

从鄂西二叠纪碳酸盐岩微相探讨 有孔虫的生态环境

杨振强 林甲兴

(宜昌地质矿产研究所)

鄂西二叠纪的有孔虫类极为丰富,几乎产于各类碳酸盐岩中。其系统演化快,地理分布广,因此对其生态环境的研究,对于恢复古海域各种沉积环境,具有较大的意义。

我国对二叠纪有孔虫的研究多则重于分类学和各地层单位中有孔虫组合特征及其地层学意义方面,而对有孔虫生态还很少有系统的研究。傅瑜(1979)应用有孔虫和藻类分布特征探讨四川盆地阳新世沉积条件就是一种尝试。笔者拟从碳酸盐岩岩石学、岩相古地理学、化石岩石学等方面入手,通过对碳酸盐岩微相环境的分析,与碳酸盐岩中的有孔虫组合特征及其形态结合起来,探讨二叠纪有孔虫的生态环境。

一、分布特征

本文涉及的碳酸盐岩和有孔虫(包括瓣类和瓣非瓣有孔虫),分布于湖北兴山南部、秭归北部、长阳、宜都及湖南石门、澧县等地区。本区二叠系基本上属同一沉积相区,在垂直剖面上或横向上地层的沉积层序及相类型相同。

根据本区二叠纪地层的研究,上二叠统包括长兴组及吴家坪组,下二叠统包括茅口组及栖霞组。长兴组厚10—65米,产 *Ziguiella*, *Palaeofusulina sinensis* Sheng, *P. pseudoprisca* (Colani), *P. simplicata* Sheng 等瓣类,其中 *Ziguiella* 产于本区长兴组最上部外,其余都是我国华南长兴期典型的化石,瓣非瓣有孔虫以 *Robuloides acutus* Reichel, *Robustopachyphloia iniqua* (Lin) 等为代表,也是长兴期重要化石。吴家坪组厚19—44米,产以 *Codonofusiella* 为代表的瓣类动物群,相当于华南吴家坪期的 *Codonofusiella* 带,瓣非瓣有孔虫主要产 *Pseudotrictix* 等。上二叠统在本区除吴家坪组底部以硅质岩、硅质灰岩为主外,主要发育一套生物粉屑泥晶灰岩-泥晶生物碎屑灰岩,夹藻灰岩。下二叠统茅口组厚50—230米,可分为两个岩性段。上段称粘土岩段,厚约1米,在秭归新滩一带主要岩性为粘土岩夹硅质岩或生物粉屑微亮晶灰岩透镜体,后者产 *Yabeina* 等瓣类,粘土岩中则产瓣非瓣有孔虫 *Pachyphloia*; 在宜都、长阳、石门及澧县一带则相变为炭硅质泥岩及少量粘土岩,产 *Aliudoceras* 等菊石,或相变为粘土岩及煤层。茅口组下段称茅口灰岩段,自上而下分别产以 *Yabeina*, *Neoschwagerina* 和 *Chusenella conicocylindrica* Chen 等为代表的瓣类动物群,瓣非瓣有孔虫也十分丰富,茅口期的典型代表主要有 *Hemigordiopsis orientalis* (Wang et

Sun), *Multidiscus robustatus* Lin 等。本段岩性几乎均为生物碎屑灰岩。栖霞组厚150—258米, 上段称栖霞灰岩段, 其上部以瘤状生物碎屑灰岩和亮晶砂屑灰岩为主, 夹薄层钙质泥岩, 含我国华南栖霞期末以 *Verbeekina grabau* (Thompson et Foster) 为代表的筵群; 下部夹多层藻灰岩, 含江南古陆以北栖霞期中期的 *Nankinella orbicularia* 筵带。栖霞灰岩段中的非筵有孔虫以丰富的 *Eolasiiodiscus*, *Neodiscus maopingensis* (Wang et Sun) 为特征, 在湘、鄂、粤、桂诸地区分布颇广。栖霞组下段称为马鞍段, 厚1—30米, 按岩性可分为两部分: 下部以碎屑岩类为主, 夹煤层, 产植物化石或植物炭化碎屑。上部以海相钙质泥岩为主, 夹生物碎屑灰岩透镜体, 产有孔虫 *Padangia* 等, 属种单调, 此外还含有丰富的介形虫、腕足类等。

从上述地层及有孔虫类的概述, 可以看出, 该区有孔虫的垂直分带性十分迅速, 对地层的划分和对比起着重要的作用。此外通过笔者研究, 发现有孔虫类对环境的反应也十分灵敏, 在不同时期或同期异相中均具不同的有孔虫组合。

表1 鄂西二叠纪沉积相、主要岩石类型及有孔虫地质分布简表

Table 1 Summarized geological distribution of the sedimentary facies, the primary petrographic types and the foraminifera from the Permian in western Hubei

表1-a 晚二叠世

(Table 1-a; Late Permian)

地 层	沉积相	主要岩石类型	代 表 性 筵 类	代表性非筵有孔虫	其它化石及生物碎屑
上 二 叠 统	长 水 陆 棚	泥晶生物碎屑骨针岩	<i>Palaeofusulina</i>	<i>Pachyphloia</i>	腕足类, 珊瑚, 海绵骨针, 头足 类
		泥晶生物粉屑灰岩	<i>Ziguiella</i>	<i>Nodosaria</i>	
			<i>Codonofusiella</i>	<i>Robulooides</i>	
		7.85米		<i>acutus</i> Reichel	
				<i>Robustopachyphloia</i>	
	藻 泥 丘	藻 灰 岩	<i>Codonofusiella</i>	<i>Fronicularia</i>	藻, 少量珊瑚
		1.66米		<i>Robulooides gouri-</i> <i>siensis</i> Reichel	
吴 家 坪 组	深 水 陆 棚	泥晶生物粉屑灰岩	<i>Palaeofusulina</i>	<i>Pachyphloia</i>	棘皮动物, 海绵 骨针, 绿藻屑及 其他生物碎屑
		生物粉屑泥晶灰岩	<i>Codonofusiella</i>	<i>Nodosaria</i>	
		泥晶生物碎屑灰岩	<i>Reichelina</i>		
		骨针岩			
		含完整化石生物碎 屑灰岩	<i>Codonofusiella</i>	<i>Pseudotristix</i>	腕足类, 珊瑚
		74.5米	<i>Reichelina</i>		

