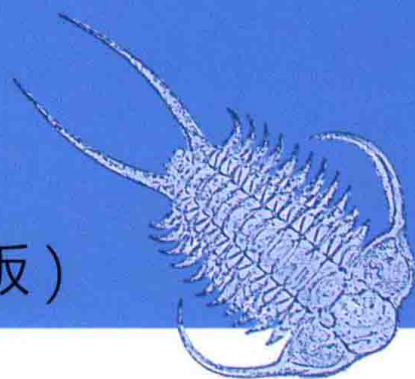


全国高等学校“十三五”生命科学规划教材



新形态教材

进化生物学 (第4版)

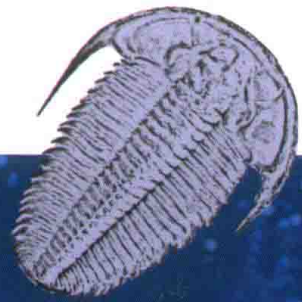


主编 沈银柱 黄占景 葛荣朝



高等教育出版社

Evolutionary Biology



数字课程网站

网址: <http://abook.hep.com.cn/48889>

<http://abook.hep.edu.cn/48889>

数字课程账号 使用说明详见书内数字课程说明

ISBN 978-7-04-048889-0



9 787040 488890 >

定价 45.00 元



新形态教材

全国高等学校“十三五”生命科学规划教材

进化生物学 (第4版)

Jinhua Shengwuxue

主 编 沈银柱 黄占景 葛荣朝

副主编 张尚宏 秘彩莉 王正询 李晓晨

编 委 (以姓氏笔画为序)

王正询 朱正歌 刘敬泽 齐志广

李晓晨 沈银柱 张尚宏 陈桂平

周春江 赵宝存 秘彩莉 黄占景

康国章 葛荣朝



高等教育出版社·北京

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

内容简介

《进化生物学》第4版从生物与环境、微观与宏观、表型进化与遗传系统进化的辩证统一关系出发,阐明生物界进化发展的机制、规律,以及如何运用这些规律更好地服务于人类社会,使教材富有哲理性和实践性,对当代大学生科学世界观的形成将起到促进作用。本次修订吸收了进化生物学最近几年关于地球上的生命起源、古生物学、分子古生物学、分子人类学、进化的分子基础、物种形成、人类的起源与进化等诸多方面的最新研究成果。其中涉及我国科学工作者关于澄江动物群、细胞核起源、鸟类起源、球面射电望远镜——中国的“天眼”等的研究工作,以及发表在国际顶级期刊上的有关进化生物学的最新研究成果等,本书也作了大量介绍,赋予了新版教材的知识先进性。

本教材配套的数字课程与纸质教材一体化设计,内容包括每章自测、内容提要、参考文献,以及拓展阅读等丰富资源,进一步拓展了教材内容,以扩大学生的专业知识面并提高学生的学习兴趣。

本教材适合高等院校生物科学、生物技术专业学生使用,也可供理科、文科各专业公共选修课使用,对科研工作者和中学生物学教师也有较好的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

进化生物学 / 沈银柱, 黄占景, 葛荣朝主编. --4
版. -- 北京: 高等教育出版社, 2020.2

ISBN 978-7-04-048889-0

I. ①进… II. ①沈… ②黄… ③葛… III. ①进化论
—高等学校—教材 IV. ①Q111

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第159965号

JINHUA SHENGWUXUE

策划编辑 孟丽 责任编辑 靳然 封面设计 李小璐 责任校对 李大鹏
责任印制 毛斯璐

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	高教社(天津)印务有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	850mm×1168mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	20.5	版 次	2002年7月第1版
字 数	550千字		2020年2月第4版
购书热线	010-58581118	印 次	2020年2月第1次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	45.00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 48889-00

数字课程 (基础版)

进化生物学

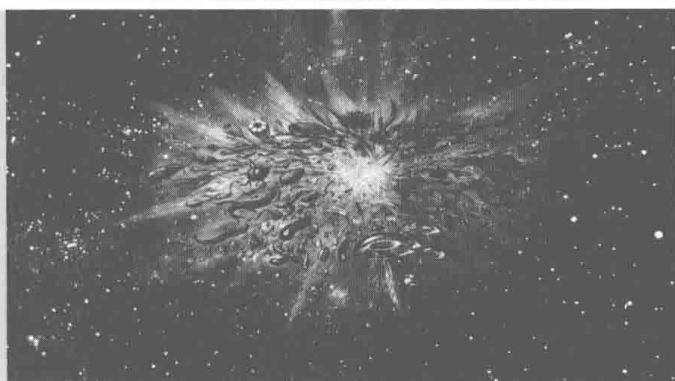
(第4版)

