

高等学校教材

普通动物学

赛道建 主编



化学工业出版社
现代生物技术与医药科技出版中心

高等学校教材

普通动物学

赛道建 主编



化学工业出版社
现代生物技术与医药科技出版中心

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

普通动物学/赛道建主编. —北京: 化学工业出版社,
2006. 4

ISBN 7-5025-8592-3

I. 普… II. 赛… III. 动物学 IV. Q95

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 040787 号

高等学校教材

普通动物学

赛道建 主编

责任编辑: 李 丽

责任校对: 于志岩

封面设计: 胡艳玮

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
现代生物技术与医药科技出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 15 $\frac{3}{4}$ 字数 397 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8592-3

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

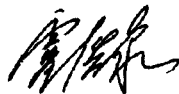
动物学是生命科学的重要基础课程，不仅与其他生命科学的分支学科密切联系，而且也与其他自然科学相互渗透，相互促进，推动着许多应用性学科的迅速发展；本课程也是提高生命科学大学生科学素质必修的综合性课程。

由赛道建教授主编的这本动物学教材，是山东省动物学精品课程建设的重要组成部分。本书是按照教育部制定的教学大纲的要求编写的，具备了以下这些特点：突出以大学生为主体，以培养创新性研究能力为目标；教学内容体系的改进体现了本课程的基础性、先进性和前沿性，也适应了现代网络教学的需要；本书兼顾传统的普通动物学系统，又首先将动物体的结构功能和生物信息通道及其与环境的协同演化引入教材，系统地介绍生命的分子进化、细胞基本特征和动物的繁殖发育、结构功能的比较演化与功能调控，以及动物的自然环境、人文环境等知识；知识模块以动物演化为主线，按正向、逆向思维构建教材的立体模块内容体系；系统介绍动物学基本理论、学科发展前沿成果与研究动态，有助于网络教学的开展，也便于学生自主学习，及时了解最新科研动态，将阅读与探索结合起来，学会从知识的海洋中获取有用知识，根据教材提供的立体框架，分析、整理、探讨知识的内在联系，通过联系对比，剖析概念及其内涵，培养学生的科学思维方式和正确的学习态度；教材精炼了经典理论，吸收了最新科研成果，反映了本学科发展的最新学术水平；注意到各部分内容及其与后续课程的衔接，增强了教材的可读性、知识的可查性和内容体系的可重组性，便于学生查找、比较分析相关内容，总结、掌握规律和知识要点；同时，教材拓宽了范围和注重知识的深度，不仅可使学生掌握动物体的基本结构、功能以及生命演化的基本规律，而且能从中找出规律、悟出道理，激发学习、探索生物界奥秘的兴趣，培养提高独立提出问题和解决问题的能力，培养研究型学习能力，启迪大学生的创新意识；也便于各院校根据实际情况选择、以不同方式组合讲授内容。

本书内容精练，图文并茂，是一本各类本科院校生命专业及相关专业的理想教材，也是相关科研人员和生产技术人员必备的参考书。作为一个从事 40 多年高校动物学教学的工作者，我赞赏本书在内容体系上的改革与创新，有助于教学方法的改进，祝贺本书的顺利出版，同时也希望每隔几年能修订一次，以适应科学技术的高速发展和现代教育技术与网络教学的需要，促进动物学教学工作的深入发展。

中国生态学会动物生态专业委员会委员

山东动物学会名誉理事长



2006 年 5 月 10 日

前 言

生物学是 21 世纪最有发展前景的学科之一，作为自然科学领域的带头学科，有极大的发展空间，同时，人类面临的人口、粮食、资源、环境和健康等问题的解决都有赖于生物学科的发展与进步。动物学课程是生命科学的重要基础课，是提高学生科学素质所必需的综合性和交叉性学科，动物学与其他学科密切联系，相互渗透而又相互促进，推动了相关学科的迅速发展；人类生活改善和可持续的动物资源保护开发都需要及时了解最新动物学知识。

按照教育部教学大纲的要求，为提高学生的学习素质和能力，适应现代网络教学的需要，本书系统而严谨地介绍了动物学基础知识、现代动物学前沿理论及其在实验和现代技术中的应用，突出以大学生为主体、以培养创新型学习能力为目标，改进教学内容体系和教学方法。在内容体系上建立知识模块，兼顾传统的动物学系统，按正向、逆向思维构建立体教材内容体系，有助于网络教学的开展和学生自主学习，学会从知识的海洋中获取有用的特别是有效知识，将阅读与探索结合起来，根据知识的立体框架，分析、整理、探讨知识的内在联系，通过联系、对比、剖析易混概念及其不同内涵，培养科学思维方式和学习态度。同时，课程提供较大范围、一定深度的动物学知识作为科学素质教育的基础，为继续学习奠定扎实的基础，使学生掌握动物体的基本结构、功能以及生命演化的基本规律，从中找出规律、悟出道理，激发学习、探索生物界奥妙的兴趣，培养独立解决问题的能力，启迪创新意识和能力。

全书按系统演化从分子、细胞、胚层、器官系统到机体的顺序编写，各章节以高等动物的结构功能为主导，介绍动物体的形态结构、功能和发育的基本特征；精炼经典理论，吸收最新成果，反映本学科发展的最新学术水平；同时注意各部分内容及其与后续课程的承前启后关系，合理安排各章节内容结构，增强教材的可读性、知识的可查性和内容体系的可重组性，因此，在相关内容的页边空白处标出参考章节的序号，以便检索互查。如 5.2.3；5.2.4 表示该页内容可进一步查看第 5 章第 2 节的第 3 条目和第 4 条目；5.2.4~5.2.8 表示可参看第 5 章第 2 节第 4 条目到第 8 条目。每章章首有框架性提要，章末设复习思考题。全书正向、逆向和立体的内容体系方便查找，便于比较分析相关内容，总结、掌握规律和知识要点，培养大学生的研究型学习能力。本书与主编的《动物学野外实习教程》构成配套教材，不同院校可根据实际情况，自由选择、组合讲授内容。

