



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

Introduction to Palaeontology and Historical Geology

古生物地史学概论

(第二版)

杜远生 童金南 主编



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

古生物地史学概论

(第二版)

杜远生 童金南 主编

中国地质大学出版社

内 容 简 介

本书是为了适应高等学校地质类教学改革的需要,将古生物学和地史学合编而成的新教材,全书分为16章。

本教材以地质历史时期有机界、无机界的演化为主线,以阶段论、活动论的思想为指导,力求将原古生物学和地史学有机地融为一体,系统介绍了古生物学、地史学的基本理论和基础知识。在教材内容调整方面,加强了古生物学、地史学的基本概念、基本理论、基础知识,简化了古生物门类和各断代地史内容,并简单介绍了地史时期有机界、无机界的重大事件和古生物地史学的边缘学科和交叉学科。

本书系统性强,内容简洁,图文配合恰当,可作为高等学校地质类院系古生物地史学教科书,也可供地学类专业的其他人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

古生物地史学概论(第二版)/杜远生,童金南主编. —2版. —武汉:中国地质大学出版社,2009.2
ISBN 978-7-5625-2260-7

I. 古…

II. ①杜…②童…

III. ①古生物学-高等学校-教材②地史学-高等学校-教材

IV. Q91 P53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 081776 号

古生物地史学概论(第二版)

杜远生 童金南 主编

责任编辑:刘桂涛 陈 琪

责任校对:林 泉

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电话:(027)67883511 传真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

http://www.cugp.cn

开本:880 毫米×1230 毫米 1/16

字数:550 千字 印张:17.25

版次:2009 年 2 月第 2 版

印次:2009 年 2 月第 1 次印刷

印刷:荆州市鸿盛印务有限公司

印数:1--6 000 册

ISBN 978-7-5625-2260-7

定价:38.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

序 言

古生物学和地史学是地质科学的重要组成部分,是高等学校地质类专业的专业主干课程。根据地质类专业学科体系、教学体系改革的需要,目前国内不少院系将古生物学和地史学两门课程合并。本教材正是适应这种教学改革需要而编写的。

本教材继承了中国地质大学《古生物学教程》(1980,1986,1993,2007版)、《地史学教程》(1980,1986,1996版)的学科体系的思想精华,对教学内容进行了精选和更新。全书以地质历史时期有机界、无机界的演化为主线,以阶段论、活动论的思想为指导,系统介绍了古生物学、地史学的基本理论和基础知识。在教学内容调整方面,加强了古生物学、地史学的基本理论、基本原理与方法、基础知识的应用,提炼了古生物门类学、各断代地史学的教学内容等。再版后作为国内地质类专业70~100学时的古生物地史学课程教材。

本教材由杜远生、童金南主编,第一版于1998年出版。编写过程中经反复论证并征求了校内外专家学者的意见和建议。殷鸿福院士、刘本培教授十分关心教材的编写工作,对教材的学科体系、教学内容提出了建设性的意见;我校地球生物系的全体教师曾多次讨论和反复论证该教材的教学大纲;1997年4月,在山东省泰安市召开的中国古生物学会第七届会员代表大会期间,中国古生物学会教育与普及专业委员会组织各高校数十名与会代表讨论了古生物地史学的教学改革以及本教材的教学大纲;根据校内外专家的意见和建议,对教材编写大纲进行了修改。本教材第一版的分工如下:第一章、第八章由杜远生编写,第二章、第十六章由童金南编写,第三章由王红梅、谢树城编写,第四章、第五章初稿由林启祥、赖旭龙编写,林启祥进行改写定稿,第六章由王永标编写,第七章、第十二章由颜佳新、杜远生编写,第九章、第十章由张雄华编写,第十一章由龚淑云编写,第十三章由冯庆来编写,第十四章由卢宗盛编写,第十五章由龚一鸣编写。初稿完成之后,童金南、杜远生分别对第一章至第六章、第七章至第十六章进行了认真审阅、修改并最终定稿提交审查。王治平、杨逢清教授作为教材主审认真审阅了教材并提出了很好的修改意见和建议,在此基础上主编再次作了相应的补充修改。

本教材第一版出版以后,得到国内许多地学院系的广泛应用,许多专家和学者对本教材又提出了许多好的建议和修订意见。2007年,本教材被列为“国家十一五规划教材”。针对校内外学者的建议,本教材第二版由杜远生、童金南以及各章作者进行了进一步补充、修改。在修订的第二版中,根据新近出版的《古生物学》(2007,高等教育出版社)对古生物学部分进行了补充和更新,将原作为《古生物地史学实习指导书》(林启祥、张雄华编)的主要内容(重点化石描述)分别归入相关章节,并将课堂实习指导教学内容列于书后附录,以利于课程教学与实习的有机结合。在修订教材中,还将原第八章分解为第九章、第十章,取消了原第十六章。本教材中部分图件、表格和数据等内容转引自其他相关教材,文中一般仅列述资料原出处,未列转引教材,特此说明并向被转引教材编著老师表示感谢。本教材责任编辑刘桂涛、陈琪同志在编辑出版过程中给予很大的帮助,为教材增色不少,在此表示感谢。

