

# 生物工程的现状与展望

PRESENT AND LOOK INTO THE FUTURE OF BIOTECHNOLOGY

叶 峻

Ye Jun

(四川省社会科学院)

**摘 要** 阐述了生物工程在农牧、食品、医药工业、生物采矿、生物化工、环境保护、生物能源、生物医学工程等主要领域的发展现状；分析讨论了美国、日本、西欧等国家生物工程的竞争态势；展望了生物工程的未来前景。

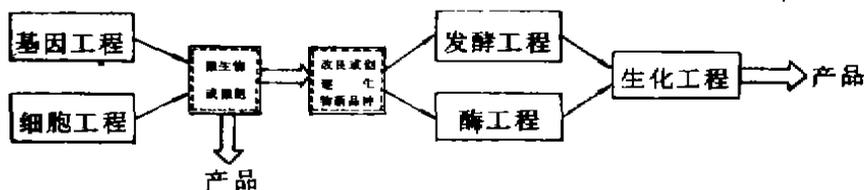
**关键词** 生物工程；基因工程；微生物发酵  
中国图书资料分类法分类号 Q81

**ABSTRACT** The article development discusses the present of biotechnology in the farming, livestock, food industry, medicoindustry, biomining, biochemic industry, environmental protection, biosource of energy, biomedical engineering, competitive state of biotechnology in America, Japan, Western Europe and other countries and the bright future of biotechnology.

**KEY WORDS** biotechnology, gene engineering, microorganism fermentation

生物工程 (Biotechnology) 亦译为生物工艺学或生物技术, 还可以称之为生物工程技术或生物工业技术。生物工程是生物学和工程学的有机结合, 或生命科学原理在产业方面的实际应用, 这是将现代生物学特别是微生物学及生物化学的成就和加工工艺学, 综合应用于生命体系的一门交叉科学技术。它由基因工程、细胞工程、微生物发酵工程、酶工程和生化工程五大工艺子系统组成。基因工程和细胞工程使被改造的生物具有新功能和性状或改建为新的物种, 它们是生物工程的基础和技术源泉; 发酵工程、酶工程和生化工程是使上述新的生物或其新功能和性状企业化与商品化的工艺技术。其中基因工程是主导, 只有用基因工程改造过的微生物和细胞, 才能通过其他工程技术生产出特定的生物工程产品来; 而生化工程则是前面四大工程转化为生产力必不可少的重要环节。这五大工艺子系统, 组成了现代生物工程系统的有机整体, 它们的关系如下图所示:

自本世纪七十年代以来, 生物工程已在医药化工、农牧食品、石油采矿、能源开发、环境保护等许多领域取得了可喜的进展。当前, 它和其他新兴技术一起, 极大地推动着世界的



新技术革命和产业革命。为此，各国政府十分重视生物工程的研究与开发，由此而展开了一场世界范围的大角逐。

## 1 农牧食品和医药革命

### 1.1 创造农业新品种

这方面成果累累，前景诱人。例如德国科学家利用细胞融合技术，培育出了地下结块茎、上部长番茄的土豆西红柿新杂种；美国霍尔等人把菜豆基因植入向日葵细胞后，育成了全新的向日葵豆；我国用单倍体育种法培育出了十多个抗寒、碱、病虫害的水稻新品种，推广面积300万亩，增产幅度10%。

### 1.2 繁荣畜牧新技术

美国基因技术公司1981年用遗传工程生产的猪、牛幼畜腹泻疫苗已经投放市场；从大肠杆菌制取的牛生长激素，可使牛仔多长肉，奶牛多产奶；在家禽和畜牧生产中应用生物工程，美国一年就增加10亿美元收入。诸如性鉴别、一胎双生、体外受精、孤雌生殖、细胞融合、基因插入等技术，都是繁荣畜牧业行之有效的新技术。

生产食品微型厂。将富含蛋白质的基因植入大肠杆菌，四天半增殖为 $10^{36}$ 个，经提纯处理即可得到大量蛋白质；一个工程菌短时间也能生产10万个鸡蛋白分子，所以这类微生物被称为高产食品的微型工厂。1980年日本几天内就用它生产出许多大豆球蛋白，过去种植大豆总在90天以上。目前全世界每年这样生产的动物蛋白达200万吨，用以加工为与肉类媲美的新型食品。1977年全世界发酵生产的氨基酸共38万吨，仅此一项日本的年产值即达2.5亿美元。

