

普通高等教育“十二五”规划教材

环境微生物技术

赵晓祥 张小凡 编著



化学工业出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

环境微生物技术

赵晓祥 张小凡 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书系统阐述了环境微生物学的基本知识与原理——培养基及制备,微生物分离及培养技术,微生物菌种鉴定,微生物生长与代谢及微生物生态等;深入讨论了环境微生物技术在环境保护中的作用——微生物大分子制备,微生物分子生物学技术等;并介绍了微生物对人类生存环境的作用及其实际调控与应用——环境工程中各种生物处理方法的微生物机理,微生物对环境污染物的降解及其在污染控制中的应用。本书适于环境工程、环境科学、环境生物技术等专业及卓越工程师教育等大专院校及相关专业的高年级本科生和研究生作为教材使用,还可供环境科学、环境工程科研人员技术人员参考阅读。

环境微生物学(第2版) 赵晓祥 张小凡 编著

化学工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

环境微生物技术/赵晓祥,张小凡编著. —北京:化学工业出版社, 2015. 6

ISBN 978-7-122-23682-1

I. ①环… II. ①赵…②张… III. ①环境微生物学-高等学校-教材 IV. ①X172

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 079259 号

责任编辑:满悦芝

责任校对:边涛

装帧设计:尹琳琳

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:三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张19 字数464千字 2015年8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: 49.00 元

版权所有 违者必究

前 言

环境微生物技术是一门横跨现代微生物学、环境科学、环境工程等众多学科的新兴综合学科，是环境科学中的一个重要分支。它主要以微生物学的理论与技术为基础，并与环境科学和环境工程相互交融，它涉及面广，实践性强，发展迅速。环境微生物技术既包括微生物学理论和方法的研究，又包括分子生物学方法和技术在环境保护中的应用。

环境微生物技术体系所涉及的方法主要是研究环境微生物学在环境污染治理、环境生物修复等方面的内容。本书不仅包括了常用的微生物生物处理方面的实验技术和方法，同时根据近年来环境生物技术的发展趋势，着重介绍了一些新技术、新方法，尤其是一些以分子生物学技术为背景的实验方法。

本书系统阐述环境微生物学的基本知识与原理，包括培养基及制备，微生物分离及培养技术，微生物菌种鉴定，微生物生长与代谢，以及微生物生态等。深入讨论环境微生物技术在环境保护中的作用，包括微生物大分子制备，微生物分子生物学技术等；具体介绍微生物对人类生存环境的作用及其实际调控与应用，包括环境工程中各种生物处理方法的微生物机理，微生物对环境污染物的降解及其在污染控制中的应用。如环境激素、溴代阻燃剂、偶氮染料、农药的微生物降解，微生物絮凝剂，生物表面活性剂及其在重金属污染修复中的应用，有效微生物菌群技术及在环保中的应用，固定化微生物、酶制剂处理污染物，同步硝化反硝化生物脱氮，共代谢技术处理难降解有机物，实时荧光定量 PCR 技术，污染环境的生物修复技术，高效功能性浸矿菌群，改性细菌纤维素膜的制备及在燃料电池中的应用，微藻微生物燃料电池等技术在环境保护中的应用。

本书在总体内容上重视基础知识、基本理论、基本方法的阐述，力求内容的可读性以及实验的可操作性，内容简明、概念清晰、逻辑严谨、覆盖面广，兼顾前沿性和系统性。特别是在环境微生物技术应用方面，不但对每一种技术的基本原理进行了深入浅出的介绍，而且对实验步骤进行了十分详尽的描述，使读者更容易地理解及操作。本书参考了国内外研究机构的大量研究和实践素材，内容丰富，适用于高等院校有关环境保护类专业作为专业基础课教材使用，也可为与微生物学有关的科技人员、管理人员提供参考和可借鉴的思路。本书在编写过程中参考了一些国内外同行的研究方法，并结合了作者自身从事环境生物工程研究多年来积累的一些技术和方法，在此向以上参考文献的作者谨致谢忱。最后，限于作者水平和编写时间的限制，书中难免还有疏漏和不当之处，恳请读者和业内同仁惠予指正。

