

白庙构造油气成藏特征

张洪安^{1,2}, 李继东²

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中原油田分公司勘探开发研究院, 河南濮阳 457001)

摘要: 白庙构造位于东濮凹陷兰聊断裂带中部, 现已发现 7 套含油气层系。根据自生伊利石测年法及流体包裹体法综合分析, 白庙构造油气藏分为 4 期成藏: 第一期约在 38 Ma, 相当于沙河街组三段沉积期, 此期因构造活动强, 油气藏难以保存, 所以此期对成藏意义不大。第二期约在 28~ 31.4 Ma, 相当于东营组沉积时期, 此期类似于第一期。第三期在 25.4~ 20.4 Ma, 相当于东营组沉积后的抬升剥蚀期, 由于东营组沉积后的抬升剥蚀, 压力下降, 断裂活动强度变小, 有利于油气成藏, 所以, 此期为油气藏的主要形成时期。第四期为 2 Ma, 为油气藏重新调整、分配时期。白庙构造油气藏的形成与兰聊断层的活动强度密切相关, 随着活动强度的增加, 流体压力不断加强, 直至超过岩石的破裂强度, 油、气、水以混相形式排出; 当温度、压力下降时, 油、气、水三相分离, 于高压体系上部形成油气藏。这一过程周而复始, 形成了白庙地区独特的三层式压力系统。

关键词: 自生伊利石; 流体包裹体; 成藏期次; 成藏过程; 白庙构造

第一作者简介: 张洪安, 男, 38 岁, 高级工程师(博士生), 油气成藏及勘探部署

中图分类号: TE112.41

文献标识码: A

白庙构造位于东濮凹陷兰聊断裂带中部, 是受基底隆起和兰聊断层控制的半背斜构造, 西与桥口油气田相望, 南北分别倾伏于葛岗集和前梨园洼陷, 现已发现 7 套含油气层系: 沙河街组二段下亚段为纯气层, 以煤成气为主, 分布在构造高点附近; 沙河街组三段为带油环的凝析气藏, 含油气范围扩大, 在白 7 断层以南为气藏, 以油型气为主, 白 7 断层以北至前 10 井区为油藏; 沙河街组四段仅在构造高点附近少部分井钻达, 并发现气层; 二叠系仅白 56 井钻达, 并发现煤型气。

1 成藏期次

油气成藏期次是油气勘探地质评价目标的一个十分关键的问题, 传统的研究方法一般是依据构造演化分析法、圈闭形成期次法、烃源岩主排烃期次法等, 其理论基础是盆地分析、油气运聚机理及生排烃理论, 其方法简单、快捷, 但不能对油气藏形成期次进行更为细致的刻划。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, 因而在岩层中留下了其运聚成藏或被改造的“痕迹”。应用一些新的方法对油气成藏或改造的痕迹进行研究和测定^[1~3], 就可以确定油气成藏期。

1.1 自生伊利石测年法

利用自生矿物伊利石同位素测年法分析烃类注入储集层的时间是国际上 20 世纪 80 年代后期逐步发展起来的新技术, 伊利石 K-Ar 定年准确性的关键在于分离出的矿物是否为纯净的自生伊利石, 因此样品分离时要防止碎屑矿物的混入, 另外须对样品进行 X 衍射和扫描电镜分析, 了解其矿物的组成和大小分布, 判断样品是否适合做同位素测年分析。粒径小的丝发状的自生伊利石是测年的对象。

白庙地区测年结果(表 1)表明该区油气分三期注入: 一期为 38 Ma, 相当于沙河街组三段沉积期; 二期为 28~ 31.4 Ma, 相当于东营组沉积时期; 三期为 25.4~ 20.4 Ma, 相当于东营组沉积后的抬升剥蚀时期(图 1)。并以第三期为主(图 1), 说明东营运动之后, 该区进入整体抬升剥蚀, 断裂活动强度变小, 有利于油气成藏。

