



环境工程新技术丛书

HUANJING GONGCHENG XINJISHU CONGSHU

环境生物技术及应用

张景来 王剑波 常冠钦 刘平 编著



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

环境工程新技术丛书

环境生物技术及应用

张景来 王剑波 常冠钦 刘平 编著

化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

环境生物技术及应用/张景来等编著. —北京: 化学工业出版社, 2002.3
(环境工程新技术丛书)
ISBN 7-5025-3722-8

I . 环… II . 张… III . 环境生物学 IV . X17

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 014404 号

环境工程新技术丛书

环境生物技术及应用

张景来 王剑波 常冠钦 刘平 编著

责任编辑: 刘俊之 刘兴春

责任校对: 洪雅妹

封面设计: 于兵

*

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

北京市彩桥印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 17 字数 460 千字

2002 年 5 月第 1 版 2002 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3722-8/X·155

定 价: 36.00 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

序

随着我国社会经济的高速发展，城乡面貌发生了深刻的变化。人们对改善环境污染状况、提高生活质量、建设生态城市的要求与呼声与日俱增。我国的环境污染经过长期治理，虽然部分地区已经有所改善，但总体上还是比较严重的。在有些地区要寻找一个合格的饮用水源也不容易。工业“三废”的治理依然存在很多技术、工艺及经济可行性方面的难点。针对这种状况，近几年来，国家和地方政府加大了环境项目的投资力度，同时允许社会力量参与投资和建设，用市场经济的方式运作，形成了多元投资的格局。投资的多元化，排污收费的市场化，大大推动了环境项目的建设。缺少投资、缺少运行费用的状况得到了很大的改善。

环境问题很复杂，涉及众多学科，需要很多技术。它的科学研究和开发已远远超出了传统的学科范畴和科研单位范围。多学科交叉，多单位合作已经成为环境工程学科发展的重要方向。社会对环境的需求为环保事业的发展提供了动力，使环境工程成为目前发展最快的学科之一，近几年来取得了不少新的成果。化学工业出版社为了大力宣传环保知识，推动环保的科技进步，及时组织了一套环境工程新技术丛书。这套书能在一定程度上反映国内外环境技术的进展状况，供有关人员参考。应该说化工出版社是一个很有活力的出版社，及时出版了不少有参考价值的新书，深受读者的欢迎，是一座沟通作者与读者的很好的桥梁。在科学技术日新月异，人类进入数字化、信息化的时代，我们希望这座桥梁更为宽广通畅，共同为推动我国环保技术的发展做出贡献。

顾国维

2002年3月

前 言

工农业发展的同时产生了严重的环境污染。目前环境问题已经成为全球性的问题。环境污染的治理不外乎三种方式，即化学方法、物理方法、生物方法。生物法处理彻底、不产生二次污染、成本低，是最适合我国国情的一种方法。为了研究和解决环境问题，20世纪60年代诞生了环境生物学，环境生物学是环境科学的主要分支学科。近年来，我国在对环境生物学方面的研究加大了力度。

环境生物技术是在环境生物学的基础上发展起来的一门学科，环境生物技术几乎与环境生物学同时产生。它是利用生物技术处理环境问题，如利用生物农药替代化学农药，制造生物食品等，其根本目的是净化环境，它面对的是整个生态系统，包括对污染物的资源化 and 建立清洁生产工艺。

本书从各方面将环境生物技术的利用综合在一起，较全面地介绍了生物技术在环境方面的应用。本书共分十七章，绪论部分系统阐述了环境生物技术的定义、研究对象、研究内容等问题。第一章、第二章、第三章介绍了微生物的类群与结构、微生物的生理生化以及微生物的一些基本属性及其对环境中污染物的降解功能，并介绍了特殊环境条件下微生物的特性。第四章是生物传感器，系统地介绍了近年来生物传感器在各行各业中的应用。第五、第六、第七、第八、第九章分别介绍了生物技术在我们日常生产、生活中的应用。第十章介绍了生物技术在废物资源化方面的应用。第十一、第十二、第十三章详细介绍了生物技术在三废处理中的应用原理及应用实例。第十四章介绍了煤与石油的脱硫。第十五章介绍了生物修复的应用。第十六章介绍水处理工程设计的基本知识。

