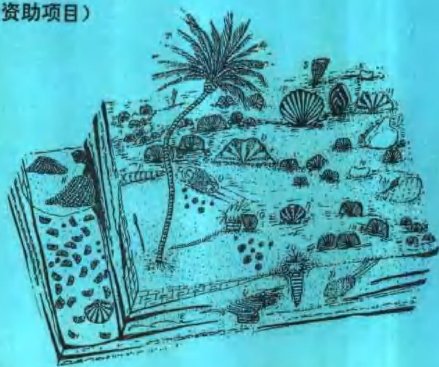


四川龙门山区泥盆系(1)

下泥盆统的动态地层学 和生态地层学

主编 陈源仁

(国家自然科学基金资助项目)



成都科技大学出版社

四川龙门山区泥盆系(I)

One of a series works for the
Devonia of Longmenshan Area,
Sichuan, china

下泥盆统的动态地层学和生态地层学

Dynamic Stratigraphy and Ecostratigraphy

主编 陈源仁

Chief editor Chen Yuan-ren

(国家自然科学基金资助项目)

(The Project Supported by National
Natural Science Foundation of China)

成都科技大学出版社

Press of Chengdu University of Science and Technology

(川)新登字 015 号

内 容 简 介

本专著共 10 篇论文,系对四川龙门山区泥盆系系统研究的最新成果之一。它以下泥盆统的古生物群落分析和生态地层学研究为重点,较系统、全面地阐述了:动态地层学的基本模式和生物地层学的作用;地层分类和岩石地层划分中的若干问题;幕式沉积和凝缩层的古生物标志及野外估测古深度的几种简易方法;并结合四川龙门山区的实际,讨论了:下泥盆统岩石地层的划分、早泥盆世中晚期古群落分析和风暴事件、下泥盆统平驿铺组、下中泥盆统某些腕足动物的群体动态分析及古生态意义等,每篇论文都突出了一个主题。本专著内容丰富、资料翔实,思路新颖,主题明确,研究范围涉及现代地层学前沿的很多方面,既可供研究龙门山区及华南泥盆系参考,也可供地质、地层、沉积、石油等专业从事教学、科研和生产人员参考。

四川龙门山区泥盆系(1) 下泥盆统的动态地层学和生态地层学

主编 陈源仁

责任编辑 卢奇勋 袁顺生

成都科技大学出版社出版发行

西南冶金地质印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 12.625 插页 3

1994 年 10 月第一版

1994 年 10 月第一次印刷

印数 1—500 册

字数 322 千字

ISBN 7-5616-2943-5/P·61

定价,15.00 元

前 言

四川龙门山区(前山区,下同)的泥盆系,有其得天独厚的特点:地层层序清楚、完整,发育齐全,露头连续、出露良好,化石丰富、门类多种、保存完美,沉积类型多样、时空展布变化既复杂又有规律,构造简单,剖面数量多,彼此既有共性又各具特色。从1929年起亚曾、黄汲清等先驱性的调研工作开始,至今近70年的时间里,中国地质工作者先后几代人不间断地对它进行了深入系统地研究。现在,它已成为有一定研究程度和精度,有自己特色的华南泥盆系分布区之一,从而吸引了中外广大泥盆系工作者前往和关注。

1990年至1993年6月,我们有幸得到了国家自然科学基金的资助,以下泥盆系的群落分析和生态地层学研究为重点,对白柳坪组、甘溪组、谢家湾组进行了全面而系统地研究,本书就是此项研究的初步成果之一。

当代地层学研究的领域正不断拓宽,为了和国际同类研究同步,我们的研究工作在坚持以群落分析为重点的同时,进行了全面综合的系统分析,收集在本书内的各篇论文大体反映了研究所涉及的有关方面,其中有的论文尽管其主题似乎并不与基金项目有直接联系,但也是本研究项目进展过程中经常考虑和论证的议题,所以也收录在内。鉴于本项目和以往龙门山区泥盆系研究工作的最大不同是从动态角度作为探讨问题的基本出发点,因而本专著就以动态地层和生态地层作为标题以突出研究的内容。

为了充分发挥各作者的看法和观点,本书没有采用一般专著沿用的统一格式、分章撰写的办法,这样既可避免统一论题对作者思路的束缚,又可扩大报导研究和讨论的内容,当然不可避免会有一些重复。本着“百家争鸣”和“文责自负”的精神,凡有两个及两个以上作者合写的论文,都注明了执笔者。

除参与提交论文的有关人员外,本项目的参加者中还有我院沉积地质研究所的王玉静副教授,地质系研究生王结华等。整个项目的野外工作是和历年地质系本科应届毕业生的毕业实习相结合进行的。教学和科研密切结合是本项目进展的特色之一,这不仅使两者经费互补,而且为大量第一手资料的收集,标本的采集提供了必需的人力、物力。历届参与实习的诸多学生为本项目的顺利进行所洒下的汗水,已渗透在本专著的的字里行间。

