

# 进化生物学导论

# Introduction to Evolutionary Biology

王德利　主编

高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

# 进化生物学导论

Jinhua Shengwuxue Daolun

王德利　主编

王德利　杨允菲　邢　福　编著

高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS　BEIJING

## 内容简介

本书简要系统地阐述了进化生物学的概念及主要研究内容，具体包括研究生物进化的过程、原因、机制以及进化理论等。本书共分为五章，内容涉及进化生物学的萌芽与形成，生物进化的形式与过程，生物进化的学说和理论，地球生命的进化历程，人类的起源与进化。本书既有对进化生物学整体知识体系的论述，又有对进化生物学新认识的补充和发展。

本书适于作为高等院校生物学、农学以及社会学等专业的本科生教材，也可供相关专业的研究生、科研人员参考。

**图书在版编目(CIP)数据**

进化生物学导论 / 王德利主编. —北京：高等教育出版社，2009.12

ISBN 978-7-04-028875-9

Ⅰ. ①进… Ⅱ. ①王… Ⅲ. ①生物-进化学说-高等学校-教材 Ⅳ. ①Q111

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 243633 号

**策划编辑** 王 莉
**责任绘图** 尹 莉

| | |
|---|---|
| **出版发行** | 高等教育出版社 |
| **社 址** | 北京市西城区德外大街 4 号 |
| **邮政编码** | 100120 |
| **总 机** | 010-58581000 |
| **经 销** | 蓝色畅想图书发行有限公司 |
| **印 刷** | 三河市华润印刷有限公司 |
| **开 本** | 787×1092 1/16 |
| **印 张** | 13.25 |
| **字 数** | 320 000 |
| **购书热线** | 010-58581118 |
| **咨询电话** | 400-810-0598 |
| **网 址** | http://www.hep.edu.cn<br>http://www.hep.com.cn |
| **网上订购** | http://www.landraco.com<br>http://www.landraco.com.cn |
| **畅想教育** | http://www.widedu.com |
| **版 次** | 2009 年 12 月第 1 版 |
| **印 次** | 2009 年 12 月第 1 次印刷 |
| **定 价** | 28.00 元 |

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

**版权所有 侵权必究**

**物料号 28875-00**

# 前　言

迄今为止，地球是宇宙中唯一发现有生命（life）存在的星体。生命的诞生已经有大约38亿年的历史。现今的生命世界如此丰富多彩，不仅体现为十分复杂的多样性，而且展现出高度的“智慧”。生命的问题，包括生命的起源、发展过程，以及生命进化机制等，无不令人着迷醉心，也激励着科学家们一代一代呕心沥血地探索下去。

生物进化（biological evolution）的问题贯穿于生命科学的全部。无论是微观的分子生物学，还是宏观的生态学，在生命科学的任何分支学科，甚至是其他自然和社会科学门类（如地质学、哲学、伦理学）中都会触及生命（人）起源及进化的问题。事实上，生命科学的各个分支学科也都从不同视角丰富完善生物进化理论，最终期望能够充分、客观地展示生命在地球上发生、发展的壮丽图景！

进化生物学（evolutionary biology）是研究生命进化的科学，具体包括研究进化的过程、原因、机制，以及进化理论等。进化生物学的研究已经受到科学家们越来越强烈的重视，“进化生物学”的讲授在大学的教学中也比以往任何时候得到更多的关注。在国外的大多数大学中，“进化生物学”已经成为一门单独讲授的生物学专业基础课程，在某些大学中甚至还成为一门通识课。但是，在我国大学里，对“进化生物学”的讲授还没有得到充分的重视，不仅于此，国内“进化生物学”的教材也相当有限，不能够满足不同专业背景、不同层次（学历）学生的基本要求。本书是对生物学专业背景相对较弱的大学生或研究生编写的进化生物学教材。我们力图在知识体系比较完整的前提下，尽可能做到简洁通俗地阐述生物进化的有关问题。当然，本书也对已有的国内外相关教材的精华部分进行兼收并蓄，融入了一些最新科学研究成果。

本书共分为五章。第一章“进化生物学的萌芽与形成”和第二章“生物进化的形式与过程”由王德利编写，第三章“生物进化的学说和理论”由杨允菲编写，第四章“地球生命的进化历程”和第五章“人类的起源与进化”由邢福编写。全书由王德利负责统稿。在本书的编写过程中，还得到了崔尧、郑红梅、李海燕、白晓楠、张亮、王静、黄宁、蒋贵同等研究生的大力帮助，他（她）们在资料收集、校对等方面做出了有益的工作，在此表示衷心感谢。同时，也感谢东北师范大学国家精品课项目和高等教育出版社的大力支持。

