




全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教学指导委员会审定

普通生态学

骆世明 主编

 中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

普通生态学/骆世明主编. —北京: 中国农业出版社, 2005. 8

全国高等农业院校教材

ISBN 7-109-09787-0

I. 普... II. 骆... III. 生态学-高等学校-教材
IV. Q14

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 094809 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
(邮政编码 100026)
出版人: 傅玉祥
责任编辑 毛志强

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/16 印张: 20.25

字数: 482 千字

定价: 26.90 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

前 言

生态学不仅是揭示自然界生物和环境相互关系的重要学科，而且是指导社会经济可持续发展的重要科学基础。《普通生态学》的任务是比较系统地介绍生态学最重要的基本现象、基本理论以及一些基本方法，一方面促进修课学生牢固建立可持续发展思想，并为在各自专业领域运用生态学思想、生态学方法和生态学理论奠定科学基础，另一方面为生态学专业的学生更深入学习生态学做好铺垫。

为了达到上述目标，本教科书是按生态学研究的层次顺序展开的。在论述了生态关系的形成和生态学的发展之后，就从个体生态学、种群生态学、群落生态学、生态系统生态学、景观生态学层次依次阐述，最后再从人与自然的协调发展的角度介绍了生态关系的调节与控制。

第一章描述生态关系的形成是一个尝试。我们认为生态学所揭示的生物与环境的各种紧密和微妙的关系只有从地球发展史和生物进化史的高度才能够更好地理解。近年发展的分子生态学内容在第二章个体生态学中有所反映。第七章关于人与自然的的关系反映了在面对人口-资源-环境问题的严峻形势下如何保持生态与经济的协调发展，并从生态学的角度介绍了生态农业、生态工业、生态恢复，有关生态学与社会经济科学交叉的生态规划和生态旅游也作了介绍。

我们在编写教材的时候，不仅介绍了科学研究的结论，而且介绍了科学研究的过程，特别是不同观点的历史争论及其结果，对增加学生的学习兴趣和刺激学生的创新思维是有好处的。尽管我们一开始就注意到这一点，但是受教材篇幅和自身能力的限制，我们仅仅在其中一部分实现了这个设想。

为了配合目前提倡的双语教学，我们尽量把有关生态学的名词术语用中文和英文同时标出。另外在书后，用附录形式列了一个中英和英中术语检索表，方便师生查阅有关概念和使用有关术语。

作为教科书，我们在每章都列了一系列的复习思考题，有些属于基础知识的复习，可以在书本中找到；另一些则是属于深入一步的思考题，需要参考其他文献和独立思考才能够得到比较完整的答案。后一类题目是希望引导学生在掌握基本知识的基础上，更多地独立查找文献和进行创新性思考。这类问题也可以供老师组织课堂讨论时参考。

本书各章的编写负责人分别是：第一章骆世明（华南农业大学），第二章曹凑贵（华中农业大学），第三章李建东（沈阳农业大学），第四章吴春胜（吉林农业大学），第五章王平（甘肃农业大学），第六章杨武德（山西农业大学），第七章蔡昆争（华南农业大学）。最后由骆世明和蔡

