



新兴产业和高新技术现状与前景研究丛书

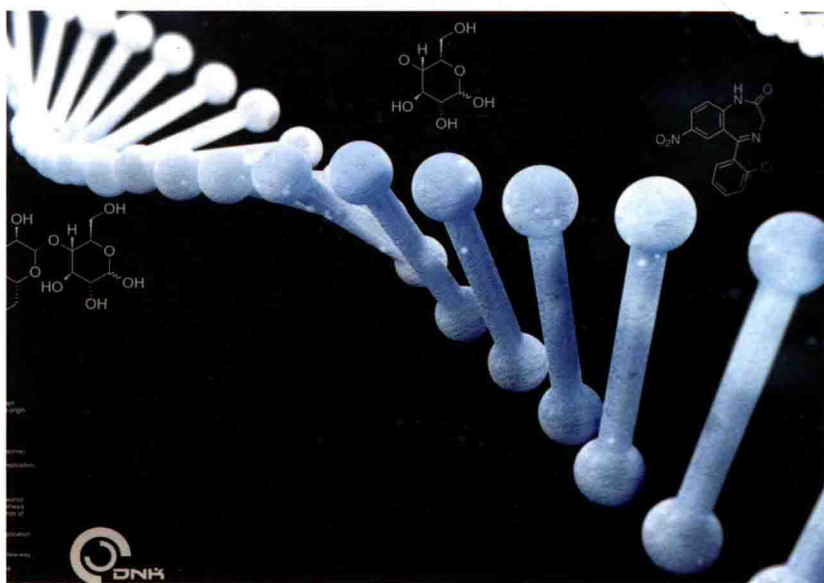
总主编 金 碚 李京文

生命科学及生物技术 现状与应用前景

赵肃清 张 焜 主编

卫恒习 陈兆贵 蔡燕飞 副主编

SHENGMING KEXUE JI SHENGWU JISHU
XIANZHUANG YU YINGYONG QIANJING



SPM

南方出版传媒
广东人民出版社



新兴产业和高新技术现状与前景研究丛书

总主编 金碚 李京文

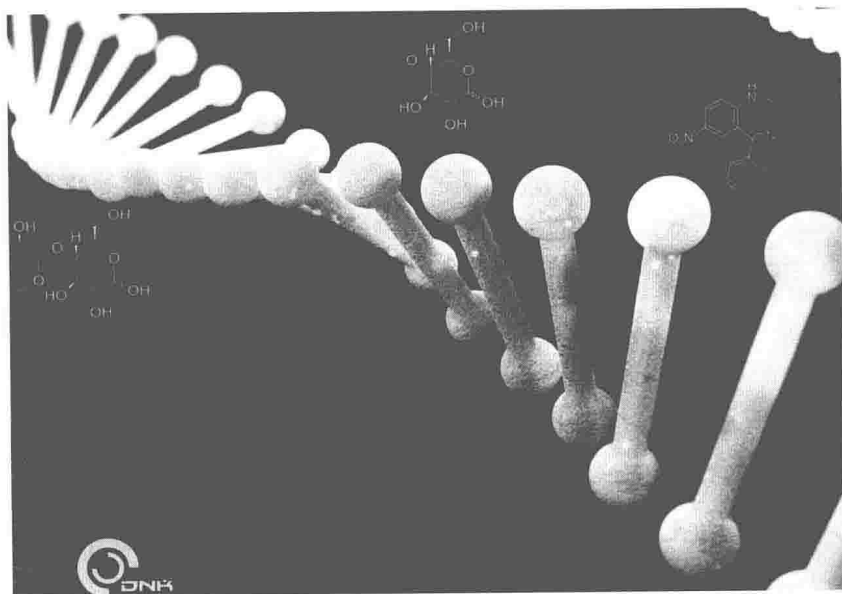
生命科学及生物技术 现状与应用前景

赵肃清 张 焜 主编

卫恒习 陈兆贵 蔡燕飞 副主编



Status Quo and Application Prospects of Life
Science and Biotechnology



SPM

南方出版传媒

广东人民出版社

· 广州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

生命科学及生物技术现状与应用前景 / 赵肃清, 张焜主编. —广州: 广东经济出版社, 2015. 5

(新兴产业和高新技术现状与前景研究丛书)

