

长江三峡地区早古生代多重 地层划分与海平面升降事件*

陈孝红 汪啸风

(宜昌地质矿产研究所, 宜昌 443003)

摘要 基于黄陵穹隆周缘早古生代各纪地层典型剖面的再研究,重新厘定区内若干年代地层和岩石地层单位及其界线标志。根据层序界面的识别,结合沉积相和生物群特点分析,指出长江三峡地区早古生代时期大致可识别出3个中层序(SME1, SME2和SME3),6个层序组(SSA1, SSA2, SSA3, SSA4, SSA5和SSA6)和21个层序或T-R旋回(海进-海退旋回)。此外,基于华南板块早古生代生物古地理演变特征的分析,初步讨论了华南板块古地理演变与海平面变化的关系,指出中层序海平面变化旋回和华南板块与相邻板块的聚裂及其漂移紧密相关。

关键词 多重地层划分 海平面升降 早古生代 长江三峡

长江三峡地区的早古生代地层广泛分布在黄陵穹隆周缘。自 Lee et Chao^[1]在该区进行开创性研究工作以来,这里一直被认为是我国早古生代地层划分和对比的典型地区之一。但随着研究的深入和概念的更新,有必要对区内传统的地质单位进行修订,并补充新的研究内容。

1 年代地层单位及其界线标志

1.1 寒武系底界

国际寒武/前寒武系界线正在研究与建立之中。鉴于1991年国际前寒武—寒武系界线工作组以遗迹化石 *Phycodes pedium* 的最初出现为标志所确定的新的前寒武—寒武系界线层型点(GSSP)与小壳化石的演化规律相矛盾,横向对比困难^[2]。加之 *Phycodes pedium* 的地质分布时限较长,从早寒武世到早奥陶世均有出现,而其产出又受生物生活习性和沉积环境制约,很难保证 *Phycodes pedium* 在世界各地最初出现层位的等时性。为此,本文建议维持国际前寒武—寒武系界线工作组于1983年投票通过的有关前寒武—寒武系界线层型点的决议,以我国云南梅树村阶的B点作为前寒武—寒武系界线层型点。该界线点在扬子地区对应于岩家河组上小壳化石组合,即 *Ovalitheca - Aldanella - Maidipingconus* 组合带之底^[3]。根据水井沱组下部产 *Tsunyiidiscus* 黑色页岩的 Rb-Sr 等时线年龄为 $530 \pm 8 \text{ Ma}$ ^[4]推测,扬子地区的前寒武—寒武系界线年龄大致为 540 Ma。

长江三峡地区寒武系出露良好、构造简单。尽管下寒武统中各门类化石丰富,但由于早寒武世末期以后海水咸化,不利于生物生存,因此,早—中寒武世和中—晚寒武世的生物地层界线标志不明显。目前暂根据覃家庙群和三游洞群下部(新坪组)产少量中寒武世三叶虫推测,

1999年6月10日收稿。

* 地质矿产部科技司前缘科技研究计划项目“长江三峡地区震旦纪—中生代多重地层划分及海平面升降事件研究”(9501127)和地调局科技专项“长江三峡地区地质遗迹保护研究”(地科专97-5)联合资助。

长江三峡地区的早—中和中—晚寒武世的生物地层界线大致分别与石龙洞组与磕膝包组和新坪组与雾渡河组的界线接近。

1.2 奥陶系底界及其内部年代地层单位

1998年国际寒武系—奥陶系界线工作组投票表决通过,以牙形石 *Iapetognathus* s. sp. 1 的最初出现作为奥陶系底部界线的生物标志。该界线在长江三峡地区与南津关组之底大致相当。后者以牙形石 *Codylodus angulatus*, 三叶虫 *Asaphellus inflatus* 以及笔石 *Dictyonema yichangensis* 的出现为特征。

国际奥陶系内部年代地层单位正在研究与建立之中。长江三峡地区的奥陶系发育良好,各门类化石丰富,是研究和建立奥陶系年代地层单位的理想地区之一。然而,尽管过去在该区建立了许多年代地层单位的名称,但是,由于这些名称中大多数的“统”和“阶”是在参照英国奥陶系年代地层系统基础上,简单地通过将“组”替换成相应的“阶”,并将几个“阶”合并成“统”而建立的,不仅“阶”与“组”同名的现象十分普遍,而且大多数“阶”或“统”界线点的具体生物标志不清,从而给使用和对比带来不便^[5]。为此,根据国际奥陶系年代地层单位划分的趋势,并结合我国,特别是华南地区奥陶系发育的具体特点,建议将我国奥陶系内部年代地层单位系统厘定如表1所示。

表1 中国奥陶系年代地层划分和对比建议方案

Table 1 Proposal scheme of Ordovician Chronostratigraphic division and correlation in China

