

文章编号: 1000-0550(2009) 02-0319-07

# 下扬子地区中二叠世上升流相区古生态学研究<sup>1</sup>

肖传桃<sup>1</sup> 丁静<sup>1</sup> 胡望水<sup>1</sup> 唐友军<sup>1</sup> 吕炳全<sup>2</sup> 柴华<sup>1</sup> 焉飞<sup>1</sup>

(1 长江大学油气资源与勘探技术教育部重点实验室 湖北荆州 434023 2 同济大学海洋与地球科学学院 上海 200092)

**摘要** 首次对下扬子地区中二叠世上升流相区古生态特征进行了研究。将栖霞组划分为 5 个沉积期,并划分了栖霞组各沉积期和茅口期的生物群落,其中本部灰岩段和顶部灰岩段沉积期群落分异较为明显,并阐述了各群落的组成、结构和生态环境。根据群落的组合特征和沉积学特征,在研究区识别出两种生物相类型,即陆棚缓坡底栖型生物相和陆棚盆地浮游型生物相,并论述了生物相与上升流强度之间的关系。最后,分析了上升流对生物古生态特征的控制作用,认为,上升流的发育强度和生物群落的丰度成正相关,而与分异度多成反相关。

**关键词** 上升流 群落 生物相 中二叠世 下扬子地区

**第一作者简介** 肖传桃 男 1965 年出生 教授 地层学及沉积学 E-mail: ctxiao188@yahoo.com.cn

**中图分类号** P534.46 Q911 文献标识码 A

上升流及其沉积物在现代海洋中较为发育,其研究成果非常丰富<sup>[1]</sup>。然而,在古代上升流及其沉积物的研究方面还处于萌芽和探索阶段,其研究成果不仅凤毛麟角<sup>[2-6]</sup>,而且多为资料综述性成果。作者等近期在下扬子地区进行野外地质调查中,首次在下二叠统栖霞和孤峰组中发现了多种类型上升流沉积物<sup>[7]</sup>,该发现不仅填补国际上古代上升流沉积物及其相组合等方面的空白,具有极其重要的科学价值,更重要的是上升流沉积物与烃源岩关系非常密切<sup>[2-6]</sup>,因此,该发现对于下扬子地区油气的进一步勘探与评价具有重要实践意义。

研究区在构造上属于华南板块的东部北缘,或称为下扬子断块或下扬子准地台。下扬子区在古生代基本上连续下沉并接受沉积,形成了较大厚度的沉积地层,仅南京地区整个古生代地层厚度超过 3 km。与北邻的华北板块(或中朝陆块)以及与南面接壤的华夏陆块比较,二叠纪下扬子区的沉降幅度较大。整个二叠纪期间下扬子区除梁山组沉积期为含煤沉积外,基本上处在连续下沉的海洋环境,除龙潭组有海陆过渡相的沉积外,沉积了 200 至近千米的海相岩系。

本次野外工作我们选取了三条有代表性的中二叠统剖面,分别是安徽省宿松县坐山中二叠统剖面、浙江桐庐通天河中二叠统剖面和南京栖霞山大洼中二叠统剖面。以下主要以三条实测剖面为依托,结合

区域地层古生物资料,对研究区中二叠世上升流相古生态特征进行研究,并分析上升流发育强度与古生态特征之间的关系。

## 1 区域地层特征简介

下扬子地区中二叠世地层中,涉及上升流的层序主要为栖霞组和孤峰组,以下简要介绍其地层特征。

### 1.1 栖霞组(P<sub>2</sub>q)

栖霞组在下扬子地区出露齐全,发育良好,根据其岩性及组合特征自下而上可以分为 5 段,即下部臭灰岩段、下部硅质层段、栖霞本部灰岩段、上部硅质层段以及顶部灰岩段,这 5 个岩性段在下扬子区展布比较稳定,以下分述之。

#### 1.1.1 下部臭灰岩段

深灰色中薄—中层微晶生物屑灰岩,局部为粉晶中晶灰岩,含沥青质及硅质团块及结核,厚度 21.0~51.85 m。本段最为稳定,在研究区均有发育,含较多生物化石:笔类有 *Misellina claudiae*, *M. ovalis*, 腕足类有: *Orhotichia chekiangensis*, *Chonetes tenuilirata*, *Acosgrina indica*; 珊瑚有: *Wentzellophyllum* sp., *W. chuoii*, *Cystam ichelinia marginocystosa*, *C. euryformis*, *Liangshanophyllum tseng*, *Protam ichelinia microtoma*, *Neplicatifera sintanensis*, *Schizophoria india*, *Lanoproducetus sinensis* 等。此外,硅质团块中均见有少量海绵骨针。