普通生态学

昆争审阅并提出修改建议。华南农业大学热带亚热带生态研究所研究生刘君、赵本良等同学在最后的编辑阶段给予的帮助，在此表示感谢。

该教材是全国高等农业院校“十五”规划教材。本教材的编写和出版得到了中国农业出版社的大力支持和帮助，特此感谢！

限于作者的水平和能力有限，书中有不当和错漏之处，敬请各位同行专家和读者批评指正。

骆世明

2005年7月2日

目 录

前言

第一章 生态关系的形成和生态学的发展	1
第一节 生态关系的发展历史	1
一、生命元素和环境元素的形成	1
二、生物大分子的形成及其环境条件	3
三、生物的出现及其环境条件	3
四、地球不同地质年代中生物与环境的关系	4
五、GAIA 假说	9
六、人工环境影响下的生物	9
第二节 人类对生态规律认识的进展	11
一、中国的生态学发展概要	11
二、西方的生态学知识累积阶段（1866 年前）	12
三、个体生态学与群落生态学阶段（1866—1935 年）	13
四、生态系统生态学阶段（1935—1962 年）	14
五、生态学向调控与工程方向发展阶段（1962 年起）	14
• 复习思考题 •	17
第二章 个体生态学	18
第一节 生物与环境关系的基本原理	18
一、生态作用	18
二、生态适应	21
三、生物对生态环境的影响	30
第二节 各种主要生态因子的影响及生物适应	31
一、生物与光因子	31
二、生物与温度因子	33
三、生物与水因子	36
四、生物与土壤因子	38
五、生物与大气因子	40
第三节 形态适应及形态生态学	41

一、多细胞生物个体的基本结构	41
二、生物体的骨骼化及其进化	42
三、生物体的外貌及生态适应	44
四、生物体外貌和结构的适应特征	45
第四节 行为适应及行为生态学	46
一、行为的概念及类型	46
二、行为的遗传与变异	48
三、行为的适应性与行为的进化	49
四、社会行为及其进化	51
第五节 生态适应的分子机理及分子生态学	52
一、分子生态学的概念及意义	52
二、选择中性理论	52
三、哈德-魏伯格原理	54
四、随机遗传漂变与种群分化	55
五、溯祖理论	56
六、分子系统发生分析	56
• 复习思考题 •	57
第三章 种群生态学	58
第一节 种群及其基本特征	58
一、种群的概念	58
二、种群的结构特征	59
三、种群研究的基本方法	63
第二节 单一种群的动态	64
一、种群的增长模型	64
二、自然种群的数量动态	67
三、生命表在种群动态中的应用	69
四、种群的生存策略	72
第三节 种群间的相互关系	75
一、两个种群的基本关系	75
二、种群间的偏利、互利合作和共生关系	76
三、种群间的偏害、竞争和捕食关系	77
四、生物的协同进化	80
第四节 种群间的化学关系	81
一、植物之间的化学关系	82
二、动物之间的化学关系	84
三、植物和动物之间的化学关系	84

四、食物链中的多重化学关系	86
第五节 种群关系的调节	89
一、种群关系的调节控制	89
二、种群关系的人为破坏及其后果	91
三、种群关系的利用	94
• 复习思考题 •	97
第四章 群落生态学	98
第一节 群落的含义和性质	98
一、群落的概念	98
二、群落的基本特征	98
三、群落的性质	99
四、群落的分类与命名	100
第二节 群落的组成	103
一、群落的构成	103
二、群落中植物的生活型	104
第三节 群落的结构	105
一、群落的外貌	105
二、群落的水平结构	105
三、群落的垂直结构	106
四、群落的时间结构	107
五、影响群落结构的因素	107
第四节 群落演替	111
一、群落演替的概念与动力	111
二、群落演替特征	113
三、群落演替系列	114
第五节 群落多样性	116
一、群落多样性及其影响因子	116
二、群落物种多样性与群落稳定性	120
三、群落物种多样性与群落功能	120
第六节 世界主要生物群落类型及分布规律	121
一、世界主要生物群落类型	121
二、群落分布规律	125
第七节 群落分析	126
一、群落的数量特征	126
二、群落的综合性特征	128
三、种间关联	130