### 1.3 医药生产革命。

五十年代起欧美开始改用生化工艺合成药物，这比化学合成的效率高，成本低，质量好。例如美国采用发酵工艺合成的医药品已占药物销售总额的20%以上。现在使用基因重组、细胞操作等生物技术，制成了许多过去只能由人体和动物制造而无法化学合成的新药物。这些重大进展表明，医药工业生产实现了革命性的飞跃，化学合成工业将逐步地过渡到生物化学合成工业。

### 1.4 生物工程药物。

七十年代以来用生物工程生产的药物，品种多，数量大，成本低。如用改良的大肠杆菌生产出比过去高一百多倍的L-天门冬酰胺酶，美国治疗白血病的成本由此而降低了五十倍。

1977年首次采用基因工程大批量生产大脑激素成功。过去从十万只羊的下丘脑只能提取一毫克的脑激素，现在只需两升大肠杆菌培养液即可快速制成。1978用基因工程成功地生产了人胰岛素，现已基本满足市场需要，而从前从100公斤的猪、牛等胰脏中只能提取3~4克的胰岛素。1979年用大肠杆菌生产出了人的生长激素。两年后便开始对侏儒症患者临床试验。以往一个患者每年需由50个刚死者的大脑才能提取足够的激素，工艺复杂，价格昂贵。1980年日、美等国用生物工程制成了数量较大的干扰素。两年后我国也掌握了这一生物技术。1982年日本采用细胞融合技术获得大量廉价的干扰素（如从5万只仓鼠的增殖细胞提取了6000亿单位的干扰素）。1987年用杂种细胞生产的单克隆抗体，世界销售总额已达5亿美元以上；美国用基因重组技术大批量生产各种酶制剂，该年销售额超过7000万美元。

## 2 生物采矿和生化工艺

### 2.1 微生物采矿

又称微生物浸矿或生物冶金，它按两种机理进行：或是使微生物直接与矿石作用，然后提取所需金属；或是用微生物产生的酸类和亚铁等物质与矿石反应，再提取金属。目前世界上有40个矿山应用生物技术采矿，其中20个铜矿山每年由细菌浸出的铜就达二、三十万吨；美国用此法采的铜占总产量的11.5%~15%；我国南汇铜矿细菌浸铜率高达46%；加拿大用细菌浸铀达230吨。用此法还能从煤中提取硫化铁等，从工业废物中回收浓度百万分之一以下的贵重金属，既经济又实用。

### 2.2 微生物采油

这是将含有大量微生物的溶剂等注入贮油层，使其产生大量的二氧化碳、甲烷和氮气等。以便降低原油的粘度，并提高贮油层的压力，由此采出30米至5100米深度岩层或岩间的原油。美国原油储量约4500亿桶，传统方法只能采油1500亿桶，其余3000亿桶则要靠微生物注入法开采了。1982年世界7个产油国将微生物注入200口油井以后，采油率普遍提高，有的竟高出30%，真乃采油史上一大奇迹。

### 2.3 生化新工艺

1980年美国一家公司在常温常压下，利用耗能少、成本低的生化反应制造氧化乙烯和氧化丙烯等获得成功，由此取代了部分传统化学合成工艺。现在乙醇、丁醇、丙酮、乙酸、异丙醇、乳酸、柠檬酸等化工产品均已采用生化工艺合成，并且开始对化学合成工艺形成挑战，例如，不仅微生物杀虫剂等产品大受欢迎，而且使用微生物发酵生产工业用酶也已成为日本国家战略技术之一。

## 3 生物能源和环保新途径

### 3.1 生物能源开发

#### 3.1.1 绿色能源

全球绿色植物吸收太阳能一年积蓄的“生物质”（Biomass）约2000亿吨，其中以植株

形态贮存下来的纤维素和淀粉物就有几十亿吨, 可用来生产气体燃料和液体燃料。美国用微生物醇解纤维素生产的酒精, 1980年已达1.5亿加仑。巴西以甘蔗和木薯发酵, 1981年生产酒精340吨, 替代了该国20%的石油消耗量, 到本世纪末将上升到全部液体燃料消耗的70%。

