

# 东濮凹陷北部古近系沙河街组特征

高红灿<sup>1,2</sup> 郑荣才<sup>3</sup> 陈发亮<sup>2</sup> 朱登峰<sup>2</sup> 刘显英<sup>2</sup>

(1. 中国石化中原油田博士后工作站, 河南 濮阳 457001; 2. 中国石化中原油田分公司物探研究院, 河南 濮阳 457001;  
3. 成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室, 四川 成都 610059)

**摘要:**从古生物、岩石、测井等方面综合探讨了东濮凹陷北部古近系沙河街组的特征及其划分与对比。沙四下亚段和沙二段以红色砂泥岩为主, 沙四<sup>上</sup>、<sup>下</sup>亚段之间为一假整合面, 沙二段底部存在一较大的沉积间断面; 沙四<sup>上</sup>亚段、沙三段和沙一段为灰色砂泥(页)岩夹 4 套盐岩, 其中, 沙一段和沙三段中的稳定灰质泥页岩是东濮凹陷较好的区域地层对比标志层。沙四<sup>下</sup>亚段化石稀少; 沙四<sup>上</sup>亚段地方性介形类开始发育, 为 *Cyprinotus altilis* 组合; 沙三段以介形类 *Huabeinia* 和 *Candona* 的大量出现为特征, 介形类为 *Huabeinia chinensis* 组合、沟鞭藻类为 *Bohaidina-Parabohaidina* 组合; 沙二段以轮藻的空前繁盛为特征, 轮藻为 *Charites producta* 组合、介形类为 *Cyprinotus xiaozhuangensis* 组合; 沙一段以腹足类极其丰富为特征, 腹足类为 *Valvata (Cincinna) rehetaiensis* 组合、介形类为 *Phacocypris huiminensis* 组合。前人对东濮凹陷北部古近系沙河街组各段的划分所依据的标准相同, 但在确定具体界线时分歧较大, 尤其是沙三段与沙四段的分界线。虽然前人均是以 *Cyprinotus altilis* 组合的上限和 *Huabeinia* 属顶峰带的下限为依据进行划分的, 但因以古生物为标准划分地层的精度有限, 加之当时钻井地质资料较少和断层错综复杂等, 致使同一研究者在东濮凹陷的不同地区所划分的界线也不统一。本文研究指出通过层序地层学及沉积相变规律等沉积学问题的详细研究是解决该问题的关键。

**关键词:**东濮凹陷; 古近系; 沙河街组; 地层特征

**中图分类号:** P534.61 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2011)02-0356-18

东濮凹陷位于渤海湾裂谷盆地的西南缘, 属临清坳陷的一部分。其东侧以兰聊断裂与鲁西隆起为界, 西侧超覆于内黄隆起上, 南隔兰考凸起与开封坳陷相望, 北以马陵断层与莘县凹陷相连, 是一个呈北北东向延伸、南宽(62 km)北窄(16 km)、具多沉积韵律的新生代含盐盆地, 总面积约 5 300 km<sup>2</sup> (图 1)。在构造演化及沉积相带展布上具有明显的“东西分带、南北分块”的特征, 主要受北北东向的兰聊断裂带、黄河—文西—观城断裂带和长垣—石家集—宋庙断裂带 3 条大断裂带的控制, 形成了“两洼一隆一陡一斜坡”的东西分带的构造格局(图 1), 以及以海通集—桥口—白庙一线为界, 北部盐岩沉积发育而南部不发育的南北分块的沉积格局。本文的研究区就是东濮凹陷海通集—桥口—白庙以北地区。

据古生物及岩性特征, 东濮凹陷古近系沙河街组划分为四个段, 自上而下简称沙一段—沙四段, 其中沙一、二、四段进一步各划分为上、下两个亚段, 沙三段自上而下进一步划分为上、中、下三个亚段或 1、2、3、4 四个亚段(图 2)。因东濮凹陷由复杂断块组成, 其构造—沉积格局复杂, 加上盐岩特别发育, 致使长期以来东濮凹陷古近系沙河街组各(亚)段的划分与对比一直存在分歧, 特别是沙三段与沙四段的分界线(表 1)。即使目前在有关东濮凹陷古近系沙河街组公开发表的文献及中原油田各科研生产单位的研究报告中, 所采用的地层划分方案仍不统一, 普遍存在相同名称但所指地层不同或相同地层但所用名称不同的情况, 给东濮凹陷的勘探开发造成了一定的困难。

收稿日期: 2010-08-01; 改回日期: 2010-11-28

基金项目: 中国博士后科学基金项目(20080440125, 201003403)和中国石化中原油田博士后科研项目(2008119)共同资助。

作者简介: 高红灿, 男, 1969 年生, 博士, 主要从事沉积学研究; E-mail: gaohongcan@126.com。

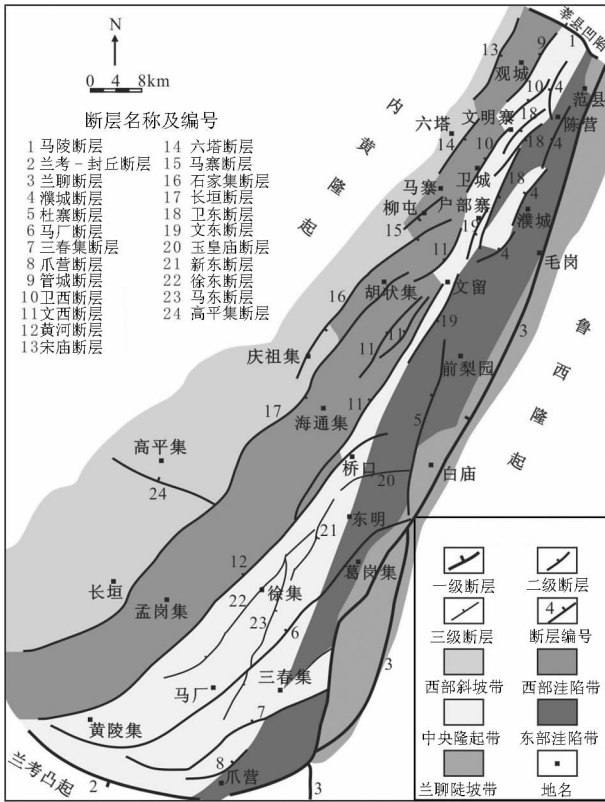


图 1 东濮凹陷构造分区略图  
Fig.1 Tectonic divisions of Dongpu Sag

笔者在系统调研前人研究成果,并对东濮凹陷北部地区 300 多口探井的古近系沙河街组细致对比和 46 口井共 3000 多米岩心详细观察的基础上,从古生物、岩石、测井等 3 个方面对东濮凹陷北部古近系沙河街组的特征及其划分与对比进行了深入探讨。

### 1 研究进展

从勘探初期至今,前人对东濮凹陷北部地区古近系沙河街组的系统研究可划分为 5 个阶段,主要形成了 5 种地层划分与对比方案(表 1),各方案的建立与对盐岩地层的认识密切相关<sup>①</sup>。在东濮凹陷勘探初期,受济阳坳陷古近系沙河街组认识的影响,前人将东濮凹陷古近系沙河街组二段之下出现的盐岩地层全部归为沙四段,认为沙二段之下只发育有一套盐岩。具代表性的钻井是文 23 井,该井沙二段之下只在沙三<sup>4</sup>亚段—沙四<sup>1</sup>亚段(图 2)中发育有一

套盐岩(图 3-A,3-B),称为“文 23 盐”。随着勘探的深入,1979 年 10 月,通过对文 9 井及其周边地区详细的地质对比,认为文 9 井沙二段之下发育的盐岩与文 23 井沙二段之下发育的盐岩不完全等同,即文 9 井沙二段之下应为两套盐岩(图 3-A,3-B,3-D),其中下面的一套盐岩与“文 23 盐”层位相当(图 3-A,3-B),而上面的一套盐岩则与“文 23 盐”的层位不相当(图 3-D),称其为“文 9 盐”,层位为沙三<sup>2</sup>亚段(图 2)。至此,人们对东濮凹陷北部地区古近系沙河街组二段之下发育的盐岩的认识逐渐从 1 套变成了 2 套,即“文 9 盐”在上,“文 23 盐”在下。1982 年 1 月,通过濮 35 井的钻探,揭示了文留地区沙二段之下的第一套盐岩(即“文 9 盐”)与卫城地区沙二段之下的第一套盐岩(称为“卫城上盐”)相当(图 2,3-D),而卫城地区沙二段之下的第二套盐岩(称为“卫城下盐”)到文留地区相变成了较稳定的砂泥(页)岩层(图 2,3-C),即“文 9 盐”与“文 23 盐”之间的一套砂泥(页)岩段,其层位为沙三<sup>3</sup>亚段(图 2),称为“文留盐间油(砂)层”;而“文 23 盐”向北到濮城、卫城及以北地区也相变成了砂泥(页)岩(图 3-A,3-B),称为“卫城油层”。至此,人们对东濮凹陷沙二段之下地层中盐岩的认识又从 2 套变成了 3 套。直到 1985 年在文留南部地区钻探的文 228 井和 1987 年在前梨园地区钻探的濮深 7 井等钻遇了“文 23 盐”所有盐层之后,人们对东濮凹陷古近系沙河街组中发育的盐岩的认识才基本完整、准确,从而对沙河街组的认识也基本清楚,并一直沿用至今。即东濮凹陷北部地区古近系沙河街组中主要有 4 套盐岩,分别发育在沙一下亚段((图 3-F),主要由 8 个盐岩韵律组成,在户部寨地区最多可达 16 个,自下而上编号 1#、2#、…、16#)、沙三<sup>1</sup>亚段—沙三<sup>2</sup>亚段(即“卫城上盐”或“文 9 盐”(图 3-D),主要由 8 个盐岩韵律组成,在柳屯、户部寨等地区最多可达 15 个,自下而上编号 1#、2#、…、15#)、沙三<sup>3</sup>亚段(即“卫城下盐”(图 3-C),由 9 个盐岩韵律组成,自下而上编号 1#、2#、…、9#)、沙三<sup>4</sup>亚段—沙四<sup>1</sup>亚段(即“文 23 盐”(图 3-A,3-B),由 53 个盐岩韵律组成,自下而上编号 0#、1#、…、52#)。

前人对东濮凹陷北部古近系沙河街组各(亚)段

①程秀申,徐振强,解晨,等.东濮凹陷构造演化与油气聚集规律研究.中国石化中原油田分公司档案馆内部资料,2005.

②安与,周家泗,焦大庆.东濮凹陷北部下第三系沙河街组地层对比综合研究.中国石化中原油田分公司档案馆内部资料,1983.





