

# 济阳坳陷古近系孔店组层序界面特征及时空属性

谭先锋<sup>1</sup>, 蒋艳霞<sup>2</sup>, 田景春<sup>2</sup>, 邹国亮<sup>3</sup>, 李航<sup>1</sup>, 王伟庆<sup>4</sup>

(1.重庆科技学院 石油与天然气工程学院, 重庆 401331;

2.成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 成都 610059;

3.中国石油 长庆油田勘探部, 西安 710021; 4.中国石化 胜利油田 地质科学研究院, 山东 东营 257015)

**摘要:**依据地震、测井、钻井岩心、地球化学等资料,对济阳坳陷古近系孔店组层序界面进行了系统研究。济阳坳陷古近系孔店组层序界面在地震剖面上表现为上超、下超、削蚀、顶超、整一等反射特征;钻井岩心表现为风化壳和岩性岩相转化特征;岩电关系表现为不同类型的岩电突变;地球化学微量元素也表现为突变特征。识别出4个层序界面,分别为一级层序界面TSB1,二级层序界面SSB1,三级层序界面SB1和SB2。TSB1层序界面主要为区域性质的不整合面,反映了盆地的转化形成;SSB1层序界面主要为构造幕式转化面,反映了盆地断陷作用的阶段变化;SB1和SB2为气候转化面,反映了气候因素引起的旋回变化。层序界面对于盆地形成机制、气候变化、幕式断裂活动等具有指示意义。

**关键词:**层序界面;时空属性;孔店组;古近系;济阳坳陷;渤海湾盆地

**中图分类号:**TE121.3<sup>4</sup>

**文献标识码:**A

## Sequence interface characteristics and spatial and temporal properties of Kongdian Formation of Paleogene in Jiyang Depression

Tan Xianfeng<sup>1</sup>, Jiang Yanxia<sup>2</sup>, Tian Jingchun<sup>2</sup>, Zou Guoliang<sup>3</sup>, Li Hang<sup>1</sup>, Wang Weiqing<sup>4</sup>

(1. *Chongqing University of Science and Technology, Chongqing 401331, China*; 2. *State Key Laboratory for Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China*;

3. *Exploration Department of Changqing Oil Field, PetroChina, Xi'an, Shaanxi 710021, China*;

4. *Geologic Research Institute of SINOPEC Shengli Oilfield Company, Dongying, Shandong 257015, China*)

**Abstract:** Based on seismic, logging, drilling cores and geochemical data, the sequence boundaries of the Kongdian Formation of Paleogene in the Jiyang Depression were systematically studied. On seismic profiles, the boundaries were featured by onlap, downlap, truncation, toplap and concordance. The drilling cores showed weathering crust and lithology-lithofacies transformation characteristics. The rock-electricity relation indicated different types of mutations. The trace elements also showed mutation characteristics. Four sequence boundaries were identified, including the 1st-order sequence interface TSB1, the 2nd-order sequence interface SSB1 and the 3rd-order sequence interfaces SB1 and SB2. As regional unconformity, the sequence interface TSB1 reflected basin transformation. The sequence interface SSB1 was constructed ceremony conversion surface and showed basin rift stage. The sequence interfaces SB1 and SB2 were climate transformation surfaces and showed the cyclic changes in climate factors. The sequence boundaries were significant for the studies of basin formation, climate change and screen fracture activity.

**Key words:** sequence boundary; spatial and temporal property; Kongdian Formation; Paleogene; Jiyang Depression; Bohai Bay Basin

层序界面的识别方法、地质特征及意义的研究,对层序划分及全区格架建立具有重要意义<sup>[1-6]</sup>。济阳坳陷新生代沉积盆地叠合在中生代盆地之上,在中生代盆地基础之上继承性和演化形

成<sup>[7-9]</sup>;新生代为完整的一级层序旋回。济阳坳陷古近系孔店组层序地层研究比较薄弱<sup>[10-12]</sup>,对层序地层的划分和认识缺乏系统性。本文在前人研究的基础上,利用钻井、测井、地震资料,以三级层

收稿日期:2013-06-20;修订日期:2014-02-11。

作者简介:谭先锋(1982—),男,博士,副教授,从事沉积地质学研究。E-mail: xianfengtan8299@163.com。

基金项目:国家自然科学基金项目(41202043)、重庆市自然科学基金(cstc2012jjA90007)和中国石化重点科技攻关项目“济阳坳陷深层(沙四—孔店组)构造演化与岩相古地理研究”联合资助。



