

文章编号: 1000-0550(2006) 02-0242-09

华南地区奥陶纪头足类生物相及其分区

肖传桃^{1,2} 龚文平² 罗顺社² 何幼斌² 李艺斌²

(1. 中国地质大学地球科学学院 武汉 430074; 2 长江大学地球科学学院 湖北荆州 434023)

摘要 在研究华南地区奥陶纪头足类生态特征基础上, 根据头足类的生态类型及其保存条件等特征, 识别出 18 个头足类生物相, 即开阔台地 *Proterocameroceras* 生物相, 局限台地 *Pseudoectenolites*-*Xiadongoceras* 生物相, 开阔台地 *Retroclitendoceras*-*Pararetroclitendoceras* 生物相, 开阔台地 *Pronajoceras*-*Managoceras* 生物相, 陆棚斜坡—盆地 *Cyclostomiceras*-*Bactroceras* 生物相, 开阔台地 *Cameroeras*-*Cyrtovaginoceras* 生物相, 开阔台地 *Coreanoceras*-*Manchuroceras* 生物相, 陆棚斜坡—盆地 *Kapingoceras*-*Kymnoceras* 生物相, 内陆棚 *Bathmoceras*-*Protocycloceras* 生物相, 中部陆棚 *Dileoceras*-*Ancistroceras* 生物相, 深水陆棚 *Lituites*-*Cyclolituites* 生物相, 滞流盆地 *Lituites*-*Trilacinceras* 生物相, 深水盆地 *Pamendoceras*-*Sacrhoceras*, 深水陆棚 *Sinoceras*-*Michelinoceras*-*Disoceras* 生物相, 深水陆棚 *Beloitoceras*-*Jiangshanoceras* 生物相, 深水陆棚—盆地 *Eurasiatoceras* 生物相, 浅海陆棚—斜坡 *Jiangxiceras*-*Yushanoceras* 生物相, 深水盆地 *Michelinoceras* 生物相, 并阐述各生物相的组成、生态特征及其生态环境。根据头足类生物相在时间和空间上的组合规律, 划分出 3 个头足类生物相区, 即扬子生物相区、黔东—湘西生物相区 (过渡型生物相区) 和湘中—浙西生物相区, 并讨论了各生物相区在不同时期内头足类生态类型和生物相分异特征、海平面升降、环境演变特征以及其与氧气的关系。认为在低海平面或海平面下降阶段中生物相分异明显, 而在高海平面阶段中则分异较小。

关键词 头足类 生物相 生物相分区 海平面变化 奥陶纪 华南地区

第一作者简介 肖传桃 男 1965 年出生 教授 在读博士 古生态学、综合地层学及沉积学

中图分类号 P534.42 Q911.6 **文献标识码** A

生物相是指能反映特定古环境的生物生态和沉积特征的组合。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。有关奥陶纪头足类生物相的研究较少^[1,2], 笔者在研究华南部分地区头足类生态特征基础上^[2], 系统收集和分析华南地区十余个省区奥陶纪头足类资料^[3-8], 深入分析了华南地区奥陶纪头足类生态特征及其与沉积相的关系, 进而对该区奥陶纪头足类生物相及其分区进行研究。

1 头足类生态学

头足类是一类海生肉食性动物, 绝大多数营游泳方式生活, 其次为营漂游方式和营底栖方式生活。其生活方式取决于头足类的壳形和结构。外壳类头足类均发育有外壳、体管和气室等构造, 有些头足类体管或气室中还可有沉积物的堆积。头足类的游泳能

力、生态环境与其壳的形态、结构有着密切的关系。在平旋壳型的头足类中, 壳旋卷较紧、腹缘尖锐、壳体扁平呈流线型、壳面光滑、缝合线复杂者往往适应于快速或长距离游泳的较深水类型, 而壳体膨凸、壳旋卷较松、腹部圆厚、壳饰发育、缝合线简单的头足类则不善于快速游泳, 多为浅水底栖游泳或跳跃式游泳类型。在直锥形壳体中, 长锥形壳, 壳体扩大缓慢, 体管细小, 气室内无沉积物和不发育内锥的头足类, 其游泳能力较强, 适应于快速和较深水环境, 因壳体扩大缓慢, 气室内无沉积物有利于减少运动阻力, 体管细小, 气室大有利于漂浮和调节上下浮沉及快速运动; 相反, 壳体短粗, 扩大快, 体管较粗, 气室或体管内有沉积物的头足类, 只能增加运动的阻力, 不利于快速游泳, 多半适应于在水体较浅的环境中营底栖游泳或跳跃式游泳生活。

2 头足类生物相

头足类生物相是指能反映特定生态环境的头足

国家自然科学基金项目 (批准号: 40272060) 资助。
收稿日期: 2004-06-05 收修改稿日期: 2005-03-15

类生态和沉积特征的组合。笔者通过对大量头足类资料分析,发现头足类及其组合在地层中的纵向和横向分布是严格受其生活方式和沉积条件控制的,而且这种控制主要体现于不同生态环境和不同地区,或不同层序中表现为不同的头足类生物相,这种控制较好

地体现了沉积环境和头足类形态构造的统一。在深入分析和研究华南地区奥陶纪头足类资料基础上,本文识别出 18 个头足类生物相,并将奥陶纪重要头足类环境分布特征列于表 1。

