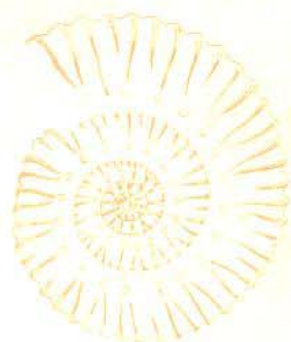




普通高等教育地质矿产类规划教材

古生物学教程

何心一 徐桂荣 等编



地质出版社

①

中国地质大学（北京）地质研究所

古生物学教程

第四版

地质出版社



普通高等教育地质矿产类规划教材

古生物学教程

(修订版)

中国地质大学

何心一 徐桂荣 等编

地质出版社

(京)新登字085号

本书经北京大学杨守仁、李淑鸾、郝守刚老师主审，并于1989年12月经地矿部古生物学课程教学指导委员会审查通过，同意做为高等院校教材出版。

※

※

※

普通高等教育地质矿产类规划教材

古生物学教程

(修订版)

地质矿产部教材编辑室编辑

何心一 徐桂荣 等编

*

责任编辑：薛子俭

地质出版社出版

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所发行

*

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：16.5 字数：388000
1993年5月北京第一版·1993年5月北京第一次印刷

印数：1—3700册 定价：7.60元

ISBN 7-116-01195-1/P·1009

前 言

本教程是遵照地矿部古生物学课程教学指导委员会的决定(1987、1989),在原《古生物学教程》的基础上重新修编的。由中国地质大学何心一、徐桂荣主编,参加编写人员有我校杨逢清、杨关秀、曾学鲁、杨式溥等同志。本书共有二十章,分工如下:何心一编写第三、九、十、十二、十三、十五、十七章,徐桂荣编写第一、二、四、五、十四、十六、十九章,杨逢清编写第七、八、十一章,杨关秀编写第十八章,曾学鲁编写第六章,杨式溥编写第二十章。图件主要由中国地质大学北京、武汉两地绘图室杨希娜、吴玉华、王润斋等同志绘制。

这次修编遵循原则及编写说明如下:

1. 根据地质类专业普通古生物学教学大纲的要求,并按照地矿部古生物学课程教学指导委员会1989年12月在北京召开的会议决定有关精神,“普古”教学近年来一般为70—80学时,因此必须大力压缩篇幅,精减内容,这次修编教材即按80学时编写,总字数(包括图表)控制在35万字左右。另有与本教程配套的古生物学实习指导书,字数为15万,该指导书由杨家骥、李志明编写。

2. 加强基础理论、基本知识和基本技能训练。地质类专业要求古生物学更多地服务于地质学,因此,需要适当增加各类化石的地层意义和生态环境意义方面的介绍。同时也须有一定的生物学理论知识,以便更好理解地质发展史,为学好后继课打下良好基础。

3. 章节安排适当调整,化石属例,尽量结合国内材料。古生物学作为一门科学,它是世界性的科学,在总的体系上应以世界先进科学的发展为依据。因此,本书对于章节的安排,比过去有较大变动。如据原口动物和后口动物发展顺序来编排章节;在化石资料等方面则尽量选用国内材料,尤其是标准化石。

4. 注重实用性、科学性和先进性。这次修编力求适用于地质类专业的教学,实用性较好,系统逻辑性较强,做到论述有据,概念清楚正确。并且能大体反映国内外本学科当前发展的先进水平和新动向。

5. 图表适当归并,图文紧密配合,便于学生自学。

此外,编写组自接受任务以后,曾得到杨遵仪教授、郝诒纯教授的鼓励和帮助,对这次普古编写大纲以及对绪论和其它主要章节的编写初稿均提出过宝贵意见。我校李凤麟、阮培华等老师分别对脊椎动物、介形虫、棘皮动物有关章节提出过修改意见。本教程初稿完成后,1989年12月经在京召开的地矿部古生物学课程教学指导委员会审查通过,编者根据这次审查意见,对初稿再进行修改,后送请主审杨守仁、李淑鸾、郝守刚老师分别审阅全书,并提出很好的修改意见。各章编者再作必要修改,最后由何心一统纂定稿。地矿部教材室王璞同志对本书修编及要求也提出过不少宝贵意见。在此对以上各位老师和同志表示衷心感谢!

