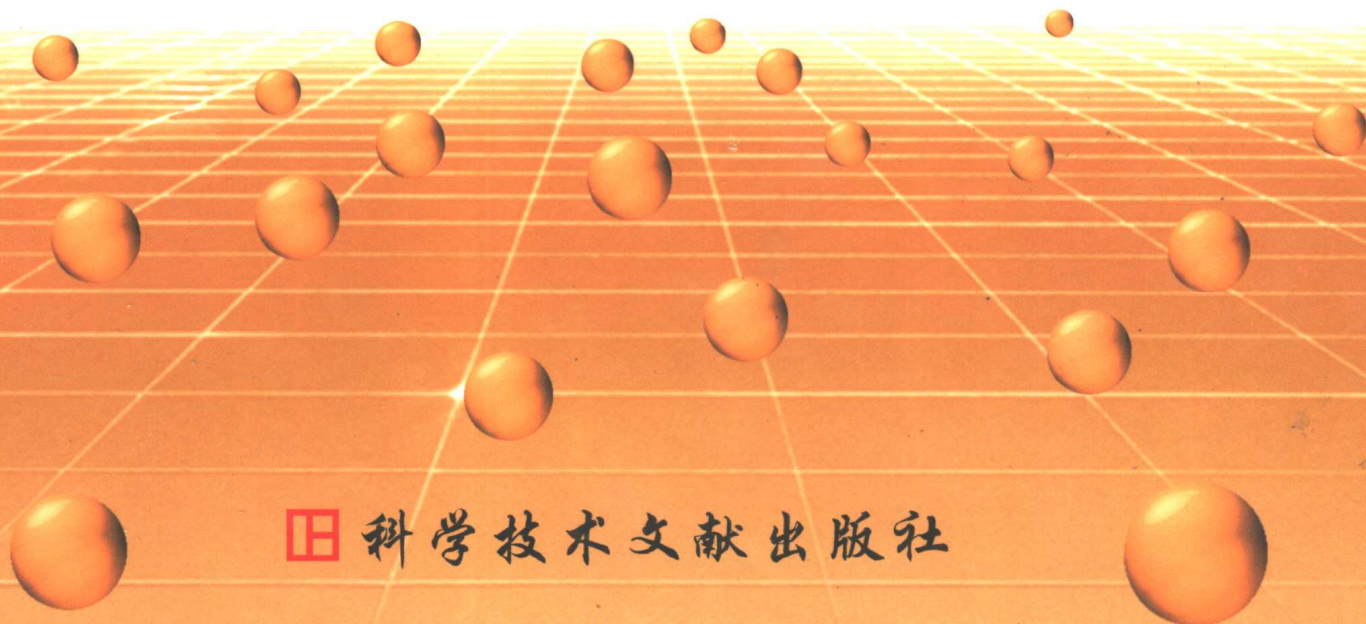


# 国际通用 离子交换技术手册

王方 主编



科学技术文献出版社

# 国际通用 离子交换技术手册

主 编 王 方  
副主编 凌达仁 黄文强

科学技术文献出版社

Scientific and Technical Documents Publishing House

北 京

**图书在版编目(CIP)数据**

国际通用离子交换技术手册/王方主编.-北京:科学技术文献出版社,2000.5

ISBN 7-5023-3206-5

I. 国… II. 王… III. 离子交换技术-手册 IV. TN25-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 43686 号

**出 版 者:**科学技术文献出版社

**图 书 发 行 部:**北京市复兴路 15 号(中央电视台西侧)/100038

**图 书 编 务 部:**北京市西苑南一院东 8 号楼(颐和园西苑公汽站)/100091

**邮 购 部 电 话:**(010)68515544-2953, (010)68515544-2172

**图 书 编 务 部 电 话:**(010)62878310, (010)62878317(传真)

**图 书 发 行 部 电 话:**(010)68514009, (010)68514035(传真)

**E-mail:**stdph@istic. ac. cn; stdph@public. sti. ac. cn

**策 划 编 辑:**庞美珍

**责 任 编 辑:**庞美珍

**责 任 校 对:**赵文珍

**责 任 出 版:**周永京

**封 面 设 计:**宋雪梅

**发 行 者:**科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销

**印 刷 者:**三河市富华印刷包装有限公司

**版 ( 印 ) 次:**2000 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

**开 本:**889×1194 16 开

**字 数:**1532 千

**印 张:**61.5

**印 数:**1~1500 册

**定 价:**200.00 元

© 版权所有 违法必究

购买本社图书,凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换。

(京)新登字 130 号

### 内 容 简 介

本手册是一本离子交换技术的百科全书,全书按离子交换理论、材料、应用和文献四篇分 34 章论述,分别由国际上近 40 位离子交换各研究领域的著名专家写成。内容完整、新颖,具有权威性,体现了本世纪末最高水平的离子交换技术。

