

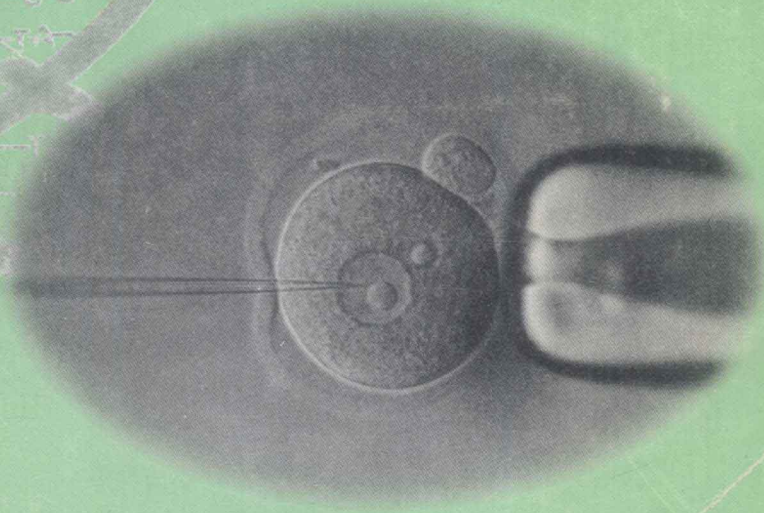
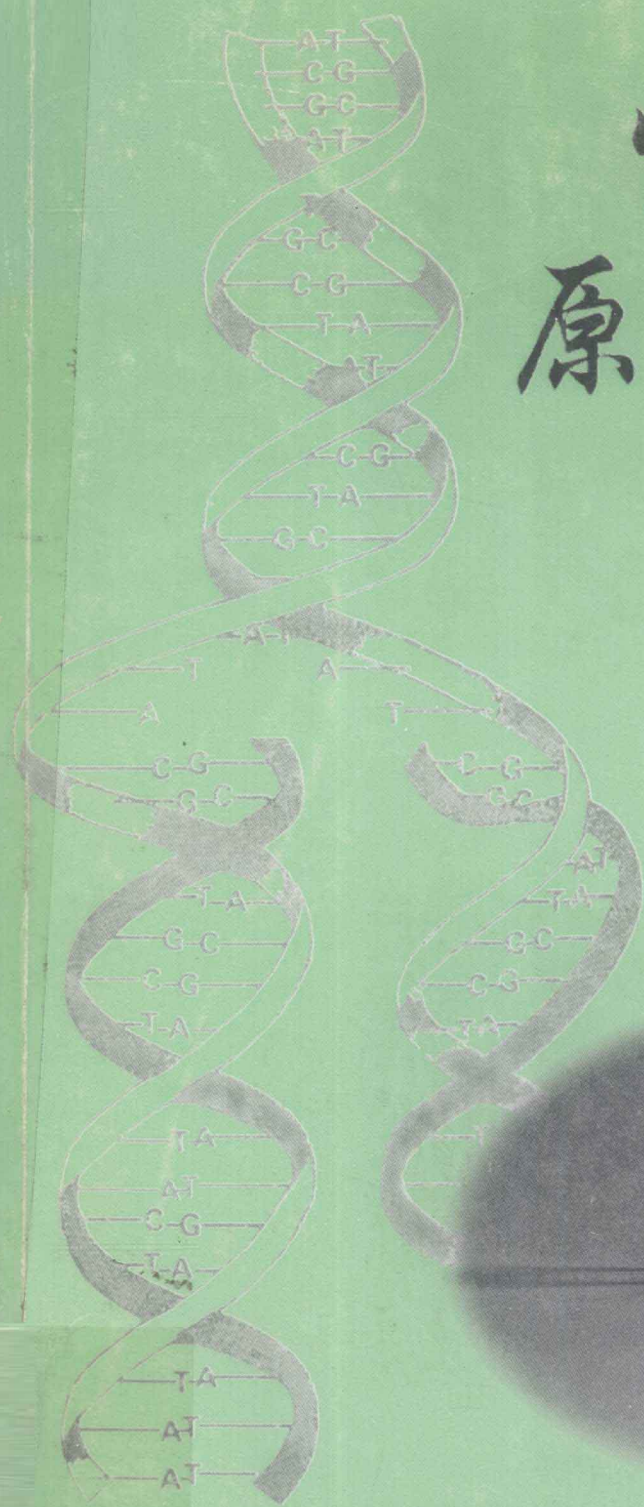
生物技术 原理与应用

