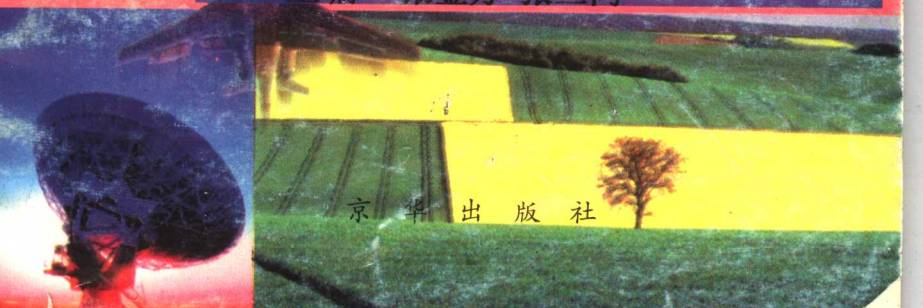




生物工程

21世纪科技大趋势

主编 张金方 张三同



京 华 出 版 社

21世纪科技大趋势 ④

跨世纪高科技主角

——生物工程

白 洁 编写

京华出版社

《21 世纪科技大趋势》丛书编委会

主 编 张金方 张三同

副主编 欧阳青 张哲生 李自然 白 洁

编 委	张金方	张三同	张哲生
	于笑然	白 洁	李自然
	何云峰	陈少发	安全贵
	吕卫东	霍书梅	宋 全

策 划 宋 全 高洪凡

编 前 语

伴随着时光的流逝，人类历史上一个重要的世纪——20 世纪，在高科技文明的掩映下，正悄然地离我们而去，一个希望与挑战并存的 21 世纪则满怀着强烈的激情向我们走来。

适逢世纪更迭的关键时刻，我们除了重温以往的舒适与优越之外，更应理智地立足现实，总结过去，展望未来。21 世纪将是科技时代的预言已成为人们共知的真理，到那时，现今的中小学生无疑将是驾驭科技的主体。而遍观我国目前的中小学教育，相关的科技内容却十分匮乏，很不利于学生科技意识和能力的培养。基于此，由国家教委普教处和北京市科协组织部分专家学者，从现实出发，选取与我们的关系密切的内容为写作对象，策划编写了《21 世纪科技大趋势》丛书。全书分 14 册，包括气象科学、医疗技术、计算机技术、海洋工程、机器人技术、生物工程、交通科学、军事科技、信息技术、环境科学、航空航天工程、材料科学、能源科学等方面的内容。希望通过这套丛书使同学们从中了解当今科技热点发展的动态及趋势，提高和培养同学们发明创造的素质与能力。

当然，由于时间等多方面原因所致，不足之处在所难免，还望同行与读者批评指正。

编者

1996 年 12 月 28 日于北京

目 录

编前语	
1. 生物工程是什么	(1)
1.1 生物工程的含义	(2)
2.2 生物工程的技术组成	(3)
2. 生物工程小史	(11)
2.1 远古时代的萌芽	(12)
2.2 现代生物工程的曙光	(13)
2.3 现代遗传学的成长	(14)
2.4 现代生物工程的崛起	(16)
3. 国外生物工程展望	(18)
3.1 医药卫生方面	(19)
3.2 农业方面	(25)
3.3 环境保护方面	(44)
3.4 能源工业方面	(48)
3.5 冶金工业方面	(53)
3.6 化学工业方面	(56)
4. 我国的生物engineering研究与开发	(60)

4.1	基因工程	(61)
4.2	细胞工程	(63)
4.3	酶工程	(66)
4.4	微生物工程	(68)
4.5	生化工程	(71)
5.	21 世纪生物工程	(74)
5.1	生物技术发展的趋势	(74)
5.2	将产生的巨大影响	(80)
5.3	对未来社会的冲击	(84)
结束语		(84)

1

生物工程是什么

我们生活在一个知识爆炸、科技成为第一生产力的时代。大家对一些时髦的名词一定不陌生：计算机网络、信息高速公路、卫星通讯、移动电话等。那么，大家可能也对另一个时髦名词有所耳闻——生物工程。

如今，无论在发达国家还是发展中国家，生物工程都被列为优先发展的领域。它也是当前新技术革命的三大支柱之一。这三大支柱是：微电子、生物工程和新材料。科学家们预测，生物工程将在 21 世纪的高科技发展中扮演主要角色。

由于生物工程的发展，特别是基因工程的出现，人类进入了一个能按自己需要创造新生物的伟大时代，它的意义，绝不亚于原子裂变和半导体的发现。

世界范围内出现的“生物工程热”不是偶然的。它为了解决世界面临的如能源、粮食、人口、以及污染严重等诸多难题开辟了新途径，直接关系到医药卫生、轻工食品、农牧渔业及能源、化工、冶金等传统产业的革新和新兴产业的形成，它的发展将极大地造福人类。

