



全国高等农林院校生物科学类
专业“十二五”规划系列教材

基础生物化学

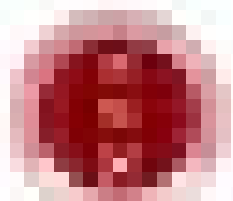
赵国芬 张少斌 主编

basic biochemistry



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

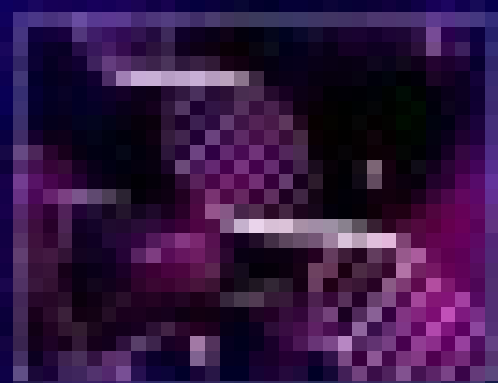


清华大学“基础学科拔尖学生培养计划”
基础科学拔尖人才班

基础生物化学

王德玉 王中林 编

basic biochemistry



清华大学出版社
Tsinghua University Press

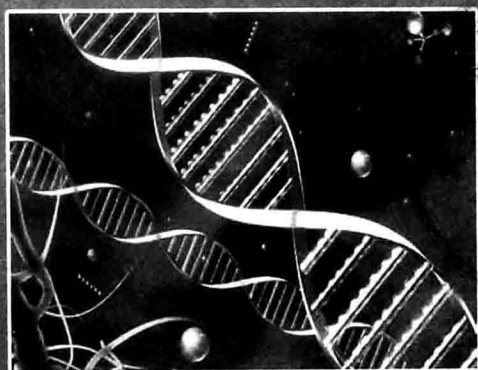


全国高等农林院校生物科学类
专业“十二五”规划系列教材

基础生物化学

赵国芬 张少斌 **主编**

basic biochemistry



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

生物化学是用化学的、物理学的和近代生物学的方法从分子水平上研究生命活动中物质的组成、性质、代谢变化与生物体机能之间的关系,从而阐明生命现象的化学本质的一门学科。

本教材是全国高等农林院校生物科学类专业“十二五”规划系列教材之一,主要包括以下几部分内容:①静态生物化学部分,主要探讨了构成生物体的大分子糖、脂、蛋白、酶、核酸的结构、性质、功能,同时介绍了这些物质的分离、分析技术及其应用;②动态生物化学部分,主要系统介绍了糖、脂、蛋白、核酸在体内的代谢变化规律、代谢调控及代谢变化与生物体机能之间的关系;③分子生物学部分,这部分以原核生物为主,介绍了遗传信息传递的分子基础与调控规律,是生物化学的发展和延续。

图书在版编目(CIP)数据

基础生物化学/赵国芬,张少斌主编.—北京:中国农业大学出版社,2014.6
ISBN 978-7-5655-0956-8

I. ①基… II. ①赵…②张… III. ①生物化学 IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 089449 号

书 名 基础生物化学
作 者 赵国芬 张少斌 主编

策划编辑 孙 勇 潘晓丽

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

电 话 发行部 010-62818525,8625

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 北京时代华都印刷有限公司

版 次 2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 28.25 印张 702 千字

定 价 53.00 元

责任编辑 田树君

责任校对 陈 莹 王晓凤

邮政编码 100193

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440

e-mail cbsszs@cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

全国高等农林院校生物科学类专业“十二五”规划系列教材
编审指导委员会
(按姓氏拼音排序)

姓 名	所 在 院 校	姓 名	所 在 院 校
蔡庆生	南京农业大学	刘国琴	中国农业大学
蔡永萍	安徽农业大学	刘洪章	吉林农业大学
苍 晶	东北农业大学	彭立新	天津农学院
曹贵方	内蒙古农业大学	秦 利	沈阳农业大学
陈雯莉	华中农业大学	史国安	河南科技大学
董金皋	河北农业大学	宋 渊	中国农业大学
冯玉龙	沈阳农业大学	王金胜	山西农业大学
郭 蓓	北京农学院	吴建宇	河南农业大学
郭立忠	青岛农业大学	吴晓玉	江西农业大学
郭图强	塔里木大学	殷学贵	广东海洋大学
郭兴启	山东农业大学	余丽芸	黑龙江八一农垦大学
郭玉华	沈阳农业大学	张 炜	南京农业大学
李 唯	甘肃农业大学	赵 钢	仲恺农业工程学院
林家栋	中国农业大学出版社	赵国芬	内蒙古农业大学

