



高等教育“十二五”规划教材
高职高专环保类专业教材系列

环境微生物

陈剑虹 胡肖容 主编



科学出版社

高等教育“十二五”规划教材

高职高专环保类专业教材系列

环境微生物

陈剑虹 胡肖容 主编

杨保华 主审

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书从微生物在环境中的指示作用、微生物对环境的污染以及微生物治理污染环境三个角度介绍了环境中的微生物监测与评价、环境中微生物的净化技术、环境卫生细菌学检测、微生物降解有机污染物能力的测定、污水生物治理运转状况监测与评价、微生物检验室建设等常用技能。在编写过程中,着力体现实用性和实践性,使理论与实践相结合;试图做到文字流畅,结构明晰,以便于学生更好地学习和掌握有关知识。此外,本书还附有常见水生微生物图谱,供读者在教学和实践过程中参考。

本书可供高等职业技术学院和高等专科学校环保类专业的学生使用,也可供环境保护工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境微生物/陈剑虹,胡肖容主编. —北京:科学出版社,2011
(高等教育“十二五”规划教材·高职高专环保类专业教材系列)
ISBN 978-7-03-031968-5

I. ①环… II. ①陈… ②胡… III. ①环境微生物学-高等职业教育教材 IV. ①X172

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 155551 号

责任编辑:张 斌 / 责任校对:马英菊
责任印制:吕春珉 / 封面设计:东方人华平面设计部

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2011 年 9 月第一次印刷 印张:16 1/2 插页 28

印数:1—3 000 字数:475 000

定价:40.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈骏杰〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135235 (VN04)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

高职高专环保类专业系列教材 专家委员会

顾 问 邓泽民
主 任 胥树凡
副主任 李倦生 耿世刚
委 员 (按姓氏笔画为序)
关荐伊 张宝军 相会强 郭 正 高红武 薛巧英

高职高专环保类专业系列教材 编写委员会

主 任 孙 蕾
副主任 姚运先 谷群广
委 员 (按姓氏笔画为序)
马占青 王先华 王怀宇 王 虎 王春梅 冯雨峰
司文会 刘妙丽 刘颖辉 安红莹 朱庚申 何红娟
沈力匀 沈 华 吴国旭 吴 焯 张宝安 张惠燕
李 庄 李克国 杨广华 杨保华 邹序安 邹润莉
陈建华 陈剑虹 陈战军 陈喜红 周凤霞 林筱华
金 文 胡娜妮 凌昌都 袁秋生 袁德奎 郭淑华
税永红 熊素玉 黎良财 黎春秀
秘 书 张 斌 唐小艳

本书编写人员

- 主 编** 陈剑虹（长沙环境保护职业技术学院）
胡肖容（长沙环境保护职业技术学院）
- 参 编** 周广阔（杨凌职业技术学院）
千雅平（杭州职业技术学院）
尹福祥（湖南省环境监测中心站）
- 主 审** 杨保华（长沙环境保护职业技术学院）

序

环境保护是我国的一项基本国策，而环境保护教育又是环保工作的重要基础。因此必须加强环境学科相关知识在实践中的应用，提高我国环保类专业学生的环境科研、监管能力，注重学生实践操作能力的培养，努力提高环保专业课程体系的整体性、系统性、实用性。

环境管理作为人类自身行为管理的一种活动，是在 20 世纪 60 年代末开始随着全球环境问题的日益严重而逐步形成、发展的，它揭示了人类社会活动与人类生存环境的对立统一关系。在人类社会，环境—社会—经济组成了一个复杂的系统，作为这个系统核心的人类为了生存发展，需要不断地开发利用各种自然资源和环境资源，而无序无节制的开发利用，导致地球资源急剧消耗，环境失调，从而影响人类的生存和发展。为遏制这种趋势及其蔓延，人类开始研究并采取措施推动资源的合理开发利用，推进环境保护及其自我修复能力的提高，努力实现人类的可持续发展。环境—社会—经济系统能否实现良性循环，关键在于人类约束以及影响这一系统的方法和手段是否有效，这种方法和手段就是环境管理。

