

环境科学与工程系列丛书
HUANJINGKEXUE YU GONGCHENG XILIECONGSHU

环境生物技术

马 放 冯玉杰 任南琪 编著
方汉平 主审



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

环境科学与工程系列丛书

环境生物技术

马 放 冯玉杰 任南琪 编著
方汉平 主审

化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

环境生物技术/马放, 冯玉杰, 任南琪编著. —北京: 化学工业出版社, 2003.4

(环境科学与工程系列丛书)

ISBN 7-5025-4370-8

I. 环… II. ①马…②冯…③任… III. 环境生物学
IV. X17

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 018289 号

环境科学与工程系列丛书

环境生物技术

马放 冯玉杰 任南琪 编著

方汉平 主审

责任编辑: 刘俊之

文字编辑: 焦欣渝

责任校对: 陈静

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行

环境科学与工程出版中心

(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>

*

新华书店北京发行所经销

北京市管庄永胜印刷厂印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 19¼ 字数 467 千字

2003 年 5 月第 1 版 2003 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4370-8/X·259

定 价: 42.00 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

《环境科学与工程系列丛书》编辑委员会

主 任 王宝贞 任南琪

副主任 马 放 于秀娟 赵庆良

委 员 (按姓氏笔画为序)

于秀娟 马 放 王宝贞 王 鹏 冯玉杰

刘俊良 汪群慧 任南琪 祁佩时 姜安玺

赵庆良 黄君礼 杨基先

出版者的话

环境科学是在环境问题日益严重后产生和发展起来的一门新兴的综合性学科。近年来,其各分支学科如环境工程学、环境化学、环境生物学、环境经济学等发展异常迅速,国内各高等院校环境科学工程专业学生数量迅猛增长,为给高等院校环境科学与工程专业学生系统地提供一套环境科学与工程专业教学参考书,同时也为满足从事环保科研、设计及工程技术人员的需要,化学工业出版社委托哈尔滨工业大学环境工程学院环境科学与工程系组织有关专家编写了这套丛书,丛书具有以下特点。

(1) 系统性 紧紧围绕环境科学与环境工程专业的研究方向,系统介绍了相关学科的基本理论与应用。

(2) 实用性 紧紧围绕环境科学与环境工程的应用实际,突出了科研成果的转化,因而实用性很强。

(3) 前沿性 突出了环境科学与工程各学科当前的研究进展与应用现状,并预测了今后的发展趋势。

(4) 交叉性 环境科学与工程各学科多为新兴的边缘学科,是众多学科交叉与渗透产生的,因此在编写过程中突出了学科之间的交叉性与渗透性。

(5) 权威性 丛书的编写人员都是在各自的研究领域有较高声望和一定造诣的专家、学者,因此,对于从事相关领域的教学和科学研究人员具有较高的参考和实用价值。

多年来,化学工业出版社一直把环保图书作为主要出书方向之一。2000年6月、2001年6月、2002年6月化学工业出版社成功地在全国各大、中城市举办了三届化工版环保图书展,2003年6月化学工业出版社将在全国各大、中城市的新华书店举办第四届化工版环保图书展。本套丛书也会在众多专家、学者的支持下如期出版参展,希望能得到广大读者的认可,也希望广大读者对化学工业出版社环保图书出版多提宝贵建议与意见。

前 言

环境生物技术是生物技术与环境科学紧密结合而产生的新的边缘性学科，是解决人类面临的生存和发展问题的核心技术之一。本书从应用生物技术解决环境问题（环境污染和可持续发展）入手，从天然水体生物净化、污染物去除生物强化、具可持续发展特性的生物生产技术及生物能源技术、现代环境生物技术等四个层次较为全面阐述了环境生物技术的发展、原理和应用情况。包括：污染物的生物去除技术、生物能源技术、生物生产相关领域及技术、污染预防生物技术、污染物生物检测与评价技术以及现代生物技术在解决环境问题中的作用与应用等内容。

