



高职高专“十一五”规划教材

★ 生物技术系列



现代仪器分析

李晓燕 张晓辉 主编

XIANDAI YIQI FENXI



化学工业出版社



高职高专“十一五”规划教材

★ 生物技术系列

现代仪器分析

李晓燕 张晓辉 主编

XIANDAI YIQI FENXI



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是高职高专“十一五”规划教材之一。教材以选择常规分析项目为中心,围绕分析测试任务学习分析方法的原理、仪器结构、使用维护方法、定性定量测定方法,内容深度以“必需”、“够用”为原则。教材内容共分两部分,第一部分为基础理论,重点介绍了常用的电位分析法、光谱分析法及色谱分析法等。第二部分为实训技术,共设计15个适用性强、操作简便、实验效果好的实验为实训项目,涉及食品、环境监测、生物等领域以及电位法、电导法、光谱法和色谱法等分析方法。实训项目与职业岗位群紧密挂钩,方法全部取之于最新国家标准,突出了职业技能特点。

本书可作为高职高专生物技术类、食品类及环境监测等专业的教材,也可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代仪器分析/李晓燕,张晓辉主编. —北京:化学工业出版社,2008.7

高职高专“十一五”规划教材. 生物技术系列
ISBN 978-7-122-03124-2

I. 现… II. ①李…②张… III. 仪器分析-高等学校:技术学院-教材 IV. 0657

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第090518号

责任编辑:李植峰 梁静丽 郎红旗
责任校对:蒋 宇

文字编辑:提 岩 李姿娇
装帧设计:张 辉

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:北京云浩印刷有限责任公司
装 订:三河市前程装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张15¼ 字数388千字 2008年8月北京第1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:28.00元

版权所有 违者必究

高职高专生物技术类“十一五”规划教材 建设委员会委员名单

主任委员 陈电容
副主任委员 王德芝
委 员 (按姓名笔画排列)

王云龙	王方林	王幸斌	王德芝	李崇高	李敏骞	吴高岭
员冬梅	辛秀兰	宋正富	张 胜	张 海	张文雯	张温典
张德新	陆 旋	陈 红	陈电容	陈忠辉	陈登文	周庆椿
郑 瑛	郑 强	赵凤英	赵书芳	胡红杰	姜金华	钱志强
黄根隆	崔士民	程云燕				

高职高专生物技术类“十一五”规划教材 编审委员会委员名单

主任委员 章静波
副主任委员 辛秀兰 刘振祥
委 员 (按姓名笔画排列)

王利明	王幸斌	王晓杰	卞 勇	叶水英	包雪英	兰 蓉
朱学文	任平国	刘振祥	关 力	江建军	孙德友	李 燕
李双石	李玉林	李永峰	李晓燕	李晨阳	杨贤强	杨国伟
杨洪元	杨福林	邱玉华	余少军	辛秀兰	宋京城	张文雯
张守润	张星海	张晓辉	张跃林	张温典	张德炎	陈 玮
陈可夫	陈红梅	罗合春	金小花	金学平	周双林	周济铭
赵俊杰	胡斌杰	贺立虎	夏 红	夏未铭	党占平	徐安书
徐启红	郭晓昭	陶令霞	黄贝贝	章玉平	章静波	董秀芹
程春杰	谢梅英	廖 威	廖旭辉			

高职高专生物技术类“十一五”规划教材

建设单位名单

(按汉语拼音排列)

安徽第一轻工业学校
安徽万博科技职业学院
安徽芜湖职业技术学院
安徽医学高等专科学校
北京城市学院
北京电子科技职业学院
北京吉利大学
北京协和医学院
北京医药器械学校
重庆工贸职业技术学院
重庆三峡职业学院
甘肃农业职业技术学院
广东科贸职业学院
广西职业技术学院
广州城市职业学院
贵州轻工职业技术学院
河北承德民族师范专科学校
河北承德职业技术学院
河北旅游职业学院
河南安阳工学院
河南工业大学
河南科技学院
河南漯河职业技术学院
河南濮阳职业技术学院
河南三门峡职业技术学院
河南信阳农业高等专科学校
黑龙江农业职业技术学院
呼和浩特职业学院
湖北大学知行学院
湖北恩施职业技术学院
湖北黄冈职业技术学院