在研究工作进展过程中,本院刘文物研究员、郑荣才副教授等都在野外和室内对研究工作给予了帮助和支持。宜昌地质矿产研究所张仁杰研究员、鄂道平副研究员为本项目鉴定了相当数量的双壳类化石,南京古生物所阮亦萍研究员鉴定菊石化石,前美国古生物学会主席、国际古生物学会主席、美国俄勒冈州立大学 A. J. Boucot 教授,加拿大的 P. Copper 教授,德国的 F. Fürsich 教授等都在项目进行过程中访问过研究区,对项目涉及的有关问题作过有益的探讨,杨家和、蔡开基为本书照相,研究区的广

2-A-93101

大群众和有关方面对野外研究工作提供了种种方便,学院有关各级组织对研究工作给予了巨大支持和协助,本专著全体作者愿借此机会对所有为本项目顺利开展给予指导、支持帮助、协助和作出贡献的所有单位、方面和个人表示真诚的感谢。特别要对国家自然科学基金委地球科学部的支持和指导表示由衷地感激。

整个研究工作是在前人辛劳的基础上进行的。特别是 80 年代中期,地质科学院组织对桂滇—沙窝子剖面的研究,在剖面实地留下了层号、分组的界碑等永久性标记为我们的工作提供了诸多方便。为了尊重他们的辛劳,便于读者对比和检查,凡本专著中涉及该剖面的分层,都尽可能地与原分层相对比并注明了原编号 BXX。在此,我们也深表感谢。

由于作者水平所限,本专著各论文中涉及的有关方面定有许多不当和谬误之处,欢迎批评指正。

编 者

1994 年元月

目 录

动态地层学的基本模式和生物地层学的作用	陈源仁 (1)
关于地层分类和岩石地层划分中的若干问题的讨论	陈源仁 (12)
关于四川龙门山区下泥盆统岩石地层划分问题的讨论	陈源仁* 王洪峰 石 和 赵 兵 (25)
四川龙门山区早泥盆世中晚期古群落分析	陈源仁* 李祥辉* 王洪峰 石 和 刘月清 赵兵 (39)
四川龙门山区泥盆系的平驿铺组	王洪峰 (82)
四川龙门山区下中泥盆统某些腕足动物的群体动态分析及古生态意义	陈源仁* 陈伯茂 王洪峰 石 和 (100)
四川龙门山区早泥盆世的风暴事件	陈源仁* 王洪峰 张长俊 (126)
幕式沉积、凝缩层的地层古生物标志	陈源仁* 王洪峰 (136)
野外估测古深度的几种简易方法	陈源仁 (147)
观雾山组腕足动物 <i>Independatrypa lemma</i> Chen 上附生动物及沉积环境分析	石 和 (126)
参考文献	(170)
图版及其说明	(182)

Contents

The Basic Models of Dynamic Stratigraphy and the Role of Biostratigraphy	Chen Yuan-ren (1)
Discussion on some Problems about Stratigraphic Classification and Lithostratigraphic Classification	Chen Yuan-ren (12)
Redefinition of Lithostratigraphic Unites of Lower Devonian in Longmenshan Area, Sichuan	Chen Yuan-ren*, Wang Honfen, Shi He, Zhao Bing, Li Xianghui, (25)
Paleocommunities Analysis of Lower Devonian in Longmenshan Area, Sichuan.....	Chen Yuan-ren*, Li Xianghui*, Wang Honfen, Shi He, Liu Yueqing, Zhao Bing (39)
The Pingyipu Formation of Devonian in the Longmenshan Area, Sichuan	Wang Honfen (82)
Population Dynamics of some Lower-Middle Devonian Brachiopods in Longmenshan Area, Sichuan and their Paleocological Significance	Chen Yuan-ren*, Chen Bomao, Wang Hofen, Shi He (100)
Storm-Events of Lower Devonian in Longmenshan Area, Sichuan	Chen Yuan-ren*, Wang Hofen, Zhang Changjun (126)
Palaeontological and Stratigraphical Signatures of Episodic Sedimentation and Condensed Section	Chen Yuan-ren*, Wang Hofen (136)
Approaches to Paleobathymetry in the field work	Chen Yuan-ren (147)
Epizoans on the Brachiopod <i>Independatrypa Iemma</i> Chen and Sedimentary Environment of the Guanwushan Formation	Shi He (162)
Reference	(170)
Plates and Explanation	(182)

动态地层学的基本模式和生物地层学的作用

陈源仁

Abstract

Under the Uniformitarianism by Lyell and the gradualism of species evolution by Darwin, it is very common to use the points of view of static state (i. e. still stand, fixism and homogeneous) for subdividing and correlating in the traditional stratigraphy. Thus, some endless dispute problems can't be solved for a long term.

The dynamic stratigraphic analysis is an important breakthrough of stratigraphy in the recent years. There are at least including two basic arguments of dynamic stratigraphy.

1) The stratigraphic recording preserved in the geologic period are various in spatial distribution. It is true, there are some isochronous beds to be widespread distribution in the world or large region, but commonly most strata have gradually or suddenly change of lithology and facies in spatial distribution.

2) In temporal distribution, the stratigraphic recording are: i) it is always uncontinuous, interrupted and broken through all geologic period in each section or locality, but it may be complementally continuous and uninterrupted by several sections in all world. ii) There are commonly to exhibits rhythmicity and cyclicity in different degree and scale and periodic or unperiodic events.

