

东濮凹陷濮卫洼陷油气成藏期分析

徐春强^{1,2}, 蒋有录¹, 程 奇², 刘景东¹

(1. 中国石油大学 地球资源与信息学院, 山东 东营 257061; 2. 中国海洋石油总公司天津分公司 勘探开发研究院, 天津 300452)

摘要: 综合利用断裂和圈闭发育史、油藏饱和压力、烃源岩主生排烃期、储层流体包裹体均一温度等方法对东濮凹陷濮卫洼陷油气成藏期进行了分析, 并提出对于存在剥蚀厚度比较大的地区在利用饱和压力方法计算成藏期时应结合埋藏史。研究认为, 该区主要为两期成藏, 分别为古近纪末期和新近纪末期—第四纪, 且东西两侧油气成藏期存在差异, 东侧濮城地区两期成藏, 在古近纪末期和新近纪末期—第四纪均发生油气充注成藏, 而西侧卫城地区仅在古近纪末期存在油气充注成藏, 为一期成藏。

关键词: 成藏期; 饱和压力; 流体; 包裹体; 濮卫洼陷; 东濮凹陷

中图分类号: TE122.1; P618.130.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2010)03-0257-06

Study on the Formation Stages of Oil-gas Reservoirs in Puwei Subsag, Dongpu Sag

XU Chun-qiang^{1,2}, JIANG You-lu¹, CHENG Qi², LIU Jing-dong¹

(1. School of Geo-resources and Information, China University of Petroleum, Dongying 257061, Shandong, China;

2. Institute of Exploration and Development, Tianjin Branch Company, China National Offshore Oil Corporation, Tianjin 300452, China)

Abstract Based on fault and trap development history, reservoir saturated pressure, hydrocarbon-generated and hydrocarbon-expulsed process of hydrocarbon source rock, reservoir fluid inclusion homogenization temperature, the formation stages of oil-gas reservoirs in Puwei Subsag, Dongpu Sag are discussed, and calculating the formation stages of oil-gas reservoirs with saturated pressure should be combined with burial history for the area, in which the denudation is thicker. The results show that the accumulation phases of oil and gas reservoirs in Puwei Subsag are divided into two phases: Late Paleogene phase and Late Neogene-Quaternary phase; the petroleum accumulation phases in the oil and gas reservoirs are different between the eastern and western reservoirs; hydrocarbon charging times in the eastern reservoir are Late Paleogene phase and Neogene-Quaternary phase, but the time in the western reservoir is only Late Neogene.

Key words: formation stage of reservoir; saturated pressure; fluid; inclusion; Puwei Subsag; Dongpu Sag

0 引言

濮卫洼陷是东濮凹陷的一个次级洼陷, 油气资源十分丰富, 有濮城、卫城—户部寨、文明寨和古云集等 4 个含油气区带。该洼陷地处河南、山东两省交界处, 构造位置位于东濮凹陷中央隆起带北部濮城、卫城、文留和古云集 4 个构造的结合部, 夹持于濮城—陈营断裂系与卫东断裂系之间, 呈一负向次级构造单元, 勘探面积约 150 km²。自下而上钻遇

的地层有古近系沙河街组四段(简称“沙四段”)、三段(简称“沙三段”)、二段(简称“沙二段”)、一段(简称“沙一段”), 东营组, 新近系馆陶组和明化镇组及第四系平原组地层, 总厚度约 4 800 m。其次级构造单元可划分为东部顺向断阶带、西部反向屋脊带以及中央深部洼陷 3 个次级构造单元(图 1)。