四、群落排序	131
五、群落聚类分析	133
六、生态位理论及其测定	134
• 复习思考题 •	137
第五章 生态系统生态学	138
第一节 生态系统的结构	138
一、生态系统的基本结构	138
二、生态系统的复合结构	140
第二节 生态系统的功能	141
一、生态系统的生物生产	141
二、生态系统的能量流动	143
三、生态系统的物质流动	144
四、生态系统的信息传递	150
五、生态系统的价值流动	152
六、生态系统的物种流动	153
第三节 生态系统的类型	158
一、陆地生态系统	159
二、水域生态系统	161
三、湿地生态系统	162
• 复习思考题 •	165
第六章 景观生态学	166
第一节 景观和景观生态学	166
一、景观的概念	166
二、景观生态学及其发展	166
三、景观生态学的研究对象和研究内容	168
四、景观生态学研究的基本方法	168
第二节 景观结构	176
一、斑块	177
二、廊道	179
三、基质	181
四、景观格局、等级和尺度	183
第三节 景观功能	184
一、能量扩散	184
二、物质流动	184
三、物种运动	186

第四节 景观动态变化	187
一、景观稳定性	187
二、景观变化的驱动因子	189
三、景观变化的生态环境效应	192
第五节 景观生态学理论	194
一、岛屿生物地理学理论	195
二、复合种群理论	196
三、边缘效应理论	198
四、景观等级理论	198
• 复习思考题 •	200
第七章 人与自然的协调发展	201
第一节 生态系统的调控机制	201
一、自然的调控系统	201
二、人类的直接调控系统	206
三、社会的间接调控系统	209
第二节 人类社会发展对生态的影响	209
一、农业社会——自然生态、自然文明	209
二、工业社会——破坏生态、工业文明	210
三、可持续发展社会——建设生态、绿色文明	212
第三节 人口、资源和环境问题	213
一、人口增长	213
二、资源现状与危机	215
三、人类生态环境问题	221
四、可持续发展——人口、资源、环境的协调统一	234
第四节 生态与经济的协调发展	241
一、资金流与能量流、物质流的基本关系	241
二、高斯定律与资源产权	245
三、生态系统服务功能与资产定价	246
四、绿色核算	248
五、收获理论	250
第五节 生态学理论的应用	254
一、生态工程	254
二、生态恢复与重建	257
三、生态规划	260
四、生态旅游	264
五、生态农业	267

普通生态学

六、生态工业	272
• 复习思考题 •	275
附录 术语检索表	276
参考文献	306

第一章 生态关系的形成和生态学的发展

生态学 (ecology) 是研究生物及其环境相互关系的学科。这里的“生物” (organism) 包括植物、动物、微生物和人类, “环境” (environment) 包括环境中的物理、化学、生物和人类活动等因素, “相互关系” 包括物理、化学、生物的关系。“相互关系” 会在从生物大分子 (molecule)、个体 (individual)、种群 (population)、群落 (community)、生态系统 (ecosystem)、区域景观 (landscape)、全球 (globe) 等不同组织层次上对生物和环境系统的结构和功能产生各种影响。生态学就是研究这些相互关系的产生方式、影响途径、作用后果有关规律的学科。尽管人类对生物与环境的认识是一个渐进的过程, 生态学的诞生也不过 150 年左右的时间, 但是生物和环境从来就是不可分割的, 它们之间的密切关系可以追溯到地球和生命的起源。近年来, 生态学正在迅速地渗透到其他学科和日常生活中, 产生了越来越多的学科分支和应用方向。

第一节 生态关系的发展历史

通过追溯地球生物和环境共同起源和相关发展的历史, 我们可以更深刻地理解生物与环境的密切关系。

一、生命元素和环境元素的形成

关于宇宙起源的“大爆炸”假说, 由于观察到宇宙各个方向的恒星都是离开我们而远去, 存在光谱的红移的证据, 还由于观察到“大爆炸”理论预言的宇宙微波辐射背景, 目前为科学界所接纳。根据这个学说, 在约 150 亿年以前的一个“大爆炸”促使我们所在的宇宙的诞生。最初这个宇宙充满了宇宙射线和光子, 经过约 10^{-12} s 后, 物质处于夸克、胶子和等离子体状态。当温度下降后, 夸克逐步组成中子、质子, 同时产生了电子和轻子。质子和电子结合形成氢, 氢是宇宙中最早形成的元素。经过约 1s, 当温度下降到核合成的临界温度 10^9 K 后, 中子和质子结合成为氘核和氦核, 接着是由 3 个氦核合成 1 个碳核的关键过程发生。在随后的热核反应中, 由于温度的下降, 产生各种裂解和聚变过程, 陆续产生氧、氮、镁、硅、硫等一系列元素 (表 1-1)。