湖北荆门职业技术学院
湖北荆州职业技术学院
湖北三峡职业技术学院
湖北生态工程职业技术学院
湖北十堰职业技术学院
湖北咸宁职业技术学院
湖北中医学院
湖南省药品检验所
湖南永州职业技术学院
华中农业大学
江苏常州工程职业技术学院
江西景德镇高等专科学校
江西应用技术职业学院
开封大学
山东滨州职业技术学院
山东东营职业学院
山东福瑞达医药集团公司
陕西杨凌职业技术学院
上海工程技术大学
四川工商职业技术学院
苏州农业职业技术学院
武汉软件工程职业学院
武汉马应龙药业有限公司
武汉生物工程学院
浙江大学
浙江金华职业技术学院
浙江经贸职业技术学院
浙江医药高等专科学校
郑州牧业工程高等专科学校
郑州职业技术学院
中国食品工业(集团)公司

《现代仪器分析》编写人员

- 主 编** 李晓燕 (北京电子科技职业学院)
张晓辉 (北京电子科技职业学院)
- 副 主 编** 徐 宗 (武汉软件工程职业学院)
麻文胜 (广西职业技术学院)
- 参编人员** (按姓名汉语拼音排列)
程春杰 (郑州职业技术学院)
董秀芹 (北京吉利大学)
李晓燕 (北京电子科技职业学院)
刘亚红 (北京电子科技职业学院)
罗合春 (重庆工贸职业技术学院)
麻文胜 (广西职业技术学院)
陶令霞 (河南濮阳职业技术学院)
王幸斌 (江西景德镇高等专科学院)
徐 宗 (武汉软件工程职业学院)
张晓辉 (北京电子科技职业学院)

出版说明

“十五”期间，我国的高职高专教育经历了跨越式发展，高职高专教育的专业建设、改革和发展思路进一步明晰，教育研究和教学实践都取得了丰硕成果。但我们也清醒地认识到，高职高专教育的人才培养效果与市场需求之间还存在着一定的偏差，课程改革和教材建设的相对滞后是导致这一偏差的两大直接原因。虽然“十五”期间各级教育主管部门、高职高专院校以及各类出版社对高职高专教材建设给予了较大的支持和投入，出版了一些特色教材，但由于整个高职高专教育尚未进入成熟期，教育改革尚处于探索阶段，故而现行的一些教材难免存在一定程度的不足。如某些教材仅仅注重内容上的增减变化，过分强调知识的系统性，没有真正反映出高职高专教育的特征与要求；编写人员缺少对生产实际的调查研究和深入了解，缺乏对职业岗位所需的专业知识和专项能力的科学分析，教材的内容脱离生产经营实际，针对性不强，新技术、新工艺、新案例、新材料不能及时反映到教材中来，与高职高专教育应紧密联系行业实际的要求不相适应；专业课程教材的编写缺少规划性，同一专业的各门课程所使用的教材缺乏内在的沟通衔接等。为适应高职高专教学的需要，在总结“十五”期间高职高专教学改革成果的基础上，组织编写一批突出高职高专教育特色，以培养适应行业需要的高级技能型人才为目标的高质量教材不仅十分必要，而且十分迫切。