前人通过对濮卫洼陷的层序格架、沉积体系、储层特征、盖层条件以及油气分布规律研究^[1-8], 证实该地区具备油气成藏的优越条件, 但对濮卫洼陷

收稿日期: 2009-10-26

作者简介: 徐春强(1984), 男, 山东潍坊人, 工学硕士研究生, 从事油气藏形成与分布研究。E-mail: upexcq@yahoo.com.cn

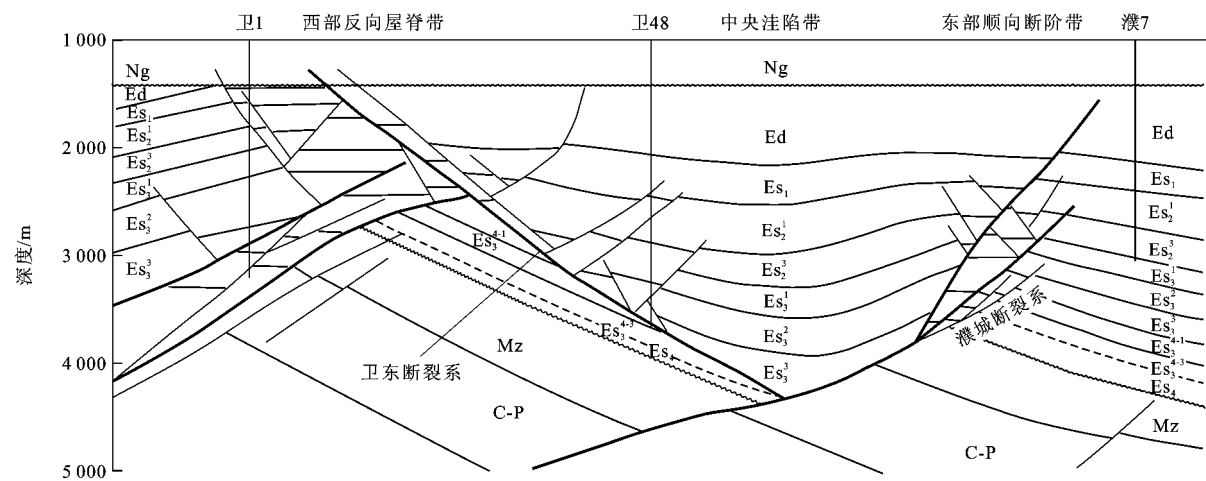


图 1 濮卫洼陷东西向构造剖面

Fig. 1 EW-trending Cross Section of Puwei Subsag

油气成藏期次的研究程度较低,从未展开过系统的研究。笔者综合传统的成藏期确定方法与流体历史分析方法^[9-11]分析了濮卫洼陷油气的成藏期次。由于濮卫洼陷所处的东濮凹陷在东营末构造抬升期间剥蚀厚度比较大,为了消除剥蚀厚度的影响,在利用饱和压力法时笔者提出将传统饱和压力法与埋藏史结合,在一定程度上消除了由于剥蚀厚度的存在导致成藏期计算的错误。

1 根据烃源岩主生排烃期确定成藏期

只有烃源岩生成油气并且排出才能形成油气的运移和聚集,因此,确定烃源岩生排烃期对确定成藏期具有重要意义,烃源岩主要生排烃期控制了油气藏形成的最早时期。本研究利用盆地模拟方法对濮卫洼陷主力烃源岩沙三段生排烃史进行了模拟。

