



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
国家级精品资源共享课配套教材

分析化学 (第三版)

湖南大学化学化工学院 组编

王玉枝 张正奇 主编

宦双燕 副主编



科学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
国家级精品资源共享课配套教材

分 析 化 学

(第三版)

湖南大学化学化工学院 组编

王玉枝 张正奇 主编

宦双燕 副主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书为 2004 年国家级精品课程和 2014 年国家级精品资源共享课配套教材。第二版被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

全书共 10 章(绪论单列),包括分析质量保证、采样和试样预处理、化学分析法、原子光谱分析法、分子光谱分析法、核磁共振波谱分析法、质谱分析法、电化学分析法、色谱分离分析法、毛细管电泳分离分析法。介绍了各类分析方法的基本原理、仪器结构、特点、应用领域及最新进展等。每章前有内容提要,后有小结和习题,另有分析化学前沿知识介绍、科学家传略等阅读材料,力争给读者提供最新的分析化学知识和技巧,以及尽可能提高读者的学习效率和阅读乐趣。

本书可作为高等理工和师范院校化学、应用化学、化工、材料、生物、环境等专业本科生教材,也可供相关师生、分析测试工作者和自学者参考和阅读。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学/王玉枝,张正奇主编.—3 版.—北京:科学出版社,2016.1

普通高等教育“十一五”国家级规划教材 国家级精品资源共享课配套教材

ISBN 978-7-03-047091-1

I. ①分… II. ①王… ②张… III. ①分析化学-高等学校-教材
IV. ①O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 012067 号

责任编辑:陈雅娴/责任校对:张凤琴

责任印制:赵 博/责任设计:迷底书装

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>

天津市新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

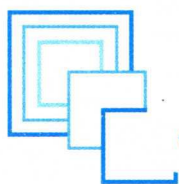
2006 年 1 月第 二 版 印张:35 3/4 插页:1

2016 年 1 月第 三 版 字数:910 000

2016 年 1 月第七次印刷

定价:79.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



《分析化学》(第三版)

编写委员会

主 编 王玉枝 张正奇

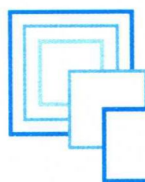
副主编 宦双燕

编 委 (按姓名汉语拼音排序)

陈贻文 陈增萍 郭慢丽 宦双燕 黄杉生

蒋健晖 罗明辉 唐 昊 王 青 王玉枝

吴朝阳 羊小海 曾鸽鸣 张正奇



第三版前言

科学及社会发展日新月异,教材的建设需与时俱进,不断更新。本书第一版于2001年9月出版,第二版于2006年1月出版,按照3~5年就要更新教材的规律,第三版亟待出版。在这种压力下,编者克服重重困难,完成了第三版修订工作。本次修订根据第二版各使用院校的反馈意见,并结合精品课程建设的实践经验,对内容进行了适当的增删。

由于第一版和第二版编写人员中大部分已退休,第三版除主编系原编写人员外,其余编者均为目前在任的年轻教师。

第一版和第二版主编为张正奇教授,编写人员为黄杉生(现为上海师范大学生命与环境科学学院教授)、陈贻文、罗明辉、王玉枝、曾鸽鸣。第三版主要在第二版编写的基础上进行修订,某些章节改动不多,主要是第一版和第二版编写人员的贡献。在此,修订编者对前两版编写人员打下的良好基础表示衷心的感谢!

第三版修订编者经过认真总结研究,确定在基本保留第一版和第二版整体结构和布局的基础上,进行适当调整。将原来的分离分析方法拆分为采样和试样预处理、色谱分离分析法并作为单独章,增加了毛细管电泳分离分析法内容。其余各章节在第二版基础上进行了适当增删和修改,力求做到内容全面、概念清晰、深入浅出、紧跟学科前沿。在强调基本理论、基本概念、基本知识和基本技能基础上,增加应用示例,以提高读者综合运用所学理论解决实际问题的能力和技巧。

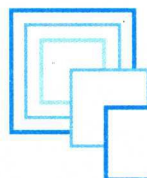
参加第三版修订的主要人员为:陈增萍(第1章),王玉枝(第2章、3.6节、第9章),郭慢丽(现为华南师范大学化学与环境学院副教授,第3章),王青(第4章),蒋健晖、唐昊(第5章),吴朝阳(第6章),宦双燕(第7章、5.2节、5.3节),羊小海(第8章、第10章),其中王玉枝和宦双燕负责全书统稿。

