



全国普通高等中医药院校药类专业“十三五”规划教材  
(第二轮规划教材)

供药理学类、中药学类、制药工程及相关专业使用

# 仪器分析

(第2版)

主编◎容蓉 邓赞



中国健康传媒集团  
中国医药科技出版社



医药学堂  
WWW.YIYAOXT.COM

全国普通高等中医药院校药学类专业“十三五”规划教材（第二轮规划教材）

# 仪器分析

（第2版）

（供药学类、中药学类、制药工程及相关专业使用）

主 编 容 蓉 邓 贇

副主编 吕青涛 邓海山 卞金辉

编 者 （以姓氏笔画为序）

卞金辉（成都中医药大学）

邓 贇（成都中医药大学）

邓海山（南京中医药大学）

吕青涛（山东中医药大学）

刘慧琼（广东药科大学）

吴 良（海南医学院）

张 慧（山东中医药大学）

张国英（山东中医药大学）

张春丽（河南大学）

陈 丽（福建中医药大学）

容 蓉（山东中医药大学）

谢彩侠（河南中医药大学）

廖夫生（江西中医药大学）

秘 书 张 慧（山东中医药大学）



中国健康传媒集团  
中国医药科技出版社

## 内 容 提 要

本教材是“全国普通高等中医药院校药学类专业‘十三五’规划教材（第二轮规划教材）”之一，依照教育部相关文件精神，根据本专业教学要求和课程特点，结合《中国药典》和相关执业考试大纲要求，编写而成。全书共分十五章，内容涵盖了药典通则中关于药物结构分析与含量测定等所涉及的主要仪器分析方法，重点介绍各种光谱分析法和色谱分析法。本教材为书网融合教材，即纸质教材有机融合电子教材、教学配套资源和数字化教学服务（在线教学、在线作业、在线考试），更好地满足大数据时代读者的阅读习惯。

本教材实用性强，主要供全国普通高等中医药院校药学类、中药学类、制药工程及相关专业使用，也可作为考研、医药行业考试与培训的参考用书。

### 图书在版编目（CIP）数据

仪器分析/容蓉，邓赟主编. —2版. —北京：中国医药科技出版社，2018.8  
全国普通高等中医药院校药学类专业“十三五”规划教材（第二轮规划教材）  
ISBN 978-7-5214-0260-5

I. ①仪… II. ①容… ②邓… III. ①仪器分析-中医学院-教材 IV. ①O657

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第097848号

美术编辑 陈君杞

版式设计 诚达誉高

出版 中国健康传媒集团 | 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲22号

邮编 100082

电话 发行：010-62227427 邮购：010-62236938

网址 www.cmstp.com

规格 889×11194mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>

印张 18¼

字数 387千字

初版 2014年8月第1版

版次 2018年8月第2版

印次 2018年8月第1次印刷

印刷 三河市国英印务有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978-7-5214-0260-5

