

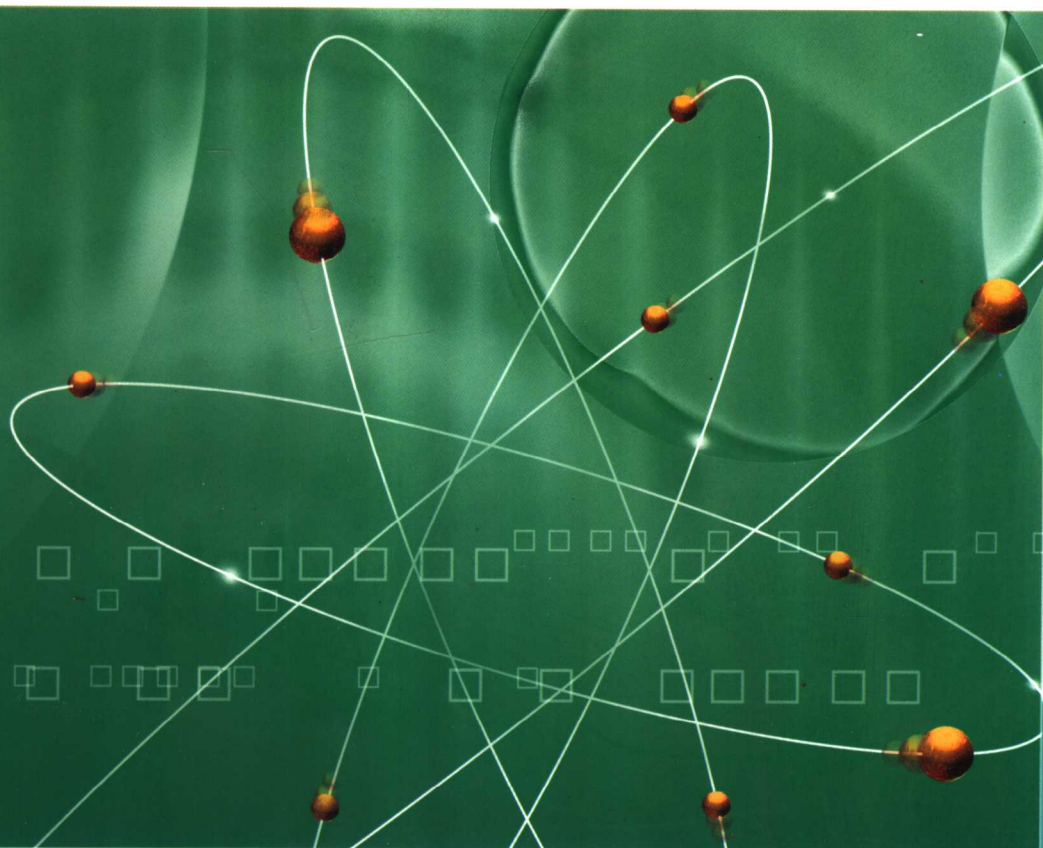


高等职业教育人才培养创新教材出版工程

高职高专生物技术类教材系列

# 生物工程概论

■ 主编 廖湘萍



 科学出版社  
www.sciencep.com

---

● 高等职业教育人才培养创新教材出版工程

---

高职高专生物技术类教材系列

# 生物工程概论

主 编 廖湘萍

主 审 陆寿鹏

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书全面介绍了生物工程的概念、原理、发展方向及应用领域。全书共分13章,内容包括:生物学基础、基因工程、发酵工程、酶工程、细胞工程、蛋白质工程,以及生物技术 in 农业、工业、医药、能源、材料及环境保护等方面的应用及发展前沿动态。

本书可作为高职高专学院生物专业的入门课程和非生物工程专业学生素质教育的教材。同时可供相关专业的科技人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

生物工程概论/廖湘萍主编. —北京:科学出版社,2004

高等职业教育人才培养创新教材出版工程·高职高专生物技术类教材系列  
ISBN 7-03-013640-3

I. 生… II. 廖… III. 生物工程-高等学校:技术学校-教材 IV. Q81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 065733 号

责任编辑:沈力匀 / 责任校对:李奕莹  
责任印制:安春生 / 封面设计:王凌波

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

科学出版社印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2004年8月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2004年8月第一次印刷 印张:16 1/4