由于作者的水平和时间的限制，教材中的一些内容还可能存在一些疏漏和不足之处，诚望各位专家、同行和读者给予批评指正。

王德利

2009年8月

# 目　录


**第一章　进化生物学的萌芽与形成** …… (1)
第一节　进化在自然界中的意义 …… (1)
一、生物进化的含义 …… (1)
二、自然界的本质(自然史) …… (3)
三、生物进化的科学价值 …… (3)
第二节　进化思想的形成 …… (4)
一、早期的地球理论 …… (5)
(一) 地心说 …… (5)
(二) 日心说 …… (5)
(三) 机械论 …… (5)
(四) 水成论与火成论 …… (6)
二、启蒙运动时期的进化思想 …… (6)
(一) 设计与变化 …… (6)
(二) 存在链条与种源说 …… (8)
(三) 物种分类 …… (9)
三、达尔文思想的形成 …… (11)
(一) 达尔文思想形成的初期 …… (11)
(二) 达尔文进化思想形成的关键时期 …… (11)
(三) 达尔文进化思想的基本奠定 …… (13)
第三节　进化在人类社会中的影响 …… (15)
一、宗教与哲学 …… (15)
(一) 否定“上帝”的作用 …… (15)
(二) 重新认识人类在自然界中的地位 …… (16)
(三) 进化论逐渐作为现代科学观之一 …… (17)
二、社会达尔文主义 …… (18)
(一) 自由竞争与战争 …… (18)
(二) 种族优劣与教育 …… (19)
三、优生学与种族 …… (20)
**第二章　生物进化的形式与过程** …… (23)
第一节　微观进化 …… (23)
一、分子与遗传进化 …… (23)
(一) 遗传进化 …… (23)
(二) 分子进化 …… (25)

二、物种(种群)的形成与进化 …… (36)
（一）物种的概念 …… (36)
（二）物种的形成 …… (37)
（三）物种的形成在生物进化中的意义 …… (47)
三、物种分类系统与进化谱 …… (47)
（一）分类学与系统学 …… (47)
（二）进化谱系的推断 …… (48)
第二节　宏观进化 …… (49)
一、垂直进化 …… (49)
（一）垂直进化的途径 …… (50)
（二）复化式进化与简化式进化 …… (51)
二、水平进化 …… (51)
（一）趋同 …… (52)
（二）趋异 …… (52)
（三）平行 …… (53)
（四）重复 …… (54)
三、线系渐变模式和间断平衡模式 …… (55)
四、进化速率 …… (56)
（一）进化速率的不平衡 …… (56)
（二）进化速率的度量 …… (57)
五、进化趋势 …… (60)
（一）进化趋势的概念 …… (60)
（二）表型趋异与谱系趋异 …… (60)
（三）系统树与进化趋势 …… (61)
（四）进化趋势的起因 …… (61)
第三节　物种之间的协同进化 …… (62)
一、协同进化的概念和意义 …… (62)
（一）协同适应与进化概念 …… (62)
（二）协同进化的意义 …… (63)
二、物种之间的协同进化 …… (64)
（一）传粉系统 …… (64)
（二）种子散布系统 …… (66)
（三）昆虫诱导与植物反应系统 …… (67)
（四）大型草食动物与植物适应系统 …… (68)
（五）寄生物(病原物)与寄主系统 …… (69)
第四节　生物与环境之间的协同适应及进化 …… (71)
一、植物群落的演替过程 …… (71)
（一）水生植物群落的演替 …… (72)

（二）旱生植物群落的演替 …… (72)
（三）植物群落与环境之间的适应趋向特征 …… (73)
二、植被的演化(适应进化) …… (74)
三、生态系统演化 …… (77)
（一）生态系统的发育特点 …… (77)
（二）生态系统进化幕 …… (78)
（三）生态系统进化趋势 …… (80)
四、生物圈的进化 …… (80)
（一）生物圈(盖亚)的形成 …… (80)
（二）Gaia 假说 …… (81)
**第三章　生物进化的学说和理论** …… (87)
第一节　适应 …… (87)
一、适应的概念 …… (87)
二、适应的起源 …… (88)
（一）适应起源的基本方式 …… (88)
（二）适应起源的原理 …… (89)
（三）适应的普遍性与相对性 …… (91)
三、适应的类型 …… (93)
（一）趋同适应的类型——生活型 …… (93)
（二）趋异适应的类型——生态型 …… (94)
四、对达尔文“最适者生存”的评价 …… (95)
第二节　自然选择 …… (96)
一、自然选择学说 …… (96)
二、自然选择的作用 …… (97)
三、自然选择的基本类型 …… (98)
（一）稳定性选择 …… (98)
（二）单向性选择 …… (98)
（三）分裂性选择 …… (99)
（四）平衡性选择 …… (99)
（五）性选择 …… (101)
四、影响自然选择的因素 …… (104)
（一）遗传漂变 …… (104)
（二）奠基者效应 …… (104)
（三）迁移和基因流动 …… (105)
（四）近亲交配 …… (105)
（五）中性变异 …… (106)
第三节　自然选择下的适应进化 …… (107)
一、适应进化的原因 …… (107)

