

## 后 记

本套图解按摩丛书的作者均为北京按摩医院的经验丰富的医生。北京按摩医院创建于1958年，隶属中国残疾人联合会，医院是以盲人医生为主、医疗为中心、按摩为特色、并开展临床科研与教学的专科医院，医院有按摩医生五十余人，副主任医师以上专家七人，从事按摩医疗多年，具有丰富的临床经验，医术精湛，医德高尚，身怀绝技，按摩手法有独到之处，对腰椎间盘突出症、颈椎病、肩周炎、腰肌劳损、小关节脱位、便秘、月经不调、痛经等百余种疾病，疗效明显。为了提高广大群众的健康水平，增强保健意识，普及按摩知识，我们组织撰写了此套图解按摩丛书，供按摩爱好者和从事临床按摩工作的医师们参阅，也是为读者疗伤、治病、保健提供最具体的帮助。

本套丛书中的《图解老年按摩》得到了王仁林、常毅、张国军、郭淑兰、郭启春、王群、王艳、单秋清等同志的大力支持，特此致谢。

北京按摩医院  
1999年秋季于北京

(京)新登字 039 号

**图书在版编目 (CIP) 数据**

工业微生物学/岑沛霖 蔡谨 编著. —北京: 化学工业出版社, 2000. 6  
高等学校教材  
ISBN 7-5025-2643-9

I. 工… II. ①岑…②蔡… III. 工业微生物学-高等学校-教材 IV. Q939. 97

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 08036 号

---

高等学校教材

**工业微生物学**

岑沛霖 蔡谨 编著

责任编辑: 骆文敏 赵玉清

责任校对: 陶燕华

封面设计: 田彦文

\*

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)

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

北京市燕山印刷厂印刷

北京市燕山印刷厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 27 字数 664 千字

2000 年 6 月第 1 版 2000 年 6 月北京第 1 次印刷

印数: 1—3000

ISBN 7-5025-2643-9/G · 674

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

工业微生物学是微生物学的一个重要分支，它的研究对象是那些通过工业规模培养能够获得特定产物或达到特定社会目标的微生物。研究这些微生物的形态、营养及生长规律；研究它们的代谢及其调节和控制；研究改变微生物的遗传和代谢特性的方法，达到强化特定产物或特定功能的目的。

工业微生物学涉及轻工业、食品工业、医药工业、化学工业、农林渔牧业和环境保护等许多领域，与工农业生产和人们的日常生活有着极其密切的关系，对可持续发展战略有着十分重要的意义。工业微生物学的相关产业已成为整个国民经济的支柱，具有举足轻重的地位。

无论是传统的发酵工业还是以基因工程为核心的现代生物技术，都离不开微生物这个主角，是微生物独有的生长特性和代谢活动造就了这些研究和生产领域。事实上，也正是工业微生物发酵所带来的巨大经济和社会效益，使得人类对微生物这类微小的生物更加刮目相看，人类对微生物的研究和应用正在不断地深入和拓展。可以预料，工业微生物学在 21 世纪中将会得到更大的发展。

在多年的教学实践和对相关院校的了解中，我们深深地感到目前缺少一本《工业微生物学》教科书。这与工业微生物学的发展以及大专院校中相关专业的不断建立是不相称的，这正是我们编写这本《工业微生物学》教科书的主要原因。本书分为上、下两篇。上篇（第 1 至第 5 章）主要是介绍微生物学的基本理论和方法：包括绪论、微生物的形态和分类、微生物的营养和生长、微生物的代谢和调控、微生物菌种选育等章节。下篇（第 6 至第 12 章）介绍工业微生物学的具体应用：第 6 章到第 10 章中，介绍了有机溶剂及有机酸、氨基酸、核苷酸、酶制剂和抗生素这些重要的工业微生物发酵产物，阐述了这些产物的发酵微生物及合成途径、代谢及调控机理、筛选和育种方法等；第 11 章介绍了利用微生物作为宿主进行基因重组的特点、方法和注意事项；第 12 章介绍了用于环境保护的微生物及其生长和代谢的特点。

