

清华大学学术专著

# 离子色谱原理与应用

丁明玉 摇田松柏 摇著

清华大学出版社

内 容 简 介

本书系统地论述了离子色谱法的基本原理、实验技术和应用。内容包括基础理论、仪器装置、分离模式(离子交换色谱、离子排斥色谱、离子对色谱和金属离子配合物色谱)、检测技术、样品预处理、定性定量分析以及在各个领域的应用实例。书中既介绍了近年来离子色谱法的最新进展,也介绍了作者在这一领域的研究成果。

本书可供化学、化工、环境保护、食品和材料等领域的研究人员和分析人员阅读,也可作为高等院校有关专业高年级本科生、研究生和教师的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

离子色谱原理与应用 丁明玉,田松柏编著-北京:清华大学出版社, 员年

离子色谱原理与应用

I 援离...摇 II 援①丁...②田...摇 III 援离子交换色谱摇 IV 援 员 员 员 员

中国版本图书馆 CIP 数据核字( 员年)第 员 员 员 员 号

书 名 : 离子色谱原理与应用

作 者 : 丁明玉 田松柏 编著

出版者 : 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦, 邮编 员年 员年 员年)

发行: 新华书店 经销 电话: 员年 员年 员年

印刷者: 摇摇摇摇摇摇印刷厂

发 行 者 : 新华书店 总店 北京 发行所

开 本 : 员年 员年 员年 员年 印 张 : 员年 员年 员年 员年 字 数 : 员年 员年 员年 员年

版 次 : 员年 员年 员年 员年 第 员年 员年 员年 员年 第 员年 员年 员年 员年 次 印 刷

书 号 : 员年 员年 员年 员年

印 数 : 员年 员年 - 员年 员年

定 价 : 摇摇 元



# 前摇摇言

目前,色谱技术已经成为应用领域最广泛、对复杂样品的分离测定最有效的分析技术之一。为了用高效的液相色谱技术分析常见的无机阴阳离子,1955年诞生了以离子交换剂作固定相和采用化学抑制后的电导检测技术的离子色谱法。四十多年来,离子色谱作为液相色谱的一个分支,在环境分析、食品分析等许多领域发挥了相当重要的作用,离子色谱法已经成为许多常见离子分析的标准方法。

随着固定相和检测技术的不断发展,采用普通液相色谱的仪器和分离体系来分离离子性化合物的技术越来越成熟,因此离子色谱与普通液相色谱的界限渐渐变得模糊起来。我们甚至可以把离子色谱法定义为“离子性物质的液相色谱法”。正是基于这种理解,本书的写作有一些不同于以往离子色谱书籍的地方:首先,我们没有按通常的分类方法将离子色谱分为双柱(抑制型)离子色谱和单柱(非抑制型)离子色谱两大类来介绍,而只是把这两种方法看成为电导检测中的两种技术;其次,我们用了比较大的篇幅介绍离子对色谱,并介绍了离子抑制色谱,还专门用一章介绍金属离子配合物色谱法。这些方法所采用的分析体系与普通液相色谱是完全相同的。

另外,离子色谱的应用领域在不断扩大,涉及的样品越来越复杂,因此,样品预处理在离子色谱分析中越来越重要。基于这种认识,我们专门写了一章“样品预处理”。

本书的两位作者曾分别留学日本和德国数年,专门从事离子色谱的保留机理与应用研究,博士论文也都是离子色谱方面的。回国后,作者仍立志在离子色谱领域多做一些有益的工作,但我们发现离子色谱方面的图书极少,而且已有十多年没有离子色谱方面的新书出版,这对提高我国离子色谱的整体研究水平和在各个领域推广离子色谱技术的应用都是很不利。为此,我们在总结前人研究成果的基础上,加上我们自己的研究与理解,写出了这本书。本书的第 苑怨章和 苑章由田松柏执笔,其余各章由丁明玉执笔。尽管我们期望能把离子色谱的最新知识和技术介绍给读者,但限于我们的学识,疏漏和错误在所难免,恳请各位同行赐教。

