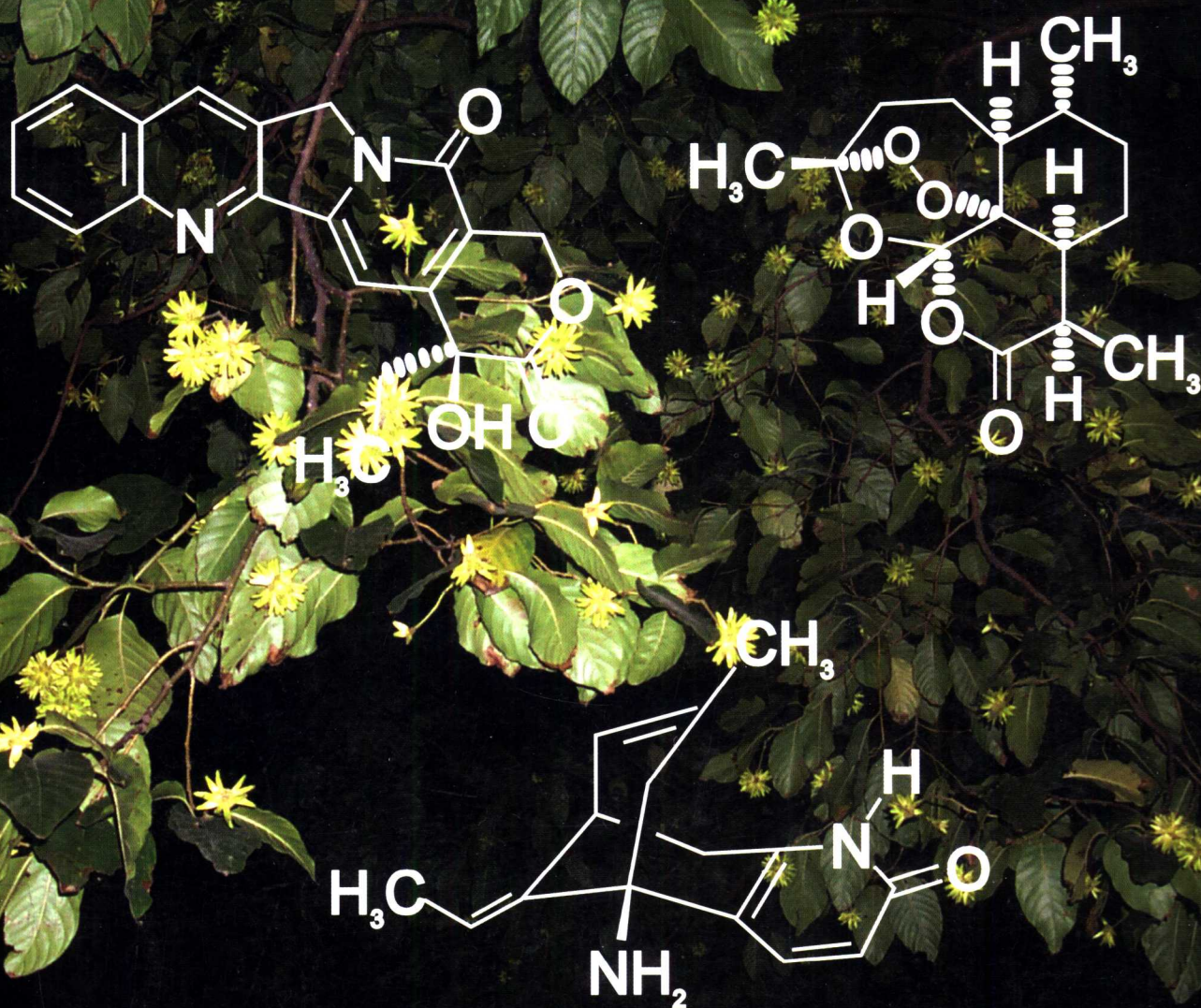


天然产物化学

(第二版)

徐任生 主编

叶 阳 赵维民 副主编



天然产物化学

(第二版)

徐任生 主编

叶 阳 赵维民 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书纳入天然产物分离与化学结构研究(波谱应用)的基本理论与方法,扼要叙述各类主要天然产物的化学结构、特征、应用及其结构的近代研究方法以及某些全合成与生物合成途径。内容包括植物与中草药的各类化学成分;海洋生物、昆虫激素和信息素,常见的天然产物成分分离方法与结构测定;立体化学,化学合成与生物合成及主要生物活性,并举例解析。同时,书中注意采纳我国科学家的研究成果,许多是作者的学术成果总结。

