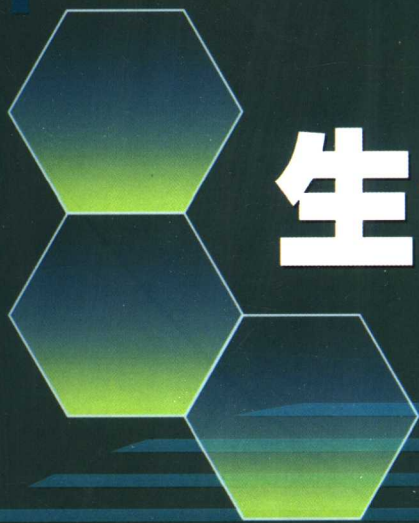


Principles of Biochemistry

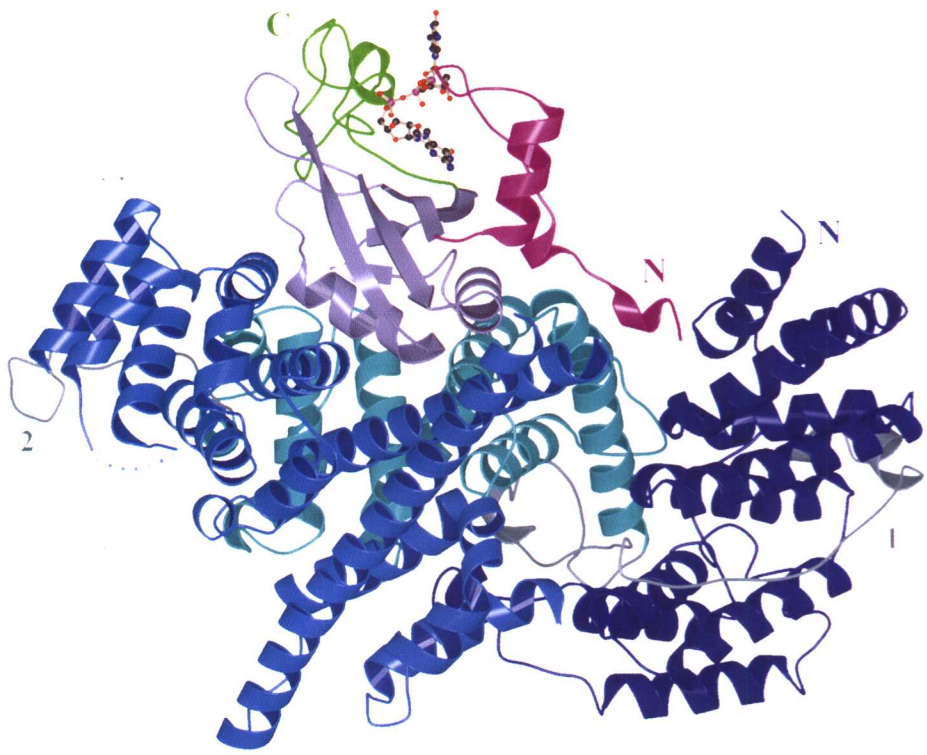


# 生物化学原理

● 主编 杨荣武



高等教育出版社  
Higher Education Press



# Principles of Biochemistry

# 生物化学原理

- 主 编 杨荣武
- 参编人员 (按姓氏拼音排序)  
李根喜 沈萍萍  
杨荣武 杨永华



高等教育出版社  
Higher Education Press

## 内容简介

本教材是在结合南京大学多年来本学科教学改革和教材建设实践经验的基础上,吸收国内外多本优秀生物化学或相关学科教材的优点编写而成。在内容上除对重要概念、原理和结论的描述外,更着重于对研究背景和实验设计的介绍,从而有助于培养学生的科研思维能力。在体系结构方面注重章节之间的起承转合及与相关学科的联系,力求做到知识上的融会贯通。此外,在主要的章节后面附有具启发性的重大科学发现故事,既能激发学生的学习兴趣,又能培养他们的实验设计和科学思维推理能力。

本教材适合综合性院校、医学院校、农林院校及师范院校的生命科学类专业和相关专业的本科生使用,也可供相关专业的教师、研究生和科技工作者参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

生物化学原理 / 杨荣武主编. —北京: 高等教育出版社, 2006.10  
ISBN 7-04-019260-8

I. 生... II. 杨... III. 生物化学-高等学校-教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 079556 号

策划编辑 赵晓媛 责任编辑 薛 玥 封面设计 王凌波 责任绘图 朱 静  
版式设计 张 岚 责任校对 杨凤玲 责任印制 韩 刚

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010-58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
印 刷	北京鑫丰华彩印有限公司		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
		畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
开 本	889×1194 1/16	版 次	2006 年 10 月第 1 版
印 张	57.25	印 次	2006 年 10 月第 1 次印刷
字 数	1 800 000	定 价	68.50 元(含光盘)