2 1 开阔台地 *Proterocameroceras* 生物相

表 1 华南地区奥陶纪重要头足类的环境分布

Table 1 Environmental distribution of important Ordovician cephalopods in the south China

环境统	潮坪—泻湖	内陆棚	外陆棚	斜 坡	盆 地
上奥陶统					
					<i>Ormoceras</i>
					<i>Actinoceras</i>
					<i>Yushanoceras</i>
					<i>Jiangxiceras</i>
					<i>Kotoceras</i>
					<i>Michelinoceras</i>
					<i>Eurasaticoceras</i>
					<i>Jiangshanoceras</i>
					<i>Beloitoceras</i>
					<i>Discoceras</i>
					<i>Sinoceras</i>
					<i>Trilacinoceras</i>
					<i>Cyclolituities</i>
中奥陶统					<i>Litites</i>
					<i>Richardsonoceras</i>
					<i>Paraendoceras</i>
					<i>Sactorthoceras</i>
					<i>Proendoceras</i>
					<i>Talassoceras</i>
					<i>Orthoceras</i>
					<i>Troedssonella</i>
					<i>Vaginoceras</i>
					<i>Ordoceras</i>
					<i>Anistroceras</i>
					<i>Dideroceras</i>
					<i>Chisiloceras</i>
					<i>Cochlioceras</i>
下奥陶统					<i>Bathmoceras</i>
					<i>Protaxioceras</i>
					<i>Bactroceras</i>
					<i>Cyclostomiceras</i>
					<i>Kyminoceras</i>
					<i>Kaipingoceras</i>
					<i>Ellesmeroceras</i>
					<i>Beleminoceras</i>
					<i>Hemicircoceras</i>
					<i>Oderoceras</i>
					<i>Clitendoceroides</i>
					<i>Hopeioceras</i>
					<i>Pararetroclitendoceras</i>
					<i>Manchuroceras</i>
				<i>Mamagouceras</i>	
				<i>Cyrtovaginoceras</i>	
				<i>Camerooceras</i>	
				<i>Protereocameroceras</i>	
				<i>Pronajaceras</i>	
				<i>Retroclitendoceras</i>	
				<i>Pseudoectenolites</i>	
				<i>Xiandongoceras</i>	

本相主要广布于上扬子地区两河口阶,其组成分子较为单调,伴生分子有 *Cameroce*、*Dayongoceras* 及 *Ellesmeroceras* 等,该相中头足类多以壳体中等大小、扩大较迅速、体管较大为特征,上述特征表明它们不适应于快速运动;而且它们大多数产于生物碎屑灰岩及颗粒灰岩之中,仅 *Ellesmeroceras* 曾见于薄层灰岩及页岩中。综上所述,该相总体代表开阔台地环境。其中的颗粒岩较发育,可能为有利的储集层。

2.2 局限台地 *Pseudoectenolites*-*Xidongoceras* 生物相

本相主要分布于川东及湖北宜昌、松滋、通山等地区两河口阶下部(西陵峡组),以 *Pseudoectenolites* 为优势分子, *Xidongoceras* 为特征分子,且分异度较高。其组成还有 *Changjiangoceras*、*Dakeoceras*、*Paraeburoceras*、*Neoburoceras*、*Zhongnanoceras*、*Anguloceras*、*Clarkoceras*、*Paraconoceras*、*Ellesmeroceroides* 及 *Parahuaiheceras* 等,它们的共同特征为壳体较小至中等,扩大迅速,体管位于腹部,这表明它们不适应于快速运动,此外,壳体扩大迅速只能增加运动阻力。本相的头足类均产于砾屑白云岩中,代表局限浅水沉积环境。

2.3 开阔台地 *Retyoclitendoceras*-*Pararetroclitendoceras* 生物相

本相见于川东及湖北宜昌、松滋、通山等地区两河口阶中部(南津关组),由 *Retroclitendoceras*、*Pararetroclitendoceras*、*Sanxiaoceras*、*Proterocameroce* 及 *Escharendoceras* 等组成。该相中的头足类多为广布性分子,见于世界多处。它们以体管背腹压缩,腹部平,背部弯,扩大缓慢为特征,表明它们具有一定的游泳能力,而且均产于厚层亮晶内碎屑灰岩中,应代表开阔台地(浅滩)环境。本相中颗粒岩发育,为有利的储集层。

2.4 开阔台地 *Pronajaceras*-*Mamagouceras* 生物相

该相主要分布于中扬子地区,见于川东及湖北宜昌、松滋、通山等地区两河口阶上部(分乡组),由 *Pronajaceras*、*Mamagouceras*、*Proterocameroce*、*Recurvoceroides*、*Hopeioceras* 和少量 *Coreanoceras* 等组成,以体管直柱状,横断面近圆形、椭圆形,内缝合线痕间距很稀以及呈粗壮轮环状为特征^[16],并与 *Retyoclitendoceras*-*Pararetroclitendoceras* 生物相相区别。该相中头足类多产于厚层鲕粒灰岩及生物礁灰岩之中,代表开阔台地浅滩至礁的正常浅海环境,其中的滩、礁可能为有利的储集层。

