

# 高邮凹陷古近系戴南组戴一段物源分析

纪友亮<sup>1</sup>, 王 勇<sup>2</sup>, 李清山<sup>1,3</sup>, 胡 斌<sup>2</sup>

(1. 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249; 2. 江苏油田分公司物探研究院, 江苏 南京 210046;

3. 中国石油勘探开发研究院廊坊分院, 河北 廊坊 065000)

**摘要:** 在分析了高邮凹陷戴南组沉积期构造和沉积背景的基础上, 利用重矿物组合分析法、矿物成分分析法、砂岩质量百分含量法、地震反射波组形态分析法和古地貌分析法, 对戴南组戴一段的物源进行了分析。认为高邮凹陷中东部戴南组戴一段北部物源来自于柘垛低凸起, 存在4个主要物源, 南部物源主要来自通扬隆起区以及东南部的吴堡低凸起, 存在5个主要物源。在此基础上, 编制了戴南组戴一段的沉积体系分布图。

**关键词:** 物源分析; 沉积体系; 古近系戴南组; 高邮凹陷

**中图分类号:** P618.13; TE121.3

**文献标识码:** A

## Sediments Provenance of Gaoyou Depression During Sedimentation of First Member of Dainan Formation of Paleogene

Ji Youliang<sup>1</sup>, Wang Yong<sup>2</sup>, Li Qingshan<sup>1,2</sup>, Hu Bin<sup>2</sup>

(1. College of Geoscience, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. Geophysical Exploration Scientific Research Institute, Jiangsu Oilfield Company of SINOPEC, Nanjing 210046, China; 3. RIPED of CNPC, Langfang 065000, China)

**Abstract:** On the basis of the analysis of tectonic and sedimentary background of Gaoyou Depression during the sedimentation of Dainan Formation, the sediments provenance of Gaoyou Depression during the sedimentation of the first member of Dainan Formation of Paleogene was analyzed by means of the heavy mineral assemblage analysis, mineral component analysis, sandstone ratio contour analysis, seismic reflection analysis and paleogeography analysis. It is considered that the north provenance of Gaoyou Depression during the sedimentation of first member of Dainan Formation is from Tuoduo lower uplift, and 4 provenances are developed, and the south provenance is from Tongyang uplift and Wubao lower uplift, and 5 provenances are developed. The map of sedimentary system distribution of the first member of Dainan Formation is presented.

**Key words:** provenance analysis; sedimentary system; Dainan Formation of Eocene; Gaoyou Depression

## 1 区域背景

### 1.1 区域构造背景

高邮凹陷是苏北盆地南部东台拗陷中的一个次一级凹陷, 东西长约100 km, 南北宽约25~35 km, 面积2 670 km<sup>2</sup>。东起大垛与白驹凹陷相邻; 西至菱塘桥低凸起; 南与江都隆起以断层相接; 北侧由深凹带经汉留断裂, 以缓坡形式逐渐向柘垛低凸起过渡。高邮凹陷是在晚白垩世仪征运动和始新世末期吴堡运动作用下, 由于断块差异升降形成的一个箕状断陷, 凹陷中心偏向南面大断层一侧。

本次研究的工区范围为高邮凹陷中东部, 南北向范围为沙埕—瓦庄以南至边界断层, 东西向范围为永安—真武一线至花庄—周庄构造带(图1)<sup>[1-5]</sup>。

### 1.2 沉积背景

高邮凹陷是在晚白垩世仪征运动和新生代喜马拉雅期吴堡运动作用下, 由于断块差异升降而形成的一个箕状断陷。其构造—沉积经历了弱补偿拉张断陷阶段、过补偿断陷阶段以及拗陷阶段。戴南组沉积时期, 高邮凹陷整体处于强烈断陷阶段, 真武及吴堡等控盆断裂活动强烈, 上盘大规模隆起, 并遭受剥蚀, 为戴南组沉积提供了充足的物源。戴一段早期的扇三角洲、三角洲、滨浅湖相较粗的沉积; 戴一段晚期的三角洲、扇三角洲、近岸水下扇、深湖—半深湖等细粒沉积。前人的研究成果认为戴一段沉积时期的物源来自于凹陷的南北两边, 但究竟发育几个物源, 一直存在争议<sup>[1-5]</sup>。

收稿日期: 2011-07-17

基金项目: 国家“十二五”科技重大专项研究项目(2011ZX05009, 2011ZX05003)

第一作者: 纪友亮(1962—), 男, 教授, 博士生导师, 工学博士, 主要研究方向为层序地层学与沉积学。E-mail: jiyouliang@cup.edu.cn