表1—b 早二叠世晚期

Table 1—b: Late Lower Permian

地层	沉积相	主要岩石类型	代表性蠕类	代表性非蠕有孔虫	其它化石及生物碎屑	
下 二 叠 统	粘 土 岩 段	泻 湖	粘土岩夹生物粉屑 微亮晶灰岩透镜体 1米	<i>Yabeina</i>	<i>Pachyphloia</i>	
			亮晶生物砂屑灰岩 亮晶球(团)粒灰岩 亮晶虫藻灰岩 亮晶蠕灰岩	<i>Yabeina</i> <i>Colania</i> <i>Neoschwagerina</i> <i>Sumatrana</i> <i>Verbeekina</i>	<i>Cribrogenerina</i> <i>Climacammina</i> <i>Globivalvulina</i> <i>Pachyphloia</i>	红藻, 绿藻, 管壳 石, 棘皮动物, 双 壳类
	茅 岩	滩	34.7米	<i>Kahlerina</i>	<i>Geinitzina</i> <i>Glomospira</i> <i>Dagmarita</i>	
			藻泥丘	泥晶藻灰岩 15.7米	<i>Schwagerina</i>	<i>Pachyphloia</i>
	口 灰 岩	深 水	生物粉屑灰岩 泥晶生物碎屑灰岩 骨针岩	<i>Schwagerina</i> <i>Chusenella</i> <i>Rugosochusenella</i> <i>Kahlerina</i>	<i>Cribrogenerina</i> <i>Climacammina</i> <i>Neoendothyra</i> <i>Hemigordiopsis</i> <i>orientalis</i> (Wang et Sun)	海绵骨针, 介形类, 苔藓虫及其他生物碎 屑
			71.5米		<i>Multidiscus</i> <i>robustatus</i> Lin	
		棚 岩	生物碎屑泥晶灰岩 泥晶生物灰岩 生物粉屑灰岩 19.4米	<i>Chusenella</i> <i>Schwagerina</i>	<i>Pachyphloia</i> <i>Geinitzina</i>	腕足类, 珊瑚, 棘皮 动物, 海绵, 介形类, 双壳类
			南沙浅滩	亮晶球(团)粒灰岩, 亮晶砂屑灰岩, 生物 粉屑亮晶灰岩, 亮晶 藻灰岩 5.5米	<i>Pseudodoliolina</i>	<i>Pachyphloia</i> <i>Nodosaria</i>
	组 段	深 水 陆 棚	生物屑泥晶灰岩, 生 物碎屑灰岩, 泥晶生 物碎屑灰岩, 泥晶生 物灰岩 25.8米	<i>Schwagerina</i>	<i>Padangia</i>	介形虫, 双壳类, 苔 藓虫, 腕足类, 珊瑚, 棘皮动物, 绿藻
			藻泥丘	泥晶(红)藻灰岩 藻灰岩 34.2米	<i>Schwagerina</i> <i>S. pseudocompacta</i> <i>Sheng</i>	<i>Pachyphloia</i> <i>Neogeinitzina</i>

表 1—c 早二叠世早期
Table 1—c: Early Lower Permian

地 层	沉积相	主要岩石类型	代 表 性 蠕 类	代表性非蠕有孔虫	其它化石及生物碎屑	
下 二 叠 统	栖 岸 陆 棚	生物碎屑泥晶灰岩	<i>Verbeckina</i>	<i>Geinitzina</i>	腕足类, 棘皮, 双壳类, 介形虫等多种生物骨屑和绿藻	
		泥晶生物碎屑灰岩 含生物泥晶灰岩	<i>grabau</i> (Thompson et Foster)	<i>Pachyphloia</i> <i>Padangia</i>		
			52.9米	<i>Schwagerina</i> <i>Schubertella</i>	<i>Nodosaria</i> <i>Cribrogenerina</i> <i>Climacammina</i>	
	潮 汐 浅 滩	亮晶虫藻灰岩, 亮晶球(团)粒灰岩, 亮晶	23米	<i>Sphaerulina</i> <i>Nankinella</i>	<i>Pachyphloia</i> <i>Nodosaria</i> <i>Globivalvulina</i>	各种藻屑, 棘皮动物, 腕足类
	灰 棚	近 岸 陆 棚	生物碎屑泥晶灰岩	<i>Nankinella orbicularia</i> Lee <i>Pisolina</i> <i>Sphaerulina</i>	<i>Neodiscus maopingensis</i> (Wang et Sun)	红藻屑, 介形虫, 苔藓虫, 珊瑚, 腕足类, 三叶虫, 腹足类, 棘皮动物
			泥晶生物碎屑灰岩 含生物泥晶灰岩		<i>Eolasiodiscus</i> <i>E. medius</i> Wang <i>Cribrogenerina</i> <i>Climacammina</i>	
			7.26米			
	岩 段	潮 间 坪	叶状藻灰岩	12.2米	<i>Nankinella</i>	<i>Eolasiodiscus</i> <i>Nodosaria</i> <i>Padangia</i>
藻 泥 丘		泥晶藻灰岩, 藻灰岩	2.8米	<i>Nankinella</i>		裸松藻科, 介形虫, 棘皮, 腕足类
组	近 岸 泻 湖	含粉屑泥晶灰岩	9.2米	<i>Nankinella</i>	<i>Eolasiodiscus</i> <i>Nodosaria</i> <i>Padangia</i>	介形虫, 蠕孔藻屑, 腕足类, 棘皮
	藻 泥 丘	泥晶藻灰岩, 藻灰岩	7米	<i>Nankinella</i>		裸松藻科, 介形虫, 三叶虫, 棘皮
	泻 湖	砂岩、泥岩夹煤层及顶部泥岩夹生物碎屑灰岩透镜体	2.5米	无	<i>Padangia perforata</i> Lange <i>Nodosarai</i> sp.	介形虫, 腕足类