2.5 陆棚斜坡—盆地 *Cyclostam icerus* 生物相

本相主要分布于黔东麻江、湘西沅陵、慈利以及湘中至浙西等地两河口阶(西陵峡组—分乡组同期地层),以 *Cyclostam icera* 为特征分子,伴有 *Ellesmeroceras* 和 *Bactroceras* 等化石,其共同特征为壳直,扩大缓慢,断面圆形,体管很小,且位于腹边。上述特征表明本相中头足类适宜快速游泳,能生活于较深水环境中。它们多产于灰色带状薄层灰岩、泥灰岩中,岩石中发育水平层理及粒序层理和槽模构造^[3]。综上所述,本相应代表陆棚斜坡至盆地环境。

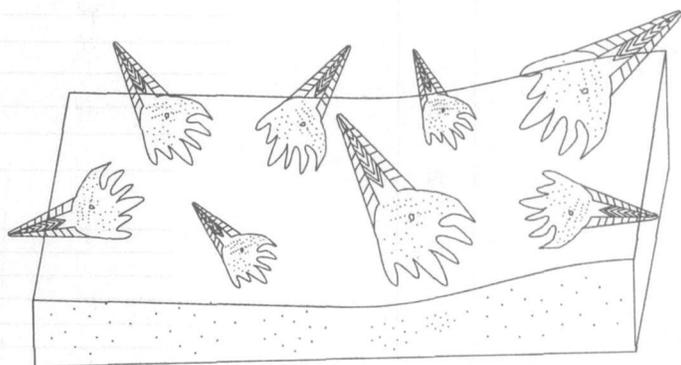


图 1 台地型生物相示意图

Fig 1 Platform type of biofacies

2.6 开阔台地 *Cameroce*-*Cyrtovaginoceras* 生物相

该相主要分布于川南峨边、南川、筠连、滇北镇雄,黔北遵义及黔中道保湾阶(红花园组—大湾组底部的同期地层),以 *Cameroce* 为优势分子, *Cyrtovaginoceras* 为特征分子。其组成分子还有 *Hopeioceras*、*Oderoceras*、*Allocotoceras* 和 *Trifurcatoceras* 等,它们的共同特征为壳断面呈椭圆形,扩大极快,体管很大,并接近外壳。且多产于灰色厚层致密结晶灰岩及礁灰岩中。上述特征表明本相头足类只适用于较浅水、营近底栖游动生活,应代表开阔台地环境。

2.7 开阔台地 *Coreanoceras*-*Manchuroceras* 生物相

本相分布于川东、湖北宜昌、通山及下扬子地区道保湾阶(红花园组—大湾组底部的同期地层),其组成还有 *Clitendoceras*、*Paraclitendoceras*、*Cassinoceroides*、*Oderoceras*、*Chaohuceras*、*Hemicircoceras*、*Pseudopliendoceras*、*Didymoceras*、*Reniceras*、*Daobaowanoceras*、*Belanoceras*、*Teratoceroides* 及 *Hopeioceras* 等,该相分异度较高,它们具有以下共同特点:壳体扩大迅速,体管粗大,并位于腹边缘,气室密度大。其形态结构只能导致体重加大,而气室密度大及体管粗大则使排吸气作用减弱,因此,它们不适宜于作快速游泳,

只能在近岸浅水环境中生活。本相头足类多产于生物礁灰岩及厚层生物灰岩中^[9,10], 应代表开阔台地浅水环境。

2 8 陆棚斜坡—盆地 *Kapingoceras*—*Kym inoceras* 生物相

本相分布较广, 见于黔东, 湘西以及湘中, 赣东和浙西一带道保湾阶 (红花园组—大湾组底部的同期地层), 其组成较单调, 除命名分子 *Kapingoceras* 和 *Kym inoceras* 较多外, 伴有 *Dideroceras* 等, 它们多具有壳体直、扩大缓慢和体管较小等特点, 这些特征体现了它们能适应于快速运动和深水游泳能力。本相头足类多产于中厚层瘤状灰岩、泥晶灰岩、薄层粉砂岩及泥页岩等岩石组合中, 而且, 岩石中见有粒序层理, 底部具侵蚀面及沙纹层理等构造^[3]。综上所述, 本相应代表陆棚斜坡—盆地环境。

2 9 内陆棚 *Bathmoceras*—*Protocycloceras* 生物相

该相为一个广布性生物相, 分布于川南筠连, 滇东镇雄, 黔东北思南、江口, 川东巫溪、酉阳, 湘西龙山, 湖北宜昌及广大下扬子地区大湾阶 (大湾组中上部同期地层)。其优势分子为 *Protocycloceras* 特征分子为 *Bathmoceras* 此外, 其组成还有 *Dideroceras*, *Chisiloceras*, *Changyangoceras*, *Vaginoceras*, *Ancistroceras*, *Cochioceras* 和 *Pesuloandistroceras* 等。它们大多数体管居中或略偏, 比红花园期减小^[1], 横断面多为圆或亚圆形。表明该相头足类已开始向减轻体重和有利于快速运动方向发展。它们多产于瘤状灰岩、泥晶灰岩及泥灰岩中, 应代表内陆棚环境。