编写人员

主 编 赵国芬(内蒙古农业大学)
张少斌(沈阳农业大学)

副主编 韩占江(塔里木大学)
谢东雄(广东海洋大学)
张 桦(新疆农业大学)

参编者 (按姓氏拼音排列)
包海霞(内蒙古农业大学)
何秀玲(内蒙古农业大学)
金 青(安徽农业大学)
刘 扬(内蒙古农业大学)
苏豫梅(新疆农业大学)
杨致芬(山西农业大学)
王桂花(内蒙古农业大学)
王光霞(内蒙古农业大学)
王育林(广东海洋大学)
武春燕(内蒙古农业大学)
张志勇(河南科技学院)



出版说明

生物科学是近几十年来发展最为迅速的学科之一,它给人类的生产和生活带来巨大变化,尤其在农业和医学领域更是带来了革命性的变革。生物科学与各个学科之间、生物科学各个分支学科之间的广泛渗透,相互交叉,相互作用,极大地推动了生物科学技术进步。生物科学理论和方法的丰富和发展,在持续推动传统农业和医学创新的同时,其应用领域不断扩大,广泛应用的领域已包括食品、化工、环保、能源和冶金工业等各个方面。仿生学的应用还对电子技术和信息技术产生巨大影响。生物防治、生物固氮等生物技术的应用,极大地改变了农业过分依赖石化工业的局面,继而为自然生态平衡的恢复做出无可替代的贡献。以大量消耗资源为依赖的传统农业被以生物科学和技术为基础的生态农业所替代和转变。新的、大规模的近现代农业将由于生物科学的快速发展而迅速崛起。

生物科学在农业领域中越来越广泛的应用,以及不可替代作用的发挥,既促进了生物科学教育的发展,也为生物科学教育提出了新的更高的要求。农业领域高素质、应用型人才对生物科学知识的需求具有自身独特的使命和特征。作为培养高素质、应用型人才重要途径和方式的农业高等教育亟需探索出符合实际需求和发展的教育教学模式和内容。为此,中国农业大学生物学院和中国农业大学出版社与全国 30 余所高等农林院校合作,在充分汲取各校生物科学类专业教改实践经验和教改成果的基础上,经过进一步集成、融合、优化、提升,凝聚形成了比较符合农林院校教学实际、适应性更好、针对性更强、教学效果更佳的教学理念和教材编写思路,进而精心打造了“全国高等农林院校生物科学类专业‘十二五’规划系列教材”。系列教材覆盖了近 30 门生物科学类专业骨干课程。

本系列教材站在生物科学类专业教育教学整体目标的高度,以学科知识内容关联性为依据,审核确定教材品种和教材内容,通过相关课程教材小规模组合、专家交叉多重审定、编审指导委员会统一把关等措施,统筹解决相关教材内容衔接问题;以统一的编写指导思想因课制宜确定各门课程教材的编写体例和形式。因此,本系列教材主导思想整体归一、各种教材各具特色。

农业是生物科学最早也是应用范围最广的领域,其厚重的实践积累和丰硕成

果使得农业高等教育生物科学类专业教学独具特色和更高要求。本系列教材比较好地体现了农业领域生物科学应用的重要成果和前沿研究成就,并考虑到农林院校生源特点、教学条件等,因而具有很强的适用性、针对性和前瞻性。

系列教材编审指导委员会在教材品种的确立、内容的筛选、编写指导思想以及质量把关等环节中发挥了巨大作用。其组成专家具有广泛的院校代表性、学科互补性和学术权威性,以及丰富的教学科研经验。专家们认真细致的工作为系列教材打造成为农林院校生物科学类专业精品教材奠定了扎实的基础,在此谨致深深谢意。

