

惠民南部地区油水物化性质与油气运移方向和模式

李继岩, 吴孔友, 王晓蕾

中国石油大学(华东)地球资源与信息学院, 山东青岛 266555

摘要 油水物化性质变化可以从古水文演化角度反应油气运移方向。本文以惠民凹陷南部地区沙河街组三段为例, 利用原油密度、黏度、地层水矿化度、水型及离子组合参数变化特征, 研究油气运移规律。平面上, 研究区原油密度、黏度整体具有西北高、东南低的分布规律, 局部具有一低四高的分布特征, 反映出原油密度、黏度随运移距离的增加而增大; 地层水矿化度具有以夏口断裂为中心, 向南北两侧逐渐变小的分布特征, 矿化度高值区的分布与夏口断层油气运移聚集有关; 地层水水型和离子组合参数变化特征表明沿夏口断裂带具有两个油气聚集区, 分别为双丰、江家店—瓦屋鼻状构造。通过对油气运聚关系的分析, 以油气源、输导因素为基础, 沿油气主要运移方向, 建立了研究区近源侧向砂体输导、近源混向反 Z 型输导、远源混向阶梯状输导、远源混向多级反 Z 型输导 4 种油气运移模式。

关键词 惠民凹陷南部地区; 原油物化性质; 地层水矿化度; 离子组合参数; 运移模式

中图分类号 TE133.2

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.02.05

Changes of Oil-water Physical and Chemical Properties Affect Oil-gas Migration Direction and Mode in Southern Region of Huimin Sag

LI Jiyan, WU Kongyou, WANG Xiaolei

Faculty of Geo-resources and Information, China University of Petroleum, Qingdao 266555, Shandong Province, China

Abstract Changes of oil-gas physical and chemical properties affect the oil and gas migration direction based on the evolution of ancient hydrology. By taking Shahejie three sections in southern region of Huimin Depression as examples, crude oil density, viscosity, formation water salinity, water-based, and ionic composition parameters are used to study oil and gas migration and accumulation. On the whole plane, the study area of crude oil density, viscosity has the distribution characteristics of northwest high, southeast low; locally, there are one low part and four high parts. It reflects that crude oil density and viscosity increase with the migration distance; formation water salinity has the distribution characteristics that centers at Xiakou Fault zones and decreases along the north and south sides. High value zones of formation water salinity has relation with the oil and gas migration and accumulation of Xiakou Fault zone; formation water type and characteristics of plasma parameters reflect that have two oil and gas accumulation zones along with Xiakou Fault zone. They were Shuangfeng and a nose structure extended from Jiangjiadian to Wawu. Through analysis on the relationship between hydrocarbon migration and accumulation, based on the factors involving oil and gas sources, migration direction, and migration process, the oil and gas accumulation mode of the study area is divided into four types, namely, side sand body of near the source transport oil-gas mode, near-source mixing to the anti-"Z" shaped transport oil-gas mode, far-source mixing to the multi-level anti-"Z" shaped transport oil-gas mode, and far-source mixing to the ladder-like transport oil-gas mode.

Keywords south part of Huimin Depression; oil-gas physical and chemical properties; salinity of formation water; ionic composition parameter; transportation mode

0 引言

惠民凹陷南部地区位于济阳拗陷西南部, 属于惠民凹陷

的次级构造单元, 东西长 90km, 南北宽 16km, 面积约 1600km², 北邻临南洼陷带, 被营子街—玉皇庙南断层所分隔,

收稿日期: 2010-11-02; 修回日期: 2010-12-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(40772081); 国家科技重大专项(2008ZX05001)

作者简介: 李继岩, 博士研究生, 研究方向为构造地质学与油气成藏, 电子信箱: ljy19870817@163.com

东南部与鲁西隆起相接,该区发育走向向北东、倾向北西的控注夏口断层,其上盘为夏口断裂带,沿着断层走向主要发育双丰、江家店、瓦屋 3 个鼻状构造;其下盘为南斜坡带,由于其西南发育断层少,为钱官屯缓坡带,东北断层较多,曲堤断层和夏口断层形成窄陡曲堤地垒^[1](图 1)。前人对研究区油气运移方向做过大量翔实的研究,2001 年,陈庆春等^[2]通过分析和总结研究区含氮化合物(油砂中咪唑含量与 2-4-甲基咪唑比值)及原油生物标志物平面变化规律,指出该区油气运移趋势方向;2003 年,高先志等^[3]通过研究夏口断层封闭性,认为临南洼陷生成的油气通过夏口断层封闭性差的段向南斜坡运移形成钱官屯和曲堤油田;2009 年,刘超英等^[4]在分析和总结前人对盆地埋藏历史恢复及对盆地流体动力学背景分析基础上,考虑盆地演化的特征,分析了惠民凹陷南部斜坡沙四上段明化镇时期流体势,指出油气优势运移方向。前人均未涉及该地区油水物化性质的研究,而现今水文地质特征是古水文地质状况演化至今的结果^[5],由于古水文地质和油气的生成、运移、聚集与保存具有密切的联系,现今水文地质特征必然保留与油气生成、运移、聚集和保存相关的一些信息。因此,本文利用惠民南部地区油水物化性质的变化特征,研究油气运移方向,并沿运移方向建立油气运移模式。

