

层序地层与岩相古地理编图

——以中国南方泥盆纪地层为例

牟传龙 许效松 林明

(成都地质矿产研究所)

岩相古地理及古地理学的研究,在我国已有相当长的历史并有着十分丰硕的成果。各家以不同的理论为指导、采取不同的编图方法,从不同的研究角度编制了中国的岩相古地理图。

刘鸿允(1955)以古生物地层学的理论为指导,编写了我国第一部古地理学的专著《中国古地理图》,从此,正式揭开了中国古地理学研究的序幕;卢衍豪等(1965)以期为单位,编制了中国寒武纪各期的岩相古地理图;关士聪等(1984),以大地构造学和沉积学的理论为指导,编制了《中国海陆变迁海域沉积相与油气》专著,建立中国各地质时代的各种沉积模式;王鸿祯等(1985),以大地构造活动论和发展阶段论为指导,编制了《中国古地理图集》;冯增昭等从1988—1990先后采用“单因素分析综合作图法”,研究了《下扬子地区中下三叠统青龙群岩相古地理研究》、《华北地台早古生代岩相古地理》;“六五”期间,地矿部岩相古地理协作组先后介绍、引进了国外沉积岩研究的新理论、新方法,并由湖南、江西、贵州等省地矿局及成都地矿所和宜昌地矿所进行了中小比例尺的岩相古地理研究与编图试点工作,在后期推广到全国;七五期间,在刘宝珺教授领导的“中国南方岩相古地理及沉积、层控矿产远景预测”项目中,以板块构造活动论和现代沉积学等理论为指导,用“优势相方法”编制了中国南方从震旦纪—三叠纪的岩相古地理图,把我国岩相古地理研究水平大大提高了一步,已达国际先进水平。

综观以往的岩相古地理编图中,存在有两个争议很大的问题(李文汉,1992):一是怎样编制反映活动论的岩相古地理图,即所谓的第四代岩相古地理图;二是在平面图(二维)上怎样反映出在某一时间间隔内该地区的沉积发展史(四维)。前者涉及的是如何恢复或复原古海洋、古大陆的位置和变化历程;后者则除涉及成图单元的划分、对比等问题外,还有若干作图方法上的问题。

70年代末期,由于地震地层学的扩展,层序地层学应运而生,成为当今地球科学的前沿学科,在盆地分析中占有举足轻重的地位,由此对传统的岩相古地理编图方法产生了极大的震动和冲击。笔者(1991)在研究湖南泥盆纪盆地演化时,用层序地层学的基础理论和方法对南方部分地区泥盆纪地层进行了沉积层序和沉积体系域的划分,并尝试性地把层序地层的研究成果应用于编制岩相古地理图之中,获得了一种新的岩相古地理编图的思路和准则,即以沉积层序为基本年代地层格架单元,以沉积体系域作为编图单元,以沉积体

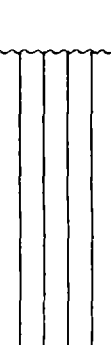
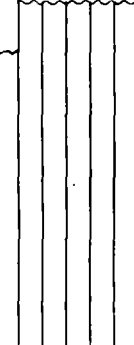
系域的顶或底界面作为编图的等时的或瞬时的面,以沉积体系域的不同的沉积相作为编图要素。本文着重讨论以湖南泥盆纪地层为主的中国南方泥盆纪板内盆地的沉积层序、沉积体系域特征、尔后探讨层序地层和岩相古地理编图问题。在此提出,旨在与同仁们讨论,并希望得到批评指正。

一、研究基础

层序地层学是与沉积学、生物地层学和其它确定年代方法紧密相关的一门学科。详细的地层学和沉积学研究是进行层序地层学研究的基础。中国南方泥盆纪地层发育良好,研究程度高,地层划分对比准确(表1)。在广西大瑶山西侧泥盆纪最早地层下叶山组与下伏

