

文章编号: 0253-9985(2009)04-0420-05

辽东湾海域 JZ25 地区流体包裹体与油气运移

邓津辉^{1,2}, 黄晓波², 李慧勇², 剧永涛¹

[1. 中国地质大学 海洋学院, 北京 100083; 2. 中海石油(中国)有限公司 天津分公司, 天津 300452]

摘要: 应用流体包裹体均一温度法对渤海辽东湾海域 JZ25 地区油气充注史进行研究, 结果表明该地区经历两期油气充注: 第一期发生于石英次生加大作用之前, 以液态烃相包裹体为主, 但丰度低、成熟度低; 第二期发生于石英次生加大作用之后, 有机包裹体主要分布于沿切割石英碎屑颗粒及其次生加大边的微裂缝面或长石颗粒的溶蚀孔隙中, 且丰度高, 是 JZ25 油气藏的主要形成时期, 距今约 23~21 Ma。在此基础上, 进一步对研究区古近系沙河街组三段烃源岩的超压系统、油气运移通道进行分析, 并建立了储层-断层共控的油气运移模式, 为 JZ25 地区高丰度的亿吨级油气藏的发现提供重要依据。

关键词: 流体包裹体; 超压; 油气运移模式; 辽东湾海域

中图分类号: TE122.3 文献标识码: A

An analysis on fluid inclusions and hydrocarbon migration in JZ 25 area of Liaodong Bay waters

Deng Jinhui^{1,2}, Huang Xiaobo², Li Huiyong², Ju Yongtao¹

(1. School of Ocean Science, China University of Geosciences Beijing 100083 China;

2. CNOOC Tianjin Company, Tianjin 300452 China)

Abstract A study of hydrocarbon charge history was carried out in JZ25 area Liaodong Bay waters by using homogenization temperature of fluid inclusions. The results indicate that the area had experienced two stages of hydrocarbon charge. The first one happened during the period prior to a secondary outgrowth of quartz and mainly in form of liquid-hydrocarbon inclusions of low abundance and low maturity. The second stage happened during the period after the secondary outgrowth of quartz and organic inclusions of high abundance were mainly distributed along the micro-fractures that cut through quartz grains and their outgrowth rims or in the dissolution pores of feldspar grains. Hydrocarbon reservoirs in JZ25 area is considered to be formed mainly during the second stage which is 23–21 Ma from nowadays. An analysis of excess pressure system and hydrocarbon pathway of source rocks in third member of the Shahejie Formation in the study area was then performed based on the above understanding. A model illustrating hydrocarbon migration controlled by both reservoirs and faults was also established and served as an important guidance for the exploration of large-scale hydrocarbon reservoirs in JZ25 area.

Key words fluid inclusion; excess pressure; hydrocarbon migration model; Liaodong Bay waters

1 地质概况

JZ25 油气藏位于辽东湾海域辽西低凸起北段

西支, 被辽西凹陷所包围, 西南与 JZ25S 潜山油(气)田以鞍部相连, 北东向辽西凹陷下倾(图 1)。该油气藏整体为具有背斜构造背景的复杂断块构造, 并被辽西 1 号走滑大断层分为东西两盘,

收稿日期: 2009-05-05。

第一作者简介: 邓津辉(1976—), 男, 高级工程师、博士研究生, 石油地质。

基金项目: 中海石油(中国)有限公司“十一五”重大基础研究项目(SC06TJ-TQL-004-BH02); 国家“十五”重大科技攻关项目(2003BA613A05)。

