



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

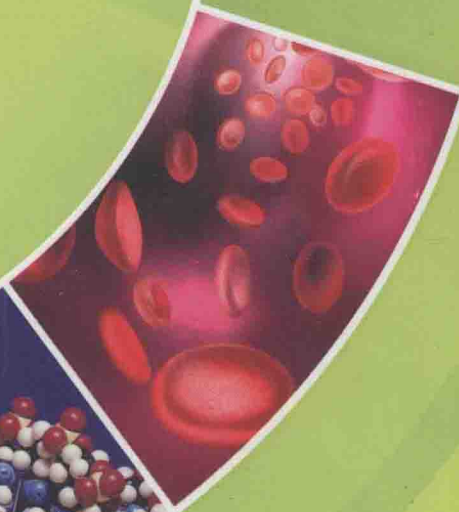
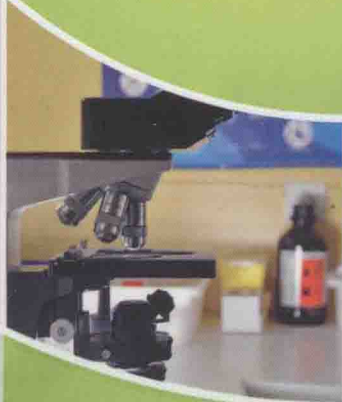
高职高专食品生物类专业教材系列

生物工程概论

SHENGWU GONGCHENG GAILUN

(第二版)

廖湘萍 主编



科学出版社

www.sciencep.com



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高职高专食品生物类专业教材系列

生物工程概论

(第二版)

廖湘萍 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书用通俗易懂的文字全面介绍了生物工程的概念、原理、发展方向及应用领域。全书共分为九章,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院校生物类专业的入门课程和非生物技术类专业学生素质教育的教材,也可供相关专业的科技人员作为参考书使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

生物工程概论/廖湘萍主编. —2 版. —北京:科学出版社,2010
(普通高等教育“十一五”国家级规划教材·高职高专食品生物类专业教材系列)

ISBN 978-7-03-028663-5

I. ①生… II. ①廖… III. ①生物工程-高等学校:技术学校-教材
IV. ①Q81

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 161330 号

责任编辑:沈力匀 / 责任校对:王万红

责任印制:吕春珉 / 封面设计:东方人华平面设计部

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010 年 9 月第一次印刷 印张:16 3/4

印数:1—3 000 字数:400 000

定价:27.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135235 (VP04)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专食品生物类专业教材系列
专家委员会

主 任

贡汉坤 江苏食品职业技术学院

副主任

逯家富 长春职业技术学院

毕 阳 甘肃农业大学

陈莎莎 中国轻工职业技能鉴定指导中心

委 员

侯建平 包头轻工职业技术学院

江建军 四川工商职业技术学院

朱维军 河南农业职业技术学院

莫慧平 广东轻工职业技术学院

刘 冬 深圳职业技术学院

王尔茂 广东食品药品职业学院

于 雷 沈阳师范大学

林 洪 中国海洋大学

徐忠传 常熟理工学院

郑桂富 安徽蚌埠学院

魏福华 江苏食品职业技术学院

陈历俊 北京三元食品股份有限公司

康 健 山西杏花村汾酒集团有限公司

陆 绮 香格里拉饭店管理集团

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专食品生物类专业教材系列
编写委员会

主 任

贡汉坤 王尔茂

副主任

江建军 逯家富 侯建平 莫慧平 陈莎莎

委 员(按姓氏笔画排列)

丁立孝	于 雷	万 萍	马兆瑞	王传荣	王林山	王俊山
贝慧玲	付三乔	朱克永	朱维军	刘长春	刘江汉	刘 靖
苏新国	杨天英	杨昌鹏	李惠东	吴晓彤	张邦建	陈月英
武建新	罗丽萍	赵金海	赵晨霞	赵 晴	胡继强	姜旭德
祝战斌	徐兆伯	徐清华	徐 静	黄卫萍	黄亚东	覃 文
蔡 健	廖湘萍	魏福华	翟玮玮			

前 言

为认真贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中提出“加大课程建设与改革的力度，增强学生的职业能力”的要求，适应我国职业教育课程改革的趋势，我们根据生物工程行业各技术领域和职业岗位（群）的任职要求，以“工学结合”为切入点，以真实生产任务或（和）工作过程为导向，以相关职业资格标准基本工作要求为依据，重新构建了职业技术（技能）和职业素质基础知识培养两个课程系统。在不断总结近年来课程建设与改革经验的基础上，组织开发、编写了高等职业教育食品生物类专业教材系列，以满足各院校食品生物类专业建设和相关课程改革的需要，提高课程教学质量。