编者

2008年11月

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 古生物地史学的内容和任务	(1)
第二节 古生物地史学的发展简史	(2)
第三节 古生物地史学发展时期的重大争议事件	(2)
第二章 化石的形成与古生物学	(4)
第一节 化石——古生物学的研究对象	(4)
第二节 化石的石化作用	(5)
第三节 化石的保存类型	(7)
第四节 化石研究方法及其应用	(9)
第五节 化石的分类与命名	(11)
第三章 生命起源与生物进化	(14)
第一节 生命的起源与生物的演化	(14)
第二节 种的形成	(18)
第三节 生物进化的一些特点和规律	(19)
第四章 无脊椎动物	(23)
第一节 原生动物门 纤毛目	(23)
第二节 腔肠动物门 珊瑚纲	(25)
第三节 软体动物门 双壳纲和头足纲	(30)
第四节 节肢动物门 三叶虫纲	(37)
第五节 腕足动物门	(39)
第六节 半索动物门 笔石纲	(42)
第五章 脊索动物和古植物	(46)
第一节 脊索动物门	(46)
第二节 古植物学	(52)
第六章 生物与环境	(64)
第一节 生物的环境分区	(64)
第二节 生物的生活方式	(65)

第三节	影响生物生存的主要环境因素	(66)
第四节	群落与生态系	(69)
第五节	环境的古生物学分析方法	(70)
第七章	地层形成的沉积环境、沉积作用和古地理	(72)
第一节	沉积相和沉积环境	(72)
第二节	沉积环境的主要识别标志	(72)
第三节	主要沉积环境的沉积特征	(74)
第四节	地层形成的沉积作用	(79)
第五节	地层形成的古地理分析	(83)
第八章	地层的划分和对比	(86)
第一节	地层的物质属性——地层划分的依据	(86)
第二节	地层划分、对比的原则和方法	(89)
第九章	地层单位和地层系统	(92)
第一节	岩石地层单位和地层系统	(92)
第二节	年代地层单位和地层系统	(93)
第三节	生物地层单位	(94)
第四节	层 型	(96)
第五节	地层单位之间的相互关系	(97)
第六节	年代地层表和地质年代表	(98)
第十章	历史构造分析和古构造	(103)
第一节	历史大地构造分析的内容	(103)
第二节	地史中恢复古板块的方法	(107)
第三节	大地构造分区和中国古板块的划分	(110)
第四节	构造旋回和构造阶段	(111)
第十一章	中国古大陆的形成和生物记录	(113)
第一节	中国前寒武纪生物记录	(113)
第二节	中国主要大陆形成史	(115)
第三节	中国南华纪和震旦纪的古地理和古构造	(119)
第十二章	早古生代古生物、古地理和古构造	(124)
第一节	早古生代的生物界	(124)
第二节	早古生代的古地理	(128)
第三节	早古生代的古构造	(140)

第四节	早古生代的矿产资源	(141)
第十三章	晚古生代的古生物、古地理和古构造	(142)
第一节	晚古生代的古生物	(142)
第二节	晚古生代的古地理	(145)
第三节	晚古生代的古构造	(160)
第四节	晚古生代的沉积矿产	(160)
第十四章	中生代古生物、古地理和古构造	(162)
第一节	中生代的生物界	(162)
第二节	中国中生代古地理	(165)
第三节	中生代的古构造与古气候	(174)
第四节	中生代沉积矿产及分布	(175)
第十五章	新生代的古生物、古地理和古构造	(176)
第一节	新生代的生物界	(176)
第二节	古近—新近纪的古地理、古构造	(182)
第三节	第四纪的古地理、古构造	(188)
第四节	新生代的矿产	(193)
第十六章	地质历史时期的重大地质事件	(194)
第一节	岩石圈事件	(194)
第二节	生物圈事件	(198)
第三节	水圈和大气圈事件	(200)
附录:古生物地史学实习指导书		(203)
实习一	化石的保存类型及石化作用	(205)
实习二	原生动动物门藻目	(206)
实习三	腔肠动物门珊瑚纲	(209)
实习四	软体动物门	(212)
实习五	节肢动物门三叶虫纲	(217)
实习六	腕足动物门	(220)
实习七	半索动物门笔石纲	(223)
实习八	古植物	(225)
实习九	生物与环境	(226)
实习十	地层划分对比及地层单位的确定	(227)
实习十一	主要沉积相类型的识别及古地理	(231)
实习十二	现代地理、地貌及历史大地构造分析	(237)

实习十三	中国南华纪 - 早古生代地史特征.....	(244)
实习十四	晚古生代地史特征.....	(252)
实习十五	中、新生代地史特征	(260)
主要参考文献	(266)

