

环境生物技术

Environmental Biotechnology

程树培 主编

南京大学出版社

1994·南京

环境生物技术

Environmental Biotechnology

程 树 培 主 编

南京大学出版社

1994·南京

(苏)新登字 011 号

内 容 提 要

本书系统阐述新兴边缘学科环境生物技术所涉及的主体现代生物技术的原理、参数、工艺和实例。重点反映在污染防治领域内高新生物技术的内容。高新生物技术与传统生物工艺相结合,多学科知识与多层次技术相互渗透,是环境生物技术的主要特点。它在多学科多种技术之间沟通了渠道,架起了桥梁,为持续发展经济创造高质量的环境,提供具有前景的技术途径。

本书可作为高等院校相关专业的教材,也可供从事环境科学事业的科技人员、行政管理和生产人员参考使用。

环境生物技术

程树培主编

副主编 李顺鹏 郑天凌 张 兴

高玉玲 杨柳燕

编著人员 马文漪 李顺鹏 郑天凌 张 兴

张 彤 周乐民 杨柳燕 施蕴中

耿小六 章 敏 高玉玲 秦梅枝

崔益斌 程树培

责任编辑 王兆先

南京大学出版社

(南京大学校内 邮编:210093)

江苏省新华书店发行 江苏华宁测绘公司印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:28.145 字数 702 千

1994 年 8 月第 1 版 1994 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—1000

ISBN7—305—02632—8/T·3

定价 24.80 元

序

环境生物技术是高新技术应用于环境污染防治的一个新兴边缘学科。它以高新技术为主体,包括传统的生物处理技术的强化与创新。

经济高速发展的一个前提是必须维护和创造高质量的环境,使经济与环境协调发展。环境生物技术为实现清洁生产,发展持续农业,建立环境保护与利用生态工程,构建高效降解有毒有害污染物的工程菌,创造高产抗病虫害抗污染植物新品种,转化废物为再生资源 and 能源等方面提供理想的生物技术,建设人类生存环境的文明。

目前,系统地阐述环境生物技术这一新兴边缘学科已有必要。它涉及的学科领域广泛,技术密集,相互交叉渗透是它的主要特点,也赋予它无限的生命力。美国科学家认为,最终解决有毒有害污染物的防治问题,将寄希望于环境生物技术。

《环境生物技术》书中大量地引用了研究与应用实例,反映出该门新学科的发展趋势。在有限的篇幅内,对如此广泛、复杂、多层次技术给予较为系统的介绍,确实反映出编者具有长期的科研基础,并努力广泛吸收了国内外科学研究的新成就。环境生物技术这一边缘学科于80年代诞生于欧美地区。本书的出版为我国相关科学之间架设了桥梁,提倡了学科互相渗透服务于环境事业的方向。相信它会得到读者的关注、支持与爱护。

丁树荣

1994年8月于南京

编写说明

新兴边缘学科环境生物技术于80年代末诞生于欧美经济发达的国家与地区。高新生物技术已经吹响了生命科学时代的号角。创造新的生命,把握其中的规律,为人类经济繁荣提供高质量生存环境的时代已经到来。

环境生物技术已经硕果累累,内容极为丰富。参照国外有关的专著,应用多学科经典的学说理论,吸收我国第一代环境学家在各有关学科中的成就,引用国内外最近的信息资料,我们组织编写了国内第一本系统介绍环境生物技术的科技书籍。旨在沟通所涉及的各个学科领域之间的渠道,使环境生物技术以一个完整的形象,适应经济持续发展及环境教育的需要,提供理想的技术途径,培养环境科学人才,从而为创造高质量的生存环境奠定基础。