本书的编写是按照《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，以全面素质为基础，以能力为本位精神，为培养实用型生物类专业方面的人才任务服务，是高职高专生物类专业第一循环专业课程的专业教材，其目的是使学生在进入第二循环专业课前，整体了解生物工程的框架体系，掌握生物技术的基本知识、原理及应用领域的基本概况，激发学生对专业课程学习热情。同时也可以作为高职院校非生物类学生的素质教育教材。

在编写中，我们对《生物工程概论》第一版内容进行了较大的修改，将原生物技术应用领域整合为一章，鉴于生物安全的重要性，增加了生物安全性内容。我们力求突出实用性、简约性、先进性。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，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。编写中突出“新”字，不仅介绍了人类基因组计划、新兴的生物能源、生物材料、生物武器等前沿的科学技术，为便于非生物专业学生的学习还增加生物学基础内容。全书共分为9章，1~7章为生物工程的原理，8~9章为生物工程应用。

本书内容丰富，覆盖生物工程各个应用领域，每一章节都列出知识目标和能力目标，并有一定数量的复习题，可供学生课外复习和自学使用。在教学中可根据实际教学方向、教学时数进行取舍。

第一章绪论，介绍了生物工程的产生、发展和前景；第二章生物学基础，简要地介绍了生物细胞、糖、蛋白质、酶、核酸的有关基本知识；第三章至第七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；第八章介绍生物技术在农业、医药、工业、环境保护、能源等方面的应用。鉴于生物技术发展的特殊性，在第九章中对生物安全性有关问题进行了介绍。

本书由湖北轻工职业技术学院廖湘萍主编，并完成了第一、五、九章、第八章二、三节的内容。其他编写分工如下：广东轻工职业技术学院阳元娥第七章、第八章五节；

漯河职业技术学院张素霞第四章、第八章一、四节；湖北轻工职业技术学院徐勤第二章、第五章二节；四川成都纺织高等专科学校刁家杰第三章。

本书经教育部高职高专食品类专业教学指导委员会组织审定。在编写过程中，得到教育部高职高专食品类专业教学指导委员会、中国轻工职业技能鉴定指导中心的悉心指导，以及科学出版社的大力支持，谨此表示感谢。在编写过程中，参考了许多文献、资料，包括大量网上资料，难以一一鸣谢，在此一并感谢。

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。

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 生物工程概述	1
第二节 生物工程发展进程及特征	4
第三节 生物工程的范围和未来	8
第二章 生物学基础	13
第一节 生物的基本单位——细胞	13
第二节 细胞内化合物的结构、性质及其作用	20
第三章 基因工程	31
第一节 基因工程的概述	31
第二节 基因工程的原理	34
第三节 基因工程的流程	38
第四节 基因工程的应用及展望	44
第四章 酶工程	52
第一节 酶工程概述	52
第二节 微生物酶的发酵生产	57
第三节 酶的分离纯化	62
第四节 酶分子的修饰	64
第五节 酶与细胞固定化	68
第六节 酶反应器	74
第七节 酶工程的应用及展望	75
第五章 发酵工程	84
第一节 发酵工程概述	84
第二节 微生物工业菌种与培养基	89
第三节 发酵操作方法和工艺控制	100
第四节 发酵产物的后处理	108
第五节 发酵工程的应用及展望	109
第六章 细胞工程	123
第一节 细胞工程概述	123
第二节 植物细胞工程	130

第三节 动物细胞工程·····	137
第四节 微生物细胞工程·····	141
第七章 蛋白质工程·····	145
第一节 蛋白质结构基础·····	146
第二节 蛋白质工程原理和方法·····	152
第三节 蛋白质工程的应用及展望·····	158
第八章 应用生物技术·····	162
第一节 医药生物技术·····	162
第二节 工业生物技术·····	188
第三节 环境生物技术·····	196
第四节 农业生物技术·····	212
第五节 新能源生物技术·····	228
第九章 生物安全性·····	245
第一节 转基因生物的潜在威胁·····	245
第二节 转基因作物与食品的安全性·····	247
第三节 生物武器·····	251
主要参考文献·····	257