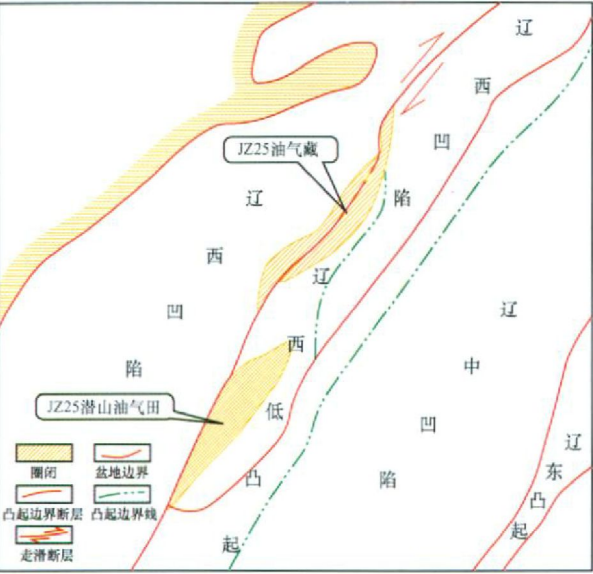


图 1 JZ25 油气藏区域位置示意图

Fig.1 Sketch map showing the location of the hydrocarbon reservoirs in JZ25 area

其中西盘处于辽西凹陷陡坡带, 由 7 个断块组成; 东盘处于凸起上, 由 4 个断块组成。东西两盘新近系和古近系东营组地层厚度相当, 但东盘古近系沙河街组明显薄于西盘。JZ25 油气藏的主要含油气层为沙 (河街组) 二段 (E_2s^2) 和三段 (E_2s^3)。沙二段砂体主要为来自于西侧缓中古水系的辫状河三角洲, 其上覆湖相泥岩厚度较大, 为 500~700 m; 沙三段砂体主要为来自于东侧辽西低凸起近源扇三角洲, 其上覆湖相泥岩厚度为 100~

200 m。JZ25 油气藏西盘为正常温压系统, 层状边水及块状底水油气藏类型; 东盘为具有超压的层状边水油气藏类型。地面原油密度为 $0.848 \sim 0.881 \text{ g/cm}^3$ 。

辽西凹陷勘探证实古近系沙三段烃源岩为主力生烃层系, 该层系含有丰富的有机质, 有机碳平均含量为 2.24% (变化范围为 0.52% ~ 5.42%)。另外, 根据泥岩热解分析结果, 其产油气潜量为 $8.03 \sim 8.53 \text{ mg/g}$ 显示沙三段烃源岩具有较强的生烃潜力。烃源岩有机质显微组分以腐泥组、壳质组为主, 含量达 95% ~ 97%, 惰质组和镜质组含量较低。另外, 该地区沙三段烃源岩具有较高的 H/C 原子比, 为 1.08~1.46 而 O/C 原子比较低, 为 0.04~0.32 有机质类型以 II_1 型为主。

2 油气运移期次与时间

2.1 储层有机包裹体类型及特征

本次研究采集了锦州 25 油气藏古近系沙三段 20 余个油砂和岩心样品中的有机包裹体进行观察和均一温度的测试。研究样品为石英长石中砂岩, 石英次生加大特征典型, 局部孔隙中可见石英胶结物。岩石样品中有机包裹体分布广泛, 通常成带状或成群分布。根据显微镜下观察, 主要的有机包裹体类型及特征见图 2 与表 1。

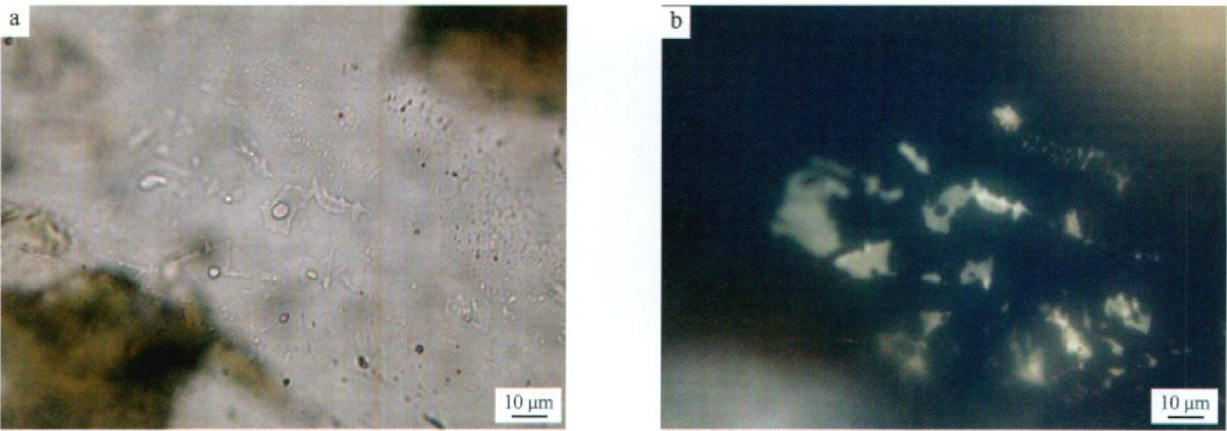


图 2 沙河街组三段砂岩有机包裹体镜下特征

Fig.2 Characteristics of organic inclusions in sandstone in the third member of the Shahejie Formation

a. 透射光下包裹体特征: 沿切穿石英碎屑的微裂隙面分布、呈淡黄-灰色的气液烃包裹体;

b. 荧光下包裹体特征: 呈淡黄-灰色的气液烃包裹体, 显示较强的浅黄色荧光

表 1 JZ25 油气藏沙三段储层有机包裹体特征及分布

Table 1 Characteristics and distribution of fluid inclusions in reservoirs of the third member of the Shahejie Formation in JZ25 area

