

近代地层学

—— 原理和方法

齐文同 编著

北京大学出版社

北京)

近代地层学

——原理和方法

齐文同 编著

北京大学出版社
北京

新登字(京)159 号

图书在版编目(CIP)数据

近代地层学——原理和方法/齐文同编著. —北京:
北京大学出版社, 1995. 6

ISBN 7-301-02606-4

I. 近… I. 齐… III. 地层学-近代 IV. P53

书 名: 近代地层学——原理和方法

编 著 者: 齐文同

标准书号: ISBN-7-301-02606-4/P·33

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京大学校内

邮政编码: 100871

排 印 者: 北京大学印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

版本记录: 787×1092 毫米 16 开本 8.875 印张 220 千字

1995 年 6 月第一版 1995 年 6 月第一次印刷

定 价: 9.80 元

内 容 简 介

本书结合我国实际,全面讲述近代地层学的基本理论、研究方法和典型实例,着重于国际上近年提出的多重地层划分系统、层型的建立和对比、生物大绝灭事件、生态地层学以及地层的时间对比等新理论和实用的新技术方法,并系统阐述了风暴事件和缺氧事件地层学、气候地层学、磁性地层学、海平面变化研究和层序地层学等新学科的原理和研究方法。

本书可供基础地质学各专业、煤炭石油等沉积矿产、古生物学和地理学专业师生和上述领域科技人员参考。

序

地层学是地质科学的一门基础学科。200 多年来,生物地层学和岩石地层学不断发展,为促进构造地质学、区域构造学和大地构造学的发展,开发石油天然气和煤炭等矿产资源,做出了重要贡献。地层学与古生物学及沉积岩石学等基础地质学科的关系极为密切,互相印证,互相促进,成为地质科学发展的一个主导方向。本世纪 80 年代以来,地层学在理论上有许多突破,不但加强多门类、多学科的综合研究,而且采用近代物理学、化学和数学方法,出现了许多新的分支学科和新的学科生长点。

我国的地层学研究,多年来一直居于地质学科发展的前列。70 年代以来,我国的广大地质学工作者进行了大量资料的汇总研究,在地层学理论和近代地层学方法的运用方面也取得了许多突破性的进展,我国地层学的发展正方兴未艾。

但是我们也应当看到,近十几年来国际上的地层学研究,从理论观点到方法技术都有了迅猛的发展。思维观念的根本变革,多门类、多学科的综合研究,乃至高新技术的广泛采用,大大扩展了近代地层学研究的深度和广度,大大提高了地层对比的精度,拓宽了适用范围,在高效率、低成本的资源勘探开发和相关地球科学的发展中发挥了更加巨大的作用。我国的地层学研究肩负着更好地吸收国际学科前沿的新理论、新方法和新技术,加速发展我国的地质事业和国民经济建设的重任。

齐文同所撰写的《近代地层学——原理和方法》一书,结合我国实际,系统讲述地层学的基本理论、研究方法和典型实例。此书着重于国际上近年所提出的多重地层划分体系、层型的建立和对比、生物大绝灭事件、生态地层学以及地层的时间对比等新理论和实用的新技术方法;同时还介绍了风暴和缺氧事件地层学、海平面变化研究,气候地层学、磁性地层学和层序地层学等新分支学科的进展和研究方法,是一本全面阐述近代地层学的学科发展的著作。本书的内容广泛,条理清晰,深入浅出,便于读者掌握和应用,可供基础地质学各专业,煤炭、石油等矿产地质学,海洋学,古生物学和地层学,以及地理学等有关专业人员和院校师生使用和参考。

北京大学地质学系

白顺良 教授

目 录

第一章 前言	(1)
第一节 生物地层学的定义	(1)
第二节 生物地层学的意义	(1)
第三节 近代地层学的发展趋向	(2)
第二章 生物地层学的理论基础	(7)
第一节 生物的前进性发展	(7)
第二节 地史发展与生物进化	(11)
第三章 物种是生物地层学的基础	(14)
第一节 物种的概念	(14)
第二节 现代物种的鉴别	(16)
第三节 化石物种的鉴别	(17)
第四章 物种形成的模式	(20)
第一节 生物进化的两种观点	(20)
第二节 线系物种形成论	(20)
第三节 间断平衡论	(22)
第四节 网格式物种形成模式	(25)
第五章 进化速度	(29)
第一节 进化速度的定义	(29)
第二节 特征形成和变化的速度	(29)
第三节 生物种属进化的速度	(32)
第四节 影响生物进化速度的因素	(34)
第五节 分异度及其计算	(37)
第六章 演化趋向和演化方式	(39)
第一节 直向演化与特化	(39)
第二节 趋异和适应辐射	(41)
第三节 叠代演化	(44)
第四节 进化趋同与平行演化	(44)
第七章 古生物地理区与生物地层学	(46)
第一节 古生物地理区的概念	(46)
第二节 古生物地理区的成因	(46)
第三节 古生物地理区的划分	(47)
第四节 古生物地理区在生物地层学中的应用	(48)
第五节 古生物地理区的成因假说	(49)
第八章 生态地层学	(51)
第一节 生态地层学的概念	(51)
第二节 生态地层学的观点与地层划分	(52)
第三节 生态地层学的分类系统	(53)
第四节 生态地层学的研究方法	(54)
第九章 生物大绝灭事件	(60)

