

现代膜技术与应用丛书

现代膜设备 与膜组件组装

■ 叶三纯 闻浩南 编著

XIANDAI
MOSHEBEI YU
MOZUJIAN
ZUZHUANG



化学工业出版社

现代膜技术与应用丛书

现代膜设备与膜组件组装

叶三纯 闻浩南 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书介绍了膜设备与膜组件组装以及诸多新开发的膜组件与先进的膜元件和实例。第一部分对膜设备与膜组件的基础做了重点介绍包括膜设备的分类、设计与要求；最新 MBBR 工艺设计的应用；膜组件的主要选择；膜组件的形式与特性；膜组件的开发与改进；膜分离的制氧设备；膜分离用泵及其选定；膜组件的组装方法等。第二部分阐述了反渗透与设备；超滤膜与设备；纳滤膜与设备；微滤膜组件与设备；陶瓷膜与设备；膜生物反应器与膜组件；膜设备与膜组件的测量仪器等。

本书内容丰富，取材新颖，实例广泛，图文并茂，在写作上注意理论与实践并重，综合阐述了现代膜技术的最新进展及其应用方向。可进一步使读者对膜的设备与膜组件有更加全面的认识和了解，扩大视野，活跃思路，从中得以启迪创新。

本书可供从事膜分离技术研究、生产以及使用膜设备与技术的企事业单位工程技术人员、管理人员使用，也可供大专院校学生及其他相关专业的工程技术人员使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代膜设备与膜组件组装/叶三纯，闻洁南编著. —北京：
化学工业出版社，2015.1

(现代膜技术与应用丛书)

ISBN 978-7-122-22435-4

I. ①现… II. ①叶…②闻… III. ①膜-分离-化工设备
②膜-分离-组件-组装 IV. ①TQ028.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 280794 号

责任编辑：夏叶清

责任校对：边涛

装帧设计：史利平

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011）

印装：三河市万龙印装有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张15 $\frac{3}{4}$ 字数308千字 2015年2月北京第1版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：68.00 元

版权所有 违者必究

前言

Preface

经过近三十多年的发展，膜生物反应器（membrane bioreactor, MBR）已成为城市污水和工业废水处理和回用方面一种很有吸引力和竞争力的选择，并被视为“最佳可行技术（Best Available Technology）”。目前，全世界投入运行或在建的MBR系统已超过10000套。

近年来，全球MBR市场发展极为迅速。截至2010年底，全球最大的MBR工程（220000m³/d）已经建立。中国也已有多个正在运行和建设中的十万吨级MBR工程，数据显示，截至2012年，我国拥有污水处理厂4200座，日处理能力为2.36亿立方米。据悉，“十二五”期间污水处理市场投资机会将主要集中在县城和中小城镇，老旧污水处理项目的升级改造将成为主要潜在市场。目前全国在建的污水处理项目有2600座左右。

根据“十二五”规划和相关数据分析显示，到2015年我国污水、固废与脱硫脱硝装置的建设投资和运营投资约为5000亿元。垃圾焚烧将达到15万吨/日规模，新建污水处理能力将达到9000万吨/日，污泥处置能力将达到4.7万吨/日，新增污水处理管网有望达20万公里，新增烟气脱硫脱硝装机规模1.8亿千瓦，环保产业的投资将成为新热点。

本书主要是为了更好地、有效地促进现代膜设备、技术与应用。本书主要介绍膜设备与膜组件的基础，包括膜设备的分类、设计与要求；最新MBBR工艺设计的应用；膜组件的主要选择；膜组件的形式与特性；膜组件的开发与改进；膜分离的制氧设备；膜分离用泵及其选定；膜组件的组装方法等，还阐述了反渗透与设备；超滤膜与设备；纳滤膜与设备；微滤膜组件与设备；陶瓷膜与设备；膜生物反应器与膜组件；膜设备与膜组件的测量仪器。

本书可供从事膜分离技术研究、生产以及使用膜设备与技术的企事业单位工程技术人员、管理人员使用，大专院校学生及其他相关专业的工程技术人员使用。

在本书编写过程中，得到国家海洋局杭州水处理技术研究开发中心、中科院上海应用物理研究所膜分离技术研究发展中心、清华大学膜技术研发与应用中心、浙江大学高分子科学研究所、大连理工大学膜科学与技术研究开发中心、南京工业大学膜科学技术研究所等单位的膜分离技术专家与前辈和同仁热情支持和帮助，并提供有关资料，对本书内容提出宝贵意见。高占义、陈小磊等参加了本书的编写与审

