

文章编号: 1000-0550(2004)03-0380-07

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

刘景彦¹ 陈志勇² 林畅松¹ 吴志轩²

1(中国地质大学 北京 100083) 2(中国海洋石油总公司东海分公司地质所 上海 200058)

摘要 古新统明月峰组是丽水西次凹中重要的含油气层段,其浅海—三角洲相沉积构成了一个完整的三级层序。层序界面在地震剖面上表现为下超、削截、下切,界面底部的下切水道在测井曲线上具块状、箱型等特征性的反映。依据初始海泛面、最大海泛面和高位域晚期存在的明显海退界面,三级层序内可划分出低水位、海侵、高水位和下降体系域四部分。层序界面和主要的海侵、海退面均得到了古生物丰度和分异度的佐证。通过对上述4个体体系域平面编图,揭示了不同时期沉积体系展布及其演化。低位—海侵期发育下切谷、滨岸碎屑—三角洲及扇三角洲前缘—远端浊积砂体,前者分布在盆地西缘斜坡带,物源来自西北和东南两个方向;后者发育于盆地中部的东缘陡坡带,物源由东向西推进。高位域和下降体系域以发育大型高角度进积的三角洲前缘砂为特征,高位域三角洲分布在盆地西侧,且南部比北部发育;下降域盆地沉积范围明显缩小,三角洲主要集中在盆地西侧中部。

关键词 层序—体系域 沉积体系 明月峰组 丽水西次凹

第一作者简介 刘景彦 女 1972年出生 博士 沉积学与盆地分析

中图分类号 P539.2 **文献标识码** A

1 引言

东海丽水凹陷下第三系古—始新统沉积了一套厚2 000余米的浅海—三角洲相地层,是我国东部下第三系重要的海相沉积^[1],其沉积充填、层序—体系域演化明显地受海平面变化的控制。传统的层序地层学理论一般把层序界面定义在海平面下降拐点,低水位体系域位于型层序界面底部,为海平面相对下降期至初始上升阶段的产物;然而,在建立海平面变化曲线时,往往假定层序界面位于海平面下降的最低点,认为海平面下降拐点之后盆地基本上不接受沉积,而是形成不整合层序界面。大量研究表明,从海/湖平面相对下降到快速下降形成不整合界面的过程中,盆地内仍接受部分沉积,为此,Nummedal D提出了下降体系域(Falling sea level system tract)的概念^[2],把海平面下降拐点之后至层序界面形成之前的沉积定义为下降体系域,即一个完整的沉积层序由低水位域(LST)、海侵体系域(TST)、高水位域(HST)和下降体系域(FST)四部分组成^[3,4],下降体

系域是每一层序的最后一个体系域。我国学者操应长^[5]、董清水和刘招君^[6]等在陆相湖盆层序地层研究中发现陆相层序发育晚期常出现强制性湖退,在湖平面由相对稳定的高水位下降到相对稳定的低水位这段时间里形成了大型前积地层楔,构成下降体系域,从而也可将陆相层序四分。下降体系域的识别和发现不仅解决了传统层序地层概念体系的不连贯性,而且使许多长期争论的问题获得了一个合理的解释。同时,下降体系域沉积期在海/湖盆边缘地区砂体发育,易形成地层圈闭,具有良好的含油气前景^[7],也使这一时期的沉积受到油气勘探的进一步重视。丽水西次凹明月峰组充填了一套浅海—三角洲砂泥质沉积,是盆地内重要的含油气层段^[8],三级层序内依据初始海泛面、最大海泛面和高位域晚期出现的一明显海退界面可划分出低水位、海侵、高水位和下降四个体系域,层序界面和各体系域之间的分界得到了地层古生物资料的佐证。本文通过对各体系域内沉积体系进行详细分析和平面编图,揭示了不同时期沉积体系的空间展布和发育演化,为有利储集相带分布预测提供参考。