主编 沈银柱 黄占景 葛荣朝

登录方法:

1. 电脑访问 <http://abook.hep.com.cn/48889>, 或手机扫描下方二维码、下载并安装 Abook 应用。
2. 注册并登录, 进入“我的课程”。
3. 输入封底数字课程账号 (20 位密码, 刮开涂层可见), 或通过 Abook 应用扫描封底数字课程账号二维码, 完成课程绑定。
4. 点击“进入学习”, 开始本数字课程的学习。

课程绑定后一年为数字课程使用有效期。如有使用问题, 请点击页面右下角的“自动答疑”按钮。



进化生物学 (第4版)

进化生物学 (第4版) 数字课程围绕纸质教材知识体系, 立足呈现更多拓展学习资源, 反映学科快速发展的趋势和成果, 本书配套数字资源涵盖了每章自测与提要、参考文献, 以及丰富的拓展阅读等。建议教师根据教学需求遴选数字资源用于教学, 学生可根据学习需求利用这些资源开拓视野, 提升学习效果。

用户名: 密码: 验证码: 5360 忘记密码?

<http://abook.hep.com.cn/48889>

扫描二维码, 下载 Abook 应用



数字课程拓展阅读目录

- e 1-1 与世隔绝的微生物
- e 1-2 达尔文成功的秘诀
- e 1-3 进化论与智慧设计
- e 1-4 分子进化工程实例
- e 2-1 最小基因组解开生命之谜
- e 2-2 生物节律的奥秘
- e 2-3 太阳系的形成
- e 2-4 早期地球和月球形成的“大碰撞说”
- e 2-5 生命起源的“水世界”理论
- e 2-6 记录在案的“天外来客”知多少
- e 2-7 中国的“天眼”
- e 3-1 关于线粒体、叶绿体和其他细胞器的起源
- e 3-2 如此蹊跷的 Mimivirus 病毒
- e 3-3 来势汹汹的诺瓦克病毒
- e 4-1 古生物留下的历史记忆
- e 4-2 地球生命史上最伟大的转折点
- e 4-3 $^{26}\text{Al}/^{10}\text{Be}$ 埋藏测年法
- e 4-4 四足动物起源研究的新进展
- e 4-5 中国的“泥潭龙”与鸟类起源
- e 4-6 超级生命树草图
- e 5-1 昆虫通信行为在农业生产中的应用
- e 5-2 最古老的“鱼妈妈”的发现
- e 5-3 令人意想不到的行为
- e 6-1 DNA 水平遗传多态性检测
- e 6-2 生物进化发展的主要因素
- e 6-3 从神奇的鮟鱇鱼看进化中的丑与美
- e 6-4 翅膀变短的燕子和深海温血鱼
- e 6-5 适应起源的基本方式
- e 6-6 小进化中的内因
- e 6-7 城市雏菊繁衍方式的改变
- e 7-1 物种形成的一般模式
- e 7-2 令人难以想象的事实
- e 7-3 目前濒危的物种
- e 8-1 产生进化趋势的原因
- e 8-2 科普定律与海洋动物
- e 8-3 恐龙灭绝的原因
- e 8-4 可能复活的灭绝动物还有哪些
- e 9-1 染色体数目及其变化
- e 9-2 性染色体的剂量补偿问题
- e 9-3 微 RNA 与果蝇性别决定
- e 9-4 适应性突变
- e 9-5 链对称相关现象及链对称成因分析
- e 9-6 “死亡”基因的复活
- e 9-7 文昌鱼与人类
- e 9-8 线虫抗病毒的跨世代遗传
- e 10-1 序列比对和分子系统树的构建
- e 10-2 破解生物进化史上的重大事件即将成为现实
- e 11-1 灵长目与人类的系统发育
- e 11-2 珍妮·古道尔与黑猩猩
- e 11-3 黑猩猩感染 HIV 会出现类似艾滋病症状
- e 11-4 人脑可能在逐渐变小
- e 11-5 人类直立行走对散热十分有利
- e 11-6 食物对人类进化的影响
- e 11-7 小脑在人类进化中的作用
- e 11-8 人猿分化源于千万年前的基因突变
- e 11-9 南猿源泉种取代了“能人”的进化地位吗?
- e 11-10 最新年代测定技术确定“北京直立人”增龄 20 万岁
- e 11-11 尼安德特人与我们的进化关系
- e 11-12 人类进化中的其他可能分支
- e 11-13 进入美洲的古人类
- e 11-14 人类何时到达中国?
- e 11-15 基因编辑技术在人类疾病基因治疗中的应用
- e 12-1 共生妨碍进化吗?
- e 12-2 气候异常
- e 12-3 气候峰会术语大集合
- e 12-4 忧与喜

