

文章编号: 1004—5589 (2008) 02—0198—06

东海陆架盆地丽水凹陷古新统明月峰组层序地层学模式

刘丽娟¹, 陈建文², 张银国²

1. 大庆勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163000; 2. 青岛海洋地质研究所, 山东 青岛 266071

摘要: 丽水凹陷古新统明月峰组充填了一套滨浅海—三角洲砂泥质沉积, 是重要的含油气层段。综合分析钻井、测井、地震及古生物资料, 应用层序地层学理论, 识别出明月峰组三级层序顶底界面、初次海泛面及最大海泛面, 以海泛面为界划分低位、水进和高位体系域。根据明月峰组地质结构和地层发育的构造背景, 建立了明月峰组层序地层模式, 结果表明: 明月峰组沉积时期受同沉积断层的控制, 丽水凹陷呈现东部陡坡带、中部洼陷带、西部缓坡带的半地堑式构造格架样式。

关键词: 丽水凹陷; 明月峰组; 层序地层模式; 体系域

中图分类号: P618.130.21

文献标识码: A

Sequence stratigraphy model of Paleocene Mingyuefeng Formation in Lishui sag of the East China Sea shelf basin

LIU Li-juan¹, CHEN Jian-wen², ZHANG Yin-guo²

1. Research Institute of Daqing Exploration and Development, Daqing 163000, Heilongjiang, China;

2. Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, Shandong, China

Abstract: Paleocene Mingyuefeng Formation was filled by shallow sea and deltaic arenaceous pelitic deposit, which is identified as an important oil/gas bearing segment in Lishui sag. By using sequence stratigraphy theory in combination with drilling, logging, seismic and palaeophyte data, the third order sequences of Mingyuefeng Formation, enclosing interface, initial transgression surface and maximum transgression surface were identified. The sequences are classified into low-stand tract, transgression tract and high-stand tract taking the transgression surface as the interfaces. The sequence stratigraphic pattern of Mingyuefeng Formation is established based on its geological structure and structural setting of the strata developing. The result indicates that the deposit process of Mingyuefeng Formation is controlled by growth faults, and the eastern actic region, central low-lying area and western gentle slope of Lishui sag present as half-graben structural framework.

Key words: Lishui sag; Mingyuefeng Formation; sequence stratigraphy model; system tract

丽水凹陷是东断西超、东陡西缓的断陷型盆地, 位于东海陆架盆地台北坳陷的西南部, 北邻椒江凹陷, 东邻雁荡凸起, 西部和南部与闽浙隆起区相接, 总体上为北东—南西向展布, 面积约 $1.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^{1,2} (图1), 凹陷内部被中央潜山—披覆构造带灵峰凸起分割为东、西两个次凹。许多学者对

该区石油地质特征、油气聚集规律、油气成藏期和成藏模式等方面做过大量的研究工作¹⁻⁸。但针对重要的含油气层段明月峰组三级层序内体系域划分和层序地层学模式的建立方面存在不足, 本文综合分析区内钻井、测井、地震及古生物资料, 并根据明月峰组地质结构和地层发育的构造背景, 建立

