学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

人与自然的系列

—生物工程的光芒

BOOK
内部资料 非卖品

翻开大自然的书页

当你翻开这套书的时候，就会发现你翻开的是大自然的一页页，是人类征服自然、认识自然、改造自然的一段段艰难而又辉煌的历程——

《地球母亲》《寻找新大陆》《征服三极》《探险者的凯歌》《探访太空》《风雨可测》《未来家园》《揭开大自然的面纱》《自然美景不胜收》《绿色世界》《动物乐园》《向生物学习》《恐龙的足迹》《征服疾病的道路》《生物工程的光芒》《灾害与人类生存》《人类的食粮》《人体的奥秘》《自然与人类文明》《自然利用与开发》。你可以在这里尽情地遨游，得到知识的营养和生活的力量。

其实，世世代代生活在自然的怀抱里，你一定有过这样的疑惑：我们从哪里来，谁是我们的母亲，我们生活的地球是什么样子的，我们和自然是怎样的关系，我们和动物、植物等一切自然的一分子是什么关系，我们的将来会怎样，我们会到哪里去……

你的心中是否已逐渐有了答案，比如知道自然是人类的母亲，人类是自然的精华。莎士比亚说过：“人类是大自然多么了不起的杰作，是宇宙的精华，万物的灵长。”又比如知道人类虽然是大自然的精华，但也仅仅是自然的一部分，是万事万物的一种，大自然养育了人类，是人类赖以生存的家。

无论从哪个角度，我们都要理解自然，就像理解自己的母亲。

在自然漫长的生命中，人类的文明不过是转逝的一瞬，但人类对自然的认识在不断地改变。在现代社会，人们越来越意识到人与自然和谐相处的重要性，认识到只有爱护自然、保护自然，才能更好地去利用自然，才能在大自然的怀抱里愉快地生活、正常地生息繁衍；和自然界的朋友们友好相处，使自然界是一个和平温暖的家，人类也才无愧于大自然精华的称号。

认识自然，人类经历了许多挫折，有过无数次坎坷；改造自然，人类将付出更多的努力。

编者

1997 年 4 月

生物工程的光芒

一门造福人类的古老又新兴的技术

生物工程也叫生物技术，它是生物科学与物理、化学、数学、工程学、计算机技术等结合而成的现代应用技术。生物工程的中心内容，是在细胞水平和分子水平上改造和利用生物，生产人们所需要的产品。由于生物工程的出现，横亘在人类面前的几大难题——能源紧缺、粮食匮乏和环境污染，将一一迎刃而解；威胁人类生存的不治之症，如肿瘤和某些遗传病，也将退避三舍，生物工程将大大推动生产力，改善人们的生活，提高人类生命的质量。

生物技术是应用于有生命物质的技术。它是一个总称，其涵盖的内容非常广泛，可以划分为传统生物技术和现代生物技术两种。人类几千年来使用的酿酒、制酱、育种等技术是传统生物技术，近 20 年来，随着与生物技术相关的诸多基础理论和技术以及实验手段的发展，传统的生物技术逐步走出被动、低效的状态，而发展成主动、高效的现代化生物技术，列入了高技术领域。

与其他技术一样，传统的生物技术也因应用对象、目的的不同而分为几大发展领域，它们分别是发酵工程、细胞工程、酶工程和基因工程。

发酵与发酵工程

在发酵技术中唱主角的是微生物，微生物是一些肉眼看不见的小生命，包括细菌、病毒、真菌、原生生物等。在发现微生物以前人类就已经应用发酵技术制造了酱油、醋、酒等传统产品。人们发现微生物以后，随着认识的深入，开始应用它们生产越来越多的东西，而且生产技术逐渐走向与化工技术相结合的路子，从而导致了发酵工程的建立。发酵工程的开端始于本世纪40 年代初期，当时大规模生产抗生素的工艺的建立，为发酵工程的发展奠定了基础。以抗生素为例，自 1929 年英国细菌学家弗莱明偶然发现青霉素以后，人们相继又发现了一批其他的抗生素。由于人们对抗生素的需求量很大，传统的发酵技术生产效率低，无法满足社会的需求，因此迫切需要进行大规模工业化生产，发酵工程就是在这个基础上应运而生的。

简单地说，发酵工程就是通过研究改造发酵所用的菌以及应用技术手段控制发酵过程来大规模工业化生产发酵产品。目前医用抗生素、农用抗生素等已有近两百个品种，绝大部分都是发酵工程的产品。除抗生素以外，发酵工程产品还包括氨基酸、核苷酸、维生素、甾体激素、黄原胶（一种微生物多糖）、工业用酶等等。我们日常生活中常见的味精、维生素 B_2 等也都是发酵工程的产品。从抗生素的大规模生产中我们可以看出，发酵工程的发展主要包括三大方面：

对微生物产生的生物活性物质
及其菌株进行筛选

例如，生产青霉素就要筛选出能产生青霉素的青霉菌，才可能将其用于生产。目前不仅发现了不少新的抗生素，还筛选出能产生各种新的生物活性物质（如免疫调节剂、特异性酶抑制剂等等）的菌株，甚至连过去与发酵无关的产品经活性转化也能通过发酵工程生产了，这就使发酵工程的应用范围更加广泛。

对微生物的生理代谢进行研究

弄清初级代谢和次级代谢的关系，弄清所需产品的属性以及在微生物代谢中的作用至关重要。例如 1957 年，日本率先利用发酵工程将谷氨酸发酵生产工业化，其关键在于日本科学家搞清楚了生物素在细胞通透中的作用。他们了解到在培养基中限量提供生物素就会影响膜磷脂的合成，膜的通透性即增大，这时产生的谷氨酸就容易排出到细胞外积累。因此他们通过诱发突变得到了膜通透性改变了的突变菌株，用这种突变菌株很容易生产谷氨酸，收集提纯也适于工业化的特点。由此可见弄清微生物的生理代谢，对于发酵工程发展的意义是很重大的，可使以前的经验式的研究方法变成了解机制的理性化研究方法。

采用新的发酵工艺和新的控制程序

随着技术水平的提高，人们逐渐采用了新的生物反应器和传感器，将生

产水平越来越定量化。例如新的生物反应器对微生物的溶氧参数、热参数、酸碱度（PH 值）、氧化还原电位等各个重要参数控制严格，获取这些重要参数的手段——传感器也日益灵敏，形式也更多样，形成了包括氧电极、耐热 PH 电极、菌浓检测器、底物和代谢产物检测器等在内的发酵工程传感器系列。

发酵工程的主角微生物

说起发酵工程，其实它的产品时时刻刻都在你身边：面包、啤酒、威士忌、豆瓣酱、酸奶、酱油、醋……

发酵工程的主角微生物是一种通称，它包括了所有形体微小、结构简单的低等生物。从不具有细胞结构的病毒，单细胞的立克次氏体、细菌、放线菌，到结构略为复杂一点的酵母菌、霉菌，以及单细胞藻类（它们是植物）和原生动物（它们是动物）等，都可以归入微生物。与发酵工程有关的，主要是细菌、放线菌、酵母菌和霉菌。

一提到微生物，有些人就会皱起眉头，感到憎恶。因为他们想到的是微生物带来了人类的疾病，带来了植物的病害和食物的变质。其实，这种感情是不太公正的。对人类而言，大多数微生物有益无害，会造成损害的微生物只是少数。就总体来说，微生物肯定是功大于过，而且是功远远大于过。近年来迅速崛起的发酵工程，更是为许多微生物彻底改变了形象。因为在发酵工程里，正是这些微生物在忙忙碌碌，工作不息，甚至不惜粉身碎骨，才使得五光十色的产品能一一面世。从“乐百氏奶”等乳酸菌饮料，到比黄金还贵的干扰素等药品，都是微生物对人类的无私奉献。

微生物在发酵工程里充当着生产者的角色，这与它的特性是分不开的。微生物的特性可以用三句话来概括，那就是：孙悟空式的生存本领，猪八戒式的好胃口，首屈一指的超生游击队。

孙悟空式的生存本领

孙悟空在神话里是个怎么也折腾不死的英雄。微生物的生存本领有点像孙悟空。对周围环境的温度、压强、渗透压、酸碱度等条件，微生物有极大的适应能力。拿温度来说，有些微生物 80～90℃的环境中仍能繁衍不息，另一些微生物则能在-30℃的环境中过得逍遥自在，甚至在-250℃的低温下仍不会死去，只是进入“冬眠”状态而已。拿压强来说，在 10 千米深的海底，压强高达 1.18×10^8 帕，但有一种嗜压菌照样很活跃，而人在那儿会被压成一张纸。拿渗透压来说，举世闻名的死海里，湖水含盐量高达 25%，可是仍有许多细菌生活着。正因为微生物有那么强盛的生命力，所以地球上到处都有它们的踪迹。

就像孙悟空会七十二变一样，微生物的强盛生命力还表现在善于变化上。外界环境的改变，或是内部的某个因素，都可能使某种微生物一下子变得面目全非，而且以后就以新的面目繁殖后代，遗传下去。这种变化往往使它更能适应环境，或者更适应人类的某种需要。微生物的这个特性在发酵工程里得到了很好的利用。

猪八戒式的好胃口

猪八戒是个饕餮成性的馋鬼。微生物吃起东西来，那风卷残云的气势活像猪八戒。和高等动物相比，微生物的消化能力要强上数万倍。在发酵罐里，一克酒精酵母一天能吃下数千克糖类，把它们分解成酒精；在人体里成千成万地盘踞着的大肠杆菌，如果能彻底满足它们的话，一个小时里能吃掉比自

己重 2000 倍的糖。可不要以为这些小东西都像小孩子一样贪吃糖，微生物几乎什么都能吃。石油、塑料、纤维素、金属氧化物，都在微生物的食谱里；连形形色色的工业垃圾，残留在土壤里的农药 DDT，甚至那剧毒的砒霜，也是某些微生物竟相吞吃的美味。这一点大概连贪吃的猪八戒也自愧弗如。

首屈一指的超生游击队

微生物的繁殖速度简直令人咋舌。大多数微生物是以“分”来计算繁殖周期的。也就是说，每隔数十分钟，一个微生物就会变成两个；再过一个周期，两个就会变成四个。只要条件合适，微生物的数量就会不停地成倍成倍地增长。

大肠杆菌的繁殖周期大约是 12～17 分钟，就算 20 分钟吧，一个大肠杆菌一天就能繁殖 72 代。有人算过，如果这 72 代都活下来，数目就是 4，722，366，482，869，645，213，696 个。按每 10 亿个大肠杆菌重 1 毫克计算，这些大肠杆菌大约重 4722 吨。照这样推算下去，要不了两天，繁殖出来的大肠杆菌重量就会超过地球。

这样一说可能你会担心，明天早上醒来时地球上已经积了厚厚一层细菌，人类要没有立足之地了。请放心吧，这种事是不会发生的，因为有许多条件在约束着微生物的繁殖。在现实生活中，微生物的数量不会无限制地增长，而总是保持在相对稳定的水平上。但是，那种惊人的繁殖能力，微生物是确实具备的。如果人们在某个局部环境里能充分满足微生物所需的条件，这种繁殖能力就会得到充分的发挥。

微生物的特性还可以举出一些，但是，最突出的，与发酵工程关系最密切的，就数这三条了。

发酵工程生产蛋白质

蛋白质是构成人体组织的主要材料，每个人在一生中要吃下约 1.6 吨蛋白质。然而，蛋白质是地球上最为缺乏的食品，按全世界人口的实际需要来计算，每年缺少蛋白质的数量达 3000～4000 万吨。可见，发酵工程生产单细胞蛋白的意义，它对全人类，对全世界有着不可估量的作用。

60 年代，英国率先实现了单细胞蛋白的工业化生产。此后，日本、美国、法国、前苏联、德国相继建立了生产单细胞蛋白的工厂。步入 90 年代，全世界单细胞蛋白的产量已经超过 2000 万吨，质量也有了重大突破，从主要用作饲料发展到走上人们的餐桌。

发生在欧洲的一项进展是颇为有趣的。那里的科学家发现了一种新的生产单细胞蛋白的细菌——一种极为能干的氢细菌。这种氢细菌只吃氢气和空气就能合成蛋白质，并排出纯净的水。不过，要获得廉价的氢气，只有用电来分解水才行。于是，科学家们就计划在阳光充沛的荒漠上建造新颖的太阳风电站，用太阳来生产电，然后制取氢气，通过发酵工程生产单细胞蛋白。这样，“荒漠变良田”的美好愿望就有可能用一种崭新的方式来实现了。

在大米、玉米、小麦中添加少量赖氨酸，就能极大地提高营养价值，接近动物蛋白的水平。联合国粮农组织和世界卫生组织确认，用添加赖氨酸来强化植物蛋白的营养，是解决不发达国家人口膨胀、营养缺乏的最经济、最有效的手段。

令人高兴的是，发酵工程已经能大量生产赖氨酸了。

最早用发酵法生产赖氨酸是在 60 年代初。那时的原料是葡萄糖水，生产效率也很低下。随着发酵工程的飞速发展，科学家们不仅通过筛选找到了一种又一种高产的菌种，还通过物理、化学方法的诱导和基因工程的协助，造就了一种又一种性能优异的菌株，使得赖氨酸的产率大大提高，而且原料也改而使用价格低廉的化学工业品，如生产尼龙的一种副产品等。目前，国际市场上 1 千克赖氨酸的价格仅合人民币 5 元左右。而在 1 吨粮食里添加 2～4 千克赖氨酸，就相当于增产了 100 千克鸡蛋，或是 50 千克猪肉。换句话说，10 元钱的赖氨酸，就等于是 50 千克猪肉。算算这笔帐，你能不赞叹发酵工程的神通广大吗？

今天的发酸工程已经能生产所有的 20 多种氨基酸,所以这一部分的发酵工程被称为“氨基酸工业”。这 20 多种氨基酸，有的被用作食品添加剂、调味品，有的是药品，有的则充任饲料添加剂，间接地为人类服务。

氨基酸工业的产品，早已进入了家家户户。你家里不是常使用味精吗，那就是一种。味精的学名叫谷氨酸钠，它的主要成分就是一种氨基酸——谷氨酸。在本世纪 30、40 年代，味精还是用小麦、大豆等粮食作原料，用盐酸水解法来生产的。每 30 吨小麦只能生产 1 吨味精。60 年代开始用发酵法生产，原料改为淀粉、葡萄糖。后来又逐步改为使用醋酸，既节约了粮食，又降低了成本。80 年代末全世界味精的产量已达到 40 万吨，光日本就要生产七八万吨。

全世界的氨基酸产量每年都稳定增长，幅度在 10%左右。

除了有些氨基酸用作药品外，还有许多药品生产是发酵工程的“势力范围”，而且这一“势力范围”在逐年扩大。例如抗菌素，这个人们很熟悉的药品大家族，几乎无一不是发酵工程的产品。其他如比黄金还贵的干扰素，

治糖尿病的特效药胰岛素等，也都一样。

发酵工程与环保

事实上，在环境保护方面，发酵工程所发挥的作用及其拥有的潜力都是无与伦比的。

近百年来，环境恶化的问题给人类带来了极大的麻烦。随着工业的高度发展，废物、废气、废液泛滥成灾。光是美国，一年便要产生有害物质 6000 万吨。欧洲产生的有害物质也大致相当。其他各国便不必一一列举了，即使是第三世界国家，“ 三废 ”的排放量也是相当可观的。全世界的“ 三废 ”不仅数量惊人，而且还在以惊人的速度增长。拿污水来说，70 年代全世界污水年排放量为 4600 亿立方米，到本世纪末将增长 14 倍，达到近 70000 亿立方米，在整个地球上，“ 三废 ”的产生和排放远远超过了大自然本身的净化能力。如果再不抓紧治理“ 三废 ”，再不采取有力措施保护环境，人类在地球上很快将没有立足之地了。