第一章 绪 论

知识目标

1. 掌握生物工程的定义及基本内容。
2. 掌握生物工程在现代化建设中的作用。
3. 了解生物工程的发展史及各阶段的特征。

能力目标

对生物工程的框架有初步的了解，为今后的学习打好基础。

课前思考

什么是生物工程？为什么说生物工程是 21 世纪科技发展最富魅力的高新技术？

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，以造福于人类为目标，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。

第一节 生物工程概述

一、生物工程的产生及定义

生物工程（或生物技术）这个词是由匈牙利农业经济学家艾里基（K. Ereky）于 1917 年提出的。当时他提出的生物技术这个词的涵义是指用甜菜作为饲料进行大规模养猪，即是以生物机体原料，无论其用何种生产方法进行产品生产的技術都属于生物技术。此定义显然太宽泛，因此未被人们所重视。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 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 世纪之交之际，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，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。

鉴于生物工程迅速发展，1982 年国际合作及发展组织对生物工程这一名词的含义进行定义：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，我国国家科学技术委员会制定《中国生物技术政策纲要》时，将生物技术描述为：是指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的新技术。即现代生物工程技术。改选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物质，如淀粉、纤维等有机物和无机物。为人类生产出所需的产品，包括药品、食品、化工原料、能源等。达到某种目的则包括病症的预防、诊断与治疗，环境污染的检测与治理等。

二、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。与其相关的应用的产业有农业、环境、食品、医药等多个方面。

1. 基因工程

基因工程（gene engineering）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焙和干酪的制备，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（cell engineering）是指在细胞水平上的遗传工程，即应用细胞生物学、

分子生物学的方法,对细胞进行遗传操作,如细胞培养、细胞融合、细胞诱变、细胞重组、细胞遗传物质转移和生殖工程等,以获得所期望遗传组成的细胞或生物体,从而达到改良生物品种或创造新品种,加速繁育动植物个体,或利用细胞培养产生某种有用物质的过程。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(fementation engineering)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生产的工业。它处于生物工程的中心地位,绝大多数的生物工程的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的生产,近代的发酵工业,如酒精、乳酸、丙酮-丁醇等,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(enzyme engineering),是利用酶、细胞器或细胞所具有的特异催化功能,或对酶进行修饰改造,并借助生物反应器和工艺过程来生产人类所需产品的一项技术。它的主要内容包括酶的发酵生产、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(protein engineering)是20世纪80年代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,通过有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。

基因工程与蛋白质工程紧密联系,基因工程是实现蛋白质工程的技术手段之一。但二者在对生命现象的研究上又具有本质的不同。首先基因工程原则上只生产自然界中已经存在的蛋白质,即通过DNA重组,人们可以分离出编码自然界中的任何蛋白质的基因,将其在特定的宿主中进行表达,再纯化出可产品,但蛋白质工程能对现在蛋白质进行改造,进而设计和创造出自然界所没有的而又具有优良性状的全新的蛋白质。可以说,蛋白质工程是以改造现有蛋白质和制造新型蛋白质为目的的基因工程,是第二代基因工程。

上述五个技术是构成当今生物工程的主要分学科。这五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。比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, 然后通过发酵工程或细胞工程来生产有用的物质。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技术, 而发酵工程与细胞和组织培养技术是目前较为成熟而广泛应用的技术。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

第二节 生物工程发展进程及特征

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

一、远古时代——第一代生物工程产品

广义上说, 原始人早在从一种靠狩猎为生, 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, 他们学会饲养和驯化他们所喜爱的动物, 而不是见一个杀一个。由牧人成为农人时, 就发现野生植物种子也能栽种; 学会挑选优良的植物种子, 使长出来的植物生长既快、结的果实又大。这种农业革命使原始人的粮食有了富裕, 于是他们想到要贮存粮食, 间或也想到要转化一些收获物, 接着就发展到现今称之为的发酵工艺技术。公元前 6000 年, 苏米尔人即古代巴比伦人就已掌握了酿造啤酒的技术; 埃及人学会发酵面包, 这是公元前 4000 年的事; 公元前 25 世纪古巴干人开始制作酸奶。

我国人民在殷商时期, 即公元前 16~前 11 世纪时, 就已经掌握制酱的技术; 周朝时就有制醋的技术。在这些制造产品操作中, 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。这些都是自然发酵。因为在那个时期, 人类社会还不清楚微生物与发酵的关系, 一切全凭经验手艺, 还没有上升到科学的水平。产品有啤酒、发酵面包、苹果酒。产品的附加值低或中等。