<sup>1</sup> 国家自然科学基金项目(批准号: 40872099)、中国石油中青年创新基金项目(编号: 07E1026)共同资助  
收稿日期: 2008-04-16 收修改稿日期: 2008-06-13

## 1.1.2 下部硅质层段

本段岩性为灰黑、黑色薄层硅质岩、硅质泥岩、泥灰岩及中薄层生物屑微晶灰岩。本段厚度变化较大, 2.4~33.9 m 不等, 下扬子地区南部发育较好, 下扬子地区北部发育较差。硅质层普遍含有海绵骨针。灰岩中见有珊瑚及苔藓虫化石: *Hayasakaia sichuanensis*, *Cystam ichelinia euryfomis*, *C. resiculasa*, *Maychella* sp。

## 1.1.3 本部灰岩段

灰色、深灰色中—中厚层、厚层生物屑微晶灰岩、夹粉晶—中晶灰岩, 富含隧石结核和团块。本段在下扬子地区很稳定, 厚度 25~75.7 m, 最大达 164.0 m。含有丰富的生物化石。有珊瑚: *Polythecalis yangzeensis*, *P. chinensis*, *P. simplex*, *Hayasakaia tsengi*, *H. perfecta*, *H. yunnanensis*, *Monothecalis wuguishanensis*, *M. leptaseptata*, *Cystam ichelinia regularia*, *C. sichuanensis*, *C. chaoxianensis* 藻类: *Schwagerina chih-waiensis*, *S. pingdingshanensis*, *S. hupeiensis*, *Cancellina neoschwagerinoides*, *Verbeekina grabau*; 腕足类: *Athyris arifomis*, *Rugosochonetes nantanensis*, *Qingbinia dzhangrensis sarytchera*。

## 1.1.4 上部硅质层段

在下扬子地区北部其岩性主要为深灰色薄层硅质岩, 间夹硅质白云岩及灰岩透镜体等, 该段在下扬子地区北部不太发育; 在下扬子地区南部其岩性主要为深灰色薄层硅质岩与灰色薄—中层硅质灰岩互层, 含少量生物化石, 如腕足类: *Punctospirifer* sp., *Phri-codothyris* sp. 等。厚 4.1~20 m, 最大达 46.9 m。

## 1.1.5 顶部灰岩段

主要岩性为灰色中层含硅质团块泥晶—微晶灰岩及白云质灰岩, 厚一般 5.1~15.9 m, 最大达 80 m, 含有藻类: *Parafusulina* sp., *Cancellina* sp. 等。

1.2 孤峰组 (P<sub>2g</sub>)

研究区内孤峰硅质岩出露较差, 主要为一套薄层硅质岩、含炭质、锰质页岩, 及泥质粉砂岩。其岩性大致可分为三部分: 底部为灰黑、黄褐色、暗紫、青灰色薄层泥岩、硅质泥岩、含粉砂质泥岩夹含磷结核。厚 1.98~29.1 m。含菊石: *Aluoceras* sp., *Paragastrioceras* sp., *P. dongwulense*。中部为青灰、深灰、灰黑色薄层硅质岩夹薄层硅质岩及黄绿、暗紫色薄层泥岩。厚 4.1~21.6 m。含菊石: *Aluoceras* sp., *Paragastrioceras* sp.。顶部为暗紫、黄绿、深灰、灰黑色薄层含锰泥岩、硅质泥岩。厚 31.3~72 m。

## 2 上升流相古群落的划分

群落是特定环境中生物的有机组合, 不同的环境中含有不同类型的生物群落。群落是生态地层研究的重要组成部分, 通过群落古生态研究不仅可以恢复生态环境, 而且还可以恢复生态环境演变及盆地古地理特征<sup>[8]</sup>。

研究区内中二叠统生物化石较丰富, 门类有珊瑚、腕足类、藻类、菊石及放射虫等。这些生物门类明显地受沉积环境控制, 体现出与沉积相的一致性。经过识别, 它们基本为原地埋藏化石。本文根据该时期三条实测剖面的生物群落的组合特点、共生生物及沉积学等方面特征, 将本地区中二叠统生物群划分为 7 个群落。以下自老而新介绍这 7 个群落 (表 1)。