发酵工程的巨大威力使人们看到了彻底治理环境的曙光。

微生物治理环境这件事。可说是源远流长。多少年来，人类的生活中何曾少过废物、废水。不过，由于工业不怎么发达，城市人口也不怎么密集，这些废物、废水被伟大的自然界悄悄地消化掉了，不曾构成人类生存、发展的威胁。大自然拥有神奇的净化力量，而微生物则是净化力量的主力军。这些不起眼的小不点无声无息地战斗在环境保护的第一线，吃掉了废物、废水，把它们转化成可供动植物再次利用的无害物质，使地球保持着生态平衡。只有在进入工业社会以后，由于“ 三废 ”排放量剧增，那些自生自灭、各自为战的微生物已无法应付，回天乏力，生态平衡才被打破，人类才面临环境恶化的威胁。

最终，解决环境问题还得靠微生物，处理废物、废气、废水还得靠微生物。不过不是那些各自为战的微生物“ 游击队 ”，而是融合着人类智慧的、经过改造的微生物，是发酵工程的微生物“ 正规部队 ”。

现代发酵工程

现代发酵工程可以说是从传统的酿造业脱胎而来，然而，现代发酵工程与传统的酿造业已经是不可同日而语的两回事了。

可以举一个简单的例子来说明两者之间的天壤之别。

人类在几千年前就掌握了制酱技术。作为人们餐桌上重要调味品之一的酱油，世界上不少地方至今仍用传统的酿造工艺进行生产。那可是一个很繁琐、很费时的过程，从发酵、晒酱，直到取得成品酱油，需要半年到一年的时间。在 80 年代，日本的一家公司用现代的发酵工程取而代之。他们的做法是将一种耐乳酸细菌和一种酵母菌一起固定在海藻酸钙凝胶上，再装入制造酱油的发酵罐。各种营养物和水慢慢地从罐顶注入，产品酱油则不停地从罐底流出来，形成了一个连续生产的过程，从原料到成品的周期还不满 3 天！

另一个例子也许更能说明现代发酵工程的巨大优越性。

青霉素是大家所熟知的药品。它是最早问世的抗生素，至今仍是对付许多感染症的首选药物，仍在造福人类。青霉毒是一种叫产黄青霉的真菌的发酵产物。40 年代，美国一家生产青霉素的工厂，由于生产手段落后，使用的发酵容器——培养瓶多达 75 万只。这在今天看来有点可笑，因为现在生产青霉素都是在大型发酵罐里进行的。荷兰有一家制药厂，用 14 个发酵罐生产青霉素，每个发酵罐的容积都达到 10 万升，产品和效率当然是那些培养瓶无法相比的。从事发酵工程的科学工作者还对产黄青霉菌株进行反复的选育和改良，使得用于生产的菌株性能一代更比一代强。最初，一升发酵液只能取得 60 毫克青霉素，而现在已经超过了 20 克。

发酵罐的作用

前面提到了发酵罐。发酵罐可以说是现代发酵工程的标志。目前世界上最大的发酵罐高度超过 100 米，容量达到 4000 立方米。

发酵罐是微生物在发酵过程中生长、繁殖和形成产品的外部环境装置，它取代了传统的发酵容器——形形色色的培养瓶、酱缸和酒窖。跟这些传统的容器相比，发酵罐具有一些明显的优点，例如：

能进行严格的灭菌，通入空气，提供良好的发酵环境；

能实施搅拌、震荡等促进微生物生长的措施；

能对温度、压力、空气流量实行自动控制；

能通过各种生物传感器测定发酵罐内的菌体浓度、营养成分、产品浓度，用电脑随时调节发酵进程。

所以，发酵罐能实现大规模的连续生产，最大限度地利用原料和设备，获得高产量、高效率。

不要以为发酵罐操作是发酵工程的“专利”。发酵罐在基因工程、细胞工程、酶工程中也占有重要的位置，是这些生物工程分支获得最终产品的基本设备。所以有人说，发酵罐是连接发酵工程与基因工程、细胞工程、酶工程的纽带，是生物工程整体的标志。

发酵工程的优越性当然并不局限于发酵罐。由于科学家们对发酵微生物进行精心筛选、诱导和改良，现代发酵工程的原料已从农林产品发展到醋酸、甲醇、天然气、纤维素等工业品或矿产品，这就为大规模生产提供了可能。发酵工程的产品也远远超出了食品这一范围。从生产润滑剂、化妆品、炸药、塑料、激素、蛋白质，到冶炼金属，开采石油，处理污水，改良土壤，发酵工程几乎无所不能。

细菌的克星——噬菌体

以细菌作为宿主的这类病毒，我们称之为噬菌体，如果把它的名字通俗化，可以称为“吃细菌的生物体”。噬菌体可以说是细菌的克星。我们在读《西游记》时，常被孙悟空与二郎神斗法的精彩场面所吸引，俗话说“一物降一物”，细菌虽然神通广大，一旦碰上噬菌体，它也只能败下阵来。

噬菌体和发酵行业有着很密切的关系。

在微生物发酵生产过程中，要严格防止杂菌的污染，因为一旦染上了杂菌，不仅会造成产量的降低，而且由于产物变得复杂，会使发酵后产品的纯化处理遇上很大的困难。但最使工程技术人员感到头痛的是噬菌体入侵发酵罐后造成的污染。

一旦噬菌体遇上了细菌，它就会在细菌的细胞膜上找到一个适当的位置，紧靠上去，在细胞膜上“钻”一个洞，把体内的核酸注射入细胞内，这些核酸就可以利用细菌体内的各种养分，繁殖新的噬菌体，这种繁殖复制过程的速度相当快，其危害也是很大的。

让我们来看这样的一幕：当一个工厂正在发酵罐中生产味精时，噬菌体侵入了发酵罐。于是，几十吨甚至上百吨的原料变成了噬菌体和它的分解产物，而不是人们所期望的味精。在这种情况下，所有的产品只能排放入污水处理系统。这不仅造成了巨大的经济损失，而且还得花力气对污水进行处理，必要时整个工厂得停工数日，对发酵系统进行全面消毒，以免造成噬菌体的再次污染。

当然，对于人类来说，噬菌体并不完全是起坏作用的，由于它们的结构简单，繁殖速度快，已在生物工程的研究和生产中成为一种应用广泛的生物材料。

细菌也是自然财富

已经发现的细菌有成千上万种，尚未发现的有多少种呢？这将是一个永远无法解答的谜，因为人类将不断地发现新的菌种。为什么要将各种菌种加以保存呢？因为细菌也是自然财富。

在现代的发酵工业中，生产菌种的优劣是决定生产效益的重要因素，让我们以味精的发酵生产为例来说明。味精的商业名称，按科学上的命名，它应称为谷氨酸单钠盐，是一种有鲜味的调味品，在厨房中我们常可以见到。本来，味精是用水解蛋白的方法来生产的，后来，人们找到了能产生谷氨酸的菌种，于是，就改用发酵法来进行生产。在发酵过程中，生产味精的细菌以糖类、蛋白质、无机盐等原材料为“食品”，经过发酵转化后产生了谷氨酸。好的菌种，它的产酸度（将原材料转化为谷氨酸的比例）较高；差的菌种，它的产酸率就低。在现代化的生产中，容量达几十吨乃至上百吨的发酵罐被广泛使用，如果去味精厂参观，我们可以见到这种有几层楼高的大圆桶状的装置，每次发酵的产酸率只要增加 1%，其经济效益的增长就非常可观。

一个优良的生产菌种，往往是价值很高的宝贝。我国科学工作者和医药工作者共同完成的两步发酵法生产维生素 C 的工艺技术连同菌种，以数百万美元的高价转让给外国药厂就是一个很好的例子。由于优良生产菌种的重要性，各个企业都制订了严格的菌种保密措施。在国际上，偷窃优良生产菌种的事件也屡见不鲜。

不仅是有益菌对于人类特别重要，就是那些致病菌，对于人类也同样很重要。科学工作者和医务工作者要了解致病菌的特点，才能设计和制造出能够杀死这些菌种的药物。某些严重危害人类健康的菌种，也可能成为战争罪犯发动细菌战的“武器”，对此我们不能掉以轻心。

对于一个国家来说，和动植物资源一样，微生物（包括细菌）资源也是国家的自然财富，必须妥善保存。

细胞工程是什么

细胞，这是 17 世纪一位英国建筑师起的名字。这位叫罗勃特·虎克的人一次在自制的显微境下，看到的栎树皮是由许多峰窝状的小格子组成的，他管那些小格子叫“细胞”。

到 19 世纪中叶，人们终于建立了完整的认识：一切动物和植物都是细胞的集合体，细胞是生命的基本单位，动物和植物都是在细胞的繁殖和分化中发育起来的。这一认识被称为细胞学说。

到 20 世纪 70 年代，一些走在前列的科学家开始有计划地对细胞进行培养，进行改造，使细胞服从人类的意志，产生人类需要的物质，或是形成新的品种。既然细胞是生命的基本单位，那么改造生命就应该从改造细胞开始。他们按照这个思路进行了艰苦的实践，他们成功了。

细胞工程就此诞生了。

细胞工程是以生物细胞为单位的开发技术，它使生物学展现出崭新的面貌。

细胞工程在改良植物品种、防止植株退化上有无可替代的促进作用，在农业生产上已经起到了巨大的变革效应。在一些发达国家中，花卉、蔬菜的良种培育大都是采用细胞技术来进行的。细胞工程的发展又为 80 年代兴起的生物遗传工程奠定了基础，科学家们正运用这些生物新技术开拓生命诞生的各种途径，将来有可能按照人类预定的目标，有计划地培养、改造细胞，并使细胞能按人的意愿发展成新的品种。

细胞工程将为人类社会带来巨大的影响和变化。

动物中的试管婴儿

美国新泽西州有一家牧场，近年来参观的人络绎不绝。每位参观者都被带向一座明亮的牛舍，那里有三四十头小奶牛在安静地休憩。参观者会注意到，这三四十头小奶牛几乎是一个模子里刻出来的，连身上的黑白花斑也几乎一模一样。自豪的牧场主会向大家介绍说，这三四十头奶头是同一对父母的后裔，几乎同时出生。

同一父母？这怎么可能？谁都知道，一头母牛一年只能怀一胎，每胎一般只有一头牛犊。

牧场主会向你解释：这些小奶牛是“试管婴儿”。

你可曾听说过，动物中也有试管婴儿？

人类中的试管婴儿已经是一个不太热门的话题了。自从 1978 年 7 月第一个试管婴儿在英国诞生以来，全世界已经有上万个这样的娃娃呱呱落地。那第一个婴儿现在已经是个近 20 岁的姑娘了，一表人才，聪明伶俐。

然而，这十多年来，诞生的动物试管婴儿数量更大。而且，已经显示出了惊人的经济价值，从而吸引了更多的注意力，使许多科学家踊跃投身于这项研究之中。

所谓“试管婴儿”，当然不是在试管里把受精卵直接培育成婴儿，而是指在科学家的精心设计和严密控制下，精细胞和卵细胞的受精作用在试管里完成，受精卵又在试管里发育成胚胎。这胚胎则要放入母亲本人或是“代理母亲”（也叫“寄母”）的子宫中，再发育成胎儿。在人类，这代理母亲是早已安排好的年龄适宜、身体健康的女性。动物代理母亲则是条件相仿的雌兽。人类中的代理母亲，有几位在生下那试管婴儿后，“视同己生”，感情上割舍不下，惹出了几场难断的官司。对于动物，自然不用担心这样的纠葛了。

动物试管婴儿的经济价值到底有多大？我们举个例子来说明。

还是看看那位新泽西州牧场主的收获吧。在美国，一头良种乳牛的价值至少是一万美元，而良种乳用种公牛的价值则要 10 万美元以上。由于采用了试管婴儿技术，那位牧场主一年就可以获得几十、几百头良种乳牛，他的收益不就很丰厚了吗？这还只是他个人的收益。从整个社会的生产水平来看，采用了试管婴儿技术就能迅速推广产奶量高、体格健壮的良种，这就不是几十、几百万美元的事了。

本来，一头良种乳牛一次只排一个卵，一年只生一胎。现在，科学家使得它一次能排好多个卵，然后选良种公牛进行交配，再把受精卵取出，放到试管中去培育。隔一段时间再进行注射，促使它排卵。这样，一头良种乳牛一年能提供三四十个受精卵。

这些受精卵在试管里发育成胚胎以后，被移植到普通母牛的子宫里，而这些普通母牛会忠实地完成“代理母亲”的使命，产下一头头道道地地的良种牛犊。

这样，一头良种乳牛一年能生下三四十头良种牛犊了，不是吗？

还不止这些。

科学家还有另一手高招：当试管里的受精卵发育成胚胎后，到了一定的阶段被取出来进行分割，分割成两份、四份甚至八份，然后再放入试管中继续培育。分割成的部分胚胎有的有两个细胞，照样会不断分裂，发育成新的

胚胎。这些新胚胎照样可以植入普通乳牛的子宫，发育成道地的良种牛犊而来到世间。

这手高招称为胚胎分割。有了它，试管婴儿技术如虎添翼，可以迅速地为人类提供大量的良种牛、良种马、良种羊、良种猪……有人断言，要不了多长时间，动物育种技术将彻底更新，全世界的畜牧业将是另一种模样。

植物细胞工程

细胞工程的理论基础是细胞理论。细胞理论的建立被恩格斯誉为 19 世纪三大发现之一。细胞是生物体的结构单位和功能单位，生命过程必然首先表现在细胞里。细胞的最外面为细胞膜（植物细胞膜外还有细胞壁），膜内是细胞质，它维持细胞里的适当的生理环境；细胞质里有细胞核，还有线粒体、高尔基体（植物细胞还有叶绿体）等细胞器。细胞核是“司令部”，它控制各种细胞器协同作用以完成各种生理功能。根据细胞的类型，人们普遍愿意把细胞工程分为动物细胞工程和植物细胞工程两大类，我们以后者为例，简单介绍一下细胞工程的原理和技术，这些原理和技术在动物中也具有基本的共性。

一个植物细胞经过适当条件和营养辅助，可以长成一棵完整的植株，植物细胞工程就是利用这种植物细胞的全能性，采用植物组织和细胞培养技术对植物进行修饰，达到提高作物产量、改善作物的营养成分或是增加药物来源的目的。换句话说，植物细胞工程就是要进行物种改良，选育优良作物品种，增加植物的优良性状，利用植物来生产各种化学制品，还可用于保留濒于灭绝和有重要经济价值的植物种。植物细胞工程主要有以下几种技术：

快速繁殖技术

普遍采用的是通过植物体细胞胚胎再生成一完整植株。所谓体细胞胚胎就是由单一细胞起源的胚。植物的各部分、植物的培养细胞以及植物细胞的原生质体都可形成体细胞胚胎。它与正常受精的胚不同，既有遗传上稳定的优点，又可以一次获得大量的植株。

例如我国广东、广西、海南几个生产香蕉的省份都遇到一个大问题，就是香蕉受病毒侵害，不但产量降低，而且品种种质退化，几年后香蕉树就都不能用了。植物快速繁殖技术就是先选择优良香蕉品种，建立胚性细胞系，然后在试管中大量繁殖该优良品种的小苗，小苗长到一定程度就可移至田中生长。由于小苗快速繁殖过程完全处于无菌状态，因此转入大田中的小苗是无毒苗。它们既可保持原品种的优良品质，又可降低得病率，增加产量，而且这种试管中快速繁殖的苗种几年后就可更换一次，可长期保持品种不退化。目前我国南方几个省都在采取这种快速繁殖方式进行香蕉生产，收效极大。

