



国外优秀科技著作出版专项基金资助

国外名校名著

Mc
Graw
Hill

Education

废水工程

处理及回用

Wastewater Engineering Treatment and Reuse

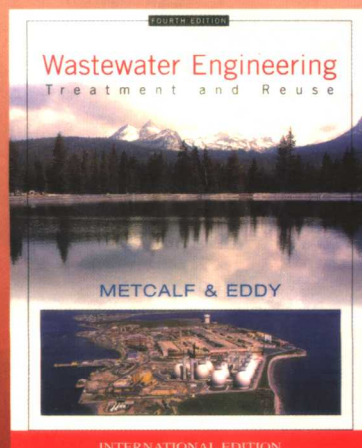
第四版

Fourth Edition

[美] 梅特卡夫和埃迪公司

Metcalf & Eddy, Inc.

秦裕珩 等译



化学工业出版社

国外优秀科技著作出版专项基金资助

国外名校名著

废 水 工 程

处理及回用

Wastewater Engineering
Treatment and Reuse

第四版

Fourth Edition

[美] 梅特卡夫和埃迪公司

Metcalf & Eddy, Inc.

本版由

[美] G. 乔巴诺格劳斯

[美] F. L. 伯顿

[美] H. D. 斯滕西

修订

史忠义 史京华 刘希曾 何 永 译
杨文良 麦玉筠 张中和 秦裕珩
(按姓氏笔画为序)

秦裕珩 审校



化学工业出版社

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

废水工程: 处理及回用. 第四版/ [美] 梅特卡夫和埃迪公司,
[美] 乔巴诺格劳斯 (Tchobanoglous, G.), [美] 伯顿 (Burton, F. L.),
[美] 斯滕西 (Stensel, H. D.) 修订; 秦裕珩等译. —北京: 化学工业出版社, 2004. 6
(国外名校名著)

书名原文: Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, Fourth Edition
ISBN 7-5025-5503-X

I. 废… II. ①乔…②伯…③斯…④秦… III. ①废水工程-处理及回用-高等学校-教材
②废水综合利用-高等学校-教材 IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 043856 号

Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4th ed. /By Metcalf & Eddy, Inc. /Revised
by George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel
ISBN 0-07-041878-0

Copyright © 2003. Exclusive rights by The McGraw-Hill Companies, Inc. Original language
published by the McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. No Part of this publi-
cation may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval
system, without the prior written permission of the publisher. Simplified Chinese transla-
tion edition jointly published by Chemical Industry Press and McGraw-Hill Education (Asia) Co.
本书中文简体字翻译版由化学工业出版社和美国麦格劳-希尔教育(亚洲)出版公司合作出版。
未经出版者预先书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签, 无标签者不得销售。
北京市版权局著作权合同登记号: 01-2002-2349

国外名校名著

废水工程

处理及回用

Wastewater Engineering

Treatment and Reuse

第四版

Fourth Edition

[美] 梅特卡夫和埃迪公司

Metcalf & Eddy, Inc.

秦裕珩 等译

责任编辑: 骆文敏

责任校对: 李 林

封面设计: 郑小红

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号) 邮政编码 100029

发行电话: (010) 64982530

http: //www.cip.com.cn

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 81 字数 2017 千字

中文版 2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5503-X/G·1436

定 价: 150.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

国外优秀科技著作出版专项基金

FUND FOR FOREIGN BOOKS OF
EXCELLENCE ON SCIENCE AND TECHNOLOGY
(FFBEST)

管理委员会名单

名 誉 主 任：成思危 全国人大常委会副委员长
主 任 委 员：谭竹洲 中国石油和化学工业协会会长
副主任委员：李学勇 王心芳 阎三忠 曹湘洪
 潘德润 朱静华 王印海 龚七一
 俸培宗 魏 然