1.2 流体包裹体法

深部储层中饱含水, 包裹体形成时为单一液相, 当包裹体样品采至地面后, 温度压力降低, 包裹体内液相中气体分离出来形成气液两相, 实验表明在此过程中温度是主导因素。因此在冷热台上将包裹体加热至气相消失, 包裹体只有均一液相时的温度就是包裹体在深部储层中形成的温

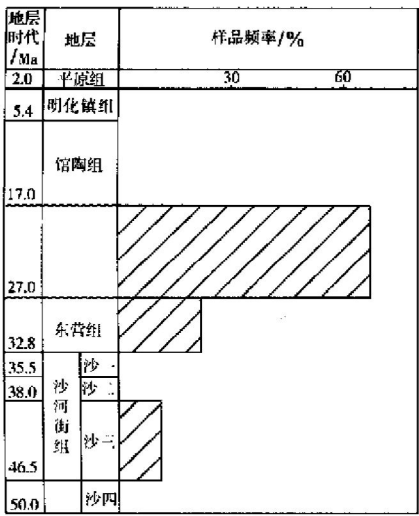


图 1 白庙伊利石测年频率分布
Fig. 1 Frequency distribution of illite dating in Baimiao structure

度,根据此温度以及盆地的古地温模式及储层埋藏历史,就可确定包裹体形成时的地层埋深相对应的地质年代。因此测量与烃类包裹体同期形成的盐水包裹体的均一温度,就可以确定油气藏形成时间。

选取的包裹体主要为石英次生包裹体,生长在石英矿物颗粒之内的裂缝中,大小为 4~ 7 μm,主要为液烃、气液、气烃包裹体(表 2)。应用包裹体测温法判定油气藏形成时期、埋藏史及热史恢复十分重要。东濮凹陷东营组末经历了较大的抬升剥蚀,根据镜质体反射率与现今埋藏深度关系判定,前梨园凹陷、桥口地区东营组以来属于超补偿状态,白庙地区属于欠补偿状态。因此前梨园洼陷和葛岗集洼陷有两次大的天然气生成时期,即东营组和馆陶组—第四纪,而白庙地区天然气生成时期主要在东营组,馆陶组—第四纪以来主要是汇聚前梨园洼陷与葛岗集洼陷生成的油气。

表 1 白庙地区含油气储层自生伊利石测年结果
Table1 Results of authigenic illite dating of hydrocarbon reservoirs in Baimiao area

样品编号	层位	井深/m	岩性含油性	K/ %	年龄/Ma	矿物组成/ %					
						伊利石	伊蒙混层矿物	蒙脱石	高岭石	绿泥石	其他
B18- 2	Es ₃ ²	3 607.0	含气粉砂岩	4.32	25 ±4.8	72	14	4	3	5	2
B24	Es ₃ ²	3 285.7	含气粉砂岩	5.14	23 ±2.5	74	21	0	0	3	2
B55	Es ₃ ³	4 047.0	含气粉砂岩	4.04	38 ±2.8	65	22	0	4	2	7
B9	Es ₃ ²	3 443.3	含气粉砂岩	4.25	20.4 ±2.5	57	31	0	6	3	3
B52	Es ₃ ¹	3 201.2	含气粉砂岩	3.90	21.9 ±4.4	64	24	2	4	3	3
B14	Es ₂	2 984.4	含气粉砂岩	4.04	25 ±3.8	68	25	4	2	1	0
B11- 1	Es ₃ ³	3 822.7	含气粉砂岩	4.11	25.4 ±2.5	79	11	3	1	2	4
B11- 2	Es ₃ ³	3 858.6	含气粉砂岩	5.03	28 ±2.8	78	10	2	0	3	7
B16- 2	Es ₃ ³	3 937.2	含气粉砂岩	5.25	31.4 ±2.5	65	12	4	12	4	3

表 2 白庙地区油气储层流体包裹体测温结果
Table 2 Results of temperature measurement of fluid inclusion in hydrocarbon reservoirs in Baimiao area

