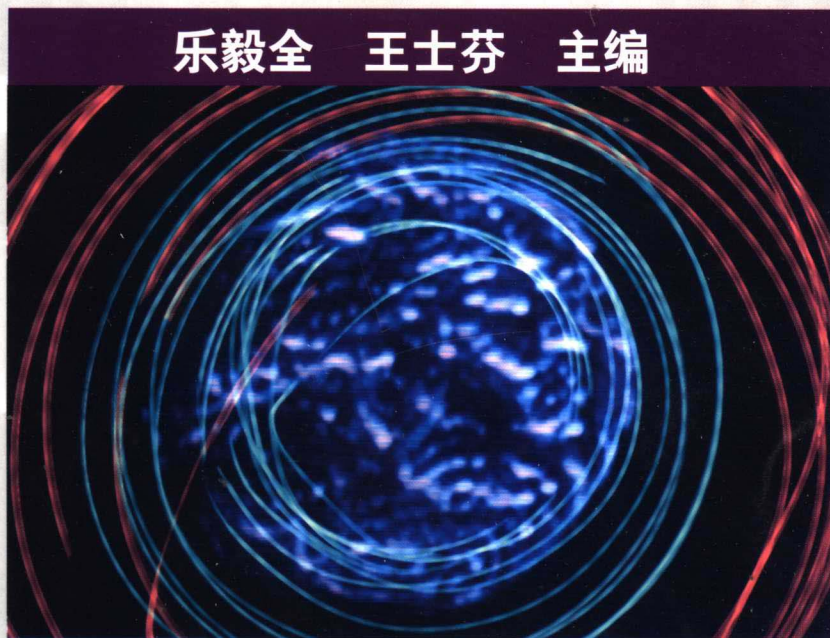


高 等 学 校 教 材

环境微生物学

乐毅全 王士芬 主编



Chemical Industry Press

-43



化学工业出版社
教材出版中心

高等学校教材

环境微生物学

乐毅全 王士芬 主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

环境微生物学/乐毅全, 王士芬主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 2

ISBN 7-5025-6566-3

I. 环… II. ①乐… ②王… III. 环境科学: 微生物学-教材
IV. X172

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 139480 号

高等学校教材

环境微生物学

乐毅全 王士芬 主编

责任编辑: 满悦芝

责任校对: 顾淑云

封面设计: 于剑凝

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(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](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 16 1/4 字数 387 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6566-3/G · 1692

定 价: 28.00 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

随着人口的增长和各种新兴工业的飞速发展,进入环境的污染物种类和数量越来越多,全球正面临着越来越突出的环境污染问题。当代人类的发展应考虑到不危及后代人的需求和发展,所以,“可持续发展理论”广为世界各国所接受和重视。我国人口基数大、人均资源少、环境问题多,在经济和科技相对落后的条件下,虽然实现了经济快速发展,但从长远来看,要使国民经济和社会长期保持稳定健康发展,必须实行可持续发展战略。

微生物在自然界生态系统中占有特殊地位,发挥着极其重要的作用。由于微生物的生命活动,才使地球上的一切非生命组分与所有生物联系了起来。环境治理的主要任务之一就是利用微生物的生命活动不断清除地球上的“垃圾”,改善人类的生存环境,提高人类的生活质量。

随着社会的进步,环境微生物与环境保护的关系越来越受到人们的重视。人类自工业革命尤其是20世纪以来,由于过分破坏和掠夺大自然,生态环境严重恶化。人类文明是人类活动与环境条件相互作用的产物,但是,文明的进步使人类极大地改变了自然环境条件,以至不断恶化的环境反过来抑制了文明的进步。许多有识之士认为,未来的世纪是人类向大自然偿还生态债的世纪,是修复地球的世纪,其中微生物学工作者的作用至关重要。这是因为:微生物是占地球表面积70%以上的海洋和其他水体中光合生产力的基础,是一切食物链的重要环节,是自然界重要元素循环的首要推动者,更是废水生物处理等各项环境治理中的工作主体。