在本书的编写过程中，我们一方面注意保持学科的系统性和完整性，另一方面强调了工业微生物的特殊性。在内容的选择上，力求基本理论可靠、论述准确、信息量大、尽可能包括工业微生物学的最新进展和研究成果。在不影响完整性的前提下，对与其他学科重复的内容做了简化。

本书可以作为下列专业大学本科或研究生的教科书或教学参考书：生物工程、生物技术、生物化工、微生物学、发酵工程、制药工程、食品工程及环境工程等。本书对从事医药、食品、酶制剂、有机酸、溶剂等微生物发酵生产，及其他生物技术和环境保护等领域的生产、管理、研究和开发的科技人员也有一定的参考价值。

本书的上篇由蔡谨撰写，下篇由岑沛霖撰写；北京化工大学谭天伟教授和浙江工业大学周晓云教授对本书进行了细致的审阅，提出了许多宝贵的修改意见和建议。在本书的出版过程中，还得到了生物化工专业教学指导委员会的大力支持。化学工业出版社为本书的编辑出版付出了大量的心血，在此，我们表示衷心感谢。

---

由于作者的水平有限，书中的缺点和错误在所难免，我们衷心地欢迎本书的读者批评指正。

编著者  
于西子湖畔求是园  
一九九九年九月

## 内 容 提 要

本书全面地论述了工业微生物学的基本理论、方法及其在工业上的应用。全书分为上、下篇,共12章。上篇主要介绍微生物及微生物学的发展历史,常见微生物的形态、结构和分类,微生物的营养、生长及其控制,微生物代谢调控理论,微生物的遗传变异和育种等内容,在阐述微生物学一般理论的基础上,对与工业微生物有关的特殊规律和方法作了详细的论述;下篇主要以工业上常见的微生物发酵产物为主线分章介绍了产生有机酸、氨基酸、核酸类、酶制剂、抗生素等的微生物,重点阐述了具有重要工业应用背景的微生物菌种及其选育的原理、方法和发酵产物代谢调控中的规律。下篇中还对微生物与基因工程、微生物与环境工程的相互关系分别单列一章进行了介绍。本书内容力求系统、丰富、翔实,尽可能包含微生物学及其在工业发酵中应用的最新研究成果。全书共有约300幅图片,每章后都附有复习思考题。

本书可以用作为高等院校的生物工程、生物技术、制药工程、环境工程及食品工程等专业本科生和研究生的教材,对于与工业微生物学相关行业的科研人员和工程技术人员也有很好的参考价值。

## 目 录

## 上篇 工业微生物学基础

<b>1. 绪论</b> .....	3
1.1 微生物及其特点 .....	3
1.1.1 微生物 (Microorganism) .....	3
1.1.2 微生物的特点 .....	3
1.1.2.1 体积小、面积大 .....	3
1.1.2.2 吸收快、转化快 .....	4
1.1.2.3 生长旺、繁殖快 .....	4
1.1.2.4 易变异、适应性强 .....	5
1.1.2.5 种类多、分布广 .....	5
1.2 微生物学的发展简史 .....	6
1.2.1 古代中国对微生物的利用 .....	6
1.2.2 微生物的发现及微生物学的发展 .....	6
1.2.2.1 微生物学的启蒙时期——形态学期 .....	6
1.2.2.2 微生物学的奠基时期——生理学期 .....	7
1.2.2.3 微生物学的分子时代——分子生物学期 .....	13
1.3 工业微生物学及其研究的对象和任务 .....	15
1.3.1 工业微生物学及其研究对象 .....	15
1.3.2 我国工业微生物学的研究概况 .....	15
1.3.3 现代工业微生物学的发展趋势 .....	16
复习思考题 .....	19
<b>2. 微生物的形态与分类</b> .....	20
2.1 微生物在生物界中的地位 .....	20
2.2 微生物的分类与命名 .....	23
2.2.1 微生物的分类鉴定方法 .....	23
2.2.1.1 传统的微生物分类方法 .....	23
2.2.1.2 现代微生物分类方法 .....	24
2.2.1.3 数值分类法 .....	26
2.2.2 微生物的分类系统 .....	28
2.2.2.1 细菌的分类系统 .....	28
2.2.2.2 放线菌分类系统 .....	28
2.2.2.3 真菌分类系统 .....	28
2.2.3 微生物的命名法则 .....	29
2.3 原核微生物的形态 .....	32