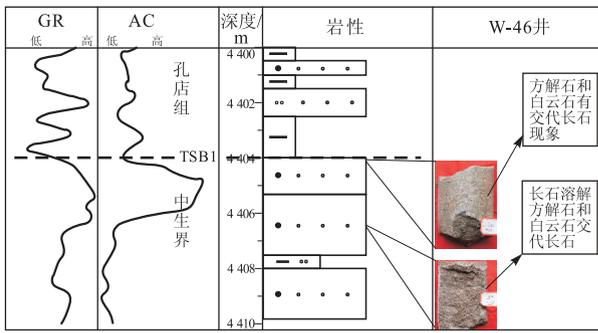


图3 济阳坳陷 TSB1 层序界面之上底砾岩沉积

Fig.3 Basal conglomerate deposition on top of sequence interface TSB1 in Jiyang Depression

部位差异较大,盆地边缘一般表现了不整合面,盆地内部,层序一般呈整合接触;(2)不同层序界面,层序特征差别较大,一级、二级层序界面识别特征明显,岩性具有较大差别;(3)岩性上,层序界面可以出现差异较大的特征,也以相似岩性为特征,需要仔细研究。

通过对几个层序界面的识别结果显示:(1)孔店组底部层序界面比较容易识别,岩性突变较大,界面底部一般表现为中生界碎屑岩及古生界碳酸盐,界面之上岩性一般为砂砾岩、泥岩,颜色主要为红色。研究区盆地边缘物源充足的地区均发现了该类底砾岩(图3),总体表现为孔店组底部的泥岩、砂岩等与下伏地层的灰岩、火山岩及砂砾岩成为不整合界面。电阻率曲线上表现为界面之下为高阻,界面之上为低阻;自然电位曲线上表现为界面之上为低幅或直线型,界面之下为低幅直线型或箱型。(2)孔店组内部,主要表现为岩性的突变。盆地边缘主要表现为湖盆水体变化过程引起的沉积岩石的变化,湖盆中央主要表现为整合的接触,沉积岩石岩性变化不大。层序界面内部,主要通过岩性变化、颜色变化来识别层序界面。

### 2.3 岩电特征识别

层序界面反映了一定时期的沉积间断,必然会在岩性和电性特征上有所表现。前人曾对沙河街组进行层序界面的测井识别<sup>[2]</sup>,本次通过对孔店组不同层序界面岩电特征进行研究,识别出不同成因层序界面特征,具有类似的成因特征。

(1)岩性不同引起的岩电突变。声波时差及其他曲线在层序界面上下会出现折线,或者突变,这种岩电差异容易辨别,通常没有那种因为界面引起的一些异常,而是跟上下地层保持一致。有些地层则没有明显的折线,而是比较平稳的过渡,这也反映了岩性变化的层序界面特征(图4a)。该类型

层序界面反应特征比较多,有些时候声波时差没有明显的特征,这时候需要借助其他测井资料来识别。(2)不整合(层序界面)引起的沉积地层缺失。该类界面通常界面之下声波时差会较大,界面之上声波时差较小,处于正常压实(图4b)。原因在于不整合面代表沉积的间断,在界面之下的地层由于构造抬升或者是海平面下降,经历了长时间的压实间断,而界面之上为正常沉积-压实成岩,因此测井曲线必然有所反应。(3)古风化壳。该类层序界面相对应的声波时差值变大(图4c),主要是由于不整合遭受风化剥蚀,保留在原地的风化残积物形成风化壳,并使孔隙度急剧增高。如后期被湖侵泥岩覆盖,并成为致密层,该风化层便会形成异常压力,保护了原始孔隙度,从而使声波时差出现异常的高值。(4)与不整合面或层序界面伴生的异常压力。主要为不整合面之下孔隙度增大引起的声波时差高值(图4d)。除此之外,层序界面岩电特征还有其他反应,比如由于沉积速率不同而导致岩电反应不同等。

### 2.4 元素地球化学标志

元素地球化学可以用来反映沉积环境,不同沉积环境有不同的组合特征。层序界面上下地层形成于不同的沉积环境,沉积水介质以及古气候等特征有所差异,沉积物中的微量元素特征及比值特征有所差异。因此,可以利用微量元素组合特征来识别层序界面,从而使层序界面识别以及层序划分更加量化。如郝科1井,从区域位置上看,处于盆地中央部位,层序界面的超覆特征不明显,沉积环境继承性比较强。但是从图5可以看出,元素含量尽管相差不大,但是明显可以看出突变效应,沙四段/孔店组层序界面之上,K含量增高,Na含量明显减小,Mg含量减小,Fe、Al含量都明显增大。研究表明,微量元素的增减反映了气候和沉积水介质的变化,该界面的变化趋势,充分说明了沙四段沉积期,随着断陷作用的持续,水体不断加强,同时气候比较干旱,盐度逐渐增加,氧化作用增强。

## 3 层序界面地质意义及时空属性

### 3.1 层序界面成因及时空属性

不同级别的层序界面与不同级别和规模的不整合面及整合面对应。本次研究运用陆相盆地层序地层学原理,识别出了济阳坳陷古近系孔店组3个级别的层序界面,共4个层序界面(图6):一级不整合面是盆地同裂陷期地层顶、底之间的不整合面,即TSB1界面,对应地震反射TR层,该界面