环境微生物学是一门历史较短、发展较快、学科交叉和广泛联系实际的学科,具有内容覆盖面广和跨度大等特点。环境微生物学研究与环境工程、市政工程等环境领域有关的微生物及其生命活动规律,它从细胞、分子或群体等不同水平上研究环境微生物的形态构造、生理代谢、遗传变异和生态分布等。环境微生物学的实验方法和技术,例如显微镜和有关制片及染色技术、消毒灭菌技术、纯种分离和培养技术以及分子生物学的手段和方法等,正在环境领域发挥着独特的作用。

本教材在汲取国内外众多的教材、文献资料的基础上,阐述了环境微生物学的基本原理和应用,介绍了有关动向及发展趋势,努力反映学科前沿进展;内容全面,重点突出,文字简明,概念清楚,各章节均有要点提示,并采用图解、表格的形式来提高信息密度和信息质量,有利于学生加深理解并增强记忆。本教材还包括与其配套的微生物学实验,是编者多年来教学与科研实践的积累。

本教材的编写,配合了当前环境工程和环境科学作为一级学科的发展需要,与原来的环境工程微生物学相比,适当增加内容,拓宽了应用范围,增强了适应性。这是一本与时俱进的教材,对推动学科建设是十分有益的。

顾国维

2005年1月于同济大学

前 言

微生物在环境中充当着极其重要的角色，它在自然界的生态平衡和物质循环中起着不可替代的作用。同时，在环境污染和治理方面，微生物也起着重要作用。环境微生物是大专院校环境专业学生（包括环境工程、给水排水工程和环境科学等）的专业基础课程。环境微生物学的内容十分广泛，而且该学科近年来的发展十分迅速，一些生物学的新技术手段被不断应用到环境领域中，在教学过程中应尽量全面反映本学科的内容和新进展。如何在有限的教学时间内，既让学生了解掌握环境微生物学的基本知识和技能，同时又能让他们了解本学科领域的最新发展，成为教学过程中的难题。而一本合适的教材，对解决上述难题是十分重要的。因此，编者在总结多年教学经验的基础上，在原来《环境工程微生物学》教材的基础上，汲取同类教材的优点，编写成本教材。

本教材在编排上突出下列特点：一是保持对环境微生物学领域传统内容基本不变，同时，为学生及时了解本学科的发展趋势，注意反映本学科较新的一些动态情况，特别的，本教材结合了环境微生物学在环境领域的应用；二是注意在教材内容上，重点性和广泛性相结合，突出重点，在每个章节前列出“学习重点”，在章节后以“小结”的形式再次强调，而对于一些非重点的或扩展性的内容，则加以简要叙述或以“建议阅读”的形式列出，引导学生从课外阅读中去获取更多更新的知识，以开拓自己的专业知识面。

本教材共分12章，其中第1章为绪论，主要介绍环境微生物学的发展和生物学基础知识；第2~4章，则介绍了在环境中存在的微生物主要种类和特点；第5章介绍了微生物的生理和代谢；第6章介绍了微生物生长和环境因子对微生物的影响；第7章的内容是微生物的遗传和变异；第8章是微生物的生态，介绍在各种环境条件下微生物的存在和变化；第9章则从微生物与物质循环的角度叙述了微生物在自然界中的地位和作用；第10章从实际应用的角度介绍了在环境领域中微生物所起的作用；第11章介绍了一些生物学新技术在环境微生物学领域的应用；第12章是环境微生物学实验，包括环境微生物中主要的、也是最基本的实验内容。

本教材由乐毅全负责第1~4章和第6~11章的编写，王士芬负责第5章和第12章的编写。编者在编写过程中参阅了大量国内外的最新教材和资料，在此向有关作者致以谢忱。周群英教授审阅了本书并提出许多宝贵意见，另外，承蒙顾国维教授为本书作序，在此一并感谢。

