

有机化学教程

[德] H. 拜尔 W. 瓦尔特 著

唐慰慈 译

高等教育出版社

有机化学教程

[德] H. 拜尔 W. 瓦尔特 著

唐慰慈译

高等教育出版社

本书系根据原著第18版译出。原著系联邦德国和民主德国广为采用的有机化学教材,作者H.拜尔亦系知名有机化学家。全书结构严谨,内容丰富,不仅叙述了有机化学的基本理论和各种类型的反应机理,介绍了各种有机化合物的特性、合成和反应特点,而且广泛地联系了各方面的实际应用。原书每次新版时均作了修订、补充,内容不断更新。

本书可供理工农医各类高等学校师生教学参考,也可供科研机构及有关技术人员参考。

LEHRBUCH DER ORGANISCHEN CHEMIE

18., überarbeitete Auflage

Hans Beyer Wolfgang Walter

S. Hirzel Verlag Stuttgart, 1978

有机化学教程

[德]H.拜尔 W.瓦尔特著

唐慰慈 译

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京顺义印刷厂印装

开本 787×1092 1/16 印张 42.75 字数 970 000

1989年11月第1版 1989年11月第1次印刷

印数 00,001—840

ISBN7-04-002409-8/O·815

定价 14.30 元

译 记

拜尔(H. Beyer)所著《有机化学教程(Lehrbuch der organischen Chemie)》一书,是目前德意志联邦共和国和德意志民主共和国各大学有机化学系和有关有机化学的学科普遍采用的著名教材。今将本书介绍给我国广大读者,它既可以用作大专院校的有机化学教学用书,也可以在有机化学有关的各个学科的教学、科研等工作中用作一般性参考资料。此外,通过本书,也可以使我们对德国的有机化学教学有所了解。

本书的结构严谨,章节分明,内容广泛,又简明扼要;在必要范围内叙述了有机化学的基本理论和各种类型的反应机制,也尽可能地联系实际,介绍各类有机化合物的实际应用。本书从1953年出版第一版起,至今已达18版。由于每次新版时均作了必要的修订、补充,因此内容也不断更新。上述这些特点是本书受到广泛欢迎的主要原因。

H. 拜尔教授生前是德意志民主共和国 Greifswald 市 E. M. Arndt 大学有机化学系主任。1953年,结合他多年的教学经验,写成此书。译者于五十年代在该校读书期间,也曾得到拜尔教授的指导,当时拜尔教授就曾表示希望能将他的这一著作介绍给中国读者。拜尔教授于1971年2月去世以后,该书由德意志联邦共和国汉堡市汉堡大学有机化学和生物化学系瓦尔特(W. Walter)教授继续修订。本书译成中文也得到瓦尔特教授的热情支持。

翻译中的不当之处,希望广大读者指正。

译 者

第 18 版序言

为了出版第 18 版,对第 17 版的全文进行了仔细的校阅,并作了一些修改和补充。在此,我对提出批评和建议以使本书改进和现代化的读者表示由衷的感谢。

对“原油化学”及“煤焦油的加工”等章节作了彻底的修改;在“结构测定中的物理学方法”一章中增加了 ^{13}C -核磁共振谱法、电子衍射、微波光谱法和光电子波谱法等。此外,还补充了例如 Prins-反应、Simmons-Smith-反应、Eschweiler-Clarke-甲基化、Merrifield-合成、用轻汽油或根据 Monsanto-方法制备乙酸、硝基甲烷和羰基化合物的反应、前列腺素、Barton-规则和手性概念。补充的篇幅由紧缩一些篇幅来抵消,因而本书的页数保持不变。每页的内容,除少数例外,也保持不变。

下列一些改变对全文有所影响。书中区分了正碳离子和碳鎓离子。在能量交换的数据中除 kcal/mol 单位外,增加了 SI 单位 kJ/mol;相应地对于磁场单位高斯(Gauss)和特斯拉(Tesla)也是如此。压力单位尚未改成 SI 单位是为了等待一下,单位帕斯卡(Pascal)或巴(Bar)在化学范围内作为压力单位能否得到公认。书中有一个书笺,其中有 SI 单位(Système International d' Unités)的定义及由老单位制换算成新单位制的换算因子。