委 员（按姓氏笔画顺序排列）：

王子镐	王光建	王行愚	申长雨
冯 霄	冯孝庭	朱家骅	刘振武
杨晋庆	李 彬	李伯耿	李静海
吴剑华	辛华基	汪世宏	欧阳平凯
赵学明	洪定一	徐静安	黄少烈
曹 光	盛连喜	葛 雄	焦 奎
曾宝强	戴猷元		

秘 书 长：魏 然

副 秘 书 长：徐 宇

中国石油天然气集团公司协助出版

中 译 本 序

《废水工程》一书到目前为止已是第四版了，第二版曾由化学工业出版社组织翻译出版，得到了社会的认可。第三版由于客观原因未能向读者翻译介绍。现在第四版又面世了。

改革开放后特别是近十多年来，国内致力于环境治理工程的建设及培养人才的工作。在废水治理方面不仅工业企业进行全面的废水处理，城市的废水处理厂亦大量兴建。除了使用国内的科研成果外，也引用了不少国外的先进技术，而且这种趋势正在方兴未艾。为此将国外的新概念、新技术介绍给国内，无疑是有益的。第四版为2003年出版，内容包括2001年的文献资料，为了改变过去翻译本距原文出版日期滞后较久，此次各方面力争用两年的时间完成翻译、审校、编辑加工及排印出版全部工序。为此，各工序尽量交错进行，当然也会带来一些名词统一等的困难。译者是同时进行翻译的，而校核次序又不能按章节顺序进行，且原著也是多位作者撰写，用词也不尽一致，因此，在全书专业名词统一方面就可能存在不足之处，特别是有些专业名词有多种译法，即以本书书名“废水工程”而言，“Wastewater”一词，各行业沿袭其习惯有译为“废水”或“污水”，两者并存多年，由来已久。本次译者中有同志提出 Wastewater 一词在国际上使用较多，国内过去习惯用“污水”一词，仍可用“污水”表示。此意见值得探讨。如何翻译更为合理，企盼行业专家共同进一步研究。本书译稿考虑到第二版使用的是“废水工程”，而清华大学出版社最近出版的第四版影印本中文亦为“废水工程”，为与前后版本及影印版译名呼应，第四版仍采用“废水”一词。

原著基本采用 SI 制，但其中也有同时附以美国通用单位，如 lb/ft^2 , gal/d , ...。同时也采用了过去习惯用的或专业性强的非 SI 制单位如：ppb, ppm, Å, kgf/cm^2 , atm, eq, meq/L...。考虑原著需要和使用上方便，未按中华人民共和国法定计量单位统一。

在翻译过程中，得到国内外多方面的专家、学者的热心协助，特别是北京市环境保护科学研究院原总工程师潘南鹏先生的热心支持，协助查阅资料，解答问题，对此深表感谢。

在本书即将发稿时，收到原出版单位的勘误资料，改动量较大，其中有关错误数据均予以修正，但有些论述或整体修改的内容，修改工作量很大，影响出版计划，只有留待新版再行修订。

参加本书翻译的人员如下（按姓氏笔画为序）：

史忠义（第3、11章）；

史京华（第7章）；

刘希曾（第9、10章）；

何永（第1章）；

杨文良（第5章）；

麦玉筠（第2、4、6、13章）；

张中和（第8、12、15章）；

秦裕珩（第14章）。

全书由秦裕珩审校。

由于水平和时间的限制，特别是原书篇幅大、涉及的专业面广，书中仍有许多问题，未能确切理解，甚至造成错误，欢迎读者指正。

秦裕珩

2003年10月

序

从本书第三版出版以后，在过去的十二年中，废水工程领域新的开发和变革显著，特别是关于：

- (1) 废水中发现的组分特性，包括组分的范围和检测极限两方面；
- (2) 废水生物处理机理有较深的基本理解；
- (3) 应用高级处理技术去除特种组分；
- (4) 更强调从废水处理产生的生物固体的治理；
- (5) 对处理后废水的排放和回用颁布了更为广泛和限制范围的要求。

