



国家级职业教育规划教材


全国高职高专环境保护类专业规划教材 QUANGUO GAOZHI GAOZHUAN HUANJINGBAOHULEI ZHUANYE GUIHUAJIAOCAI

环境工程微生物技术

教育部高等学校高职高专环保与气象类专业教学指导委员会 组织编写

主 编 钟 飞
副主编 王中华 郭有才
主 审 王有志

HUANJING GONGCHENG WEISHENGWU JISHU

 中国劳动社会保障出版社

全国高职高专环境保护类专业规划教材

环境工程微生物技术

教育部高等学校高职高专环保与气象类专业教学指导委员会组织编写

主 编 钟 飞
副主编 王中华 郭有才
主 审 王有志

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

环境工程微生物技术/钟飞主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2010
全国高职高专环境保护类专业规划教材
ISBN 978-7-5045-8313-0

I. ①环… II. ①钟… III. ①环境生物学:微生物学-高等学校:技术学校-教材
IV. ①X172

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 086969 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码:100029)

出版人:张梦欣

*

世界知识印刷厂印刷装订 新华书店经销
787毫米×1092毫米 16开本 16.75印张 383千字
2010年5月第1版 2010年5月第1次印刷

定价:31.00元

读者服务部电话:010-64929211

发行部电话:010-64927085

出版社网址:<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话:010-64954652

全国高职高专环境保护类专业规划教材编委会

- 主任** 林振山 南京师范大学，教授、博士生导师，教指委主任
- 副主任** 李元 云南农业大学，教授、博士生导师，教指委副主任
- 王国祥 南京师范大学，教授、博士生导师，教指委秘书长
- 张宝军 徐州建筑职业技术学院，博士、教授，教指委委员
- 王灿发 中国政法大学，教授、博士生导师，中国法学会环境资源法研究会副会长
- 谷峡 黑龙江建筑职业技术学院，教授

委员（排名不分先后）

- 朴光洙 中国环境管理干部学院
- 王有志 黑龙江建筑职业技术学院
- 王英健 辽宁石化职业技术学院
- 史永纯 黑龙江生态工程职业学院
- 吴卫东 江苏盐城技师学院
- 钟飞 南京化工职业技术学院
- 汪葵 江西环境工程职业学院
- 赵育 中国环境管理干部学院
- 王怀宇 邢台职业技术学院
- 马英 邢台职业技术学院
- 郭军 黑龙江生态工程职业学院
- 谭慧明 辽宁工业大学
- 龚贵生 徐州建筑职业技术学院
- 王存海 邢台职业技术学院

刘明华 河北秦皇岛市环境监测站
姜松歧 哈尔滨市固废辐射管理中心
牛树奎 北京林业大学
谷群广 邢台职业技术学院
崔宝秋 锦州师范高等专科学校
丁邦东 扬州工业职业技术学院
展惠英 甘肃联合大学
彭波 南京化工职业技术学院
王政 中国环境管理干部学院
关贺群 黑龙江省伊春林业学校
梁贤军 四川化工职业技术学院
郭春明 黑龙江建筑职业技术学院
刘青龙 江西环境工程职业学院
裘建平 金华职业技术学院
雷颀 南昌理工学院
石碧清 中国环境管理干部学院
颜廷良 江苏盐城技师学院
王中华 泰州职业技术学院
叶兴刚 十堰职业技术学院
郭有才 邢台职业技术学院
段晓莹 邢台财贸学校
焦桂枝 河南城建学院
马永刚 黑龙江生物科技职业学院
吴琦 哈尔滨工程大学
梁晶 黑龙江生态工程职业学院
张朝阳 长沙环保职业技术学院
丁可轩 黄河水利职业技术学院
连志东 北京市环境保护局

序 言

环境保护是伴随人类社会经济发展的永恒主题，我国党和政府一贯高度重视环境保护工作。近年来，随着我国经济建设的快速发展，社会和企业对环境保护应用型人才的需求日益扩大，这给高职高专环境保护专业建设带来了新的机遇和挑战。为了更有力地推动环境保护专业教育的发展和专业人才的培养，加强教材建设这一专业建设的重要基础工作，教育部高等学校高职高专环保与气象类专业教学指导委员会（以下简称“教指委”）与人力资源和社会保障部教材办公室结合各自的领域优势，共同组织编写了“全国高职高专环境保护类专业规划教材”。本套教材包括《环境监测》《水污染控制技术》《大气污染控制技术》《噪声污染控制技术》《固体废物处理与处置》《污水处理厂（站）运行管理》《环境保护概论》《环境管理》《环境生态学基础》《环境影响评价》《环境法实务》《环境工程制图与CAD》《室内环境检测》《环境保护设备及其应用》《环境专业英语》《环境工程微生物技术》《环境工程给水排水技术》等17种。