序

进化生物学的理论基础是生物进化论。达尔文《物种起源》的问世，标志着科学进化论的诞生。达尔文的进化论被恩格斯誉为 19 世纪三大自然科学发现之一，为马克思主义的辩证唯物论提供了自然科学方面的依据。生物进化论的研究涉及生物学的各个学科领域，是众多研究成果的概括和总结。所以，进化论是高度综合的、哲理性很强的学问。

进化论的发展大体经历了两个阶段：第一阶段是进化论作为创世说（特创论）的对立面而产生，并最终战胜和替代后者的过程；第二阶段是进化论本身的深入和发展过程。面对生物界的多样性和复杂性，只能在进化论的基础上得到统一的科学的解释，也只能通过进化生物学的研究而明确其内在的原因和机制。正像进化论学者迈尔（E. Mayr）指出的一样，“进化论是生物学最大的统一理论”。也正如杜布赞斯基（T. Dobzhansky）所说的，“没有进化论的指导，生物学就不能称之为科学”。随着生命科学的发展，特别是遗传学和分子生物学的发展，进化论的研究逐渐由推论走向验证，由定性走向定量。进化生物学是研究生物进化的科学，不仅研究进化的过程，更重要的是研究进化的原因、速率和方向，也就是说进化生物学是回答“为什么”的科学，是追究事物或过程的因果关系的科学。进化生物学发展到今天已从宏观进化研究进入微观进化研究，从表型进化描述进入遗传系统的进化分析。特别是随着新的实验技术和分析方法的应用，进化生物学正在随着生命科学整体迈入基因组乃至后基因组时代，相关学科在更高水平上的结合将开拓出新的研究领域。进化生物学教学在高校学科教育中占有重要位置，它不仅渗透到生物学的各个分支学科，而且关系到社会经济的可持续发展，对当代大学生科学世界观的形成也有着十分重要的作用。

本书吸收了近年来古生物学、分子古生物学、分子人类学、基因组学和人类起源等诸多方面研究的新成果，以自然界生命的起源和发展为主线，在介绍生命的产生和发展的同时，将现代综合进化论与现代分子生物学的研究成果融为一体，从生物与环境、微观与宏观、表型进化与遗传系统进化的辩证统一关系出发，阐明生物界进化发展的规律，以及如何运用这些规律更好地服务于人类社会。本书在知识的介绍上由浅入深、由表及里，涉及内容难易适中，符合学

II ◆ 序

生的认知水平。配套数字课程中每章均有自测、教学课件和丰富的拓展阅读资源，可以充分激发学生的学习兴趣，拓展学生的认知范围。全书知识体系具有很好的系统性、可读性，是一部很值得推荐的进化生物学教材。相信本书的出版，将有力地推动进化生物学的教学，并有助于促进进化生物学研究的发展。

中国科学院院士 张亚平



2018年7月10日

前 言

本书第3版作为全国高等学校“十二五”生命科学规划教材，自2013年1月出版发行以来，截至2016年10月初，在短短的三年半时间里先后发行总计21 000册。据不完全统计，国内以本书作为教材的学校多达30余所，不仅包括师范院校、综合性大学、农林院校、医学院校，还有部分工科院校和应用型本科院校。在教学实践中受到广大师生的欢迎，在此表示诚挚的感谢。

近年来随着分子生物学的发展，特别是分子人类学、古生物学、分子古生物学、基因组学和环境生物学等研究的深入，使进化生物学的内容得到不断的更新与充实。因此，我们对《进化生物学》第3版进行了较大幅度的修订和补充，以提高教材的教学适用性。在内容的选择上注意突出我国科学工作者的创新成果，诸如舒德干院士及其团队关于寒武纪生命大爆发——澄江动物群、李靖炎等人关于细胞核起源，徐星等人关于鸟类起源，沈冠军等人关于 $^{26}\text{Al}/^{10}\text{Be}$ 埋藏测年法的研究成果等，还有中国科学院天文台首席科学家、总工程师南仁东等负责建造的位于中国贵州省的“中国天眼”，其直径500 m，相当于30个足球场的球面射电望远镜，将用于银河系智慧生命的搜索和宇宙起源的探索。本书第4版内容力求跟上时代科技发展水平，例如像“地球生态超载日”“人类世呼唤回归自然”“进化生物学助力地球生命的可持续发展”“反向物种形成”“抗恶劣气候基因的应用”“减少温室气体排放新品种水稻的育成”“最小基因组的合成”“三亲育子”等鲜为人知的内容都体现在本书的相关章节，使教材具备了应有的先进性，对激发读者的创新思维将起到不可或缺的作用。

