

文章编号: 1001-6112(2008)03-0221-06

东海盆地西湖凹陷 新生代构造演化对油气的控制作用 ——以平湖组油气响应为例

何将启^{1,2}, 梁世友², 陈拥锋², 付 洁²

(1. 南京大学 地球科学系, 南京 210093;

2. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151)

摘要: 东海陆架盆地西湖凹陷自新生代以来经历了陆内拉张断陷、转换边缘坳陷、陆内迁移坳陷和陆架边缘坳陷等 4 种原型演化, 对油气的生成、运聚起到了重要的控制作用。从地质作用与油气响应的关系出发, 以平湖组为例探讨了西湖凹陷新生代构造演化对油气的控制作用。受构造演化影响, 平湖组不同时期的厚度(或残留厚度)在凹陷不同部位有所不同, 导致主力烃源岩生烃条件多期变化。同时, 构造演化控制了西湖凹陷温度场在时间和空间上的变化, 提供了烃源岩成熟或资源结构变化的地温条件。另外, 构造演化造成油气运移方向的变化, 龙井运动以前, 油气主要向西部斜坡带和东部隆起带运移; 而在龙井运动以后, 除上述方向外, 油气还在中央背斜带发生短距离的侧向运移和垂向运移。

关键词: 构造演化; 油气响应; 西湖凹陷; 东海盆地

中图分类号: TE121.1

文献标识码: A

CONTROL ON PETROLEUM BY CENOZOIC TECTONIC EVOLUTION IN THE XIHU SAG, THE EAST CHINA SEA BASIN —TAKING PETROLEUM RESPONSE OF THE PINGHU FORMATION AS AN EXAMPLE

He Jiangqi^{1,2}, Liang Shiyu², Chen Yongfeng², Fu Jie²

(1. Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093, China; 2. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract: The Xihu Sag of the East China Sea Basin has experienced 4 prototype evolution stages since Cenozoic, including intracontinental extensional fault depression, transform marginal depression, intracontinental migrated depression and shelf marginal depression. The tectonic evolutions have controlled hydrocarbon generation and migration. Based on the relationship between geological process and petroleum response, it is discussed in this paper the control on petroleum by Cenozoic structural evolution in the Xihu Sag, taking the Pinghu Formation as an example. Influenced by tectonic evolutions, thickness (or residual thickness) of the Pinghu Formation in different parts of the sag is different, which results in the changes of hydrocarbon generation conditions of main source rocks. Meanwhile, evolutions have controlled spatial and temporal changes of temperature field in the Xihu Sag, and provided enough heat for source rocks maturing or resource type transformation. In addition, it has altered the direction of hydrocarbon migration. Oil and gas mainly migrates to the Western Slope and the Eastern Uplift Belt before the Longjing Movement. Afterwards, petroleum also moves in short distances laterally and vertically in the Central Anticline Zone.

Key words: tectonic evolution; petroleum response; Cenozoic; the Xihu Sag; the East China Sea Basin

收稿日期: 2007-06-25; 修订日期: 2008-04-29。

作者简介: 何将启(1973—), 男, 高级工程师, 主要从事盆地分析与海洋油气地质综合研究。E-mail: hejq@mail.wuxisuo.com。

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2006AA09A101)。

1 地质概况

西湖凹陷是东海陆架盆地北部的一个北北东走向的大型负向构造单元,西依海礁凸起,东靠钓鱼岛岩浆岩带,北以虎皮礁—吐噶喇断裂与福江凹陷相邻,南以鱼山凸起向东部延伸的高带与基隆凹陷相隔;长约 440 km,宽约 70~130 km,面积约 $5.9 \times 10^4 \text{ km}^2$;自西向东分为西部斜坡带、三潭深凹、中央背斜带、白堤深凹和东部活动带(钓鱼岛隆褶带)5个近北北东向的次级构造单元(图1),是东海陆架盆地内油气资源最丰富的富烃凹陷。

通过对西湖凹陷地质、地球物理资料的综合分析,笔者曾提出西湖凹陷新生代以来经历了4种原型叠加演化过程^[1],即:古新世—早中始新世陆内拉张断陷,中晚始新世(平湖组)转换边缘坳陷,渐新世—中新世(花港组及龙井组、玉泉组、柳浪组)陆内迁移坳陷和上新世—第四纪弧后扩张盆地的陆架边缘坳陷。西湖凹陷新生代多种盆地原型的叠加,控制了盆地构造—热体制动态变化下不同原型沉降和油气源岩的分布和转化关系,本文重点讨论在盆地原型转化过程中平湖组由于构造演化所引起的油气响应特征。

