

辽河盆地东部凹陷幕式成藏特征*

陈振岩^{1,2}, 吴文柱²

(1. 上海同济大学, 上海 200092; 2. 辽河油田勘探开发研究院, 辽宁盘锦 124010)

摘要: 经流体包裹体测定, 辽河盆地东部凹陷油气成藏有 3 次主要的充注期。早期(36 Ma)相当于沙河街组一段沉积期至东营初期; 中期(34~25 Ma)相当于东营中晚期; 晚期相当于晚第三纪至现今。由于存在多期幕式充注, 导致流体性质在垂向上、平面上均存在不均一性。欧利坨子地区存在深部原油的成熟度较浅部原油的低, 即成熟度倒转的现象; 而茨榆坨地区则存在高垒带高部位原油成熟度低, 相对处于低部位的牛青地区成熟度较高。运用这一特点, 可以有针对性地开展勘探工作, 提高成功率。

关键词: 包裹体; 成熟度; 幕式充注; 辽河盆地

第一作者简介: 陈振岩, 男, 39 岁, 高级工程师(博士生), 大地构造与盆地分析

中图分类号: TE112.12

文献标识码: A

辽河盆地是在古隆起背景上发育起来的新生代大陆裂谷盆地, 属于渤海裂谷系的北部分支, 它由 1 个凸起, 3 个凹陷和两个斜坡构成。东部凹陷是辽河盆地勘探最早的地区, 历经 30 多年的勘探, 已经发现了太古界、中生界、下第三系沙河街组三段、一段、东营组及上第三系明化镇组等 6 套含油气层系。前人已对其油气分布特征及油气运聚规律作了较深入的探讨, 但对其油气幕式运聚特征还未进行专门的研究, 作者对该方面做了一些尝试, 分析了东部凹陷成藏流体充注史特点, 解剖了茨榆坨子和欧利坨子两个地区的典型实例, 并深入地分析了成藏机制, 以期对幕式油气充注有新的认识。

1 成藏流体充注史

东部凹陷主要发育 4 套烃源岩, 即下第三系东营组、沙河街组一段、三段和中生界, 其中沙河街组三段是主要的烃源岩。以往的研究表明东部凹陷生油门限为 2 800 m 左右, 在 3 500 m 左右进入生烃高峰期, 在 4 500 m 以上达到高成熟-过成熟阶段。东部凹陷下第三系烃源岩大多处在主要生烃期, 这也是东部凹陷油气相对富集的一个根本原因。为了更好地对东部凹陷油气成藏史进行综合分析, 本次选取东部凹陷全区各层位的砂岩

样品进行流体包裹体测定(图 1)。

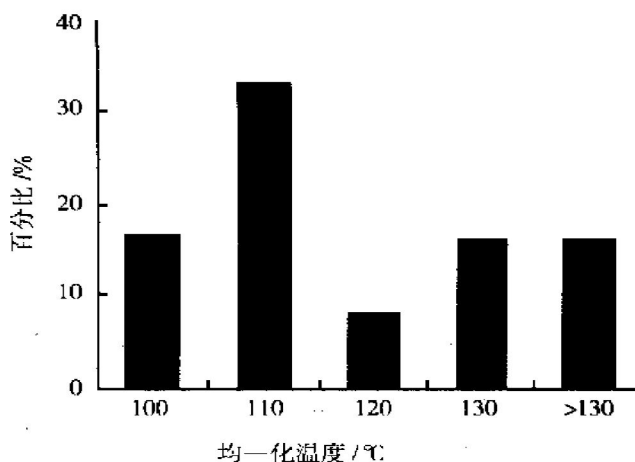


图 1 储集层流体包裹体的均一化温度变化图

Fig. 1 Homogenization temperature variation of fluid inclusion in the reservoir

从图 1 上看出, 东部凹陷均一温度至少有 3 个高峰, 反映了至少有 3 期流体充注。

早期: 均一温度 100℃, 地质年龄大致在 36 Ma, 相当于沙河街组一段沉积期-东营初期。此期油气主要来自洼陷的深洼部位, 油气充注量相对较少, 原油的成熟度偏低, 甚至有一部分为低熟油。