据称美国利用这种快速繁殖技术培养无病马铃薯种以避免马铃薯病害造成的损失。这种技术主要可用于花卉、树木、蔬菜、果树、中草药和农作物的快速繁殖，其应用前景很广阔。

诱导增加或减少一个植物体内
整套染色体组数的技术

染色体就是存在于细胞核中的一些成对出现的条状体，它们在本质上是由脱氧核酸（即 DNA）和蛋白质组成的，也就是说 DNA 经蛋白质包装后形成染色体。各种生物体的染色体各不相同，不但染色体数目不同，而且组成染色体的 DNA 也有差异。通过对子房、花药或是花粉的离体培养，有些植株的

染色体比正常细胞要少一半（称为单倍体），而有些植株经化学试剂等的诱导后可使染色体加倍（称为多倍体），这些单倍体和多倍体在育种中的应用范围都很广。

单倍体可形成同源二倍体的纯合素，对植物品种的改良极为有利。多倍体植物的细胞一般都比正常细胞要大，因而产量也更大，重要的是多倍体植物为不同倍性植物间的杂交提供了遗传保证，例如可用于专门培养奇数（1，3，5，…）倍数染色体的植株，这些植株的果实中是没有籽的。我们夏天吃到的无籽西瓜就是三倍体，而有籽西瓜都是二倍体或是四倍体。野生香蕉是有籽的，染色体多倍化后就成了现在我们尝到的改良过的没有籽的香蕉。我国应用单倍体育种技术已育出 80 多个水稻品系，20 多个小麦品系，还有玉米、黑杨、三叶橡胶等都已在单倍体育种上获得成功。

体细胞杂交技术

体细胞杂交也称细胞融合，就是用自然或人工的方法使两个或几个不同的细胞融合成一个细胞。这种细胞我们称为异核体，即在一个细胞中有两个不同的司令部（细胞核）。有丝分裂后，两个核内的染色体有可能融合到一个嵌合的细胞核中，也就是说司令部合并了，这样就形成了体细胞杂种。获得这种体细胞杂种有什么意义呢？众所周知，有些植物间，特别是不同科属植物间是无法正常杂交的，也就是说，一种植物上的某种优良品质无法通过传统的杂交方法转到另一种植物上，这就给育种带来了很大困难，因为要找到既适合于杂交又有所需优良性状的植物实在太不容易了。而体细胞杂交技术产生的体细胞杂种恰恰为解决这一育种难题提供了机会。植物细胞在进行体细胞杂交之前先必须去除细胞壁。去壁后由细胞膜包裹的植物细胞称为原生质体，植物原生质体仍然保留了植物的全能性，也就是说，只要条件合适它就可以长成一棵完整的植株。

目前应用植物体细胞杂交技术已经获得了用传统的杂交技术无法获得的新的杂种植物，如我们熟悉的“西红柿马铃薯”、“拟南芥油菜”和“蘑菇白菜”等。以“西红柿马铃薯”为例，它的地下部分结马铃薯，而植株地上部分生西红柿。虽然目前还存在一些问题，如在光合作用量不够时会导致马铃薯和西红柿都长得不够大等，但这种获得新性状（特别是远缘性状）的尝试为作物品种的改良开辟了一条新的途径。

植物细胞应用生产技术

在日常生活中，我们使用的很多化学产品包括药物、食品添加剂、香料、色素甚至杀虫剂，都是使用化学合成方法生产的。但由于有些化学合成产物对人体会有副作用，而又有些产物干脆就无法人工合成。社会需求发展趋势对天然产品的需求将越来越大。以天然药物为例，它们主要是某些种属植物的次生代谢产物，其化学成分种类包括生物碱、苷类、醌类、黄酮类、萜类、甾体化合物等等。我们常用的镇痛用的吗啡，治腹泻的黄连素（小碱），治疟疾的青蒿素和奎宁等药物都属于这一类。

但在实际生产过程中我们就常常遇到这样的问题，有的植物生长条件严格，生长缓慢，有的植物本身属于濒危植物或是自然保护对象。对于这些自

然界无法大量提供，而其化学合成又有困难的化学产品，我们怎么大量生产呢？这时植物细胞工程技术就显示出巨大的威力了。利用植物细胞培养技术，给植物细胞提供最适宜的生活环境，让它们进行无性繁殖，大量地培养成植株，这样就可以较完满地解决天然资源不足的问题。据估计，现在药品中有 1/4 是植物天然次生代谢产物。

植物不仅可制药，也可以生产其他像香料、食品添加剂、色素等。例如，通过植物细胞培养技术培养出硬紫草细胞所生产的紫草素，已被成功地用于化妆品生产。其他如生产人工种子、保存珍贵稀有物种等都属于植物细胞工程。

总之，植物细胞工程的目的就是要为人类的生活提供足够多的植物产品（包括粮食、药品等）、优良品种和株系，保存珍贵的稀有物种，其实这也就是生物技术存在的意义之所在。

酶的发现和发展

生物的生存每时每刻都要进行一系列的化学变化，这些变化总称为新陈代谢。虽然生物体内化学变化十分复杂，但它们都在常温常压下完成。比如有种叫根瘤菌的细菌在常温常压下就能把空气中的氮气固定下来，而人类要做到这一点却必需用几百个大气压和几百度的温度。

生物体为什么有这种本领呢？

原来，生物体内广泛地存在一类特殊的催化剂——酶。它能有效地降低参加化学反应的各个分子的活化能，使生物体能够快速而高效地完成各种化学反应。植物的光合作用，人对食物的消化、吸收等无一不是在酶直接参与下发生和完成的。

近代，对酶的科学研究开始于 18 世纪。到 1878 年，德国化学家屈内把这一系列从有机体中分泌出来有催化能力的物质称为“酶”。

1925 年，美国奈尔大学独臂青年化学家萨姆纳不顾体残病弱，提纯尿酶，并证明它是蛋白质。接着，美国化学家诺思谱又把一系列酶提纯出来，证明它们都是蛋白质。他俩都获诺贝尔奖。从此，几十年来科学界公认酶的成分是蛋白质。

1982 年，美国化学家西卡破天荒地发现非蛋白质酶——核酸，它也可以充当生物催化剂。

西卡的发现首先给生物催化剂中只有蛋白质一家的传统观念当头棒喝，给今后生命的人工合成，提供了一个重要的信息，生物催化剂除蛋白质、核酸外，还可能有其他形形色色的催化剂。尤为重要的是，西卡的发现给生命的起源和演变提供了一个新的线索。人们可以想象，在地球原始海洋中，当形成核酸后，它就可能催化自身变化。由于西卡的发现为生命起源和研究开辟了一条新航道，因而，他获得 1983 年的诺贝尔奖。至此，为奖励研究酶的组成，已 3 次颁发诺贝尔奖。

由于酶有惊人的催化能力，它的发现无论在理论上和应用上都有重大的意义。据统计，至今已发现 2000 多种酶，其中被提纯并结晶的有 100 多种，作为商品生产的有 120 多种，应用到工厂中的就有 60 多种。它们在食品、医药、制革等数十个行业中发挥着巨大的作用。

科学家将酶引入工业，这种技术叫做酶工程。酶工程的发展经历了四个阶段：

自 18 世纪初斯伯塞尼发现酶后，经过一个多世纪，人们未能将酶应用到生产上。

酶工程的第二阶段是针对第一阶段的缺点而革新的。

酶工程的第三阶段是固定化酶系统和固定化活细胞技术联合生产的过程，称为第三代酶工程。其特点是将活的酵母细胞用长拉胶（从海藻中提取的特殊胶）包扎，制成颗粒状，装入酶反应器，反应器通过糖液就可产生酒精。在反应过程中，酵母仍可生长繁殖，不断地补充反应器中酶的数时，使反应器可连续使用几个月甚至几年。

第三代酶工程已用于生产各种氨基酸、有机酸、核苷酸、抗生素等。它有高效能、低消耗、无公害、长寿命、安全、自动化等特点。目前，已在各先进国家使用。

第四阶段酶工程是将新的生物工程技术全部应用到酶工程上来。例如，

用细胞融合术、DNA 重组术来改良产酶的菌种，使之能源源不断地生产出适合人类需要的酶来。这项工作还处于试验阶段，目前虽有许多成功的报导，估计还需要一段时间才会有实用价值。

所谓的酶工程，可以分为两大部分：一大部分是如何生产酶，一大部分是如何应用酶。用微生物来生产酶，是酶工程的半壁江山。

酶工程的发展，给人工合成食物开辟了光辉的前景。总有一天，人类将能实现在工厂里生产淀粉、脂肪、蛋白质等食品的愿望。

人工酶的研究

除了酶的生产之外，近些年来，酶工程又出现了一个新的热门课题，那就是人工合成新酶，也就是人工酶。这是因为，人们发现光从微生物里提取酶仍不能满足日益增长的对酶的需求，需要另辟新路。

人工酶是化学合成的具有与天然酶相似功能的催化物质。它可以是蛋白质，也可以是比较简单的大分子物质。合成人工酶的要求是很高的，它要求人们弄清楚：酶是如何进行催化，关键是哪几个部位在起作用，这些关键部位有什么特点……最终，对人工酶还有另外一层要求，那就是简单、经济。

有人已经合成了一个由 34 个氨基酸组成的大分子,这个大分子具有跟核糖核酸酶一样的催化作用。然而，人们仍然嫌它太复杂，继续寻找更简单、更稳定、更小的人工酶，寻找在生产上比天然酶经济得多的人工酶。

尽管人工酶的效益尚不明显，然而从事人工酶研究的队伍却日益壮大。也许，在不久的将来，人工酶在酶工程的生产领域里将正式取得一席之地，而且地位不断上升，甚至压倒天然酶……

微生物酶

人类认识和利用微生物酶的历史较长，总是揭开一个谜，使生产前进一步，紧跟着又产生一个新的待揭之谜，引导着科学家不断地研究，不断地前进。

酒精虽说是化工产品，但酒精厂里根本不像一般的化工厂，既没有高温高压的化工设备，也没有耐酸耐碱的大型装置，仅有一排排简单的大发酵罐，像是列队欢迎人们来参观，给人一种温和而亲切的感觉。走到发酵罐旁看看温度计，这里的温度只有 32 °。原来这是温和化工厂，它的“ 脾气 ”比一般化工厂温和，因为微生物是制造这些合成与分解反应的“ 小工艺师 ”，它们在生命活动过程中可以迅速把各种原料“ 吞吃 ”掉，同时“ 排泄 ”出我们所需要的各种发酵产品，例如酒精、甘油、柠檬酸、氨基酸、青霉素、链霉素等数千种与人类生活密切相关的产品。

这些“ 小工艺师 ”个子十分矮小，小到我们用肉眼看不见。例如一种名叫大肠杆菌的细菌，要 1000 名成员排起来才有一颗小米粒那么大。它们不能耐高温、高压，更忍受不了强酸碱，但在常温常压酸碱度接近中性或稍酸些稍碱些的环境下，能迅速地繁殖，24 小时就可繁殖 72 代，这个生长繁殖速度是动植物望尘莫及的。虽说微生物的个子很小，可它的精力旺盛，干劲十足，一个微生物一昼夜就能“ 吞下 ”并消化掉相当于它自身重量 30～40 倍的食物。它吃得多，长得快，代谢速度十分惊人。微生物之所以有如此大的食量，是因为它体内有丰富的酶，科学工作者估计微生物体内含有 1300 多种酶。这些酶，我们可以将它分离提纯用于发酵工业等方面。

最初，人们多从动物脏器及植物种子果实里提取酶，但这些生物内含酶量很少，而且这些生物繁殖饲养受到一定自然条件的限制，因此酶的生产量小，与酶制剂越来越广泛的应用是很不相称的。

人们敲开微生物世界大门后，发现各种动植物体内的一切酶类，几乎也都存在于各种微生物体内，因为微生物的一切生命活动都离不开酶，微生物体外的大分子营养物质如淀粉、蛋白质、脂肪等都必须由胞外酶分解成小分子化合物后，才能被微生物吸收。小分子化合物进入细胞后也要由酶来分解，从而释放能量并获得中间产物。微生物利用这些中间产物和能量，组成它自己的细胞物质，这一系列的生物化学反应都是在酶的催化下进行的。这些微小生物里酶的发现，一下子丰富了酶的来源，每个微生物细胞都是一座生产酶的“ 小工厂 ”。这为酶在医药、化工、食品、纺织、造纸、酿造、日化、制革等方面的广泛应用打开了方便之门。

酶工程——活性催化剂的应用

酶是由生物体产生的具有催化剂活性的蛋白质。它们可能特定地促成某个化学反应而它们本身却不参与反应，且具有反应效率高、反应条件温和、反应产物污染小、能耗低、反应容易控制等特点，这些特点相对于传统的化学反应来说就具有较大的优越性。酶工程就是利用酶催化作用，通过适当的反应器，工业化地生产人类所需的产品或是达到某一特殊的目的，它是酶学理论与化工技术相结合而形成的一种新技术。酶工程包括开发和生产有较大应用价值的酶类，对这些酶进行分离纯化鉴定，使酶固定化，研究和设计多酶反应器以及扩大各种酶的应用等几个方面。

酶工程中一切生产的酶主要有 6 大类，即氧化还原酶类、转移酶类、水解酶类、裂解酶类、连接酶类和异构酶类。其中以水解酶的种类最多，占 85%。

微生物为我们提供了种类繁多的酶，这些酶除了要经过分离纯化以及功能鉴定以外，还要经过另一项技术处理，那就是固定化技术处理。因为酶虽然能在常温常压下催化作用，但生物酶定性差，溶液态的酶存在着使用以后无法回收的弱点，因此人们就希望通过化学或物理方法将酶束缚在一定的区域内，就是使酶固定后再进行催化作用。酶经固定后可以反复使用，这就导致了许多生物反应器的出现，这些反应器的出现无非是要提高生产率、降低成本和能耗、减少污染以及使后加工更加容易。

酶工程的应用主要集中于食品业、轻工业以及医药工业中，例如固定化青霉素酰胺酶可连续裂解青霉素生产 6—氨基青霉烷酸代替化学合成生产；α—淀粉酶、葡糖淀粉酶和葡糖异构酶达三个酶连续作用于淀粉就可以代替蔗糖生产出高果糖浆；α—半乳糖苷酶可水解甜菜糖蜜中的棉籽糖而生成半乳糖和蔗糖，大大提高了蔗糖的收率；蛋白酶用于皮革脱毛脱胶以及洗涤剂工业；固定化酶还可以治疗先天性缺酶病或是器官缺损引起的某些功能的衰竭，甚至可以克服溶液酶在治疗中引起的机体免疫反应等等。我们日常生活中常见的加酶洗衣粉、嫩肉粉，都是酶工程最直接的体现。

基因工程

如果我们能够得到某一种生物的基因，就有可能给一种生物增加一个它原来没有的基因，让这个基因工作，使这种生物产生新的遗传特性，变成一个新的物种。这就是基因工程的基本原理。简单点说，基因工程是在人工控制下，对生物的基因进行改造，使生物产生新的遗传特性的一门现代科学技术。

基因工程的操作过程有三个主要步骤：第一步是获得某种基因；第二步是把这种基因送进细胞里去；第三步是让这种基因发挥作用。下面我们以应用基因工程技术生产人的胰岛素做例子，谈谈这三个步骤是怎样进行的。

胰岛素是人身体里一种很重要的激素。是由胰脏里的一种胰岛细胞制造出来的。胰岛素对于人身体吸收利用糖起着重要作用。人身体里缺乏胰岛素，就会得糖尿病。所以胰岛素是治疗糖尿病的特效药。过去医疗上用的胰岛素，都是从动物的胰脏里提取的，要用很多胰脏才能提取到一点点胰岛素。现在应用基因工程方法，已经可以利用大肠杆菌来生产出胰岛素，这就方便多了。

用基因工程方法来生产胰岛素，首先是要得到胰岛素基因。这一步有三个办法可以用：

1.直接从人的胰岛细胞里提取；2.找到从胰岛素基因上面转录下来的那个信使核糖核酸，在一种反转录酶的作用下，反过来复制出一个胰岛素基因；3.人工合成一个胰岛素基因。这个办法现在用得越来越多了。科学家们应用这三个办法不但得到了胰岛素基因，还得到了几十种基因，有人体的基因，也有别的生物的基因。