由于编者水平有限,其中缺点和错误在所难免,希望读者批评指正。

编 者

1992年2月

I

目 录

第一篇 通 论

第一章 古生物学及其研究对象	1
一、古生物学及其内容	1
二、化石及其保存条件	2
三、化石的保存类型	3
四、化石化作用	6
第二章 生物的系统与分类	7
一、生物的分类单位	7
二、分类的原则和方法	7
三、古生物学的命名法则	10
第三章 生物与环境	12
一、概述	12
二、海洋环境分区和海洋生物	12
三、大陆环境分区	13
四、环境因素对水生生物的影响	14
五、海洋生物的生活方式	16
六、生物群落及生物埋藏	16
第四章 生物的演化	19
一、生命的起源与有机体的发展	19
二、物种形成	20
三、生物进化的一些重要规律	22
第五章 古生物学在地质学中的应用	25
一、地层系统和地质年代的建立	25
二、划分和对比地层	25
三、在研究古地理、古气候方面的意义	27
四、在地球物理学方面的应用	27
五、在地球化学和矿产研究中的应用	28

第二篇 各 论

第六章 原生动物门 (Protozoa)	29
一、概述	29
二、放射虫目 (Radiolaria)	30
三、有孔虫目 (Foraminiferida)	31

四、簪亚目 (Fusulinina)	38
五、有孔虫的地史分布	45
六、有孔虫的生态	46
第七章 海绵动物门 (Spongia)	49
一、一般特征	49
二、骨骼形态	50
三、分类	51
四、生态及地史分布	53
第八章 古杯动物门 (Archaeocyatha)	55
一、一般特征	55
二、骨骼构造	56
三、分类	57
四、古生态及地史分布	58
第九章 腔肠动物门 (Coelenterata)	61
一、概述	61
二、水螅纲 (Hydrozoa)	62
三、原始水母纲 (Protomedusae)	64
四、钵水母纲 (Scyphozoa)	64
五、珊瑚纲 (Anthozoa)	66
六、四射珊瑚亚纲 (Tetracoralla)	67
七、异珊瑚目 (Heterocorallia)	76
八、横板珊瑚亚纲 (Tabulata)	77
九、六射珊瑚亚纲——石珊瑚目 (Scleractinia)	81
十、珊瑚的生态	83
第十章 蠕虫动物 (Vermes)	85
一、概述	85
二、蠕虫动物主要特征及其进化意义	85
三、蠕虫动物各主要门类特征及化石保存	86
四、环节动物门 (Annelida)	87
第十一章 软体动物门 (Mollusca)	89
一、一般特征及分纲	89
二、腹足纲 (Gastropoda)	92
三、双壳纲 (Bivalvia)	96
四、头足纲 (Cephalopoda)	106
五、竹节石纲 (Tentaculita)	119
六、软舌螺纲 (Hyolitha)	120
第十二章 节肢动物门 (Arthropoda)	123
一、概述	123
二、三叶虫纲 (Trilobita)	124

三、肢口纲 (Merostomata) 与蛛形纲 (Arachnida)	132
四、鳃足纲——介甲目 (Conchostraca)	133
五、介形虫纲 (Ostracoda)	135
六、昆虫纲 (Insecta)	138
第十三章 苔藓动物门 (Bryozoa)	141
一、概述	141
二、苔藓动物的硬体构造	142
三、分类及代表属例	143
四、苔藓动物的生态及其地层意义	145
第十四章 腕足动物门 (Brachiopoda)	147
一、概述	147
二、形态构造	147
三、分类及化石代表	153
四、生态	161
五、地史分布	163
第十五章 棘皮动物门 (Echinodermata)	165
一、概述	165
二、海胆亚门 (Echinozoa)	166
三、海扁果亚门 (Homalozoa)	168
四、海百合亚门 (Crinozoa)	169
五、海星亚门 (Asterozoa)	174
第十六章 半索动物门 (Hemichordata) 及笔石纲 (Graptolithina)	175
一、概述	175
二、笔石纲的基本构造及笔石枝的分枝	176
三、笔石纲分类	178
四、笔石类的地史分布和演化趋向	179
五、笔石动物的生态	182
第十七章 脊索动物门 (Chordata)	184
一、概述及分类	184
二、鱼形动物的一般特征及无颌纲 (Agnatha)	186
三、盾皮纲 (Placodermi) 和棘鱼纲 (Acanthodii)	188
四、软骨鱼纲 (Chondrichthyes)	188
五、硬骨鱼纲 (Osteichthyes)	189
六、鱼类的演化及陆生四足动物的起源问题	190
七、两栖纲 (Amphibia)	190
八、爬行纲 (Reptilia)	192
九、鸟纲 (Aves)	198
十、哺乳纲 (Mammalia)	199
第十八章 古植物学 (Paleobotany) 附孢子、花粉简介	206