占生命约 98% 的氢、碳、氧元素都是处于在宇宙中丰度最高的元素系列 (氢、氦、氧、氮、碳) 之中。50 亿年前, 太阳系逐步形成, 在不断冷却的过程中, 在其不同部位陆续形成各种矿物及其与氧和水形成的化合物 (表 1-2)。生命元素和环境元素是同源的。

表 1-2 太阳星云在不同温度下的冷凝物
(青长乐、牟树森, 2001)

温度 (K)	冷 凝 物
1 325	耐热氧化物: CaO、Al ₂ O ₃ 、TiO ₂ 、稀土氧化物
1 025	铁、镍
925	顽辉石 (MgSiO ₃)
925~225	橄榄石 [(Fe, Mg) ₂ SiO ₄]
725	形成长石及其相关矿物, 钾和其他碱金属冷凝
400	硫化氢与金属铁反应形成陨硫铁 (FeS)
280	水蒸气与含钙硅酸盐反应形成透闪石
150	水蒸气与橄榄石反应形成蛇纹石
-100	水蒸气凝结成水
-125	氨与冰反应形成固态氨 (NH ₃ ·H ₂ O)
-150	沼气与冰反应形成固态甲烷 (CH ₄ ·7H ₂ O)
-210	氩气和多余的甲烷冷凝
-250	氖、氦、氦冷凝

二、生物大分子的形成及其环境条件

在地球形成的初期, 地球充满了还原性的气体, 如 CH₄、CO、CO₂、NH₃、N₂、H₂ 等。在闪电、强烈紫外线辐射、高温等物理因素的作用和重金属和黏土吸附催化作用下, 形成简单的有机化合物, 再聚合成为生物大分子。这一假说最初是由俄国生物化学家奥巴林和英国生物学家哈尔达内在 20 世纪 20 年代提出。20 世纪 50 年代美国芝加哥大学的米勒在电火花的诱导下, 在设想的还原气体和存在甲烷、氨、氢的条件下产生了 20 种有机物, 其中包括 11 种氨基酸, 其中 4 种为生物所必需, 此外还有氰化氢和甲醛等。甲醛能够结合生成核糖等糖类化合物。以后的科学实验进一步证实天然蛋白质所需要的 20 种氨基酸中, 17 种都可以通过模拟的方法产生。氨基酸的进一步聚合就可以产生蛋白质, 核酸的进一步聚合可能产生 DNA、RNA 等聚合物。生命大分子的产生和环境条件关系密切。

三、生物的出现及其环境条件

目前还不能够在实验条件下实现从生物大分子到生命形式的出现过程, 但有理由推断, 在一个变化剧烈的地球表面, 水分的蒸发、黏土矿物的吸附等过程中有机会使生命大分子聚集、浓缩并被酯类物质包围, 与环境相对隔离, 形成相对独立的、能够和环境进行物质交换的、能够自我繁殖的生命形式。目前找到的最早生物合成有机碳的证据是距今 38 亿年在格陵兰石英岩中的有机碳。在澳大利亚发现 35 亿年前的单细胞原核生物化石, 形态和现代蓝藻很相似。关于地球生命起源还有外太空生命物质的迁入假说, 但是这一假说也不能够回避追索从无机环境到有机物质的生命起源问题, 只不过把地球上可以解释的结果搬到太空另外一个星球而已。总之, 生命形成之初就开始建立把生命既独立于环境, 但又密切联系其生活环境的关系。

