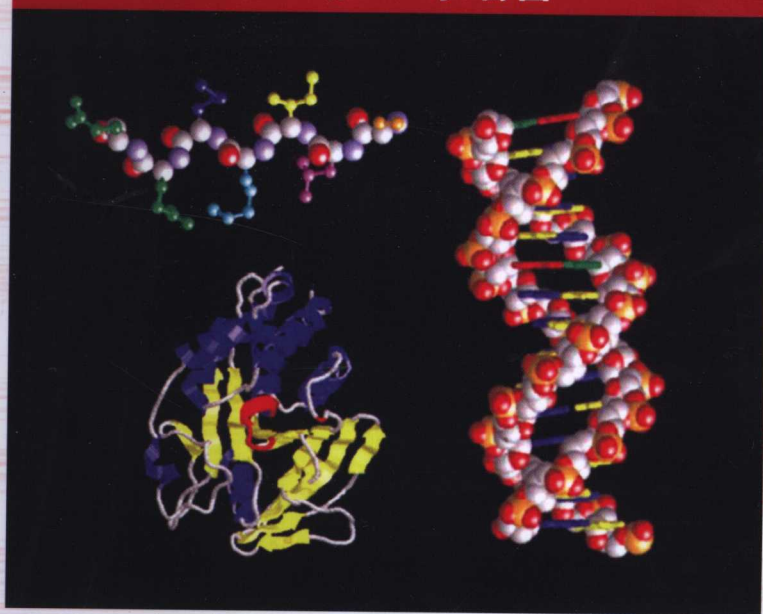


21世纪化学丛书

生物化学

李 惟 等编著



Chemical Industry Press



化学工业出版社
化学与应用化学出版中心

21世纪化学丛书

生物化学

李 惟 房学迅 王丽萍 编著
李正强 崔银秋



化学工业出版社

化学与应用化学出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/李惟等编著. —北京:化学工业出版社, 2005.1

(21 世纪化学丛书)

ISBN 7-5025-6423-3

I. 生… II. 李… III. 生物化学 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 130906 号

21 世纪化学丛书

生 物 化 学

李 惟 房学迅 王丽萍 李正强 崔银秋 编著

责任编辑:陈 丽 刘俊之

文字编辑:焦欣渝

责任校对:顾淑云

封面设计:于剑凝

*

化 学 工 业 出 版 社
化学与应用化学出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话:(010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 26¼ 彩插 1 字数 469 千字

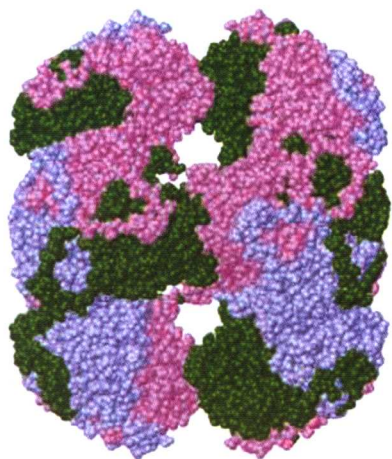
2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6423-3/O·85