第一节	生物大绝灭	(60)
第二节	主要的生物大绝灭事件	(62)
第十章	生物大绝灭原因假说	(73)
第一节	盐度变化说	(73)
第二节	气候波动说	(73)
第三节	漂浮植物兴衰说	(74)
第四节	地磁极性反转说	(75)
第五节	超新星爆发说	(77)
第六节	小行星冲击说	(78)
第七节	彗星冲击说	(80)
第十一章	环境事件与地层对比	(83)
第一节	古气候事件	(83)
第二节	氧同位素地层学和气候地层学	(85)
第三节	缺氧事件	(87)
第四节	风暴事件与贝壳层	(90)
第十二章	磁性地层学	(94)
第一节	古地磁偏移地层	(94)
第二节	古地磁倒转地层	(96)
第十三章	层序地层学	(99)
第一节	层序地层学的提出	(99)
第二节	层序地层学与海平面升降	(99)
第三节	层序地层学的研究方法	(103)
第十四章	层型及地层划分系统	(106)
第一节	岩石地层	(106)
第二节	生物地层	(109)
第三节	年代地层	(115)
第十五章	生物地层学对比方法	(118)
第一节	标准化石法	(118)
第二节	百分统计法	(120)
第三节	种系演化法	(121)
第四节	演化模式与生物地层学方法	(123)
第五节	地层的时间对比法	(124)
主要参考文献		(131)

第一章 前言

第一节 生物地层学的定义

生物地层学是地层学的一个重要分支学科,它的主要任务是根据生物发展的规律和化石的时空分布来划分和对比地层。

生物地层学一词(Biostratigraphy, Биостратиграфия)是比利时的进化论者、古生物学家道洛(L. Dollo)在1909年提出来的。他主张生物地层学即应用地层古生物学(Applied Stratigraphical Paleontology),可以与所谓的纯古生物学(Pure Paleontology)相对照。道洛提出:“我所称的生物地层学,一般理解为地层古生物学,与纯古生物学是对立的。我把纯古生物学称作简单古生物学。”由此可以看出,道洛把生物地层学作为古生物学的一个分支,其任务是研究生物的发展历史,用来确定地层的时代。

生物地层学一词为后来的许多地质学家所采用。德国学者魏德肯(R. Wedekind)1916年把生物地层学定义为“得到地史时期中的生物帮助的地层学。”德国学者迪纳尔(K. Diener)在《生物地层学原理》一书的绪论中指出:“在生物地层学的范畴内,古生物学给予历史地质学以影响。地层学的一大部分首先就属于这个范畴。”前苏联的古生物学家达维塔希维里(Л. Ш. Давиташвили)1949年出版的《Курс Палеонтологии》一书则沿出道洛的概念,把生物地层学作为古生物学的一个分支,专门研究生物的发展历史。英国学者尼弗逊(E. Neaverson)在1955年再版了巨著《地层古生物学》(Stratigraphical Paleontology),其涵义相当于道洛的应用古生物学。

但是自50年代中期以来,前苏联和欧美的文献中普遍把生物地层学规定为运用古生物学方法研究地层学。例如前苏联学者斯捷潘诺夫(Д. Л. Степанов)1958年出版的《生物地层学研究的原理和方法》,缅涅尔(B. В. Меннер)1962年出版的《对比海相、泻湖和陆相地层组的生物地层学基础》,劳普和斯坦利(D. M. Raup and S. M. Stanley)1971年的《古生物学原理》,以及考夫曼和哈兹尔(E. G. Kauffman and J. E. Hazel)于1977年主编的《生物地层学的概念和方法》等一系列著作,都把生物地层学作为地层学的一个分支。

我国学者杨遵仪和徐桂荣教授1962年编写的《生物地层学》教材把生物地层学作为地层学的一个分支,其任务是根据生物发展历史及其空间分布规律,阐明地层的发育顺序,并研究生物化石在地层划分对比中的原理和方法。

我系乐森珥教授1963年编写的《生物地层学基础》也把生物地层学作为地层学的一个分支,是根据生物的发展历史和化石的分布进行划分对比的学科。

第二节 生物地层学的意义

(古生物学和地层学都是地质科学的基础学科,长期以来构成了地质科学发展的重要方向。

古生物学是根据地层中所保存的生物遗体和遗迹——化石,研究地史时期中生物的形态、

构造、分类、分布、生态和演化过程,及其与周围环境的关系的一门学科,是论证地层的时代和相对时代关系的基础。近年来,随着地质科学的发展以及人类对于石油和煤炭等能源和其它矿产资源的开发的迫切需要,古生物学在探索地球的演化历史、生命起源和生物界的发展演化,确定地层时代,推断沉积相和古地理环境,探索地壳演化的规律,普查和勘探各种矿产方面显示了强大的生命力。近代的古生物学已经成为一门综合性的学科,不但使古动物学和古植物学焕发了青春,而且涌现出一系列新的分支学科,如微体古生物学、超微古生物学、古孢粉学、古生态学、古病理学、古生物化学、地层古生物学、古生物地理学、生物矿物学、生物地质学、古生物地球化学、系统古生物学以及应用古生物学等,此外还有生物成岩理论和生物成矿理论等新的研究方向。随着数理统计方法和电子计算机的广泛应用,数学古生物学和定量古生态学、自动检索和自动鉴定化石的专家系统的研究也正在开展。

古生物学的新发展,不但为生命起源和进化论的研究等自然科学和哲学的发展提供了丰富可靠的新资料,而且促进生物地层学向纵深发展,大大扩展了地层对比的时空范围,改善了对比的精度,提高和发展了生物地层学的研究水平。