“十一五”期间，教育部将深化教学内容和课程体系改革作为工作重点，大力推进教材向合理化、规范化方向发展。2006年，教育部不仅首次成立了高职高专40个专业类别的“教育部高等学校教学指导委员会”，加强了对高职高专教学改革和教材建设的直接指导，还组织了普通高等教育“十一五”国家级规划教材的申报工作。化学工业出版社申报的200余本教材经教育部专家评审，被列选为普通高等教育“十一五”国家级规划教材，为高等教育的发展做出了积极贡献。依照教育部的部署和要求，2006年化学工业出版社与生物技术应用专业教育部教改试点高职院校联合，邀请50余家高职高专院校和生物技术相关企业作为教材建设单位，共同研讨开发生物技术类高职高专“十一五”规划教材，成立了“高职高专生物技术类‘十一五’规划教材建设委员会”和“高职高专生物技术类‘十一五’规划教材编审委员会”，拟在“十一五”期间组织相关院校的一线教师和相关企业的技术人员，在深入调研、整体规划的基础上，编写出版一套生物技术相关专业基础课及专门课的教材——“高职高专‘十一五’规划教材★生物技术系列”。该批教材将涵盖各类高职高专院校的生物技术及应用专业、生物化工工艺专业、生物实验技术专业、微生物技术及应用专业、生物科学专业、生物制药技术专业、生化制药技术专业、发酵技术专业等专业的核心课程，从而形成优化配套的高职高专教材体系。该套教材将于2007~2008年陆续出版。目前，该套教材的首批编写计划已顺利实施。首批编写的教材中，《化学》、《细胞培养技术》和《药品质量管理》已列选为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。

该套教材的建设宗旨是从根本上体现以应用性职业岗位需求为中心，以素质教育、创新教育为基础，以学生能力培养为本位的教育理念，满足高职高专教学改革的需要和人才培养的需求。编写中主要遵循以下原则：①理论教材和实训教材中的理论知识遵循“必需”、“够用”、“管用”的原则；②依据企业对人才的知识、能力、素质的要求，贯彻职业需求导向的

原则；③坚持职业能力培养为主线的原则，多加入实际案例、技术路线、操作技能的论述，教材内容采用模块化形式组织，具有一定的可剪裁性和可拼接性，可根据不同的培养目标将内容模块剪裁、拼接成不同类型的知识体系；④考虑多岗位需求和学生继续学习的要求，在职业岗位现实需要的基础上，注重学生的全面发展，以常规技术为基础，关键技术为重点，先进技术为导向，体现与时俱进的原则；⑤围绕各种具体专业，制订统一、全面、规范性的教材建设标准，以协调同一专业相关课程教材间的衔接，形成有机整体，体现整套教材的系统性和规划性。同时，结合目前行业发展和教学模式的变化，吸纳并鼓励编写特色课程教材，以适应新的教学要求；并注重开发实验实训教材、电子教案、多媒体课件、网络教学资源等配套教学资源，方便教师教学和学生学习，满足现代化教学模式和课程改革的需要。

在该套教材的组织建设和使用过程中，欢迎高职高专院校的广大师生提出宝贵意见，也欢迎相关行业的管理人员、技术人员与社会各界关注高职高专教育和人才培养的有识之士提出中肯的建议，以便我们进一步做好该套教材的建设工作；更盼望有更多的高职高专院校教师和相关行业的管理人员、技术人员参加到教材的建设工作和编审工作中来，与我们共同努力，编写和出版更多高质量的教材。

化学工业出版社 教育分社

前 言

现代仪器分析是化学化工、环境监测、生物工程、医药卫生等专业的必修课程之一。本教材的编写宗旨是与国内外最新技术相结合,理论联系实际,突出高职特色。本书以社会需求为导向,及时吸纳行业的新知识、新技术和新方法,在教材内容上与传统教材有所不同,理论知识以常规分析项目为中心,围绕分析测试任务学习分析方法、仪器结构及工作原理、定性定量方法,内容深度以“必需”、“够用”为原则。实训项目都是目前行业正在使用的常规检测项目,方法采用最新国家标准检测方法,涉及食品、环境监测、化学三大领域以及电位法、电导法、光谱法和色谱法等分析方法。