第一章 绪论

第一节 古生物地史学的内容和任务

古生物地史学是地质科学三大主要分支(地球物质科学、地球动力科学和地球历史科学)之一的地球历史科学的主要内容,它由古生物学和地史学两个学科组成。古生物学(palaeontology)是研究地史时期生物界面貌和发展规律的科学,其研究对象为地质历史时期形成于地层中的生物遗体、遗迹以及与生命活动有关的各种物质记录。地史学也称历史地质学(historical geology),是研究地球发展历史和发展规律的科学,其研究对象主要为地质历史中形成的地层(包括无机界和有机界的物质记录)以及反映地球发展历史的其他物质记录。可以看出,古生物学和地史学不论是研究内容或任务,还是它们在地质科学中的地位和作用,两者都是相互交叉和密切相关的。

与现今生物学(neontology)相对应,古生物学可进一步分为研究地史时期动物界及其发展规律的古动物学(palaeozoology)(包括古脊椎动物学和古无脊椎动物学)和研究地史时期植物界及其发展规律的古植物学(palaeobotany)。古生物学的研究对象是保存于地层中的与地史时期生命活动相关的化石以及包含这些化石的围岩。化石的形态、结构构造、分类谱系,其所代表的古生物的生活习性和生活环境、时空分布及生命的起源与演化是古生物学研究的主要内容。

地史学是研究地球历史的科学。地史学的研究对象为形成于地史时期的地层,所谓地层是指地球表面保存的层状岩石的综合,包括沉积岩地层、火山岩地层和变质岩地层。地史学的研究内容涉及地球的形成、生命的起源、生物的演化、古地理的变迁、板块的离合以及地球不同圈层的相互作用等。它可以进一步细分为3个方面:一是研究地层的形成顺序、时代、划分地层单位、建立地层系统和进行地层时空对比(地层学);二是根据地层的沉积组分、沉积相及其时空分布特征研究地层形成的古环境、古地理及其演化(沉积古地理学);三是根据地层的沉积组合、沉积古地理、古生物地理、古气候、古地磁及其他构造标志恢复地层形成的古构造背景、古板块分布格局及其离合史(历史大地构造学)。其研究任务包括:①研究地史时期生物界形成和发展的生物进化史(有机界);②研究地史时期古地理变迁的沉积发展史;③研究地史时期大陆和海洋板块的格局、板块离合过程、构造演化历史的构造运动史。

古生物地史学是上述两分支学科有机结合形成的。由于古生物学和地史学原本是两个既相互独立又紧密相关和交叉的学科分支,本教材力图将二者融合为一个整体,但仍一定程度地保持各自的学科特点,如古生物学中生物分类系统和地史学的地球历史演化体系都有所保持。应当指出,古生物地史学是强综合性学科,它涉及有机界和无机界的方方面面,如地壳的形成和演化、生命的起源和生物的进化、海陆的变迁和板块的离合以及地球不同圈层的相互作用,它在地球科学中占有重要的地位,具有重要的理论意义。同时,古生物地史学与人类生存和发展所依赖的众多矿产资源(如能源矿产、部分金属矿产和大多数非金属矿产资源)密切相关,地球历史科学对人类的生活环境、生态环境和可持续发展也有一定的启迪意义。由此可见,古生物地史学是从事地球科学研究、矿产资源勘探开发和地球生态环境保护必备的专业知识,是地学类专业的一门重要基础课程。

第二节 古生物地史学的发展简史

作为地球历史科学的两个主要分支,古生物学和地史学是最古老的地质科学分支。地质科学的形成和发展是与古生物学和地史学的形成和发展密切相关的。虽然近代地质科学形成于18世纪后期,但朴素的古生物学和历史地质学的思想早已萌发。早在东晋时期,著名的道家葛洪(284—364)在其《神仙传》中就提出“东海三为桑田”的思想;唐代颜真卿(709—784)在《扶州南城县麻姑山仙坛记》中也曾有“高石中犹有螺蚌壳,或以为桑田所变”的论述;北宋科学家沈括(1031—1095)在《梦溪笔谈》中更有精辟论述:“遵太行而行,山崖之间,往往衔螺蚌壳及石子如鸟卵者,横亘石壁如带。此乃昔之海滨,今东距海已近千里。所谓大陆者,皆浊泥所湮耳”;南宋理学家朱熹(1130—1200)也有“尚见高山有螺蚌壳或生石中,此石乃旧日之土,螺蚌即水中之物,下者却变而为高,柔者却变而为刚。”所有这些均代表我国古代人们认识地球发展历史的朴素唯物主义自然观。

在国外,17世纪中期,丹麦医生斯坦诺(N. Steno, 1638—1686)根据对意大利北部山脉的考察,于1669年提出了著名的地层叠覆原理、原始水平性原理和原始侧向连续原理,奠定了近代地层学的基础;18世纪后期到19世纪早期是古生物学和地史学理论体系建立和形成的重要时期。法国古脊椎动物学家居维叶(G. Cuvier, 1769—1832)提出了器官相关律和比较解剖学的理论;英国测量工程师史密斯(W. Smith, 1769—1839)于1796年提出了著名的“化石层序律”;苏格兰学者赫屯(J. Hutton, 1726—1797)和英国地质学者莱伊尔(C. Lyell, 1797—1875)先后提出和发展了“将今论古”现实主义思想,这就是地质学中的“均变论”。1859年达尔文(C. Darwin, 1809—1882)撰写的《物种起源》,用现代大量生物学实际资料,系统论证了生物在长时间内会发生逐渐演变,并提出以自然选择为核心的生物进化思想,为包括古生物在内的生物学发展奠定了理论基础。所有这些都标志着近代古生物学和历史地质学科体系的建立和形成。之后,随着地质科学的发展和进步,古生物学和历史地质学也逐渐发展、进步与完善。