According to above mentioned and some concepts of dynamic stratigraphy, following questions are discussed in this paper:

1. The Basic models of stratigraphic records in spatial distribution.
2. The factors influencing preservation of sediments.
3. The role of biostratigraphy.

尽管人们在实际工作中,很早就认识到地层各方面特征在纵向和横向的可变性,但长期以来,传统地层学由于受赖伊尔的均变论和达尔文的物种演化渐变论的影响,往往用静止的、固定的和均一的观点来进行地层划分和对比,并在此基础上进行与地层有关的各种分析,这就导致了許多长期纷争不已的矛盾,严重地影响了地层划分和对比的精度以及分析的深入。

近年来,地层学领域中的一个巨大的突破就是动态地层分析 (dynamic stratigraphic analysis)。其内容广泛,但主要有以下两个基本论点:

(1) 地质历史时期保留下来的地层记录,在空间展布上(同一盆地内、不同盆地间)是多变的,尽管不排除有全球或较大区域内呈均一分布的等时地层体存在,但主要的和大量的的是横向渐变和突变的地层体(同一盆地内)。

(2) 在时间展布上,地质历史时期保留下来的地层记录表现为:①单一剖面及局部地区的不连续性、间断性和不完整性;但全球范围则为各地互补的连续性和完整性。②地层特征可以呈现为不同程度、不同级别的周期旋回性以及具周期性和非周期性突变的事件性。③地层的形成过程既有较长时间内连续的、均匀的或基本匀速的沉积过程,也有一系列断续的、时快时慢的幕式沉积过程。

一、地层体横向展布变化的基本模式

作为一种被保存下来的地质记录——地层,无论其自身特征、形成过程以及保存的可能性都会受到很多因素的制约,最主要的因素为:

1. 物质来源 主要指构成地层体各种沉积物的性质及其供应状况和影响供应的机理。

2. 可容纳空间大小 指可供沉积物堆积空间的大小。它涉及沉积盆地大小、盆底地形以及水的深度。其中尤以水的深度即海底沉积物—水界面与水表面之间的垂直距离更为重要,对某一剖面来说,还和它在盆地中所处的部位有关。

3. 盆地内水体性质 指水体的含盐度、含氧性等一系列自然性质,但对地层形成及保存的可能性来说,更为关键的是水体的动能。

4. 成岩作用

上述因素互相制约、互相促进,导致各种各样地层体的形成和保存。

最简单的情况是,假如在某一特定时间、特定盆地内,能影响上述控制因素变化的条件都不存在,那么有可能出现下列情况(图1):

①同一时间内,沉积物供应率自近岸向远岸逐渐减少,因而同一单位时间内沉积物的厚度应从近岸向远岸区逐渐减少。

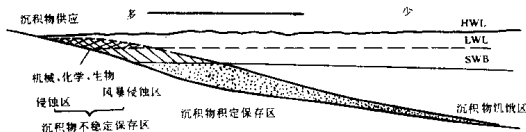


图1 同一盆地不同部位沉积物分布和保存的可能性剖面示意图

HWL, 平均高水位; LWL, 平均低水位; SWB, 平均风暴波基面。

②在平均风暴波基面以上为沉积物不稳定保存区。因为那里的沉积物很容易受到再改造,如受风暴浪冲刷后,可程度不同地向深部进一步移动。其中,在平均高水位与平均低水位之间的沉积物最不稳定,也最不容易保存。

③各种各样天文、地质等自然事件对海洋沉积作用最直接最明显的干扰作用为风暴作用。风暴沉积物一般都可以分为:下部长时间的反复冲刷、侵蚀/簸扬(停积阶段)沉积,通常表现为介壳层和上部短期(甚至瞬时)快速沉积的风暴泥或砂所组成。一般地说,风暴冲刷簸扬作用的时间和强度都从远岸区向近岸区不断增强,因而由它们引起的无沉积或沉积间断时间及次数也将从远岸区向近岸区逐渐增加。据此,地层中间断的时间和次数也将从远岸区向近岸区增加(与地层实际厚度并无固定的对应关系)。

④风暴结束以后,往往有一个为生物群重新复苏的时期,这一时期也往往是低沉积速率至无沉积物沉积的时期。一般地说,这时期的时限将从近岸区向远岸区,从浅水区向深水区不断增加。在最大风暴波基面之下,特别是在陆棚边缘往盆地方向的区域,一般是稳定的沉积环境,

但也往往会出现沉积物饥饿分布的现象。

因此,即使在最简单的情况下,同一时期内、同一盆地不同部位的地层,不仅会因各地沉积环境不同而出现不同的相(沉积相和生物相),而且沉积物保存的机率也大不相同。总的趋势为:①近岸区,主要指风暴波基面上的沉积物为不稳定保存区,地层保存往往极不完整,间断多,缺失也多,这种现象,在平均低水位以上更是如此。至于沉积间断的时间,地层缺失的数量,往往从近岸向远岸方向逐渐降低(图2)。②一般地说,在同一盆地中,往往有两个地段的地层可能最完整:a,平均风暴波基面向海一侧,b,大陆斜坡与海盆交界处。前者由于风暴作用,往往

