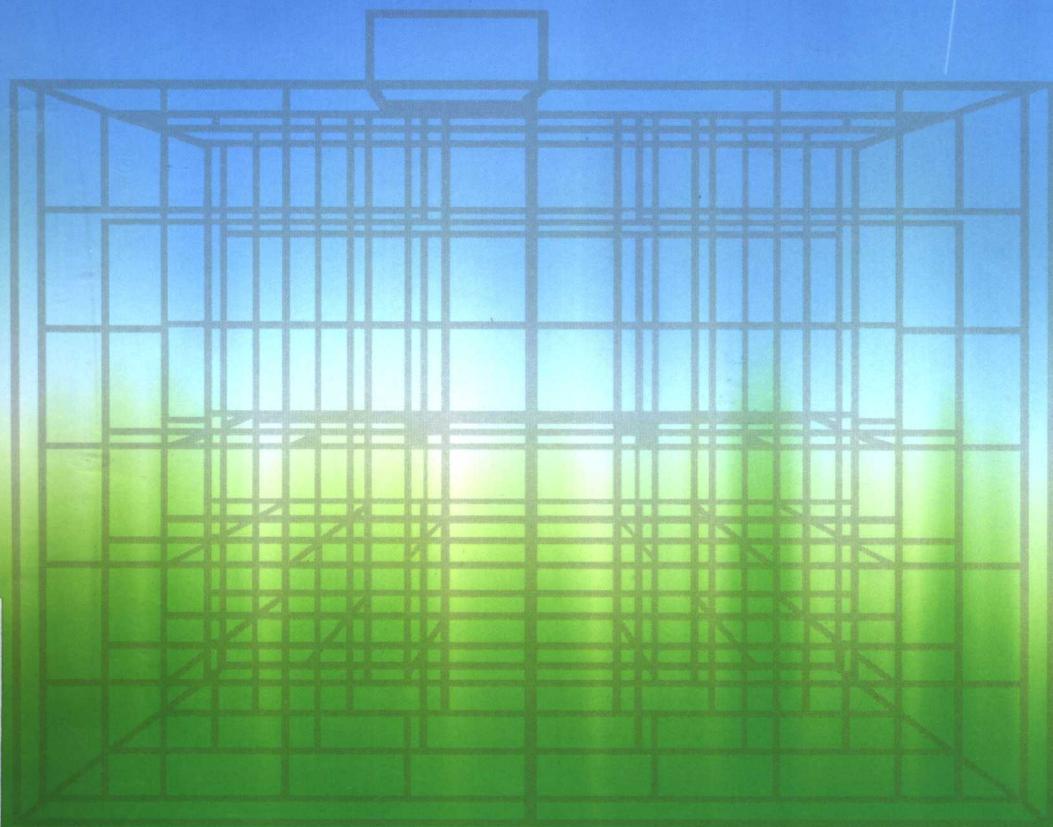


分析测试中的

现代微波 制样技术

但德忠 主编



四川大学出版社



MODERN MICROWAVE SAMPLE PREPARATION TECHNOLOGY

分析测试中的

现代微波 制样技术

但德忠 主编



四川大学出版社

责任编辑:毕 潜
责任校对:王 锋
封面设计:罗 光
责任印制:曹 琳

内容简介

微波制样是分析测试中一项全新的样品预处理技术,它使传统的样品预处理发生了根本性的变化,已在实际应用中显示出强大的生命力和广阔的发展前景。

本书是国内第一本介绍微波制样的专著。全书共 11 章,全面、系统地介绍了微波制样的基础知识、基本原理和技术方法,微波制样的发展历程,微波制样的方法和仪器设备,微波制样参数的选择及方案设计,微波制样的标准化、自动化和在线化,微波制样的安全准则,以及微波萃取、微波灰化与熔融、干燥与测湿、预浓缩与净化等。全书收集了微波制样方面的最新成果,结合大量实例,详细介绍了微波制样在环境、生物、食品、卫检、商检、医药、农业、地质、冶金、石油、化工等领域的应用。本书叙述深入浅出,内容丰富,取材新颖,实用性强。

本书可作为各相关学科和产业部门从事分析测试及检验的广大科技工作者的参考书,也可作为大专院校相关专业师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