中国近代古生物学和地史学的发展大致以辛亥革命为界。辛亥革命之前,尚无独立的地质调查工作,只有一些国外学者和传教士来华进行地质调查。比较著名的如德国学者李希霍芬(L. von Richthofen)于1860年及1868—1872年两次来华进行地质考察;美国学者维里士(B. Willis)于1903—1904年来华地质考察。辛亥革命之后,中华民国政府于1912年正式组建了地质调查机构,标志着我国近代地质科学研究的开始。中国早期的地质学研究的主要方面之一就是地层古生物学,到20世纪30年代,经过老一辈地质学家的艰苦努力,中国各纪的地层研究均取得了显著成果。在此基础上,长期在华工作的美国学者葛利普于1924—1928年进行了系统总结,出版了《Stratigraphy in China》的专著两卷;1939年李四光的《The Geology of China》和1945年黄汲清的《On Major Tectonic Forms of China》对中国各时代的地层、古地理和地质演化历史进行了系统总结。

现代古生物学和历史地质学的发展可以以20世纪60年代板块学说的诞生为标志,现已形成较为完善的学科体系。板块学说的建立促进了几乎地质学所有领域的巨大进步,尤其是在历史地质学领域,以活动论的思想为指导去认识地球及其岩石圈形成和演化历史促进了人们地球历史观的革新。其间,在古生物学和地史学及其交叉学科的其他方面也取得了很大进步并形成了许多新的学科分支,如多重地层单位和层型概念的产生导致了现代地层学诸多分支的形成;间断平衡理论的提出导致对生物演化、生物地层对比研究的深化;新灾变论及有关地质事件的新认识导致了事件地层学理论的建立。古生物学、地史学与其他学科交叉形成了诸多的分支学科,并逐渐形成了生物地质学和沉积地质学的学科体系等。

第三节 古生物地史学发展时期的重大争议事件

在古生物学和地史学乃至整个地质学的发展过程中,曾经发生过一系列重大的学术争议事件,这些争

议对古生物地史学乃至整个地质学的发展起着重要作用。

18 世纪后期的“火成论”和“水成论”之争是地质学形成发展中第一次重大争议。德国地质学家维尔纳(A. G. Werner, 1749—1817)是水成论学派的创始人。水成论学派认为水成作用是最根本的地质作用,地壳上的物质最初都来源于水成作用。火成论学派的创始人是苏格兰地质学家郝屯(J. Hutton)。火成论学派认为,火成作用是地质作用的基础,地壳上的物质最初都来源于火成作用。虽然这场争议最终以火成论的胜利而告终,但对当时来讲,水成论和火成论对认识地质作用的多样性,促进地质科学的发展都起到了促进作用。

古生物地史学和地质学发展过程中的第二次重大学术争议是“均变论”和“灾变论”之争。均变论的思想最早由郝屯提出,他认为地质营力、作用过程及其产物之间的相互关系无论是现在还是地史时期,在原则上和质的方面都是不变的。英国地质学家莱伊尔继承和发展了郝屯的思想,建立了将今论古的现实主义或均变论的思想体系。灾变论的代表人物为法国动物学家居维叶,他认为地层中生物化石的更替是突然的、瞬时的,而不是缓慢的、渐进的。居维叶的灾变论思想后来被其追随者与神创论相联系,并为神学论者大加宣扬,从而导致长期对灾变论和居维叶本人的诸多批判。20 世纪 70 年代以来,随着人们对白垩纪—古近纪之交恐龙及其他生物的群集灭绝、二叠纪—三叠纪之交大量无脊椎动物群集灭绝以及其他诸多生物灭绝事件的认识,地质学界再度掀起灾变论的浪潮,时称“新灾变论”。最近的研究表明,地质作用是一个漫长的历史发展过程,无论有机界还是无机界,既存在相对均匀、缓慢、渐进的发展变化,也存在不均匀、突然、瞬时的的发展变化过程。而且这两种发展变化过程是相互交替出现的,即较长期的缓慢渐进和瞬时的快速突变相交替,从而形成地球发展过程中演化的“节律”。这就是近年来国内外流行的“点断前进论”(punctuated progression)的新的地球历史观。

