

跟踪世界科学前沿

神奇的生物技术

1997年2月，世界各大媒体都把镜头对准一只出生仅七个月的雌性小绵羊“多莉”，竞相进行报道，全世界的人们都在讨论着这只可爱的小动物。这究竟是因为什么？

这只出生在苏格兰的小绵羊发育良好，从外表上看与其他羊羔没什么差别，它之所以引起全世界的关注，是因为它的独特身世——它是一只“克隆”羊。多莉与一般小羊不同的是：它不是由公羊的精子与母羊的卵子结合发育而成，而是英国科技人员利用生物技术开发的产物。所谓“克隆”，即无性繁殖。多莉有三个母亲，母羊A的乳腺细胞与母羊B去掉核的“空卵子”结合，形成胚胎后植入母羊C体内，由母亲C生出了多莉，但多莉与母羊A的基因完全相同，可以说是母羊A的复制品。

这项奇妙的克隆技术只是生物技术中很小的一个分支。生物技术的崛起，给人类的生产生活带来了无可预料的影响。如果时光倒流20年，“生物工程”这个词，不但绝大多数人没听说过，连许多工具书中也难以找到。20年后的今天，生物工程已经长驱直入人类的生产、生活的各个领域，产生越来越大的影响。

一、什么是生物技术？

生物技术也叫生物工程，它是生物科学与物理、化学、数学、工程学、计算机技术等结合而成的现代应用技术。生物工程的中心内容，是在细胞水平和分子水平上改造和利用生物，生产人们所需要的产品。由于生物工程的出现，横亘在人类面前的几大难题——能源紧缺、粮食匮乏和环境污染，将一一迎刃而解；威胁人类生存的不治之症，如肿瘤和某些遗传病，也将退避三舍。生物工程将大大推动生产力，改善人们的生活，提高人类生命的质量。80年代有人提出：“21世纪是生物工程的世纪。”事实已经证明并还将继续证明这个论断的准确性。

二、生物工程的主要领域

尽管时间只有20多年，生物工程已发展成一个庞大的体系，按照传统的说法（尽管这个传统也不过20年），生物技术主要包括细胞工程、遗传工程、发酵工程、酶工程这四大支柱。推广开来，生物工程还包括四大支柱之外的现代生物技术群——光生物技术、声生物技术、低温生物技术、现代仿生技术等，当然还要包括那颗耀眼的新星——蛋白质工程。

（1）细胞工程

1665年，英国建筑师用自制的显微镜看到：栎树皮是由许多蜂窝状的小格子构成的，他把这些小格子定名为“细胞”。在其后的一二百年中，对细胞的研究层层深入。人们发现，不仅树皮是由细胞组成的，树身、树根、叶子、花、果实……植物的所有部位都是由细胞组成的；不仅所有的植物是由细胞组成的，所有的动物也都是由细胞组成的。连微生物也不例外，也是由细胞组成的，只不过有的微生物结构比较简单，整个个体就是那么一个细胞，甚至是一个原始的、不完整的细胞。

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

细胞学说是 19 世纪自然科学的三大发现之一。

进入 20 世纪，随着科学的发展，新技术、新工具、新方法不断涌现，人们对细胞的研究越来越深入，从细胞整体的研究推进到亚细胞结构的研究和细胞分子的研究。细胞的基本生命活动，包括它的生长、发育、分化、分裂等等，其规律日益清晰地呈现在人们的眼前。

对细胞核的研究更是激动人心。人们确认，细胞核里的染色体，正是遗传物质 DNA 的载体，隐藏着神奇的遗传密码，控制着细胞的生长和繁殖，是指挥整个生命活动的最核心、最奥妙的部位。

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

细胞工程就此诞生了。

(a) 细胞融合技术

作为细胞工程的骨干，细胞融合技术有可能创造出许多不可思议的奇迹，它的前程不可限量。

所谓细胞融合，就是使两个不同物种的活细胞紧密接触在一起，并且使接触部位的细胞膜发生融化。这样，两个细胞的细胞质、细胞器你来我往，互相流通，最后合而为一，完全合并成一个细胞。在精巧的培养技术之下，这个细胞有可能发育成完整的生物个体，那就是原来两个细胞所属的物种的杂种后代了。这个杂种后代有可能兼有两个上代的一些优良性状。这对于改良品种，提高农、林、牧业产品的产量和质量，都是很有意义的。

美国的科学家曾经选择了两种烟草进行细胞融合。这两种烟草，一种是产量很高的栽培品种，一种是抗病害能力很强的野生种。两种烟草的叶肉细胞经过化学药品处理后脱去了细胞壁，然后发生了融合。融合的细胞再经过培养，长成了一株面目一新的烟草。这种烟草兼有高产和抗病害的优点，而且能直接繁育后代，这样，美国的烟草种植业就获得了一个优良的新品种。

细胞融合说说容易，做起来就是另一回事了。细胞的直径大多在数十微米上下，几十只细胞并排着能从针眼里穿过，所以细胞融合的操作难度是可想而知的。这还是小事，要使两个不同种的活细胞紧密接触，进而细胞膜发生融化，是细胞融合的最大难题。在这个难题面前，科学家们使尽了浑身解数：有的使用了聚乙二醇等化学药品；有的使用了细胞电穿孔技术——用高强度、短时程的电脉冲去击穿细胞膜以促进融合；有的更是别出心裁，用失去活性的病毒颗粒来促使细胞膜融化。至于在细胞融合后再把它培养成健全的生物个体，则牵涉到设计和使用成份复杂的培养基，牵涉到控制和不断变更培养条件等等，也是困难重重，荆棘满途。

尽管如此，致力于细胞融合的科学家还是获得了很大进展。不要说马铃薯和西红柿那样不同属的植物的杂种，连菌科植物和豆科植物的杂种也已得到了。许多植物优良品种由此来到了世界上。在动物方面，山羊—绵羊，猴—鼠，甚至人—鼠的细胞融合也已经成功了。这些融合了的细胞尽管还没有能发育成动物个体，但已能长期存活，而且能不断分裂，形成同种细胞的群

体——杂交瘤。

前两年，有人完成了一项引人瞩目的细胞融合：在使用细胞电穿孔技术后，人的红细胞被整个摄入矮牵牛花的叶肉细胞中。这个奇特的融合可以看作是一种全新的生物体系——植物和动物的杂交体系，尽管它离开完整的杂交个体还有遥远的距离，但已经是一个破天荒式的伟大的开端了。

(b) 细胞培养技术

细胞工程的出现，改变了珍贵药材资源稀缺的局面。例如：灵芝大量用于治病救人已经变成了现实。当然，那不是原来意义上的灵芝，而是灵芝细胞培养的产物。科学家们将野生的灵芝捣碎后，放在特定的培养基中，控制好温度、光照等条件，灵芝细胞就能迅速繁殖，产生一代又一代新的灵芝细胞。要不了多少天，就可以收获到数百倍的新生灵芝细胞。除了少数细胞留下来投入到新一轮细胞培养之外，大多数收获物被用来提取药用有效成份——灵芝多糖。灵芝多糖的神奇的抗肿瘤作用，已经为大量的临床实践所证实，它的生产和应用正在迅速推广之中。

细胞培养，从原理上来说并不复杂，所需设备也比较简单，但它仍是一门很精巧的技术。比较关键的是确定培养基的配方，特别是针对不同培养物使用不同种类、不同数量的生长激素。另外，培养的物理条件也很重要。诸如温度、光照、振荡频率等，都需要精心研究，仔细掌握。拿光照来说，人参细胞在白光下生长最快，蓝、绿光下就要慢一些，红光下生长最慢，几乎和在暗室中生长一样。而有些植物的细胞对光照的反应却正好相反。

细胞培养并非局限于植物细胞，动物细胞培养也有它宽广的天地。要进行动物细胞融合、细胞核移植和 DNA 重组，动物细胞培养技术是必要的准备。另外，它还被用来生产某些珍贵药品，用来检测对人和动物致癌、致畸、致病的有毒物质。至于通过细胞培养来生产猪肉、牛肉、鸡肉，目前还仅仅是设想。这样做在技术上是完全可行的，有待解决的是经济效益问题。

医学专家们已经完成了一件惊人之举。那就是，取下人体的一些皮肤细胞进行培养，数十天后就得到一块较大面积的新皮。这块新皮可以移植到大面积的创口上。这对于烧伤病员来说是一个福音。因为传统的做法是从病员身体其他部位切取一块健康皮肤来移植到创口上，可以想象，那该多么痛苦！

(c) 单克隆抗体技术

产生抗体来对付抗原，是人体免疫系统的一种功能。人体免疫系统拥有的 1 亿种 B 淋巴细胞，每种 B 淋巴细胞只能解除一种抗原的武装。专一而高效，这是对抗体特性的最好的概括。

当细胞工程发展到一定阶段时，科学家们开始思考这样一个问题：如果人工培养产生某一抗体的 B 淋巴细胞，让它快速繁殖，提取的抗体不就是最有效的药品吗？

然而，正常的 B 淋巴细胞分裂太慢了，让人等得心烦。于是，有人就想到了那分裂速度惊人的癌细胞。如果能使 B 淋巴细胞和某种癌细胞融合在一起，使它既能高速繁殖，又保持着产生某种抗体的性能，就有可能获得大量的抗体了。70 年代中期，两位英国科学家完成了这一壮举，培养成了这种合二而一的细胞，它被称为杂交瘤细胞。

这里还要介绍一个新的名词——单克隆抗体。由一个细胞进行多次无性繁殖而形成的一系列细胞称为单克隆。如果那第一个细胞能产生某种抗体，那么这个单克隆就都能产生这种抗体，这就称为单克隆抗体。

前面说过，杂交瘤细胞保持着产生某种抗体的性能。由杂交瘤细胞繁殖成的杂交瘤，产生的抗体就是单克隆抗体。

单克隆抗体的用处可大了！

对人体来说，牛痘、天花、病菌、肿瘤细胞等都是抗原，都会引发产生相对应的抗体。在细胞工程中，针对某些病素、病菌或是肿瘤细胞而生产的单克隆技术，在诊断、治疗方面的作用往往是其他药物不能相比的。

有的单克隆抗体本身就是高效的药物，能直接用于治疗。

有的单克隆抗体能携带同位素或其他标记物质，直接抵达有病变的器官、组织，有助于对病情作出准确的诊断。

有的单克隆抗体是生产某些酶、激素、干扰素的高效能工具，能使这些珍贵药品的生产效率提高数百或数千倍。

更神奇的是，有的单克隆抗体能与放射性同位素、毒素和化学药品联结在一起，准确地找到癌变部位，将癌细胞“就地正法”。所以，有人将这种携带药物的单克隆抗体称为“生物导弹”、“肿瘤克星”。

通过培养癌细胞，生产出单克隆抗体来治癌，这可算是 20 世纪的一种“以毒攻毒”吧？

目前，世界上用来生产单克隆抗体的杂交瘤细胞系数以万计，每年要增加 1 万多个，生产的单克隆抗体有上千种。可以毫不夸张地说，单克隆抗体的生产已经是一门新兴工业，而单克隆抗体本身则是生物工程中的一颗明珠。

(d) 植物组织培养技术

植物组织培养的理论基础是植物细胞的全能性。所谓植物细胞的全能性是说，植物体的所有细胞都有长成完整植株的潜在能力。也就是说，植物体身上的任何部分，不管是种子、果实，还是根、茎、叶、花，每一个细胞都有可能培养出一棵完整的植株。这个理论早在 1902 年就由一位德国学者提出来了，可是真正通过实验加以证明，再推广应用到生产中去，却是 70 年代以后的事情。成功的关键是找到适宜的培养基，确定最佳的培养条件和培养流程。说说容易，那可是几代科学家花了六七十年的努力才换来的成果。现在，植物组织培养已遍地开花，在世界各地进展很快。培养的材料有茎尖、根尖、花粉、花药、叶原基、愈伤组织等等。已经培养成功的植物品种有近千种。

(e) “试管动物”技术

人类中的试管婴儿已经是一个不太热门的话题了。自从 1978 年第一个试管婴儿在英国诞生以来，全世界已有上万个这样的娃娃呱呱堕地。那第一个婴儿现在已经是个十几岁的姑娘了，一表人才，聪明伶俐。

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

所谓“试管婴儿”，当然不是在试管里把受精卵直接培育成婴儿，而是指在科学家的精心设计和严密控制下，精细胞和卵细胞的受精作用在试管里完成，受精卵又在试管里发育成胚胎。这胚胎则要放入母亲本人或是“代理母亲”（也叫“寄母”）的子宫中，再发育成胎儿。

科学家还有一手高招。当试管里的受精卵发育成胚胎后，到了一定的阶段被取出来进行分割，分割成两份、四份甚至八份，然后再放入试管继续培育。分割成的部分胚胎有的只有两个细胞，照样会不断分裂，发育成新的胚

胎。这些新胚胎照样可以植入普通乳牛的子宫，发育成地道的良种牛犊而来到世间。

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

（2）发酵工程

酿酒、制酱、做奶酪等等，是原始状态的发酵工程。在人类文明史上，那数千年的漫漫长途，发酵工程的进步甚是缓慢。转折点出现在 19 世纪后叶，从那时起，发酵工程开始突飞猛进了。

对于这一转折的出现，有两个人是值得提及的。

一位是 17 世纪的列文虎克，荷兰人。1683 年，他在显微镜下发现了细菌的存在。另一位是 19 世纪的法国人巴斯德，1857 年，他提出了著名的“发酵理论”，即：“一切发酵过程都是微生物作用的结果。”

列文虎克和巴斯德的发现奠定了发酵理论的基础。

（a）什么是微生物？

发酵工程的主角是微生物。

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

对人类而言，大多数微生物有益无害，会造成损害的微生物只是少数。就总体来说，微生物肯定是功大于过，而且是功远远大于过。

微生物在发酵工程里充当着生产者的角色，这与它的特性是分不开的。

微生物有三大特征。一是对周围环境的温度、压强、渗透压、酸碱度等条件，微生物有极大的适应能力。拿温度来说，有些微生物在 80~90 的环境中仍能繁衍不息，另一些微生物则能在 -30 的环境中过得逍遥自在，甚至在 -250 的低温下仍不会死去，只是进入“冬眠”状态而已。拿压强来说，在 10 公里深的海底，压强高达 1.18×10^8 帕，但有一种嗜压菌照样很活跃，而人那儿会被压成一张纸。拿渗透压来说，举世闻名的死海里，湖水含盐量高达 25%，可是仍有许多细菌生活着。正因为微生物有那么强盛的生命力，所以地球上到处都有它们的踪迹。

二是和高等动物相比，微生物的消化能力要强上数万倍。在发酵罐里，一克酒精酵母一天能吃下数千克糖类，把它们分解成酒精；在人体里成千成万地盘踞着的大肠杆菌，如果能彻底满足它们的话，一个小时里能吃掉比自己重 2000 倍的糖。

微生物几乎什么都能吃。石油、塑料、纤维素、金属氧化物，都在微生物的食谱里；连形形色色的工业垃圾，残留在土壤里的农药 DDT，甚至那剧毒的砒霜，也是某些微生物竞相吞吃的美味。

三是微生物的繁殖速度简直令人咋舌。大多数微生物是以“分钟”来计算繁殖周期的。也就是说，每隔数十分钟，一个微生物就会变成两个；再过一个周期，两个就会变成四个。只要条件合适，微生物的数量就会不停地成倍成倍地增长。

大肠杆菌的繁殖周期大约是 12~17 分钟，就算是 20 分钟吧，一个大肠杆菌一天就能繁殖 72 代。有人算过，如果这 72 代都活下来，数目就是 4722366482869645213696 个。按每 10 亿个大肠杆菌重 1 毫克计算，这些大场杆菌大约重 4722 吨。照这样推算下去，要不了两天，繁殖出来的大肠杆菌重量就会超过地球。

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

(b) 现代发酵工程

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

举一个例子。人类在几千年前就掌握了制酱技术，作为人们的重要调味品之一的酱油，世界上不少地方至今仍用传统的酿造工艺进行生产。那可是一个很繁琐、很费时的过程，从发酵、晒酱、泡酱，直到取得成品酱油，需要半年到一年的时间。在 80 年代，日本的一家公司用现代的发酵工程取而代之。他们的做法是将一种耐乳酸细菌和一种酵母菌一起固定在海藻酸钙凝胶上，再装入制造酱油的发酵罐。各种营养物和水慢慢地从罐顶注入，产品酱油则不停地从罐底流出来，形成一个连续生产的过程，从原料到成品的周期还不满 3 天！

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

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

- 能进行严格的灭菌，通入空气，提供良好的发酵环境；

- 能实施搅拌、震荡等促进微生物生长的措施；

- 能对温度、压力、空气流量实行自动控制；

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

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

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

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

(c) 单细胞蛋白生产技术

单细胞蛋白也是发酵工程对人类的杰出贡献之一。

以发酵工程来生产单细胞蛋白是不太复杂的事，关键是选育出性能优良的酵母菌或细菌。这些微生物食性不一，或者嗜食甲醇，或者嗜食甲烷，或者嗜食纤维素，等等。它们的共同点是都能把这些“食物”彻底消化吸收，再合成蛋白质贮存在体内。由于营养充分，环境舒适，这些微生物迅速繁殖，一天里要繁殖十几代甚至几十代。每一代新生的微生物又会拼命吞噬“食物”，合成蛋白质，并繁殖下一代……当然，这些过程都是在发酵罐里完成的。人们通过电脑严密地控制着罐内的发酵过程，不断加入水和营养物（甲醇、甲烷、纤维素……），不时取出高浓度的发酵液，用快速干燥法制取成品——单细胞蛋白。