分析测试中的现代微波制样技术 / 但德忠主编. —成都:四川大学出版社,2003.8
ISBN 7-5614-2644-5

I. 分... II. 但... III. 微波技术—应用—仪器分析 IV. O657

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 064455 号

书 名 分析测试中的现代微波制样技术

主 编 但德忠
出 版 四川大学出版社
地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)
印 刷 郫县犀浦印刷厂
发 行 四川大学出版社
开 本 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张 18
字 数 433 千字
版 次 2003 年 8 月第 1 版
印 次 2003 年 8 月第 1 次印刷
印 数 0 001~3 000 册
定 价 28.00 元

◆ 读者邮购本书,请与本社发行科联系。电话:85408408/85401670/85408023 邮政编码:610065
◆ 本社图书如有印装质量问题,请寄回印刷厂调换。

◆ 网址:www.scupress.com.cn

版权所有◆侵权必究

前 言

长期以来,分析测试工作者一直在试图寻找一种快速可靠、选择性好、劳动强度小、对环境无污染、对健康危害小、能准确控制且易实现自动化的样品预处理方法,但是,从14世纪采用矿物酸溶样以来,经过数百年的努力,并未取得实质性的进展。进入20世纪70年代至80年代,随着高性能分析仪器的迅速发展,传统的样品制备方法制约分析过程的矛盾愈发突出,从而使人们改变这种落后状况的愿望更加强烈。

1975年诞生的微波溶样技术使这一状况发生了根本性的转变。由于微波溶样的独特机理和优势在很大程度上可满足上述要求,因此,20世纪80年代以来,这一技术发展非常快,性能优良的实验室微波样品处理系统不断涌现,新方法、新技术层出不穷,应用范围遍及环境、生物、医药、食品、卫检、商检、农业、地质、冶金、石油和化工等各个领域。在不长的时间内,其可靠性、成熟性已获得认可,目前已有不少方法被定为标准方法。此外,微波加热在萃取、干燥与测湿、预浓缩与净化、灰化与熔融等样品预处理方面也得到较好的开发与应用。这说明微波制样这一新技术具有强大的生命力和广阔的发展前景。

本书作者在国内较早开展微波溶样的研究工作,并积累了一些经验和体会。鉴于目前我国尚无一本全面介绍微波制样及其应用的专著,多年前我们便萌发了编著一本书,以便详细介绍这一新技术的想法。现在,我们根据长期从事微波溶样的实践,并参考国内外已发表的文献,编著了这本书,希望能对此领域感兴趣的科技工作者和分析测试工作者提供参考。如果本书的出版能对微波制样在我国的推广应用有所促进,这便是我们的心愿。

本书共11章。第1章介绍微波制样的概貌和发展过程;第2章重点介绍微波溶样,包括基础理论、溶样方法、微波溶样方案的设计、参数的选择及微波溶样标准化等;第3章介绍微波制样仪器设备;第4章介绍微波萃取;第5章介绍微波制样在灰化与熔融、干燥与测湿、预浓缩与净化等方面的应用;第6~9章分别介绍微波溶样在环境、生物医学及药物、地质冶金、食品及化妆品等领域的应用;第10章介绍微波制样的自动化和在线化;第11章介绍微波制样的安全准则。在内容的编写上,我们的出发点是既要反映出这一新技术在国内外的最新进展,同时又要尽可能多地反映出我国在这一技术领域所取得的成果。因此,在第6~9章的应用实例中,我们只罗列出国内学者及同行们有代表性的相关工作,以达到相互学习和交流的目的。对引用的实例,除明显的错误外,原则上不作改动。对各章引用的文献资料,我们均用参考文献标出,这既是对原作者的尊重,也便于读者查阅原始文献。

本书由但德忠负责组稿、审稿并审定。第1章和第4章由但德忠编写,第2章由罗方若和但德忠编写,第3章由罗方若编写,第5章由钱力和徐先顺编写,第6章由李从容编写,第7章由钱力、但德忠和王玉杰编写,第8章由关胜、王玉杰和但德忠编写,第9章