二、适应进化的实例与实证 …… (108)
第四节　生物进化的代表性学说 …… (109)
一、早期进化思想 …… (109)
（一）亚里士多德、林奈和布丰 …… (109)
（二）居维叶与拉马克进化假说 …… (112)
（三）赖尔与均变论 …… (114)
二、达尔文进化学说 …… (115)
（一）进化学说的建立 …… (115)
（二）达尔文与华莱士 …… (117)
三、综合进化理论 …… (118)
（一）孟德尔、摩尔根与遗传学 …… (119)
（二）中性进化理论 …… (122)
（三）灾变论与间断平衡说 …… (124)
**第四章　地球生命的进化历程** …… (128)
第一节　发生生命进化的条件 …… (128)
一、生命的定义 …… (128)
二、生命产生的自然条件 …… (131)
（一）太阳系的产生与地球的诞生 …… (131)
（二）原始大气的形成 …… (131)
（三）原始地球的能量 …… (132)
（四）原始海洋的形成 …… (134)
第二节　生命进化的基本过程 …… (135)
一、生命起源的演化模式 …… (135)
（一）发生在地球大气圈中的化学演化 …… (135)
（二）发生在宇宙空间中的化学演化 …… (135)
二、前生命化学阶段 …… (137)
（一）从无机小分子生成有机小分子 …… (137)
（二）从有机小分子发展为生物大分子 …… (137)
（三）由生物大分子组成多分子体系 …… (138)
（四）由多分子体系发展成原始生命 …… (138)
三、生物进化阶段 …… (141)
（一）细胞的产生与发展 …… (141)
（二）真核细胞起源 …… (144)
（三）多细胞进化 …… (148)
四、文化与生物进化并行阶段 …… (157)
（一）人类的生物学进化与文化 …… (158)
（二）文化进化对人类生物学进化的影响 …… (160)
第三节　生命进化的实验与证据 …… (161)

一、胚胎学证据 …… (161)
二、地质学证据 …… (163)
（一）按保存的特点划分 …… (163)
（二）按化石的大小划分 …… (165)
（三）按化石的作用划分 …… (165)
三、实验室模拟证据 …… (167)
（一）米勒的模拟实验 …… (167)
（二）奥巴林的团聚体模 …… (167)
（三）福克斯的蛋白微球体理论及实验 …… (167)
四、地球外层空间的探索 …… (168)
（一）月球的探索 …… (168)
（二）金星、木星、土星、火星上的探索 …… (168)
（三）太阳系以外的星球上是否有生命 …… (168)
**第五章　人类的起源与进化** …… (171)
第一节　人类起源于动物界 …… (171)
一、人与动物间的亲缘关系 …… (171)
二、人与类人猿间的亲缘关系 …… (173)
第二节　人的概念与自然地位 …… (174)
一、人形成的基本条件 …… (175)
二、人的自然属性 …… (176)
第三节　人的生物学进化 …… (178)
一、人类形态特征的变化 …… (178)
（一）人类的脊椎动物原始形态特征 …… (178)
（二）人类躯体结构的树栖生活方式的适应特征 …… (178)
（三）体毛的退化和独特的性行为 …… (178)
（四）镶嵌进化和幼态持续 …… (180)
二、人脑的进化 …… (181)
三、人的肢体进化 …… (182)
（一）半直立体型 …… (183)
（二）四足行走体型 …… (183)
（三）完全直立的体型 …… (183)
第四节　人的思维发展和社会进化 …… (185)
一、意识的形成 …… (185)
二、思维的发展阶段与特征 …… (186)
第五节　人科谱系 …… (186)
一、南方古猿 …… (187)
（一）工具的含义 …… (188)
（二）言语 …… (189)

（三）建造栖所 …… （189）
二、能人 …… （189）
三、智人 …… （190）
（一）早期智人 …… （191）
（二）晚期智人（新人） …… （192）
四、直立人 …… （193）
五、现代人及现代人种的产生 …… （195）

# 第一章 进化生物学的萌芽与形成

## 第一节 进化在自然界中的意义

在现代的生物教科书中，或者与生物学家对话中，经常会谈及“evolution”一词。“evolution”中文的词意是“进化”，早期有些生物学家也译作“演化”，其他学科，诸如地质学与天文学，其研究者们也更广泛地用之为“演化”。而在生物学领域，或者一般的科学称谓，“evolution”的最直接意义是“进化”。

