



“十二五”
国家重点图书

Handbook of Analytical Chemistry

分析化学手册

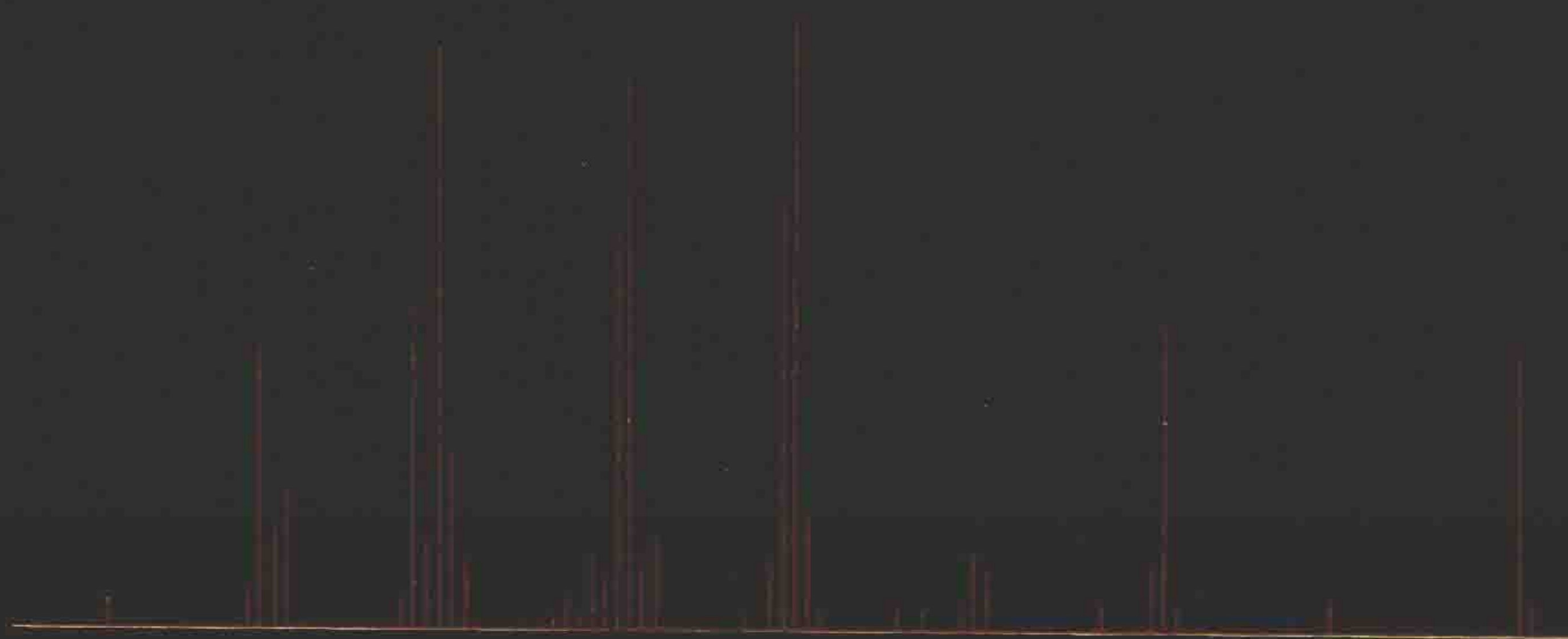
第三版

9A

有机质谱分析

陈焕文 主编

魏开华 丁健桦 副主编



化学工业出版社

分析化学手册

第三版

9A

有机质谱分析

陈焕文 主编

魏开华 丁健桦 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是《分析化学手册》的 9A 分册,系统介绍了有机质谱分析和生物质谱分析的技术与方法。全书分为 3 篇,第一篇为有机质谱分析总论,内容包括有机质谱的概念与术语、发展历史,有机质谱仪器的组成与结构、操作与维护,有机质谱联用技术,有机质谱获取及其规律,有机质谱分析样品制备,有机质谱定性和定量分析,计算机在质谱中的应用等;第二篇为有机化合物的质谱,介绍了脂肪烃、芳烃和卤代烃,醇、酚和醚,醛、酮和醌,羧酸及其衍生物,含氮化合物,含硫、磷化合物,杂环化合物,天然有机化合物等 1900 余种常见有机化合物的质谱裂解规律、硬电离的一级谱图和部分软电离的二级谱图;第三篇为生物大分子的质谱,介绍了氨基酸、多肽、蛋白质、核酸和蛋白质复合物的质谱分析方法,并精选了蛋白质的串联质谱图 280 张。书末编制了主题词索引,有机化合物的中英文名称索引、分式式和分子量索引,蛋白质中英文名称索引,便于读者查阅。

