

歧口凹陷西坡白水头构造沙一段下部 油气成藏期次研究^{*}

高玉巧¹ 欧光习² 谭守强³ 刘立¹
GAO YuQiao¹ , OU GuangXi² , TAN ShouQiang³ and LIU Li¹

1. 吉林大学地球科学学院, 长春 130026 2. 核工业部北京地质研究院, 北京 100029
3. 大港油田勘探开发技术研究中心, 天津 300280
1. *Jilin University , Changchun 130026 , China*
2. *Beijing Research Institute of Uranium Geology , Beijing 100029 , China*
3. *Dagang Research Institute of Exploration and Development , Tianjin 300280 , China*
- 2002-12-20 收稿 , 2003-03-28 改回.

Gao YQ , Ou GX , Tan SQ and Liu L. 2003. Research on the charge times and stages of oil and gas reservoir in lower Es₁ of Baishuitou structure at west slope in Qikou depression. *Acta Petrologica Sinica* , 19(2) 359 – 365

Abstract According to diagenetic sequences of reservoir , characteristic of petroleum inclusion and homogenization temperature , combining with characteristic of structural activity and evolution of source rock , this paper analyzes the reservoir charge history of lower segment of Es₁ at Baishuitou Structure , west slope of Qikou Depression. It can be concluded that there are three stages of hydrocarbon injection , with the period ranging 11.5 ~ 8Ma , 5Ma and 3.5 ~ 2 Ma respectively. The first stage is from the end of Ng to early-mid lower Nm when the source rock from Es₃ come within low maturity , so the oil source is deficient and the scale of oil accumulation is small. The second stage is at the intersection of upper and lower segment of Nm when the activity of the main faults is strong and the source rock begins entering oil-generating peak , so the scale of oil migration and accumulation is larger. The third stage is from mid-late upper Nm to early Quaternary when the source rock is entirely mature and the activity of fault still controls the vertical migration of oil , so the charge scale of oil and gas is largest.

Key words Baishuitou structure ; Diagenetic sequences ; Petroleum inclusion ; Homogenization temperature ; Charge times and stages of reservoir

摘 要 根据储层的成岩序次、油气包裹体特征及含烃盐水包裹体均一温度, 结合构造活动特征及烃源岩的演化史, 对歧口凹陷西坡白水头构造沙一段下部油气藏进行了成藏期次综合研究。认为该油气藏有三期油气充注过程: 第一期发生在馆陶组末到明化镇组下段沉积早中期, 约为 11.5 ~ 8Ma, 源区沙三段烃源岩有机质处于低成熟阶段, 油气来源不足, 成藏规模小; 第二期发生在明化镇下段沉积末期到明化镇上段沉积初期, 约为 5Ma ± , 白水头构造各主要断层活动强烈, 沙三段烃源岩开始进入生排烃高峰, 油气运聚规模较大; 第三期发生在明化镇上段沉积中晚期到第四系初期, 约为 3.5 ~ 2Ma, 烃源岩整体处于生排烃高峰, 各大断层活动有所减弱, 但仍控制着油气的大规模垂向运移, 成藏规模大。

关键词 白水头构造; 成岩序次; 油气包裹体; 均一温度; 油气成藏期次

中图法分类号 P618.130.2

1 引言

储层中的流体包裹体是被捕获、封闭于成岩自生矿物晶格或碎屑矿物的成岩愈合微裂隙中的流体(油、气、水)。作为不同阶段成岩流体的“原始样品”, 它们记录了不同期次

油气水充注储层时的组成、性质及物理化学条件。运用流体包裹体特征研究油气成藏期次已证明是研究油气成藏过程的一个有效途径(施继锡等, 1987; 刘德汉, 1995; 孙樯等, 2000; 高先志等, 2000; Karlsen D A *et al.*, 1993)。在此之前, 对油气藏成藏期次及时间的确定, 人们往往采用传统的方法, 如根据主要生、排烃期、圈闭形成时间等定性推测。

^{*} 第一作者简介: 高玉巧, 女, 1978 年 9 月生, 吉林大学在读研究生, E-mail gaoyuqiao1973@sina.com.