限于编者水平，难免存在不妥和错误之处，敬请有关专家和读者批评指正。

编 者

2005年1月于同济

目 录

1 绪论	1
1.1 环境微生物学的形成和发展	1
1.2 环境微生物学的研究对象和任务	2
1.2.1 环境微生物学的研究内容	2
1.2.2 学习环境微生物学的意义	3
1.3 微生物概述	3
1.3.1 微生物的定义	3
1.3.2 微生物的分类	4
1.3.3 微生物的命名	7
1.3.4 微生物的特点	7
2 病毒	11
2.1 病毒的特征和分类	11
2.1.1 病毒的特点	11
2.1.2 病毒的分类和命名	12
2.2 病毒的形态和结构	12
2.2.1 病毒的形态和大小	12
2.2.2 病毒的化学组成和结构	13
2.2.3 病毒的宿主	14
2.3 类病毒、拟病毒和朊病毒	15
2.3.1 类病毒 (Viroid)	15
2.3.2 拟病毒 (Virusoids)	15
2.3.3 朊病毒 (Virino)	15
2.4 病毒的增殖过程	16
2.4.1 病毒的增殖过程	16
2.4.2 毒性噬菌体与温和噬菌体	17
2.5 病毒的培养和计数	18
2.5.1 病毒的培养特征	18
2.5.2 病毒的培养基	18
2.5.3 动物病毒的空斑试验	18
2.5.4 噬菌体的培养和测定	19
2.6 环境因子对病毒的影响和病毒的存活	19
2.6.1 物理因素的影响	19
2.6.2 化学因素的影响	20
2.6.3 病毒的存活	20
3 原核微生物	23

3.1 细菌	23
3.1.1 细菌的个体形态和大小	23
3.1.2 细菌的细胞结构	24
3.1.3 细菌的培养特征	30
3.1.4 细菌的物理化学性质	32
3.1.5 环境中常见的细菌种类	34
3.2 古菌	36
3.2.1 古菌的研究	36
3.2.2 古菌的特点	37
3.2.3 古菌的分类	37
3.2.4 古菌在生物界的特殊地位	39
3.3 放线菌	40
3.3.1 放线菌的形态和大小	40
3.3.2 放线菌的菌落形态	40
3.3.3 放线菌的生活史和繁殖	41
3.3.4 放线菌的主要类群	41
3.3.5 放线菌在自然界中的分布和在生产实际中的应用	42
3.4 蓝细菌	42
3.4.1 蓝细菌的特点	42
3.4.2 蓝细菌的分类	42
3.4.3 蓝细菌的分布与生态	43
3.5 其他原核微生物	43
3.5.1 螺旋体 (Spirochaeta)	44
3.5.2 立克次氏体 (Rickettsia)	44
3.5.3 衣原体 (Chlamydia)	44
3.5.4 支原体 (Mycoplasma)	44
4 真核微生物	47
4.1 原生动物	47
4.1.1 原生动物的一般特征	47
4.1.2 原生动物的分类及各纲简介	48
4.2 微型后生动物	52
4.2.1 轮虫	52
4.2.2 线虫	53
4.2.3 寡毛类	53
4.2.4 浮游甲壳动物	53
4.3 真核藻类	54
4.3.1 真核藻类的一般特征	54
4.3.2 藻类的分类及各门特征简介	54
4.3.3 藻类与环境保护	59
4.4 真菌	60

4.4.1	真菌的一般特点	60
4.4.2	真菌的分类	60
4.4.3	酵母菌	60
4.4.4	霉菌	62
4.4.5	伞菌	66
5	微生物的生理	68
5.1	生物生命活动的催化剂——酶	68
5.1.1	酶的概念	68
5.1.2	酶的催化特性	68
5.1.3	酶的组成	69
5.1.4	酶蛋白的结构	70
5.1.5	酶的活性中心和酶与底物结合的机理	71
5.1.6	酶的分类与命名	72
5.1.7	酶活力和影响酶活力的因素	74
5.2	微生物的营养	76
5.2.1	微生物的化学组成	76
5.2.2	微生物的营养物质和营养类型	77
5.2.3	微生物的培养基	79
5.2.4	微生物对底物进行代谢的过程	81
5.3	微生物的能量代谢	82
5.3.1	生物氧化	82
5.3.2	生物氧化的类型	83
5.3.3	发光现象	89
5.4	微生物的合成代谢	89
5.4.1	产甲烷菌的合成代谢	89
5.4.2	化能自养型微生物的合成代谢	89
5.4.3	光合作用	90
5.4.4	异养微生物的合成代谢	92
6	微生物的生长与环境因子的影响	94
6.1	微生物的生长	94
6.1.1	微生物生长繁殖的概念	94
6.1.2	微生物的培养方法和生长曲线	95
6.1.3	微生物生长曲线在废水微生物处理中的应用	98
6.1.4	微生物生长繁殖的测定	99
6.1.5	微生物的死亡及其测定	100
6.2	影响微生物生长的环境因子	101
6.2.1	温度	101
6.2.2	pH	104
6.2.3	氧化还原电位	105
6.2.4	溶解氧	105