年代地层		岩石地层		年代地层单位界线点		厘定后英国的年代地层系统
统	阶	组	段	生物标志	年龄/Ma	
上统	赫南特阶	五峰组	观音桥层	<i>P. pacificus</i>	443	Ashgill
	小溪塔阶		临湘组			
		宝塔组				
		庙坡组				
中统	达瑞威尔阶	牯牛潭组	上段 中段 下段	<i>U. austrodentatus</i> <i>A. suecicus</i>	476	Llandeilo - Llanvirn "Arenig"
	玉山阶	大湾组				
两河口阶	南津关组					

在重新厘定的奥陶系年代地层划分系统中,扩大了原道保湾阶的范围,使之底界与当时的海泛面一致;用玉山阶^[6]和达瑞威尔阶^[7]分别替代原中奥陶统的“大湾阶”和“牯牛潭阶”或“牯牛阶”以避免“阶”与“组”同名;用赫南特亚阶^[8]和 Wang et al.^[5]厘定的小溪塔阶替代原上奥陶统的五峰阶、小溪塔阶与庙坡阶。厘定后的奥陶系分三统、六阶,每个统或阶的底界与奥陶纪时期存在的几次重要海侵事件紧密相关,并具有广泛对比的生物标志。

1.3 志留系的对比

位于宜昌市西北 42 km 处的王家湾剖面是世界奥陶—志留系界线对比的标准剖面之一。该剖面上连续出露的黑色页岩(五峰组和龙马溪组下段)中保存有完整的晚奥陶世—早志留世笔石序列,易于与国内外进行广泛的对比(表2)。但由于龙马溪组顶部和罗惹坪组以及纱帽组中的笔

石序列不完整,长期以来,国内外学者对上述地层的时代归属及其对比存在不同的看法。从几丁虫的生物地层特征来看^[9],该区龙马溪组上段与罗惹坪组和纱帽组第1段分别产 *Conochitina edjelensis elongata* 和 *C. emmastensis - C. iklaensis* 带的几丁虫,层位上与笔石 *sedgwickii* 带中上部对比,指示其为爱隆期(Arenoian)晚期沉积产物。尽管目前在纱帽组第2段内部尚未发现特列奇期(Telychian)早期的标准化石,但从纱帽组第3段及其相当层位中发现有特列奇期晚期的标准化石,如牙形石 *P. celloni*, *P. amorphognathoides* 以及几丁虫 *A. longicollis* 等^[9],推测三峡地区爱隆阶与特列奇阶的界线可能与纱帽组第1段与第2段之间的界线接近或相当。纱帽组第4段主要由颗粒较粗的碎屑岩组成,化石稀少,目前尚未发现可供对比的化石,因此该段地层究竟是特列奇期晚期的沉积产物,还是文洛克统底部沉积有待于进一步研究。

表2 三峡地区志留系多重地层划分与对比

Table 2 The Silurian stratigraphic division and correlation of Yangtze Gorges

年代地层		岩石地层		生物地层		英国				
统	阶	组	段	笔石 ^[10]	几丁虫 ^[9]	笔石带 ^[11]				
Llandovery	Telychian	纱帽组	第4段							
			第3段		<i>A. longicollis</i>	<i>crispis</i>				
			第2段	<i>cf. drepanoformis</i>	<i>Cy. Shaomaoensis</i>	<i>turriculata</i>				
			第1段	<i>nebula</i>	<i>C. emmastensis - C. iklaensis</i>					
	Arenoian	罗惹坪组	上段		<i>Conochitina edjelensis elongata</i>		<i>sedgwickii</i>			
			下段	<i>acuartus</i>						
		龙马溪组	上段					<i>sedgwickii</i>		<i>convolutus</i>
								<i>convolutus</i>		<i>leptothea</i>
	下段			<i>argentus</i>		<i>magnus</i>				
				<i>magnus</i>		<i>triangulatus</i>				
				<i>triangulatus</i>		<i>triangulatus</i>				
				<i>cyphus</i>		<i>cyphus</i>				
	Rhudanian				<i>acinaces</i>		<i>acinaces</i>			
					<i>vesiculosus</i>		<i>vesiculosus</i>			
					<i>acuminatus</i>		<i>acuminatus</i>			
				<i>acuminatus</i>		<i>acuminatus</i>				
				<i>persculptus</i>		<i>persculptus</i>				

2 岩石和层序地层划分

2.1 下寒武统

自李四光等^[1]创立“石牌页岩”以来,经过半个多世纪的研究,三峡地区下寒武统岩石地层单位的划分及其界线标志已趋于成熟,底部为穿越震旦系和寒武系界线的岩家河组或灯影组天柱山段,其上依此为水井沱组、石牌组、天河板组和石龙洞组。值得说明的是,黄陵穹隆东西两翼的下寒武统,无论其岩石组合特点,还是生物群面貌均存在有一定的差别,尤以震旦系与寒武系界线附近以及沧浪铺期早期的地层表现的更为明显(图1)。