## 2.1 栖霞组下部臭灰岩沉积期生物群落

该时期对应的层位相当于栖霞阶, 其中生物化石较为丰富, 主要有腕足类、四射珊瑚、藻类及藻类等。该时期生物生态分异不太明显, 研究区三条实测剖面均发育同一群落, 即 *Orthotichia* (直行贝)—*Polythecalis* (多壁珊瑚) 群落。

*Orthotichia*—*Polythecalis* 群落

该群落主要见于研究区南京栖霞山、桐庐通天河以及安徽坐山剖面栖霞组下部臭灰岩段, 三条剖面均发育较好, 具有以下特征:

组成: 该群落组成有腕足类 *Orthotichia chekiangensis*, *Chonetes cf. soochanensis*, *Martinia* sp., *Squamularia* sp., *Spinmarginifera* sp., *Marginifera typic*, *Lino-productus* sp.; 珊瑚: *Polythecalis* sp., *Paracania* sp., *Michelinia* sp., *Cystam ichelinia* sp., *Protam ichelinia* sp.; 藻类: *Nankinella* sp., *Sphaerulina* sp., *Schwagerina* sp., *Eoparafusulina bellula*, *Pseudofusulina* sp.; 藻类: *Pseudovemporella sodalica*, *Pseudovemporella* sp., *Missia* sp., *M. cf. cornuta*, *Gymnocodium cf. hortubelensis* G. sp., *Sinoporella* sp. 等。

结构: 在本群落中, 以 *Orthotichia* 和 *Polythecalis* 占优势, 为优势分子, 其丰度约为 30%~40%, 其中, 前者同时为遍布分子, 它们均营底栖固着方式生活, 以滤食为捕食方式。 *Squamularia* 为特征分子。本群落中, 藻类较发育, 主要起着营养链作用, 可以给底栖生物 (珊瑚、腕足类及藻类) 提供氧份。本群落的分异度 (生物多样性) 较高。

生态环境分析: 本群落中, 营底栖固着生活的生物 (珊瑚、腕足类及部分藻类) 约占 50%, 其次为底栖

表 1 上升流相区生物群落划分

Table 1 Subdivision of organic community in upwelling phase region

地区		南京栖霞山	安徽坐山	浙江通天河
时代				
茅口期 (孤峰期)		<i>Aludoceras</i> (阿尔图菊石) — <i>Follicularia</i> (拂利可虫) 群落		
祥播期	顶部灰岩期	<i>Parafusulina</i> (拟纺锤筴) — <i>Cancellina</i> (格子筴) 群落		<i>Parafusulina</i> (拟纺锤筴) — <i>Cancellina</i> (格子筴) 群落
	上部硅质层期	<i>Punctospirifer</i> (疹石燕) — <i>Phricodothyris</i> (纹窗贝) 群落		
	本部灰岩期	<i>Morticulifera sinensis</i> (中国群山贝) — <i>Schwagerina</i> <i>chhsiaensis</i> (栖霞希瓦格筴) 群落		<i>Verbeekina</i> (费伯克筴) — <i>Parafusulina</i> (拟纺锤筴) 群落
	下部硅质层期	<i>Marginifera</i> (围脊贝) 群落		
栖霞阶	下部灰岩期	<i>Orthotichia</i> (直行贝) — <i>Polythecalis</i> (多壁珊瑚) 群落		

移动的筴类等,且本群落多以较完整形式保存,但其岩石属泥晶胶结,岩石类型有具微细层理的泥晶灰岩、含硅质结核、条带状泥晶灰岩等,灰岩颜色呈黑色,普遍含沥青质,因此,该群落代表的生态环境大致位于相对宁静贫氧的上升流较微弱的陆棚浅海上部区域。

## 2.2 栖霞组下部硅质层沉积期生物群落

此时期生物化石较少,仅在南京栖霞山剖面产有少量生物化石,主要有腕足类、介形虫和腹足类。可以构成一个生物群落,即 *Marginifera* (围脊贝) 群落。

### *Marginifera* 群落

本群落主要见于研究区下部硅质层段,以南京栖霞山剖面发育最好,桐庐通天河以及安徽坐山剖面化石较稀少,具有以下特征:

组成: 该群落组成有腕足类 *Marginifera obscura*, *Chonetes* sp; 介形虫: *Amphissites* sp, *Kirkbya* sp, *Bairdia* sp; 腹足类: *Callistadia* sp 等。