---

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 19260-00

# 序 言

教材的影响很大,因为它的读者对象主要是正在学习、获取知识的学生们,教材对其科学地把握知识内容,合理地构建知识结构有着重要的作用。好的教材能使学生更易、更快、更踏实地掌握该门知识,无论这门知识的发展是何等丰富与复杂。作者花了多年心血编写成这本《生物化学原理》,洋洋百余万字,可见资料收集之丰厚,整理章节之耗时。该教材四易其稿,作者在不断听取学生意见的基础上,反复修改定稿,才产生了这本图文并茂的新书。

本书主编曾是中国科学院上海生物化学研究所(现为中国科学院上海生命科学研究院生物化学与细胞生物学研究所)的研究生。我是该所的研究员,既从事科学研究又教书。2006年7月某日,我接到久未联系的杨荣武的电话,说要从南京到上海来找我,一则拜望老师,二则要我为他即将出版的教材写篇序言。隔日,他带来了《生物化学原理》的书稿。按理,介绍和评述一本书,需要通读全书,最好是阅读多遍。但时间不允许。下面是我粗读本书后的一些直观的印象。

**详细** 本书详细论述了生物化学这门学科的基本内容,从静态的到动态的。

**内容新** 书中介绍许多近年来生物化学科研成果,“与时俱进”。譬如:细胞膜存在水通道,泛素参与无用蛋白质的降解,控制细胞周期的特定基因和蛋白质;以及众多的新技术和新方法,如酵母双杂交系统、DNA微阵列等。

**通俗** 不少章节有附(见光盘),以故事形式讲述一些生物化学理论和方法的发现内幕和过程,譬如,mRNA是如何被发现的? Mullis发明PCR的偶然性和必然性等。

**与网络相连** 书中推荐了22个与生物化学学习和研究相关的网站,每章节之后,也给出具体网址,这是现代的教科书所必需的,它可方便读者充分利用网络资源,加深对内容的理解。

**多管齐下** 作者已着手为该书配套多媒体光盘、学习指南和习题集,也准备建立专门网页和论坛,给读者提供一个交流平台。这是一个系列工程,为国内教科书所不常见。

仅就上述不够透彻的理解,我认为《生物化学原理》是一本较全面的、紧跟科学发展的、容易被读者接受的生物化学教材。特此向读者推荐。本书不但是相关专业学生的好教材,同时也是人们想要了解当今生物化学基础和进展的好书。作者表示希望以后每2—3年修订一次,这是非常值得欢迎的。

我在这里还想附带说一点,恰逢本书即将出版,我参与工作的、全国科学技术名词审定委员会即将公布的《生物化学与分子生物学名词》的审定与释义也已结束。名词,尤其是新名词的统一非常重要。下面摘录几个已定名的生物化学名词:模体——motif,排比——alignment,混编——shuffling,双固氮酶——dinitrogenase,外显肽——extein,内含肽——intein,弱化——attenuation,弱化子——attenuator,朊病毒——prion等。在本书编写的过程中,已尽量将这些名词统一起来,规范使用。有一个名词特别要提出:operator本书译名“操作基因”。就我所知,迄今国内的绝大多数教材和字典、辞典,包括全国科学技术名词审定委员会已公布和即将公布的名词,

都定名“操纵基因”，以区别于 operon 定名‘操纵子’。但我认为，叫‘操作子’比‘操纵基因’好，对于这一名词的规范还有待商榷，读者的意见如何？鉴于名词的统一非常重要，这里我多写了几句，请读者谅解和接纳。

最后，再一次衷心祝贺本书的出版。

祁国荣

于中国科学院上海生命科学研究院生物化学与细胞生物学研究所


2006年7月12日

# 前言

生物化学是当今生命科学领域中发展最为迅速、涉及面最广的基础学科之一,其着眼点在于使用化学、物理学和生物学等方法来研究各类生物分子的结构与功能,在分子水平上阐明生命的本质、原理和规律。如今,生物化学的理论和实验技术已渗透到生命科学的方方面面,它的发展一次又一次地带动了整个生命科学的发展。

最能说明一门学科发展的标志之一是这门学科教材的变迁。教材的变化不单纯是页数的增加,更为重要的是内容的更新。这一点在生物化学教材上得到了充分的体现。然而,教材内容的不断扩充和更新同时也为学生对这门功课的学习和掌握增加了难度。为了解决这个问题,就需要在教材的形式、编写体系和内容的取舍等诸多方面进行创新和改革。

