

# 水处理与 膜分离技术问答

SHUICHULI YU MOFENLI JISHU WENDA

程方 邢国平 刘红斌 等主编



化学工业出版社

# 水处理与 膜分离技术问答

SHUICHULI YU MOFENLI JISHU WENDA

程方 邢国平 刘红斌 等主编

靖大为 主审



化学工业出版社

·北京·

本书以问答的形式介绍了水处理及膜分离技术的相关知识、工艺单元的设计方法和实际应用经验。全书共分7章,内容包括:水和膜的基础知识、给水处理、污水处理、微滤和超滤、反渗透、深度脱盐处理及膜分离技术在水处理中的工程应用实例。书中阐述了近年来水处理和膜分离技术涌现的新工艺和新设备,引用了国内水处理方面的最新标准规范,重点介绍了工艺设计与系统运行问题。本书内容丰富,实用性强。

本书力图成为一本问答式工艺技术手册,供水处理和膜技术领域的工程技术和管理人员使用,也可供高等院校相关专业本科生与研究生参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

水处理与膜分离技术问答/程方,邢国平,刘红斌等主编.  
北京:化学工业出版社,2012.7  
ISBN 978-7-122-14653-3

I. ①水… II. ①程… ②邢… ③刘… III. ①水处理-  
问题解答②膜-分离-化工过程-问题解答 IV. ①TU991.2-44  
②TQ028.8-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第138815号

---

责任编辑:戴燕红  
责任校对:宋 玮

文字编辑:丁建华  
装帧设计:张 辉

---

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:大厂聚鑫印刷有限责任公司  
710mm×1000mm 1/16 印张18 字数335千字 2012年11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

我国人均淡水资源仅为世界人均量的 1/4，已被列入世界上 13 个人均水资源最匮乏国家之一。人类活动及经济快速发展引起的水污染，不仅降低了水体的使用功能，造成本来极少的淡水资源更加稀缺，还严重威胁到饮水安全。水处理就是对不符合用水水质要求的原水，通过物理、化学、生物等方法改善水质，用于生产、生活的过程。水处理工艺流程会依原水水质和处理后的用水水质要求而定，力求降低投资及运行成本，保障安全稳定运行。常规给水处理工艺生产的自来水，实现了除浊、除色和杀菌的目的，解决了城市供水问题；以生化处理工艺为主的污水处理技术利用微生物的新陈代谢功能，将污染物转化或部分转化为稳定、无害的物质，减轻了对排放水体的污染。水处理技术在环境污染控制和缓解水资源危机中发挥了重要作用。

随着我国工业化和城市化的快速发展，用水量激增，用水水质要求提高。为应对水危机而采取的利用微污染水源水、开发非常规水源、实施节水循环利用等一系列措施，使得以往作为主体工艺的常规给水处理、污水处理技术，无法应对水体中多种多样的杂质及有毒有害物质。开发新型、高效、节能的水处理技术，成为水处理领域关注的热点。

膜分离技术作为一种新型的流体分离技术，近几十年来取得了令人瞩目的发展。膜分离技术以其高效、节能、操作简便、适用于各种规模和处理能力，而广泛应用于水处理领域，在市政供水、饮用水深度处理、污水处理和中水回用等方面，逐渐替代传统工艺操作单元，成为水处理技术不可或缺的组成部分。膜分离技术具有广谱性，在水处理领域，以压力差或电位差为推动力的膜技术可对水中的悬浮颗粒物、菌藻、胶体和大分子、分子和离子等杂质污染物进行净化去除。但是单一的某种膜技术有一定的适用范围，在实际应用过程中通常要与常规水处理技术工艺组合，或与其他不同的膜工艺组合使用。例如，常规混凝、沉淀、过滤作为膜分离技术的预处理与超滤、反渗透组合，微滤与反渗透组合，常规生化处理与膜生物反应器、反渗透组合，反渗透与电去离子技术组合使用等，可发挥各自优势，实现技术经济最优集成。近年来随着膜产业和膜法水处理技术的快速发展，膜技术的应用领域已经从以自来水、地下水、地表水为水源制备工业纯水和高纯水延伸到了海水及苦咸水淡化、污水处理回用、雨洪水收集利用等水工业的各个方面，膜技术有望成为水处理领域的主体工艺。

