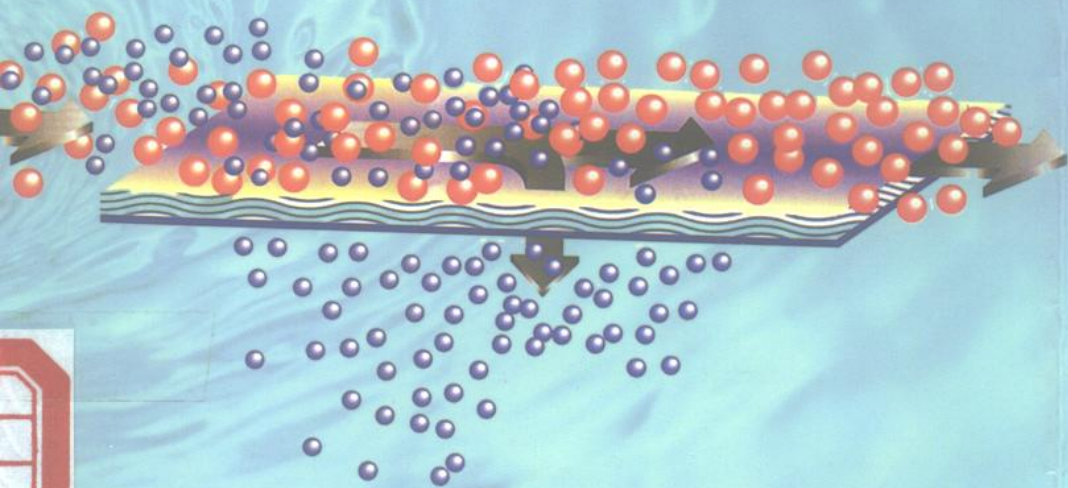


膜法

水处理技术

(第2版)

邵刚 编著



冶金工业出版社

膜法水处理技术

(第2版)

邵 刚 编著

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书主要介绍膜分离技术的发展概况,对各种膜过程的原理、膜的制备、膜组件工艺计算、设备设计、工艺流程及其在水处理方面的应用等进行了较详实的论述。

全书共分十一章,第一章概论;第二章渗析;第三章电渗析;第四章反渗透;第五章超滤;第六章微孔过滤;第七章液膜;第八章渗透汽化;第九章其它膜分离过程;第十章集成膜技术及工程设计;第十一章膜型家用净水器。书末附有地面水环境质量标准、生活饮用水卫生标准、生活饮用水卫生监督管理办法等6个附录,供读者查用。

本书可供从事水处理专业、石油化工、医药工业、印染工业、电力工业、冶金机械、半导体工业、核工业及生物工程等行业的科研、设计、管理人员,膜技术研究和工程技术人员以及高等院校的有关专业师生阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

膜法水处理技术/邵刚编著. -2版. -北京:冶金工业出版社,2000.1

ISBN 7-5024-2394-X

I. 膜… II. 邵… III. 膜-分离-应用-水处理
IV. TU991.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 63288 号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 王之光 美术编辑 李心 责任校对 朱翔 责任印制 李玉山

北京市兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

1992 年 6 月第 1 版,2000 年 1 月第 2 版,2000 年 1 月第 2 次印刷

850mm×1168mm 1/32;15.5 印张;415 千字;478 页;3001-6000 册

32.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64013877

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711)电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

膜分离技术是在 20 世纪 50 年代发展起来的一门新兴高技术边缘学科,70 年代后在各个工业领域及科研中得到大规模应用,发展十分迅速,受到各方面的注视。而各种膜分离过程,首先是在水处理方面得到应用,而后才推广到其它方面,目前已在冶金、石油、化工、食品、医药、仿生等许多领域推广应用。