作为重点规划教材,为准确把握教学需求,突出特色和确保质量,教材的策划运行被赋予更为充分的时间,从选题调研、品种筛选、编写大纲的拟制与审定、组织教师编写书稿,直至第一种教材出版至少3年时间,按照拟定计划主要品种的面世需近4年。系列教材的运行经过了几个阶段。第一个阶段,对农林院校生物科学教学现状进行深入的调查研究。2010—2011年,出版社用了近1年的时间,先后多批次走访了近30所院校,与数百位生物科学教学一线的专家和教师进行座谈,深入了解我国高等农林院校生物科学教学的进展状况及存在的问题。第二个阶段,召开教学和教材建设研讨会。2011年12月份,中国农业大学生物学院和中国农业大学出版社组织召开了有30余所院校、100余位教师参加的生物教学研讨会,与会代表就农林院校生物科学类专业教学和教材建设问题进行了广泛和深入的研讨,会上还组织参观了中国农业大学生物学院教学中心、国家级生命科学实验教学示范中心以及两个国家重点实验室,给与会代表留下了深刻的印象和较大的启发。第三个阶段,教材立项编写。在广泛达成共识的基础上,有30多所高等农林院校、近500人次教师参加了系列教材的编写工作。从2013年4月起,系列教材将陆续出版,希望这套凝聚了广大教师智慧、具有较强的创新性、反映各校教改探索实践经验与成果的系列教材能够对农林院校生物科学类专业教育质量的提高发挥良好的作用。

良好的愿望和教学效果需要实践的检验和印证。我们热切地期待着您的意见反馈。

中国农业大学生物学院
中国农业大学出版社
2013年3月16日



前 言

生物化学是在有机化学和生理学的基础上发展起来的,与有机化学、生理学、物理化学、分析化学有着密切的联系,19世纪末20世纪初发展为独立的学科,是生物学中发展最快的一门前沿学科,其特点是从分子水平阐明生物体的化学组成,及其在生命活动中所进行的化学变化与其调控规律等生命现象的本质。生物化学的发展和成就推动了生物科学其他学科的发展和进步,尤其是基因信息的传递、基因重组与基因工程、基因组学等知识点已成为生命科学领域的前沿学科,在工业、农业、食品工业等领域的发展中也发挥出越来越明显的作用。

基础生物化学课程是高等农林院校农学、园艺、生态、林学类专业非常重要的一门基础课程,学生学好基础生物化学将为学好其他专业课程奠定扎实的基础。

本教材是全国高等农林院校生物科学类专业“十二五”规划系列教材之一,是按照全国农林院校农学类专业《基础生物化学教学大纲》,根据生物化学发展的最新成果并结合参编院校的教学经验而编写的。本书编写大纲经主编制定、副主编修改,最后经编委讨论和修改才确定的。本书编写得到8所高校16位老师的大力支持,根据各编者的学术专长而分配有关章节的编写任务,书稿最后经过多次校对完成。在保证基本知识、基本理论、基本技能的基础上,加入了新成果、新进展,内容上既全面、完整、前沿,又考虑到学科的交叉、渗透。希望本教材能成为全国农林院校生命科学类专业一本较好的教科书。

本教材力求基本概念精准严谨,基本理论简洁明了,基本技能先进全面。在每章的开头加入了内容提示与教学目标,在每章的结尾有本章小结、思考练习,在教材结尾有参考资料,使学生学习起来更加方便,教师讲授更加容易掌控。本书共15章,绪论、第5章、第13章由塔里木大学的韩占江编写;第1章由内蒙古农业大学的王光霞编写;第2章由河南科技学院张志勇编写;第3章由山西农业大学的杨致芬编写,第4章由内蒙古农业大学的包海霞编写;第6章由内蒙古农业大学的何秀玲编写;第7章由内蒙古农业大学的王桂花编写;第8章由广东海洋大学的谢东雄编写;第9章由内蒙古农业大学的刘扬和武春燕编写;第10章由内蒙古农业大学的赵国芬编写;第11章由安徽农业大学的金青编写;第12章由新疆农业大学的张桦和苏豫梅编写;第14章由广东海洋大学王育林编写;第15章由沈阳农业大学的张少斌编写。一审由各位主编和副主编完成,二审由编写人员完成,全书的通稿工作由赵国芬完成。