地质学发展历史中的第三次重大争议是“固定论”和“活动论”之争。固定论学说认为,地球上的大陆和海洋在长期的地球演化历史中外形轮廓及地理位置没有发生过大的变化。这种思想以地槽(J. Dana, 1873)、地台(Карпинский, 1889)学说为主要代表,是长期统治地质学各领域的大地构造观。1912 年,德国气象学家魏格纳(A. Wegener, 1888—1930)提出大陆漂移说,引起了对固定论的首次挑战。但是由于当时的地质科学积累的限制,大陆漂移说没有取得地质学和地球物理学的更多支持,加上魏格纳于 1930 年在格陵兰科考中遇难,大陆漂移说在 20 世纪 30 年代之后又处于暂时沉寂状态。第二次世界大战以后,随着人类对矿产资源的急需和科学技术的发展,地质学,尤其是海洋地质学和地球物理学取得了突破性进展,相继出现了海底扩张、地壳消减的概念,并最终导致 20 世纪 60 年代后期板块学说的形成。板块学说形成以后,几乎带动了地球科学所有领域的发展,尤其是大陆地质学和大陆地球动力学的发展。近年来,地体理论、地幔柱学说、地球脉动学说的提出,更深化了人们对地球结构、演化和动力学的认识,也预示着不久的将来一个新的全球构造理论的诞生。

第二章 化石的形成与古生物学

第一节 化石——古生物学的研究对象

当代地球是生物主宰的时代,生活在地球上的生物形形色色,丰富多彩,它们遍布于地球的每个角落,繁衍生息,为地球增添了无限生机。然而,如此多姿的生物界来自何方?地质历史时期的生物界是何种面貌?它们是如何发展成今天的繁荣世界的呢?这一切答案都记录在保存于岩层中的化石上,这亦是古生物学要研究的重要内容之一。

所谓化石(fossil)是指保存在岩层中地质历史时期的生物遗体 and 遗迹。因此,化石区别于一般的岩石在于它必须与古代生物相联系,它必须具有诸如形状、结构、纹饰和有机化学成分等生物特征,或者是由生物生命活动所产生的并保留下来的痕迹。一些保存在地层中与生物和生命活动无关的物体,虽然在形态上与某些化石十分相似,但只能称为假化石,如姜结石、龟背石、泥裂、卵形砾石、波痕、放射状结晶的矿物集合体、矿质结核、树枝状铁质沉淀物等,都不是化石。

古生物学是以化石为研究对象,研究地史时期的生物界及其发展规律的科学,其研究范围包括各地史时期地层中保存的生物遗体、遗迹和一切与生命活动有关的地质记录。古生物是相对现生生物而言的,它们具有生活时代上的差别。通常古、今生物之间的时间界线被定在距今1万年左右,即生活在全新世以前的生物才称为古生物,而全新世以来的生物属于现生生物的范畴。因此,埋藏在现代沉积物中的生物遗体不是化石,人类史以来的考古文物一般亦不作为化石。

古生物学的基础工作包括化石的采集和发掘、处理和复原、鉴定和描述,并在这些工作的基础上进行分类、分析,进而研究各类生物的生活方式、进化规律等,并应用于各种自然研究。在古生物学研究的化石中,有些生物体和化石个体较大,利用常规方法肉眼就能直接进行研究,这些化石称为大化石(macrofossils)。但是某些生物类别,如有孔虫、放射虫、介形虫、沟鞭藻和硅藻等,以及某些古生物类别的微小部分或微小器官,如牙形石、轮藻和孢子花粉等,形体微小,一般肉眼难以辨认,这些化石称为微化石(microfossils)。对于微化石的研究必须采取专门的技术和方法从岩石中将化石分离出来,或磨制成切片,通过显微镜进行观察和研究,这就形成了一门专门的学科(微体古生物学 micropalaeontology)。其中有专门研究古代植物繁殖器官孢子和花粉的孢粉学(palynology);有以更加微小的超微化石(nannofossils)为研究对象的超微古生物学(ultramicropalaeontology)。此外,在古生物学的发展和应用过程中,不断与相关学科交叉和渗透,产生了一系列边缘、交叉学科。如与地层学结合产生的生物地层学(biostratigraphy)和生态地层学(ecostratigraphy);与生物化学结合产生的分子古生物学(molecular palaeontology)和古生物化学(palaeobiochemistry);研究古代生物和无机、有机环境关系的古生态学(palaeoecology);研究地史时期动、植物地理分布的古生物地理学(palaeobiogeography);等等。由生命科学与地球科学交叉结合产生的地球生物学(geobiology)代表了古生物学当代发展的新阶段,它以新兴的地球系统科学为指导,从地球及其生命相互作用的角度,研究生物圈与地球系统的相互作用及其规律,探索地球生物与环境的协调演化机制和过程。

第二节 化石的石化作用

地史时期的生物遗体和遗迹在被沉积物埋藏后,经历了漫长的地质年代,随着沉积物的成岩作用,埋藏在沉积物中的生物体在成岩作用中经过物理化学作用的改造,即石化作用,而形成化石。化石的形成和保存取决于以下几个方面的条件。