地层学是研究成层岩石的时空分布及相互关系的学科,主要包括地层的分类、层序、时代、地理分布、地层对比以及各种岩石之间的相互关系等。近年来,地层学的研究也取得了长足的发展,研究对象扩展到了前寒武系、地下深部、深海海底,乃至火山岩和变质岩等,界线层型的研究取得了大量的成果,而且在传统的生物地层学和岩石地层学的基础上,发展形成了磁性地层学、气候地层学、生态地层学、化学地层学、矿产地层学、同位素地层学、同位素年代学、地震地层学、定量地层学、层序地层学以及事件地层学等许多新的分支学科和研究方向。

与其他学科的发展一样,古生物学和地层学的研究工作中,学科之间的相互渗透和相互促进作用日益增强,生物地层学在发展中也不断吸收相关的地质学科和古生物学科的新理论和新成果,甚至考虑天体事件等偶然事件对于生物界演化和地层形成的影响,产生了事件地层学,因此,本教材将介绍与此有关的相应学科的知识 and 由之产生的划分对比地层的一些新原理和新方法,以利于提高生物地层学研究的精度,并拓宽其适用范围。

生物地层学的研究不但为地层地质学(Stratigraphic Geology)的地层划分对比以及年代地层学的时间对比提供了最常用的可靠手段,而且为研究生物演化的过程和机制,恢复岩相古地理环境以及板块运动历史提供了详细准确的依据,成为再造地球历史的结构骨架。因此,生物地层学研究具有很大的理论意义。另一方面,在区域地质调查和矿产地质研究中,生物地层研究的作用也越来越大。我国近来广泛开展的1:5万地质调查、石油天然气和煤炭等沉积矿产的普查勘探,以及近来很受重视的层控矿床的研究开发,对于生物地层研究也提出了日益增长的要求和需要。因此,生物地层学研究对于开发地下资源,发展国民经济建设也将发挥越来越大的作用。

第三节 近代地层学的发展趋向

生物地层学百余年来是地质学的主导内容(李四光,1972)。生物地层学对欧美和全球范围的地层划分对比、地质图的编制以及地质年表的建立曾做出重要的贡献。60—70年代以来,地学科学领域发生了巨大的变革,无论从理论和概念的创新、跨学科的综合研究、新技术和新方法的广泛采用等方面都出现了本质性的变化,并且积累了许多新资料。近代地层学的发展具有

以下特点:

一、多门类化石的综合研究

随着生物地层学研究的深入发展,对于物种的时空分布规律的认识更加全面,对于地层和地层界线的划分精度日益提高。过去仅靠一两个门类的少数标准化石来划分对比地层的做法已经远远不能满足现代的生物地层研究者的需要,而在详细的生物地层学研究中必须全面地研究其中所发现的各门类化石的形态构造、分类演化、生态环境、迁移过程以及其古生物地理分区等的全部特征,根据一些互相交叉的化石带,才能比较精确地确定生物地层界线及其对比,建立起等时性较强的地层系统。

二、建立多重地层划分系统

百余年来的地层学研究,一直是以化石作为主要的依据来进行生物地层学的划分和对比。地层学学者曾力图把生物地层学与岩石地层学的地层划分“统一”起来,找到生物群和岩相变化最大的层位,作为地层界线。但是,在许多剖面中,这两者的界线并不一致,企图寻找共同一致的界线,往往是顾此失彼,矛盾重重;所发现的岩石地层和生物地层界线“穿时”的实例也与日俱增。近年来,在赫德伯格(H. D. Hedberg)倡导下,建立了岩石地层、生物地层和时间地层的多重地层划分系统,分别建立层型和界线层型,以作为划分地层界线 and 对比地层的依据。

近 30 年来,由于相邻学科不断发展,以及新技术、新方法的广泛引用,使地层学的研究广度和深度都获得了很大的进展,产生了一系列新的分支学科,如生态地层学、气候地层学、化学地层学、定量地层学、磁性地层学以及地震地层学等。生态地层学是本世纪 50 年代以来才由生物地层学发展的一个新分支,主要是根据地史时期的特征和演化,划分和对比地层,恢复其生态环境和环境的变化。生态地层学的研究重点是生物群落,对于改进地层对比和进行盆地分析等方面发挥了很大的作用,已列为国际地质对比计划的一个项目。这些新的地层划分方法及其各自的地层界线互相参照,互为补充,使生物地层划分的精度和对比的可靠性都有了进一步的提高。

三、层型的建立

在地质学早期,传统的生物地层界线和界、系、统等年代地层单位的界线,都是根据生物演化、沉积旋回和地壳运动的阶段性来确定的,其界线总是选在古生物群更替,岩性和岩相突变,古地理状况改变(如海进海退、海陆变迁)和构造间断(角度不整合或平行不整合)等变化明显的界线上。界、系和统的界线应当与大区域性乃至全球性的地质构造运动相对应。这种观点认为全球的构造运动是同时发生的,并以此作为划分地质时代界线的依据。但是,随着地质科学的发展,越来越多的证据表明,构造运动在世界各地并非同时发生,其空间分布有很大的局限性,就连主要受构造运动控制的海进和海退,在世界各地乃至在一个较大区域内也不是同时的。此外,因为角度不整合和平行不整合代表一个相当长期的地层缺失,以其作为地层划分的依据必然不能得到准确的结果。因此由赫德伯格领导的国际地层划分分会(International Sub-commission for Stratigraphic Classification, 简称 ISSC)制定的《国际地层指南》,提出了层型理论,主张以层型作为划分地层的标准。