本教材坚持以教材内容体系整体改革为宗旨,向多种媒体有机结合的立体化方向发展,融入多年来南京大学在本学科教学改革和教材建设的成果经验,吸收了国内外多本优秀生物化学或相关学科教材的优点,力求全面准确地阐述生物化学最先进的理论与概念,充分吸收本学科在国内外前沿研究成果,主要在分子水平上,科学系统地归纳生物化学原理以及几大生命分子(核酸、蛋白质、糖和脂质)之间的联系,并结合生物化学理论与实际应用深入浅出地讲解,力求使枯燥、抽象的内容显得生动、形象。本教材着重解决了以下几个关键问题:① 在保证科学性的基础上,增强了教材的启发性和趣味性;② 解决了同类教材缺乏多媒体支持的问题;③ 解决了以往教材更新慢的问题;④ 即将出版学习指南和习题解析。在配套的指南中,介绍了一些好的学习方法,总结了重点和难点,并对典型的学习疑点进行了一一解答。习题解析则结合课本内容,提供了许多设计巧妙的题目,用以巩固课堂中学过的知识。

本教材的主要特色反映在以下几个方面:① 内容的特色 充分体现了科学性、启发性和趣味性的统一,首先是对重要的生物化学原理已不再仅局限于介绍已有的结论,而是更多介绍如何得出结论的背景和实验设计,自始至终注意培养学生的科研思维能力。其次是内容新,以后会每两年更新一次。② 编写的特色 南京大学生物化学系部分优秀的学生参与了编写过程,他们的主要任务是“试读教材”,以保障学生能看得懂、愿意读。③ 结构体系的特色 本教材以篇、章和节形式编写。共分八篇,四十三章。每章包括引言、主题内容、小结、科学故事、参考文献、推荐网址和思考题。章节之间的承上启下自然流畅、基本消除了不必要的重复和脱节。此外,在光盘内每章都附有小结和具启发性的重大科学发现故事(如核酸的结构这一章附有 Watson 和 Crick 如何提出 DNA 双螺旋结构的故事)并在文中相应位置用  标出,以帮助学习者把握要点,构建知识网络,激发学习兴趣,同时也培养他们的实验设计和科学思维推理能力。推荐的网址让读者能够充分利用网络资源,享受学习生物化学的乐趣。④ 辅助材料的特色 配套的学习指南及习题集也将陆续出版。

本书的主编是南京大学生命科学学院的杨荣武副教授,参加编写的还有南京大学生命科学学院的李根喜教授、沈萍萍教授和杨永华教授。他们具有多年的教学和科研经验,深受学生们的喜爱。李根喜教授参加编写了第四章蛋白质的性质、分类及研究方法、沈萍萍教授参加编写了第九章酶的应用及研究方法,杨永华教授参加编写

了第四十三章重组 DNA 技术,其他所有章节由杨荣武副教授一人编写。

在编写的过程中,对我支持最多的就是我的家人,在此,我想要对他们大声地说一声:谢谢你们的支持,谢谢你们默默的付出。同时我们也要感谢南京大学生命科学学院的各位老师,特别是生命科学学院的陈建群书记、张辰宇院长和陈均辉教授,他们长期以来一直支持本学科的教学改革和教材建设,为本教材的编写和出版提供了许多便利。还要特别提到的是我在上海生化所的三位导师,祁国荣教授、陆长德教授和金由新教授,正是他们最初激发了我学习生物化学的兴趣。最后,我要真诚地感谢我们最最可爱的学生们,特别是 2001 级的刘婷同学和郑宇翔同学以及 2003 级的王潇同学,她们为本教材进行了通篇试读,从学生的角度提供了许多宝贵的意见。可以说没有学生们的支持,就没有这本书。我还要特别感谢香港科技大学生物系的叶玉茹(Nancy I. P.)院士,感谢我在港期间她给我在学业和科研等方面的悉心指导。

杨荣武

2006 年 6 月于南京大学

## 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



# 目 录

## 第一篇 蛋白质的结构与功能

第一章 氨基酸 .....	2	第一节 蛋白质的功能 .....	47
第一节 氨基酸的结构、种类和分类 .....	2	第二节 蛋白质结构与功能之间的关系 .....	50
第二节 氨基酸的性质和功能 .....	6	第三节 蛋白质的功能预测 .....	66
第三节 氨基酸的分离与纯化技术 .....	12	附:科学故事——一种多功能蛋白质的发现 .....	
附:科学故事——第二十二种标准氨基酸 .....		第四章 蛋白质的性质、分类及研究方法 .....	69
第二章 蛋白质的结构 .....	15	第一节 蛋白质的理化性质 .....	69
第一节 肽的结构与功能 .....	15	第二节 多肽的固相合成 .....	72
第二节 蛋白质的结构 .....	18	第三节 蛋白质一级结构的测定 .....	73
第三节 蛋白质结构的柔性 .....	38	第四节 蛋白质的分离、纯化和分析 .....	80
第四节 蛋白质的折叠历程与结构预测 .....	39	第五节 蛋白质的分类 .....	88
第五节 蛋白质的结构多态性和同工异体 .....	44	附:科学故事——NGF的纯化 .....	
附:科学故事——一级结构决定高级结构 .....			
第三章 蛋白质结构与功能的关系 .....	47		