本书第四版着力于本领域内出现的有意义的新的开发和变革，并修改第三版的一些刊出内容，使第四版能更有益于读者。例如，在第三版将理论和实践分开的几章，在第四版中已将其合并在一起，使内容连贯，并避免重复。由于废水生物处理的重要性，该内容分为单独的四章。高级废水处理一章已经扩充，包括日益需要的各种过程，以满足更严格的排放要求。新增加消毒一章以论述该领域的最新发展。回收和回用一章已经全部修改，并增加了许多新的资料。由于生物固体治理的重要性，对该内容专门编写了一章。为了符合严格的排放要求，过程的设计和运行，包括现有处理厂的挖潜在第 15 章中论述。

本书的主要特点

随着第三版的实践，已详细地整理出一百多个新的实例，以增强读者对本书基本概念的理解。在可能的地方，介绍了电子表格解法。为了有助于废水治理系统的规划、分析和设计，将设计数据和信息资料归纳和介绍在三百多个表格内，其中大部分都是新的。本书包括了超过 570 张图解、曲线图、示意图和照片，以说明废水治理领域内的原理和设施。为了协助本书的读者熟练地掌握分析技术和精通资料，在每一章的末尾列入了思考题和精选的参考文献。

在第四版选择了国际单位制。使用国际单位制可和美国大学及世界上多数国家的教学实践取得一致。通常，在数据表内已同时使用两种单位制（即国际单位和美国通用单位），当不能使用两种单位制时，在表下面的附注中都列有换算系数。

为进一步提高本书的实用性，列入了一些附录。由国际单位换算为美国通用单位以及由美国通用单位换算为国际单位的换算系数分别列于附录 A-1 和 A-2。通常用于废水治理系统的分析和设计方面的换算系数列于附录 A-3。国际单位和美国通用单位的略语或简称分别列于附录 A-4 和 A-5。空气和精选的气体以及水的物理特性分别列于附录 B 和 C。水中溶解氧浓度和温度的函数关系列于附录 D。最大可能数（MBN）表列于附录 E，碳酸盐平衡列于附录 F，管道内流量分析的摩台图列于附录 G。

本书的使用方法

本书介绍的丰富的内容可提供大学生或研究生作为一学期或两学期^①或四分之三学年^②各种课程使用，拟涉及的专门课题可按可利用的时间和课程的任务来选定。

① 此处一学期为 6 个月——译者注。

② 此处一年分四学期——译者注。

对于一学期的废水处理导论课程，建议采用下列内容：

课 题	章	节
废水处理概论	1	全部
废水特性	2	全部
废水流量和组分负荷	3	全部
过程分析概论	4	全部
物理处理单元操作	5	5-1~5-8
化学处理单元操作	6	6-1, 6-2
废水生物处理概论	7	全部
消毒	12	12-1~12-5, 12-9
水的回用	13	13-1, 13-2
生物固体治理	14	全部
处理厂运行概论	15	15-1~15-3

对于两学期的废水处理过程，建议采用下列内容：

课 题	章	节
废水处理概论	1	全部
废水特性	2	全部
废水流量和组分负荷	3	全部
过程分析概论	4	全部
处理厂运行概论	15	15-1~15-3
物理处理单元操作	5	全部
化学处理单元操作	6	全部
废水生物处理概论	7	全部
悬浮生长生物处理过程	8	全部
附着生长和联合生物处理过程	9	9-1~9-5
厌氧悬浮和附着生长处理过程	10	10-1, 10-2, 10-4
消毒	12	全部
水的回用	13	全部
生物固体治理	14	全部
过程控制和处理厂性能挖潜	15	15-3~15-7

对于一学期的废水处理课程，建议采用下列内容：

课 题	章	节
废水处理概论	1	全部
废水特性	2	全部
过程分析概论	4	全部
处理厂运行概论	15	15-1~15-3
废水生物处理概论	7	全部
悬浮生长生物处理过程	8	全部
附着生长和联合生物处理过程	9	全部
厌氧悬浮和附着生长处理过程	10	全部
厌氧和好氧消化与堆肥	14	14-9~14-11