根据露头层序地层学原理和方法,并辅以生物地层、年代地层和沉积相研究结果,三峡地区下寒武统大致可区分出由岩性结构转换或层序间断面所区分的5个三级层序或海进-海退沉积旋回(TR0—TR4)。岩家河组以薄层硅质白云岩的出现与下伏灯影组顶部白色块状白云岩相区分。岩家河组下部主要由黑色硅质白云岩夹黑色硅质粉砂质页岩组成,构成震旦纪最晚期一个独立的沉积层序海进-海退旋回(T-R旋回)(TR0)。在岩家河组下部含小壳化石组合带1的含磷硅质白云岩之上,富含 *vendotaenides* 的碳质灰岩夹黑色页岩的出现,标志寒武系最早海侵旋回(TR1)的开始,岩家河组顶部白云岩夹内碎屑白云质灰岩则是此次海侵之后海退时期的沉积产物。水井沱组厚24~140 m,由下部碳质页岩夹锅底灰岩及灰岩和上部灰岩、泥灰岩夹钙质页岩组成。水井沱组底部含浮游或自游性三叶虫黑色页岩的出现暗示当时存在一次快速海侵。水井沱组上部灰岩、泥灰岩夹钙质页岩以及在上覆石牌组下部含 *R. meitanensis* 三叶虫带的碎屑岩夹灰岩沉积则是此次海侵之后的海退沉积。TR3的海侵沉积在黄陵穹隆东西翼的发育情况不一,如东翼石牌组中部有一层厚约1 m的含海绿石灰岩,而西翼则沉积了厚达180 m的泥质灰岩。石牌组上部含 *Palaeolenus lentenosus* 三叶虫带的碎屑岩夹鲕状、豆状灰岩以及天河板组下部含内碎屑灰岩、古杯海绵礁灰岩则是此次T-R旋回的海退沉积。天河板组中部泥质页岩和泥质条带灰岩的出现则标志新一轮T-R旋回(TR4)的开始,其上覆石龙洞组上部具“雪花状构造”白云岩和厚度较大的古喀斯特角砾岩的存在,标志长江三峡地区在早寒武世末期曾经历了较长时期的陆上暴露。

2.2 中、上寒武统

为局限台地相沉积,主要由含石膏假晶白云岩和少量白云质灰岩、灰岩组成。分下部覃家庙群(磕膝包组、官山垭组)和上部三游洞群(新坪组、雾渡河组和西陵峡组)。鉴于原西陵峡组与原雾渡河组之间岩石界线标志不明显,且原西陵峡组厚度较小,横向追索困难,本文建议将西陵峡组的底界下移61.8 m,厘定后西陵峡组之底以夹薄层泥质条带白云岩的出现为界,并与下伏雾渡河组顶部喀斯特角砾白云岩相区分(图2)。

中、上寒武统化石稀少,岩性单一。尽管沉积盆地的水体不深,但地层中缺乏明显的陆上暴露标志,因此,十分不利于露头层序地层单位的划分以及海平面升降事件的对比。根据岩性结构转换面的分布特点来看,覃家庙群(磕膝包组、官山垭组)可能是一个独立三级层序或T-R旋回(TR5),三游洞群新坪组灰岩、白云质灰岩与雾渡河组下部白云岩和雾渡河组中上部白云岩则分别构成另外两个三级层序或独立的T-R旋回(TR6和TR7)。厘定后的西陵峡组由下部白云岩夹少量钙质白云岩和上部(相当于原西陵峡组)白云质灰岩、白云岩两部分组成。以原西陵峡组底部存在的冲刷面及其上分布不稳定的硅质皮壳和角砾状灰岩为标志,西陵峡组的上述两部分构成两个不同的三级层序或T-R旋回(TR8和TR9)。其中TR8的海侵沉积不发育,TR9的海侵沉积为一层厚0.5~1 m的生物碎屑灰岩。鉴于原西陵峡组内部(大致相当于 *Monocostatus severiensis* 牙形石带中部)存在一层厚约1 m的硅质皮壳,推测TR9内部可能还存在一次较明显的暴露事件(或海退事件)。

2.3 下、中奥陶统

长江三峡地区的下、中奥陶统自下而上分为下奥陶统南津关组、分乡组和红花园组,中奥陶统大湾组和牯牛潭组。在上述各岩石地层单位中,国内学者目前对分乡组的含义存在不同的看法^[5,10,12]。本文建议维持张文堂^[13]创立分乡页岩时的原始含义,即以中薄层状黄绿色页岩的出现为底,与下伏南津关组顶部礁灰岩或生物灰岩相区分(图2)。