本书是一本具有中国特色的、较新颖的天然产物化学参考书,可供天然有机化学、药物化学、中草药化学、植物化学、有机化学、分析化学及植物学与生物学等相关专业的研究生、教师、科研人员及中西制药公司有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

天然产物化学/徐任生主编. —2版. —北京:科学出版社, 2004
ISBN 7-03-012518-5

I. 天… II. 徐… III. 天然有机化合物 IV. O629

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第117562号

责任编辑:杨淑兰 黄 海 吴伶俐/责任校对:陈丽珠

责任印制:钱玉芬/封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

1993年12月第 一 版 开本:A4(890×1240)

2004年9月第 二 版 印张:58

2004年9月第三次印刷 字数:1906 000

印数:2 701—5 200

定价:120.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

参加编写人员名单 (按姓氏笔画排序)

孔德云	上海医药工业研究院 上海市北京西路 1320 号	200040
叶 阳	中国科学院上海生命科学分院药物研究所 上海浦东张江高科技园区祖冲之路 555 号	201203
朱大元	中国科学院上海生命科学分院药物研究所 上海浦东张江高科技园区祖冲之路 555 号	201203
杨益平	中国科学院上海生命科学分院药物研究所 上海浦东张江高科技园区祖冲之路 555 号	201203
吴厚铭	中国科学院上海有机化学研究所 上海市枫林路 354 号	200032
闵知大	中国药科大学 南京市中央路童家巷 24 号	210009
陆 阳	上海第二医科大学 上海市重庆南路 280 号	200025
陈仲良	中国科学院上海生命科学分院药物研究所 上海浦东张江高科技园区祖冲之路 555 号	201203
陈泽乃	上海第二医科大学 上海市重庆南路 280 号	200025
林文翰	北京大学药学院 北京市学院路 38 号	100083
易杨华	第二军医科大学药学院 上海市国和路 101 号	200433
金善炜	中国科学院上海有机化学研究所 上海市枫林路 354 号	200032
胡立宏	中国科学院上海生命科学分院药物研究所 上海浦东张江高科技园区祖冲之路 555 号	201203
胡昌奇	复旦大学医学院 上海市医学院路 138 号	200032
赵维民	中国科学院上海生命科学分院药物研究所 上海浦东张江高科技园区祖冲之路 555 号	201203
段文虎	中国科学院上海生命科学分院药物研究所 上海浦东张江高科技园区祖冲之路 555 号	201203
俞 飏	中国科学院上海有机化学研究所 上海市枫林路 354 号	200032
徐任生	中国科学院上海生命科学分院药物研究所 上海浦东张江高科技园区祖冲之路 555 号	201203
徐杰诚	中国科学院上海有机化学研究所 上海市枫林路 354 号	200032

序 言

天然产物化学是有机化学的一门重要分支学科，天然产物中微量成分的分离、结构的确定、复杂结构化合物的合成推动了方法、技术和理论不断创新，由此不仅丰富了有机化学学科的内容，也带动了其他有关学科的发展。天然产物化学的研究对国民经济和人类健康也有不可忽视的作用，在医药、农业、工业等方面一直受到重视。以医药业为例，在全球已经开发上市的新药中，约 30% 属天然来源。在抗癌、抗感染药物中更为突出，约占 60%。

我国天然产物资源丰富，中草药应用历史悠久，是开展天然产物化学研究的有利因素。在老一辈有机化学家的开拓和推动下，天然产物化学方面的研究工作非常活跃。经过不到一个世纪的耕耘，不论在学术上还是在应用上都取得了显著成果，研究队伍也日益壮大。为适应天然产物化学研究在我国蓬勃开展的形势，徐任生教授主编了《天然产物化学》一书，参与写作的多是经验丰富的专家学者，主旨是根据国内外有关资料，结合自己的科研与教学经验，尽量收纳我国科学家自己的研究成果，使该书具有中国的特色。由于该书内容切合广大青年研究者和教学人员的需要，1993 年出版后深受读者欢迎，作为手头常备的参考书籍。