表1 中国南方泥盆纪地层划分对比

Table 1 Division and correlation of the Devonian strata in southern China

地区 地层系统			湘桂地区				粤赣地区				
			广西象州	湘中	湘南		韶关	崇义-龙南			
				碎屑岩区	灰岩区	泥灰岩区					
泥盆系	上统	法门阶	融县组	岳麓山组	锡矿山组	锡矿山组	锡矿山组	岳麓山组			
		弗拉斯阶	军田组	云麓宫组	西寨口组	余田桥组	余田桥组	云麓宫组			
	中统	吉维特阶	东岗岭组	河淇水组	棋梓桥组	定河冲组	皇岗岭组	罗垌组			
							老虎头组				
		艾菲尔阶	应堂组	跳马涧组	跳马涧组	跳马涧组	杨溪群	陡水组			
				半山组	半山组	半山组					
	下统	埃姆斯阶	大乐组	源口组	源口组	源口组					
			侣塘组								
			同庚组								
		布拉克阶	小山组								
		洛霍柯夫阶	脉渠组								
			金秀组								
			下叶山组								

的寒武纪地层呈角度不整合接触,与上覆地层在岩性和相类型上均有较大区别。金秀组、脉渠组都有各自的化石证据,属洛霍柯夫阶的地层无疑。从布拉克阶至上泥盆统的各个组的建立均有相应的带化石作为地层划分和建组的依据。在湘南、湘中地区,最早地层为源口组地层,与其下伏的寒武纪、志留纪或奥陶纪地层均呈角度不整合,其分界面截然,往上的地层与大瑶山西侧的地层划分均能一一对比,只是组名不同而已。在江西崇义-龙南地区,

泥盆纪最早的地层为相当于半山组和跳马涧组的陡水组,与下伏地层呈角度不整合,分界清楚。与棋梓桥组相当的为罗垅组。上泥盆统地层划分与湘中地区相同。

南方泥盆纪地层在沉积学方面研究程度很高,尤其在沉积相和岩相古地理方面取得了丰硕的成果(曾允孚等,1987、1990;刘文均等,1985;熊申甫等,1990;刘五一,1989;蒋德和,1989;沈德麟等,1987)。笔者在1990—1992进行“湖南泥盆纪沉积盆地演化与成矿”项目研究中,也进行了大量的沉积相研究,并取得了一些较为重要的进展。

上述准确精细的地层划分对比和沉积学研究为进行本区泥盆纪层序地层研究打下了坚实的基础。笔者对南方泥盆纪详细的层序地层研究,使得用层序地层学的理论和方法来编制岩相古地理图成为可能。

二、中国南方泥盆系层序地层研究

层序是以海平面下降为起点和终点的有成因联系的沉积体系组合,代表一次海平面升降周期。在被动大陆边缘,由于板块边缘和洋中脊的构造演化旋回与一次全球性的海平面升降周期同步,因而可建立与海平面升降过程一致的离散型大陆边缘层序地层学的经典理论,以及层序内部完整的沉积体系以及相应的界面标志。陆板块内部的盆地远离大洋盆,因板块活动引起的全球性海平面升降,对陆内盆地沉积层序的制约作用,在很大程度上还取决于板内构造活动与海平面相对升降之间的相关效应。除此而外,板内盆地陆源物为多向供给、陆地的夷平以及古气候等因素也有别于被动边缘。

造山后的泥盆纪盆地内,控制楔状体充填作用的是陆源区的夷平剥蚀;控制沉积物性质的是板内构造活动,而控制楔状体推进的是海侵和海平面上升。因此以河流回春为标志的层序界线不整合,和以最大海侵面和相应海侵沉积物、生物层和含竹节石硅质岩为标志的凝缩层,把泥盆系地层由下而上分为四个沉积层序,其时限分别为:早泥盆世洛霍柯夫期至埃姆斯期中期;早泥盆世埃姆斯期晚期至中泥盆世吉维特期早中期;吉维特期晚期至晚泥盆世弗拉斯期及法门期(图1)。