2 10 中部陆棚 *Dideroceras*—*Ancistroceras* 生物相

本相也是一个广布性生物相, 分布于黔中、川北、川东、湘西北大庸、鄂西北宜昌以及广大下扬子地区牯牛阶 (牯牛潭组的同期地层), 其组成还有 *Vaginoceras*, *Chisiloceras*, *Michelinoceras*, *Paradnatoceras*, *Sinoceras*, *Richardsonoceras* 以及 *Troedsonella* 等。它们分布较广, 大多具有壳体大、扩大缓慢 (除了 *Ancistroceras* 之外)、体管较小及气室较大等特征, 上述特征表明该相中的头足类在运动中阻力较小, 且具有较强的调节沉浮能力, 因此, 它们适宜于在远岸水体中生活。本相头足类多产于瘤状灰岩和泥晶灰岩中, 应代表较深的中部陆棚环境。

2 11 深水陆棚 *Lituites*—*Cyclolituites* 生物相

这是一个广布性生物相, 主要分布于川西南, 滇东, 黔北以及鄂西南、鄂东及下扬子地区庙坡阶 (庙坡组的同期地层), 其组成还有 *Mysterioceras* 和 *Mich-*

elinoceras 等, 其共同特征为: 体管细小, 位于背腹之间, 大约为壳径 1/8~1/10, 这些特征表明本相头足类适应于在深水环境中游泳或漂游。它们多产于紫红色灰岩与龟裂纹灰岩中, 应代表深水陆棚环境。

2 12 滞流盆地 *Lituites*—*Trilacnoceras* 生物相

该相分布于川北、川东、鄂西、鄂北等地区庙坡阶 (大田坝组的同期地层), 且与前一生物相呈同时异相特征, 其组成主要有 *Lituites*, *Trilacnoceras*, *Cyclolituites* 及 *Michelinoceras* 等。它们的壳体多呈喇叭状, 即由卷曲部分和松卷后展直部分组成, 或以盘卷状为特征, 具较小的体管和较大气室, 上述特征表明该相头足类不适应于快速游泳, 可能营浮游方式生活, 这一论点可由该相中生物分异度较低以及其中共生的底栖生物较少等得到证实。本相头足类均产于黑色、灰黑色页岩中, 应代表滞流 (陆棚) 盆地环境, 可能具有较好的生油能力。

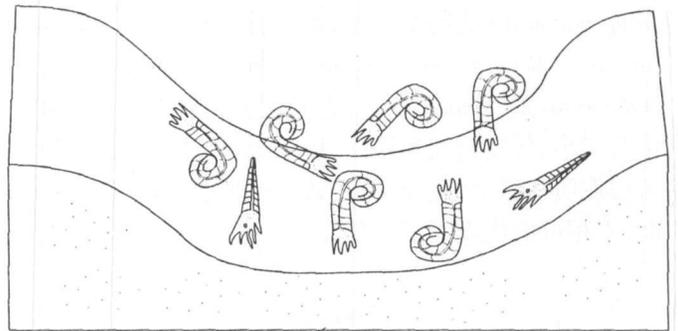


图 2 滞流盆地生物相示意图

Fig 2 Stagnant basin type of biofacies

2 13 深水盆地 *Paraendoceras*—*Sactorthoceras* 生物相

本相分布较广, 见于黔东、湘西、湘中、赣东以及浙西等地大湾阶至庙坡阶, 其组成主要有 *Sactorthoceras*, *Paraendoceras*, *Takissoceras*, *Maraendoceras*, *Protocycloceras*, *Dideroceras* 及 *Michelinoceras* 等, 其中以 *Sactorthoceras* 为特征分子, 该相中的绝大多数头足类为直壳型, 且壳体扩大缓慢, 体管细小, 体管内不发育内锥和沉积物, 上述特征表明本相头足类应属深水游泳生态型。它们多保存于碳质页岩、泥岩、硅质页岩和瘤状灰岩岩石组合中^[6], 应代表水体较深的深水盆地环境。本相中碳质页岩较为发育, 有机碳含量较高, 可能有利于油气的生成。

2 14 深水陆棚 *Sinoceras* - *Michelinoceras* - *Disoceras* 生物相

本相分布范围极广,分布在川南、川东、滇东、黔中、鄂西、黔东、湘西等地临湘阶至宝塔阶,其优势分子为 *Sinoceras*, *Michelinoceras*, 特征分子为 *Disoceras*。此外,其组成分子还有 *Orthoceras*, *Richardsonoceras*, *Paromoceras*, *Dideroceras*, *Winnipegoceras*, *Eosomichelinoceras*, *Cyclolites*, *Ancistroceras* 和 *Dongkalaceras* 等。它们多数具有壳直且扩大缓慢、横断面圆形、体管很小且近于壳中央、隔壁凹度中等、气室大和密度小等特征。上述特征表明该相头足类具有体重轻,易于排吸气体和减小体重的优势,适合于远岸水体中快速游泳生活,这一论点可由本相中共生的底栖生物很少可得到证实。该相中的头足类均产于“龟裂纹”灰岩中^[8-11],应代表水体较深的陆棚环境。

2 15 深水陆棚 *Belitoceras* - *Jiangshanoceras* 生物相

该相分布于湘中、赣北及浙西等地区宝塔阶,以 *Jiangshanoceras* 为特征分子,组成分子包括 *Eurasiaticoceras*, *Belitoceras*, *Michelinoceras*, *Chisiloceras*, *Dideroceras* 和 *Kotoceras* 等,它们大多以体管小、个体中等大小、气室较大为特征,且多产于薄层瘤状灰岩、薄层泥质灰岩中,此外,与之共生的底栖生物很少,因此,本相可能代表深水陆棚环境。