## 第二篇 酶的结构与功能

第五章 酶学概论 .....	92	第三节 过渡态稳定的化学机制 .....	128
第一节 酶的化学本质 .....	92	第四节 几种常见酶的结构与功能 .....	135
第二节 酶的催化性质 .....	93	第八章 酶活性的调节 .....	146
第三节 酶的分类和命名 .....	97	第一节 酶的“量变” .....	146
附:科学故事——酶化学本质的确定 .....		第二节 酶的“质变” .....	147
第六章 酶动力学 .....	100	第九章 酶的应用及研究方法 .....	157
第一节 影响酶促反应的因素 .....	100	第一节 酶的活力测定 .....	157
第二节 米氏反应动力学 .....	102	第二节 酶的分离和纯化 .....	160
第三节 酶抑制剂作用的动力学 .....	108	第三节 酶工程 .....	161
第四节 多底物反应动力学 .....	115	第十章 维生素与辅酶 .....	166
第五节 别构酶的动力学 .....	119	第一节 水溶性维生素 .....	166
第七章 酶的催化机制和催化策略 .....	125	第二节 脂溶性维生素 .....	175
第一节 酶催化机制研究的主要方法 .....	125	附:科学故事——维生素B <sub>1</sub> 的发现 .....	
第二节 过渡态稳定学说 .....	126		


### 第三篇 核酸的结构与功能

第十一章 核苷酸 .....	182	第四节 核酸与蛋白质的相互作用 .....	211
第一节 核苷酸的结构与组成 .....	182	第五节 核酸的功能 .....	215
第二节 核苷酸的功能 .....	188	附:科学故事——DNA 双螺旋 .....	
第十二章 核酸的结构与功能 .....	190	第十三章 核酸的性质及研究方法 .....	220
第一节 核酸的分类 .....	190	第一节 核酸的性质 .....	220
第二节 核酸的一级结构 .....	191	第二节 核酸研究的技术和方法 .....	224
第三节 核酸的高级结构 .....	193	第三节 核酸一级结构的测定 .....	228

### 第四篇 糖与脂的结构与功能

第十四章 糖类 .....	235	第十五章 脂与生物膜 .....	257
第一节 单糖 .....	235	第一节 脂的化学结构及其功能 .....	257
第二节 寡糖 .....	244	第二节 生物膜的结构及其功能 .....	265
第三节 多糖 .....	246	第三节 物质的跨膜转运 .....	273
第四节 糖缀合物 .....	253	附:科学故事——水通道蛋白的发现 .....	

### 第五篇 激素及其受体介导的信息转导

第十六章 激素及其受体介导的信息转导 .....	278	第四节 常见激素的结构与功能 .....	307
第一节 激素的一般性质 .....	278	第五节 激素分泌的调节 .....	324
第二节 激素作用的一般特征 .....	281	附:科学故事——从高血压到心绞痛	
第三节 激素作用的详细机制 .....	286	再到伟哥 .....	

### 第六篇 生物能学和生物氧化

第十七章 生物能学 .....	327	第七节 能量货币 ATP 的合成 .....	333
第一节 热力学定律 .....	327	第十八章 生物氧化 .....	335
第二节 Gibbs-Helmholtz 方程 .....	327	第一节 参与生物氧化主要酶的结构	
第三节 生化反应的方向性与自由能		与功能 .....	335
之间的关系 .....	328	第二节 生物氧化中 H <sub>2</sub> O 和 CO <sub>2</sub> 的	
第四节 $\Delta G$ 与氧化还原电位( $\Delta E$ )之间		形成 .....	336
的关系 .....	329	第三节 电子传递与呼吸链 .....	337
第五节 生命系统内的偶联反应 .....	330	第四节 氧化磷酸化 .....	346
第六节 高能生物分子 .....	330	附:科学故事——结合变化学说 .....	