二、巴斯德时代——第二代生物工程产品

生物工程产品的特点是利用微生物产生的, 所以要了解其本质, 首先的基本问题是

要善于发现。1680 年荷兰博物学家安东·列文虎克 (Anthry Van Leewenhock, 1632~1723) 发明显微镜 (放大 275 倍), 他用这种放大镜在水中发现了微小生物——红血球、霉菌、酵母菌以及细菌——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) 以著名的 Pasteur 实验证明发酵原理, 指出发酵现象是微小生命体进行的化学反应。其后他连续对乳酸发酵、酒精发酵、葡萄酒酿造等各种发酵现象进行研究, 明确了这些发酵是由不同的微生物所引起的。他指出: “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更小的微生物 (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, 微生物能利用铵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, 炭疽菌的致病力丧失掉了。由此认为, 这种现象有可能应用到治疗疾病的方面, 不久就出现了“抗生作用 (antibiosis)”这个词。

由此可见, 把传统概念中的生物工程提高到有一定的科学依据, 即从凭经验手工艺一跃成为凭借到当时为止发展起来的物理学、化学和遗传学的初步分析, 则应归功于巴斯德的不朽贡献。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), 德国罗伯特·柯赫等 (Rober Koch, 1843~1910) 完成了细菌纯粹培养技术, 并建立了一套分离、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), 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地控制微生物的发酵进程, 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) 以制药为目的, 将酵母和砂混合磨碎, 为了防腐添加糖, 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, 因而证明了任何生物都有引起发酵的物质 (酶), 导致了生物化学的出现。

第一次世界大战时, 需要大量制造炸药的原料硝化甘油导致了甘油发酵进入工业化。英国无烟火药的发现使 Weizman 发明了丙酮-丁醇发酵, 并实现了工业化。第二次世界大战中, 日本为补充燃料不足, 由藤弁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。

1929 年英国弗莱明 (A. Fleming) 发现青霉素, 其后在 1940 年, 英国的弗洛里 (Hawsrd Floreg) 及钱恩 (E. B. Chain) 精制分离出青霉素。1941 年美、英两国合作对青霉素进行了更深一步地研究和开发, 从而推进了青霉素的工业化的生产, 开拓了以青霉素为先锋的庞大的抗生素发酵工业。

1969 年由格罗勃霍佛 (N. Grubhofer) 和希莱思 (L. Schleith) 提出了固定化酶及固定化细胞的技术。1969 年, 日本的千畑一郎首次在工业上应用固定化氨基酰化酶进行 DL-氨基酸拆分而生产 L-氨基酸。从此开始了“酶工程”科学技术领域。

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, 与第一代生物工程产品比较起来, 无论其价值还是就其品种来说, 都是大大地前进了。

三、现代生物工程的崛起——第三代生物工程产品

1. 现代工业生物工程的起源

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中自动化程度的提高, 使工农生产率获得了空前的发展。随着生产率的飞速发展, 能源消耗也以惊人的速度在增长。据推算, 传统能源消耗量每 20 年增加 1 倍, 而核能消耗的铀甚至比石油消耗的速度还要快。

工业、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。许多污染物是成指数增长的。例如矿物燃料燃烧时释放出来的 CO_2 ; 全球达到 2000 亿 t, 每年按 0.2% 比率增长。此外还有 SO_2 、CO、烃类大量的有害气体排入大气中。

水的情况也一样, 全地球 70% 的表面积覆盖了 14 亿 km^3 的水体海水占去 96.5%。全世界可利用的淡水储量只占水资源的十万分之三, 有 100 万 km^3 的水受到了不同程度的污染, 水中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, 生物圈良性循环变成恶性循环。

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, 其后果必须是资源、能源用一吨少一吨。由于环境受到污染, 适宜于人类生存的空间将一天天地缩小。于是人们希望探索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。使用的原料是取之不尽、用之不竭的可再生的廉价生物量; 而达到能源消耗少、污染少或无污染。于是科学家们为了实现这样一个理想的人间天国, 开始从生命科学中探寻来解决这些问题。这样就产生了第三代生物工程产品——也称现代生物技术。

2. 现代生物工程发展的过程

1911 年, 美国科学家 Morgan 和他的助手们第一次将代表某一些特定性状的基因同某一特定的染色体联系了起来, 创立了遗传的染色体理论。Morgan 特别指出: 物质必须由某些独立的要素组成, 人们将这些要素称为基因, 也称为遗传因子。

