

文章编号:0253-9985(2010)03-0386-07

新构造运动对东濮凹陷北部古近系烃源岩生烃的影响 及其对浅层油气成藏的意义

范昌育^{1,2}, 王震亮^{1,2}, 李萍^{1,3}

(1. 西北大学 地质学系, 陕西 西安 710069; 2. 西北大学 大陆动力学国家重点实验室, 陕西 西安 710069;

3. 中海石油研究中心, 北京 100027)

摘要:古近纪以来,东濮凹陷在东营组沉积末期和明化镇组沉积晚期经历了两期构造运动,构造运动对深层烃源岩的生烃作用和浅层油气成藏均具有重要的影响。在埋藏史的恢复和前人热演化史研究的基础上,恢复了古近纪以来沙河街组三段烃源岩的生烃史,探讨了构造运动对沙河街组三段烃源岩生烃的影响,并分析了这种影响对浅层油气成藏的意义。研究认为,东营运动强度较大,抑制或延缓了深层烃源岩的生烃进程,造成了烃源岩晚期大规模生烃;同时,东营运动保存了深部烃源岩的生烃潜力,为后期再度埋深的二次生烃及明化镇组沉积末期浅层油气藏的形成奠定了物质基础。

关键词:烃源岩;二次生烃;生烃史;油气成藏;新构造运动;东濮凹陷

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

Influence of Neotectonics on hydrocarbon generation in the Paleogene source rocks of the northern Dongpu Depression and its implications for the forming of oil/gas pools in shallow strata

Fan Changyu^{1,2}, Wang Zhenliang^{1,2} and Li Ping^{1,3}

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China; 2. State Key Laboratory of Continental Dynamics, Xi'an, Shaanxi 710069, China; 3. China National Offshore Oil Company Research Center, Beijing 100026, China)

Abstract: Since the Paleogene, the Dongpu depression has experienced two stages of tectonic movements, at the end of sedimentation of the Dongying Formation and in the late period of sedimentation of the Minghuazhen Formation respectively. These tectonic movements put great influence on hydrocarbon generation of the deep-buried source rocks and the forming of oil/gas pools in shallow strata. On the basis of burial history reconstruction and previous studies on thermal evolution, we reconstruct the hydrocarbon generation history of source rocks in the third member of the Shahejie Formation since Paleogene, discuss the influence of tectonic movements on hydrocarbon generation of source rocks in the third member of the Shahejie Formation and analyze its implications for the forming of oil/gas pools in shallow strata. According to the results, it is believed that (i) the great strength of the Dongying Movement restrained and delayed hydrocarbon generation of the deep-buried source rocks, which led to the massive hydrocarbon generation after the Dongying Movement; (ii) the Dongying Movement preserved the hydrocarbon generation potential of the deep-buried source rocks, which laid foundations for secondary hydrocarbon generation when the source rocks were buried deeper and the forming of oil/gas pools in the late period of sedimentation of the Minghuazhen Formation.

Keywords: source rock, secondary hydrocarbon generation, hydrocarbon generation history, forming of oil/gas pools, neotectonics, Dongpu Depression

