

文章编号: 1001- 6112(2006)01- 0030- 04

# 东海盆地西湖凹陷 中央背斜带油气运移期次及成藏

张忠民, 周 瑾, 邬兴威

(中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 利用包裹体测温和成岩矿物伊利石测年数据资料, 对东海盆地西湖凹陷中央背斜带油气运移及成藏的基本模式进行了研究。中央背斜带储层流体包裹体明显分为盐水包裹体和有机包裹体, 包裹体均一化温度分为 3 期, 其对应的地质时间分别为中中新世、中新世晚期和上新世—第四纪。储层自生伊利石同位素地质年龄自北向南分别为 23.5~ 26.5, 18.31~ 21.86, 12.58~ 13.63 Ma, 表明北部油气成藏时间早于中部和南部。综合分析认为中央背斜带发生过早、中、晚 3 期油气运移和聚集活动, 以晚期最为重要, 其幕式特征明显。成藏期总体时间长, 多期成烃, 多次充注, 同期不同源, 是中央背斜带油气成藏的基本模式。

关键词: 油气运移; 包裹体测温; 自生伊利石测年; 油气成藏; 中央背斜带; 西湖凹陷; 东海盆地

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

油气运移时间及期次的确定是成藏研究的关键内容, 也是揭示油气成藏过程, 建立成藏模式的重要途径。传统的油气运移期次研究方法一般有主要排烃期法, 构造演化史分析法, 圈闭形成期法和饱和压力分析法等<sup>[1,2]</sup>, 但这些传统方法只是定性分析, 难以判断油气运移的准确期次和时间。油气具有流动性, 且随着地质历史的演化及构造运动的发生会遭到改造和破坏, 因而在岩层中留下其运聚成藏或被改造的“痕迹”。利用有机岩石学方法和成岩矿物同位素地质年代法可以恢复其成藏历史<sup>[3-5]</sup>, 直接探寻地质时期各阶段油气运移的信息。

## 1 地质概况

西湖凹陷位于东海陆架盆地东北部, 面积约  $4.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 新生代最大沉积厚度超过 10 km, 目前是东海盆地油气勘探的主战场。中央背斜带位于西湖凹陷的中央部位, 构造上分为北部龙井区、中部西冷—玉泉区和南部苏堤区 3 部分(图 1)。目前已发现 4 个油气田, 3 个含油气构造, 具有良好的油气勘探远景<sup>[6]</sup>。

西湖凹陷主要为第三系沉积充填, 具有多凹、多隆、多沉积中心的沉积格局(图 2)。本项研究的目的层为中上始新统平湖组, 渐新统花港组, 中新统龙井组、玉泉组及柳浪组(图 3)。各组以砂泥岩为主要岩性, 沉积环境以河流—三角洲—湖泊体系为主。平湖组和花港组的暗色泥岩与煤层为烃源岩, 砂岩