6.2.5	辐射	106
6.2.6	水的活度与渗透压	107
6.2.7	重金属	109
6.2.8	若干有机物	109
6.2.9	抗生素	110
6.2.10	其他因素	111
7	微生物的遗传和变异	114
7.1	微生物的遗传和变异现象及其意义	114
7.1.1	微生物的遗传和变异	114
7.1.2	遗传和变异的意义	115
7.2	微生物的遗传	115
7.2.1	遗传和变异的物质基础——DNA	115
7.2.2	DNA 的结构与复制	119
7.2.3	DNA 的变性和复性	121
7.2.4	RNA 及其作用	122
7.2.5	微生物生长与蛋白质合成	124
7.2.6	微生物的细胞分裂	125
7.3	微生物的变异	125
7.3.1	变异的实质	125
7.3.2	基因突变的特点和类型	125
7.3.3	基因重组	128
7.3.4	基因工程及在环境保护中的应用	130
8	微生物生态学	134
8.1	生态学原理	134
8.1.1	生态学的定义和研究内容	134
8.1.2	种群和群落	135
8.1.3	生态系统	136
8.1.4	生态平衡	138
8.1.5	微生物生态系统与微生物生态学	139
8.2	土壤中的微生物	139
8.2.1	土壤的生态条件	140
8.2.2	微生物在土壤中的种类、数量和分布	140
8.2.3	土壤自净和污染土壤微生物生态	142
8.3	空气中的微生物	143
8.3.1	空气的生态条件	143
8.3.2	空气微生物的来源、特点和种类	143
8.3.3	空气微生物的卫生标准及生物洁净技术	144
8.4	水体中的微生物	146
8.4.1	水体中的微生物群落	146
8.4.2	水体自净和污染水体的微生物生态	148

8.4.3	水体富营养化	152
8.5	微生物之间及其与动、植物间的相互关系	154
8.5.1	微生物之间的相互关系	154
8.5.2	微生物与高等植物之间的相互关系	156
8.5.3	微生物与人类和动物之间的相互关系	157
9	微生物在环境物质循环中的作用	160
9.1	自然界的物质循环	160
9.1.1	物质循环与生物	160
9.1.2	水循环是物质循环的核心	161
9.2	微生物与碳循环	162
9.2.1	碳循环的过程	162
9.2.2	微生物在碳循环过程中的作用	163
9.2.3	微生物对主要含碳化合物的转化和分解过程	163
9.3	微生物与氮循环	168
9.3.1	氮循环的过程	168
9.3.2	微生物在氮循环过程中的作用	169
9.4	微生物与硫循环	172
9.4.1	硫循环的过程	172
9.4.2	微生物在硫循环过程中的作用	172
9.5	微生物与磷循环	174
9.5.1	磷循环的过程	174
9.5.2	磷循环过程中微生物的作用	174
10	微生物与环境污染控制与治理	177
10.1	废水好氧生物处理中的微生物	177
10.1.1	好氧活性污泥法	177
10.1.2	好氧生物膜法	183
10.1.3	氧化塘	185
10.2	厌氧生物处理中的微生物	186
10.2.1	厌氧消化——甲烷发酵	186
10.2.2	光合细菌处理高浓度有机废水	187
10.2.3	含硫酸盐废水的厌氧处理	188
10.3	废水的脱氮和除磷	189
10.3.1	废水脱氮除磷的目的和意义	189
10.3.2	废水生物脱氮原理及工艺	189
10.3.3	废水生物除磷原理及工艺	190
10.4	有机固体废物处理中的微生物	192
10.4.1	堆肥法	193
10.4.2	卫生填埋法及渗滤液	194
10.5	废气生物处理中的微生物	194
10.5.1	废气的处理方法	194