本书的土壤修复技术和利用微生物提高原油开采率部分由哈尔滨工业大学金文标博士和杨基先副教授完成。生物制氢部分由哈尔滨工业大学李建政执笔完成，本书的其余章节由哈尔滨工业大学马放教授、冯玉杰教授和任南琪教授执笔完成。全书最后由冯玉杰统稿。本书在撰写过程中，研究生沈宏、刘正乾、李淑更、李环等也参加了部分工作。

本书是在作者多年从事环境生物技术的基础上完成的，书中详细介绍了作者多年来在环境生物技术领域所取得的一些研究成果，同时对环境生物技术领域所涉及的一些相关问题也进行了探讨。

本书可作为环境相关专业本科生及研究生教学或科研参考书，也可供相关研究人员参考。

由于编者水平有限，书中错误和疏漏之处在所难免，请有关专家和广大读者批评指正。

作 者
2003 年元月

内 容 提 要

环境生物技术是生物技术与环境科学紧密结合而产生的新的边缘性学科，是解决人类面临的生存和发展问题的核心技术之一。

本书从应用生物技术解决环境问题入手，全面阐述了环境生物技术的发展、原理和应用情况。内容包括：污染物的生物去除技术、生物能源技术、生物生产相关领域及技术、污染预防生物技术、污染物生物检测与评价技术、现代生物技术在解决环境问题中的作用与应用等。

本书内容丰富、翔实，具有较强的实用性、可操作性及很强的应用价值。

本书可供相关专业工程技术人员及研究人员参考，也可作为本科生及研究生教学或科研参考书。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 生物技术概论	1
1.1.1 生物技术的定义	1
1.1.2 生物技术的发展	1
1.1.3 生物技术的研 究 内 容	3
1.1.4 生物技术的多学科性	3
1.1.5 生物技术的应用	4
1.2 环境生物技术	6
1.2.1 环境生物技术的定义	6
1.2.2 环境生物技术的研 究 内 容	7
1.2.3 环境生物技术的发展	7
第 2 章 现代生物技术导论	9
2.1 基因工程	9
2.1.1 基因学说的创立	9
2.1.2 基因工程的诞生和研 究 内 容	15
2.1.3 基因工程的酶学基础	17
2.1.4 基因工程载体	21
2.1.5 目的基因的获取	24
2.1.6 重组 DNA 分子的构建及导入受体细胞	26
2.1.7 重组 DNA 分子的筛选	28
2.1.8 基因工程在环境工程中的应用	29
2.2 细胞工程	33
2.2.1 细胞生物学基础	34
2.2.2 微生物细胞工程	36
2.2.3 植物细胞工程	39
2.2.4 动物细胞工程	44
2.2.5 细胞融合技术在构建环境工程菌中的应用	47
2.3 现代酶工程	47
2.3.1 酶工程的研究内容	47
2.3.2 酶的生物学特征	48
2.3.3 酶作用原理	50
2.3.4 酶生产与酶分离纯化	56
2.3.5 酶分子修饰技术	61
2.3.6 酶分子的固定化技术	62
2.3.7 我国酶工程的研究现状	64

2.4 蛋白质工程·····	65
2.4.1 蛋白质工程的提出·····	65
2.4.2 蛋白质工程的研究内容和意义·····	66
2.4.3 定点诱变技术及其在蛋白质工程中的应用·····	66
2.4.4 利用蛋白质工程改造酶·····	68
2.5 现代生物技术安全性评价·····	68
2.5.1 生物技术安全性的争议·····	68
2.5.2 关于解决生物技术安全性问题的一些途径和措施·····	71
2.6 人类基因组计划简介·····	72
2.6.1 HGP 产生的背景和意义 ·····	72
2.6.2 HGP 的任务 ·····	73
2.6.3 HGP 对医学发展的影响 ·····	75
2.6.4 基因资源的保护·····	75
2.6.5 我国的 HGP 计划 ·····	75
第3章 污染物生物去除技术 ·····	77
3.1 污水的生物处理技术·····	77
3.1.1 好氧生物处理·····	77
3.1.2 厌氧处理技术·····	88
3.1.3 生物脱氮除磷技术·····	95
3.2 生物修复技术 ·····	102
3.2.1 天然水体的生物修复 ·····	102
3.2.2 地下水的生物修复 ·····	102
3.2.3 石油污染场地的生物修复 ·····	104
3.2.4 土壤生物修复技术 ·····	107
3.3 固体废弃物的生物处理与处置技术 ·····	112
3.3.1 堆肥化 ·····	113
3.3.2 厌氧发酵 ·····	116
3.3.3 卫生填埋 ·····	116
3.4 大气污染物的生物处理技术 ·····	117
3.4.1 废气生物处理的原理 ·····	118
3.4.2 废气生物处理的工艺 ·····	118
3.4.3 有机废气的生物处理 ·····	121
3.4.4 含硫恶臭污染物的生物处理 ·····	122
3.4.5 NO _x 的生物处理 ·····	123
3.4.6 二氧化碳的生物处理 ·····	124
3.5 重金属的生物处理技术 ·····	125
3.5.1 生物吸附剂的来源与选择 ·····	126
3.5.2 生物吸附的机理 ·····	127
3.5.3 生物吸附剂的预处理及固定化 ·····	129
3.5.4 影响生物吸附剂吸附性能的因素 ·····	129

