



全国高职高专化学课程
“十一五”规划教材



工作过程导向

仪器分析技术

YIQI FENXI
JISHU

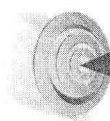
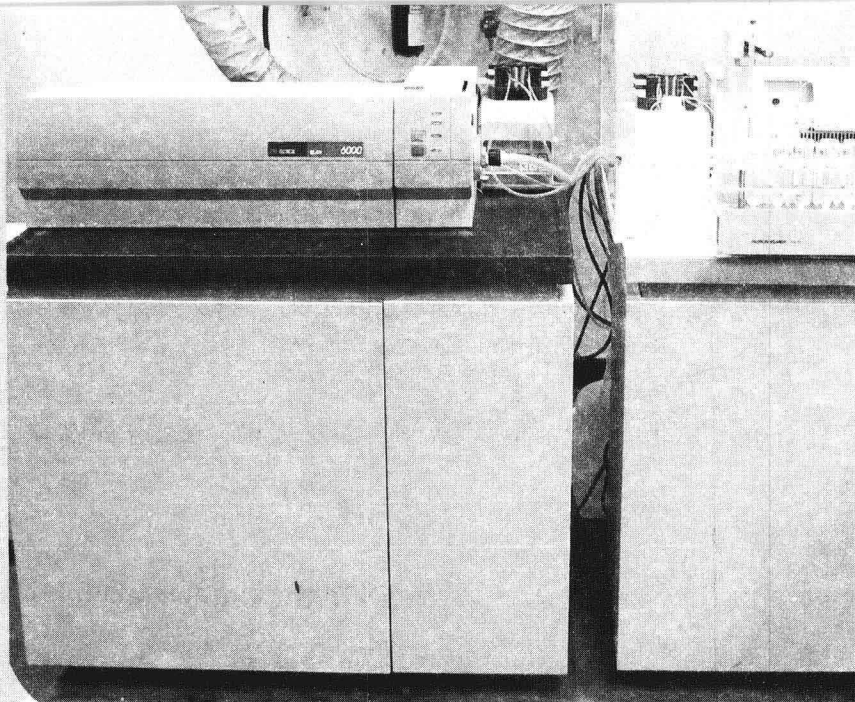
◎ 任晓棠 温红珊 主编



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



全国高职高专化学课程
“十一五”规划教材



工作过程导向

仪器分析技术

- | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| ◎ 主 编 | 任晓棠 | 温红珊 | | |
| ◎ 副主编 | 仇文卿 | 李 辉 | 鄒春阳 | 方秀苇 |
| ◎ 参 编 | 徐康宁 | 苏佳东 | 王绍领 | 聂振江 |
| | 周 霞 | | | |



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

仪器分析技术/任晓棠 温红珊 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2010年1月
ISBN 978-7-5609-5935-1

I. 仪… II. ①任… ②温… III. 仪器分析-高等学校:技术学校-教材 IV. O657

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 241161 号

仪器分析技术

任晓棠 温红珊 主编

策划编辑:王新华

责任编辑:程 芳

责任校对:朱 霞

封面设计:刘 卉

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:仙桃市新华印务有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:20.25

字数:450 000

版次:2010年1月第1版

印次:2010年1月第1次印刷

定价:32.00元

ISBN 978-7-5609-5935-1/O·525

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

仪器分析技术是高职高专“十一五”规划教材之一。教材内容体现“工学结合”的办学思想,根据高等职业技术教育的教学要求和课程标准,集理论教学与实训为一体,结合食品、生物、化工、医药等行业对仪器分析技术的实际需要,在总结多年教学教改经验、吸收目前高职教学内容体系改革与建设成果的基础上编写完成的。本教材共分三大部分十一个模块,内容包括原子发射光谱法、原子吸收光谱法、紫外-可见分光光度法、红外吸收光谱法、分子发光法、电位分析法、极谱分析法、电解和库仑分析法、气相色谱法、高效液相色谱法、核磁共振及质谱分析方法简介等。以模块方式系统地讲述了这些常用仪器分析方法的基本概念,方法原理,仪器的构造、使用方法和实验技术,每种方法均安排有多个典型实用的实训项目。

