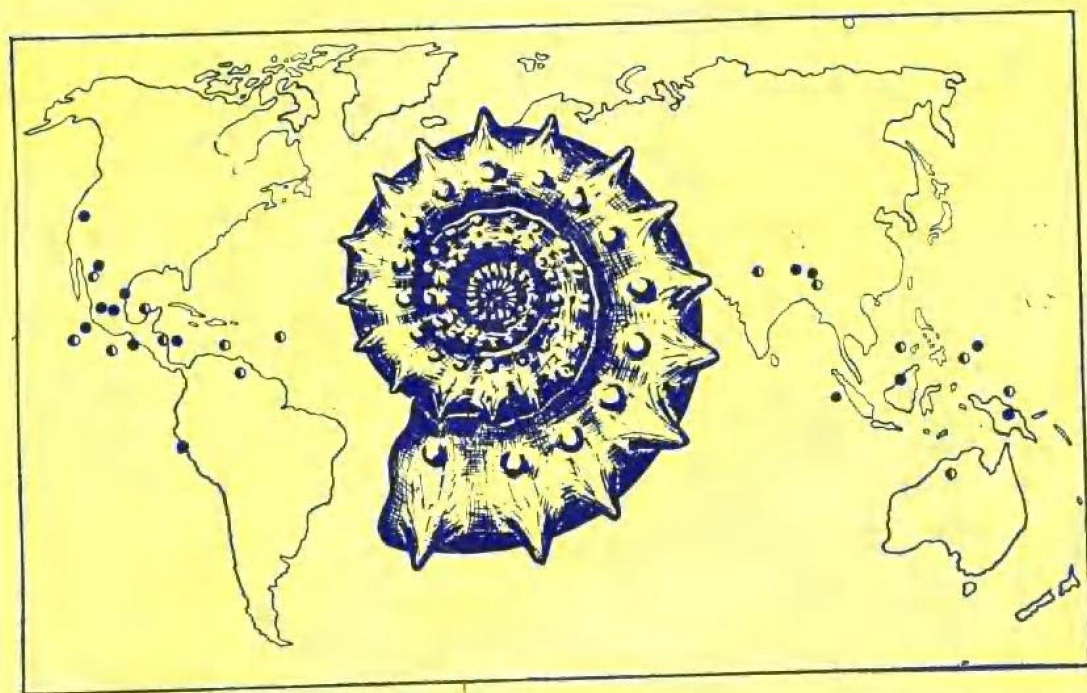


高等学校教材

古生物学教程

何心一 徐桂荣 等编



地质出版社

本书于1985年3月经地质矿产部古生物学教材编审委员会第四次扩大会议审定，并由门凤岐、赵祥麟、林英锡、刘茂强和张川波等同志主审，同意作为高等学校教材出版。

※ ※ ※

高等学校教材
古生物学教程
武汉地质学院
何心一 徐桂荣 等编

责任编辑：荣灵璧 王璞

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

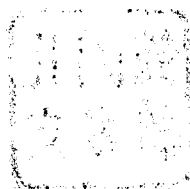
新华书店北京发行所发行·全国新华书店经售

开本：787×1092¹/₁₆印张：28³/₈字数：670,000

1987年5月北京第一版·1987年5月北京第一次印刷

印数：1—8,800册 定价：4.40元

统一书号：13038·教275



前 言

本教程是遵照地质矿产部古生物学教材编审委员会的决定(1982), 根据区域地质及找矿专业普通古生物教学大纲的要求, 在杨遵仪、郝诒纯两教授主编的《古生物学教程》(1980) 的基础上修编而成的。这次修编是本着加强基础理论、基本知识和基本技能, 以及精减内容和加强薄弱环节的精神, 对某些章节作了较大幅度的修改和调整, 力求重点突出、论述简明、概念清楚及图文紧密配合。由于考虑到教师备课和有关专业学生自学的需要, 适当增添了一些资料以供选用。