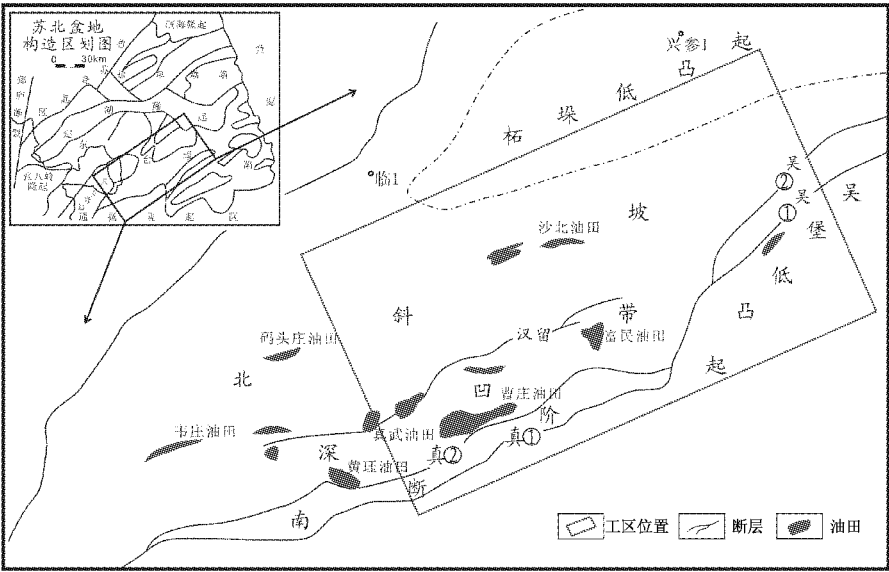


图 1 苏北盆地高邮凹陷构造单元划分(据江苏石油勘探局地质科学研究院,2002)  
Fig.1 Simplified tectonic map of Subei Basin (according to Institute of Geological Sciences, Jiangsu Petroleum Exploration Bureau,2002)

2 戴南组戴一段物源分析

物源分析是沉积体系分析的基础. 本文采取的物源分析方法主要包括以下 5 种:①重矿物组合分析法,②矿物成分分析法,③砂岩质量分数法,④地震反射波组形态分析法,⑤古地貌分析法.

2.1 重矿物组合分析法

一般地,来源于同一个物源区的重矿物有着相似的组合,并且越远离物源区,抗风化、耐磨蚀的重

矿物越易保存下来,从而在重矿物中所占的比值越高. 利用工区取心井的戴南组一段重矿物资料进行重矿物组合分析(表 1,2). 从表中可以明显看出,重矿物组合特征在不同地区有所不同,从质量分数大于 5%的主要重矿物中比较来看,除全区质量分数占首位的石榴石外,不同地区的组合面貌不同,占 0.1% 以上的次要重矿物的组合面貌各地也不尽相同,由此可见高邮凹陷戴一段沉积时期物源是多向来源的<sup>[6-11]</sup>.

表 1 戴南组一段各区主要重矿物质量分数

| Tab.1 The percentage content of main heavy minerals of the 1 <sup>st</sup> member of Dainan Formation in different areas % |       |      |      |      |      |      |       |       |       |  |
|--|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--|
| 重矿物  | 真武、曹庄 | 肖刘庄  | 周庄   | 花庄   | 富民   | 永安   | 瓦庄    | 陈家堡   | 卸甲庄   |  |
| 石榴石  | 54.9  | 73.2 | 63.1 | 65.3 | 41.1 | 61.9 | 59.20 | 70.80 | 79.10 |  |
| 磁铁矿  | 10.2  | 0.7  | 11.6 | 7.4  | 23.8 | 16.3 | 15.20 | 5.48  | 4.00  |  |
| 赤铁矿  | 13.5  | 0.7  | 6.3  | 5.8  | 8.5  | 2.8  | 6.80  | 3.41  | 1.33  |  |
| 电气石  | 6.4   | 4.1  | 7.8  | 7.4  | 9.4  | 5.6  | 6.85  | 5.44  | 4.87  |  |
| 锆石   | 6.9   | 16.1 | 6.9  | 7.5  | 11.2 | 9.4  | 8.35  | 10.40 | 8.30  |  |
| 白钛石  | 0     | 0    | 0    | 1.7  | 1.4  | 0    | 0     | 0     | 0     |  |
| 金红石  | 4.1   | 5.0  | 3.1  | 1.9  | 3.4  | 3.4  | 1.95  | 2.53  | 3.50  |  |

表 2 戴南组一段各区主要重矿物组合

| Tab.2 The assemblage types of main heavy minerals of the 1 <sup>st</sup> member of Dainan Formation in different areas |                        |            |                    |                    |                    |                |                        |                    |                        |  |
|--|------------------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------------------|--------------------|------------------------|--|
| 地区   | 真武、曹庄                  | 肖刘庄        | 周庄                 | 花庄                 | 富民                 | 永安             | 瓦庄                     | 陈家堡                | 卸甲庄                    |  |
| 重矿物组合面貌  | 石榴石、赤铁矿、磁铁矿、锆石、电气石、金红石 | 石榴石、锆石、金红石 | 石榴石、磁铁矿、电气石、锆石、赤铁矿 | 石榴石、锆石、磁铁矿、电气石、赤铁矿 | 石榴石、磁铁矿、锆石、电气石、赤铁矿 | 石榴石、磁铁矿、锆石、电气石 | 石榴石、磁铁矿、锆石、电气石、赤铁矿、金红石 | 石榴石、锆石、磁铁矿、电气石、赤铁矿 | 石榴石、锆石、电气石、磁铁矿、金红石、赤铁矿 |  |

在高邮凹陷中东部地区,选取 30 余口井的戴一段重矿物资料进行统计,利用“金红石+锆石+电气石”稳定重矿物组合(ZTR),“绿帘石+黝帘石+角闪石+透闪石+辉石+橄榄石”不稳定重矿物组合,

