



“十二五”江苏省高等学校重点教材

现代仪器分析 实验技术

(上册)

孙东平 李羽让 纪明中 唐卫华◎主编



科学出版社

“十二五”江苏省高等学校重点教材

现代仪器分析实验技术(上册)

孙东平 李羽让 纪明中 唐卫华 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书入选“十二五”江苏省高等学校重点教材。主要介绍在化学及材料科学、生命科学、环境科学等研究和应用领域中常用的现代仪器分析方法,包括有机及金属元素分析、色谱分析、质谱分析、光谱分析、磁共振波谱分析、X射线分析、电子显微分析、热分析等。教材内容有较大的覆盖面,重点介绍各种方法的原理、仪器结构与各部件功能、所能获得的信息及能解决的问题,有较强的可读性和参考价值。

本书可作为各大专院校应用化学、材料科学专业硕士生、本科生的教材,也可作为相关专业的实验指导教师、科技工作者的专业参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代仪器分析实验技术·上册/孙东平等主编.—北京:科学出版社
2015.3

“十二五”江苏省高等学校重点教材

ISBN 978-7-03-043891-1

I. ①现… II. ①孙… III. ①仪器分析-实验高等-学校-教材
IV. ①O657-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 055156 号

责任编辑:周巧龙 孙静慧 / 责任校对:赵桂芬 韩 杨

责任印制:赵德静 / 封面设计:铭轩堂

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>

三河市骏杰印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 3 月第 一 版 开本:B5 (720×1000)

2015 年 3 月第一次印刷 印张:24 1/2

字数:475 000

定价:58.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

分析化学在其形成一门独立学科的历史发展长河中,有过多次重大的变革。对于所建立的诸多分析化学学科的教程,因其发展阶段和所依据的理论和方法不同,或因其对象与目的而异,甚至依据所用的仪器不同,而有不同的命名,如:定性分析和定量分析;重量分析与容量分析;化学分析与仪器分析;还有质谱分析、色谱分析与波谱分析等。

一门学科的定位和内涵是与时俱进的。我在主编的《10000 个科学难题 化学卷》(“十一五”国家重点图书出版规划项目,科学出版社,2009 年)一书的“分析化学中的若干科学问题”一文中,对当代分析化学下了这样的定义:“分析化学是研究物质的组成和结构,确定在不同状态和演变过程中的化学成分、含量和分布的测量科学,是化学科学的分支学科。”它涵盖了对物质在演变过程中的时空动态变化中的量测,表述了分析化学这一学科所涉及的核心内容和根本任务,且具有普遍性。但是,对于所编写教科书的书名,则可不拘一格地命名,体现特色,各显神韵。书名取得好,犹如画龙点睛。

目前,基于物理的光、电、磁、显微光学和电子计算机的发展和应用,现代仪器分析的书不断更新换代,仪器分析新方法、新技术层出不穷。建立在现代分析仪器测试基础上,使分析化学内容和发展方向发生了根本性的改变。各类分析仪器与微型计算机的结合,又使得仪器自动化程度不断提高,分析检测更加准确、高速、便捷,数据处理与结果分析也更为方便,仪器分析的应用范围更为广泛。

编写一本仪器分析实验技术这样的教材,内容纷繁、体系各异,既要向学生阐明基础理论、方法原理,又要讲述实验方法、技术和仪器原理,还要涉及仪器操作和数据处理,以充分发挥现代科学仪器的优越性,甚至还要提出思考题拓宽学生思路;同时,教材要实现适应多个部门,为培养高级专门人才需要的目的。这确是一件繁重的任务。

由孙东平教授等统稿、纪明中等 22 位老师联合编写的《现代仪器分析实验技术》(上、下册),不落俗套,别具一格,以集体的智慧总结了长期教学实践的经验,撰写成一部适用于化学、材料、食品、生物、制药、商检等部门研究生需要的现代仪器分析实验课教程,旨在提高学生使用现代分析仪器解决各种科研问题的能力。该书按照现代分析仪器检测原理的不同,系统地介绍了各类现代分析仪器(光谱、色谱、质谱、能谱、微区及形貌分析以及热分析等)的基本理论,重点介绍了实验方面的相关技术与技能。针对目前分析仪器的发展现状,选取典型的分析仪器进行了

