



高等学校教材

环境工程微生物学

李建政 主编
任南琪 主审



化学工业出版社
教材出版中心

高等学校教材

环境工程微生物学

李建政 主编

任南琪 主审

赵丹 秦智 张奎 王有志 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

环境工程微生物学/李建政主编. —北京: 化学工业出版社, 2004.6
高等学校教材
ISBN 7-5025-5608-7

I. 环… II. 李… III. 环境科学: 微生物学-高等学校-教材 IV. X172

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 045623 号

高等学校教材
环境工程微生物学

李建政 主编

任南琪 主审

赵丹 秦智 张奎 王有志 编

责任编辑: 王文峡

文字编辑: 周 侗

责任校对: 李 林

封面设计: 蒋艳君

*

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

中国纺织出版社印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 21 字数 514 千字

2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5608-7/G · 1459

定 价: 35.00 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

前 言

保护环境，促使社会经济与环境的协调发展，实施可持续发展战略，已成为当今世界的共识，而搞好环境保护是实施可持续发展战略的关键。环境保护涉及范围很广，主要是消除污染和保护生态环境，微生物在这两个方面都有重要作用。

环境工程微生物学是环境污染防治与微生物学相结合而产生发展起来的一门交叉学科，重点是研究环境污染防治工程中涉及的微生物学问题，如栖息在自然环境、受污染环境和人工处理系统中的微生物生态、环境的自净作用、环境污染及其生物处理工程中的微生物学原理等。环境工程微生物学是 20 世纪 60 年代末开始兴起的，距今不过 50 年左右的时间，但因其顺应了人类社会的发展需求而迅速发展起来，其原理和技术不仅广泛应用于污水处理、固体废物处理和气态污染物的生物处理，同时也在污染环境的生物修复、环境污染的微生物监测等方面担当重任。所以，环境工程微生物学不仅成为高等院校环境科学、环境工程和市政工程及环境监测等专业的专业基础课，也为生物学和生命科学等专业选用。

本书重点介绍了微生物的形态、细胞结构及其功能，微生物的营养、呼吸、物质代谢、生长、繁殖、遗传与变异，微生物在生物圈物质循环与转化中的作用，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物生物处理系统中以及废气生物处理系统中的微生物及其生态，饮用水的卫生细菌学，水体和土壤的自净作用，污染水体治理和污染土壤的修复等环境工程技术的原理。在内容安排上，既注意为学生提供广泛的微生物学基础知识，又注重环境微生物工程技术的介绍，同时还兼顾了对学生操作技能的培养。因此，本教材在对微生物学基础知识的编排中，注意了这些基础知识与环境微生物工程技术结合点的提示，而在介绍环境微生物工程技术中，则对这些工程技术的微生物学原理进行了重点阐述，使“基础理论”与“应用实践”前后呼应，紧密结合，可引导学生对环境工程微生物学知识的系统学习和把握。本教材图文并茂，内容丰富并具有一定的广度和深度，适宜环境科学、环境工程、给水排水、环境监测等专业选作教材使用，也可供其他大专院校生物学、微生物学、生命科学等专业的师生和从事环境保护的科技人员和管理人员选用和参考。

本教材包括环境工程微生物学的主题内容和与课堂教学配套的实验。本教材的编写人员均是在高等院校从事环境工程微生物学、环境工程、给水排水工程教学的教师，教学经验丰富。其中，李建政为主编，编写第一章、第五章、第八章和第九章；赵丹编写第二章、第七章（部分）和第十二章；秦智编写第三章、第四章和第六章；张奎编写第七章（部分）、第十章和第十三章，并负责附录的整理；王有志编写第十一章。本书初稿编写完成后，特邀哈尔滨工业大学任南琪教授进行了审定，进一步修改后最终定稿。

本书的编写工作得到了哈尔滨工业大学市政环境工程学院领导和同仁的大力帮助，在此表示衷心感谢。限于作者知识水平和写作能力，书中错漏之处，希望读者提出宝贵意见！

编者

2004 年 3 月

内 容 提 要

本书以传统的微生物学知识为基础，重点对微生物在生物圈的物质循环与转化中的作用，污水处理、固体废物处理和气态污染物的微生物处理技术与原理，污染环境的生物修复等环境工程微生物学知识进行了系统而详细的阐述，同时还编排了环境工程微生物学实验。全书内容丰富，图文并茂，基础理论与实践应用紧密结合，既具有一定的广度和深度，又具有深入浅出的特点。