印数:1—3 500 字数:303 000

定价:23.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

# 《高职高专生物技术类教材系列》编委会

主 编 陆寿鹏

副主编 温守东 张安宁 翟 敏 逯家富  
孙俊良 廖湘萍 江建军

编 委 徐清华 赵金海 蔡功禄 赵 辉  
李宏高 杨天英 翁鸿珍 廖世荣  
武 运 何 惠 胡文浪 万 萍  
陆正清

# 《高等职业教育人才培养创新教材》

## 出版工程说明

### 一、特色与创新

随着高等教育改革的进一步深化,我国高等职业教育事业迅速发展,办学规模不断扩大,办学思路日益明确,办学形式日趋多样化,取得了显著的办学效益和社会效益。

毋庸置疑,目前已经出版的一批高等职业教育教材在主导教学方向、稳定教学秩序、提高教学质量方面起到了很好的作用。但是,有关专家也诚恳地指出,目前高等职业教育教材出版中还存在一些问题,主要是:教材建设仍然是以学校的选择为依据、以方便教师授课为标准、以理论知识为主体、以单一纸质材料为教学内容的承载方式,没有从根本上体现以应用性职业岗位需求为中心,以素质教育、创新教育为基础,以学生能力培养为本位的教育观念。

经过细致的调研,科学出版社和中国高等职业技术教育研究会共同启动了“高等职业教育人才培养创新教材出版工程”。在教材出版过程中,力求突出以下特色:

(1) 理念创新:秉承“教学改革与学科创新引路,科技进步与教材创新同步”的理念,根据新时代对高等职业教育人才的需求,策划出版一系列体现教学改革最新理念,内容领先、思路创新、突出实训、成系配套的高职高专教材。

(2) 方法创新:摒弃“借用教材、压缩内容”的滞后方法,专门开发符合高职特点的“对口教材”。在对职业岗位(群)所需的专业知识和专项能力进行科学分析的基础上,引进国外先进的课程开发方法,以确保符合职业教育的特色。

(3) 特色创新:加大实训教材的开发力度,填补空白,突出热点,积极开发紧缺专业、热门专业的教材。对于部分教材,提供“课件”、“教学资源支持库”等立体化的教学支持,方便教师教学与学生学习。对于部分专业,组织编写“双证教材”,注意将教材内容与职业资格、技能证书进行衔接。

(4) 内容创新:在教材的编写过程中,力求反映知识更新和科技发展的最新动态。将新知识、新技术、新内容、新工艺、新案例及时反映到教材中来,更能体现高

职教育专业设置紧密联系生产、建设、服务、管理一线的实际要求。

## 二、精品与奉献

“高等职业教育人才培养创新教材出版工程”的启动,得到了教育部高等职业教育司高职高专处领导的认可,吸引了一批职业教育和高等教育领域的权威专家积极参与,共同打造精品教材。其实施的过程可以总结为:教育部门支持、权威专家指导、一流学校参与、学术研究推动。

国内的高等职业院校特别是北京联合大学、天津职业大学以及中国高等职业技术教育研究会的其他副会长、常务理事、理事单位等积极参加本教材出版工程,提供了先进的教学经验,在此基础上出版一大批特色教材。

在教材的编写过程中,得到了许多行业部委、行业协会的支持,对教材的推广起到促进作用。

先进的理念、科学的方法、有力的支持,必然导致精品的诞生。“高等职业教育人才培养创新教材出版工程”主要包括高职高专层次的基础课、公共课教材;各类紧缺专业、热门专业教材;实训教材、引进教材等特色教材;还包含部分应用型本科层次的教材。根据我们的规划,下列教材即将与读者见面:

### (一) 高职高专基础课、公共课教材

- (1) 基础课教材系列
- (2) 公共选修课教材系列

### (二) 高职高专专业课教材

#### (1) 紧缺专业教材

- 软件类专业系列教材
- 数控技术类专业教材
- 汽车类专业教材
- .....

#### (2) 热门专业教材

- 电子信息类专业教材
- 交通运输类专业教材
- 财经类专业教材
- 旅游类专业教材
- 生物技术类专业教材

- 食品类专业教材
- 精细化工类专业教材
- 广告类专业教材
- 艺术设计类专业教材

.....

### (三) 高职高专特色教材

- 高职高专院校实训教材
- 国外职业教育优秀教材

.....

### (四) 应用型本科教材系列

.....