1. 第一层序,以早泥盆世洛霍柯夫期和布拉格期早期的陆相沉积地层作为造山后期海平面下降时的低水位沉积体系域,这套地层的底面为I类层序界线不整合面,并可作为与基底岩石之间的年代地层界线。沉积体的展布,在桂西为莲花山组和那高岭组下部的砾岩、砂页岩,属侵蚀面上的残积物被河流改造后形成的超覆沉积和低水位扇充填物;桂中为下叶山组紫红色砂砾岩和砂岩;桂北和湘南在相当的年限内仍为陆上暴露和剥蚀区,因而缺少这段地层。所以第一层序底部的陆相成因的沉积物下界,是一个穿时沉积界面,为几个退积式的低水位沉积体系域副层序组组成。

海侵面是研究层序地层和划分层序的重要界面和标志层,特别是第一个海侵面。由于泥盆纪盆地是陆内新生的拉张盆地,所以海平面上升时,如又与构造活动同步,则可以形成多个海侵面。

第一个海侵面在层序地层学中代表海平面上升初始阶段的海泛范围,也是第一个累进式海平面上升的高点和静止期,通常是稳定的海相正记录,并呈席状体超覆在陆相地层之上,与切谷充填的低水位楔形体不同。早泥盆世早期,海水由钦防海槽向西北和北东两个方向侵进,在陆相沉积区转为海相沉积时,主要表现为不稳定的滨岸砂体或潮汐通道充填

物,构成低水位楔形体副层序和副层序组,以那高岭组的风暴砂和脉渠组的潮汐砂坝碎屑岩为代表。脉渠组中部腕足生物层可作为第一个海侵面和海侵面沉积体系,标志着第一个四级海平面相对上升时达到最高点,这时期海域的北部边界已达桂中。

第二个海侵面是埃姆斯期早期沉积物同庚组中的介屑生物灰岩,是早泥盆世的第一个海源层,标志着陆源堆积区已转为稳定的碳酸盐生长加积区,海平面快速上升海岸退积,可作为第二个四级海平面相对上升的高点。同庚组地层之上的落脉组和侣塘组中,则出现多个以海平面相对下降为引导的暴露标志,并混有来自北部和东部的陆源物随着海平面下降带入碳酸盐沉积区,代表第一层序的顶界。当埃姆斯期第二个海侵面形成时,虽然海泛由桂中向北推进,但湘南仍为陆相沉积物,以源口组地层为代表。

2. 第二层序由早泥盆世埃姆斯期晚期到中泥盆世吉维特期早中期的沉积物组成。相当的地层由半山组中上部冲积相砾岩及河流相的砾岩、含砾砂岩和紫红色石英粉砂岩和泥岩组成,层序底界为Ⅰ类层序界线不整合。向海方向至桂中以侣塘组含陆屑碳酸盐为代表。跳马涧组地层为泥盆系分布广泛的海侵体系域沉积,为一套滨海相和潮坪相碎屑岩上超在半山组陆相碎屑岩之上,其界面为南方泥盆纪时第三个海侵面。棋梓桥组下部地层为海相页岩和生物灰岩的混积陆棚相沉积,后发展为生物礁、滩相。这套沉积组合中有多层低速沉积的瘤状泥岩、瘤状生物灰岩,代表多次重复性海侵面和累进式的海平面上升过程。最大海侵时的凝缩沉积物为生物层,由原地理藏的完整的腕足化石组成。高水位体系域则由生物礁灰岩、海百合茎灰岩、生物屑灰岩、泥晶灰岩和白云岩、构成稳定分布的加积型碳酸盐台地相。累进式海平面上升后的海平面相对下降期,造成碳酸盐台地暴露,形成南北延展200km以上的古喀斯特面。如城步清溪、涟源雷鸣桥、新邵巨口铺、白云铺以及邵东马鞍山等地均可见及,形成一个完整的层序,其顶界为Ⅰ类层序界线不整合。