### 3.1.2 生物油库

使产油微生物协同作用, 能直接吸取 $\text{CO}_2$ 合成油料, 一平方英里充满盐水和微生物的水池, 每年可生产1200万桶油料。

### 3.1.3 细菌产氢

将产氢细菌用琼脂固定后装入反应器, 再让酒精厂的废液流过, 即可生产氢气20毫升以上, 并可连续生产三个星期。

### 3.1.4 生物电池

有用微生物、酶、叶绿素等生物催化剂参与反应的生物电池, 也有用生物能产能的电池系统, 还有模拟生物体的高效电池系统。目前以第一种为主, 如美国主要研制微生物电池, 日本侧重研制酶电池。

### 3.1.5 沼气发酵

我国农村的几百万个沼气池厌氧发酵秸秆和粪便等生产沼气, 既部分解决了农户烧饭、洗澡和照明的问題, 又保护了环境, 提高了肥效。国外已将沼气用于工业生产, 如美国一家酒厂用固定化细菌生产沼气, 除供应40%的能源外, 每天还处理40万加仑污水。

## 3.2 环境的生物治理

利用微生物治理环境污染, 实际证明卓有成效。美国某地下水源被漏泄的6000加仑汽油污染以后, 先用泵打捞出浮在水面的3000加仑漏油, 然后再把能分解汽油的微生物注入地下水, 并把氮、磷酸和氧等营养物质一并泵入, 一年内便将残留的漏油全部转化为无害物了, 倘若一味打捞的话则将延时100年。七十年代以来, 治理环境污染的生物产业迅速发展, 1978年美国就有20家公司的治污微生物产品投放市场, 销售额达400万美元, 波依巴克公司1981年更上升到5000万美元。

## 4 生物医学工程进展

生物医学工程是从五十年代开始发展起来的跨学科的科技新领域, 它直接应用工程学和物理学的原理与方法, 去研究与解决医学和生物学中的问题。进入七十年代, 生物医学工程发展成为一种新的生物医学工程工业, 例如1970年美国已有约4,000个工厂或公司经营生物医学工程, 总营业额达7.5~15亿美元。1972年美国有160所高等学校设有生物医学工程计划, 1977年在美国工程教育协会所属的206所科技院校中, 就有108所开设了生物医学工程课程。

### 4.1 生物医学工程基础研究

将工程学的原理和技术引入生物学和医学的基础科学研究, 例如对生物材料的力学、电学、声学、热学等性质的研究; 对生物系统(如人一机工程系统, 骨骼与关节系统等)的动态研究; 对生物组织内产生的电信号如心电图、脑电图等的研究; 对生物调节与控制系统的研究; 对感觉神经系统的研究; 等等。

## 4.2 生物医学工程应用实践

这是应用工程学的原理和技术, 实际研制各种生物学和医学的仪器、设备、设施以及各种人工器官, 其中包括三个方面: 一是诊断设备如心电图、脑电图、X光、超声及有关的传感器和放大器等; 二是治疗设备如人工肾、心肺机、呼吸器、氧合器、除颤器、X光治疗机等; 三是假体和感官辅助器如假肢、助听器、人工心瓣、心脏整律器、心脏辅助器等。

## 4.3 生物力学的研究与应用

这是生物医学工程中一个基本的和十分活跃的组成部分, 包括工程生物力学、医学生物力学和体育运动生物力学三大基本领域。

# 5 生物工程的国际竞争

## 5.1 独占鳌头的美国生物工业

美国政府大力资助发展生物工业, 仅美国工业部门1984年就投资20亿美元, 当年生物工业产品的销售额即达15.8亿美元, 1985年上升到18亿美元。目前美国有三百多家生物工程公司, 占全球总数的 $\frac{3}{4}$ 以上, 投资总额超过25亿美元。据估计, 本世纪末美国用生物工艺生产的医药和化工产品的年销售总额将达到150亿美元, 从而使它在世界上一直保持领先地位。

## 5.2 拼命夺魁的日本生命科学

当前日本在发酵工程方面已经走在美国的前面, 仅微生物工业市场的销售额1982年就达到500亿日元, 占日本国民生产总值的5%, 日本已确立了包括生命科学在内的三大主攻方向, 其核心即是生物工程。八十年代日本科学技术厅新设的七个研究课题中, 有三个都与生物工程有关。日本通产省于1983年设立了生物工程中心, 决定十年内投资1400亿日元, 以争夺世界生物工程的优势。