分布	相态和类型	形态	大小 / (mm · mm)	气液比, %	均一温度 /℃	盐度 ([NaCl]), %
石英微裂隙	气液两相	规则	2 × 15	≤5	88	
石英微裂隙	气液两相	规则	2 × 7	≤5	90	
石英微裂隙	气液两相	规则	3 × 8	≤5	99	
石英微裂隙	气液两相	规则	1 × 6	≤5	100	
石英微裂隙	气液两相	规则	10 × 12	≤5	116	3.06
石英微裂隙	气液两相	规则	8 × 8	≤5	118	10.36
石英微裂隙	气液两相	规则	15 × 15	≤5	91	
石英微裂隙	液相	规则	8 × 15	≤5	90	
石英微裂隙	液相	规则	6 × 10	≤5	92	
石英微裂隙	液相	规则	5 × 25	≤5	87	
石英微裂隙	液相	规则	25 × 30	≤5	89	
石英微裂隙	液相	规则	5 × 30	≤5	90	
石英微裂隙	液相	规则	15 × 15	≤5	87	
石英微裂隙	液相	规则	8 × 15	≤5	90	
石英微裂隙	气液两相	规则	8 × 10	≤5	91	3.39
石英微裂隙	气液两相	规则	12 × 12	≤5	92	3.71
石英微裂隙	液相	规则	6 × 6	≤5	88	
石英微裂隙	液相	规则	8 × 8	≤5	89	
石英微裂隙	气液两相	规则	10 × 15	≤5	94	9.21
石英微裂隙	气液两相	规则	30 × 30	≤5	101	8.14

1) 单相液态烃包裹体

包体一般大于 8 μm, 且形态规则。该类型包裹体可分为两种, 一种是沿切割石英碎屑颗粒及其次生加大边的微裂缝面或长石颗粒的溶蚀孔隙中分布。透射光下呈淡黄色, 具有浅黄色荧光; 另一种发育于石英碎屑中未切过加大边的微裂隙, 成线状分布, 透射光下呈深褐色。

2) 气态烃 + 液态烃相包裹体

该类包体数量相对较多, 包体大小一般为 6~15 μm, 个别可达 30 μm, 形态规则。与单相液态烃包裹体液态烃包裹体一样, 主要分布于切割石英碎屑颗粒及其次生加大边的微裂缝面或长石颗粒的溶蚀孔隙中。透射光下液态烃呈淡黄色, 气态烃呈灰色, 其中以液态烃相为主, 具浅黄色荧光, 气态烃相含量一般小于 20%。

3) 液态烃 + 气态烃 + 盐水溶液相包裹体

该类包体数量相对较少, 形态规则。液态烃在透射光下呈淡黄色, 气态烃呈灰色, 盐水透明无色。以液态烃为主, 含量大于 80%, 且具有浅黄色荧光。

2.2 运移期次及时间分析

2.2.1 有机包裹体丰度与运移期次

根据砂岩样品岩石学和成岩演化的研究, 本

区沉积岩主要经历了压实、胶结、压溶和溶蚀等成岩作用。研究样品中有机包裹体在切割石英碎屑颗粒及其次生加大边的微裂缝面和长石矿物的溶蚀孔中成带、成群分布, 发育丰度极高 [含烃流体包裹体相对丰度 (GOI) 为 30% 左右]。此外, 在未切过次生加大边的石英碎屑颗粒裂缝中也有少量分布, 发育丰度较低 (GOI 为 2% 左右)。而在次生加大边中基本不存在有机包裹体。根据有机包裹体分布特点, 可以认为该地区发生过两期油气充注, 第一期次发生于石英次生加大作用之前, 这一期的有机包裹体主要为单相液态烃包裹体, 且在透射光下为深褐色, 表明其为不成熟油, 且运移量较少; 第二期发生于石英次生加大作用之后, 有机包裹体中的液态烃在透射光下为淡黄色, 具有浅黄色荧光, 气态烃在透射光下呈灰色, 显示原油成熟度较高。根据前人研究成果, 若出现大量含烃包裹体和盐水包裹体, 则反映烃源丰富, 油气运移处于高峰期。因此 JZ25 油气藏的油气主要是第 2 期油气充注的产物。

