



鞍山师范学院附属卫生学校校本系列教材

生物化学基础

SHENGWU HUAXUE JICHU

主编 张文革 吴晨怡

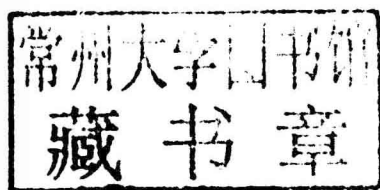


东北大学出版社
Northeastern University Press

鞍山师范学院附属卫生学校校本系列教材

生物化学基础

主 编 张文革 吴晨怡



东北大学出版社

· 沈 阳 ·

© 张文革 吴晨怡 2016

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学基础 / 张文革, 吴晨怡主编. — 沈阳: 东北大学出版社, 2016. 3

(中职医学系列丛书)

ISBN 978-7-5517-1237-8

I. ①生… II. ①张… ②吴… III. ①生物化学—医学院校—教材 IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 055272 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路三号巷 11 号

邮编: 110819

电话: 024 - 83687331 (市场部) 83680267 (社务部)

传真: 024 - 83680180 (市场部) 83687332 (社务部)

E-mail: neuph@neupress.com

http: //www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳市第二市政建设工程公司印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 11

字 数: 282 千字

出版时间: 2016 年 3 月第 1 版

印刷时间: 2016 年 3 月第 1 次印刷

责任编辑: 刘宗玉

封面设计: 刘江旻

责任校对: 申 骄

责任出版: 唐敏志

ISBN 978-7-5517-1237-8

定 价: 27.00 元

鞍山师范学院附属卫生学校校本系列教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主 任	朱如文				
副主任	李晓杰	张文革	臧 帆	蔡雁斌	
委 员	史宇涵	冯晓华	孙兴国	范国臣	韩日新

前

言

中等专业卫生学校对学生的培养目标已从精英化教育向职业化教育发展，教材更注重于科学性、实用性，学生好学、教师好教，易操作的特点。

生物化学基础是中等卫生学校各专业的一门专业基础课程。本书共 11 章内容，由理论、实验两部分构成。理论部分对复杂的理论性知识稍作删减，增加了实用性、常识性知识，理论学时 30 学时。实验部分注重学生动手能力的培养，注重讲授生物化学实验的基本知识、实验基本技能和方法，实验学时 6 学时。

在教材编写过程中，全体参编人员认真负责、团结协作，付出了心血和努力。由于受时间和编写能力所限，书中难免有疏漏和错误之处，敬请同行专家、师生和读者批评指正。

编 者

2016 年 1 月

目

录

绪 论	1
第一章 蛋白质化学	2
第一节 蛋白质的分子组成	2
第二节 蛋白质的分子结构	3
第三节 蛋白质结构与功能的关系	10
第四节 蛋白质的理化性质	11
目标检测	15
第二章 核酸化学	16
第一节 核酸的分子组成	16
第二节 核酸的分子结构	19
第三节 某些重要的核苷酸	22
第四节 核酸的理化性质	23
目标检测	24
第三章 酶	26
第一节 概 述	26
第二节 酶的分子组成与结构	28
第三节 影响酶促反应的因素	31
第四节 酶的分类、命名及其在医药学上的应用	36
目标检测	37
第四章 生物氧化	39
第一节 生物氧化的概念及特点	39
第二节 生物氧化中 CO_2 的生成	40