二、岩石类型

二叠纪有孔虫绝大多数保存于碳酸盐岩中。本区碳酸盐岩绝大部分为颗粒小于2毫米的异地或原地沉积,包括颗粒岩-泥岩等三大类。颗粒类型为生物屑、球(团)粒和粒屑。

1. **颗粒岩** 根据颗粒的成分,还可分为:

a. 叶状藻灰岩——叶状藻、裸松藻为主要颗粒成分。伴生有孔虫、介形虫、藻钙球、苔藓虫、三叶虫及腕足类骨屑。生物骨屑占80%以上,平行层理排列,为颗粒支撑结构类型,有机质和泥质胶结。

b. 亮晶球(团)粒灰岩和亮晶砂质灰岩——前者颗粒成分以球(团)粒占优势,后者以磨圆的球(团)粒、有孔虫及藻屑等组成。胶结物均为亮晶方解石。当有孔虫和藻屑占优势时,则为亮晶有孔虫藻灰岩,当瓣类含量大于50%时为亮晶瓣灰岩。

2. **泥质颗粒岩** 根据粒屑成分,可分为泥晶生物(屑)灰岩和泥晶藻灰岩。前者具有多门类的生物碎屑;后者生物多由红藻类裸松藻科(主要是*Permocalculus*)和绿藻类粗枝藻科组成,藻节片保存完好,占生物骨屑的2/3以上,是一种特殊的岩石类型。均为泥晶方解石胶结。

3. **颗粒质泥岩** 生物碎屑构成岩石的颗粒成分。按粒屑和泥晶的含量分为生物(屑)泥晶灰岩和含生物(屑)泥晶灰岩。其中还可分出具有较明显指相意义的含完整化石生物碎屑泥晶灰岩和钙质海绵骨针泥晶灰岩(或为泥晶骨针岩)。

三、水能量类型

有孔虫的生态环境与沉积环境中水体的能量关系十分密切。因此碳酸盐岩的水能量分类对于有孔虫生态环境的分析颇为重要。本区碳酸盐岩的研究首先考虑经过搬运的颗粒成分含量与方解石基质之间的比值(即GMR系数),其次为波浪、水流对泥质的冲刷筛选作用(即亮晶方解石的比例大于泥晶方解石)。本区碳酸盐岩的水能量可分为四级,即:静水类型(I)、间歇动荡水类型(II)、弱动荡水类型(III)和中等动荡水类型(IV)。

四、与有孔虫共生的生物组合性质

有孔虫在碳酸盐岩中绝大多数情况下与其它生物群密切共生。因此与有孔虫共生的其它生物群生态环境的分析,对有孔虫的生态环境的研究乃是重要的辅证。有孔虫与其它共生生物组合的特征,包括生物的种类、数量、壳体大小、保存程度及其生态,对于综合考虑有孔虫生态环境是极为重要的生物因素标志,以恢复古海水的含盐度、深度、透光性和水流强度。

根据碳酸盐岩中生物化石微相的研究,本区生物存在原地埋藏和异地埋藏群。茅口组上部的双壳类介屑灰岩以及长兴组、茅口组或栖霞组中的藻灰岩,均属原地埋藏群。这种以单类型生物为主的生物组合,即分别是双壳类或藻类构成生物的主要成分。藻灰岩泥晶基质多,构成基底式胶结类型。

异地埋藏群代表水动力较强条件下的生物组合。化石壳经常遭受一定程度的解体、磨蚀和分选。碳酸盐岩基质多为粉屑，代表波基面以上和潮汐带附近的沉积条件。根据生物类群对环境的适应性，还可分为：

a.少类型生物组合 主要有叶状藻、红藻节片、介形虫和有孔虫。有少数窄盐度的生物（如三叶虫）混入。为近潮间带的生物概貌。以钙质海绵骨针含量较多的类型，则为较深水的潮下低能环境。

b.多类型生物组合 这一类型为本区二叠纪较常见，各类生物均十分繁盛，棘皮动物骨板、腕足类壳和刺、苔藓虫、三叶虫、腹足类、双壳类、介形虫、海绵硬体、绿藻及红藻节片等构成岩石的粒屑部分。代表海水含盐度正常条件下广海环境的陆棚海域。根据浮游生物的多寡，还可大致分出较深水的陆棚环境。