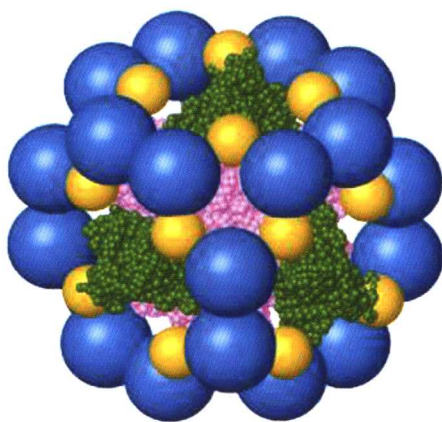
定 价: 48.00 元

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

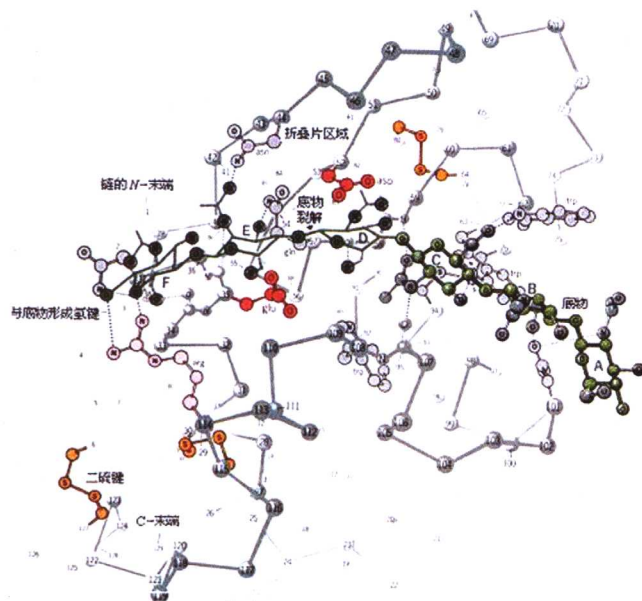


(a)

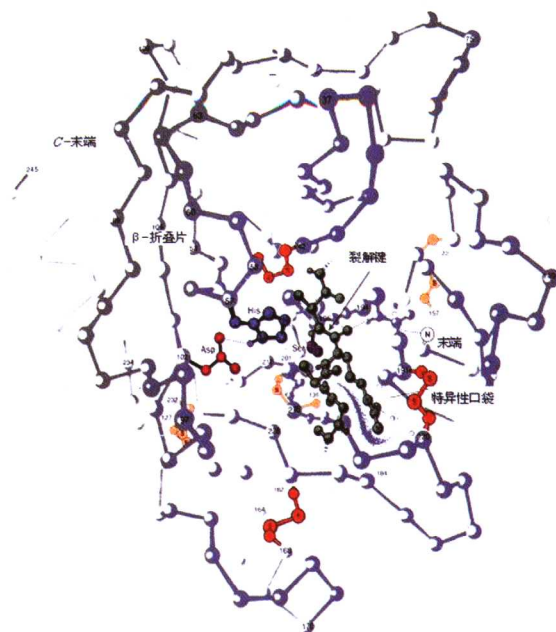


(b)

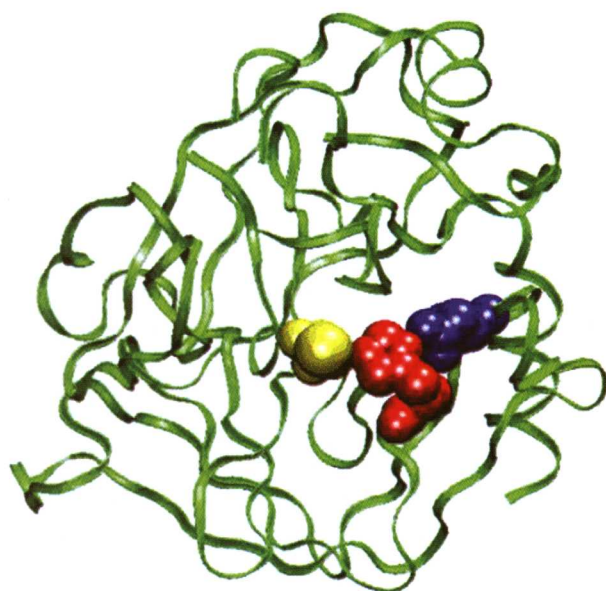
彩图一(2-8-1)



彩图二(2-4-4)



(a)



(b)

彩图三(2-4-11)

21 世纪化学丛书

主 编：陈洪渊

副主编：郭子建 黄晓华

编 委：(以姓氏笔画为序)

丁维平	王晓蓉	冯绪胜	吉 民	江 波
孙为银	李 惟	李铁津	吴辉煌	陆 云
陈 军	周志华	顾雪蓉	徐进宜	郭纯孝
颜肖慈	薛宽宏			

序

化学作为一门基础学科，其专业门类日臻完善；学科内、外渗透融合更趋紧密；新型交叉学科层出不穷。当今化学的研究内容不断突破传统化学的范畴，涉及范围日益广泛；方法手段愈加先进。从应用层面看，化学已深入到国民经济和人民生活的各个方面，成为改善产业结构，推动经济发展，提高人民生活质量和满足社会多元化需要的重要因素。与此同时，化学领域的发展和突破使其凸显出核心科学的地位。