本书可作为高等职业技术教育工科各相关专业仪器分析课程的教材,也可作为相关行业分析与检测工作人员的参考书。

全国高职高专化学课程“十一五”规划教材编委会

主任

- 刘 丛** 邢台职业技术学院院长,教育部高职高专材料类教指委副主任委员
王纪安 承德石油高等专科学校党委书记,教育部高职高专材料类教指委委员,工程材料与成形工艺基础分委员会主任
吴国玺 辽宁科技学院副院长,教育部高职高专材料类教指委委员

副主任

- 逯国珍** 山东大王职业学院,副院长
孙晋东 山东化工技师学院,副院长
郑桂富 蚌埠学院,教育部高职高专食品类教指委委员
刘向东 内蒙古工业大学,教育部高职高专材料类教指委委员
苑忠国 吉林电子信息职业技术学院,教育部高职高专材料类教指委委员
陈 文 四川广播电视大学,教育部高职高专环保与气象类教指委委员
薛巧英 山西工程职业技术学院,教育部高职高专环保与气象类教指委委员
张宝军 徐州建筑职业技术学院,教育部高职高专环保与气象类教指委委员
张 歧 海南大学,教育部高职高专轻化类教指委委员
雷明智 湖南科技职业学院,教育部高职高专轻化类教指委委员,轻化类教指委皮革分委员会副主任
廖湘萍 湖北轻工职业技术学院,教育部高职高专生物技术类教指委委员
王德芝 信阳农业高等专科学校,教育部高职高专生物技术类教指委委员
翁鸿珍 包头轻工职业技术学院,教育部高职高专生物技术类教指委委员
丁安伟 南京中医药大学,教育部高职高专药品类教指委委员
徐建功 国家食品药品监督管理局培训中心,教育部高职高专药品类教指委委员
徐世义 沈阳药科大学,教育部高职高专药品类教指委委员
张俊松 深圳职业技术学院,教育部高职高专药品类教指委委员
张 滨 长沙环境保护职业技术学院,教育部高职高专食品类教指委食品检测分委员会委员
顾宗珠 广东轻工职业技术学院,教育部高职高专食品类教指委食品加工分委员会委员
蔡 健 苏州农业职业技术学院,教育部高职高专食品类教指委食品加工分委员会委员
丁文才 荆州职业技术学院,教育部高职高专轻化类教指委染整分委员会委员

编委 (按姓氏拼音排序)