10 年来由于科学技术的飞速发展，《天然产物化学》中的原有内容已略显陈旧。徐教授应读者要求，不辞辛劳，广邀有关专业学者，尤其是近年来崛起的在相关领域造诣较深的中青年学者参与再版的撰写工作。再版的《天然产物化学》总体上保持原貌，但个别章节略有增删，并着重补充了近年来发展的新方法、新技术和新的研究成果。相信它的再版将为读者提供非常实用的参考资料。

我虽然已经脱离天然产物研究多年，但始终关注这方面的工作进展。该书作者多是我的故友新交。感谢他们在繁忙的科研和教学工作之余，耗费大量精力，为我国天然产物研究贡献这样一本内容丰富的佳作，也以被邀为该书作序而深感荣幸。

谢毓元

2003 年 9 月

编者的话

我国地域辽阔，植物、动物、微生物等天然资源十分丰富，中草药应用历史悠久，因而天然产物化学研究有着得天独厚的优势。天然产物已成为我国有机化学与药物化学研究的重要对象。许多高等院校与研究机构都设有天然药物化学、天然产物化学、中草药化学或植物化学研究室并招收研究生。我国天然产物化学的研究成果已愈来愈引起国际上的重视。1993年，我们应科学出版社之邀编著出版了《天然产物化学》一书，受到读者的欢迎。由于出版数量的限制，未能满足读者的需要而被要求一再加印。随着科学技术的飞速发展，新资料、新信息、新的报道和资料的不断涌现，加上计算机的普及应用使我们有可能以较快的速度来编写内容更新、更丰富和更实用的第二版以适应当今读者与时代的需求，供研究生与年轻的教学和研究人员参考。天然产物化学内容十分广泛，我们没有打算收集所有资料，编写所有类别的天然产物，只求能反映常见的、主要的各类化合物的分离、结构与特征。天然产物结构的近代研究方法包括立体化学、化学反应、各种波谱方法、全合成与生物合成及主要生物活性，并举例解析，使理论与实际相结合，同时内容力求简洁、扼要，能提供一些有关的基本资料与原始文献，并尽可能采纳我国科学家的研究成果与实用性的研究实例，使本书具有中国特色，让读者能掌握天然产物化学研究的基本要领。本书各章节编写人员均为对该章节内容熟悉、掌握资料较多的专家与学者，书中许多内容是作者的学术经验总结。为便于作者独立发挥，故本书在表达方式上未强求全书统一，未做过多删节，各章可自成体系，因此难免有些地方重复，但各作者侧重的方面不同，资料来源不完全一样，所以即便有重复之处仍具有不同的参考价值。

本书承中国科学院院士谢毓元先生写序言，周维善院士关心和支持，中国科学院上海药物研究所所长陈凯先院士及其他领导的支持，以及张海澜教授的协助，田佳协助编排目录、索引及其他许多工作，在此一并致谢。

由于编写时间匆促，不少地方可能仍存在错误，望读者给予批评、指正，以便今后有机会时修改与补充。

徐任生 叶 阳 赵维民

2003年9月

第一版前言

有机化学起源于研究天然产物，天然产物化学研究不仅对建立有机化学学科起了奠基石的作用，而且对发展该学科仍在不断地做出巨大的贡献。以后的煤焦油、合成有机化学、理论有机化学等研究陆续兴起和发展，有机化学范围与内容乃日渐扩充，分支学科遂相继形成，其中天然产物化学已是公认的一个分支学科。

天然产物化学虽常被认为是理论研究，但推动本学科发展的主要动力应该仍是实际应用。如人们设想能否以人工合成自古以来应用的天然染料如靛蓝、花青素，天然药物如喹啉、吗啡，以及以后发现的甾体激素、维生素等，以满足人类的大量需要。当然要合成这些物质，首先就要阐明它们的化学结构，20世纪上半叶即集中于此一项目研究。在此期间很多出色的科学家付出艰巨努力，主要利用经典的化学方法，终于解决了不少结构复杂的天然产物结构。50年代前后合成工作蓬勃发展，不久，结构已知的、特别是有实用价值的天然产物得以合成成功，甚至从结构改造出发而合成了有用的代替品。应该说天然产物化学研究主要仍是提取与结构阐明两大范围。有机全合成工作上乃属于和有机合成化学家所共有的研究领域，而结构改造多为药物化学家与应用化学家的领域了。随着时间的推移，提取工作的探索从高含量成分逐步发展到微量成分，结构的阐明也是从简单到复杂。为了解决这些难度逐步提高的问题必然要求发现新方法、新技术和新理论，而所获得的新成就又反过来丰富了有机化学学科，也丰富了物理学科和技术学科。

