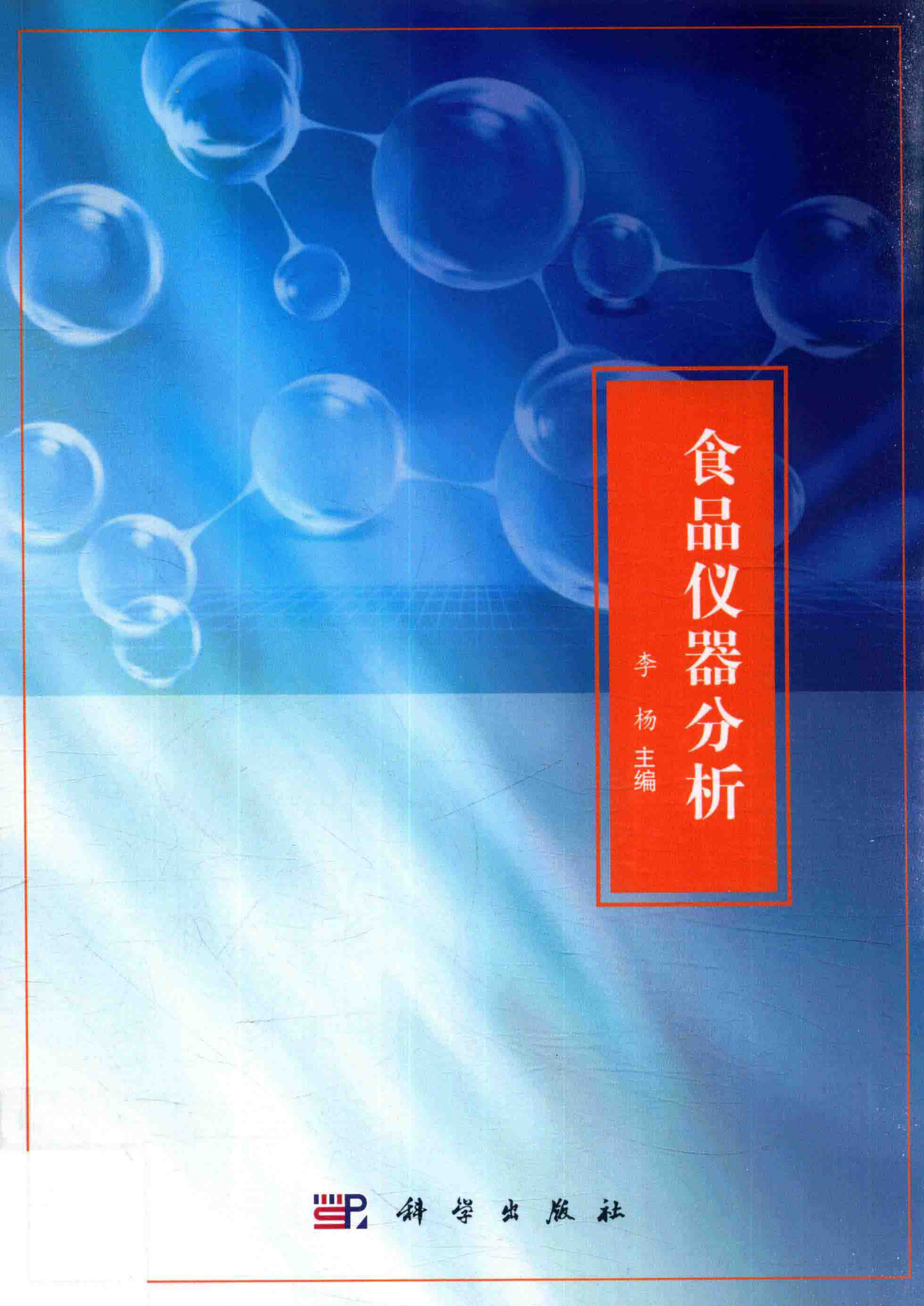




食品仪器分析

李杨主编



科学出版社

食品仪器分析

李 杨 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书介绍了在研究食品组分结构功能中常用仪器分析的原理、特点、技术与应用,主要分为光分析、分离分析、电化学分析及显微镜学四个部分,形成了较为完整的食品组分结构与功能研究分析体系。第一部分光分析法主要包括原子发射光谱法及原子吸收光谱法、紫外-可见吸收光谱法、红外吸收光谱法、分子荧光分析法、核磁共振波谱法、拉曼光谱法及其他光分析法和相应的实验技术;第二部分分离分析法主要包括气相色谱法、高效液相色谱法、离子交换色谱法、薄层色谱法、柱色谱法、纸色谱法及其他色谱法;第三部分电化学分析方法包括质谱分析法、电位分析及离子选择性电极分析方法及其他电化学分析法;第四部分显微镜学的相关研究。本书补充了近期食品仪器分析的新成果和发展趋势,指出了各类方法的优势和不足。

本书适合作为高等院校食品现代仪器分析技术的基础教材,也可供相关领域的分析工作者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

食品仪器分析 / 李杨主编. —北京: 科学出版社, 2017.7

ISBN 978-7-03-053395-1

I. ①食… II. ①李… III. ①食品-仪器分析 IV. ①Q51

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 125750 号

责任编辑: 贾 超 / 责任校对: 杜子昂

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 华路天然

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>

北京教图印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 7 月第 一 版 开本: 720×1000 B5