本书作为省级、校级动物学精品课程建设项目的的重要组成部分，得到了各级主管部门的大力支持，特致谢意。

由于编者水平所限，不足之处敬请广大读者指正！

编者

2006 年 6 月 7 日

目 录

第 1 章 绪论	1	3.3.3 原肠形成	22
1.1 生命活动的主要物质	1	3.3.4 中胚层与体腔的形成	23
1.1.1 无机物	1	3.3.5 胚层分化与组织、器官、系统	25
1.1.2 有机物	1	3.3.6 环境因素影响胚胎发育	28
1.2 生命起源与进化	3	3.4 动物的胚后发育	30
1.2.1 化学进化与生命起源	3	3.4.1 胚后发育类型	30
1.2.2 细胞形成与生命的特征	3	3.4.2 性成熟与体成熟	34
1.2.3 生物进化	4	3.4.3 衰老	35
1.2.4 生物分界	4	3.4.4 环境因素影响胚后发育	35
1.3 动物学与学科发展	5	复习思考题	36
1.3.1 学习动物学的意义	5	第 4 章 动物多样性	37
1.3.2 动物学的发展史	5	4.1 分类学基本知识	37
1.3.3 动物学研究的方法与发展	6	4.1.1 物种形成与物种屏障	37
1.3.4 动物学的相关学科	7	4.1.2 分类依据与物种命名	39
复习思考题	7	4.1.3 分类系统	39
第 2 章 动物的细胞环境	8	4.2 单细胞原生动物 (Protozoa)	41
2.1 细胞	8	4.2.1 鞭毛纲 (Mastigophora)	41
2.1.1 细胞的一般特征	8	4.2.2 肉足纲 (Sarcodina)	42
2.1.2 动物细胞的主要结构与功能	8	4.2.3 孢子纲 (Sporozoa)	42
2.1.3 细胞周期 (cell cycle)	9	4.2.4 纤毛纲 (Ciliata)	43
2.2 细胞环境	10	4.3 两胚层多细胞动物	43
2.2.1 自然水环境	10	4.3.1 海绵动物门 (Spongia)	43
2.2.2 体液内环境	10	4.3.2 腔肠动物门 (Coelenterata)	43
2.3 原生动物与细胞结构、功能比较	11	4.3.3 栉水母动物门 (Ctenophora)	45
复习思考题	11	4.4 三胚层、两侧对称、无体腔动物	46
第 3 章 动物的发育与环境	12	4.4.1 扁形动物门 (Platyhelminthes)	46
3.1 胚前发育	12	4.4.2 顎胃动物门 (Gnathostomulida)	47
3.1.1 生殖细胞的一般发生过程	12	4.4.3 纽形动物门 (Nemertinea)	47
3.1.2 精子的发生和形态结构	13	4.5 三胚层、两侧对称、假体腔动物	47
3.1.3 卵子发生和形态结构	15	(Protocoelomata)	47
3.1.4 环境因素对性细胞发育的影响	17	4.5.1 线虫动物门 (Nematoda)	47
3.2 受精	17	4.5.2 轮虫动物门 (Rotifera)	48
3.2.1 卵子排放与性周期	17	4.5.3 腹毛动物门 (Gastrotricha)	49
3.2.2 受精的基本过程	18	4.5.4 线形动物门 (Nematomorpha)	49
3.2.3 受精发育的基本类型	19	4.5.5 棘头动物门 (Acanthocephala)	49
3.2.4 精卵结合的条件	19	4.5.6 动吻动物门 (Kinorhyncha)	49
3.3 动物的胚胎发育与组织分化	20	4.5.7 内肛动物门 (Entoprocta)	49
3.3.1 卵裂 (cleavage)	20	4.6 真体腔不分节软体动物门	49
3.3.2 囊胚形成 (blastulation)	21	(Mollusca)	49
		4.6.1 瓣鳃纲 (Lamellibranchia, 或称	

