



普通高等教育“十三五”规划教材

古生物学基础教程

朱才伐◎编著



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

古生物学基础教程

朱才伐 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书共 10 章, 内容包括古生物学基础知识及基本理论、门类古生物学和应用古生物学 3 部分。第 1~4 章系统阐述古生物学的基本概念、基础理论知识; 第 5~9 章介绍了古生物主要门类特征, 重点突出地质勘探实践中常见的门类化石; 第 10 章介绍古生物学的研究方法、古生物学研究意义及应用。针对石油地质类学科专业的特色和人才培养需求, 强调基础理论教学和实践应用教学的结合, 贯彻“少而精, 突出重点”的原则, 着重于古生物学中最基本理论和基础知识的系统阐述, 并强化了油气地质勘探实践中广泛应用的微体古生物学和能源古生物学应用方面的内容。

本书作为石油石化地质类普通高等教育规划教材, 适用于石油类和地质类专业本科、专科教学, 也可供从事本学科研究的野外工作者和地质科研人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

古生物学基础教程 / 朱才伐编著.
—北京: 中国石化出版社, 2018. 3
ISBN 978-7-5114-4635-0

I. ①古… II. ①朱… III. ①古生物学-教材
IV. ①Q91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 035361 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市朝阳区吉市口路 9 号
邮编: 100020 电话: (010) 59964500
发行部电话: (010) 59964526
<http://www.sinopec-press.com>
E-mail: press@sinopec.com
北京科信印刷有限公司印刷



787×1092 毫米 16 开本 12.25 印张 307 千字
2018 年 2 月第 1 版 2018 年 2 月第 1 次印刷
定价: 48.00 元

前 言

20 世纪 90 年代以来,古生物学在新材料的发现和资料的积累方面有许多新的突破,在基础理论、技术方法等诸多方面获得了显著的进展。与此同时,石油石化工业国际化、现代化新趋势对高素质地质专业创新人才培养提出了更高要求,普通高等院校古生物学教学改革也在不断深入,教学要求不断提高。但是,现有的古生物学教材体系和内容已不能完全满足石油类高校改革后新的本科培养方案教学需要。为适应石油石化工业和石油石化高等教育发展新形势的需要,中国石化出版社围绕石油地质与油气勘探专业教材建设,制定了一系列普通高等教育“十三五”教材出版规划。根据立项规划,由中国石油大学(北京)组织编写《古生物学基础教程》,作为高校石油石化类和地质类本科教学的基础教材。

本教材在参考、吸收国内外同类教材学科体系思想精华的基础上,立足追踪和吸取学科前沿及相关现代生物学和地质学最新研究成果,对教学内容进行精选和更新。编写过程中充分考虑石油地质类专业培养目标、专业特色以及业务服务领域的特点,在强调基础理论科学性、教材体系系统性和完整性的同时,重点体现实践性和应用性。全书共分为 10 章,内容包括古生物学基础知识及基本理论,门类古生物学和应用古生物学 3 部分。贯彻“少而精、突出重点”的原则,着重于对古生物学中最基本的理论和基础知识的系统阐述,并强化油气地质勘探实践中广泛应用的微体古生物学和能源古生物学应用方面的内容,将实际应用最广泛的一些边缘学科纳入,以体现学科主要发展方向和应用领域。结合长期以来的教学实践,广泛参考国内外新教材和新资料,在教材设计、编排体例和内容上进行了较大的改进。在门类古生物学部分以基础理论为导入,增加并优选各门类最具代表性化石相关内容,强调理论教学与实践性教学环节的有机结合,着重基础理论和基本知识的阐述和对学生分析问题、解决问题能力的培养。内容编排上,各章节增加了核心知识点、关键术语、思考题等内容,体现了教材的实用性和可读性。

本教材由中国石油大学(北京)朱才伐主编。教材的编著出版得到了中国石化出版社的大力支持,在此表示衷心感谢!教材力求追踪学科前沿知识,书中图、表、资料等主要参考和引用国内外相关教材以及反映学科前沿进展的学术著作,限于篇幅,部分资料未能详细列出引述教材或著作,特此说明并向诸位专家、学者表示敬意和感谢!

由于编者水平有限,教材中缺点和不足之处敬请读者指正。

目 录

第一章 古生物学基本概念	(1)
第一节 古生物学及其研究内容	(1)
第二节 化石及其保存类型	(3)
第二章 生物分类与命名	(11)
第一节 生物分类原则与方法	(11)
第二节 生物分类等级与命名	(12)
第三节 生物的分类系统	(15)
第三章 生命起源与生物进化	(20)
第一节 生命起源和生物进化的历程	(20)
第二节 生物进化的基本特点和规律	(26)
第四章 生物与环境	(34)
第一节 环境因素及其对生物的影响	(34)
第二节 生物的生活方式	(41)
第三节 生物环境分区	(43)
第五章 原核生物界(Monera)	(46)
第六章 原生生物界(Protista)	(51)
第一节 原生生物界及其分类	(51)
第二节 原生动物门(Protozoa)	(52)
第七章 动物界(Animalia)	(58)
第一节 海绵动物门(Spongia)	(58)
第二节 古杯动物门(Archaeocyatha)	(61)
第三节 腔肠动物门(Coelenterata)	(63)
第四节 软体动物门(Mollusca)	(74)
第五节 节肢动物门(Arthropoda)	(93)
第六节 腕足动物门(Brachiopoda)	(99)
第七节 半索动物门(Hemichordata)	(105)
第八节 脊索动物门(Chordata)	(112)
第八章 植物界(Plantae)	(122)
第一节 植物的形态结构与分类	(122)
第二节 苔藓植物	(127)
第三节 蕨类植物	(128)
第四节 裸子植物	(135)
第五节 被子植物	(142)