中期: 均一温度大于 110℃, 大致在 34~25 Ma, 相当于东营中晚期。此期间存在大规模的油气充注, 是东部凹陷的主要成藏期。根据东部凹陷的实际地质背景, 结合本区的埋藏史曲线进

* 国家重点攻关项目“松辽盆地及渤海湾盆地北部复杂隐蔽油气藏地质评价和勘探开发关键技术研究”(2001BA605A-08-04)
收稿日期: 2002-09-22

行分析(图 2), 作为主要烃源岩层段的沙河街组三段中部泥岩, 在东营末期- 馆陶期以后才普遍达到或超过 2 800 m 的生烃门限, 因此, 东部凹陷油气大量生成- 运移和聚集时间可基本确定在这个时期。

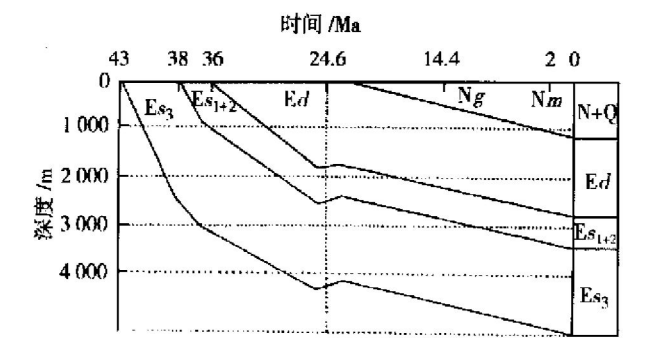


图 2 东部凹陷典型地层埋藏史曲线图
Fig. 2 Burial history curve of typical strata in eastern sag

晚期: 均一温度大于 135 ℃, 为晚第三纪至现今, 沙河街组三段大部分烃源岩进入成熟阶段, 油气大规模运移, 相对天然气较为富集。

由上分析可知, 东部凹陷存在多期流体运聚,

即存在幕式油气的充注。这必然导致流体的性质在垂向和平面上的不均一性^[1]。并且由于储集层之间存在非渗透层, 泥岩隔层或断层等封隔作用, 导致多源注入流体或同一烃源岩不同成熟阶段生成流体性质的垂向和侧向变化^[2~4]。通过解剖其流体性质的纵横变化, 可以探讨其成藏机制, 研究成藏过程, 进而有效地指导勘探。

2 典型实例

2.1 纵向上分布(欧利坨子地区)

欧利坨子地区位于东部凹陷的中段, 该区地质条件极为复杂, 成藏条件认识不清楚, 过去一直认为是“贫油”区。近年来, 加强了该区的成藏条件研究, 使该区的勘探不断有新的突破, 不仅在砂岩中发现了油气藏, 而且本次火山岩油气藏的勘探也取得了进展。通过对本区原油性质进行研究, 发现本区原油成熟度也很有特色, 深部原油成熟度较浅部原油成熟度低。如欧 31 井, 在 2 460. 5~ 2 438. 1 m 井段甾烷异构化参数较低, 具有低熟油的特点(表 1), 而在 2 344. 1~ 2 306. 1 m 井段甾烷异构化参数较高, 为成熟原油。是什么原因造成了成熟度逆转呢?