储层主要发育于花港组、平湖组、龙井组。

## 2 储层流体包裹体

矿物包裹体记录了烃类流体和孔隙水的性质、组分、物理化学条件和地球动力学条件。不同油气

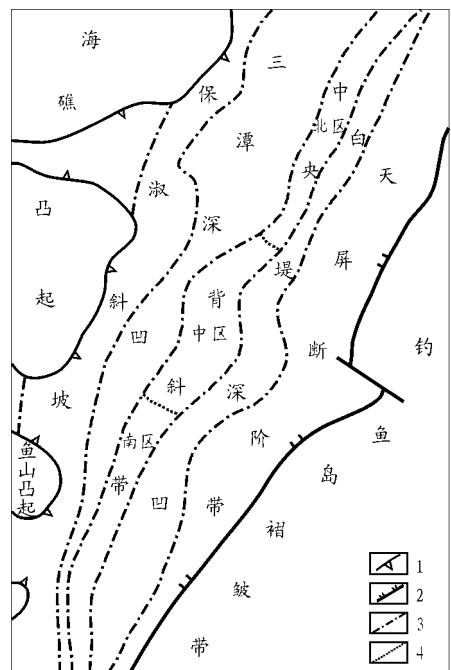


图 1 东海盆地西湖凹陷构造区划

1. 地层尖灭线; 2. 断层; 3. 凹陷内区划线; 4. 中央背斜带分区线

Fig. 1 Tectonic outline in the Xihu Sag, the East China Sea Basin

收稿日期: 2005- 07- 29; 修订日期: 2005- 11- 16。

作者简介: 张忠民(1973—), 男(汉族), 黑龙江德都县人, 博士、高级工程师, 主要从事石油地质研究工作。

基金项目: 中国石油化工股份有限公司科技项目(P00002)。

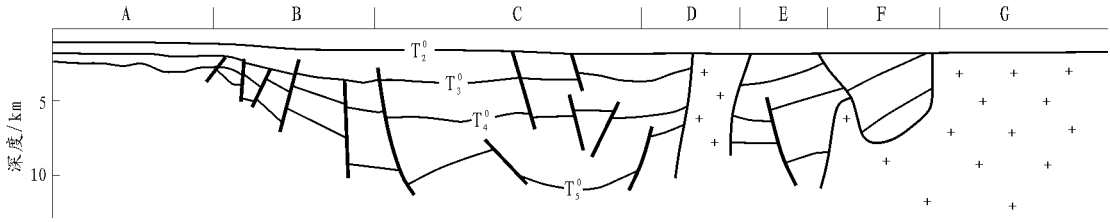


图 2 东海盆地西湖凹陷地质解释剖面

A. 凸起区; B. 保溲斜坡; C. 三潭深凹; D. 中央背斜带; E. 白堤深凹; F. 天屏断裂带; G. 钓鱼岛岩岩浆带

Fig. 2 Sketch map of geological interpretation section in the Xihu Sag, the East China Sea Basin

地 系	统 组	岩 性	厚 度 / m	沉 积 相	构 造 运 动	盆 地 演 化	反 射 界 面	
上 第 三 系	上新统	三潭组	244	海陆过渡河流相	龙 井 运 动	沉 降 期	T <sub>2</sub> <sup>0</sup>	
		柳浪组	~	河流相				
	中新统	玉泉组	344	沼泽相			反 转 期	T <sub>2</sub> <sup>1</sup>
		龙井组	~	湖泊相				T <sub>2</sub> <sup>2</sup>
		花港组	478	湖泊相				T <sub>2</sub> <sup>3</sup>
		平湖组	~	海湾相				T <sub>2</sub> <sup>4</sup>
下 第 三 系	渐新统	900	河流相	玉 泉 运 动	T <sub>2</sub> <sup>0</sup>			
	上中始新统	~	海湾相		T <sub>2</sub> <sup>1</sup>			
前 上 中 始 新 统								

图 3 东海盆地西湖凹陷中央背斜带钻井综合柱状图

Fig. 3 Integrated column of drilling in central anticlinal zone in the Xihu Sag, the East China Sea Basin

运聚期次形成的包裹体的物化特征不同,通过测定包裹体的大小、分布、类型以及温度、成分等,就可以分析油气运移的期次及其时间<sup>[7-9]</sup>。

### 2.1 储层流体包裹体类型及特征

在中央背斜带 6 口井所钻遇的龙井组、花港组和平湖组中,从 2 006 m 到 3 994 m,共测定了 450 个包裹体数据,发现存在有 3 期 4 种类型的流体包裹体,即含烃盐水溶液包裹体、液态烃包裹体、气液态烃包裹体、气态烃包裹体。其基本特征为: 1) 不同类型包裹体在各层位中均有分布,且与含烃盐水溶液包裹体共生; 2) 在 3 期烃类包裹体中,早期以低熟油包裹体为主,中期为成熟油气包裹体,晚期为高成熟油气包裹体。