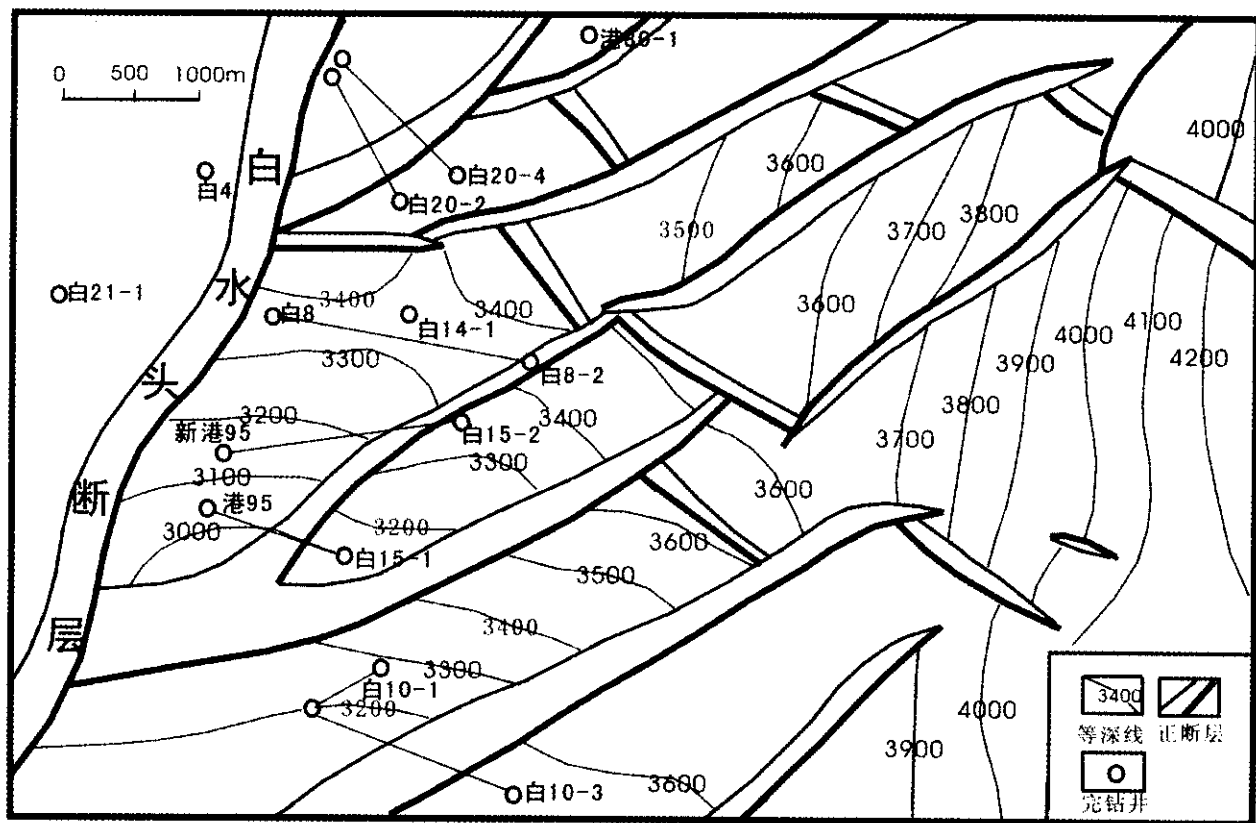


图1 白水头构造沙一下地质构造与取样位置图

Fig. 1 Geological structure and sample location map of lower Es_1 of Baishuitou structure

本文在前人^{①②}通过传统方法取得认识的基础上,运用新技术来分析天津市大港油田歧口凹陷西坡白水头构造渐新统沙河街组沙一段下部(以下简称沙一下, $Es_{1下}$)油气藏的成藏期次。

2 地质背景与取样位置

白水头构造位于北大港潜山构造带东部向海域倾没部位,北起驴驹河,南至唐家河,西起白水头断层,东临歧口凹陷,总面积 50km^2 。白水头构造是一个形成时期早、长期继承性发育的大型鼻状构造,共发育白水头断层、白水头前沿断层、港80断层、白8-2东断层等6个规模大、活动持续强烈的同沉积断层。共发现 Ng 、 Ed 、 $Es_1^中$ 、 $Es_1^下$ 四套含油层系,其中 $Es_1^下$ 为主要含油层系。前人(大港油田石油地质志编辑委员会, 1991; 吴元燕等^①, 1998; 刘吉余等^②, 2001)根据该区储、盖层(即砂、泥岩)配置关系和油、水界面差别,将该区沙一下($Es_1^下$)含油层系又分为板2、板3、板4、滨I共4套含油组合(以下称油组)。该区烃源岩发育,由油源综合对比知,该区沙一下油气主要来自于本区深层沙三段烃源岩。生排烃史研究表明,东营组沉积时期(29~24Ma),沙三段大部分烃源岩处于低熟演化阶段;馆陶组时

期(24~12Ma),沙三段烃源岩开始进入生排烃高峰;明化镇组时期(12~2Ma),沙三段烃源岩整体处于生排烃高峰。

本次研究样品取自沙一下各油组,包括白10-1井板2油组、白10-3井板3油组、港80-1井板4油组和白21-1井滨I油组。其中,白21-1井位于白水头断层的上升盘,其余井均位于白水头断层的下降盘(图1)。