第三节	线粒体氧化体系	41
第四节	ATP 的利用和储存	45
目标检测		46

第五章	糖 代 谢	48
------------	--------------	-----------

第一节	概 述	48
第二节	糖的分解代谢	49
第三节	糖原的合成与分解	55
第四节	糖异生	57
第五节	血糖及血糖浓度的调节	59
目标检测		62

第六章	脂类代谢	64
------------	-------------	-----------

第一节	概 述	64
第二节	血脂与血浆脂蛋白	66
第三节	甘油三酯代谢	69
第四节	磷脂代谢	75
第五节	胆固醇代谢	78
目标检测		81

第七章	氨基酸代谢	82
------------	--------------	-----------

第一节	蛋白质的营养作用	82
第二节	氨基酸的一般代谢	85
第三节	个别氨基酸的代谢	90
第四节	氨基酸、糖和脂肪在代谢上的联系	96
目标检测		99

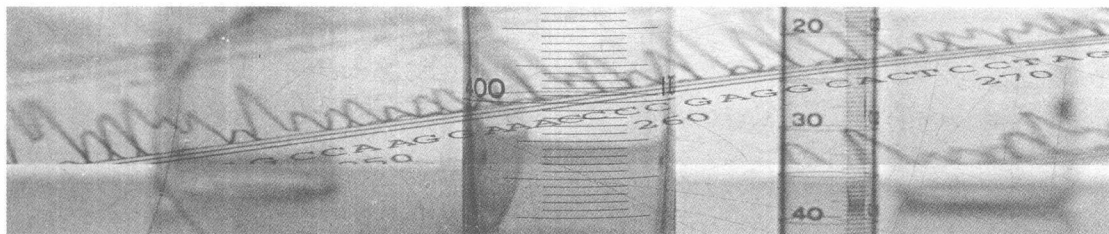
第八章	核酸代谢和蛋白质的生物合成	100
------------	----------------------	------------

第一节	核酸的代谢	100
第二节	蛋白质的生物合成（翻译）	112
目标检测		117

第九章	肝胆生物化学	118
------------	---------------	------------

第一节	肝脏在物质代谢中的作用	118
第二节	肝脏的生物转化作用	121
第三节	胆汁和胆汁酸的代谢	123
第四节	胆色素代谢与黄疸	126
目标检测		131

第十章	水和无机盐代谢	132
第一节	水的代谢	132
第二节	无机盐的代谢	135
第三节	钙、磷代谢	139
目标检测		143
第十一章	酸碱平衡	144
第一节	酸碱平衡概述	144
第二节	酸碱平衡的调节	146
第三节	酸碱平衡与电解质的关系	150
第四节	酸碱平衡失调	150
目标检测		152
实验操作		153
实验一	血清蛋白质醋酸纤维薄膜电泳	153
实验二	酶的专一性	156
实验三	酶促反应的影响因素	158
实验四	血糖的测定	161
实验五	血脂的测定	163



绪 论

生物化学 (biochemistry) 即生命的化学, 是研究生物体内化学分子与化学反应的科学, 从分子水平探讨生命现象的本质。生物化学主要研究的内容是生物体的化学组成、结构与功能, 物质代谢与调节, 以及遗传信息的储存、传递和表达。

生物化学是一门重要的医学基础学科, 是医学护理学、药学、检验学、影像学、生物技术专业及其他生命科学专业的重要基础课。随着现代医学的发展, 越来越多地将生物化学的理念和技术 (PCR、基因芯片等技术) 应用于疾病的预防、诊断和预后判断。从分子水平探讨各类疾病的发生机制, 已经成为医学研究的共同目标。基因诊断和基因治疗, 为临床医学带来了全新的理念, 如生物化学为遗传性疾病、恶性肿瘤免疫性疾病、心血管疾病、代谢异常性疾病等发病机制的认识提供了科学的理论基础。

附: 生物化学重要发现大事年简表

1773: 发现尿素

1836: 明确催化剂概念

1890: 结晶出第一个蛋白质——卵蛋白

1902: 表明蛋白质为多肽

1913: 提出酶动力学理论

1932: 发现鸟氨酸循环

1935: 分离出第一个结晶病毒

1937: 将三羧酸循环模式化

1938: 发现转氨基作用

1953: 提出核酸的螺旋模型

1965: 我国合成有生物学活性的结晶牛胰岛素

1978: 发现 DNA 中的内含子

——摘自: 生命的化学. 1989, 9 (1): 35

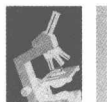


第一章 蛋白质化学

学习目标

- 掌握：蛋白质的元素组成，组成蛋白质的基本单位，蛋白质的一级结构；
- 理解：蛋白质的空间结构，蛋白质的理化性质及应用；
- 了解：蛋白质结构与功能的关系及蛋白质的分类。