本教材除适用于区域地质及找矿专业外, 还适用于石油地质及勘探、煤田地质和勘探及地质学等专业, 也可供野外地质工作者和有关科研人员参考。

本书修编工作由徐桂荣、何心一等负责组织, 并由武汉地质学院北京研究生部古生物研究室及武汉地质学院古生物教研室参加编写同志共同完成。全书共分二十章, 各章编者分工如下: 第一章、第五章和第十二章——徐桂荣; 第二章和第三章——殷鸿福; 第四章和第二十章——杨式溥; 第六章——曾学鲁; 第七章和第八章——杨家骥; 第九章——何心一、李志明; 第十章——王珍如; 第十一章——聂泽同; 第十三章——殷鸿福、杨逢清; 第十四章——杨家骥、阮培华; 第十五章和第十七章——李凤麟; 第十六章——吴顺宝; 第十八章——杨关秀、徐钰麟、周修高; 第十九章——丁梅华。

在修编过程中一直得到杨遵仪教授、郝诒纯教授的指导和关怀, 同时也得到我院有关领导的关怀和支持, 武汉地院绘图室承担了大部分图件的清绘, 刘金华、王薇薇、高金汉等同志参加了许多整理工作, 在此一并致谢!

本书初稿于1985年初由长春地质学院门凤歧、赵祥麟、林英铨、刘茂强、张川波等老师审查, 提出了宝贵意见; 1985年3月10日至15日经地质矿产部古生物学教材编审委员会扩大会议审查, 一致认为达到了出版要求并提出了出版前修改意见, 地矿部教材室同志也对书稿提出不少宝贵意见, 均表谢意。

徐桂荣同志为修编本书作了不少工作, 后因出国学习, 全书最后统稿和修改定稿由何心一负责。

编 者

1986年7月

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
(一) 实体化石	3
(二) 模铸化石	4
(三) 遗迹化石	6
(四) 化学化石	7
第二章 生物的系统与分类	8
一、生物的分类单位	8
二、系统学与分类学	9
三、古生物的命名法则	10
第三章 生物的演化	12
一、生命的起源与有机体的发展	12
(一) 生命的起源	12
(二) 细胞的起源	12
(三) 三级生态体系的出现	13
(四) 动物界机体的发展	14
二、物种的形成	15
(一) 遗传	15
(二) 变异	17
(三) 隔离	17
(四) 自然选择	18
(五) 物种形成的方式	19
三、演化的方式和规律	20
(一) 方式	20
(二) 一些规律	22
(三) 生物界演化的总貌	23
第四章 生物与环境	25
一、海洋环境分区和海洋生物	25
二、大陆环境分区	27
三、环境因素	27
四、生物的生活方式	29

五、生物的死亡、埋藏和形成化石的过程	32
(一) 化石形成的过程	32
(二) 原地埋藏和异地埋藏	33
六、古生态学的地质学意义	35
第五章 古生物学的任务	37
一、古生物学资料在地质学中的应用	37
(一) 地层系统和地质年代表的建立	37
(二) 确定地层时代及划分、对比地层	38
(三) 在研究古地理、古气候方面的意义	40
(四) 在地球物理学方面的应用	41
(五) 在地球化学和矿产研究中的应用	42
二、古生物学资料在生物学中的应用	43

第二篇 各 论

第六章 原生动物门 (Protozoa)	45
一、原生动物概述	45
(一) 鞭毛虫纲 (Mastigophora)	45
(二) 纤毛虫纲 (Ciliata)	45
(三) 孢子虫纲 (Sporozoa)	47
(四) 肉足虫纲 (Sarcodina)	47
二、放射虫目 (Radiolaria)	47
(一) 放射虫目的一般特点	47
(二) 放射虫目的分类	48
(三) 放射虫的生态及地史分布	49
三、有孔虫目 (Foraminiferida)	49
(一) 概述	49
(二) 有孔虫壳的特征	51
(三) 有孔虫的分类	56
(四) 各主要类别的化石属例	57
四、簕亚目 (Fusulinina)	63
(一) 簕壳形态及构造	63
(二) 簕亚目的分类	65
(三) 簕亚目各类特征及化石属例	66
(四) 簕的演化	69
(五) 簕的生物地层分带	71
五、有孔虫的地史分布	71
六、有孔虫的生态及其岩相古地理意义	72
第七章 海绵动物门 (Spongia)	75
一、一般特征	75
二、骨骼形态	77
三、分类及化石代表	78