结构: 在本群落中,以 *Marginifera* 占优势,其丰度约为 20% ~ 25%,营底栖固着方式生活,以滤食为捕食方式。*Amphissites* 为特征分子,营底栖游移方式生活。本群落的分异度较低,生物丰度较高。

生态环境分析: 本群落中,营底栖固着生活的生物(腕足类)约占 30%,其次为底栖移动的介形虫及腹足类等,多以较完整形式保存,岩石类型主要为具微细层理的薄层泥晶灰岩与薄层硅质层互层等。上述特征表明,该群落代表的生态环境大致位于相对宁静的上升流较微弱的陆棚浅海斜坡区域。

## 2.3 栖霞组本部灰岩沉积期生物群落

该时期生物化石很丰富,主要有腕足类、四射珊

瑚、筴类及藻类等。该时期生物出现了一定的分异,南京栖霞山和安徽坐山剖面发育 *Morticulifera sinensis*—*Schwagerina chhsiaensis* 群落,浙江桐庐通天河剖面发育 *Verbeekina*—*Parafusulina* 群落。

### 2.3.1 *Morticulifera sinensis*—*Schwagerina chhsiaensis* 群落

该群落主要见于南京栖霞山和安徽坐山剖面本部灰岩段中,具有以下特征:

组成: 该群落组成有腕足类: *Morticulifera sinensis*, *Phricodothyris* sp, *Araxathyris* sp, *Marginifera typica*, *Punctospirifer* sp, *Cleiothyridina* sp, *Urushenia cf crenulata*, *Acosarina* sp, *Haydenella* sp; 珊瑚: *Polythecalis* sp, *Paracaninia* sp; 筴类: *Parafusulina* sp, *Schwagerina* sp, *S. chhsiaensis*, *S. cf chhsiaensis*; 藻类: *Sinoporella* sp, *Pseudovemiporella sodalica*, *Pseudovemiporella* sp, *Missia* sp, *M. cf cornuta*, *Gymnocodium cf hortubelensis* G. sp.; 有孔虫: *Padongia perforata*, *Cribrogenerina obesa*, *C. pemixa*, *Deckerella cucumis*, *Nodosaria viriosa*, *Nodosaria sumatrensis*, *Hanigordius duplicatus*, *Nodosaria nethajawi subquadrata*, *Neodiscus maopingensis* 等。

结构: 在本群落中,以 *Morticulifera* 和 *Schwagerina* 占优势,为优势分子,其丰度约为 25% ~ 30%,其中,前者营底栖固着方式生活,以滤食为捕食方式。后者营底栖移动方式生活。本群落中,藻类较发育,起着营养链作用,可以给底栖生物(珊瑚、腕足类及筴类)提供氧分。本群落的分异度(生物多样性)较高。

生态环境分析: 本群落中,营底栖固着生活的生物(珊瑚、腕足类及部分藻类)约占 30% ~ 40%,其次

为底栖移动的**筳**类及有孔虫等,且本群落多以较完整形式保存,岩石类型有具微细层理的泥晶灰岩、含硅质结核、条带的泥晶灰岩、薄层硅质层及含云质灰岩等,上述特征表明,该群落代表的生态环境大致位于相对宁静的上升流较微弱的碳酸盐台地—陆棚斜坡中。

### 2.3.2 *Verbeekina*—*Parafusulina* 群落

此群落主要见于浙江桐庐通天河本部灰岩段,具有以下特征:

组成: 该群落组成主要为**筳**类: *Verbeekina grabaui*, *Parafusulina* sp., *Yangchienia iniqua*, *Cancellina schellwieni*, *Staffella* cf. *moellerana*, *Nankinella inflata*, *N. orbicularia*, *Pseudoliolina* sp. 等。

结构: 在本群落中,以 *Verbeekina* 和 *Parafusulina* 占优势,为优势分子,其丰度约为 25% ~ 30%,它们均营底栖移动方式生活。本群落的分异度较高,但其它门类生物较少,可能与含有较多硅质团块有关。

生态环境分析: 本群落中,营底栖生活的生物占 100%,且本群落多以较完整形式保存,岩石类型有为含硅质结核、条带的泥晶灰岩。综上所述,本群落代表的生态环境大致位于相对宁静的上升流较微弱的碳酸盐台地—陆棚斜坡中。

### 2.4 栖霞组上部硅质层沉积期生物群落

此时期生物化石较少,仅在南京栖霞山剖面产有少量生物化石,主要有腕足类、介形虫和腹足类。可以构成一个生物群落,即 *Punctospirifer* (疹石燕)—*Phricodothyris* (纹窗贝) 群落。