得到了基因，还要把它送到某一种生物的细胞里去，它才能工作。这是第二步工作。要把基因送进细胞里去，必须有合适的运载工具。这好比要把人造卫星送上运行轨道，需要用运载火箭一样。科学家们把运送基因的工具叫做运载体。运载体必须有两个条件：一是能够和基因相连接；二是生物的细胞能够接受。科学家得到了胰岛素基因以后，把它跟一种叫做质粒的运载体连接在一起。这质粒是从细菌的细胞里找到的一个圆环形状的 DNA 分子。就利用这个质粒把胰岛素基因带进大肠杆菌的细胞里去。

在进行这些工作的过程中，要用各种各样的生物催化剂，也就是酶。有的酶能把质粒切断，有的酶能把基因和质粒连接在一起等等。这些酶就像机械工程师手里的钳、螺丝刀差不多，是科学家们搞基因工程必不可少的工具。所以人们把这些酶叫做工具酶。

把基因和运载体连接在一起以后，就可以通过感染、渗透，或者是微量注射等办法，让基因随着运载体进到生物的细胞里去。科学家们选择了寄生在人的大肠里的大肠杆菌，作为接受基因的细胞。因为大肠杆菌很容易得到，也很容易繁殖。

基因进入细胞以后，要让基因工作起来，还要创造一些条件，比如要想办法让基因开动起来，还要给细胞提供营养等等，让它为我们生产出胰岛素来。这就是第三步了。科学家把经过基因工程改造而产生的新菌种，叫做基因工程菌。

在美国，用基因工程菌生产出来的胰岛素已经投入市场，使用在临床上。十多年前，我国科学家建立的生产人工胰岛素的基因工程菌，生产效率大大提高，为投入生产奠定了基础。

医药工业上，除了刚才介绍的胰岛素的生产以外，还有许多贵重药品都通过基因工程技术生产出来。比如治疗侏儒症的人生长激素，对治疗癌症有很大作用的干扰素，以及人血清白蛋白等等，都已经经试制成功，不久的将来可以投入生产。基因工程技术的应用，将改变传统的药物来源和生产工艺，引起医药工业的重大技术革命。

在农业生产上，基因工程技术在培育农作物新品种和家禽新品种方面，也将会大显身手。有人把一种乙醇脱氢酶基因送到农作物的细胞里，培育出耐涝能力特别强的作物。有人把一种使农作物能够忍耐高的渗透压的基因送进农作物，培育出耐旱、能在盐碱地里生长的作物。还有人把抗枯萎病的基因送进棉花细胞里，培育出抗病的棉花品种。更有趣的是，1982 年，美国科学家用基因工程技术把大白鼠的生长激素基因传给了小白鼠，结果增育出个子增加一倍的大个子老鼠，而且这种长大个子的遗传特性，可以传给后代。科学家们正在考虑用基因工程技术培育家畜新品种，如果成功，那么使猪长得像牛那样大，甚至长得像大象那样大也是可能的。

基因工程技术不但在生产上可以大显身手，在生物学研究中也大有用场。比如对于癌症的研究，基因工程正在发挥作用。现在已经有人发现，癌症是由基因发生了某种变化而引起的，使人类对癌症的认识前进了一步。科学家们认为，基因工程技术是解决生物学上一些重大难题的有力工具。

基因工程技术创立以后，很快就表现出具有巨大的实用价值，在工业、农业、医药卫生、环境保护、海洋开发等方面，都有很多应用，引起世界各国的重视。

目前基因工程技术的应用，还有许多问题没有解决，许多研究成果要走出实验室，进入大规模应用，还有一段距离。现在科学家们花很大精力在研究怎样使基因工程的产品产量高而又成本低。只有解决这个问题，基因工程技术才能得到经济效益。有人说，基因工程是今天的科学，明天的技术，后天的产业，这话是有道理的。

人体的“百科全书”

有人说人类基因组工程是人体的“百科全书”。你知道什么叫人类基因组工程吗？这是一项可与生产原子弹的曼哈顿计划和载人登月的阿波罗计划相比的宏伟工程，它是指对包含人的遗传信息的整套染色体的系统研究工程。

我们知道，人的基因是由遗传密码核苷酸组成的。每个人体细胞内有 23 对染色体，染色体上有 10 万个基因，它们约由 30 亿个核苷酸对组成。打个比方吧，如果我们把一个核苷酸对看作是一个词，把这套 30 亿个核苷酸对印成书，就相当于 1000 套厚厚的《辞海》。从这个角度来说，这是一部包括人类全部基因组信息的遗传基础的人体科学的“百科全书”。因为人类基因组计划的目的，便是要把储存遗传信息的所有核苷酸的排列顺序统统搞清楚。

这项计划最早是在 1985 年由美国科学家提出来的。经过专家们反复论证，在 1988 年美国国会终于批准实施这个计划，准备花 15 年时间，投资 30 亿美元将这 30 亿个核苷酸的排列“奥秘”找出来。世界上有很多国家的科学家们都热衷于此项研究工作并积极设法参予，因为他们充分意识到这项工作的意义及它对以后科学发展的推动作用。可以说，这项计划已形成了本世纪以来的基因组研究热。

科学家们明确，要完成此项宏伟的人类基因组工程，首先必须了解人体全部基因的组成。因此，破译组成人体全部基因的密码成了一项前提工程。目前科学家们准备把此项工程分成三个阶段进行实施：一是描绘人类基因组图谱，也就是必须确定基本一个基因在某一个染色体上的确切位置；二是制作物理图谱，这是一种比较精确地对基因的描绘，即人们通过物理图谱可以找到任何一段 DNA 的精确排列位置；三是可以准确地测定 DNA 的顺序，这将是整个计划工程中最艰难的一个步骤。

从 1988 年美国国会批准实施这项宏伟的人类基因组计划开始,至今已近 10 年了。按照科学家们的预计，此项伟大工程将在 15 年内完成，即要在下世纪初完成。到了那时，人类便拥有一部关于人体科学的“百科全书”，人类将自信地面对各种疾病。因为各种遗传病、癌症的起因与治疗等难题，都可以依靠查阅这部“百科全书”来解决。

所谓基因治疗，就是对人体的致病基因进行手术，或“切割”下来换上正常的基因，或用化学、物理的手段使其“改邪归正”，不再致病。要进行基因治疗，首先就要找到致病基因。在 10 万个基因，或者说是 60 亿个核苷酸对的茫茫大海中找到某种疾病的致病基因，实在是谈何容易。

人类光是遗传性疾病就不下 4000 种,每种遗传性疾病都是受一个或数个致病基因控制的。基因治疗是治疗遗传性疾病最有效的手段，甚至是唯一的根治手段。然而，这 4000 多种遗传性疾病中，已找到致病基因的还不到 3%。一旦人类基因组计划实现,这 4000 多种遗传性疾病的致病基因就将暴露在光天化日之下，进行基因治疗就有了保证。

再拿人们视作洪水猛兽一般的癌症来说吧。至今已在人的 DNA 里发现了近百种癌基因，这些癌基因长时期处于静息状态，一旦有某种条件使它活化，它就会使细胞无节制地分裂，人就会生癌。实施人类基因组计划后，所有的癌基因都将一一亮相，给治疗带来许多线索——或者是进行基因手术，或者是控制它的活化条件，等等。这就等于为人类攻克癌症堡垒提供了一份精确

的军用地图。

更有趣的是，人类基因组计划实现后，每个人在胎儿阶段就能作出基因组分析，建立起个人的基因档案。这份档案里不仅记载着致病基因，还记载着体质、性格、语言、智力等多方面的遗传特点。人们可以根据这份档案来预防疾病，确定最适宜于自己的生活方式、饮食规律以及事业上的发展方向，大大提高生命的质量。这部“基因辞典”将是人类全面细致地认识自身的“金钥匙”。它的问世，将使人类在人体科学中大大地前进一步。可以毫不夸张地说，它将使人体科学研究出现一次新的飞跃，它将极大地促进人体生理学、病理学、遗传学以至人类考古学及与此相关联的各种边缘学科的迅速发展。

基因工程的应用

基因工程的产生使整个生物技术跨入了一个崭新的发展时代，传统的生物技术与基因工程的结合形成了真正有生命力的现代生物技术。

运用传统的生物技术方式要用10万只羊的下丘脑才能获得1毫克生长激素抑制素，所耗资金相当于通过人造卫星从月亮上搬 1 公斤石头回地球；现在通过基因工程，将人工合成的人生长激素抑制素基因重组一个高效表达载体在大肠杆菌中表达,只需要 10 升这种重组的大肠杆菌培养液经计算机严格控制条件就可以获得。这就是现代发酵工程的威力。

1989 年，美国将获得抗体的重链基因和轻链基因构建成重组 DNA，转入烟草细胞，利用植物细胞组织培养技术培养出转基因烟草，结果在烟草叶片上产生了点叶蛋白总量的 1.3%的抗体。按照这种水平计算，美国只需要用其目前种烟草土地面积的 1%来种这种转基因烟草，每年就可以生产出 270 公斤的抗体，足够 27 万病人用 1 年。这是基因工程与细胞工程结合后产生巨大社会效益和经济效益的一个明证。

现在的遗传育种基因工程技术把一些有用的优良或特殊性状的基因转入到农作物中，缩短育种时间达几万倍。目前已经培育出了抗病毒、抗除草剂、抗虫、高蛋白的各种农作物品种，也培养出了携带人的生长激素基因的猪种和鱼种，它们都比普通猪和鱼要长得快，长得大。

现代酶工程在基因工程技术的帮助下已对各种酶进行大量改造。例如将水解霉素的青霉素酰化酶基因重组到一个质粒上然后构建一个新的菌株，结果使新构建的菌株的酶活力提高 50 倍，等等。诸如此类的例子不胜枚举。

我国的基因工程研究及应用虽起步较晚，但已获得了较大的发展，取得了一定的成果，据不完全统计，已经研制成功和正在研制的基因工程产品就有几十种，有些已经投产并开始使用，如基因工程α—干扰素，基因工程乙型肝炎疫苗等等。总之，基因工程给传统生物技术带来了彻底的革新，而且应用范围仍然在不断加深扩展，前景十分广阔。

生物工程新星——蛋白质工程

现代的酶工程将奶酪也列为生产对象。然而，困难出现了。生产奶酪时用来杀菌的 T4 溶菌酶，在工作环境温度 67℃下，3 小时后活力仅剩下 0.2%，这样就无法维持正常生产。

这个问题留给蛋白质工程来解决。

蛋白质工程是新一代的生物工程。蛋白质工程的中心内容是改造现有的蛋白质，生产新的、自然界并不存在的蛋白质来满足人们的需求。这些蛋白质主要是酶。

高新技术的日新月异实在令人赞叹不已。生物工程至今还常常被人用‘方兴未艾”这个词来形容，却已经有了崭新的一代。基因工程、细胞工程、发酵工程、酶工程这四大支柱已经被归入“上一代”、“老一代”了。

这些“上一代”、“老一代”的生物工程确实还存在缺陷，还有许多问题需解决。问题之一便是产品的不稳定性，上面说到的 T4 溶菌酶便是一例。又如，人们寄托了很大希望的抗肿瘤、抗病毒药物干扰素，遇热也极易变性，在-70℃的低温条件下也只能保存很短的时间。问题之二是产品的副作用。例如，用小鼠细胞培养、生产的单克隆抗体，进入人体后一方面表现出强大的药理作用，一方面却会引起免疫反应，因为它毕竟是异体蛋白。此外，生物工程的许多产品还存在着活性低、提纯困难等问题，这些问题正是蛋白质工程的攻关对象。

要改造一种蛋白质，大致要经过这么几个阶段：

1.通过计算机图像分析，找出蛋白质整体结构中足以引起某个性能发生改变的关键部位，或者说在氨基酸长链中找到那个关键的氨基酸。然后确定这个氨基酸需要如何加工修饰，或者干脆用哪一个氨基酸来代换。

2.找到生物细胞中指导合成这种蛋白质的 DNA 片段，并找出与那个关键氨基酸相对应的碱基，经过分析后用另一个碱基来取代它。这个繁琐的过程也少不了计算机的帮助。

3.将改造过的 DNA 片段移植到细菌、酵母菌或其他微生物体内，经过培养，筛选出能“分泌”出理想的新蛋白质的菌株，再运用发酵工程大量生产这种新蛋白质。

以上说的仅仅是蛋白质工程一种比较有代表性的生产过程，对这个过程的描述也是极其粗略的。然而，它大概已经能表明，蛋白质工程集中了生物工程的精粹，而且还是计算机技术和现代生物技术杂交生成的宠儿。

拿计算机图像显示来说，它显示的不光是氨基酸排列顺序，不光是氨基酸长链如何缠绕、盘旋的立体结构，还要显示出每个氨基酸的受力情况——在哪些相邻分子的引力下处于平衡状态。更进一步地，它还要显示如果某个氨基酸发生改变，这一平衡状态将会如何变化，对整个蛋白质的功能将会有什么样的影响。如果没有现代计算机技术，这一切都是难以想象的。

蛋白质工程问世还不久，取得的成果已经令人刮目相看：

那种 T4 溶菌酶，蛋白质工程施以回春妙手，将它的 3 位异亮氨酸换成半胱氨酸，再跟 97 位半胱氨酸联接起来。这样，它在 67℃下反应 3 小时后，活性丝毫未减。

在-70℃的低温下难以保存的干扰素，经蛋白质工程的点化，两个半胱氨酸被换成丝氨酸，一下子变得可以保存半年之久了。

一种生产中很有用的酪氨酸转移核糖核酸酶，只是在一个位点上用脯氨酸取代了苏氨酸，催化能力一下子提高了 25 倍。

对于用小鼠细胞培养生产的单克隆抗体，专家们已经提出了“开刀方案”，打算把它整修得更接近于人的抗体，以减轻副作用。

……

蛋白质工程不仅要对那些生物工程的产品进行再加工，还要对一些纯天然的蛋白质进行模拟和改造。

例如，那绵软、飘逸的蚕丝，那蓬松、暖和的羊毛，那纤细、坚韧的蛛丝，它们本质上都是蛋白质。对它们进行模拟和改造，再实现大量生产，将会获得性能比蚕丝、羊毛、蛛丝更优异的材料，改善我们的生活条件。

浏览一下对蛋白质工程的众多评价是很有意思的。

有人称它是第二代生物工程，有人称它是第二代基因工程。

有人说它“曙光初露”，有人说“前途无量”。

80 年代，有人将“21 世纪是生物学的世纪”这句话改成“21 世纪是生物工程的世纪”；90 年代，又有人提出，“21 世纪是蛋白质工程的世纪”。

人们的关注和瞩目才会引出众多的评价。众多评价至少传递出一条信息：蛋白质工程充满魅力，充满希望。在近几年内，蛋白质工程可能会取得更多的突破，又将会招来许多新的评价，我们期待着。

设计新的生物物种可能吗

利用基因工程和蛋白质工程技术，人类不仅已经可以在分子水平上以微生物、植物、动物本身等不同种属之间的基因进行随意的剪切拼接，而且来源不同的微生物、植物、动物和人类之间的基因也可以任意地重组传递，甚至还可以按照自己的意愿设计合成新的蛋白质。

从技术上讲，设计出新的生物物种是完全可能的。根据物种的不同概念，甚至有的人认为目前的基因工程和蛋白质工程技术所取得的成果，实际上已经接近于设计出新的生物物种。例如基因工程技术培养出的能生产的人胰岛素和抗体的转基因植物，这类物种在自然界是不存在的。