2 区域地质背景和盆地充填序列

丽水凹陷位于东海陆架盆地台北坳陷西南部,为一北东向展布的中新生代单断箕状凹陷^[9]。凹陷地质结构表现为东断西超,内部被中央潜山—披覆构造带分割为东西两个次凹。丽水西次凹西邻闽浙隆起区,东以中央突起与丽水东次凹相隔,东北与椒江凹陷相接,南部超覆在雁荡突起上。长约 100 km,宽约 32~35 km,面积约 9 000 km²。

丽水西次凹中、新生代以来经历了断陷、坳陷及晚第三纪以来的区域沉降三个演化阶段,相应发育了上白垩—下古新统湖相沉积、上古新—下、中始新统海相、海陆过渡相沉积及上第三—第四系海陆过渡相、陆相三套碎屑岩沉积。碎屑组成以深灰—灰绿色泥岩和灰白色粉砂岩、砂岩为主,夹煤层,厚 3 000~5 000 m。依据区域地质资料和地震剖面上可见的明显不整合面,在下第三系古—始新统内划分出 3 个二

级层序和 7 个三级层序(图 1),二级层序界面与 Haq (1987)全球海平面变化曲线中的超周期界面基本一致^[10],沉积充填与 Haq(1987)曲线可对比,表明本区的沉积层序更多地受海平面变化的控制。明月峰组作为二级层序内的一个三级层序,厚 500~1 000 余米,为一套滨浅海—三角洲砂泥质沉积。

3 明月峰组三级层序—体系域划分和识别

3.1 三级层序界面特征

明月峰组底界(T₄²反射界面)表现出明显的海退和海平面下降,在凹陷西部斜坡与洼陷过渡带一般开始出现上超和削截现象,在盆地西南部和西北部相对隆起区均可观察到较强烈的削顶和下切现象,形成规模较大的下切谷充填;向洼陷带过渡表现为席状或波状低起伏的冲刷、低位域的向盆地方向的底超或双向