第六节 植物界的演化	(142)
第九章 微体古生物学(Micropalaeontology)	(144)
第一节 微体化石概述	(144)
第二节 有孔虫(Foraminiferida)	(145)
第三节 放射虫(Radiolaria)	(151)
第四节 藻类(Algae)	(155)
第五节 介形虫(Ostracoda)	(157)
第六节 牙形石(Conodonts)	(163)
第七节 孢子和花粉(Spore and Pollen)	(170)
第十章 应用古生物学	(175)
第一节 古生物学研究方法	(175)
第二节 古生物学的研究意义及应用	(179)
参考文献	(188)

第一章 古生物学基本概念

【本章核心知识点】

本章主要介绍古生物学的基本概念，古生物学的研究内容和任务，化石的概念、形成条件、形成过程及其保存类型。

(1) 古生物是地质历史时期中出现的生物。

(2) 古生物学的研究对象是化石，即保存在岩层中地质时期的生物遗体、生命活动的痕迹以及生物成因的残留有机物质。

(3) 化石依据保存特点可分为实体化石、模铸化石、遗迹化石、化学化石 4 种保存类型。

第一节 古生物学及其研究内容

一、古生物学及其内容

古生物学(Palaeontology)是研究地史时期的生物界及其发生、发展与演化的科学。古生物学是生命科学和地球科学汇合的交叉科学，是研究地质时期中生命的科学。她的永恒研究主题是生命的起源和演化。古生物学既是生命科学中唯一具有历史科学性质的时间尺度的独特分支，研究生命起源、发展历史、生物进化模型、生物进化节奏与作用机制等历史生物学的重要基础和组成部分；又是地球科学的一个分支，研究保存在地层中的生物遗体、遗迹和生物死亡后分解的有机物分子，用以确定地层的顺序、时代，了解地壳发展的历史，推断地质史上水陆分布、气候变迁和沉积矿产形成与分布的规律。她是认识生物和地球发展的最可靠的依据，现代地质科学的重要支柱，在化石能源(石油、天然气、煤)及矿产资源的勘探与开发中有着广泛的应用，对控制生态平衡和保护人类的家园——地球，起着越来越重要的借鉴和指导作用，也是进化论和唯物主义自然观创立与发展的科学依据。

古生物学研究地史时期的生物，它所研究的范围不仅包括在地史时期中曾经生活过的各类生物，也包括各地质时代所保存的与生物有关的资料。现代古生物学研究内容非常广泛，涉及到地球科学、生物学、人文学、物理学、化学、数学等各学科的知识和问题，不仅研究古代生物的系统分类(分类学)和地质(层)分布规律(生物地层学)，还须研究古代生物埋葬的过程或化石形成的机理(埋葬学)，古代生物的地理分布格局及其控制因素(古生物地理学)，古代生物与它们所生活的无机和有机环境之间的关系(古生态学)，古代生物与古代气候的关系(古气候学)，古代生物的活动痕迹(古遗迹学)，古代生物的病理现象(古病理学)，古代生物体的化学成分、性质和构造及各地质时代生物有机物的演变规律(古生物化学)，化石中残留的有机物的分子结构和遗传信息[如氨基酸及脱氧核糖核酸(DNA)]等(分子古生物学)，古代生物骨骼无机和有机的组成及其形成机理(生物矿物学)，古代生物的生理机能、适应和功能形态(功能形态学)，模拟古代生物(如恐龙、翼龙、头足类、褪类等)

身体的优异结构和机能来建造或改进工程技术设备,或对工程技术设备(如钻头、飞机机翼、桥梁、潜艇等)的设计提供有益的借鉴(古仿生学)。

二、古生物学发展简史

作为地球科学的主要分支之一,古生物学的形成和发展经历了漫长的历史过程。19世纪以前,古生物学的发展基本处于萌芽和基本思想的诞生时期。最早对化石作出较完整、科学说明的科学家在国外首推古希腊时代的哲学家色诺芬尼(Zenophanes, 公元前约590年)。在国内,从唐朝开始,我国不但有了对无脊椎动物化石的记载,而且已经有了对化石的形成过程近于现代认识的科学解释。唐朝著名字法家颜真卿由贝类化石联系到沧海桑田,几乎与颜真卿同时的诗人韦应物则由琥珀中的昆虫化石写出了“曾为老获神,本是寒松液。蚊落其中,千年犹可覩”的“咏琥珀”一诗,完全正确地描述并解答了琥珀中昆虫化石形成的过程。对腕足动物化石“石燕”和三叶虫化石的记述始于晋朝,而比较完整、科学地说明化石并联系古地理、古气候来描述的,首推宋朝的沈括,他在名著《梦溪笔谈》中已经很成功地运用了“将今论古”的现实主义原则,阐述了“竹笋”(新芦木)、核桃、鱼、蟹化石是旷古以前的“本地之物”的见解和海陆变迁的论断。