所有利用本书的读者的批评和建议我均深表感谢,这些批评和建议将有利于本书的发展。
汉堡, 1975 年秋

Wolfgang Walter

第 17 版序言

1971 年 2 月 1 日, Hans Beyer 教授去世了。在他去世时, 由他修改的他的教材的第八手稿已经整理完毕。本著作将以作者和他的几位同事一起修订后的形式出版。

在 Hans Beyer 的遗稿中有他手书的“有机化学教程”第 17 版序言的提要。他肯定想对提要中提到的一些同事, Zinner 教授、Walter 教授、Miethchen 博士、Süs 教授、Bulka 教授等表示感谢。出版社代表他们对他们在这一新版产生中给与的多方面的协助表达这一谢意。

Beyer 教授在活着的时候就曾和出版社商讨了本著作的连续修订出版的问题。根据他的愿望, Wolfgang Walter 教授接受了第 17 版出版前的工作并将负责将来本书新版的修订。这样就保证了由 Beyer 教授奠基的这一著作将来能够继续发展。我们恳请“有机化学教程”迄今二十年来在化学研究和实践中在教师和学生中赢得的大量朋友们支持 Walter 教授并提出宝贵的建议。

Stuttgart, 1973 年春

S. Hirzel 出版社, Stuttgart

在第 17 版的修订中, 保留了证明对于教学有效的系统, 这一系统是本书获得巨大成功的原因, 同时注意到表达的现代化和提高教材的情报价值。

全书经过了彻底的加工。一些章节完全重新作了修改(特别是关于碳水化合物、氨基酸、肽和蛋白质及酶等章节), 并重新写了关于代谢过程的第九编。全书篇幅由于增加新材料而有所扩大; 为了使材料紧凑, 又作了一些删节。在第八编中重新修改了对核酸和核蛋白的描述。在“总论”中增加了第 8 章“结构测定中的物理学方法”。其中叙述了下列方法: 质谱法、红外光谱法、紫外光谱法、核磁共振谱法。提及了下列方法并引述了参考文献: 电子自旋共振、晶体结构分析、偶极矩测定、光学旋光色散, 圆二色谱和极谱法。

染料和杂环的章节也作了调整。在立体化学范围内详细介绍了 Cahn、Ingold 和 Prelog 关于手性化合物的系统, 同时引入了几何异构现象的 E-Z-表达方法。新编了一节关于 Woodward-Hoffmann 规则的基本点。

对环式总的进行了更新。 π -电子六隅体在可能的情况下均用  或在耦合的环系统中用相应的符号表示。

对学生的基础教学不重要的实践和理论, 以及纯技术性问题, 则用小号字体印刷。许多处介绍了新的合成方法, 删掉了一些过时的方法。

在整个著作的现代化过程中, 图的数量有所增加。

由 Beyer 教授亲自进行全面修订的手稿保持不变, 只是对几处错误作了更正。脚注补充了手稿经增补和删节达到的状态以外的一些新的材料。此外, 许多在文中提到的商品名称也收载

到索引中。作者曾减少了文中的横向引述,现在又进一步作了限制,这是为了使学习的人能够利用索引自己去发现横向的联系,从而改进学习效果。

我对所有利用本著作的读者提出的批评和建议均表示感谢。这些批评和建议将有利于本版的进一步改善。

汉堡, 1973 年春

Wolfgang Walter

摘自第一版序言

由于化学电子理论的发展及其在有机化学领域内的广泛应用,很有必要根据这一现代化的理论撰写一本“有机化学教程”。我在本书中采用 F. Arndt, B. Eistert 和 Eugen Müller 提出的,在德国最常用的名称和符号,因为根据我的经验,特别是利用稳化异构的极限式的书写方法对刚开始学习的学生来说,比英语国家学校中采用的方法更容易理解。将电子理论作为基础并在最前面的一些章节中加以阐述能使学生最早地了解化学键的最新概念。若不掌握这些概念,阅读原著或阅读一些较新的文献都是困难的。

从这点出发,我努力将范围很广的有机化合物尽可能逻辑性地和系统地归类。其基础则是我本人的有机化学实验讲课的结构和一些专家授课的结构。书中保留了脂肪族化合物、脂环族化合物、芳香族化合物和杂环化合物的有效的分类方法。

