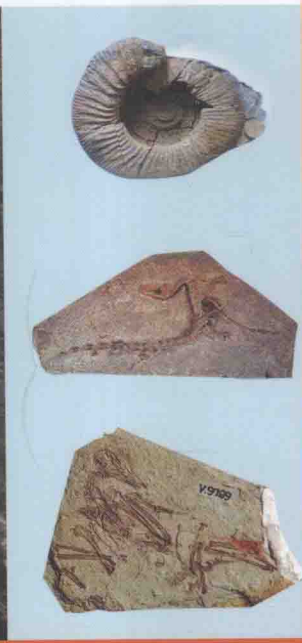




国家骨干高等职业院校
优质核心课程系列教材



国土资源调查专业 >>>

地层古生物基础

◎ 主编 柳汉丰 尹国胜

地质出版社



国家骨干高等职业院校优质核心课程系列教材

地层古生物基础

主 编：柳汉丰 尹国胜

副主编：游水凤 庞新龙 陈洪冶

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本教材采用“项目导向+任务驱动”编写体系,注重“教中学,学中做”的有机衔接,是为培养地矿行业具备古生物鉴定和地层划分与对比能力的一线技能型人才,结合当前地矿行业发展现状及前景而编写的。

全书共分九个学习情境,介绍了有关古生物和地层知识,编排了大量的工作任务。主要包括古生物基本知识,古生物化石鉴定,沉积相类型的识别与分析,地层的划分与对比,地层形成的构造环境,中国前寒武系划分与对比,中国古生界划分与对比,中国中、新生界划分与对比等。

本书可作为高职高专国土资源调查专业、区域地质调查与矿产普查专业的教学用书,也可供从事区域地质调查、矿产勘查和矿山地质工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地层古生物基础 / 柳汉丰等主编. —北京:地质出版社, 2014. 3

ISBN 978-7-116-08704-0

I. ①地… II. ①柳… III. ①地层古生物学-高等教育-教材 IV. ①Q911.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 013005 号

责任编辑:李凯明

责任校对:王 瑛

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话:(010)82324508 (邮购部); (010)82324509 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真:(010)82324340

印 刷:北京纪元彩艺印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm $\frac{1}{16}$

印 张:18.5

字 数:440 千字

印 数:1—1000 册

版 次:2014 年 3 月北京第 1 版

印 次:2014 年 3 月北京第 1 次印刷

审图号:GS(2013)5101 号

定 价:30.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-08704-0

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

为了配合高等职业教育资源勘查类专业的教学改革,根据教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)和《江西应用技术职业学院国家骨干高等职业院校建设项目——国土资源调查专业建设方案》的要求,开展工学结合教学资源开发,为高职高专资源勘查类专业培养技能型人才提供优质教材支持,提高资源勘查类专业人才培养质量,江西应用技术职业学院组织编写了资源勘查类专业“工学结合”系列校本教材,本书是其中之一。

编者在认真研究了10多所高职院校地层古生物课程的教学大纲和不同版本的本、专科教材的基础上,力图实现课程体系创新和内容优化,突出古生物鉴定和地层划分与对比的能力培养,以满足高职高专资源勘查类专业地层古生物课程“教中学,学中做”的教学需要。本教材的内容安排思路如下:

(1) 教材体系设计倡导“以学生为中心”。根据学生的特点,实行任务驱动、项目导向等多种形式的“工学结合”模式。

(2) 强调实践教学。与以往教材相比,本教材在相关知识介绍的基础上,安排了大量的实践教学内容,着重培养学生的动手能力。

(3) 注重工作方法教学。教材对每一门类的古生物化石都介绍了具体的鉴定方法和步骤,使学生在学习中有章可循。

(4) 在教学内容安排上体现与职业岗位对接,突出“以应用为目的,以必需、够用为尺度”的教学原则,适量安排了有关古生物地层的基础知识,重点突出古生物鉴定和地层的对比与划分。

(5) 注重讲练结合。在每一学习情境后均附有相应的复习思考题,有助于教学目标的实现。

本教材由江西应用技术职业学院柳汉丰和江西省地质调查研究院尹国胜担任主编,江西应用技术职业学院游水凤、庞新龙、陈洪冶担任副主编。教材编写分工是:柳汉丰负责编写学习情境2、3、6、7、8(任务5、6由江西应用技术职业学院王小琳编写);尹国胜负责编写学习情境5;游水凤负责编写学习情境4、9;庞新龙负责编写学习情境1中任务1、2、3;陈洪冶负责编写学习情境1中任务4、5。全书由柳汉

