

Handbook of Analytical Chemistry

分析化学手册

第三版

3A

原子光谱分析

郑国经 主编

罗立强 符斌 张锦茂 副主编



化学工业出版社

分析化学手册

第三版

3A

原子光谱分析

郑国经 主编

罗立强 符斌 张锦茂 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是《分析化学手册》(第三版)的 3A 分册,按原子光谱分析及仪器类型编排,全书共分五篇,第一篇为光谱分析概论;第二篇为原子发射光谱分析,包括火花放电原子发射光谱分析、电弧原子发射光谱分析、电感耦合等离子体原子发射光谱分析、微波等离子体原子发射光谱分析、辉光放电原子发射光谱分析、激光诱导击穿光谱分析以及火焰原子发射光谱分析;第三篇为原子吸收光谱分析,包括火焰原子吸收光谱分析及无火焰原子吸收光谱分析技术;第四篇为原子荧光光谱分析,包括蒸气发生无色散原子荧光分析技术;第五篇为 X 射线荧光光谱分析,包括波长色散 X 射线荧光光谱、能量色散 X 射线荧光光谱及微区 X 射线荧光光谱分析技术。全书每门分析技术均按分析特性、基本原理、仪器结构、定性及定量分析方法、应用实例及参考文献编撰,便于查阅。

本书给出了准确的概念和定义、翔实的分析方法、海量的数据和丰富的应用实例,在兼顾基础的同时更加注重现代技术与仪器的应用,具有较强的实用性。

本书为分析化学工作者的工具书,可供化学、化工、材料、冶金、地质、矿产、环境、生物等领域从事光谱分析的技术人员和科研人员阅读参考,也可作为高等院校分析化学及相关专业师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学手册. 3A. 原子光谱分析/郑国经主编.

3 版. —北京:化学工业出版社, 2016.9

ISBN 978-7-122-27857-9

I. ①分… II. ①郑… III. ①分析化学—手册 ②原子光谱—光谱分析—手册 IV. ①O65-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 191687 号

责任编辑:傅聪智 李晓红 任惠敏
责任校对:边涛

文字编辑:陈雨
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 76 $\frac{3}{4}$ 字数 1984 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:268.00 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：郑国经

副主编：罗立强 符 斌 张锦茂

编写人员（按编写篇章顺序排列）：

郑国经	赵 雷	罗倩华	金钦汉	余 兴	张 勇
符 斌	高介平	冯先进	唐凌天	张锦茂	梁 敬
罗立强	李国会	储彬彬	詹秀春	翟 磊	卓尚军
沈亚婷	柳 检	范晨子	曾 远	孙建伶	袁 静
蔺雅洁	刘 洁	孙晓艳	马艳红	唐力君	

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的挑战，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

光谱分析为历史悠久的分析技术,以 1666 年牛顿首次引入“spectro”(光谱)一词算起,至今已经历了 350 年,不论是基础理论研究还是实用技术都不断发展,已经形成包含原子光谱及分子光谱分析在内,理论完善、技术成熟的分析技术,出现了多种应用于各种领域的光谱分析仪器,成为各个分析检测实验室必备的基础分析手段。作为供化学工作者使用的分析技术专业工具书,《分析化学手册》从第二版起便将光谱分析单独成册,列为手册的第三分册《光谱分析》,汇集了原子光谱、分子光谱的各种分析技术和方法的资料,成为各行业中从事光谱分析的技术人员和分析化学工作者的案头工具书。

第二版出版至今已经历了 18 个年头,这期间光谱分析在仪器设备、测量技术和应用领域又有很大发展,出现多种新的分析技术和新的仪器类别,使光谱分析发展形成了两大门类(原子光谱和分子光谱)、四大分析类型(发射光谱分析、吸收光谱分析、荧光光谱分析和拉曼光谱分析)、多种分析仪器的完整体系。为了满足这一发展所带来的需求,本次再版将《分析化学手册》第二版第三分册《光谱分析》分成了两册——3A 为《原子光谱分析》,3B 为《分子光谱分析》,重新编排改版,以反映 21 世纪以来高新技术发展在光谱分析上的技术进步及应用拓展。

本书为《分析化学手册》(第三版)3A 分册《原子光谱分析》。本分册在第二版原子光谱分析相关内容的基础上,按照原子光谱已自成体系的原子发射光谱(AES)、原子吸收光谱(AAS)、原子荧光光谱(AFS)及 X 射线荧光光谱(XRF)四大部分,独立成篇,原子发射光谱篇则按各类分析技术手段分章进行编撰。