本书由北京科技大学张景来主编，参加本书编写工作的人员有张景来（绪论、第三、第七、第八、第十、第十四章，第十一章之

第一、第二、第三节), 王剑波 (第一、第二、第十三、第十五、第十六章), 常冠钦 (第四、第五、第六、第九章), 刘平 (第十一章之第四、第五、第六节, 第十二章), 全书由张景来统稿。

本书是在参阅了大量国内外有关方面最新文献资料, 结合作者的科研成果及工程实践经验基础上完成的。限于作者水平, 书中难免有不妥及错误之处, 敬请有关专家及读者批评指正。

编著

2002.1

目 录

绪论	1
第一节 环境生物技术的应用	1
第二节 环境生物技术进展	4
第一章 微生物的类群与结构	7
第一节 微生物的概述	7
一、微生物的分类	7
二、微生物的命名	9
第二节 原核微生物	9
一、细菌	9
二、放线菌	20
三、蓝细菌	23
四、支原体、立克次氏体和衣原体	25
第三节 真核微生物	27
一、酵母菌	27
二、霉菌	30
第四节 非细胞型微生物	34
一、病毒	34
二、亚病毒	38
第五节 微生物在自然界的分布	39
一、自然界中微生物的生态学特点	39
二、土壤中的微生物	41
三、水域中的微生物	43
四、空气中的微生物	44
五、异常(极端)环境中的微生物	45
第二章 微生物的生理生化	57
第一节 微生物的营养	57
一、微生物的化学组成	57

二、微生物的营养物及营养类型	57
三、营养物质进入细胞的方式	63
四、微生物的培养基	66
第二节 微生物生命活动的催化剂——酶	68
一、酶的组成与结构	68
二、酶的分类	72
三、酶的催化特性及影响因素	73
第三节 微生物的产能代谢	77
一、微生物的呼吸作用	77
二、产能代谢与呼吸类型	78
三、微生物的发光现象	80
第四节 微生物的合成代谢	80
一、产甲烷菌的合成代谢	80
二、化能自养型微生物的合成代谢	80
三、光合作用	81
四、异养微生物的合成代谢	84
第五节 微生物的生长与繁殖	84
一、生物生长繁殖的测定	84
二、微生物的生长规律	86
三、微生物生长的主要影响因素	89
四、微生物的培养	92
五、有害微生物的控制	93
第六节 微生物遗传与变异	93
一、遗传变异的物质基础——DNA	94
二、DNA 的结构与复制	95
三、基因突变和诱变育种	98
四、基因重组	100
五、基因工程	104
第三章 微生物对污染物的降解与转化	109
第一节 微生物降解污染物的特点	109
一、微生物的个性	109
二、酶在降解中的作用	110
三、微生物降解中质粒的作用	110

四、共代谢	113
第二节 微生物降解动力学	113
一、指数速率模型	113
二、曲线速度模型	114
三、有机化合物降解过程与降解速率方程的拟合性	114
第三节 有机污染物的生物降解	116
一、石油的微生物降解	116
二、其他天然有机物的降解	118
三、烃类化合物的微生物降解	124
四、人工合成有机物的降解	131
第四节 金属的转化	141
一、汞的氧化、还原与甲基化	142
二、砷的氧化、还原和甲基化	145
三、铬的还原	145
四、其他重金属的转化	146
五、重金属微生物转化的环境效应	147
第五节 影响污染物降解与转化的因素	147
一、微生物	148
二、污染物的化学组成和结构	148
三、环境因素	149
第四章 生物传感器	150
第一节 生物传感器概况	150
一、生物传感器基本概念及分类	150
二、生物传感器的基本结构及发展	165
三、生物传感器的性能提高及相关技术	166
第二节 生物传感器应用实例	168
一、水和废水监测	168
二、空气和废气监测	173
三、农药残留量检测	175
四、食品检测	177
五、展望	177
第五章 生物农药	179
第一节 生物农药概况	179