定价 46.00元

版权所有 盗版必究

举报电话：010-62228771

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

全国普通高等中医药院校药学类专业“十三五”规划教材（第二轮规划教材）

## 编写委员会



主任委员 彭 成（成都中医药大学）

副主任委员 朱 华（广西中医药大学）

杨 明（江西中医药大学）

冯卫生（河南中医药大学）

刘 文（贵阳中医学院）

彭代银（安徽中医药大学）

邱智东（长春中医药大学）

委 员（以姓氏笔画为序）

王 建（成都中医药大学）

文红梅（南京中医药大学）

邓 赧（成都中医药大学）

池玉梅（南京中医药大学）

严 琳（河南大学）

杨 云（云南中医学院）

杨武德（贵阳中医学院）

李小芳（成都中医药大学）

吴 虹（安徽中医药大学）

吴放南（南京中医药大学）

何 宁（天津中医药大学）

张 梅（成都中医药大学）

张朔生（山西中医药大学）

陈振江（湖北中医药大学）

周长征（山东中医药大学）

郑里翔（江西中医药大学）

胡 明（四川大学）

郭 力（成都中医药大学）

容 蓉（山东中医药大学）

巢建国（南京中医药大学）

蒋桂华（成都中医药大学）

傅超美（成都中医药大学）

裴 瑾（成都中医药大学）

王诗源（山东中医药大学）

尹 华（浙江中医药大学）

史亚军（陕西中医药大学）

许 军（江西中医药大学）

严铸云（成都中医药大学）

杨怀霞（河南中医药大学）

李 峰（山东中医药大学）

李学涛（辽宁中医药大学）

吴培云（安徽中医药大学）

吴锦忠（福建中医药大学）

张 丽（南京中医药大学）

张师愚（天津中医药大学）

陆兔林（南京中医药大学）

金传山（安徽中医药大学）

周玖瑶（广州中医药大学）

赵 骏（天津中医药大学）

夏厚林（成都中医药大学）

郭庆梅（山东中医药大学）

康文艺（河南大学）

彭 红（江西中医药大学）

韩 丽（成都中医药大学）

曾 南（成都中医药大学）

# 全国普通高等中医药院校药学类专业“十三五”规划教材（第二轮规划教材）

## 出版说明



“全国普通高等中医药院校药学类‘十二五’规划教材”于2014年8月至2015年初由中国医药科技出版社陆续出版，自出版以来得到了各院校的广泛好评。为了更新知识、优化教材品种，使教材更好地服务于院校教学，同时为了更好地贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010-2020年）》《“十三五”国家药品安全规划》《中医药发展战略规划纲要（2016-2030年）》等文件精神，培养传承中医药文明，具备行业优势的复合型、创新型高等中医药院校药学类专业人才，在教育部、国家药品监督管理局的领导下，在“十二五”规划教材的基础上，中国健康传媒集团·中国医药科技出版社组织修订编写“全国普通高等中医药院校药学类专业‘十三五’规划教材（第二轮规划教材）”。

本轮教材建设，旨在适应学科发展和食品药品监管等新要求，进一步提升教材质量，更好地满足教学需求。本轮教材吸取了目前高等中医药教育发展成果，体现了涉药类学科的新进展、新方法、新标准；旨在构建具有行业特色、符合医药高等教育人才培养要求的教材建设模式，形成“政府指导、院校联办、出版社协办”的教材编写机制，最终打造我国普通高等中医药院校药学类专业核心教材、精品教材。

本轮教材包含47门，其中39门教材为新修订教材（第2版），《药理学思维导图与学习指导》为本轮新增加教材。本轮教材具有以下主要特点。

### 一、教材顺应当前教育改革形势，突出行业特色

教育改革，关键是更新教育理念，核心是改革人才培养体制，目的是提高人才培养水平。教材建设是高校教育的基础建设，发挥着提高人才培养质量的基础性作用。教材建设以服务人才培养为目标，以提高教材质量为核心，以创新教材建设的体制机制为突破口，以实施教材精品战略、加强教材分类指导、完善教材评价选用制度为着力点。为适应不同类型高等学校教学需要，需编写、出版不同风格和特色的教材。而药学类高等教育的人才培养，有鲜明的行业特点，符合应用型人才培养的条件。编写具有行业特色的规划教材，有利于培养高素质应用型、复合型、创新型人才，是高等医药院校教育教学改革的体现，是贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010-2020年）》的体现。

### 二、教材编写树立精品意识，强化实践技能培养，体现中医药院校学科发展特色

本轮教材建设对课程体系进行科学设计，整体优化；对上版教材中不合理的内容框架进行适当调整；内容（含法律法规、食品药品标准及相关学科知识、方法与技术等）上吐故纳新，实现了基础学科与专业学科紧密衔接，主干课程与相关课程合理配置的目标。编写过程注重突出中医药院校特色，适当融入中医药文化及知识，满足21世纪复合型人才培养的需要。

参与教材编写的专家以科学严谨的治学精神和认真负责的工作态度，以建设有特色的、教师易用、学生易学、教学互动、真正引领教学实践和改革的精品教材为目标，严把编写各个环节，确保教材建设质量。

### 三、坚持“三基、五性、三特定”的原则，与行业法规标准、执业标准有机结合

本轮教材修订编写将培养高等中医药院校应用型、复合型药学类专业人才必需的基本知识、基本理论、基本技能作为教材建设的主体框架，将体现教材的思想性、科学性、先进性、启发性、适用性作为教材建设灵魂，在教材内容上设立“要点导航”“重点小结”模块对其加以明确；使“三基、五性、三特定”有机融合，相互渗透，贯穿教材编写始终。并且，设立“知识拓展”“药师考点”等模块，与《国家执业药师资格考试考试大纲》和新版《药品生产质量管理规范》(GMP)、《药品经营质量管理规范》(GSP)紧密衔接，避免理论与实践脱节，教学与实际工作脱节。

