

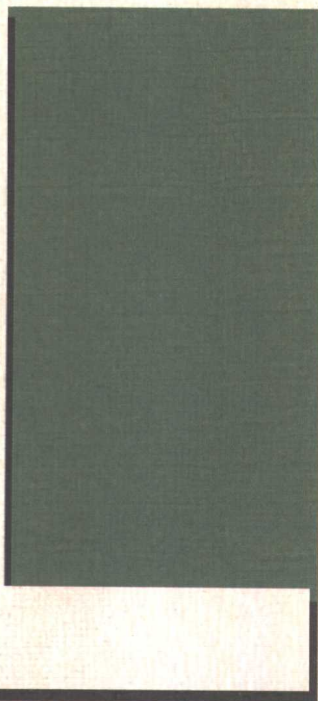


国家自然科学基金研究专著
NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA



兽药残留分析

李俊锁 邱月明 王超 著



ife

上海科学技术出版社

国家自然科学基金研究专著

兽药残留分析

李俊锁 邱月明 王超 著

上海科学技术出版社

内 容 简 介

本书系统介绍了动物及动物性食品中兽药残留分析的原理和方法,着重阐述如何根据待测物的理化性质、代谢和毒理学设计残留分析方法。第1—4章对残留分析原理和技术进行了概括和评述,包括残留监控原理、分析质量控制、样品处理方法、色谱分析、免疫分析及其研究与应用进展。第5—17章讨论了十三类兽药残留的分析原理和方法,包括各种抗生素、合成抗菌药、抗寄生虫药、同化激素和 β -兴奋剂等。本书可供兽药研究与开发、药检、商检、食品毒理和环境保护领域的科技人员参考,亦可作为高等院校相关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

兽药残留分析/李俊锁,邱月明,王超著. —上海:
上海科学技术出版社,2002.2

ISBN 7-5323-6282-5

I. 兽... II. ①李...②邱...③王... III. ①肉制
品-食品污染-药物-残留物分析②动物性食品-食品
污染-药物-残留物分析 IV. TS251.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 093812 号

责 任 编 辑

孙庆安 顾新生 濮紫兰

上海科学技术出版社出版发行

(上海瑞金二路 450 号 邮政编码 200020)

上海新华印刷厂印刷 新华书店上海发行所经销

2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷

开本 787×1092 1/16 印张 45.5 插页 4 字数 1089 千

印数 1—1 800 定价: 88.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向本社出版科联系调换

前 言

近 20 年来,兽药(包括药物添加剂)在畜牧业中的应用日益广泛,其在降低发病率与死亡率、促生长、提高饲料利用率和改善产品品质方面的作用是十分显著的,已成为现代畜牧业不可或缺的物质基础。但是,兽药的使用无疑会导致动物体内药物的滞留或蓄积,并以残留的方式进入人体及生态系统。滥用兽药(如不遵守休药期)和非法使用违禁药物的现象仍然存在。兽药残留对人类及环境的危害主要是慢性、远期和累积性的,如致癌、发育毒性、体内蓄积、免疫抑制、致敏和诱导耐药菌株等。动物性食品中的兽药残留已成为公认的农业和环境问题。对残留的监测与控制已经是目前国内外兽药研究、开发、使用和管理中的重要内容。

随着兽医学和兽药科学的迅速发展,经过十几年的积累,基于分析化学、药物化学、临床药理与毒理学以及管理科学之上的兽药残留分析(简称“残留分析”)已成为一门新兴学科,其中中心任务是为动物和动物性食品中的兽药残留监控提供分析手段,内容包括食品残留(药物原形及代谢产物)的含量测定与结构鉴定(静态残留分析)以及组织分布与代谢(动态残留分析)。残留分析不仅是兽药残留研究和监控的重要基础,而且是兽药代谢、临床药理和生物药剂学等兽药理论及应用研究的必要手段。与药品分析不同,残留分析的特殊性和复杂性在于痕量、动态的待测物存在于复杂的生物样品中,在于将分析手段与兽药的理化性质、体内过程、存在状态以及药理毒理相结合,在于样品基质和待测组分的不确定性,所以分离和检测是残留分析的两个基本方面,高分辨和高灵敏度是其发展的两大精髓。现代色谱和光谱技术,特别是 20 世纪 80 年代以来高效液相色谱、毛细管区域电泳、质谱、免疫分析及联用技术在残留分析方面的研究与应用取得了长足进展,利用这些技术可以测定 $\text{ppb}(10^{-9}) \sim \text{ppt}(10^{-12})$ 水平的残留组分。人们在努力改进残留分析效能的同时更注重提高分析效率、降低分析成本和减少环境污染。高选择性的免疫分析和功能强大的 CZE/MS 多残留分析技术则分别代表着当前残留分析技术发展的两个极端。这些发展趋势与兽药使用的日益广泛、样品量增多、兽药种类及结构日趋复杂和低剂量化密切相关。但是,目前尚无系统讨论有关内容的专著。希望本书能在一定程度上弥补这一缺憾。