鉴于人们迫切需要了解和掌握水处理和膜技术的相关知识，本书以问答的形式向读者系统地介绍水处理技术和膜分离技术的基本概念、基本知识、工艺单元的设计方法、实际应用经验等内容。书中展现了许多水处理新技术和新设备，引用了目前国内水处理方面的最新标准规范，吸收了近年来水处理和膜分离技术的研究与应用成果，力求内容具有实用性。本书面向水处理和膜技术领域的工程技术人员和管理人员，也可供高等院校相关专业本科生与研究生参考。

本书各章撰稿人及分工：第1章基础知识由程方（天津城市建设学院）、靖大为（天津城市建设学院）编写；第2章给水处理由程方编写；第3章污水处理由邢国平（天津大学）编写；第4章微滤和超滤由程方、毕飞（北京坎普尔公司）编写；第5章反渗透由靖大为、苏润西（天津城市建设学院）编写；第6章深度脱盐处理由刘红斌（军事医学科学院卫生装备研究所）编写，第7章膜分离技术在水处理中的工程应用实例由邢国平编写。全书由靖大为审。

在编写过程中引用了同行专家、学者的专著和文章（见参考文献），在此表示衷心感谢。由于作者水平和能力所限，书中不妥之处，恳请同行、读者指正。

**编者**

**2012年9月于天津城市建设学院**

# 目录

<b>第 1 章</b>	<b>基础知识</b> .....	1
1.1	水的基础知识 .....	1
1.1.1	水有哪些主要特性? .....	1
1.1.2	什么是水资源? .....	1
1.1.3	什么是水体、天然水体、污染水体? .....	2
1.1.4	什么是地表水? .....	2
1.1.5	什么是地下水? .....	3
1.1.6	什么是悬浮物、胶体与溶解物? .....	3
1.1.7	什么是水体中的有机物? .....	4
1.1.8	水中各类离子对水质的影响是什么? .....	4
1.1.9	气体是否能溶于水? .....	4
1.1.10	二氧化碳在天然水体中以何种形态存在? .....	5
1.1.11	什么是水中的溶解氧? .....	5
1.1.12	什么是水中的总固体物、溶解性固体及含盐量? .....	6
1.1.13	什么是电解质、非电解质、离子与电离? .....	6
1.1.14	什么是水的电导率与电阻率? .....	6
1.1.15	什么是浊度和色度? .....	7
1.1.16	什么是水的硬度? .....	7
1.1.17	什么是水的碱度与酸度? .....	7
1.1.18	碱度与硬度的关系是什么? .....	8
1.1.19	什么是电离平衡及其常数? .....	8
1.1.20	水的 pH 值含义是什么? .....	8
1.1.21	什么是饱和溶液、溶解度及难溶盐? .....	9
1.1.22	什么是溶度积? .....	9
1.1.23	什么是碳酸盐的朗格利尔指数? .....	10
1.1.24	什么是 COD、BOD、TOC? .....	11
1.1.25	什么是全硅、胶体硅、溶解硅? .....	11
1.1.26	如何进行水质全分析的结果校核? .....	12
1.2	膜的基础知识 .....	13

1.2.1	分离膜的定义是什么? .....	13
1.2.2	分离膜的性能如何表征? .....	13
1.2.3	根据产物如何进行膜分离分类? .....	13
1.2.4	分离膜品种如何分类? .....	13
1.2.5	什么是多孔膜分离的筛分理论? .....	15
1.2.6	什么是致密膜分离的溶解-扩散理论? .....	15
1.2.7	什么是全量过滤、错流过滤及回收率? .....	16
1.2.8	什么是膜的浓差极化现象? .....	16
1.2.9	浓差极化现象对膜工艺有什么影响? .....	17
1.2.10	什么是膜污染? .....	17
1.2.11	什么是膜的水力冲洗? .....	18
1.2.12	什么是膜的化学清洗? .....	18
1.2.13	什么是膜集成工艺? .....	19
1.2.14	膜法水处理的主要对象及目标是什么? .....	19
1.2.15	膜分离过程预处理的目的是什么? .....	20