早期烃类包裹体均为液态烃,颜色为黑褐色,丰度低—中等,表明有机质演化程度低,处于油气开始

运移的时期。中期烃类包裹体多为液态烃和气液态烃 2 相,仅个别样品中见到少量气态烃;包裹体颜色多为灰黄色,丰度较高,表明有机质演化程度明显增高,且具有来自于同一演化程度烃源岩的特征。平湖组中期烃类包裹体的丰度明显高于其它层位,反映烃类注入强度较大,中期为平湖组重要的油气运移期。晚期烃类包裹体包括液态烃、气液态烃、气态烃 3 种类型,与目前油气层烃类产出相态最为接近;液态烃包裹体荧光下呈浅黄、兰绿等不同颜色,表明油气来自于不同演化程度的烃源岩,即晚期包裹体具有同期不同源的特征。早、中、晚 3 期包裹体资料显示,研究区存在 3 期油气运移,且具有油气成熟度及丰度越来越高的演化特征。晚期包裹体的油气成熟度及丰度最高,其发育层位与油气产层具有良好的一致性,表明晚期为中央背斜带最重要的大规模油气运移期(表 1)。

### 2.2 储层流体包裹体均一温度

中央背斜带气液比  $\leq 5\%$  的盐水溶液包裹体的测定结果显示: 1) 包裹体温度分布有 3 期,表明中央背斜带至少发生过 3 次主要的油气运移,预示天然气呈幕式运移方式。2) 实测古温度基本上为早期高于中期,中期高于晚期,彼此相差 10 °C 左右。早期温度一般在 107~ 174 °C,明显高于现今地温,显然曾经遭受热事件影响<sup>[10,11]</sup>;中期温度为 98~ 106 °C,与现今地温接近;晚期温度为 84~ 148 °C,低于现今地温。3) 各期温度分布的中值代表该运移期油气进入储层时的古温度,各井温度中值随埋深而加大。4) 油气主要运移期为龙井运动时期,运移开始的时间北部早于南部。

根据各期古温度及盆地古地温史和储层埋藏史,可以确定包裹体形成时的埋深及对应的地质时期,并由此得出油气运聚期。研究结果表明,中央背斜带中南部油气开始运移的时间(第一期)为中中新世,第二期为中中新世晚期,第三期大规模油气运移期为上新世—第四纪。北部包裹体测温分布特点与中南部相似,油气运移时期为 24~ 15 Ma 或更近,显示了北部油气注入时间早于中南部的特征。

表 1 东海盆地西湖凹陷中央背斜带砂岩储层流体包裹体特征  
Table 1 Characteristics of sandstone reservoir fluid inclusions in central anticlinal zone in the Xihu Sag, the East China Sea Basin

层位	期次	分布	发育程度	组成	烃类包体含量, %	颜色	荧光色	均一温度/℃
$N_{1j}$	早期	矿物微裂隙	中等	液态烃相	100	黑褐色或灰褐色		107~ 129
$E_{3h}$		矿物微裂隙	低—高	液态烃相	100	黑褐色或灰褐色		116~ 139
$E_{2p}$		矿物微裂隙	低	液态烃相	100	黑褐色或灰褐色		133~ 174
$N_{1j}$	中期	矿物微裂隙 石英加大边	中等—较高	液态烃相 气液态烃相	40~ 45 55~ 60	灰黄色 灰黑色或深灰色	弱黄色、褐黄色	98~ 120
$E_{3h}$		矿物微裂隙 石英加大边	低—高	液态烃相 气液态烃相	40~ 50 50~ 60	灰黄色 灰黑色或深灰色	弱黄色、褐黄色	106~ 131
$E_{2p}$		矿物微裂隙 石英加大边	中等—极高	液态烃相 气液态烃相 气态烃	30~ 45 55~ 65 5	灰黄色 灰黑色或深灰色	弱黄色、褐黄色	146~ 160
$N_{1j}$	晚期	矿物微裂隙 胶结物	低—极高	液态烃相 气液态烃相 气态烃	25~ 40 55~ 70 5	淡黄及无色 灰色	黄色、浅黄色、 绿黄色 黄绿色	84~ 131
$E_{3h}$		矿物微裂隙 胶结物	低—极高	液态烃相 气液态烃相 气态烃	25~ 50 45~ 70 5~ 10	浅黄色、淡黄及无色 灰色	黄色、浅黄色 黄绿色 兰绿色、兰色	95~ 124
$E_{2p}$		矿物微裂隙 胶结物	低—极高	液态烃相 气液态烃相 气态烃	20~ 40 55~ 70 5~ 15	浅黄色、淡黄及无色 灰色	黄色、浅黄色 黄绿色 兰绿色、兰色	134~ 148