本书反映了当前有机质谱学的最新发展,可为从事有机质谱分析的技术人员和从事有机质谱学研究、有机或生物分子结构研究以及蛋白质组学、生物技术药物研发的科研人员提供丰富、翔实的数据和资料。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学手册 .9A. 有机质谱分析/陈焕文主编. —3 版.
—北京:化学工业出版社, 2016.10
ISBN 978-7-122-27964-4

I. ①分… II. ①陈… III. ①分析化学-手册②有机
分析-质谱法-手册 IV. ①O65-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 208473 号

责任编辑:傅聪智 李晓红 任惠敏
责任校对:吴 静

文字编辑:向 东
装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市胜利装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 62½ 彩插 2 字数 1610 千字 2016 年 10 月北京第 3 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 218.00 元

版权所有 违者必究

《分析化学手册》(第三版)编委会

主任:汪尔康

副主任:江桂斌 陈洪渊 张玉奎

委员(按姓氏汉语拼音排序):

柴之芳	中国科学院院士 中国科学院高能物理研究所
陈洪渊	中国科学院院士 南京大学
陈焕文	东华理工大学
陈 义	中国科学院化学研究所
丛浦珠	中国医学科学院药用植物研究所
邓 勃	清华大学
董绍俊	发展中国家科学院院士 中国科学院长春应用化学研究所
郭伟强	浙江大学
江桂斌	中国科学院院士 中国科学院生态环境研究中心
江云宝	厦门大学
柯以侃	北京化工大学
梁逸曾	中南大学
刘振海	中国科学院长春应用化学研究所
庞代文	武汉大学
邵元华	北京大学
苏 彬	浙江大学
汪尔康	中国科学院院士 中国科学院长春应用化学研究所
王 敏	浙江大学

吴海龙	湖南大学
许国旺	中国科学院大连化学物理研究所
严秀平	南开大学
杨峻山	中国医学科学院药用植物研究所
杨芑原	复旦大学
杨秀荣	中国科学院院士 中国科学院长春应用化学研究所
姚守拙	中国科学院院士 湖南大学, 湖南师范大学
于德泉	中国工程院院士 中国医学科学院药物研究所
俞汝勤	中国科学院院士 湖南大学
张新荣	清华大学
张玉奎	中国科学院院士 中国科学院大连化学物理研究所
赵墨田	中国计量科学研究院
郑国经	北京首钢冶金研究院 (现北冶功能材料有限公司)
郑 健	中华人民共和国科学技术部
朱俊杰	南京大学
庄乾坤	国家自然科学基金委员会化学科学部

本分册编写人员

主 编：陈焕文

副主编：魏开华 丁健桦

编写人员（按姓氏汉语拼音排序）：

陈焕文	丁健桦	丁秋平	费 强	冯国栋
郇延富	马庆伟	聂宗秀	欧阳永中	万常峰
万结平	王海东	王 建	王 姜	魏开华
武中臣	肖赛金	徐慰倬	杨水平	张海燕
张 燮	张兴磊	周志权	朱腾高	朱志强

序

分析化学是人们获得物质组成、结构及相关信息的科学，即测量与表征的科学。其主要任务是鉴定物质的化学组成及含量测定、确定物质的结构形态及其与物质性质之间的关系。分析化学是一门社会和科技发展迫切需要的、多学科交叉结合的综合性科学。现代分析化学必须回答当代科学技术和社会需求对现存的方法和技术挑战，因此实际上已发展成为“分析科学”。

《分析化学手册》是一套全面反映现代分析技术，供化学工作者使用的专业工具书。《分析化学手册》第一版于1979年出版，有6个分册；第二版扩充为10个分册，于1996年至2000年陆续出版。手册出版后，受到广大读者的欢迎，成为国内很多分析化验室和化学实验室的必备图书，对我国科技进步和社会发展都产生了重要作用。