10.5.2	含硫恶臭污染物及 NH_3 、 CO_2 的微生物处理	194
10.6	环境监测与微生物	196
10.6.1	水体污染的生物检验	196
10.6.2	利用微生物检测环境毒性的方法	196
10.7	环境生物修复技术与微生物	197
10.7.1	环境生物修复技术	197
10.7.2	环境生物修复技术的类型	198
10.7.3	环境生物修复中的微生物	199
10.7.4	环境生物修复的发展前景	200
11	微生物学新技术在环境领域中的应用	202
11.1	固定化技术	202
11.1.1	固定化酶和固定化微生物的定义和特点	202
11.1.2	酶的分离提纯	203
11.1.3	固定化方法	203
11.1.4	固定化酶和固定化微生物在环境工程中的应用	204
11.2	微生物絮凝剂	205
11.2.1	微生物絮凝剂的特点	205
11.2.2	微生物絮凝剂的结构组成和化学本质	205
11.2.3	微生物絮凝剂的絮凝机理	206
11.2.4	微生物絮凝剂的合成和应用	207
11.3	分子生物学技术在环境领域中的应用	208
11.3.1	核酸探针和 PCR 技术	208
11.3.2	16S rDNA 序列及其同源性的分析	209
11.3.3	生物芯片	210
12	环境微生物学实验	212
12.1	实验须知	212
12.2	光学显微镜的使用及原核生物的个体形态观察	212
12.2.1	实验目的	212
12.2.2	实验材料与器皿	212
12.2.3	普通光学显微镜的原理与结构	212
12.2.4	显微镜的使用	215
12.2.5	实验内容	215
12.2.6	思考题	215
12.3	真核微生物的个体形态观察	216
12.3.1	实验目的	216
12.3.2	实验原理	216
12.3.3	实验材料与器皿	216
12.3.4	实验方法和步骤	216
12.3.5	思考题	216
12.4	四大类微生物菌落形态的识别	217

12.4.1	实验目的	217
12.4.2	实验原理	217
12.4.3	实验材料与器皿	217
12.4.4	实验方法和步骤	217
12.4.5	思考题	218
12.5	微生物细胞的直接计数和细胞的显微测量	218
12.5.1	实验目的	218
12.5.2	实验原理	218
12.5.3	实验材料与器皿	219
12.5.4	实验方法和步骤	219
12.5.5	思考题	220
12.6	细菌的简单染色和革兰氏染色	220
12.6.1	实验目的	220
12.6.2	实验原理	220
12.6.3	实验材料与器皿	221
12.6.4	实验方法和步骤	221
12.6.5	注意事项	222
12.6.6	思考题	222
12.7	培养基的配制与灭菌	222
12.7.1	实验目的	222
12.7.2	实验原理	222
12.7.3	实验材料与器皿	223
12.7.4	实验方法和步骤	223
12.7.5	思考题	225
12.8	活性污泥中细菌的纯种分离和培养	225
12.8.1	实验目的	225
12.8.2	实验原理	226
12.8.3	实验材料与器皿	226
12.8.4	实验方法和步骤	226
12.8.5	思考题	229
12.9	纯培养菌体和菌落形态的观察	229
12.9.1	实验目的	229
12.9.2	实验材料与器皿	229
12.9.3	实验方法和步骤	229
12.9.4	思考题	230
12.10	细菌淀粉酶的测定	230
12.10.1	实验目的	230
12.10.2	实验材料与器皿	230
12.10.3	实验方法和步骤	230
12.10.4	思考题	231

12.11 细菌菌落总数的测定	231
12.11.1 实验目的	231
12.11.2 实验原理	231
12.11.3 实验材料与器皿	231
12.11.4 实验方法和步骤	231
12.11.5 思考题	233
12.12 大肠菌群的检测	233
12.12.1 实验目的	233
12.12.2 实验原理	233
12.12.3 实验材料与器皿	233
12.12.4 实验方法和步骤	233
12.12.5 思考题	235
附录	236
附录1 教学常用染色液的配制	236
附录2 常用染色方法	237
附录3 教学用培养基	238
附录4 大肠菌群检验表 (MPN 法)	241
主要参考文献	243

1 绪 论

学习重点

了解环境微生物学的研究对象和研究内容；
掌握微生物的定义、微生物分类和命名的基本方法，了解现代微生物分类学的发展；
掌握微生物的基本特点及其对环境保护的意义。

1.1 环境微生物学的形成和发展

微生物个体微小，在自然界中广泛存在，并且发挥着巨大作用。随着环境问题的日益严重，环境科学得到迅速发展。而环境微生物学，作为环境科学的一个重要分支，在 20 世纪 60 年代后期兴起，经过三十多年的发展，已经逐渐发展成为一门独立的学科，在环境科学研究和环境问题解决中发挥着越来越大的作用，成为环境科学和环境工程的重要理论基础。

