



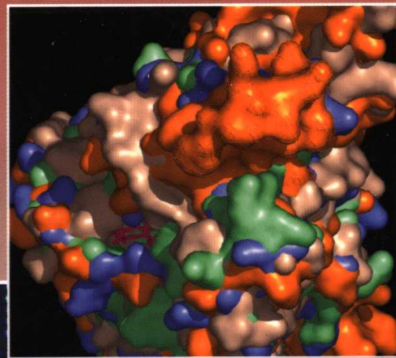
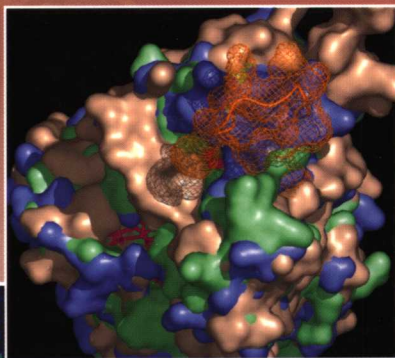
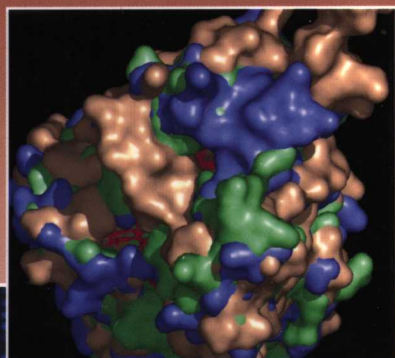
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 现代分子生物学

*Modern Molecular Biology*

(第3版)

朱玉贤 李毅 郑晓峰 编著



高等教育出版社  
Higher Education Press



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 现代分子生物学

*Modern Molecular Biology*

(第3版)

朱玉贤 李 毅 郑晓峰 编著



高等教育出版社

Higher Education Press

## 内容提要

本书共分 11 部分,分别对染色体结构、DNA 的复制形式与特点、DNA 的转座、遗传密码的破译、蛋白质的合成和运转、基因表达调控的原理、癌症与癌基因活化、免疫缺损病毒(HIV)的分子机制等现代分子生物学中的重大问题做了全面系统的分析。其中第一、二章介绍了分子生物学、染色体与 DNA 的基本概念,第三至四章回顾了从 DNA 到 RNA 以及从 mRNA 到蛋白质的生物信息流,第七至八章叙述了参与原核、真核细胞基因表达调控的各种元件,探讨了 DNA 甲基化、蛋白质磷酸化、乙酰化修饰及各种不同环境因子对基因活性和功能的影响,第九至十章讨论了疾病与人类健康、基因与发育等重要生命现象的分子生物学基础,第十一章则讨论了基因组学与比较基因组学研究的最新成果。此外,本书还在第五、六两章讨论了主要分子生物学实验的技术和原理。

本书可供高等院校生物科学和生物技术专业的教师和学生使用,也可作为相关专业研究人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

现代分子生物学/朱玉贤,李毅,郑晓峰编著. —3 版.