3 成岩作用与成岩序次

白水头地区渐新统沙河街组沙一下储层岩性主要为细砂岩,成岩作用研究(大港油田石油地质志编辑委员会, 1991)表明,其经历的成岩作用主要有压实作用、胶结作用与自生作用、溶蚀溶解作用。压实作用为早期最主要的成岩作用,胶结作用与自生作用贯穿于整个成岩过程,其主要为硅质胶结、石英次生加大及钙质胶结,每个样品中均可见到较为发育的微-细晶方解石胶结物、石英或长石次生加大边、

① 吴元燕,于平. 1998. 歧口凹陷含油气系统研究. 大港油田勘探开发技术研究中心(内部报告)

② 刘吉余,王明明. 2001. 港滩海油气运聚史研究与有利带预测. 大港油田勘探开发技术研究中心(内部报告)

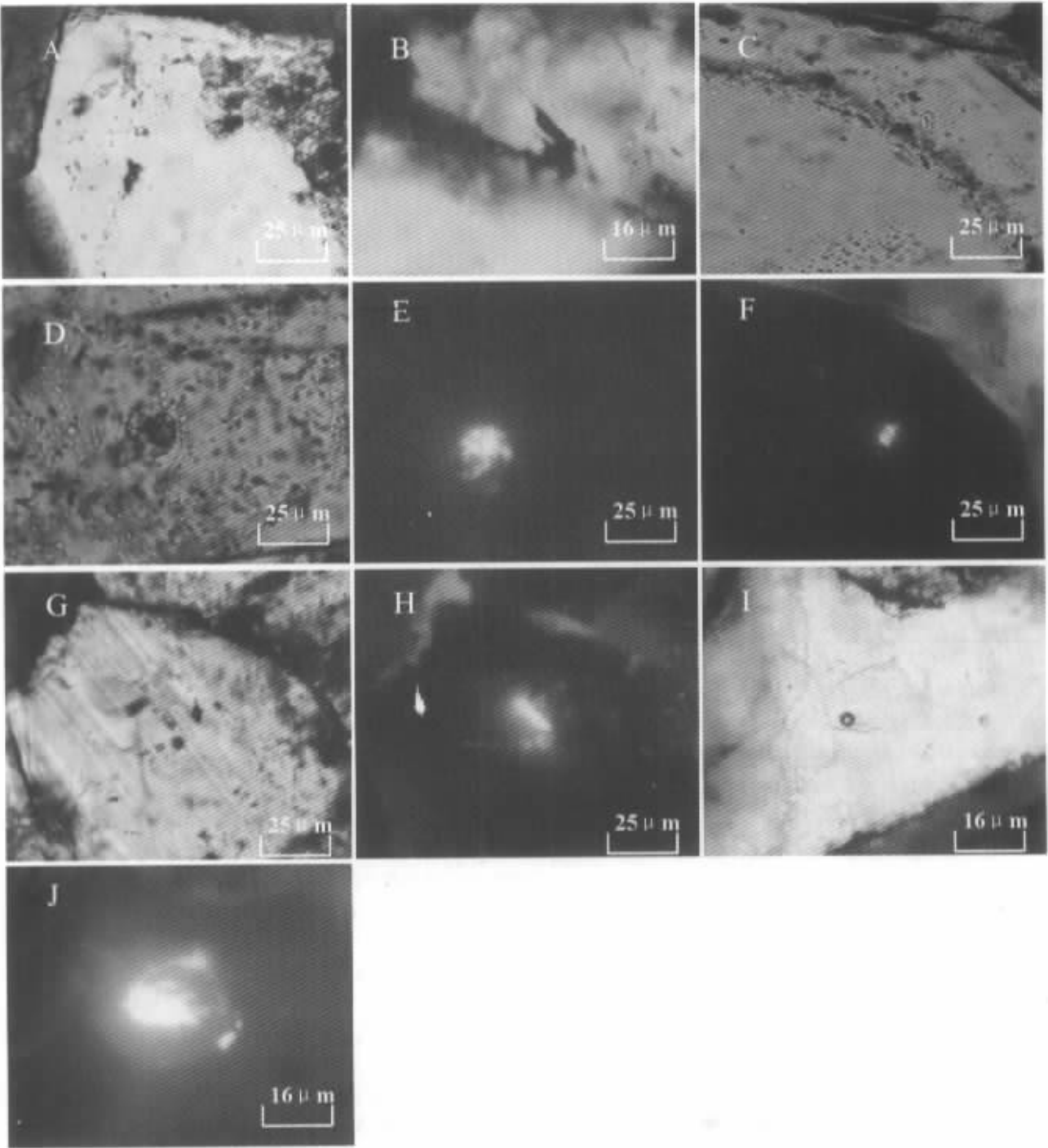


图2 各期次油气包裹体镜下特征

A-碎屑石英矿物中沿未切过次生加大边的早期愈合微裂隙分布、呈黑褐色的液烃包裹体(早期);白10-3井3708.53m;透射单偏光。B-早期胶结方解石矿物中原生、呈黑褐色的液烃包裹体(早期);港80-1井3570.95m;透射单偏光。C-石英次生加大边原生、呈淡黄-灰色、结丝网状沥青的气液烃包裹体(中期);白10-3井3708.53m;透射单偏光。D-碎屑石英矿物中次生、呈淡黄-灰色、结丝网状沥青的气液烃包裹体(中期);白10-3井3708.53m;透射单偏光。E-视域同“D”,包裹体内局部显示浅黄色荧光;紫外光激发。F-视域同“C”,包裹体内局部显示浅黄色荧光;紫外光激发。G-胶结方解石矿物中原生、呈淡黄-灰色的气液烃包裹体(晚期);白10-3井3708.53m;透射单偏光。H-视域同“G”,包裹体内液烃显示浅黄色荧光;紫外光激发。I-碎屑石英矿物中次生、呈淡黄-灰色的气液烃包裹体(晚期);白10-3井3708.53m;透射单偏光。J-视域同“I”,包裹体内液烃显示浅黄色荧光;紫外光激发。

Fig. 2 Characteristic of petroleum inclusions under microscope

表1 沙一段下部各油组油气包裹体特征

Table 1 Characteristic of petroleum inclusions in each oil measures of lower Es₁

油组	期次	发育程度	油气包裹体内烃类相态	各类型所占比例(%)		
				液烃	气液烃	气烃
板2油组	早	低	液烃	100	0	0
	中	中等	液烃、气液烃	70	30	0
	晚	高	液烃、气液烃、气烃	20	75	5
板3油组	早	中等	液烃	100	0	0
	中	极高	气液烃、气烃	0	95	5
	晚	高	气液烃、气烃	0	90	10
板4油组	早	低	液烃	100	0	0