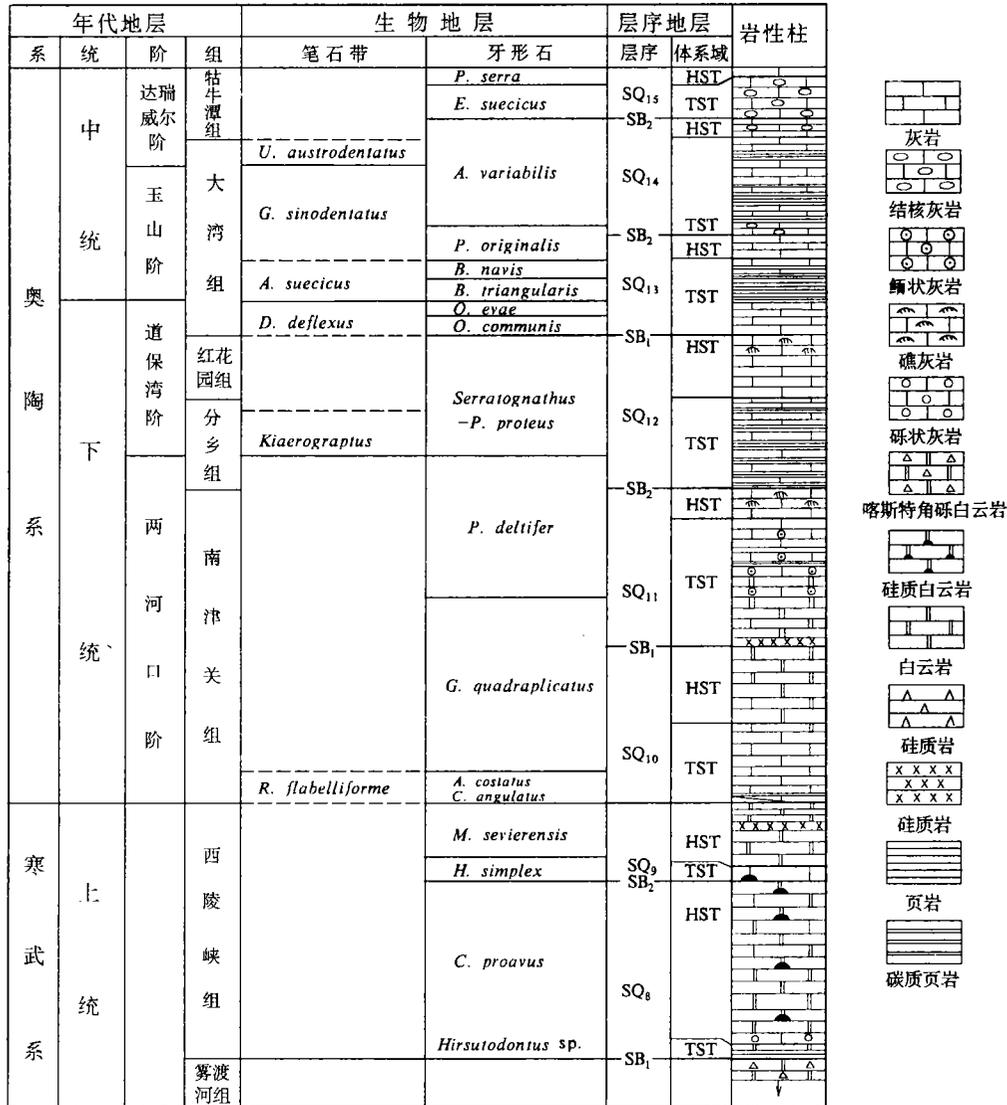


图2 上寒武统上部—中奥陶统多重地层划分与对比

Fig. 2 Showing the multiple stratigraphic subdivision and correlation of the upper parts of Upper Cambrian—Middle Ordovician

根据露头层序地层界面和体系域的识别,并结合生物地层和年代地层学研究成果,长江三峡地区早、中奥陶世大致可区分出6个不同的三级层序或T-R旋回(TR10—TR15)。TR10由南津关组下部海侵域(TST)灰岩和中部高位域(HST)白云岩组成,其顶部出现一层厚约1m的古喀斯特角砾岩^[14]。TR11对应于南津关组上部灰岩(TST)和顶部礁灰岩(HST)。TR12由厘定后的分乡组页岩和薄层灰岩(TST)以及红花园组块状灰岩(HST)组成。大湾组底部薄层含海绿石灰岩与下伏红花园组块状灰岩之间除了存在明显的层序转换面,缺失相当于*T. approximatus*笔石带下部沉积外,还伴随岩性的转换,从大湾组下段开始发生了生物