四、地球不同地质年代中生物与环境的关系

生命出现以后,生物的进化就一直和生态环境的演变紧密联系,展示出一幕幕壮丽的生物进化和环境变迁联合互动的历史(表1-3)。为了陈述的方便,把历史上穿插进行的大气成分及气候变化和生物的关系,以及地球板块运动和生物的关系分别加以说明。

表1-3 地质年代的板块运动、气候变化和生物进化

宇	代	纪	开始 时距今 (年)	持续时 间(年)	动物的发展	植物的发展	大气和气候	板块运动
隐 生 宇	太古代	前震旦纪	46亿	21亿	基本没有生命		大气缺氧	陆核形成
					原始菌藻类时代			
	元古代	震旦纪	25亿	19.3亿	低级原始动物	海生藻类时代	大气有氧 大冰期	陆地成地台
瓦伦格冰期							格林威尔造山运动活 动,出现岛弧和俯冲	
显 生 宇	早古生代	寒武纪	6亿	0.6亿	海生无脊椎动物 时代	半陆生孢子植物 时代(以裸蕨为 代表)	暖	加里东运动, 陆地扩大 海平面下降
		奥陶纪	5.1亿	0.72亿			大冰期	
		志留纪	4.4亿	0.28亿			转暖	
	晚古生代	泥盆纪	4.1亿	0.55亿	鱼类时代	陆生孢子植物、 蕨类植物时代 (石松、真蕨), 森林茂密	温暖	海西运动,联合古陆 逐步联合,最终形成 联合古陆
					晚泥盆纪生物大 规模灭绝			
		石炭纪	3.6亿	0.65亿	两栖类时代			
	中生代	二叠纪	2.9亿	0.4亿	晚二叠纪大规模 灭绝	后期气温上升、干 旱、海洋退却	温暖,后期干燥	印支运动
		侏罗纪	2.05亿	0.7亿	爬行动物时代	裸子植物时代	前期有一次海侵, 温暖	燕山运动, 联合古陆分裂
		白垩纪	1.35亿	0.7亿			生物大规模灭绝	小天体撞击
	新生代	早第三纪	7000万	0.42亿	哺乳动物时代	被子植物时代	温暖	冈瓦那古陆进一步 分裂
晚第三纪		2300万	0.214亿	温暖			喜马拉雅运动	
第四纪		1600万	0.16亿	人类时代			周期性冰期	黄土形成

(一) 生物进化与环境演化的相互关系

在约 50 亿年前地球形成到约 25 亿年前这段时间, 称太古代 (Archaean era)。当时地球大部分为海洋所覆盖, 大气是还原性的, 海洋也是还原性的, 缺乏氧, 频繁的火山活动使大气储备了大量的水蒸气和 CO_2 。在太古代晚期, 约 35 亿年前, 当时出现了菌类和低等蓝藻。根据细胞核 DNA 和叶绿体等细胞器的 DNA 是分别遗传的事实, 人们推测复杂的细胞结构是由古代的单细胞生物相互吞噬, 并在体内共生产生的结果。低等蓝藻开始能够同化二氧化碳制造氧气。进入元古代 (Proterozoic era) 初期, 距今 25 亿年到 21 亿年, 蓝藻大量繁殖, 它们的沉积形成了特有的藻类化石——叠层石。在早元古代的碳酸盐沉积中几乎都有叠层石存在。更令人感兴趣的是同一时期的沉积中又都出现丰富的条带式铁矿。这种硅铁质的矿床由氧化铁和硅质条带交互沉积而成, 纹理清晰。根据推断, 这是由于太古代的火山喷发带了大量的铁元素到地表面, 并以还原态的二价铁形式存在于原始海洋中。由于蓝藻的氧气制造功能, 当大气圈中有一定数量的游离氧时, 海洋中的二价铁就被氧化成为三价铁沉淀。这样大气的氧气被消耗到一定程度后, 铁的氧化过程停止, 铁的沉积为硅的沉积所替代。当蓝藻继续释放氧, 并且累积到一定程度后, 二价铁的氧化又被启动。在大气中氧气累积的初步阶段, 这种周期循环形成了氧化铁和硅质条带交错的纹理。直到藻类的产氧能力大量超过铁氧化过程对氧的消耗后, 大气逐步从还原状态转为氧化状态。在条带式铁矿层的形成结束后, 其上部沉积出最古老的原生氧化红色岩。在元古代生物也逐步从原核生物进化到真核生物, 从单细胞原生动植物进化到多细胞后生动物。元古代末期, 由于后生动物的出现, 蓝藻可能成为这些动物的食物, 数量大量下降, 加上气候的变冷, 曾经广泛出现的层叠石急剧消退。