在18世纪的科学家中,值得提及的有瑞典的林奈(K. Linne, 1707~1778),他创立了“双名法”,建立了生物的系统分类,给生物学和古生物学的研究工作带来了很大的方便。进化论的先驱,无脊椎动物学奠基人拉马克(J. B. Lamarck, 1744~1829)所著的《论巴黎附近的化石贝壳类》,运用现生种与灭绝种数量比例的关系,划分出不同层位里的化石群组合,进而说明各层位间的这些化石既有区别又有联系的特点。这个原则,一直为现代古生物学所应用。他的另一部著作《动物学的哲学》,则着重研究了生物进化的原理,为达尔文著述进化论奠定了基础。曾被誉为英国“地质学之父”的史密斯(W. Smith, 1769~1839),最早利用化石划分和对比地层,创立了“化石层序律”,制作了世界上第一张地层表、地质剖面图,绘制了英国南部的地质图,为地层古生物学开辟了新途径,为地质工作者创建了常用的基本方法。古脊椎动物学的奠基人,法国的居维叶(G. Cuvier, 1769~1832),根据大量的化石和现生脊椎动物材料的研究结果提出了“器官相关定律”,为探索古脊椎动物的奥秘提供了新的启示。英国地质学家赖尔(Sir C. Lyell, 1797~1875),他的名著《地质学原理》的问世,第一次将理性带进地质学中,他的“环境条件渐次改变直接导致有机体渐次改变”的学说,对古生物工作者研究生物演化及正确认识化石等在理论指导方面具有十分重要的意义。继后,对古生物学的研究始终发挥着重大作用的是达尔文(C. R. Darwin, 1809~1882)的进化论及其有关著作,它们引发了生物学界的一场革命,推动了生物学研究的迅速发展,加速了古生物学的完整建立。到19世纪后期,古生物文献渐渐出现,专科期刊随之出版,专题研究报告也陆续涌现,大量的古生物属种描述工作如雨后春笋,遍及当时各工业比较发达的国家。于是,古生物学教科书也随后问世。到19世纪末,古生物学终于完整地建立起来。

20世纪以来,古生物学不断深入发展,新的分支和边缘学科不断涌现,这一时期表现为古生物学外延的不断扩大。随着生产发展的需要,特别是石油地质、海洋地质和其他钻井勘探事业的发展,关于许多形体微小的古生物门类或生物体某些微小部分的研究发挥出了重要的作用,因而形成了古生物学新的分支学科——微体古生物学(Micropalaeontology)。由于鉴定方法和手段的发展,还出现了专门研究植物繁殖器官孢子和花粉的孢粉学(Palynology),

以及利用电镜等新技术研究超微浮游生物和机体微细构造的超微古生物学(Ultramicropalaeontology)等分支学科。由于数学、化学和物理学等方面成果不断向古生物学渗透,特别是运用生物数理统计方法来研究古生物的分类、古生态等问题的实践越来越多,反映古生物学从一门定性描述的学科逐渐发展为定量研究的学科。此外,古生物学与其他学科结合而产生了一些边缘性学科,包括研究古生物与古环境关系的古生态学(Palaeoecology),研究地史时期动植物群地理分布的古生物地理学(Palaeobiogeography),研究古代生物活动痕迹的古遗迹学(Palaeoichnology),与地层学结合的生物地层学(Biostratigraphy),与物理化学结合、研究古老地层中所含生物残余有机组分的古生物化学(Palaeobiochemistry),以及从分子水平研究地史时期生物分子的古生物学(Molecular Palaeontology),等等。

从发展趋势来看,古生物学未来可能朝着两个方向发展,其一是朝着描述古生物学方向发展,主要研究古生物化石的形态特征、分类、位置及其时代分布和生态特征等,即所谓传统古生物学的研究内容;其二是朝着理论古生物学方向发展,主要研究古生物进化方式、进化速率和进化机制等内容。

近年来,由于地球科学各分支学科的不断发展和交叉,现代古生物学研究内容及其应用非常广泛,涉及到地球科学、生物学、人文学、物理学、化学、数学等各学科的理论 and 知识,因而,与古生物学相关的新的边缘学科不断涌现,逐渐形成了生物地质学新的学科体系,出现了作为地球科学与生命科学相结合而形成的新兴交叉学科——地球生物学(Geobiology)。地球生物学主要研究地球系统的生命运动,涉及地球环境和生命系统的相互作用,它的形成与发展既是当今科学技术发展的结果,也是当今世界对所面临的重大人类—环境—资源问题的响应。