本教材共分两部分。第一部分是基础理论,重点介绍了常用的电位分析法、光谱分析法及色谱分析法等。为引导学生进行有效学习,在每章前列出本章学习重点,以帮助学生掌握知识点和技能要点;为便于学生自测学习效果,在每章后附有相应的思考题与习题。第二部分是实训技术,全书共设计15个适用性强、操作简便、实验效果好的实验为实训项目,实训原理以简答的形式给出,要求学生通过查阅相关资料完成,有利于拓宽学生的知识面,激发学生的求知欲,从而改变以往教学中被动的实验模式。

本教材编写的人员有:北京电子科技职业学院的李晓燕、张晓辉、刘亚红,武汉软件工程职业学院的徐宗,广西职业技术学院的麻文胜,重庆工贸职业技术学院的罗合春、郑州职业技术学院的程春杰、北京吉利大学的董秀芹、河南濮阳职业技术学院的陶令霞、江西景德镇高等专科学校的王幸斌等。全书由李晓燕、张晓辉统稿并任主编。

为了使本教材适应行业发展及高职教育的需要,编者参考了大量国内外有关书籍、标准等文献,并结合自己多年的教学 and 实践经验进行编写,但由于编者水平有限,难免会有疏漏与不当之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2008年3月

目 录

基础理论

第一章 绪论	3	二、电导滴定法	34
一、现代仪器分析法的分类	3	第三节 电导分析法的应用	34
二、现代仪器分析法的优点及局限性	3	一、直接电导法的应用	34
三、现代仪器分析法的发展前景	4	二、电导滴定法的应用	35
四、样品的制备及前处理技术	4	思考题与习题	36
第二章 电位分析法	6	第四章 紫外-可见分光光度法	37
第一节 电位分析法的基本原理	6	第一节 光学分析法基础	37
一、概述	6	一、电磁辐射与电磁波谱	37
二、电位分析法的理论依据—— 能斯特方程式	7	二、光学分析法的分类	39
三、指示电极与参比电极	8	第二节 紫外-可见分光光度法概述	39
第二节 离子选择性电极	9	一、紫外-可见分光光度法的定义 与特点	39
一、离子选择性电极的类型	10	二、一些基本概念	40
二、离子选择性电极的膜电位	13	三、可见分光光度法	41
三、离子选择性电极的选择性	15	四、紫外分光光度法	42
四、测定离子活度的定量方法	15	第三节 光的吸收定律	43
五、影响活度（或浓度）测定的因素	18	一、朗伯-比尔定律	43
六、离子选择性电极的主要性能指标	20	二、吸光系数	44
七、离子选择性电极的应用	21	三、影响光吸收定律的主要因素	44
第三节 直接电位法	22	第四节 紫外-可见分光光度计	45
一、直接电位法的基本原理	22	一、仪器的基本构造	45
二、直接电位法的特点	22	二、仪器的类型	46
三、溶液 pH 的测定	23	三、仪器的检验与维护保养	47
四、直接电位法的应用	25	第五节 紫外-可见分光光度法的应用	48
第四节 电位滴定法	25	一、定性鉴定	49
一、电位滴定法的特点	25	二、定量分析	49
二、电位滴定法的原理与装置	26	思考题与习题	50
三、确定终点的方法	27	第五章 原子发射光谱法	52
四、电位滴定法的类型和指示电极、 参比电极的选择	28	第一节 原子发射光谱分析基本原理	52
思考题与习题	30	一、原子发射光谱的产生	52
第三章 电导分析法	31	二、原子发射光谱法的基本原理	52
第一节 电导分析法的基本原理	31	三、原子发射光谱法专业术语	53
一、概述	31	四、原子发射光谱法的特点	53
二、溶液电导率的测定	32	第二节 原子发射光谱仪的组成	53
第二节 电导定量分析方法	33	一、发射光源	54
一、直接电导法	33	二、分光系统（摄谱仪）	55
		三、记录和检测系统	55

