

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

· 现代科学技术博览丛书

· 向上帝挑战生物技术



序言

朱光亚

1995年5月6日中共中央、国务院作出《关于加速科学技术进步的决定》，提出“科教兴国”战略。在5月26日召开的全国科技大会上，江泽民同志指出：“实施科教兴国的战略，关键是人才”。而培养人才，关键又在教师。为此，国家教委和中国科协决定在全国师范院校实施“园丁科技教育行动”。“园丁科技教育行动”旨在向师范院校学生传播科技知识、科学思想和科学方法，引导他们树立科技意识，学会科学思维，培养他们的科技制作能力、发明创造能力和进行科技启蒙教育的能力。实施“园丁科技教育行动”，对于培养跨世纪的合格师资，提高未来教师的科技文化素质，教育亿万青少年爱科学、学科学、讲科学、用科学，抵制愚昧迷信，提高全民族的科学文化素质，具有重要的战略意义。

“园丁科技教育行动”的一项配合措施是，组织部分科学家、科技工作者编写有关介绍现代科学技术知识的丛书，供师范院校的学生课外阅读。现在，经过不到一年的努力，这套由中国科学院院士和中国工程院院士担任各册主编、由科技工作者或科普工作者编写的“现代科学技术博览丛书”，终于同大家见面了。

现代科学技术是一个外延很广的概念，要在这几本小册子里把所有的内容全部包括进去是不可能的。这套丛书，由王淦昌同志主编的《永无止境的探索自然科学基本问题》选择了自然科学基础性研究方面的部分内容；按我国1986年制定的《高技术研究发展计划纲要》（即“863”计划）的基本思路，选择了一些得到世界各国公认并将列入21世纪重点研究开发的高新技术领域，即谈家桢同志主编的《向上帝挑战生物技术》、张效祥同志主编的《大步跨越时空信息技术》、庄逢甘同志主编的《摆脱地球的羁绊空间技术》、严东生同志主编的《在大自然的馈赠之外材料技术》、朱亚杰同志主编的《继承普罗米修斯的伟业能源技术》、曾呈奎同志主编的《向蔚蓝的世界进军海洋技术》；此外，还有钱易同志主编的《爱护我们的“地球村”环境保护技术》，介绍了环境保护技术方面的内容，具有一定的基础性和代表性，因此，称这套丛书为“博览”，恐不为过。

这套丛书是面对中等师范学校的学生的。我们知道，他们毕业后将走上小学教师的工作岗位，担负起培养祖国下一代的光荣任务。从这点上看，向他们普及现代科技知识，意义是非常深远的。为了做好这件工作，丛书的编写者们尽了很大的努力，尽量采用了一些深入浅出的叙述方法和一些生动活泼的表现形式，以让读者不但能较容易地接受有关的现代科技知识，而且在将来工作时能把这些知识讲给更多的孩子们听。

自1995年12月《中共中央国务院关于加速科学技术普及工作的若干意见》发表和1996年2月召开全国科普工作会议以来，我国的科普工作掀起了一股热潮。我国的科技工作者有责任把科普搞好。钱学森同志曾经倡导，博士研究生在准备博士论文时，应该准备两篇文章，一篇是专业论文，是供论文答辩用的；另一篇就是对自己工作的通俗介绍，要能让外行看得懂。希望这个倡导今后能逐步实现。怎样把我国的科普工作提高到一个新的水平，是

摆在我们面前的一个课题，还望科技界同志们不断努力。

1996年8月9日

向上帝挑战
生物技术

战胜上帝——生物技术综述

向上帝挑战的勇士

天、地、水、气，动物、植物、微生物以及被称为万物之灵的人，据《圣经》记载，都是上帝在 6 天之内发明创造的。因为上帝创造了万物，所以信徒们把上帝奉为万物至尊。

当历史的时钟指向 20 世纪 70 年代时，有一批寻求科学真理的勇士们向上帝提出了挑战。这批挑战者使番茄和马铃薯成了一家，创造出既像马铃薯又像番茄的新植物；他们违背上帝意愿，使蜘蛛和细菌攀亲，创造出能“吐”蜘蛛丝的细菌；他们使骨髓瘤细胞和淋巴细胞融为一体，创造出一种能产生抗体的“导弹型细胞”；他们使鲫鱼长出了鲤鱼的“胡子”，创造出鲫鱼鲤鱼新种；他们神通广大，居然能使“亚当”不要“夏娃”就能子孙满堂……上帝在这批勇士面前，只能甘拜下风、自叹不如了。

战胜上帝的原因

这批挑战者为什么能令上帝折服？原因在于生物学、化学、数学、物理学、工程学、计算机技术等各方面的不断发展和进步，使这批才思敏捷的科学斗士得到全面的科学武装，由此能有目的地利用单细胞或多细胞生物体以及生物体内的特殊蛋白质——酶的作用，加工改造自然界中的物质材料，生产出人类生活的必需品和社会需要的产物。这种综合运用各学科的知识，依靠单细胞或多细胞生物体及生物体内的酶，加工改造自然界中的原料，生成人类需要产品的技术就称为生物技术。被加工改造的原料可以是海水、岩石、金属、矿藏等非生物材料，也可以是细胞、多细胞生物体和酶本身等生物材料，加工成的产品既可以是酒精、醋、酱、金属等物质，也可以是新型的细胞、新型的多细胞生物体和新型的酶。

不断发展的生物技术

生物技术与生物工程是互相通用的两个名词，生物技术也可以称为生物工艺学。这些名称在我国 1980 年出版的《辞海》中还没有列入，这是因为生物技术是 80 年代兴起的新技术。直到今日，虽然许多人对生物技术、生物工程、生物工艺学这样的词还十分陌生，不过，自从生物技术兴起后，在短短的 10 多年内已取得了飞速发展，其外延不断扩展，内涵也不断深化。人们对生物技术的认识和描述正在不断地充实和完善，对生物技术的理解也在进一步深化。

到目前为止，人们一般认为生物技术主要包括基因工程、细胞工程、酶工程和微生物工程这四大领域。

基因工程又称 DNA 重组技术或分子水平的杂交技术。这项技术就是按照预先设计的生物改造蓝图，在分子水平上对基因进行外科手术，人为地用一种生物细胞中的基因替换另一种生物细胞中的某些基因，实现基因定向转换和重新组合，以达到定向改变生物性状的目的。

细胞工程是细胞水平上的遗传工程。将一种生物细胞中携带遗传信息的细胞核或染色体整个地转换给另一种生物的细胞，使接受转换细胞核和染色体的细胞产生人们所需要的质的变化，是细胞工程的重要内容之一。细胞工程打破了种与种之间不能杂交的障碍，为创造新物种开拓了广阔的前景。

在化学教科书中，把一切能使化学变化加速而自身不变的物质都称为催化剂，许多简单物质都能起催化作用。例如，氢和氧混合后会缓慢地结合成水；加入少量的铂粉，就能使氧和氢结合成水的进程加速，以致引起爆炸。又如过氧化氢溶液分解成氧和水时，氧气泡慢慢地从溶液中冒出；如果在过氧化氢溶液中加入微量铁粉，就使气泡冒出的速度提高，变成一团泡沫。在这两个反应中，铂粉和铁粉就是催化剂，它们加速了反应速度，但本身基本保持不变。

酶是活细胞产生的能起催化作用的蛋白质分子。一种酶只能催化一种专一的反应而不能催化别的反应。例如，加速过氧化氢分解的酶，不可能催化其他任何反应，而像铁粉这种非蛋白质催化剂，则不仅能加速过氧化氢的分解，还能加快其他反应。

所谓酶工程，就是在一定的装置中，利用酶的特异催化功能，快速、高效地将相应的原料转化成有用物质的技术。

微生物工程是利用微生物的特定功能，通过现代化的装备生产有用物质或者把微生物直接应用于工业化生产的一种技术体系。

生物技术的对象是生物体，生物体都具备传宗接代的能力，因此生物资源不受地球上有限资源的限制；生物技术一般是在常温、常压和近中性的水溶液中进行的，因此可以节省能源和原材料，防止环境污染。

酶的种类

根据所催化反应的性质，酶可分为六大类，这六类酶便是氧化还原酶、移换酶、水解酶、裂合酶、异构酶和合成酶。人们习惯上是根据底物（反应物）反应的性质来命名酶的名称的，如催化淀粉水解的酶称作淀粉酶等，因此，从名称上就可知道酶的性质和所催化的反应。

目前，已知的酶大约有 2000 多种，不少酶已被人工合成，约有 200 种酶已被制成了结晶，各种酶制剂已被广泛应用在医药、工农业上。

广阔的领域、光明的前途

今天，生物技术的发展虽然处于刚刚崛起的阶段，但它对社会的巨大作用以及由此引起的传统产业的工艺变革，将随着科学的进步和人类认识的深化而愈来愈显示出特殊魅力。

生物技术在农业上的研究和开发被大多数国家放到特别重要的位置。意大利的《欧洲周报》曾载文指出，生物技术在农业上的开发研究将导致第三次农业革命。这种说法并不夸张，因为生物技术将会使高产、优质、抗逆性强的良种不断出现，用高效、无毒生物农药替代化学农药，这将改变现有农业的体制和模式，促进农业现代化的进程，导致一场新的“绿色革命”。

生物技术在医药领域的研究和开发也具有广阔的前景，这个领域直接与人类健康、长寿有关，因而引起各国科学家的广泛重视。同时由于生物技术所生产的各类药物的经济效益极其可观，因此医学界人士对生物技术的兴趣也十分浓厚。可以预料，这一领域的产品将成为世界市场激烈竞争的对象。

生物技术在改造传统轻工食品产业、加快资金积累、改变人类食品组成

和饮食习惯方面也有作为。传统的食品生产受到时间（季节、生长期）和空间（产地、种植和养殖面积）等因素制约，远远不能满足人类社会日益增长的需要，而生物技术将有可能使人类必需的营养物通过发酵等方法大量生产。

随着生物技术的发展，特殊细菌及其代谢产物已可作为浸矿剂，为采矿工业的传统工艺改革和提高经济效益开辟一条新途径。

生物技术还能将甘蔗、木薯、玉米等农作物和野生植物等加工处理成酒精等新能源，生产出石油代用品，给能源开发带来新的希望。

生物技术创造出来的“超级细菌”能净化废物、废气、废水，还能化废为宝，达到资源和环境均受益的目的。

飞速发展引起的变革

可以肯定，生物技术的发展将会引起工业结构的调整与改革，并在解决人类面临的粮食危机、环境污染和能源危机中发挥巨大作用。

由于生物技术具有诱人的经济前景，所以已引起世界各国的极大重视。日本科技界流传一种说法是：“今后将不再是‘矿物时代’，而是‘生物时代’了，谁抓住了生物，谁就是时代的霸王。”在美国流传的说法是：“40年代是塑料工业全盛时代，50年代是半导体的全盛时代，60年代是计算机的全盛时代，70年代是微型计算机的全盛时代，80年代是遗传工程兴起的时代。”《大趋势》一书的作者约翰·奈斯比特曾作过预测：“今后的二十年，将是生物时代，正如过去二十年是微电子时代一样。”国际科学界的有识之士也纷纷预言，21世纪将是生物学世纪，生物学将是下个世纪的主角，所有这些预言的根据就是在于生物技术的崛起。生物学已从实验室开始走向市场，因此，世界各国都把生物技术列为优先发展的领域，采取有力措施，加大经济投入，促进生物技术的迅速发展。发达国家早已预感到生物技术产品将是世界经济市场竞争的目标，因而他们在生物技术兴起阶段就牢牢地掌握着生物技术的控制权。对发展中国家的人们来说，生物技术将会在解决经济和社会难题中带来新的希望，因而他们也不甘落后，奋起直追，由此形成了国际生物技术热。

让神话变现实的细胞工程

细胞和细胞学说

现在已经知道，今天地球已是由150多万种动物、30多万种植物和10多万种微生物所组成的生物世界。在这个瑰丽多彩的生物世界中，谁能主宰生物的命运呢？是人！只有人学会了认识生物、利用生物的本领；只有人，才能在采摘野果、捕捉动物充饥的漫长岁月里，掌握了种植粮食、饲养动物的技术。人类在几百万年的漫长岁月里，勇敢地跟大自然搏击、与凶禽猛兽拼杀，增长了才干，获得了利用生物、改造生物、创造生物的智慧和方法。时至今日，人们可以在实验室中，按照预先设计的方案，改变生物体的某个或某些“零件”——基因或细胞，就能在短时期内得到符合要求的新生物。人类利用生物、改良生物和创造生物的技术即生物技术方兴未艾，生物技术正在使流传中的神话变为现实。

细胞工程就是在细胞水平上利用生物、改良生物和创造新生物的技术。这门技术包括植物组织培养和细胞培养、动物细胞大规模培养、细胞核移植、动物胚胎分割、细胞融合等多方面的操作。

这门技术的兴起和完善，耗尽了几代人的心血，在这门技术的里程碑上镌刻着无数奉献者的英名。胡克和列文虎克就是伟大的先驱者中有代表性的人物。

胡克和列文虎克

胡克是英国科学家，全名是罗伯特·胡克，他因最早发现细胞而英名常在。列文虎克是荷兰的生物学家，由于首先制造成放大 200 倍的显微镜，并用这台显微镜发现了微生物而万古流芳。

在人类对生物世界历经几千年的探索中，由于他们缺少必要的研究工具，因而对种类繁多、结构复杂的生物始终无法理出头绪。即使在近代科学兴起之后，着重个体结构研究的英国医生哈维，用他卓越的实验，无可辩驳地确立了血液通过心脏—血管系统连续不断地单向循环的理论，但仍由于缺乏放大工具而无法证实动脉和静脉之间存在着“连接血管”的预言，只能抱恨终生。瑞典植物学家林耐是着重生物群体研究的科学家，他完成了生物分类的研究，使杂乱无章的生物界能“对号入座”，但是他的出色研究成果，同样因为没有放大工具而只能停留在宏观水平上。

1590 年，荷兰物理学家詹森发明了世界上第一架显微镜，这台显微镜的出现，使人们的视线进入了微观世界的大门。1661 年，意大利的医生马尔比基用原始显微镜观察青蛙的肺组织时，终于看到动脉和静脉之间存在着微小血管，证实了哈维的预言，并把这些微小的血管命名为毛细血管，意思是这些血管细如毛发。

英国的罗伯特·胡克从小就勤奋好学并对小制作具有浓厚的兴趣，当他把两片凸透镜叠在一起观看鸡毛时，发现羽干竟像树枝一般粗，羽干上的绒毛也变成一根根粗线，这个现象使他兴趣倍增，他反复调节两个镜片之间的距离，居然找到了镜片间的距离与放大倍数之间的关系。一次奇特的发现，把他引向探索微观世界的大门。他悉心研磨凸透镜片，仔细调节镜片间的距离，反复将镜片组装在一起。经过一次次的试验、一次次的失败，胡克终于取得了成功。经过夜以继日的不断努力，世界上第一架最好的复式显微镜在他的手里制造成功了。当他用这架显微镜观看用软木切成的薄片时，发现软木片是由许多像修道院中的“小房间”所构成的，他把这种“小房间”取名“细胞”。不过，胡克所看到的细胞实际上只是死细胞留下的细胞壁，细胞里面的许多活生生的东西他一点也不知道。

胡克发现细胞的消息不胫而走，传遍世界。荷兰的列文虎克在学徒时代已掌握了一手磨制玻璃镜片的熟练技术，他在胡克之后，装配成能放大 200 倍的显微镜。列文虎克用这台显微镜观看了许多东西，并将看到的一切都详细地记录下来。通过这架显微镜，他发现了精子细胞；通过这架显微镜，他观察到蝌蚪尾部毛细血管里血液流动的情况。更重要的是，他在 1675 年用这架显微镜观察污水时，看到了污水中的“微小动物”。当他在用这架显微镜观察口腔中的牙垢时，居然看到了牙垢中存在着许多小动物，他惊叹着：“在一个人的牙垢里，小动物的数量竟比整个王国的居民还多。”他把自己的详

细描述，以书信的形式全部寄到英国皇家学会。由于在微小生物的观察研究中所取得的成果，他终于成为英国皇家学会的会员，在他寿终正寝之前，英国女王和俄国沙皇彼得大帝都曾拜访过这位出身卑微但贡献巨大的显微镜制造家。

19 世纪的重大发现：细胞学说

显微镜的改进非常缓慢，大约经过一个半世纪，观察细菌那样大小的物体才比较容易。

大约在胡克提出“细胞”这个名词以后，在长达 150 年的时间内，生物学家逐渐明白了所有生物都是由细胞构成的。法国生理学家迪特罗在 1824 年首先提出了这种观点，但是他的这种看法，一是缺乏足够的事实依据，二是未能遇到知音，始终未能引起世人共鸣。

德国的植物学家施莱登，在用显微镜观察各种植物的表皮时，意外地发现无论是木本植物还是草本植物，其表皮都是由蜂巢状的细胞构成的。这个发现使他兴趣倍增，当他将显微镜对着植物的根、茎、叶、花时，只见眼前乌黑一片，什么也看不到，这是怎么回事呢？施莱登百思不得其解。可能是为了解闷的缘故，他不停地挥动刀片，将植物的根、茎、叶、花切成薄片，在他把那些薄得透明的切片再次放到显微镜下时，奇迹出现了。他定睛细看，显微镜下的嫩茎薄片与表皮一样，也呈现蜂巢状的构造。自此以后，他废寝忘食地呆在实验室里用显微镜观察各种植物的不同部位，并将显微镜下的各种细胞图案全部画出来，积累了大量第一手的观察结果。经过认真的对照分析，终于得出细胞是构成植物体的基本单位的结论，并把研究结果收集进《植物发生论》和《植物学概论》等著作中。

他的同胞、德国的一位动物学家施旺，几乎在施莱登用显微镜观察植物的同时，却用显微镜对准了动物的肌肉、血液等。他大约花了整整 3 年时间观察动物的各种部位，也是一面观察、一面绘画。最后，他的观察记载清楚地告诉他，动物体也是由细胞构成的。施旺指出：“细胞是有机体，整个动物和植物体都是细胞的集合体。它们依照一定的规律排列在动植物体内。”他的研究结果和关于动植物都是由细胞构成的观点全部反映在《关于动植物的结构和生长的一致性的显微研究》这本划时代的巨著中。

施莱登和施旺共同研究并得出“生物体都是细胞的集合体，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”的结论，被称为细胞学说。细胞学说对生物学的重要性如同原子学说对化学和物理学一样。正如恩格斯指出的那样：“施旺和施莱登发现了生物体细胞，发现细胞是这样的一种单位：一切有机体，除最低级的外，都是从细胞的繁殖和分化中产生和成长起来的。有了这个发现，有机的、有生命的自然产物的研究——比较解剖学、生物学和胚胎学——才获得了巩固的基础。”确实如此，由于细胞的发现，我们才知道一切生物体都是按照一个共同规律发育和生长的，而且通过细胞的变异，能改变生物体。由于细胞学说的建立，才能明确指出，细胞是生物体的基本结构单位、基本功能单位，细胞也是生物个体发育和系统发育的基础。正因为细胞学说的重大意义，恩格斯把细胞学说以及能量守恒和转换定律、达尔文的生物进化论誉为 19 世纪的三项伟大发现。

细胞学说的建立，鼓舞着许多生物学家研究细胞的热情，同时也促进显

显微镜的改进。由于研究队伍的迅速扩大和研究的不断深入，人们不仅发现了形形色色的细胞，而且还探明了复杂精巧的细胞结构。

细胞学说创立以前

德国植物学家施莱登和动物学家施旺创立了细胞学说，但在他们之前就已经有许多科学工作者提出了这个理论。例如米贝尔在 1808~1809 年间就指出植物是由有膜的细胞性组织构成的，拉马克在 1809 年也提出过生物体是由细胞构成的说法。可见，细胞学说的创立是许多人共同劳动的必然结果。

细胞有多大

现在已经知道，绝大多数细胞，直径一般为 10~100 微米(1 微米=1/1000 毫米)，动物的细胞更小，一般只有 10 微米左右，而细菌只是一个细胞，这种细胞比动物细胞还小。但是细菌还不是最小的细胞。最小的细胞是叫做支原体的单细胞微生物，这种微生物的直径只有 1 微米，1000 个这样的细胞并排起来，可以穿过针眼。

除了小的细胞外，也有很大很长的细胞。像未受精的鸵鸟蛋黄，就是一个细胞，这个细胞的直径可达 5 厘米。又如苧麻的韧皮纤维细胞长达 55 厘米，鲸的神经细胞居然有 2~3 米长。

细胞的形态

生物体的细胞除大小不同外，形态也是多种多样的。例如洋葱的表皮细胞是扁平状的，细胞与细胞之间排列非常紧密，没有空隙。植物的根毛是根部表皮细胞的外壁向外突出形成的，果肉细胞壁薄、体积大。动物胃壁上的平滑肌细胞是长梭形的，神经细胞又呈多角星状，红细胞是圆饼状的，白细胞呈不规则形。此外，有些微生物细胞呈杆状、螺旋状。

显微镜使胡克发现了细胞，显微镜同样也使人们看到了细胞内部构造。

20 世纪 30 年代以前，人们用光学显微镜观察细胞时，已能将细胞放大几百倍到 1000 倍。在光学显微镜下可以十分清楚地看到人的口腔粘膜细胞具有细胞膜、细胞质和细胞核三个组成部分。用光学显微镜观察植物表皮细胞时，除了能看到上面的三部分外，还可以在细胞膜的外面看到一层细胞壁。大量观察表明，动物细胞和植物细胞在结构上的一个明显不同就是植物细胞具有细胞壁，而动物细胞不具细胞壁。

电子显微镜诞生了

用光学显微镜看到的细胞内部构造称为细胞的显微结构。如果想了解细胞内部更加细小的结构，光学显微镜已无能为力。正当生物学家为不能看到细胞内部更小的结构而一筹莫展时，物理学家伸出了友谊之手。物理学家深知电波比光波要短得多，他们认为用电波来代替光波，能制造出放大倍数更高的显微镜。1935 年，德国科学家斯卡将物理学家的设想变成了现实，他自己设计并制造出了世界上第一台电子显微镜，当电子束透过生物体的超薄切

片折射到荧光屏上时，生物体的细胞结构就成为肉眼可见的图象。经过许多科学工作者的协同攻关，近代电子显微镜已能将长仅 0.14 纳米（1 纳米=10⁻⁹ 米）的小物体看清楚了，这等于说，电子显微镜可以看到原子了，因为 0.14 纳米长相当一个原子的直径。

有了电子显微镜，就可以把细胞放大几万倍，甚至几十万倍，这样，就可看到细胞内部更加复杂精巧的结构了。在电子显微镜下所看到的细胞结构称为亚显微结构。在电子显微镜下看到的细胞质，并不像光学显微镜下那样是均匀一致的，而是呈现出形态各异的各种结构，这种在细胞质中的精细结构统称为细胞器，也就是细胞内部的器官，例如线粒体、内质网、核糖体、高尔基体等等。这些细胞器都有自己明确的分工，相互协调，维持着细胞的生命。在电子显微镜下，可以看见细胞核也包含着多层构造。原来在光学显微镜下看到的圆球状核，是由核膜、核仁、染色质、核液等部分组成的。在电子显微镜下的细胞，简直是一个奇特的独立王国，如果把细胞膜看成是国境线，那么细胞质就是“王国”的主要“国土”，细胞器就是“王国国土”上林立的“工厂”，为整个“王国”的生存生产能量、食品和贮存废物等，这细胞核就是“王国”的“首都”了，在那里集中着“王国”的权力机构。

从预言到现实

一些种花者对花木真是情有独钟，只要是喜爱的花木，不论价格多贵，他们都会慷慨解囊。但是许多花木似乎却那样不近人情，尽管人们每天不忘给花木浇水施肥，可它们往往先发黄、落叶，然后死亡。而另一些人常常在无意中折些柳枝和仙人掌之类的植物“残肢”插入泥沙中。无意插下的柳枝和仙人掌断片，十有八九都会生根、发芽，茁壮成长。真可谓：“有心栽花花不发，无意插柳柳成荫。”

能否使名贵花木也能像柳枝、仙人掌那样分割成十块、百块，甚至更多块，然后再由这些小块长成完整的植物呢？要是能使植物分身有术，那么新品种的培育、幼苗的繁殖就能在实验室里进行，苗木就可以在工厂里生产了。

施旺的假说

对于生物体有无分生能力的问题，细胞学说的创立人施旺早就很关心，他在与施莱登创立细胞学说时就推测：“每个细胞应该可以独立生活和发展。”按照这种推测，我们每个人大约由 1800 万亿个细胞组成，那么在每个细胞能独立生活和发展的情况下，一个人就能很快地变成 1800 万亿个人，这真比《西游记》里的孙猴子还厉害！施旺在作出这种推测时也明确指出：“每个细胞独立生活和发展的条件必须与每个细胞在整体内相同。”

施旺提出的推测在 70 余年中一直没有得到事实依据。可到 1902 年，施旺的同胞哈伯兰特却又提出了“植物细胞具有全能性”的预言，按照他的看法，“每个细胞都像胚胎细胞那样，可以在体外培养成一棵完整的植株”。在提出这种看法以后，他也曾尝试用培养植物叶片的细胞来证明自己的预言，可直到他临终时，依然未能使植物的叶片细胞长成一棵完整植物。但是，他的假说却在许多科学家的脑海里深深地扎下了根。

殊途同归

1937年，美国科学家怀特在施旺和哈伯兰特的推测和假说基础上，从寻找细胞独立生活和发展的条件着手，将已知的化合物和植物生长调节物质按一定比例混合起来，制成了植物细胞离开整体以后的营养物质（这种营养物质叫做培养基），当他把取自烟草茎的形成层细胞以及从胡萝卜根上切下的小块放在培养基上时，发生了意想不到的变化。无论是烟草的形成层细胞还是胡萝卜根切块上的细胞都能进行旺盛的分裂，最终长出一团花菜状的瘤状物（也称愈伤组织）。无独有偶，就在怀特取得这些结果时，法国的高斯雷特和诺贝库尔特，几乎同时在培养胡萝卜根的小块组织，他们也得到了与怀特一样的实验结果。这三位不同国籍的科学工作者的成功为建立植物细胞独立生活和发展的技术体系奠定了基础。

但是，仅仅使细胞能够因分裂而增多是远远不够的，怎样才能使细胞或愈伤组织在人为条件下转变成一棵新的植株呢？大约在怀特取得成功的十年以后，我国科学家崔徵和美国学者斯柯克合作，用出色的工作对上述问题作出了可喜的回答。他俩在培养烟草茎切段和髓部组织时，在培养基中加入了适当比例的腺嘌呤和植物生长素。他们发现，当腺嘌呤与生长素的比例高时，愈伤组织就长芽；比例低时，愈伤组织就形成根。这种植物生长调节剂能调节器官分化的研究成果，为离开整体的植物细胞和组织独立生活和发展成完整植株开辟了道路。

1956年，一个叫米勒的科学家发现了一种叫做激动素的植物激素，这种激素使植物愈伤组织生芽的效果竟比腺嘌呤高出3万倍。从此以后，激动素就取代了腺嘌呤的地位，成为控制植物器官分化的重要物质。

离体的细胞长大了

到1958年，美国科学家斯蒂伍特用打孔器从胡萝卜的根上取下一块组织，并把取下的组织放在液体营养液（也叫液体培养基）内进行转动，胡萝卜组织的细胞一个个离开组织而进入液体培养液中，居然能在培养液中不断分裂，并长出像胚胎状的结构，这种结构叫做体细胞胚（也叫胚状体）。这种体细胞胚在液体培养基中还能进一步长成一棵棵胡萝卜小苗，当把这些小苗移栽到土壤中后，小苗终于长成能开花结实的胡萝卜植株。斯蒂伍特的研究，完成了从一块胡萝卜组织到细胞、由细胞再发育成一株胡萝卜的整个循环过程。这项研究成果不仅使哈伯兰特在50余年前提出的预言变成了现实，而且也开创了植物科学中的一个新天地——植物组织培养。

“一把猴毛变出一群猴子”

在《西游记》作者吴承恩的笔下，保护唐僧去西天取经的孙猴子，不仅具备判别人妖的火眼金睛，更具备战胜妖魔的高强武艺。你看，他在与妖魔搏斗中的神勇足可以惊天地、泣鬼神。他在与群魔对峙、寡不敌众的危急关头，会突然间拔下一把猴毛，吹向空间，眨眼间，一群骁勇善战的猴子冲向敌阵。顷刻间，张牙舞爪的恶魔就被打得七零八落，落荒而逃。孙猴子拔毛变群猴的独家本领多次使这位齐天大圣化险为夷，并确保了唐僧的安全。当然，谁都知道，孙悟空拔毛变猴的故事是吴承恩编造的神话，但神话却真实地反映出广大善良群众战胜邪恶的美好愿望。

斯蒂伍特的发现

直到今天，孙悟空这样的神猴还没有诞生，但是，随着科学技术的进步，类似于拔一撮毛变一群猴子的本领已出现在许多场合。今天，只要取下一些植物的一点点叶片，一小段根、茎和一小片花瓣，甚至一个细胞就能变成根、茎、叶齐备的完整植株。这项技术的发明人叫斯蒂伍特，是一个美国人，他是在总结前人经验的基础上，用胡萝卜的根细胞培养胡萝卜的。现在，把植物界类似孙猴子拔毛变猴的技术叫做植物组织培养。自从斯蒂伍特把胡萝卜的单个细胞培养成完整的胡萝卜植株后，世界各国的许多科学工作者，加快了自己研究工作的步伐，经过 10 多个春秋更迭，植物组织培养已作为一门成熟的技术在生产实践中得到应用。

为何要杀菌

现在，植物组织培养都要经过密切相关的几个环节，首先要为离开植物整体的根、茎、叶、花、果或单个细胞等准备好营养物质，因为离开整体的植物部分失去了整体营养的供应，也失去了整体的保护，真像初生的婴儿虽然具有旺盛的生命力，但如果没有母亲的乳汁供应和悉心照料，绝难逃脱夭折的命运。供给离开整体的植物部分所需要的营养物质叫做培养基，培养基中除了含有丰富的营养物质外，还有刺激植物生长、发育的生长调节物质。由于培养基中营养丰富，像酵母、霉菌等微生物也会在其中繁衍后代，刚刚离开整体的植物组织绝对不是这些微生物的竞争对手，当植物组织和微生物同时存在于一种培养基中时，死亡的必然是离开了整体的植物组织，因此培养基必须要加热杀菌。

如何接种

在培养基消毒灭菌以后，就可以从整体上分割根、茎、叶、花、果或单个细胞等，分割下来的植物部分都叫“外植体”。外植体的表面肯定有许多微生物，所以要用酒精、漂白粉溶液等进行表面消毒灭菌，只有把外植体表面的微生物统统消灭后，才能进一步在无菌条件下把外植体放到已消毒灭菌的培养基中，这个过程叫做接种。

无菌的外植体接种到无菌的培养基上后，必须放置在适当温度、光照、湿度的条件下培养，少则一周，多则一月，外植体的周围就会长出花菜状的瘤状物，这种瘤状物叫做愈伤组织。如果愈伤组织得不到及时处理，多数情况下会越长越大，不会直接长出完整的小植株。为了使愈伤组织长出小植株，就要把一定大小的愈伤组织转移到加入生长调节物质的培养基上，经过转移的愈伤组织，在合适的温度、湿度、光照条件下，就会逐渐长出根、茎、叶齐备的完整小植株。