第二节 化石及其保存类型

一、化石的定义

古生物学研究地史时期的生物,其具体对象是发现于各时代地层中的化石(fossil)。所谓化石,是指保存在各地史时期岩层中的生物遗体、遗迹和死亡后分解的有机物分子。化石与一般岩石的区别之处在于它与古代生物相联系。化石必须反映一定的生物特征,如某种形状、大小、结构或纹饰等,并足以说明自然界中生物的存在,因此地层中一般的矿质结核以及硬锰矿的树枝状结晶等无机产物不能视为化石,这些成因与生物无关而形态貌似动植物的无机产物常常被称之为假化石(pseudofossil)。同时化石还必须是保存在岩层中地史时期的生物遗体和遗迹,而埋藏在现代沉积物中的生物遗体就不能称作化石。距今只有几千年的出土文物,如距今两千多年的长沙马王堆古尸等,是考古研究的对象,但不能称为化石。严格地说,古、今生物很难以某一时间界线截然分开,但是为了研究方便,一般以全新世的开始(距今约1万年)作为古、今生物的分界。那么,埋藏在现代沉积物中的生物遗体或人类有史以来的考古文物都不属于化石。

二、化石形成的条件

地史时期的生物遗体和遗迹在被沉积物掩埋后,经历漫长的地质年代,埋藏在沉积物内

的生物体在成岩作用时经过物理化学作用的改造而形成化石。但是，地史时期所生存的生物并非都能形成化石，能否形成化石并保存下来取决于多方面的条件。化石的形成及其保存特征既与生物本身的构造和化学成分有关，同时也受地质环境因素的影响。

1. 生物本身的条件

化石的形成首先需要一定的生物自身条件。具有硬体的生物保存为化石的可能性较大，如无脊椎动物的贝壳、脊椎动物的骨骼等。因为它们主要由矿物质组成（如方解石、磷酸钙等），能够较持久地抵御各种破坏作用。其次，具角质层、纤维质和几丁质薄膜的生物，如植物的叶子等，虽然易遭受破坏，但不易溶解，在高压下易碳化而保存成为化石。生物的软体部分，如内脏、肌肉等一般易腐烂分解或被摄食而消失，所以除特殊条件外很难保存为化石。

2. 埋藏条件

化石的形成和保存还需要一定的埋藏条件。生物死后若能迅速埋藏，则保存为化石的可能性就大。如在海洋、湖泊等水体中沉积物能够迅速堆积的地方，生物遗体能够较快地被埋藏，形成化石的机会就多。若生物死后长期暴露于地表或长期在水底而未被泥沙所掩埋，就会被其他动物吞食，被细菌腐蚀，或遭受风化、水动力作用的破坏等。同时，掩盖的沉积物质不同，生物保存为化石的可能性也有差别。一般来说，掩盖物质的粒度愈小（如淤泥、细沙等）愈有利于化石的形成，再加上沉积作用宁静，保存时没有生物的破坏或介质条件具有防腐作用，则容易形成完整而精美的化石。如我国山东省临朐县山旺村中新世中期的硅藻土页岩中就保存有大量罕见的完美化石。

3. 时间因素

时间因素在化石的形成中也是必不可少的。生物遗体或其硬体部分必须经历长期的埋藏，才能随着周围沉积物的成岩过程而石化成化石。有时生物遗体虽被迅速埋藏，但在较短的时间内又因冲刷等自然营力的作用而暴露出来，仍然不能形成化石。

4. 成岩作用的条件

沉积物的成岩作用对化石的形成和保存具有显著影响。一般来说，沉积物在固结成岩过程中的压实作用和结晶作用都会影响化石的保存。碎屑沉积物的压实作用较为显著，常常导致碎屑岩中的化石很少保持原始的立体形态。化学沉积物的成岩结晶作用则常使生物遗体的微细结构遭受破坏，尤其是深部成岩、高温高压的变质作用和重结晶作用，可使已形成的化石严重破坏甚至消失。

三、化石化作用

埋藏在沉积物中的生物遗体，伴随着沉积物的成岩过程，经过物理化学作用的改造而成为化石的作用，称为化石化作用（fossilization）。化石化作用主要有矿质充填作用、置换作用和碳化作用3种形式。

1. 矿质充填作用

矿质充填作用指的是生物硬体内部的各种孔隙被地下水中的矿物质所充填而形成化石的一种作用。无脊椎动物的硬体结构间或多或少留有空隙，如有孔虫壳的房室、珊瑚隔壁间隔及一些贝壳内层的疏松多孔等；以及脊椎动物的骨骼，尤其是肢骨，因其骨髓消失而留下的中空部分。当这些硬体和骨骼掩埋日久，孔隙被地下水携带的矿物质——主要是碳酸钙

(CaCO_3)所充填后,就变得更加致密、坚硬,质量增加。矿质充填作用形成的化石保留了原来生物硬体的细微构造。

2. 置换作用

生物遗体在被埋藏的情况下,生物体原来的硬体部分,由于地下水的作用逐渐被溶解,而同时又由水中外来矿物质逐渐补充代替的过程称为置换作用,又称交替作用。如果溶解和交替的速度相等,且以分子相交换,即可保留原来硬体的微细构造。如华北二叠系中的硅化木,其原来的木质纤维均被硅质所代替,但微细结构如年轮及细胞轮廓都清晰可见。如果交替速度小于溶解速度,则生物硬体的细微构造会被破坏,仅保留原物的外部形态。常见的交替物质有二氧化硅(称“硅化”)、方解石(称“钙化”)、白云石(称“白云石化”)和黄铁矿(称“黄铁矿化”)等。