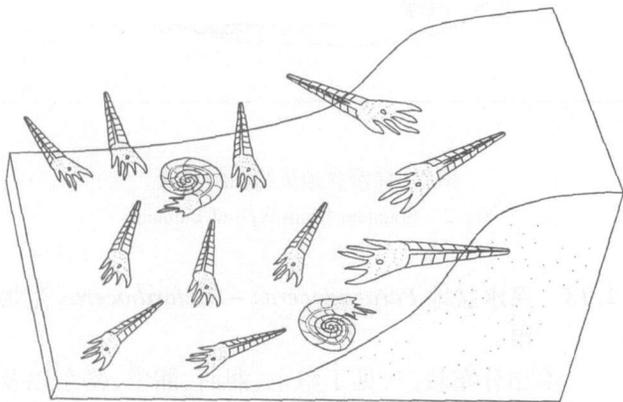


图 3 斜坡—盆地生物相示意图

Fig 3 Slope-basin type of bifacies

2 16 深水陆棚—盆地 *Eurasiaticoceras* 生物相

该相分布于湘中、赣北及浙西一带临湘阶(临湘组同期地层),以 *Eurasiaticoceras* 为优势分子,其组成较单调,伴有 *Jiangshanoceras*, 其中 *Eurasiaticoceras* 壳呈盘形,体管很小,气室大,这些特点体现了其快速远洋游泳的能力。它们多产于黄绿、灰绿色钙质泥岩、

硅质泥岩、页岩中^[5],而且共生的底栖生物很少,因此,该相可能代表深水陆棚—盆地环境。

2 17 陆棚—斜坡 *Jiangxiceras* - *Yushanoceras* 生物相

该相分布于江西大湾、浙江江山五峰阶,其中 *Jiangxiceras*, *Yushanoceras* 为特征分子,其组成分子还有 *Omoceras*, *Orthonyboceras*, *Endoceras*, *Lyckholmoceras*, *Antipletoceras* 以及 *Actinoceras* 等,其中,大多数以个体较大,壳直,扩大较快为特征,横断面圆或亚圆形,体管中等或较粗,气室密度大,气室沉积发育,上述特征表明本相中的头足类不适于深水环境中快速游动。它们多产于灰色厚层灰岩、细砂岩及粉砂岩岩石组合中,其中,细砂岩中见有侵蚀面,粒序层理,鲍马系列^[11],故本相应代表陆棚斜坡环境。

2 18 深水盆地 *Michelinoceras* 生物相

该相为一广布性生物相,见于广大扬子地区及川东、湘西、湘中、赣北等地五峰阶,其组成分子较为单调,以产 *Michelinoceras* 一属为特征,种类仅有 *M. dabshanense* 及 *M. sp* 等,且与之共生的底栖生物很少,相反发育以大量笔石为特征。该属具有壳直且扩大慢、横断面圆形、体管很小且近于壳中央等特点,上述特征表明该类化石适宜在远岸水体中快速游泳。它们多产于五峰期黑色碳质页岩、硅质页岩及粘土岩中,应代表深水盆地环境^[12]。

3 头足类生物相分区

生物相分区不仅能反映生物生态和生物古地理特征,而且能体现沉积古地理和构造古地理格局。根据华南地区奥陶纪各时期头足类的生态、地理分布特征及头足类生物相在时间和空间上的组合规律,本文将华南地区划分了三个头足类生物相区(表 2),各相区在不同时期表现为不同的生物相组合。

3 1 扬子生物相区

本相区包括滇东、黔中、黔北、四川大部、鄂西以及苏、皖大部分地区。其早奥陶世头足类多以直壳、扩大较快和体管较大为特征,表明该时期本区头足类多属底栖游泳或跳跃式游泳生态类型,从中奥陶世开始至晚奥陶世,头足类的壳扩大缓慢,体管逐渐变小,表明其游泳能力不断增强,逐渐适应较深水及远洋生态环境。

3 1 1 早奥陶世

(1) 两河口期

两河口期开始,扬子地区发生了广泛海侵,但东西部古地理格局差别不大,总体属台地环境,由于古

地形和物源不尽相同, 从而造成生物相的分异。上扬子相区由于距滇东古陆较近, 陆源碎屑含量稍高, 头足类较少, 仅发育 *Protocameroceras* 生物相。在下扬子区, 两河口期早期, 由于古地势尚不够平坦, 加之海平面上升中存在次一级旋回^[11], 导致本区出现了局限与开阔台地交替环境, 在局限环境中, 以发育 *Pseudoctendites*-*Xiadongoceras* 生物相为特征, 开阔环境中发育底栖游泳型 *Retroclitendoceras*-*Pararetroclitendoceras* 生物相, 至两河口期晚期(分乡期)海侵稳步加大, 发育 *Pronajaceras*-*Mamagouceras* 生物相。