生物化学建立后，将大分子天然产物如蛋白质、多肽、核酸、多糖等纳入其学科范围。目前所研究的天然产物一般包括相对分子质量一千以下或一千左右的化合物。但事实上所谓大分子也多系小分子重复叠加化合而成。所以，凡来源于生物体的分子均应属近年来出现的生命科学范围。可以说天然产物化学研究不但对医用、日用等方面有贡献，而且其更远大的作用还是对生物的生命起源和生理活动作用的解释做出应有的贡献。它的前途是不可限量的。

我国有机化学研究的创立与发展过程也与天然产物化学学科有密切的关系。20世纪20年代后期，国内方有现代有机化学研究，从西方留学归来的少数有机化学工作者多半首先投入天然有机化学研究，特别是中草药化学成分提取与鉴定。原因或许是中草药原料国内易于获得，同时所需化学试剂种类简单之故。虽经解放前20余年的政局混乱，外侮频仍，而这一领域的研究尚断断续续进行着，解放后才逐渐发展扩大。工作方法仍从提取开始，不久结构研究也相继进行。由于提倡理论联系实际同时重视了与生物作用配合，使此项研究获得前进的更大动力。几十年来成果在增加，队伍在壮大，看来它已成为我国有机化学研究中的一个传统领域。进一步的要求是使我们的工作达到国际上同类工作的水平，并保持我国自己的特色，为我国的丰富资源获得经济效益，并为国际上共同关心的生命科学做出应有的贡献。

要实现这些要求，首先要在人力的数量与质量上加以提高，从理论和实验方面给予培养的机会，而提供必要的参考书则是培养的必要手段之一。当然现在国际上已有不少文献资料可以利用，但以中文写作者甚少。徐任生教授主编的这本《天然产物化学》在安排写作方面有不同于现有国外同类书籍之处。这是一本理论与实验受到同等重视的参考书，其目的在于使初学和初次投入本领域研究的工作者，不但能初窥本领域的理论知识面貌，同时还能开始进行一定的实验室工作。本书第一章对提取工作加以择要介绍，其目的或在于此。

本书对提取、结构研究叙述较丰富。分别由本领域有多年研究经验的科学工作者执笔，并多处利用我国自己的研究工作为例，有些是作者们本身经历的工作，故具有可靠性和实用性。从写作内容也可看出我国天然有机化学研究的传统是以本国生物资源为原料，有一定目的地从提取某种生物的化学成分开始，主要寻找有生理作用的物质，也兼寻找某一化学结构类型的新化合物。这种工作路线的前途将是宽广的。近年来分离提纯与结构鉴定工作的速度均在增加。当然从大量的提取中获得已知化合物的机会也要多于未

知化合物。这些已知物，特别是含量较高的，可以对它们作生物作用的筛选，也可作其他有效化合物的半合成原料。例如，延胡索乙素（四氢巴马汀）是已知物，经过药理研究，已成为有经济效益的临床用药，很多甾体皂苷能作为合成有用的甾体激素的原料。虽然在国外多视此类工作方式和技术性工作，但我国工作者常乐此不疲，实系一种好的现象，愿此一传统能继续发扬光大，而本书的出版将有助于推动本项工作的顺利进行。

本书还涉及海洋天然产物、生物合成、生物转化等方面的最新进展。这些都是推动天然产物化学的理论与实践的发展所必须探索的。本领域的研究在国内外均在继续发展，相信本书在不久的将来还会经过修改补充而再版。