(一) 钙质海绵纲 (Calcarea)	78
(二) 普通海绵纲 (Demospongia)	79
(三) 六射海绵纲 (Hexactinellida)	79
(四) 异射海绵纲 (Heteractinellida)	79
(五) 分类位置不明的属	79
四、生态及地史分布	80
第八章 古杯动物门 (Archaeocyatha)	81
一、一般特征及基本构造	81
二、分类及化石代表	82
(一) 单壁古杯纲 (Monocyathea)	82
(二) 隔板古杯纲 (Septoidea)	82
(三) 曲板古杯纲 (Taenioidea)	83
(四) 管壁古杯纲 (Aphrosalpingidea)	83
三、古杯动物生活方式及地史分布	84
第九章 腔肠动物门 (Coelenterata)	86
一、腔肠动物概述	86
(一) 腔肠动物的特征	86
(二) 水螅型和水母型	87
(三) 腔肠动物的分类	87
二、水螅纲 (Hydrozoa)	88
(一) 一般特征及分类	88
(二) 层孔虫目 (Stromatoporida)	89
三、原始水母纲 (Protomedusae)	91
(一) 一般特征及地史分布	91
(二) 化石代表	92
四、钵水母纲 (Scyphozoa)	92
(一) 一般特征及分类	92
(二) 钵水母亚纲构造特点	92
(三) 锥石亚纲一般特征及壳的结构	93
五、珊瑚纲 (Anthozoa)	94
(一) 珊瑚纲一般特征及分类	94
(二) 珊瑚骨骼构造及其形成	94
六、四射珊瑚亚纲 (Tetracoralla)	95
(一) 四射珊瑚的外形	95
(二) 四射珊瑚骨骼微细构造	97
(三) 四射珊瑚骨骼基本构造	99
(四) 四射珊瑚构造类型及其地史分布	104
(五) 单体珊瑚生长阶段的划分	105
(六) 四射珊瑚分类	105
(七) 四射珊瑚各目代表属	106
(八) 四射珊瑚演化趋向	113

七、异珊瑚目 (Heterocorallia)	114
(一) 一般特点及分类位置	114
(二) 异珊瑚的地史分布	114
八、横板珊瑚亚纲 (Tabulata) [或称类横板珊瑚亚纲 (Tabulatomorpha)]	115
(一) 概述	115
(二) 骨骼的基本构造	115
(三) 横板珊瑚分类及代表属例	115
(四) 横板珊瑚的地史分布	121
九、六射珊瑚亚纲 (Hexacorallia)	122
(一) 概述及分类	122
(二) 石珊瑚在我国的地史地理分布	122
(三) 石珊瑚的外形	122
(四) 石珊瑚类的基本构造	122
(五) 石珊瑚目分类及代表属	126
十、八射珊瑚亚纲 (Octocorallia)	127
(一) 一般特征	127
(二) 八射珊瑚的地史分布	128
十一、珊瑚的生态	128
第十章 蠕虫动物 (Vermes)	129
一、概述	129
二、主要特征及进化意义	129
三、分类及地质学意义	131
(一) 无体腔的三胚层蠕虫动物	131
(二) 假体腔的三胚层蠕虫动物	131
(三) 真体腔的三胚层蠕虫动物	132
第十一章 苔藓动物门 (Bryozoa)	136
一、苔藓动物概述	136
二、苔藓动物的硬体构造	137
三、分类及化石代表	139
(一) 窄唇纲 (Stenolaemata)	139
(二) 裸唇纲 (Gymnolaemata)	143
(三) 护唇纲 (Phylactolaemata)	143
四、苔藓动物的生态及化石保存特点	143
五、苔藓动物的地史分布	144
第十二章 腕足动物门 (Brachiopoda)	145
一、概述	145
二、软体结构	145
三、壳的外形及定向	149
四、硬体的基本构造	150
(一) 外部构造及壳饰	150
(二) 壳内构造	152