ISBN 978 - 7 - 5454 - 3339 - 5

I. ①生… II. ①赵… ②张… III. ①生命科学 - 研究②生物技术 - 研究 IV. ①Q1 - 0②Q81

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 123042 号

出版 发行	广东经济出版社 (广州市环市东路水荫路 11 号 11 ~ 12 楼)
经销	全国新华书店
印刷	中山市国彩印刷有限公司 (中山市坦洲镇彩虹路 3 号第一层)
开本	730 毫米 × 1020 毫米 1/16
印张	12.75
字数	222 000 字
版次	2015 年 5 月第 1 版
印次	2015 年 5 月第 1 次
书号	ISBN 978 - 7 - 5454 - 3339 - 5
定价	32.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与承印厂联系调换。

发行部地址: 广州市环市东路水荫路 11 号 11 楼

电话: (020) 38306055 37601950 邮政编码: 510075

邮购地址: 广州市环市东路水荫路 11 号 11 楼

电话: (020) 37601980 邮政编码: 510075

营销网址: <http://www.gebook.com>

广东经济出版社常年法律顾问: 何剑桥律师

· 版权所有 翻印必究 ·

“新兴产业和高新技术现状与前景研究”丛书编委会

总 主 编：金 碚 中国社会科学院工业经济研究所原所长、
学部委员

李京文 北京工业大学经济与管理学院名誉院长、
中国社会科学院学部委员、中国工程院院士

副 主 编：向晓梅 广东省社会科学院产业经济研究所所长、
研究员

阎秋生 广东工业大学研究生处处长、教授

编 委：

张其仔 中国社会科学院工业经济研究所研究员

赵 英 中国社会科学院工业经济研究所工业发展
研究室主任、研究员

刘戒骄 中国社会科学院工业经济研究所产业组织
研究室主任、研究员

李 钢 中国社会科学院工业经济研究所副研究员

朱 彤 中国社会科学院工业经济研究所能源经济
研究室主任、副研究员

白 玫 中国社会科学院工业经济研究所副研究员

王燕梅 中国社会科学院工业经济研究所副研究员

陈晓东 中国社会科学院工业经济研究所副研究员

李鹏飞 中国社会科学院工业经济研究所资源与环境
研究室副主任、副研究员

- 原 磊 中国社会科学院工业经济研究所工业运行
研究室主任、副研究员
- 陈 志 中国科学技术发展战略研究院副研究员
- 史岸冰 华中科技大学基础医学院教授
- 吴伟萍 广东省社会科学院产业经济研究所副所长、
研究员
- 燕雨林 广东省社会科学院产业经济研究所研究员
- 张栓虎 广东省社会科学院产业经济研究所副研究员
- 邓江年 广东省社会科学院产业经济研究所副研究员
- 杨 娟 广东省社会科学院产业经济研究所副研究员
- 柴国荣 兰州大学管理学院教授
- 梅 霆 西北工业大学理学院教授
- 刘贵杰 中国海洋大学工程学院机电工程系主任、教授
- 杨 光 北京航空航天大学机械工程及自动化学院
工业设计系副教授
- 迟远英 北京工业大学经济与管理学院教授
- 王 江 北京工业大学经济与管理学院副教授
- 张大坤 天津工业大学计算机科学系教授
- 朱郑州 北京大学软件与微电子学院副教授
- 杨 军 西北民族大学现代教育技术学院副教授
- 赵肃清 广东工业大学轻工化工学院教授
- 袁清珂 广东工业大学机电工程学院副院长、教授
- 黄 金 广东工业大学材料与能源学院副院长、教授
- 莫松平 广东工业大学材料与能源学院副教授
- 王长宏 广东工业大学材料与能源学院副教授