第一篇光谱分析概论保持第二版的框架结构,保留光谱分析有关的基础知识内容和原子光谱分析共通的基础理论资料,作为光谱分析的基础篇。

第二篇原子发射光谱分析按现代原子发射光谱分析技术类型分章编撰,包括火花放电/电弧直读光谱、电感耦合等离子体(ICP)/微波等离子体(MP)发射光谱、辉光放电光谱(GDS)、激光诱导击穿光谱(LIBS)等分析技术,并保留了经典的摄谱法光谱分析技术、火焰发射光谱分析技术的内容,以备参考查阅。章节安排和内容均有较大改变和补充,微波等离子体光谱分析、辉光放电光谱分析及激光诱导击穿光谱分析均为新增内容。

第三篇原子吸收光谱分析将第二版中原子吸收与原子荧光光谱分析法分开,单独成篇,在第二版的基础上,增编了近十多年来 AAS 的技术发展内容,增加连续光源原子吸收光谱分析技术和新型仪器结构,以及近十几年来的应用实例和标准分析方法,内容上有较大程度的更新。

第四篇原子荧光光谱分析对第二版中相关章节进行调整补充和较大程度的更新,增添了

无色散原子荧光光谱分析技术及其应用内容，并收列了在国内发展很快、应用广泛的蒸气发生-原子荧光光谱（VG-AFS）分析实验技术，以及近期发展的色谱-原子荧光光谱联用技术在形态分析上的应用内容。增加了具有我国特色的 VG-AFS 分析仪器结构及其应用和分析标准方法。

第五篇 X 射线荧光光谱分析在第二版的基础上，按波长色散 X 射线荧光（WDXRF）光谱和能量色散 X 射线荧光（EDXRF）光谱分析技术，两大类型 XRF 的仪器及其应用进行编撰。除保留第二版中有关 X 射线荧光光谱分析的基本物理参数表格作为附表收列外，所有内容均重新编撰，加强基本理论、现代 XRF 光谱仪结构、定量分析方法和制样技术等系统内容，增加了现代微区 X 射线光谱分析及形态分析原理和技术章节，增加了 XRF 分析标准物质与标准方法的内容。

本分册由北京理化分析测试技术学会光谱专业委员会组织修编，主编郑国经，副主编罗立强、符斌、张锦茂。第一篇及第二篇第三、第五、第十章由郑国经编写，第四章由赵雷编写，第六章由罗倩华和郑国经编写，第七章由金钦汉编写，第八章由余兴编写，第九章由张勇和余兴编写；第三篇由符斌、高介平、冯先进和唐凌天编写；第四篇由张锦茂、梁敬编写；第五篇由罗立强、詹秀春、卓尚军、沈亚婷、曾远、唐力君等编写。全书由郑国经统稿。

在修订过程中本书责任编辑给予了大力协助，组织审稿，给出了十分宝贵的修改意见，为本次修版的完成倾注了大量精力，在此对本书责任编辑及审稿者表示衷心感谢。

因编撰者在专业知识面及学术水平上的局限，本书的不足之处在所难免，尚祈分析化学界专家及广大读者批评指正，为所企盼。

编者

2016 年 5 月于北京

目 录

第一篇 光谱分析概论

第一章 光谱分析导论	2	二、光谱分析的主要期刊	18
第一节 有关物质的辐射和光学性能	2	三、光谱分析相关的工具书	22
一、电磁辐射的基本性质	2	参考文献	24
二、电磁辐射与物质的作用	4		
三、电磁波谱	6		
四、光学性能的相关术语	6		
第二节 光谱的分类及有关定律、定义	9		
一、光谱的形状	9		
二、光谱类型	10		
三、光谱分析法	10		
四、光谱分析法的定律和定义	11		
第三节 光谱分析法仪器概述及术语	13		
一、光谱分析法仪器概述	13		
二、特征及一般性能	14		
三、光谱仪器组部件的特征及性能	14		
第四节 有关光谱分析的国内外期刊文献介绍	16		
一、文献检索工具	16		

第二章 原子光谱分析基础

第一节 原子光谱分析技术的分类与发展	25
一、原子光谱分析技术的分类	25
二、原子光谱分析技术的发展	26
第二节 原子光谱分析的基础知识	32
一、原子能级与原子光谱项	32
二、原子光谱的规律性	35
三、辐射跃迁	51
四、谱线特性	59
第三节 原子光谱的定性及定量分析	140
一、光谱定性分析	140
二、光谱半定量分析	141
三、光谱定量分析	141
参考文献	142