北京:高等教育出版社,2007. 11

ISBN 978-7-04-022214-2

I. 现… II. ①朱…②李…③郑… III. 分子生物学-高等学校-教材 IV. Q7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 129636 号

策划编辑 吴雪梅 责任编辑 薛 玥 封面设计 张 楠 责任绘图 尹 莉  
版式设计 王 莹 责任校对 殷 然 责任印制 宋克学

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 100011

总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司

印 刷 高等教育出版社印刷厂

开 本 850 × 1168 1/16

印 张 31

字 数 640 000

购书热线 010-58581118

免费咨询 800-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

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

网上订购 <http://www.landaco.com>

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

畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 1997 年 3 月第 1 版

2007 年 11 月第 3 版

印 次 2007 年 11 月第 1 次印刷

定 价 53.00 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

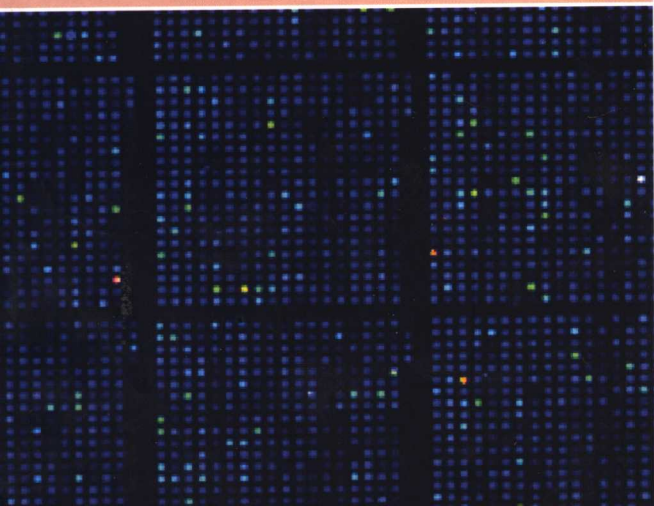
物料号 22214-00



### 主要作者简介

朱玉贤，男，浙江省富阳市人。1989年12月在美国康奈尔大学获得博士学位。先后在美国华盛顿大学和北京大学从事博士后研究。1997年获得国家自然科学基金委“杰出青年科学基金”资助，2003年成为“创新研究群体”主持人。现为北京大学教授、博士生导师，蛋白质工程及植物基因工程国家重点实验室主任。兼任教育部科学技术委员会生命科学学部委员，长江特聘教授，农业部“国家转基因生物安全委员会”委员，科技部“863”高技术计划“现代农业技术领域”专家组副组长。主持多项国家级科研项目。

除《现代分子生物学》外，还著有《分子生物学实验技术》，译有《PCR传奇》和《细胞的起源》。



## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

**反盗版举报电话：**(010) 58581897/58581896/58581879

**传 真：**(010) 82086060

**E - mail：**dd@hep.com.cn

**通信地址：**北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

**邮 编：**100011

购书请拨打电话：(010)58581118

当你进入实验室时，要像脱去外衣那样放下你的想象力，因为实验操作中不能有一丁点的想象，否则，你对事物的观察就会受影响；当你翻开书本的时候，你又必须尽可能展开想象的“翅膀”，否则，你就不可能走在别人的前面。

## 第三版前言

我上小学的时候，有一句话特别风行，叫做“学好数理化，走遍天下都不怕”！当然，这话在“文革”的十年浩劫中与另一句同样广泛传播的俚语“龙生龙，凤生凤，老鼠生儿会打洞”一道受到严厉的批判，前者的罪名是“鼓励走白专道路”，后者的罪名则是“宣扬资产阶级血统论”。现在看来，“老鼠生儿会打洞”可能是生物学上一个永恒的命题，老鼠特有的 DNA 决定了它们的本能和生物学本质。一只老鼠，要是生而不能打洞，它的生存必将受到巨大的威胁，甚至不太可能活着离开父母的洞穴。

确实，直到 20 世纪后半叶，或者大致说直到整个 20 世纪结束以前，世界上的主要声音都是“科学推动社会进步”，都认为科学（特别是自然科学）是保证人类社会长期兴旺发达的最强大的动力。即使在 20 世纪 30 至 40 年代，中国处于军阀混战、外寇入侵、尸横遍野、民不聊生的凄惨境地，革命先驱们用以唤起普通民众的口号仍是“德先生（democracy）”和“赛先生（science）”（前者意为“民主”，后者意为“科学”）。

但是，对于地球——我们的母亲来说，科学其实更多地扮演了掠夺者、破坏者的角色。在过去的一二百年里，科学得到了突飞猛进的大发展，而我们的家园也在这一时期遭到了史无前例的大破坏。电能和动力机车的发现为化石燃料的大规模挖掘利用奠定了基础，滚滚向前的车轮、工厂的锅炉以及民居的取暖设施所释放的一氧化碳、二氧化碳和二氧化硫是导致全球性气候变暖的罪魁祸首；炸药以及稍后发现的核裂变、核聚变理论则成为战争狂人征服世界的工具。虽说没有科学做后盾，一棍一棒、一刀一石也能杀人，也能演变成战争，但肯定不至于像现在这样动辄多少万

吨级的炸药,炸你个遍地开花(!)没商量。此外,化肥、农药、塑料制品等数不胜数的科技成果在拓展人类生存空间、创造经济效益和生活便利的同时,也以令人难以置信的速度污染了环境,在不经意间剥夺了子孙后代生存繁衍的机会。