石榴石以及其他重矿物,研究工区范围内戴一段重矿物的分布规律。

根据统计数据绘制了相应的直方图,通过分析和对比 30 余口井对应的统计直方图,发现不同地区重矿物质量分数呈现出一定的规律性。如曹庄地区的曹 31、曹 35、曹 21、曹 37 等 4 口井的各种重矿物质量分数(表 3)所占的比例有一定的规律性,如 ZTR+石榴石的质量分数远远高于不稳定重矿物与其他矿物的质量分数;重矿物组成非常相似。因此可以初步判断,这 4 口井的沉积物来自于同一个物源区。而曹 37 井的 ZTR 质量分数明显高于其他 3 口井的质量分数,说明曹 37 井地区的沉积物搬运的距离更远。利用同样的分析方法,对其他井的重矿物质量分数进行对比,同样具有类似的规律。

表 3 戴一段曹庄地区部分井重矿物质量分数统计表

Tab.3 The percentage content of heavy minerals of the 1<sup>st</sup> member of Dainan Formation in different wells in Caozhuang area

| 井名   | ZTR   | 石榴石   | 不稳定重矿物 | 其他    |
|------|-------|-------|--------|-------|
| 曹 21 | 30.30 | 64.25 | 0      | 5.45  |
| 曹 31 | 22.70 | 66.03 | 0.5    | 10.77 |
| 曹 35 | 23.28 | 67.04 | 0      | 9.68  |
| 曹 37 | 45.10 | 49.93 | 0      | 4.97  |

稳定重矿物(锆石、电气石、金红石)抗风化能力强、分布广,远离母岩区质量分数相对升高。通过对研究区内 30 余口井戴一段重矿物组成及质量分数的分析,绘制了稳定重矿物质量分数等值线图(图 2)。

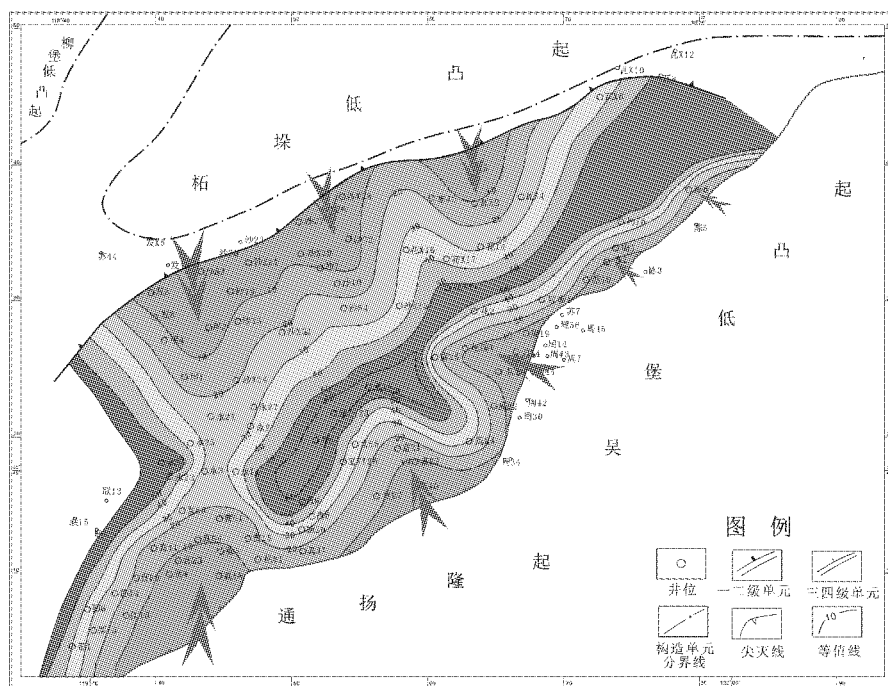


图 2 高邮凹陷中东部戴南组戴一段稳定重矿物等值线图

Fig.2 The contour of percentage of stable heavy minerals of the 1<sup>st</sup> member of Dainan Formation in the east and central area of Gaoyou Sag

从图 2 中可以看出,北部缓坡的沉积物主要来自于 3 个物源,规模不等,自西向东其大致位置依次为卸甲庄—永安、沙埕、瓦庄地区。沉积物主要来自于北部的柘垛低凸起物源区。南部陡坡的沉积物来自于 5 个规模不等的物源。其中,真武、曹庄地区的沉积物主要来源于南部的通扬隆起,而富民、周庄、陈家堡地区的沉积物主要来自于东南部的吴堡低凸起。

## 2.2 矿物成分分析法

百分含量稳定矿物石英与不稳定矿物长石和岩

屑的比值称为成熟系数,该值能够反映物源方向及搬运距离<sup>[6-11]</sup>。对工区内 30 余口井的戴一段矿物成分(石英、长石、岩屑)质量分数进行了统计分析(图 3)。根据矿物质量分数的变化关系可以初步预测物源方向及规模,预测结果与利用稳定重矿物等值线预测的结果大致相同。北部缓坡带主要存在 3 个物源,都来自北边的柘垛低凸起。南部发育 3 个主要物源,分别位于真武—曹庄、富民、周庄。其中,真武—曹庄的沉积物来自于南部通扬隆起;富民、周庄的沉积物来自东南部的吴堡低凸起。与重矿组合相比数

