

文章编号: 0253-9985(2011)03-0333-09

多旋回叠合盆地油气成藏期次与成藏时期确定 ——以渤海湾盆地临清坳陷东部上古生界为例

李文涛^{1,2}, 陈红汉^{3,4}

[1. 中国石化 胜利油田分公司 地质科学研究院, 山东 东营 257015]

2 中国石油大学(华东) 地球资源与信息学院, 山东 东营 257061]

3 中国科学院 地质与地球物理研究所, 北京 100029]

4 中国地质大学(武汉) 资源学院 石油系, 湖北 武汉 430074]

摘要: 勘探实践表明, 多旋回叠合盆地油气成藏过程的复杂性极大地影响了油气勘探进程。对渤海湾盆地临清坳陷东部上古生界石炭-二叠系烃源岩生烃史进行模拟的结果表明, 该盆地分别在中-晚三叠世、晚白垩世、古近纪和新近纪-第四纪发生了 4 次生烃过程, 且第一次生烃量小、可忽略不计, 第二次生烃量也不大, 主要生烃高峰期发生在新生代; 而 6 口井 76 块流体包裹体样品的系统分析成果揭示, 上古生界分别在晚侏罗世-早白垩世、古近纪和新近纪-第四纪发生了 3 期以天然气充注为主的油气成藏过程, 第一期成藏发生在 141.9~95.7 Ma, 第二期成藏发生在 51.0~33.1 Ma, 第三期成藏发生在 19.7~0 Ma, 且每期成藏均起始于叠合盆地拗陷阶段, 终止于构造抬升阶段。储层有机包裹体观测表明, 第一期充注油气几乎全被破坏成残留沥青, 第二期和第三期充注的油气有可能在以北西向断裂分隔的中央洼陷上古生界地层-构造圈闭聚集成藏而成为潜在的勘探目标。

关键词: 油气成藏期次; 流体包裹体; 古生界; 叠合盆地; 临清坳陷; 渤海湾盆地

中图分类号: TE122.1 **文献标识码:** A

Hydrocarbon accumulation stages and their timing in multi-cyclical superimposed basins

— a case study of the Upper Paleozoic in the eastern Linqing Depression, the Bohai Bay Basin

Li Wentao^{1,2} and Chen Honghan^{3,4}

[1. Research Institute of Geological Sciences, SINOPEC Shengli Oilfield Company, Dongying, Shandong 257015, China]

2 College of Geo-Resources and Information, China University of Petroleum (Huadong), Dongying, Shandong 257061, China]

3 Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China]

4 Department of Petroleum, Faculty of Resources, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074]

Abstract Complexity of hydrocarbon accumulation process is a major factor influencing petroleum exploration in a multi-cyclical superimposed basin. Modeling of hydrocarbon generation in the Permian-Carboniferous source rocks in the Linqing Depression, the Bohai Bay Basin reveals that four stages of hydrocarbon generation occurred in the middle-late Triassic, the late Cretaceous, the Paleogene, and the Neogene-Quaternary, respectively. The volume of hydrocarbons generated in the first stage was very small and that generated in the second stage is insignificant too. The peak hydrocarbon generation occurred in the Cenozoic. Systematic analyses of fluid inclusions from 76 samples of six wells show that three stages of hydrocarbon accumulations dominated by gas charging events occurred in the late Jurassic-earliest Cretaceous (141.9–95.7 Ma), the Paleogene (51.0–33.1 Ma), and

收稿日期: 2011-01-20

第一作者简介: 李文涛(1970—), 男, 高级工程师, 博士研究生, 油气成藏研究。

基金项目: 国家科技重大专项(2008ZX05-008-004-001)。

the Neogene-Quaternary (19 7 – 0M a), respectively All the hydrocarbon charging events initiated during the depression of the superimposed basin and terminated during its uplifting The hydrocarbons charged in the first stage were almost completely destroyed and turned into bitumen, while the hydrocarbons charged in the second and third stages might accumulate in the Upper Paleozoic stratigraphic-structural traps in the central sags compartmentalized by the NW-trending faults These traps might be favorable exporation targets

Key words hydrocarbon accumulation stage, fluid inclusion, Paleozoic, superimposed basin, Linqing Depression, the Bohai Bay Basin

受多旋回性运动体制的控制,我国内陆大型含油气盆地基本上都属于叠合盆地^[1-3]。与叠合盆地热体制和构造体制相比,其中的流体体制不仅最为复杂,而且直接与油气成藏过程密切相关,极大地影响到叠合盆地油气勘探进程^[4-6]。前人从叠合盆地构造控油^[7-9]、叠合盆地多次生烃历史和油源对比^[10-12]、叠合盆地油气运聚成藏、保存、调整和破坏^[13-14]、叠合盆地油气运聚期次^[15-16]、叠合盆地储层演化和有利的成藏组合^[17-18]等诸方面开展了深入探索,以叠合盆地“成盆-成烃-成藏”为主线,全面总结了我国典型叠合盆地及其油气成藏主要研究进展^[19-20]。概括起来,将叠合盆地油气成藏的复杂性表述为“多期成盆与多旋回改造、多源生烃与多阶段混合,多期成藏与多调整或散失”,由此增加了油气藏分布预测的风险和勘探成本。

渤海湾盆地是中-新生代裂谷盆地与华北地台北石炭-二叠系残留含煤盆地的复合叠合盆地^[21]。其下伏盆地古生界和中生界发育多套烃源岩,有着丰富的油气资源潜力^[22-24]。然而,几十年来的勘探仍未取得实质性进展^[25-27],原因之一是对渤海湾盆地下伏盆地的油气聚集规律和主控因素还了解的不够。本文以位于渤海湾盆地南部的临清坳陷东部地区上古生界为研究对象,主要运用流体包裹体技术和方法,来确定这种叠合盆地下古生界石炭-二叠系油气成藏期次和成藏时期。

1 石油地质背景

临清坳陷位于渤海湾盆地西南收敛端,西北为太行山隆起,东南为鲁西隆起,西南接东濮坳陷,东北则为济阳、黄骅和冀中三大坳陷。临清坳陷东部地区是指位于山东省西北部冲积平原的坳陷区,呈北北东向展布,内部次级构造凹凸相间,包括莘县凹陷、德州凹陷、高唐-堂邑凸起 3 个次