3.5.5	生物吸附动力学研究	130
3.5.6	重金属污染的植物修复	130
3.6	生物增强技术与应用	131
3.6.1	生物增强技术的发展	132
3.6.2	生物增强技术的实现	132
3.6.3	生物增强技术的应用原则	138
3.6.4	生物添加剂应用实例	139
3.6.5	评估生物制剂效益的理论及方法	142
3.6.6	综合评论及建议	144
第4章	生物生产与环境保护	145
4.1	生物生产的特点	145
4.1.1	生化反应及其过程	145
4.1.2	生物生产的特点	146
4.2	生物反应器	146
4.2.1	生物反应器概念	146
4.2.2	生物反应器分类	147
4.2.3	固定化酶(细胞)生物反应器	147
4.2.4	生物反应器生态系统的动力学概论	149
4.3	生物絮凝剂的生产与应用	150
4.3.1	生物絮凝剂及其意义	150
4.3.2	生物絮凝剂发展历史	152
4.3.3	生物絮凝剂产生菌及筛选	152
4.3.4	生物絮凝剂的结构及絮凝机理	153
4.3.5	影响生物絮凝剂絮凝效果的因素	156
4.3.6	生物絮凝剂的遗传学研究	157
4.3.7	生物絮凝剂的发酵生产	158
4.3.8	生物絮凝剂的应用	161
4.3.9	发展与展望	162
4.4	寡果糖的生产	163
4.4.1	寡果糖及其作用	163
4.4.2	寡果糖的生物合成机制	164
4.4.3	寡果糖的工业化生产	165
4.4.4	提高发酵液中寡果糖含量的研究	166
4.4.5	利用废糖蜜生产寡果糖	167
4.5	甲壳素和壳聚糖的生产	167
4.5.1	虾蟹壳制备甲壳素与壳聚糖	169
4.5.2	微生物法生产甲壳素与壳聚糖	169
4.6	微生物生产单细胞蛋白	174
4.6.1	单细胞蛋白简介	174
4.6.2	生产单细胞蛋白的微生物	175

4.6.3	可用于生产单细胞蛋白的原料	177
4.6.4	单细胞蛋白的生产工艺	177
4.6.5	发展单细胞蛋白需注意的问题	179
4.7	微生物肥料	179
4.7.1	微生物肥料的定义及作用	180
4.7.2	微生物肥料的作用机理	180
4.7.3	微生物肥料简介	182
4.8	微生物农药	184
4.8.1	生物农药的概念	185
4.8.2	植物性农药研究与应用简介	185
4.8.3	微生物农药	186
4.9	微生物生产可降解塑料	188
4.9.1	可降解塑料概述	188
4.9.2	PHAs 的结构及理化性质	189
4.9.3	PHAs 的生物合成	190
4.9.4	PHB 的提取技术	191
4.9.5	PHB 的生物降解	193
4.9.6	PHB 生产存在的问题及解决办法	193
第 5 章	生物技术与能源	194
5.1	概述	194
5.1.1	能源问题及解决途径	194
5.1.2	环境问题与能源	195
5.1.3	生物能源的种类	196
5.2	利用微生物提高石油开采率	197
5.2.1	石油勘探与微生物	197
5.2.2	微生物三次采油	200
5.3	燃料酒精的微生物生产	203
5.3.1	燃料酒精的发展历程及现状	203
5.3.2	燃料乙醇的发酵生产工艺	204
5.3.3	燃料乙醇的脱水工艺	206
5.3.4	燃料酒精的效益分析	210
5.4	清洁能源——氢气的生物生产	212
5.4.1	生物制氢技术的研究及发展现状	212
5.4.2	发酵产氢微生物的产氢机理探讨	215
5.4.3	有机废水发酵法生物制氢技术研究	221
5.4.4	发酵法生物制氢工业化生产工艺研究	222
5.5	微生物发酵生产甲烷	223
5.5.1	甲烷的微生物转化机理	223
5.5.2	甲烷的微生物生产	224
5.6	生物燃料电池	224