离子交换技术是本世纪近几十年内蓬勃发展起来的新兴学科。已广泛渗透于水处理、电力工业、金属冶炼、糖类精制、食品加工、化学及生物制备、化工生产、分析化学、环境保护、医药卫生及科研探索等国民经济的各个领域。本手册可供上述领域内的有关科研人员、工程技术人员及大专院校相关专业的师生使用。它是全面了解离子交换技术的入门读物,也是检索离子交换技术中某一分支的当代技术水平的有力工具。

---

我们所有的努力都是为了使您增长知识和才干

科学技术文献出版社是国家科学技术部所属的综合性出版机构,主要出版科技政策、科技管理、信息科学、农业、医学、电子技术、实用技术、培训教材、教辅读物类图书。

## 编者的话

《国际通用离子交换技术手册》是一本离子交换技术的百科全书。全书从理论、材料、应用及文献等几个方面来论述,内容全面,包罗万象,述及离子交换技术的各个分支;技术新颖,体现出本世纪在离子交换方面的最高科技水平;论述权威,本书的作者由国际上近 40 位离子交换各研究领域内的著名专家和学术权威组成。因此,本手册不但内容完整,而且具有技术的新颖性和权威性。

离子交换技术是本世纪近几十年内蓬勃发展起来的新兴学科。已广泛渗透于水处理、电力工业、金属冶炼、糖类精制、食品加工、化学及生物制备、化工生产、分析化学、环境保护、医药卫生及科研探索等国民经济的各个领域。

编写这样一本涉及诸多学科的离子交换技术手册需要各学科从事离子交换技术的专家和学者参加,我们编写离子交换技术手册的愿望起始于 1992 年。当时,清华大学、南开大学、天津大学、兰州大学和江苏石油化工学院等大专院校的一些教师,与《离子交换与吸附》、《湿法冶金》两杂志的编审人员一起编译了《当代离子交换技术》一书,曾共同商议过再编写一本离子交换技术手册。不谋而合,德国专家 K. Dorfner 于 1991 年出版了他编写的《离子交换剂(Ion Exchangers)》巨著,1993 年他访问我国,并受聘为江苏石油化工学院的客座教授。他为我们出版这本手册提供大量资料,并曾多次表示希望将这些资料编译成中文出版,以便他下次访问我国时,再到清华大学、南开大学和江苏石油化工学院等处讲学用。可惜,他于 1997 年过早去世,来华讲学的愿望未能实现。然而,这却为我们利用这些丰富的资料,编写离子交换技术手册奠定了扎实的基础。在着手编写本手册时,我们得到国际上诸多专家和教授的支持,他们允诺将他们的论著收编入本手册中。他们无保留地贡献出毕生的研究成果为广大读者所共享。对此,我们深表感谢。

本手册分四篇 34 章,分别由中国、德国、美国、白俄罗斯、英国、日本、意大利、瑞典、奥地利、匈牙利等 10 个国家近 40 位作者写成。其中有赫赫有名的国际权威 R. Kunin、F. G. Helfferich,也有离子交换技术各新兴分支领域的开拓者或颇有建树的学者,他们自由地取材撰写,无篇幅的束缚,彼此论述的深度和风格各有特色,大多侧重于各种离子交换技术的基本概念、原理和特点,不用过多的数学表达,也不提供具体的设计资料和计算。各章论述相互独立。每章引用的参考文献,统一收编在正文末尾(第 34 章后)。本手册既可以作为全面了解离子交换技术的入门读物,也可作为检索离子交换技术中某一分支当代技术水平的实用参考。

本手册由清华大学王方教授、江苏石油化工学院凌达仁教授和南开大学黄文强教授主编。编、译和校基本上由原编译《当代离子交换技术》一书的编译者承担,有部分调整和补充,编、译、校人员名单另列。编译时书中所用的计量单位已作相应的换算,用我国法定计量单位表示。需要指出的是,本书所用的物质的量摩尔,其基本单元为相当于具有一个电荷的粒子。

为便于读者直接与作者联系,附录一列出了作者通讯录。也为读者查阅有关离子交换树脂标准方便,我们将至今我国发布的这类国家标准和行业标准,收编在附录二中。还在附录三中汇编了一些常用计算用表及各种计量单位换算表。世界各国,离子交换剂种类品牌繁多,如将其性能表列出,篇幅过大,好在钱庭宝教授编著的《离子交换树脂应用手册》中已有详细介绍。因此,本书在附录三中只收录各国离子交换树脂牌号简明对照表和应用对照表,供读者查阅。附录四中,列出国内各离子交换树脂生产厂生产的离子交换树脂产品性能表,还在附录五中列出有关离子交换设备的性能表,供读者参考选用。

