

文章编号: 1000-0550(2007)03-0380-06

# 苏北盆地晚白垩世—古新世海侵湖泊的证据及其地质意义

傅强<sup>1</sup> 李益<sup>1</sup> 张国栋<sup>1</sup> 刘玉瑞<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 同济大学海洋地质国家重点实验室 上海 200092 <sup>2</sup> 江苏油田地质科学研究所 江苏扬州 225009)

**摘要** 通过对苏北盆地钻井岩心分析研究总结出,在晚白垩世、古新世苏北盆地曾与海相通,并遭受海侵影响。海侵的原因,可能是从晚白垩世晚期起,中国东部的地应力条件以引张力占优势,并在华北—渤海湾、苏北—南黄海和东海陆架区,发育了一系列为早第三纪巨厚沉积物所充填的半地堑箕状盆地,海水由东海向黄海海侵,造成陆架上箕状盆地在短时期内与海水相通。苏北盆地在晚白垩世泰州组—古新世阜宁组沉积形成了以全盆地阜二段、阜四段为主,局部泰二段的富含介形虫的暗色泥岩,成为该盆地的主力烃源岩。古生物以及岩矿、地球化学等方面的证据可以确定苏北盆地晚白垩世—古新世发育的湖盆环境可统称“近海湖泊”或将海侵层段称“海侵湖泊”,而至始新世戴南和三垛组沉积时则可统称内陆湖泊和河流冲积平原环境。通过对苏北盆地晚白垩世—古新世海侵湖泊的确切与充分的认识分析,不仅对苏北盆地晚白垩世—古新世时期的湖盆古地理重建,而且对烃源岩的发育与分布以及生气潜力评价都具有重要的意义。

**关键词** 苏北盆地 晚白垩世—古新世 海侵 湖泊

**第一作者简介** 傅强 男 1964 年出生 教授 石油地质与储层沉积学 E-mail: fuqiang@mail.tongji.edu.cn

**中图分类号** P512.2 **文献标识码** A

苏北盆地横跨苏、皖两省,由金湖、高邮、溱潼、海安、盐城、洪泽等 11 个箕状断陷与柳堡、菱塘桥等凸起、低凸起构成。苏北盆地晚白垩世泰州组—古新世阜宁组内主要发育泰州组二段、阜宁组二段、阜宁组四段 3 套暗色泥岩烃源岩系。前人对上述烃源岩沉积环境有过比较多的研究。针对阜宁组暗色泥岩局部层位富含介形虫化石的薄层,人们从不同角度研究可得出不同的结果,祝幼华等(2004)通过岩石中化石分类确定湖水有过咸化及水体加深的过程<sup>[1]</sup>;张国栋等从化石分类以及沉积环境探讨,认为泰州组二段、阜宁组二段、阜宁组四段三层段均含有有孔虫、多毛纲虫管、新单角介、沟鞭藻与颗石根藻、六合鲱与洪泽洞庭鳍和腹足类等门类生物化石,指示与海相或与海有关<sup>[2]</sup>。迹象表明在晚白垩世、古新世曾与海相通,并遭受海侵影响。但是也有不同观点存在,有人对上述诸多门类海相化石指示海侵的解释存在疑义,有学者认为可能是飓风裹挟以及鸟类的搬运等偶然因素带来的结果。傅强从暗色泥岩微量元素分析得出苏北盆地在古新世阜宁组沉积时湖水有多次的咸化—淡化的振荡过程<sup>[3]</sup>。因此,进一步探讨寻求海侵的证据,确定湖盆的性质,不仅对苏北盆地晚白垩世—古新世古地理重建,而且对烃源岩及生气潜

力评价都具有重要的意义。

## 1 区域地质概况

苏北盆地位于苏北—南黄海盆地的陆上部分,其南北以苏南隆起鲁苏古陆为界,西至郯庐断裂,东与南黄海盆地相接,它包括盐阜坳陷、建湖隆起和东台坳陷,面积约  $3.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