一、概述	206
二、低等植物 (Lower Plants 或 Thallophyte) 简介	207
(一) 低等植物的一般特征	207
(二) 蓝藻植物门 (Cyanophyta) 和叠层石 (Stromatolites)	209
(三) 硅藻植物门 (Bacillariophyta)	209
(四) 甲藻植物门 (Pyrrophyta)	209
(五) 金藻植物门 (Chrysophyta) —— 颗石藻类 (Coccolithophorides)	209
(六) 轮藻植物门 (Charophyta)	210
三、高等植物 (Higher Plants) —— 维管植物 (Tracheophyte) 的形态和结构	210
四、苔藓植物门 (Bryophyta)	213
五、原蕨植物门 (Protopteridophyta)	213
六、石松植物门 (Lycophyta)	215
七、节蕨植物门 (ArthropHYta) 或楔叶植物门 (Sphenophyta)	219
八、真蕨植物门 (Pteridophyta)	223
九、前裸子植物门 (Progymnospermophyta)	227
十、种子蕨植物门 (Pteridospermophyta)	228
十一、苏铁植物门 (Cycadophyta)	232
十二、银杏植物门 (Ginkgophyta)	233
十三、松柏植物门 (Coniferophyta)	235
十四、有花植物门 (Anthophyta) 或被子植物门 (Angiospermae)	237
十五、植物界演化的主要阶段	240
十六、孢子、花粉简介	241
第十九章 分类位置未定的化石 —— 牙形石 (Conodonts)	242
一、概述	242
二、牙形石类的形态构造及形态分类	242
三、牙形石群集	244
四、牙形石的生物分类位置	245
五、牙形石类的地史分布及生态	245
第二十章 遗迹化石 (Ichnofossils)	247
一、遗迹化石的定义及研究范围	247
二、遗迹化石的分类和命名	247
三、遗迹化石举例	249
四、研究遗迹化石的意义	251
主要参考文献	254

第一篇 通 论

第一章 古生物学及其研究对象

一、古生物学及其内容

古生物学 (Palaeontology) 是研究地质历史时期的生物界及其发展的科学。其研究范围包括各地史时期地层中保存的生物遗体和遗迹, 以及一切与生物活动有关的地质记录。

古生物学和研究当代生物的今生物学 (Neontology) 相对应, 前者可分为研究地史时期动物的古动物学 (Palaeozoology) 和研究地史时期植物的古植物学 (Palaeobotany)。古动物学又分为古无脊椎动物学 (Invertebrate Palaeozoology) 和古脊椎动物学 (Vertebrate Palaeozoology)。古生物学可以说是地史时期的生物学, 并视为广义生物学 (Biology) 的一个分支。

古生物学的基础研究工作包括化石的采集和发掘、处理和复原、鉴定和描述, 在这些工作的基础上进行分类, 进而研究各类生物的生活方式、进化规律等。依据研究手段和目的的不同, 在古生物学中除上述分科外又划分了若干不同的学科。微体古生物学 (Micropalaeontology) 是本世纪由于探矿工业迅速发展而形成的一个新分支, 其研究对象包括某些个体微小的古生物类别, 如有孔虫、放射虫、几丁虫、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。由于它们形体微小, 肉眼难以分辨, 标本需经特殊方法处理, 必须在显微镜下鉴定研究。近年来应用扫描电子显微镜, 研究以微米计的微小化石, 又形成一个新学科——超微古生物学 (Ultramicropalaeontology)。孢子花粉由于其研究方法与其它微体古生物类别有所不同, 并且在划分对比非海相地层和研究古气候、古地理和古植被等方面具有特殊意义, 已发展成为微体古生物学的一个独立分支——孢子花粉学 (Palynology)。古生态学 (Palaeoecology) 是研究古生物与古环境相互关系的学科, 它研究地史时期生物的生活方式、生活条件、生活活动的遗迹、生物体及其器官的形态功能, 以及其死后的埋藏等。古生物地理学 (Palaeobiogeography) 是研究地史时期动、植物群地理分布的学科。

其它还有许多边缘学科, 如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 Palaeontology) 和古生物化学 (Palaeobiochemistry); 以及研究古生物的结构构造, 并用以启发各技术领域的发明创造而形成的古仿生学 (Palaeobionics) 等, 都是近几十年以来飞速发展的新学科。

二、化石及其保存条件

古生物学的研究对象是化石 (fossils)。化石是指保存在岩层中地质历史时期的生物遗体和遗迹。化石必须具有生物特征, 如形状、结构、纹饰和有机化学成分等; 或者反映生物生活活动遗留下来的痕迹。地层中的矿质结核、硬锰矿的树枝状沉淀和规则叠层的叠锥等无机产物不能视为化石, 这些无机结构称为假化石。再者, 化石必须是保存在地史时期形成的岩层中, 而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化石。

地史时期的生物遗体和遗迹在被沉积埋藏后, 经历了漫长的地质年代, 随着沉积物的成岩过程, 通过化石化作用 (fossilization) 而形成化石。化石的形成和保存取决于以下条件:

1. 生物本身条件 具硬体的生物保存为化石的可能性较大, 如无脊椎动物中的各种贝壳、脊椎动物的骨骼等, 因硬体主要是由矿物质组成, 较能持久抵御各种破坏作用。但硬体的矿物质成分不同, 保存为化石的可能性也不同, 如方解石、白云石、硅质化合物和甲氧磷酸钙等矿物组成的生物硬体有较大可能保存为化石, 而霏石和含镁方解石等不稳定矿物, 在转化为稳定矿物之前常易遭受破坏。其次, 有机质硬体如角质层、木质和几丁质薄膜等, 虽易遭破坏, 但在成岩过程中可炭化而保存为化石, 如植物叶子、笔石体壁等。然而, 内脏、肌肉等软体最易腐烂, 除特殊条件以外难于保存为化石。此外, 生物个体的丰富程度与化石保存有一定关系, 在其它条件相同的情况下, 个体数量多的生物比个体稀少的易保存为化石。