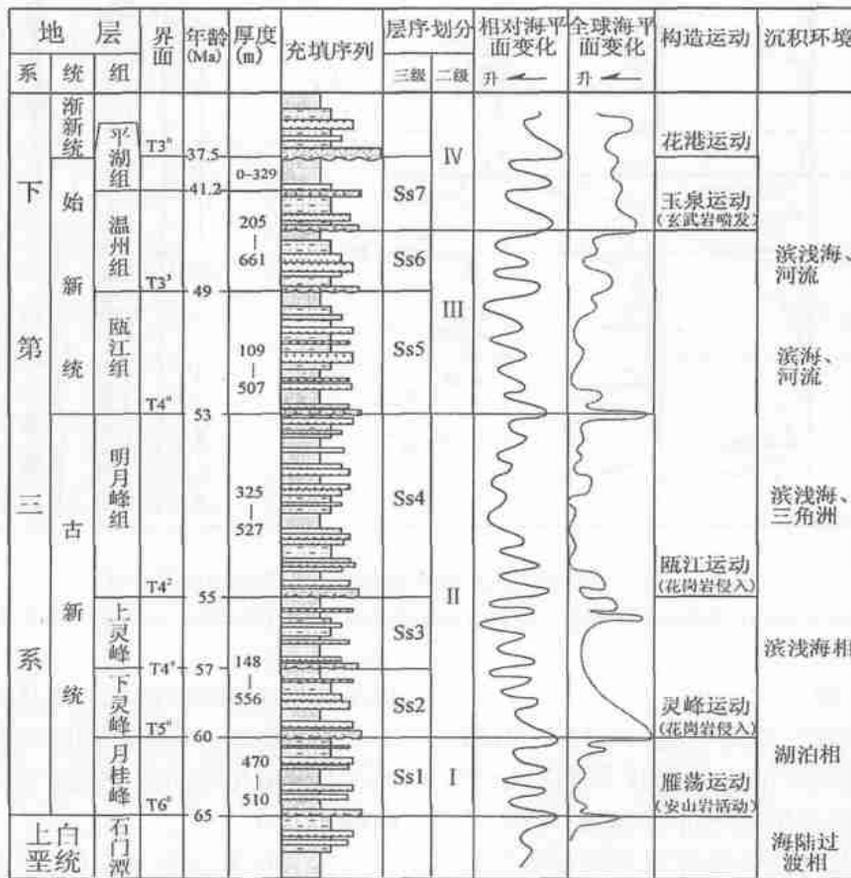


图 1 盆地充填序列和层序划分

Fig. 1 The filling succession and sequence classification of the west Lishui sag

底超、或平行的强同向轴的整合接触关系;向南至西南部相对隆起地带,以削截和发育下切谷充填为特征。该界面的形成是一次更为明显的海平面下降的结果,而且低水位期时间较长,形成了大量低位—早期海侵的陆源粗碎屑沉积。

明月峰组顶界(T_4^0 反射界面)广泛存在削截现象,具有微角度不整合或区域性冲刷的界面特征,是一个二级层序界面,其上、下沉积环境发生了重大的变化,出现了盆地范围内的抬升变浅和区域的河流冲

刷侵蚀作用。

在测井曲线上,界面上下的曲线形态出现突变,界面上形成多段箱型曲线的叠置,代表厚层的下切水道或低位域沉积砂体。 T_4^0 和 T_4^1 界面形成于海平面明显下降期得到了微体古生物分析的佐证。海平面下降导致水深和生态环境的变化,使底栖或浮游有孔虫、超微钙化石等的丰度和分异度明显变低。这两个界面都分布在微体古生物分异度和丰度极低的层段上,显然反映了界面的形成与海平面下降有关(图2)。