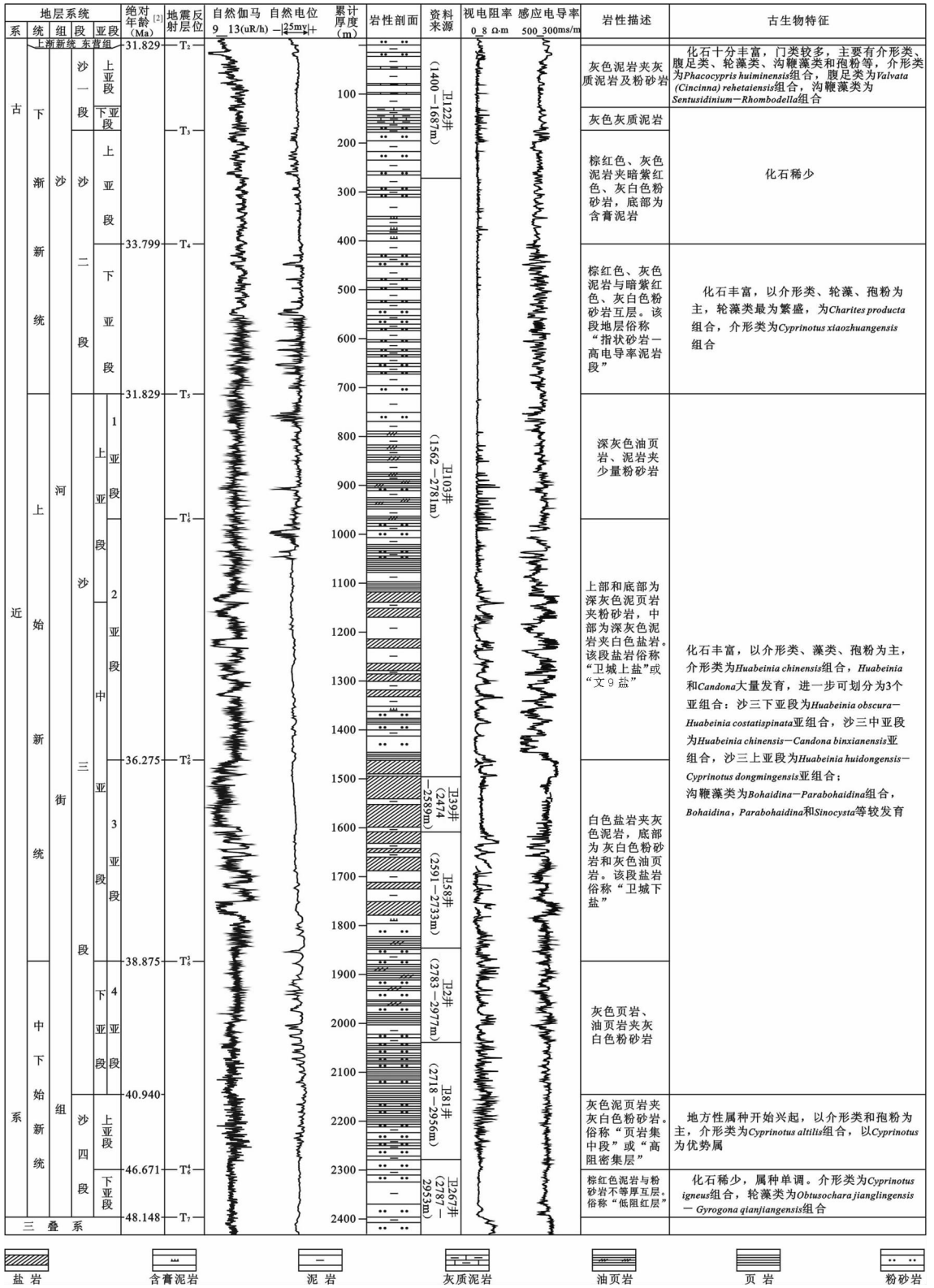


图 2 东濮凹陷北部古近系沙河街组综合柱状图(卫城地区)

Fig.2 Generalized column of Paleogene Shahejie Formation in northern Dongpu Sag (from Weicheng area)

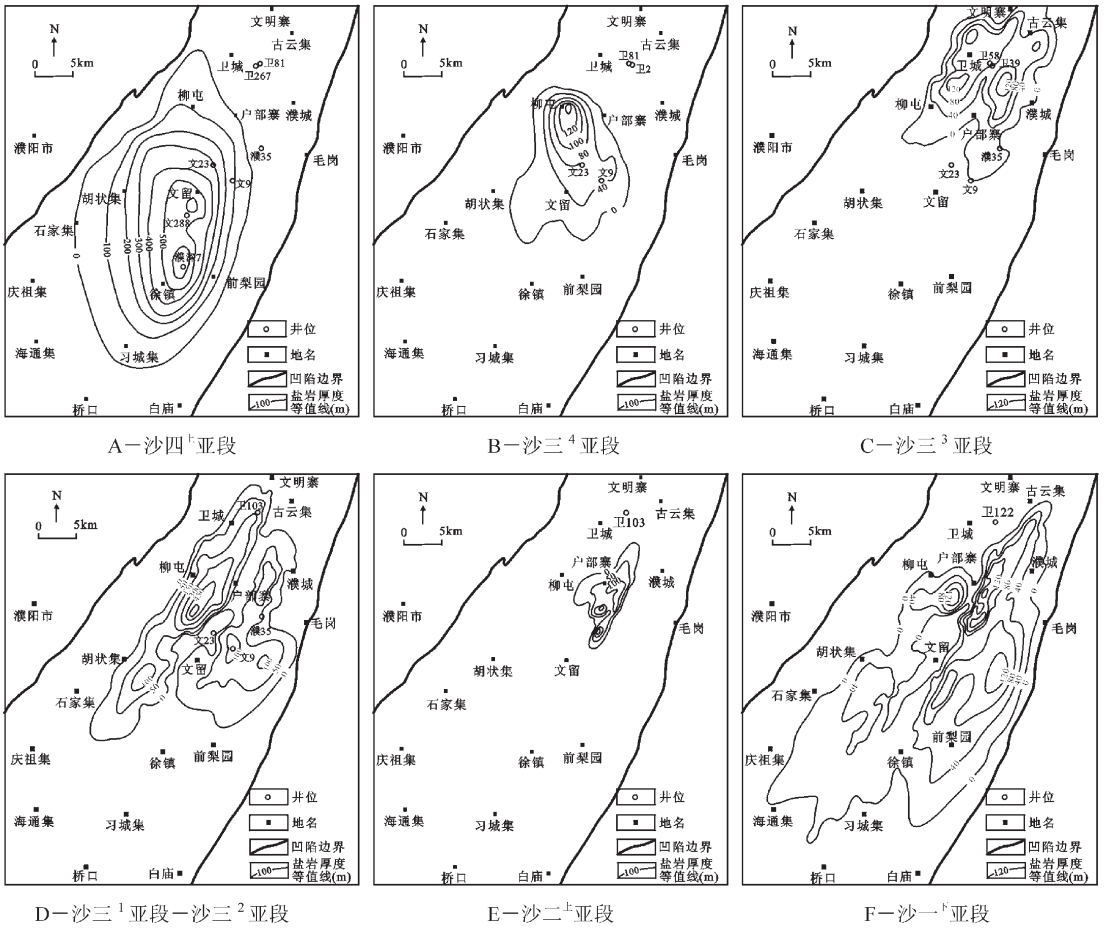


图3 东濮凹陷古近系沙河街组盐岩厚度(m)等值线图(据陈发亮等,2005<sup>①</sup>,有修改)  
 Fig.3 Isoline map of salt rock thickness (m) of Paleogene Shahejie Formation in Dongpu Sag (after Chen Faliang et al., 2005)

亚段,并将沙三<sup>4</sup>亚段进一步划分为上、中、下三部分,分别对应于“文23盐”的52#-46#盐岩、45#-20#盐岩、19#-0#盐岩。(3)张永才等(1989<sup>②</sup>) 在胡状集地区将与“文23盐”相对应的地层作为沙三<sup>4</sup>亚段,而将“低阻红层”作为沙四段。在户部寨以北地区将沙三段与沙四段的分界线划在相当于“文23盐”的36#盐岩附近,在户部寨以南地区将沙三段与沙四段的界线划在“文23盐”的13#与12#盐岩之间,并将沙三段与沙四段的界线到“低阻红层”之间的“文23盐”的12#-0#盐岩地层或与其相当的具较低视电阻率值的灰色砂泥(页)岩互层段作为沙四上亚段,并将其称为“低阻灰层”。(4)高平等(1993<sup>③</sup>)将

沙三段与沙四段的分界线划在“文23盐”的45#与44#盐岩之间,而将该界线之下至“低阻红层”之间的“文23盐”的44#-0#盐岩或与其相当的灰色砂泥(页)岩互层段地层作为沙四上亚段,将“低阻红层”作为沙四下亚段。(5)高平和何建国(2002<sup>④</sup>)在高平等(1993<sup>③</sup>)划分方案的基础上,将沙三段由原来的4分改为3分,即将沙三段分为上、中、下3个亚段。其中,沙三<sup>上</sup>亚段与沙三<sup>中</sup>亚段的分界线划在原沙三<sup>2</sup>亚段的8号灰质泥(页)岩标志层上(标志层的特征及编号详见本文第3节),沙三<sup>中</sup>亚段与沙三<sup>下</sup>亚段的分界线与原沙三<sup>3</sup>亚段和沙三<sup>4</sup>亚段的分界线一致。

① 陈发亮,韩福民,李勤英,等.东濮凹陷盐岩分布、油气成藏及预测技术研究,中国石化中原油田分公司档案馆内部资料,2005.  
 ② 张永才,张广亮,高平,等.东濮凹陷第三系划分与对比,中国石化中原油田分公司档案馆内部资料,1989.  
 ③ 高平,魏美田,林燕,等.东濮凹陷地层研究,中国石化中原油田分公司档案馆内部资料,1993.  
 ④ 高平,何建国.东濮凹陷下第三系地层对比与统层研究,中国石化中原油田分公司档案馆内部资料,2002.

## 2 生物地层特征

东濮凹陷北部地区古近系沙河街组中含有丰富的介形类、轮藻、腹足类、孢粉、沟鞭藻类及其他藻类等微体化石。化石对确定地层时代及层位方面有重要的作用,在东濮凹陷古近系沙河街组的划分与对比中以介形类、轮藻、腹足类等微体化石为主,特别是介形类化石。

### 2.1 孔店组

化石稀少,均为国内外常见的陆相化石属种<sup>[3-4]</sup>,易于对比。仅见少量介形类和轮藻化石,如 *Eucypris wutuensis*、*Peckichara wutuensis* 等(图 4)。

### 2.2 沙四段

(1)沙四<sub>下</sub>亚段化石稀少(图 4),也均为国内外常见的陆相化石属种<sup>[3-4]</sup>,仅少数钻井能见到。介形类为 *Cyprinotus igneus* 组合<sup>①②③</sup><sup>[5-8]</sup>,以 *Cypris* 为优势属<sup>④</sup>。主要分子有 *Cyprinotus igneus*, *Cypris bella*, *C. curta*, *Limnocythere longipileiformis* 等(图 4)。轮藻为 *Obtusochara jianglingensis*-*Gyrogona qianjiangensis* 组合,是东濮凹陷古近系地层中所见轮藻化石最少的组合<sup>⑤</sup>,主要分子有 *Obtusochara jianglingensis*, *O. prisca*, *O. elliptica*, *Gyrogona qianjiangensis*, *Charites stenoconica* 等(图 4)。沟鞭藻类和腹足类化石罕见,偶见 *Sinoplanorbis*。

(2)沙四<sub>上</sub>亚段古生物面貌与沙四<sub>下</sub>亚段明显不同,各门类生物开始兴起,个体丰富,特别是地方性介形类属种是东濮凹陷古近纪的第一次大发展时期,属种的类型及数量较沙四<sub>下</sub>亚段显著增加(图 4),但均以原始种类为主。*Huabeinia*、*Chinocythere* 等属种均从该时期兴起,*Candona* 的种类和数量亦有明显增加。沙四<sub>上</sub>亚段介形类为 *Cyprinotus altilis* 组合<sup>①②③</sup><sup>[5-7]</sup>(图 4),以 *Cyprinotus* 为优势属,与渤海湾地区的沙四<sub>上</sub>亚段介形类 *Austrocypris levis* 组合<sup>[1,12]</sup>相当。根据纵向上所含介形类化石属种不同,将 *Cyprinotus altilis* 组合进一步分为 2 个亚组合<sup>⑥④</sup>:沙四<sub>上</sub>亚段的下部为 *Cypris bella* 亚组合,介形类化石较少,属种单调,以 *Cypris* 为优势属,主要分子有 *Cypris bella*, *C. curta*, *C. chunhuaensis*, *C. postilonga*, *Limnocythere longipileiformis*,

*Cyprinotus altilis* 等;沙四<sub>上</sub>亚段的上部为 *Cyprinotus jiyangensis* 亚组合,介形类的数量和属种较其下部明显增加,以 *Cyprinotus* 为优势属,主要属种有 *Cyprinotus jiyangensis*, *C. altilis*, *C. wangguantunensis*, *C. cangzhouensis*, *Huabeinia obscura*, *H. primitiva*, *Cypris palustris* 等。沙四<sub>上</sub>亚段微体浮游植物稀少,除有较多的绿藻分子外,沟鞭藻类和疑源类分子数量均较少,主要属种有 *Pediastrum boryanum*, *P. duplex*, *Granodiscus*, *Dictyotidium*, *Rugasphaera*, *Siocysta* 等<sup>⑥</sup>。沙四<sub>上</sub>亚段轮藻、腹足类化石稀少,偶见 *Obtusochara jianglingensis*, *O. brevicylindrica*, *Raskyella qingfengensis*, *Gyrogona qianjiangensis*, *Neochara henanensis*, *Hydrobia liuqiaoensis* 等(图 4)。