(三) 壳的成分和构造	152
五、分类及分类依据	154
六、化石代表及其描述	154
(一) 无铰纲(Inarticulata)	154
(二) 始铰纲(Eoarticulata)	158
(三) 具铰纲(Articulata)	158
(四) 腕铰纲(Brachiartreulata)	163
七、腕足动物地史分布及演化趋向	169
八、生态	171
第十三章 软体动物门(Mollusca)	173
一、一般特征及分纲	173
二、单板纲 (Monoplacophora)	174
三、多板纲 (Polyplacophora)	174
四、腹足纲 (Gastropoda)	176
(一) 一般特征	176
(二) 基本构造	176
(三) 分类	178
(四) 各类化石代表	178
(五) 演化、生态与地史分布	181
五、掘足纲 (Scaphopoda)	182
六、双壳纲 (Bivalvia)	182
(一) 一般特征	182
(二) 基本构造	183
(三) 双壳纲的分类	188
(四) 各类的化石代表	188
(五) 双壳纲的生态及其与演化、分类的关系	193
(六) 双壳纲的地史分布	195
七、喙壳纲 (Rostroconchia)	196
八、头足纲 (Cephalopoda)	197
(一) 一般特征	197
(二) 鹦鹉螺亚纲(Nautiloidea)	197
(三) 杆石亚纲(Bactritoidea)	204
(四) 菊石亚纲(Ammonoidea)	206
(五) 鞘形亚纲(Coleojdea)	215
(六) 头足纲的生态	216
(七) 头足纲的演化趋向及地史分布	217
九、竹节石纲 (Tentaculita)	221
十、软舌螺纲 (Hyolitha)	223
第十四章 节肢动物门(Arthropoda)	226
一、节肢动物的主要特征及分纲	226
二、三叶虫纲 (Trilobita)	229

(一) 三叶虫的构造	229
(二) 三叶虫的个体发育	232
(三) 分类及化石代表	233
(四) 三叶虫的生活方式	243
(五) 三叶虫的演化	245
(六) 我国三叶虫的地史分布概况	246
三、有螯肢超纲 (Chelicerata)	247
四、鳃足纲 (Branchiopoda) 的叶肢介目 (Conchostraca)	248
(一) 壳瓣特征	249
(二) 分类及化石代表	249
(三) 生态及地史分布	250
五、介形虫纲 (Ostracoda)	251
(一) 一般特征	251
(二) 壳的形状及构造	251
(三) 介形虫化石壳的定向	253
(四) 介形虫的分类及化石代表	254
(五) 介形虫的发展史	258
六、昆虫纲 (Insecta)	259
(一) 昆虫纲的外部构造	259
(二) 分类及化石代表	260
(三) 昆虫纲的地史分布	263
七、节肢动物的起源问题	264
第十五章 棘皮动物门 (Echinodermata)	265
一、概述	265
(一) 一般特征	265
(二) 外部及内部构造	265
(三) 分类	266
二、海胆亚门 (Echinozoa)	267
(一) 概述	267
(二) 海胆纲 (Echinoidea)	269
(三) 海参纲 (Holothuroidea)	272
三、海扁果亚门 (Homalozoa)	273
(一) 概述	273
(二) 分类	273
四、海百合亚门 (Crinozoa)	275
(一) 概述	275
(二) 海林檎纲 (Cystoidea)	275
(三) 海蕾纲 (Blastoidea)	278
(四) 海百合纲 (Crinoidea)	280
五、海星亚门 (Asterozoa)	285
(一) 概述	285