核，荣谦、沈永淦、崔春玲、王书乐、郭爽、丰云、蒋洁、王素丽、王瑜、王月春、韩文彬、俞俊、周国栋、朱美玲、方芳、高巍、高新、周雯、耿鑫、刘晖、陈羽、安凤英、来金梅、王秀凤、吴玉莲、黄雪艳、杨经伟、冯亚生、周木生、赵国求、高洋等同志为本书的资料收集和编写付出了大量精力，在此一并致谢！

限于作者的水平，书中不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2014.7

目录

Contents

◎ 第一章 膜设备与膜组件的基础

1

第一节 膜设备的分类与要求	1
一、膜设备的分类	1
二、膜设备的要求	1
三、MBR（膜-生物反应器）膜组件设计的一般要求	1
第二节 新型的 MBR 膜组件与最新 MBBR 工艺设计的应用	2
一、新型的 MBR 膜组件	2
二、最新 MBBR（移动床生物膜反应器）工艺的应用	2
第三节 膜组件的主要形式	3
一、工业常用的膜组件	4
二、板框式膜组件	4
三、管式膜组件	11
四、毛细管膜组件	17
五、中空纤维膜组件	20
六、螺旋卷式膜组件	26
第四节 各种形式膜组件的特性对比	30
第五节 膜组件的开发与改进	31
第六节 膜组件的组装方法	31
一、自组装制备超薄膜的技术与方法	31
二、双极膜电渗析的组装方式及其功用	32
三、用于组装平板式膜电极组层的组装方法及其结构	32

◎ 第二章 反渗透与设备

34

第一节 反渗透设备分类与表征	34
一、反渗透系统组成	34
二、反渗透膜设备的技术和工艺特点与表征	35
第二节 预处理设备及组件	36

一、多介质过滤器	36
二、活性炭过滤器	36
三、食品级软水器	36
第三节 反渗透主机及组件	36
一、反渗透主机	36
二、保安过滤器	37
三、高压泵	37
四、反渗透膜	41
五、控制及显示仪表	44
第四节 反渗透设备系统及组件设计	45
一、反渗透设备分离用膜	45
二、反渗透纯水设备	46
三、反渗透纯水处理设备控制系统的设计	47
四、反渗透设备与流程设计	48
五、反渗透设备与工程技术的实际设计方案举例	50
六、制药厂/电厂反渗透系统设计举例	53
七、单级反渗透纯净水设备举例	54
八、二级反渗透设备举例	58
第五节 预处理设备及组件	61
一、预处理目的	61
二、软水装置与加药装置	61
三、预处理设备及组件	61
第六节 后处理及组件	64
一、软化器	64
二、阴、阳离子交换器	64
三、混床	65
四、EDI	65
第七节 反渗透系统清洗及组件	66
一、清洗系统与作用	66
二、反渗透设备的清洗方法	66
三、反渗透设备的清洗工艺	67
四、反渗透设备的清洗与管理	67
五、反渗透设备的运行管理	68
第八节 双级反渗透设备	69
一、RO 双级反渗透	69
二、双级反渗透系统的设计举例	69

三、双级反渗透系统的设计	69
四、双级反渗透设备的应用	72
第九节 反渗透设备和膜及元件的应用	73
一、反渗透本体装置膜元件的组合方式	73
二、GE 反渗透膜元件的应用	74
三、GE 反渗透膜元件的标准脱盐率	74
四、GE 反渗透膜元件优势与系统设计考虑因素	75
五、反渗透 (RO) 各级滤芯应用概况	76
六、中空纤维膜设备的应用	77

○ 第三章 超滤膜与设备

78

第一节 超滤设备分类、原理、机理	78
一、超滤设备的分类	78
二、超滤设备的原理	79
三、超滤设备的机理	79
第二节 超滤膜的构型、膜装置类型、形式与组件	79
一、平板膜	80
二、管状膜	80
三、空心纤维膜	80
四、超滤装置	81
五、管式超滤膜装置	82
六、系列中空纤维超滤膜组件举例	83
第三节 新型超滤设备的主要技术、结构与设计	85
一、新型超滤设备与膜组的技术	86
二、新型超滤设备与膜组的结构	86
三、超滤设备与膜组的结构与设计	86
四、超滤设备工艺流程与设计	87
第四节 新型超滤膜结构与元件的应用	88
一、新型 CSUF 高抗污超滤膜结构与元件	88
二、新型超滤膜元件的应用	94
第五节 超滤设备特点/用途/领域/范围与管理	97
一、超滤设备与工艺特点	98
二、超滤设备应用范围	98
三、超滤设备及膜的使用与管理	99
四、家用的超滤设备及膜的使用与管理	100
第六节 管式超滤膜组件	102