### 2.3 沙三段

沙三段沉积期为东濮凹陷古近纪古生物的第一次发育高峰期<sup>[3]</sup>,各门类生物属种繁多,个体丰富,其中介形类、孢粉、沟鞭藻类最繁盛,轮藻、腹足类、鱼类等少见(图 4)。

(1)介形类:主要特征是 *Huabeinia* 动物群迅速繁盛起来,而沙四<sub>上</sub>亚段发育的 *Cyprinotus altilis* 已灭绝,*Candona* 无论种类还是数量均很丰富,且出现大量大个体的 *Candona aequalis*, *C. postabscissa*, *C. levis*, *C. spissa*, *C. posticoncava*, *C. viriosa* 等与 *Huabeinia* 共生<sup>[7]</sup>,*Ilyocypris*, *Eucypris*, *Virgatocypris*, *Pseudocypris*, *Cypris*, *Cyprinotus* 等也时有出现,但数量不多(图 4)。沙三段介形类为 *Huabeinia chinensis* 组合<sup>①②③</sup><sup>[7]</sup>或 *Huabeinia trapezoidea* 组合<sup>[5,13]</sup>,该组合中的介形类分子仅盛产于渤海湾盆地,地方性特色明显,与国内外介形类较难对比<sup>⑧</sup><sup>[1,12,14]</sup>。据组合中各属种的分布特点,该组合进一步可划分为 3 个亚组合<sup>⑨</sup><sup>[5,7,13]</sup>。

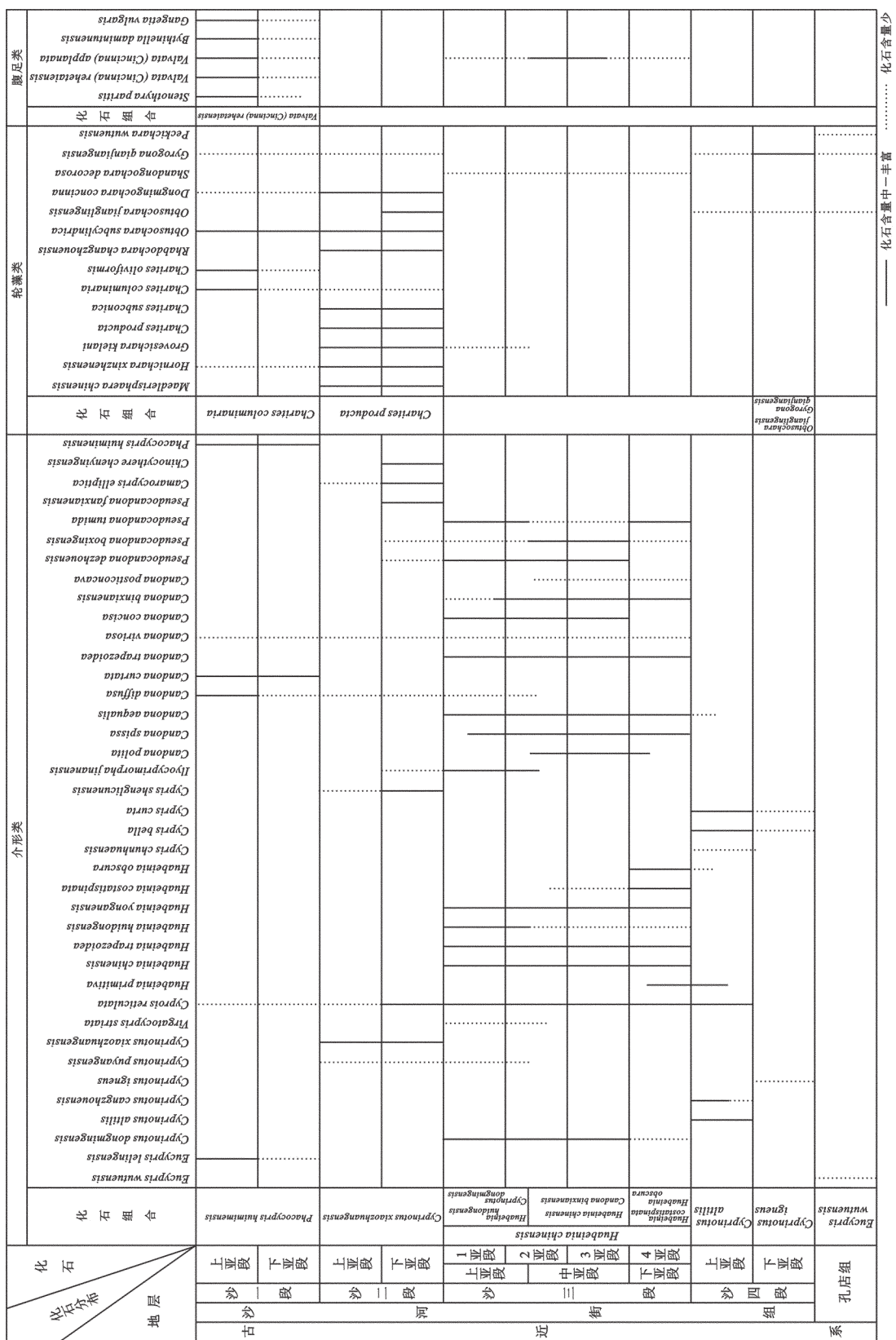
沙三<sub>下</sub>亚段为 *Huabeinia obscura*-*Huabeinia costatispinata* 亚组合,主要分子有 *Huabeinia obscura*, *H. costatispinata*, *H. chinensis*, *H. trapezoidea*, *H. subtrapezoidea*, *H. primitiva*, *H. unispinata*, *Candona viriosa*, *C. aequalis*, *C. levis*, *C. spissa*, *C. posticoncava*, *C. distensa*, *C. adulta*, *C. binxianensis*, *C. trapezoidea*, *Pseudocandona tumida*, *Cypris reticulata*, *Limnocythere nodosa* 等(图 4)。该亚组合与渤海湾盆地的沙三<sub>上</sub>亚段介形类 *Huabeinia obscura* 组

①安与,周家泗,焦大庆.东濮凹陷北部下第三系沙河街组地层对比综合研究.中国石化中原油田分公司档案馆内部资料,1983.

②张永才,张广亮,高平,等.东濮凹陷第三系划分与对比.中国石化中原油田分公司档案馆内部资料,1989.

③高平,何建国.东濮凹陷下第三系地层对比与统层研究.中国石化中原油田分公司档案馆内部资料,2002.

④高平,魏美田,林燕,等.东濮凹陷地层研究.中国石化中原油田分公司档案馆内部资料,1993.



————— 化石含量中—丰富  
..... 化石含量少

图 4 东濮凹陷北部地区古近系沙河街组主要化石纵向分布图(据文献[9-11]修改)  
Fig.4 Vertical distribution of major fossils of the Paleogene Shahejie Formation in the northern Dongpu Sag(modified from reference[9-11])



合<sup>[1,12]</sup>相当,二者均含有 *Huabeinia obscura*, *H. primitiva*, *Candona distensa*, *C. adulta* 等 *Huabeinia* 组合中的早期分子。

沙三<sup>中</sup>亚段为 *Huabeinia chinensis* - *Candona binxianensis* 亚组合,主要特征是 *Huabeinia chinensis*, *H. trapezoidea* 较常见, *Candona* 种类较多,尤其是 *Candona binxianensis* 达到了繁盛顶峰。该亚组合主要分子有 *Huabeinia chinensis*, *H. trapezoidea*, *H. subtrapezoidea*, *H. ventricostata*, *H. unispinata*, *Candona binxianensis*, *C. spissa*, *C. aequalis*, *C. minitrapezoidea*, *C. polita*, *C. subarca*, *C. distensa*, *Virgatocypris striata*, *Pseudocandona boxingensis*, *P. magna*, *P. dezhouensis*, *Camarocypris ovata*, *Cypris reticulata* 等(图 4)。与沙三<sup>下</sup>亚段 *Huabeinia obscura* - *Huabeinia costatispinata* 亚组合相比, *Huabeinia obscura* 已灭绝, *Huabeinia costatispinata* 的数量明显减少<sup>[7]</sup>。本亚组合与渤海湾盆地沙三<sup>中</sup>亚段介形类 *Huabeinia costatispinata* 组合<sup>[1,12]</sup>相当,共同点为 *Huabeinia chinensis* 达到繁盛阶段,而 *Huabeinia obscura*, *H. primitiva* 已绝灭(图 4),不同之处在于渤海湾盆地的其他坳陷 *Huabeinia costatispinata* 很常见。

沙三<sup>上</sup>亚段为 *Huabeinia huidongensis* - *Cyprinotus dongmingensis* 亚组合, *Huabeinia huidongensis*, *H. yonganensis*, *H. chinensis*, *H. trapezoidea* 较常见,而 *Huabeinia costatispinata* 已灭绝(图 4)。与下伏地层相比, *Cyprinotus*, *Pseudocandona* 等属的数量明显增加,尤其是 *Cyprinotus dongmingensis*, 而 *Candona* 的数量相对减少(图 4)。该组合代表性化石分子有 *Huabeinia huidongensis*, *H. chinensis*, *H. yonganensis*, *H. trapezoidea*, *Cyprinotus dongmingensis*, *C. puyangensis*, *Pseudocandona dezhouensis*, *P. elata*, *P. brevis*, *P. unipapulata*, *P. tumida*, *Candona concisa*, *C. wangguantunensis*, *C. postirotonda*, *C. distensa*, *C. viriosa*, *C. aequalis*, *Candonopsis recta*, *Virgatocypris striata*, *V. henanensis*, *Ilyocypris jinanensis* 等(图 4)。本组合与渤海湾盆地沙三<sup>下</sup>亚段介形类 *Huabeinia huidongensis* 组合<sup>[1,12]</sup>相当, *Huabeinia huidongensis* 均达到繁盛期, *Huabeinia chinensis* 等较常见,而 *Huabeinia costatispinata* 已灭绝。不同之处在于东濮凹陷该亚组合内 *Cyprinotus*, *Pseudocandona* 相对较多,而渤海湾盆地其他坳陷出现的 *Tuberocyproides*, *Tuozhuangnia*, *Ammnocypris*, *Ninghainia* 等属种在东濮

凹陷则少见<sup>[7]</sup>。

(2)沟鞭藻类:沙三段沉积期是沟鞭藻类在东濮凹陷内发育的第一个繁盛期,由沙四<sup>上</sup>亚段的 3 个先驱种迅速发展到 60 余种<sup>[9]</sup>,为 *Bohaidina* - *Parabohaidina* 组合<sup>[14-15]</sup>。主要特点是 *Bohaidina*, *Parabohaidina* 和 *Sinocysta* 等较发育,主要分子有 *Bohaidina retiragosa*, *B. laevigata*, *Bosedina operculata*, *Membranilarnacia fibrosa*, *Parabohaidina granulata*, *Sinocysta subtile*, *Cordosphaeridium minimum*, *Oligosphaeridium dongmingense*, *Rugasphaera asperata*。该组合与渤海湾盆地沙三段沟鞭藻类 *Bohaidina* - *Parabohaidina* 组合<sup>[1,15]</sup>相当。

(3)轮藻:化石数量很少,主要分布于沙三段上部,仅见少量 *Shandongochara decorosa*, *Obtusochara elliptica*, *Stephanochara xiaozhuangensis* 等<sup>[13,16-17]</sup>(图 4)。