环境管理随着人类环保实践活动的推进而不断演变。相当长的时期内，人们直接感受到的环境问题主要是局部地区的环境污染。人类沿袭工业文明的思维定式，把环境问题作为一个单纯的技术问题，其环境管理实质上只是污染治理，主要的管理原则是“污染者治理”和末端治理模式。随着末端治理走到环境污染治理的尽头，加之生态破坏、资源枯竭其他环境问题的进一步凸现，人们开始从经济学的角度去探寻环境问题的根源与对策，通过“环境经济一体化”使“环境成本内部化”，将环境管理原则变为“污染者负担，利用者补偿”，从而推进了源头削减、预防为主和全过程控制的管理模式的形成。人们在科学发展、保护环境的长期追求与探索中，逐步认识到环境问题是人类社会在传统自然观和发展观支配下导致的必然结果，其管理和技术手段都是“治标不治本”的，只有在改变传统的发展观基础上产生的财富观、消费观、价值观和道德观，才能从根本上解决环境问题。因而环境管理不是单纯的技术问题，也不是单纯的经济问题和社会问题，而是人与自然和谐、经济发展与环境保护相协调的全方位综合管理。

加强课题研究，通过课程设计和构建，着力解决高等职业教育环保类专



业人才培养和社会需求，以就业为导向，坚持改革创新，努力提高学生的职业能力，使学生将课堂与工作现场直接对接，进一步理解目前的学习如何为将来的职业服务，从而提高学生学习的积极性、针对性。提高教学质量，这是我国环保职业教育必须坚持的方向。

非常高兴的是，2009年4月，由长沙环境保护职业技术学院牵头，集合全国与环境保护相关的本科及职业院校、企业、科研机构等近百家单位共同组建的环境保护职业教育集团正式成立，这是我国目前环保职教领域阵容最大的产学研联合体。该集团的成立，在打造环保职业教育品牌和提升环保职业教育综合实力上将产生深远影响。

本套教材的作者都是长期从事环保高职教育的一线教师，具有丰富的教学经验，在相关领域又有比较丰富的环保实践经验，在承担相关环保科研与技术服务中，将潜心研究的科研成果与最新技术、方法、政策、标准等体现于职业教育的教材之中，使本套教材具有鲜明的职业性、实践性，对环保职业教育具有较好的指导与示范作用。

衷心希望这套教材的出版发行，能为我国环保教育事业的发展发挥积极的推动作用。

祝光耀

2010年3月10日

前 言

环境微生物学是环境科学的一个重要分支，是 20 世纪 60 年代环境问题成为全球性重大问题时，由微生物学和环境科学相互渗透而形成的一门边缘学科。了解和掌握环境微生物学的基本知识和实用技能，是环境类专业人才认识和解决环境问题所必需的。

高等职业教育面向生产和服务第一线，培养实用型的高级专门人才。因此，本书的指导思想是突出高职特色，着力体现实用性和实践性，着重培养学生的应用能力，理论与实践相结合。因此，本书在编写过程中，以“实用、够用”为原则，以常用的技能为主线设置相应任务，选编围绕技能的相关知识作为理论支撑，力求创新，努力反映新知识、新技术和新的科研成果，尽量与生产应用实践保持同步。在章节之间链接一些相关知识或阅读材料，尽可能拓展学生的知识视野，也增加本书的可读性。本书文字流畅，图文并茂，在每个项目之前提出学习目标，章后进行小结并给出与任务工作相关的作业，以便于学生更好地掌握和运用有关知识及技能。

本书作为高职高专环保类专业的教材，是国家社会科学基金“十一五”规划（教育学科）一般课题（批准号：BJA060049）“以就业为导向的职业教育教学理论与实践研究”的子课题（编号：BJA060049-ZKT028）“以就业为导向的高等职业教育环保类专业教学整体解决方案研究”的研究成果之一。

本书就环境微生物学在环境科学领域的应用技能设置了 6 个项目模块：环境中微生物监测与评价、环境中微生物的净化技术、环境卫生细菌学检测、微生物降解有机污染物能力的测定及潜力、污水生物治理中运转状况的监测与评价、微生物检验室建设。既突出技能的培养，又重视相关理论知识的学习。书后附有水生微生物图谱，供读者参考。