【引言】蛋白质普遍存在于自然界各种生物体内，是生物体内含量最丰富的生物大分子，也是一切生命活动的主要物质基础，蛋白质除承担重要的结构功能外，还参与催化反应、免疫反应、血液凝固、代谢调节、遗传物质传递与调控以及肌肉收缩等活动。蛋白质缺乏可导致成年人消瘦、机体免疫力下降、贫血，严重者将产生水肿；未成年人生长发育停滞、贫血、智力发育迟缓、视觉功能降低。可以说没有蛋白质就没有生命！掌握蛋白质的理化性质和变性作用对临床疾病的诊断和生物技术实际应用有很大的帮助。



第一节 蛋白质的分子组成

1. 蛋白质的元素组成

所有蛋白质都含有碳、氢、氧、氮；大多数蛋白质含有硫，有的还有少量的磷或金属元素等，各种蛋白质的含氮量很接近，平均为 16%。由于蛋白质是体内的主要含氮物，因此只要测出生物样品的含氮量，就可计算出蛋白质含量：

$$100\text{g 样品中蛋白质含量} = \text{每克样品含氮克数} \times 6.25 \times 100$$

 链接：算一算！

测出 1g 某样品中含有 0.006g 氮，问此样品中约含有多少克蛋白质？

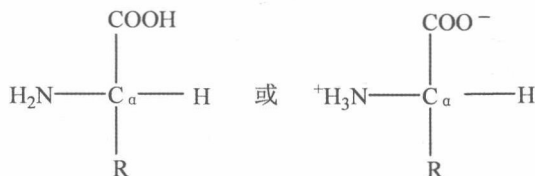
蛋白质平均含氮为 16%，相当于每 6.25g 蛋白质中含有 1g 氮，故该样品中蛋白质的含量为： $0.006 \times 6.25 = 0.0375\text{g}$ 。

2. 蛋白质的基本组成单位——氨基酸

蛋白质受酸、碱或蛋白酶作用而水解产生游离氨基酸，所以氨基酸是组成蛋白质的基本组成单位。

(1) 氨基酸的结构通式及结构特点

存在于自然界中的氨基酸有 300 余种，但组成人体蛋白质的氨基酸仅有 20 种。这 20 种氨基酸虽然结构各有不同，但都有共同的结构特征，即都具有 α -氨基（或亚氨基），都属于 L-氨基酸（甘氨酸除外），所以称 L- α -氨基酸。其结构通式如下：



(2) 氨基酸的分类

根据氨基酸 R-基团的结构和极性的不同可分为四类：非极性氨基酸、极性氨基酸、酸性氨基酸和碱性氨基酸，如表 1-1 所示。

- 1) 非极性氨基酸：具有疏水性质；
- 2) 极性氨基酸：具有亲水性质；
- 3) 酸性氨基酸：在水溶液中能释放出氢离子，使氨基酸带上负电荷；
- 4) 碱性氨基酸：在水溶液中能结合氢离子，使氨基酸带上正电荷。