在发酵罐内，每一个微生物就是一座蛋白质合成工厂，每一个微生物体重的 50% - 70% 是蛋白质。

用发酵工程生产的单细胞蛋白不仅绝对无毒，而且滋味可口。由于原料来源广泛，成本低廉，有可能实现大规模的生产。

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

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

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

(d) 赖氨酸生产技术

蛋白质是构成人体组织的基本材料，而组成蛋白质的基本单位是氨基酸。人体内的蛋白质种类繁多，千变万化，但归根结蒂都是由 20 多种氨基酸以特定的排列方式组合成的。这 20 多种氨基酸中有 8 种是人体自身不能合成，必须从食物中摄取的，称为“必需氨基酸”。而动物蛋白之所以营养价值高，就是因为这 8 种必需氨基酸的含量比较高。

赖氨酸是 8 种必备氨基酸中最重要的一种。

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

令人高兴的是，发酵工程已经能大量生产赖氨酸了。

最早用发酵法生产赖氨酸是在 60 年代初。那时的原料是葡萄糖水，生产效率也很低下。随着发酵工程的飞速发展，科学家们不仅通过筛选找到了一种又一种高产的菌种，还通过物理、化学方法的诱导和基因工程的协助，造

就了一种又一种性能优异的菌株，使得赖氨酸的产率大大提高，而且原料也改为使用价格低廉的化学工业品，如生产尼龙的一种副产品等。

目前，国际市场上每千克赖氨酸的价格仅合人民币 5 元左右，而在 1 吨粮食里添加 2~4 千克赖氨酸，就相当于增产了 100 千克鸡蛋，或 50 千克猪肉！

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

氨基酸工业的产品，早已进入了千家万户。

(e) 制造新能源

从 70 年代起，能源问题开始困扰着人类。

在 80 年代，研究能源的学者们脸上出现了微笑。

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

这里的关键是“合理的利用”。说说容易，做起来就不简单了。

谁来完成这一使命？当然是发酵工程。

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

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

微生物的性能优良与否，当然是至关重要的。日本科学家培养出一种最先进的菌株，能将纤维素百分之百地转化为葡萄糖，而 2 吨葡萄糖可以生产出 1 吨乙醇。

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

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

发酵工程对能源问题的贡献远不止于生产酒精这一项。

说起沼气发酵，人们也许会想到我国农村里那大大小小的沼气池。对现代发酵工程来说，那实在过于简陋了。沼气的主要成分是甲烷。现代化的甲烷发酵装置，每立方米容积每天可以生产 10 立方米甲烷，效率是普通沼气池的数十倍。

与酒精发酵不一样，甲烷发酵的原料是工农业生产的废物、废液和生活污水。甲烷是一种热效率很高的燃料，可以通过燃烧驱动内燃机和发电机。

美国、日本都在研究适合于家庭用的小型甲烷发生装置，以生活垃圾为原料，既经济、又卫生。

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

(f) 治理环境。

近百年来，环境恶化的问题给人类带来了极大的麻烦。随着工业的高度发展，废物、废水、废气泛滥成灾。

全世界的“三废”不仅数量惊人，而且还在以惊人的速度增长。拿污水来说，70 年代全世界污水年排放量为 4600 亿立方米，到本世纪末将增长 14 倍，达到近 70000 亿立方米。在整个地球上，“三废”的产生和排放远远超过了大自然本身的净化能力。如果再不抓紧治理“三废”，再不采取有力措施保护环境，人类在地球上很快将没有立足之地了。

发酵工程的巨大威力使人们看到了彻底治理环境的曙光。

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

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

举个例子。从 60 年代以来，海面的浮油污染已经成了环境保护中最令人头疼的问题之一。浮油的来源不光是油轮失事，还有货轮和沿岸工厂排放油污，那更是经常性的事。其结果便是整个地球的海洋表面上出现了一大片一大片的油污，久久不肯褪去。就在浮油污染日益严重，几乎使人束手无策的时候，一些聪明的学者又祭起了发酵工程这一法宝。他们找到一种又一种以石油为食的微生物（叫作嗜烃菌），筛选出生命力最强的菌株，供给最充分的营养，使它们活性更强，而且大量繁殖，然后配制成一瓶一瓶的药液——浓缩的菌液。在被污染的海面上，只要洒上一定数量的药液，不出一周，80% 的油污即会被这些微生物吞吃掉，产品则是二氧化碳和菌体蛋白。菌体蛋白还是一些海洋生物的营养品呢！这种神奇的药液已经商品化，可以大量生产了。彻底解决海面浮油污染已是指日可待的事情。

与海面浮油污染相似的，是土壤的 DDT 污染。

DDT 是一种高效杀虫农药，从 20 年代起风行于全世界，但 60 年代即被禁用。原因是它在使用后不会自行分解，而是积聚在土壤中。土壤中的 DDT 会通过农作物的根系进入农作物，然后又进入人体，并积聚于人的肝脏，

损害人体健康。即使在 DDT 被禁用以后，这个问题仍未解决。因为经过数十年的使用，DDT 在土壤中的浓度已经很高了，而且自然界的净化能力对它毫无办法。这些 DDT 仍在不断地侵蚀人们的肝脏，医生们认为这是各类肝病，包括肝癌，发病率持续上升的原因之一。

到 80 年代后期，人们终于找到了从全球的土壤中清除 DDT 的根本办法。一些科学家移花接木，将一种昆虫的耐 DDT 基因转移到细菌体内，培育一种专门“吃”DDT 的细菌，再大量培养，制成药液。这种药液喷洒到土壤上，不出数天，土壤中的 DDT 就会被“吃”得一干二净。这样，人类数十年来的这个“心腹之患”总算可以清除掉了。

(3) 基因工程

“龙生龙，凤生凤，老鼠生娃钻壁洞”。“种瓜得瓜，种豆得豆”，这些都是遗传。

生物为什么会遗传？拿人来说，最初仅仅是父亲的一个精细胞和母亲的一个卵细胞，结合在一起，一步一步就发育成了胚胎、婴孩，发育成了儿童、成人。下一代和上一代之间的物质联系仅仅是那么两个细胞。那么一丁点儿的物质联系就足以确定下一代是人而不是其他什么动物，足以确定下一代在外貌、体质等方面酷肖父母。多少年来，人们一方面赞美大自然的神奇造化，一方面苦苦思索：生物遗传的物质基础到底是什么？

进入 20 世纪中叶，一批批科学家在遗传学领域里的辛勤耕耘有了收获，这个问题的答案开始清晰起来，生物的遗传物质是 DNA。DNA 的正式名称叫脱氧核糖核酸，它隐藏在染色体内。染色体是细胞核的主要成分（低等的原核细胞例外），而 DNA 则是染色体的核心部分，是染色体的灵魂。

DNA 直接控制着细胞内的蛋白质合成，细胞内的蛋白质合成与细胞的发育、分裂息息相关。细胞如何发育、如何分裂决定着生物的形态、结构、习性、寿命……这些统称为遗传性状。DNA 就通过这样的途径来控制生物的遗传。当然，这是最简略的说法。

远在发现 DNA 之前，一些生物学家推测生物细胞内应该存在着控制遗传的微粒，并把它定名为基因。现在人们清楚了，基因确实存在着。一个基因就是 DNA 的一个片段，是 DNA 的一个特定部分。一个基因往往控制着生物的一个遗传性状，比如，头发是黄还是黑，眼睛是大还是小，等等。准确地说，一个遗传性状可以由多个基因共同控制，一个基因可以与多个遗传性状有关。

低等生物噬菌体的 DNA 总共才有 3 个基因，大肠杆菌大约有 3000 个基因，而人体一个细胞的 DNA 中有大约 10 万个基因。

搞清楚 DNA 的结构颇费周折。

DNA 是由四种核苷酸联结而成的长链。这四种核苷酸相互之间如何联结，这条长链折叠成什么样的立体形状，这两个问题在本世纪 40 年代曾难倒了许许多多有志于此的研究者。终于，在 1954 年，两位美国科学家找到了正确的答案，建立了令人信服的模型——DNA 是由两条核苷酸链平行地围绕同一个轴盘曲而成的双螺旋结构，很像是一把扭曲的梯子。两条长链上的核苷酸彼此间一一结成对子，紧紧连结。螺旋体每盘旋一周有 10 对核苷酸之多，而一个基因大约有 3000 对核苷酸。

DNA 双螺旋结构的发现是生命科学史上一件划时代的大事。它对生物的遗传规律提供了准确、完善的解释，是人们揭开遗传之谜的钥匙。那两位科

学家——华生和克里克，因此而获得了诺贝尔奖。

基因工程，又叫遗传工程，是生物工程的核心。它的功能是通过改换生物的基因，使生物的遗传性状得到改变，产生符合人们需要的面目一新的新生物。改换基因的工作称为基因重组，或者叫 DNA 重组，意思就是对 DNA 重新进行组合。既然生物的所有性状都是由一定的基因控制的，那么，我们根据需要可以设法在生物的 DNA 中增添、减少或改变某个基因，也就是一小段 DNA，就会使生物的性状发生符合我们意愿的变化，甚至成为一种新的生物种类。这就是基因工程的基本原理。

原理是简洁明了的，做起来可就是万分艰难了。如果我们要在某个生物细胞的 DNA 里加进一个另一种生物的基因，就要完成以下几个步骤：

1. 在另一种生物的 DNA 上找到那个所需的基因，并准确地切下它来。

2. 选一种作为运输工具的载体，把切下的基因连接到载体的 DNA 上，通过载体带入生物细胞。如果这个生物细胞比较大，还有可能直接以注射的方式使切下的基因进入生物细胞。

3. 在许多动过这种手术的细胞中筛选出确实已经接受外来基因的细胞。

用来切取基因的，往往是某种酶（一种特殊的蛋白质）；用来担任载体的，往往是质粒、噬菌体等有生命的小颗粒。这些都是以纳米（ 10^{-9} 米）为长度单位的小不点儿，操作的难度可想而知。再拿筛选来说，细胞接受外来基因意味着表现出这个基因的功能，确定这一点需要精细的鉴别，而这种细胞往往只占动手术细胞的百分之几。

加进去一个基因已经是千难万难了，要随心所欲地将基因排列组合，捏成一个完整的 DNA，并让它表现出功能，当然就更难了。到目前为止，像《侏罗纪公园》里那家基因公司所完成的工作，还是不可能实现的。复活恐龙还是很难想象的事。

然而，基因工程已经实现了许多在常人看来是很难想象的事。

你能想象老鼠长得像狗一样大吗？

1982 年，美国的两位基因工程学者把大白鼠的生长激素基因转移到小白鼠的受精卵中，结果，培育出的小白鼠比普通的大两倍半。接着，台湾的学者进行了类似的工作，培育出了像狗那么大的老鼠。

按照这个思路，把一些高大动物（如大象、牛）的生长激素基因转移到家畜的受精卵中，就可能培育出体重大出几倍的家畜来。美国一位学者宣称，这项工作已经“没有不可逾越的障碍”。

进入 80 年代后期，基因工程的喜讯联翩而至：通过改换基因，培植出了耐碱的水稻、高蛋白的水稻、高产的棉花、抗病害的烟草，用改造过的大肠杆菌、酵母菌生产珍贵药物，开采石油，冶炼金属等等。

有人说，基因工程几乎无所不能，它就像 20 世纪的造物主，使一批又一批面目全新的生物从实验室走向社会、走向自然，最终将造就新的社会、新的自然界。

下面谈一下基因工程的应用。

（a）在医学上的应用

侏儒症患者的病因是生长发育时期体内缺少一种叫作人生长激素的东西。这是脑部的垂体所分泌的一种激素。谁的垂体分泌人生长激素过少，就会患上侏儒症：发育不良，形体特别矮小。

侏儒症的病因是早就弄清楚了。特效药也已经找到了，就是人生长激素。

如果发现谁在生长发育时期患了侏儒症，只要给他注射一段时间人生长激素就会奏效。病人会赶上正常人的发育速度，迅速长高，长得和常人一个模样。

然而，人生长激素太贵了。它从哪里来？从尸体的垂体中提取出来。垂体有多大？才豌豆那么大。50具尸体的垂体提取的人生长激素，只够治一个侏儒症患者。即使全世界的尸体统统解剖开取出垂体，也只能治疗侏儒症患者的15%。

进入80年代，从事基因工程研究的科学家豪迈地宣布：若干年后世界上将没有年轻的侏儒！因为人生长激素将可以大量生产。

基因工程生产人生长激素当然不是使用人脑垂体，而是使用大肠杆菌。

科学家先弄清了人体DNA里人生长激素基因的结构。这个基因是支配人生长激素分泌的司令部，一共有573个核苷酸。接下来的一步是在实验室里合成人生长激素基因，再把它注入大肠杆菌体内。当然，不是所有的大肠杆菌都会接受这种基因的，那些乐于接受的大肠杆菌会乖乖地在体内合成人生长激素并贮存起来。它们被挑选出来，进行大量培养。然后就可以提取人生长激素了。这个培养、提取的过程可以在发酵罐里连续进行。一个大肠杆菌能够产生20万个人生长激素分子，每升发酵液可提取人生长激素2毫克以上，相当于一个垂体的含量。人生长激素不仅用来治疗侏儒症，还是治疗骨折、烧伤的良药，它的大量生产是病家的幸事。

基因工程生产人生长激素，大肠杆菌担任了工程菌这一角色，是有功之臣。这似乎有点令人难以接受，因为在大家的印象中，大肠杆菌是令人讨厌的致病菌。其实，从基因工程问世以来，大肠杆菌确实变得神气了。因为，用类似于生产人生长激素的方法，还可以生产许多珍贵药物，而大肠杆菌在这些项目中都令人信服地完成了工程菌的任务。这些珍贵药物包括生长抑素、胰岛素、干扰素等等。

生长抑素是治肢端肥大和“巨人症”的特效药。过去从50万头绵羊的下丘脑中才能取得5毫克生长抑素，用基因工程生产，10升发酵液就足够了。

胰岛素专治糖尿病。全世界糖尿病人有1亿之多。过去胰岛素主要从猪、牛的胰脏中提取，50千克胰脏才能取得1克纯品。用基因工程生产，20升发酵液就可以生产1克，成本下降了70%。

比黄金还贵的干扰素，是病毒的克星，也是对付肿瘤的“希望之星”。过去生产干扰素，是从人的血细胞中提取的，要2升人血才能取得1微克。用基因工程生产，1升发酵液就能得到600微克。

基因工程生产的药物已经为千千万万个病家带来了福音。人们期望着，基因工程能为医药事业，为全人类的健康建立更多的功勋。

(b) 在农业上的应用

植物基因工程有多种方式，如杂交育种、细胞融合、DNA重组等等。其中，最复杂也最先进的当属DNA重组。由于植物基因工程的对象都是结构和遗传规律比较复杂的高等植物，而且植物细胞有比较坚实的细胞壁，所以，将外来的基因导入植物细胞要比导入微生物和动物细胞困难得多。寻找一种合适的载体，是这一技术的关键。

70年代，两位比利时科学家在这个关键问题上取得了突破。他们发现了一种大颗粒质粒——Ti质粒，这种质粒能顺利地进入植物细胞的核内，把自己所带的DNA片段，“硬塞”给植物的DNA。Ti质粒的“娘家”是一种根癌土壤杆菌，所以它把DNA片段硬塞给植物后，植物就会生癌。这可是会致命

的癌，从这一点来说，Ti 质粒是个坏种。可是它具有携带、硬塞 DNA 片段的通天本领，科学家就请它来当运输大队长，带上特定的 DNA 片段，进入特定的植物细胞。试验下来，居然一切顺利。

从事 Ti 质粒研究的科学家越来越多，而 Ti 质粒立下的功劳也越来越多。由它带进植物细胞并得到表达的基因已有数十种。这中间有别种植物的基因，也有微生物的基因、动物基因，甚至还有人的基因——人的生长基因，真是有点不可思议！

除了 Ti 质粒，人们还找到了其他的载体，如某些病毒；还采取了其他手段，如微量注射。所以，植物基因工程至今已硕果累累。我们随手可以找出几个例子：

接受了细菌的杀虫毒素基因的烟草——这种烟草不怕虫咬了；

导入了抗枯萎基因的棉花——这种棉花不会得枯萎病了；

接受了抗除草剂基因的水稻——在这种水稻的田块里可以放心施用除草剂了；

导入了大豆、玉米的蛋白质基因的水稻、小麦——它们的蛋白质含量比同类高出一大截。

(c) 人类基因组计划

什么是人类基因组计划？简单地说，就是要对人体的所有基因进行解剖分析，弄清楚人类究竟有多少基因，这些基因的精确位置在哪里，每个基因的精确组成又是怎么样的。这就等于要绘制一张精确的人类基因解剖图，编著一部人类基因百科全书。

说来也很有意思，最艰巨也是最伟大的基因工程，恰恰是研究人类自身的。不过，既然人是最高等的生物，是万物之灵，这一点也就不难理解了。

人体的一个细胞里有 23 对染色体，每条染色体就是一个双链的 DNA 分子，包含有 5000 万到 25000 万个核苷酸对。23 对染色体里一共有 60 亿个核苷酸对。把 23 对染色体的全部 DNA 拉直，连成一条直线，长度为 91 厘米左右。

这 23 对染色体里有大约 10 万个基因，每个基因大致上由 1000 ~ 3000 个核苷酸对组成。要将这些基因精确定位并确定其组成，说到底就要测定 60 亿个核苷酸对的排列顺序，你想这件事该是多么艰难！