丁明玉 田松柏  
1995年 远月

# 目摇摇录

第 员章 导论	员
员.1 液相色谱法概述	员
员.2 液相色谱法的发展历史	员
员.3 液相色谱法的分类	员
员.4 离子色谱法概述	圆
员.5 离子色谱法的发展	圆
员.6 离子色谱法的定义与类型	猿
员.7 离子色谱法的定义	猿
员.8 离子色谱法的类型	猿
员.9 离子色谱法的分析对象和应用领域	源
员.10 离子色谱法的优点	缘
员.11 离子色谱法的现状与发展趋势	远
员.12 本书的编著原则与内容安排	苑
参考文献	愿
第 圆章 基础理论	怨
圆.1 基本概念	怨
圆.2 保留时间与容量因子	怨
圆.3 色谱峰的对称性	10
圆.4 分离度	10
圆.5 选择性系数	10
圆.6 色谱过程动力学	10
圆.7 色谱过程动力学的几种主要理论	10
圆.8 塔板理论	11
圆.8.1 塔板理论的主要假设	11
圆.8.2 理论塔板数和理论塔板高度	11
圆.9 速率理论	11
圆.9.1 塔板理论的缺陷	11
圆.9.2 色谱过程中的溶质扩散与传质阻力	11
圆.9.3 速率方程	11
圆.9.4 离子色谱中的速率曲线	11
圆.10 色谱过程热力学	12
圆.11 基本公式	12
圆.12 柱温对溶质保留的影响	12

摇摇圆猿猿猿摇摇温对柱效和选择性的影响	圆猿
摇摇圆猿猿源摇摇吸附作用	圆猿
参考文献	圆源
第猿章摇摇离子色谱仪	圆源
猿猿摇摇离子色谱仪的基本构成	圆源
猿猿摇摇流动相输送系统	圆缘
摇摇猿猿猿猿摇摇流动相容器	圆缘
摇摇猿猿猿猿摇摇输液泵	圆缘
摇摇猿猿猿猿摇摇输液泵的基本要求	圆缘
摇摇猿猿猿猿摇摇输液泵的类型	圆兀
摇摇猿猿猿猿摇摇输液泵的工作原理	圆兀
摇摇猿猿猿猿摇摇脱气装置	猿园
摇摇猿猿猿猿摇摇梯度洗脱装置	猿猿
摇摇猿猿猿猿摇摇高压梯度系统	猿猿
摇摇猿猿猿猿摇摇低压梯度系统	猿圆
猿猿摇摇进样器	猿圆
猿猿摇摇色谱柱	猿猿
猿猿摇摇柱温箱	猿元
猿猿摇摇检测器	猿元
猿猿摇摇抑制器	猿猿
猿猿摇摇数据处理系统与自动控制单元	猿猿
猿猿摇摇离子色谱体系的小型化	猿猿
参考文献	猿猿
第源章摇摇离子交换色谱法	猿猿
源源摇摇概述	猿猿
源源摇摇离子交换色谱固定相	猿猿
摇摇源源猿源摇摇有机聚合物离子交换剂	源圆
摇摇源源猿源摇摇硅胶基质键合型离子交换剂	源圆
摇摇源源猿源摇摇乳胶附聚型离子交换剂	源缘
摇摇源源猿源摇摇螯合树脂	源愿
摇摇源源猿源摇摇包覆型离子交换剂	源愿
摇摇源源猿源摇摇其他离子色谱固定相	源圆
摇摇源源猿源猿源摇摇冠醚固定相	源圆
摇摇源源猿源猿源摇摇碳填料	源猿
摇摇源源猿源猿源摇摇氧化铝固定相	源缘
源源摇摇离子交换过程	源缘
源源摇摇阴离子交换色谱法	源元

摇摇源源源摇摇影响阴离子保留的因素	缘
摇摇源源源摇摇流动相流速	缘
摇摇源源源摇摇分离柱长度	缘
摇摇源源源摇摇流动相种类	缘
摇摇源源源摇摇淋洗剂浓度	缘
摇摇源源源摇摇流动相 责 值	缘
摇摇源源源摇摇常用流动相	远
摇摇源源源摇摇抑制型电导检测阴离子交换色谱常用流动相	远
摇摇源源源摇摇非抑制型电导检测阴离子交换色谱常用流动相	远
摇摇源源源摇摇其他检测法适用的流动相	缘
摇摇源源源摇摇无机阴离子的分析	缘
摇摇源源源摇摇抑制型电导检测体系	远
摇摇源源源摇摇非抑制型电导检测体系	远
摇摇源源源摇摇间接紫外检测体系	苑
摇摇源源源摇摇金属配阴离子的分析	苑
摇摇源源源摇摇有机阴离子的分析	苑
摇摇源源源摇摇有机酸	苑
摇摇源源源摇摇烷基磺酸盐	苑
摇摇源源源摇摇有机磷化合物	苑
摇摇源源源摇摇糖类的分析	苑
摇摇源源源摇摇无机和有机阴离子的同时分析	苑
源源摇摇阳离子交换色谱法	苑
摇摇源源源摇摇选择流动相的一般原则	苑
摇摇源源源摇摇碱金属、碱土金属和铵离子的分析	苑
摇摇源源源摇摇重金属与过渡金属离子的分析	愿
摇摇源源源摇摇分离原理	愿
摇摇源源源摇摇检测方法	愿
摇摇源源源摇摇氨基酸的分析	愿
摇摇源源源摇摇有机胺的分析	愿
源源摇摇阴阳离子同时分析	愿
摇摇源源源摇摇流动相和检测方法的选择与限制	愿
摇摇源源源摇摇实现阴阳离子同时分析的方法	愿
摇摇源源源摇摇将阳离子配阴离子化的方法	愿
摇摇源源源摇摇利用离子交换和离子排斥混合分离机理的方法	愿
摇摇源源源摇摇采用多功能基包覆固定相	愿
摇摇源源源摇摇柱切换法	愿
摇摇源源源摇摇利用混合床固定相的方法	愿
摇摇源源源摇摇阴阳离子同时分析的展望	愿