明月峰组层序地层模式，为该区以后的油气勘探工作提供依据。

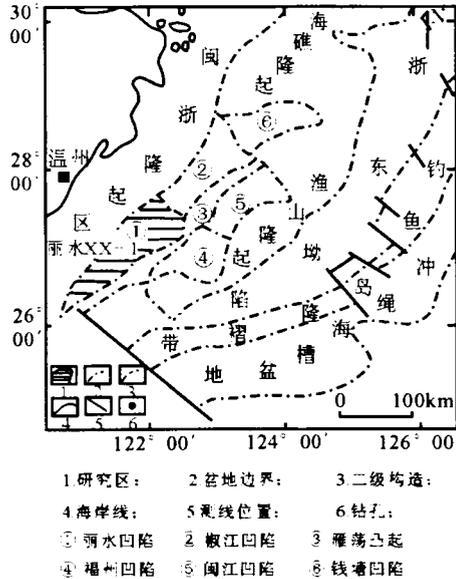


图1 丽水凹陷构造位置图
Fig.1 Structural location of Lishui sag

1 沉积背景

丽水凹陷中、新生代以来主要经历断陷期、拗陷期和区域沉降期三个演化阶段，目前钻遇的沉积地层主要为上白垩统石门潭组，古新统月桂峰组、灵峰组、明月峰组，始新统瓯江组、温州组，中新统龙井组、玉泉组、柳浪组，上新统三潭组和更新统地层^[4]，其中发育了四次沉积间断和区域性不整合（图2）。明月峰组沉积时期盆地处于断陷末期，断层活动较弱，但对沉积作用仍有明显控制作用，充填了一套滨浅海—三角洲砂泥质沉积，厚度400~600 m^[2]。

2 层序界面及体系域界面的识别

本文通过钻井、测井、地震和古生物资料的综合分析，识别出明月峰组三级层序顶底界面，相当于地震反射界面的T₄₀、T₄₂及体系域界面初次海泛面fs、最大海泛面mfs。将明月峰组划分出低位、水进和高位体系域。

2.1 层序界面的识别标志及特征

层序界面是不整合及与之对应的整合面，在地

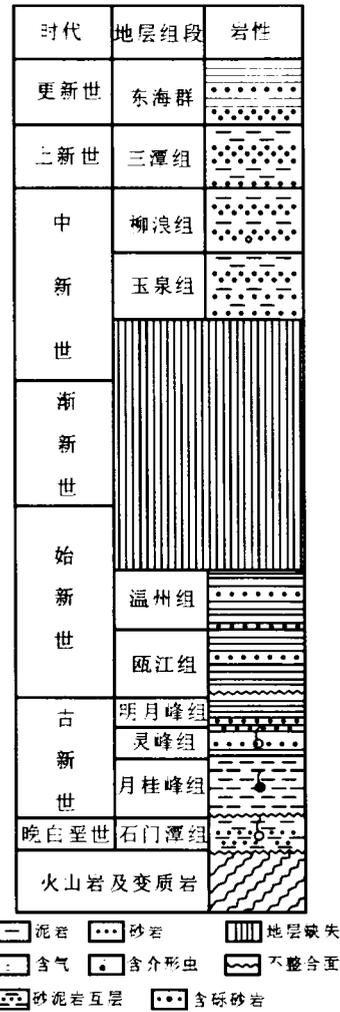


图2 丽水凹陷地层表
Fig.2 stratigraphic column of Lishui sag

层剖面上该界面一般是突变的，界面之上有明显的冲刷及其上覆的滞留沉积物。界面上下的岩性组合、古生物组合、测井曲线形态及地震反射特征等方面均是识别该界面的主要标志。

明月峰组底界面(T₄) 明月峰组底界面之下表现出相对海平面下降特征，岩性具有向上变粗的反韵律特征，单层砂岩厚度和砂岩层数向下减少，表现为进积特征，测井曲线总体呈漏斗型。界面之上岩性具有向上变细的正韵律特征，单层砂岩厚度和砂岩层数有向上有减少的趋势，表现为退积特征，自然伽玛曲线、电阻率曲线多呈齿化箱型叠置(图3)；由于该界面形成于海平面相对下降和