2017 年 7 月第一次印刷 印张: 18

字数: 350 000

定价: 88.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

本书编委会

主 编 李 杨（东北农业大学）

副主编 黄雨洋（黑龙江广播电视大学）

隋晓楠（东北农业大学）

齐宝坤（东北农业大学）

王中江（东北农业大学）

参 编（按姓氏笔画排序）

王 欢（东北农业大学）

王立峰（南京财经大学）

王胜男（渤海大学）

冯红霞（贵阳学院）

朱 颖（东北农业大学）

朱华平（天津科技大学）

李 超（天津科技大学）

李秋慧（东北农业大学）

杨 勇（齐齐哈尔大学）

吴隆坤（沈阳师范大学）

佟晓红（东北农业大学）

张雅娜（绥化学院）

陈 思（东北农业大学）

范大明（江南大学）

赵城彬（吉林农业大学）

韩天翔（哈尔滨市食品产业研究院）

綦玉曼（东北农业大学）

主 审 江连洲（东北农业大学）

前 言

食品仪器分析是一门发展比较迅速的学科，随着其研究方法和手段的不断更新，对食品组分研究的不断进步和发展，有力地带动了食品工业及生命科学研究。蛋白质、淀粉、脂肪和糖类是食品工业的四大基础材料，广泛地应用于各种食品中。为满足人们生活水平不断提高的需要，从保持营养平衡、改善人体健康、提高在工业中应用的角度出发，合理开发食品组分，进一步了解食品中各组分的结构、功能，以及在食品工业应用中的物理化学性质的变化，已经成为食品工业迫切需要解决的问题。食品体系在加工、储藏、制备和消费过程中，不同组分均会对食品产生一些物理、化学反应。为进一步了解食品加工过程中的各组分功能性质及结构的变化，传统的分析手段及方法已经不能完全满足现代食品加工业的需要，因此现代仪器分析技术已经成为食品分析中不可缺少的重要分析手段。遗憾的是，国内关于现代仪器分析在食品中应用方面的书籍并不多见，作者在多年的食品专业的教学及科研实践中发现很有必要编写这方面的著作或教材，以适应粮食油脂、植物蛋白工程及相关学科的需要，这是出版本书的目的和初衷。