促使撰写本书的另一动因是,多年来作者一直从事兽药及残留分析方面的教学、科研和实际检测工作,积累了编写该书的大部分材料。其中许多内容已在中国农业大学本科生、研究生课程和有关培训班上讲授和讨论过,而学生们对残留分析表现出的兴趣是作者始料不及的。笔者深感有写一本书之必要,并藉此对作者的相关研究成果和工作进行系统、全面的总结。

本书的主旨是为设计残留分析方法提供理论和技术,读者是对残留分析感兴趣的兽药、分析化学和环境保护工作者。设计残留分析方法对于新兽药研制是必需的;残留分析过程复杂,涉及因素较多,如精密分析仪器、各种实验材料、样品基质、不同的目的与要求等,因此一个实验室建立的分析方法在另一实验室中通常只能作为一般参考,调整或设计分析方法经常是必要的,残留分析中基本不存在类似药典收载的可通用的药品分析方法;随着科技的进步和对残留问题认识的深化,应不断探索新的、适应时代要求的分析方法,逐渐完善残留

分析技术。残留分析中样品基质和待测物的复杂性亦注定了任何单一的或某一方面的分析技术无法解决残留监控问题,各种技术并存、互为补充或联用的现状将长期存在。所以,本书理论与方法并重,力求理论和方法体系的系统性和完整性,能体现残留分析技术的概貌及发展趋势;对具体技术或方法的讨论侧重于剖析其理论背景及各个侧面,避免对不同的分析方法进行比较;每章末列出详细的参考文献供读者进一步查阅。这样有益于读者从更客观和更广泛的角度对各种方法进行评述,设计适合自己实验条件或要求的分析方法。

本书是一本方法学专著,但具体操作过程不是本书的主题,而仅是例证性的,这方面内容可查阅有关手册或原始文献。开展一项研究的必要基础是对已有的工作进行筛选、分析和综合,本书提供的材料即向读者系统地展示十几年来残留分析领域的研究成果及其各个侧面,从而构成对它们进行评述的素材和基础。此外,对一些新颖的但目前看来尚不成熟的残留分析技术亦进行了讨论,如超临界流体色谱、分子印迹技术、高效液相色谱的旋光检测器、免疫传感器等。书中还介绍了一些对残留分析设计具有启发性的原理或方法。

残留分析属一种复杂基质中痕量组分的分析技术,分离过程是核心,本书将体现这一观点。书中基本内容是按药物结构分类阐述的,这样便于遵循“结构-性质-分析方法”的方法设计模式组织材料,亦有益于读者了解研究对象的分析理论、技术及方法概貌。为使读者对残留分析学科及相关技术有全面了解,第1—4章对重要的残留分析技术进行了综述。第1章绪论介绍了残留的一般问题、残留分析方法概论和分析质量控制等。样品处理是残留分析中关键和颇具代表性的分析过程,第2章对此进行了系统、深入的讨论,包括提取、净化、富集和化学衍生化方法,用较多的篇幅介绍了固相萃取和衍生化技术。毫无疑问,色谱分析仍是残留分析技术发展的主流,第4章重点介绍了其在残留分析中的研究与应用进展,包括高效液相色谱、气相色谱、薄层色谱、毛细管电泳和色/质联用技术。免疫分析是一种新颖的残留分析技术,近年发展迅速,故专门用一章的篇幅进行讨论,包括半抗原抗体的制备、免疫检测和免疫分离方面的内容,并且作为传统理化分析方法之重要补充引入各类药物的分析中。这与目前已制备出大部分兽药残留的抗体这一事实是相符的。第5—17章讨论了十三类兽药的残留分析原理和方法,主要阐述如何根据兽药及其代谢产物的化学结构、理化性质和体内过程设计残留分析方法,基本内容包括概述、提取、净化、分离、检测、多残留分析和免疫分析法。