苏北盆地晚白垩世泰州组—古新世阜宁组根据岩性特征,自下而上又划分为泰州组一段( $K_2t$ )、泰州组二段( $K_2t$ )。阜宁组位于泰州组之上,戴南组之下,并进一步划分为四个岩性段,自下而上分别称为阜宁组一段( $E_1f$ )、二段( $E_1f$ )、三段( $E_1f$ )和四段( $E_1f$ )。各岩性段之间大都为整合接触。其地层发育与旋回特征如下(表 1)。

泰州组时,盆地西部沉积物颜色红(上部夹少量暗色泥岩),粒级粗、视厚度小、韵律性较差,生物不丰富;盆地中东部颜色暗、粒级细、视厚度大,并在垂向剖面中呈现粗—细—较粗的旋回特征,电性明显,生物化石丰富,特别是泰二段中下部富含女星介的古生物组合,构成了苏北盆地一个重要的地层区域划分对比标志层。阜一段地层,由于区域上环境不同和纵向上随环境的演变,岩性差别较大。一般在盆地西部

沉积物颜色红、粒级粗和沉积厚度大,而至盆地中部东部,则泥岩颜色变暗,砂岩粒级变细,厚度也变薄;在纵向上,由早期沉积红色砂泥岩为主,至中晚期暗色砂泥岩逐渐增大,并在中东部形成湖盆范围也明显扩大。但尽管如此,在局部地区(如高邮凹陷)垂向剖面中仍有粗—细—粗的旋回性。

阜二段属半咸化开阔湖相沉积,除洪泽凹陷为石膏—盐岩层沉积外,全区岩性稳定,电性对比标志明显,中部“七尖峰”层段构成全盆地第二个重要的地层划分对比标志层,并在全盆地范围,阜一段—阜二段,构成一明显的由粗—细的沉积旋回,表明水位上升侵蚀。到阜三段时,地层沉积既受该阶段构造制约下总的盆地升降背景控制,又受盆内二级构造带所形成的凹陷影响。前者使该段的岩性特征,由盆地西部、西北部至东部海安—盐城一带地层厚度变薄,粒级变细,泥岩颜色变暗;后者由于各凹陷深浅不一,分隔程度各异注入水系强度与方向不同,则使该段地层厚度、岩性特征差异悬殊(如洪泽凹陷为盐湖沉积)。

阜四段地层除盆地边缘(如金湖凹陷、涟阜凹陷西或西北部边缘)夹有较多的粉砂岩类、洪泽凹陷因闭塞为盐类沉积外,全盆地岩性均一,基本稳定,并以该段顶底部所组成的特有视电阻率形态,构成全盆地第三个重要的区域划分标志层。并在全盆地分布,阜三一阜四段,构成又一明显的粗—细沉积旋回,表明水位再次上涨。

目前,苏北盆地晚白垩世—古近纪湖盆中发育的

层位是油气勘探的重点。其中泰二段、阜二段、阜一段是全盆地重要的烃源岩发育层位,因此,合理解释上述层位沉积时湖盆的性质,对于苏北盆地以及南黄海盆地湖盆的演化与烃源岩评价具有重要的意义。

## 2 湖盆海侵的古生物证据

地层中是否存在生活于海相环境的生物化石是判别海侵的一个重要标准<sup>[4]</sup>。下面分别介绍苏北盆地各个地层的古生物组合特征<sup>[5 6 7]</sup>(表 2)。

泰州组古生物组合,介形类以西氏枣星介(*Ziphoecypris sinakovi*)—卵形达蒙介(*Damonella ovata*)—球形柔星介(*Cypris sphaeroidalis*)组合,代表泰州组下段底部最早介形类面貌;以女星介种群(*Cypridea*)—方星介(*Quadracypris*)—泰州似土星介(*Parailocypris taizhouensis*)组合,代表泰二段黑色泥岩及其上下地层中女星介个体数量多、新种发育,并为时代划分提供重要意义;轮藻类以小河口颈轮藻(*Colluchara xiaohouensis*)—柱状宽轮藻(*Latochara cylindrica*)组合为该组主要代表;孢粉组合反映了以典型的古老植物(如隐孔粉、克拉梭粉、皱体双囊粉等)的衰亡以及与现代植物有亲缘关系的被子植物(如桃金娘粉、藜粉等)的普遍出现为其主要特征。