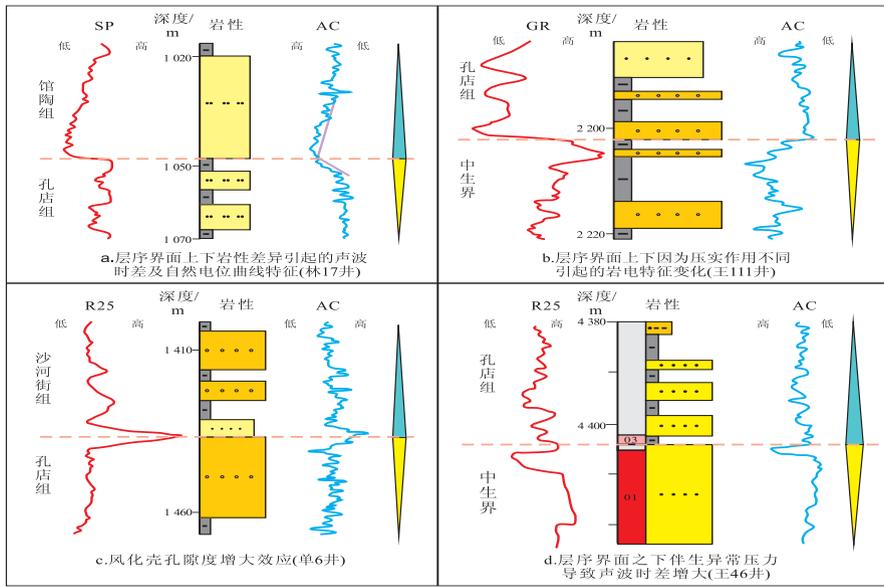


图4 济阳拗陷层序界面声波时差测井响应

Fig.4 Acoustic logging response of sequence boundary in Jiyang Depression

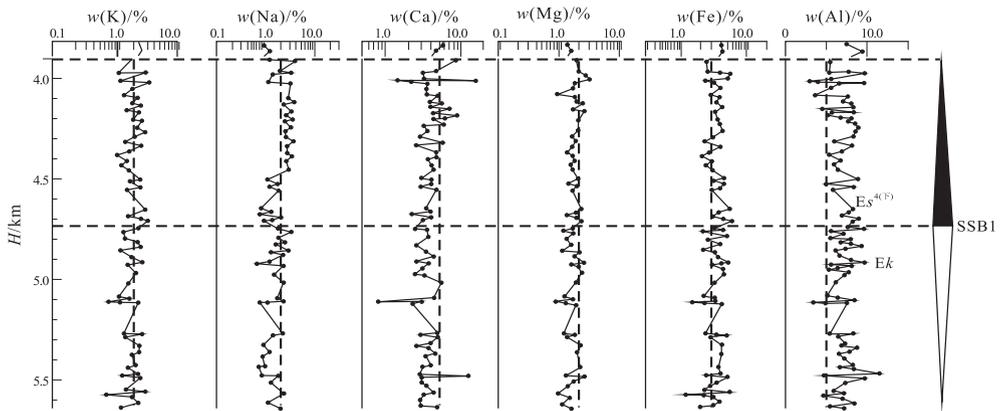


图5 济阳拗陷 SSB1 层序界面元素特征

Fig.5 Trace element characteristics of sequence interface SSB1 in Jiyang Depression

地层系统		综合 校准 年龄/Ma	岩性剖面	基准面 旋回	层序界面			地震反 射界面	构造演 化阶段	层序界面叠加样式	层序界面性质					
系	统				组	段	一级					二级	三级			
古近系	始新统	50.4	沙河街组	孔一段	SSB1			T <sub>1</sub>	早期初始裂陷阶段	地震反射结构总体超覆 地层缺失较为严重,上下叠置关系较复杂,与沙四段地层划分较难	幕式裂陷转换面,区域沉积间断面					
												孔二段	SB2		地震反射结构超覆特征局部地方明显 该界面在盆地内部不好识别盆地边缘对应TR界面重合	局部不整合面,无沉积间断面,气候转换面
												孔三段	SB1		地震反射结构超覆特征局部地方明显 该界面多数与TR界面重合,反映孔三段地层的缺失	局部不整合面,无沉积间断面,气候转换面
												孔四段	TSB1	TR	地震反射结构超覆特征明显 该界面地层缺失严重,叠置关系复杂	新生代盆地形成与转化,区域不整合构造面
中生界		65.0														

砾岩
  玄武岩
  粉砂岩
  泥质粉砂岩
  粉砂质泥岩
  砂岩
  膏质泥岩
  白云质砂岩

图6 济阳拗陷孔店组层序界面划分及特征

Fig.6 Division and distribution of sequence boundaries of Kongdian Formation in Jiyang Depression