总序

人类数百万年的进化过程，主要依赖于自然条件和自然物质，直到五六千年之前，由人类所创造的物质产品和物质财富都非常有限。即使进入近数千年的“文明史”阶段，由于除了采掘和狩猎之外人类尚缺少创造物质产品和物质财富的手段，后来即使产生了以种植和驯养为主要方式的农业生产活动，但由于缺乏有效的技术手段，人类基本上没有将“无用”物质转变为“有用”物质的能力，而只能向自然界获取天然的对人类“有用”之物来维持低水平的生存。而在缺乏科学技术的条件下，自然界中对于人类“有用”的物质是非常稀少的。因此，据史学家们估算，直到人类进入工业化时代之前，几千年来全球年人均经济增长率最多只有 0.05%。只有到了 18 世纪从英国开始发生的工业革命，人类发展才如同插上了翅膀。此后，全球的人均产出（收入）增长率比工业化之前高 10 多倍，其中进入工业化进程的国家和地区，经济增长和人均收入增长速度数十倍于工业化之前的数千年。人类今天所拥有的除自然物质之外的物质财富几乎都是在这 200 多年的时期中创造的。这一时期的最大特点就是：以持续不断的技术创新和技术革命，尤其是数十年至近百年发生一次的“产业革命”的方式推动经济社会的发展。^① 新产业和新技术层出不穷，人类发展获得了强大的创造能力。

^① 产业革命也称工业革命，一般认为 18 世纪中叶（70 年代）在英国产生了第一次工业革命，逐步扩散到西欧其他国家，其技术代表是蒸汽机的运用。此后对世界所发生的工业革命的分期有多种观点。一般认为，19 世纪中叶在欧美等国发生第二次工业革命，其技术代表是内燃机和电力的广泛运用。第二次世界大战结束后的 20 世纪 50 年代，发生了第三次工业革命，其技术代表是核技术、计算机、电子信息技术的广泛运用。21 世纪以来，世界正在发生又一次新工业革命（也有人称之为“第三次工业革命”，而将上述第二、第三次工业革命归之为第二次工业革命），其技术代表是新能源和互联网的广泛运用。也有人提出，世界正在发生的新工业革命将以制造业的智能化尤其是机器人和生命科学为代表。

当前,世界又一次处于新兴产业崛起和新技术将发生突破性变革的历史时期,国外称之为“新工业革命”或“第三次工业革命”“第四次工业革命”,而中国称之为“新型工业化”“产业转型升级”或者“发展方式转变”。其基本含义都是:在新的科学发现和技术发明的基础上,一批新兴产业的出现和新技术的广泛运用,根本性地改变着整个社会的面貌,改变着人类的生活方式。正如美国作者彼得·戴曼迪斯和史蒂芬·科特勒所说:“人类正在进入一个急剧的转折期,从现在开始,科学技术将会极大地提高生活在这个星球上的每个男人、女人与儿童的基本生活水平。在一代人的时间里,我们将有能力为普通民众提供各种各样的商品和服务,在过去只能提供给极少数富人享用的那些商品和服务,任何一个需要得到它们、渴望得到它们的人,都将能够享用它们。让每个人都生活在富足当中,这个目标实际上几乎已经触手可及了。”“划时代的技术进步,如计算机系统、网络与传感器、人工智能、机器人技术、生物技术、生物信息学、3D 打印技术、纳米技术、人机对接技术、生物医学工程,使生活于今天的绝大多数人能够体验和享受过去只有富人才有机会拥有的生活。”^①

在世界新产业革命的大背景下,中国也正处于产业发展演化过程中的转折和突变时期。反过来说,必须进行产业转型或“新产业革命”才能适应新的形势和环境,实现绿色化、精致化、高端化、信息化和服务化的产业转型升级任务。这不仅需要大力培育和发展新兴产业,更要实现高新技术在包括传统产业在内的各类产业中的普遍运用。

我们也要清醒地认识到,20 世纪 80 年代以来,中国经济取得了令世界震惊的巨大成就,但是并没有改变仍然属于发展中国家的现实。发展新兴产业和实现产业技术的更大提升并非轻而易举的事情,不可能一蹴而就,而必须拥有长期艰苦努力的决心和意志。中国社会科学院工业经济研究所的一项研究表明:中国工业的主体部分仍处于国际竞争力较弱的水平。这项研究把中国工业制成品按技术含量低、中、高的次序排列,发现国际竞争力大致呈 U 形分布,即两头相对较高,而在统计上分类为“中技术”的行业,例如化工、材料、机械、电子、精密仪器、交通设备等,国际竞争力显著较低,而这类产业恰恰是工业的主体和决定工业技术整体素质的关键基础部门。如果这类产业竞争力不

① 【美】彼得·戴曼迪斯,史蒂芬·科特勒. 富足:改变人类未来的 4 大力量. 杭州:浙江大学出版社,2014.