本套全国规划教材的编写力求满足高职高专环境保护类专业课程体系和课程教学的新发展，立足教学现状，力求创新，在吸收已有教材成果的基础上，将本学科的最新理论、技术和规范纳入教学内容，并与国家最新的相关政策标准、法律法规保持一致。为满足培养应用型人才目标的需要，整套教材加强了职业教育特色，避免大量理论问题的分析和讨论，强调以实际技能和职业需求带动教学任务，技能实训部分采用项目模块化编写模式，提倡工学结合，增加可操作性和工作实践性，为学生今后的职业生涯打下坚实的基础。同时，教材中每章列有学习目标、章后小结和形式多样的复习题，便于学生理清知识脉络、掌握学习重点；丰富的课外阅读材料使学生的学习增加了兴趣，拓宽了视野。

在本套教材开发过程中，在教指委的组织指导下，全国20余所高等院校、科研院所近百名专家和老师积极参与了教材的编写和审订工作，在此向他们表示衷心的感谢！

我们相信，本套教材的出版必将为我国高职高专环境保护类专业的发展和教材建设作出重要的贡献。因时间及其他因素制约，教材中难免存在不足之处，恳请相关领域的专家学者和广大师生提出宝贵的意见。

全国高职高专环境保护类专业规划教材编委会

2009年6月

内 容 简 介

本书以微生物类群、微生物生理和微生物生态等知识为基础，重点对环境污染生物降解与转化的微生物学原理，微生物技术在废水处理、固体废物处理和气态污染物处理中的应用等知识进行了系统而又全面的阐述；本书每章均编排了小结、练习题以及技能实训项目，目的是在保证传授理论知识的前提下，突出技能的培养。

本教材为教育部高等学校高职高专环保与气象类专业教学指导委员会组织编写的全国高职高专环境保护类专业规划教材之一，是环境高职高专相关专业师生教学用书，也适合环境技术人员培训使用，还可供水污染处理技术人员阅读。

前 言

微生物在生态系统中的作用举足轻重，它不仅维持生物圈的生态平衡，而且也维持着生态系统的物质平衡和能量流动，尤其是微生物在环境污染物的去除方面所具有的巨大潜力，使得微生物在环境污染治理、维持生态平衡方面的作用显得更加独树一帜。随着环境工程微生物学研究的不断深入以及现代生物技术的崛起，为微生物技术广泛应用于环境污染的治理注入了新的活力。

环境工程微生物技术是关于微生物学原理和技术在环境工程中的应用与实践，内容涉及环境科学、微生物学、环境工程等诸多学科，相关的技术系统复杂。本书以高职教育培养高技能应用型人才的目标为出发点，注重基础知识能力与动手操作能力的培养，并考虑学生的可持续发展，系统而又全面地介绍了环境工程常见微生物类群、微生物生理、微生物生态等微生物学基础知识，以及微生物技术在环境工程中的应用。

本书每章配有章前学习目标、章后的小结和练习题，方便学生学习和掌握相关知识；同时，学生可以通过每章设置的技能实训项目的训练，提高动手操作能力，并进一步巩固基础知识。

本书为全国高职高专规划教材。全书共分九章，由南京化工职业技术学院钟飞担任主编并统稿，并负责编写第1章、第6章、第7章和第8章的部分内容；泰州职业技术学院王中华担任副主编，并编写第2章和第3章的部分内容；邢台职业技术学院郭有才担任副主编，并编写第5章和第8章的部分内容；第3章的部分内容、第4章和附录由南京化工职业技术学院权静编写；第9章由十堰职业技术学院叶兴刚编写。全书由黑龙江建筑职业技术学院王有志教授主审，并提出许多宝贵意见和建议，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中的错误和不足难以避免，恳请有关专家及读者批评指正。