阜宁组进一步划分为四个岩性段,自下而上分别称为阜宁组一段( $E_1 f$ )、二段( $E_1 f$ )、三段( $E_1 f$ )和四段( $E_1 f$ )。

表 1 苏北盆地泰州组、阜宁组地层简表

Table 1 The Stratum of Taizhou and Funing Formation in Subei Basin

系	统	组	段	代号	地层厚度 /m	相带	岩性特征	标志层
第三系	新统	阜宁组	四段	$E_1 f$	0~500 (残留)	浅—深湖	深灰—灰黑色泥岩为主夹薄层泥灰岩、油页岩局部夹薄层灰岩或浅粉砂岩条带	最大湖侵泥页岩及其电性特征为区域标志层
			三段	$E_1 f$	200~300	三角洲	浅灰色砂岩与浅灰色—灰黑色泥岩、粉砂质泥岩呈不等厚互层	
			二段	$E_1 f$	150~300	浅—半深湖	灰黑色泥岩为主,夹薄层泥灰岩、鲕粒灰岩、生物灰岩、凝灰岩及粉砂岩	湖侵泥页岩及其电性“七尖峰”为区域标志层
			一段	$E_1 f$	350~800	河流、三角洲	浅灰—棕红色砂岩与泥砾、粉砂质泥岩互层上部与下部砂岩较厚,中部泥岩较多	
白垩系	上统	泰州组	二段	$K_2 t$	100~240	三角洲、浅—半深湖	顶部棕红色泥岩夹暗黑色泥岩、粉砂岩,中下部灰黑色泥岩为主,间夹薄层泥灰岩或鲕状灰岩、生物灰岩	中下部湖侵黑色泥岩女星介丰富及其电性特征为区域标志层
			一段	$K_2 t$	100~200	河流三角洲	棕—灰白色砂砾、块状砂岩夹棕红—灰黑色泥岩。一般东部岩性色暗粒细层薄,西部色红粒粗厚度较大	

表 2 苏北泰州组—阜宁群主要生物化石组合表 (包括苏南相当层位所见分子)