一、生物本身条件

从生物本身条件来说,最好具有硬体,因为软体部分容易腐烂、分解而消失,而硬体主要是由矿物质组成的,能够比较持久抵御各种破坏作用。硬体的矿物质成分不同,保存为化石的可能性也不同。由方解石、硅质化合物和甲氧磷酸钙等矿物组成的生物硬体,在成岩和石化作用过程中比较稳定,容易保存为化石;霏石和含镁方解石等不稳定矿物,在转化为稳定矿物之前则容易遭受破坏;有机质硬体如角质层、木质、几丁质薄膜等,虽易遭受破坏,但在成岩过程中可碳化而保存为化石,如植物叶子、笔石体壁等。在某些极为特殊的条件下,一些动物的软体部分有时亦能保存为化石,如琥珀中的昆虫(图 2-1)和第四纪冻土中的猛犸象(图 2-2)等。

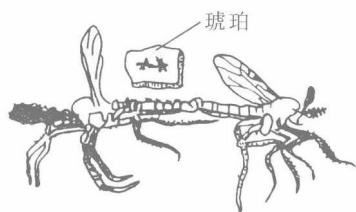


图 2-1 琥珀中保存完整的昆虫实体化石
(据河北师范大学生物系等,1975)

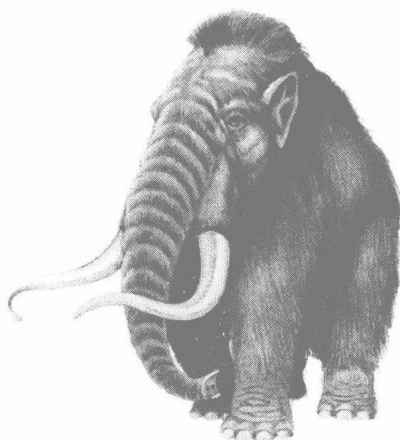


图 2-2 冻土中保存完整的猛犸象实体化石复原图
(据童朴等,1998)

二、生物死后的环境条件

生物死后尸体所处的物理化学环境直接影响到化石的保存和形成。在高能水动力条件下,生物尸体容易被磨损破坏;水体 pH 值小于 7.8 时,碳酸钙组成的硬体易遭溶解;氧化环境下有机质容易腐烂,在还原环境下有机质容易保存下来。此外,生活着的动物吞食和细菌的腐蚀作用亦影响到化石的保存。

三、埋藏条件

生物死后,掩埋的沉积物不同,保存为化石的可能性亦不同。如果生物尸体被化学沉积物、生物成因的沉积物所埋藏,除软体部分外,硬体较容易保存下来。但如果是被粗的碎屑沉积物埋藏,由于粗碎屑的机械活动性和富孔隙,生物尸体容易遭受破坏。在某些特殊的沉积物(如松脂、冰川冻土)中,一些生物的软体部分亦能完好地保存下来(图 2-1, 图 2-2)。

四、时间条件

只有生物死后迅速被埋藏起来才有可能被保存为化石。被埋藏起来的生物尸体还必须经过长时期的石化作用后才能形成化石。有时生物死后虽被迅速埋藏,但不久又因各种原因被暴露出来遭受破坏,也不能形成化石。有时被埋藏在浅层沉积物中的生物尸体还有被生活在泥底中的生物吞食的可能。在一些较古老的岩层中的化石,岩层变形和变质作用亦容易使化石遭受破坏。

五、成岩条件

沉积物在固结成岩作用过程中,其压实和结晶作用都会影响到化石的石化作用和化石的保存。一些孔隙度较高、含水量较多的碎屑沉积物,压实作用显著,因而保存在其中的化石变形作用明显。保存在碳酸盐沉积物中的化石,由于沉积物的成岩重结晶作用,由碳酸钙组成的生物体也将发生重结晶,因而生物体的结构容易被破坏。只有压实作用较小且未经过严重重结晶作用的情况下,才能保存完好的化石。

保存在沉积物中被埋藏起来的生物遗体,在沉积物的成岩作用过程中所发生的石化作用主要有以下3种形式。

(1)矿质填充作用:生物的硬体组织中的一些空隙,通过石化作用被一些矿物质沉淀充填,使得生物的硬体变得致密和坚实。这种填充作用可发生在生物硬体结构之中,如贝壳中的微孔、脊椎动物的骨髓等;也可发生在生物硬体结构之间,如有孔虫壳的房室、珊瑚的隔壁之间等。

(2)置换作用:在石化作用过程中,原来生物体的组成物质被溶解,并逐渐被外来矿物质所填充,如果溶解和填充的速度相当,以分子的形式置换,那么原来生物体的微细结构可以被保存下来。例如,华北二叠纪的硅化木,其原来的木质纤维均被硅质置换,但其微细结构如年轮以及细胞轮廓都仍清晰可见;美洲西部三叠纪硅化的动物标本,一些微小和精细的壳饰都完好地保存下来(图2-3)。如果置换速度小于溶解速度,则生物体的微细构造不会保存,仅保留其外部形态。常见的置换作用有硅化、钙化、白云石化和黄铁矿化等。



图 2-3 置换作用形成完好的实体化石(据 Grant, 1966)