及时转移

在玻璃瓶（管）中的小植株必须及时转移到精心设置的苗床中。毫无疑

问，从玻璃瓶（管）中取出的植物，最初是十分娇嫩的，但当这些小植株一旦能依靠自己的根从苗床中吸收矿质元素和水分，依靠自己的叶进行光合作用时，就能显示出旺盛的生命力。

植物体类似“猴毛变猴”的技术大致就是这样。由于这门技术的兴起和成熟发展，为花卉工厂、人参生产工厂化、花粉单倍体育种等新领域打下了稳固的基础。

花卉工厂

红火的工厂

当历史的车轮进入本世纪 70 年代后，由于植物组织培养技术的成熟，大丽花组织培养成功了，兰花的一点点茎尖也能长成整株兰花了，百合的一片鳞叶能得到好几株百合了，水稻的花药也能培养出水稻苗了……一时间，世界各地相继传出将植物组织培养成功植株的喜讯。就在绝大多数科学工作者沉浸在成功的喜悦中时，法国、荷兰等少数国家的一部分从事花卉组织培养的学者，已经与企业家联手，办起了花卉工厂。法国的科学工作者在控温、控光、控湿的条件下，大规模地生产兰花；荷兰的植物组织培养工作者，用康乃馨的茎尖作培养材料，在自动控温、控光的条件下，短期内繁殖出大量的优秀种苗。自此以后，荷兰的丝石竹（满天星）、郁金香等花卉几乎都是通过瓶瓶罐罐培养出来的。由于荷兰采用组织培养生产出大量的优质种苗，因此，今天的荷兰已成为世界上最大的花卉输出国，每年靠出口花卉赚取的外汇就达 13 亿美元以上。

花卉工厂正在崛起

荷兰花卉生产工厂化的成功，犹如催征的战鼓，激励着各国勇士奋勇向前，夺取更大的胜利。时隔数年，日本、中国、新加坡、英国等发展中国家和发达国家，都建造起生产花卉的工厂。今天，花卉工厂化生产已成为一个国际性的新型产业部门。据英国《泰晤士报》报道，1984 年的英荷企业家奖，就是由英国首相撒切尔夫人亲自授予该国的一家花卉工厂的，因为这家工厂在 1983 年采用植物组织培养为英荷贸易作出了杰出贡献。上海园林系统的十大功臣之一，也是因为工厂化生产玉簪、香石竹、丝石竹等花卉而取得耀眼桂冠的。今天，花卉工厂在上海的都市农业中，占据了重要的一席。

引人注目的流水线

花卉工厂究竟是什么样子呢？请你到位于上海市郊区某农业生物技术中心看看吧！那里的花卉工厂已初具规模。进入工厂大门，一排排装着荧光灯的铝合金架就会映入你的眼帘，铝合金架上错落有致地放着许多棉花塞塞住的、硫酸纸包住的玻璃瓶，大瓶、小瓶中已长满绿油油的植物种苗，这就是工厂的一个车间，叫做培养车间，由空调机、加热器等保持一定温度，使培养基中的外植体在合适的温、光、湿度条件下长出愈伤组织或者由愈伤组织转变成根、茎、叶齐备的完整植株。

培养车间的隔壁是操作车间。在这里，透过玻璃可以看到车间里的一切，除了特别的手推车，就是两排工作台，由于工作台要保持无菌无尘，所以起名叫“超净工作台”。你可以看到穿着工作衣、戴着工作帽的操作工在操作台上灵巧地操纵着剪刀、镊子等用具，在酒精灯旁熟练地将外植体或愈伤组织连续不断地放到装有培养基的玻璃瓶中，手推车上的瓶子用完了，工作人员立即将放上外植体或愈伤组织的玻璃瓶送入培养车间。在此地，你只能看到操作人员有条不紊地操作，而绝对听不到他们的谈话声，因为这个车间要求无菌无尘。走出操作车间就到了消毒灭菌车间，除了手推车上装满一瓶瓶等待灭菌的培养基外，就是立式的、卧式的、手提式的高温高压消毒灭菌锅。操作人员会告诉你，在这个车间里，最要紧的就是要掌握火候，使消毒锅上的压力表的指针一直停留在规定的位置上，因为如此一来能全部、干净地消灭培养基中的微生物，保证培养基中的营养成分、生长调节物质等不变质。

形形色色的车间

参观了消毒灭菌车间后，就可以到准备车间去了，在那里要准备好盛有培养基的清洁玻璃瓶和玻璃管，为此，车间里有几个清洗槽。此外，还要准备好培养基。在配备培养基的工作台上，最令人注意的是一瓶瓶清晰透明的液体和浅棕色的透明液，那些都是各种营养物质的浓缩液。配制培养基时，只要按照一定的比例把各种浓缩液混合起来并加水稀释就可以了。当然，工人会告诉你，还要在混合稀释液中加上琼脂，用碱或酸调节酸碱度。不过，对培养基影响最大的要数生长调节物质了，尽管这些物质用量微乎其微，对外植体和愈伤组织的发育却影响极大。一个完整的花卉工厂，除了准备车间外，还有称量车间和栽培车间。称量车间内放着灵敏度各不相同的台秤和天平，有的可以称几百克的物质，有的却能称出几毫克的物质（比称量黄金的天平还要精确）。称量车间的另一旁放着各种各样的营养物质。栽培车间准备栽培的是培养车间里培养成功的完整小植物，在这里，由愈伤组织培养成的幼小植物将完成从“喂养”到“自己吃饭”的重要转变过程。因此，这里的操作人员除了要十分小心地把幼小的植物从玻璃瓶、玻璃管中取出来，洗干净连在根上的培养基外，还要小心翼翼地将它们种植在肥沃疏松的土壤中，保持湿度，防治病虫害。经过一周左右的悉心看护后，这些幼小植株就能“自食其力”了。当这批植株长到一定大小时，就可以出厂销售。

目前，世界各国的花卉工厂一般都有这些车间。

花卉工厂其实也可以生产蔬菜、果树、瓜类等种苗，如我国广东的香蕉工厂、广西的甘蔗工厂的工作程序，都与花卉工厂一样。

父亲生下的子女们

真有女儿国吗

天下事，无奇不有。《西游记》中的西梁女国就是一奇，奇就奇在这个国家从国王到臣民都是女人，更令人叫绝的是这个国家的女人都只有母亲而没有父亲，因为女儿国中 20 岁以上的女子饮子母河中的水，就能怀胎生女。子母河的水可以称为传宗接代水了。正因为如此，取经人唐僧和他的徒弟猪八戒喝了子母河水后也腹部疼痛、很快隆起，孕育了他们的孩子，要不

是孙悟空到解阳山破儿洞取来落胎泉的泉水，那么父亲生的儿女就会成为取经人的杰作了。

除了《西游记》中吴承恩笔下创造出一大批没有父亲的女子和男子怀孕的故事外，谁也没有真正看到父亲能生下子女。但在 1962 年，印度的两位教授，根据细胞全能性的原理，用南洋金花为对象真的得到了一批只有“父亲”的“子女们”。他们所采用的技术叫做花药培养。

神奇的花药培养

植物的花药是雄性器官的一部分，其中有许多花粉粒。在正常情况下，花粉粒产生的精子与雌性器官中的卵子融合会产生后代；而印度的两个教授，把花粉粒还没有产生精子时的花药摘下来放在人工配制的培养基上，经过一段时间的培养，得到了南洋金花的植株。根据对这些植株细胞中染色体数目的检查结果可以肯定，花药培养得到的植株是由花粉粒而来的，因此是雄性（父亲）的后代。

那么染色体又是什么？为什么根据染色体数目又能确定花药培养所得到的植株是从花粉粒而来的？原来，在细胞分裂时，细胞里面有一种能被碱性染料染上颜色的物质，这就是染色体。任何细胞中都有染色体，但它们只有在进入分裂状态时才能被看清，因为在不分裂的时候，染色体拉得很长很细，在普通显微镜下看不清它们的真面目。染色体对任何生物体来说都非常重要，因为染色体上有决定生物体遗传、变异，生长、发育的基因。现在已经知道，同一个物种内的所有生物体，它们的细胞具有相同数目的染色体；另外，在组成生物体的细胞中，染色体总是成对成双的。举个例子来说吧，水稻有粳稻、籼稻等区别，但所有水稻的细胞中都有 24 条染色体，其中每种染色体为 2 条，配成 12 对。如果我们把 12 种形状的 12 条染色体看成是完整的一套，那么，水稻细胞中有二套染色体。在生物学中，把具有二套染色体的细胞及由这种细胞组成的生物体称为二倍体；而把只有一套染色体的细胞及由这种细胞所组成的生物体叫做单倍体。

花药里面的花粉粒细胞是单倍体，动物的精子也是单倍体。单倍体是由二倍体细胞经过细胞分裂产生的。一般情况下二倍体细胞经过分裂只会产生二倍体细胞，只有在性器官里的一部分细胞，会经过分裂产生染色体数目减半的细胞，这种分裂就叫做减数分裂。

还是单倍体好

印度教授在检查用花药培养得到的南洋金花植株时，发现这些植株都是单倍体，这样就断定花药培养得到的植株是 27 由花粉粒演变过来的，是一批“父亲”生的“子女们”。

“父亲”生的“子女们”本来是极难产生后代的，因为它们虽然与双亲齐全的女儿们在染色体的种类上没有区别（如水稻细胞中是 12 种），但它们的染色体数目毕竟少了一半。可是，当这种单倍体后代的染色体经过加倍后，竟会给育种工作者带来意外的惊喜，因为这样做不仅可以缩短育种的年限，而且还可提高选择的命中率。

工厂里生产的人参

在工厂中能生产人参？生长在长白山下的人参居然可以在工厂中加以培植？其实，这儿所说的人参生产工厂化是指本世纪 70 年代兴起的一项生物工程技术——植物细胞培养技术。

惊人的疗效

我们知道，人参的医疗效果显著，适当剂量的人参对于人的高级神经的兴奋过程和抑制过程都有加强作用；它能加强心脏的舒缩，具有强心和兴奋运动中枢和呼吸中枢的作用。人参还能刺激造血器官，增加红细胞的数目和增强白细胞的吞噬能力。此外，人参还能增进人的食欲，促进人体的新陈代谢，提高人类对疾病的抵抗能力，消除人体的精神疲劳。

人参中究竟含有哪些有效成分呢？现已查明，人参的有效成分主要是人参皂苷。人参中的单体皂苷有 10 多种。除此之外，人参中还含有 15 种以上的氨基酸和大量的碳水化合物；人参还含有人参酸和挥发油，所以人参有一种特别的香气；人参中的维生素也十分丰富，另外还含有较多的磷、硫化合物和多种微量元素，难怪人参一直被视为滋补上品。

漫长的生长期

人参虽然对人体有多方面的滋补效果，但由于人参生长年限很长，一般要 20~30 年时间才能供药用，因此数量有限。为了开发人参资源，我国产参地区的人民很早就开始人工种植人参了。人工种植人参，经 6 年的培育，其参根大小就可达到野生 20~30 年的大小，这种人参叫园参。这对于满足人们滋补强身、治疗疾病起了很大的作用，但栽培人参毕竟仍需花费数年时间才能成为药材，年限仍太长。能否进一步缩短人参的栽培时间呢？

罐中也能长人参

本世纪 70 年代，随着现代生物技术的发展，人们运用植物细胞培养技术来生产人参中的有效成分——人参皂苷。培养植物细胞的容器——培养罐是在微生物发酵罐基础上发展建立起来的。不同形状、规格和搅拌通气系统的培养罐有很多类型，有的很小，容积仅 2 升；有的容积达到数万升。在植物细胞培养过程中，细胞数目的增长基本呈一条 S 型曲线，一开始是延迟期，细胞很少分裂；接着是指数生长期，细胞数目迅速增长，以后逐渐减慢；最后是静止期，细胞增长完全停止。人参皂苷的积累大都发生在指数生长期末或接近指数生长期末的时候，也就是说细胞分裂和生长都在减慢的阶段。植物细胞虽然比微生物细胞大得多，但细胞的生理活动和代谢活动都要比微生物细胞低，细胞数量增加一倍的时间大约是 25~100 小时。为了促进植物细胞中有效成分的积累，一般常采用“二阶段培养法”：第一阶段，使细胞培养物尽可能快地产生高水平的生物量，例如，可在一种密闭的细胞培养罐中，创造人参细胞分裂和生长的最佳培养条件，使人参细胞在最短的时间内达到最高的产量；第二阶段，提供一种向次生代谢活化状态激发的条件并保持这种条件，使人参细胞产生有效成分——人参皂苷。通过对这两个培养阶段最

适培养条件的选择，使植物细胞中次生代谢产物的产生达到或超过栽培植物体内的产量。目前，人参细胞的培养产品，25 天内人参皂苷的含量可达到 3.5% ~ 6% 左右，而一棵栽培了 6 年之久的人参中人参皂苷含量仅为 4.5%。

采用人参细胞培养技术生产人参中有效成分人参皂苷，这个例子从一个侧面反映了细胞培养技术对开发植物资源所具有的潜在的价值。几个世纪以来，植物一直是人类所需要的重要化合物（尤其是药品和食品添加剂）的来源。全世界 25% 的法定药品取自植物，由植物合成的化学物质大概有 2 万种之多。随着研究工作的扩大和深入，这个数字还在以每年约数百种的速度源源不断地增加着，只要我们按照正确的规划，进行深入的研究，植物细胞培养技术必将为进一步开发利用宝贵的植物资源提供一条有效的途径。

试管动物创奇迹

布朗求医

本世纪 70 年代，英国的一位火车司机布朗终于与一个情投意合的妙龄女郎喜结良缘，布朗夫妇沉浸在婚后的温馨幸福中。春去冬来，很快九载已过，但他们始终没有得到爱情的结晶，因此，不得不求助于妇产科医生了。

斯特普顿是他们慕名已久的妇产科医生，也是他们求助的第一位医生。斯特普顿出于高度的责任感和对这对长期不孕夫妇的同情，为他俩作了认真的检查。检查结果表明，火车司机及其夫人一切正常，不能受孕的根本原因在于司机夫人的输卵管堵塞了，成熟的卵细胞虽然能由卵巢产生，但无法经过输卵管进入子宫。

独辟蹊径

问题虽然找到了，但究竟怎样才能使精子和卵子结合？斯特普顿不想走打通输卵管的老路，因为这种办法不仅给病人增加痛苦，而且成功的机会也不大。她请教了剑桥大学的生物学教授爱德华。爱德华教授愿意和她合作开创新路。他们打算在征得布朗夫妇同意后，用体外受精的办法使布朗夫妇生儿育女。

医生和教授经过一段时间的精心准备后，在布朗夫人排卵期间，成功地从她的卵巢中取出成熟的卵细胞，并把这枚卵细胞放到装有特制营养液的试管中，不失时机地把布朗的精子也加入这个试管中。

试管婴儿诞生了

奇迹出现了，精子在试管中主动向卵细胞“攻击”，最后，一个精子钻入卵细胞内，精与卵合二为一了。爱德华教授和斯特普顿医生非常清楚，精、卵的结合将发生剧烈的变化，变化过程需要大量的营养供应。为此，他们夜以继日地不断更换试管中的营养液，直到精卵结合后的第 6 天，受精卵终于开始一分为二地连续分裂，最后在试管中形成了一个多细胞胚。妇科医生凭着自己多年的临床经验和高超的外科手术，将这个试管中形成的胚胎移植到布朗夫人的子宫中，胚胎顺利地嵌入子宫内膜，得到了母体的营养供应，在体内完成了正常的胚胎发育过程。1978 年 7 月 26 日，布朗夫人顺利地产下了他们的女儿。由于女孩最初是在试管里形成和生活的，因此被叫做试管婴

儿。

试管婴儿的诞生，不仅为布朗夫妇增添了欢乐，而且还为那些因输卵管堵塞而不能生育的夫妻带来福音。

试管动物相继出世

人类试管婴儿的诞生，激发起动物改良工作者的极大热情。一时间，英国的迪·斯特雷顿从美国引进了美国良种猪的胚胎，成功地植入英国母猪的子宫内，并使英国母猪一次生下了8头美籍小猪。中国的旭日干和日本的花田章也于1984年3月9日得到了试管山羊。一时间，试管狒狒、试管猴等相继降临世界。

深刻的变化

试管动物的出生，使畜牧业发生了深刻的变化。例如奶牛业的兴旺发达离不开良种母牛。一头普通奶牛每天平均的产奶量为40千克，一头良种乳牛每天可产奶112千克，而普通乳牛和良种乳牛的饲料消耗量相差不多，可见，普通乳牛的牛奶价格一定高于良种乳牛的牛奶价格，因此牧场经营者们十分重视良种乳牛的地位。但是，从国外引进一头良种乳牛，成本至少为5万元人民币，更令人担心的是良种乳牛经过长途跋涉，死亡率极高。此外，一头奶牛的繁殖周期长达280天，这样每头良种母牛一年只能生一头小牛，一生中也只能生10头左右的小牛，由此可见，建立一个良种奶牛场，耗资是巨大的。自从试管动物问世后，当一头良种乳牛发情时，在适当时刻，给发情乳牛注射一定量的孕马血清，就能使一头乳牛一次排出几个、十几个、几十个的成熟卵，使这些卵进行体外受精，就能一下子得到几个、十几个、几十个良种胚胎，再将这些试管胚胎移植到普通母牛的子宫内度过胚胎发育期，直至出生。现在已有报道，从一头良种乳牛可以得到40头牛仔，这难道不是试管动物给奶牛业带来的实惠吗？

试管动物给畜牧业的恩惠是不必怀疑的，随着人造子宫和胎盘的研究成功，畜牧业将会出现新的奇迹。但是试管婴儿的诞生，也会在人类社会中出现亲生子女与父母没有血缘关系的情况。例如，1984年6月底，美国的女富豪埃尔莎·里奥斯和她的丈夫因飞机失事而遇难，他们的遗产继承问题掀起了轩然大波。后来，州议会为他俩贮藏在澳大利亚墨尔本的维多利亚女王医学中心的受精卵找了一个“代理母亲”，结果富豪的受精卵在这个女子的子宫中度过了胚胎时期，最终分娩出富豪的后代，遗产问题才算解决。但这位“代理母亲”和她分娩的孩子是没有亲缘关系的，这无疑会引起许多社会问题。如何解决，还有待进一步探讨。

换核技术的希望

童鱼是何物

异种何来首尾殊，画师笑答是童鱼。

他年破壁飞腾去，驱遣风雷不怪渠。

这首诗出自我国精通佛学的诗人赵朴初先生之手。诗中的首尾悬殊的异种就是童鱼。童鱼是一种什么样的鱼呢？童鱼是一种头像金鱼、尾像鲫鱼的

鱼，童鱼是嘴角长出鲤鱼须、脊椎骨数目和侧线鳞片数像金鱼的鱼，童鱼是一种具有蝶螈平衡器的金鱼，童鱼是……总之，由我国的大科学家童第周先生培育成功的鱼统统叫童鱼。

童鱼是怎样培育的

童先生是怎样培育童鱼的呢？本世纪六七十年代，在中国科学院动物研究所任职的童第周先生用极细的玻璃管，从直径不到 1 毫米的鲫鱼卵中吸出细胞核，用同样的方法从鲤鱼的胚胎细胞中取出细胞核，并把鲤鱼的胚胎细胞核移进已吸出核的鲫鱼卵细胞中。进入鲫鱼卵细胞质中的鲤鱼细胞核，居然与细胞质能和平共处，这种特殊的组装细胞，在童教授的精心照料下，日复一日，经过细胞分裂、胚胎发育的全过程，终于长成了能在水中游动的小鱼。当童教授仔细观察由换核卵细胞长出的小鱼时，他看到鲫鱼的嘴边长出了鲤鱼的须。童先生用同样的方法把鲫鱼的细胞核巧妙地调换了金鱼成熟卵的细胞核，这种由金鱼卵细胞质与鲫鱼核组装成的新细胞，经过细胞分裂和胚胎发育过程，最终也变成了鱼，可这条鱼虽有金鱼状的头，却只有鲫鱼的尾。

童鱼的问世不仅引起世界科技界的兴趣，也为我国的鱼类育种开辟了新的途径。中国科学院武汉水生生物研究所的科学工作者，以人工培养 385 天的鲫鱼囊胚细胞为材料，在显微镜下用直径约 10 微米的细玻璃管取出囊胚细胞中的核，并把这种核移进事先已除去细胞核的鲫鱼卵细胞中，鲫鱼卵细胞虽没有与精细胞结合，却最终还是发育出小鱼。这说明，囊胚细胞的核在卵细胞质中，具有使组装细胞变成完整个体的能力，也就是说，鱼类的体细胞核与植物细胞一样，也具有潜在的全能性。

细胞融合

将不同种的活细胞融合成杂交细胞，通过培养以后往往能得到一个新品种。美国科学家将番茄和马铃薯细胞融合以后培育出了番茄和马铃薯杂交的品种，这种新品种既有番茄的滋味，又有马铃薯的味道，还具有一定的营养价值。医生们用试管里繁殖的癌细胞和人工培养的淋巴细胞融合，产生了杂交瘤细胞。它能形成抗体，杂交瘤细胞的培育成功是医学界的一项新突破。

鱼细胞核也有全能性

鱼类换核技术的成功，证明了鱼类细胞核的全能性，从而为鱼类的良种繁育开辟了广阔的诱人前景。这是因为长期来，鱼类的良种培育靠的是杂交育种，就是事先选取优点能互相补充的雌鱼和雄鱼杂交，再在杂种后代中精心选择，把具有雌、雄鱼类共同优点的杂种后代挑选出来，使它稳定繁殖。用这种方法培育新品种，要花费 10 多年的时间，并且需要较多的鱼池。当换核技术成功后，育种工作者只要在鱼群中得到一条优质高产的鱼，就可从它数以亿计的细胞中得到上亿个细胞核，用精巧的换核技术，把良种鱼的细胞核替换卵细胞的核，就能在短期内得到大量的良种鱼，这样不仅缩短了育种年限，而且减少了饲料的供应和鱼池数目。

换核技术结硕果

更令人振奋的是鱼类换核技术给创造新的鱼种立下了不朽功勋。例如我国科学工作者用鲤鱼红细胞的核换取了鲫鱼卵细胞核，结果得到了生长快、个体大、鱼味鲜美的鲫鲤鱼新种。这种新种是不可能通过鲤鱼和鲫鱼的有性杂交获得的，因为这两种鱼在分类学上分属两个不同的属。

鱼类换核技术的成功，也把科学家的视线引向哺乳动物，到 70 年代末期，7 只换核的小鼠已经出世，相信不久将会有换核兔、换核猪、换核牛等来到我们这个星球。

在不久以前，充满进取性的一部分科学工作者曾想使现代妇女生下年龄为 2430 余岁的埃及王子。事情是这样的：这些研究人员在柏林的某博物馆中，发现第 721 号木乃伊的细胞仍保持着生命力，这具木乃伊就是在 2430 余年前离开人世的埃及王子，当时这位王子年仅一岁。这些科学家想把这位王子仍然保持活力的细胞核取出来，去替换现代妇女的卵细胞核，然后再将换核卵植入现代妇女的子宫中，换核卵岂不是可以在母体的滋养下发育成胎儿吗？这个胎儿实际上就是 2430 余年前的埃及王子的复制品。这种设想虽然充满浪漫主义的色彩，但具有科学依据的浪漫终究会成为科学海洋中的滚滚浪花，要是没有这种浪花，海洋会变成一潭死水，直至枯竭。

杂种细胞

用人工方法把两个或数个不同种的体细胞融合成为一个新细胞的过程称作体细胞杂交。细胞融合的结果可形成有两种染色体和细胞质的杂种细胞。动物细胞经过适当处理之后能够进行融合。植物细胞和细菌细胞，要先脱掉细胞壁游离出原生质体后进行融合。

许多亲缘关系较远的生物体之间很难杂交成功，但它们的体细胞却往往能够彼此融合，因而产生出杂种细胞。如今，科学家不但能够将人类细胞和动物的细胞融合成杂种细胞，而且还能够将植物的原生质体和人类的细胞融合成杂种细胞。

“播种”细胞

劫后余生

1981 年夏天，一场突如其来的大火，把住在美国波士顿市郊的一个小女孩苏珊娜的家烧了个精光。当风驰电掣般的救护车将遭受严重烧伤的苏珊娜送往医院的时候，小女孩已经双目紧闭，气若游丝了。大夫们望着这可怜的女孩，心中充满同情。在他们看来，深度烧伤的苏珊娜已经很难救活了。

苏珊娜很快被送进了急救室，当主刀医生看着这浑身被烧得焦黑如同炭棒的小女孩时，心里不禁嘀咕着：“这样的病人要是能救活，那真是发生了奇迹！”

然而，奇迹居然发生了。几个月以后，苏珊娜终于活了过来。而创造奇迹的就是美国马萨诸塞州综合医院创伤科的伯克博士。

伯克博士创造的奇迹

那一天，伯克医生闻讯赶来，他让已经受到严重感染的苏珊娜躺到手术台上，然后小心翼翼地清洗了伤口，去除了烧伤的皮肤，敷上了一种从未见过的软软的薄膜。这层薄膜有两种颜色，表面呈鲜红色，内层呈乳白色。伯克把这种酷似人皮肤的薄膜仔细地缝在苏珊娜的身上，并给她注射了抗菌素。

几天以后，苏珊娜的烧退了，人也变得清醒了。又过了一个月，当大夫们拆开包裹在苏珊娜身上的绑带，揭开那薄膜的外层的时候，他们简直不敢相信自己的眼睛了。因为敷在苏珊娜身上的乳白色的薄膜内层早已消失得无影无踪，取代它的是一层嫩嫩的新皮肤。这种薄膜到底是什么东西？原来，它就是有名的人造皮肤。

人造皮肤的由来

人类的皮肤，外层是表皮，内层是真皮，表皮和真皮都是由扁平细胞构成的。皮肤能起保护、感觉和排泄作用。以前，要是皮肤烧伤了，人们只能通过植皮的方法来使新的皮肤长出。移植的皮肤可以是大片大片的，也可以是一小块一小块的。它可以是取自病人自身的，也可以是别人身上的。但是，烧伤病人身上的皮肤本来就不够用，取自异体的皮肤过不了几天就会因排异作用而脱落。有时，真令人不知怎么办才好。

伯克医生深深体会到烧伤病人的痛苦，因此下决心要发明一种人造皮肤。几经周折，他和他的同事终于在本世纪 70 年代初发明了人造皮肤。这种人造皮肤分为两层，外层能抵御细菌的进攻，内层能帮助烧伤的皮肤生长。伯克制造人造皮肤外层的材料是硅橡胶薄膜，薄膜上有许多小孔可以透气。新鲜氧气就从这些小孔透进去，让受伤的皮肤加快生长的速度。此外，人造皮肤的外层还能起到保护的作用。

“播种”细胞

最稀奇的还是人造皮肤的内层。那是一种特殊的培养基。培养基的主要成分是从牛皮、鲨鱼软骨组织中提取出来的营养物质，除此以外，还添加了一些能刺激细胞生长的激素。

科学家将这些物质配成培养基，然后将它们融合、冻干、烘焙成形，再经过消毒处理，就成了人造皮肤的内层。当烧伤病人剩余的皮肤细胞碰到了培养基，便贪婪地去“吃”培养基，迅速地分裂、长大，渐渐使创口愈合。

但伯克发明的人造皮肤，只能暂时代替皮肤的一部分功能，起到帮助皮肤重生的作用。说是人造皮肤，其实还称不上是真正的皮肤。真正的人造皮肤应该能较长时间或永久留在病人身体表面，能出汗，会呼吸，起排泄和感觉作用。

“播种法”异军突起是在本世纪 80 年代，十几年的时间过去了，人们又研究出一种与伯克发明的“人造皮肤”截然不同的人造皮肤。例如，美国加利福尼亚州某研究所，利用一种“播种细胞”的方法研制出全新的人造皮肤。

科学家将小儿作手术后留下的幼嫩皮肤均匀地播撒在一种网状物上，而这种网状物则浸放在培养液的表面。在进行细胞培养的过程中，人们还往培

养液中添加某些特殊的成分，这些成分能使细胞发生一些改变，使接受者的身体不会发生排异反应。

尤其使人惊奇的是，这些分散的细胞在很短的时间内便会长成新的皮肤，而且它们会分泌出促进受损部位组织迅速愈合的生长激素。因此，移植以后几个星期内，受伤部位周围的毛细血管便“钻”进入造皮肤。接着，患者本身的皮肤细胞也迅速“安家落户”，从而将人造皮肤变为新皮。

人造肝

“播种法”还适用于培养人工肝脏。众所周知，肝脏细胞是人体内最为娇嫩的一种细胞。要培育人工肝脏，难度较培养人造皮肤更大。美国洛杉矶市的科研人员德米特里奥及其同事却已开始了这一艰苦的跋涉。他们把大约50亿个肝细胞放在一种外包粘蛋白的淀粉珠上，而后，再将淀粉珠播撒在网状织物里，制成一种活性肝。把这种活性肝置于无菌容器里，让肝病患者的血液从活性肝中间流过。结果，活性肝不仅排除了血液中的毒素，而且还释放了酶和激素。目前，这种活性肝已经顺利植入动物体内，至今尚未发现不利影响。

人造骨种种

“播种”细胞的技术还适合于制造人造骨骼。以往，人们常用铁、铜、不锈钢等材料制作人造骨骼，但金属做成的人造骨骼容易腐蚀，对人体产生不利影响。稍后，又有人用钛合金制造人造骨骼。这种人造骨骼虽较铁、铜、不锈钢做成的人造骨骼既轻且牢，并没有毒害作用。但是，钛合金制造的人造骨骼，和其他人造骨骼一样，难以与真骨愈合。得靠胶合剂将其胶合。一旦胶合处脱开，就不得不重新做手术，从而增加了患者的痛苦。

20年前，人们开始尝试用陶瓷制作人造骨骼，经过许多年的研究，科学家终于研制成功用生物陶瓷制成的人造骨骼。这种人造骨骼既耐压，又耐磨，化学性能十分稳定，长时间浸泡在血液中也并不会受到腐蚀。更妙的是，当生物陶瓷内添加了钙和磷等人体能够吸收的元素以后，病人的血管很快便长入人造骨骼的小孔中去，最后真骨便与人造骨愈合在一起。

然而，假骨毕竟是假骨，即使是生物陶瓷制作的人造骨骼也还有不尽如人意的地方。因此，人们便想起了“播种”细胞的方法。

“播种法”同样适用

最近，美国麻省理工大学的研究人员和纽约某纺织品研究公司的研究人员联手进行了将骨细胞“播种”在纺织品上的实验。他们先将取自人耳的软骨细胞均匀地播撒在用多聚乙醇酸细丝织成的网状物上，而后将网状物放入培养皿中，软骨细胞便迅速地分裂、长大。几个星期以后，它们竟然长满了整个培养皿，而原来的网状物却消失得踪迹全无，变成了二氧化碳和水。据有关方面报道，用“播种法”将软骨细胞培养成的软骨组织，已长到3.2毫米厚、硬币大小。人们将这种软骨移植到兔子受损的关节上。7个星期后，兔子的关节便出现了再生现象。根据一般常识，人和其他哺乳动物的软骨受

到损伤以后是很难再生的，而植入“播种法”培养的软骨组织的兔子软骨却能再生，这就说明了在不远的将来，人们完全有可能将这种用“播种法”培育的软骨植入受损的关节部位，用以代替金属或陶瓷制作的骨制品。