赫德伯格主张,系的建立是为满足人们思想和知识交流的需要而设的。他还主张,生物的

演化是连续的,不能分为自然时期。根据界线层型的原则,年代地层界线应当建立在层序连续的剖面上;没有受到构造破坏和沉积间断,界线处为单一岩相,不受岩性变化的制约,且其生物化石的分带连续——总之是其岩性连续、化石连续,所代表的时间也连续。这样,以连续而不断的地层来代表连续的时间,就把该界线上下所代表的时间间隔缩小到最低程度。

1972年,以麦克拉兰(D. McLaren)为首的志留—泥盆系界线工作组,首次在捷克斯洛伐克的巴朗德(Barrando)剖面建立界线层型,60年代以来的界线层型研究取得了重要成果,并得到地质学界广泛承认。在国际地层划分分会的领导下,成立了地层表各系之间以及各系内部的界线工作组,重新审定过去以地层和化石突变为基础所建立的地层界线,确定界线层型。此项研究大大提高了地质时代的划分精度,综合采用多学科和手段的研究,并根据多门类化石的化石带进行划分和对比,标志着地层学研究的新阶段。

四、事件地层学

强调突变过程的事件地层学是近年来地层学中的又一个重要发展方向,其对地层的形成过程的认识与传统的地层学观点相对立,被称为“80年代的新潮流”和“新灾变论”。

传统的地层学以莱伊尔的现实主义原理和达尔文的进化论为指导思想。莱伊尔主张,地球历史上的变化只是地方性的变化,从整体上仍处于人类的经验范围之内,而整个地球的状况保持不变;达尔文为了反对物种不变论和神创论的旧观念,甚至提出了“自然界没有飞跃”的命题。这种渐变论观点与由量变到质变的正确认识论是相悖的。

本世纪50年代以来,对于生物大绝灭的研究成为热门课题。各国学者竞相研究生物大绝灭的现象,并且提出了多种假说,试图解释生物进化中的灾变现象的原因。如穆尔(R. C. Moore)的造山运动影响海陆面积说、斯托克斯(R. B. Stokes, 1960)的气温变化说、纽厄尔(N. Newell, 1963)的海平面变化说、乌芬(R. J. Uffen, 1963)的古地磁极性反转说、克劳德(P. E. Cloud 1959)的有害金属毒化说、比优尔伦(K. Beurlen, 1965)的盐度变化说、塔潘(H. Tappan, 1968)的漂浮植物影响说、布列茨基(P. W. Bretsky, 1970)的气候区变化说、利普斯(J. Lipps, 1970)的生物习性特化说、瓦伦丁(J. W. Valentine, 1971)的食物营养说和沃格特(P. R. Vogt, 1972)的火山爆发说等。近年来,更有一些学者用地球以外的原因来解释地球生物的大绝灭事件,如里德(G. C. Reid, 1977)的太阳耀斑爆发说、克拉克(D. H. Clark, 1977)的超新星爆发说、阿尔瓦列茨(L. W. Alvarez, 1980)的小行星撞击说和许靖华(1980)的彗星撞击说等。其中尤其是小行星撞击说和彗星撞击说,引用了深海钻探得到的连续岩心资料,并且综合运用了多种现代研究手段,大大加深了人们对于生物绝灭和地球发展历史的认识。60年代以来,生物演化历史中的间断性更得到了大量统计资料的证明(纽厄尔, 1967; 塞波科斯基 J. J. Sepkosky, 1982)。

此外,风暴事件和风暴层的研究,缺氧事件和黑色页岩的形成,以至古气候的阶跃变化、同位素地层学和气候地层学的研究等,也都属于事件地层学的范畴。在这些新的研究领域中,我国的许多研究者都做出了重要贡献。其中主要的如王鸿祯(1979、1980)对地质构造和生物发展阶段性的总结,杨遵仪、徐桂荣(1984)对国外生物大绝灭学说的介绍,许靖华、何起祥、孙枢等(1980、1982、1986)研究的白垩纪末和前寒武纪末的大绝灭事件,殷鸿福等(1984)对二叠纪末生物群交替的研究,张勤文(1984)、徐道一等(1985)和李子舜等(1986)对我国前寒武系、二叠系和白垩系顶部界线的铀异常的发现,白顺良(1988、1989)对泥盆系内部生物大绝灭事件的研究等。吴世迎、郑淑慧等(1982)开创了氧同位素地层学,刘东生等(1982)创立的气候地层学方

法,将黄土剖面与深海钻探岩心直接对比。刘宝珺等(1986)和刘光华(1987)还研究了我国的碳酸盐岩风暴层。笔者所著的《事件地层学概论》(1990)一书,全面阐述了事件地层学的范畴和国内外最新研究成果。我国学者的深入研究对于事件地层学这一新学科的发展起了很大的推动作用。

五、磁性地层学

磁性地层学是介于地质学、地球物理学与物理学之间的一门边缘科学,它是根据测定岩层中所保存的剩余磁性来划分和对比地层的学科。

早在1853年,麦洛尼(M. Melloni)首先发现,岩石中的磁性矿物可以像化石一样,记录岩石形成时的地球磁场特征。1906年,布容(B. Brunes)报道了法国中央山脉有一些火山岩的地球磁场方向,与现代的地球磁场方向相反。然而,直到20世纪50—60年代,磁性地层学才发展成一门独立的科学,不但成为全球性的地层对比的有效手段,而且为板块学说的形成和发展,提供了令人信服的证据。

