

文章编号: 1000-0550(2012)04-0779-08

东濮凹陷白庙地区深层天然气成藏期次研究^①

崔军平 任战利 钟高润

(西北大学大陆动力学国家重点实验室/地质学系 西安 710069)

摘要 白庙地区是东濮凹陷勘探程度较高的含油气区,生气条件十分优越,已发现了 $E_{s_2}^{\text{下}}$ 、 $E_{s_3}^1$ 、 $E_{s_3}^2$ 、 $E_{s_3}^{3-4}$ 套主要含油气层系。根据伊利石测年法和包裹体均一温度法综合分析了白庙地区天然气充注历史。研究表明白庙地区天然气主要分两次注入储层,一次为31.4~20.4 Ma,相当于东营组—馆陶组早期,另一次为2 Ma,相当于第四纪以来;第一阶段天然气成藏时期年龄绝大部分落入了剥蚀期年龄(27~17 Ma)段,是天然气藏的最主要形成时期,抬升剥蚀期压力下降,更有利于天然气成藏;第二阶段为2 Ma,相当于第四纪以来,馆陶组沉积以来白庙地区为欠补偿状态,无二次生气过程,一方面前梨园洼陷及葛岗集洼陷继续生气,生成的天然气向白庙构造运移,聚集成藏;另一方面是第一阶段形成气藏的重新调整。白庙地区天然气成藏期总体具有西早、东晚、北早、南晚的特点。

关键词 东濮凹陷 白庙地区 自生伊利石 包裹体 油气藏形成期

第一作者简介 崔军平 男 1978年出生 博士 讲师 石油地质学 E-mail: cuijp@nwu.edu.cn

中图分类号 TE122.2 **文献标识码** A

油气成藏期次分析是现代油气地质研究的一个热点问题,成藏期次的确定有助于正确认识油气藏的形成规律。近年来在成藏年代学研究方面取得了重要进展,总结出了多种研究方法,如储层自生伊利石年代学分析法,流体包裹体显微测温法,饱和压力法,圈闭形成史分析法,生排烃史分析法等^[1~13]。不同方法所确定的成藏年代意义不同,其中圈闭形成史分析法,生排烃史分析法所确定的是成藏最早的极限时间,而饱和压力法和储层自生伊利石年代学分析法可以确定成藏的年龄,包裹体测温法结合热演化史和埋藏史可以更好地确定油气成藏时期。但这些方法由于影响因素的差异,分析精度存在一定差别,所以在确定油气成藏期时应多种方法综合分析,才能更为准确的确定油气藏的形成时期。

近年来,随着油气勘探力度的加大,油气勘探逐渐从浅层找油转入深层找气,深层天然气勘探也取得了很大进展,在不少盆地深层找到了大气田。白庙地区位于东濮凹陷的东部,已发现了 $E_{s_2}^{\text{下}}$ 、 $E_{s_3}^1$ 、 $E_{s_3}^2$ 和 $E_{s_3}^{3-4}$ 套主要含油气层系,主要以含气为主,现已发现了一批工业气流井,如白55井、白21井已见气和白12井获高产油流。由于白庙构造油气关系复杂,对于油气成藏规律研究较为薄弱,至今没有进行系统

详细的分析,影响了天然气勘探步伐。因此本文在大量测试数据的基础上,应用伊利石测年法和流体包裹体均一温度法结合热演化史对白庙地区天然气成藏规律进行了研究,取得了一些定量性的新认识。对东濮凹陷深层气勘探具有一定的指导意义。

1 地质背景

白庙构造位于东濮凹陷兰聊断裂带中部的前梨园洼陷与葛岗集洼陷的结合部,区内发育以兰聊、杜寨为代表的北北东向断裂,是受兰聊断裂和杜寨断层共同控制的一个继承性半背斜构造,西与桥口构造相望,南北倾伏于生油洼陷,勘探面积120 km²。白庙地区发育有北北东向延伸的兰聊断层、杜寨断层和近东西向的两组断裂,可分为3个活动时期:①早期形成,继承性发育的兰聊断层和杜寨断层;② $E_{s_3}^4$ 早期发育,结束于 $E_{s_3}^1$ 时期的近东西向断层;③ E_{s_2} 时期形成,东营组结束的近东西向断层。白庙构造在 E_{s_4} 开始形成, $E_{s_3}^4$ 大规模发展, $E_{s_3}^2$ 之后活动强度逐渐减小,趋于停止。杜寨断层和白12断裂系,于 E_{s_3} 后期趋于停止。沙二—东营期,由于兰聊断层的强烈活动,在其下降盘形成大型滚动背斜,东营末期发生大规模抬升剥蚀,白庙构造定型。