(3)碳化作用:石化作用过程中生物遗体中不稳定的成分经分解和升馏作用而挥发消失,仅留下较稳定的碳质薄膜而保存为化石。例如,以几丁质成分($C_{15}H_{26}N_2O_{10}$)为主的笔石和植物叶子经升馏作用,氢(H)、氮(N)、氧(O)挥发逃逸,留下碳质化石薄膜。

由此可见,化石的保存和形成必须满足和经历种种严格条件和过程,保存在各时代地层中的化石只是地质历史时期生存过的生物群中的一小部分。而且即使化石已经形成,如果它在地层中没有被发掘出来,它仍然受各种地质作用的控制,如变质作用、风化作用等,还可能遭受破坏。据统计,在现生生物中,已描述的种约有174万个,其中动物134万种(昆虫75万种),植物40万种。如果把现生种全部描述出来,估计有500~1000万种。然而,目前已经记述的古生物种不到15万种,而地质历史已经历了几十亿年,即使从地球生物大爆发的显生宙以来,也有近六亿年的历史。这一事实一方面说明还有大量未知的化石有待发现,另一方面也表明化石记录的不完备性。

虽然人们对化石的认识在很大程度上取决于对已有化石的发掘、采集和分析,但严格的化石保存条件

导致了化石记录的不完备性,这是古生物学中的基本事实,所以在研究古生物界的面貌及其发展规律时,必须考虑这个事实,避免作出片面的结论。同时,化石是珍品,要爱护来之不易的化石记录,使之发挥其应有的作用。

第三节 化石的保存类型

根据化石的保存特点,大体上可以将化石分为4大类,即实体化石、模铸化石、遗迹化石和化学化石。

一、实体化石

实体化石是指经石化作用保存下来的全部生物遗体或一部分生物遗体的化石。在个别极为特殊的情况下,生物的硬体和软体可以无显著变化,比较完整地保存下来。例如,1901年在西伯利亚第四纪冻土层(约25 000年前)里发现的猛犸象化石(图2-2),不仅其骨骼完整,皮、毛、血、肉,甚至胃中食物也都完整地保存下来;我国抚顺煤田古近系抚顺群(始新世至渐新世)琥珀中常见保存完整的蚊、蜂和蜘蛛等昆虫化石(图2-1)。但是多数实体化石只是生物的硬体部分,并且经历了不同程度的石化作用。

二、模铸化石

模铸化石是指生物遗体在岩层中的印模和铸型。根据其与围岩的关系,又可分为4类。

(1)印痕化石:即生物尸体陷落在细粒碎屑或化学沉积物中留下生物软体的印痕。经腐蚀作用和成岩作用后,生物尸体完全消失,但印痕仍然保存,而且这种印痕常常可反映该生物的主要特征,如加拿大大不列颠哥伦比亚省中寒武统布尔吉斯页岩、中国云南省下寒武统澄江动物群(图2-4)和贵州省中寒武统凯里动物群中大量保存优美的动物软体印痕化石。

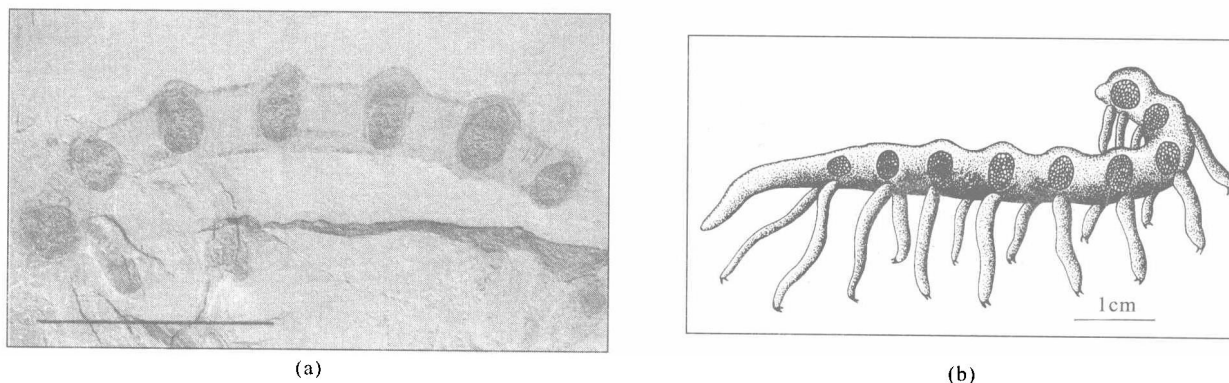


图2-4 云南澄江下寒武统中华微网虫的印痕化石(a)及其复原(b)

(据侯先光等,1999)

(2)印模化石:即生物硬体(如贝壳)在围岩表面上的印模,包括外模和内模。外模反映了原来生物硬体的外表形态和构造特征;内模反映了生物的内部构造。需要注意的是,外模和内模所表现的纹饰和构造凹凸情况与原生物体的实际情况正好相反(图2-5)。在外模和内模形成后,生物硬体被溶解,经压实作用内、外模重叠在一起就形成了复合模(图2-6)。