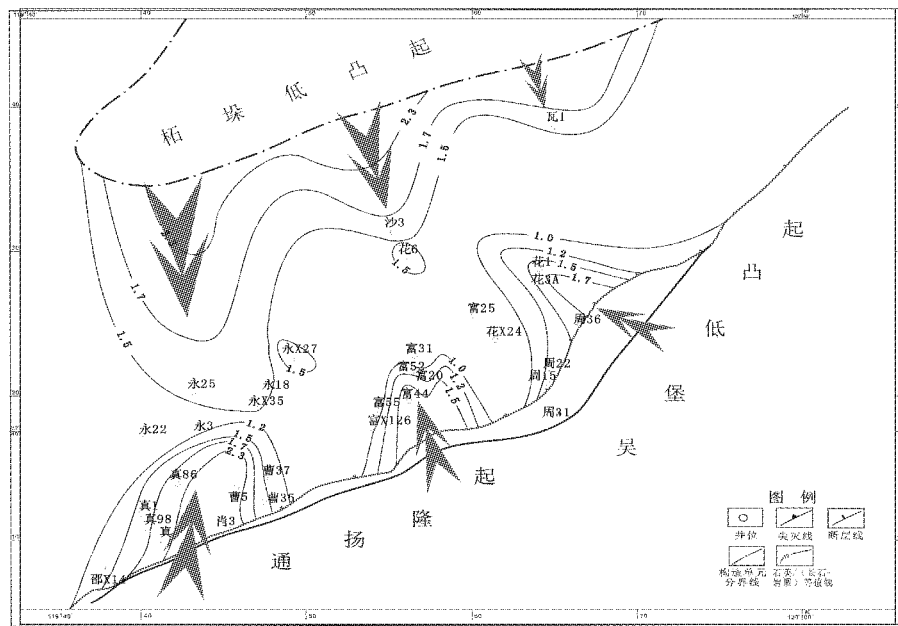


图3 高邮凹陷中东部戴南组戴一段矿物成分质量分数统计图

Fig.3 The statistic figure of percentage content of minerals of the 1<sup>st</sup> member of Dainan Formation in the east and central area of Gaoyou Sag

目减少,主要是由于陈堡地区资料缺乏。

在矿物成分分析的基础上,对工区内30余口取心井的宏观岩性特征进行了统计分析,研究发现不同地区岩石类型及其对应的典型沉积构造存在明显的差异(图4)。北部花1井、花6井砂岩中普遍发育

粒序层理、平行层理,沙3井中可见生物潜穴,反映物源充足的三角洲沉积特征;中部深凹带内永X30井发育变形层理,永14井为灰黑色泥岩,反映半深湖—深湖沉积;南部真81井多见杂色砂砾岩,反映近源的扇三角洲水道沉积。

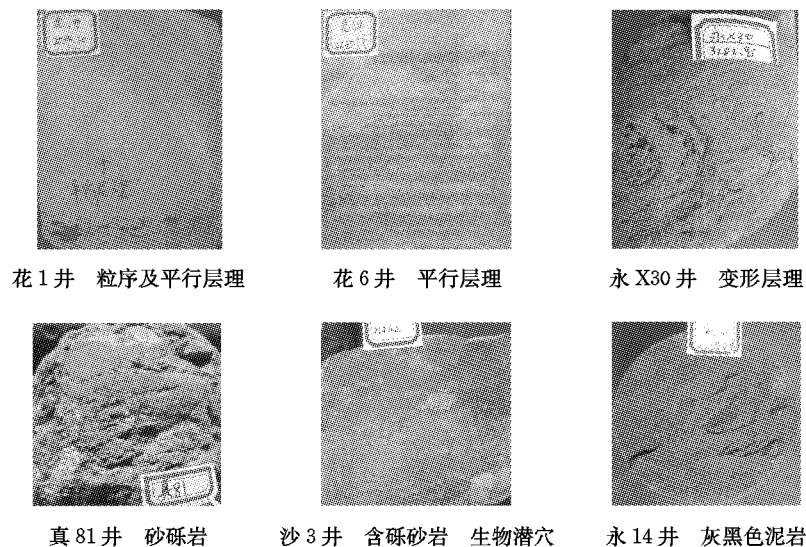


图4 高邮凹陷中东部戴南组戴一段沉积构造特征

Fig.4 The sedimentary structure of the 1<sup>st</sup> member of Dainan Formation in the east and central area of Gaoyou Sag

通过对岩性进行统计分析,将工区内岩相划分为砂砾岩相(砾岩质量分数大于20%)、砂岩相(砂岩质量分数大于30%)、砂泥岩相(砂岩质量分数介于10%~30%)和泥岩相(砂岩质量分数小于10%),并编制了戴一段岩相分布图(图5)。从盆地边缘向盆地

中心由砂砾岩相逐渐过渡为砂岩相、砂泥岩相,最终转变为泥岩相。从图5可以看出,区内主要存在3个物源方向,即北部的柘垛低凸起、南部的通扬隆起及东南部的吴堡低凸起,沿这3个方向由砂砾岩、砂岩相逐渐过渡为砂泥岩、泥岩相。物源方向与重矿物组