2. 生物死后的环境 生物死后尸体所处的物理化学环境对于能否保存为化石影响很大。在高能的水动力条件下, 生物尸体因来回搬运而容易磨损; pH值小于7.8, 碳酸钙组成的硬体易遭溶解; 氧化条件下有机质因氧化而腐烂, 在还原条件下有机质易保存下来。此外, 还有被生活着的动物吞食、被细菌腐蚀等因素。

3. 埋藏条件 生物死后因被不同的沉积物质所掩埋, 保存为化石的可能性会有差别。如果生物尸体被化学沉积物、生物成因的沉积物所埋藏, 除软体外, 硬体就较少遭受破坏, 如山东山旺中新世硅藻土中的玄武蛙、中新蛇等精美化石 (图1—1)。但若被粗碎屑物质埋藏, 由于机械作用 (粗碎屑的滚动和磨擦), 生物尸体往往受到破坏。在特殊条件下, 松脂的包裹或冻土的掩埋, 可以保存完好 (包括软体) 的化石, 如琥珀中的昆虫 (图1—1, 3)、第四纪冻土中的猛犸象 (图1—1, 4)。

4. 时间因素 生物死后必须迅速埋藏, 才有可能保存为化石; 并且必须经过长期埋藏, 经历化石化作用后才能保存为化石。有时生物死后虽被迅速掩埋, 但不久又因冲刷等自然营力的作用而暴露, 也不能形成化石。另一方面, 保存在时代老的岩层中的化石因变质作用易遭破坏, 而新岩层中的化石能完好保存。

5. 成岩作用的条件 沉积物在固结成岩过程中, 一般来说, 压实作用和结晶作用都会影响化石化作用和化石的保存。碎屑沉积物的压实作用较显著, 所以在碎屑沉积岩中的化石很少能保持原始的立体形态; 而化学沉积物在成岩中的重结晶作用, 常使生物遗体的微细结构遭受破坏。只有压实作用较小且未经严重的重结晶作用的情况下, 才能保存完好

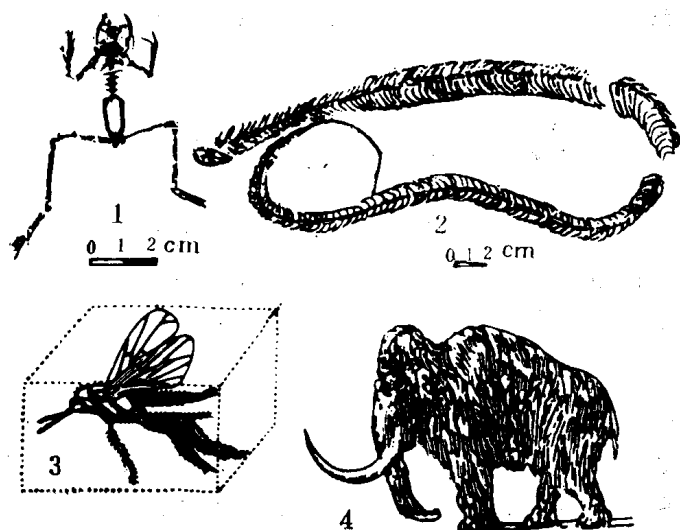


图 1—1 保存完整的遗体化石
1—山东省山旺中新世硅质土中的玄武蛙；2—同一层位的中新蛇；3—琥珀中的昆虫（放大）；4—冻土中的猛犸象（缩小）
(1、2据山旺古生物博物馆，3、4图沿用)

的化石。

化石保存需要上述种种严格的条件，因此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全体生物的一小部分。全由软体组成的生物，很少保存为化石，虽有硬体但未及时埋藏的生物，或者虽及时埋藏但后来又经暴露或高温高压的破坏，也很难保存为化石。已编目的现代生物种估计总数约为 1,200,000 (据 Nicol, 1977) 或 1,500,000 (据 Grant, 1963；他认为如果把世界上现代生物全部编目的话，可能高达 4,500,000 种)。而已有记载的化石种估计总数为 130,000 (据 Easton, 1960、Raup and Stanley, 1971) 或近 250,000 (Raup and Stanley, 1978)。如果我们注意到地质历史已经历了几十亿年，其生存过的生物物种应远比现代生物多；但相反，有记录的化石种只及已编目的现代种的十分之一左右。上述事实一方面说明还有大量未知的化石种有待发现；另一方面说明化石记录的不完备性。近年来应用现代科学技术研究化石取得了长足的进展，如用电子显微镜对古细菌等超微化石 (nannofossils) 的研究，用红外摄像作恢复软体构造的研究等，在弥补化石记录不完备性方面作出了贡献。化石记录不完备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，避免做出片面的结论；同时，化石是珍品，要爱护来之不易的化石记录，使之充分发挥其应有的作用。