各种膜分离过程在水处理方面的应用专著,目前我国尚不多见,这对推广膜法水处理技术是十分不利的。为了弥补这一不足,作者根据历年来发表的一些专题报告,诸如电渗析技术及其在水处理方面的应用、反渗透技术及其在水处理方面的应用及液膜分离技术及其应用等,结合自己的研究和工作体会,参考部分国内外资料编成本书,目的是想在我国推广膜法水处理技术方面,起点微薄的作用。

由于作者水平有限,时间仓促,书中一定会有不少缺点和错误,希望读者予以批评指正。在本书的编写过程中得到冶金工业部建筑研究总院有关领导的支持和帮助,还得到尹春林、刘黎明、聂小苇等同志的支持和帮助,在此一并表示感谢。

编 者

1991 年 7 月

再版前言

本书第1版自1992年问世以来,受到广大读者的欢迎。由于印数有限,未能满足一些来信购书读者的要求,本人一直对这些读者怀有负疚感。在冶金工业出版社的大力支持下,决定对第1版进行修订再版,藉以满足广大读者的需求,也了却我的一桩心愿。

本书第1版完稿至今已有8年,其间膜技术又有了长足的发展。为了不辜负读者的期望,这次再版时对初版书稿作了较大的调整和补充,由原书的6章扩充为11章,篇幅由28.9万字增至40余万字,新增内容约12万字。第2版增加的5章是:第二章渗析、第六章微孔过滤、第八章渗透汽化、第十章集成膜技术及工程设计、第十一章膜型家用净水器。渗析和微孔过滤在世界膜市场上占据70%以上的份额,其重要性显而易见。渗透汽化和集成膜技术是20世纪90年代进入实用化而发展迅猛的新型膜技术,今后将成为膜技术的发展热点。膜型家用净水器是针对目前我国净水市场火爆局面,向用户提供这方面的专业知识,以利于千家万户的人们正确选择饮水,促使国内的净水市场健康发展。其它膜分离过程一章中,对近年来开发的新型膜技术分别做了简要的介绍,其中有些是很有发展前途的集成和杂化膜技术。在电渗析一章中,增加了倒极电渗析一节,扩充了填充床电渗析的实用内容,这些新内容使前些年发展缓慢的电渗析突然面貌为之一新,应用范围迅速扩大,应用数量也急骤增加。在反渗透一章

中,增加了低压和超低压反渗透一节及复合膜的一些新内容,这也是反渗透近年来发展的核心内容,对反渗透的扩大应用至关重要。全书注重理论与实用相结合,而重点突出实用部分。再版时又充实了膜法水处理的应用实例和设计计算内容,并强调了工程设计的重要性及基本原则,目的是为读者在用膜法水处理技术解决实际生产问题时,提供参考和借鉴。

今年是我国建国 50 周年,也是世纪之交极不平凡的一年。21 世纪面临着高科技时代,1987 年东京国际膜会议,就已明确指出“在 21 世纪的多数工业中,膜过程扮演着战略的角色”。愿本书的出版能为我国膜技术的发展,特别是膜法水处理技术的发展和推广应用做出有益的贡献,这是作者的期望。

膜法水处理技术,是膜技术最主要的应用领域,涉及内容极其广泛,并且又是发展中的高新技术。由于作者水平所限,加之时间仓促,书中一定有许多遗漏、不妥、缺点和错误,恳请读者批评指正。

邵 刚

1999 年 6 月

于冶金部建筑研究总院

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 膜分离技术发展概况	(1)
第二节 膜分离概念及其分类	(3)
一、膜分离概念	(3)
二、膜分离法分类	(3)
第三节 膜分离技术的特点及发展动向	(7)
一、膜分离技术的特点	(7)
二、膜分离技术发展动向	(8)
第四节 膜法水处理技术发展前景	(11)
第二章 渗析	(15)
第一节 概述	(15)
第二节 渗析法原理	(15)
一、基本原理	(15)
二、渗析方程式	(16)
第三节 渗析膜及装置	(19)
第四节 渗析的应用	(20)
一、生物学方面的应用	(20)
二、废酸液的处理与回收	(21)
三、从人造丝浆压榨液中回收碱	(25)
第三章 电渗析	(27)
第一节 电渗析技术的发展及特点	(27)