第二节 生物农药	181
一、微生物杀虫剂	181
二、农用抗生素	197
三、生物除草剂	201
四、一些新发现的生物农药	203
五、我国生物农药进一步发展的思路	204
第六章 生物可降解塑料	206
第一节 聚酯类生物可降解塑料	208
一、PLGA	208
二、PHB	211
第二节 聚乳酸类生物可降解塑料	218
一、PLA类材料的理化性质	218
二、PLA类降解树脂	219
三、PLA类生物降解塑料的制备	220
第三节 玉米蛋白基生物降解性塑料	224
第四节 淀粉地膜的生物降解	225
一、淀粉地膜的物理性能	225
二、化学性能试验	226
第五节 生物可降解塑料的生产现状及发展	227
第七章 生物表面活性剂	232
第一节 前言	232
一、生物表面活性剂的优点	233
二、生物表面活性剂的分类、性质	233
三、生物表面活性剂的性能指标及生理学功能	236
第二节 生物表面活性剂的生产	239
一、生物表面活性剂的生物合成及其遗传学	239
二、发酵法生产生物表面活性剂	245
三、酶促反应生产生物表面活性剂	246
四、生物表面活性剂生产过程中的代谢调节	248
五、产物提取	251
第三节 生物表面活性剂的应用	251
一、石油及能源工业	252
二、药物和化妆品工业	252

三、食品工业	253
四、环境工程	254
五、生物表面活性剂的其他应用	255
第八章 生物絮凝剂	257
第一节 生物絮凝剂概况	257
一、生物絮凝剂的特点	258
二、生物絮凝剂的结构组成、性质及种类	259
三、生物絮凝剂的化学本质	260
四、生物絮凝剂的遗传基础和生理学意义	261
五、生物絮凝剂的微观结构	262
六、生物絮凝型基因与分子克隆基因工程菌的构建	262
第二节 生物絮凝剂的絮凝机理	264
第三节 生物絮凝剂的合成	266
一、生物絮凝剂合成阶段	266
二、絮凝剂在生物培养液中的分布	267
三、影响生物絮凝剂合成的因素	267
四、生物絮凝剂的收获方法	269
第四节 生物絮凝剂絮凝性影响因素与控制条件	270
第五节 生物絮凝剂实际应用	273
一、高浓度有机废水处理	273
二、染料废水的脱色	273
三、高浓度无机物悬浮废水的处理	274
四、乳化液油水分离	274
五、活性污泥	274
六、其他方面	275
第六节 生物絮凝剂的发展趋势	275
第九章 生物食品	277
第一节 藻类食品	277
一、螺旋藻	277
二、小球藻	289
第二节 菌类食品	292
一、光合细菌	292
二、EM	295

三、真菌类食品	296
第三节 食品添加剂	302
一、红曲防腐剂	302
二、食用色素	305
第十章 废弃资源回用	313
第一节 单细胞蛋白	313
一、单细胞蛋白概述	313
二、单细胞蛋白的应用	320
三、食品厂废渣生产单细胞蛋白	321
四、废水及人畜废物生产单细胞蛋白	324
第二节 微生物产氢	327
第三节 啤酒酵母的回收利用	329
一、啤酒酵母在食品行业的应用	330
二、啤酒酵母在饲料行业的应用	331
三、啤酒酵母在生物制药行业的应用	331
四、啤酒废酵母利用的前景	332
第四节 畜血的开发利用	332
一、发酵血粉的生产方法	332
二、饲养效果	333
第十一章 有机污染物的生物处理技术	334
第一节 废水的生物处理概论	334
一、生化处理方法分类	334
二、好氧处理与厌氧处理的区别	335
第二节 废水的好氧生物处理	335
一、活性污泥法	335
二、生物膜法	343
三、自然生物处理法	349
第三节 废水的厌氧生物处理	350
一、概述	350
二、基本原理	351
三、厌氧法的影响因素	353
四、厌氧消化法的分类	355
五、厌氧消化法的特点	361