参考文献 .....	Ⅷ
第 5 章 离子排斥色谱 .....	Ⅷ
5.1 引言 .....	Ⅷ
5.2 分离机理 .....	Ⅷ
5.3 固定相 .....	Ⅷ
5.4 流动相 .....	Ⅷ
5.5 离子排斥色谱中的检测技术 .....	Ⅷ
5.5.1 电导检测 .....	Ⅷ
5.5.2 其他检测方法 .....	Ⅷ
5.6 离子排斥色谱与离子交换色谱的联用 .....	Ⅷ
5.7 无机弱酸的分析 .....	Ⅷ
5.8 有机酸的分析 .....	Ⅷ
5.9 醇和醛的分析 .....	Ⅷ
5.10 氨基酸的分析 .....	Ⅷ
5.10.1 概述 .....	Ⅷ
5.10.2 氨基酸分析用离子排斥固定相 .....	Ⅷ
5.10.3 氨基酸分析用流动相 .....	Ⅷ
5.10.4 氨基酸分析样品处理 .....	Ⅷ
5.10.5 氨基酸的检测 .....	Ⅷ
参考文献 .....	Ⅷ
第 6 章 离子对色谱 .....	Ⅷ
6.1 离子对色谱的保留机理 .....	Ⅷ
6.1.1 计量模型 .....	Ⅷ
6.1.2 非计量模型 .....	Ⅷ
6.2 影响保留的主要参数 .....	Ⅷ
6.2.1 离子对试剂的种类和浓度 .....	Ⅷ
6.2.2 有机改进剂的种类和浓度 .....	Ⅷ
6.2.3 无机盐添加剂 .....	Ⅷ
6.2.4 固定相的性质 .....	Ⅷ
6.2.5 色谱柱温 .....	Ⅷ
6.2.6 流动相 pH .....	Ⅷ
6.3 离子对色谱中的抑制型电导检测 .....	Ⅷ
6.4 无机离子的分析 .....	Ⅷ
6.4.1 无机阴离子 .....	Ⅷ
6.4.2 无机阳离子 .....	Ⅷ
6.5 有机离子性化合物的分析 .....	Ⅷ
6.5.1 表面活性剂离子的分析 .....	Ⅷ

摇摇远缘源摇阴离子表面活性剂 .....	员圆
摇摇远缘源摇阳离子表面活性剂 .....	员猿
摇摇远缘源摇药物成分分析 .....	员缘
摇摇远缘源摇手性对映体分离 .....	员远
摇摇远缘源摇生物物质分析 .....	员愿
摇摇远缘源摇有机酸 .....	员愿
摇摇远缘源摇氨基酸、肽和蛋白质 .....	员愿
摇摇远缘源摇糖 .....	员员
摇摇远缘源摇核酸物质 .....	员员
摇摇远缘源摇生物胺 .....	员圆
远缘源摇离子抑制色谱 .....	员圆
参考文献 .....	员源
第 苑章摇金属离子配合物色谱法 .....	员远
苑源摇柱前衍生化金属离子配合物色谱法 .....	员远
摇摇苑源源摇反相金属离子配合物色谱法 .....	员愿
摇摇苑源源摇基于离子交换的金属离子配合物色谱法 .....	员员
摇摇苑源源摇基于形成离子对的金属离子配合物色谱法 .....	员圆
苑源源摇柱上衍生化金属离子配合物色谱法 .....	员源
摇摇苑源源摇螯合交换保留机理 .....	员源
摇摇苑源源摇螯合离子交换剂 .....	员远
摇摇苑源源摇螯合离子交换功能基团的类型和性质 .....	员远
摇摇苑源源摇基质效应 .....	员员
摇摇苑源源摇色谱条件对金属离子保留和分离的影响 .....	员圆
摇摇苑源源摇温度对金属离子保留以及分离选择性的影响 .....	员圆
摇摇苑源源摇有机溶剂的影响 .....	员圆
摇摇苑源源摇离子强度的影响 .....	员圆
摇摇苑源源摇流动相 pH 的影响 .....	员圆
摇摇苑源源摇典型的洗脱方式 .....	员猿
摇摇苑源源摇等度洗脱 .....	员猿
摇摇苑源源摇梯度洗脱 .....	员猿
摇摇苑源源摇内 责 梯度洗脱 .....	员缘
摇摇苑源源摇应用 .....	员苑
苑源源摇柱后衍生化金属离子配合物色谱法 .....	员怨
参考文献 .....	员源
第 愿章摇离子色谱法中常用的检测技术 .....	员愿
愿源摇概述 .....	员愿
愿源源摇电导检测技术 .....	员怨