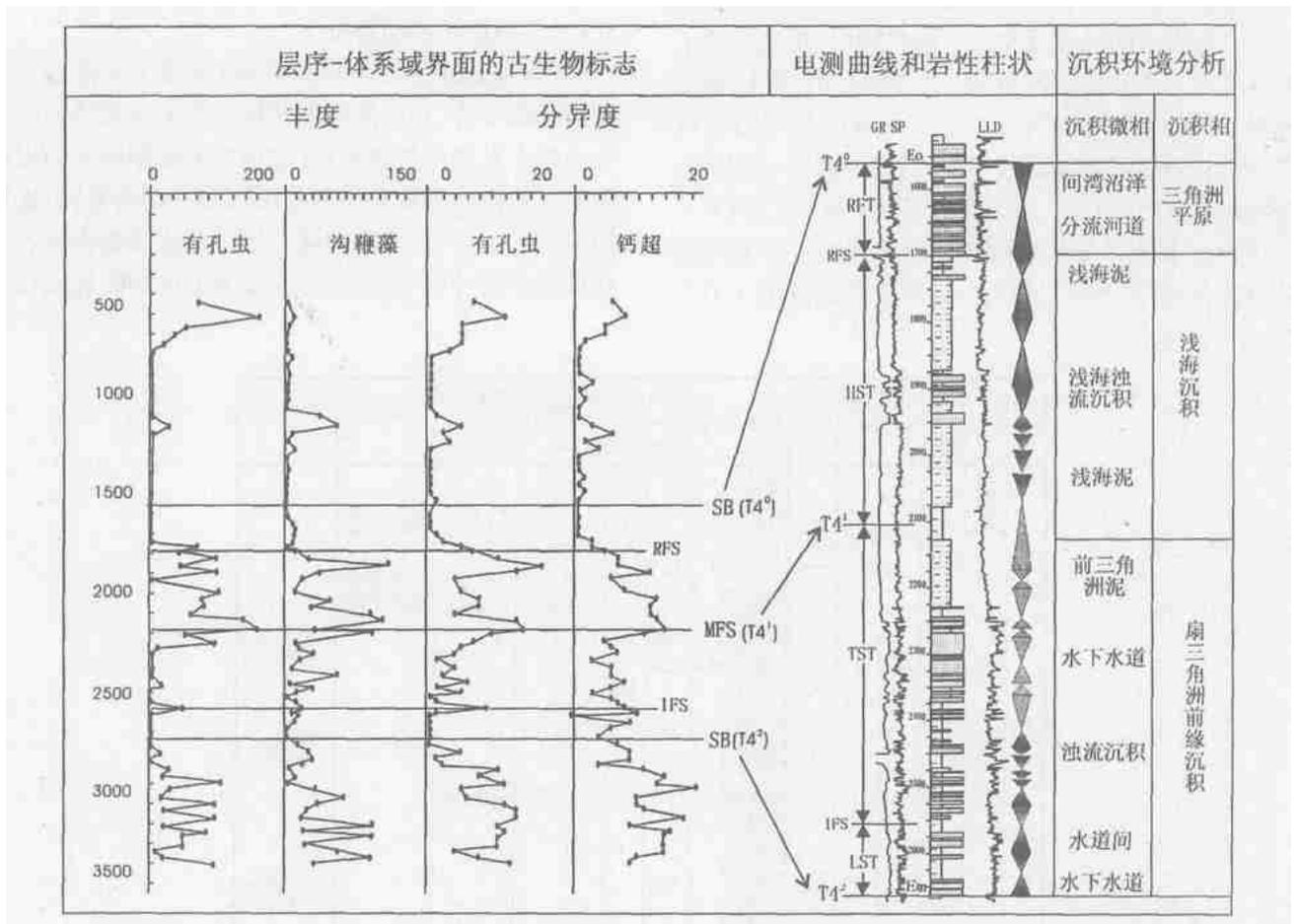


图2 层序—体系域界面的古生物标志及体系域内沉积体系

Fig. 2 The paleobiologic features of sequence-tract boundaries and depositional systems in the different tracts

3.2 体系域划分和识别

大量地震剖面的追踪、对比并结合连井剖面分析表明,明月峰组三级层序(SS4)总体上可划分出低位、海侵、高位和下降体系域四部分,初始海泛面、最大海泛面以及高位域与下降体系域之间的海退界面在盆地内大部分地区可追踪对比(图3)。

盆地初始海泛面(IFS)表现为首次明显的岸线上超,碎屑体系开始向西斜坡后退至沉积坡折,海侵体

系域早期发育的进积碎屑体就前积在这个界面之上。该界面在许多地震剖面可以识别和追踪,但在斜坡带与洼陷带之间的沉积坡折不明显的地方追踪较困难。

区内的 T_4^1 反射界面代表了明月峰组中最大的海泛面,构成高位域与海侵体系域的分界面。该界面在地震剖面上表现为相对连续的、较强的反射轴,高位域明显底超于该界面之上(见图3),在全凹陷内可追