## 第2章 给水处理 .....

2.1	给水处理基础 .....	21
2.1.1	什么是给水处理? .....	21
2.1.2	自然水体中常见污染物有哪些? .....	21
2.1.3	什么是生活饮用水水质标准? .....	21
2.1.4	什么是原水、软化水、脱盐水、纯水和超纯水? .....	22
2.1.5	饮用纯净水标准是什么? .....	23
2.1.6	什么是管道直饮水? .....	23
2.1.7	饮用天然矿泉水限值指标有哪些? .....	24
2.1.8	医药用水对水质有何要求? .....	25
2.1.9	实验室用水标准是什么? .....	26
2.1.10	火力发电厂的用水有什么特点? .....	26
2.1.11	什么是锅炉给水、炉水? .....	26
2.1.12	低压锅炉对水质有何要求? .....	27
2.1.13	高压和超高压锅炉对补给水水质有何要求? .....	28
2.1.14	电子级纯水标准是什么? .....	28
2.1.15	给水处理工艺选择的原则是什么? .....	30
2.2	地表水处理 .....	30
2.2.1	地表水水质如何分类? .....	30
2.2.2	地表水处理的常规工艺流程是什么? .....	30

2.2.3	什么是微污染源？	32
2.2.4	微污染源如何处理？	32
2.2.5	什么是水体富营养化？	33
2.2.6	湖泊、水库富营养化对给水处理会造成什么影响？	33
2.2.7	混凝处理过程应包含哪些步骤？主要设备是什么？	34
2.2.8	影响混凝的主要因素有哪些？	34
2.2.9	提高混凝效果的方法有哪些？	35
2.2.10	常用混凝剂有哪些？	35
2.2.11	混凝剂如何配制？	36
2.2.12	混凝过程药剂的投加顺序是什么？	37
2.2.13	加药计量设备有哪几种？	37
2.2.14	如何选择计量泵？	37
2.2.15	采用水泵混合应注意哪些要点？	38
2.2.16	絮凝反应设备设计时要做哪些校核？	38
2.2.17	什么是强化混凝？	38
2.2.18	沉淀池有哪几种类型？有何特点？	38
2.2.19	平流沉淀池结构特点是什么？	38
2.2.20	如何设计平流沉淀池？	39
2.2.21	斜管（板）沉淀池结构是怎样的？	41
2.2.22	如何设计斜管（板）沉淀池？	42
2.2.23	什么是澄清池？澄清池与沉淀池的区别是什么？	43
2.2.24	澄清池有哪些类型？	44
2.2.25	机械搅拌澄清池结构特点是什么？	44
2.2.26	影响机械搅拌澄清池处理效果的因素有哪些？	45
2.2.27	哪些原因造成矾花上浮现象？	45
2.2.28	机械搅拌澄清池设计要点是什么？	45
2.2.29	什么是过滤？如何分类？	47
2.2.30	重力滤池有哪些类型？	47
2.2.31	普通快滤池的构造及工作原理是什么？	47
2.2.32	粒状滤料过滤过程应控制的主要参数指标有哪些？	48
2.2.33	滤料性能指标有哪些要求？	49
2.2.34	承托层的作用是什么？	50
2.2.35	滤池中的配水系统作用是什么？	50
2.2.36	什么是大阻力配水系统？	50
2.2.37	什么是小阻力配水系统？	51
2.2.38	过滤池（器）常见故障有哪些？如何排除？	51