本书由李俊锁、邱月明和王超历经3年终告完成。其中,第1、4、6和11—16章由李俊锁撰写;第2、3、5和17章由邱月明撰写;第7—10章由王超撰写。全书由李俊锁统稿。

作者感谢中国农业大学的朱蓓蕾教授、钱传范教授和北京医科大学的马广慈教授,他们始终关心本书的写作,并且就书中内容进行了广泛和有益的讨论,提出了许多宝贵的修改意见。中国农业大学王明安副教授和国家商检研究所白桦高级工程师审阅了部分初稿。本书的撰写有赖于各位同事和研究生多年来的合作和支持。感谢国家自然科学基金委、农业部和一些企业多年来对这一工作的支持。最后,恳请读者指出本书不足和错误之处。

本书系国家自然科学基金资助项目研究成果。

作者

2000年10月于北京



李俊镇 1964年11

月出生。1995年毕业于北京农业大学应用化学系,获理学博士学位。现为中国农业大学动物医学院副教授。从事动物及动物性食品中药物残留的分析、代谢和环境毒

理方面的教学与科研工作。主要在残留分析领域进行了一系列开拓性的工作,包括小分子免疫化学、免疫色谱、分子印迹色谱、液/质联用分析、多残留分析及其在残留监控中的应用研究。重点在免疫化学及相关的分子识别分析与现代理化分析技术相结合设计新型残留分析方法方面进行了探索,致力于提高方法的灵敏度和简化分析过程,研究成果较多。曾主持5项国家自然科学基金或国家科技攻关课题。发表学术论文、论著60余篇(部)。获省部级科学技术进步奖二等奖1项、三等奖2项。



邱月明 1961年

9月出生。中国进出口商品检验技术研究所高级工程师。1990年毕业于中国科学院兰州化学物理研究所，获理学博士学位。任国家商检科学技术委员

会第二届委员，中国分析测试协会理事，农业部兽药残留监控专家委员会委员，《食品卫生学杂志》编委。从事色谱理论与应用研究，主要涉及农药、兽药和环境污染物质分析与监控、痕量分析样品前处理以及大米品种鉴定等。发表论文40余篇，获5项国家标准物质证书，参加起草残留分析方法行业标准7项和《中华人民共和国动物及动物源食品残留物质监控计划》。获省部级科学技术进步奖二等奖1项、三等奖4项。



王超 1960年

9月出生。中国进出口商品检验技术研究所研究员。1986年毕业于中国科学院长春应用化学研究所分析化学专业，获理学硕士学位。现任中国进出口

商品检验技术研究所化矿中心主任，国家有毒化学品评审委员会委员。主要从事色谱理论与应用研究，包括气相色谱、液相色谱和色/质联用分析。在食品、化妆品、化工产品、纺织品和玩具中有毒有害物质分析方面成果较多。曾承担5项国家或部委下达的相关课题。发表论文30余篇，参加起草5项国家或行业标准。获省部级科学技术进步奖三等奖3项。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
§ 1.1 概述	1
§ 1.2 药物的体内过程	4
1.2.1 生物转运	4
1.2.2 生物转化	6
1.2.3 药物动力学	12
§ 1.3 兽药残留的种类及其危害	16
1.3.1 抗微生物药物	17
1.3.2 抗寄生虫药物和杀虫剂	22
1.3.3 促生长剂	24
§ 1.4 兽药残留的控制原理	26
1.4.1 最高残留限量	26
1.4.2 休药期	29
§ 1.5 兽药残留分析方法	32
1.5.1 分析原理	33
1.5.2 方法分类	34
1.5.3 方法建立步骤	35
1.5.4 残留分析的任务	42
1.5.5 发展与展望	43
参考文献	46
第 2 章 样品处理方法	49
§ 2.1 概述	49
§ 2.2 样品采集、制备和贮存	50
§ 2.3 提取方法	51
2.3.1 样品类型	52
2.3.2 提取溶剂	54
2.3.3 提取方法	57
2.3.4 提取效率	64
§ 2.4 净化方法	65
2.4.1 液-液萃取	65