一、Berghof 公司管式膜组件	102
二、A19 超滤设备系统与组件	103
三、外置式管式膜生物反应器与组件	104
第七节 卷式超滤膜组件	105
一、Flow-cel 超滤膜组件	106
二、凯洁膜公司的浓缩分离专用超滤膜组件	108
第八节 超滤膜分离设备的发展与在行业应用中的前景	109
一、超滤膜净化过程的典型特征	109
二、超滤膜技术应用举例以及发展方向	110
三、超滤膜设备在葡萄酒净化中的应用举例	113

◎ 第四章 纳滤膜与设备

114

第一节 纳滤设备分类、原理、机理	114
一、纳滤设备的分类	114
二、纳滤设备的原理	115
三、纳滤设备的机理	115
第二节 纳滤膜的构型、膜装置类型、形式与组件	115
一、典型纳滤膜过滤性能和结构及其性质	115
二、膜结构绝大多数是多层疏松结构	116
三、膜装置主要特点	117
四、连续式纳滤系统与工艺特点	117
五、纳滤膜形式与组件	117
第三节 纳滤膜设备和系统工程设计与评价	119
一、纳滤膜设备的结构设计	119
二、纳滤膜设备和系统设计	119
三、纳滤膜设备和水处理工程使用及设计	120
四、纳滤膜设备废水处理设计	121
五、纳滤膜设备废水处理评价	122
第四节 纳滤设备特点/用途/领域/范围与举例	122
一、纳滤设备	122
二、主要特点	123
三、纳滤设备的应用领域	123
四、三达膜卷式纳滤膜系统应用举例	124
五、卷式膜元件结构应用举例	125
第五节 纳滤浓缩分离设备	125
一、纳滤浓缩设备	125

二、染料浓缩除盐专用纳滤设备	125
三、纳滤膜浓缩分离设备的技术特点	126
四、纳滤膜浓缩提纯设备的技术优点与方案应用	126
五、纳滤系统与错流过滤的方式	128
六、GE 直饮水纳滤膜性能	128
第六节 管式纳滤膜组件	129
一、管式纳滤设备分离应用中特征	129
二、Shine 管式纳滤膜组件及设备	129
三、世杰管式纳滤膜组件及设备	129
第七节 卷式纳滤膜组件	130
一、卷式纳滤膜组件	130
二、卷式纳滤膜的系统操作规程	131
三、用卷式纳滤膜组件处理纺织印染废水	132
第八节 纳滤膜组件的运行与评价	132
一、对于 GE 纳滤膜元件提纯和富集的方法	132
二、GE 纳滤膜元件分离技术利用特殊高分子材料	132
三、GE 纳滤膜元件技术特点	133
四、影响 GE 纳滤膜元件分离因素主要是温度与压力	133
第九节 纳滤膜设备用于淋浴水回用与回收应用举例	134
一、淋浴水的水质特征	134
二、再生淋浴水回用的工艺流程	134
三、纳滤膜设备对淋浴水处理效果评价	135

◎ 第五章 微滤膜组件与设备

137

第一节 微滤膜设备分类、原理、机理	137
一、微滤设备的分类	137
二、微滤设备的原理	137
三、微滤设备的机理	137
四、微滤膜种类与规格	138
五、微滤膜组件现状	138
第二节 微滤膜的形态结构和性能表征与材料分类	138
一、微滤膜的形态结构	138
二、微滤膜结构的性能表征	139
三、微滤膜的材料与分类	139
第三节 新型微滤设备的主要技术、结构与设计	140
一、微滤设备的主要技术	140