人们甚至乐观地预料，到了不远的将来，大夫们只要根据患者自己不同的需要，从患者身上取下细胞，植入预先由电脑设计而织成的织物。随着细胞的繁殖，长成的器官或组织就可以植入患者的体内了。这样做，既能使伤口很快愈合，又能免去排异反应。

“播种”细胞的方法，前途实在难以估量。

奇妙的克隆

罗维克的幻想

1978年，有一位叫罗维克的美国人写了一本曾经轰动美国乃至整个西方世界的科幻小说《人的复制——一个人的无性繁殖》。

它的大致内容是：有一个百万富翁没有后代，他之所以从未结婚和生孩子，是因为他不希望通过正常的有性生殖过程，把夫妇双方无数个基因偶然地组合在一起遗传给后代。他想借用无性繁殖技术得到一个与他一模一样的复制品。于是便不惜工本制定了一项耗资巨大的实验计划，并雇用世界一流的科学家、助产师、技术人员以及一位代理母亲，在一个岛屿上秘密地进行这项实验。最后，在记者的帮助和科学家的不懈努力下，几经曲折，终于实现了他梦寐以求的愿望。

虽然，这只是罗维克笔下的科学幻想故事，因为科学发展到今天，科学家们还无法利用无性繁殖方法来创造人类。但是，人们确实能够利用此项技术来繁殖植物和动物。

一个细胞长成的胡萝卜

在本世纪50年代末，有人做过这么一个试验，他们从一个胡萝卜上分离出细胞，把这些细胞分别放在几个培养瓶中进行培养。结果发现这些胡萝卜细胞会不断地分裂，而且还会发芽、生根、长叶，最后长成一棵棵完整的胡萝卜植株。这种繁殖后代的方式就被称为无性繁殖。通过无性繁殖形成的产物称为无性系。由于利用无性繁殖方法产生的胡萝卜，原先都来自于一个胡萝卜上的细胞，所以它们的遗传物质的组成是完全相同的。以后，科学家又用“克隆”这个专门的名词来表示“无性繁殖”以及由无性繁殖形成的产物“无性系”。“克隆”既可以作为名词，也可以作为动词。

什么是克隆

“克隆”这个词听上去好像比较陌生，但在我们的日常生活中也会经常用到它。比如，每当春暖花开时，有人喜欢进行植物扦插的试验。从一棵植株上剪下的枝条，通过扦插而形成许多遗传物质的组成完全相同的植株就是克隆；又比如有一种样子像苹果，但滋味像梨的水果——梨苹果是采用果树嫁接培育而成的，嫁接形成的产物也是克隆；还有将马铃薯等植物的块茎切成许多小块进行繁殖，由此长出的后代还是克隆。

在自然条件下，由于许多植物本身就适宜进行无性繁殖，所以很容易形

成克隆。但是，对于高等动物来讲，由于在自然条件下它们一般不能进行无性繁殖，所以要进行无性繁殖，操作过程就比植物复杂得多。首先要用外科手术除去受精卵的细胞核，或用辐射等手段使受精卵内的细胞核失去活性，然后再用注射器将另一个个体的细胞核转换到已去除细胞核的受精卵中。在本世纪 50 年代有人第一次成功地用无性繁殖的方法培养出一种两栖动物——非洲爪蟾，以后又有人培育出了“克隆蛙”。

克隆的妙用

目前，在美国、瑞士等国都已经能够利用克隆技术培植的人体皮肤进行植皮手术。前些时间，有一位美国妇女在一次煤气炉意外爆炸中受伤，75% 的身体被严重烧伤。送入医院后，医生从她的身上取下一小块未损坏的皮肤，然后送到波士顿一家生化科技公司。30 天后，公司利用先进的克隆技术为她培植出了一大块健康的皮肤，使那位妇女迅速地痊愈了。这一成功避免了异体植皮可能出现的排异现象，大大地激励了从事这方面研究的科学家。他们预言，在不久的将来，他们还将会“造”出人的乳房、耳朵、软骨、肝脏，甚至心脏、动脉等组织和器官，供应医院临床使用。

克隆技术还可用来大量地繁殖许多有价值的基因。比如在基因工程操作中，科学家们为了让细菌等微生物“生产”出名贵的药品（如治疗糖尿病的胰岛素、有希望使侏儒症患者重新长高的生长激素和能抗多种病毒感染的干扰素等），分别将一些相应的人体基因转移到不同的微生物细胞中，再设法使这些微生物细胞大量地繁殖。与此同时，人体基因数目也随着微生物的繁殖而增加。这个过程被称为基因克隆或 DNA 克隆。在人体基因被大量“克隆”时，微生物大量地“生产”出人们所需要的名贵药品。

综上所述，克隆可以表现在几个不同的水平：个体水平、局部组织器官的细胞水平和基因水平。克隆应用的领域也相当广泛，所以克隆技术的确是一项非常重要的生物技术。

返老还童的发酵工程

从酒变酸谈发酵

19 世纪中期，在生物科学领域里发生了一场轰动一时的学术争论。争论的双方，一方的主要代表是当时的化学权威、德国的李比西，另一方的主要代表是法国的微生物学家、化学家巴斯德。

酒为什么变酸

为什么会发生这场历史性的大争论的呢？原来，在 19 世纪初期，资本主义工业的兴起，促进了当时处于重要经济地位的酿酒工业的巨大发展。然而到了 19 世纪的中期，在欧洲如日中天般发展的酿酒业却遇到了麻烦，原来，许多陈年的葡萄酒在空气中因自然变酸而不能被饮用。法国酿酒业为此损失了几百万法郎。这种奇怪的现象是什么原因引起的呢？在解释酒变酸的原因中，科学家们各自摆出种种理由，试图说服对方。李比西认为这是由于酒吸收了空气中的氧气引起化学变化，而巴斯德则认为这种现象是微生物引起

的。两派各述己见，互不相让。为了研究酒变酸的真正原因，巴斯德进行了大量的试验，终于发现引起葡萄酒变酸的罪魁祸首是一种叫醋酸杆菌的微生物，并指出醋酸杆菌是从空气中落进酒里的，是它使葡萄酒转变成了醋酸。到此，这场争论终于以巴斯德为首的学派获得胜利而告终。

在研究酒变酸的试验中，巴斯德意外地获得了一些重要的发现：不同类别的微生物引起不同种类的发酵，醋酸杆菌可引起酒变酸，而另一种叫酵母菌的微生物可将葡萄汁转变为葡萄酒；不同的微生物要求不同的生活条件，有的需要氧气，有的则不需要氧气。他发现如能控制好这些条件，可使发酵达到预期的结果。巴斯德的研究成果将酿酒业推向了一个崭新的阶段，同时也促进了传统发酵技术的发展。

发酵技术的发展

传统的发酵技术是一门古老的技术。从考古学获得的资料来看，古代人类在完全不懂得什么是发酵的情况下就已会利用微生物的发酵来制造一些有用的食品。如原始部落在食品多余的情况下，会将含糖的果实或含淀粉的谷类进行酿酒；古巴比伦人在公元前3世纪就会用大麦芽制成啤酒；以后的人们除了会酿酒外，还会制酱、醋、酪等。到了100多年前，巴斯德根据自己的实验结果给“发酵”下了著名的定义：“发酵就是微生物无空气的生活”。这时，人们对什么是发酵有了一个初步的认识。然而，今天的人们对“发酵”两字的理解与100多年前又有所不同，它的内涵已经扩大了许多。如今，我们似乎可以将“发酵”理解为是利用微生物来制造某种物质的特定过程，并且随着重组DNA、细胞融合等现代化技术以及工程学的引入，赋予了这一门古老的技术以新的生命，由此产生了现代发酵技术——发酵工程或称生物工程。

发酵工程四步曲

发酵工程是当今生物技术中最重要的组成部分。由于它具有投资少、污染小、见效快、收益大等优点，已日益受到各方面的重视。发酵工程的操作一般可分为4个阶段。

第一个阶段是选取发酵原料及对原料进行预处理。传统的发酵技术多采用薯类、谷类等粮食作物作为发酵的原料。如今随着某些微生物酶的开发、利用以及新型菌种的选用和制备，可利用的发酵原料的种类也在增加。有时还可采用某些废料，如甘蔗渣、麦秆等材料作为发酵的原料。如选择的原料不能直接被微生物利用，还需要对原料进行粉碎、蒸煮、水解等预处理。

第二个阶段是发酵过程的准备。这个阶段的操作可分三步进行。第一步是对发酵原料进行高压灭菌。灭菌操作是要绝对去除原料中的任何杂菌，这是发酵能否成功的关键。第二步是根据发酵类型来选择所需要的目标菌种。第三步是将目标菌种接种到灭过菌并已冷却了的发酵原料中。

第三个阶段是发酵过程。由于不同的微生物对生活条件有不同的要求，在发酵过程中应根据目标菌种需氧或厌氧的特点，通入无菌空气发酵或密闭静止发酵。

第四阶段是对发酵产品进行分离和提纯，以获得符合要求的发酵产品。

发酵工程的贡献

目前，发酵工程已在许多行业作出了巨大贡献。比如在食品工业中，可利用细菌的发酵来生产味精。利用发酵法生产味精比传统的盐酸水解小麦面筋生产味精可节约粮食 26%左右，降低成本大约 10%。利用发酵工程还可生产新型的生物色素，如 β-胡萝卜素等。在点心等食品的加工中，可用它来替代对人体有害的化学色素。如将乳酸菌接种到牛奶中，这些乳酸菌经过发酵后就可将牛奶制成酸奶了。利用微生物发酵生产柠檬酸是发酵工程对食品工业的又一大贡献。因为在许多种饮料的生产中，都需要添加柠檬酸，所以柠檬酸的需要量是非常大的。过去主要依靠柠檬果来提取柠檬酸，但这根本无法满足全世界的需要量。自从利用发酵工程生产柠檬酸后，这一矛盾便得到了彻底的解决。在动物饲料的生产中，可利用微生物发酵来生产蛋白质，从而可解决目前因人口不断增加、耕地的日益减少而造成的动物饲料中蛋白质来源不足的问题。利用发酵工程还可生产多种抗生素，如青霉素、头孢霉素等；生产各种维生素，如维生素 B 和维生素 C；生产抗癌药物和狂犬病疫苗等。发酵工程在生产生物农药、新型能源的开发利用、冶金工业等方面，也同样取得了极大的成功。

发酵的产物

微生物分解有机物质，将某些物质转化成另外一种物质的过程称为发酵。发酵的产物名目很多，并且大都与人们的日常生活有关，酒、醋、酱、甘油、味精、酒精、抗生素、维生素和微生物杀虫剂等都是发酵的产物。比如，醋是由醋酸杆菌发酵产生的，甘油则是酵母菌帮助发酵产生的。同时，人们还利用微生物发酵来生产粮食，微生物发酵生产蛋白质的速度比植物快 500 倍，比动物快 2000 倍。一个细菌一昼夜里发酵生产的蛋白质，大约等于它自身重量的 30~40 倍。

巴斯德的功劳

死亡率极高的狂犬病

可爱的小猫、小狗是孩子们喜爱的小动物。它们那聪明、伶俐的模样常常会逗得孩子们哈哈大笑。然而，这些小动物一旦被狂犬病病毒感染后就不再是可爱而是十分可怕的了。因为人如果被这种带有狂犬病病毒的动物咬伤后，也会得狂犬病。狂犬病死亡率极高，一旦发病几乎全部死亡。但是，人被咬伤后，如果能及时注射狂犬病疫苗，就有可能避免发病。可见，狂犬病疫苗的发明和使用对于挽救人的生命是有意义的。然而，你知道这种了不起的疫苗是谁发明的吗？

“多面手”巴斯德

让我们翻开科学发展史一起来看一下吧！巴斯德是一位法国的化学家和微生物学家。1882 年，当巴斯德 60 岁时，他开始研究狂犬病。在研究中他发现，在狂犬病患者的唾液中往往存在狂犬病病毒。巴斯德将病毒注射到兔

子的体内，降低毒性后制成减毒疫苗。1885年7月，巴斯德将他研制的疫苗在一个被患狂犬病的狼咬伤后的9岁孩子身上试用，获得了成功。巴斯德的成功当时被誉为是“科学记录中最杰出的一项研究成果”。从此之后，人们利用狂犬病疫苗拯救了许许多多人的生命。为了感谢巴斯德对人类所作出的贡献，当时有许多国家纷纷捐款，在法国巴黎建造了巴斯德研究所。巴斯德研究所在19~20世纪的微生物学发展中起了重大的作用。其实，巴斯德对人类的贡献远不止这一项。他从小就有远大的抱负，刻苦学习，一生献身于科学，在化学、微生物学、免疫学等领域都作出了极大的贡献。

巴斯德原先是学化学的。1847年，他在研究一种叫酒石酸的有机物质的旋光性时发现，酒石酸的结构有向左旋转的和向右旋转的两种。经过10年研究后，他提出了分子不对称性理论，从此开创了立体化学研究的途径。在研究中他还发现，某些微生物只能利用两种旋光性酒石酸中的一种，所以巴斯德坚信物质的不对称性必定与生命现象有关。

巴斯德的贡献

巴斯德于1854年开始研究发酵。虽然人类祖先在几千年前就已经会利用发酵来制取各种有用的食品，如酒、酱、醋、酪等；到了17世纪后期，人们已经清楚地知道，在生物世界里除了有动物界、植物界外，还存在着一个“第三世界”——微生物界。但是将这些地球上的小居民与传统的发酵业相联系起来考虑的，则应归功于巴斯德这位法国的科学家。巴斯德通过一系列的试验证明，发酵正是微生物活动的结果，不同种类的微生物可引起不同的发酵过程。比如，将葡萄汁酿造成葡萄酒是发酵，它是酵母菌的功劳；酒在空气中自行变酸也是发酵，它是由另一种微生物引起的。他还发现不同的微生物对生活条件的要求是不相同的。巴斯德根据自己的发现，建议在微生物工业中，采用纯种微生物进行发酵，并且还要控制好发酵的条件，这样就可以得到优良的发酵产品。

19世纪60年代，法国等一些欧洲国家的酿酒厂中发生了一种奇怪的现象：葡萄酒在空气中放置时间长了往往会自行变酸。这种怪现象大大地影响了欧洲酿酒业的发展。经过巴斯德的反复研究，人们终于得知使酒变酸的真正原因是由于空气中的醋酸杆菌或乳酸杆菌落入发酵桶而造成的。因此，他们建议采用微温（50~60℃）加热法来消灭酒、醋等成品中的杂菌，从而解决了当时酿酒业的难题，发展了制醋的标准化工艺。这种微温加热消灭微生物的方法以后便被称为巴斯德灭菌法或巴斯德消毒法，在奶制品加工和制酒业中沿用至今。

生命是这样产生的

在巴斯德时代，人们对于地球上的生命是如何产生的缺乏正确的认识。当时的人们，由于经常发现放在罐子里的肉看起来好像会自然腐烂，就认为地球上的生命，尤其是微生物是自然产生的。但也有人不同意这种观点，为此有许多学者曾做过不少实验，可还是无法判断是非。19世纪的中期，由于巴斯德的成就才成功地解决了这一问题。巴斯德十分巧妙地设计了一只特殊的烧瓶，这只烧瓶瓶口上有一根向侧面弯成S形的管子，管口是开着的。巴

斯德在瓶内装上肉汤，然后将肉汤加热煮沸，杀死其中的微生物后移去火焰。由于管口是开着的，烧瓶冷却后，空气可以通过弯曲的管子进入烧瓶，但空气中的微生物却只能沉积在 S 形的管壁上而不能进入烧瓶中。烧瓶中的肉汤在几个月后，仍然很澄清，并没有受到微生物的污染。如果将弯管去掉，烧瓶内的肉汤用不了几天就会由于微生物的侵入而腐败。这一实验有力地证明了肉汤内的微生物是不会自行产生的，从而否定了生命是自然产生的观点。

蚕儿得救了

中国的蚕丝业在 18 世纪就已闻名于世界。当中国的养蚕术和丝织品传到欧洲后，很快就在法国等国家蓬勃发展起来。但在 19 世纪初期，欧洲许多国家的养蚕业遭到了很大的挫折。蚕得了一种奇怪的“瘟病”，身上长满黑色的斑点，不吃不动，成批成批地死去。这种疾病迅速蔓延，使法国的养蚕业几乎到了崩溃的边缘。1865 年，巴斯德受法国政府委托，开始研究当时流行的蚕病。经过 5 年精心研究，巴斯德发现引起蚕生“瘟病”的原因是由于病蚕和蚕吃的桑叶都感染了微生物，他大胆地建议把所有遭到感染的病蚕和桑叶统统毁掉，用未遭感染的桑叶精心饲养健康的蚕。这个建议不仅挽救了法国养蚕业的厄运，而且也首创了防治和检疫传染病的方法。

1877 年以后，巴斯德先后研究了多种人畜疾病（如鸡霍乱、炭疽病、骨髓炎、产褥感染、疔疮等）。1879 年，巴斯德偶然发现在一定条件下生长的鸡霍乱菌不仅不会使鸡得霍乱，而且还可诱发鸡对霍乱病的免疫力。巴斯德将这种霍乱菌制成疫苗，并将它注射到鸡的体内，使鸡产生了对霍乱病的抵抗力。1881 年，他又将经过高温培养而毒性减弱的炭疽杆菌制成了炭疽病疫苗，用牛和羊进行试验，效果也很好。这些疫苗增加了牛和羊对炭疽病的抵抗力。接着，巴斯德又对狂犬病进行了大量的研究，制造出狂犬病疫苗。对狂犬病的研究是巴斯德科学生涯中最后的、也是对人类最伟大的贡献。

巴斯德是一位了不起的科学家，一生中为人类作出了许多卓越的贡献。去年联合国教科文组织曾宣布，为纪念这位伟大的科学家逝世一百周年，将 1995 年定为“巴斯德年”。

神奇的微生物

谁最早发现微生物

1674 年，有一位叫列文虎克的荷兰人开始用自己磨制的玻璃透镜组装而成的显微镜来观察牙垢、雨水、井水和腐烂的生物体。在观察中，列文虎克惊奇地发现，显微镜下居然有许多有趣的微小生物体。以后，列文虎克用图画和文字详细地描述了他的发现，从此便揭开了微生物世界的秘密。这是有史以来关于微生物的首次记载。列文虎克当之无愧地成了世界上第一个看到微生物的人。

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、单细胞的细菌、放线菌，到结构略为复杂一点的真菌等。虽然微生物王国里的成员都是一些结构简单的低等生物，它们的容貌不如许多动物那么可爱，也不及许多植物那么艳丽。但是，在生物这个大家庭里，微生物也有许多的独特之处。

微生物的能耐

人们知道微生物生存的大本营是土壤。如果你抓起重约 1 克的泥土，你知道有多少个微生物吗？有多达几亿到几十亿个微生物。这些生活在土壤中既轻又小的微生物可以随着大风和雨水周游世界，也可以到地球上的任何一个角落安家落户。所以，从炎热的赤道一直到冰天雪地的南极和北极，处处都有微生物的分布。就是在我们每一个人的体内也有大量的微生物。可以这样说，在地球上，微生物是无孔不入、无处不在的。

微生物之所以能表现为无处不在，除了由于它们具有身小体轻这个特点，可以到处传播外，还由于微生物具有许多特殊的生存本领，能在其他生物都不能生存的恶劣环境中自由自在地生活。比如，在冰岛的温泉中有人发现一种叫芽孢杆菌的微生物，在即将沸腾的 98℃ 热水中还能正常地生长繁殖；而另一些微生物则专门喜欢在低温环境中生活，就是在万里冰封的喜马拉雅山上，它们也能生活得逍遥自在；有些微生物对微酸性环境表现得毫不在乎；科学家们曾在 12000 米深海中发现有微生物的踪迹。在如此深的海中，压力高达 118 兆帕以上，在这样的高压下，人或其他动物早就被压成薄薄的一层了，而生活在这种环境中的微生物却安然无恙。

惊人的适应能力

微生物对各种恶劣的环境具有高度的适应性。这种适应性还表现在当环境发生改变时，许多微生物会迅速地调整原来的生活习性，以适应新的环境。比如有一种叫大肠杆菌的微生物，如果将它放在只有葡萄糖的环境中生活，大肠杆菌细胞内能合成一套专门分解、利用葡萄糖的酶蛋白。假如你将这些正在津津有味地“吃”着葡萄糖的大肠杆菌突然间转移到只有乳糖的环境中，大肠杆菌会在千分之一秒内迅速地作出反应，停止与利用葡萄糖有关的酶蛋白的合成，马上合成出一套专门分解利用乳糖的酶蛋白，改“吃”乳糖；又比如当环境恶劣到实在不利于生活时，有的微生物还会不“吃”不“喝”，“闭门睡觉”，进入暂时的休眠状态，以渡过难关。一旦条件适宜，这些休眠的微生物又可以照样生长和繁殖。对环境有如此高强的适应能力是微生物又一特点。微生物的这两大特点使它们成为地球上占有最为广阔生存空间的生物。

“超生游击队”

微生物惊人的繁殖能力堪称生物界之最。如果以体重增加一倍所需要的时间来比较不同生物的生长速度，猪需要 30~40 天，禾本科野草需要 10 天，但即使是长得最慢的微生物也只需几个小时就够了，像细菌通常在不到 20 分钟的时间内就可以繁殖一代，重量增加一倍。也就是说，经过 20 分钟后，原来的一个细菌就可以变成两个；再过 20 分钟，两个变成四个；再过 20 分钟，四个变成八个。那么，在 1 小时 20 分钟之后，细菌即可“五世同堂”了，一天就可繁殖出 72 代。如果一直任其繁殖下去，那么原先只能在显微镜下才看得到的小小的细菌，不到两天的时间，子孙后代聚集起来就有一个地球这么重。当然，由于种种条件的限制，细菌根本不可能无限制地繁殖下去，但

微生物的确具备了如此惊人的繁殖能力，可称得上是地地道道的“超生游击队”。微生物这种惊人的“超生”本领使它们成为世界上数量最多的生物类型。

利用微生物的这一特点，如果能充分满足微生物生长繁殖所需的条件，就可以在较短时间内获得大量的微生物菌体，同时还可获得由微生物生产出的许多有用产品。

吃得多产得多

在利用微生物生产各种对人类有用的产品时，要尽量满足微生物生长繁殖所需要的条件。其中最首要的条件就是向微生物提供“食物”。微生物的食谱很广，淀粉、葡萄糖、麦芽糖、有机酸、蛋白质等都可以成为它们的食物。但不同的微生物对食物种类的要求并不完全相同，有的食谱较广，能利用的食物种类较多，如某些放线菌对于前面提到的这些食物都可利用；有的微生物可利用的食物种类相对较少，如某些酵母菌只喜欢“吃”麦芽糖和葡萄糖；科学家还发现有些微生物对石油特别感兴趣，专门以石油为食；还有些微生物爱吃的食物却更加离奇，说出来你或许也不会相信，它们喜欢吃的食物有废塑料、甘蔗渣、工业垃圾和动物尸体等。

微生物在“吃”了食物后可为人类做许多好事。如有些细菌能生产味精、氨基酸、维生素、醋和酸奶；有些常年生活在土壤中的细菌能为植物生长提供各种必需的营养物质，如氮、磷、钾三种重要的元素；还有些细菌因为专门爱“吃”一些有毒的化合物，所以可以用作污水处理。放线菌在“吃”了食物后可为人类生产许多有用的抗生素，如青霉素、庆大霉素、链霉素、红霉素等。对人类最有用的真菌要属酵母菌。在日常生活中，发面做馒头、烤制面包和酿造啤酒、葡萄酒都是利用酵母菌的作用。消化不良时吃的酵母片和食母生药片也是由酵母菌制作的。酵母菌还能制成高蛋白食物，直接供人食用。真菌家族中霉菌，也能生产各种有用的产品，比如酿酒、制酱、做腐乳和乳酪都要用到霉菌；做酒酿用的甜酒药也是用霉菌制造出来的；霉菌还能用来生产抗生素、维生素等药物。

微生物具有很强的“生产”能力。用专业术语来讲就是微生物具有很强的代谢能力。有人做过计算，乳酸细菌每小时生产的乳酸要比它本身的重量重 1000~10000 倍；1 千克的酒精酵母菌一天内可将几千千克的糖转化为酒精；如果以合成蛋白质的能力来比较，有一种专门生产蛋白质的酵母菌合成蛋白质的能力是大豆的 100 倍，是肉用公牛的 1 万倍。

培养细菌的方法

培养细菌的方法比较简单。所需要的基本培养基是：

碳源和氮源细菌能够用它们合成有机化合物。

能源物质通常是一种在氧化作用时产生能量、能为细菌所利用的物质。

无机盐 磷、硫、钙和钾都是细菌生长所需要的。此外还有微量的镁、锰、铜、锌和钴。

生长因素 某些细菌不能合成它所必需的主要生物化学中间体，因此必须在培养基中供给这些中间体。

培养基的 pH 值必须控制在 6~8 之间。

最适宜的温度随品种而变，有些细菌为 15~20 ，另一些则为 30~39

小小微生物竟然有这么多的神奇之处，微生物的这些神奇本领是其他任何生物都望尘莫及的。如今，微生物已成为生物技术的主角，科学家们正设法充分利用微生物的特殊本领，化害为利，为人类作出更大的贡献。

从缸到罐的革命

在电视屏幕上，人们有时会看到这么一条关于酒的广告：“何以解忧，唯有杜康”。这词原出自三国时代曹操之口。

酒是中国人一大发明

根据史学家们的研究，酒是中国人的一大发明。我国劳动人民利用微生物发酵进行酿酒的历史至少已有 4000 多年。古代的人们发现，长了霉的谷物经水浸泡一段时间后，就会产生一种特殊的香味和辛辣味，由此而学会了利用谷物制酒的方法。在古埃及等国家，人们也早已学会利用发酵方法来酿制啤酒和葡萄酒。史书上还记载着，我们的祖先除了会酿酒外，还会用谷物制曲、制酱和造醋等。

古人在制造这些发酵产品时，是在全然不知道其中道理的情况下进行的。他们运用的是自然发酵现象，就是将谷物等发酵原料放在自然环境中，任自然界里的微生物在这些发酵原料上自然发酵，这是一种原始的酿造技术。

缸有缸的好处

原始的酿造技术是与人类文明同时起步的，它一直延续了几千个年头。过去的人们在利用原始的酿造技术生产发酵产品时，一般都是将谷物等发酵原料放在陶制的大缸中进行发酵的。如今，你到民俗博物馆去参观时，也许还能见到这一口口体现我们祖先聪明才智的陶制大缸哩！

用缸等容器来制作各种发酵产品，这种带有原始酿造技术痕迹的操作，在现代人的生活中依然可见其踪影。比如，上海挺有名气的“城隍庙小钵头糯米甜酒酿”的制作，就是先将蒸好的糯米饭放在一只只小缸或小钵内，再在米饭中加入带有一种叫根霉菌的微生物的甜酒药，搅拌后盖上盖子，任其发酵，不满两天，即可制成酸甜适中、美味可口的糯米甜酒酿了。我们有时会见到挑着自制豆腐乳在集市上出售的小贩，那豆腐乳也是利用霉菌发酵制成的。

从科赫的发酵技术谈起

虽然，现代人运用微生物发酵技术制作食品的方法与古人相比，在容器的选择和某些操作步骤上具有相似之处，但两者仍有一个本质的区别：古人采用的是自然发酵法，而现代人在制作发酵食品时，是有目的地选择某一种微生物进行发酵。这一进步主要要归功于一名几乎与法国化学家和微生物学

家巴斯德同时代的德国医生。这位医生的名字叫科赫。在 19 世纪的后期，他发明了可以将自然界里各种混杂在一起的微生物相互分离的纯种培养技术。这一技术的发明使原始的酿造技术向前迈进了一大步，从而建立了以微生物纯种培养为主的传统发酵技术。我们前面提到的糯米甜酒酿和豆腐乳的制作都是采用传统的发酵技术制成的。利用此项技术，人们还可以自制酸牛奶、泡菜等风味食品以及面包和馒头。

利用传统的发酵技术可以有目的地制作各种发酵食品，大大地改进了流传数千年的原始的酿造技术，使许多产品的制作变得更为方便。比如，过去利用原始酿造技术生产酱油是让微生物在大豆、面粉发酵原料中自然发酵后制成的，采用传统的酿造技术后，将直接利用具有高活力蛋白酶的米曲霉对原料进行发酵来生产酱油。这一改进不但使酱油的生产时间从原先需要 1 年以上一下子缩短到只需 2 个月，而且还大大简化了生产工艺。

现代发酵罐的优点

微生物纯种培养技术的发明一方面促进了原始的酿造技术的发展，建立了至今仍兴盛不衰的传统发酵技术；另一方面也为微生物的工业利用奠定了基础。在此基础上，有人设计了适于工业生产、能灭除其他杂菌的密闭式发酵罐。它能替代传统的发酵容器，作为微生物在发酵过程中进行生长、繁殖和形成产品所需的容器。

为了避免腐蚀起见，在微生物工业生产中使用的发酵罐通常都选用不锈钢制成。它们能够耐受较高的压力，形状好像一个生有四条腿的圆柱体钢铁怪物。你可别小看这种笨头笨脑的大怪物，与传统的发酵容器相比，它确实有许多优点。

首先，这种容器可以进行严格的灭菌，消除杂菌对发酵过程的影响；在发酵过程中，可对发酵罐内的发酵原料进行搅拌，使罐内的微生物能充分地与发酵原料接触，更好地利用发酵原料；对于那些需要氧气才能发酵的微生物，在发酵过程中还可及时地向罐内通入无菌的空气，并同时排出由微生物呼吸产生的二氧化碳；如果将发酵罐与电子计算机相连，通过显示器，还可及时了解罐内的温度、压力、微生物菌体的浓度、发酵原料的利用率、产品的浓度等各项数据，这样就可以随时掌握发酵进程，实现由计算机自动控制发酵过程。

发酵工程的新时代

利用发酵罐生产发酵产品，可实现大批量的工业化生产规模，简化某些产品的生产过程。在青霉素生产史上就曾发生过这样一件事。20 世纪 40 年代初，美国有一家生产青霉素的工厂，由于当时的生产手段还比较落后，青霉素生产是利用小培养瓶作为发酵容器的，故此这家工厂使用的培养瓶多达 75 万只。如此多的培养瓶，清洗、灭菌、倒培养液（即发酵原料）以及接种都需要大量的人力、能源和空间。何况，在培养过程中还容易出现杂菌感染现象。到了 40 年代后期，青霉素生产开始采用发酵罐培养，从此完全改变了这种落后的生产局面。它不仅简化了操作，节省了空间，提高了青霉素的产量，使青霉素的价格更为便宜，而且还可以完全排除杂菌的污染，使产品更

加纯净。

利用发酵罐生产发酵产品，使发酵产品的种类也发生了根本性的变化。人们已经完全走出了过去发酵主要限于食品的小圈子。如今，从精细药品到普通食品，从稀有物质浓缩剂到污染物处理剂，从新型粮食代用品到能源补充品，许多过去想象不到的产品，现在都可以从发酵罐中生产出来。

所以，你可千万别小看这从缸到罐的变化，这是发酵技术史上的划时代的革命，标志着发酵技术已开始进入一个全新的时代，这就是现代发酵工程的新时代。

美味的“人造肉”

第一次世界大战期间，德国科学家研究开发了一种食用酵母菌。在经过特殊的加工后，它很像牛肉或猪肉，故有“人造肉”之称。20世纪40年代以后，英国、美国、日本等国纷纷仿效德国，开始生产食用微生物，种类也从酵母菌扩大到细菌等其他微生物。