### 第七篇 代谢及代谢途径

第十九章 代谢总论 .....	358	第二节 代谢的基本特征 .....	361
第一节 代谢的基本概念 .....	358	第三节 代谢研究的主要内容和代谢	

研究的方法.....	362	第三节 光反应 .....	430
第四节 代谢中的氧化还原反应和氧气 在代谢中的作用 .....	363	第四节 暗反应 .....	438
第五节 代谢组和代谢组学 .....	363	第五节 CAM 植物 .....	445
第二十章 生物大分子的消化和吸收 .....	365	第六节 卡尔文循环的调节 .....	445
第一节 糖类的水解和吸收 .....	365	附:科学故事——卡尔文循环.....	☉
第二节 脂的水解和吸收 .....	367	第二十六章 糖原代谢.....	448
第三节 蛋白质的水解和吸收.....	369	第一节 糖原的分解.....	448
第四节 核酸的消化和吸收 .....	370	第二节 糖原的合成.....	449
第五节 真菌对生物大分子的消化和 吸收 .....	370	第三节 机体使用糖原作为能量储备的 三大理由 .....	453
附:科学故事——GLUT .....	☉	第四节 糖原代谢的调节 .....	453
第二十一章 糖酵解 .....	372	第二十七章 脂肪酸代谢 .....	462
第一节 糖酵解的发现 .....	372	第一节 脂肪酸的分解代谢 .....	462
第二节 糖酵解的全部反应 .....	372	第二节 脂肪酸的合成代谢 .....	472
第三节 NADH 和丙酮酸的命运 .....	381	第三节 脂肪酸代谢的调控 .....	479
第四节 其他物质进入糖酵解.....	386	第二十八章 胆固醇代谢 .....	482
第五节 糖酵解的生理功能 .....	387	第一节 胆固醇的生物合成 .....	482
第六节 糖酵解的调节 .....	388	第二节 胆固醇的运输 .....	487
第二十二章 三羧酸循环 .....	394	第三节 胆固醇的代谢转变 .....	491
第一节 三羧酸循环的发现 .....	394	第四节 胆固醇代谢的调节 .....	494
第二节 三羧酸循环的全部反应 .....	395	附:科学故事——LDL 受体.....	☉
第三节 三羧酸循环小结 .....	401	第二十九章 脂肪、磷脂和糖脂的代谢 .....	497
第四节 三羧酸循环的生理功能 .....	402	第一节 脂肪代谢 .....	497
第五节 乙醛酸循环.....	403	第二节 磷脂代谢 .....	499
第六节 三羧酸循环的回补反应 .....	405	第三节 糖脂代谢 .....	504
第七节 三羧酸循环的调控 .....	407	附:科学故事——脂瘦素及其受体的发现.....	☉
第八节 三羧酸循环的起源和进化 .....	409	第三十章 氮的循环和氨基酸代谢 .....	507
第二十三章 磷酸戊糖途径 .....	411	第一节 氨基酸的分解代谢 .....	507
第一节 磷酸戊糖途径的全部反应 .....	411	第二节 氮的循环.....	518
第二节 磷酸戊糖途径的总结 .....	415	第三节 氨基酸的合成代谢 .....	521
第三节 磷酸戊糖途径的功能.....	416	第四节 氨基酸衍生物的合成.....	530
第四节 磷酸戊糖途径的调控.....	417	第三十一章 核苷酸代谢 .....	537
第二十四章 糖异生 .....	419	第一节 核苷酸的合成代谢 .....	537
第一节 糖异生所涉及的所有反应 .....	419	第二节 核苷酸合成的调节 .....	545
第二节 糖异生的生理功能 .....	424	第三节 核苷酸的分解代谢 .....	547
第三节 糖异生的调节 .....	425	第四节 核苷酸类辅酶的合成.....	550
第二十五章 光合作用.....	428	第五节 与核苷酸代谢相关的常见疾病.....	554
第一节 光合作用的基本过程.....	428	第六节 常见抗核酸代谢药物的结构与 功能 .....	555
第二节 叶绿体的结构与功能.....	429		