为了更好地把握发展机遇，适应科教兴国、科技兴国发展战略的要求，适应我国经济建设的需要，造就具有基础扎实、知识广博、富有创新精神的复合型人才，化学工业出版社计划组织出版一套《21 世纪化学丛书》，并专门成立编委会，确定撰写这套丛书的宗旨和选题方向，并负责推荐各书撰写的专家。这套丛书内容包括材料化学、能源化学、催化化学、配位化学、纳米化学、胶体化学、界面化学、光化学、电化学、天然有机化学、药物化学、高分子化学、凝胶化学、计算化学、组合化学、环境化学、生物化学、食品化学等方面，着重介绍化学各分支学科领域的发展前沿，遵循学科继承、发展与创新的原则，突出反映其中的新知识、新成果、新应用和新趋势的“四新”内容，兼收并蓄，不拘一格，旨在体现化学科学的前瞻性、创见性、科学性和代表性以及学科间的交叉与渗透，力图使其成为一套内容丰富、体系完善、结构严谨、取材新颖的系列丛书。本丛书将由化学工业出版社陆续出版。

参与该丛书编撰的作者在各自的分支领域均具有丰富的科研积累与教学经验，他们创新的科学精神和认真的求实态度，将使该丛书各分册特色鲜明，各具风采。该丛书既介绍学科前沿的研究成果和进展，又反映学科的系统性和覆盖面，务使提高与普及兼顾，基础与实用并重。我们期望该丛书成为化学、化工、材料、环境、生命、医药卫生等相关领域的大专院校师生，科研院所的技术人员，政府和企业部门的管理人员以及其他各领域的化学爱好者有实用价值的综合参考书。

我们相信，通过编委和作者的共同努力，在广大科研和教学人员的积极参与和支持下，《21 世纪化学丛书》的出版，将成为更多青年步入化学领域的桥

梁和阶梯，给广大读者带来有用的知识和有益的启示，为我国化学事业的发展起积极的推动作用。

由于编者的水平和时间所限，本丛书各册中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正并积极建议，以使后续的分册越出越好。

编委会

2004 年 2 月

前 言

生物化学，简言之就是生命过程的化学。生命过程是非常复杂的过程，涉及的内容很多，如基因的复制、转录、蛋白质的生物合成、糖的代谢、细胞内信号传导等。因此，国内外生物化学书籍多为包罗万象的大著作。本书力图用较少的文字完成对生物化学各方面知识的阐述。该如何取材、如何编写本书是作者们首先要考虑的问题。我们在编写过程中遵循以下两点。①生物化学的基本内容不可少。虽然由于篇幅的限制，不能面面俱全，但要涵盖生物化学的各主要领域，以便非专业的读者能对生物化学有一个较全面的了解。②内容上做到与时俱进，尽量反映生物化学的进步。

生物化学与其他生命科学一样进展飞快，用日新月异形容一点也不过分。特别是近二三十年来新方法、新概念层出不穷，以核酸为背景的分子生物学及其研究方法已成为生命科学中最受人关注的生长点。斗转星移，科学发展到今天，生物化学中传统的蛋白质分子又以新的面貌出现，蛋白质组学、转录组学、代谢组学成为今天生命科学中最受关注的问题之一。我们希望通过编写此书为读者（包括比较熟悉生物化学知识的读者在内）提供一个认识生物化学的今天、眺望未来的空间。

本书共分五章，除导论一章是作者对生物化学总体的一个概述外，把生物化学的主要内容安排在其余四章中。其中第2章生物分子所涉及内容较多，从简单的核苷酸、氨基酸到生物大分子、生物超分子的结构与功能。物质代谢部分内容很多，只能把它们浓缩在第3章之中。基因复制、转录以及分子生物学技术安排在第4章中。在本书的最后一部分，尝试从生物组学角度把最近十几年间人们对生物化学认识的进步简要地介绍给读者。

由于本书作者对生物化学熟悉程度有限，大家都感到编写这样一本既基础又很现代的生物化学书很吃力。书中难免出现错误和疏漏，希望读者及时指正 (liwe@mail.jlu.edu.cn)。