环境生物技术知识密集性强,技术层次多,为编写本书增加了相当的难度。凡有不妥之处,肯请读者给予指正,使它在诞生中发展,成长中完善。

本书共分为十章。第一章是概述,主要介绍环境生物技术的基本概念、范围、任务和发展趋势。叙述环境生物技术三个层次的概况及其相互之间的关联。同时,将不宜在后面九章中列入的部分内容,也在第一章中加以介绍。第十章主要介绍了低技术生物处理系统,包括生态学原则在污染治理中的应用,属第一个层次。第九章以经典的理论与方法为基点,描述了废水好氧常规生物处理的方法。有关的强化技术已在第一章或其他章节中给出。第九章属第二个层次。其余各章以高新环境生物技术为主,属第三个层次。三个层次之间交叉关联的现象在实际应用中屡见不鲜。

参加《环境生物技术》资料搜集与整理、抄写和校核书稿等有关工作的人员有:夏伏虎、杨赓、史光捷、余令玮、王峻、唐茜、王玉水、葛岚、邓良伟、刘营等十多位同志。马文漪负责全书有关微生物学内容的审核。施蕴中负责全书的外文编目和校核;崔益斌负责全书的图表校核。全国高等学校环境科学教学指导委员会主任委员丁树荣教授,对本书的编写提出了宝贵的建议并写了序言。在此,向所有为本书提供资料信息和宝贵经验的老专家,以及关心支持和参与编写《环境生物技术》一书工作的同行和朋友们,表示深切的谢意。

编者

1994年8月

目 录

内容提要	
序	
编写说明	I
汉文目录	Ⅰ
英文目录	Ⅵ
本书正文	1
参考文献	421
汉文索引	428
英文索引	434
拉丁学名索引	437
第一章 概述	(1)
△ 第一节 环境生物技术基本概念	(1)
一、生物技术和生物工程	(1)
√ 二、环境生物技术层次	(2)
第二节 环境生物技术范围及特征	(3)
第三节 环境生物技术的研究与应用	(3)
一、防治污染基因工程	(3)
二、防治污染细胞工程	(4)
三、生物处理发酵工程	(5)
四、生物净化酶学工程	(14)
五、生化处理强化技术	(14)
六、生物反应技术应用	(16)
七、大气净化生物技术	(18)
八、生物絮凝剂的开发	(23)
九、生物净化与生态工程	(26)
十、海洋开发生物技术	(30)
△ 第四节 环境生物技术发展趋势	(31)
√ 一、环境生物技术面临的重大任务	(31)
二、我国的环境生物技术	(32)

三、环境生物技术前景	(33)
第二章 基因工程与污染防治	(34)
第一节 基因工程分子生物学基础	(34)
一、DNA 一级结构和命名	(34)
二、DNA 二级结构	(37)
△三、DNA 变性与复性	(39)
四、遗传密码	(41)
第二节 质粒与遗传工程	(45)
一、基因工程载体	(45)
二、质粒的发现	(46)
三、质粒的类型	(46)
四、载体质粒的条件	(47)
五、质粒的复制	(48)
六、质粒育种	(49)
第三节 基因工程工具酶	(51)
一、限制性核酸内切酶 σ	(53)
二、DNA 聚合酶	(56)
三、 T_4 DNA 多聚酶和 DNA 连接酶	(56)
四、Taq DNA 聚合酶	(57)
五、逆转录酶	(57)
六、末端脱氧核苷酰转移酶	(58)
七、脱氧核糖核酸酶 I	(58)
八、 T_4 多核苷酸激酶	(58)
九、碱性磷酸化酶	(58)
△ 第四节 分子克隆与基因工程	(59)
一、提取 DNA	(59)
二、目的基因 DNA 与载体 DNA 的连接	(61)
三、重组 DNA 转化原核细胞	(64)
四、外源基因在原核细胞中的表达	(66)
第五节 治理污染基因工程实例	(66)
一、降解卤代芳烃基因工程菌	(67)
二、除草剂降解与防治基因工程	(67)
三、杀虫剂降解与防治基因工程	(68)
四、分解尼龙寡聚物基因工程菌	(69)
五、抗金属基因工程	(70)
六、分解多糖基因工程菌	(71)
第六节 小结	(71)
第三章 原生质体融合工程菌与抗性植物	(73)
第一节 概述	(73)
一、发展简史	(73)
二、原生质体基本概念与特点	(74)