和第 10 章由徐先顺编写，第 11 章由钱力编写。附录由但德忠整理。

本书的出版得到国家标准物质研究中心李红梅、四川省分析测试学会以及四川大学出版社的大力支持；我的研究生关胜、王玉杰、马天和郝电等查阅和收集了大量的文献资料，并在翻译、打印和整理书稿方面做了大量工作；四川省分析测试学会的邓洋和任鸿雁在书稿打印方面付出了辛勤的劳动；四川省农科院测试中心的胡漠彪、罗玲及攀枝花钢铁研究院的徐本平为本书的编写提供了帮助。这些都保证了本书按计划交稿和顺利出版，作者谨向他们表示诚挚的谢意。本书在编写过程中，参考和引用了一些原始资料及厂商的仪器样本，在此一并致谢。特别感谢俄罗斯学者 Кубракова 赠送给我们两篇极具参考价值的近期发表的论文。

由于微波制样技术发展很快，资料繁多，加之作者水平有限，编写时间仓促，书中错误或不足之处在所难免，敬请读者不吝批评指正。

但德忠

2003 年 4 月于四川大学

美诚科仪实验室

MICHEM WR 系列微波样品处理系统

结构特点

(1) WR-3 系列微波炉

- 特殊设计的实验室专用微波炉，委托国内著名厂家OEM生产。
- 炉腔喷涂“美国杜邦专利”工程塑料PFA，耐腐蚀。
- 炉腔外设有波长衰减器，确保微波泄漏不超标。
- 炉腔内设有排风扇，炉外接排烟管。
- 微波炉下部设有压力或温度测控系统，准确测定炉内样品罐中代表罐的压力和温度。
- 样品罐架360度往复运动，接收微波能均匀。



(2) 样品罐

- 为双层密封罐。
- 标准型额定工作压力 $\leq 1.4\text{MPa}$ （高压罐即将投入市场）。
- 外罐材料为耐压、耐热工程塑料。
- 内罐材料为进口TFM（改性聚四氟乙烯）。
- 内罐标准容积90mL（用户特殊要求可定制）。
- 设有安全防爆膜限压，防止罐爆裂。

(3) 压力监控系统，有三种方式可选

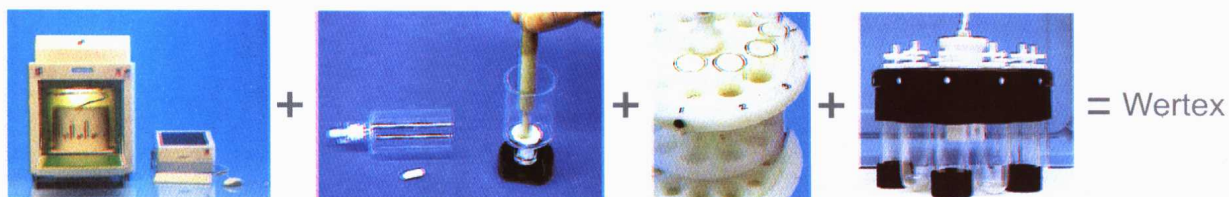
- A型：外接微机监控代表罐的工作压力，可编5工步消解程序，随时存储工作条件。
- C型：单片机监控代表罐的工作压力，可编8工步消解程序，存储15个工作程序。
- E型：数字电路监控代表罐的工作压力，单工步运行（C、E型均可设定斜率，控制升压速度，确保安全）。

技术规格

微波频率：(2450 \pm 13) MHz 时基：秒基 输出功率：800W 输入功率：1400W
炉腔容积：约30L 微波炉重量：26kg 外形尺寸(W \times D \times H)：530mm \times 470mm \times 430mm
电源：AC 220V 50Hz

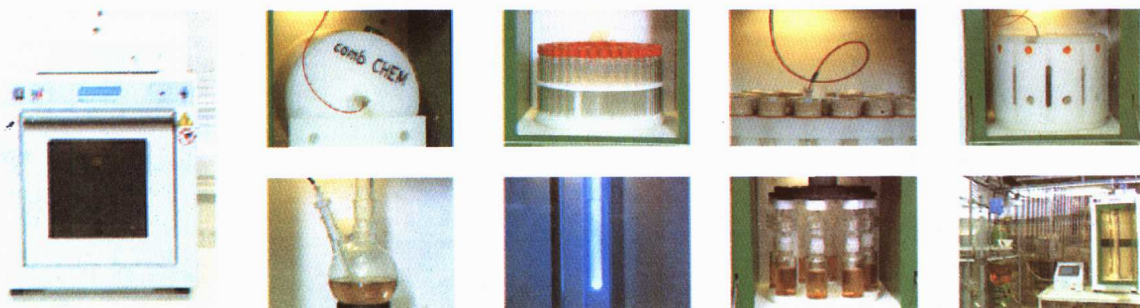
Milestone 微波萃取技术

微波萃取技术具有快速、清洁、高效、溶剂用量少、操作简单等优点，能在15分钟内迅速萃取12个样品，样品量可高达10g。配有独特的磁力搅拌系统，可加大萃取物和溶剂间的接触，更有效地完成萃取任务。另外，还可以选择 Vertex 微波萃取系统，依次完成萃取、过滤及蒸发，脱离人工操作对整个萃取过程的影响。