2.2.39	滤池冲洗方式有哪几种？	52
2.2.40	压力滤池（罐）有何特点？结构形式是怎样的？	53
2.2.41	什么是叠片过滤器？	54
2.2.42	什么是纤维过滤器？	55
2.2.43	什么是纤维球过滤？	56
2.2.44	什么是袋式过滤？	56
2.2.45	什么是直接过滤？有哪几种形式？	57
2.2.46	直接过滤应用条件是什么？	57
2.2.47	消毒的方法有哪几种？	57
2.2.48	常用的含氯消毒剂有哪些？	57
2.2.49	什么是有效氯？常见的几种含氯消毒剂的有效氯含量是多少？	57
2.2.50	什么是需氯量？余氯？游离氯？结合氯？	58
2.2.51	加氯点如何确定？	58
2.2.52	什么是折点加氯？为什么折点加氯可去除水中的氨氮？	59
2.2.53	紫外线消毒有何优缺点？	59
2.2.54	紫外线消毒的杀菌机理是什么？常见的紫外线消毒设备构成有哪些？	60
2.2.55	二氧化氯有何特点？如何制备？	61
2.2.56	二氧化氯发生器的组成及工作原理是什么？	62
2.2.57	在净水过程中使用臭氧应包含哪些设施？	62
2.2.58	臭氧发生装置有哪几种类型？	62
2.2.59	高压放电式臭氧发生器的基本组成是什么？产生臭氧的原理是怎样的？	63
2.2.60	影响臭氧发生的主要因素有哪些？	64
2.2.61	臭氧在工艺流程中的投加点如何确定？	65
2.2.62	对臭氧接触时间有何要求？	65
2.2.63	臭氧发生器的气源有几种？	65
2.2.64	臭氧尾气如何分解消除？	66
2.3	地下水的处理	67
2.3.1	我国地下水污染特点是什么？	67
2.3.2	地下水化学成分的主要特征是什么？	67
2.3.3	如何去除水中的铁？	68
2.3.4	为什么溶解性硅酸盐对曝气氧化除铁有干扰？	70
2.3.5	氯氧化除铁有何特点？	70
2.3.6	接触催化氧化除铁工艺流程如何确定？	70
2.3.7	如何去除水中的锰？	71

2.3.8	生物除铁除锰的影响因素有哪些？	72
2.3.9	适用于地下水除铁锰的曝气装置有哪些种形式？使用条件？	73
2.3.10	含氟地下水的除氟方法有哪几种？	73
2.3.11	简述铝盐混凝沉淀除氟工艺设计要点。	74
2.3.12	简述活性氧化铝吸附过滤除氟工艺设计要点。	74
2.3.13	地下水中的硝酸盐如何去除？	75
2.3.14	水质软化处理有哪几种方法？	77
2.3.15	什么是石灰软化法？	78
2.3.16	什么是石灰-纯碱软化处理？	78
2.3.17	什么是石灰-石膏法软化处理？	79
2.3.18	如何估算药剂软化处理的药剂用量？	79
2.3.19	钠离子交换树脂软化处理的原理是什么？	80
2.3.20	钠离子交换树脂软化处理的盐耗如何计算？	80
2.3.21	什么是 H-Na 脱碱软化处理？有几种形式？	81
2.3.22	H-Na 并联强酸阳离子树脂软化系统如何控制水量分配？	82
2.3.23	如何进行软化系统中的树脂再生？	83
2.3.24	简述自动树脂软水器的构造和工作原理。	83
2.3.25	如何去除水中的胶体硅？	85
2.3.26	如何去除水中的砷？	85
2.4	自来水的处理	86
2.4.1	为什么要进行饮用水的深度处理？	86
2.4.2	饮用水深度处理技术有哪几种？	86
2.4.3	为什么在以自来水为原水的软化及脱盐系统前需去除余氯？ 采用什么方法？	86
2.4.4	活性炭有哪几种型态？各有什么使用特点？	87
2.4.5	表征活性炭吸附性能的参数是什么？	87
2.4.6	活性炭对哪些有机物容易吸附？	88
2.4.7	活性炭吸附池有何设计要求？	88
2.4.8	活性炭再生方法有哪些？	89
2.4.9	什么是生物活性炭？	89
2.4.10	为什么活性炭易出现生物挂膜现象？	89
2.4.11	活性炭应用要注意哪些问题？	90
2.5	冷却水的处理	90
2.5.1	冷却水系统有哪几种类型？	90
2.5.2	什么是密闭式循环水系统和敞开式循环水系统？	90
2.5.3	敞开式冷却水循环系统有哪些水量损失？	91