二、典型微滤膜材料及其过滤的机理	140
三、新型的小试微滤膜装置性能指标设计	141
四、聚丙烯中空纤维微滤膜组件及滤芯结构特点与设计	141
五、微滤膜组件水处理过滤的原理和技术设计及应用举例	143
六、连续微滤设备膜过滤技术 (CMF/CUF) 设计与实例	145
第四节 新型微滤膜举例	147
第五节 微滤设备特点/用途/领域/范围与举例	150
第六节 管式微滤膜组件	150
一、管式微滤膜 (美国 DURAFLO) 组件	150
二、TMF 管式微滤膜组件	152
三、微管式膜组件的应用	154
第七节 平板膜板框式膜组件	154
一、板式膜组件的结构	154
二、膜块、膜包、膜盒	155
三、板式膜的优点	155
四、板式膜的缺点	155
第八节 平板膜折叠式膜组件	156
一、浸没式 MBR 平板膜性能和指标要求	156
二、浸没式双叠平板膜组件	157
三、列管式平板膜组件 XMBR 系列产品	157
四、浸没式平片膜组件 (100 型)	158
五、浸没式平片膜组件 (UHS 系列)	159
第九节 微滤膜组件运行工艺及技术标准与过滤器的使用与清洗	159
一、微滤膜设备及元件的技术标准	159
二、微孔滤膜筒式过滤器的使用与清洗	160

◎ 第六章 陶瓷膜与设备

162

第一节 陶瓷膜与陶瓷膜设备分类	162
第二节 国内外陶瓷膜的实验、工业化设备及应用领域与用途	166
一、国外陶瓷膜工业化设备	166
二、国内陶瓷膜工业化设备	167
三、陶瓷膜设备与设备的主要特点	167
四、陶瓷膜设备的主要应用领域与用途	167
第三节 无机陶瓷膜设备与膜组件	169
一、无机陶瓷膜催化剂的回收设备与膜组件	169
二、无机膜元件、膜组件	172

三、陶瓷复合膜（微滤、超滤）组件举例	173
第四节 陶瓷膜过滤器设备与膜组件装置	174
一、陶瓷膜过滤器设备	175
二、陶瓷膜过滤器设备的应用领域	175
三、纤维陶瓷过滤器设备的实际应用效果	176
四、纤维陶瓷过滤器设备的应用评价	178
第五节 一体式陶瓷膜生物反应器与膜组件	178
一、一体式陶瓷膜分离设备	178
二、一体式生物反应器（MBR）膜组件及成套装置设备	180
三、新型印染废水回用一体式陶瓷膜设备	181

◎ 第七章 膜生物反应器

182

第一节 膜生物反应器分类与组成	182
一、膜生物反应器分类	182
二、膜生物反应器 MBR 工艺的组成	183
三、膜生物反应器的工艺类型	184
四、膜生物反应器技术与其他生物处理工艺对比	185
第二节 膜分离生物反应器	186
一、主要特点	186
二、主要应用领域	186
三、膜生物反应器的优越性	186
四、膜生物反应器设备发展过程	187
五、膜生物反应器应用实例	187
六、膜生物反应器设备操作工艺	188
第三节 膜生物反应器设备的创新设计与实例	194
一、膜生物反应器设备创新的重要性	194
二、膜生物反应器的创新设计	195
三、膜分离生物反应器创新设计实例	197
第四节 膜曝气生物反应器	200
一、无泡曝气膜生物反应器工艺原理	200
二、膜曝气生物反应器设备的主要特点	200
三、膜曝气生物反应器设备的最近应用领域	200
四、膜曝气生物反应器设备的优越性	201
五、浸没式膜-生物反应器中曝气系统的优化设计	201
第五节 萃取膜生物反应器	201
一、萃取膜生物反应器设备的优越性主要特点	202

二、萃取膜生物反应器设备的最近应用领域	202
三、萃取式膜生物反应器设备的工艺原理	203
第六节 固液分离型膜生物反应器	203
一、二沉池固液分离的要求与工艺原理	203
二、固液分离型膜 MBR 工艺的特点	204
三、固液分离型膜 MBR 工艺用膜	205
第七节 膜生物反应器及组件的应用	206
一、膜生物反应器应用领域	206
二、膜生物反应器在国内外的应用实例	206
第八节 生物膜法原理、种类和工艺特点及其运行管理	208
一、生物膜法的基本原理	208
二、生物膜法的种类及工艺特点	211
三、生物膜法及其运行管理	218
第九节 MBR 膜生物反应器与膜组件处理系统工程与设计	
应用举例	219
一、生物反应器设计	219
二、膜组件设计	220
三、MBR 膜生物反应器污水深度处理再回用技术与	
应用举例	221
四、管式膜 TMBR 工艺处理低渗透油田采出水回注	
工程举例	221