1 原油密度和黏度变化与油气运移关系

原油密度的变化与以下两种效应有关:① 族组分随运移过程的变化,族组分中非烃和沥青质的极性大,分子量大,相应密度大,而烷烃的极性小,密度也较小,因此随运移距离的增加,极性大、密度大的组分减少,极性小、密度小的组分相应增加,从而原油的密度变小;② 受热变质作用的影响,温度对密度和黏度的影响较大,从生成机制来看,温度较高时原油裂解产生的轻质组分增多,故密度也降低^[6-8],因此,在宏观上,洼陷内部的原油密度比洼陷附近和周围的小,即构造低部位原油密度比高部位小。

根据研究区已有探井的试油数据,发现惠民凹陷南部地区原油密度最小为 0.8322g/cm³,最大为 0.926g/cm³,黏度分布

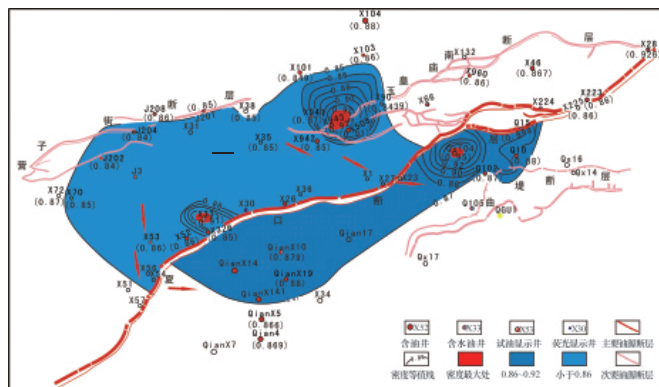


图 2 原油密度变化判断油气运移方向(单位:g/cm³)
Fig. 2 Diversification of crude oil density determines migration direction of oil-gas (unit: g/cm³)

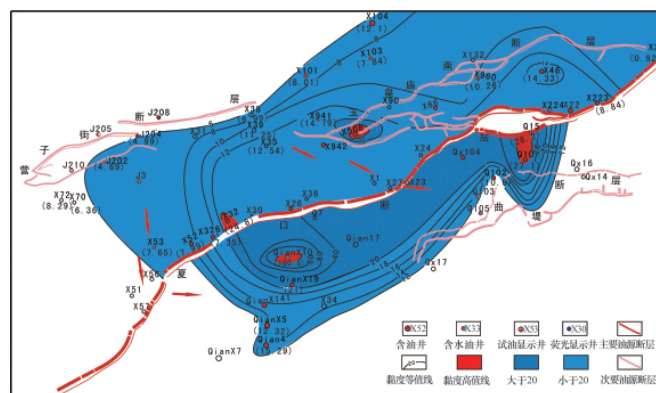


图 3 利用原油黏度变化判断油气运移方向(单位:mPa·s)
Fig. 3 Diversification of crude oil viscosity determines migration direction of oil-gas (unit: mPa·s)