## 5.3 实力雄厚的西欧生物工程

西欧各国力图跟上世界生物工程的主流, 为此英国一开始就投资6000万英镑; 法国头三年便提供6亿法郎财政援助, 计划1990年生物产业的销售额至少要占全世界的10%; 联邦德国1979年开始执行第一个发展生物工程的五年计划, 每年投资4000万马克; 瑞士有获得诺贝尔奖金的高水平生物工程专家, 有象切巴—盖古公司等世界一流的生物企业, 目前它在生物制药方面已居世界首位, 其销售金额占了世界药物市场的10%。

## 5.4 其他国家的生物工程技术

加拿大于1983年成立了生物工程研究所, 投资6100万美元, 编制300人, 作为该国生物工程开发的中心。苏联将生物工程列为全国三大基本开发项目之一, 它优先发展微生物的培养发酵技术, 成功地培育出世界第一头试管牛犊。此外, 巴西、澳大利亚、中国、以及其他发展中国家, 也很重视生物工程的研究与开发, 积极加入了生物工程的国际竞争行列。

在当代生物工程和生命产业的世界大角逐中, 美国一直领先, 日本稍次, 欧洲共同体决

心十年内赶上美国和日本,由此而形成了世界生物工程和生命产业三强鼎立的竞争局面。在这强手如林的生物时代,我们必须审时夺势,抓住有利时机,瞄准目标,奋力追赶,为尽快发展我国的生物工程和生命产业而努力。

## 6 生物工程的未来前景

### 6.1 诱人的第二次绿色革命

未来的生物工程将按设计需要创造出更多的作物新品种,如耐碱、耐旱、耐寒、抗逆和抗病虫害的新作物;高产、优质的高蛋白农作物;固氮农作物;人类需要的其他作物新品种。这些新作物的大量培育,将会满足2000年时全世界70亿人口的粮食需求,以解决人类的饥荒和营养不良问题,从而迎来第二次绿色革命。

### 6.2 根治污染和不治之症

将来一旦制成了能快速吃掉多种有毒物如DDT和汞化物等的“超级菌”,只要几小时它们便能清除过去通常要一年才能清除的污染物,为根治污染创造奇迹。利用基因工程技术培育人体癌疫苗,可以中断致癌基因的表达和异常蛋白的产生。大量生产抗癌病毒和杀癌干扰素,并用基因技术修复人体不正常的和有缺陷的基因或DNA分子,人类终将根治癌症和遗传病。

### 6.3 生物计算机和绿色能源

若用细菌或蛋白质等生物分子替代微机中硅片,可以制成新的生物计算机。它耗能低,运算速度超过微机一万倍,还能自我修复清除故障,所以生物计算机最终可能取代电子计算机。将来用一种“超级酵母”充分酵解各种植物及其果实中的“生物质”,可以获取巨量的绿色能源——酒精。按每公顷土地平均生产35吨生物质计算,由它们转换的酒精相当于24吨煤或14.5吨石油的能量。

### 6.4 下个世纪的生命产业

近几年已有20%的化工工艺为生物学工艺所替代,当前以生物工程为工艺基础发展起来的生命产业已开始扎根于世界经济之中。据《世界农业》1984年第4期估计,世界各国应用基因工程创造的产值,1990年可达30亿美元,2000年将达500~1000亿美元;2005年时日本将达到41000~68000亿日元,可见21世纪将是生命产业的新世纪。为此,世界各国都把生物工程当作未来产业进行开发,因为今后的时代“将不再是‘矿物时代’而是‘生物时代’了,谁抓住了生物,谁就是时代的霸主”(光明日报1983年3月24日)。

### 参 考 文 献

- (1) Magner, L. N. A History of Life Sciences, by Warcel Dekker, inc, 1979
- (2) 教育部生物工程规划组, 生物工程若干重要领域及发展对策, 湖南科技出版社, 1985
- (3) 日经产业新闻社, 生物工程时代, 湖南科技出版社, 1985
- (4) 高庆生, 生物工程进展, 科学技术文献出版社, 1986