^①《东濮凹陷杜桥白地区深层油气藏形成机理及控制因素研究》和《东濮及邻区热演化史与古生界二次生烃史分析》及国家自然科学基金项目(批准号:41002040)资助。

收稿日期:2011-03-21;收修稿日期:2011-11-07

2 油气藏分布特征

白庙构造以含气为主,深层油层、气层均有一定范围的分布,已发现了 $E_{s_2}^{\text{下}}$ 、 $E_{s_3}^1$ 、 $E_{s_3}^2$ 、 $E_{s_3}^{3-4}$ 套含油气层系,含气面积上小下大,白庙气藏为带油环的气顶气藏,油气分布具上气下油的宝塔形特征。白庙地区原油密度低,从 $0.755 \sim 0.8428 \text{ g/cm}^3$,一般在 0.802 g/cm^3 ,天然气相对密度 $0.57 \sim 0.78 \text{ g/cm}^3$,甲烷含量为 $81.32\% \sim 12.43\%$,为含凝析油的湿气。其中: $E_{s_2}^{\text{下}}$ 含气范围最小,集中在构造高点的白7井—白14井—白15井一带; E_{s_1} 含气范围有所扩大,集中在构造高部位的白7井—白8井一带,气水界面向低部位推进; E_{s_2} 含气范围继续扩大,由构造高部位向翼部推至白13井、白21井附近; $E_{s_3}^{3-4}$ 气层物性较差,产能低。该地区含气主要富集区偏于构造北翼(图1)。

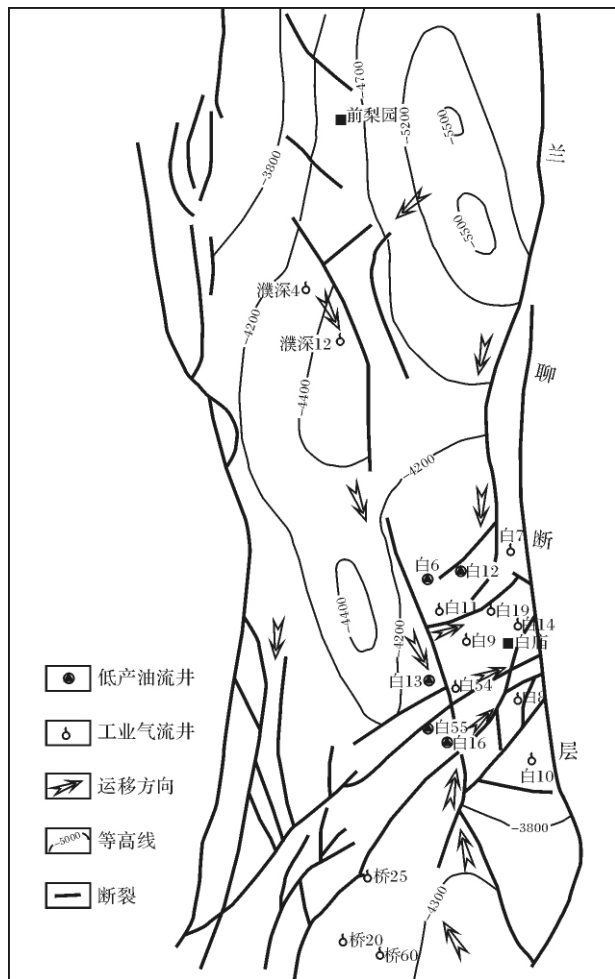


图1 白庙地区油气藏分布图

Fig. 1 The distribution of oil-gas reservoirs in Baimiao area

白庙地区 $E_{s_3}^1$ 、 $E_{s_3}^2$ 天然气性质呈一定变化规律,由北边白7井和白14井向南边的白8井和白10井甲烷的含量逐渐减少,且自上而下随层位变老,含气面积逐渐向前梨园洼陷方面扩展(图1)。

白庙构造 $E_{s_3}^3$ — $E_{s_4}^3$ 油气埋藏深,一般在 $3600 \sim 4100 \text{ m}$ 之间。由于白庙地区 $E_{s_3}^3$ — $E_{s_4}^3$ 储集层相对不发育,砂岩百分比低,油气层纵向上比较分散。构造复杂破碎,断块多,在白庙构造形成过程中发育了两期不同性质的配套断层,它们断距小、延伸短、数目较多,将深层 $E_{s_3}^3$ — $E_{s_4}^3$ 油气藏切割为多个小断块,形成多断块油气藏。

3 油气成藏期次分析

油气成藏期次分析是现代油气地质研究的一个热点问题,成藏期次的确定有助于正确认识油气藏的形成规律。考虑到本地区油气藏形成历史的复杂性,在确定油气藏形成时期时,利用自生伊利石测年方法,并结合包裹体均一温度法来综合确定油气成藏期。

3.1 自生伊利石测试结果及其解释

砂岩储集层中自生伊利石是烃类在充填富钾的水介质储层前最晚形成的自生矿物,油气进入储层后,其形成过程便会停止。因此,可利用伊利石的年龄来判断储层中油气藏形成年龄^[4-9]。

首先,对所采含油气储层样品进行自生伊利石矿物分离,选择出适合作同位素年代学分析的样品,通过实验确定 $<0.1 \mu\text{m}$ 粒级的丝发状的自生伊利石为同位素测年的对象,对9个样品进行了伊利石测年分析(表1)。结果表明,白庙地区油气注入储集层主要有两期:第一期为距今 $31.4 \sim 25 \text{ Ma}$,相当于东营组沉积时期;第二期为距今 $23 \sim 20.4 \text{ Ma}$,相当于馆陶组沉积时期^①(图2)。