进入21世纪，随着科技进步和社会发展对分析化学提出的种种要求，各种新的分析手段、仪器设备、信息技术的出现，极大地丰富了分析化学学科的内涵、促进了学科的发展。为更好总结这些进展，为广大读者服务，化学工业出版社自2010年起开始启动《分析化学手册》（第三版）的修订工作，成立了由分析化学界30余位专家组成的编委会，这些专家包括了10位中国科学院院士、中国工程院院士和发展中国家科学院院士，多位长江学者特聘教授和国家杰出青年基金获得者，以及各领域经验丰富的专家。在编委会的领导下，作者、编辑、编委通力合作，历时六年完成了这套1800余万字的大型工具书。

本次修订保持了第二版10分册的基本架构，将其中的3个分册进行拆分，扩充为6册，最终形成10分册13册的格局：

1	基础知识与安全知识	7A	氢-1核磁共振波谱分析
2	化学分析	7B	碳-13核磁共振波谱分析
3A	原子光谱分析	8	热分析与量热学
3B	分子光谱分析	9A	有机质谱分析
4	电分析化学	9B	无机质谱分析
5	气相色谱分析	10	化学计量学
6	液相色谱分析		

其中，原《光谱分析》拆分为《原子光谱分析》和《分子光谱分析》；《核磁共振波谱分析》拆分为《氢-1 核磁共振波谱分析》和《碳-13 核磁共振波谱分析》；《质谱分析》新增加了无机质谱分析的内容，拆分为《有机质谱分析》和《无机质谱分析》，并对仪器结构及方法原理进行了全面的更新。另外，《热分析》增加了量热学方面的内容，分册名变更为《热分析与量热学》。

本版修订秉承的宗旨：一、保持手册一贯的权威性和典型性，体现预见性和前瞻性，突出新颖性和实用性；二、继承手册的数据查阅功能，同时注重对分析方法和技术的介绍；三、着重收录了基础性理论和发展较成熟的方法与技术，删除已废弃的或过时的内容，更新有关数据，增补各领域近十年来的新方法、新成果，特别是计算机的应用、多种分析技术联用、分析技术在生命科学中的应用等方面的内容；四、在编排方式上，突出手册的可查阅性，各分册均编排主题词索引，与目录相互补充，对于数据表格、图谱比较多的分册，增加表索引和谱图索引，部分分册增设了符号与缩略语对照。

手册第三版获得了国家出版基金项目的支持，编写与修订工作得到了我国分析化学界同仁的大力支持，全套书的修订出版凝聚了他们大量的心血和期望，在此谨向他们，以及在编写过程中曾给予我们热情支持与帮助的有关院校、科研院所及厂矿企业的专家和同行，致以诚挚的谢意。同时我们也真诚期待广大读者的热情关注和批评指正。

《分析化学手册》(第三版)编委会
2016年4月

前 言

1910 年,剑桥大学卡文迪许 (Cavendish) 实验室约瑟夫·约翰·汤姆逊 (Joseph John Thomson) 和弗朗西斯·威廉·阿斯顿 (Francis William Aston) 成功研制了具有显著实用价值的抛物线质谱仪,为质谱学的蓬勃发展奠定了坚实的仪器基础。经历百余年的发展,质谱分析技术已成为现代分析化学中最重要的痕量分析技术之一,广泛应用于化学、化工、能源、环境、医药、运动医学、刑侦科学、生命科学、材料科学、深空探测等诸多领域。《分析化学手册》作为分析化学领域的经典工具书,从第二版起将《质谱分析》列为手册的第九分册,于 1999 年出版,主要以有机质谱学基础知识、质谱仪器与方法以及有机和天然化合物的质谱图为主,为有机质谱的研究和应用提供了有价值的参考。

第二版出版至今的十几年来,有机质谱不论是在仪器、方法还是应用方面,都取得了巨大的进展,特别是在联用技术、小型化技术、质谱软电离技术等方面进展尤为显著。随着功能基因组学、蛋白质组学和多肽组学等多种“组学 (Omics)”的快速发展,生物质谱作为有机质谱的一个重要组成部分,经历了近 10 年的飞跃式发展,已成为生命科学领域最受关注的分析技术。与此同时,无机质谱和同位素质谱在仪器设备、测量技术和应用领域等方面也有很大发展。为了充分反映现代质谱技术的发展现状,本次再版将第二版的《质谱分析》分册分成了两册——9A 为《有机质谱分析》,9B 为《无机质谱分析》。