“神奇牛排”

据说曾有这样一家餐馆，专门出售一种利用人造肉加工而成的“肉制品”，并取名为“神奇牛排”。品尝过的人都说，这种“牛排”的味道鲜美无比。

当你听了以后有何感想？是想亲口品尝呢？还是感到恶心？常言道，病从口入。当人们津津有味地吃了这种由酵母菌、细菌等微生物制成的“神奇牛排”后，会不会生病呢？

微生物做牛排

当你知道了科学家在生产人造肉时，所选用的酵母菌、细菌等微生物都是对人无害的微生物菌种时，你一定会意识到，这样的担心是多余的了。其实，由微生物制成的“神奇牛排”不仅不会有损于身体健康，而且还可以提供大量的蛋白质。

根据测定，微生物细胞含有丰富的蛋白质，例如酵母菌的蛋白质含量为45%~55%；细菌的蛋白质含量为60%~80%。而农作物中含蛋白质最高是大豆，它的蛋白质含量充其量不过是40%左右。微生物细胞中不仅含有丰富的蛋白质，而且蛋白质的质量也比较高。据专家分析，由微生物制成的“人造肉”与真正的肉类食品一样具有8种人体必需的氨基酸，尤为可贵的是，它的赖氨酸含量比较高。

重要的是蛋白质

我们都知道蛋白质既是维持人体生命活动的基本物质，也是组成人体各种组织、器官的主要材料。据估计，每个人在一生中要吃掉大约1.6吨蛋白质。目前，地球上的人口数目已突破50亿。可见，全世界需要蛋白质的数量是相当可观的。然而，人类已面临蛋白质供不应求的局面。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。而且，随着世

界人口的不断增加，可耕地的日益减少，这个问题将会变得越来越严重。

为了解决人类面临的困难，科学家正在坚持不懈地寻找多种解决问题的途径。其中最为迅速、有效的解决办法就是利用发酵工程成功地生产大量的酵母菌以及对人无害的细菌等微生物，然后制成含有菌体细胞的蛋白质干粉。如今，科学家又给这种利用发酵工程生产蛋白质的方式起了一个新名字——“白色农业”。目前，我们国家也非常重视这方面的研究。1996年8月18日，全国首家白色农业研究所在北京延庆县成立，探索利用发酵工程“种粮”的研究。

由于酵母菌等微生物都是单细胞生物，所以利用微生物生产出的菌体蛋白被称为单细胞蛋白。

异军突起的单细胞蛋白

用发酵工程生产单细胞蛋白有许多优点。首先，微生物具有惊人的生产蛋白质的能力，比任何一种植物或动物生产蛋白质的效率都高。比如，粮食每年只能收获一次或两次；一头500千克的牛，每24小时只能合成0.5千克的蛋白质，而500千克的活细菌，在24小时内，只要条件适合，就能生产出1250千克的蛋白质。从而可以快速地缓解人类面临的蛋白质严重缺乏的矛盾。

生产单细胞蛋白时，要向微生物提供“食物”，即微生物发酵原料。微生物对“食物”种类的要求并不高。过去主要以淀粉、葡萄糖等碳水化合物为发酵的原料。如今随着单细胞蛋白生产技术的不断改进和提高，微生物对原料的要求变得越来越低，原料的价格也越来越便宜。酵母菌不仅能“食用”糖蜜、薯类淀粉等碳水化合物和石蜡、粗柴油、天然气、甲烷、泥炭等工业废水、废渣；而且还能“食用”稻壳、棉籽壳、玉米芯等农业废弃物，从而大大地降低了单细胞蛋白的生产成本。而且，通过对废物的回收再利用，变废为宝，还起到了保护环境的作用。

单细胞蛋白的生产完全可以进入工业化。它比农业生产需要的劳动力少。在大型的发酵罐中培养微生物，并不占用大面积的耕地，不受地区、季节、气候变化、旱涝灾害的影响，生产出来的蛋白质数量多、质量好，远远胜过现有任何一种粮食所含的蛋白质。

微生物细胞生产的单细胞蛋白除了含有量多、质好的蛋白质以外，还含有丰富的碳水化合物以及脂类、维生素、矿物质等多种营养成分。

单细胞蛋白问世以后，对饲料和食品工业产生了极大的影响。单细胞蛋白作为饲料蛋白已在全世界广泛应用，并已取得了许多可喜的成果。在畜牧养殖业中，采用单细胞蛋白作为饲料可促进猪的快速生长；使奶牛多产牛奶；提高了鸡的产蛋率；使鱼儿也长得体肥个大、蜜蜂加快了繁殖速度。更有趣的是，单细胞蛋白饲料还可以代替桑叶养蚕。可见，单细胞蛋白用作饲料既可节约大量玉米、大豆等粮食作物，同时也为饲养工业化开辟了一条新的途径。

脱颖而出

随着世界人口的急剧增加，人类正面临着耕地减少、粮食短缺的威胁，

在这种情形之下，单细胞蛋白作为一种新型的食物来源展现在人们的面前。由于它的价格便宜，而营养价值却能与真正的肉类相媲美，可作为“人造肉”来补充人体所需的蛋白质。因此，单细胞蛋白很快被人们所接受，并被搬上了餐桌。由于单细胞蛋白的营养组成齐全，所以它可以作为营养强化剂添加到其他食品中，用以增加各类产品的蛋白质、脂肪、维生素、矿物质等的含量。此外，单细胞蛋白在食品加工中也有重要的作用。它能提高食品的物理性能，例如，把活性干酵母加入意大利烘饼中，可使意大利烘饼薄而不碎。酵母菌的浓缩蛋白质具有显著的鲜味，作添加剂使用可增加食物的鲜香味等等。

单细胞蛋白具有如此奇妙的作用，随着应用领域的扩大，它必将会给传统的食品工业带来新的活力。

营养面包

营养面包的作用

在日本，有许多中小學生都被要求吃一种营养面包。有人曾经做过这样一项调查，将一些 11~12 岁的学龄儿童分成两组，其中一组儿童每天吃营养面包，而另一组儿童只吃一般的面包。一年以后，每天坚持吃营养面包的儿童的身高、体重和握力等多项指标都比吃一般面包的儿童有显著的增加。大家也许会感到奇怪，营养面包和一般的面包之间究竟有什么区别？为什么营养面包会有如此大的作用？

其实，营养面包和一般的面包都是用面粉做成的，两者不同的就是在营养面包制作中，面包师在面粉里加了少量的赖氨酸。那么，为什么加赖氨酸的面包能促进儿童的生长发育呢？要讲清楚这个问题还得从蛋白质说起。

为何要加赖氨酸

蛋白质是组成人体的重要成分。人们每天都要从食物中获得一定量的蛋白质。当蛋白质进入人体后，经过酶的作用，就被分解成氨基酸，然后被人体吸收利用，再合成组成人体的蛋白质。

虽然蛋白质种类繁多，千变万化，但归根结底，都是由 20 多种氨基酸以特定的排列方式组合而成的。在这 20 多种氨基酸中，有 8 种氨基酸对人类特别重要，因为人体自身不能合成这 8 种氨基酸，而只能从食物中摄取。这 8 种氨基酸我们称它们为必需氨基酸。如果人体中必需氨基酸的含量不足，人体就不能有效地合成蛋白质，从而导致了营养不良和生长缓慢。赖氨酸就是这 8 种必需氨基酸中最重要的一种氨基酸。

食物营养价值的高低在很大程度上取决于必需氨基酸含量的多少以及它们的比例是否平衡。在猪和牛等肉类、鱼类、禽蛋类等动物蛋白中，必需氨基酸的含量都比较高，而且比例也比较平衡。在小麦、大米等谷类植物蛋白中，必需氨基酸的比例不够平衡，尤其是赖氨酸含量偏低。所以我们平时总说动物蛋白比植物蛋白有营养，多吃动物蛋白的人精神好、体质强、耐力持久就是这个道理。

在 8 种必需氨基酸中，只要有一种氨基酸含量很低，就会影响人体蛋白质的合成。如果我们总是吃一些必需氨基酸含量不均衡的食物，多余的必需

氨基酸由于不能有效地合成人体蛋白质而被浪费掉，时间一长，我们的身体就会出现蛋白质缺乏症；而我们的身体为了排泄那些多余的氨基酸，还要增加身体的负担，消耗维生素和能量。所以说食物中 8 种必需氨基酸比例的平衡是很重要的。

在面粉中添加适量的赖氨酸就是为了平衡一般面包中必需氨基酸的比例，提高面包的营养价值，孩子们吃了能有效地合成身体所需要的蛋白质。所以多吃添加赖氨酸的营养面包能促进儿童的生长发育。赖氨酸除了可加在面粉中制成营养面包外，还可添加在普通大米中制成营养大米。

经济、有效的赖氨酸

联合国粮农组织和世界卫生组织已确认，在现阶段采用添加赖氨酸来提高谷类等植物蛋白的营养，是解决不发达国家人口膨胀、因动物蛋白不足造成营养缺乏的最经济、最有效的手段。我国是以谷物为主食的国家，50% 蛋白质取自于粮食，动物蛋白摄入量较少，这样的食物结构容易引起营养不良。如果能采取在粮食作物中添加赖氨酸的办法，即可在短时间内使这些粮食作物的营养价值接近于动物蛋白的水平。比如，我国每年消耗 1.5 亿吨谷物，这些谷物加工以后在食用时如果都添加适量的赖氨酸，就相当于增加了 1500 万吨鲜鸡蛋或 750 万吨猪肉所含的蛋白质。赖氨酸的价格是很便宜的，在面包制作中，只要增加 3 分钱的赖氨酸，就可制成 500 克营养价值接近于动物蛋白的营养面包了。所以说这是改善我国人民体质的好办法。

赖氨酸的用途非常广泛，用于制作各种供人食用的营养食品仅仅只是一种用途。赖氨酸可被用作饲料的添加剂，各种家畜、家禽吃了就能长得更快、更好。赖氨酸还可被当作医疗药物，治疗肝硬化、溃疡、乙醇中毒、痛风等病症。由于赖氨酸能够提高血脑屏障的通透性，有助于药物进入细胞，因此它又是配合治疗脑部病症的辅助药物。

赖氨酸从哪里来

随着应用领域的不断扩大，赖氨酸的用量也在不断增加。过去，人们一般从猪血制成的干粉中提取赖氨酸。虽然猪血粉中赖氨酸含量较高(为 9% ~ 10%)，但需要用酸将蛋白质水解，再进一步分离提取，工艺比较复杂，生产受到限制，因而用途也不能进一步扩大。应用微生物发酵法生产赖氨酸以后，简化了赖氨酸生产工艺，赖氨酸的产量有所增加。如今，人们利用发酵工程等现代生物技术生产赖氨酸，赖氨酸产量又有了大幅度的提高，这就给赖氨酸的大量推广创造了良好的条件。

恪尽职守的“环卫工”

微生物“环卫工”

这里所说的“环卫工”并不是平时在街上见到的那些身穿制服、手握扫把，为了让城市更加清洁而辛勤工作的环卫工人，而是指那些看不见、摸不着的微生物。对此，你可千万不要感到吃惊。因为当你一旦明白了这些微生

物在清洁大自然中所起的重要作用时，就一定会对这些毫不起眼的“小东西”刮目相看。

在我们生活的地球上，每一年都有大量死亡的动物、植物，同时还有大量的动物和人类排泄物以及人类的生活垃圾被丢弃在自然界中，可多少万年过去了，我们却从来没有发现过因这些废物的堆积而造成巨大的灾难。你可知道这些废物都到哪里去了？它们怎么会自行消失的呢？原来，在自然界里有许多专门爱“吃”动植物尸体、排泄物或生活垃圾的微生物，它们在“吃”去了所有这些废物营养自身的同时，也为我们净化了环境。

在微生物家族中，有些成员还能参与空气的净化。比如有些微生物能利用空气中的二氧化碳等废气来生成一种不会引起环境污染的、清洁的新型能源——氢气。

惊人的适应能力

在“三废”物质中除了废物（或称废渣）、废气外，还有一废，那就是废水。自然界里有许多微生物一直无声无息地承担着净化废水这一重任。它们可以将大量的生活废水和工厂排出的工业废水中一些对人、畜有毒和有害的物质转化为无毒、无害的物质，使污水变为净水。在净化各种类型的废水中，不同的微生物能各显神通。比如，有一种叫芽孢杆菌的微生物能将对人类和各种动物有毒的酚类物质转变成醋酸，并作为营养吸收利用。这种微生物的除酚效率可以达到 99%。

汞对人也是有毒的，当人吃了汞中毒的鱼以后，汞就会在人体内积累。当汞含量达到一定程度时，就会使人手脚麻木，听觉、视觉衰退，直至死亡。可是，在自然界里，有一种专门“吃”汞的微生物，这种微生物既消除了汞对环境的污染，也回收了宝贵的金属汞。各种氰化物，如氰化钾、氰化钠等化合物，对人的毒性更大。然而有一些微生物对这些剧毒品却毫不在乎，它们可以消除氰化物对环境的污染。

天然微生物也无能为力

虽然，在自然界中存在着大量的能够处理多种废物、废气和废水的微生物，它们在净化我们的生存环境中作出了巨大的贡献。然而，在最近半个世纪内，地球人口的过度增长，造成了生活废弃物的大量增加；工业的迅速发展使得工业废弃物的排放量剧增，废物的种类也发生了变化。如被称为“白色污染”的塑料制品和在农业生产中过度地使用的化肥和农药的数量，都早已超出了自然界中天然微生物所能够承受的净化能力。原来平静的世界开始变得不平静了，我们生存的环境受到了严重的污染，污染物正威胁着人类的正常生活。

污染已成为全球性问题

环境污染对人类的影响已成为全球性问题。在前苏联斯维尔德洛夫市，就曾因有人顺手把未灭的烟头丢入伊谢特河而引起了一场熊熊大火。经调查后人们发现烟头引燃了河水中污染物挥发出的可燃性气体。又由于每年有

100 多万吨石油产品和 20 万吨的沥青及硫酸排入黑海，使前苏联原来丰产的梭子鱼几乎绝迹。在美国，也曾发生由于城市污水的过度排放而造成内河和近海的水源严重污染，密西西比河由于污染严重而使鱼、鸟绝迹。日本的港湾曾因为污染而使特产的樱虾、鲈鱼断子绝孙。在我国，环境污染也相当严重，各种废气、废水的排放量都严重超标。比如在二氧化碳和二氧化硫的排放量上，我国已被列为世界上排放量最大的国家之一。

最近又有来自泰国的报道，泰国卫生部在 1996 年 8 月 28 日发出警告说，泰国首都曼谷市中心的烟尘污染情况严重。烟尘污染程度超过了世界卫生组织颁布的国际安全标准的 2 倍。目前，泰国卫生部正发起运动，呼吁曼谷在工厂上班的工人戴上口罩。整日在街头执勤的交通警察也不得不戴着口罩维持交通。如此严重的环境污染问题，如果再不抓紧治理，人类在地球上很快将会无处安身了。

为了地球的未来和人类美好的明天，科学家们已开始运用先进的基因工程、发酵工程等生物技术，试图从根本上消除环境污染对人类造成的危害。

脱胎换骨的“超级工程菌”

科学家们最终还是选择了微生物作为消除“三废”的工具，如今被利用的微生物所具有的本领与天然微生物相比已大不一样。如今，被利用的微生物都是先经过反复的选择、改造，使原先所具有的消除某种有害成分的能力变得更加强大，然后人类再利用发酵工程大量培养这些微生物。所以它们个个都是精兵强将，能够高效率地吸收环境中危害人类及大多数生物的有毒、有害物质。这样的微生物我们称它们为“超级工程菌”。

人类在培育“超级工程菌”方面已取得了一些可喜的成就。目前已培育出的超级工程菌主要有专门吃浮油的超级石油菌。它们吃浮油的速度相当快，原先天然微生物需要一年才能吃完的石油，这种细菌只需要几个小时就能吃完，所以可以利用它们来迅速消除因油轮失事造成海洋表面各种浮油的污染。人们还培育出了能消除一种叫邻氯酚的化学物质污染的超级工程菌。用这种菌处理被邻氯酚污染的水，一个月以后，邻氯酚的含量可由 0.06% 下降到 0.0025%。2,4,5-T 是一种对人毒性很大的除草剂，目前科学家们已培育出了能够分解这种除草剂的超级工程菌，用它来处理被污染的土壤，1 周内即可分解土壤中 95% 的 2,4,5-T，相当于天然菌分解 40 天至 4 个月才能取得的效果。已培育的超级工程菌还有许许多多，所有这些成就都为人类从根本上解决严重的环境污染问题提供了新的希望。

微生物杀虫剂

害虫的危害

昆虫是动物世界中的大家族，它们与人类的关系相当密切。昆虫家族中有些成员对人类有益，例如能够直接为人类制造有用产品的蜜蜂、家蚕等，能够帮助人类消灭某种害虫的金小蜂、草蛉等。也有些种类直接危害人类的健康，如苍蝇、蚊子、蟑螂等。还有许多种昆虫，它们虽然不会直接伤害我们的身体，但它们会危害人类种植的蔬菜、粮食作物、果树等多种植物。比如

菜粉蝶的幼虫——菜青虫专吃青菜、卷心菜等蔬菜的叶子，会将一张张好端端的菜叶吃到只剩下叶柄和叶脉。又比如在旧中国曾发生过的多起蝗灾，就是由蝗虫引起的，这种可恶的昆虫会将农民们辛辛苦苦种出的粮食全部吃光，最后造成颗粒无收。在苹果、梨等水果中，我们有时会发现一种白色的小虫子，它叫食心虫，专门蛀食水果，是果树的一大害虫。在人们心目中象征着虬劲和坚韧的各种松树也会遭到松毛虫等多种昆虫的侵袭。还有一些我们熟悉的昆虫，如蟋蟀、油葫芦、蝉、天牛、蚱蜢、金龟子、许多漂亮的蝴蝶等也都是危害多种植物的害虫。有人作过统计，每年的粮食产量就因为这些害虫的影响而减少 30%。

使用农药的后果

为了消除害虫对植物的影响，从本世纪 40 年代起，人们开始大量使用有毒的化学农药来杀灭各种害虫。虽然在刚开始使用这些化学农药时，控制虫害的效果相当明显，然而在使用过程中，人们逐渐发现化学农药有许多缺点。首先，化学农药在杀死害虫的同时，也杀死了大量的益虫；又由于害虫对化学农药会逐渐产生抵抗力，人们在使用化学农药时只好不断增加剂量，生产单位也不断推出新的农药品种。有些农药成分的毒性很大，而且在土壤中不能很快地被分解。多年以后，这些有毒的化学农药就对人类和环境造成了极大的危害。

比如，本世纪中期，在日本九州鹿儿岛的水俣市，当地居民曾发现，他们那儿的猫会发疯一样惊恐不安，好像身上着了火似的要跳入大海。有人在对这一“狂猫跳海事件”做了研究后发现，那些猫吃了被含汞农药污染了的鱼类和贝类。农药中的汞进入动物体内后，不会马上被排泄，而是积累在肝、肾、脾、脊髓中，当含量达到一定时，就会出现农药中毒现象。猫吃了这种由含汞农药污染的水产品就会中毒，人吃了同样也会出现中毒现象。

本世纪 60 年代，许多国家还在大量使用“DDT”和“六六六”杀虫剂。这两种杀虫剂虽然具有良好的杀虫效果，但它们在自然界及人体内都不容易被分解，而会逐渐地积累起来，最终伤害我们的身体。有人认为，目前许多种癌症发病率持续上升的原因，也可能就是这类不易被分解的化学农药对人类危害所造成的。更可怕的是，这类有毒的杀虫剂还会危及我们下一代的健康。前几年就有报道说，曾在人奶中化验出有毒的“六六六”。

在我国，由于杀虫剂使用不当而引起的食物中毒事件时有发生。经常会有人因食用带有农药的鸡毛菜或苜蓿后出现严重的食物中毒现象。

类似的例子还可举出许多。所有这一些都是大自然对人类滥用化学农药、不爱护环境的报复。最近几年里，人们越来越意识到，为了人类的今天和明天，我们应该停止使用那些对人类有害的杀虫剂。

鱼和熊掌也可兼得

如果真的不用杀虫剂，害虫就会泛滥，人类又将面临新的灾难。如何才能合理地解决这一矛盾？人们开始寻找一种既能杀灭害虫，又能避免环境污染、人类免受其害的两全之策。于是又有人想到了那些神通广大、能力非凡的微生物。

目前已经知道，在微生物中有许多细菌、真菌和病毒，它们的确能使害虫感染上某种疾病而死亡，从而起到杀灭害虫的作用。

在细菌中，有多种球状细菌和杆状细菌都对害虫有很强的杀伤力，但其中有一类苏芸金杆菌，它们的威力特别大，能够对 100 种以上害虫有不同程度的致病力。这类细菌大约有 17 个变种，如青虫菌、杀螟杆菌、松毛菌等。虽然不同的苏芸金杆菌能杀死不同种类的害虫，但所有的苏芸金杆菌在生长过程中，细胞内都会产生一种叫伴孢晶体的蛋白质结晶。这种蛋白质结晶对许多害虫有强烈的毒性，会使害虫患败血症而死亡。苏芸金杆菌能杀灭的常见害虫有以青菜等蔬菜叶子为食的菜青虫，危害粮食作物的稻螟虫、玉米螟、粘虫，会降低棉花产量和质量的棉铃虫，使松树等针叶林遭受损失的松毛虫，威胁人类健康的蚊子等等。

能使昆虫患病的真菌有 530 多种。目前已经成功使用的有白僵菌、绿僵菌和赤座霉等真菌。其中以白僵菌应用较广泛。能感染白僵菌的昆虫数达 200 种左右。当白僵菌侵入昆虫体内后，就以虫体内的物质为营养大量繁殖，最后长满体腔，使昆虫死亡。昆虫死后身体表面呈白色茸毛状，虫体僵硬，所以这种真菌被叫做白僵菌。利用白僵菌可防治玉米螟、松毛虫、食心虫和危害水稻生长的黑尾叶蝉等多种常见的农林害虫。由于白僵菌也会感染家蚕，因而不宜在养蚕地区使用。

目前人们已发现大约 300 多种病毒能分别侵染 700 多种昆虫。有的杀虫病毒在侵染害虫后，会在害虫体内大量繁殖，破坏虫体细胞，最终造成害虫生理机能损坏而死亡。有些杀虫病毒的表面包有一层被膜，它们对害虫的感染力可以保持数年之久，并且还能通过虫卵传给后代。根据使用结果来看，棉铃虫、松毛虫、粘虫，危害多种果树和园林树木的刺蛾、杨扇舟蛾，破坏桑树的桑毛虫等害虫都可被杀虫病毒置于死地。

大有作为的微生物

利用微生物使害虫致病，从而达到防治虫害目的的生物防治技术被称为微生物防治。如今，许多国家都已开始运用这一防治技术。比如，前苏联、日本等国就曾通过飞机喷洒苏芸金杆菌来防治害虫，并取得了很大的成功。我国现在也比较重视微生物防治技术。比如，在辽宁省朝阳地区就曾利用松毛菌制剂喷洒 2668 万平方米森林，平均杀虫效率达到 87%。我国还大面积应用白僵菌防治玉米螟和松毛虫，效果也比较理想。人们还开展了从棉铃虫、菜青虫、桑毛虫、松毛虫等多种昆虫分离得到的杀虫病毒来防治虫害方面的研究工作。

与化学农药相比，微生物杀虫剂有许多优点。首先，微生物杀虫剂使用后不留残毒，对人、畜、各种植物和自然环境都安全无害；其次，微生物杀虫剂不容易使害虫产生抗药性，始终具有较高的杀虫效率；再则由于微生物在环境中存活力强，具有使用一次、多年有效的特点；第四，由于微生物繁殖快、容易培养，所以从生产成本的角度来看，生产微生物杀虫剂的成本较低。

生产微生物杀虫剂，需要大量培养那些能够杀灭害虫的微生物。如今实现这一步操作主要依靠工业化的生产方式，在大型的发酵罐中进行。所以说，微生物杀虫剂的生产实质上也是现代发酵工程的实际应用。

巧夺天工的基因工程

染色体与基因

人们把家庭比喻为社会的一个细胞，无论从哪一方面理解都不过分。细胞是生命有机体的基本单位，一个小小的细胞所经历的事情也许要比一个家庭所经历的事情要复杂有趣得多。下面我们就来说说细胞中发生的一些事情吧。

玛丽生了只“小猫”

住在英国伦敦的 27 岁的玛丽做妈妈了，这时正巧她家的下水道坏了，请来了一位修理工。这位修理工一边为她修理下水道，一边问她最近是否新养了一只小猫。玛丽听了很生气，因为修理工听到的“猫叫声”正是她孩子的哭声。然而，过了两周，玛丽自己也越来越注意到她孩子的哭声的确像猫叫，喂食也发生了困难。于是，玛丽去找阿·米伦斯凯医生。医生为孩子作了检查，发现婴儿重量不足，脸是特有的圆形，两眼间距离宽，还可听出心脏有杂音，哭声像小猫叫。对婴儿细胞内染色体的分析结果肯定了临床诊断的结论。

病根在染色体

原来，孩子患了一种叫做猫叫综合症的遗传性疾病，患者的第 5 条染色体上发生了缺失。什么是染色体？为什么小小的一条染色体上那么一点儿缺失就会造成人类身体发育迟缓，精神发育也迟缓的病症？还是让我们通过显微镜来观察一下细胞世界的奥秘吧。

在显微镜下，我们可以看到每个细胞中都有一个细胞核，它位于细胞质中。在细胞核内存在一种很容易被碱性染料染上颜色的物质。当细胞发生分裂时，通过显微镜可以清晰地观察到一条条形态各异的染上颜色的物体——染色体。每一种生物体细胞内的染色体数目总是恒定的。例如，蚊子有 6 条染色体，狗有 78 条染色体，我们人类有 46 条染色体。染色体不但在各种不同生物体细胞中的数目是恒定的，而且在大多数高等动植物中都是成对存在的，也就是说，每个身体细胞中都含有相同的两组染色体，一组来自父方，另一组来自母方。同一组内的染色体在形态结构上都是不同的，可以加以编号。这种生物我们称为二倍体生物。随着性别的分化，我们在二倍体生物中还可以找到一对与性别直接有关的染色体，叫性染色体。例如，人类中女性具有一对 XX 性染色体，男性具有一对 XY 性染色体。这样，人的 46 条染色体配成了 23 对，除一对性染色体外，其余 22 对染色体称为常染色体，按其大小形状编成 1~22 号。

染色体的组成

你可不要小看这一条条小小的染色体，它们在细胞的生命活动中却起着重要的纽带作用。据科学家分析测定，染色体的主要组成是遗传信息物质 DNA 和蛋白质。我们在细胞分裂过程中看到的染色体就是 DNA 和蛋白质纤丝这两类化学物质折叠形成的。由于 DNA 上含有能控制上下代之间传递遗传信息的

基因，因此，染色体自然就成了遗传信息的载体。每条染色体上的 DNA 中包含有成千上万个控制性状遗传的信息，通过染色体在细胞分裂过程中的行动正确地将遗传信息传递给了下一代。

染色体究竟如何将遗传信息正确无误地传给下一代呢？还是让我们看看人类自身吧。

人类的染色体

人类的每个细胞都含有 46 条染色体，通过一种被称为有丝分裂的细胞分裂过程，将 46 条染色体复制一份给子细胞，便完成遗传信息由细胞到细胞的传递过程。在有性生殖过程中，细胞还要通过一种特殊的叫减数分裂的分裂方式，使染色体数目减少一半。结果母方形成了具有 23 条染色体（其中一条为 X 性染色体）的卵细胞，父方也形成了具有 23 条染色体的精子。不过父方的精子有 2 种，有的精子中带有一条 X 染色体，有的则带有一条 Y 染色体。当精、卵细胞结合时，如果带有 X 染色体的精子与卵结合，这种受精卵将来就发育成为女性，因为这个受精卵内带有一对 XX 性染色体。同样道理，带有 Y 染色体的精子与卵结合的受精卵，将来就发育成为男性。因此，如果 DNA 所控制的一些遗传基因位于 X 染色体上，那么就必定随着 X 染色体在细胞分裂过程中传递给下一代，这就是伴性遗传。人类色盲性状的遗传方式就与 X 性染色体有关。

由于染色体与基因的关系十分密切，一些以细胞作为遗传研究对象的科学家创立了细胞遗传学。他们从染色体的缺失、重复、倒位和易位这些染色体的结构变化以及染色体数目发生的变化来观察对后代的遗传影响，从而形成了一套经典的遗传学理论体系——以遗传的染色体学说为核心的基因论。

神奇的 PCR 检测法

随着现代科学的发展，人们已经找到了鉴定运动员性别的有效办法。

这种方法被称为 PCR 检测法，它是根据男子细胞中有 Y 染色体，而女子细胞不含 Y 染色体的原理。取来一根被检者的头发，通过一系列步骤，最后用溴化乙锭染色，经紫外线照射则可查出结果。整个检测过程仅需 5 个小时。

DNA 与基因

生物的性状与蛋白质息息相关，但生物体并不能直接把它特有的各种蛋白质传递给后代。实验证明，即使用最灵敏的化学方法，也难以在人体的受精卵中找到人的 A、B、O 血型抗原、血红蛋白、胰岛素等等以及各种各样参与人体生命活动的酶蛋白。人体的大约 10 万种与性状和生命代谢有关的蛋白质决不可能为一个小小的受精卵细胞所包括。事实上，这些蛋白质一定要等到个体发育到一定阶段才能在特定的细胞或体液中出现。因此，数百年来，究竟是什么物质担负着上下代之间遗传传递，这个问题一直困扰着科学界。

米歇尔的发现

其实，含有生命信息的遗传物质早在 100 多年前就已被发现。1869 年，

年轻的瑞士生物化学家米歇尔从化脓伤口的白细胞和鲑鱼精子中分离到一种物质，而后这种物质被一位叫做奥尔特曼的人称作核酸。核酸虽然很早就被发现，但一直未受到应有的注意，原因就是，核酸不是维生素、蛋白质、脂肪和糖一类的营养物质。在生物体内，生物自身就能产生所需的核酸。直到1928年，英国医生格里菲斯在进行肺炎双球菌试验时发现了一种奇特的转化现象，核酸才受到人们高度的重视。

肺炎双球菌是一种使人感染大叶性肺炎的细菌。在抗菌素尚未问世前，这种细菌是世界范围内一种重要的病原菌。它除了侵染和寄生人体引起肺炎以外，还会侵染哺乳动物，如兔、羊、马、鼠等。肺炎球菌有致病性和非致病性两种主要类型。格里菲斯在用小鼠做的实验中观察到，把已经杀死的致病性肺炎球菌和活的非致病性肺炎球菌一起注射到小鼠体内，竟会使小鼠患上肺炎，从病鼠血液中发现有活的致病性肺炎球菌。这个结果使他目瞪口呆。他想：莫非死的致病性肺炎球菌中存有一种神奇的物质，使非致病性肺炎球菌改变为致病性肺炎球菌？这在肺炎特效药青霉素尚未问世的那个时代可是个严重的问题。致病细菌的特性竟然可以“随便”转移给非致病的无害细菌，使“死菌复活”，这个问题可要弄清楚。