丰统编定稿。

教材编写过程中，编者参考了大量相关专业文献，引用了部分教材内容，特别是引用了罗增智等（2007）主编的《古生物地史学》中的内容，在此，本书编者谨向《古生物地史学》的作者表示由衷的感谢。本书作者还与甘肃工业职业技术学院的部分教师就本书的编写体系、提纲等进行了交流。书稿完成后，江西应用技术职业学院于2013年4月组织了7名行业专家进行了审阅，并提出了修改意见。2013年6月，江西应用技术职业学院组织了校内专家组对本书进行了验收。此外，编写过程中还得到编者所在单位的领导、同事的支持和帮助；在此，编者一并表示诚挚的谢意。

编 者

2013年9月

目 录

前 言

学习情境1 古生物基础知识	(1)
学习任务1 物种形成和生物演化	(1)
学习任务2 化石的形成及保存分析	(11)
学习任务3 古生物的分类和命名	(19)
学习任务4 古生物的工作方法	(22)
学习任务5 生物与环境	(25)
归纳总结	(33)
复习思考题	(33)
学习情境2 古动物化石鉴定	(34)
学习任务1 原生动物门鲢亚目化石鉴定	(34)
学习任务2 腔肠动物门珊瑚纲化石鉴定	(42)
学习任务3 腕足动物门化石鉴定	(52)
学习任务4 软体动物门化石鉴定	(58)
学习任务5 节肢动物门三叶虫纲化石鉴定	(73)
学习任务6 半索动物门笔石纲化石鉴定	(79)
学习任务7 古脊椎动物特征及化石鉴定	(85)
归纳总结	(94)
复习思考题	(95)
学习情境3 古植物化石鉴定	(97)
学习任务1 菌藻类古植物鉴定	(97)
学习任务2 植物的形态结构认识	(101)
学习任务3 古植物特征及化石鉴定	(104)
归纳总结	(114)
复习思考题	(114)
学习情境4 沉积相类型的识别与分析	(116)
学习任务1 沉积相概念的建立	(116)
学习任务2 沉积相的观察与分析	(122)
学习任务3 岩相古地理图的编制	(128)
归纳总结	(133)

复习思考题	(133)
学习情境 5 地层的划分与对比	(134)
学习任务 1 地层的基本概念、基本理论和方法	(134)
学习任务 2 地层单位和地层系统	(140)
学习任务 3 地层的划分和对比	(145)
学习任务 4 中国区域年代地层表	(152)
归纳总结	(156)
复习思考题	(156)
学习情境 6 地层形成的构造环境	(157)
学习任务 1 古构造分析	(157)
学习任务 2 大地构造分区和中国古板块的划分	(161)
学习任务 3 构造旋回和构造阶段	(167)
归纳总结	(170)
复习思考题	(170)
学习情境 7 中国前寒武系划分与对比	(171)
学习任务 1 中国前寒武纪地质时代划分	(171)
学习任务 2 中国太古宇认识	(174)
学习任务 3 中国元古宇划分与对比	(176)
学习任务 4 中国南华系和震旦系划分与对比	(181)
学习任务 5 前寒武纪构造运动分析	(184)
学习任务 6 前寒武纪矿产	(185)
归纳总结	(185)
复习思考题	(186)
学习情境 8 中国古生界划分与对比	(187)
学习任务 1 中国早古生代划分及生物界	(187)
学习任务 2 中国晚古生代划分及生物界	(192)
学习任务 3 中国下古生界划分与对比	(198)
学习任务 4 中国上古生界划分与对比	(218)
学习任务 5 古生代构造运动分析	(238)
学习任务 6 古生代矿产	(240)
归纳总结	(241)
复习思考题	(241)
学习情境 9 中国中、新生界划分与对比	(243)
学习任务 1 中国中生代划分及生物界	(243)
学习任务 2 中国新生代划分及生物界	(249)
学习任务 3 中国中生界划分与对比	(254)
学习任务 4 中国新生界划分与对比	(270)

学习任务5 中、新生代构造运动分析.....	(280)
学习任务6 中、新生代矿产.....	(283)
归纳总结	(284)
复习思考题	(284)
参考文献	(285)