结构剖析与组成方面的扼要介绍,为每种仪器精心设计了若干可用于教学的实验项目,并对样品制备、仪器的具体使用方法进行了详细的介绍。此外,还介绍了使用较为广泛的仪器工作软件。全书内容翔实,图表齐全,阐述深入浅出,是一本便于阅读、通俗易懂、理论与实验相结合的优秀实验教材。该书内容紧跟现代分析仪器新方法、新技术进展步伐,如对红外光谱仪的各种配件、紫外-可见光谱积分球、液质联用仪、固体核磁共振仪等内容亦作了介绍,是一本值得推荐的优秀教材或相应的教学参考书。该书同时入选“十二五”江苏省高等学校重点教材,可供化学、材料、生物类专业高年级本科生、研究生使用及广大仪器分析工作者参考。谨此推荐。

是为序。

陈洪渊

中国科学院院士

2014年7月于南京

前 言

在培养化学化工、材料、环境、生物工程等专业性人才的过程中,现代分析仪器与实验技术是必不可少的专业基础课程。因为现代分析仪器课程的重要性以及现代分析仪器技术的迅速发展,南京理工大学组织专门从事化工、材料类科研的专家和从事仪器分析与实验技术教学的教师,为化工学院、环境与生物学院和材料学院的硕士研究生开设了现代分析仪器课程,到目前为止,该课程已连续开设四年,受益学生近 2000 人,使研究生在论文工作期间独立解决问题的能力得到很大提高,受到广大师生的一致好评。在开设该课程的同时,学校多方筹集资金成立现代仪器分析与测试中心,购买了色谱、光谱、质谱、能谱、电镜、核磁等现代大型分析仪器用于实验教学,使得每一名学生能亲手操作现代大型仪器,部分学生经过专门培训后,能独立操作仪器。同时分析测试中心也是研究生创新中心,中心的仪器在为教学服务的同时,也为科研提供检测服务。

在教学过程中,学校组织任课教师和专家编写用于实验教学的讲义,并根据实际情况进行了多次修改。实验讲义尽量避免烦琐的数学推导,重点介绍仪器的原理、基本结构与功能,并根据具体仪器编写仪器的操作规程,设计用于教学的相关实验,为研究生以后从事科学研究打下坚实的实验基础。讲义内容包括色谱分析(气相色谱、液相色谱、离子色谱、凝胶色谱)、色谱-质谱联用(气质联用、液质联用)技术、光谱分析(快速傅里叶红外、遥感红外、紫外-可见、荧光、拉曼、原子吸收、电感耦合等离子)、磁共振分析(液体核磁、固体核磁、电子顺磁)、微区显微技术(扫描电镜、透射电镜、原子力显微镜)、X 射线技术(X 射线粉末衍射、X 射线单晶衍射、X 射线光电子能谱)、热分析(热重、差示扫描)等内容。实验讲义经过认真整理、修改,准备正式出版。本书可作为化学化工类、材料类、环境工程类、生物工程类等专业人才培养的教材,也可供相关科研工作者参考。

本书的编者分别是纪明中(第 1、26 章)、吕梅芳(第 2 章)、肖乐勤(第 3 章)、宋东明(第 4 章)、赫五卷(第 5、8 章)、林娟(第 6 章)、杲明菊(第 7 章)、朱春林(第 9、24 章)、胡炳成(第 10、12 章)、王正萍(第 11 章)、唐婉莹(第 13、14 章)、江晓红(第 15 章)、李燕(第 16 章)、郝青丽(第 17 章)、杨绪杰(第 18 章)、武晓东(第 19 章)、陆路德(第 20 章)、白华萍(第 21 章)、卑风利(第 22 章)、韩巧凤(第 23 章)、刘孝恒(第 25 章)、王淑琴(第 27、28 章)。

编 者

2014 年 10 月于南京

目 录

序

前言

第 1 章 现代仪器分析测试技术理论基础	1
1.1 分析化学的内涵及发展	1
1.2 现代分析仪器简介	2
1.2.1 仪器分析的基本概念	2
1.2.2 仪器分析的基本特点	2
1.2.3 分析方法的分类	3
1.3 仪器分析的基本原理与仪器组成	3
1.4 仪器分析发展趋势	4
参考书目	5
第 2 章 有机元素分析	6
2.1 基本原理	6
2.2 元素分析仪的基本构成及其工作原理	7
2.3 实验技术	9
2.3.1 实验方法	9
2.3.2 实验条件的选择及选择依据	11
2.3.3 实验影响因素及其排除方法	14
2.3.4 对被测样品的一般要求	15
2.3.5 样品制备方法的一般要求	15
2.4 实验 有机元素分析	15
参考文献	18
第 3 章 原子吸收光谱分析	20
3.1 原子吸收光谱分析基本原理	20
3.1.1 原子吸收光谱的产生	21
3.1.2 原子吸收谱线轮廓及变宽	22
3.1.3 原子吸收光谱分析的特点	23
3.2 原子吸收光谱仪结构	23
3.3 原子吸收分析方法	24
3.3.1 火焰原子化法	25