3.2 储层流体包裹体均一温度判定油气成藏期

流体包裹体是成岩矿物结晶时所捕获的部分成矿流体。流体包裹体的成分、相态、丰度、均一温度及盐度等指数,能够反映不同成矿阶段的地球物理化学条件。流体包裹体的均一温度法可以准确确定油气藏的形成时期。原理是在深部储层中含水包裹体形成时,包裹体只有单一液相,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。

① 任战利,崔军平.东濮凹陷杜桥白地区深层油气藏形成机理及控制因素报告[R].西北大学,2001

表 1 白庙地区含油气储层自生伊利石测年结果

Table 1 Results of authigenic illite dating of hydrocarbon reservoirs in Baimiao area

样品编号	层位	井深/m	岩性	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	含气粉砂岩	4.32	25.0 ± 4.8	72	14	4	3	5	2
B24	Es ₃ ²	3 285.7	含气细砂岩	5.14	23.0 ± 2.5	74	21	0	0	3	2
B55	Es ₃ ³	4 047	含气细砂岩	4.04	38.0 ± 2.8	65	22	0	4	2	7
B9	Es ₃ ²	3 443.3	含油粉砂岩	4.25	20.4 ± 2.5	57	31	0	6	3	3
B52	Es ₃ ¹	3 201.2	含油细砂岩	3.9	21.9 ± 4.4	64	24	2	4	3	3
B14	Es ₂	2 984.4	含气细砂岩	4.04	25.0 ± 3.8	68	25	4	2	1	0
B11-1	Es ₃ ³	3 822.7	含油粉砂岩	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	28.0 ± 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

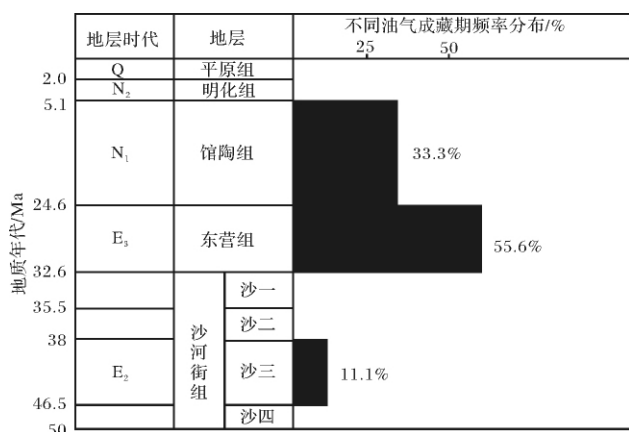


图 2 白庙地区伊利石测年确定的油气成藏期次频率分布图
Fig.2 Frequency distribution of oil-gas reservoirs formation stages of illite dating in Baimiao area

因此,在冷热台上将包裹体加热至气相消失,包裹体中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度。根据此温度以及盆地的古地温模式和埋藏史,就可以确定包裹体形成时的地层埋深及对应的地质时代,就可确定油气藏形成时期^[14-17]。

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	测温类型	包裹体 共生类型	气液比	均一相态	均一温度	
									平均温度/℃	测点数目/个
B10	3 070	Es ₃ ¹	含气粉砂岩	次生	含烃盐水包裹体	早期油气	≤5	液相	106	1
B10	3 070	Es ₃ ¹	含气粉砂岩	次生	含烃盐水包裹体	中期油气	≤5	液相	91.2	5
B10	3 070	Es ₃ ¹	含气粉砂岩	次生	含烃盐水包裹体	晚期油气	≤5	液相	113.2	4
B9	3 443.3	Es ₃ ³	含油粉砂岩	次生	含烃盐水包裹体	中期油气	≤5	液相	111.2	2
B9	3 443.3	Es ₃ ³	含油粉砂岩	次生	含烃盐水包裹体	晚期油气	≤5	液相	126.1	8
B52	3 201.2	Es ₃ ¹	含油细砂岩	次生	含烃盐水包裹体	早期油气	≤5	液相	121.5	2
B52	3 201.2	Es ₃ ¹	含油细砂岩	次生	含烃盐水包裹体	中期油气	≤5	液相	103.2	5
B52	3 201.2	Es ₃ ¹	含油细砂岩	次生	含烃盐水包裹体	晚期油气	≤5	液相	117.5	6
B11-1	3 822.7	Es ₃ ³	含油粉砂岩	次生	含烃盐水包裹体	中期油气	≤5	液相	124	2
B11-1	3 822.7	Es ₃ ³	含油粉砂岩	次生	含烃盐水包裹体	晚期油气	≤5	液相	138.22	9
B11-2	3 858.8	Es ₃ ³	含气粉砂岩	次生	含烃盐水包裹体	中期油气	≤5	液相	123.6	7
B11-2	3 858.8	Es ₃ ³	含气粉砂岩	次生	含烃盐水包裹体	晚期油气	≤5	液相	138.5	4