本书为《分析化学手册》第三版 9A 分册,即《有机质谱分析》。在手册编委会的组织下,编者在第二版第九分册《质谱分析》的基础上进行修订,并在结构及内容上进行调整和增补。在结构上,第三版由原来第二版的三篇二十二章调整为三篇二十三章。在内容上,第三版主要增加了小型质谱、有机质谱仪器操作与维护、有机质谱联用技术、有机质谱分析技术与方法、大量有机化合物的 MS/MS 谱图、主要生物大分子的质谱定性定量分析及典型的蛋白质鉴定 MS/MS 谱图等内容,而对有机物的 EI-MS 谱图进行了适当的删减。修订后,本书能够反映当前有机质谱学的最新发展,内容更加系统和全面,囊括了有机质谱学基础知识、质谱分析技术和方法、常见有机物硬电离的一级谱图和部分软电离的一级甚至二级谱图以及生物大分子的质谱等内容,力求使手册具有鲜明特色和显著时代性的同时提高实用性,可为当前从事有机质谱分析的技术人员和从事有机质谱学研究、有机或生物分子结构研究以及蛋白质组学、代谢组学、新药研发、精准医疗等领域的科研人员提供较丰富翔实的资料和数据。

根据编委会的安排,本分册由东华理工大学陈焕文任主编,军事医学科学院魏开华和东华理工大学丁健桦任副主编。参加第一篇编写工作的有中国科学院化学研究所聂宗秀,哈尔滨工业大学周志权,东华理工大学张燮,吉林大学郇延富、冯国栋,山东大学武中臣,东华

理工大学欧阳永中、肖赛金、张兴磊，南京大学王姜、王海东、朱腾高等；参加第二篇编写工作的有东华理工大学杨水平、丁健桦、朱志强，江西师范大学丁秋平、万结平、万常峰和吉林大学费强等；参加第三篇编写工作的有军事医学科学院魏开华、王建副和北京毅新博创生物科技有限公司马庆伟等。全书由陈焕文、魏开华和丁健桦共同统稿审定。

本书的编写和出版还得到了化学工业出版社傅聪智、李晓红编辑以及东华理工大学质谱科学与仪器国际联合研究中心、江西省重点实验室黄锡芳、陈婷、屈颖和军事医学科学院钱小红研究员等的热情帮助。在此，对所有支持本书编写的人员表示衷心的感谢！由于有机质谱研究涉及内容广泛，编写人员众多，出版时间仓促，书中难免存在疏漏和不足，敬请专家和读者批评指正。