三、化石的保存类型

按化石保存特点不同，大致可分为实体化石 (body fossils)、模铸化石 (mold and cast fossils)、遗迹化石 (trace fossils 或 ichnofossils) 和化学化石 (chemical fossils) 四类：

(一) 实体化石

指古生物遗体本身几乎全部或部分 (特别是硬体) 保存下来的化石。在特别适宜的情况下，其硬体与软体可以比较完整地保存而无显著的变化。例如，1901年在西伯利亚第四系冻土层里发现的猛犸象 (25,000 年以前生活在那个地区) 化石 (图 1—1, 4)，不仅其骨骼完整，皮、毛、血、肉，甚至胃中食物也都保存下来。我国抚顺煤田下第三系抚顺群 (始新世至渐新世) 中，尤其在主煤层中含大量琥珀 (即化石松香)，其中常保存完美的昆虫

(蚊、蜂、蜘蛛等)(图1—1,3)。当然上述那种未经显著变化或只轻微变化的遗体化石为数不多。绝大多数化石仅保存硬体部分,并经历了不同程度的化石化作用。

(二) 模铸化石

生物遗体在岩层中留下的印模和铸型物等总称为模铸化石,据其与围岩的关系,可分为四种类型:

1. 印痕化石 (impression fossil) 生物尸体陷落在细碎屑的或化学的沉积物中,留下生物体(主要指软体)的印痕。经腐蚀作用及成岩作用后,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,如水母、蠕虫、植物叶子等的印痕。

2. 印模化石 包括外模 (external mold) 和内模 (internal mold) 两种。外模是生物硬体(如贝壳)的外表印在围岩上的模,它反映原来生物硬体外表形态及结构;内模指壳体的内面特征留下的模,反映硬体内部构造。外模和内模所表现的纹饰和构造凹凸情况与原物正好相反(图1—2)。已形成的内模和外模,在硬体被溶解后经压实作用使内模和外模重叠在一起,称为复合模 (composite mold)(图1—3)。

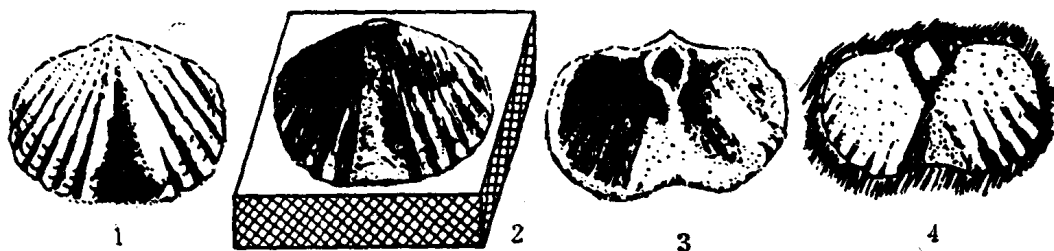


图 1—2 腕足类的腹壳及其外模和内模
1—腹壳外壳; 2—外模; 3—腹壳内面; 4—内模

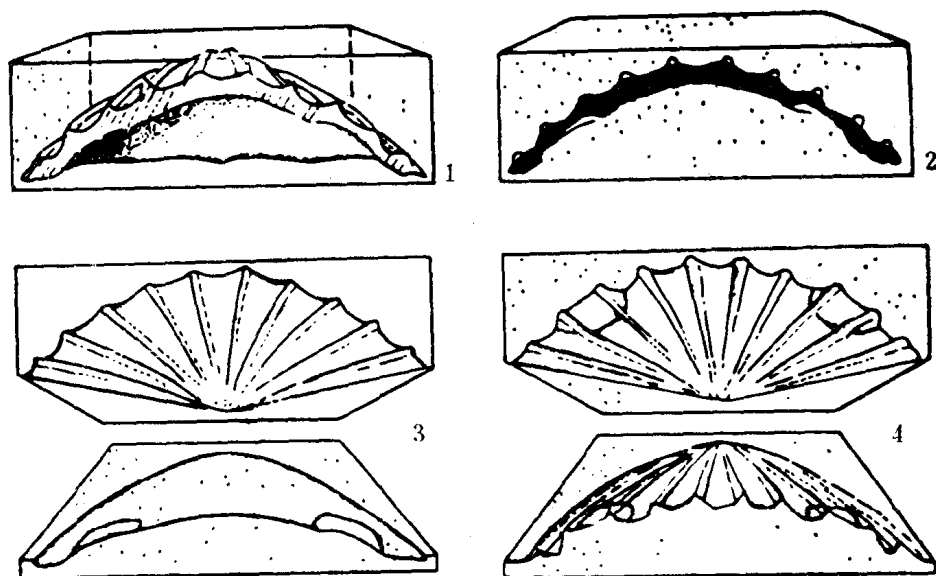


图 1—3 复合模的形成过程

(据McAlester, 1962, 修改)