对白庙地区 10 块样品进行了研究,选取 4 块包裹体发育较好的样品,进行了包裹体均一温度测定。包裹体类型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)。

从所测包裹体均一温度与深度及现今地温关系来看,包裹体均一温度随深度增加而增高,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(图 3)。

应用包裹体均一温度法判定油气藏形成时期,精确恢复盆地埋藏史及热演化史十分重要,尤其是盆地热演化史,甚至可以直接用于判断油气藏形成时期^[18-20]。东营组沉积末期,东濮凹陷经历了较大的抬升剥蚀,研究其剥蚀厚度和之后的沉积厚度关系,对油气藏形成时期的判定十分重要。根据白庙地区镜质体反射率(R_o)与现今埋藏深度(H)关系判定,白庙地区属于欠补偿状态(图 4)。

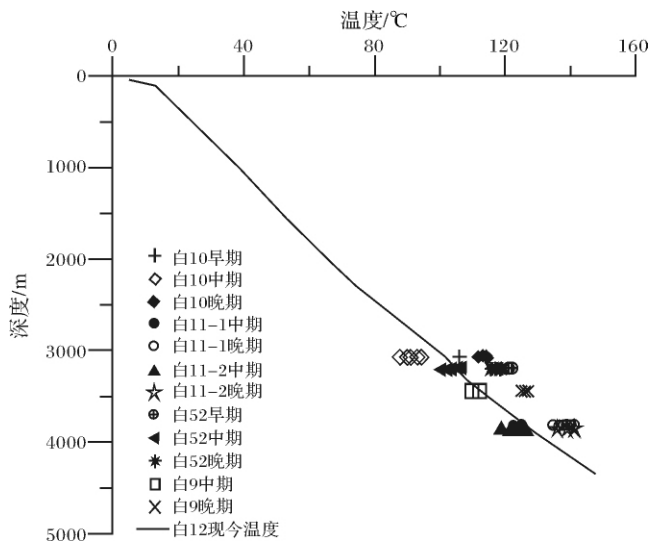


图3 白庙地区包裹体均一温度与现今地层测温关系图

Fig. 3 Comparison between temperature measurement of fluid inclusion and present formation temperature