编 者

2010年2月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 环境污染与环境工程	(1)
1.2 微生物技术与环境工程	(2)
1.3 环境工程微生物技术的基本内容	(5)
1.4 环境工程微生物技术的学习方法	(6)
本章小结	(6)
练习题	(7)
2 环境中常见的微生物类群	(8)
2.1 原核微生物	(9)
2.2 真核微生物	(21)
2.3 非细胞型微生物——病毒	(33)
本章小结	(35)
练习题	(36)
技能实训 1: 普通光学显微镜的使用	(37)
技能实训 2: 微生物的染色	(40)
3 微生物的生理特性	(44)
3.1 微生物的营养	(44)
3.2 微生物的代谢	(49)
3.3 微生物的生长	(56)
3.4 环境污染物降解微生物的分离培养	(60)
3.5 微生物的遗传变异	(63)
3.6 菌种的保藏与复壮	(65)
本章小结	(66)
练习题	(67)
技能实训 3: 微生物培养基的制备与灭菌	(68)
技能实训 4: 微生物的纯种分离	(72)
4 微生物生态	(76)
4.1 生态系统与生态平衡	(76)

4.2	土壤微生物生态	(80)
4.3	空气微生物生态	(83)
4.4	水体微生物生态	(85)
4.5	极端环境中的微生物	(88)
4.6	微生物与生物环境的关系	(89)
4.7	微生物对环境的污染与危害	(91)
	本章小结	(97)
	练习题	(97)
	技能实训 5: 水中细菌菌落总数的测定	(99)
5	污染物的生物降解与转化	(101)
5.1	环境污染物的生物降解与转化	(101)
5.2	微生物对污染物的作用	(104)
5.3	有机污染物的可生物降解性	(106)
5.4	影响污染物微生物降解转化的因素	(109)
5.5	典型有机污染物的生物降解	(112)
5.6	重金属的微生物转化	(119)
	本章小结	(121)
	练习题	(122)
	技能实训 6: 含酚废水降解菌的分离、纯化与筛选	(123)
6	废水生物处理技术	(126)
6.1	废水生物处理的基本原理与类型	(126)
6.2	好氧活性污泥法	(130)
6.3	好氧生物膜法	(146)
6.4	废水厌氧生物处理	(158)
6.5	稳定塘生物处理技术	(171)
	本章小结	(175)
	练习题	(176)
	技能实训 7: 好氧活性污泥的培养与驯化	(177)
	技能实训 8: 活性污泥和生物膜生物相的观察	(180)
7	废水生物脱氮除磷技术	(183)
7.1	废水中氮、磷及其危害	(183)
7.2	废水微生物脱氮技术	(184)
7.3	废水微生物除磷技术	(193)
7.4	废水同步生物脱氮除磷技术	(197)
7.5	废水脱氮除磷的工艺选择与设计	(202)

本章小结·····	(206)
练习题·····	(207)
技能实训 9: A ₂ /O 法同步脱氮除磷处理·····	(208)
8 固体废物与废气生物处理技术·····	(210)
8.1 固体废物的生物处理技术·····	(210)
8.2 废气的生物处理技术·····	(218)
本章小结·····	(223)
练习题·····	(224)
技能实训 10: 剩余污泥的厌氧消化·····	(225)
9 现代微生物技术在环境工程中的应用·····	(229)
9.1 固定化技术在环境工程中的应用·····	(229)
9.2 基因工程菌降解污染物技术·····	(233)
9.3 微生物絮凝剂·····	(235)
9.4 环境污染的微生物修复技术·····	(238)
本章小结·····	(240)
练习题·····	(241)
技能实训 11: 固定化微生物及其在含酚废水处理中的应用·····	(241)
附录·····	(244)
附录一 常用染色液的配制·····	(244)
附录二 几种常用的染色方法·····	(246)
附录三 教学用的培养基·····	(247)
附录四 几种常用的接种技术·····	(250)
参考文献·····	(253)

1 绪 论

本章学习目标

1. 了解环境污染问题的产生以及环境工程的任务。
2. 了解微生物在环境保护中的作用。
3. 掌握微生物的概念、分类及其特点。
4. 熟悉环境工程微生物技术的基本内容。