5.6.1 燃料电池工作原理	225
5.6.2 燃料电池分类与特点	226
5.6.3 生物燃料电池	226
第6章 污染预防的生物技术	228
6.1 环境污染物的来源及污染预防的意义	228
6.1.1 自然界中化学污染物的来源和种类	228
6.1.2 污染预防的重要性和意义	231
6.2 原油中氮的微生物脱除	231
6.2.1 原油中氮的存在形式	231
6.2.2 应用生物技术进行原油脱氮的研究	232
6.3 煤的生物脱硫	233
6.3.1 煤中硫的存在形态	233
6.3.2 煤中硫的脱除方法比较	233
6.3.3 煤中硫的微生物脱除	233
6.3.4 微生物脱硫工艺研究	235
6.3.5 微生物脱硫存在的问题和发展方向	236
6.4 微生物湿法冶金	236
6.4.1 微生物冶金的发展	236
6.4.2 微生物冶金用浸矿微生物	237
6.4.3 微生物浸矿的影响因素	240
6.4.4 微生物浸矿工艺	240
6.4.5 微生物浸矿原理	241
6.5 有机物的微生物合成	242
第7章 环境生物监测技术	244
7.1 概述	244
7.1.1 生物监测特点	244
7.1.2 生物监测类型	245
7.2 环境污染的生物监测与评价	246
7.2.1 水污染的生物监测与评价	246
7.2.2 大气污染的生物监测与评价	264
7.2.3 土壤污染的生物监测与评价	276
7.3 生物传感器	281
7.3.1 生物传感器的原理	281
7.3.2 生物传感器的分类	282
7.3.3 生物传感器的发展前景	283
7.4 生态系统和环境遥感	283
7.4.1 生态系统概述	283
7.4.2 环境遥感的基本原理	287
7.4.3 环境遥感的应用	288
参考文献	289

第 1 章 绪 论

1.1 生物技术概论

1.1.1 生物技术的定义

生物技术 (bio-technology 或 bio-techniques) 最初是由匈牙利工程师 Karl Ereky 于 1917 年提出的, 当时他是受以甜菜作为饲料养猪这一过程的启发而提出了生物技术这一概念, 即最初的生物技术实质上是指利用生物将原材料转化为产品。

1982 年, 国际合作及发展组织对生物技术这一名词的含义进行了定义: 生物技术是应用自然科学及工程学的原理, 依靠微生物、动物、植物体作为反应器将物料进行加工以提供产品为社会服务的技术, 这一过程亦称为生物反应过程 (bio-process)。

1986 年中国《高技术研究发展计划纲要》中, 生物技术与航天技术、信息技术、激光技术、自动化技术、新能源技术、新材料技术一起被列在我国重要发展的高新技术的首位。同年, 国家科委制定了《中国生物技术政策纲要》, 在此纲要中, 将生物技术定义为: 以现代生命科学为基础, 结合先进的工程技术手段和其他基础学科的科学原理, 按照预先的设计改造生物体或加工生物原料, 为人类生产出所需产品或达到某种目的。