作者

2015 年 4 月

目 录

1 绪论	1
1.1 环境生物技术	1
1.2 环境生物技术与环境科学与工程中的应用	2
1.2.1 环境生物技术在水污染治理中的应用	2
1.2.2 环境生物技术在废气及大气污染治理中的应用	4
1.2.3 环境生物技术在固体废物处理中的应用	4
1.2.4 环境生物技术在污染土壤修复中的应用	5
1.2.5 环境生物技术在污染监测中的应用	6
1.3 环境生物技术的发展	6
1.3.1 微生物脱硫技术的开发	6
1.3.2 水污染治理工艺的完善	6
1.3.3 难降解污染物的处理	7
1.3.4 生物传感器的研制	7
1.3.5 与其他技术的结合	7
1.3.6 分子生物学技术监测环境污染物的降解研究	7
参考文献	7
2 培养基及制备	10
2.1 微生物的营养	10
2.1.1 碳源 (carbon source)	10
2.1.2 氮源 (nitrogen source)	11
2.1.3 无机盐 (inorganic salt)	11
2.1.4 生长因子 (growth factor)	12
2.1.5 水 (water)	12
2.1.6 能源 (energy source)	13
2.2 微生物的培养基	14
2.2.1 培养基的分类	14
2.2.2 培养基的选择	16
2.2.3 培养基的设计	17
2.2.4 培养基碳源的添加	17
2.3 培养基的灭菌	18
2.3.1 灭菌的原理和方法	18
2.3.2 培养基灭菌	21
参考文献	23
3 微生物分离及培养技术	25
3.1 含微生物样品的采集	25

3.1.1	从土壤中采样	25
3.1.2	从水体中采样	26
3.2	含微生物样品的富集培养	26
3.2.1	控制培养基的营养成分	26
3.2.2	控制培养条件	27
3.2.3	抑制不需要的菌类	27
3.3	微生物的分离与纯化	28
3.3.1	倾注平板法 (pour plate method)	28
3.3.2	涂布平板法 (spread plate method)	28
3.3.3	平板划线法 (streak plate technique)	28
3.3.4	富集培养法 (enrichment culture)	29
3.3.5	厌氧法 (anaerobic culture)	29
3.4	微生物接种与培养	29
3.4.1	接种工具	30
3.4.2	常用的接种方法	30
3.4.3	无菌操作	31
3.4.4	微生物培养	31
3.4.5	培养条件的控制	31
3.5	微生物菌种保藏	33
3.5.1	菌种保藏方法	33
3.5.2	国内外主要菌种保藏机构	35
	参考文献	36
4	微生物菌种鉴定	37
4.1	微生物的分类和命名	37
4.1.1	微生物的分类	37
4.1.2	微生物的命名	38
4.1.3	微生物系统发育分析	38
4.2	微生物的形态学鉴定	39
4.2.1	微生物的显微形态鉴定	40
4.2.2	微生物的培养特征	49
4.3	微生物的生理生化鉴定	50
4.3.1	微生物生长条件的测定	50
4.3.2	微生物酶的测定	51
4.3.3	微生物糖代谢的测定	52
4.3.4	微生物其他代谢的测定	54
4.4	微生物的分子生物学鉴定	55
4.4.1	DNA 中 (G+C) 摩尔分数分析	55
4.4.2	核酸杂交	56
4.4.3	仪器自动化鉴定	57
4.4.4	16S rRNA (16S rDNA) 寡核苷酸的序列分析	57

4.5	微生物数据库检索	58
4.5.1	分子生物信息数据库	58
4.5.2	GenBank 数据库	59
4.5.3	微生物数据检索	61
4.5.4	系统发育树构建	61
	参考文献	61
5	微生物生长与代谢	63
5.1	微生物的生长和繁殖	63
5.1.1	微生物的个体生长与繁殖	63
5.1.2	微生物的群体生长规律	65
5.2	微生物生长的影响因素	68
5.2.1	温度	69
5.2.2	氢离子浓度 (pH)	70
5.2.3	湿度、渗透压与水活度	72
5.2.4	氧和氧化还原电位	72
5.2.5	氧以外的其他气体	74
5.2.6	辐射	74
5.2.7	超声波	74
5.2.8	消毒剂、杀菌剂与化学药剂	75
5.3	微生物生长量的测定	77
5.3.1	直接计数法 (又称全数法)	77
5.3.2	活菌计数法 (又称间接计数法)	78
5.3.3	细胞物质量测定法	79
5.4	微生物代谢与有机物降解	80
5.4.1	微生物的代谢	80
5.4.2	微生物有氧呼吸与有机物降解	81
5.4.3	微生物无氧呼吸与有机物降解	83
5.5	微生物代谢产物的测定	85
5.5.1	分析样品制备	85
5.5.2	薄层色谱分析	86
5.5.3	气相色谱分析	87
5.5.4	高效液相色谱分析	89
5.5.5	质谱分析	90
	参考文献	90
6	微生物大分子制备技术	92
6.1	核酸的提取与制备	92
6.1.1	核酸的理化性质	92
6.1.2	核酸的提取与制备	96
6.1.3	DNA 浓度的测定	100
6.2	蛋白质的提取与制备	100

