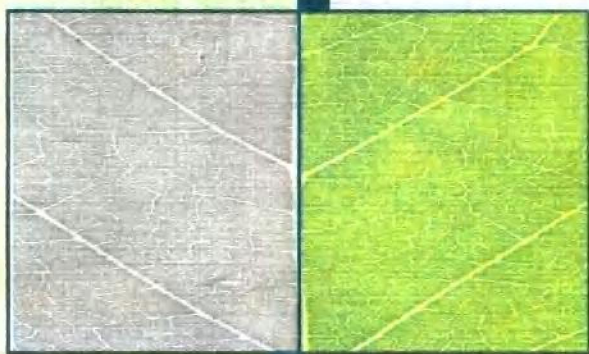


环境微生物工程

马文漪 杨柳燕 主编

顾宗濂 主审



南京大学山



2172
2

环境微生物工程

马文漪 杨柳燕 主编
顾宗濂 主审

南京农业大学出版社

内容提要

本书以环境生物工程所涉及的环境微生物学基础和环境生物工程实例为基本内容,相关的实验技术和工程技术贯穿其中,同时阐述了某些环境生物工程最新的研究与应用成果,为从事环境生物工程的基础研究和应用实践提供了技术思路和方法。

《环境生物工程》教材主要适用于环境生物学专业或其他相关环境科学专业的高年级专业课程,也可供其他从事环境事业的科技、生产和管理人员参考使用。

环境生物工程

马文漪 杨柳燕 主编

编著人员(姓名以笔画为序)

马文漪 孔繁翔 朱怀兰 安立超

杨柳燕 张 兴 张 彤 章 敏

崔益斌 程树培

*

南京大学出版社出版

(南京大学校内 邮编 210093)

江苏省新华书店发行 南京化工大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 17.75 字数 443 千

1998年3月第1版 1998年3月第1次印刷

印数 1-2000

ISBN 7-305-03049-X/Q·25

定价:22.00元

(南大版图书若有印、装错误可向承印厂退换)

序 言

人类经济社会的可持续发展与人类赖以生存的环境有着紧密相连的依存关系。人类文明和进步要求有一个清洁、美好的生存环境。

在人类创造适宜于自身生存环境的过程中,有理由高度重视自然界微生物对环境的重要作用。在碳、氮、磷、硫元素的全球循环转化中,微生物起着不可替代的动力作用。地球温室效应及温室气体包括 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 的通量及其源与汇,都与自然生态系统中的微生物活动有关。人类生产活动产生的环境污染物,无论是有机化学物或无机金属,均有可能通过微生物的降解、代谢或富集而去除;同时,环境污染物也可能抑制和威胁人类有益微生物或非目标微生物的生存。在人类为保护环境而采取的种种生物工程措施中,包括城市生活污水、工业废水和固体废弃物处理生物工程措施,实质上都离不开微生物及其酶的功用。人类甚至有可能通过遗传工程手段构建高效工程菌,去除环境中难降解的化合物或大幅度提高污染化学物的去除率。对于已被污染的环境生态系统,微生物具有生物修复功能,恢复环境的本来面貌。

阐明微生物与环境污染物的关系、微生物在地圈、水圈、大气圈、生物圈物质循环转化中的作用、微生物去除环境污染物的功能和机理,介绍微生物处理废弃物和净化环境的工程技术、人类活动致污染的生态系统的生物修复工程技术,是环境微生物工程学的任务。

本书作者从理论与实践两个方面,较全面地阐明了运用微生物工程技术治理污染、净化环境的基本原理和方法,着力概括治理的工艺和装备,以期本专业学生在学完本课程后,不仅有较坚实的理论基础,而且有能力从事微生物治理环境污染的工程实践。相信本书对于广大环境科学工作者也会有较大裨益。