本书第4版仍分为12章。在内容的编排上仍依托起源和发展两条主线，坚持由浅入深，由表及里，结合学生的认知水平，层层展开。全书图文并茂、行文流畅、系统性强、可读性好。书中对原有知识窗进行了丰富，同时为扩大学生知识面和提高自学兴趣，每章配备的数字课程都新增了相关拓展阅读的数字学习资源。本次修订在主编收集大量科技前沿资料、拟定修订纲目的前提下分工负责。各章编写人员如下：第1章“进化生物学的由来及现状”由河北师范大学沈银柱和秘彩莉执笔；第2章“生命及其在地球上的起源”由河北师范大学朱正歌和沈银柱编写；第3章“细胞的起源与进化”和第7章“物种与物种的形成”由广州大学王正询和河南农业大学康国章修订；第4章“生物发展史”、第5章“生物表型的进化”分别由河北师范大学齐志广和陕西师范大学李晓晨负责修订和补充；第9章“生物遗传系统的进化”由中山大学张尚宏修订；第6章“生物的微观进化”、第8章“生物的宏观进化”、第10章“分子进化和分子系统学”、第11章“人类起源与进化”及第12章“生态系统的进化”分别由河北师范大学赵宝存、周春江和葛荣朝、黄占景、葛荣朝和秘彩莉、刘敬泽编写。最后由河北师范大学沈银柱、黄占景和葛荣朝负责统稿，并依据最新的研究成果对有关章节再次进行了补充和修

改。本书数字课程资源由秘彩莉、齐志广、沈银柱负责。特别是中山大学张尚宏为本书修订查阅了大量的外文参考资料；河北师范大学物理科学与信息工程学院的杨大卫对宇宙起源的大爆炸理论作了详尽的解析；河北师范大学生命科学学院的赵宝华、裴艳涛为我们提供了最小基因组的参考资料。在此，对上述各位老师的关心和奉献表示深切的谢意。同时对各编委通力合作按时完成书稿的撰写任务表示感谢。初稿完成后，由河北师范大学葛荣朝和齐志广对全书版式及图题、图注又进行了统一修订，并对个别插图进行了更换。

新版教材内容富有先进性、实践性和哲理性，在阐述生命自然界产生和发展的同时，将现代综合进化论和现代分子生物学的研究成果融为一体，从生物与环境、微观与宏观、表型进化与遗传系统进化的辩证统一关系出发，阐明生物界进化发展的规律，以及如何运用这些规律更好地服务于人类社会。

在本书即将出版之际，我们仍要首先感谢张亚平院士对本书的关爱，在百忙中为本书作序。同时对高等教育出版社王莉、李光跃、孟丽、靳然等各位老师对第4版编写过程中给予的关心和指导一并表示诚挚的谢意！

尽管我们反复校阅，但仍然不免有疏漏和不当之处，敬请读者批评指正。

沈银柱 黄占景 葛荣朝

2019年3月

目 录

1 进化生物学的由来及现状

- 1.1 进化、生物进化与进化生物学 /2
 - 1.1.1 广义进化 /2
 - 1.1.2 生物进化 /3
 - 1.1.3 生物进化论与进化生物学 /3
- 1.2 从进化论到进化生物学 /4
 - 1.2.1 进化思想的产生 /4
 - 1.2.2 进化论的形成 /4
 - 1.2.3 进化论的发展 /12
 - 1.2.4 进化论在我国的传播 /15
 - 1.2.5 进化生物学的诞生 /16
- 1.3 进化生物学的研究现状和发展的新方向 /16
 - 1.3.1 古生物学和分子古生物学研究的新成果 /16
 - 1.3.2 基因组学与比较基因组学的新成就 /17
 - 1.3.3 分子进化工程 /18
 - 1.3.4 表观遗传状态的研究将占有重要位置 /18
- 1.4 学习和研究进化生物学的意义和方法 /19
 - 1.4.1 学习和研究进化生物学的意义 /19
 - 1.4.2 学习和研究进化生物学的基本方法 /20
- 习题 /21
- 思考题 /21
- 推荐阅读 /21

2 生命及其在地球上的起源

- 2.1 生命的本质 /24
 - 2.1.1 生命的物质基础 /24
 - 2.1.2 生命活动的基本特征 /26
 - 2.1.3 生命和熵 /29
- 2.2 生命在地球上的起源 /30
 - 2.2.1 人类对生命起源的几种认识 /30
 - 2.2.2 生命起源的条件 /32
 - 2.2.3 生命起源的过程——生命起源的化学演化学说 /36
- 2.3 遗传密码的起源与进化 /47
 - 2.3.1 最早的遗传密码 /47
 - 2.3.2 遗传密码的进化方向 /47
 - 2.3.3 遗传密码的进化过程 /47
- 2.4 有关生命起源问题的探讨 /50
 - 2.4.1 陨击作用与生命起源 /50
 - 2.4.2 其他天体上是否有生命 /50
- 习题 /52
- 思考题 /52
- 推荐阅读 /53