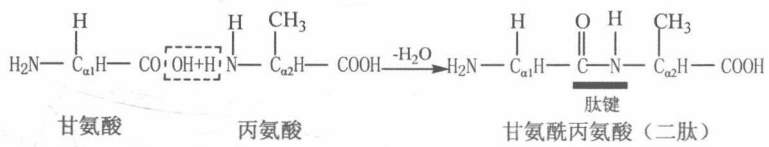
第二节 蛋白质的分子结构

1. 蛋白质的基本结构

(1) 肽键

由一个氨基酸的 α -羧基（ $-\text{COOH}$ ）和另一个氨基酸的 α -氨基（ $-\text{NH}_2$ ）缩合脱

水形成的酰胺键（—CO—NH—）。

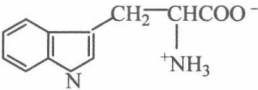
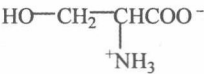
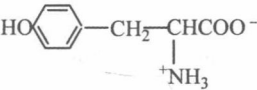
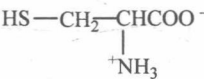
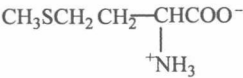
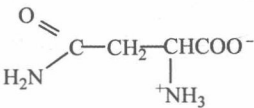
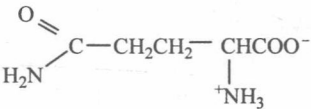
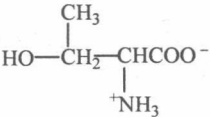
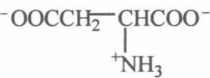


氨基酸之间脱水缩合，通过肽键相连而形成的化合物称为肽，两个氨基酸缩合成二肽，三个氨基酸缩合成三肽，多个氨基酸缩合成多肽。一般由 10 个以上的氨基酸缩合形成的肽被称为多肽链。多肽链有两个末端，其中游离 α - NH₂ 的末端叫 N 末端或 N 端，游离 α - COOH 的末端叫 C 末端或 C 端。在书写时，N 末端写在左侧，C 末端写在右侧。

表 1-1 氨基酸的分类

中文名	英文名	结构式	三字符号	一字符号	等电点
1. 非极性氨基酸					
甘氨酸	glycine	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Gly	G	5.97
丙氨酸	alanine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Ala	A	6.00
缬氨酸	valine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CHCOO}^- \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Val	V	5.96
亮氨酸	leucine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Leu	L	5.98
异亮氨酸	isoleucine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CHCOO}^- \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad ^+\text{NH}_3 \end{array}$	He	I	6.02
苯丙氨酸	phenyalanine	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Phe	F	5.48
脯氨酸	proline	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{CH}_2 \quad \text{CHCOO}^- \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{CH}_2 \quad \text{NH}_2^+ \end{array}$	Pro	P	6.30

续表 1-1

中文名	英文名	结构式	三字符号	一字符号	等电点
2. 极性中性氨基酸					
色氨酸	tryptophan		Trp	W	5.89
丝氨酸	serine		Ser	S	5.68
酪氨酸	tyrosine		Tyr	Y	5.66
半胱氨酸	cysteine		Cys	C	5.07
蛋氨酸	methionine		Met	M	5.74
天冬酰胺	asparagine		Asn	N	5.41
谷氨酰胺	glutamine		Gln	Q	5.65
苏氨酸	threonine		Thr	T	5.60
3. 酸性氨基酸					
天冬氨酸	aspartic acid		Asp	D	2.97

续表 1-1

中文名	英文名	结构式	三字符号	一字符号	等电点
谷氨酸	glutamic acid	$\begin{array}{c} ^- \text{OOCCH}_2\text{CH}_2\text{—CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Glu	E	3.22
4. 碱性氨基酸					
赖氨酸	lysine	$\begin{array}{c} ^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{—CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Lys	K	9.74
精氨酸	arginine	$\begin{array}{c} ^+\text{NH}_2 \\ \\ \text{NH}_2\text{CNHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{—CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Arg	R	10.76
组氨酸	histidine	$\begin{array}{c} \text{HC}=\text{C—CH}_2\text{—CHCOO}^- \\ \quad \\ \text{N} \quad \text{NH} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H} \end{array} \quad ^+\text{NH}_3$	His	H	7.59