考克斯(A. Cox)于1969年首先综合编制出了4.50Ma以来的古地磁极性年代表,对于古地磁研究和第四纪年代学做出了重要贡献。曼金南和达尔林普尔(E. A. Mankinen and G. B. Dalrymple)1979年将其修正并延伸到5Ma之前。哈兰等(W. B. Harland et al.)1982年又将古地磁的极性倒转年代表扩展到了中侏罗世的卡洛期,使其在深海钻探岩心的对比和海洋板块的洋壳地层对比中发挥了更大的作用。

魏格纳(A. Wegner)1915年提出大陆漂移说,但因未能找到大陆漂移的机制,受到激烈反对。50—60年代的古地磁研究发现,若将三叠纪的各大陆按他的观点拼合,则各大陆测得的磁北极重合在一起,促使大多数地质学家接受大陆漂移说。1962年,赫斯和迪兹(Hess and Dietz)提出的海底扩张说,认为大洋中脊可能是新大洋壳的产生地,海沟则是大洋壳破坏的场所。这一观点也因海底洋壳古地磁条带的发现而得到证实,成为板块学说风靡世界的支柱之一。

至今,国际上已制订了磁性地层极性单位和通用的地磁极性年代表。利用古地磁的偏转和长期变化,也曾经使一些难于确定的矿层和岩体的时代得以解决。我国学者刘东生等(1984, 1983)、王永焱等(1984)对于陕西洛川黄土和云南元谋盆地元谋组的古地磁研究,均为世界地质学界瞩目。

六、定量地层学

70年代以来,与其他许多地质学的分支学科一样,地层学也已经由定性的描述性学科,向定量的严密的研究方向发展。本世纪70年代以来,随着石油开发和海洋钻探计划的迅速发展,积累了大量的定量地层资料,要求以电子计算机和自动计算程序来解译庞大的地层、古生物化石和古生态资料,进行可靠而精确的地层划分和对比。70年代定量地层学的研究主要集中于建立和发展定量地层研究的方法,到了80年代则已转入了应用定量地层学方法解决实际地层问题的阶段。

斯瓦尔扎克(W. Schwarzacher, 1977)在《沉积模型和定量地层学》一书中,以专门章节介绍了沉积物和时间、沉积旋回和时间以及地层对比等问题。米勒(F. X. Miller, 1975)采用图解方法,运用剖面中的全部化石进行高精度的地层对比,建立复合标准剖面,很好地解决了岩相强烈变化地区的钻孔对比问题,发展了肖(A. B. Shaw, 1964)提出的时间地层对比方法。黑兹

尔(J. E. Hazel, 1977)采用多变量分析法建立化石的组合带,应用于寒武纪、白垩纪和第三纪等的底栖无脊椎动物类群。这两篇文章刊于考夫曼和黑兹尔(E. G. Kauffman and J. E. Hazel, 1977)所主编的《生物地层学的概念和方法》一书中。雷门特(R. A. Reymont, 1980)《生物地层学中的形态度量方法》,系统阐述了采用微体化石的统计资料对比相邻钻孔的连续剖面的方法。1981年在加拿大举行的题为《地层学中的新概念和新方法》的国际学术会议,集中研讨了概率地层学的涵义和应用、生物地层定量方法的评述、沉积模型和岩性对比的定量模型、地质历史图示和综合的地震地层学剖面等方面的问题。1982年、1983年分别在日内瓦和印度召开的学术会议使定量地层学的研究又有新发展,会议讨论了碳酸盐岩层中的小旋回以及与其相当的时间范围,根据印度洋深海钻探获取的大量有孔虫的定量统计资料进行了古水温和古气候分析,并探讨了它们对于地层对比的作用。

国际地质对比计划(IGCP)中的“定量地层对比技术的发展与评价”项目,对组织和推动定量地层学的发展起了很大作用。其任务是把计算机技术具体应用于地层学研究,发展计算数学的理论,分析定量地层对比技术中所需的地质信息,建立地质事件的区域性标准剖面进而进行全球范围的地层对比,解决一些重大地质问题,以及检验和评价根据传统的生物地层学方法对比地层的结果等等。研究定量地层学需要古生物学、地层学、沉积学和计算机专家通力合作,此项研究尚处于兴起和发展阶段。随着地质学研究的发展、定量地层资料的大量积累和计算技术的进步,定量地层学的研究具有良好的发展前景。

七、层序地层学

层序地层学是1977年以来出现的生物地层学新方向。维尔等提出,通过识别海平面波动旋回的记录,可以划分和对比地层。通过对不同地区和盆地的研究,确定由于海平面相对升降所造成的沉积层序和重复的韵律,除去局部性的构造作用和沉积作用影响等因素,就成为大区域以至世界性地层对比的新方法,并且可以用于改进对区域构造运动和区域沉降历史的研究,改进对盆地演化历史及大规模生物绝灭现象的研究。层序地层学的研究可以在露头上、测井剖面中和地震剖面中进行,对于岩层的研究与地球物理及化石生态和埋藏的资料结合起来,更加扩大了层序地层学的应用范围并提高了其可靠性。

1986年在澳大利亚的堪培拉大学召开的第12届国际沉积学大会上,正式提出的全球沉积地质学计划(GSGP计划)中指出,层序地层学是研究地层中的全球韵律和事件的一个最重要的、最有希望的新方向,并且是该项计划的试点项目——白垩纪地质记录与全球地质作用、资源、韵律和事件——的一项重要研究方法、思路和科学依据。近几年来,随着海底石油勘探技术的扩大和地震地层学的分辨率的提高,以及岩石地层层序研究与生物地层层序研究的进一步结合,层序地层学正在石油天然气资源的开发和地质学的基础研究中发挥更大的作用。