本书是东北农业大学食品学院有关粮食油脂与植物蛋白工程的专业教师在多年的教学和科研实践的基础上编写而成的。主要介绍应用于食品各组分的现代仪器分析技术的方法原理、分析仪器结构和在食品加工中的应用，包括四部分：一是光分析法，包括原子发射光谱法、原子吸收光谱法、紫外-可见吸收光谱法、红外吸收光谱法、分子荧光分析法、核磁共振波谱法、拉曼光谱等；二是分离分析法，包括气相色谱法、高效液相色谱法、离子交换色谱法、薄层色谱法、柱色谱法及纸色谱法等；三是电化学分析方法，包括质谱分析法、电位分析及离子选择性电极分析方法等；四是显微镜学。本书主要作为生物工程、食品科学与工程及粮食油脂与植物蛋白工程专业的本科生和研究生的教材，也可供科研单位的分析工作人员参考阅读。

全书共有四部分，每部分又各自分为几章，每章在介绍分析技术的原理上，介绍了该分析技术在食品组分分析中的应用。本书编写内容层次分明，条理清晰，既适用于教学也便于自学。本书由李杨主编负责编写第一部分第1章及全书统稿、校对；黄雨洋负责编写第一部分第2~5章；隋晓楠负责编写第一部分第6~8章和第二部分第9章；齐宝坤、王中江负责编写第二部分第10章；王欢、赵城彬负责编写第二部分第11章；张雅娜、王立峰负责编写第二部分第12章；王胜男、

冯红霞负责编写第二部分第 13 章；朱颖、朱华平负责编写第二部分第 14 章；李超、李秋慧负责编写第三部分第 15 章；吴隆坤、陈思负责编写第三部分第 16 章；范大明、杨勇负责编写第三部分第 17 章；佟晓红、韩天翔、綦玉曼负责编写第四部分第 18 章。

在本书的编写过程中参阅了大量的文献资料和相关著作，感谢李佳妮、徐靓、王立敏、董济萱、孙红波、邹晓霜、张潇元、李红、吴长玲、胡森、刘英杰、寻崇荣、陈惠惠、刘宝华等为本书的编写收集资料、协助绘图及排版等，谨在此表示感谢。

由于作者水平有限，编写过程中难免存在不妥之处，望读者在阅读过程中批评指正。

作 者

2017 年 2 月

目 录

第一部分 光 分 析 法

第 1 章	光分析法导论	3
1.1	光的性质	3
1.1.1	光的波动性	4
1.1.2	光的粒子性	5
1.1.3	电磁波谱	5
1.2	光与物质的相互作用	7
1.2.1	光的吸收	7
1.2.2	光的发射	8
1.2.3	光的透射	8
1.2.4	光的反射	8
1.2.5	光的折射	9
1.2.6	光的散射	9
1.3	光的分析法分类	10
1.3.1	分子光谱	10
1.3.2	原子光谱	10
1.3.3	吸收光谱法	11
1.3.4	发射光谱法	11
	参考文献	12
第 2 章	原子发射光谱法	13
2.1	原子发射光谱法及其基本原理	13
2.1.1	概述	13
2.1.2	基本原理	14
2.2	原子发射光谱仪	15
2.2.1	激发光源	15
2.2.2	分光系统	19
2.3	原子发射光谱定性及定量分析	20
2.3.1	原子发射光谱的分析线、灵敏线、最后线和共振线	20

2.3.2	光谱定性分析	20
2.3.3	光谱半定量分析	21
2.3.4	光谱定量分析	22
2.4	原子发射光谱法的应用	24
2.4.1	在环境分析领域的应用	24
2.4.2	在金属冶炼领域的应用	24
2.4.3	在矿石开发中的应用	24
2.4.4	在材料分析中的应用	25
	参考文献	25
第3章	原子吸收光谱法	26
3.1	原子吸收光谱法及其基本原理	26
3.1.1	概述	26
3.1.2	基本原理	27
3.2	原子吸收光谱仪	30
3.2.1	仪器类型	30
3.2.2	锐线光源	31
3.2.3	原子化器	32
3.2.4	分光系统	35
3.2.5	检测系统	36
3.3	原子吸收光谱法的分析方法	36
3.3.1	原子吸收分析条件的选择	36
3.3.2	原子吸收光谱法的定量分析方法	37
3.4	原子吸收光谱法的应用	38
3.4.1	在土壤成分测定中的应用	38
3.4.2	在植株中微量元素测定中的应用	39
3.4.3	在环境生态分析中的应用	39
	参考文献	40
第4章	紫外-可见吸收光谱法	42
4.1	概述	42
4.1.1	定义	42
4.1.2	分光光度法	42
4.1.3	基本原理	43
4.1.4	紫外-可见吸收光谱法的特点	44
4.2	紫外-可见分光光度计	45
4.2.1	定义与基本原理	45