表 1 东部凹陷欧利坨子地区原油成熟度参数表
Table 1 Parameters of crude maturity in Oulituozi area, eastern sag

井号	井段/m	甾烷异构化参数		碳同位素	
		C ₂₉ BB/(BB+αα)	C ₂₉ 20S/20(S+R)	饱和烃/%	芳烃/%
欧 26	2 176. 0~ 2 262. 0	0. 320	0. 246	- 2. 822	- 2. 676
欧 31	2 460. 6~ 2 438. 1	0. 281	0. 215	- 2. 857	- 2. 785
	2 344. 1~ 2 306. 1	0. 362	0. 349	- 2. 818	- 2. 808
欧 32	2 294. 0~ 2 335. 1	0. 379	0. 369	- 2. 753	- 2. 635
欧 14	2 248. 5~ 2 215. 4	0. 296	0. 240	- 2. 796	- 2. 758

研究表明本区烃源岩主要为其下部的沙河街组三段暗色泥岩, 油气主要通过断层向上运移。油气运移时, 肯定择优进入储层物性好的井段, 一旦遇到储层好的井段, 油气进入后就不再向上运移。前文分析表明本区至少有 3 次以上油气充注期, 那么早期运移的油气就从下向上选择物性较好的井段先充注, 从图 3 上可以看出, 在 2 460. 5~ 2 438. 1 m 井段储层物性较好, 早期运移来的油气, 先充注该井段, 因此该井段的原油具有低成熟的特征。而且由于该井段是早期油气充注, 充注量相对较少, 因此产量相对较低。由于早期充注, 原

油成熟度较低, 天然气含量也相对较低, 天然气单井产量较少。而在 2 344. 1~ 2 306. 1 m 井段, 是中期运聚, 处于油气生排烃高峰, 油气在向上运移时 2 460. 5~ 2 438. 1 m 井段已经充注了原油, 因此油气继续向上运移, 在 2 344. 1~ 2 306. 1 m 井段聚集。由于在油气运移高峰期充注, 充注能力强, 油气单层产量高, 天然气含量相对也较高。

2.2 平面上分布(茨榆坨地区)