2.5.4	什么是循环水系统容积？	92
2.5.5	什么是循环水在系统内的平均停留时间？	92
2.5.6	什么是循环水的浓缩倍数？	92
2.5.7	浓缩倍数与补充水量、排污水量及蒸发水量的关系如何？	93
2.5.8	对循环水的水质要求是什么？	93
2.5.9	循环冷却水的处理方法有哪些？	93
2.5.10	循环冷却水系统中的沉积物有哪些？	94
2.5.11	冷却水系统中的水垢是如何形成的？	95
2.5.12	如何控制水垢？	95
2.5.13	冷却水中的污垢是如何形成的？	96
2.5.14	冷却水系统中的黏泥和污垢有什么区别？	96
2.5.15	为什么说微生物给循环冷却水系统带来的危害最严重？	97
2.5.16	冷却循环水系统中的微生物如何控制？	97
2.5.17	铁细菌有什么危害？应如何监测、控制？	98
2.5.18	硫细菌有什么特性和危害？	99
2.5.19	硫酸盐还原菌有什么特性和危害？应如何控制？	99
2.5.20	硝化菌群控制指标是什么？	99
2.5.21	如何选择适当的微生物杀生剂？	99
2.5.22	氧化性杀生剂与非氧化性杀生剂的区别是什么？	100
2.5.23	为什么循环水系统中会出现氨污染？	100
2.5.24	氨氮对循环冷却水的危害是什么？	101
2.5.25	氨污染危害的控制方法有哪些？	101
2.5.26	为什么循环冷却水系统中会出现金属腐蚀现象？	102
2.5.27	什么是均匀腐蚀？什么是局部腐蚀？	103
2.5.28	控制腐蚀的方法有哪些？	103
2.5.29	什么是阴极保护？阴极保护的方法有哪些？	104
2.5.30	为什么循环水系统要进行旁流水处理？	104
2.5.31	如何计算循环冷却系统的旁流水量？	104
2.5.32	冷却循环水系统中的补充水及旁滤系统为何采用膜处理技术？	105
2.5.33	电厂循环系统的排污水如何回收再利用？	105
2.5.34	电厂循环系统的排污水如何回用于锅炉用水？	106
2.5.35	什么是水的磁化处理？	106
2.5.36	什么是静电水处理器？有何作用？	107
2.5.37	什么是电子水处理器？	107
2.5.38	静电水处理器与电子水处理器有何区别？	107

3.1 污水一般概念	109
3.1.1 什么是生活污水?	109
3.1.2 什么是工业废水?	109
3.1.3 工业废水如何分类?	109
3.1.4 城市污水的特点是什么?	109
3.1.5 什么是水的物理性污染?	109
3.1.6 什么是水的化学性污染?	110
3.1.7 什么是水的生物性污染?	110
3.1.8 为什么要评价污水的可生化性以及如何评价污水的可生化性?	110
3.1.9 测定污水中的凯氏氮有什么意义?	111
3.1.10 什么是总氮和总磷?	111
3.1.11 污水排放的标准有哪些?	111
3.1.12 什么是城市污水的一级处理?	111
3.1.13 什么是城市污水的二级处理?	111
3.1.14 什么是城市污水的三级处理?	112
3.1.15 什么是再生水,再生水的水质标准有哪些?	112
3.2 活性污泥法	112
3.2.1 什么是活性污泥法处理工艺?	112
3.2.2 活性污泥净化污水的机理是什么?	113
3.2.3 活性污泥法正常运行的基本条件是什么?	113
3.2.4 考核活性污泥性能的指标有哪些?	113
3.2.5 测定污泥沉降比(SV)的意义是什么?	114
3.2.6 测定污泥容积指数(SVI)的意义是什么?	114
3.2.7 MLSS与MLVSS有什么区别?	114
3.2.8 什么是活性污泥的耗氧速率?	115
3.2.9 活性污泥的生物组成有哪些?	115
3.2.10 活性污泥增长的规律是什么?	115
3.2.11 引起活性污泥膨胀的原因是什么?	116
3.2.12 如何判断活性污泥是否老化?	117
3.2.13 如何解决活性污泥的中毒问题?	117
3.2.14 活性污泥法运行时应控制哪些参数?	117
3.2.15 曝气池的名义停留时间和实际停留时间有什么区别?	118
3.2.16 活性污泥法运行时为什么要控制食微比(F/M)?	118
3.2.17 活性污泥法运行时为什么要控制污泥龄?	118
3.2.18 污泥负荷对需氧量有什么影响?	118