三、原生质体融合步骤与条件	(74)
第二节 原生质体或细胞融合类型	(80)
一、好氧菌原生质体融合	(80)
二、厌氧菌原生质体融合	(84)
三、植物原生质体融合	(86)
四、电融合技术	(94)
五、单亲株灭活法	(97)
第三节 原生质体融合构建环境工程菌实例	(101)
一、纤维素降解菌原生质体融合	(101)
二、苯环化合物降解菌原生质体融合	(102)
三、原生质体融合制备细菌杀虫剂	(102)
第四节 小结	(106)
第四章 生物治理酶学工程	(107)
第一节 酶工程基本概念	(107)
一、酶制剂生产和应用的现状	(107)
二、新酶种和酶新用途的开发	(110)
三、基因工程技术在酶制剂生产中的应用	(111)
第二节 固定化酶和固定化细胞	(111)
一、固定化酶	(111)
二、固定化细胞	(114)
三、固定化技术处理废水	(115)
第三节 废水净化生物试剂添加技术	(136)
一、概述	(136)
二、LLMO 生物活液	(144)
三、投菌法净化印染废水	(148)
第四节 活性污泥系统中的酶	(153)
一、城市污水中的酶	(153)
二、消化池污泥中的酶	(154)
三、活性污泥中的酶及功用	(154)
四、有毒物质对活性污泥酶活性的影响	(155)
第五节 小结	(157)
第五章 废物乙醇化发酵工程	(158)
第一节 概述	(158)
一、发酵基本概念与原理	(158)
二、乙醇发酵微生物	(159)
三、微生物菌株选育与构建	(164)
四、乙醇发酵菌的代谢途径	(164)
第二节 乙醇发酵反应器	(167)
一、糖化罐	(167)
二、乙醇发酵罐	(168)
三、与乙醇发酵有关的新型生物反应器	(172)
第三节 连续发酵工艺	(176)

一、发酵动力学及模型	(176)
二、连续发酵参数设计与流程	(179)
三、发酵工程中生物传感器的应用	(183)
第四节 可乙醇发酵废物类型及其发酵工艺	(185)
一、乙醇发酵的废物类型	(185)
二、废物乙醇发酵工艺流程	(188)
三、乙醇蒸馏和糟液再处理	(196)
四、生物处理发酵工程设计	(199)
第五节 生物处理发酵工程应用实例	(199)
一、亚硫酸纸浆废液乙醇发酵	(199)
二、木材下脚料乙醇发酵	(203)
第六节 小结	(206)
△ 第六章 环境 DNA 扩增技术(PCR)	(208)
第一节 PCR 技术基本原理	(208)
一、加热变性	(209)
二、退火	(209)
三、延伸	(209)
第二节 PCR 技术操作	(210)
一、建立反应体系	(210)
二、变性反应	(210)
三、循环反应	(210)
四、产物的分离鉴定	(211)
第三节 PCR 参数设计	(211)
一、引物	(211)
二、变温循环参数	(212)
三、Taq 耐热性 DNA 多聚酶	(212)
四、dNTP 与其他反应条件	(214)
第四节 PCR 技术的发展	(216)
一、反向 PCR	(216)
二、不对称 PCR	(217)
三、锚定 PCR	(218)
四、连接 PCR	(218)
五、RNA 扩增	(219)
六、PCR 技术的自动化	(219)
第五节 环境 PCR 技术应用例证	(221)
一、环境样品 DNA 制备	(222)
二、检测环境微生物和病原菌	(222)
三、PCR 用于环境微生物学的特点	(224)
第六节 小结	(224)
第七章 废物甲烷化与产氢工程	(226)
第一节 概述	(226)
一、能源基本概念	(226)