随着中、深层油气勘探程度的提高、难度的增大,浅层油气勘探前景越来越引起各大油田的重

视,逐渐成为一个重要的勘探领域。目前在辽河、渤中、黄骅、济阳、冀中等坳陷均已发现了规模不

收稿日期:2009-08-14。

第一作者简介:范昌育(1982—),男,博士研究生,油气运移成藏。

基金项目:中国石油化工集团公司重点科技攻关项目(P02084);国家科技重大专项(2008ZX05003-002)。

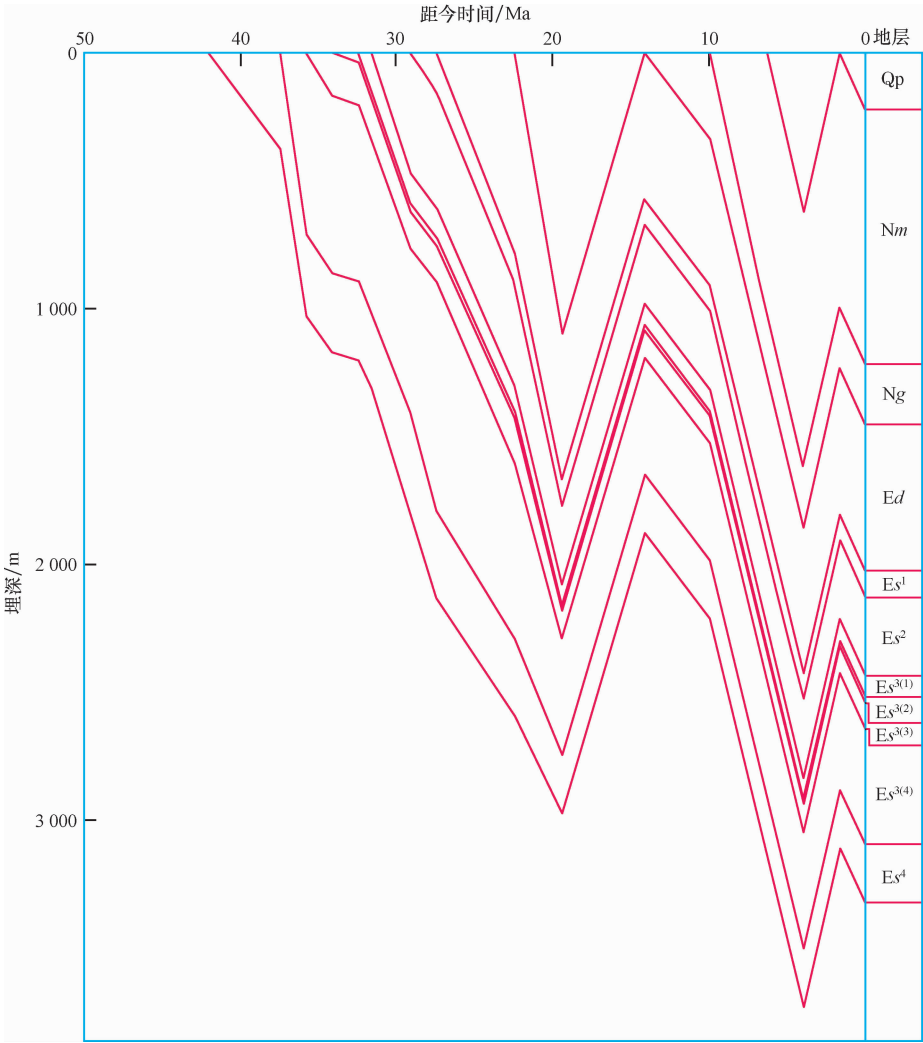


图 2 东濮凹陷北部中央隆起带埋藏史

Fig. 2 Burial history of the central uplift zone in the northern Dongpu Depression

东濮凹陷北部各构造单元自古近纪以来,经历了 2 期明显的构造抬升剥蚀与 3 期沉降作用过程。第一期构造抬升作用始于东营组沉积末期,是一期长期而强烈的抬升剥蚀;第二次构造抬升作用始于明化镇组沉积末期,是一期快速而短暂的构造抬升剥蚀作用。各构造单元的最大埋深时期均出现在明化镇组沉积末期。在这方面,前人或忽略了第二期构造运动的作用,认为现今是最大埋深时期;或夸大了第一期构造运动的作用,认为东营组沉积末期是最大埋深时期,这与东营运动后凹陷内整体超补偿沉积现实不符。

3 生烃史

前人对东濮凹陷北部古生代烃源岩热演化史

及生烃史的研究较多^[6~8],而对古近系烃源岩的研究较少^[9]。笔者在埋藏史恢复的基础上,据中原油田生油门限的时间-温度经验公式(1),和本区的热史资料(表 1),将生油岩生烃门限温度随时间的变化关系转化为生烃门限深度随时间的变化关系(图 3)。

$$T = \frac{3\,014}{\lg t + 6.498} - 276.95 \tag{1}$$

式中: T 为生烃门限温度, $^{\circ}\text{C}$; t 为烃源岩埋藏时间, Ma 。

将各构造单元烃源岩生烃门限深度随埋藏时间的变化关系以各生油层开始沉积时为起点,投到相应的埋藏史曲线上,即获得了古近系各生油层在不同构造单元的生烃史。

表1 东濮凹陷北部各构造单元地温梯度^[6]