若干年前,我曾应邀参加美国某著名大学举办的一次学术年会,有学者做报告指出,对地球生物圈而言,一共只有三类物种:植物、微生物和其他。不幸得很,人类,骄傲的人类,只能归属到“其他”一族。当时倍觉愕然。现在想起来,这个划分虽然有以偏概全之嫌,但确实有深层次的含义。因为我们对地球基本没有正向的贡献,没有给予,只有索取,无穷无尽的索取。在人类历史的长河中,我们追求从“必然王国”向“自由王国”的进步,吹嘘如何“认识世界”、“改造世界”,其目的却似乎永远只有一个:把地球改造得更适合人类居住和生活,顺便把废水和垃圾杂物或公开或悄悄地投入大江大海、山沟沓见里,很少意识到应该为地球、为我们生存的大环境做些什么。

或许有人说,21世纪是生命科学的世纪。因为,数学、物理学等实证科学(exact science)的进步不但带来了人类社会的物质文明,也带来了人口膨胀、环境污染、疾病猖獗、能源资源匮乏、生态平衡破坏等一系列前人所没有预料到的问题,而生命科学有可能成为解决这些问题的突破口。从20世纪下半叶开始,人类社会已经从崇尚实证科学逐步转变为注重分析科学(analytical science),包括生物学、计算机、信息科学、材料科学和环境、生态、资源保护等研究,注重人文科学,强调“和谐社会”(这里首先指人与地球大环境的和谐)。没有这个“和谐”,人类社会的持续发展就可能成为泡影。

基于上述思考,本书在第3版修订中突出强调了分子生物学的实验技术和原理,在“疾病与人类健康”一章中增加了关于人禽流感 and 严重急性呼吸系统综合征(SARS)分子机制的讨论。根据学科发展的最新动态,对第11章(原第10章)“基因组与比较基因组学”做了较大规模的修改和充实。考虑到最近十多年来RNA研究持续升温,这一版增加了主要从事RNA研究的郑晓峰为第三作者,由她负责对第2~4章进行修改。李毅仍然负责与疾病和发育相关的第9~10章。全书其他章节的修改均由朱玉贤完成。

要真正学好、弄懂分子生物学这门重要的实验科学,除了在书本上下工夫,理解并掌握其基本规律之外,一定要善于跟踪和研究最新的科技文献,因为这些新发现、新进展往往对于诠释学习中碰到的疑难问题有着举一反三、画龙点睛的作用。此外,实验操作是掌握分子生物学精髓的主要途径,经常动手做实验或设计一些新的实验程序,往往能起到事半功倍的效果。希望读者、特别是广大青年学生,逐步拥有新的科学意识,在追求科学真理、实现远大抱负、“不怕”面对人生之旅的同时,学会“换位思考”,用尊敬、崇尚和感恩的眼光看待大自然,让地球母亲在科学的呵护下生生不息!只有这样,科学才能不断得到发扬光大!

朱玉贤

2007年2月17日写于燕园



# 第二版前言

分子生物学(Molecular Biology)是研究核酸等生物大分子的功能、形态结构特征及其重要性和规律性的科学,是人类从分子水平上真正揭开生物世界的奥秘,由被动地适应自然界转向主动地改造和重组自然界的基础学科。因为分子生物学所关心的既不是存在于生物体内的每一种分子,也不是每一种大分子,它所关心的主要是核酸在细胞生命过程中的作用,包括核酸本身的复制、保存以及基因(核酸大分子中最基本的功能单位)的表达与调控规律,所以,这门学科其实应该被叫做核酸生物学(Biology of Nucleic Acid)。当年的学者们为了图省事或者图新鲜,就发明了现在这个名词。尽管不十分贴切,却是言简意赅,容易被接受和传播,非常符合新兴大众传媒学的口味。一旦被炮制出来,这个学科名就不胫而走,深入人心,再也无法改变了。