双壳纲, Bivalvia)	50	4.16 哺乳纲 (Mammalia)	69
4.6.2 腹足纲 (Gastropoda, 如螺类) ...	50	4.16.1 主要特征	69
4.6.3 头足纲 (Cephalopoda)	51	4.16.2 分类	70
4.6.4 多板纲 (Polyplacophora)	51	复习思考题	70
4.6.5 单板纲 (Monoplacophora)	51	第5章 保护、支持与运动系统	72
4.6.6 无板纲 (Aplacophora)	51	5.1 皮肤系统	72
4.6.7 掘足纲 (Scaphopoda)	51	5.1.1 皮肤的基本结构	73
4.7 真体腔同律分节环节动物门		5.1.2 其他结构	74
(Annelida)	51	5.1.3 体表结构和皮肤演化	79
4.7.1 寡毛纲 (Oligochaeta)	52	5.2 骨骼系统	81
4.7.2 多毛纲 (Polychaeta)	53	5.2.1 细胞骨架 (cytoskeleton)	81
4.7.3 蛭纲 (Hirudinea)	53	5.2.2 流体静力骨骼 (hydrostatic skeleton)	82
4.8 异律分节真体腔节肢动物门		5.2.3 外骨骼 (exoskeleton)	82
(Arthropoda)	54	5.2.4 内骨骼 (endoskeleton)	83
4.8.1 甲壳纲 (Crustacea)	55	5.2.5 脊椎动物的头骨	85
4.8.2 蛛形纲 (Arachnoida)	56	5.2.6 脊柱 (vertebrate column)	88
4.8.3 昆虫纲 (Insecta)	57	5.2.7 附肢与附肢骨骼	90
4.8.4 肢口纲 (Merostomata)	58	5.2.8 骨骼系统的演化	92
4.8.5 多足纲 (Myriapoda)	58	5.3 肌肉系统	93
4.8.6 原气管纲 (Prototracheata)	58	5.3.1 肌肉的基本结构	93
4.9 真体腔后口无脊椎动物	59	5.3.2 动物肌肉系统的演化	94
4.9.1 棘皮动物门 (Echinodermata) ...	59	5.4 动物的运动	96
4.9.2 毛颚动物门 (Chaetognatha)	60	5.4.1 细胞运动	96
4.9.3 半索动物门 (Hemichordata) ...	60	5.4.2 肌肉-流体静力骨骼运动	98
4.10 真体腔后口脊索动物门		5.4.3 肌肉-骨骼运动	98
(Chordata)	60	复习思考题	98
4.10.1 尾索动物亚门 (Urochordata) ...	61	第6章 动物的营养代谢	99
4.10.2 头索动物亚门		6.1 消化系统	100
(Cephalochordata)	61	6.1.1 消化营养方式	100
4.10.3 脊椎动物亚门 (Vertebrata) ...	62	6.1.2 消化道的基本结构	101
4.11 圆口纲 (Cyclostomata)	62	6.1.3 消化道的附属结构	104
4.11.1 主要特征	62	6.1.4 消化腺 (digestive gland)	107
4.11.2 分类	63	6.1.5 消化系统的演化	109
4.12 鱼类 (Pisces)	63	6.2 呼吸系统	111
4.12.1 软骨鱼纲 (Chondrichthyes) ...	63	6.2.1 呼吸器官应具备的条件	111
4.12.2 硬骨鱼纲 (Osteichthyes)	64	6.2.2 呼吸系统的基本结构	111
4.13 两栖纲 (Amphibia)	66	6.2.3 呼吸器官的通气	114
4.13.1 主要特征	66	6.2.4 气体交换	117
4.13.2 分类	67	6.2.5 呼吸系统的演化	118
4.14 爬行纲 (Reptilia)	67	6.3 循环系统	120
4.14.1 主要特征	67	6.3.1 循环系统的组成及作用	120
4.14.2 分类	68	6.3.2 心脏 (heart)	121
4.15 鸟纲 (Aves)	68	6.3.3 动脉系统 (artery)	124
4.15.1 主要特征	68	6.3.4 静脉系统 (vein)	126
4.15.2 分类	68		

6.3.5 体腔液、血液和淋巴液	128	metagenesis)	179
6.3.6 循环系统的演化	131	8.3 动物的繁殖行为与驯化	180
6.3.7 血液循环与体腔的关系	133	8.3.1 求偶交配行为	180
6.3.8 血液循环与呼吸的关系	134	8.3.2 育幼行为	181
6.4 排泄系统	135	复习思考题	182
6.4.1 排泄系统的基本结构	135	第9章 动物与环境	183
6.4.2 排泄器官	135	9.1 动物生存的水陆环境	183
6.4.3 脊椎动物的肾脏	137	9.1.1 水陆环境的差异	183
6.4.4 输尿管与膀胱	139	9.1.2 水生进化到陆生需要解决的主要 问题	183
6.4.5 肾外排泄 (extra renal salt excretion)	140	9.2 动物与水环境	185
6.4.6 含氮废物的排泄	140	9.2.1 水生动物渗透压调节的适应	185
6.4.7 排泄系统的演化与适应	141	9.2.2 动物对水环境的适应	186
复习思考题	142	9.2.3 水生动物分布	187
第7章 生命活动的调节	143	9.3 动物对陆生环境的适应	187
7.1 感觉器官	144	9.3.1 水对陆生动物的生态影响	187
7.1.1 光感受器	144	9.3.2 陆生动物的渗透压调节	188
7.1.2 平衡器与听觉器	147	9.3.3 动物的温度耐受性	189
7.1.3 其他物理性感受器	150	9.4 行为对环境的适应	191
7.1.4 化学感受器 (chemoreceptor) ..	150	9.4.1 休眠 (dormancy)	191
7.1.5 感觉器官的演化适应	151	9.4.2 洄游与迁徙 (migration)	193
7.2 神经系统	152	9.5 动物地理分布	195
7.2.1 神经元间的联系	153	9.5.1 栖息地选择与分布区 (distribution range) 形成	195
7.2.2 动物的神经系统	153	9.5.2 动物群的地带性分布	196
7.2.3 脊椎动物神经系统的分化	154	9.5.3 动物地理分区概况	196
7.2.4 神经系统的演化	158	9.5.4 大陆漂移 (continental drift typ- thesis)、板块学说 (plate tectonic theory) 与世界动物地理分布 ..	197
7.2.5 神经系统与动物的行为	161	9.5.5 中国陆生动物区系划分	198
7.3 内分泌系统	162	复习思考题	198
7.3.1 内分泌腺和激素	162	第10章 动物的人文环境	199
7.3.2 脊椎动物的内分泌腺与激素	163	10.1 有益动物多样性	199
7.3.3 低等动物的内分泌腺与激素	166	10.1.1 食用、药用动物	199
7.3.4 激素与动物的发育	167	10.1.2 宠物与观赏动物	200
7.3.5 激素与动物的行为	167	10.1.3 科研仿生原型动物	200
复习思考题	168	10.1.4 毛皮动物	201
第8章 动物的繁殖与生殖系统	169	10.1.5 役用动物	201
8.1 动物的繁殖	169	10.1.6 实验动物	202
8.1.1 繁殖方式	169	10.1.7 原料动物	203
8.1.2 动物的繁殖力及其影响因素	173	10.1.8 花媒动物	203
8.2 生殖系统与繁殖方式演化	174	10.1.9 野生动物资源	203
8.2.1 生殖系统的基本结构	174	10.2 动物资源保护与开发利用	203
8.2.2 无性生殖 (asexual reproduction)	174	10.2.1 动物资源保护	203
8.2.3 有性生殖 (sexual reproduction)	175	10.2.2 有益动物的开发利用	207
8.2.4 世代交替 (alloiobiogenesis 或			