3.2.19	什么是传统活性污泥法？	119
3.2.20	什么是多段进水活性污泥法？	119
3.2.21	什么是吸附-再生活性污泥法？	120
3.2.22	什么是延时曝气活性污泥法？	120
3.2.23	为什么生物选择器可以抑制丝状菌的增长？	120
3.2.24	生物选择器的设计和运行要点有哪些？	121
3.2.25	处理城市污水的活性污泥法设计与运行参数有哪些？	121
3.2.26	什么是 AB 法工艺？	121
3.2.27	什么是 A/O 脱氮工艺？	122
3.2.28	A/O 脱氮工艺运行应注意哪些问题？	123
3.2.29	什么是 A/O 除磷工艺？	123
3.2.30	A/O 除磷工艺运行应注意哪些问题？	124
3.2.31	什么是 A <sup>2</sup> /O 脱氮除磷工艺？	124
3.2.32	A <sup>2</sup> /O 工艺有哪些特点？	124
3.2.33	A <sup>2</sup> /O 工艺运行时应注意哪些问题？	125
3.2.34	什么是氧化沟工艺？	125
3.2.35	氧化沟工艺有哪些特点？	125
3.2.36	氧化沟工艺运行时应注意哪些问题？	126
3.2.37	什么是 SBR 工艺及其特点？	127
3.2.38	如何培养和驯化活性污泥？	127
3.2.39	高含盐污水生物处理应注意哪些问题？	128
3.3	生物膜法	128
3.3.1	生物膜法的基本原理是什么？	128
3.3.2	生物膜中的生物组成有哪些？	128
3.3.3	生物膜的生长过程需要经历几个阶段？	129
3.3.4	生物膜填料有哪些种类？	129
3.3.5	什么是生物带填料？	130
3.3.6	选择填料时应注意哪些问题？	131
3.3.7	生物膜法与活性污泥法相比有哪些特点？	131
3.3.8	如何培养和驯化生物膜？	131
3.3.9	什么是生物接触氧化工艺？	132
3.3.10	什么是两段生物接触氧化工艺？	132
3.3.11	什么是曝气生物滤池处理工艺？	133
3.3.12	曝气生物滤池的功能有哪些？	133
3.3.13	曝气生物滤池的运行方式有几种？	133
3.3.14	曝气生物滤池较其他生物处理工艺有什么优点？	133