五、碳酸盐岩微相和有孔虫生态分析

根据鄂西地区大量野外资料和近2000片岩石薄片的研究，我们划分出6个相类型和10个微相类型（图1）。这些微相类型包括从潮上带、潮间带至潮下带。

1.深水陆棚

代表这一相带的碳酸盐岩包括三种微相。

a.微相1——钙质海绵骨针岩：钙质海绵骨针为岩石中主要的生物组成，混入少量腕足类、海百合茎、海胆刺、介形虫等。绿藻含量很少，属少类型生物组合。为静水广海沉积。

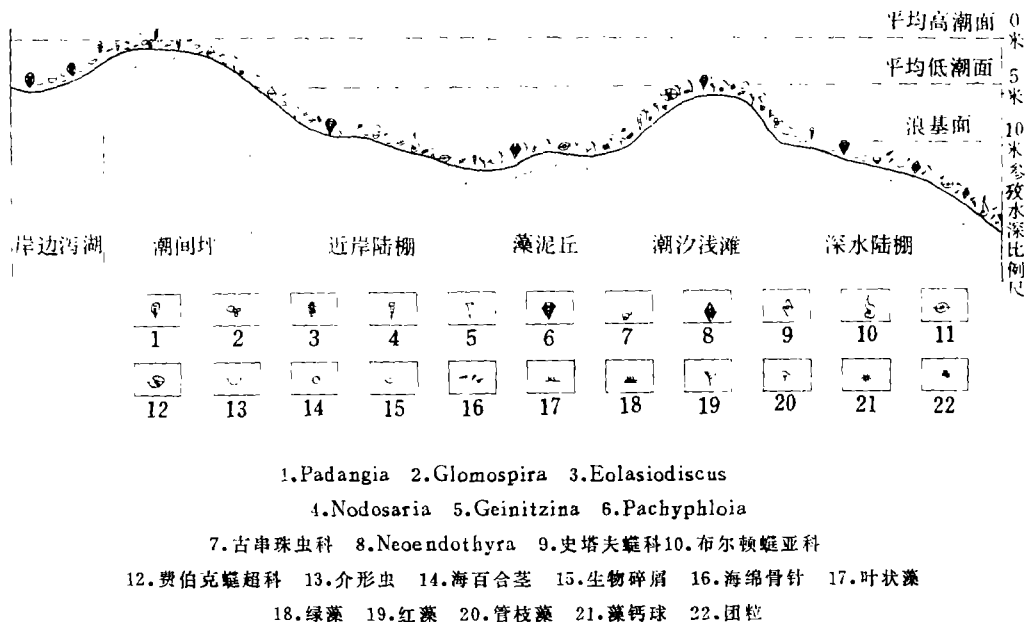


图1 鄂西二叠纪碳酸盐岩相变化示意图

Fig. 1 Generalized variation of carbonate facies of Permian in western Hubei

(Showing foraminifers in facies belts)

b.微相 2 ——混入生物粉屑灰岩和生物粉屑泥晶灰岩(图版 1, 1):生物粉屑和小骨针为岩石中的主要生物成分,混入腕足类等其他生物碎片。还见有少量底栖的苔藓虫。

c.微相 3 ——生物碎屑泥晶灰岩至泥晶生物碎屑灰岩(图版 1, 2)。生物碎屑颗粒主要为腕足类、棘皮骨片、藻屑等碎片及球(团)粒屑。见有广海的大化石如菊石、海绵等。粒屑含量变化很大,泥晶胶结。上述生物碎片主要来自藻泥丘或潮汐浅滩向深海一侧,由于动荡水的搅动,后于静水环境中沉积下来,即形成所谓“侧翼层”。

上述三种微相主要分布于本区的长兴组、吴家坪组的大部分及茅口组灰岩段中部。属静水条件下的广海深水陆棚沉积。在鄂西地区代表二叠纪时期水体较深的沉积相,其泥质成分较高,生物碎屑细小,伴有浮游的菊石及海绵骨针丰富为特征,藻类稀少以至消失。

在这个相带内,有孔虫的类群十分丰富,经研究绝大多数有孔虫壳均未经搬运和遭受磨蚀。其中,筳类化石在晚二叠世以 *Ziguiella*, *palaeofusulina* 和 *Codonofusiella* 等最为丰富;早二叠世晚期则以 *Schwagerina*, *Chusenella*, *Rugososchwagerina* 等为主及一定数量的 *Kahlerina*, *Hubeiella* 和少量 *Rauserella*, *Boultonia* 等。*Ziguiella*, *Palaeofusulina* 的壳体小、壳壁薄,但具有排列十分紧密的隔壁褶皱支撑较薄的壳壁以抗深水条件下水静压力较强的条件,以适应水体较深、食物来源较少及透光性较弱的环境。*Codonofusiella* 则除其壳体微小来适应上述环境外,最后半壳圈伸展不包卷来摄取来源稀少的食物。早二叠世晚期的 *Schwagerina*, *Chusenella*, *Rugososchwagerina* 等具有较大的壳体,但早期部分壳圈包卷极紧、轴积发育;晚期壳壁明显增厚并具蜂巢层构造以及十分发育的隔壁褶皱,显然和较大的水静压力条件下生存有密切关系。*Boultonia* 和 *Palaeofusulina* 的壳体性质相似;*Kahlerina* 的球形壳体和 *Reicherina* 及 *Hubeiella* 均具凸镜形外壳等,也都和适应较深水条件下的较大水静压力有关。非筳有孔虫在本相带特别繁盛的有壳内次生沉积物十分发育的 *Neoendothyra*、盘形壳体壳侧壁加厚的 *Robuloides* 和直列式壳侧壁加厚明显的 *Pachyphloia*, *Robustopachyphloia* 以及壳壁双层式具较厚的纤维状构造层的 *Cribrogenina*, *Climacammina* 和 *Nodosaria* 等。这些类型在壳体特征上都存在上述加固壳壁的构造,显然起着抗水静压力的作用。

总之,由于深水陆棚相具有很小的水动力条件,但水深度要比潮汐浅滩等相带要大,因此水静压力也大,一些厚壳壁类型、具有加固壳壁构造的壳壁类型和藉于加强壳体其它特征类型的有孔虫类才能得以生存和繁衍。相反,一些薄壳类型的非筳有孔虫,如 *Dagmarita*, *Fronicularia* 等则得不到发展。

2. 近岸陆棚相

本相带属正常浅海区上的浅水碳酸盐岩沉积环境,包含了三种微相类型:

a.微相 4 ——泥晶生物碎屑灰岩(图版 1, 3)。粒屑为各种广海性底栖生物骨骸和碎片,还具完整或不完整的藻节片。绿藻类较多,显示浅水性。泥质增加时,红藻节片也略有增多。属弱至中等动荡水能量类型。

b.微相 5 ——生物碎屑泥晶灰岩或生物碎屑微晶灰岩。各种生物碎片呈棱角状至次

棱角状，分选性差。泥晶方解石基质胶结。没有占优势的生物组合，但棘皮动物骨板和腕足类壳屑较为常见，藻屑极少。为盐度正常的近岸陆棚静水沉积类型。

c. 微相 6——完整化石生物屑泥晶灰岩。保存有较完整的腕足类、双壳类等许多底栖、固着生物为该微相的主要特点，多属原地埋藏生物体。暗色灰泥成分中则常混入分散的生物碎屑。碎屑明显增加时，则形成生物碎屑灰岩。这种微相类型形成于浪基面以下，水能量属静水至间歇动荡水类型。