李银聚

侯玉泽

扈荣良

主编



兵器工业出版社

生物技术 原理与应用

主编 王 强
副主编 王 强
主 审 王 强



北京理工大学出版社

生 物 技 术 原 理 与 应 用

李银聚 侯玉泽 扈荣良 蒋万春 主 编

兵 器 工 业 出 版 社

内 容 简 介

本书全面系统地论述了生物技术的基本原理和应用。主要内容包括基因工程的理论基础、技术基础、酶学基础和操作程序;介绍了细胞工程、转基因动物、酶工程和发酵工程的基本原理及其在生命科学研究、医药、农牧业、食品、化工、环境监测与净化及生物传感器等方面的应用。

生物技术属当代科技的前沿技术,理论性和科学性强。本书仅在原理与应用方面给以简明扼要的论述。既可作为高等院校生物技术、畜牧兽医、农学、食品工程及医学等学科的教科书,又可供从事生物技术研究及农、林、牧、副、渔等方面的科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

生物技术原理与应用/李银聚等主编. —北京:兵器工业出版社,2001.3

ISBN 7-80132-935-X/Q.4

I. 生… II. 李… III. 生物技术—基本知识 IV. Q-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 10689 号

出版发行:兵器工业出版社

责任编辑:岳本伟

责任技编:王如意

社 址:100089 北京市海淀区车道沟 10 号

经 销:各地新华书店

印 刷:偃师市海洋印刷有限公司

版 次:2001 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

印 数:1-1000 册

封面设计:李银聚

责任校对:邓 雯

责任印制:王京华

开 本:787×1092 1/16

印 张:23.5

字 数:520 千字

定 价:32.80 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

《生物技术原理与应用》编委会

主 编：李银聚 侯玉泽 扈荣良 蒋万春
副主编：邓 雯 李喜仙 赵 君 张春杰 白喜婷 郭香凤 聂东升
初 峰 常 锋 魏明奎 慕桂香 刘丽艳 高玉玲 朱文学
编 委：（以姓氏笔画为序）
邓 雯 田志红 白喜婷 初 峰 刘丽艳 朱文学 张春杰
张守峰 陈树兴 李西波 李道敏 李银聚 李喜仙 何 佳
赵 君 赵君峰 侯玉泽 常 峰 郭香凤 聂东升 高玉玲
秦翠丽 扈荣良 蒋万春 慕桂香 魏明奎 魏良友
主 审：张改平 董淑丽

前 言

生物技术是指对于有机体的操作技术。自从我们的祖先有意识地把第一粒种子埋在地下,便宣告了这一技术的诞生。1953年Watson和Crick阐明了脱氧核糖核酸的双螺旋结构,从而开辟了分子生物学的新纪元,也为古老的生物技术发展成为高新技术奠定了一方基石。基因工程被认为是二十世纪生物技术一项最伟大的成就,也是当今新技术革命的重要组成部分。目前,这项技术已渗透到生命科学各个领域。鉴于此,我们组织洛阳农业高等专科学校、中国人民解放军军需大学军事兽医研究所、邯郸农业高等专科学校、中州大学、信阳农业高等专科学校、河南省职业技术师范学院、洛阳工学院、河南省农科院、河南省畜牧局等几所院校和科研单位的同行在广泛汇集国内外最新信息的基础上,精心编纂,撰写成《生物技术原理与应用》一书,以期为促进我国生物技术教育的普及和深入研究尽微薄之力。

本书以基因的分子生物学为基础,深入浅出地阐明了基因工程的基本原理和操作技术,并着重介绍了细胞工程、转基因动物、酶工程和发酵工程的基本原理和应用。全书以基因工程为线索将各项技术贯穿在一起,使读者能在各个层次上领略这一高新技术特有的魅力。