1—双壳类壳体的埋藏; 2—壳体溶解; 3—留下外模和内模; 4—因压实作用形成复合模,既有外模的特征(放射脊),又有内模的特征(肌痕)

3. 模核化石 包括外核 (external core) 和内核 (internal core 或 steinkern) 两种。贝壳和骨骼的内部空腔中充填的沉积物固结后, 形成与原空腔形态大小类似的实体, 称为内核 (图1—4)。它的表面就是内模, 所反映的内部特征的起伏与原物相反。如果埋藏后的硬体被溶解, 在沉积物中留下一个空间, 此空间经充填而形成与原硬体同形等大的实体, 称外核。外核的表面特征和原物外表相同, 是由外模反印到外核的结果; 但内部是实心的, 不反映硬体内部结构 (图1—4, 6)。

4. 铸型化石 当贝壳埋在沉积物中, 已经形成外模及内核后, 壳质全部溶解, 而又被另一种矿质填入, 像工艺铸成品一样, 使填入物保存贝壳的原形及大小, 这就是铸型化石。它的表面与原来贝壳的外饰一样, 它们内部还包有一个内核, 但壳本身的微细构造没有保存 (图1—4)。铸型反映的内部和外部特征与原物一致。

(三) 遗迹化石

保留在岩层中的生物生活活动的痕迹和遗物称为遗迹化石。遗迹化石对于研究生物活动方式和习性, 以及恢复古环境有重要意义。

遗迹化石中脊椎动物的足迹是最吸引人的。从足迹的大小、深浅和排列情况, 可以推测该动物身体轻重、行走状态 (慢步、疾驰或跳跃)。足迹上有爪印或蹄印, 可推知该动物食肉或食草。我国曾发现不少足迹化石, 如陕西神木东山崖侏罗系的禽龙足迹 (图1—5, 1), 是最大的足迹化石之一。

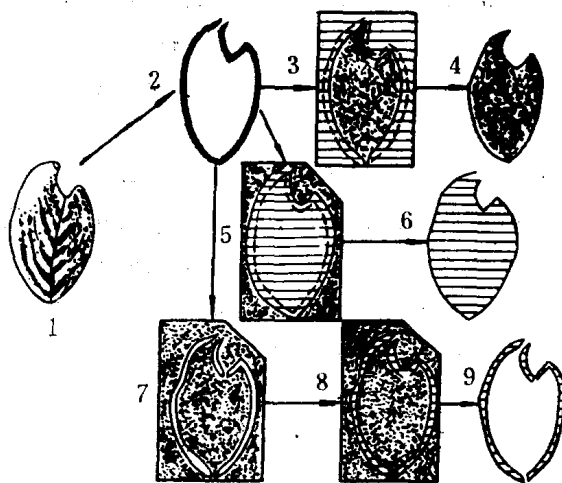


图 1—4 内核、外核及铸型的形成过程

1—腕足类贝体; 2—贝体切面; 3—贝体埋藏后, 壳内被充填; 4—内核; 5—贝体埋藏后, 壳体被溶解, 留下的空隙被充填; 6—外核; 7—贝体埋藏并且壳内被充填, 然后壳体被溶蚀; 8—壳体空隙被充填或者在溶蚀同时被置换; 9—铸型

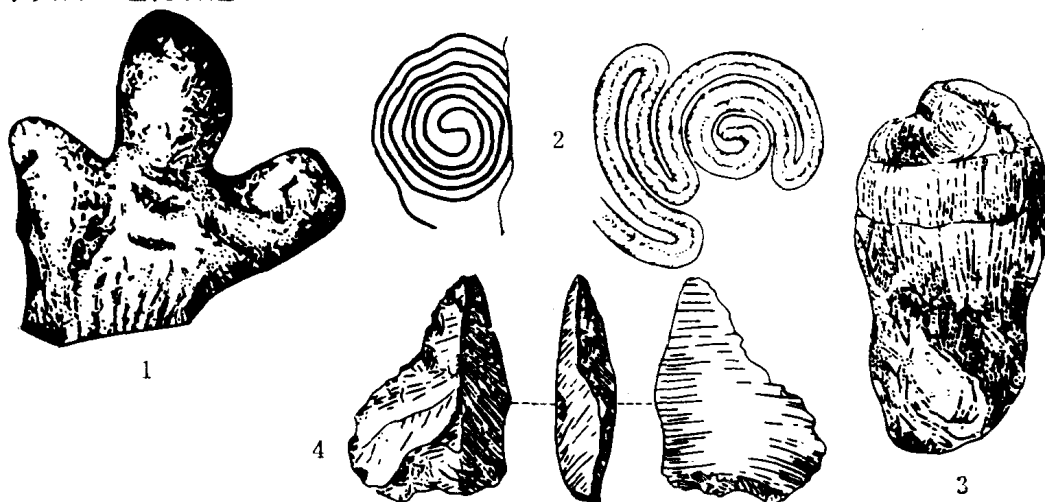


图 1—5 遗迹化石

(据杨遵仪等, 1957)