实施人类基因组计划，编著这样一部人类基因百科全书，尽管千难万难，却是科学家们梦寐以求的愿望。因为它将是人类全面而细致地认识自身的金钥匙，具有广阔的应用前景和难以估量的价值。

人类基因组计划的价值首先体现在医学方面。

随着基因工程的发展和医疗技术的提高，基因治疗已经取得了一系列研究成果，并开始走向临床应用。所谓基因治疗，就是对人体的致病基因进行手术，或“切割”下来换上正常的基因，或用化学、物理的手段使其“改邪归正”，不再致病。要进行基因治疗，首先就要找到致病基因。在 10 万个基因，或者说是 60 亿个核苷酸对的茫茫大海中找到某种疾病的致病基因，实在是谈何容易。人类光是遗传性疾病就不下 4000 种，每种遗传性疾病都是受一个或数个致病基因控制的。基因治疗是治疗遗传性疾病最有效的手段，甚至是唯一的根治手段。然而，这 4000 多种遗传性疾病中，已找到致病基因的还不到 3%。一旦人类基因组计划实现，这 4000 多种遗传性疾病的致病基因就将暴露在光天化日之下，进行基因治疗就有了保证。

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

更有趣的是，人类基因组计划实现后，每个人在胎儿阶段就能作出基因组分析，建立起个人的基因档案。这份档案里不仅记载着致病基因，还记载着体质、性格、语言、智力等多方面的遗传特点。人们可以根据这份档案来预防疾病，确定最适宜于自己的生活方式、饮食规律以及事业上的发展方向，大大提高生命的质量。

人类基因组计划的意义还远不止这一些。在研究人类的起源和进化，研究人类的遗传规律，研究生物学基本理论等方面，它将提供一系列新的思路，引导出一系列新的结论。

人类基因组计划最初是美国科学家于 1985 年提出创议的。从 1988 年起，美国、日本、英国等发达国家纷纷建立专门机构，投入上亿元经费，组织实施人类基因组计划。我国从 1993 年 7 月起也正式加入了这一行列，“中国人人类基因组计划”列入国家重大研究项目。

由于人类基因组计划工程浩大，尽管有计算机、电子显微镜等现代化设备助威，实际进展还是不可能很快。按 1990 年的统计，当时已完成的工作量不过千分之二左右。从目前来看，估计还要 15~20 年的时间才能大功告成。

(4) 酶工程

(a) 什么是酶

牛以草为食物，草的主要成分是纤维素。纤维素和淀粉、糖一样都是碳水化合物，但它却很难分解。那么，牛胃怎么会有那么大的能耐呢？牛胃里边有什么神奇的物质把纤维素分解掉呢？这在很长的历史时期里都是一个谜。

鹰是食肉的猛禽。它的取食方式是撕下猎物的肉囫圇吞下（肉里面还夹杂着骨头、毛），然后由强健的胃把这些肉消化掉。科学家做了一根特殊的金属管，里面装上肉，管子两端用金属丝网封住。他们让鹰吞下金属管，过一段时间取出金属管一看，肉已经无影无踪了。这说明鹰胃里面也有一种神奇的物质，能担当消化肉类——主要成份是蛋白质的重任。

鹰胃和牛胃在消化方面的神奇力量是相似的，只不过消化的对象一个是蛋白质，一个纤维素。

起先，人们以为鹰胃和牛胃里面起消化作用的是胃酸。但很快又发现胃酸只是个配角，主角则是一种数量极小、作用奇大的物质——酶。

酶究竟是什么东西呢？

这个问题人们又花了数十年时间才搞清楚。从本质上说，酶是一种蛋白质。从特性上说，酶是一种生物催化剂，在生物体的生命活动中担当着重要的角色。它参加生物体内大大小小的、无时无刻不在发生的化学反应，在这些化学反应中起着催化作用。千万不能小看这个催化作用，它使这些化学反应的速度增加 $10^{12} \sim 10^{20}$ 倍。而且，如果没有酶的参与，有些反应根本不会发生。

在牛胃里起主要作用的，是纤维素酶。它使纤维素很快就分解成葡萄糖。

要消化、吸收葡萄糖就是很简单的事了，人的消化系统也办得到，不用说牛了。

在鹰胃里起主要作用的，是胃蛋白酶。它使蛋白质分解成分子较小的多肽和氨基酸。难怪金属管里边的肉会无影无踪了。

纤维素酶和胃蛋白酶只是庞大的酶家族里的两个成员。小小的大肠杆菌，身体里进行的生物化学反应有 3000 多种；人体这样一个高度复杂的生物体，发生的生物化学反应要用天文数字来表示。这些反应都是在酶的参与下发生的，可见酶氏家族有多么兴旺。

到现在为止，人类已完全能确定其成分和功能的酶有 3000 多种。

酶有两大特点是引人注目的。一是高效，二是专一。

所谓高效，是指酶的催化能力的强大。对许多化学反应来说，往往可以找到一些能加速反应的化学催化剂。然而，酶的催化能力要比化学催化剂高出 $10^7 \sim 10^{13}$ 倍。就拿纤维素的分解来说，用 5% 的硫酸，在 4~5 个大气压、100 多摄氏度的条件下，四五个小时只能使纤维素稍稍松动。而一旦纤维素酶出场，而且只是那么一点点纤维素酶，在常压、40 摄氏度的条件下，四五个小时可以使 50% 的纤维素分解成葡萄糖。这几乎就是牛胃里发生的反应，只不过容器换了一下。

所谓专一，是指一种酶只能作用于具有一定结构的物质。纤维素酶只能把纤维素分解成葡萄糖，碰到蛋白质、淀粉、脂肪之类，它是无动于衷的。同样，鹰胃里的胃蛋白酶，只对蛋白质“情有独钟”，对纤维素和其他有机物分子就毫无办法了。鹰胃里除了主力军胃蛋白酶之外，还有淀粉酶、纤维素酶、脂肪酶等许多酶；牛胃里除了主力军纤维素酶之外，也还有胃蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶等许多酶。这些酶分工明确，各司其职，专找特定的对象“开刀”。

酶除了高效、专一这两大特点之外，还有一个显著的优点是它的催化作用都是在常温、常压之下完成的。本来嘛，酶是生物催化剂，它是在生物体内起作用的，当然与高温、高压无关了。

由于酶具有那么明显的优点，人们开始考虑，能不能把它从生物体内取出来，专门来催化一些重要的化学反应呢？这样不是能在更广阔的天地里发挥它的优势了吗？

于是，酶工程应运而生了。

(b) 什么是酶工程

微生物是发酵工程的主力军。在发酵工程里（或者说在自然界也一样），微生物之所以有那么大的神通，能迅速地把一种物质转化为另一种物质，正是因为它们体内拥有神奇的酶，正是那些酶在大显神通。说到底，发酵作用也就是酶的作用。

微生物种类繁多，微生物繁殖奇快。要发展酶工程，微生物自然应该是人们获取酶、生产酶的巨大宝库、巨大资源。事实上，目前酶工程中涉及到的酶绝大部分来自于微生物。

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

酶的生产要解决一系列的技术问题，包括：

挑选和培育生产酶的微生物（要求繁殖快、安全、酶容易分离、符合应用条件）；

确定合适的培养条件和培养方式；
大幅度地提高酶的产量；
将生产出来的酶进行分离提纯，提高酶的纯度等等。

经过各国科学家的不懈努力，这些技术问题一一迎刃而解，酶的生产水平不断提高，为酶的应用提供了坚实的基础。

这里值得一提的是通过基因重组来对产酶的菌种进行改造，获得生产性能优秀的菌种。最明显的例子是 一淀粉酶的生产。

最初，人们是从猪的胰脏里提取 一淀粉酶的，这种酶在将淀粉转化为葡萄糖的过程中是一个主角。随着酶工程的进展，人们开始用一种芽孢杆菌来生产 一淀粉酶。从 1 立方米的芽孢杆菌培养液里获取的 一淀粉酶，相当于几千头猪的胰脏的含量。然而，致力于酶工程研究的学者并不满足于这一点，他们用基因工程的手段，将这种芽孢杆菌的合成 一淀粉酶的基因转移到一种繁殖更快，生产性能更好的枯草杆菌的 DNA 里，转用这种枯草杆菌来生产 一淀粉酶，使产量一下子提高了数千倍。

人体里的尿激酶，是治疗脑血栓和其他各种血栓的特效药。以前常见的生产手段是从人尿中提取，其落后性显而易见，产量也毕竟有限。学者们从人的肾脏细胞中分离出尿激酶基因，转移到大肠杆菌的 DNA 中，用 DNA 重组后的大肠杆菌来生产人尿激酶。生产效率自然提高了不少。

通过基因重组来改造产酶的微生物，建立优良的生产酶的体系，被认为是最新一代的酶工程（第四代酶工程）。这是酶工程与基因工程的结合点。基因工程被称为生物工程的灵魂，在这里又一次展现了它的动人之处。

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

人工酶是化学合成的具有与天然酶相似功能的催化物质。它可以是蛋白质，也可以是比较简单的大分子物质。合成人工酶的要求是很高的，它要求人们弄清楚：酶是如何进行催化，关键是哪几个部位在起作用，这些关键部位有什么特点……最终，对人工酶还有另一层要求，那就是简单、经济。

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

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

（c）酶工程的核心——固定化工程

步入 90 年代，以空气为原料，用酶工程生产氮肥已初见端倪——用固定化酶来合成氨，已实现了少量的工业化生产。所使用的酶，有的是从固氮菌中分离、提纯出来的固氮酶，有的则是根据固氮酶的化学模型制成的人工模拟酶。预计，世界各国的大型氮肥厂将逐步改用酶工程来合成氨，这样既可节约大量的高温高压设备，又能在世界范围内每年节约相当于 10 亿吨石油的能源。

不仅是生产氮肥，用空气、水、一氧化碳和二氧化碳来生产形形色色的化工产品，对酶工程而言，都不是办不到的事。

这里，很关键的是酶的固定化，它被称为是酶工程的中心。

酶作为各种化学反应的催化剂，除了具有高效、专一的优点之外，同时也存在着一些缺点。例如，由于酶在本质上是蛋白质，在遇到高温、强酸、强碱时就会失去活性，毫无催化功能可言。又如，酶的分离、提纯和生产，要花费大量的时间，投入大量的技术和劳动，因而成本很高，价钱很贵。

对酶工程来说，最要命的是，酶催化反应往往是在稀释液体里进行的，反应完毕酶难以回收。也就是说，事实上酶只能使用一次。

一方面是酶的成本很高，一方面是酶可以反复使用成千上万次而事实上只使用了一次，这不是太浪费了吗？酶的推广应用在这个问题上遇到了拦路虎。

60年代初，一位以色列科学家率先取得了突破。他发现，生物细胞里的许多酶并不是独立在溶液里起作用，而是包埋在细胞膜或其他细胞器里面起作用的。于是，他试着把分离得到的酶结合到某种不溶于水的载体上，或者是包埋于天然的或人工合成的膜上，这样就装配成了固定化酶。接着他又对固定化酶的催化特性进行观察，出乎意料地发现，许多酶经过固定化以后，活性丝毫未减，稳定性反而有了提高。在反应容器里，固定化酶可以反复利用，成百次、成千次地发挥效能，以不变促成万变。这位以色列科学家万分欣喜地将他的发现公诸于世。

这一发现是酶的推广应用的转折点，也是酶工程发展的转折点。

在这一发展的基础上，酶的固定化技术日新月异。它表现在两方面：

一方面是固定的方法。从目前来看，固定的方法有四大类：吸附法、共价键合法、交联法和包埋法。所使用的载体材料和结合技术五花八门，层出不穷。

另一方面是，被固定下来用于催化反应的，除了各种酶之外，又发展了含有酶的细胞，又叫固定化细胞。固定化细胞省却了酶的提取和纯化，而且它具有多种酶，能催化一系列的反应，大大提高了效率。有意思的是，固定化细胞还经历了从固定死细胞（其中的酶仍有活性）到固定活细胞的发展过程。

与自然酶相比，固定化酶和固定化细胞具有明显的优点：

1. 可以做成各种形状，如颗粒状、管状、膜状，装在反应槽中，便于取出，便于连续、反复使用。

2. 稳定性提高，不易失去活性，使用寿命延长。

3. 便于自动化操作，实现用电脑控制的连续生产。

固定化技术使得酶工程的推广如同雨后春笋一般。从日本首先采用固定化酶生产氨基酸开始，到如今已有数十个国家采用固定化酶和固定化细胞进行工业生产，产品包括酒精、啤酒、各种氨基酸、各种有机酸以及药品等等。今后酶工程发展的步伐，也将与固定化技术的提高紧紧相连。

(d) 酶工程的应用

如果要举几个例子来说明酶的应用，也许有人会提到：

加酶洗衣粉，洗衣粉添加进蛋白酶后大大增强了去污能力，能把衣物洗得洁净如新；

多酶片，它所含的多种酶会增强人的消化能力，专治积食、消化不良；SOD，全名叫超氧化物歧化酶，被广泛用于食品、饮料、牙膏和化妆品中，它能去除人体内的垃圾——超氧化物，使人延缓衰老，保持青春活力；加酶洗衣粉、多酶片和 SOD 确实是酶的应用实例。不过，对于酶工程来说，它们犹

如大海中的几片浪花一样，只是简单的应用而已。在更深的层次上，酶的应用更为丰富多彩，更能体现酶工程的无穷魅力。

关于酶的应用，不妨举一个你身边的例子：青霉素。

自从 50 多年前青霉素被发现并投入临床应用以来，很长时期它一直是对付许多炎症的首选药物。然而，它也有缺点，一是使用多了许多病菌对它产生了抗药性；二是它对一部分病菌本来就没有杀伤力。许多科学家开始研究如何对青霉素进行改造。办法很快找出来了，那就是使用青霉素酰化酶对青霉素进行裂解，然后再合成新一代的青霉素，它的名称是半合成青霉素。半合成青霉素有数十种，比它的母体——青霉素杀菌力更强，杀菌面更广，还能有效地对付那些耐药菌。不过，青霉素酰化酶很娇贵，不稳定，因而，实现半合成青霉素的工业化生产一度陷入了僵局。

随着酶工程研究与开发的进展，尤其是固定化技术的完善，这个僵局终于被打破了。德国科学家还运用遗传工程手段改造大肠杆菌，获得了青霉素酰化酶高产菌株，大大提高了生产效率。大批的半合成青霉素投入了临床应用，取得了理想的医疗效果。今天，如果有谁的炎症在使用了甲氧苄青霉素、羧苄青霉素（它们都是半合成青霉素）后迅速消退，那也该谢谢那造福人类的酶工程。

探寻开发新能源

一、现今世界能源知多少

什么是能源？大家知道：我们每天靠食物来维持生命，从食物中得到糖、淀粉、脂肪等，这些物质在体内经过转化，在血液中慢慢“燃烧”，产生热能，不仅使我们维持正常的体温，而且供肌肉活动转化为运动能，使我们能学习、工作、游戏和活动。提供这些热能的食物是人类的能源。

同样的道理，人类的生活、建城市、办工厂，需要各种不同的能源。做饭、取暖需要热能；点灯照明需要电能；万物生长需要太阳能……可以这样说，没有能源，人类就不能生存，社会就不能发展。

“能”这个词，最早是科学家罗伯特·迈尔提出来的。我们看不见“能”，但通过热、光、电、运动等能够感觉到“能”的存在。

传说我们的祖先燧人氏发明了钻木取火，从此原始人懂得了人工取火，他们用火照明、烤暖身体、煮熟食物，同时，用火冶炼矿石，烧制陶瓷和加工各种各样的物品。火的发现是人类利用能源的开始。

现在，世界上使用最多的能源有哪几类呢？

(1) 煤

煤，又叫化石燃料，是由亿万年前的植物演变成的。那时，气候比现在温暖得多，在沼泽地里生长着茂密高大的植物。植物一批批生长、一批批死亡，堆积在沼泽地，越积越多。后来倒下的植物又被泥沙埋没。地壳运动使沼泽下陷，这些被深埋的植物渐渐变成泥煤，在压力和热力的作用下，又变成泥炭，最后变成煤。

中国早在 3000 多年前已开始使用煤，是世界上最早用煤做燃料的国家。在公元前 206 ~ 公元 25 年的西汉时期，中国已用煤冶炼，而在欧洲，进入 17 世纪才使用煤。直到 20 世纪前半期，煤一直统霸着能源家族，人们利用燃烧煤产生热能，供蒸汽机产生动力能，供发电机产生电能，还利用煤冶炼钢铁。直到 20 世纪后半期，煤的地位才被石油所代替。

(2) 石油

它也是一种化石燃料，主要来自千百万年前生活在浅海和内陆湖泊的浮游生物残骸，浮游生物个体非常小，但数量巨大，当它们死后，沉入海底或湖底腐烂，一层层泥沙盖在上面，在高压下，泥和沙变成岩石，浮游生物的尸体变成了石油，积蓄在岩石的缝隙里。

在中国，300 多年前的古书上就有关于石油的记载。10 世纪初，在四川钻成了世界上第一口井，用石油炼制灯油，比世界上其他国家钻井采油早了 300 多年。但当时人们不会炼制石油和从中提取汽油等成分，只会直接把石油当燃料做饭，由于石油里的汽油容易挥发，会立即燃烧起来酿成火灾，所以人们一直不敢把石油当燃料使用。1859 年，美国在宾夕法尼亚州钻成石油井，从此石油被大量开采出来，石油取代了煤，成为了更重要的能源。人们从石油中提取汽油、柴油、润滑油、沥青和其他许多化工产品。第一、第二次世界大战后，飞机发展迅速，汽车加速普及，石油作为它们的燃料，地位就更加显赫，在整个能源家族中占据了统治地位。