现代生物技术发展很快,技术手段日新月异。本书只能从原理和基本技术方面加以阐述,不能涵盖这项技术的全部,加之作者水平有限,书中错误和疏漏之处在所难免,恳请同仁、专家及读者指正。

编者

2001年1月

目 录

绪论	1
一、生物技术的基本概念	1
二、从传统技术到高技术的历史背景	2
三、生物技术的发展趋势与前景	4
四、我国关于加速生物技术研究开发的方略	8
第一章 基因工程的理论基础	11
第一节 DNA 的结构以及基因的结构与组合	11
一、DNA 的一级结构	11
二、DNA 的二级结构	19
三、染色体——DNA 的高级结构	20
第二节 DNA 复制	21
一、DNA 复制机制	22
二、DNA 的复制过程	26
第三节 RNA 的生物合成及转录水平的调控	32
一、转录机制	32
二、mRNA 的转录与加工	36
第四节 遗传密码	41
第五节 蛋白质的生物合成及翻译的调控	45
一、核糖体的结构和装配	45
二、原核生物蛋白质生物合成机制	46
三、真核生物蛋白质的生物合成	50
四、蛋白质翻译后的修饰	51
五、蛋白质翻译过程中的调控	51
第二章 基因工程的技术基础	53
第一节 凝胶电泳技术	53
一、凝胶电泳的基本原理	53
二、琼脂糖凝胶电泳	53
三、聚丙烯酰胺凝胶电泳	59
第二节 核酸分子杂交技术	62
一、放射性同位素标记的 DNA 探针的制备	62

二、待测核酸的处理	64
三、杂交及杂交后漂洗	64
四、自显影	65
第三节 细菌转化	70
第四节 DNA 核苷酸序列分析技术	71
一、Sanger 双脱氧链终止法	71
二、Maxam-Gilbert DNA 化学降解法	72
第五节 PCR 扩增技术	73
一、基本原理	73
二、PCR 的设计和参数	73
三、PCR 技术的应用	79
第三章 基因工程的酶学基础	80
第一节 限制性核酸内切酶和 DNA 分子的体外切割	80
一、II 类限制性内切酶的基本特点	80
二、限制性内切酶的来源及命名	86
三、影响限制性内切酶活性的因素	86
四、限制性内切酶酶切图谱分析	86
第二节 DNA 连接酶与 DNA 分子的体外连接	87
一、DNA 连接酶	87
二、DNA 的连接方法	88
第三节 DNA 聚合酶及其在基因工程中的应用	88
一、大肠杆菌 DNA 聚合酶 I (全酶)	89
二、大肠杆菌 DNA 聚合酶 I 大片段 (Klenow 片段)	90
三、T4 噬菌体 DNA 聚合酶	91
四、T7 噬菌体 DNA 聚合酶	91
五、经修饰的 T7 噬菌体 DNA 聚合酶 (测序酶)	92
六、Taq DNA 聚合酶及 Ampli Taq™ DNA 聚合酶	92
七、反转录酶	92
八、末端转移酶	93
第四节 核酸外切酶及核酸内切酶	93
一、核酸外切酶	93
二、核酸内切酶	94
第五节 其它 DNA 和 RNA 的修饰酶及其应用	95
第四章 基因工程的载体和表达系统	96
第一节 细菌质粒载体	96
一、质粒的基本特性	97