顾宗濂

1996年8月

219182

前 言

《环境微生物工程》一书从基础理论、实验技术和治理工程三个方面反映微生物在污染控制领域内的研究与应用现状及发展趋势。参加该书编写的人员有马文漪、杨柳燕、孔繁翔、章敏、程树培、崔益斌、张彤、朱怀兰、张兴和安立超。他们分别来自南京大学、华东理工大学、华东师范大学、中国矿业大学和南京理工大学 5 所高校。中国科学院南京土壤研究所顾宗濂研究员主审本书并写了序言。南京大学郁文焕、曹幼琴和同济医科大学王家玲等专家对本书的编写给予极大的帮助。在此,向所有支持本书出版的同行专家和朋友们一并表示深切的谢意。

《环境微生物工程》一书是高年级本科生专业课教材,全书共分为 11 章。以基础理论和治理工程的内容为两大主体,有关的实验和工艺技术贯穿其中。微生物在污染治理工程中的高新技术和常规处理工程技术发展迅速。在该书中,从不同角度描述了高效菌株驯化、诱变、筛选和构建的理论与操作,常规处理工程的自动化控制与原位测量,生物修复工程产业化建立和微生物监测环境污染的生物指标使用等等的发展情况。本书侧重于基础理论和工程的教学内容,有关的实验技术和工艺技术内容仅作为沟通基础理论和治理工程之间的渠道。

环境微生物工程是环境微生物学与环境工程学及其他相关学科相互渗透的边缘性学科,它在污染治理领域内正发挥着非凡的作用。本书力求客观地反映这一领域的现状和发展趋势,以适应当今环境污染治理与环境科学高等教育的需要。鉴于时间、精力与水平的限制,该书很可能在许多方面存在疏漏和不足之处,热诚欢迎有关专家及广大读者批评斧正。

编 者

1996 年 12 月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 环境微生物工程的由来.....	(1)
第二节 环境微生物工程涉及的技术系统.....	(1)
第三节 环境微生物工程涉及的学科.....	(2)
第四节 环境微生物工程进展.....	(3)
第五节 怎样学习环境微生物工程课程.....	(4)
第二章 微生物类群与形态结构	(6)
第一节 微生物的分类.....	(6)
一、微生物的分类单位与命名	(6)
二、微生物的分类依据	(7)
三、微生物的分类系统	(8)
第二节 细菌和放线菌.....	(9)
一、细菌细胞的形态和排列	(10)
二、细菌的大小	(11)
三、细菌细胞的结构	(11)
四、细菌的繁殖	(15)
五、细菌的培养特征	(15)
六、放线菌的形态和结构.....	(17)
七、放线菌的繁殖	(17)
八、放线菌的培养特征.....	(18)
九、放线菌的代表属	(18)
第三节 其他原核微生物	(19)
一、蓝细菌	(19)
二、立克次氏体	(19)
三、支原体	(20)
四、衣原体	(20)
五、螺旋体	(21)
六、粘细菌	(21)
第四节 酵母菌	(21)
一、酵母菌的形态和结构.....	(22)
二、酵母菌的繁殖方式.....	(22)
三、酵母菌的培养特征.....	(22)

四、酵母菌的代表属	(22)
五、嗜杀酵母	(23)
第五节 霉菌	(23)
一、霉菌的形态和结构	(23)
二、霉菌的繁殖方式	(24)
三、霉菌的培养特征	(24)
四、霉菌的代表属	(24)
第六节 粘菌	(26)
一、粘菌的生活史	(26)
二、粘菌的形态	(26)
三、粘菌的繁殖	(27)
第七节 非细胞型微生物	(27)
一、病毒	(27)
二、亚病毒	(29)
第三章 微生物的生理生化	(30)
第一节 微生物的营养与生长	(30)
一、微生物的营养物质、营养类型和培养基	(30)
二、微生物生长的测定和微生物的生长规律	(34)
三、微生物的培养方式和纯培养分离法	(37)
四、环境因素对微生物生长的影响	(39)
第二节 微生物的代谢	(44)
一、微生物的主要产能方式	(44)
二、营养物质的分解	(45)
三、细胞物质的合成	(53)
四、代谢调节	(55)
第三节 微生物的遗传和变异	(61)
一、基因对遗传性状的控制	(61)
二、基因突变	(62)
三、菌种选育和诱变	(66)
四、基因重组	(71)
五、基因工程	(71)
六、菌种的衰退、复壮和保藏	(72)
第四章 微生物的生态	(74)
第一节 微生物在自然界中的分布	(74)
一、自然环境中微生物的生态学特点	(74)
二、土壤中的微生物	(75)
三、水域中的微生物	(77)
四、空气中的微生物	(78)