1.1 环境污染与环境工程

1.1.1 环境污染及其危害

环境污染是指人类活动导致环境质量下降而有害于人类及其他生物正常生存与发展的现象。作为环境产物的人类，在其生存和发展历程中，不断地通过各种社会性的活动来利用和改造环境，以满足其自身的需要。在此过程中，人类过分地依赖环境，无度地从环境中索取资源，并将大量的废弃物排放到环境中，大大地超过了生态环境所能承受的极限，从而导致了严重的环境污染。

首先，各种新兴工业的产生与迅速发展（如石油化工、造纸等），产生了大量的工业废水，化工废水、造纸废水、纺织印染废水、食品加工废水、屠宰废水、制药废水、酿酒废水以及发酵工业废水等源源不断地排入到江、河、湖、海等各种水体中，造成了严重的水体污染，如淡水湖泊的水华、近海的赤潮等。

其次，各种类型的工厂和越来越多的汽车，产生了大量富含 CO 、 CO_2 、 NO_x 、 SO_2 、 H_2S 、VOCs（Volatile Organic Compounds：挥发性有机物）、粉尘等有毒有害物质的废气，大气环境因大量废气排入而受到严重污染，因此导致的酸雨、光化学烟雾等，严重危害人身健康并造成了巨额财产损失。

另外，伴随着社会经济的快速发展，城市化进程不断加快，人类生活水平不断提高，从

而产生了大量的城市垃圾和生活污水；大量的城市垃圾和工业固废被堆置或填埋，加之长期以污废水灌溉农田或废水的土地处理，导致土壤和地下水的严重污染。

除此之外，人类社会还存在着严重的噪声污染和生物污染。

虽然环境污染问题从人类诞生之初就产生了，但环境污染真正影响到人类社会，乃至威胁到人类的生存与发展，则是在工业革命以后。无论是 20 世纪五六十年代著名的“八大公害事件”，还是近现代的“印度博帕尔毒气污染事件”和“切尔诺贝利核泄漏事件”，都震惊全世界，成千上万的人中毒或丧生，后果十分严重。

中国经济自 20 世纪 80 年代进入高速发展期，至今已取得举世瞩目的成就，但也造成了严重的环境污染，对中国经济的可持续发展产生了严重的影响。据不完全统计，在我国一些大城市的空气中，颗粒物和 SO_2 浓度超过国家标准和世界卫生组织标准的 2~5 倍；全国七大水系属于《地面水环境质量标准》5 类和劣 5 类水体的高达 26% 以上；80% 的湖泊动、植物全部坏死；城市垃圾正以每年 10% 的速度快速递增，许多地区已“垃圾围城”；在全球 20 个污染最严重的城市中，中国占了 16 个。权威数据表明，近十几年来，我国由于环境污染造成的经济损失约占 GDP 的 10%。由此可见，环境污染给中国造成的经济损失是非常巨大的。

1.1.2 环境工程及其任务

环境工程是在人类同环境污染作斗争，保护和改善人类生存环境质量的过程中形成和发展起来的一门新兴的、综合性的技术学科。它不仅研究防治污染和公害的技术和措施，而且研究自然资源的保护和合理使用，探索废弃物资源化技术，改进提高生产工艺，发展清洁生产，以及系统规划和科学管理区域环境，以获取最佳的环境效益、社会效益和经济效益。近几十年来，随着人们治理污染技术水平和认识水平的深入，环境工程学也得到迅速的发展。

环境工程涉及构成人类生存的五要素——空气、水、食物、热和光，其主要内容包括：水污染控制工程；大气污染控制工程；固体废弃物处理处置与管理工程；噪声污染控制工程；环境规划、管理和环境系统工程；环境监测与环境质量评价；清洁生产技术的推进与应用。

1.2 微生物技术与环境工程

微生物不是分类学上的概念，而是所有形体微小，必须借助显微镜才能看见的低等生物的总称，其中既包括细菌、放线菌、立克次氏体、支原体、衣原体、蓝细菌等原核微生物，也包括酵母菌、霉菌、原生动物、微小藻类等真核微生物，还包括非细胞型生物病毒和类病毒。

1.2.1 微生物的分类与命名

人们为了识别和研究微生物，将各种微生物按其客观存在的生物属性（如个体形态及大小、染色反应、菌落特征、细胞结构、生理生化反应、与氧的关系、血清学反应等）及它们的亲缘关系，有次序地分门别类排列成一个系统，从大到小，按界、门、纲、目、科、属、种等分类。把属性类似的微生物列为界，在界内从类似的微生物中找出它们的差别，再列为