随着工农业生产的发展，人口增加，人类活动对环境的影响越来越大，其中大量的污染物质进入环境，给自然界造成的影响是空前的，自然界自身的净化能力已经无法应对。从 20 世纪起，在西方首先出现严重的环境污染问题，相继出现公害事件，如美国洛杉矶的光化学烟雾、伦敦烟雾、日本四日市的哮喘病、熊本的水俣病以及神户的痛骨病等，这都对人类本身的生存造成极大的危害。中国也不例外，随着改革开放和经济的迅猛发展，环境问题也日益严重，目前中国的各主要江河湖泊，都不同程度地被污染，有些还十分严重。在一些大中城市，不仅由于水污染问题出现水质型缺水，而且大气污染问题同样令人担忧，固体废物的处理现状也十分不理想。在农村地区，随着乡镇企业的发展和大量使用农药化肥，污染也十分严重。

一些发达国家从 20 世纪 50 年代开始治理环境，经过多年的努力，其环境质量已经有了明显的改善，其中一个众所周知的例子就是英国泰晤士河的治理，今天的泰晤士河河水变清，并有鱼类在其中生长。在中国，党和政府一贯高度重视环境保护问题，多年来，中国在环境保护方面投入了大量的人力物力，环境保护也已经成为中国的国策。但是环境问题的形成是个历史的过程，解决环境问题也不是一朝一夕的事情，仍然面临着许多困难，要做的工作仍然很多。

微生物在环境保护和环境治理中，起着举足轻重的作用。微生物容易变异的特点，使它具有无可比拟的多样性，能够适应多种污染环境并对其进行治理；而现代生物学的发展，促进了微生物学的发展，也同样使微生物在环境领域中的应用得到进一步拓展，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、污染物工业化处理中涉及的反应器、机械、电力、供气、监测和控制技术的完善，对污染物的物理、化学、生物监测技术的进步等都为环境污染控制打下了坚实的基础。

1.2 环境微生物学的研究对象和任务

1.2.1 环境微生物学的研究内容

环境微生物学研究与环境有关的微生物及其生命活动规律，它是研究微生物和环境之间相互关系的科学。环境微生物学所针对的研究对象是在自然和人工环境中存在的微生物，其研究内容包括微生物的形态、细胞结构及其功能，微生物的营养、能量和物质的代谢、生长、繁殖、遗传、变异等方面的基础知识，也包括栖息在各种自然或人工环境中的微生物及其生态、饮用水的卫生细菌学、物质在自然界中的循环和转化、环境对污染物质的净化以及污染物的微生物处理和污染环境生物修复等方面的原理。

因此环境微生物学是微生物学与环境科学的结合，属于边缘学科，也属于应用学科，既强调基础理论知识的学习，同时也强调这些知识在生产实际中的应用。

环境微生物学的研究任务是利用微生物来解决人们面临的各类环境问题。具体来说就是要充分利用有益的微生物资源为人类造福，同时要防止、控制和消除微生物可能对人类造成的危害，化害为利。如消灭病原微生物和利用有益微生物来处理环境中的各种有害物质。

虽然有害的微生物是少数，但它们对人类的危害却很大。细菌、病毒、霉菌、变形虫等的某些种会引起人类的各种疾病。如肝炎、肠道传染病、伤风、感冒等；黄曲霉会产生具有强烈致癌作用的黄曲霉素；在农业、畜牧业、林业上的病害，许多与微生物有关；平时日常生活中食品及物品的腐败、霉变等也与微生物的活动有关。在环境领域中，微生物的活动同样会造成对人类生活生产活动的危害，甚至危及人类本身的健康。如硫细菌和铁细菌的活动会引起管道堵塞与锈蚀；微生物的活动使进入环境中的汞被甲基化，产生毒性更大的甲基汞；在富营养化的水体中，一些藻类会引起湖泊“水华”和海洋“赤潮”等。