在编写过程中编者参考了一些相关的专著、教材、手册和文献等,受益匪浅,主要参考文献已列于书后。在本书编写过程中得到了科学出版社领导、编辑人员的大力支持,在此深表谢意。

限于编者水平,无论是在内容取舍还是在难易程度的把握等方面都具有一定的试探性,书中如有疏漏和不妥之处,恳请读者和同行指正。

编 者

2015年10月



第二版前言

承蒙广大读者厚爱，自《分析化学》第一版问世以来，许多读者来信来电，提出了宝贵意见，特别是华东交通大学的老师十分关心本教材，提出了许多修改建议。鉴于分析方法已由化学分析方法向仪器分析方法转变，分析仪器也正在向智能化、微型化方向发展，因此，本次再版仍保留第一版的整体结构和布局，仅对部分章节内容作了修改。

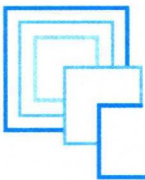
近两年来，我们在使用本教材第一版进行教学过程中，发现部分内容必须调整和修订，才能满足教和学的需要，为此，我们进行了认真的总结研究。比如：对于第2章，抓住酸碱滴定、配位滴定、沉淀滴定和氧化还原滴定的共性，即四大滴定反应可用一个化学反应式来描述，从而奠定了构建滴定分析整体的基础；同时，抓住分布系数这根主线，将酸碱平衡体系、配位平衡体系、沉淀平衡体系和氧化还原平衡体系中各型体平衡浓度的计算公式归纳为一个公式。这样，使酸碱滴定、配位滴定、沉淀滴定和氧化还原滴定真正地融为一体，因而教起来方便，学起来轻松，记起来容易，教学时数也可压缩为12学时左右，达到了分析化学教学以仪器分析为主的目的。又如：在第7章增加了紫外光谱、红外光谱、核磁共振波谱和质谱综合解析一节，以提高读者综合运用所学理论解决实际问题的能力和解析技巧。思考题从章末移至相关内容后，更便于读者理解和掌握教学重点。

参加本次修订的均为原参编人员，其中张正奇对全书进行了统稿。

感谢华东交通大学以及使用本教材的各校师生对本教材的关心和支持。书中难免存在错误，敬请读者批评指正。

编 者

2004年2月



第一版前言

本教材是根据教育部理工科化学教学指导委员会拟订的关于化学、应用化学和化工类专业化学教学基本内容的要求而编写的。它是近几年来我们进行分析化学教学内容、课程体系及教学方法改革，并在化学和应用化学专业进行教学改革实践的经验总结，也是湖南大学国家工科化学教学基地建设的成果之一。

分析化学是获得物质化学成分和结构信息的科学。现代分析化学正处在第三次变革时期。生命科学、材料科学、环境科学和信息科学的飞速发展不断对分析化学提出新的挑战，也为分析化学提供了新的发展机遇和研究领域。当代生物技术、计算机技术和信息技术等新成就的引入，使分析化学进入了一个崭新时代，分析化学的研究手段和研究对象众多复杂。在现代分析化学的坐标轴上，已不仅是传统的分析信号与浓度的二维关系，而要扩展到与时间、温度、空间结构和性能、生物活性等多维空间。为了培养适应现代分析化学高速发展需要的人才队伍，世界各国都在进行分析化学教学改革。近些年来，我们在分析化学教学中进行了系统的改革，在改革中不断更新教学观念、教育思想和教学内容，不断实践，不断总结经验，推出了这本《分析化学》教材，作为化学、应用化学和化工类专业分析化学基础课程教材，它是《国家工科化学基础课程教学基地(湖南大学)化学主干课程系列教材》之四。本教材以物理化学为先导课程，将化学分析和仪器分析作为一个整体，进行优化整改，精选内容，突出重点，着重阐述各类分析方法的基本原理和应用，提高学生综合运用能力。本教材主要的变化有下面几个方面：