对于一学期废水回收和回用课程，建议采用下列内容：

课 题	章	节
废水处理概论	1	全部
废水特性	2	全部
水的再生和回用概论	13	13-1
风险评估概论	13	13-3
处理厂运行概论	15	15-1~15-3
高级废水处理（任选的）	11	11-6
消毒	12	12-1~12-5, 12-7~12-19
水的再生技术	13	13-4
再生水的贮存	13	13-5
再生水的回用	13	13-6~13-9
再生和回用的策划	13	10

对于一个学期的物理和化学单元操作和过程课程，建议采用下列内容。应该注意下列内容可以补充给水处理的附加例题。

课 题	章	节
过程分析概论	4 [●]	全部
处理厂运行概论	15	15-1~15-3
物理处理单元操作概论		
混合和絮凝	5	5-4
沉淀		5-5, 5-7, 5-8
气体传输	5	5-11, 5-12
过滤（传统深床过滤）	11	11-3, 11-4
膜过滤	11	11-6
吸附	11	11-7
汽提	5, 11	5-13, 11-8
紫外照射消毒	12	12-9
化学处理单元过程概论		●
混凝	6	6-2
化学沉淀	6	6-3~6-5
离子交换	11	11-9
水质稳定	6	6-7
化学氧化（传统的）	6	6-6
高级氧化工艺（传统的）	11	11-10 [●]

感谢

这样一本巨著如果没有许多人的支援帮助是难以完成的。首先最重要的是 California 大

- ① 原文误为 15——译者注。
- 原文误为 6-2——译者注。
- 原文误为 11-9——译者注。

学 Davis 分校博士生 Harold Leverenz 先生, 提供了特殊的援助。他通读和审阅了全部书稿, 核对问题, 并为本书准备了许多新的插图。此外, 他还协助复阅校样。为使本书成为读者受益的书籍所投入的工作超过了他应承担的任务要求。

全书的其他作者按字母次序排列为: Nolte and Associates 的 Mike Anderson 先生审阅了本书部分内容, 并提供某些设计例题。California 大学 Davis 分校的 Takashi Asano 教授, 2001 年斯德哥尔摩水奖获得者, 修订了第 13 章, 他曾是第三版的作者; Carollo Engineers 的 Keith Bourgeois 博士撰写和审阅了第 11 章的一部分; Whitley Burchett & Associates 的 Max Burchett 先生在过去多年曾从理论到实践的应用方面发表过若干重要的论述; 意大利米兰市的 Austep Environmental Protection 的 Ermanno 工程师执笔第 10 章厌氧污泥床过程这一节; Biovir 实验室 Robert Cooper 博士对第 2 章进行审阅, 并提供了宝贵的见解; Michigan Technological 大学的 John C. Crittenden 教授审阅了第 4 章和第 11 章炭吸附一节; Ekster and Associates 的 Alex Ekster 博士撰写了第 15 章有关过程控制最优化的内容; Ecologic Engineering 的 Robert Emeric 博士撰写了第 11 章紫外线消毒一节; Montgomery/Watson 的 William Hatnett 先生在第 15 章增补了程序逻辑控制器及管路和仪器图; City of Los Angeles 的 Tim Haug 博士对第 7~10 章和第 15 章进行了审阅并提供了宝贵的见解; California 大学 Berkeley 分校的 David Jenkins 教授提供了丝状菌的显微照片; 大多数的照片是 Sarah Maysheew 女士印制的; County Sanitation Districts of Los Angeles County 的 Margie Nellor 女士提供了 Rio Hondo 散布池的照片; California 大学 Berkeley 分校的 Kara Nelson 教授审阅了第 2 章; Whitley Burchett & Associates 的 Andrew Salvesson 先生审阅了第 2 章和第 4 章, 并提供了第 11 章的数据; California 大学 Davis 分校的 Edward D. Schroeder 教授审阅了第 7 章的初稿, 并提供了宝贵的有关编排和技术方面的解说与引导, 作为本书第一作者三十年的同事, 受 Schroeder 教授的教诲甚多; Vanderbilt 大学的 Richard E. Speece 博士审阅了第 14 章有关厌氧消化的章节, 并提出了宝贵的见解; EOA 的 Jeff Sollar 先生撰写了第 13 章内的多种过程的概率分析; Montgomery/Watson 的 Rhodes Trussel 博士在许多讨论中对消毒、絮凝和搅拌过程提供了宝贵的见解; 以及 Orange County Water District 的 Mike Weiner 先生提供了在 Orange County 的水散布池照片。所有这些专家的集体力量是无法估量的。