一、电渗析技术的发展概述·····	(27)
二、电渗析技术的特点·····	(28)
第二节 电渗析基本原理及过程·····	(29)
一、渗析过程·····	(29)
二、电渗析过程·····	(31)
三、离子交换膜的选择性透过机理·····	(33)
四、电渗析脱盐的基本原理·····	(35)
第三节 离子交换膜·····	(36)
一、对离子交换膜的性能要求·····	(36)
二、离子交换膜的分类·····	(37)
三、离子交换膜的制备·····	(39)
第四节 电渗析装置·····	(47)
一、对电渗析器的要求·····	(48)
二、电渗析器的主要部件·····	(48)
三、电渗析器的组装·····	(52)
第五节 电渗析运行工艺参数·····	(57)
一、极限电流密度及其测定·····	(57)
二、电渗析的浓度极化与结垢·····	(60)
三、流速与压力的确定·····	(63)
四、对进、出水水质的要求·····	(63)
五、浓水循环的浓缩倍数·····	(64)
第六节 电渗析水处理工艺及设计计算·····	(65)
一、电渗析水处理工艺·····	(65)
二、电渗析除盐的设计计算·····	(67)
三、设计计算举例·····	(75)
第七节 电渗析器的运行与维护·····	(77)
一、电渗析器的运行·····	(77)
二、电渗析器的维护·····	(78)
三、电渗析常见故障及其消除方法·····	(79)
第八节 倒极电渗析·····	(82)

一、EDR 原理及操作程序	(82)
二、EDR 系统的特点	(83)
三、EDR 流程设计	(86)
第九节 填充床电渗析	(91)
一、填充床电渗析的原理	(92)
二、填充床电渗析装置及其再生问题	(93)
三、填充床电渗析的特性	(95)
四、填充床电渗析的实用发展	(96)
第十节 高温电渗析	(98)
第十一节 电渗析技术在水处理方面的应用	(101)
一、苦咸水及海水淡化	(101)
二、海水浓缩制盐	(105)
三、纯水的制备	(107)
四、工业废水处理	(113)
五、放射性废水处理	(116)
六、离子隔膜电解	(123)
七、电渗析在其它方面的研究与应用概况	(124)
第四章 反渗透	(126)
第一节 渗透和反渗透	(126)
一、渗透压	(126)
二、反渗透原理	(127)
三、反渗透膜透过机理	(128)
四、反渗透膜的基本迁移方程	(130)
第二节 反渗透膜的制备及性能	(132)
一、膜材料	(132)
二、醋酸纤维素膜的制备(CA 膜)	(133)
三、聚酰胺膜的制备(PA 膜)	(138)
四、复合膜	(140)
五、动力形成膜的制备	(144)

六、反渗透膜的除盐能力	(147)
第三节 低压、超低压反渗透	(149)
一、反渗透膜用途的扩大和技术发展方向	(149)
二、低压、超低压反渗透膜	(151)
三、低压、超低压反渗透膜的性能	(152)
第四节 反渗透装置的几种型式	(155)
一、板框式反渗透装置	(155)
二、管式反渗透装置	(156)
三、螺旋式反渗透装置	(159)
四、中空纤维式反渗透装置	(163)
五、主要附属设备——高压泵	(167)
第五节 反渗透工艺参数	(168)
一、料液状态参数	(168)
二、化学工程参数	(169)
三、浓差极化	(170)
四、膜的清洗与保存	(172)
第六节 反渗透的设计计算及工艺流程	(172)
一、反渗过程基本方程式	(172)
二、反渗透设备的设计	(178)
三、反渗透工艺设计中常见的几种形式	(185)
四、反渗透系统的预处理过程	(188)
五、反渗透的运行操作	(193)
六、反渗透设计计算示例	(195)
第七节 反渗透在水处理方面的应用	(201)
一、海水淡化	(201)
二、苦咸水淡化	(204)
三、纯水和超纯水制备	(209)
四、城市给水处理	(212)
五、城市污水处理及利用	(213)
六、工业废水处理	(220)