本手册的编译出版得到江阴有机化工厂、山东东大化学工业集团公司、廊坊市电力树脂有限公司、

上海罗门哈斯化工有限公司、北京东方化工厂分厂、江都特种树脂厂、丹东化工三厂、皖东化工厂、南京市第一精细化工公司树脂厂、西安电力树脂厂、南开大学化工厂、鹤壁市树脂有限责任公司、宜宾天原股份有限公司、江都树脂厂、太原树脂厂、江苏电力实业有限公司常州市振兴化工厂、福建南安天泉树脂有限公司、河北新河树脂厂、杭州千秋化工有限公司、漂莱特(中国)有限公司、成都节能软水设备厂、济宁齐鲁工矿设备有限责任公司、南阳市宇航水处理设备厂、宜兴纯水设备厂、北京洁明公司、常州新区南极新技术开发公司、金图集团北京清华捷源科技开发有限公司、常熟市元和水处理设备制造有限公司东方电力配件厂等单位的支持。在此一并致谢。

由于编者水平有限,缺点和不妥之处在所难免,恳请不吝赐教。

# 本书作者

(以姓氏英文字母为序,通讯地址见附录一)

Arden, Thomas V. (英国)  
Baacke, Michael (德国)  
Bobleter, Ortwin (奥地利)  
Bonn, Günther (奥地利)  
Bursik, Albert (德国)  
Chen, Sihai (陈四海, 中国)  
Dechow, Frederick J. (美国)  
Dorfner, Konrad (德国)  
Flemming, Hans-Curt (德国)  
Fravel, Harold G., jr. (美国)  
Grubenhofner, Nikolaus (德国)  
Helfferich, Friedrich G. (美国)  
Herz, George P. (英国)  
Högfeldt, Erik (瑞典)  
Höll, Wolfgang (德国)  
Huo, Xiuyan (霍秀岩, 中国)  
Huo, Yinkun (霍银坤, 中国)  
Hwang, Yng-Long (美国)  
Inczedy, Janos (匈牙利)  
Kawate, Hideo (日本)  
Kiss, Akos (德国)  
Kühne, Günter (德国)

**Kunin, Robert(美国)**  
**Lieser, Karl Heinrich(德国)**  
**Martinola, Friedrich(德国)**  
**Neier, Wilhelm(德国)**  
**Pirota, Marico(意大利)**  
**Schoenrock, Karlheinz W. R.(美国)**  
**Sextl, Elfriede(德国)**  
**Sherrington, David C. (英国)**  
**Shimizu, Hiroshi(日本)**  
**Soldatov, Vladimir S.(白俄罗斯)**  
**Streat, Michael(英国)**  
**Strobel, Gert-Joachim(德国)**  
**Träger, Hans(德国)**  
**Tsuzura, Kazuo(日本)**  
**Wang, Fang(王 方,中国)**  
**Weiss, Armin(德国)**



## 本书编译校人员

主 编：王 方

副主编：凌达仁 黄文强

译 校：(以姓氏笔画为序)

才锡民	王 方	王 忱
王 钊	王明亚	王建铭
王炜真	史林启	刘在均
关自斌	孙贤祥	乔繁盛
吕晓玲	李 坚	张丽霞
张政朴	吴国琪	钟 璟
郑祖英	金晓农	凌达仁
徐光平	陶祖贻	章 若
阎虎生	黄文强	蒋必彪

# 简要目录

第一篇 离子交换理论	(1)
第1章 离子交换热力学	(3)
	Soldatov, Vladimir S. (白俄罗斯)
第2章 离子交换动力学	(18)
	Helfferich, Friedrich G. (美国) Hwang, Yng-Long (美国)
第3章 聚合物结构对被结合离子反应性的影响	(32)
	Sherrington, David C. (英国)
第二篇 离子交换剂	(47)
第4章 离子交换剂概论	(49)
	Dorfner, Konrad(德国)
第5章 合成离子交换树脂	(132)
	Dorfner, Konrad(德国) Kühne, Günter(德国)
第6章 离子交换纤维	(242)
	Grubenhofer, Nikolaus(德国)
第7章 葡聚糖及琼脂糖离子交换剂	(249)
	Strobel, Gert-Joachim(德国)
第8章 沸石	(254)
	Baacke, Michael(德国) Kiss, Akos(德国)
第9章 粘土矿物离子交换剂	(262)
	Weiss, Armin(德国) Sextl, Elfriede(德国)
第10章 非硅质无机离子交换剂	(273)
	Lieser, Karl Heinrich(德国)
第11章 非合成离子交换剂	(285)
	Dorfner, Konrad(德国)
第12章 液体离子交换剂	(297)
	Högfeldt, Erik(瑞典)
第13章 离子交换膜	(308)
	Kawate, Hideo(日本) Tsuzura, Kazuo(日本) Shimizu, Hiroshi(日本)
第14章 大孔聚合物吸附剂	(335)
	Kunin, Robert(美国)