(1) 鉴于分析化学正处在变革时期，分析方法正在由化学分析方法向仪器分析方法转变，测定的含量由常量向微量、痕量转变，分析仪器在向智能化、微型化转变，测量方式由离线(离体)检测向在线(in line)检测和活体分析转变，本教材在布局和内容编排上作了较大调整。例如，在化学分析部分，抓住平衡体系中分布系数这根主线，将酸碱滴定、配位滴定、氧化还原滴定和沉淀滴定四章合并为“滴定分析法”一章；仪器分析中的光度滴定、电导滴定、电位滴定、电流滴定和交流示波极谱滴定等并入本章中的“确定滴定终点的方法”一节；仪器分析中的电解分析法也并入化学分析部分的重量分析法中；色谱分析法并入分离分析方法一章；光学分析部分合并为原子光谱分析法和分子光谱分析法两章；电位分析法、伏安和极谱法以及库仑分析法合并为电化学分析法。以增强学生对分析化学学科的系统性、完整性和整体感的认识。

(2) “量”是分析化学的核心之一。分析化学的“产品”是分析测试数据。分析测试数据的可信度即为该产品的质量。为了提高分析测试质量，增强分析数据的可靠性，我们在本教材第一章“分析质量保证”中加强了数理统计理论阐述，将分析测定结果的可靠性检验方法，如 u 检验、 t 检验、 F 检验和 χ^2 检验等理论与化学应用紧密结合，深入浅出、简明扼要地论述了保证分析质量的原理和提高分析质量的方法，使学生不仅懂得如何处理分析数据，

还懂得为什么要这样处理。

(3)在取材方面,秉着精选内容、删除陈旧、强化基础、注重应用、兼顾前沿的原则,简明扼要地讲深讲透各类方法的基本原理及其特点,用适当篇幅介绍这些分析方法在生命科学、环境科学、材料科学和信息科学中的应用,并扼要地介绍其最新发展。

本教材理工通用。理科化学分析 40 学时,仪器分析 70 学时,讲授全书内容。工科化学分析 24 学时,仪器分析 40 学时,不讲授本教材中带“*”号的章节。

本教材是湖南大学化学化工学院分析化学教研室全体教师共同努力的结果。参加编写的人员有:张正奇(绪论、第八章)、陈贻文(第六、七章以及第三章第六、七、八节、第五章第二节)、黄杉生(第四、五章)、罗明辉(第二章)、王玉枝(第三章、第二章第六节)、曾鸽鸣(第一章)。本书由张正奇任主编。在编写过程中,得到了国防科技大学毛友安、湖南师范大学马铭和长沙电力学院李丹的大力支持;中南大学周春山教授主审了本教材,并提出了许多宝贵意见,编者深表谢意。

限于我们对分析化学教学改革的理解和教学经验,书中难免存在不妥之处,甚至错误,恳望专家和读者批评指正,不胜感谢。

编 者

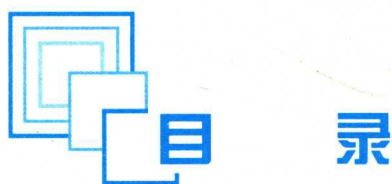
2001 年 2 月于湖南大学



符号表

α_M	金属离子副反应系数	$\varphi^{\ominus'}$	条件电极电位
$\alpha_{M(L)}$	配位效应系数	$\varphi_{\text{参}}$	参比电极电极电位
α_Y	EDTA 副反应系数	$\varphi_{\text{接}}$	液接电位
$\alpha_{Y(H)}$	EDTA 酸效应系数	$\varphi_{\text{指}}$	指示电极电极电位
$\alpha_{Y(N)}$	共存离子效应系数	ω	角速度(仪器分析)
β	累积稳定常数	Ω	不饱和度
β_{pf}	沉淀累积稳定常数	a	活度
γ	活度系数; 磁旋比(核磁共振)	a_{Ox}	氧化态活度
Γ_0	吸附量	a_{Red}	还原态活度
δ	分布系数(化学分析)	A	电极面积(电化学分析)
	化学位移(核磁共振)		吸光度(光学分析)
	扩散层厚度(电化学分析)	A_{Ox}	氧化态吸光度
ε	摩尔吸收系数	A_{Red}	还原态吸光度
η	超电压	c	分析浓度; 总浓度
η_a	阳极超电位	D	扩散系数
η_c	阴极超电位	E	电池电动势
λ	波长	E_e	电子运动能量
λ_{max}	最大吸收波长	E_i	激发电位
μ	折合质量(红外光谱)	E_n	核能
	磁矩(核磁共振)	E_r	分子转动能量
ν	频率	E_t	分子平动能量
ν_0	中心频率	E_v	分子振动能量
σ	总体标准偏差(化学分析)	$E_{\text{分}}$	分解电压
	屏蔽常数(核磁共振)	F	法拉第常量
	标准偏差(色谱分离分析)	H	磁场强度
τ	过渡时间	H_0	外磁场强度
φ	电极电位	i	电流
φ_a	阳极电极电位	i_d	极限扩散电流
φ_c	阴极电极电位	$i_{d,m}$	平均扩散电流
φ_{de}	滴汞电极电极电位	i_{da}	氧化电流
φ_M	膜电位	i_{dc}	还原电流
$\varphi^{\ominus}$	标准电极电位	i_p	峰电流