#### *Punctospirifer*—*Phricodothyris* 群落:

该群落主要见于南京栖霞山上部硅质层中,具有以下特征:

组成: 该群落组成有腕足类: *Punctospirifer* sp., *Cleiothyridina* sp., *Phricodothyris* sp., *Araxathyris* sp., *Marginifera typica*; 珊瑚: *Paracaninia* sp.; **筳**类: *Parafusulina lungtanensis*, *P. chehiangensis*, *P. guatemalaensis* 等。

结构: 在本群落中,以 *Punctospirifer* 和 *Phricodothyris* 占优势,为优势分子,其丰度约为 25% ~ 30%,其中,它们营底栖固着方式生活,以滤食为捕食方式。本群落的分异度较低—中等,丰度较高。

生态环境分析: 本群落中,营底栖固着生活的生物(珊瑚、腕足类)约占 30% ~ 40%,其次为底栖移动的**筳**类等,属于典型底栖型生物群落,且本群落多以较完整形式保存,岩石类型为薄层硅质层与硅质白云

岩互层等。上述特征表明,该群落代表的生态环境大致位于相对宁静的上升流较微弱的陆棚浅海上部区域。

### 2.5 栖霞组顶部灰岩沉积期生物群落

该时期生物化石较少,仅在浙江桐庐通天河和南京栖霞山剖面产有少量生物化石,主要有**筳**类。可以构成一个生物群落,即 *Parafusulina* (拟纺**筳**)—*Cancellina* (格子**筳**) 群落。

#### *Parafusulina*—*Cancellina* 群落:

此群落主要见于浙江桐庐通天河顶部灰岩段,具有以下特征:

组成: 该群落组成主要为**筳**类: *Verbeekina grabaui*, *Cancellina neoschwagerinoidea*, *Nankinella orbicularia*, *Parafusulina multiseptata*, *Yangchienia* sp. 等。

结构: 在本群落中,以 *Parafusulina* 和 *Cancellina* 占优势,为优势分子,其丰度约为 25% ~ 30%,它们均营底栖移动方式生活。本群落的分异度较高,但其它门类生物较少,可能与含有较多硅质团块有关。

生态环境分析: 本群落中,营底栖生活的生物占 100%,且本群落多以较完整形式保存,岩石类型有为含硅质结核、条带的泥晶灰岩。综上所述,本群落代表的生态环境大致位于相对宁静的上升流较微弱的碳酸盐台地—陆棚斜坡中。

### 2.6 孤峰期生物群落

该时期生物化石主要以放射虫和菊石大量发育,在研究区均有分布,可建立一个生物群落,即 *Aludoceras*—*Follicucullus* 群落。

#### *Aludoceras*—*Follicucullus* 群落

该群落主要见于研究区孤峰组中,具有以下特征:

组成: 该群落组成有菊石: *Aludoceras* sp., *A. zitelii*, *Chekingoceras carinatum*, *Tongluceras lengwuensis*, *Daubichites* sp., *Kufengoceras* sp., *Damatoceras* sp., *Paragstrioceras* sp., *P. artolobatum* 等; 放射虫: *Pseudopalaelella longtanensis*, *P. fusiformis*, *Hegleria mamilla*, *Follicucullus monacanthus*, *F. scholasticus*, *Ruzhencevisponus uralicus* 等; 腕足类: *Neoplicatfera huangii*; 珊瑚: *Allotrypophyllum* sp., 苔藓虫: *Fenestella* sp.

结构: 在本群落中,以 *Aludoceras* 和 *Follicucullus* 占优势,为优势分子,其丰度约为 35% ~ 45%,其中,前者营游泳方式生活,后者营浮游方式生活。腕足类 *Neoplicatfera* 为本群落的偶见分子,营底栖固着方式生活。本群落的分异度中等,丰度较高。

生态环境分析: 本群落中, 营游泳及浮游方式生活的生物(菊石、放射虫)约占 75% ~ 85%, 其次为底栖固着方式生活的腕足类、珊瑚及苔藓虫等, 且本群落多以较完整形式保存, 岩石类型有具薄层硅质岩、硅质页岩、炭质页岩及少量泥质灰岩夹层或透镜体等。综合生物生态特征及岩相特征可知, 该群落代表的生态环境大致位于相对宁静的上升流较活跃的陆棚盆地区域。