强，技术水平较低，那么“低技术”和“高技术”产业就缺乏坚实的基础。即使从发达国家引入高技术产业的某些环节，也是浅层性和“漂浮性”的，难以长久扎根，而且会在技术上长期受制于人。

中国社会科学院工业经济研究所专家的另一项研究还表明：中国工业的大多数行业均没有站上世界产业技术制高点。而且，要达到这样的制高点，中国工业还有很长的路要走。即使是一些国际竞争力较强、性价比较高、市场占有率很大的中国产品，其核心元器件、控制技术、关键材料等均须依赖国外。从总体上看，中国工业品的精致化、尖端化、可靠性、稳定性等技术性能同国际先进水平仍有较大差距。有些工业品在发达国家已属“传统产业”，而对于中国来说还是需要大力发展的“新兴产业”，许多重要产品同先进工业国家还有几十年的技术差距，例如数控机床、高端设备、化工材料、飞机制造、造船等，中国尽管已形成相当大的生产规模，而且时有重大技术进步，但是，离世界的产业技术制高点还有非常大的距离。

产业技术进步不仅仅是科技能力和投入资源的问题，攀登产业技术制高点需要专注、耐心、执着、踏实的工业精神，这样的工业精神不是一朝一夕可以形成的。目前，中国企业普遍缺乏攀登产业技术制高点的耐心和意志，往往是急于“做大”和追求短期利益。许多制造业企业过早走向投资化方向，稍有成就的企业家都转而成为赚快钱的“投资家”，大多进入地产业或将“圈地”作为经营策略，一些企业股票上市后企业家急于兑现股份，无意在实业上长期坚持做到极致。在这样的心态下，中国产业综合素质的提高和形成自主技术创新的能力必然面临很大的障碍。这也正是中国产业综合素质不高的突出表现之一。我们不得不承认，中国大多数地区都还没有形成深厚的现代工业文明的社会文化基础，产业技术的进步缺乏持续的支撑力量和社会环境，中国离发达工业国的标准还有相当大的差距。因此，培育新兴产业、发展先进技术是摆在中国产业界以至整个国家面前的艰巨任务，可以说这是一个世纪性的挑战。如果不能真正夯实实体经济的坚实基础，不能实现新技术的产业化和产业的高技术化，不能让追求技术制高点的实业精神融入产业文化和企业愿景，中国就难以成为真正强大的国家。

实体产业是科技进步的物质实现形式，产业技术和产业组织形态随着科技进步而不断演化。从手工生产，到机械化、自动化，现在正向信息化和智能化方向发展。产业组织形态则在从集中控制、科层分权，向分布式、网络化和去中心化方向发展。产业发展的历史体现为以蒸汽机为标志的第一次工业革命、

以电力和自动化为标志的第二次工业革命，到以计算机和互联网为标志的第三次工业革命，再到以人工智能和生命科学为标志的新工业革命（也有人称之为“第四次工业革命”）的不断演进。产业发展是人类知识进步并成功运用于生产性创造的过程。因此，新兴产业的发展实质上是新的科学发现和技术发明以及新科技知识的学习、传播和广泛普及的过程。了解和学习新兴产业和高新技术的知识，不仅是产业界的事情，而且是整个国家全体人民的事情，因为，新兴产业和新技术正在并将进一步深刻地影响每个人的工作、生活和社会交往。因此，编写和出版一套关于新兴产业和新产业技术的知识性丛书是一件非常有意义的工作。正因为这样，我们的这套丛书被列入了2014年的国家出版工程。

我们希望，这套丛书能够有助于读者了解和关注新兴产业发展和高新产业技术进步的现状和前景。当然，新兴产业是正在成长中的产业，其未来发展的技术路线具有很大的不确定性，关于新兴产业的新技术知识也必然具有不完备性，所以，本套丛书所提供的不可能是成熟的知识体系，而只能是形成中的知识体系，更确切地说是有待进一步检验的知识体系，反映了在新产业和新技术的探索上现阶段所能达到的认识水平。特别是，丛书的作者大多数不是技术专家，而是产业经济的观察者和研究者，他们对于专业技术知识的把握和表述未必严谨和准确。我们希望给读者以一定的启发和激励，无论是“砖”还是“玉”，都可以裨益于广大读者。如果我们所编写的这套丛书能够引起更多年轻人对发展新兴产业和新技术的兴趣，进而立志投身于中国的实业发展和推动产业革命，那更是超出我们期望的幸事了！