先进的工程技术手段主要是指: 基因工程、酶工程、细胞工程和发酵工程等新技术。

改造生物体是指获得优良品质的动物、植物或微生物品系。

生物原料则是指生物体的某一部分或生物生长过程中所能利用的一些物质, 如: 淀粉、糖蜜、纤维素等有机物以及一些无机化合物等。

为人类生产出所需的产品包括粮食、医药、食品、化工原料、能源、金属等各种产品。

达到某种目的则包括疾病的预防、诊断、治疗、环境污染的监测与治理等。

1.1.2 生物技术的发展

1.1.2.1 传统生物技术

19 世纪 60 年代, 法国科学家巴斯德 (L.Pasteur, 1822~1895) 首先证实发酵是由微生物引起的, 并建立了微生物纯培养技术, 从而为发酵技术的发展提供了理论基础, 使发酵技术纳入了新的科学轨道。20 世纪 20 年代, 工业中开始采用大规模的纯种培养技术发酵化工原料, 如丁醇等。20 世纪 50 年代, 在青霉素发酵带动下, 酶制剂大量涌现, 发酵技术与酶技术结合在医疗、食品、化工、制革、农产品加工等领域部门大量应用。至 60 年代, 发酵工业产生了相当辉煌的成就, 被誉为“第一次绿色革命”。尽管如此, 上述生物技术虽然已形成完备的学科体系且仍在发展中, 但并不具有生物技术高技术的特点, 常被称为传统生物技术。即: 传统生物技术是通过微生物的初期发酵来生产商品, 它一般包括三个重要的步骤。

(1) 上游处理过程 对粗材料加工, 作为微生物的营养和能量来源。

(2) 发酵和转化 发酵指的是目的微生物的大量生长。发酵过程必须在一个大的生物反应器内进行, 反应器容积通常大于 100 L, 可以连续生产某一目的产品, 比如抗生素、氨基酸或蛋白质等。

(3) 下游处理过程 即目的产物的纯化过程。

传统生物技术研究的主要内容和目标是最大限度地提高这三个过程的整体效率，同时寻找一些可以用来制备食品、食品添加剂和农药的微生物。在利用微生物生产商品的整个过程中，生物转化这个环节往往是条件最难优化的一个环节。通常用于大规模生产的培养条件往往不是自然条件下微生物的最佳生长条件。因此，人们一般通过化学突变、化学诱变或者紫外线照射来生产突变体，从而改良菌种、提高产量；传统的诱变突变和选择的方法在生物技术中获得了较大的成功。例如：青霉素的生产初期，每生产 1 kg 20% 的青霉素需要 80 000 个培养基，价格在 1.6 万美元/kg，相当于 1 美元仅 10 万单位。1943 年，英美科学家开发出浸渍培养工艺，使青霉素的产量和质量大幅度提高。现在我们所用的青霉素价格大约每 40 万单位仅为 0.6 元人民币。始于 20 世纪 40 年代的医用抗生素发酵的研究和生产是传统生物技术发展的标志，这一时期也是常规发酵工程的全盛时期。此后，在发酵工程发展的带动下，50 年代氨基酸工业得到大规模发展，60 年代又出现了酶制剂工业。与此同时，化学工程与生物反应过程的开发相结合，一门新兴的交叉学科“生物化学工程”，也被称作“生物化工”在 40 年代诞生，并取得迅速发展。但通过传统的方法提高产量的幅度是非常有限的，如果一个突变了菌株中某一组分合成太多，那么其他一些代谢物的合成就会受到影响。因此传统方法只能提高微生物一种已有的遗传性质，并不能赋予这种微生物以其他遗传特性。即：传统生物技术还仅仅局限在化学工程和微生物工程领域内。

