



环境生物技术丛书



环境污染防治中的 生物技术

任南琪 李建政 主编



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心



环境生物技术丛书



环境污染防治中的 生物技术

任南琪 李建政 主编

任南琪 李建政 主编



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

· 北京 ·

MAY 31 / 09

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

环境污染防治中的生物技术/任南琪, 李建政主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 2

(环境生物技术丛书)

ISBN 7-5025-5209-X

I. 环… II. ①任…②李… III. 生物技术-应用-环境污染-污染防治
IV. X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 010929 号

环境生物技术丛书

环境污染防治中的生物技术

任南琪 李建政 主编

责任编辑: 管德存 陈丽 刘兴春

文字编辑: 孙凤英

责任校对: 王素芹

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社 出版发行
环境科学与工程出版中心

(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

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 18¼ 字数 432 千字

2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5209-X/X·383

定价: 42.00 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

《环境生物技术丛书》编辑委员会

主 任 任南琪

副主任 马 放 冯玉杰

委 员 (按姓氏笔画为序)

马 放 王爱杰 冯玉杰 任南琪

杨基先 李建政

序

近 20 年来, 由于生物技术与环境科学、环境工程等学科不断交叉并紧密地结合, 产生了一门新兴的边缘学科——环境生物技术。目前, 环境生物技术已经在水污染控制、大气污染治理、有毒有害物质降解、清洁能源开发、废物处置与资源化、环境监测、环境友好材料合成、生态环境修复和清洁生产等领域发挥着极为重要的作用, 已经成为解决复杂环境问题的最有效、最经济的手段之一, 而且很多新技术和新方法如雨后春笋般不断涌现。但是, 就环境生物技术的指导性和实践性而言, 目前还没有一套较为系统的丛书从理论到方法、从技术到应用阐述环境生物技术不同层次的研究成果。

哈尔滨工业大学环境科学与工程系环境生物技术学科部, 长期从事环境生物技术研究, 在高浓度有机废水生物处理新技术新工艺、发酵法生物制氢技术、复合型微生物制剂开发、秸秆等生物质资源化与能源化技术等研究领域取得了一系列令人瞩目的创新性成果, 仅近 5 年, 他们就获国家科技进步奖 2 项, 省部级科技进步奖 3 项, 尤其是有机废水发酵法生物制氢技术, 被 485 位两院院士评为“2000 年中国十大科技进展新闻”之一。这套丛书是他们总结提炼多年的研究成果, 并结合国内外该领域的最新研究进展编写而成。作为此创新集体的荣誉教授, 我十分关注他们的研究发展动态, 更为他们取得的喜人成果而骄傲, 于是欣然接受为该套丛书写序的邀请。

本套丛书从基础理论、工程设计、应用与发展前景等角度, 对目前的环境生物技术进行了总体描述, 并着眼于介绍环境生物制剂、环境中的分子生物学技术、环境污染与修复、废物资源化与能源化等生物技术领域的理论和应用成果。《厌氧生物技术原理与应用》总结凝炼了十几年来在废水(物)发酵法生物制氢技术、厌氧生物处理技术等领域具有自主知识产权的创新性研究成果, 深入浅出地介绍了相关理论, 并突出描述了研究成果的应用情况。《环境中的分子生物学诊断技术》围绕着分子生物学诊断技术的原理和它在环境污染治理及环境监测中的应用实例, 着重阐述了环境污染物和致病微生物的快速鉴别和检测; 特定环境中微生物的多样性、微生物群落结构和群落动态的监测; 环境微生物功能基因定位和原位表达等内容。《环境生物制剂的开发与应用》在多年的研究成果基础上, 综合近 10 年的国内外资料, 系统地阐述了生物制剂研究开发的方法、应用领域、安全性评价以及如何才能实现商品化, 内容包括微生物絮凝剂、生物添加剂、工程菌的构建、微生物肥料、微生物饲料、生物表面活性剂、固定化生物活性炭的研究与设备开发、生物修复中的生物制剂、有效微生物菌群(EM)、生物制剂的安全评价等。《环境污染防治中的生物技术》介绍了生物工程技术及其在环境污染防治中的应用、污水生物处理工程技术、有机固体废弃物的生物处理技术、工业废气的生物治理技术、有毒有害有机污染物的微生物降解、污染环境的生物修复以及环境污染预防生物技术和环境生物监测技术等内容, 既有传统的环境工程生物技术, 也有现代生物技术与环境工程结合的新型技术, 全面反应了国内外在这一领域的研究、开发和应用现状。《废物资源化与生物能源》以废弃物的资源化