从濮卫洼陷整个沙三段生排烃量可以看出(图 2),洼陷在古近纪末期生烃量和排烃量都达到

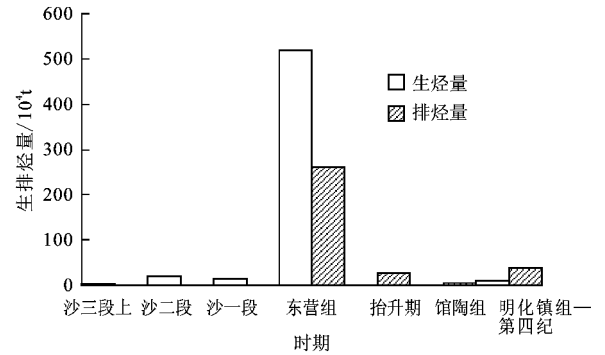


图 2 濮卫洼陷不同时期生排烃量分布

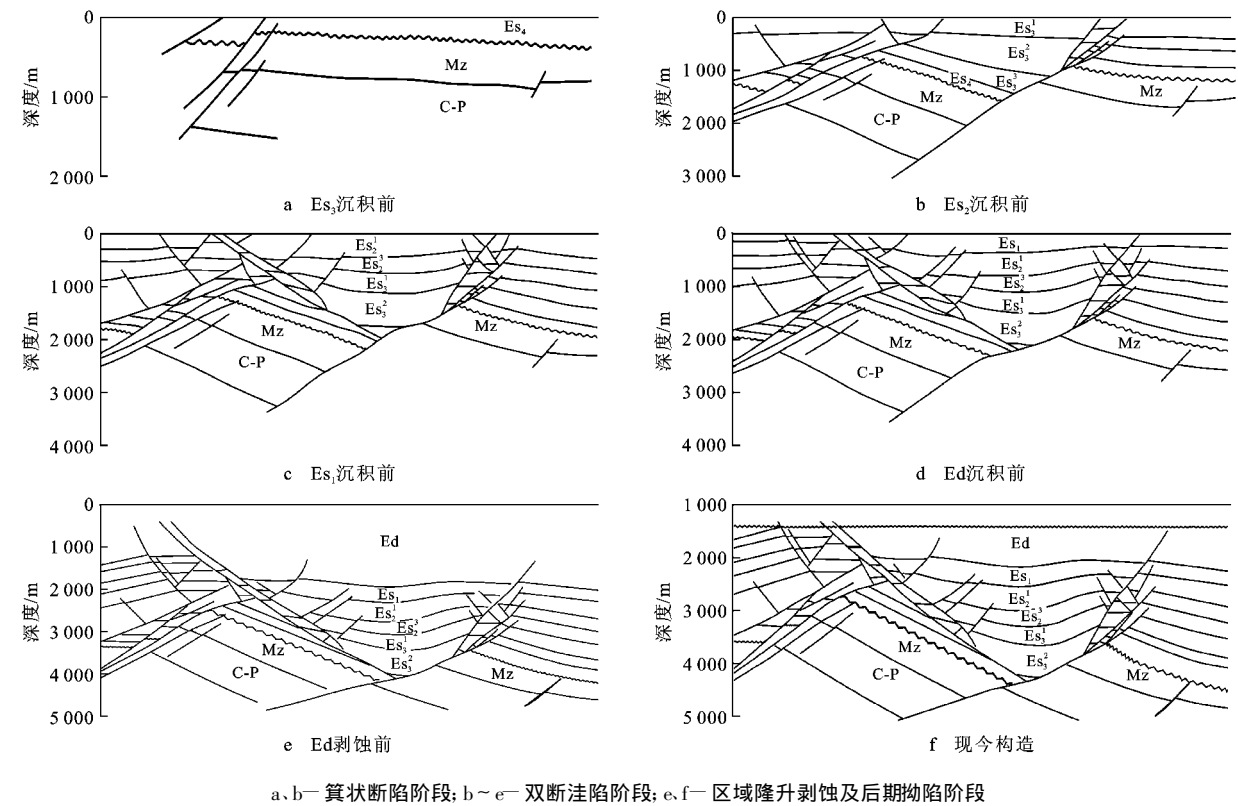
Fig. 2 Hydrocarbon-generation and Hydrocarbon-expulsion Volumes in Different Geological Periods of Puwei Subsag

最大,是主要的生排烃期,生烃量在该期占总生烃量的 90%左右,排烃量占总排烃量的 78%左右。同时在新近纪明化镇组沉积以后也发生了一定量的排烃,该期排烃规模小,排烃量仅占总排烃的 11%。

从图 2 可以看出,洼陷生烃演化与排烃大体一致,濮卫洼陷油气藏的形成期可以分为古近纪末期和新近纪。古近纪末期沙三段烃源岩达到生排烃高峰,是最主要的成藏期,新近纪末期由于地层过补偿作用仅有少量的烃类生成并排出,形成小规模

2 根据断裂发育史和圈闭形成史确定成藏期

根据断裂活动来确定油气藏形成时间是因为断裂既可以控制圈闭的形成又可以破坏已形成的圈闭。构造演化史研究表明(图 3),濮卫洼陷大约经历 3 个发育阶段:箕状断陷阶段、双断洼陷阶段、区域隆升剥蚀和后期拗陷阶段。沙四段—沙三段沉积期为洼陷箕状断陷阶段,发育了东部濮城断裂系,洼陷形成东断西超、地层东倾的箕状断陷沉积构造特点。沙二段—东营组沉积期为洼陷双断洼阶段,此阶段卫东断层开始发育,卫东断层下降盘开始伴生一系列反向“y”字形次级断层,形成了洼陷东西双断的“断洼”雏形。濮卫洼陷构造格局大体在该期形成。东营组沉积末期—第四系沉积期为洼陷区域隆升剥蚀和洼陷定型阶段,东营组沉积末期,华北地区经历了大规模的隆升剥蚀运动—华北运动 II 幕,断层强烈活动,局部构造遭受改造和破坏,整个地区遭受强烈剥蚀,形成了一系列复杂断块群圈闭,上第三系东濮