## 第八篇 遗传信息的贮存和表达

- 第三十二章 DNA 复制** ..... 560
- 第一节 DNA 复制的一般特征 ..... 560
- 第二节 参与 DNA 复制的主要酶和蛋白质的结构与功能 ..... 567
- 第三节 DNA 复制的详细机制 ..... 582
- 第四节 DNA 复制的高度忠实性 ..... 593
- 第五节 DNA 复制的调节机制 ..... 594
- 附:科学故事——半保留复制的实验证明 ..... 594
- 第三十三章 DNA 损伤、修复和突变** ..... 597
- 第一节 DNA 损伤的原因及其损伤的类型 ..... 597
- 第二节 DNA 的修复机制 ..... 600
- 第三节 DNA 的突变 ..... 618
- 第四节 细胞对 DNA 损伤做出的其他反应 ..... 626
- 附:科学故事——TTDA ..... 626
- 第三十四章 DNA 重组** ..... 630
- 第一节 同源重组 ..... 630
- 第二节 位点特异性重组 ..... 642
- 第三节 转座重组 ..... 645
- 附:科学故事——“跳跃基因”的发现 ..... 645
- 第三十五章 DNA 转录** ..... 658
- 第一节 DNA 转录的一般特征 ..... 658
- 第二节 依赖 DNA 的 RNA 聚合酶 ..... 659
- 第三节 原核生物的 DNA 转录 ..... 664
- 第四节 真核生物的 DNA 转录 ..... 673
- 附:科学故事——mRNA 的发现故事 ..... 673
- 第三十六章 转录后加工** ..... 682
- 第一节 原核细胞 RNA 前体的后加工 ..... 682
- 第二节 真核细胞 RNA 前体的后加工 ..... 684
- 附:科学故事——核酶 ..... 684
- 第三十七章 反转录和 RNA 的复制** ..... 708
- 第一节 依赖于 RNA 的 RNA 合成 ..... 708
- 第二节 以 DNA 为中间物的 RNA 复制 ..... 710
- 附:科学故事——反转录酶 ..... 710
- 第三十八章 蛋白质的生物合成与细胞内降解** ..... 724
- 第一节 参与翻译过程的主要生物大分子的结构与功能 ..... 724
- 第二节 蛋白质生物合成的一般特征 ..... 733
- 第三节 蛋白质生物合成的详细机制 ..... 739
- 第四节 蛋白质合成的抑制剂 ..... 758
- 第五节 蛋白质在细胞内的降解 ..... 759
- 附:科学故事——“N 端规则”的发现 ..... 759
- 第三十九章 多肽链折叠与翻译后加工** ..... 767
- 第一节 翻译后加工 ..... 767
- 第二节 细胞内的多肽链折叠 ..... 772
- 第三节 蛋白质翻译后的定向运输与分拣 ..... 775
- 附:科学故事——信号学说 ..... 775
- 第四十章 再次程序化的遗传解码和翻译暂停** ..... 787
- 第一节 再次程序化的遗传解码 ..... 787
- 第二节 翻译暂停 ..... 792
- 第四十一章 原核生物的基因表达调控** ..... 793
- 第一节 DNA 水平上的调控 ..... 793
- 第二节 转录水平上的调控 ..... 794
- 第三节 翻译水平上的调控 ..... 806
- 第四节 环境信号诱发的基因表达调控与群体感应 ..... 810
- 第五节 噬菌体基因表达的时序控制 ..... 812
- 附:科学故事——核开关 ..... 812
- 第四十二章 真核生物的基因表达调控** ..... 819
- 第一节 在染色质水平上的调控 ..... 819
- 第二节 在 DNA 水平上的调控 ..... 822
- 第三节 在转录水平上的调控 ..... 832
- 第四节 转录后加工水平上的调控 ..... 845
- 第五节 在 mRNA 运输水平上的调控 ..... 850
- 第六节 在翻译水平上的调控 ..... 850
- 附:科学故事——RNAi ..... 850
- 第四十三章 重组 DNA 技术** ..... 857
- 第一节 重组 DNA 技术简介 ..... 857
- 第二节 基因克隆的详细步骤 ..... 867
- 第三节 基因克隆的应用 ..... 868
- 第四节 聚合酶链反应 ..... 878
- 第五节 蛋白质工程 ..... 880
- 第六节 基因芯片 ..... 882
- 第七节 基因组学研究概述 ..... 886

第八节 酵母双杂交系统 .....	888	附:科学故事——PCR .....	893
第九节 SELEX 技术 .....	890		
英中文单词对照 .....			893
后记 .....			899
参考书目 .....			901
推荐网站 .....			902

# 第一篇

---

# 蛋白质的结构与功能

# 第一章 氨基酸

氨基酸是一类同时含有氨基和羧基的有机小分子。既有氨基又有羧基的特征,使得它们能够彼此缩合成肽,从而成为寡肽、多肽和蛋白质的组成单位。尽管自然界的氨基酸有多种,既有D-型,也有L-型;既有 $\alpha$ -型,又有 $\beta$ -型,但组成蛋白质的氨基酸如果有旋光异构体的话,就只能是L-型的 $\alpha$ -氨基酸。氨基酸除了作为肽的组成单位以外,还是生物体内许多重要活性物质的前体,甚至某些氨基酸本身就具有特殊的生理活性。