沉积物的性质和古生物组合特点表明上述三种微相为潮下近岸海域，是一种开阔的平坦水域，经常处于波基面上下，水能量约为 I—II 级。

由于处于波基面附近，因此水体具有一定程度的动力，同时又受到水静压力的影响，一些适应性较强的筳类，如 *Nankinella*, *Pisolina*, *Sphaerulina* 及 *Verbeekina* 等凸镜形、球形壳体或者壳体微小的 *Schubertella* 则得到繁衍。非筳有孔虫以壳壁明显加厚的 *Pachyphloia*、壳壁多层式以加固壳壁的 *Padangia* 和具纤维状构造的 *Cribrrogenina*, *Climacammina*, *Geinitzina* 和 *Nodosaria* 等也得以生存和发展；此外壳壁三层构造的 *Globivalvulina* 数量也较多。

与有孔虫共生并具有指示环境意义的是出现大量绿藻类粗枝藻科的节片。大都保存完好。其中主要有 *Atractyliopsis*, *Eogoniolina*, *Gyroporella*, *Macroporella*, *Physoporella*, *Epimastopora*, *Pseudovermiporella*, *Vermiporella* 及 *Poilaiporella* 等。其中以 *Gyroporella*, *Macroporella* 及红藻类的 *Permocalculus* 等最为常见。此外还有 *Osagia* 及 *Tubiiphytes*。其他动物碎屑都是广海性的，如棘皮动物骨板、广海分布的腕足类、腹足类、苔藓虫和三叶虫等。

关于绿藻的生态环境，Flügel (1977) 认为，原地富集的粗枝藻植群广泛分布于现代热带和亚热带的近岸海洋环境中。大部分现代粗枝藻似乎喜欢浅的具有障壁的水体。而多样化的粗枝藻组合则多栖居于开阔海陆棚处。根据本区这一相带中大量绿藻类的发现以及绿藻类粗枝藻科局限生长深度的推测，该环境最大深度约为 12—15 米，海水清澈，透光性较好。

3. 潮汐浅滩（或潮汐砂坝）相

本相带仅有一种微相。微相 7——亮晶球（团）粒或亮晶砂屑灰岩（图版 I，4）。灰色、浅灰色，厚层至巨厚层状。暗色泥晶方解石球（团）粒约占颗粒成分的一半以上，并与泥晶化的生物碎屑、藻屑或有孔虫混合而成。见有绿藻类粗枝藻科和红藻类的 *Ungdarella* 和其它藻类如 *Tubiiphytes* 等。颗粒的磨圆度好，分选性中等至良好，粒度一般为 0.2—2.0 毫米不等。藻钻孔和“泥晶套”现象较普遍。胶结物为亮晶方解石。若颗粒变细，泥晶方解石成分增多则相变为暗色团粒灰岩。在潮上带（或局部静水环境）则相变为生物粉屑微亮晶灰岩（图版 I，5）。岩石特征表明，这种微相形成于浅水，为中等动荡水类型（类型 IV）。主要见于本区茅口组灰岩段上部及下部的中部和栖霞组灰岩段中段的顶部（层位见表 1）。

潮汐浅滩相带一般位于陆棚（台地）边缘向广海一侧。水体浅而流畅，水深一般 1—5 米左右，盐度正常。由于海浪和潮汐的作用强烈，灰泥质成分往往被簸选，水体清澈，生物颗粒常受到滚动磨损。食物来源丰富，水浅而阳光充足。这些条件使筳壳中壳

体大而笨重,具有发育的拟旋脊或副隔壁的类型特别繁衍于这一相带中,如 *Yabeina*, *Neoschwagerina*, *Colania*, *Sumatrina*, *Pseudodoliolina* 和 *Verbeekina* 等。大量壳体大筵类的富集和食物来源丰富关系比较密切,而发育的拟旋脊和副隔壁则使壳壁大大加固,以经受浪击和潮汐水流的影响。非筵有孔虫在这一相带中则盛极一时,最繁衍的是一些具有壳壁较厚的 *Pachyphloia* 以及壳壁具纤维状构造以加固壳体的 *Cribrogenerina*, *Climacammina* 和 *Nodosaria* 等,次之为 *Geinitzina* 和 *Globivalvulina*。由于食物来源丰富、阳光充足也导致其它一些有孔虫生存(表2),但主要生活于本相带相对较稳定的低凹地带,由于不十分稳定的水动力条件,壳体经常随波逐流而发生迁移,因而有孔虫动物大量属种在这一相区中可同时发现。

与有孔虫类共生的藻类,主要由树枝状的 *Ungdarella*、红藻类的 *Permocalculus* 以及众多的绿藻类粗枝藻科的叶状体(主要为 *Gyroporella* 和 *Eogoniolina*)。生物碎片中以棘皮动物骨片特别常见;其它生物碎屑上隐藻泥晶包壳或泥晶化强烈。结壳状的 *Tubiiphytes* 在这一环境中异常丰富,它为二叠纪常见的生物,常被认为是藻类,并常常构成生物丘或在礁体中起粘结岩的作用。但一些研究者持不同认识,认为是一种钙质海绵幼体。但无论如何,它是一种浅水广海标志生物体则是毫无疑问的。

4. 藻泥丘相

微相8——岩石类型为藻灰岩-泥晶藻灰岩(图版1,7)。红藻类裸松藻科(主要为 *Permocalculus*)相当丰富,还具少量粗枝藻科节片,保存完好,约占生物骨屑的2/3以上。含丰富的有机质,岩石颜色则呈暗灰-灰黑色。有时泥质偏高,藻节片约占岩石的40%左右。有时海百合茎骨片增多,代替了藻节片而形成海百合灰岩。水能量类型为I—II级,属静水类型向间歇动荡水类型过渡。

在古地理位置上,藻泥丘可能孤立于近岸陆棚中或潮汐浅滩相毗连的潮下低能带。因此原地生长的红藻特别繁盛,水体盐度正常,与外海连通性很好。但水能量低,泥质成分显著增高而水体混浊,透光性相对较弱,因而红藻类丛生。虽然这一相带食物丰富,一些有孔虫类虽然能得以生存,但却很少有繁衍的类群。其中早二叠世早期初仅有史塔夫筵科的少量 *Nankinella* 为代表。早二叠世晚期也以适应性较强的希瓦格筵科中的属较为丰富。晚二叠世则以适应摄取食物而最外壳圈展开的 *Codonofusiella* 得致繁衍。非筵有孔虫类的情况和筵类大致相似,其类群较潮汐浅滩要少得多,也很少有特别繁盛的属种,其中相对略多的只有 *Pachyphloia* 等。这些特点和混浊的水体密切相关的。