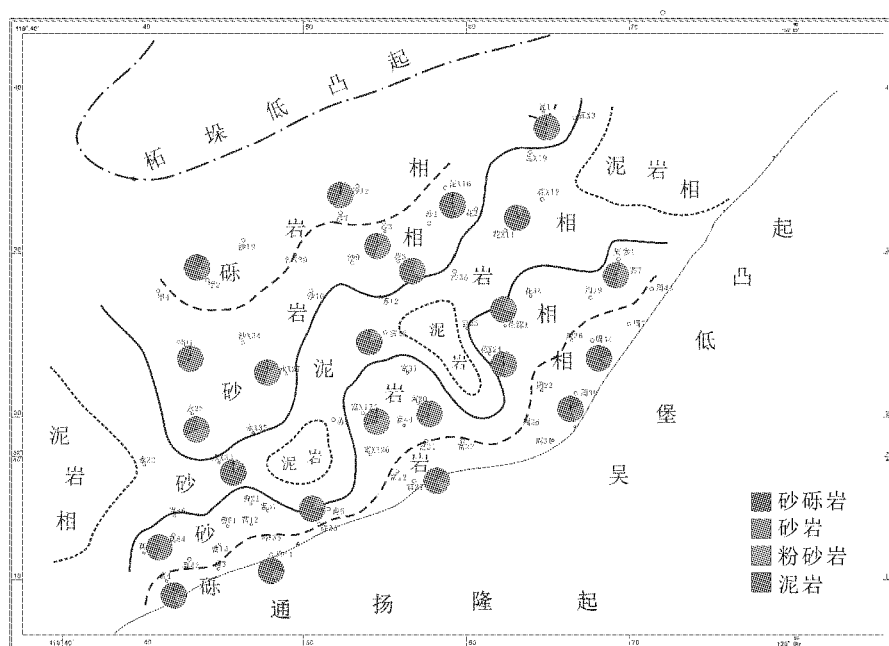


图 5 高邮凹陷中东部戴南组一段岩相类型展布图

Fig.5 The distribution of lithofacies of the 1<sup>st</sup> member of Dainan Formation in the east and central area of Gaoyou Sag

合及矿物成分预测方向基本一致<sup>[6-11]</sup>。

### 2.3 砂岩质量分数法

一般来讲,由砂地比高值区指向砂地比低值区的方向为物源的大致走向,在物源发育的主方向上,砂岩质量分数数值降低梯度变化最为缓慢,因此根据砂岩质量分数的变化趋势,可以划分出凹陷在各时期的主要物源方向<sup>[6-11]</sup>。

通过统计戴一段多口井的砂岩质量分数信息,并在平面上研究其展布规律,可以推测凹陷内各时期的主要物源发育方向。通过分析对比,南北方向的主要物源在 3 个时期内大致相同,只是在不同的沉积时期,物源的规模有所改变。以戴一段一亚段为例(图 6),从南北两侧向凹陷中心,随着物源的推进,砂岩质量分数逐渐降低。北部有 2 个高值区,1 个低值区,前者主要位于卸甲庄—永安及沙埕地区,物源规模较大;后者位于花庄北部—瓦庄地区,物源规模较小。北部物源近南北向展布,主要来自柘垛低凸起。南部共有 2 个高值区和 2 个中值区,高值区分别位于富民、花庄南—周庄—陈庄地区,物源规模大,中值区位于真武—曹庄及肖刘庄附近,规模相对较小。南部沉积物主要来自通扬隆起和吴堡低凸起。

### 2.4 地震反射波组形态分析法

从地震剖面上获取的信息也可以很好地指示物源方向。从南北向地震剖面来看,地震相呈明显的南北分带的特点。北部和南部发育前积反射,这是沉积物向盆地推进时形成的典型反射结构,前积方向为

物源方向;而中部深凹带内振幅相对较弱,为湖相泥岩反射特征。如图 7 所示,自南部向盆地中央方向,存在明显的前积反射结构,且地震反射呈典型的发散状,地层厚度明显增加,反映存在来自南部通扬隆起区的物源<sup>[6-11]</sup>。

### 2.5 古地貌分析法

古地貌形态是控制古物源和沉积体系发育的关键因素之一,因此古地貌恢复研究有助于揭示物源体系、沉积体系的发育特征及空间配置关系,有利于预测有利砂体富集区。本文通过对高邮凹陷东部古近系戴南组残留地层厚度、古水深和剥蚀厚度等关键参数的采集,应用回剥技术定量地确定表示古地貌特征的古湖盆深度参数,并通过计算机 3 维可视化技术对戴南组沉积时期古地貌形态加以恢复和表征。最后对古地貌形态特征进行研究,探讨古地貌形态特征与古物源、沉积体系之间的关系<sup>[12-13]</sup>。

从戴南组沉积前古地貌恢复图上可以看到,凹陷整体规模相对较小,南部由于真武及吴堡断裂的发育,凹陷呈南断北超的箕状断陷,且断裂带地形很陡。凹陷分带性特征明显,整体上可以分为北部缓坡带、中部深凹带及南部断裂带。沉降中心主要位于邵伯—真武、肖刘庄、刘五舍一带;深凹带西起邵伯,经真武—富民,东至刘五舍,呈西宽东窄的狭长状。北部由于汉留断裂的发育,在永安南部形成陡坎,向东延伸至沙埕附近。东部的瓦庄—陈堡一带地形较缓,水体浅(图 8)。一般而言,砂分散体系往往限制在正

地貌单元之间,主要分布于微正地貌-微负地貌单元中,而终止于负地貌单元中.从物源区到沉积地,河流及三角洲朵体的沉积轨迹与最大坡降比相吻合,这符合重力驱动和重力分异作用的自然规律.从图 8 中可以看出,在北部缓坡带和南部陡坡带有些沟谷

存在,这些沟谷应该是物源的主要来源方向.由于前 3 种方法主要采用井的资料,在井点资料较少的地方,采用了古地貌特征图进行校对,最终根据物源的分布,并结合其他资料编制了沉积体系图.