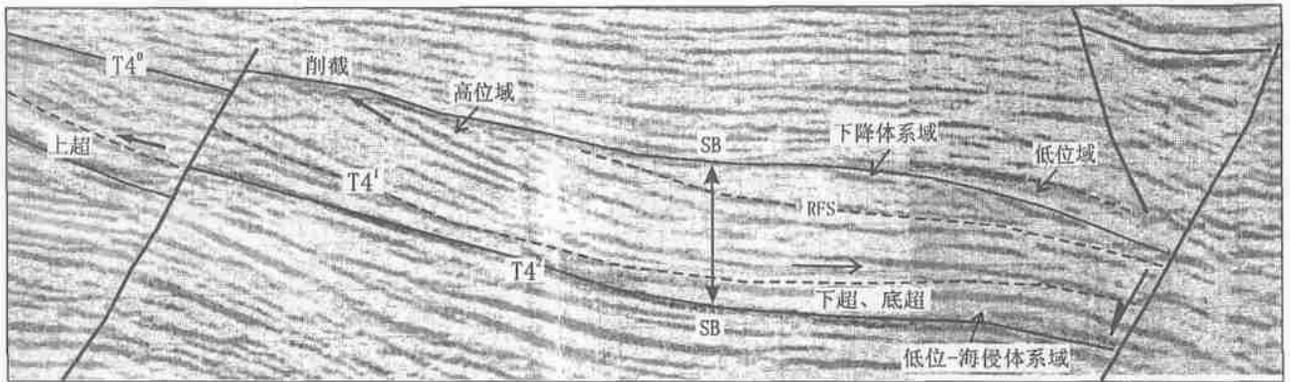


图3 地震剖面上明月峰组层序—体系域及其界面特征

Fig. 3 The characteristics of sequence - tract and boundaries on seismic profile

踪对比。根据 A 井有孔虫、超微钙化石的丰度、分异度等分析结果可看出(图 2),明月峰组的最大海泛面(T_4 反射界面)和初始海泛面(IFS)均与微体古生物丰度和分异度明显增大的泥质层位相一致。

划分高位域与下降体系域的海退界面(RFS)在盆地大部分地区可追踪对比,地震剖面上沿该界面可追踪到下切的水道和局部的削顶,向陆方向的上超接触关系普遍可见。该界面标志着海平面开始下降,界面之上的沉积是在海平面下降期形成的,称为下降体系域,此时的古生物丰度和分异度明显降低,自然伽玛和电位曲线均表现为进积之后的加积,岩性以粗碎屑砂岩为主。

4 体系域内沉积体系组成及其展布

4.1 低水位期沉积体系组成和分布

低水位期以发育大型下切水道(谷)充填和滨岸碎屑三角洲为特征(图 4a)。盆地中部发育有总宽度约 4~6 km 的两条下切水道,由西北向东南方向延伸,纵向推进长约 10 km,注入盆地后分散形成碎屑楔状体。这些下切谷无疑是低位期盆底扇或浊积沉积的物源供给通道。另一较大规模的低位下切水道分布在盆地西边缘,宽度约 5~6 km,由西北向东南方向注入,并分散成两条长约 5~8 km 的水道,在其远端形成低位的席状、透镜状三角洲前缘砂和前三角洲浊积沉积。

在盆地西北和西南斜坡带发育滨岸碎屑—三角洲沉积体系,其前方南端发育席状和扁平透镜状的盆底浊积,宽 4~8 km。根据前积结构和相带展布,物源主要来自西北和东南方向。在西南斜坡主要是低