### 3 生物相特征

生物相是指能反映特定古环境的生物生态总貌和沉积特征的组合。生物相及其分区的研究不仅在提高地层的划分与对比精度、重建古环境、恢复盆地古地理特征以及指导油气勘探具有较重要的作用, 而且对洲际性的生物区系、古生物地理特征以及海平面变化的研究具有重要的意义。在生物群落划分和研究基础上, 根据其沉积特征的组合情况, 本文将上升流相的生物相划分为两大类型, 即陆棚缓坡底栖型生物相和陆棚盆地浮游型生物相(表 2)。

#### 3.1 陆棚缓坡底栖型生物相

该类生物相主要发育于研究区栖霞组中, 代表陆棚浅海环境, 由于水体较浅, 盐度正常, 除少量浮游藻类外, 以发育底栖型生物为主, 如腕足类、珊瑚、筴类、藻类、腹足类、有孔虫较为发育。在泥晶灰岩中, 生物的分异度很高, 生物门类呈多样化发展, 且以底栖生态型为主, 生物的丰度低—中等; 在硅质层段中分异度低, 而丰度较高。分异度和丰度的这种变化现象反映了在硅质层发育的层段, 上升流的强度明显加大,

而在含硅质条带泥晶灰岩较发育的层段中, 上升流强度相对较弱。本生物相代表性生物群落有 *Orthotichia*(直行贝)—*Polythecalis*(多壁珊瑚)群落、*Margifera*(围脊贝)群落和 *Phricodothyris*(纹窗贝)—*Parafusulina*(拟纺锤筴)群落(图 1)。

#### 3.2 陆棚盆地浮游型生物相

此类生物相主要发育于研究区孤峰组中, 代表陆棚盆地环境, 由于水体相对较深, 含氧量较少, 以发育黑色硅质岩、硅质页岩及炭质页岩沉积, 除灰岩夹层中产少量底栖型生物化石外, 以发育浮游型、游泳型

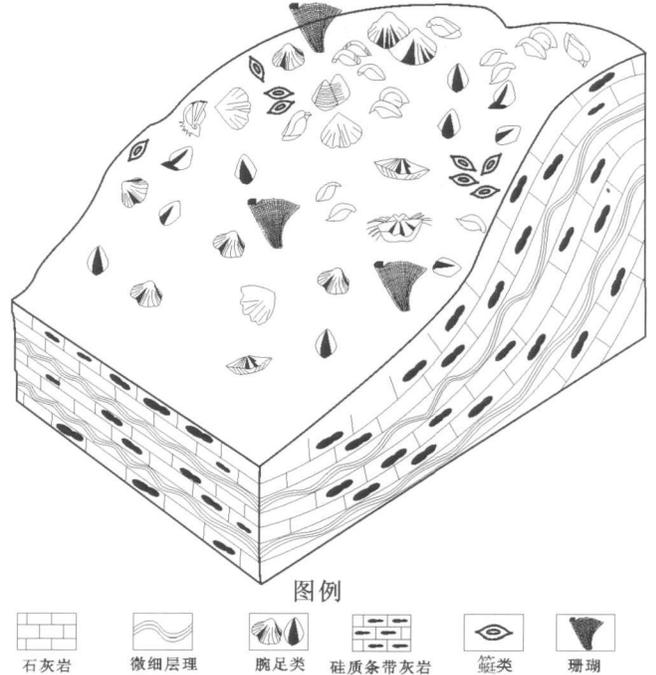


图 1 陆棚缓坡底栖型生物相

Fig 1 Benthonic type of bifacies in mid shelf slope

表 2 上升流相区生物相模式及特征

Table 2 Bifacies model and their characteristics in upwelling phase region

生物相特征	陆棚缓坡底栖型生物相	陆棚盆地浮游型生物相
生物类别	腕足类、珊瑚、筴类、藻类、腹足类、有孔虫	菊石、放射虫、腕足类、珊瑚、苔藓虫
生态类型及百分比	底栖固着 30% ~ 50%; 底栖移动 40% ~ 60%; 浮游型 10%	浮游型 75% ~ 85%; 底栖型 15% ~ 25%
属种分异度(多样性)	灰岩中: 高; 硅质层段: 低	低—中等
生物丰度(某种生物的多少)	低—中等(硅质层段: 高)	高
典型群落	<i>Orthotichia</i> — <i>Polythecalis</i> — <i>Margifera</i> ; <i>Punctospirifer</i> — <i>Phricodothyris</i> 群落	<i>A ludoceras</i> (阿尔图菊石)— <i>Follicucullus</i> (佛利可虫)群落
产化石岩性	泥晶灰岩为主、薄层硅质岩	硅质岩、硅质页岩
对应沉积相	陆棚斜坡	陆棚盆地
上升流总体强度	中—低	高
层位	栖霞组	孤峰组