第三篇 离子交换应用技术	(345)
第15章 工业应用技术	(347)
	Kunin, Robert(美国) Streat, Michael(英国)
第16章 给水处理	(364)
	Arden, Thomas V. (英国)
第17章 凝结水精处理	(399)
	Bursik, Albert(德国)
第18章 饮用水处理	(419)
	Höll, Wolfgang(德国) Flemming, Hans-Curt(德国)
第19章 电去离子净水技术	(424)
	Wang, Fang(中国)
第20章 水的树脂除氧技术	(432)
	Huo, Yinkun(中国) Chen, Sihai(中国) Huo, Xiuyan(中国)
第21章 废水处理及污染控制	(456)
	Martinola, Friedrich(德国)
第22章 小型离子交换系统	(461)
	Träger, Hans(德国)
第23章 核工业	(467)
	Kühne, Günter(德国)
第24章 电镀工业和金属回收	(481)
	Fravel, Harold G. ,jr. (美国)
第25章 处理酸洗液	(488)
	Herz, George P. (英国)
第26章 制糖工业	(501)
	Schoenrock, Karlheinz W. R. (美国)
第27章 催化	(515)
	Neier, Wilhelm(德国)
第28章 工业离子交换色谱	(537)
	Dechow, Frederick J. (美国)
第29章 湿法冶金	(552)
	Streat, Michael(英国)
第30章 药学和医学	(558)
	Pirota, Marico(意大利)
第31章 生物化学和生物技术	(568)
	Dechow, Frederick J. (美国)
第32章 制剂	(576)
	Dorfner, Konrad(德国)
第33章 分析化学	(595)
	Incedy, Janos(匈牙利) Bonn, Günther(奥地利) Bobleter, Ortwin(奥地利)
第四篇 离子交换文献	(627)
第34章 文献	(629)
	Dorfner, Konrad(德国)

---

参考文献	(639)
附录	(747)
附录一 作者通讯录	(749)
附录二 中国国家标准和行业标准	(754)
附录三 常用计算及有关应用用表	(866)
附录四 离子交换树脂主要产品性能表	(895)
附录五 有关离子交换设备产品性能简介	(930)
内容索引	(938)

# 目 录

## 第一篇 离子交换理论

第 1 章 离子交换热力学	(3)
1.1 离子交换体系的一般特性	(3)
1.2 二元混合物(交联聚电解质和水)的热力学	(5)
1.3 电解质在离子交换剂/溶液体系中的分布	(6)
1.4 离子交换平衡方程	(7)
1.5 树脂盐的活度系数和平衡常数	(8)
1.6 离子交换的焓和熵	(12)
1.7 非理想体系离子交换平衡的定量描述	(14)
第 2 章 离子交换动力学	(18)
2.1 离子交换机理	(19)
2.2 液/固界面上的条件	(20)
2.3 离子交换剂中的扩散	(20)
2.4 决速步	(21)
2.5 模型和速度定律	(22)
2.5.1 推动力模型和传质系数	(22)
2.5.2 Fick 定律模型——同位素离子交换和痕量离子交换	(24)
2.5.3 Nernst-Planck 模型——无化学反应的离子交换	(25)
2.5.4 精确的 Nernst-Planck 模型	(27)
2.5.5 非平衡热力学——Stefan-Maxwell 方程	(27)
2.5.6 发生化学反应而由传质控制速度的离子交换模型	(27)
2.5.7 化学反应控制模型	(30)
2.6 目前状况	(31)
第 3 章 聚合物结构对被结合离子反应性的影响	(32)
3.1 聚合物结构	(32)
3.2 化学修饰树脂	(34)
3.3 反应分类	(35)
3.4 线形聚合物上被结合离子的反应性	(35)
3.4.1 相容性	(35)

3.4.2 可自由穿透聚合物圈内的反应性	(36)
3.4.3 静电效应	(37)
3.4.4 活化参数的变化	(37)
3.4.5 邻近基团效应	(38)
3.5 树脂上被结合离子的反应性	(39)
3.5.1 准均相体系	(39)
3.5.2 扩散效应	(41)
3.5.3 异相模型	(44)
3.5.4 位置-位置相互作用和位置隔离	(45)
3.6 结论	(46)