第三节 原子发射光谱仪的类型	56	一、基本原理	75
一、摄谱仪	56	二、原子荧光分光光度计	75
二、光电直读光谱仪	56	三、原子荧光定量分析	76
第四节 原子发射光谱分析方法	56	四、原子荧光光谱法的应用	76
一、定性分析	56	思考题与习题	76
二、定量分析	57	第七章 红外光谱法	77
第五节 原子发射光谱法的应用	58	第一节 红外光谱法的基本原理	77
一、环境监测	58	一、红外光谱法的创立和发展	77
二、生化临床分析	58	二、红外吸收光谱分析的基本原理	77
三、材料分析	58	第二节 有机化合物的红外吸收光谱	81
思考题与习题	58	一、烷烃	81
第六章 原子吸收光谱法	59	二、烯烃	82
第一节 概述	59	三、炔烃	83
第二节 原子吸收光谱法基本原理	60	四、芳烃	83
一、原子吸收光谱法常用术语	60	五、卤化物	85
二、基态与激发态原子的分配	60	六、醇和酚	85
三、原子吸收值与待测元素浓度的		七、醚和其他化合物	85
定量关系	61	八、醛和酮	86
第三节 原子吸收分光光度计	63	九、羧酸	86
一、光源	63	十、酯和内酯	86
二、原子化系统	64	第三节 红外光谱仪	87
三、分光系统	66	一、色散型红外光谱仪	87
四、检测系统	66	二、傅里叶变换红外光谱仪	89
第四节 原子吸收分光光度计的类型	66	第四节 红外光谱法的应用	91
一、单道单光束型	66	一、定性分析	91
二、单道双光束型	67	二、定量分析	94
三、双道单光束型	67	思考题与习题	94
四、双道双光束型	68	第八章 气相色谱法	95
第五节 原子吸收光谱分析法	68	第一节 概述	95
一、定量分析法	68	一、色谱法的由来	95
二、回收率	70	二、气相色谱法的分类	95
第六节 原子吸收光谱分析实验技术	70	三、气相色谱法的主要特点	95
一、样品制备	70	第二节 气相色谱法的基本原理	96
二、标准溶液的配制	71	一、基本原理	96
三、测定条件的选择	72	二、色谱流出曲线及相关术语	96
四、干扰及其消除方法	72	三、塔板理论	98
第七节 原子吸收分光光度计的使用和		四、速率理论	99
维护	73	第三节 气相色谱分离条件的选择	101
一、使用方法	73	一、载气流速的选择	101
二、仪器的维护	74	二、柱温的选择	101
第八节 原子吸收光谱法的应用及发展		三、柱长的选择	101
趋势	74	四、进样量和进样时间的选择	102
一、原子吸收光谱法的应用	74	五、汽化室温度的选择	102
二、原子吸收光谱法的现状及发展趋势	75	第四节 气相色谱固定相	102
第九节 原子荧光光谱法简介	75	一、气固色谱固定相	102

二、气液色谱固定相	102	三、液相色谱法的分类	120
三、新型合成固定相	104	第二节 高效液相色谱法的基本原理	120
四、色谱柱的制备	104	一、液相色谱分离原理	120
第五节 气相色谱仪的基本组成	105	二、高效液相色谱分离方法的选择	124
一、气路系统	105	三、固定相	125
二、进样系统	107	四、流动相	127
三、柱分离系统	108	第三节 高效液相色谱仪	130
四、检测系统	108	一、输液泵	131
五、数据处理系统	112	二、进样器	132
第六节 气相色谱法的应用	113	三、色谱柱	133
一、药物分析	113	四、检测器	135
二、食品分析	113	五、数据处理和计算机控制系统	136
三、环境监测	113	六、恒温装置	136
第七节 气相色谱定性定量分析方法	114	第四节 液相色谱定性定量分析方法	136
一、气相色谱定性分析	114	一、液相色谱定性分析	136
二、气相色谱定量分析	114	二、液相色谱定量分析	137
思考题与习题	117	第五节 高效液相色谱法应用技术	137
第九章 高效液相色谱法	119	一、样品测定技术	137
第一节 概述	119	二、方法研究	138
一、高效液相色谱法的发展	119	三、高效液相色谱法的应用	139
二、高效液相色谱法的特点	119	思考题与习题	139