生物为主,如放射虫、菊石较为发育。总体生物的分异度低—中等,生物的丰度则较高,反映了在该组沉积时期,上升流的强度较大。而在泥晶灰岩夹层中,上升流强度相对较弱。本生物相代表性生物群落为 *Aludoceras*(阿尔图菊石)—*Follicucullus*(拂利可虫)群落(图 2)。

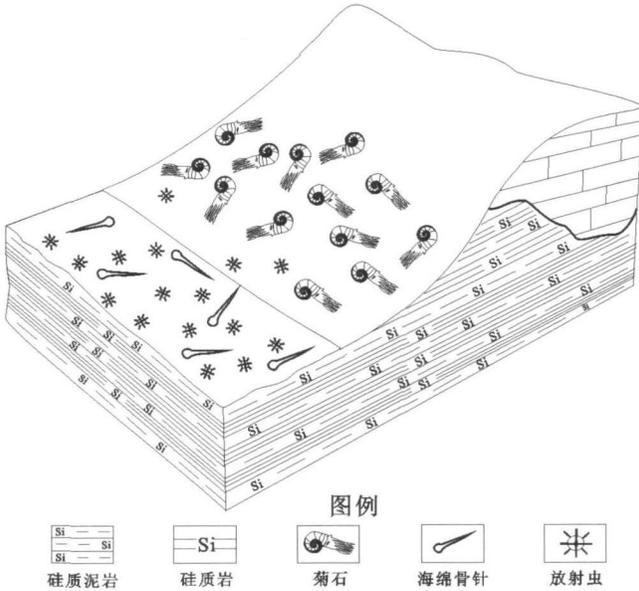


图 2 陆棚盆地浮游型生物相示意图

Fig 2 Planktonic of biofacies in shelf basin

## 4 上升流对生物古生态特征的控制作用

上升流是大洋中下层海水在各种因素作用下,升到海洋表面而形成的一种洋流。上升流中多含有丰富的养份,因此,会带来浅水区表层生物的繁荣,特别是浮游生物和游泳生物的繁荣。硅质生物发育是上升流区特征之一,现代台湾浅滩南部上升流区有大量较低温型硅藻发育<sup>[9]</sup>,它们死亡后,以硅藻土、硅质薄层等形式沉积下来,经脱水、成岩后,形成硅质薄层和硅质结核等。上升流强度大的区域多形成黑色薄层硅质岩、硅质页岩、黑色炭质页岩等沉积,造成缺氧事件沉积,抑制了碳酸盐的沉积;而上升流强度较弱或间歇性发育的上升流区域,多形成含硅质条带或结核的碳酸盐岩沉积。

研究区中二叠世栖霞组和孤峰组古生态特征研究表明,在含硅质条带的泥晶灰岩中,生物群落的分异度较高,但丰度较低或中等,硅质沉积物含量少,反映了间歇性上升流作用的结果,发育了底栖型生物群落,如 *Orthotichia*(直行贝)—*Polythecalis*(多壁珊瑚)

群落和 *Punctospirifer*(疹石燕)—*Phricodothyris*(纹窗贝)群落。而在硅质薄层较发育的层段或硅质薄层与泥晶灰岩互层层段,生物群落的分异度较低,但丰度较高,硅质沉积物含量增高,反映了上升流明显加强的现象,发育了底栖型 *M arginifera*(围脊贝)群落。而在硅质岩、硅质页岩和炭质页岩密集发育的孤峰组,生物群落的分异度较低,但丰度高,反映了由于强上升流持续作用,而导致缺氧事件的发生,致使底栖型生物难以生存,以发育浮游型生物群落为特征,如 *Aludoceras*(阿尔图菊石)—*Follicucullus*(拂利可虫)群落。