由出版者聘请的审阅专家, 要求他们对第四版予以评定和提出意见, 其中有 Cornell 大学的 James J. Bisogni Jr. 教授, Vanderbilt 大学的 Alan R. Bowers 教授, California 州立大学 Fullerton 分校的 Jeff Kuo 教授, Pennsylvania 州立大学的 Bruce Logan 教授, Alaska 大学 Anchorage 分校的 John A. Olofsson 教授, 以及 Nebraska 大学 Lincoln 分校的 Tian C. Zhang 教授。他们先期参与, 帮助指导了第四版最后版本的编制。对他们的贡献深表感谢。

由出版者选聘的审阅者, 他们通读了第四版的原稿, 包括 Michigan 州立大学的 Syed A. Hashsham 教授; California Polytechnic 大学 San Luis Obispo 分校的 Robert Lang 教授; Virginia Polytechnic Institute 和 Virginia 州立大学的 John T. Novak 教授; Ohio 州立大学的 Robert M. Sykes 教授, 他们对本书内容、编排和可读性及时地提出了宝贵的建议。他们的贡献是意义深远的, 对此表示感谢。

本书准备阶段得到 Metcalf & Eddy 全体职工的帮助, 对此亦表示感谢。在使本书编辑可行及为作者提供 Metcalf & Eddy 公司的资料方面, James Anderson 先生的工作是特别重

要的。Jonathan Doane 先生组织了职工审阅队伍并沟通作者和审阅者之间的联系，提供了宝贵的意见，反映了当前美国和海外的设计实践经验。

McGraw-Hill 的工作人员对本书的出版也是关键的。从前 McGraw-Hill 的 Eric Munson 先生对本书早期的拟定方面是有帮助的。开发部编辑 Amy Hill 女士是总项目经理。她的组织才能和不倦地为我们着想，使本书成为现实。她开朗的品格也十分有助于工作。Kay J. Brimeyer 女士作为出版协调者，她以一贯的幽默感，使所有松散的结尾工作得以集拢。Susan Sexton 女士任技术编辑，出版发行人为 Tom Casson 先生和 Betsy Johes 女士。

最后，在写此书的全部过程中，Rosemary Tchobanoglous 先生和 Nancy Burton 女士始终宽容、支持和鼓励我们，我们永远感激。Carleen Clark 和 Pat Halikas 对 Dove Stensel 的支持是尤为有益的。

George Tchobanoglous
Davis, CA
(California 大学 Davis 分校
荣誉教授)

Franklin L. Burton
Los Altos, CA
(Metcalf & Eddy 公司
西部分公司副总经理、
总工程师，已退休)

H. David Stensel
Seattle, WA
(Washington 大学教授)

内 容 提 要

本书系美国 McGraw-Hill 图书公司出版的土木和环境工程系列图书, 作为高等教育教材使用。全书对废水和生物固体的处理和回用, 包括经常使用的各种单元操作和单元过程, 从理论到实践都作了较详尽的阐述。全书内容分为 15 章, 并辅有一些例题, 每章末尚有思考题 (包括计算题) 以帮助读者理解原理和掌握计算方法。全书基本采用国际单位制, 有利于读者使用。本书可供从事环境工程、排水专业的研究、设计、管理的技术人员及有关专业的师生参考。