与能源化为主线，重点介绍了利用现代生物手段实现废弃物的资源化与能源化技术，既包括以有机废水发酵法生物制氢、利用有机废弃物生产乙醇、利用含油丰富的废物制取生物柴油、生物质甲烷发酵、沼气发酵以及固体废物能源化等多种废弃物的能源化技术，也包括从有机废物制取生物可降解性塑料、从有机废物生产单细胞蛋白、有机废物的高速堆肥和污水深度处理回用等多种废物的资源化技术。《现代生物技术的环境工程中的应用》主要介绍了现代生物技术概论、现代生物技术在环境检测与评价中的应用、生物强化处理技术、现代生物技术与生物能源、应用现代生物技术进行生态制品的设计与制备、新绿色革命与现代农业、几种典型的分子生物学技术与应用、现代生物技术风险分析等内容。

总之，本套丛书汇总了生物技术、环境工程、化学工程、材料工程等学科的大量信息，并注重系统性、科学性、前沿性、创新性、针对性、实践性和指导性，以期为环境保护和污染防治提供有借鉴价值的技术措施和方法。愿此套丛书的出版能为推动我国环境生物技术领域的发展做出积极贡献。

孫铁琳

2004年3月

前 言

工业革命极大地改变了人类社会文明发展的进程，使人们创造和享受巨大物质财富的同时，也遭受到了前所未有的环境污染和资源危机。尽管环境污染日益加剧，污染形式更加复杂，但人们对生活环境的质量要求却随着生活水平的不断改善而越来越高，传统的污染治理技术已不能满足越来越严格的环境标准。生物技术是环境保护中应用最广和最为重要的单项技术，它在水污染防治、大气污染治理、有毒有害有机物质的转化与降解、清洁可再生能源的开发、废物资源化、环境监测、环境友好材料的合成、污染环境的修复等环境保护的各个方面，发挥着极为重要的作用。

生物技术与环境工程的交叉与结合，就形成了环境工程生物技术，它是开发、利用和调节生物系统进行污染环境补救和环境友好产品生产的过程，包括绿色加工技术和可持续发展技术。目前，环境工程生物技术已成为一种经济效益和环境效益俱佳、解决复杂环境污染问题的最有效手段。

本书共分9章，第1章“绪论”，主要介绍了环境生物技术的特点、研究内容、面临的任務、应用范围及展望等；第2章“生物工程及其在环境污染防治中的应用”，在对酶工程、基因工程、细胞工程和发酵工程简要介绍的基础上，着重介绍了它们在环境污染防治中的应用；第3章“污水生物处理工程技术”对当今污水生物处理的主要技术分别进行了介绍，包括活性污泥法、生物膜法、污水的厌氧生物处理技术、氧化沟污水生物处理技术、废水生物脱氮除磷技术、膜生物反应器技术、污水处理的稳定塘处理技术以及剩余污泥的厌氧消化处理等；第4章“有机固体废弃物的生物处理技术”在介绍堆肥的生物学原理的基础上，主要对城市固体废弃物的堆肥技术和城市生活垃圾的卫生土地填埋进行了介绍；第5章从原理、工艺类型以及实用工程技术等方面对工业废气的生物治理技术进行了介绍；第6章以有机污染物的微生物降解机理为基础，对石油烃类化合物、人工合成有机物的分解与转化进行了重点介绍，最后还介绍了质粒在污染物的微生物降解中的重要作用；第7章主要介绍了污染环境的生物修复技术的基本原理、主要方法和应用条件，并对污染土壤的生物修复、污染地下水、富营养化水体和海洋石油污染的生物修复技术进行了全面介绍；第8章从化石燃料的生物脱硫、微生物湿法冶金、高分子聚合物的生物合成和生物絮凝剂的生产与应用等方面对环境污染预防生物技术进行了介绍；第9章“环境生物监测技术”包括了大气、土壤和水体污染生物监测的传统技术，PCR技术，荧光原位杂交技术和DNA芯片技术等现代环境生物监测技术，以及生物传感器的原理及其在环境监测中的应用等内容。