2.2.2 有机包裹体均一温度与运移时间

流体包裹体在形成时是均匀体系, 随着温度和压力的下降, 包体内流体分离而成气、液两相。

把它放在冷热台中加热,随温度的增大,两相逐步复原为一个均匀的相,这时的温度叫均一温度^[1]。由于气液烃包裹体的均一温度受原油物性影响较大,不能有效地反映烃类经过运移之后进入到储集层中时的地层温度^[2~3]。因此本次采用 LNKMTM S600型冷热台对研究样品中的含烃盐水包裹体进行了均一温度测试。由于第一期次油气充注量少,对油气成藏贡献小,且没有发现含烃盐水包裹体,仅对第二期次含烃盐水包裹体测试均一温度。

古近系沙三段储集层有机包裹体均一化温度分布较为集中,总体只有一个峰,主要分布范围在 85~95℃(图 3a)。将有机包裹体的均一温度与地层沉积埋藏史和地温史相结合,可以展示油气藏中油气的注入与包裹体的形成过程以及油气运移时间^[4~11]。从均一温度所反映的地质时代来看,

该区油气主要运移时期为 21~23 Ma 即古近纪末期和新近纪初期(图 3b)。这个时期经历了大的构造运动而发生抬升剥蚀,断层活动强烈,为油气运移提供良好的垂向运移路径,因此可形成油气的大量运移、成藏。

3 油气运移特征

3.1 异常超压为油气运移提供动力

油气运移必须达到临界运移的饱和度,并克服一定的毛细管阻力,在有足量的油气聚集并在异常高压作用下,地层产生裂缝或断层,油气才可以发生运移,可见超压是油气运移的主要动力^[12~13]。辽东湾北部存在深、浅层两套超压体系,其中深层超压体系主要对应主要生烃层系沙三段,压力系数 1.3~1.6 该超压体系分布范围较广,包括辽西凹陷北次洼、辽西低凸起北段以及辽中凹陷北次洼。烃源岩超压的存在为 JZ25 构造区油气强充注提供重要保障。浅层超压体系主要对应于区域盖层东三段,压力系数为 1.3~1.6 最高可达 1.7^[14],巨厚的高压泥岩形成该地区理想的盖层,有利于油气的高丰度聚集成藏。

3.2 拉张走滑调节断层是油气垂向运移通道

JZ25构造区处于郯庐走滑断裂带的西支,在其右旋扭动应力作用下,形成 3 组不同走向的断层组合(图 4)。^①NNE 向走滑断层组合,它是郯庐走滑断裂分支,由几条雁行排列或首尾相交的走滑断层组成,是该地区的主干断层,同时也是郯庐走滑断裂活动的具体反映之一。此类断层控制圈闭的形成,并对 JZ25 油气藏形成良好遮挡。^②NWW 向反向走滑断层组合,它与 NNE 向走滑断层近垂直相交。此类断层是压扭应力作用下形成的,对圈闭起封挡作用。^③NE 向走滑调节断层组合,主要是在两条郯庐走滑断裂分支的右行力偶扭动作用下由伸展矢量形成的一系列南掉正断层。此类断层在该地区延伸范围较大,且深切至烃源岩,是油气垂向运移的主要通道。