门，以此类推，直分到种。“种”是分类的最小单位。种内微生物之间的差别很小，有时为了区分小差别可用株表示，但“株”不是分类单位。在两个分类单位之间可加亚门、亚纲、亚目、亚科、亚属、亚种及变种等次要分类单位。

在历史上，人们曾把所有生物划分为两界，即植物界和动物界。但自然界中有许多生物，将它们简单地归属于植物界或动物界都不合适。目前，较为普遍接受的是1969年由魏泰克(R. Whittaker)提出五界系统，即原核生物界、真核原生生物界、真菌界、植物界和动物界。在此基础上，有学者提出将不具有细胞结构的病毒单列一界，这就形成了生物分类学上的六界系统。

微生物的命名采用生物学中的二名法，即用两个拉丁文命名一个微生物的种。这个种的名称由一个属名和一个种名组成，属名和种名都用斜体字表达。属名在前，用拉丁文表示，首个字母大写，由微生物的构造、形状或由科学家的姓名而来，用以描述微生物的主要特征；种名在后，常用拉丁文形容词表示，首字母小写，用来描述微生物的次要特征。例如大肠埃希氏杆菌的名称是 *Escherichia coli*，金黄色葡萄球菌名称是 *Staphylococcus aureus* Rosenbach。

为了避免同物异名或同名异物，常在种名之后加上用正体字表达的命名者的姓氏和命名的年份，如枯草芽孢杆菌的名称是 *Bacillus subtilis* Cohn 1872，不过一般情况下，后面的正体字部分可以省略。如果只将细菌鉴定到属，没有鉴定到种，则该细菌的名称只有属名而没有种名，如芽孢杆菌属的名称是 *Bacillus*，梭状芽孢杆菌属的名称是 *Clostridium*。命名时也可在属名后面加 sp. (单数) 或 spp. (复数)，sp. 和 spp. 是种 species 的缩写。

1.2.2 微生物的特点

微生物具有多种特点，其生命活动与人类生活有着极其密切的关系。其特点主要有：

(1) 体积微小，结构简单

在所有生物类群中，微生物的结构相对简单，其体积也非常微小。其个体大小一般只能用微米(μm)表示，所以只能在显微镜下观察它们。如细菌、原生动物、单细胞藻类、酵母菌等都为单细胞生物。再如病毒，甚至连基本的细胞结构也不具备，其大小采用纳米(nm)来表示。因此，大部分微生物都能与环境直接进行物质的交换。认识微生物这一特性，对于研究微生物生理生态及在环境污染治理中的应用都有十分重要的意义。

(2) 种类多、分布广

目前，已经确定的微生物种数有10万种左右，其中细菌和放线菌约为1500种。近些年来，由于分离培养方法的改进，微生物的新种、新属、新科，甚至新目、新纲屡见不鲜。

微生物个体微小而且非常轻，所以可通过大气运动与水体运动而广泛传播和分布。在地球上，微生物的分布可以说无微不至、无孔不入、无远不达。从土壤圈、水圈、大气圈直到岩石圈，到处都有微生物的踪迹，人们甚至在85000 m的高空、10000 m深的海底、427 m的沉积岩中心以及高达90℃以上的温泉和寒冷的北极冰层中也能发现活细菌。

微生物种类多、分布广的特点，充分说明了微生物资源的丰富性，而目前人类认知并开发利用的微生物种类还很少，所以，微生物资源利用的前景是十分广阔的。

(3) 代谢类型多，代谢强度大

微生物分布的广泛性，与其生理代谢的类型的多样性是分不开的。微生物的代谢类型极

其多样，“食谱”之广是任何其他生物所不能比拟的。微生物不仅能够通过多种途径分解天然的有机物来获取自身需要的营养物质和能量，而且能分解一些人工合成的复杂有机物，甚至是氰、酚、多氯联苯等有毒有害的物质，所以它们能够在各种复杂的环境中生存与繁衍。在环境污染物的处理中，我们能很容易找到用于降解各种污染物质的微生物种类。