3. 碳化作用(升馏作用)

埋藏后生物遗体组分中的不稳定成分(H、O、N)经分解和升馏作用而挥发消失,仅留下较稳定的炭质薄膜而保存为化石的过程叫碳化作用,又称升馏作用。例如植物的叶子,其主要成分为碳水化合物($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$),经升馏作用,氢、氧挥发逸失,仅碳质保存为化石。

四、化石的形成过程

生物从死亡到形成化石要经历多个阶段。研究生物自死亡后埋葬在沉积物中,随同沉积物经化石化作用形成化石的学科称为化石埋藏学(Taponomy)。从埋藏学角度可将化石的形成过程分为4个阶段,分别构成不同的群落。

1. 生物群落

生物群落是在一定区域或同一环境内各种生物居群相互结合的一种生物结构单元。这种单元结合松散,在其形成之前及形成之后并非固定不变,而是经常在演变着,但演变有规律,同时群落也具有相对的稳定性。

2. 死亡群(尸积群)

生物因各种原因死亡后尸体堆积形成死亡群(或称尸积群)。尸积群可能是属于同一生物群落的成分,也可能是由几个群落的成分死后的混合堆积,这主要受沉积物的沉积速度、环境稳定性、生物扰动等因素的控制。

3. 埋藏群

尸积群被埋藏后形成埋藏群,它可能是原地埋藏,也可能是迁移到异地埋藏或与其他群落的尸积群相混杂成为异地埋藏。一般生物死亡后只要在其所属群落生活的范围内埋藏则均属于原地埋藏。

辨别原地埋藏和异地埋藏的主要标志有:(1)原地埋藏的生物化石往往保存较完整,表面细微构造往往未遭破坏,关节及铰合衔接构造没有脱落,表面无磨损现象;异地埋藏的化石群,个体保存多不完整,硬体的各部分经搬运后常遭磨损。原地埋藏的化石个体大小极不一致,包含有不同生长发育阶段的个体;异地埋藏的化石个体由于在搬运过程中的分选作用,常常个体大小较一致。此外,生物保持原来生活时状态的为原地埋藏,异地埋藏的生物不保持其原来的生长状态。(2)遗迹化石大多为原地埋藏,除粪化石及蛋化石等可能为异地埋藏外,其他如足印、钻孔及潜穴等由于其铭刻在沉积物表面或内部,不能被搬运,故均为

原地埋藏。(3)化石的生态类型与其沉积环境的一致性不同。原地埋藏的化石群所反映出来的生态特征与其围岩所反映出来的沉积环境相一致；异地埋藏的化石群所反映出来的生态特征常与围岩所反映出来的沉积环境相矛盾，或几种不同生态环境下生活的生物化石保存在一起。(4)不同时代的化石保存在一起时，老的化石应该属于异地埋藏。这种情况往往是由于保存在老地层中的化石被重新风化剥蚀出来，之后再次沉积到新地层中所造成的。

4. 化石群

埋藏群伴随着沉积物的成岩过程，经过物理作用和化学作用的改造而形成化石群。

五、化石的保存类型

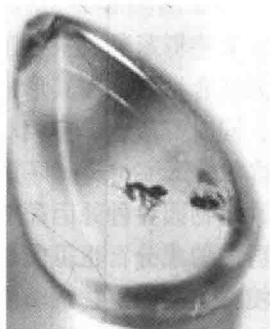
依据保存特点，化石的保存类型可分为实体化石、模铸化石、遗迹化石和化学化石 4 种类型。

1. 实体化石 (body fossil)

实体化石指古生物遗体本身保存下来的化石。(1)未变实体化石，也称完整实体化石，是在特殊的条件下，避开了空气的氧化和细菌的腐蚀，原来的生物硬体和软体完整地保存下来形成的化石。例如，1901 年在西伯利亚第四纪冰期冻土层中发现的 25000 年前的猛犸象，不仅其骨骼完整，连皮、毛、血、肉，甚至胃中的食物也都保存完好[图 1-1(a)]；又如我国抚顺煤田古近纪煤层中含大量琥珀，其中常保存有完美的昆虫化石，如蚊、蜂及蜘蛛等[图 1-1(b)]。(2)变化实体化石，也称不完整实体化石，生物遗体经过不同程度的化石化作用，全部硬体或部分硬体保存为化石。这是最为常见的一类化石，如经充填、交替作用形成的蚌壳化石、脊椎动物骨骼化石，经升馏作用而成的笔石化石及植物化石等(图 1-2)。