本书编写分工如下，绪论及项目 1 由陈剑虹编写，项目 2 由干雅平编写，项目 3 由胡肖容编写，项目 4 由周广阔编写，项目 5 由胡肖容编写，项目 6 由陈剑虹、干雅平编写，水生微生物图谱由陈剑虹、胡肖容、尹福祥选编，全书由陈剑虹统稿，杨保华主审。

编者谨向被本书引用为参考资料的作者表示衷心感谢。

鉴于编者编写水平和时间有限，本书难免存在疏漏和不足之处，真诚希望专家及读者批评指正。

目 录

序	
前言	
绪论	1
项目 1 环境中微生物监测与评价	9
任务 1 微生物形态特征及普通光学显微镜的使用	10
任务 2 水样采集技术及蓝细菌、藻类的形态观察	35
任务 3 微型动物的形态观察	55
任务 4 水污染的生物监测与评价	64
项目 2 环境中微生物的净化技术	83
任务 1 含病原菌的物品的干热灭菌技术和高压蒸汽灭菌技术	84
任务 2 污染环境的化学试剂消毒技术	93
任务 3 液体样品的过滤除菌技术	103
项目 3 环境卫生细菌学检测	107
任务 1 物品准备及灭菌	109
任务 2 微生物营养及培养基的制备	113
任务 3 微生物分布特征及样品的采集、保存、送检	120
任务 4 细菌菌落总数的测定	127
任务 5 总大肠菌群的检验	131
任务 6 耐热大肠菌群的检验	147
任务 7 大肠埃希氏菌的检验	151
任务 8 空气微生物的检验	157
项目 4 微生物降解有机污染物能力的测定及潜力	164
任务 1 细菌生长的测定技术	166
任务 2 有机污染物生物降解性的测定方法	175
任务 3 微生物在污染降解中的应用——分离、纯化和筛选酚降解菌	182
项目 5 污水生物治理中运转状况的监测与评价	200
任务 1 好氧生物处理技术	205
任务 2 厌氧生物处理技术	216
任务 3 水中污染物的微生物生态处理技术	222
任务 4 污水生物治理运转中的监测、评价与控制技术	230
项目 6 微生物检验室建设	239
任务 某食品厂微生物检验实验室建设策划书	240
主要参考文献	253

绪 论



【学习目标】

必备知识

1. 掌握微生物的概念和微生物的特点；
2. 了解微生物在生态系统中的重要作用；
3. 熟悉环境微生物学所研究的基本内容。

选修知识

1. 微生物在各行业中的用途；
2. 生物农药；
3. 微生物变异的危害。



【案例导入】

新鲜的食品在空气中放久了，会腐败变质。这些微生物从何而来？曾经有一种观点认为，微生物是来自食品和溶液中的无生命物质，是自然发生的，也叫自然发生说。巴斯德通过自己精巧的实验给持有这种观点的人以有力的反驳。

路易斯·巴斯德（1822~1895），现代微生物学之父、免疫学奠基人、法国化学家和微生物学家。巴斯德研究了微生物的类型、习性、营养、繁殖、作用等，奠定了工业微生物学和医学微生物学的基础，并开创了微生物生理学。

巴斯德设计了一个鹅颈瓶（曲颈瓶），现称巴斯德烧瓶。烧瓶有一个弯曲的长管与外界空气相通。瓶内的溶液加热至沸点，冷却后，空气可以重新进入，但因为有向下弯曲的长管，空气中的尘埃和微生物不能与溶液接触，使溶液保持无菌状态，溶液可以较长时间不腐败。如果瓶颈破裂，溶液就会很快腐败变质，并有大量的微生物出现。实验得到了令人信服的结论：腐败物质中的微生物是来自空气中的微生物，鹅颈烧瓶实验也导致巴斯德创造了一种有效的灭菌方法——巴氏灭菌法。巴氏灭菌法又称低温灭菌法，先将要求灭菌的物质加热到 65°C 保持 30min 或 72°C 保持 15s，随后迅速冷却到 10°C 以下。这样既不破坏营养成分，又能杀死细菌的营养体，巴斯德发明的这种方法解决了酒质变酸的问题，拯救了法国酿酒业。现代的食品工业多采取间歇低温灭菌法进行灭菌。