为区域不整合面;二级不整合面是裂隙幕之间的不整合面,即 SSB1 界面,对应区域地震反射 T<sub>7</sub> 层,该界面为范围较大的区域界面;三级不整合面是局部不整合或沉积间断面,即 SB1 和 SB2 两个三级层序界面。

### 3.1.1 TSB1 层序界面的成因及地质意义

该层序界面为一级层序界面,主要为古近系与下伏地层之间的分界面,地震剖面表现为 TR 反射层。接触关系上主要表现为削截、侵蚀,上覆地层主要为上超关系。界面之下为古近纪时期断裂基底,之上为同裂谷期沉积。该界面不同地区有不同的接触关系(图 7)。界面之下发育下白垩统安山岩及火山碎屑岩,具有典型的高电阻测井曲线特征;界面之上发育电阻率相对较低的孔店组砾岩夹红色泥岩,界面定年为约 65.5 Ma(图 6)。

研究区 TSB1 层序界面上下地层差异较大(图 7),主要表现在 4 个方面:(1)孔店组假整合接触于白垩系之上,该类界面主要分布于盆地沉积区;(2)孔店组三段、二段缺失,孔一段直接接触于下伏地层,表明孔店组在该时期处于无沉积或者是剥蚀状态;(3)孔店组直接接触于古生界,甚至是元古界地层之上,该类界面表明处于剥蚀区;(4)孔店组缺失,沙四段或者是更新地层直接接触于前第

三系地层之上,剥蚀时间更长。

该界面的形成与晚白垩世末期渤海湾盆地整体抬升、剥蚀形成的区域性不整合有关。早期盆地在挤压构造环境下,白垩纪末期,发生了一次大的构造翻转,整体抬升遭受剥蚀<sup>[1-2]</sup>。在盆地斜坡呈上超不整合接触现象,而在盆地中部多表现为平行不整合接触。孔店组沉积早期,济阳拗陷开始断陷沉积时期,伴随强烈的岩浆活动,盆地普遍发育上超结构的充填结构<sup>[17]</sup>。层序界面特征较明显,该界面代表了白垩纪末期的强烈抬升、侵蚀作用,具有较好的区域意义。该界面不但可以成为油气运移的通道,具有区域的油气意义,也可以为孔店组地层成岩演化提供流体来源的通道<sup>[18]</sup>。另外,爆发于该界面附近的岩浆作用,对沉积介质以及成岩演化也造成强烈的影响。

### 3.1.2 SB1 层序界面成因及地质意义

该界面为三级层序界面,是划分孔三段和孔二段 2 个三级层序的界面。从区域意义上看,该界面超覆特征不明显,主要表现为盆地内部的整一接触。该界面少数情况下在钻井上表现为连续整一接触,多数情况表现为孔二段直接超覆于下伏地层之上。