(2) 道保湾期

至道保湾期(红花园期), 由于海侵的进一步加大, 并达到高海平面阶段^[12], 扬子生物相区的古地形已趋于一体化, 且广泛发育了生物礁^[9, 10]。尽管该时期古地理分化不大, 但生物相出现了分异, 而且主要体现于属种的差别, 上扬子区以发育 *Cameroceas*-*Cyrtovaginoceras* 生物相为特征, 中下扬子区则发育 *Coreanoceras*-*Manchuroceras* 生物相。

3.1.2 中奥陶世

从中奥陶世开始, 扬子生物相区发生了第二次大的海侵事件^[12], 致使本区由台地环境发展为陆棚环

表 2 华南地区奥陶纪头足类生物相及其分区

Table 2 Ordovician biofacies and their regionalization in the south China

统 阶	扬子生物相区		黔东-湘西生物相区	湘中-浙西生物相区
	滇东、黔中 黔北、四川	川东、鄂 苏、皖	黔东、湘西	湘中、赣东、浙西
上奥陶统	五峰阶	深水盆地 <i>Michelinoceras</i> 生物相		浅海陆棚-斜坡 <i>Jiangxiceras</i> - <i>Yushanoceras</i> 生物相
	临湘阶	深水陆棚 <i>Sinoceras</i> - <i>Michelinoceras</i> - <i>Disoceras</i> 生物相		深水陆棚-盆地 <i>Eurasiaticoceras</i> 生物相
	宝塔阶			深水陆棚 <i>Beloitoceras</i> - <i>Jiangshanoceras</i> 生物相
	庙坡阶	深水陆棚 <i>Lituites</i> - <i>Cyclolituites</i> 生物相	滞流盆地 <i>Lituites</i> - <i>Trilacinoceras</i> 生物相	深水盆地 <i>Paraendoceras</i> - <i>Sactorthoceras</i> 生物相
中奥陶统	牯牛潭阶	中部陆棚 <i>Dideroceras</i> - <i>Ancistroceras</i> 生物相		
	大湾阶	内陆棚 <i>Bathmoceras</i> - <i>Protocycloceras</i> 生物相		
下奥陶统	道保湾阶	开阔台地 <i>Cameroceas</i> - <i>Cyrtovaginoceras</i> 生物相	开阔台地 <i>Coreanoceras</i> - <i>Manchuroceras</i> 生物相	陆棚斜坡-盆地 <i>Kaipingoceras</i> - <i>Kyminoceras</i> 生物相
	两河口阶	开阔台地 <i>Proterocame- roceras</i> 生物相	开阔台地 <i>Pronajaceras</i> - <i>Mamagouceras</i> 生物相	陆棚斜坡-盆地 <i>Cyclostomiceras</i> 生物相
			开阔台地 <i>Retroclitendoceras</i> - <i>Pararetroclitendoceras</i> 生物相	
局限台地 <i>Pseudoctendites</i> - <i>Xiadongoceras</i> 生物相				

境,同时,头足类的组成也发生了较大的变化,出现了以壳体直、扩大较慢和体管较小的头足类生物组合^[21],这些特征也体现了它们在适应环境能力上有了进一步的发展,其演化是向着减少阻力(扩大慢)和能较快速调节上下运动(体管小、气室大)的方向发展。由于该时期本区古地理分区不明显,生物相也无分异,在中奥陶世早期(大湾期)以发育 *Bathmoceras* - *Protocycloceras* 生物相为特征,晚期以 *Dideroceras* - *Ancistroceras* 生物相为特征。

3.1.3 晚奥陶世

至晚奥陶世,由于海平面的进一步上升以及华南板块向北俯冲^[11,12],致使本区发展为深水陆棚环境,最终在晚期发展为深水盆地,并与黔东—湘西生物相区和湘中—浙西生物相区逐渐合并。在晚奥陶世初期,本区头足类壳体以幼年期卷曲、成年期直壳以及体管细小为特征,体现了深水浮游生态特征;早期至中期由于水体加深,以发育体管细小远洋游泳型直壳头足类为特征;晚期由于本区已发展为深水盆地,头足类很少,仅发育以少数体管细小的直壳型头足类为特征。

(1) 庙坡期

至晚奥陶世早期,由于古地理的分化及同生断裂(郟庐断裂)的影响^[11,12],出现了深水陆棚和滞流盆地的两种环境的分化,体现为大田坝组和庙坡组的相分异,分别以发育 *Lituites* - *Cyclolituities* 生物相和 *Lituites* - *Trilacinoeras* 生物相为特征。

(2) 宝塔期—临湘期

该时期由于海平面的进一步的上升和华南板块向北俯冲^[11,12],致使扬子板块向下挠曲,水体进一步加深,并与黔东—湘西生物相区最终合为一体,成为深水陆棚盆地,由于基底性质和生态环境近于一体化,本相区头足类生物相无明显分异,均发育了直壳或盘形壳、体管很小的头足类组合,均为适应深水及远洋游泳生态类型,该时期本区及黔东—湘西相区以发育 *Sinoceras* - *Michelinoceras* - *Discoceras* 生物相为特征。

(3) 五峰期

至五峰期,由于海平面的上升到达了最大的海泛面及华南板块继续向北俯冲^[11,12],致使扬子地区发展为深水盆地环境,并与黔东—湘西生物相区以及湘中—浙西生物相区的西部合为一体,广泛发育了一套厚度较小的薄层硅质岩、硅质页岩及粘土岩岩石组合,其中除产有大量的浮游型笔石外,底栖生物极少,