## 第二篇 离子交换剂

第 4 章 离子交换剂概论	(49)
4.1 导论	(49)
4.2 历史	(51)
4.3 类型	(57)
4.3.1 物料	(57)
4.3.1.1 合成离子交换树脂	(57)
4.3.1.2 凝胶型离子交换树脂	(58)
4.3.1.3 大孔(大网络)型离子交换树脂	(58)
4.3.1.4 等孔型离子交换树脂	(59)
4.3.1.5 薄壳离子交换剂	(60)
4.3.1.6 局部离子化的离子交换树脂	(61)
4.3.1.7 强酸性磺酸型阳离子交换树脂	(63)
4.3.1.8 弱酸性羧酸型阳离子交换剂	(63)
4.3.1.9 含磷型和含砷型阳离子交换剂	(63)
4.3.1.10 多功能阳离子交换剂	(63)
4.3.1.11 强碱性季铵型阴离子交换剂	(63)
4.3.1.12 弱碱性胺型阴离子交换剂	(64)
4.3.1.13 吡啶型阴离子交换剂	(64)
4.3.1.14 特种螯合型离子交换剂	(65)
4.3.1.15 蛇笼离子交换剂	(67)
4.3.1.16 无机离子交换剂	(67)
4.3.1.17 纤维素、葡聚糖和琼脂糖型离子交换剂	(68)
4.3.1.18 煤质及其它离子交换剂	(68)

4.3.2 结构 .....	(69)	5.2.1.2 大孔型苯乙烯-二乙烯苯共聚物基体 .....	(140)
4.4 基本原理及定义 .....	(74)	5.2.1.3 甲基苯乙烯-二乙烯苯共聚物基体 .....	(142)
4.4.1 命名 .....	(76)	5.2.1.4 氟代苯乙烯-二乙烯苯及其它氟代基体 .....	(142)
4.4.2 平衡 .....	(77)	5.2.1.5 溴代或所谓的高比重苯乙烯-二乙烯苯树脂 .....	(143)
4.4.3 溶胀平衡 .....	(79)	5.2.1.6 苯乙烯-二乙烯苯和共单体基体 .....	(143)
4.4.4 离子交换平衡 .....	(80)	5.2.1.7 苯乙烯-其它类型和大小的交联剂共聚物 .....	(144)
4.4.5 吸着平衡 .....	(83)	5.2.1.8 取代苯乙烯-二乙烯苯和其它共聚物基体 .....	(145)
4.4.6 配位体交换 .....	(85)	5.2.1.9 二氢茈-二乙烯苯共聚物基体 .....	(146)
4.4.7 酸度和碱度 .....	(95)	5.2.1.10 N-乙烯基咪唑基体 .....	(146)
4.4.8 离子交换剂的缓冲作用 .....	(100)	5.2.1.11 吡啶树脂 .....	(146)
4.4.9 悬浮效应 .....	(101)	5.2.1.12 苯乙烯-糠醛型、聚乙烯咪唑和聚苯并咪唑共聚物基体 .....	(147)
4.4.10 单价离子同高价离子间的交换 .....	(101)	5.2.1.13 丙烯酸离子交换树脂 .....	(147)
4.4.11 多元体系中的离子交换 .....	(103)	5.2.1.14 其它丙烯酸类离子交换树脂 .....	(148)
4.4.12 离子交换机理 .....	(104)	5.2.1.15 热再生离子交换剂 .....	(148)
4.4.13 温度对离子交换的影响 .....	(106)	5.2.1.16 磁性离子交换树脂 .....	(149)
4.4.14 压力对离子交换的影响 .....	(107)	5.2.1.17 “梅子布丁”离子交换树脂 .....	(149)
4.4.15 两性电解质的离子交换 .....	(107)	5.2.1.18 亲油离子交换树脂 .....	(150)
4.4.16 有机离子的离子交换 .....	(107)	5.2.1.19 杂化共聚物离子交换剂基体 .....	(150)
4.4.17 离子交换剂的异常行为 .....	(109)	5.2.1.20 脂肪族离子交换树脂 .....	(150)
4.5 操作方法 .....	(109)	5.2.1.21 其它聚合物基体作为离子交换材料 .....	(150)
4.5.1 间歇操作 .....	(110)	5.2.2 离子基团的引进 .....	(151)
4.5.2 交换柱操作 .....	(111)	5.2.2.1 磺化反应 .....	(151)
4.5.3 连续操作 .....	(116)	5.2.2.2 羧基化 .....	(152)
4.5.4 流化床 .....	(117)	5.2.2.3 磷酸化 .....	(153)
4.5.5 传质 .....	(118)	5.2.2.4 氯甲基化 .....	(155)
4.5.6 参数泵 .....	(119)	5.2.2.5 通过相转移催化的离子交换剂 .....	(157)
4.5.7 其它 .....	(120)	5.2.2.6 丙烯酸基体的胺化 .....	(157)
4.5.8 再生 .....	(121)	5.2.2.7 硝化 .....	(158)
4.6 应用 .....	(123)	5.2.2.8 汞化 .....	(158)
4.7 模型 .....	(125)	5.2.2.9 接枝离子基团 .....	(158)
4.7.1 土壤科学、地球化学和水文地质学 .....	(126)	5.2.2.10 多重离子交换树脂 .....	(158)
4.7.2 矿物 .....	(126)	5.2.2.11 双极离子交换树脂 .....	(159)
4.7.3 玻璃及玻璃材料 .....	(127)	5.2.2.12 两性聚合树脂 .....	(159)
4.7.4 无机化学 .....	(127)	5.2.2.13 特种螯合聚合离子交换剂 .....	(162)
4.7.5 有机化学 .....	(128)	5.2.2.14 带有大环聚醚及相关配体的螯合物离子交换剂 .....	(166)
4.7.6 生物学 .....	(128)		
4.7.7 油漆和聚合物 .....	(130)		
4.7.8 离子交换和生命态理论 .....	(131)		
<b>第5章 合成离子交换树脂</b> .....	<b>(132)</b>		
5.1 反应性聚合物——离子交换树脂 .....	(132)		
5.2 制备与生产 .....	(136)		
5.2.1 聚合离子交换树脂 .....	(137)		
5.2.1.1 凝胶型苯乙烯-二乙烯苯共聚物基体 .....	(137)		