微波有机合成技术

应用领域：组合化学，平行合成，聚合化学，有机合成，无机合成，催化剂反应，连续流动反应。



微波消解技术



- 双磁控管控制，全不锈钢制作，多项专利覆盖。
- 多选择安全控制选件，可选接触型/非接触型温度/压力控制系统。
- 高压/中压转子可选，多种容量范围可选，专利弹性安全设计。
高压指标：最高温度300℃，最大压力 9.2 MPa。
低压指标：最高温度260℃，最大压力 3.2 MPa。
- 多种控制终端可选，软件功能强大。

Milestone 的微波消解系统

多种微波酸消解系统

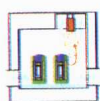
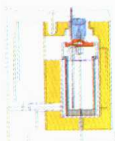
ATC-400CE 自动控温系统

● 插入密封罐的探测针 (PTFE+陶瓷+PTFE材质, 起防酸、防腐蚀及在微波场中有效屏蔽热电偶温度计的作用), 适用于包括HF在内的所有酸溶剂。

● 插口锥形设计, 即使长期高温下也能保持很长的使用寿命。

● 与IR 红外线探测结合, 可完全控制腔体内的所有样品罐。

● PTFE涂层+屏蔽探针+控制终端接地, 有效防止微波场中尖端放电及酸雾腐蚀严重等问题。



QP 非接触型压力传感系统

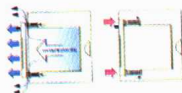
监控腔体及所有样品罐压力变化情况。当样品罐中的压力超过设定指标时, 排泄的多余气体引起主机腔体压力的变化, QP压力传感能迅速探测, 并将结果传递给控制终端, 由终端作出判断。QP 压力传感能自动调节微波发射功率, 打开排风系统, 清除腔体内酸雾, 保障温度和压力在设定范围以内。同时监控腔体内所有样品罐, 有效控制每一个样品罐的压力状况, 完全消除危险隐患。

专利技术“自密封完全门”

专门设计的仪器主体, 完全不锈钢制作, 安全, 可靠

● 腔体内部涂有多达五层的PTFE, 具有超强的微波聚焦功能和防酸防腐蚀功能。

● 全不锈钢制作的安全门, 能够抵挡腔体内的压力冲击。当腔体内的压力过高, 阀门向外伸张, 安全门平行外移, 排泄多余气体, 降低腔体内的压力, 并打开排风系统, 清除腔体内的酸雾。安全门张开的同时, 自动关闭微波发生器。当腔体内的压力恢复正常后, 安全门自动关闭, 控制终端打开微波发生器, 继续进行样品的消解。



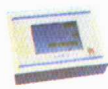
20型终端

经济型: Ethos D 微波消解系统

标准配置: 20型终端

选件: Development 2.0软件

ATC-400CE、APC-55E、QP、IRTC



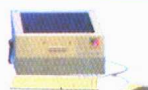
320型触摸终端

先进型: Ethos T 微波消解系统

标准配置: 320型触摸式终端

ATC-400CE、EasyControl软件

选件: APC-55E、QP、IRTC



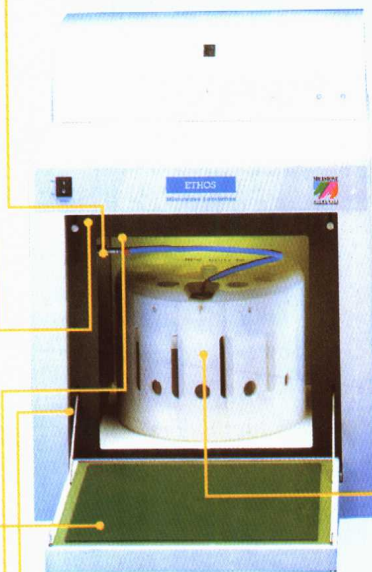
800型奔腾终端

完美型: Ethos Plus 微波消解系统

标准配置: 800型奔腾终端、QP

ATC-400CE、EasyWave软件

选件: APC-55E、IRTC



多选择的样品转子



石英插杯

APC-55E

自动压力监控系统

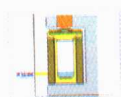
专门设计的压力监控系统, 将罐内压力的微弱变化迅速传输到智能终端, 由智能终端判定并迅速作出反应。该压力监控系统进口备有Al₂O₃膜片, 以保证每次消解均不被酸雾及样品污染。