编号	井深/m	层位	岩性	类型	赋存矿物产状	测温类型	共生类型	气液比 / %	均一相态	均一温度* / °C
B10	3 070	Es ₃ ¹	含气粉砂岩	次生	碎屑石英	含烃盐水包裹体	早期油气包裹体	≤5	液相	106(1)
B10	3 070	Es ₃ ¹	含气粉砂岩	次生	碎屑石英	含烃盐水包裹体	中期油气包裹体	≤5	液相	91.2(5)
B10	3 070	Es ₃ ¹	含气粉砂岩	次生	碎屑石英	含烃盐水包裹体	晚期油气包裹体	≤5	液相	113.25(4)
B9	3 443.3	Es ₃ ³	含油粉砂岩	次生	碎屑石英	—	早期油气包裹体	—	—	—
B9	3 443.3	Es ₃ ³	含油粉砂岩	次生	碎屑石英	含烃盐水包裹体	中期油气包裹体	≤5	液相	111.25(2)
B9	3 443.3	Es ₃ ³	含油粉砂岩	次生	碎屑石英	含烃盐水包裹体	晚期油气包裹体	≤5	液相	126.12(8)
B52	3 201.2	Es ₃ ¹	含油粉砂岩	次生	碎屑石英	含烃盐水包裹体	早期油气包裹体	≤5	液相	121.5(2)
B52	3 021.2	Es ₃ ¹	含油粉砂岩	次生	碎屑石英	含烃盐水包裹体	中期油气包裹体	≤5	液相	103.2(5)
B52	3 201.2	Es ₃ ¹	含油粉砂岩	次生	碎屑石英	含烃盐水包裹体	晚期油气包裹体	≤5	液相	117.5(6)
B11- 1	3 822.7	Es ₃ ³	含油粉砂岩	次生	碎屑石英	—	早期油气包裹体	—	—	—
B11- 1	3 822.7	Es ₃ ³	含油粉砂岩	次生	碎屑石英	含烃盐水包裹体	中期油气包裹体	≤5	液相	124(2)
B11- 1	3 822.7	Es ₃ ³	含油粉砂岩	次生	碎屑石英	含烃盐水包裹体	晚期油气包裹体	≤5	液相	138.22(9)
B11- 2	3 858.8	Es ₃ ³	含气粉砂岩	次生	碎屑石英	—	早期油气包裹体	—	—	—
B11- 2	3 858.8	Es ₃ ³	含气粉砂岩	次生	碎屑石英	含烃盐水包裹体	中期油气包裹体	≤5	液相	123.58(7)
B11- 2	3 858.8	Es ₃ ³	含气粉砂岩	次生	碎屑石英	含烃盐水包裹体	晚期油气包裹体	≤5	液相	138.5(4)

* : () 内数值代表测点数目

白庙地区白 11 井沙河街组三段 3 亚段 3 205.5 m 采集两个样品, 其中 B11-1 为含油粉砂岩, B11-2 为含气粉砂岩。包裹体形成共分 3 期: 早期赋存于碎屑石英中, 均属液态包裹体; 中期油气包裹体赋存于碎屑矿物中, 液烃呈灰褐黄色、或结丝网状、斑点状沥青附于包裹体壁上, 显弱黄色、褐黄色荧光或未显荧光, 气烃呈灰黑或深灰色, 仅见少量液烃、气液烃包裹体。同期含烃盐水包裹体均一温度在 122~126 °C 之间, 平均 124 °C; 晚期油气包裹体赋存于碎屑矿物及胶结物中, 见液烃、气液烃及气烃 3 种包裹体, 其中在白 11 井均一温度在 135~141 °C 之间, 平均为 138.5 °C。从包裹体均一温度与深度关系图来看(图 2), 白庙地