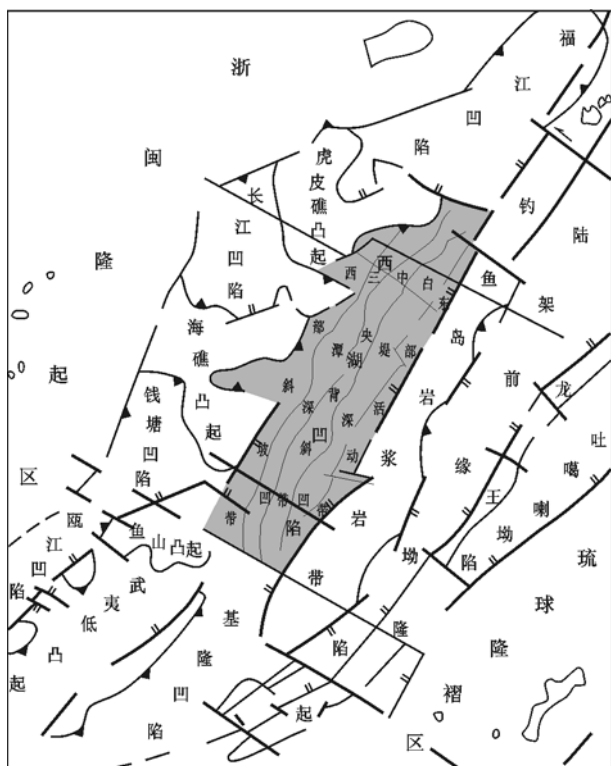


图1 东海盆地西湖凹陷构造位置及区划

Fig.1 Tectonic location and structural division of the Xihu Sag, the East China Sea Basin

2 构造演化对油气的控制作用

2.1 构造演化对平湖组烃源岩埋深的控制

中上始新统平湖组暗色泥岩和煤已经被证实是西湖凹陷的主要烃源岩^[2]。由于平湖组沉积时,西湖凹陷处于陆架转换边缘,经埋藏史模拟复原,认为平湖组原始沉积厚度向东增加(图2a)。前人通过钻井和地震资料分析,认为在西湖凹陷西部为浅海—三角洲、河口湾以及河流环境^[3],结合太平洋新生代以来的演化过程^[4],推测此沉积时凹陷东部属于浅海或半深海环境。因此,平湖组沉积时,东部较之西部更有利于有效烃源岩的发育。在花港组沉积时,由于构造反转使得平湖组残留埋藏中心位于孔雀亭—花港一线以南,最厚达 4 000 m(图2b)。在晚期坳陷叠加下,花港组沉积后平湖组埋藏中心开始分化为东西两洼,最大埋深保持在 5 000 m 以上,埋深起伏走向呈北北东向(图2c)。由于晚期坳陷向北迁移,西湖凹陷南抬北降,到柳浪组沉积时,原本沉积 2 000 m 厚的平湖组在北部深洼部位埋藏深达 7 000 m,而南部原本沉积残留厚达 4 000 m 的残留埋藏中心只有 5 000 m 左右(图2d)。平湖组不同时期凹陷不同部位的埋藏深度变化,必然导致所赋存的已知主力烃源岩生烃条件多期变化。

2.2 构造演化对热演化的控制

西湖凹陷构造演化对热演化的控制作用主要表现在2个方面:1)对地温场变化的控制。从模拟计算的地温梯度演化历史(图3)来看,无论是凹陷西部(平湖一井),还是凹陷中部(花港一井),地温梯度变化点在 40 Ma 附近。从图3看出,花港一井和平湖一井虽然所处凹陷位置不同,但地温梯度自 42.1 Ma 平湖组开始沉积时起,都有突然大幅降低的现象,说明西湖凹陷从早中始新世自断陷转化为坳陷经历了2种不同的构造—热体制下的地温场转换,由于转换时隆升导致地热散失,也可能由于早期坳陷自身的低热场特征,结果表现为早期的高地温场和晚期的低地温场。2)由于地温场的变化,导致了平湖组烃源岩在不同时期具有不同的古地温演化特征。平湖组反转前,由于东部原始厚度比现今残留的要大得多(图2a),该套地层中部温度值在花港一井以东、以南地域达到 50 °C(图4a),反映平湖组在沉积末期其中下部可能已具备生烃条件。花港组沉积后,平湖组地温场有所升高,反映了上部坳陷叠加对温度场的影响,表现为地温随埋深增加而升高(图4b)。到柳浪组沉积