a、b—箕状断陷阶段；b~e—双断洼陷阶段；e、f—区域隆升剥蚀及后期拗陷阶段

图 3 濮卫洼陷东西向剖面平衡剖面

Fig. 3 Balanced EW-trending Cross Section in Puwei Subsag

凹陷以拗陷型沉积为主，环洼带除卫东断层稍有活动外，基本停止了构造活动，双断洼陷定型并保存。

根据濮卫洼陷构造演化结合圈闭类型和构造发育特征，将圈闭的形成期分为沙四段—沙三段岩性圈闭(为主)形成期和沙二段—东营期断块群圈闭(为主)形成期。沙四段—沙三段洼陷呈现东断西超的不对称地堑，以濮城断裂系临近地区的沉降为主，沉积形成了以岩性圈闭—地层圈闭为主的早期圈闭，只要有油气来源，就可形成油气聚集。沙二段—东营期由于洼陷东西两侧各级断层的发育以及东营末期华北运动Ⅱ幕使得洼陷发生局部破碎，形成了一系列以断块群为主的晚期圈闭。

从圈闭发育史和断裂活动来看，早期岩性圈闭和晚期断块圈闭在东营末期基本已形成，早于烃源岩大量油气生成和排出的时期，古近纪末及其后新近纪为油气运移聚集提供了圈闭条件和运移条件，是有利的成藏期。

3 根据饱和压力法确定成藏期

通常认为，与饱和压力相当的地层埋藏深度，其所对应的地质时代，就是该油藏的形成时间，根

据这种方法确定的油藏形成时间是油藏可能形成的最晚时间^[9,12]。

饱和压力法确定成藏期受很多因素的影响，剥蚀厚度的存在就是一个非常重要的影响因素，若上覆地层存在较长期的剥蚀，实际油藏可能在沉积间断前形成，但推算结果可能在沉积间断后。从图 4 可以看出，饱和压力法计算得到油藏形成期为 M

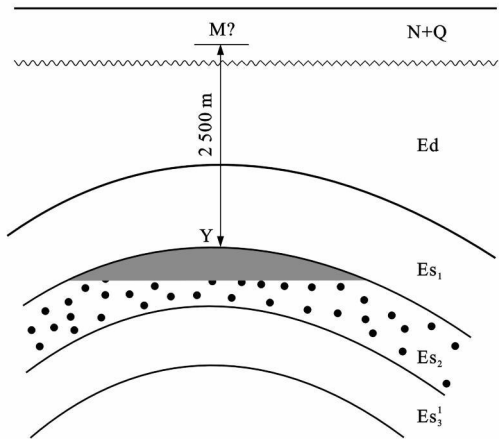


图 4 剥蚀厚度影响饱和压力确定成藏期

Fig. 4 Effect of Erosion Thickness on Saturated Pressure to Calculate Formation Stages of Reservoir

点对应的地质时代 N + Q, 而实际上油藏形成时期有可能是在 Ed 间断期成藏的, 剥蚀面实际上是一个时间跨度单元, 正是因为剥蚀面的存在导致了成藏期推算错误。

东濮凹陷古近系(主要为东营组)剥蚀厚度较大, 存在较长时间的沉积间断, 因此利用上述方法计算油藏成藏期很可能导致成藏时间晚于实际成藏时间, 为此, 将饱和压力法与埋藏史图结合确定成藏期(图 5), 实际形成时期为 28 Ma(古近纪末期)的一个 Es₂ 油藏(图 5 中 Y₁), 若按传统饱和压力法推算成藏期, 假设其饱和压力对应的地层埋深为 2 200 m, 成藏期为图中 A 点所对应的地质年代, 即 6 Ma(新近纪末期), 与实际成藏时间 28 Ma(古近纪末期)相差非常大。在埋藏史图上追踪该油藏在埋藏演化过程中埋深为 2 200 m 时(图 5 中 Y₂)所对应的地质年代, 该时期才是该油藏形成时期。

根据实测饱和压力数据, 利用饱和压力结合埋藏史方法计算了濮卫洼陷油气成藏期(表 1)。濮卫地区濮城、卫城成藏期基本一致, 可能的成藏期为东营末期和新近纪明化镇组中晚期。