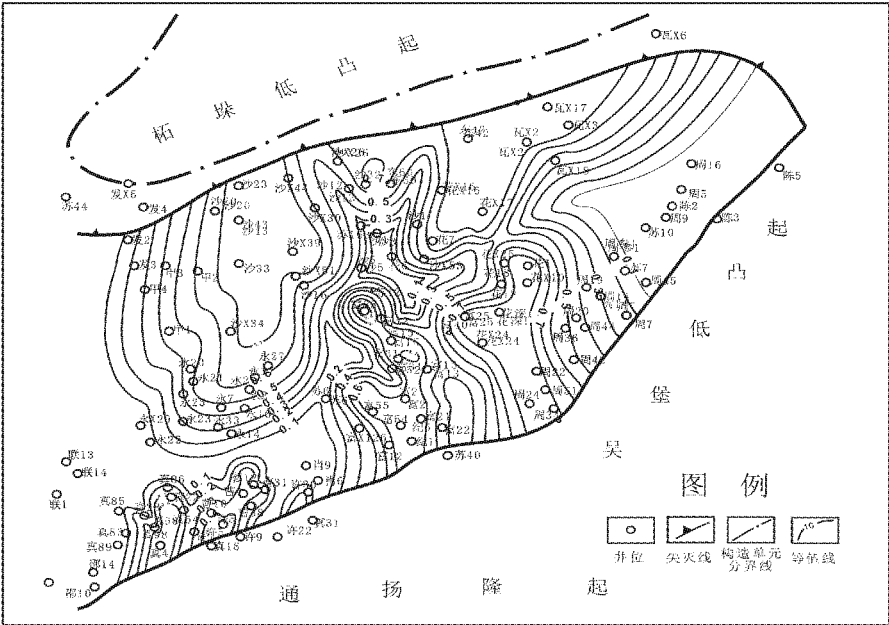


图 6 高邮凹陷中东部戴南组戴一段一亚段砂地比图

Fig.6 The contour of percentage content of sandstone of the 1<sup>st</sup> member of Dainan Formation in the east and central area of Gaoyou Sag

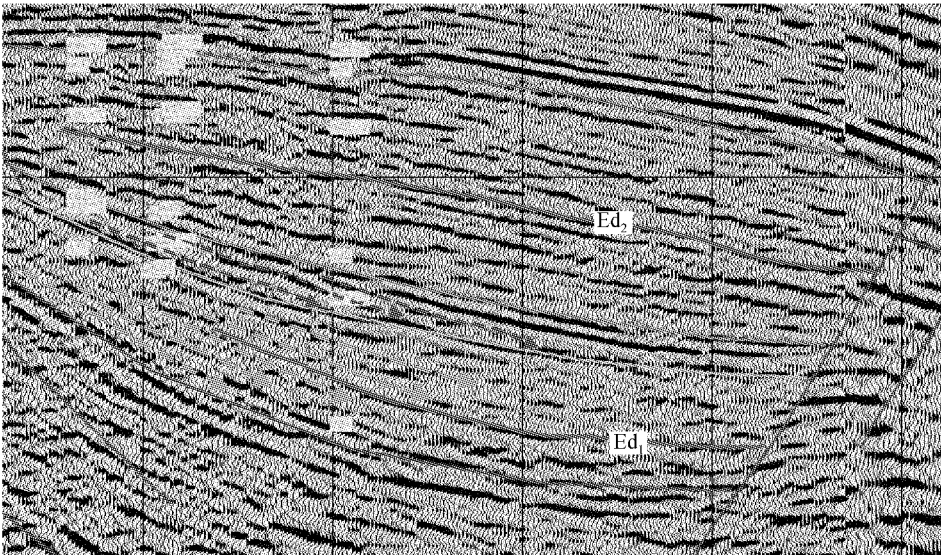


图 7 地震反射波组特征分析法分析物源方向(图中 Ed<sub>1</sub> 代表戴一段的底界)

Fig.7 The sediments provenance reflected by the seismic reflection character

3 沉积相平面展布特征

高邮凹陷戴南组古地貌的研究提供了沉积体系

空间的分布规律信息,砂岩等厚图、砂岩质量分数平面图、重矿物组合分布、矿物成分的展布,地震反射特征为层序格架内沉积体系的研究提供了较为可靠的参考信息,根据单井沉积相、连井沉积相分析以及