循此前进，巴斯德在战胜狂犬病、鸡霍乱、炭疽病、蚕病等方面都取得了成果。英国医生李斯特据此解决了创口感染问题。从此，整个医学迈进了细菌学时代，得到



了空前的发展,人类的寿命因此在一个世纪里延长了30年之久。

巴斯德一生进行了多项探索性的研究,取得了重大成果,是19世纪最有成就的科学家之一。他用一生的精力证明了三个科学问题:

(1) 一种发酵作用都是由于一种细菌的发展,这位法国化学家发现用加热的方法可以杀灭那些让啤酒变苦的恼人的微生物。很快,“巴氏灭菌法”便应用在各种食物和饮料上。

(2) 各种传染病都是一种细菌在生物体内的发展。由于发现并根除了一种侵害蚕卵的细菌,巴斯德拯救了法国的丝绸工业。

(3) 染病的细菌,在特殊的培养之下可以减轻毒力,使它们从病菌变成防病的疫苗。他意识到许多疾病均由微生物引起,于是建立起了细菌理论。



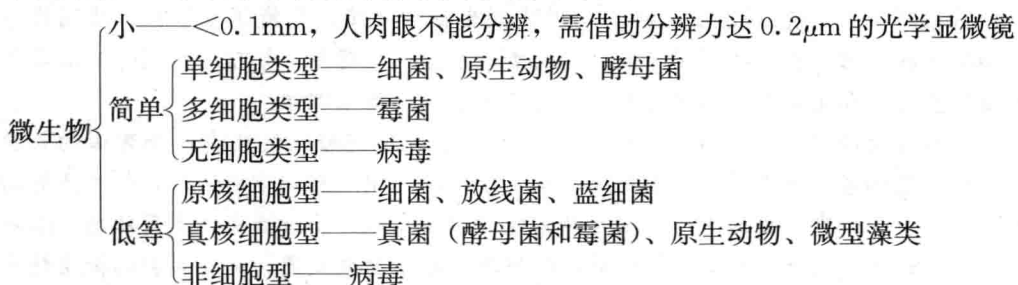
【课前思考题】

1. 什么是微生物? 微生物有哪些特点?
2. 环境微生物学研究范围是哪些?

一、微生物概述

(一) 什么是微生物

微生物是指形体微小、结构简单、必须借助显微镜才能看清的生物。微生物不是分类学的概念,只是一切微小生物的总称。微生物包括属于真核类的真菌(酵母菌和霉菌)、原生动物和微型藻类,属于原核类的细菌、放线菌、支原体、衣原体、立克次氏体和蓝细菌,以及属于非细胞类的病毒和类病毒等。



(二) 微生物的特点

1. 种类多、繁殖快

微生物种类多,目前已确定的微生物种类已达10万种左右,随着分离、培养方法的改进和研究工作的深入,微生物的新种还在不断被发现。例如,近年来,每年都会发现约700个真菌新种。微生物繁殖速度快,大肠杆菌在适宜条件下,20min可繁殖一代,这是其他生物望尘莫及的,这使得它们适合用于处理各类污染物、生产单细胞蛋白质,如用酵母菌生产单细胞蛋白,可以一天收获一次。



2. 体积小、分布广

微生物的直径一般 $\leq 1\mu\text{m}$ 。如大肠杆菌大小为 $2\mu\text{m}\times 0.5\mu\text{m}$ ，1500个大肠杆菌头尾相接只有3mm长，120个大肠杆菌并肩排队只有一根直径为 $60\mu\text{m}$ 的头发粗。一个大肠杆菌只有 10^{-12}g 重。由于微生物极微小，极轻，易随风飞扬，因此，微生物分布在地球空间的每个角落，从海洋深处（海平面下6km）到宇宙高空（地平面上74km），从寒冷的冰川（南极冰川-293m处的冰芯）到炎热的赤道，各种环境条件中都有它们的“足迹”。