该界面主要表现为 2 个方面的特征:(1)孔二段直接与孔三段接触,该界面表现为假整合(图 8),

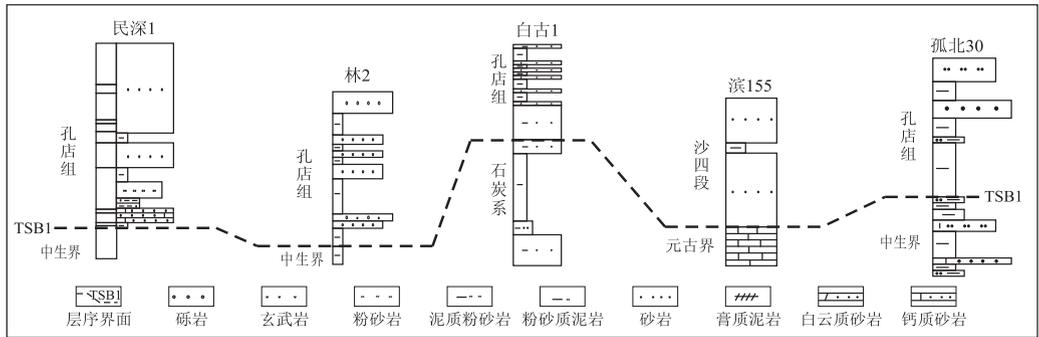


图 7 济阳拗陷 TSB1 层序界面结构特征

Fig.7 Structural features of sequence interface TSB1 in Jiyang Depression

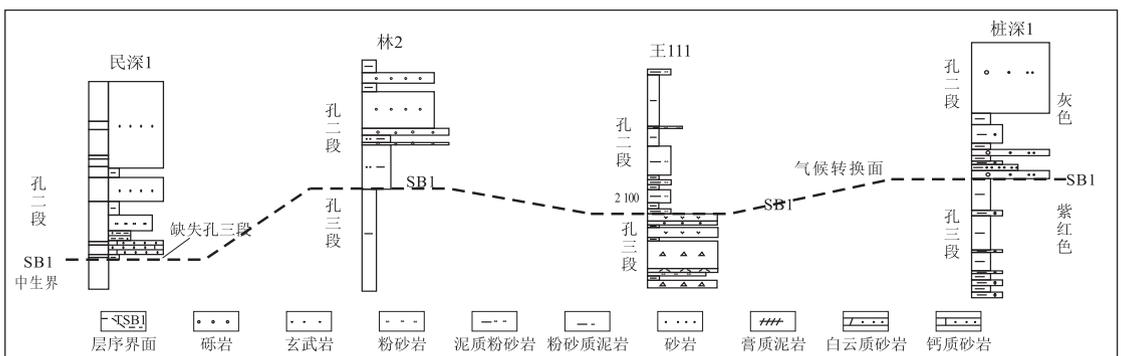


图 8 济阳拗陷 SB1 层序界面结构特征

Fig.8 Structural features of sequence interface SB1 in Jiyang Depression

钻井剖面上不易判断,主要通过孔三段与孔二段的岩性差异和颜色差异来划分;(2)孔二段直接与下伏地层接触,超覆于下伏地层之上,往往位于盆地的边缘地带,孔三段沉积期处于无沉积或者是剥蚀状态,地震剖面上也具有较好的超覆现象。

该界面并非区域性的界面,孔三段沉积期,整个济阳拗陷除了少部分地区接受沉积外,大部分地区均未接受沉积,气候润湿,由于暂时性流水带来的沉积物,在低洼地区沉积下来,形成了区域性的红色沉积物。另外,孔三段局部地区还形成了底砾岩沉积直接超覆于下伏地层之上。而孔二段沉积期气候开始变化,沉积了一套暗色沉积物。因此,该界面的主要原因在于气候的转变造成沉积旋回变化。空间上,SB1 层序界面一般在惠民凹陷、东营凹陷断陷发育的局部地区有零星分布,反映了断陷盆地演化的开始。

### 3.1.3 SB2 层序界面成因及地质意义

该层序界面为三级层序界面,主要为划分孔一段和孔二段的界面。从区域意义上看,该界面超覆特征不明显,与 SB1 界面类似。但不同的是,该界面在研究区广泛发育,多数情况下可以见到孔一段与孔二段直接接触。该界面主要表现为 2 个方面(图 9):(1)孔二段与孔一段直接接触,该类情况一般不会出现超覆现象,多为整合或者假整合接触;(2)孔一段直接超覆于下伏地层之上,与 TSB1 和 SB1 界面三合一,统一称为 TSB1 界面,该类界面主要发于盆地边缘地区,超覆现象非常明显。

与 SB1 层序界面类似,该界面并非全区性的界面。从界面上下地层接触关系可以看出,主要为岩性的差异变化,为气候条件的改变所造成,为气候转换面。部分地区可见界面之上的砂砾岩,说

明该界面为孔一段与孔二段的层序界面。空间上,SB2 层序界面主要分布在惠民、东营凹陷,车镇凹陷有零星分布。值得注意的是,由于断陷作用所造成的沉降中心和沉积中心的变化,孔店组沉积期可能在部分地区有沉积,而到了沙河街组沉积期变成了凸起。该现象表明了断陷作用的转化和迁移,导致层序界面的差异。

### 3.1.4 SSB1 层序界面的成因及地质意义

该层序界面为沙四段与孔店组之间的层序界面,为二级层序界面。孔店组与沙四段之间的不整合面( $T_7$  反射界面)是平行不整合,在一些凹陷缺失,这是因为沙四段或孔店组在一些凹陷不发育所致。如车镇凹陷缺孔店组,该不整合面地震上为  $T_7$  反射界面,表现为上超和削截接触。与下伏地层表现为棕红色砂岩与棕红色泥岩互层,古生物组合为沼泽拟星介;之上主要为紫红色、灰色、钙质泥岩夹石膏层,另外还发育美星介组合。测井曲线特征上,界面之上为高电阻率,之下为低电阻率特征。

该界面有 3 种接触情况:(1)沙四段直接与孔店组接触,该界面比较难以划分,均为红色沉积接触;(2)沙三段或者更新地层与孔店组接触,表明孔店组沉积晚期,由于幕式断裂的影响,部分地区形成了断块,遭受剥蚀;(3)缺失孔一段,此类情况比较少见,但有少部分地区可见到,主要也是由于幕式断裂的影响;(4)沙四段直接与太古界接触,如图 10 中的车古 26 井地区属于这种情况。

孔店组沉积期对应于济阳拗陷裂陷一幕,地层由孔店组构成,顶界面为沙四段与孔店组之间的不整合( $T_8$  反射界面),其底界面为古近系与前古近系角度不整合,地震上为 TR 反射界面。沉积特征主要表现为底部发育红色粗碎屑沉积,中下部发育