表 1 利用饱和压力结合埋藏史计算濮卫洼陷成藏期

| Tab. 1 Formation Stages of Reservoir Calculated by Saturated Pressure Combined with Burial History in Puwei Subsg | | | | | | | | | |
|---|--------|-------------------|-------|------|-----------|-----------|---------|------|------|
| 地区 | 井号 | 井段/ m | 深度/ m | 层位 | 地层压力/ MPa | 饱和压力/ MPa | 成藏深度/ m | 成藏期 | 成藏期 |
| 濮城 | 濮 9 | 2 313. 0~2 321. 2 | 2 200 | 沙一段下 | 23. 53 | 9. 95 | 1 015 | Ed 末 | Ng 早 |
| 濮城 | 濮 1-7 | 2 396. 0~2 446. 6 | 2 200 | 沙二段 | 24. 13 | 11. 44 | 1 167 | Ed 末 | Nm 早 |
| 濮城 | 濮 16 | 2 368. 6~2 385. 0 | 2 200 | 沙二段上 | 24. 95 | 20. 35 | 2 077 | Ed 末 | Nm 晚 |
| 濮城 | 濮 2-9 | 2 442. 6~2 452. 2 | 2 300 | 沙二段上 | 23. 87 | 15. 67 | 1 599 | Ed 末 | Nm 中 |
| 濮城 | 濮 1 | 2 772. 6~2 774. 0 | 2 200 | 沙二段下 | 26. 52 | 15. 88 | 1 620 | Ed 末 | Nm 晚 |
| 濮城 | 濮 47 | 3 044. 2~3 056. 6 | 2 900 | 沙三段上 | 31. 14 | 21. 68 | 2 212 | Ed 末 | Nm 早 |
| 濮城 | 濮 114 | 3 274. 4~3 392. 0 | 3 200 | 沙三段中 | 36. 07 | 22. 88 | 2 335 | Ed 末 | Ng 晚 |
| 濮城 | 濮 20 | 2 792. 0~2 798. 2 | 2 400 | 沙二段下 | 28. 15 | 12. 25 | 1 352 | Ed 末 | Nm 中 |
| 濮城 | 新濮 44 | 2 716. 0~2 729. 6 | 2 600 | 沙二段下 | 24. 96 | 24. 10 | 2 459 | Ed 末 | Nm 晚 |
| 濮城 | 濮 36 | 2 706. 6~2 740. 4 | 2 600 | 沙二段下 | 27. 04 | 20. 40 | 2 082 | Ed 末 | Nm 晚 |
| 濮城 | 濮 50 | 2 787. 4~2 790. 8 | 2 700 | 沙二段下 | 27. 79 | 20. 20 | 2 061 | Ed 末 | Nm 中 |
| 濮城 | 文 127 | 3 365. 0~3 372. 0 | 3 000 | 沙三段中 | 47. 91 | 31. 76 | 3 241 | Ed 末 | Nm 晚 |
| 卫城 | 卫 108 | 2 779. 6~2 879. 0 | 2 700 | 沙三段中 | 26. 49 | 20. 10 | 2 051 | Ed 末 | Nm 中 |
| 卫城 | 卫 11 | 2 757. 2~2 793. 8 | 2 710 | 沙三段下 | 27. 69 | 16. 72 | 1 706 | Ed 末 | Nm 早 |
| 卫城 | 卫 11-7 | 2 730. 8~2 793. 0 | 2 600 | 沙三段下 | 27. 91 | 17. 70 | 1 806 | Ed 末 | Nm 中 |
| 卫城 | 卫 112 | 2 741. 0~2 807. 0 | 2 700 | 沙三段下 | 24. 59 | 21. 94 | 2 239 | Ed 末 | Nm 晚 |
| 卫城 | 卫 30 | 2 762. 0~2 886. 4 | 2 372 | 沙三段中 | 27. 98 | 19. 34 | 1 973 | Ed 末 | Nm 中 |
| 卫城 | 卫 142 | 2 944. 0~3 015. 2 | 2 400 | 沙四段 | 29. 42 | 17. 64 | 1 800 | Ed 末 | Nm 早 |
| 卫城 | 卫 121 | 2 918. 0~3 015. 2 | 2 600 | 沙四段 | 28. 44 | 19. 60 | 2 000 | Ed 末 | Nm 早 |
| 卫城南部 | 文 51-1 | 2 699. 2~2 734. 6 | 2 500 | 沙二段下 | 21. 24 | 18. 78 | 1 916 | Ed 末 | Nm 中 |
| 卫城南部 | 文 98-4 | 2 755. 0~2 760. 8 | 2 668 | 沙二段下 | 27. 74 | 22. 76 | 2 322 | Ed 末 | Nm 晚 |