第二篇 原子发射光谱分析

第三章 原子发射光谱分析概述	144	第四章 火花放电原子发射光谱分析	275
第一节 原子发射光谱分析方法的分类	144	第一节 火花放电原子发射光谱的分析特点	275
第二节 原子发射光谱分析过程及仪器组成	145	一、火花放电原子发射光谱的激发光源	275
第三节 原子发射光谱的分析方法	146	二、火花放电原子发射光谱仪的结构	275
一、定性分析	146	三、火花放电原子发射光谱的使用方式	276
二、光谱半定量分析	181	第二节 基本理论	276
三、定量分析方式	182	一、火花激发光源的特点	276
参考文献	274		

二、火花放电的激发机理	277
三、火花光源的激发能量与电路参数的关系	278
第三节 火花放电原子发射光谱仪器	280
一、火花放电光源	280
二、分光系统	285
三、测量系统	287
四、仪器的使用与维护	301
第四节 定性及定量分析	304
一、火花源原子发射光谱分析的操作与分析方法	304
二、火花放电原子发射光谱分析样品的要求	306
三、标准化及标准样品	307
四、定量分析方法	308
五、分析质量及其监控	309
六、火花源原子发射光谱分析的误差来源及干扰校正	310
七、常用发射光谱分析线	311
八、常用火花放电光谱仪	313
第五节 火花放电光谱分析的应用	315
一、金属及合金的化学成分分析	315
二、火花放电光谱分析技术的应用前景	326
参考文献	329

第五章 电弧原子发射光谱分析 330

第一节 电弧发射光谱分析的特点	330
一、电弧原子发射光谱分析法概况	330
二、电弧光源的光谱分析特点	330
三、电弧光谱分析的定量方式	330
第二节 电弧光源的基本理论	331
一、直流电弧光源	331
二、交流电弧光源	333
三、交直流电弧光源	335
四、电弧光源的分析特性	336
第三节 仪器装置及测定方式	338
一、电弧发射光谱分析装置	338
二、电弧光谱分析方法	340
三、摄谱技术	348
第四节 分析方法及定量方式	406
一、电弧发射光谱分析操作	406

二、标准化及标准样品	411
三、电弧直读法分析的误差来源及注意事项	412
第五节 电弧发射光谱法的应用	412
一、应用实例	413
二、分析标准应用	415
参考文献	415

第六章 电感耦合等离子体原子发射光谱分析 416

第一节 概述	416
一、等离子体的概念	416
二、光谱分析中的等离子体概念	417
三、等离子体光谱分析的类型及其特性	417
第二节 电感耦合等离子体光源	419
一、ICP-AES 分析技术的发展与特点	419
二、ICP-AES 光源的获得及其特点	420
三、ICP 光源的物理特性	422
四、ICP 光源的光谱特性	425
第三节 电感耦合等离子体原子发射光谱仪器的构成	431
一、高频发生器	431
二、ICP 炬管	434
三、进样系统	436
四、分光系统	448
五、光电转换及测量系统	456
六、几种常见的 ICP 发射光谱仪结构	464
七、商品仪器举例	471
第四节 电感耦合等离子体原子发射光谱仪器使用与分析操作	473
一、ICP 仪器工作参数的设定	473
二、ICP-AES 光谱仪的使用	477
第五节 电感耦合等离子体原子发射光谱分析的应用	491
一、在黑色冶金分析中的应用	491
二、在有色金属材料分析上的应用	496
三、在地质、矿产资源领域上的应用	502
四、在石油化工及能源领域中的应用	506
五、在水质、环境分析领域中的应用	511

六、在食品分析上的应用	514
七、在生物与植物样品(包括中草药)分析中的应用	517
八、在电子电器、轻工产品分析中的应用	519
九、在其他领域的标准分析方法	520
十、在元素形态分析中的应用	521
十一、ICP-AES 分析常用谱线	522
参考资料	529
参考文献	529