在大约 10 亿到 8 亿年前, 地球发生了一次强烈的造山运动, 称格林威尔造山运动 (Grenville Orogenesis)。这一过程释放的大量 CO_2 形成温室效应, 地球升温。后来地球大范围发生的化学剥蚀和生物同化作用后产生的有机物沉积作用消耗了 CO_2 , 地球降温。由于冰盖的形成, 进一步减少地球对太阳的能量吸收, 降温加剧。大约在 8 亿到 6 亿年前, 地球平均温度逐步下降到 -50°C 以下, 海洋被 2~3 km 的冰层覆盖, 这就是瓦伦格冰期 (Varanger Glaciation)。地球上的一般生物只能够在一些有火山喷发和地热上升的“热点”存活下来, 另外也有一些特别抗寒的藻类可能生存下来。

在 5.4 亿年前早古生代 (early Paleozoic era) 的寒武纪 (Cambrian period) 初期, 冰川结束, 气候转暖。这时由于大量降雨引起化学剥蚀作用, 海洋中的钙、磷等元素增加, 促进藻类的增长。由于藻类的增加使大气中氧气水平进一步提高。生物需要排除吸收的多余的钙等元素, 同时变得越来越大个体也需要骨骼支撑。这样引发了寒武纪初期的生物大爆发, 形成了一大批像锥管螺、马哈螺、寒武管等具骨骼的动物, 新增加了几十个门类的动物, 海洋节肢动物三叶虫也出现了。这是一个创造了很多动物门类的时代。生物在经过严酷的冰川时期之后, 出现了进化上的一个飞跃发展时期。在 20 世纪 80 年代我国云南澄江县帽天山发现大量该寒武纪的生物群, 如奇虾、微网虫等, 证实当时海洋已经建立起了由食物链系统构成的复杂生态系统。在寒武纪海洋无脊椎动物大爆发后, 出现似苔藓植物, 生物开始登陆。在奥陶纪 (Ordovician period) 末, 距今约 4.6 亿年到 4.4 亿年前, 大冰期又一次来临, 发生过一次生物的大灭绝过程。志留纪 (Silurian period) 中期气候逐步转暖, 似苔藓植物广泛分布在世界各地。在志留纪中期, 最早的陆生

维管植物出现，但维管植物大量出现是在志留纪晚期。

晚古生代开始于 4.1 亿年前，在其中的泥盆纪（Devonian period）生物进化到有脊椎的鱼类出现。在石炭纪出现两栖类动物和裸蕨。裸蕨在地球上存在时间大约 8 千万年，对以后的植物进化起过重要作用。在石炭纪末发生过对南半球影响比较大的、约 5 千万年的冰期。北半球的植物陆续形成了煤田。二叠纪末裸子植物出现。晚二叠纪出现生物灭绝事件，海洋无脊椎动物 50% 以上的科、80% 以上的属、95% 以上的种消失。根据现有证据推测，晚二叠纪地球上发生过大规模的火山喷发，全球气温上升，海洋退却，全球干旱。三叶虫也在这个时期灭绝。