2.4.2 固相萃取	69
2.4.3 固相微量萃取	74
2.4.4 制备色谱法	75
2.4.5 凝胶渗透色谱法	75
2.4.6 吹扫-捕集	75
2.4.7 膜分离技术	76
2.4.8 浸透限制固定相	77
2.4.9 基质固相分散技术	77
2.4.10 免疫亲和色谱	77
2.4.11 分子印迹技术	77
2.4.12 其他方法	78
§ 2.5 浓缩与富集	80
2.5.1 旋转蒸发器浓缩	80
2.5.2 气流吹蒸法	80
2.5.3 Kuderna-Danish 浓缩器浓缩	80
2.5.4 真空离心浓缩法	80
§ 2.6 化学衍生化技术	81
2.6.1 GC 衍生化方法	81
2.6.2 HPLC 衍生化方法	83
参考文献	95

第3章 色谱分析法	99
§ 3.1 概述	99
§ 3.2 基本理论和方法	100
3.2.1 基本概念	100
3.2.2 基本理论	101
3.2.3 定性和定量方法	103
§ 3.3 气相色谱法	106
3.3.1 气相色谱理论	106
3.3.2 气相色谱仪器	107
3.3.3 联用技术	117
3.3.4 气相色谱条件的选择	123
§ 3.4 高效液相色谱法	124
3.4.1 高效液相色谱理论	124
3.4.2 高效液相色谱仪器	126
3.4.3 液/质联用技术	131
3.4.4 高效液相色谱条件的选择	135
§ 3.5 薄层色谱法	140
3.5.1 基本原理	141

3.5.2	固定相、展开剂、显色剂、薄层板制备和高效薄层色谱	141
3.5.3	薄层色谱分离和检测	145
§ 3.6	毛细管电泳	148
3.6.1	毛细管电泳的基本理论	149
3.6.2	毛细管电泳的进样技术	151
3.6.3	毛细管电泳的检测技术	151
§ 3.7	超临界流体色谱	152
3.7.1	超临界流体色谱的理论	152
3.7.2	超临界流体色谱的仪器	153
3.7.3	超临界流体色谱的应用	154
参考文献		155
第4章	免疫分析法	156
§ 4.1	概述	156
§ 4.2	半抗原	157
4.2.1	半抗原的免疫特性	157
4.2.2	免疫半抗原的设计	159
4.2.3	标记半抗原和包被半抗原的设计	162
§ 4.3	结合抗原	163
4.3.1	结合抗原的免疫原性和反应原性	163
4.3.2	结合抗原的合成	163
4.3.3	半抗原结合比测定	169
§ 4.4	抗体	170
4.4.1	抗体的结构与产生	170
4.4.2	动物免疫与抗血清制备	173
4.4.3	单克隆抗体的制备	174
4.4.4	基因重组抗体	176
4.4.5	抗体的纯化	177
4.4.6	抗体的鉴定	177
§ 4.5	免疫测定法	181
4.5.1	概述	181
4.5.2	放射免疫测定法	187
4.5.3	酶免疫测定法	189
4.5.4	荧光免疫测定法	193
4.5.5	发光免疫测定法	197
4.5.6	免疫测定新技术	198
§ 4.6	免疫亲和色谱法	200
4.6.1	原理	201
4.6.2	基质	204

4.6.3 间隔臂	206
4.6.4 免疫吸附剂的制备与鉴定	207
4.6.5 免疫亲和色谱过程的建立	215
4.6.6 高效免疫亲和色谱	218
§ 4.7 样品处理方法	218
§ 4.8 免疫分析质量控制	219
§ 4.9 应用与发展前景	220
参考文献	222
附录	226
第 5 章 磺胺类药物残留分析	228
§ 5.1 概述	228
§ 5.2 测定方法	232
5.2.1 高效液相色谱法	232
5.2.2 色/质联用分析法	237
5.2.3 气相色谱法	241
5.2.4 其他方法	242
§ 5.3 样品处理方法	245
5.3.1 经典方法	245
5.3.2 固相萃取	246
5.3.3 免疫亲和色谱法	246
5.3.4 超临界流体萃取	249
5.3.5 微波辅助萃取	249
5.3.6 各种样品处理方法	249
§ 5.4 免疫测定法	251
5.4.1 突出 N ¹ 端结构的半抗原和结合抗原	251
5.4.2 突出 N ⁴ 端结构的半抗原和结合抗原	252
参考文献	255
第 6 章 喹诺酮类药物残留分析	257
§ 6.1 概述	257
6.1.1 分类、结构与性质	257
6.1.2 药理学与毒理学	261
6.1.3 代谢与残留	262
§ 6.2 高效液相色谱法	264
6.2.1 分离方法	264
6.2.2 检测方法	273
§ 6.3 薄层色谱法	274
§ 6.4 色/质联用分析法	275