### 四、创新教材呈现形式，书网融合，使教与学更便捷、更轻松

本轮教材全部为书网融合教材，即纸质教材与数字教材、配套教学资源、题库系统、数字化教学服务有机融合。通过“一书一码”的强关联，为读者提供全免费增值服务。按教材封底的提示激活教材后，读者可通过PC、手机阅读电子教材和配套课程资源，并可在线进行同步练习，实时反馈答案和解析。同时，读者也可以直接扫描书中二维码，阅读与教材内容关联的课程资源（“扫码学一学”，轻松学习PPT课件；“扫码练一练”，随时做题检测学习效果），从而丰富学习体验，使学习更便捷。教师可通过PC在线创建课程，与学生互动，开展在线课程内容定制、布置和批改作业、在线组织考试、讨论与答疑等教学活动，学生通过PC、手机均可实现在线作业、在线考试，提升学习效率，使教与学更轻松。此外，平台尚有数据分析、教学诊断等功能，可为教学研究与管理提供技术和数据支撑。

本套教材的修订编写得到了教育部、国家药品监督管理局相关领导、专家的大力支持和指导；得到了全国高等医药院校、部分医药企业、科研机构专家和教师的支持和积极参与，谨此，表示衷心的感谢！希望以教材建设为核心，为高等医药院校搭建长期的教学交流平台，对医药人才培养和教育教学改革产生积极的推动作用。同时精品教材的建设工作漫长而艰巨，希望各院校师生在教学过程中，及时提出宝贵的意见和建议，以便不断修订完善，更好地为药学教育事业发展和保障人民用药安全有效服务！

中国医药科技出版社

2018年6月

# 前言

## PREFACE

仪器分析课程是药学类、中药学类、制药工程以及相关专业的专业基础课程。本课程旨在指导学生学习药学研究中常用的各类仪器分析方法，掌握各类方法的基本原理、分析仪器的组成和特点，熟悉各类仪器分析方法的应用及分析过程，为后期的专业课程学习和实际应用打好基础。

本教材为“全国普通高等中医药院校药学类专业‘十三五’规划教材（第二轮规划教材）”之一，内容涵盖了药典通则中关于药物结构分析、含量测定以及定性鉴别等所涉及的主要仪器分析方法，重点介绍各种光谱分析法和色谱分析法；做到重点突出、层次分明、语言简练、深入浅出。可供全国普通高等院校药学类、中药学类、制药工程以及相关专业的使用，也可作为考研、医药行业考试与培训的参考用书。

为适应当前我国医药事业快速发展的要求，紧跟学科发展步伐，更加适应我国“十三五”高等中医药教育事业发展的新形势、新目标和新要求，更好地满足专业人才的培养需求，在上版内容的基础上进行了修订编写工作。为帮助学生更好地学习掌握仪器分析的基本理论、基础知识和基本技能，同时配合在线教育需求，本次修订增加了“书网融合”内容，即纸质教材有机融合电子教材、教学配套资源和数字化教学服务（在线教学、在线作业、在线考试）；相关的知识点覆盖面较全，内容上层次清晰、繁简得当，形式上图文并茂、界面美观；既便于学生在线同步学习，也方便教师创建在线课程，适应于数字化教学服务的需求。

教材由所有编者合作、分工编写，主编整理而成。第一章编写人员为容蓉，第二、十章为谢彩侠，第三章为张春丽，第四章为吴良，第五章为邓海山，第六章为刘慧琼，第七、八章为邓赞，第九章为廖夫生，第十一章为卞金辉，第十二章为陈丽、张慧，第十三章为容蓉、张慧，第十四章为吕青涛，第十五章为张国英。其中色谱部分由容蓉负责统稿审校，光谱部分由邓赞负责统稿审校。吕青涛和邓海山协助对部分章节的内容进行了审校。

在编写教材编写过程中得到各位编者所在学校的大力支持，在此一并深表谢意！受时间与水平所限，编写的教材还有待于进一步完善，欢迎批评指正。

编者  
2018年6月



## 第一章 ● 绪论

第一节	仪器分析的分类与特点 .....	1
一、	仪器分析的分类 .....	1
二、	仪器分析法的特点 .....	2
第二节	仪器分析的标准方法及其验证 .....	3
一、	仪器分析方法的标准化 .....	3
二、	分析方法验证的内容、方法和要求 .....	3
第三节	仪器分析的发展和应用 .....	5