目前，全世界通过基因工程和蛋白质工程技术生产的产品中，有几十种已经经过检验而进入市场了，并同其他生物技术产品一道，形成了一个年产价值几十亿美元的庞大产业。

其实，基因工程和蛋白质工程能够产生这么大的经济效益和社会效益，除了它们自身技术的发展完善以外，另外还有一个领域的发展在起着决定性的推波助澜的作用，那就是基因调控研究。

我们知道，不是所有的 DNA 都能编码蛋白质的，事实上大部分的 DNA 是不编码蛋白质。那么这些 DNA 有什么用处呢？在这些 DNA 中，除了有些目前我们仍不知道其功能的以外，其他的都具有调控作用。生命活动之所以那么丰富多彩，就是因为生物体是一个庞大而复杂的开放系统，在这个系统中，什么时候进行哪个生理生化反应，在哪个组织中进行，以及酶的表达量是多少等等，一切生命过程都像是受到一台巨大的电子计算机的严格控制似的，按照生物体本身特有的节律运行。这可以从我们的日常看到的许多现象中找到例证，如用手一碰含羞草，它的叶片就收缩；又如植物总是在生长发育到一定时期才开花。其实这些都是调控作用。前者属于诱导调控，手一碰就是一个外界刺激，这个刺激被某些具有调控作用的 DNA 接受，由它们启动表达某些基因表达，产生特异的蛋白质对这个刺激作出反应；后者属于发育调控，某些具有调控作用的 DNA 能够“感受”生物体发育到了哪个阶段，并相应地启动某些基因表达，产生不同的蛋白质导致产生不同的生理反应。简单地说，所有的基因随时都被调控 DNA 控制着，表示时间、表达量、表达组织都受到调控。

因此，基因工程和蛋白质工程的研究要更深入，借助基因调控研究将是非常重要的一环，例如我们可以通过某些调控 DNA 来控制某个杀虫的基因只在根中或是只在叶中表达，用以杀死土壤虫害或是叶片虫害等等。

随着科学技术的发展，基因调控研究的不断深入，基因工程和蛋白质工程的操作领域将不断拓宽，人类可以设计创造出各种全新的生命现象来为自身的发展服务。

但是，任何事物有其积极的一面，也就会有其消极的一面，基因工程、蛋白质工程等现代生物技术都还有其令人忧虑的地方。对于应用于人的现代生物技术，我们不可避免地要遇到随之而来的道德、伦理、法律上的问题。例如，应用高技术生育出来的试管婴儿要让人们从心理上彻底接受，还有一定困难。

又如，人可以制造出一种快速生长的转基因鱼，但这种鱼是否会对人体有害，或是对其他鱼有害，等等，这些都是值得思考的问题。

对于应用于植物的现代生物技术，环境问题是首当其冲的。例如把我们制造的抗除草剂的转基因植物拿到大田中去实验，这个抗除草剂的基因可能会因传粉而传给杂草，杂草的后代就将有抵抗除草剂的能力而疯长，给农业生产带来损失，凡此种种。

目前世界上许多国家对于基因工程等涉及 DNA 重组的技术，都有非常严格的法律限制，从哲学的角度看，创造出的对人类暂时有利的新物种并不一定对于地球大自然有利，而破坏了大自然的生态平衡，最终人类仍然要受到惩罚。

从人类的繁荣发展的历史来看，科学技术的发展总是同人类的物质文明和精神文明和发展联系在一起的。我们相信，科学技术将同社会准绳——法律以及人类所特有的本性——良知一起，引导我们这个世界走向更加繁荣的明天。

低温生物技术

昆虫的生命以两三年为限。荷兰的一种昆虫却不然，由于它经常处于冬眠之中，竟能活上 60 年。

一只冬眠的猫蜷伏在古埃及法老的陵墓里，“守灵”守了 4000 年之久。直到本世纪 80 年代，考古工作者发掘陵墓的声响使它惊醒过来。

阿尔卑斯山的雪崩把一位瑞士青年冰封了 25 年。1987 年他被人发现，经过解冻，又奇迹般地活了过来。

在低温下，生物的新陈代谢降到了最低限度，处于“假死”状态。一旦环境温度上升，生物就会复苏，恢复活力。在此同时，生物的寿命却可能延长了许多。许多动物的冬眠就是很好的例子。

从 60 年代起，一门崭新的生物技术——低温生物技术逐渐形成，逐渐发展。低温生物技术的要旨就是冷冻生命，就是通过迅速降温使生物达到超低温，进入冬眠状态，从而得到长期保存。

低温生物技术的重大意义是显而易见的。冷冻生命就是延长生命，对许多生物来说意味着延长人们使用它们的年限，对人类本身来说就是延长寿命。后者自然更令人感兴趣。患了不治之症的病人如果对当代的医疗手段已经绝望，可以要求冷冻起来，到三五十年后再复苏。那时也许不治之症已经成了药到病除的小事一桩。飞向另一行星的宇航员要忍受长达数年的枯燥无味的旅途生涯，如果能冷冻起来进入冬眠状态，到一觉醒来就可以精力充沛地登上另一星球。这样，不仅他避开了旅途寂寞，“捡”回了几年寿命，还可以使航天器里面省去许多食品、饮料，轻装上阵。

低温生物技术要解决许多难题，其中冷冻速度是很关键的。冷冻速度过快，生物细胞内的水分会结冰，把细胞涨破；冷冻速度过慢，细胞会脱水而使盐分增加，蛋白质分解。各种细胞的成分和含水量都不一样，所以，对于由各种器官组织、各种细胞组合成的生物机体，要确定一个最适宜的冷冻速度是非常困难的事。类似的难题还有掌握复温的速度、避免细胞器的低温损伤等等。

由于低温生物技术凝集着人类巨大的兴趣和期望,所以近 20 年来发展很快。根据生理医学专家预测，到 2050 年，人类有可能第一次对冰冻保存的人体施行解冻复苏手术。在 21 世纪内，人类通过用冬眠技术断断续续地放慢机体的生理作用，会使人生命的跨度放大 20 倍。

光生物技术

你见过海上灯光捕鱼吗？那可是很壮观、很动人的。几十艘船围成一圈，水面上悬着灯，水下也吊着灯，方圆数百米内灯光闪烁。引得附近水域的鱼儿急急赶来，在灯光下或翩翩起舞，或追逐嬉闹，却不知人们正悄悄地在外围下网……

灯光捕鱼利用的是鱼类的趋光性，它可算是一项简单朴素的光生物技术。光生物技术就是用光来调节生物的生长、发育和行为的技术。我们知道，光是地球上一切生物的能量来源，是一切生物最重要的环境因素之一。生物的进化和适应离不开光，生物的结构、功能、发育、行为均受到光的强烈影响。光生物技术的研究中心是：确定光照的最适宜的波长、强度、偏振性和持续时间等，达到用光调节生物生长、发育和行为的最佳效果。

我国吉林省的一些科技工作者长期深入研究用光照提高栽培人参的品质和产量，设计了许多新技术，如接近光饱和点的连续光照，使用拱形调光棚，配以红、蓝光透过能力较强的浅黄色薄膜，等等。这些光生物技术已取得了喜人的成果。吉林省有一个县的 65 万平方米作物面积达到了每平方米产栽培人参 1.12 千克的世界最高水平，而且人参的各种皂甙含量的总体水平赶上了先进国家韩国和日本。

光照对动物的生长发育也有明显的调节作用。有人在猪圈中分别配置了白光、蓝光和红光，每天照射 12 小时，光照强度为 10～20 勒克斯。和不照光的猪圈相比，白光使猪每天多增加体重 26 克，蓝光为 13 克，而红光则达到了 43 克。有人又拿牛作了试验，发现同样的肉用牛，每天接受 16 小时光照的比每天接受 9～12 小时光照的要多长肉 10%；而奶牛每天接受 16 小时光照比自然光照条件下要增加 10%产奶量。类似的光照试验还曾以山羊的配种和产羔、母马的发情和排卵、家禽的产蛋率和产肉率为课题，都取得了令人满意的结果。目前在一些先进国家，光照管理已被列为动物饲养的重要管理项目。

光对生物细胞的影响还孕育出一项崭新的医疗技术。

有一种很棘手的儿科疾病叫做新生儿黄疸症，是由于病儿体内胆红素过高而引起的。现在有一种先进而安全的治疗方法——光疗法，就是用波长 450 毫米的光照射病儿全身（眼睛除外），治愈率很高。这项技术的原理是胆红素是一种光敏物质，对波长 450 毫米的光尤其敏感，在光的作用下，许多胆红素分子会转变成水溶性的化合物排出体外，从而达到妙手回春的治疗效果。

最令人感兴趣的，莫过于用一种光敏药物——卟啉类药物来治癌了。这种卟啉类药物有两大特点：一是对光敏感。在波长为 625 毫微米左右的光照下，它会改变结构和特性，杀伤所在部位的细胞；二是对肿瘤细胞有亲和力。它进入人体后随血液流动，对正常细胞冷若冰霜，掉首而过，与肿瘤细胞却是一见如故，难舍难分。因为具有这两大特点，它作为肿瘤克星就很好理解了。在确定适宜的剂量后，向患者注射这种卟啉类药物，过几天这些药物分子会聚集在肿瘤部位。这时再用 625 毫微米的光进行定期照射，肿瘤会逐渐变色、渗血、干燥、萎缩。一二周后会长出新的组织。至今，已有不少肿瘤患者在这种治疗手段的帮助下获得了新生。

声生物技术

一架被劫持的飞机孤零零地停在机场一角，两个劫匪一边张牙舞爪地威胁乘客，一边气势汹汹地通过话机向指挥台提出蛮横无理的要求。突然，舷窗外人影一闪，劫匪还没反应过来，就已失去了知觉。3 秒钟之后，特种部队冲进了机舱……原来，他们使用了次声炸弹。这种炸弹爆炸时产生强大的次声波，会把人震昏过去，但又不至于丧命。

上面的场景是发生在美国西部某州的一场演习，演习的中心就是测试次声炸弹的威力与安全性。专家们认为，次声炸弹可能是对付各种劫持者和抢劫犯的最佳武器，它既厉害又人道。据说，威力更大的次声武器也已经问世，那可是准备用于战争的。

次声是频率小于 20 赫兹的声波。次声的强度达到一定程度就会对生物机体发生影响，次声炸弹只是其中的一个例子。在声波的另一个极端是频率高于 20000 赫兹的超声波，它对生物机体的影响可能大家比较熟悉一点。超声波手术刀和超声波结石粉碎机已经广泛投入临床应用，用超声治疗脑血管意外偏瘫和冠心病的效果令人瞩目。超声加热治癌机能使深部肿瘤组织温度升高 5～7℃，再结合化疗和辐射，可以杀灭 90%以上的癌细胞，而所透过的表皮和正常组织却完好无损。这种治癌方法被确认为手术、化疗、放射疗法之后的第四种有效手段。超声波在医疗上的全面应用已拓展出一门新的学科——超声治疗学。

再来看看频率在 20～20000 赫兹之间的正常声波。

“对牛弹琴”是大家很熟悉的成语。在奶牛挤奶时播放音乐以提高产奶量，过去也曾作为笑话流传过。而今，它却是举世公认而且广泛采用的饲养技术，它的内容更丰富了。例如，音乐不仅是在挤奶时播放，在喂食、休息时也要定时播放；乐曲的选择也至关重要，只有轻快、优美、流畅的乐曲才能达到理想的效果。据说有人试验过，施特劳斯的圆舞曲《蓝色的多瑙河》会使奶牛的产奶量大增。而沉郁、悲壮的贝多芬第九交响乐却会使产奶量锐减。

蚊子对声音是很敏感的。据说，有一位歌剧演员在演唱高调滑音时，一群雄蚊子向他那大张着的嘴巴扑来，弄得他尴尬万分。也许是那滑音和雌蚊的声音相近的缘故吧！相反，怀卵的雌蚊由于厌恶雄蚊的纠缠，一听到雄蚊的声音就赶快溜之大吉。目前美国、西欧流行的声波驱蚊器就是根据这个原理制造的。它发出的是雄蚊飞行时振翼的特殊声波，能把雌蚊赶得远远的。而叮人吸血的正是雌蚊，雄蚊是不叮人的。这种声波驱蚊器在美国、西欧很灵验，拿到中国来就不灵了——中国雄纹的飞行声与驱蚊器发出的声波不一样。

根据鱼类对声波的反应，用特定的声波诱集或驱赶鱼类进行捕捞，是一种现代化的渔业技术，已经很常见了。更奇妙的是“声音驯鱼”。就是对养殖的鱼群用特定的声音进行驯化，使它们一听到这种声音就会赶来取食。等到这种条件反射稳固以后，把这些鱼放到鱼群聚集的海域，过一阶段再用这种特定的声音进行诱捕，那些已驯化的鱼听到声音便急急赶来，还充当了“带头羊”的角色，带来了大量野生的未经驯化的同伴。这种新奇的捕鱼手段已经试验成功，而且取得了可观的效益。

两大高新技术的交汇

这里所说的两大高新技术的交汇，是指神经网络计算机和生物芯片的结合。

曾有人使用一台有翻译功能的电脑，将一句话从英语译成俄语，再回过来译成英语。原句是“心有余而力不足”，想不到，一个来回后面目全非，成了“伏特加酒很凶，但肉已发臭”。

这是真实的，不是笑话。它说明，电脑尽管有惊人的运算速度和存贮信息的能力，却仍然不及人脑聪明。由 140 亿个神经细胞组成的人脑，在学习、联想、整体判别、优化控制等方面，是电脑望尘莫及的。

80 年代以来，许多电脑专家转而致力于研究人脑的结构和功能，期望用最尖端的材料和电子线路来模仿人脑的功能，包括神经细胞的兴奋和抑制，神经网络的联通和整合，大脑的思维、判别和反射等等。在此基础上，就可能制造出新一代计算机——神经网络计算机。和过去的所有计算机不一样，神经网络计算机有学习能力，会积累经验，增长知识，在记忆、联想、模糊识别等方面逼近或超过了人脑。它被称为第六代计算机。

1992 年，日本的一家公司宣布研制出一部“通用神经网络计算机”。这部计算机模仿人脑神经细胞传递信息的方式,使用 32 个有学习能力的大规模集成电路，不用软件，不需要解读软件命令的线路。它的处理速度奇快，人脑要 1 个多小时读完的文字，它在千分之几秒内就能读完。

在当代的高新技术中，计算机技术和生物技术是两大主力。神经网络计算机可说是这两大技术融汇的产物，但它是宏观方面的产品。在微观方面，生物技术也同样为计算机技术作出了巨大的贡献，那就是近年来各发达国家都在加紧研制的生物芯片。

作为计算机核心元件的芯片，至今仍是以半导体为材料的。但半导体芯片的发展已快要达到理论上的极限。它面临的困境是半导体的集成密度受到限制。一片硅片上最多只能排列几千万个晶体管元器件，否则就会有发热、漏电等问题。这样，芯片的存储容量就有限了，而芯片容量的限制直接会影响到计算机处理信息的速度。所以，要使计算机技术再次取得新的突破，必然的趋势是用新一代的芯片——生物芯片来取代半导体芯片。

生物芯片的主体是生物大分子。蛋白质、核酸等生物大分子都具有像半导体那样的光电转换功能和开关功能。但目前为各国科学家看好的是蛋白质分子。蛋白质分子具有低阻抗、低能耗的性质，不存在散热问题。它的三维立体排列使它具有较大的存储容量。使用蛋白质芯片的计算机，处理信息的速度可望提高几个数量级。另外，蛋白质分子还有自行组装和再生的能力，为计算机全面模仿人脑、实现高智能化提供了可能。

选择哪种蛋白质分子来担当这一重任呢？这可是各国科学家在努力攻关的核心问题。一种嗜盐菌的紫膜中的蛋白质分子（代号叫 bR）看来是选作生物芯片的理想材料，因为它来源广泛，具备作为光电转换和开关元件的优良性能。而紫膜是目前唯一的结晶状生物膜，稳定性很好。我国科学家在紫膜蛋白质分子的研究中也有不少建树，有可能为生物芯片的问世作出自己的贡献。