当然，不能由此形成错误的认识，认为所有的微生物都是有害的。事实上，除了少数有害微生物，更多的是有益微生物，它们给人类的生活、生产带来大量的好处，甚至可以说人们已经离不开这些微生物了。自古以来，有益微生物就被人类广泛应用，古代的酿酒工艺，制酱、制醋、发面等，都是利用微生物为人类服务的例子。到了近代，微生物被应用在发酵工业中生产乙醇、丙酮、各种有机酸、氨基酸、抗生素，在医药、印染、石油、矿业等行业中，都有成功利用微生物的例子；在农业生产上，微生物被用作农肥（如固氮菌肥，磷、钾细菌肥料等），用于防止植物病虫害的生物防治（如苏云金杆菌作为杀虫剂）等。在人们的日常生活中，同样离不开微生物，如酸菜、酸牛奶的制作等，都需要在有益微生物的协助下完成。

在环境科学与工程领域，同样可以看到微生物所发挥的巨大作用。

自然界（例如水体）受到污染，人们当然可以采取一些物化指标（例如特定污染物的浓度、pH、COD、BOD₅等）来反映，但一般来说，测定这些指标比较麻烦，而且它们反映的综合性也不够。因此，人们开始注意并利用生物来监测环境的污染情况。这种方法称为生物监测，用于生物监测的生物称为指示生物。生物监测可以利用动物、植物，而微生物也有着重要作用。例如，在水体中，针对不同的污染程度，会出现不同种类和数量的微生物，由此，可以判断水体的污染情况。

在环境污染治理中，需要对污染物质进行处理，处理废水、废物和废气的方法很多，其中生物处理法占重要地位。它具有经济、高效的优点，并且可以达到无害化。微生物是废物生物处理、净化环境的工作主体。到目前为止，生物治理仍然是最经济有效的方法之一，特别在废水的治理方面，已经有大量的应用实例。有关这方面的内容，将在以后的课程学习中进行详细的介绍。

1.2.2 学习环境微生物学的意义

学习环境微生物学，对于每个从事环境领域工作的人，有着很重要的理论和实践意义。没有环境微生物学的知识，就无法理解和应用各种环境生物治理技术，也不可能开发新的微生物技术应用到环境领域，因此，学习并掌握环境微生物学的知识是必需的。

通过学习环境微生物学，可以了解和揭示微生物在自然界中的地位和作用，了解微生物在物质和能量的转化、循环中的特殊地位和重要作用。微生物中的光合细菌、蓝细菌、微型藻类等，能利用光能进行有机物的合成，它们是生态系统中的初级生产者。更加重要的是，大多数微生物又是自然界生态系统中的主要分解者，很难想像如果没有微生物的作用，地球表面将是什么样的情景。微生物的分解作用，使有机物被分解、自然界的物质不断被循环，也就造就了今天生机勃勃的自然界。

通过学习环境微生物学，可以更清楚地认识环境问题的产生和造成危害的原因。微生物既能给人类带来福音，也会给人类带来危害，一些环境问题的产生有其生物学的背景和原因，有些微生物的活动会引起或加剧环境的污染甚至会危及人类本身的健康。通过这方面的学习和研究，可以避免和防止微生物给人类及其环境带来麻烦和危害。

通过学习环境微生物学，可以更好地掌握和应用各种生物处理技术。环境生物处理技术是建立在对体系内微生物的认识和利用的基础上的，微生物是个宝贵的资源库，要开发利用这个宝库，有效地利用微生物保护环境，同样需要对微生物有更加深入细致地了解和研究。

1.3 微生物概述

1.3.1 微生物的定义

微生物是所有形体微小，用肉眼无法看到，需借助显微镜才能看见的单细胞或个体结构简单的多细胞或无细胞结构的低等生物的统称。因此，“微生物”不是分类学上的概念，而是一切微小生物的总称。

按照微生物有无细胞结构，微生物可分为非细胞结构的微生物（如病毒、类病毒、拟病毒等）和细胞结构的微生物。具有细胞结构的微生物，又可以根据细胞的特点，分为原核微生物和真核微生物两大类。

原核微生物是具有原核细胞的生物，原核细胞是一类比较原始的细胞，其细胞核发育不完善，只是DNA链高度折叠形成的一个核区，仅有核质，没有核膜，没有定形的细胞核，称为拟核或似核。原核细胞没有特异的细胞器，只有由细胞质膜内陷形成的不规则的泡沫结构体系，如间体和光合作用层片及其他内褶。原核细胞不进行有丝分裂。原核微生物包括各类细菌、放线菌、蓝细菌、黏细菌、立克次氏体、支原体、衣原体和螺旋