I	光强度	P	动量矩
J	偶合常数	Q	电量
K	平衡常数	Q_{ads}	吸附电活性物消耗电量
K_{a}	酸离解常数	Q_{dl}	双电层充电电量
K_{af}	酸稳定常数	s	样本标准偏差
K_{b}	碱离解常数	t	时间
K_{bf}	碱稳定常数	t_{R}	保留时间
K_{MY}	配合物稳定常数	t'_{R}	调整保留时间
K'_{MY}	条件稳定常数	T	热力学温度
K_{sp}	溶度积	u	沉淀聚集速度(化学分析法中) 线速度(色谱分离分析中)
K_{w}	水离子积	v	速度
K_{wf}	水稳定常数	w	质量分数(化学分析法中)
m	质量	z	电荷
m/z	质荷比		



第三版前言

第二版前言

第一版前言

符号表

绪论 1

0.1 分析化学的任务与作用 1

0.2 分析方法的分类 2

0.2.1 定性分析、定量分析和结构分析 2

0.2.2 无机分析和有机分析 2

0.2.3 常量分析、半微量分析、微量分析和痕量分析 2

0.2.4 化学分析和仪器分析 3

0.2.5 例行分析、仲裁分析和快速分析 4

0.3 发展中的分析化学 4

0.3.1 提高灵敏度 4

0.3.2 提高选择性 4

0.3.3 扩展时空多维信息 5

0.3.4 状态分析 5

0.3.5 微型化与微环境分析 5

0.3.6 生物分析技术与活体分析 5

第 1 章 分析质量保证 6

1.1 分析化学中误差的基本概念 6

1.1.1 准确度、精密度和不确定度 6

1.1.2 分析测试中的误差 8

1.1.3 公差 9

1.1.4 误差的传递 10

1.2 有效数字及其运算规则 12

1.2.1 有效数字 12

1.2.2 有效数字运算规则 12

1.2.3 有效数字的运算规则在分析化学测定中的应用 13

1.3 分析数据的统计处理 14

1.3.1 测量值集中趋势 15

1.3.2 正态分布、 χ^2 分布、 t 分布和 F 分布 17

1.3.3	置信水平与平均值的置信区间	22
1.3.4	分析数据的可靠性检验	24
1.3.5	异常值的检验与取舍	31
1.4	回归分析	33
1.4.1	一元线性回归分析	34
1.4.2	相关系数	35
1.5	提高分析结果准确度的方法	36
1.5.1	选择合适的分析方法	36
1.5.2	用标准样品对照	36
1.5.3	减小测量误差	36
1.5.4	增加平行测定次数, 减小随机误差	37
1.5.5	消除测量过程中系统误差	37
	小结	38
	习题	40
	分析化学前沿领域简介——化学计量学	41
第2章	采样和试样预处理	42
2.1	实际试样分析的一般过程	42
2.2	试样采集	43
2.2.1	试样的采集原则	43
2.2.2	几种试样的采集	44
2.2.3	采样器	45
2.3	试样的制备	45
2.4	试样的分解	46
2.4.1	酸溶法或碱溶法	46
2.4.2	熔融法	47
2.4.3	半熔法	48
2.5	沉淀分离法	49
2.5.1	无机沉淀剂沉淀分离法	49
2.5.2	有机沉淀剂沉淀分离法	50
2.6	溶剂萃取分离法	51
2.6.1	分配系数、分配比、萃取效率、分离因数	51
2.6.2	逆流分配分离	54
2.6.3	萃取溶剂的选择	54
2.6.4	萃取操作与反萃取	54
2.6.5	固相萃取	54
2.6.6	超临界流体萃取	54
2.6.7	微波萃取	55
2.7	离子交换分离法	56
2.7.1	阴阳离子交换及离子交换树脂	56