级构造单元,走向与坳陷基本一致,勘探面积 5 037 km²,是渤海湾盆地内一个至今还没有发现油田的叠合盆地(图 1)。自 1958 年钻探华 4 井以来已有 40 多年的勘探历史,以定注选带为目的,共钻探井 45 口,其中 11 口井以钻探古潜山油藏为目的,其余均以沙河街组为目的层。迄今有 4 口井见到油气显示。德古 2、康古 4 井见到煤成气显示;德 1 井沙河街组见到未熟-低熟稠油^[28];高古 4 井在石炭系太原组 4 516~4 518 m,测井解释气层 2 m,试气最高日产气 2.2×10⁴ m³,生产一个月左右,累计产气 20×10⁴ m³、产油 16 m³;梁古 1 井在奥陶系风化壳见到 CO₂ 低产气流。总体来看仍未取得大的突破^[25-29]。

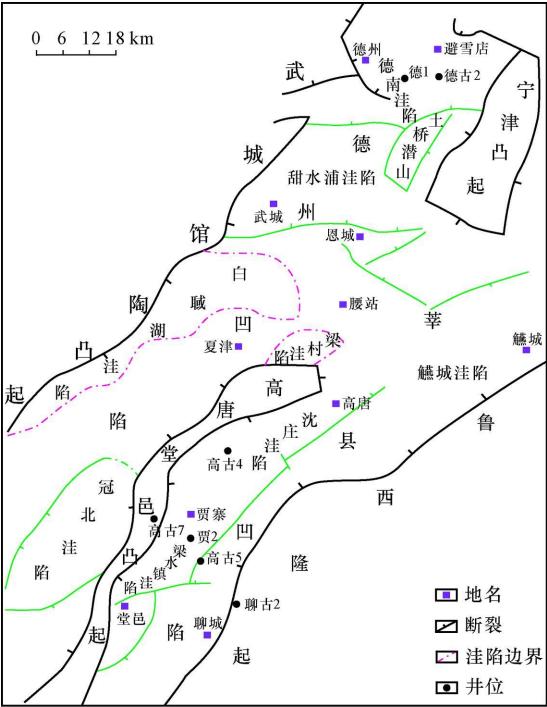


图 1 临清坳陷东部构造单元划分及采集流体包裹体样品井位

Fig 1 Map showing the structural units and wells with fluid inclusion sampled in eastern Linqing Depression

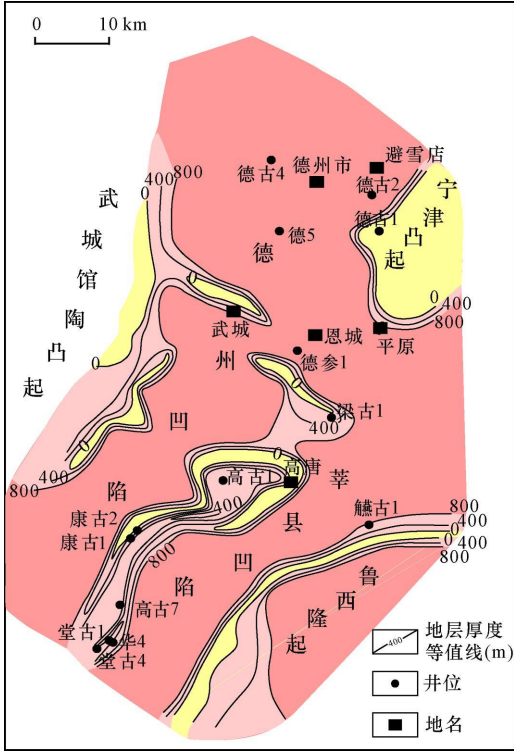


图 2 临清坳陷东部石炭-二叠系地层残留厚度
Fig. 2 Contour map of residual thickness of the Permian-Carboniferous in eastern Linqing Depression

临清坳陷在古生代之后经历了多期挤压褶皱和抬升剥蚀以及拉张断陷成盆, 属于典型的叠合盆地, 中生界为构造残留盆地^[23-30]。如此活跃的构造运动对上古生界含煤系地层烃源岩生烃动力学过程和资源潜力、储层储集性能和盖层与断层侧向封闭性能演变以及油气成藏过程及主控因素均具有重要影响。上述问题严重制约了临清坳陷的油气勘探进程。

临清坳陷东部石炭-二叠系为一套海-陆交互相煤层系, 在工区累计厚度介于 0~800 m 之间, 分布很稳定(图 2)。其中发育的煤、高碳质泥岩和暗色泥岩构成了上古生界以Ⅱ型干酪根为特征的主力气源岩^[31-32]。根据原型盆地恢复获得的剥蚀厚度和古地温资料^[33]进行的石炭-二叠系烃源岩生烃史模拟结果表明, 这套烃源岩总体上经历了 3~4 次生烃过程。以德古 2 井石炭系烃源岩为例(图 3 图 4), 第一期生气发生在早-中三叠世, 埋深在 2 700 m, 镜质组反射率($R_o=0.7\%$)演化曲线有较明显的“拐点”。但这次生气量很小, 可忽略不计; 第二、第三和第四次生气分别发生在白垩纪、古近纪和新近纪这 3 个生气高峰,