	中	中等	液烃、气液烃	40	60	0
	晚	中等	液烃、气液烃、	5	95	0
滨Ⅰ油组	早	中等	液烃	100	0	0
	中	低	液烃、气液烃	40	60	0
	晚	极高	气液烃、气烃	0	95	5

孔隙充填的连生方解石胶结物以及自生石英矿物。溶蚀溶解作用是本区最重要的一次区域性成岩事件,研究表明(刘立等^①,2002)可能与当时烃类的注入关系密切,其形成的大量次生孔隙是本区最重要的储集空间。

在整个成岩作用过程中,由于各阶段流体的温度、压力和成分不同,胶结物与自生矿物的类型和沉淀顺序不同,被其捕获的烃包裹体的特征明显不同。因此,胶结物与自生矿物形成序次的确定是用流体包裹体研究油气成藏期次的基础。显微镜下观察表明,白水头地区沙一下细砂岩储层中胶结物和自生矿物的形成序次为:

- 微-细晶方解石→石英、长石次生加大→
- 晚期孔隙充填方解石→自生石英

4 流体包裹体特征与均一温度测试

流体包裹体偏光、荧光特征观察、均一温度测定是在 Leica DMRX HC 研究级透-反射偏光荧光显微镜和 Linkam THMS-G600 型冷热台(温度分辨率 0.1℃)上进行的,均一法测温精度±1℃。分析方法和依据为中华人民共和国核行业标准 EJ/T1105-1999《矿物流体包裹体温度的测定》。

4.1 油气包裹体及孔隙荧光特征

在紫外荧光和透射偏光显微镜下观察,各样品中均普遍发育有油气包裹体,并具有早、中、晚三期发育程度不同

的包裹体,且对应于不同成岩矿物都有相应油气包裹体发育(图2),反映了多期成藏的特征。其中,早期油气包裹体呈黑褐色或灰褐色,赋存于石英、长石碎屑矿物未切过加大边的早期愈合微裂隙中或微-细晶方解石胶结物中,均为液烃包裹体;中期油气包裹体赋存于石英、长石碎屑矿物中或石英、长石次生加大边中,包裹体中液烃呈灰黄色,或结丝网状、斑点状沥青于包裹体壁上,显弱褐黄色荧光或未显荧光,气烃呈深灰色,显微弱荧光或不显荧光;晚期油气包裹体赋存于石英、长石碎屑矿物中或晚期连生方解石、胶结或自生石英矿物中,包裹体中液烃呈淡黄色、浅黄色、透明无色,显示黄色、浅黄、黄白、黄绿、兰色荧光,气烃呈灰色,显示弱黄色荧光。油气包裹体类型有液烃包裹体、气液烃包裹体以及气烃包裹体,并且以液烃、气液烃包裹体为主。不同井区、不同油组细砂岩成岩胶结特点、孔隙荧光特征、其油气包裹体各期次发育程度、各相态包裹体所占比例有所不同(表1)。

白10-1井沙一下板2油组细砂岩石英次生加大现象和后期石英胶结特征显著,粒间普遍显示极强的蓝色、浅黄色荧光。油气包裹体早期发育程度低;中期发育程度中等,液烃包裹体占70%±,气液烃包裹体占30%±;晚期发育程度高,液烃包裹体占20%±,气液烃包裹体占75%±,气烃包裹体占5%±。