Table 1 Geothermal gradient of different structural units in the northern Dongpu Depression^[6]

构造单元	E ₂ —E ₃	N—Q	备注
白庙	3.7	3.0	白6井
中央隆起	3.5	3.4	濮深14井
前梨园洼陷	3.2	3.0	前参2井,濮深10井
西部洼陷	3.2	3.1	濮深8井,濮深13井
西部斜坡	3.5	3.0	庆古2井
兰聊断裂带	3.5	3.0	毛4井

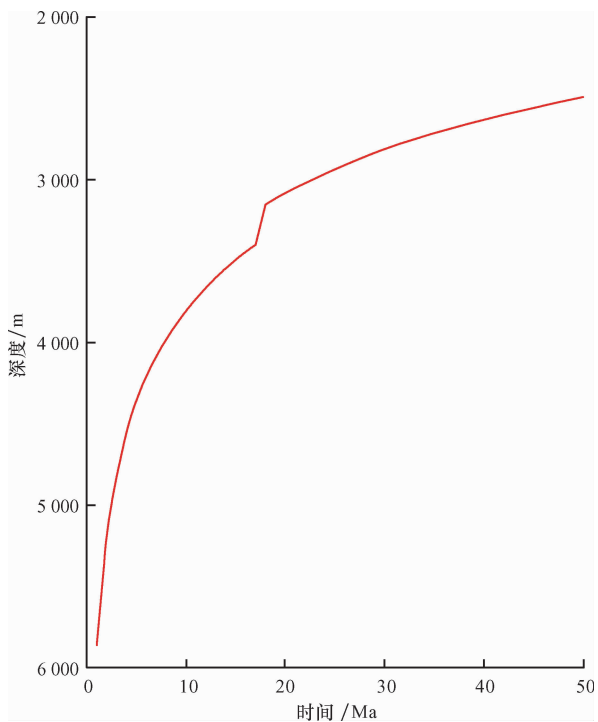


图3 东濮凹陷北部前梨园洼陷烃源岩生烃门限深度与埋藏时间关系

Fig. 3 Relationship between the depth of hydrocarbon generation threshold and the burial time of source rocks in the Qianliyu Sag of the northern Dongpu Depression

沙河街组三段及沙河街组一段泥岩是东濮凹陷主要的生油岩。各构造单元生油岩的生烃史以西部洼陷带和中央隆起带为例说明。

1) 西部洼陷带生烃史特征

沙河街组三段烃源岩沉积以来,沙河街组三段中亚段(Es³⁽³⁾)烃源岩在沙河街组一段沉积中期率先进入了初次生烃门限,东营运动时期,由于构造抬升作用,使得生烃强度被削弱,但未退出生烃门限。随着东营运动的结束,烃源岩被再度深埋,同时生烃作用加强,而明化镇组沉积末期构造

抬升期,生烃作用被再度削弱。沙河街组三段中上亚段(Es³⁽²⁾)、沙河街组三段上亚段(Es³⁽¹⁾)分别在沙河街组一段沉积末期和东营组沉积中期进入生烃门限,在东营运动时期退出生烃门限,生烃停止,之后分别在馆陶组和明化镇组沉积初期进入了二次生烃门限,而后又在明化镇组沉积末期构造抬升期生烃作用被削弱。沙河街组一段底部仅在明化镇组沉积末期进入了初次生烃门限(图4)。

2) 中央隆起带生烃史特征

中央隆起带地区由于烃源岩埋深较小,仅有沙河街组四段在东营组沉积中期进入了初次生烃门限,而随东营运动的抬升,生烃作用被抑制,在明化镇组沉积初期进入了二次生烃门限,之后生烃强度又受到明化镇组沉积末期构造运动的削弱;沙河街组三段下亚段(Es³⁽⁴⁾)在明化镇组沉积初期才进入初次生烃门限,之后持续生烃,明化镇组沉积末期构造抬升使生烃强度被削弱。沙河街组三段中亚段(Es³⁽³⁾)、沙河街组三段中上亚段(Es³⁽²⁾)和沙河街组三段上亚段(Es³⁽¹⁾)在明化镇组沉积中期进入初次生烃门限,明化镇组沉积末期构造抬升使生烃作用被抑制,现今又进入了二次生烃阶段(图5)。