5.2.3 缩聚离子交换剂	(167)		(224)
5.2.3.1 纯苯酚缩聚树脂	(167)	5.4.6 测试的时间性	(224)
5.2.3.2 羧基缩聚离子交换剂	(168)	5.4.7 工厂操作控制	(224)
5.2.3.3 膦酸和次膦酸缩合离子交换树脂	(168)	5.4.8 标准测试方法	(225)
		5.4.9 测试方法的数量	(225)
5.2.3.4 磺酸缩聚树脂	(169)	5.4.10 测试设备	(225)
5.2.3.5 芳香胺缩聚树脂	(170)	5.4.11 测试方法的说明	(225)
5.2.3.6 脂肪胺和氨缩聚树脂	(170)	5.4.12 测试的重要性	(226)
5.2.3.7 基于环氧氯丙烷的缩聚阴离子交换剂	(170)	5.5 实验室实验及有关教育	(227)
		5.5.1 实验室实验	(227)
5.2.3.8 胺化的酚醛缩聚产物	(171)	5.5.1.1 无柱离子交换	(227)
5.2.3.9 其它缩聚阴离子交换剂	(172)	5.5.1.2 砂滤与离子交换的差别	(227)
5.2.3.10 两性缩聚树脂	(172)	5.5.1.3 合成离子交换剂方法	(227)
5.2.3.11 特种螯合缩聚离子交换剂	(172)	5.5.1.4 间歇操作和柱技术的比较	(229)
5.2.3.12 带有大环聚醚及相关配位体的螯合缩聚离子交换剂	(174)	5.5.1.5 弱性树脂和强性树脂酸碱度的差别	(229)
5.2.4 特种合成离子交换聚合物	(175)	5.5.1.6 配位剂存在时的平衡研究	(230)
5.2.4.1 粉状离子交换剂	(175)	5.5.1.7 相对亲合序	(230)
5.2.4.2 纤维状离子交换剂	(176)	5.5.1.8 不同价态阳离子的容量	(230)
5.2.4.3 离子交换膜	(178)	5.5.1.9 分配系数的测定	(230)
5.2.4.4 离子交换泡沫材料	(179)	5.5.1.10 选择性计算	(231)
5.2.4.5 离子交换毛细管	(180)	5.5.1.11 高选择性树脂实验	(233)
5.2.5 商品离子交换剂	(180)	5.5.1.12 扩散实验	(234)
5.3 离子交换树脂的性质	(187)	5.5.1.13 分析化学中离子交换剂的应用	(234)
5.3.1 含水量和密度	(189)	5.5.1.14 水的软化和二步去离子化	(235)
5.3.2 颗粒大小	(191)	5.5.1.15 制备高纯物质	(236)
5.3.3 交联度	(193)	5.5.1.16 催化作用	(237)
5.3.4 孔度	(195)	5.5.1.17 模拟离子交换过程的实验	(237)
5.3.5 溶胀度	(196)	5.5.1.18 大规模生产流程的实验室实验	(238)
5.3.6 容量	(199)	5.5.2 离子交换技术教育	(240)
5.3.7 选择性	(203)	<b>第6章 离子交换纤维</b>	(242)
5.3.8 稳定性和磨损	(205)	6.1 纤维素骨架	(242)
5.3.8.1 物理稳定性	(206)	6.2 纤维素粒子结构	(242)
5.3.8.2 化学稳定性	(209)	6.2.1 碱性离子交换纤维	(242)
5.3.8.3 辐射稳定性	(211)	6.2.2 酸性离子交换纤维	(243)
5.3.9 电化学性能	(212)	6.2.3 离子交换纤维的重要性能	(243)
5.3.10 在非水溶剂中的性能	(216)	6.2.4 螯合纤维素	(244)
5.3.11 在混水体系中的性能	(219)	6.2.5 亲合吸附剂	(244)
5.4 离子交换树脂测试方法的标准	(222)	6.2.6 工业应用	(244)
5.4.1 定义	(222)	6.2.7 工业应用中的专用离子交换纤维产品	(245)
5.4.2 测试目的	(223)		
5.4.3 树脂性质的测试	(223)	6.3 化学性能	(245)
5.4.4 被测试材料的状态	(224)	6.3.1 交换容量的测定	(245)
5.4.5 测试中和测试后离子交换树脂的状态		6.3.2 解离区间	(245)