6.2.1	蛋白质的理化性质	100
6.2.2	蛋白质的提取与制备	101
6.3	离心技术	106
6.3.1	基本原理	106
6.3.2	离心分离方法	106
6.3.3	密度梯度离心与差速离心比较	108
6.4	电泳技术	109
6.4.1	电泳槽和电源	109
6.4.2	琼脂糖电泳 (agarose gel electrophoresis, AE)	109
6.4.3	聚丙烯酰胺凝胶电泳 (polyacrylamide gel electrophoresis, PAGE)	111
6.4.4	SDS 聚丙烯酰胺凝胶电泳 (SDS-polyacrylamide gel electrophoresis, SDS-PAGE)	113
6.4.5	等电聚焦电泳 (isoelectric focusing electrophoresis, IFE)	114
6.5	色谱技术	114
6.5.1	凝胶色谱 (gel chromatography)	115
6.5.2	离子交换色谱 (ion exchange chromatography)	117
6.5.3	吸附色谱 (adsorption chromatography)	118
6.5.4	分配色谱 (partition chromatography)	119
6.5.5	亲和色谱 (affinity chromatography)	120
	参考文献	120
7	微生物核酸分子生物学技术	122
7.1	核酸的扩增——PCR 技术	122
7.1.1	DNA 复制	123
7.1.2	聚合酶链式反应 (PCR)	127
7.1.3	PCR 相关技术	130
7.1.4	PCR 技术在环境领域中的应用	131
7.2	DNA 测序及分析	132
7.2.1	核酸的分子结构	132
7.2.2	DNA 一级结构的测定	135
7.3	基因克隆技术	140
7.3.1	基因重组	141
7.3.2	基因克隆的主要工具	141
7.3.3	基因工程的基本操作	145
	参考文献	149
8	微生物生态	150
8.1	微生物生态系统	150
8.1.1	微生物生态系统的构成	150
8.1.2	微生物生态系统的种群多样性	151
8.1.3	微生物生态系统的功能	151
8.2	微生物群落结构分析	154

8.2.1	传统培养分离法	154
8.2.2	群落水平生理学指纹法 (CLPP)	155
8.2.3	生物标记物法 (biomarkers)	155
8.2.4	现代分子生物学方法	156
8.3	聚合酶链反应-变性梯度凝胶电泳 (PCR-DGGE)	160
8.3.1	16S rDNA-V3 区的 PCR 扩增	161
8.3.2	变性梯度凝胶电泳	161
8.4	随机扩增的多态性 DNA (RAPD)	163
8.4.1	环境 DNA 的制备	163
8.4.2	RAPD 扩增	163
	参考文献	164
9	环境激素的生物降解	167
9.1	环境激素受体的作用机理	168
9.1.1	受体	168
9.1.2	环境激素受体的作用机理	168
9.2	双酚 A 的生物降解	169
9.2.1	细菌对双酚 A 的降解	170
9.2.2	真菌及其产生的酶对双酚 A 的降解	170
9.3	壬基酚的生物降解	170
9.3.1	壬基酚的降解途径	170
9.3.2	壬基酚在环境中的生物降解及影响因素	171
9.4	多氯联苯的生物降解	172
9.4.1	多氯联苯的生物转化	172
9.4.2	PCBs 的厌氧脱氯反应	172
9.4.3	PCBs 的好氧生物处理	174
9.4.4	厌氧-好氧的联合反应	176
9.4.5	氯原子的取代反应与生物降解的关系	176
	参考文献	176
10	阻燃剂对环境影响的持久性及生物降解性	180
10.1	溴系阻燃剂	181
10.2	溴系阻燃剂的环境归宿	182
10.3	生物降解和生物修复	182
10.3.1	生物好氧降解	183
10.3.2	生物厌氧降解	184
10.4	发展前景	185
	参考文献	185
11	生物法降解偶氮染料	186
11.1	偶氮染料对环境及人体的危害	186
11.1.1	偶氮染料	186
11.1.2	偶氮染料对环境的危害	186