本书由任南琪、李建政主编，赵丹、赫俊国和王有志副主编，其中，第1章由李建政、任南琪编写；第2章由赵丹编写；第3章由赫俊国、任南琪编写；第4章由王有志编写；第5章由王有志、李建政编写；第6章由李建政编写；第7章由赵丹编

写；第8章由李建政编写；第9章由任南琪、赵丹编写。全书由李建政负责统稿，任南琪审定。

限于编者知识水平和写作能力，加之时间紧迫，书中难免有错漏之处，若蒙指教，不胜感激！

编者

2003年12月

内 容 提 要

本书是作者在长期从事环境污染防治的生物技术工作的基础上，总结提炼多年的研究成果，并结合国内外该领域的最新技术编写而成。全书共分9章，包括生物工程技术及其在环境污染防治中的应用、污水生物处理工程技术、有机固体废弃物的生物处理技术、工业废气的生物治理技术、有毒有害有机污染物的微生物降解、污染环境的生物修复技术以及环境污染预防生物技术和环境生物监测技术等内容，既有传统的环境工程生物技术，也有现代生物技术与环境工程相结合的新型技术，全面反映了国内外在这一领域的研究、开发和应用现状。全书内容丰富，具有较强的系统性、实用性和可操作性。

本书可用作高等院校环境科学与工程专业教材及教师参考书，也可供环境工程、生物工程以及相关科研、生产和设计院所人员参考。

目 录

1 绪论	1
1.1 环境问题与环境科学	1
1.1.1 环境问题	1
1.1.2 环境科学	2
1.2 环境生物技术	3
1.2.1 环境生物技术的特点和研究内容	3
1.2.2 环境生物技术面临的任务	4
1.3 环境生物技术的应用范围及展望	4
2 生物工程技术及其在环境污染防治中的应用	6
2.1 酶工程及其在环境污染防治中的应用	6
2.1.1 酶与酶工程	6
2.1.2 酶的固定化技术	8
2.1.3 酶在环境污染治理中的应用	12
2.2 基因工程及其在环境污染防治中的应用	17
2.2.1 基因工程概述	17
2.2.2 基因工程在环境污染治理中的应用	19
2.3 细胞工程及其在环境污染防治中的应用	22
2.3.1 细胞工程概述	22
2.3.2 细胞工程在环境污染防治中的应用	23
2.4 发酵工程及其在环境污染防治中的应用	24
2.4.1 发酵工程概述	24
2.4.2 固态发酵与固体废弃物处理	27
3 污水生物处理工程技术	28
3.1 概述	28
3.2 污水生物处理技术基础	29
3.2.1 污水的可生化性	29
3.2.2 污水处理的微生物基础	31
3.3 活性污泥法	37
3.3.1 活性污泥法的机理与分类	37
3.3.2 活性污泥法工艺控制参数	40
3.3.3 曝气传质理论	43

3.3.4	活性污泥法分类	44
3.3.5	活性污泥的培养驯化及异常处理	46
3.4	生物膜法	48
3.4.1	生物膜净化原理	48
3.4.2	生物滤池	50
3.4.3	生物转盘	53
3.4.4	生物接触氧化	54
3.4.5	生物流化床	55
3.4.6	生物膜法的运行管理	56
3.5	污水的厌氧生物处理技术	57
3.5.1	厌氧生物处理的基本原理	57
3.5.2	厌氧生物处理的影响因素	59
3.5.3	厌氧生物处理工艺	63
3.5.4	厌氧设备的运行管理	67
3.6	氧化沟污水生物处理技术	68
3.6.1	氧化沟技术的沿革	68
3.6.2	氧化沟的技术特征与工艺特点	69
3.6.3	几种典型的氧化沟	70
3.7	废水生物脱氮除磷技术	74
3.7.1	废水生物脱氮技术	74
3.7.2	废水生物除磷技术	77
3.8	膜生物反应器技术	80
3.8.1	膜技术基础	80
3.8.2	膜生物反应器的特点和分类	83
3.9	污水处理的稳定塘处理技术	86
3.9.1	稳定塘的分类	87
3.9.2	稳定塘影响因素	90
3.10	剩余污泥的厌氧消化处理	91
3.10.1	传统厌氧消化法	91
3.10.2	二级厌氧消化法	92
3.10.3	两相消化法	92
4	有机固体废弃物的生物处理技术	94
4.1	有机废弃物稳定化的生物学原理	94
4.1.1	好氧堆肥的生物学原理	94
4.1.2	厌氧堆肥的生物学原理	96
4.2	城市固体废弃物的堆肥技术	97
4.2.1	好氧堆肥	97
4.2.2	厌氧堆肥	101