本书作者都是工作在教学和科学研究第一线的教师，平时他们都非常忙，很难找出大块时间进行本书的编写，各位作者都是在平时资料积累的基础上利用几个寒暑假，包括“五一”休假在内的时间完成本书的

编写。由于时间有限，很难逐句推敲，希望读者见谅。在此，向参加本书编写的房学迅博士、王丽萍博士、李正强博士和崔银秋博士表示衷心的感谢。

李 惟

2004 年 7 月

内 容 提 要

生物化学，简言之就是生命过程的化学。生命过程是非常复杂的过程，涉及的内容很多，如基因的复制、转录、蛋白质的生物合成、糖的代谢、细胞内信号传导等。本书是《21世纪化学丛书》的分册，力图用较少的文字完成对生物化学各方面知识的阐述。

本书共分五章，导论是作者对生物化学总体的一个概述，生物化学的主要内容安排在其余四章中。其中第2章生物分子所涉及内容较多，从简单的核苷酸、氨基酸到生物大分子、生物超分子的结构与功能。第3章浓缩了物质代谢部分的内容。基因复制、转录以及分子生物学技术安排在第4章中。在本书的最后一部分，尝试从生物组学角度把最近十几年间人们对生物化学认识的进步简要地介绍给读者。

本书可供从事生物化学、分子生物学、生物技术等相关专业的科研人员、高校教师参考，也适合于综合大学生物化学和分子生物专业的学生阅读。

目 录

第 1 章 导论	1
1.1 生物分子	1
1.2 生物分子的组装	5
1.3 细胞与生物分子	8
1.4 深入理解生命过程	10
1.5 生物体服从热力学规律	14
1.6 生物化学	15
参考文献	16
第 2 章 生物分子	17
2.1 核酸与基因	17
2.1.1 核酸的结构与功能	17
2.1.2 DNA 的结构和功能	21
2.1.3 RNA 的结构与功能	24
2.1.4 核酸的重要理化性质	28
2.2 氨基酸与生物活性肽	31
2.2.1 氨基酸	31
2.2.2 肽键	38
2.2.3 肽的化学合成	38
2.2.4 生理活性肽	41
2.2.5 肽类药物	43
2.3 蛋白质的结构与功能	45
2.3.1 蛋白质结构	45
2.3.2 蛋白质结构的研究方法	55
2.3.3 蛋白质的功能	72
2.4 酶结构与催化活性	98
2.4.1 酶的一般性质	98
2.4.2 催化机理	101
2.4.3 酶催化的结构基础	105
2.4.4 酶催化反应动力学	118

2.4.5	酶催化反应的抑制剂及反应动力学表达	123
2.4.6	酶催化反应机制的几种简单类型	129
2.4.7	别构酶和别构部位	131
2.4.8	核酶	134
2.4.9	人工酶(模拟酶)	137
2.5	生物膜结构和功能	144
2.5.1	生物膜基本结构	144
2.5.2	生物膜与物质转运	149
2.5.3	生物膜与信息传递	152
2.5.4	细胞膜与疾病的关系	154
2.6	生物信息传导分子与途径	154
2.6.1	概述	154
2.6.2	G 蛋白介导的跨膜信号转导	157
2.6.3	环腺苷酸第二信使及其细胞内信号的传导	160
2.6.4	膜磷脂代谢产物的胞内信使及其信号转导途径	163
2.6.5	胞内 Ca^{2+} 信号系统	166
2.6.6	蛋白激酶受体系统	169
2.6.7	蛋白质可逆磷酸化	172
2.6.8	细胞信号传导途径的多样性与网络化	173
2.7	糖及其功能	175
2.7.1	糖的历史	175
2.7.2	糖的结构、分类和功能	177
2.7.3	展望糖组学(glycomics)	191
2.8	生物超分子体系	193
2.8.1	丙酮酸脱氢酶超分子体系	194
2.8.2	蛋白酶体超分子体系	197
2.8.3	端粒和端粒酶超分子体系	200
2.8.4	生物超分子与超分子生物学	204
	参考文献	205
第 3 章	代谢	207
3.1	糖代谢	207
3.1.1	糖的消化与吸收	207
3.1.2	糖酵解	208
3.1.3	糖的有氧氧化	212