第七章 微波等离子体原子发射光谱分析

第一节 微波等离子体原子发射光谱分析法概述	530
一、名词术语	530
二、发展概要	530
三、应用范围和发展	532
第二节 微波等离子体光源	533
一、微波等离子体(MWP)的获得及其类型	533
二、MWP 光源的物理化学特性	535
三、MWP 光源的光谱特性	537
第三节 微波等离子体原子发射光谱仪器构成	539
一、微波等离子体发生系统	540
二、进样系统	540
三、分光检测系统	541
四、商品仪器举例	541
第四节 微波等离子体原子发射光谱分析技术的特点	542
一、可获得多种常压等离子体激发光源	542
二、MWP 中主要组分的数目密度和能量	542
三、MWP-AES 常用的元素发射光谱谱线	543
第五节 微波等离子体原子发射光谱法的分析应用	554
一、MWP-AES 分析的应用领域	554
二、HeMIP-AES 用于色谱检测	556
三、HeMPT-AES 用于大气污染物连续实时	

监测	558
四、MPT-AES 用于合金材料分析	559
五、MWP-AES 用于临床诊断	559
六、常压 N_2 MP-AES 的分析应用	562
第六节 技术展望	565
参考文献	567

第八章 辉光放电原子发射光谱分析

第一节 辉光放电原子发射光谱原理	567
一、辉光放电的产生及过程	567
二、辉光放电形成的发射光谱	580
三、辉光放电的供能方式	581
四、辉光放电发射光谱的成分和深度分析	585
第二节 辉光放电原子发射光谱的主要仪器设备	589
一、辉光放电光谱仪的基本组成	589
二、辉光放电光谱仪器的基本控制参数	595
三、常用辉光放电发射光谱仪	596
第三节 辉光放电原子发射光谱的分析技术与方法	598
一、样品的选择与准备	598
二、辉光放电发射光谱分析参数的优化	601
三、辉光放电发射光谱法的校准	607
四、辉光放电发射光谱的分析应用	614
五、辉光放电发射光谱分析线选择	625
六、辉光放电发射光谱分析国内外相关标准及参考资料	640
第四节 辉光放电原子发射光谱的应用	641
一、在冶金行业中的应用	641
二、在环境、有机物领域中的应用	642
三、在其他成分分析领域中的应用	643
四、在材料表面分析中的应用	643
参考文献	647

第九章 激光诱导击穿光谱分析

第一节 激光诱导击穿光谱分析发展历程与现状	652
第二节 激光诱导击穿光谱分析原理	654
一、激光与物质相互作用机理	654

二、LIBS 等离子体光源参数诊断	655
三、LIBS 定性分析	657
四、LIBS 定量分析	659
第三节 激光诱导击穿光谱仪器装置	659
一、LIBS 仪器结构	659
二、双脉冲 LIBS 系统	663
三、超短脉冲 LIBS 系统	665
四、便携式 LIBS 系统	666
五、远距离遥测 LIBS 系统	667
第四节 激光诱导击穿光谱分析及方法	669
一、LIBS 成分分析	669
二、LIBS 表面微区分析	672
第五节 激光诱导击穿光谱的应用	673
一、在工业生产领域中的应用	673
二、在环境领域中的应用	678
三、在生物医学领域中的应用	679
四、在空间探索及核工业领域中的应用	680
五、在文物鉴定领域中的应用	681

参考文献	682
------	-----

第十章 火焰原子发射光谱分析 687

第一节 火焰原子发射光谱分析的基础	687
一、火焰原子发射光谱法基本原理	687
二、火焰成分与温度	689
三、火焰分析特性	689
第二节 仪器装置	718
一、激发光源	718
二、分光器	719
三、检测器	719
四、火焰发射光谱法仪器	720
第三节 火焰原子发射光谱法的误差来源及消除方法	720
一、FAES 法的误差来源及操作注意事项	720
二、FAES 法与 FAAS 法的比较	721
第四节 火焰原子发射光谱法的应用	721
参考文献	724

第三篇 原子吸收光谱分析

第十一章 原子吸收光谱分析概论 728

第一节 原子吸收光谱分析的特点	728
第二节 原子吸收光谱的基本术语和概念	729
参考文献	731

第十二章 原子吸收光谱分析的基本原理 732

第一节 原子吸收光谱	732
一、不同能级原子的分布	732
二、原子吸收光谱的产生	732
三、原子吸收光谱的谱线波长	733
四、原子吸收光谱的谱线轮廓	733
五、原子吸收光谱的谱线强度	735
第二节 原子吸收光谱分析中原子化方法	735
一、火焰原子化	735
二、无火焰原子化的基本过程和原子化机理	737