图2 东海盆地西湖凹陷平湖组不同时期埋深

Fig. 2 Buried depth of the Pinghu Formation during different evolution stages in the Xihu Sag, the East China Sea Basin

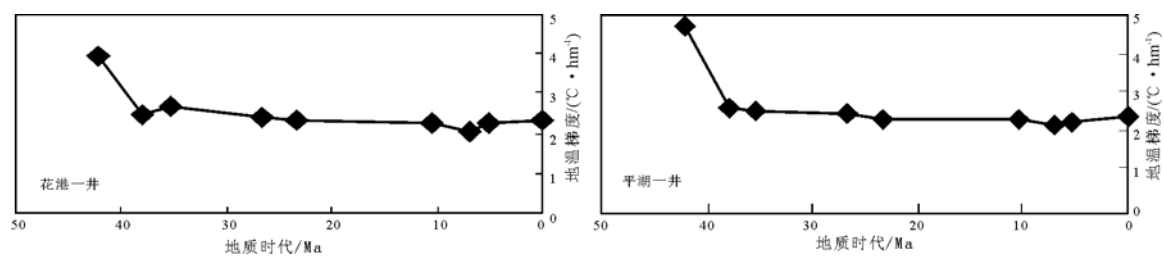


图3 东海盆地西湖凹陷平湖一井和花港一井计算古地温梯度

Fig. 3 Palaeogeotherm gradient of wells Pinghu-1 and Huagang-1 in the Xihu Sag, the East China Sea Basin