白月辉	内蒙古通辽医学院	宋建国	牡丹江大学
曹智启	广东岭南职业技术学院	沈发治	扬州工业职业技术学院
陈斌	湖南中医药高等专科学校	孙彩兰	抚顺职业技术学院
崔宝秋	锦州师范高等专科学校	孙秋香	湖北第二师范学院
陈一飞	嘉兴职业技术学院	孙琪娟	陕西纺织服装职业技术学院
杜萍	黑龙江农垦农业职业技术学院	孙玉泉	潍坊教育学院
丁芳林	湖南生物机电职业技术学院	唐利平	四川化工职业技术学院
丁树谦	营口职业技术学院	唐福兴	三明职业技术学院
傅佃亮	山东铝业职业学院	王小平	江西中医药高等专科学校
高晓松	包头轻工职业技术学院	王和才	苏州农业职业技术学院
高爽	辽宁经济职业技术学院	王方坤	德州科技职业学院
高晓灵	江西陶瓷工艺美术职业技术学院	王晓英	吉林工商学院
巩健	淄博职业学院	王宫南	开封大学
姜建辉	四川中医药高等专科学校	王华丽	山东药品食品职业学院
金贵峻	甘肃林业职业技术学院	王亮	温州科技职业学院
姜莉莉	黄冈职业技术学院	许晖	蚌埠学院
刘旭峰	广东纺织职业技术学院	徐康宁	河套大学
李训仕	揭阳职业技术学院	徐惠娟	辽宁科技学院
李少勇	山东大王职业学院	徐燊	濮阳职业技术学院
卢洪胜	武汉职业技术学院	薛金辉	山西吕梁高等专科学校
李治龙	新疆塔里木大学	熊俊君	江西应用技术职业学院
李炳诗	信阳职业技术学院	肖兰	天津开发区职业技术学院
龙德清	邵阳师范高等专科学校	杨玉红	河南鹤壁职业技术学院
刘兰泉	重庆三峡职业学院	尹显锋	内江职业技术学院
李新宇	北京吉利大学	杨波	石家庄职业技术学院
陆宁宁	常州纺织服装职业技术学院	俞慧玲	宜宾职业技术学院
李峰	信阳职业技术学院	杨靖宇	周口职业技术学院
李煜	黑龙江生物科技职业学院	张淑云	三明职业技术学院
李文典	漯河职业技术学院	周金彩	湖南永州职业技术学院
刘丹赤	日照职业技术学院	张绍军	三门峡职业技术学院
吕方军	山东中医药高等专科学校	张韧	徐州生物工程高等职业学校
刘庆文	天津渤海职业技术学院	周西臣	中国石油大学胜利学院
梁玉勇	铜仁职业技术学院	张荣	大庆职业学院
毛小明	安庆医药高等专科学校	朱明发	德州职业技术学院
倪洪波	荆州职业技术学院	张怀珠	甘肃农业职业技术学院
彭建兵	顺德职业技术学院	张晓继	辽宁中医药大学职业技术学院
覃显灿	沙市职业大学	赵斌	中山火炬职业技术学院
乔明晓	郑州职业技术学院	张虹	山西生物应用职业技术学院

前言

在科学技术快速发展的今天,仪器分析技术已在诸多领域发挥着越来越重要的作用。就高等学校而言,如何在化学、化工、轻工、医药、卫生、环保、生物等专业开好仪器分析这门课程就显得更加重要。高等职业技术教育旨在培养技术应用型人才,从实际出发,让学生掌握好仪器分析方法的基本原理和实验技术,为将来的工作打下坚实的基础。本教材是根据高等职业教育仪器分析课程的基本要求和课程标准,体现“工学结合”的办学思想,在总结多年的教改教学经验,吸收目前高职教学内容体系改革与建设成果的基础上编写完成的。仪器分析的突出特点是理论抽象而实践性又非常强,因此,在教材内容编写上本着理论知识以够用为度,实训项目以实用为主的原则,采用模块式编排方式,集中介绍各类仪器分析方法的基本概念,方法原理,仪器的构造、使用方法和实验技术,精选实例与习题,更易于学习和系统掌握。

本教材共三大部分十一个模块,重点介绍了仪器分析方法中最常用的原子发射光谱法、原子吸收光谱法、紫外-可见分光光度法、红外吸收光谱法、分子发光法、电位分析法、极谱分析法、电解和库仑分析法、气相色谱法、高效液相色谱法,并对核磁共振及质谱分析法及仪器联用技术等作了简要介绍。本教材涉及的仪器分析方法内容比较全面,可供使用者根据需要自行选择。

本教材由任晓棠(辽宁科技学院)、温红珊(吉林工商学院)主编。其中绪论、模块二、六由任晓棠编写,模块五、十由温红珊编写,模块九任务一、任务二由仇文卿(山东化工技师学院)编写,模块三、四任务一至任务五由李辉(湖南中医药高等专科学校)编写,模块七由邹春阳(辽宁中医药大学职业技术学院)编写,模块八、九任务六由方秀苇(河南质量工程职业学院)编写,模块一由苏传东(淄博职业学院)编写,模块九任务三、任务四、任务五由聂振江(黑龙江农垦农业职业技术学院)编写,模块四任务六由徐康宁(河套



大学)编写,模块十一任务一由方秀苇、周霞(中山火炬职业技术学院)共同编写,模块十一任务二由温红珊、方秀苇共同编写,王绍领(濮阳职业技术学院)参与模块八、九、十一的稿件审阅工作,全书由任晓棠、温红珊审阅、整理并定稿。本教材所引用的资料和图表的原著均列入参考文献,在此向原著作者致谢。