从东濮凹陷北部沙河街组三段烃源岩的受热历史来看,古近纪以来基本上处于低熟到中成熟阶段,在热催化作用下以生油和湿气为主。

4 新构造运动对烃源岩生烃的影响

由生烃史分析可知,古近纪以来的两期构造运动,在一定程度上减缓或抑制了烃源岩生烃的步伐。明化镇组沉积末期,仅有东、西部洼陷内的烃源岩发生了持续生烃,而二次生烃的烃源岩也以洼陷居多,凸起、隆起和斜坡带地区的烃源岩主要发生初次生烃。总体来看,各构造单元在明化镇组沉积期末进入初次生烃门限的层位最多(表2)。

两期构造运动形成了两大生烃旋回。东营运动强度大,对生烃的迟缓作用较强,本次构造运动使得大部分烃源岩到明化镇组沉积末期才开始大规模成熟。随着两期构造运动的发生,烃源岩的生烃强度具有两期波状起伏的特征,第一期的起

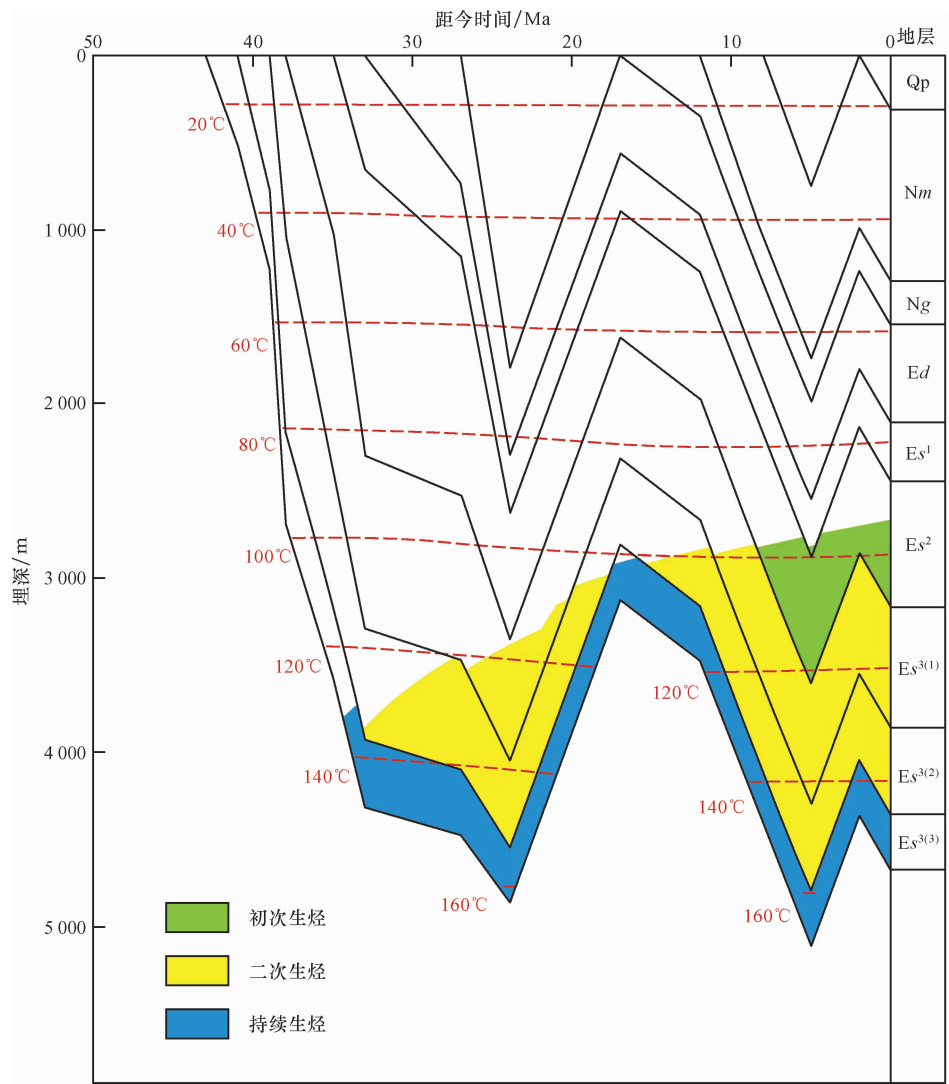


图 4 东濮凹陷北部西部洼陷带生烃史

Fig. 4 Hydrocarbon generation history of the western sag in the northern Dongpu Depression