3. 代谢旺盛、代谢类型多

生物表面积与体积的比值可以正比反映生物与周围环境进行物质交换的速度、代谢活跃程度。微生物体积微小，表面积与体积之比很大，表明它们能快速和周围环境进行物质交换、代谢活跃。例如，乳酸杆菌的表面积与体积的比值为120000，在1h内产生的乳酸约为其体重的1000~10000倍，故微生物有“活的化工厂”之称（人的表面积与体积之比仅为0.3，与乳酸杆菌相比要小很多，而每天消耗约4kg食物，所以，一位体重60kg的人，若要代谢自己体重1000倍的糖，则需 $60\times 1000/4=15000\text{d}\approx 41$ 年）。这一特性，可使微生物迅速降解处理大量、高浓度的污染物。

微生物代谢类型也极多，可以分解纤维素、蛋白质、淀粉、石油烃类等各种物质。可以说，凡生物圈内天然存在的有机物都能被微生物所分解、利用。例如，洋葱假单胞菌能降解90多种有机物，并能利用其中任何一种有机物作为唯一的碳源和能源进行代谢。

4. 容易变异，利于应用

由于大多数微生物为无性繁殖，单细胞，结构简单，整个细胞直接与环境接触，易受外界环境条件的影响等原因，所以微生物容易发生变异。当环境条件剧烈变化时，微生物会大批死亡，而存活下来的微生物往往已经发生了结构和生理特性等变异以适应变化了的环境，微生物变异已被人类广泛利用。特定工业废水的生物法处理都是利用微生物的优良变异株进行的，大量的人工合成物质的降解都是依靠微生物产生的适应酶来完成的。青霉素刚问世时，产量小、成本高、价格贵，经过对青霉菌的诱变育种，青霉素产量大大提高，价格才降低到大众能接受的水平。但变异也有不利的方面，如微生物因变异产生耐药性。1944年，4万U青霉素可治好肺炎，而现在需要连续3d、每天两次、每次80万~120万U青霉素肌肉注射的治疗才能见效（青霉素总量达480万~720万U），这是人类滥用抗生素的后果。流行性感病毒一直在不断地变异，所以流行性感经常流行。

二、微生物在生态系统中的重要作用

生态系统由生物群落与其周围环境共同组成，生态系统中，生物划分为三大功能类群：

1. 生产者

能利用光能及化学能等能源，将 CO_2 、无机盐、水等简单无机物制造成复杂有机物的自养生物。如光合细菌、藻类、水生植物、陆地上的绿色植物等。



2. 消费者

以自养生物或其他生物有机体为食料的生物。消费者有不同层次，摄食生产者的消费者为Ⅰ级消费者，其后依次有Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级消费者。生产者是Ⅰ级消费者的营养，前一级消费者是后一级消费者的营养，所以，生产者与各级消费者又各自成为一个营养级，级级相连构成食物链。微生物积极参与了消费者的消费过程。

3. 分解者

分解者能分解动植物遗体、排泄物和产生于人类活动的有机物的微生物。分解者主要是细菌、真菌。分解的结果是复杂有机物被还原成简单无机物，以供绿色植物光合作用之用，故分解者又被称为还原者。长期以来，农业生产中产生的废料，就是因此得以迅速净化、重复利用的。

综上所述，微生物在生产、消费、分解三方面都有作用，尤为重要的是，微生物是唯一真正的分解者，也就是说，由于微生物的参与，自然界的物质循环、能量流动才得以实现。所以，微生物在生态系统中起着重要的作用。

当前，人类面临因人口增加带来的一系列问题：城市开发扩张，导致农田面积减少、食品生产压力增大；经济发展，导致矿化燃料消耗增加、能源紧缺；生产生活产生大量废水、废渣、废气污染环境等。

面临匮乏的资源和污染的环境，人们不得不考虑该如何维持大量的生产，满足人们的食品、能源需求？如何处理掉越来越多的形形色色的污染物，保持环境的良好质量？

植物承担生产的主要责任，而微生物要在污染防治方面挑重担。人们设想模仿自然界生态系统的物质循环规律，为分解者——微生物提供合适的环境条件（温度、pH、DO等）以强化其功能，降解转化进入环境的各类污染物，从而使污染的环境得以净化，甚至使污染物资源化。这就促使微生物学与环境学在环境污染防治的方向上迅速融合，形成了环境微生物学，为控制并治理污染、化污染为资源提供了有力的技术支持。

三、环境微生物学的内容

1. 微生物学的基本知识

研究自然环境中的不同微生物群落的形态、结构、功能以及微生物的营养、生长、繁殖、呼吸、代谢、遗传变异等基本特征，以查明自然环境中的微生物资源，为保存和开发有益微生物和控制有害微生物提供科学资料。