用进化表征生物界，可以反映生物在长期的历史存在中的发展；用进化描述自然界，同样能够反映自然客体或过程在长期的历史存在中的演变。人们常常期望选择一个既能准确描述，又富于深刻意义的术语反映生物发展过程，无疑进化是一个相对科学的术语。

但是，对于进化的理解，不仅不同学科有偏差，即便是在生物学家之间也常有争议。这种不同理解与争议，一方面说明我们对生物界变化的视角不同，另一方面也反映对生物进化的研究在不断发展。

### 一、生物进化的含义

生物进化（biological evolution），也称之为有机体进化（organism evolution），在各类生物教科书、著作与专业词典中已有定义。对于生物进化的定义，应该基于对生物进化本身的深刻理解，才能有较完整的诠释。

在已经出版的文献中可见对进化的一般定义。斯宾塞（H. Spencer）在1862年出版的《第一原理》中给自然进化下了一个定义：进化是物质及其消耗运动的整合，其中物质从不确定的、不一致的同质体变成一致的异质体。斯宾塞虽然未给生物进化下定义，但从他对进化的定义可以推演，生物进化过程的结果导致：生物既向着确定性的方向发展，由相对杂乱的无序变为相对整齐的有序；也向着多样化的方向发展，由少数的生物种类状态发展成纷繁多样的生物界。实际上，那个时代一般是将进化看做是“进步式的进化过程”，即生物由低级到高级，由简单到复杂的

过程。

达尔文(C. Darwin)时代及其以后的相当长的一段时间里,人们对生物进化概念的理解比较深入。这一点从达尔文的生物进化理论中得到体现。遗传与变异是生物发生进化的前提。一切生物都能发生变异,至少有一部分变异能够遗传给后代。一定变异是指生长在某些条件下的个体的一切后代,能在若干世代以后都按同样方式发生变异;不定变异是在相同条件下个体发生不同方式的变异。因此,通过遗传与变异生物可能产生进化,并持续地保持下去。生物进化是一种特殊现象,生物进化是通过传代(遗传)过程中的变化而实现,生物进化导致适应;非生物系统不存在传代,也不存在适应。但是,达尔文从未给生物进化下过真正的定义。

随着遗传学研究的不断发展,对生物进化的理解与认识也能从更深入的角度开展。例如,斯戴宾司(G. L. Stebbins)曾给生物进化下过较为严格的定义:生物进化是由于生物与其生存环境之间的相互作用的变化而导致的生物种群遗传组成的一系列不可逆的改变(Dobzhansky *et al.*, 1977)。群体遗传学家们更是坚持"生物进化是群体中基因频率的变化"的观点,因为生物进化是针对种群而非个体而言的,变化必须被传递到下一代,认识到这一点非常重要。实际上,这意味着,进化是在一个种群中导致延续多代的可遗传变化的过程。生物进化可以精确定义为:一个基因库中任何等位基因频率从一代到下一代的变化(Curtis and Barnes, 1989)。

从遗传学上看,只有生物遗传结构改变,才标志着生物的进化可能。张昀对生物进化给以更完善的表述:生物的进化是生物与其生存环境相互作用过程中,其遗传系统随时间而发生一系列不可逆的改变,并导致相应的表型的改变。并且强调,在大多数情况下,这种改变导致生物总体对其生存环境的相对适应。

仅仅从遗传学的角度定义生物进化可能限制对生物进化的广泛理解。夫丘马(D. J. Futuyma)在 *Evolutionary Biology* 一书中进行了说明。在最广泛的意义上,进化仅仅是一种变化,并且随处可见;星系、语言和政治体制概莫能外。生物进化是生物种群性质的变化,这种变化超出了单一个体的寿命。个体发生变异不是进化,孤立的生命体无法进化。种群中可通过遗传物质从一代传给下一代的变化被认为是进化。生物进化可能是细微或显著的,它包含了从一个种群中不同的等位基因比例的一切微小变化(如决定血型的基因),到把最早的原生物(protoorganism)变成蜗牛(*Hemiphaedusa*)、蜜蜂(*Apis*)、长颈鹿(*Griaffa camelopardalis*)和蒲公英(*Taraxacum*)的延续变化。

现在对生物进化的认识和理解仍在不断发展,我们实在不能绝对地定义生物进化的概念。然而,对于生物进化的认识,已经存在两点新的理解:

第一,生物进化的"进化"是中性的含义,"进化"不能简单地理解成"进步",或者"高级化"与"复杂化"。如果必须强调生物进化的趋向,那么,进化则是"适应性进化"(adaptive evolution),进化应该是没有"目标"或"目的"的进化,只有"适应的"或"变化的"进化,进化应该是"适应式的过程"。如果假定自然界的生物进化是进步、高级化或复杂化,可以预测的结果应该是,在拥有几十亿年历史的地球就不应该保持最广泛存在的简单、低级形态结构的生物。按照综合进化论的重要代表人物之一迈尔(E. Mayr)所下的并且被广泛使用的"进化"定义是:"进化是适应的改变和生物群体多样性的变化。"

第二,生物进化可能需要考虑尺度问题,如果是处于物种(包括物种)水平以下的生物进化,斯戴宾司、杜布赞斯基(T. Dobzhansky)、张昀等人的定义是合理而易于接受的。但是,对于多物

种构成的生物群体，诸如生物群落和生态系统的进化，完全从遗传学角度认识就存在较大的局限性。对于物种（不包括物种）水平以上的生物进化，需要强调的是影响生物整体的性质，或者是群体的系统结构与功能。而作为一个类似于生物有机体的生物系统，对其存在的环境也会发生适应性变化，并且形成相对稳定的结构与功能特征。那么，迈尔对生物进化的定义是能够被广泛接受的。

## 二、自然界的本质（自然史）

前面谈及的生物进化是指生物本身的进化，事实上，任何时间和空间内的生物进化都不可避免的与生物存在的自然环境产生联系。

通常地球上的自然环境具体是指物理性的环境。最早研究自然史，也是对诸如我们周围的地质、水文以及气候的历史进行研究。例如，依据地球上的岩石与土壤性质、以及地形地貌变迁和古生物化石发现去推断地质时期的气候状况，当然，现在也借助一些放射性同位素技术等研究古气候的特征，据此认为，地质时期的气候经历了巨大的变化，包括反复出现的大冰期气候（震旦纪大冰期、石炭-二叠纪冰期、第四纪冰期等），整个地质气候史的大部分时间呈现的是温和的特征。

生物生存的环境就是自然界（nature）。自然界是物质性的，包括具有生命的各种生物，像动物、植物和微生物等，也包括非生命的水、土壤、气体和岩石等各类物质形态以及由各类物质相互作用构成的自然条件，包括气候和地形地貌等。人类本身作为特殊的生物（由于其具有社会属性，而且它的存在对自然界的发展有巨大影响）同样是自然界的一部分，包括人类的生物进化是离不开物质环境的。

大量的科学证据表明，地球上自从有了生物的存在，整个生物界就以不同的方式发生变化，尽管这种变化在较长历史时期的不同阶段可能有非均一的变化速度。例如，单细胞生物形成和单细胞生物向多细胞生物演变各自需要的时间存在着较大差异。在生物的演变或进化过程中，生态环境或者自然界也并非一成不变。6 亿年前，地球上多细胞植物的出现对应的是水生环境（Zhang and Yuan, 1989）；2.8 亿～3.5 亿年前，原始裸子植物与爬行类、昆虫出现时，地球上的气候相对湿润温暖；而 1.7 亿年前，进化到被子植物和现代昆虫阶段时，地球上的气候变冷，不断有造山运动（李难，1990）。因此，在地球的存在与发展过程中，生物在进化，自然界也在变化。

我们在认识地球上的生物进化时，一定会联系自然界的变化，而研究自然界的变化时，同样离不开生物进化的问题。由此能够得出普遍性的结论：即在进化过程中生物与环境相互作用，自然历史过程也包括生物进化过程，生物进化过程可一定程度上反映自然历史过程，甚至乃是自然历史发展过程中的主线。

## 三、生物进化的科学价值

自然科学在欧洲文艺复兴后得到了迅速发展，生物学（biology）作为一门重要的科学分支也是如此。生物学被认为是地球上物质科学的三大分支（Coleman, 1971）。拉马克（J. B. Lamarck）在其著作中谈到生物学，它是研究所有生命的物体；特别是研究它们的组织与发展过

程，研究生命活动的延续性造成的结构复杂性；研究生命物体形成某些特殊器官以及把活动集中于某个中心而把这些器官分离出来的趋势等。

事实上，在16至18世纪初期，生物学家（也包括博物学家）的大多数工作是观察自然状态的动物、植物、微生物（菌物），以及在简单的实验条件下或人工驯化下的生物生理过程与变化。生物学家基于对自然界的好奇与兴趣，通过逐渐观察与进行有限的实验，让人们认识了自然界中的一些生物现象与生命过程。所以，这时的生物学知识是分散而零乱的，从中难以窥视地球上整个生物界的“基本轮廓”，只能说生物学的知识体系仍处于建立的萌芽阶段。而到了18世纪上叶，生物学家们开始抛开纯粹收集资料和描述生物事实，更乐于对积累的资料和生物事实进行总结，也更多地通过开展有目的性的观察与实验来认识植物、动物的生长发育过程。这阶段的研究成果尤以林奈（C. Linnaeus）的工作为代表。林奈建立的“自然分类系统”（1735）的意义，不仅是对自然界中的植物和动物进行了科学的命名，更重要的是发现了生物之间的联系，生物在自然界中可能成一种“有序”的状态。由此，生物学的发展已经达到了一个相当的高度。