追根寻源,分子生物学研究可能起源于德国。1869年,Miescher首次从莱茵河鲑鱼精子中提取了DNA。1910年,Kossel第一次分离获得单核苷酸,揭开了核酸研究的序幕。可以把这短短的130多年大致分为前后两个时期。1940年以前属于奠基阶段,通过孟德尔、摩尔根等人的努力,科学家开始认识生命遗传的分子基础。1940年以后,在Griffith与Avery等人关于非致病菌发生遗传转化的实验、Hershey与Chase证实DNA是遗传物质的实验基础上,Watson和Crick提出了DNA反向平行双螺旋的结构模型,Jacob和Monod则提出了阐明原核基因表达调控的操纵子学说,分子生物学迅速进入了大发展时期。时至今日,这一学科已经成为全世界生命科学乃至整个自然科学的主流,因为只有用分子手段才能研究和解答生命科学每一个分支中的根本性问题,使人

类掌握主动改造自然界的利剑,迎来生物学研究的新时代。

1991年,本书的主要作者朱玉贤回国时,国内尚无系统性的分子生物学教材。那时,我国高校中还存在是否应为本科生开设“分子生物学”课程的争论。但是,世界上大多数发达国家的大学里已经有了这门课程。作者相信,有必要用现代生物学研究中最先进、最精彩的知识和技术来武装自己的学生,以帮助他们从分子水平上认识生命的本质,为毕业后参与尖端科学研究创造条件。为此,我们决定写一本能综合生命科学在分子水平上所取得的研究成果、所发现的基本规律与原理、所提供的新思维、新方法的教科书,为培养分子生物学专业人才并规范我国的研究生入学考试打基础。

1997年,《现代分子生物学》第一次出版发行。北京大学根据原国家教委的文件精神举办了第一届全国“现代分子生物学教学研讨会”,包括北京大学、清华大学、复旦大学、中山大学、南京大学、南开大学和中国科技大学等全国重点院校在内的30多所高校派出45名骨干教师参加了研讨会。会议除交流现代分子生物学课程的教学方法、切磋教学经验之外,重点讨论了现代分子生物学的教学大纲和范畴,讨论了以《现代分子生物学》为基本教材进行本科生和研究生教学的可行性。到2001年,本书已连续重印6次,发行4万余册,成为国内许多高等院校本科生或研究生的主要教材。台湾艺轩图书出版社还在台湾和香港两地发行了繁体字版本,扩大了本教科书在世界上的影响。根据研讨会的精神,《现代分子生物学》第二版增加了果蝇体节发育、癌症和艾滋病的发生发展等内容,删去了第一版中有关植物分子生物学的大部分章节。新版本仍然分为十章,分别对染色体结构、DNA的复制形式与特点、DNA的转座、遗传密码的破译、蛋白质的合成和运转、基因表达调控的原理、癌症与癌基因活化、免疫缺损病毒(HIV)的分子机制等重大问题作了全面系统的分析,其中第三至九章以较大篇幅叙述了参与原核、真核细胞基因表达调控的各种元件,探讨了DNA甲基化、蛋白质磷酸化及各种不同环境因子对基因活性和基因功能的影响,第十章则讨论了基因组学与比较基因组学研究的最新成果。

虽然我们在这次修订过程中力求全面、完整地反映分子生物学各领域的最新进展,但面对浩如烟海的文献资料,加上作者本人的水平和能力有限,归纳成书后疏漏及错误之处肯定不少,殷切希望读者提出批评指正。我们将在教学研究的过程中不断修正并完善本教材,使之成为广大青年学生成长道路上的伴侣和助手。

朱玉贤

2002年2月15日写于北大蓝旗营





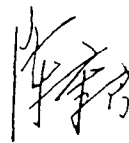
# 第一版序言

本世纪初以来,生命科学所取得的巨大成就和进步,不但使生物学这门古老的学科焕发了青春,也使它在自然科学中的地位发生了革命性的变化。同时,生物学革命也为物理学、数学、化学、信息科学、材料与工程科学注入了大量新鲜血液,提出了数不胜数的新问题、新概念和新思路。它在各个科学之间广泛渗透,相互交叉,相互作用,极大地推动了科学的发展。种种迹象表明,生物学已经成为带头学科之一,领导着世界科技大军走向2000年。