(3) 天然气

它伴随石油而生，主要成分是甲烷，也叫沼气，深深地储藏在地下。天

然气井钻成之后，天然气就利用自身的压力，猛烈地喷出来，人们用管道把喷出来的天然气输往各地，供煤气厂装罐或火力发电厂使用。

天然气在世界能源中的比重，80年代是20%，预计90年代将升至31%，而我国目前只占2.3%，进入21世纪时将达41%。国外科学家对中国预言，21世纪将成为“天然气时代”。

以上介绍的三种能源是目前人类使用最多的，它们为人类作出了巨大贡献，但由于人们的乱采滥挖，大肆挥霍，按目前的消费量计算，除了煤还能供应较长时间外，现已探明的石油储蓄量到2020年就要用完了；工业发达国家的天然气将在2030年被采尽；发展中国家也将在2060年发生短缺。一个迫切的问题被提上议事日程，到那时，我们依靠什么能源来维持社会的运转呢？

二、21世纪新能源展望

世界正以惊人的速度消耗着能源，最近一个世纪消耗的能源几乎等于过去19个世纪所耗能源的一半。估计到2000年时，世界人数将达63亿之多，能源消耗将达到每年311亿吨标准煤。如果人们继续使用煤、石油、天然气等有机能源，不仅会将这些资源消耗殆尽，而且会极大地污染环境，严重危害人类自身的生存。下面介绍的几种新能源，由于某些技术的限制，在本世纪还没有得到大规模应用，到下个世纪，当这些技术的研究取得突破性进展，我们的新能源便会发挥出它们巨大的能量造福人类。

(1) 氢

氢是一种可以燃烧的空气，它重量轻，但能量大得吓人。氢作为能源，有无法比拟的优越性。氢燃烧产生的热量大约是汽油或天然气燃烧产生的热量的3倍。氢燃烧后的产物是水，不污染环境，而且，还能循环使用。为此，氢被人们誉为天字第一号的干净燃料。近几年来，液态氢已广泛地被用作人造卫星和宇宙飞船中的能源。科学家们预言，氢将是21世纪乃至更远将来的燃料。

1990年5月，在德国汉诺威工业展览会上，展出了一辆氢气轿车。这种轿车的油箱里容纳的氢气不太多，只能行驶120千米，长途行驶必须不断充氢气。专家们估计，这种轿车到21世纪，就可以正式启用，打入国际市场。

氢可爱活泼，惹人们喜欢，但要制取氢，并不是容易的事情。

科学家已经证明，水是由氢和氧组成，那么，水就是制取氢的理想原料。地球表面水的总储量有2100亿亿吨，如果能从水中制取氢，氢将是一种价格便宜的能源。

如何用水制造氢呢？最简单的办法是电解水，利用电能分解水，取得氢。用这种方法制氢，可以得到纯度99.9%的氢。但这种方法的缺点是耗电量很高，生产1000克的氢，需要用60度左右的电，所以并不合算，不能大量使用。

随着太阳能的开发利用，人们把目光集中在成本低的太阳能上，利用太阳光直接加热分解水，制取氢。可是，水不太听话，胃口大得很，单“吃”日光填不饱肚子，它不能被分解产生氢。科学家就先让水“吃”些催化剂，以加快化学反应。从1978年以来，人们使用的催化剂已多到几百种。尽管如此，这种制氢方法还在试验阶段，需要进一步改进和完善。

太阳能电池，有一种特性：一接触到太阳光，就会产生电。因此，人们利用太阳能电池直接分解水，产生氢气，制氢率达 12%，这是一种很有前途的制氢方法。

1942 年，科学家观察一些藻类的生长，发现减少二氧化碳的供应，绿藻在光合作用下停止放氧，转而生氢。现在已经找到 16 种绿藻有生氢的能力，这样，产生了一种最有发展前途的制氢方法——生化制氢。科学家已制成了用叶绿体制氢的装置，用 1 克叶绿素在 1 小时内可产生 1 升的氢气。

贮藏氢，通常用钢筒。但是，氢的脾气暴躁，稍不小心，在氢中混入空气，溅入火花，它会像一颗炸弹那样发生爆炸，所以，钢筒贮氢既装不多，又不太安全。运输氢气，现在常用管道运送，费用省、运得远。不用氢气时，关闭出口，氢气停止前进，原地贮藏。

科学家发现有些金属，如钛、镁等，能像海绵吸水一样将氢储存起来，这种金属被称为储氢金属。用储氢金属储氢，不仅安全，而且还能根据需要随时将氢释放出来，大大方便了氢的储存和运送。

（2）燃料电池

电筒里、收音机里使用的干电池，外壳是负极，中间的碳芯是正极。长期不用，干电池外壳会渗出一种溶液，这是电解液，燃料电池也有正、负电极和电解液，只不过多了氧化剂和燃料。

燃料电池的发电原理与干电池一样，所不同的只是，干电池的燃料装在电池内部，当燃料用完以后，电池就不能继续供电，需换新的电池使用。而燃料电池的燃料是贮存在电池之外的，只要燃料和氧化剂连续输入电池中，燃料电池就可源源不断地发电，燃料电池也就由此而得名。

由于使用的燃料和氧化剂有许多种，所以，燃料电池的种类很多，有氢—氧燃料电池，“阿波罗号”宇宙飞船上使用的就是这种燃料电池；有金属氢化物—空气燃料电池；有甲醇—氧燃料电池；有水—钠燃料电池。

水—钠燃料电池是很先进的燃料电池，它由钠和水做燃料。钠是碱性金属，它同水一起会发生猛烈的化学反应，放出大量的热。水—钠燃料电池产生的能量，要比相同重量的一般蓄电池大 100 倍。水—钠燃料电池的副产品是氢，它是人们正在开发的新能源。使用水—钠燃料电池，不需要使用输电线，只要用汽车或火车把钠送给用户就可以，使用非常方便。

除了水—钠燃料电池之外，人们正在研究更先进的方法，直接利用天然气或人造煤气做原料的燃料电池，以海水为原料的燃料电池也在研制中。

燃料电池的优点有很多，主要是在工作时没有噪音，不会产生有害气体，效率高。现代化燃料电池实际上是座无污染、无噪音的发电厂，发电容量可有 10 万千瓦，效率比小型电厂高 1~3 倍，能保证一个家庭、一座工厂，甚至整个居民点的用电。

（3）磁流体发电

磁流体发电，就是使气体在磁场作用下发电。

科学家们研制的磁流体发电机使用的气体是经过高温处理的气体。在高温下，一般气体都会发生电离，也就是组成气体分子的每一个原子，它们外层电子不再受原子核的约束，而能自由地向各个方向移动。气体就从非导电的绝缘体变成了导电的流体，当它们高速经过强磁场时就会发出电来。

普通气体大约在 7000 摄氏度以上才能变成磁流体发电所需的导电气体。经过科学家的研究，找到了“种子物质”钾、钠、铯等，如果撒下少量

的这种物质，就可以在 3000 摄氏度的高温下使气体成为导电气体。由于现在开发的地热、海洋热等还不能产生几千度的高温，只能用煤、石油、天然气等化石燃料，所以，目前的磁流体发电又叫作燃煤磁流体发电。只有随着高温原子核反应堆技术的发展，核燃烧的废热得到充分利用，才能实现原子核磁流体发电。

磁流体发电是一种直接的发电方式。它的排气温度很高，可以用排出的废气来产生高温高压的蒸汽，推动汽轮机，带动普通发电机发电，它的发电效率可以达到 60%，节约大量的能源。

磁流体发电同火力发电相比，除了热效率高外，还有很多优点。它的发电机组结构紧凑，没有高速转动部件，所以体积小，结构很简单，使用寿命长。磁流体发电机启动很迅速，从点火到大量发电，仅仅需要几十秒钟，要使它停止运行，也只需很短的时间。

现在，磁流体发电的基础研究已基本结束，进入了工业性试验的阶段，尽管如此，磁流体发电机还有许多问题有待进一步解决。

(4) 核聚变

利用原子能发电的方法有两种。一种是利用原子能裂变时释放的能量来发电，现在的核电站都用这种方法；另一种是利用原子核聚变放出的能量。

核聚变又叫热核反应，它与核裂变的方法不同。1933 年，世界上第一台加速器工作不久，科学家发现，较轻氘原子核能够合并成较重的氦原子核，并释放出巨大的能量，这就是核聚变。科学家利用核聚变制造出威力比原子弹还大的氢弹。

核聚变放出的能量比核裂变放出的能量要多得多。1 克碳原子在空气中燃烧，放出的热量只能发电 0.0093 度；1 克铀—235 原子发生核裂变反应，能发电 2.3 万度；可是，你知道，氘聚变成 1 克氦原子后能发多少电吗？能发电 139 万度，差距大得惊人。

热核反应使用的原料是氘，地球上氘原料相当丰富，海水里就含有大量的氘。1 升海水大约含有 0.03 克氘。如果把海水里的氘都利用起来，可供人类用上几亿年。

热核反应不会产生放射性废物，也不会产生烟尘、酸雨和温室效应。

遗憾的是，30 多年来，许多国家花费了大量的人力物力，但热核反应的研究进展缓慢，聚变能还不能被人们利用，这是为什么呢？

原来，热核反应虽然在氢弹爆炸中已经实现，可是，氢弹里的热核反应是一发而不可收拾的。要利用热核反应放出的能量，必须使这种反应受到控制。

热核反应首先要使氘原子核相互接触，可是，氘原子核的外面有一个电子存在，好像给原子核穿上了一件外衣，两个氘原子核就很难接触。要使氘原子核接触，先得脱去这件外衣。有什么办法呢？我们知道，只有天气热了，人们才会自动脱掉外衣，同样，要使氘原子脱去外衣，变成氦核，温度起码要 10 万摄氏度以上。在自然界，只有太阳内部，才会有这么高的温度。所以太阳能自动持续地发生热核反应，产生无比巨大的能量。在现实中，要控制热核反应，需要模拟太阳内部高温高压的环境，难度是可以想象的。

1989 年 3 月 23 日，美国犹他大学的彭斯教授和他的英国同行宣称，他们能够在室温条件下，仅用一些试管、烧杯，通过电解的方法进行热核反应。

消息一传出，顿时引起了巨大的震动，科学界沸腾起来了。在短短的一

个多月时间里，美国、匈牙利、前苏联、意大利、日本以及中国科学院化学研究所的科学家相继宣布，他们已重现了彭斯教授实验的结果。可是，世界上一些享有盛名的实验室却没有如愿以偿，因此，对彭斯教授的科研成果持怀疑态度。他们认为这可能是实验差错形成的，这种反应只不过是一种化学反应。于是在科学界，关于室温核聚变的真假形成了两种对立的观点，争论十分激烈。

到目前为止，即使持怀疑态度的科学家也不敢贸然否定彭斯和弗莱希曼的实验，因为室温核聚变对人类太有吸引力了。如果室温核聚变一旦实现，全世界将会发生巨大的变化。其实，科学史上的许多事例也证明，一些新发现往往是在“不合常理”的情况下开始的。

彭斯和弗莱希曼的实验是谬误还是实现室温核聚变的一条捷径，至今仍然是个谜，还需要大量的实验来进一步验证。

(5) 绿色能源

所谓绿色能源主要指一些不造成环境污染的能源，包括再生能源，如有“液体黄金”之称的乙醇、甲醇等，均可通过发酵途径进行生产。作为一种洁净的生物能源在国际上颇受重视，有大力发展的趋势。生物燃料可以采取多种途径索取。

在植物王国中，水藻类以其独特的“性能”，一跃成为绿色能源的“新星”，引起各国科学家的关注。

水藻是植物世界中的一种单细胞植物，在自然界随处可见，容易生长，容易收获，产量很高。科学研究表明，在一些藻类中含有极其丰富的烃类碳氢化合物，淡水藻、丛粒藻、巨型藻及小球藻等，大多含有30%~50%左右，有的甚至可高达85%左右。因此，科学家认为水藻是当今最有开发前途的能源之一。

美国已利用西海岸的巨型藻提炼柴油。日本正积极培植一种微细藻类，将其干燥后，与催化剂一起进行燃烧，制取醇类燃料进行发电。

英国科学家另辟蹊径，早在90年代初就开展利用水藻直接发电技术的研究，并卓有成效地做出“样板”，最近研制出一套功率为25千瓦的水藻发电系统，并投入试发电。研究人员指出，他们首先用人工方法培养水藻，用生物工程技术使水藻加速生长，以达到一定产量，然后将收获的湿水藻送去加工成直径50微米的细小颗粒，再将小颗粒加压到300千帕斯卡，变成“雾状”，燃烧它去驱动发电机运转发电。其中水藻约占发电燃料的95%。

能源专家认为，利用水藻发电优点很多，首先是发电的成本低。经试验，目前英国利用水藻发电成本为每度3便士，比核能发电便宜很多，与煤炭、石油和天然气相比，成本大抵相当。同时，水藻在燃烧过程中产生的二氧化碳等于水藻在生长过程中吸收的二氧化碳，因此不向空中排出过量的二氧化碳，是一种中性环境的洁净燃料。另外，水藻也是一种取之不尽，用之不竭的可再生能源，来源广泛、品种多、生长快、产量高。美国西海岸的巨型藻生长在海底岩石上，一昼夜能长60厘米。一般可长到50米左右。而澳大利亚达尔文水库，每年可产干丛粒藻3000多吨。除自然水域可以生氏水藻外，还可以利用生物工程技术进行人工种植栽培，建立“水藻园”新能源基地，形成规模生产，以满足发电站的需求。专家预计，用一块22平方英里的面积种植水藻，其电力足以达到英国的供电需求。在21世纪的“植物能源”中，水藻发电将大有作为。

利用水藻还可以制备乙醇。日本一研究小组从表层海水中获得一种类似小球藻的海藻（直径约为 10 微米），白天它与普通植物一样在光照条件下将二氧化碳转化为淀粉贮藏起来，同时它还能在弱光或厌氧条件下将淀粉转化为乙醇。

此外，还可用“工程微藻”的方式生产柴油。美国科学家通过现代生物工程构建成“工程微藻”，如硅藻类的一种小环藻，在实验室条件下可使油脂含量增加到 60% 以上（一般在自然状态下微藻的含脂量为 5% ~ 20% 左右），户外生产也可达 40% 以上。因此，利用“工程微藻”生产柴油有着重要的经济意义和生态意义。应该说，发展富含油脂的微藻或“工程微藻”是获取生物燃料的一大趋向。

无坚不摧的激光

一、什么是激光

(1) 激光是怎样产生的

这得先从普通光说起。大千世界之所以显得万紫千红，百色争艳，是因为各种物体将阳光反射到人眼的视网膜上，再由视神经将光信号转换成生物电信号送至人脑，经综合分析后才产生色觉。

1666年，赫赫有名的英国物理学家兼数学家牛顿创立了光学这门学科。他发现，当金色的太阳光通过三棱镜后，会分解成红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七色光，而这七色光实际上是波长不同的七种光。当时，牛顿认为光是由一个个弹性小球组成的。这就是所谓的光的微粒说。

跟牛顿同时代的荷兰物理学家惠更斯却不这样想。他认为光与声音一样，都是一种空气振动过程，这种振动像水波那样是一波接一波传递的。这也就是光的波动说。

1802年，英国医师兼物理学家托马斯·杨用光的干涉实验，检验牛顿和惠更斯的理论。结果，否定了光的微粒说，肯定了光的波动说。

1864年，英国物理学家麦克斯韦在仔细研究了光波后指出：光波是与无线电波、X射线以及射线一样的电磁波，它们之间的区别仅仅是波长不同。无线电波一般以米为单位，光波则比无线电波短很多，常用微米做单位（1米=1000000微米），而人的肉眼只能感觉到波长为0.4~0.7微米之间的一小部分电磁波。

这样，麦克斯韦完成了人类对光认识的第一次飞跃，使光的波动说被大家承认。然而，这次认识飞跃也像当年的微粒说一样，并不完全正确。因为这样光的波动理论，虽能比较满意地解释光在传播过程中产生的反射、折射和干涉现象，但却解释不了光电效应。

于是，德国大名鼎鼎的物理学巨匠爱因斯坦于1905年提出了光子说。

光子说认为，光能是聚集成一份一份的，以不连续的形式在空中传播。每一份光叫做一个光子。而每一个光子相当于一个微粒，它以每秒30万千米的速度传播。因此，光子既是一种微粒，又是一种电波。这样，光子说就把几百年来争论不休的两种观点，即光的微粒说和波动说统一了起来。

至此，人类在对光的认识史上终于完成了第二次飞跃。当然，人的认识是没有止境的，今后对光的本质很可能还会有新的认识。但不管怎样，到目前为止，光子说是最完美的解释。

如果我们把自然态的各种可见光称为普通光的话，那么，激光就是一种特殊光。不管是普通光还是特殊光，顾名思义，激光无疑也是光家族中的一员。但问题是激光与普通光性能截然不同，是光家族中得天独厚的骄子。那么，激光与普通光究竟有什么不同呢？

普通光是自发产生的。在自然界中，任何东西都有从高处向低处落的自发倾向。比如，山高海低，水就往低处流，形成百川归大海的现象。在微观世界，深入到物质的分子结构里面，同样也存在着类似的现象：处在激发状态（高能级）的原子，即使没有任何外界影响，过一段时间之后，它自己也会从高能级跃迁到低能级，同时放出一个光子，这种现象在物理学上叫作自