(二) 蛇尾亚纲(Ophiuroidea)	285
(三) 海星亚纲(Asteroidea)	286
六、棘皮动物的系统发生及在我国生物地层学上的意义	288
(一) 棘皮动物的系统发生	288
(二) 棘皮动物化石在中国的生物地层意义	288
第十六章 半索动物门(Hemichordata)	289
一、半索动物门的一般特征及主要分类	289
二、笔石纲概述	290
三、笔石的骨骼构造及动物体的推断	290
四、笔石的发育方式	293
五、笔石动物分类及重要属的特征	294
(一) 树形笔石目(Dendroidea)	295
(二) 管笔石目(Tuboidea)	296
(三) 腔笔石目(Camaroidea)	296
(四) 茎笔石目(Stolonoidea)	296
(五) 介壳笔石目(Crustoidea)	296
(六) 正笔石目(Graptoloidea)	297
六、笔石动物的演化及主要演化阶段	304
(一) 演化趋向	304
(二) 主要演化阶段及其地层意义	305
七、笔石动物的分类位置及亲缘关系	306
第十七章 脊索动物门(Chordata)	308
一、概述	308
(一) 脊索动物的一般特征	308
(二) 脊索动物门的分类及原索动物简介	308
(三) 脊索动物分类的有关问题	309
(四) 脊椎动物亚门的特征及分类	309
二、鱼形动物的一般特征与无颌纲(Agnatha)	310
(一) 鱼形动物的一般特征	310
(二) 无颌纲(Agnatha)	311
三、盾皮纲(Placodermi) 和棘鱼纲(Acanthodii)	313
(一) 颌的出现	313
(二) 盾皮纲的特点及分类	314
(三) 棘鱼纲的特征	315
四、软骨鱼纲(Chondrichthyes)	315
(一) 一般特征及地史分布	315
(二) 软骨鱼的分类及化石代表	315
五、硬骨鱼纲(Osteichthyes)	317
(一) 硬骨鱼的特征及分类	317
(二) 辐鳍鱼亚纲(Actinopterygii)	317
(三) 总鳍鱼亚纲(Crossopterygii)	318

(四) 肺鱼亚纲(Dipnoi)	318
(五) 总鳍类与四足动物的祖先	319
六、两栖纲 (Amphibia)	321
(一) 一般特征及其进化意义	321
(二) 四肢骨的构造与起源	321
(三) 两栖纲的分类及地史分布	321
七、爬行纲 (Reptilia)	325
(一) 一般特征	325
(二) 爬行动物的分类及地史分布	325
(三) 无孔亚纲 (Anaspida)	326
(四) 双孔亚纲 (Diapsida, 又译双弓亚纲)	329
(五) 海生爬行动物	332
(六) 似哺乳爬行动物	332
八、鸟纲 (Aves)	334
(一) 鸟类的特点及其对飞行的适应	334
(二) 侏罗纪的始祖鸟	334
(三) 白垩纪的鸟	335
(四) 新生代的鸟类	335
九、哺乳纲 (Mammalia)	335
(一) 哺乳纲的特点及其与爬行纲的比较	335
(二) 哺乳动物的起源与分类	335
(三) 哺乳动物的牙齿	336
(四) 原始哺乳动物	337
(五) 有胎盘类哺乳动物的分目和相互关系	338
(六) 有胎盘类主要目的简介及化石代表	340
(七) 化石举例	350
第十八章 古植物学(Paleobotany)——附孢粉学(Palynology) 简介	351
一、概述	351
二、低等植物	351
(一) 一般特征	351
(二) 低等植物化石及其地层意义	353
(三) 轮藻门(Charophyta)	354
(四) 叠层石 (Stromatolites)	359
三、高等植物的形态和结构	363
四、苔藓植物门 (Bryophyta)	369
五、早期维管植物 (Early Vascular Plants)	370
六、石松植物门 (Lycophyta)	372
七、节蕨植物门 (Arthrophyta) 亦称楔叶植物门 (Sphenophyta)	377
八、真蕨植物门 (Pteridophyta)	381
九、裸子植物的一般特征	388
十、原裸子植物门 (Progymnospermophyta)	390