3.3.15	曝气生物滤池运行中应注意哪些问题？	134
3.3.16	曝气生物滤池的承托层与给水滤池有哪些不同？	134
3.3.17	陶粒作为曝气生物滤池的滤料有什么优点？	135
3.3.18	什么是 DC+N 曝气生物滤池工艺？	135
3.3.19	什么是 DN+C/N 曝气生物滤池工艺？	136
3.4	膜生物反应器	136
3.4.1	什么是膜生物反应器？	136
3.4.2	膜生物反应器存在的问题和改进的方向是什么？	137
3.4.3	什么是分置式膜生物反应器？	137
3.4.4	什么是一体式膜生物反应器？	137
3.4.5	什么是射流曝气膜生物反应器？	138
3.4.6	什么是无泡曝气膜生物反应器？	138
3.4.7	分置式和一体式膜生物反应器的优缺点各是什么？	138
3.4.8	什么是复合膜生物反应器？	139
3.4.9	什么是膜生物流化床反应器？	139
3.4.10	什么是序批式膜生物反应器？	139
3.4.11	膜生物反应器中常用的膜材料有哪些？	139
3.4.12	应用于膜生物反应器中的膜组件有哪些形式？	140
3.4.13	什么是膜生物反应器中的膜污染？	140
3.4.14	影响膜生物反应器中膜污染的主要因素有哪些？	140
3.4.15	如何预防和减缓膜生物反应器中的膜污染？	140
3.4.16	什么是膜的物理清洗？	141
3.4.17	如何进行膜的化学清洗？	142
3.4.18	什么是膜生物反应器中膜组件的通量？	142
3.4.19	如何进行膜的亲水性处理？	142
3.4.20	如何确定膜生物反应器的容积和所需的膜面积？	143
3.5	厌氧生物处理	143
3.5.1	什么是厌氧生物处理工艺？	143
3.5.2	什么是厌氧消化的三阶段？	144
3.5.3	厌氧生物处理有哪些特点？	144
3.5.4	影响厌氧生物处理的主要因素有哪些？	145
3.5.5	厌氧生物处理与好氧生物处理有什么区别？	146
3.5.6	UASB 反应器的原理是什么？	147
3.5.7	UASB 反应器有什么特点？	147
3.5.8	三相分离器有什么功能和结构特点？	148
3.5.9	UASB 反应器初次启动时应注意哪些问题？	148

3.5.10	如何在 UASB 反应器中形成颗粒污泥？	148
3.5.11	什么是颗粒污泥的性状和组成？	148
3.5.12	颗粒污泥有哪些类型？	149
3.5.13	什么是厌氧折流板反应器？	149
3.5.14	ABR 反应器与 UASB 反应器有哪些不同？	150
3.5.15	什么是内循环厌氧反应器？	150
3.5.16	内循环厌氧反应器与 UASB 反应器相比有什么特点？	150
3.5.17	什么是两相厌氧消化处理工艺？	151
3.5.18	两相厌氧消化处理工艺有哪些特点？	151
3.5.19	两级厌氧消化和两相厌氧消化有什么区别？	151
3.5.20	如何进行厌氧消化池中的搅拌？	152
3.5.21	如何进行厌氧消化池的加温？	152
3.5.22	什么是厌氧膜生物反应器？	152
3.5.23	如何启动厌氧消化反应器？	152
3.5.24	什么是厌氧消化反应器的欠平衡现象？	153
3.5.25	如何估算厌氧消化的沼气产率？	153
3.5.26	厌氧消化反应器运行中的安全问题有哪些？	153

## 第 4 章 微滤和超滤 ..... 155

4.1	微滤	155
4.1.1	什么是微滤？	155
4.1.2	微滤膜的分离机理是什么？	155
4.1.3	制备微滤膜的材料有哪些？	156
4.1.4	常用有机微滤膜材料有哪些性能特征？	156
4.1.5	几种典型的无机微滤膜材料有哪些性能特征？	157
4.1.6	微滤膜的制备方法有哪些？	158
4.1.7	什么叫相转化法制膜？	158
4.1.8	浸没沉淀相转化法制膜工艺过程及原理是什么？	159
4.1.9	热致相分离法 (TIPS) 制膜工艺过程原理是什么？TIPS 法制膜工艺的特点是什么？	159
4.1.10	热致相分离膜的特点是什么？	160
4.1.11	溶剂蒸发相转化法制膜原理是什么？	160
4.1.12	气相沉淀相转化法制膜原理是什么？	160
4.1.13	什么是熔融拉伸法制膜工艺？	160
4.1.14	什么是核径迹-刻蚀法制膜工艺？	161
4.1.15	什么是溶出法制膜工艺？	161