(2) 蛋白质的一级结构

蛋白质的一级结构是指氨基酸在蛋白质多肽链中的排列顺序。一级结构是蛋白质的基本结构，维系一级结构的主要作用力为肽键，某些蛋白质分子的一级结构中还可能含有二硫键。

胰岛素是首先被确立了一级结构的蛋白质，牛胰岛素的一级结构见图 1-1。

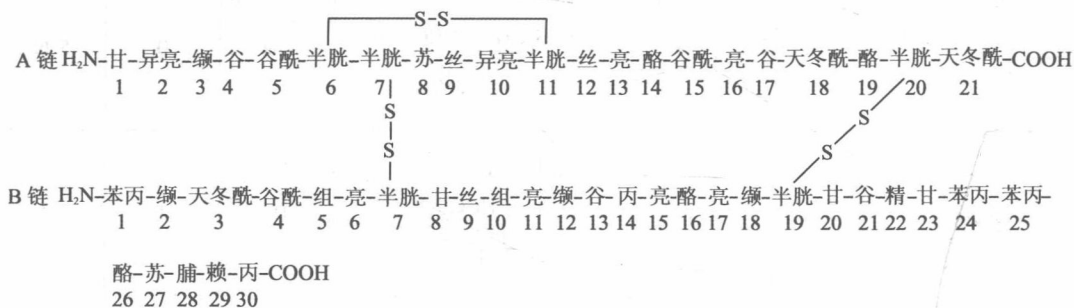


图 1-1 牛胰胰岛素的一级结构

2. 蛋白质的空间结构

蛋白质的空间结构是指多肽链在一级结构的基础上进一步盘曲、折叠所形成的空间构象,其实质是多肽链在空间有规律的排列方式,根据其形成的范围和复杂程度不同,可分

为二级、三级和四级结构。

(1) 蛋白质的二级结构

蛋白质的二级结构是指蛋白质多肽链中主链进行盘曲、折叠形成的重复出现的有规律的空间结构，包括 α -螺旋、 β -折叠、 β -转角和无规则卷曲4种形式（见图1-2、图1-3、图1-4）。