Table 2 Main fossil assemblages in Taizhou-Funing Formation north Jiangsu

\* 代表与海相有关的生物化石

组段	多毛纲类	介形虫类	有孔虫和鱼类	瓣鳃和腹足类	叶肢介类	浮游藻类	
戴南组 (E <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	一段			<i>Mirolaminatus Amnieda</i>			
阜宁群 (E <sub>1</sub> f <sub>4</sub> )		<i>Sinocypris changzhouensis</i>					
		<i>Limnocythere hubeiensis</i> 等		<i>Retinella Anisus</i>			
		* <i>Neomonocerotina bullefa</i>					
		* <i>N. Ponecta</i>	* <i>Discorbis</i> sp	<i>Eupera of sinesis</i>	<i>Fushunogrepa</i>	* <i>Chytroisphaeridia</i>	
	四段 (E <sub>1</sub> f <sub>4</sub> )	<i>Serpulinae</i>	<i>Lineocypris bianguata</i>	* <i>Tungtingichthys hong zansis</i> (sp nov)	<i>Sphaerium of Solitium</i>	<i>Changzhouensis</i>	* <i>Fron ea</i>
阜宁群 (E <sub>1</sub> f <sub>3</sub> )		<i>Candona comba</i>		<i>Loxophycobna</i> sp	<i>F. Changzhouensis</i>	<i>Petiastrum</i>	
		<i>C. jiangsuensis</i>					
		<i>Heperocyprilla biuoda</i>					
阜宁群 (E <sub>1</sub> f <sub>2</sub> )		<i>Sinocypris funingensis</i>				<i>Petiastrum</i>	
		<i>Eucypris stagnalis</i>				* <i>Leiosphaeridia</i>	
		<i>Caspiocypris modesta</i>					
		* <i>Serpulinae</i>			<i>Valvata changzhouensis</i>		
		<i>Sinotrupa conica</i> (gen et sp nov)			<i>Parahydrobia m aelenta</i> (sp nov)		
		<i>Acerotrupa aggregate</i> (gen et sp nov)			<i>Hydrobia Lateriea</i> (sp nov)		
		<i>Jereninella quadrisulcata</i> (sp nov)	<i>Sinocypris callarala</i>	* <i>prolephium</i> sp		<i>Perlimnadia</i>	
		* <i>Spirorbinae</i>	<i>Llyocypris hanjiangensis</i>	* <i>Discorbis</i> sp	<i>Bythinella hanjiangensis</i>	<i>yihensis</i> (sp nov)	* <i>Leiosphaeridia</i>
		<i>Spirorbis</i> ( <i>Dexaspira</i> )	<i>Hepetocyprilla monospina</i>	* <i>Ammonia</i> sp	<i>Pseudomonica opinia</i>	<i>P. fuzhouensis</i>	<i>Petiastrum</i>
		<i>Jiangsuensis</i> (sp nov)	<i>Sinocypris longa</i>	* <i>Limnismacer</i> (gen et sp nov)	<i>Pachydrobia fossilis</i>	<i>P. fuzhouensis</i>	* <i>Fron ea</i>
阜宁群 (E <sub>1</sub> f <sub>1</sub> )		<i>Spirorbis</i> sp	<i>S. Olliptio</i>		<i>P. gaoyuensis</i>	* <i>Chytroisphaeridia</i>	
		* <i>Teretellidae</i>	<i>Paraucypris privies</i>		<i>P. Lingtangjiaoensis</i>	* <i>Jihudinium</i>	
		<i>Teretella jinhuensis</i> (sp nov)	<i>Maenocypris lepida</i>				
		* <i>Amphicennitidae</i>			<i>Bithynia magna</i> (sp nov)		
					<i>Baicala cylindrical</i> (sp nov)		
					<i>Caspa anfieua</i> (sp nov)		
阜宁群 (E <sub>1</sub> f <sub>1</sub> )		<i>Cypris extenda</i>					
		<i>Parailocypris changzhouensis</i>					
		<i>Cyprinifus changzhouensis</i>					
泰州组 (E <sub>2</sub> )		<i>Disponocypris myndula</i>				* <i>Chytroisphaeridia</i>	
	* <i>Polychaeta</i>	<i>Cypridea vitrea</i>	* <i>Discorbis</i> sp			* <i>Fron ea</i>	
		<i>C. hbesa</i> 等				* <i>Leiosphaeridia</i>	

阜宁组一段古生物组合,介形类仅见该段上部地层,以海安中华金星介 (*Sinocypris haianensis*)—北陵直星介 (*Eucypris beilingensis*)组合为代表,且化石种属单调,丰度低;轮藻类以吴堡扁球轮藻 (*Gyrogona wubaoensis*)—变异培克轮藻 (*Pekichara varians*)—黄尖冠轮藻 (*Stephanochara huangjianensis*)组合为典型代表;孢粉则为小榆粉—漆树孢粉组合,指示属半干旱的中—南亚热带气候,较前一时期气温明显上升。

阜宁组二段古生物组合,介形类以角状纯真星介 (*Homoecypris bucerusa*)—常州似土星介 (*Parailyo-*

*cypris dngzhouensis*)—斜线星玻璃介 [*Candona* (*Lineocypris*) *acclina*]组合,代表该段化石分异度高,除组合分子外,还有网格中华金星介 (*Sinocypris reticulata*)、悦卫星介 (*Moencypris lepida*)等;另外还有多毛纲栖管、有孔虫、鱼和钙质超微化石等多门类化石。

阜宁组三段古生物组合,介形类以沼真星介 (*Eucypris stagnalis*)—平静里海玻璃介 [*Candona* (*Caspiocypris*) *modesta*]—驼盲星玻璃介 [*Candona* (*Typhlocypris*) *gibbosa*]组合为代表,表明似土星介、纯真星介属的消失,中华金星介属种分异度下降,以及

里海玻璃介的出现为特征; 轮藻类以荒漠戈壁轮藻—长形培克轮藻—江苏冠轮藻组合为代表, 该组合从阜二段一直延伸到阜四段, 表明这一组合的分子达到极盛、繁衍时间较长。