十一、种子蕨植物门 (Pteridospermophyta)	390
十二、苏铁植物门 (Cycadophyta)	395
十三、银杏植物门 (Ginkgophyta)	397
十四、松柏植物门 (Coniferophyta)	399
(一) 科达纲 (Cordaitopsida)	399
(二) 松柏纲 (Coniferopsida)	399
十五、显花植物门 (Anthophyta) 或被子植物门 (Angiospermae)	403
(一) 特征	403
(二) 分类	403
(三) 双子叶纲 (Dicotyledones)	403
(四) 单子叶纲 (Monocotyledones)	405
(五) 被子植物的出现和发展	405
十六、植物界演化的主要阶段	405
(一) 菌藻植物阶段	406
(二) 早期维管植物阶段	406
(三) 蕨类和古老裸子植物阶段	406
(四) 裸子植物阶段	407
(五) 被子植物阶段	408
十七、孢粉学 (Palynology) 简介	408
(一) 孢粉学的研究对象和内容	408
(二) 孢粉样品的野外采集	410
(三) 孢粉样品的室内分析处理	410
(四) 孢粉资料的整理和孢粉图式	411
(五) 孢粉分析在地质学上的应用	412
(六) 主要孢子花粉类型	414
第十九章 分类位置未定的化石——牙形石 (Conodonts)	416
一、概述	416
二、牙形石的形态构造	416
(一) 牙形石的形态和构造	416
(二) 牙形石的定向	418
三、牙形石群集	419
四、牙形石的生物分类位置	420
五、牙形石的化石代表	422
(一) 单锥型	422
(二) 复合型	423
(三) 平台型	423
六、牙形石的地史分布	424
七、牙形石样品的野外采集和室内分析方法简介	425
第二十章 遗迹化石 (Ichnofossils)	426
一、遗迹化石的定义及研究范围	426
二、遗迹化石的分类和命名	426

三、遗迹化石举例	429
(一) 运动中形成的遗迹	429
(二) 居住形成的遗迹构造	430
(三) 栖息迹	431
(四) 觅食构造	431
(五) 牧食迹	432
(六) 捕食迹	433
四、遗迹化石的特点	433
五、研究遗迹化石的意义	435
主要参考书目	438

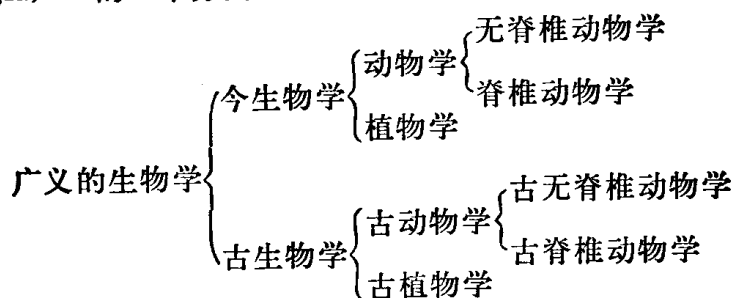
第一篇 通 论

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或Palaeontologia)^①是研究地史时期的生物界及其发展的科学。其研究范围不仅包括各地质时期地层中所保存的生物遗体和遗迹,而且还包括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)一样,可分为研究古代动物的古动物学(Palaeozoologia)和研究古代植物的古植物学(Palaeobotanica)。古动物学又分为古无脊椎动物学和古脊椎动物学。古生物学可以说是地史时期的生物学,并视为广义生物学(Biologia)^②的一个分支,其分科的关系如下:



古生物学的基础研究工作包括化石的采集、发掘、处理和复原以及鉴定和描述,据此进行分类,进而研究生物的生活方式、进化的规律和机制等。依据研究手段和研究的目的不同,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。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,近年来已发展成为微体古生物学的一个独立分支——“孢子花粉学”

① Palaeontologia是源自拉丁文,而Palaeontology是英文拼写法。

② Biologia一词常看作Neontology的同义词。

(Palynologia)。“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、生物及其器官的形态功能以及其死后的埋藏等。“理论古生物学”(Palaeobiology)是探讨生物进化规律的学科,它根据古生物学中累积的丰富资料,研究物种形成、类别的分异、进化的方式、进化的速率和进化机制等以及一切非描述性的古生物学的理论和方法问题。“古生物地理学”(Palaeobiogeography)是研究地史时期动物群和植物群的地理分布的学科。