在这些大的章节内再首先根据化合物的化学结构和反应性能进行分类。单一的每一类化合物再按其存在、结构、制备、性质、反应性能和工业用途加以叙述。然后再介绍一些它们最重要的衍生物。近来在有机化合物的结构测定中越来越广泛地有效地采用的物理-化学方法则在相应处加以叙述。

本教程不仅是为了满足化学系学生对有关现代电子理论的丰富的知识的了解及用于自学,而且也给在工业工作的化学工作者,以及医学系、药理系、药物系、生物系学生介绍具体材料及电子理论观点。化学教师也将从本书得到帮助。化学方面的巨大进展,尤其在天然产物的领域内,目前更要求不同学科的紧密合作。

Greifswald, 1953 年春

Hans Beyer

目 录

总 论

1. 导言	3
2. 纯物质	4
a) 结晶	4
b) 蒸馏和精馏	5
c) 在次高真空及高真空中蒸馏及升华	5
d) 层熔	6
e) 水蒸汽蒸馏	6
f) 萃取	6
g) 吸附色层分析	7
h) 分配色层分析	7
i) 纸层析	7
k) 薄层层析	8
l) 气体色谱	8
m) 纯化合物的判断	9
3. 定性有机元素分析	9
a) 碳	9
b) 氢	10
c) 氮	10
d) 硫	10
e) 卤素	11
f) 其它元素	11
4. 定量有机元素分析	11
a) 碳和氢	11
b) 氮	12
c) C-, H-, N-测定	12
d) 硫	12
e) 卤素(氯, 溴, 碘)	12
5. 化学式的推求	13
a) 比例式	13
b) 分子量和分子式的测定	14
c) 结构式	15
6. 化学键的种类	16
a) 原子结构	16
b) 离子键(离子关系)	20
c) 原子键	21
d) C-H 和 C-C 键	21
e) 络合物	23

f) 极性原子键	24
7. 官能团及诱导效应	25
8. 结构测定中的物理学方法	26
a) 质谱法	27
b) 红外光谱法	30
c) 紫外-可见光-光谱法	32
d) 核磁共振谱法	34
e) 电子自旋共振	37
f) 晶体结构分析	37
9. 有机化合物的分类	38

各 论

第一编 脂肪族化合物	43
1. 烷烃(饱和烃)	43
a) 甲烷	44
b) 乙烷	45
c) 丙烷和丁烷	46
d) 戊烷和高级同系物	46
乙烷的构象	47
2. 烯烃	49
a) 乙烯和丙烯	50
b) 丁烯、异丁烯和同系物	51
C=C 双键	52
烯烃的顺反异构	54
加成反应	56
3. 烯烃和乙烯基衍生物的聚合反应	61
a) 烯烃的聚合	63
b) 乙烯化合物的聚合	66
4. 原油化学	68
a) 石油和天然气	68
b) 由石油制取发动机燃料	70
c) 由煤制取发动机燃料	72
5. 石油化学	73
6. 炔烃	74
C≡C 三键	76
键长与杂化	77
加成反应	78
7. 带有两个或多个 C=C 双键的碳氢	