阜宁组四段古生物组合, 介形类以膨胀新单角介 (*Nemonoeratina bullala*)—近愉伴玻璃介 [*Cardona* (*Cardona*) *subombibo*]—双瘤小爬星介 (*Herpetyoprella binoda*) 组合为代表, 表示该段以新单角介的快速演化和多种玻璃介伴生为特征; 此外该段还有多毛纲管化石、有孔虫、鱼类和钙质超微化石等多门类生物繁殖与共生。

从上述可以看出, 白垩世泰二段、古新世阜二、阜四段三层段含有有孔虫、多毛虫管、新单角介、沟鞭藻与颗石根藻、六合鲱与洪泽洞庭鳍和腹足类等指示海相或与海有关的多门类生物化石<sup>[8,9]</sup>。多种海相生物出现得如此集中, 层位这样稳定, 分布又十分有序, 表明在晚白垩世、古新世曾与海相通, 并遭受海侵影响。

## 2.1 岩矿方面证据

通过分析确证, 在海侵层位碎屑岩中有原生海绿石。海绿石的形成与分布, 早已被许多沉积学家用现代海洋沉积和古代海相沉积所阐明, 它是在特定的海洋地质条件下形成的少有的指相矿物。古新世阜宁组中的海绿石的特征产状与现代长江口、江浙海岸带中的海绿石相似<sup>[2]</sup>, 分布的层位与上述多种海相生物化石层位相当。另外阜二、阜四段的碳酸盐岩中, 广泛发育泥晶基质为主的白云石类, 在某些孔隙中可见同生、准同生的结晶粗大的“洁净白云石”; 并可见“平头状”纤维方解石, 这些均反映当时的水介质偏碱性, 显示海水与河(湖)水经常交替和相互作用的半咸水或“变盐水”环境。第三, 阜二段方沸石凝灰岩的存在, 以及在空间上有序分布, 同样可说明是海侵影响的产物。

## 2.2 地球化学方面证据

通过对几种微量元素含量测定及其比值的大小<sup>[3]</sup>、碳酸盐岩中碳、氧同位素值的测定及其对 Z 值的计算, 以及对本区难溶组分磷酸盐比值的测定, 均表现出在湖盆明显拉张时期(泰州组二段、阜二与阜四段时期)含盐度显著增高。这种现象又与内陆盐湖盐度增高的现象迥然不同, 如青海湖水体的盐度增高, 是在湖盆的萎缩期; 而盐度降低则是湖盆扩展、淡水注入水体上涨时期。尽管地球化学标志在判别相环境上有许多多解性, 但它显示的古盐度分布特点,

并与其它有关海相标志相结合, 我们也可作为证据判断泰州组二段、阜宁组二、四段沉积时, 水体盐度升高是由海水侵入引起的。上述各种证据表明, 苏北湖盆在形成、演化过程中, 遭受海侵事件的影响是存在的。但亦需注意到, 盆地内代表典型的海相生物门类尚不多; 而陆相的或变异的陆相生物门类多; 海绿石丰度不大, 且古盐度也低于正常海水等。因此, 表明海侵的影响是比较弱的。

## 2.3 古构造背景证据

从晚白垩世晚期起, 中国东部的应力条件有了重要的变化, 引张力占优势, 并在华北—渤海湾、苏北—南黄海和东海陆架区, 发育了一系列为早第三纪巨厚沉积物所充填的半地堑箕状盆地, 尤其是在东海大陆架南部(很可能延续在北部)的年龄为 1680 Ma 年的变质基底上出现了海相早第三纪充填的半地堑<sup>[10]</sup>, 从而形成了由晚白垩世晚期(这时段一般很难同古新世相区分)—早第三纪早期时代最老、海域相对宽阔的古东海盆<sup>[10]</sup>。依据全球海平面变化旋回, 该时期也是地质历史上最大上升期<sup>[11]</sup>, 古东海海平面上升, 将为这时期苏北盆地遭受海侵提供了海水来源或“供水基地”。