◎ 第八章 膜设备与膜组件的测量仪器

223

第一节 膜组件与元件测量技术分析	223
一、膜元件外观检查	223
二、SEM/TEM 分析	223
第二节 微滤膜材料泡点压力的测量技术与标准	224
一、气泡点基本概念	224
二、扩散流与黏性流	225
三、压力衰减法测定气泡点的基本原理	226
四、表观扩散流分析原理	226
第三节 微孔液体过滤器的完整性测试原理、测试方法与技术	228
一、测试方法基本要求	228
二、完整性测试原理——建立与细菌挑战数据的对应关系	228
三、完整性测试方法	229
四、完整性测试物理原理	229

五、气泡点测试	230
六、扩散流测试	232
七、完整性测试方法的选择	234
第四节 工业色谱技术与监测设备	235
一、工业色谱技术	235
二、连续离子交换系统	236
三、智能监测系统压力传感器监测仪	237

参考文献	238
-------------------	-----

第一章

膜设备与膜组件的基础

第一节 膜设备的分类与要求

一、膜设备的分类

各种膜设备或称膜分离装置主要由膜分离器、泵、过滤器、阀、仪表及管路等构成。其中膜分离器是一种将膜以某种形式组装在一个基本单元设备内，然后在外界驱动力作用下实现对混合物中各组分分离的器件，又被称为膜组件或简称组件 (module)。在膜分离的工业装置中，根据生产规模的需要，一般可设置数个乃至数千个膜组件。

膜组件通常是由膜元件 (element, 俗称“芯子”) 和外壳 (容器) 组成的。在一个膜组件中，有些只安装一个元件，但大多安装有多个元件。

工业上常用的膜组件形式主要有板框式、圆管式、螺旋卷式和中空纤维式四种类型，具体将在第三节膜组件的主要形式中介绍。

二、膜设备的要求

经验证明，一种性能良好的膜组件应达到以下要求。

- (1) 对膜能提供足够的机械支撑并可使高压原料液 (气) 和低压透过液 (气) 严格分开；
- (2) 在能耗最小的条件下，使原料液 (气) 在膜面上的流动状态均匀合理，以减少浓差极化；
- (3) 具有尽可能高的装填密度 (即单位体积的膜组件中填充较多有效膜面积) 并使膜安装和更换方便；
- (4) 装置牢固、安全可靠、价格低廉和易维护。

三、MBR(膜-生物反应器)膜组件设计的一般要求

- (1) 保证足够的机械支撑，流道通畅，没有活动死角和静水区；
- (2) 能耗较低，尽量减少浓差极化，提高分离效率，减轻膜污染；

(3) 应有尽可能高的装填密度, 安装、清洗、更换方便;

(4) 具有足够的机械强度、化学和热稳定性。

膜组件的选用要综合考虑其成本、装填密度、应用场合、系统流程、膜污染及清洗、使用寿命等。

第二节 新型的 MBR 膜组件与最新 MBBR 工艺设计的应用

一、新型的 MBR 膜组件

进入 20 世纪 90 年代中后期, 膜-生物反应器在国外已进入了实际应用阶段。加拿大 Zenon 公司首先推出了超滤管式膜-生物反应器, 并将其应用于城市污水处理。为了节约能耗, 该公司又开发了浸进式中空纤维膜组件, 其开发出的膜-生物反应器已应用于美国、德国、法国和埃及等十多个国家和地区, 规模从 $380\text{m}^3/\text{d}$ 至 $7600\text{m}^3/\text{d}$ 。日本三菱人造丝公司也是世界上浸进式中空纤维膜的著名提供商, 其在 MBR 的应用方面也积累了多年的经验, 在日本以及其他国家建有多项实际 MBR 工程。日本 Kubota 公司是另一个在膜-生物反应器实际应用中具有竞争力的公司, 它所生产的板式膜具有流通量大、耐污染和工艺简单等特点。国内一些研究者及企业也在 MBR 实用化方面进行着尝试。

现在, 国内膜-生物反应器组件已应用于: ①城市污水处理及建筑中水回用; ②产业废水处理; ③微污染饮用水净化; ④粪便污水处理; ⑤土地填埋场/堆肥渗滤液处理。