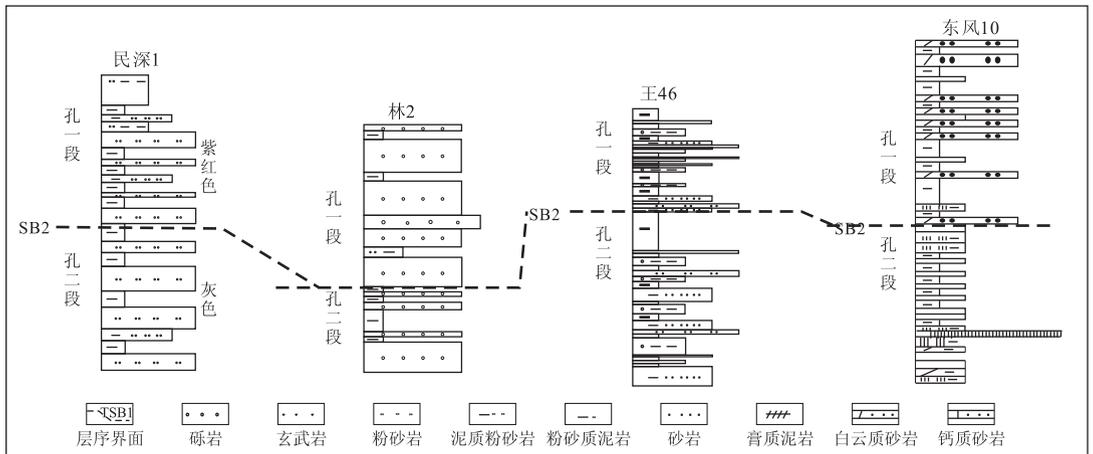


图9 济阳拗陷 SB2 层序界面结构特征

Fig.9 Structural features of sequence interface SB2 in Jiyang Depression

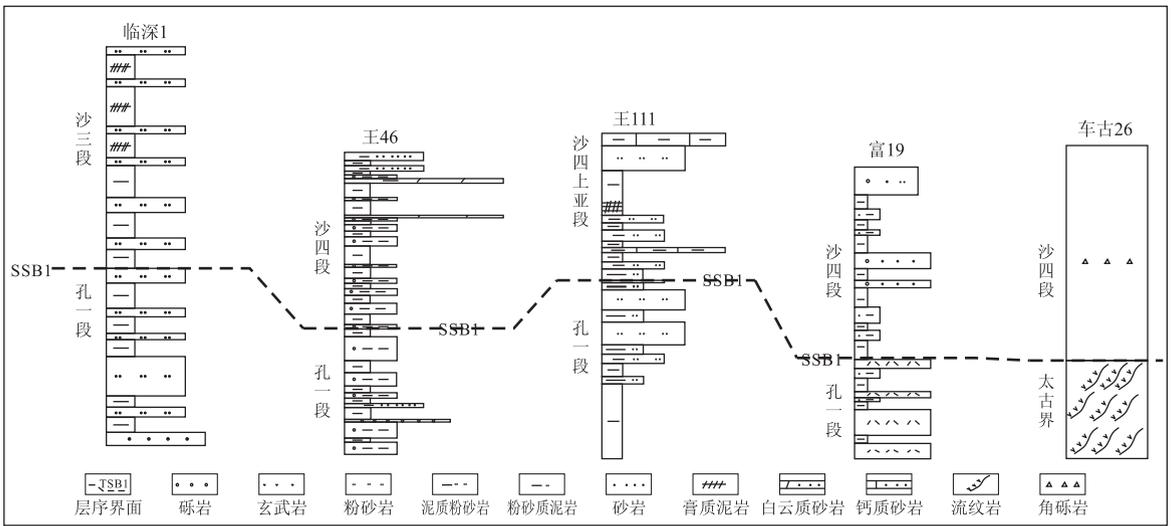


图10 济阳拗陷 SSB1 层序界面结构特征

Fig.10 Structural features of sequence interface SSB1 in Jiyang Depression

灰色湖泊沉积,上部主要为红色碎屑岩沉积,构成了湖泊由扩张至萎缩的完整沉积旋回,并伴随火山作用的拉斑玄武岩。因此孔店组对应于裂陷一幕的完整时期,末期湖盆萎缩,部分地区形成平行不整合面和上超特征。该界面代表了裂陷一幕的结束(图10)。

### 3.2 层序界面与盆地演化关系讨论

济阳拗陷新生代沉积时期受郯庐断裂的影响,原型盆地基础之上,叠合形成了新生代盆地,该时期主要是断陷作用形成盆地<sup>[14-16]</sup>。与西部一些前陆盆地的形成也有一定的差别。研究表明:一方面,断陷活动导致层序界面的形成,该类界面在断陷盆地中最为发育,从 TSB1、SSB1 层序界面均可以发现类似的特征,断陷作用导致部分地区接受沉积,而部分地区遭受剥蚀,突起地区边缘地带则沉积了低位期的粗碎屑物质,气候和构造运动共同作用下形成了该类层序界面;另一方面,三级层序界面指示气候变化,孔店组三级层序界面指示了盆地演化的气候变化过程。同时,边界断裂幕式活动旋回性控制了三级层序界面的形成,该类三级层序界面一般有气候和构造共同控制。TSB1 层序界面指示白垩纪之后的盆地形成过程,SSB1 层序界面指示了断陷初期幕式裂陷作用;SB1 和 SB2 层序界面指示了气候因素引起的沉积间断过程。