五、异常(极端)环境中的微生物	(78)
第二节 微生物与生物环境间的相互关系	(81)
一、共生	(81)
二、互生	(83)
三、寄生	(84)
四、拮抗	(85)
第三节 微生物在自然界物质循环中的作用	(86)
一、碳素循环	(86)
二、氮素循环	(90)
三、硫素循环	(93)
四、磷素循环	(95)
五、微生物的生物地球化学循环活动对环境造成的污染和危害	(96)
第四节 合成有机化合物和重金属对微生物的生态效应	(98)
一、去垢剂	(99)
二、塑料——合成聚合物	(99)
三、农药	(99)
四、重金属	(99)
第五章 环境微生物检测	(101)
第一节 水质指示微生物——大肠菌群	(101)
一、目的和原理	(101)
二、步骤和方法	(102)
三、在环境微生物检测中的应用	(104)
第二节 发光细菌的微毒检测	(104)
一、发光细菌检测的原理与操作	(105)
二、发光细菌法的应用	(106)
三、发光细菌法测定急性毒性的操作程序	(106)
第三节 污染物致突变性检测(Ames 试验)	(108)
一、目的和原理	(108)
二、步骤和方法	(108)
三、应用	(111)
第四节 分子生态毒理学指标在环境监测中的应用	(112)
一、分子生态毒理学	(112)
二、分子生态毒理学的指标研究	(112)
第五节 PCR 技术在环境微生物检测中的应用	(115)
一、PCR 的原理与操作	(116)
二、PCR 在环境微生物检测中应用的方法	(118)
三、PCR 在环境微生物检测中的应用	(118)
四、小结与展望	(119)
第六节 生物传感器技术	(119)

一、生物传感器定义与分类	(119)
二、生物传感器基本结构和工作原理	(120)
三、生物传感器应用于环境监测实例	(121)
第六章 微生物对污染物的降解和转化	(124)
第一节 微生物降解转化物质的巨大潜力	(124)
一、微生物个体微小,比表面积大,代谢速率快	(124)
二、微生物种类繁多,分布广泛,代谢类型多样	(125)
三、微生物降解酶	(125)
四、微生物繁殖快,易变异,适应性强	(125)
五、微生物体内还有另一种调控系统——质粒	(125)
六、共代谢作用	(125)
第二节 微生物降解动力学	(126)
一、指数速度模型	(126)
二、双曲线速度模型	(127)
三、有机化合物降解过程与降解反应速度方程的拟合性	(127)
第三节 石油的微生物降解	(128)
一、概述	(128)
二、降解机理	(129)
三、限制污染油生物降解的因子	(131)
第四节 人工合成有机化合物的微生物降解	(131)
一、多氯联苯	(131)
二、去垢剂	(133)
三、塑料	(134)
四、农药	(135)
第五节 金属的微生物转化	(136)
一、铁的氧化和还原	(136)
二、锰的氧化和还原	(138)
三、汞的氧化、还原和甲基化	(138)
四、砷的氧化、还原和甲基化	(139)
五、硒的氧化、还原和甲基化	(140)
六、其他重金属的微生物转化	(141)
七、重金属微生物转化的环境效应	(142)
第六节 煤的微生物脱硫与降解	(142)
一、煤炭微生物脱硫	(142)
二、煤炭生物液化	(144)
第七节 影响微生物降解转化作用的因素	(145)
一、微生物活性	(145)
二、化合物结构	(146)
三、温度	(147)