第二章 生物地层学的理论基础

生物地层学的主要任务是根据生物发展的规律和化石的时空分布来划分和对比地层。因而生物地层学必须综合运用整个生物界的发展历史,详细研究各个生物类群的出现顺序、亲缘关系、兴盛衰微以及绝灭等方面的演化现象和规律,并以此作为划分地质时代和进行对比的依据。因此,达尔文的生物进化论是生物地层学的理论基础。一方面,生物的前进性发展成为生物地层学划分和确定地质时代的主要标志;另一方面,化石资料的积累和生物地层学的发展,则为达尔文的进化论提供了最确凿的证据和生物进化历程的具体说明。此外,由于生物与环境有着密切的联系,生物界的发展历史与地球的发展历史密不可分,研究生命的起源和生物界的演化,也为揭示地球历史提供了许多资料。

第一节 生物的前进性发展

达尔文的进化论主张,生物的发展历史是从简单到复杂,从低级到高级,从不完善到比较完善,生物对于环境的适应性越来越强。已知生物各门类早期发现的历史,提供了生物进化的情景。

一、最早出现的生物化石

最早生物可能在已知最早的沉积岩中已经形成了化石遗迹。格陵兰的伊苏阿(Isua)地区 38 亿年的条带状燧石与铁矿互层岩系中,已经出现了石墨。这些石墨可能是由生物聚集形成的碳。值得注意的是,太古代沉积岩中所见到的碳,其碳同位素比($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$)与现代生物中的碳的同位素比特征相似。

澳大利亚西部,皮巴拉(Pibara)地盾的瓦拉乌那群(Wara wona Group)中发现了可能是最早的叠层石构造,其年代为 34 至 35 亿年前。时间稍晚的还有在南非的罗德西亚地区,30 亿年前的彭戈拉超群(Pongola Supergroup)以及布拉维群(Bulawayan Group)中的叠层石。有意思的是,现今在美国黄石公园的一些温泉中,许多叠层石主要由不进行光合作用的一些丝状细菌所构成,因之由类似的细菌构成太古代的叠层石的可能性是存在的。

太古代还有一些暂定为蓝绿藻和细菌的化石。已知最早的细胞化石是在澳大利亚西部地区诺斯波尔(North Pole)岩石中发现的丝状体,在该层中还发现了叠层石。这些年龄大约 35 亿年的丝状体,直径与现代的蓝绿藻相似,并且显示了类似后者的横隔构造。南非洲年龄约 30 亿年的无花果树系群(Fig Tree Group)中较为年轻的球状构造,类似于一种细菌或蓝绿藻,并且显示了细胞分裂的不同阶段。

蓝绿藻和细菌均属于原核生物界(Monera Kingdom),其共同特征是具有原核细胞(prokaryotic cells)的单细胞的生物,不具有细胞核,其脱氧核糖核酸(DNA)不呈线状,并且内部没有明显的细胞器。太古代和元古代早期的岩石地层中,只看到这种以蓝绿藻和细菌为代表的原核生物,正是这些结构最简单的单细胞生物构成了地球上最早出现的生物类群。

真核生物出现的确切时间尚难肯定,主要因为并无确切的形态特征来判断真核生物的化石。真核生物最主要的特征是具有由双层膜包裹的细胞核和细胞器,其遗传物质 DNA 成染色体存在于细胞核中。真核细胞能够进行有丝分裂,真核生物大多数进行有性繁殖;其能量代谢的方式也由原核生物的发酵过程进化为需氧的呼吸式,由葡萄糖等营养物质获取的能量大为增加。一切后生动物都属于真核生物,因而最初出现的单细胞真核生物标志着生物进化长途中的又一个里程碑——尽管这个里程碑的位置尚未确定。其中比较值得注意的是在加拿大 19 亿年前形成的冈弗林特燧石层(Gunflint Chert Beds)中发现的清晰的纤维状细胞结构和叠层石,以及在我国华北地区 12—14 亿年前的蓟县系雾迷山组黑色燧石层中发现的可能属于多核型藻类的化石等。

二、后生动物的发生和早期演化

大约 8 亿年前的震旦系地层中已经发现了海绵骨针,而最丰富多样的早期后生动物乃是在澳大利亚西部的埃迪卡拉山所发现的埃迪卡拉动物群(Ediacara Fauna)。该动物群目前已见于五大洲的十几个地点,包括我国三峡地区、俄罗斯的西伯利亚和莫斯科地区、乌克兰、瑞典、英国、美国西部和西南非洲等地,时代约为 7 到 5.5 亿年前。埃迪卡拉动物群中约有 70% 属于腔肠动物门(刺细胞动物),其中以类似水母的漂浮生物或者类似现代海鳃的海底固着生物为主。较进化的生物则是海生的蠕虫类,近似多毛纲的生物。此外还有类似节肢动物但不具有背甲的生物,以及呈三向放射状的生物,可能像个没有棘刺的小海星。