茨榆坨构造带位于东部凹陷的北部, 其东侧邻近东部凹陷北部地区最好的生油洼陷——长滩洼陷, 且有茨东断层做为油源通道, 有“近水楼台

先得月”的优势,是油气聚集的良好场所(图4)。对北部地区原油地球化学资料分析,认为北部地区的原油均来自长滩洼陷,但北部地区原油地球

化学资料有一定的差异,茨榆坨高垒带高部位原油成熟度比牛青地区成熟度偏低(表2),并且从油气比来看,牛青地区油气比明显高于茨榆坨高垒

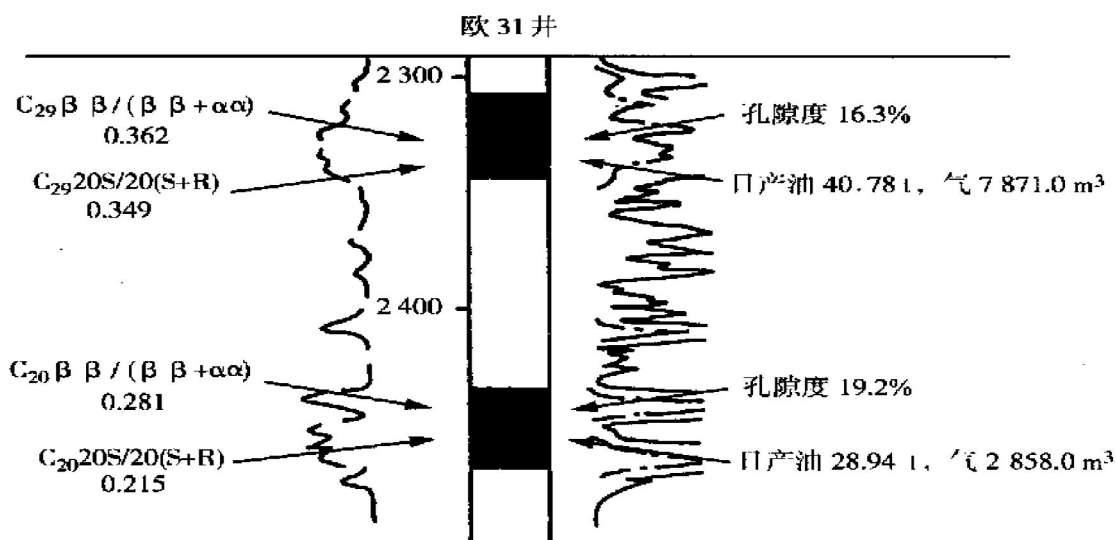


图3 幕式油气运聚特征参数图

Fig. 3 Parameters of episodic features of oil & gas migration and accumulation

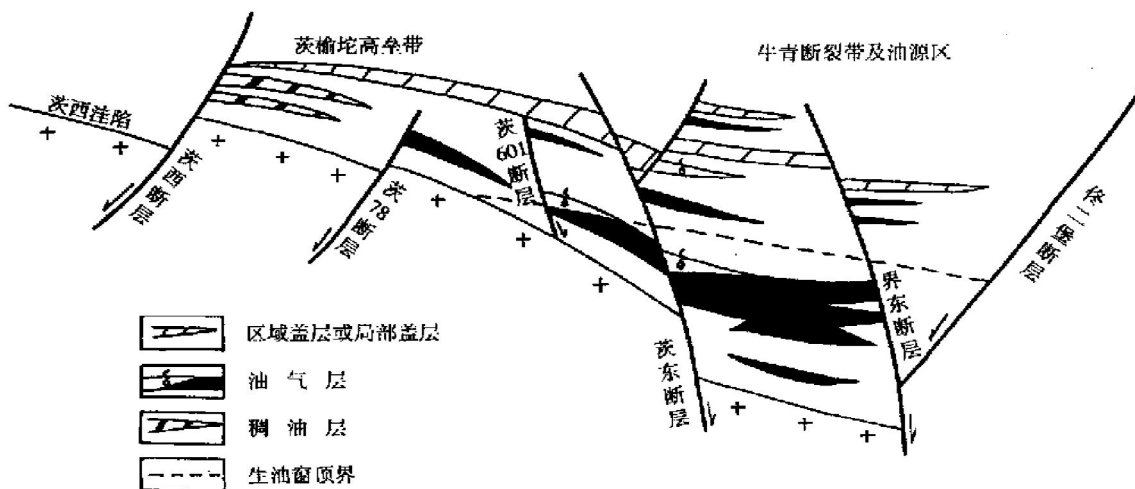


图4 东部凹陷北部地区成藏模式图

Fig. 4 Reservoiring model in the north area of eastern sag

带高部位,这也证实茨榆坨高垒带高部位原油成熟度较低。但根据对本区油气生排烃时期分析,在东营早期,生油岩开始释放烃类,这时主要沿斜坡方向侧向运移聚集到茨榆坨高垒带,此时原油成熟度略低。而且这些早期运移来的油气,进入高部位后,由于封盖条件较差,再加上地表水的渗入,使原油遭受氧化和生物降解,原油变稠,如茨29井原油密度为 0.918 g/cm^3 。东营末期,油气大量生成,生油岩生成的大量成熟的油气,一方面运

移到牛青构造带,另一方面肯定也向茨榆坨高垒带运移,但目前在高部位没有发现这些高成熟原油,很明显高成熟原油在运移过程中受到了一定的限制,其中最大的可能是受到了断层的侧向封堵,使高成熟的原油储存在低部位。然而低部位有没有形成断层的地质条件呢?