沙三段与沙四段地层的分界线在整个渤海湾盆地为一生物地层界线,划分的标准是以 *Austrocypris levis* 或 *Cyprinotus altilis* 的灭绝作为沙四段的结束<sup>[1]</sup>。东濮凹陷 *Austrocypris levis* 较少,而 *Cyprinotus altilis* 丰富,昌黎地层会议(1988<sup>①</sup>)认为东濮凹陷北部应以 *Cyprinotus altilis* 的灭绝、*Huabeinia* 属的出现作为沙三段与沙四段的分界线(东濮凹陷南部地区的马厂、三春集、爪营等地的 *Cyprinotus altilis* 可上延至沙三<sup>上</sup>亚段。所以,南部地区不能以 *Cyprinotus altilis* 的灭绝为标准来划分沙三段与沙四段的分界线)。具体应用时是以 *Cyprinotus altilis* 组合的上限(末现面)作为沙四段的顶界,以 *Huabeinia* 属顶峰带的下限作为沙三段的底界(图 4),即 *Cyprinotus altilis* 组合中的重要成员未上延到沙三<sup>下</sup>亚段, *Huabeinia* 属在沙四上顶部可零星出现<sup>[8]</sup>。

## 2.4 沙二段

沙三段与沙二段的分界线为一明显的生物界线,表明生物演化经历了一次重大的变革。沙三段沉积期发育的古生物主要是地方性属种,而沙二段发育的古生物则主要为国内外常见的淡水化石属种,分布较广<sup>[3-4,18]</sup>。沙三段沉积期极其发育的沟鞭藻类到沙二段沉积期数量大大减少,到沙二段沉积晚期几乎绝迹;沙三段沉积期属种繁盛的介形类,到沙二段沉积期有 67% 的属种已绝灭,特别是 *Huabeinia*, *Candona*。同时产生的新属种占沙二段介形类的 65%<sup>[9]</sup>。沙三段沉积期罕见的轮藻类植物到沙二段沉积期却

① 华北油田研究院.渤海湾盆地第三系昌黎地层会议纪要.中国石化中原油田分公司档案馆内部资料,1988.



突然空前繁盛,成为东濮凹陷古近纪轮藻类发育的第一个繁盛期(图4)。沙二<sub>下</sub>亚段介形类、轮藻、孢粉化石十分丰富,而沙二<sub>上</sub>亚段化石稀少。

(1)介形类:为 *Cyprinotus xiaozhuangensis* 组合<sup>[6,14]</sup>,主要分布于沙二<sub>下</sub>亚段。在沙三段沉积期大量发育的 *Huabeinia* 属迅速绝灭而未进入到沙二段沉积期(图4),*Candona* 虽延续下来,但面貌一新。主要分子有 *Cyprinotus xiaozhuangensis*, *C. puyangensis*, *Cypris shenglicunensis*, *C. elliptica*, *Cammarocypris elliptica*, *Ilyocypris errabundis*, *Pseudocandona fanxianensis*, *P. deplanata*, *Eucypris pengzhenensis*, *Chinocythere chenyingensis* 等(图4)。该组合与渤海湾盆地沙二段的介形类 *Cammarocypris elliptica* 组合<sup>[1,12]</sup>相当。

(2)轮藻:沙二段地层中的轮藻化石在东濮凹陷古近纪地层中最为丰富,主要分布于沙二<sub>下</sub>亚段,为 *Charites producta* 组合<sup>[6,14]</sup>,以 *Charites*, *Obtusochara*, *Hornichara*, *Rhabdochara*, *Dongmingochara*, *Maedlerisphaera*, *Grovesichara* 等属占优势为主要特征,*Charites* 的种虽较少,但 *Charites producta*, *C. subconica* 异常丰富<sup>[9]</sup>(图4)。该组合主要分子有 *Charites producta*, *C. subconica*, *Obtusochara subcylindrica*, *Hornichara xinzhensis*, *Rhabdochara changzhouensis*, *Dongmingochara concinna*, *D. rarituberculata*, *Maedlerisphaera chinensis*, *Grovesichara kielani* 等(图4)。与渤海湾盆地沙三段轮藻 *Charites producta* 组合<sup>[1,19]</sup>相当。

(3)微体浮游植物:不发育,尤其是沟鞭藻,仅见 *Parabohaidina* 的个别残留分子和 *Sentusidinium* 的少量先驱分子 *Parabohaidina laevigata*, *Sentusidinium biomatum*, *S. shenxianense* 等。疑源类和绿藻类相对较多,主要有 *Leiosphaeridia hyalina*, *Granodiscus granulatus*, *Campenia circellata*, *C. irregularis* 等<sup>[9]</sup>,主要分布于沙二<sub>下</sub>亚段。

东濮凹陷沙二段与沙三段的地层分界线以沙三段 *Huabeinia chinensis*-*Shandongochara decorosa* 组合的绝灭和沙二段的 *Cyprinotus xiaozhuangensis*-*Charites producta* 组合的兴起为标准<sup>[12,9]</sup>。在渤海湾盆地,沙二段的典型剖面选自东营凹陷北部的胜坨地区<sup>[9]</sup>,沙二<sub>下</sub>亚段含 *Huabeinia unispinata*, *Cammarocypris elliptica*, *Cypris shenglicunensis*,

*Cypris palustris*, *Tulotomoides terrassa*, *Comasphaeridium*, *Alnipollenites*, *Polypodiaceasporites* 等滨湖沼泽生物群化石;沙二<sub>上</sub>亚段含 *Cammarocypris elliptica*, *Cyprinotus xiaozhuangensis*, *Charites producta*, *Ephedripites*, *Rutaceoi-pollis* 等干旱型生物群化石。东濮凹陷沙二段的化石组合与渤海湾盆地沙二段典型剖面的沙二<sub>上</sub>亚段化石组合类似,而缺少渤海湾盆地沙二段典型剖面的沙二<sub>下</sub>亚段的化石组合。在渤海湾盆地其他地区,包括济阳坳陷北部的沾化凹陷和车镇凹陷,以及黄骅坳陷、冀中坳陷、渤中坳陷等,几乎都缺少渤海湾盆地沙二段典型剖面的沙二<sub>下</sub>亚段化石组合<sup>[1]</sup>。东濮凹陷古近纪生物群属渤海湾盆地古近纪生物地层区,与渤海湾各个坳(凹)陷在古近纪同一时期基本上处于同一个渤海湾大水域,应具有比较一致或类似的古生物纵向演变特点,化石组合的缺失说明东濮凹陷的沙二段与沙三段之间应存在一较大的沉积间断面或假整合面<sup>[14]</sup>。特别在渤海湾盆地 *Huabeinia* 绝灭于沙二<sub>下</sub>亚段末期,而东濮凹陷 *Huabeinia* 在沙三段沉积末期已全部绝灭而未进入沙二段(图4),*Huabeinia* 的绝灭(未现面)指示在渤海湾盆地存在一个广泛的沉积间断假整合面。*Huabeinia chinensis* 组合指示了中、晚始新世,其绝灭面作为始新世和渐新世的分界线。所以,渤海湾盆地渐新统与始新统的分界线划在沙二<sub>上</sub>亚段与沙二<sub>下</sub>亚段之间<sup>[1]</sup>,而东濮凹陷的渐新统与始新统的分界线则一直划在沙二段与沙三段之间(表1),这种差异也说明东濮凹陷沙二段与沙三段之间存在有较大的沉积间断。

## 2.5 沙一段

沙一段沉积期,各门类生物繁多,为东濮凹陷古近纪古生物的第二次发育高峰期<sup>[9]</sup>。化石主要分布于沙一<sub>上</sub>亚段,而沙一<sub>下</sub>亚段化石稀少,主要有介形类、腹足类、孢粉、轮藻和沟鞭藻类等。沙一段和沙二段之间也是一个较大的生物界线。一方面,沙二段 *Cyprinotus xiaozhuangensis*, *Charites producta* 等重要分子到沙一段几乎绝迹,而新生分子 *Phacocypris huiminensis*, *Eucypris lelingensis* 的出现和繁盛为沙一段的主要特征(图4);另一方面,沙二段罕见的沟鞭藻类、腹足类到沙一段又迅猛发展,特别是腹足类更是

①张永才,张广亮,高平,等.东濮凹陷第三系划分与对比.中国石化中原油田分公司档案馆内部资料,1989.

②高平,魏美田,林燕,等.东濮凹陷地层研究.中国石化中原油田分公司档案馆内部资料,1993.

③高平,何建国.东濮凹陷下第三系地层对比与统层研究.中国石化中原油田分公司档案馆内部资料,2002.

空前繁盛(图 4)。沙一段发育的古生物属种主要为地方性属种,与国内外常见的同期淡水化石种难以对比<sup>[3-4,18]</sup>。

(1)介形类:为 *Phacocypris huiminensis* 组合<sup>[6,14]</sup>,主要分布在沙一<sup>上</sup>亚段,以 *Phacocypris*, *Eucypris*, *Candona*, *Chinocythere* 大量发育为主要特征,主要分子有 *Phacocypris huiminensis*, *Eucypris lelingensis*, *E. applanata*, *E. faviformis*, *Candona distensa*, *C. curtata*, *C. diffusa*, *C. chinensis*, *Candonopsis shahejieensis*, *Limnocythere armata*, *Chinocythere inspinata* 等(图 4)。该组合与渤海湾地区沙一段介形类 *Phacocypris huiminensis* 组合<sup>[1,12]</sup>相当,均以 *Phacocypris* 属种发育而 *Camarocypris* 属种灭绝为特征。

(2)轮藻:化石数量也较丰富,仅次于沙二段,主要分布在沙一<sup>上</sup>亚段,虽主要只有 *Charites* 和 *Obtusochara* 两个属,但个体数量较多,分布广泛,为 *Charites columinaria* 组合<sup>[8]</sup>,主要分子有 *Charites columinaria*, *C. oliviformis*, *Obtusochara brevicylindrica* 等(图 4)。

(3)腹足类:为 *Valvata (Cincinna) rehetaiensis* 组合,是东濮凹陷古近系腹足类最丰富的一个组合,主要分布于沙一<sup>上</sup>亚段(图 4)。主要分子有 *Valvata (Cincinna) rehetaiensis*, *V. (C.) applanata*, *Stenothyra elegans*, *S. paritis*, *Sinostenothyra jinganpuensis*, *Bythinella damintunensis*, *Gangetia vulgaris* 等(图 4)。与渤海湾盆地沙一段腹足类 *Stenothyra jinxianensis* 组合<sup>[9]</sup>或 *Bohaiispira spiralifera-Stenothyra Shandongensis* 组合<sup>[10]</sup>相当。

(4)微体浮游植物:沙一段沉积期沟鞭藻类和疑源类重新开始繁盛,沙二<sup>上</sup>亚段几乎绝迹的沟鞭藻类到沙一<sup>下</sup>亚段猛增到 39 种,到沙一<sup>上</sup>亚段又增加到 53 种,是东濮凹陷古近纪沟鞭藻的第二个繁盛高峰期<sup>[9]</sup>,为 *Sentusidinium-Rhombodella* 组合,进一步可以划分为两个亚组合:沙一<sup>下</sup>亚段为 *Sentusidinium biomatum-Paucibucina* 亚组合,主要分子有 *Sentusidium*, *Cleistosphaeridium*, *Paucibucina dongyingensis*, *P. simplex*, *Fillisphaeridium*, *Leiosphaeridia*, *Granodiscus* 等。沙一<sup>上</sup>亚段为 *Huanghedinium-Zhongyuandinium* 亚组合,主要分子有 *Huanghedinium*, *Paraperidinium*, *Zhongyuandinium*, *Sentusidinium*, *Cleistosphaeridium*, *Granodiscus*, *Dictyotidium*, *Leiosphaeridia* 等,尤其是沟鞭藻类 *Huanghedinium* 分布广泛且稳定。

## 2.6 东营组

东营组化石丰富,主要以介形类、轮藻、疑源类和孢粉为主,其中,轮藻为东濮凹陷的第二个发育高峰期<sup>[9]</sup>,而腹足化石较少且个体破碎。

(1)介形类:为 *Chinocypris xindianensis* 组合<sup>[6,14]</sup>,以出现 *Chinocypris*, *Dongyingia* 新成员为主要特征<sup>[14]</sup>,主要分子为 *Chinocypris xindianensis*, *Phacocypris guangraoensis*, *P. pisiformis*, *P. ovata*, *Chinocythere cornuta*, *C. praebrevis* 等。