3 细胞的起源与进化

- 3.1 原始细胞的起源 /56
 - 3.1.1 超循环组织模式 /56
 - 3.1.2 阶梯式过渡模式 /56
 - 3.2 细胞的进化 /58
 - 3.2.1 原核细胞的出现 /58
 - 3.2.2 古菌的发现和早期生物三分支进化观点的形成 /59
 - 3.2.3 真核细胞的祖先可能是古菌 /60
 - 3.2.4 真核细胞的起源途径 /61
 - 3.3 真核细胞起源的意义 /64
 - 3.3.1 为生物性分化和有性生殖打下基础 /64
 - 3.3.2 推动生物向多细胞化方向发展 /65
 - 3.3.3 促成了三极生态系统的建立 /65
 - 3.4 关于病毒起源问题的讨论 /65
 - 3.4.1 病毒起源的退化学说 /65
 - 3.4.2 病毒起源于胞内核酸成分的学说 /66
 - 3.4.3 裸基因说 /66
 - 3.5 生物进化的又一重大事件——多细胞化 /66
 - 3.5.1 生物多细胞化的最新化石证据 /66
 - 3.5.2 多细胞生物起源的模式 /67
- 习题 /67
 思考题 /67
 推荐阅读 /68

4 生物发展史

- 4.1 化石和地质年代的划分 /70
 - 4.1.1 化石 /70
 - 4.1.2 地质年代 /74
 - 4.2 生物界系统发展概况 /78
 - 4.2.1 生物界的系统发展 /78
 - 4.2.2 生物界系统发展的规律 /88
 - 4.3 几种生物的进化史 /89
 - 4.3.1 象的进化史 /89
 - 4.3.2 马的进化史 /90
 - 4.4 近代关于生物进化动力的研究 /91
 - 4.4.1 表型可塑性 /91
 - 4.4.2 自我组织 /91
 - 4.4.3 环境和基因的影响 /92
 - 4.5 生物的分界 /92
 - 4.5.1 两界说 /92
 - 4.5.2 三界说 /92
 - 4.5.3 四界说 /93
 - 4.5.4 五界说 /93
- 习题 /95
 思考题 /95
 推荐阅读 /95

5 生物表型的进化

- 5.1 形态结构的进化 /98
 - 5.1.1 新构造的起源及其在进化中的意义 /98
 - 5.1.2 形态结构进化的两个方向：复杂化和简化 /98
 - 5.1.3 形态结构进化的总趋势：复杂性的提高和多样性的增长 /98
- 5.2 生理功能的进化 /99
 - 5.2.1 新功能的起源及其在进化中的意义 /99
 - 5.2.2 新功能起源的基本方式 /99
 - 5.2.3 功能进化的实例 /100
 - 5.2.4 结构和功能进化的统一性 /102
- 5.3 行为的进化 /102
 - 5.3.1 行为进化的基本环节及动物行为准则 /102
 - 5.3.2 通信行为的进化 /105

- 5.3.3 争斗行为的进化 /107
- 5.3.4 利他行为的进化 /110
- 5.3.5 性行为的进化 /113
- 5.3.6 行为与基因 /115

- 5.3.7 行为进化的研究方法 /116
- 习题 /117
- 思考题 /117
- 推荐阅读 /118

6 生物的微观进化

- 6.1 微观进化的概念 /120
- 6.2 生物微观进化的单位 /120
- 6.3 种群的遗传结构 /120
 - 6.3.1 种群遗传基础的杂合性 /120
 - 6.3.2 基因频率和基因型频率 /121
 - 6.3.3 群体遗传平衡——Hardy-Weinberg 定律 /122
- 6.4 种群变异 /127
 - 6.4.1 形态水平变异 /127
 - 6.4.2 细胞水平变异 /127
 - 6.4.3 生物化学水平变异 /128
 - 6.4.4 DNA 水平变异 /129
 - 6.4.5 遗传变异的量度 /129
- 6.5 种群基因库变异的因素 /130
 - 6.5.1 突变对基因频率的影响 /131
 - 6.5.2 在选择作用下基因频率的变化 /131
 - 6.5.3 迁移(基因流动)对基因频率的影响 /136