位或早期形成的河流三角洲沉积复合体,一般宽 5~8 km,前积结构反映古流总体向东、北东方向。中部斜坡带存在一个近东西向的喇叭形海湾。

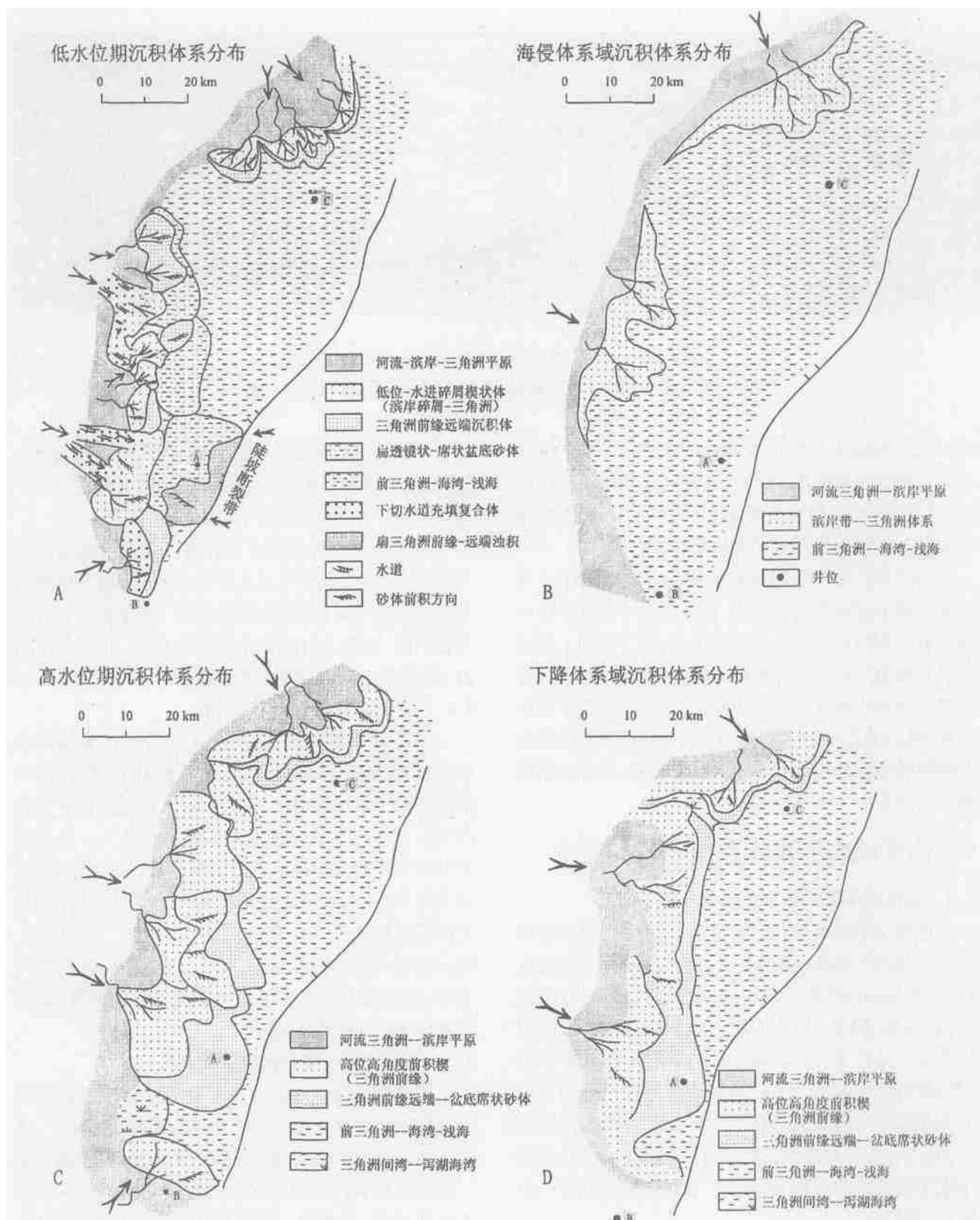
在盆地中部 A 井附近发育有从东向西推进的薄层砂体,从岩相组合及其共生关系看,应属三角洲前缘远端至前三角洲滑塌浊流沉积。地震剖面上可观察到向西、西南方向的低角度前积结构,并具有楔状的、向盆缘方向增厚的外部形态。

4.2 海侵体系域沉积体系分布

随着海平面上升,西次凹大部分地区为浅海环境,西斜坡的碎屑体系明显后退(图 4b)。在凹陷南部存在两个滨岸碎屑—三角洲朵体,在盆地内延伸长约 10~12 km,物源从西北向东南方向注入。在盆地北部也发育有滨岸碎屑—三角洲朵体,从西北向东南方向延伸,注入盆地时分化为两个小朵体,朵体总体延伸长度超过 10 km,展布宽度约 18 km。最大海泛期,西次凹被浅海覆盖的范围呈一椭圆形,中间宽,两头窄,西斜坡中部仍然存在一个喇叭形的海湾,向南北两个方向海侵范围缩小。

4.3 高位域沉积体系组成及其展布

明月峰组高位域以发育大规模的、在盆地范围内可追踪对比的高角度前积三角洲为特征(图 4c)。通过大量的地震剖面对比和追踪表明,明月峰组高位域三角洲沉积事实是由多个海侵—海退的次一级沉积旋回组成,在侧向上叠置构成了厚达 400~500 m 的三角洲沉积复合体。这种特征表明物源的供给量大于海平面变化和构造沉降产生的可容纳空间,盆地侧向充填淤浅,广泛形成向上变粗的三角洲前缘河口坝沉积。



(a. 低位域; b. 海侵体系域; c. 高位域; d. 下降体系域)