## 第二章 ● 光谱分析法概论

第一节	电磁辐射及其与物质的相互作用 .....	7
一、	电磁辐射与电磁波谱 .....	7
二、	电磁辐射与物质的相互作用 .....	8
第二节	光学分析法的分类 .....	9
一、	非光谱法 .....	9
二、	光谱法 .....	9
第三节	光谱分析仪器 .....	10
一、	辐射源 .....	10
二、	分光系统 .....	10
三、	试样容器 .....	11
四、	检测器 .....	11
五、	信号处理器和显示装置 .....	12

## 第三章 ● 紫外-可见分光光度法

第一节	基本原理 .....	13
一、	紫外-可见吸收光谱 .....	13
二、	紫外-可见吸收光谱的有关概念 .....	16

	三、吸收带及其与分子结构的关系 .....	16
	四、某些常见有机化合物的吸收光谱 .....	17
	五、影响紫外吸收光谱的主要因素 .....	19
第二节	Lambert - Beer 定律 .....	21
	一、Lambert - Beer 定律 .....	21
	二、吸光度的加合性 .....	22
	三、偏离 Beer 定律的因素 .....	22
	四、测量条件的选择 .....	24
第三节	显色反应及其显色条件选择 .....	25
	一、显色反应的类型 .....	26
	二、显色条件的选择 .....	26
第四节	紫外 - 可见分光光度计 .....	27
	一、主要部件 .....	27
	二、类型及校正和检查 .....	29
第五节	定性与定量分析 .....	31
	一、定性分析 .....	31
	二、纯度检查 .....	32
	三、单组分定量分析方法 .....	33
	四、多组分定量分析方法 .....	34
	五、结构分析 .....	36

## 第四章 ● 分子荧光分光光度法

第一节	基本原理 .....	39
	一、分子荧光的产生 .....	39
	二、激发光谱和荧光光谱 .....	41
第二节	荧光强度的影响因素 .....	43
	一、荧光效率和荧光寿命 .....	43
	二、荧光强度与分子结构的关系 .....	43
	三、影响荧光强度的外部因素 .....	45
	四、荧光强度与溶液浓度的关系 .....	47
第三节	荧光光谱仪 .....	48
	一、荧光光谱仪的类型 .....	48
	二、仪器的主要部件 .....	48
第四节	定性和定量分析方法 .....	49
	一、定性分析 .....	49
	二、定量分析 .....	49
第五节	荧光分析法的应用和新技术简介 .....	50
	一、荧光分析法在药物分析中的应用 .....	50

二、荧光新技术 .....	51
---------------	----

## 第五章 ● 原子吸收分光光度法

第一节 基本原理 .....	54
一、原子吸收线的产生 .....	54
二、原子的各能级分布 .....	55
三、原子吸收线的宽度 .....	55
四、原子吸收光谱的测量 .....	57
第二节 原子吸收分光光度计 .....	58
一、主要部件组成 .....	58
二、仪器的结构和类型 .....	61
第三节 原子吸收光谱的测定 .....	62
一、干扰及其抑制 .....	62
二、实验条件的选择 .....	64
三、定量分析方法 .....	65
四、分析方法与仪器性能的评价 .....	66
第四节 电感耦合等离子体质谱法简介 .....	67
一、基本原理 .....	67
二、仪器组成 .....	68
三、分析方法 .....	69
第五节 应用与示例 .....	69
一、明胶空心胶囊中铬含量的测定 .....	70
二、铅、镉、砷、汞、铜测定法 .....	70

## 第六章 ● 红外分光光度法

第一节 基本原理 .....	72
一、振动能级和振动光谱 .....	73
二、基频峰与泛频峰 .....	75
三、振动类型与振动自由度 .....	75
四、特征区、指纹区与相关峰 .....	76
五、吸收峰的峰数 .....	77
六、吸收峰的强度 .....	77
第二节 影响谱带位置的因素 .....	78
一、内部因素 .....	78
二、外部因素 .....	80
第三节 红外光谱与分子结构的关系 .....	80
一、红外光谱的九个重要区段 .....	80
二、有机化合物的典型光谱 .....	81

第四节	红外分光光度计及制样 .....	89
	一、傅立叶变换红外光谱仪简介 .....	89
	二、样品的制备 .....	91
第五节	应用与示例 .....	91
	一、定性分析 .....	91
	二、谱图解析 .....	92