2.3.1 微生物细胞	32
2.3.2 染色技术 (Straining)	34
2.3.2.1 正染 (Positive strain) 和负染 (Negative strain)	34
2.3.2.2 染料	34
2.3.3 细菌 (Bacteria, Bacterium)	34
2.3.3.1 细菌的形态	34
2.3.3.2 细菌细胞大小	37
2.3.3.3 细菌细胞的结构	38
2.3.3.4 细菌的繁殖方式	56
2.3.3.5 细菌的培养特征	57
2.3.3.6 常见的细菌	60
2.3.4 放线菌 (Actinomycetes)	61
2.3.4.1 放线菌的形态构造	61
2.3.4.2 放线菌菌落形态	63
2.3.4.3 放线菌的生活史	64
2.3.4.4 放线菌的繁殖	64
2.3.4.5 放线菌生理	65
2.3.4.6 放线菌的代表属	65
2.3.4.7 放线菌与细菌的比较	67
2.3.5 蓝细菌 (Cyanobacteria)	67
2.3.6 立克次氏体, 枝原体, 衣原体	68
2.3.6.1 立克次氏体 (Rickettsia)	68
2.3.6.2 枝原体 (Mycoplasma)	69
2.3.6.3 衣原体 (Chlamydia)	70
2.4 真核微生物	71
2.4.1 酵母菌 (Yeasts)	71
2.4.1.1 酵母菌的形态和大小	72
2.4.1.2 酵母菌的细胞构造	73
2.4.1.3 酵母菌的繁殖方式和生活史	76
2.4.1.4 酵母菌的菌落	80
2.4.1.5 酵母菌的分类	81
2.4.1.6 工业上常见的酵母菌	81
2.4.2 霉菌 (Mould, Mold)	83
2.4.2.1 霉菌的形态和构造	84
2.4.2.2 霉菌菌落的形态特征	84
2.4.2.3 霉菌的个体形态和结构	85
2.4.2.4 霉菌的繁殖方式	87
2.4.2.5 霉菌的生活史	92
2.4.3 担子菌 (Basidiomycetes)	94
2.4.3.1 担子菌的一般形态构造	94