- 6.5.4 遗传漂变对基因频率的影响 /137
- 6.6 自然选择 /139
 - 6.6.1 自然选择的概念 /139
 - 6.6.2 自然选择的类型 /140
 - 6.6.3 自然选择的意义 /143
- 6.7 适应 /145
 - 6.7.1 适应的概念 /145
 - 6.7.2 适应形成的条件及过程 /145
 - 6.7.3 适应的遗传学基础 /146
 - 6.7.4 自然选择下的适应进化 /147
 - 6.7.5 适应的普遍性 /150
 - 6.7.6 适应的相对性 /151
 - 6.7.7 适应在进化中的作用 /152
- 6.8 微观进化在生物进化中的意义 /153
 - 习题 /153
 - 思考题 /154
 - 推荐阅读 /154

7 物种与物种的形成

- 7.1 物种 /156
 - 7.1.1 物种的概念 /156
 - 7.1.2 物种的标准 /158
 - 7.1.3 物种的结构 /160
- 7.2 物种的形成 /161
 - 7.2.1 物种形成的三个主要环节 /161
 - 7.2.2 隔离的机制 /162
 - 7.2.3 物种形成的方式 /166
- 7.3 人工控制下的物种形成与改良 /172
 - 7.3.1 远缘杂交 /172
 - 7.3.2 体细胞杂交 /172
 - 7.3.3 染色体工程——再造小麦 /173

- 7.3.4 遗传工程——超级水稻 /173
- 7.4 物种形成在生物进化中的意义 /173
 - 7.4.1 物种形成使生物界具备了多样性 /173
 - 7.4.2 物种间的生殖隔离保证了生物类型的稳定性 /174
 - 7.4.3 物种是生物进化的基本单位 /174
 - 7.4.4 物种是生态系统中的功能单位 /174
- 7.5 物种的新发现和濒危物种的保护 /174
 - 7.5.1 物种的新发现 /174
 - 7.5.2 濒危物种的保护 /175
- 习题 /176

思考题 /176

推荐阅读 /176

8 生物的宏观进化

8.1 宏观进化的概念 /180

8.1.1 复化式进化 /180

8.1.2 特化式进化 /180

8.1.3 简化式进化 /182

8.2 宏观进化的型式 /184

8.2.1 物种进化的描述 /184

8.2.2 渐变型式 /184

8.2.3 间断平衡型式 /185

8.2.4 渐变与间断并存 /187

8.3 进化趋势 /188

8.3.1 进化趋势的概念 /188

8.3.2 表型趋异与谱系趋异 /188

8.3.3 从系统树看进化趋势 /189

8.3.4 产生进化趋势的原因 /189

8.4 生物进化的速率 /190

8.4.1 镶嵌进化 /190

8.4.2 进化速率的不平衡性 /190

8.4.3 影响生物进化速率的因素 /191

8.5 灭绝 /192

8.5.1 灭绝的概念 /192

8.5.2 常规灭绝 /192

8.5.3 集群灭绝 /193

8.5.4 灭绝动物的复活 /195

8.5.5 人类世与第六次物种大灭绝 /195

8.5.6 灭绝的生物学意义 /196

8.6 关于宏观进化与微观进化问题的讨论 /196

8.6.1 微观进化能否解释宏观进化 /196

8.6.2 是否存在宏观进化的特殊机制——
大突变 /1978.6.3 个体发育能否反映系统发展——重演律
是否正确 /198

习题 /198

思考题 /198

推荐阅读 /199

9 生物遗传系统的进化

9.1 染色体的进化 /202

9.1.1 染色体数目的进化 /202

9.1.2 染色体结构的进化 /202

9.1.3 染色体功能的进化 /203

9.2 基因与基因组的进化 /204

9.2.1 基因的进化 /204

9.2.2 基因组的进化 /208

9.2.3 进化基因组学 /218

9.2.4 宏基因组学 /220

9.3 蛋白质和蛋白质组的进化 /220

9.3.1 蛋白质的进化 /221

9.3.2 蛋白质组的进化 /222

9.4 表观遗传与进化 /224

9.4.1 表观遗传 /224

9.4.2 表观遗传与进化 /225

习题 /226

思考题 /226

推荐阅读 /226

10 分子进化和分子系统学

10.1 分子进化的概念 /230

10.2 分子进化的特点 /230

10.2.1 分子进化速率的恒定性 /230

10.2.2 分子进化的保守性 /233

10.3 分子进化的中性突变理论 /236

10.3.1 随机漂变对等位基因的作用 /237

- 10.3.2 替换率与突变率的关系 /237
- 10.3.3 影响突变类型的因素 /238
- 10.3.4 有关中性突变进化学说的讨论 /238
- 10.4 分子系统树和分子系统学 /240
 - 10.4.1 分子系统树的构建方法 /240
 - 10.4.2 分子系统学的研究进展 /241
- 10.5 古分子系统学 /243
 - 10.5.1 古蛋白质分子的研究 /243
 - 10.5.2 古 DNA 的研究 /243
 - 10.5.3 古分子系统学的研究进展 /244
- 10.6 分子钟 /245
 - 10.6.1 分子钟的概念 /245
 - 10.6.2 分子钟的建立程序 /245
- 习题 /246
- 思考题 /246
- 推荐阅读 /246