6.4.1 气/质联用分析法	275
6.4.2 液/质联用分析法	278
§ 6.5 样品处理方法	285
6.5.1 提取方法	286
6.5.2 净化方法	287
§ 6.6 免疫分析法	294
参考文献	298
第 7 章 β-内酰胺类药物残留分析	301
§ 7.1 概述	301
7.1.1 结构与分类	301
7.1.2 理化性质	304
7.1.3 残留现状	307
§ 7.2 测定方法	308
7.2.1 高效液相色谱法	308
7.2.2 色/质联用测定法	313
7.2.3 气相色谱法	326
7.2.4 薄层色谱法	326
§ 7.3 样品处理方法	327
7.3.1 样品制备和提取	327
7.3.2 净化方法	328
§ 7.4 免疫测定法	331
参考文献	337
第 8 章 氨基糖苷类药物残留分析	340
§ 8.1 概述	340
8.1.1 分类、结构与性质	340
8.1.2 药理学与毒理学	343
§ 8.2 分离方法	344
8.2.1 高效液相色谱法	344
8.2.2 气相色谱法	352
8.2.3 薄层色谱法	352
§ 8.3 检测方法	353
8.3.1 紫外及荧光检测法	353
8.3.2 旋光性检测法	354
8.3.3 电化学检测法	354
8.3.4 质谱法	354
§ 8.4 样品处理方法	357
8.4.1 血浆、尿样	357

8.4.2 组织样品	357
§ 8.5 免疫测定法	358
§ 8.6 结语	360
参考文献	362
第 9 章 四环素类药物残留分析	365
§ 9.1 概述	365
9.1.1 结构与性质	365
9.1.2 药理学与毒理学	369
§ 9.2 测定方法	370
9.2.1 薄层色谱法	370
9.2.2 高效液相色谱法	374
§ 9.3 样品处理方法	379
9.3.1 鱼、动物组织、蛋和牛奶类样品	380
9.3.2 蜂蜜	383
§ 9.4 联用技术	384
9.4.1 串联质谱法	384
9.4.2 薄层色谱/快原子轰击/质谱法	385
9.4.3 液/质联用分析法	386
§ 9.5 免疫测定法	390
参考文献	391
第 10 章 氟霉素类药物残留分析	393
§ 10.1 概述	393
10.1.1 结构与性质	393
10.1.2 药理学与毒理学	394
§ 10.2 测定方法	395
10.2.1 气相色谱法	395
10.2.2 高效液相色谱法	398
10.2.3 薄层色谱法	400
§ 10.3 色/质联用分析法	401
10.3.1 气/质联用分析法	401
10.3.2 液/质联用分析法	401
§ 10.4 样品处理方法	405
§ 10.5 免疫分析法	408
§ 10.6 结语	409
参考文献	411
第 11 章 大环内酯类药物残留分析	413

§ 11.1 概述	413
11.1.1 分类与理化性质	413
11.1.2 药理、代谢与残留	414
§ 11.2 测定方法	417
11.2.1 高效液相色谱法	417
11.2.2 薄层色谱法	425
§ 11.3 色/质联用分析法	426
11.3.1 气/质联用分析法	426
11.3.2 液/质联用分析法	427
§ 11.4 样品处理方法	432
11.4.1 提取方法	432
11.4.2 净化方法	432
§ 11.5 免疫测定法	436
参考文献	437
第 12 章 多肽类抗生素残留分析	439
§ 12.1 概述	439
12.1.1 杆菌肽(bacitracin, BAT)	439
12.1.2 粘杆菌素(colistin, CLS)	441
12.1.3 多粘菌素 B(polymyxin B, PLM-B)	443
12.1.4 维吉尼霉素(virginiamycin, VGM)	443
12.1.5 恩拉菌素(enramycin, ENR)	443
12.1.6 硫肽菌素(thiopeptin, THP)	444
§ 12.2 测定方法	444
12.2.1 高效液相色谱法	444
12.2.2 薄层色谱法	452
§ 12.3 样品处理方法	453
12.3.1 饲料	453
12.3.2 动物组织	454
§ 12.4 免疫分析法	455
参考文献	457
第 13 章 苯并咪唑类药物残留分析	459
§ 13.1 概述	459
13.1.1 苯并咪唑类药物化学	459
13.1.2 药理学与毒理学	463
13.1.3 代谢与残留	464
§ 13.2 高效液相色谱法	469
13.2.1 检测方法	469