本书作者大都是与我相处或共同工作二三十年的同志，能为我国天然产物化学研究贡献这样一本参考书使我感到十分欣慰，同时为能写此短文作为本书的前言而深感荣幸。

高怡生

1988年2月

缩 写 表

Ac	acetyl	乙酰基
Am	amyl	戊基
Aq	aqueous	水
Ar	aryl	芳基
Bu	butyl	丁基
Bz	benzoyl	苄基
Chf	chloroform	氯仿
DCC	dicyclohexylcarbodiimide	二环己基碳二亚胺
DDQ	2, 3-dichloro-5, 6-dicyano-1, 4-benzoquinone	2, 3-二氯-5, 6-二氰-1, 4-苯醌
Dil	dilute	烯
Diox	dioxane	二氧六环
DMF	dimethylformamide	二甲替甲酰胺
DMSO	dimethylsulfoxide	二甲亚砜
Et	ethyl	乙基
LAH	lithium aluminium hydride	氢化铝锂
Liq	liquide	液体
Me	methyl	甲基
NBS	N-bromosuccinimide	N-溴代丁二亚胺
PCC	pyridine chlorochromate	氯铬酸吡啶
Ph	phenyl	苯基
Pr	propyl	丙基
PVP	polyvinylpyrrolidone	聚乙酰吡咯烷酮
Py	pyridine	吡啶
RT	room temperature	室温
T	tertiary	叔基
TFA	trifluoroacetic acid	三氟乙酸
THF	tetrahydrofuran	四氢呋喃
Tol	toluene	甲苯
Ts	p-toluenesulfone	对甲苯磺基
PTS	p-toluenesulfonic acid	对甲苯磺酸
△	reflux or heat	回流或加热
ara	arabinose	阿拉伯糖
gal	galactose	乳糖
glu	glucose	葡萄糖
man	manose	甘露糖
rha	rhamnose	鼠李糖
xyl	xylose	木糖

目 录

序言

编者的话

第一版前言

缩写表

第一章 概论..... 徐任生 (3)

第二章 天然产物的提取分离 赵维民 (3)

第一节 天然产物的提取 (3)

一、传统溶剂提取法 (3)

二、水蒸气蒸馏法 (4)

三、超临界流体提取法 (4)

四、固相提取法 (4)

第二节 天然产物的分离 (4)

一、经典分离方法 (4)

二、色谱分离方法 (7)

三、结语 (23)

参考文献 (23)

第三章 结构研究中常用的波谱技术 吴厚铭 (25)

第一节 核磁共振谱 (25)

一、引言 (25)

二、核磁共振结构解析实用基础 (25)

三、2D-NMR 波谱技术 (57)

四、新颖天然产物结构的系统测定法——从头开始的结构解析 (67)

五、天然产物结构系统解析法的应用实例 (77)

六、结语 (98)

第二节 质谱 (99)

一、EI-MS 的碎片类型 (100)

二、场解吸质谱 (102)

三、快原子轰击法 (102)

四、化学电离质谱 (102)

第三节 红外光谱 (103)

一、基团振动 (103)

二、特征基团的频率 (104)

第四节 紫外光谱 (108)

一、Beer 定律 (108)

二、溶剂 (108)

三、各类发色团的吸收值 (109)

第五节 圆二色谱 (110)

一、绝对构型的推定 (110)

二、酮的八区律 (111)

三、CD 激子手性法 (111)

参考文献 (113)

第四章 生物碱	叶 阳, 徐任生 (115)
第一节 概述	(115)
第二节 生物碱的性质与鉴别	(116)
第三节 生物碱的提取与分离	(117)
第四节 生物碱的分类	(118)
第五节 异喹啉类生物碱	(119)
一、结构特征与谱学特征	(119)
二、阿片生物碱	(121)
三、防己碱与清风藤碱	(124)
四、大叶唐松草碱	(125)
第六节 喹啉类生物碱.....	(127)
一、金鸡纳生物碱	(127)
二、喜树碱及其类似物	(131)
第七节 喹唑类生物碱.....	(132)
第八节 吡咯烷类生物碱	(135)
一、分类	(135)
二、吲哚里西定类生物碱	(136)
三、莨菪烷类衍生物	(138)
四、百部生物碱类.....	(143)
第九节 吲哚生物碱.....	(151)
一、蛇根草生物碱类	(152)
二、长春花生物碱类	(156)
第十节 吡啶酮类生物碱——石杉碱.....	(160)
参考文献	(163)
第五章 单萜	杨益平 (166)
第一节 单萜化合物的提取与分离	(166)
一、挥发油的一般性质	(166)
二、单萜化合物的提取	(167)
三、挥发油成分的分离纯化方法	(168)
第二节 单萜化合物的分类与分析方法	(169)
一、单萜化合物的基本类型	(169)
二、精油的成分分析与含量测定	(170)
三、单萜化合物的结构鉴定	(171)
第三节 无环单萜化合物	(173)
第四节 单环单萜化合物	(175)
一、薄荷醇	(175)
二、(±)-薄荷醇的拆分	(176)
三、(-)-薄荷醇的合成	(177)
四、(±)-薄荷醇的类似物	(177)
五、桉树脑及其类似物	(179)
第五节 双环单萜化合物	(180)
一、蒎烷型化合物	(180)
二、樟烷及异樟烷型衍生物	(181)
三、葑烷型衍生物	(182)
四、薁烷型衍生物	(182)
五、莰烷型衍生物	(183)
六、环烯醚萜及其苷类	(183)
第六节 不规则单萜化合物	(190)