2.4.3.2	担子菌的繁殖方式	95
2.4.3.3	担子菌的生活史	96
2.5	非细胞型微生物	96
2.5.1	病毒 (Virus)	96
2.5.1.1	病毒的形态及构造	97
2.5.1.2	病毒 (噬菌体 Phage) 的生长繁殖	103
2.5.1.3	噬菌体的生活史	105
2.5.1.4	噬菌体的分离	107
2.5.1.5	噬菌体的防治	108
2.5.1.6	干扰素 (Interferon)	109
2.5.2	类病毒 (Viroid)	109
2.5.3	拟病毒 (Virusoids)	110
2.5.4	朊病毒 (Virino)	110
	复习思考题	110
3.	微生物的营养和生长	113
3.1	微生物的营养	113
3.1.1	微生物的营养类型	113
3.1.1.1	光能自养型或称光能无机自养型 (Photolithoautotroph, PLA)	113
3.1.1.2	光能异养型 (Photoorganoheterotroph, POH)	114
3.1.1.3	化能自养型 (Chemolithoautotroph, CLA)	114
3.1.1.4	化能异养型 (Chemoorganoheterotroph, COH)	114
3.1.2	微生物的营养要素	114
3.1.2.1	水	115
3.1.2.2	碳源 (Carbon source)	116
3.1.2.3	氮源 (Nitrogen source)	116
3.1.2.4	无机盐	117
3.1.2.5	生长因 (素) 子 (Growth factor)	118
3.1.2.6	能源	119
3.1.3	微生物的培养基 (Culture medium)	119
3.1.3.1	培养基的配制原则	120
3.1.3.2	培养基的种类	121
3.1.4	营养物质的跨膜运输	124
3.1.4.1	营养物质的被动扩散 (Passive diffusion)	125
3.1.4.2	微生物对营养物质的主动运输 (Active transport)	126
3.2	微生物的生长	129
3.2.1	微生物生长的测定	130
3.2.1.1	直接法	130
3.2.1.2	间接法	133
3.2.2	微生物的群体生长规律	134
3.2.2.1	分批培养 (Batch culture)	134



3.2.2.2 连续培养 (Continuous culture) .....	137
3.2.2.3 同步分裂培养 (Synchronous culture) .....	137
3.2.2.4 微生物生长与产物形成的关系 .....	138
3.3 微生物的培养方法 .....	139
3.3.1 固体培养 (Solid-state culture) .....	140
3.3.1.1 实验室常见的固体培养 .....	140
3.3.1.2 生产中常见的固体培养 .....	142
3.3.2 液体培养 (Liquid-state culture) .....	143
3.3.2.1 实验室常见的液体培养 .....	144
3.3.2.2 生产中常见的液体培养 .....	144
3.3.3 连续培养 (Continous culture) .....	146
3.3.3.1 恒化培养 (Chemostatic culture) .....	146
3.3.3.2 恒浊培养 (Turbidostatic culture) .....	147
3.3.3.3 多级连续培养 .....	147
3.3.3.4 固定化细胞连续培养 .....	148
3.3.3.5 连续培养的限制性 .....	149
3.3.4 补料分批培养 (Fed-batch culture) .....	150
3.3.5 混菌培养 (Multiple strain culture, Mixed culture) .....	151
3.4 影响微生物生长的环境因素 .....	152
3.4.1 物理因子对微生物生长的影响 .....	152
3.4.1.1 温度对微生物生长的影响 .....	152
3.4.1.2 水分对微生物生长的影响 .....	156
3.4.1.3 表面张力 (Surface tension) 对微生物生长的影响 .....	156
3.4.1.4 辐射 (Radiation) 对微生物生长的影响 .....	157
3.4.1.5 液体静压力对微生物生长的影响 .....	158
3.4.1.6 声能对微生物生长的影响 .....	158
3.4.2 化学因子对微生物生长的影响 .....	159
3.4.2.1 氢离子浓度对微生物生长的影响 .....	159
3.4.2.2 氧化还原电位对微生物生长的影响 .....	160
3.5 消毒和灭菌 (Disinfection and sterilization) .....	162
3.5.1 常见的灭菌和消毒的物理方法 .....	162
3.5.1.1 干热灭菌法 (Dry heat sterilization) .....	163
3.5.1.2 湿热灭菌法 (Moist heat sterilization) .....	163
3.5.1.3 过滤除菌法 (Filter sterilization) .....	168
3.5.1.4 紫外线灭菌 (Ultraviolet sterilization) .....	171
3.5.1.5 $\gamma$ 射线灭菌 (Gamma-ray sterilization) .....	171
3.5.1.6 微波灭菌 (Microwave sterilization) .....	171
3.5.2 常用控菌的化学方法 .....	172
3.5.2.1 化学表面消毒剂 (Chemosterilant) .....	172
3.5.2.2 防腐剂 (Antiseptics) .....	173