4.3	城市生活垃圾的卫生土地填埋	106
4.3.1	填埋场地的选择	106
4.3.2	场地的设计	107
4.3.3	渗滤液的处理方法	109
4.3.4	垃圾填埋场气体的产生和控制方法	112
4.3.5	填埋方法	113
5	工业废气的生物治理技术	116
5.1	工业废气生物处理原理与工艺类型	116
5.1.1	原理	116
5.1.2	工艺类型	117
5.2	微生物吸收工艺	117
5.3	微生物滴滤工艺	118
5.4	微生物过滤工艺	118
5.4.1	土壤滤池	119
5.4.2	堆肥滤池	120
5.4.3	微生物过滤箱	120
5.4.4	影响生物滤池性能的因素	121
5.5	污水处理过程的废气处理	122
5.5.1	污水处理过程的废气来源	122
5.5.2	活性污泥法净化污染气体的机理与工艺过程	122
5.5.3	活性污泥法处理废气的优点	123
5.5.4	系统运行过程中应注意的问题	124
5.6	废气生物处理技术的现状和展望	125
6	有毒有害有机污染物的微生物降解	127
6.1	概述	127
6.2	有机污染物的微生物降解机理	128
6.2.1	有机污染物的可生物降解性	128
6.2.2	有机污染物化学结构对生物降解性的影响	129
6.2.3	微生物对有机物的降解机制	130
6.3	微生物对石油烃类化合物的分解与转化	135
6.3.1	对烷烃类化合物的降解	136
6.3.2	对烯烃类化合物的降解	137
6.3.3	对脂环烃类化合物的降解	137
6.3.4	对芳香烃类化合物的降解	137
6.3.5	影响石油污染物降解的环境因素	139
6.4	微生物对人工合成有机物的分解与转化	141
6.4.1	卤代有机化合物的生物降解	141
6.4.2	合成洗涤剂的生物降解	145

6.4.3	合成农药的生物降解	146
6.4.4	氰(腈)类化合物的生物降解	151
6.4.5	偶氮染料	152
6.5	质粒与污染物的微生物降解	153
6.5.1	降解质粒	153
6.5.2	多质粒超级细菌与浮油去除	155
6.5.3	高抗汞菌的选育	156
6.5.4	耐药性细菌在农药降解中的应用	156
6.5.5	基因工程菌应用中应注意的一些问题	156
7	污染环境的生物修复技术	157
7.1	生物修复技术的产生与发展	157
7.2	生物修复的内涵、优点和局限性	158
7.3	污染环境生物修复的基本原理	160
7.3.1	生物修复的主要方法	160
7.3.2	应用生物修复技术的前提条件	160
7.3.3	影响生物修复的环境因素	161
7.3.4	微生物对有机污染物的修复	162
7.4	生物修复的可行性研究	167
7.5	污染土壤的生物修复	168
7.5.1	土壤有机物污染的生物修复	168
7.5.2	土壤重金属污染的生物修复	168
7.5.3	土壤生物修复的工程方法	170
7.5.4	发展前景	176
7.6	污染地下水的生物修复	176
7.6.1	生物注射法	176
7.6.2	有机黏土法	178
7.6.3	抽提地下水系统和回注系统相结合法	178
7.6.4	生物反应器法	178
7.6.5	其他方法	178
7.7	湖泊污染的生物修复	179
7.7.1	富营养化的微生物修复	180
7.7.2	富营养化的水生植被修复	181
7.7.3	富营养化的底泥疏浚修复	188
7.8	海洋石油污染的生物修复	189
7.8.1	海洋石油污染的分布与赋存形态	189
7.8.2	海洋石油污染的生物修复	190
8	环境污染预防生物技术	193
8.1	化石燃料的生物脱硫技术	193