体等。

真核微生物是具有真核细胞的生物，真核细胞有发育完善的细胞核，有核膜将细胞核和细胞质分开，核内有核仁和染色质。真核细胞有高度分化的细胞器，如线粒体、中心体、高尔基体、内质网、溶酶体和叶绿体等，担负着细胞的各种功能。真核细胞能进行有丝分裂。真核微生物包括各类真核藻类、真菌（酵母菌、霉菌等）、原生动物以及微型后生动物等。原核和真核细胞的结构见图 1-1。

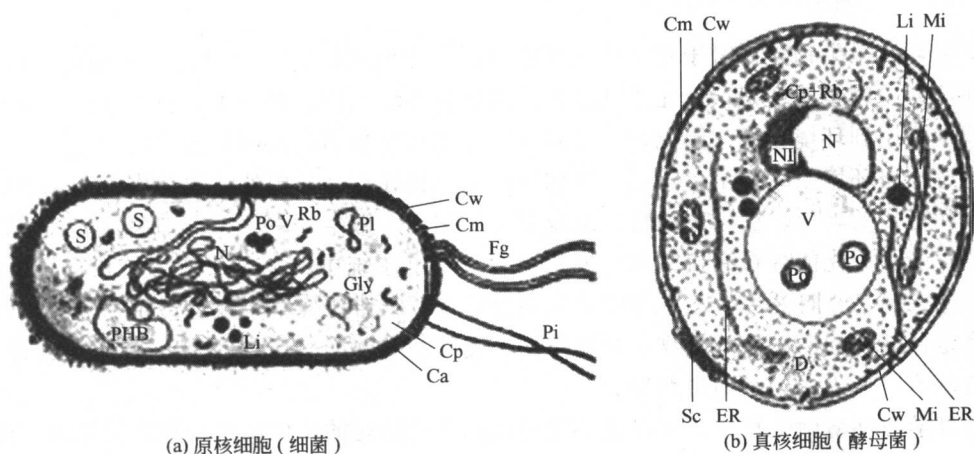


图 1-1 原核和真核细胞结构

Cw—细胞壁；Cm—细胞膜；Cp—细胞质；N—细胞核；NI—核仁；Rb—核糖体；ER—内质网；
Pl—质粒；D—高尔基体；Mi—线粒体；PHB—聚羟基丁酸；Li—脂肪粒；Po—聚磷酸颗粒；
S—硫内含物；Gly—糖原颗粒；V—液泡；Sc—芽痕；Pi—菌毛；Ca—荚膜；Fg—鞭毛

1.3.2 微生物的分类

生物分类的目的有两个。一是认识、研究和利用生物。地球上生存的生物数量是巨大的。据估计，动物约有 150 万种，如果包括亚种在内，可能超过 200 万种；植物约有 40 万种；至于微生物的种类就更多了。这样多的生物，如果没有科学的分类法，对其认识将陷于杂乱无章的境地，无法进行调查研究，更说不上充分利用生物资源和防治有害生物了。生物分类的另一个目的是了解生物进化发展史，研究生物之间的亲缘关系。按照达尔文的进化理论，生物是进化的，各种生物之间存在亲缘关系，通过了解生物之间的进化关系，可以为研究诸如生命起源等重大问题，提供科学依据。

在对各种生物进行细致观察的基础上，通过比较研究，找出它们的共同点和不同点，并将有许多共同点的类归并成一个种类，根据它们的差异分成若干不同的种类，如此分门别类、顺序排列，形成分类系统。研究这种分类的学科就是分类学。在生物学上，对生物的分类采用按其生物属性和它们的亲缘关系有次序地分门别类排列成一个系统，系统中有七个等级：界、门、纲、目、科、属、种。每一种生物，包括微生物，都可在这个系统中找到相应的位置。其中种（species）是分类的基本单位。

在实际应用中，必要时，还可以在等级之间再增设一些亚等级，如亚门、亚纲等，而在种以下的等级，可以用亚种、变种等。此外，在微生物学上常用菌株这个概念，但菌株并不是分类单位。