⁶	I	Ⅱ ₁	Ⅱ ₂	Ⅲ
北部	濮城- 前梨园	1. 19	0. 198 9	1 152	18. 5	50. 8	18. 5	12. 2
	柳屯- 海通集	0. 83	0. 113 6	370	25. 0	41. 0	17. 9	16. 1
南部	葛岗集	0. 41	0. 051 2	247	9. 2	33. 2	21. 2	36. 4
	南何家- 孟岗集	0. 48	0. 04	246	—	—	—	—

(2) 与凹陷形状相似,中央隆起带的平面展布也为一北窄南宽的不规则三角形。桥口地区宽约 8~ 10 km,向南逐渐变宽,南部三春集地区大于 20 km,可作为油气运移指向的正向构造总面积达 700 km²(T₀²),远大于北部中央隆起带的面积(约 280 km²)。而其各自的主油源区葛岗集- 固阳洼陷与前梨园洼陷面积却相近。此外,黄河断层的晚期活动形成南何家- 孟岗集洼陷地层在主要成油期的区域性东倾,使得黄河南中央隆起带缺乏文留地区前梨园、柳屯- 海通集洼陷双向供油的有利成藏环境。

2.3 储盖组合

东濮凹陷下第三系沉积具有裂谷盆地的典型特征,生储盖组合的配套与幕式裂陷伸展运动控制着的旋回性沉积作用有关。断陷盆地的幕式渐进伸展,潮湿与干旱气候的频繁转换,促成盆地发育多个由水进沉积层序到水退层序构成的沉积旋回^[12~ 13]。受古地理控制,凹陷南、北的沉积体系与岩性组合也截然不同。

(1) 盆地北部发育内陆盐湖砂- 泥- 盐岩沉积体系,形成多韵律、大厚度的盐岩、盐膏岩沉积(沙四段、沙三下、中、上亚段、沙一段),纵向上构成多套含油气组合,油气藏高度大。

(2) 南部地区因水浅,沉积韵律受外界环境变化的影响较大,形成砂泥岩频繁互层的沉积,构成了主要目的层沙三段的储盖组合。由于沙三段泥岩单层厚度为5~ 20 m,封盖的油气藏高度一般小于100 m。

2.4 成藏期

盆地模拟表明东濮凹陷油气具有两大成藏期:一为东营期,为油气的主成藏期,该成藏期持续时间长,累计生烃量约占总生烃量的 70%的油气藏形成于此期;一为东营运动后,伴随凹陷再次沉降,埋藏深度加深,形成第二个生烃期,总生烃量小,以形成高成熟度油气藏为主。

2.4.1 东营运动导致早期油气的均衡调整

渤海湾盆地在渐新世末期所遭受的东营运动是中国东部含油气盆地形成主要油气成藏的关键

性构造运动。在东濮凹陷及其邻区,东营运动期间区域构造应力场由老第三纪的右旋张扭转变为左旋挤压,即形成老第三纪裂陷盆地的反转,并造成全区性上、下第三系的不整合接触^[14, 15]。受凹陷南、北不同构造特征的控制,其对油气成藏的作用则正好相反。

(1) 受凹陷边界断层所限制,北部地区在东营期的构造变形以构造反转为上。一方面反转期的断层网络发挥了高速通道作用,油气在纵、横向上发生大规模运移,向浅部的区域盖层下汇聚,如作为非生油气层的沙二下亚段,聚集了北部地区 30% 的油气储量,成为全区油气最富集的层系。另一方面挤压应力下的褶皱作用可形成新的油气圈闭类型。如濮城断层上陡下缓,下降盘的浅层(沙二上一沙一段)背斜高点高于上升盘的相应层位,显然不是拉张应力产生的,由于反转程度弱,形成的宽缓背斜十分有利于油气成藏,这是濮城亿吨级油田形成的重要条件。可见,反转作用在北部地区对油气的成藏总体是建设性的。