本书为高等学校环境科学、环境工程、给水排水工程、环境监测等专业的教材，也可供其他大专院校生物学、微生物学、生命科学等专业的师生和从事环境保护的科技人员和管理人员选用和参考。

目 录

第一章 绪论	1
一、环境污染问题	1
二、环境工程微生物学的产生与发展	2
三、环境工程微生物学的研究内容和任务	2
四、微生物概述	3
五、微生物学在环境工程中的作用	6
思考题	7
第二章 微生物学基础	8
第一节 非细胞生物——病毒	8
一、病毒的形态大小、化学组成和结构	8
二、病毒的增殖	8
三、病毒生命活动的影响因素	10
四、病毒的灭活方法与废水中病毒的去除	10
第二节 原核微生物	10
一、细菌	10
二、放线菌	19
三、鞘细菌	21
四、其他原核微生物	22
第三节 真菌	26
一、酵母菌	26
二、霉菌	29
第四节 藻类	32
一、藻类的生物学特征	32
二、藻类的分布及生存条件	33
三、藻类的繁殖	33
四、环境工程中常见藻类	34
第五节 原生动物	37
一、原生动物的形态及生理特征	37
二、原生动物的分类	37
第六节 微型后生生物	40
一、轮虫	40
二、甲壳类动物	41
三、线虫	41
四、寡毛类动物	41

思考题	42
第三章 微生物的营养与培养基	43
第一节 微生物细胞的化学组成	43
第二节 微生物的营养物质	44
一、水分	44
二、碳源	45
三、氮源	45
四、矿质营养	46
五、生长因子	47
第三节 营养物质的跨膜运输	47
一、单纯扩散	48
二、促进扩散	48
三、主动运输	48
四、基团转位	49
第四节 微生物的营养类型	49
一、光能自养型	50
二、化能自养型	50
三、光能异养型	50
四、化能异养型	50
第五节 培养基	51
一、配制培养基的基本原则	51
二、培养基的类型及其应用	52
思考题	55
第四章 微生物的生理代谢及其生物化学基础	56
第一节 新陈代谢	56
第二节 微生物的酶和酶促反应	56
一、酶的概念与特性	56
二、酶的组成与结构	57
三、酶的分类和命名	58
四、酶作用的基本原理	59
五、酶促反应动力学	60
六、酶在环境工程中的应用	62
第三节 微生物的能量代谢	63
一、化能异养型微生物的产能代谢	63
二、化能自养型微生物的产能代谢	67
三、光能自养型微生物的能量代谢	68
第四节 微生物对有机物质的分解代谢	68
一、不含氮有机物的分解	68
二、含氮有机物的分解	69
第五节 代谢调节	70

一、酶活性的调节——反馈抑制作用机制	70
二、酶合成的调节——诱导和阻遏作用机制	70
思考题	72
第五章 微生物的生长繁殖及其影响因素	73
第一节 微生物生长繁殖的概念	73
第二节 微生物生长量的测定方法	73
一、测定微生物的数量	73
二、测定细胞物质的质量	74
三、间接测定法	74
第三节 微生物群体生长规律的研究方法	75
一、微生物的分离与培养	75
二、微生物的分批培养与群体生长规律	75
三、同步培养	79
四、连续培养	80
第四节 活性污泥的生长规律及其指导意义	82
一、活性污泥的生长曲线	82
二、活性污泥生长曲线对废水生物处理的指导意义	84
第五节 影响微生物生长的环境因素	86
一、温度	86
二、pH 值	89
三、氧化还原电位	90
四、氧气	91
五、水的活度与渗透压	93
六、抗生素	94
七、有毒化学物	95
八、辐射与超声波	97
第六节 菌种的退化、复壮和保藏	98
一、菌种的退化与复壮	98
二、菌种的保藏	99
思考题	100
第六章 微生物的遗传和变异	102
第一节 微生物的遗传	102
一、遗传和变异的物质基础	102
二、DNA 的复制以及遗传信息的表达	105
第二节 微生物的突变	107
一、突变的类型	107
二、突变的机制	109
第三节 细菌的基因重组	110
一、转化	111
二、接合	112