8.1.1	化石燃料中的硫	193
8.1.2	脱硫方法	194
8.1.3	微生物脱硫的机理	194
8.1.4	煤炭生物脱硫技术	196
8.1.5	石油生物脱硫技术的研究现状	200
8.2	微生物湿法冶金技术	205
8.2.1	概述	205
8.2.2	湿法冶金微生物及其生理特性	206
8.2.3	微生物浸出技术	209
8.2.4	难浸金矿石的微生物处理	210
8.3	高分子聚合物的生物合成技术	211
8.3.1	聚 β -羟基烷酸的生物合成与应用	212
8.3.2	乳酸聚合物的生产与应用	216
8.4	生物絮凝剂的生产与应用	225
8.4.1	概述	225
8.4.2	生物絮凝剂产生菌及其遗传学研究	227
8.4.3	生物絮凝剂的化学本质与结构	229
8.4.4	生物絮凝剂的絮凝机理	230
8.4.5	影响生物絮凝剂絮凝效果的因素	231
8.4.6	生物絮凝剂的发酵生产	232
8.4.7	生物絮凝剂的应用	234
8.4.8	生物絮凝剂的发展方向	235
9	环境生物监测技术	236
9.1	大气与土壤污染的生物监测	236
9.1.1	大气污染的生物监测	236
9.1.2	土壤污染的生物监测	242
9.2	水体污染的生物监测	243
9.2.1	生物群落监测法	243
9.2.2	残毒监测法	249
9.2.3	生物测试法	249
9.3	现代环境生物监测技术	253
9.3.1	PCR 技术	253
9.3.2	荧光原位杂交技术	258
9.3.3	DNA 芯片技术	262
9.4	生物传感器	266
9.4.1	生物传感器的原理及构成	266
9.4.2	生物传感器的类型及特点	267
9.4.3	环境监测中的微生物传感器	268
	参考文献	275

► 1.1 环境问题与环境科学

1.1.1 环境问题

环境问题是自人类产生以来就存在的。远古人类为了生存辟洞而居，钻木取火，制造工具，采集狩猎，造成居所污染、食物减少、疾病流行等问题。尽管环境问题源于史前时期，而且随着生产力的不断进步，人类干预自然的能力逐渐增强，环境问题也随之增多，但是环境问题成为人类社会生存与发展必须面对的重大问题还是在 20 世纪工业革命之后。由于科学发明和技术进步使社会生产力迅速提高，人类干预和改造大自然的能力和规模突飞猛进，社会经济、文化艺术因之空前繁荣。但是，在创造了巨大物质财富的同时，现代工业生产与自然环境之间的物质交换以惊人的速度发展，自然资源的过度开发利用使其难以恢复和再生；急剧增加并排入环境的有害、有毒废物导致生态环境的不断恶化；化肥、农药的过度使用对其他生物生态系统造成了严重破坏。20 世纪以来，尤其是后 50 年，环境污染与生态破坏成为普遍的严重问题，并不断恶化，甚至于会演变为相关的经济、政治矛盾及危机，而威胁人类的生存。

20 世纪 50 年代前后，在单纯追求物质生产而忽视生态环境思想意识的驱使下，酿成了震惊世界的八大公害事件，使成千上万人罹难，给人们的生命财产和社会经济造成了重大损失。在一次次惨重的人为环境灾难的打击下，人类的环境意识开始形成并逐渐提高。