### 3 储层成岩矿物同位素地质年代分析

利用储层自生伊利石矿物同位素(K—Ar 法)年代测定结果判断烃类流体运聚至储层的时间,是近期发展起来的新技术<sup>[12,13]</sup>,可以更加准确地分析油气成藏期。但得到的油气注入时间应是最早成藏期,油气大规模注入期略晚于 K—Ar 法测年结果<sup>[14]</sup>。

西湖凹陷中央背斜带由北向南油气注入储层开始聚集的时间依次变晚(表 2),与烃源岩演化的主生烃期由北向南依次变晚相一致<sup>[10]</sup>。北部东海 1 井花港组储层自生伊利石(0.15~ 0.3 μm)同位素地质年龄为 23.5~ 26.5 Ma,油气聚集开始时间最早,

为渐新世晚期;中部玉泉 1 井储层的自生伊利石(0.15~ 0.3 μm)同位素地质年龄为 20.83~ 21.86 Ma,在早中新世中期开始油气聚集,向南至残雪 1 井又稍滞后于玉泉 1 井,为早中新世晚期;南部春晓 1 井平湖组储层自生伊利石(0.15~ 0.3 μm)同位素地质年龄为 12.58~ 13.63 Ma,油气聚集开始的时间最晚,为中中新世玉泉组沉积期,与包裹体测温的早期阶段相当,为油气开始进入储层的时期。

### 4 油气成藏过程

古新世—始新世,西湖凹陷中央背斜带表现为断隆—宽缓的“潜山”披覆带,其东、西两侧为沉积中心,是西湖凹陷的生油气凹陷<sup>[15]</sup>。渐新世,中央背

表 2 东海盆地西湖凹陷中央背斜带含油气储层自生伊利石测年结果  
Table 2 Results of authigenic illite dating of hydrocarbon reservoirs in central anticlinal zone in the Xihu Sag, the East China Sea Basin

地区	井名	层位	深度/m	样品粒度/μm	地质年龄/Ma	油气聚集开始时期
南部	春晓 1 井	平湖组	3 671.7	0.3~ 0.15 < 0.15	12.58~ 13.63	中中新世
中部	残雪 1 井	花港组	3 610.0	0.3~ 0.15 < 0.15	18.31	早中新世晚期
	玉泉 1 井	花港组	2 861.2	0.3~ 0.15 < 0.15	20.83~ 21.86	早中新世中期
北部	东海 1 井	花港组	3 414.0	0.5~ 0.3 0.3~ 0.15	23.5~ 26.5	渐新世晚期
			3 682.0	0.3~ 0.15	25.97	渐新世晚期

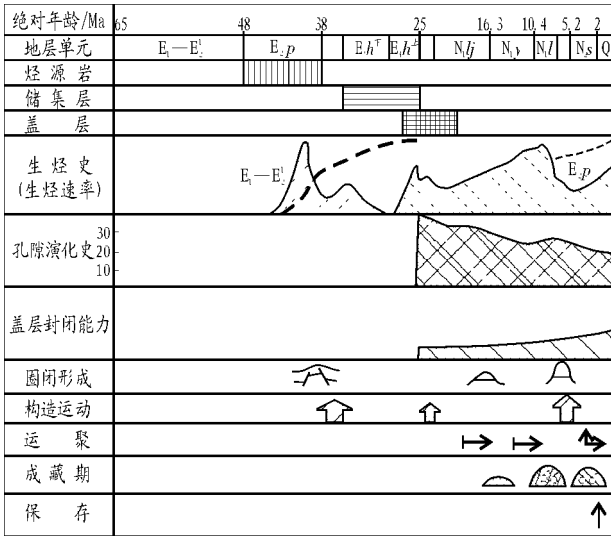


图 4 东海盆地西湖凹陷中央背斜带油气成藏事件

Fig. 4 Sketch map of hydrocarbon accumulation process in central antidual zone in the Xihu Sag, the East China Sea Basin