3.3 砂岩储层是油气侧向运移通道

JZ25-1 构造区沙三段主要是来自于辽西低凸起近源的扇三角洲前缘沉积,岩性主要为厚层

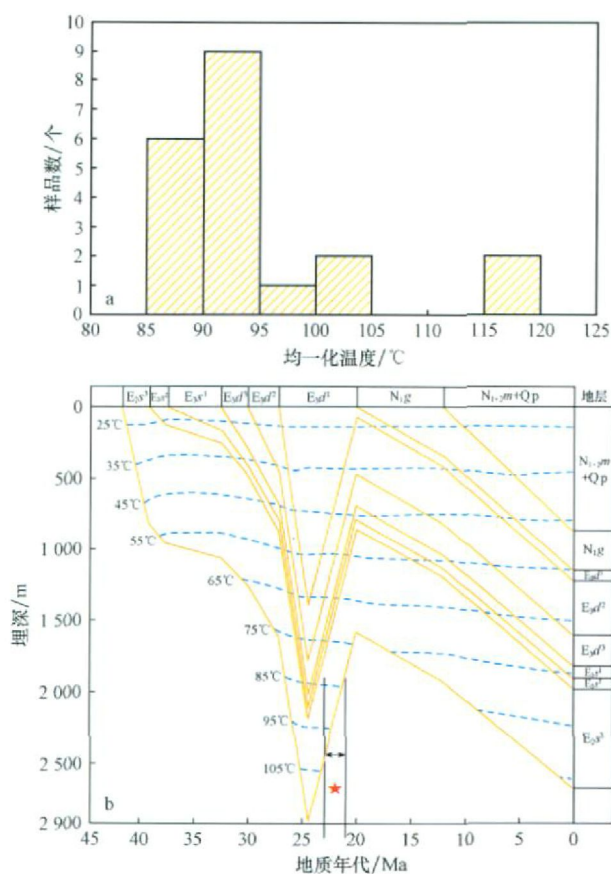


图 3 JZ25 油气藏沙三段储层流体包裹体均一温度分布、地层埋藏史、地温史与形成时期

Fig. 3 Homogenization temperature distribution of fluid inclusions, stratigraphic burial history, geotemperature history and formation time of organic inclusions in reservoirs of the third member of the Shahejie Formation in JZ25 area

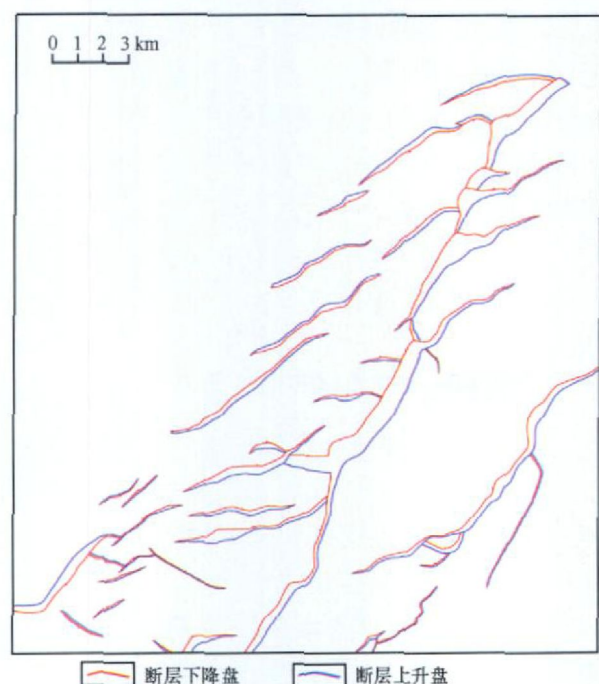


图 4 JZ25 构造区沙二段断裂纲要

Fig. 4 Fracture outline map of the second member of the Shahejie Formation in JZ25 area

灰色泥岩夹中厚层细砂岩、含砾中粗砂岩,分选中等-好,次圆-次棱状,岩心观察可见重力垮塌与

揉皱变形构造、小型槽状交错层理和砾石的定向排列,储层物性较好,孔隙度分布范围 9.8% ~ 34.8%,平均值为 23.0%,平均渗透率为 $382.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,为中孔、中渗储层。沙二段主要为来自西侧古兴城水系的辫状河三角洲前缘沉积,岩性主要为厚层细砂岩、中-粗砂岩,局部含砾夹薄层灰绿-灰褐色泥岩,砂岩发育非常集中,砂岩含量很高,在 70% 以上,常见代表强水流的块状层理、槽状交错层理、波状交错层理等。储层物性好,平均孔隙度在 25.0% 左右,平均渗透率在 $267.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,具有中孔、中渗的特征。

3.4 储层-断层共控的油气运移模式

根据实验室分析结果, JZ25 油气藏范围内的烃源岩镜质体反射率 R_o 为 0.49% ~ 0.60%,成熟度低,不能大量排烃。该区大规模聚集成藏的油气主要来源于靠近凹陷中心、埋藏更深的成熟烃源岩。因此需要储层与断层相互配置,形成有效的油气运移输导体系。JZ25 构造区内走滑调节断层较为发育,并与沙二段和沙三段广泛分布的砂岩储层形成“T 型”油气输导体系(图 5),使得深