2. 微生物对污染物的降解和转化

生物处理法是废水、废气、废渣的重要处理方法，而微生物是生物处理法的主体。因此，研究微生物对环境污染物的降解与转化的机理，设法发掘和提高微生物净化污染的效率，研究开发利用微生物降解污染物的应用技术，就成为环境微生物学的重要工作。

通过研究微生物对污染物特别是对有机污染物的降解能力、降解转化作用条件、代谢途径，测定污染物的生物降解性等，环境微生物学为环境污染物的净化处理提供充分的生物学理论依据。

在发掘和提高微生物降解和转化污染物质的巨大潜力方面，环境微生物学已分离筛



选出一些对污染物具有高效降解能力的菌株，特别是近年来，分离筛选能降解转化石油、农药、化纤原料、染料、含重金属污染物等微生物的研究已取得了不少成果，例如，产碱杆菌和不动杆菌能转化多氯联苯，假单胞菌属、芽孢杆菌属、产碱杆菌属、黄杆菌属、节杆菌属、诺卡氏菌属、曲霉属等能降解农药，有些已实际用于废水的生物处理中。

另外，环境微生物学通过吸收酶工程、遗传工程等生物工程技术，给许多难以降解的有机污染物的生物处理带来了希望，开拓了污染环境治理的领域。从自然界分离的菌株中，已发现降解石油组分及其衍生物、降解农药、降解多氯联苯类污染物、抗有害金属等 4 大类 30 多种天然降解性质粒。到目前为止，运用质粒转移、分子育种、基因重组等遗传工程、细胞工程技术，已建成包含多种解烃质粒的超级细菌这类有特殊功能的基因工程菌，并通过固定化酶、固定化细胞等酶工程、发酵工程技术，已成功地将其用于净化冶金、电镀、食品、化工等废水中的重金属、氰化物、纤维素、有害有机物等的实验研究，为环境污染的生物治理工程技术的发展创造了条件。

3. 检测与防治环境中微生物的污染

首先，水体富营养可以看成是水环境中的一种微生物污染，环境微生物学将研究其中的微生物的类群、污染形成发展的影响因素，以便对其加以控制，消除危害；其次，对水体、空气、土壤等环境的卫生状况，环境微生物学可以利用细菌总数、总大肠菌群等微生物监测技术进行检测、评价，并提出针对微生物污染的防治措施；再次，环境微生物学也针对病原微生物、微生物的有害代谢产物的危害提出防治措施，从而防止、削弱、控制微生物的有害影响。

4. 微生物在治理环境污染中的应用

微生物在水处理中的净化作用原理、微生物对水处理装置运转状况的指示作用是环境微生物学的重点研究内容。

活性污泥法、生物滤池、生物转盘、氧化塘等，都是利用微生物的降解作用对污水进行处理的。以活性污泥法为代表的好氧生物处理工程，其净化作用原理与水体自净过程原理相同，而厌氧消化法或发酵法日益受到重视，是因为该类方法能在净化处理高浓度的有机污水、剩余污泥等固体废物的同时，产生清洁的生物能源——甲烷。污水处理装置中的生物种类、生物数量、生物形态、生物活性等同时也是判断污水处理装置运转正常与否的重要指标。

微生物在循环经济发展中，扮演着十分重要的角色，是污水和垃圾的处理者，几乎所有的污水处理都是靠微生物的作用完成的。污水和污物处理中需要微生物分解和除掉各种有害物质，还要靠微生物进行除臭。污水与污物的处理速度、处理效果取决于微生物的种类和功能。微生物的应用覆盖多个领域，在市政废污水系统、工业废水、餐饮废水、食品厂废水、医院废水、社区中水、淤泥、养殖业、粪便处理等方面广泛运用。

四、环境微生物学的发展前景

环境微生物学不仅在污染物的减量化、无害化方面发挥作用，还将在污染物资源



化、建立清洁生产方面提供有力的技术支撑。

微生物作为一个生物界别，它的开发前景是不可限量的。当今和未来世界的发展中，微生物技术是在“生产—经济—资源—环境—社会—保健”大系统中占有极重要地位和快速见效的重大技术。