学习情境1 古生物基础知识

【知识目标】①了解生命的起源与生物演化，理解生物进化的特点与规律；②了解化石的概念与化石形成条件，掌握化石的保存类型；③掌握古生物的分类单位、古生物命名法则，熟悉古生物分类系统；④掌握生物的环境分区、生活方式，理解影响生物生存环境的主要因素。

【能力目标】①归纳总结物种的形成途径和原因；②能够鉴别化石的保存类型；③能够正确书写古生物的学名；④归纳总结生物的生活方式及生存环境。

学习任务1 物种形成和生物演化

【任务描述】①了解物种形成的途径和原因，成种作用的模式；②归纳生物演化的特点和规律；③了解生命的起源与生物的演化阶段。

一、物种的形成

（一）物种形成的途径与原因

生物以物种作为繁殖后代的单元，依靠遗传保持物种的稳定；又以物种作为进化的单元，物种性状不断发生变异，通过隔离和自然选择等作用，旧种不断绝灭，新种不断产生。

1. 遗传

遗传物质是基因，基因具有自身复制的能力，能使物种在各个世代中保持自身的特性。每种个体有一定量的基因，一居群中所有个体的基因总和构成了基因库。一个物种的基因库基本上是稳定的，所以物种的特征能世代遗传。比如“人生人，马生马，种瓜得瓜，种豆得豆”都是遗传现象。

2. 变异

同种个体的基因类型有不同程度的变化，所以各个个体之间都有差异。基因的突变和重组是个体发生变异的主要原因。人们常说的“一母生九子，子子各不同”就是这个道理。

3. 隔离

隔离包括地理隔离和生殖隔离。①地理隔离是指由于水体、沙漠、山脉的阻挡或遥远

的地理距离等原因造成的隔离。同种的不同居群生活在不同地区，彼此孤立，使不同居群的个体之间无法杂交，失去基因交流的机会，从而导致隔离的各居群间产生不同方向的变异，逐渐形成地理亚种。如我国的华南虎和东北虎，由于长期生活于不同的地理环境，在体型大小、毛色深浅及毛的长短等方面都产生了明显的差别，已形成了两个地理亚种。地理亚种进一步发展，就会形成新种。②生殖隔离是指居群间基因型差异使基因交换不能进行，这包括生态隔离、季节隔离（交配期不同）、行为心理隔离、机械隔离（生殖器官不相配）、杂交不育、不成活等。

4. 自然选择

生物与环境是一个统一整体，生物必须适应变化了的环境，“适者生存，不适者淘汰”。性状变异是自然选择的原料，通过遗传积累加强适应环境的变异，促使居群的基因库发生重大变化，为形成新种准备了条件。

例如，位于摩洛哥西海面的马德拉群岛上，有 550 种昆虫，其中 220 种的翅膀不发达，不会飞，会飞的昆虫翅膀又特别发达。达尔文结合世界许多地方的昆虫常被大风吹到海里而死亡，以及马德拉群岛上不会飞的昆虫平时藏匿不出，只是在风平浪静的天气才外出活动等现象，用自然选择做了解释。他认为，最初的昆虫从大陆飞到群岛上之后，在与海风做生存斗争中，原来那些在大陆上具有正常飞翔能力的昆虫常被海风刮到海中而死亡，而那些翅膀不发达、懒动少飞的昆虫却得以保存下来，另一些翅膀比较发达的昆虫，也因能战胜海风而生存下来。昆虫翅膀的这两类有利变异，在长期海风选择下，通过遗传，不断地保留和积累，终于形成现在岛上的昆虫新种（图 1-1）。



图 1-1 克尔格伦岛上无翅或翅不发达的昆虫
(据郭宝炎, 2009)

(二) 成种作用的模式

有关成种作用的模式，有不同观点，但依据目前研究来看，概括起来成种作用不外乎两大模式，即渐变论和突变论。

1. 渐变论

达尔文关于物种形成的学说——渐变论：达尔文认为物种形成的主要原因是遗传、变异和自然选择。自然选择作用使微小的变异在极其漫长的世代遗传中积累出现性状分歧，进而在遗传中积累达到物种的等级，就形成了物种，又称为线系渐变（图 1-2）。他认为自然界没有飞跃，达尔文的这种观念被称为渐变论。魏斯曼的“种质论”和孟德尔的基因学说都是现代新达尔文主义的基础。该学说主要认为基因及突变是自然选择的最根本的