1.1.2.2 现代生物技术

1944 年，Avery 阐明了 DNA 是遗传信息的携带者。1953 年，Watson 和 Crick 发现了 DNA 的双螺旋结构，阐明了 DNA 的半保留复制机制，奠定了现代分析生物学的基础，开辟了分子生物学研究的新纪元，从而使人们对生命的认识进入了分子水平。由于一切生命活动都是包括酶和非酶蛋白质行使其功能的结果，所以遗传信息与蛋白质的关系就成了研究生命活动的关键问题，此后众多的科学家投身到了这一极富创造性和挑战性的领域。1961 年，M.Nirenberg 教授破译了遗传密码，揭开了 DNA 编码的遗传信息是如何传递给蛋白质的这一秘密。1973 年，美国加利福尼亚大学旧金山分校的 Herber Boyer 教授和斯坦福大学的 Stanley Cohen 教授共同完成了一次著名的实验，首次在实验室中实现了基因转移，这是人类历史上有目的的基因重组的尝试。虽然此次实验没有得到任何有价值的基因，但此次实验的重大意义并没有被忽略，世界各国的生物学家敏感意识到了这种对 DNA 重组的技术和“克隆”策略的深远意义。此后，围绕 DNA 重组和克隆的概念，各种操作技术层出不穷，不断完善，且新技术、新方法迅速在市场上应用，改变了传统生物技术研究内容和结构，使传统的生物技术迅速完成了向现代生物技术的转化，成为了代表 21 世纪的发展方向、具有远大发展前景的新兴学科和产业，已渗透到经济、军事、社会发展等各个方面。表 1-1 列出了现代生物技术发展史上的主要技术发明和应用。

表 1-1 现代生物技术发展史上的主要技术发明和应用

年代	技术发明和应用
1917	Karl Ereky 首次使用“生物技术”这一名词
1943	大规模工业生产青霉素
1944	Avery, MacLeod 和 McCarty 通过实验证明 DNA 是遗传物质
1953	Watson 和 Crick 发现了 DNA 的双螺旋结构
1958	Crick 提出了遗传信息传递的中心法则
1961	《Biotechnology and Bioengineering》杂志创刊
1966	Nirenberg 等人破译遗传密码

续表

年代	技术发明和应用
1967	发现 DNA 连接酶
1970	Smith 和 Wilcox 分离出第一个限制性内切酶 Hind II
1970	Baltimore 和 Temin 等人发现逆转录酶,打破了中心法则,使真核基因的制备成为可能
1971	Crick 对中心法则作了补充,提出了三角形中心法则
1972	Khorana 等人合成了完整的 tRNA 基因
1973	Boyer 和 Cohen 建立了 DNA 重组技术
1975	Kohler 和 Milstein 建立单克隆抗体技术
1976	第一个 DNA 重组技术规则问世
1976	DNA 测序技术诞生
1977	Itakura 实现了真核基因在原核细胞中的表达
1978	Genentech 公司在大肠杆菌中表达出胰岛素
1980	美国最高法院对经基因工程操作的微生物授予专利
1981	第一台商业化生产的 DNA 自动测序仪诞生
1981	第一个单克隆抗体诊断试剂盒在美国被批准使用
1982	用 DNA 重组技术生产的第一个动物疫苗在欧洲获得批准
1983	基因工程 Ti 质粒用于植物转化
1988	美国对肿瘤敏感的基因工程鼠授予专利
1988	PCR 技术问世
1990	美国批准第一个体细胞基因治疗方案
1997	英国培养出第一只克隆绵羊多莉
1998	美国批准艾滋病疫苗进行人体实验
1998	日本培养出克隆牛,英、美等国培养出克隆鼠
2002	美国利用体细胞在小鼠体内培养出人体肾脏

归纳起来,现代生物技术是以 20 世纪 70 年代 DNA 重组技术的建立为标志形成的。基因工程和杂交瘤技术的相继建立以及生物加工技术的发展,推动了传统生物技术跨入了一个新时代——现代生物技术发展和应用时代。

1.1.3 生物技术研究内容

生物技术可分为传统生物技术和现代生物技术。传统生物技术包括微生物工程(也称为发酵工程)、酶工程(与发酵工程共同形成,即 20 世纪 20 年代,工业生产中大规模采用纯种培养技术,发酵获得化工原料丙酮、丁醇;50 年代大规模发酵生产青霉素,其后才涌现出大量的发酵工业和酶制剂工业)、遗传育种(始于 20 世纪初遗传学的建立及其应用,并于 60 年代取得了辉煌的成就)、细胞工程(细胞学理论的应用)。现代生物技术是由传统生物技术发展而来。