二、不同用途的细菌质粒载体·····	98
第二节 噬菌体载体·····	105
一、 λ 噬菌体·····	105
二、M13 噬菌体·····	108
第三节 酵母系统载体·····	108
一、酵母整合质粒·····	109
二、酵母复制子质粒·····	109
三、酵母游离基因载体·····	109
第四节 动物病毒载体·····	110
一、病毒颗粒载体·····	111
二、病毒 DNA 混合型载体·····	112
第五节 原核细胞表达系统·····	113
一、影响真核基因在大肠杆菌中表达的主要因素·····	114
二、外源基因在胞内表达重组蛋白·····	116
三、重组蛋白分泌到周质·····	119
四、重组蛋白分泌到胞外培养基中·····	121
第六节 真核细胞表达系统·····	122
一、酵母表达系统·····	123
二、哺乳动物细胞基因表达系统·····	127
第七节 个体表达系统·····	130
第五章 基因工程的基本程序·····	132
第一节 基因工程的基本程序·····	132
第二节 DNA 体外重组和扩增·····	133
一、目的基因的制备和载体基因的选择与改造·····	133
二、目的 DNA 片段与载体 DNA 体外重组·····	139
三、重组子的扩增·····	144
第三节 重组 DNA 分子的选择与鉴定·····	145
一、抗性选择·····	145
二、从转化菌落快速提取质粒鉴定大小选择重组质粒·····	147
三、快速提取质粒进行酶切鉴定·····	148
四、菌落杂交法挑选重组质粒·····	151
五、DNA 的序列分析·····	152
第四节 重组 DNA 的表达与检测·····	152
一、磷酸钙和 DNA 共沉淀物的转染·····	154
二、改进的磷酸钙介导细胞转染法·····	156
三、DEAE-葡聚糖介导的转染·····	157

四、利用 polybrene 的 DNA 转染	159
五、利用原生质体融合进行 DNA 转染	159
六、电穿孔法 DNA 转染	160
七、重组 DNA 表达蛋白质的检测与分析	161
第五节 体内基因工程	161
第六节 基因工程应用性研究的现状及发展趋势	163
一、基因工程应用研究的现状	163
二、DNA 体外重组技术在生命科学理论研究中的应用	165
三、基因工程研究的发展趋势和展望	167
第六章 转基因动物	172
第一节 转基因的设计与制备	172
一、转基因及转基因的设计	172
二、转基因的制备	177
三、影响基因转移的因素	179
第二节 小鼠的准备	180
一、小鼠品系的选择	180
二、转基因用小鼠的种类	181
三、小鼠的繁殖特点及母鼠动情周期的判定	182
四、小鼠的安置和饲养	182
五、受精卵及其供、受体的制备	183
第三节 受精卵的显微注射及移植	188
一、受精卵注射	188
二、胚胎移植	194
三、存在问题及原因	195
第四节 转基因鼠的检测	196
一、DNA 整合水平的检测	198
二、RNA 转录水平的检测	204
三、蛋白质水平的表达检测	206
第五节 转基因鼠系的建立	212
第六节 转基因大动物	214
第七节 培育转基因动物的其它方法	215
一、胚胎干细胞介导的转基因	215
二、逆转录病毒介导的转基因	215
三、精子载体介导的转基因	216
第八节 转基因动物的应用前景	217
第七章 植物基因工程概论	221

第一节 植物基因工程的主要研究领域	222
一、光合作用	222
二、固氮及同化作用	223
三、增加种子营养	224
四、抗病虫害、抗除草剂的研究	225
五、产生次生代谢产物	226
六、对植物抗逆性及可育性的研究	226
第二节 植物基因工程实验技术	226
一、植物基因操作技术	227
二、植物细胞的遗传转化	237
三、植物组织培养	241
第三节 植物基因工程研究的主要进展	243
一、植物抗病毒基因工程	243
二、经过转移细菌毒素基因获得对病虫害的抗性	246
三、抗除草剂植物的生产	247
四、对植物细胞器的基因工程操作	247
第八章 动物细胞工程	249
第一节 动物细胞的培养	250
一、培养细胞的起源和特征	250
二、动物细胞培养的基本技术	250
第二节 细胞融合与重组	261
一、细胞融合的基本技术	262
二、融合后杂种细胞的筛选	263
三、融合细胞的特征及应用	264
第三节 染色体转移	268
一、微细胞介导的基因转移法	269
二、染色体介导的基因转移法	270
第四节 DNA 介导的基因转移	273
一、基因转移的载体	273
二、基因导入细胞的途径	274
三、转化细胞的选择方法	274
四、外源基因在哺乳动物细胞中的表达	275
五、DNA 介导的基因转移的应用	275
第五节 核移植技术	276
一、低等动物的核移植	276
二、哺乳动物的核移植	277