11 人类起源与进化

- 11.1 人类的起源 /248
 - 11.1.1 对人类起源认识的发展过程 /248
 - 11.1.2 人类在自然界中的位置和人类的双重属性 /248
 - 11.1.3 人类起源于动物界的证据 /251
 - 11.1.4 从猿到人体质形态和行为特征的主要变化 /253
 - 11.1.5 关于人类起源问题的一些争论 /257
 - 11.1.6 人类起源发展的几个阶段 /260
- 11.2 现代人的进化 /267
 - 11.2.1 现代人的产生与分化 /267
 - 11.2.2 人类未来的进化 /273
- 习题 /281
- 思考题 /282
- 推荐阅读 /282

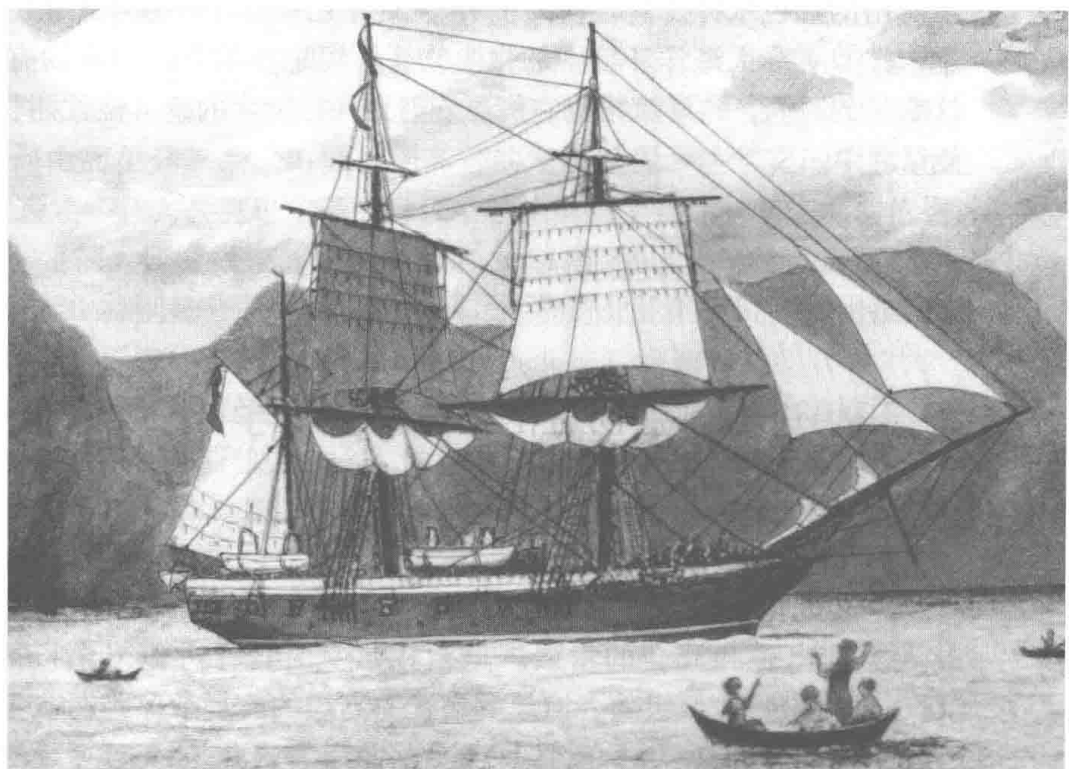
12 生态系统的进化

- 12.1 生物圈 /284
- 12.2 生态系统的组成 /284
 - 12.2.1 生态系统的成分 /284
 - 12.2.2 生态系统的组织化水平 /286
- 12.3 生态系统中的物种进化 /287
 - 12.3.1 物种在生态系统中的地位和作用 /287
 - 12.3.2 竞争、协同进化与共存 /288
- 12.4 生态系统在时间尺度上的变化 /290
 - 12.4.1 生态系统在短时间尺度上的变化——小周期 /290
 - 12.4.2 生态系统在中等时间尺度上的变化——生态演替 /291
 - 12.4.3 生态系统在长时间尺度上的变化——生态系统的进化 /292
- 12.5 生态系统的进化与人类 /295
 - 12.5.1 生态系统的进化趋势 /295
 - 12.5.2 生态安全及气候异常对人类的影响 /295
 - 12.5.3 人类对生态系统的影响 /297
 - 12.5.4 人类世呼唤回归“自然” /301
- 习题 /303
- 思考题 /303
- 推荐阅读 /303
- 汉英名词索引 /305