10.3 有害动物	207	11.3.13 两栖类的起源和演化	225
10.3.1 疫源动物	207	11.3.14 爬行动物的起源和适应 辐射	226
10.3.2 病媒动物	208	11.3.15 鸟类的起源演化与适应 辐射	227
10.3.3 寄生虫与寄生虫病	208	11.3.16 哺乳动物的起源与适应 辐射	228
10.3.4 赤潮	212	11.4 动物进化的证据	229
10.3.5 有害动物的控制、利用	212	11.4.1 古生物学证据	229
复习思考题	213	11.4.2 比较解剖学证据	230
第 11 章 动物进化	214	11.4.3 比较胚胎学证据	230
11.1 动物机体形态结构和机能的演化 ..	214	11.4.4 系统分类学证据	231
11.1.1 结构决定功能, 功能适应 环境	214	11.4.5 分子生物学证据	232
11.1.2 器官系统作为整体协同进化 ..	215	11.4.6 血清免疫学证据	233
11.1.3 机体与生存环境协同进化	215	11.5 进化的理论	233
11.2 生物信息通道与动物行为的演化 ..	216	11.5.1 拉马克进化论	234
11.2.1 生物信息通道	216	11.5.2 达尔文自然选择进化论	234
11.2.2 生命活动需要生物信息通道平 衡畅通	216	11.5.3 综合进化学说 (the evolutionary synthesis) 与广演论 (general evolution)	235
11.2.3 生物信息通道的演化	217	11.5.4 突变学说	236
11.2.4 动物行为的进化	218	11.5.5 分子进化中性学说 (neutral theory)	236
11.3 动物进化的历程	219	11.5.6 间断平衡论 (punctuated equilibrium)	237
11.3.1 小进化与大进化	219	11.6 人类的起源和进化	237
11.3.2 单细胞动物的起源和演化	220	11.6.1 人类起源的假说	237
11.3.3 两胚层动物的起源和演化	220	11.6.2 类人猿的起源进化	238
11.3.4 扁形动物的起源和演化	221	11.6.3 人类的起源进化阶段	239
11.3.5 原腔动物的起源和演化	221	复习思考题	240
11.3.6 软体动物的起源和演化	221	参考文献	241
11.3.7 环节动物的起源和演化	221		
11.3.8 节肢动物的起源和演化	222		
11.3.9 棘皮动物的起源和演化	222		
11.3.10 脊索动物的起源和演化	222		
11.3.11 圆口纲的起源和演化	223		
11.3.12 鱼类的起源和演化	224		

第1章 绪 论

本章提要 有机物起源于无机物，C、H、O、N、S等原子以价键方式结合形成有机分子，然后以五碳糖主链为基础，通过肽键、二硫键或结合不同的碱基形成蛋白质和核酸等生命活性物质，这些物质由细胞膜包裹后开始与生存环境进行水、无机盐、气体和物质能量交换的新陈代谢活动，并把这些特性遗传下去开始生命系统的进化，其中利用其他生物体获得营养和能量的演化为动物，于是，产生了研究动物生命活动规律的动物学及其相关学科，促进动物资源的合理开发、利用，造福人类社会。

1.1 生命活动的主要物质

世界是由物质组成的，物质由元素构成。生物体也是由各种化学分子所构成的物质组成。在生物的不同层次结构中，水、氮、氧、碳、无机盐等内外环境中的小分子，糖、脂肪、氨基酸、维生素等有机分子，蛋白质、核酸、多糖和脂类复合物等生物大分子，线粒体、染色体、细胞核、单位膜、细胞骨架等细胞器超微结构，以及细胞、组织器官和动物体，各种物质不断地变化和发展，形成多样化的生命现象，即运动着的物质形态。因此，生命物质实际上是上述各种物质的总称。

1.1.1 无机物

1.1.1.1 水

水占原生质质量的65%~90%，水母中含水99%，陆栖动物中含水70%~80%，人的骨骼中含水22%，肌肉中含水70%~80%，玻璃体中含水99%。水构成内环境，电解常数大，能促进物质溶解和化学反应、渗透压平衡，其表面张力大，比热容大，利于体温调节。水构成生物体生存的外环境，环境含水量影响机体内外环境水的平衡，需要防止失水和过多水分渗入体内。

1.1.1.2 无机盐

体内的阳离子有钠离子、钾离子、镁离子、铁离子等，阴离子有氯离子、硫酸根离子、磷酸根离子和碳酸氢根离子等。无机盐构成细胞成分，参与代谢，调节维持渗透压、酸碱平衡，故体内盐分有一定的量和比例，否则，就会引起病症，如缺NaCl，蛋白质分解加强；缺钾则蛋白质代谢降低；缺碘，甲状腺不能正常合成甲状腺素；缺钙，神经肌肉的兴奋性增加，易出现痉挛。

1.1.2 有机物

1.1.2.1 糖类

糖类约占机体干重的2%，单糖脱水形成双糖和多糖，水解后又分成单糖。构成机体的多糖有核糖、血糖、乳糖和肝脏、肌肉中的糖原(glycogen)等，也是DNA、RNA的基本组分，体内生化途径的交叉点。细胞通过三羧酸循环进行糖代谢，提供生命活动的能量。

1.1.2.2 脂类

脂类是脂肪、磷脂和醇类的总称，由碳、氢和氧三种元素以一定比例组成，如甾醇是

含有 4 个碳环和 1 个羟基的烃类衍生物，包括胆固醇、胆汁酸、维生素 D 原、肾上腺皮质激素性激素和控制昆虫变态发育的蜕皮激素等。脂肪进入三羧酸循环彻底氧化可比糖释放出更多的能量，是动物体能量的重要来源。脂类和蛋白质结合形成脂蛋白，是细胞膜的重要组成部分。

脂类在机体内有两种存在形式。器官与组织中，组成原生质的基本脂肪含量恒定并具有一定成分，不会发生明显变化；存在于脂肪组织中的储存脂肪在动物处于饥饿状态时就会大量分解，供应机体所需的能量，反之，则储存于体内，保护身体，使内脏免受震动及寒冷等，促进脂溶性维生素的吸收；构成神经鞘，良好的绝缘性对神经的传递作用十分重要。脂肪储存过多则处于病理肥胖状态。