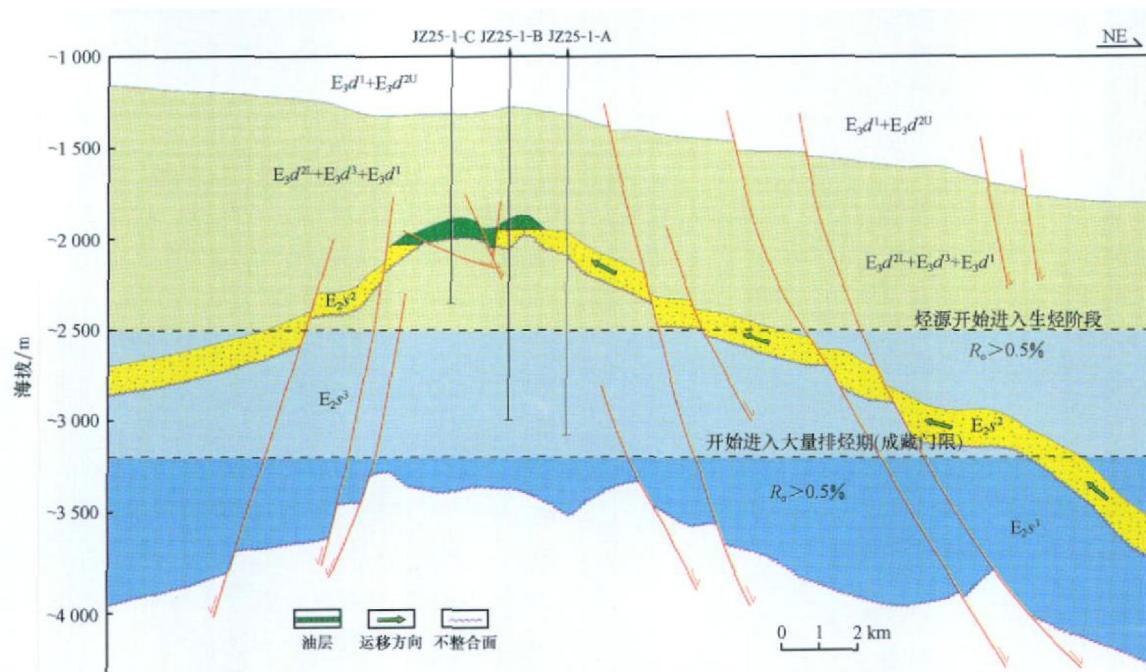


图 5 JZ25 构造区储层-断层共控油气运移模式

Fig. 5 Hydrocarbon migration pattern controlled by both reservoirs and faults in JZ25 area

E_3d^1 : 东营组一段; E_3d^{2U} : 东营组二段上亚段; E_3d^{2L} : 东营组二段下亚段; E_3d^3 : 东营组三段;

E_2s^1 : 沙河街组一段; E_2s^2 : 沙河街组二段; E_2s^3 : 沙河街组三段

(下转第 430 页)

- mentological evolution of early synrift successions the Middle Jurassic Tarbert formation, North Sea [J]. Basin Research, 2000, 12: 343~365
- 5 Tony J.T. Reservoir characterization, paleoenvironment and paleogeomorphology of the Mississippi Redwall Limestone paleokarst Hualapai Indian Reservation, Grand Canyon area Arizona [J]. AAPG Bulletin, 2000, 84 (11): 1875
 - 6 林畅松, 郑和荣, 任建业, 等. 渤海湾盆地东营、沾化凹陷早第三纪同沉积断裂作用对沉积充填的控制 [J]. 中国科学 (D 辑), 2003, 33(11): 1025~1036
 - 7 邢凤存, 陆永潮, 刘传虎, 等. 车排子地区构造-古地貌特征及其控砂机制 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(1): 78~83
 - 8 柳保军, 袁立忠, 申俊, 等. 南海北部陆坡古地貌特征与 13.8Ma 以来珠江深水扇 [J]. 沉积学报, 2006, 24(4): 476~482
 - 9 邓宏文, 王红亮, 王敦则. 古地貌对陆相裂谷盆地层序充填特征的控制——以渤中凹陷西斜坡区下第三系为例 [J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(4): 293~303
 - 10 刘延莉, 邱春光, 邓宏文, 等. 冀东南堡凹陷古近系东营组构造对扇三角洲的控制作用 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(1): 96~101
 - 11 张树林, 费琪, 叶加仁. 渤海湾盆地边缘凹陷的构造意义 [J]. 石油实验地质, 2006, 28(5): 409~413
 - 12 李春荣, 辛仁臣, 李建平, 等. 庐庐断裂对青东凹陷古近纪沉积体系的控制 [J]. 新疆石油地质, 2008, 29(2): 209~213
 - 13 俞家声, 王普伟, 林玉祥. 青东凹陷油气资源潜力 [J]. 油气地质与采收率, 2001, 8(1): 5~8
 - 14 邓运华. 庐庐断裂带新构造运动对渤海东部油气聚集的控制作用 [J]. 中国海上油气 (地质), 2001, 15(5): 301~305