第六节 胚胎干细胞简介	278
一、胚胎干细胞的基本特征	278
二、胚胎干细胞的分离和培养	278
三、胚胎干细胞的个体发育	279
第九章 植物细胞工程	280
第一节 植物细胞培养技术	280
第二节 植物微繁殖技术	282
第三节 植物单倍体的诱导形成及应用	285
一、单倍体植物的特点及研究状况	285
二、单倍体诱导产生的途径与过程	286
三、单倍体的应用	291
第四节 原生质培养和细胞杂交	292
一、植物原生质体的培养	292
二、植物细胞杂交	300
第五节 植物细胞突变体系及其利用	305
一、起始材料的选择	305
二、诱变和突变体分离的一般程序	305
三、植物细胞突变体在农业上的应用潜力	307
第六节 植物细胞大量培养技术及次生代谢物质的生产	309
一、生产次生代谢物的植物细胞的特征	310
二、高产细胞株的选择	311
三、培养条件	312
四、培养方法	314
第七节 植物细胞工程的发展	315
第十章 酶工程	317
第一节 酶的制备	317
一、优良酶菌种的筛选	318
二、微生物酶的发酵生产	318
第二节 酶的分离纯化	320
一、酶制剂的制备	321
二、酶的纯化与精制	321
三、酶的纯度与酶活力	323
四、酶制剂的保存	324
第三节 酶分子的改造	324
一、酶分子修饰	324
二、生物工程酶	325

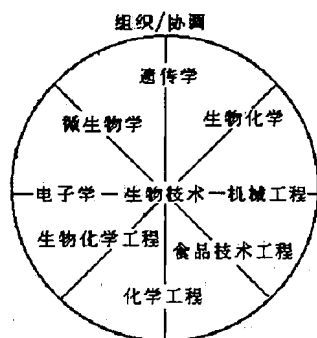
第四节 酶的固定化	327
一、酶的固定化方法	327
二、细胞的固定化方法	329
三、固定化酶(细胞)的特性	329
第五节 酶(多酶)反应器	331
一、酶反应器的基本类型	331
二、酶反应器的设计原则	332
三、酶反应器的性能评价	332
四、酶反应器的操作	333
第六节 生物传感器	334
一、生物传感器原理	334
二、生物传感器的分类	335
三、生物传感器的发展前景	336
第七节 酶的应用	336
第十一章 发酵工程	338
第一节 概述	338
第二节 发酵微生物	340
一、微生物代谢	340
二、微生物代谢的调控	341
第三节 发酵微生物育种	345
一、自然选育	345
二、诱变育种	345
三、杂交育种与原生质体融合	347
四、基因工程育种	348
第四节 连续培养与固定化微生物技术	352
第五节 生物反应器	353
一、发酵器的研究	353
二、酶(微生物)反应器	354
三、其它	355
第六节 发酵参数	355
一、热参数	357
二、溶氧参数	357
三、pH 值	357
四、菌浓度和微生物生长	357
五、氧化还原电位	358
第七节 发酵工程的发展前景	358

绪 论

近 25 年来, 生物技术被世界各国视为一种高技术, 在整个科学技术中占据了特殊的地位。我国把生物技术列于微电子、信息、生物、航天、新能源、新材料等高技术的首位, 并组织力量追踪和攻关, 足见其重视程度。大多数发达国家和许多较发达国家的政府, 都拨出相当数目的基金以促进生物技术的发展, 包括从理论研究到生产出产品的长期转化阶段, 都给予了足够的、非企业来源的财政资助。对生物技术这样一个复杂、需要多学科协作的特殊学科来说, 在一个国家要获得成功, 取得本国政府的积极支持是非常必要的。许多国家政府专门设立了有关委员会研究生物技术的发展潜力, 并在大学学科中普遍开设了生物技术课程, 使这项既有古老的根基, 又有巨大发展潜力的高科技能够普遍、持续、更深入地发展。