3.5.2.3 化学治疗剂 (Chemotherapeutant) .....	174
3.6 菌种保藏 .....	175
3.6.1 菌种的退化及防治 .....	175
3.6.1.1 菌种退化 (Degeneration) .....	175
3.6.1.2 菌种退化的原因 .....	175
3.6.1.3 菌种退化的防治 .....	176
3.6.2 菌种保藏的原理和方法 .....	177
3.6.2.1 定期移植保藏法 .....	177
3.6.2.2 液体石蜡保藏法 .....	178
3.6.2.3 沙管保藏法、土壤保藏法 .....	178
3.6.2.4 麸皮保藏法 .....	178
3.6.2.5 蒸馏水保藏法 .....	179
3.6.2.6 冷冻干燥保藏法 (Lyophilization, Freeze-Drying) .....	179
3.6.2.7 液氮超低温保藏法 .....	180
3.6.2.8 甘油保藏法 .....	182
3.6.3 国内外菌种保藏机构 .....	182
复习思考题 .....	183
4. 微生物代谢的调节 .....	185
4.1 酶合成的调节 .....	185
4.1.1 酶的诱导 (Enzyme induction) .....	185
4.1.2 酶合成的阻遏 (Enzyme repression) .....	188
4.1.2.1 末端代谢产物阻遏 (End-product repression) .....	188
4.1.2.2 分解代谢物阻遏 (Catabolite repression) .....	189
4.2 酶活性的调节 .....	191
4.3 微生物代谢调节的模式 .....	192
4.3.1 直线式代谢途径的反馈控制 .....	192
4.3.2 分支代谢途径的反馈控制 .....	193
4.3.2.1 协同或多价反馈控制 (Concerted or multivalent feedback control) .....	193
4.3.2.2 合作反馈控制 (Cooperative feedback control) .....	194
4.3.2.3 累积反馈控制 (Cumulative feedback control) .....	194
4.3.2.4 顺序反馈控制 (Sequential feedback control) .....	194
4.3.2.5 同工酶控制 (Isoenzyme control) .....	195
4.4 代谢的人工控制及其在发酵工业中的应用 .....	196
4.4.1 遗传学的方法 .....	196
4.4.1.1 营养缺陷型突变株的应用 .....	196
4.4.1.2 抗反馈控制突变株的应用 .....	198
4.4.1.3 选育组成型和超产突变株 .....	199
4.4.1.4 增加结构基因数目 .....	199
4.4.2 生物化学方法 .....	199

4.4.2.1	添加前体绕过反馈控制点 .....	199
4.4.2.2	添加诱导剂 .....	199
4.4.2.3	发酵与分离过程耦合 .....	200
4.4.2.4	控制细胞膜的通透性 .....	200
4.4.2.5	控制发酵的培养基成分 .....	201
	复习思考题 .....	201
<b>5.</b>	<b>微生物的菌种选育 .....</b>	<b>203</b>
5.1	从自然界中获得新菌种 .....	203
5.1.1	采样 .....	203
5.1.2	增殖 .....	204
5.1.3	纯化 .....	204
5.1.4	性能鉴定 .....	204
5.2	基因突变和微生物菌种选育 .....	205
5.2.1	遗传的物质基础 .....	205
5.2.1.1	遗传物质化学本质的确证 .....	205
5.2.1.2	核酸的结构与复制 .....	207
5.2.2	基因突变 (Gene mutation) .....	210
5.2.2.1	突变现象 .....	210
5.2.2.2	突变的诱发因素 .....	210
5.2.2.3	基因突变的特点 .....	212
5.2.2.4	突变机制 .....	215
5.2.3	自发突变与定向培育 .....	217
5.2.4	诱变育种 (Mutation breeding) .....	218
5.2.4.1	诱变剂及其诱发机理 .....	218
5.2.4.2	诱变育种方法 .....	224
5.3	杂交育种 (Hybridization breeding) .....	227
5.3.1	真核微生物的基因重组 .....	227
5.3.1.1	酵母菌的有性杂交 .....	227
5.3.1.2	霉菌的准性生殖 (Parasexual hybridization) .....	228
5.3.2	原核微生物的基因重组 .....	230
5.3.2.1	细菌的接合 (Conjugation) .....	230
5.3.2.2	F 因子转导 (F-mediated transduction) .....	232
5.3.2.3	转导 (Transduction) .....	233
5.3.2.4	转化 (Transformation) .....	236
5.4	原生质体融合 (Protoplast fusion) .....	237
5.4.1	选择亲株 .....	238
5.4.2	原生质体制备 .....	238
5.4.3	原生质体融合 .....	239
5.4.4	原生质体再生 .....	239
5.4.5	筛选优良性状融合重组子 .....	240