实训技术

实训项目 (一) 水样中 pH 值的测定	143	分析的应用	160
实训项目 (二) 离子选择性电极法测定水中的氟含量	145	实训项目 (十) 水体中硝酸盐氮的测定——紫外分光光度法	161
实训项目 (三) 测定吸光度制作光吸收曲线	147	实训项目 (十一) 饮用水中镁含量的测定——原子吸收分光光度法	163
实训项目 (四) 白酒中甲醇含量的测定——分光光度法	148	实训项目 (十二) 气相色谱流出曲线(色谱图)的研究	164
实训项目 (五) 邻二氮菲分光光度法测定微量铁	150	实训项目 (十三) 气相色谱操作条件对柱效能的影响	165
实训项目 (六) 室内空气中甲醛含量的检测——AHMT 分光光度法	152	实训项目 (十四) 白酒中甲醇含量的测定——气相色谱法	167
实训项目 (七) 室内空气中氨含量的检测——靛酚蓝分光光度法	155	实训项目 (十五) 啤酒中酒精度的测定——气相色谱法	168
实训项目 (八) 室内空气中二氧化氮的检测——改进的 Saltzman 分光光度法	157	现代仪器分析课业任务书 (一)	169
实训项目 (九) 紫外吸收光谱定性		现代仪器分析课业任务书 (二)	171
		参考文献	175

基 础 理 论

第一章 绪 论

分析化学的任务是运用一切可能的技术手段揭示物质的组成，以获得有利于认识和利用物质世界的信息。分析化学包括化学分析和仪器分析两部分。其中，化学分析是以化学反应为基础，依据反应现象或反应到达化学计量点时反应物的计量关系来确定物质结构及含量；仪器分析则是运用物质的物理性质或物理化学性质，使用特殊分析仪器确定物质的组成及相对含量。

现代仪器分析法是从 20 世纪 60 年代开始迅速发展起来的，它使分析化学对物质世界的认识产生了飞跃，解决了许多以前无法解决的问题，如物质的痕量分析、动态分析、精细结构分析等。现代仪器分析法的诞生和发展促进了生命科学、环境科学、材料科学、电子信息科学和化学等学科的飞速发展，使这些学科获得了前所未有的成果。

一、现代仪器分析法的分类

现代仪器分析法，种类繁多，根据测定原理的不同进行分类，见表 1-1。

表 1-1 现代仪器分析法的分类

方法分类	测定的基本原理	对应的分析方法
电化学分析法	基于物质的电化学性质产生的物理量与浓度的关系来测定被测物质的含量	电位分析法、电导分析法、库仑分析法、极谱分析法、生物电分析法等
光化学分析法	基于物质对光的选择性吸收或被测物质能激发产生一定波长的光谱线来进行定性、定量分析	紫外-可见分光光度法、红外吸收光谱法、原子吸收光谱法、原子发射光谱法、分子荧光光谱法等
色谱分析法	基于物质在两相中分配系数不同而将混合物分离，然后用各种检测器测定各组分的含量	气相色谱法、液相色谱法、超临界流体色谱法、薄层色谱法、纸色谱法
其他分析法		质谱分析法、核磁共振波谱法、热分析法、放射分析法

二、现代仪器分析法的优点及局限性

现代仪器分析法之所以近年来能获得迅速发展，得到广泛应用，主要是因为它具有以下优点。

(1) 分析速度快，适用于批量试样的分析 由于现代电子科学技术的发展，许多分析仪器实现了自动化和智能化，如配有连续自动进样装置等，使操作更加简便、快捷，可在短时间内分析数十个样品，适于批量分析。