11.1.3	偶氮染料对人体的毒性作用	187
11.2	偶氮染料生物处理方法	187
11.2.1	常规生物处理法	187
11.2.2	微生物技术	189
11.3	偶氮染料降解的好氧和厌氧机制	191
11.4	偶氮染料降解涉及的生物氧化酶	191
11.5	发展前景	192
	参考文献	192
12	农药的微生物降解	195
12.1	农药的分类	195
12.2	农药污染的现状、危害及原因	196
12.2.1	农药污染的现状	196
12.2.2	农药污染的危害	196
12.3	农药的微生物降解	198
12.3.1	降解农药污染的微生物	198
12.3.2	微生物降解农药污染的机理	199
12.3.3	影响微生物降解农药污染的因素	199
12.3.4	微生物降解农药污染存在的问题	200
12.3.5	微生物降解农药污染的新技术和新方法	201
12.3.6	微生物降解农药污染的应用	202
	参考文献	202
13	微生物絮凝剂	203
13.1	微生物絮凝剂的概述	203
13.1.1	微生物絮凝剂的优点	203
13.1.2	微生物絮凝剂的发展史	203
13.2	微生物絮凝剂的分类	204
13.3	微生物絮凝剂产生菌	204
13.4	微生物絮凝剂的化学成分及结构	205
13.5	微生物絮凝剂的絮凝机理	207
13.5.1	“桥联作用”机理	207
13.5.2	“电性中和”机理	207
13.5.3	“化学反应”机理	207
13.6	影响微生物絮凝剂的絮凝作用的因素	207
13.6.1	物化因素对絮凝剂的絮凝作用的影响	208
13.6.2	微生物高聚物絮凝剂分子量和分子结构对絮凝活性的影响	208
13.6.3	pH对微生物高聚物絮凝剂絮凝活性的影响	208
13.6.4	温度对微生物高聚物絮凝剂絮凝活性的影响	208
13.6.5	金属离子对微生物高聚物絮凝剂絮凝活性的影响	208
13.7	生物因素对絮凝剂絮凝作用的影响	208
13.7.1	微生物高聚物絮凝剂产生菌的培养条件	209

13.7.2	培养基组成对微生物高聚物絮凝剂产生的影响	209
13.7.3	培养基 pH 对微生物高聚物絮凝剂产生的影响	210
13.7.4	培养基温度对微生物高聚物絮凝剂产生的影响	210
13.7.5	通气量对微生物高聚物絮凝剂产生的影响	210
13.7.6	其他因素对微生物高聚物絮凝剂产生的影响	210
13.8	微生物絮凝剂的应用	210
13.8.1	回收废水中有效成分及去除污染物	210
13.8.2	活性污泥性能改善和污泥脱水处理	211
13.8.3	发酵液后处理及对生物细胞的絮凝	211
13.8.4	橡胶产业用于提高脱脂橡胶的产量	211
13.9	微生物絮凝剂的研究动向和新的研究方法	211
13.10	微生物絮凝剂的开发和存在的问题	211
	参考文献	212
14	生物表面活性剂及其在重金属污染修复中的应用	214
14.1	生物表面活性剂	214
14.1.1	生物表面活性剂的定义及分类	214
14.1.2	生物表面活性剂的结构和性能	214
14.1.3	生物表面活性剂的生产	215
14.1.4	生物表面活性剂的制备条件优化	215
14.2	生物表面活性剂在重金属污染修复中的应用	216
14.2.1	鼠李糖脂 (rhamnolipid)	216
14.2.2	皂角苷 (saponin)	217
14.2.3	槐糖脂 (sophorolipid)	217
14.2.4	枯草杆菌表面活性剂 (surfactin)	218
14.3	生物表面活性剂去除重金属作用机制的研究和影响因素	218
14.3.1	生物表面活性剂去除重金属作用机制	218
14.3.2	影响重金属去除效率的因素	218
14.4	发展前景	219
	参考文献	219
15	有效微生物菌群技术及在环保中的应用	222
15.1	有效微生物菌群 (EM) 技术的基本机理	222
15.2	EM 在污水处理中的应用	223
15.2.1	EM 在城市生活污水治理中的应用	223
15.2.2	EM 在工业废水治理中的应用	225
15.3	EM 技术在净化空气、生物技术除臭方面的应用	226
15.4	EM 在土壤净化中的应用	226
15.5	EM 在垃圾处理中的应用	227
15.6	发展前景	227
	参考文献	227
16	固定化微生物技术	229