1.1.2.3 蛋白质

构成蛋白质的基本单位氨基酸——主要由 C、H、O、N 四种元素组成，通式为 $R-CH(NH_2)-COOH$ 。因每个氨基酸分子至少含有 1 个氨基 ($-NH_2$) 和 1 个羧基 ($-COOH$)，连接核心碳原子上的 R 基含有可以改变结构的侧链，使氨基酸具有不同的性质，也对蛋白质的性质有一定的决定作用。2 个氨基酸分子的羧基和氨基结合，脱去 1 个水分子，形成连接 2 个氨基酸的肽键。通过肽键，许多氨基酸分子连成多肽。1 个多肽链或几个多肽链聚合形成复杂的蛋白质大分子，二十多种氨基酸少则几十，多则几十万个连接组成蛋白质；多肽链的一级结构与 DNA(或 RNA) 的核苷酸顺序有着线性对应翻译 (colinear translation) 关系，带有蛋白质合成遗传指令的重要信息。

20 种氨基酸的不同排列和组合结构的多样性，影响着蛋白质分子内形成的键的种类，也影响蛋白质的空间构象和功能。多肽链靠氢键、二硫键、盐键和疏水键等维持着蛋白质分子多级结构的构象。蛋白质空间结构可分为一级、二级、三级和四级结构，决定蛋白质功能的多样性和复杂性。因此，蛋白质不仅具有种的特异性，而且具有个体特异性，生命多样性的实质乃是蛋白质的多样性。蛋白质是构成细胞结构的基本物质、原生质的重要组成部分，也是生命主要的和特有的成分。它的种类很多，按功能可分为结构蛋白（如纤维蛋白、肌动蛋白、肌球蛋白）和调节蛋白（如各种酶、抗体和激素）。简单蛋白质水解时只产生氨基酸；复合蛋白质由简单蛋白质加上非蛋白质（辅基）组成，水解时还产生核酸、糖、磷酸等其他非蛋白质，其中核蛋白最重要，细胞核内含量最多，在生命活动中起着极其重要的作用。

1.1.2.4 核酸

核酸的一级结构与蛋白质类似，由 C、H、O、N 和 P 等元素构成，是四种单体核苷酸缩聚而成的二类多核苷酸链。核苷酸分子由 1 分子戊糖（核糖）和 1 分子含氮碱基构成核苷，加上 1 分子磷酸即为核苷酸。核酸碱基有腺嘌呤（A）、鸟嘌呤（G）、胸腺嘧啶（T）、胞嘧啶（C）和尿嘧啶（U）等五种。DNA 和 RNA 都含四种碱基。DNA 主要存在于细胞核中，五碳糖是脱氧核糖，碱基是 A、G、C、T，核苷酸有脱氧腺苷酸（dAMP）、脱氧鸟苷酸（dGMP）、脱氧胞苷酸（dCMP）和脱氧胸苷酸（dTMP）四种；RNA 存在于细胞核和细胞质中，五碳糖是核糖，碱基是 A、G、C、U，核苷酸有腺苷酸（AMP）、鸟苷酸（GMP）、胞苷酸（CMP）和尿苷酸（UMP）四种。

DNA 由两条互补的多核苷酸链构成，螺旋状分子空间结构中储存丰富的遗传信息，含有决定遗传性状的基因 (gene)；受理化和生物因子的作用，DNA 发生变化为物种突变和生物进化奠定基础。RNA 由一条螺旋形多核苷酸构成，有信使核糖核酸 (mRNA)、转移核糖核酸 (tRNA)、核糖体核糖核酸 (rRNA) 三种信使物质。

核酸是一种极重要的生命活性物质，是一切活细胞中的一类信息大分子。其重要的生理功能是储存和传递遗传信息，与生物的生长、发育、繁殖、遗传和变异有密切的关系。DNA 位于染色体中，能自我复制，在细胞分裂时能传递给下一代细胞。DNA 控制 RNA 的合成，RNA 控制、指导蛋白质合成与合成蛋白质的顺序，DNA 中所含遗传信息不同使其合成的蛋白质也不同。每种细胞，所合成的大分子都有自己的特性，保证物种的延续和发展。

1.2 生命起源与进化

1.2.1 化学进化与生命起源

在浩瀚无际的宇宙中，银河系中的地球是生命之母、人类的家园。地球诞生于 46 亿年前，由甲烷、氨、氢、水蒸气和其他少量气体构成的原始地球大气利用太阳紫外线、雷电、火山活动的热能，通过化学反应形成简单有机物，随水流汇集到生命的摇篮——原始海洋，经日积月累，慢慢地形成了复杂有机化合物。在催化剂作用下，这些化学合成的有机物进行自我复制，如核苷酸分子以及病毒颗粒的复制；或者聚集产生团聚体成为能与环境相互作用的实体形态，具有独立性的开放系统，有选择地从环境中吸收物质，吸收酶进行体内合成和分解反应，奠定细胞形成的基础；或者形成微球，具有稳定的结构、水解活性、双层边界和渗透性，能出芽、产生染色反应。由于脂肪酸和磷脂具有亲水性和疏水性的双重性质，容易形成一层膜把机能结构和遗传结构包裹、连接起来，遗传信息传递下去诞生了原始细胞，获得了更大的竞争能力，开始了生命的生物进化历程（图 1-1）。

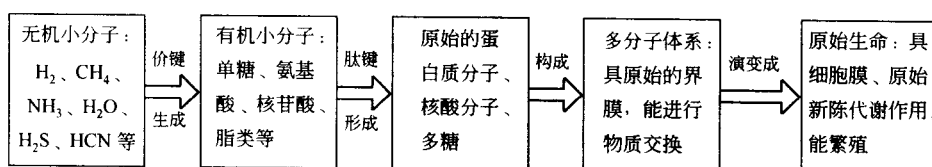


图 1-1 原始生命的形成

随着科学技术、生物化学知识的丰富，人类对生命的起源有了深刻的认识，可以进行胚胎移植、培育试管婴儿、开展生物工程研究。为什么不能进行生命起源的科学探索呢？科学家经过精心设计，实验模拟原始地球条件合成有机物。结果，所得产物是组成生命有机体的重要化合物，其中氰化氢与氨结合便转化成氨基酸等复杂化合物。20 世纪末，在宇宙尘埃和陨石中也发现了这些物质，证明了原始地球条件下化学进化可能发生的过程，通过化学进化产生组成生命的复杂有机物。