1—禽龙足印 ($\times 1/8$); 2—蠕虫觅食迹 (右图是左图的放大); 3—鱼粪化石 (产于贵州桐梓, 白垩系, 约 $\times 8/10$); 4—北京周口店山顶洞人的石器

无脊椎动物中蠕形动物的爬迹、节肢动物的爬痕，舌形贝和蠕虫类的潜穴，以及一些生物的觅食迹等（图1—5,2）都是常见的遗迹化石，详见第二十章。

遗迹化石，还包括动物的排泄物或卵（蛋化石）。各种动物的粪团、粪粒均可形成粪化石。鱼粪化石（属于粪团中的一种）比较常见，如贵州桐梓青杠白垩系中找到的鱼类化石（图1—5,3）。鉴定粪化石可以根据形态、大小、物质成分进行，如螺旋状的粪化石可能就是具有螺旋瓣肠道的鱼类排泄物。爬行类和鸟类的蛋化石也较常见。我国白垩纪地层中的恐龙蛋化石是世界闻名的，在山东莱阳地区以及广东南雄均发现成窝垒叠起来的恐龙蛋化石。我国黄土高原第四纪的土质地层里也常发现完整的鸵鸟蛋化石。

自从人类出现以后，古代人类的劳动工具、文化遗迹等也属于化石，但须指出这是指旧石器时代的遗物。例如，北京山顶洞人使用过的石器（图1—5,4）和骨器等。而新石器时代的遗物，一般属于文物考古的范畴。

（四）化学化石

地质时期生物遗体有的虽遭破坏未能保存，但分解后的有机成分，如脂肪酸、氨基酸等仍可残留在岩层中。这些物质视之无形，但具有一定的有机化学分子结构，足以证实过去生物的存在，故称为化学化石或称分子化石（molecular fossils）。随着近代化学分析技术的进步，残留在岩层中的有机质可以被分离出来，用于进行鉴定研究，因此产生了一门新学科——古生物化学。近二十年来人们已从岩层中分离出多糖、脂肪酸、核苷酸、嘌呤、烃类和各种氨基酸等。如从三亿多年前的鱼类和双壳类化石，一亿多年前的恐龙化石中分析出七种氨基酸；从十亿年前的前寒武纪地层里分析出烃类、氨基酸等。化学化石的研究对探索生命起源，阐明生物发展历史，以及对有机矿产（石油、煤等）的探查都有重要意义。

四、化石化作用

化石化作用是指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而成为化石的过程，一般包括以下几种作用：

1. 矿质填充作用 生物硬体结构中或结构间一般都有空隙。矿质填充可以发生在硬体结构中，如贝壳微孔，脊椎动物骨骼在髓质消失后留下的空间；也可发生在硬体结构间，如有孔虫壳的房室、珊瑚隔壁间、海绵沟系等。矿物质沉淀到这些空隙中，使硬体变得致密和坚实。

2. 置换作用 在埋藏情况下，原来生物体的组成物质逐渐被溶解，而由外来矿物质逐渐补充的过程称为置换作用（replacement）。在这个过程中，如果溶解和补充的速度相等，而以分子相交换，即可保存原来生物体的微细结构。例如，华北二叠系中的硅化木，其原来的木质纤维均被硅质置换，而微细结构如年轮及细胞轮廓都清晰可见。若置换速度小于溶解速度，生物体的微细构造会遭破坏，仅保留外部形态。常见的置换作用有硅化、钙化、白云石化和黄铁矿化等。

3. 碳化作用 埋藏后生物遗体组分中不稳定的成分经分解和升溜作用而挥发消失，仅留下碳质薄膜而保存为化石的过程称碳化作用（carbonization）。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，经升溜作用，H、N、O挥发逸去，留下碳质的化石。

第二章 生物的系统与分类

一、生物的分类单位

世界上存在着形形色色、千差万别的生物，为了便于系统研究，必须进行科学分类。与生物学相同，古生物学中目前多数沿用两个界(kingdom)的划分，即动物界和植物界；界以下依次为门(phylum)、纲(class)、目(order)、科(family)、属(genus)、种(species)。除这些主要分类单位外，还可插入各种辅助单位，如各主要单位的再分可分成亚门、亚纲、亚目、亚科、亚属、亚种，或合并成超门、超纲、超目和超科。