三、转导.....	113
第四节 遗传工程技术在环境工程中的应用.....	114
一、诱变育种.....	114
二、基因工程与工程菌的构建.....	115
三、PCR 技术在环境工程中的应用	116
思考题.....	117
第七章 微生物生态学基础	118
第一节 生态系统与生态平衡.....	118
一、生态系统的概念与功能.....	118
二、生态学金字塔.....	124
三、生态系统的平衡及其调节机制.....	126
四、微生物在生态系统中的重要作用.....	129
第二节 土壤微生物生态.....	129
一、土壤的生态条件.....	129
二、土壤微生物的种类及分布.....	130
三、土壤污染与土壤自净.....	134
第三节 空气微生物生态.....	136
一、空气的生态条件.....	136
二、空气微生物的种类及分布.....	136
三、空气微生物的卫生标准.....	137
四、空气微生物的检测.....	138
第四节 水体微生物生态.....	138
一、水体微生物的生态特征.....	138
二、水体污染与水体的自净.....	142
三、河流污化带系统及其生态学特征.....	144
第五节 极端环境中的微生物.....	146
一、嗜冷微生物.....	146
二、嗜高温微生物.....	147
三、嗜酸微生物.....	147
四、嗜碱微生物.....	148
五、嗜盐微生物.....	148
六、其他极端环境微生物.....	149
第六节 生态因子及其作用的基本规律.....	150
一、生态因子的概念.....	150
二、非生物因子和生物因子.....	150
三、生态因子作用的基本规律.....	150
第七节 微生物之间的生态关系.....	152
一、生存竞争.....	152
二、原始合作.....	154
三、共生关系.....	155

四、偏害关系·····	155
五、捕食关系·····	155
六、寄生关系·····	155
第八节 微生物的群落特征·····	156
一、群落及其基本特征·····	156
二、群落的生态演替·····	156
三、顶极群落·····	158
思考题·····	158
第八章 微生物在物质循环中的作用 ·····	160
第一节 物质循环与微生物的矿化作用·····	160
第二节 碳素循环·····	160
一、自然界中的碳素循环·····	160
二、微生物在碳素循环中的作用·····	161
第三节 氮素循环·····	162
一、自然界中的氮素循环·····	162
二、微生物在氮素循环中的作用·····	162
第四节 硫素循环·····	165
一、自然界中的硫素循环·····	166
二、微生物在硫素循环中的作用·····	166
第五节 磷素循环·····	168
一、自然界中的磷素循环·····	168
二、微生物在磷素循环中的作用·····	169
第六节 铁和锰的生物转化·····	170
一、氧化铁和锰的微生物·····	170
二、环境 pH 值对微生物氧化铁、锰的影响·····	171
三、铁、锰转化造成的危害·····	172
第七节 微生物对有毒物质的降解与转化·····	173
一、对合成有机物的降解作用·····	173
二、对无机污染物的转化·····	179
思考题·····	182
第九章 水污染控制的微生物学原理与技术 ·····	183
第一节 污水生物处理的基本原理与类型·····	183
一、污水生物处理的基本原理·····	183
二、污水生物处理的类型·····	184
第二节 污水好氧生物处理技术及其微生物学原理·····	184
一、活性污泥法·····	184
二、生物膜法·····	194
第三节 废水厌氧生物处理的微生物学原理与技术·····	202
一、废水厌氧生物处理的微生物学原理·····	203
二、废水厌氧生物处理的工艺条件及其控制·····	208