6.3.3 粒子大小 .....	(245)	9.2.2 粘土矿物 .....	(263)
6.4 应用 .....	(246)	9.3 实验方法 .....	(264)
6.4.1 柱色谱特性 .....	(246)	9.4 云母和云母型的粘土矿物 .....	(264)
6.4.2 柱色谱技术 .....	(246)	9.4.1 结构 .....	(264)
6.4.3 薄层色谱 .....	(248)	9.4.2 交换容量 .....	(265)
<b>第7章 葡聚糖及琼脂糖离子交换剂</b> .....	(249)	9.4.3 交换平衡 .....	(266)
7.1 Sephadex 离子交换剂 .....	(249)	9.4.4 可交换离子的部位 .....	(267)
7.1.1 化学稳定性 .....	(249)	9.4.5 实验测定交换容量的特点 .....	(267)
7.1.2 物理稳定性 .....	(250)	9.4.6 应用 .....	(267)
7.1.3 容量 .....	(250)	9.5 绿泥石(chlorites) .....	(268)
7.1.4 缓冲液 pH 的选择 .....	(251)	9.6 过渡云母型矿物——绿泥石矿物 .....	(268)
7.1.5 溶胀特性 .....	(251)	9.7 海泡石和蒙德土 .....	(268)
7.1.6 操作 .....	(252)	9.7.1 结构 .....	(268)
7.1.7 工业应用 .....	(252)	9.7.2 离子交换 .....	(269)
7.2 Sepharose 离子交换剂 .....	(253)	9.8 高岭土(Kaolinite)和有关的矿物 .....	(270)
7.2.1 化学稳定性 .....	(253)	9.8.1 结构 .....	(270)
7.2.2 容量 .....	(253)	9.8.2 阳离子交换 .....	(270)
7.2.3 凝胶的再生与贮存 .....	(253)	9.8.3 阴离子交换 .....	(271)
7.2.4 工业应用 .....	(253)	9.9 结晶硅酸及其衍生矿物 .....	(271)
<b>第8章 沸石</b> .....	(254)	9.10 混合层状矿物 .....	(272)
8.1 定义 .....	(254)	9.11 水铝英石(Allophanes) .....	(272)
8.2 离子交换性质 .....	(254)	<b>第10章 非硅质无机离子交换剂</b> .....	(273)
8.2.1 稳定性 .....	(254)	10.1 合成无机离子交换剂的一般特性 .....	(273)
8.2.2 同有机离子交换剂相比的优点 .....	(254)	10.1.1 交换机理 .....	(273)
8.2.3 选择性 .....	(254)	10.1.2 选择性 .....	(274)
8.2.4 影响选择性的因素 .....	(257)	10.1.3 动力学 .....	(274)
8.2.5 多价阳离子 .....	(257)	10.1.4 其它性能 .....	(275)
8.2.6 三元体系中的离子交换 .....	(258)	10.2 水合氧化物 .....	(275)
8.2.7 热力学方面的问题 .....	(258)	10.2.1 通性 .....	(275)
8.2.8 离子交换等温线 .....	(258)	10.2.2 二价元素 .....	(276)
8.2.9 沸石在离子交换应用中的局限性 .....	(259)	10.2.3 三价元素 .....	(276)
8.3 特殊应用 .....	(259)	10.2.4 四价元素 .....	(276)
8.3.1 废水中铵离子的脱除 .....	(259)	10.2.5 五价元素 .....	(277)
8.3.2 沸石作为洗涤剂中的助洗剂 .....	(260)	10.2.6 六价元素 .....	(278)
8.3.3 放射性同位素的分离 .....	(260)	10.3 酸式盐 .....	(278)
<b>第9章 粘土矿物离子交换剂</b> .....	(262)	10.3.1 通性 .....	(278)
9.1 粘土矿物离子交换性质的实际用途 .....	(262)	10.3.2 磷酸盐 .....	(279)
9.1.1 阳离子交换 .....	(262)	10.3.3 砷酸盐 .....	(279)
9.1.2 阴离子交换 .....	(262)	10.3.4 铋酸盐、钼酸盐、钨酸盐及其它盐 .....	(280)
9.1.3 电子交换 .....	(263)	10.3.5 六氰基铁酸盐 .....	(280)
9.2 粘土矿物和有机聚合物交换剂在交换性 质上的区别 .....	(263)	10.4 杂多酸盐 .....	(281)
9.2.1 有机聚合物 .....	(263)	10.4.1 通性 .....	(281)
		10.4.2 磷钼酸盐 .....	(281)
		10.4.3 其它杂多酸盐 .....	(282)