陈焕文
2016年8月

目 录

第一篇 有机质谱分析总论

第一章 绪论2

第一节 有机质谱法概述2

一、有机质谱法概念2

二、有机质谱法发展简史2

三、有机质谱分析原理与特点4

四、有机质谱的分类与应用5

第二节 有机质谱相关术语和符号6

第三节 获取有机质谱信息的主要途径7

参考文献8

第二章 有机质谱仪器组成与结构9

第一节 有机质谱仪器结构9

一、进样系统9

二、离子源22

三、离子引导系统24

四、质量分析器26

五、离子检测器27

六、显示控制系统32

七、真空系统32

第二节 离子源39

一、电子轰击离子源39

二、电喷雾电离源40

三、大气压化学电离源41

四、基质辅助激光解吸电离源41

五、电喷雾解吸电离源42

六、表面解吸常压化学电离源43

七、实时直接分析离子源44

八、电喷雾萃取电离源44

第三节 质量分析器45

一、扇形电磁质量分析器45

二、四极杆质量分析器48

三、离子阱质量分析器50

四、轨道阱55

五、傅里叶变换离子回旋共振质量 分析器57

六、飞行时间质量分析器60

第四节 小型质谱仪65

一、小型四极杆质谱仪66

二、小型飞行时间质谱仪67

三、小型离子阱质谱仪68

四、小型傅里叶变换回旋共振质谱仪70

五、颗粒质谱仪70

六、小型质谱仪器在定量分析中的应用72

参考文献73

第三章 有机质谱仪器操作与维护75

第一节 质谱仪器性能指标75

一、灵敏度75

二、分辨率75

三、质量范围76

四、质量稳定性76

五、质量精度77

第二节 影响分析性能的常见因素77

第三节 日常维护和简单故障诊断77

一、质谱仪的日常维护77

二、质谱仪故障诊断79

第四章 有机质谱联用技术80

第一节 毛细管电泳-质谱联用技术80

一、毛细管电泳-质谱联用的接口80

二、毛细管电泳-质谱联用技术的应用82

第二节 液相色谱-质谱联用技术83

一、液相色谱-质谱联用的接口83

二、液相色谱-质谱联用分析条件的

选择和优化·····	87
三、液相色谱-质谱联用技术的应用·····	89
第三节 气相色谱-质谱联用技术·····	90
一、气相色谱-质谱联用系统的仪器组成·····	90
二、气相色谱-质谱联用的接口技术·····	93
三、气相色谱-质谱联用中常用的衍生生化方法·····	96
四、气相色谱-质谱联用技术的应用·····	97
参考文献·····	99

第五章 有机质谱获取及其规律····· 100

第一节 有机质谱离子的类型及获取方法·· 100	
一、分子离子和准分子离子·····	100
二、碎片离子·····	101
三、同位素离子·····	102
四、亚稳离子·····	103
五、重排离子·····	103
六、多电荷离子·····	104
第二节 有机化合物的裂解机理与规律·· 104	
一、分子离子和准分子离子的产生机理与条件·····	104
二、影响离子丰度的主要因素·····	107
三、质谱裂解方式·····	108
四、生物大分子及其片段的多电荷离子产生机理与规律·····	114
参考文献·····	115

第六章 有机质谱分析样品制备····· 116

第一节 质谱分析样品制备的重要性和质量控制·····	116
一、样品制备的重要性·····	116
二、样品制备的基本要求·····	116
三、样品制备的质量控制·····	117
第二节 有机质谱分析样品的采集方法·· 118	
一、固体样品的采集·····	118
二、液体物料样品的采集·····	118
三、气体试样的采集·····	119
四、生物样品的采集·····	119
第三节 常见样品制备及预处理技术·····	120

一、蒸馏技术·····	120
二、萃取技术·····	121
三、吸附-热解吸技术·····	124
四、低温浓缩技术·····	124
五、膜分离技术·····	125
六、衍生化技术·····	125
第四节 生物样品的制备·····	126
一、生物材料的采集与前处理·····	126
二、细胞的破碎与细胞器的分离·····	127
三、蛋白质的分离和纯化·····	128
四、核酸的提取与 PCR 技术·····	129
五、样品的浓缩、干燥及保存·····	130
参考文献·····	131

第七章 有机质谱定性分析····· 132

第一节 有机质谱定性分析的判据·····	132
一、一级质谱判据（高分辨质谱数据）·· 132	
二、串联质谱判据（碎片离子，多级串联）·····	133
三、其他判据（高分辨多级串联质谱）·· 134	
第二节 有机质谱定性分析的方法·····	136
一、标准图谱法·····	136
二、标准物质对比法·····	136
三、串联质谱法·····	136
参考文献·····	137

第八章 有机质谱定量分析····· 138

第一节 有机质谱定量分析方法·····	138
一、有机物分子量的测定·····	138
二、样品中有机物质含量的测定·····	139
第二节 有机质谱定量分析指标·····	140
一、空白值·····	140
二、测量极限·····	140
三、准确度与精密度·····	140
四、线性·····	141
五、动态范围·····	141
第三节 影响有机质谱定量分析的不确定度因素·····	142
一、样品预处理方法·····	142
二、离子源的类型·····	142

三、仪器参数的设置	142
参考文献	142
第九章 计算机在质谱中的应用	143
第一节 意义及发展	143
第二节 计算机	144
一、戴尔微机系统概述	144
二、常见术语	145
三、微机辅助 MS 系统实例	146

第三节 仪器控制、数据采集及处理	146
一、仪器控制	147
二、质谱数据的采集和处理	148
第四节 计算机辅助质谱解析	152
一、理论方法	152
二、模式识别方法	154
三、谱图检索法	157
参考文献	162