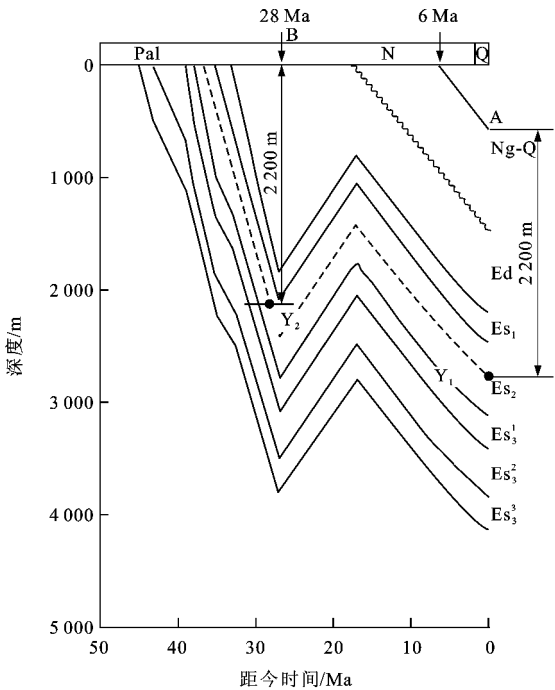


图 5 根据饱和压力结合埋藏史确定成藏期
Fig. 5 Saturated Pressure Combined with Burial History to Calculate Formation Stages of Reservoir

4 根据包裹体均一温度法确定成藏期

利用流体包裹体资料研究油气充注史, 目前已成为油气成藏期研究的有效手段^[13-18]。其方法通常是首先测定流体包裹体的均一化温度, 然后结合该区热演化史来推测其形成的古埋深^[19], 其对应的地质时代, 近似代表油气充注成藏时间。

4.1 濮城地区成藏期

濮城地区沙三段包裹体主要赋存于石英内裂隙中, 可以见到烃类包裹体、气液两相盐水包裹体。通过对气液两相盐水包裹体均一温度测试表明, 濮城地区包裹体均一温度主要分布在 110~130 °C 之间(图 6a), 结合濮城地区的热演化史(图 7a), 可以看出该地区成藏期分别为古近纪末期(30~22 Ma)和新近纪晚期—第四纪(6~0 Ma)。

4.2 卫城地区成藏期

对卫城地区卫 20 井沙三段包裹体样品分析, 可以看出包裹体比较发育, 主要赋存在石英内裂隙中, 可见液态烃包裹体、气液两相盐水包裹体。通过对卫城地区卫 20 井和卫 42 井包裹体均一温度分析测试, 卫 20 井包裹体均一温度主要分布在 120~130 °C 区间(图 6b), 结合卫 20 井热演化史图(图 7b), 推断油气成藏期为古近纪末期(28~25 Ma),

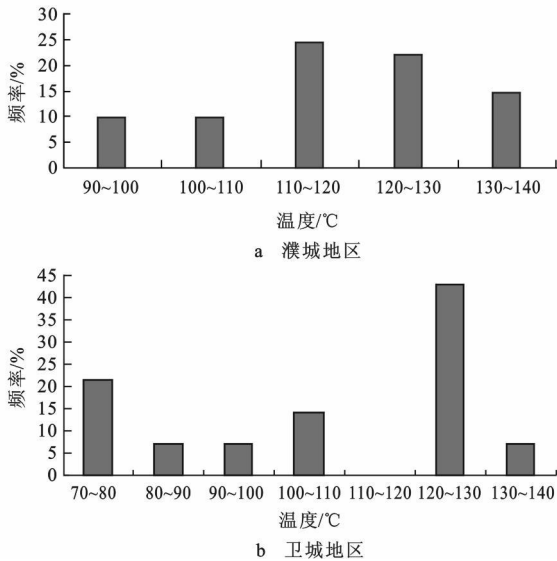


图 6 濮卫洼陷不同地区储层包裹体均一温度分布
Fig. 6 Homogenization Temperatures of Fluid Inclusions in Different Areas of Puwei Subsag

新近纪没有油气成藏事件。

通过对濮卫洼陷包裹体分析, 洼陷东西两侧油气成藏期存在一定的差别。东侧濮城地区和濮城南部地区存在两期成藏, 分别为古近纪末期和新近纪晚期—第四纪, 古近纪末期成藏期对应的地质年龄为 30~20 Ma, 新近纪成藏期对应的地质年龄为