摇摇愿愿愿摇溶液的电导 .....	愿愿
摇摇愿愿愿摇电导池的构造与工作原理 .....	愿愿
摇摇愿愿愿摇非抑制型电导检测 .....	愿愿
摇摇愿愿愿摇抑制型电导检测技术 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿摇柱抑制器 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿摇中空纤维抑制器 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿摇微膜抑制器 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿摇自动再生电解抑制器 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿摇其他抑制器 .....	愿愿
愿愿愿摇紫外可见光检测技术 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿摇基本原理 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿愿摇直接紫外检测法 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿愿摇间接紫外检测法 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿愿摇柱后衍生化紫外可见光检测技术 .....	愿愿
愿愿愿摇安培检测技术 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿摇基本原理 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿愿摇安培检测法 .....	愿愿
愿愿愿摇荧光检测法 .....	愿愿
愿愿愿摇离子色谱与原子光谱和质谱仪器的联用 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿愿摇离子色谱与原子光谱联用 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿愿摇离子色谱与质谱联用 .....	愿愿
参考文献 .....	愿愿

第 怨章 摇摇样品预处理 .....	愿愿
愿愿愿摇干扰组分的沉淀 .....	愿愿
愿愿愿摇基体匹配 .....	愿愿
愿愿愿摇燃烧分离 .....	愿愿
愿愿愿摇离子交换法 .....	愿愿
愿愿愿摇膜分离 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿愿摇负载液膜分离 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿愿摇超滤 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿愿摇渗析和微渗析 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿愿摇电渗析 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿愿摇流动注射渗析 .....	愿愿
愿愿愿摇溶剂萃取 .....	愿愿
愿愿愿摇超临界流体萃取 .....	愿愿
愿愿愿摇固相萃取 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿愿摇固相萃取的原理 .....	愿愿
摇摇愿愿愿愿愿摇固定相和选择性的确定 .....	愿愿

摇摇怨怨怨摇固定相的保留机理 .....	圆园圆
摇摇怨怨怨摇键合能和选择性 .....	圆园原
摇摇怨怨怨摇硅醇的活性 .....	圆园原
摇摇怨怨怨摇固定相选择 .....	圆园原
摇摇怨怨怨摇固相萃取操作步骤 .....	圆缘
摇摇怨怨怨摇萃取柱的再生 .....	圆缘
摇摇怨怨怨摇固相萃取的应用 .....	圆园元
怨怨怨摇柱前和柱后衍生 .....	圆园元
怨怨怨摇液相萃取 .....	圆园苑
怨怨怨摇内表面反相柱 .....	圆园愿
怨怨怨摇预富集 .....	圆园愿
怨怨怨摇柱切换 .....	圆园怨
怨怨怨摇特殊的样品分解方法 .....	圆园员
摇摇怨怨怨摇紫外光解 .....	圆园员
摇摇怨怨怨摇微波消化 .....	圆园圆
摇摇怨怨怨摇热解 .....	圆园圆
摇摇怨怨怨摇熔解 .....	圆园圆
怨怨怨摇其他样品预处理方法 .....	圆园圆
参考文献 .....	圆园猿