4.2.2	紫外-可见分光光度计的结构	46
4.2.3	紫外-可见分光光度计的分类	49
4.2.4	紫外-可见分光光度计的使用注意事项	50
4.2.5	紫外-可见分光光度计附件	50
4.3	紫外-可见吸收光谱法的误差和测量条件的选择	51
4.3.1	紫外-可见分光光度计仪器操作	51
4.3.2	误差来源	52
4.3.3	测量条件的选择	52
4.4	紫外-可见吸收光谱法的应用	55
4.4.1	定性分析应用	55
4.4.2	定量分析应用	57
	参考文献	58
第 5 章	红外吸收光谱法	59
5.1	概述	59
5.1.1	定义	59
5.1.2	与紫外-可见吸收光谱法的比较	59
5.1.3	红外波谱区的划分	60
5.1.4	红外吸收光谱法的基本原理	60
5.2	红外吸收光谱与分子结构的关系	63
5.2.1	基团的吸收峰及官能团鉴定	63
5.2.2	影响基团频率的因素	64
5.2.3	常见化合物的特征基团频率	65
5.3	红外吸收光谱仪及测定技术	67
5.3.1	色散型红外光谱仪	67
5.3.2	傅里叶变换红外光谱仪	69
5.4	定性定量分析	70
5.4.1	红外光谱法对试样的要求和制样方法	70
5.4.2	定性分析	71
5.4.3	定量分析	72
	参考文献	74
第 6 章	分子荧光分析法	76
6.1	分子荧光分析法及其基本原理	76
6.1.1	概述	76
6.1.2	基本原理	76
6.2	荧光分析仪及应注意的问题	82

6.2.1	荧光分析仪	82
6.2.2	荧光分析应注意的问题	83
6.3	分子荧光定量分析方法	84
6.3.1	荧光强度与荧光物质浓度的关系	84
6.3.2	定量分析方法	85
6.4	分子荧光分析法的应用	86
6.4.1	定性分析	86
6.4.2	定量分析	86
6.4.3	有机化合物的荧光分析	87
	参考文献	87
第7章	核磁共振波谱法	89
7.1	核磁共振波谱法及其基本原理	89
7.1.1	概述	89
7.1.2	基本原理	90
7.2	核磁共振波谱仪	93
7.2.1	连续波扫描核磁共振谱仪	94
7.2.2	脉冲傅里叶变换核磁共振谱仪	96
7.3	NMR 谱的信息	97
7.3.1	化学位移	97
7.3.2	自旋偶合	100
7.3.3	吸收峰面积	101
7.4	核磁共振氢谱及其应用	101
7.4.1	简单核磁共振氢谱	101
7.4.2	复杂核磁共振氢谱及其简化	102
7.4.3	核磁共振氢谱的解析	102
	参考文献	103
第8章	拉曼光谱法	104
8.1	拉曼光谱的基本原理	104
8.1.1	拉曼散射	104
8.1.2	红外光谱与拉曼光谱的关系	105
8.1.3	拉曼光谱的特点	107
8.2	拉曼光谱仪	107
8.2.1	拉曼光谱仪的构造	108
8.2.2	色散型激光拉曼光谱仪	109
8.2.3	傅里叶变换拉曼光谱仪	110

8.3 拉曼光谱法的应用	111
8.3.1 有机物的结构分析	111
8.3.2 高聚物分析	112
8.3.3 医药及生物高分子的研究	112
8.3.4 无机材料的分析	113
8.3.5 共振拉曼散射	113
8.3.6 表面增强拉曼散射	113
参考文献	113