由于编者水平,编写过程中难免出现一些纰漏和错误,敬请读者批评和指正。

编 者

2013年10月



目 录

第 0 章 绪论	1
0.1 生物化学研究的主要内容	1
0.2 生物化学发展简史	2
0.3 生物化学与其他学科的关系	4
0.4 生物化学的应用和发展前景	5
第 1 章 蛋白质化学	6
1.1 蛋白质的元素组成	6
1.2 蛋白质的基本组成单位是氨基酸	6
1.2.1 蛋白质中的标准氨基酸的结构特点和表示方法	7
1.2.2 蛋白质中的标准氨基酸的分类	7
1.2.3 蛋白质中的非标准氨基酸	9
1.2.4 非蛋白质氨基酸	10
1.2.5 氨基酸的重要性质	10
1.2.6 氨基酸的分离分析	15
1.3 肽	17
1.3.1 肽与肽键	17
1.3.2 几种重要的天然活性肽	18
1.4 蛋白质的分子结构	19
1.4.1 蛋白质的一级结构	19
1.4.2 蛋白质的二级结构	22
1.4.3 超二级结构和结构域	26
1.4.4 蛋白质的三级结构	26
1.4.5 蛋白质的四级结构	28
1.4.6 纤维状蛋白质的结构	29
1.5 蛋白质结构与功能的关系	31
1.5.1 蛋白质一级结构与功能的关系	31
1.5.2 蛋白质空间结构与功能的关系	33



1.6	蛋白质的特性	37
1.6.1	蛋白质的紫外吸收光谱	37
1.6.2	蛋白质的两性解离和等电点	37
1.6.3	蛋白质的胶体性质	38
1.6.4	蛋白质的沉淀	38
1.6.5	蛋白质的变性与复性	39
1.6.6	蛋白质的颜色反应	40
1.7	蛋白质的分离与研究方法简介	41
1.7.1	根据分子大小差异分离蛋白质	41
1.7.2	利用溶解度差异分离蛋白质	42
1.7.3	利用电荷不同分离蛋白质	43
1.7.4	根据蛋白质吸附特性分离蛋白质	44
1.7.5	根据生物分子特异亲和力分离蛋白质	45
1.7.6	蛋白质的鉴定	45
1.7.7	蛋白质组与蛋白质组学简介	49
1.8	蛋白质的分类	50
1.8.1	根据分子形状分类	50
1.8.2	根据化学组成分类	50
1.8.3	根据溶解度分类	51
第2章	酶	53
2.1	酶的概述	54
2.1.1	酶的概念及其化学本质	54
2.1.2	酶的催化作用特点	57
2.1.3	酶作用的专一性	57
2.1.4	酶的化学组成	58
2.2	酶的命名与分类	59
2.2.1	酶的命名	59
2.2.2	酶的分类	60
2.3	酶催化的机制	62
2.3.1	酶的活性中心	62
2.3.2	酶专一性催化反应的机制	67
2.3.3	酶高效催化反应的机制	67
2.3.4	蛋白酶的作用机理举例	73
2.4	酶促反应动力学	74
2.4.1	酶促反应速度的测量	74
2.4.2	底物浓度对酶促反应速度的影响	77



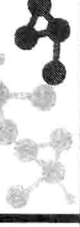
2.4.3	酶浓度对酶促反应速度的影响	80
2.4.4	pH 对酶作用的影响	81
2.4.5	温度对酶作用的影响	81
2.4.6	抑制剂对酶促反应速度的影响	82
2.4.7	激活剂对酶作用的影响	89
2.5	酶活性的调节	90
2.5.1	别构调节	90
2.5.2	酶活性的共价调节	91
2.5.3	酶原激活	92
2.5.4	调节蛋白	92
2.5.5	同工酶	93
2.6	酶的纯化与酶活力测定	94
2.6.1	酶的分离纯化	94
2.6.2	酶活力的测定	94
2.7	酶工程简介	97
2.7.1	酶的应用	97
2.7.2	酶工程的研究内容	97
第3章	维生素与辅酶	100
3.1	水溶性维生素	101
3.1.1	维生素 B ₁ 与焦磷酸硫胺素	101
3.1.2	维生素 B ₂ 与 FMN、FAD	101
3.1.3	维生素 B ₃ 与辅酶 A	102
3.1.4	维生素 PP 与 NAD ⁺ 、NADP ⁺	103
3.1.5	维生素 B ₆ 及其辅酶	103
3.1.6	维生素 B ₇ (生物素)	104
3.1.7	叶酸与四氢叶酸	104
3.1.8	维生素 B ₁₂ (钴胺素) 及其辅酶	105
3.1.9	硫辛酸	106
3.1.10	维生素 C 与辅酶	106
3.2	脂溶性维生素	106
3.2.1	维生素 A	107
3.2.2	维生素 D	107
3.2.3	维生素 E	107
3.2.4	维生素 K	108
3.3	其他的辅基或辅酶	109
3.3.1	核苷酸	109