二、能源消耗	(227)
三、生物能源	(229)
第二节 废物资源化	(229)
一、废物资源化类型	(229)
二、废物资源化发展趋势	(233)
三、废物资源化生物技术的应用	(233)
第三节 厌氧发酵与厌氧处理	(240)
一、厌氧发酵基本原理	(240)
二、厌氧发酵工艺及反应器类型	(244)
三、厌氧工艺选择及控制	(258)
四、高浓度有机废水厌氧处理的经济分析	(260)
第四节 厌氧反应动力学模型	(264)
一、模型设计原理	(264)
二、研究实例	(266)
三、模型结果分析	(269)
第五节 小结	(270)
第八章 废物资源化单细胞蛋白工程	(271)
第一节 概述	(271)
一、单细胞蛋白工程发展过程	(271)
二、单细胞蛋白的营养价值	(273)
三、单细胞蛋白工程的应用范围	(280)
第二节 单细胞蛋白工艺过程	(283)
一、SCP 生产的一般工艺流程	(283)
二、SCP 工程发酵条件及控制	(285)
三、SCP 发酵反应器	(286)
第三节 废物资源化 SCP 工程实例	(294)
一、亚硫酸纸浆废液	(294)
二、酒精生产和丙酮丁醇蒸馏废液	(295)
三、淀粉废液与废渣	(298)
四、味精生产废液	(299)
五、豆制品废液及味精、豆腐和面包酵母混合液	(300)
六、柠檬酸和金霉素废液	(301)
七、热带作物加工废液	(301)
八、合脂酸生产废水	(301)
九、石油、天然气及甲醇	(302)
十、纤维素废物生产 SCP	(304)
十一、利用藻类生产 SCP	(307)
第四节 小结	(308)
第九章 废水好氧生物处理工程	(311)
第一节 废水生物处理指标与应用	(311)
一、有机污染物指标	(311)
二、无机污染物指标	(321)

三、废水的生物指标	(322)
四、工业废水生物处理的可行性	(323)
○ 第二节 有机污染物去除生化反应动力学基础	(325)
一、反应速度	(325)
二、反应级数	(326)
三、动力学方程应用	(329)
第三节 活性污泥处理法	(345)
一、活性污泥法的基本原理	(345)
二、活性污泥法工艺类型	(349)
三、氧传递与反应器结构	(354)
四、活性污泥法设计实例	(359)
第四节 生物膜处理法	(363)
一、生物膜法原理	(364)
二、生物膜反应器类型	(367)
三、生物膜法处理工艺设计	(372)
第五节 小结	(374)
第十章 生物净化系统与生态工程	(376)
第一节 污水土地处理系统	(376)
一、概述	(376)
二、污水土地处理系统的组成与类型	(376)
三、污水土地处理系统的发展与现状	(378)
四、土地处理系统经济效益	(379)
五、土地处理系统废水参数与系统约束	(380)
六、慢速渗滤污水土地处理系统实例	(386)
七、快速渗滤污水土地处理系统实例	(390)
第二节 废水处理稳定塘	(392)
一、稳定塘概述	(392)
二、稳定塘的分类与功能	(393)
三、稳定塘的规划与设计	(398)
四、综合生物塘	(401)
第三节 水生植物塘	(404)
一、以水生大型植物为基础的处理系统	(404)
二、实现 AMATS 全年运转的途径	(405)
三、AMATS 的强化技术	(406)
△ 第四节 人工湿地处理系统	(407)
一、人工湿地生态系统	(407)
二、芦苇湿地处理系统实例	(408)
第五节 生态工程	(412)
一、生态工程类型	(412)
二、持续农业与生态工程	(413)
三、生态工程实例	(416)
第六节 小结	(421)