发辐射。

普通光源的发生就是这种自发辐射的结果。比如一盏普通的白炽灯，它的钨丝中有大量的发光原子，每一种原子都有着自已特定的能级结构。当给白炽灯通电后，输入的电能很快转化为钨丝的热能，于是部分钨原子在获得能量后，纷纷从低能级跃迁到高能级。但这种高能状态是不稳定的，就像尖屋顶上的一只球，由于位能很高，很容易掉下来，一旦这些原子从高能量状态掉下来，回到低位能状态时，就会释放出一份能量，这份能量以光子的形式释放出来，于是电灯就发光了。

再如高压水银灯，放电后会产生许多能自由运动的电子，这些电子在电场作用下加速，速度比子弹还要快很多。当这类电子与水银原子碰撞时，就把能量传给水银原子，使水银原子受到激发，达到不稳定的高能量状态。然后，又自发地从高能量状态掉下来，回到低能量状态时，就发出了光。

但是，不论是白炽灯、日光灯还是高压水银灯，它们的发光原子自发地由不稳定的高能级向低能级跃迁时，都是独立进行的，彼此之间没有任何联系，这就好像枣子成熟后总是各自落到地面上，彼此之间没有任何联系一样。因而，普通光发出的光子，状态是各不相同的，不仅波长不一样，发射的方向也都不一样，向四面八方的都有。也就是说，自发辐射产生的光，它的波长和方向是杂乱无章的。

激光是激出来的。发光有两种形式。上面讲的自发辐射是发光的一种形式。除此之外，还有另一种发光形式，那就是受激辐射。什么是受激辐射呢？这就是说，原来处在高能级的原子，还可以在其他光子的刺激或感应下，跃迁到低能级，同时发射出一个同样的光子。由于这一过程是在外来光子的刺激下产生的，所以叫作受激辐射。有趣的是，新产生的光子与外来光子具有完全相同的状态，即频率一样、波长一样、方向一样，结果就内外勾结，相得益彰。

辐射，就能使一个光子变成两个光子，这两个光子又会引起其他原子发生受激辐射，于是，在极短的瞬间内激发出无以数计的光子，实际就将光放大了。在这种情况下，只要辅以必要的设备，就可以形成具有完全相同频率和相同方向的光子流，这就是激光。而放大光的设备，就是激光器。激光与普通光相比，是青出于蓝而胜于蓝。

因为孕育出激光的光源本身并不是激光。也就是说，在实际使用的激光器中，受激辐射过程中使用的原始光信号并不是来源于外界，而是来源于激光器内部的自发辐射。上面我们已讲了，自发辐射产生的是普通光，如同普通光源发出的光一样，在发射方向上是完全无规则的。为了解决这个问题，激光器内的发光物质（也叫工作物质），被安置在一个单方向的管腔内。这样一来，尽管自发辐射的光是各奔东西的，但其中总有一些光子会沿着管腔内的直线方向前进。并且，它们一边前进，一边还会刺激和促使其他处在高能级状态的原子，使它们也产生受激辐射，并释放出跟前进方向相同的光子。这样，这支前进中的光子队伍，由于一路上不停地招兵买马，便形成越来越强的高能光束。当能量达到一定强度时，激光器便将这道强光束发射出去，这就成了无坚不摧的激光。

在 1953 年，根据爱因斯坦的受激辐射原理，美国物理学家汤斯研制成功了微波放大器。与汤斯同时代的苏联物理学家巴索夫和普罗乔罗夫，也独立研究了微波放大理论。由于光波实质上是频率特高的电磁波，所以他们三个

人通过研究，到 1958 年提出，微波技术完全可以用于光波放大。

能够放大光的设备在物理学上叫作光激光器，或简称激光器。无论是激光还是激光器，在英语中通用一个单词：LASER，音译为“莱塞”，亦即“受激辐射放大光”的缩略词。

至此，激光的诞生已到了瓜熟蒂落，水到渠成的阶段。1960 年 9 月，激光这个光家族的骄子终于呱呱坠地。幸运的接生婆则是美国年轻的物理学家梅曼。当时梅曼的激光器中使用了一根人造红宝石作为发光物质，以强光作为激光源。红宝石是一种人工制造的晶体，它的主要成分是氧化铝。纯净的氧化铝叫刚玉，是无色透明的，在它里面加入一些氧化铬，就成了人工红宝石。当梅曼用氙灯的闪光照射红宝石时，实验室里突然发射出一束深红色的光，其亮度达到太阳表面亮度的 4 倍，这束振奋人心的耀眼的光束就是激光。

（2）激光器

激光器家族中成员虽多，但它们的结构基本相同，都是由发光物质（介质）、管状谐振腔和激光源三部分组成。我们不妨打个不太贴切的比喻：发光物质就好比是激光器的灯丝，激光源好比是开关，而谐振腔就好比是灯罩。发光物质如按物理状态分，可以分为气体、液体、固体和半导体。如按发光粒子分，可以分为原子、离子、分子和自由电子等。许多物质都可以产生激光，但不同的物质产生的激光在物理性能上有所不同。

激光器的工作方式是以发射出的激光持续时间长短来划分的，一般分为连续、脉冲、巨脉冲和超短脉冲四种。用于精密测量和医院手术室的激光，要求激光器连续工作。脉冲式激光器特别适于打孔、切割、测距，它们可以单次发射，也可以每秒发射几次、几十次、上百次甚至上千次激光束。巨脉冲激光器发出的激光时间更短，约为一亿分之几秒到十亿分之一秒。这类激光器能输出极大的功率。超短脉冲激光器发出的激光，其持续时间只有几百亿分之一秒到一万亿分之一秒，甚至还要短，但输出功率比巨脉冲激光器更大，可达到十万亿瓦，因此在国防和科研上有特殊用途。今天的激光器已成为一个具有几千名成员的大家庭。

（3）激光的特征

特征之一：比太阳还要亮百亿倍。

万物生长靠太阳。太阳光又强、又热，谁也不敢正视耀眼的太阳，因为仅太阳表面的温度就高达 6000 摄氏度。可是与激光相比，太阳光就仿佛小巫见大巫了。拿最早的由美国物理学家梅曼制成的那台红宝石激光器来说，它发射出的深红色激光是太阳亮度的 4 倍。而近年来研制出的最新激光，要比太阳表面亮度高出 100 亿倍以上！

对于普通光源来说，比如白炽灯、日光灯，是难以做到这一点的，由激光器发出的激光却可以顺利地做到这一点。因为激光器发出的激光是集中在沿轴线方向的一个极小发射角内（仅十分之一度左右），激光的亮度就会比同功率的普通光源高出几亿倍。再加上激光器能利用特殊技术，在极短的对间内（比如一万亿分之一秒）辐射出巨大的能量，当它汇聚在一点时，可产生几百万度，甚至几千万度的高温，自然要使堪称光明之源的太阳也望尘莫及了！

特征之二：波长范围小。

拿氦氖气体激光器来说，它射出的波长宽度不到一亿分之一微米，比氪灯约纯 10 万倍。因此，激光完全可以视为单一而没有偏差的波长，是极纯的单色光。

特征之三：方向最集中。

所谓方向性是指光的集中程度。当我们按亮手电筒或打开探照灯时，看上去它们射出的光束在方向上是笔直的，似乎也很集中，其实，这类光束射到一定距离后，就散得四分五裂了。唯有激光才是方向最一致、最集中的光。如果将激光束射向月球，虽然光在途中要历经 38 万 4 千千米的漫漫旅途，但它不仅只须花 1 秒种左右便能到达月球表面，而且仅在那里留下一个半径为 2 千米的光斑区。而普通光即便再强、聚焦再好，射出不到几百米就作鸟兽散了。

特征之四：相干性极好。

当用手将脸盆中的水激起水波，并使这些水波的波峰与波峰相迭，波谷与波谷相迭时，水波的起伏就会加剧，这种波就叫相干波。同样道理，激光也是一种相干光波，它的波长、方向等都一致。

如果我们把一束光比作一支正在行进的队伍，那么普通光队伍里每个成员的步伐大小、起步时间和行进方向是不一致的，也就是说各成员之间互不相干。而激光这支队伍则是全体成员步调一致、目标一致，纪律严明、训练有素，也就是说相干性极好。物理学通常用相干长度来表示光的相干性，光源的相干长度越长，光的相干性就越好。在激光问世前，单色性最好的是氪灯，相干长度只有 385 厘米，而激光的相干长度可达几十千米。因此，如将激光用于精密测量，它的最大可测长度要比普通单色光大 10 万倍以上。

激光的四大特点是互相联系、相辅相成的。简而言之就是一句话：单色高亮度。另外要强调一下的是：激光器并不能凭空创造出巨大的能量，它发出的激光束之所以能堪称威力无比的“光剑”，是因为它能在瞬间将蓄积的能量集中射在极小的面积上。

二、激光的用途

（1）激光通信

用光传递信息，在今天十分普遍。比如，舰船用灯语通信，交通灯用红、黄、绿三色调度。但是所有这些用普通光传递信息的方式，都只能局限在短距离内。要想把信息通过光直接传递到遥远的地方，就不能用普通光，而只能动用激光。

那么如何传递激光呢？我们知道，电是可以沿着铜线输送的，但光是不能沿着普通金属线输送的。为此，科学家们研制出来一种能够传输光的细丝，叫作光导纤维，简称光纤。光纤是用特种玻璃材料制成的，直径比人的头发丝还要细，通常为 50~150 微米，而且非常柔软。

实际上，光纤的内芯是高折射率的透明光学玻璃，而外面的包皮层则是用低折射率的玻璃或塑料制成。这样的结构，一方面能使光沿着内芯折射前进，就像水在自来水管里往前流动，电在导线中往前传输一样，即使千绕百折也没有什么影响。另一方面，低折射率的包皮层又能阻止光外泄，就像水管不会渗水，电线的绝缘层不会导电一样。

光导纤维的出现解决了传递光的途径，但并不是说有了它就可以把任何

光都能传送到很远很远的地方去。只有亮度高、颜色纯、方向性好的激光，才是传递信息最理想的光源，它从光纤的一端输入后，几乎没有什么损失又从另一端输出。因此，光通信实质上就是激光通信，它具有容量大、质量高、材料来源广、保密性强、经久耐用等优点，被科学家们誉为通信领域的一场革命，是技术革命中最辉煌的成果之一。

激光通信先进在哪里？激光通信的优点首先是容量大。它的容量有多大呢？当我们平时打电话时，讲着讲着有时会串进来不相干的说话声。这种打架现象是由于一对电话线上只能通过一路电话，如果另外串进来一路电话，正常的通话双方就会受到干扰。假如有 10 对人同时用一对电话线通话，就等于 20 个人同时讲话，那就根本无法通话了。为了解决这个问题，就必须采用载波等方法，使各路电话分别处在各个频段上。由于普通电话的频率范围为 300~400 赫，而在一对电话线上最高频率只有 1500 千赫，所以在一对电话线上只能同时通过十几路电话。显然，这样的电信容量是远远不能满足当今信息社会的要求的。

如果我们把普通电话的传输信息量比作是小推车的话，那么激光通信则是汽车。由于激光的频率要比无线电波高得多，所以激光通信的信息容量要比电气通信大 10 亿倍。一根比头发丝还细的光纤就可以传输几万路电话或几千路电视节目。由 20 根光纤组成的光缆只有一支铅笔那样粗细，每天可以通话 76200 人次。相比之下，由 1800 根铜线组成的电缆，直径约 7.6 厘米，但每天却只能通话 900 人次。

尤其令人惊讶的是，光纤通信特别适合于电视、图像和数字的传递。据报道，一对光纤可在一分种内传递全套《大英百科全书》。

此外，制造光导纤维的材料是地球上到处都有的砂子——石英，只要几克石英就能制造出 1 千米长的光纤。这样，不仅原材料取之不尽、用之不竭，还可以大大节约铜和铝材。正因为如此，目前世界上发达国家都在竞相研究激光通信。于是激光通信成了争相发展的宠儿。

在通信技术史上，光纤通信技术的发展之快是前所未有的。拿通信技术史上的几个里程碑来看，电话从发明到应用，花费了 60 年左右的时间，并且电话通信至今仍大量、普遍使用。无线电技术（例如电报）从发明到应用也花了 30 年左右时间。电视技术虽然发展较快，但仍然孕育了约 14 年。而激光通信，从第一根低损耗光导纤维的诞生到应用，总共只有 5 年时间。现在激光通信不仅应用广泛，而且形成了巨大的光纤市场。

1977 年 5 月，美国有一家大公司叫电报电话公司，它在芝加哥市内的两个电话局之间，敷设了世界上第一条短距离的光导纤维通信线路，此后在全美国近百个地方建立了总长几百千米的短距离激光通信线路。这就意味着在短距离内，激光通信已开始取代普通的电气通信。到了 1983 年，美国纽约到波士顿之间长达 600 千米的光导纤维通信已投入使用。

紧跟在美国后面的是日本。1984 年，日本完成了从北海道的札幌至九州福岡的长距离光导纤维通信干线，全长达 2800 千米，中间联结着 30 多个城市。1993 年 12 月，中国和日本之间横跨东海的光纤电缆已铺设成功。日本和美国之间横跨太平洋的长达 1 万千米的海底光缆也在设计中。

由于光导纤维通信的蓬勃发展，美、日、英、法等工业发达国家相继成立了光导纤维、光缆生产企业。世界上三大著名的光纤光缆公司——美国的西电公司、康宁公司和日本的住友公司，光导纤维产量每年都在 12 万千米以

上。

总之，工业发达国家都已建立了全国性的光纤通信网络，以便彻底替代目前的铜质电线电缆，这项浩大的技术工程估计到 2000 年可告完成。到那时候，激光通信将给我们这个地球带来巨大变化。例如，足不出户就可以利用光纤网络在家中处理文件或参加一个会议；或者将家中的光纤网络与购物中心相连，如同置身在超级市场一样，坐在家中选购需要的商品，货款只须与电子金融购物系统结算。各地的医疗中心也可以从屏幕上查看病人的病情和化验报告，并据此开出处方单，从而真正做到“秀才不出门，可知天下事”，“运筹于帷幄之中，决胜于千里之外”。

激光和光纤还可以传送图像。首先，要将直径比人头发丝还要细的单根光导纤维组合成纤维束。在传送信息过程中，常用的纤维束有两种：一种叫传光束，另一种叫传像束。传光束的任务是将光从一头传到另一头。传光束结构比较简单，它是由多根单丝胶合在一起，再将其端面抛光、研磨，以便减少光进入光纤时的反射和散射损失，然后在传光束外面套上塑料护套。

由于一根光纤只能传送一个光点，要传送整幅图像就必须将光导纤维一根一根整齐地排列起来，这样组成的光纤束就叫传像束。

在传像束中，全部光纤都排列得整整齐齐，两个端头所处的位置都一一严格对应，一点也不混乱，就像一把整齐的筷子那样。比如，某根光纤的一头在传像束中处于第八排第八列的位置上，那么它的另一头也同样是处于八、八位置上。

传像束在传送图像时，首先将图像分割成网眼状，即一幅图像被无数根光纤分解成无数个像元，然后再传送出去。一根光纤负责传送一个像元，无数根光纤便能将整幅图像传送到另一端。如果要使图像传送得清晰，就要尽可能选用直径较细的光纤，因为光纤越细，在一定的传像束上就能容纳进更多的光束，这样就能传送更多的像元。显然，像元越多，图像就越清晰。

现在应用的传像束由上万根光纤组成，要把这么多光纤整齐地排列起来可不是一件容易的事。排列好后，再用一种叫作环氧树脂的有机粘合剂将两端胶合，使光纤粘结固定，保证两端光纤一一对应。对两个端面还要磨平和抛光。至于中间部分则不必粘牢，而是像二胡的弦那样松散，只须在外面上加上保护的塑料套管，这样的传像束既柔软，又可以任意弯曲。

除了传送图像处，传像束还能传送一般的符号或数字，以及放大图像或缩小图像。

如要放大图像，可以将传像束做成一端大、一端小，就像锥体那样。当图像元从小端传到大端时，整幅图像就被放大。反之，如将图像从大端发送到小端，整幅图像就被缩小了。

此外，利用光纤还可以改变图像。如果根据需要有意打乱光导纤维的排列，就可以使出口端的像元并不落在原先对应的点上，而落到主观构思的点上，于是图像就改变了。如果将图像元进口端的光纤做成方形，而将出口端光纤做成圆环形，就能将方形的图像元变成圆环形的像元。

总之，光纤传像束有很大的发展潜力，在未来的光信息处理技术中将日益显示其独特的作用。

（2）材料加工

钻孔、切割、焊接以及淬火，是加工金属材料时最常用的操作。自从引进了激光后，在加工的强度、质量以及范围等方面开创了全新的局面。除了

金属材料外，激光还能加工许多非金属材料。

激光钻孔机 在激光钻孔机问世之前，对各种机械零件钻孔靠的是电动钻机或冲床。但机械钻孔不仅效率低，而且钻出的孔洞表面不够光洁。

激光钻孔的原理，是利用激光束聚集使金属表面焦点温度迅速上升，温升可达每秒 100 万度。当热量尚未发散之前，光束就烧熔金属，直至汽化，留下一个个小孔。激光钻孔不受加工材料的硬度和脆性的限制，而且钻孔速度异常快，快到可以在几千分之一秒，乃至几百万分之一秒内钻出小孔。

比如，如果需要在金属薄板上钻出几百个连人眼都难以察觉出来的微孔，用电动钻孔机显然是不能胜任的，但用激光钻孔机却能在 1~2 秒钟内全部完成。如果用放大镜对这些微孔作一番细查的话，可发现微孔面十分整齐光洁。