生物工程如此“热门”，如此重要，那么生物工程到底是什么？其实，它对我们来说也并不陌生。我们周围就有许多传统生物工程和现代生物工程的产品：如食品类有面包、酸奶、乳酪、酱油、味精；酒类有啤酒、葡萄酒、威士忌酒；药品类有各类抗生素（如常见的青霉素、头孢霉素）、胰岛素、乙肝疫苗、小儿麻痹症疫苗、流感疫苗；生活用品类如奶酪、洗衣粉等等。

当然，生物工程这门学科还包括更多、更深奥的，还不为我们所知的东西。

1.1 生物工程的含义

生物工程是神奇的。但在这神奇的学问背后，还有诸多的学科作后盾，是它们的综合运用才产生了今天的生物工程学。

70年代初，微电子学兴起，计算机开始应用，分子生物学、细胞生物学和遗传学得到不断的发展和完善。人们在此基础上，利用这些生物科学中的新成就，如基因重组、杂交瘤、固定化酶和细胞大规模培养等技术，结合了发酵和生化工程原理，开始以工业规模经营和加工生物材料（包括微生物、动植物细胞及其组成部分），为社会提供优质、廉价的商品和服务。于是，现代意义上的生物工程学形成了。

从生物工程的含义中我们可以看出，生物工程有两大突出特点：一是多学科的合作，二是与实际应用密切联系。这两个特点我们还将在今后的介绍中不断感受到。

1.2 生物工程的技术组成

生物工程在将来世界经济方面的作用如此振奋人心，它创造出的奇迹一个又一个，如此令人赞叹不已，是因为它有五个强大而富有生命力的技术系统：基因工程、细胞工程、酶工程、微生物发酵工程和生化工程。我们先看看它们究竟为何“物”。

基因工程

也叫遗传工程，或DNA重组技术。这一技术在生物工程中的地位举足轻重。基因工程简单地说，就是对不同生物的遗传物质——基因，在体外使用一种工具酶，用人工的方法，进行“剪切”、“组合”、“拼接”，使遗传物质按照我们的意愿重新组合，然后通过运载物质（质粒、噬菌体、病毒等）转入微生物体内或动、植物细胞内，进行无性繁殖，并使我们需要基因在细胞中表达出来，产生出我们所需要的产物或组成新的生物类型。

这一技术于1973年在美国首次获得成功。当时斯坦福大学的科恩和旧金山加州大学的博耶共同实现了这一DNA重组实验。他们共做了三个实验，我们介绍其中的一个。

大家知道，DNA（脱氧核糖核酸）是细胞内的遗传物质，基因就是DNA的一个小片段。生物的一切性状诸如花蝴蝶美丽的花纹，翩翩的两翅之所以如此而不会长成其他的模样，都是由这小小的许多基因加之周围环境的作用形

成的。

科恩和博耶将南非蟾蜍的 DNA 与质粒 PSC101 (细胞内的一个细胞器, 作为 DNA 的运载物质) 连接, 得到了重组质粒, 然后把这个重组过的质粒植入到大肠杆菌的细胞里, 于是大肠杆菌就产生出了原来本是南非蟾蜍产生的物质。

科恩和博耶重组 DNA 实验的成功, 成了当今轰动于世的基因工程的起点, 科恩和博耶也被誉为“重组 DNA 之父”。人类社会从此就能按照他们开创出来的方法, 组构各式各样的工程菌, 也能使它表达原来宿主的生物学特性, 生产原不能生产的产品, 提供原不能提供的服务了。

现在, 人类作为进化程度最高的高级动物, 可以通过一整套的基因工程技术, 使人类所特有的产生胰岛素之类物质的能力, 转移到进化程度最原始的原核生物——细菌的细胞内, 还能在细菌里指挥和控制合成胰岛素的机器, 产生出胰岛素, 这难道不是人间奇迹吗?

细菌生产的人胰岛素在 80 年代就已投入市场销售, 这也只不过是许多例子中的一个, 还有许多生动的例子: 如能自动脱毛的绵羊、超级鼠、巨鱼、用细菌生产的没有蛋壳的鸡蛋等等。基因工程的巨大潜力还等着我们不断去开发。