化合物(多烯烃)	81	b) 二胺类	128
a) 丙二烯类	81	18. 脂肪族重氮化合物, 二氮丙因和二氮丙啉	129
b) 共轭二烯类	82	a) 重氮化合物	129
1,2- 及 1,4-加成, 稳变异构现象	83	b) 二氮丙因和二氮丙啉	130
间丁二烯的结构	85	19. 脂肪族肟和叠氮化物	131
Woodward-Hoffmann 原则	86	a) 肟	131
8. 带有多个 $C\equiv C$ 三键的碳氢化合物		b) 叠氮化物	133
(多炔烃)	87	20. 几种非金属有机化合物	133
9. 一元醇	88	a) 有机磷化合物	133
氢键(氢桥)	88	b) 有机砷化合物	136
a) 甲醇	91	c) 有机硅化合物	137
b) 乙醇	91	d) 有机硼化合物	138
c) 丙醇	93	21. 金属有机化合物	139
d) 丁醇	93	a) 碱金属有机化合物	139
e) 戊醇	94	b) 有机镁化合物	140
旋光异构	94	c) 有机锌化合物	142
f) 高级醇	97	d) 有机汞化合物	142
g) 不饱和醇	97	e) 有机铝化合物	143
10. 烷烃的卤代衍生物	98	f) 有机锡化合物	144
a) 烷基卤(卤代烷)	98	g) 有机铅化合物	144
饱和 C 原子上亲核取代反应的机制	100	22. 脂肪醛	145
消去反应	102	$C=O$ 双键	146
碎裂反应	103	醛的加成反应	147
b) 多卤代烷	104	醛的缩合反应	148
c) 氟代碳氢化合物	105	醛醇加成	150
11. 无机酸的酯	107	醛的聚合反应	152
a) 硫酸酯	107	a) 甲醛	153
b) 硝酸酯	108	b) 乙醛	154
c) 亚硝酸酯	108	c) 丙醛	155
d) 磷酸酯	109	d) 卤代醛	156
e) 硼酸酯	109	e) 不饱和醛(烯醛和炔醛)	156
12. 醚	110	23. 脂肪酮	158
13. 硫醇	112	加成反应和缩合反应	159
14. 硫醚(二烷基硫化物)	113	酮化合物的还原产物	160
亚砷和砷	114	a) 丙酮	163
15. 脂肪族磺酸、磺酰氯、亚磺酸和次磺酸	114	b) 甲乙酮(丁酮)	164
a) 烷基磺酸	115	c) 卤代酮	164
b) 烷基磺酰氯、烷基亚磺酸和烷基次磺酸	115	d) 不饱和酮	164
氯磺化	115	24. 饱和脂肪族一元酸(脂肪酸)	165
16. 硝基烷	116	a) 甲酸(蚁酸)	168
17. 脂肪胺	120	b) 乙酸(醋酸)	170
a) 单胺类	120	c) 丙酸	170
半极性键	126	d) 丁酸	171
三结合价及四结合价的 N 原子的旋光性	127	e) 戊酸	171

f) 高级脂肪酸.....	171	e) 六元醇.....	229
25. 不饱和脂肪族一元酸.....	172	32. 脂肪族羟基醛和羟基酮.....	230
a) 丙烯酸.....	173	a) 羟基醛(醛醇).....	230
b) 具有四个C原子的不饱和羧酸.....	174	b) 羟基酮(酮醇).....	231
c) 油酸.....	175	33. 脂肪族二醛、酮醛和二酮.....	232
d) 多元不饱和的一元羧酸.....	176	a) 二醛.....	232
26. 脂肪、油和蜡.....	177	b) 酮醛.....	234
a) 脂肪和油.....	177	c) 二酮.....	234
脂肪的制取.....	177	34. 饱和脂肪族二羧酸.....	236
脂肪硬化.....	177	a) 草酸.....	238
脂肪分解.....	177	b) 丙二酸.....	238
b) 蜡.....	178	c) 丁二酸.....	241
27. 皂和合成洗涤剂(去垢剂).....	178	d) 高级二元羧酸.....	242
a) 阴离子活性化合物.....	178	35. 不饱和脂肪族二羧酸.....	243
b) 阳离子活性化合物.....	180	a) 丁烯二酸(顺丁烯二酸和反丁烯二酸).....	243
c) 非离子性化合物.....	181	b) 乙炔二羧酸.....	245
28. 脂肪族一元酸的衍生物.....	181	36. 脂肪族羟基二羧酸和羟基三羧酸.....	246
a) 酰卤.....	181	a) 羟基丙二酸.....	246
b) 羧酸酐.....	183	b) 苹果酸(一羟基丁二酸).....	246
c) 烯酮.....	185	c) 酒石酸(二羟基丁二酸).....	249
d) 羧酸酯.....	186	d) 柠檬酸.....	251
e) 原羧酸酯.....	188	37. 脂肪族酮二羧酸.....	252
f) 酰胺.....	189	a) 中草酸.....	252
g) 氢氰酸和腈.....	191	b) 草乙酸.....	252
h) 氧肟酸.....	193	38. 碳酸衍生物.....	253
i) 亚胺酸酯、脘和酰胺脲.....	193	a) 碳酸的卤化物.....	253
k) 羧酸酐和羧酸叠氮化物.....	194	b) 碳酸酯.....	254
29. 脂肪族一元酸的取代产物.....	195	c) 碳酸的酰胺.....	255
a) 卤代羧酸.....	195	d) 脲的衍生物.....	258
不对称C原子的D-和L-构型.....	197	39. 碳酸的硫代衍生物.....	260
不对称C原子范围的绝对构型.....	198	硫逐碳酸衍生物.....	261
b) 羟基羧酸.....	201	40. 氰酸及其衍生物.....	263
内酯.....	203	a) 卤化氰.....	264
c) 氨基酸.....	205	b) 氰酸酯和异氰酸酯.....	264
30. 脂肪族醛基羧酸和酮基羧酸.....	211	c) 氰胺.....	266
a) 醛基羧酸.....	211	41. 硫氰酸及其衍生物.....	267
b) 酮基羧酸.....	212	硫氰酸酯和异硫氰酸酯.....	268
酮-烯醇互变异构.....	213	42. 二氰和二硫氰.....	268
β -酮基羧酸酯分解酮和酸.....	217	43. 一氧化碳及其衍生物.....	269
31. 多元醇.....	218	a) 一氧化碳.....	269
a) 二元醇(1,2-二醇).....	219	b) 烷基异氰化物(异腈).....	270
b) 三元醇.....	224	44. 亚碳和亚氮化合物作为不稳定的中间产物.....	272
c) 四元醇.....	228	a) 亚碳化合物.....	272
d) 五元醇.....	229		