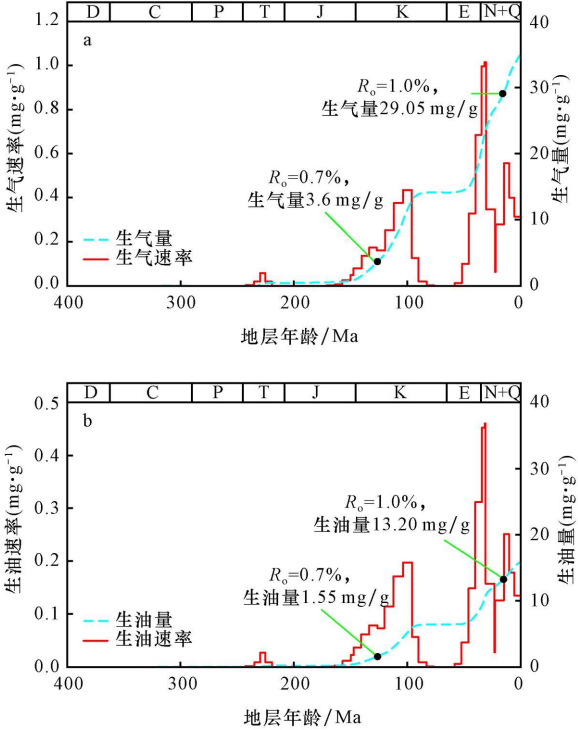


图 3 临清坳陷东部德古 2 井石炭系烃源岩 BasinMod 生烃史模拟
a. 德古 2 井石炭系生气速率与生气量;
b. 德古 2 井石炭系生油速率与生油量

Fig. 3 Modeling of hydrocarbon generation history of the Carboniferous source rock in Degu 2 well in eastern Linqing Depression

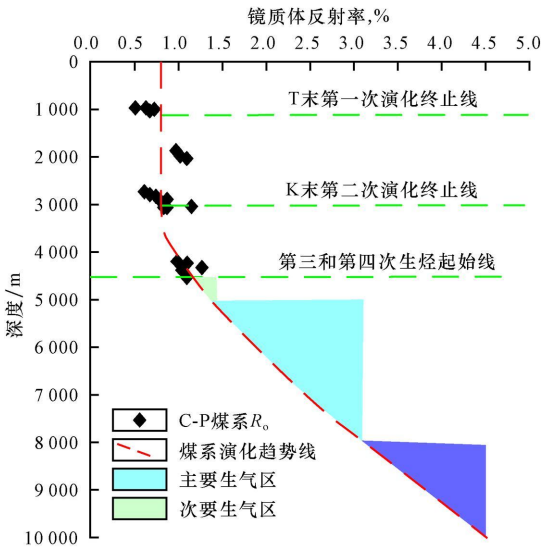


图 4 临清坳陷东部石炭-二叠系烃源岩 镜质体反射率-深度剖面
Fig. 4 Vitrinite reflectance vs depth of the Permian-Carboniferous source rocks in eastern Linqing Depression

埋深 $\geq 2\,700\text{ m}$, 对应的 $R_o \geq 1.0\%$ 。从各次生气量贡献比例大小来看, 石炭系烃源岩在白垩纪中期第二次生气量为 3.4 mg/g 仅占总生气量 (30 mg/g) 的 9.7% ; 新生代第三和第四次生气量为 29.05 mg/g 占总生气量 (30 mg/g) 的 96.8% 。所以, 石炭系烃源岩生气主要发生在晚期 (新生代), 以古近纪生气量最大。同理, 石炭系烃源岩生油史模拟结果同样显示, 早—中三叠世生油量很小, 可忽略不计; 发育白垩纪、古近纪和新近纪 3 个生油高峰, 以古近纪生油量最大。其中, 第二次在白垩纪中期生油量为 1.5 mg/g 仅占总生油量 (16 mg/g) 的 9.4% ; 新生代生油量为 12.0 mg/g 占总生油量 (16 mg/g) 的 75.0% 。所以, 石炭系烃源岩生油也主要发生在晚期 (新生代)。

2 成岩流体包裹体系统分析

本研究采集了临清拗陷东部石炭—二叠太原组、石盒子组和山西组系 6 口井共 76 块流体包裹

体样品, 采样井位置分布见图 1。

2.1 流体包裹体显微荧光观察

有机包裹体在紫外光照射下表现出的荧光特征是其区别于一般盐水包裹体最迅速而有效的方法。不同的荧光颜色表明了有机包裹体不同的成分, 并且反映出有机质的热演化程度。荧光颜色由火红色—橙色—黄色—绿色—蓝白色变化, 反映出有机质从低成熟向高成熟演化^[34-36]。通过实验室制成双面抛光薄片, 运用配备 MAYA2000 pro 微束 ($< 2\mu\text{m}$) 荧光光谱仪和 SpectraSuite 软件的 Nikon 80I 荧光显微镜对包括沥青、浸染油以及油气包裹体进行观测。结果表明, 尽管在高古 5 井和德古 2 井石炭—二叠系发现少量发蓝绿色荧光和发蓝白色荧光的油包裹体、沥青砂岩和浸染油之外, 主要以方解石胶结物、成岩裂纹和自生加大边富气相和纯气态烃包裹体为主 (图 5)。