金 碚

2014年10月1日

前言

生命科学是研究和阐述生命特性及其活动规律的重要科学，是生物技术发展的基础和知识来源，为农业生物技术、工业生物技术和医药生物技术的发展提供理论指导和技术支持。生物技术是生命科学的重要组成部分，是以生物学为基础，广泛应用于人、动物、植物和微生物的一类高技术，具有起点高、发展快、应用广、影响大等特点。生物技术是主导 21 世纪产业界发展的高新技术，并且与人类生活息息相关，深刻影响着世界的政治、经济、军事、文化和社会发展的进程。世界各国都制定规划并投入大量的人力、财力研究与开发生物技术。我国亦把发展生物技术列入高技术研究发展纲要的首位。

进入 21 世纪以来，生命科学与生物技术发展依然迅速。新的基因技术、分子和细胞生物技术不断涌现。涵盖了基因组学、蛋白质组学、基因修饰与改造、动物克隆、抗体与生物靶向治疗等领域，并由此引起人们对生物技术安全问题的担忧。本书定位为科普读本，对当前人们普遍关注的重要生物技术进行介绍，并阐述其发展现状和应用前景，帮助读者消除疑虑、正确理解生物技术的作用。本书面向的读者是各级领导干部和管理阶层，以及广大生物科技爱好者。本书可以作为各级领导干部培训和大中专学生的教材和参考书。

本书共包括六章，概述了当前热门生物技术的基本知识。第一章概述了生命科学和生物技术的发展及其对社会发展的影响，由赵肃清教授、张焜教授、蔡燕飞副教授及张磊实验师编写；第二章介绍了基因组学相关技术研究进展，由陈兆贵副教授编写；第三章介绍了基因技术现状和研究进展，由王华倩博士编写；第四章介绍了动物克隆技术现状和研究进展，由卫恒习副研究员编写；第五章介绍了抗体的结构与功能，由汤永平博士编写；第六章介绍了生物安全现状及对策，由王瑞龙副研究员编写。

本书作者均是活跃在教学、科研第一线专业教师 and 科技工作人员，具有丰富的教学、科研经验和操作技能。编者付出了辛勤的劳动和汗水。但生命科学和生物技术的发展日新月异，新技术和新理论不断更新，虽然我们倾注了大量的精力，但难免存在不足，真诚希望同仁和读者对本书存在的问题进行指正。

值此成书之际，对给予本书支持和信任的领导、同仁致以衷心的感谢，感谢各位编者的精诚合作与付出。希望本书的问世能够在学习与普及生物技术知识、促进生物技术发展和应用等方面起到有益的作用。

编者
2015 年 3 月

目 录

第一章 绪论	001
一、概述	001
二、生命科学的发展	002
三、生物技术的发展	008
第二章 基因组学	018
一、概述	018
二、人类基因组计划	020
三、其他生物基因组计划进展	025
四、功能基因组学	025
五、蛋白质组学	030
六、后基因组时代生物技术	034
第三章 基因技术	039
一、PCR 扩增技术	039
二、DNA 测序技术	044
三、DNA 芯片技术	053
四、DNA 重组技术	054
第四章 动物克隆技术	059
一、动物克隆概述	059
二、动物单性生殖技术	063
三、胚胎分割与卵裂球分离培养技术	066
四、细胞核移植技术	072
五、四倍体胚胎补偿技术	086

第五章 抗体的结构与功能	089
一、概述	089
二、抗体的分类	093
三、抗体的制备与纯化技术	099
四、抗体与疾病的体外诊断	106
五、抗体与生物靶向治疗	118
第六章 生物安全现状及对策	120
一、生物安全的由来	120
二、生物武器与生物恐怖	122
三、生物技术的负面作用与谬用	131
四、转基因生物安全	133
五、外来生物入侵	137
六、实验室生物安全	138
七、结语	138
附录	139
《农业转基因生物安全管理条例》	139
《转基因食品卫生管理办法》	148
《实验室生物安全通用要求》	152
参考文献	187

第一章 绪论

一、概述

随着科学技术的不断进步，生命科学与生物技术的发展日新月异。人类对生命的认识也更加深入、系统和全面。人类从最初对生命现象的描述，发展到探究生命活动的本质及发生发展规律，以及研究各种生物之间和生物与环境之间的相互关系。