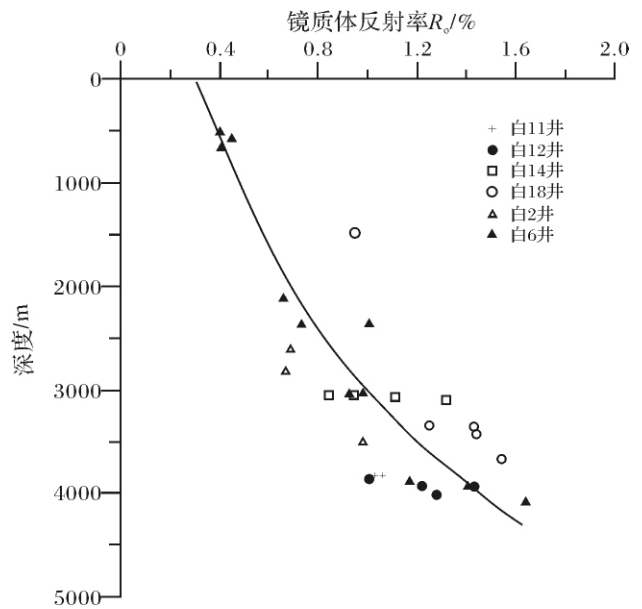


图4 白庙地区镜质体反射率(R_o %)与深度关系图

Fig. 4 Comparative graph of vitrinite reflectance and depth in Baimiao area

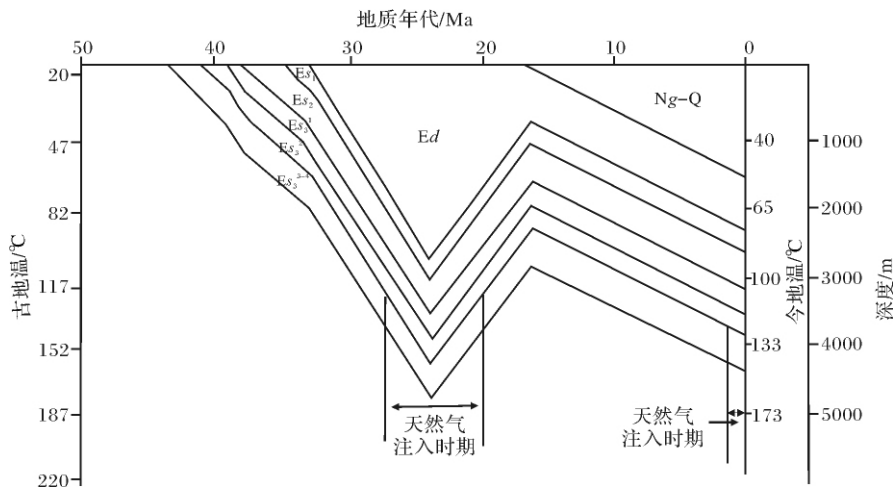


图5 白庙地区白11井天然气注入时期图

Fig. 5 Charging periods of natural gas in Baimiao area

白庙地区白11井所采样品来自于 E_{s3}^3 层段,其中 B11-1 为含油粉砂岩, B11-2 为含气粉砂岩。其包裹体形成期共分三期。早期油气包裹体赋存于碎屑石英中,均属液态包裹体。中期油气包裹体赋存于碎屑石英中,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为 $122 \sim 126^\circ\text{C}$,平均 124°C ,从埋藏史及古地温演化与均一温度的关系判定,天然气藏形成时期为 $27 \sim 20 \text{ Ma}$ 。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,其中白11井 B11-2 样品中气烃包裹体占40%,同期次的碎屑石英中次生含烃盐水包裹体均一温度为 $135 \sim 141^\circ\text{C}$,平均为 138.5°C ,晚期包裹体均一温度高于现今地层温度。因此,可以判定天然气来自于邻区更深部位,天然气第二次注入时期应为2 Ma 以来(图5)。

白庙地区白10井($3070 \text{ m}, E_{s3}^1$)、白9井($3443.3 \text{ m}, E_{s3}^2$)、白52井($3201.2 \text{ m}, E_{s3}^1$)包裹体层位较浅,所有样品均见3期包裹体发育。其中:早、

中期包裹体主要为液烃及气液烃包裹体, 缺乏气烃包裹体, 同期形成的含烃盐水包裹体均一温度普遍较低, 因此该期包裹体的形成时期应为油注入时期; 晚期包裹体分别为液烃、气液烃、气烃包裹体 3 种形式, 气烃包裹体最高达 30%, 同期形成的含烃盐水包裹体均一温度 113 ~ 126℃, 平均 120℃, 晚期包裹体形成时期应代表了油气注入时期。由埋藏史图及古地温判定, 油气注入储集层的时间约为 25 ~ 20 Ma 及 2 Ma 以来(图 6)。从包裹体测温结果看, 晚期包裹体均一温度均高于现今地层温度, 表明白庙地区油气主要由邻区运移而来, 并非本区生成。这更进一步证实了白庙地区油气, 特别是天然气来自于前梨园洼陷更深部位的结论^[21, 22]。

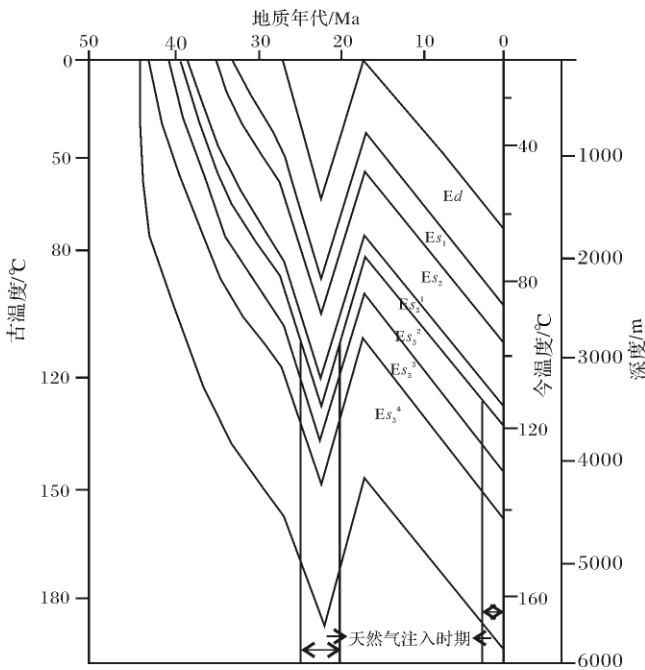


图 6 白庙地区白 10 井天然气注入时期图

Fig. 6 Charging periods of natural gas in Baimiao area

3.3 天然气藏形成期次分析

以上两种方法原理不同, 确定的油气藏形成时期有一定差异, 伊利石测年法确定的是油气藏形成的最早时期; 包裹体测温法可根据不同时期形成的油气包裹体确定天然气的不同注入时期。综合分析两种方法可看出, 白庙地区天然气藏形成时期主要分为两个阶段: 第一阶段大约距今 31.4 ~ 20.4 Ma, 相当于东营组—馆陶组早期, 天然气成藏时期年龄绝大部分落入了剥蚀期年龄(27 ~ 17 Ma)段, 说明东营组沉积时期及以后的剥蚀期是天然气藏的最主要形成时期, 其

抬升剥蚀期压力的下降, 更有利于天然气成藏^[23]; 第二阶段距今 2 Ma, 为第四纪以来, 第二阶段白庙地区馆陶组沉积以来为欠补偿状态, 无二次生气过程, 一方面前梨园洼陷及葛岗集洼陷继续生气向白庙构造运移并聚集成藏, 另一方面是第一阶段形成气藏的重新调整。该阶段成藏的天然气主要来源于前梨园洼陷及葛岗集洼陷二次生成的天然气。