三、废水厌氧生物处理工艺与设备·····	209
第四节 利用光合细菌处理高浓度有机废水·····	214
一、光合细菌的特性·····	214
二、光合细菌净化废水的原理和基本工艺流程·····	215
第五节 稳定塘·····	217
一、稳定塘的概念及其特点·····	217
二、稳定塘对污水的净化机理·····	218
三、稳定塘的主要类型·····	220
第六节 水体的富营养化及其防治技术·····	221
一、富营养化产生的原因·····	221
二、富营养化的危害·····	221
三、富营养化水体中的常见藻类·····	222
四、评价水体富营养化的指标·····	224
五、控制水体富营养化的措施与方法·····	225
第七节 废水处理脱氮除磷的微生物学原理与技术·····	227
一、废水脱氮除磷的意义·····	227
二、废水的生物脱氮原理与工艺·····	228
三、废水的生物除磷原理与工艺·····	232
第八节 微污染水源水的生物预处理·····	236
一、微污染水源水生物预处理的目的是意义·····	236
二、生物预处理的特点·····	237
三、国内外实践简介·····	238
第九节 水中的病原微生物与饮用水的消毒·····	239
一、水中的病原微生物·····	239
二、饮用水的消毒·····	240
思考题·····	242
第十章 固体废物的微生物处理技术 ·····	244
第一节 固体废物生物处理的基本原理·····	244
一、好氧堆肥的生物学原理·····	245
二、厌氧堆肥的生物学原理·····	246
第二节 有机固体废物的堆肥技术·····	247
一、好氧堆肥·····	247
二、厌氧堆肥·····	250
第三节 卫生填埋·····	251
一、填埋场地的选择·····	251
二、场地的设计·····	252
三、填埋方法·····	252
四、填埋坑中微生物对有机物的降解过程·····	253
五、渗滤液的处理方法·····	254
六、垃圾填埋场气体的产生和控制方法·····	256

第四节 厌氧发酵	257
一、厌氧发酵工艺	257
二、厌氧发酵装置的结构和工作原理	258
三、固体废物厌氧发酵的影响因素	259
四、城市粪便的厌氧发酵处理	260
思考题	261
第十一章 工业废气的微生物处理技术	262
第一节 工业废气微生物处理原理与工艺类型	262
一、工业废气微生物处理的基本原理	262
二、工艺类型	263
第二节 微生物吸收工艺	263
第三节 微生物滴滤工艺	264
第四节 微生物过滤工艺	264
一、土壤滤池	265
二、堆肥滤池	266
三、微生物过滤箱	266
四、生物滤池性能的影响因素	267
第五节 污水处理过程的废气处理	268
一、污水处理过程的废气来源	268
二、活性污泥法净化废气的机理与工艺过程	268
三、活性污泥法处理废气的优越性	268
四、对废水处理的影响	269
第六节 废气微生物处理技术的发展现状和展望	270
思考题	272
第十二章 污染环境的微生物修复	273
第一节 生物修复技术原理	273
一、生物修复的概念	273
二、用于生物修复的微生物	273
三、生物修复的影响因素	275
四、应用生物修复技术的前提条件	276
五、生物修复的主要方法	276
第二节 生物修复技术的可行性研究	276
一、生物修复技术的优点和局限性	277
二、评价生物修复可行性的程序	277
三、可处理性试验	278
第三节 微生物修复工程技术	279
一、土壤生物修复工程技术	279
二、地下水生物修复工程技术	282
三、富营养化水体的微生物修复	284
四、海洋石油污染的生物修复	285

思考题	287
第十三章 环境工程微生物学实验	288
实验一 光学显微镜的使用及细菌、放线菌和蓝细菌个体形态的观察	288
实验二 好氧活性污泥中菌胶团形态和生物相的观察	291
实验三 微生物直接计数法	293
实验四 微生物的染色	294
实验五 培养基的制备和灭菌	297
实验六 细菌纯种分离、培养和接种技术	301
实验七 纯培养菌种的菌体、菌落形态观察	304
实验八 水中细菌总数的测定	306
实验九 水中大肠菌群数的测定	308
实验十 空气微生物的检测	312
附录	315
附录一 显微镜的维护与保养	315
附录二 常用染色液的配制	315
附录三 几种常用染色方法	317
附录四 常用培养基	318
主要参考文献	321

第一章 绪 论

一、环境污染问题

第二次世界大战之后,世界各国特别是发展中国家纷纷采取传统的“增长第一战略”来发展本国经济,其主要特征是大力推进工业化,以谋求国民生产总值得以迅速增长。传统片面地追求经济增长的战略,虽然使许多国家在一定时期内取得了经济上的较快增长,但同时产生了包括环境污染在内的一系列严重问题。