地震剖面反射特征、地震地质解释剖面相模式和砂积相的平面展布(图9)<sup>[14-15]</sup>.  
地比图综合分析研究,确定了戴南组各亚段地层沉

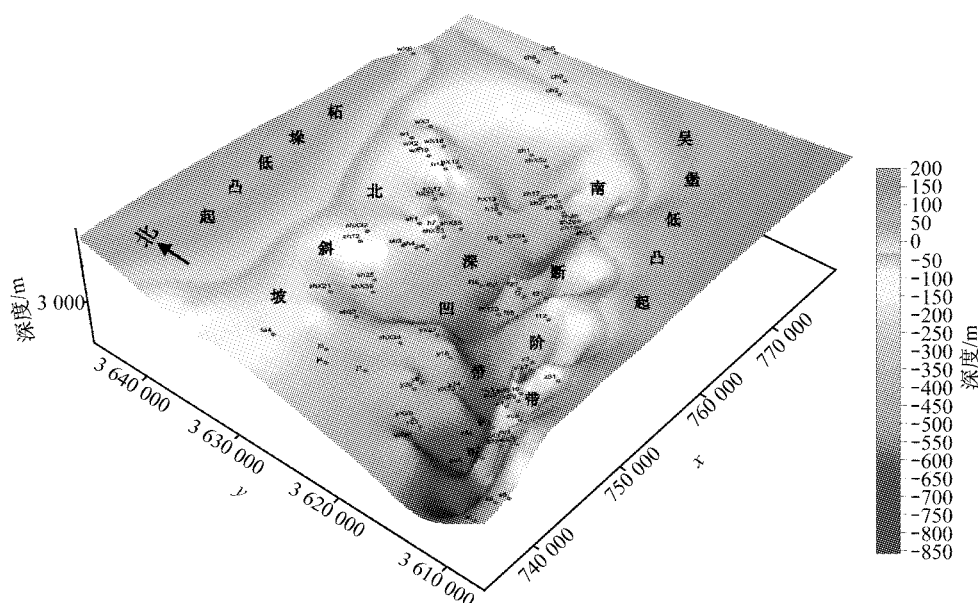


图8 戴南组沉积前古地貌图

Fig.8 Paleogeographic map of Gaoyou Sag before the sedimentation of Dainan Formation

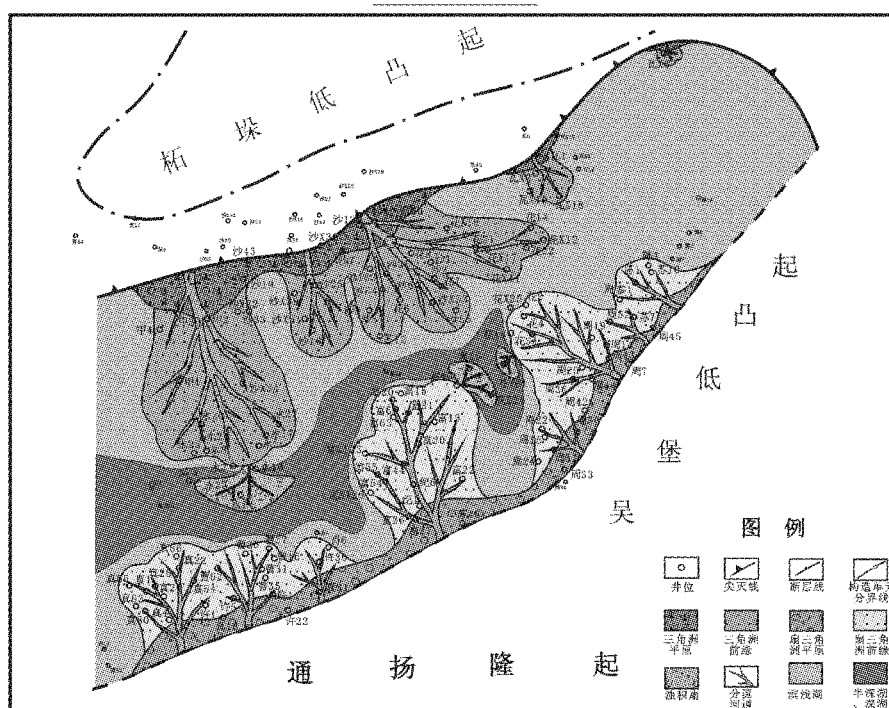


图9 高邮凹陷中东部戴南组戴一段一亚段沉积相图

Fig.9 Sedimentary facies map of the 1<sup>st</sup> member of Dainan Formation in the east and central area of Gaoyou Sag

戴南组一段沉积时期,北部缓坡带发育源自柘垛低凸起的三角洲沉积,主要发育两个大的复合体:卸甲庄—永安、沙埕—花庄;南部断裂带主要发育扇三角洲和近岸水下扇沉积,物源主要来自南部的通

扬隆起和东部的吴堡低凸起。凹陷内除去上述两个相区之外,还发育滨浅湖—半深湖沉积。其特点是岩性上以暗色夹过渡色泥岩为主,在砂岩等厚、砂岩百分比图上都是低值区。

## 4 结论

(1)研究认为高邮凹陷中东部戴南组沉积物主要来自北部柘垛低凸起、南部通扬隆起区以及东南部的吴堡低凸起。其中,北部缓坡带(永安—沙埕—瓦庄)存在4个主要物源,沉积物来自柘垛低凸起;南部断裂带存在5个主要物源,真武—曹庄—肖刘庄地区主要来自通扬隆起区;富民—周庄—陈堡地区来自东南的吴堡低凸起。

(2)高邮凹陷中东部戴南组一段沉积时期为陆相湖泊-三角洲沉积。戴一段沉积期,高邮凹陷南部陡坡带主要发育扇三角洲沉积体系,共有5个大型扇三角洲沉积体系,高邮凹陷北部缓坡带主要发育三角洲,共发育4个大型三角洲沉积体系。在凹陷中央发育深湖-半深湖沉积体系。