高古 4 井山西组在渗透性好的砂岩孔隙和渗透性差的砂岩裂隙中见大量沥青充填以及穿石英

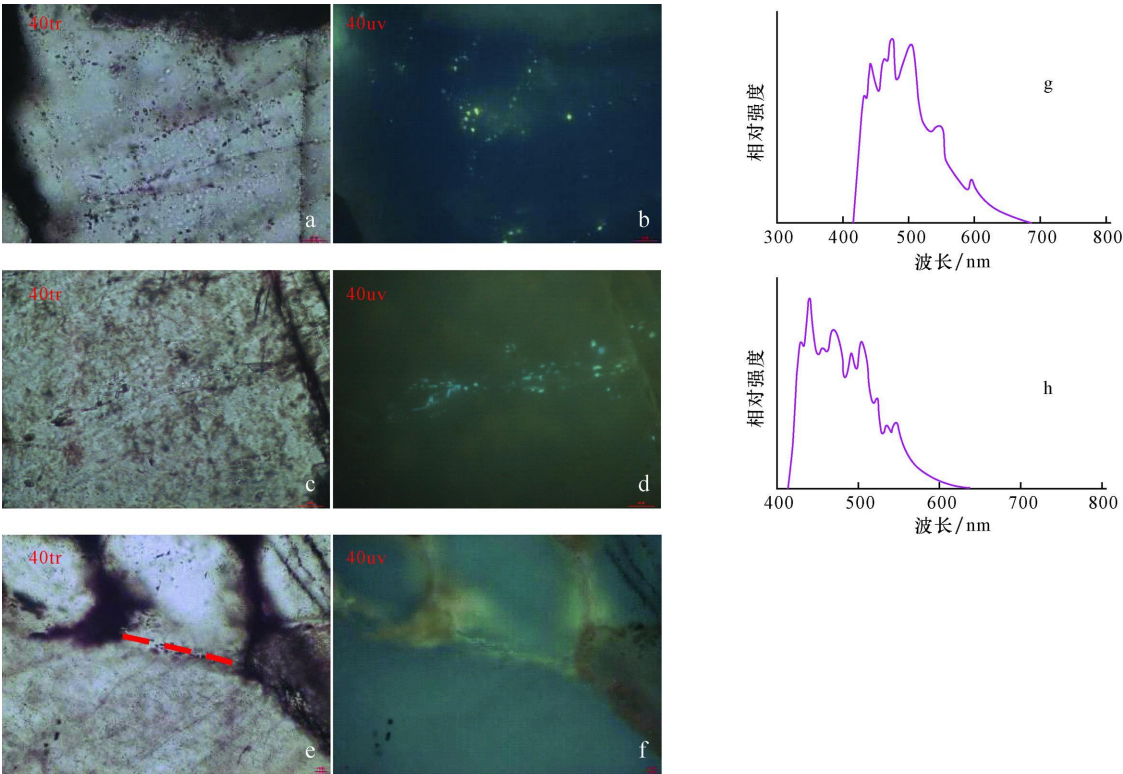


图 5 临清拗陷东部上古生界有机包裹体显微荧光照片及微束荧光光谱

Fig. 5 Photomicrographs and fluorescent spectromgrams of organic inclusions in the Upper Paleozoic in eastern Linqing Depression

a. 高古 5 井, $4\,333.7\text{ m}$, 奎山段, 灰白色砾状石英砂岩; b. 德古 2 井, $4\,318.1\text{ m}$, 太原组, 裂缝中方解石脉; c. 高古 5 井, $4\,332.0\sim 4\,337.3\text{ m}$, 奎山段, 砂质砾岩, 为可见光; d. 蓝绿色荧光油包裹体; e. 蓝白色荧光油包裹体; f. 弱白色荧光气包裹体; g h. 发荧光包裹体的光谱

颗粒裂纹中发育的沥青包裹体, 均指示着古油藏的存在和后期遭受破坏过程; 两期油充注于孔隙中, 且未完全混合, 晚期成熟度似乎更低一些。总体认为发育两期油和一期天然气充注。

高古 7 井山西组和太原组纯气相包裹体与沥青包裹体伴生, 指示山西组和太原组充注油后期遭受了热裂解。

显微荧光观测总体结果表明, 上古生界存在沥青、2 种成熟度油包裹体、富气相和纯气相包裹体以及 2 种成熟度油浸染等多种有机质类型产状。上古生界可能存在 2 幕油、1~2 幕天然气充注; 孔隙和裂纹充填沥青、包裹体沥青指示早期充注油部分在后期抬升过程中已被降解成沥青; 运用成岩序次和有机包裹体宿主矿物关系综合判别油气充注历史, 第一幕油气充注—抬升破坏—第二幕油气充注—抬升破坏—第三、第四幕天然气充注(新生代持续深埋)→局部存在沙四段低熟油充注。由此认为, 工区勘探目标以寻找天然气为主。

2.2 流体包裹体显微测温分析

流体包裹体显微测温使用的仪器是英国 Linkam 公司的 THMS 600G 冷热台, 测定误差为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, 显微镜为日本产 Olympus 另配 100 倍长焦工作镜头。测温时初始升温速率为 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 当包裹体临近均一状态时升温速率自动调整为 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

工区石炭—二叠系共检测到 5 幕热流体活动、4 幕油充注和 4 幕含烃流体活动(图 6)。5 幕热流体活动均一温度范围分别为 $70\sim 95$ $95\sim 120$ $115\sim 130$ $130\sim 150$ 和 $145\sim 170^{\circ}\text{C}$ 。4 幕油充注的均一温度范围分别为 70°C 左右, $90\sim 105$ $125\sim 135$ 和 $140\sim 155^{\circ}\text{C}$ 。4 幕含烃流体活动的均一温度范围分别为 $95\sim 120$ $120\sim 140$ $140\sim 155$ 和 170°C 左右。

3 油气充注期次及成藏时期确定

将与油包裹体相伴生的盐水包裹体的均一温度投影到标有古地温曲线的单井埋藏史图中(图 7), 与时间轴上对应的年龄即代表油气充注储层的年龄^[37-38]。再将单井的油气充注年龄投影到统一的时间轴上划分油气成藏期次^[39]。运用该方法确定了工区油气藏成藏时期, 临清拗陷东部总体上发育 3 期油气成藏。第一期成藏发生在 $141.9\sim 95.7\text{ Ma}$ (晚侏罗世—早白垩世), 充注温度 $93.9\sim 114.7^{\circ}\text{C}$, 为第二次生烃提供烃源; 第二期成藏发生在 $51.0\sim 33.1\text{ Ma}$ (古近纪), 充注温度 $114.4\sim 145.8^{\circ}\text{C}$, 为第三次生烃提供烃源; 第三期成藏发生在 $19.7\sim 0\text{ Ma}$ (新近纪—第四纪), 充注温度 $120.7\sim 156.4^{\circ}\text{C}$, 为第四次生烃提供烃源(图 8)。