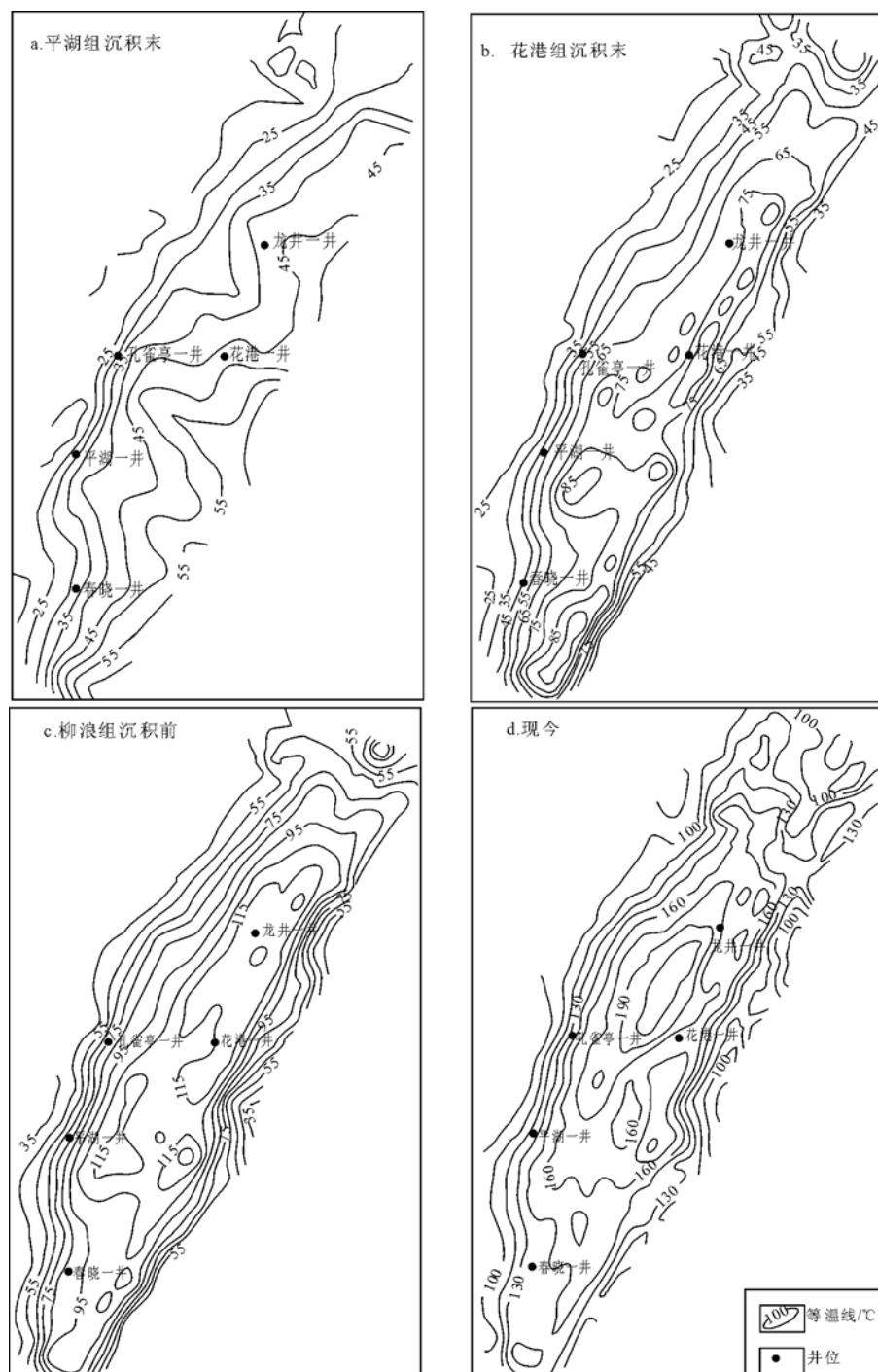


图4 东海盆地西湖凹陷平湖组不同时期地温分布

Fig. 4 Earth temperature of the Pinghu Formation during different evolution stages in the Xihu Sag, the East China Sea Basin

前,平湖组在龙井一井与花港一井之间的局部地区已经出现 130°C 的温度,反映了晚期拗陷叠加的效果(图 4c)。现今平湖组在凹陷整体范围都达到了 130°C 的温度值,但由于龙井运动时中央背斜带的形成,在背斜带两侧的三潭深凹和白堤深凹分别出现超过 190°C 的地区(图 4d),表明在此期间具备了平湖组烃源高熟/过熟或资源结构变化的地温条件。

2.3 构造演化对油气运聚的控制

西湖凹陷经历的多次构造运动改变了构造格局,影响了油气运移^[5,6]。对于平湖组的油气运移,可以龙井运动为界划为 2 个阶段。在龙井运动以前,由于中央背斜带尚未形成,平湖组基本保持东厚西薄的特征,即使是由于晚期拗陷沉积(花港组)的叠加,油气运移势场也基本以侧向运移为主,

大量油气在西部斜坡带聚集,并且成为长期运聚的位置。当东部隆起后,平湖组油气也可以向东运移,沿不整合面和断层向上聚集到上覆的花港组砂体中形成油气藏(图5)。

当龙井运动形成反转构造时,由于中央背斜带的形成,油气运移势场发生重大变化,持续形成的平湖组油气主要向3个方向运移(图6):除了在西部斜坡带和东部隆起带始终保持稳定持续的油气聚集外,由于断层活动,在中央背斜带还发生短距离的侧向运移和垂向运移,从而形成中央背斜带的构造圈闭型油气藏。

3 结论与讨论

通过在盆地原型分析基础上的构造演化研究,可以对盆地内的油气生成、运移,即油气响应关系有较为宏观的把握,而在此基础上进一步提出油气认识才更有依据。本文在此思想指导下,应用一些定性和定量分析,得出如下几点结论:

1)由于受构造演化影响,平湖组不同时期地层厚度(或残留厚度)有所不同,同时在凹陷不同部位的埋藏深度也有较大变化,必然导致所赋存的已知主力烃源岩生烃条件多期变化。

2)构造演化对西湖凹陷热演化的影响,主要表

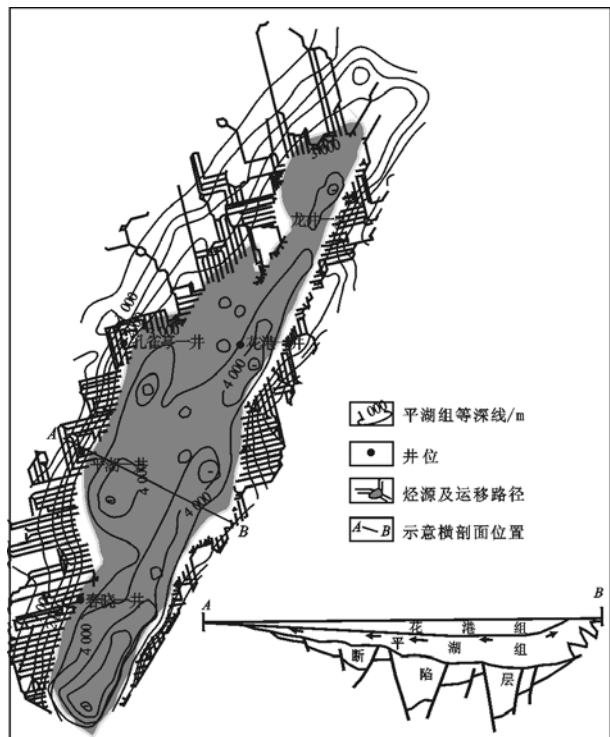


图5 东海盆地西湖凹陷龙井运动前油气运移

Fig. 5 Oil-and-gas migration before the Longjing movement in the Xihu Sag, the East China Sea Basin

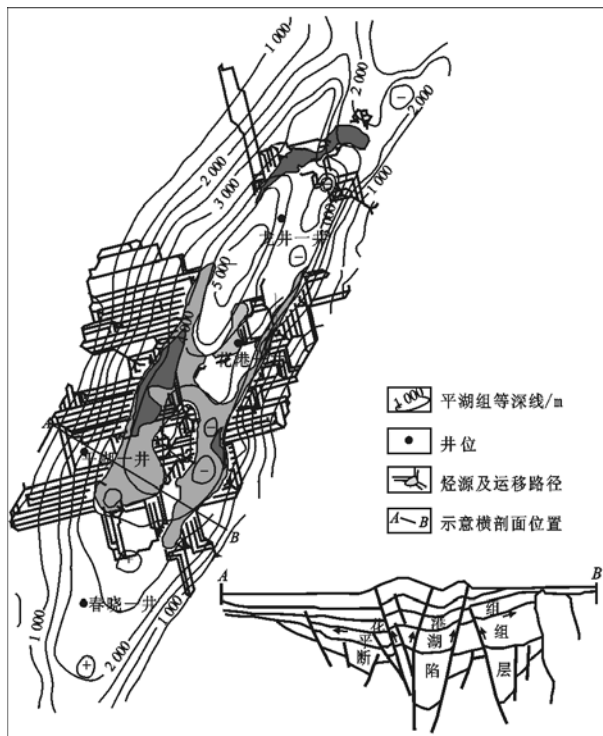


图6 东海盆地西湖凹陷龙井运动后油气运移

Fig. 6 Oil-and-gas migration after the Longjing movement in the Xihu Sag, the East China Sea Basin

现在对凹陷总体地温场随时间变化以及对地层温度时空演化特征的控制等2个方面。这种控制作用既体现了温度场随时间的变化受盆地构造—热体制的深层次影响,同时也体现了地层温度受构造演化控制下的埋藏深度的直接影响。

3)龙井运动对西湖凹陷的构造特征有重要影响。中央背斜带形成以前,油气主要向西部斜坡带和东部隆起带运移;而在中央背斜带形成以后,油气还在中央背斜带发生短距离的侧向运移和垂向运移。

本文仅是以平湖组为例来讨论西湖凹陷新生代以来盆地构造演化对油气的控制作用,实际上影响油气的因素非常复杂,除了构造演化外,沉积组合特征以及其他外部条件的影响都会产生不同的油气响应特征。而且,由于构造演化不仅仅对平湖组油气的生成、运移具有控制作用,同时还会对下部断陷层和上部花港组的油气造成影响,特别是后期的构造作用影响更甚,这也是在西湖凹陷形成多源、多期复合油气藏的重要原因。因此,要更准确、科学地预测西湖凹陷的油气资源和分布,必须加强构造演化和其他综合研究。

参考文献:

- 1 何将启,杨风丽. 东海西湖凹陷新生代盆地原型分析[J]. 海洋

- 石油,2003,23(增刊):13~20
- 2 顾惠荣,贾健谊,叶加仁. 东海西湖凹陷含油气系统特征[J]. 石油与天然气地质,2002,23(3):295~306
 - 3 赵艳秋. 东海西湖凹陷油气成藏地质认识[J]. 海洋地质动态,2003,19(5):20~24
 - 4 朱 夏,陈焕疆. 中国大陆边缘构造和盆地演化[A]. 见:朱夏编. 朱夏论中国含油气盆地构造[M]. 北京:石油工业出版社,1986. 87~93
 - 5 江兴歌,何将启,陈拥锋. 东海西湖凹陷平湖组油气运移特征模拟分析[J]. 石油实验地质,2003,25(增刊):614~620
 - 6 张忠民,周 瑾,邬兴威. 东海盆地西湖凹陷中央背斜带油气运移期次及成藏[J]. 石油实验地质,2006,28(1):30~33