第二篇 有机物的质谱

第十章 脂肪烃、芳烃和卤代烃	164
第一节 脂肪烃	164
一、正构脂肪烃类	164
二、支链脂肪烃类	167
三、环脂肪烃类	169
四、直链烯烃类	171
五、环烯烃类	176
六、炔脂肪烃类	181
第二节 芳烃类	183
一、苯和烷基苯类	183
二、萘及甲基萘类	192
三、多氢萘和甲基多氢萘类	194
四、联苯类	197
五、稠环类	200
第三节 卤代烃类	201
一、卤代烷类	201
二、卤代环烷类	207
三、卤代烯类	208
四、卤代炔类	212
五、卤代苯类	213
六、卤苧类	221
七、卤代萘类	222

四、多元醇类	235
五、不饱和醇类	240
六、环醇类	243
七、苧醇类	250
第二节 酚类	254
一、一元酚类	254
二、二元酚类	255
三、三元酚类	258
四、烷基酚类	259
五、甲氧基苯酚类	266
六、卤代苯酚类	268
七、氨基酚类	275
八、硝基酚类	276
九、亚硝基酚类	277
十、联苯酚类	278
十一、萘酚类	278
第三节 醚类	280
一、脂肪醚	280
二、脂环烷基醚类	283
三、苧基醚类	283
四、二醚类	284
五、过氧醚类	284
六、芳香醚类	284
参考文献	287

第十一章 醇、酚和醚	223
第一节 醇类	223
一、伯醇类	223
二、仲醇类	230
三、叔醇类	233

第十二章 醛、酮和醌	288
第一节 醛类	288
一、脂肪醛类	288

二、卤代脂肪醛类	291
三、烯醛类	292
四、二醛类	293
五、三醛类	294
六、芳香醛类	295
七、缩醛类	303
第二节 酮类	304
一、直链脂肪酮类	304
二、卤代脂肪酮类	310
三、环丁酮类	310
四、环戊酮类	312
五、 α, β -环戊烯酮类	313
六、环戊二酮类	314
七、环戊三酮类	315
八、环己酮类	315
九、环己-2-烯酮类	316
十、2,5-环己二烯酮类	317
十一、环己二酮类	317
十二、芳香酮类	319
第三节 醌类	323
一、苯醌类	323
二、其他醌类	326
参考文献	336

第十三章 羧酸及其衍生物 337

第一节 羧酸类	337
一、直链脂肪一元酸类	337
二、直链脂肪二元酸类	343
三、直链脂肪三元酸类	347
四、卤代直链脂肪酸类	348
五、芳香酸类	350
六、卤代芳香酸类	359
七、呋喃羧酸类	363
八、其他羧酸类	365
第二节 酸酐类	370
一、脂肪酸酐类	370
二、芳香酸酐类	371
第三节 酰卤类	372
一、脂肪酰卤类	372
二、芳香酰卤类	374
第四节 酰胺类	375

一、脂肪酰胺类	375
二、芳香酰胺类	377
三、乙酰芳胺类	380
四、内酰胺类	383
五、硫代酰胺类	384
六、碳酰胺类	385
第五节 酯类	385
一、脂肪酸酯类	385
二、芳香酸酯类	394
三、呋喃羧酸甲酯类	399
四、氰酸烷基酯类	400
五、硫氰酸酯类	400
六、硫酸酯类	402
七、亚硫酸酯类	402
八、硫代羧酸酯类	403
九、硝酸酯类	403
十、亚硝酸酯类	404
十一、碳酸酯类	405
十二、内酯类	405

第十四章 含氮化合物 410

第一节 硝基化合物	410
一、硝基烷类	410
二、硝基苯类	411
第二节 亚硝胺类	423
一、直链亚硝胺类	423
二、环状亚硝胺类	423
第三节 胺类	425
一、开链脂肪伯胺类	425
二、开链脂肪仲胺类	428
三、开链脂肪叔胺类	429
四、开链脂肪二胺类	431
五、脂肪环胺类	432
六、芳香胺类	434
七、其他胺类	446
第四节 腈类	454
一、脂肪腈类	454
二、脂肪异腈类	457
三、芳香腈类	457
四、芳香异腈类	459
第五节 胍类	460

一、脂肪腈类	460
二、芳香腈类	462
三、酰腈类	463
第六节 脲类	464
第七节 胍类	467
第八节 脒类	468
一、醛脒类	468
二、酮脒类	468
三、二脒类	469
第九节 重氮类	470
第十节 偶氮类	470