群面貌的巨大变化,由奥陶纪初期的低纬暖水型动物群变为中高纬冷水型分子占优势的动物群^[14]。大湾组下段下部以砂屑灰岩、泥灰岩为主,上部为泥晶灰岩、泥岩,往上泥质增高,总体上表现为向上变细的退积沉积,属 TR13 的海侵沉积,大湾组中段下部紫红色泥晶灰岩则可能为 TR13 的海退沉积。大湾组中段上部泥质瘤状灰岩的出现以及上覆大湾组上段向上逐步增加的泥质沉积暗示当时新一轮海侵沉积的开始,其上覆牯牛潭组下部灰色灰岩则可能是此次 T-R 旋回(TR14)的海退沉积。TR15 对应于牯牛潭组中部泥质瘤状灰岩、灰岩和上部灰岩。发生在牯牛潭组顶部的海退事件导致三峡地区缺失了相当于 *Husterograptus teretiuculus* 笔石带下部或相当于 *Pygodus serra* 牙形石带上部的沉积^[14]。

2.4 上奥陶统一志留统

上奥陶统包括庙坡组、宝塔组、临湘组和五峰组四个岩石地层单位。其岩石组合、腕足类和头足类生态特点及水深信息分析^[15, 16]表明,庙坡组、宝塔组与临湘组和五峰组分别形成晚奥陶世 3 个不同的 T-R 旋回(TR16, TR17 和 TR18)。庙坡组下部页岩夹灰岩具有向上变细的沉积特点,为 TR16 的海侵沉积,该组中部含 *Nemagraptus gracilis* 笔石及 *Sericodea* 腕足群落的黑色页岩具有凝缩沉积的特点,似为此次海平面上升到最大时期的沉积产物。庙坡组上部黄绿色页岩的出现标志此次海侵的结束和海退的开始。宝塔组和临湘组均为“龟裂纹”发育的介壳灰岩,岩性较难区分,只是前者钙质相对较高,泥质较少,岩性较坚硬。从宝塔组内头足类壳体的 SSI 值所指示的海水深度远较庙坡组中部含 *Nemagraptus gracilis* 笔石及 *Sericodea* 腕足群落的黑色页岩的水体要深^[15]表明,在庙坡组上部所发生的海退事件规模较小,而在宝塔组下部则存在一次新的海平面上升事件。联系临湘组所含腕足类的生态环境与庙坡组上部相似^[16]推测,临湘组应为此次 T-R 旋回(TR17)的海退沉积。五峰组主要由黑、棕黄、紫灰色薄层至极薄层粉砂质页岩和黑色硅质页岩组成,顶部存在一层厚 0.3 m 含大量介壳化石的黄色粉砂质泥岩、灰岩(观音桥层)。该组下部和中部产丰富的笔石,上部笔石相对减少,顶部产大量腕足类和三叶虫化石。沉积颗粒总体上具有自下而上逐步变细,然后再变粗的特点,暗示五峰组构成一个完整的 T-R 旋回(TR18),其最大海泛面的位置与笔石 *P. pacificus* 带分布的位置一致或接近。值得说明的是,若按 *Nemagraptus gracilis* 笔石带底界和目前国际奥陶系—志留系界线(*Parakidograptus acuminatus* 笔石带之底)的同位素地质年龄分别为 467 Ma 和 439 Ma^[17]推测,上述 3 个 T-R 旋回分布的地质延限平均为 9 Ma,超出一般三级地层层序的地质延限范围,因此,TR16—TR18 是否都与一个三级地层层序相当,尚有待于进一步研究。

下志留统龙马溪组下部黑色笔石页岩段的沉积特征与上奥陶统五峰组下部岩性相似,应为早志留世最早期的海侵沉积,从笔石的分异度特点分析^[18],此次海侵的最大海泛面位置与 *triangulatus* 笔石带的分布位置接近。龙马溪组上部黄绿色页岩段和上覆罗惹坪组泥岩、粉砂岩和生物灰岩总体上具有向上变浅的沉积特征,它们与前述龙马溪组下部黑色笔石页岩段构成一个完整的 T-R 旋回(TR19)。值得说明的是,在黄陵穹隆西部秭归新滩和长阳建阳坪一带,与此同期地层的岩石组合特征并不完全一致,其中龙马溪组上段中上部出现了波痕十分发育的粉砂岩和含丰富的 *Scalartuba lungmaxiensis* 等遗迹化石的泥质粉砂岩。而与罗惹坪组相当的地层,则与川东同期地层(小河坝组)的沉积特征相似,除底部和中部各出现一层厚 0.2~0.4 m 海百合茎颗粒灰岩外,主要由粉砂质页岩、泥质粉砂岩和粉砂岩组成,产丰富的三叶虫、笔石和腕足类化石以及少量的头足类和珊瑚化石。下志留统纱帽组可划分为四个岩性