伏幅度最大,这与第一期地层的构造起伏幅度一致。

从已有地化指标来看(表 3),沙河街组三段与沙河街组一段干酪根类型差别不大,以Ⅱ₁型为主。沙河街组三段各项地化指标以濮前洼陷最好,沙河街组一段以柳海洼陷最好,这与其经历的生烃史密切相关。从东西部洼陷带生烃史的对比来看(表 2),东部濮前洼陷的沙河街组三段上亚段(Es³⁽¹⁾)、沙河街组三段中上亚段(Es³⁽²⁾),在明化镇组沉积末期才进入了初次生烃阶段,同样的层位在西部柳海洼陷已进入了二次生烃阶段,可见,柳海洼陷烃源岩的热演化程度高,是导致其现今残留有机碳等地化指标不如濮前洼陷好的原因

之一,这也是由不同洼陷东营运动强度的不同所致。

5 晚期生烃对浅层油气成藏的意义

有学者认为国内气藏主要形成、定型于新近纪以来的构造运动时期^[10],以及近年来盛行的晚期成藏理论^[10~13],无不说明了深层包括浅层油气藏多形成于盆地的晚期构造运动时期。

东濮凹陷浅层东营组以文留和桥口地区发现的油气藏和油气显示最多。成藏年代学研究表明^①,东营组油气充注有两期,第一期发生在东营组沉积的中后期,第二期发生在明化镇组沉积末