3.1.4 糖原的合成与分解	227
3.2 光合作用	231
3.2.1 叶绿体及光合色素	231
3.2.2 光合作用机制	232
3.3 脂类代谢	240
3.3.1 脂类的消化和吸收	241
3.3.2 甘油和脂肪酸的分解代谢	241
3.3.3 脂肪酸及甘油三酯的合成	248
3.3.4 磷脂代谢	251
3.4 蛋白质降解和氨基酸的分解代谢	253
3.4.1 蛋白质的消化和吸收	254
3.4.2 氨基酸的分解代谢	255
3.4.3 氨基酸的合成代谢	266
3.5 核酸的代谢	269
3.5.1 核苷酸的生物合成	269
3.5.2 核酸和核苷酸的分解代谢	276
参考文献	279
第4章 遗传信息的传递	280
4.1 基因的复制	280
4.1.1 DNA 的复制	280
4.1.2 DNA 的损伤与修复	291
4.1.3 逆转录	293
4.1.4 RNA 复制	296
4.2 基因转录	297
4.2.1 原核生物 RNA 的生物合成	297
4.2.2 真核生物 RNA 的生物合成	302
4.3 遗传密码	308
4.3.1 DNA	309
4.3.2 遗传密码	311
4.4 蛋白质生物合成过程	313
4.4.1 氨基酰-tRNA 的生成	314
4.4.2 多肽链合成过程	315
4.4.3 蛋白质合成后的分泌及加工修饰	319
4.5 基因表达的调控	323

4.5.1 原核生物基因表达的调控	324
4.5.2 真核生物基因表达的调控	336
4.6 核酸的生物技术	348
4.6.1 基因工程	348
4.6.2 核酸的体外扩增	361
4.6.3 核酸分子杂交技术	369
4.6.4 DNA 芯片技术	373
参考文献	377
第5章 基因组学和蛋白质组学	379
5.1 基因组学和功能基因组学	379
5.1.1 人类基因组计划	380
5.1.2 后基因组计划——功能基因组学	384
5.1.3 我国的人类基因组研究	389
5.2 蛋白质组及研究方法	390
5.2.1 概述	390
5.2.2 概念,研究内容和策略	391
5.2.3 蛋白组学研究技术	393
5.2.4 蛋白质与蛋白质相互作用的研究	397
5.2.5 蛋白质组学的意义及其发展趋势	400
5.3 代谢组学	401
参考文献	404

第1章 导 论

组成生物体的成分很复杂，有许多有机分子、多种无机离子，也有各种各样的生物分子，如淀粉、纤维素、蛋白质和核酸。这些大分子、小分子物质在细胞内都担负着不同的任务，但核酸和蛋白质这两种生物大分子是最重要的生物分子，是和生命直接相关的两类物质。

1.1 生物分子

生命最基本的特性是能够进行新陈代谢和自我复制。活的有机体从环境中得到物质和能量，用以本身生存和繁殖。就这一生命过程而言，脱氧核糖核酸（DNA）是第一位的，它是基因的载体。但蛋白质也是极重要的，没有蛋白质（包括各种酶类）的作用，DNA 的复制、遗传信息的转录、遗传密码的翻译也无法实现。因此，有人说遗传大分子 DNA 最重要，功能大分子蛋白质最关键。

众所周知，DNA 分子是由其基本单位核苷酸聚合而成，而核苷酸又是由脱氧核糖、磷酸和四种碱基组成，DNA 是两股互绕碱基配对的双螺旋（图 1-1-1）。DNA 复制首先是两股链部分分开，然后以每股单链为模板，依碱基配对原理形成新链，两股链精确地复制出四种碱基的特定序列，产生了两个