白庙构造以杜寨断裂为界分为明显的两大成藏区块, 杜寨断裂以西成藏早、以东成藏晚(图 7)。杜寨断裂以西天然气成藏早, 白 55 井 Es_3^3 段成藏期为 38 Ma, 白 16 井 Es_3^3 段成藏期为 31.4 Ma, 且具有北早、南晚的特点。杜寨断裂以东成藏晚, 上升盘半背斜构造 Es_3^4 , Es_3^3 成藏时期为 28.0 ~ 25.4 Ma, Es_3^2 — Es_3^1 成藏期为 25.0 ~ 20.4 Ma, Es_3^{\downarrow} 成藏时期为 25 Ma, 成藏期具有下早、中晚、上早的特点。如白 14 井 Es_3^{\downarrow} 为煤型气藏, C-P 煤系地层形成的天然气, 沿着大断裂快速进入 Es_3^{\downarrow} 储层, 成藏期早于 Es_3^2 , Es_3^1 段, 且具有北早、南晚的特点(图 7)。第四纪以来为第二成藏阶段, 天然气主要来自于前梨园洼陷和葛岗集洼陷。馆陶组沉积以来, 前梨园洼陷和葛岗集洼陷处于超补偿状态。白庙构造处于前梨园和葛岗集生油洼陷之间, 长期继承性发育, 前梨园洼陷和葛岗集洼陷生成的油气向白庙构造运移聚集成藏。天然气成藏期总体具有西早、东晚、北早、南晚的特点。纵向上表现为层位越新, 成藏时期越晚, 层位越老, 成藏时期越早的特点(图 8)。

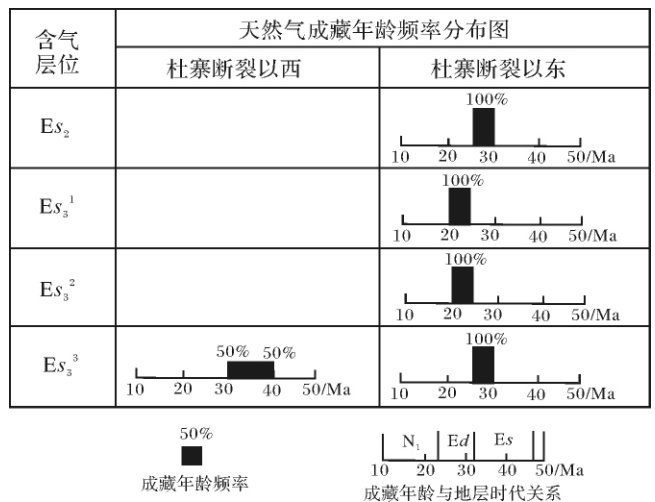


图 7 白庙地区天然气藏形成年龄与层位关系图

Fig. 7 The relationship between the formation ages of natural gas and stratohorizon

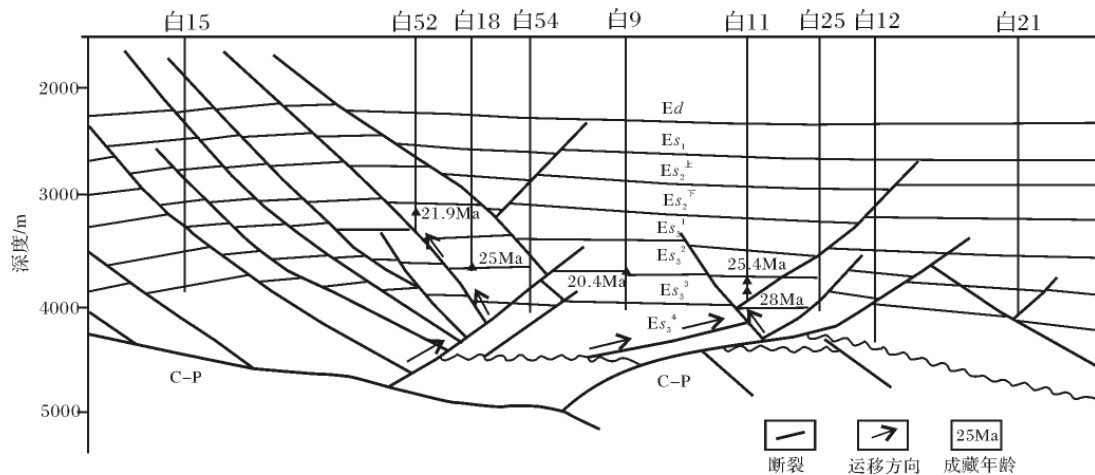


图8 白庙地区南北向剖面油气藏形成时期分析图

Fig.8 Analysis of the oil-gas formation in south-north section of Baimiao area

4 结论

综合应用储层自生伊利石测年法和流体包裹体显微测温法分析白庙地区深层天然气成藏期主要分为两大阶段: 第一阶段大约距今 31.4 ~ 20.4 Ma, 是天然气藏的最主要形成时期, 第一阶段天然气成藏时期年龄绝大部分落入了剥蚀期年龄(27 ~ 17 Ma)段, 是天然气藏的最主要形成时期, 抬升剥蚀期压力下降, 更有利于天然气成藏; 第二阶段距今 2 Ma, 馆陶组沉积以来白庙地区为欠补偿状态, 无二次生气过程。一方面前梨园洼陷及葛岗集洼陷继续生气向白庙构造运移聚集成藏, 另一方面是第一阶段形成气藏的重新调整。白庙地区天然气藏总体具有西早、东晚、北早、南晚的成藏特点。断裂对油气成藏有重要的控制作用, 不同区块成藏时期有很大差异。天然气藏期次研究取得的新认识, 对于天然气的进一步勘探有重要的指导意义。