(2)轮藻:东营组沉积期是东濮凹陷古近纪继沙二段沉积期之后轮藻植物的第二个繁盛期,并出现了大量的 *Tectochara*<sup>[14]</sup>,与沙一段合称为 *Maedlerisphaera ulmensis - Maedlerisphaera chinoensis* 组合<sup>[6]</sup>。主要成员有 *Charites molassis*, *Tectochara meriani*, *Maedlerisphaera chinoensis*, *M. ulmensis*, *Grovesichara kielani*, *Rhabdochara stochnansi*, *Dongmingochara concinna* 等。

(3)微体浮游植物:比较发育,为 *Lacunodinium-Dictyotidium* 组合。其特征是绿藻和沟鞭藻分子较少,疑源类数量较丰富,但属种单调。主要分子有 *Lacunodinium fissile*, *L. puyangense*, *Dictyotidium reticulatum*, *D. microreticulaum*, *Granodiscus granulatus*, *Leiosphaeridia hyalina*, *L. caperata*, *Rugasphaera micirugis*, *Hungarodiscus ? foveolatus* 等。

## 3 岩石地层特征

### 3.1 孔店组

紫红、棕色泥岩与砂岩、砂砾岩互层,具较低—中等的视电阻率值,其曲线起伏较小。由于“低阻红层”与“高阻红层”(即中生界)之间为一不整合面,局部地区孔店组可能全部剥蚀。而且在东濮凹陷北部孔店组与沙四<sup>下</sup>亚段的岩电性特征比较接近,之间没有明显的界线,两者所含化石均单调且数量少。所以,从目前的研究程度和很有限的化石资料,很难准确划分出孔店组,可用“沙四<sup>下</sup>亚段”表示整个“低阻红层”<sup>①</sup>。

### 3.2 沙四<sup>下</sup>亚段

棕红、紫红色粉砂岩、灰质粉砂岩与泥岩、砂质泥岩互层,其视电阻率值较低,曲线平直(图 2),俗称“低阻红层”。

### 3.3 沙四<sup>上</sup>亚段

为一特殊岩性段,大致可分为三类:(1)前梨园、

①高平,何建国.东濮凹陷下第三系地层对比与统层研究.中国石化中原油田分公司档案馆内部资料,2002.

文留、胡状集、柳屯地区主要为灰白色盐岩、膏岩夹泥岩、页岩,文留和前梨园地区为盐岩沉积中心,盐岩最大厚度可达 600 多米(图 3-A)。文留北部地区附近下部出现一些由盐岩相变的石膏质粉砂岩、灰质粉砂岩;(2) 濮城—户部寨以北地区为灰色泥岩、页岩、油页岩夹粉砂岩、细砂岩、灰质砂岩、白云岩、灰岩。盐岩与砂岩往往发育在薄层的灰质页岩之间,若盐岩和砂岩不发育,薄层的灰质页岩可叠加在一起,在剖面上出现页岩集中段。视电阻率曲线呈一系列密集的高阻尖峰,又称“页岩集中段”或“高阻密集层”(图 2);(3) 柳屯—邢庄—石家集以西的西斜坡地区为灰色粉砂岩、细砂岩、少量砾状砂岩与泥岩、页岩、油页岩不等厚互层,见少量白云岩、灰岩,视电阻率曲线呈近等间距的中幅“脉冲”状。

### 3.4 沙三<sup>4</sup>亚段

文留—柳屯一带为灰白色膏(盐)岩、泥膏盐和灰色泥岩,砂岩不发育,柳屯为盐岩沉积中心,盐岩最大厚度可达 150 多米(图 3-B),为“文 23 盐”的 52#—45# 盐岩。其他地区主要为稳定的灰、深灰色泥页岩、油页岩、灰质泥岩与粉砂岩不等厚互层。电测曲线表现为一系列具中—高视电阻率值呈尖峰状曲线(薄层灰质页岩)与具低视电阻率值呈锯齿状曲线(砂岩)相间(图 5-左)。沙三<sup>4</sup>亚段有 8 组灰质泥页岩、油页岩标志层,自下而上依次编号 0、1、…、7 号,可作为无盐剖面与盐岩剖面横向对比的标志层(图 5-左)。其中 0 号标志层具有较高的视电阻率值、自然伽马值较低(具 2—3 个低自然伽马值,曲线呈尖峰状)、自然电位值偏正、感应电导率值变化幅度小且曲线形态稳定;5 号标志层具有 2~5 个高视电阻率值,曲线呈尖峰状,视电阻率曲线和自然伽马曲线呈正韵律形态,自然电位值偏正,感应电导率曲线呈对称的“猫头”状。这两个标志层在整个东濮凹陷范围内均可进行对比,而其他具高视电阻率值、曲线呈尖峰或凸起状的标志层在东濮凹陷北部地区可进行很好的对比。

沙三段与沙四段的分界以“低阻红层”之上的一套连续沉积的盐岩段的顶为界<sup>④</sup>,该界线之上发育一段 35~130 m 厚的稳定泥页岩,在文留北部地区该界线之上仍有盐岩沉积(为“文 23 盐”的 45#—52# 盐岩),与前述的古生物分界线相对应。界线上、下岩电性特征差别显著,沙四<sup>4</sup>亚段为“高阻密集层”段,岩性主要为泥岩、泥灰岩、泥云岩、油页岩与

粉砂岩的薄互层,而沙三<sup>4</sup>亚段大多为泥页岩与砂岩的不等厚互层,砂岩明显比沙四<sup>4</sup>发育;电性上,沙四<sup>4</sup>亚段的视电阻率基值、峰值一般高于沙三<sup>4</sup>亚段,沙四<sup>4</sup>亚段具一系列较高且密集的视电阻率值,曲线呈尖峰状,而沙三<sup>4</sup>亚段为一系列较高与较低视电阻率值相间,曲线呈凸起状(图 2,5)。

### 3.5 沙三<sup>3</sup>亚段

为灰色、深灰色泥岩夹粉砂岩、页岩、油页岩。文明寨以南到户部寨以北的卫城、柳屯、户部寨、古云集以及濮城西部地区为白色盐岩、膏盐层夹薄层灰色泥页岩、泥云岩、泥灰岩,发育的盐岩称为“卫城下盐”,盐岩、膏盐层在卫城附近最大,可达近 200 m(图 3-C)。上部盐岩发育(有 9 个盐岩韵律,自下而上编号 1#、2#、…、9#),下部为三组灰色砂泥岩互层段(图 5-右)。9# 盐岩的自然伽马曲线呈正韵律形态,8# 盐岩的自然伽马值两端低、中间高,曲线形态呈凹形(简称“凹形盐”)。9# 和 8# 盐岩的底部均发育有具高自然伽马值和高视电阻率值的灰质泥岩层。7# 盐岩的自然伽马曲线呈反韵律形态,底部一般无灰质泥岩层;6#、5# 盐岩的自然伽马曲线呈正韵律形态,4#、3#、2#、1# 盐岩的自然伽马曲线呈反韵律形态,其中 3#、2#、1# 盐岩底部均发育有较厚的灰质层和泥岩层(图 5-右)。而濮城地区主要为稳定的暗色泥岩夹粉砂岩、页岩、油页岩,粉砂岩成组性较好,凹陷周缘局部地区有红、灰交互的砂泥岩类型,砂岩发育。无盐剖面有 7 个具高视电阻率值的页岩、油页岩标志层,自下而上编号 1、2、…、7 号,其中 3 号标志层之上与盐岩剖面上部的 9 个盐岩韵律层对应,3 号标志层之下与盐岩剖面下部的三组砂泥岩段对应(图 5-右)。底部的 1 号泥页岩标志层具有视电阻率值较高,曲线呈尖峰状(整体表现为其值向上变小的正韵律形态)、自然伽马值中间低两端高(曲线呈“C”型)、自然电位明显比上覆地层偏正等特征(图 5-右),在整个东濮凹陷是较好的地层对比标志层,其他标志层视电阻率值较高,曲线呈尖峰状,在东濮凹陷北部地区均可对比。

### 3.6 沙三<sup>2</sup>亚段

在卫城、柳屯、户部寨、文留、濮城西部和胡状集东部等地区主要为白色盐岩、膏盐层、泥膏盐夹灰色泥岩、含膏泥岩(图 3-D),上部或顶部多见泥岩、油页岩和粉砂岩。其他地区主要为灰色泥岩夹粉砂岩及少量灰质页岩、油页岩。沙三<sup>2</sup>亚段有 12 个灰质



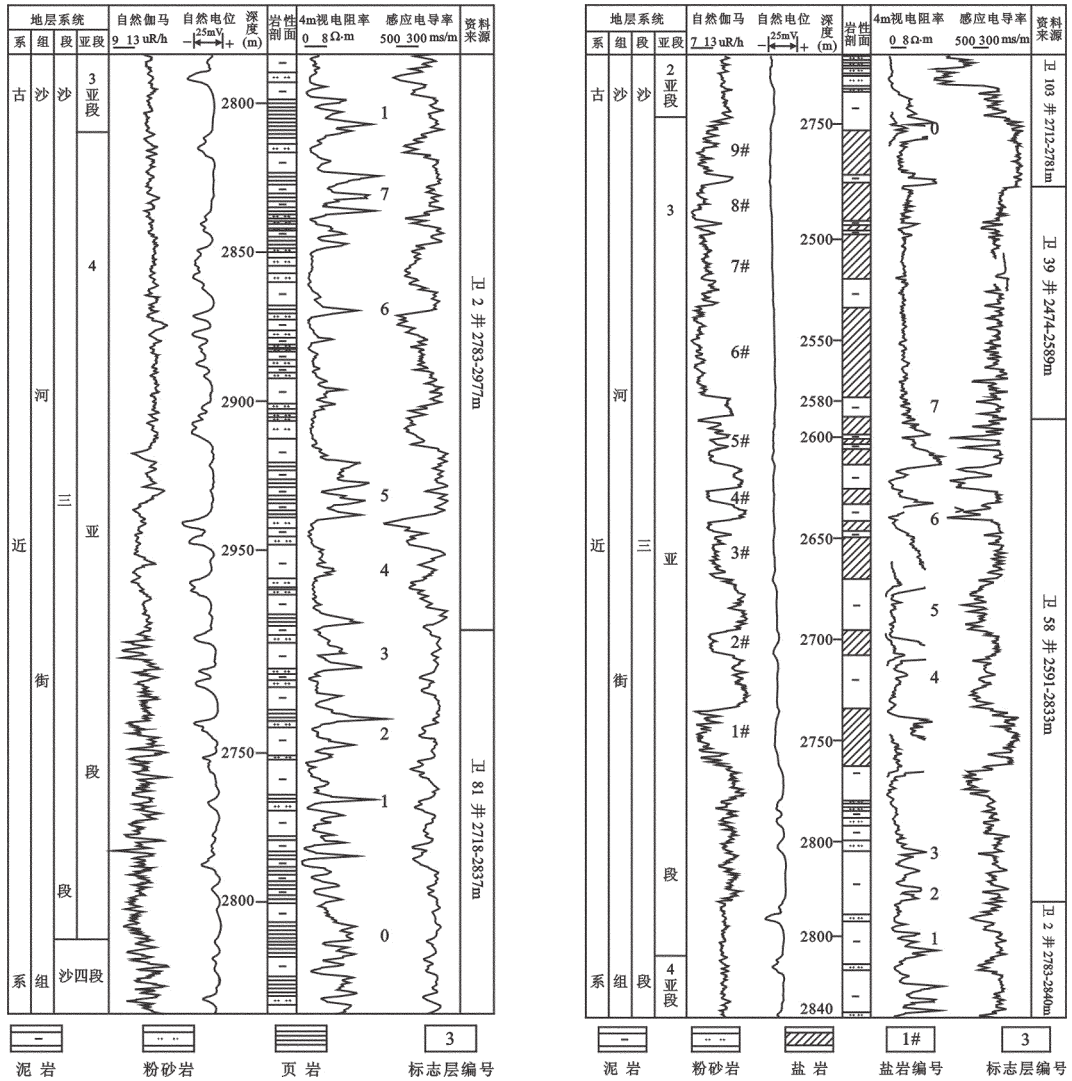


图 5 东濮凹陷北部卫城地区古近系沙河街组三段<sup>4</sup>亚段(左)和<sup>3</sup>亚段(右)柱状图  
 Fig.5 Column of Submember 4 (left) and 3 (right) of Member 3 of Paleogene Shahejie Formation in Weicheng area of northern Dongpu Sag