第十五章 含硫、磷化合物 472

第一节 含硫化合物	472
一、硫醇类	472
二、硫醚类	475
三、硫酚类	480
四、硫代化合物	481
五、多硫化合物	486
第二节 含磷化合物	487

第十六章 杂环化合物 491

第一节 氧杂环化合物	491
一、环氧烷类	491
二、呋喃类	492
三、吡喃类	496
四、二氧环类	498
五、三氧环类	500
六、苯并呋喃类	501
七、4-吡喃酮类	502
第二节 氮杂环化合物	504
一、氮杂环烷类	504
二、氮杂环烯和芳环类	511
三、吡啶类	553
四、喹啉类	562
五、异喹啉类	567
第三节 含硫杂环化合物	569
一、硫杂环烷类	569
二、噻吩类	572
三、噻唑类	576
四、异噻唑类	580

五、噻喃酮类	582
六、二硫杂环类	583
七、三硫杂环类	585
八、氧硫杂环类	585

第十七章 元素有机化合物 587

第一节 含硼、铝的化合物	587
一、含硼的化合物	587
二、含铝的化合物	588
第二节 含硅、锗、铅的化合物	589
一、含硅的化合物	589
二、含锗的化合物	591
三、含铅的化合物	591
第三节 含砷、锑的化合物	592
一、含砷的化合物	592
二、含锑的化合物	593

第十八章 天然有机化合物 595

第一节 黄酮、黄烷酮和查耳酮类	595
一、黄酮类	595
二、黄烷酮类	600
三、异黄酮、双黄酮类	602
四、查耳酮、鱼藤酮类	606
五、黄烷及黄酮苷类	611
第二节 香豆精、色烯和色酮类	617
一、香豆精类	617
二、色烷、色烯和色酮类	627
第三节 甾族化合物	630
一、孕甾烷类	630
二、雄甾烷类	632
三、雌甾烷类	638
四、强心苷元类	640
五、甾族皂苷元类	643
六、甾醇类	645
七、胆酸类	651
第四节 萜类化合物	652
一、单萜类	652
二、倍半萜类	672
三、二萜类	688
四、三萜类	696
第五节 其他天然有机化合物	700

一、木脂素类	700	三、间苯三酚、核苷、糖类	704
二、缩酚酸类	701	四、抗生素类	707

第三篇 生物大分子的质谱

第十九章 氨基酸	710	第二节 基因多态性检测	855
第一节 基因编码的氨基酸	710	一、单核苷酸多态性的检测	855
第二节 修饰氨基酸	712	二、基因突变检测	857
参考文献	721	第三节 DNA 甲基化检测	858
第二十章 多肽	722	第四节 DNA 微测序	860
第一节 肽的产生	722	第五节 核酸酶切指纹图谱技术	862
第二节 肽的串联质谱裂解	722	第六节 多重寡核苷酸鉴定	863
第三节 肽的修饰	725	第七节 基于质谱技术的 DNA	
第四节 脂肽与环肽	725	拷贝数鉴定	865
第五节 MALDI-TOF 质谱常见基质峰	732	参考文献	868
参考文献	733		
第二十一章 蛋白质	734	第二十三章 蛋白质复合物	869
第一节 蛋白质的定性分析	734	第一节 蛋白质复合物样品处理	869
一、蛋白质特征肽串联质谱图	734	一、传统生化方法纯化蛋白质	
二、糖蛋白质	828	复合物	869
第二节 蛋白质的定量分析	844	二、标签融合蛋白亲和纯化蛋白质	
一、靶向质谱定量分析技术	844	复合物	869
二、非靶向质谱定量分析技术	846	三、免疫共沉淀技术亲和纯化蛋白质	
参考文献	850	复合物	869
第二十二章 核酸	852	四、化学交联法研究蛋白复合物	870
第一节 核酸概述	852	第二节 蛋白质复合物的综合解析	870
一、DNA 的化学结构	853	一、人内源蛋白质复合物	871
二、RNA 的化学结构	854	二、酵母蛋白质复合物	880
主题词索引	896	三、果蝇蛋白质复合物	887
有机化合物中文名称索引	904	四、大肠杆菌蛋白质复合物	893
有机化合物英文名称索引	926	参考文献	895
有机化合物分子式索引	949		
有机化合物分子量索引	960		
蛋白质中文名称索引	971		
蛋白质英文名称索引	976		

第一篇

有机质谱分析总论