一、生物技术的基本概念

生物技术的概念在很大程度上是基于生物系统的识别和催化方面的专门知识。因此, 将生物技术定义为对生物系统或工艺方法的工业开发或许比较恰当。这样可以反映出生物系统的科学研究在很高层次与应用异常结合的能力。早在 1871 年, 巴斯德就说过: “科学及其应用如同树与其果实一样密切地结合在一起”。不经过长期、艰难的努力, 人们决不可能将某一门学科说成是应用学科。在生物技术中, 科学应用与基础研究密切地联系在一起, 并紧跟在科学研究的前沿之后。右图描述了生物技术的突出的多学科特性。



生物技术的多学科性质

事实上, 并非所有产品的工艺过程都包括了图中描绘的所有学科, 但对任何一个实例而言, 均涉及几个相关学科的研究成果。

在近几年普遍接受生物技术这一概括性的专有名词之前, 其所包含的大多数生物技术分别被称为应用微生物学、应用生物化学、酶工艺学、生物工程、应用遗传学及应用生物学。在这些“工艺学”中, 首先发展的便是生物技术的先驱——应用生物学。尽管我们的祖先当时并不了解这些工艺的原理(他们所从事的只是一种工艺, 而不成为一门科学), 但他们早在几千年前就开始应用微生物发酵方法进行食品保藏(如干酪、醋)、增进味道(如面包、酱油)以及生产酒精饮料了。从经济效益角度来看, 酿造业在今天仍然是最重要的生物技术工艺。

生物化学是现代生物技术的基础。展示“现代”生物技术一项早期开发的生化基础是改良的酵母乙醇发酵法生产甘油, 因其对酵母乙醇有关的正常代谢过程的“工程改良”引起了人们的特别兴趣。向发酵培养基内加入亚硫酸氢盐, 阻止了 Embden—Meyerhof

途径（糖酵解途径）生产的乙醛作为还原当量的受体，于是便以磷酸二羟丙酮为受体，结果生成的不是乙醇而是甘油。这一方法的应用，在第一次世界大战期间为满足制造炸药所需大量甘油的生产起到了重要作用。

生物技术是在诸多学科的基础上发展起来的一门应用学科，理论研究方位广，应用领域面宽。本书将着重介绍基因工程、蛋白质工程、细胞工程、酶工程和发酵工程的基本原理；各工程技术应用于医药、环境监测与净化、农林牧副渔、食品、石油、化工、能源等生产实践；各类生物技术之间、生物技术与电子学之间的相互渗透，以及生物技术应用于生物学与医学、医药等基础理论研究诸方面的现状，并对未来的发展方向进行了初步的探讨。

二、从传统技术到高技术的历史背景

生物技术原是最古老的技术，其历史几乎同人类的文明史同时开始。几乎可以认为，人类农业活动的开始便是生物技术的开端。当我们的祖先把第一粒种子投到土地上时，生物技术即宣告诞生。这一时刻，少说也在五千多年之前。我们中国人的祖先最早懂得制酱、酿酒、造醋，这便是最初的发酵工程。及至微生物的发现和微生物学的产生，经典遗传学的建立以及化学理论与技术的出现，古老的生物技术才逐步地吸收并运用了这些方面的知识和技术，使之纳入了科学技术的轨道。经典遗传学的应用产生了遗传育种学；细胞学的理论和技术被运用于生产就出现了细胞工程；酶学理论与化学工程技术的结合出现了酶工程。半个世纪前抗生素工业的兴起标志着发酵技术手工操作历史的终结而堂堂正正地进入了工程技术的队伍。但是，随着科学技术的发展，今天看来，上述诸方面的发展还只能称之为传统的技术。而且，人们对其重视的程度也不像当今这样的推崇备至。原因何在？原因在于其价值。传统的生物技术虽影响到了国计民生的诸多方面，影响到了国民经济的发展，且对其他科学技术的发展也有着一定的影响；但是，总的看来，这类影响尚不具备划时代的意义和战略价值。而当代的生物技术则已演变成为一种高技术，具备了划时代的意义和战略价值，特别是基因工程。