2.7.2	离子交换分离操作程序	57
2.7.3	离子交换分离法的应用	58
2.8	膜分离法	59
2.8.1	过滤、超滤和纳滤	59
2.8.2	透析	60
2.9	激光分离法	60
2.9.1	激光光解提纯与分离稀土元素	61
2.9.2	激光分离同位素	61
2.10	其他分离方法简介	63
2.10.1	挥发和蒸馏分离法	63
2.10.2	盐析法	64
2.10.3	等电点沉淀法	64
2.11	分离技术的发展趋势	64
小结		65
习题		65
植物生理学家和化学家——茨维特		66
第3章	化学分析法	67
3.1	滴定分析概述	67
3.1.1	滴定分析方法的分类	67
3.1.2	滴定分析对滴定反应的要求	68
3.1.3	基准物质和标准溶液	69
3.1.4	滴定方式	70
3.2	滴定分析的基本理论	71
3.2.1	溶液中的化学平衡	71
3.2.2	分布系数	73
3.2.3	酸碱质子理论	76
3.2.4	酸碱溶液 pH 计算	76
3.2.5	配位平衡的条件稳定常数	86
3.2.6	氧化还原电对的条件电极电位	92
3.3	确定滴定终点的方法	97
3.3.1	指示剂法	97
3.3.2	仪器分析方法指示终点	105
3.4	滴定条件选择	109
3.4.1	滴定曲线	109
3.4.2	滴定误差	114
3.4.3	用指示剂指示滴定终点的滴定条件	116
3.5	滴定分析的应用	122
3.5.1	直接滴定法	122
3.5.2	回滴定法	125

3.5.3 置换滴定法	127
3.5.4 间接滴定法	128
3.6 重量分析法	129
3.6.1 重量分析理论基础	129
3.6.2 重量分析对沉淀形式及称量形式的要求	131
3.6.3 沉淀剂的选择	132
3.6.4 沉淀的形成与沉淀的条件	132
3.6.5 沉淀的过滤、洗涤、干燥或灼烧	138
3.6.6 重量分析法应用选例	139
3.6.7 复杂试样分析实例	140
3.6.8 电重量法	142
小结	147
习题	150
化学大师 Liebig	152
第4章 原子光谱分析法	153
4.1 原子吸收光谱分析法	153
4.1.1 原子吸收光谱法的基本原理	154
4.1.2 原子吸收光谱仪	158
4.1.3 原子吸收光谱中的干扰及抑制	162
4.1.4 分析方法	163
4.1.5 灵敏度与检出限	164
4.1.6 测定条件的选择	165
4.2 原子发射光谱分析法	166
4.2.1 原子发射光谱法的基本原理	166
4.2.2 原子发射光谱仪	169
4.2.3 光谱定性分析	172
4.2.4 光谱定量分析	174
4.3 原子荧光光谱分析法	175
4.3.1 原子荧光光谱法的基本原理	176
4.3.2 原子荧光光谱仪	178
4.3.3 原子荧光光谱定量分析	179
4.4 原子质谱法	180
4.4.1 基本原理	180
4.4.2 电感耦合等离子体质谱法	180
4.4.3 原子质谱的干扰效应	181
4.4.4 原子质谱的应用	182
小结	182
习题	183
著名化学家本生对分析化学的贡献	184