图4 各体系域内沉积体系组成及其展布

Fig. 4 The depositional systems and their distribution in the different tracts

(a. lowstand system tract ; b. transgressive system tract ; c. highstand system tract ; d. falling sea level system tract)

由图 4c 可见,这一时期的三角洲沉积主要分布在盆地西侧,且南部比北部发育,南北之间的海湾已成半封闭状态。盆地北部为一套由西北向东南方向注入的三角洲前积体,在盆地内分散成 4 个朵体,每个朵体延伸长约 8~10 km,宽约 10 km,地震剖面上可见由西北向东南方向倾斜的高角度前积结构,三角洲朵体前端发育前三角洲席状砂,沿朵体边缘呈带状展布。南部发育由盆地西、西北方向向东、东南方向注入的三角洲沉积朵体,在盆地内分散成 3 个小朵体,每个朵体延伸长度约 10~20 km,宽 20 km 左右,展布范围很广,前三角洲席状砂基本上覆盖了整个盆地。紧邻这一三角洲朵体北侧是一套由西、西南方向向东、东北方向注入的三角洲沉积体,纵向延伸约 10 km,横向展布宽度约 20 km。

4.4 下降体系域沉积体系组成及其展布

该单元形成于海平面明显下降时期。随着海平面下降,盆地沉积范围逐渐缩小(图 4d),这一时期的三角洲沉积主要分布在靠近盆地中部地带,沉积体系分布总体上也具有南部较发育的特点。同时,沉积体系分布范围明显变小,西斜坡的泻湖—海湾已被三角洲充填,但仍保持湾状的海岸形态。

由图 4d 可见,北部三角洲规模较小,沉积物由西北向东南方向注入,并分散成两个三角洲朵体,每个朵体向前推进不足 8 km,横向拓展宽度约 10 km,地震剖面上可见由西北向东南方向倾斜的高角度前积结构,也可能发育席状的前三角洲浊积沉积。南部发育一套由西、西南向东、东北方向注入的三角洲沉积体。这套前积体的南侧是一套由西、西北向东、东南方向注入的三角洲朵体,在盆地内分散成两个延伸长度不足 10 km,宽 10 km 的小朵体,前三角洲和盆底席状砂基本上覆盖了整个洼陷区。凹陷南端 B 井附近仍存在一从南向北注入的三角洲朵体,长约 8 km,横向展布宽 20 km。

5 结论

(1) 明月峰组作为二级层序内的一个三级层序,其内依据初始海泛面、最大海泛面和高位晚期存在的明显海退界面划分为低位、海侵、高位和下降体系域四个组成部分。层序—体系域界面均得到了古生物丰度和分异度的佐证。

(2) 低位—海侵期主要发育下切谷、滨岸碎屑—三角洲沉积和前三角洲浊积体,高位域和下降体系域以发育大型进积的三角洲前缘砂为特征。

(3) 通过体系域平面编图,揭示了不同时期沉积体系展布及其演化。确定沉积物源主要来自三个方向,即以西、西南方向向东注入和西北方向向东南注入为两个主物源,局部地区沉积物源来自东部。

参考文献(References)