各种新兴工业的产生与迅速发展,使工业废水量急剧增加,石油炼厂废水、石油化工废水、造纸废水、印染废水、纺织工业废水、屠宰废水、食品加工废水、发酵工业废水等种类繁多的工业废水都直接或间接地排入自然水体,造成了严重的水体污染。各种类型的工厂和越来越多的汽车,产生的大量废气排入大气,废气中含有 CO 、 CO_2 、 NO_x 、 SO_2 、 H_2S 和各种挥发性有机物,给人体健康和其他生物带来极大危害。如, NO_x 和 SO_2 等导致酸雨产生;大量 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 和氟氯烷等温室气体排入大气引起全球性的气候变化异常,导致城市的“热岛效应”和全球性的温室效应;氮氧化物和碳氢化物在太阳辐射下发生反应,形成光化学烟雾,其中含有 NO 、 O_3 和过氧乙酰硝酸酯(PAN)等,引起人类许多疾病,甚至酿成公害事件。大量固体废物的堆置或填埋,以及长期的污水灌溉农田和废水的土地处理,造成土壤和地下水的严重污染。另外,随着人类居住环境的城镇化发展和生活水平的不断提高,也相应产生越来越多的城市垃圾和生活污水。

自 20 世纪西方产业革命开始以来,世界各国就面临严重的环境污染问题,环境质量急剧恶化。20 世纪 50~60 年代所造成的一系列震惊世界的公害事件使成千上万人罹难,70 年代中叶以来殃及全球的温室效应、臭氧层破坏、酸雨为患、生态环境退化等给人类生存和发展带来了空前的威胁。

总之,当今社会面临着废水、废气和固体废物带来的严重环境污染问题,严重影响了人类的生存环境并制约着社会经济的发展。世界银行 1997 年对中国的环境问题进行研究后指出,由于环境污染加剧,使得环境事故迭起,与环境污染密切相关的恶性肿瘤和呼吸系统疾病发病率上升:在中国主要城市,估计每年有 17.8 万人因大气污染的危害而过早死亡;来源于生活及采暖用煤和生物质燃料燃烧造成的室内空气污染,每年约造成 11.1 万人早亡;每年由于大气污染致病而造成的工作日损失达 740 万人次。由于环境污染导致中国经济损失呈不断上升趋势:1986 年环境污染损失之和为 381.55 亿元,占当年国民生产总值的 6.75%;1992 年公布的污染损失为 1085.1 亿元,占当年国民生产总值的 4.5%;1997 年世界银行统计,中国仅空气和水污染造成的经济损失每年高达 540 亿美元,相当于国民生产总值的 3%~8%。

长期以来,一味追求经济产值的发展模式,使人们赖以生存的地球以及建立在资源废墟上的文明正面临着危难。当人们拥有主宰地球的能力并用以进行自毁家园的畸形发展时,不堪重负的地球生态环境总是报之以一次次沉重的打击,并唤起人类应有的环境意识,环境浪

潮一浪高过一浪。

二、环境工程微生物学的产生与发展

当今世界，对保护环境、促使社会经济与环境的协调发展、实施可持续发展战略已达成共识，而搞好环境保护是实施可持续发展的关键。环境保护涉及范围很广，主要是消除污染和保护生态环境，微生物在这两个方面都有重要作用。

微生物个体微小，却在自然界的物质循环中起着巨大作用，它们把复杂的天然有机物及大量的人工合成有机化合物分解矿化为无机物，以生产者可以直接吸收利用的形态将其最终归还到环境中。所以，微生物不仅在自然界物质循环中担当着分解者的重要角色，维持着生物圈的动态平衡，同时也是去除环境污染物的生力军。

微生物在环境污染物的去除方面具有巨大的潜力。例如微生物种类和代谢途径的多样性可以使各种有机污染物得以降解，而微生物代谢的高效性（世代时间短）可以使有机污染物在较短的时间内得以去除。随着工业化的发展，出现了大量人工合成的有机化合物，如杀虫剂、除草剂、洗涤剂、增塑剂、塑料等，这些有机物是自然界物质循环中不曾出现过的，开始，微生物很难降解它们，但由于微生物具有很强的变异性，近些年来，许多难降解的化合物已陆续找到了能分解它们的微生物种类。利用微生物的易变异性，可以通过驯化或生物工程措施，选育特定的微生物，用以处理在自然界难降解的有机污染物。

科学的进步和发展，为保护环境、控制并治理污染提供了技术保证。人们对污染物高效降解菌的筛选和驯化，污染物降解途径的研究，基因工程菌技术的发展，污染物工业化处理中涉及的反应装置以及监测和控制技术的完善，对污染物的物理、化学、生物监测技术的改进等都为环境污染控制打下了坚实的基础。人们根据物质在自然界中的循环迁移和转化规律，模仿土壤和水体自净过程，通过工程学上的措施，为污染物的分解者——微生物提供适宜的环境条件，以强化微生物对环境污染物的降解和转化作用，达到消除环境污染的目的。环境微生物工程就是这样诞生并得以迅速发展的。