第 5 章 分子光谱分析法	185
5.1 吸光光度分析法	186
5.1.1 光吸收的基本定律	187
5.1.2 无机化合物的吸收光谱	191
5.1.3 显色反应及光度测量条件的选择	193
5.1.4 吸光光度测定方法	199
5.1.5 吸光光度法的应用	202
5.2 紫外光谱分析法	205
5.2.1 有机化合物的电子能级跃迁类型	205
5.2.2 常用术语	206
5.2.3 紫外光谱吸收带的分类	207
5.2.4 有机化合物的紫外吸收光谱	207
5.2.5 溶剂对紫外吸收光谱的影响	210
5.2.6 紫外吸收光谱的应用	212
5.3 红外光谱分析法	218
5.3.1 基本原理	218
5.3.2 红外光谱仪器与制样	221
5.3.3 红外光谱与分子结构的关系	222
5.3.4 红外光谱的应用	238
5.4 分子发光分析法	244
5.4.1 分子荧光及磷光光谱法	244
5.4.2 化学发光与生物发光分析法	254
小结	259
习题	259
光化学传感器与荧光探针	263
第 6 章 核磁共振波谱分析法	265
6.1 核磁共振基本原理	265
6.1.1 原子核的自旋及分类	265
6.1.2 原子核的回旋	266
6.1.3 核磁共振	267
6.1.4 核磁弛豫	268
6.2 核磁共振波谱仪	269
6.3 化学位移	271
6.3.1 化学位移的产生	271
6.3.2 化学位移的测量	272
6.3.3 影响化学位移的因素	272
6.3.4 化学位移与结构的关系	275
6.4 自旋偶合与自旋裂分	280
6.4.1 自旋裂分的产生和规律	280

6.4.2	核的等价性与不等价性	281
6.4.3	自旋系统分类的几项规定	283
6.4.4	一些常见的自旋偶合系统	283
6.4.5	偶合常数与分子结构的关系	287
6.5	核磁共振波谱图解析	295
6.5.1	谱图解析的步骤	295
6.5.2	简化谱图的方法	296
6.5.3	谱图解析举例	299
6.6	^{13}C 核磁共振波谱	303
6.6.1	提高 ^{13}C 谱检测灵敏度的方法	303
6.6.2	简化谱图的方法	304
6.6.3	化学位移与结构的关系	306
6.6.4	^{13}C 谱图解析举例	311
	小结	313
	习题	313
	生物分子的革命性分析方法	316
第 7 章	质谱分析法	318
7.1	质谱分析法的基本原理	318
7.2	质谱仪	319
7.2.1	单聚焦质谱仪	320
7.2.2	双聚焦质谱仪	321
7.2.3	四极质谱仪	322
7.2.4	离子阱质谱仪	322
7.2.5	飞行时间质谱仪	323
7.3	离子的主要类型	324
7.3.1	分子离子	324
7.3.2	碎片离子	326
7.3.3	亚稳离子	326
7.3.4	同位素离子	327
7.3.5	重排离子	327
7.4	有机化合物的裂解方式	328
7.4.1	单纯裂解	328
7.4.2	重排裂解	331
7.5	有机化合物的质谱	333
7.5.1	饱和脂肪族化合物	333
7.5.2	烯类化合物	333
7.5.3	炔烃类化合物	334
7.5.4	芳烃化合物	334
7.5.5	醇类化合物	335

7.5.6 酚类及苄醇	336
7.5.7 醚类化合物	337
7.5.8 醛、酮类化合物	338
7.5.9 酸和酯类化合物	340
7.5.10 胺类化合物	342
7.5.11 酰胺类化合物	342
7.5.12 腈类化合物	343
7.5.13 硝基化合物	344
7.5.14 卤化物	344
7.5.15 杂环化合物	345
7.6 生物质谱	346
7.7 质谱图解析	348
7.7.1 解析质谱的一般程序	349
7.7.2 质谱解析举例	350
7.8 UV、IR、NMR 和 MS 四谱综合解析	354
7.8.1 四种谱图综合解析的一般程序	354
7.8.2 综合解析举例	355
小结	357
习题	357
科学展望——2014 年诺贝尔化学奖简介	363
第 8 章 电化学分析法	364
8.1 基本术语和概念	364
8.1.1 化学电池	364
8.1.2 电池的图解表达式	365
8.1.3 电极电位与测量	366
8.1.4 电极的分类	366
8.2 电位分析法	367
8.2.1 电位分析法基本原理	367
8.2.2 电位型电化学传感器与膜电位	368
8.2.3 电位型电化学传感器的性能参数	377
8.2.4 直接电位法	380
8.2.5 电位滴定法	382
8.3 极谱分析法和伏安分析法	383
8.3.1 普通极谱法基本原理	383
8.3.2 极谱电流	385
8.3.3 直流极谱波类型及直流极谱波方程	391
8.3.4 定量分析方法	396
8.3.5 单扫描极谱法	396
8.3.6 循环伏安法	398