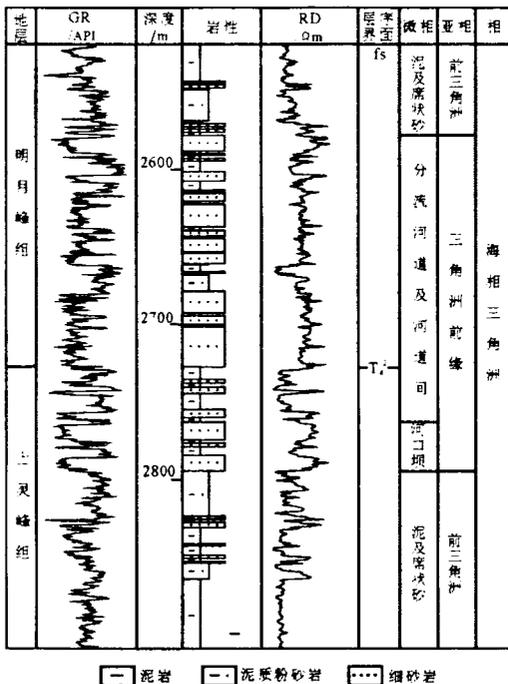


图3 丽水钻井明月峰组层序底界面岩电性特征图
 Fig. 3 Lithology and electrical property in sequence bottom interface of Mingyuefeng Formation from well in Lishui

相对上升的转换时期，水深和生态环境随之变化，使底栖或浮游有孔虫、钙质超微化石等的分异度明显变低。在地震剖面上，凹陷边缘斜坡表现为上覆地层上超和下伏地层削截反射终止现象（图4）。

明月峰组顶界面 (T₄⁰) 明月峰顶界面在盆地边缘为陆上沉积间断，有明显的侵蚀现象，盆地中心为连续沉积。界面上下岩性突变，界面之上普遍发育底砾岩，单层砂岩厚度大，界面之下岩性较细，单层砂岩厚度薄。测井曲线形态突变，界面之下自然伽玛曲线呈齿化箱型（图5）。底栖或蜉蝣有孔虫、钙质超微化石等的分异度较低，且 NP8 带标志化石 *Helolithus riedelii* 在此界面处灭绝。地震剖面上，盆地边缘表现为削截、顶超反射特征（图4），盆地中心呈现整一反射特征（图6），斜坡部位表现为上超不整合。

2.2 体系域的界面识别及特征

根据地震剖面的追踪、对比，并结合连井剖面分析表明，初始海泛面和最大海泛面在盆地内大部分地区可追踪对比。

初次海泛面 fs 初次海泛面是 I 型层序内部初

次跨越陆架坡的海泛面，是低位和水进体系域的分界面^[9]。岩性上表现为颜色较深的泥岩、粉砂质泥岩。电性上表现为自然电位曲线为高值，呈平直状，电阻率曲线为低值，呈平直状，自然伽玛曲线呈平直微齿状。古生物在该界面附近较为发育，底栖有孔虫、蜉蝣有孔虫以及钙质超微化石的丰度和分异度都较高。该界面在地震剖面上表现为上覆地层的下超面，上覆地层表现为前积特征，而下覆地层则表现为退覆沉积的反射特征（图6）。

最大海泛面 mfs 最大海泛面是明月峰组三级层序中最大海侵时形成的界面，相当于地震反射界面 T₄¹，是水进体系域的顶界面。此界面处岩性较细，一般为深色厚层泥岩、粉砂质泥岩，界面之上呈向上变粗的反韵律特征，自然伽玛曲线和电阻率曲线呈齿化箱型，界面之下呈正韵律特征，自然伽玛曲线和电阻率曲线呈齿化钟型（图7），地震剖面上表现为退积之后的进积。底栖有孔虫、蜉蝣有孔虫以及钙质超微化石的丰度和分异度明显增高（图3）。地震剖面上表现为相对连续的、较强的反射轴，上覆地层的前积特征明显（图4、6），在整个凹陷内可追踪对比。