三、氢化原子化法	739
四、冷蒸气发生火焰原子化法	739
第三节 原子吸收光谱法中的干扰及消除方法	739
一、化学干扰	739
二、电离干扰	741
三、光谱干扰	743
四、物理干扰	746
五、背景吸收干扰	747
第四节 原子吸收光谱分析的定量关系	750
一、吸光度与被测元素浓度关系	750
二、原子吸收测量的基本关系式	751
第五节 原子吸收光谱法常用基本数据	751
一、元素共振线的跃迁谱项	751
二、部分原子吸收线的振子强度	755
三、原子吸收光谱分析中元素主要吸收线及相对灵敏度	756
四、谱线宽度数据	757

五、原子化效率 (β 值)	764
六、各种火焰性能	766
参考文献	767
第十三章 原子吸收光谱仪器	768
第一节 原子吸收光谱仪的组成和构造	768
第二节 原子吸收光谱仪的激发光源	769
一、锐线光源	769
二、连续光源	772
三、背景校正连续光源	773
第三节 原子吸收光谱仪的原子化器	773
一、火焰原子化器	773
二、石墨炉原子化器	775
三、氢化物发生-原子化器	779
四、冷蒸气发生-原子化器	780
五、电热丝原子化器	780
第四节 原子吸收光谱分光系统	780
一、原子吸收光谱仪的外光路	780
二、原子吸收光谱仪的分光系统	781
第五节 原子吸收光谱仪的检测系统	784
一、光电倍增管	784
二、固态检测器	785
三、双检测器	786
第六节 原子吸收光谱仪进样系统	787
第七节 原子吸收光谱仪的一般操作规程	787
一、火焰原子吸收光谱仪	788
二、石墨炉原子吸收光谱仪	789
三、火焰原子吸收光谱仪性能的判断和要求	789
第八节 原子吸收光谱仪的安装及维护	790
一、安装条件	790
二、仪器的日常维护	791
三、仪器的安全操作要求	794
四、原子吸收光谱仪常见故障及处理	795
五、原子吸收光谱仪的校准和期间核查	796
第九节 国内外常见原子吸收光谱仪	798
参考文献	800

第十四章 原子吸收光谱分析的实验技术	801
第一节 进样技术	801
一、火焰原子吸收光谱法的进样技术	801
二、无火焰原子吸收光谱法的进样技术	801
第二节 基体改进技术	802
一、基体改进剂的类型	802
二、基体改进的机理	803
第三节 石墨管改进技术	804
一、石墨管改进机理	804
二、几种常用的石墨管改进方法	804
第四节 平台原子化技术	805
第五节 探针原子化技术	806
第六节 原子吸收光谱分析法中的背景校正技术	807
一、氘灯法校正背景	807
二、塞曼效应法校正背景	809
三、空心阴极灯自吸收法校正背景	811
四、连续光源高分辨率法校正背景	812
五、双波长法校正背景	813
六、背景校正能力的测试	815
第七节 流动注射 (FIA) 与原子吸收法联用技术	816
第八节 原子吸收光谱分析的间接测定技术	818
第九节 原子吸收光谱分析的绝对分析法	821
一、火焰原子吸收绝对分析法	821
二、石墨炉原子吸收绝对分析法	821
参考文献	822

第十五章 原子吸收光谱法的分析方法	823
第一节 原子吸收光谱分析的一般步骤	823
一、样品制备	823
二、火焰原子吸收光谱测定条件的选择	827
三、无火焰原子吸收光谱测定条件的选择	830
四、原子吸收光谱分析的定量方法	832
第二节 火焰原子吸收光谱法元素的测定条件	833

第三节	无火焰原子吸收光谱法元素的测定条件	843
	参考文献	847
第十六章	原子吸收光谱分析的应用	848
第一节	金属及合金分析应用	848
第二节	地质与矿物分析应用	849

第三节	能源、石油化工分析应用	852
第四节	环境分析应用	854
第五节	水质分析应用	857
第六节	食品及饲料分析应用	860
第七节	生化样品分析应用	863
第八节	中药及植物制品分析应用	867

第四篇 原子荧光光谱分析

第十七章	原子荧光光谱分析概述	872
第一节	原子荧光光谱分析的发展	872
第二节	原子荧光光谱分析的特点	873
第三节	原子荧光光谱分析的基本术语	873
	参考文献	874