段,其中第一段和第三段主要由黄绿色页岩和粉砂岩组成,似为海侵沉积,而第二段和第四段以粉砂岩和砂岩沉积为特征,则可能是海退时期的沉积产物。

3 古地理演变与海平面变化的关系

中元古代晚期造山事件和新元古代裂陷系的全球对比表明,中元古代时期全球板块可能拼结形成一个超级大陆(Rodinian)^[19]。大约在750~725 Ma前后,伴随古太平洋洋壳的打开,超大陆开始分裂,冈瓦纳大陆(包括印度、澳大利亚和南极洲等)首先从劳伦西部脱离^[20]。600 Ma前后,Iapetus洋洋壳开启,劳伦大陆与波罗的海板块分裂^[21]。

对新元古代晚期—早寒武世时期华南板块的古地理位置尚有不同的看法,Banerjee et al.^[22]等认为华南板块可能位于印度—伊朗—阿拉伯半岛大陆组合的北部,但此前Li et al.^[23]则将华南板块置于澳大利亚—东南极洲大陆与劳伦大陆之间。由于华南板块在整个寒武纪时期具有明显的Australo-Asiatic生物省的生物地理特点,而北冈瓦纳大陆地区,如伊拉克和阿拉伯地区早寒武世的三叶虫生物群的生物地理分区不明显^[24],直到晚寒武世时期才出现Damesellidae和Kaolishaniidae等Australo-Asiatic生物省的三叶虫分子。因此,从寒武系三叶虫生物地理分区特征来看,华南板块可能位于与澳大利亚板块紧邻的地区,只是早寒武世以后伴随Iapetus洋的进一步扩张,北冈瓦纳大陆与华南及澳大利亚板块之间可能发生了相对汇集或板块的拼接,这一点亦可从华南板块早奥陶世时期(特马豆克和阿伦尼克早期)出现有大量冈瓦纳地区常见的生物群分子,如牙形石*Paltodus deltifer*,三叶虫如*Asaphellus*, *Psiloccephalina*, *Shumadina*以及几丁虫*Eremochitina*等上得到证实。

奥陶纪阿伦尼克早期以后,华南板块上虽然存在大量北冈瓦纳地区常见的三叶虫,如*Reedocalymene*, *Prosopisus*, *Asaphopsis*, *Euloma*, *Birmanites*和*Dalmanitina*以及几丁虫*Sagnachitina*等,但还出现了大量冷水型牙形石^[10]以及头足类Orthoceratidae, Endocerastids和腕足类*Rannites*, *Anchigonites*, *Protoskenides*和*Euorthis*等,从而显示出与波罗的海板块相似的古生物地理特点,因此,华南板块在阿伦尼克早期以后可能发生了向南漂移,以至与同期向北漂移的波罗的海板块在古地理位置上逐渐接近,生物群发生彼此迁移。

早志留世路丹期和爱隆期早期的生物以发育分异度很高,分布很广的笔石为特征,其生物地理分区特征不明显。爱隆期早期以后,华南板块上大量乌拉尔—科迪勒拉型腕足类化石,如*Nalivikinia*, *Striispirifera*, *Atrypinopsis*, *Atrypoidea*, *Atrypopsis*, *Eospirifer*等的出现,显示出北方志留域生物地理大区的特征。陕西紫阳地区早志留世晚期北美—西伯利亚型笔石^[25],如*Crytograptus sakmaricus*, *C. lapworth*和*Retiolitids*^[26]的出现,暗示扬子地台北缘当时可能靠近低纬赤道附近,这一点从秀山地区志留纪的古地磁资料^[27]以及扬子地台内部同期地层中存在大量高分异度的地方性分子^[28]上得到证实。由此表明,华南板块在早志留世前后可能发生了向北方向的快速漂移。

层序界面和岩石建造特征分析表明,长江三峡地区早古生代存在的上述21个不同的三级层序或T-R旋回大致可以归并为6个不同的层序组(SSA1, SSA2, SSA3, SSA4, SSA5和SSA6)和3个不同的中层序(SME1, SME2和SME3)(图3)。对比分析三峡地区早古生代层序地层发育特征与华南板块早古生代古地理演变特征不难发现,上述3个不同的中层序的形成与华南板块的漂移存在明显的关系,其中SME1与冈瓦纳大陆各板块的相对汇集密切相