IRTC500

红外温度监控

最先推出腔体内红外温度监控。该监控位于腔体正下方, 直接监控腔体内每一个反应罐温度, 每6秒钟对照设定温度, 通过调节微波功率, 保持设定温度。



功能强大的EasyWave/EasyControl软件

- 所有参数均在线控制, 如时间、功率、温度、压力等。
- 自动功率调节, 无需功率设置。
- 对不同体积的样品可通过放热反应的自动补偿以达到相同的消解效率和消解质量。
- 用户可自行建立和存储新的应用方法。
- 出厂前, 已内存一百多种应用方法供用户参考。
- 微波消解、萃取、蛋白质水解、有机合成等US EPA应用方法和数据库。
- 所有的方法和运行程序在任何时间都可调出或进行编辑。
- 标准输出控口可外接彩色/黑白打印机。

CEM 的微波化学样品反应和处理技术

CEM为微波技术的创始者，其系列微波仪器用于化学样品前处理（消解、萃取、灰化、蛋白质水解、干燥、浓缩）、有机合成、固体和脂肪含量测试，实现实验室样品测试和前处理自动化，更高效、精确、安全。



Discover+Explorer
精确微波合成系统

- 自转设计环形单模腔
- 连续聚焦微波精确温压过程控制
- 可变速电磁搅拌
- 惰性气体冷却和保护
- 提高速率1000倍，增进产出10倍
- 用于药品开发等有机合成

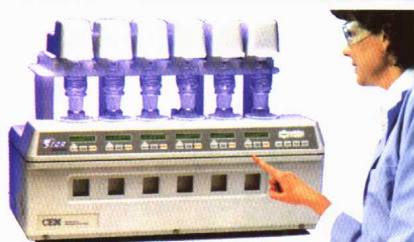


STAR 自动聚焦微波消解萃取系统

- 2~6独立通道自动聚焦微波（专利）、循环冷凝回收
- 全自动试剂添加、自动消解、定容
- 大样品10g处理
- 精确温控0~500℃
- 消解、萃取、凯氏定氮、有机合成、干燥浓缩等

MARS-5 高压微波消解萃取工作站

- 功率自动连续变频输出0~1500W（专利）
- 超高压消解、萃取0~9.2MPa
- 精确温压控制
- 宇航复合纤维外套保护（专利）
- 防爆门多重安全机制
- 蛋白质水解、有机合成、干燥和浓缩等



Spectroprep 系统

- 无人守候全自动完成进样、微波消解、冷却、过滤、定容工作
- 机械手操作24h连续流动大规模处理5000样/天
- 用于大型微波消解、萃取、有机合成等

SMART 水分固形物含量仪

SMART-Trac 微波核磁脂肪分析仪

- 一体化内置电子天平，红外温度检测
- 1min内测试固形物0.01%~99.99%
- 用于水分、固形物、脂肪含量快速测试



Phoenic

高温微波灰分析系统

- 一体化微波和电子天平
- 3min快速升温1200℃
- 微波快速能量聚焦转换
- 样品不经炭化直接快速灰化
- 大容量石英坩埚（专利）用于灰分、烧失量、硫化磺化、固相合成等