目 录

第 1 章 废水工程概论	1
1-1 专有名词	3
1-2 规定对废水工程的影响	4
1-3 废水治理中, 健康和环境的关系	5
1-4 废水的特性	7
改善分析技术	7
改善废水特性描述的重要性	8
1-5 废水处理	8
处理方法	8
现状	9
新方向和新思虑	10
废水处理的未来趋势	13
1-6 废水的再生与回用	14
现状	14
新方向和新思虑	14
技术的未来趋势	14
1-7 生物固体及废渣治理	15
现状	15
新的方向和思虑	15
生物固体处理的未来趋势	16
参考文献	16
第 2 章 废水中的组分	18
2-1 废水组分	20
废水中可见到的组分	20
涉及废水处理的组分	21
2-2 采样和分析程序	22
采样	22
分析方法	23
物理和化学参数的测量单位	24
几个有关的化学关系式	25
2-3 物理特性	29
固体	29
颗粒大小的分布	33
浊度	35
色度	36

	吸收/透射率	36
	温度	37
	电导率	39
	密度、相对密度和重度	39
2-4	无机非金属组分	40
	pH	40
	氯化物	41
	碱度	41
	氮	41
	磷	44
	硫	44
	气体	45
	气味	49
2-5	金属组分	53
	金属的重要性	53
	金属的来源	54
	采样和分析方法	54
	在一般排放的出水中对金属的限制	55
2-6	聚集的有机组分	55
	有机物的测量	56
	生化需氧量 (BOD)	56
	总化学需氧量和可溶性化学需氧量 (COD 和 SCOD)	64
	总有机碳和溶解有机碳 (TOC 和 DTOC)	65
	紫外线吸收的有机组分	66
	理论需氧量 (ThOD)	67
	BOD、COD 和 TOC 之间的关系	67
	油和脂	68
	表面活性剂	69
2-7	单个有机化合物	69
	重点污染物	69
	单个有机化合物的分析	70
	挥发性有机化合物 (VOCs)	71
	消毒的副产物	71
	农药和农用化学药剂	71
	新出现的有机化合物	71
2-8	生物特性	73
	地表水和废水中的微生物	73
	病原生物	76
	生物指示物的作用	80
	细菌的计数与鉴别	83

病毒的计数与鉴别	89
聚合酶的链反应 (PCR)	91
微生物分类方法的发展	91
新的和再次出现的微生物	91
2-9 毒性试验	92
毒性术语	93
毒性试验	93
毒性试验结果的分析	94
毒性试验结果的应用	95
毒性成分的鉴定	96
思考题	98
参考文献	104
第3章 废水流量与组分负荷的分析及选择	108
3-1 废水流的组分	109
3-2 废水的来源及流量	109
生活污水的来源及流量	109
减少室内用水和废水流量的对策	113
发展中国家的用水量	114
工业(非生活)废水的来源及流量	115
渗流和流入	115
废水收集系统的渗漏	118
合流制收集系统的流量	119
3-3 废水流量、组分浓度和质量负荷的统计分析	120
常用统计参数	120
数据的图解分析方法	121
3-4 废水流量数据的分析	126
术语定义	126
废水流量的变化	126
废水流量系数	127
3-5 废水组分质量负荷数据分析	127
废水组分的浓度	128
组分浓度的变化	132
流量-组分加权平均浓度	135
质量负荷的计算	137
质量负荷变化对处理厂操作性能的影响	139
3-6 废水设计流量和质量负荷的选择	140
设计流量	141
设计质量负荷	145
思考题	145
参考文献	150