① 刘立,马瑞. 2002. 大港滩海第三系深层非常规储层演化及有利储层预测. 大港油田勘探开发技术研究中心(内部报告)

白 10-3 井沙一下板 3 油组细砂岩粒间孔隙在紫外光照射下普遍显示褐黄、黄褐、弱黄色，指示粒间充填、残留沥青的荧光特征，仅局部少部分孔隙中含少量油气，显示呈不连续的、较强的蓝色荧光，具有古油藏发育的典型特征。早期油气包裹体发育程度中等；中期发育程度极高，气液烃包裹体占 95% ±，气烃包裹体占 5% ±。结合该岩中的灰褐色沥青充填、浸染情况和岩石孔隙中的荧光特征分析，认为该岩层属中期储集中-轻质油气的古油气藏，成藏期始于石炭次生加大期，古油气藏泄露(破坏)期主要为方解石充填期(中-晚期)；晚期包裹体发育程度高，气液烃包裹体占 90% ±，气烃包裹体占 10% ±，以及综合岩石孔隙中荧光分析，认为该期包裹体为中-晚期古油藏泄露后仍残留于岩石孔隙中的、并经脱沥青后变轻的部分轻质油气。尽管该砂岩层中具有极好的粒间孔隙，但由于侧向封堵性差，晚期仅存少量轻质油气。

港 80-1 井沙一下板 4 油组细砂岩，粒间孔隙中均显示较强的黄色、浅黄色荧光。油气包裹体早期发育程度低；中期发育程度中等，液烃包裹体占 40% ±，气液烃包裹体占 60% ±；晚期发育程度中等，主要赋存于石英、长石碎屑矿物中，而该砂岩中晚期较为常见的方解石胶结物、石英胶结物和自生石英中包裹体相当稀少。

白 21-1 井沙一下滨 I 油组细砂岩粒间孔隙均显示(极)强的黄色、浅黄色荧光。岩中油气包裹体早期发育程度中等；中期发育程度低，仅见少量气液烃包裹体；晚期发育程度极高，其中，气液烃包裹体约占 95% ±，气烃包裹体约占 5% ±。综上所述，白水头地区沙一下储层油气包裹体早期发育程度均较低，均为呈灰褐色或黑褐色的液烃包裹体，中期和晚期发育程度相对较高，而且晚期的气烃、气液烃包裹体所占

比例比中期的气烃、气液烃包裹体所占比例要大，反映了随着成岩演化油气成藏由低熟-成熟-高成熟演化的过程。

4.2 含烃盐水包裹体均一温度

在相同样品中气液比相近的情况下，含烃盐水包裹体的均一温度比不含烃的纯盐水包裹体要高。因此，在不进行压力校正的情况下，含烃盐水包裹体的均一温度更能反映油气进入储层时的实际温度。我们选用与油气包裹体共生、气液比≤5% 的含烃盐水包裹体，以及选择部分气液烃比≤25% 的油气包裹体进行均一温度测定，以资对比。

测试结果(表 2)表明，同一油组中与不同期次油气包裹体伴生的含烃盐水包裹体均一温度差异较大，明显地分三个区间，分别对应于油气包裹体发育的三个期次；不同油层组中与油气包裹体伴生的同一期次含烃盐水包裹体均一温度具有可比性。板 2 油组早、中、晚期的包裹体均一温度分布区间分别为 85℃ ~ 90℃、113℃ ~ 114℃、122℃ ~ 125℃。板 3 油组与板 4 油组包裹体均一温度分布区间范围类似，均为 97℃ ~ 119℃、119℃ ~ 130℃、130℃ ~ 140℃ 三个区间。滨 I 油组位于沙一下含油层系的最底部，但取样井白 21-1 位于白水头断层上升盘，各期含烃盐水包裹体均一温度比上部各油组明显偏低，分布区间范围为 90℃ ~ 95℃、103℃ ~ 108℃、113℃ ~ 117℃。此外，滨 I 油组晚期油气包裹体发育程度极高，气液烃比≤25% 油气包裹体的均一温度与同期伴生的含烃盐水包裹体均一温度极其相似，高于地层埋深正常现地温(由白水头断层下降盘测井资料推测约为 100℃)的 20℃ 左右，表明该期油气充注时存在较明显的热活动异常，该储集层与深部烃源岩连通性好。