激光钻孔还可用来加工手表钻石。它每秒钟可钻 20~30 个孔，比机械加工效率高几百倍，而且质量高。同时，激光钻孔与下面我们就要讲到的激光切割一样，加工过程是非接触式的，即不像机械加工那样靠钢钻头逐渐钻透金属材料。因此，激光操作可以在自动化连续加工，或者在超净、真空的特殊环境中发挥作用。

激光切割机 知道了激光钻孔的原理，就容易理解激光为什么可以切割金属材料了：只要移动工件或者移动激光束，使钻出的孔洞连边成线，就自然能将材料切割下来了。而且，不论是什么样的材料，如钢板、钛板、陶瓷、石英、橡胶、塑料、皮革、化纤、木材等，激光都如一柄削铁如泥，削木如灰的光剑，而且，切割的边缘非常光洁。

激光焊接机 激光之所以能用来焊接，是因为它的功率密度很高。所谓功率密度高，是指在每平方厘米面积上能集中极高的能量。激光的功率密度有多高呢？我们可以作个比较：工厂里通常用于焊接的乙炔火焰能将两块钢板焊在一起，这种火焰的功率密度可以达到每平方厘米 1000 瓦；氩弧焊设备的功率密度还要高，可以达到每平方厘米 10000 瓦。但这两种焊接火焰根本无法与激光相比，因为激光的功率密度要比它们高出千万倍。这样高的功率密度不仅可以焊接一般的金属材料，还可以焊接又硬又脆的陶瓷。

激光淬火 传统的淬火方法十分简单，先将刀刃烧红，然后骤然浸到冷水里，经过这一热一冷的处理，刀刃的硬度就大为提高。不过，这样淬火显然不太方便，效果也不一定理想。

激光淬火，是用激光扫描刀具或零件上需要淬火的部位，使被扫描区域的温度升高，而未被扫描到的部位仍维持常温。由于金属散热快，激光束刚扫过，这部分的温度就急骤下降。降温越快，硬度也就越高。如果再对扫描过的部位喷速冷剂，就能获得远比普通淬火要理想得多的硬度。

（3）激光照相排版

照相排版实际上是引入了光学摄影原理。用活字排版，必须根据书稿，依样画葫芦地检出各种大小、字体不同的铅字和符号进行排版。而照相排版要简便很多，它是通过排字机上的透镜，来改变字样的大小和形状的。至于用透镜为什么就能改变字样的大小和形状，这实际上就等于我们照“哈哈镜”。

用照相排版时，只需将光源通过透镜把需要的文字和符号，在感光相纸上成像，再经过显影和定影就形成了照相底片。然后，只要像印照片那样印刷就行。

照相排版可使用两种光源，刚才讲的是普通光源，相比之下，激光排版省时省力。由于激光亮度高，颜色浅，可以大大改善图像的清晰度，印出来的书质量自然就高。它的原理是怎样的呢？首先通过计算机把文字变成一个点，然后用点来控制激光扫描感光底片，才真正拍摄出全息照相。

全息照相与立体照相是两回事。尽管立体彩色照片看上去色彩鲜艳、层次分明，富有立体感，但它总归仍是单面图像，再好的立体照也代替不了真实的实物。比如，一个正方形木块的立体照，不论我们怎样改变观察角度，只能看到照片上的那个画面，但全息照就不同了，我们只要改变一下观察角度，就可以看到这个正方块的六个方面。因为全息技术能将物体的全部几何特征信息都记录在底片上，这也是全息照相最重要的一个特点。

全息照相的第二个重要特点是，能以一斑而知全豹。当全息照被损坏，即使是大半损坏的情况下，我们仍然可以从剩下的那一小半上看到这张全息照上原有物体的全貌。这对于普通照片来说就不行，即使是损失一只角，那只角上的画面也就看不到了。

全息照的第三个特点是，在一张全息底片上可以分层记录多幅全息照，而且在它们显示画面时不会互相干扰。正是这种分层记录，使得全息照能够存储巨大的信息量。激光全息照的底片，可以是特种玻璃，也可以是乳胶、晶体或热塑等。一块小小的特种玻璃，可以把一个大型图书馆里的上百万册藏书内容全部存储进去。全息照相的用途日益广泛。

全息照相可以将珍贵的历史文物记录下来，万一有文物古迹遭到严重破坏，即使荡然无存，我们仍然可以根据全息照相重建。比如像北京圆明园那样的名胜，当年被八国联军焚毁，现在虽然打算重建，因为不知道原来的整个面貌，就难以完全恢复。如果全息照相提早 100 年发明的话，事情就好办了。

全息照相在工业上还可以用作无损检测。什么是无损检测呢？就是说，用激光全息技术既可以检查出产品有没有微小的毛病，又一点也不会损伤这些产品。

更令人感兴趣的是，目前全息照相还被用来拍摄全息电影和电视，不久观众会看到真实生活的图像画面了。即用激光“撞”击底片上的感光涂料，留下无数个对应的点，这些点经显影、定影后就重新变成文字或图像。这里，激光束相当于电子束，感光底片相当于电视机荧屏。接下来，用载有文字和图像的底片就可以去印书报杂志了。彩色电视机之所以能显示红、绿、蓝三色，是由于荧屏上涂有三色荧光粉，它们在电子撞击下会显出三种颜色。而激光照相排版也可以采用类似的原理，印刷出优美的彩色画面来。

（4）激光在医学上的应用

激光应用在医疗器械领域的成果是很多的，它可以扮演钻头、手术刀、焊枪等多种角色。

焊枪和钻头在眼科，激光主要是用来治疗视网膜剥离。视网膜剥离是一种很棘手的疾病，患者的视网膜与眼球内壁脱开，无法产生视觉。在激光没有问世之前，病人恐怕难免失明的苦难。

现在，医生可以用激光器对准病人眼底，使激光器发射出一束激光，通过加热使视网膜重新与眼球内壁合在一起。整个过程要不了几分钟，激光束就像焊枪一样，将病人的视网膜焊接好了。

除了焊接外，激光这把焊枪也可以用于切割。

白内障是老年人的常见病。病人的眼球前部的凸透镜——晶状体，由原来透明的弹性体渐渐变得混浊无弹性，光线就不能通过晶状体，落到眼底的视网膜上，病人逐渐看不见东西。治疗白内障的传统办法是，将眼球前部切开一条口子，然后从小口子中伸进一根细金属针。这根金属针温度极低，将浑浊的晶状体冻得粘在针上，然后一起从小口子中带出，显然，整个手术比较麻烦。

如果用医用激光器来治疗，不仅方便，而且效果好。只要将激光束对准眼球内晶状体的前表面或后表面发射，就可以迅速切除掉晶状体表面的混沌膜。

在牙科，激光可以代替牙钻。根据世界卫生组织统计，儿童的龋齿发病率是相当高的，大约达到 75%。用激光治牙，病人几乎没有不舒服的感觉，而且只要不发炎，一次治疗就能解决问题。牙科激光器是激光器中的小弟弟，它的功率很小，只有 3 瓦，相当于一支节能灯，几乎不产生热量。它的发射端实际上是像头发丝那么细的光导纤维。

治疗时，只须将光纤发射端接近龋齿灶，发出激光束，龋处组织会分解，然后用清水冲洗掉。如果龋齿仅是浅度的牙珐琅质受损，激光束会将受损处的细微孔隙一一封死，这样便可以阻止乳酸腐蚀牙本质。如果已出现了龋孔，用激光束钻孔、清洗后，即可将人造珐琅质材料填入空洞中，再用激光加热接合处，使人造珐琅质材料与牙珐琅质融为一体。激光治牙不仅无痛、迅速，而且治疗后的效果也好。

激光手术刀如果要使用激光刀给病人的膀胱、心脏、肝脏、胃、肠等重要内脏动手术，难度就大了。激光怎么能进入到人的内脏里去呢？这就要靠医生手中的一件宝贝了，这件宝贝就是激光纤维内窥镜。

所谓内窥镜，是医生用来插到人体内直接观察器官的光学装置。但通常的内窥镜体积比较大，也比较粗糙，只能从病人口腔沿食道插到胃里观察。插胃是十分难受的，病人会感到很痛苦。激光纤维内窥镜则完全不同。用光导纤维做成的内窥镜又软、又细、又能弯曲，当它插入病人胃里时，不会有痛苦。除了胃，光纤内窥镜还能进入其他重要的脏器内。激光纤维内窥镜一方面可用来检查病人的脏器是否有病变，更主要的是可以将激光能量输入体内脏器中，对病变组织进行照射，也即加以切除，起到手术刀的作用。而且，用激光刀切割，伤口能自动止血，不需要结扎出血点，大大缩短了手术时间，伤口也不会发炎。如果用激光刀切除恶性肿瘤，还可以防止癌细胞扩散呢。

（5）激光武器

激光导弹 在海湾战争中，以美国为首的多国部队向伊拉克境内发动大规模空袭，摧毁伊拉克的许多重要军事目标。最后，这场战争以伊拉克的失败而告终。有人说，海湾战争是一场先进武器的较量，这话确有道理。

美国的飞机上装有激光瞄准器，它能发射出红外激光。当一架担任侦察任务的飞机在空中发现地面目标时，就边在空中盘旋，边用激光瞄准器不断地向目标发射激光束。这种激光束实际上起着向导的作用。这时，担任攻击任务的另一些飞机就随后飞来，向目标扔下激光制导导弹。这些激光制导导弹上装有自动跟踪系统。这种自动跟踪系统等于导弹的眼睛，当导弹扑向目标时，它能根据从目标上反射回来的向导激光，不断地修正飞行中的航向，从而准确无误地击中目标。

其实，这类激光制导导弹，早在 70 年代，美国在越南战场上就使用过。

现在不仅有空对地导弹，而且有地对地、空对空、地对空等多种激光导弹。

今天，人们已能够将无线电搜索雷达、激光雷达结合起来，组成作战系统。比如，当无线电雷达发现空中目标（敌机或导弹）后，就可以将目标的高度、方位和速度准确测量出来。只要目标进入一定范围内，激光雷达就会开启，发射出一束很细的激光束，紧紧盯住并精确测量出目标的位置，然后发射的激光导弹，会根据激光雷达提供的向导激光束，准确地命中目标，将其摧毁。这类激光导弹可以方便地部署在卡车上，也可以改装成反坦克导弹。

目前研制成的反坦克激光导弹，既可以从地面上发射，也可以从直升飞机上发射。导弹上装有半导体激光器，起着自动跟踪目标的作用，使导弹能百发百中地击中坦克。

激光雷达虽然精度高、体积小、操作灵巧、转移方便，但它也有缺点，就是容易受到气象条件的限制，也不适于在大范围内搜索目标。因此，它一般都与无线电雷达配合使用，互相取长补短。

激光枪和激光炮 所谓激光枪和激光炮都属于激光战术武器。它们的外形像枪和炮，但它们发射的不是子弹和炮弹，而是激光束，使敌方人员伤亡或失明。这类枪炮的威力大小，与本身的能量和射击距离有关。现在激光枪和激光炮的有效射程还不远，所以死光的威力有限。

但是，死光武器的前景是无法估量的。一旦激光束的能量加大、有效距离增加，那就会成为名副其实的死光。比如，用激光炮打 1 万米高空中的飞机，由于激光束的前进速度是每秒 30 万千米，因此只需三万分之一秒的时间就能击中飞机。而在这短短的瞬间，飞机在空中仅够向前移动几厘米。这样，对于死光来说，活动的飞机实际上成了死目标，必死无疑。照此计算，即使是射向几千千米外的导弹，死光也只需花几十分之一秒，而在这个瞬间内，导弹也只能够向前飞行几十米。因此，死光有充分的时间将导弹摧毁在外层空间。

此外，激光还可以不断改变方向，对准各个目标，逐一摧毁，而且从经济上来说，制造激光炮要比制造洲际导弹便宜得多。

万能的计算机

一、计算机的产生

世界上最早的计算工具是算盘。世界有四大文明发源地：埃及的尼罗河流域，美索不达米亚（现在的伊拉克一带）的幼发拉底河流域，印度的印度河流域，中国的黄河流域，这些地区都曾经使用过算盘。我国在元朝末年发展了算盘，在明朝末年，有人设计制造了 81 档的长算盘，可以用来开方运算，算盘一直沿用到今，已经有几千年的历史。

世界上最早的计算机，可以说是计算尺，它是在 1633 年，由英国人威廉·欧特勒发明的。算盘和计算尺最大的区别是，算盘由算盘珠组成，计算尺是由刻度构成的。

自从算盘、计算尺诞生后，计算技术有了很大发展，后来又出现了各式各样的机械计算机。布茨·帕斯卡是法国著名的数学家，他的父亲是税务署的官员。计算税款非常费力，父亲每天要工作到深夜。帕斯卡出于对父亲的关怀，1642 年，在他 19 岁的时候，发明了世界上第一台齿轮式计算机。它不像算盘那样，靠人手拨动算珠，利用口诀运算，而是用手摇，操作齿轮旋转进行运算，帕斯卡发明的这台计算机只能做加法运算。1672 年德国的莱布尼兹制成了不仅能加减，而且还能乘除的计算机。直到今天，人们还在使用齿轮式机械计算机，这就是手摇台式计算机。

1944 年，美国哈佛大学研制出马克-1 计算机。它是机电计算机，比机械计算机先进，做一次加法只需 0.3 秒。

在电子学发展的基础上，1946 年 2 月，世界上第一台用电子器件组成的电子计算机诞生了。它每秒钟可以做 5000 次加法运算，是过去所有计算机无法比拟的。它不仅可作算术运算，还能进行推理、判断等。

电子计算机是人类有史以来最重要的发明。因为，过去的各种发明，只是扩大人的四肢和五官的功能。比如飞机、火车扩大了人腿的作用；起重机、吊车扩大了人手的作用；显微镜、望远镜扩大了人眼的作用；电话扩大了人耳的作用。人与动物的本质区别，是人的脑子能思考、有智慧。电子计算机具有人脑的部分功能，扩大了人脑的作用，被人们誉为“电脑”，这是其他各种发明无法相比的。

电子计算机的诞生和发展，是现代科学水平的重要标志。根据计算机的发展阶段，我们可以把计算机分为以下几类。

（1）第一代电子管计算机

第二次世界大战期间，美国为了加速研制新式武器，急需制造一种能快速运算的机器，在美国军方的支持下，第一台电子计算机的研制工作开始了。莫尔学院和陆军弹道研究室组织起一个 50 多人的中青年科学家班子，总工程师由年仅 23 岁的埃克特博士担任，莫克利教授总体设想。经过约三年的艰苦努力，在 1946 年 2 月，世界上第一台电子计算机终于制造成功了。

这台机器被命名为“电子数学积分计算机”，代号为：ENI-AC，是取它们每一个英文单词的第一个字母组合而成，我们简称它为“埃尼爱克”。这台机器看上去像个庞然大物，机内使用了 1.8 万多个电子管，7 万个电阻，1 万个电容以及 600 个开关，整个机器长 30 米、高 3 米、宽 1 米，占地面积约 170 多平方米，相当于同学们上课教室的 4 倍左右。整个机器重 30 多吨，相

当于 7~8 辆解放牌大卡车的载重量。这台机器非常灵敏，用它来计算 1 条弹道的数据，只需 3 秒钟就可以了。

“埃尼爱克”是利用电子管制造的，所以，也称为电子管计算机。从那时起，到 1957 年期间生产的电子管计算机，是世界上公认的第一代电子计算机，是电子计算机家族中的老大。

电子管计算机虽然有很多优点，但也有致命的弱点：重量重、体积大、耗电多等，于是，科学家们设想，能不能找到更理想的电子元件来取代电子管，让“埃尼爱克”减减肥。若干年以后，第一代电子管计算机就被第二代晶体管计算机替代了。

（2）第二代晶体管计算机

1947 年 12 月 23 日，世界著名的贝尔电话实验室的科学家贝克莱、勃拉蒂英、巴丁等人，研制出了世界上第一个半导体三极管，也叫晶体管。

晶体管有三个电极，通过三根导线引出管外，像三条腿，人们把它叫作三条腿的魔术师。这是为什么呢？因为晶体管有开关的特性：三个电极中有一个电极能起控制作用，如果给这一个电极通上电流，晶体管内部的电子开关就接通，另外两个电极就会有电流通过，如果不给这个电极电流，开关就断开，另外两个电极也就没有电流，这是晶体管的基本功能。1986 年 10 月 5 日，美国伊利诺斯大学宣布他们的研究人员，发明了一种能在每秒钟内开关 2300 亿次的晶体管。这只晶体管是世界上开关速度最快的晶体管。同时，晶体管还有放大功能：在它的一个电极上，给一个微弱的信号，在另外两个电极上就能得到一个较大的信号。

晶体管既能代替电子管工作，又能消除电子管的所有缺点，它没有玻璃管壳，不需要真空，体积很小，有的只有绿豆般大小，生产成本也低，今天只要花上几角钱就能买上一个。它的寿命比电子管长得多，因此，晶体管问世后，立即得到了迅速发展，现在，在我们日常生活中已经到处可见它的踪影。

1958 年，美国尤尼瓦克公司推出了 VSSC 型电子计算机，这种计算机完全采用半导体二极管、半导体三极管。两年后，IBM 公司推出了 IBM1401 型晶体管计算机，成为当时最畅销的产品，它们标志着第二代电子计算机时代的到来。第二代电子计算机是用晶体管取代电子管，所以也称为晶体管计算机。