可以说,任何自然科学研究都没有比人类彻底认识自己,了解自己,找出解决自身所面临的人口膨胀、粮食短缺、环境污染、疾病猖獗、能源资源匮乏、生态平衡被破坏及生物物种消亡等一系列问题更为重要、更为迫切,因而更具有吸引力。加强生物学研究,从分子水平、细胞水平、个体和群体水平等不同层次深入探索生命与自然的奥秘,全面改造和改良我们的生存环境与生存质量,正在日益成为世界上千百万有识之士的共同愿望,成为历史的潮流。分子生物学作为生物学科最新兴、最具活力的科学,在推动我国科学事业的发展、推动生物工程产业的崛起、推动国民经济持续高速发展等方面均有着举足轻重的影响。

落后就要挨打,就要受人宰割。没有强大的分子生物学基础研究,我们就不可能在生物工程这个21世纪的龙头产业中占有一席之地,就不可能与世界列强平等对话。知识就是力量,就是财富!谁拥有了先进的科学技术,谁就拥有了在世界上立于不败之地的法宝。衷心地祝愿我国的科学教育事业乘改革开放之强劲东

风,跃马扬鞭自奋蹄,以更快的速度向更高更新的目标前进!衷心地希望《现代分子生物学》能成为广大青年学生和科技工作者迈向分子生物学殿堂的钥匙和助手!



1995年10月5日



# 目 录

<b>1 绪论</b> .....	1
1.1 引言 .....	1
1.1.1 创世说与进化论 .....	1
1.1.2 细胞学说 .....	3
1.1.3 经典生物化学和遗传学 .....	4
1.1.4 DNA 的发现 .....	6
1.2 分子生物学简史 .....	8
1.3 分子生物学的主要研究内容 .....	11
1.3.1 DNA 重组技术 .....	12
1.3.2 基因表达调控研究 .....	13
1.3.3 生物大分子的结构功能研究—— 结构分子生物学 .....	14
1.3.4 基因组、功能基因组与生物信息学研究 .....	14
1.4 展望 .....	15
<b>2 染色体与 DNA</b> .....	18
2.1 染色体 .....	19
2.1.1 染色体概述 .....	19
2.1.2 真核细胞染色体的组成 .....	22
2.1.3 原核生物基因组 .....	30
2.2 DNA 的结构 .....	31
2.2.1 DNA 的一级结构 .....	32
2.2.2 DNA 的二级结构 .....	33

2.2.3 DNA 的高级结构 .....	36	3.3.6 真核生物启动子对转录的 影响 .....	80
<b>2.3 DNA 的复制</b> .....	37	3.3.7 转录的抑制 .....	82
2.3.1 DNA 的半保留复制 .....	38	<b>3.4 原核与真核生物 mRNA 的 特征比较</b> .....	83
2.3.2 复制的起点、方向和速度 .....	38	3.4.1 原核生物 mRNA 的特征 .....	84
2.3.3 复制的几种主要方式 .....	40	3.4.2 真核生物 mRNA 的特征 .....	87
<b>2.4 原核生物和真核生物 DNA 复制 的特点</b> .....	44	<b>3.5 终止和抗终止</b> .....	90
2.4.1 原核生物 DNA 复制的特点 .....	44	3.5.1 不依赖于 $\rho$ 因子的终止 .....	90
2.4.2 真核生物 DNA 复制的特点 .....	48	3.5.2 依赖于 $\rho$ 因子的终止 .....	90
2.4.3 DNA 复制的调控 .....	50	3.5.3 抗终止 .....	91
<b>2.5 DNA 的修复</b> .....	51	<b>3.6 内含子的剪接、编辑、再编码及 化学修饰</b> .....	93
2.5.1 错配修复 .....	52	3.6.1 RNA 中的内含子 .....	93
2.5.2 切除修复 .....	53	3.6.2 mRNA 的剪接 .....	96
2.5.3 重组修复 .....	54	3.6.3 RNA 的编辑、再编码及 化学修饰 .....	99
2.5.4 DNA 的直接修复 .....	55	3.6.4 核酶 .....	102
2.5.5 SOS 反应 .....	55	3.6.5 RNA 在生物进化中的地位 .....	105
<b>2.6 DNA 的转座</b> .....	56	<b>4 生物信息的传递(下)—— 从 mRNA 到蛋白质</b> .....	107
2.6.1 转座子的分类和结构特征 .....	57	4.1 遗传密码——三联子 .....	108
2.6.2 真核生物中的转座子 .....	59	4.1.1 三联子密码及其破译 .....	108
2.6.3 转座作用的机制 .....	62	4.1.2 遗传密码的性质 .....	111
2.6.4 转座作用的遗传学效应 .....	63	4.2 tRNA .....	115
<b>3 生物信息的传递(上)—— 从 DNA 到 RNA</b> .....	66	4.2.1 tRNA 的 L 形三级结构 .....	117
3.1 RNA 转录的基本过程 .....	67	4.2.2 tRNA 的功能 .....	118
3.1.1 模板识别 .....	67	4.2.3 tRNA 的种类 .....	119
3.1.2 转录起始 .....	68	4.2.4 氨酰-tRNA 合成酶 .....	120
3.1.3 转录延伸 .....	69	<b>4.3 核糖体</b> .....	121
3.1.4 转录终止 .....	69	4.3.1 核糖体的结构 .....	123
3.2 转录机器的主要成分 .....	69	4.3.2 核糖体的功能 .....	126
3.2.1 RNA 聚合酶 .....	69	<b>4.4 蛋白质合成的生物学机制</b> .....	126
3.2.2 转录复合物 .....	73	4.4.1 氨基酸的活化 .....	127
3.3 启动子与转录起始 .....	75	4.4.2 翻译的起始 .....	129
3.3.1 启动子区的基本结构 .....	75	4.4.3 肽链的延伸 .....	132
3.3.2 启动子区的识别 .....	77	4.4.4 肽链的终止 .....	136
3.3.3 RNA 聚合酶与启动子区 的结合 .....	78	4.4.5 蛋白质前体的加工 .....	136
3.3.4 -10 区与-35 区的最佳间距 .....	78		
3.3.5 增强子及其功能 .....	78		