第十八章	原子荧光光谱分析的基本原理	875
第一节	原子荧光的产生	875
第二节	原子荧光的类型	875
一、共振荧光		875
二、非共振荧光		876
三、敏化荧光		877
四、原子荧光的能级跃迁		877
五、各元素原子荧光能级跃迁与相对荧光强度		878
第三节	原子荧光谱线强度及影响因素	885
一、荧光量子效率		885
二、荧光猝灭		886
三、原子荧光的饱和效应		887
第四节	原子荧光光谱分析的定量关系式	887
	参考文献	888

第十九章	原子荧光光谱分析仪器	889
第一节	原子荧光光谱仪的类型	889
一、有色散原子荧光光谱仪		889
二、非色散原子荧光光谱仪		889
第二节	原子荧光光谱仪器的关键部件	890
一、激发光源		890
二、原子化器		894
三、检测系统		897

四、不同激发光源与原子化器各元素的 检出限.....	898
第三节 蒸气发生-原子荧光光谱分析 技术	935
一、方法的特点	935
二、方法的应用范围.....	935
三、蒸气发生样品导入系统	935
第四节 典型的蒸气发生-原子荧光光谱仪	938
一、仪器的结构与工作原理	938
二、国内外主要的商品原子荧光光谱仪	940
参考文献.....	941

第二十章	蒸气发生-原子荧光光谱分析实验技术	942
第一节	蒸气发生法的基本原理	942
一、氢化物发生法		942
二、汞蒸气发生法		943
三、挥发性化合物发生法		944
第二节	蒸气发生-原子荧光光谱分析中的干扰	944
一、干扰的分类		944
二、液相干扰的产生与克服		945
三、气相干扰的产生与克服		946
	参考文献	947

第二十一章	色谱-原子荧光光谱联用技术及其应用	948
第一节	液相色谱与原子荧光光谱的联用	948
第二节	气相色谱与原子荧光光谱的联用	950
第三节	毛细管电泳与原子荧光光谱的联用	951
	参考文献	951

第二十二章 原子荧光光谱分析在各领域中的应用 952

第一节 地质领域中的应用 952

第二节 金属与矿物领域中的应用 954

第三节 环境领域中的应用 956

第四节 食品与饲料领域中的应用 959

第五节 生物与医药领域中的应用 961

第六节 化工与轻工产品领域中的应用 963

第七节 石油及其加工产品领域中的应用 965

第八节 原子荧光光谱分析方法现行标准 966

第五篇 X 射线荧光光谱分析

第二十三章 X 射线荧光光谱分析原理 973

第一节 X 射线产生原理 973

一、宇宙 X 射线 973

二、同步辐射 X 射线 973

三、X 射线连续谱 973

四、元素特征 X 射线 974

第二节 X 射线特性 975

一、光电效应与俄歇效应 975

二、光电方程、Moseley 定律 975

三、跃迁选择定则 975

四、受禁跃迁及卫星线 976

五、荧光产额 977

第三节 X 射线与物质的相互作用 978

一、X 射线吸收 978

二、吸收边 978

三、X 射线散射 979

四、X 射线衍射 980

参考文献 981

二、波长色散光谱仪激发源系统主要部件与作用 987

三、波长色散光谱仪探测器系统主要部件与作用 988

第四节 能量色散 X 射线荧光光谱仪 989

一、能量色散光谱仪结构及主要部件 989

二、谱处理 991

第五节 偏振及全反射 X 射线荧光光谱仪 991

一、偏振 X 射线荧光光谱仪 991

二、全反射 X 射线荧光光谱仪 992

参考文献 993

第二十五章 X 射线荧光光谱分析样品制备技术 995

第二十四章 X 射线荧光光谱仪 982

第一节 激发源 982

一、X 射线管 982

二、X 射线管特性与靶材选择 983

三、激发条件选择 983

第二节 探测器 984

一、正比计数器 984

二、闪烁计数器 984

三、逃逸峰 985

四、半导体探测器 985

第三节 波长色散 X 射线荧光光谱仪 986

一、波长色散光谱仪结构与工作原理 986

第一节 样品制备中的一般性原则 995

一、应关注的问题 995

二、样品制备的一般性原则 996

第二节 固体块样的制备 997

一、概述 997

二、金属及合金样品的制备 997

第三节 粉末压片法 998

一、压环法 998

二、直接压制法 998

三、镶边法和样品杯法 999

四、加入黏结剂压制 999

第四节 玻璃熔片法 999

一、玻璃熔片法及其优点 999

二、熔剂 1000

三、熔融辅助试剂 1002

四、坩埚和模具 1002

五、熔样设备 1002

六、玻璃熔片法的误差控制 1003

参考文献 1003