



高等院校石油天然气类规划教材

古生物学与地史学概论

肖传桃 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

高等院校石油天然气类规划教材

古生物学与地史学概论

肖传桃 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本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,在系统介绍了古生物学、地史学的基本理论和知识基础上,分别介绍了主要门类的古生物学特征和各大时期地层学、古地理学和古构造学特征。在内容方面,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;针对石油类专业需要,保留了主要门类的微体古生物学的内容,增加了地层划分和对比方法的内容。

本书可作为高等院校不同类型古生物地史学课程的教科书或参考书,也可供石油、地质、地理、矿产、能源、环境、地震、旅游等行业有关人员以及博物馆工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

古生物学与地史学概论 / 肖传桃主编.
北京:石油工业出版社,2007.8
高等院校石油天然气类规划教材
ISBN 978-7-5021-6176-7

- I . 古…
- II . 肖…
- 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 (2007) 第 110732 号

古生物学与地史学概论

肖传桃 主编

出版发行:石油工业出版社
(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)
网 址:www.petropub.com.cn
发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店
印 刷:石油工业出版社印刷厂

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷
787×1092 毫米 开本:1/16 印张:18
字数:446 千字 印数:1—2000 册

定价:26.00 元
(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)
版权所有,翻印必究

前 言

古生物学和地史学是地质科学中的两个重要组成部分，也是国内各高等学校石油类和地质类专业的专业基础课程。由于古生物学和地史学之间的关系较为紧密，根据石油类学科专业发展的需要，将古生物学和地史学合编为一本教材，并将其分为古生物学基本理论、古生物各论、地史学基本理论和地史学各论四篇。

本教材在吸收国内同类学科的思想精华基础上，参考了国内外相关领域的最新成果，对教学内容进行了精选和更新。针对石油类学科专业的特点和需要，在古生物学部分，保留了微体古生物学的内容；在地史学部分，增加了地层划分和对比的理论内容和含油气盆地的地史学特征。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。在调整教学内容方面，加强了古生物学、地史学的基本概念、基本理论和基础知识等方面的内容。本书可作为国内石油类和地质类专业 80 ~ 100 学时的古生物学与地史学教材。

本教材由长江大学肖传桃主编。编写过程中反复论证，并征得长江大学李罗照、姜衍文、李伟同、李艺斌，大庆石油学院的曲淑琴、方德庆以及中国石油大学（北京）朱才伐等老师的意见和建议。长江大学地质系全体教师多次讨论、反复论证该教材的教学大纲。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，并分工进行了编写。本教材分工如下：第一篇第一、三、四章，第三篇第一、四章由肖传桃编写；第二篇第二、三、四章和第四篇第一、二章由李艺斌编写；第一篇第二章，第二篇第八、十一章，第四篇第五章由朱才伐编写；第二篇第一、五、九、十章，第三篇第三章由曲淑琴编写；第二篇第六、七章，第四篇第三、四章由方德庆编写；第三篇第二章由曲淑琴、方德庆编写。初稿完成之后，肖传桃对全书进行了认真审阅、修改并最终定稿提交审查。中国地质大学杜远生教授和中国科学院研究生院潘云唐教授对本教材进行了审核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。本教材难免存在不妥或不足之处，敬请读者批评指正。

编者

2007年3月

目 录

第一篇 古生物学基本理论

第一章 古生物学研究内容及发展简史	1
第一节 古生物学及其研究内容	1
第二节 古生物学发展简史及分支学科	1
第二章 化石的形成、分类及研究意义	3
第一节 化石及其形成过程	3
第二节 化石的保存	4
第三节 古生物的分类与命名	7
第四节 化石的研究方法和研究意义	8
第三章 生命的起源与生物的演化	16
第一节 生命的起源和演化历程	16
第二节 生物进化的基本理论和规律	22
第四章 古生物与古环境	30
第一节 生物的生活方式	30
第二节 影响生物生存的生态因素	32
第三节 生物之间的生态关系	35
第四节 群落与生态系	37
第五节 古生态环境的分析方法	39