CONTENTS

OUTLINE	
PREFACE	
GUIDE TO THE BOOK	I
CONTENTS IN CHINESE	I
CONTENTS IN ENGLISH	VI
BOOK	1
REFERENCES	421
INDEX IN CHINESE	428
INDEX IN ENGLISH	434
INDEX OF LATIN NAME	437

Chapter One Introduction

Section One Basic Concept of Environmental Biotechnology	1
1. Biotechnology and Bioengineering	1
2. Classification of Environmental Biotechnology	2
Section Two Range and Features of Environmental Biotechnology	3
Section Three Research and Application of Environmental Biotechnology	3
1. Genetic Engineering for Prevention and Minimization of Pollution	3
2. Cell Engineering for Prevention and Minimization of Pollution	4
3. Fermentation Engineering for Biological Treatment	5
4. Enzymatic Engineering for Biopurification	14
5. Strengthening Technique for Biological Treatment	15
6. Application of Bioreaction Technique	16
7. Biotechnique for Air Purification	18
8. Exploitation of Biological Flocculent	23
9. Biopurification and Ecological Engineering	26
10. Biotechnique for Exploitation of Ocean	30
Section Four Developing Tendency of Environmental Biotechnology	31
1. Major Tasks Facing Environmental Biotechnology	31
2. Environmental Biotechnology in the People's Republic of China	32
3. Prospects of Environmental Biotechnology	33

Chapter Two Genetic Engineering for Prevention and Minimization of Pollution

Section One Molecular Biology Basis of Genetic Engineering	34
1. First-order Structure and Nomenclature of DNA	34
2. Second-order Structure of DNA	37
3. Denaturation and Renaturation of DNA	39
Section Two Plasmid and Genetic Engineering	45
1. Vector for Genetic Engineering	45
2. Discovery of Plasmid	46

3. Types of Plasmid	46
4. Conditions for Plasmid Functioning as Vector	47
5. Plasmid Replication	48
6. Plasmid for Breeding	49
Section Three Tool Enzymes for Genetic Engineering	51
1. Restriction Endonuclease	53
2. DNA Polymerase	56
3. T4DNA Polymerase and DNA Ligase	56
4. Taq DNA Polymerase	57
5. Reverse Transcriptase	57
6. Terminal Deoxynucleotidyl Transferase	58
7. Deoxyribonuclease I, DNase I	58
8. T4 Polynucleotide Kinase	58
9. Alkaline Phosphatase	58
Section Four Molecular Clone and Genetic Engineering	59
1. DNA Extraction	59
2. Ligation between Targeted Gene and Vector DNA	61
3. Reconstruction of DNA for Transformation of Prokaryote Cell	64
4. Exogenous Gene Expression in Cell	66
Section Five Examples of Genetic Engineering	66
1. Genetically Engineered Microorganisms for Degradation of Aromatic Halide	67
2. Genetic Engineering for Degradation and Prevention of Herbicide	67
3. Genetic Engineering for Degradation and Prevention of Insecticide	68
4. Genetically Engineered Microorganisms for Degradation of Nylon Oligomer	69
5. Anti—Metal Genetic Engineering	70
6. Genetically Engineered Microorganisms for Degradation of Polysaccharides	71
Section Six Summary	

Chapter Three Protoplast Fusion for Construction

of Engineered Microorganisms and Pollution—Resisting Plants

Section One Introduction	73
1. Brief History	73
2. Basic Concept and Features of Protoplast	74
3. Procedures and Conditions for Protoplast Fusion	74
Section Two Types of Protoplast or Cell Fusion	80
1. Protoplast Fusion of Aerobic Bacteria	80
2. Protoplast Fusion of Anaerobic Bacteria	84
3. Plant Protoplast Fusion	86
4. Electric Fusion Technique	94
5. Inactivating One Parent Strain for Protoplast Fusion	97

Section Three Examples of Engineered Microorganisms from Protoplast Fusion	101
1. Protoplast Fusion of Bacteria for Degradation of Cellulose	101
2. Protoplast Fusion of Bacteria for Degradation of Aromatic Compounds	102
3. Preparation of Insecticides by Protoplast Fusion	102
Section Four Summary	