b) 亚氮化合物	273
第二编 脂环化合物	275
环烷	275
1. 小碳环	276
a) 环丙烷及其衍生物	276
b) 环丁烷及其衍生物	278
2. 正常碳环	282
a) 环戊烷及其衍生物	282
b) 环己烷及其衍生物	285
环己烷衍生物的构象	285
c) 环庚烷及其衍生物	290
3. 中等碳环	291
4. 大碳环	293
5. 二环和多环碳氢化合物	295
a) 螺环烷	295
b) 稠环系统	296
顺-反-萘烷的立体异构	296
c) 桥环系统	297
d) 类金刚石环系统	298
e) 小的二环系统和多环系统	299
第三编 碳水化合物	303
1. 单糖类	303
a) 单糖的反应	307
b) 单糖的转化	310
c) 单糖的鉴别方法	311
d) 单糖的合成、生成和降解	311
e) 单糖的环状结构	313
f) 苷	316
g) 最重要的单糖	317
h) 脱氧糖	320
i) 氨基糖	320
k) 糖的缩硫醛和硫糖	322
l) 还原酮	323
2. 寡糖类	325
a) 二糖	325
b) 三糖	329
3. 多糖类	330
a) 淀粉	330
b) 糖原	332
c) 菊糖	333
d) 甲壳质	333
e) 果胶	333
f) 纤维素	333
g) 半纤维素	335

h) 硝酸纤维素	335
i) 半合成纤维	335
第四编 芳香族化合物	337
苯的结构	337
1. 芳香族碳氢化合物	341
a) 苯	341
b) 苯的同系物(烷基苯)	342
2. 芳香族碳氢化合物的卤素衍生物	345
a) 卤素与苯核的加成	345
b) 卤素在苯核上的取代反应	345
苯核上多元亲电取代的机制	345
c) 烷基苯的侧链卤代反应	351
3. 芳香族硝基化合物	351
a) 硝基苯	352
b) 硝基甲苯	352
4. 芳香族磺酸	353
5. 酚	357
a) 一元酚	357
酚衍生物	358
酚的取代产物	360
酚的同系物	364
b) 二元酚	366
弯环化合物、碳弯环类和链环类	368
c) 三元酚	369
6. 苯醌	371
对苯醌的氧化还原反应	373
对苯醌的1,4-加成反应	374
醌型染料	376
7. 芳香醇和芳基脂肪胺	378
a) 芳香醇	378
b) 芳基脂肪胺	380
8. 芳香醛和芳香酮	383
a) 芳香醛	383
酚醛和苯醌醛	388
b) 芳香酮	391
9. 芳香族羧酸	395
a) 芳香族一元羧酸	395
b) 芳脂族一元羧酸	400
c) 不饱和芳脂族一元酸	402
d) 芳香族二元酸	403
10. 芳香族硝基化合物的还原产物	405
a) 在矿物酸溶液中还原	405
b) 在中性或弱酸性溶液中还原	406
芳香族亚硝基化合物	406