(a) 冻土中的猛犸象化石



(b) 琥珀中的昆虫化石

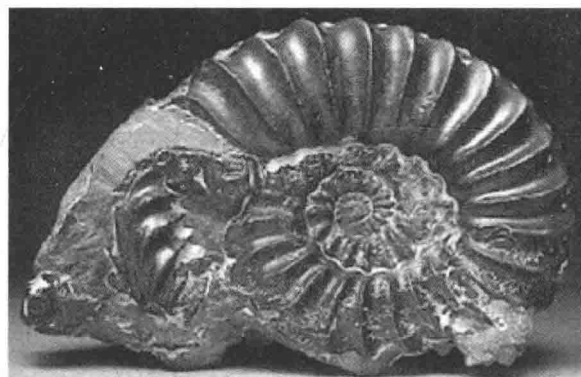
图 1-1 未变实体化石

2. 模铸化石 (mold and cast fossil)

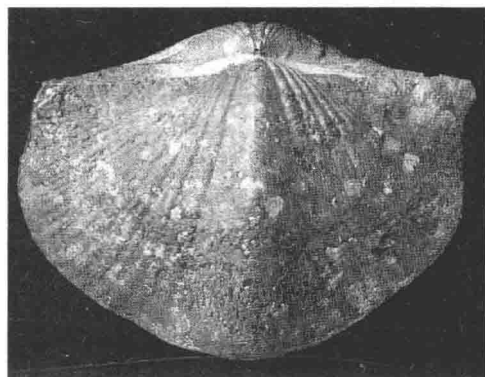
模铸化石是生物遗体在岩层中留下的各种印痕和复铸物。虽然并非实体本身，但却能反映生物体的主要特征。按其与围岩的关系又可分为印痕化石、印模化石、核化石和铸型化石 4 种类型。

1) 印痕化石

印痕化石专指生物死亡后，遗体沉落在松软、细密底层上留下的印迹(图 1-3)。生物遗体往往遭受破坏而消失。但这种印迹却反映该生物体的主要特征。如软躯体腔肠动物水母和蠕虫动物的印痕。



(a) 菊石化石



(b) 腕足动物化石

图 1-2 变化实体化石

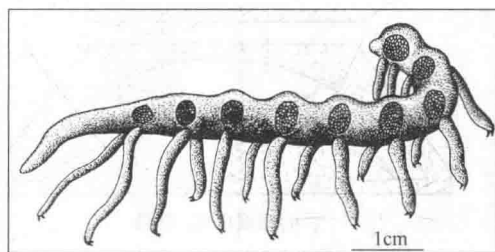
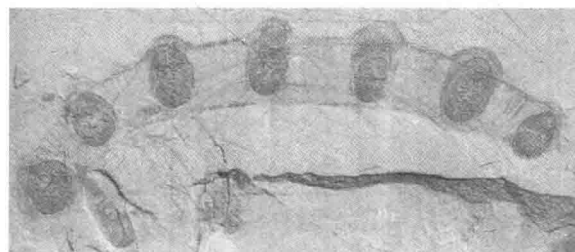


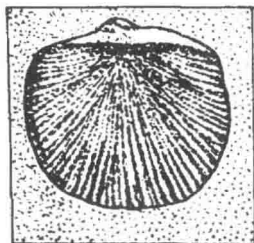
图 1-3 印痕化石(中华微网虫及其复原图)

2) 印模化石

印模化石主要指生物硬体(如贝壳等)在围岩上印压的模,可分外模和内模(图 1-4)。外模是遗体坚硬部分(如贝壳)的外表印在围岩上留下的模子,它能反映原生物外表形态及构造。内模是指壳体内面印在围岩上留下的模子,它能反映生物硬体的内部形态及构造特征。外模和内模所表现的凹凸状况与原物正好相反。在外模和内模形成后,生物硬体被溶解,经压实作用使内、外模重叠在一起,形成复合模(图 1-5)。



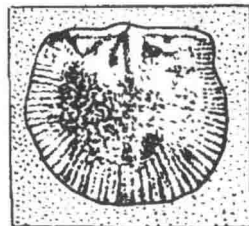
(a) 背壳外面视



(b) 外模



(c) 背壳内面视



(d) 内模

图 1-4 腕足动物背壳及印模化石

3) 核化石

核化石包括内核和外核。腕足动物和某些双壳动物壳体呈闭合状态保存时,壳内软组织腐烂消失,其空腔被沉积物充填,在充填物固结且壳瓣被溶蚀后,留下的内部实体称为内核(图 1-6)。内核的形状、大小和壳内空腔一样,能反映壳内面的构造。如果壳内没有充填