斜带仍表现为低幅度宽缓古隆起, 油气只是呈相对富集状态。

中中新世玉泉组沉积期, 中央背斜带已具雏形的一些低幅度背斜构造控制着油气的早期聚集, 随着圈闭的进一步发育, 又充注天然气, 形成气藏(如断桥 1 井 Hu-1B 凝析气藏)。中新世末的龙井运动, 使龙井组、玉泉组、花港组及平湖组中形成高幅度的挤压背斜型圈闭, 同时形成一系列北北东向逆断层, 使油气沿砂层—断层—砂层呈总体向上的“阶梯”状运移, 并最终在合适的圈闭中聚集(如春晓 1 井 H1-2A 气藏, 残雪 1 井 Hu-1A 油藏)。上新世—第四纪, 圈闭形成与生排烃期配置好, 大量天然气注入圈闭形成凝析气藏(图 4)。

### 5 结论

1) 储层烃类包裹体分为 3 期, 总体发育程度为晚期丰度最高, 中期次之, 早期丰度最低。其中花港组储层晚期烃类包裹体最发育, 平湖组储层中期烃类包裹体最发育, 说明晚期是西湖凹陷中央背斜带最重要的大规模油气运移期, 中期是平湖组重要的油气运移期, 早期是油气的开始运移时期。

2) 成岩矿物自生伊利石研究表明, 西湖凹陷中

央背斜带油气成藏时间总体上自北向南依次变晚。龙井区油气注入时间为渐新世末期—早中新世, 西冷区在早中新世龙井组沉积期开始油气的聚集, 苏堤区北部残雪构造油气注入时间又略滞后, 为早中新世晚期, 南部春晓 1 井油气聚集开始的时间最晚, 为中中新世玉泉组沉积晚期。

3) 平湖组油气最早成藏期晚于花港组, 前者为中中新世早中期, 后者为渐新世晚期至早中新世晚期。

4) 多期成烃、同期不同源、多次充注、导致多期成藏是中央背斜带油气成藏的基本模式。

### 参考文献:

- 张厚福, 方朝亮, 张枝焕等. 石油地质学[M]. 第 2 版. 北京: 石油工业出版社, 1999. 183~ 191
- 李明诚. 石油与天然气运移[M]. 第 2 版. 北京: 石油工业出版社, 1994. 1~ 89
- 侯建国, 任丽华, 董春梅. 有机包裹体技术在油气运移与聚集中的应用研究[J]. 石油实验地质, 2005, 27(4): 409~ 413
- 王飞宇, 郝石生. 有机岩石学及其在油气勘探中的应用[J]. 石油大学学报(自然科学版), 1996, 20(6): 107~ 115
- 张有瑜, 罗修泉. 油气储层自生伊利石 K - Ar 同位素年代学研究现状与展望[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 231~ 236
- 陶瑞明. 东海西湖凹陷天然气成藏条件及分布规律[J]. 天然气工业, 1996, 16(5): 10~ 15
- 施继锡. 有机包裹体及其与油气的关系[J]. 中国科学(B), 1987, (7): 318~ 325
- 刘小平, 徐健, 杨立干. 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
- 张金亮. 利用流体包裹体研究油藏注入史[J]. 西安石油学院学报, 1998, 13(4): 1~ 4
- 周瑾. 西湖凹陷中央背斜带两种热机制下烃源岩的热演化[J]. 中国海上油气(地质), 2003, 17(1): 64~ 68
- 王震, 张明利, 王子煜等. 东海陆架盆地西湖凹陷不整合面剥蚀厚度恢复[J]. 石油实验地质, 2005, 27(1): 90~ 93
- 王飞宇, 何萍, 张水昌等. 利用自生伊利石 K - Ar 定年分析烃类进入储层的时间[J]. 地质论评, 1997, 43(5): 540~ 545
- Liewig N, Clauer N, Sommer F. Rb - Sr and K - Ar dating of clay diagenesis in Jurassic sandstone oil reservoir, North Sea [J]. AAPG Bull, 1987, 71: 1467~ 1474
- 杨永泰, 邹才能, 李伟等. 吐哈盆地鄯深构造三叠系油藏成藏期次分析[J]. 石油学报, 2002, 23(2): 22~ 25
- 陈晓东. 西湖凹陷黄岩 7-1 及 14-1 油气藏特征及成藏模式[J]. 中国海上油气(地质), 2003, 17(1): 57~ 63