4.1.16	什么是浸出/分相法制膜? .....	161
4.1.17	什么是烧结法制膜? .....	162
4.1.18	什么是阳极氧化法制膜? .....	162
4.1.19	微滤膜的微孔结构有几种? 各种微孔结构膜的主要特点是什么? .....	162
4.1.20	微滤膜过滤过程有哪些特点? .....	163
4.1.21	如何表征膜的孔径? 如何测定微滤膜孔径? .....	163
4.1.22	什么是泡点法? .....	163
4.1.23	膜孔隙率测试方法有哪几种? .....	164
4.1.24	微孔膜过滤器有哪些种形式? .....	164
4.1.25	微孔膜过滤器选用原则是什么? .....	165
4.1.26	不同孔径微滤膜有哪些适用范围? .....	166
4.2	超滤 .....	167
4.2.1	什么是超滤? .....	167
4.2.2	什么是超滤膜? .....	167
4.2.3	什么是切割分子量? .....	167
4.2.4	什么是截留率? .....	167
4.2.5	什么是纯水通量? .....	168
4.2.6	典型超滤膜材料有哪些? .....	168
4.2.7	各种有机超滤膜材料有哪些性能特征? .....	168
4.2.8	什么是分子筛膜? 分子筛膜的特点是什么? .....	169
4.2.9	分子筛超滤膜的制备方法有哪些? .....	169
4.2.10	超滤膜结构形态有哪些特点? .....	169
4.2.11	超滤膜如何保存? .....	170
4.2.12	什么是超滤膜组件? .....	170
4.2.13	如何选择超滤装置中的超滤膜和组件? .....	171
4.2.14	影响超滤效率的因素有哪些? .....	171
4.2.15	什么是超滤系统组合形式的“级”与“段”? .....	172
4.2.16	中空纤维超滤膜组件为什么采用下进水、上产水模式? .....	173
4.2.17	如何选择超滤膜的清洗液? .....	174
4.2.18	超滤中试的实验指标与实验设备有哪些? .....	174
4.2.19	超滤工艺的验证性及试验性实验有哪些? .....	175

## 第 5 章 反渗透 .....

5.1	反渗透膜元件的性能 .....	176
5.1.1	什么是渗透及反渗透现象? .....	176



5.1.2	什么是卷式反渗透膜元件？	177
5.1.3	什么是反渗透膜过程的基本规律？	177
5.1.4	浓差极化对反渗透膜过程的影响是什么？	178
5.1.5	什么是反渗透膜元件的理想运行模型？	179
5.1.6	什么是反渗透膜元件的简化结构模型？	181
5.1.7	什么是反渗透膜元件的串联结构模型？	183
5.1.8	什么是反渗透膜元件的并联结构模型？	184
5.1.9	什么是反渗透膜元件的串并联混合结构模型？	185
5.1.10	反渗透膜有哪些使用条件限制？	186
5.1.11	什么是反渗透膜品种的性能参数？	186
5.1.12	什么是反渗透膜的膜压降参数？	187
5.1.13	反映反渗透膜元件性能的指标有哪些？	188
5.1.14	不同厂商膜品种的性能是否可比？	188
5.1.15	相同厂商不同膜品种的区别是什么？	188
5.1.16	相同厂商不同膜品种的性能是否可比？	189
5.1.17	反渗透膜过程中不同溶质的脱除率有何区别？	190
5.1.18	反渗透膜元件的工作压力特性是什么？	190
5.1.19	反渗透膜元件的脱盐率特性是什么？	191
5.1.20	给水 pH 值的影响因素是什么？	191
5.1.21	浓水 pH 值的影响因素是什么？	192
5.1.22	反渗透膜技术进步的主要内容是什么？	192
5.1.23	什么是干式及湿式膜元件？	193
5.2	反渗透系统工艺	194
5.2.1	什么是反渗透系统的基本工艺流程？	194
5.2.2	反渗透系统的主要技术指标有什么？	194
5.2.3	什么是膜系统设计的主要依据？	195
5.2.4	什么是膜系统的三大主要设备？	195
5.2.5	如何理解反渗透系统设计导则？	196
5.2.6	相同超滤产水的水质是否一致？	197
5.2.7	如何计算膜系统的膜元件数量？	197
5.2.8	如何选择膜外壳的规格与数量？	198
5.2.9	如何选择高压泵的规格？	198
5.2.10	为什么浓水阀门也是系统中的重要设备？	199
5.2.11	什么是反渗透膜系统的极限回收率？	199
5.2.12	膜元件为何要采用串联结构？	200
5.2.13	什么是膜系统的分段结构？	201