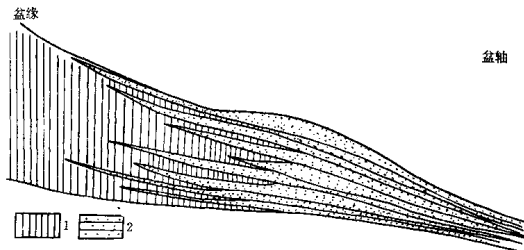


图2 在特定时限内,同一盆地各部位地层记录厚度展布剖面示意图

1. 地层缺失; 2. 地层有保留

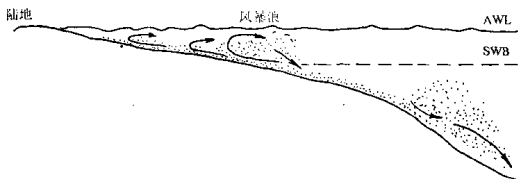


图3 风暴和浊流作用对原始沉积物再改造的剖面示意图

AWL, 平均水位; SWB, 平均风暴波基面

将风暴波基面以上的沉积物,主要是泥质沉积物重新悬浮带入此处。后者则由于浊流的影响,使地台上及地台边缘的沉积物在此再沉积(图3)。③在盆地中心部份,尽管沉积作用可以连续,但因沉积物匮乏,沉积速率过低,甚至还可能出现无沉积阶段,往往会形成不同时期的沉积物和生物群的凝束。层序地层学中的凝缩层就是指这种情况下的沉积物。④在最大风暴波基面以下的深水(直至盆轴区),也可能会受到风暴作用的间接影响,即由风暴流携带的极细粒

物质可以在盆地深处沉积。有人认为,远洋纹泥就可能是风暴作用与非风暴作用相间的结果(Brett等,1991)。但是,上述最简单的状况在地质历史时期全球各地几乎不存在。实际状况是,控制地层沉积和保存的各种因素无时无刻不在变化。它们变化的方式、速率、幅度和强度都不相同。它们不仅单独地影响沉积过程的进行和地层的保存,而且彼此互相复合导致今日我们所见的各种各样的地层(表1)。

仔细分析上述控制地层体形成和保存的各要素可以看出,它们本身也受各种自然因素所制约。例如物质来源不仅和源区的自然条件有关,而且还和构造运动、火山作用、气候条件、生物作用等各种因素有关。容纳空间的大小更是如此,它不仅受海平面升降的变化,而且也受盆地沉降和沉积物堆积速率的影响,就某个盆地而言,局部构造变动、气候变化等可以成为影响容纳空间更直接和更关键的因素。甚至水体动能、成岩作用也在地层的形成过程中不断地变化。总而言之,我们今天所观察到的各时代地层,是地质时期各种地质作用复合的结果,因而绝对不能用孤立的、静止的观点简单地在地层划分对比,更不用说为恢复地层成因条件的各类地层分析了。

二、影响地层(沉积物)保存的因素

地球上的任何地区,在地质历史时期中所接受的沉积物,都不可能完整无损地全部保留在地层记录中,这是造成地层记录不完整的主要原因。影响地层特征保存的因素很多,而且彼此都有一定的独立性,但概括起来不外乎为有机界和无机界两大类因素:

1. 有机界的因素 这主要是指生物作用,它主要表现为:①生物的整体、部份或其粪粒和其它排泄物作为构成地层体的物质之一,有些甚至作为某一地区、某一时期地层体的主要部份,如生物礁、生物丘、生物碎屑灰岩、介壳岩以及煤、硅藻土、石油等。在相同的无机界自然背景条件下,这些生物作用可以严重地影响地层纵横的空间展布规律,生物礁和生物丘形成的丘状隆起是人所共知的,而由生物碎屑富集导致在以硅质碎屑岩为主的地层中局部地出现生物碎屑灰岩透镜体,往往会影响到人们对地层的划分和对比。②生物对原始沉积物的改造和破坏作用,诸如生物扰动作用,埋藏反馈作用及生物遗体腐烂分解,导致沉积和成岩初期对其周围微环境的改造作用等。以生物扰动作用为例,它不仅能破坏各类原始的沉积构造,导致原始沉积物的改造和再沉积,影响它们的空间展布,而且由于生物扰动作用能促进沉积物中空隙水的流动,直接影响其中碳酸盐物质的保存,这在碳酸盐不饱和的环境中尤其如此。这也就是为什么在以硅质碎屑岩为主的地层中,若生物扰动构造或生物扰动的混合层发育,其中遗体化石(它们多数是碳酸盐成份的介壳)往往稀少的原因之一。③占海洋底栖无脊椎动物相当比例的沉积物食型者,它们以海底沉积物为食,对原始沉积物起着直接的消耗作用,虽然这实际上是生物改造作用的一部份,但由于食沉积物者数量巨大,尤其在软躯体生物中更多,因而其消耗的数量不能低估。④和无机沉积物相比较,有机沉积物在适当条件下更容易流失(如碳酸盐溶解,交代等),这种情况在有一定水深,陆源沉积物匮乏的地方更为突出,这是由于在那种特定环境下,生物物质的堆积作用往往是那里地层物质的主要来源,但若水深超过碳酸盐溶跃面(lyso-cline),虽然还在碳酸盐补偿深度(CCD)之上,但碳酸盐的溶解作用和溶解速率大增,使刚形成不久的生物沉积会因溶解而流失。