本章将主要介绍构成蛋白质的22种标准氨基酸的结构、分类和性质以及它们重要的生理功能。

## 第一节 氨基酸的结构、种类和分类

$\alpha$ -氨基酸的结构通式如图1-1所示,其中的R表示残余基团(residual group, R)或侧链基团(side chain group),氨基和羧基都与 $\alpha$ -碳原子相连。不同的氨基酸具有不同的R基团,它们是区分或分类氨基酸的依据。

### (一) 蛋白质氨基酸

出现在蛋白质分子中的氨基酸被称为蛋白质氨基酸,又名标准氨基酸,它们由遗传密码直接决定,目前已发现有22种,其中20种最为常见,另外2种比较罕见,只被发现存在于某些特殊的蛋白质分子之中。

20种最常见的标准氨基酸的名称与结构见图1-2~图1-5。图1-6为两种比较罕见的标准氨基酸,其中含硒半胱氨酸(Selenocysteine)只存在于含硒蛋白之中,而吡咯赖氨酸(Pyrrolysine)仅存在于一些真细菌和古细菌体内,作为与产甲烷代谢有关的某些酶的组分。

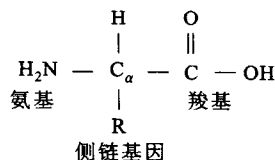


图1-1  $\alpha$ -氨基酸的结构通式

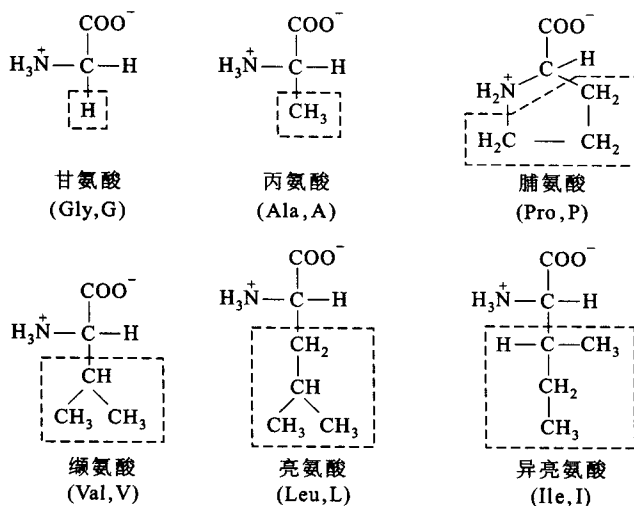


图1-2 非极性的脂肪族氨基酸的名称及结构

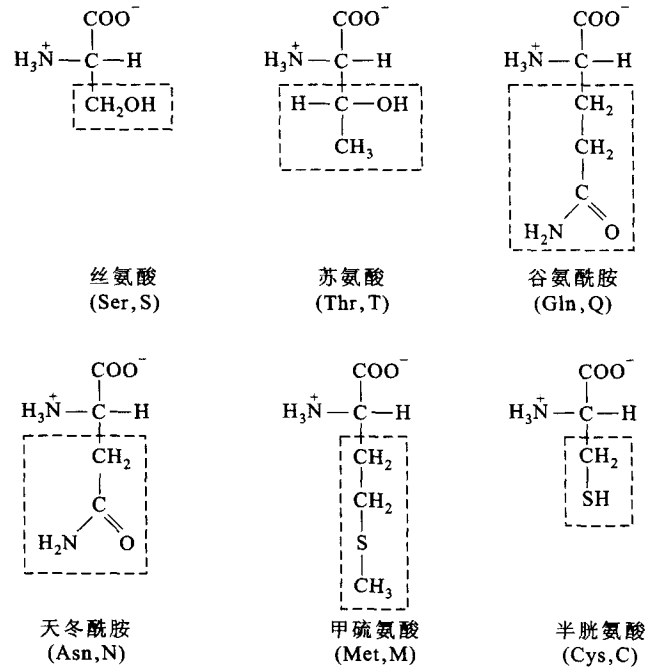


图 1-3 不带电荷的极性氨基酸的名称及结构

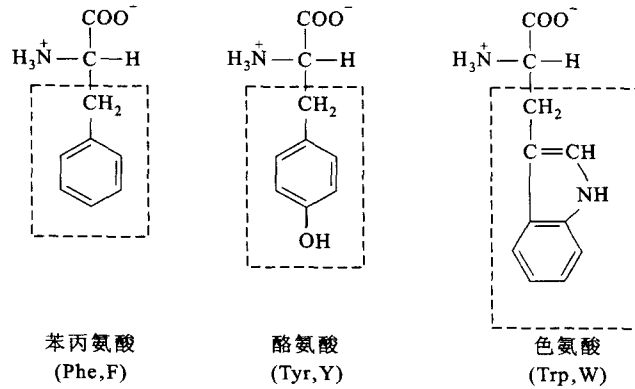


图 1-4 芳香族氨基酸的名称及结构

如表 1-1 所示, 22 种氨基酸的英文名称可使用三字母缩写或单字母缩写来表示。有时, 在氨基酸序列分析中, 很难区分两种结构紧密相关的氨基酸 Asp/Asn 或 Glu/Gln, 这时可以用 Asx 或 B 表示 Asp/Asn, Glx 或 Z 表示 Glu/Gln。