13.2.2 分离方法	473
§ 13.3 色/质联用分析法	480
13.3.1 气/质联用分析法	480
13.3.2 液/质联用分析法	482
§ 13.4 样品处理方法	487
13.4.1 提取方法	487
13.4.2 净化方法	489
§ 13.5 免疫分析法	495
参考文献	498
 第 14 章 阿维菌素类药物残留分析	 501
§ 14.1 概述	501
14.1.1 化学结构与性质	501
14.1.2 药理学与毒理学	506
§ 14.2 检测方法	507
14.2.1 直接紫外检测法	507
14.2.2 荧光衍生化检测法	508
14.2.3 液/质联用分析法	512
§ 14.3 分离方法	518
14.3.1 高效液相色谱法	518
14.3.2 薄层色谱法	518
§ 14.4 提取与净化方法	523
14.4.1 提取方法	523
14.4.2 净化方法	523
§ 14.5 多残留分析法	528
§ 14.6 免疫分析法	528
14.6.1 半抗原和人工抗原的合成	529
14.6.2 抗体制备	532
14.6.3 免疫测定法	532
14.6.4 免疫亲和色谱法	534
参考文献	536
 第 15 章 聚醚类药物残留分析	 538
§ 15.1 概述	538
15.1.1 鸡球虫病与抗球虫药	538
15.1.2 化学结构和性质	538
15.1.3 药理学	541
15.1.4 代谢与残留	541
15.1.5 毒理学与控制	545

§ 15.2 检测方法	546
15.2.1 UV/Vis 衍生化检测法	546
15.2.2 荧光衍生化检测法	550
15.2.3 直接荧光检测法	553
15.2.4 质谱法	555
15.2.5 其他方法	560
§ 15.3 分离方法	560
15.3.1 薄层色谱法	560
15.3.2 高效液相色谱法	561
§ 15.4 提取方法	562
§ 15.5 净化方法	562
§ 15.6 多残留分析方法	566
§ 15.7 免疫分析法	568
15.7.1 半抗原及人工抗原的合成	568
15.7.2 抗体制备	572
15.7.3 免疫测定法	573
15.7.4 免疫亲和色谱法	574
参考文献	575
第 16 章 同化激素类药物残留分析	578
§ 16.1 概述	578
16.1.1 甾类激素化学	578
16.1.2 药理学与毒理学	587
16.1.3 代谢	589
16.1.4 残留控制	590
§ 16.2 高效液相色谱法	598
16.2.1 分离方法	598
16.2.2 检测方法	602
16.2.3 高效液相色谱/免疫检测法	606
16.2.4 液/质联用分析法	606
§ 16.3 气/质联用分析法	611
16.3.1 衍生化方法	616
16.3.2 分离方法	624
16.3.3 检测方法	624
§ 16.4 样品处理方法	626
16.4.1 提取方法	626
16.4.2 净化方法	627
§ 16.5 免疫分析法	630
16.5.1 半抗原与抗体	630

16.5.2 免疫测定法	632
16.5.3 免疫亲和色谱法	633
参考文献	634
第 17 章 苯乙胺类药物(β_2-受体激动剂)残留分析	641
§ 17.1 概述	641
17.1.1 分类、结构与性质	641
17.1.2 药理学与毒理学	644
17.1.3 残留分析方法发展概况	647
§ 17.2 样品处理方法	648
17.2.1 水解方法	648
17.2.2 提取方法	649
17.2.3 净化方法	651
17.2.4 衍生化	659
§ 17.3 测定方法	661
17.3.1 气/质联用分析法	661
17.3.2 高效液相色谱法	669
17.3.3 液/质联用分析法	671
17.3.4 毛细管电泳法	674
17.3.5 薄层色谱法	674
17.3.6 其他方法	674
§ 17.4 免疫分析法	675
17.4.1 半抗原与结合抗原的合成	675
17.4.2 放射免疫测定法	678
17.4.3 酶免疫测定法和荧光免疫测定法	678
§ 17.5 实例	682
参考文献	685
常用和重要的缩略语	691
索引	694