4.4.6 蛋白质的折叠 .....	140	<b>6 分子生物学研究法(下)—— 基因功能研究技术</b> .....	193
4.4.7 蛋白质合成的抑制剂 .....	140		
<b>4.5 蛋白质转运机制</b> .....	142		
4.5.1 翻译-转运同步机制 .....	144		
4.5.2 翻译后转运机制 .....	146		
4.5.3 核定位蛋白的转运机制 .....	150	6.1 基因表达研究技术 .....	193
4.5.4 蛋白质的降解 .....	151	6.1.1 基因表达系列分析技术 .....	193
<b>5 分子生物学研究法(上)—— DNA、RNA 及蛋白质操作 技术</b> .....	155	6.1.2 RNA 的选择性剪接技术 .....	195
5.1 重组 DNA 技术回顾 .....	155	6.1.3 原位杂交技术 .....	197
5.2 DNA 基本操作技术 .....	161	6.1.4 基因定点突变技术 .....	197
5.2.1 核酸凝胶电泳技术 .....	161	<b>6.2 基因敲除技术</b> .....	200
5.2.2 细菌转化与目标 DNA 分子的 增殖 .....	163	6.2.1 基本原理 .....	200
5.2.3 聚合酶链反应技术 .....	165	6.2.2 高等动物基因敲除技术 .....	201
5.2.4 实时定量 PCR .....	167	6.2.3 植物基因敲除技术 .....	205
5.2.5 基因组 DNA 文库构建 .....	170	<b>6.3 蛋白质及 RNA 相互作用技术</b> .....	206
<b>5.3 RNA 基本操作技术</b> .....	172	6.3.1 酵母单杂交系统 .....	206
5.3.1 总 RNA 的提取 .....	172	6.3.2 酵母双杂交系统 .....	207
5.3.2 mRNA 的纯化 .....	173	6.3.3 体外蛋白质相互作用技术 .....	208
5.3.3 cDNA 的合成 .....	174	6.3.4 细胞内蛋白质相互作用研究—— 荧光共振能量转移法 .....	212
5.3.4 cDNA 文库的构建 .....	175	6.3.5 RNAi 技术及其应用 .....	212
5.3.5 基因文库的筛选 .....	176	<b>6.4 基因芯片及数据分析</b> .....	214
<b>5.4 SNP 的理论与应用</b> .....	178	6.4.1 基因芯片技术原理 .....	214
5.4.1 SNP 概述 .....	178	6.4.2 基因芯片的点制过程 .....	215
5.4.2 SNP 的检测技术 .....	179	6.4.3 基因芯片数据分析 .....	217
5.4.3 SNP 的应用 .....	182	<b>6.5 利用酵母鉴定靶基因功能</b> .....	218
<b>5.5 基因克隆技术</b> .....	182	6.5.1 酵母的遗传学和分子生物学 简介 .....	218
5.5.1 RACE 技术 .....	183	6.5.2 酵母基因转化与性状 互补 .....	220
5.5.2 应用 cDNA 差示分析法 克隆基因 .....	184	6.5.3 外源基因在酵母中的功能 鉴定 .....	222
5.5.3 Gateway 大规模克隆技术 .....	185	<b>6.6 其他分子生物学技术</b> .....	223
5.5.4 基因的图位克隆法 .....	185	6.6.1 凝胶滞缓实验 .....	223
<b>5.6 蛋白质组与蛋白质组学技术</b> .....	187	6.6.2 噬菌体展示技术 .....	225
5.6.1 双向电泳技术 .....	188	6.6.3 蛋白质磷酸化分析技术 .....	226
5.6.2 蛋白质印迹法 .....	189	<b>7 基因的表达与调控(上)—— 原核基因表达调控模式</b> .....	230
5.6.3 蛋白质的质谱分析技术 .....	191	7.1 原核基因表达调控总论 .....	231
		7.1.1 原核基因调控分类 .....	232