1. 污染物资源化

酵母菌和光合细菌可将高浓度有机废水中的有机污染物转化为可用作饲料和饵料的单细胞蛋白，产甲烷菌等微生物在厌氧处理时将有机废物转化为燃料甲烷，纤维素降解菌将木材废弃物中所含的纤维素转化为燃料乙醇，将半纤维素转化为木糖及木糖醇。

2. 清洁生产工艺和绿色环保产品的开发

微生物技术在少污染、无公害产品的开发和生产中有明显的优势。

(1) 生物制浆工艺是微生物用于清洁生产工艺的一个最新而醒目的例证。该工艺的原理是：造纸原料中的木质素，被生活微生物或其酶制剂降解，释放出纤维素和半纤维素用于造纸制浆，此工艺的生产应用在一些发达国家已获得突破。该工艺避免了传统的机械制浆工艺和化学制浆工艺的两个严重问题：大量的废水排放和大量的木质素原料流失浪费。

(2) 生物脱蜡也是一项有广阔应用前景的清洁生产技术，在丝光棉床生产中应用这一技术已取得了明显地环境和经济效益。对棉花纤维的共生蜡、胶等，传统工艺用烧碱高温煮炼法去除，其工艺中添加了甲醛，所产生的废水对人体有害，现在利用生物酶处理工艺，仅加少量酸调节 pH，不添加其他化学物，故废水成分简单且排放量少，生产出的纺织品吸水性能好、柔软、安全。

(3) 用微生物技术生产的产品，一般都很容易被生物降解。如用微生物技术生产的聚羟基烷酸 (PHA) 塑料代替人工合成的难降解塑料，可以缓解“白色污染”；用微生物法生产丙烯酰胺絮凝剂来代替化学法合成有机和无机絮凝剂，除了产品具有可生物降解性的特点外，其生产过程中废水的发生量仅为化学法的 1/20。

(4) 过去以小麦为原料，用盐酸水解法生产味精，现在以薯粉为原料，用微生物发酵法生产味精，节约了大量粮食 (3t 薯粉与 30t 小麦所生产的味精产量相同)，符合清洁生产的“降低物耗”原则，从而还大大降低了生产成本。

3. 生物防治

微生物与其他生物之间的拮抗关系，被用来进行生物防治工作。例如微生物农药，利用杀螟杆菌、苏云金杆菌、白僵菌、井冈霉素、春雷霉素、庆丰霉素等微生物体或微生物的代谢产物可以消灭大面积的农林害虫，噬藻体 (藻类病毒) 可以用于消除水体赤潮与水华危害，一些致病微生物可以用来控制鼠患等。这一类农药的优点是选择性强，对人、畜、作物无害，同时不污染农、畜产品和环境，对多数益虫无害，在合理使用的情况下，害虫不易产生抗药性。缺点是药效较缓慢，效果易受气候条件影响，有些品种生产费用较高。微生物农药的开发、微生物肥料的运用，可以大大减少化学农药的使用而带来的环境污染问题，为我国的绿色食品产业提供了有力的保证。

4. 环境生物技术的应用

环境生物技术是充分利用各种环境生物的特殊功能，采用现代分子生物学和分子生



态学的原理和方法,利用微生物介质,依据各类微生物的生态活动规律,从中寻找最有效的能解决目前一些环境问题的途径,进行生物净化、生物修复、截留废物中的可循环利用资源、生物转化、生物催化、污染治理、清洁生产等,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。

中国是生物资源、生物多样性最丰富的国家之一,幅员辽阔,地跨寒温至热带,内陆海拔高差 8000 多米,地形复杂、环境多变。据不完全统计,中国拥有动植物、微生物约 26 万种,其中植物 3 万种、动物 20 万种、微生物 3 万种,是世界生物资源、生物多样性最丰富的国家之一。发展生物技术及其产业,中国有着雄厚的资源基础。为了推动 21 世纪经济持续快速发展,中国政府十分重视生物技术研究开发与产业化。生物技术已成为中国研究开发经费投入最多的领域,我国的生物技术产业必将蓬勃发展并迅速崛起。