3.3.2	辅酶 Q	109
3.3.3	蛋白质辅酶	109
第 4 章	核酸化学	111
4.1	核酸的化学组成	111
4.1.1	核酸的种类与分布	111
4.1.2	核酸的结构单元——核苷酸	112
4.1.3	核酸的生物学功能	115
4.2	DNA 的结构	116
4.2.1	DNA 分子具特定的碱基组成	116
4.2.2	DNA 分子的一级结构	117
4.2.3	DNA 分子的双螺旋结构	118
4.2.4	DNA 分子螺旋的多态性	119
4.2.5	DNA 分子的超螺旋结构	121
4.2.6	DNA 序列分析	123
4.3	RNA 的结构	124
4.3.1	tRNA 的结构	125
4.3.2	mRNA 的结构	127
4.3.3	rRNA 的结构	128
4.3.4	其他 RNA 分子	129
4.4	核酸的理化性质	130
4.4.1	核酸的一般性质	130
4.4.2	核酸的变性、复性及分子杂交	132
4.5	核酸的分离鉴定	134
4.5.1	分离提取	134
4.5.2	含量测定	134
4.6	基因组	135
4.6.1	病毒基因组	135
4.6.2	原核生物的基因组	137
4.6.3	真核生物的基因组	138
第 5 章	糖类	143
5.1	单糖	143
5.1.1	单糖的种类	143
5.1.2	常见单糖	145
5.1.3	单糖的重要衍生物	147
5.2	寡糖	149
5.2.1	双糖	149



5.2.2 三糖	150
5.2.3 四糖	150
5.3 多糖	151
5.3.1 同多糖	151
5.3.2 杂多糖	154
5.4 结合糖	156
5.4.1 肽聚糖	156
5.4.2 糖蛋白	156
5.4.3 蛋白聚糖	158
5.4.4 糖脂	158
5.5 糖的分离纯化与鉴定	158
5.5.1 分离纯化	158
5.5.2 鉴定	159
第6章 脂类和生物膜	160
6.1 生物体内的脂类	160
6.1.1 脂肪酸(fatty acid)	160
6.1.2 脂酰甘油和蜡	163
6.1.3 磷脂	166
6.1.4 固醇	168
6.1.5 结合脂类	169
6.2 生物膜的结构	171
6.2.1 生物膜的组成	171
6.2.2 生物膜的结构	175
6.3 生物膜的功能	178
6.3.1 物质运输	178
6.3.2 跨膜信号转导	182
6.3.3 能量传递和转换	184
6.3.4 识别功能	185
第7章 新陈代谢概论与生物氧化	187
7.1 新陈代谢概论	187
7.1.1 新陈代谢	187
7.1.2 新陈代谢的类型	188
7.1.3 新陈代谢的研究方法	189
7.2 生物氧化概述	192
7.2.1 生物氧化概念	192
7.2.2 生物氧化的自由能变化	193



7.2.3 高能化合物	197
7.3 电子传递链	201
7.3.1 线粒体	201
7.3.2 电子传递链	202
7.3.3 电子传递抑制剂	208
7.4 氧化磷酸化作用	210
7.4.1 氧化磷酸化的概念及类型	210
7.4.2 磷酸化与电子传递链的偶联	211
7.4.3 氧化磷酸化机制	212
7.4.4 氧化磷酸化的解偶联作用与抑制作用	214
7.4.5 ATP 的合成机制	215
7.4.6 能荷	217
7.4.7 P/O	218
7.4.8 氧化磷酸化的调节	218
7.4.9 线粒体穿梭系统	218
第 8 章 糖类代谢	222
8.1 双糖和多糖的酶促降解	222
8.1.1 双糖的酶促降解	222
8.1.2 多糖的酶促降解	223
8.2 糖酵解	225
8.2.1 糖酵解的生物化学过程	226
8.2.2 糖酵解化学计量与生物学意义	230
8.2.3 糖酵解的其他底物	230
8.2.4 丙酮酸的进一步代谢	231
8.2.5 糖酵解的调控	232
8.3 三羧酸循环	233
8.3.1 丙酮酸形成乙酰 CoA	233
8.3.2 三羧酸循环的反应历程	234
8.3.3 三羧酸循环的化学计量和特点	237
8.3.4 三羧酸循环的调控	238
8.3.5 三羧酸循环的生物学意义	238
8.3.6 三羧酸循环的回补反应	239
8.4 磷酸戊糖途径	239
8.4.1 磷酸戊糖途径的反应历程	239
8.4.2 磷酸戊糖途径的特点	243
8.4.3 磷酸戊糖途径的调控	243