第四节	气态污染物的生物处理	361
一、	生物吸收法	362
二、	生物过滤法	362
三、	微生物的应用实例——微生物脱硫	363
第五节	固体废物的生物转化技术	364
一、	好氧生物转化——堆肥化处理	365
二、	厌氧生物转化法	373
第十二章	废水的生物脱氮与除磷	377
第一节	水体中的氮、磷及其危害性	377
第二节	废水的生物脱氮技术	378
一、	概述	378
二、	废水生物脱氮的基本原理	379
三、	基本工艺流程	381
四、	生物脱氮系统的主要影响因素	392
第三节	废水的生物除磷技术	398
一、	概述	398
二、	基本原理	398
三、	基本工艺	401
四、	生物除磷系统的主要影响因素	408
第十三章	矿物燃料的生物脱硫	411
第一节	煤的脱硫	411
一、	概述	411
二、	煤中硫的赋存形态	412
三、	煤脱硫过程中应用的微生物	413
四、	微生物脱硫的机理	414
五、	微生物脱硫的现状	415
六、	煤炭微生物液化	420
七、	煤的生物脱硫的发展前景	421
第二节	石油的微生物脱硫	422
第十四章	典型工业废水的生物处理	426
第一节	铍梯类炸药废水的生物处理	426
一、	概述	426
二、	生物法处理 TNT 废水	426

第二节 食品和发酵工业废水的生物处理	429
一、啤酒废水的生物处理	431
二、味精废水的生物处理	435
第三节 制药废水的生物处理	436
一、抗生素废水来源及水质特征	437
二、抗生素废水的生物处理方法	437
第四节 印染、染料工业废水的生物处理	440
一、印染废水来源及废水水质特点	441
二、印染废水降解菌及厌氧降解机理的研究	441
三、厌氧-好氧生物处理	443
四、厌氧生物处理	444
第五节 制浆造纸工业废水的生物处理	445
一、制浆造纸工业废水的来源与特点	446
二、制浆造纸废水的生物处理	448
第十五章 生物修复工程	451
第一节 生物修复的概念	451
第二节 生物修复的基本原理	453
一、生物修复的微生物	453
二、生物修复的影响因素	456
三、环境污染的植物修复	460
第三节 污染土壤的生物修复	463
一、概述	463
二、土壤生物修复的工程方法	467
三、土壤污染的生物修复工程设计	470
四、发展前景	471
第四节 地下水污染的生物修复	472
一、概述	472
二、地下水生物修复的工程方法	473
第五节 海洋污染的生物修复	476
一、石油污染的生物修复	476
二、农药污染的生物修复	478
三、赤潮灾害的生物防除	479
第六节 生物修复工程实例	480

一、生物修复在清除石油污染中的应用实例与效果	480
二、生物修复在处理危险、有毒残留有机化合物中的应用	481
三、生物修复在汞污染治理中的应用	482
四、生物修复技术在污水处理生物反应器中的应用	483
第十六章 水处理工程设计	485
第一节 设计资料的收集及厂址选择	485
一、资料的收集	485
二、工程勘测资料	487
三、厂址的选择	489
第二节 废水生物处理设计步骤和内容	491
一、可行性研究	491
二、初步设计	494
三、施工图设计	500
第三节 废水处理工艺流程的选定	503
一、水处理工艺流程选择的原则和要求	503
二、几种不同条件下水处理工艺流程	504
第四节 污水处理厂的平面布置和高程布置	511
一、平面布置的一般原则和要求	511
二、高程布置	512
第五节 污水处理厂的水质监测与自动控制设计	516
一、概述	516
二、监测控制参数及一般要求	517
三、自动控制系统设计	521
第六节 污水处理厂实例	521
参考文献	525