欢迎广大教师、学生在使用中提出宝贵意见,以便我们改进教材出版工作、提高质量。

中国高等职业技术教育研究会

科学出版社

# 前 言

本教材的编写是按照《国务院关于中国教育改革和发展纲要的实施意见》规定的职业培养目标,以全面素质教育为基础,以能力培养为本位,为培养实用型生物技术类专业方面的人才服务。本书作为生物工程专业入门的教材,目的是使学生在专业学习以前,了解生物技术的基本知识、原理和发展方向,整体了解生物工程的框架体系,以激发学生学习专业课的热情。

在教材编写中,我们力求突出实用性、简约性,在阐述基本概念和基本原理时,既用较少的篇幅阐明有关内容,又能涵盖教学大纲规定的所有知识。教材内容注意与实际相联系,在编写中每一领域都有应用举例,突出高职教育的特点。教材编写中突出“新”字,如介绍人类基因组计划、新兴的生物能源、生物材料等当前前沿的科学技术。鉴于基因工程在生物工程应用中的特殊性,将基因工程与生物工程作为单独内容进行讨论。

本书内容丰富,覆盖生物工程各个应用领域,每一章节都列出小结和一定数量的复习思考题,可供学生课外复习和自学使用。另外教学中可根据各学校教学方向、教学时数和实际需要,进行取舍。

第1章绪论,介绍生物工程的产生、发展和前景;第2章生物学基础,概述了生物细胞、糖、蛋白质、酶、核酸的有关基本知识;第3~7章主要介绍发酵工程、酶工程、细胞工程、基因工程、蛋白质工程的发展、原理和应用实例;第8~13章讲述生物技术在农业、医药、工业、环境保护、能源、材料等方面的应用。

本书由湖北轻工职业技术学院廖湘萍主编。廖湘萍编写第1章、第2章2.1节、第3章3.3、3.4节、第4、10、11章;江苏食品职业技术学院张安宁编写第2章2.2节、第3章3.1、3.2、3.5节;北京农业职业技术学院丁国亮编写第5、6、8、13章;广东职业技术学院阳元娥编写第7、9、12章。

本书由四川工商管理职业技术学院陆寿鹏副教授任主审,并得到了科学出版社沈力匀编辑的大力支持。在此表示衷心地感谢。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,欢迎读者批评指正,我们将万分感谢。

编 者

# 目 录

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>第 1 章 绪论</b> .....       | 1   |
| 1.1 生物工程的概述 .....           | 1   |
| 1.2 生物工程发展进程及特征 .....       | 3   |
| 1.3 生物工程的范围和未来 .....        | 7   |
| <b>第 2 章 生物学基础</b> .....    | 11  |
| 2.1 细胞是生物的基本单位.....         | 11  |
| 2.2 细胞内的化合物的结构、性质及其作用 ..... | 16  |
| <b>第 3 章 发酵工程</b> .....     | 26  |
| 3.1 发酵工程概况.....             | 26  |
| 3.2 微生物工业菌种与培养基.....        | 29  |
| 3.3 发酵操作方法和工艺控制.....        | 39  |
| 3.4 发酵产物的后处理.....           | 47  |
| 3.5 发酵工程的应用.....            | 49  |
| <b>第 4 章 酶工程</b> .....      | 63  |
| 4.1 酶工程概况.....              | 63  |
| 4.2 酶的生产.....               | 66  |
| 4.3 酶的分离纯化.....             | 71  |
| 4.4 酶分子的修饰.....             | 73  |
| 4.5 酶与细胞固定化.....            | 77  |
| 4.6 酶反应器.....               | 82  |
| 4.7 酶的应用.....               | 84  |
| <b>第 5 章 细胞工程</b> .....     | 91  |
| 5.1 细胞工程概念及内容.....          | 91  |
| 5.2 植物细胞工程.....             | 93  |
| 5.3 动物细胞工程 .....            | 103 |
| 5.4 微生物细胞工程 .....           | 106 |
| <b>第 6 章 基因工程</b> .....     | 109 |
| 6.1 基因工程的基本知识 .....         | 109 |
| 6.2 基因工程的流程 .....           | 111 |
| 6.3 基因工程原理 .....            | 112 |