人们曾用概率方式推算，宇宙间可能有许多星球存在生命。可惜，迄今为止，地球人尚未研究出更先进的通讯设备与他们进行联系，确定他们的存在。

1.2.2 细胞形成与生命的特征

原始生命的复制基因由于生存时间长、复制速度快、复制准确，因而构成稳定，经受住了自然选择的严酷考验并在自然选择中进化。有些复制基因通过化学途径分裂别的分子，并利用分裂出来的构件复制自己的拷贝；有的通过化学途径保卫自己。于是，复制基因用蛋白质把自己包起来形成生命细胞。

细胞是具有一定结构形态和生理功能的活质体，是生物机体结构与功能的基本单位。细胞具有进行生命活动的基本要素：①一套基因组；②一套完整的代谢结构；③具有细胞膜并通过细胞膜与环境进行物质交换。因而，细胞能独立生存，也可进行细胞的人工培

养,表现出各种生命现象。按照基因组编码模板自我复制,形成细胞构造。细胞构造在细胞中以一定方式自我装配。它具有自我调控能力,能不断进行局部和整体调试,并在环境因素的作用下产生新的结构,改造旧结构,以适应变化的自然环境,进而形成庞大的生物界。

可见,通过新陈代谢进行自我复制、自我装配、自我调控是生命存在、延续的基本特征。生命是物质存在的最高形式,具有这些基本特征的基本结构单位只有细胞,细胞是构成机体的基本要素,生命是活细胞的属性。新陈代谢包括同化作用和异化作用两个方面。二者是矛盾对立的,也是不可分割的。生命现象有赖于两者协调进行,缺少任何一者,生命就必然停止。同化作用是将外界的物质吸收到体内,同化成为自身的组织细胞或原质。除不断建设自身外,同化作用还为异化作用准备分解的原料;动物从环境中摄取食物,如食草动物摄食杂草,通过消化吸收,将草中的糖类、蛋白质、脂肪等同化成构成自身的蛋白质与脂肪,进行机体组织的建设、修补并储藏养料,也为食肉动物提供了营养;从不同途径进入机体内的物质同时影响生命活动,如 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 影响神经的传导活动,当基因等嵌合到染色体上就会改变其遗传变异特性,影响物种的演化过程。异化作用是把身体中的养料氧化分解,释放热能供机体进行各种活动,维持生命活动的变化过程和自身的存在。同化作用必须依赖异化作用供给所需要的热能才能够产生效果,如果同化作用小于异化作用,体内养料消耗到一定程度,异化不能继续进行,自然趋于死亡。

由于不断与环境进行物质交换、新陈代谢和自我更新,在生命活动过程中,动物表现出感应性、生长和发育、生殖及遗传和变异等生命现象。因此,新陈代谢是生命的本质、生命活动的基本特征,为一切有生命的物体所共有,也是生物和非生物间最根本的区别。

1.2.3 生物进化

在缺氧环境中,原始细胞利用非生物合成的有机物合成自身物质。随着代谢途径进化,利用分解葡萄糖释放的能量合成 ATP。光合作用利用太阳光能制造含丰富能量的 ATP,同时释放氧,使大气中氧的浓度增高,引起好氧生物繁衍。当原核细胞分化出细胞核与核仁,核膜将遗传物质包裹形成了真正的细胞核,也形成线粒体、中心粒、叶绿体等细胞器。于是,真核生物细胞 (eukaryotic cell) 诞生了,从此开始了单细胞向多细胞有机体演化的生物进化历程,加快了动物的演化。所以,原核细胞和真核细胞的代谢和遗传机制相似,如氨基酸编码、转录转译机能、能量利用方式等成为现代分子生物学的共同点和热门话题。

1.2.4 生物分界

尽管对生物分界目前意见尚不统一,但随着科学的发展而不断深化,分界由植物界 (Plantae)、动物界 (Animalia) 两界系统和原生物界 (Protista)、植物界、动物界三界系统,到四界、五界、六界系统,但多数学者赞成生物分五界 (图 1-2),形成动物学、植物学等相关的学科。

绿色植物和紫色细菌等能利用 CO_2 和太阳能,通过光合作用合成自身物质,为自养生物;食肉动物捕食食草动物,通过摄食运动间接或直接从自养生物那里获得营养,故动物为异养生

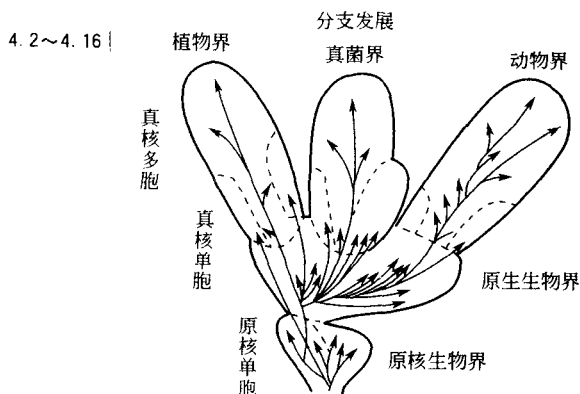


图 1-2 惠特克五界系统简图
(自陈世骧, 刘凌云)

物；微生物能分解动植物尸体，将无机物释放到自然环境中供植物再次利用。它们构成由生产者、消费者和还原者组成的生态系统的基本结构，完成自然环境中的物质和能量的正常转化和循环，维持生态系统的平衡和持续发展。