## 第七章 ● 核磁共振氢谱

第一节	基本原理 .....	97
	一、原子核的磁性 .....	97
	二、自旋角动量和核磁矩 .....	98
	三、磁化矢量和弛豫 .....	99
	四、核磁共振条件 .....	100
第二节	化学位移 .....	100
	一、化学位移的产生 .....	100
	二、化学位移标准物质和化学位移的表示 .....	100
	三、影响化学位移的因素 .....	101
	四、不同类型质子的化学位移 .....	103
第三节	峰面积与氢核数目 .....	105
	一、峰面积 .....	105
	二、氢核数目 .....	105
第四节	自旋耦合与自旋系统 .....	106
	一、自旋-自旋耦合 .....	106
	二、核的等价性与自旋耦合系统 .....	109
第五节	核磁共振波谱仪及实验方法 .....	113
	一、核磁共振仪 .....	113
	二、实验方法 .....	114
第六节	核磁共振氢谱的解析 .....	115
	一、核磁共振氢谱解析的一般程序 .....	115
	二、解析示例 .....	116

## 第八章 ● 核磁共振碳谱和二维核磁共振谱

第一节	碳谱的特点及常见类型 .....	120
	一、碳谱的基本特点 .....	120
	二、常见的碳谱类型 .....	121
第二节	碳谱的化学位移 .....	123
	一、影响碳谱化学位移的因素 .....	123
	二、各类化合物 <sup>13</sup> C的化学位移 .....	126

第三节	核磁共振碳谱解析的一般程序 .....	129
	一、利用 <sup>13</sup> C-NMR谱进行结构分析的一般步骤 .....	129
	二、解析示例 .....	129
第四节	二维核磁共振谱简介 .....	131
	一、二维核磁共振谱类型 .....	131
	二、常用二维核磁共振谱解析简介 .....	131

## 第九章 ● 质谱法

第一节	基本原理与仪器简介 .....	135
	一、基本原理 .....	135
	二、质谱仪的主要部件 .....	135
	三、质谱仪的主要性能指标 .....	139
	四、质谱的表示方式 .....	139
第二节	离子的主要类型 .....	140
	一、分子离子 .....	140
	二、同位素离子 .....	141
	三、碎片离子 .....	142
	四、亚稳离子 .....	142
第三节	离子的裂解类型 .....	143
	一、共价键断裂方式 .....	143
	二、离子的裂解类型 .....	143
	三、常见有机化合物裂解规律 .....	145
第四节	质谱解析 .....	149
	一、分子离子峰的确 定 .....	149
	二、分子式的确定 .....	150
	三、质谱解析步骤及示例 .....	151

## 第十章 ● 波谱综合解析

第一节	综合解析方法 .....	155
	一、综合解析对分析试样的要求 .....	155
	二、综合解析中常用的波谱学方法 .....	155
第二节	综合解析的一般程序 .....	156
	一、分子式的确定 .....	156
	二、结构式的确定 .....	157
	三、结构的验证 .....	157
第三节	综合解析示例 .....	157

## 第十一章

### 色谱法概论

第一节	概述	166
	一、色谱法历史	166
	二、色谱法的相关名词	167
	三、色谱法分类	167
第二节	色谱分离过程简介	168
第三节	色谱分析中的重要参数	168
	一、色谱流出曲线	168
	二、色谱分析中的一些重要参数	171
第四节	分配等温线	172
	一、三种分配等温线	172
	二、样品上样量对保留值的影响	173
	三、减小非线性等温线产生的色谱峰拖尾和前伸	173
第五节	色谱法基本理论	174
	一、塔板理论	174
	二、速率理论	176
	三、分离度 ( $R$ )	179
	四、色谱分离方程式	180

## 第十二章

### 经典液相色谱法

第一节	吸附色谱法	183
	一、基本原理	183
	二、常用吸附剂及其性质	184
	三、流动相 (洗脱剂)	185
	四、色谱条件的选择	185
	五、经典吸附柱色谱操作	186
	六、应用	187
第二节	分配色谱法	187
	一、基本原理	187
	二、固定相	187
	三、色谱条件的选择	188
	四、分配柱色谱操作	188
	五、应用	189
第三节	离子交换色谱法	189
	一、离子交换平衡	189
	二、离子交换树脂	190
	三、操作方法	191

	四、应用 .....	191
第四节	分子排阻色谱法 .....	192
	一、基本原理 .....	192
	二、凝胶的分类 .....	193
	三、实验操作 .....	194
	四、应用 .....	195
第五节	聚酰胺色谱法 .....	195
	一、基本原理 .....	195
	二、应用 .....	196
第六节	平面色谱法 .....	197
	一、平面色谱法概述 .....	197
	二、平面色谱法基本原理 .....	197
	三、薄层色谱法 .....	198
	四、纸色谱法 .....	201