第二部分 分离分析法

第9章 色谱法导论	117
9.1 概述	117
9.1.1 色谱法的定义和发展历史	117
9.1.2 色谱法的分类	117
9.1.3 色谱图	118
9.2 色谱的定性定量分析	119
9.2.1 色谱的定性分析	119
9.2.2 色谱的定量分析	120
9.2.3 定量方法的选择	122
9.3 色谱法的选择与应用	125
9.3.1 气相色谱	125
9.3.2 毛细管色谱柱	126
9.3.3 液-固吸附色谱	126
9.3.4 液-液色谱	127
9.3.5 凝胶渗透色谱	127
9.3.6 毛细管电泳	127
9.3.7 离子色谱	127
9.3.8 薄层色谱	128
参考文献	128
第10章 气相色谱法	130
10.1 概 述	130
10.1.1 气相色谱法的定义及基本原理	130
10.1.2 气相色谱法的特点	130
10.1.3 气相色谱的分类	131
10.2 气相色谱基本理论及操作条件选择	135

10.2.1	色谱图	135
10.2.2	气相色谱仪	136
10.2.3	气相色谱法的两大理论	136
10.2.4	操作条件的选择	138
10.3	气相色谱的定性定量分析	140
10.3.1	定性分析	140
10.3.2	定量分析	142
10.4	气相色谱法的应用	148
10.4.1	在食品分析中的应用	148
10.4.2	在农药残留检测方面的应用	149
10.4.3	在药物和临床分析中的应用	149
10.4.4	在石油和化工分析中的应用	149
10.4.5	在环境污染物分析中的应用	150
10.4.6	在物理化学研究中的应用	150
10.4.7	其他应用	150
	参考文献	150
第 11 章	高效液相色谱法	152
11.1	概述	152
11.1.1	高效液相色谱法的发展历史	152
11.1.2	定义	152
11.1.3	高效液相色谱的基本原理	153
11.1.4	高效液相色谱法的特点	155
11.2	高效液相色谱仪	156
11.2.1	高效液相色谱仪主要组成部件	156
11.2.2	基本原理	158
11.2.3	色谱柱	158
11.3	高效液相色谱法的分类	160
11.3.1	液-固色谱法	160
11.3.2	液-液色谱法	161
11.3.3	化学键合相色谱	162
11.3.4	离子交换色谱法	164
11.3.5	排阻色谱法	165
11.4	高效液相色谱法的应用	166
11.4.1	在生物化学和生物工程中的应用	166
11.4.2	在食品分析中的应用	167

11.4.3	在环境污染分析中的应用	168
11.4.4	在精细化工分析中的应用	169
11.4.5	高效液相色谱的发展前景及展望	169
参考文献		169
第 12 章 离子交换色谱法		171
12.1	概述	171
12.1.1	发展历史	171
12.1.2	定义	171
12.1.3	有机酸、碱的分析	173
12.2	离子交换色谱的基本原理	173
12.2.1	离子交换色谱的原理	173
12.2.2	离子交换色谱的分离机理	173
12.2.3	离子交换色谱的固定相	175
12.2.4	离子交换色谱的流动相	176
12.2.5	离子交换色谱的影响因素	176
12.3	离子交换色谱分类	177
12.3.1	阳离子交换柱的色谱分离	177
12.3.2	阴离子交换柱的色谱分离	179
12.4	离子交换色谱的应用	179
12.4.1	分离与纯化物质	180
12.4.2	分析物质	180
12.4.3	在药物和生化分析方面的应用	182
12.4.4	高纯水制备	182
参考文献		182
第 13 章 薄层色谱法		184
13.1	概述	184
13.1.1	定义	184
13.1.2	薄层色谱与高效液相色谱比较	185
13.2	薄层色谱法的基本原理及特点	186
13.2.1	薄层色谱法的基本原理	186
13.2.2	薄层色谱法的特点	190
13.3	薄层色谱的实验方法和应用	190
13.3.1	薄层色谱的实验方法	190
13.3.2	操作步骤	190
13.3.3	薄层色谱法的应用	193