四、酸碱度	(147)
五、营养	(147)
六、氧	(148)
七、有机底物或金属的浓度	(148)
八、适应——驯化	(148)
第八节 治理污染基因工程菌	(149)
一、治理污染基因工程菌构建的基本过程	(150)
二、转化细胞的筛选与鉴定	(150)
三、目的基因的表达	(150)
四、连续发酵与追踪考察	(150)
第七章 有机污染微生物治理的一般原理和技术	(151)
第一节 概述	(151)
一、好氧处理	(151)
二、厌氧处理	(152)
三、兼氧(水解)处理	(153)
第二节 有机废水的微生物处理	(154)
一、活性污泥法	(154)
二、生物膜法	(157)
三、稳定塘处理法	(159)
四、厌氧处理法	(162)
五、光合细菌法	(164)
第三节 固体废弃物的微生物处理	(165)
一、堆肥	(166)
二、卫生填埋	(168)
三、厌氧发酵	(169)
第四节 大气污染的微生物处理	(170)
一、微生物吸收法	(170)
二、微生物洗涤法	(171)
三、微生物过滤法	(173)
第八章 废水的微生物脱氮除磷	(175)
第一节 概述	(175)
第二节 微生物脱氮	(176)
一、发展历程	(176)
二、基本原理	(176)
三、工艺流程	(177)
四、影响因素	(180)
五、应用实例	(185)
第三节 微生物除磷	(186)

一、发展历程	(186)
二、基本原理	(187)
三、工艺流程	(189)
四、影响因素	(191)
五、应用实例	(193)
第九章 几种重点污染行业废水的微生物处理工艺	(196)
第一节 高浓度有机废水的处理	(196)
一、酒糟废液生产饲料酵母	(196)
二、豆制品废水的厌氧好氧处理	(202)
第二节 造纸废水的处理	(204)
一、亚硫酸盐纸浆废液生产酒精	(204)
二、生物—物理化学法处理制浆黑液	(206)
三、碱法草浆中段废水生物处理	(208)
第三节 染料及印染废水的处理	(210)
一、厌氧—好氧工艺处理染料工业废水	(211)
二、用高效染料脱色菌和 PVA 降解菌混合培养液处理印染废水	(213)
三、水解—好氧工艺处理染色废水	(216)
第四节 重金属废水的微生物处理	(219)
一、微生物法治理电镀废水技术	(219)
二、硫酸盐生物还原法处理含锌废水	(220)
第十章 废水微生物处理工程的设计步骤和方法	(224)
第一节 废水处理工程设计步骤与方法	(224)
一、设计前期工作	(224)
二、初步设计	(236)
三、施工图设计	(238)
第二节 废水微生物处理工艺设计实例剖析	(238)
一、设计依据	(238)
二、生物接触氧化池计算	(238)
三、原位测量和自动控制设计	(240)
第三节 废水处理工程图	(241)
一、废水处理工程总图	(241)
二、废水处理构筑物工艺图	(246)
第十一章 生物修复技术	(250)
第一节 概述	(250)
一、基本概念	(250)
二、背景和发展	(250)
第二节 生物修复技术的原理	(254)

一、用于生物修复的微生物	(254)
二、生物修复的影响因素	(256)
第三节 生物修复的可行性研究	(261)
一、评价生物修复可行性的程序	(261)
二、可处理性试验	(261)
第四节 生物修复工程技术	(263)
一、土壤生物修复工程技术	(263)
二、地下水生物修复工程技术	(266)
第五节 应用实例	(266)
主要参考文献	(268)

第一章 绪 论

第一节 环境微生物工程的由来

环境微生物学是研究人类生存环境与微生物之间的相互关系与作用规律的科学，它着重研究微生物对人类环境所产生的有益与有害的影响，阐明微生物、污染物与环境三者之间相互关系及作用规律。将发现的规律进行归纳分析，对其中应用的部分助以技术系统，加以工程化，即形成了环境生物工程。可以说环境微生物学是环境生物工程的基石和先导，神经和血液，相关的技术系统是环境生物工程的骨骼和双翼。环境微生物学起源于 20 世纪 60 年代，环境生物工程几乎与其同期诞生。在 60 年代之前虽然已有具体的利用微生物净化污染的工程实例，但是其中有关机理的研究和技术系统的应用层次均处于较低的水平，当时的环境生物工程还不足以一个完整独立的形象作为人们关注的技术系统。