### 第十三章 ● 气相色谱法

第一节	基本原理 .....	203
	一、气相色谱法基本原理及特点 .....	203
	二、气相色谱仪的基本流程及结构 .....	203
第二节	进样口及进样方式 .....	204
	一、分流/不分流进样口 .....	204
	二、填充柱进样口 .....	206
	三、其他类型进样口 .....	206
	四、进样方式 .....	206
第三节	色谱柱 .....	207
	一、填充柱 .....	207
	二、毛细管色谱柱 .....	210
第四节	检测器 .....	211
	一、检测器的分类与要求 .....	211
	二、热导检测器 .....	212
	三、氢焰离子化检测器 .....	213
	四、电子捕获检测器 .....	214
	五、火焰光度检测器 .....	215
	六、氮磷检测器 .....	215
第五节	色谱分离条件的选择 .....	216
	一、气相色谱速率理论 .....	216
	二、操作条件的选择 .....	217

第六节	定性定量分析 .....	219
一、	定性分析 .....	219
二、	定量分析 .....	221
第七节	现代气相色谱法简介 .....	224
一、	气相色谱-质谱联用 .....	224
二、	顶空气相色谱法 .....	225
三、	裂解气相色谱法 .....	226
第八节	应用与示例 .....	226
一、	中药成分的定性分析 .....	226
二、	药效物质及药用辅料的定量分析 .....	226
三、	溶剂残留分析 .....	227
四、	体内药物分析 .....	228

## 第十四章 ● 高效液相色谱法

第一节	概述 .....	230
第二节	高效液相色谱仪 .....	230
一、	基本组成 .....	230
二、	高压输液系统 .....	231
三、	进样系统 .....	234
四、	分离系统 .....	234
五、	检测器 .....	235
第三节	高效液相色谱法中的速率理论 .....	238
一、	柱内展宽 .....	238
二、	柱外展宽 .....	240
第四节	各类高效液相色谱分离方法 .....	240
一、	吸附色谱法 .....	240
二、	化学键合相色谱法 .....	240
三、	离子对色谱法 .....	243
四、	分子排阻色谱法 .....	244
五、	其他色谱法 .....	245
第五节	流动相及洗脱方式 .....	245
一、	对流动相溶剂的一般要求 .....	245
二、	常用流动相溶剂的性质 .....	245
三、	洗脱方式 .....	248
第六节	定性定量分析方法 .....	248
一、	定性分析 .....	248
二、	定量分析 .....	249
第七节	超高效液相色谱简介 .....	249
一、	理论基础 .....	249

二、实现超高效液相色谱的必要条件 .....	250
三、应用前景 .....	250
第八节 高效液相色谱-质谱联用技术简介 .....	250
一、仪器组成原理 .....	251
二、实验条件的选择 .....	251
三、定性、定量分析 .....	251
第九节 应用示例 .....	252

## 第十五章 ● 高效毛细管电泳与毛细管电色谱

第一节 基本原理 .....	255
一、基本概念 .....	255
二、分离原理 .....	256
三、分析参数 .....	257
第二节 高效毛细管电泳分离模式 .....	258
一、毛细管区带电泳 .....	259
二、胶束电动毛细管色谱 .....	259
三、毛细管凝胶电泳 .....	259
四、毛细管等电聚焦电泳 .....	259
五、毛细管等速电泳 .....	260
六、非水毛细管电泳 .....	260
第三节 高效毛细管电泳仪 .....	260
一、高压电源 .....	260
二、毛细管 .....	261
三、进样方法 .....	261
四、缓冲液池 .....	261
五、检测器 .....	261
第四节 毛细管区带电泳分离条件的选择 .....	261
一、缓冲溶液的选择 .....	261
二、工作电压的选择 .....	262
三、添加剂的选择 .....	262
第五节 毛细管电泳的应用与示例 .....	263
第六节 毛细管电色谱简介 .....	263
一、基本原理 .....	264
二、保留机制 .....	264
三、仪器构造 .....	265
四、应用展望 .....	265

## 附录

附录一	有机化合物主要官能团的 <sup>13</sup> C 化学位移 .....	267
附录二	质谱中常见的碎片离子 (正电荷未标出) .....	269
附录三	质谱中经常失去的中性碎片 .....	272
附录四	高效液相色谱法常用溶剂的性质 <sup>①</sup> .....	273