发展环境生物技术是解决全球性环境和资源问题的最重要的途径之一。随着基因组技术和基因芯片技术等现代分子生物学技术的发展与渗透,环境生物技术已发展成为一种以环境资源可持续利用为目标,上中下游技术集成的系统工程技术,在重工业、日用消费品工业、石油产业、运输产业、农业、渔业、食品、污水及其他污染物处理等产业中的应用中产生了深远的影响,成为全球经济发展中一个新的经济增长点。欧美等西方发达国家均把环境生物技术作为解决环境和资源问题的战略高技术。



【小结】

本章着重介绍了微生物的特点、微生物在环境中的应用、环境微生物学的内容和任务、环境微生物学的发展。

环境微生物学主要研究微生物主要类群的形态、细胞结构及其功能,研究栖息在水体、土壤、空气、城市生活污水、工业废水和城市有机固体废弃物处理和废气生物处理中的微生物及其生态,水体和土壤的自净作用,污染水体治理、污染土壤的修复等环境工程净化的原理及应用。环境微生物学的任务就是充分利用有益微生物资源为人类造福。防止、控制、消除微生物的有害活动,化害为利。



【知识拓展】

认识微生物,创造新生活

微生物——这个小个体离我们到底有多远?答案是:它们就在我们生活之中。2010年5月15日,中国科学院微生物研究所举办了以“认知微生物,创造新生活”为主题的第六届公众科学日活动。200多名中小學生、150多名高校大学生来到微生物研究所,共同领略了这些微小个体所创造出来的奇迹。

微生物到底如何影响我们的生活?是对人有益,还是有害?与人类的健康有着怎样的关系?一面是同学们连珠似的提问,一面是科学家们耐心细致的解答。同学们了解到微生物的世界很大,空气中、水体中、人体内到处都有它们的身影;微生物的世



界又很小，大多数个体都很难用肉眼观察清楚，最小的病毒只有用电子显微镜才能看到。虽然对于微生物的研究已逾百年，但人类所了解的还是冰山的一角，很多影响人类健康的微生物的治病机理还不清楚。

微生物什么样？在研究所一层大厅里各种型号的显微镜、解剖镜一字排开，同学们通过目镜可以观察到微生物所呈现的奇妙世界。各种地衣及真菌的标本让参观者可以通过视觉观察、感官触摸真正了解这些我们身边的微生物，真正的让微生物走近我们的视线。

如何培养身边的微生物？在科普实验室里，体验者可以领到一个无菌培养皿，在培养基上接种体验者自身的细菌，由于微生物生长缓慢，实验结果将采用邮件的形式发给参与者，并通过实验人员之前所做的对比实验引导参与者从菌落的颜色、大小、形状等方面进行观察。很多中学生对于这样一个参观环节十分感兴趣，他们认为这样的科普活动一方面使他们了解了这些平时看不见的微生物，另一方面也锻炼了他们的动手实践能力，认识到原来微生物和他们这样近。实验操作台旁一个情景给人留下了深刻的印象，一位家长带着自己6岁的孩子在实验人员的指导下进行操作，很多人不解这么小的孩子能够理解这些科普知识吗？可是这位家长恳切的话语打动了大家，她认为，对于自然科学兴趣的培养更要从娃娃抓起，要让孩子从小开阔视野，用一双好奇的双眼来看待这个世界。

微生物研究的前沿领域神秘吗？当你走进实验室、菌种保藏中心，科学的面纱在这里被一层层的揭开，微生物所师生现场展示了实验操作流程，详细介绍了各自的学科方向，使参观者对微生物学科有了直观了解。一位60多岁的退休老教师对于菌种如何保藏提出了很多问题，眼神充满了求知的渴望，她很有感触的说：“我很珍惜这次的参观机会，早早就让儿女们给我查好了来所的路线，这些科研领域以前没有关注过，现在才发现小小微生物却和我们的生活这样密切，这么重要！”在“真菌与人类”科普展厅里，一对母子正在进行知识抢答，许多家长把这次参观的机会作为扩充孩子课外知识领域的一个有效的途径，通过这种轻松愉快的游戏形式，很多孩子在这里学会了识别毒蘑菇、对人类是有益的细菌，以及让自己远离有害的细菌等这些课本上学不到的知识。