晶体管计算机重量轻、体积小、耗电量少、成本低，所以，它一问世，就受到了人们的青睐，很快在世界各地得到广泛的运用，在许多领域大显身手。

（3）第三、第四代集成电路计算机

什么叫集成电路？科学家采用先进的工艺技术，把微型化的晶体管、电阻、电容等元件组成电路，再把许许多多这样的电路集中在一块相当小的半导体硅片上，这就是集成电路。

科学家根据一个硅片上可以集成电路的多少，把集成电路分为小规模、中规模、大规模和超大规模。1960 年诞生的第一块集成电路，是小规模集成电路，在 1 平方毫米的硅片上形成一个电路。1970 年出现了能装 1000 个电路的大规模集成电路，它们的大小只有我们平时吃的方块糖那样大。1983 世界上出现了集成 2 万个电路的超大规模集成电路。科学家们预料，到 21 世纪，可以集成 10 亿个电路。

随着集成电路时代的到来，电子计算机家属又喜添两“子”。采用中、小规模集成电路制成的电子计算机，是第三代电子计算机，最初出现在 1964 年，60 年代末大量生产。采用大规模集成电路制造的计算机，是第四代计算机，在 20 世纪 70 年代初开始研制，目前世界上使用的电子计算机大多数是第四代。

现在，让我们把四代电子计算机的性能作一个比较。第一代电子计算机每秒钟运算约几千次到几万次，第二代电子计算机的运算速度已达到每秒几十万次到几百万次，第三代电子计算机更不得了，每秒钟可以运算几百万次，甚至几千万次，真是一代比一代强。

我们知道，电子和光的速度是每秒 30 万千米，每秒钟可绕地球 7 圈半。如果电子计算机的线路越短，电子走过的路程就越短，所花的时间也越少。我们以万分之一秒计算，第一代电子计算机中电子线路的累计总长度是 30 千米左右，第二代可以缩短到 300 米左右，第三代只有 30 厘米左右了。

1976 年制成的 F8 电子计算机是第四代电子计算机。它与世界上第一代电子计算机“埃尼爱克”相比，功能都是一样的，但 F8 的体积却只有“埃尼爱克”的 30 万分之一，重量是它的 6 万分之一，耗电量是它的 5 万分之一，可靠性提高了 1 万倍。

通过这些对比，你们一定会惊叹，电子计算机从它诞生之日起，在短短的几十年里，发展的速度真是快得惊人。目前电子计算机的应用，已遍及社会生产的每一个领域，甚至开始闯入人们生活的每一角落。

（4）微型计算机

微型计算机是在第四代电子计算机基础上，发展起来的一个分支。微型计算机是由大规模集成电路组成的，简称“微机”，也称“微电脑”。这个“小不点”呱呱落地，就显示出不同凡响的神力：体积小，比小型电子计算机还要小数百倍甚至数千倍；重量轻、灵活性大、耗电省、操作方便、可靠性高。

现在，微型计算机已渗入到社会生活的各个方面。少年儿童和旅游者非常喜欢的“傻瓜”照相机，不需人工调节，能自动对光圈、定速度、测距离、照相，就是因为在照相机里安装了微型计算机。家电产品——全自动洗衣机不需人工操作就完成洗衣工作，也是微机的功劳。

现在，微型计算机已飞入寻常百姓家，供家庭、个人使用。同学们有了它，能学习外语、解答习题和玩电子游戏。据统计，个人计算机是计算机中数量最多的机种，在我国拥有的计算机中，绝大多数都是个人计算机，微型电子计算机已成了电子计算机家属中的佼佼者。

（5）巨型计算机

巨型计算机，又称超级电脑，是计算机家族中运算速度最快的计算机，每秒钟可运算 1 亿次以上。日本生产的巨型计算机每秒运算 160 亿次，快得吓人！

巨型计算机主要被广泛应用在空间技术和科学研究中，比如发射洲际导弹和载人宇宙飞船、规划国民经济发展等。因此，巨型计算机是当代一个国家科学技术和工业发展水平的重要标志，体现着一个国家的实力。

当今，在计算机家族中，大型与巨型计算机，中、小型计算机，微型计算机，三足鼎立。将来，计算机家族会两极分化，成为微型计算机和巨型计算机的天下。

（6）计算机网络

计算机的能耐很大，但拥有一台计算机的用户，只能使用它存取的情报、数据和信息，而不能使用其他计算机用户存取的情报、数据和信息。同时，一台计算机不能存取大量的情报、数据和信息，不能做较大的事情，更不能利用大型计算机存储的资料。如果把不同地点、不同用途的计算机连接起来，形成网络系统，这样，就可以使参加网络的用户，共同享用整个网络中的情报、数据和信息，计算机的用途就大大扩大了。

现在，计算机网络一般是把各地的计算机和终端设备，利用现有通信线路联结起来，将来可以通过通信卫星联结起来，远距离传输情报、数据和信息。终端设备通常是一个键盘和一台显示器，你只需操纵键盘，将问题“告诉”计算机网络，答案会自动显示在屏幕上。

科学家设想，把光纤通入千家万户，联通信息中心。到那时，家里的电话机、电传机、电视机等统统可以合成一体，用计算机控制。

传输信息的光纤就像人的神经网络那样沟通电话局、电视购物中心、邮政局、医院、学校……人们足不出户，就能用电脑寄信、购物、看病、读书……这一切决不是幻想，到 21 世纪就能实现。

（7）第五代智能型计算机

第五代电子计算机是非诺伊曼型，不像第一至第四代电子计算机那样“呆头呆脑”。它是智能型的，不仅存贮人们编制的程序，而且能在一定程度上给自己编制程序。这样，第五代电子计算机“长大成人”了，不仅听“父母”的话，运算能力强、速度快，更主要的是它具有了学习能力，能“独立”分析、思考问题，并且解决问题。

归纳起来第五代电子计算机与众不同有三大特点：一有超人的记忆，能存贮上万条常用知识和经验。二会思考，能根据输入的问题，通过记忆和积累的知识，进行推论，最后作出判断。三能理解我们日常说话的语言，甚至能听懂人们说话的声音，自己也能输出声音“说话”，这样，人与计算机可以直接用人类语言和声音对话。

日本从 1982 年开始，一直在研制第五代电子计算机，已研制成功世界上第一台小型逐次推理机。据科学家估计，比较完美的第五代电子计算机将出现在本世纪末。

第五代电子计算机的诞生，将会在各个方面引起意想不到的深刻变化。到那时，同学们的老师就可能是它，同学们可以在自己的家里，由它教授知识、出题、批改作业，还进行个别辅导。

二、21 世纪的电子计算机

下个世纪，随着一些关键技术的突破，电子计算机将变得更先进，功能更强大。

（1）超导计算机

什么是超导？这是一个迷人的自然现象，在 1911 年，被荷兰物理学家昂内斯发现。有一些材料，当它们冷却到接近零下 273.15 摄氏度时，会失去电阻，流入它们中的电流会畅通无阻，不会白白消耗掉。这种情况，好比一群人拥入广场，如果大家不听招呼、各行其是，就会造成相互碰撞，使得行进受阻；但如果有人喊口令，大家服从命令听指挥，列队前进，就能顺利进入

广场，超导体的情况就像这样。

可是，超导现象发现以后，超导研究进展一直不快，因为，它可望而不可及。实现超导的温度太低，要制造出这种低温，消耗的电能远远超过超导节省的电能。在 80 年代后期，情况发生了逆转。科学家取消了休假，把帆布床搬进实验室，研究超导热突然席卷全世界。科学家发现了一种陶瓷合金在零下 238 摄氏度时，出现了超导现象。我国物理学家找到一种材料，在零下 141 摄氏度出现超导现象。目前，科学家还在为此奋斗，企图寻找出一种“高温”超导材料，甚至一种室温超导材料。一旦这些材料找到后，人们可以利用它制成超导开关器件和超导存贮器，再利用这些器件制成超导计算机。

超导计算机的性能是目前电子计算机无法相比的。目前制成的超导开关器件的开关速度，已达到几微微秒（0.00000000001 秒）的高水平。这是当今所有电子、半导体、光电器件都无法比拟的，比集成电路要快几百倍。超导计算机运算速度比现在的电子计算机快 100 倍，而电能消耗仅是电子计算机的千分之一。如果目前一台大中型计算机，每小时耗电 10 千瓦，那么，同样一台的超导计算机只需一节干电池就可以工作了。

目前制造超导计算机，还有许多技术上的问题，但到 21 世纪，这些问题肯定会被科学家们攻克，随之，超导计算机也会问世了。

（2）光计算机

在计算机内，光比电子跑得快。电子在导体中的速度，最高不会超过每秒 500 千米，还不及光子流在导体中的速度的 10%。而且，电子跑着跑着就会发热出汗，影响计算机工作，可是光子不会。

60 年代初，激光器问世，从此，光能成光束发射出去。光束通过透镜、棱镜和光导纤维，可以随意控制和改变方向，这样，在传递信息时，光束不需要导体了，可以相互交叉而不损失信息。又有人作过这样的比喻：如果将电子通道比作铁路网，光子通道比作空中航线，那么，作为火车的电子将沿着铁轨（导体）运行，当火车过站时，需降低速度。而作为飞机的光子却可以笔直地飞达目标，甚至在横越其他飞机的航线时，也不用减速。再说，铁路网的密集度毕竟是有限的，而空中航线的密集度几乎是无限的。

1969 年，研究光计算机的序幕由美国麻省理工学院的科学家揭开。

1982 年，英国赫罗特—瓦特大学物理系教授德斯蒙德·史密斯研制出光晶体管。

1983 年，日本京都大学电气工程系佐佐木昭夫教授、藤田茂夫副教授也独立地研制出光晶体管。

1986 年，美国贝尔实验室发明了用半导体做成的光晶体管。科学家还运用集成光路技术，把光晶体管、光源、光存贮器等元件集积在一块芯片上，制成集成光路，与集成电路相似。最后，选用集成光路进行组装，就能得到光计算机，光计算机之间的通讯线使用光导纤维。

1990 年 1 月底，贝尔实验室制成了一台光计算机，尽管它的装置很粗糙，大小约 50×50 厘米，由激光器透镜和棱镜等组成，只能用来计算，但是，它毕竟是光计算机领域中的一大突破。

光计算机比电子计算机更先进，它的运算速度至少比现在的计算机快 1000 倍，高达 1 万亿次，存贮容量比现在的计算机大百万倍。光计算机能识别和合成语言、图画和手势，能学习文字，连潦草的手写文字都能辨认，不仅如此，在遇到错误的文字时，它还能“联想”出正确的字形。光计算机的

出现，将使 21 世纪成为人机交际的时代。

光计算机的运用非常广泛，特别在一些特殊领域，比如预测天气、气候等一些复杂而多变的过程，应用在电话的传输上。由于现在的通信已发展到光纤通信，使用电子计算机，就必须把光信号转变成电信号，如果使用光计算机，就不必了，方便多了。

现在，全世界除了贝尔实验室外，美国、日本和德国的其他公司都投入巨资研制光计算机，预计，在 21 世纪，将出现超级光计算机。

（3）神经网络计算机

20 世纪 50 年代，美国的斯佩里博士发现人的左右脑具有不同的分工，左脑主要管语言、意识、分析、逻辑思维、计算等，右脑主要管识别物体的形象、音乐、绘画。大脑奥秘的发现使斯佩里博士获得了 1981 年度的诺贝尔生理学奖和医学奖。

人们把电子计算机比喻为“电脑”。既然这样，我们不妨来看一看它们是否真的具备人脑的功能。第一至第四代电子计算机的特点是，具有惊人的运算速度和极强的记忆力，能存贮大量信息，它们确有超人之处。第五代电子计算机更是聪明，因为它有学习的能力，能思考、分析问题，并作出判断。尽管如此，这些电子计算机还是“笨”，因为即使 3 岁的小孩，都能认出自己的父母亲，可它们却不能。这是为什么呢？因为现在的计算机只具备人左脑的功能，擅长逻辑思维，不具备人的右脑功能，缺乏形象思维的能力。为了弥补计算机在这方面的缺陷，科学家们正在研究一种具备人右脑功能的计算机，那就是神经网络计算机。

什么叫神经元？神经元就是神经细胞。神经元由细胞体和细胞体外的突起组成，整个样子像棵树，细胞体外突起的主干叫轴突，突起像枝叉状的叫树突，神经元之间由轴突连接。当人受到刺激，也就是接受到某种信息时，树突负责接受刺激，引起冲动，并把冲动传导给细胞体，然后，由轴突把冲动传离细胞体，传给另一个神经元。人体每一个神经元与数千个其他神经元相连接，形成复杂的神经网络，保护信息的传递。

1990 年，美国科学家提出了仿效人脑工作的神经网络模型，这个模型能够通过电路制作出来，而且还能把它制成集成电路的芯片。这样一来，世界上就会出现利用神经网络工作原理的神经网络计算机。

神经网络计算机是非诺伊曼型计算机，采用并行式的工作方法，具备自我学习的能力，具有人右脑的功能，能形象思维，比如识别图像，也就像能认清父母兄弟、亲戚朋友和同事，能听懂不同人的讲话，能控制运动等。

神经网络计算机的研究和开发，是一门综合科学，汇集了脑神经学、数学、认识科学、信息学等等。世界各国都很重视它的开发，特别是美国和日本，制订了各种计划来研制它。近几年来，世界上已出现 20 多家神经网络计算机公司。

（4）模糊计算机

这些问题只有人类才会回答。因为它很难定出明确的界限，不可能用一个精确的数值表示，属于模糊性问题。世界上有许多事情都没有明确的界限，如天气预报中的“冷暖”、人长得“美丑”、“黑白”、“胖瘦”等等。模糊性问题只能通过模糊推理才能得出结果，这种本领只有人类大脑具有。人在长期进化中，与自然斗争中，使大脑有这种独有的处理问题的功能。

这些模糊问题，在计算机家族中，只有模糊计算机才能回答。

第一个模糊逻辑片在 1985 年制造成功。它一秒钟内能进行 8 万次模糊逻辑推理。目前，正在制造一秒钟内能进行 64.5 万次模糊推理的逻辑片。用模糊逻辑片和电路组合在一起，就能制成模糊计算机。

日本科学家把模糊计算机应用在地铁管理上。日本东京以北 320 千米的仙台市的地铁列车，在模糊计算机控制下，自 1986 年以来，一直安全、平稳地行驶着。车上的乘客可以不必攀扶拉手吊带。因为，在列车行进中，模糊逻辑“司机”判断行车情况的错误，几乎比人类司机要少 70%。

1990 年，日本松下公司把模糊计算机装在洗衣机里，能根据衣服的肮脏程度，衣服的材质调节洗衣程序。人们又把模糊计算机装在吸尘器里，可以根据灰尘量以及地毯的厚实程序调整吸尘器功率。

(5) 生物计算机

生物的组织体与楼房相似。是由无数的“砖块”组成。这些特殊的砖块叫细胞。细胞由什么组成的呢？细胞由水、盐和蛋白质、核酸等有机物组成。科学家又进一步发现，有些有机物中的蛋白质分子像开关一样，具有“开”与“关”的功能。

这个发现令科学家欣喜若狂。因为，人类可以利用遗传工程技术，仿制出这种蛋白质分子，用来作为元件制成计算机。科学家把这种计算机叫作分子计算机或生物计算机。

生物计算机有三大优点。

第一，它体积小、功效高。在 1 平方毫米的面积上，可容纳几亿个电路，比目前的集成电路小得多，用它制成的计算机，已经不像现在计算机的形状了，可以隐藏在桌角、墙壁或地板等地方。

第二，当我们在运动中，不小心碰伤了肌体，涂些红药水，防止细菌感染，这样，过几天，伤口就会愈合。这是因为人体具有自我修复功能。同样，生物计算机也有这种功能，当它的内部芯片出现故障时，不需要人工修理，能自我修复，所以生物计算机具有永久性和很高的可靠性。

第三，生物计算机的元件是由有机分子组成的生物化学元件，它们是利用化学反应工作的，所以只需很少的能量，因此不会像电子计算机那样，工作一段时间后，机体就会发热。

生物计算机目前处在研制阶段，它一旦研制成功，将使现有的一切电子计算机“无地自容”，甚至会给计算机科学带来一场意想不到的革命。

(6) 第六代电子计算机

我们正处在科学技术高速发展的时代。科学家已经能够用新材料、高技术仿制人体任何部位的组织，比如人造心脏、人造肺、人造肢体等。就是最难仿制的人脑，在 21 世纪也能制造出来，那就是第六代电子计算机——真正意义的电脑。

第六代电子计算机是怎么样的呢？

人类脑细胞的总数是 140 亿 ~ 160 亿个。如果要计算机全部达到人脑的功能，利用电子计算机早期技术，其体积大致相当于一座巴黎城。有了集成电路，体积大大下降了。到 21 世纪，大型集成电路有了更大突破，在 1 ~ 2 厘米的硅片上可容纳几亿个元件，把 5 ~ 8 块这样大小的硅片叠在一起，成立体形，像一幢幢房屋。计算机只要“盖”上这样的“房屋”20 ~ 30 幢，就有 100 块 1 ~ 2 厘米的硅片，也就拥有与脑细胞一样多的元件。这样，第六代电子计算机就有了人脑的体积、重量和脑细胞数。

第六代电子计算机集第五代智能型电子计算机、神经网络计算机、模糊计算机的各种优点，所以，与人脑一样，具有大脑左、右半脑的功能，既能逻辑思维，又能形象思维；既能逻辑推理，又能直观凭经验作判断，随机应变。