### 3.3 层序界面与油气关系讨论

层序界面的研究有利于油气前期勘探。由于层序界面对应沉积间断或者暴露界面,多数情况下,具有暴露特征,如溶蚀、淋滤等,可以作为很好的油气运移通道。济阳拗陷孔店组底部界面具有

暴露标志,可以作为区域性的油气运移通道。另外,由于层序界面多数伴随风化产物,如黏土矿物量较大,可以很好地阻隔油气的连通,可作为油气盖层,直接控制油气的运移和聚集。

## 4 结论

(1)孔店组层序界面在地震剖面上表现为上超、下超、削蚀、顶超、整一等反射特征;钻井岩心表现为风化壳和岩性岩相转化特征;岩电关系表现为岩性突变、不整合面引起的突变、古风化壳突变、异常压力引起的突变;地球化学微量元素主要表现为环境变化引起的元素突变规律。

(2)识别出了济阳拗陷古近系孔店组3个级别的层序界面,共4个层序界面,分别为一级层序界面 TSB1,二级层序界面 SSB1,三级层序界面 SB1 和 SB2。

(3)不同层序界面具有不同时空属性,TSB1 层序界面主要为区域性质的不整合面,反映了盆地的转化形成;SSB1 层序界面主要为构造幕式转化面,反映了盆地断陷作用的阶段变化;SB1 和 SB2 为气候转化面,反映了气候因素引起的旋回变化。

### 参考文献:

- [1] 曲希玉,刘立,刘娜,等.大港滩海区埕北断阶带古近系层序界面的识别方法[J].世界地质,2007,26(4):484-491.  
Qu Xiyu, Liu Li, Liu Na, et al. Identification method of sequence boundary for Eogene of Chengbei step-fault zone in Dagang offshore area[J]. Global Geology, 2007, 26(4): 484-491.
- [2] 操应长,姜在兴,夏斌,等.利用测井资料识别层序地层界面的几种方法[J].中国石油大学学报:自然科学版,2003,27(2):23-26.  
Cao Yingchang, Jiang Zaixing, Xia Bin, et al. Use several methods