5.5 基因工程 (Gene engineering) .....	240
5.6 菌种筛选 .....	242
5.6.1 菌种筛选方案 .....	242
5.6.2 一般变异菌的筛选方法 .....	242
5.6.2.1 从菌体形态变异分析 .....	242
5.6.2.2 平皿快速检测法 .....	243
5.6.2.3 摇瓶培养法 .....	244
5.6.3 特殊变异菌的筛选方法 .....	244
5.6.3.1 营养缺陷型突变株的筛选 .....	244
5.6.3.2 抗性突变菌株的筛选 .....	248
5.6.3.3 组成酶变异株的筛选 .....	250
5.6.3.4 高分子废弃物分解菌的筛选 .....	250
5.6.3.5 无泡沫菌株及高凝聚性菌株的筛选 .....	250
复习思考题 .....	251

## 下篇 工业微生物学应用

<b>6. 生产溶剂和有机酸的微生物</b> .....	255
6.1 历史回顾 .....	255
6.2 溶剂发酵的微生物 .....	256
6.2.1 酒精发酵的微生物 .....	256
6.2.1.1 葡萄糖发酵生产酒精的酵母 .....	256
6.2.1.2 葡萄糖发酵生产酒精的细菌 .....	257
6.2.1.3 戊糖发酵生产酒精的微生物 .....	257
6.2.2 甘油发酵 .....	260
6.2.3 其他溶剂发酵 .....	260
6.3 柠檬酸发酵的微生物 .....	262
6.3.1 利用淀粉作为碳源发酵生产柠檬酸的黑曲霉 .....	262
6.3.2 利用烷烃生产柠檬酸的假丝酵母 .....	264
6.4 乳酸发酵的微生物 .....	264
6.5 其他有机酸发酵 .....	266
6.5.1 葡萄糖酸发酵 .....	266
6.5.2 衣康酸发酵 .....	267
6.5.3 其他有机酸发酵 .....	267
复习思考题 .....	267
<b>7. 氨基酸发酵的微生物</b> .....	269
7.1 概述 .....	269
7.1.1 微生物发酵法生产氨基酸的历史和发展趋势 .....	269
7.1.2 发酵法生产氨基酸的微生物 .....	270
7.2 氨基酸发酵机理和菌种选育 .....	271
7.2.1 氨基酸发酵机理 .....	271