第二篇 古生物学各论

第一章 原生动物门 (Protozoa)	42
第一节 概述	42
第二节 纤毛虫纲 (Ciliata) 和肉足虫纲 (Sarcodina)	42
第二章 海绵动物门 (Spongia) 和古杯动物门 (Archaeocyatha)	47
第一节 海绵动物门 (Spongia)	47
第二节 古杯动物门 (Archeocyatha)	49
第三章 腔肠动物门 (Coelenterata)	52
第一节 概述	52
第二节 四射珊瑚亚纲 (Tetracoralla)	52
第三节 横板珊瑚亚纲 (Tabulata)	55
第四节 珊瑚的生态及地史分布	56

第四章 软体动物门 (Mollusca)	57
第一节 概述	57
第二节 腹足纲 (Gastropoda)	57
第三节 双壳纲 (Bivalvia)	58
第四节 头足纲 (Cephalopoda)	62
第五章 节肢动物门 (Arthropoda)	65
第一节 三叶虫纲 (Trilobita)	65
第二节 介形虫纲 (Ostracoda)	66
第三节 介甲目 (Conchostracoda)	68
第六章 腕足动物门 (Brachiopoda)	69
第一节 概述	69
第二节 硬体的基本特征	69
第三节 腕足动物的生态和地史分布	71
第七章 半索动物门笔石纲 (Hemichordata Graptolithina)	73
第一节 概述	73
第二节 笔石的硬体构造	73
第三节 笔石的生态	75
第四节 笔石动物的演化趋向及地史分布	75
第八章 脊索动物门 (Chordata)	77
第一节 概述	77
第二节 鱼形动物超纲 (Pisces)	78
第三节 两栖纲 (Amphibia)	80
第四节 爬行纲 (Reptilia)	81
第五节 鸟纲 (Aves)	83
第六节 哺乳纲 (Mammalia)	84
第九章 古植物学 (Paleobotany)	86
第一节 概述	86
第二节 低等植物	87
第三节 高等植物	89
第四节 植物界演化的主要阶段	94
第十章 孢粉学 (Palynology) 简介	96
第一节 孢粉的概念及孢粉的特征	96
第二节 孢粉的分类命名及孢粉分析	99
第十一章 分类位置未定的化石——牙形石 (Conodonts)	100
第一节 概述	100

第二节	牙形石的形态构造	100
第三节	牙形石的自然群集	101
第四节	牙形石的分类位置	102
第五节	牙形石的地史分布及生态	103
第六节	牙形石的色变及其应用	103

第三篇 地史学基本理论

第一章	地史学的内容、地位和发展简史	104
第一节	地史学的研究内容与任务	104
第二节	地史学在地质科学中的地位	104
第三节	地史学的发展简史	105
第二章	地层学基本原理和方法	107
第一节	地层学的有关概念	107
第二节	地层层序及地质年代的确定方法	109
第三节	地层单位与年代地层(地质年代)表	111
第四节	地层划分和对比的方法	124
第三章	地层的沉积作用、沉积相和岩相古地理	144
第一节	地层的沉积方式及有关原理	144
第二节	沉积相有关概念及主要相标志	145
第三节	常见沉积相、岩相古地理及岩相古地理图	149
第四章	历史大地构造分析及大地构造学说简介	155
第一节	历史大地构造分析的方法和内容	155
第二节	板块构造学说简介	159
第三节	大陆内部古板块的恢复	164

第四篇 地史学各论

第一章	中国古大陆的形成及前寒武纪地史	169
第一节	中国前寒武纪生物面貌	170
第二节	中国古大陆的形成	172
第三节	中国南华纪和震旦纪的地层、古地理和古构造	178
第四节	前寒武纪的矿产资源	183
第二章	早古生代的地层、古地理和古构造	184
第一节	早古生代的生物界	184
第二节	早古生代的地层和古地理特征	187
第三节	早古生代的古构造	206
第四节	早古生代的矿产资源	208

第三章 晚古生代的地层、古地理和古构造	209
第一节 晚古生代的生物界	209
第二节 晚古生代的地层和古地理特征	213
第三节 晚古生代的古构造	229
第四节 晚古生代的矿产资源	231
第四章 中生代的地层、古地理和古构造	232
第一节 中生代的生物界	232
第二节 中生代的地层和古地理特征	236
第三节 中生代的古构造	249
第四节 中生代的矿产资源	251
第五章 新生代的地层、古地理和古构造	253
第一节 新生代的生物界	255
第二节 古近纪的地层和古地理特征	260
第三节 新近纪的地层和古地理特征	265
第四节 中国第四纪的古构造、古地理与古气候	267
第五节 新生代的古构造	270
第六节 新生代的矿产资源	274
参考文献	277