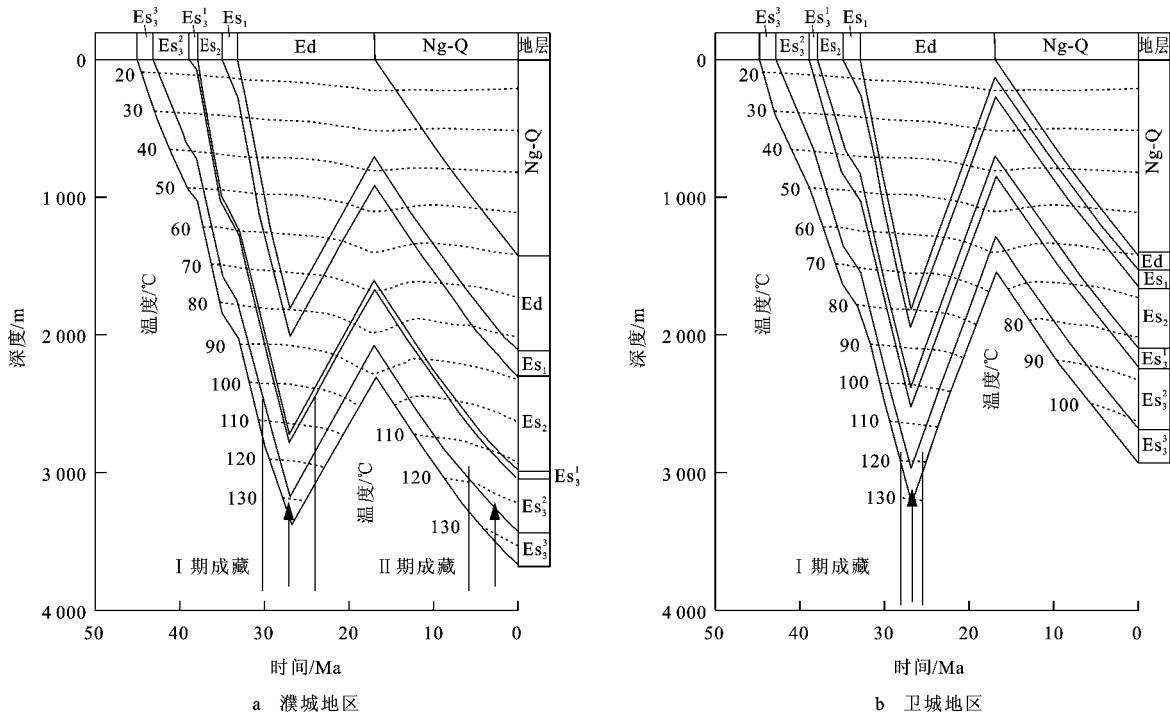


图 7 濮卫洼陷不同地区成藏期次分析

Fig. 7 Analysis of the Period and Time of Petroleum Accumulation in Puwei Subsag

10~0 Ma; 洼陷西侧卫城地区只在古近纪末期存在一期成藏, 在新近纪晚期没有发现流体活动记录, 并且卫城地区在古近纪末期的成藏时间较东侧濮城地区稍晚, 其对应年代为 28~25 Ma。濮城和濮城南部地区东临濮城—前梨园洼陷, 西临濮卫洼陷, 接受双重洼陷的供烃, 卫城油气主要来自濮卫洼陷, 且由于濮城—前梨园洼陷烃源岩地层厚, 埋深大, 生排烃时间早于濮卫洼陷, 造成了濮城和濮城南部地区的成藏时间要早于卫城地区。东濮凹陷古近纪末期发生剥蚀之后, 濮城—前梨园洼陷在新近纪地层过补偿厚度明显, 超过 600 m, 发生明显的二次生烃作用, 使得濮城和濮城南部地区存在两期成藏; 而濮卫洼陷在新近纪虽然也发生了一定程度的过补偿, 但过补偿厚度不明显^[20-21], 二次生烃作用微弱, 因此卫城地区仅表现为古近纪末期一期成藏。濮卫洼陷中心部位新近纪地层过补偿厚度较大, 应该存在二次生烃以及二次成藏, 二次成藏范围不大仅局限在洼陷中心部位。

5 结语

(1) 濮卫洼陷沙三段、东营组沉积期为 2 个断层强烈活动期, 圈闭的形成期分为沙四段—沙三段岩性圈闭(为主)形成期和沙二段—东营期断块群圈闭(为主)形成期, 伴随着形成了早期岩性圈闭和晚期断块圈闭, 两种类型的圈闭在东营末期都已形成, 早于烃源岩大量油气生成和排出的时期。