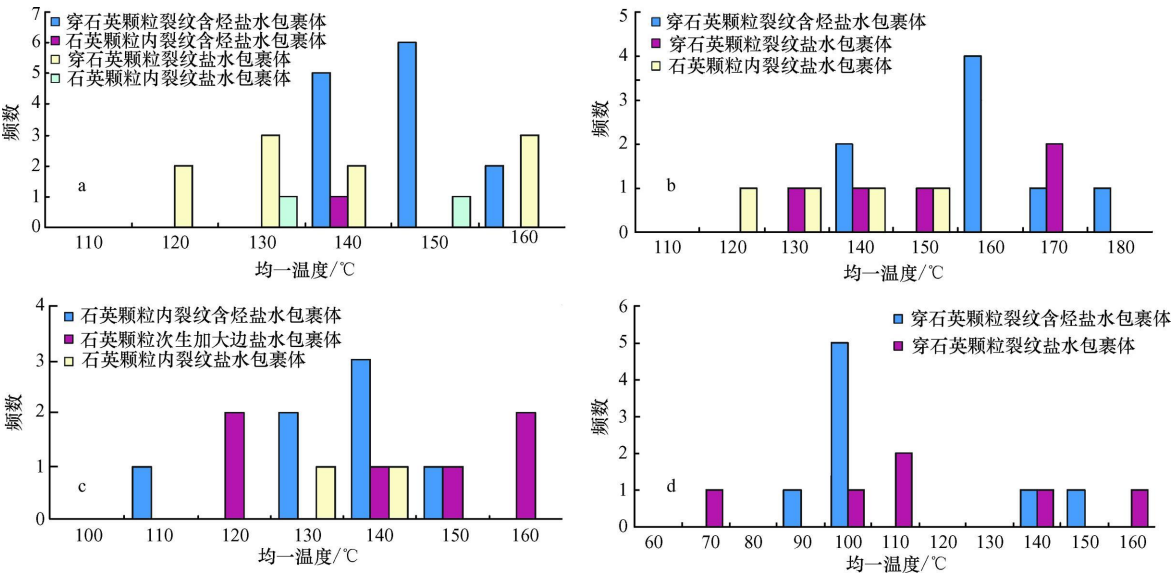


图 6 临清拗陷东部上古生界流体包裹体均一温度统计直方图

Fig 6 Histograms of fluid inclusion homogenization temperature of the Upper Paleozoic in eastern Linqing Depression

a 高古 5 井, 4 313 m, 奎山段. b 高古 5 井, 4 525.58~4 529.20 m, 下石盒子组; c 高古 4 井, 4 369~4 377 m, 山西组; d 高古 7 井, 2 891 m, 太原组

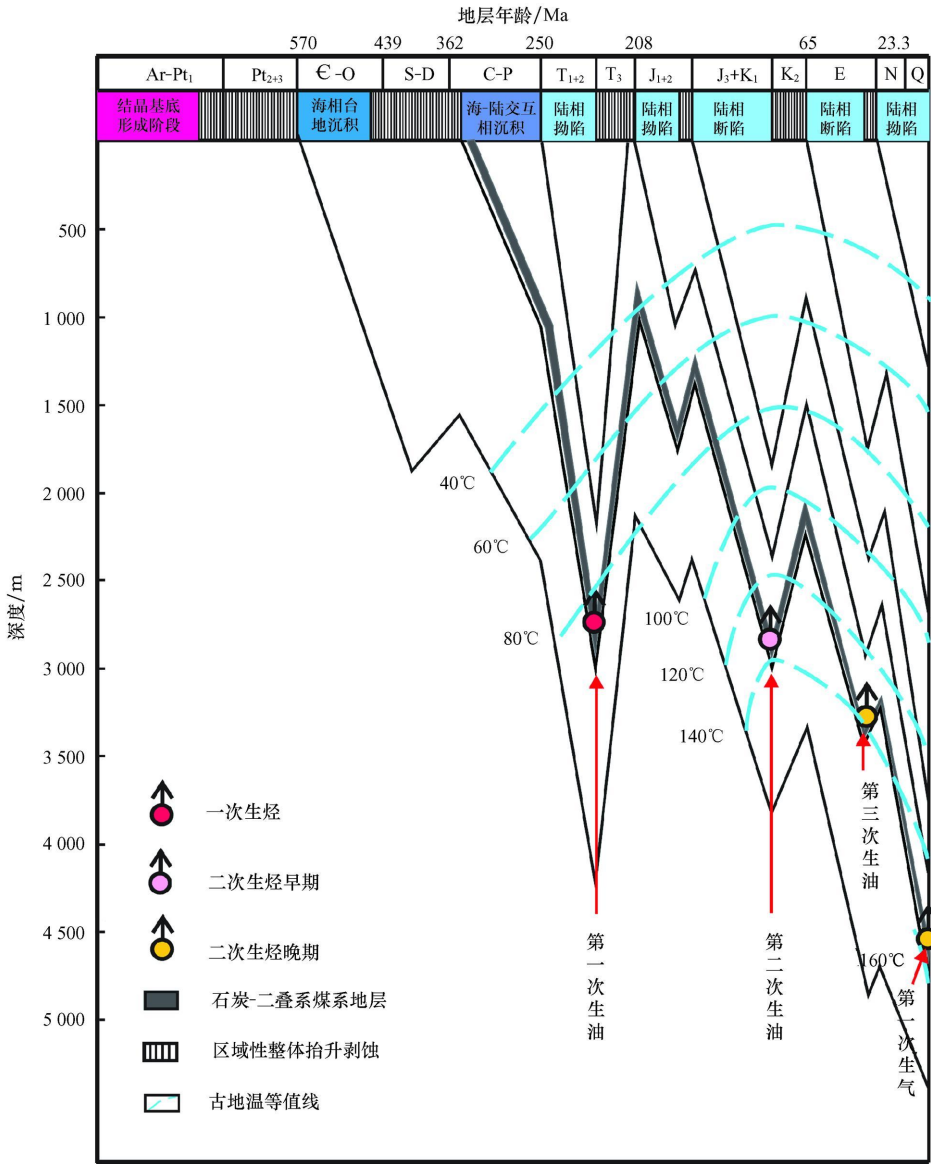


图 7 临清拗陷东部高古 5 井埋藏史- 流体包裹体均一温度确定上古生界油气充注时间

Fig. 7 Timing of hydrocarbon charging in the Upper Paleozoic according to burial history curves- fluid inclusion homogenization temperatures of Gao 5 well in the eastern Linqing Depression