3. 第三层序由中泥盆世吉维特期晚期和弗拉斯期的地层所组成。该层序的底部为棋梓桥组中部海侵碳酸盐岩,与下伏地层界线在邵东马鞍山、新邵白云铺等地非常清楚,超覆在古喀斯特面上形成海岸上超。总体上,泥盆纪盆地的沉积作用发生处于海平面主体上升期。但在此层序沉积时,由于基底断裂活动,导致整个碳酸盐上部陆架发生分割,构成台盆与台地并存的沉积格局,因而此沉积层序的形成主要受控于构造因素。在台盆与台地过渡区广泛发育由碳酸盐重力流形成的再沉积碳酸盐角砾岩,构成低水位扇沉积体系。海侵体系域在台地浅水区为白云岩、白云质灰岩和生物扰动灰岩以及台地边缘滩相的生物碎屑灰岩、含赤铁矿的砂质灰岩,生物礁相的生物礁灰岩等。过渡区为混积陆棚相的碳酸盐岩与页岩。台间盆地有余田桥组的硅质岩。代表最大海侵时的凝缩层台地上有余田桥组含腕足,弓石燕化石的生物层和生物灰岩以及台间盆地中的含竹节石的薄层硅质岩。竹节石平行层面分布。高水位体系域亦由余田桥组地层组成,在近陆源区为三角洲相碎屑岩(涟源雷鸣桥),台地区为白云岩、砂质灰岩、白云质灰岩、纹层状灰岩、生物灰岩和生物扰动灰岩等。台间盆地内高水位体系为钙屑浊积岩(宁远大坝头)。顶部界线以古喀斯特为特征,但不具低水位扇沉积,应为Ⅱ类层序界线不整合。

4. 第四层序由晚泥盆世法门期沉积地层所组成。该层序底部的海侵碳酸盐岩直接超覆在古喀斯特面上。海侵体系域在台地上为潮坪、浅滩相的生物扰动灰岩、生物碎屑灰岩以及白云岩。高水位体系域由一套潮坪相的石英粉砂岩、泥岩、白云岩以及三角洲相的碎屑岩组成,为向上变粗、变浅序列。顶部与下石炭统呈Ⅱ类层序界线不整合接触。整个泥盆

层序地层学在岩相古地理研究中的应用已开始为人注意,如提出了以最大海进面为等时面来编图(李文汉,1992)。的确,用层序地层学的基础理论和方法编制岩相古地理图,比较接近等时和瞬时性的海陆分布和海域内沉积相配置,以及盆地内沉积、构造活动的相关信息和盆地的动态性质。编图的思路和准则是:以沉积层序为基本年代地层格架单元,以沉积体系域作为编图单元,以沉积体系域的顶或底界面作为编图的等时的或瞬时的面,以沉积体系域的不同的沉积相作为编图要素。这是因为:沉积层序的界面和层序内体系域间界面是定时的,所以沉积层序也是定时的,加之它们可进行全球或区域上对比,因此以沉积层序作岩相古地理研究的基本年代地层格架单元较之用生物地层单位或岩石地层单位作为编制岩相古地理图的基础地层单元合理,更具等时性和瞬时性;沉积体系域也是定时的,它所反映出的沉积环境或沉积相带的展布较之用“单因素综合分析图法”和“优势相”相“压缩法”编制的岩相古地理所反映出的相同内容更具客观性、等时性和瞬时性。

根据上述的编图思路和准则,在编制湖南及邻区泥盆纪岩相古地理图时,我们首先在图上绘出层序界线类型及特征,然后以层序界线不整合上下的低水位或海侵体系域、陆棚边缘体系域和高水位体系域中的最靠近层序界线的沉积相和岩性绘出当时的岩相古地貌,同时在平面展布图的下方画出相关体系域的垂向时空演化柱状图或层序地层沉积模式剖面图,这样所编出的岩相古地理图就反映出了某一时间间隔内该地区的四维沉积演化史。图3就是根据上述原则和步骤所编制的湖南及邻区泥盆纪第二沉积层序界线之下的高水位体系域的岩相古地理图,反映了相当棋梓桥组中部的时限内的岩相古地貌格局。

在更为详尽的岩相古地理编图中,除了等时界面上的生态环境、沉积体系域内的副层序和副层序组,或是沉积相的配置、展布以及古流向,编图要素的几何形态和沉积厚度等也一并绘之,最后还可绘制盆地性质与超层序的综合展布迁移,超覆的相关性。这样的图就更能真实地反映某一个时间间隔内盆地四维空间的沉积演化史。