第一篇 古生物学基本理论

第一章 古生物学研究内容及发展简史

第一节 古生物学及其研究内容

古生物学 (Paleontology) 是研究地质历史时期的生物界及其发生、发展、演化的科学。随着科学的发展, 现在古生物学的研究范围已不仅限于古生物本身, 而且还包括了各地质时代地层中所保存的一切与生物有关的资料。

古生物学属于广义的生物学范畴, 与现代生物学相应, 可分为古动物学 (Paleozoology) 和古植物学 (Paleobotany)。古动物学进而又可分为无脊椎古动物学 (Invertebrate Paleozoology) 和脊椎古动物学 (Vertebrate Paleozoology)。随着生产发展的需要和科学研究的进展, 古生物学得到了广泛的延伸——古生物学的外延。特别是石油、煤田、海洋地质和钻井勘探的发展, 对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, 起到了重要的作用, 因而形成了古生物学中另一分科——微体古生物学 (Micropaleontology)。随着鉴定方法和手段的发展, 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 (Ultramicropaleontology) 等分支学科。古生物学的外延还包括研究古生物与古环境关系的古生态学 (Paleoecology) 以及研究地史时期动、植物群的地理分布的古生物地理学 (Paleobiogeography)。研究古代生物活动痕迹的古遗迹学 (Paleoichnology) 等也已逐渐发展为古生物学新的分科。此外, 与古生物学结合而产生的边缘学科有: 与地层学结合的生物地层学 (Biostratigraphy)、与物理化学结合的分子古生物学 (Molecular Paleontology) 和古生物化学 (Paleobiochemistry)。

古生物学的研究对象是化石 (fossil)。化石是指保存在各地史时期岩层中的生物遗体或遗迹。严格地说, 化石必须反映一定的生物特征, 如形状、大小、结构、纹饰等, 必须是地史时期的生物遗体或遗迹。随着古生物学的发展, 化石的概念和范围也有所扩大。严格地说, 古、今生物很难以某一时间界线来截然分开。但是为了研究方便, 一般以最新的地质时代——全新世的开始 (距今约 1 万年) 作为古、今生物的分界。

从古生物学的发展趋势来看, 古生物学将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, 该方向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, 这些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, 该方向主要研究古生物进化方式、进化速率和进化机制等内容。

第二节 古生物学发展简史及分支学科

作为地质学主要分支之一, 古生物学的发展和成熟经历了漫长的时间。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在国外首推古希腊时代哲学家色诺芬尼 (Zenophanes, 公元前约 590 年)，在国内为唐代颜真卿 (公元 771 年)，他们都在各自的著作中提出高山上的贝壳曾一度是海洋的生物，其后经历了沧海桑田的变化的思想。1669 年丹麦学者斯坦诺 (Steno N, 1638—1686) 指出：在层状岩层未经褶皱或断裂而颠倒的情况下，总是先形成的岩层在下，时代较老，后形成的在上，且时代较新。这就是著名的地层叠覆律 (law of superposition)，这一思想是相对地质年代赖以建立的基础。英国史密斯 (Smith W, 1769—1839) 发现每一地层都有其特殊的生物群面貌，它们既不同于上覆地层，也和下伏地层不一样，称为生物层序律 (law of succession)。这是化石应用于地质学，特别是为生物地层学的发展奠定了思想基础。