参考文献	194
第 14 章 柱色谱法及纸色谱法	195
14.1 柱色谱法	195
14.1.1 柱色谱法原理	195
14.1.2 快速柱色谱	195
14.1.3 微量柱色谱	197
14.2 柱色谱的应用与影响因素	198
14.2.1 柱色谱的应用	199
14.2.2 柱色谱法的影响因素	199
14.3 纸色谱法	200
14.3.1 基本原理	200
14.3.2 基本操作	202
14.4 纸色谱的实验方法与应用	204
14.4.1 实验方法	204
14.4.2 应用	205
参考文献	205

第三部分 电化学分析方法

第 15 章 电化学分析方法导论	209
15.1 电化学分析方法及其基本概念	209
15.1.1 电化学电池	209
15.1.2 电化学分析方法分类	211
15.1.3 电极电位	213
15.1.4 电极电位的测定	213
15.2 电化学分析基础	215
15.2.1 电位分析法原理	215
15.2.2 离子选择性电极分析法	216
15.2.3 电位分析法的应用	218
15.3 电极的分类	219
15.3.1 根据电极反应的机理分类	219
15.3.2 根据电极所起的作用分类	222
15.3.3 根据电极工作性质分类	223
参考文献	224
第 16 章 质谱分析法	225
16.1 质谱分析法的基本原理	225

16.2 质谱仪	227
16.2.1 质谱仪的基本组成	227
16.2.2 质谱仪的技术指标	227
16.2.3 质谱仪的主要部件	228
16.3 质谱及其离子峰的类型	232
16.3.1 分子离子峰	233
16.3.2 同位素离子峰	234
16.3.3 碎片离子峰	235
16.3.4 重排离子峰	235
16.3.5 亚稳离子峰	236
16.3.6 多电荷离子峰	236
16.4 质谱法的应用	236
16.4.1 相对分子质量测定	236
16.4.2 有机化合物结构鉴定	237
16.4.3 相对分子质量与分子式的测定	237
16.4.4 定量分析	238
参考文献	238
第 17 章 电位分析及离子选择性电极分析方法	240
17.1 概述	240
17.2 离子选择性电极及其主要功能参数	241
17.2.1 电极的基本构造离子	241
17.2.2 膜电位	241
17.2.3 离子选择性电极的主要类型	242
17.3 离子选择性电极分析仪器	245
17.3.1 电池电动势的测量原理	245
17.3.2 测量仪器	246
17.4 选择性电极分析的方法及应用	248
17.4.1 直接电位法	248
17.4.2 电位滴定法	249
17.4.3 电位分析法的应用	250
参考文献	251

第四部分 显微镜学

第 18 章 显微镜学	255
18.1 显微镜基本原理	255

18.1.1	折射和折射率·····	255
18.1.2	显微镜的成像（几何成像）原理·····	257
18.1.3	光学显微镜·····	258
18.1.4	荧光显微镜·····	258
18.1.5	偏光显微镜·····	258
18.1.6	电子显微镜·····	259
18.1.7	扫描电子显微镜·····	259
18.1.8	透射电子显微镜·····	259
18.2	显微镜的分类·····	260
18.2.1	光学显微镜·····	260
18.2.2	电子显微镜·····	261
18.2.3	便携式显微镜·····	262
18.3	显微镜仪器简介·····	262
18.3.1	光学显微镜·····	262
18.3.2	电子显微镜·····	265
18.4	显微镜的应用·····	266
18.4.1	光学显微镜在医学领域的应用·····	266
18.4.2	电子显微镜在农业领域的应用及进展·····	267
18.4.3	电子显微镜在肿瘤诊断中的应用·····	268
18.4.4	扫描电子显微镜在刑事案件技术检验中的应用·····	269
18.4.5	利用透射电子显微镜鉴定爽身粉中的石棉·····	270
参考文献·····		270

第一部分 光 分 析 法