制作生物芯片除了直接选用天然蛋白质分子之外，一种更为奇妙的手段是制造人工蛋白质分子。这有两种途径。一种是通过 DNA 重组，使某种微生

物“分泌”出合乎要求的蛋白质分子；另一种是直接用蛋白质的基本材料氨基酸来进行组装。人工蛋白质分子是根据理想的蓝图来进行构筑的，性能当然比天然蛋白质分子优异，但同时也存在着更多的困难，目前尚处于实验研制阶段，离实际应用还有不小的距离。

现代仿生技术

企鹅——越野车，
袋鼠——汽车，
水母——风暴预测仪，
蝙蝠——雷达，
王莲——展览馆，
鲸鱼——潜艇，
苍蝇——照相机，
……

这一串两个一组的名词，也许会使你有点莫明其妙；每一组里的那两个名词，似乎是风马牛不相及。

其实，这是一份现代仿生技术的成果索引。

企鹅在冰天雪地里行走，看似步履蹒跚，滑稽可笑，其实却是又稳健又快速，因为它的脚下毕竟是滑溜溜的冰雪。模仿企鹅的行走动作而设计制造的极地越野车，移植了企鹅的特长，在冰雪上行驶不会打滑、下陷，速度可达到每小时 50 千米。

袋鼠的跳跃能力在哺乳动物里出类拔萃。连续不停地跳跃是它独具一格的行走方式，正是这种行走方式使它能在难以迈步的沼泽和沙漠中健步如飞。如今，一种没有轮子的跳跃式汽车已经诞生了。在沼泽和沙漠中，这种以袋鼠为鼻祖的汽车比有轮子的汽车管用多了。

水母能听到快速气流与海水磨擦所产生的次声波,所以它在 10 个多小时之前就能预感到风暴的来临。这是因为次声在空气中的传播速度达到每小时 200 多千米，比风暴移动的速度快得多。受到这个启示，人们制成了“ 水母耳风暴预测仪 ”，可提前 15 小时预报海上风暴的强度和方向。

蝙蝠在飞行时，喉内发出 20000 赫兹以上的超声波，并根据目标情况随时调整脉冲参数和调制方式。它能在比自己发出的声音大 2000 倍的噪声背景中接受到蚊子身上反回来的信号，也能轻易地穿过几乎和它身体同样大小的、由 0.1 毫米粗的线织成的网的网孔。现代的雷达吸收了蝙蝠的回声定位系统的许多优点，大大提高了灵敏度和抗干扰能力。

一张浮在水面上的王莲叶子可以托住一个小孩而不致下沉，这得益于王莲叶子叶脉的特殊网状结构。建筑大师据此而设计了展览馆屋顶的网状骨架，既轻巧又坚固。

鲸鱼要浮出水面呼吸时，可以毫不费劲地用背脊撞开 30 厘米厚的冰层。它那背脊的造型成了设计现代潜艇顶部的样板。这种潜艇在冰封的海域能迅速浮出水面发射导弹。

苍蝇的复眼由上千个单眼组成，能全方位捕捉视觉信号。对蝇眼的研究促成了“ 蝇眼 ”照相机的问世。它可以一次拍下 1000 多张照片，分辨率高达每厘米 4000 条线。

大自然中的生物可谓千姿百态、千奇百怪。经过亿万年时间长河的大浪淘沙，这些“ 适者生存 ”的生物各有各的绝技，各有各的神通。庞大的生物王国显得奥妙无穷。现代生物技术在改造、利用生物的同时，又孕育出一支以模仿生物为能事的分支——仿生技术，并且取得了一系列的成果。

微生物的妙用

微生物同人类生活的关系密切，甚至起着人们意想不到的许多作用。

关于微生物可以制造味精在前面已介绍过，这里说的是微生物其他的一些用途。

用微生物可制取防腐剂，用作竹木工艺品、电线、塑料和纤维制品的涂料和填充料，可以起很好的保护作用。

在植物纤维加工时，微生物可以帮助脱胶，进一步提高纤维的产量和质量。

皮革经过鞣制，使表面变得柔软光滑，既提高了质量，又增加了美观。利用细菌鞣制皮革，收到了良好的效果。

有些微生物能把碳水化合物变成脂肪的本领，人们把它用于大规模工业发酵生产，不仅产量高，生产周期短，而且不受季节和自然环境的影响。

人们发现，各种微生物都或多或少地含有不等的油脂。细菌家族中的大肠杆菌、巨杆菌和白色葡萄球菌等都是产油的能手。可是，它们都很“ 娇生惯养 ”，要用甘油、蛋白胨等来培养，还要用牛肉浸汁、葡萄糖等来喂养，花费过大，很不合算。

霉菌类的成员中，青霉、镰刀霉等出油“ 本领 ”都比细菌强，毛霉更是佼佼者，而且都吃得很粗，容易供养。它们只需糖类、硝酸铵和硫酸铵等就满足了，那些农副产品加工后的废料，它们也不嫌弃。酵母菌类的兄弟中，红酵母创造了最佳的出油成绩，高达 74%，连油料之王的油棕也望尘莫及。

微生物生产的油脂，除了含有动、植物油脂中的软脂酸、硬脂酸的油酸等成分外，还含有其他成分，营养价值比其他油脂高，而且使用时对人体没有不良影响。这样，它为人类展现了大规模生产油脂的广阔前景。

细菌里的能工巧匠

说起细菌，我们几乎都会谈虎变色，不寒而栗，什么霍乱菌、痢疾菌……等等都是面目可憎的恶魔，人们撞着它，小则疾病缠身，重则死于非命，因此人们一向视它们为洪水猛兽，细菌是“万病之源”已经深深地印在人们的脑海中。

其实，在这个种类繁多的细菌王国里，并非清一色的都是人类的天敌，有许许多多种细菌不但不会危害人类，相反十分有用，能够为我们做很多有益的事情。它们是细菌里的能工巧匠。

细菌织布工

英国的一些科学家已经利用细菌织出了世界上第一块这样的布。

这种织布方法非常特别，既不用棉纱，也不用梭子，它用葡萄糖和其他养料作原料，然后放入菌种，配以合适的温度，细菌就会迅速繁殖生长。每个细菌每小时可以繁殖一亿个新的细菌，每天能织出 3、4 厘米长的布来。只要细菌不死，织布就一直继续下去。当老的细菌死去时，新的细菌会接替它的工作继续织下去，就这样织出“天衣无缝”的布来了。

用细菌织出的布有很多优点：比如布纤维长、结实牢固，比通常的布密度高得多。由于这种无棉纱的布是由细菌织成的，所以最适宜作为医疗上的绷带，它能够使伤口形成一种与人的皮肤细胞组织相似的柔软的“皮肤”来，促使伤口加快愈合，疗效非常显著。另外，这种布十分细密，用它来过滤杂质效果极佳。科学家乐观地预言：这种不用棉纱织出来的布，不仅用于医疗卫生和工业上，而且可以用于人类的衣着上，前途十分光明。

不过细菌织布所用的葡萄糖价格很昂贵，所以要实现大规模的细菌织布，还有一定困难。科学家提出了一种新的设想，希望利用遗传工程，把合成纤维束带的基因转移到光合细菌的细胞内，那就可以利用太阳能直接生产纤维束带。这个愿望如果一旦实现，那么传统的纺织品——棉、麻等纤维织物就要相形见拙了。

细菌发电工

世界上有没有真能发电的细菌呢？回答是肯定的。最近，有家工艺研究所的设计人员设计出一种细菌电池。在这种电池中，电子是靠那些生活在阳极的细菌进行生物化学反应而产生的。当微生物吸收碳水化合物（例如糖）的时候，就产生电子。通常电子是只供细菌自己生长用的。但科学家们发现：如果将一种叫做二胺苯胼噻■的化合物加到糖水里，电子就能从细菌体上分离出来，聚集到电池的阳极上，接上导线就形成从阳极流向阴极的源源不断的电流。这种生物化学电池，就是“细菌电池”。

英国牛津大学根据这一原理，研究试制成功一种酶电池，它采用醇脱氢酶铂金做电极，以甲醇作原料产生电能。

这种细菌电池很有实用价值，它已经在通讯航标上进行试验，证明性能很好。以这种电池供应电能的发报机也已在太空中使用。而且，科学家正在为宇宙飞船设计一个密闭的生态循环系统，其主要组成就是采用酶细菌电

池。目的是在太阳能光合作用的配合作用下，将宇航员呼出的二氧化碳和排出的粪便重新组合，产生的氧气供呼吸，排泄的尿也进入酶细菌电池，产生电力，形成一个“生态链”。

另外，在某些偏远地区供电得不到保证的重要部门，也可以采用这种电池供电，养料可以应地制宜，就地取材。例如利用当地的一些废物如食品工业和污水处理厂的废料，就可以供给细菌食物，从而得到廉价的电流。

不仅如此，细菌还有捕捉太阳能并把它转化成电能的本领。过去人们只知道植物的叶绿素能够吸收阳光、捕捉阳光，通过光合作用，叶绿素能从空气、水和阳光作用下制造出可供我们利用的物质。现在细菌也具有这种本领。

细菌安全员

有一些细菌的食谱非常奇特，例如有一类细菌以食甲烷为生。

甲烷是地下煤矿最危险的敌人。世界上每年死于煤矿爆炸的人不知有多少。目前正在研究利用这种细菌来担任煤矿井下的“安全员”，用来防止矿井中的瓦斯爆炸。

印度有家中央矿山研究所，他们希望借助一大群甲烷单毛杆菌来防止矿井中的瓦斯爆炸。这种杆菌就是以甲烷为食物的。

科学家们进行的初步试验证明：甲烷单毛杆菌在一周内就能从含有 99%的瓦斯的矿井中，吃掉 65%的甲烷。因此煤矿工程师们现在正在设法把这种细菌通过钻孔注入充满瓦斯的矿井中，消除煤层里的瓦斯。

前苏联的一些微生物工厂正在挑选以矿井瓦斯为生的菌种，模拟细菌生物的习性和生活条件，制成一种盐溶液，在矿井即将开发的前半年，将这种盐溶液注入煤层，结果甲烷在“上阵”以前就被消灭了；或者在采煤机工作的同时，将这种溶液喷洒在工作面上和采掘出来的煤层上，让它加速消除甲烷。这样一来矿内甲烷总含量可以降低一半以上。

细菌采油工

家畜和部分野生动物经过驯化，可以为人类服务，现在科学家也利用驯化的细菌，帮助人类工作。利用微生物帮助采油就是一种。

英国在新泽西州进行了初步试验，他们把油沙浸入水中两小时后，经过细菌的劳动，全部石油都漂浮在表面上。因为细菌能够中和石油质子和沙粒联系在一起的电荷。

为了“教会”细菌完成这一工作，事先要用小剂量的辐照来改变他们的遗传密码。

这些“石油工人”的最可贵之处是它们劳动时，不计任何条件，一无所求，他们能在最艰苦的 300 米深的地下工作。科学家们还进一步探索、研究这种细菌能否在更深的地下——譬如 3500 米以下，或在高温中劳动。

澳大利亚堪培拉地质生物学实验室的研究人员也发现：以按树草为生的毛虫体的细菌能够帮助人们开采出更多的石油。他们发现这种细菌能够分泌出大量的天然去垢剂——表面活性剂。这种表面活性剂使原油的表层变得‘柔软”，富于“润滑性”，因而更加容易流出油井。

细菌冶金工

某些细菌则能回收矿物里的一些重金属。

过去在处理含有重金属的矿山废水时，多年采用物理方法或者化学方法。例如，采用中和反应的方法，将重金属作为氢氧化合物的“沉淀物”积沉下来，这种方法一直被人们所采用。但近年来人们对保护环境，防止污染、节约能源等问题越来越重视，所以，很希望利用细菌进行回收合金、银溶液里的重金属的工作。

目前，这项工作大体上已经实现。比如采用一种硫磺细菌可以将铜矿提纯。因为这种细菌嗜食铜矿石中的硫磺。这种硫磺细菌还可用于提炼锰、铅、锌、镍等金属。同样是提取烟灰中的锌，用过去的老方法回收率只有 40%左右，而用细菌回收的新方法则可以提高到 80%，整整提高了一倍。

日本宫崎医科大学化学研究室还研究成功“放线菌”从海水中提取贵重的原子核燃料“铀”。因放线菌吸附能力很强；它的吸着速率比过去研究的用氧化钛等无机物的吸着方法快一倍，而且吸着剂的成本是廉价的自然界的生物，成本很低，这是其他方法无法比拟的。

细菌侦探

一种无害的细菌微生物，可以成为帮助人们破案的侦探。

只要在经常失窃的东西上喷上带有这种细菌的无色、无味，又是无嗅的液体，那么可以借助细菌侦查出谁是窃贼。

侦查经过很简单，只要用钢片把怀疑对象的手或其他部位轻轻刮一下，再把钢片放在盛有培养液的碟子里，不用多久，细菌就会“告诉”人们谁是真正的窃贼，因为窃贼作案时，手或身上已经沾上防窃用的这种细菌。

一次，美国一家银行有一批旅行支票突然失踪了，根据种种迹象，行方认为是自己内部人偷的。于是警察在银行的另一批旅行支票上喷上这含有细菌的液体，使这批旅行支票布满了肉眼看不见的细菌。数天以后，这家银行又发生了旅行支票的失窃案，警察用一块块不锈钢片轻轻刮一下每位银行职员的手，再把这些钢片分别放到盛有细菌培养液的碟子里，不久，培养液的碟子就出现了细菌，窃贼亨利就这样被捕了。

细菌净水工

由于工业的飞速发展和人口的剧增，大城市用水量与日俱增造成用水紧张，地面干净的水，一年比一年短缺，因此迫使人们大量使用地下水。但是地下水并不干净，水中大都含有较多的金属元素，如铁和锰等。用通常的方法除去水中的铁质和锰质很麻烦，且费用很高。

瑞典科学家研究出一种利用细菌直接在井内净化含水层的水的简便方法。这种方法是：先将地下水抽出一部分，通过一台通气机，使地下水吸足氧气，然后将水重新送入井中。这时，由于地下水含有较多氧气，井的四周泥土也跟着饱含氧气，结果井四周的细菌便大量繁殖，而溶于水的氧气借助这些细菌的作用，将铁和锰氧化而沉积在泥土里，人们就可以得到清洁的地下水了。

德国研究人员也成功地利用脱氧副球菌清除饮水中的硝酸盐。

有些细菌专门以有毒物为食料，因而可以使含毒物质的水得到净化。例如氰化物是一种严重危害人体健康的剧毒物质，人们饮用含有 0.01 毫克/升以上氰化物的水，就会危害健康乃至危及生命。但某些细菌能够把氰化物分解，并以其中的一些物质为营养，结果水中氰化物的含量就大大减少了，使水质得到净化。

目前，我国各地也相继建立了生物净化池或细菌净化系统，黑龙江省建成一座生物污水处理工厂，用细菌消除各类工业污水中的酚等有害物质，使水变清，处理效果很好，每公升水含酚量一直保持在 0.1～0.3 之间，远远低于国家 0.5 的标准。

细菌环保工

二氧化硫是生态平衡的大敌，它形成的酸雨对生物、植物造成很大的危害。

在一次偶然的工作中，美国的空军发现有一种细菌能够吃掉飞机油箱中燃料油里的硫磺。于是人们就利用细菌的这一特性用来消除煤和石油中的硫磺，以保护石油贮存罐和管子，同时减少煤和石油在燃烧中产生的污染，减少危害。

会吃硫的细菌是一种嗜热的微生物，它广泛生存于土壤、水和岩石中。嗜热菌不怕热，即使在温泉，甚至在刚刚燃烧过的煤渣场，都能够继续繁殖。所以硫铁矿里的硫，在 25～60℃之间的温度都能被这些细菌所氧化，它能消除 93%以上的硫，而费用只有通常的化学脱硫和烟道气脱硫费用的 40～70%。