十九世纪期间，专门记述古生物的论著纷纷问世，古生物学作为一门科学终于建立了，这一时期是古生物学的系统创立阶段。其中较为重要的作者有法国的拉马克 (Lamarck J B, 1744—1829)，由于他对无脊椎动物分类系统和巴黎附近无脊椎动物化石的详细论述，被誉为古无脊椎动物学的创始人。法国居维叶 (Cuvier G, 1769—1832) 研究巴黎盆地的哺乳动物，于 1812 年发表了重要论著《四足动物骨化石的研究》，创立了古脊椎动物学。他还倡导灾变论 (catastrophism)，认为地球上生物的变化是地球创始以来经历了一系列巨大灾变的结果。这一思想能解释地质时期中一些重大的生物变革事件。法国布朗尼尔 (Brongniart A T, 1801—1876) 提出了古植物的分类方案，系统阐述了研究古植物的一些原则，并著有《化石植物史》，他被视为古植物学的奠基人。在此期间，有关古生物学的重要著作还有：法国古生物学家奥比尔 (Orbigny A, 1802—1857) 的《普通古生物学入门》、戈德里 (Gaudry J A, 1827—1908) 的《概论古生物学的哲理》、德国古生物学家齐特尔 (Zittel K A, 1839—1904) 的《古生物学手册》和《古生物学基础》等。1859 年达尔文 (Darwin C, 1809—1882) 撰写的《物种起源》一书公诸于世，他用现代生物学的大量实际资料系统论证了生物在足够长的时间内会发生逐渐演变，他把郝屯 (Hutton J, 1726—1797) 和莱伊尔 (Lyell C, 1797—1875) 的均变论的思想应用于生物学，提出了以自然选择为中心的生物进化原因的论述，为包括古生物学在内的生物学的发展奠定了理论基础。

二十世纪以来，古生物学不断向纵深发展，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。除了微体古生物学、孢粉学、超微古生物学以外，有研究生物和无机、有机环境关系的古生态学、研究古代生物地理分布的古生物地理学以及研究古代生物残留有机分子的组成及其演变的古生物化学、分子古生物学等等，它们都逐渐发展成为古生物学新的分支学科。随着数学、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、古生态等问题的越来越多，反映了古生物学从一个定性描述的科学逐渐发展为定量研究的阶段。同时，由于描述古生物学的不断成熟，新的演化理论如间断平衡理论等的出现以及新的生物化石群的不断发现，促使古生物学向着演化古生物学方向发展。

古生物学的发展不是独立的，其发展离不开地质学以及其他自然科学的发展和进步，近年来，由于地质学其他分支学科的不断发展和不断交叉，和古生物学相关的边缘学科也不断涌现，逐渐形成了生物地质学的学科体系。

第二章 化石的形成、分类及研究意义

第一节 化石及其形成过程

一、化石的定义

古生物学的研究对象是化石。化石 (fossil) 是指保存在各地质时期岩层中的生物遗体和生命活动的痕迹。化石必须是保存在地史时期的岩层中。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。凡化石都能指示古代生物的存在。一些成因与生物无关而貌似动、植物的无机产物, 如氧化锰形成的树枝状结晶——树枝石, 还有龟背石、叠锥及石灰华等, 常被称为假化石 (pseudofossil)。

二、化石的形成条件

地史时期所生存的生物并非都能以化石的形式保存下来, 化石的形成过程及其后期的保存都要求一定的特殊条件。

(一) 生物本身的条件

化石的形成及保存首先需要一定的生物自身条件。具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。但是生物的软体部分, 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。

(二) 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, 则保存为化石的机会就多。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。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, 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, 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。

(三) 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。

(四) 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

保存在沉积物中的生物遗体，在沉积物的成岩作用过程中，大多数都经过一定的变化才能形成化石。从遗体埋藏开始，经历一系列变化成为化石的作用，称为化石化作用 (fossilization)。化石化作用主要有以下三种形式。

(一) 充填作用

充填作用指生物硬体内部的各种孔隙被地下水中的矿物质所充填的一种作用。无脊椎动物的硬体结构间或多或少留有孔隙，如有孔虫壳的房室、珊瑚隔壁间隔及一些贝壳内层疏松多孔等；脊椎动物的骨骼，尤其是肢骨，因其骨髓消失而留下中空部分。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，就变得更加致密坚硬，重量增加，这种化石保留了原来生物硬体的细微构造。

(二) 交替作用

生物遗体被埋藏后，原来生物的硬体部分，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，生物硬体的细微构造则被破坏，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。

(三) 升馏作用

生物遗体被埋藏后，其中的易挥发成分 (氢、氧、氮) 经蒸腾作用而逃逸，留下较稳定的炭质薄膜。如植物的叶子，其主要成分为碳水化合物 ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)，经升馏作用仅炭质保存为化石。

四、“化石记录的不完备性”

化石的形成和保存受各种地质作用的控制，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一小部分。据统计已描述的现生物物种约为 150 万种，如果把世界上现生物全部描记完毕估计有 450 万种。但是已有记载的古生物种估计仅为 13 万种 (Easton, 1960; Raup and Stanley, 1871—1978)，约占已描述的现生物种总数的 8.7%。有人估计，古代生物一万个个体中，大约只有 1 个个体变成了化石。如果再考虑到地质历史经历了几亿或几十亿年，其间生存过的生物应远比现代生物多。那么，这个事实说明了“化石记录的不完备性”。当我们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。