7.2.2 发酵法生产氨基酸的菌种选育 .....	272
7.2.2.1 从营养缺陷型突变株选育氨基酸产生菌 .....	272
7.2.2.2 选育生产氨基酸的代谢调节突变菌株 .....	275
7.2.3 利用氨基酸生物合成的前体生产氨基酸 .....	279
7.2.4 利用基因重组技术获得氨基酸生产菌种 .....	280
复习思考题 .....	282
<b>8. 核苷、核苷酸及其类似物的微生物发酵 .....</b>	<b>283</b>
8.1 引言 .....	283
8.2 核苷酸的代谢机理 .....	284
8.2.1 嘌呤类核苷酸的生物合成途径及调节机制 .....	284
8.2.2 嘧啶核苷酸的生物合成途径和调节机制 .....	285
8.3 核苷酸类物质生产菌的分离和选育 .....	285
8.3.1 核苷酸类物质生产菌的分离 .....	285
8.3.1.1 生长圈法 .....	285
8.3.1.2 特殊平板培养法 .....	285
8.3.2 核苷酸类物质生产菌选育 .....	286
8.4 发酵法生产核苷酸类物质 .....	287
8.4.1 发酵法生产 5'-IMP .....	287
8.4.2 直接发酵生产 5'-IMP .....	288
8.4.3 直接发酵法生产 5'-GMP .....	288
8.4.3.1 发酵法生产 AICAR .....	289
8.4.3.2 发酵法生产鸟嘌呤 .....	289
8.4.4 发酵法生产腺苷、腺苷酸和其他腺苷酸类似物 .....	289
复习思考题 .....	290
<b>9. 微生物和酶制剂工业 .....</b>	<b>292</b>
9.1 概述 .....	292
9.1.1 酶的分类和命名 .....	292
9.1.2 主要的微生物酶制剂 .....	294
9.1.3 产酶微生物的来源和特点 .....	294
9.2 酶合成的调节和控制 .....	296
9.2.1 酶合成的基因水平调节和控制 .....	296
9.2.2 真核微生物产酶的基因水平调节和控制 .....	297
9.3 微生物中酶生物合成调节和控制 在菌种选育中的应用 .....	298
9.3.1 产酶菌种的筛选 .....	298
9.3.2 微生物产酶的诱导及组成型变异株的选育 .....	298
9.3.3 酶合成的反馈阻遏及其解除 .....	299
9.3.4 酶的分解代谢阻遏及其解除 .....	301
9.3.5 酶生物合成与微生物生长的关系 .....	303
9.4 酶蛋白的释放 .....	303
9.5 应用基因重组技术获得酶制剂的生产菌种 .....	304

复习思考题	307
<b>10. 微生物发酵生产抗生素</b>	<b>308</b>
10.1 概述	308
10.1.1 微生物次级代谢产物	308
10.1.2 抗生素的定义和分类	308
10.2 抗生素生产菌的生物学基础	311
10.2.1 芽孢杆菌属 ( <i>Bacillus</i> )	311
10.2.2 假单胞菌属 ( <i>Pseudomonas</i> )	312
10.2.3 链霉菌 ( <i>Streptomyces</i> ) 和链轮丝菌 ( <i>Streptoverticillium</i> )	312
10.2.3.1 氨基环多醇类抗生素	313
10.2.3.2 含聚酮链 (Polyketide chain) 结构的抗生素	313
10.2.3.3 聚酮链经取代、还原后的次级代谢产物	314
10.2.3.4 多肽类抗生素	315
10.2.3.5 核苷类抗生素 (Nucleosides)	316
10.2.4 其他放线菌生产的抗生素	316
10.2.4.1 诺卡氏菌形放线菌	316
10.2.4.2 游动放线菌	317
10.2.4.3 足分枝菌	317
10.2.5 粘细菌 ( <i>Mycobacteria</i> )	317
10.2.6 曲霉 ( <i>Aspergillus</i> )	318
10.2.7 青霉属 ( <i>Penicillium</i> )	318
10.2.8 生产抗生素和次级代谢产物的其他微生物	318
10.3 新抗生素生产菌种的筛选	319
10.3.1 抗生素的基本筛选方法	319
10.3.2 改进筛选效率	320
10.3.2.1 改进筛选方法	320
10.3.2.2 试验方法的改进	320
10.4 抗生素的生物合成机理	322
10.4.1 研究抗生素生物合成途径的方法	323
10.4.1.1 示踪剂技术	323
10.4.1.2 利用阻断突变 (Blocked mutation) 技术确定中间代谢产物	323
10.4.1.3 酶的鉴别	324
10.4.2 抗生素生物合成反应和途径	324
10.4.2.1 I 类型反应——初级代谢产物转化为生物合成的中间产物	324
10.4.2.2 II 类型反应——小分子代谢产物的聚合	329
10.4.2.3 III 类型反应——基本结构的修饰	334
10.5 抗生素生物合成的调节	334
10.5.1 反馈调节	335
10.5.2 营养物浓度的调节	335
10.5.2.1 碳源阻遏	335