地球上大量出现原始的硬壳无脊椎动物是在距现在 5.7 亿年左右的寒武纪初期,三叶虫出现之前的“非三叶虫阶段(non-trilobite stage)”,也就是我国寒武纪的第一个阶——梅树村阶。在这个时期,出现了大量的海绵类、软舌螺类、原始腹足类、单板类、喙壳类、腕足类、环节动物,以及分类位置不定的生物种类等。这个时期及前寒武纪末期,是地球上的后生动物演化最迅速、分异速度最高的时期,几乎所有的无脊椎动物门类都出现了早期原始种类的代表(图 2-1)。节壳类的代表 *Yanatzemerisma merismoconcha* 也具有假分节的单壳和特殊的肌痕。假分节是软体动物门的原始性状的一项重要标志,说明节壳类有可能比单板类更接近软体动物门的祖先。单板纲的 *Yantzeoconus* 和 *Huangshandongoconus* 等属的壳体极小(不到 1mm),属于单板纲中的原始肌痕类。腹足纲过去认为最早出现于晚寒武世,但在扬子区梅树村阶发现了 *Yangtzespira*、*Cambrospira*、*Aldanella* 和 *Maclurites* 等属的化石,说明腹足类早在寒武纪之前即已发生,并开始初步分异,到早奥陶世则进入大量辐射演化阶段。喙壳纲最早发现于法国的早寒武世地层,我国早寒武世最早期地层中出现的 *Heraultipecten* 属的壳体小,常富集成层保存,说明它也可能起源于早寒武世之前。寒武纪有没有双壳类,是当前国际上争论的问题之一。中国的早寒武世地层中发现了 *Pojetaia* 属,证明双壳类起源于早寒武世。近来,在晚寒武世凤山期的地层中发现了大量的头足纲化石,对头足纲的起源和演化也提出了许多新的观点(陈均远,1979)。上述这些事实说明,早在前寒武纪,节壳类、单板类、腹足纲和喙壳纲就已经发生、发展,并且初步分异;寒武纪一开始出现的都是各个门类早期的原始代表,说明软体动物门的演化也符合由简单到复杂和由低级到高级的规律。

过去人们认为分类位置较为高级的节肢动物门甲壳类三叶虫纲在寒武纪“突然出现”,是生物演化历史中一个不可思议的现象。看来三叶虫并非地球上最早出现的无脊椎动物,其起源和早期演化历史还需要进一步研究。我国南方梅树村阶的大量软体动物化石,出现得比俄罗斯

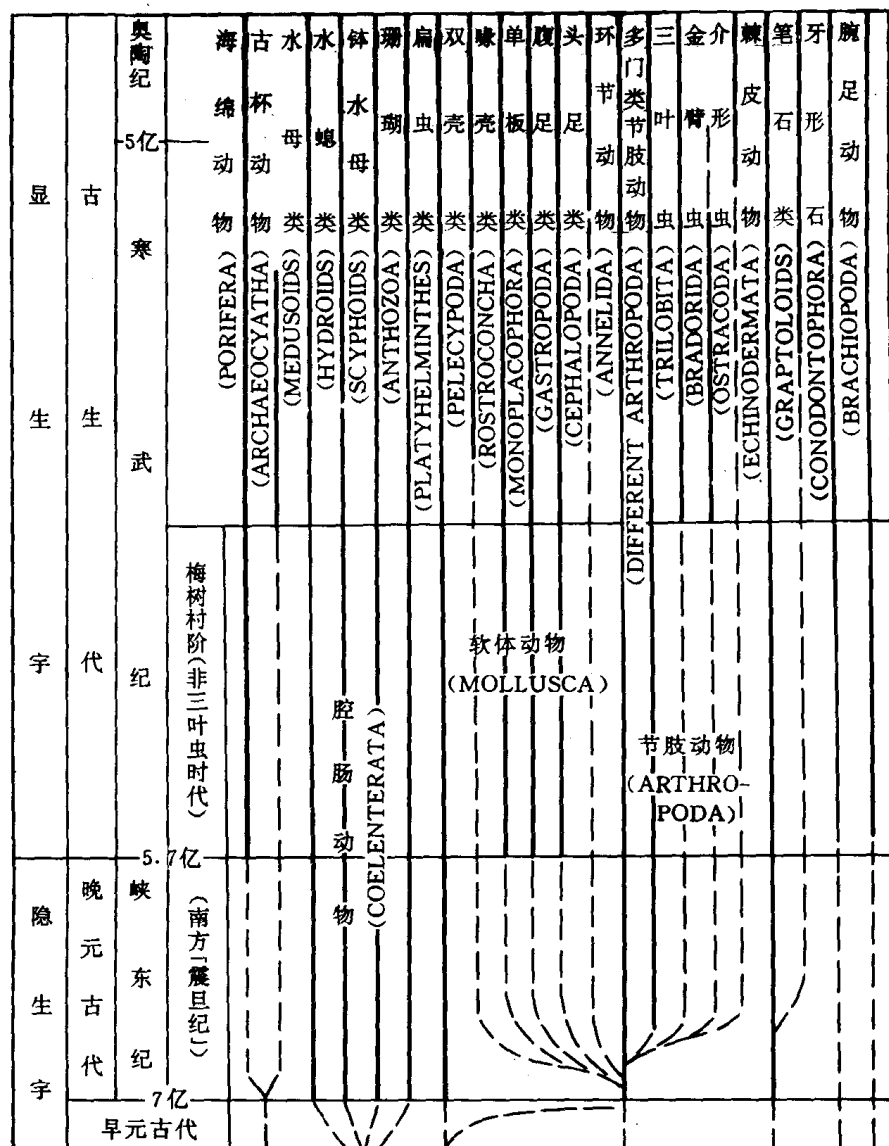


图 2-1 晚元古代和古生代早期各大门类无脊椎动物的发生和发展示意图(据卢衍豪,1983)