七、放射性废水处理	(232)
八、其它方面的应用	(239)
第五章 超滤	(241)
第一节 概述	(241)
第二节 超滤的基本理论	(242)
一、超滤原理	(242)
二、超滤的基本传质理论	(243)
第三节 超滤膜的特性及制备方法	(249)
一、超滤膜的特性	(249)
二、超滤膜的种类和制备方法	(251)
三、复合超滤膜	(255)
第四节 超滤装置	(257)
一、板框式组件	(257)
二、管式膜组件	(258)
三、螺旋式组件	(258)
四、毛细管式组件	(259)
五、条槽式膜组件	(259)
六、中空纤维式组件	(260)
第五节 影响超滤过程的因素	(266)
一、超滤透过通量	(266)
二、膜的寿命	(268)
三、膜的清洗和消毒	(268)
第六节 超滤工艺流程及设计计算	(270)
一、超滤的基本工艺流程	(270)
二、超滤的设计计算	(271)
第七节 超滤在水处理方面的应用	(274)
一、与反渗透联合制备高纯水	(274)
二、生活污水处理	(275)
三、工业废水处理	(278)

四、放射性废水处理	(293)
五、超滤的其它应用	(297)
第六章 微孔过滤	(298)
第一节 概述	(298)
第二节 微孔过滤	(298)
一、微孔过滤原理	(298)
二、微孔滤膜的截留机理	(298)
第三节 微孔滤膜	(301)
一、微孔滤膜的特性	(301)
二、微孔滤膜的制备方法	(302)
三、微孔滤膜的种类和应用范围	(303)
第四节 微孔过滤装置及操作要求	(307)
一、小型吸滤器	(307)
二、板框式过滤装置	(308)
三、微孔 PE 管过滤器	(308)
四、过滤操作要求	(308)
第五节 微孔过滤在水处理方面的应用	(310)
一、电子工业、半导体及医药工业中制取高纯水	(310)
二、矿泉水生产	(312)
三、油田采出水处理	(313)
四、城市污水深度处理	(313)
五、其它方面的应用	(313)
第六节 微孔滤膜的发展趋势	(315)
第七章 液膜	(316)
第一节 概述	(316)
第二节 液膜及其分类	(317)
一、液膜的定义	(317)
二、液膜的分类	(317)

第三节 液膜分离机理.....	(320)
一、无载体液膜分离机理	(320)
二、有载体液膜分离机理	(321)
三、含浸型液膜透过机理	(327)
第四节 液膜的制备及分离操作程序.....	(329)
一、乳化液膜的制备	(329)
二、液膜分离操作程序	(340)
三、隔膜含浸型液膜的制备及操作程序	(343)
第五节 影响液膜分离的因素.....	(347)
一、液膜乳液成分的影响	(347)
二、混合强度的影响	(347)
三、接触时间的影响	(348)
四、连续相 pH 值的影响	(348)
五、乳水比的影响	(349)
六、试剂比的影响	(350)
七、液膜稳定性的影响	(350)
第六节 液膜渗透速率方程及分离模型.....	(352)
一、液膜分离效率	(352)
二、液膜渗透速率方程	(353)
三、液膜传质数学模型	(356)
第七节 液膜电渗析.....	(358)
第八节 液膜技术在水处理方面的应用.....	(359)
一、有机废水处理	(359)
二、重金属废水处理	(366)
三、铀的分离与回收	(376)
四、稀土元素的分离与回收	(378)
五、含阴离子(PO_4^{3-} 、 NO_3^-)的废水处理	(378)
六、海水及苦咸水淡化	(380)
七、其它方面的应用	(380)
第九节 液膜技术的评价.....	(382)