2.3 层序地层特征

明月峰组低位体系域 该层序沉积时期凹陷处在沉降阶段，海水扩张，主要发育三角洲、扇三角洲和滨海-浅海相沉积，厚度为 50 ~ 300 m。根据已有的钻井资料，LS36-1-1、LS36-1-2、LS36-1-3 井砂岩较为发育，主要为中砂岩、细砂岩、粉砂岩，具有向上变细的退积三角洲沉积特征；WZ13-1-1 井岩性较细，主要为泥质粉砂岩、粉砂质泥和泥岩，为滨浅海沉积；MYF1 井岩性较粗，为砂砾岩、含砾砂岩、薄层细砂岩；灵峰潜山南面以泥质沉积为主，为浅海沉积；灵峰潜山北段和雁荡凸起大部分地区缺失该套地层；东次凹钻井揭示的该套地层主要为泥质沉积，反映该时期，东次凹沉积物补给不充足；在灵峰潜山东侧和雁荡凸起西侧岩性较粗，为砂质泥岩，细砂岩、粉砂岩。

明月峰组水进体系域 该时期凹陷进一步下降，海侵范围达到最大，灵峰潜山和雁荡凸起基本沉没于水下，变为浅海环境。因此，在 WZ20-1-1 井区的灵峰潜山带和 FZ2-1-1、WZ33-1-1 井一线的雁荡凸起带成为碳酸岩台地相沉积区；该时期仅有雁荡凸起北段出露而提供物源，在西部斜坡主要

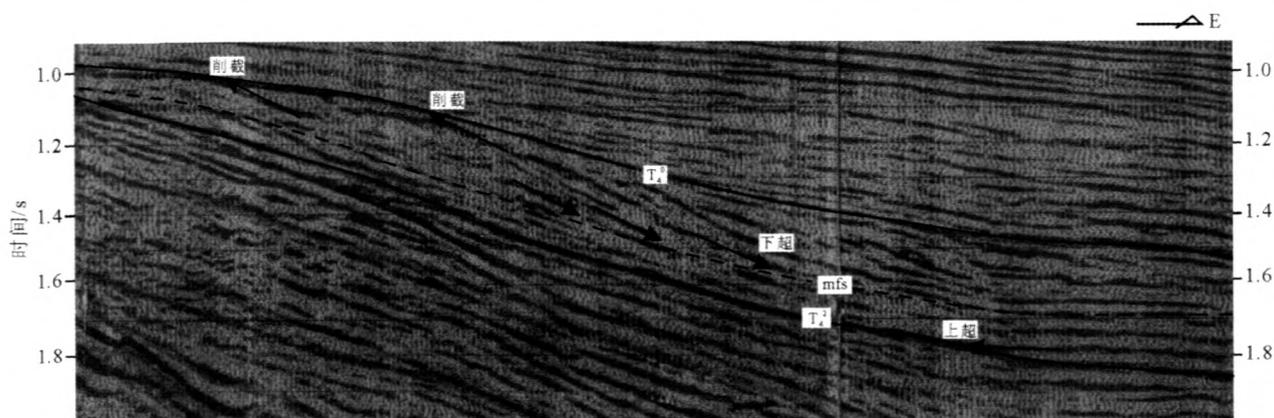


图4 96w209 测线层序地层层序界面反射特征图

Fig. 4 Reflectance signature of sequence stratigraphy and sequence interface in Line 96w209

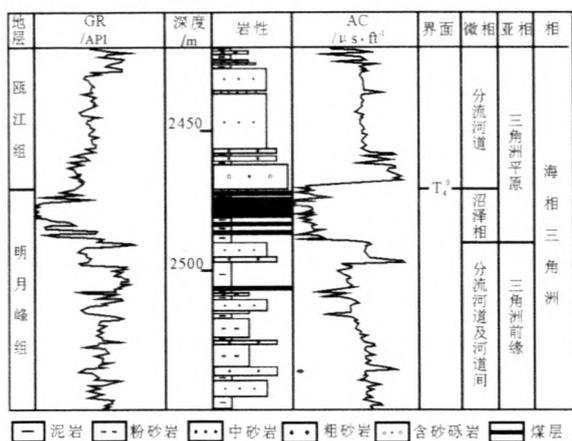


图5 温州钻井明月峰组层序顶界面岩电性特征图

Fig. 5 Lithology and electrical property in sequence top interface of Mingyuefeng Formation from well in Wenzhou