- to identify sequence stratigraphic logging data interface[J]. Journal of the University of Petroleum, China; Edition of Natural Science, 2003, 27(2): 23-26.
- [3] 张兆辉, 苏明军, 刘化清, 等. 精细地震层序地层分析及应用: 以渤海湾盆地歧口凹陷滨海地区为例[J]. 石油实验地质, 2012, 34(6): 648-652.
- Zhang Zhaohui, Su Mingjun, Liu Huaqing, et al. High precision analysis technology of seismic sequence strata and its application: A case study of Binhai region in Qikou Sag, Bohai Bay Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2012, 34(6): 648-652.
- [4] 辛仁臣, 张雪辉, 张翼, 等. 湖盆无暴露缓坡带层序界面特征及成因: 以松辽盆地他拉哈地区上白垩统为例[J]. 沉积学报, 2008, 26(1): 77-85.
- Xin Rencheng, Zhang Xuehui, Zhang Yi, et al. Characteristics and genesis of sequence boundaries on subaqueous gentle slope of lacustrine basin: a case study on Upper Cretaceous in Talaha region of Songliao Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 26(1): 77-85.
- [5] 刘家铎, 田景春, 张翔, 等. 塔里木盆地寒武系层序界面特征及其油气地质意义[J]. 矿物岩石, 2009, 29(4): 1-6.
- Liu Jiaduo, Tian Jingchun, Zhang Xiang, et al. Characteristics and petroleum geologic significances of the sequence boundary surface of Cambrian strata in Tarim Basin[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2009, 29(4): 1-6.
- [6] 苑保国, 杨光. 霸县凹陷郑州地区沙河街组层序地层学研究[J]. 特种油气藏, 2012, 19(2): 37-41.
- Yuan Baoguo, Yang Guang. Research on sequence stratigraphy of Shahejie formation in Maozhou area, Baxian depression[J]. Special Oil and Gas Reservoirs, 2012, 19(2): 37-41.
- [7] 吴智平, 李伟, 任拥军, 等. 济阳拗陷中生代盆地演化及其与新生代盆地叠合关系探讨[J]. 地质学报, 2003, 77(2): 280-286.
- Wu Zhiping, Li Wei, Ren Yongjun, et al. Basin evolution in the Mesozoic and superposition of Cenozoic basin in the area of the Jiyang depression[J]. Acta Geologica Sinica, 2003, 77(2): 280-286.
- [8] 张悛, 贾东, 陈竹新, 等. 济阳拗陷中—新生代构造沉降与板块聚敛速率关系探讨[J]. 高校地质学报, 2005, 11(4): 642-648.
- Zhang Qie, Jia Dong, Chen Zuxin, et al. Relationship between Meso-Cenozoic tectonic subsidence of the Jiyang depression and plate convergence rate[J]. Geological Journal of China Universities, 2005, 11(4): 642-648.
- [9] 郑德顺, 吴智平, 李伟, 等. 济阳拗陷中、新生代盆地转型期断裂特征及其对盆地的控制作用[J]. 地质学报, 2005, 79(3): 386-394.
- Zheng Deshun, Wu Zhiping, Li Wei, et al. Faults and their control on the basin during the transfer stage of the Jiyang depression in the Mesozoic-Cenozoic[J]. Acta Geologica Sinica, 2005, 79(3): 386-394.
- [10] 杨伟利, 陈义宝. 八面河地区孔店组河流—冲积相层序地层学研究[J]. 西安石油大学学报, 2008, 23(4): 26-29, 39.
- Yang Weili, Chen Yibao. Study on the sequence stratigraphy of the fluvial-alluvial facies of Kongdian formation in Bamianhe area, Dongying Sag[J]. Journal of Xi'an Shiyou University, 2008, 23(4): 26-29, 39.
- [11] 王建伟, 赵勇生, 田海芹. 东营—惠民凹陷孔店组层序地层学研究[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2001, 25(6): 1-5.
- Wang Jianwei, Zhao Yongsheng, Tian Haiqin. Primary study on sequence stratigraphy of Kongdian formation in Dongying-Huimin sag[J]. Journal of the University of Petroleum; Edition of Natural Science, 2001, 25(6): 1-5.
- [12] 谭先锋, 田景春, 黄建红, 等. 陆相碎屑岩旋回沉积记录中的物质响应及聚集规律: 以济阳拗陷王家岗地区古近系孔店组为例[J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(3): 332-341.
- Tan Xianfeng, Tian Jingchun, Huang Jianhong, et al. Material responses and accumulation patterns in cyclic sediment records of continental clastic rocks: taking the Paleogene Kongdian Formation of Wangjiagang area in Jiyang Depression as an example[J]. Oil & Gas Geology, 2013, 34(3): 332-341.
- [13] 谭先锋, 陆相断陷湖盆旋回沉积机理与成岩系统物质耦合关系研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2013.
- Tan Xianfeng. Study on cyclic sedimentation mechanism and diagenetic system material coupling relationship in continental rift lake basin[D]. Chengdu: Chengdu University of Science and Technology, 2013.
- [14] 王永诗, 鲜本忠. 车镇凹陷北部陡坡带断裂结构及其对沉积和成藏的控制[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(6): 5-8.
- Wang Yongshi, Xian Benzong. Fault structures of northern steep slope belts and their influences on sedimentation and reservoir formation in Chezhen sag[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2006, 13(6): 5-8.
- [15] 谢锐杰, 漆家福, 杨桥. 东营凹陷北带构造特征及其对沉积作用的控制[J]. 江汉石油学院学报, 2004, 26(1): 17-19.
- Xie Ruijie, Qi Jiafu, Yang Qiao. Structural characteristics and its control to deposition in the north of Dongying depression[J]. Journal of Jiangnan Petroleum Institute, 2004, 26(1): 17-19.
- [16] 谭先锋, 田景春, 白建平, 等. 陆相断陷湖盆陡坡断裂带沉积响应及充填过程: 以东营断陷湖盆北部陡坡断裂带古近系为例[J]. 中国地质, 2010, 37(2): 298-310.
- Tan Xianfeng, Tian Jingchun, Bai Jianping, et al. Depositional response and filling process of the steep slope rift belt in the terrestrial fault basin: a case study of Paleogene in Dongying terrestrial fault basin[J]. Geology in China, 2010, 37(2): 298-310.
- [17] 向立宏, 周杰, 赵乐强, 等. 济阳拗陷不整合结构的类型、特征及意义[J]. 断块油气田, 2009, 16(1): 9-11.
- Xiang Lihong, Zhou Jie, Zhao Leqiang, et al. Type and feature of unconformity configuration in Jiyang Depression and its significance in petroleum exploration[J]. Fault-Block Oil and Gas Field, 2009, 16(1): 9-11.
- [18] 谭先锋, 田景春, 李祖兵, 等. 碱性沉积环境下碎屑岩的成岩演化: 以山东东营凹陷陡坡带沙河街组四段为例[J]. 地质通报, 2010, 29(4): 535-543.
- Tan Xianfeng, Tian Jingchun, Li Zubing, et al. Diagenetic process of fragmental reservoir in alkali sediment environment: taking the Member 4 of Shahejie Formation of steep-slope zone in Dongying sag, Shandong, China for example[J]. Geological Bulletin of China, 2010, 29(4): 535-543.