微生物不仅代谢类型多，而且代谢的强度也很大。其主要原因就在于微生物形体微小，比表面积（单位质量所具有的面积）大，非常有利于细胞吸收营养物质和加强新陈代谢。利用这一特点，我们可以使处理系统中的污染物质得以迅速降解。

（4）繁殖快，数量多

微生物具有在适宜条件下高速度繁殖的特性。在生物界，微生物繁殖的速度最高，尤其是以二分裂方式繁殖的细菌，其速度更是惊人。例如，大肠杆菌和梭状芽孢杆菌在最合适的条件下，20 min可繁殖一代。如果它始终处在最适宜的条件下，那么一昼夜则可以繁殖72代，产生 4.7×10^{21} 个后代，48 h后则可产生 2.2×10^{43} 个，其总质量相当于4 000个地球的质量。当然，由于种种因素的限制，这种几何级增殖速度最多只能维持几个小时。一般情况下，细菌培养时，培养液中细菌的浓度通常不超过 $10^8 \sim 10^9$ 个/mL。尽管如此，微生物的繁殖速度之快，也由此可见一斑。

同时，由于微生物的营养“食谱”极广，生长繁殖速度之快，代谢类型之多以及代谢强度之大，使得凡是有微生物生存的地方，其微生物数量通常都很大。例如，土壤中细菌的数量可达数亿个/g，放线菌孢子数可达数千万个/g，霉菌孢子数可达百万个/g，酵母菌达数十万个/g；全世界海洋中微生物的总质量约为280亿吨。

在环境污染控制工程中，我们可以将适合于处理各类污染物的微生物加以快速繁殖、增殖，使之达到所需的数量或浓度。

（5）变异性强

微生物的个体一般呈单细胞、简单多细胞或者接近于单细胞，通常都是单倍体，易于繁殖而且数量多，并能与外界环境直接接触，因而微生物具有极强的变异性，即使在极低的变异几率下，也可在短时间内产生大量的变异后代。如果外界环境发生改变，除一部分微生物大量死亡外，也会有大量的微生物因其结构和生理特性的特异性改变而存活下来，并适应新的环境。

微生物变异性强特点固然会导致工业生产菌种的退化，会使致病菌对抗菌素等药物产生抗药性，从而给人类带来不利；但人类也可以利用这一特点，在环境污染生物处理时，进行微生物的驯化；此外，从环境中选育特定的微生物，使之能进行分解难降解的有机物等工作，也是运用这一特点。近几十年来，许多人工合成的、难降解的有机物都陆陆续续地找到能分解它们的微生物种类。

1.2.3 微生物在环境中的作用

面对污染严重的生存环境，全世界的环保工作者都在积极探索污染控制的方法和技术措施。在诸多的方法和技术研究中，采用微生物处理技术控制环境污染、保持生态平衡以及提高环境质量等成为环境污染治理研究的热点，并取得了显著的成就。环境工程微生物学研究的不断深入以及现代生物技术的崛起，为微生物技术广泛应用于环境污染的治理注入了新的活力。目前，微生物在环境污染治理中的作用越加重要。

微生物的重要性与其在生态系统中的地位是密不可分的。

生态系统包括生产者、消费者、分解者及其周围的非生物环境。微生物是生态系统中的重要成员，它们其中不仅有与植物相似功能的初级生产者，如藻类、光合细菌和化能自养微生物，而且有具有与高等动物相同功能的消费者，如异养菌、原生动物等；而大量的微生物具有比动植物强得多的有机物分解氧化能力，它们是生态系统中有有机物质的积极分解者。在各种微生物的联合作用下，环境中存在的形形色色有机物可被逐步降解和转化，最终变为 CO_2 、 H_2O 、 N_2 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^{3-} 等物质而归还于环境，从而完成自然生态系统中的物质循环。

此外，微生物有容易发生变异的特点。随着新污染物的产生和数量的增多，微生物的种类可随之相应增多，显示出更丰富的多样性。如，进入环境的污染物诱导微生物发生变异，从而产生对污染物具有更强的耐受力 and 分解能力的微生物新物种或变异菌种。

总之，微生物在生态系统中的作用举足轻重。它不仅维持生物圈的生态平衡，而且也维持着生态系统的物质平衡和能量流动；尤其是微生物在环境污染物的去除方面所具有的巨大潜力，使得微生物在环境污染治理、维持生态平衡方面的作用显得独树一帜。