第 圆章 摇定性 与 定量 分析 .....	圆缘
圆缘 摇定性 分析 .....	圆缘
摇摇圆缘圆 摇保留 时间 定性 .....	圆缘
摇摇圆缘圆 摇紫外 和 可见 光谱 图 定性 .....	圆元
摇摇圆缘圆 摇与 其他 分析 仪器 串联 或 用 其他 分析 仪器 离线 检测 定性 .....	圆元
圆缘 摇定量 分析 .....	圆元
摇摇圆缘元 摇峰 高 和 峰 面积 的 手工 测量 .....	圆苑
摇摇圆缘元 摇峰 面积 的 电 测量 .....	圆苑
圆缘 摇定量 方法 .....	圆愿
摇摇圆缘愿 摇归 一 化 法 .....	圆愿
摇摇圆缘愿 摇内 标 法 .....	圆愿
摇摇圆缘愿 摇外 标 法 .....	圆怨
摇摇圆缘愿 摇标准 加入 法 .....	圆园
圆缘 摇数据 及 方法 的 评价 .....	圆园
摇摇圆缘园 摇准确 度 .....	圆员
摇摇圆缘员 摇加 标 回收 .....	圆员
摇摇圆缘员 摇用 标准 样品 进行 对照 .....	圆员
摇摇圆缘员 摇与 公认 的 或 标准 的 方法 所 得到 的 结果 进行 对照 .....	圆员
摇摇圆缘园 摇精密 度 .....	圆员

摇摇摇摇摇摇摇摇置信区间和置信概率 .....	圆园圆
摇摇摇摇摇摇摇摇灵敏度、检测限和线性范围 .....	圆园猿
参考文献 .....	圆园猿
第 圆章 摇摇离子色谱的应用 .....	圆园源
圆园源 摇摇离子色谱在环境分析中的应用 .....	圆园源
摇摇摇摇摇摇摇摇水分析 .....	圆园源
摇摇摇摇摇摇摇摇土壤沉积物、淤渣和植物分析 .....	圆园愿
摇摇摇摇摇摇摇摇空气污染物分析 .....	圆园怨
摇摇摇摇摇摇摇摇化石燃料分析 .....	圆园圆
摇摇摇摇摇摇摇摇形态分析 .....	圆园猿
圆园缘 摇摇离子色谱在农业中的应用 .....	圆园缘
摇摇摇摇摇摇摇摇无机阴离子分析 .....	圆园缘
摇摇摇摇摇摇摇摇无机阳离子分析 .....	圆园苑
摇摇摇摇摇摇摇摇重金属离子分析 .....	圆园愿
摇摇摇摇摇摇摇摇有机化合物分析 .....	圆园愿
圆园怨 摇摇离子色谱在生物医药领域的应用 .....	圆园怨
摇摇摇摇摇摇摇摇有机酸的分析 .....	圆园怨
摇摇摇摇摇摇摇摇药物成分分析 .....	圆员员
摇摇摇摇摇摇摇摇糖的分析 .....	圆员猿
摇摇摇摇摇摇摇摇形态分析 .....	圆员源
摇摇摇摇摇摇摇摇无机阳离子的分析 .....	圆员缘
摇摇摇摇摇摇摇摇无机阴离子的分析 .....	圆员远
摇摇摇摇摇摇摇摇血液中无机阴离子的分析 .....	圆员远
摇摇摇摇摇摇摇摇尿中无机阴离子的分析 .....	圆员远
摇摇摇摇摇摇摇摇泪水中无机阴离子的分析 .....	圆员苑
圆员源 摇摇离子色谱在工业中的应用 .....	圆员苑
摇摇摇摇摇摇摇摇离子色谱在核工业中的应用 .....	圆员苑
摇摇摇摇摇摇摇摇水反应堆冷却剂中放射性核素和痕量离子的测定 .....	圆员愿
摇摇摇摇摇摇摇摇裂变产物的分离 .....	圆员愿
摇摇摇摇摇摇摇摇离子色谱在冶金工业中的应用 .....	圆员怨
摇摇摇摇摇摇摇摇离子色谱在电解工业中的应用 .....	圆圆园
摇摇摇摇摇摇摇摇离子色谱在石油化工领域中的应用 .....	圆圆园
摇摇摇摇摇摇摇摇离子色谱在半导体工业中的应用 .....	圆圆员
圆圆圆 摇摇离子色谱在食品分析中的应用 .....	圆圆圆
摇摇摇摇摇摇摇摇无机阴离子分析 .....	圆圆圆
摇摇摇摇摇摇摇摇氮形态分析 .....	圆圆圆
摇摇摇摇摇摇摇摇硫形态分析 .....	圆圆猿
摇摇摇摇摇摇摇摇磷形态分析 .....	圆圆猿