上海新仪的微波消解技术

微机控压

0.1MPa~4MPa之间数字化线性控制，压力设定最小增量为0.1 Mpa，取消了调零，调满度工序。

第四道安全保护

如果由于操作上的不当或误将有突发性反应或爆炸性的物品装进消解罐进行微波加热时而发生爆裂，防护罩可有效地挡住炉门和炉腔内的爆裂物蹦撒出来伤人。

五米遥控，方便又安全

第一道安全保护

采用位移传感原理主动地对高压消解罐内的压力大小进行即时监测和控制。

第二道安全保护

由于大量气体产生或第一道安全措施万一失灵使密封活塞不断上升，当上升到超过设计压力（4MPa）高度时，高压气体就会从安全泄压孔泄出。

第三道安全保护

当气体急速产生，安全泄压孔来不及泄出时，此时由于溶样杯内压力不断增加，使密封碗裙边承受不了而破裂，避免了整个消解罐的破裂。





但德忠 四川省荣县人，1947 年出生，

1982年毕业于成都地质学院工业分析专业，同年考取中国地质科学院岩矿测试技术研究所研究生。四川大学教授、四川省学术与技术带头人，我国环境监测和电分析化学方面的专家，现任四川省环境科学学会常务理事，四川省环境科学学会环境监测专委会主任委员，四川省分析测试学会电化学分析专委会主任委员。长期从事环境监测和仪器分析的教学和科研工作，并在化学传感器和自动在线监测仪器的研制开发、仪器分析方法的研究及其在环境监测中的应用等方面取得了突出的成果。擅长电化学分析、流动注射分析和微波制样，近年来研究重点涉及光纤传感器、环境免疫分析和室内空气污染监测与控制等领域。主持和参与完成了国家及省部级多项科研课题，在国内外有关刊物及学术会议发表学术论文80多篇，其中SCI收录10余篇，引用30余次。出版教材两本，发表专业译文约50万字，获实用新型专利三项。

1/11/15/10/



徐先顺 四川省大竹县人，1965年出生，副主任技师，四川省疾病预防控制中心工作。1985年—1988年就读于四川大学化学系，获理学硕士学位。长期从事食品、化妆品、生活饮用水、涉水材料、生物材料等的卫生理化检验，专业特长是原子吸收光谱分析和微波制样，现任四川省分析测试学会原子光谱专业委员会副主任委员、秘书长，四川省预防医学会卫生检验专业委员会委员。



罗方若 湖南省临武县人，1935年出生，高级工程师。1956年毕业于武汉地质学校分析化学专业，后在四川省地矿局岩矿测试中心从事化学分析和极谱分析，80年代起从事原子吸收光谱分析，90年代初开始从事微波溶样应用研究，现在Perkin Elmer 公司担任原子光谱分析技术支持。在石墨炉原子吸收光谱分析技术及微波溶样技术方面有深入的研究，获得专利两项，已在国内外发表学术论文近30篇。



钱力 四川省成都市人，1965年出生，上海复旦大学化学系毕业，高级工程师，长期从事仪器分析和微波溶样方面的研究和应用推广工作，现任四川省分析测试中心副主任，曾参加组建四川省科学仪器协作共用网。

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 微波概述	(1)
1.2 微波制样的发展历程	(2)
1.3 微波制样仪器的进展	(7)
1.4 微波对凝聚态物质的加热作用	(9)
1.5 微波制样技术的特点	(10)
参考文献	(12)
第2章 微波溶样	(14)
2.1 概述	(14)
2.2 样品预处理的一般方法	(15)
2.2.1 概述	(15)
2.2.2 湿法分解	(15)
2.2.3 干法灰化-酸溶法	(15)
2.2.4 碱融-酸处理	(16)
2.3 微波溶样基础	(16)
2.3.1 微波的特性	(17)
2.3.2 微波对有耗介质的作用	(17)
2.3.3 微波对有耗介质的穿透深度	(19)
2.3.4 液体介质的温度及体积对微波吸收的影响	(20)
2.4 微波溶样原理	(21)
2.5 密封消解容器内的温度和压力	(24)
2.5.1 温度压力曲线	(24)
2.5.2 温度压力反应临界点	(27)
2.6 微波溶样实验条件预测	(27)
2.6.1 微波输出功率和吸收率	(27)
2.6.2 微波溶样条件预测	(28)
2.7 微波溶样方法	(29)
2.7.1 常压微波消解	(29)
2.7.2 密封高压微波消解	(29)
2.7.3 聚焦微波消解	(30)
2.8 微波溶样的应用技术	(31)
2.8.1 消解罐	(31)