其它还有许多边际学科,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”(MolecularPaleontology)和“古生物化学”(Paleobiochemistry);以及研究古生物的结构构造并用以启发各技术领域的创造的古仿生学(Paleobionics)等,都是本世纪五十年代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(fossil)。化石是指保存在各地质历史时期岩层中的生物遗体 and 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、硬锰矿的树枝状结晶和规则叠层的叠锥等无机产物不能视为化石,这些无机结构常被称为假化石。再者,化石必须是保存在地史时期的岩层中,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,它们通过化石化而形成化石。但不是所有地史上的生物都可形成化石;能否保存为化石尚需视生物本身和地质环境等方面的条件而定。

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,因为它们主要是由矿物质组成的,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、石英、甲萘磷酸钙和蛋白石等矿物与霏石和含镁方解石等矿物组成的生物硬体相比有较大的可能保存成为化石,因为后者在沉积条件下易于溶解。其次,具角质层、纤维质和几丁质薄膜的生物,如笔石体的体壁、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。此外,内脏、肌肉等软体易遭氧化和腐蚀,除特殊条件以外很难保存为化石。

2. 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;若生物尸体长期暴露在地表或者长久留在水底而不为泥砂所掩埋,就会被其它动物吞食、被细菌腐蚀,或者遭受风化、水动力作用等破坏。由于掩埋的沉积物质不同,生物保存为化石的可能性也有差别,如果生物尸体被化学沉积物、生物成因的沉积物和细碎屑沉积物所埋藏,在埋藏期就较少遭受破坏。但若被粗碎屑物质埋藏,在埋藏期由于机械作用(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,可以保存完好的古生物软体,如琥珀中的昆虫(图 1-1)、第四纪冻土中的猛犸象(图 1-2)。

3. 时间因素 生物尸体或硬体部分必须经过长期的埋藏,随着沉积物固结成岩,经历各种石化作用(见下节)后,才能保存为化石。有时生物死后虽然迅速掩埋,但它们不



图 1-1 琥珀中的昆虫化石
× 20

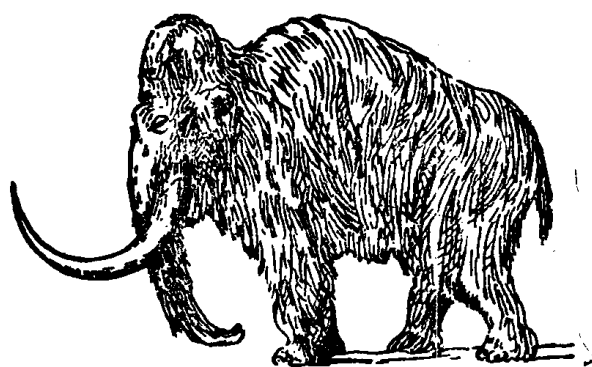


图 1-2 第四纪冻土中的猛玛象
苏联西伯利亚

久又因冲刷等自然营力的作用而暴露，也不能形成化石。

4. 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结晶作用，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。

化石保存需要上述种种条件，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。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）。而已有记载的化石种的总数估计为 130,000（据 Easton, 1960；Raup and Stanley, 1971—1978）或近200,000。可见化石种只及已编目的现代种的10%左右。如果我们注意到地质历史经历了几亿或几十亿年，其生存过的生物应远比现代生物多，而相反，化石记录的种仅仅是现代生物种的十分之一。这个事实说明“化石记录的不完备性”。在研究古生物界的面貌及其发展规律时，必须考虑化石记录的不完备，避免做出片面的结论；同时，珍视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