生物体是一个多层次、多侧面的复杂结构体系，研究生物体的运动变化规律的科学叫作“生命科学”。现代生命科学正从群体、个体、细胞、分子等不同层次上开展研究，涉及形态学、生理生化、遗传发育、进化等方面，现代生命科学在 20 世纪得到了快速发展，正代表着 21 世纪为自然科学的前沿。

生物技术以生命科学为基础，采用先进的工程技术手段，按照预先的设计改造生物体或加工生物原料，广泛应用于医药卫生、农林牧渔、轻工、食品、化工、能源和环境等领域，被世界各国视为一项高新技术。在我国，大力发展生物技术是培育战略性新兴产业的重大举措，是生物科技为国家做出重大贡献的战略选择。《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020）》把工业生物技术列入国家社会经济发展的战略高技术。2010 年 9 月通过的国务院《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》明确将生物产业列为七大战略新兴产业之一。2011 年 11 月，科技部发布的《国家“十二五”现代生物制造科技发展专项规划》中也明确提出到“十二五”末期，初步建成现代生物制造创新体系。

生命科学系统地阐述与生命特性有关的重大课题，是生物技术发展的基础和知识来源，为人们发展医药生物技术、工业生物技术和农业生物技术等提供

理论指导和技术支持。21 世纪以来,生命科学成为自然科学研究的热点和重点,生物学科与其他学科相互交叉、相互渗透、相互促进。生物技术则是当代最具有发展潜力的新兴产业,而且生物技术的不断进步深刻影响着世界政治、经济、军事、文化和社会发展的进程。

二、生命科学的发展

(一) 生命科学的基本概念

研究生物体的运动变化规律的科学叫作“生命科学”。生命科学除了研究生物体的结构和功能以外,还涉及整个生物界及其环境的相互作用。生命科学的基本任务是认识和揭示生物界存在的各层次的生命活动的客观规律,从分子、细胞、器官到个体及群体水平的结构与功能、生长发育的规律、物质与能量代谢的规律、分布与进化的规律以及与环境相互作用的规律等。

生命科学揭示新的原理和探索新的技术,进行多学科的交叉和渗透,并广泛应用生命科学的理论和方法去解决当今人类面临的粮食、人口、健康、资源、生态、环境、能源等问题。

(二) 生命科学的研究内容

生命科学研究的内容非常广泛而且复杂,涉及各类生物的形态、结构、生命活动及其规律,在发展过程中形成了许多生物学的分支学科:

(1) 按照研究对象分类,生命科学分为植物生物学、动物生物学、微生物学、病毒学、人类学、古生物学等。

(2) 按照研究生命现象的角度分类,生命科学分为形态学、解剖学、组织学、免疫学、分类学、生理学、遗传学、胚胎学、病理学等。

(3) 按照生物的结构水平分类,生命科学分为种群生物学、细胞生物学、分子生物学、个体生物学、生态系统生物学等。

另外,生命科学从不同的层次研究生命现象,从宏观上可以分为三个层次:

1. 核心层次

从分子与细胞水平阐明各类型生物生命活动的规律及其分子基础,主要包括分子生物学和细胞生物学。分子生物学是对生物在分子层次上的研究,主要

致力于对细胞中不同系统之间相互作用的理解,包括 DNA、RNA 和蛋白质生物合成之间的关系以及了解它们之间的相互作用是如何被调控的。细胞生物学是以细胞为研究对象,从细胞的整体水平、亚显微水平、分子水平等三个层次,以动态的观点,研究细胞和细胞器的结构和功能、细胞的生活史和各种生命活动规律的学科。

2. 个体生物学层次

对多个物种及类群的结构、功能以及生命活动规律逐一进行研究。从生物演化角度出发,这一层次已形成了多个以类群划分的学科,包括植物生物学、动物生物学、微生物学、病毒学等。从阐明生命活动的共同规律出发,该层次逐步建立了遗传学、生理学、解剖学、进化论、生物发育学等。

3. 生物圈层次

生物圈是指地球上所有生态系统的整体,生物与生物之间、生物与环境之间都存在密切的关系。这一层次研究整个生物圈,研究生物之间、生物与环境之间的相互关系,对改善生态环境、提高生存质量、实施可持续发展具有重要意义。