2.8.2	测定方法的选择	(32)
2.8.3	样品的类型	(32)
2.8.4	取样量	(33)
2.8.5	溶剂的选择	(34)
2.8.6	微波消解方法、程序与技巧	(41)
2.9	微波溶样方法的标准化	(47)
	参考文献	(49)
第3章	微波制样设备	(50)
3.1	微波炉的主要构件和作用	(50)
3.1.1	磁控管	(50)
3.1.2	波导管	(52)
3.1.3	波形搅拌器及负载转盘	(52)
3.1.4	微波炉腔	(53)
3.2	微波制样设备——微波炉	(53)
3.2.1	家用微波炉	(54)
3.2.2	实验室专用微波炉	(56)
3.3	微波消解容器	(57)
3.3.1	消解容器材料	(58)
3.3.2	微波密封消解罐	(58)
3.3.3	密封罐的容积	(60)
3.3.4	密封消解罐中温度和压力的监控	(60)
3.3.5	固定温度压力的微波消解罐	(61)
3.4	国内外微波制样设备简介	(61)
	参考文献	(65)
第4章	微波萃取	(66)
4.1	概述	(66)
4.1.1	微波萃取的原理	(66)
4.1.2	微波萃取的特点	(66)
4.2	微波萃取设备和控制参数	(69)
4.2.1	微波萃取的设备	(69)
4.2.2	微波萃取的控制参数	(70)
4.3	微波液相萃取和气相萃取	(71)
4.3.1	微波液相萃取	(71)
4.3.2	微波气相萃取	(73)
4.4	微波萃取的应用	(74)
4.4.1	在环境试样分析中的应用	(74)
4.4.2	在天然产物和生物活性成分提取中的应用	(76)
4.4.3	在食品分析及化工分析中的应用	(77)
	参考文献	(77)

第 5 章 微波干燥预浓缩与净化	(79)
5.1 微波干燥	(79)
5.1.1 微波干燥	(79)
5.1.2 微波加热速度及影响因素	(79)
5.1.3 分析样品的微波干燥	(80)
5.1.4 食品药材加工中的微波干燥技术	(80)
5.1.5 微波真空冷冻干燥	(82)
5.2 微波测湿	(82)
5.3 微波熔融与灰化	(84)
5.4 微波预浓缩与净化	(86)
5.4.1 预浓缩	(86)
5.4.2 预净化	(87)
参考文献	(88)
第 6 章 微波消解在环境试样分析中的应用	(89)
6.1 微波消解测定环境水样的 COD	(89)
6.1.1 常压微波消解测定 COD	(89)
6.1.2 高压微波消解测定 COD	(90)
6.1.3 不加催化剂和掩蔽剂微波消解测定 COD	(92)
6.1.4 $\text{Ag}_2\text{SO}_4 - \text{CuSO}_4$ 催化硫磷混酸介质微波消解测定 COD	(92)
6.1.5 吸附剂除氯微波消解测定 COD	(93)
6.1.6 微波消解测定高锰酸盐指数	(94)
6.2 环境水样中总氮和总磷的测定	(95)
6.2.1 水中总氮的测定	(95)
6.2.2 水中总磷的测定	(96)
6.3 微波消解测定大气颗粒物中的金属元素	(98)
6.3.1 铍和铅的 ICP-AES 法测定	(98)
6.3.2 锰和铅的 AAS 法测定	(99)
6.4 微波消解在土壤和沉积物样品分析中的应用	(100)
6.4.1 在土壤分析中的应用实例	(100)
6.4.2 在沉积物样品分析中的应用实例	(105)
6.5 微波消解在固体废物及渗沥液分析中的应用	(106)
6.5.1 在固体废物分析中的应用实例	(106)
6.5.2 在堆肥及渗沥液分析中的应用实例	(109)
参考文献	(111)
第 7 章 微波消解在生物医学及药物分析中的应用	(113)
7.1 概述	(113)
7.2 微波消解在医学样品分析中的应用	(125)
7.2.1 人发中微量元素的测定	(125)
7.2.2 人尿中微量元素的测定	(130)