第二节 化石的保存

一、化石的保存类型

依据保存特点，化石的保存类型主要可分为四类：实体化石、模铸化石、遗迹化石和化学化石。

(一) 实体化石 (body fossils)

实体化石指古生物遗体本身(特别是硬体)保存下来的化石。主要有两类:

(1) 未变实体化石。这是在特殊的条件下,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成为化石。例如,1901年在西伯利亚第四纪冰期冻土层中发现的2.5万年前的猛犸象,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1-2-1);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1-2-2)。

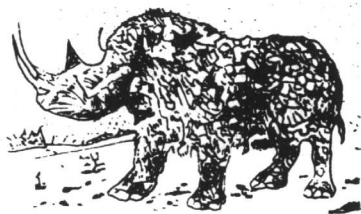


图 1-2-1 冻土中保存完整的猛犸象化石
(据刘后一等, 1982)

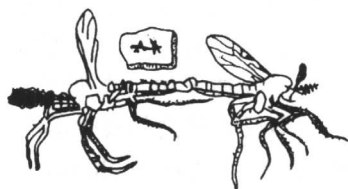


图 1-2-2 琥珀中保存的昆虫化石
(据河北师范大学, 1975)

(2) 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。

(二) 模铸化石 (mold and cast fossils)

生物遗体在围岩中留下的印模和复铸物称为模铸化石。根据模铸化石与围岩的关系又可分为印痕、印模、核和铸型这四种保存形式(图1-2-3)。

(1) 印痕化石。生物遗体陷落到沉积物中被埋藏起来或留下的印痕被埋藏,经腐蚀作用及成岩作用后,遗体本身往往遭受破坏,但印痕仍然保存,如软躯体的腔肠动物水母和蠕虫动物的印痕。

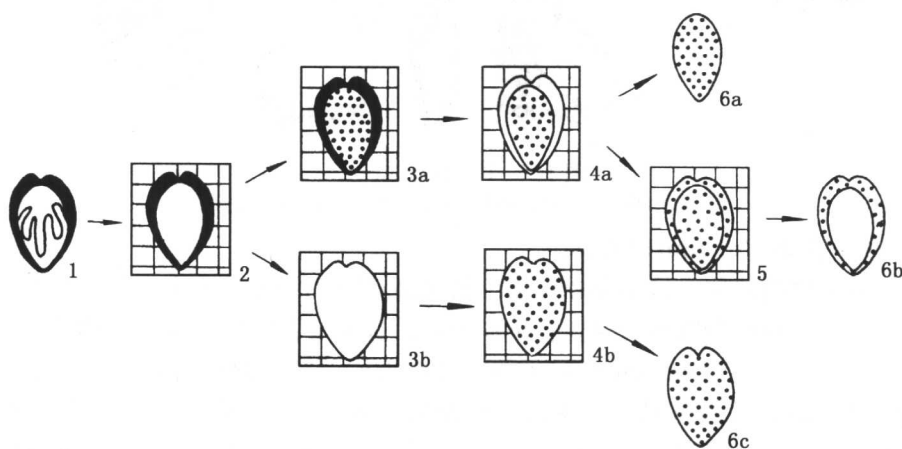


图 1-2-3 模铸化石及其形成过程(据杜远生等, 1998)

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、4a—壳瓣溶解; 4b—原壳体所占空间被充填; 5—原壳瓣处被充填; 6a—内核; 6b—铸型; 6c—外核

(2) 印模化石。包括外模和内模两种。外模是指遗体坚硬部分（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。

(3) 核化石。包括内核和外核两种。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，在固结和壳瓣被溶蚀后，留下的内部实体称为内核。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。

(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，这就是铸型化石。铸型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。

(三) 遗迹化石 (ichnofossils, trace fossils)

遗迹化石是指地史时期的生物生活活动时，在底质表面或其内部所留下的痕迹或遗物所形成的化石。例如：动物的足迹、行迹化石属于痕迹化石；动物的排泄物，如粪粒、粪团化石以及古人类使用过的石器等属于遗物化石（图 1-2-4）。它们本不是动物和人身体的一部分，只是在动物和人生命活动中被短暂利用过（用来吸取营养或当作工具），一旦被动物和人遗弃，就再与动物和人没有任何关系。它们与被排出体外而依然行使繁殖功能的蛋、卵、孢粉有本质的区别。