7.1.2	原核基因调控的主要特点	235	7.7.2	mRNA 稳定性对转录水平的 影响	273
7.1.3	弱化子对基因活性的影响	235	7.7.3	调节蛋白的调控作用	274
7.1.4	降解物对基因活性的调节	236	7.7.4	反义 RNA 的调节作用	274
7.1.5	细菌的应急反应	236	7.7.5	稀有密码子对翻译的影响	275
7.2	乳糖操纵子与负控诱导系统	237	7.7.6	重叠基因对翻译的影响	276
7.2.1	酶的诱导—— <i>lac</i> 体系受调控的 证据	238	7.7.7	翻译的阻遏	277
7.2.2	操纵子模型及其影响因子	239	7.7.8	魔斑核苷酸水平对翻译的 影响	277
7.2.3	<i>lac</i> 操纵子 DNA 的调控区域—— P 区和 O 区	244	8	基因的表达与调控(下)—— 真核基因表达调控一般 规律	280
7.2.4	<i>lac</i> 操纵子中的其他问题	245	8.1	真核生物的基因结构与转录 活性	282
7.3	色氨酸操纵子与负控阻遏系统	246	8.1.1	基因家族	282
7.3.1	<i>trp</i> 操纵子的阻遏系统	246	8.1.2	真核基因的断裂结构	286
7.3.2	弱化子与前导肽	246	8.1.3	真核生物 DNA 水平上的基因 表达调控	288
7.3.3	<i>trp</i> 操纵子弱化机制的实验 依据	251	8.1.4	DNA 甲基化与基因活性的 调控	292
7.3.4	<i>trp</i> 操纵子的其他调控机制	253	8.2	真核基因转录机器的主要组成	296
7.4	其他操纵子	255	8.2.1	真核基因的转录	297
7.4.1	半乳糖操纵子	255	8.2.2	增强子及其对转录的影响	298
7.4.2	阿拉伯糖操纵子	257	8.2.3	反式作用因子	299
7.4.3	阻遏蛋白 LexA 的降解与细菌 中的 SOS 应答	260	8.3	蛋白质磷酸化对基因转录的 调控	307
7.4.4	二组分调控系统和信号 转导	261	8.3.1	受 cAMP 水平调控的 A 激酶	310
7.4.5	多启动子调控的操纵子	262	8.3.2	C 激酶与 PIP <sub>2</sub> 、IP <sub>3</sub> 和 DAG	311
7.5	固氮基因调控	263	8.3.3	CaM 激酶及 MAP 激酶	312
7.5.1	根瘤的产生	263	8.3.4	酪氨酸激酶途径	313
7.5.2	固氮酶	264	8.3.5	蛋白质磷酸化与细胞分裂 调控	315
7.5.3	与固氮有关的基因及其 调控	265	8.4	蛋白质乙酰化对基因表达的 影响	316
7.6	转录水平上的其他调控方式	269	8.4.1	组蛋白的乙酰化及去乙 酰化	316
7.6.1	$\sigma$ 因子的调节作用	269	8.4.2	组蛋白乙酰化及去乙酰化对	
7.6.2	组蛋白类似蛋白的调节 作用	270			
7.6.3	转录调控因子的作用	270			
7.6.4	抗终止因子的调节作用	271			
7.7	转录后调控	272			
7.7.1	mRNA 自身结构元件对翻译 起始的调节	272			