环境工程微生物学是 20 世纪 60 年代末开始兴起的，距今不过 50 年左右的时间，但因其顺应了人类社会的发展需求而迅速发展起来。如今，环境工程微生物学原理不仅广泛应用于污水处理、固体废物处理和气态污染物的生物处理，同时也在污染环境的生物修复、环境污染的微生物监测等方面担当着重任。

三、环境工程微生物学的研究内容和任务

环境工程微生物学是环境污染防治与微生物学相结合而产生发展起来的一门交叉学科，属于环境微生物学的研究范畴，重点是研究环境污染防治工程中涉及的微生物学问题，是在普通微生物学的基础上，着重研究栖息在自然环境、受污染环境和人工处理系统中的微生物生态、环境的自净作用、环境污染及其生物处理工程中的微生物学原理。

环境工程微生物学的具体研究内容包括：微生物的形态、细胞结构及其功能，微生物的营养、呼吸、物质代谢、生长、繁殖、遗传与变异等；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物生物处理系统中以及废气生物处理系统中的微生物及其生态；饮用水的卫生细菌学；微生物在生物圈的物质循环与转化中的作用；水体和土壤的自净作用，污染水体治理和污染土壤的修复等环境工程技术的原理；用于环境污染监测的微生物及其相关技术等。这些也是本教材将要重点介绍的主要内容。

环境工程微生物学的研究方向和具体任务就是充分利用有益微生物资源为人类造福，防止、控制、消除环境污染，化害为利。

四、微生物概述

(一) 微生物的概念

微生物 (microorganisms) 不是生物分类学上的一个专门名词, 而是对一些个体体积小 (一般小于 0.1mm)、单个细胞或个体结构非常简单的多细胞, 甚至无细胞结构的低等生物的统称。这些微小生物通常不能被肉眼直接分辨, 而必须借助光学显微镜甚至电子显微镜才能观察到。

(二) 微生物的主要类群及分类地位

微生物类群十分庞杂, 既包括无细胞结构的病毒, 单细胞结构的细菌、放线菌、立克次体、衣原体、支原体等原核生物, 又包括酵母菌和霉菌等真菌, 还有单细胞藻类、原生动物和低等的后生动物等。

在生物学发展史上, 曾把所有生物划分为动物界和植物界两大类。微生物中的一些类群, 像原生动物, 不含叶绿素, 不能进行光合作用, 无细胞壁且可运动, 被归于动物界; 而像蓝藻, 尽管是原核的单细胞生物, 由于含有光合色素, 能进行光合作用, 且具细胞壁结构, 因此被归于植物界。对于有些微生物种类, 就很难对它的分类进行定位。如绿眼虫 (*Euglena viridis*), 由于具有叶绿体和细胞壁结构, 可进行光合作用, 被植物学家列为植物界生物; 而动物学家则依据其具有鞭毛、可运动、生有眼点使运动具有方向性等特点, 将其归入动物界。可见, 把生物仅仅划分为动物界和植物界已经不太适宜。

目前, 较为普遍被接受的是 1969 年由魏泰克 (R. Whittaker) 提出的五界系统, 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, 有学者提出将不具细胞结构的病毒单列一界, 这样就形成了生物分类学上的六界系统, 其中, 原核生物界包括蓝藻和细菌, 真核原生生物界包括原生动物和真核单细胞藻类, 真菌界包括酵母菌和霉菌, 动物界包括微型后生动物和高等动物, 植物界包括除藻类 (包括蓝藻) 及光合细菌以外的所有光合生物。所以, 微生物在生物分类系统中分属于病毒界、原核生物界、真核原生生物界和真菌界。在水污染控制微生物学中, 也将一些多细胞的真核藻类和微型后生动物列入微生物学的研究范畴。由此可见, 微生物学的研究对象是十分广泛而丰富的。