(编辑 韩 或)

(上接第220页)

参考文献:

- 1 叶德燦,徐文明,陈荣林. 南美洲油气资源与勘探开发潜力[J]. 中国石油勘探,2007,12(2):70~75
- 2 吴因业,宋 岩,贾承造等. 柴北缘地区层序格架下的沉积特征[J]. 地学前缘,2005,12(3):195~203
- 3 Zeng Hongliu, Tucker F Hentz. High-frequency sequence stratigraphy from seismic sedimentology: applied to Miocene, Vermilion Block 50, Tiger Shoal area, offshore Louisiana [J]. AAPG Bulletin, 2004, 88(2): 153~174
- 4 董春梅,张宪国,林承焰. 地震沉积学的概念、方法和技术[J]. 沉积学报,2006,24(5):698~704
- 5 陆永潮,杜学斌,陈 平等. 油气精细勘探的主要方法体系:地震沉积学研究[J]. 石油实验地质,2008,30(1):1~5
- 6 Brown A R, Dahm C G, Graebner R J. A stratigraphic case history using three-dimensional seismic data in the Gulf of Thailand [J]. Geophysical Prospecting, 1981, 29(3): 327~349
- 7 吴因业,顾家裕. 油气层序地层学[M]. 北京:石油工业出版社,2002. 33~152
- 8 Van Wagoner J C, Posamentier H W, Mitchum R M, et al. An overview of the fundamentals sequence stratigraphy and key definitions[A]. In: Sea-Level Changes: An Integrated Approach [C]. SEPM Spec Pub 42, 1988. 39~46
- 9 Posamentier F L W, Allen G P, Jamses D P. High resolution sequence stratigraphy: the East Coulee Delta, Alberta [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1992, 62 (2): 310~317
- 10 吴因业,孙龙德,顾家裕等. 塔里木盆地满西地区石炭系东河砂岩沉积层序分析与储集层评价[J]. 古地理学报,2008,10(1):13~24
- 11 朱筱敏. 层序地层学原理及应用[M]. 北京:石油工业出版社,1998. 48~69
- 12 Vail P R, Mitchum R M Jr, Todd R G, et al. Seismic stratigraphy and global changes of sea level[A]. Payton C E, ed. Seismic Stratigraphy: Applications to Hydrocarbon Exploration, AAPG Memory 26[C]. Tulsa: AAPG, 1977. 49~21
- 13 Haq B U, Hardenbol J, Vail P R. Chronology of fluctuating sea-levels since the Triassic[J]. Science, 1987, 235: 1153~1165
- 14 徐道一,韩延本,李国辉等. 天文地层学的兴起[J]. 地层学杂志,2006,30(4):323~326
- 15 Rio D, Silva I P, Capraro L. The geological time scale and the Italian stratigraphic record[J]. Episodes, 2003, 26(3): 259~263
- 16 庄 丽. 东营凹陷永安镇三角洲层序地层与沉积体系[J]. 石油实验地质,2006,28(6):544~548
- 17 陶维祥,何仕斌,赵志刚. 琼东南盆地深水区储层分布规律[J]. 石油实验地质,2006,28(6):554~559
- 18 Cross T A. High-resolution stratigraphic correlation from the perspective of base-level cycles and sediment accommodation [A]. In: Proceedings of Northwestern European Sequence Stratigraphy Congress, 1994. 105~123
- 19 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派:高分辨率层序地层学[J]. 石油与天然气地质,1995,16(2):89~97
- 20 李凤杰,王多云,王 峰. 坳陷湖盆三角洲前缘储层砂体成因研究[J]. 石油实验地质,2007,29(1):63~68
- 21 Wu YinYe, Hou Yu'an, Guo BinCheng, et al. Sequence Stratigraphy of Palaeogene in the HGZ Area of Qaidam Basin[J]. Petroleum Science, 2007, 4(3): 14~21

(编辑 徐文明)