① 王震亮,李萍,范昌育. 东濮凹陷浅层流体输导体系与油气成藏研究. 西北大学地质学系,2007

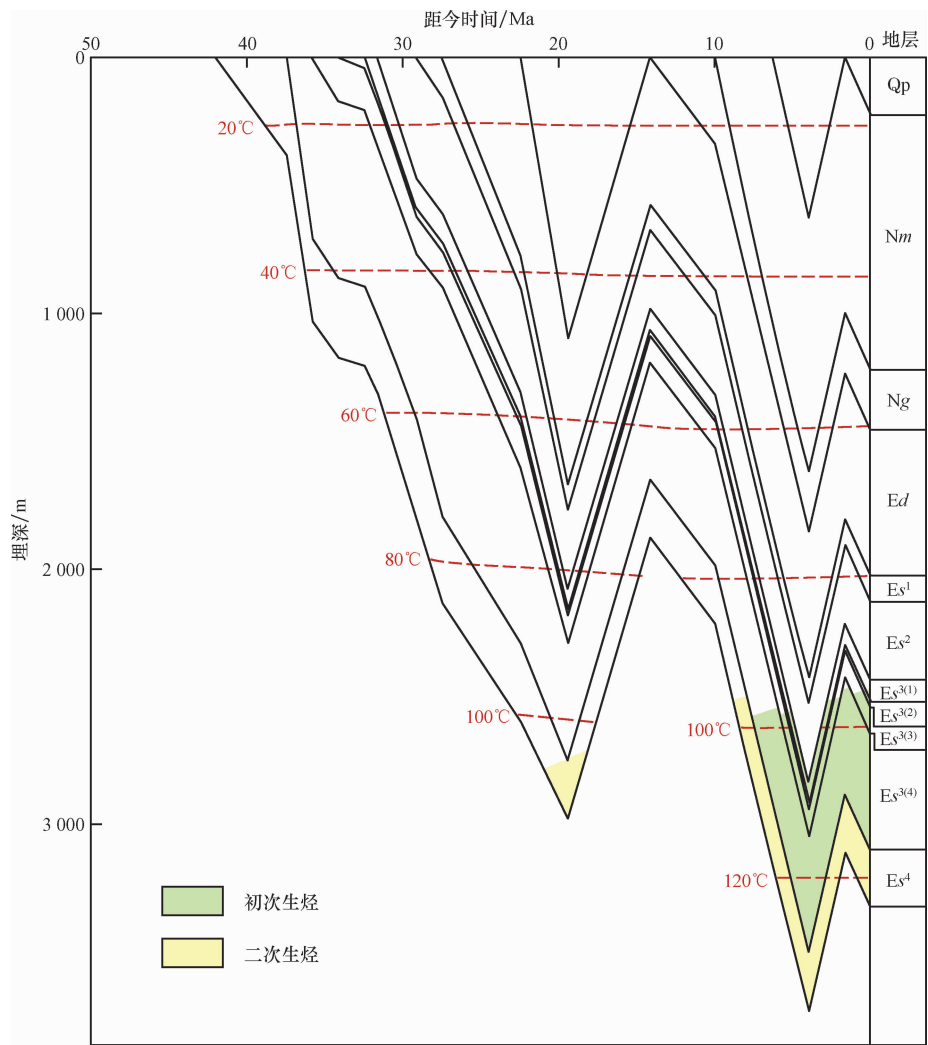


图5 东濮凹陷北部中央隆起带生烃史

Fig. 5 Hydrocarbon generation history of the central uplift zone in the northern Dongpu Depression

表2 东濮凹陷北部明化镇组沉积末期
各构造单元生油层生烃阶段
Table 2 Hydrocarbon generation stages of different
structural units at the end of the Minghuazhen period
in the northern Dongpu Depression

构造单元	生烃阶段	层位
西部洼陷带	初次生烃	Es ¹
	二次生烃	Es ³⁽²⁾ , Es ³⁽¹⁾
	持续生烃	Es ³⁽³⁾
西部斜坡带	二次生烃	Es ³⁽³⁾ , Es ³⁽²⁾ , Es ³⁽¹⁾
东部洼陷带	初次生烃	Es ³⁽²⁾ , Es ³⁽¹⁾ , Es ¹
	二次生烃	Es ³⁽³⁾
	持续生烃	Es ⁴ , Es ³⁽⁴⁾
卫城凸起	初次生烃	Es ⁴ , Es ³⁽⁴⁾ , Es ³⁽³⁾ , Es ³⁽²⁾
中央隆起带	初次生烃	Es ³⁽⁴⁾ , Es ³⁽³⁾ , Es ³⁽²⁾ , Es ³⁽¹⁾
	二次生烃	Es ⁴
北部古云集 洼陷	初次生烃	Es ³⁽³⁾ , Es ³⁽²⁾ , Es ³⁽¹⁾
	二次生烃	Es ³⁽⁴⁾

期构造运动初期,这两期烃类的充注强度以第二期最强,这与明化镇组沉积末期烃源岩的大规模生烃期正好吻合,进一步说明了晚期生烃与浅层油气成藏的密切关系。

构造运动时期、油气藏的保存与破坏是油气藏形成和演化的关键^[14]。油气藏的破坏通常是指“油气藏中油气散失殆尽,或是油气遭水洗、生物降解变成稠油或沥青”^[15],这里仅指成分变化的破坏,而在成藏的历程中,油气藏的破坏作用还包括垂向泄漏和侧向泄漏^[15]。

东濮凹陷的这两期构造运动相对比,东营运动强度较大,形成的断层较多。东营运动时期,活动断层在将深部烃类流体输导至浅层的同时,东营组也被抬升遭受剥蚀,此时形成的大部分浅层油气藏中的油气,要么发生泄漏,要么被氧化、水

表 3 东濮凹陷北部东、西部洼陷烃源岩有机质丰度

Table 3 Organic matter abundance of sources rocks in the eastern and western sags in the northern Dongpu Depression

洼陷名称	层位	有机碳含量,%	氯仿沥青“A”含量,%	总烃含量, 10^{-6}	生烃潜量/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	干酪根类型
濮前洼陷	Es ¹	1.16~1.25	0.70~0.95	275~300	2.21~3.85	Ⅱ ₁
	Es ³	0.96~1.07	1.00~1.74	727~1 275	1.50~2.22	Ⅱ ₁ , Ⅱ ₂ , I
柳海洼陷	Es ¹	1.47~1.65	0.79~1.19	391~409	7.88~9.40	Ⅱ ₁
	Es ³	0.81~0.90	0.70~0.98	350~491	1.05~1.85	Ⅱ ₁