3.3.2	石墨炉原子化法	30
3.3.3	氢化物发生法	35
3.3.4	样品的制备方法	39
3.3.5	分析数据处理	41
3.4	实验	42
实验一	火焰原子吸收光谱法测定水中铅	42
实验二	石墨炉原子吸收光谱法测定土壤中铬	43
	参考书目	45
第4章	原子发射光谱法——电感耦合等离子体发射光谱法	46
4.1	原子发射光谱基本原理	47
4.1.1	原子发射光谱概述	47
4.1.2	原子的结构和辐射跃迁	47
4.1.3	原子激发	48
4.1.4	谱线的分裂和变宽	48
4.1.5	原子光谱分析的基本原理	50
4.2	原子发射光谱仪基本构造	51
4.2.1	激发光源	52
4.2.2	光谱仪	57
4.2.3	谱线检测仪器	58
4.3	电感耦合等离子体发射光谱仪	58
4.3.1	激发光源	59
4.3.2	分光系统	64
4.3.3	检测器	66
4.4	ICP-AES 中样品的分解、制备	67
4.4.1	样品引入 ICP 光源的常见方法	67
4.4.2	样品引入常用方法	68
4.4.3	固体样品转化为溶液的原则	68
4.4.4	样品的采集和制备	69
4.4.5	预处理方法	69
4.5	ICP-AES 实验技术	70
4.5.1	实验方法的选择	70
4.5.2	仪器工作条件的选择及选择依据	71
4.5.3	ICP-AES 法的干扰	71
4.6	实验	73
实验一	ICP-AES 法测定废水中镉、铬含量	73

实验二 电子信息产品中铅、镉的测试方法	74
参考文献	77
参考书目	77
第5章 色谱分析方法概述	78
5.1 色谱法的发展简史	78
5.2 色谱法的分类和特点	80
5.2.1 色谱法的分类	80
5.2.2 色谱法的特点	82
5.3 色谱法的比较	83
5.3.1 适用的样品	84
5.3.2 分析速度	84
5.3.3 灵敏度	84
5.4 色谱法的选择和应用	85
5.4.1 样品的前处理和衍生化	85
5.4.2 根据样品状态选择色谱方法	86
5.4.3 根据分析目的选择色谱法	86
5.5 色谱法的发展趋势	87
5.5.1 新型固定相和检测器的研究	87
5.5.2 色谱新技术的研究	88
参考书目	89
第6章 气相色谱分析	90
6.1 气相色谱分析基本理论	90
6.1.1 气相色谱分析过程	90
6.1.2 基本术语和参数	91
6.1.3 气相色谱理论	94
6.1.4 分离度与拖尾因子	99
6.2 气相色谱的分类及特点	102
6.2.1 分类	102
6.2.2 特点	103
6.3 气相色谱仪	103
6.3.1 气路系统	104
6.3.2 进样系统	105
6.3.3 分离系统	106
6.3.4 检测系统	107
6.4 实验技术	110

6.4.1	色谱柱分离条件的选择	110
6.4.2	色谱柱操作条件的选择	112
6.5	实验结果分析	113
6.5.1	定性分析	113
6.5.2	定量分析	117
6.6	气相色谱法的应用	121
6.7	实验	121
	实验一 用气相色谱仪测定环乙烷和乙酸乙酯	121
	实验二 利用程序升温气相色谱检测烷烃类混合物	138
	参考书目	140
第7章	高效液相色谱分析	141
7.1	高效液相色谱法特点	141
7.2	高效液相色谱法基本原理	141
7.2.1	固定相和流动相	141
7.2.2	常用术语和参数	143
7.2.3	原理介绍	143
7.3	高效液相色谱法类型	145
7.3.1	液-固吸附色谱法	146
7.3.2	液-液分配色谱法	146
7.3.3	化学键合相色谱法	147
7.3.4	离子交换色谱法	147
7.3.5	凝胶色谱法	148
7.4	高效液相色谱仪	149
7.4.1	高压输液泵	149
7.4.2	梯度洗脱装置	150
7.4.3	进样装置	150
7.4.4	色谱柱	150
7.4.5	检测器	151
7.4.6	微机处理机	153
7.4.7	两种高效液相色谱仪器简介	153
7.5	实验技术	156
7.5.1	分离方式的选择	156
7.5.2	流动相选择与处理	156
7.5.3	流动相洗脱方式	157
7.5.4	衍生化技术	157