限于编者的水平,书中难免存在疏漏和错误,恳请读者批评指正。

编 者
2009 年 8 月

目录

绪论

/1

第一部分 光学分析方法

模块一 原子发射光谱法 /6

任务一 电磁辐射及其与物质的相互作用 /6

任务二 原子发射光谱的基本原理 /8

任务三 发射光谱分析仪器 /10

任务四 原子发射光谱法的应用 /14

习题 /17

实训 /18

实训一 原子发射光谱法——摄谱法 /18

实训二 发射光谱定性分析 /21

实训三 MPT 原子发射光谱法测定水中的钙、镁离子 /22

实训四 ICP 光谱法测定饮用水中总硅 /24

模块二 原子吸收光谱法 /26

任务一 概述 /26

任务二 原子吸收光谱法基本原理 /26

任务三 原子吸收分光光度计 /31

任务四 定量分析方法 /36

任务五 原子吸收光谱法的干扰及其消除方法 /38

任务六 原子吸收光谱法的实验技术 /40

任务七 原子荧光光谱法 /43

习题 /46

实训 /47

实训一 火焰原子吸收光谱法测定水中的钙 /47



实训二	化妆品中铅的含量测定	/48
实训三	豆乳粉中铁、铜、钙的测定	/51
实训四	原子吸收氢化法测定食品中的砷	/52
实训五	石墨炉原子吸收光谱法测定痕量镉	/54
模块三	紫外-可见分光光度法	/56
任务一	紫外-可见分光光度法的基本原理	/56
任务二	紫外-可见分光光度计	/60
任务三	定性与定量方法	/63
任务四	分析条件的选择	/67
任务五	紫外光谱分析	/72
习题		/78
实训		/78
实训一	邻二氮菲比色法测定水样中铁的含量	/78
实训二	紫外-可见分光光度法测定废水中微量苯酚	/81
实训三	紫外-可见分光光度法测定饮料中的防腐剂	/82
实训四	发酵食品中还原糖和总糖的测定	/84
实训五	维生素 B ₁₂ 注射液的含量测定	/87
实训六	甲硝唑片的含量测定	/88
实训七	混合液中 Co ²⁺ 和 Cr ³⁺ 双组分的光度法测定	/89
模块四	红外吸收光谱法	/92
任务一	概述	/92
任务二	基本原理	/93
任务三	红外光谱图	/97
任务四	红外光谱仪及制样技术	/103
任务五	红外光谱法的应用	/107
习题		/109
实训		/110
实训一	有机化合物的结构分析	/110
实训二	苯甲酸钠的红外吸收光谱测定	/112
实训三	正丁醇-环己烷溶液中正丁醇含量的测定	/113
模块五	分子发光法	/115
任务一	分子发光法概述	/115
任务二	荧光法和磷光法的基本原理	/116
任务三	荧光和磷光光谱仪	/123

任务四 化学发光分析法	/125
任务五 分子发光法的应用	/126
习题	/128
实训	/128
实训一 奎宁的荧光特性和含量测定	/128
实训二 荧光法测定维生素 B ₂ 的含量	/130
实训三 荧光法测定乙酰水杨酸和水杨酸	/132
实训四 荧光法测定铝(以 8-羟基喹啉为配合剂)	/134
实训五 肉制品中苯并[a]芘的测定	/135
实训六 荧光法测定硫酸奎尼丁	/138

第二部分 电分析化学方法

模块六 电位分析法	/142
任务一 电分析化学法概述	/142
任务二 电位分析法原理	/146
任务三 离子选择性电极	/146
任务四 常用的离子选择性电极及其响应机理	/149
任务五 直接电位法的定量方法	/156
任务六 电位滴定法	/160
习题	/164
实训	/165
实训一 酸度计的使用及工业废水 pH 值的测定	/165
实训二 离子选择性电极法测定天然水中 F ⁻ —— 标准曲线法	/167
实训三 氨离子选择性电极的使用及水中氨氮的测定	/170
实训四 电位滴定法测定水中氯离子含量	/171
实训五 电位滴定法测定磷酸的含量	/173
模块七 极谱分析法	/175
任务一 伏安分析法概述	/175
任务二 极谱分析的基本原理	/176
任务三 极谱定量分析基础	/181
任务四 单扫描极谱法	/183
习题	/185