“死菌复活”之谜

为了正确地解释这种转化现象，美国微生物学家艾弗利博士等人经过16年苦心研究，终于解开了“死菌复活”之谜。他发现，只有把被杀死的致病性肺炎球菌中分离到的核酸，加到非致病性肺炎球菌中，才能发生这种转化，使“死菌复活”。艾弗利等人的这一重大发现使许多科学家为之震惊。他们也无法理解这种以往存在于生命体内的核酸，为何具有如此神秘莫测的作用。

核酸究竟具有什么样的特殊结构？这种结构为什么会在生命活动中具有这么重要的作用？说来你可能不信，核酸在生物体内与蛋白质分子相比简单得出奇。生物体内的核酸可分为两类：一类是脱氧核糖核酸，简称DNA；一类是核糖核酸，简称RNA。核酸的组成与蛋白质的组成有基本类似之处，蛋白质是由许多不同的氨基酸为单位组成的多肽链，而两种核酸则是由四种——仅仅只有四种——核苷酸为单位组成的多核苷酸链。每个核苷酸由三部分构成，一个磷酸分子，一个糖分子，一个碱基。两种核酸的主要区别是：DNA含有的糖分子是脱氧核糖，所含有的碱基有四种，它们分别是腺嘌呤（A）、胞嘧啶（C）、鸟嘌呤（G）和胸腺嘧啶（T）；RNA含有的糖分子是核糖，也含有四种碱基，与DNA不同的是胸腺嘧啶（T）换成了另一种碱基尿嘧啶（U）。核酸的构件如此简单，究竟有何神奇的法术能担当生命遗传物质的重任？科学家们为此付出了艰辛的劳动，因为他们意识到在核酸中蕴藏有打开生命奥秘的钥匙。

双螺旋结构

1953年，英国剑桥大学留学美国的青年科学家——25岁的沃森与英国的克里克合作，成功地查明了DNA（脱氧核糖核酸）结构。他们的工作表明，DNA分子的骨架犹如绳梯，捻成双螺旋形。也就是说，DNA中的核苷酸不是连

接成单条的核苷酸链，而是由两条核苷酸链捻扭而成的。糖和磷酸分子构成了绳梯的骨架，而碱基恰好位于相当梯子横档的位置上，两条绳链和伸出的许多碱基中的氢键，像伸出的胳膊，好像在一一握手。这就是具有划时代意义的 DNA 双螺旋结构模型。这一重大发现震惊了世界。

DNA 双螺旋结构模型的发现，使人们立即就能说明生物具有复制自己的微妙装置，因为即使如人类这样的多细胞生物，它的每一个细胞的繁殖方式也是同样以一个分裂为两个的形式来复制自己的。因此，含有生命信息的 DNA 分子在细胞分裂时，也由一条变成两条，把亲代所有的遗传信息传递给了下一代。双螺旋模型的发现不仅解开了生物复制自己之谜，而且也解决了 DNA 是如何控制蛋白质合成的问题。现在已经清楚，DNA 分子是以四种碱基（A、T、C、G）的不同排列方式，用密码的形式来控制各种蛋白质合成的。A、T、C、G 四个字母以三个字母一组就可组成一种氨基酸的密码。四种碱基以三联体密码可组成 64 种（ 4^3 ）形式。我们知道，组成蛋白质的氨基酸只有 20 多种。这岂不是数量不符合了吗？为此，科学家们为解开密码之谜又进行了不懈的努力。现在终于弄清楚，决定某种氨基酸的密码有多种形式，64 种排列的密码，除相对应的氨基酸外，有的密码没有相对应的氨基酸，这种密码正好是蛋白质多肽链合成停止的密码信号。

现在，DNA 分子上存在的遗传信息以密码的形式存在已是无可辩驳的事实，而 DNA 控制蛋白质合成的过程也是相当复杂的。也许是 DNA 为了保护自己，它把自己的这套遗传信息全托付给一种叫做信使核糖核酸（mRNA）的物质，通过 mRNA 来行使控制蛋白质合成的功能，而在 DNA 合成蛋白质过程中仅起一种模板作用。mRNA 从 DNA 获得遗传信息后接着来到细胞内叫做核糖核蛋白体（rRNA）的蛋白质加工厂中，另一种叫做转移核糖核酸（tRNA）的核糖核酸担当了“搬运工”的重任，它们按密码将各种氨基酸搬运来，使 mRNA 在蛋白质加工厂中按 DNA 的“订货”生产出所需要的各种蛋白质。DNA 的这种自我保护方式真是奥妙无穷，神秘莫测。

100 多年来，困扰着人们生命之谜现在终于真相大白。遗传因子、基因再也不是一种遗传上的抽象概念了，它是一种为科学实验所明确证实了的化学物质，基因就是平均长度为 1000~3000 核苷酸对的 DNA 分子的一个片段。

孟德尔与神奇的 $3:1$ 、 $9:3:3:1$

千万不要简单地将 $3:1$ 和 $9:3:3:1$ 理解为一般的数字比例，这可是伟大的遗传学家孟德尔所总结出的现代遗传学中的两个式子。

自古以来人们就知道“种瓜得瓜，种豆得豆”这个普遍规律。然而，为什么会发生这种现象？孟德尔以前的科学家们也没能搞清楚。

“植物迷”孟德尔

格里高·孟德尔是一个生活在 100 多年前的奥地利科学家。他是现代遗传学的奠基人之一，也是揭示生物遗传学规律的最伟大的遗传学家。

1822 年 7 月 22 日，孟德尔出生在奥地利的一个贫寒的家庭里，父亲和母亲都是园艺家。孟德尔受到父母的熏陶，从小很喜爱植物。

当时在欧洲，学校都是教会办的。当地教会看到孟德尔勤奋好学，就派他到首都维也纳去念书。从 1851 年到 1853 年，孟德尔在维也纳大学主要学习数学和物理学。因为对生物很感兴趣，他同时也学习了植物学。

大学毕业后，孟德尔就在当地教会办的一所中学教书，教的是自然科学。他的丰富的知识以及对科学孜孜以求的精神征服了学生，他上的课最受学生的欢迎。

在教书的同时，孟德尔并不放弃对遗传学的研究。在教堂的园地里，他种植了不少植物，还养了一些小动物。孟德尔注意到，当时许多学者虽然对动物和植物进行了杂交试验，并且取得了一定的成绩，但是在探索遗传学的原理方面却没有取得明显的进展。

是什么原因阻碍了他们呢？孟德尔为此而陷入了沉思。

豌豆是好材料

孟德尔选用豌豆作为实验材料开始实验。孟德尔之所以选用豌豆作实验材料，是由于豌豆的各品种间具有极易区分的性状差异，豌豆又是严格自花传粉植物。豌豆的这些特有性质给遗传实验带来许多方便。

孟德尔收集了许多种纯种豌豆，例如高茎品种，短茎品种，开红花的品种，开白花的品种，等等。然后通过杂交，用人工去雄和人工授粉等手段控制整个杂交的过程。

用相同的手段，孟德尔又对豌豆的其他 6 对性状作类似的杂交试验，结果却是惊人的相似，即子一代只表现一个亲本的性状，子二代表现出两个亲本的性状，表现出两种性状的个体比例是 3 : 1。

孟德尔对此作解释道：生物的性状是由遗传因子控制的，遗传因子分别来自于父母的生殖细胞，它们彼此并不相互融合。

还是 3 : 1 吗

科学需要不断探索的精神。孟德尔提出这些解释后，仍然在不断地思考、实验。他想，如果用两个、三个或更多性状的豌豆进行杂交时，又会出现什么结果呢？

于是，孟德尔又选用了圆形种子、黄色子叶的豌豆品种，与皱形种子、绿色子叶的豌豆品种进行杂交，杂交的过程同样也采用人工去雄和人工授粉的手段。结果第三代中出现了重新组合的性状，后代中表现不同性状的个体数比例为 9 : 3 : 3 : 1，即黄色圆粒、黄色皱皮、绿色圆粒与绿色皱皮的比例为 9 : 3 : 3 : 1。

孟德尔的解释

为什么会发生这种现象呢？孟德尔认为，这是由于控制种子形状的遗传因子和控制子叶颜色的遗传因子，在配子的形成过程中有自由组合的过程。为此，孟德尔总结出遗传的两个基本规律——分离规律和自由组合规律。神奇的 3 : 1 和 9 : 3 : 3 : 1 也就成了这两个规律的代名词。

令人遗憾的是，孟德尔 1865 年 2 月所发表的科学论文并未受到人们的注

意，直至 1884 年，孟德尔离开人世，他对遗传学的重大贡献依然不为人知。

1900 年，生活在 3 个不同国家的 3 位科学家，尽管互不认识，没有往来，却在同一时间发现了孟德尔定律。他们是荷兰科学家戴弗里斯、奥地利的邱歇马克和德国的科伦斯。他们通过自己的试验，彼此独立地得出了与孟德尔相似的结论。然而，当他们要公布结论时，却同时发现，早在 35 年前，孟德尔已写出了类似的著作。

那么存在于细胞中的遗传因子又是什么呢？孟德尔未能说明。遗传因子为什么能控制生物性状呢？孟德尔也解释不了。于是，一个又一个科学家在这个领域内探索、拓展，丰富和发展遗传科学的内涵，为改变生命、制造生命提供理论上的依据。

女王、染色体和基因

人丁兴旺的大家庭

维多利亚是英国历史上最有名声的女王，也是统治时间最长的君主。维多利亚时代的英国，政局稳定，外交成功，工业空前发展，科学、文学、艺术人材辈出，成果辉煌，以至于后来的历史学家常用“维多利亚时代”来赞扬和象征英国当时的和平和繁荣。

维多利亚女王于 1840 年与大表兄阿尔伯特结婚。他们先后生了 4 个儿子和 5 个女儿。女王夫妇在孩子们的身上倾注了大量的时间和精力，甚至亲自安排他们的婚事。后来，女王的儿女们又生下了 35 个孙辈，其中很多人远嫁国外，因而使维多利亚女王有了“欧洲的祖母”的称号。

然而不幸的是，维多利亚女王是一个血友病致病基因的携带者，所以她的很多后代患上了血友病。

血友病是遗传病

血友病是一种因先天缺乏某种凝血因子而引起的遗传性出血性疾病。血友病的可怕在于患者都有出血倾向，不但非常容易出血，出血后血液也极不容易凝固。患者的这一情况从婴幼儿时起逐渐加重，一点轻微的乃至不易觉察的损伤，对别的孩子来说算不了什么，但在血友病患者身上却可引起大片的出血，并可进一步导致严重出血乃至死亡。

血友病的遗传方式用孟德尔的遗传规律解释，会遇到不小的困难。而这些更使美国生物学家摩尔根心中疑团重重，因为孟德尔所提出的生物的性状遗传、性状与遗传因子（后改称为基因）的关系中还有许多疑点缺乏足够的实验证明。摩尔根决心攻克这个难关。

摩尔根的贡献

1909 年，有人建议摩尔根用果蝇做实验。摩尔根当时已经是一个很有成就的胚胎学家了，可是他却一下子对果蝇产生了兴趣，在自己的实验室里养起果蝇来。

果蝇在自然繁殖的过程中，会产生许多变异，于是，摩尔根决定用果蝇

来进行杂交遗传实验。

在果蝇实验中，摩尔根论证了孟德尔的遗传规律，而且证明了这些规律不仅适用于植物界，也适用于动物界。

就在这时，一个奇异的现象又引起了摩尔根的深思。他发现，果蝇的红眼和白眼是一对相对性状，如果让白眼雄果蝇跟红眼雌果蝇杂交，产生的后代全部是红眼的。

这说明红眼对白眼是显性性状。出乎意料的是，如果白眼雌果蝇跟红眼雄果蝇杂交，所产生的后代中雌果蝇全部是红眼，雄果蝇全部是白眼。

显然，白眼的性状与性别发生了紧密的联系。于是，摩尔根根据细胞学的知识，推测果蝇的白眼基因与控制性别的性染色体有关。染色体是细胞分裂中出现的一种易被碱性染料染上颜色的物质，性染色体是染色体中与性别有关的染色体。出乎意料的现象经摩尔根的合理解释，又被实验证实，从而大大丰富了孟德尔的遗传学理论。摩尔根提出了染色体的基因学说，对遗传学的发展有巨大的贡献。因此，他在 1934 年获得了诺贝尔奖金。

用摩尔根的理论解释血友病的遗传方式，可以获得完满的结果。更可以明确地推断出女王夫妇所生的女儿中，有一半与女王一样，是血友病致病基因的携带者，在理论上有一半的儿子将患血友病。

摩尔根已经指出基因在染色体上，但染色体是由蛋白质和脱氧核糖核酸两种化学成分构成的。遗憾的是，摩尔根并没有弄清基因的本质。

两种肺炎双球菌

前面已经提到，英国医生格里菲斯在实验中发现，有两种肺炎双球菌：一种的细胞周围有一层荚膜（荚膜的成分主要是多糖），它是有毒的类型，一进入小家鼠体内，小家鼠就会发病死亡。另一种的细胞周围没有荚膜，这种细菌进入小家鼠体内不致病，它是无毒的类型。

1828 年，他用这两个品种的肺炎双球菌对小家鼠进行了实验。

格里菲斯先加热杀死有毒细菌，然后将死细菌注射进小家鼠体内，结果小家鼠安然无恙。至于这一点，绝大多数人认为容易理解，因为注射进去的是死细菌。

后来，他又把经加热后杀死的有毒细菌和活的无毒细菌混和在一起，注射进小家鼠体内。结果小家鼠却发病而死。不仅如此，小家鼠体内还分离出带荚膜的有毒活细菌。然而，当时的科学水平无法解释死去的有毒细菌怎样使无毒类型转变成有毒类型的。

直到 1944 年，美国的微生物学家艾弗利·菲克里奥和麦卡第合作，在格里菲斯的实验基础上进行了细致的工作。他们把有毒细菌的化学成分进行分析和提取，得到了多糖、脂质、蛋白质、RNA 和 DNA。分别将上面几种物质与无毒型细菌进行培养，实验结果表示，只有有毒细菌的 DNA 才能使无毒型细菌转变为有毒型。也就是说，基因位于染色体上，基因的数量远远超过染色体。因此，一条染色体上有许多基因，又因为一条染色体包括一个 DNA 分子，所以，基因是 DNA 分子的片段。

格里菲斯和艾弗利等科学家的实验是遗传学研究的又一大突破。

镰状细胞贫血症

诊所里来了怪病人

1910年，赫里克医生的诊所里来了一位黑人病人，病人脸色苍白，四肢无力，一看就知是一个严重的贫血病患者。赫里克医生使用了所有能治疗贫血的药物，但对这个病人都毫无作用。尤其令医生大吃一惊的是，病人在做血液检查时，红细胞（亦称红血球）在显微镜下显出奇特的形状，不像正常的红细胞那样呈圆饼形，而是又长又弯似镰刀。得这种病的人完全不能进行激烈运动，而且长期遭受慢性贫血的折磨，且无药物治疗。这种常见于黑人的疾病，发病于幼年时期，是一种致命的疾病。由于患者的红细胞形似割草的镰刀，人们称之为镰状细胞贫血症。

究竟是什么原因导致这位黑人患上这种严重的溶血性疾病呢？

患病的原因

1949年，美国加利福尼亚理工学院的鲍林博士首先意识到，血球变成镰刀形必然是红细胞中血红蛋白分子的不完善引起的。鲍林当时是生物学新分子结构学派公认的领袖，他反复研究以后发现，这种病是由于不同的红细胞的血红蛋白分子所带电荷的不同引起的。分子电荷的不同是由其化学成分决定的。正常人体制造红细胞时，内部贮入丰富的血红蛋白；血红蛋白A是由两条含141个氨基酸的 α 链和两条含146个氨基酸的 β 链组成的立体结构。每一条血红蛋白多肽链在特定的三维空间的支持下跟血红素相结合。在肺泡的毛细血管里，血红素可以跟氧气相结合形成氧合血红蛋白。当红细胞来到身体各组织、器官的毛细血管里时，通过毛细血管壁，氧合血红蛋白又可放出氧气，跟二氧化碳相结合，因而红细胞能行使输送氧气的功能。镰刀形红细胞的血红蛋白电荷发生了变化，使红细胞变了形，从而失去了输送氧气的功能。

血红蛋白出了问题

那么，镰状细胞贫血症患者红细胞中的血红蛋白究竟出了什么问题，而使红细胞变了形并失去输氧功能呢？7年后，英国科学家英格拉姆才查明了镰状细胞贫血症患者红细胞中血红蛋白的反常位置。他发现，虽然这两种血红蛋白具有相同的574个氨基酸，但镰刀形红细胞中血红蛋白两条 α 链上第6位上的谷氨酸都已分别为缬氨酸所取代，从而使血红蛋白分子的构象发生了变化，失去了负电荷。当这种血红蛋白分子在未跟氧气结合时，就有规则地集合起来，形成一种长17纳米的纤维。由于这种聚合体使红细胞变为镰刀形，红细胞的寿命便缩短了，丧失了输氧功能，病人则表现为严重的溶血性贫血症状。这表明，在整个血红蛋白分子长链中，只要改变了一个氨基酸，就会破坏很长很复杂的蛋白质的结构。专家们还发现，受损血红蛋白的电荷之所以改变是因为正常的谷氨酸带有一个电荷，而替代的缬氨酸却没有。

为什么血红蛋白分子中的谷氨酸会变成缬氨酸呢？随着分子遗传学的崛起，遗传密码被发现了，人们已经查明血红蛋白分子中氨基酸改变的原因。原来，是遗传信息DNA分子中的一个碱基T（胸腺嘧啶）变成了A（腺嘌呤），从而使合成氨基酸的密码发生了改变。正常情况下，DNA上的遗传信息转录

成密码时应合成谷氨酸；而当 T 变为 A 时，DNA 上的遗传信息改变了，结果在转录成密码时就合成缬氨酸。由此可见，DNA 分子上一个碱基的改变，就可使基因密码发生错乱，引起溶血性贫血这样严重的遗传性疾病。这种疾病也称基因病、分子病。

隐性遗传病

人类镰状细胞贫血症的遗传方式是一种隐性遗传方式。人是二倍体生物，有两个血红蛋白基因，一个来自父方，一个来自母方。当某人一个血红蛋白基因密码正常，而另一个不正常时，外表却表现正常。这是因为他体内的红细胞在缺氧时只有 40% 成为镰刀形，还有 60% 是正常的，因此可以制造足够多的正常的血红蛋白，但此人终究是镰状细胞贫血症基因的携带者，是一个杂合体。这种携带状态是可以被检测到的，只要抽取一点血，置于低氧环境中，就可使足够多的血红蛋白分子受到破坏而显示细胞的镰刀形性状。这人如果与他人结婚，又会把镰状细胞贫血症的基因传给下一代。至于下一代是否会得这种病，那要看父母是否为致病基因携带者了，如果父母都是杂合体，那么他们的子女有 1/4 可能患镰状细胞贫血症。

镰状细胞贫血症严重的会使患者死亡。在西非黑人居住区，每五人中就有一个患者，发病率之高令人不可思议，但患者却很少生疾。后来查明，这是因为疟原虫能进入正常的红细胞，而变了形的镰刀形红细胞则能阻挡这种寄生虫的侵入。因此，患镰状细胞贫血症的人就对疟疾具有免疫力。

子女为什么像他们的父母

有人会说，子女为什么像他们的父母？这个问题问得蹊跷，像就像呗！不！这可不是一个简单的问题。

众多的物种

日常生活中，只要我们静下心来对自然界中的生命现象稍加思索，就会发现许多有趣但又难以回答的问题。地球上现有的动物（包括人类）、植物、细菌和病毒一共有多少实在难以统计，仅以昆虫为例，现存世界上的物种大约有 78 万种，而个体数可能有 100 亿亿只。不同种类的生物具有千变万化的外部形态和内部器官，神奇的自然界究竟是靠什么造就了这么多千姿百态的生物种类呢？

俗话说：“种瓜得瓜，种豆得豆，”狗产仔，均为小狗；猫产仔，均为小猫，这些似乎是天经地义的自然现象。它说明：无论哪一种生物都将通过自己生殖方式繁衍后代。生物的上一代究竟通过什么将自己的一切传递给了下一代呢？科学家们为此进行了大量的研究，现在终于弄清楚，上一代与下一代之间得到延续的关键是一种叫做脱氧核糖核酸的物质——DNA。

DNA 是关键

各种不同的生物体内，DNA 的含量都是不同的。DNA 以线状长链分子的形状存在于细胞内。DNA 分子在我们人体内，就像是建筑师建造一幢建筑物的

设计图，这份图纸内包含有如何建造一个人体的全部指令。DNA 在人体内有两件重要的事情要做。

首先，它像复印机那样进行正确无误的自我复制。一个成年人全身约含 1800 万亿个细胞，而这些细胞却是由一个单细胞——受精卵发育而成的。受精卵通过细胞分裂，一分为二，二分为四，四分为八……从而把 DNA 分子中所含有的如何建造一个人体的指令的那份图纸毫不走样地复制下来，极少发生差错。但是，如果 DNA 分子仅仅具有这种复制功能，那么无论哪一种生物，通过不断的细胞分裂都将变成一团庞大无序的细胞团。因此，DNA 分子除有正确的自我复制能力外，还有一件十分重要的事情要做。

含有生命信息的“图纸”

DNA 分子决不是一张简单的“图纸”，而是一张含有生命信息的“图纸”，这种生命信息也叫遗传信息，我们称为基因。在低等生物——病毒中，DNA 分子总共只含三个基因；人的大肠杆菌细胞 DNA 分子内约含 3000 个左右的基因；而人体细胞 DNA 分子内大约有 10 万个基因，由这些基因来控制 10 万种人体蛋白质的合成。大家知道，占人体重量约 70% 的是水，而其余的一半都是蛋白质。例如，构成肌肉的主要是肌浆球蛋白，构成毛发的主要是角蛋白，而构成骨和韧带的主要是骨胶原纤维蛋白等等。除了这些构成人体结构的基本物质外，还有各种各样的酶蛋白。它们参与一切生命活动的代谢过程，使一切代谢活动有条不紊地进行；酶是一切生命活动所依赖的基本物质，也是一切性状得以表现的工具。可以这样说：没有酶就没有生命，也就没有遗传性状的表现。难怪在人们没有认识到 DNA 是遗传物质之前，要把蛋白质误认为是上下代得以遗传的遗传物质了。现在已经清楚，人体内 10 万种左右的蛋白质是由人体 DNA 分子中 10 万个左右的基因控制合成的。但 DNA 分子“聪明”得很，它不直接控制蛋白质的合成，而只是提供遗传信息，间接地通过一种叫做信使核糖核酸的物质将人体 DNA 内含有的制造一个人体的指令——发布出来，控制各种不同种类蛋白质分子的合成。在建造人体的过程中，制造一个人体的指令究竟怎样一步步有序地打开或关闭，最后又到底如何发育成为一个婴儿？其中的细节，看来还要胚胎学家花费几十年，也许几个世纪的时间才能弄清楚，但这一过程发展的最后结果便是婴儿的降世，这一点早就是一个确凿无疑的事实。

子女为什么像他们的父母。读了以上一段文字，我们可以简略地得到明确的回答：因为子女的体内含有从他们父母那里获得的全套的遗传信息物质——DNA。

拼接 DNA 的“剪刀”和“浆糊”

东施不用效颦

据传，春秋时期，越国美女西施，因患有心疼病，走路总抚着胸口，皱着眉头。同城有个长相丑陋名叫东施的女子，十分羡慕西施，处处模仿西施，甚至连西施走路的病态也学得惟妙惟肖，但如此一来，东施便显得愈加丑陋。

这就是流传至今的东施效颦的故事。

也许有一天，会有人替东施惋惜，因为基因工程完全有能力使东施具有西施的容貌，用不着再仿效西施皱眉。

基因工程也叫遗传工程，它的主要工作就是按照人类的意愿，运用 DNA 重组技术来设计新的生物。人们从生物细胞中分离出 DNA 片段进行施工重组，然后在适当的细胞中增殖、表达。

寻找目的基因

要找到符合人们意愿的基因——一种叫目的基因的基因也决非易事。例如，农业专家为了培育出耐寒、抗病虫害的水稻新品种，首先必须找到耐寒抗病虫害的基因。为此，就得从供体细胞中分离出或用人工办法在实验室中合成出目的基因，这是实现基因工程的第一步。不管人们的愿望多么美好，找不到目的基因等于树木断了根，不可能长成有用之材。

基因是 DNA 分子上的某个特定片段。在真核细胞中，一个 DNA 分子包含许许多多基因。在这众多的基因中有许多并非是人们想要选择的目的基因，于是，便引出了如何去除其他基因，而保留下目的基因的问题。DNA 分子结构十分复杂，但体积却很小。要对微小的 DNA 分子进行切割，并要求切割得准，切口要整齐，使不同来源的 DNA 分子切开后在相应的位置上可以彼此拼得起来，就必须有精密的工具。这个手术显然不是普通手术刀所能解决的。

“剪刀”是内切酶

1960 年，瑞士科学家沃纳·阿尔伯在观察大肠杆菌时，发现有些核酸内切酶能限制某些病毒核酸对生物体的侵袭。根据这一现象，他认为在细菌体内存在一种限制—改造酶系统，这是一种生物体在长期进化过程中形成的防御系统。这一发现不久便被美国科学家汉·史密斯证实。

限制酶专门破坏入侵的外来 DNA，它常常把 DNA 在固定的地方切断，使它们失去作用。这种限制性核酸内切酶在基因工程中扮演了“剪刀”这一主要的角色。

请看下面的一个实例：从副流行性感冒病毒中分离出来的一种限制酶（HpaII）能够识别下列碱基序列：

分子 N—C—C—G—G—N

分子 N—G—G—C—C—N

它能把具有如上序列的碱基分别切割成下列两段：

分子 N—C C—G—G—N

分子 N—G—G—C C—N

切断后的两种异源 DNA 分子，经同一种限制酶作用之后，可以形成相同的粘性末端。在特定的条件下，就能在“浆糊”的作用下重组到一起。

“浆糊”在哪里

基因工程的目的，不仅仅是把 DNA 按照人们的意愿切割下来，更重要的

是把切割下来的基因导入受体细胞，粘在受体细胞 DNA 分子的特定位置上。那么，“浆糊”在哪儿呢？

自 20 世纪 60 年代起，遗传学家就考虑到这个问题，既然有 DNA 内切酶，为什么不可能存在 DNA 连接酶呢？1967 年，在美国有三位科学家阿尔伯、内森斯和史密斯不谋而合地从代号为 Ta 的噬菌体感染的大肠杆菌里分离和提取到连接 DNA 分子的“浆糊”——连接酶。这种“浆糊”竟神奇地使 DNA 分子相邻的两端或是被“剪刀”断开的 DNA 片段重新连接起来。

有了“剪刀”和“浆糊”，科学家就可以按照设计蓝图，随心所欲地拼接 DNA。

由于阿尔伯、内森斯和史密斯三人在限制酶研究方面所作出的重大贡献，他们三人共同获得了 1978 年诺贝尔医学生理学奖。

有人把基因工程比作现代造物主。因为经其改造和创造的新生物正在一批一批从实验室走向大自然。对于这个现象，人们喜忧参半。喜的是，人类终于可以用这一尖端技术为人类造福；忧的是，万一被居心叵测的人用来作恶，后果将不堪设想。

但不管怎么说，基因工程的特殊优越性已经为全世界人民所看好。

“基因图书馆”

下一世纪，人类将在图书馆中专门开辟一间作为贮藏人类自身奥秘的藏书室。在这间房子里，将有 46 卷长卷问世，有关每个人一生中与遗传有关的问题都可以从中寻找到正确的答案。这就是本世纪 90 年代初科学家们制定的“人类基因组作图和测序”的研究计划——人类基因组计划。

精确的遗传信息

一个正常的人体由头、胸、腹和四肢各部分组成；每个部分都有我们称为器官的结构，如眼、鼻、耳、心、肺、肝和肾等等；各种器官又都是由组织组成的，而组织却是由一群称为细胞的单位构成的。因此，我们人是一种多细胞生物，细胞就是构成我们人体的基本单位。一个成年人估计由 1800 万亿个细胞组成，而追根溯源，这成千上万个细胞都来源于一个单细胞，即来自包含有父母双方遗传信息的受精卵。这个受精卵的不断分裂和分化，才形成各种组织和器官，产生呼吸、循环、消化、神经、运动、内分泌、泌尿、生殖和感觉等器官或生理系统。因此，一个受精卵中携带的遗传信息是按一个极其精确的程序逐步表达出来的。就像一座城市的电网，什么时候，什么条件下，哪座工厂要用电了，就打开哪个开关，到了一定的时候又可关闭。基因表达的这种有序性超乎人们想象的协调一致，远比电网开关一类的程序控制高级复杂得多。人们要问：一个受精卵中居然包含有如何制造一个人的全部程序，真是这样吗？

巨大的容量

通过一系列精确的实验，科学家们证实，人体受精卵细胞中存在的一种化学物质——DNA 就具备这种功能。DNA 是一种遗传信息分子，长得出奇，如

果把人体一个细胞里所有的 DNA 连成一条直线，约长 91 厘米；把人体中所有细胞里的 DNA 都连成一条直线，就可以从地球到太阳来回走好几趟。人体内的 DNA 以 A、T、C、G 四种核苷酸的碱基排列顺序，按密码的形式携带着如何制造人体的信息。控制人类性状遗传的秘密——基因就存在于 DNA 中，它就是 DNA 分子的一个片段。

控制人类性状遗传的基因现在已不仅仅是一种遗传学上的抽象概念了，而是可以通过实验证实的一种化学物质——DNA 分子的一个片段。这种 DNA 分子存在于细胞的核内，与一些蛋白质分子构成了染色体。人是二倍体生物，细胞内具有 46 条染色体，分为 23 对。其中有一对与性别有关的染色体称性染色体，其余 22 对在形态结构功能上都不相同的染色体称常染色体，它们中最大的一对与最小的一对相差约 5 倍，而成对的染色体在形态结构上几乎彼此相同，称同源染色体。23 对染色体含有两套遗传信息，分别来自父亲和母亲。这 23 对染色体的 DNA 中包含 10 万个基因，每个基因大致由 1000 ~ 3000 个核苷酸对组成。因此，23 对染色体中共有约 60 亿个核苷酸对的排列顺序，对这 60 亿个核苷酸对的排列顺序进行精确的测定，就可弄清楚人类究竟有多少个基因、这些基因的精确位置和组成，从而绘制一份精确的人类基因解剖图。这的确是一部巨著，是一部人类基因的百科全书。人类 46 条染色体上的全部基因将包括在这 46 卷长卷中，从而为人类全面地了解自己打开了方便之门。一些今天看来是疑难杂症或者甚至是不治之症的发病原因从此可得到阐明，并提出有效的预防和治疗措施。癌症、艾滋病以及心血管疾病等完全可以处于人类的控制之下，逐步地得到根治。

研究人类基因组带来的福音

人类基因组的研究成果首先将为遗传性疾病患者带来福音。现在已知的遗传性疾病将近 4000 种，它们都是遗传物质——DNA 发生改变而导致的病变。例如，有一种罕见的多发于幼儿眼部的恶性肿瘤——视网膜母细胞瘤（RB），已知这种 RB 基因位于人的第 13 号染色体上，是由于一对 13 号常染色体上的一个区域出现缺失引起的。但导致这种染色体缺失的基因究竟其结构如何呢？人们对此一无所知。人类基因组计划的实施，使我们从基因图书馆的第 13 卷长卷中很容易找到这一小区基因核苷酸的排列顺序。这样，我们就可对这段不正常的区域进行手术治疗，把不正确的排列顺序修正过来，这就是我们通常所说的基因治疗。当然，要做到这一点，还有很长很长的一段路要走。