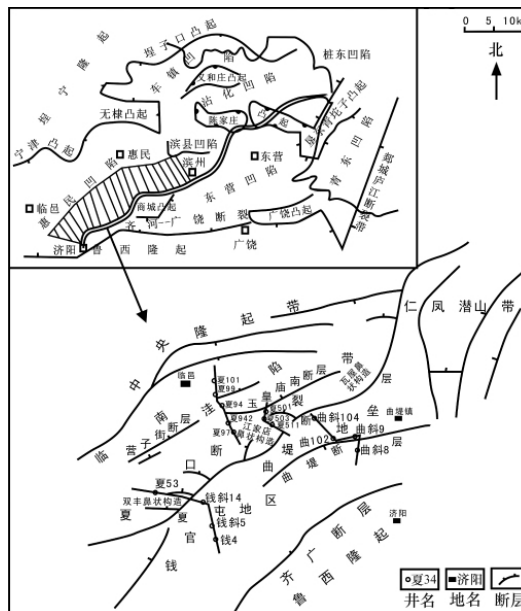


图 1 惠民凹陷南部地区位置

Fig. 1 Location of the southern region in Huimin Depression

范围 4.687~335.4mPa·s。平面上,研究区原油密度整体西北高、东南低,局部具有一低四高的分布特征,即距离生烃中心近的营子街地区原油密度较小,大部分在 0.83~0.86g/cm³之间,而距离生烃中心较远的双丰、江家店—瓦屋鼻状构造、曲堤、钱官屯地区密度较大,大部分在 0.86g/cm³以上。原油黏度分布规律和密度相似,距离生烃中心近的营子街地区原油黏度较小,大部分在 4~10mPa·s 之间,临南油田和营子街地区的相差不大,其余距离生烃中心较远的江家店—瓦屋、曲堤、钱官屯地区原油黏度较大,大部分在 10mPa·s 以上(图 2、图 3)。惠民凹陷南部地区原油密度、黏度随运移距离的增加而增大,原油密度和黏度的变化特征主要受层析作用的影响,并且受研究区特殊的构造位置影响,由夏口断裂带向斜坡带,深度和温度逐渐降低,原油热变质作用增强,原油密度和黏度增大。

营子街地区近距离聚集;② 油气沿夏口断裂带下降盘有江家店—瓦屋鼻状构造、双丰鼻状构造两个优势聚集区;③ 向南斜坡钱官屯和曲堤油田运移有夏口断层西段和中段两个优势运移通道。在以上分析的基础上,以油气源、运移过程、输导要素为背景^[4,9],沿油气运移优势路径建立研究区的4种油气运移模式:近源侧向砂体输导运移模式、近源混向反Z型输导运移模式、远源混向阶梯状输导运移模式、远源混向多级反Z型输导运移模式(图6)。

运移模式名称	运移模式图	构成要素	分布地区
近源侧向砂体运移模式,简称一型输导运移模式		油源来源于自身,输导体系为单一砂体,以侧向运移为主,圈闭为断块或砂岩透镜体	营子街地区
近源混向反Z型输导运移模式,简称反Z型输导运移模式		油源来源于沙三段沉积期烃源岩,以砂体和断层联合输导,发生侧向运移和垂向	临南地区 江家店地区 玉皇庙地区
远源混向阶梯状输导运移模式,简称多字型输导运移模式		油源来源于沙三段沉积期烃源岩,以砂体、断层、不整合联合输导,发生侧向运移和垂向运移,一般为一距油源较远、运聚过程复杂、一般为高密度、高黏度原油	曲堤地区
远源混向多级反Z字型输导运移模式,简称多级反Z字型输导运移模式		油源来源于沙三段沉积期烃源岩,在沙四中上段储集层中形成断块油气藏以砂体和断层联合输导,油气沿着油源断层发生垂向运移,之后以侧向运移为主、运聚距离长	钱官屯地区

图6 惠民凹陷南部地区油气运移模式示意图

Fig. 6 Multi-accumulation mode of oil-gas in southern region of Huimin Depression

4.1 近源侧向砂体输导运移模式

近源侧向砂体输导运移模式,简称一型输导运移模式。该模式主要发育在临南洼陷带营子街等地区。沙三段是研究区主力烃源岩,靠近大断裂带主要发育以三角洲前缘为主的砂体沉积,向盆内变细,成为富含有机质的烃源岩。随着埋深增加,烃源岩逐渐演化成熟,临南洼陷生烃门限为2500~2600m^[4],沙三中亚段烃源岩在渐新世东营期开始生烃,由于

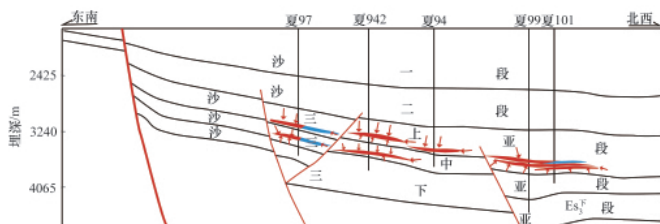


图7 夏97井—夏942井—夏94井—夏99井—夏101井运移组合剖面

Fig. 7 Transportation composition section of Xia97 well—Xia942 well—Xia94 well—Xia99 well—Xia101 well

砂体和烃源岩处于同一层系且位于上倾方向,是油气运移的必经之路,如果圈闭合适,具有优先捕获油气的条件,油气沿砂体顺层运移,在断层或砂岩透镜体的限制下成藏,形成近源岩性、断块以及构造-岩性油气藏,是研究区进一步勘探的有利方向(图7)。