中生代（Mesozoic era）从 2.25 亿年前的三叠纪（Triassic period）起开始。三叠纪气候持续温暖，到后期气候有变干燥的趋势。在泥盆纪就开始出现的蕨类植物分布广泛，种类丰富。裸子植物也大量繁衍。最重要的生物进化是大型爬行动物——恐龙的出现。三叠纪末由于海洋退却，发生过一次生物灭绝事件。到侏罗纪（Jurassic period），恐龙成为主宰世界的主要动物类群。在距今约 6 500 万年前的白垩纪末期，发生了恐龙灭绝的事件。关于灭绝的原因有很多假说，如气候变化、太阳耀斑强烈或者超新星爆发、地壳剧烈运动、火山爆发等。目前比较成熟的是关于约 10 km 直径的小行星或彗星撞击地球的假说。由于撞击，全球产生大火、浓烟和扬尘，对太阳辐射的遮挡达到数月之久，恐龙赖以生存的食物链被破坏，恐龙走上灭绝。1980 年发现恐龙灭绝时期黏土样本含的铀浓度特别高，这和陨石含铀量通常比较高相符。1988 年发现含铀地层上面覆盖一层煤灰，与全球性大火的现象吻合。1999 年在墨西哥湾发现 6500 万年前形成的、直径达到 180 km 的大型环型结构和相关的海啸证据。关于小行星或彗星撞击地球的假说得到了直接的证实。

新生代（Neozoic era）在距今 6500 万年后开始。在早第三纪（Tertiary period）经过大灭绝后生物的进化再次得到大发展，植物进化到被子植物阶段，动物进入哺乳动物阶段。在晚第三纪后期，距今约 300 多万年前，出现人类的祖先——早期猿人。目前关于女性线粒体 DNA 关系的分析、男性 Y 染色体变异的追溯、蛋白质基因组多态性、DNA 变化累积规律计算的分子钟等证据都支持人类可能来源于非洲，但是也有人类多地点起源的观点。进入第四纪（Quaternary period）后，地球发生过周期性的多次大规模冰川运动。最寒冷的时候，全球大陆的 30% ~ 40% 被冰川覆盖，主要影响北半球，其中最重要的 Riss 冰期，斯堪的纳维亚冰盖到达北纬 50°，北美的苏伦冰盖延伸到北纬 38° 附近，对生物区系的分布产生巨大的影响。

科学研究表明，地球的生物出现需要有很特殊的环境条件。生物的出现又对大气的成分产生重大的影响，由生物和地学原因出现的大气组成的不断变化又促进了生物的进一步发展。地球气候每经过一次大的变化，生物都会发生大的灭绝，但是经历过一段漫长的时间之后，总会有更多新物种产生，甚至产生新物种的爆发。在生物的进化历程中，生物和其生存环境形成了一种互为因果的紧密关系。

（二）地球板块运动与生物的关系

地球从外到里一般可以分为地壳、地幔和地核三大部分。地壳的厚度在 30km 左右，地幔在地壳以下一直延伸到 2 900km 左右，地核则在地幔以下一直到地球半径所达的 6 371km 深度。地核温度大约为 5 500℃，并且地核作相对于地幔向东的旋转，每年 1° 左右。由于地壳的岩石圈阻挡了地核释放热量，在距离地表约 100km 的深度开始，地幔开始产生熔融，其下方形成一个

地震波传播速度下降、横波衰减加速、厚度在 100~200 km 之间的带,被称为软流圈。其平均密度为 $3.20\sim 3.22\text{g}/\text{cm}^3$,比大洋岩石圈密度 $3.31\text{g}/\text{cm}^3$ 小,比大陆岩石圈密度大。