## 3 海侵方向和方式的推断

根据苏北盆地构造演化, 三次海侵期也正是发生强烈拉张和沉陷时, 当时苏北—南黄海是统一的大盆地。由陆上部分(即苏北盆地)考察三次海侵期的水体深度、水域的广度以及相带发育与展布看, 盆地东部如海安、盐城一带明显水深(均处于深水—半深水相区), 且从阜二段可能与海水有关的方沸石化凝灰岩层由西向东厚度变大、层数增多、层位变低的趋势, 可以推断苏北当时入侵的海水是由南黄海地区, 其东南侧为由中生代火山弧或岩浆弧组成的福建—岭南隆褶带, 当盆地在晚白垩世—早第三纪时发生拉张—断陷时, 导致盆地基准面不均衡下降为海水侵入创造了有利条件, 而且也海水沿着断谷隘口及港汊狭湾入侵提供了天然通道。古东海的海水有可能通过褶皱带中某些峡口向西侵入该盆地。

有关的海侵方式, 尽管海侵时古东海随着海平面较大幅度上升而盆地扩大, 但碍于当时众多的构造岛堤的阻隔, 海水不可能呈面状或片状(如华北石炭—二叠纪时的陆表海海侵)长驱大面积进入盆地, 而可能沿指状海湾入侵甚至“泛滥”至盆地<sup>[12]</sup>。根据近几年在南黄海区钻遇的相当阜宁组, 不但发现海相新单

角介, 还见多毛纲虫管化石共生, 推断当时南黄海地区, 如相邻的福建——岭南褶皱带在几次海平面上升时期发生严重解体, 其主体部分下降到海平面以下时, 也可形成大型古黄海湾; 几次海平面上升时期仅局部解体呈“栅栏状”或呈多个裂隙狭口, 导致海水进入南黄海地区, 形成指状古黄海湾, 再向苏北盆地入侵。上述两种海侵方式仍有待进一步证实, 但不管哪一种, 均属指状海湾或构造裂缝式入侵方式。

## 4 结论

综上所述, 根据古生物化石以及岩矿和地球化学等的证据综合分析, 苏北盆地在晚白垩世泰州组—古新世阜宁组期间遭受过海侵事件。侵入的方式为指状海湾或构造裂缝式; 断谷隘口及港汊狭湾为海水的入侵提供了天然通道。苏北盆地晚白垩世泰州组—古新世阜宁组沉积时的湖盆环境可称为“近海湖泊”或将海侵层段称“海侵湖泊”, 在此环境下形成了局部泰州组二段、阜宁组二段、四段的暗色烃源岩; 而始新世戴南和三垛组沉积则可统称内陆湖泊和河流冲积平原环境。上述苏北晚白垩世—古新世古湖盆的演化分析, 为研究该盆地以至于南黄海盆地有利的生储盖组合的形成与分布, 进一步指导油气勘探提供了地质依据。