值得强调的是,由于某些微体化石及绝大多数超微化石是以往古生物学研究中的薄弱环节,加之,绝大多数软躯体生物难以保存成为化石,故迄今为止,人们对于地质历史时期生物对

表 1 在沉积物供应量固定,沉积速率固定的前提下,地层体伴时空展布模式

模 式	条 件	时 间 展 布 变 化	空 间 展 布 变 化	备 注
I	海平面升降变化为零 海底沉降变化为零	容纳空间不断缩小,向上变浅序列	进积相,(如1,2,3),由近岸向远岸变化幅度逐渐减缩	若气候条件适宜,2为最有利的成煤环境,1,3也可以成煤,但较难,煤层相比较好。
	A	容纳空间不断增大 1. 沉积速率大于沉降速率,基本序列同I,但变化缓慢 2. 沉积速率等于沉降速率,水深保持稳定 3. 沉积速率小于沉降速率,缓慢向上变深序列	1. 同I,变化缓慢 2. 岩相长期保持稳定 3. 缓慢变化的退积相	近岸处容易出现1的状况,2.岩相稳定,3.岩相可能出现2的状况
	B	容纳空间不断缩小,快速向上变浅序列	快速变化的进积相,由近岸向远岸变化幅度可逐渐变缓	基本变化格局同1,但速度较快
II	A	海平面上升,海底沉降变化为零	同IA	同IA
	B	海平面上升,海底沉降变化为零	同IB	同IB
IV	海平面上升,海底向下沉降	容纳空间迅速加大,向上快速变深序列	快速变化的退积相	若沉积物供应充足,则仍可出现IA类型,若沉积物供应量较少,盆地中心容易出现沉积物堆积现象
V	海平面上升,海底向下沉降	1. 海底沉降速率大于海平面上升速率,同IA 2. 海底沉降速率等于海平面上升速率,同I 3. 海底沉降速率小于海平面上升速率,同IB	1. 退积相,同IA 2. 进积相,同I 3. 快速进积相,同IB	
VI	海平面上升,海底向上抬升	1. 海底抬升速率大于海平面上升速率,同IB 2. 海底抬升速率等于海平面上升速率,同I 3. 海底抬升速率小于海平面上升速率,同IA	1. 进积相,同IB 2. 进积相,同I 3. 退积相,同IA	

地层形成和保存方面作用的认识还很局限,许多领域有待进一步探索。仅从地质历史时期生物礁在全球呈阶段性的分布,主要造礁生物随着时间不断更迭,就足以表明,在地质历史时期中,生物对地层的形成、保存及空间展布的影响不仅是重要的而且是多变的。

2. 无机界的因素 影响沉积物保存的无机界因素很多,可以说自然界的所有自然作用,大到天文事件、星球碰撞、全球冰盖消融,小到潺潺溪流都会对已沉积物质的保存产生影响。当然起主导作用的还是构造、气候、海平面升降和沉积物供应等几个主要方面。它们既可以独立地影响沉积物的沉积和保存,又可彼此复合,使沉积物的沉积、保存、空间展布及变化变得十分复杂。如不断抬升的构造背景和海平而下降相结合,会使已沉积在相对稳定层区内的沉积物迅速遭受改造和再沉积。反之,当基底不断下沉和海平面急剧上升的背景条件下,原来形成的浅水碳酸盐很可能因水体迅速变深,下降至碳酸盐溶跃面之下,遭受溶解。又如火山活动,陆地火山喷发可以使海底大范围铺上一层厚薄不等几乎同时沉积的火山灰,海底火山活动也可以使相当大范围内已沉积的物质遭受彻底的改造;至于局部的构造活动如断裂、滑塌、地震等等,都会对各地刚沉积的物质进行改造。

上述各种作用复合的结果,将不仅影响已沉积的沉积物,而且会对沉积物的来源和供给速率、可容纳空间的大小和性质、沉积盆地水体的物理化学性质,特别水体动能都会产生更大的影响。此外,它们还会影响盆地中生存的生物,这又会进一步影响沉积物的沉积和保存。

这里还想特别强调沉积作用本身对地层记录保存的影响。沉积学家已普遍同意将沉积作用划分为背景沉积和幕式沉积作用两大类。背景沉积作用,虽然连续不断地使沉积物以近匀速的方式沉积于海底,但由于其沉积速率较低,所堆积的沉积物厚度未必很大;而幕式沉积作用,则是以间断的,甚至是瞬时的方式将大量沉积物倾泻至可容纳空间内,由它所形成的沉积物其原始厚度一般都较大,但经过两次沉积作用之间的长时期间歇阶段的侵蚀搬运作用,能保存下来的净沉积物也未必很大。由这两种沉积作用迭加的结果,在任何一个地区、任何时间内,沉积物的堆积速率都不可能是均匀的。因而我们所观察到的地层记录及所测量的地层厚度并不一定能代表它的全部地质时期的沉积(例如代表维宪期的沉积物未必是整个维宪期 16.6Ma 内连续沉积所形成)。这样就会造成两种情况,一是在同一地点不同时期内沉积和保存的地层记录各不一致,二是同一时期不同地点的地层记录的沉积过程和保存的完整程度也不一致。