人类基因组研究计划的总目标是为了获取进一步认识人类遗传物质——各种基因在疾病中的作用所必需的基本信息。工程浩大、规模巨大的 DNA 测序工作现在还处于设备和路线的建立和完善阶段。到目前为止，在总数约 10 万个基因的人类基因中已定位的有 3216 个，已测序的（包括部分测序的）基因 1495 个，完成的工作量不过是千分之二左右。据估计，采用当今最新、最快速的测序仪器，人类尚需工作 15 年之久才能完成人类基因组的测序工作。

无价之宝

人类基因组的研究在科学和医学上的价值是无法估量的。对人类基因的

深入分析必将进一步促进基础生物学和医学的研究，加深人们对自身的认识和对疾病发病机制的了解，从而促进医学领域发展更新的诊断、治疗和预防手段。人类基因组记载着人类的进化史，所有哺乳类动物之间的差别，主要是控制基因表达的时间、空间、强度的调节信号有差异，这种差异进一步影响到细胞类型的分化和组织结构的形式。因此，对人类基因组序列的分析，必将能使人们进一步认识基因调控的规律，以及人类在从哺乳动物分化出来的进化中，这些调控规律发生了什么变化，从而更深入地探究生物体形态结构改变的过程及其机制。

人类基因组计划起始于1984年底一些美国科学家的讨论。1985年5月才由罗伯特·辛夏默首次提出，随后日本、英国等国也纷纷建立专门的机构开展这一工作。为开展国际间合作，人们还成立了一个专门机构——人类基因组组织。我国的一些科学家也在积极地行动，1993年7月，“中国人类基因组计划”列入了国家重大科研项目，以期跟踪国际上这一重大研究项目的发展趋势，最终能为造福全人类作出中国科学工作者应有的贡献。

生产药物的微生物

曾经有人观察到，蚂蚁常常会在一些人的尿液上来回爬动，看起来似乎它们发现了美味佳肴。然而，奇怪的是，别人的尿液却对蚂蚁丝毫不起作用。于是，经过多次观察，人们终于发现这些人的尿液中含有能吸引蚂蚁的糖。这些人患了糖尿病！

糖尿病人的苦恼

患糖尿病的人不能很好地利用食物中的糖，因此糖分白白地随尿液排出体外，而糖却是机体所需要的营养物质。糖尿病患者常因感到饥饿而喜欢多进食。同时，为了维持生命活动就不得不动用机体储藏的脂肪和蛋白质，于是病人变得虚弱消瘦。随着大量脂肪的分解，会产生一些有毒的中间产物，如丙酮量多了就引起了酮症，乙酰乙酸的积累能抑制神经中枢的活动，引起昏迷或者致死。治疗糖尿病的最好方法，就是定期向体内补充能分解糖分的胰岛素。可是，通常胰岛素是从动物的胰腺中提取的，100千克的胰腺只能提取4~5克胰岛素。按这个数字计算的话，一个病人一年需要的胰岛素要从40头牛和50头猪的胰腺中提取，显然，这种产量低、成本高的治疗方法是无法满足世界上大约1亿病人的需要的。

“剪刀”加“浆糊”

这样，人们自然就想到了细菌。因为细菌以惊人的生长繁殖能力而著称于世。按体重增加一倍的时间来说，猪生长需要三四十天，野草也得10多天的功夫，即使生长得最慢的细菌却只需要几个小时就足够了。在条件适宜的情况下，细菌20分钟就能生出新一代，不到一个半小时就能做到“五世同堂”了，于是，“剪刀”和“浆糊”等工具充分施展出各种本领。

大肠杆菌是生活在人类大肠中的一种细菌。在正常情况下，它们与人类相安无事，一旦这些小东西不安分守己了，就会闹出事情来。科学家们对大

肠杆菌研究得比较透彻，他们用“剪刀”把指导合成胰岛素的基因从动物细胞中“剪”下来，然后用“浆糊”把该基因“粘”到大肠杆菌 DNA 分子的合适位置上。通过培养大肠杆菌，迅速、高产地得到胰岛素，既提高了效率，又大大地降低了生产成本，给全世界的糖尿病患者带来了希望。

利用细菌等微生物通过基因工程生产药物，目前虽然还刚处于实验阶段，但科学家们已为用微生物生产药物绘就了一幅美好的蓝图。115

侏儒症有治了

侏儒症是一种幼年时生长激素分泌过少引起的疾病。由于身体过分矮小，患者生活上有诸多不便，心理上造成了巨大的创伤。

生长激素是一种由脑垂体分泌的微量化学物质。过去，人们常用尸体上切下的脑垂体提取生长激素，因而产量很低。而维持一个儿童正常生长所需要的生长激素数量，与大约 50 具尸体中所提取的生长激素量相当。因此，要满足病人的需要实在太困难了。基因工程的发展使许许多多侏儒症患者能得到治疗。有资料显示，随着基因工程的发展，人们已能用发酵罐生产人的生长激素。发酵罐的容量可达 700 升，每升菌液可得到人生长激素 2.4 毫克。美国有一个小女孩患生长激素缺乏症，身高仅 125 厘米，她从 1984 年起便服用由大肠杆菌生产的人生长激素，在不到一年时间里，身高一下子超过了 150 厘米。人生长激素的工业化生产，给侏儒症病人带来了福音。

乙肝病人的希望

我国是肝炎的高发区，携带乙肝病毒的人接近 1 亿，每年的发病者达 2000 万人左右，而全世界肝炎病毒携带者多达 2 亿以上。乙型肝炎严重影响我国人民的健康。母婴之间能直接传播乙肝，母亲是乙肝患者，婴儿免疫功能低，传染这种病的比例相当高，几乎十有八九会得此病。感染病毒后的婴儿将来演变成慢性带病毒者的可能也在 90% 左右。同时，乙肝还跟原发性肝癌有十分密切的关系。在乙肝高发区，原发性肝癌的发病率也高。因此，人们迫切需要寻找乙肝疫苗，来控制这种病的发生。

乙肝疫苗原先必须以乙肝患者的血液作原料，通过精细提取，才能取得。由于需要量极大，耗用乙肝患者的血液量也多，再加上在提取过程中不允许丝毫乙肝病毒混入。这样，要大量制取乙肝疫苗几乎是不可能的。

基因工程的技术克服了这个难题。科学家们将乙肝病毒基因中生产抗原的部分切割下来，然后跟其他质粒进行重组，再引入到大肠杆菌 DNA 的合适位置上。通过培养，大肠杆菌十分顺利地产生了人们所需要的乙肝抗原。这项技术使人们能够大规模生产安全、无毒的乙肝疫苗。现在，乙肝疫苗已在我国的乙肝防治中起到极大的作用。

今天，随着科学技术的发展，特别是基因工程的深入研究，科学家们已能运用熟练的技术，把人们所需要的药物基因，通过基因的切割和粘接，使微生物成为生产药物的“工厂”。

基因诊断

人们前去医院看病，医生常要询问病史，了解症状，再做一些常规检查（如化验、拍片等），而后根据检查结果作出诊断，给予一定的治疗。

怎样诊断遗传病

有人做过一项调查，在本世纪 70 年代以前，威胁人类健康的疾病主要是一些传染病和营养性疾病。在 70 年代以后，随着医学的发展和人民生活水平的提高，传染病和营养性疾病开始得到控制，而由遗传性疾病造成人类死亡的比例却在上升。

遗传性疾病的诊断要比其他疾病的诊断更为复杂。除了少数几种常见遗传性疾病（如“白化病”等遗传性疾病）可以根据患者的体表特征进行诊断外，大多数遗传病除了用一般诊断方法外，还需要进行染色体检查、特殊的生物化学测定以及家庭谱系调查分析等。比如有极个别的孩子表现出发育迟缓，两眼之间距离加宽，舌头总是伸在外面，智力低下等症状。医生在作染色体检查后，如果发现患儿比一般正常人多出一条染色体，这才能确定他得的是一种叫“先天愚型”的遗传病。还有的孩子在婴儿期哭声酷似猫叫，生长缓慢、小头、斜视、智力低下等，医生对他进行染色体的检查时，会发现患儿有一条染色体比正常人短了一小段，这种遗传病被称为“猫叫综合症”。

还是早些诊断好

如果一个新生儿在吃了人奶或牛奶后会出现呕吐和腹泻、肝脏逐渐肿大、智能低下等症状，医生对他进行特殊的生物化学测定，如发现体内缺乏将半乳糖转化为葡萄糖的酶蛋白，就能肯定该新生儿得了一种叫“半乳糖血症”的遗传病。还有些人会患一种叫“苯丙酮酸尿症”的遗传病，临床特征为严重的智力发育障碍。如进行特殊的生物化学测定，会发现在患者的尿液中有过量的苯丙酮酸。这种遗传病患者在出生以后，如能控制饮食中一种叫苯丙氨酸的氨基酸的摄入，即可成功地防止脑损害。刚出生的新生儿患者没有任何症状，但如果延误治疗则会发生不可逆的脑损害。“半乳糖血症”等许多种遗传性疾病都有类似现象，在表现出某种遗传病症状时再进行治疗，就有可能为时已晚，难以治愈了。可见，对于许多遗传病来说，早期诊断是极为重要的。

有什么好办法能够进行遗传病的早期诊断呢？在本世纪 70 年代，随着分子生物学研究的不断深入，有人创建了一种与传统的诊断方法截然不同的、能够在许多遗传病患者还未表现出任何症状之前就能够确诊的新技术，这一新兴的诊断技术被称为基因诊断。

根据研究认为，造成许多遗传病的重要原因这是由于人体的 DNA 中出现了某种致病基因。采用基因诊断技术就可以检查人体细胞内有没有致病基因，或有哪一种致病基因，从而确定被检查对象是否已患某种遗传病，或将来是否会得遗传病。

基因诊断的优点

基因诊断有着非常重要的临床意义。首先，用它可以对遗传病患者进行

早期诊断，做到早期治疗，防止某种遗传病对身体的损害，比如对前面提到的“半乳糖血症”和“苯丙酮酸尿症”等，就可以利用这种技术做到早期诊断和早期治疗。另外，有些遗传病的症状要到中年以后才会表现出来。比如，有一种亨廷顿氏舞蹈病症状，主要为肌肉控制能力逐渐丧失，出现抽搐、不自主地运动，直至痴呆，最后死亡。患者要到 35~45 岁时才会出现症状。这时他们一般都已生儿育女，这样就有可能将致病基因传递给后代，给下一代也造成痛苦。目前对此病还无有效的治疗办法，所以对这种病进行早期诊断是非常必要的。

基因诊断还可以用在产前检查。在检查中，如果鉴定出胎儿含有致病基因，即可终止妊娠，以防生出有遗传病的婴儿。比如在我国辽宁省菊花岛上曾发现有一种手足畸型遗传病，患者的拇指向内弯曲而不能活动，脚背着地。据遗传学研究已知道，如果夫妻一方为患者，他们的后代有 50% 可能也会出现手足畸型。在对该病还不能进行产前检查时，只有杜绝患者生育，才能防止该病的致病基因在人群中扩散。如今，利用基因诊断技术就可满足患者生育子女的愿望。又比如前面提到的亨廷顿氏舞蹈病，即使夫妻双方同是患者，他们生出的子女中也只有一半可能会得这种可怕的遗传病，还有一半则可能是正常的。如果能利用基因诊断技术进行产前检查，那么同为患者的夫妇也可能得到健康的孩子。利用基因诊断技术来指导生育，可以从根本上消灭致病基因，提高人类的身体素质，这不仅对社会、对家庭，而且对个人都有极大的好处。

科学家们在对病毒的研究中已发现，人类的许多疾病，如肝炎、癌症、艾滋病等都与病毒有关。当人体细胞不幸被某种病毒感染后，有些病毒会隐藏在人体细胞的基因内。当人体受到射线的影响或衰老时，或情绪不稳定时，那些隐藏在细胞内的病毒则有可能重新从基因中跑出来，破坏我们的细胞，使我们感染上某种可怕的疾病。而基因诊断技术不仅可以诊断遗传病，还可以顺利地检查出隐藏在人体细胞内的病毒，在它们还未对我们身体造成危害之前就设法消灭它们。

如今，基因诊断技术业已显示出十分重要的作用。我们相信，随着医学、生物学研究的不断深入，以及这一技术本身的日臻完善，它的应用前景将会更加辉煌。

基因治疗

18 世纪英国的大科学家道尔顿是近代原子理论的奠基人。一年的圣诞节，青年道尔顿给母亲买了一双长袜作为圣诞节礼物。母亲收到儿子的这份礼品非常高兴，但美中不足的是袜子颜色实在太鲜艳，与自己的年龄不相称。道尔顿得知后吃惊地问母亲：“深蓝色怎么不相称？”母亲则感到意外：“什么？这袜子像樱桃一般红呀！”

色盲也是遗传病

从此，道尔顿才知道自己的色觉和别人的不同，他不能区分红色和绿色，是一个红绿色盲患者。今天，我们知道红绿色盲患者在男性中的比率约占 7%，他们没有正常的辨别红、绿颜色的能力，因此给生活和工作带来了诸多的不便。

遗传学家发现，导致道尔顿患红绿色盲的基因是由她的母亲传给他的，这是一种隐性的伴性遗传病。而这种因基因异常或缺损造成的异常症状，现已发现的就有 4000 多种。

人类平时所患的各种传染疾病，都是由细菌或病毒引起的，还有一些疾病则是人体的生理失调引起的。这些疾病经过医生诊治或动手术，大多能治愈，或减轻症状。但类似道尔顿所患的基因缺损的遗传病，靠打针和吃药是治不好的。尽管大多数遗传病十分罕见，累加起来，遗传病患者的总数却不小了。这些患者在整个社会中占有一定的比重，给家庭和社会增添了相当大的负担。特别令人关注的是，新生儿中各种遗传性疾病患者的比率竟为出生总数的 3% ~ 10.5%。

置换损坏了的基因

为了使遗传病人从痛苦的折磨中走出来，全世界已有不少的研究机构正在探索基因治疗的途径。所谓基因治疗，就是通过向人体细胞基因组置换损坏了的基因或引入正常的基因，从而治疗疾病的方法。这种疗法不会损伤正常的组织，而且一次性解决问题。插入的健康基因可以在细胞里工作一辈子，不需要不断地服药、打针或开刀。

基因治疗是一项尖端的十分复杂的技术。在人体细胞内大约有 10 万个基因，每个基因都是由 4 种不同数量的脱氧核苷酸连接成的 DNA 片段。由于人体细胞的染色体数目有 23 对之多，每条染色体中 DNA 分子的 4 种脱氧核苷酸排列的顺序都有其特异性和多样性。于是，才有了大相径庭的每个人所特有的容貌特征和生理特征。因此，要在如此之多、如此之长的 DNA 分子链上找到与各种遗传病相应的损坏了的基因，决不是一件容易的事。

不治之症可以治疗

本世纪 80 年代初期，科学家们在基因治疗中迈出了关键的第一步，他们探测到一些被证实已经损坏了的基因。这些被鉴定的基因有 12 对。

目前存在的影响基因疗法效果的一些技术问题，将在分子生物学飞速发展的过程中逐步得到解决。有人大胆地预计，大约用不了多少年，基因疗法会成为遗传病的一种普通治疗方法。譬如，有一种被称为自毁容貌症的遗传病患者，在发病时会毁坏自己的容貌，用各种器械把脸弄得狰狞可怕。这种疾病患者常常被束缚在床上或轮椅上。自毁容貌症患者大多死于儿童时代，很少活到 20 岁以后。现有的医疗技术对此无计可施，而只能寄希望于基因治疗。

基因治疗技术将大大提高人类的素质，降低新生儿遗传病的发生率。例如，对孕妇作例行的产前检查，一俟发现尚在母腹中的婴儿患有遗传性疾病，则马上就可施行基因手术。

在不远的将来，曾令当今医生束手无策的血友病——一种由于人体凝血功能发生障碍而造成全身各处都易出血的遗传病，也可望借助于基因治疗而得以康复。那时，血友病患者将不再需要输血，因为导致血液凝固的基因——第 9 凝血因子已经被发现。将这种因子输入患者的细胞内，患者机体即可产生凝血功能。专家们预计，在改善技术之后，最迟在 2000 ~ 2005 年，基因

移植将成为“包治百病”的良方妙丹。又如，把胰岛素基因引入糖尿病患者的体细胞，令其自然生成胰岛素，这对广大的糖尿病患者无疑是最大的福音。这不仅比现有的利用大肠杆菌生产胰岛素要方便和先进，而且还免除了从生产胰岛素到注入患者身体过程中的许多环节的不便，更主要的是免除了患者每天定时定量的注射，给患者的生活和工作带来了方便。

孩子得救了

1990年9月的一天，美国一位患有先天性免疫缺陷综合症的4岁女孩，在经过科学家们的成功治疗后，走出了隔离罩，获得了普通孩子都具有的、能自由自在地奔跑和跳跃的生活权利。这一事件在全美乃至全球都引起了极大的震动。之所以会产生如此大的轰动效应，是因为这是世界上首例获得成功基因治疗，它标志着人类在治疗遗传性疾病方面进入了一个全新的阶段。

第二年10月底的一天，位于我国上海的中国人民解放军第二军医大学附属长海医院的手术室里，又诞生了一项新的医疗记录。一个患有血友病B疾病而总是出血不止的小男孩，在复旦大学科学家和长海医院医生的联合治疗后，恢复了健康。这一血友病B基因治疗临床病例已作为全世界第二种遗传病基因治疗的成功范例被载入了史册。

第四次革命

目前，基因治疗被认为是继大规模公共卫生措施、外科手术中采用麻醉术、疫苗和抗生素的使用之后，人类医疗史上的第四次革命。它是根治遗传性疾病的唯一办法。

根据人类遗传学研究显示，大约有6500种遗传性疾病是由单个基因缺陷引起的。我们知道，基因就是指一个携带遗传信息的DNA片段（有些病毒为RNA片段），基因上带有的遗传信息可以控制蛋白质的合成，而生物体所有的遗传特性都与蛋白质有关。有些蛋白质异常还可能使人表现出某种疾病。比如前面提到的那个患血友病B疾病的9岁男孩，在他的体内由于缺乏凝血因子9（一种参与止血过程的蛋白质），因而常常会出血不止，如用手稍微用力碰一下鼻子，就有可能大量出血；那个4岁美国女孩的体内也是因为不能合成腺苷脱氨酶蛋白而引发严重的先天性免疫缺陷综合症，出生后整整4个年头，她就一直只能生活在无菌的隔离罩中。又比如，在人体内有一种叫酪氨酸酶的蛋白质，当它不能行使正常作用时，人就会得白化病。患者体内不能或几乎不能形成黑色素，所以这种人的皮肤很白，头发浅黄色，眼睛的虹膜呈粉红色。

基因出了偏差

这样的例子还可以举出许许多多。然而从根本上来讲，造成这些疾病的真正原因是由于控制这些蛋白质合成的基因出现了异常。科学家们在研究基因时曾发现，基因的碱基组成会受到物理（包括紫外线、X射线、电离辐射等）、化学（亚硝酸盐等）和生物（某些病毒的感染等）各种不良因素的影响。

响而发生改变，导致基因所带有的正确的遗传信息发生变化。这种现象被称为基因缺陷。当基因出现缺陷时，由这个缺陷基因控制合成的蛋白质的结构和功能就可能是异常的，从而导致某种遗传性疾病的发生。

对于由基因缺陷而引起的疾病，采用一般的药物是无法根治的，唯一的办法就是采用基因治疗。所谓基因治疗，可以理解为将基因作为“药物”来治疗疾病。它是指将经过选择的正常基因导入病人的细胞以替代有缺陷的基因，只要导入的基因能在体内存活，并产生具有治疗作用的特定蛋白质，即可达到治疗疾病的目的。如那个患血友病 B 疾病的 9 岁男孩在经过基因治疗后，在他的体内凝血因子 9 的含量很快从 71 纳克每毫升上升到 250 纳克每毫升，并产生了明显的临床效果，出了血很快就能止住了。那个 4 岁女孩在接受多次治疗后，体内的腺苷脱氨酶蛋白已达到正常值的 25%，已能滑冰和上舞蹈课，开始了正常人的生活。后来这两种病例在其他患者身上也取得了令人满意的结果。

基因治疗是唯一的方法

基因治疗的方法有两种，一种是对已出生的病人体细胞进行治疗，这种治疗方法称为体细胞治疗。对体细胞进行基因治疗，由于对后代不产生影响，引起的争议比较小。另一种是对早期胚胎细胞进行治疗。与体细胞治疗相比，早期胚胎治疗法取得成功的可能性更大。但由于对早期胚胎进行基因治疗；可能会影响患者的生殖细胞，所以这种治疗不仅会影响患者本人，而且还有可能影响到患者后代的遗传性状，对人类的发展产生无法控制的深远影响，因而引起了许多争议。所以，目前所开展的基因治疗主要还是体细胞治疗。

在基因治疗过程中，有两个环节应特别引起重视。一个是如何将正常的基因导入到病人的细胞中；另一个就是治疗的方法。为了将正常的基因能顺利地导入病人细胞中，科学家们创造了数种方法，其中最有效的方法是将经过改变的病毒作为载体。病毒的特点在于它天生能够穿过细胞，将所带的正常基因插入患者细胞内。最近有些美国科学家认为，如果将艾滋病病毒经过适当改造，就有可能被用作基因载体，成为基因治疗的理想工具。科学家们研究出了好几种治疗方法。

最常用的是体外疗法。研究人员将有缺陷基因的细胞从病人的体内取出，在体外将相应的正常基因插入取出的细胞中，大量培养这样的细胞并制成针剂，再送回到患者体内。在一般的情况下，这种疗法常用于血细胞基因缺陷的治疗。如对那个患血友病 B 疾病的 9 岁男孩就是这样进行治疗的。术前三个月，科学家们先从患者身上提取微量的皮肤细胞进行体外培养，再将带有健康人正常凝血因子 9 基因的病毒导入已提取出的皮肤细胞中，然后让这样的细胞大量繁殖。经安全检测后，将带有正常凝血因子 9 的皮肤细胞与胶原混合，制成基因治疗临床注射用的针剂，注入患者体内。

第二种是比较成熟的体细胞基因疗法，称为原位治疗。这种治疗操作是将带有正常基因的载体直接导入需要正常基因的组织中。但该方法只能治疗局部性的疾病，而不能用来治疗全身性疾病。

第三种是体内疗法，这一疗法至今还处于试验阶段。如果试验成功，医生们只要将带有正常基因的载体注射入患者的血液中，基因载体就会自己在体内寻找靶细胞，从而将正常基因转换进入带有缺陷基因的患者细胞中。这

种疗法如能成功，基因治疗就有可能成为一种常规的治疗手段。

为了使基因治疗工作取得更大的成绩，目前全世界许多从事基因治疗的科学家们正集中精力、埋头苦干、奋力拼搏。用基因治疗法医治许多种疾病的实验室研究都已取得成功。在我国，地中海贫血症和恶性肿瘤等疾病的基因治疗也可望在“九五”期间取得重要进展。有专家预计，随着人类基因组计划（通过破译人体 10 万个基因的全部核苷酸序列及搞清楚其结构与功能）的实施和大批新基因的被发现以及新技术的发展，基因治疗的研究一定会有更大的突破，到那时将会有更多的遗传性的不治之症变为可以治疗的疾病，我们殷切地期待着这一天的早日到来。

大有希望的基因工程

利用基因重组和拼接的方法创造新品种的技术，人们称之为基因工程。实施基因工程的具体做法就是将一种生物的遗传基因，用人工的方法取出来，然后转接到另一种生物的细胞里，从而培育出自然界中不可能自然产生的新物种。如把生长在海洋里的植物基因转移到水稻细胞里，培育出能抗盐、可用海水来灌溉的新品种。1977 年，美国科学家将人体产生胰岛素的基因转移到大肠杆菌上，由组合的大肠杆菌来产生胰岛素。过去，8000 吨猪、牛等动物的胰腺只能提取 1 千克胰岛素，现在采用基因工程，一年就可由细菌生产出几吨胰岛素产品。

充满希望的酶工程

牛胃的奥秘

离某夏令营营地不远处的奶牛场里，同学们看到许多奶牛都大口大口地吃着青草，不一会就将草吃完了。吃完青草半个多小时后，奶牛的嘴又开始不停地在动，像是在咀嚼什么东西。同学们弄不懂为什么牛可以不停地吃青草，而人和其他动物则不行？为什么奶牛只吃青草就能分泌出营养丰富的牛奶？为什么在吃完青草半个多小时后，奶牛的嘴巴又在不停地咀嚼？

牛有四个胃

原来，牛是一种反刍动物。反刍动物的胃比较特殊，是由好几个隔室组成的。比如牛胃就有四个相通的隔室。按照食物运转次序，从前到后分别叫做瘤胃、网胃、瓣胃和皱胃。前 3 个胃室合称为前胃，不分泌胃液，第 4 个胃室即皱胃才有真正的胃腺，可以分泌胃液，它的消化作用与单胃动物的胃相同。

反刍动物的瘤胃虽然没有胃腺，不能分泌胃液，但是它的构造比较特殊，容量也很大，而且瘤胃内不具有人胃那样的强烈酸性，且温度适宜，所以反刍动物的瘤胃像个天然的发酵罐，很适宜微生物的生存繁殖。经研究后人们发现，瘤胃中具有大量的、种类繁多的细菌等微生物和纤毛虫一类原生动物。在正常的情况下，每克瘤胃的内容物中可含有细菌 150 ~ 250 亿个，纤毛虫 60 ~ 180 万个。它们中的许多成员都具有很强的分解纤维素的能力。当反刍动物吃进大量富含纤维素的草料后，就为瘤胃中能够分解纤维素的微小生物

提供了丰富的营养物质。

微生物是同盟军

反刍动物为瘤胃中的微生物提供了大量的营养物质和舒适的繁殖场所，而生活在瘤胃中的微生物也为反刍动物消化吸收营养物质作出了巨大的贡献。

在消化吸收营养物质方面，微生物对反刍动物的贡献主要有三个方面。

首先是纤维素的分解。由于高等动物胃内没有分解纤维素的酶，所以任何高等动物都不能直接利用纤维素。而生活在瘤胃中的微生物则具有丰富的、能够分解纤维素的酶，它们可以将反刍动物食入的草料中的纤维素分解成单个的葡萄糖和由两个葡萄糖分子组成的纤维二糖。这些分解产物又可被其他微生物利用，产生脂肪酸。脂肪酸在瘤胃中就被反刍动物作为营养物质直接吸收利用了。于是，动物原来不能利用的纤维素，经过不同微生物的加工后，就变成可被反刍动物直接吸收利用的营养物质。由此可见，牛等反刍动物能够消化纤维素是由于在这些动物的瘤胃中生活着大量的能够分解纤维素的微生物，而其他动物没有这种本领是因为在胃中不具有这些能够分解纤维素的微生物。

瘤胃中的微生物对反刍动物的贡献之二是蛋白质的分解与合成。在反刍动物摄入的草料中也含有少量的蛋白质，这些蛋白质在细菌蛋白酶的作用下，完全被分解成氨基酸，然后再合成为细菌本身的蛋白质。这些富含蛋白质的微生物随食物一同进入网胃、瓣胃和皱胃，最后到达小肠中，又可被肠道中分泌的蛋白酶所消化，成为反刍动物合成自身蛋白质的原料。

瘤胃中的微生物对反刍动物的贡献之三是提供维生素。在瘤胃中的微生物不仅可以为反刍动物分解纤维素和提供合成蛋白质的原料，而且还能合成大量的 B 族维生素和维生素 K。因此，反刍动物是不会患维生素缺乏症的。从反刍动物瘤胃中的微生物对反刍动物营养物质的消化和吸收来讲，反刍动物完全是在微生物的帮助下进行生活的。所以牛等反刍动物虽然只吃一些青草等食物，但它们在微生物的帮助下，同样也获得了大量的脂肪酸、蛋白质、糖类、维生素等营养物质。奶牛正是利用了这些营养物质而制造出了营养丰富的牛奶。

为什么要反复咀嚼

反刍类动物在吃草时都是先稍加咀嚼后就吞入瘤胃。食物进入瘤胃后，胃壁肌肉会有节律地运动，不断地搅拌瘤胃内的食团，使瘤胃中的微生物能更加均匀地接触食物，充分吸收利用里边的营养物质。当反刍动物休息时，它们会将这些未经充分咀嚼的食物返回口腔仔细咀嚼后再咽下，经网胃、瓣胃和皱胃进入小肠。这种将食物由胃逆行向上进入口腔重新再咀嚼的一系列动作称为反刍。这是反刍动物所特有的现象。牛、羊、鹿等动物都属于反刍动物。反刍活动一般是在采食后 0.5~1 小时开始的。如果没有外界干扰，反刍活动一旦开始，就能持续一段时间。奶牛在吃完草半个多小时以后，嘴里又开始不停地咀嚼就是在进行反刍活动。

反刍动物的反刍现象对于它们的生存是有利的。因为这样反刍动物可以

在短时间内大量采食，缩短了在不安全采食环境中的停留时间，而在安全环境中从容仔细的“再咀嚼”，又保证了消化的效率。

“人造牛胃”

你也许不会想到，牛、羊等反刍动物的十分普通的瘤胃，对我们人类也有很大的参考价值。最近，我国有一些科学家已研制出一种类似牛的瘤胃的特殊装置，将自然界中到处可见的草料、水稻秆、小麦秆等农作物的废料，放在这个特殊的装置中进行处理，20天后即可制成品质优良的“仿生饲料”。用这种“仿生饲料”养猪，不仅可以降低饲料的成本，还可以节约大量的粮食。目前，“仿生饲料”这一高科技生物技术已在上海地区推广利用，这对发展上海等地的养猪事业将起到极大的推动作用。

高效专一的催化剂

从佳美洗衣粉谈起

我们在洗衣服的时候用得最多的恐怕是佳美洗衣粉了。用佳美洗衣粉洗衣服特别容易去除衣服上的污渍。这种洗衣粉与一般的洗衣粉比较，不同之处是增加了酶的成分。

缺酶不可

酶是什么东西呢？酶是一种特殊的蛋白质，由活的生物细胞产生。在生物体内进行的各种化学反应，几乎都需要在酶的催化下才能顺利地完 成，所以，酶又被称为生物催化剂。我们每天吃的米饭、鸡蛋、肉类等食物都必须在胃分泌的胃蛋白酶和胰脏分泌的淀粉酶、胰蛋白酶和脂肪酶等的作 用下，分解成葡萄糖、氨基酸、脂肪酸和甘油等小分子，才能透过小 肠壁，被组织吸收和利用；而当人体生长的时候，体内又会进行各种 蛋白质、脂肪等的合成反应，这些合成反应也需要在酶的催化下完 成。一旦酶的正常催化作用遭到干扰破坏，轻则会使生物体表现出 某些症状，重则将危及生命。比如，在人体内有一种酪氨酸酶，当 它不能行使正常作用时，人就会得白化病。白化病患者不能或几乎 不能合成黑色素，所以患者的皮肤很白，带粉红色，头发淡黄色， 眼睛的虹膜粉红色，怕光，视力也差。在人类中有一种叫半乳糖血 症的遗传病，发病的原因是由于患者体内缺乏将半乳糖转化为葡萄 糖的酶。患该病的婴儿出生后，吃奶（人奶或牛奶）不久即发病。 因为在乳汁中含有乳糖，乳糖分解会产生半乳糖，由于患者不能将 半乳糖转化为葡萄糖，于是造成患者血液 中半乳糖含量急剧升高。该 病的临床表现一般很严重，病儿呕 吐和腹泻，肝脏逐渐肿大，生长 延缓，智能低下，往往在婴儿 期就死亡。可见，酶是生物体 赖以正常生存的基础。