c) 在碱性溶液中还原	407
氧化偶氮化合物	407
偶氮化合物	408
氢化偶氮化合物	409
11. 芳香胺	410
a) 伯胺	411
苯胺的取代产物	413
b) 仲胺和叔胺	416
c) 苯二胺	418
12. 芳香族重氮化合物	418
a) 重氮盐	418
b) 重氮酸盐	420
13. 芳香族重氮化合物的反应	421
a) 重氮基分解而进行的反应(重氮分解)	421
b) 重氮的氮保留在分子中的反应	423
偶合反应	424
14. 偶氮染料	427
结构和颜色	427
a) 碱性偶氮染料	430
b) 酸性偶氮染料	431
c) 直接偶氮染料	432
d) 萘酚-AS-染料	433
e) 活性染料	435
f) 分散染料	435
g) 金属络合偶氮染料	436
h) 重氮印象法和相关的复制技术	437
15. 联苯和芳基甲烷	437
a) 联苯	437
联苯衍生物的变向异构	438
b) 二苯甲烷	438
c) 三苯甲烷	439
16. 三苯甲烷染料	440
a) 氨基三苯甲烷染料	440
b) 羟基三苯甲烷染料	442
c) 酞	443
17. 芳基乙烷	444
18. 自由基	445
a) 碳自由基	445
b) 氮自由基	446
c) 芳氧基	448
d) 自由基离子	448
19. 苯基取代的不饱和碳氢化合物	449
a) 芳基烯烃	449
芪染料	451

b) 芳基炔烃	451
c) 连烯类化合物	452
丙二烯异构(分子不对称)	453
20. 稠合芳香环系统	455
a) 茛	455
b) 茛	456
c) 萘	456
萘的取代产物	458
d) 芴	463
e) 蒽	463
蒽醌染料	467
f) 菲	469
g) 多环芳烃	471
21. 非苯型芳烃	473
a) 茂化物	474
b) 芳烃络合物	475
c) 草锈盐	476
d) 草酮	477
e) 草酚酮及其衍生物	477
f) 莫	479
g) Hückel($4n+2$) π 规律	480

第五编 异戊二烯化合物(萜类和甾族化合物)

A. 萜类	484
1. 直链萜类	485
a) 萜烃	485
b) 萜醇	485
c) 萜醛和萜酮	485
2. 单环萜类	486
a) 萜烃	487
b) 萜醇	487
c) 萜酮	488
3. 二环萜类	489
a) 萜烷化合物	489
b) 萜烷化合物	490
c) 樟烷化合物	490
4. 倍半萜类	492
a) 直链倍半萜化合物	493
b) 单环倍半萜化合物	493
c) 二环倍半萜化合物	493
d) 三环倍半萜化合物	494
5. 二萜类	494
a) 直链二萜化合物	494
b) 单环二萜化合物	495