10.5 其它离子性化合物	(282)	13.4.1.2 膜电解	(317)
10.5.1 通性	(282)	13.4.1.3 电解合成	(318)
10.5.2 硫酸盐	(283)	13.4.1.4 电渗	(319)
10.5.3 卤化物	(283)	13.4.1.5 全蒸发	(319)
10.5.4 硫化物	(283)	13.4.1.6 燃料电池	(319)
10.5.5 其它化合物	(283)	13.4.2 电渗析的物理化学性能	(320)
<b>第 11 章 非合成离子交换剂</b>	<b>(285)</b>	13.4.2.1 物质传递	(320)
11.1 煤质离子交换剂	(285)	13.4.2.2 电流效率和电能消耗	(321)
11.2 木质素和木材	(288)	13.4.2.3 极限电流密度	(322)
11.3 泥煤和腐殖酸	(289)	13.4.2.4 沉积与预防	(324)
11.4 藻酸和藻酸盐	(291)	13.4.3 特异渗透选择性	(327)
11.5 鞣酸	(292)	13.4.3.1 同电荷离子间的渗透选择性	(327)
11.6 纸浆和纸	(293)	13.4.3.2 无机离子和有机分子的渗透选择性	(329)
11.7 棉纱和棉制品	(293)	13.4.3.3 氨基酸的电渗析分离	(330)
11.8 淀粉和果胶	(294)	13.4.4 氯碱工业的全氟离子交换膜	(332)
11.9 甲壳质和壳聚糖,油母岩,角蛋白	(295)	13.4.4.1 离子交换基团	(332)
<b>第 12 章 液体离子交换剂</b>	<b>(297)</b>	13.4.4.2 离子交换容量和含水量	(333)
12.1 萃取剂	(297)	13.4.4.3 膜的厚度	(333)
12.2 基础物理化学	(297)	13.4.4.4 膜表面结构	(333)
12.2.1 离子交换或萃取	(297)	13.4.4.5 增强材料	(333)
12.2.2 纯离子型吸水	(298)	13.5 对功能膜的未来展望	(334)
12.2.3 离子交换	(301)	<b>第 14 章 大孔聚合物吸附剂</b>	<b>(335)</b>
12.2.3.1 阳离子交换	(301)	14.1 绪论	(335)
12.2.3.2 阴离子交换	(302)	14.2 物理性质	(336)
12.2.3.3 离子交换模型	(303)	14.3 化学结构	(337)
12.2.3.4 离子交换时吸水	(304)	14.4 吸附特性	(338)
12.2.4 聚集作用	(304)	14.5 应用	(338)
12.3 应用	(306)	14.5.1 制药工业	(338)
<b>第 13 章 离子交换膜</b>	<b>(308)</b>	14.5.2 含酚废物的治理	(339)
13.1 历史问题	(308)	14.5.3 含三硝基甲苯(TNT)及氯化物农药废物的处理	(340)
13.2 类型和制备方法	(308)	14.5.4 水中有毒物质的去除	(341)
13.2.1 一般分类	(308)	14.5.5 血液中毒素的清除	(342)
13.2.2 特种功能的离子交换膜	(309)	14.6 结论	(342)
13.3 物理化学性能	(310)	<b>第三篇 离子交换应用技术</b>	
13.3.1 性能和测定方法	(310)	<b>第 15 章 工业应用技术</b>	<b>(347)</b>
13.3.1.1 含水量、交换容量和 Donnan 平衡	(310)	15.1 概述	(347)
13.3.1.2 电导率	(311)	15.1.1 离子交换行业	(347)
13.3.1.3 膜的迁移数	(311)	15.1.2 离子交换应用的扩展	(348)
13.3.1.4 膜电位和迁移常数的测量	(313)	15.1.3 新型离子交换材料	(350)
13.3.2 典型商品膜的性能	(313)	15.1.4 结论	(350)
13.4 应用和原理	(315)	15.2 离子交换设备	(350)
13.4.1 主要应用的原理	(315)		
13.4.1.1 电渗析	(315)		