四大特性

作为生物催化剂，酶有许多的特性。首先，酶具有高效率的催化能力。

酶比一般化学催化剂的催化效率高出几百万倍，与没有催化剂的反应相比，最多可高出 10^{17} 倍。例如，碳酸酐酶催化二氧化碳与水合成碳酸的反应是已知最快的酶催化反应之一。每一个酶分子在 1 秒钟内可以使 10^5 个二氧化碳分子发生水合反应。如果没有这种酶，二氧化碳从组织到血液，然后再通过肺泡呼出体外的过程只能以极其缓慢的速度进行，远远不能满足生物体生存的要求。第二，酶作用的专一性很强。酶作用的专一性主要有两方面的含义：一是指酶对于被作用的底物（反应物）是专一的。当底物在酶催化下发生反应，首先必须与酶的活性部位有适当的契合，所以只有特定结构的分子才能作为某一个酶的底物，这就是酶对底物的专一性。酶对于底物的专一性使生物体内成百上千个酶能分别在各自代谢途径的特定位置上发挥作用，保证了新陈代谢有规律地进行。比如，胃蛋白酶和凝血酶都属于蛋白水解酶，但胃蛋白酶作用于食物中的蛋白质，而凝血酶只能作用于血纤维蛋白这一蛋白质。二是指酶对于被催化的反应是专一的。一个酶可能有几个类似的底物，但只能催化某一类特定的化学反应，这叫做酶反应的专一性。比如，我们摄入的蛋白质、脂肪和淀粉的分解反应各自需要不同的酶。脂肪酶只能分解各种脂肪而不能分解蛋白质和淀粉。到目前为止，所有已知的酶所催化的化学反应类型都是专一的。第三，酶在生物体内参与每一次反应之后，它本身的性质和数量都不会发生改变。第四，酶的化学本质是蛋白质，受热或遇酸和碱易变性、失去活性，它可以在常温、常压等比较温和的条件下进行催化反应，不像有些化学催化剂需要在高温、高压等苛刻的条件下才能进行。在酶的四大特性中，高效率的催化能力和作用的专一性是酶的两个最重要的特性。

“酶花”盛开时

人类是怎样认识酶的

人类对于酶的应用，有着一个从无意识使用到自觉应用的过程。比如，自古以来，在酿造啤酒、做面包、做乳酪这一类加工工艺中人们都曾不自觉地涉及到了酶的应用。

19 世纪中期，著名的法国科学家巴斯德在实验中观察到，葡萄汁被酿造成葡萄酒是由一种叫酵母的微生物在起作用。可是，在细菌的作用下，酒又会变质，产生醋酸或乳酸。大约到了 19 世纪末期，有人发现从酵母中制得的提取液，能使葡萄汁变成葡萄酒，葡萄酒又变成醋酸或乳酸，并证明这一连串的变化都是酵母细胞或细菌细胞内的酶在起作用。那么，酶如果离开了细胞还能不能起作用呢？实验发现，它居然也能使葡萄糖转变为酒精，这才意识到酶在细胞外也是能够起催化作用的，从此，酶的应用便提高到一个新的阶段。

离体的酶也能起作用

酶是有活力的蛋白质，所以在利用离开细胞的酶进行各种反应时，也应该在常温、常压下进行，而不能在高温、高压、强酸、强碱等条件下进行。酶的这一特性使工业生产发生了巨大的变化，降低了能源消耗，简化了设备

和制作工艺，节省了费用，从而降低了产品的成本，更重要的是减少了由工业生产造成的污染。

如今，酶的应用在食品、发酵、纺织、制革等方面已经取得了丰硕的成果。比如，利用淀粉酶、淀粉转葡萄糖苷酶和葡萄糖淀粉酶可将淀粉转变成葡萄糖和各种糖浆；利用葡萄糖异构酶可将甜味不及蔗糖的葡萄糖转变为甜度比蔗糖高得多的果糖；利用淀粉酶生产各种面包和点心；利用蛋白酶降低面粉中的蛋白质含量，使制成的饼干更加松脆；利用淀粉转葡萄糖苷酶制成低热量啤酒；利用蛋白酶除去啤酒在贮存中出现的絮状物，消除由于啤酒冷藏而产生的蛋白质沉淀；利用果胶酶使产品变得澄清……

酶无所不能

在纺织工业中，过去人们普遍采用腐蚀性强的化学药物来除去糊在织物上的淀粉（即脱浆），如今改用淀粉酶进行脱浆，操作变得更加安全和容易。在皮革制造工业中，细菌蛋白酶可用于皮革的脱毛。利用从狗粪和鸽粪中提取的酶可以除去生皮上的某些蛋白质，使皮革更加柔软，更有韧性。在洗涤剂的生产中，添加少量的酶可提高洗涤剂的去污力。如佳美洗衣粉就是选用新型的蛋白酶原料制成的，它能去除一般洗衣粉所难于洗脱的血渍、奶渍、尿渍、肉渍等污渍；在蚕丝加工中，人们则利用青霉素酰化酶生产半合成的青霉素，消除以往采用化学合成工艺生产中使用的有机溶剂对人类产生的毒害作用。

酶除了能广泛地应用于工业生产的各个领域外，还能被用于疾病的医治。例如，胰凝乳蛋白酶可用于白内障摘除手术，使手术简化，成功率提高；胰蛋白酶对消除坏死组织，消炎止痛，愈合伤口有明显效果；尿激酶、链激酶可用于治疗静脉血栓、脉管炎；激肽释放酶用于缓解冠心病，使微血管舒张、血压下降；弹性蛋白酶对血管硬化有一定疗效；溶菌酶能破坏细菌的细胞壁，用于治疗咽喉炎、鼻炎、口腔溃疡等病；天冬酰胺酶可治疗急性淋巴白血病；青霉素酶可治疗青霉素过敏症；淀粉酶、胃蛋白酶可治疗消化不良。

溶菌酶

溶菌酶是一种生物体分泌的能溶解细菌细胞壁的酶。人和动物的眼泪、唾液、乳汁、汗水里都含有溶菌酶。溶菌酶的主要功能是抑制一些革兰氏阳性细菌的活动，使它们的细胞水解导致死亡。当有灰尘杂物侵入眼睛时，眼泪中的溶菌酶能抑制和杀灭侵入的细菌，保护角膜。溶菌酶除了抑制革兰氏阳性细菌外，还能对革兰氏阴性细菌产生抑制作用，烧伤病人很容易受到革兰氏阴性菌的感染，使用溶菌酶往往能收到预防效果。

如何利用酶来诊断

酶催化化学反应的能力叫酶活性。当人体患有某种疾病时，一些组织或器官就会发生病变而引起细胞破损，许多酶就会随之进入人的体液（血液、脑脊液、肠液、唾液等）中，使得体液中的某些酶的含量和活性明显升高。所以，通过对人体体液内某些酶活性的测定，可判断人是否患病。比如当人

患肝脏疾病时，血液中酶的活性发生了改变，其中最具有临床诊断价值的便是谷丙转氨酶（GPT）的变化。目前，转氨酶的测定已普遍用于肝病的诊断。

在生物化学上，把催化相同反应、但具有不同性质的酶称为同工酶。当不同的内脏器官患病时，会出现不同类型的同工酶。所以我们可以根据测得同工酶的不同进行疾病诊断。例如肌酸激酶由两种不同的亚单位（M和B）组成，有三种同工酶，即MM型、MB型和BB型。MB型肌酸激酶在一般的情况下，主要存在于心肌中，当心肌梗塞后，由于缺血、缺氧造成心肌坏死，心肌内的MB型肌酸激酶便会出现在血液中，发病后4小时，血液中MB型肌酸激酶增多，16~24小时达到高峰，含量可高出正常人的数十倍。MB型肌酸激酶活性检查已是临床诊断心肌梗塞的重要指标之一。临床检查中还发现，在大多数前列腺癌患者的血液中会出现另一种类型的肌酸激酶——BB型肌酸激酶，而正常人的血清中几乎不含这种酶。在医学上，将这种利用测定酶的活性来诊断疾病的方法称为酶学检查。在临床上利用酶学检查具有许多的优点：首先，酶学检查的临床检查误差小，并能排除其他代谢物可能造成的干扰现象；其次，酶反应的效率高，分析速度快。例如，利用普通方法诊断心肌梗塞常常要等好几个小时才能得到检查结果，这样往往耽误了急救病人的时间，甚至出现误诊现象。

酶学检查用于临床已有一个世纪的历史。19世纪，淀粉酶及脂肪酶已用于临床诊断。到20世纪中期，磷酸酶、转氨酶和乳酸脱氢酶也开始被应用。其后，用于临床的新酶不断增加。

酶在生产、医学和生活中的应用例子还可举出许许多多。我们完全有理由相信，随着当前生物技术的不断发展，酶将获得更多的应用。“酶花”，这朵生物技术园地中的奇葩必将开得更加鲜艳。

“稳坐钓鱼台”

科学家变魔术

在孩子们的心目中，魔术师的本领最大。他可以将手中用纸折出的小鸟变成会飞的鸽子，也可以在你的眼前使鸽子忽然消失。但魔术毕竟是魔术。然而，目前随着生物技术的发展，一些科学家却真的成了“魔术师”。

在20多年前的一天，有一些特殊的“魔术师”正在为大家变“魔术”，他们的重要道具是一根长长的管子，只见并不太甜的葡萄糖溶液从管子里缓缓地流过，流出来时竟摇身一变，变成了很甜很甜的果糖了。这种新液体我们称它为高果糖浆。

酶可以固定

当葡萄糖溶液从这根长管子里流过后为什么会变成高果糖浆呢？是因为在管子的里面装有一些特殊的物质，这是一些不溶于水的葡萄糖异构酶。这些酶不溶于水，叫固定化酶，是科学家们最新研制出来的一种新型的酶。

大家一定都已听说过，酶是一种非常有效的生物催化剂，是一种蛋白质。在生产实践中，人们早已将酶从生物体中分离出来，制成游离的酶制剂，广泛地应用于食品、纺织、制革、医药生产以及临床治疗等方面。如今，酶在

各个方面的应用都已取得了令人瞩目的可喜成果。那么，为什么科学家们现在又要将酶制成固定化酶呢？这是因为在长期的实际使用中，人们逐渐发现，酶虽然有许多优点，但同时也存在一些不足之处。首先，酶比较敏感，当酶在溶液中以游离的状态存在时，稳定性较差，很容易失去催化能力；其次，早先人们在使用酶时都将酶放在水溶液中，由于大部分的酶都溶于水，所以在每次使用后，几乎所有的酶在水里都无法被回收。这样，在使用中，酶与底物只能反应一次，不能被重复利用。由于酶分散在溶液中，和生成的产物混在一起很难分开，从而影响了产品的纯度。这样就使酶在工业生产中的推广应用受到了很大的限制。

如何才能解决这些实际问题呢？在不改变酶催化能力的情况下，有什么办法既可以增加酶的稳定性，又可以在酶与底物作用后能迅速地将酶与生成的产物分开呢？为此，科学家们想方设法采用一些物理的或化学的手段处理水溶性的酶，将它制成不溶于水的颗粒物，或者将酶直接与某种不溶于水的载体连接或被载体包埋，经过这样处理形成的酶我们称它为固定化酶。

固定后的好处

早在 80 年前，就已经有人开始着手进行固定化酶的制备了。有两位学者将从酵母中提取的蔗糖酶吸附在骨炭粉末上。他们发现吸附在骨炭粉末上的蔗糖酶仍然显示出与游离酶相同的催化活性。在当时，这一重大发现并没有引起人们的重视。将近 40 年的时间过去了，1953 年，虽然又有人重新开始这一方面的研究，但是，真正取得成功的研究还是在本世纪 60 年代。

60 年代初，一些以色列学者在观察细胞时发现，细胞中的许多酶不是在溶液里起作用的，而是包埋在细胞膜或细胞器里面起作用的。于是，他们试着把酶从细胞中分离出来，再结合到特殊的固体支持物上。在对其催化活性进行研究时，人们出乎意料地发现，有些酶在与固体支持物结合后，催化能力并没有受到影响，而稳定性却提高了。以后，这一研究小组又对酶的固定化方法和固定化酶的性质等进行了大量的研究。

酶被固定以后，不但仍然具有原先的性能，而且比水溶液中的游离酶更加稳定，可以在比较长的时间内使用，也比较能耐受环境的变化。由于酶处于不溶于水的状态，所以在反应完成之后，经过过滤或离心等简单的分离就可以使酶从反应环境中分离出来，重复使用。利用固定化青霉酰化酶生产青霉素，可以使酶的实际使用效率比原先提高几百倍，且反应产物中不带有酶蛋白，产品更加纯净。

固定化酶技术从根本上解决了过去酶应用中出现的问题。目前，随着固定化技术研究的不断深入，制备出的固定化酶的种类也越来越多，应用领域也更加宽广。比如，将酶制成机械性能较好的颗粒物，并包装成酶柱或酶反应器，就可以用于连续生产。当溶液流经酶柱时，就能发生酶促反应，流出液体中即含有酶促反应的产物。前面讲到的“魔术师”变的“魔术”，就是利用含有葡萄糖异构酶的酶柱进行的反应。如果将酶与薄膜结合就可以制成一种酶膜，用于对某种成分的测定。目前在味精生产中，人们已广泛使用从大肠杆菌细胞内分离得到的 L-谷氨酸脱羧酶制成的酶膜来测定味精中 L-谷氨酸的含量。L-谷氨酸经 L-谷氨酸脱羧酶催化后可以生成 γ -氨基丁酸和二氧化碳。这二氧化碳可以用某种方法准确测出，根据它的含量就可以推算出

L-谷氨酸的含量。假如将用于临床诊断的酶液固定在一一张张试纸上就可以制造出各种酶试纸。用这种酶试纸来测定尿液、唾液，从试纸上的颜色变化就可以确定身体的健康状况。由于酶是一种特殊的生物催化剂，它本身是不参加反应过程的，也就是说，反应发生以后它的性质和数量都不会改变，所以将用过的酶试纸洗干净后还可以在一段时间内继续使用。

前景可观

人们预料，这种酶试纸必将成为未来“家庭诊断盒”内的重要成分，它的开发前景是十分可观的。在临床治疗中，可将酶制成微胶囊酶。目前，在这一方面最有成效的工作便是新型人工肾的制造。这种人工肾由两部分组成：微胶囊脲酶和微胶囊吸附剂。微胶囊脲酶可以水解体液中的尿素，并生成氨，在反应中生成的氨则由微胶囊吸附剂吸收并去除。现在，又有人将酶膜与物理、化学器件，如电、光、热等元件，组成一种称为生物传感器的装置，它不仅可用于有机化合物和发酵自动化控制中信息的传递，还可用于环境保护中有害物质的检测。例如，在临床上检测病人血液或尿液中的葡萄糖含量就可以采用一种新型的酶传感器。这种传感器由固定于聚丙烯酰胺凝胶膜上的葡萄糖氧化酶和电化学器件组成，当被测液体遇到葡萄糖氧化酶的固定膜，葡萄糖被氧化将会产生过氧化氢，过氧化氢在铂金属阳极上氧化，则产生阳极电流，被测溶液中葡萄糖含量与产生的电流值成正比。所以，只需测得电流值即可换算出葡萄糖的浓度。这个反应的时间只需2秒钟，精确度达到 $\pm 1\%$ ，酶膜可反复使用100次以上。如果将葡萄糖氧化酶固定在海绵状非对称膜上，反应的时间还可以缩短一半，反复使用的次数为1000次。

细胞也能固定

在固定化酶技术问世后不久，有人发现许多细胞本身就具有一种或多种酶的催化特性，所以科学家们就采用物理或化学等方法直接将细胞固定，被固定的细胞我们就称它为固定化细胞。固定化细胞技术不仅可以固定那些已经死亡但仍保持某种酶活性的细胞，而且还可以固定处于生活状态的活细胞。如果被固定的细胞是活细胞，那么供给它一定的营养，这样的细胞还可以继续生长、繁殖。

固定化细胞技术开始于本世纪70年代，是在固定化酶技术之后发展起来的，但目前它的实际应用程度却已超过了固定化酶。与固定化酶技术相比，固定化细胞技术具有更多的优点。在制备固定化酶时，首先必须将所需的酶从细胞中分离出来，这项工作费时、费力又费钱，而制备固定化细胞就可以省去这一步骤。采用完整的细胞进行固定，保持了酶的原始状态，从而更加强了酶的稳定性。在一些需要许多酶共同控制一系列反应或有辅助因子参与反应的场合中，只有利用固定化细胞才能完成反应。所以，固定化细胞技术比固定化酶技术具有更大的吸引力。

固定细胞的方法与固定酶的方法大致相同，制备出的固定化细胞的形式也类似于固定化酶的形式。可以将细胞装填成反应柱，比如在利用葡萄糖生产乙醇过程中，将固定好的酵母细胞装入玻璃柱内，使葡萄糖溶液连续流过玻璃柱，就可以使葡萄糖转化为乙醇。谷胱甘肽由谷氨酸、半胱氨酸和甘氨酸

酸组成，是一种重要的治疗肝病的药物，利用固定化细胞可以大量生产谷胱甘肽。在固定化酿酒酵母细胞制成的酶柱内，只要不断流过含有葡萄糖、L-谷氨酸、L-半胱氨酸和甘氨酸的溶液，就能够连续生产谷胱甘肽了。固定化酶的制备也可以使用某种载体进行包埋，比如在废水处理中，可将反硝化小球菌制成液体薄膜胶囊型固定化细胞，这种小球菌具有催化硝酸盐和亚硝酸盐还原的能力。依靠细胞的催化作用，就可以将废水中的硝酸盐还原为亚硝酸盐，然后再将亚硝酸盐进一步还原。如将这种固定化细胞放在特殊设计的生物反应器内，可连续进行大规模废水处理。此外还可以将固定化细胞制成微生物传感器。在使用中发现，利用微生物细胞制成的传感器的灵敏度和精确性都比酶传感器高，稳定性也好。

不论是固定化酶还是固定化细胞，在催化反应中，它们与原来的游离酶相比，最主要的区别就在于，游离酶是以游离状态在溶液中与底物发生酶促反应的，而固定化酶或固定化细胞则是稳稳地被固定在某种不溶于水的载体上，当底物通过这个含有酶分子或细胞的载体时，即发生酶促反应。固定化酶或固定化细胞就像稳坐钓鱼台上的姜太公，静静地等待底物到来，然后进行快速而高效的工作。

身边的酶工程

清凉可口的“雪碧”、“可乐”已赢得了孩子们的心。孩子们喜欢喝它们，是因为这些饮料味道很甜，放过糖，然而又不腻口。可大家是否知道在生产这些饮料时放了什么样的糖呢？告诉你们，这可不是普通的糖，而是一种非常特殊的糖。这是一种新型的甜味剂，叫高果糖浆。它是采用酶工程技术生产出来的。

什么是酶工程

什么是酶工程呢？酶工程就是指利用酶的特性，通过适当的反应，以工业生产的方式生产出人类所需的产品或达到某种特殊目的的一门技术科学。它是在早期的酶技术的基础上建立和发展起来的。

早期的酶技术主要是从动物、植物、微生物材料中分离提取、纯化、制造各种游离的酶制剂，并将它们应用到化工、食品和医药等等方面。在 20 世纪 50 年代，游离酶制剂的生产开始有了迅速的发展。

由于酶是生物体根据自身需要而产生的。在生物体内每一种酶的含量通常是在 0.0001% ~ 1% 之间，这给酶的分离提取工作带来困难；又由于酶的稳定性较差，游离的酶制剂在使用后又不能回收，使得酶应用的成本较高。自从本世纪六七十年代相继建立了固定化酶技术和固定化细胞技术后，这才解决了许多酶应用中出现的问题，从而促进了现代酶工程技术的建立和发展。

酶工程研究的内容主要包括：在工业、医学等方面有应用价值的酶类和具有特殊性质的酶类的开发和生产；固定化酶和固定化细胞技术；生物反应器的研究和设计。其中，固定化酶和固定化细胞技术是当今酶工程的核心。目前，在许多领域的工业生产中，酶工程技术的应用已取得了巨大的成就，它的许多产品与我们的日常生活也有很密切的关系。

酶工程的作用

氨基酸是人体不可缺少的营养物质。大量的食品、药物都需要氨基酸作为添加剂。氨基酸的制备通常可以用化学方法合成。用化学合成法制造氨基酸有许多优点，如速度快，成本较低等。遗憾的是，通过化学途径合成的氨基酸，所得产品多数不能直接被人体吸收利用。有什么办法能将化学法合成的氨基酸转化为能被人体直接吸收利用的氨基酸呢？1969年，日本田边制药公司的一位科学家采用固定化氨基酰化酶，成功地将化学法合成的氨基酸转化成人可以直接利用的氨基酸，开创了固定化酶工业应用的新局面。利用此法生产的氨基酸，成本大约只有用传统发酵法和游离酶法生产氨基酸的60%。这是世界上第一次将固定化酶成功地应用于工业生产。以后，又有人利用不同的固定化酶或固定化细胞分别生产不同的氨基酸。比如，利用聚丙烯酰胺凝胶包埋谷氨酸棒状杆菌，可以连续地将葡萄糖合成谷氨酸；利用聚丙烯酰胺凝胶固定大肠杆菌可生产L-天冬氨酸；利用卡拉胶固定阿德阿昆哈假孢菌变异株68号制备L-丙氨酸等等。如今，应用酶工程技术生产氨基酸已成为当前氨基酸工业的发展趋势。

新型甜味剂

人们的日常生活中甜味是不可缺少的。传统的甜味剂主要是蔗糖和糖精。自从糖精因可能致癌被禁用以后，蔗糖就担当了食品甜味剂的主角。但因为需求量过大，有些地方蔗糖供不应求。1973年，人们通过固定化葡萄糖异构酶用葡萄糖生产新型甜味剂——高果糖浆获得成功，从此以后，高果糖浆的产量迅速增加，正在逐步取代蔗糖成为添加在食品与饮料中的主要甜味剂。现在，人们除了利用固定化酶生产高果糖浆外，更多的还采用固定化微生物细胞生产高果糖浆。高果糖浆之所以得到这样的发展，是因为其生产成本低，能耗少，甜味高，热量小。

青霉素是最著名的抗生素，自从青霉素诞生以来，成千上万条生命被从死亡线上挽救回来。在生产青霉素的过程中，如果利用青霉素酰化酶催化剂替代传统的化学药剂，就可以消除有机溶剂对人的毒害。在固定化技术问世以后，科学家们又利用固定化青霉素酰化酶和固定化微生物细胞来生产青霉素，使酶的利用率提高了几百倍。

固定化技术大放异彩

L-苹果酸是一种新型的酸味剂，它可作为治疗高氨血症和肝功能不全等疾病的药物。L-苹果酸原先是从蔬菜、苹果和橘子中提取的，它也可以用化学法合成，但提取1千克L-苹果酸要花费人民币2万元。现在可以应用固定化微生物细胞生产L-苹果酸。用固定化细胞技术生产的L-苹果酸，工艺简单，产品纯度高，成本低，每千克只花费40元。应用酶工程技术生产有机酸的实例还有很多，如生产醋酸、乳酸、柠檬酸等。

酒精是我们大家都比较熟悉的一种有机溶剂。它可作为消毒剂，还可作为燃料。采用固定化的酵母细胞生产酒精是近几年迅速发展起来的一项新技

术，与传统的酒精生产技术相比，它具有速度快、周期短、产率高、成本低和工艺简单、易于实现连续化自动化生产等多种优点，因而具有非常广阔的发展前景。

人们在治疗急性淋巴细胞白血病时常要用到 L-天冬酰胺酶。但是，天然的 L-天冬酰胺酶在人体内会引起过敏反应，并使药物失去活性。自从建立固定化技术以后，研究者们将该酶制成固定化酶，就可以克服治疗中引起的过敏反应。

应用酶工程技术，人们不仅可以大量生产出与人们日常生活密切相关的产品，而且还可以在临床上用于某些疾病的诊断。比如科学家将某种酶或微生物细胞制成酶柱、酶电极、酶管等进行血液或尿液中葡萄糖、胆固醇和尿素等含量的临床检验。

固定化酶

酶是生物催化剂，有很强的催化能力并能促使反应速度增加，但生物体内酶的含量很少，并难以提纯，一些酶的活性也很不稳定。

1969 年，日本科学家发现能将酶固定在载体里，使酶长期保持活性，并可以反复多次使用。这种固定化酶在医疗、食品加工、公害处理等领域得到广泛应用。人们将固定化尿素酶安置在人工肾里，就能连续地排除人体代谢的废物。

“ 环境卫士 ”

在环境保护中，酶工程技术也已显示了它的优越性。利用固定化生物反应器可以监测和处理含有酚、苯、硝酸盐和氰化物的有毒、有害废水。比如利用聚丙烯、海藻酸钙包埋热带假丝酵母或者将假单胞菌固定在无烟煤颗粒上，形成一个固定化的薄膜，这种固定化反应器可以用于分解废水中的酚，在几分钟内使废水中的酚含量从 0.01% 降到 0.0001% 以下，利用包埋于聚丙烯酰胺凝胶内的恶臭假单胞菌能分解废水中的苯。又比如将一种能分解氰化物的酶固定后再装填到立式反应柱中，含有 2.5% 浓度的氰化物废液从柱顶流入，由柱底流出的净水中已完全不含氰化物。在利用酶工程技术处理工业和城市废水中，有人曾设计出一种既能处理废水，又能发电和产生甲烷燃料的特殊装置；也有人制备了一种在处理废水的同时还能产生大量氢气能源的反应装置。

酶工程已在食品、医药、环保等领域显示了巨大的优势，它已成为当前生物技术的重要组成部分之一。

微生物的贡献

在我们的周围，除了具有千姿百态的植物和动物外，还生活着许许多多肉眼无法看见的微小生物。它们就是我们平时所说的微生物。

令人生畏的微生物

说起微生物，很可能会使人联想到一些令人生畏的致病菌和病毒。在微生物王国里，有些家族中的部分成员确实对人体有害，它们会使人得致命的

传染病。比如，在 14 世纪猖獗于欧、亚两大洲的鼠疫病就是鼠疫杆菌造成的。它就像黑色妖魔，夺走了 2500 万人的生命，在人类历史上留下了令人恐怖的一页；伤寒、百日咳、白喉、结核病、麻疯病等传染病都是由各种相应的杆状细菌引起的；又如，脑膜炎双球菌会引起化脓性脑膜炎，这种疾病可使人瘫痪或死亡，死亡率为 10%；霍乱弧菌会引起霍乱，如不及时抢救，病死率也很高。1817 年至 1923 年的 100 多年间，霍乱病在亚、非、欧、美各洲，曾先后发生过 6 次世界性大流行，死亡人数多得令人吃惊。本世纪 60 年代初，许多国家突然出现了另一种霍乱弧菌，在以后的 35 年内，它已波及全球五大洲的 140 多个国家和地区，有数万人因此而丧生。最近又有专家提出，要警惕霍乱病的第 8 次世界大流行。流行性感冒病毒可引起急性呼吸道传染病——流感。流感曾 4 次在世界上大流行。首次是在第一次世界大战末期（1918 ~ 1919 年），发病人数约 5 亿，病死人数约 2000 万人，超过第一次世界大战中死亡总人数的三倍。以后，1946 ~ 1947 年，1957 ~ 1958 年及 1968 ~ 1969 年又先后发生过三次世界大流行。这么多可怕的疾病都与细菌等微生物有关，难怪有人会对微生物有如此坏的印象了。

并非都有害

虽然某些微生物会危害人类的生命和健康，但科学家们在对微生物进行了大量的研究后发现，对人类有害的微生物只是微生物中的一小部分，大多数微生物对人是有益而无害的。随着酶应用技术及酶工程研究的不断深入，微生物对人类作出了更大的贡献。

在酶应用技术及酶工程研究中，微生物对人类的贡献主要表现在微生物酶制剂的利用上。在酶制剂应用的早期，人们主要是从动、植物细胞内提取酶，然后将它应用到生产上去。随着科学的发展，人们逐渐发现在小小的微生物细胞中，也同样存在着大量的与动、植物细胞相似的酶成分。与动、植物细胞相比，微生物具有繁殖快、产量高、易培养等优点，而且，利用微生物细胞“生产”酶不受地区、气候等自然条件的限制。所以，在当今酶制剂的应用中，以微生物为材料制备酶制剂越来越受到人们的重视。微生物酶制剂在许多方面取代了动、植物酶制剂。

目前，已有几十种从微生物细胞中提取的酶，被广泛地应用于工业、医药、食品等各个方面。比如，从细菌细胞中提取的蛋白酶可进行皮革的脱毛和软化，从而使古老的灰碱法皮革脱毛工艺焕然一新。它改变了长期存在于制革工业中的“脏、臭、累”等落后面貌，简化了工艺，缩短了生产周期，提高了产品的质量，被利用后的废水还可以肥田。

从细菌中提取的蛋白酶还可制成特殊的颗粒物，将它加入洗衣粉中，即可做成加酶洗衣粉。加酶洗衣粉是本世纪 60 年代发展起来的新型洗涤剂。由于它具有较强的去污力，所以很受人们的欢迎。

良药种种

从某些微生物中提取的蛋白酶也还能作为治疗多种疾病的药品。如采用真菌生产的酸性蛋白酶和中性蛋白酶制成的新型复合酶剂，能有效地治疗胃疼、食欲不振、腹泻等消化道疾病。蛋白酶对治疗呼吸道疾病也有一定的疗

效，它的祛痰效率可达 80%。蛋白酶还可用来帮助清理坏死组织，促进伤口愈合。

在微生物中还有一些成员，如黄色杆菌、绿脓杆菌、链丝菌能产生一种特殊的酶蛋白，它能降低人体内胆固醇的含量，有利于治疗冠心病。这种酶还可治疗肺炎、心膜炎，而且在治疗中不会产生副作用。还有一些微生物产生的链激酶能溶解血栓，临床上用来治疗血管栓塞。

细菌生产干扰素

人体内天然干扰素的含量很少，收集提纯很不方便。怎样才能得到较多的干扰素呢？人们想到了被称为“工程细菌”的大肠杆菌。利用“工程细菌”生产干扰素，1 毫升大肠杆菌就能生产出相当于 2000 毫升人血中提纯出来的干扰素。培养大肠杆菌的工作比较简单，这样就为大量生产干扰素找到了方法。

纺织业上的“骁将”

在棉织物的纺织过程中，要对织物上浆。但是，纺织好的棉织物在漂白、印染之前，又必须进行退浆操作。旧的操作工艺采用酸法、碱法或酸碱法退浆，但不论哪种方法对棉织物的质量都有很大的影响。后来改用从动物胰脏中提取的淀粉酶进行退浆，虽然棉织物质量有所提高，但因成本太高，在实际应用中受到很大的限制。自从采用从细菌中提取的淀粉酶进行退浆后，用酶退浆的优点就充分显示出来了。因为制作酶的成本大大降低了，纺织品的质量又有了很大提高，织物手感柔软，光洁度高，色泽也鲜艳。