4 结论

1) 尽管临清拗陷东部石炭- 二叠系含煤系地层烃源岩全区分布稳定, 但因经历了多期抬升- 沉降, 这套烃源岩分别在中- 晚三叠世、晚白垩世、古近纪和新近纪- 第四纪发生了 4 次生烃过程。第一次生烃量小、可忽略不计, 第二次生烃量也未超过总生烃量的 10%, 生烃高峰主要发生在新生代, 因此具有晚期成烃特征。

2) 有机/无机包裹体分析揭示了其上古生

界分别在晚侏罗世- 早白垩世、古近纪和新近纪- 第四纪发生了 3 期以天然气充注为主的油气成藏过程, 且每期成藏均起始于盆地拗陷阶段, 终止构造抬升阶段。由此可见, 叠合盆地构造控藏的一个重要机制是由于盆地发生反转, 使得烃源岩脱离生烃灶, 从而造成供烃终止来实现的。

3) 临清拗陷东部上古生界石炭- 二叠系含煤系烃源岩第一次生烃量有限, 难以成藏; 第二次充注的油气几乎全被破坏, 留下了沥青砂岩为证; 第三和第四次生成的油气, 在保存条件较好

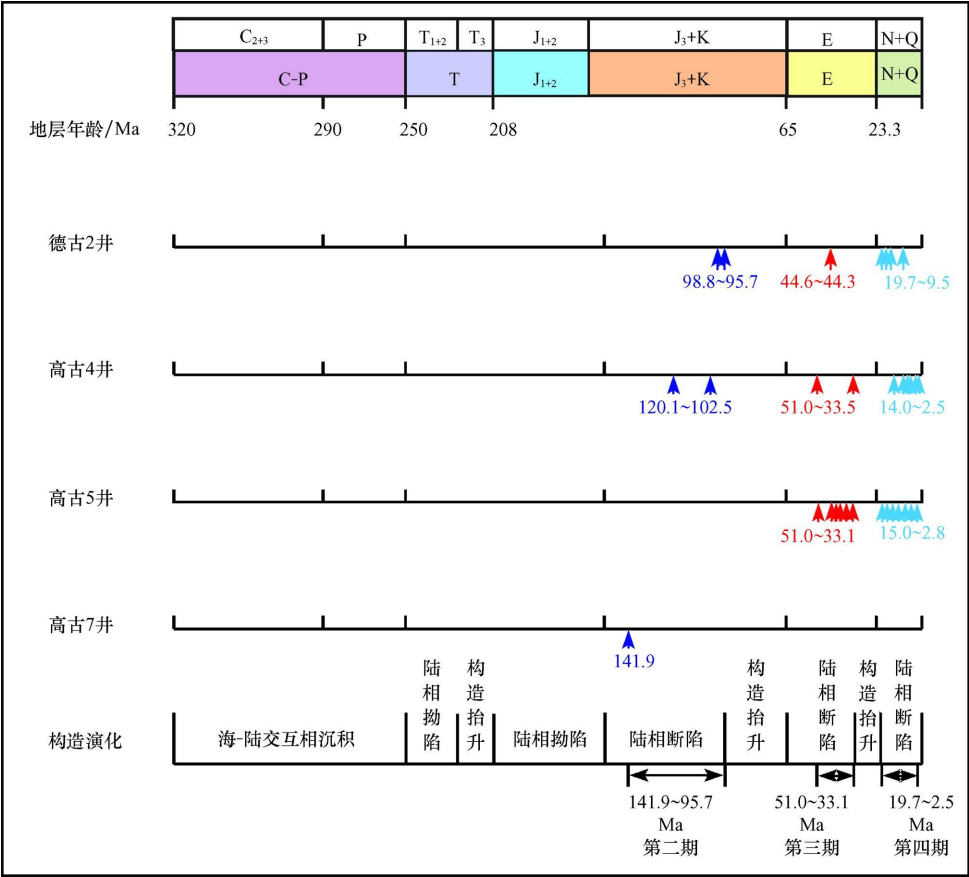


图 8 临清拗陷东部上古生界油气成藏期次和成藏时期

Fig. 8 Hydrocarbon charging stages and their timing in the Upper Paleozoic of the eastern Linqing Depression

的地区具备成藏条件,但受多旋回叠合盆地演化过程中储层、断裂启闭和圈闭等诸多因素影响,这些晚期(新生代的第二期和第三期)油气具有“短距离运移、晚期聚集、近源成藏”的突出特点,即越靠近活跃烃源岩的圈闭,第二期和第三期的油气充满度就有可能越高。因此,对于临清拗陷东部上古生界下一步勘探来说,应该将以西北向断裂分隔的中央洼陷(以新生界划分的构造单元)地层-构造圈闭钻探做为突破口。

参 考 文 献

[1] 金之钧. 中国典型叠合盆地及其油气成藏研究新进展(之一)——叠合盆地划分与研究方法[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 553-562
Jin Zhijun. New advancement in research of China's typical superimposed basins and reservoiring (Part I): classification and research methods of superimposed basins [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(5): 553-562

[2] 何登发, 贾承造, 童晓光, 等. 叠合盆地概念辨析[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(1): 1-7

He Dengfa, Jia Chengzao, Tong Xiaoguang, et al. Discussion and analysis of superimposed sedimentary basins [J]. Petroleum Exploration and Development, 2004, 31(1): 1-7.

[3] 刘池洋. 叠合盆地特征及油气赋存条件[J]. 石油学报, 2007, 28(1): 1-7.
Liu Chiyang. Geologic characteristics and petroleum accumulation conditions of superimposed basins [J]. Acta Petrolei Sinica, 2007, 28(1): 1-7

[4] 汤良杰, 金之钧, 庞雄奇. 多期叠合盆地油气运聚模式[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2000, 24(4): 672-675.
Tang Lingjie, Jin Zhijun, Pang Xiongqi. Hydrocarbon migration and accumulation models of superimposed basins [J]. Journal of the University of Petroleum, China, 2000, 24(4): 672-675

[5] 韩保清, 罗群, 黄捍东, 等. 叠合盆地及其基本地质特征[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2006, 28(4): 12-14
Han Baoqing, Luo Qun, Huang Handong, et al. Superimposed basin and its fundamental geologic characteristics [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2006, 28(4): 12-14.