那么，生物技术是怎样从传统技术演变成为高技术的呢？对这一问题的探讨必将获得一些经验教训从而有利于生物技术和其他科学技术的发展。

总的看来，当代较高水平的科学技术背景和社会的需求，是推动和促成生物技术从传统技术转化为高技术的两个主要因素。

（一）高新生物技术产生的科学技术背景

生物技术从传统技术转化为高技术，最主要的因素是生物学，特别是分子生物学的最新理论成就和当代主要的尖端技术诸如微电子学技术和电子计算机技术对生物技术的渗透。

如果没有 Watson 和 Crick DNA 模板学说所阐明的作为基因物质基础的 DNA 半保留复制模式、遗传密码控制蛋白质生物合成的中心法则以及基因突变的分子基础等理论上的突破；如果没有 Monod 和 Jacob 操纵子学说所提示的基因表达的调节控制理论；如果没有 DNA 限制性内切酶的发现；如果没有染色体外环状 DNA 对寄主细胞感染力的发现和 λ 噬菌体携带 β -半乳糖苷酶基因插入寄主细胞染色体的转导实验成功以及大肠杆菌性因子作为桥梁对 DNA 的传递等所确定的基因可以借助特殊的遗传物质加以转移的思想等

等，便不会有今日的基因工程高技术的出现。如果没有微生物营养缺陷型强迫杂交导致基因重组的微生物遗传学的先导性实验成功，便不会有今日的杂交瘤技术，进而也不会有单克隆抗体技术的出现。同样，没有细胞遗传学一系列技术方法的进步，也不会有今日的细胞工程的出现。如果没有蛋白质结晶化学和蛋白质三维结构的深入分析以及化工技术的进步，便不会有今日的酶工程的产生。抗生素发酵工程原是发酵工程中规模较大、工艺较先进的发酵工程，但是唯有在发酵过程的计算机程序控制以及各项生理指标应用传感器等加以检测的新技术的采用之后，才真正称得上是高技术；另一方面，就整个生物技术而言，使用了大量的高精尖仪器，如超速离心机、液体闪烁仪、电子显微镜、高压液相层析仪、DNA 合成仪、DNA 顺序分析仪等等。这些仪器的绝大多数是由微机控制的，也是全自动化的。这便是当代微电子学和电子计算机技术对生物技术的渗透。没有这类渗透，各类分析研究将不可能深入到分子水平，也不会有今日的生物高技术；再者，今日的细胞工程、酶工程和发酵工程无一例外地都与基因工程结合了起来，也只有这种结合并已取得了成就的今日，这三类工程才称得上是名符其实的高技术。当前，基因工程发展到了蛋白质工程的阶段，便更加显示出了生物技术所特有的高技术的特征。总之，从生物技术的发展情况看，传统技术转为高技术，靠的是有关的基础理论的突破和发展，靠的是现代其他尖端技术（也是高技术）的采用和渗透。

（二）高新生物技术开发的社会背景

世界各国实际开发生物技术的进程，因其地理位置而有所不同，并且依赖于所谓东西方或南北方的政治经济因素的特点。但有一点可以肯定，社会需求是促成生物技术从传统技术迅速转化为高技术的一个重要的因素。

大家知道，生物技术从传统技术转化为高技术是在西方发达国家首先实现的。那些国家除了具备最新的生物学理论成就和最先进的技术背景之外，还出现了社会发展的新趋势。这就是在竞争机制作用之下的横向联合。在激烈的竞争中，求生存、求发展的动机驱使人们渴求知识、渴求技术进步的主动性达到了前所未有的程度，以致于从权力机构中发出有关发展科学技术的行政命令的作用降到了次要的地位。利害关系使掌握着完全不同的或类似的知识和技术的集团自觉地联合了起来，从而形成了集团与集团之间的激烈角逐与竞争。这类主动性和自觉性推动着原来不同行业的人们顽强地去拆除知识上和技术上的藩篱，去克服彼此之间知识上和技术上的屏障。在这种情况下，人们迅速地实现着知识的更新、技术的普及。人们对信息的珍惜程度和信息的快速传播也都是前所未有的。在生物技术发展上，日本政府在协调大学与研究机构方面发挥了重要作用。但一般说来，某些计划产品的开发和商品化受到大的生物工程公司的影响。前几年，大多数西方国家为了生物技术开发，采取了公布发展计划的办法。鉴于这一技术中学科间复杂的性质，以及许多产品开发尚需时间长等情况，这样做是非常必要的。此外，由于许多项目都是处于或接近“科学的前沿”，因此许多卓越的科学家被安置在公共部门，特别是高等教育机构。政府对本领域的研究和开发项目给予适当投资，并帮助个人或公共企业及机构尽早实现商品化，这对推动日本生物技术的发展起了重要作用。