7.6 实验结果分析	157
7.6.1 定性分析	158
7.6.2 定量分析	160
7.7 高效液相色谱的应用	164
7.7.1 在生物化学和生物工程中的应用	164
7.7.2 在医药研究中的应用	165
7.7.3 在食品分析中的应用	165
7.7.4 在环境污染分析中的应用	165
7.7.5 在精细化工分析中的应用	165
7.8 实验	166
实验一 高效液相色谱法分离测定邻硝基苯酚、间硝基苯酚和对硝基苯酚	166
实验二 用反相液相色谱法分离芳香烃	176
参考书目	180
第8章 离子色谱分析	181
8.1 离子色谱法的发展	181
8.2 离子色谱法的优点	182
8.3 离子色谱法原理	183
8.3.1 离子交换色谱	183
8.3.2 离子排斥色谱	185
8.3.3 离子对色谱	186
8.3.4 其他分离方式的离子色谱	186
8.4 离子色谱仪	187
8.4.1 流动相输送系统	188
8.4.2 进样器	188
8.4.3 色谱柱	188
8.4.4 柱温箱	189
8.4.5 抑制器	189
8.4.6 检测器	191
8.4.7 数据处理系统与自动控制单元	193
8.5 样品的制备	193
8.5.1 膜处理法	193
8.5.2 化学反应基体消除法	194
8.5.3 固相萃取法	194
8.5.4 分解处理法	195
8.6 定性与定量分析	195

8.7	离子色谱法的应用	195
8.8	实验 用离子色谱法测定分析常见阴离子	196
	参考书目	212
第9章	凝胶色谱分析	213
9.1	基本原理	214
9.1.1	凝胶渗透色谱分离原理	214
9.1.2	色谱柱参数及其测定方法	215
9.1.3	凝胶渗透色谱法校正原理	216
9.1.4	普适校正原理	216
9.1.5	光散射理论	217
9.2	基本构成及工作原理	218
9.3	实验技术	221
9.3.1	溶剂	221
9.3.2	激光光散射与凝胶色谱仪联用	227
9.3.3	实验要求及注意事项	229
9.4	应用	230
9.4.1	高分子聚合物特性	230
9.4.2	蛋白质及其聚合体	231
9.4.3	分枝	232
9.4.4	动力学/反应速率	232
9.4.5	低分子质量的测定	233
9.5	实验	234
	实验一 玉米淀粉分子质量及其构象的测定	234
	实验二 聚乳酸相对分子质量及其相对分子质量分布	235
	参考文献	236
	参考书目	237
第10章	有机质谱分析	238
10.1	简介	238
10.2	有机质谱仪	238
10.2.1	进样系统	239
10.2.2	电离方式和离子源	239
10.2.3	质量分析器	245
10.2.4	离子检测器和记录器	252
10.2.5	质谱仪的主要性能指标	252
10.2.6	质谱数据的表示	253

10.3 串联质谱及联用技术	254
10.3.1 串联质谱	254
10.3.2 联用技术	255
10.3.3 质谱法测定分子结构原理	256
10.3.4 几类有机化合物的质谱	273
10.4 质谱在有机及生物大分子中的应用	284
10.4.1 相对分子质量的测定	284
10.4.2 分子式的确定	285
10.4.3 结构鉴定	286
10.4.4 质谱联用技术分析	287
10.4.5 质谱在定量分析中的应用	288
10.4.6 质谱在生物大分子中的应用	289
参考书目	296
第 11 章 气相色谱-质谱联用技术	297
11.1 基本原理	297
11.2 仪器基本构成及其工作原理	298
11.2.1 气相色谱仪简介	298
11.2.2 质谱仪简介	300
11.3 技术指标	307
11.3.1 工作条件	307
11.3.2 性能指标	308
11.4 实验技术	310
11.4.1 实验方法的选择	310
11.4.2 实验条件的选择	310
11.5 实验结果解析	312
11.6 应用	313
11.7 实验	317
实验一 气质联用法定性分析有机化合物	317
实验二 顶空固相微萃取-气质联用法分析水样中的土味素和霉味素	321
参考书目	325
第 12 章 液相色谱-质谱联用技术	326
12.1 概述	326
12.2 液相色谱-质谱仪器系统	327
12.2.1 液相色谱-质谱联用仪组成	327
12.2.2 液相色谱-质谱联用技术特点	329