细胞工程

细胞工程这个名词也是最近几十年才时兴起来的, 尤其是 1975 年英国剑桥大学的米尔斯坦发展了杂交肿瘤细胞技术以及单克隆抗体的应用, 使细胞工程开始为世人所

瞩目。

米尔斯坦和另外一位英国科学家科勒合作，经过一段时间的耐心探索，制定了自己的实验目标：他们取来小鼠脾脏用来制备浆细胞，再用它与骨髓瘤细胞进行融合操作，得到的杂交肿瘤细胞既能象骨髓瘤细胞那样繁衍，又能不停地分泌对付红细胞的抗体。由于小鼠脾脏细胞免疫后只分泌一种抗体，因此杂交肿瘤细胞在克隆化后，即无性繁殖后所产生的抗体是免疫性均一的，这就现在人们熟知的“单克隆抗体”。它确实是一个制造纯抗体的理想小工厂。为此，米尔斯坦和科勒获得了1984年的诺贝尔医学和生物学奖。此外，丹麦科学家俊恩因提出了“克隆选择论”，在抗体多样性理论方面贡献卓越，也分享了这一年的诺贝尔奖。

单克隆抗体就像长了眼睛的枪弹一样，可以从千百个目标中，准确无误地选定一个敌人，是世界是第一个“生物导弹”。

80年代初，人们又巧妙地利用单克隆抗体的这一特点，设想在它的上面安装上化学药品，那么单克隆抗体就会像火箭飞弹那样，击中靶子细胞和癌细胞，达到治疗包括癌症在内的各种疾病的目的。到那时，人们就再也不用“谈癌色变”了。相信这一天已为期不远了。

目前，国外已研制出数百种单克隆抗体，已有相当一部分实现了商品化生产，除可以快速诊断我们人类的疾病外，动物和农作物也获益非浅。

讲到这儿，大家大概已经对细胞工程是怎么回事有所了解。这种把两个不同种类的细胞，通过化学、生物学或物理学手段，使它们融合而产生出兼备这两个细胞（亲

本)的遗传特性的新细胞的技术,是细胞工程中重要的一个内容,称为细胞融合技术。细胞融合技术不仅包括上面所讲的两个动物细胞之间的杂交,也包括植物与植物细胞之间、丝状真菌与酵母菌之间、细菌细胞之间的杂交。如著名的马铃薯、蕃茄杂种就是植物细胞杂交的产物。另外像胡萝卜与大麦、大豆与玉米,甚至动、植物细胞间的杂交如家鼠与胡萝卜的细胞之间,都可以人为地结合在一起而产生出接受“双亲”优良性状的新细胞类型。前面提到的超级鼠则是人与家鼠的细胞杂交后获得的。

另外,细胞工程还有两项重要的技术,一个是细胞大规模培养技术,一个是植物组织培养快速繁殖技术。科学家们发现,植物细胞具有全息性,能从一个细胞或原生质体发育成为完整的植物体,当然,植物的各种器官组织也具备这一功能。用前一项技术生产的产品如一些天然药物、疫苗、烟草代用品等;而用一个康乃馨茎尖一年增殖100万株康乃馨、培养49天内就能开花的玫瑰、让兰花从“兰花工厂”中源源不断地大量生产出来,则是后一项技术——组织培养法的功劳。

酶工程

在初中化学中就已讲过催化剂。两种本不易发生反应的化学物质,一经催化剂催化,反应就能顺利进行了。酶也是一种催化剂,但不同的是它催化的是生物体内的反应,且它本身也是一种蛋白质;更重要的是,它的催化效率高得惊人,超出化学催化剂千百倍,而且是在常温、常压下进行,专一性极强。因此,我们可以设计一些特定的生物

反应器，利用酶的这一特性，把相应的原料转化成对人类有用的物质。

酶工程就是这样一项技术。

早在 1865 年，被誉为“生物工程之父”的法国科学家巴斯德就通过实验观察到，葡萄汁被酿造成葡萄酒是一种酵母的作用造成的，而酒再变质，产生了醋酸或乳酸，则是细菌作用的结果。

后来人们发现，酵母菌和细菌之所以有如此奇妙的本领，是因为它们细胞内含有的某些酶。如果我们把这些酶提取出来，单独放在反应系统里，而不再用细菌和酵母培养，也照样能在体外完成生物转化的任务。

但是，天然酶也并非完美无缺。如它的成本高，而且由于它的转化反应是在稀释液体中实现的，回收困难，只能使用一次；又如有时它的稳定性或生物活性不符合我们的要求等等。这样，又有了酶的固定化技术和酶的化学修饰及分子改造技术，这两项技术也是酶工程中的重要内容。

世界上第一个固定化酶是 60 年代初由以色列科学家 Katchalski—Katzir 装配成功的。他发现了酶并不在溶液中起作用，而是包在细胞膜或细胞器里面起作用的。于是他试着把酶从细菌中分离出来，再结合到具备一定性质的固体支持物上，或包埋于天然的（或人工合成的）膜上。他意外地发现，有些酶固定化以后，活性不仅未受影响，稳定性反而有了提高。由于 Katzir 对酶工程研究与开发作出了杰出贡献，“酶工程之父”的桂冠便戴到了他的头上。

目前，自然界中被检定过的酶多达三千多种，但只有约 100 种已经开发或投入商品生产。

微生物是工业酶剂的主要来源,而且产酶能力很高,如一吨发酵液得到的淀粉酶几乎与数千头猪胰脏得到的酶量相当,简直是个奇迹。而奇迹在生物工程领域的确“屡见仍鲜”,且每每令世人为之瞠目。

微生物发酵工程

人类利用微生物进行发酵的历史可谓由来已久,大家是否知道,烤面包和酿造葡萄酒等活动在几千年前就已经开始了呢?