现代生物技术被世界誉为一项高新技术。在现代高新技术领域中,生物技术与信息技术、新材料科学已并列为当今 3 大前沿学科。现代生物技术是在 20 世纪 70 年代后期在细胞遗传学和分子生物学基础上发展起来的以基因工程、细胞工程、发酵工程、酶工程、蛋白质工程为主要研究内容的技术体系,为与传统生物技术有一定的区别,常在前面加上“现代”二字。图 1-1 中,简单列出了几大类生物技术之间的关系。

1.1.4 生物技术的多学科性

近几十年来,科学和技术发展的一个显著特点就是人们越来越多地采用多学科的方法来解决各种问题。这将导致综合性学科的出现,并最终形成了具有独特概念和方法的新领域。生物技术正是在这种背景下产生的一门综合性的新兴学科。

与生物技术相关的学科很多,有生物学(包括生物化学、分子生物学、微生物学、细胞

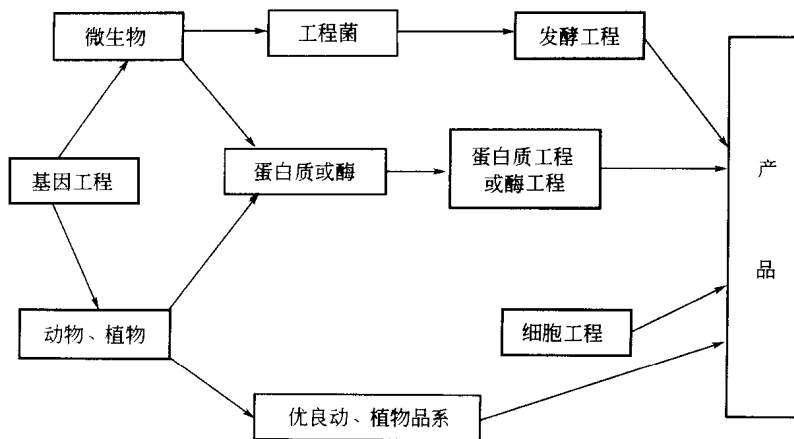


图 1-1 几类生物技术之间的关系

学、遗传学等)、化学、工程学（包括化学工程、机械工程、电子工程等）、医学、药学、农学、计算机科学等。但从基础学科上讲，生物技术主要涉及化学、生物学和工程学。图 1-2 给出了与生物技术相关的各个基础学科之间的关系。可见，生物技术具有多学科交叉渗透的特点。

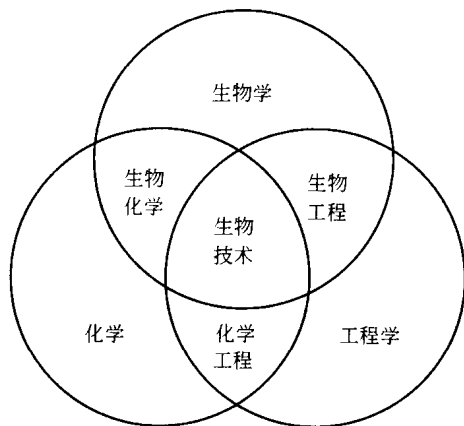


图 1-2 生物技术与相关基础学科的关系

从图 1-2 可以看到，生物技术与生物工程（bio-engineering 或 biological engineering）实际上是有一些差别的。生物工程是医学工程、环境工程、卫生工程、农业工程、仿生工程、人体功能工程学等学科或其中部分分支的总称，并不涉及化学，仅是工程学与生物学的结合。当生物技术涉及到生物生产的生物催化剂，则是与化学有关的。传统的生物工程往往是指生物医学工程和生物化学工程的总称。

生物技术的学科交叉渗透还表现在生物技术的发展往往是以生命科学领域的重大理论和技术的突破为基础的，这一点在传统生物技术领域和现代生物技术领域均不例外。例如，DNA 双螺旋结构和 DNA 半保留复制模式的阐明，以及 DNA 限制性内切酶和 DNA 连接酶等工具酶的发现，直接推动了基因工程的出现；动、植物细胞培养方法以及细胞融合方法的建立，也使细胞工程向前大大迈进了一步；生物反应器及传感器以及自动化控制技术的应用，才使得传统的发酵工程具有了高技术的含义。另外，所有生物技术领域还使用了大量的现代化高精尖仪器，如超速离心机、电子显微镜、高效液相色谱、DNA 合成仪、DNA 序列分析仪等，这就是现代微电子学和计算机技术与生物技术的结合和渗透。