茨榆坨地区属于翘倾断块披覆构造带,由于受差异陷落的影响,低部位下降幅度较大,造成边陷落边翘倾,这样随着上覆沉积盖层不断增加,势

表 2 东部凹陷北部地区原油成熟度对比
Table 2 Comparison of crude maturity in the
north area of eastern sag

地区	参数		
	$C_{31}\alpha\beta S/(S+R)$	$C_{29}\alpha\alpha S/(S+R)$	CPI
茨榆坨高 垒带高部位	0.54 (茨 31-99 井)	0.35 (茨 31-99 井)	1.11 (茨 31-99 井)
茨 601 井区	0.59 (茨 613)	0.43 (茨 613)	1.02 (茨 54-82)
牛青构造带	0.58 (牛 118 井)	0.44 (牛 29-22)	1.05 (牛 22 井)

必产生同生断裂,相应地伴生滚动背斜的形成,在多组断裂的切割下,形成更多的断块、断鼻,因此低部位完全可以形成断层,将茨榆坨构造带又进一步分为高低两个条带(图 4)。思路明确后,我们利用二维地震资料进行构造落实,在落实低部位的断层上下功夫,由于针对性强,目标明确,发现了关键的茨 601 断层,从而发现了茨 601 茨榆坨低台阶。然后又对其原油成熟度进行分析,其成熟度与牛青地区成熟度相近,成熟度较高,证实了我们的结论。在茨榆坨高垒带,原油成熟度较低,而在牛青和茨 601 井区成熟度相对较高(表 2),也说明油气至少有两期充注,早期充注在茨榆坨高垒带,因此高垒带以油为主,气油比较低,牛青地区则是晚期充注,气油比相对较高,这些与本区的构

造演化史是相匹配的。

3 结论

幕式油气运移是一个复杂的地质过程^[5],有的地区油气性质在纵横上有一定的反映,而有的地区又不一定有反映,或者由于油气性质差别较小,反映不是十分明显。但幕式运聚是客观存在的,研究幕式运聚,无疑对研究油气的成藏过程有较大的指导作用^[6]。

参 考 文 献

- 1 梅廉夫,王其允,蔡永恩.盆地压力仓的破裂作用与幕式排液[J].地球科学,1999,23(6):222~227
- 2 林畅松,张燕梅.拉伸盆地模拟理论基础与新发展[J].地学前缘,1995,2(3):79~98
- 3 焦养泉,李思田,解习龙.多幕裂陷作用的表现形式——以珠江口盆地西部及其外围地区为例[J].石油实验地质,1997,19(3):595~599
- 4 董伟良,黄保家.东方 1-1 气田天然气组成的不均一性与幕式充注[J].石油勘探与开发,1999,26(2):15~18
- 5 黄志龙,柳广生,郝石生.脉冲式混相涌流——天然气成藏的一种特殊运移方式[J].天然气工业,1998,18(2):7~9
- 6 Hao Fang, Sun Yongchuan, Li sitian, et al. Overpressure retardation of organic-matter maturation and petroleum generation: a case study from the Yinggehai and Qiongdongnan Basin, South China Sea[J]. AAPG Bull, 1995, 79(4): 551~562

EPISODIC RESERVOIRING FEATURES OF EASTERN SAG IN LIAOHE BASIN

Chen Zhenyan^{1, 2} Wu Wenzhu²

(1. Shanghai Tongji University, Shanghai;

2. Exploration and Development Institute, Liaohe Oilfield, Panjin, Liaoning)

Abstract: The testing results of fluid inclusion indicate that there were three charging stages of the oil and gas reservoirs in the eastern sag of Liaohe basin. The early stage (36 Ma) is equivalent to the deposition of the first member of Shahejie Formation to early Dongying; the middle stage (24~24 Ma) is corresponding to middle-late Dongying; and the late stage corresponds to Neogene up to the present time. The episodic and multiphase charging result in the heterogeneity of fluid properties both laterally and vertically. The deep crude in Oulituozi area has lower maturity than that in the shallow part, that is a phenomenon of reversed maturity. However, the crude maturity in the higher part of high horst zone in Ciyutuo area is higher than that in the relatively low position in Niuqing area. It is then suggested that exploration activity might be launched to enhance success ratio by using this feature.

Key words: inclusion; maturity; episodic charging; Liaohe basin