目前关于地球板块运动的动力假说有两个,一个是整个地幔产生对流运动,推动岩石圈的运动。另外一个是在软流圈产生对流运动。对流产生的原理就像大气对流一样,受地核加热的地幔物质密度下降,逐步上升,而在岩石圈下面的地幔物质冷却,因为密度增加而下沉。上升区对应在大洋中部比较高的洋脊下方,下降区通常对应大洋周边比较深的海沟下方。地幔物质在洋脊部分涌出,形成新的地壳,把老的地壳往两边推。海底的扩张速度历史上是有变化的,目前每年在 $1\sim 7\text{cm}$ 之间。因为大洋地壳密度大于软流圈,受推动后在海沟边上开始俯冲下沉到地幔中被熔融。由于大陆岩石圈密度比软流圈小,这样“浮”在软流圈上的大陆板块就不断地被地幔的运动所推动(图 1-1)。有关大陆漂移的理论已经为古地磁研究和古生物学研究所证实。

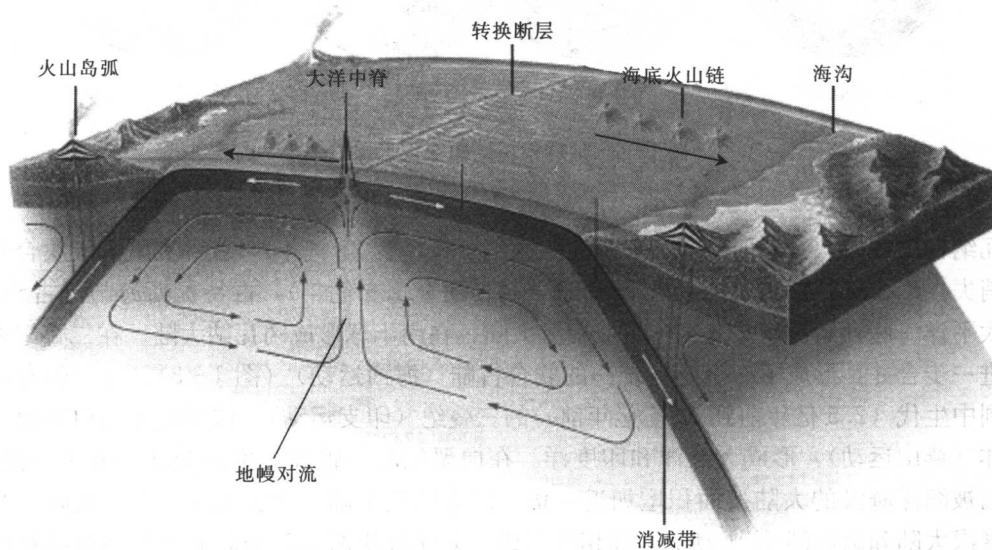


图 1-1 地球的板块构造示意图

(来源: <http://www.nju.edu.cn/njuc/dikexi/earthscience/chp4/3-1.htm>)

图 1-2 简要地描绘了地球板块和海洋的历史变迁过程。从地球形成到距今 25 亿年前的太古代,地球表面主要由海洋所覆盖,地球的地质活动很活跃。在 25 亿年前到 6 亿年前的元古代,陆地的地台形成,板块的俯冲带已经出现。泛非—贝加尔构造线是板块之间的结合线,这证明当时的泛古陆是由起码两个板块形成的。在早古生代(6 亿年前到 4 亿年前)前期的寒武纪(距今 5.7 亿年前)陆地继续扩大,世界陆地的板块包括北美、欧洲、亚洲和冈瓦纳板块,海洋除了泛古洋之外,还有欧亚板块间的古乌拉尔海、欧洲和北美洲板块间的古加里东海、北美和冈瓦纳板块间的古海西宁海、亚洲板块和冈瓦纳板块间的古特提斯海。在泥盆纪(3.7 亿年前),北美板块和欧洲板块碰撞,形成欧美古陆,夹在中间的古加里东海消失,出现加里东造山运动。在晚古生代(late Paleozoic era)(4.1 亿年前到 2.45 亿年前)的晚石炭纪(距今 3 亿年左右),欧洲板