4.2 近源混向反Z型输导运移模式

近源混向反Z型输导运移模式主要发育在沙二段、沙三段及沙四段,分布在临南洼陷带边缘的临南、江家店、瓦屋等地区,油源来自临南洼陷带的沙三段沉积期烃源岩。油气沿砂体—断层—砂体在空间上组成的反Z型通道运移,由断裂下盘的生油区通过断层进入上盘的圈闭中,既有侧向运移,也有纵向运移,是研究区发育最普遍的一种模式。例如,瓦屋地区的夏501井—夏503井—夏511井的油气,通过砂体、断层呈反Z型运移模式(图8)。

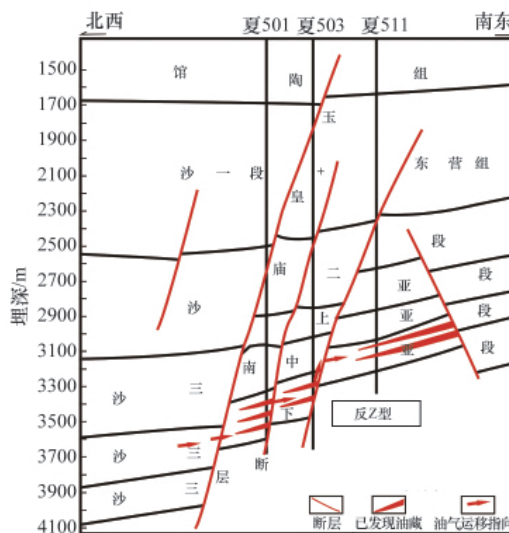


图8 夏501井—夏503井—夏511井运移组合剖面

Fig. 8 Transportation composition section of Xia501 well—Xia503 well—Xia511 well

4.3 远源混向阶梯状输导运移模式

远源混向阶梯状输导运移模式,简称多型输导运移模式,主要发育于沙二段、沙三段及沙四段及馆三段,油源来自临南洼陷带沙三段沉积期烃源岩排烃,该模式中的运移通道为砂体、断层和不整合,油气由断裂下盘沿断阶带逐级向上呈阶梯状运移,在空间上呈多型,油气主要发生垂向和侧向的双重运移,夏口断层中段活动强度较大,上盘砂体与下盘砂体大部分对接,断层封闭性较差^[4],成为油气纵向和侧向大规模向曲堤地区运移的主要通道,使得夏口断层上升盘(曲堤地区)多层系含油(图9)。

4.4 远源混向多级反Z型输导运移模式

远源混向多级反Z型输导晚期运移模式,简称多级反Z型输导运移模式,主要发育于钱官屯地区的沙四段—孔店组地层中,油源来自临南洼陷带沙三段沉积期烃源岩排烃,该

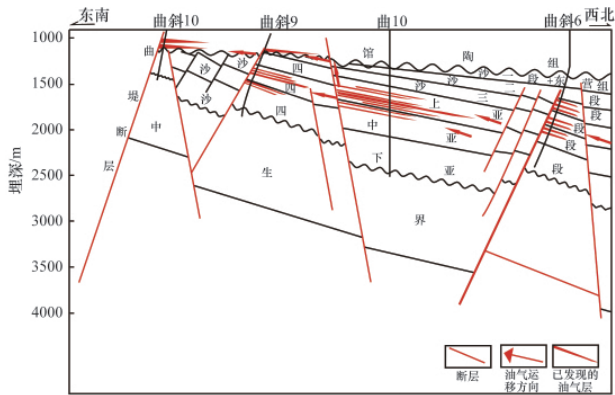


图9 曲6井—曲10井—曲斜9井—曲斜10井运移剖面
Fig. 9 Transportation composition section of Qu6 well—Qu10 well—QuX9 well—QuX10 well

模式中的运移通道为砂体、断层。临南洼陷带中明化镇期生成的油气,由于该期夏口断层活动,从而导致大部分油气通过夏口断层西段继续向钱官屯地区运移。明化镇后期至今,临南洼陷带中生成的油气可通过夏口断层封闭性较差的最西段向钱官屯地区西部进行运移^[4]。但钱官屯地区断层距小,地层倾角较小,油气主要依靠连通砂体发生侧向运移,垂向运移特征不明显,造成该模式控制下的钱官屯地区含油层系少,油气主要分布在沙四段—孔店组地层中(图10)。