(2) 在利用饱和和压力法确定成藏期时, 结合埋藏史分析, 可以在很大程度上消除由于剥蚀厚度存在造成的计算误差, 东濮凹陷古近系剥蚀厚度大, 比较适合应用该方法。

(3) 综合利用圈闭形成史、烃源岩主力生排烃期、油藏饱和和压力结合埋藏史以及储层流体包裹体等确定成藏期的方法, 认为濮卫洼陷主要成藏期分别为古近纪末期和新近纪晚期。洼陷东西两侧油气成藏期又存在一定的差别, 东侧濮城地区和濮城南部地区东临濮城—前梨园洼陷, 西临濮卫洼陷, 接受两侧洼陷的供烃, 且濮城—前梨园洼陷在新近纪存在明显的二次生烃作用, 造成东侧存在两期成藏, 分别为古近纪末期和新近纪晚期—第四纪; 洼陷西侧卫城地区油气主要来自濮卫洼陷, 濮卫洼陷埋藏相对较浅, 在新近纪二次生烃作用微弱, 造成西侧只在古近纪末期存在一期成藏, 新近纪晚期没

有发现流体活动记录。

参考文献:

- [1] 王洪亮, 邓宏文. 东濮凹陷濮卫环洼带层序划分与沉积体系[J]. 古地理学报, 2000, 2(1): 49-53.
- [2] 屈红军, 李文厚, 苗建宇, 等. 东濮凹陷濮卫环洼带沙三段沉积体系及储层发育规律[J]. 沉积学报, 2003, 21(4): 601-606.
- [3] 屈红军, 李文厚, 苗建宇, 等. 东濮凹陷濮卫洼陷盐岩发育规律及成因探讨[J]. 中国地质, 2003, 30(3): 309-314.
- [4] 王兴武, 张广勤, 高平, 等. 濮卫环洼带沙三段油藏特征分析[J]. 断块油气田, 2003, 10(5): 44-46.
- [5] 李世银, 钟建华, 孙钰, 等. 东濮凹陷濮卫环洼带油气成藏条件及成藏规律[J]. 油气地质与采收率, 2007, 14(2): 28-30.
- [6] 刘俊海, 陈小宏, 杨香华. 东濮凹陷西部斜坡带混合原油地球化学特征[J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2007, 22(3): 42-46.
- [7] 杜海峰, 于兴河, 陈发亮. 东濮凹陷古近系沙三段盐岩成因探讨及层序地层学意义[J]. 西北地质, 2007, 40(4): 67-74.
- [8] 李宗亮, 蒋有录, 鲁雪松. 东濮凹陷卢部寨气田天然气成藏地球化学特征[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2008, 30(2): 57-60.
- [9] 蒋有录, 查明. 石油天然气地质与勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 2006.
- [10] 柳广弟, 张仲培, 陈文学, 等. 焉耆盆地油气成藏期次研究[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(1): 69-71.
- [11] 姜振学, 庞雄奇, 黄志龙. 吐哈盆地鄯善油田油气运聚期次及成藏过程研究[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2000, 24(4): 104-107.
- [12] 蒋有录, 刘华, 张乐, 等. 东营凹陷油气成藏期分析[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 215-218.
- [13] 邱楠生, 金之钧, 胡文喧. 东营凹陷油气充注历史的流体包裹体分析[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2000, 24(4): 95-97.
- [14] 柳少波, 顾家裕. 包裹体在石油地质研究中的应用与问题讨论[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(4): 326-331.
- [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.
- [16] 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.
- [17] 于明德, 王璞珏, 施昌瑞, 等. 焉耆盆地流体包裹体特征与油气成藏期次[J]. 西北地质, 2009, 42(1): 115-121.
- [18] 朱志强, 曾滢辉. 临南洼陷流体包裹体特征与成藏时间研究[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2008, 30(4): 31-34.
- [19] 张金亮. 利用流体包裹体研究油藏注入史[J]. 西安石油学院学报, 1998, 13(4): 1-4.
- [20] 鲁雪松, 蒋有录, 常振恒, 等. 东濮凹陷东营组地层剥蚀厚度估算及其意义[J]. 地质科技情报, 2007, 26(2): 8-12.
- [21] 覃利娟, 张金亮. 濮城油田南区沙二上 2+3 油藏储层评价[J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2007, 22(4): 40-46.