实训	/186
实训一 单扫描示波极谱法测定样品中的铅	/186
实训二 单扫描示波极谱法测定痕量铬	/188
实训三 极谱法检测食品中的总硒	/189
模块八 电解和库仑分析法	/191
任务一 电解分析法	/191
任务二 库仑分析法	/198
习题	/204
实训	/205
实训一 恒电流电解法测定精铜中铜的含量	/205
实训二 库仑滴定法测定砷的含量	/207
实训三 库仑滴定法测定硫代硫酸钠的浓度	/209

第三部分 色谱分析方法

模块九 气相色谱法	/212
任务一 色谱法概述	/212
任务二 气相色谱仪	/222
任务三 气相色谱的固定相及其选择原则	/227
任务四 毛细管柱气相色谱法	/230
任务五 气相色谱法的特点及应用	/232
习题	/234
实训	/235
实训一 气相色谱法分析苯系物	/235
实训二 食品中苯甲酸的测定	/238
实训三 植物油中残留溶剂的测定	/239
实训四 气相色谱法分析正己烷中环己烷的含量	/241
实训五 气相色谱法测定白酒中甲醇及其他组分的含量	/242
实训六 气相色谱法测定混合醇	/243
模块十 高效液相色谱法	/246
任务一 高效液相色谱法概述	/246
任务二 高效液相色谱法的主要类型及其分离原理	/249
任务三 高效液相色谱法的固定相和流动相	/252
任务四 高效液相色谱仪	/257

任务五 高效液相色谱法的应用	/264
习题	/265
实训	/266
实训一 混合维生素 E 的正相高效液相色谱分析条件的选择	/266
实训二 果汁中有机酸的分析	/268
实训三 食品中苏丹红染料的测定	/270
实训四 高效液相色谱法分析食品中的苯甲酸和山梨酸	/272
实训五 高效液相色谱法测定饮料中咖啡因的含量	/274
实训六 高效液相色谱法测定畜禽肉中土霉素、四环素、金霉素残留量	/276
实训七 高效液相色谱法对复方阿司匹林片剂的定性分析	/277
实训八 中药川芎提取液的分离与川芎嗪的定量分析	/279
模块十一 核磁共振及质谱分析方法简介	/281
任务一 核磁共振波谱法	/281
任务二 质谱法	/291
习题	/306
参考文献	/307

绪 论

仪器分析是借助于仪器来测量物质的某些物理或物理化学性质,以确定物质的化学组成、含量及结构的一门科学,它是现代分析化学的一个重要分支。从广义上讲,分析仪器的作用是把通常不能被人直接检测和理解的信号转变成可以检测和理解的形式,是联系分析工作者和分析体系的桥梁。随着现代仪器分析方法的快速发展和不断完善,仪器分析技术已在诸多领域发挥着越来越重要的作用,仪器分析方法的基本原理和实验技术已成为分析工作者必须具备的基础知识和基本技能。

一、仪器分析的分类

仪器分析是一门多学科相互渗透的综合性应用科学,分类的方法很多,物质的几乎所有的物理性质都可以用于仪器分析。表 0-1 列举了一些可用于分析目的的物理性质及相应的仪器分析方法,其中较为普及的主要有光学分析法、电化学分析法、色谱分析法。

表 0-1 物质的物理性质及相应的仪器分析方法

方法的分类	物理性质	仪器分析方法
光学分析法	辐射的发射	原子发射光谱法、原子荧光光谱法、X 荧光光谱法、分子荧光光谱法、分子磷光光谱法、化学发光法、电子能谱
	辐射的吸收	原子吸收光谱法、紫外-可见分光光度法、红外光谱法、X 射线吸收光谱法、核磁共振波谱法、电子自旋共振波谱法
	辐射的散射	拉曼光谱法、比浊法、散射浊度法
	辐射的折射	折射法、干涉法
	辐射的衍射	X 射线衍射法、电子衍射法
	辐射的转动	旋光色散法、偏振法、圆二向色性法
电化学分析法	电位	电位法、计时电位法
	电荷	库仑法
	电流	安培法、极谱法
	电阻	电导法
色谱分析法	吸附作用	吸附色谱法
	溶解作用	分配色谱法
	离子交换作用	离子交换色谱法
	排阻作用	尺寸排阻色谱法