的托木特阶(Томмотский Ярус)为早,数量也比俄罗斯及世界其他地区丰富得多;头足类也是最早出现于我国的晚寒武世的地层中。看来,中国确实很可能是世界上无脊椎动物发源和演化的重要中心(孙云铸,1943;B. Runnegar,1981)

三、脊椎动物的演化进程

脊椎动物最早出现于寒武纪,也是首先在水里产生,其证据是晚寒武世的海相砂岩中发现了鱼鳞和骨骼的碎片,见于美国怀俄明州。其后是澳大利亚阿马迪斯厄盆地中奥陶统的异甲鱼化石。到了中志留世才发现少数无颌的甲胄鱼类和有颌的棘鱼类。颌的出现使其能够主动取食,是脊椎动物进化史上的一件大事。到了晚志留世,有颌的棘鱼类和盾皮鱼类大量增加,无颌的甲胄鱼类继续繁荣。此时期捕食鱼类的可能是直壳鹦鹉螺和板足鲎等巨大的无脊椎动物,鱼类则发展坚固的甲胄来抵御其进攻。泥盆纪号称鱼类时代,是甲胄鱼和盾皮鱼的全盛时期,它们绝大部分在泥盆纪末绝灭了。

软骨鱼开始出现于中泥盆世,硬骨鱼出现可能比其稍晚。软骨鱼全盛于石炭纪,此后一度衰落,但自白垩纪起稍有复兴;硬骨鱼在石炭纪略有发展,二叠纪稍衰落,但中生代以来日趋繁荣,成为海洋河湖的统治者。

最早的两栖类化石见于加拿大和格陵兰的晚泥盆世,可能来源于总鳍鱼。两栖类盛于石炭纪,其后一直未占优势地位。爬行类开始于晚石炭世,在中生代处于全盛时期。哺乳类最早出现于晚三叠世,鸟类则出现于晚侏罗世,两者均在第三纪以后才达到全盛阶段。

综上所述,脊椎动物由低级到高级,由水生到陆生的演化路线是很清楚的;从各门类脊椎动物占优势的全盛时期来看,泥盆纪常被称为“鱼类时代”;石炭纪被称为“两栖类时代”;中生代被称为“爬行类时代”,新生代被称为“哺乳类时代”和“鸟类时代”,也表现了同一趋势。

四、植物进化的概况

志留纪以前的植物都是海生的菌藻植物,到志留纪晚期发现了具有维管束的裸蕨植物,如顶囊蕨(*Cooksonia*)、闭囊蕨(*Steganotheca*)和扭柄苔(*Tortilicaulis*)等苔藓植物。裸蕨植物过去多被认为是由水陆两栖的苔藓植物演化而来的,现在一般认为苔藓植物与裸蕨植物都是陆生植物,两者并无直接的亲缘关系,可能起源于共同的祖先,都具有等形的世代交替,即孢子体和配子体同等发育。两者可能都由绿藻类的植物演化而来。

蕨类植物的石松纲、楔叶纲、真蕨纲和前裸子植物纲都出现于早、中泥盆世,到石炭纪和二叠纪极为繁盛,形成大片沼泽森林,大气的游离态氧含量达到现代的2—3倍。此时主要受冰期影响,大部分石松、楔叶和种子蕨纲的植物相继绝灭,显示植物界的一次突变。

裸子植物起源于晚古生代,到中生代才开始繁盛。苏铁和本内苏铁在三叠纪和侏罗纪广泛分布于热带和亚热带,银杏和松柏则主要发育于北半球的亚热带和温带。中生代末期,气温又一度下降,本内苏铁突然灭绝,苏铁植物也大量消亡,成为植物界的又一次突变。

被子植物在白垩纪突然出现,曾经使达尔文感到神秘,把它归因于“地质纪录的不完整性”。以后在白垩纪之前的地层中不断发现被子植物化石,但在二叠纪和三叠纪从未发现被子植物的化石,看来被子植物只能起源于侏罗纪末期,三叠—侏罗纪可能有一个前被子植物纲存在。

如上所述,生物的前进性发展是生物界演化的普遍规律:生物从低级向高级发展,其构造由简单到复杂,从不完善到比较完善,使其能够更好地适应环境,扩展生态领域,在生存斗争中战胜较低级的对手,从而得到发展。这种生物的前进性发展,不但表现于生物门类的出现、繁盛和衰亡的历史中,而且还广泛存在于各个生物门类和生物类群内部的演化历史中。达尔文认为,生物的前进性发展是通过生存斗争和变异的自然选择而实现的。当然,在生物进化的总趋势中,低级生物的保留以至生物体的某种简化也是存在的,这可以用生物的进化速度的不同以及不同的适应方式来解释。

陈世骧(1983)提出,生物进化具有三条路线、三大方向和三个水平:植物是自养生物,是自然界的生产者;植物生命活动的根本问题是光合作用,由此决定植物的进化方向和进化水平。菌类,包括细菌和真菌,是异养生物,是自然界的分解者;菌类生命活动的核心问题是扩大吸收面的比例,以利于吸收营养,因而虽然其在地球上出现最早,却长期保持微小的体型和简单的构造。动物也是异养生物,在地球上出现最晚;其生命活动的核心问题是运动,以进行“摄食”,即向“抓食”和“避抓”的方向前进,形成了生物界最高级的结构。