美国是个特例。虽然美国政府以其大量投资卷入到生物技术工业开发的各个方面，而且美国的一些医药、生物和能源工业公司也拥有为数不少的生物技术项目，但考虑到

这种高度危险的投资资本的可利用率，以及一些科学团体的“商业觉醒”，致使这个国家出现了另一大的生物技术部门：企业性生物技术公司。涉及生物技术开发的公司基本上可分为四类：

1. 医药、生物和能源等专门的生物技术公司，主要从事 DNA 重组技术的研究和开发；
2. 包括石油、食品、化学产品、农业、材料等的大的公司（常常又是跨国的），它们抽出一部分人力和财力致力于生物技术的研究和开发；
3. 较小的专业性生物技术生产公司，从事酶、医药产品、发酵产品等的制造；
4. 为生物技术工业提供仪器的公司。

这些专业生物技术公司，为保持这一正在开发中的技术的活力作出了很大的贡献。在竞争中虽然有许多公司失败了，但幸存下来的便能够为了企业的生存和发展，在有前途的方面付出了高度精诚和创造力，最终获得成功。最近，美国国会技术评议处（US Congress Office of Technology Assessment）对国际间生物技术产品开发进行了一次深入分析，它们的结论是：美国处于领先地位，并很可能继续保持这一领先地位；日本是很接近美国的竞争对手；欧洲国家在商品化方面不会有太大的成功。

在这样的社会趋势之下，知识和技术的传播和相互渗透及其所取得的成就以空前的深度和广度迅速地进行着。第一个 DNA 体外重组实验成功至今不过 25 年的时间，而今不仅仅有一大批基因工程产品问世，而且基因工程技术早已渗透到了细胞工程、酶工程、发酵工程及其他微生物或生物化学工程中去了，出现了一大批用传统的技术方法所无法研制的新产品。而且，DNA 体外重组的技术方法几乎被应用于生物学和医学所有分支领域的基础理论及应用基础理论的研究中去了，并已取得了许多极其重要的理论成果。如果没有这种在竞争机制之下的横向联合，在生物技术的研究中决不会出现那么多的由微电子学和电子计算机技术同生物技术相结合而形成的高精尖仪器设备和许多以极其复杂和精细的工艺过程而制备的实验药品和试剂，DNA 顺序自动测定仪和电穿透转移 DNA 的新仪器是近几年才出现的新仪器。在西方国家，一些这类大型仪器工厂的董事长或总经理就是遗传学博士或生物化学家。人们还可以看到，如果不是这种在竞争机制之下出现的横向联合，就不会出现那些新颖而别致的学术思想。当前的基因调控思想同电子学或信息论中的调控思想几乎是一脉相承。在基因工程研究中，DNA 重组技术不仅被采用于那些活性多肽基因工程产品的研制，而且被采用于改进提高基因表达水平和改进基因表达产物蛋白质纯化技术等方面的设计。总之，在竞争机制之下，同行和不同行的科学家、企业家之间的横向联合，是生物技术从传统技术转化为高技术的主要的社会因素。同时，在这样的机制之下，成功属于那些勤奋、刻苦、多思和有远见卓识的人们。

三、生物技术的发展趋势与前景

生物技术直接涉及人类生存和生活的各个方面。近 25 年来，随着分子生物学的研究发展，生物技术的发展异常迅速，一些新概念和新技术已渗透到生物科学乃至某些其它自然科学领域的许多重要方面，并为这些领域的科学研究和生产技术的进步作出了巨大贡献，因而也引起了人们的普遍关注和浓厚兴趣。对生物技术的发展趋势和前景，一些科学家依据大量的事实和理论研究成果发表了一些看法：