(2) 南部地区基底破碎,受南华北走滑-拉分构造体系影响,东营期的构造变形以断层的左行扭动和黄河断裂系的强烈发育为特征。如全区广布的火成岩,一系列“S”形断层的发育,马厂等地区菱形网格状断裂系统的形成^[16],均充分体现了其活动的性质及强度与北部地区的差异。

反转变形对南部地区油气成藏的作用总体是破坏性的:一方面体现为断层的水平运动形成众多次级断层,使先成的二级构造带复杂化,增加了油气圈闭的数量,使圈闭面积减小;另一方面由于断层的运移效应导致油气在断块间的均衡调整,造成各构造油气性质纵向上的均一性,原油比重普遍偏低(0.82~ 0.86),几乎无重油成分,显然早期形成的中、低成熟度原油已运移至浅层,由于缺乏优质盖层而散失。

2.4.2 晚期成藏的油气富集于构造翼部

新第三纪,盆地进入坳陷期,其沉积厚度仅在各次级凹陷的中心达到了东营末期剥蚀厚度的过补偿。这一方面促使浅层沙一段源岩生成少量低成熟原油,更主要的是使深层源岩再度深埋达过成熟成气阶段,就近富集在近洼斜坡带的深层,形成油气倒置。

桥口油田 8 个样品的伊利石同位素测年也表明油气具有东营及馆陶两期成藏的特征(图 3),图

中沙一、沙二段成藏的 2 个样品采自构造主体,东营及以后成藏的 6 个样品均采自构造东翼的桥 14 断块气藏,样品的分布也说明晚期成藏的油气更易在构造翼部富集^[17]。



图 3 桥口地区油气成藏期频率分布图

Fig. 3 Histogram of hydrocarbon accumulating periods in Qiaokou area

3 结语

(1) 受区域构造控制,东濮凹陷下第三系沉积时具有南高北低的古地理格局,从而导致了南部地区具有烃源岩品位低、保存条件差、晚期构造运动(东营运动)对油气成藏破坏性强等一系列有别于北部富油区的油气成藏条件,也决定了黄河南地区具有特殊的油气成藏模式。

(2) 东濮凹陷黄河南地区油气具有近源分布、翼部富集的特点。油气藏类型以反向屋脊断块油藏为主,油气藏规模小,圈闭充满程度低,形成黄河南中央隆起带“背景控制、翼部成藏、断块控油、高点富集、叠瓦状分布”的油气成藏模式。

(3) 针对这种特殊的成藏模式,采用不同的勘探对策,在精细目标解释的基础上,以断块群为评价对象、以定向井为手段、走滚动勘探开发的道路,逐步开展勘探开发工作。

参 考 文 献

1 张文昭. 中国陆相大油田[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 198~ 208

2 赵文智. 渤海湾盆地含油气层系区域分布规律与主控因素[J]. 石油学报, 2000, 21(1): 10~ 15

3 王涛, 关德范, 王捷, 等. 中国东部裂谷盆地油气藏地质[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 115~ 117

4 谢利华. 黄河南地区油气成藏条件及分布规律[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(3): 230~ 233

表 2 油藏综合分类

Table 2 Comprehensive classification of oil reservoirs

开发方式	分 类 依 据			综 合 命 名
	岩石类型	圈闭类型	渗透率	
注水开发油藏 (根据粘度可进一步分为稀油和常规稠油)	砂岩油藏	构造	分为高渗透、中渗透、低渗透三级	高渗透(中渗透、低渗透)构造砂岩油藏
		岩性		高渗透(中渗透、低渗透)岩性砂岩油藏
		地层		高渗透(中渗透、低渗透)地层油藏
		复杂断块		高渗透(中渗透、低渗透)复杂断块油藏
		复合		高渗透(中渗透、低渗透)复合圈闭油藏
	碳酸盐岩油藏			略
特殊岩类油藏		据渗透率分为高、中、低	高渗透(中渗透、低渗透)火成岩(砾岩)油藏	
天然能量开发	分 类 依 据			综 合 命 名
	驱动类型	渗 透 率		
	弹性驱	根据渗透率分为高、中、低三级		高渗透(中渗透、低渗透)弹性驱油藏
	溶解气驱			高渗透(中渗透、低渗透)溶解气驱油藏
	气顶驱			高渗透(中渗透、低渗透)气顶驱油藏
	重力驱			高渗透(中渗透、低渗透)重力驱油藏
	边水驱			高渗透(中渗透、低渗透)边水驱油藏
底水驱			高渗透(中渗透、低渗透)底水驱油藏	
热采稠油		据渗透率分为高、中、低	高渗透(中渗透、低渗透)热采稠油油藏	