生物学家们期望对自然界中的生物事实给以条理化总结，对生物的发展过程给以全新的描述，包括生物存在的形式、生物之间的联系与发展过程和生物现象与过程产生的原因等。显然，林奈及其早期的生物学家还难以完成这些任务，他们只是为后来的生物学家奠定了良好的基础（Magner，1985）。

对自然界中的生物系统进行整体性认识，对生物的产生与变化过程总结出普遍性的规律，无疑对生物学的发展具有重要意义。19世纪中叶，达尔文与华莱士（A. R. Wallace）共同发现了“物种变异”的现象，达尔文的《物种起源》（1859）真正系统地阐述了生物的遗传变异、自然选择、共同由来等科学问题。自然界中，尽管地球上生物的种类繁多、形式多样，但是，生物界也表现出一般性的普遍规律，这个规律就是生物进化。为了科学地解释生物进化问题，包括生物进化的形式、进化过程以及进化的原因或动力等，达尔文提出了“自然选择原理”。这一原理的提出，对于生物学乃至整个自然科学都具有划时代意义。如果说生物进化的问题被认为是生物学中的统一主题（biology's unifying theme），那么，以“自然选择原理”为基础的生物进化理论（biological evolution theory）就是生物学中最大的统一理论。

从亚里士多德（B. C. Aristotle）建立的自然分类，到林奈提出的自然分类系统，再发展到达尔文奠定的生物进化理论，由此见证了生物学家们对自然界中的生物界统一认识的追求与丰富成果。实际上，任何一门学科都有相似的发展趋向。杨振宁（2002）曾指出，科学研究的是事实，物理学原理有她美与妙的地方，物理美之一是追求统一。可见，生物进化的研究以及生物进化理论的拓展对生物学，乃至自然科学的发展贡献卓著。

## 第二节　进化思想的形成

进化思想的产生，可以追溯于古希腊的某些哲学观点。现代进化思想的形成，确实是与自然科学家及哲学家对自然界的认识发展密切相关。

人们对其存在、生活的地球（自然界）产生了极大的兴趣。自然界的变化必然会涉及生物的问题，像生物的形态、种类，生物类群之间的差异及相互联系等。今天可以说，自然界的运行法则

包含了生物进化规律，但是，早期人们对进化的兴趣与关注程度并不高。

## 一、早期的地球理论

地球理论（earth theory）是指地球形成与运行规律的科学概括。

### （一）地心说

早期的传统的地球理论是地心说。公元前4世纪，古希腊的亚里士多德基于对地球与天际的初步认识提出了地心说，其后，托勒密（K. Ptolemy）又将地心说的模型发展完善。

地心说认为，地球是世界和宇宙的中心，是静止的；包括太阳的其他星体均是围绕着地球运转，即以地球为中心的圆周上做匀速圆周运动。地心说基本观点的流行显然得益于宗教的发展和地位的强化。上帝创造世界万物，上帝既然青睐于拥有一定智慧的人类，人类存在的地球自然成为世界的中心。我们所观察到的各类星体运动都是由上帝推动的。

地心说在中世纪以前从来没有被怀疑过，其主要原因是，在早期人类对地球与宇宙的认识能力极其有限，不可能对地球与星体之间的运动规律有清晰准确的判定；同时，宗教、特别是基督教的思想在人们头脑中占据绝对地位，对自然现象的所有解释，不容许超出上帝的控制与意志。

### （二）日心说

直到1543年，哥白尼（N. Gopernicus）出版了著作《天体运行论》，人们才开始对传统的自然观发出了挑战。哥白尼提出了有关天体运行的日心说观点。

在哥白尼阐释的日心体系中，太阳居于宇宙的中心，地球和其他行星沿着圆形轨道绕太阳运行（Cohen，1985）。距离太阳最近的是水星，其次是金星，再次是地球；月亮绕着地球运行，是地球的卫星；比地球离太阳远的行星，依次是火星、木星和土星；行星距离太阳越远，运行的轨道就越大，周期就越长；在行星的轨道外面，是布满恒星的恒星天。尽管哥白尼认为太阳是宇宙中心，以及坚持星体的运行是匀速圆周运动或其组合，这些观点现在看来是错误的，但是，他对天文学乃至自然科学的贡献是革命性的。