Chapter Four Enzymatic Engineering for Biological Treatment

Section One Concept of Enzymatic Engineering	107
1. Present Condition of the Production and Application of Enzymatic Agents	107
2. Exploitation of New Enzymes and New Realms of Application	110
3. Application of Genetic Engineering in the Production of Enzymes	111
Section Two Immobilized Enzymes and Immobilized Cells	111
1. Immobilized Enzymes	111
2. Immobilized Cells	111
3. Immobilization Technique in Wastewater Treatment	115
Section Three Bioaugmentation in Wastewater Purification	136
1. Introduction	136
2. Living Liquor Microorganisms	144
3. Additive Microorganisms for the Purification of Printing Wastewater	148
Section Four Enzymes in Activated Sludge System	154
1. Enzymes in City Sewage	154
2. Enzymes in Activated Sludge in Digester	155
3. Enzymes and Their Functions in Activated Sludge	155
4. Effects of Toxic Substances on Enzymes in Activated Sludge	156
Section Five Summary	

Chapter Five Fermentation Engineering for Alcohol Production from Waste

Section One Introduction	158
1. Basic Concept and Principles of Fermentation	158
2. Microorganisms for Alcohol Fermentation	159
3. Screening and Construction of Strains	164
4. Metabolism Pathways of Alcohol Fermentation	164
Section Two Reactors for Alcohol Fermentation	167
1. Saccharification Reactor	167
2. Alcohol Fermentation Reactor	168
3. New Reactors for Alcohol Fermentation	172
Section Three Continuous Fermentation Process	176
1. Dynamic Model of Fermentation	176
2. Parameters and Process for Continuous Fermentation	179
3. Application of Biosensor in Fermentation Engineering	183
Section Four Wastes for Alcohol Fermentation and the Fermentation Processes	185

1. Types of Wastes for Alcohol Fermentation	185
2. Technological Processes of Alcohol Fermentation with Wastes	188
3. Distillation of Alcohol and Retreatment of Distiller's Grain	196
4. Gesign of Fermentation Engineering for Biological Treatment	199
Section Five Examples of Fermentation Engineering for Biological Treatment	199
1. Alcohol Fermentation with Sulfite Cellulose Liquor	199
2. Alcohol Fermentation with Wood Waste	203
Section Six Summary	206

Chapter Six Environmental Polymerase Chain Reaction

Section One Principles of Polymerase Chain Reaction Technique	208
1. Denaturation	209
2. Annealing	209
3. Extension	209
Section Two Procedure of Polymerase Chain Reaction	210
1. Establishment of Reaction System	210
2. Denaturation Reaction	210
3. Reaction Cycle	210
4. Extraction and Identification of PCR Products	211
Section Three Design of Parameters for PCR	211
1. Primers	211
2. Parameters in Denaturation Cycle	212
3. Thermoduric TaqDNA Polymerase	212
4. dNTP and the Other Reaction Conditions	214
Section Four Advances of PCR Technique	216
1. Inverse PCR, or Invertd PCR (I-PCR)	216
2. Asymmetrical PCR	217
3. Anchored PCR, A-PCR	218
4. Ligation Mediated PCR	218
5. RNA Amplification	219
6. Automation of PCR	219
Section Five Examples of Environmental PCR Technique	221
1. Preparation of Environmental DNA Samples for PCR	222
2. Detection of Environmental Microorganisms and Pathogenic Bacteria	222
3. Features of PCR in Environmental Microbiology	224
Section Six Summary	224

Chapter Seven Engineering of Methane Fermentation and Hydrogen Production from Wastes