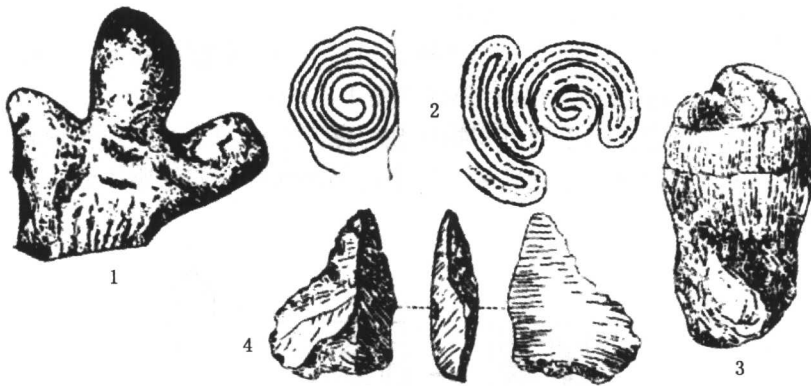


图 1-2-4 遗迹化石

1—禽龙足印；2—蠕虫觅食迹；3—鱼粪化石；4—石器

(四) 化学化石 (chemical fossils)

地史时期生物的遗体，特别是软体部分易被破坏而不能保存下来，但生物死亡后，它的机体可分解成各种有机物质而保留在沉积物中。这种与古生物成因直接联系的有机物质称为化学化石或分子化石 (molecular fossils)。目前人们已从各时代沉积地层中检测出许多有机物质，如核酸、核酸碱基、氨基酸、脂肪酸及各种饱和烃等。在实体化石极其稀少的前寒武纪地层中发现了不少化学化石，这些重大发现推动了分子古生物学 (Molecular paleontology)、古生物化学 (Paleobiochemistry) 和生物成矿作用 (Biometallogenesis) 等新兴学科的发展，对探索生命起源，了解生物在分子水平上的进化过程，以及对生物成因的矿产的探查具有重要意义。

第三节 古生物的分类与命名

一、古生物的分类

古生物的分类采用现代生物的分类等级和分类单元，其主要分类等级包括：界 (kingdom)、门 (phylum)、纲 (class)、目 (order)、科 (family)、属 (genus) 和种 (species)。除此之外，还可插入各种辅助单位，如亚门、亚纲、亚科、亚属、亚种和超纲、超目、超科等。

种又称为物种，是生物学和古生物分类系统中最基本的单位，它是生物进化过程中客观存在的实体。据现代生物学的观点，物种是由可以相互交配（产生能育的正常后代）的自然居群组成的繁殖群体，它与其他群体相互生殖隔离，并占据一定的生态空间，拥有一定的基因型和表现型，是生物进化和自然选择的产物。化石物种的概念与生物学相同，但由于化石不能判断是否存在生殖隔离，因此，化石物种更着重以下特征：①共同的形态特征；②构成一定的居群；③居群具有一定的生态特征；④分布于一定的地理范围。根据以上特征判明的化石种，与生物种一样都是自然的基本分类单位。有些种下可分亚种 (subspecies)，不同居群因地理隔离在性状上出现分异而形成地理亚种。除地理亚种外，古生物学中还有年代亚种，即在不同时代同一种内显示不同形态特征的不同居群。同源相近的种，归并为属，同源相似的属又归并为科，…，同源的门归并为界。以虎为例，其分类系统如下：

界 Animalia 动物界

门 Chordata 脊索动物门

亚门 Vertebrata 脊椎动物亚门

纲 Mammalia 哺乳纲

目 Carnivora 食肉目

科 Felidae 猫科

属 *Felis* 猫 (属)

种 *Felis tigris* 虎 (种)

我国的东北虎 (*Felis tigris altaica*)、华南虎 (*Felis tigris amoyensis*) 和南亚虎 (*Felis tigris sumatrae*) 分别是 3 个地理亚种。