原料，自然选择利用这些原料，不断地形成新种的物种。近代已发展到分子遗传学，这种观点认为新种与旧种之间有一系列过渡类型。

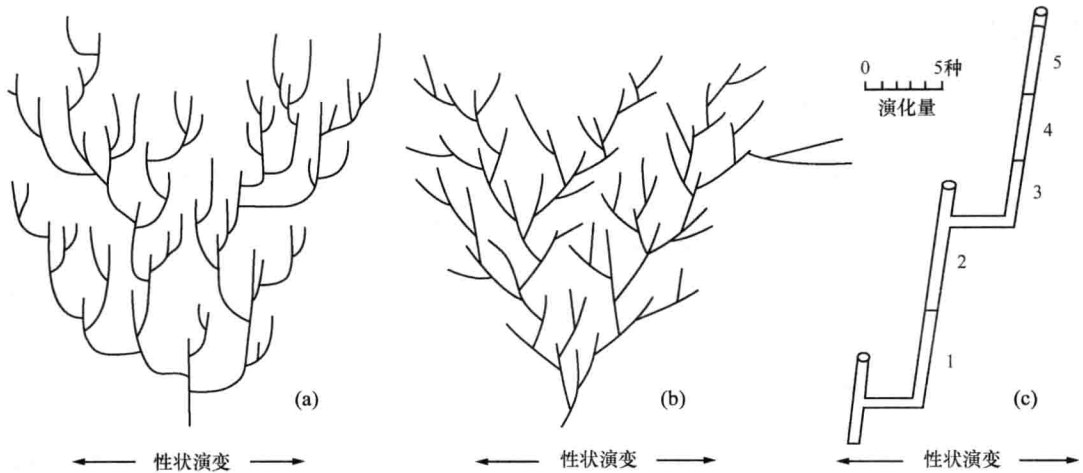


图 1-2 演化的两种模式

(摘自 Stanley, 1979)

(a) 间断平衡论模式；(b) 渐变的模式；(c) 突变和渐变造成的演化量比较

2. 间断平衡论——突变论

主要针对线系渐变论，即达尔文的物种渐变论而提出的。间断平衡论认为生物演化是突变（间断）与渐变（平衡）的辩证统一（图 1-2）。它所研究的是生物演化的速度和方式。关于演化方式，间断平衡论认为，重要的演变与分支成种事件同时发生，而不是主要通过种系的逐渐转变完成的。关于演化速度，间断平衡论强调以地质时间的观点来看，分支成种事件是地史中的瞬间事件，并且在分支成种事件之后通常有一个较长时期（几百万年）的停滞或渐变演化时期，间断平衡论强调成种作用的重要性，主要的演化过渡集中在成种时期。而渐变论者认为大多数演化是由线系变异完成，迅速分异在成种过程中起的作用较小，间断平衡论不否认线系演化，但认为它属次要地位。

二、生物演化的特点和规律归纳

（一）生物演化的特点、规律

1. 进步性发展

进化论已经阐明，一切生物都起源于原始的单细胞祖先。以后在漫长的地质年代中，由于遗传、变异和自然选择，生物的体制日趋复杂和完善，分支类别越来越多。地层中的化石记录虽不完备，但足以说明自从生命在地球上出现以来，生物界经历了一个由少到多、由简单到复杂、由低级到高级的进化过程，这是一种上升的进步性发展。同时生物发展具有阶段性，这种阶段性进化是指生物由原核到真核，从单细胞到多细胞，多细胞生物又逐步改善其体制的发展过程。生物进化的分支发展是从少到多的分化进化，在分支发展过程中生物不断扩大其生活空间，向各种不同的生活领域发展其分支。就整个生物界来

说,在其进化过程中,经历了三次重大的突破性分支发展:最早的一次是从异养(以周围环境中的有机质为养料)到自养(本身含叶绿素,能进行光合作用合成有机养料)的发展;第二次是从两极(合成者和生产者)到三极(生产者、分解者和消费者)的发展;第三次是从水生到陆生的发展。