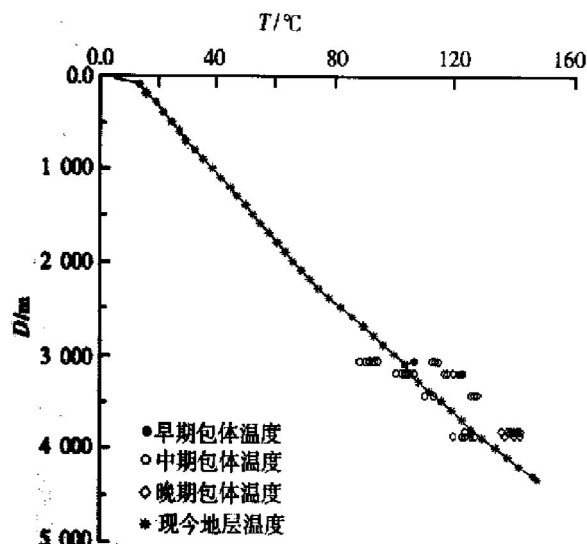


图 2 包裹体测温与现今地层温度对比

Fig. 2 Comparison between temperature measurement of fluid inclusion and present formation temperature.

区晚期包裹体均一温度明显高于现今地层温度, 表明油气来自于邻区, 其成熟度高, 而中期包裹体均一温度与现今地层温度接近。中期包裹体均一温度平均为 124 °C, 从埋藏史及古地温演化与均一温度的关系判定, 天然气于 27~20 Ma 注入储层; 晚期包裹体均一温度为 138.5 °C, 高于现今地层温度, 因此可以判定天然气来自邻区更深部位的洼陷带, 注入时期为 2 Ma 以后(图 3)。

1.3 综合分析

白庙构造天然气注入分为 4 期: 第一期为 38 Ma, 相当于沙河街组三段沉积期, 由于后期构造活动强而难以保存, 对成藏意义不大; 第二期为 28~31.4 Ma, 相当于东营组沉积时期, 受东营

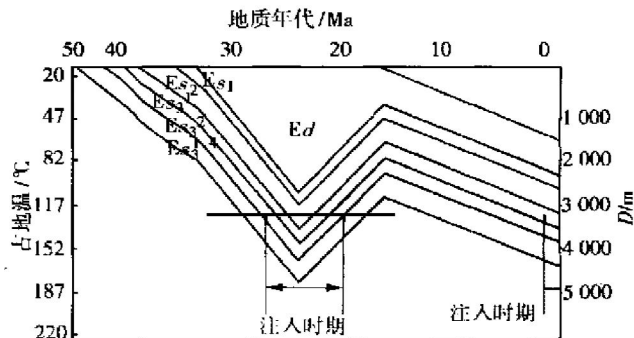


图 3 白庙地区天然气注入时期

Fig. 3 Charging periods of natural gas in Baimiao area

运动的影响对成藏意义也不大; 第三期为 25.4~20.4 Ma, 相当于东营组沉积后的抬升剥蚀时期, 由于东营组沉积后的抬升剥蚀期压力下降, 断裂活动强度变小, 有利于油气成藏, 是天然气藏的最主要形成时期; 第四期为 2 Ma, 相当于第四纪以来, 前梨园洼陷及葛岗集洼陷继续生气, 持续向白庙构造运移、聚集成藏, 再加上前期形成的油气藏重新调整、分配, 形成了白庙现今复杂的油气分布格局。20 世纪 90 年代的研究表明, 很多油气藏特别是与断层和超压有关的油气藏的充注是幕式的, 大型油气藏可以在相对较短的地质时间内形成^[4], 白庙构造的成藏也表现为多期充注、一次为主的特点。