既然各种氨基酸的差别在于 R 基团, 那么完全可以根据 R 基团的性质来对 22 种标准氨基酸进行分类。但由于对 R 基团性质可从不同的角度来认定, 因而对氨基酸的分类方法也就不止一种。分类的依据主要有两种: 一是根据 R 基团的化学结构, 另外一种是根据 R 基团对水的亲和性。

1. 根据 R 基团的化学结构和在 pH 7 时的带电状况, 氨基酸可以分为 4 类:

(1) 非极性的脂肪族氨基酸 属于此类的有 Gly、Ala、Val、Leu、Ile 和 Pro。Gly 是最简单的氨基酸, 而且是 22 种氨基酸中唯一没有手性的, 其 R 基团仅仅是一个 H 原子; Ala 的 R 基团是非极性的直链脂肪链, Val、Leu 和 Ile 的 R 基团则是非极性的具有分支的脂肪链, 这两种脂肪链都不能与水分子之间形成氢键; Pro 实际上是一种亚氨基酸, 其侧链是一个僵硬的环结构, 它和 Gly 通常会造造成多肽链结构的弯曲(参看蛋白质的二级结构)。



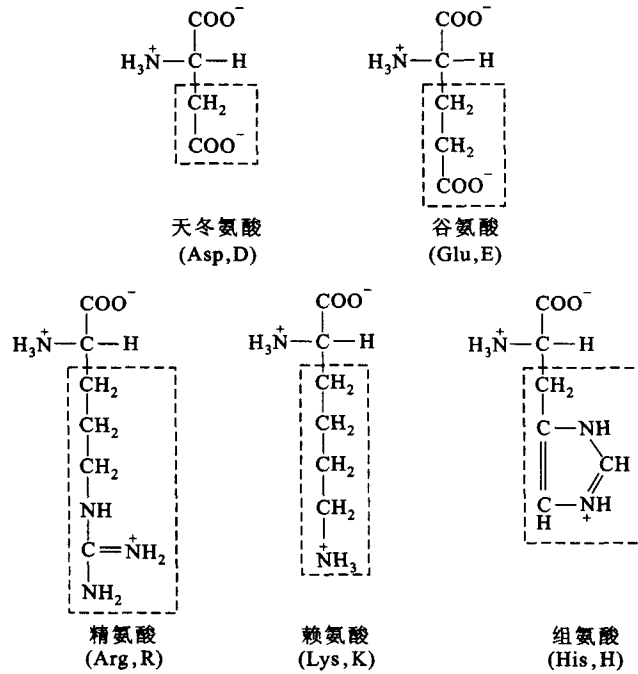


图 1-5 带电荷的极性氨基酸的名称及结构

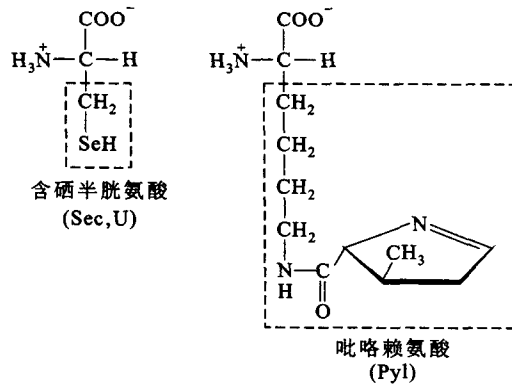


图 1-6 第二十一、第二十二种标准氨基酸的名称及结构

表 1-1 氨基酸的名称和缩写

中文名称	英文全名	三字字母缩写	单字母缩写
丙氨酸	Alanine	Ala	A
精氨酸	Arginine	Arg	R
天冬酰胺	Asparagine	Asn	N
天冬氨酸	Aspartic acid	Asp	D
半胱氨酸	Cysteine	Cys	C
谷氨酰胺	Glutamine	Gln	Q
谷氨酸	Glutamic acid	Glu	E
甘氨酸	Glycine	Gly	G
组氨酸	Histidine	His	H
异亮氨酸	Isoleucine	Ile	I
亮氨酸	Leucine	Leu	L