参考文献 (References)

- 1 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 [Hao Fang, Zou Huayao, Jiang Jianqun. Dynamics of petroleum accumulation and its advances[J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(3): 11-21]
- 2 辛仁臣, 田春志, 窦同君. 油气成藏年代学分析[J]. 地学前缘, 2000, 7(3): 48-54 [Xin Renchen, Tian Chunzhi, Dou Tongjun. Study of oil-pool-forming chronology [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(3): 48-54]
- 3 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 Zhilong. A method for studying the oil and gas migration stages in superimposed basin and its application [J]. Oil Exploration & Development, 2000, 27(4): 22-25]
- 4 Hamilton P J, Kelly S, Fallick A E. K-Ar dating of illite in hydrocarbon reservoirs [J]. Clay Mineral, 1989, 24: 215-231
- 5 Nicolettiwig, et al. Rb-Sr and K-Ar dating of clay diagenesis in Jurassic sandstone oil reservoir, North Sea [J]. AAPG Bulletin, 1987, 71: 1467-1474
- 6 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 [Wang Feiyu, He Ping, Zhang Shuichang, et al. The K-Ar isotopic dating of authigenic illites and timing of hydrocarbon fluid emplacement in sandstone reservoir [J]. Geological Review, 1997, 43(5): 540-546]
- 7 马国校, 任战利. 伊利石 K-Ar 定年法确定油气成藏期研究进展 [J]. 西北地质科学, 1998, 19(2): 61-64 [Ma Tuanxiao, Ren Zhanli. The advances in determining hydrocarbon filling periods by the K-Ar isotopic dating of authigenic illites [J]. Northwest Geoscience, 1998, 19(2): 61-64]
- 8 王飞宇, 郝石生, 雷加锦. 砂岩储层中自生伊利石定年分析油气藏形成期 [J]. 石油学报, 1998, 19(2): 40-43 [Wang Feiyu, Hao Shisheng, Lei Jiabin. The isotopic dating of authigenic illite and timing of hydrocarbon fluid emplacement in sandstone reservoir [J]. Acta Petroli Sinica, 1998, 19(2): 40-43]
- 9 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 [Zhang Youyu, Luo Xiuquan. K-Ar isotopic chronological study of authigenic illite in reservoirs [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2): 231-236]
- 10 王飞宇, 金之钧, 吕修祥, 等. 含油气盆地成藏期分析理论和新方法 [J]. 地球科学进展, 2002, 17(5): 754-762 [Wang Feiyu, Jin Zhijun, Lü Xiuxiang, et al. Timing of petroleum accumulation: theory and new methods [J]. Advances in Earth Science, 2002, 17(5): 754-762]
- 11 赵靖舟. 油气成藏年代学研究进展及发展趋势 [J]. 地球科学进展, 2002, 17(3): 378-383 [Zhao Jingzhou. Geochronology of petroleum accumulation: new advances and the future trend [J]. Advances