绪 论

环境生物技术的关键是现代生物技术，它是生物技术思想在环境科学领域的技术体现，是采用分子生物学方法，改进传统和常规的生物处理工程系统，采用新构建和新发现的微生物菌株或转基因植物，直接或间接利用生物体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度净化环境污染的生产工艺。其目的是利用生物技术解决人类所面临的种种环境问题。环境生物学是环境生物技术的基础，环境生物学起源于20世纪60年代，环境生物技术几乎与其同时产生。在20世纪60年代之前已有微生物处理废水的工程研究，但是处理过程中机理的研究和技术系统的应用均处于较低的水平，当时的环境生物技术还无法构成一个较完整、独立的技术体系。

环境生物技术需要借助生物工程的原理、技术和设备，但又不仅仅局限于此，因为环境生物技术不是以生产有用物质为唯一目标，其根本目的是净化环境，面对的是整个生态系统，包括对污染物的资源化和建立清洁生产工艺。环境生物技术的基本目的是清除污染、造福人类，环境生物技术不同于环境工程，其包括环境工程的一部分内容，但绝不是包含或被包含的关系；环境生物技术也不同于生物技术，环境生物技术是利用一些生物技术的成果来处理有关环境方面的问题；环境生物技术是一门交叉学科，它涉及许多其他学科的内容，但同时具有很强的特异性。环境生物技术是21世纪研究的重点学科，随着生物技术的发展以及环境问题的持续出现，环境生物技术将越来越显示出其特殊性与重要性。

第一节 环境生物技术的应用

环境生物技术涉及多个学科，其中包括分子生物学、生物化

学、微生物学、细胞学、遗传学等基础生物学；基因工程、细胞工程、酶工程、环境工程等工程学；环境化学、环境生物学、环境地学、环境毒理学和环境监测与评价等应用学。环境生物技术还涉及信息科学、电子工程技术、仪器分析科学和计算机科学、化工机械学、水力学、气象学等众多学科的内容。对环境生物技术进行预算和评价还要涉及经济学、法律学、环境规划管理和系统工程等。环境生物技术的应用体现在各个方面，下面简要介绍一下其应用。

1. 生物传感器

生物传感器是一种古老而又具有新生命力的监测方法，它是指以生物个体、种群或群落对环境污染物胁迫的反应为指标，监测环境的污染状况、模拟生物系统的真实反应；它同时具有快速监测循环使用的优点。近年来生物传感器技术发展很快，监测的应用范围迅速扩大，并已用于监测人体和环境中有毒的化学物质。利用免疫分析的效感性、特异性、快速及便宜等特点制成的生物传感器正在逐步取代传统的化学分析方法。

2. 生物农药

目前化学农药的环境污染问题已经越来越严重，为此，人们开始研究生物农药的生产及应用。生物农药包括生物杀虫剂、生物除草剂和生物抗生素。生物农药对人畜安全无毒、无公害、不污染环境、不会伤害害虫的天敌，同时有利于发展绿色食品。

3. 生物可降解塑料

随着石油化学工业的发展，塑料生产工业和塑料制品加工业也相应迅速发展，至2000年末全世界塑料年总产量超过1亿吨，并以每年约30%的速度增长。当前要减少塑料废弃物对环境的污染，必须建立完善的回收机制，减少一次性塑料制品的使用，并适当恢复传统用纸和蜡纸的包装。大量塑料成为碎片或粉尘，破坏了土壤结构，污染空气。要彻底解决这个问题，就必须针对塑料不能在环境中自然分解这一本质，开发可降解塑料或开发具有塑料特性的非塑料产品。因此，大力发展生物可降解塑料（包括微生物合成塑料、植物纤维素清膜等）是塑料工业的新方向，是从源头解决“白