---

|             |                          |     |
|-------------|--------------------------|-----|
| 6.4         | 基因工程与食品工业 .....          | 119 |
| 6.5         | 基因工程技术的应用和展望 .....       | 122 |
| <b>第7章</b>  | <b>蛋白质工程</b> .....       | 132 |
| 7.1         | 蛋白质结构基础 .....            | 132 |
| 7.2         | 蛋白质工程原理和方法 .....         | 140 |
| 7.3         | 蛋白质工程的应用和发展 .....        | 147 |
| <b>第8章</b>  | <b>农业生物技术</b> .....      | 151 |
| 8.1         | 生物技术与种植业 .....           | 151 |
| 8.2         | 生物技术与养殖业 .....           | 156 |
| <b>第9章</b>  | <b>生物制药技术</b> .....      | 165 |
| 9.1         | 生物药物 .....               | 165 |
| 9.2         | 微生物发酵制药 .....            | 172 |
| 9.3         | 基因工程药物 .....             | 175 |
| 9.4         | 生物医学材料 .....             | 185 |
| <b>第10章</b> | <b>工业生物技术</b> .....      | 188 |
| 10.1        | 生物技术与食品生产 .....          | 188 |
| 10.2        | 生物技术与精细化工 .....          | 193 |
| 10.3        | 生物技术与纺织皮革工业 .....        | 199 |
| <b>第11章</b> | <b>生物技术与环境</b> .....     | 203 |
| 11.1        | 概述 .....                 | 203 |
| 11.2        | 废水生物处理技术 .....           | 205 |
| 11.3        | 污染场地的生物修复 .....          | 212 |
| 11.4        | 生物降解塑料的生产与应用 .....       | 214 |
| <b>第12章</b> | <b>生物技术与能源</b> .....     | 220 |
| 12.1        | 微生物技术与石油的开采 .....        | 220 |
| 12.2        | 乙醇的生产 .....              | 223 |
| 12.3        | 生物沼气 .....               | 228 |
| 12.4        | 清洁能源(氢气) .....           | 232 |
| <b>第13章</b> | <b>生物技术与电子信息科学</b> ..... | 236 |
| 13.1        | 神经系统的电生理基础 .....         | 236 |
| 13.2        | 激素和免疫信号的传递 .....         | 237 |
| 13.3        | 生物传感器 .....              | 238 |
| 13.4        | 生物芯片 .....               | 242 |
| <b>参考文献</b> | .....                    | 246 |

# 第 1 章

## 绪 论

生物工程是一门迅速发展的边缘学科，它吸收并综合了近代生物学、生物化学、分子生物学、遗传学和化学工程等领域的最新成就。操纵生物的基因、细胞组织和系统，以造福人类为目标，为人类展现了一幅过去所梦想不到的美妙前景。

生物工程是 20 世纪后期国际上突飞猛进的技术领域之一，现已广泛应用于医学、人类保健、农牧业、轻工业、环保及精细化工等各个领域，已产生了巨大的经济和社会效益，并且日益影响和改变着人们的生产和生活方式。因此受到世界各国的普遍关注，它将是 21 世纪高技术革命的核心内容及其 21 世纪的支柱产业。

### 1.1 生物工程的概述

#### 1.1.1 生物工程的产生及定义

生物工程（或生物技术）这个词是由一位匈牙利工程师于 1917 年提出的。当时他提出的生物技术这个词的含义是指用甜菜作为饲料进行大规模养猪，即利用生物将原材料转变为产品。而人类有意识地利用酵母进行大规模发酵生产是在 19 世纪，当时进行大规模生产的发酵产品有酒精、面包酵母、柠檬酸和蛋白质酶等初级代谢产品。1928 年发现了青霉素，同时以获取细菌的次级代谢产物——抗生素为主要特征的抗生素工业成为当时生物技术的支柱产业。20 世纪 50 年代氨基酸发酵工业又成为生物工程的一个新成员，到了 20 世纪 60 年代在生物工程产业中又增加了酶制剂工业这一新成员。在 20、21 世纪之交，人类基因组测序、酵母基因组测序、水稻基因组测序先后基本或全部完成，这使生物技术发生了巨大的革命，逐步形成了以基因工程为核心的现代生物技术。

鉴于生物工程的迅速发展，1982 年国际合作及发展组织对生物工程技术重新定义，即生物工程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来为社会服务的技术。生物工程逐步成为微生物学、生物化学、化学工程等多学科密切相关的综合性边缘学科。

随着基因工程的崛起，生物工程的定义也不断地得到发展和充实，因此它又被描述为：人们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,即现代生物工程技术。

### 1.1.2 生物工程的种类及相互关系

生物工程包括所有具备产业化条件的生物技术。按照生物工程操作对象,主要包括基因工程、蛋白质工程、酶工程、细胞工程、发酵工程等五个方面。应用的生产部门有农业、环境、食品、医药等多个方面。