泥(页)岩标志层,自下而上依次编号 0、1、…、11 号(图 6)。该沙三<sup>2</sup>亚段的泥页岩标志层区别于其他各段最显著的特征是各标志层的自然伽马值均明显较高,1、2、3、4、…、11 号灰质泥(页)岩标志层分别对应于 6、9、10、11、…、18 号高自然伽马值标志层(图 6)。横向上,盐岩可相变为砂泥岩,但作为对比标志的 11 个具高自然伽马的灰质泥(页)岩层却依然存在,它们是横向上不同类型剖面对比的依据。其中沙三<sup>2</sup>亚段下部以其特有的 1#-8# 盐岩韵律层及盐间的 2-7 号具高自然伽马值、高视电阻率值的灰质泥页岩标志层(图 6)与不同类型砂泥岩剖面进行横向对比。沙三<sup>2</sup>亚段下部的盐岩韵律除 2# 盐岩的自

然伽马曲线呈反韵律,5# 盐岩自然伽马值最小且曲线具对称状特征外,其他盐岩的自然伽马曲线都呈正韵律形态。沙三<sup>2</sup>亚段上部的 4 个盐岩韵律中,12#、11# 盐岩自然伽马曲线呈正韵律形态,10#、9# 盐岩的自然伽马曲线呈反韵律形态。沙三<sup>2</sup>亚段底部 0-1 号灰质泥(页)岩标志层之间由三组砂岩层与稳定泥页岩层组成,视电阻率值明显偏低,其曲线起伏不大呈近直线状;而感应电导率值明显偏高,其曲线在沙三<sup>2</sup>亚段底部呈明显的凸出状(图 6)。沙三<sup>2</sup>亚段标志层中的 1、2、6 号标志层(对应于 6、9、13 号高自然伽马值标志层)在整个东濮凹陷内均可对比,其他标志层在东濮凹陷北部地区可进行较好的地层对比。

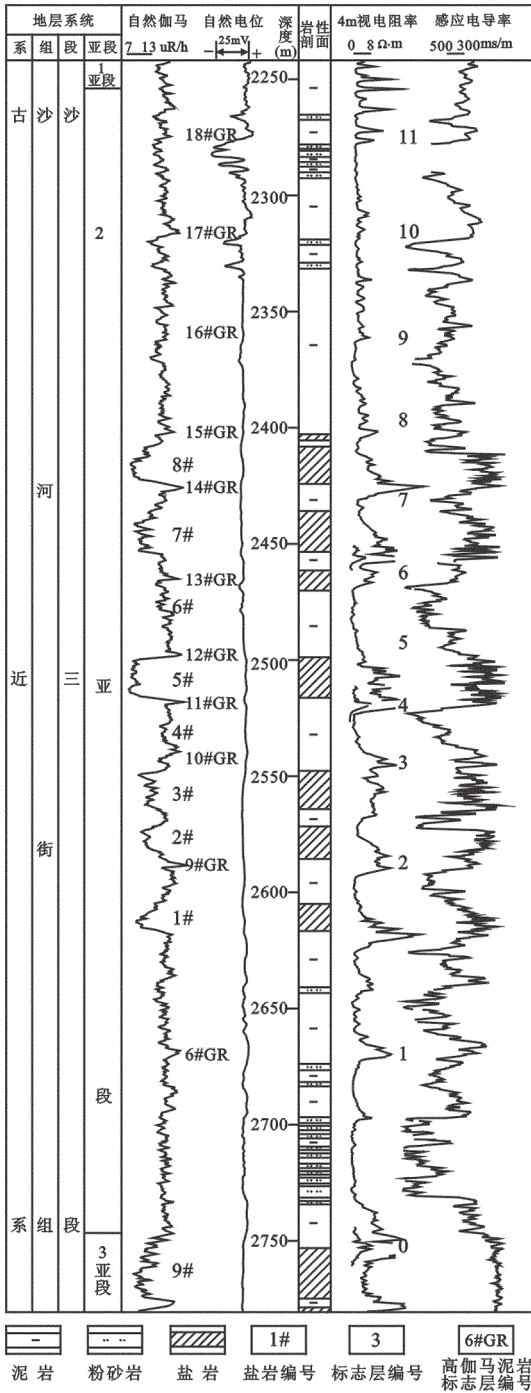


图6 东濮凹陷北部古近系沙河街组三段<sup>2</sup>亚段柱状图 (卫103井)

Fig.6 Column of Submember 2 of Member 3 of Paleogene Shahejie Formation in northern Dongpu Sag (from Well Wei103)

### 3.7 沙三<sup>1</sup>亚段

为一套稳定的砂、泥(页)岩韵律层,主要由灰、浅灰色灰质(白云质)泥岩夹粉砂岩、页岩、油页岩组

成,构造高部位见红色泥岩,砂泥岩成组性较好,有9个泥(页)岩标志层,自下而上编号1、2、...、9号(图7-左)。柳屯一户部寨一带下部发育1-3个盐岩韵律。电性特征上,从沙二<sup>下</sup>亚段的红色地层到沙三<sup>1</sup>亚段的灰色地层,自然电位基值明显偏正,视电阻率曲线以具一系列的中-高尖峰为特征。沙三<sup>1</sup>亚段的4号灰质泥页岩标志层在东濮凹陷范围内是较好的对比标志层,其他标志层在东濮凹陷北部地区可对比,特别是5和6号标志层之间厚约50m的较纯的泥岩段,其视电阻率值较低、曲线近于直线,特征明显,是较好的对比标志(图7-左)。

### 3.8 沙二<sup>下</sup>亚段

主要为棕红色、灰色泥岩与暗紫红色、灰白色、灰色粉砂岩互层,砂岩发育,单层厚度变化较大。泥岩具有高感应电导率值和大声波时差值,砂岩自然电位曲线常呈“手指”状异常(图2),沙二<sup>下</sup>亚段也称作“指状砂岩-高感应电导率泥岩段”。东濮凹陷全区内尚未发现统一的对比标志层,但沙二<sup>下</sup>亚段的具有高感应电导率值和大声波时差值的泥岩层段可作为区域对比标志。沙二<sup>下</sup>亚段顶部有3~5个感应电导率值明显高于沙二<sup>上</sup>亚段、曲线呈尖峰状特征的泥岩层,是沙二段<sup>上、下</sup>亚段分界的显著标志(图2)。

沙二<sup>下</sup>亚段与沙三<sup>1</sup>亚段的主要区别有:沙二<sup>下</sup>亚段岩性较粗、砂岩发育,岩石颜色以红色为主,而沙三<sup>1</sup>亚段则以灰色灰质泥岩为主,砂岩不发育;沙二<sup>下</sup>亚段泥岩具有高感应电导率值(相对于沙三<sup>1</sup>亚段,感应电导值高且变化幅度明显加大)、高自然伽马值和大声波时差值,自然电位相对于沙三<sup>1</sup>亚段明显偏负,视电阻率曲线上,沙三<sup>1</sup>亚段具一系列中-高幅度尖峰状为特征,而沙二<sup>下</sup>亚段则呈低幅度的锯齿状。

从地层对比来看,相对于东濮凹陷户部寨以北地区,文留地区缺失沙三<sup>1</sup>亚段顶部9号标志层之上的一段泥岩(20~30m),东濮凹陷西斜坡的胡状集、庆祖集地区沙三<sup>1</sup>亚段缺失6号标志层之上的地层,而东濮凹陷南部的徐集以南地区沙三<sup>1</sup>亚段7号标志层之上仅存60~70m厚的地层。所以,沙三<sup>1</sup>亚段上部在东濮凹陷部分地区遭到程度不同的剥蚀<sup>[2]</sup>。在济阳坳陷北部的沾化凹陷和车镇凹陷发现含有沙三<sup>上</sup>亚段标志化石 *Huabeinia huidongensis* 等再沉积灰岩砾石组成的沙二段底砾岩层超覆在沙三<sup>中、下</sup>亚段地层之上<sup>[2]</sup>,类似的情况也见于辽河东部凹陷、西部凹陷和

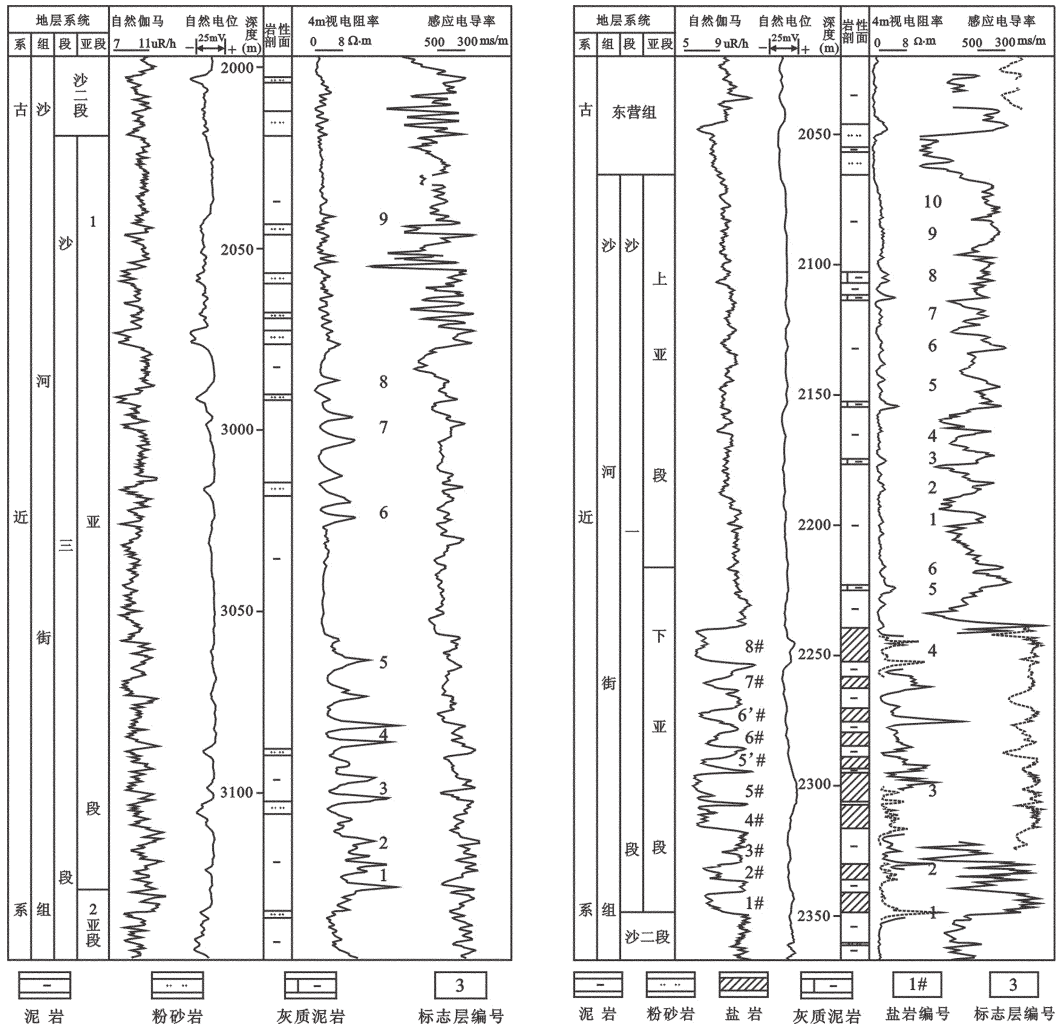


图 7 东濮凹陷北部濮城地区古近系沙河街组三段<sup>1</sup>亚段(左,濮 37 井)和沙一段(右,濮 22 井)柱状图  
 Fig.7 Column of the Submember 1 of Member 3 (left, from Well Pu37) and Member 1 (left, from Well Pu22) of Paleogene Shahejie Formation in Pucheng area of northern Dongpu Sag