形成三角洲沉积；在三角洲相和碳酸岩台地之间主要发育以泥岩为主的浅海相沉积，沉积厚度为30~150 m不等。

明月峰组高位体系域 在经历最大海侵后，凹陷转入区域上的抬升，开始进入明月峰组高位体系域沉积期，全区域盆地开始萎缩充填。该层序主要发育三角洲、扇三角洲和滨海-浅海相，西部斜坡三角洲沉积范围较大，滨海-浅海范围明显缩小，沉积厚度为40~350 m。层序末期研究区基本填平，成为河流和平原沼泽沉积。该层序底部普遍发育一套厚层泥岩，且海相化石含量丰富，反映出明月峰时期较大的一次海侵；中上部为一段砂泥岩的不等厚互层，砂岩单层厚度向上变厚，显示进积的特点；顶部煤层发育，显示进积的旋回特征。

2.4 层序地层模式

根据丽水凹陷明月峰组地质结构和地层发育的

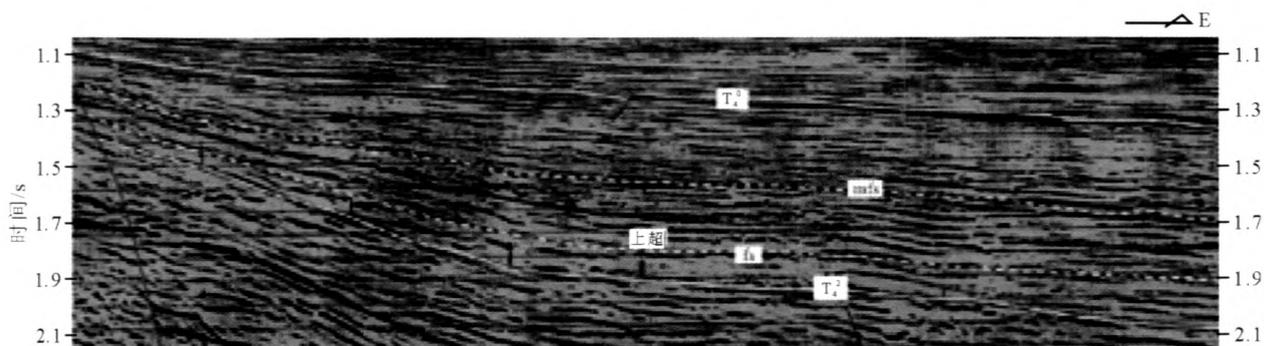


图6 02W137 测线层序地层层序界面反射特征图

Fig. 6 Reflectance signature of sequence stratigraphy and sequence interface in Line 02W137

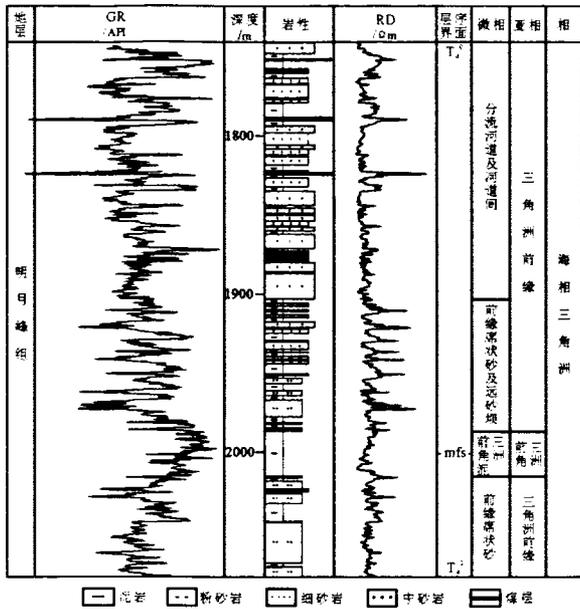


图 7 南平钻井层序最大海泛面岩电性特征

Fig. 7 Lithology and electrical property in sequence maximum flooding surface from well in Nanping