种(物种)是生物学和古生物学的基本分类单元，它不是人为规定的单位，而是生物进化过程中客观存在的实体。生物学上的物种是由杂交可繁殖后代的一系列自然居群(population)组成，它们与其它类似机体在生殖上是隔离的；同一物种有共同起源，共同形态特征、分布于同一地理区和适应于一定的生态环境。化石物种的概念与生物学的相同，但由于对化石不能判断是否存在生殖隔离，故更着重以下特征：(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，它指在不同时代同一种内显示不同形态特征的不同居群。

属是种的综合，包括若干同源的和形态、构造、生理特征近似的种(有的属仅有一种)。一般认为属也同样应是客观的自然单元，代表生物进化的一定阶段。属以上的分类，由于分类原则不一，往往各家不同，含有人为成分。

二、分类的原则和方法

古生物学和生物学都追求系统分类能符合自然的客观性，即同一分类单位内的成员应是：(1)同源的，即有共同的祖先；(2)有亲缘关系；(3)性状分异程度较小。把这些原则作为分类基础的称为系统学(Systematics)。目前流行的分类方法和系统学有以下三种：

1. 表型分类法 (Phenetics) 是以所研究的生物的总体相似性进行分类。首先要将生物特征数字化；其次计算相关系数或距离系数；最后聚类。所以这种方法又称为数值分类法。它的优点是能较好地反映生物间性状分异的程度，缺点是没有考虑生物间的演化关系。

2. 分支系统学 (Cladistics) 这个学派认为每群生物必有一个姐妹群，演化的基本过程是一分为二，在任何一个分叉点都是由一个祖先分出两个后裔或姐妹群。这样由一个祖种分出的所有后裔构成一个分支(clade)，由这样的分支作为分类基础是分支系统学的特点。其优点是能反映生物演化过程；缺点是没有考虑性状分异的程度。

3. 进化系统学 (Evolutionary systematics) 以生物间的亲缘关系和进化序列作为分类根据。因这种方法缺乏有效的手段, 近来出现综合进化系统学。综合应用表型法和分支法, 追索生物进化中的分支和各分支分异的程度。Ashlock, P. D. (1987)以三叶虫的几个假想的类别 (图2—1) 通俗地解释上述方法: (1)表型分类法的第一步是把化石特征数字化 (表2—1), 然后作成数字矩阵 (表 2—2), 并计算距离系数 (表 2—3), 最后作成

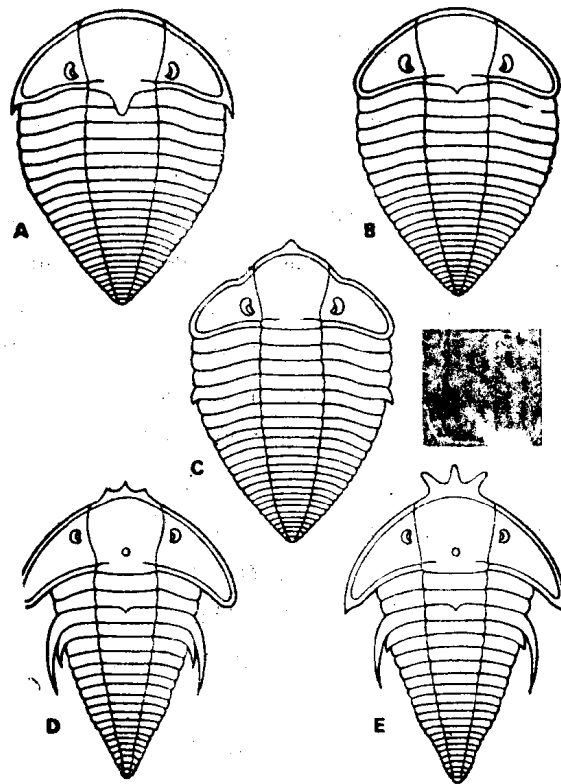


图 2—1 五个设想的三叶虫类别
(据 Ashlock, 1987)

表 2—1 设想的三叶虫特征表

代 码	数 字	特 征	代 码	数 字	特 征
(1)	0	= 圆滑的面颊边缘		3	= 头前部具三刺
	1	= 有凹缺的面颊边缘	(7)	0	= 颈节无刺
(2)	0	= 圆形颊角		1	= 颈节具短刺
	1	= 刺状颊角		2	= 颈节具长刺
(3)	0	= 面颊宽等于头鞍宽	(8)	0	= 第二胸节无中刺
	1	= 面颊宽于头鞍		1	= 第二胸节具中刺
(4)	0	= 眼叶近面颊后缘	(9)	0	= 第三胸节无侧刺
	1	= 眼叶近面颊前缘		1	= 第三胸节具长侧刺
(5)	0	= 头鞍上无中瘤	(10)	0	= 第四胸节无侧刺
	1	= 头鞍上具中瘤		1	= 第四胸节具短侧刺
(6)	0	= 头前部无刺		2	= 第四胸节具长侧刺
	1	= 头前部具一刺	(11)	0	= 胸侧叶宽于中叶
	2	= 头前部具二刺		1	= 胸侧叶等于中叶