### 参考文献 (References)

- 祝幼华, 杨晓清. 苏北盆地高邮凹陷 D1 井白垩纪—古近纪微体古生物地层及沉积环境. 微体古生物学报, 2004, 21(3): 267-272 [Zhu Youhua Yang Xiaoqing The upper Cretaceous to Paleogene micropaleontological stratigraphy and paleoenvironment of the Well D1 in the Gaoyou depression northern Jiangsu Basin Acta Micropaleontologica Sinica 2004 21(3): 267-272]
- 张国栋, 王慧中. 中国东部早第三纪海侵和沉积环境. 北京: 地质出版社, 1987 [Zhang Guodong Wang Huizhong The East of China Early Tertiary Transgression and Sedimentation Environment Beijing Geological Publishing House 1987]
- 傅强. 微量元素分析在高邮凹陷古近纪湖泊演化中的应用. 同济大学学报, 2005, 33(9): 1219-1223 [Fu Qiang Rare elements utility in paleo-lake evolution and significance of Lower Tertiary Funing Formation Gaoyou Sag Subei Basin Journal of Tongji University (Natural Science), 2005, 33(9): 1219-1223]
- 侯佑堂, 陈德琼, 杨恒仁, 等. 江苏地区白垩纪—第四纪介形类动物群. 北京: 地质出版社, 1982, 1-39 [Hou Youtang Chen Deqing Yang Hengren et al. Cretaceous-Tertiary Ostracode Fauna from Jiangsu Beijing Geological Publishing House 1982]
- 何炎. 苏北早第三纪有孔虫. 古生物学报, 26(6): 721-727 [He Yan Early Tertiary Foraminifer of Subei Basin Journal of Palaeontology 1987, 26(6): 721-727]
- 周山富. 应用孢粉资料探讨苏北白垩—第三纪地壳运动. 石油与天然气地质, 3(3): 275-281 [Zhou Shanfu Discussion on crustal movements in Northern Jiangsu on the basis of spore-pollen Oil & Gas Geology 1982, 3(3): 275-281]
- 钱泽书, 郑亚惠, 宋之琛. 苏北盆地阜宁群孢粉. 古生物学报, 1993, 32(1): 49-63 [Qian Zeshu Zheng Yahui Song Zhichen Spores and pollen grains from Funing Group of North Jiangsu Acta Palaeontologica Sinica 1993, 32(1): 49-63]
- 余素玉. 化石碳酸盐岩. 北京: 地质出版社, 1982 [Yu Shuyun Fossil Carbonate Rock Beijing Geological Publishing House 1982]
- 江华, 林胜春. 泰州组和阜宁组的浮游藻类与油气生成. 小型油气藏, 2004, 9(3): 8-10 [Jiang Hua Lin Shengchun Planktonic algae and hydrocarbon generation in Taizhou and Funing Formation Subei Basin Small Hydrocarbon Reservoirs 2004, 9(3): 8-10]
- 朱夏. 中国中生代沉积盆地. 北京: 石油工业出版社, 1990 [Zhu Xia China Mesozoic Sedimentary Basin Beijing Petroleum Industry Press 1990]
- Vail P R. et al. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. AAPG Memoir 26, 1977, 63-82
- 吉利明, 吴涛, 李林涛. 陇东三叠系延长组主要油源岩发育时期的古气候特征. 沉积学报, 2006, 24(3): 426-431 [Ji Liming Wu Tao Li Lintao Paleoclimatic characteristics during sedimentary period of main source rocks of Yanchang Formation (Triassic) in Eastern Gansu Acta Sedimentologica Sinica 2006, 24(3): 426-431]

# Evidence of Transgression Lake of Subei Basin During Late Cretaceous and Paleocene Epoch and Its Geological Significance

FU Qiang<sup>1</sup> LI Yi<sup>1</sup> ZHANG Guo-dong<sup>1</sup> LIU Yu-rui<sup>2</sup>

(1 State Key Laboratory of Marine Geology Tongji University Shanghai 200092)

2 Geological Scientific Institute Jiangsu Oilfield Branch Company Yangzhou Jiangsu 225009)

**Abstract** Based on the analysis of core of Subei basin during late Cretaceous and Paleocene Epoch, the authors conclude that Subei Basin was linked with the sea and the deposit was affected by transgression. The causes of marine transgression may be the tension power have predominated the ground-stress condition of the east China and develop a series of half graben-like basin which was filled by huge thick sediment of early Tertiary in shelf of Huabei-Bohai gulf, Subei-south yellow sea and East China sea. Consequently, seawater transgresses from East China Sea to yellow sea and connects half graben-like basin on the shelf and sea during short period. During the sediment of late Cretaceous Taizhou Formation and Paleocene Epoch Funing Formation, Subei Basin have formed dark shale containing lots of ostracoda that include predominated whole basin E<sub>1</sub>f<sub>2</sub> Formation and E<sub>1</sub>f<sub>4</sub> Formation and basal K<sub>2</sub>t<sub>3</sub> Formation, which have become main source rocks of the basin. The evidences of paleontology, minerals in rocks and geochemistry can ascertain the environment of lake basin which develops during late Cretaceous and Paleocene Epoch. This environment was generally designated "near sea lake basin" or the layer and member that was transgressed by sea was called "transgression lake basin", whereas which was generally called inland lake and river alluvium plain during sediment of Eocene Dainan Formation and Sanduo Formation. Based on the analysis and sufficiency cognition of Transgression Lake of late Cretaceous and Paleocene Epoch of Subei Basin, the research is important to not only paleogeographic reconstruction of Subei basin during late Cretaceous and Paleocene Epoch but also the comment to make upon development and distribution of the source rocks and potential of oil and gas generation.

**Key words** Subei Basin, late Cretaceous and Paleocene Epoch, transgression lake