表 2 样品中含烃盐水包裹体均一温度

Table 2 The distribute of homogenization temperature of inclusions in samples

井号	井深(m)	层位	岩石名称	气液比≤5% 含烃盐水包裹体均一温度范围 / 平均值(℃)/测点数		
				早期	中期	晚期
白 10-1	3199.59	板 2	细砂岩	85 ~ 90 / 88 / 2	113 ~ 114/113/5	122 ~ 125/124/11
白 10-3	3708.53	板 3	细砂岩	98 ~ 109 / 102 / 6	120 ~ 130/122/12	139 ~ 140 / 140 / 2
	3712.88	板 3	细砂岩	100 ~ 105 / 101 / 4	119 ~ 127 / 125/ 11	137 ~ 140 / 139 / 4
港 80-1	3570.95	板 4	细砂岩	97 ~ 119 / 110 / 13	120 ~ 125 /122/ 9	130 ~ 140 / 134 / 8
	3573.01	板 4	细砂岩	105 ~ 115 / 110 / 6	120 ~ 128 / 124 / 8	130 ~ 135 / 133 / 6
白 21-1	2885.38	滨 I	细砂岩			107 ~ 118 / 114 / 23
	2886.22	滨 I	细砂岩	90 ~ 95 / 93 / 2	103 ~ 108 / 105 / 12	113 ~ 117 / 115 / 8

注：白 21-1 井气液烃比≤25% 的晚期油气包裹体均一温度为 115 ~ 125 / 120 / 11

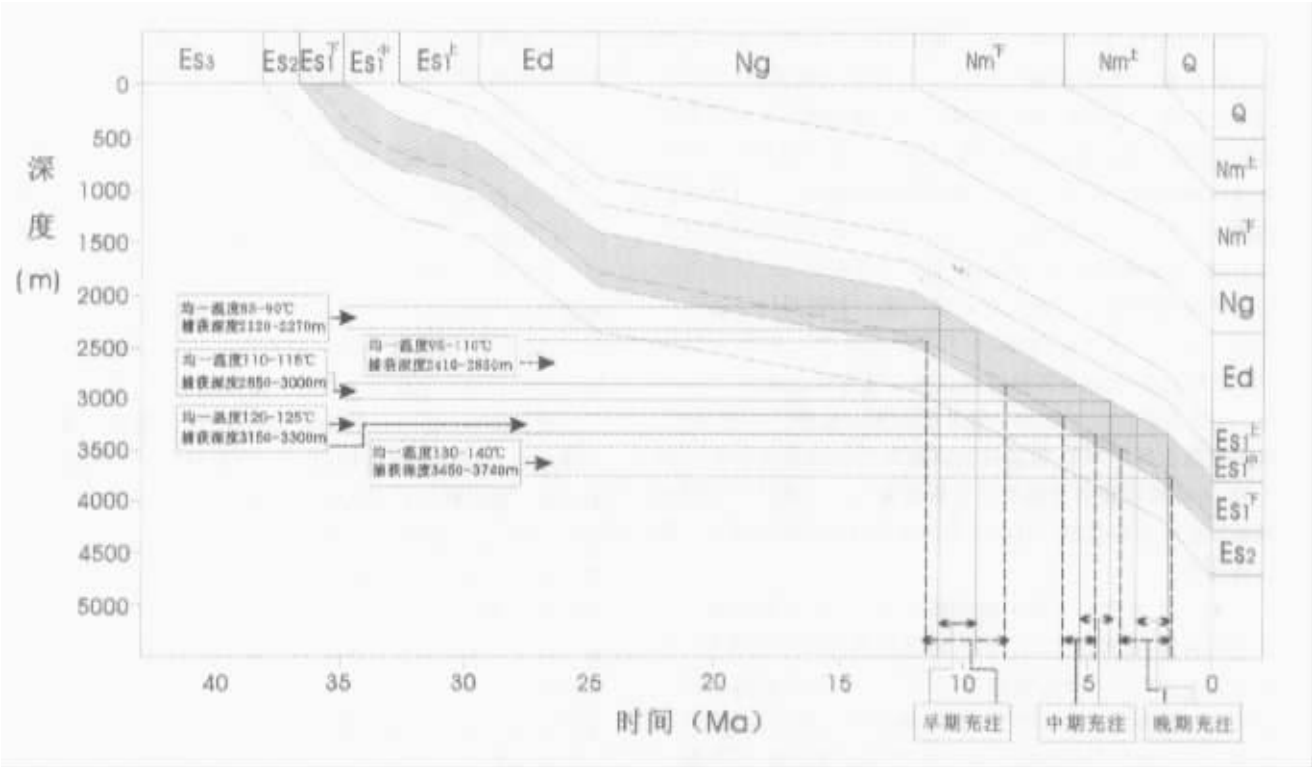


图3 白水头地区沙一下板2、板3与板4油组油气成藏期次图

a. 实线部分表示板2油组；b. 虚线部分表示板3、板4油组

Fig.3 The diagram of charge times and stages of reservoir of b2 ,b3 and b4 oil measures in lower Es₁ in Baishuitou area