[6] 陈晓云, 罗群. 叠合盆地石油地质特征及其研究意义[J].

- 断块油气田, 2006, 13(5): 8–10–14.
- Chen Xiaoyun Luo Qun. Basic concept and its geological characteristics in superimposed petroliferous basin [J]. Fault Block Oil & Gas Field, 2006, 13(5): 8–10–14.
- [7] 何登发, 贾承造, 周新源, 等. 多旋回叠合盆地构造控油原理 [J]. 石油学报, 2005, 26(3): 1–9.
- He Dengfa Jia Chengzao Zhou Xinyuan et al. Control principles of structures and tectonics over hydrocarbon accumulation and distribution in multi-stage superimposed basins [J]. Acta Petroli Sinica, 2005, 26(3): 1–9.
- [8] 汤良杰, 黄太柱, 金文正, 等. 叠合盆地差异构造变形与油气聚集 [J]. 地学前缘, 2009, 16(4): 13–22.
- Tang Liangjie Huang Taizhu Jin Wenzheng et al. Differential deformation and hydrocarbon accumulation in the superimposed basins [J]. Earth Science Frontiers, 2009, 16(4): 13–22.
- [9] Ersoy Y E, Helvacı C, Söbiller H. Tectono-stratigraphic evolution of the NE-SW-trending superimposed Selendi basin: Implications for late Cenozoic crustal extension in Western Anatolia, Turkey [J]. Tectonophysics, 2010, 488: 210–232.
- [10] 冯乔, 柳益群, 张小莉, 等. 叠合盆地的热演化史与油气生成——以吐鲁番-哈密盆地南部构造带为例 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(3): 268–273.
- Feng Qiao Liu Yiqun Zhang Xiaoli et al. Thermal evolution history and hydrocarbon generation in superimposed basin: taking the southern structural zone in Turpan-Hami basin, Xinjiang as an example [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(3): 268–273.
- [11] 常象春, 王明镇, 韩作振. 试论适合叠合盆地的油源对比方法 [J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(4): 32–36.
- Chang Xiangchun Wang Mingzhen Han Zuozhen. Discussion on methods of oil-source correlations suitable for composite basins [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2004, 26(4): 32–36.
- [12] 刘文汇, 张建勇, 范明, 等. 叠合盆地天然气的重要来源——分散可溶有机质 [J]. 石油实验地质, 2007, 29(1): 1–6.
- Liu Wenhui Zhang Jianyong Fan Ming et al. Gas generation character of dissipated soluble organic matter [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2007, 29(1): 1–6.
- [13] 庞雄奇, 姜振学, 左胜杰. 叠合盆地构造变动破坏烃量研究方法探讨 [J]. 地质论评, 2002, 48(4): 384–390.
- Pang Xiongqi Jiang Zhenxue Zuo Shengjie. Study on destroyed hydrocarbon amount by tectonic event in superimposed basins [J]. Geological Review, 2002, 48(4): 384–390.
- [14] 邹华耀, 郝芳, 李平平, 等. 叠合盆地油气富集/贫化机理的思考 [J]. 高校地质学报, 2008, 14(2): 231–236.
- Zou Huayao Hao Fang Li Pingping et al. Some thoughts on the enrichment/dilution mechanisms of oil and gas in superimposed basins [J]. Geological Journal of China Universities, 2008, 14(2): 231–236.
- [15] 姜振学, 庞雄奇, 黄志龙. 叠合盆地油气运聚期次研究方法及应用 [J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(4): 22–25.
- Jiang Zhenxue Pang Xiongqi Huang Zhibong. A method for studying the oil and gas migration stages in superimposed basin and its application [J]. Petroleum Exploration and Development, 2000, 27(4): 22–25.
- [16] 向才富, 汤良杰, 李儒峰, 等. 叠合盆地幕式流体活动: 麻江古油藏露头与流体包裹体证据 [J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2008, 38(增刊 I): 70–77.
- Xiang Caifu Tang Liangjie Li Yufeng et al. The episodic activity of fluids in superimposed basin: Fluid inclusion evidence from Majiang Paleoreervoir outcrop [J]. Science in China (D): Earth Science, 2008, 38(Supl): 70–77.
- [17] 寿建峰, 郑兴平, 斯春松, 等. 中国叠合盆地深层有利碎屑岩储层的基本类型 [J]. 中国石油勘探, 2006, (1): 11–16.
- Shou Jianfeng Zheng Xingping Si Chunsong et al. Basic types of high-quality clastic reservoirs deep-buried in superimposed basins in China [J]. China Petroleum Exploration, 2006, (1): 11–16.
- [18] 张光亚, 赵文智, 邹才能, 等. 中国陆上叠合盆地中下组合油气成藏条件及勘探潜力 [J]. 地学前缘, 2008, 15(2): 120–126.
- Zhang Guangya Zhao Wenzhi Zou Caineng et al. Petroleum geological conditions and exploration potential in middle and lower combinations of onshore superimposed basins in China [J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15(2): 120–126.
- [19] 金之钧, 王清晨. 中国典型叠合盆地与油气成藏研究新进展——以塔里木盆地为例 [J]. 中国科学 D 辑, 地球科学, 2004, 34(增刊): 1–12.
- Jin Zhijun Wang Qingcheng. The research advances on typical superimposed basins and their hydrocarbon migration and accumulation [J]. Science in China (D): Earth Science, 2004, 34(Supl): 1–12.
- [20] 金之钧. 中国典型叠合盆地油气成藏研究新进展 (之二)——以塔里木盆地为例 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(3): 281–288.
- Jin Zhijun. New progresses in research of China's typical superimposed basins and reservoiring of hydrocarbons (Part II): taking Tarim basin as an example [J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(3): 281–288.
- [21] 梁生正, 杨国奇, 田建章, 等. 渤海湾叠合盆地大中型天然气田的勘探方向 [J]. 石油学报, 2001, 22(6): 1–4.
- Liang Shengzheng Yang Guoqi Tian Jianzhang et al. The exploration orientation of large and medium natural gas pools in Bohaiwan polymerized basin [J]. Acta Petroli Sinica, 2001, 22(6): 1–4.
- [22] 戚厚发. 华北地区石炭—二叠系天然气资源、成藏特征及

勘探策略 [J]. 石油勘探与开发, 1993, 20(6): 23- 28

Qi Houfa Resources trapping characteristics and explonation strategies of the C-P Natural gas in Huabei region [J]. Petroleum Exploration and Development 1993, 20(6): 23- 28

[23] 李春山, 徐春华, 黄永玲. 临清拗陷 (东部) 石炭二叠系煤成气勘探远景 [J]. 石油大学学报 (自然科学版), 1997, 21(2): 25- 28.