16.1	固定化方法及其载体的选择	229
16.1.1	固定化的方法	229
16.1.2	载体的选择	231
16.2	固定化微生物技术在废水处理中的应用	231
16.2.1	难降解有机废水的处理	231
16.2.2	重金属废水的处理	232
16.2.3	高浓度有机废水的处理	232
16.2.4	含氮含磷废水的处理	232
16.3	发展前景	232
	参考文献	233
17	酶制剂处理污染物技术	234
17.1	酶制剂在污染物处理中的应用	234
17.1.1	过氧化物酶对酚类废水的处理	234
17.1.2	有机磷农药降解酶	235
17.2	酶制剂在废水处理中的应用	236
17.3	酶制剂的固定化	237
17.4	酶制剂在废弃物处理中的应用	237
17.4.1	脂肪酶	237
17.4.2	角蛋白酶	238
17.4.3	纤维素酶	238
17.4.4	其他酶制剂	238
	参考文献	239
18	同步硝化反硝化生物脱氮技术	240
18.1	生物脱氮原理	240
18.1.1	生物脱氮过程	240
18.1.2	除氮细菌的种类	240
18.1.3	生物脱氮	241
18.2	同步硝化反硝化脱氮技术	242
18.2.1	含义	242
18.2.2	优点	243
18.2.3	可行性	243
18.2.4	特点	243
18.3	MBBR 同步硝化反硝化脱氮技术	243
18.3.1	移动床生物膜反应器	243
18.3.2	主要控制因素	243
18.4	发展前景	244
	参考文献	244
19	共代谢技术处理难降解有机物	246
19.1	难降解污染物的来源	246
19.2	共代谢技术研究	247

19.3	共代谢作用的特点	247
19.4	共代谢的影响因素	247
19.4.1	生长基质的选择	247
19.4.2	生长基质和非生长基质浓度的比例	248
19.4.3	能量物质	248
19.4.4	营养物质	248
19.4.5	菌种的影响	248
19.5	共代谢作用处理难降解性污染物的工艺研究	248
19.5.1	共代谢中的厌氧与好氧工艺选择	248
19.5.2	好氧工艺中溶解氧浓度的选择	249
19.5.3	生物膜反应器在共代谢反应的应用	249
19.5.4	序批式生物膜反应器 (SBMR) 开发与应用	250
19.6	发展前景	251
	参考文献	252
20	荧光定量 PCR 技术在环境中的应用	253
20.1	实时荧光定量 PCR 技术的定量原理	253
20.2	荧光定量 PCR 的荧光化学基础	253
20.2.1	荧光基团原理	253
20.2.2	荧光定量 PCR 的分类方法	254
20.3	实时荧光定量 PCR 的优点与不足	254
20.3.1	优点	254
20.3.2	不足	254
20.4	荧光定量 PCR 的应用	254
20.4.1	国外应用现状	255
20.4.2	国内应用现状	255
	参考文献	256
21	污染环境的生物修复技术	258
21.1	环境生物修复机理	258
21.1.1	生物修复的特点及类型	258
21.1.2	生物修复微生物	258
21.1.3	多环芳烃的生物修复	259
21.1.4	重金属的生物修复	259
21.1.5	微生物修复的影响因素	260
21.2	微生物对有机污染物的修复	260
21.2.1	有机污染物修复机理	261
21.2.2	影响微生物降解有机污染物的因素	261
21.3	污染土壤的微生物修复	261
21.3.1	重金属污染土壤的微生物修复机理	261
21.3.2	有机污染土壤的微生物修复机理	262
21.4	地下水污染修复中的生物化学原理	262