## 参考文献 (References)

- 1 Staresinic N, Parignon J, Gagosian R B. Downward transport of particulate matter in the Peru coastal upwelling: Role of the Anchoveta, *Engraulis ringens*[C]// Thiede J, Suess E. Coastal upwelling. New York and London: Cooperation with NATO Scientific Affairs Division, 1981: 225-240
- 2 吕炳全, 瞿建忠. 下扬子地区早二叠世海进和上升流形成的缺氧环境的沉积[J]. 科学通报, 1989, 34(22): 1721-1724 [Lv Bingquan, Qu Jianzhong. Sedimentation of anoxic environments under transgression and upwelling process in Early Permian in Lower Yangtze area[J]. Chinese Science Bulletin, 1989, 34(22): 1721-1724]
- 3 吕炳全, 孙志国. 海洋环境与地质[M]. 上海: 同济大学出版社, 1997: 179-183 [Lv Bingquan, Sun Zhiguo. Marine Environment and Geology[M]. Shanghai: Tongji University Press, 1997: 179-183]
- 4 胡望水, 吕炳全, 王红罡, 等. 扬子地块东南陆缘寒武系上升流沉积特征[J]. 江汉石油学院学报, 2004, 26(4): 9-11 [Hu Wangshui, Lv Bingquan, Wang Honggang, et al. Characteristics of upwelling sedimentation in Cambrian in southeast margin of Yangtze Plateau[J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 2004, 26(4): 9-11]
- 5 吕炳全, 胡望水, 王红罡, 等. 华北地块中—上元古界上升流沉积相及其与油气的关系[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2005, 25(3): 83-88 [Lv Bingquan, Hu Wangshui, Wang Honggang, et al. Neoproterozoic-Mesoproterozoic upwelling facies and its relationship with hydrocarbon in North China[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2005, 25(3): 83-88]
- 6 吕炳全, 王红罡, 胡望水, 等. 扬子地块东南古生代上升流沉积相及其与烃源岩的关系[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2004, 24(4): 29-35 [Lv Bingquan, Wang Honggang, Hu Wangshui. Relationship between Paleozoic upwelling facies and hydrocarbon in southeastern marginal Yangtze Block[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2004, 24(4): 29-35]
- 7 肖传桃, 卢俊, 胡望水, 等. 安徽宿松地区中二叠统上升流沉积的发现及其岩相组合类型[J]. 石油天然气学报, 2008, 30(6): 19-23 [Xiao Chuantao, Lu Jun, Hu Wangshui, et al. The discovery of Middle Permian upwelling sediments and the lithofacies association of upwelling facies in Susong area of Anhui Province[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2008, 30(6): 19-23]

8 肖传桃, 李维峰, 胡明毅. 江汉盆地早三叠世生态地层学及古地理特征 [J]. 沉积学报, 1997, 15(1): 85-91 [Xiao Chuantao, Li Weifeng, Hu Mingyi. Early Triassic ecostratigraphy and palaeogeographic character of Jianghan Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1997, 15(1): 85-91]

9 冯季芳. 闽南—台湾浅滩渔场浮游植物种类组成和数量分布 [C]

// 闽南—台湾浅滩渔场上升流生态系统研究. 北京: 科学出版社, 1991: 388-406 [Feng Jifang. Composition and distribution of species on phytoplankton in Minnan Taiwan Bank fishing ground [C] // Minnan-Taiwan Bank Fishing Ground Upwelling Ecosystem Study. Beijing: Science Press, 1991: 388-406]

## A Study on Palaeoecology in Upwelling Phase Region of Middle Permian in the Lower Yangtze Area

XIAO Chuantao<sup>1</sup> DING Jing<sup>1</sup> HU Wangshu<sup>1</sup> TANG Youjun<sup>1</sup>

LV Bingquan<sup>2</sup> CHAI Hua<sup>1</sup> YAN Fei<sup>1</sup>

(1 Key Laboratory of Exploration Technologies for Oil and Gas Resources (Yangtze University), Ministry of Education, Jingzhou Hubei 434023

2 School of Ocean & Earth Science, Tongji University, Shanghai 200092)

**Abstract** The authors firstly make a study on Palaeoecology in upwelling phase region of Middle Permian in the Lower Yangtze area. The Qixia Formation is divided into five sedimentary ages and the organic communities are recognized in this paper; at the same time, compositions, structures and ecologic environments are also discussed. Based on the analysis of characters of community association and deposition, two kinds of biofacies are recognized, namely benthonic biofacies of shelf gulf and planktonic biofacies of shelf basin; the relationship between biofacies and intensity of upwelling current is elucidated in the paper. Finally, the analysis of the control of upwelling current on palaeoecologic features demonstrates that the intensity of upwelling current corresponds to abundance of organic community and discords from diversity.

**Key words** upwelling current, community, biofacies, Middle Permian, lower Yangtze region