- in Earth Science, 2002, 17(3): 378-383]
- 12 赵孟军, 宋岩, 潘文庆, 等. 沉积盆地油气成藏期研究及成藏过程综合分析方法[J]. 地球科学进展, 2004, 19(6): 939-946 [Zhao Mengjun, Song Yan, Pan Wenqing, et al. The overall approach of hydrocarbon filling periods and process in sedimentary basins [J]. Advances in Earth Science, 2004, 19(6): 939-946]
- 13 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 in geochronology of hydrocarbon accumulation [J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(2): 143-150]
- 14 王红军, 蔡迎春. 流体包裹体常规特征在油气藏研究中的应用[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(5): 50-52 [Wang Hongjun, Cai Yingchun. Applications of general characteristics of fluid inclusions to the study of oil and gas pool formation [J]. Oil Exploration & Development, 2000, 27(5): 50-52]
- 15 柳少波, 顾家裕. 流体包裹体成分研究方法及其在油气研究中的应用[J]. 石油勘探与开发, 1997, 24(3): 29-33 [Liu Shaobo, Gu Jiayu. Analytical methods of fluid inclusions and applications to the study of oil and gas [J]. Oil Exploration & Development, 1997, 24(3): 29-33]
- 16 赵靖舟. 塔里木盆地烃类流体包裹体与成藏年代分析[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(4): 21-25 [Zhao Jingzhou. Geochronology of hydrocarbon accumulation in the Tarim Basin: evidence from fluid inclusion [J]. Oil Exploration & Development, 2002, 29(4): 21-25]
- 17 张铭杰, 唐俊红, 张同伟, 等. 流体包裹体在油气地质地球化学中的应用[J]. 地质论评, 2004, 50(4): 397-406 [Zhang Mingjie, Tang Junhong, Zhang Tongwei, et al. Applications of fluid inclusions to petroleum and natural gas geology and geochemistry [J]. Geological Review, 2004, 50(4): 397-406]
- 18 任战利, 崔军平, 冯建辉, 等. 东濮凹陷桥口地区油气藏形成期次研究[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(6): 15-18 [Ren Zhanli, Cun Junping, Feng Jianhui, et al. Research on formation stages of hydrocarbon reservoirs in Qiaokou area of Dongpu depression [J]. Oil Exploration & Development, 2002, 29(6): 15-18]
- 19 任战利, 刘丽, 崔军平, 等. 盆地构造热演化史在油气成藏期次研究中的应用[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(4): 502-506 [Ren Zhanli, Liu Li, Cui Junping, et al. Application of tectonic-thermal evolution history to hydrocarbon accumulation timing in sedimentary basins [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(4): 502-506]
- 20 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 [Ren Zhanli. Research on Geothermal History in Sedimentary Basins of the North China [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1999]
- 21 李明诚. 石油与天然气运移[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994 [Li Mingcheng. The Migration of Oil and Natural Gas [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994]
- 22 冯建辉, 谈玉明, 罗小平, 等. 东濮凹陷白庙构造油气源与成藏史[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(2): 130-135 [Feng Jianhui, Tan Yunming, Luo Xiaoping, et al. Hydrocarbon origin and reservoiring history of Baimiao field in Dongpu depression [J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(2): 130-135]
- 23 关德范, 王国力, 张金功, 等. 成烃成藏理论新思维[J]. 石油实验地质, 2005, 27(5): 425-432 [Guan Defan, Wang Guoli, Zhang Jingong, et al. New idea about hydrocarbon generation and pool formation [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2005, 27(5): 425-432]

Research on the Forming Stages of Deep Natural Gas Reservoirs in Baimiao Area of Dongpu Depression

CUI Jun-ping REN Zhan-li ZHONG Gao-run

(State Key Laboratory of Continental Dynamics, Northwest University, Xi'an 710069)

Abstract: As the dynamics of oil-gas exploration is bigger, many large gas fields has been found in the basin in recently. Baimiao area is in the eastern of Dongpu depression, which is the exploration degree high oil-gas area in Dongpu depression, there are mainly gas in the Baimiao area, some industrial oil-gas wells has been found now, the producing gas condition is very superior, it has discovered $Es_3^{\text{下}}, Es_3^1, Es_3^2, Es_3^{3-4}$ four sets of main oil-gas formation. The gas area is smaller in the upper and part bigger in the lower part. The gas in Baimiao are at the top of gas reservoirs with oil hoop. Oil and gas distribution is gas in the upper and oil in the lower part. For oil and gas relation is complicated in Baimiao area, the research on the regulation of oil and gas is very poor and no systematic analysis up to now. It influences the step of gas exploration.

The analysis on the formation time of oil-gas reservoirs is hot problem, the determination of it helps to recognize the formation regulation of oil-gas reservoirs. In recent, there are important progresses in the aspect of the chronology of formation time of hydrocarbon reservoirs. There are many methods, such as illite dating method, homogenization temperatures of fluid inclusion, the formation history of traps, hydrocarbon generated and hydrocarbon expelled

process and so on. The different method is of different sense. On the basis of illite dating method and homogenization temperatures of fluid inclusion it is found that the formation time of hydrocarbon reservoirs exist mainly two stages in Baimiao area of Dongpu depression. One is about 31.4 ~ 20.4 Ma, which is corresponding to sedimentary period of Dongying Formation-Early period of Guantao Formation. The other is from 2 Ma to now, corresponding to Quaternary to now. In the first stage, a great majority of the formation age of natural gas reservoirs distribute in the denudation period from 27 Ma to 17 Ma, which is the main formation time. The decreasing of pressure in the denuded period help to formation of oil and gas reservoirs. In the second stage from 2 Ma to now, the Baimiao area is in the deficient compensation state since sedimentary period of Guantao formation, the area having not second process of generating gas. on the one hand, Qianliyuan depression and Gegangji depression continue producing gases, which migrate to the Baimiao area; on the other hand, the gas reservoirs formed in the first stage is adjusted again. Gas in this stage comes mainly from the second time gas of Qianliyuan depression and Gegangji depression. The faults are important to control the formation time of oil-gas reservoirs, the formation time in different area is very different. The Baimiao area is divided into two forming oil-gas reservoirs by Duzhai fault. The formation time of oil-gas reservoirs is earlier in West area and later in East area. In vertical order, the formation time of oil-gas reservoirs is earlier in old position and later in new position. In general, the characteristics of the formation time of the natural gas reservoirs in Baimiao area is earlier in the west area and later in the east area, earlier in the north area and later in the south area. The results are important for the deep exploration in Dongpu depression.

Key words: Dongpu depression; Baimiao area; authigenic illites; fluid inclusion; the formation stages of hydrocarbon reservoirs