21.4.1	地下水污染的迁移	262
21.4.2	地下水环境的修复技术	263
21.4.3	地下水的微生物修复	263
21.5	含硫废气微生物处理	263
21.5.1	传统废气脱硫方法	263
21.5.2	微生物烟气脱硫原理	263
21.6	固体废物生物修复	263
21.6.1	固体废物分类	263
21.6.2	生物处理	264
	参考文献	264
22	高效功能性浸矿菌群及其应用	265
22.1	浸矿微生物	265
22.1.1	浸矿高温菌	265
22.1.2	中等高温菌	266
22.1.3	极端高温菌	266
22.2	培养与鉴定方法	267
22.2.1	培养基	267
22.2.2	基于分子生物学鉴定方法	267
22.3	发展前景	270
	参考文献	270
23	细菌纤维素及其在燃料电池中的应用	272
23.1	细菌纤维素的生物合成	272
23.1.1	细菌纤维素生产菌种	272
23.1.2	细菌纤维素的生物合成途径及调控	272
23.2	细菌纤维素的结构和理化特性	275
23.2.1	细菌纤维素的结构	275
23.2.2	细菌纤维素的理化特性	276
23.3	细菌纤维素的应用	277
23.3.1	在食品工业中的应用	277
23.3.2	在造纸工业中的应用	278
23.3.3	在音响振动膜上的应用	278
23.3.4	在生物医学材料上的应用	278
23.3.5	在固定化载体上的应用	278
23.3.6	在渗透汽化膜上的应用	279
23.4	燃料电池及 BC 在燃料电池中的应用	279
23.4.1	燃料电池概述	279
23.4.2	纤维素及其衍生物在燃料电池中应用	280
23.4.3	细菌纤维素在燃料电池上的应用	281
	参考文献	282
24	微藻微生物燃料电池技术	285

24.1	微藻制取生物柴油·····	285
24.1.1	微藻生产生物柴油·····	285
24.1.2	富油微藻的筛选·····	286
24.1.3	构建富油微藻工程菌·····	286
24.2	微生物燃料电池技术·····	287
24.2.1	微藻阳极型微生物燃料电池·····	287
24.2.2	高效微藻阴极型微生物燃料电池·····	288
24.2.3	微生物燃料电池的应用·····	288
24.3	发展前景·····	289
	参考文献·····	290

1 绪 论

生物技术 (biotechnology) 是以分子生物学、分子遗传学、微生物学、生物化学及细胞学的理论和技术为基础, 结合化学工程、计算技术等现代工程技术, 运用生物学的最新成就, 定向地改造物种, 再通过合适的生物反应器, 对这类“工程菌”或“工程细胞株”进行大规模的培养, 以生产大量有用的代谢产物或发挥它们独特生理功能的一门新兴技术。生物技术是以 DNA 分子技术为基础, 包括微生物工程、细胞工程、酶工程和基因工程等一系列生物高新技术的总称。它不仅在农作物改良、医药研究、食品工程方面发挥着重要作用, 在治理污染、环境生物监测等方面也发挥着重要的作用。生物技术在处理环境污染物方面具有速度快、消耗低、效率高、成本低、反应条件温和及无二次污染等显著优点, 加之其技术开发所预示的广阔的市场前景, 受到了各国政府、科技工作者和企业家的高度重视。

生物是构成生态系统的要素, 生态系统内物质循环主要依靠生物过程来完成。应用环境生物技术处理污染物时, 最终产物大都是无毒无害、稳定的物质, 如二氧化碳、水和氮气。因此它是一种消除污染安全而彻底的方法。尤其是基因工程、细胞工程和酶工程等现代生物技术的飞速发展和应用, 大大强化了上述环境生物处理过程, 使生物处理具有更高的效率、更低的成本和更好的专一性, 为生物技术在环境保护中的应用展示了更为广阔的前景。

1.1 环境生物技术

环境生物技术 (environmental biotechnology, 也称为 environmental bioengineering) 是一门由现代生物技术与环境工程相结合的新兴交叉学科; 它涉及众多的学科领域, 包括生物技术、工程学、环境学和生态学等; 它既具有较强的基础理论, 又具有鲜明的技术应用特点。环境生物技术采用现代分子生物学和分子生态学的原理和方法, 充分利用各种环境生物的生物体、生物代谢过程和产物, 进行生物净化、生物修复、生物转化和生物催化, 从污染治理、清洁生产到可再生资源利用, 多层面、全方位地解决工业和生活污染、农业和农村面源污染、荒漠化和海水污染等问题。