进化生物学的由来及现状

当你面对五彩缤纷、生机盎然的生物界时，你会发现生物的种类极其繁多，它们的形体大小不一，形态构造也各具特色，有的繁殖速率也十分惊人。

人们不禁要问，生物界为什么具有如此惊人的复杂性和多样性？这些生物是怎样进化而来的，它们为什么都能适应一定环境，都具有生长、发育、繁殖和死亡等生命现象？究竟什么是生命，地球上的生命又是怎样起源的？生物进化的机制是什么，基因和基因组的进化又是怎样的？具体到人类自身的问题，如：我们是从哪里来的，我们是谁，我们到哪里去，等等。诸如此类，都有待我们在进化生物学中加以研究。



达尔文乘坐“贝格尔”号
环球航行（Bryson, 2007）

进化论是生命科学的核心理论。世界上第一位系统阐明生物进化思想的是法国著名生物学家拉马克 (J. B. Lamarck, 1744—1829)。到了 19 世纪中叶, 达尔文 (C. R. Darwin, 1809—1882) 的《物种起源》为其奠定了科学基础。随着科学的发展, 20 世纪 30 年代出现了现代综合进化论, 使达尔文学说得到了继承和发展。特别是 20 世纪 50 年代以后, 随着遗传学、分子生物学及生物学各分支学科的发展, 进化论的研究已经逐步由推论走向验证, 由定性走向定量, 学科的名称已不再是“生物进化论”, 而改称为“进化生物学”。

有研究报道, 若基于对“生命系谱”上各种分支间关系的研究对全球物种的数量进行推断, 目前自然界共存在约 870 万个物种, 已被确定的物种约有 120 万个, 而大部分并未被归类, 如果把它们逐一记录将需要 1 000 多年的时间, 甚至有的物种将在此之前灭绝 (Titensso 和 Adler, 2011)。动物界体型最大的属蓝鲸, 其体长可达 34.6 m, 重约 170 t, 相当于 30 只大象。植物界中的“巨人”要属美国加利福尼亚州的巨杉, 其高约 150 m, 茎粗 11 m; 我国山东莒县浮来山有一株银杏, 树高 24.7 m, 胸径 12.7 m, 树冠遮阴在 600 m² 以上, 当地人都说它已有 3 000 多年寿命, 是商代所植。而生物中最小的个体莫过于类病毒, 它没有蛋白质外壳, 是一种裸露的单链环状 RNA 分子, 仅含有 246~375 个核苷酸。谈到寿命, 一些植物和动物似乎无视衰老过程。例如, 落基山狐尾松树龄已达 4 000 多年, 仍然能开花结果。正像南安普顿大学生物学家 P. Doncaster 所说: “分析表明, 定栖有机体——包括有些种类的树木——特别有可能无限期推迟衰老过程”, 说明它们的生命周期可能会十分漫长 (Doncaster, 2008)。然而, 生物界微生物的生命周期却十分短暂, 但其繁殖速率却异常惊人, 如大肠杆菌在适宜的条件下, 约 20 min 即可繁殖一代, 1 h 可分裂 3 次, 经过 24 h 可由最初的 1 个细菌变成 4 722 366 500 万亿个, 质量高达 4 722 t, 经过 48 h 就可以产生 2.2×10^{43} 个后代, 其质量约相当于 4 000 个地球 (裘娟萍等, 2005)。但常常因环境条件的限制, 其指数分裂速率仅能维持数小时, 在液体培养基中细菌的含量一般只能达到 $10^8 \sim 10^9$ 个 /mL。微生物的营养方式也相当复杂, 特别是细菌有光能自养型、光能异养型、化能自养型和化能异养型。其中最令人称奇的是, 科学家通过分析南极泰勒冰川偶尔流出的红色水样 (富含铁离子), 发现了已生存 150 万年之久的微生物, 基因检测发现这些微生物类似于今天海洋环境中的微生物, 不可思议的是它们在没有光和氧的环境中为什么能存活这么长的时间, 科学家推测它们可能通过一种偶联的铁-硫代谢将水中的硫酸盐还原, 从而获得能量。



1-1 与世隔绝的微生物

1.1 进化、生物进化与进化生物学

1.1.1 广义进化

广义进化是指事物的变化发展。它包含了宇宙的演化 (即天体的消长)、生物的进化, 以及人类的出现和社会的发展。早在达尔文时代, 进化 (evolution) 一词已被赋予“进化的含义”, 即指事物由低级的、简单的形式向高级的、复杂形式的转变过程。但达尔文接受了莱伊尔 (C. Lyell, 1797—1875) 的观点, 认为生物的进化不一定是“进步”。达尔文用“有变化的