关, SME2 则与冈瓦纳大陆的解体以及华南板块的向南漂移相联, 而 SME3 则是华南板块从向南漂移转向向北快速漂移后的沉积产物。

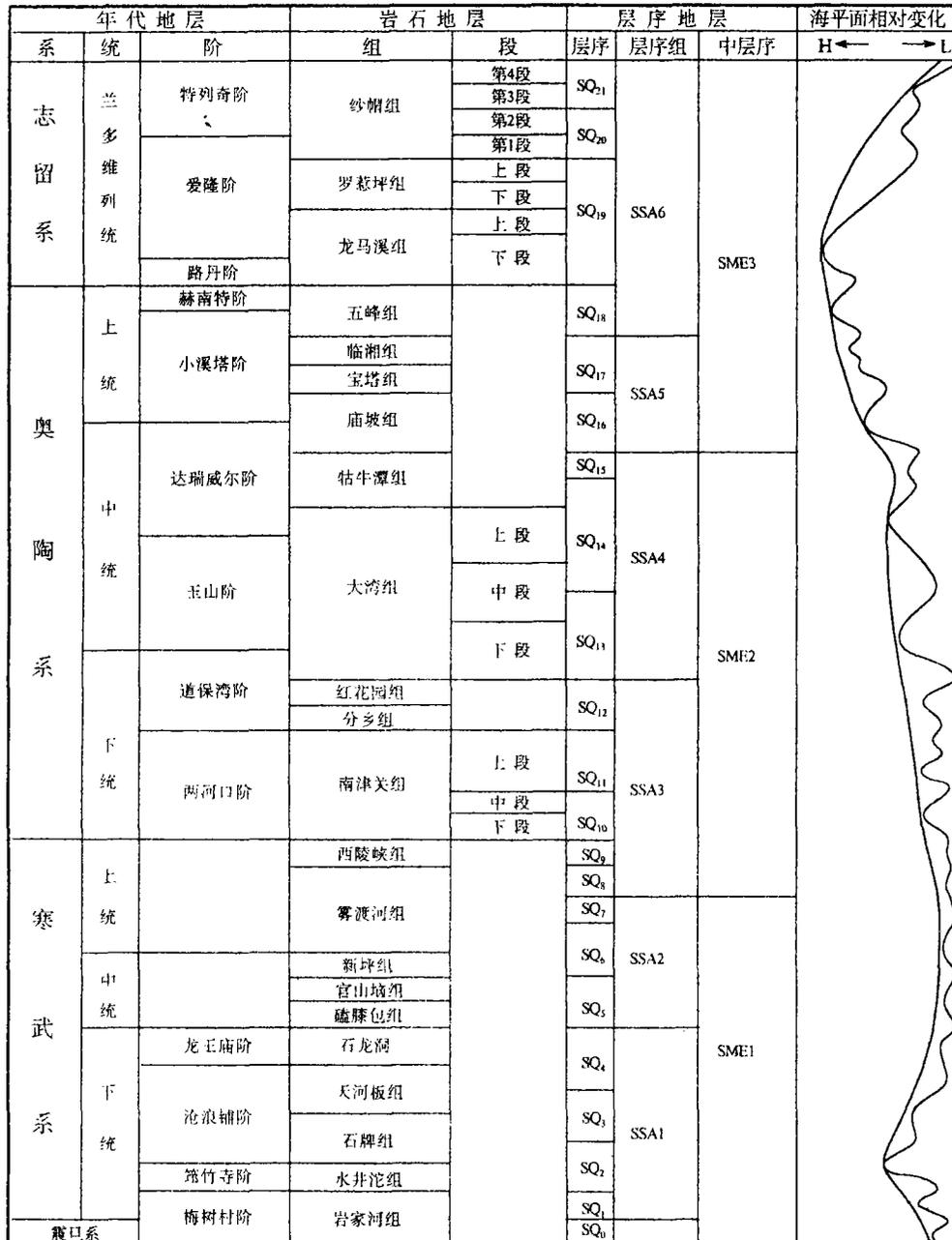


图3 早古生代层序地层与海平面变化

Fig. 3 Showing the sequence-stratigraphy and sea-level changes of early Paleozoic