10.5.2.2 氮源调节	336
10.5.2.3 磷酸盐控制	336
10.5.3 自调节因子和多效应影响因子	337
10.6 微生物对抗生素的自抗性	338
10.7 抗生素生产菌种的选育	339
10.7.1 菌种的纯化	339
10.7.2 诱变和筛选	339
10.7.3 基因工程在抗生素生产菌选育中的应用	342
复习思考题	343
<b>11. 微生物和基因工程</b>	<b>345</b>
11.1 概述	345
11.2 基因传递和重排的自然机制	348
11.3 基因工程的基本要素	349
11.3.1 目标基因的获得	349
11.3.2 载体 DNA	350
11.3.3 基因重组	353
11.3.4 质粒的转化	353
11.4 宿主细胞的选择原则	354
11.4.1 大肠杆菌 ( <i>Escherichia coli</i> )	355
11.4.2 Gram-阳性细菌	356
11.4.3 低等真核生物细胞	356
11.5 目标产物对基因重组技术的影响	357
11.6 质粒稳定性及影响质粒稳定性的因素	358
11.7 代谢工程	360
复习思考题	361
<b>12. 微生物与环境保护</b>	<b>362</b>
12.1 环境中微生物的相互作用	362
12.2 环境保护中常见的微生物群	365
12.2.1 好氧微生物群	365
12.2.1.1 好氧的有机化能异养型微生物	365
12.2.1.2 原生动植物	367
12.2.1.3 与污泥膨胀有关的微生物	368
12.2.2 厌氧微生物群	369
12.2.2.1 水解发酵细菌	369
12.2.2.2 产氢、产乙酸细菌	371
12.2.2.3 产甲烷细菌	371
12.3 利用微生物降解有毒、难分解的污染物	375
12.4 降解有害有毒污染物的特殊微生物	376
12.4.1 硫细菌	376
12.4.1.1 无色硫细菌 (Colorless sulfur bacteria)	376

---

12.4.1.2 光养型硫细菌 (Phototrophic sulfur bacteria) .....	378
12.4.2 降解木质素及多环芳烃的微生物.....	379
12.4.2.1 黄孢原毛平革菌.....	381
12.4.2.2 彩绒革盖菌 (Coliopus versicolor) .....	382
12.4.2.3 白腐菌在造纸工业中的应用.....	383
12.4.2.4 白腐菌在多环芳烃降解和染料降解中的应用.....	383
12.4.3 降解含氯有机化合物的微生物.....	384
12.4.3.1 氯代烃的降解机理.....	385
12.4.3.2 微生物共代谢在含氯有机物降解中的作用.....	386
12.5 生物修复 (Bioremediation) .....	386
复习思考题.....	387
<b>附录 1 工业微生物的参考书和有关的国内外期刊 .....</b>	<b>388</b>
<b>附录 2 伯杰氏系统细菌学手册 (第九版) 纲要 .....</b>	<b>393</b>
<b>附录 3 Ainsworth (1973) 的真菌分类系统纲要 .....</b>	<b>405</b>
<b>附录 4 Smith 的分类系统 .....</b>	<b>408</b>
<b>附录 5 酵母菌分属检索表 (Lodder, 1970 年) .....</b>	<b>411</b>
<b>附录 6 酵母菌分类系统 (Kreger Van Rij, 1982 年) .....</b>	<b>414</b>



# 上 篇

## 工业微生物学基础