先进的酶法制浆

近几年来，我国的造纸工业发生了一项重大的改革，科学家们成功地将存在于微生物中、能分解纤维素的酶蛋白提取出来，制成酶制剂，然后作用于稻草、麦秆、树皮等造纸原料，使其中的纤维素离解，最后再制成纸浆。这种制造纸浆的方法被称为酶法制浆。与传统的化学法（如烧碱制浆）相比，酶法制浆具有更多的优点。它无需在高温高压下操作，因此可节省大量能量，还能减少对水质的污染。

微生物中的纤维素酶除了可用于制造纸浆外，还可用在其他方面。如将能分解纤维素的微生物接种在各种农作物的秸秆上，这些微生物就能将秸秆中的纤维素分解成单个的葡萄糖或由两个葡萄糖分子连在一起的纤维二糖，制成可供多种动物食用的饲料，从而可节约大量的粮食。将微生物的纤维素酶作用于甘蔗渣、麦秆、稻草等废料，还可生产酒精、味精、甘油、柠檬酸等许多有用的产品，从而化废为宝。总之，自从微生物纤维素酶被发现和得到利用以后，自然界中大量存在的原来仅作为燃料利用的纤维素材料又有了新的用途。

毛霉、根霉、青霉和酵母等微生物细胞能产生一种脂肪酶，而脂肪酶可将脂肪分解成甘油和脂肪酸。用脂肪酶处理炼乳、乳粉、乳脂的奶制品，可增加脂肪酸和甘油的含量，使其具有强烈的香味。

固定以后更好

20 世纪 60 年代末和 70 年代初，随着固定化技术的建立，微生物酶制剂的应用有了新的发展。人们将微生物细胞中提取的酶制剂制成不溶于水的固定化酶或直接利用微生物细胞作为多酶系统，制成固定化的微生物细胞在应用中已显示出极大的优越性。如今，利用固定化微生物细胞已生产出大量的有用产品。如利用固定化的大肠杆菌、产氨短杆菌、谷氨酸棒状细菌、粪链霉菌、米曲霉等微生物可生产各种氨基酸；利用多种固定化的酵母菌生产酒精和啤酒；利用固定化的大肠杆菌、无色杆菌、雷氏变形菌、产黄青霉等微生物生产多种抗生素；利用固定化的肖氏杆菌、醋酸杆菌、乳酸杆菌、黄色短杆菌等微生物可生产醋酸、乳酸、柠檬酸、苹果酸等多种有机酸；利用固定化的大肠杆菌、米曲霉、巴氏酵母、温氏曲霉、葡萄被孢霉等微生物可生产葡萄糖、半乳糖、果糖、蔗糖等多种糖类及不同糖类的混合物；利用固定化的藤黄八叠球菌、产氨短杆菌可生产辅酶 A、NADP 等产品；利用固定化的微生物细胞还可进行废水处理，生产新能源以及临床检查等各项工作。随着有关学科的发展和生产工艺的改进，固定化微生物的应用领域还会不断扩大，微生物对人类的贡献也会越来越大。

五花八门的生物技术

低温生物技术

本世纪 80 年代的一天，一个考古工作组悄悄地进入古埃及法老的陵墓。阴森、黑暗的墓道充满着恐怖，种种有关法老对盗墓者报复的传说，使考古工作者不得不小心行事。考古工作者已经靠近法老木乃伊时，突然一个黑影从法老身旁跃起，众人定神一看，原来是一只猫。人们好不容易抓住了这只猫。有人认为，这只猫出生于 4000 年以前，它是以冬眠的状态为法老“守灵”的，是考古工作者的发掘声响使它惊醒过来。这种说法的正确与否且不去说它，但冬眠的动物体温可以下降，新陈代谢的速度可以减慢，这一点却是毋庸置疑的。

冰冻动物能复苏吗

1987 年，美国加利福尼亚大学的生理学家哈尔·斯顿伯格成功地使一只 3 岁小狗冷冻 9 个月以后复苏。对此，一些从事低温生物技术研究的工作者受到了极大的鼓舞，他们相信，低温生物技术领域的大发展时代就要来到。

通常，温度与生物的新陈代谢速度存在着一种正相关的关系，低温下，生物的新陈代谢降低到最低限度，处于“假死”状态。一旦环境温度上升，生物又会从这种“假死”的状态中恢复过来。在此同时，生物的寿命却可延长许多。许多动物的冬眠就是很好的例子。

人们对低温下生命维持能力的研究已经有相当长的历史，但作为一门崭新的边缘学科，低温生物技术却形成于本世纪的 60 年代。低温生物技术的要旨就是冷冻生命。这是一项通过迅速降温，使生物在超低温下进入冬眠状态，从而得以长期保存并可随时恢复原状的一项技术。

冷冻生命就是延长生命

低温生物技术因为有灿烂的前景，越来越受到人们的广泛关注。冷冻生命就是延长生命，对许多生物来说意味着人们能延长使用它们的年限，对人类本身来说就是延长寿命。这是许多人梦寐以求的。秦始皇派人不远万里寻找长生不老之药，这种追求，到将来也许不再是虚无的幻想。身患绝症的病人如果对当代的医疗技术缺乏信心的话，可以被冷冻起来。也许用不了多久，随着科学技术的进步，当初的不治之症可以药到病除。如此一来，岂不是延长了生命！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，因此有人设想，冷冻起来进入冬眠状态，那么一觉醒来就可以精力充沛地登上另一星球。这样，不仅可以避开旅途的寂寞，“捡”回寿命，还可以使航天飞机少带许多食品、饮料，减轻了负担。

问题有待解决

虽说低温生物技术有着灿烂的前景，但就现状来说，还有许多障碍要排除。科学家们已经在低温保存哺乳动物早期胚胎方面取得了突破。他们将牛、羊、家兔和犬鼠的早期胚胎保存在-197 的超低温下，使用时即可放入“养母”的子宫内。用这种方法贮藏小鼠的胚胎已达 5 年之久。然而，目前人类还不能使哺乳动物完整的器官低温冷冻后再完全复苏。例如，人们将添加保护剂的肾脏和心脏冷冻，升温后无论如何也恢复不了它们的功能。研究冷冻哺乳动物的一位专家甚至断言，在-5 的温度下，成年仓鼠冷冻超过 1 小时或是 50%以上体液被冻结，就再也醒不过来了。在这里，冷冻速度是低温生物技术发展的关键因素。冷冻速度过快，生物细胞内的水分就会结冰，于是细胞因细胞膜破裂而死亡；冷冻速度过慢，则会造成细胞失水，细胞内渗透压和酸碱度的相对平衡被破坏，细胞因蛋白质分解而死亡。由于各种生物细胞的组成成分和含水量并不一致，甚至同一种生物不同个体、一个生物不同部位的细胞内组成成分和含水量也不同。所以，对于由各种器官、组织、细胞组合成的生物体，要确定最适宜的冷冻速度是非常困难的事。同样，对于如何确定冷冻后升温的速度，如何避免细胞内的各种细胞器的损伤等，目前也还没有很好的方法。

但是，研究低温生物技术所遇到的障碍，决不能动摇人们探索这一崭新领域的信心。斯顿伯格的实验无疑为低温生物技术开创了先例。由于低温生物技术凝集着人类的巨大兴趣和期望，所以近 20 年来发展很快。有的生理学、医学专家甚至大胆地预测，到了 21 世纪中叶，人类有可能第一次对冷冻保存的人体施行解冻复苏手术。在 21 世纪内，人类利用冬眠技术可以放慢机体的新陈代谢速度，使人的生命延长，再延长。

“液体刀”

脑肿瘤是严重威胁患者生命的疾病。常规的肿瘤切除手术难度极大，浙江大学的舒泉声先生利用低温生物技术制成的液体刀大大降低了手术难度。

这种刀像注射器，能射出液氮。患者的肿瘤细胞接触到液氮，便会因细

胞内的水结冰，而使细胞破裂，从而达到杀灭肿瘤细胞的目的。

光生物技术

灯光的魅力

工厂化生产家禽的形式早为人们所熟知，在家禽工厂里，优质的禽蛋源源不断地从工厂推向市场，极大地满足了人们生活中的需要。

大规模的生产降低了禽蛋的生产成本，使大量鸡、鸭以及鸡蛋、鸭蛋上了人们的餐桌。然而，参观过家禽工厂的人常常纳闷：为什么夜深人静之际，家禽工厂还灯火通明，如同白昼？这样岂不增加了生产成本，浪费了宝贵的电力资源？

其实，这是科学家们通过长期观察和实验后才这么做的。因为光照和家禽的产蛋率、产肉率有着相当密切的关系。长日照能使家禽的性腺提前发育并增加产蛋率，因而电力的消耗早就被家禽多产蛋给弥补了。

利用光照来调节动物的生长、发育是一项光生物技术。光生物技术就是一门用光来调节生物生长、发育和行为的技术。许多人还记得，早在本世纪50年代，我国渔民就开始利用灯光捕鱼，那动人的场面极为壮观，几十艘渔船围成一圈，水面上悬着灯，水下也吊着灯，耀眼的灯火在方圆几百米的范围内闪烁，引得附近水域的鱼儿急急地赶来，在灯光下追逐嬉闹，而渔民们则早已悄悄下网，严阵以待。第二天早晨，一艘艘满载而归的渔船静静地驶向港湾。

光的新用途

但是，光生物技术的真正发展却还是近几年的事。我们知道，阳光是地球上一切生物的能量来源，也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，生物的发育和行为均与光有着十分密切的关系。光生物技术研究的重点就是确定光照的最适宜波长、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。

人参被称为是“药中之王”，它能大补元气，延年益寿。它的强身滋补作用和对多种疾病的治疗作用已经为越来越多的人所认识。然而人参的生产有一个很大的缺陷，那就是栽培期过长。从播种到收获，至少要5年时间。我国吉林省的科技工作者应用光生物技术，对人参栽培过程中的品质、产量与光照的关系进行了长期深入的研究和探索，并设计了许多新技术，如接近光饱和点的连续光照，使用拱形调节棚，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。吉林省某个县有65万平方米土地达到每平方米产栽培人参1.12千克的世界最高水平，且人参的主要药理成分——人参皂苷含量赶上了韩国和日本的人参中的含量。

科技工作者对猪和牛的光照实验也取得了令人满意的结果。科技人员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。与照射自然光的对照组猪圈作比较，白光使猪每天多增加体重26克，蓝光为13克，而红光则达到43克。这就为猪的饲养提供了新的方法，并引入了一个新的管理项目——光照管理。同样，在牛的光照实验中，人们也发现，每天接受16小时光照的肉用牛比每天接受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%的产奶量。类似的光照试验已在生产实践中得到了应用。并且，新的试验随着时间的推移还在不断地进行。

神奇的光疗法

人们不曾料想，光对生物细胞的影响还孕育出一项崭新的医疗技术。

新生儿黄疸症是一种很棘手的儿科疾病，病儿体内血清胆红素升高会引起皮肤及巩膜发黄。目前有一种先进而安全的治疗方法——光疗法，就是用波长为 450 纳米的光照射除眼睛外的病儿全身，一般均能起到很好的医疗效果。胆红素是一种光敏物质，对波长为 450 纳米的光尤为敏感。在光的作用下，许多胆红素分子会转变成水溶性的化合物而被排出体外，从而起到“妙光回春”的医疗效果。

最令人兴奋的是，光敏药物——卟啉类药物在癌症的治疗上已经取得了成果。癌症的治疗除了手术和照光以外，药物治疗也是一种最常用的方法。但是，病人在手术后一般体质虚弱，普通的药物除了会杀伤癌细胞外，还会杀伤正常的细胞。这样，药物治疗就远远达不到令人满意的效果。然而，卟啉类药物的出现，为药物识别正常细胞和癌细胞提供了方便，因为卟啉类药物有两大特点。第一是对光敏感，在波长为 625 纳米左右的光照下，卟啉会改变结构和特性，杀伤所在部位的细胞。第二是对肿瘤细胞有着亲和力。它进入身体后随着血液循环而在体内流动，对正常细胞“冷若冰霜”，擦肩而过，与肿瘤细胞却是“一见如故”，难舍难分。因为具有这两大特点，所以它能成为肿瘤细胞的克星。在确定适宜的药物剂量后，向患者注射这种卟啉类药物，几天之后，这些药物分子就会聚集在肿瘤细胞周围。这时再用波长为 625 纳米的光进行定期照射，肿瘤细胞就会逐渐变色、渗血、干燥、萎缩，一二周后会会长出新的组织。至今，已有不少肿瘤患者的生命在这种治疗手段的帮助下得到了延长。

虽说光生物技术的形成历史较短，但它的光辉前景却吸引着越来越多的科学工作者，它的发展必将对人们日常生活产生更大的影响。

害虫的绝育术

杀虫剂的大量使用曾有效地控制了害虫的数量，但杀虫剂却破坏了生态环境，并产生了长期的不良影响。因此，生物学家们正在寻求安全、有效、无污染的灭虫方法。辐射绝育就是其中的一种方法。

辐射绝育是用适量的射线照射害虫的卵或蛹，破坏害虫的生殖细胞，造成染色体的遗传变异而产生不育。这种没有生育能力的害虫孵化后，即与正常的害虫交配，虽然它也能产卵，但这种卵不能孵化。因此，害虫的数量便会迅速减少，直至灭种绝迹。

声生物技术

声音是凶手

1948 年 2 月的一天，一艘荷兰货船在漆黑的夜里，冒着强风暴艰难地穿

过马六甲海峡。狂风推着万顷波涛，似千军万马扑向货船，醉汉似的货船在海面上颠簸，风暴过后，缓缓地漂向某个港口。

登船检查的人员发现，所有的船员都倒毙了。检查结果表明，死者并无任何外伤和中毒症状。这些死者的症状与心脏病突发者的十分相似。但是，所有船员不可能同时患一种病，同时死亡。于是，在很长的一段时间里，这桩死亡事件成为一个难解的谜。

很多年以后，人们终于弄清楚，是风暴中产生的次声夺去了船员们的生命。

次声和超声

次声是一种频率低于 20 赫的声波，有着很强的穿透力。它会与人体肌肉、内脏器官固有的振动频率发生共振，产生较大的振幅和能量，从而造成人体结构的巨大破坏甚至导致死亡。

声波的共振现象启发了人们的思路，美国专家还为此研制出一种次声炸弹，专门对付抢劫犯。专家们认为，只要控制好次声的强度，就能在几秒钟之内，使人昏迷却又不致于丧命，它是对付劫持人质的劫机犯的最佳武器。

人们把频率高于 20000 赫的声波称作超声波，它对生物体的影响早已为人们所熟知。超声波手术刀和超声波结石粉碎机已经广泛在临床上应用，用超声波治疗脑血管意外堵塞和冠心病的效果是令人瞩目的。超声加热治癌能使深部的肿瘤组织温度升高 5~7℃，再结合化疗和辐射，可以杀灭 90% 以上的癌细胞，而被透过的表皮和正常组织却完好无损。这种治癌方法已被确认为继手术、化学疗法、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发展成一门新的学科——超声治疗学。

歌手头上的蚊子

在次声和超声之间，即频率在 20~20000 赫之间的声波是正常的声波，它对生物体的作用也受人注目。说来也巧，一位著名的歌剧演员在露天舞台表演他那娴熟的演唱技能，在场的观众们如痴如醉，为他的出色歌唱而倾倒。突然，歌唱家唱到一半便停了下来，他的手不停地在头上舞动，观众愕然了。原来，他的声音引来了一大群雄蚊子，尴尬万分的歌手不得不停止表演。这件事却启发人们研制出能发出与雌蚊翅膀振动频率相近高音的发声器，专门用以吸引雄蚊，从而达到灭蚊的效果。

对牛弹琴好

人们将“对牛弹琴”比作对一窍不通的人谈论学问。但今天看来，牛似乎真的能领会音乐的魅力。在给奶牛挤奶时播放音乐，这种做法过去曾被当作笑话。而今，它却是举世公认的提高产奶量的饲养手段。只不过，作为一种现代化的饲养技术，它的内容更丰富了。例如，音乐不仅可以在挤奶时播放，而且还可以在喂食、休息时定时播放；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，有关实验的结果是，施特劳斯的圆舞曲《蓝色的多瑙河》会使奶牛的产奶量大增；而悲壮的贝多芬第九交响曲会使奶牛的产奶量锐减。

生活在海洋中的鱼类会用各种各样不同的声音来表达它们的不同信息。很早以前，我国渔民就利用大黄鱼洄游时所发出的声音，发现和捕捞它们。现在，科学家已经对许多鱼类的声音进行了广泛的分析和研究，制造出能模仿鱼类叫声的音响器。渔民们根据鱼类发出的声音来判断鱼的种类、鱼群的大小和分布的深浅，从而决定下网的地点和时间，并利用“音响器”播放鱼类寻找同伴的声音，将鱼儿集中起来，从而提高捕获量。

人们对声生物技术的研究时间并不长，但它的前景是十分诱人的。我们完全有理由相信，随着研究的不断深入，声生物技术必将得到更快的发展，取得更多的成果。

有“神经”的计算机

在本世纪的科学技术发展史中，时间短暂但对人类社会的影响却十分深远的发明，首推电子计算机。今天，与计算机有关的产品、技术纷纷进入我们的生活。由计算机引起的信息革命对人类未来命运产生了巨大的影响。

沟通并不容易

以往的计算机，只能识别人工编制的计算机程序。由于编制程序要耗费大量的人力，因此限制了计算机本身的发展。目前，虽经发展，已经大大减少了人工编制程序的复杂性。但是，要使计算机能够“听懂”人类的语言，还有大量的工作要做。例如，曾经有人使用一台具有翻译功能的电子计算机，将一句话从英语译成俄语，再反过来译成英语。原句是“心有余而力不足”，有趣的是，仅仅是一个来回，短短的一句话，竟一下子变得难以理解，成了“伏特加酒，但肉已发臭”，令人啼笑皆非。

电子计算机由于能模拟人的大脑功能，弥补人的智力局限，故又被称作电脑。不断提高计算机的功能，使其最终能接近于人的大脑思考、判断、推理的水平，这是电脑软件专家们孜孜以求的目的。若以目前的计算机能力而言，它在信息处理方面速度和准确性等都已超过了人脑。

电脑还赶不上人脑

一位著名的科普作家曾这样评论：人脑包含 140 亿个神经细胞，1000 亿个营养细胞。每一个神经细胞又跟 100 个乃至 10 万个其他神经细胞相连，形成一个复杂得无法想象的网络。神经细胞不仅是一个具有开关功能的转换器，它本身还是一个复杂万分的物理—化学体系，有些奥秘我们几乎还未摸着门径。人类大脑的演化经历了漫长的 35 亿年，而电脑只是由固定的电子元器件和电路组成的，是人类 50 年潜心研究的结晶，当然目前还无法与大脑相提并论。不过这一巨大差距并未使专家们气短神伤。

进入 80 年代以来，相当多的电脑专家从事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，有人试图设计和制造出新型的电子计算机——具有“神经”的计算机。它的特点是具有类似于人脑的功能，能在学习过程中积累经验，增长知识，在记

忆、联想、模糊识别等方面逼近或超过人脑。

第六代计算机终于问世

90年代初，有“神经”的、被称为第六代的计算机终于被一家日本公司研制出来。这是一部“通用神经网络计算机”。据有关资料显示，它的信息传递方式是模仿人脑的神经细胞，具有32个有学习能力的大规模集成电路，不用软件，不需要解决软件命令的线路。它的处理速度奇快，尤其在文字的解读过程中，要比人脑快100万倍。

神经网络计算机是计算机技术和生物技术共同发展的结晶，而计算机的核心元件——芯片的研究直接关系到计算机发展。在计算机核心元件的开发和研制中，生物技术越来越被专家们所看好。

传统的计算机芯片，是用半导体材料制作的。但半导体材料也有它的弱点，专家们认识到，尽管随着工艺上的进展，集成电路的规模已越来越大，但由于要在极小的硅片上放置几千万个晶体管元器件，它的散热、防漏电等因素限制着集成电路的规模。现有的半导体芯片的发展已将达到理论上的极限。于是，研制一种计算机新芯片的课题就放在各国计算机专家面前。

生物计算机的优点

以蛋白质为元件的生物计算机的构想，10多年前就被提了出来。专家们认为，蛋白质分子本身具备的低阻抗、低能耗的性质使它们摆脱了传统半导体元件散热的困扰；蛋白质分子的空间结构使它具备了较大的存储容量。比起半导体芯片，蛋白质芯片的信息处理的速度可望提高几个数量级。而蛋白质分子具有的自行组装和再生能力，为计算机全面模仿人脑，实现高智能化提供了可能。

一般来说，若把人的神经网络比作计算机，那么人脑的运算速度远不及计算机快。对此，有人提出采用所谓自动波工艺来弥补这一不足。自动波经常存在于我们的日常生活中，生物体内的信息传递、心肌的收缩、酶的活化过程等都被认为是自动波运行的结果。例如自动波在直径300~500纳米的蛋白质分子中以每秒0.1毫米的速度运行，则其运算速度为每秒10次。若把蛋白质涂覆在薄膜上，1平方厘米的1块芯片就可以含有 10^{12} 个以上的活性分子，自动波沿着这种膜运动，就能以每秒 10^{12} 次的速度开或停。

西瓜探头

生物传感器是一种新型的分析检测装置。它是利用酶具有高度的专一性和极高的催化效率而设计的，因此很容易测出过去用化学分析法无法测定或需要很长时间才能测定的物质含量。如测定葡萄糖的生物传感器，就是将能分解葡萄糖的葡萄糖氧化酶固定在氧电极上，根据氧气的消耗量来推断葡萄糖的含量。利用这种原理做成的极细的西瓜探头插入瓜内，就能判断西瓜是否成熟。

再从存储器来看，已经知道色素蛋白质之一的噬菌调理素的无水物在光化学反应过程的某一阶段会“停顿”下来，保持输入的图象。从感光度和析象力来看，它很有可能成为存储元件。

基因工程的发展，为蛋白质的工业化制造提供了技术上的保证，人们将有能力按照设计蓝图，随意制造所想得到的蛋白质组装成计算机。生物计算机除了可以保持计算机运算速度的优势外，还可以具有人脑的思维能力，为人类的发展作出更大的贡献。

生物技术的新星——蛋白质工程

至关重要的蛋白质

蛋白质的作用

对人体来说，蛋白质不仅是人体的组成成分，而且是人体吸收、运输营养素所要依靠的物质以及人体各种生理活动的活性物质；它既是遗传物质的组成部分，又是脑发育和智力活动中起重要作用的物质。在抵御和消灭病原性微生物、确保人体健康、提供人体所需热能等方面，蛋白质都起着重要作用。

婴幼儿如果得不到足够的蛋白质，不仅生长缓慢，而且体力、智力的发育会严重受阻。成年人如果缺少必要的蛋白质补充，那将会衰弱无力、极易感染多种疾病。但是一个人如果突然摄入过量的蛋白质，那么也可能遭到灭顶之灾。

老战士的悲剧

据说，第二次世界大战结束以后，从德国法西斯集中营中解救出来的 200 余名老战士，在庆祝胜利的宴会上，不仅开怀畅饮，而且大口吞吃各种蛋白质含量很高的鱼、肉，结果是乐极生悲，这些熬过了法西斯毒刑拷打的战士居然会在庆功宴后呜呼哀哉！这是什么原因呢？原来，这些战士在法西斯的集中营里，长期得不到温饱，肝脏的解毒功能严重衰竭。当吞食了大量高蛋白食品后，由此产生大量的氨，肝脏已经无力将其全部分解。因此，他们终因氨大量进入血液而引起中毒身亡。由此可见，长期均衡地摄取蛋白质是人类健康的保证。

变化无穷的蛋白质

对人体健康至关重要的蛋白质究竟是一类什么样的物质呢？原来，所有蛋白质在化学结构上基本上都是一个模式。所有蛋白质都是由 20 余种氨基酸“头”、“尾”相连而成的。如果我们以 20 种不同氨基酸连成一条含有 100 个氨基酸的长链，那么就会形成 20^{100} 种不同种类的长链。实际上，组成蛋白质的氨基酸个数常常超过 100 个，这个事实说明组成蛋白质的长链是极其多样的。但是，必须指出，由氨基酸“头”、“尾”相连而成的长链并不叫蛋白质，而叫多肽链。由一个或多个多肽链盘曲、折叠而构成的特定立体结构才能称为蛋白质。

每种蛋白质由哪几种氨基酸组成，每种蛋白质总共包含多少个氨基酸，氨基酸连接的前后次序，这些都是有严格规定的，一点也不能更动。如果多一个、少一个、错一个，或者前后次序调换一下，那么蛋白质的性质就会发生变化，生物体就可能生病。举例说吧，有一种叫胰岛素的蛋白质，包括 A、

B 两条多肽链。A 链含有 21 个氨基酸，B 链含有 30 个氨基酸，总共是 51 个氨基酸。经过艰苦的测定工作，人们已经查明 A 链开头的那个氨基酸是甘氨酸，第 2 个氨基酸为异亮氨酸，第 3 个则是缬氨酸……等等。B 链的最后一个氨基酸是苏氨酸，一旦这个苏氨酸变成了丙氨酸，那么原来的人胰岛素这时就变成了牛胰岛素。

班廷的荣誉

班廷是加拿大的一位医学家，他在 1921 年时与贝斯特一起发现了皮下注射胰岛素能够抢救糖尿病人的事实，因此而闻名全球。他们的发现开创了临床医疗应用激素的先河。

救命的胰岛素

胰岛素，是人类胰脏内那些形如小岛状的细胞所分泌的一种蛋白质，这种蛋白质按一定的浓度和速度连续不断地进入血液之中。血液中的葡萄糖在胰岛素的作用下，一部分分解为二氧化碳和水，并释放出供生长发育所需的能量，另一部分葡萄糖能联结起来（聚合）成为糖原而贮藏在肝脏中。糖尿病人就是因为胰脏不能源源不断地形成胰岛素，因而血液中的葡萄糖随尿液排出体外。所有糖尿病人都表现出“三多一弱”的特点，即饮水多、吃饭多、小便多、身体弱。糖尿病人如得不到治疗，那么终将在消瘦中趋向死亡。

弄清结构

班廷等人的发现，使世界上千百万糖尿病患者能依靠注射胰岛素减轻病情、延长生命。正因为胰岛素这种生命攸关的功能，才吸引了众多生物化学家的浓厚兴趣。为此，世界各国掀起了胰岛素研究热潮，随着热潮的平息，胰岛素的结构便被弄清楚了。原来这种治疗糖尿病的特效药是一种由 A、B 两链组成的蛋白质，A、B 链中各个氨基酸的名称和次序也测定出来了。有了这第一手的资料，人工合成的胰岛素终于成为最早被批准上市的基因工程药物。

二体和六体

胰岛素的临床效果表明，皮下注射的胰岛素进入血液的情况与正常人显著不同。正常人在进食几分钟内，胰脏就能分泌胰岛素进入血液，而皮下注射的胰岛素却要经过 30 分钟以上的时间才能在血液中的最高浓度。正常人的血糖水平是由连续低水平分泌的胰岛素严格调控的。如何使皮下注射的胰岛素也能在几分钟内进入血液中呢？这个问题一直使临床医生牵肠挂肚。谁能解决这个问题，谁就无疑会给糖尿病人带来福音。在临床医生和生物学专家共同努力下，问题的关键终于找到了。原来，注入的胰岛素分子在皮下的临时“小仓库”中能 2 个或 6 个结合在一起，这些结合成的二体或六体进入血液的速度比单个分子要慢。为了加快皮下注射胰岛素进入血流的速度，自本世纪 70 年代开始，我国的梁栋材等科学家设计了增加分子间的距离和使分子相同部位带上同种电荷的办法，防止胰岛素分子间的聚合。胰岛素的这

些小小改变，就使它的临床效果得到很大提高。就是这次改造的成功，使生物工程师们对改造蛋白质的兴趣油然而生。既然“小改”能提高胰岛素的医疗价值，那么使蛋白质的结构层次改变（也叫“中改”），甚至按照人的要求，重新合成一种新的蛋白质（也称“大改”）不就能给人类带来更大的实惠吗？“小改”、“中改”、“大改”蛋白质的工作自1983年成功以来，至今已取得了举世瞩目的进展。这种按照人的意志改造蛋白质的工作，就是蛋白质工程。

蛋白质工程的前景

曙光初现

本世纪80年代兴起的蛋白质工程，现在虽只能说是“曙光初露”，但展望未来，它将是前途无量的工程。该项工程在工业、农业和医学方面将起到愈来愈大的作用。

例如，在生产奶酪时，必须加入杀菌剂，目前充当杀菌剂的是一种名叫 T_4 溶菌酶的物质，这种酶在接近67℃时，经过3小时以后，活力仅剩下0.2%。如果把这种溶菌酶（一种蛋白质）肽链第3位上的异亮氨酸换成半胱氨酸，并使换上的这个半胱氨酸与原来97位上的半胱氨酸相联结，那么动过这种“手术”的溶菌酶在67℃时，经过3小时后，其活力丝毫未减，这样，无形中就提高了奶酪生产的效率。

又如，能治疗癌症的特效药——干扰素（也是一种蛋白质），即使放在-70℃的温度下保存也相当困难，而将干扰素结构上的两个半胱氨酸更换成丝氨酸，那么在-70℃的条件下，干扰素可以保存半年时间。

在基因工程中，蛋白质的生物合成需要依靠很多酶，其中有一种核糖核酸转移酶，它的功能是搬运不同的氨基酸。专门搬运酪氨酸的核糖核酸转移酶就叫酪氨酸核糖核酸转移酶，当用一个脯氨酸换下这个酶上的苏氨酸后，这个酶的催化能力一下子就提高了25倍。

净化环境的蛋白质

当今世界，如何治理环境污染是一个十分重要的课题，而蛋白质工程居然在抗重金属污染中也发挥了重要作用。原来，存在于哺乳类及其他动物、植物、微生物细胞中的一种金属硫蛋白，能与镉、汞等重金属结合，根据多次重要试验的结果表明，哺乳类体内的金属硫蛋白是由61个氨基酸组成的小分子量球蛋白，其中可分为A和B两个不同组成部分，A部分含有11个半胱氨酸，易与镉、汞结合，能结合4个金属原子，这部分与镉结合的能力比B结构部分高出1000倍。于是，从事改造蛋白质的工程师们集中力量把A结构部分改造成B结构，也就是说，使金属硫蛋白分子具有双倍的B结构部分，这种蛋白质顾名思义可叫做B结构部分的“二倍体”。这种“二倍体”与镉结合的能力可一下子提高上千倍。

“基因工程”的工程师们根据蛋白质工程所提供的信息，正按照核酸能指导合成蛋白质的原理，人工构建金属硫蛋白B“二倍体”的基因，然后将这种基因转入水稻中。一旦转基因水稻培育成功，那么，这种水稻的根部能

与重金属镉、汞等结合，起到净化环境的作用。

增加产量的蛋白质

在提高作物产量中，蛋白质工程前景也十分广阔。现已查明，植物光合作用的第一步是利用光能固定空气中的二氧化碳。与此同时，植物也在进行光呼吸作用。在吸入氧气呼出二氧化碳的过程中，又把已合成的有机物消耗掉 25% ~ 50%。这两个反应过程都是由一个叫做核酮糖-1,5-双磷酸羧化酶氧合酶（一种蛋白质）所催化的。通过蛋白质工程改造这个酶，就可以提高固定二氧化碳、合成有机物的作用的强度，降低光呼吸作用的强度，这样就等于提高了光合作用效率，给农业生产带来难以估计的巨大效益。

蛋白质电子元件

如今，材料科学家们正在设计可以用于医药或微电子方面的蛋白质电子元件。这种电子元件具有体积小、耗电省和效率高的特点，因此具有极为广阔的前景。