Section One Introduction	226
1. Basic Concept of Energy Resources	226

2. Energy Resource Consumption	227
3. Biological Energy Resources	229
Section Two Energy Resources from Wastes	229
1. Types of Energy Resources from Wastes	229
2. Tendency of the Exploitation of Energy Resources from Wastes	233
3. Application of Biotechnique for Energy Resources from Wastes	233
Section Three Anaerobic Fermentation and Anaerobic Treatment	240
1. Principles of Anaerobic Fermentation	240
2. Reactors and Processes for Anaerobic Fermentation	244
3. Selection and Control of Anaerobic Processes	258
4. Economic and Technical Analysis of Anaerobic Treatment of Highly Concentrated Organic Wastewater	260
Section Four Dynamic Model for Anaerobic Reaction	264
1. Principles of the Model Design	264
2. Examples of Research	266
3. Analysis of the Model Results	269
Section Five Summary	270
Chapter Eight Single Cell Protein Engineering for Waste Resources	
Section One Introduction	271
1. Development of Single Cell Protein Engineering	271
2. Nutritive Values of Single Cell Proteins	273
3. Application of Single Cell Protein Engineering	280
Section Two Processes of Single Cell Protein Production	283
1. General Process of Single Cell Protein Engineering	283
2. Conditions and Control of Fermentation in Single Cell Protein Engineering	285
3. Fermentation Reactors for Single Cell Protein Engineering	286
Section Three Examples of Single Cell Protein Engineering for Waste Resources	294
1. Sulfite Cellulose Waste Liquor	294
2. Alcohol and Acetone—Butyl Alcohol Distillation Waste Liquor	295
3. Starch Wastes	298
4. Monosodium Glutamate Production Waste Liquor	299
5. Bean Production Waste Liquor and Mixed Waste Liquor of Monosodium Glutamate, Bean and Bread Yeast Production	300
6. Waste Liquor from the Production of Citric Acid and Aureomycin	301
7. Tropical Plant Processing Waste Liquor	301
8. Multiple Fatty Acid Wastewater	301
9. Petroleum, Natural Gas and Methanol	302
10. Production of SCP from Cellulose Wastes	304
11. Production of SCP with Algae	307

Section Four Summary	308
Chapter Nine Aerobic Biological Treatment for Wastewater	
Section One Application of Parameters of Wastewater Biological Treatment	311
1. Parameters of Organic Pollutants	311
2. Parameters of Inorganic Pollutants	321
3. Biological Parameters of Wastewater	322
4. Feasibility of Wastewater Biological Treatment	323
Section Two Kinetic Basis of Biochemical Reaction for the Removal of Organic Pollutants	325
1. Reaction Rate	325
2. Reaction Grades	326
3. Application of Kinetic Equations	329
Section Three Activated Sludge Process	345
1. Principles of Activated Sludge Process	345
2. Types of Activated Sludge Process	349
3. Oxygen Transfer and Reactor Structure	354
4. An Example of the Design of Activated Sludge Process	359
Section Four Biofilm Treatment Process	363
1. Principles of Biofilm Treatment Process	364
2. Reactors of Biofilm Treatment Process	367
3. Design of Biofilm Treatment Process	372
Chapter Ten Biopurification Systems and Ecological Engineering	
Section One Land Systems for Wastewater Treatment	376
1. Introduction	376
2. Major Land Treatment Systems	376
3. Development of Land Treatment Systems	378
4. Economic Benefits of Land Treatment Systems	379
5. Parameters and Limitation of Land Treatment Systems	380
6. An Example of Slow Rate System	386
7. An Example of Rapid Infiltration System	390
Section Two Stabilization Ponds	392
1. Outline of Stabilization Ponds	392
2. Classification and Functions of Stabilization Ponds	393
3. Design of Stabilization Ponds	398
Section Three Aquatic Plant Pond	404
1. Aquatic Macrophyte—Based Treatment System, AMATS	404
2. Aquatic Macrophyte—Based Treatment System	405
3. Strengthening Technique for Aquatic Macrophyte—Based Treatment System	406
Section Four Artificial Wetland Treatment System	407