(1) 基因工程 基因工程也叫基因操作、遗传工程或重组体 DNA 技术,是 20 世纪 70 年代以后兴起的一门新技术。它是一项将生物的某个基因通过基因载体运送到另一种生物的活性细胞中,并使之无性繁殖(称之为克隆)和行使正常功能(称之为表达),从而创造生物新品种或新物种的遗传学技术。这种创造新生物并给予新生物以特殊功能的过程就称为基因工程。

目前基因工程主要在细菌方面取得了较大的成功。如利用微生物生产动物蛋白质、人体生长激素、干扰素等。在食品工业上,细菌和真菌的改良菌株已影响到传统的面包烘烤和干酪的制备,并对发酵食品的风味和组分进行控制;在农业上,基因工程已用于品种改良,如:培育出玉米新品种(高直链淀粉含量、低胶凝温度以及无脂肪的甜玉米)和番茄新品种(高固体含量强风味)等。

(2) 细胞工程 细胞工程是指以组织、细胞和细胞器为对象进行操作,在体外条件下进行培养、繁殖,或人为地使细胞某些生物学特性按人们的意愿发生改变,最终获得人们所需的组织、细胞或个体。通过细胞和组织工程,人们可以不经基因操作,直接对生物进行改造。它包括动、植物细胞的体外培养技术、细胞融合(也称细胞杂交技术)、细胞器移植技术等。

目前利用细胞融合技术已培育出番茄、马铃薯、烟草和短牵牛等杂种植株;利用植物细胞培养可以获得许多特殊的产物,如生物碱类、色素、激素、抗肿瘤药物等;动物培养可以用来大规模地生产贵重药品,如干扰素、人体激素、疫苗、单克隆抗体等。

(3) 发酵工程 发酵工程是利用生物的生命活动产生的酶,对无机或有机原料进行酶加工(生物化学反应过程)获得产品的工业。其主体是利用微生物进行反应的工业。它处于生物工程的中心地位,绝大多数的生物工程目标都是通过发酵工程来实现的。

根据其发展进程应包括传统发酵工业,如某些食品和酒类等生产,近代的发酵工业,如酒精、乳酸、丙酮-丁醇等,及目前新兴的如抗生素、有机酸、氨基酸、酶制剂、核苷酸、生理活性物质、单细胞蛋白等发酵生产。

(4) 酶工程 酶的生产和应用的技术过程称为酶工程,它是利用酶、细胞器或细胞所具有的特异催化功能以及对酶进行的修饰改造,并借助生物反应器生产人类所需产品的一项技术。它主要包括:酶的发酵生产、酶的分离纯化、酶的应

用等方面。酶工程的主要任务是：通过预先设计、经过人工操作控制而获得大量所需的酶，并通过各种方法使酶发挥其最大的催化功能。

(5) 蛋白质工程 蛋白质工程是 20 世纪初诞生的一个新兴生物技术领域。它的主要内容和基本目的是以蛋白质分子的结构规律及其与生物功能的关系为基础,通过所控制的基因修饰和基因合成,对现有蛋白质加以定向改造、设计、构建,并最终生产出性能比自然界存在的蛋白质更加优良、更加符合社会需要的新型蛋白质。

上述 5 个技术是构成当今生物工程的主要分学科。这 5 个方面的技术并不是各自独立的，它们彼此之间是互相联系、互相渗透的。其中基因工程是核心技术，它能带动其他技术的发展。发酵工程是生物工程的主要终端，绝大多数生物技术的目标都是通过发酵工程来实现。如通过基因工程对细菌或细胞改造后获得的“工程菌”或细胞，可再通过发酵工程或细胞工程生产出有用的物质。可以说，基因工程和细胞工程是生物工程的基础，蛋白质工程、重组 DNA 技术和酶固定化技术是生物工程的最富有特色和潜力的生物技术，而发酵工程与细胞和组织培养技术是目前较为成熟、广泛应用的生物技术。它们的相互关系如图 1-1 所示。