(三) 生命科学的发展历程

生命科学的发展经历了一个漫长的过程,大致分为三个主要阶段。

1. 自人类诞生至 16 世纪左右——生命科学的准备和奠基时期

古人基于自身生存的需要和求知欲望的潜能,对周围自然界进行观察与描述,尤其是开展了与人类生活密切相关的农牧畜业生产。据考古学家考证,我国栽培白菜已有 7000 多年的历史。公元前 5000 年,古人已经学会栽种水稻。公元前 3000 年已开始驯养家猪。公元前 2700 年种桑养蚕。公元前 221 年,我国人民已懂得制酱、酿醋、做豆腐。在与疾病、健康相关的方面,公元前 500 年的春秋战国时期,《诗经》就比较广泛地记录了阴阳、五行、脏腑、疾病、药物、治疗、保健等医学内容,收录药物 200 多种。东汉的《神农百草经》将药物增至 365 种。公元 10 世纪,我国已研制了预防天花的疫苗。贾思勰的《齐民要术》,尤其明代李时珍的《本草纲目》堪称世界医药科学巨著,都是古代人们的智慧结晶,为世人提供了极其宝贵的经验和方法。

生命科学作为学科性质的系统知识,一般认为是从古希腊哲学家亚里士多德(公元前 384—公元前 322 年)开始的。在《动物志》一书中,亚里士多德

相当细致地记述了他对动物解剖结构、生理习性、胚胎发育和生物类群的观察，并对生命现象做出了许多深刻的思考。他对生物知识的贡献还在于物种的分门别类。他的学生亚历山大大帝在远征途中经常给他捎回各种动植物标本，利用这些材料，他一生中对 500 多种动植物进行了分类。到 18 世纪，动植物分类已得到长足的发展，相继编辑出版了不少分类方面的著作，代表学者是瑞典植物学家和冒险家林奈。林奈系统地总结了前人的工作，摒弃了人为分类方法，选择了自然分类法，创造性地提出“二名法”，1735—1768 年先后出版了《自然系统》《植物种志》《瑞典动物志》等著作，创立了精确、严谨、方便、实用的动植物分类系统。经过他们的努力，建立了以门、纲、目、科、属、种为骨架的生物分类阶元层次系统，它的建立为进化论打下了坚实的类群基础。进入中世纪年代，科学的发展受到极大的压抑。但是即使在那个黑暗的年代，仍不断有人在恶劣的条件下默默地探索着。如莱茵河畔的希尔德加德修女写的《医学》一书，继承和发扬了古希腊的创新精神，大胆地记录了她对动物、植物的观察和用来当作药物的使用方法。

总体看来，这个时期人们对生命现象的研究基于观察和简单试验之上，尽管没有形成真正的科学体系，但是以生命为对象的生物分支学科已然建立。

2. 16 世纪到 20 世纪中期——系统生命科学创立和发展时期

现代生命科学可以说是从形态学创立开始的。比利时医生安德烈·维萨里在实践中掌握和积累了一定的解剖学知识和经验，于 1543 年，年仅 28 岁即完成了按骨骼、肌腱、神经等几大系统描述的著作《人体的结构》，书中写道：人体的所有器官、骨骼、肌肉、血管和神经都是密切相关联系的，每一部分都是有活力的组织单位，冲破了以盖仑为代表的旧权威们臆测的解剖学理论。这本书的发表引起了当时解剖学家和医生们的震惊，但也因触犯了旧的传统观念而引起教会的极大不满，维萨里被迫离开了他执教的威尼斯共和国帕都瓦大学来到西班牙。但教会的魔爪不肯放过他，20 年后，西班牙宗教裁判所诬陷维萨里用活人做解剖而被判了死罪。由于国王出面干预，维萨里被改判前往耶路撒冷朝圣，在归航途中航船遇险，年仅 50 岁即不幸身亡。

《人体的结构》这部巨著标志着解剖学的建立，直接推动了以血液循环研究为先导的生理分支学科的形成，也直接影响了 1628 年英国医生哈维的《心血运动论》问世。威廉·哈维用大量实验材料论证了血液的循环运动，他强调心脏在血液循环中的重要作用，通过对 40 种不同动物的解剖观察，他证明