(三) 微生物的分类和命名规则

1. 微生物的分类

为认识种类繁多的微生物, 了解它们之间的亲缘关系, 并为微生物资源的开发、利用、控制和改造提供理论依据, 必须掌握有关微生物分类的知识。

微生物的分类是把各种微生物按照它们的亲缘关系分群归类, 编排成系统, 以便于命名和鉴定。这种分类是建立在对大量微生物进行观察、分析和描述的基础上的, 以它们的形态、结构、生理生化反应和遗传性等特征的异同为依据, 并根据生物进化的规律和应用的方便, 将其分门别类地排列成一个系统。微生物的分类依据主要有形态特征、生理生化反应、生态特征、细胞成分、16SRNA 碱基顺序分析等。

微生物的主要分类单位依次是: 界、门、纲、目、科、属、种。其中, 种是最基本的分类单位。特征完全相同或者很多相同的有机体构成同一个种, 性质相似而又相互有关的各个种又组成同一个属, 依此类推, 由此构成一个完整的分类系统。另外, 在两个主要分类单位之间可以加入亚门、亚纲等次要分类单位。而在种以下还可以分为变种、亚种、型、株等单位。

这样，就可以把多种多样的生物加以组织，有系统地阐述各大类群中的小类群及其之间的相互关系。

2. 微生物的命名

微生物的命名是国际统一的，它采用林耐创立的“双名法”，即：属名+种名形容词。属名在前，用拉丁文表示，首字母大写，由微生物的构造、形状或由科学家的姓名而来，用于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，是微生物的颜色、形状、来源或科学家的姓名等，用来描述微生物的次要特征。

例如，金黄色葡萄球菌、巴斯德酵母和破伤风梭菌的学名分别为 *Staphylococcus aureus*、*Saccharomyces pastori* 和 *Clostridium tetani*。这些命名中第一个名词是细菌所从属的属名，为拉丁文名词，分别表示微生物的主要特征“葡萄球菌”、“酵母菌”和“梭菌”；第二个词为种加词，为拉丁文形容词，分别用来描述微生物的次要特征“金黄色的”、“巴斯德的”和“引起破伤风的”。

由于微生物种类很多，有时会发生同物异名或同名异物的现象，故常在种名之后附上定名人的姓。另外，某些众所周知的微生物的学名其属名可以缩写，例如 *E. coli*，但属名第一个字母后应加上实心圆点。最后可以在属名后加上 *sp.* 或 *spp.*，泛指某一属微生物。例如 *Pseudomonas sp.* 表明是假单胞菌属的某一种细菌，具体种名不知。

（四）微生物的特点及其环境生物学意义

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，不仅在工农业生产中有重要应用，而且对人类的生存环境和健康卫生有极大的影响。

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。如细菌门的生物，属原核生物，单细胞个体，无细胞器等分化，其度量单位一般用微米 (μm)；再如病毒，甚至连基本的细胞结构也不具备，其大小的度量采用纳米 (nm) 来表示。所以，绝大多数微生物不能直接为人眼所觉察，须借助于光学显微镜甚至电子显微镜才能观察到。

2. 分布广泛，种类繁多

由于微生物个体微小而且轻，故可通过空气与水体的运动而广泛散播和分布。从土壤圈、水圈、大气圈直至岩石圈，到处都有微生物家族成员的踪迹，在生物圈中几乎是“无孔不入”。江河湖海、土壤矿层、大气上空以及动植物的体表体内，几乎无处不有微生物的存在，人们甚至在 85000m 的高空、10000m 深的海底、427m 的沉积岩心中以及高达 90℃ 以上的温泉和寒冷的北极冰层中也能发现活细菌。

微生物的种类繁多，目前已发现的微生物有 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、新属、新科甚至新目、新纲屡见不鲜。有科学家估计，目前人们所了解的微生物种类，至多也不超过生活在自然界的微生物总数的 10%。所以，随着人类认识和研究工作的不断深入，将有越来越多的微生物种类被发现。微生物的广泛分布性，是与其生理代谢类型的多样性分不开的。微生物不仅能够通过多种途径分解自然合成的各种有机物并从中获取自身需要的营养物质和能量，也能分解一些人工合成的复杂有机分子，甚至对氰、酚、多氯联苯等有毒物质也有较强的分解能力，所以它们能够在各种各样的自然环境中生存和繁衍，生命有机体无论在地球的哪个角落死亡后，都能因微生物的作用而分解氧化，从而保证了生物圈的物质循环，使生物界生生不息。

微生物分布广、种类多的特性，向人们预示了微生物资源的丰富性，而目前人类至多仅