一、除虫菊酯类化合物	(190)
二、斑蝥素	(192)
参考文献	(193)
第六章 倍半萜类	陈仲良 (196)
第一节 倍半萜的化学分类及结构关系	(196)
第二节 倍半萜类的生理作用	(203)
一、植物生长发育的控制物质	(203)
二、昆虫保幼激素	(204)
三、昆虫性引诱剂及昆虫驱避物质	(204)
四、抗菌素类和细菌代谢产物	(204)
五、驱虫杀虫作用	(206)
六、神经系统作用	(206)
第三节 一般性质与提取分离	(208)
第四节 倍半萜的立体化学——十元环的构象分析	(213)
第五节 倍半萜的化学反应	(214)
一、硒脱氢	(214)
二、氢化	(215)
三、水解与内酯再环合	(216)
四、重排转化	(216)
五、Cope 重排	(218)
六、牻牛儿二烯系统的跨环重排	(219)
第六节 倍半萜的光谱解析	(221)
一、紫外和红外光谱	(221)
二、倍半萜类的质谱	(221)
三、倍半萜类的 ¹ H-NMR	(222)
四、倍半萜类的 ¹³ C-NMR	(228)
第七节 结构研究实例	(230)
一、jaschkeanadiol 的结构	(230)
二、莽草素 anisatine 的结构	(231)
三、 <i>Helianthus ciliaris</i> 中倍半萜的结构	(234)
四、spathulenol 的结构	(236)
第八节 青蒿素的化学药理和临床	(240)
第九节 天然倍半萜过氧化物	(258)
第十节 聚合倍半萜和结合倍半萜	(261)
参考文献	(267)
第七章 昆虫激素与信息素	杨益平 (270)
第一节 引言	(270)
第二节 昆虫变态激素	(272)
一、昆虫蜕皮激素	(272)
二、植物蜕皮激素	(273)
三、抗蜕皮激素	(283)
四、蜕皮激素的生物合成、代谢及转化	(284)
五、昆虫变态激素的提取分离和结构鉴定	(285)
第三节 保幼激素	(288)
一、保幼激素的分离和结构	(288)
二、保幼激素的合成与绝对构型确定	(289)
三、抗保幼激素	(290)
四、保幼激素的生物合成	(290)

第四节 昆虫信息素	(291)
一、分离与结构测定	(291)
二、昆虫信息素光学纯度测定	(295)
三、信息素立体化学与生物活性的关系	(295)
四、昆虫信息素的合成	(296)
五、昆虫信息素的应用与研究展望	(301)
参考文献	(302)
第八章 二萜类化合物	闵知大 (305)
第一节 紫杉烷二萜	(305)
一、紫杉烷二萜分类和结构	(306)
二、紫杉烷的骨架	(308)
三、紫杉烷的生源途径	(310)
四、紫杉醇的生理活性	(312)
五、紫杉醇的构效关系	(312)
六、紫杉醇的提取和分离	(313)
七、紫杉醇的半合成	(313)
八、Taxotere 的半合成路线	(315)
九、紫杉醇的全合成	(316)
十、非紫杉烷二萜	(317)
十一、紫杉醇的光谱	(317)
十二、研究实例	(319)
第二节 松香烷二萜	(322)
一、雷公藤二萜	(322)
二、大戟属等植物中的松香烷二萜	(328)
三、丹参二萜	(330)
四、研究实例	(333)
第三节 半日花烷二萜	(334)
一、穿心莲内酯二萜	(334)
二、鞘蕊花素二萜	(342)
第四节 克罗烷二萜	(345)
一、克罗烷二萜的结构	(345)
二、nor-neo-克罗烷二萜的构型	(347)
三、克罗烷二萜的昆虫拒食活性	(349)
第五节 贝壳杉烷二萜	(351)
一、ent-贝壳杉烷二萜的结构	(351)
二、冬凌草甲素和甜菊苷的分离和生理活性	(353)
三、ent-贝壳杉烷的化学反应	(356)
四、ent-贝壳杉烷的相对构型	(357)
五、冬凌草甲素 A 的绝对构型	(358)
六、冬凌草甲素的半合成	(359)
七、甜菊苷的结构修饰	(359)
八、ent-贝壳杉烷二萜的光谱	(360)
第六节 大环二萜	(361)
一、巴豆烷二萜	(362)
二、巨大戟烷二萜	(364)
三、瑞香烷二萜	(366)
四、续随子烷二萜	(367)
五、假白榄烷二萜	(369)