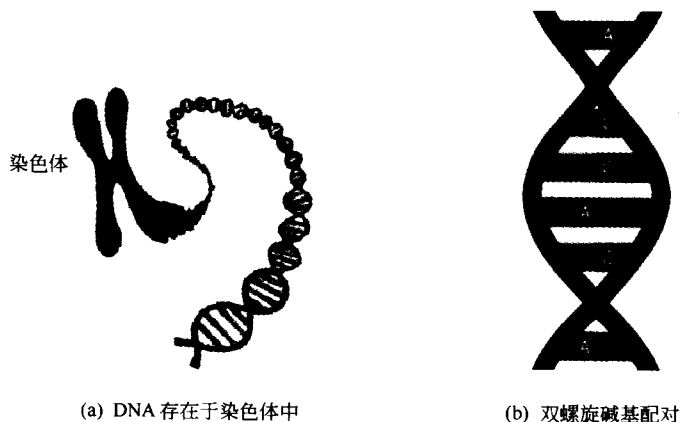
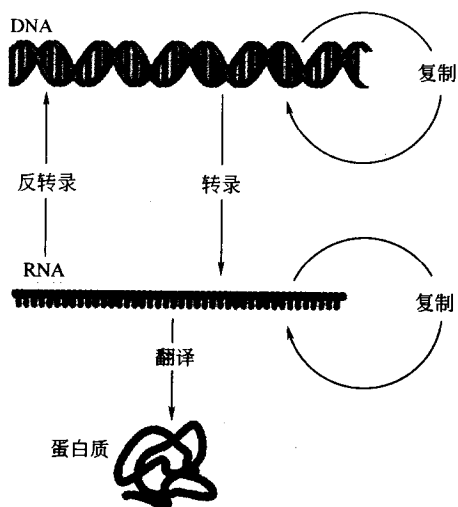


图 1-1-1 DNA 双螺旋结构

与原来完全相同的 DNA 双螺旋。因此遗传信息贮存于 DNA 碱基序列之中，并且世代相传保持这一序列。DNA 复制是一个由核苷酸单体连接成长链核酸的过程，这是一个复杂的生物化学反应过程。在该反应中涉及一系列蛋白质的参与，其中，催化单体连接成 DNA 分子的 DNA 聚合酶是绝对不可缺的。DNA 分子所贮存的遗传信息最终要表达出功能蛋白质，但 DNA 分子本身并不直接支配蛋白质的生物合成。



DNA 分子所携带的遗传信息要转录到信使 RNA (mRNA) 分子上，mRNA 是蛋白质合成的直接模板。RNA 与 DNA 的差别在于 DNA 的胸腺嘧啶 (四种碱基之一) 为尿嘧啶所取代，RNA 长链的糖基是 D-核糖而不是脱氧核糖，携带遗传信息的 mRNA 在蛋白质-RNA 聚合酶的催化下，把另一类 RNA (tRNA) 所携带的氨基酸在核糖体上合成蛋白质，这就是通常所说的“DNA→mRNA→蛋白质”的中心法则 (图 1-1-2)。

图 1-1-2 DNA 指导蛋白质合成的中心法则

蛋白质是生物大分子，大多数蛋白质的相对分子质量在几万到几十万之间，是由 20 种不同的 L-氨基酸连接而成。显然蛋白质结构的可变因素大大高于核酸。另外，蛋白质合成之后往往还需要翻译后的修饰 (如糖基化、磷酸化等)。虽然目前尚未弄清人体总共存在多少种蛋白质，但可以肯定它是人类的基因数的几倍或更多。每一种蛋白质都有其特定的氨基酸排列顺序，通常称其为蛋白质的化学结构 (或一级结构)。从理论上讲，蛋白质的所有信息都存在于化学结构之中，即化学结构决定了蛋白质的立体结构，也同时决定了其生物功能。也就是说蛋白质的氨基酸排列顺序决定了该分子内存在的各种作用力，因而也就决定了蛋白质分子如何盘转折叠成一个具有三度空间的特定立体结构，同时也决定了该蛋白质与其他分子相互作用的可能性。

胰岛素是一个在生物化学中最早被研究的蛋白质，是一种具有重要生理功能的蛋白质，它调控血液中的葡萄糖代谢。该蛋白质由 51 个氨基酸组成，是两条肽链由二硫键连接而成的小分子蛋白质 (图 1-1-3)。胰岛素基因编码的前 mRNA (pre mRNA) 中含有两个外显子和一个内含子，该转录物经剪接形成