5 油气成藏期次

5.1 根据油气包裹体与赋存矿物间关系确定油气成藏期次

储层成岩序次及其中油气包裹体的发育程度、类型、特征研究表明，白水头构造沙一下油气的注入至少可分3期，其中第二、三期为主要成藏期。

第一期油气注入发生在早期微-细晶方解石胶结期间及至石英次生加大之前，其主要证据为早期胶结方解石中发育呈灰褐色或黑褐色的液烃包裹体，并且具有类似特征的液烃包裹体在石英、长石碎屑内的分布均限于未切过次生加大边的早期愈合微裂隙中。总体上，这一期次的油气包裹体发育程度较低，包裹体内均为液烃，呈灰褐色或黑褐色，反映早期低成熟的重-稠油类型，运移规模较小。

第二期油气注入发生在石英次生加大期间至晚期方解石沉淀胶结之前，其主要证据为石英加大边的内-中-外带及中-晚期方解石胶结物中均发育中期的油气包裹体。以气液烃包裹体为主，其次为液烃包裹体和气烃包裹体。此期包裹体发育程度高或极高，其液烃呈灰褐黄色、灰黄色、或结丝网状沥青附于包体壁上，气烃呈深灰色。这些包裹体特征表明油气成熟明显，从早期到晚期油质具有变轻、气烃含量增高显著的趋势，而油气中沥青含量则进一步降低。此

期成藏为深部成熟油气的大规模运移、储集。

第三期油气注入发生在晚期方解石及自生石英、石英胶结物沉淀期间，其主要证据是上述自生矿物中赋存晚期烃包裹体。此期油气包裹体发育程度高，主要为气液烃包裹体，其次为气烃包裹体，或见极少量的液烃包裹体。包裹体中液烃呈淡黄色、透明无色，显示强浅黄色、蓝色荧光，气烃呈灰色显示弱黄色荧光。上述特征表明此期是成熟-高成熟油气的一个大规模运移期。

5.2 根据埋藏史曲线及包裹体均一温度确定油气注入期次

根据以上包裹体均一温度，结合现代盆地模拟技术编制的精细分层埋藏史曲线图①(图3)，即可确定油气成藏期次埋深及对应的时间。

白水头地区沙一下板2油组细砂岩早期含烃盐水包裹体均一温度分布在85~90℃，中、晚期分布在113~114℃和122~125℃两个区间，板3、板4油组早期含烃盐水包裹体均一温度分布在97~119℃，中期含烃盐水包裹体均一温度分布在119~130℃，晚期+分布在130~140℃之间。根据白水头地区及周边地区完钻井的温度测试资料统计，回归

① 廖前进. 1990. 黄骅裂谷盆地油气生成及资源潜力研究. 大港油田勘探开发技术研究中心(内部报告)

计算本区地温梯度为 $3.4^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，取地表温度 13°C ，确定沙一下板 2 油组早、中、晚三期油气包裹体被大量捕获时的古埋深范围分别为 $2120 \sim 2270\text{ m}$ 、 $2850 \sim 3000\text{ m}$ 、 $3150 \sim 3300\text{ m}$ ，根据埋藏史曲线可确定，第一期(早期)烃类注入为明化镇下段沉积早中期，对应的地质时间为 $11 \sim 9.5\text{ Ma}$ 期间，第二期(中期)烃类注入期为明化镇上段早期，其地质时间为 $5\text{ Ma} \pm$ ，第三期(晚期)烃类注入为明化镇上段中晚期到第四系初期，地质时间 $3 \sim 2\text{ Ma}$ 期间(图 3)。板 3、板 4 油组砂岩早、中、晚三期油气包裹体被大量捕获的深度范围分别为 $2410 \sim 2850\text{ m}$ 、 $3150 \sim 3300\text{ m}$ 、 $3450 \sim 3740\text{ m}$ ，根据埋藏史曲线，可以确定第一期烃类注入期为馆陶组沉积末期到明化镇下段沉积中期，地质时间约 $11.5 \sim 8\text{ Ma}$ ，第二期烃类注入期明化镇下段沉积末期到明化镇上段沉积初期，地质时间约为 $5\text{ Ma} \pm$ ，第三期烃类注入期为明化镇上段沉积中期到第四系初期，地质时间约为 $3.5 \sim 2\text{ Ma}$ (图 3)。比较而言，板 2 与板 3、板 4 油组三个油气成藏期次是一致的，只是板 3 与板 4 油组的油气成藏期范围稍大，即油气成藏持续的时间比上覆板 2 油组油气成藏持续时间稍长。

由于白 21-1 井位于白水头断层上升盘，断层活动期间剥蚀程度高，对该井的分层至今还没有统一的认识，模拟出的埋藏史曲线误差较大，不适合用上述方法确定油气成藏期。由于受同一断层控制的同一层段油气成藏具有相似性，可以推断该井滨 I 油组油气成藏期次与上述各油组基本相同。