战争及其他意外事故，常常造成难以清除的石油污染。

为此，前苏联科学家培养出一种能吃石油的细菌，它吞噬石油的速度很快，相当于其他菌珠的 100 倍。这种细菌能够在-50℃～70℃范围内进行工作。前苏联利用这种细菌在极寒冷的西伯利亚消除被石油污染的地区。人们将这种石油细菌在每平方米渗透 10 公斤石油的土地上进行试验,结果不到两个半月，这块土地又长出了青青的野草。

德国也用这种吃石油的细菌净化柏林一个被石油污染的加油站土地。这块土地被柴油和其他含油废物渗到地下 10 米深处，严重威胁着地下水的使用。为此，当局在这块土地上打下 8 根钢管，把在营养液中繁殖起来的食油细菌通过钢管注入到地下，细菌就开始吞食地下的石油。为了使细菌正常工作，还通过钢管给细菌输送氧气。这个办法既省钱省事，又可不影响原来企业的正常工作。

前苏联科学家还意外地在寒冷的北极水域内发现了多种能吞食海上油污的细菌。从巴伦支海和白海受到污染的港口和航道水域采集的样品证明：这两个海域内有多达 300 多种能吞噬石油的微生物。专家们认为，对这类细菌的研究，将为对付海域的环境污染开辟出一条新的途径。

细菌究竟功大于过，还是过大于功，自有公论。但可以相信，随着生物工程科学技术的不断发展，细菌将会不断被人们驯服，对人类所作的贡献将会越来越大。

“ 驯服 ”的酵母菌

蛋白质是组成动植物细胞的一种很重要的物质，是生命的物质基础。

肉类、乳类和蛋类等含有丰富的蛋白质，而饲养家禽家畜就需要含有一定量蛋白质的大量饲料。在一般饲料里，大都缺少足够的蛋白质；另外一些青饲料，纤维素含量较多，有些禽畜不能直接吸收利用。这样，就出现了饲料供不应求的局面。

为了取得更多的蛋白质，人们请酵母菌来帮助。酵母菌是人们生活中常遇到的：馒头、面包，又松软又好吃，这是面粉拌和鲜酵母发酵后做成的。人得消化不良症，吃些干酵母片，就会帮助消化，增进食欲。香甜的美酒，也是酵母菌在果汁、粮食中发酵而成的，酵母菌广泛分布于自然界，特别是在葡萄及其他蔬果中更多。

酵母菌是一种真菌，个儿很小。它的形状有圆球形、椭圆形、卵形、柠檬形和腊肠形等，内有细胞核、液泡和颗粒体物质。酵母菌是重要的发酵微生物，能分解碳水化合物，产生酒精和二氧化碳。它通常是出芽繁殖，有的用分裂和子囊孢子来繁殖。酵母菌的种类也很多，在生产上利用的有啤酒酵母菌、酒精酵母菌、饲料酵母菌、石油酵母菌等。通过菌体的综合利用，可提炼出一些特殊的药品：凝血质、麦角固醇、卵磷脂、辅酶甲和细胞色素丙等。

60 年代初，美国开始建立了石油酵母蛋白工厂，以石油为原料生产大量石油酵母蛋白，既可得到低凝点的优质油品，又可以回收一定量的高质蛋白。这种石油酵母蛋白作为家禽、家畜的蛋白质补充饲料，每吨可以增产半吨猪肉或一吨半鸡肉。

从石油中制取蛋白质的代价不如从甲醇中生产蛋白质便宜。在用甲醇生产蛋白质时，会得到供养 60%以上蛋白所用的酵母。它可以极好地补充动物的食品，营养价值像鱼粉、豆粉那样丰富。而甲醇则可从木材、煤炭中来制取。

把饲料酵母菌接种到饲料中去，通过酵母菌的发酵作用，就会提高各种营养物质的含量，使蛋白质大大增加，糖化酶、脂肪酶、矿物质、激素和各种维生素也相应增多。玉米、甘蔗、马铃薯和各种麦类等是酵母发酵的好原料，而那些工厂的造纸废液、木屑水解液以及农作物下脚（玉米芯、麦秸等）的水解液，现在也可用作酵母饲料的原料。法国干酪制品厂用一种原是废物的乳清，从中制取 6000 吨酵母，并作为饲料销售。

由此可见，微生物有着取之不尽、用之不竭的能迅速生长的原料来源。而微生物的繁殖率很高，就不难想象广泛使用微生物所产生的结果。如果说，重 500 公斤的一头牛，每天长肉半公斤，而酵母菌在同样的时间内，可使蛋白质的重量增长几百倍。在一公顷土地上，一年出产的大麦可收到蛋白质 300 公斤，如果用酵母菌来生产相同数量的蛋白质，只需在 25 平方米的发酵桶内用半天时间就成了。

人类是怎样寻找新的菌种的

大自然中有许多具有“特异功能”的细菌，但它们“隐姓埋名”，躲藏在地球的各个角落里，要找到它们，得付出艰苦的努力。一些优良菌种的发现往往具有偶然性，但它又是人类辛勤工作的必然结果。让我们举一个例子来说明这个问题。

现在不少发电厂采用原油（也就是未经炼制的石油）作为燃料来发电，由于原油的产地不同，它们含有的杂质也不同，有一些原油含硫量很高，在使用中会严重损坏发电厂的锅炉设备。为了给原油脱去硫化合物的杂质，科学家正在寻找各种各样的方法。他们的目标往往是硫矿附近的土壤：先从土壤中分离出许多单个细菌，然后在实验室中比较它们“吃”硫的本领，“择优录用”。在书本上读起来，这类工作很有趣味，但在实践中，却是一种重复性极强、又很单调的工作。正是千千万万科学工作者默默无闻的工作，人们才得到了越来越多的优良菌种。

选择优良菌种还有另一种重要的办法，这就是变异。我们知道，细菌“吃”什么原料，“生产”什么产品，是由它的遗传特性决定的，也就是由带有细菌遗传特性的物质——基因来决定的。基因是一类称为脱氧核糖核酸（简称为 DNA）的物质，就是它们，决定了“种瓜得瓜，种豆得豆”，决定了“老鼠生儿打地洞”。在正常的环境中，遗传基因是比较稳定的，但在特殊的环境中，如由于辐照或某些化学物质的影响，基因的结构也会发生突变。这种变异会引起细菌代谢特征的变化，这种变化，可能对人类有益，例如，增加味精发酵中谷氨酸的生成率；也可能对人类不利，例如，降低味精发酵中谷氨酸的生成率。

为了找到对人类有益的变异菌种，科学家正利用一些特殊的条件，进行细菌变异的研究，如用射线来辐照某种菌种，使其产生变异，然后再对变异后菌种的特征进行比较研究，从中选出优良的变种。这是一条漫长的不平坦之途，这其中还会有许多谜等待着科学家去破解。

生物医学材料

生物医学材料又称生物材料，其研究与开发始于本世纪 30 年代，在近 20 年内得到了飞速发展。它已被许多国家列为高技术新材料发展规划，并迅速成为竞争激烈的世界性高技术关键新材料的重要领域之一；它对于人类的健康生活和国家的经济及社会和谐发展，均具有重要意义。

生物医学材料的特点

正如建房子需要水泥和钢筋一样，当患者的组织和器官发生病变、引起损伤或衰竭需要治疗时，医生往往希望有合适的材料能够仿制或替代这些组织和器官，这类材料即是生物医学材料。确切地说，生物医学材料是一类对人体细胞、组织和器官具有增强、替代、修复和再生作用的新型功能材料。

从研究内容上看，生物医学材料研究涉及材料学、生物学、医学、药学、物理学和化学等学科。一方面，生物医学材料的发展不断地丰富和促进了这些学科的发展；另一方面，正是由于这些学科知识的横向渗透、互相借鉴并逐渐突破旧有学科的种种限制，才加速了生物材料学科的形成。

从材料种类上看，目前人类社会使用着数以亿计的各种材料，但生物医学材料只有数百种，这是因为生物医学材料有一些特殊的要求。

概括起来说，生物医学材料有三个基本要求：首先是生物相容性，即要求材料在使用期间内，同机体之间互不产生有害作用。这是生物医学材料最基本的要求，也是其区别于其他功能材料的最主要的特点。实际上，绝对意义上的生物相容性是不存在的。一方面，生命是一个封闭的自协调平衡系统，对外来异物的“入侵”有一种天然本能的免疫排斥作用；另一方面，任何材料都会在一定程度上破坏生命系统的原有平衡而引起机体的不适反应。因此，实际上的生物相容性是指材料和机体之间所能发生不良作用的程度限制在双方能够“容忍”的范围内。

其次，材料必须能够在生理环境的约束下发挥一定的生理功能，常称之为生物功能性。如人工代骨材料必须具有一定的力学性能，以保证代骨材料的承载功能。因此，人工关节的首选材料仍是高强韧性的医用金属材料。膜透析材料必须对生物分子具有选择性透析功能。人工眼角膜材料要有一定的透光性和润湿性等。

最后，材料还必须具有一定的可靠性。即材料在人体使用期间内必须确保不出问题，人体部件不能像机器一样任意拆卸检修。生物医学材料本身是为人类生命健康服务的，如果在使用期间没有绝对的可靠性，则往往会成为引狼入室的“杀手”。当然，生物材料随使用部位的不同，还有一些特殊性要求。尽管存在这些极为苛刻的限制，但经过人类数千年来不懈的努力和筛选，我们还是拥有了一定数量的生物医学材料。

生物医学材料的分类

生物医学材料的品种繁杂，临床应用的要求各种各样。从认识和管理来说，目前所使用的所有生物医学材料可按多种标准进行分类。例如，按用途可以分为牙科材料、骨科材料、心血管材料、手术缝线材料、组织粘合剂、

血液代用品材料、药物或药物传递材料等；根据材料来源可以分为同种组织器官移植材料、异种器官移植材料、天然或改性生物材料、人工合成材料等；按材料在人体内使用期限和接触情况又可分为永久性（长期）植入材料和一次性医疗用品材料等。常见的分类方法是根据材料本身的性质分为医用金属材料、医用高分子材料、生物陶瓷材料和医用复合材料四大类。

医用金属材料主要适用于人体硬组织的修复和置换，有钴基合金、不锈钢、钛及钛合金、贵金属系、形状记忆合金、金属磁性材料等七大类。医用金属材料的显著特点是具有较高的强度和韧性，加工性能好，工艺成熟稳定可靠，广泛用于齿科充填、人工关节、人工心脏、磁疗、放射疗法、药物载体、生殖控制等。

生物陶瓷材料是近年来得到较快发展的一类生物材料，应用范围与医用金属材料类似。根据材料本身的性质可分为三类：一类是生物体内近于惰性的生物材料，如氧化铝（纯刚玉）陶瓷材料、碳素材料等；第二类称为生物体内可控表面活性材料，如生物玻璃陶瓷、羟基磷灰石等；第三类是生物体内可吸收的生物材料，如磷酸钙系可吸收材料、熟石膏等。生物陶瓷材料的优点是生物相容性好，同时又具有一定的强度和耐腐蚀性。但脆性和加工成型困难，仍是制约生物陶瓷广泛应用的两个最大难题。

医用高分子材料是生物材料中的最大家族。事实上，正是由于高分子科学的发展才确立了生物医学材料的学科地位。医用高分子材料，包括合成和天然高分子，品种达 100 多种，已被广泛应用于各种韧带、肌腱、皮肤、血管、角膜、骨和牙以及各种人工器官脏器的修复和制造。医用高分子材料所包括的范围虽然较繁杂，但大致上可归纳为 5 个方面：即软组织替换材料、硬组织替换材料、生物降解材料、组织工程材料（又称杂化生物材料、生物化材料或第三代生物医学材料）、药物传递系统、粘接剂和高分子药物等。根据材料的性质分为生物降解和非生物降解材料两大类。所谓降解型高分子材料是指材料在植入体内后，可在生物环境作用下发生结构破坏和性能蜕变，最终通过体内新陈代谢分解而排出体外，如胶原、纤维素、聚氨基酸、壳聚糖及某些聚酯材料等；非降解型高分子材料则相反，可作长期植入之用，如常见的聚乙烯、聚丙烯、硅橡胶、聚砜、聚丙烯酸酯（有机玻璃）等。

生物复合材料是上述三种材料任意两种以上复合而成的。生物医学材料的研究仍属于仿生学范畴。从材料科学观点来看，几乎所有的生物体组织和器官，都是由两种或两种以上材料复合而成。如骨骼和牙齿可看作是由胶原蛋白、多糖基质等天然高分子构成的连续相和弥散于其中的羟基磷灰石晶粒复合而成。皮肤、肌肉、肌腱、韧带等是由弹性硬蛋白和胶原蛋白所组成。目前已实用的生物复合材料主要有表面涂层复合生物材料（如烤瓷假牙等）、纤维增强医用复合材料（如弹性骨折内固定板、可降解骨折内固定板等）。当然，也可根据材料行为分为近于生物惰性的、生物活性的和可生物降解的三种基本类型。前面提及的组织工程材料也可看作是一类特殊的“活”复合材料。这为将来获得真正具有“生命活力”的生物材料开辟了广阔的道路。

生物材料虽然已经在临床上得到了广泛应用，并得到了医学界、化学界、材料学界乃至经济学界人士的高度重视，但它距离人们的真正期望和要求相差甚远。因此，它仍然是一类正在高速发展的“未来材料”。

生物医学的应用历史

生物医学材料的应用历史与人类历史一样漫长。早期人类主要是利用各种天然材料或从已有的材料中寻求比较适合于人体组织的人工材料，如采用马鬃、棉花等缝合伤口，用木板、铜、铁、金等修复颅骨、牙齿，用金属丝固定断骨等。这类材料并没有明确的生物相容性、可靠性要求，所使用的材料也多由于感染、失效而被淘汰了。

进入 19 世纪中叶以后，由于冶金、工业和医学的进步，人们在详细分析和测定了生物体各种物质、组织和器官成分、结构和性能基础上，开始有意识地通过成分、结构模仿，或采用与人体组织的结构成分相类似材料来发展多种新型生物材料，如羟基磷灰石、胶原、生物衍生材料、多肽等。生物医学材料的应用也由于高分子学说的建立而获得较大发展。

近年来，随着世界性高技术的发展和生命科学、材料科学的进步，人们开始逐渐加深了对生物体内各种细胞、组织、生长因子、生长抑素及生命机制的了解，在此基础上建立了研制第三代具有促进人体组织器官自身修复和再生作用的生物医学复合材料新概念。这类材料一般是由具有生理“活性”的组元及具有控制培养作用的载体非“活性”组元复合而成。这可称得上是材料科学、生物技术、医学、药学等方面共同协作努力的成功典范，具有极为光明的发展前景。

生物材料研究是一项多学科交叉的课题，涉及跨学科的多门类知识，是集基础科学、工程技术、临床医学和药学于一体的学科。生物医学材料研究的最终目的是用其能够完全替代或修复人体病变、衰竭或损伤的各种组织和器官，并实现其生理功能。

生物陶瓷在医学上的妙用

一个生命垂危的心脏病患者躺在手术台上，无形灯下，医生用娴熟的手法切开了病人的胸膛，把患者已不能正常“工作”的心脏瓣膜取下，将一个精巧的“人工合成心脏瓣膜”换上去……经过一系列治疗，把病人从死亡线上抢救过来。类似的方法 20 多年来已使 50 万以上的病人摆脱了死神的魔爪。你知道这种神奇的人工合成心脏瓣膜是用什么材料制造的吗？说出来你也许会大吃一惊，那竟然是我们每个人每天都要接触的“陶瓷”——当然，并不是普通的陶瓷。