2. 进化的不可逆性

生物界是前进性发展的,生物进化历史又是新陈代谢的历史,旧类型不断死亡,新类型相继兴起;已演变的生物类型不可能恢复祖型,已灭亡的类型不可能重新出现,这就是进化的不可逆性。例如,脊椎动物中由水生的鱼类经过漫长的地质历史和许多演化阶段演化为陆生的哺乳类,哺乳类中如鲸类虽回到水中生活,却不可能恢复鱼类的呼吸器官——鳃,也没有鱼类的运动器官——鳍,鲸的前肢仅仅外貌像鳍,而其骨骼构造与鱼类的鳍完全不同。

3. 相关律和重演律

环境条件变化使生物的某种器官发生变异而产生新的适应时,必然会有其他的器官随之变异,同时产生新的适应,这就是相关律。例如,生活在非洲干旱地区的长颈鹿的祖先,由于长期采食高树上的叶子,颈部不断伸长,前肢也随之变长。每个生物个体从其生命开始直到自然死亡都要经历一系列发育阶段,这个历程就是个体发育。系统发生是指生物类群的起源和进化历史,生物类群不论大小都有其自身的起源和发展历史,系统发生与个体发育是密切相关的,生物总是在其个体发育的早期体现其祖先的特征,然后才体现其本身较进步的特征。因此,可以说个体发育是系统发生的简短重演,这就是重演律。

4. 适应、特化、适应辐射和适应趋同

生物在其形态结构以及生理机能诸方面反映其生活环境及生活方式的现象,是自然选择保留生物机能的有利变异,淘汰其不利变异的结果,是生物对环境的适应。一种生物对某种生活条件特殊适应的结果,使它在形态和生理上发生局部的变异,其整个身体的组织结构和代谢水平并无变化,这种现象叫作特化。例如,哺乳动物的前肢,在特定的生活方式影响下,有的变为鳍状,适于游泳;有的变为翼状,适于飞翔;有的变为蹄状,适于奔驰。生物在其进化过程中,由于适应不同的生态环境或地理条件而发生物种分化,由一个种分化成两个或两个以上的种,这种分化的过程叫作分歧或趋异。如果某一类群的趋异不是两个方向,而是向着各种不同的方向发展,适应不同的生活条件,这种多方向的趋异就叫作适应辐射。如爬行动物在中生代初就向各种生活领域辐射,在陆地上有各种恐龙,在水中有鱼龙和蛇颈龙,以及在空中有翼龙(图1-3)。与适应辐射相反,适应趋同是指一些类别不同,亲缘关系疏远的生物,由于适应相似的生活环境而在体形上变得相似,不对等的器官也因适应相同的功能而出了相似的性状。如鱼龙、海豚和鲸都是鱼形,腕足类的李希霍芬贝、双壳类的马尾蛤和单体珊瑚同形(图1-4),都是趋同的著名例子。趋同只是一种现象,不能形成进化谱系。

(二) 生物演替

1. 种系代谢和生态代替

绝灭是指生物完全绝种而不留下后裔,如果某生物种演变为新种而在地史中消失,这

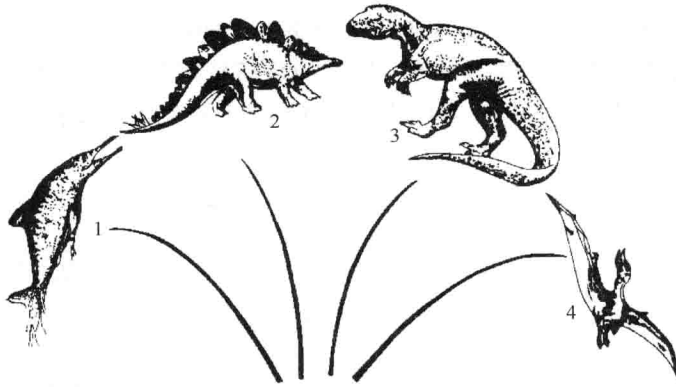


图 1-3 中生代爬行动物的适应辐射
(据何心一等, 1993)

1. 海中游泳的鱼龙; 2. 陆上食草的剑龙; 3. 陆上食肉的跃龙; 4. 空中飞翔的翼龙

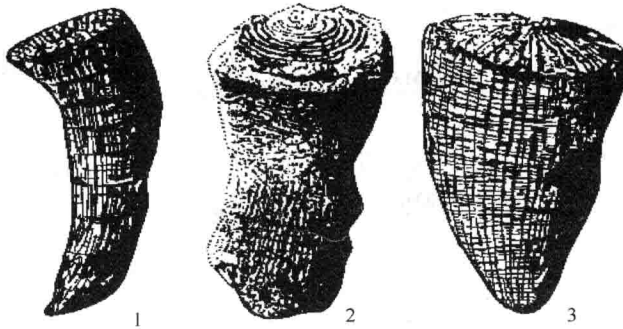


图 1-4 趋同现象的实例
(据何心一等, 1993)