迄今为止,岩相古地理图的编制仍受固定论的制约,同时生物地层和岩石地层都存在不同程度的穿时性,因此无论是单因素和多因素用压缩法或优势相表示的海陆范围内的岩相和古地理单元,不能恢复某一时间内盆地的实际。以海平面下降形成的层序界线不整合,在全球或区域级的范围内将可作为等时对比,是幕次事件的反映,因而与海平面升降有成因联系的地层单元,具有等时性。湖南中泥盆统半山组砾岩,是个穿时地层单元,下部为基底的残坡层,相当于高水位沉积体系,中上部为远源砾石层,是海平面下降时的河流回春作用形成的低水位沉积体系,其间截切的层界面就可作为上下两个层序之间的I类界线不整合,在此界线上河流相低水位扇形体的展布就代表了造山后的盆地展布和方向。

层序作为基本单元,仍以地层学和详细的沉积相研究为基础,用以说明沉积体系域三维空间的岩相配置。而且以控制层序的四大参数为思路,更增加盆地内相分析的活动性以及各参数之间的制约关系。

层序地层学本身并不否定传统地层学的成果,而且将生物地层学和岩石地层学等的成果作为建立年代层序地层学格架的基础,成为独特学科体系;作为现代地层学的分支学科,反映了多学科的联合交叉,从而表现出较其它相关学科的优越性。

上述可见,以沉积层序为基本地层单位编制岩相古地理图,更能反映一个地区在统一地质作用场中的各种地质信息和综合效应,有利于更客观地认识一个地区的沉积作用、构造活动、事件及成矿作用等诸多演化特征。