其后，伽利略（G. Galilei）和开普勒（J. Kepler）也以不同方式开始探讨哥白尼的日心说，他们提出了辅助性的假说。对地球的这种认识，实际上不仅经历了长时间的探索研究，而且支持这一学说的科学家们冒着极大的社会风险，甚至一些科学家为之付出了鲜血和生命的代价。

### （三）机械论

对自然和宇宙认识的机械论是在17世纪下叶以笛卡儿（R. Descarts）为代表建立的。笛卡儿学派致力于从物理学角度解释万物的起源，并不援引超自然的创世论。笛卡儿提到，上帝并不设计宇宙中个别事物的结构，只是建立基本的自然法则，由自然法则控制以后的发展（Bowler，1989）。18世纪，牛顿（I. Newton）发表了《自然哲学的数学原理》，进一步揭示了自然界中的物体运动定律（惯性原理、力与其动力效应之间的关系、作用力与反作用力相等原理）。牛顿及其后的大多数物理学家和哲学家都相信，自然界的一切现象与过程是有规可循的，它们均可以用牛顿定律来解释。

18世纪中叶，对地球起源还有其他认识。首先是1749年布丰（G. Buffon）提出了一个行星起源理论：即太阳是从彗星中分离出来的，并且同时向空间中甩出了一些致密的热物质；太阳的吸引力阻止了这些物质的逃逸，使之冷却形成行星，地球也是这样形成的。1755年康德（I.

Kant）又提出与布丰迥异的“星云假说”。康德认为，最初的太阳系为宇宙尘云，在其自身的引力作用下，空间的尘云开始冷却收缩，收缩后形成的小块尘团可以形成固体，并进行旋转，多个固体最后围绕一个较大的固体中心旋转，这个中心就是太阳，其他为行星，包括地球。这些早期的地球起源假说被其后的天文学家与物理学家不断修正。

这时，通过理论的推演（大部分是哲学家、物理学家与天文学家的研究）与实际观察（主要是地质学家和博物学家的工作），对地球形成与运行的认识，可以总结以下一些主要观点：

（1）地球是太阳系中的一个星体，而太阳系的形成只不过是宇宙发展巨大循环中的一个小插曲（Kant，1755）；

（2）地球处于变化之中，而且是缓慢的，地球的形成是一个以自然途径形成的物理过程，并且地球上的人类也可能存在于其他星球上；

（3）地球上万物的存在与发展依靠超自然的上帝与自然力量，上帝建立了基本自然法则，自然法则控制着世界的形成及发展（Descarts，1644）。

**（四）水成论与火成论**

有关地球问题的命题很多，除了以上谈及的地球起源、地球与太阳及其他行星之间的关系，以及地球上各类物质的运动规则以外，人们还对地球的地质过程颇感兴趣。

19 世纪中期，围绕着地质学的一个具有广泛争议的问题——沉积岩（陆地）的形成，产生了两类不同假说，即水成论与火成论。水成论的代表性人物是魏尔纳（A. G. Werner），而对火成论有系统完整阐述的是赫顿（J. Hutton）。水成论的基本观点是，沉积岩是在水下形成的，由于海水的退却（古海洋的消失），使得沉积岩立于干燥的陆地上。而火成论认为，沉积岩地层是广泛的火山喷发期形成的火山灰层。水成论与火成论的区别与联系可以通过图 1-1 体现。

这些早期的地球理论，无疑使人类对地球认识走向更为客观、更为真实的层面。然而，地球理论发展的每一步，都面临巨大挑战，既受人类认识或研究方法（包括能力）的限制，更受社会意识与宗教的影响与压制。早期的地球理论对自然的认识，特别是一些具体现象与过程的理解有重要发展，但仍难以否认上帝的作用。

## 二、启蒙运动时期的进化思想

启蒙运动是中世纪文艺复兴后的一个重要事件。启蒙运动于 17 世纪末至 18 世纪早期起始于英国，其后在法国得到巨大发展。这一运动的显著特征是，科学、哲学与政治从传统中逐步解放出来，换句话说，理性的压力表现得越来越强。毫无疑问，科学、特别是生物学在启蒙运动的行进过程中表现得十分活跃。18 世纪，一些博物学家对生物进化问题已有了一定认识，他们开始挑战传统的宗教，积极探索地球上生命起源的问题，甚至有些人提出的理论从表面上看已经类似于现代的生物进化理论。可以说，18 世纪的生物进化论是启蒙思想的直接产物。