陶瓷，可以说是人类最早运用的材料之一，在中华民族历史上，它的渊源几乎可以追溯到青铜器之前，那就仅次于石器了。近年来，现代科学技术的发展，又赋予了陶瓷新的“生命”，它不仅作为传统的生活用品，而且在工业、航空、医学等领域都大显身手。尤其是 70 年代以后，随着氧化铝多晶和单晶陶瓷的引入和广泛应用，开创了崭新的生物陶瓷时代，继氧化铝陶瓷后又发现了许多生物性能优良的陶瓷材料，在大量临床基础医学研究的同时，生物陶瓷的品种日渐繁多，满足着不同的临床需要。

生物陶瓷是用来达到特定的生物或生理功能的陶瓷材料。它包括：接近惰性的材料；能完全被吸收的陶瓷；可控制表面活性的陶瓷。由于生物陶瓷具有优良的生物相容性，被广泛地用于人工牙齿（根）、人工骨、人工关节、固定骨折用的器具、人工心脏瓣膜、人工眼等。

例如，基于氧化铝陶瓷优良的生物相容性、耐磨损、机械强度高等特征，已使其广泛应用于各种关节的置换，取代已失去功能的关节，达到恢复其各种功能的作用。它不仅能使许多患者的手、脚重新灵活自如，更能使一些失去听力的患者由于换上人工听小骨后部分或全部地恢复听力。

人工心脏瓣膜的工作环境十分苛刻，它要求在湍流和近滞流的区域抗凝血，要求耐 10 亿或更多次荷载冲击而不产生明显疲劳的磨损。

碳质生物陶瓷正好具有良好的血液相容性和生物相容性，它作为瓣膜材料与血液接触不产生凝血，耐磨损度竟可达钛同高钴铬钼耐蚀耐热合金的 30 倍！碳假体还被用于牙科植入，其弹性和负载性能十分适宜。

此外，生物活性陶瓷和生物降解陶瓷可作骨科和牙科的良好修补材料；电热陶瓷在医用热象仪中的应用使许多疾病的诊断变得更加快速更加可靠；声誉鹊起的各类超声波医疗仪器则是以压电陶瓷作为主要的换能器件；磁性陶瓷在“磁疗”中的作用更是妇孺皆知；尤其令人称绝的是一种敏感陶瓷，它能使医生在患者的医学参量测定中做到深入、广泛，从而为诊治提供更科学的依据……

你看，古老的陶瓷和新兴的科学技术的结合能为人类创造多少“福音”！生物陶瓷在未来的岁月中还会有更广阔的发展前景！

细胞融合术和植物“激光技术”

本世纪 60 年代初，日本科学家冈田善雄首创了细胞融合术。他把仙台病素和人的细胞融合一起，打响了细胞融合的第一炮。冈田善雄预言，用他的新方法可以按人类意愿，创造出许多新的生物品种。

此后，捷报频传。1976 年德国生物化学家梅尔希亚用马铃薯细胞和蕃茄细胞融合，结果长出有蕃茄味道的马铃薯来；80 年代，日本科学家用细胞融合术培养出抗倒伏、耐寒、高产的水稻品种。梅尔希亚又把绵羊和山羊的胚胎细胞融合在一起，放入绵羊子宫中，成为既有绵羊特性又有山羊特征的新品种。

不同生物的细胞为什么可以融合呢？

著名生理学家托马斯认为，当两个不同种的细胞接触时，接触部位的细胞膜组织会自行溶解。这样，细胞内的物质便可以相互沟通，最后两个细胞核融合一起，成为一个具有两种细胞特征的新品种。这就是细胞融合技术的原理。

另外，号称植物激光技术的是组织培养术。它是将某一植物的单细胞，通过人工培养，使它成为一棵植株。

最早发明这种技术的是生理学家罗宾斯。他在 1992 年用棉花、豌豆和玉米等茎尖培养出植株。1937 年，生理学家怀特用一个胡萝卜细胞，在试管中培养出胡萝卜植株。本世纪 80 年代后，生理学家弗雷迪又把传统组织培养技术改进为“微繁殖法”，方法简单而效果惊人。他把植物细胞的细胞芽尖放在含有植物生长素的培养基中培养，经过几星期，芽尖就发育成植株，便可以移到田中去种植。

组织培养术的发展无论是在经济上或科学研究上都有重大意义。拿经济价值来说，这种技术已给人们带来数以亿计的收益。例如，新加坡有一家专门用组织培养术培养兰花的公司，已培养出 150 种兰花新品种，每年纯利润就达数百万美元。科学研究上看，组织培养术给农业生产的工业化提供了条件。它可以使植株大量在试管中繁殖，在 3～4 个月内可保证培养出数百万株优质种苗，供人移栽到大田。这完全摆脱了以往那种繁琐的育苗法。难怪人们将组织培养术誉称为植物学里的激光技术。

组织培养术还有一个重大作用，是用来挽救将要灭绝的植物品种，使一些濒临绝境的植物品种在短短几个月内“子孙满堂”——繁殖出几万至几百万株种苗来。

细胞融合术、组织培养术、DNA 重组术号称 20 世纪以来三大生物技术，这些技术的应用使按照人们的意愿“制造”或“改造”生物及其品种成为可能，在不久的将来将极大地改变人们的生活方式。

与人类关系密切的动物毒素

动物毒素与人类关系极为密切，它们作用的多样性令人感到惊奇，它们的化学结构的多样性也同样令人称奇，这些毒素可以是蛋白质或多肽，也可以是生物胺、生物碱，还有的是杂环化合物。

据不完全统计，目前全世界每年大约有 170 万人被毒蛇咬伤，其中 4 万个案例中的受害者中毒死亡；每年有 2 万人由于吃了有毒的鱼类或贝类而中毒，其中有 300 个案例致人死亡。在墨西哥，每年就有 7 万人被蝎类刺伤，其中 1200 人死亡。在美国，从 1959～1973 年的 14 年间，共有 1729 人被毒蜘蛛刺伤，其中 55 人死亡。

河豚鱼类是卵巢毒素鱼类。在日本，河豚鱼被作为美味食品上市，但必须经过十分仔细地处理。在我国，河豚鱼是不许上市出售的，因为河豚鱼的毒素太毒了，它的半致死剂量为 8 微克/千克，这对于一个体重为 75 千克的人来说，1 毫克多的毒素就能致人于死地。河豚鱼毒素存在于鱼的卵巢、睾丸、肝脏和肠胃中，肉和皮肤中的毒素相反却很少。河豚毒素的毒性与生殖周期有关，最 大毒性期是在怀卵期内。河豚鱼毒素不仅作用于人的神经系统，而且还作用于人的心脏。

蛇毒是人类研究得较为深入的另一种动物毒素。在我国南方各省中，有着金环蛇、银环蛇、眼镜蛇、竹叶青蛇等等剧毒的蛇。在北方，大连附近的海上，有一个叫蛇岛的小岛，上面有数以万计的蝮蛇。目前，我国已建立了不少养蛇场，饲养着许多毒蛇。

毒蛇有一个完整的毒器，这种毒器由高度特异的牙齿和毒腺组成，它们的毒腺相当于鳃腺，输导毒素的导管由毒牙处出口。毒蛇在咬人时，毒液就从毒牙中注入人体。蛇场的工作人员定期从毒蛇身上采集毒液。这种取毒的办法很有趣：取毒者一手抓住毒蛇的头部，另一只手拿一只玻璃的培养皿，让毒蛇咬住培养皿，此时毒液就从毒牙中流入培养皿。从毒液中可以分离出毒蛋白，然后再进一步分离其中的有效成分，科研工作者研究它们的化学结构和药理作用，并利用免疫学的办法制成抗血清，用于救治被毒蛇咬伤的人。

蛇毒的成分多为毒蛋白，而且多数属于神经毒素类型，例如，眼镜蛇蛇毒为心脏毒素和类似于箭毒的神经毒素。

生物毒素损害人类的健康，威胁人类的生命，但如果使用得当，它们又能造福于人类，不少毒素现已被广泛应用在临床治疗上。

蛇毒具有镇痛作用，这对于癌症病患者的后期特别有意义，这种病人往往病痛难忍，不得不采用吗啡类的药物来镇痛，吗啡类的药物用多了之后就会上瘾，得不断注射。临床实验证明，眼镜蛇毒素的镇痛效果比吗啡要好，而且不会有成瘾的副作用。

毒蝰蛇和沙蝰蛇的毒素，对风湿性关节痛和关节炎痛，可取得满意的效果，响尾蛇毒还可治偏头痛。

蝰蛇毒素的制剂，具有抗凝血作用，可作为抗凝血剂；而红嘴蝮蛇的毒素中，有血小板溶解因子，它的制剂可用来治疗血栓静脉炎所引起的凝血块。

另外，蜂毒素可用来治疗风湿性关节痛，蟾蜍毒素用于治疗心脏水肿及老年性心脏病。

在我国，动物毒素应用于医药的研究很早就已经开始了。唐朝柳宗元写的著名文章《捕蛇者说》中有这么一段话：“永州之野产异蛇，黑质而白章，

触草木尽死，以啮人，无御之者。然得而腊之以为铒，可以已大风、挛踠、瘘、疠，去死肌，杀三虫。”

生物毒素之谜历经多年，终于部分为人类所破解。当今，许多科学家还在努力研究各种生物毒素，相信随着科学的发展，它能更好地造福于人类。

解决能源问题的希望

从 70 年代起，能源问题开始困扰着人们。

在刀耕火种的史前时期，地球上每人每天消耗能源约 4000 大卡；进入农业社会，每人每天消耗能源约 12000 大卡；到了工业社会，这个数据增加到 70000 大卡。近 20 年来，随着工业生产的快速发展和人类物质文化需求的不断增长，全球的能源总消耗量每年以 5%的幅度递增，到 2000 年将达到 20 亿亿大卡。

石油、煤和天然气是人类传统的能源。据科学家预测，亚洲和远东 30 年内会耗尽这些能源，南美、中美为 40 年，而储量最丰的中东也不过是 65 年。

在 80 年代，研究能源的学者们脸上出现了微笑。

除了核能、太阳能、风能的利用取得不少进展之外，最重要的是，人们确认了这样一个事实：地球上每年生产出的纤维物质，也就是那些稻草、麦秆、玉米秸、灌木、干草、树叶等等，只要拿出 5%来，加以合理的利用，就足够满足全球对能源的需求量了。

这里的关键是“合理的利用”。说说容易，做起来就不简单了。

谁来完成这一使命？当然是发酵工程。

这些纤维物质，都是由纤维素、半纤维素、木质素这三种成分组成的，其比例大致是 4：3：3。发酵工程要使纤维物质转化成能源，第一步是要进行预处理，将这三种成分分开。这是不难办到的，有多种工艺可以采用。其中比较成熟、比较经济的是蒸气膨化和氨冷冻膨化。

这三种成分分开以后，除了木质素另有用途之外，纤维素和半纤维素可以分别进入发酵罐，采用不同的微生物来进行发酵。它们的发酵过程都分为两个阶段：第一阶段的产物是糖类，即碳水化合物；第二阶段的产物主要是乙醇。

微生物的性能优良与否，当然是至关重要的。日本科学家培养出一种最先进的菌株，能将纤维素 100%地转化为葡萄糖，而两吨葡萄糖可以生产出一吨乙醇。

乙醇，不就是酒精吗？发酵工程的起源，不就是古时候的酿酒技术吗？历史似乎绕了个大圈子，最原始的发酵工程又返回来为现代人解决最揪心的能源问题了。当然，那是在高得多的层次上。

酒精作为一种新颖的能源，具有一些明显优点。它的来源丰富，可以再生，没有污染，而且生产技术已经比较成熟。酒精作为能源的使用方式是代替燃料油。汽油掺入 10%酒精，在略加改装的汽车上即可使用。另外，直接以酒精为燃料的发动机也已经诞生了。目前，在领先一步的 20 多个国家里，酒精替代汽油作燃料的比例已达到 5%～10%。

发酵工程对能源问题的贡献远不止于生产酒精这一项。

对于传统能源——石油的开采，发酵工程另有一功。一方面，已报废的油井投入某种细菌培养液后，井内压力会上升，会再奉献 20%～30%的原油。这种培养液已大量生产并投入应用。另一方面，科学家已发现了两种神通广大的细菌，它们都能利用空气中的水和二氧化碳直接合成石油，而且它们繁殖能力都很强，培养并不困难。这样，在解决若干技术问题之后，广阔的海面将可能成为永不枯竭的油田，人类对能源的忧虑将彻底一扫而空。

生物技术——改变人类生活的巨大潜因

70 年代初期，生物基因工程取得了技术上的重要突破 1973 年美国科学家科恩和博耶首次实现了将 DNA 分离出来，并把它组合到另一种生物的遗传物质上去，即 DNA 重组技术，从此现代生物技术大踏步发展。

现代生物技术的核心是基因工程和细胞工程。改变基因组成，可以采用两种方法：一种是将不同生物体内的 DNA 分子取出，进行体外加工，构成新的重组 DNA 分子，然后再放回受体细胞内，使外源基因得到表达，这就是“基因工程”技术；另一种是通过移植染色体或细胞核，而达到转移基因，从而改变生物基因组成的目的，这就是“细胞工程”技术。

生物技术广泛应用于各个领域，如培育高产优质农作物新品种，培育优质家畜、家禽、鱼类新品种，移植固氮基因，生产新型药物，提高免疫医学水平，治疗遗传疾病，丰富食品，开发再生新能源，增强环保能力等，已取得了显著成就。

自 20 世纪 70 年代末基因工程在技术上实现新的突破以来，首先是在美国，然后是在全球，迅速掀起生物技术发展热潮，不少国家相继制订发展规划，大量投资，加紧办厂，兴建生物工程公司。在近 10 年中，各类生物工程公司仅美国就出现 484 家，日、德、英、法、瑞典、瑞士、意、比等国共有近 400 家，这在现代产业史的发展中是十分罕见的。

美国是生物技术基础雄厚、起步最早的国家，目前仍处于领先地位，但也面临日本、欧洲等国的严峻挑战。80 年代中期，美国政府组织专家编写的报告，提出 10 项政策措施，加速生物技术的发展。美国拨款 30 亿美元实施规模宏大的“绘制人类基因结构图”计划，进一步研究遗传机制、发育机制和免疫机制，查明人类全部基因，揭开生命奥秘，这对于了解人类本身具有重要意义。

未来的生物技术

生命科学的发展对我们的生活有非常密切的关系，未来的生物技术对农业、环境、健康、化工等都是非常重要的。

利用生物技术将来可以由转基因生物生产食物、药品和移植器官。将来植入人体的各种智能芯片可以提高记忆、恢复视力、听力等。现在恢复视力的芯片已经发明出来，并植入人体。还可采用基因疗法治疗肿瘤、心血管常见病。

将来可以用转基因植物直接生产塑料和化工原料现在我们的化工厂污染也很厉害，用生物来直接生产化工原料是可能的。生物酶比化学的催化剂更有优越性，因为生物酶常常在常温的条件下进行催化。我们人体就是一个大的化工厂，是靠生物酶来作用的。而很多化学催化剂需要很高的温度，还会带来很多问题。用生物酶作催化剂发展化学工业，用生物清理垃圾和清除污染，用生物防治代替化学农药，用经微生物处理的有机肥代替化学肥料是发展方向。现在化学农药污染是相当严重的，前不久有消息说，广东有些人因食用被污染的蔬菜而生病，这就表明我们目前使用的农药毒性太高，将来要解决这个问题，很重要的是采用生物防治的办法。

生物技术也可以应用于电脑产业上，生物芯片和生物电脑能更好地模仿人脑的功能。

生物技术还可让具有自组织、自适应和自修复功能的仿生材料和器件成为商品。例如，人的骨骼有自修复的功能，那么，机器的零部件损坏了，能否自己识别自己修复，看来这也不是完全不可能的。

人类是聪明智慧的，人类的探索道路无止境。相信未来的生物技术必将给人类的生活带来更大的希望，人类的明天将会更加美好！