由于这些因素相互迭加,致使沉积物的空间展布及其保存的可能性变得十分复杂,从而直接影响到今天我们所见到的地层体时空展布的复杂性,联系到地质历史时期各大陆和盆地的聚散离合,各板块的相对运移,更增加了大区 and 全球范围内地层对比的难度。

但从所保存的地质历史时期的地层记录来看,上述因素在整个地质历史时期的变化既有随机的、突发的一面,也有不同程度的规律性。它主要表现为,在时间上或多或少地体现了不同规模的周期性,在作用和强度上则表现为不同程度的幕式性和间断性。其结果是使我们今天所见到的地层记录,既有各种级别的旋回性,又有大小不同的事件性,这就是在静态地层研究中,难以妥善处理许多地区的地层划分和对比的症结所在。

三、生物地层学的作用

生物地层学是随传统地层学同步发展起来的,它在地层学中起到支撑和基础的作用,在全球各时代地层的划分和对比中,更是举足轻重,无与伦比。

但是,随着近几十年来地层学研究范围扩大,地层学的分支增多,多重地层分类单元的提

倡,在某些人的心目中产生了一个错觉,似乎生物地层学是传统地层学的研究方法,并不是今天地层学学科的前沿和主流,更有甚者,认为利用化石来划分和对比地层的时代已经过去了。因此,在实际工作中,特别是填图中忽视和贬低生物地层学重要性的现象屡屡发生。

应该肯定,自地层学发展成为一门独立的科学以来的二百多年中,全球各地已基本上建立起了显生宙以来各时代的地层格架,多数地层的时代已有了一定的认识,大区 and 全球各断代的地层对比也已初具规模。特别在我国,大多数地区 1:20 万区调工作业已完成,在这种情况下,多数地区在开展一般地质工作时,地层的时代可能已不是首要解决的问题,加上科学的迅速发展,许多先进科学技术和方法应用到地层学的研究领域之中,拓宽了地层学的研究范围和研究深度,增加了地层学的分支。但是,从地层研究的基础,地层的划分和对比,建立地区、大区乃至全球的地层格架来看,生物地层学仍然是基础,而且是任何其它方法所不能取代的。

地层划分是和地质年代紧密相联系的。由于生物演化的不可逆性,决定了它们在地层划分和对比中的地位,同位素地层学为测定各时代地层的年龄值提供了许多可靠的数据,但由于种种原因,它的精度值还远不如古生物化石,而且这种差距在古生代地层中更为明显。我们且不以生物地层研究精度较高的西欧侏罗纪、白垩纪为例,就以泥盆纪而言,法门阶(Famennian)已分出 8 个牙形石带(Johnson 等,1986,1990;Qiang 等,1993),以 Famennian 历时 4.5Ma(Harland,1989)来计算,平均每个牙形石带的时限为 0.58Ma,同样 Emsian 期可分出 5 个牙形石带(Johnson,1992),以它代表 4.4Ma 来计算,则平均每个带所代表的时限不到 1Ma。这样的地层划分精度和年龄精度是今天同位素手段难以比拟的。

以高精度年龄值为基础的全球和大区地层格架是当前一切地层学研究工作的基础。就以近年来悄然兴起,目前正受全球地质界刮目相待的层序地层学和等级成因地层学(Hierarchical genetic stratigraphy)(Busch 等,1987;Rollins 等,1990)来说,把海平面变化旋回(T-R 旋回)分为 6 级(Busch 等 1987,Vail 等 1992)或 10 级(Kauffman 1985),无论在确定旋回的等级、界而的年代、每个层序的时限,以及同一时代地层在不同地区、不同露头 and 剖面、井下及地表划分的层序对比上,都离不开高精度的生物地层工作。一般认为,5—6 级 T-R 旋回的边界不仅十分精确,而且常常需要利用古生物学的资料,诸如硬底面、特殊的深度梯度动物群、均时的高分异度介壳层、分异度的间断分布格局等(Rollins 等 1990)。即便在十分理想的条件下,生物地层工作也仍然是必不可少的。道理很简单,假定任何一个特定时期内的地层,在全球或大区内许多地方,都可以分出两个旋回(或层序),但并不一定表明,该时限内只有两次全球海平面变化旋回,也不能表明,各地划分的两个三级旋回都是大体相同的时限或可以对比的(图 4)。所以,认真进行层序地层研究的地质学家,从来就没有否认生物地层研究在层序地层学研究中的重要作用,有的甚至再三强调,层序地层研究成果好坏,首先取决于生物地层研究的精度。

当然,我们今天强调生物地层学的重要性,并非仅仅重复以往那些静态的观点及作法。而是从动态地层的角度来考虑生物地层工作的复杂性、必要性,以此来衬托当代生物地层学工作的重要性 and 艰巨性。

首先,对生物地层学的基本单位——生物地层带(Biostratigraphic Zonation)要有一正确的理解。当前,对生物地层带的理解有三种(J. G. Johnson 1992):