构造背景，建立该凹陷的层序地层模式（图 8）。丽水凹陷是东海陆架盆地中的三级构造单元，丽水凹陷分东西两个次凹，西次凹东侧及东次凹的东西两侧受到同沉积断裂的控制，形成丽水凹陷的半地堑式构造格架特征，东侧陡坡带、中部的洼陷带、西部的缓坡带。在低位早期主要形成盆地陡坡边缘，低位晚期及水进期形成超覆沉积，高位期盆地进入沉积充填阶段。

低水位和水进早期，西部斜坡至隆起边缘主要发育下切谷充填，斜坡及斜坡与洼陷边缘过渡带形成低位三角洲或斜坡边缘碎屑体，具有叠瓦状前积或加积结构；水进晚期和高水位期，在凹陷的西斜（缓）坡带以形成大型的三角洲复合体为特征，发

育高角度的前积结构，并推进到洼陷边缘或凹陷的中部地带；低位期在东侧东南部的陡坡边缘发育有向西前积的扇三角洲沉积，水进期和高位期东侧隆起被超覆而消失。在洼陷边缘至盆底发育低水位楔和浊积扇沉积，洼陷边缘的低位三角洲沉积体向陆地一侧显示上超而向盆地方向为底超或前积；盆地底部的浊积扇典型的特征是具有双向下超结构。

3 讨论

丽水凹陷明月峰组层序地层的演变控制了储盖组合特征，对于沉积体系的时空分布及油气勘探具有重要的意义。低位体系域烃源岩主要位于上灵峰上段，其烃源岩成熟度相对较高，可为其提供充足油气，明月峰组三级层序底界面是 I 型层序界面，可以作为油气运移的通道；该沉积时期砂岩较为发育，砂体主要为三角洲和扇三角洲前缘砂体，为较有利的储集层；初次海泛发育大套泥岩由前三角洲泥和浅湖相泥岩组成，作为区域盖层，构成一套完整的生储盖组合。水进体系域时期西部斜坡继承低位体系域三角洲沉积特点，在缓坡背景下，砂体向浅海区延伸较远，该时期为水进期至最大海泛沉积地层，顶部泥岩较为发育，可作为源岩和盖层，由于断层的连通性，下伏地层上灵峰上段也可提供油源，构成生储盖组合。高位体系域沉积时期，凹陷萎缩，到晚期几乎填平，砂岩极为发育，但缺乏区域性盖层，仅在高位体系域早期西部斜坡带沉积的三角洲砂体上覆沉积一套较厚的泥岩，可作原岩，局部为盖层，不能构成完整的储盖组合。

4 结语

丽水凹陷明月峰组作为 1 个三级层序，识别出其顶底界面相当于地震反射界面 T_4^0 、 T_4^1 ，并以初次海泛面 fs、最大海泛面 mfs 为边界划分为低位、

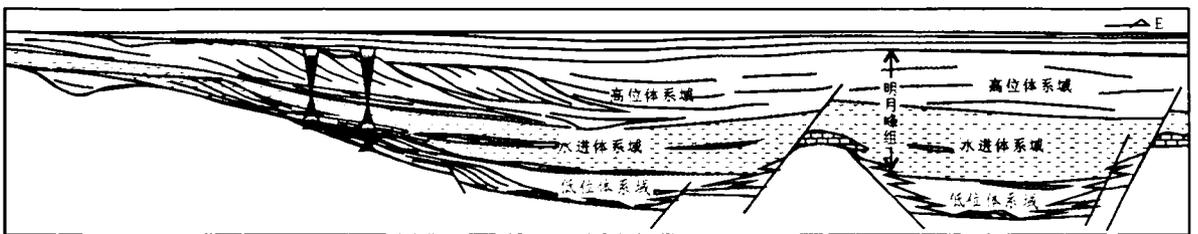


图 8 明月峰组层序地层模式图

Fig. 8 Sequence stratigraphy model in Mingyuefeng Formation

水进和高位体系域。明月峰组沉积时期由于同沉积断层的控制作用, 丽水凹陷发育半地堑式构造格架样式, 呈现东部陡坡带、中部洼陷带、西部缓坡带。层序的演变控制生储盖组合特征。