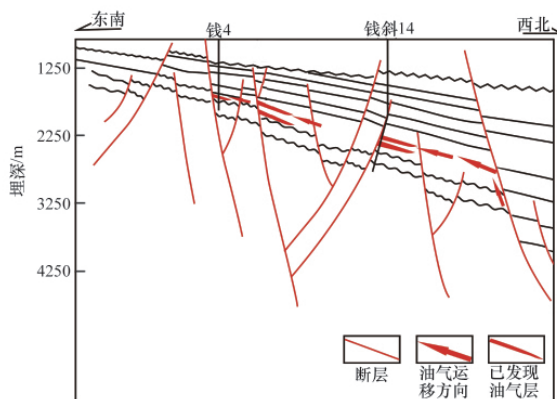


图10 钱斜14井—钱4井运移组合剖面
Fig. 10 Transportation composition section of QianX14 well—Qian4 well

5 结论

(1) 油水物化性质变化可以从某一方面反应油气运移方向。通过分析研究区原油密度、黏度变化规律以及地层水类型、离子组合系数,惠民凹陷南部地区夏口断裂带形成双丰、江家店—瓦屋鼻状构造、营子街地区3个油气聚集区,油气通过夏口断层封闭性差的区段,向南部斜坡带大规模运移,除形成现今已发现的钱官屯、曲堤鼻状构造含油气以外,钱官屯鼻状构造西部以及曲堤鼻状构造的西北斜坡富存油气

的可能性较大,可作为下一步勘探的主要方向。

(2) 研究区发育4种油气运移模式:近源侧向砂体输导运移模式、近源混向反Z型输导运移模式、远源混向阶梯状输导运移模式、远源混向多级反Z型输导运移模式。

参考文献 (References)

- [1] 秦永霞,姜素华,王永诗. 斜坡带油气成藏特征与勘探方法[J]. 复式油气田, 1999, 5(3): 10-14.
Qin Yongxia, Jiang Suhua, Wang Yongshi. *Double Oil and Gas Fields*, 1999, 5(3): 10-14.
- [2] 陈庆春,林玉祥,唐洪三. 临南地区石油运移方向与成藏期次研究[J]. 沉积学报, 2001, 19(4): 612-616.
Chen Qingchun, Lin Yuxiang, Tang Hongsan. *Sedimentary Journal*, 2001, 19(4): 612-616.
- [3] 高先志,杜玉民,张宝收. 夏口断层封闭性及对油气成藏的控制作用模式[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(3): 76-78.
Gao Xianzhi, Du Yumin, Zhang Baoshou. *Petroleum Exploration and Development*, 2003, 30(3): 76-78.
- [4] 刘超英,闫相宾,徐旭辉. 应用流体包裹体研究惠民凹陷南斜坡油气充注史[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(4): 507-511.
Liu Chaoying, Yan Xiangbin, Xu Xuhui. *Petroleum and Natural Gas Geology*, 2008, 29(4): 507-511.
- [5] 邱世祥. 油田水文地质学[M]. 西安: 西北大学出版社, 1991.
Di Shixiang. *Hydrogeology of oilfield* [M]. Xi'an: Northwest University Press, 1991.
- [6] 朱玉双,王震亮,高红,等. 油气水物化性质与油气运移及保存 [J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2000, 30(5): 415-418.
Zhu Yushuang, Wang Zhengliang, Gao Hong, et al. *Journal of Northwest University: Natural Science Edition*, 2000, 30(5): 415-418.
- [7] 潘钟祥. 石油地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1986.
Pan Zhongxiang. *Petroleum geology*[M]. Beijing: The Geological Publishing House, 1986.
- [8] 加德日·卡苏莫夫 A C. 油藏原油性质的变化[M]. 王如义,译. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1986.
Jiaaderi N. KacyMoB A C. *Variation of reservoir crude oil* [M]. Wang Ruyi, trans. Harbin: Science and Technology Press of Heilongjiang, 1986.
- [9] 付金华. 惠民凹陷夏口断裂带油气成藏机制研究 [J]. 石油实验地质, 2002, 24(2): 131-135.
Fu Jinhua. *Experiment of Petroleum Geology*, 2002, 24(2): 131-135.

(责任编辑 刘志远)

《科技导报》“封面文章”栏目征稿

为快速反映我国最新科技研究成果,《科技导报》开设“封面文章”栏目,将最新科研成果第一时间在我刊最显著位置——封面上突出报道。来稿要求:研究成果具创新性或新颖性;反映该领域我国乃至世界前沿研究水平;可以图片形式予以反映,图片美观、清晰、分辨率超过300dpi;文章篇幅不限,要说明研究的背景、方法、取得的结果及结论。在线投稿:www.kjdb.org。