二、最新 MBBR(移动床生物膜反应器)工艺的应用

目前, 国内外已对 MBBR 工艺进行了多项试验性研究, 并在实际应用中取得了较好的效果。由于 MBBR 可减少现有污水处理系统的体积, 易于在现有污水处理厂基础上升级, 且处理效果好, 欧洲、美国、日本、新西兰以及我国均建有 MBBR 型污水处理厂。

1. 处理高负荷污水

MBBR 工艺在高负荷条件下性能稳定, 可多级联用处理污水。如将 3 个 MBBR 连接使用处理肉类加工废水, 第一个反应器的 COD 负荷高达 $10\text{kg}/\text{m}^3$, HRT 约为 4h, TCOD 去除率为 $50\%\sim 75\%$; 第二个和第三个反应器的总 HRT 为 4~13h, TCOD 去除率为 75% 、SCOD 去除率为 $70\%\sim 88\%$, 有机物去除率与有机负荷呈线性关系。

季民等采用厌氧复合床生物膜反应器处理高浓度有机废水取得了良好效果。在进水 COD 为 $5300\sim 20140\text{mg}/\text{L}$ 、COD 容积负荷为 $5.38\sim 20.62\text{kg}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 、

HRT 为 0.98d 的条件下, COD 去除率 $>90\%$ 。垃圾渗滤液的成分复杂, 有机物浓度较高, 是一种很难处理的废水, M. X. Loukidou 采用 MBBR 和 SBR 联合工艺对垃圾渗滤液进行了处理, 载体使用聚亚胺酯和颗粒活性炭, 对污染物具有物理、化学和生物降解作用, 可有效去除垃圾渗滤液的有机物、色度和浊度。

2. 处理低负荷污水

将生活污水与冲洗水混合排放, 导致生活污水中有机物浓度较低, 不适合普通的活性污泥法处理。张兴文等利用 MBBR 工艺处理中国石化抚顺乙烯有限公司厂区内生活污水及冲洗水的混合排放污水。具体工艺流程为调节池 $\rightarrow$ MBBR $\rightarrow$ 沉淀池 $\rightarrow$ 纤维球过滤罐 $\rightarrow$ 活性炭过滤罐。进水水质为 COD76mg/L、BOD37mg/L, 在水力停留时间为 2.4h、气水比为 4:1 的情况下, 出水各项水质指标均可达到国家环保冷却水回用标准要求。

马建勇等研究了 MBBR 处理低负荷生活污水时启动和运行的性能和特点, 发现闭路循环法比排泥挂膜法启动稍慢, 但运行初期的处理效果比后者好。同时还发现悬浮污泥对填料生物有抑制作用, 不利于反应器的长期稳定运行。

3. 脱氮效果

MBBR 中生物膜主要固着在填料上, 污泥停留时间与水力停留时间无关, 硝化菌、亚硝化菌等生长世代时间较长、比增长速率很小的微生物都可以在填料上生长, 从而增强了脱氮能力。脱氮过程分为硝化和反硝化两个阶段, 分别由硝化菌和反硝化菌完成。MBBR 可以实现硝化菌与反硝化菌在空间上相对独立生长, 从而优化了两种菌群的生长条件。

MBBR 用于生物脱氮取得了较好的效果。RustenN 在 FREVAR 废水处理厂使用 KaldneS 型 KI 填料中试进行废水的脱氮处理, 进水为预处理过的生活污水, 温度为 4.8~20℃。结果表明, 10℃时, 硝化速率达 190g TNK/(m²·d), 反应器的 pH >7 。前期脱氮效果主要受水中易降解有机物浓度和 MBBR 缺氧区进水中溶解氧浓度的影响。该设计将 MBBR 与前硝化、后脱氮、絮凝剂最后的固体分离系统结合使用, 如进水为 25mg TN/L, 总氮的去除率为 70%, 空床 HRT 可达 4~5h。

2, 3-二甲基苯胺是一种环状结构不易降解且有毒的有机物, 在生产染料和甲酸工厂排出的废水中, 含有大量该物质。邢国同等采用循环 MBBR 对该废水进行处理, 当 HRT 较短时, 氨氮的去除率较大, 由于主要发生的是微生物的耗氧, 且氨氮的去除率与其容积负荷成反比。

新型的 MBR 膜组件与最新 MBBR 工艺将在第七章第九节 MBR 膜生物反应器与膜组件处理系统工程设计举例中详细介绍。

第三节 膜组件的主要形式

为了便于工业化生产和安装, 提高膜的工作效率, 在单位体积内实现最大的膜