8.4.4 磷酸戊糖途径的生物学意义	243
8.5 糖的异生作用	245
8.5.1 糖的异生作用的途径	245
8.5.2 糖的异生作用的前体	246
8.5.3 糖的异生作用的生物学意义	246
8.6 蔗糖和多糖的生物合成	247
8.6.1 活化的单糖基供体及其相互转化作用	247
8.6.2 蔗糖的生物合成	248
8.6.3 淀粉的生物合成	249
第9章 脂类代谢	252
9.1 脂肪的降解	253
9.1.1 脂肪的降解	253
9.1.2 甘油的降解与转化	254
9.1.3 脂肪酸的氧化分解	255
9.1.4 乙醛酸循环	265
9.1.5 脂肪酸氧化的调节	268
9.2 脂肪的合成	268
9.2.1 α -磷酸甘油的形成	268
9.2.2 脂肪酸的生物合成	269
9.2.3 甘油三酯的生物合成	281
9.2.4 脂肪酸合成的调节	282
9.3 类脂的代谢	283
9.3.1 甘油磷脂的生物合成与降解	284
9.3.2 鞘磷脂的生物合成与降解	288
9.3.3 糖脂的降解与生物合成	290
9.3.4 胆固醇的生物合成与转化	290
第10章 蛋白质的酶促降解和氨基酸代谢	296
10.1 蛋白质的酶促降解	296
10.1.1 蛋白质在消化道的降解	296
10.1.2 蛋白在细胞中的降解	297
10.2 氨基酸的降解与转化	299
10.2.1 脱氨基作用(deamination)	299
10.2.2 脱羧基作用(decarboxylation)	302
10.2.3 氨的去路	302
10.2.4 碳架的去路	304
10.2.5 氨基酸可衍生的其他化合物	309



10.3 氮素循环	310
10.3.1 氮素循环	310
10.3.2 氨的来源	310
10.3.3 氨的同化	312
10.3.4 氨基酸的生物合成	313
第11章 核酸的酶促降解与核苷酸代谢	318
11.1 核酸的酶促降解	318
11.1.1 脱氧核糖核酸酶与核糖核酸酶	319
11.1.2 核酸内切酶与核酸外切酶	319
11.1.3 限制性内切核酸酶	319
11.2 核苷酸的降解	321
11.2.1 核苷酸和核苷的降解	321
11.2.2 嘌呤碱的降解	321
11.2.3 嘧啶碱的降解	324
11.3 核苷酸的生物合成	325
11.3.1 嘌呤核苷酸的生物合成	325
11.3.2 嘧啶核苷酸的生物合成	329
11.3.3 脱氧核糖核苷酸的生物合成	331
11.3.4 核苷三磷酸与脱氧核苷三磷酸的合成	333
11.3.5 核苷酸合成的抑制剂	334
第12章 DNA的生物合成	336
12.1 DNA的复制概貌	336
12.1.1 DNA复制的半保留性	336
12.1.2 DNA复制的半不连续性	338
12.2 DNA复制所需的酶及相关蛋白	339
12.2.1 拓扑异构酶和解旋酶	339
12.2.2 SSB单链结合蛋白	340
12.2.3 引物酶及引物的合成	340
12.2.4 DNA聚合酶及聚合反应	341
12.2.5 DNA连接酶	344
12.3 原核生物DNA的复制	345
12.3.1 DNA复制的起始	345
12.3.2 DNA链的合成与延伸	346
12.3.3 DNA复制的忠实性	348
12.4 真核生物DNA的复制	349
12.4.1 真核生物的染色体复制	349