1.3 动物学与学科发展

1.3.1 学习动物学的意义

动物学是人类在长期的生产和生活实践中，将识别和利用动物的丰富知识逐渐积累起来形成的一门基础学科。它研究揭示动物生命活动与发生、发展的基本规律。由于结构决定功能，功能适应环境而生存，环境变化影响动物的生理功能和行为，产生新的结构促使动物进化，因此，动物学主要研究动物类群的种类组成、形态结构和功能、生活习性、繁殖发育、遗传进化及其与环境间协同演化的相互关系。

动物界约有动物 150 万种。根据其机体细胞数目和分化情况，可划分为原生动物和后生动物（近年来又发现中生动物）两大类型。典型异养型原生动物绝大多数种类的身体由一个细胞构成并独立完成各项生活机能。多细胞动物的机体细胞出现构造和机能分化，生存能力提高；根据有无脊索以及胚层、体制、体腔、体节和附肢等分化情况可划分为 34 门。

动物学不仅学科本身的理论与研究内容广博，与农、林、牧、渔、医、工等有密切关系，而且动物为人类的衣、食、住、行提供了宝贵资源，为人们精神生活的需要提供了丰富内容，美化、满足了人类生活的需要。提高人类生活水平需要开发有益动物，防治有害生物；需要了解和掌握动物的形态结构、生命活动规律；需要动物学与其他学科交叉的先进技术结合，以改良动物品质，培育新品种；需要提供满足其生长所需的条件，保证种群的持续发展，促进生态系统健康稳定地演化。因此，学习、研究动物学具有十分重要的意义。

1.3.2 动物学的发展史

动物学历史悠久，与人类生产活动关系密切。在以渔猎为主要生产方式的原始社会，人类就认识了一些与人类关系密切的动物，了解它们的生活习性，研究其身体结构，继而尝试饲养驯化有益动物，防治有害动物，积累了动物学知识。

1.3.2.1 中国动物学的发展简史

4700 年前，中国人就有一定的分类观念。殷商甲骨文中出现了兽、鸟、鱼、虫等字。象形文字则把虫、鱼、豸等作偏旁。《诗经》述及 100 余种动物。《周礼》把动物分为毛（兽类）、羽（鸟类）、介（甲壳类）、鳞（鱼类）、蠃（软体动物）五类。《尔雅》有释虫、释鱼、释鸟、释兽、释畜五类，每篇写了近百种动物，专门研究鸟类的有《禽经》。隋唐时期的《扁鹊难经》提到人体血液循环现象，比英国学者早 1000 年。

三千多年前的著作《夏小正》中记载了“五月浮游出现，十二月蚂蚁进窝”等生态现象。《南方草木状》绘制了人们利用蚂蚁扑灭柑橘害虫的情景，是世界生物防治的最早记录。北魏的《齐民要术》总结了渔、桑、农、牧经验。唐代《本草拾遗》以侧线鳞数作为鱼类分类的重要性状，至今沿用。晋代编纂了动物图谱。《橘录》（1178 年）意识到通过人工选择、杂交或嫁接可使动、植物产生新的变异，并可能导致新品种的形成。宋代杜绾推测，鱼类化石之成因是由于“古之陂泽……因山颓塞，岁久土凝为石”。明代宋应星《天工开物》（1637 年）有“若将白雄配黄雌，则其嗣变成褐蚕”的记载，提到了杂交育种；李时珍在《本草纲目》中描述了四百多种动物，并附有外形图，根据采集实物绘制的

图其精确度可鉴定目、科，有的还可考定到“种”，堪称动物学史上的伟大典籍。

1.3.2.2 世界动物学的发展简史

公元前 384~322 年，动物学之父、古希腊的亚里士多德系统地描述了几百种动物。普林尼编写的 37 卷的《博物志》中的第 7~第 11 卷为动物学内容。

16 世纪后，动物学呈现勃勃生机，分类学和解剖学的著作纷纷问世。

17 世纪，显微镜问世，推动了微观领域中组织学、胚胎学及原生动物学的繁荣发展。

18 世纪，瑞典生物学家林奈创立了分类系统及双名法，将动、植物分为纲、目、属、种和变种 5 个阶元，奠定了现代分类学的基础。

19 世纪初，法国生物学家拉马克提出了物种进化的思想。同时期的居维叶也在比较解剖学及古生物学方面作出了贡献。19 世纪中叶，德国生物学家施万阐明了动物体的基本结构单位是细胞。1859 年，英国科学家达尔文确立了生物进化的学说，用“生存竞争”、“自然选择”的具体实例剖析自然界动物的多样性、同一性、变异性等，推动了动物学的前进。

20 世纪进化学说的新成就又进一步证明，突变产生了新的遗传基础，这在进化中有重要的意义：自然选择和生殖隔离使同一物种的不同种群向不同方向发展。生物学与数学、物理、化学等学科的相互渗透，电镜以及分子生物学研究手段的不断改进，促成了动物学的飞跃发展。

当今的动物学已发展成为内容十分全面的动物科学。由过去的观察、描述阶段上升到了以整个生物学的普遍规律为基础，利用分子生物学手段、信息技术全方位研究动物生命活动规律，动物学已经进入其研究发展的高峰期，成为开拓人类未来生活的重要手段。

1.3.3 动物学研究的方法与发展

动物学是生命科学的基础分支学科。随着科学与学科的发展和广泛交叉渗透、展开又相互结合，理论方法的变化使动物学的研究领域越来越广泛和深入。应用分子生物学、细胞生物学的理论和方法研究个体发育的机理是胚胎学发展的新阶段，也是动物体结构功能的系统演化及其与环境的相互关系研究发展的新阶段。

1.3.3.1 物种鉴定分类

从模糊分类到林奈的物种双命名法则，从神造物种到动物进化，从宏观的形态结构、功能的比较分类到微观的分子结构、功能的比较分类，现代分子生物学研究促进了动物的现代分类、动物的亲缘关系和演化机制的深入探讨，也促进了动物学科学的飞速发展。