(1)作为时间单位,代表一个种或一个动物群生存的时限或共生的时限。

(2)作为时间—岩石单位,它们具有理想的边界,在各地的岩石具有同时性,即它们和时间带是相同的。

(3)它们仅仅是一种具有时间意义的岩石带,其边界在各地可以变化,因而是穿时的。

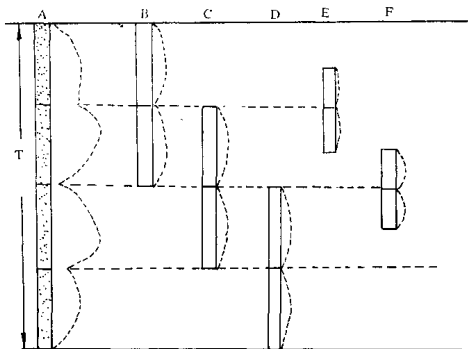


图 4 示同一地质历史时期(阶)内,各地即使划分出相同数量的旋回,它们未必都能对比

A. 表示该地质时限内全球范围内实际上存在四次全球海平面变化旋回;

B—D. 表示它们虽然都有二个旋回,但分别相当于 A 的不同部份,彼此并不完全相当;

E、F. 表示虽也可分两个旋回但其级别较 A—D 的旋回要小,不能对比(图中每一柱子的长度,仅表示该地层代表的实际时间而不代表出露厚度)。

笔者认为:生物地层带若作为时间单位,则具抽象的全球等时性,是作为人为划分时间的一个标准和标志。它一定要有一个具体的起点和终点,即以某地、某剖面的某层界线上或下几公分处该化石(或生物组合)出现或消失作为标志,代表一个旧的时间阶段结束和新的时间阶段开始。正如现代人都把每年 12 月份最后一天午夜 12:00 作为每年的结束和新一年的开始一样。而它若作为地层单位,则是一种实体,以特定的生物种或生物群的最早出现或消失作为边界,但这些边界在各地实际出现的时间可以有所不同,图 5 就表达了这种看法。

从动态地层角度来分析,生物地层带作为地层实体,其边界在各地不等时是可以理解的。撇开生物演化、起源是多中心还是单中心,以及生物地理因素导致各类生物空间分布有其局限性不谈,就同一盆地范围来分析,由于同一时期内在盆地不同部位沉积物的成份、特性、沉积速率及盆底地形、基底物质、水体动能和物理化学性质等各种环境因素不可能绝对均一,而且还随时都会产生变化。那么,在不同环境中生存的生物也不可能完全一样,同一种生物或生物组合在各地出现或消失的时间就不大可能完全一致。这说明,同一时间内在同一盆地各个部位的生物组合彼此的差异是主要的、必然的;相同或相似则是相对的。这也就是生态地层学所要强调的。地质历史时期有各种各样的广适性生物,但所有的广适性生物也都是相对的。理想的标准化石是要求其延伸的地质时限短、分布的地理范围广。事实证明,这是一个矛盾的两个方面,都是相对的。正如 Boucot (1983 图 1) 早就指出并一再强调的那样,广布型的物种(包括群落)往往是地质历程长、数量多,而易采集的分子;窄分布的地方性土著型分子绝大多数是窄时限,数量少,而且不易采集的分子。因而绝对理想的标准化石即在全球范围内同时出现或同时消失的生物可以说是没有的。事实上,从生物的生态适应性以及自然环境因素对生物的控

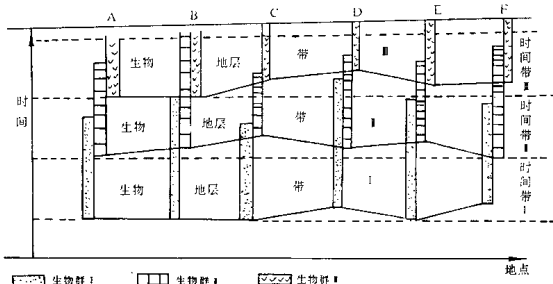


图5 示生物地层带的含义:作为时间单位,它以A地各生物群开始出现为标志来划分时间带;作为地层单位,它以各生物群在各地开始出现为标志来划分生物地层带,因而其边界是穿时的

(据 G. J. Johnson, 1992)

制表明,不仅没有任何一类生物可以适应地球上各种生境,而且在同一较大盆地的不同部份,生物分布无论其属种组成、分异度、丰度、埋葬方式等都不可能完全一样,这是任何地质工作者尤其是生物地层工作者必须面对的现实。

这里还应强调关于生物面(biohorizon, biodatum, biolevel, biosurface)的含义,它只表示某种生物地层现象的一致为特征的面(张守信, 1983)决不能理解为等时面。严格地说,生物面只有作为生物地层单位的界面时才有其确切的实际含义。等时的生物面就是把生物地层带作为时间单位的理想界面,而实际存在的生物面则是生物地层带作为地层实体的界面,它往往是穿时的至多是近等时的。至于生物海侵面,如果作为客观可能存在的实体来理解,它也一定是穿时的。但有一种情况可能例外,即随着海侵的过程,个别外来种入侵至本沉积盆地内,并迅速在盆地内广泛分布,但它们往往生存的时间极短,很快便在该盆地中消失。这种情况在地层中往往表现为某一化石以极大丰富度突然出现,但随即突然消失,厚度极薄,分布广泛, Brett 等(1990)称其为入侵极盛现象(Incrusion epiboles phenomena)。如果确有证据证明是这一情况,那么,可算作准同时的化石海侵层。