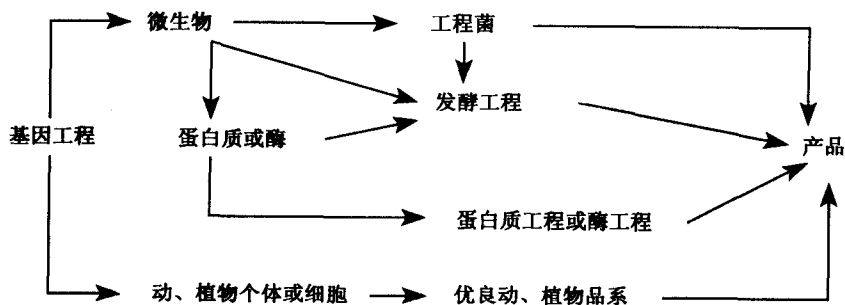


图 1-1 生物工程各学科之间的关系

## 1.2 生物工程发展进程及特征

生物工程不是一门新学科，在地球诞生生命时就有发酵现象的存在。但是作为工业产品却只有近百年的历史。按照其发展过程可分为三个阶段。

### 1.2.1 远古时代——第一代生物工程产品

广义上说,原始人从一种靠狩猎为生,逐水草而聚居的部落游牧生活,走向定居靠务农而生存的时候,他们就学会饲养和驯化他们所喜爱的动物。由牧人成为农人时,就发现野生植物种子也能栽种,并学会挑选优良的植物种籽。这种农

业革命使原始人的粮食富裕了,于是他们想到要贮存粮食,间或也想到要转化一些收获物,结果就出现了现今称之为的发酵技术。公元前 6 000 年,苏米尔人即古代巴比伦人就已掌握了酿造啤酒的技术;公元前 4 000 年,埃及人已掌握了发酵面包的技术。

我国人民在殷商时期就已经掌握制酱的技术;周朝时期,就有制醋的技术。在这些制造产品的操作中,总是离不开微生物菌种的利用,这就是传统概念中的生物工程,属于自然发酵。因为在那个时期内,人类社会还不清楚微生物与发酵的关系,一切全凭经验,还没有上升到科学的水平。

第一代生物工程产品有:啤酒、苹果酒、发酵面包,产品的附加值低或中等。

### 1.2.2 巴斯德时代——第二代生物工程产品

生物工程的产品是利用微生物产生的。1680 年荷兰微生物学家安东·列文虎(Anthry Van Leewenhock, 1632~1723 年)发明显微镜(放大 275 倍),他利用这种放大镜在水中发现了微小生物——红血球、霉菌、酵母菌及细菌,为微生物的存在提供了有力的证据。19 世纪中叶,法国科学家路易·巴斯德(Louis Pasteur, 1812~1895 年)以著名的 Pasteur 实验证明了发酵原理,他指出发酵现象是微小生命体进行的化学反应。其后他先后对乳酸发酵、酒精发酵、葡萄酒酿造等发酵现象进行了研究,明确了这些发酵是由不同的微生物所引起的,并指出:“酒精发酵是由于酵母的作用,葡萄酒的酸败是由于酵母以外的另一种微生物(醋酸菌)的第二次发酵作用所引起的。”

1865 年巴斯德用实验证实,微生物能利用胺和糖生物合成出蛋白质类的物质。今天的单细胞蛋白工业就是当初巴斯德预见到的工业化生产。为使发酵能正常进行,巴斯德用蒜汁灭菌消毒,在 1877 年他就曾指出过把炭疽菌跟普遍的细菌放在一起培养时,由于受到培养物产生出来的某些物质的影响,会使炭疽菌的致病力丧失,由此他认为,它可以应用到治疗疾病的方面,不久就出现了“抗生作用(antibiosis)”这个词。由此把传统概念中的生物工程提高到科学高度,巴斯德也因此被人们誉之为“发酵之父”。

其后不久,布雷菲尔德(Brefeld)创建了霉菌纯粹培养法(1872 年),德国利斯特·柯赫(Rober Koch, 1843~1910 年)完成了细菌纯粹培养技术,建立了一套分离、培养、接种、染色等微生物技术,一直沿用至今,并获得 1905 年诺贝尔奖。另外,丹麦的汉逊(Hansen)建立了啤酒酵母的培养方法(1879 年),从而确立了单种微生物的分离和纯粹培养技术,使发酵技术从天然发酵转变为纯粹培养发酵,实现了第一个技术进步。从而人类开始了人为控制微生物的发酵过程,使发酵的生产技术得到了巨大的改良,提高了产品的稳定性。

1897年,法国布赫纳(Buchner, 1860~1917年)以制药为目的,将酵母和砂混合磨碎,为了防腐他添加了糖,在放置一段时间后,发现此细胞萃取液同样能产生酒精发酵现象,这就证明了任何生物都有引起发酵的物质(酶),都会导致生物化学反应的出现。