生物工程即发酵工程，是现代生物工程的主体组成部分之一，它与基因工程、细胞工程和酶工程等高新生物技术相互关联，共同创造生命科学时代的辉煌。生物工程以生产药物、食品和工业原料等有用物质为根本目标。环境生物工程需要借用生物工程的原理、技术和设备，但是不仅仅局限于此，因为环境生物工程不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。环境生物工程可以出现在自然生态系统之中，而不仅仅局限于一个工厂的范围之内。

环境生物工程中起主体作用的是微生物或其生物制品，应用的范围是目标环境，贯穿其间的是相关技术系统，通过工程技术的实施达到清除污染造福人类的根本目的。环境生物工程是环境工程的组成部分。80 年代废水生物处理工程引用了高效菌株和自动化控制反应技术，成为现代生物工程产业化的典型例证，也是环境生物工程的具体成果。

第二节 环境生物工程涉及的技术系统

环境生物工程由基础研究和工程实施两部分组成。其中的技术系统必须与微生物的研究、开发和利用相结合，还必然具有环境工程的特征，其涉及的技术系统可以归纳如下：

1. 微生物菌株筛选、驯化、鉴定、结构、功能、生理生化、遗传变异及污染物降解、转化途径测定的实验技术。
2. 基因工程、酶工程、发酵工程和细胞工程等高新生物技术。
3. 环境污染的物化监测及微生物监测等分析技术。

4. 污染物净化过程中原位测量, 自动化控制与信息传递技术。

5. 工业化处理工程要涉及水力系统、机械系统、电力系统、构筑系统、供气系统和监测控制系统的设计与制图技术等。

6. 生态系统中的环境微生物工程除了需要工业化有关的技术之外, 还需补充生态技术和其他有关技术。

7. 应用微生物菌体及其生物制品转化污染物为有用物质或建立清洁生产工艺, 其技术手段主要是利用微生物工程的发酵设备系统。该系统能有效地防止其他微生物的污染, 并且能够连续发酵, 提高设备的利用率, 降低生产成本。

8. 用于环境微生物工程的经济效益分析、环境效益分析和社会效益分析的计算机等现代信息处理技术。

上述提及的 8 个方面技术系统中前 4 条侧重于基础及应用基础研究, 后 4 条侧重于环境微生物的工程建立与运行。事实上, 一项具体的环境微生物工程完全可能涉及到上述列举的所有技术系统, 甚至可能超出这个范围。由此可见, 环境微生物工程具有技术多样性和复合型的特征。环境微生物工程经常针对的是各种类型的污染物或污染现场, 而不能使用单一固定的培养基配方; 环境微生物工程往往以种群发挥主体功能而不仅仅靠单一菌株; 环境微生物工程面对的往往是污染的生态系统而不仅仅是一个反应器或一群构筑物中的反应处理条件。这些因素均决定了环境微生物工程必然需要多种技术的配合, 特别是高新技术的参与; 这既需要强化基础研究, 又需要周密地设计有关的工艺与工程实施。

第三节 环境微生物工程涉及的学科

根据环境微生物的基础研究和应用层次分析, 相关工程所涉及的学科范围可概述如下:

1. 环境微生物工程的建立和运行之中均需对有关微生物进行基础研究, 它涉及到微生物学、细胞学、生理生化学、分子生物学和遗传学等。

2. 环境微生物工程中构建新菌株要涉及到基因工程、细胞工程、酶工程和分子遗传学等相关学科。

3. 环境微生物工程中污染物的降解转化及监测评价要涉及到环境化学、环境生物学、环境地学、环境卫生学、环境毒理学和环境监测与评价等。

4. 环境微生物工程中对污染物原位测量和自动化控制要涉及信息科学、电子工程技术、仪器分析科学和计算机科学等。

5. 应用发酵工程技术使污染物净化和资源化或建立清洁生产工艺的环境微生物工程要涉及工业微生物学和化工机械学等。

6. 在自然环境中建立环境微生物修复工程要涉及土壤学、水力学、气象学和生态学等。

7. 对环境微生物工程进行预算和评价要涉及经济学、法律学、环境规划管理和系统工程等。

上述 7 个方面所涉及的学科门类已达 30 多种, 实际上要远远超出这个数目, 涉及的学科之间也不可能按上述 7 个方面进行严格地划分, 在各个应用层次中, 完全可能需要众多学科知识的相互配合。正如涉及的技术系统一样, 各门学科知识之间既相互渗透又相互配合, 紧紧地围绕着环境微生物工程的目标, 发挥多学科的综合效应。

第四节 环境微生物工程进展

环境微生物工程清除污染及实现废物资源化或建立清洁生产工艺已取得了显著的成就,主要体现在以下几个方面:

1. 土著菌的开发利用 自然界存在着大量的微生物菌株资源,从中筛选并经驯化可以获得去污高效菌株或微生物类群,直接用于环境微生物工程。例如常规废水生物处理工程设施中的微生物类群,往往是直接从自然环境中获取的微生物,经过驯化之后,形成理想的群落结构和优势种群,执行其净化功能。

印染废水、农药生产废水和尾矿废水的处理菌株,塑料降解、石油污染清除和垃圾堆肥菌株均可以从自然界直接筛选驯化获得。这类污染物的降解一般需要多种菌株的参与,单一菌株难以完成有机污染物特别是人工合成污染物降解的复杂过程。

污染环境中的微生物往往是环境微生物工程获取菌株的重要场所,从农药污染的水体或土壤中筛选驯化菌种用以处理农药生产废水,从石油污染的水体或土壤中筛选驯化菌种用以清除石油污染等等都是目前广泛应用的较为快速而成熟的获取菌种的途径。

2. 构建遗传工程菌用于环境微生物工程 从自然界筛选驯化获得的土著菌有时不能满足治理工程的需要。土著菌细胞内可能含有降解特定污染物的生物酶基因编码,但是它的繁殖速度和处理污染物的效率及适应能力可能达不到人类的要求。如果将其有关的基因转入繁殖速度快适应能力强的受体菌细胞内,则可能构建出兼具多种优势的新型工程菌。基因工程菌用于环境微生物工程的成功事例有清除石油污染的基因工程菌、降解化学农药的基因工程菌、降解塑料的基因工程菌和降解木质素的基因工程菌等等。

3. 野外污染现场采用的环境微生物修复工程,类型多种多样 把发酵罐装置安放在野外处理现场,源源不断地提供菌体,用于治理目标水土环境,使环境微生物目标菌株在净化环境中始终占据优势,这是室内与室外环境微生物工程相结合的一种方式。大量的野外环境微生物工程并无发酵罐相随。环境微生物多以菌体的固体或液体的形式,或以微生物的其他生物制品的形式投放于目标环境之中,达到清除污染的目的。

生物修复(Bioremediation)是近几年兴起的生物治理技术,它最初的主要目标是利用微生物清除土壤和水体包括地下水中的污染。由于高新生物技术系统的利用和对其他传统技术的改革与创新,使得生物修复发展成一项颇具生命力的产业。环境微生物在生物修复工程中占据中心位置。因为生物修复面对的是自然环境,所以其他因素,包括植物、动物和理化等因素对生物修复的影响也不可忽视。

4. 污染物资源化及建立清洁生产工艺的环境微生物工程 污染物资源化成熟的例证有应用酵母和光合细菌净化高浓度有机无毒废水生产单细胞蛋白等,在高效净化废水的同时生产饲料和饵料。利用废纤维素生产燃料乙醇、利用有机废物生产甲烷、利用木材废弃物所含半纤维素生产木糖及木糖醇,已成为废物能源化的有效途径。在经济发达国家,废物能源化已建立产业并纳入国家生物能源资源开发的长远战略目标之中。