藻类的生态完全符合上述特点。这一海域由于静水而混浊阳光不很充足,使绿藻类相对减少,而吸收蓝光和绿光作为光合作用的红藻类大量繁殖,红藻片一般较大,保存自形,为原地埋藏特征。绿藻类少,仅有少量 *Vermiporella* 和 *Pseudovermiporella* 的代表。根据藻类生存的特征,这一相带水能量较低(I—II级),水深大致10米左右。

5. 潮间坪

微相9——叶状藻灰岩(图版I,图6)。生物骨屑约占80—90%以上,其中以红藻类裸松藻科和绿藻类松藻科的叶状藻占优势,藻钙球和介形虫壳也很常见。生物骨片在岩层中的排列具有一定的方向性,其长轴大致平行层面,排列十分紧密。有机质和腐泥质胶结,颗粒支撑结构类型。上述特征表明这种微相不是潮下沉积而是潮间带的产

表 2 鄂西二叠纪有孔虫及其生态环境分布简表

Table 2 Summarized distribution of the foraminifera and its ecologic environment of the Permian in western Hubei

表 2-a 非旋有孔虫

(Table 2-a; Non-fusuline foraminifera)

化石名称	沉积相					
	近岸泻湖	潮间坪	近岸陆棚	潮汐浅滩	藻泥丘	深水陆棚
<i>Glomospira</i>		■		■		
<i>Ammodiscus</i>						
<i>Dagmarita</i>				■		
<i>Fotuberitina</i>						
<i>Neotuberitina</i>				■		
<i>Geinitzina</i>			■	■		■
<i>Neogeinitzina</i>					■	
<i>Padangia</i>	■	■	■			
<i>Pachyphloia</i>			■	■		■
<i>Robustopachyphloia</i>						
<i>Deckerellina</i>						
<i>Deckerella</i>						
<i>Palaeotextularia</i>						
<i>Climacammina</i>			■	■		■
<i>Cribrogenerina</i>			■	■		■
<i>Tetrataxis</i>						
<i>Globivalvulina</i>			■	■		
<i>Valvulinella</i>						
<i>Baisalina</i>						
<i>Neoendothyra</i>						■
<i>Eocrstellaria</i>						
<i>Robuloides</i>						■
<i>Neodiscus</i>	■		■			
<i>Multidiscus</i>						
<i>Neoarchaediscus</i>						
<i>Brunsia</i>		■				
<i>Eolasiiodiscus</i>		■				
<i>Hemigordiopsis</i>						
<i>Hemigordius</i>			■			
<i>Agathammina</i>						■
<i>Nodosaria</i>	■	■	■	■		■
<i>Pseudoglandulina</i>						
<i>Fiondicularia</i>						

表 2-b 笔 类
(Table 2-b: Fusulinid)

化石名称	沉 积 相					
	近岸泻湖	潮间坪	近岸陆棚	潮汐浅滩	藻泥丘	深水陆棚
<i>Reichelina</i>						——
<i>Schubertella</i>			——			
<i>Boultonia</i>						
<i>Codonofusiella</i>			——		——	——
<i>Palaeofusulina</i>					——	——
<i>Ziguiella</i>						——
<i>Yangchienia</i>			——			
<i>Hubeiella</i>			——			——
<i>Kahlerina</i>				——		——
<i>Rauserella</i>						
<i>Pseudofusulina</i>			——			
<i>Schwagerina</i>			——		——	——
<i>Rugosochusenella</i>						
<i>Chusenella</i>			——			——
<i>Rugososchwagerina</i>						——
<i>Verbeekina</i>			——	——		
<i>Pseudodoliolina</i>				——		
<i>Neoschwagerina</i>				——		
<i>Yabeine</i>				——		
<i>Colania</i>				——		
<i>Sumatrina</i>				——		
<i>Pisolina</i>			——			
<i>Sphaerulina</i>			——	——		
<i>Nankinella</i>		——	——			
<i>Mufushanella</i>		——				
<i>Leeella</i>				——		

注：粗线示 4 个种以上，标本数 10 个以上，中等粗线示种 2—3 个，标本数 3—9 个，细线示 仅见 1 个种，标本在 2 个以下。

物，潮下生长的大量藻节片被潮汐水带到潮间带定向排列的沉积。水能量类型为Ⅰ—Ⅱ级，属间歇动荡水至弱动荡水类型。

潮间坪相仅发现于栖霞组下部近马鞍煤系的层位，可能属煤盆地接受海浸时岸边的潮间碳酸盐岩沉积。在沉积过程中受到近岸潮汐、波浪甚至于淡水的影响。

筳类化石在该相带里以生态环境适应性较强的 *Nankinella* 占优势。非筳有孔虫则以 *Eolasiodiscus*, *Glomospira* 及 *Nodosaria* 最繁盛，次之为 *Padangia*。其中 *Eolasiodiscus* 的个体特别丰盛，其壳体很小，扁盘形，外壁具厚的透明纤维状结构；*Glomospira regularis* Lipina 为该环境中唯一的种，个体极多，管状房室绕旋规则而紧密，壳壁也较厚；*Nodosaria* 则为壳表具纵肋的种群；*Padangia* 壳壁厚，具多层状结构。这些有孔虫类以各种方式加固壳体的特征和适应水流搅动，或者与水体周期性动荡环境密切相关的。鄂西地区栖霞组中的潮间坪相的有孔虫组合和邻近地区的四川东北部及中部华莹山地区称为球旋虫 (*Glomospira*)——始毛盘虫 (*Eolasiodiscus*) 组合 (C 组合) 的沉积相十分相似。

与有孔虫动物共生的其它生物体有藻钙球，一般认为藻钙球是一种藻类孢子或生殖体，大都产于局限性的浅水环境中。还有较丰富的壳面多数具网孔或瘤状体的介形类，也是用以适应动荡水的特征。在这个相带中腕足类、双壳类及苔藓虫等则因为环境的影响而壳体普遍变小。