其次,生物地层带纵向分布存在着不连续性。作为生物地层学的基本单位——生物地层带,除了要求时间短、分布广以外,还力求连续,即上下两个化石带紧密连接,既无叠复更不要有缺失。但是这样的生物地层带,不仅在局部地区难以实现,即使是全球范围,目前也还没有办法建立一个公认的,可以作为标准的贯穿显生宙各时代的综合生物地层带系列,更不用说用某一生物类别单独建立的生物地层带了。当前,最常见的是,在局部或大范围内,以某些特殊门类在特定时限阶段内综合建立的化石带系列为标准,然后进行全球性对比。但这些化石带系列在实际应用时往往会发现:①不同盆地甚至在同一盆地的不同剖面上这些化石带出现情况(包括先后顺序、分异度、丰度、优势度、以及上下延伸范围等)并不完全相同,而且往往是因地而异。②不同门类的生物带系列的对应关系在不同地区或不同剖面上未必完全一样,例如泥盆纪牙形石带和腕足动物带的对应关系在北美和中国华南就不完全一致。③在各化石带之间经常

会出现一些带化石分子难以控制的区段(间带),也发现相邻两个或几个化石带分子混生或叠复的现象。这样就造成了不少至今还在纷争不已的地层对比矛盾。从动态地层考虑,这些情况是必然的。除了生物自身变化因素以外,既有生物生境随时间动态变化的因素,也有生物埋葬环境变化的因素,因而既不能指望有遍布全球贯穿各时代的等时生物地层带,也不能指望已建立的生物带都可适用于全球任何地区、任何剖面。

第三,化石保存过程中的差异和多变。生物从其死亡至保存为化石要经历一系列的变化和作用。由于这些作用多种多样,随地质时间变化多端,因而在各时代地质记录中常常会发现,同一类化石,甚至是一种化石在不同地点、不同层位其保存状况往往大不一样,而不同类化石在同一地点同一层位中保存也可有很大的差异,这也会给生物地层工作带来一定的困难和复杂性,其中特别是由于各种各样自然作用所引起的化石带合并、混合以及缺失对生物地层工作的干扰更为直接和明显。

生物化石埋藏过程中的种种差异,已越来越多地引起古生物工作者的注意,致使化石埋藏学从以往单纯地研究生物遗体在保存成化石过程中的种种流失和偏差,转变为在盆地分析中恢复古环境的一个十分有效的手段。

地层工作者也不能不考虑,由于化石保存过程中的差异和多变给地层划分和对比带来的干扰。最明显的例子是“地层漏斗”把不同时代化石混合为同一层产物。事实上,除了像地层漏斗等极端情况之外,海底沉积物的簸扬和再沉积、生物扰动作用等,都有可能使先后沉积的生物层发生混淆和合并,这在沉积速率极其缓慢甚至缺失沉积的条件下(饥饿沉积)更易发生。在实践中,两个化石带或几个不同化石带分子在同一标本、同一层面上被发现和报导的情况已经不是稀罕现象。对像由牙形石、有孔虫等常作为各时代建立生物地层带标准分子的微体化石来说,由于其体小质轻,更易因再沉积作用引起缺失、合并和混淆。更有甚者,在一些水深超过碳酸盐溶解面的地区,虽然离 CCD 的深度还相差甚远,但碳酸盐溶解度加大也会使一些钙质壳化石因溶解而消失,这是在许多凝缩层中出现化石带的叠复和缺失的主要原因之一。

第四,标准化石在分布、保存、采集上的局限性。目前,在生物地层研究中,建立生物化石带最主要类别不外乎就是笔石动物、头足(菊石)动物、竹节石、牙形石和有孔虫(类)等几大类。这些类别在分布、保存和采集上都有一定的局限性,自然也会给生物地层研究工作带来一定的困难和干扰。

除了上述普遍存在的时空分布局限性之外,这些类别,特别其中多数是微体化石,在野外采集时有一定的偶然性。因为样品重量、采样密度都有一定限度,和地层厚度及其延伸相比,只能算是沧海一粟,因而总会有一定的随机性,何况还要经过室内处理、分析等环节,以致产生一定的人为的流失。加之,这些化石类别对围岩岩性也都有各自的特殊要求。这对显生宙以来全球各时代广为分布的碎屑岩地层来说,利用这些化石来进行生物地层研究的可能性极低。至于作为大化石的笔石和菊石,除了其时限分布较短,不能在整个显生宙时代都应用以外,更主要的是其适应和分布的生境条件也较窄,虽然都可列入全球广泛分布的类别,但其实际分布很大程度上受到生物相的控制,加之其要求的岩性特殊,在野外采获不大容易。尤其在地层划分和对比时问题较多,特别需要由它们来解决问题的地区和层位,却往往更不容易采获,其中的某些标准分子更是如此。

至于显生宙阶段广为分布的三叶虫、腕足动物、珊瑚类、双壳动物、植物等等生物门类,虽然也已分别建立了地区性的各种类型的生物带,但在深入进行地层划分和对比的讨论时,特别在确定界系统阶的界线时,往往因它们标准的“权威性”不够而被列入“参考”或“辅助”的地位。