**（一）设计与变化**

在这一时期，人们对自然界中发生的事物，已经开始从理性的角度进行探讨与研究，然而，相当多的博物学家还是试图将科学研究与基督教联系在一起，甚至尽可能使研究结果与宗教的基本观点协调起来。由此导致，在认识自然生物现象与过程时，生硬机械地解释这些问题，自然而然产生了一些不科学的认识。

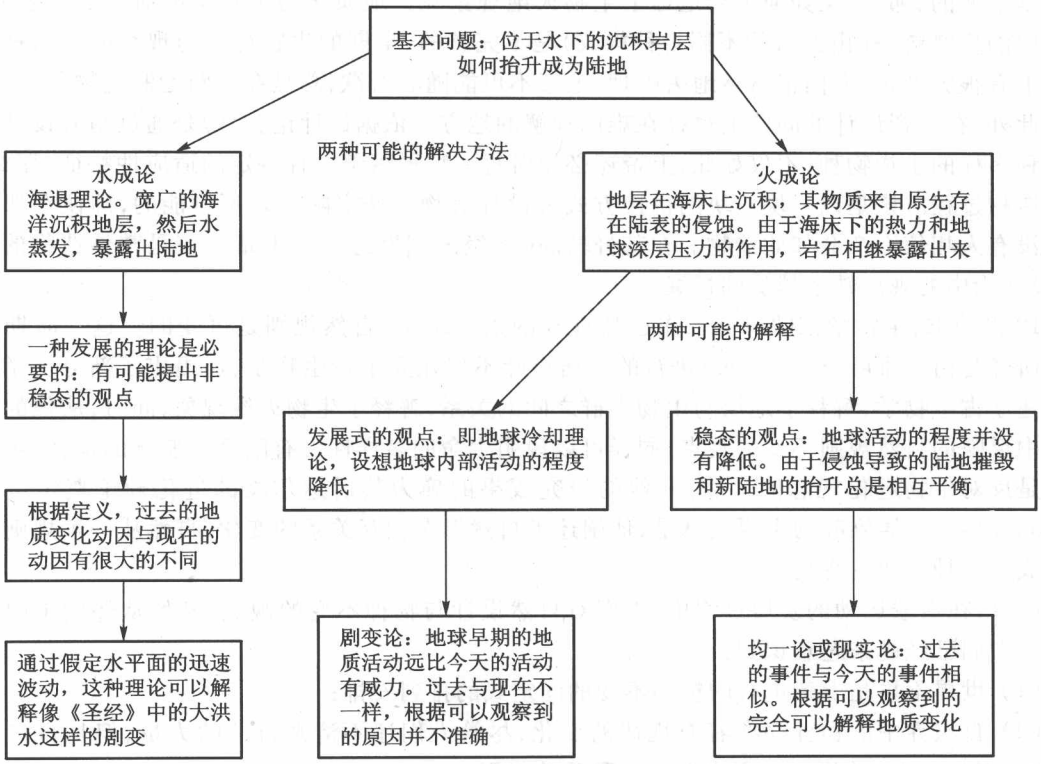



图 1-1　早期(18 世纪—19 世纪)提出的不同地质学理论(Bowler, 1989)

首先,自然界中的生物物种是固定不变的,每一种物种产生的后代都与自己的祖先或类型相同,又存在物种变异的问题。这种认识极易同基督教的观点调和,因为基督教的观点是,自然界中所有物种都是上帝或神的智慧的产物,最初上帝创造了自然界中的物种,它们只能机械地衍生,如果发生了变化,就会与上帝的意志相悖。

其次,既然自然界中物种不可能进行变化,而人们所见的生物种类又是如此之多,随着生物学家的观察,发现了越来越多的动植物种类,并且,自然界中的物种都表现了相当精巧的构造和精细的功能,那么,是什么赋予生物这些特性呢? 可能的答案是“智慧的设计”。因此,逐渐形成了设计论。设计论者认为,世界的规则和复杂性,特别是在生物结构中体现出来的规则和复杂性,不能通过自然本身建立,必定是有一个具有高度智慧的设计者创造出来的。他们有一个“十分类似”的比喻,即钟表和钟表匠之间的关系。

设计论的观点在启蒙时代比较流行。设计的观点对解释自然界中的物种特性与差异、规则与复杂性是一副良药,生物学家由此可以不必深究那些难以说明“为什么形成这些特性与规则”的问题。设计论也逐渐成为自然神学学派的基本观点之一,他们甚至进行了极大地发挥,进一步提出,每一个生物结构都有其适应的目的。这是最初的“目的论”基础,直到现在仍有一些生物学家持有“目的论”的看法。

科学的不断发现与理性的推理,使一些博物学家没有停留在上述认识水平。既然自然界中