7.2.3	人血中微量元素的测定	(134)
7.2.4	光度法测定肺组织中的磷	(137)
7.2.5	ICP-MS法测定人体肋骨中痕量镧系元素	(138)
7.3	微波消解在中药成分分析中的应用	(139)
7.3.1	在中草药成分分析中的应用	(139)
7.3.2	在中成药成分分析中的应用	(142)
7.4	微波消解在茶叶分析中的应用	(147)
7.4.1	微量元素的ICP-AES法测定	(148)
7.4.2	微量元素的ICP-MS法测定	(150)
7.4.3	微量元素的AAS法测定	(150)
7.4.4	微量钾的流动注射浊度法测定	(151)
7.4.5	痕量硒的催化极谱法测定	(152)
7.5	微波消解在生物样品分析中的应用	(153)
7.5.1	在植物样品分析中的应用	(154)
7.5.2	在动物样品分析中的应用	(160)
	参考文献	(163)
第8章	微波消解在地质冶金及其他工业物料分析中的应用	(168)
8.1	微波消解在地质试样分析中的应用	(168)
8.1.1	概述	(168)
8.1.2	在地质试样分析中的应用实例	(175)
8.2	微波消解在冶金分析中的应用	(182)
8.2.1	概述	(182)
8.2.2	在冶金分析中的应用实例	(182)
8.3	微波消解在油品分析中的应用	(190)
8.3.1	ICP-AES法测定油品中的微量元素	(190)
8.3.2	AAS法测定油品中的微量元素	(193)
8.4	微波消解在催化剂成分分析中的应用	(195)
8.4.1	AAS法测定催化剂中的元素含量	(195)
8.4.2	分光光度法测定催化剂中的元素含量	(197)
8.5	微波消解在其他工业物料分析中的应用	(200)
8.5.1	天然气中微量总汞的分析	(200)
8.5.2	防污漆中锡和铜的测定	(201)
8.5.3	钛白粉中铅的测定	(203)
8.5.4	聚磷酸铵中 P_2O_5 的测定	(204)
8.5.5	合成染料中金属元素的测定	(204)
8.5.6	集成电路用磷扩散源中钾和钠杂质的测定	(205)
8.5.7	尿素中氮的测定	(206)
	参考文献	(206)
第9章	微波消解在食品及化妆品分析中的应用	(210)

9.1	微波消解测定凯氏氮	(210)
9.1.1	开口微波消解测定凯氏氮	(211)
9.1.2	密封微波消解测定蛋白质	(212)
9.2	微波消解测定氨基酸	(213)
9.3	微波消解测定食品中的有机物	(215)
9.3.1	微波加热提取酵母中海藻糖	(215)
9.3.2	微波消解气相色谱法测定鱼肉中的有机氯农药	(215)
9.4	微波消解在粮食微量元素分析方面的应用	(216)
9.4.1	冷原子吸收法测定粮食中的汞	(217)
9.4.2	ICP-AES法测定粮食中的常量及微量元素	(217)
9.4.3	ICP-AES和ICP-MS法测定大米中的微量元素	(218)
9.4.4	ICP-MS法测定稻中15种痕量稀土元素	(219)
9.5	微波消解测定食品中的微量元素	(219)
9.5.1	食品中微量元素的FAAS法测定	(221)
9.5.2	食品中微量元素的GFAAS法测定	(223)
9.5.3	食品中微量元素的HGAAS法测定	(225)
9.5.4	冷原子吸收法测定食品中的汞	(226)
9.5.5	HG-ICP-AES法测定川山紫中的硒	(227)
9.5.6	高效毛细管电泳法测定食品中的金属离子	(227)
9.5.7	原子荧光法测定食品中的砷和汞	(228)
9.6	微波消解测定奶制品中的微量元素	(230)
9.6.1	导数火焰原子吸收法测定奶粉中的锌和铜	(230)
9.6.2	流动注射氢化物发生AAS法测定牛奶中硒	(231)
9.7	微波消解测定海(水)产品中的微量元素	(231)
9.7.1	ICP-AES法测定水产品中的有害元素	(232)
9.7.2	ICP-MS法测定海产品中的微量元素	(232)
9.8	微波消解测定特色食品中的微量元素	(234)
9.8.1	ICP-AES法测定食用油中的微量元素	(235)
9.8.2	AAS法测定果蔬罐头中的金属元素	(236)
9.8.3	光度法测定鳖甲中的磷	(237)
9.8.4	葡萄酒中微量元素的测定	(237)
9.8.5	GFAAS法测定鸡蛋中的铬	(238)
9.9	微波消解测定饲料中的微量元素	(239)
9.9.1	分光光度法测定饲料中磷	(239)
9.9.2	冷原子吸收法测定饲料中汞	(240)
9.9.3	ICP-AES法测定饲料中镉	(240)
9.10	微波消解在化妆品分析中的应用	(241)
9.10.1	化妆品中铅、砷和汞的测定	(242)
9.10.2	GFAAS法测定化妆品中的镉	(243)