目前生物技术就其应用领域而言，已经形成了较为完备的农业生物技术、医学生物技术、植物生物技术、动物生物技术、食品生物技术、环境生物技术等领域。现将生物技术所涉及的领域以及与其他学科之间的关系列在一个树形图中（图 1-3）。

1.1.5 生物技术的应用

至今为止，人们已经认识到发展生物技术，对解决当今人类社会面临的粮食、能源、环

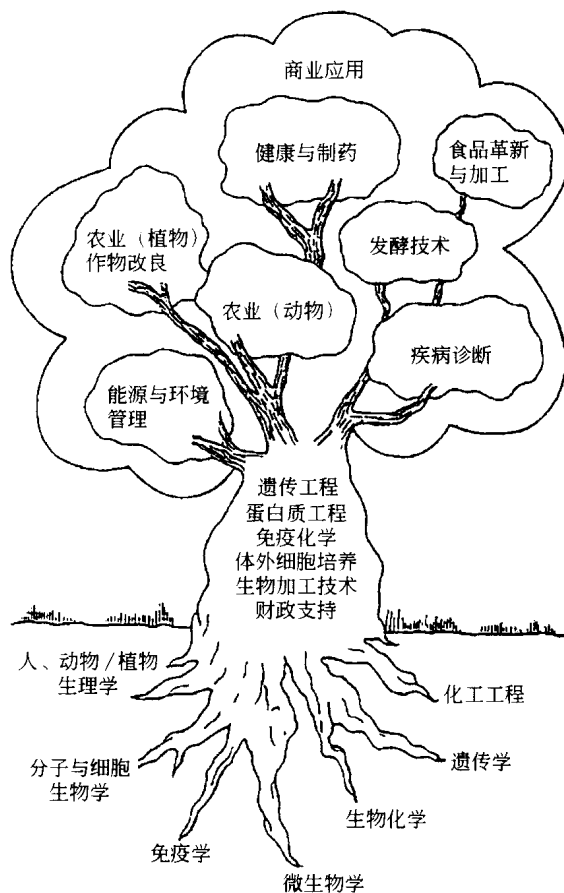


图 1-3 生物技术涉及领域的树形图

境和健康等许多重大问题均具有重要的现实意义和深远的战略意义，因而引起了各国的高度重视，纷纷采取措施和对策，加速推进这项高技术的发展。

生物技术已应用于农业、医药、化工、食品、环境保护等众多领域。其主要应用如下。

(1) 改善农作物产量及其品质 为提高农作物的产量，一些抗逆作物优良品系相继研究成功并应用，如：抗旱、抗寒、抗盐、抗病虫害等。据统计，1994 年，全世界批准的进行田间试验的作物品系共 1467 例，包括杂交水稻、转基因植物等纷纷投入实际应用中。此外，应用生物技术也可以提高粮食品质，各种营养价值高的作物新品系也相继问世。应用细胞工程对优良品种进行大量的快速无性繁殖，实现工厂化生产，该技术也被称作植物的微繁殖技术。应用生物技术强化生物固氮过程，减少化肥使用量的研究也正在进行中。

(2) 应用生物技术发展畜牧业生产 1997 年，应用绵羊乳腺细胞进行无性繁殖的克隆羊“多莉”问世，标志着人类已能够实现动物的大量快速无性繁殖。此外，以转基因为代表的动物的优良品系的研究也在不断深入。

(3) 提高生命质量、延长人类寿命 基因治疗和基因药物是目前生物技术领域最活跃、产业发展最迅速、效益最显著的领域。例如：美国在所有生物技术的投资比例中，该方向占到 69% 左右。1977 年，美国首先利用大肠杆菌生产出了人类第一个基因药物，此后大量新奇而贵重的新型药品纷纷问世，为人类的疾病预防与诊断开辟了新的道路。目前，人类已完成了人类基因组计划，为进一步揭示生命的奥秘，揭示种族、民族的起源和演化都将会对