白庙构造天然气成藏期总体具有北早、南晚, 西早、东晚的特点(图 4), 以杜寨断裂为界分为两

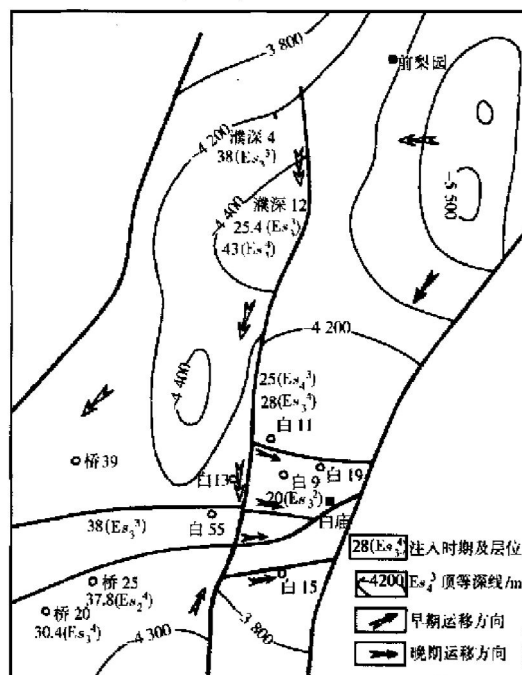


图 4 白庙地区油气藏成藏期分析

Fig. 4 Analysis of hydrocarbon reservoiring stages in Baimiao area

块:杜寨断裂以西成藏早,以沙河街组三期为主(38~31 Ma);杜寨断裂以东成藏晚,以东营组沉积期及其后的抬升剥蚀期为主。

2 成藏过程

东营后期由于兰聊断层的活动强度减弱,封堵能力增强,从洼陷带运移来的油气聚集在构造顶部。随着规模的增大,油气藏中的流体压力逐渐升高,形成异常高压,当压力超过了岩石的破裂强度时,油气与水一起以混相或独立相态排出,当压力、温度降低,油、气、水三相分离,在高压体系上部形成油气藏,随着这一过程的继续,形成又一超压界面,这一过程周而复始形成了白庙地区三层式的压力系统和油气藏(图5)。在东西方向上

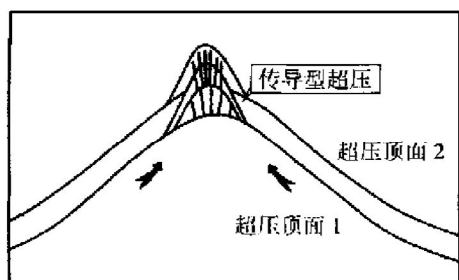


图5 白庙汇聚型成藏样式
Fig. 5 Convergent type reservoiring pattern in Baimiao

靠近兰聊断层一侧的沙河街组二段为煤层气,是后期沿兰聊断层运移上来的;断阶上的沙河

街组三段以凝析气为主,局部有煤层气混入;杜寨断层下降盘则以油为主,并且出现了边水,在深洼部位可发育一些岩性气藏,形成了完整的成藏序列。

3 结论

利用伊利石测年、流体包裹体测温技术和演化史分析,确立了白庙构造天然气注入分为4期:第一期为38 Ma,相当于沙河街组三段沉积期;第二期为28~31.4 Ma,相当于东营组沉积时期;第三期为25.4~20.4 Ma,相当于东营组沉积后的抬升剥蚀时期,是天然气藏的最主要形成时期;第四期为2 Ma,相当于第四纪以来,前梨园洼陷及葛岗集洼陷继续生气,持续向白庙构造运移、聚集成藏,再加上前期形成的油气藏重新调整、分配。白庙构造油气为多期充注、一次为主,形成了白庙现今复杂的具三层式压力系统的油气分布格局。

参考文献

- 1 任战利. 中国北方沉积盆地构造热演化史[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999
- 2 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): 540~546
- 3 辛仁臣, 田春志, 窦同君. 油藏成藏年代学分析[J]. 地学前缘, 2000, 7(3): 48~54
- 4 郝芳, 邹华耀, 姜建群. 油气成藏动力学及其研究进展[J]. 地学前缘, 2000, 7(3): 11~21

HYDROCARBON RESERVOIRING CHARACTERISTICS IN BAIMIAO STRUCTURE

Zhang Hongan^{1,2} Li Jidong²

(1. China University of Geosciences, Beijing;