物，当壳体溶蚀后，就留下了一个与壳同形等大的空间，此空间如再经充填和石化就形成了外核化石，外核的大小及壳饰与原物一样，但其内部已不具任何生物结构。

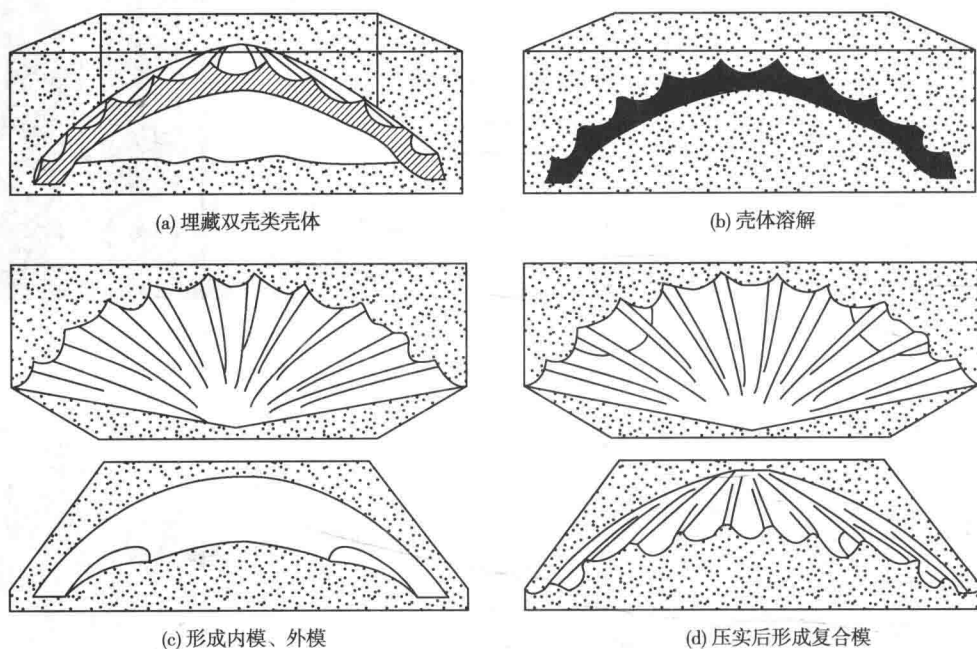


图 1-5 复合模形成过程(据 McAlester, 1962)

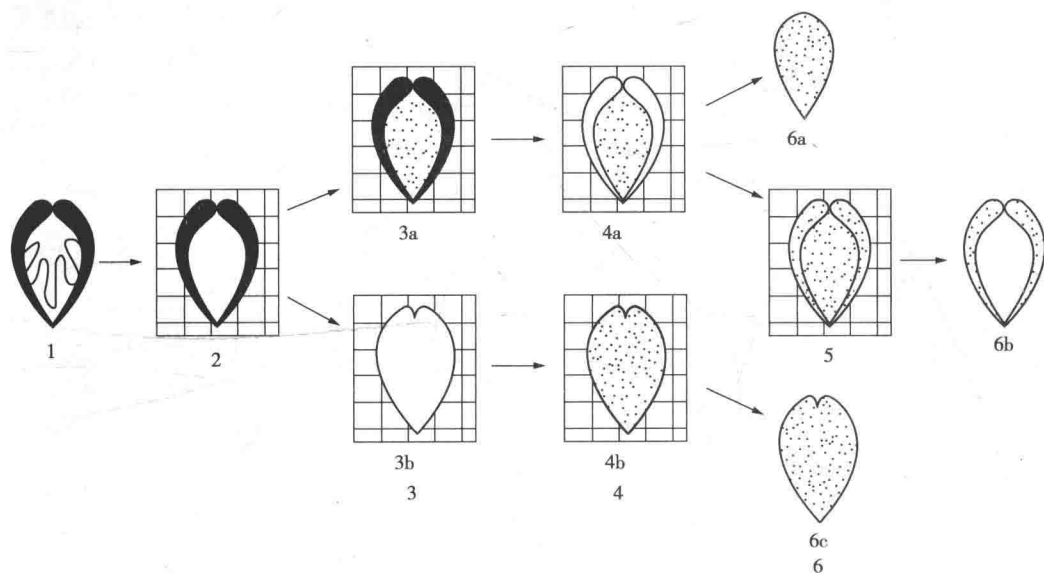


图 1-6 模铸化石及其形成过程(据杜远生等, 1998)

1—双壳类壳瓣及内部软体；2—埋藏后软体腐烂；3a—壳内被充填；3b—壳瓣溶解；4a—壳瓣溶解；4b—原壳体所占空间被充填；5—原壳瓣外被充填；6a—内核；6b—铸型；6c—外核

4) 铸型化石

当壳体埋在沉积物中已形成外模和内核后,壳体被溶解形成的空间又被另一种矿物质充填,类似工艺浇铸一样,使填入物保持原物的形状和大小,这就形成了铸型化石。铸型化石反映的内部及外部的特征与原物一样,但其并无壳质的结构特征。

3. 遗迹化石(ichnofossils, trace fossil)

遗迹化石指保留在岩层中的古生物生活活动的痕迹和遗物(图 1-7)。主要是古代生物生活活动时,在底质(如沉积物)表面或内部留下的各种生物活动的痕迹,它们多属原地埋葬,很少与实体化石同时发现,主要为足迹、爬迹、蛋化石和粪化石等,如高级动物行走时留下的足迹、脚印,低级动物移动时留下的移迹,钻孔生物在石质底质中钻蚀的栖孔和在软底质表面或内部挖掘的潜穴等。粪团、粪粒、蛋、卵、珍珠、胃石等生物代谢、排泄、生殖的产物,甚至古人类使用的石器和骨器等遗物,均可称遗迹化石。遗迹化石是分析古地理环境的重要标志。