根据环境生物技术技术特点可将其分为三个层次: 第一层次是指以基因工程为主导的现代污染防治生物技术, 如基因工程菌的构建、抗污染型转基因植物的培育等; 第二层次是指传统的生物处理技术, 如活性污泥法、生物膜法, 及其在新的理论和技术背景下产生的强化处理技术和工艺, 如生物流化床、生物强化工艺等; 第三层次是指利用天然处理系统进行废物处理的技术, 如氧化塘、人工湿地系统等。环境生物技术的三个层次均是污染治理不可缺少的生物技术手段。第一层次的环境生物技术需要以现代生物技术知识为背景, 为寻求快速有效的污染治理与预防新途径提供了可能, 是解决目前出现的日益严重且复杂的环境问题的强有力手段; 第二层次的环境生物技术是当今废物生物处理中应用最广泛的技术, 其技术本身也在不断改进, 新的科学技术也不断渗入, 因此, 它仍然是目前环境污染治理中的主力军; 第三层次的环境生物技术, 其最大特点是充分发挥自然界生物净化环境的功能, 投资运

行费用低,易于管理,是一种省力、省费用、省能耗的技术。

在实际应用过程中,各种工艺与技术之间相互交叉、相互渗透,甚至将三个层次集中为一体,在水污染控制、大气污染治理、有毒有害物质的降解、清洁能源的开发、废物资源化、环境监测、污染环境的修复和工业企业的清洁生产等方面,发挥着极为重要的作用。

1.2 环境生物技术在环境科学与工程中的应用

近年来,环境生物技术发展极其迅猛,无论是在生态环境保护方面,还是在污染预防和治理方面以及环境监测方面,都显示出独特的功能和优越性。环境生物技术在科学与工程中的应用极其广泛,其中包括:污水的生物处理、固体废物的生物处理、石油污染的生物降解、芳香族化合物的生物降解、卤代有机化合物的生物降解、有机农药在环境中的生物降解、危险性有机污染物的生物降解、污染环境的生物修复,以及地下水污染生物修复等。

1.2.1 环境生物技术在水污染治理中的应用

高浓度有机物废水的处理是水污染治理的重点难题。污水中有毒物质的成分十分复杂,包括各种酚类、氰化物、重金属、有机磷、有机汞等。微生物通过自身的生命活动可以解除污水的毒害作用,从而使污水中的有毒物质转化为有益的无毒物质,使污水得到净化。

1.2.1.1 好氧降解技术(aerobic degradation technology)

好氧降解技术包括活性污泥法和生物膜法。

(1) 活性污泥法(active sludge process) 活性污泥法是最传统的好氧生物处理技术,其工作原理是:在废水中通过曝气供氧,促进微生物生长形成活性污泥,利用活性污泥的吸附、氧化分解、凝聚和沉降性能来净化废水中的有机污染物。处理过程中,有机降解是依赖活性污泥的吸附与氧化分解能力,而泥水分离则是利用活性污泥的凝聚和沉降性能。活性污泥法中两项最基本的技术措施是:通过曝气来提高反应器水体中溶解氧的水平;通过污泥回流来保证反应器中的生物量与活性。基于活性污泥原理的新型生化处理技术中,较为典型和成功的是间歇式活性污泥法(SBR)和氧化沟(oxidation ditch)。间歇式活性污泥法是将初沉池、反应池和二沉池各工序放在同一反应器(SBR反应器)中进行,处理过程分为进水、反应、沉降、出水、闲置五个阶段。废水在SBR反应器的曝气过程中与污泥完全混合。完成降解反应后,停止曝气,活性污泥颗粒在静置中沉降,上层清水自反应器中排出。SBR法的特点是简化了工艺结构,提高了反应器的混合传质效率,投资少,反应易于操作控制。氧化沟亦称氧化渠或循环曝气池,其特点是采用横轴转刷或竖轴表面叶轮曝气来推动水流。该工艺能耗低,具有推流式和混合式两者的特征。

(2) 生物膜法(biomembrance process) 生物膜法是在处理污水的反应器中添加介质(填料)作为微生物附着的载体。在分解有机污染物的过程中,微生物在介质表面生长繁殖,逐步形成黏液状的膜,然后利用固着在介质表面的这种微生物膜来净化污水。在分解有机污染物的过程中,膜逐步增厚,形成表层好氧、内层兼氧和厌氧的微生态环境,因此生物膜法具有一定的厌氧降解功能。生物膜法具有无需污泥回流、膜的生物活性高、反应稳定等优点。生物膜法通常分为润壁型生物膜法(如生物滤池和生物转盘)、浸没型生物膜法(如接触氧化法)和流动床型生物膜法(如生物移动床和生物流化床)。不同类型的生物流化床在