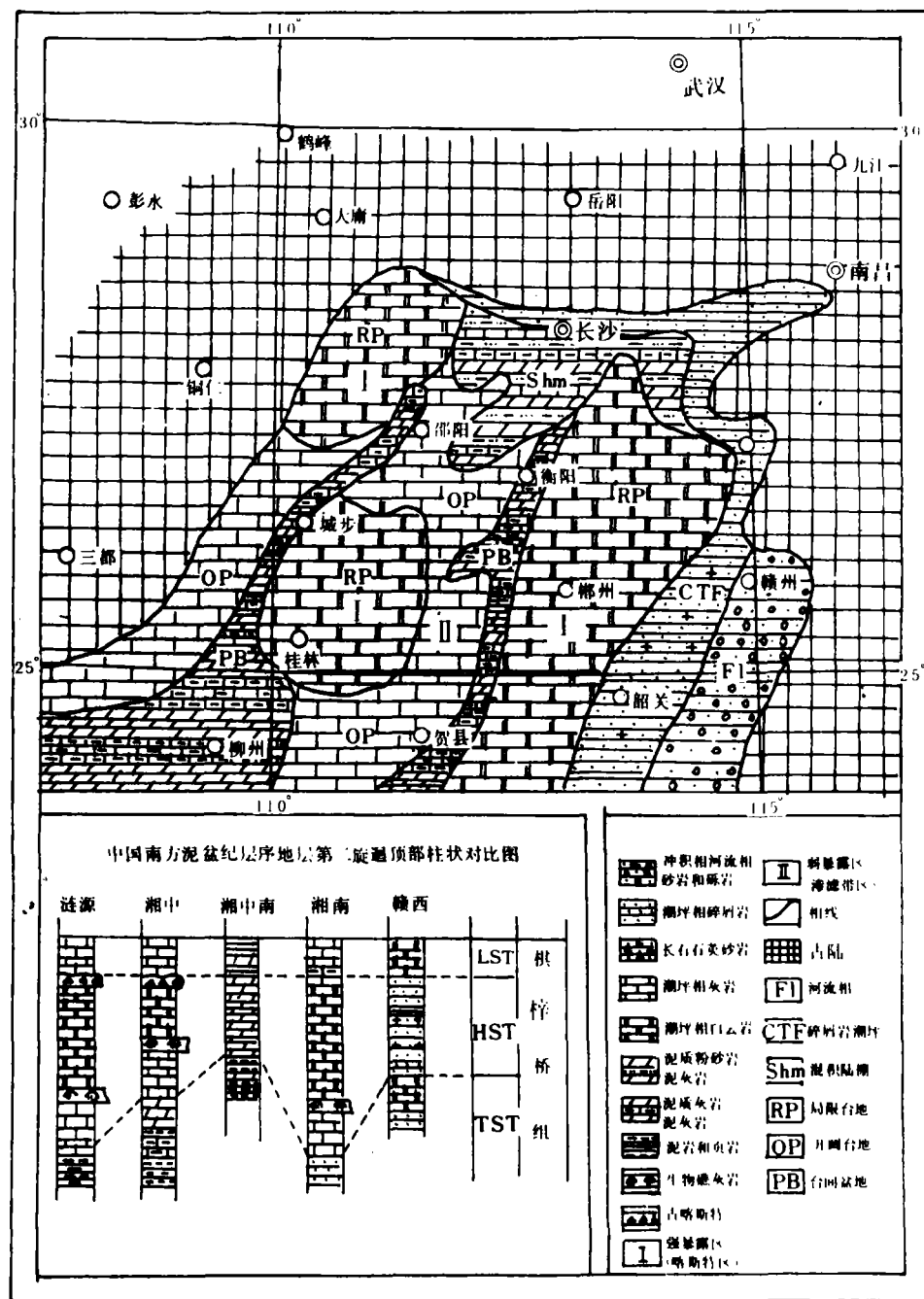


图3 中国南方泥盆纪第二沉积层序高水位体系域岩相古地理图

Fig. 3 Lithofacies and palaeogeographic map of the highstand systems tract in the second depositional sequence of the Devonian strata in southern China

另外,不同成因,不同板块部位的沉积盆地,由于其控制的因素的主次不尽一致,如拉张和挤压背景,单向和多向物源、海平面相对升降与构造活动的相关性等,则决定了沉积层序内体系域不同的演化特征,因此,在详细的沉积层序研究的基础上,选用沉积层序为编图单元所绘制的岩相古地理图或许能反映出沉积盆地的大地构造背景。

主要参考文献

- 冯增昭, 1991, 我国古地理学及岩相古地理学的历史、现状和发展趋势, 80 年代中国矿物学岩石学地球化学研究回顾, 地质出版社。
- 李文汉, 1992, 层序地层学在岩相古地理研究中的应用, 岩相古地理, 第一辑, 四川科学技术出版社。
- 湖南地质矿产局, 1987, 湖南省区域地质志, 地质出版社。
- 广西地质矿产局, 1985, 广西区区域地质志, 地质出版社。
- 曾允孚等, 1987, 南岭泥盆系层控矿床, 地质出版社。

SEQUENCE STRATIGRAPHY AND COMPILATION OF LITHOFACIES AND PALAEOGEOGRAPHIC MAPS —AN EXAMPIE FROM THE DEVONIAN STRATA IN SOUTHERN CHINA

Mu Chuanlong Xu Xiaosong Lin Ming
(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources)

Abstract

This paper focuses on the relationship between sequence stratigraphy and compilation of lithofacies and palaeogeographic maps. The Devonian strata in southern China may be divided into four depositional sequences in terms of sequence boundary unconformity characterized by fluvial rejuvenation and condensed sections consisting of biostrome and tentaculitid-bearing siliceous rocks. Their times are represented by the Lochkovian to middle Emsian, late Emsian to early and middle Givetian, late Givetian to Frasnian and Famennian, respectively.

The depositional sequences cited above are time-equivalent because the sequence boundary unconformity and the boundary between the depositional systems tract are time-equivalent. Therefore, the lithofacies and palaeogeographic maps compiled on the basis of the point of view and method of sequence stratigraphy approximately coincide with the distribution of seas and continents, indicating the framework of sedimentary facies and the associated information about sedimentation and tectonic activity in the basin and basin evolution. The compilation of the Devonian lithofacies and palaeogeographic map of South China has been made by means of the depositional sequences as the basic chronostratigraphic units, the depositional systems tract as the compilation units, the sequence boundary unconformity as the isochronous or instantaneous surfaces, and distinctive sedimentary facies in the depositional systems tract as the compilation elements of the corresponding isochronous surfaces.