12.2.3	液相色谱-质谱联用技术的接口	329
12.3	液相色谱-质谱联用技术	336
12.3.1	液相色谱-质谱联用的方法原理	336
12.3.2	液相色谱-离子阱质谱联用技术	337
12.3.3	液相色谱-飞行时间质谱联用技术	341
12.3.4	电喷雾电离接口与质谱联机	347
12.3.5	大气压化学电离接口与质谱联机	353
12.3.6	液相色谱-三级四极杆质谱-质谱联用技术	356
12.4	LC-MS 分析条件的选择和优化	360
12.4.1	影响质谱出峰及分析物检测灵敏度的因素	360
12.4.2	接口的选择	360
12.4.3	正、负离子模式的选择	361
12.4.4	流动相和流量的选择	361
12.4.5	辅助气体流量和温度的选择	362
12.4.6	系统背景的消除	362
12.4.7	柱后补偿技术	363
12.5	LC-MS 的应用及相关技术	364
12.5.1	定性分析	364
12.5.2	定量分析	368
12.5.3	样品的预处理	370
12.6	实验 液相色谱-质谱联用分析乙酰左卡尼汀粗品中的杂质	371
	参考书目	377

第 1 章 现代仪器分析测试技术理论基础

仪器分析是分析化学学科的一个重要分支,在化学、化工、材料、环境、生物、制药等行业显示出越来越重要的作用。20 世纪初仪器分析出现,之后它不断丰富分析化学的内涵,使分析化学的内容、分析能力、测试范围等发生了一系列重大的变化。现代分析仪器的更新换代、仪器分析的新方法、新技术的不断创新与应用,引起分析化学内容和发展方向的根本性变化,使其面临更加深刻而广泛的变革。

1.1 分析化学的内涵及发展

分析化学是研究物质的组成、含量、结构和形态等化学信息的分析方法及理论的一门科学。其主要任务是鉴定物质的化学组成、测定物质有关组分的含量、确定物质的结构(化学结构、晶体结构、空间分布)和存在形态(价态、配位态、结晶态)及其与物质性质之间的关系等。具体而言,分为以下几部分:

- 1) 定性分析——分析确定物质的化学组成;
- 2) 定量分析——测量试样中各组分的相对含量;
- 3) 结构与形态分析——分析表征物质的化学结构、形态、能态等;
- 4) 动态分析——表征组成、含量、结构、形态、能态的动力学特征。

分析化学的发展经历了三个重要阶段:①20 世纪以前,分析化学基本是许多定性和定量分析检测方法的技术总汇。20 世纪初期,化学平衡(弱酸弱碱的离解平衡、沉淀溶解平衡、配合物的生成与离解平衡以及氧化还原平衡)理论的建立,使分析检测技术成为分析化学学科,这是分析化学发展史上的第一个里程碑,称为经典分析化学。此后,各种经典方法不断得到改善和补充,可对元素与组成进行常量分析。②生产与科研发展的需要,对分析化学提出了更高的要求,如对样品中的微量与痕量组分的测定,对分析的准确度、精确度、分析速度、分析方法的灵敏度的要求不断提高。20 世纪中期,依据物质化学反应和物理特性,逐步创立与发展了新分析方法,这些方法采用了电子学、光学、电化学等仪器设备,因此称为仪器分析。分析方法有分光光度法、电化学分析法、色谱分析法。这是分析化学的第二个里程碑。③20 世纪 70 年代以后,分析化学已不限于测定样品的组成与含量,而是以提高分析准确度、检测下限为发展重点。并且打破了化学学科的界限,利用化学、数学、物理、生物等学科所有可以利用的理论、方法、技术,对待测样品的元素组成、化学成分、结构、形态、分布等性质进行全面分析。由于这些非化学方法的建立,人们

认为分析化学不再是化学的一个分支,而是形成了一门新的学科——分析科学。这是分析化学史上的第三个里程碑。现在各种新仪器、新技术、新方法不断出现,仪器的功能更加强大,自动化程度更高,使用也更加方便。