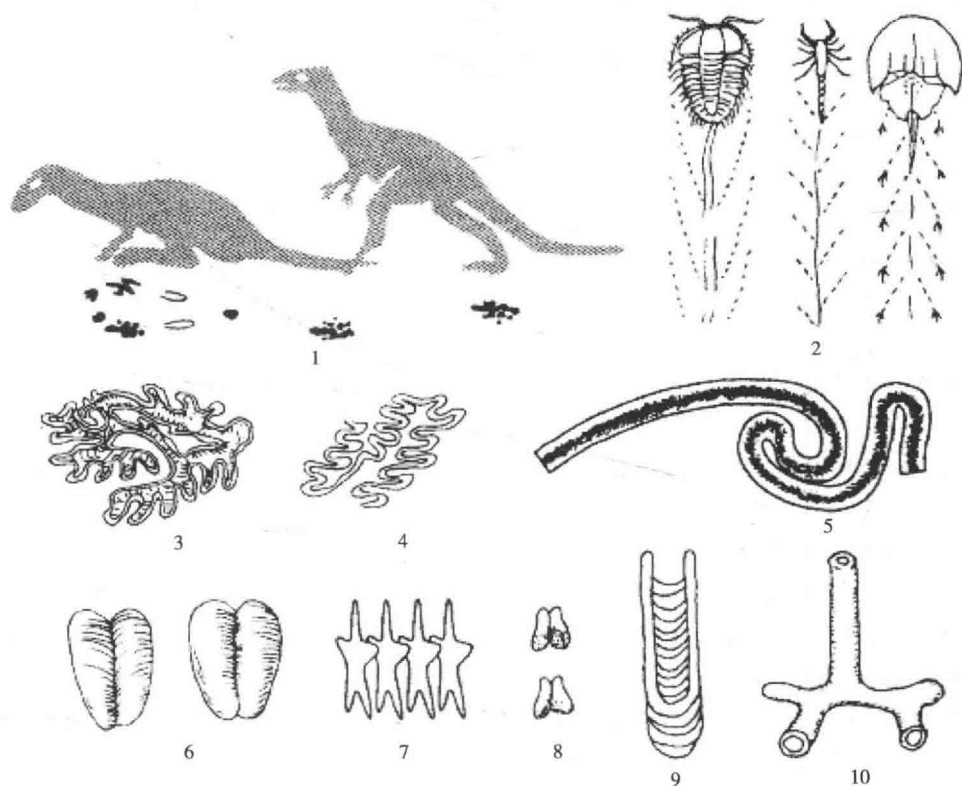


图 1-7 遗迹化石(据夏树芳, 1978; Seilacher, 1970、1984; Ekdale 等, 1984)

1—足迹; 2—行迹; 3、4—拖迹; 5—爬行迹; 6—8—停息迹; 9、10—潜穴

4. 化学化石(chemical fossil)

残留在沉积物中的古代生物的有机分子, 主要指组成生物体的一些有机物(如氨基酸、脂肪酸、蛋白质等), 能未经变化或轻微变化地保存在各时代岩层中, 且具有一定的化学分子结构, 能证明古代生物的存在, 这类化石称为化学化石(或分子化石)。研究化学化石对探讨地史中生命的起源, 阐明生物发展演变历史具有特别重要的意义。

六、化石记录的不完备性

化石的形成和保存受到种种严格条件的影响和控制,因而各时代地层中所保存的化石只能代表地质历史中生存过的生物的一小部分。有人估计,古代生物每一万个个体中,可能只有一个个体变成了化石。据统计,现生生物有记录的物种约为170余万种,如果把世界上现生生物全部描记完毕估计有500~1000余万种。古生物化石目前有记载的物种仅为13万余种,约为已描述的现生物种总数的8.7%。如果再考虑到地质历史经历了几十亿年,其间生存过的生物应远比现代生物多,由此可见,地史时期中有大量生物是人类所未知的。这一数字说明了化石记录的不完备性。同时,还有一部分已形成的化石,在地层中尚未被发掘出来,这些有待发现的化石也表明,目前人们所观察到的化石资料是不完备的。也就是说,现今我们能够在地层中观察到的化石仅仅是各地史时期生存过的生物群中极小的一部分。这个事实提醒我们,当根据化石资料来研究古生物界的面貌及其发展规律时,必须考虑到化石记录的不完备性,避免作出片面的或错误的结论;同时,要珍视宝贵的化石记录,使之充分发挥其应有的作用。

【关键术语】

化石;石化作用;充填作用;置换作用;升馏作用;化石埋藏学;实体化石;模铸化石;遗迹化石;化学化石。

【思考题】

1. 古生物学的定义是什么?什么是化石?
2. 化石化作用有哪些类型?
3. 如何判别原地埋藏化石群与异地埋藏化石群?
4. 化石的主要类型有哪些?
5. 简述铸型化石的形成过程。
6. 简述内核与外核,外核与外模,内核与内模的联系及它们之间的区别。
7. 化学化石的定义是什么?研究化学化石的意义是什么?
8. 何谓硅化?何谓碳化?
9. 从化石形成的过程阐述化石记录的不完备性。
10. 如何区分真、假化石?如何区分现生生物与古生物?