以发育体管细小适应于远洋游泳的 *Michelinoceras* 生物相为特征。

3.2 黔东—湘西生物相区(过渡型生物相区)

该相区主要包括黔东麻江—铜仁—鄂东南通山一线以东,湘西辰溪—桃源一线以西的地区,该地区在奥陶纪基本上为一向东倾斜的陆棚斜坡—盆地环境,是华南古大陆边缘的主体,这种特点决定了本相区的生物相具有扬子型和江南型两者过渡的特色,这种过度特色体现为该相区在早奥陶世至晚奥陶世初期与湘中—浙西生物相区具有相同的头足类生物相。晚奥陶世早期至晚期则与扬子生物相区具有相同的头足类生物相。这种生物相的分异特点在很大程度上与头足类属游泳生态类型有关,此外,与奥陶纪古地理特点也有一定的关联。本相区头足类多以壳体扩大缓慢和体管细小为特点,以下分述。

3.2.1 早奥陶世

(1) 两河口期

该时期本相区继承了寒武纪的古地理格局,并与湘中—浙西相区构成了陆棚斜坡—盆地环境体系,虽然本相区与湘中—浙西相区在古地形上具有一定的分异,但对于营游泳方式生活的头足类来讲,其生物相无明显的分异,均发育了壳扩大慢,体管细小的适应深水远洋游泳型生物相,即 *Cyclostomiceras* - *Baetroceras* 生物相。

(2) 道保湾期

至道保湾期,虽然本相区及湘中—浙西生物相区保持了两河口期的古地理格局,生态环境无明显分异,但头足类生物相被不同属种所取代,发育了深水生态型 *Kaipingoceras* - *Ellesmeroceras* 生物相。

3.2.2 中奥陶世—晚奥陶世初期

由于海平面的上升,该时期本相区与湘中—浙西生物相区一起发展为深水陆棚至盆地环境,头足类形态构造虽然未发生变化,以壳体扩大缓慢和体管细小为特征,但其属种发生了分异,发育以 *Paraendoceras* - *Sactothoeras* 为代表的生物相。

3.2.3 晚奥陶世早期—末期

该时期由于华南洋壳板块的向北俯冲,导致海平面的最大快速上升^[12],使得本相区与扬子生物相区合为一体,成为深水陆棚至盆地环境,并发育以深水生态型 *Sinoceras* - *Michelinoceras* - *Discoceras* 生物相和 *Michelinoceras* 生物相。

3.3 湘中—浙西生物相区

本相区包括湘中沅陵、安化、桃源、赣东、浙西等

地区, 早奥陶世—晚奥陶世初期, 本相区与黔东—湘西生物相区共同组成了陆棚斜坡—盆地环境体系, 其头足类生物相无明显分异, 均发育了 *Cyclostom iceras* *Kaipingoceras*—*Kym inooceras* 和 *Paraendoceras*—*Saetorthoceras* 生物相, 晚奥陶世早期至晚期才发育了具有独立生物相的体系。

晚奥陶世早期开始, 由于华南洋壳板块的向北俯冲^{[11][12]}, 致使本地区由深水陆棚—盆地环境逐渐转化为浅海陆棚—斜坡环境, 相应地其生物相也逐渐由宝塔期和临湘期深水型的 *Beloitoceras*—*Jiangshanoceras* 生物相、*Eurasiatoceras* 生物相演化为浅海陆棚型 *Jiangxiceras*—*Yushanoceras* 生物相, 其壳体也由扩大缓慢、体管细小演变为壳体扩大较快和体管中等大小等特征, 该时期本相区的西部即湘中一带在五峰期已与扬子相区、黔东—湘西相区合为一体。

综上所述, 华南地区奥陶纪头足类生物相及其分区的演变过程体现了扬子地区在奥陶纪时期海水逐渐加深和扬子板块不断扩大以及过度区和江南区逐渐萎缩的过程, 同时也反映了华南板块的活动逐渐加强。

参考文献 (References)