c) 三环二萜化合物.....	495	聚甲炔染料(敏化染料).....	556
6. 三萜类(类甾烯).....	497	d) 异噻唑类化合物.....	558
7. 四萜类.....	497	5. 含有三个或更多杂原子的五元环.....	558
类胡萝卜素(多烯色素).....	498	a) 三唑类化合物.....	559
8. 聚戊烯类.....	500	b) 四唑类化合物.....	561
a) 天然橡胶.....	500	c) 五唑类化合物.....	562
b) 合成弹料.....	501	d) 斯德酮.....	563
c) 杜仲胶.....	502	e) 噻二唑类化合物.....	563
B. 甾族化合物.....	502	6. 含有一个杂原子的六元环.....	564
甾族化合物的命名和立体化学.....	502	a) 吡啶类化合物.....	564
1. 甾醇.....	504	b) 吡喃类化合物.....	571
2. 胆汁酸.....	506	7. 吡啶和 γ -吡喃酮的苯稠合环系统.....	573
3. 甾族-维生素.....	506	a) 喹啉类化合物.....	573
4. 甾族-激素(性激素和肾上腺皮质激素).....	507	b) 苯并喹啉类化合物.....	576
a) 雄性激素.....	508	吖啶染料.....	576
b) 雌性激素(雌激素和妊娠激素).....	508	c) 异喹啉类化合物.....	577
c) 皮质激素.....	510	d) 色满类化合物.....	578
5. 有强心作用的甾族化合物.....	511	花色素(黄钾素).....	579
a) 强心甾类.....	511	8. 含有两个杂原子的六元环.....	581
b) 甾酮甾类.....	512	a) 哒嗪类化合物.....	582
6. 甾族-皂苷元.....	513	b) 嘧啶类化合物.....	582
7. 甾族生物碱.....	513	c) 吡嗪类化合物.....	584
第六编 杂环化合物.....	515	d) 苯并二嗪类化合物.....	585
1. 含有一个杂原子的五元环.....	517	e) 吩噻、吩噻嗪和吩噻嗪类化合物.....	586
a) 吡咯类化合物.....	517	吩噻染料.....	587
卟吩色素.....	512	吩噻嗪染料.....	587
b) 呋喃类化合物.....	528	吩噻嗪染料.....	589
c) 噻吩类化合物.....	531	硫化染料.....	589
2. 吡咯、呋喃和噻吩与苯稠合的环系统.....	533	9. 含有三个和四个杂原子的六元环.....	590
a) 吲哚类化合物.....	533	a) 三嗪类.....	590
靛类染料.....	537	b) 四嗪类.....	591
b) 吲哚里新类化合物.....	539	10. 苯环稠合的、含有一个或两个杂原子的	
c) 香豆酮类化合物.....	539	七元环.....	592
d) 硫茛类化合物.....	540	a) 苯并氮杂萘类.....	592
e) 稠合的三环系统.....	541	b) 苯并二氮杂萘类.....	592
3. 含有两个氮原子的五元环.....	542	11. 杂二环系统.....	593
a) 吡唑类化合物.....	543	a) 嘌呤类.....	593
1,3-偶极环加成.....	544	b) 蝶呤类.....	597
吡唑系列的偶氮染料.....	546	c) 黄素类.....	598
b) 咪唑类化合物.....	548	12. 生物碱.....	599
4. 含有两个不同杂原子的五元环.....	551	a) 吡咯烷-吡啶-哌啶类生物碱.....	599
a) 噻唑类化合物.....	551	b) 莨菪烷类生物碱.....	601
b) 异噻唑类化合物.....	553	c) 全氢化喹啉类生物碱.....	604
c) 噻唑类化合物.....	553	d) 喹啉类生物碱.....	605

c) 异喹啉类生物碱.....	606	b) 酰基转移酶.....	646
f) 吲哚类生物碱.....	610	c) 氨基转移酶.....	647
第七编 氨基酸、肽和蛋白质.....	614	d) 甲基和甲酰基转移酶.....	647
1. 氨基酸是构成蛋白质的基石.....	614	3. 水解酶.....	648
a) 脂肪族氨基酸.....	615	a) 酯水解酶.....	648
b) 芳香族氨基酸.....	618	b) 苷水解酶.....	649
c) 杂环氨基酸.....	619	c) 肽水解酶.....	650
2. 肽.....	619	4. 溶酶.....	650
a) 肽的合成.....	620	a) C—C 溶酶.....	650
b) 肽的组分和序列分析.....	623	b) C—O 溶酶.....	651
c) 天然多肽.....	624	5. 异构酶.....	652
肽类抗菌素.....	625	6. 连接酶(合成酶).....	652
肽类激素.....	625	第九编 代谢过程.....	653
3. 蛋白质的性质和结构.....	627	1. 光合成循环.....	653
a) 硬蛋白质.....	628	2. 碳水化合物的酶催合成和降解.....	655
b) 球状蛋白质.....	630	a) 成醇发酵.....	655
c) 缀合蛋白质.....	630	b) 糖解(机体中糖的降解).....	657
核酸和核蛋白.....	632	c) 柠檬酸循环.....	657
核苷和核苷酸.....	632	3. 脂肪代谢.....	659
核酸的结构.....	634	a) 脂肪酸的 β -氧化.....	659
d) 由 DNA 表示的遗传信息.....	637	b) 脂肪酸的生化组成.....	660
e) 蛋白质的生物合成.....	637	4. 蛋白质代谢.....	661
f) 病毒蛋白.....	639	5. 芳香族氨基酸的生物合成.....	662
第八编 酶.....	641	6. 嘧啶核苷酸的生物合成.....	665
1. 氧化还原酶.....	642	7. 萜类和甾族化合物的生物合成.....	665
2. 转移酶.....	646	8. 天然产物生源一览.....	668
a) 磷酸转移酶.....	646		

总 论