Li Chunshan Xu Chunhua Huang Yongling Perspective generation of gas from Carboniferous-Pemian coalbed in Linqing depression [J]. Journal of the University of Petroleum, China 1997, 21(2): 25- 28.

[24] 钱凯, 吴世祥, 姜正龙, 等. 华北煤成气成藏条件与勘探目标预测 [J]. 天然气地球科学, 1999, 10(3- 4): 35- 42.

Qian Kai Wu Shixiang Jiang Zhenglong et al The coalbed natural gas pool forming condition and exporation targets prediction in the southern North Huabei Area [J]. Natural Gas Geosciences 1999, 10(3- 4): 35- 42

[25] 曹忠祥. 临清拗陷东部地区第三系油气勘探问题讨论 [J]. 油气地质与采收率, 2003, 10(3): 17- 19

Cao Zhongxiang Discussion on the Tertiary oil and gas exploration in the eastern part of Linqing depression [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency 2003, 10(3): 17- 19

[26] 王传刚, 胡宗全, 许化政, 等. 叠合盆地老烃源岩系油气勘探前景评价方法——以南华北周口坳陷上古生界为例 [J]. 石油学报, 2008, 29(1): 10- 15, 22

Wang Chuangang Hu Zongquan Xu Huazheng et al Evaluation method for petroleum exploration prospect of hydrocarbon-generation paleo-strata in superimposed basins—A case study of the Upper Paleozoic strata of Zhoukou Depression in the southern North China [J]. Acta Petrolei Sinica 2008, 29(1): 10- 15, 22.

[27] 齐兴宇, 李淑筠, 黄桂雄, 等. 南华北叠合盆地油气勘探回顾与思考——以济源、谭庄—沈丘凹陷为例 [J]. 中国石油勘探, 2010, (4): 40- 45

Qi Xingyu Li Shujun Huang Guixiong et al Review and considerations about oil and gas exploration in southern North China superimposed basin—A case study of Jiyuan and Tan Zhuang-Shen Qiu sags [J]. China Petroleum Exploration, 2010, (4): 40- 45.

[28] 李孝军. 渤海湾盆地临清拗陷东部未熟—低熟油成因探讨 [J]. 天然气地球化学, 2009, 20(2): 273- 277.

Li Xiaojun. A study on immature Oil s genesis in eastern Linqing depression of Bohai Bay basin [J]. Natural Gas Geosciences 2009, 20(2): 273- 277

[29] 吕希学. 渤海湾盆地临清拗陷东部热演化历史和成烃史 [J]. 地质科学, 2006, 41(4): 676- 687.

Lu Xixue Thermal evolution al history and hydrocarbon accumulation in the eastern Linqing depression Bohai bay basin [J]. Chinese Journal of Geology, 2006, 41(4): 676- 687

[30] 吴智平, 侯旭波, 李伟. 华北东部地区中生代盆地格局及演化过程探讨 [J]. 大地构造与成矿学, 2007, 31(4): 385- 399

Wu Zhiping Hou Xubo Li Wei Discussion on Mesozoic basin patterns and evolution in the eastern North China block [J]. Geotectonica Et Metallogenia 2007, 31(4): 385- 399.

[31] 黄永玲, 徐春华. 临清拗陷东部石炭—二叠系煤层综合识别技术 [J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(4): 20- 23.

Huang Yongling Xu Chunhua Integrated identification technique of Carboniferous-Pemian coal-bearing strata of eastern Linqing depression [J]. Petroleum Exploration and Development 1995, 22(4): 20- 23.

[32] 徐春华, 宋国奇, 项希勇. 临清拗陷东部晚古生代煤成气成藏条件 [J]. 海洋石油, 2002, (111): 6- 12

Xu Chunhua Song Guoqi Xiang Xiyong The formation conditions of the upper Paleozoic coal-genetic gas in the east Linqing depression [J]. Marine Petroleum, 2002, (111): 6- 12

[33] 于岚. 临清拗陷东部石炭—二叠系煤系烃源岩特征及生烃史 [J]. 新疆石油天然气, 2006, 2(3): 16- 21, 35

Yu Lan. The history of hydrocarbon generation and the characterization of coal-measure source rock from the Carboniferous-Pemian in the eastern part of Linqing depression [J]. Xinjiang Oil & Gas 2006, 2(3): 16- 21, 35

[34] Munz I A. Petroleum inclusions in sedimentary basins: systematic analytical methods and application [J]. Lithos 2001, 55(1- 4): 195- 212.

[35] Bumuss R C. Hydrocarbon fluid inclusions in studies of sedimentary diagenesis [A]. Hollister L S and Crawford M L eds Fluid inclusions: applications to petrology [C]. Mineralogical Association of Canada Short Course Notes 1981: 138- 156

[36] Bumuss R C. Practical Aspects of Fluorescence Microscopy of Petroleum Fluid Inclusions [J]. SEPM Short Course 1991, 25(1): 1- 7

[37] Kelly J Parnell J Chen H H. Application of Fluid Inclusion to Studies of Fractured Sandstone Reservoirs [J]. Journal of Geochemical exploration, 2000 (69- 70): 705- 709

[38] Middleton D, Parnell J Carey P, et al Reconstruction of Fluid Migration History Northwest Ireland Using Fluid Inclusion Studies [J]. Journal of Geochemical Exploration 2000 (69- 70): 673- 677.

[39] 陈红汉. 油气成藏年代学研究进展 [J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(2): 143- 150

Chen Honghan Advances on chronology of hydrocarbon migration and accumulation [J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(2): 143- 150