第一次世界大战时,需要大量制造炸药的原料硝化甘油,这就导致了甘油发酵进入了工业化。英国因制造无烟火药的硝化纤维而需要大量的优质丙酮,促使Weizman发明了丙酮-丁醇发酵,并实现了工业化生产。第二次世界大战中日本为补充燃料不足,由藤井三郎发明了用砂糖发酵制取正丁醇,再通过化学反应生成异辛烷的方法,并发展成工业化生产。

1928年英国弗莱明(A. Fleming)发现青霉素,其后在1940年,英国的弗洛里(Hawserd Floreg)及钱恩(E. B. Chain)分离出纯度较高的青霉素。1941年美、英两国合作对青霉素进行了更深一步的研究和开发,从而推进了青霉素的工业化生产,开拓了以青霉素为先锋抗生素的发酵工业。

第二代生物工程产品有:抗生素、单细胞蛋白质、酶、乙醇、丁醇、维生素、生物杀虫剂,产品的附加值高或者中等。

### 1.2.3 现代生物工程的崛起

#### 1. 现代生物工程的起源

20世纪70年代初,由于微电子学兴起,计算机的应用,工业产品的工艺流程自动化程度的提高,使工、农业生产获得了空前的发展。随着生产的飞速发展,能源消耗也以惊人的速度增长。据推算,传统能源消耗量每20年增加1倍,而核能铀的消耗甚至比石油消耗的速度还要快。

工、农业生产高速发展带来的另一个后果是,环境受到了严重污染。许多污染物是呈指数相增长的。例如矿物燃料燃烧时释放出来的 $\text{CO}_2$ ;全球达到2000亿t,每年按0.2%比率增长。此外还有 $\text{SO}_2$ 、CO、烃类大量的有害气体被排入大气中。

水的情况也一样,全地球70%的表面积覆盖了14亿 $\text{km}^3$ 的水体,海水占96.5%。全世界可利用的淡水储量只占水资源的0.003%,有100万 $\text{km}^3$ 的水受到了不同程度的污染,水中还含有某些剧毒物质和化学污染物。

此外,人口膨胀,耕地面积、耕作层日益减少、土地沙化、森林草原面积缩小,这些都超越了自然界生态所能容许的限度,从而使生物圈良性循环变成了恶性循环。

人们终于认识到,过去依靠物理学、化学的基本原理建立起来的工业繁荣,其后果必然是资源、能源的减少。由于环境受到污染,适宜于人类生存的空间将逐渐缩小,于是人们希望能探索出一条更为合理的生产工艺,能在24h内把消耗

的能源又在同一时间内产生出来，并且达到使用的原料是取之不尽、用之不竭的可再生的廉价生物量；同时还要做到带来的污染少或无污染。这样就发展到第三代生物工程——现代生物工程。

## 2. 现代生物工程发展的过程

1953 年美国沃森、英国克里建立遗传的物质基础——核酸结构，阐明了 DNA 的半保留复制模式，揭开了生命秘密的探索。从而开辟了分子生物学研究的新纪元，生物的研究由细胞水平进入到分子水平，由定性进入到定量，其后 10 年内，科学家破译了生命遗传密码。1960 年完成了生物通用遗传密码“辞典”。1971 年，美国保罗·伯格 (Berg) 用一种限制性内切酶打开了环状 DNA 分子，第一次把两种不同的 DNA 联结在一起，实现了 DNA 体外重组技术，标志着生物技术的核心技术——基因工程技术的开始。它向人们提供了一种全新技术手段，使人们按照意愿在试管内切割 DNA，分离基因并经重组后导入细菌，由细菌生产大量的有用的蛋白质，或作为药物，或作为疫苗，它也可以直接导入人体内进行基因治疗。这样迅速完成了从传统生物技术向现代生物技术的飞跃转变。从原来的传统产业一跃而成为 21 世纪的发展方向具有远大发展前景的新兴学科和产业 (图 1-2)。