二、古生物的命名

古生物和现代生物一样，所有经过研究的生物都要给予一个科学的名称，即学名 (science name)。依据国际生物命名法则 (动物命名法则和植物命名法则等)，各级分类单元的学名均采用拉丁文或拉丁化文字。属以上各级单元的名称，均为单名，即为单名法，如 *Redlichia* (莱德利基虫)、*Mammuthus* (猛犸象) 等。种名则采用双名法，即每个物种的学名由两个拉丁词组成，前者是该种所归入的属名，其首字母应大写，后者是种名，首字母小写。即属名加种的本名构成完整的种的学名。为了查阅方便，在种名后常注明命名者的姓氏和命名的年代，姓氏可缩写，首字母要大写，例如：*Nankinella orbicularia* Lee, 1934。这是著名地质学家李四光于 1934 年所命名的一个种——圆形南京筴。亚种的命名采用三名法，即在属和种名之后，再加上亚种名，亚种名的第一个字母亦要小写，例如：*Fusulina quasicylindrica compacta* Sheng (似筒形纺锤筴紧卷亚种)。属

和属以下单元的学名在印刷时用斜体字，书写时在其下方画横线。属以上的名称用正体。在各级名称之后，用正体字写上命名者的姓氏和命名时的公历年号，两者间以逗点隔开。

属、种学名的含义，可代表古生物的突出特征，如 *Cyrtospirifer* (弓石燕)；或以产地命名，如 *Yunnanella* (云南贝)；或用以纪念知名学者或发现该属、种的人，如 *Yatsengia* (亚曾珊瑚) 是为了纪念年轻有为的古生物学家赵亚曾。科名、目名往往采用典型属名的词干，加一固定词尾而成。科和亚科的词尾在动物名称中分别用 *-idae*、*-inae*；植物则分别用 *-aceae*、*-oidae*。例如来自属名 *Fusulina* 的科和亚科，分别写成 *Fusulinidae* (纺锤簪科) 和 *Fusulininae* (纺锤簪亚科)。“目”的词尾在动物名称中一般用 *-ida*，如 *Fusulinida* (纺锤簪目)。

生物命名法则中有一条重要的原则是优先律，优先律是指一个生物分类单元的有效名称，应是符合国际动(植)物命名法则的最早正式刊出的名称。如果出现了同物异名或同名异物的情况，就需要研究其来龙去脉，废除晚发表的名称。例如腕足动物弓石燕 *Cyrtospirifer* 是 Nalivkin 于 1918 年最早命名的，后来 Grabau 在 1931 年又将同一属命名为 *Sinospirifer*，依据优先律，后者应予废弃。

此外，在古生物名称中常用一些拉丁语缩写词，现择其常见者简介如下：

(1) *cf.* 为 *conformis* (相符、比较) 的缩写。标本经鉴定可能为一已知种，但由于特征尚不充分，不能确切肯定为该种，则在种本名前加上 *cf.*，例如 *Halobia cf. austriaca* (奥地利海燕蛤相似种)。

(2) *aff.* 为 *affinis* (亲近) 的缩写。所鉴定的标本同最接近的已知种之间，在特征上尚有区别，但由于材料不足等缘故，还不足以建立新种，则在最接近的那个种的种本名前加 *aff.*，例如 *Ferganoconcha aff. estheriaeformis* (叶肢介形费尔干蚌亲近种)。

(3) *sp.* 为 *species* (种) 的缩写。标本经鉴定后，只能确认是某一个属，但不能归入任何已知种，但又无条件建立新种，则在属名之后加 *sp.*，例如 *Redlichia sp.* (莱德利基虫未定种)。

(4) *sp. indet.* 为 *species indeterminata* (不能鉴定的种) 之意。标本很差，不能鉴定到种，则在属名后加 *sp. indet.*。如果属亦不能鉴定，则可在较高分类单位的名称后加 *gen. sp. indet.*。

(5) *sp. nov.* 和 *gen. nov.* 分别为 *species nova* (新种) 和 *genus novum* (新属) 之意，加在新命名的种名或属名之后。如果属、种都是新的，则在用种名之后加 *gen. et sp. nov.*。发表新属时要指定模式种，即指定该属中一个最有代表性的种作为该属建立的依据；发表新种时则要指定模式标本，作为描述新种主要依据的单一标本为正模，其他作为正模的补充标本，为副模。