(2) 灵敏度高，适于微量成分的测定 滴定分析法和重量分析法一般适用于常量组分的测定，不能测定微量组分，而仪器分析法则可测定质量分数为 $10^{-8} \sim 10^{-9}$ 数量级的

物质。

(3) 用途广泛 仪器分析法能适应各种分析要求,除了能完成定性、定量分析任务外,还能完成化学分析法难以胜任的一些分析任务,如物质结构分析、物相分析、微区分析、价态分析和剥离分析等。

(4) 样品用量少 使用仪器分析法可进行不破坏样品的分析,样品用量极少,有的仅需要几微升甚至零点几微升便可完成分析。

虽然现代仪器分析法具有上述众多优点,但也存在以下局限性:

① 仪器设备结构复杂,价格比较昂贵,对仪器维护及安装环境要求较高。

② 仪器分析法是一种相对的分析方法,一般需用已知组成的标准物质来对照,而标准物质的获得常常是限制仪器分析法广泛应用的问题之一。

③ 相对误差较大,一般不适于常量和高含量分析。

由此可见,仪器分析法和化学分析法是相辅相成的。在使用时应根据具体情况,取长补短,互相配合,充分发挥各种方法的优点,这样才能更好地解决分析化学中的各种实际问题。

三、现代仪器分析法的发展前景

随着电子科学技术的迅速发展,新的分析仪器不断涌现,使得分析检测技术也朝着越来越灵敏、准确、快速、简便、自动化、多功能化的方向发展,主要体现在以下几个方面。

(1) 分析灵敏、快速 随着电子工业和真空技术的发展,许多新技术渗透到仪器分析中来,出现了许多新的测试方法和分析仪器。例如,通过使用电子探针进行测试,可使试样体积缩小至 10^{-12} mL,电子光谱的绝对灵敏度达到 10^{-18} g。

(2) 多功能、自动化和智能化 这是现代仪器分析法最突出的特点。特别是随着计算机、数码技术的广泛应用和各种专用软件的开发,形成了人机对话的工作界面,大大提高了分析速度,保证了测试结果的重现性和可靠性。从自动进样器开始,整个分析过程中各种测试参数的设定,对样品组分流向的控制,测试信息的自动收集、反馈、监控,以及分析数据的储存、加工和输出等都由计算机完成。越来越多的集这些功能于一体的工作站的出现,也使自动化、智能化的日常分析工作成为可能。

(3) 专用型、小型化 许多大型笨重的分析仪器随着高科技的发展逐渐被淘汰,取而代之的是专用化的小型分析仪器,如大气环境监测使用的各种污染物的分析仪,均采用便于携带的小型仪器,使随时随地监测成为可能。

(4) 联用分析仪器 多种仪器分析方法的联合使用可以发挥每种方法的优点,使原有分析方法更为迅速有效,同时也扩大了应用范围。目前联用分析技术已成为样品分析的重要手段,如气质联用技术可以对未知物质进行定性分析;高压液相色谱-核磁共振波谱-质谱技术的联用在生物制药研究中起着重要的作用。

四、样品的制备及前处理技术

分析过程包括样品的采集、样品的前处理、分析检测、数据处理和撰写报告。其中,样品的前处理最为重要,其基本原则是:排除其他组分的干扰,完整保留被测组分并使之浓缩,以获得满意的分析结果。

样品前处理的传统方法包括物理法和化学法两大类。用于样品前处理的经典物理方法主

要包括蒸馏、柱色谱、重结晶、萃取、过滤、干燥、离心等；化学方法主要包括络合、沉淀、衍生三大类。样品前处理的新方法分为脱机处理与联机处理两大类。脱机处理主要有超临界流体萃取、固相萃取、微波溶出、液膜萃取等方法；联机处理是将样品的制备与分析直接相连，不需人为转移，易于自动化，重现性好，误差小。