6. 局限性岸边泻湖相

代表这种盐度不正常的近岸静水环境，仅见于茅口组顶部粘土岩段、栖霞组灰岩段底部局部以及马鞍段。碳酸盐岩微相10——粉砂质泥晶灰岩 (图版 I, 8)，以泥晶方解石为主，陆源的石英粉砂约10—40%。粒度一般为0.036—0.05毫米，磨圆度差，均匀分布或沿层面分布。生物主要为薄壳介形类，腕足类和苔藓虫碎片。同时含 *Tubi phytes*, *Fermi porella* 和 *Osagia* 纤细的节片或残片。

本区局限性岸边泻湖相是在煤盆地接受海浸的初期形成的，时间较短暂，受淡水的影响，陆源粉砂和泥质的掺合作用较强，盐度不正常，狭盐度的生物生存受到限制。非筳有孔虫或筳类属种均十分单调，但个别种属却相对繁衍，反映了非正常盐度有孔虫生存的特点。其中 *Padangia perforata* Lange 特别丰富，其壳壁多层状结构而厚，用以适应不正常盐度的环境，同时还有抗砂、泥质的作用。筳类化石仅见为数不多的 *Nankinella*。藻类数量和属种也相当单调，其中 *Osagia* 个体也很小，它常栖居于近岸静水暖流的环境中。介形虫在本相带虫壳体分离现象较普遍。此外还有腕足类壳、刺和苔藓虫碎片。生物组合的总貌反映淡化浅水环境，深度仅数米。

鄂西地区二叠纪有孔虫各种生态环境的分布列于表2，供研究参考。

(收稿日期1982年9月23日)

参 考 文 献

- 傅瑜, 1979, 应用有孔虫及藻类分布特征探讨四川盆地二叠纪阳新世沉积条件, 中国微体古生物学学会第一次学术会议论文选集, 科学出版社, 19—25页。
- 中南地区区域地层表编写组, 1974, 中南地区区域地层表, 地质出版社, 116—168页。
- 湖北省地质局三峡地层研究组, 1978, 峡东地区震旦纪至二叠纪地层古生物, 地质出版社, 95—

108, 277—291页。

林甲兴, 1980, 论加罗威蕨 (*Gallowayinella*) 的时代及其地层意义, 中国地质科学院院报, 宜昌地质矿产研究所分刊, 第一卷, 第2号。地质出版社。37—45页。

郝诒纯、林甲兴, 1982, 论粤、桂、湘、鄂二叠纪有孔虫的组合特征, 地球科学——武汉地质学院学报, 1982年1期(总16期)。19—34页。

余素玉, 1982, 化石碳酸盐岩。地质出版社。91—98页。

J.L.威尔逊, 1975, 地质历史中的碳酸盐相(中译本)。地质出版社, 146页。

戴永定等, 1977, 生物化石钙质结构构造分类与演化。地质科学, 第3、4期, 221—235页, 355—362页。

Riuji Endo, 1969: Fossil algae from the Khao Phlong Phrab District in Thailand. *Geology and Paleontology of Southeast Asia*, Vol. 7, University of Tokyo Press, Tokyo.

Johnson J.H., 1963: Pennsylvanian and Permian algae. *Quarterly of the Colorado School of Mines*, Vol. 58, No. 3. P. 143—199.

Flügel E., 1977, Unenvironmental models for Upper Paleozoic benthic calcareous algae communities, in book: *Fossil algae*,

INTERPRETING ECOLOGIC ENVIRONMENT OF FORAMINIFERA FROM THE CARBONATE MICROFACIES OF PERMIAN IN WESTERN HUBEI

Yang Zhenqiang

Lin Jiaying

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources)

Abstract

The Permian carbonate rocks are widespread in western Hubei. Apart from some clastic rocks at the bottom of Qixia Formation or at the top of Maokou Formation, most of them are carbonate deposits in which abundant foraminifera can be found.

According to the origin-textural types carbonate rocks, index of water energy, and other biological assemblages associated with benthos foraminifera, the carbonate rocks can be subdivided into the following 6 types of facies as well as 10 types of microfacies (Fig. 1):

a. Deep shelf

It includes 3 types of microfacies (Plate 1, 2). This facies is rich in argillo-calcareous composition and small bioclasts with pelagic fauna, e.g. ammonite, sponge-spiculite. Algae are scarce. Among foraminifera, the type of deep water such as *iguiella*, *Palaeofusulina*, *Codonofusiella* (P_2), and *Schwagerina*, *Chusenella*, *Rugos-oschwagerina* (P_2^1), are predominant.

b. Near shore shelf

It contains 3 types of microfacies (Plate, 3). Sedimentary property and fossil

assemblage show a lowtide open sea area near shore. There appear abundant green algae (Dasycladaceae). Adaptable fusulina such as *Nankinella*, *Pisolina*, *Sphaerulina* and *Verbeekina*, as well as non-fusuline foraminiferas such as *Pachyphloia*, *Padangia*, *Cribrogenerina*, *Climacammia* and so on.

c. Tide shoal

The type of rock is pelsparite (Plate 4, 5) with red algae and green algae. This facies is formed in a lowtide high-energy and shallow water belt with normal salinity. Fusulina specially thrive on, such as *Yabeina*, *Neoschwagerina*, *Colania*, *Sumatrana*, *Pseudoliolina*, *Verbeekina* and so on. Non-fusuline foraminiferas, *Pachyphloia*, *Cribrogenerina*, *Climacammia* and *Nodosaria* are the most.

d. Algal mud mound

Algal limestone and micrite algal limestone are common types of carbonate rocks (Plate 7). Red algal *Gymnocodiaceae* is well developed, while foraminifera has seldom grown to a thrifty colony, in which a few of *Nankinella* of *Staffellidae* are representative in early Lower Permian, and the genus of *Schwagerina* are abundant in Late Permian. *Codonofusiella* flourish in the Upper Permian.