- 1 王国纯,朱伟林. 东海盆地新生代沉积环境. 沉积学报,1992,10(2): 101~108[Wang Guochun, Zhu Weilin. Cenozoic sedimentary environment in East China Sea Basin. Acta Sedimentologica Sinica, 1992,10(2): 101~108]
- 2 Nummedal D. The falling sea level systems tract in ramp settings. Abstract: Mesozoic of the Western Interior. SEPM Theme Mtg., Ft. Collins, Co, 1992
- 3 Posamentier H W, Allen G P, James D P, et al. Forced regressions in a sequence stratigraphic framework; concepts, examples, and exploration significance. AAPG Bulletin, 1992, 76(11): 1687~1709
- 4 梅冥相,杨欣德. 强迫型海退及强迫型海退楔体系域—对传统 Exxon 层序地层学模式的修正. 地质科技情报, 2000, 19(2): 17~21[Mei Mingxiang, Yang Xinde. Forced regression and forced regressive wedge system tract: revision on traditional Exxon model of sequence stratigraphy. Geological Science and Technology Information, 2000, 19(2): 17~21]
- 5 操应长. 断陷湖盆层序地层下降体系域的划分. 石油大学学报(自然科学版), 2000, 24(1): 22~25[Cao Yingchang. Distinguishment of falling stage systems tract of sequence strata in a continental rift-subsidence basin. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 2000, 24(1): 22~25]
- 6 董清水,刘招君,方石,柏涛. 论陆相层序地层学四分方案的可行性. 沉积学报,2003,21(2): 324~327[Dong Qingshui, Liu Zhaojun, Fang Shi, Bai Tao. On the feasibility of four division scheme about continental sequence stratigraphy. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(2): 324~327]
- 7 林畅松,张燕梅,刘景彦,庞保成. 高精度层序地层学和储层预测. 地质学前沿, 2000, 7(3): 111~117[Lin Changsong, Zhang Yanmei, Liu Jingyan, Pang Baocheng. High resolution sequence stratigraphy and reservoir prediction. Earth Science Frontiers (China University of Geosciences, Beijing), 2000, 7(3): 111~117]
- 8 陈志勇. 丽水—椒江凹陷油气潜力分析和勘探突破口的选择. 中国海上油气,1997,11(6): 451~458[Chen Zhiyong. Analysis of hydrocarbon potential and selection of exploration prospect of Lishui and Jiajiang sags. China Offshore Oil and Gas (Geology), 1997, 11(6): 451~458]
- 9 姜亮,王毅,金强. 东海盆地丽水西凹陷含油气系统与油气勘探目标. 石油实验地质,2001,23(4): 368~372[Jiang Liang, Wang Yi, Jin Qiang. Petroleum system and oil exploration in the west Lishui sag, the East China Sea Basin. Experimental Petroleum Geology, 2001, 23(4): 368~372]
- 10 Haq B U, Hardenbol J, Vail P R. The chronology of fluctuating sea level since the Triassic. Science, 1987, 235: 1156~1167

Analysis on Sequence-tracts and Distribution of Depositional Systems of Paleocene Mingyuefeng Formation in West Lishui Sag, East China Sea

LIU Jing-yan¹ CHEN Zhi-yong² LIN Chang-song¹ WU Zhi-xuan²

1(China University of Geosciences, Beijing 100083)

2(Institute of Geology, Donghai Offshore Oil Corporation, Shanghai 200058)

Abstract The Paleocene Mingyuefeng Formation, an important oil/gas bearing segment of the west Lishui sag, filled shallow sea and deltaic deposit which has formed an integrated third order sequence. The sequence boundaries show downlap, truncation and incised characteristic on seismic profiles. The incised valley shows blocky and trunk configuration on well logs. According to the initial and maximal transgression surfaces, the sequence may be classified into lowstand tract, transgression tract and highstand tract. According to the minor regression surface, there has been recognized the falling sea level system tract in the late highstand tract. Sequence boundary, major transgression surfaces and the minor regression surface have been confirmed by the enrichment and differences of paleobiology fossils. Through the sequence-tract mapping of the above 4 tracts, the distribution and evolution of depositional systems in different periods have been revealed. There developed incised valley, shoreline delta classic and prodelta turbidite in lowstand and transgression tract. The incised valley and shoreline delta distributed on the western slope margin of the basin, and the depositional systems mainly came from the northwest and the southeast of the basin. The sparse prodelta turbidite distributed on the eastern abrupt margin of the basin and the depositional systems came from the east. It is characterized by large-scale progradation delta front sandstone in the highstand tract and falling sea level tract. The highstand tract delta distributed on the west margin of the basin, and there developed more on the south than on the north. The depositional area of the basin has obviously shrunk in the falling sea level tract so that the deltaic sandbody centralized on the central section of the western of the basin.

Key words sequence-tract, depositional systems, Mingyuefeng Formation, west Lishui sag