一、液膜技术的优缺点	(382)
二、液膜技术的经济性	(384)
第八章 渗透汽化	(386)
第一节 概述	(386)
第二节 渗透汽化的基本原理及传递模型	(386)
一、基本原理	(386)
二、传递模型	(388)
第三节 渗透汽化的特点及其影响因素	(389)
一、渗透汽化的特点	(389)
二、影响渗透汽化的主要因素	(390)
第四节 渗透汽化膜的分类、性能及制备	(391)
一、渗透汽化膜的分类	(391)
二、渗透汽化膜的制备及性能	(393)
第五节 渗透汽化的应用	(396)
一、无水乙醇的生产	(396)
二、近沸混合物的分离	(396)
三、工业废水处理	(396)
四、渗透汽化应用实例	(397)
第九章 其它膜分离过程	(399)
第一节 膜蒸馏	(399)
一、基本原理与特点	(399)
二、膜蒸馏用膜及性能	(400)
三、膜蒸馏装置及应用	(401)
第二节 气体分离膜技术	(402)
一、气体分离膜	(402)
二、气体分离膜的分离机制	(402)
三、气体分离膜装置及应用	(405)
第三节 膜萃取	(406)

第四节 膜分相.....	(408)
第五节 膜反应器.....	(410)
一、膜催化反应器	(410)
二、膜生物反应器	(410)
第六节 控制释放膜.....	(412)
一、控制释放的机理	(412)
二、控制释放膜的应用	(413)
第七节 膜传感器.....	(414)
一、膜传感器的原理	(414)
二、酶膜传感器	(414)
第八节 气态膜.....	(415)
一、气态膜原理	(416)
二、气态膜的应用	(417)
第十章 集成膜技术及工程设计.....	(418)
第一节 概述.....	(418)
第二节 集成膜技术.....	(418)
一、膜法与化学反应集成	(419)
二、膜法与蒸发单元集成	(419)
三、膜法与离子交换单元集成	(419)
四、超滤、错流微滤和蒸发的集成.....	(420)
第三节 工程设计.....	(420)
一、设计的重要性	(420)
二、工程设计的基本程序	(421)
三、评估反渗透应用可能性的程序	(428)
四、处理系统的灵活变更	(429)
五、提高工程的自动化水平.....	(430)
第四节 膜法经济性评价.....	(431)

第十一章 膜型家用净水器	(433)
第一节 概述.....	(433)
第二节 水的物化特性.....	(433)
第三节 改善水质的必要性和迫切性.....	(435)
一、改善水环境提高饮水水质是人类面临的 最大问题	(435)
二、全球水污染严重迫切需要改善水质	(435)
三、人们生活质量的提高对饮水要求也更高	(436)
四、防止自来水的二次污染	(437)
第四节 饮水观念的变革.....	(437)
第五节 家用净水器.....	(441)
一、家用净水器的分类	(441)
二、各种净水技术的适用范围	(443)
三、膜型家用净水器	(444)
第六节 净水器市场展望.....	(445)
一、国际上净水器市场概貌	(445)
二、我国纯净水市场的发展	(446)
三、开发特殊用途的小型净水装置	(446)
四、纯净水市场亟待规范	(447)
第七节 管好净水市场的几点建议.....	(447)
一、加强管理	(447)
二、尽快制定水质标准严格检测	(447)
三、加强科学研究提高净水技术水平	(447)
四、做好家用净水器售后服务工作	(448)
五、商品名称亟待统一	(448)
六、商业广告要严格审查	(448)
附录 1 常用单位换算	(449)
附录 2 我国研制和生产膜的单位	(451)
附录 3 极限电流测定方法	(457)

附录 4	地面水环境质量标准(GB3838—88)		(465)
附录 5	生活饮用水卫生标准		(468)
附录 6	生活饮用水卫生监督管理办法		(470)
参考文献			(476)