洗或生物降解成稠油或沥青质。如本区中央隆起带的文 221 井,东营组埋藏较浅,构造抬升时期原油生物降解严重,饱和烃基本被消耗,较难获得较高的油气产能。从这一点来看,构造运动对于浅层油气成藏具有消极作用。但从另一方面来看,正是由于强烈的构造抬升,抑制或减缓了深层烃源岩的生烃进程,为晚期浅层油气成藏奠定了物质基础。

环渤中地区新近系油气藏的勘探实践表明,断裂在强烈活动时期,难以在浅层形成油气聚集,而在中等或微弱活动期的断裂附近才可以使油气聚集成藏^[16,17]。东濮凹陷明化镇组沉积末期构造运动强度较弱,仅在北西方向的挤压下轻微抬升,使得大部分断层未进一步延伸至明化镇组,对浅层油气藏的破坏程度较轻,在一定程度上能够使由东营构造抬升期保存的潜力烃源岩在明化镇组沉积末期大规模生烃后,沿再次活动开启且切割古近系烃源岩的断层运移至浅层成藏,这些被重新开启的油源断层附近可作为下一步浅层勘探的有利地区。如东营组文留地区发育的文东、文西断层附近,目前已有初具规模油气发现。桥口地区的黄河断层附近、西部斜坡带的长垣断层等大型油源断裂附近,可作为东营组下一步勘探的有利区域。

6 认识与结论

- 1) 构造运动的强度与深部烃源岩的生烃关系密切,构造运动越强,对深部烃源岩的生烃进程抑制或减缓作用越强。
- 2) 与构造运动对储层物性的改善及对浅层油气藏的破坏作用相比,东营构造运动保存了深部烃源岩的生烃潜力,为明化镇组沉积末期构造运动初期浅层油气成藏奠定了物质基础。

参 考 文 献

1 林景晔,林铁锋,朱德丰,等.喜马拉雅运动与松辽盆地北部油气成藏的关系[J].石油与天然气地质,2004,25(2):222~225

2 徐汉林,江同文,顾乔元,等.新构造运动对塔里木盆地油气的控制作用[J].新疆石油地质,2009,30(2):175~179

3 秦胜飞,戴金星,赵靖舟,等.新构造运动对中国天然气成藏的控制作用[J].地质论评,2006,52(1):93~100

4 王震亮,张立宽,施立志,等.塔里木盆地克拉 2 气田异常高压的成因分析及其定量评价[J].地质论评,2005,51(1):55~64

5 宋岩,王喜双.构造运动对天然气晚期成藏的控制作用[J].天然气地球科学,2003,14(2):103~106

6 刘丽,任战利.东濮凹陷热演化史研究[J].石油勘探与开发,2007,34(4):419~423

7 朱炎铭,王晓辉,张聪,等.东濮凹陷石炭-二叠系煤系烃源岩的生烃演化[J].石油学报,2007,28(6):27~31

8 常俊合,岳玉山,吕红玉,等.东濮凹陷上古生界热演化史与生烃关系[J].石油勘探与开发,2004,31(2):32~34

9 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

10 王庭斌.中国气藏主要形成、定型于新近纪以来的构造运动[J].石油与天然气地质,2004,25(2):126~132

11 龚再升,王国纯.渤海新构造运动控制晚期油气成藏[J].石油学报,2001,22(2):1~7

12 马立桥,陈汉林,董庸,等.苏北-南黄海南部叠合盆地构造演化与海相油气勘探潜力[J].石油与天然气地质,2007,28(1):38~43

13 戴金星,卫延召,赵靖舟.晚期成藏对大气田形成的重大作用[J].中国地质,2003,30(1):10~20

14 金之钧,张一伟,王捷.油气藏成藏机理与分布规律[M].北京:石油工业出版社,2003.130~214

15 陈章明,吴元燕,吕延防.油气藏保存与破坏研究[M].北京:石油工业出版社,2003.131~225

16 周心怀,牛成民,滕长宇.环渤中地区新构造运动期断裂活动与油气成藏关系[J].石油与天然气地质,2009,30(4):469~475

17 姜丽娜,邹华耀.郯庐断裂带渤中-渤南段新构造运动期断层活动与油气运聚[J].石油与天然气地质,2009,30(4):462~468