在中国，由于技术和管理水平低下，经济增长方式比较粗放，能源、资源的消耗量大而效率低，污染物排放严重，生态环境恶化的趋势还在延续，而且遏制的难度将越来越大。在全国 600 多个城市中，大气环境质量符合国家一级标准的城市不到 1%，目前已有 62.3% 的城市环境 SO_2 年平均浓度超过国家环境空气质量二级标准，一些大城市的颗粒物和 SO_2 浓度已经超过世界卫生组织及国家标准的 2~5 倍。随着工业生产大幅度增长，工业废水的排放量不断增加，造成严重的水体污染。中国江河湖库水域普遍受到不同程度的污染，工业发达城镇附近的水域尤为突出；7 大水系中符合《地面水环境质量标准》1、2 类的占 32.2%，符合 3 类的占 28.9%，属于 4、5 类的占 38.9%。78% 的城市河段不宜作为饮用水源，50% 的城市地下水受到污染。近岸海域的海水污染也相当严重，且不断加剧。20 世纪 60 年代以前，赤潮平均每 5~6 年发生 1 次；70 年代约 2 年发生 1 次；到了 80 年代，平均每年就能发生 4 次。另外，随着城市居民生活水平的提高，城市生活垃圾正以每年 10% 的速度增加，不少城市由于垃圾得不到及时处理而受到“垃圾包围城

市”的困扰。由于环境污染导致中国经济损失呈上升态势：1986年环境污染损失约为380亿元，1992年为1085亿元左右，1997年世界银行统计，仅中国每年空气和水污染造成的经济损失就高达540亿美元，相当于中国国民生产总值的3%~8%。

中国的生态环境形势十分严峻。从总体上看，生态环境破坏范围在扩大、程度在加剧、危害在加重，主要体现在：(a)水土流失严重，荒漠化加剧；(b)包括淡水在内的许多资源严重短缺；(c)草地退化严重，沙化和碱化面积逐年增加；(d)濒危野生动、植物物种增多，生物多样性锐减；(e)自然灾害频繁发生，经济损失重大。在中国，由于生态环境破坏导致经济损失不断增加：1986年全国生态破坏造成的直接和间接经济损失约为831.4亿元，1994年上升到了4201.6亿元。

20世纪，世界环境从区域性环境污染扩展到全球性问题，如全球气候变暖、臭氧层破坏、酸雨、危险废物在全球转移、生物多样性下降等。这全面地影响了人类的生产和生活，使人类在地球上的生存出现了危机，对人类提出了严峻的挑战。工业化进程的加快引起多起严重的环境污染事件，直接促成了人民群众对环境问题的觉醒和环境保护意识的产生，越来越多的人认识到环境污染的严重性以及保护环境的重要性，这样就使环境保护的问题从社会生活的边沿走向社会的中心。这对当代科学是个挑战，要求自然科学、社会科学和技术科学都来参与环境问题的研究，指示环境问题的实质，并寻求解决环境问题的科学途径。在此背景下，环境科学应运而生，并迅速发展起来。

1.1.2 环境科学

自环境问题产生以来，人类就不断地为认识和解决环境问题而进行努力。在20世纪人类对大自然的索取超过了限度而得到报复的时候，科学家开始认真地研究环境问题，并希望予以解决，环境问题促成了环境科学的诞生及发展。目前，环境科学已形成庞大的跨学科的研究系统。

环境科学是一门综合性很强的学科，涉及自然科学和社会科学的众多领域。它以人类和环境的关系为研究对象，重点是研究污染物在环境中的迁移转化规律，以及由此而引起的环境质量的变化和控制与改善途径。环境科学的研究任务是通过对人类与环境关系的研究，掌握人类与环境的变化发展规律，以便能动地顺应环境和改造环境，促使环境朝着有利于人类的方向演化。自然环境的发生与发展主要受自然规律支配，人类的发生与发展既受自然规律的支配又受社会规律的制约，人类又反作用于环境，构成错综复杂的关系。人与环境的关系所包含的广泛内容，决定了环境科学的综合性。环境科学包括了相当广泛的、由多种学科相互渗透所产生的许多新兴学科，如环境物理学、环境化学、环境地学、环境医学、环境生物学、环境毒理学等。与环境生物技术密切相关的环境微生物学就是在此基础上发展起来的一门新的分支学科。