1.2 现代分析仪器简介

1.2.1 仪器分析的基本概念

仪器分析(instrumental analysis)与化学分析(chemical analysis)是分析化学(analytical chemistry)的两种分析方法。仪器分析就是利用能直接或间接地表征物质的各种特性(如物理性质、化学性质、生理性质等)的实验现象,通过探头或传感器、放大器、信号读出装置等转变成人可直接感受的、已认识的关于物质成分、含量、分布或结构等信息的分析方法。也就是说,仪器分析是利用各种学科的基本原理,采用电学、光学、精密仪器制造、真空、计算机等先进技术探知物质化学特性的分析方法。因此仪器分析是体现学科交叉、科学与技术高度结合的一个综合性极强的科技分支。这类方法通常是测量光、电、磁、声、热等物理量而得到分析结果,而测量这些物理量,一般要使用比较复杂或特殊的仪器设备,所以称为“仪器分析”。

仪器分析方法包括的分析方法很多,目前有数十种。每一种分析方法依据的原理不同,测量的物理量不同,操作过程及应用情况也不同。仪器分析大致可以分为光谱分析、色谱分析、电化学分析、磁共振波谱分析、质谱分析、能谱分析、X射线分析、电子显微镜分析(简称电镜分析)、热分析等。

1.2.2 仪器分析的基本特点

仪器分析与化学分析既有共同之处,也有其自身的特殊性。

1) 灵敏度高:仪器分析的分析对象一般是半微量(0.01~0.1g)、微量(0.1~10mg)、超微量(<0.1mg)组分的分析,灵敏度高;而化学分析一般是半微量(0.01~0.1g)、常量(>0.1g)组分的分析,准确度高。大多数仪器分析法适用于微量、痕量分析。例如,原子吸收分光光度法测定某些元素的绝对灵敏度可达 10^{-14} g,电子光谱甚至可达 10^{-18} g。

2) 样品用量少:化学分析法需用试样在 10^{-4} ~ 10^{-1} g;仪器分析试样常在 10^{-8} ~ 10^{-2} g。

3) 仪器分析在低浓度下的分析准确度较高:含量在 10^{-7} ~ 10^{-11} 范围内的杂质测定,相对误差低达1%~10%。

4) 方便、快速:例如,发射光谱分析法在1min内可同时测定水中48种元素。

5) 可进行无损分析:有时可在不破坏试样的情况下进行测定,适于考古、文物等特殊领域的分析。有的方法还能进行表面或微区分析,试样可回收。

6) 能进行多信息或特殊功能的分析:有时可同时做定性、定量分析,有时可同时测定材料的组分比和原子的价态。

7) 专一性强:例如,用单晶 X 射线衍射仪可专测晶体结构;用离子选择性电极可测指定离子的浓度等。

8) 便于遥测、遥控、自动化:可做即时、在线分析控制生产过程、环境自动监测与控制。

9) 操作较简便:省去了繁多的化学操作过程。随自动化、程序化程度的提高操作将更趋于简化。

10) 仪器设备较复杂,价格较昂贵。

1.2.3 分析方法的分类

按照检测原理的不同大致可分为色谱法、光谱法、电化学法、质谱法、能谱、微观形貌显微技术、热分析等(表 1-1)。

表 1-1 仪器分析分类

方法类型	测量参数或相关性质	相应的分析方法
色谱法	两相间的分配	气相色谱、液相色谱、凝胶色谱、离子色谱、毛细管电泳色谱等
光谱法	辐射的发射	原子发射光谱、X 射线荧光、拉曼光谱等
	辐射的吸收	原子吸收光谱、红外光谱、可见-紫外光谱、核磁等
	辐射的衍射	X 射线粉末衍射、X 射线单晶衍射
电化学法	电位、电流、电阻、电量等	电导分析、电位分析、电流滴定、库仑分析、极谱分析法等
质谱法	离子的质量电荷比	无机质谱、有机质谱
能谱	能量	光电子能谱、俄歇电子能谱等
微观形貌显微技术	微观形貌	扫描电镜、透射电镜、原子力显微镜等
热分析	热性质	热重、差热、差示扫描量热仪等

1.3 仪器分析的基本原理与仪器组成

仪器分析进行分析测试工作时,需要使用各种各样的分析仪器。不管是何种类型的分析仪器,它一般都是由信号发生器、信号检测器、信号处理器和信号读出装置四个基本部分组成。

1) 信号发生器使得样品产生信号,信号源可以是样品本身,如气相色谱仪、液相色谱仪测试时所使用的样品;也可以是样品和辅助装置,如核磁共振仪测试时的样品和射频发生器产生的微波辐射,透射电镜测试时的样品和电子束等。