生物制浆造纸工艺是环境微生物工程在清洁生产工艺中一个最新而醒目的例证。生物制浆是利用环境微生物菌体或其酶制剂降解原料中的木质素,释放出其中的纤维素和半纤维素用于造纸制浆。由此改变了化学制浆、机械制浆和化学机械制浆废水中大量木质素污染状

况。从自然界筛选出的菌株中含有降解木质素酶类的基因编码，将这类基因转入高效表达的受体菌细胞内的基因工程已获得成功。生物制浆的清洁工艺在某些发达国家中已获得突破。它既能回避传统工艺所造成的严重污染现象，又能提高纸张的质量，还可以降低生产成本。

5. 基础研究 环境生物工程是环境微生物学基础及应用基础研究、生物技术和其他工程技术相结合产物。环境生物工程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微生物工程中高新技术的前沿课题目标之一。利用环境微生物分子遗传学指标和生理生化指标作为生物标志 (Biomarker) 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工程不断达到更高更新的层次。

第五节 怎样学习环境生物工程课程

环境生物工程涉及的学科广泛，相关的技术系统庞大，不可能用一本教材或一门课程囊括所有的内容，作为一门课程的学习应注意以下几个方面：

1. 环境生物工程虽属工科课程，但是其中的基础研究占有极为重要的位置。因为微生物是活的生命形式，它在环境微生物工程中起主导作用，所以相关的技术系统和工程设施必须为发挥微生物最佳功能这个中心目标服务。如果仅靠成形的技术和工程实施，忽视其中微生物相关规律的研究，那么即便有最先进的技术配套也难以使微生物发挥最佳的净化功能。这是环境生物工程有别于机械工程、电子工程和建筑工程等其他工程的重要特征。

2. 环境生物工程需要以扎实的基础研究为先导，全面打好有关学科的基础是必不可少的前提，尤其是生命科学的相关学科。在环境生物工程这门课程的教学中，不可能全面讲授有关的基础课内容或专业基础课内容。

3. 环境微生物工程中除了生物技术工程之外，还涉及其他大量的技术系统和工程施工的具体内容。这就要求在学习这门课程时，学生需要具备必要的工程学基础，如工艺流程设计、设备安装工程制图和计算机自控系统应用等等。

4. 加强动脑动手能力和提高素质的训练，要掌握有关实验的原理，准确了解实验操作过程中每一环节的实际意义，独立操作完成实验任务，认真归纳分析实验结果，明确有关实验在环境生物工程中的基本作用，同时参照或选用国内外有关最新实验技术与方法，使得理论学习通过实验得以深化和提高。

对于环境微生物工程中有关工程硬件内容的学习要准确到位，增加实际操作与动手的能力。除了课堂学习之外，可以认真考察参观有关的具体工程，并参与现场工程或小试工艺设计，使得环境微生物工程的学习得以具体化和整体化。

5. 环境生物工程发展迅速，在学习时应该阅读国内外有关的最新资料，了解发展的前沿动态，开阔思路，增加内涵。

6.《环境微生物工程》这本教材侧重于相关的微生物学基础和某些环境微生物工程的典型例证。主要用作环境科学理科专业高年级学生的专业课教材。教材的两大块内容设计旨在将环境微生物工程的理论基础与相关工程之间加以沟通。其中理论基础侧重于环境微生物学，而工程实例则侧重于环境微生物技术的连接和工艺流程的设计。

应该再次强调，要完整地掌握环境微生物工程的学习内容仅依靠本教材是难以完成的。但是通过本课程的学习，通过对具体环境微生物工程实例的了解，能够从中掌握环境微生物工程的研究与应用的基本思路，理解有关技术系统组合的科学性和适用性，具备必要的动手能力，从而为打开污染治理科学的另一扇大门获取新的钥匙。在高新技术飞速发展的年代，以勇攀高峰的志气和才能去创造人类更加幸福的高质量的生存环境。