注: 1. 稠油油藏指地层原油粘度大于或等于50 mPa·s和相对密度大于0.92 g/cm³的油藏, 根据需要可分为常规稠油和热采稠油油藏;
2. 渗透率单位为10⁻³ μm²。

参 考 文 献

1 国家石油和化学工业局. 石油可采储量计算方法. 中华人民共和国石油天然气行业标准(SY/T5367- 1998) [S]. 1998

2 杨通佑, 范尚炯, 陈元千, 等. 石油及天然气储量计算方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997

3 刘中云, 唐周怀. 润湿性对采收率及相对渗透性的影响[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(2): 148~ 150

4 彭敦陆, 徐士进. 神经网络系统在预测石油可采储量上的应用[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(2): 129~ 132

5 郭齐军. 对油田剩余经济可采储量及评估的讨论——以东辛油田为例[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 309~ 312

6 中国石油天然气总公司. 油气田储层评价方法. 中华人民共和国石油天然气行业标准(SY/T6285- 1997) [S]. 1997

7 中国石油天然气总公司. 油气田开发工程常用术语(SY/T6174- 1995, 1996- 6- 30) [S]. 1995, 1996

8 葛家理, 宁正福, 刘月田, 等. 现代油藏渗流力学原理[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001. 385

9 国家标准局. 石油储量规范(GBn269- 88, 1988- 10- 01) [S]. 1988

10 中国石油天然气总公司. 油藏分类. 中华人民共和国石油天然气行业标准(SY/T6169- 1995) [S]. 1995

11 查全衡. 石油天然气资源经营管理基础[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999. 177

(上接第 308 页)

5 信荃麟. 东濮凹陷黄河南地区盆地分析及油气评价[M]. 东营: 石油大学出版社, 1992. 100~ 119

6 杨香华. 东濮凹陷盐湖层序结构与隐蔽油气藏[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(2): 139~ 142

7 金强, 黄醒汉. 东濮凹陷早第三纪盐湖成因的探讨——一种深水成因模式[J]. 华东石油学院学报, 1985, 9(1): 1~ 3

8 顾家裕. 东濮凹陷盐岩形成环境[J]. 石油实验地质, 1986, 8(1): 22~ 28

9 林又玲, 吴贤涛, 潘结南. 东濮凹陷老第三系沙河街组盐类沉积模式新见[J]. 古地理学报, 2000, 4(2): 67~ 74

10 赵志清, 吕红玉. 东濮凹陷盆地晚始新世生物群及其古环境的探讨[J]. 微体古生物学报, 1988, 5(3): 315~ 322

11 张功成. 南华北中、新生代盆地构造特征及其石油地质意义[J]. 断块油气田, 1998, 6(5): 1~ 9

12 张世奇, 纪友亮. 陆相断陷湖盆层序地层学模式探讨[J]. 石油勘探与开发, 1996, 23(5): 20~ 23

13 郑鸿稳. 东濮凹陷下第三系层序地层学模式[J]. 石油学报, 2002, 23(4): 24~ 28

14 王燮培, 宋廷光. 从松辽盆地的构造反转看中国东部盆地构造圈闭的形成[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1996, 21(4): 373~ 382

15 史卜庆, 吴智平. 渤海湾盆地东营运动的特征及成因分析[J]. 石油实验地质, 1999, 21(3): 196~ 200

16 赵文智, 何登发. 石油地质综合研究导论[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999. 535~ 546

17 任战利, 冯建辉. 东濮凹陷杜桥白地区天然气藏的成藏期次[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(4): 376~ 381