(3)核化石:即由生物体结构形成的空间或生物硬体溶解后形成的空间,被沉积物充填固结后,形成与原生物体空间大小和形态类似的实体,包括内核和外核两种。内核是充填于生物硬体内部空腔中形成的核化石,其表面就是生物硬体内模(图2-7, 6a);外核是被埋藏的生物硬体溶解后在沉积物中留下的空腔,该空腔被再次充填所形成的核化石,其表面特征与原生物硬体表面特征相同,是外模反印到外核上形成的,但其内部是实心的,不具有硬体的内部结构(图2-7, 6c)。

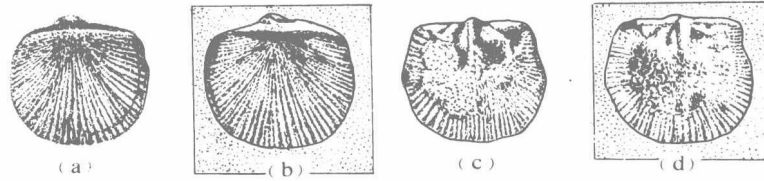


图 2-5 腕足类的背壳及其印模化石
(a)背壳外表;(b)外模;(c)背壳内面;(d)内模

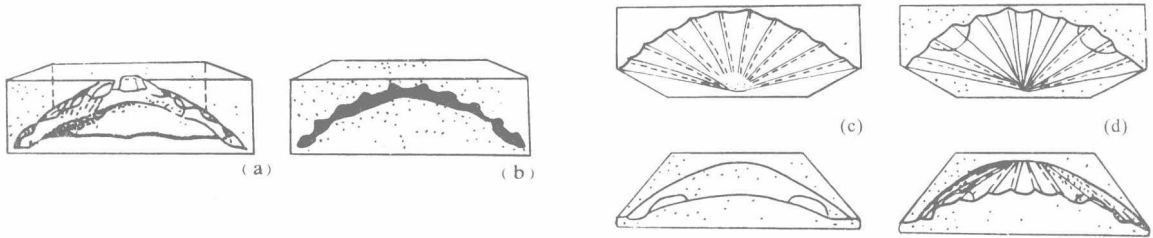


图 2-6 复合模的形成过程(据 McAlester, 1962)

(a)埋藏的双壳类壳体;(b)壳体溶解;(c)留下外模和内模;(d)因压实作用形成复合模(既有外模的放射脊,又有内模的肌痕)

(4)铸型化石:是当贝壳埋在沉积物中已经形成了外模和内核后,壳质全部溶解,并被后来的矿质填充所形成的化石。该过程类似于工艺铸成品一样,填充物与原来的硬体部分的大小和形态一致,外部具有原硬体的装饰,内部包裹着一个内核,唯本身不具有原生物硬体的微细结构(图 2-7, 6b)。

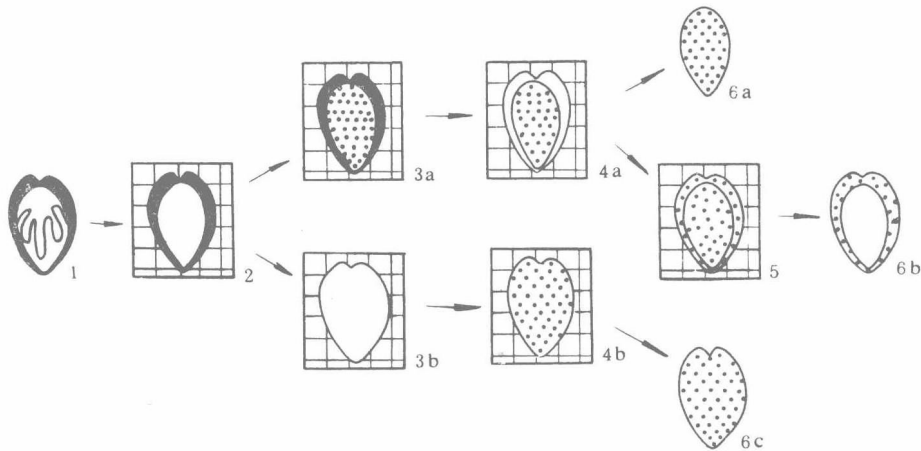


图 2-7 双壳类核化石与铸型化石及其形成过程

1. 双壳类躯体;2. 软体腐烂;3a. 壳内被充填;3b. 壳溶解;4a. 壳溶解;4b. 躯体空间被充填;
5. 原壳空间被充填;6a. 内核;6b. 铸型;6c. 外核

三、遗迹化石

遗迹化石是指保存在岩层中古代生物生活活动留下的痕迹和遗物。遗迹化石很少与遗体化石同时发现,但它对于研究生物活动方式和习性,恢复古环境具有重要意义。动物在软质底质行走时所留下的足迹,如高等动物留下的脚印和低等动物移动时在底质留下的移迹,生物在硬基底上形成的钻孔,在软基底上形成的潜穴等,都是常见的遗迹化石。同时遗迹化石还包括粪团、粪粒、蛋、卵、胃石等生物的排泄物和