参 考 文 献

- [1] Lee J S, & Chao Y T. Geology of the Gorges district of the Yangtze from Ichang to Tzekuei with special reference to development of the Gorges. *Bull. Geol. Soc. China*, 1924, 3:351—391
- [2] 罗惠麟、蒋志文、唐良栋. 中国下寒武统层型剖面研究. 昆明: 云南科技出版社, 1996. 1—183
- [3] 陈平. 鄂西宜昌计家坡下寒武统小壳化石的发现及其意义. *地层古生物论文集*, 1984, (3): 49—64
- [4] 汪啸风、李华芹、陈孝红. 末前寒武系年代地层学研究: 问题、进展和建议. *现代地质*, 1999(4)
- [5] Wang X F, Erdtmann B D, Chen X H. Ordovician chronostratigraphy—a Chinese approach. In *webby, Bauries (eds.)*, *Global perspectives on Ordovician Geology*. Balkema, Ratterdam, 1992, 35—55
- [6] Chen X, Rong J Y, Wang X F et al. Correlation of the Ordovician Rocks of China. IUGS publication, 1995, 31: 1—104
- [7] 陈旭、Mitchell C E, 张元功等. 中奥陶统达瑞威尔阶及其全球层型剖面点(GSSP)在中国的确立. *古生物学报*, 1997, 36(4): 423—431
- [8] Wang X F, Erdtmann B D, Chen X H. The “Hirnatian Stage” and the Ordovician—Silurian Boundary revisited. In *Kraft, P. (ed.) Proceeding paper of 8th ISOS*, Prugc, 1999
- [9] 陈孝红. 峡东地区上兰多维列统几丁虫. *华南地质与矿产*, 1996, (3): 61—67
- [10] 汪啸风、倪世钊、曾庆奎等. 早古生代分册. 见: 宜昌地质矿产研究所. *长江三峡地区生物地层学(2)*. 北京: 地质出版社, 1987. 43—142
- [11] Richards R B. The sequence of Silurian graptolite zones in the British Isles. *Geological Journal*, 1976, 11(2): 153—188
- [12] 苏文博. 从层序地层学角度论岩石地层单位的厘定与优化. *现代地质*, 1999, 13(1): 19—24
- [13] 张文堂. 中国的奥陶系. 北京: 科学出版社, 1962
- [14] 汪啸风、李志明、陈建强等. 华南地区早奥陶世海平面变化及其对比. *华南地质与矿产*, 1996, (3): 1—11
- [15] 曾庆奎. 峡东地区奥陶纪腕足类群落与海平面升降变化. *中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊*, 1991, (16): 19—39
- [16] 陈均远. 奥陶纪头足类壳体的水深信息及海平面位置年代学的初探. *古生物学报*, 1988, 27(3): 331—345
- [17] Wang X F, Chen X, Chen X H. Stratigraphical Lexicon of China, The Ordovician. *Geological Publishing House*, 1996, 1—192
- [18] 戎嘉余、马科斯·约翰逊、杨学长. 上扬子地区早志留世(兰多维列世)的海平面变化. *古生物学报*, 1984, 23(6): 672—687
- [19] Memenamin D S, Memenamin D L S. The emergence of animals, the Cambrian breakthrough. *New York, Columbia University Press*, 1990, 1—217
- [20] Dalziel I W D, Dalla Salda L H. Palaeozoic Laurentia – Gondwana interaction and the origin of the Appalachian – Andean mountain system. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 1994, 106: 243—252
- [21] Torsvik T H, Smethurst M A, Meert J G. Continental break-up and collision in the Neoproterozoic and Palaeozoic – a tale of Baltica and Laurentia. *Earth Science Rev.*, 1996, 40: 229—258
- [22] Banerjee D M, Mazumdar A. On the Late Neoproterozoic – Early Cambrian transition events in parts of east Gondwanaland. *Gondwanan Research*, 1999, 2 (2): 199—211
- [23] Li Z X, Zhang L and Powell McA. Positions of east Asian cratons in the Neoproterozoic supercontinent Rodinia. *Australian Jour. Earth Sci.*, 1996, 43: 593—604
- [24] Paris F, Robart M. Early Palaeozoic palaeobiogeography of Variscan regions. *Tectonophysics*, 1990, 177,

193—213

- [25] William B N B, Wide P. Graptolites biogeography: implication for palaeogeography and palacobiogeography. In Mckerrow, W. S. & Scotese, C. R. (eds.), 1990, Palaeozoic palaeogeography and biogeography. *Geo. Soc. Mem.*, 1990, (12):129—137
- [26] 傅力浦、宋礼生. 紫阳地区(过渡带)志留纪地层和古生物. 中国地质科学院西安地质矿产研究所刊, 1986, (14), 1—190
- [27] Opdyke N D, Huang K, Xu G et al. Palcomagnetic results from the Silurian of the Yangtze paraplatform. *Tectonophysics*, 1987, 139:123—132
- [28] Wang Y, Boucot A T, Rong J Y et al. Silurian and Devonian biogeography of China. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1984, 95:265—297

MULTIPLE STRATIGRAPHIC SUBDIVISION AND SEA LEVEL CHANGES OF THE EARLY PALEOZOIC IN YANGTZE GORGES AREA

Chen Xiaohong Wang Xiaofeng

(*Yichang Institute of Geology and Mineral resources, Yichang 443003*)

Abstract

Based on the restudy of the Paleozoic sections around Huangling Dome, some chronostratigraphical units and lithological units are redefined in this paper. According to the identification of the sequence boundaries and the analysing results of biota and sedimentary facies on the Early Paleozoic stratigraphies, three mesosequences (SME1, SME2 and SME3), six sequence assemblages (SSA1, SSA2, SSA3, SSA4, SSA5, SSA6), and twenty-one sequences at least or T-R cycles (transgression-regression cycle) can be recognized in the Yangtze Gorges area. Additionally, the relationships between the palaeogeographical evolutions and sea level changes were preliminary discussed based on the analysis of the characteristics of the palaeobiogeographical evolution in Early Paleozoic of the Huanan Platform.

Key words multiple stratigraphical subdivision sea level change Early Paleozoic Yangtze Gorges