(to be continued on page 37)

- 26 李立诚, 吴 坚, 张 塞等. 地震波阻抗反演技术在层序研究中的应用——以准噶尔盆地为例[J]. 新疆石油地质, 2002, 23(3): 242~ 244
- 27 唐忠华, 黄 芸, 张化龙. 准噶尔盆地东部侏罗系沉积相及沉积层序[J]. 新疆石油地质, 1997, 18(4): 330~ 337
- 28 罗立民, 王英民, 李晓慈等. 应用层序地层模式预测河流相砂岩储层[J]. 石油地球物理勘探, 1997, 32(1): 130~ 136
- 29 张年富, 齐雪峰, 王英民等. 准噶尔盆地侏罗系 层序底界上下砂体预测与有利区评价[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(2): 145~ 149
- 30 杨建业, 任德贻, 邵龙义. 沉积有机相在陆相层序地层格架中的分布特征[J]. 沉积学报, 2000, 18(4): 585~ 589
- 31 何志平. 准噶尔盆地侏罗系层序格架中油气形成与分布[D]: [学位论文]. 北京: 石油大学, 2001
- 32 何治亮. 中国陆相非构造圈闭油气勘探领域[J]. 石油实验地质, 2004, 26(2): 194~ 199
- 33 康玉柱. 中国西北地区压性叠加盆地成油特征[J]. 石油实验地质, 2004, 26(2): 153~ 160
- 34 罗开平, 范小林. 河西走廊及邻区中生代成盆背景与盆地原型[J]. 石油实验地质, 2004, 26(5): 432~ 436
- 35 尚尔杰. 断裂控油的物理模拟实验研究——以准噶尔盆地西北缘红车断裂带为例[J]. 石油实验地质, 2004, 27(4): 414~ 418

## JURASSIC SEQUENCE STRATIGRAPHY OF THE JUNGGAR BASIN

Xing Huanqing<sup>1,2</sup>

(1. Research Institute of Geosciences, Shengli Oil Field, SINOPEC, Dongying, Shandong 257015, China;

2. Work Station of Post-doctoral, Shengli Oil Field, SINOPEC, Dongying, Shandong 257015, China)

**Abstract:** Sequence stratigraphy is now one of the most important reformations of stratigraphic geology. According to the Jurassic sequence stratigraphy in the Junggar Basin, the historical series are retrospectively, and the identity and difference between these scientific reports are summarized. Problems in sequence stratigraphy research are discussed, including: sequence boundary and hierarchy; sequence bounding surface; controlling factors in sequence stratigraphic framework development.

**Key words:** sequence stratigraphy; Jurassic; the Junggar Basin

(continued from page 33)

## OIL AND GAS MIGRATION PERIODS AND ACCUMULATION PROCESS IN CENTRAL ANTICLINAL ZONE IN THE XIHU SAG, THE EAST CHINA SEA BASIN

Zhang Zhongmin, Zhou Jin, Wu Xingwei

(Exploration and Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 100083, China)

**Abstract:** By means of inclusion thermometry and authigenic illite dating data, the oil and gas migration and accumulation model in the central anticlinal zone in the Xihu Sag of the East China Sea Basin has been studied. Fluid inclusions in reservoirs in the central anticlinal zone can be divided into salt water inclusion and organic inclusion. Homogenization temperatures of inclusions can be divided into three periods and their accordingly geologic periods are Middle Miocene, Later Miocene and Pliocene to Quaternary respectively. Isotope ages of authigenic illite in reservoir are 23.5~ 26.5 Ma, 18.31~ 21.86 Ma and 12.58~ 13.63 Ma from north to south. This shows that the time of oil and gas accumulation in the northern part is earlier than ones in the middle and southern parts. The research result shows that there are three phases of oil and gas accumulation in the central anticlinal zone and the late-accumulation phase is the most important. Multiple phases of hydrocarbon generation, multiple recharging, multiple accumulation and multiple source rocks are fundamental oil and gas accumulation models in the zone.

**Key words:** hydrocarbon migration, inclusion thermometry, authigenic illite dating, oil and gas accumulation, Central Anticlinal Zone, the Xihu Sag; the East China Sea Basin