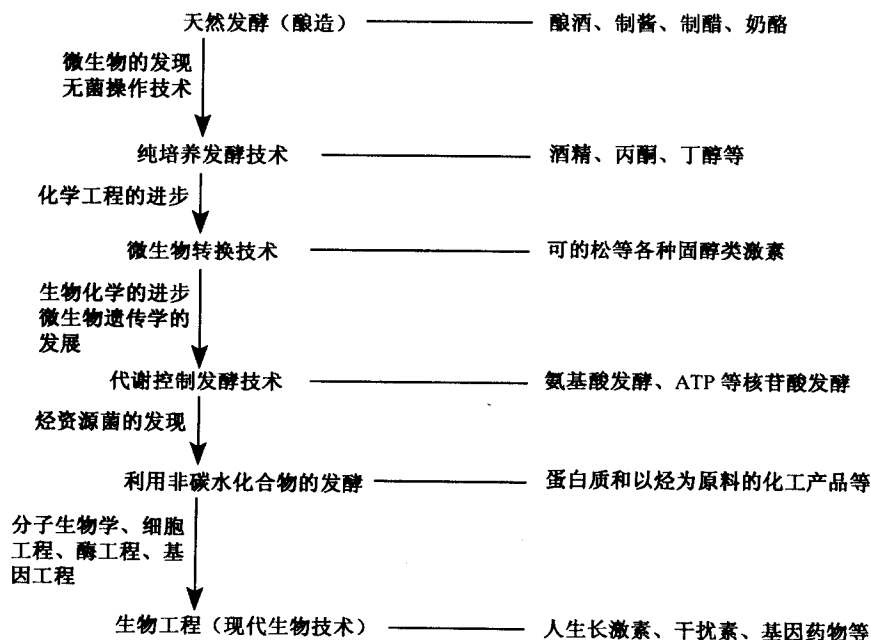


图 1-2 生物工程进展过程

由此可见,现代生物工程是一个复杂的技术群,基因工程、染色体工程、细胞工程、组织工程和器官培养、数量遗传工程等,这些都属于现代生物工程的范畴。而为工程服务的一些工艺体系,如发酵工程、酶工程、生物反应器工程同样被纳入了现代生物工程的系统。

当今,现代生物工程技术同信息技术、新材料技术、新能源技术、海洋技术一起构成了新技术革命的主力,这将会对人类社会生活带来一场深刻的工业革命,它会使医药、食品、发酵、化学、能源、采矿等工业部门的生产效率提高百倍、千倍乃至万倍。现代生物工程产品有:基因工程药物、基因治疗、转基因植物、克隆动物、诊断试剂、DNA 芯片、生物传感器等涉及工、农、医、信息和基础生物的各个方面,具体如表 1-1 所示。

表 1-1 生物工程分期产品

| 时 期   | 名 称                                     | 采 用 技 术                     | 附 加 值 |
|-------|-----------------------------------------|-----------------------------|-------|
| 第一代产品 | 啤酒、苹果酒、发酵面包、醋                           | 自然发酵                        | 低、中   |
| 第二代产品 | 抗生素、单细胞蛋白质、酶、乙醇、丙酮、维生素、氨基酸              | 初步的物理、化学遗传分析、细胞杂交、物理化学、诱变育种 | 中、高   |
| 第三代产品 | 涉及工、农、医、信息和基础生物学的各个方面如:基因药品、DNA 芯片、生物导弹 | 基因工程、细胞工程                   | 高、很高  |

### 3. 传统生物工程与现代生物工程的区别

现代生物工程技术是在传统生物工程的基础发展起来的。它与传统的生物工程或近代的生物工程有着发展中的联系,但又有质的区别。古代传统生物工程和近代生物工程只是利用现有的生物类型或生物机能为人类服务,现代的生物工程技术则是按照人们的意愿和需要创造全新的生物类型和生物机能,或者改造现有的生物类型和生物机能(包括改造人类自身),从而造福于人类。它是人类在建立实用生物技术中从必然王国走向自由王国,从等待大自然的恩赐转向索取的质的飞跃。

## 1.3 生物工程的范围和未来

### 1.3.1 生物工程概况及其领域

当今全球生物工程技术产业正在蓬勃发展,各国政府也都把推广生物技术、发展生物工程技术产业作为提高本国工业在世界经济中竞争力的重要手段。目前美国和欧洲分别拥有生物技术公司 1 千多家,2002 年 6 月欧共体部长批准了 4 年投资 160 亿美元的生物技术研究计划。美国将生物与医药产业作为新的经济增长点,确定每年投入的预算高达 380 亿美元。有人预测到 2025 年美国生物工程技术市场的贸易额将达到 25 200 亿美元。欧洲国家在 5 年内将达到 3 360 亿美元,