1. 单体珊瑚 (锥状); 2. 李希霍芬贝 (*Richthofenia*); 3. 固着蛤类马尾蛤 (*Hippuritella*)

叫假绝灭。古生物学资料表明, 许多生物类群诸如三叶虫、笔石、菊石、恐龙等, 曾在地质历史中盛极一时, 后来随时间推移而消失, 没有留下后代。已知的古生物约 2500 科, 其中 2/3 已绝灭。什么原因使得大量的物种在生物进化过程中趋于绝灭? 在生物进化过程中旧的物种不断灭亡, 新的物种不断出现是自然发展的必然规律。在阶段性进化过程中, 新种总是在旧种的基础上产生, 许多旧种被其子种所代替而衰退灭亡, 这叫种系代谢。生物的横向分化进化, 是通过适应环境和占领环境而进行的, 是争夺生活领域的斗争。在这个斗争中, 一些生物“胜利”了, 扩大或取得了新的生境; 一些生物“失败”了, 丧失了生活领域以至退出了“历史舞台”, 这叫生态代替。

2. 背景绝灭与群集绝灭

地史上任何时期都有一些生物灭绝, 使总的平均绝灭率维持在一个低水平上 (通常每百万年 0.1~1 个种, 依门类而不同), 这叫背景值绝灭。与之相适应, 在一些地质时期, 有许多门类的生物近乎同时绝灭, 使生物界绝灭率突然升高, 这叫群集绝灭或大规模绝灭。地史上大规模绝灭共有五次 (图 1-5), 其中最重大的绝灭事件发生在二叠纪-三

叠纪之交，其次是白垩纪 - 古近纪之交。导致生物大规模绝灭的事件，大致可分为地球成因事件和地外成因事件两大类。前者包括火山爆发、地磁场倒转、大规模海退、板块运动、温度变化、盐度变化、缺氧事件等，后者如超新星爆发、小行星撞击、太阳耀斑等。应当指出，突变对于生物是外因，外因不可能在任何时候都起主要作用，生物大规模绝灭肯定有内在因素。



图 1-5 显生宙以来五次主要的生物绝灭事件
(据孙跃武等, 2006)

(三) 生物复苏

大绝灭后的生物群或生态系统，通过生物的自组织作用和对新环境的不断适应，逐步恢复到其正常发展水平的过程，即称为生物复苏。经历大绝灭事件后，多数生物绝灭、消失，正常的生态系遭受破坏，只有少数对绝灭期的环境具有特殊适应能力的类型，能够在绝灭后残存下来，并在所空出的生态系中占据优势。但空出的生态领域也有利于一些进步类型的新生、分异和快速发展，从而迅速取代残存的古老类型，形成新的生态平衡，并开始了新的繁荣阶段。大绝灭后的生物系复苏是一个较新的课题。显生宙多数大绝灭 - 残存 - 复苏过程都要延续 1 ~ 3Ma，它们都是由一系列逐步加速的绝灭和复苏事件所组成的。大绝灭后残存和复苏期的长短，除了与大绝灭后环境系统和营养结构的重建有关外，还直接与残存类型的特征、数量和分异度有关。祖先类型产生于大绝灭时的高压环境，它们是最成功的穿越大绝灭者，是随后复苏的原动力。不同类型的生态系，在大绝灭后具有不同的复苏速率，通常呈现一种阶状渐进的方式。生态系复苏的早期还包含了各种残留类型的一些很小的短期绝灭事件。