基因表达的影响 .....	320	9.4.3 禽流感病毒感染人类的 机制 .....	372
8.4.3 p53 乙酰化对转录活性的 影响 .....	320	9.5 严重急性呼吸系统综合征-SARS 的分子机制 .....	373
9.5 激素与热激蛋白对基因表达的 影响 .....	322	9.5.1 SARS-CoV 的结构与分类 .....	373
8.5.1 激素对靶基因的影响 .....	322	9.5.2 SARS-CoV 的基因组结构 .....	374
8.5.2 热休克蛋白诱导的基因 表达 .....	325	9.5.3 SARS-CoV 的侵染过程 .....	375
9.6 其他水平上的表达调控 .....	329	9.5.4 SARS-CoV 的起源及变异 .....	376
8.6.1 RNA 的加工成熟 .....	329	9.6 基因治疗 .....	377
8.6.2 翻译水平的调控 .....	333	9.6.1 基因治疗的主要途径 .....	377
<b>9 疾病与人类健康 .....</b>	<b>338</b>	9.6.2 基因治疗中的病毒载体 .....	378
9.1 肿瘤与癌症 .....	338	9.6.3 基因治疗中的非病毒载体 .....	381
9.1.1 反转录病毒致癌基因 .....	339	<b>10 基因与发育 .....</b>	<b>384</b>
9.1.2 原癌基因(细胞转化基因) 产物及其分类 .....	343	10.1 免疫系统发育及免疫球蛋白 基因表达 .....	384
9.1.3 原癌基因的表达调控 .....	346	10.1.1 脊椎动物免疫系统 .....	384
9.1.4 基因相互作用与癌基因 表达 .....	349	10.1.2 B-淋巴细胞的发育和分化 .....	385
9.2 人类免疫缺陷病毒——HIV .....	351	10.1.3 T-淋巴细胞发育及分化 .....	388
9.2.1 HIV 病毒颗粒的形态结构及 传播 .....	352	10.1.4 免疫球蛋白的结构 .....	389
9.2.2 HIV 基因组及其编码的 蛋白 .....	352	10.1.5 免疫球蛋白基因结构 .....	390
9.2.3 HIV 的复制 .....	355	10.1.6 Ig 基因重排与 DNA 的 多样性 .....	392
9.2.4 HIV 基因表达调控 .....	356	10.1.7 免疫球蛋白基因表达 .....	396
9.2.5 HIV 的感染及致病机制 .....	362	10.1.8 主要组织相容复合体的 表达调控 .....	397
9.2.6 艾滋病的治疗及预防 .....	363	10.2 果蝇的发育与调控 .....	400
9.3 乙型肝炎病毒——HBV .....	364	10.2.1 卵子发育 .....	400
9.3.1 HBV 的分类及病毒粒子 结构 .....	364	10.2.2 胚胎发育 .....	401
9.3.2 HBV 基因组及其编码的 蛋白 .....	365	10.2.3 果蝇的末端系统及背腹极性 基因与发育调控 .....	404
9.3.3 HBV 的复制 .....	368	10.2.4 影响果蝇体节发育的基因 .....	405
9.4 人禽流感的分子生物学机制 .....	369	10.2.5 果蝇的同源域基因 .....	406
9.4.1 人禽流感病毒特点及分型 .....	370	10.3 高等植物花发育的基因调控 .....	406
9.4.2 禽流感病毒进入细胞及转录与 复制 .....	371	10.3.1 植物的花器官结构 .....	407
		10.3.2 调控花器官发育的主要 基因 .....	407
		10.3.3 花器官发育的“ABC” 模型 .....	409