2. Research Institute of Exploration & Development, Zhongyuan Oilfield, Puyang, Henan)

Abstract: 7 hydrocarbon-bearing sequences have been found in Baimiao structure, located in the central part of Lanliao fault in Dongpu depression. According to the comprehensive analysis of authigenic illite dating and fluid inclusion methods, the reservoiring in Baimiao structure can be divided into 4 stages: the first stage is about in 38 Ma, corresponding to the deposition of 3rd member of Shahejie Formation; as a result of the strong tectonic movement, oil and gas reservoirs would be hard to preserve, so this stage would be of no significance for reservoiring of oil and gas. The second stage is in 28~31.4 Ma, equivalent to the deposition of Dongying formation, which is similar to the first stage. The third stage is about in 25.4~20.4 Ma, relative to the elevation-denudation period after deposition of Dongying formation, the strength of fault movement becomes weak with the pressure decreasing, which is favorable to

the reservoiring of oil and gas. The fourth stage is in 2 Ma, which is the readjustment and redistribution period of oil & gas reservoirs. The formation of oil and gas reservoirs in Baimiao structure is closely related to active strength of Lanliao fault. With increasing the active strength, fluid pressure would become higher and higher, and even exceed the rupture strength of rocks; as a result, oil, gas and water would then be expelled in mixed phase; and when temperature and pressure decrease, oil, gas and water would be separated, the reservoirs would then be formed on the upper part of high-pressure system. Owing to this progress going round and round, a special three-storied pressure systems have been formed in Baimiao region.

Key words: authigenic illite; fluid inclusion; reservoiring stages; reservoiring process; Baimiao structure

(上接第 41 页)

部延续的部分是深部油气藏勘探的最有利部位。

(3) 位于成熟的生油岩系之上的各级层序中, 盆地边缘粗粒沉积体系成岩作用较弱, 孔隙度高, 为好储层。但它们不能通过沉积体系自身与生油岩系贯通, 通常只能接受以断层为通道垂向运移来的油气而成藏。因此, 沉积体系与同沉积断裂系统的配置关系是这类油气藏成藏的关键。

参 考 文 献

1 Ailen G P, di Pasamentier H W. Sequence stratigraphy and facies model

of incised valley fill: the Gironde estuary[J]. *France Journal of Sedimentary Petrology*, 1993, 63: 378~ 391

- 2 李思田. 沉积盆地的动力学分析——盆地研究领域的主要趋向[J]. *地学前缘*, 1995, 2(3): 1~ 9
- 3 解习农, 程守田, 陆永潮. 陆相盆地幕式构造旋回与层序构成[J]. *地球科学——中国地质大学学报*, 1996, 21(1): 27~ 33
- 4 董月霞, 周海民, 夏文臣. 南堡凹陷火山活动与裂陷旋回[J]. *石油与天然气地质*, 2000, 21(4): 304~ 307
- 5 丛良滋, 周海民. 南堡凹陷主动裂谷多幕拉张与油气的关系[J]. *石油与天然气地质*, 1998, 19(4): 296~ 301

RELATIONSHIP BETWEEN TERTIARY SEQUENCE STRATIGRAPHY AND OIL RESERVOIRING IN NANPU DEPRESSION

Dong Yuexia^{1,2} Zhou Haimin^{1,2} Xia Wenchen¹

(1. *China University of Geosciences, Wuhan, Hubei*; 2. *Jidong Oilfield, CNPC, Tangshan, Hebei*)

Abstract: According to the genetic sequence interfaces and regional tectonic movement, Tertiary strata in Nanpu depression can be divided into 7 super-sequences, missing only the 2nd super-sequence by comparison with other basins in Bohai Gulf. Each of these super-sequences generally constitutes a complete source-reservoir assemblage. The deep lacustrine mudstone in the middle sequence set is a relatively good source rock, and the wedge-shaped, coarse-grain sedimentary system in the lower sequence set is a good reservoir rock. So, the most prospective position for deep hydrocarbon reservoir exploration might be the part of coarse-grain deposition system in the lower position, which is extending to the central part of the basin.

Key words: sequence interface; Tertiary; hydrocarbon reservoir; oil source rock; reservoir; Nanpu depression