黄骅拗陷的岐口凹陷等地<sup>[4]</sup>。所以,从岩石特征来看,渤海湾盆地沙二段底部也普遍存在不同程度的剥蚀。

### 3.9 沙二<sup>上</sup>亚段

沙二<sup>上</sup>亚段沉积类型有两类:一类是含膏盐岩类型,户部寨地区主要为灰色、暗紫红色泥岩夹灰白色盐岩、膏岩、含膏泥岩、泥膏岩(图 3-E),文留、桥口、白庙地区则主要为灰色、暗紫红色泥岩夹灰色含膏泥岩、泥膏岩。另一类是以红色砂泥岩为主的类型,分布于含膏泥岩类型以外的广大地区,主要为暗紫红、灰色泥岩与砂岩互层,底部为一套稳定的泥岩段,在濮城、卫城及以北地区,还有胡状集局部地区砂岩发育,称为“濮城油层”。电性上,沙二<sup>上</sup>亚段表现为自然电位曲线平直、声波时差值较小,视电阻率

值较低(曲线较平直),只在上部和下部具几个幅度较低的尖峰状,对应于泥膏岩、含膏泥岩标志层。根据岩电性征可划分出 26 个泥膏岩、含膏泥岩标志层,自下而上编号 1、2、...、26,其中 23、9、4、3、2 号具低感应电导率值的含膏泥岩标志层在东濮凹陷北部地区可进行对比。

沙二段<sup>上</sup>亚段与<sup>下</sup>亚段的岩-电性特征有明显的不同(图 2),沙二<sup>上</sup>亚段较沙二<sup>下</sup>亚段沉积环境稳定,泥岩发育,砂岩不发育,在泥膏岩发育区更为明显。沙二<sup>上</sup>亚段视电阻率曲线稳定平直,而沙二<sup>下</sup>亚段视电阻率曲线呈低幅稳定的锯齿状,局部呈中—高幅凸起;沙二<sup>下</sup>亚段的自然电位曲线具数个明显的“手指状”负异常凸起,而沙二<sup>上</sup>亚段的自然电位曲线相



对平缓;沙二<sub>下</sub>亚段感应电导率、声波时差和自然伽马曲线变化幅度较大且不稳定,而沙二<sub>上</sub>亚段则变化幅度明显变小且稳定。

### 3.10 沙一<sub>下</sub>亚段

沉积类型主要有两种:一种是盐岩沉积,主要由灰白色盐岩夹灰色泥岩、泥灰岩、泥质白云岩、页岩组成,分布于古云集—户部寨—柳屯一线以南,柳屯—胡状集—庆祖集以东,海通集—刁城集以北的广大地区(图 3-F);另一种主要为灰色泥岩、含膏泥岩夹灰质粉砂岩、泥灰岩、泥质白云岩、页岩,主要分布于卫城地区及西斜坡地区。

沙一<sub>下</sub>亚段沉积俗称“特殊岩性段”,在东濮凹陷较稳定。盐岩韵律层以其极低的自然伽马值和极高的视电阻率值为特征,主要有 8 个盐岩韵律层(图 7-右),在盐岩最发育的户部寨地区可达 16 个盐岩韵律,自下而上编号 1#、2#、…、16#,其中 1#、2# 盐岩的自然伽马曲线呈反韵律形态,其他盐岩为正韵律形态。盐岩之间主要有 6 个具有高视电阻率值、曲线呈尖峰状的灰质页岩标志层(图 7-右),也称“尖刀层”。而无盐剖面通常具有 3~4 个具高自然伽马值、低感应电导值、中—高视电阻率值和不扩径特征的灰质泥岩、白云岩标志层,对应于盐岩剖面分布稳定的 1、3、4 号标志层,在整个东濮凹陷内均是较可靠的对比标志层。

沙一段与沙二段相比,一方面,两者岩性差异大,易于识别,以盐岩这一“特殊岩性段”的底做为沙一段的底界;另一方面,两者电性特征上也差异较大,沙一<sub>下</sub>亚段的“尖刀层”明显区别于沙二段,沙一<sub>下</sub>亚段的声波时差一般小于沙二<sub>上</sub>亚段,界线处出现一个台阶。

### 3.11 沙一<sub>上</sub>亚段

灰色泥岩夹薄层粉砂岩、泥灰岩(生物灰岩、白云岩),在户部寨地区发育有 1~5 个盐岩韵律。自然电位曲线一般平直或稍有起伏,较低的视电阻率值,常具几个近等距分布的较高电阻尖子。该亚段灰色泥岩分布范围广大、厚度稳定,有 10 个泥岩、灰质泥岩标志层,自下而上编号 1、2、…、10(图 7-右),感应电导值较低,各具 1~2 个较高视电阻率值、曲线呈尖峰状,其中 4~9 号标志层,在东濮凹陷北部是较好的对比标志层。

### 3.12 东营组

为灰白、浅黄色细砂岩、含砾砂岩与棕红色、灰绿色泥岩互层。由于东营构造运动的影响,其顶部遭

受剥蚀,形成古近系与新近系之间大的不整合面,在渤海湾盆地普遍发育。

东营组与沙河街组一段在东濮凹陷北部岩电性差异显著,砂岩发育段的底或大套泥岩段的顶作为分界标志。沙一<sub>上</sub>亚段顶部的低感应电导率值、较高视电阻率值,视电阻率曲线呈尖峰状的含灰质泥岩、泥质白云岩标准层,其感应电导值由下向上逐渐变小,顶部突变,呈明显的倒钟形,该层腹足类化石富集,厚度约 10 m,在东濮凹陷北部分布较稳定。

## 4 结 论

(1)东濮凹陷古近系沙河街组中含有丰富的介形类、腹足类、轮藻、孢粉、沟鞭藻类及其它藻类等微体化石,其中沙四<sub>下</sub>亚段和沙二段所含化石代表分子及重要成员大多为国内外常见的化石属种,分布较广,易于对比;而沙四<sub>上</sub>亚段、沙三段和沙一段所含化石代表分子及重要成员地方性特色明显,仅盛产于渤海湾盆地,与国内外同类生物难以对比。

(2)沙四<sub>下</sub>亚段化石稀少,介形类为 *Cyprinotus igneus* 组合,轮藻为 *Obtusochara jianglingensis*—*Gyrogona qianjiangensis* 组合;而沙四<sub>上</sub>亚段化石丰富,以介形类、孢粉为主,介形类为 *Cyprinotus altilis* 组合,以 *Cyprinotus* 为优势属。沙三段化石丰富,以介形类、沟鞭藻类、孢粉为主,介形类为 *Huabeinia chinensis* 组合,以 *Huabeinia* 和 *Candona* 大量发育为特征,进一步可划分为 3 个亚组合:沙三<sub>下</sub>亚段为 *Huabeinia obscura*—*Huabeinia costatispinata* 亚组合,沙三<sub>中</sub>亚段为 *Huabeinia chinensis*—*Candona binxianensis* 亚组合,沙三<sub>上</sub>亚段为 *Huabeinia huidongensis*—*Cyprinotus dongmingensis* 亚组合;沙三段沟鞭藻类为 *Bohaidina*—*Parabohaidina* 组合,*Bohaidina*,*Parabohaidina* 和 *Sinocysta* 等较发育。沙二<sub>下</sub>亚段化石丰富,以介形类、轮藻、孢粉为主,轮藻最为繁盛,为 *Charites producta* 组合,介形类为 *Cyprinotus xiaozhuangensis* 组合;而沙二<sub>上</sub>亚段化石稀少。沙一<sub>下</sub>亚段化石稀少,而沙一<sub>上</sub>亚段化石十分丰富,门类较多,主要有介形类、腹足类、轮藻、沟鞭藻类和孢粉等,介形类为 *Phacocypris huiminensis* 组合,以 *Phacocypris*,*Eucypris*,*Candona*,*Chinocythere* 大量发育为主要特征;腹足类为 *Valvata (Cincinna) rehetaiensis* 组合,是东濮凹陷古近系腹足类最发育的一个组合;沟鞭藻类和疑源类为沙三段繁盛期之后的又一个繁盛高峰期,为 *Sentusidinium*—*Rhombodella* 组合;轮藻化石

数量也较丰富,仅次于沙二段,但属种单调,以 *Charites* 和 *Obtusochara* 两个属为主,但个体数量较多,分布较广泛,为 *Charites columinaria* 组合。

(3)据古生物及岩性特征,东濮凹陷北部古近系沙河街组划分为四个段,自上而下简称为沙一段—沙四段,沙一、二、四段进一步各划分为上、下两个亚段,沙三段自上而下进一步划分为上、中、下三个亚段或 1、2、3、4 四个亚段。沙四<sup>下</sup>亚段和沙二段以红色砂泥岩地层为主,沙四<sup>上</sup>亚段、沙三段和沙一段以灰色砂泥页岩地层为主,其中发育有 4 套盐岩,分别位于沙一<sup>下</sup>亚段、沙三<sup>1</sup>亚段—沙三<sup>2</sup>亚段(即“卫城上盐”或“文 9 盐”)、沙三<sup>3</sup>亚段(即“卫城下盐”)和沙三<sup>4</sup>亚段—沙四<sup>上</sup>亚段(即“文 23 盐”)。

(4)从古生物和岩性两个方面来看,东濮凹陷的沙二段与渤海湾盆地沙二段标准剖面(东营凹陷)的沙二<sup>上</sup>亚段(即“红粗段”)相当,而沙二<sup>下</sup>亚段的全部或大部分缺失,沙二段与沙三段的接触关系为假整合。

(5)前人对东濮凹陷北部古近系沙河街组各段的划分所依据的标准相同,但在确定具体界线时分歧较大,尤其是沙三段与沙四段的分界线。虽然前人均是以 *Cyprinotus atilis* 组合的上限和 *Huabeinia* 属顶峰带的下限为依据进行划分的,但因以古生物为标准划分地层的精度有限,加之当时钻井地质资料较少和东濮凹陷断层错综复杂等,给地层的划分与对比造成了一定的困难,致使同一研究者在不同地区所划分的各段分界线也不统一。要解决该问题的关键在于进一步加强层序地层学及沉积相变规律等沉积学问题<sup>[23-24]</sup>的详细研究。

## 参考文献(Referances):

- [1] 姚益民,梁鸿德,蔡治国,等. 中国油气区第三系(IV):渤海湾盆地油气区分册[M]. 北京:石油工业出版社,1994:102-144.  
Yao Yimin, Liang Hongde, Cai Zhiguo, et al. Tertiary in Petroliferous Regions of China (IV):The Bohai Gulf Basin [M]. Beijing:Petroleum Industry Press, 1994:102-144(in Chinese).
- [2] 姚益民,徐道一,张海峰,等. 山东东营凹陷新生代天文地层表简介[J]. 地层学杂志,2007,31(增刊II):423-429.  
Yao Yimin, Xu Daoyi, Zhang Haifeng, et al. A brief introduction to the Cenozoic astrostratigraphic time scale for the Dongying Depression, Shandong [J]. Journal of Stratigraphy, 2007, 31 (S2): 423-429(in Chinese with English abstract).
- [3] 魏美田. 东濮凹陷早第三纪生物记录中的地质事件[J]. 石油学报,1992,13(2):77-82.  
Wei Meitian. Geological events in biological records in Eogene in