续表

方法的分类	物理性质	仪器分析方法
其他仪器分析方法	质-荷比 反应速率 热性质 放射活性	质谱法 动力学法 差热分析法、差热扫描量热法、热重量法、测温滴定法 同位素稀释法

1. 光学分析法

光学分析法分为非光谱法和光谱法两类。非光谱法不涉及物质内部能级的跃迁,是通过测量光与物质相互作用时其散射、折射、衍射、干涉和偏振等性质的变化而建立起来的一类分析方法。光谱法是物质与光互相作用时,物质内部发生了能级间的跃迁,通过测定其吸收或发射光谱的波长和强度而进行分析的一类方法,包括发射光谱法和吸收光谱法。

2. 电化学分析法

电化学分析法是利用溶液中待测组分的电化学性质进行测定的一类分析方法,主要有电位分析法、电解和库仑分析法、伏安分析法、电导分析法等。

3. 色谱分析法

利用样品中共存组分间吸附和解吸能力、溶解能力、亲和能力、渗透能力等方面的差异,进行分离、测定的一类仪器分析方法称为色谱分析法,主要包括气相色谱(GC)、高效液相色谱(HPLC)、超临界流体色谱(SFC)、薄层色谱(TLC)、纸色谱(PC)等分析方法。

二、仪器分析方法的特点

(1) 灵敏度高。与化学分析方法相比,仪器分析方法的灵敏度是很高的,其检出限一般都在 10^{-6} 、 10^{-9} 数量级,甚至可达 10^{-12} 或更高,如原子吸收光谱法的检出限可达 10^{-9} (火焰原子化)和 10^{-12} (石墨炉原子化),原子发射光谱法的检出限可达 10^{-9} ,气相色谱法的检出限可达 $10^{-12} \sim 10^{-8}$,极谱法的检出限可达 $10^{-11} \sim 10^{-8}$ 。可见,仪器分析方法特别适用于微量及痕量成分的分析,这对于超纯物质的分析、环境监测及生命科学研究具有重要意义。

(2) 易于实现自动化,操作简便而快速。在分析过程中,被测组分的浓度变化、物理或物理化学性质的变化通常能转变成某种电信号(如电位、电流等),易于与计算机连接,实现自动化。因此仪器分析具有简便、快速的特点,如光电直读光谱仪可在 1~2 min 内同时测出钢样中 20~30 种元素的含量。

(3) 选择性好,适应复杂物质的分析。很多仪器分析方法可以通过选择或调整测定的条件,不经分离而同时测定混合组分。

(4) 取样量少,可用于无损分析。仪器分析的取样量在微升、微克级,甚至更低,一些分析方法,如 X 射线荧光法、激光增强电离光谱法等,可在不损坏样品的情况下进行分析,这对考古,文物、珠宝、镀层等的分析及生命科学研究有重要意义。

(5) 相对误差较大。仪器分析方法的相对误差一般为 5%,通常不适合常量和高含量组分的分析。但其绝对误差很小,对于微量成分的分析,完全可满足要求。

(6) 仪器分析所用的仪器价格较高,有的很昂贵,工作条件要求较高。

三、仪器分析的发展现状及趋势

随着激光技术、微电子技术、智能化计算机技术、微波技术、膜技术、超临界流体技术、等离子体技术、流动注射技术、生物芯片及传感器技术、光导纤维传感技术、傅里叶变换和分子束等现代高新科学技术的飞速发展,仪器分析技术正在进行着前所未有的深刻变革:在理论上与其他学科相互渗透、相互交叉、有机融合;在分析技术上趋于各种技术扬长避短、相互联用、优化组合;在分析手段上更趋向灵敏、快速、准确、简便和自动化,新的分析技术和功能齐全的新型分析仪器不断涌现并日趋完善。目前,仪器分析正以令人瞩目的姿态,向着微观状态分析、痕量无损分析、活体动态分析、微区分子水平分析、远程遥测分析、多技术综合联用分析、现场自动化高速分析的方向发展。