早在公元前 6000 年,古代萨马人和巴比伦人已经知道喝啤酒了;“开门七件事——柴、米、油、盐、酱、醋、茶”,我国酱(油)制造始于秦朝,距今已有 2000 年历史了,而制醋则始于周朝,也有二千多年的历史。

但是,现代概念的微生物发酵工程是本世纪 40 年代随着抗生素工业的建立才兴起的。

从 50 年代起,柠檬酸、氨基酸、核苷酸、酶制剂、甾体激素、细胞蛋白和生物农药等独立的工业体系也相继兴起。这些看似复杂的产品,实际上都是人们利用微生物的特定性状,如微生物菌体含有丰富的蛋白质,微生物代谢过程中可以产生一些对我们非常有用的物质(象青霉素、头孢霉素、甘油、有机酸、维生素等),从而生产出对我们有用的物质。也可以把微生物直接用于工业生产,这就是现代意义上的微生物发酵工程。

按照我们应用的目的和范围,微生物发酵工程大致包括四个内容,即:对微生物菌体的生产和利用,如用淀粉、糖蜜、造纸废液、石油等作发酵原料生产单细胞蛋白;微

生物菌种选育技术，如过去用物理或化学的诱变方法从原始的野生菌种中筛选出优良菌株，现在则幸运地有了细胞融合和基因工程技术，可以定向选菌种了；微生物代谢产品的生产和应用；如前面提到的氨基酸、抗生素、核苷酸、甘油等；对微生物机能的利用，如对有毒化合物和高分子化合物的净化、细菌冶金、化学转换、有机废水（渣）的处理，提高石油开采率等。这些小小的微生物，却为人类作出了不可估量的巨大贡献。

生化工程

前面的四个“工程”（遗传工程、细胞工程、酶工程和发酵工程）要真正成功运行，显然还需要一样必不可少的东西，那就是提供合理的设备和技术的生化工程。包括生物反应器、传感器和生物产品的提取和精制技术。

生物反应器，即为活细胞或者酶提供一个恰当、舒适的反应环境，使细胞“胞丁兴旺”，不断增殖或形成所需的产品。这是生物技术开发中的一个关键性设备，与产品的质量、产量和能耗有密切关系。目前国外已经向大型化、多样化和高度仪表化转化了。

说到传感器，它作为生物反应过程中必不可少的“监督员”，担负着反应过程中参数的检测与调控任务，肩负着保证生物工程生产现代化、高效化的重要使命。

生物产品是精细产品，品种繁多，要求不一，每个品种都需要有相应的、合适的提取和精制工艺，因此生物产品的提取和精制技术也直接关系到产品的质量和效率。

我们看到，这五个技术系统并非各自独立、互不相干，

而是相互依赖，相辅相成的。

在整个生物工程这个大系统中，基因工程是主帅，占有主导地位。因为只有用基因工程改造过的微生物和细胞，才能真正按照我们人类的意志，进行工程设计，产生出特定的生物工程产品；微生物发酵工程不可小觑，它常常是遗传工程的基础和必要条件；细胞工程经常与基因工程结合使用，而杂交肿瘤细胞技术具有可以与基因工程相提并论的地位；生化工程同样不可缺少，是其他生物工程技术转化为生产力的重要工具。

可见，正是这五个技术系统的有机结合，才使得今天的生物工程愈来愈散发出迷人光彩。

生物工程小史

我们知道，没有一座大厦会在一夜之间拔地而起，同样，也不会有一门新学科的崛起能与渊源流长的历史割裂开来。

16 世纪波兰天文学家哥白尼著名的“天体论”开创了自然科学革命的历史；18 世纪末法国化学家拉瓦锡发现了氧气，从此便引起了化学的革命；英国达尔文的“进化论”使生物学观点来了个扭转乾坤的大转变；而奥地利的孟德尔发现的“基因分离与自由组合规律”，则开创了现代遗传学研究的先河。

可是，这些学科的奠基人的伟大成就，有赖于以往历代先哲们几百年、甚至上千年的探索和总结。以现代遗传学为例，人们一般认为始于 1866 年孟德尔的著名论文发表，而实际上早在数千年前犹太教典上就有了关于血友病的叙述；2500 年前，柏拉图就曾提出过改善人类社会健康状况的优生学计划。

所以，一门学科的诞生是漫漫历史长河汇流的必然结果，生物工程学也不例外。