1944 年 Avery 等阐明了 DNA 是遗传信息的携带者。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, 揭开生命秘密。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分子水平, 由定性进入定量, 其后十年内, 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，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，从原来的一项鲜为人知的传统产业一跃而成为代表 21 世纪的发展方向具有远大发展前景的新兴学科和产业（图 1-2）。

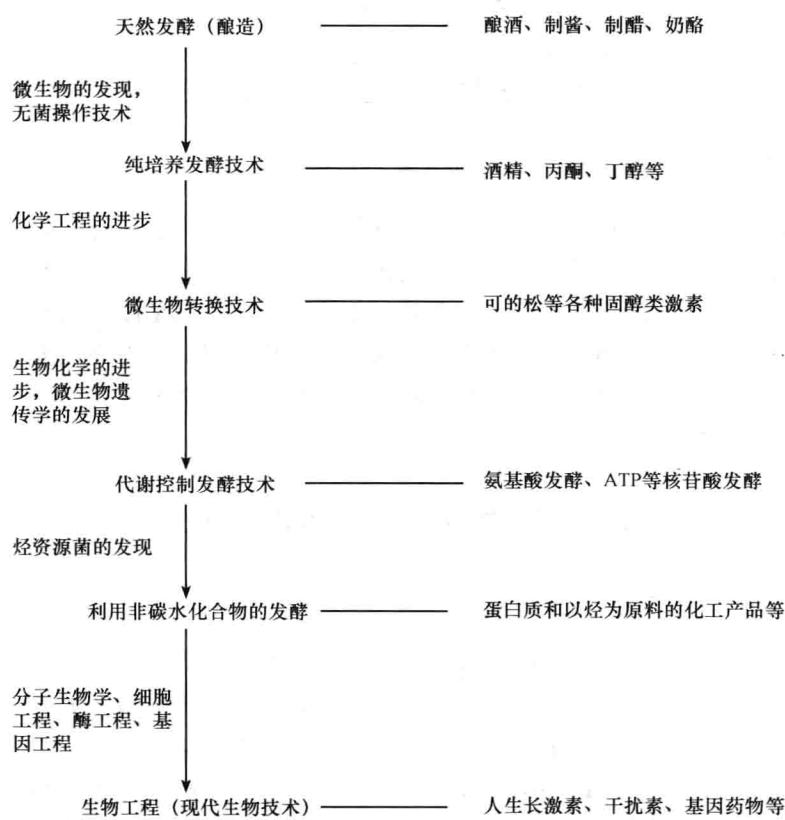


图 1-2 生物工程进展过程

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、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、海洋技术构成了新技术革命的主力，将会对人类社会生活带来深刻的革命。现代生物工程技术将带来一次新的工业革命，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，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	辅加价值
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或机能为人类服务，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向自由王国，从等待大自然的恩赐转向索取的质的飞跃。

第三节 生物工程的范围和未来

一、生物工程概况及其应用领域

被誉为第四次科技革命浪潮的生物经济是一个与农业经济、工业经济、信息经济相对应的新经济形态。美、英、法、德、日等发达国家均把发展生物经济提到了国家战略的高度，生物技术产业的研发力度不断加大，产业化能力不断增强。全球生物技术产业的销售额约每五年翻一番，增长率高达 25%~30%，是世界经济增长率的 10 倍左右。我国也在“十一五”规划中提出要面向健康、农业、环保、能源和材料等领域的巨大需求，大力发展生物产业。

生物技术应用的第一、二次浪潮是在医药和农业领域，并已取得初步成效。因此，目前最具有代表性的应用领域是生物医药和农业。

1. 生物医药

生物医药产业是一项高投入、高风险、高利润的产业。它利润率高达到了 17.6%，是信息产业的 2 倍。目前，有 60% 以上的生物技术成果集中应用于医药产业，用以开发特色新药或对传统医药进行改良，由此引起了医药产业的重大变革。如生物技术大大加快了新药的研制，SARS 出现后不到一年的时间，科学家就用生物技术的方法研制出了 SARS 疫苗，这是用传统的方法不可能这么快实现的。随着人类基因组计划的提前完成，在未来，科学家将能够阐明重大疾病的机理，并提供预防和治疗手段；干细胞研究的重大突破，将可能使更换人体器官像修理汽车一样方便，这将保证人类更加健康、