- Dongpu Sag[J]. Acta Petrolei Sinica, 1992, 13(2):77-82(in Chinese with English abstract).
- [4] 张建军,李治,刘贤武. 东濮凹陷沙河街组盐岩成因研究[J]. 断块油气田,1998,5(5):18-22.  
Zhang Jianjun, Li Zhi, Liu Xianwu. The study of genetic salt sedimentary in Dongpu Depression[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 1998, 5(5): 18-22(in Chinese with English abstract).
- [5] 任来义. 东濮凹陷下第三系生物地层与隐蔽油气藏勘探研究[D]. 西安:西北大学,2001:23-58.  
Ren Laiyi. The study of the bio-stratigraphy and of the exploration for subtle reservoirs in Palaeogene, Dongpu Depression[D]. Xi'an: Northwestern University, 2001:23-58 (in Chinese with English abstract).
- [6] 安与,周家泗,焦大庆. 东濮凹陷北部下第三系沙河街组地层研究[C] // 车卓吾主编,中原油田科技论文集(1975-1995). 北京:石油工业出版社,1995:27-34.  
An Yu, Zhou Jiasi, Jiao Daqing. Study on the Formation in Lower Tertiary Shahejie Group in northern Dongpu Depression[C] // Che Zhuowu (ed.). Zhongyuan Oilfield Science and Technology Memoir (1975-1995). Beijing:Petroleum Industry Press, 1995:27-34(in Chinese with English abstract).
- [7] 胥菊珍,蒋飞虎,高平,等. 东濮凹陷古近系沙三段、沙四段介形类生物地层及界线[J]. 地层学杂志,2004,28(1):87-91.  
Xu Juzhen, Jiang Feihu, Gao Ping, et al. Ostracoda assemblages from the third and fourth Members of the Palaeogene Shahejie Formation and their boundary in the Dongpu Depression[J]. Journal of Stratigraphy, 2004, 28 (1):87-91 (in Chinese with English abstract).
- [8] 高平,段红梅,何峰. 东濮凹陷沙三段与沙四段界线划分[J]. 断块油气田,2006,13(2):8-10.  
Gao Ping, Duan Hongmei, He Feng. Limit partition of the third and the fourth sections of Shahejie Formation in Dongpu Depression [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2006, 13 (2):8-10(in Chinese with English abstract).
- [9] 中原石油勘探局勘探开发研究院,中国科学院南京地质古生物研究所. 东濮地区早第三纪介形类[M]. 北京:石油工业出版社,1989:1-72.  
Research Institute of Exploration and Development of Zhongyuan Petroleum Exploration Bureau, Nanjing Institute of Geology & Palaeontology of the Chinese Academy of Sciences. Early Tertiary Ostracode from the Dongpu Region [M]. Beijing:Petroleum Industry Press, 1989:1-72(in Chinese with English abstract).
- [10] 中原石油勘探局勘探开发研究院,中国科学院南京地质古生物研究所. 东濮地区早第三纪轮藻[M]. 北京:石油工业出版社,1989:1-58.  
Research Institute of Exploration and Development of Zhongyuan Petroleum Exploration Bureau, Nanjing Institute of Geology & Palaeontology of the Chinese Academy of Sciences. Early Tertiary Charophytes from the Dongpu Region [M]. Beijing:Petroleum Industry Press, 1989:1-58 (in Chinese with English abstract).
- [11] 中原石油勘探局勘探开发研究院,中国科学院南京地质古生物

- 研究所. 东濮地区早第三纪腹足类[M]. 北京:石油工业出版社, 1989:1-51.
- Research Institute of Exploration and Development of Zhongyuan Petroleum Exploration Bureau, Nanjing Institute of Geology & Palaeontology of the Chinese Academy of Sciences. Early Tertiary Gastropods from the Dongpu Region [M]. Beijing:Petroleum Industry Press, 1989:1-51(in Chinese with English abstract).
- [12] 石油化学工业部石油勘探开发规划研究院, 中国科学院南京地质古生物研究所. 渤海沿岸地区早第三纪介形类[M]. 北京:科学出版社, 1978:1-205.
- Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Nanjing Institute of Geology & Palaeontology of the Chinese Academy of Sciences. Early Tertiary Ostracode Fauna from the Coastal Region of Bohai [M]. Beijing:Science Press, 1978:1-205 (in Chinese).
- [13] 赵志清, 吕红玉. 东濮凹陷晚始新世生物群及其古环境探讨[J]. 微体古生物学报, 1988, 5(3):315-322.
- Zhao Zhiqing, Lv Hongyu. Late Eocene biota in the Dongpu basin and its Palaeoenvironment [J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 1988, 5(3):315-322(in Chinese with English abstract).
- [14] 张永才. 东濮凹陷早第三纪含盐地层[J]. 石油学报, 1992, 13(2): 232-239.
- Zhang Yongcai. Early Tertiary Saline Formation in Dongpu Depression [J]. Acta Petrolei Sinica, 1992, 13 (2):232-239 (in Chinese with English abstract).
- [15] 石油化学工业部石油勘探开发规划研究院, 中国科学院南京地质古生物研究所. 渤海沿岸地区早第三纪沟鞭藻类和疑源藻类[M].北京:科学出版社, 1978:1-190.
- Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Nanjing Institute of Geology & Palaeontology of the Chinese Academy of Sciences. Early Tertiary Dinoflagellate and Acritarchs from the Coastal Region of Bohai [M]. Beijing:Science Press, 1978:1-190(in Chinese).
- [16] 赵志清, 范思斌, 彭辉. 东濮凹陷早第三纪沙河街组四段至三段生物群及其时代意义[J]. 石油勘探与开发, 1984, (6):28-32.
- Zhao Zhiqing, Fan Sibin, Peng Hui. Biota in S3-S4 in Early Tertiary Shahejie Formation in Dongpu Depression and their age significance [J].Petroleum Exploration and Development, 1984,(6): 28-32(in Chinese with English abstract).
- [17] 魏美田. 东濮凹陷沙三段生物群及其古沉积环境[J]. 中国海上油气(地质), 1990, 4(3):13-18.
- Wei Meitian. The biota and palaeoenvironment of the Member 3 of Shahejie Formation in the Dongpu Sag [J]. China Offshore Oil and Gas,1990, 4(3):13-18(in Chinese).
- [18] 赵志清. 东濮凹陷晚始新世至渐新世轮藻及古环境探讨 [C] // 车卓吾主编. 中原油田科技论文集(1975-1995). 北京:石油工业出版社, 1995:184-188.
- Zhao Zhiqing. Chara and palaeoenvironment discussion from Late Eocene to Oligocene in Dongpu Depression [C] // Che Zhuowu (ed.). Zhongyuan Oilfield Science and Technology Memoir (1975-1995). Beijing:Petroleum Industry Press, 1995:184-188(in Chinese with English abstract).
- [19] 石油化学工业部石油勘探开发规划研究院, 中国科学院南京地质古生物研究所. 渤海沿岸地区早第三纪轮藻[M]. 北京:科学出版社, 1978:1-49.
- Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Nanjing Institute of Geology & Palaeontology of the Chinese Academy of Sciences. Early Tertiary Stonewort from the Coastal Region of Bohai [M]. Beijing:Science Press, 1978:1-49 (in Chinese).
- [20] 石油化学工业部石油勘探开发规划研究院, 中国科学院南京地质古生物研究所. 渤海沿岸地区早第三纪腹足类 [M]. 北京:科学出版社, 1978:1-157.
- Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Nanjing Institute of Geology & Palaeontology of the Chinese Academy of Sciences. Early Tertiary Gastropod from the Coastal Region of Bohai[M]. Beijing:Science Press, 1978:1-157(in Chinese).
- [21] 谢英刚, 郭建华, 蒋小琼, 等. 东濮凹陷沙三段与沙二段接触关系讨论[J]. 油气地质与采收率, 2003, 10(6):3-5.
- Xie Yinggang, Guo Jianhua, Jiang Xiaoqiong, et al. Discussion on the contact relationship between Sha -2 Member and Sha -3 Member in Dongpu Sag [J]. Oil & Gas Recovery Technology, 2003, 10(6):3-5(in Chinese with English abstract).
- [22] 姚益民. 济阳凹陷的沙二段及其相关的不整合面[J]. 石油勘探与开发, 1988, (3):1-10.
- Yao Yimin. Second Member (Es<sub>2</sub>) of Shahejie Formation in the Jiyang Sag and its relative unconformities [J]. Petroleum Exploration and Development, 1988, (3):1-10(in Chinese with English abstract).
- [23] 倪超, 纪友亮. 饶阳凹陷古近系沙河街组层序地层分析及沉积体系研究 [J]. 中国地质, 2006, 33(1):193-200.
- Ni Chao, Ji Youliang. Sequence stratigraphy and sedimentary system of the Paleogene Shahejie Formation in the Raoyang subbasin [J]. Geology in China, 2006, 33(1):193-200 (in Chinese with English abstract).
- [24] 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.
- Qu Hongjun, Li Wenhou, Miao Jianyu, et al. Development pattern of salt rocks in the Puwei subdepression of the Dongpu depression and their genesis [J]. Geology in China, 2003, 30 (3):309-314 (in Chinese with English abstract).



## Features of the Paleogene Shahejie Formation in the northern Dongpu Sag

GAO Hong-can<sup>1,2</sup>, ZHENG Rong-Cai<sup>3</sup>, CHEN Fa-liang<sup>2</sup>, ZHU Deng-feng<sup>2</sup>, LIU Xian-ying<sup>2</sup>

(1. Postdoctoral Workstation of Zhongyuan Oilfield Company, SINOPEC, Puyang 457001, Henan, China; 2. Geophysical Research Institute of Zhongyuan Oilfield Company, SINOPEC, Puyang 457001, Henan, China; 3. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploration, Chengdu University of Technology, Chengdu 61005, Sichuan, China)

**Abstract:** Based on paleontology, petrology and well-logging, the authors have studied the stratigraphic features, division and correlation of the Paleogene Shahejie Formation in northern Dongpu Sag. Member 2 and lower Submember of Member 4 of Shahejie Formation are mainly composed of a set of red sandstones and mudstones. There is an unconformity surface between the lower Submember and the upper Submember of Member 4 of Shahejie Formation. There exists a hiatus at the bottom of Member 2 of Shahejie Formation. Member 1, Member 3 and upper Submember of Member 4 of Shahejie Formation are mainly composed of a set of gray sandstones, mudstones and shales with four sets of salt rocks. The stable calcareous mudstones and shales of Member 1 and Member 3 of Shahejie Formation constitute fairly ideal key beds for regional stratigraphic correlation in the Dongpu Sag. Fossils are rare in the lower Submember of Member 4 of Shahejie Formation. The local ostracodes, called *Cyprinotus altilis* assemblage, began to develop in Member 4 of Shahejie Formation. Member 3 of Shahejie Formation is characterized by very flourishing ostracodes, such as *Huabeinia* and *Candona*, called *Huabeinia chinensis* assemblage. The dinoflagellates of Member 3 of Shahejie Formation are called *Bohaidina-Parabohaidina* assemblage. Member 2 of Shahejie Formation is characterized by the most prosperous stonewort called *Charites producta* assemblage. The ostracodes of Member 2 of Shahejie Formation are called *Cyprinotus xiaozhuangensis* assemblage. Member 1 of Shahejie Formation is characterized by the most prosperous gasteropods called *Valvata (Cincinnati) rehetaiensis* assemblage. The ostracodes of Member 1 of Shahejie Formation are called *Phacocypris huiminensis* assemblage. The standards adopted by previous researchers were the same as those in dividing each Member of Shahejie Formation in northern Dongpu Sag. However, there existed remarkable differences in determining the specific boundary. What is more, the previous researchers adopted the standards of extinction of *Cyprinotus altilis* and the lower boundary of *Huabeinia* acme-zone in dividing the boundary of Member 3 and Member 4 of Shahejie Formation. However, because of the limited accuracy of palaeontologic standards in dividing the strata, the lack of geological data from wells at that time and the existence of complex faults in the Dongpu Sag, the boundaries of different areas defined by the same researcher are different. It is pointed out in this paper that strengthening researches on sedimentology in such aspects as the sequence stratigraphy and variation regularity of sedimentary facies constitute the key to resolving the problems of stratigraphic division and correlation in the Dongpu Sag.

**Key words:** Dongpu Sag; Paleogene; Shahejie Formation; Stratigraphic feature

---

**About the first author:** GAO Hong-can, male, born in 1969, doctor, engages in sedimentology; E-mail: gaohongcan@126.com.