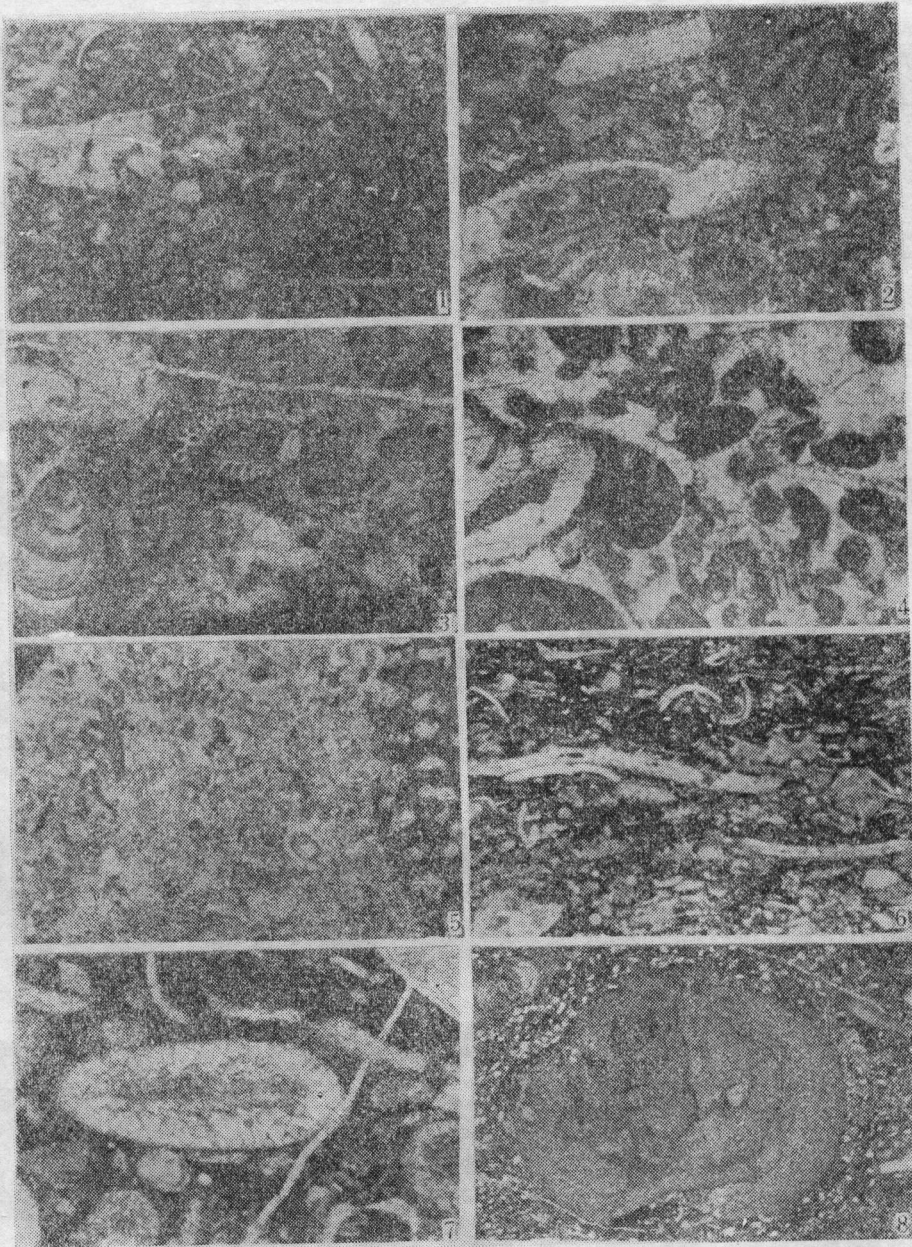
e. Intertidal flat

The phylloid algal limestone is a representative of this facies (Plate 6). *Nankinella* is an adaptable fusulina to ecologic environment and becomes more prevalent. Non-fusuline foraminiferas including *Eolasiiodiscus*, *Glomospira* and *Nodosaria* are the most abundant, the next is *Padangia*.

f. Restricted lagoon

The rock type is silty micrite (Plate, 8). The fossils consist of fragmental and scattered ostracodes, brachiopods, bryozoans as well as *Tubiphytes*, *Vermiporella* and *Osagia*. The species of non-fusulina or fusulina is simple, in which *Padangia Perforata* Lange are specially abundant. Only few *Nankinella* can be formed, which belongs to fusulina.

The ecologic environment of foraminiferas is interpreted by means of studying on Permian carbonate microfacies and analysing their own architecture and morphologic function in this area. It is suggested that the foraminifera of Permian has not only obvious succession on vertical section, but is sensitive to living environment as well. There appear different units of foraminifera to various environments.



1.微细生物粉屑灰岩,深水陆棚环境,微相 2,秭归新滩,上二叠统长兴组。2.泥晶生物碎屑灰岩,深水陆棚环境,微相 3,秭归新滩,上二叠统吴家坪组。3.泥晶生物碎屑灰岩,近岸陆棚环境,微相 4.秭归新滩,下二叠统栖霞组。4.亮晶球(团)粒灰岩,潮汐浅滩,微相 7 秭归新滩,下二叠统茅口组。

5.生物粉屑微亮晶灰岩,中下部为红藻 *Ungdarella* 的藻节片,右边为 *Yabcina* 壳体的一部分。潮汐浅滩潮上带,微相 7 秭归新滩,下二叠统茅口组顶部粘土岩层所夹的灰岩凸镜体。6.叶状藻灰岩,由红藻类裸松藻科和绿藻松藻科的叶片组成。藻泥丘上的潮间坪,微相 9。秭归新滩,下二叠统栖霞组灰岩。7.藻灰岩保存完好的红藻和绿藻节片。中间为 *Permocalculus* 藻泥丘环境,微相 8。秭归新滩,下二叠统茅口组。8.粉砂质泥晶灰岩,中央为一个 *Tubiphytes* 上方为 *Padangia*。白色小点为石英。局限泻湖环境,微相 10。秭归新滩,下二叠统栖霞组灰岩段。