三、拓展阅读：生命的起源与生物的演化

(一) 生命的起源

许多学者认为，生物的形成和发展是在地球上进行的。地球上的无机物在特定的物理化学条件下，形成了各种有机化合物，这些有机化合物后来再经过一系列的变化，最后转化为有机体。生命产生的这一过程可以概略归纳为三个阶段（图1-6）：①原始海洋中的氮、氢等元素和水、一氧化碳、二氧化碳、硫化氢、氯化氢以及甲烷等无机化合物，在紫外线、电离辐射、高温、高压等一定条件影响下，形成氨基酸、核苷酸及单糖等有机化合物；②氨基酸、核苷酸等低分子有机化合物在原始海洋中聚合成复杂的有机化合物，如甘氨酸、蛋白质及核酸等“生物大分子”；③许多生物大分子聚集凝缩而形成以蛋白质和核酸为基础的多分子体系，呈现出初步的生命现象，既能从周围环境中吸取营养，又能将“废物”排出体系之外，构成有生命原生体。这种原生体的出现使地球上产生了生命，把地球的历史从化学进化阶段推向了生物进化阶段。这是生物界演化史上的第一件大事。



图1-6 地球上生命起源示意图

（据刘本培等，1996，有简化）

（a）原始大气；（b）有机物形成；（c）原始生命的物质交换

(二) 早期生物的发生和演化

保存于地球上前寒武纪岩石中的化石为最早期生物的演化提供了证据。这些化石证据表明早期生物演化存在四大飞跃：一是从非生物的化学进化发展到生物进化；二是生物的分异；三是原核生物向真核生物的演变；四是后生动物的出现。

尽管地球年龄约为46亿年，但生物化石仅在年龄为38亿年的地层中发现。在南非东部 Barberton 镇的无果树组的燧石（燧石年龄约38亿年）中发现了许多有机体，从中分离出了棒状的 *Eobacterium islatum* 和球状的 *Archaeosphaeroides barbertonensis* 单细胞生物。前者可以和现代许多细菌的细胞壁结构和大小相比较。球状生物较大，直径为17~20 μm ，可能是一些藻类的演化先驱。此外，在西澳大利亚皮尔巴（Pilbara）地质时代为35亿年的 Warrawoona 群碳质燧石中发现了叠层石的丝状细菌。在南非昂威瓦特系（Onverwacht Series，约34亿年前）发现可能为蓝藻和细菌的球形或椭圆形有机体。以上这些最早的化石记录就是从非生物的化学物质向生物进化转变时出现的最早生物。

早期生物演化的第二次飞跃是其分异即多样性的增加。这可从加拿大 Ontario 西部苏必利尔湖沿岸的前寒武纪 Gunflint 组中发现的生物化石得到证明。Gunflint 组的燧石形成

于大约 20 亿年前，其间出现 8 属 12 种微化石。数量最多的是具丝状结构的微化石，据其形态可分成 4 属 5 种，它们很像现代蓝绿藻中具丝状结构的 *Oscillatoria*，其中一个属与现代的氧化铁细菌 *Crenthrx* 相似。第 6 个属的微化石为 *Eoastion*，由星状和由放射状排列的丝状体组成，与现代和古代的生物无明显的相似性，但在某些方面相似于氧化铁锰的 *Met-allogenium personatum*。最为特殊也最多的为 *Kakabekia*，它有一个具短柄的球茎，上面有一个类似伞状的构造，这三部分构造的大小随种而不同。第 8 个属的有机体为 *Eosphaera*，由内外两个同心层组成。这些生物的存在证实经过 10 亿年的演化，原核生物已发展到相当繁盛的程度，这可能与后期富氧大气圈的出现有关。

早期生物演化的第三次飞跃是从原核生物演化出真核生物。在澳大利亚北方 Amadens 盆地的 Bitter Spings 组的燧石（年龄约为 10 亿年）中，发现了 4 个属的微化石。其中一个属像丝状的蓝绿藻，类似现代的 *Oscillatoria* 和 *Nostoc*。另三个属保存的内部结构像绿藻（真核生物）而非蓝绿藻。进一步的研究证实，此处共有 3 个像细菌的种，20 个可能是蓝绿藻的属和 2 个绿藻属，2 个菌种和 2 个有疑问的生物，其中的一个绿藻为 *Glenobotrydion aenigmatis*。在我国华北雾迷山组的黑色燧石（距今约 12 亿 ~ 14 亿年）中发现真核的多核体型藻类，属于绿藻纲管藻目多毛藻科。在印度、美国、加拿大等地时代大体相同的地层中均有发现，说明此时真核生物已较多。在我国距今 17.5 亿年的串岭沟组中发现属于真核生物的宏观藻类（可能为 *Vendotaenides*），这表明真核生物的出现大约在 18 亿年前，只是此时仍以蓝绿藻和细菌等原核生物为主，而真核生物的繁盛在 10 亿年前。