6 结论

综上所述，白水头构造沙一下储层自第三系以来有三次油气充注过程。第一次发生在馆陶组沉积末期至明化镇下段沉积早中期，约为 $11.5 \sim 8\text{ Ma}$ 期间，此时，白水头各主要断层活动强烈，源区沙三段大部分烃源岩处于低成熟阶段，尽管有少量油气生成，但还未达到大量排烃阶段，在砂岩储层中相应形成少量的油气包裹体。第二次发生在明化镇下段沉积末期到明化镇上段沉积初期，约为 $5\text{ Ma} \pm$ ，白水头构造各主要断层活动仍然强烈，沙三段烃源岩开始进入生排烃高峰，油气运聚规模较大。第三次发生在明化镇上段沉积中晚期到第四系初，约为 $3.5 \sim 2\text{ Ma}$ ，沙三段烃源岩整体进入生排烃高峰，白水头各主要断层活动虽有所减弱，但仍控制着油气的垂向运移，因此，形成了一次规模大、也是区内最重要的一次油气成藏。此外，各细砂岩样品粒间孔隙的荧光特征进一步证实，明化镇下段沉积期末至明化镇上段初和明化镇上段晚期至第四系初是白水头构造沙一下油气藏的两大成藏期。

由上认为，油气的充注是一个不连续的过程，在不同的成岩矿物中检测到不等量油气包裹体发育，表明不同时期的油气注入强度和规模有所差别。因此，油气的注入用幕

式过程来描述更为合理。

References

- Shi Jixi, Li Benchao, Fu Jiamo *et al.* 1987. The relationship of organic inclusions and oil & gas. *Science in China*(Series B), 343 ~ 348(in Chinese)
- Liu Dehan. 1995. Study on inclusion — a kind of useful tool to trace basin fluid. *Earth Science Frontiers*, 2(3):149 ~ 153(in Chinese with English abstract)
- Sun Qiang, Xie Hongsen, Guo Jie *et al.* 2000. Fluid inclusions in sedimentary basins generating petroleum and their application. *Journal of Changchun University of Science and Technology*, 30(1): 42 ~ 45(in Chinese with English abstract)
- Gao Xianzhi, Chen Fajing. 2000. Application of fluid inclusions to determination of the times and stages of hydrocarbon reservoir filling: a case study of Nanbaxian oilfield in the Qaidam basin. *Earth Science Frontiers*, 7(4):548 ~ 554(in Chinese with English abstract)
- Karlsen D A, Nedkvitne T, Larter S R *et al.* 1993. Hydrocarbon composition of authigenic inclusions: application to elucidation of petroleum reservoir filling history. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 57: 3641 ~ 3659
- Editorial Committees of Petroleum Geological Magazine in Dagang Oilfield. 1991. *China petroleum geological magazine*(Vol. 4) Dagang oilfield. Beijing: Petroleum Industry Publishing House(in Chinese)
- Wang Tingbin, Han Dexin, Jiang Liang *et al.* 2001. Relationship between petroleum inclusions and hydrocarbon generation in Taihei depression in Donghai basin. *Journal of China University of Mining and Technology*, 30(1):332 ~ 336(in Chinese with English abstract)
- Zhou Wenwen, Zhang Huolan. 2000. Application of petroleum inclusions in Zhu III Depression. *Acta Petrologica Sinica*, 16(4):677 ~ 686(in Chinese with English abstract)
- Chen Honghan, Zhang Qiming, Shi Jixi. 1997. Fluid inclusions evidence of hydrocarbon-bearing fluid activity in southeastern Qiong basin. *Science in China*(series D), 343 ~ 348(in Chinese)

附中文参考文献

- 施继锡,李本超,傅家谟等. 1987. 有机包裹体及其与油气的关系. *中国科学*(B 辑), 318 ~ 325
- 刘德汉. 1995. 包裹体研究——盆地流体追踪的有力工具. *地学前缘*, 2(3):149 ~ 153
- 孙樯,谢鸿森,郭捷等. 2000. 含油气盆地流体包裹体及应用. *长春科技大学学报*, 30(1):42 ~ 45
- 高先志,陈发景. 2000. 应用流体包裹体研究油气成藏期次——以柴达木盆地南八仙油田第三系储层为例. *地学前缘*, 7(4): 548 ~ 554
- 大港油田石油地质志编辑委员会编. 1991. *中国石油地质志*(卷 4) 大港油田. 北京:石油工业出版社
- 王延斌,韩德馨,姜亮等. 2001. 东海盆地台北坳陷油气包裹体与油气生成. *中国矿业大学学报*, 30(4):332 ~ 336
- 周雯雯,张伙兰. 2000. 珠三坳陷油气包裹体应用研究. *岩石学报*, 16(4):677 ~ 686
- 陈红汉,张启明,施继锡. 1997. 琼东南盆地含烃热流体活动的流体包裹体证据. *中国科学*(D 辑), 343 ~ 348