六、西松烷二萜	(370)
七、曼西醇二萜	(370)
八、研究实例	(370)
参考文献	(374)
第九章 银杏萜内酯	胡立宏, 陈仲良 (378)
第一节 引言	(378)
第二节 银杏萜内酯的化学结构与提取分离	(378)
一、化学结构	(378)
二、提取和分离	(379)
第三节 GBE 中银杏内酯的定性和定量分析	(380)
一、薄层层析	(381)
二、萜类内酯的含量测定	(381)
第四节 银杏萜内酯类的波谱分析	(384)
一、银杏萜内酯类的 ¹ H-NMR 谱	(385)
二、银杏萜内酯类的 ¹³ C-NMR 谱	(386)
三、银杏萜内酯类的二维谱	(388)
第五节 银杏萜内酯的化学反应	(391)
一、银杏内酯的全合成研究	(391)
二、银杏内酯的生物合成研究	(395)
三、天然银杏内酯的相互沟通反应	(395)
四、银杏内酯的类似物合成及其拮抗 PAF 活性的构效关系研究	(397)
第六节 银杏萜内酯的药理、临床研究	(407)
一、银杏内酯的药理研究	(407)
二、银杏内酯的临床研究	(407)
三、白果内酯的药理研究	(408)
参考文献	(408)
第十章 皂苷	赵维民 (410)
第一节 概述	(410)
第二节 皂苷的提取与分离	(410)
一、大孔吸附树脂色谱	(411)
二、硅胶色谱	(411)
三、反相色谱	(411)
四、液液分配色谱	(412)
第三节 皂苷结构的研究方法	(412)
一、苷键的裂解	(413)
二、色谱法在皂苷结构研究中的应用	(415)
三、波谱法在皂苷结构研究中的应用	(416)
第四节 皂苷的生物活性	(418)
一、抗肿瘤和细胞毒作用	(418)
二、免疫调节作用	(419)
三、抗微生物作用	(420)
四、心血管活性	(420)
五、抗炎、抗渗出、抗水肿作用	(420)
六、其他作用	(420)
第五节 三萜皂苷	(421)
一、三萜皂苷元简介	(421)
二、三萜的主要结构类型	(422)
三、三萜的波谱解析	(427)

四、研究实例	(428)
第六节 甾体皂苷	(437)
一、甾体皂苷元	(437)
二、甾体皂苷元的波谱解析	(440)
三、螺旋甾烷类皂苷	(441)
四、呋喃甾烷类皂苷	(442)
五、呋喃螺旋甾烷类皂苷	(444)
参考文献	(445)
第十一章 氨基酸、肽、蛋白质	胡昌奇, 金善炜, 徐杰诚 (448)
第一节 氨基酸	(448)
一、结构与分类	(448)
二、氨基酸的物理性质	(450)
三、氨基酸的化学性质	(450)
四、氨基酸的分离分析	(452)
第二节 肽	(460)
一、肽和蛋白质的结构和特性	(461)
二、天然生物活性多肽	(462)
第三节 蛋白质	(467)
一、分离纯化	(468)
二、纯度的检定	(470)
三、蛋白质的物理化学性质	(474)
四、蛋白质一级结构的测定	(475)
参考文献	(487)
第十二章 碳水化合物	俞飏 (489)
第一节 概述	(489)
第二节 碳水化合物的结构	(490)
一、单糖的化学结构	(490)
二、单糖的构型	(492)
三、糖的构象	(494)
四、糖的命名和缩写	(496)
第三节 天然存在的碳水化合物	(498)
一、天然存在的单糖	(498)
二、天然存在的寡糖	(499)
三、天然存在的多糖	(502)
第四节 碳水化合物的结构研究	(503)
一、碳水化合物的高效液相色谱	(504)
二、碳水化合物的核磁共振分析	(504)
三、碳水化合物的质谱分析	(507)
四、多糖结构分析实例	(508)
第五节 碳水化合物的化学合成	(510)
一、糖苷键的化学合成	(510)
二、糖苷键的酶促合成	(517)
三、合成寡糖和糖缀合物的新策略	(518)
四、合成实例	(522)
参考文献	(524)
第十三章 黄酮类化合物	孔德云 (526)
第一节 概述	(526)
一、黄酮类化合物的结构类型和分类	(526)