(编辑 董立)

(上接第 424 页)

部油气通过张性断层垂向运移到沙二段和沙三段高渗透砂岩中, 由于沙二段和沙三段高渗透砂岩上覆为巨厚高压泥岩, 突破压力大, 油气会沿运移阻力更小的高渗透砂岩储层横向集中、快速、高效运移, 最终在这两个层段形成高丰度的亿吨级油气藏。

4 结论

1) 该地区经历两期油气充注, 第一期有机包裹体分布于石英次生加大作用之前的石英碎屑颗粒微裂缝中, 以单相液态烃包裹体为主, 但数量少、成熟度低, 对成藏贡献小; 第二期的有机包裹体主要形成于石英次生加大作用之后, 在切割石英碎屑颗粒及其次生加大边的微裂缝面和长石矿物的溶蚀孔中成群、成带分布。有机包裹体类型包括单相液态烃包裹体、气态烃+液态烃相包裹体和液态烃+气态烃+盐水溶液相包裹体, 该期油气充注是 JZ25 油气藏形成的主要时期。

2) 沙三段砂岩第二期有机包裹体均一温度主要分布在 85~95℃, 结合地层沉积埋藏史和古地温史综合分析, 认为 JZ25 油气藏的主要形成时期为古近纪末期和新近纪初期, 大约为 21~23 Ma。

3) JZ25 构造区主力生烃层系沙三段超压的存在为油气运移提供强动力, 广泛分布的砂岩储层和发育的拉张性质走滑调节断层形成的“T 型”油气输导体系共同控制油气的富集成藏。

参考文献

- 1 邱楠生, 胡圣标, 何丽娟. 沉积盆地热体制研究的理论与应用 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2004 46~48
- 2 赵力彬, 黄志龙, 高岗, 等. 关于包裹体研究油气成藏期次问题的探讨 [J]. 油气地质与采收率, 2005, 12(6): 6~9
- 3 李美俊, 王铁冠, 刘菊, 等. 由流体包裹体均一温度和埋藏史确定油气成藏时间的几个问题 [J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(2): 151~158
- 4 刘超英, 闫相宾, 徐旭辉, 等. 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): 507~510
- 5 刘德汉, 肖贤明, 田辉, 等. 含油气盆地中流体包裹体类型及其地质意义 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(4): 491~501
- 6 高玉巧, 欧光习, 谭守强, 等. 歧口凹陷西坡白水头构造沙一段下部油气成藏期次研究 [J]. 岩石学报, 2003, 19(2): 339~365
- 7 肖贤明, 刘祖发, 刘德汉, 等. 应用储层流体包裹体信息研究天然气气藏的成藏时间 [J]. 科学通报, 2002, 47(12): 957~960
- 8 Eadington P J, Hamilton P J, Bai G P. Fluid history analysis—a new concept for prospect evaluation [J]. Australian Petroleum Production & Exploration Association Journal, 1991, 31(1): 282~294
- 9 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 348~349
- 10 谈彩萍. 利用流体包裹体确定古地温梯度的探讨——以苏北盆地为例 [J]. 石油实验地质, 2003, 25(增): 610~613
- 11 刘小平. 有机包裹体在油气运聚研究中的应用——以苏北盆地高邮凹陷为例 [J]. 石油实验地质, 2004, 26(1): 94~99
- 12 李明诚. 石油与天然气运移研究综述 [J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(4): 3~10
- 13 王福勇. 东营凹陷南坡异常高压分布与油气运移 [J]. 油气地质与采收率, 2008, 15(3): 43~45
- 14 李淮莲, 刘震, 于水, 等. 地温-地压场特征与油气分布的关系——以辽东湾地区为例 [J]. 天然气工业, 2006, 26(9): 17~20

(编辑 董立)