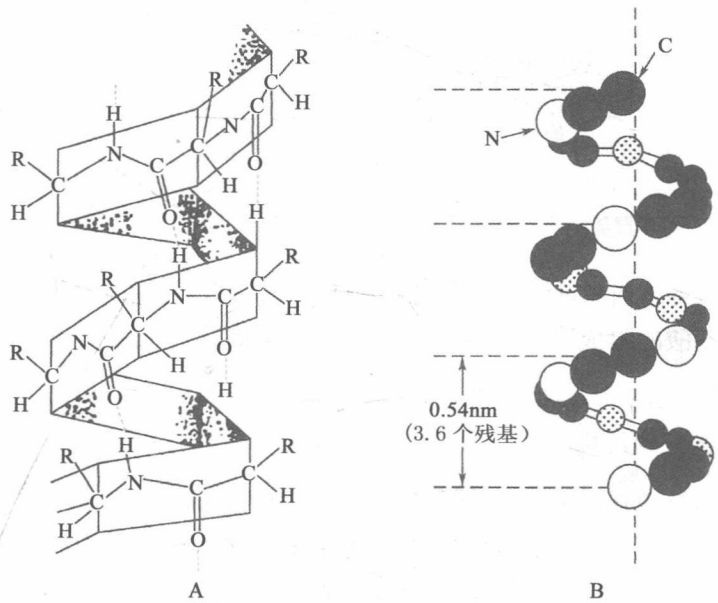


图 1-2 α -螺旋

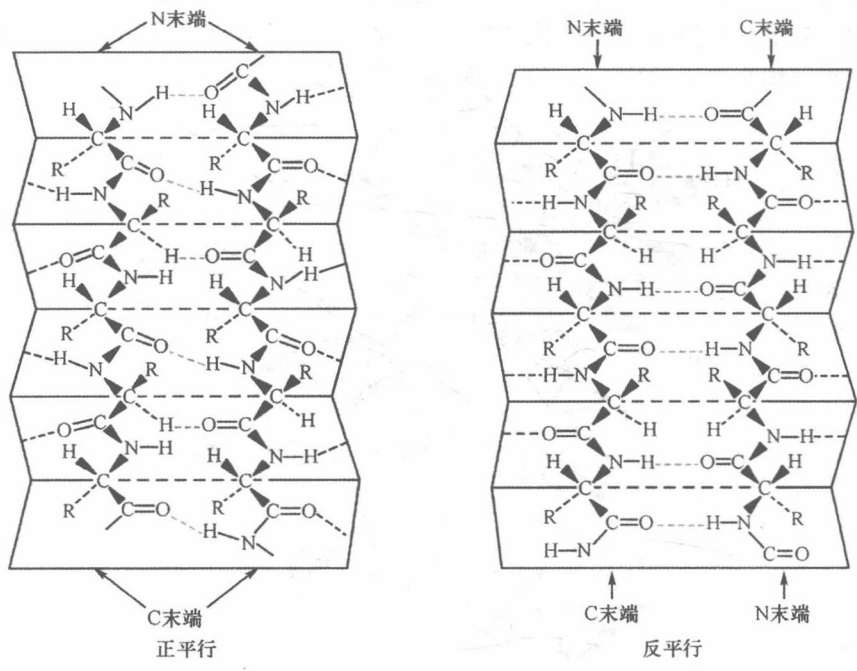


图 1-3 β -折叠

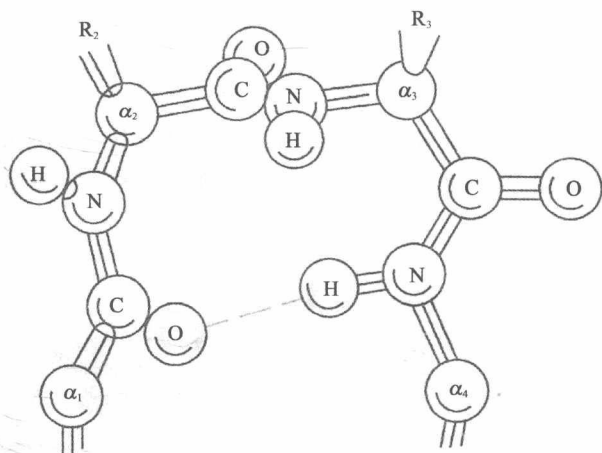


图 1-4 β -转角

研究表明，一种蛋白质可能只具有以上一种结构，也可能同时具有以上几种结构，各组分的多少由氨基酸的组成决定。维系蛋白质二级结构的作用力为主链内或主链间的氢键。

(2) 蛋白质的三级结构

蛋白质的三级结构是指蛋白质多肽链在二级结构的基础上再进一步盘曲、折叠形成的空间结构，见图 1-5。蛋白质三级结构的特点包括：①多肽链在盘曲、折叠的过程中，疏水键常积聚在分子内部，而亲水键分布在分子表面，因此蛋白质常溶于水。②多肽链盘曲、折叠后常在分子表面或局部形成具有生物学功能的特定区域，这些区域常称为结构域。③维系蛋白质三级结构的作用力是多肽链侧链基团之间形成的次级键，包括：疏水键、离子键、氢键、范德华力，其中疏水键最为重要，见图 1-6。④由一条多肽链构成的蛋白质最高级结构为三级结构，而此时这种蛋白质常可以表现出生物学活性。