第四节 化石的研究方法和研究意义

一、化石的研究方法

古生物化石的研究一般包括化石标本或样品的采集，标本的处理和观察，标本的鉴定和描述，标本的照相、制图、复原等步骤。

(一) 化石标本和样品的采集

标本采集是研究工作关键性的第一步。野外采集标本等工作应根据研究任务来确定。如果研究任务是某一区域生物地层工作，则要求对研究区进行全面的踏勘，了解区域内地

层发育、出露、化石产出、地层上下接触关系等情况，而后选择有代表性的剖面进行实际测量，按层记录地层的岩性和采集化石标本。所采集的化石，要求在野外现场按顺序编号，填写标签，包装好。

如果是进行古生态研究，除了对地层进行常规测量外，应着重收集反映古生物生态特征方面的资料，例如，古生物群落中物种的分异度和个体的丰度、生物生长形式、生物之间关系（互惠共生、共栖等），化石定向排列，磨损、破碎程度，化石在地层中产生、保存和分布特点，遗迹化石以及围岩的沉积构造，沉积物组成和颗粒大小，沉积环境标志物（如黄铁矿、海绿石等）等。并采集用于化学分析的化石和围岩标本。

大化石采集的关键是使用合理的物理化学方法将化石完整地 从围岩中分离出来。野外采集必须根据化石围岩的特点，利用合理的提取方法，尽可能地不破坏化石的完整性及其装饰和结构。对于一些比较脆弱的化石或具有比较精细装饰和构造的化石，野外采集时通常要连同一部分围岩一起切取下来，室内进一步分离和修理，对于一些比较坚硬的碳酸盐岩，必要时可用化学方法溶蚀围岩，以获取化石。

微体化石的采集通常是将埋藏它们的沉积物一起按化石样品采集，回到实验室进行处理才能将微体化石标本分离出来。对微体化石样品的采集，必须了解各类化石的保存特点、有利岩性，以提高采样效率和准确性。各类生物的生活方式和生活环境不同，有利于它们保存的岩性亦不同。例如钙质生物通常较容易从碳酸盐岩中获得；游泳和浮游生物则主要产于深水灰岩、页岩和硅质岩中。采样间距主要根据工作目的和岩性特点来确定；采样量取决于所采化石的类别和岩性，采样数量通常为处理化石时所需数量的 5 ~ 10 倍。样品可采自地表露头、钻井或海底、湖底的松软沉积物中，但力图要采集新鲜样品，明显的风化作用不利于样品的采集，尤其要防止样品的污染。

（二）标本的处理和观察

野外采回的化石标本，需要经过室内外处理方可研究。

为观察实体化石的内部形态一般需磨制薄片。先将标本切成小方块，放在磨片机上磨薄，再用树胶粘在载玻片上。有些化石还可用连续切面了解其内部形态。交代作用形成的化石或压型植物化石，可用撕片法处理。先将化石的切光面放在可溶解其基质的酸中（硅酸盐基质用氢氟酸，碳酸盐基质用盐酸）。基质溶解后，化石细微形态呈现起伏不平状态。再在光面上涂以丙酮和一层醋酸盐胶膜。丙酮软化胶膜，于是化石形态慢慢嵌入部分被溶解的胶膜中，显示各种微细形态印痕。干后撕下胶膜，如同薄片一样，各种微细形态都能清晰显示。

从岩石中分离微体化石，可用机械破碎、用水浸泡或用高温加热再骤冷，使化石与围岩分开。也可用酸（盐酸、醋酸、草酸、氢氟酸等）或碱，将化石从围岩中分离出来。微体化石从围岩中分离出来以后，若化石表面仍有少量泥沙附着，又不宜用细针剔除，可用超声波清洗仪，利用超声波的颤动，使附着物从化石表面脱落。

通常从岩石中分离出来的微体化石，要在实体显微镜下进行挑样或观察。20 世纪 50 年代以来，人们利用放大率高达数十万倍、百万倍的透射电子显微镜或扫描电子显微镜对超微化石或微细形态进行观察，取得了很大的成效。扫描电子显微镜的优点是能对实体标本（镀上一层很薄的金属膜）直接进行扫描观察，所得图像立体感很强。还可利用 X 光射线法，对化石内部形态进行研究，或寻找隐藏在岩石中的化石。用红外光、紫外光照相可使一些化石（如炭质的笔石、几丁虫）由不透明变为透明，显示其详细形态。