1.2.4 微生物技术在环境工程中的应用

微生物容易变异的特点，使之具有其他生物无法比拟的多样性，在环境污染治理中，微生物的作用独树一帜；现代生物学的发展，促进了微生物学的发展，也进一步拓展了微生物技术在环境工程领域的应用，人们对污染物高效降解菌的筛选驯化、污染物降解途径的研究、基因工程菌技术的进展，以及污染物工业化处理中涉及的生化反应器、生物监测和控制技术的完善，为环境污染控制打下了坚实的基础。到目前为止，环境污染的生物处理仍然是最经济、最有效的方法之一。

1.3 环境工程微生物技术的基本内容

环境工程微生物技术主要由环境微生物基础知识和微生物技术在环境工程中的应用两部分组成，重点阐述微生物知识在环境工程领域的应用，其主要内容包括：

(1) 环境微生物基础知识

了解和掌握环境微生物学的基本理论和基本技术，对应用微生物学原理和技术，解决环境工程领域的相关问题是十分必要的。结合本课程教学对象“高职高专学生”及其所具备的微生物基础知识，本书确定如下内容：①环境中常见的微生物类型及其特征；②微生物的营养、代谢、生长繁殖、呼吸、遗传变异等生理特性；③微生物的生态，微生物的纯种分离，微生物的检测等。

(2) 微生物对污染物的降解与转化

生物处理技术是废水、废气、废渣最经济、最有效的处理手段之一，而微生物是生物处理技术的主体，并具有分解有机污染物的巨大潜力。因此，研究环境污染物微生物降解与转化的机理，发掘微生物净化污染的能力，提高微生物净化污染的效率，开发利用微生物降解污染物的应用技术，对环境污染的生物处理具有十分重要的意义。

本部分内容主要包括微生物分解有机污染物的巨大潜力，有机污染物生物降解的途径、有机污染物的生物可降解性及其评价方法。

(3) 微生物技术在环境工程中的应用

环境污染的生物处理是利用微生物对污染物强大的分解代谢能力，使污染物无害化的过程，是环境污染物自然净化过程的强化。

本部分将详细介绍废水的厌氧和好氧生物处理、生物脱氮除磷、固体废物的生物处理、废气的生物处理，着重研究污染物的生物净化原理、影响因素、相关的微生物类群以及微生物在污染治理中的指示作用。

(4) 现代环境微生物技术在环境工程中的应用

随着现代社会经济的高速发展，污染物类型的不断增多，污染物的总量持续增加，环境污染治理的形势日趋严峻。显然，仅仅依靠自然界中微生物的分解代谢以及传统的生物处理技术已不能解决人们所面临的环境污染问题。现代微生物技术的发展，为上述问题的解决提供了可能。

本部分将介绍固定化技术、基因工程菌、生物絮凝剂、生物修复等知识。

1.4 环境工程微生物技术的学习方法

环境工程微生物技术涉及环境科学、微生物学、环境工程等诸多学科，相关的技术系统复杂，因此，在学习本书时应注意以下几个方面：

(1) 环境工程微生物技术是关于微生物学原理和技术在环境工程中的应用与实践，因此属于工程类技术，但是其中的微生物基础研究起着极其重要的作用。微生物对污染物降解转化的效率和效果都与微生物的种类及其活性有关，所有的污染治理设施和技术参数必须完全根据发挥微生物最佳功能这个目标来确定，不能仅仅依靠经验和成形的技术和工艺，而必须研究微生物的生理特性和代谢的相关规律。

(2) 环境污染的生物治理是以微生物学原理和技术为基础，比较全面而又扎实的微生物基础知识是必不可少的，必须加以重视。

(3) 环境微生物处理技术的发展日新月异，应注意阅读和收集国内外最新信息，及时了解微生物技术在环境工程领域应用的动态。同时，结合本课程的学习，加以消化吸收，加深了解。

(4) 环境工程微生物技术的核心是微生物技术，同时还涉及其他大量的技术系统和工艺的具体内容，因此，学习本课程的同时，还应具备一定的工程学基础知识，如工程设备、构筑物、监测系统、控制系统等方面的知识。

本章小结

1. 本章着重介绍了环境污染的形成及其危害，微生物的特点及其在环境中的作用，环