参考文献:

- [1] 王毅, 姜亮, 杨伟利. 丽水—椒江凹陷断裂构造运动学 [J]. 地质科学, 2000, 35 (4): 441-442.
WANG Yi, JIANG Liang, YANG Wei-li. Kinematical analysis on faults in the Lishui - Jiaojiang sag [J]. Scientia Geologica Sinica, 2000, 35 (4): 441-442.
- [2] 杨伟利, 王毅. 丽水、椒江凹陷伸展运动分析 [J]. 西南石油学院学报, 2002, 24 (3): 8-9.
YANG Wei-li, WANG Yi. The anylisis of the basin's extension in the Lishui - Jiaojiang sag [J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 2002, 24 (3): 8-9.
- [3] 陈志勇. 丽水—椒江凹陷油气潜力分析和勘探突破口的选择 [J]. 中国海上油气 (地质), 1997, 11 (6): 451-458.
CHEN Zhi-yong. Analysis of hydrocarbon potential and selection of exploration prospect of Lishui and Jiaojiang sags [J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 1997, 11 (6): 451-458.
- [4] 覃建雄, 田景春, 杨作升. 东海盆地第三系层序地层学初探 [J]. 成都理工学院学报, 1998, 25 (4): 504-510.
QIN Jian-xiong, TIAN Jing-chun, YANG Zuo-sheng. A study on sequence stratigraphy of tertiary in the East China Sea Basin [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 1998, 25 (4): 504-510.
- [5] 武法东, 陆永潮, 李思田, 等. 东海陆架盆地第三系层序地层格架与海平面变化 [J]. 地球科学, 1998, 23 (1): 13-19.
WU Fa-dong, LU Yong-chao, LI Si-tian, et al. Tertiary sequence stratigraphic framework and sea-level changes in the East China Sea shelf basin [J]. Earth Science, 1998, 23 (1): 13-19.
- [6] 赵省民, 张正喜, 吴必豪, 等. 东海陆架盆地古近—新近系高分辨率层序 [J]. 地质力学学报, 2002, 8 (3): 239-246.
ZHAO Xing-min, ZHANG Zheng-xi, WU Bi-hao, et al. A study on high-resolution sequence stratigraph of Paleogene- Neogene oil-bearing strata in shelf basin, East China Sea [J]. Journal of Geomechanics, 2002, 8 (3): 239-246.
- [7] 姜亮. 东海陆架盆地油气资源勘探现状及含油气远景 [J]. 中国海上油气 (地质), 2003, 17 (1): 1-5.
JIANG Liang. Exploration status and perspective of petroleum resources in East China Sea shelf basin [J]. China Offshore oil and Gas (Geology), 2003, 17 (1): 1-5.
- [8] 刘景彦, 陈志勇, 林畅松, 等. 东海丽水西次凹古新统明月峰组层序—体系域分析及沉积体系展布 [J]. 沉积学报, 2004, 22 (3): 380-385.
LIU Jing-yan, CHEN Zhi-yong, LIN Chang-song, et al. Analysis on sequence-tracts and distribution of depositional systems of Paleocene Mingyuefeng Formation in west Lishui Sag, East China Sea [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22 (3): 380-385.
- [9] 刘招君, 董清水, 王嗣敏, 等. 陆相层序地层学导论与应用 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2002: 4.
LIU Zhao-jun, DONG Qing-shui, WANG Si-min, et al. Introduction to continental sequence stratigraphy and application [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002: 4.