1.3.3.2 现代动物学方法

改变传统的形态结构、生活习性的观察描述方法，将数理化研究方法和电镜、计算机等渗入动物学科学研究，产生动物行为学、仿生学、分子生物学、分子遗传学、量子生物学、生物信息学等新学科，从而促进了动物学研究的飞速发展，如动物的繁殖由自然交配、人工授精、胚胎移植、试管婴儿到细胞工程、基因克隆和克隆动物；仿生行为学研究由肉眼观察、记述、仿造到电脑控制下的行为实验、分子遗传机制的探讨和智能机器人的研究制造；利用分子生物学技术探讨动物的遗传变异和个体发育的机理。

1.3.3.3 宏观、微观结合法

实验方法的革命不仅研究宏观的动物形态结构、功能对环境的适应，而且对物种结构功能的发生、演化和 DNA、同工酶等进行分子水平的机理探讨，开展全面的、由宏观到微观、亚微观的系统研究。

尽管各个学科正在飞速发展，但动物学始终是处于不同学科错综复杂关系网中的一个

重要基础学科。从新兴的保护生物学的发展过程可以清楚地看出,动物学发展到今天,由于研究方法和内容的发展,已经开展了分子、细胞、组织、器官、个体、群体、生态系统等多层次的研究并形成相关学科,人类正从以上不同层次研究生命活动的基本规律和人类社会的持续平衡发展问题。

1.3.4 动物学的相关学科

1.3.4.1 以研究的对象划分

无脊椎动物学(invertebrate zoology)和脊椎动物学(vertebrate zoology,实际上是脊索动物学)。

1.3.4.2 按研究的动物类群划分

原生动物学、寄生虫学、软体动物学(贝类学)、昆虫学、甲壳动物学、昆虫学、鱼类学、鸟类学、兽类学等。

1.3.4.3 按研究的重点划分

理论动物学、应用动物学、资源动物学、仿生学以及动物形态学、动物生理学、动物分类学、动物生态学等。

(1) 研究形态结构及其变化 如形态解剖学、比较解剖学、组织学、分类学、细胞学和分子生物学等。

(2) 研究结构功能及其变化 如动物生理学、比较生理学、运动生理学、生物化学以及内分泌学、免疫学、胚胎与发育生物学、遗传学、进化论等。

(3) 研究动物的分布与环境间关系 如动物生态学、动物行为学、行为生态学、地动物学等。

(4) 研究动物灭绝及其灭绝机制 如古动物学、古分子生物学、保护生物学等。

(5) 研究整个动物界 如系统动物学、系统分类学等。

复习思考题

1. 生命物质和活性物质有哪些种类?它们各有哪些作用?
2. 生命的特征有哪些?
3. 动物学科学研究的意义与发展趋势?
4. 简述中外动物学发展史。
5. 生物分界的根据和意义?为什么五界系统被广泛采用?

第2章 动物的细胞环境

本章提要 细胞与原动物都是单个细胞，具有细胞膜、细胞质、细胞核等基本结构，具有酶系统，能利用能量进行生物合成、自我复制和分裂、自我装配和自我调控。但细胞是有机体的生命组成单位，原动物能独立完成代谢、消化、呼吸、生殖等有机体完成的生命功能。

2.1 细胞

2.1.1 细胞的一般特征

2.1.1.1 细胞的形态与大小

3.1 | 动物的细胞种类繁多，大小相差悬殊，因功能与所处环境不同，细胞的形态多种多样，结构的复杂程度各不相同，这由细胞的生活环境和营养等条件决定。

3.3.5 |

5.2.1 |

2.1.1.2 细胞的基本生命活动

细胞能够利用能量和转换能量，具有生物合成、自我复制和分裂的能力，能进行自我复制、自我装配、自我调控。

2.1.2 动物细胞的主要结构与功能

2.1.2.1 细胞膜 (cell membrane)

细胞膜厚 7~10nm，电镜下可见平行排列的电子致密的内、外两层与透明的中间夹

层三层结构。按公认的生物膜液态镶嵌模型 (fluid mosaic model) 解释 (图2-1)，脂类排列成双分子层，蛋白质通过非共价键与其结合构成膜的主体；糖类能通过共价键与膜的某些脂类或蛋白质组成糖脂或糖蛋白。这种膜结构不仅普遍存在于各种细胞的表面，而且存在于细胞内的膜管系统，故称单位膜 (unit membrane)。细胞膜具有透性，不仅允许物质的渗透扩散而且能进行主动转运，进行内

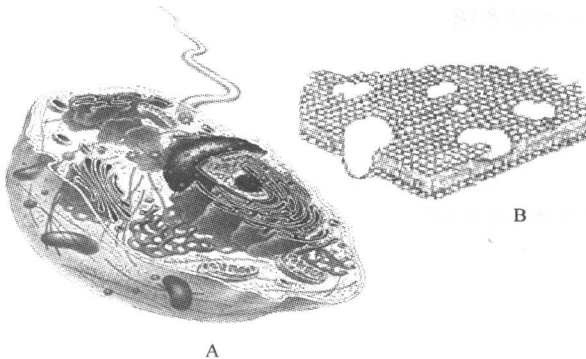


图 2-1 细胞结构 (A) 与细胞膜模型 (B)

吞、外排和细胞间的信息传递、识别与防御。

膜蛋白可形成膜受体、载体、酶和抗原等，是膜执行各种功能的基础。它镶嵌于双层类脂中，称为跨膜蛋白 (transmembrane protein)，表面兼具亲水性和疏水性的氨基酸基团，在细胞膜中侧向移动，执行其多样化的功能。

2.1.2.2 细胞质

细胞核以外、细胞膜以内、半透明、半流动的均匀物质称细胞质 (cytoplasm)，含没有特定结构和功能的内含物以及具有一定结构和功能的特定的细胞器；细胞质基质为细胞器维持其正常结构提供必需的离子环境，提供细胞器完成功能活动所需的底物和生化活动