(1) 从实验室分析正在走向现场分析。

可调谐二极管激光光源、无线远程控制、数据自动分析软件、仪器部件微型化等大量新技术不断被采用,所有这一切都使得在线/现场分析仪器的分析能力更强,操作更简便,对于操作人员的要求更低。目前出现了很多用于现场的在线分析仪器,传统的分析仪器正在进一步从实验室走向现场。如 Ahura 推出的手提式的拉曼光谱仪,功能强大,能够用于现场鉴别未知的液体和固体,它不仅可以满足军事方面的严格要求,而且还能用于民用方面的要求,完全是一个整装的具备强大功能,重量小,易于使用的仪器;Analytical Specialists 公司(ASI)的迷你型快速气相色谱——microFAST,大小就像一个鞋盒,它具有高灵敏度和高选择性,可在实验室或野外对碳氢化合物进行快速、低含量分析,其分析速度是其他气相色谱产品的 10 倍,并且能耗很低,具有传统气相色谱无法比拟的优势。

(2) 联用技术更加成熟,适用范围更加广泛。

多种现代分析技术的联用、优化组合,实现了优势互补,展现了仪器分析在各领域的巨大生命力。目前,已经出现了电感耦合高频等离子体-原子发射光谱(ICP-AES)、傅里叶变换-红外光谱(FT-IR)、等离子体-质谱(ICP-MS)、气相色谱-质谱(GC-MS)、液相色谱-质谱(LC-MS)、高效毛细管电泳-质谱(HPCE-MS)、气相色谱-傅里叶变换红外光谱-质谱(GC-FTIR-MS)、流动注射-高效毛细管电泳-化学发光(FI-HPCE-CL)等联用技术,尤其是现代计算机智能化技术与上述体系的有机融合,实现人机对话,使得仪器分析联用技术插上了腾飞的翅膀,在不同的领域发挥着越来越重要的作用。

(3) 仪器具有更高的精度、更快的检测速度、更小的体积。

分析仪器的联用技术向测试速度超高速化、分析试样超微量化、分析仪器超小型化的方向发展,这是一个不会逆转的重要趋势。如新的过程光二极管阵列分析仪(process diode array analyzer)与计算机等技术融合,可进行多组分气体或流动液体的在线分析,一秒钟内能提供 1 800 多种气体、液体或蒸气的测定结果,真正实现了高速分析,目前,已应用于试剂、药物、食品等生产过程中的分析,分析精密度、灵敏度、准确度亦有很大程度的提高;安捷伦公司的 HPLC 芯片,它采用的微流装置极大地提高了灵敏度,降低了对样品大小的要求;Microsaic Systems 公司的商品化芯片质谱仪器——离子芯片,可用于现场和实验室检测,整机重量只有 7.5 kg,占地面积只有一张 A4 纸大小;普度大学推出的手



提 MS 系统,仅有一个鞋盒大小,重约 10 kg,具有快速、准确的特点,可以用于航空安全和国家安全及环境监测等方面。

(4) 信息化。

随着分析仪器硬件和软件的平行发展,分析仪器将更为智能化、高效和多用途。基于微电子技术和计算机技术的应用,分析仪器实现了自动化,通过计算机控制器和数字模型进行数据采集、运算、统计、处理,提高了分析仪器数据处理能力,数字图像处理系统实现了分析仪器数字图像处理功能的发展。传统的光学、热学、电化学、色谱、波谱类分析技术都已从经典的化学精密机械电子学结构、实验室内人工操作应用模式,转化为光、机、电、算(计算机)一体化、自动化的结构,并正向更名副其实的智能系统(带有自诊断、自控、自调、自行判断决策等高智能功能)发展。