第 4 章 过程分析与选择导则	152
4-1 废水处理反应器	155
反应器型式	155
反应器的应用	156
反应器的水力特性	157
4-2 物料衡算分析	158
物料衡算原理	158
物料衡算的准备	159
物料衡算分析的应用	160
稳态的简化	161
4-3 反应器中的模拟理想流动	161
完全混合反应器中的理想流动	161
平推流反应器中的理想流动	162
4-4 用示踪剂分析反应器中的非理想流动	164
导致反应器中非理想流动的因素	164
示踪剂分析的必要性	165
示踪剂的类型	165
示踪剂试验的方法	166
示踪剂响应曲线的分析	167
示踪剂测量结果的经验判断	173
4-5 反应器中模拟的非理想流动	175
分子扩散、湍流扩散和分散之间的区别	175
带轴向分散的平推流反应器	176
串联完全混合反应器	180
4-6 反应、反应速率和反应速率常数	183
反应类型	183
反应速率	184
反应级数	185
速率表达式的类型	185
用于环境模拟的速率表达式	186
温度对反应速率常数的影响	188
反应速率常数的分析	188
4-7 模拟处理过程动力学	191
带有反应的间歇反应器	192
带有反应的全混反应器	192
带有反应的串联完全混合反应器	193
带有反应的理想平推流反应器	195
带有反应的完全混合反应器和平推流反应器的比较	196
带有延迟反应的理想平推流反应器	197
带有轴向分散和反应的平推流反应器	199

	其他反应器的流态和反应器的组合	201
4-8	有质量传递的处理过程	202
	传质的基本原理	202
	气-液间的传质	203
	液-固间的传质	209
4-9	过程选择导则	212
	过程选择的重要因素	212
	以反应动力学为基础的过程选择	213
	以传质为基础的过程选择	214
	以负荷标准为基础的过程设计	214
	实验室试验和中间试验	214
	过程选择中可靠性的考虑	216
	思考题	216
	参考文献	220
第 5 章	物理处理单元操作	222
5-1	筛滤	225
	筛网的类型	225
	粗筛 (格栅)	226
	细筛	230
	微筛	234
	筛余物的特性和数量	235
5-2	粗固体的缩减量	237
	粉碎机	237
	破碎机	237
	磨碎机	238
	设计需要考虑的事项	238
5-3	调节流量	239
	论述与应用	239
	设计需要考虑的事项	240
5-4	混合和絮凝	246
	废水处理中的连续快速混合	247
	废水处理中的连续混合	247
	混合和絮凝的能量消耗	248
	混合时间	250
	废水处理中快速混合所用的混合器类型	250
	废水处理中絮凝所用的混合器类型	256
	废水处理中连续混合所用的混合器类型	258
	混合技术的新发展	259
5-5	重力分离理论	259
	论述	260

	颗粒沉降理论	260
	离散颗粒沉降	264
	絮状颗粒沉降	267
	斜板和斜管沉降	268
	受阻沉降（区域沉降）	271
	压缩沉降	275
	加速流场中的重力分离	275
5-6	除砂	276
	沉砂池的类型	276
	平流沉砂池	276
	曝气沉砂池	277
	涡流沉砂池	282
	固体（污泥）除砂	283
	砂粒的特性、数量、处理和处置	284
5-7	初次沉淀	285
	论述	285
	沉淀池性能	290
	设计需要考虑的事项	293
	固体（污泥）和浮渣的特性及数量	295
5-8	高速澄清	296
	加速颗粒絮凝	296
	压载颗粒絮凝和沉淀的分析	296
	工艺应用	298
5-9	用于合流制废水和雨水的大型旋流和涡流分离器	300
5-10	浮选	301
	论述	301
	溶气浮选系统设计需要考虑的事项	303
5-11	传氧	306
	论述	306
	传氧系数的评定	306
5-12	曝气系统	309
	曝气系统的类型	310
	扩散空气曝气	310
	机械曝气器	320
	曝气系统中混合需要的能量	323
	高纯氧的产生和溶解	323
	后曝气	326
5-13	曝气去除挥发性有机化合物（VOCs）	329
	VOCs 的排放	329
	VOCs 的传质速率	329