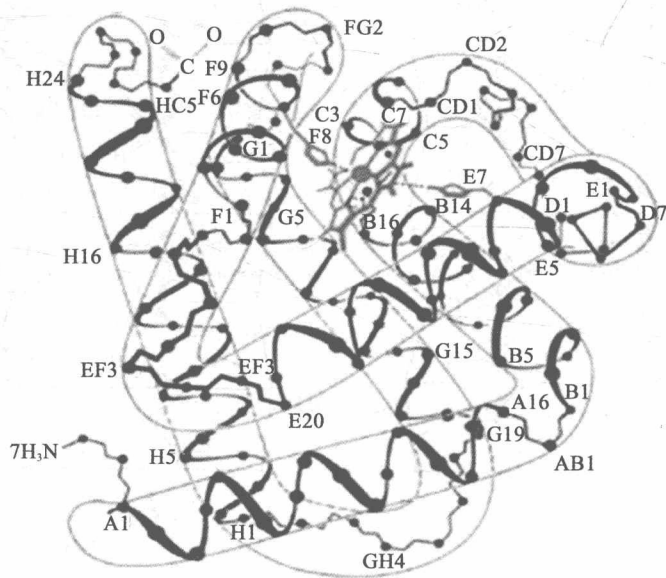


图 1-5 蛋白质的三级结构——肌红蛋白

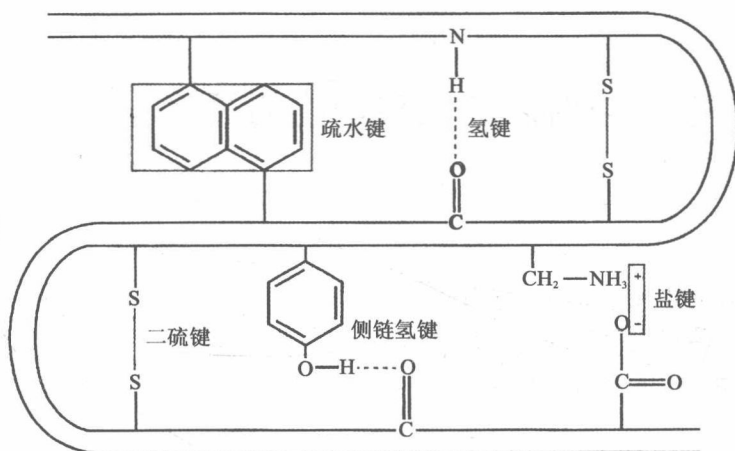


图 1-6 维系蛋白质三级结构的化学键

(3) 蛋白质的四级结构

蛋白质的四级结构是指两个或多个亚基通过非共价键的相互作用，聚集成更为复杂的空间结构。亚基是指具有独立三级结构的多肽链。一种蛋白质中的亚基可以相同，也可以不同，单独一个亚基通常没有生物学活性。维系四级结构的作用力是亚基之间形成的次级键，包括：疏水键、离子键、氢键、范德华力等，疏水键是主要作用力。

血红蛋白是由两种不同的亚基构成的四聚体（图 1-7），即 2 个 α -亚基和 2 个 β -亚基，两种亚基的结构颇为相似，且每个亚基都结合有 1 个血红素辅基。4 个亚基通过 8 个离子键相连，形成血红蛋白的四聚体，具有运输 O_2 和 CO_2 的功能。

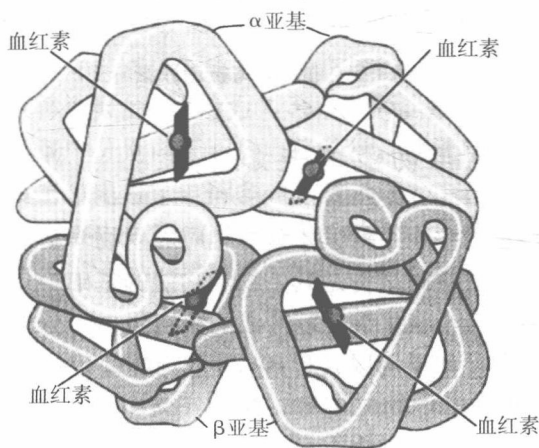


图 1-7 蛋白质的四级结构——血红蛋白结构