环境微生物学只是到20世纪60年代末才开始兴起。环境微生物学在基础环境科学中异军突起的主要原因是：随着大工业发展，越来越多的污染物被排入环境，污染物的生物降解主要靠微生物的分解转化作用，这些污染物的生物可降解性是其环境效应和作用强度的重要指标，而各种污染物由于微生物作用的结果，既给环境带来了有益的影响（如有机污染物的矿化和化学污染物的解毒作用等），又可能对环境产生不利的影 响。如汞经微生物的转化作用生成剧毒的甲基汞，水处理的结果造成水体的富营养化等。所以，环境微生物学的开端，实际上是从研究微生物在污染环境下的生态学和水处理微生物学开始的。

►1.2 环境生物技术

1.2.1 环境生物技术的特点和研究内容

如前所述,科学的进步,技术的发展,使人类改造自然、获取物质生活资料的能力越来越强,但同时也带来许多生态环境问题。由于人口的快速增长,自然资源的大量消耗,全球环境状况目前正在急剧恶化:水资源短缺、土地荒漠化、有毒化学品污染、臭氧层破坏、酸雨肆虐、物种灭绝、森林减少等。人类的生存和发展面临着空前严峻的挑战,迫使人类进行一场“环境革命”来拯救自身。在这场环境革命中,环境生物技术担负着重大使命,并且作为一种行之有效、安全可靠的手段和方法,起着核心的作用。

环境生物技术是以生物技术与环境污染防治为主的,多门学科相交叉的一门新兴边缘学科,它诞生于20世纪80年代末期,以高新技术为主体,并包括对传统生物技术的强化与创新。环境生物技术涉及众多的学科领域,包括分子生物学、基因工程学、酶工程学、发酵工程学、化学工程学、环境生物学、环境毒理学、环境工程学、植物学、动物学、生态学、微电子学、计算机科学等。它是由生物技术与环境污染防治工程及其他工程技术紧密结合形成的,既具有较强的基础理论,又具有鲜明的技术应用特点。环境生物技术开发是以基础研究为先导的。研究微生物降解转化污染物的机理已深入到基因DNA的分子水平。从基因DNA组成结构的变化追溯到相关的生理生化学的变化及其代谢功能的变化已成为环境生物基础研究的热点。从环境微生物中分离鉴定出降解特定污染物的基因,并应用该基因构建高效降解污染物的基因工程菌已成为环境生物技术中高新技术的前沿课题目标之一。利用环境生物分子遗传学指标和生理生化指标作为生物标志去指示环境污染状况,已成为环境污染生物监测的重要技术手段。研究微生物降解污染物反应动力学及其数学模型和相关参数,发现清除污染物与相关因素之间的定量关系已成为环境微生物工程的设计依据。相关的计算机软件开发、试剂盒的应用、遥感技术的配合和多种传感器及生物反应器的问世等各种基础研究和应用基础研究的成果,均有力地推动了环境生物技术不断达到更高更新的层次。

由于环境生物技术是一门新兴学科,对环境生物技术的定义也有多种。广义上讲,凡是涉及环境污染控制的一切与生物技术有关的技术,都可称为环境生物技术。严格地说,环境生物技术指的是直接或间接利用生物或生物体的某些组成部分或某些机能,建立降低或消除污染物产生的生产工艺或者能够高效净化环境污染,同时又能生产有用物质的工程技术。其中,现代环境生物技术中的生物减少和污染场地的生物恢复技术在宏观上运用到水污染控制方面显得尤为重要,因为以多种形态进入环境的污染物,通过在自然界中的迁移,最终大都进入水体。

环境生物技术除了包括生物技术所有的基础和特色之外,还必须与污染防治工程及其他工程技术相结合。从技术难度和理论深度的角度看,环境生物技术可分为高、中、低三个层次。高层次是指以基因工程为主导的近代污染防治生物技术,包括构建降解杀虫剂、除草剂、多环芳烃类化合物等高效基因工程菌,创造抗污染型转基因植物等;中层次是以废物的生物处理为主要内容,既包括传统的生物处理技术,如废水处理的活性污泥法、生物膜法等,也包括在新的理论和技术支撑下开发出的废物强化处理技术和工艺,如生物流化床、生物强化技术等;低层次是指利用天然处理系统进行废物处理的技术,主要包括氧