按化石的保存特点不同，大致可分为实体化石、模铸化石、遗迹化石和化学化石等四类：

（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，避开了空气的氧化和细菌的腐蚀，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25,000年以前生存过的猛犸象（图1-2），不仅其骨骼完整，皮、毛、血、肉，甚至胃中食物也都保存完好。最完整的是披毛犀化石，曾发现于波兰的斯大卢尼（图1-3），该地区在一万多年前可能是一个沥青湖，披毛犀掉进这个沥青湖中被掩埋下来。我国抚顺煤田下第三系抚顺群（始新世至渐新世）中，尤其在主煤层含有大量琥珀（即化石松香），其中常保存完美的昆虫（蚊、蜂、蜘蛛等）（图

1-1)。

当然，像上述那样未经显著化石化或只轻微变化的遗体在化石记录中为数不多。绝大

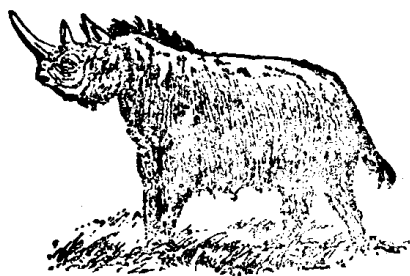


图 1-3 披毛犀化石缩小复原图
(引自 夏树芳《化石漫谈》)

多数化石仅保存硬体部分，并且都经历了不同程度的化石化作用。化石化作用 (fossilization) 是指埋藏在沉积物中的生物随成岩作用而经历了物理作用和化学作用的改造后仍然保留生物面貌及部分生物结构的作用。它一般包括以下几种：

矿质填充作用 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、海绵的沟系、一些贝壳内层疏松多孔等，以及脊椎动物的骨骼，尤其是肢骨，因其髓质消失而留下中空部分，当硬体和骨骼掩埋日久，其孔隙往往被地下水挟带着的矿物质——主要是碳酸钙 (CaCO_3) 所填充，终于变成较为致

密、坚实并增加了重量的实体化石。

交替作用 在埋藏情况下原来生物硬体的组成物质逐渐被溶解，而由外来矿物质逐渐补充代替的过程称之为交替作用。在这个过程中，如果溶解和交替速度相等，且以分子相交换，即可保存原来硬体的微细结构。例如，华北二叠系中的硅化木，其原来的木质纤维均被硅质所代替，但微细结构如年轮及细胞轮廓都清晰可见。如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 (称方解石化)、白云石 (称白云石化)、黄铁矿 (称黄铁矿化) 等等。

升溜作用 生物遗体被埋藏后，不稳定成分经受分解、可挥发物质往往首先挥发消失，仅留下炭质薄膜而保存下来。这说明升溜作用或碳化作用也是化石化作用的一种。例如，笔石的骨骼属几丁质成分 ($\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{N}_2\text{O}_{10}$)，埋藏后，经升溜作用，H、N、O挥发逸去，仅留下炭质薄膜 (碳化)。又如植物的叶子，其主要成分为碳水化合物，经过升溜作用，也只有炭质保存为化石 (见第十九章)。

(二) 模铸化石

生物遗体在岩层或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、铸型和复合模等五种保存型式。

1. 印痕化石 生物遗体 (主要指软体) 陷落在细碎屑的或化学的沉积物中，留下遗体的印痕。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，而且这种印痕常常可反映该生物的主要特征。如腔肠动物的水母印痕、蠕虫动物的印痕、植物叶子的印痕等。

2. 印模化石 包括外模和内模两种。外模是遗体坚硬部分 (如贝壳) 的外表印在围岩上的印痕，它能反映原生物外表形态及构造；内模指壳体的内面轮廓构造留下的印痕，能反映生物硬体的内部形态及构造特征。例如，双壳类的两瓣常分散保存，当其壳埋入沉积物后，在成岩过程中沉积物固结成岩，而壳体有时被水溶解，在围岩与壳外表的接触面上印下贝壳的外模，在围岩与壳的内表面的接触面上留下内模 (图 1-4)。外模和内模所表现的纹饰凹凸情况与原物正好相反。

3. 模核化石 腕足动物和某些双壳动物的贝壳在死后两瓣完整地埋藏，其内部空