二、黄酮类化合物的理化性质	(528)
三、黄酮类化合物在植物中的分布	(528)
第二节 黄酮类化合物的提取分离	(535)
一、新的提取分离技术	(536)
二、提取分离实例	(538)
第三节 黄酮类化合物的鉴别和结构研究	(540)
一、鉴别	(540)
二、结构研究	(541)
第四节 黄酮类化合物的药理研究	(562)
一、心血管系统活性	(562)
二、抗菌及抗病毒活性	(562)
三、抗肿瘤活性	(562)
四、抗氧化自由基活性	(563)
五、抗炎、镇痛活性	(563)
六、保肝活性	(563)
第五节 黄酮类化合物的含量测定及其制剂	(564)
一、黄酮类化合物的含量测定	(564)
二、黄酮类化合物的制剂	(566)
第六节 现代生物技术在黄酮类化合物研究中的应用	(567)
一、植物细胞培养技术的应用	(567)
二、中药基因组计划	(568)
第七节 因特网在黄酮类化合物研究中的应用	(569)
一、文献查阅网站	(569)
二、中药数据库	(569)
三、大学及科研院所网址	(570)
四、组织机构网址	(570)
五、中药信息网	(571)
参考文献	(571)
第十四章 蒽醌类化合物	陆阳 (573)
第一节 分布	(573)
第二节 结构类型	(573)
一、蒽醌衍生物	(573)
二、蒽环酮类抗菌素	(577)
第三节 理化性质	(578)
一、物理性质	(578)
二、颜色反应	(578)
三、酸性	(578)
第四节 提取和分离	(579)
一、提取	(579)
二、分离	(579)
第五节 波谱分析	(580)
一、紫外和可见吸收光谱	(580)
二、红外光谱	(581)
三、质谱	(581)
四、核磁共振谱	(581)
第六节 研究实例	(582)
一、毛线柱苣苔中的蒽醌	(582)
二、河套大黄中的蒽醌	(584)

三、 <i>Isoplexis isabelliana</i> 细胞培养液中的蒽醌	(585)
四、 <i>Morinda elliptica</i> 中的蒽醌	(585)
第七节 生物活性	(586)
一、泻下作用	(586)
二、抗菌、抗炎作用	(586)
三、抗氧化作用	(587)
四、抗肿瘤作用	(587)
五、酪氨酸蛋白激酶抑制作用	(587)
参考文献	(587)
第十五章 香豆素类化合物	陈泽乃 (589)
第一节 概述	(589)
第二节 结构类型	(590)
一、简单香豆素类	(590)
二、呋喃香豆素类	(591)
三、吡喃香豆素类	(592)
四、其他香豆素类	(593)
第三节 理化性质	(595)
一、荧光	(595)
二、与碱反应	(595)
三、与酸反应	(596)
第四节 提取和分离	(596)
一、提取	(596)
二、分离和纯化	(597)
第五节 波谱鉴定	(598)
一、紫外光谱	(598)
二、红外光谱	(599)
三、核磁共振谱	(600)
四、质谱	(604)
第六节 研究实例	(605)
一、云南羌活中新的补骨脂内酯单糖苷	(605)
二、瑞香狼毒的新双香豆素	(606)
第七节 化学合成	(607)
一、简单香豆素的合成	(607)
二、呋喃香豆素类的合成	(607)
三、吡喃香豆素类的合成	(608)
四、其他香豆素的合成	(608)
第八节 生理活性	(608)
一、抗菌作用	(608)
二、肝脏毒性	(608)
三、光敏作用	(609)
四、抗凝血作用	(609)
五、扩冠作用	(609)
六、抗 HIV 作用	(609)
七、i-NOS 抑制活性	(609)
八、雌激素样活性	(609)
参考文献	(609)
第十六章 木脂体类化合物	胡昌奇 (611)
第一节 概述	(611)