后生动物出现的时期一般认为在距今约 6 亿 ~ 7 亿年，主要是软躯体的腔肠动物、蠕形动物中的一些门类。大洋洲南部伊迪卡拉崩德砂岩中的伊迪卡拉动物群（图 1-7）就



图 1-7 澳大利亚南部伊迪卡拉地区大约 5.6 亿年前的庞德（Pound）石英砂岩中的形态多样而奇特的动物印痕化石复原图

（据张昀，1998）

是一个代表。伊迪卡拉动物群（其年代范围为距今5.9亿~7亿年）中，67%是腔肠动物，包括水母、水螅、锥石、钵水母类的其他类别，珊瑚虫纲（海鳃类）的代表；环节动物占25%，节肢动物占5%，以及其他亲缘关系不明的化石和痕迹化石。该动物群分子在西南非洲纳马群、加拿大的康塞普辛群、西伯利亚北部文德系、英国强伍德森林（Charnwood forest）地区、瑞典北部的托内湖区及我国的震旦系等都有发现。

（三）显生宙生物的演化

显生宙生物演化的形式不同于早期生物演化（表1-1）。

1. 动物界的第一次大发展

震旦纪末期出现了具外壳的多门类海生无脊椎动物，称小壳动物群，在寒武纪初极为繁盛。其特征是个体微小（1~2mm），主要有软舌螺类、单板类、腕足类、腹足类及分类位置不明的管壳类等。代表分子有 *Cricotheca*, *Siphonochites* 等。小壳动物群处于一个特殊的阶段，它是继震旦纪晚期的伊迪卡拉动物群之后首次出现的带壳生物，动物界从无壳到有壳的演化是生物进化史上的又一次飞跃。

特别值得注意的是，在我国云南澄江地区的寒武系底部有一无硬壳生物群和小壳动物群的混生带，称为澄江动物群，它代表了伊迪卡拉动物群向小壳动物群的过渡。澄江动物群是我国古生物研究领域的重大发现之一，震动了国内外地质古生物学界，成为古生物学研究的一大热点。从目前所发现的动物群的组成看，有正常的三叶虫、金臂虫类、水母、蠕虫类、甲壳纲、分类位置不清楚的非三叶虫节肢动物、腕足类和藻类等。澄江动物群现已定名61属67种。其中许多动物的软体都保存极好，栩栩如生，能提供有关生物解剖、生态、亲缘关系等多方面的珍贵信息，比世界著名的加拿大的不列颠哥伦比亚省中寒武统布尔吉斯页岩动物群（已被联合国教科文组织列入世界级化石遗产地名录）早了约15Ma，逼近了“小壳化石”大量出现的高峰期。澄江动物群中生物体造型的分异度和悬殊度都很大，真可谓“创造门类的时代”。

寒武纪初期（距今约5.7亿年），动物界出现第一次爆发式的大发展，是以发展具有硬体的生物为特征，几乎所有的无脊椎动物门，绝大部分纲都已出现。其中以节肢动物门的三叶虫纲最为发展，约占化石保存总数的60%；其次为腕足动物，约占30%；软体动物、蠕虫、古杯、海绵及节肢动物门的其他类别约占10%。

2. 动植物从水生到陆生的发展

在志留纪和志留纪以前的植物都是低等的菌藻类，完全生活在水中，无器官的分化。志留纪末期至早、中泥盆世，地壳上陆地面积增大，植物界由水域扩展到陆地。此时植物体逐渐有了茎、叶的分化，出现了原始的输导系统维管束，茎表皮角质化及具气孔等，这些特征使植物能够适应陆地较干燥的环境并不断演化发展，生存空间不断向陆地内部延伸。具有叶子的植物在中泥盆世大量出现。晚泥盆世已出现显花植物的古老代表。

在奥陶纪（距今约5亿年）就有无颌类“鱼形”化石碎片的记录。有颌类最早出现于中志留世，它的出现是脊椎动物进化史上的一件大事，它标志着脊椎动物已能够有效地捕食。脊椎动物从海生到陆上水生大约从志留纪晚期开始。总鳍鱼类中的骨鳞鱼是四足动物的祖先。具明显的从总鳍鱼类向两栖类过渡性质的化石发现于晚泥盆世地层中。