## 参考文献:

- [1] 林畅松,潘元林,肖建新,等.构造坡折带—断陷盆地层序分析和油气预测的重要概念[J].地球科学,2000,25(3):260.  
LIN Changsong, PAN Yuanlin, XIAO Jianxin, et al. Structural slope-break zone: key concept for stratigraphic sequence analysis and petroleum forecasting in fault subsidence basin [J]. Earth Science, 2000, 25(3): 260.
- [2] 纪友亮,张世奇,陆相断陷湖盆层序地层学[M].北京:石油工业出版社,1996.  
JI Youliang, ZHANG Shiqi. The sequence stratigraphy of the fault-depression lake basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996.
- [3] 赵红格,刘池洋.物源分析方法及研究进展[J].沉积学报,2003,21(3):409.  
ZHAO Hongge, LIU Chiyang. Approaches and prospects of provenance analysis [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(3): 409.
- [4] 周健,林春明,李艳丽,等.苏北盆地高邮凹陷马家嘴地区古近系戴南组物源分析[J].沉积学报,2010,28(6):1117.  
ZHOU Jian, LIN Chunming, LI Yanli, et al. Provenance analysis of Dainan Formation (paleogene) of Majiazui in Gaoyou Sag, Subei Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28(6): 1117.
- [5] 张小兵,郑荣才,张哨楠.高邮凹陷马家嘴—联盟庄地区戴南组构造—沉积体系[J].大庆石油地质与开发,2007,26(1):13.  
ZHANG Xiaobing, ZHENG Rongcai, ZHANG Shaonan. The tectonic sedimentary system of the Dainan Formation in Majiazui-Lianmenzhuang region, Gaoyou Sag [J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2007(26) 1: 13.
- [6] 姜辉,于兴河,陈永桥,等.东营凹陷和高邮凹陷古近系沉积特征对比研究[J].资源与产业,2006,8(6):102.  
JIANG Hui, YU Xinghe, CHEN Yongqiao, et al. The comparative study on depositional characteristics of Dongying Depression and Gaoyou Depression in Palaeogene [J]. Resources and Industries. 2006, 8(6): 102.
- [7] 董荣鑫.高邮凹陷戴南—三垛组古生物与沉积环境演变[J].同济大学学报:自然科学版,1999,27(3):366.  
DONG Rongxin. Evolution of paleontology and sedimentary environment in Dainan-Sanduo Formation of the tertiary Gaoyou Depression [J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 1999, 27(3): 366.
- [8] 史光辉,郑元财,周彬,等.高邮凹陷陡坡带戴南组断裂结构、沉积特征与成藏模式[J].石油天然气学报:江汉石油学院学报,2008,30(3):195.  
SHI Guanghui, ZHENG Yuancai, ZHOU Bin, et al. The rift structure, sedimentary characteristic and petroleum enrichment of the Dainan Formation in Gaoyou Sag [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2008, 30(3): 195.
- [9] 徐田武,宋海强,况昊,等.物源分析方法的综合运用——以苏北盆地高邮凹陷泰一段地层为例[J].地球学报,2009,30(1):111.  
XU Tianwu, SONG Haiqiang, KUANG Hao, et al. Synthetic application of the provenance analysis technique: a case study of Member 1 of Taizhou Formation in Gaoyou Sag, Subei Basin [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2009, 30(1): 111.
- [10] 李玉成.苏北盆地高邮凹陷戴南组隐蔽油气藏研究[J].石油地质,2008(1):21.  
LI Yucheng. Reach on subtle hydrocarbon reservoirs of Dainan formation in Gaoyou sag of Subei basin [J]. Petroleum Geology, 2008(1): 21.
- [11] 王洪伟,杨建国,林东成.汤原断陷古近纪砂岩重矿物组合与物源分析[J].大庆石油地质与开发,2007,26(3):39.  
WANG Hongwei, YANG Jianguo, LIN Dongcheng. Combination of paleogene sandstone heavy mineral and source analysis in Tangyuan Rift [J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2007, 26(3): 39.
- [12] 张喜林,朱筱敏,钟大康,等.苏北盆地高邮凹陷古近系戴南组沉积相及其对隐蔽油气藏的控制[J].古地理学报,2005,7(2):207.  
ZHANG Xilin, ZHU Xiaomin, ZHONG Dakang, et al. Sedimentary facies and its controlling on subtle oil and gas reservoirs of the Dainan Formation of Paleogene in Gaoyou Sag, Subei Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 2005, 7(2): 207.
- [13] 刘小平,杨立干,徐健.苏北盆地高邮凹陷始新统剥蚀厚度恢复[J].新疆石油地质,2004,25(2):128.  
LIU Xiaoping, YANG Ligan, XU Jian. Restoration of eocene erosion thickness in Gaoyou Sag [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2004, 25(2): 128.
- [14] 任红民,陈丽琼,王文军,等.苏北盆地晚白垩世泰州期原型盆地恢复[J].石油实验地质,2008,30(1):52.  
Ren Hongmin, Chen Liqiong, Wang Wenjun, et al. Restoration of prototype basins of late Cretaceous Taizhou period in the northern Jiangsu [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2008, 30(1): 52.
- [15] 邓丽娟,夏连军,张列平,等.苏北盆地隐蔽油气藏勘探方法探讨——以高邮凹陷为例[J].复杂油气藏,2009,2(1):14.  
DENG Lijuan, XIA Lianjun, ZHANG Lieping, et al. The exploration methods research of subtle reservoir in North Jiangsu Basin—taking Gaoyou Depression for example [J]. Complex Hydrocarbon Reservoirs, 2009, 2(1): 14.