- 1 徐光洪, 徐安武. 论长江三峡东部地区奥陶系红花园组 and 宝塔—临湘组中下部头足类的生态与环境. 地质评论, 1988, 34(2): 97~104 [Xu Guanghong, Xu Anwu. The ecology and environment of cephalopods from the Honghuayuan Formation and the Baota (Pagoda)—Lower Middle Linxiang Formation in the eastern Yangtze Gorges Area. China Geological Review, 1988, 34(2): 97~104]
- 2 肖传桃, 潘云唐. 江汉盆地西原奥陶纪头足类生物相. 大自然探索, 1997, 16(3): 83~85 [Xiao Chuantao, Pan Yuntang. Ordovician cephalopod biofacies in the western margin of the Jianghan Basin. Exploration of Nature, 1997, 16(3): 83~85]
- 3 湖南地质矿产局. 湖南省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 81~85 [Bureau of Geology and Mineral Resources of Hunan Province. Stratigraphy of Hunan Province. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997. 81~85]
- 4 浙江地质矿产局. 浙江省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996. 48~63 [Bureau of Geology and Mineral Resources of Zhejiang Province. Stratigraphy of Zhejiang Province. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997. 48~63]
- 5 江西地质矿产局. 江西省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 84~95 [Bureau of Geology and Mineral Resources of Jiangxi Province. Stratigraphy of Jiangxi Province. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997. 84~95]
- 6 贵州地质矿产局. 贵州省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 89~100 [Bureau of Geology and Mineral Resources of Guizhou Province. Stratigraphy of Guizhou Province. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997. 89~100]
- 7 中国地层典编委会. 中国地层典: 奥陶系. 北京: 地质出版社, 1996. 22~31 [Committee of Chinese Stratigraphy Dictionary. Chinese Stratigraphy Dictionary: Ordovician System. Beijing: Geological Publishing House, 1996. 22~31]
- 8 汪啸风, 项礼文, 倪世钊, 等. 长江三峡地区生物地层学(2), (早古生代分册). 北京: 地质出版社, 1987. 43~137 [Wang Xiaofeng, Xiang Liwen, Ni Shizhao, et al. Biostratigraphy of the Yangtze Gorge Area (2): Early Paleozoic Era. Beijing: Geological Publishing House, 1987. 43~137]
- 9 朱忠德. 峡东宜昌黄花场下奥陶统生物礁研究. 地质科学, 1993, 28(1): 1~9 [Zhu Zhongde. Study on organic reefs in the Lower Ordovician in Huanghuachang of the eastern Yangtze Gorge. Scientia Geologica Sinica, 1993, 28(1): 1~9]
- 10 肖传桃, 姜衍文, 刘秉立, 等. 中扬子地区早奥陶世早中期 *Batostoma* 属的发现及其地质功能和生态学. 科学通报, 1993, 38(14): 1314~1315 [Xiao Chuantao, Jiang Yanwen, Liu Bingli, et al. A discovery of *Batostoma* genus of Early-Middle Age of Early Ordovician and a study on its geologic function and ecology in Middle Yangtze Area. Chinese Science Bulletin, 1993, 38(14): 1314~1316]
- 11 周名魁, 王汝值, 李志明, 等. 中国南方奥陶—志留纪岩相古地理与成矿作用. 北京: 地质出版社, 1993. 83~95 [Zhou Mingkui, Wang Ruzhi, Li Zhiming, et al. Ordovician-Silurian lithofacies paleogeography and mineralization of southern China. Beijing: Geological Publishing House, 1993. 83~95]
- 12 肖传桃, 姜衍文, 朱忠德, 等. 湖北宜昌地区奥陶纪层序地层及扬子地区五峰组沉积环境的讨论. 高校地质学报, 1996, 3(2): 339~346 [Xiao Chuantao, Jiang Yanwen, Zhu Zhongde, et al. A study on Ordovician sequence stratigraphy in Yichang region, Hubei and sedimentary environment of the Wufeng Formation in Yangtze area. Geological Journal of China Universities, 1996, 2(3): 339~346]

Ordovician Cephalopoda Biofacies and Their Provincialization in the South China

XIAO Chuan-tao^{1,2} GONG Wen-ping² LUO Shun-she² HE You-bin² LI Yi-bin²

(1. China University of Geosciences, Wuhan 430074;

2. Geosciences College of Yangtze University, Jingzhou Hubei 434102)

Abstract Based on studies of ecological characteristics of Ordovician Cephalopod from the southern China, Eighteen Cephalopod biofacies are recognized and described: 1. Open platform *Proterocameroceras* biofacies; 2. Restricted platform *Pseudoectenolites-Xiadongoceras* biofacies; 3. Open platform *Retroclitidoceras-Pararetroclitidoceras* biofacies; 4. Open platform *Pronajoceras-Mamagouceras* biofacies; 5. Shelf slope-basin *Cyclostamoceras* biofacies; 6. Open platform *Cameroeras-Cyrtovaginoceras* biofacies; 7. Open platform *Coreanoceras-Manchuroceras* biofacies; 8. Shelf slope-basin *Kapingoceras-Kyminoceras* biofacies; 9. Inner shelf *Balthmoceras-Protocycloceras* biofacies; 10. Middle shelf *Dileroeras-Ancistroceras* biofacies; 11. Deep-water shelf *Lituites-Cyclolituites* biofacies; 12. Stagnant basin *Lituites-Trilacinoeras* biofacies; 13. Deep-water basin *Paraendoceras-Sactorhoceras* biofacies; 14. Deep-water shelf *Sinoceras-Michelinoceras-Disoceras* biofacies; 15. Deep-water shelf *Beloitoceras-Jiangshanoceras* biofacies; 16. Deep-water shelf basin *Eurasiaticoceras* biofacies; 17. Shelf-slope *Jiangxiceras-Yushanoceras* biofacies; 18. Deep-water basin *Michelinoceras* biofacies. At the same time, the components of these biofacies, ecological characteristics and their living conditions are elucidated in this paper. The assemblage law of cephalopod biofacies in time and space shows that there are three cephalopod biofacies provinces in the south China, i.e., Yangtze biofacies province, East Guizhou-West Hunan biofacies province (mixed-type biofacies province) and Middle Hunan-West Zhejiang biofacies province. It is suggested that the differentiation of cephalopod biofacies would mainly be controlled by sea level changes and tectonic evolution. The differentiation is obvious during lower sea level and not developed during high sea level.

Key words cephalopoda biofacies, cephalopoda biofacies province, sea level changes, Ordovician, South China