人类的智能在不断扩大，计算机的智能毕竟只是人类智能的一部分。第六代电子计算机的智能是人类智慧给予的，是人类制造出来的，它们决不会超过人类。

征服太空

一、征服太空的意义

我们都是地球的孩子，是地球给了我们生命、温暖和快乐，人类已在地球上繁衍了几百万年，人类的活动对已演化了近 50 亿年的地球造成了什么影响？

从 1957 年第一颗人造地球卫星上天，到 90 年代的今天，世界太空事业有了惊人的发展，大推力运载火箭的产生，形形色色航天器的诞生，使科学家们把一颗颗“星”送入太空。这些“星”在太空闪烁，有的观测宇宙物质，有的观测太阳系的行星，有的专门观察地球，随时随地报告人类地球上出现的新情况，描绘地球的最新面貌。

那么，今天的地球究竟怎么样呢？

相当糟糕。由于人类长期过度开发，地球已受到极大的伤害。

有人认为，地球最多能容纳 100 亿居民，而有人推算到公元 2000 年，全世界人口将达到 70 亿。地球上，人口爆炸性的增长，使得地球已经快要挤不下了。

环境污染严重，造成臭氧层出现空洞，可怕的紫外线将会无遮挡地“长驱直入”，提高了人类患癌的机会，给人类生存造成了威胁。

人类的活动造成地球上植被缩小、湖泊消失、热带雨林消亡，土地沙漠化。从人造卫星拍摄到的非洲植被分布图，了解到过度放牧和农地化，非洲地区沙漠化的现象很严重。在撒哈拉沙漠南端，沙漠每年扩张 150 万公顷。从 1958 年至 1975 年的 17 年间，苏丹地区的沙漠向南推进了 90~100 千米，撒哈拉地区的查德湖正快速干涸，1966 年湖面积是 26500 平方千米，到了 1985 年缩小为 2400 平方千米。这样造成的恶果是，70 年代的非洲旱灾使 10 万人死亡，80 年代初期的旱灾更造成数百万人死亡。

南美的亚马逊热带雨林，是世界上最大的原始森林。科学家把亚马逊雨林比作地球的“肺”，它在维持大气中氧和二氧化碳的平衡上，起重要作用。现在亚马逊雨林每年减少 300 万公顷，地球的“肺”受到严重的创伤。

除此之外，还有核能污染、温室效应等都给人类生存带来了许多烦恼。

面临这一切，怎么办？

既然人类已经开始进入太空时代，那么，就利用高科技力量向太空发展，如果我们能够运一些人到其他星球上去，寻找一个更加舒适的环境，那该多好啊！

为了适应太空时代的发展，科学家们已经开始作准备，开展了一系列的太空研究，诞生了一门新型的学科——空间科学。空间科学包括空间物理学、空间生物学、空间生命科学和空间天文学等。

地球的末日并没有来临，人类的前途充满希望和光明。

二、人类怎样进入太空？

(1) 摆脱地球引力

有这样一个事实：如果笔直向上抛石子，当石子离开手的一刹那，似乎锐不可当地冲出去，但它毕竟敌不过地球的引力，到达一定高度后，不仅不

再上升，反而降落下来，而且越降越快。物理学家牛顿告诉我们，地球对任何物体都有吸引力，引力的大小与地球和物体之间的距离有关，距离远引力小，距离近引力大。因此，要冲出地球，必须摆脱地球的引力。

怎样摆脱地球的引力呢？必须有强大的动力。也就是说，我们给物体一个动力，使它产生一定的速度，跑得离地球远远的，越远，地球对它的引力就会越小。这种速度，科学家把它叫作发射速度。那么，多大的速度才能摆脱地球引力呢？科学家告诉我们，最低的发射速度是每秒 7.91 千米，习惯称它为第一宇宙速度。达到这个速度，我们就能冲破地球的引力，超出大气层，在太空中环绕地球运行，也就是我们通常所说的在地球轨道上航行。

如果要飞离地球，一去不复返，到太阳系其他行星轨道上去航行，那么，最低的发射速度是每秒 11.19 千米，习惯称它为第二宇宙速度。如果要飞出太阳系的话，最低的发射速度是每秒 16.66 千米，习惯称它为第三宇宙速度。

可见，“冲出地球、飞往宇宙”靠飞机是不行的，因为，目前最先进的超音速飞机的速度是每秒钟 0.6 千米，离第一宇宙速度差距太大了。靠单级火箭也是不行的，因为，根据现代火箭理论创始人——苏联科学家齐奥尔科夫斯基提出的公式计算，最先进的单级火箭最大飞行速度不过每秒 7 千米，达不到第一宇宙速度。那么，靠什么呢？靠多级火箭，就是把几个单级火箭接起来成为一枚独立的火箭，我们把它叫作运载火箭。当第一个单级火箭点火后达到一定速度，接着第二个单级火箭点火加速，第三个单级火箭再接力加速。三个单级火箭接力的速度就能达到宇宙速度了。

火箭的“心脏”是发动机。火箭发动机的工作原理很简单，就像我们逢年过节放“火流星”一样：点燃火流星的导火线，不一会儿，“嗖”的一声，流星窜上天了。火流星燃烧后产出气体，从流星尾部喷射出来产生推力，使流星上天了。

火箭发动机使用的燃料有两种，一种是固体燃料，一种是液体燃料。使用固体燃料的火箭发动机，我们称固体推进剂火箭发动机。固体燃料是由多种化学物质混合制成的，所以燃烧时烟雾很大。固体燃料火箭的点火位置在火箭的顶端部位，一般在 2 分 12 秒时间内，燃料就烧完了。使用液体燃料的火箭发动机，我们称液体推进剂火箭发动机。液体燃料由燃烧剂和氧化剂组成，燃烧剂是煤油、液氢；氧化剂常用液态氧。火箭跟人一样，一刻也离不开氧，因为煤油、液氢没有氧的支持，就烧不起来，而太空里几乎没有什么气体，更不要说氧气了，所以，火箭必须自备“干粮”——液态氧。

固体推进剂火箭发动机的结构比较简单。点火后，固体火药燃烧产生高温高压，在喷管里膨胀、加速，以很高的速度喷射出来产生了推力。

液体推进剂火箭发动机的结构比较复杂，由燃烧室、涡轮泵和活门自动器组成。按动电钮发射时，装有煤油和液氧的燃料箱活门打开，煤油和液氧分别流进涡轮泵，两个泵高速旋转，经喷注器把燃料喷洒进燃烧室，煤油和液氧变成了雾，充分混合、燃烧，产生高温高压的气体，流向锥形喷管，在喷管里燃气膨胀、加压，最后以每秒几千米的速度喷射出去，产生强大的推力，使火箭加速飞行。

前苏联 1987 年 5 月 15 日发射的“能量号”运载火箭是两节式火箭。在它的中间部分是个芯级火箭，火箭主要部分是液氢和液氧的燃料箱。“能量号”能把 100 多吨重的人造太空物体，如太空站、大型人造卫星等送入太空。这些物体是“驮”在芯级火箭背上的。

“能量号”运载火箭是世界上最强有力的太空火箭，是名副其实的超级大力士。目前，像“能量号”这样的超大型运载火箭还有美国的“土里5号”和中国的“长征3号”。

运载火箭是太空飞行的主要工具，是航天技术的开路先锋。

运载火箭都是向东发射的。

地球由西向东旋转，按照赤道上某一点计算，将以每秒465米的速度转动，这样的速度，目前世界上还没有哪一种交通工具能跟它相比。放弃这样优越的自然条件不用，实在太可惜，聪明的人类想到，如果火箭向东发射，等于预先免费送给火箭一个每秒465米的速度，节省了推力。

地球转动速度在赤道最大，越向南北两极越小，在南北两极几乎等于零。所以，我们发射运载火箭，尽量靠近赤道，顺着地球自转方向，就如顺水推舟一样。

可是各个国家的地理位置不同，运载火箭不可能全在赤道附近发射，发射的方向也不可能正好由西向东，有的偏东北，有的偏东南，但是，总不会离开“东”字，这都是为了尽量利用地球自转的力量，节省推力。你们看到有向西发射运载火箭的报道吗？肯定没有。因为，那样就是逆水行舟，要多费不少力呀！

（2）火箭是怎样升空的？

我们以“能源号”为例，来看一看火箭是怎样升空的。

当倒数报时报到“0”时，“能源号”芯极火箭的四台火箭发动机点火，接着，捆绑在芯极周围的火箭推进器点火。一股强大的气流喷出，推动着“能源号”缓缓升空，速度不断加快，越飞越远。在电视屏幕上变成一个小光点。接着地面工作人员发出指令，推进器熄火与火箭分离。火箭继续升空飞行，而推进器就像跳伞运动员一样，调转方向，头部朝下，旋转降落。离地面只有15千米时，从推进器的底部自动抛出巨型降落伞，使它减速下降。当到离地面只有几千米的时候又自动点燃一组反推火箭。反推火箭产生的推力与推进器下落的方向相同，进一步减低推进器的下落速度。这样推进器降落地面后，只是撞扁了推进器的头部，而主要的发动机没有损伤，可以在下一次发射时再使用。继续飞行的芯极火箭把携带的卫星送到预定高度后，芯极火箭与卫星分离。分离后的芯极火箭冲入大气层，与大气摩擦燃烧，残骸掉落海中。

接着是一枚三极式运载火箭发射卫星。

随着“点火”指令发出，第一级火箭点火，喷出浓烈的火焰，运载火箭垂直上升穿云而去。当穿过稠密的大气层后，第一级火箭工作完毕并脱落，掉入大气层烧毁。第二级火箭点火，运载火箭由垂直上升逐渐变成弯曲上升。6分钟后，第二级火箭熄火，脱离，也落入大气层。这时火箭在空气稀薄的高空，靠惯性飞行并继续爬高，方向逐渐与地球表面平行。接着，第三级火箭点火带着卫星加速前进，并在预定地点把卫星弹出，使卫星按预定轨道运行，第三级火箭最终也被大气层烧毁。

（3）航天器

航天飞机、运载火箭、载人太空船都是航天器，它们之间有什么不同？运载火箭发时一次就丢弃，进入大气层被烧毁。载人太空船升空后，能返回

地球，但返回的只是载人的指挥舱，并且，只能使用一次。航天飞机形状像飞机，有机翼，在空间完成任务后，能像普通飞机一样飞回地球，在大气层中用机翼滑翔降落，在普通机场水平着陆，并能重复使用。

航天飞机的机头是流线形的，里面装着姿态控制火箭，它是航天飞机的方向盘，控制飞机的飞行姿势。由于姿态控制火箭的喷气管有的朝后，有的朝上，有的朝下，有的朝外侧，所以，宇航员只要根据不同的情况，操纵某个方向的喷管，就能改变航天飞机的飞行姿态，或者俯仰，或者翻滚，或者向左，或者向右。机头后面是乘员舱，分上、中、下三层。上层是驾驶室，正前方有6扇前窗，周围是弦窗。弦窗玻璃是特殊玻璃，有三层，外层是隔热玻璃，中层是缓冲玻璃，里层是密封玻璃。前窗后面摆满许多不同的机械装置，机械装置后面是一排宇航员的座椅，由于驾驶舱很小，没有多余活动的地方，宇航员必须安分守己地端坐在座椅上。航天飞机是由高性能电子计算机自动控制驾驶的，但也可由宇航员手动操纵。宇航员如果想休息，可以通过一架狭窄的金属梯子下到中间生活室，宇航员的吃、喝、睡、娱乐都在这里。下层是机械室，装有环境控制系统，保证机内的环境与地球上的一样。

航天飞机的机身主要是货舱，可以携带30吨各式各样的器材，比如人造卫星、航天站、天文望远镜等，普通的人造卫星，一次可以装运5颗。

在货舱里装有遥控机械手，尽管它不起眼，却是在太空中进行工作的主角。遥控机械手像人手一样，分为臂、手、指。它的臂有三节，长15.24米。第三节是空心的，里面有一段长0.6米的管子，这是它的手，可以自由伸缩。手的末端装有抓取器，这是手指。遥控机械手由宇航员遥控，灵活性与人臂一样，甚至更好。航天飞机的遥控机械手，曾经把一个直径4.5米、长18米、重29吨的圆形金属架从货舱里取出，放到太空中，再把一个正在轨道上飞行、重11吨的失效人造卫星取回货舱。你猜用了多少时间？才16分钟。

航天飞机的尾部装有5台发动机。三台大型发动机是最先进的液氧液氢火箭发动机，主要在升空时使用，总推力510吨，两台小型的发动机在太空中使用。航天飞机和航空飞机一样，有主翼、副翼、垂直尾翼，这些机翼都是在返回地球时，起刹车作用的。

航天飞机的外壳由铝合金制成。由于航天飞机返回地球进入大气层时，会摩擦生热，温度高达1590摄氏度，因此，飞机的全身还镶满几万块防热瓦，这些防热瓦可耐1800摄氏度的高温。

航天飞机还有两个亲密的伙伴，一个是在它身后的庞然大物——外挂燃料箱，主要灌装液氧、液氢燃料的；另一个是两支固体火箭助推器，长45.46米，总推力2600吨。

认识了航天飞机的模样、性能和五脏六腑后，我们来看看它的航天表演。

航天飞机威武地矗立在发射台上，随着倒数计时到零，两架固体火箭助推器点火，三台大型液氧液氢火箭发动机点火，闪着耀眼光芒的火焰从尾部喷出，产生震撼大地的冲击力，航天飞机缓缓升空了。6秒钟后，超出75米高的发射塔。30秒后，达到每秒350米，超过音速。两分钟后，距地面50千米时，这时助推器的燃料用完，与航天飞机脱离。分离后的助推器下降到距地面5.8千米时，锥形顶帽的弹射器把头罩抛掉，折叠在里面的五顶降落伞先后打开，使助推器减速溅落在海上回收。带着外挂燃料箱的航天飞机继续升高，达到800千米高度，航天飞机抛掉燃料已用光的外挂燃料箱。外挂

燃料箱落入大气层，大部分被烧掉，部分残骸落入海中，所以外挂燃料箱是唯一不能回收的装置。11分钟后，航天飞机进入地球轨道，在轨道上飞行7到28天，然后返航。航天飞机在返回地球时，需要做一系列超难动作。首先是保持离轨姿势，就是背朝地球、腹朝太空、机头在后、机尾在前，就像我们倒退走路一样。那为什么呢？这样做不是很难吗？试想，如果头在前、尾在后，尾部发动机产生的推力使航天飞机加速，岂不是帮倒忙了吗？而尾在前、头在后，尾部发动机产生的力成了阻力，使飞机减速，当机速减到低于每秒7.8千米的第一宇宙速度时，航天飞机受到地球引力作用，就会离开绕地飞行轨道向地面下降了。

脱离地球轨道后，航天飞机的飞行姿态恢复常态。发动机熄火，进入大气层，同大气层摩擦也起着制动作用，航天飞机进一步减速到与喷气式飞机的速度差不多。降到60千米高度，速度降为每秒3.6千米，开始朝地面迅速降落，着陆前5分钟，高度为15千米。航天飞机开始转向跑道。着陆前14秒放下起落架，然后以100米/秒的速度平稳着陆滑行2.5千米。

美国发射过四架航天飞机：“哥伦比亚号”、“挑战者号”、“发现者号”和“阿特兰蒂斯号”。前苏联发射过一架无人驾驶的航天飞机“暴风雪号”。

（4）太空衣

太空中没有氧气，人会窒息死亡。太空中冷热变化厉害，冷可冷到零下270摄氏度，热可热到身体冒烟。在太空中那些看不见、摸不着、感觉不到的紫外线、伽马射线、X射线因为没有空气阻挡就会乘机肆虐作恶，伤害人体。太空中还有宇宙尘埃、陨石流星、小行星等物质，它们在太空中运动的速度极快，一旦人体被击中就会遭殃。太空的生活环境与地球生活环境截然不同，是严峻的。

最早的太空衣出现在1961年。当时，不要求宇航员走出太空船，因此，太空衣所要求的条件，只是万一太空船失去压力时能保护宇航员，不妨碍宇航员驾驶太空船。那时的太空衣结构较简单，仅由外层的防热衣和里层的压力衣组成。

1969年，美国三名宇航员登上月球表面，现代太空衣诞生了。现代太空衣从头到脚一整套密封连在一起。头盔是圆形的，用硬质铝合金制成。头盔的前部是镀金护目镜，能反射60%以上的太阳光。头盔里面有话筒和耳机，与生命维持系统内的微波通信设备相连。意想不到的是，头盔里有一根软管通出，与安装在太空衣内的饮料袋相连，当宇航员口渴时可以喝到清凉可口的保健饮料。科学家们为宇航员考虑得多周到啊！现代太空衣有内衣和外衣两件。外衣就像千层饼一样，有许多层叠合在一起制成，每一层都有一定的保护作用。最外层有防火和防辐射的作用，第二层起隔绝严寒和酷热的作用，再里层是防太空中微尘碎屑的防弹层，第四层是抗压层，第五层保护抗压层不会爆裂，最里层是体温调节层。内衣是棉织品，设计很特别，在内衣上面绕着91米长的微型冷却管，管内是冷却水，吸收宇航员身体里不断散发出来的热量，升温后的水流入生命维持系统内的热交换器，通过热交换器冷却后，再压入冷却水管，不断循环。这种内衣叫水冷式内衣。

这套太空衣是由美国一位华人科学家唐鑫源博士设计的。他为了设计这套太空衣，每天上午7时到实验室，一直工作到晚上11点才回家。有一次实在太累了，开车回家几乎不认识家在哪里，最后，终于因工作太累，导致半

身不遂。

现代太空衣的背部装有生命维持系统，系统内有喷气推进器。宇航员在太空中，是不能像在地球上一样行走的，喷气推进器帮助宇航员在太空中行走。宇航员可以通过手杆操纵喷气推进器，做各种动作，如翻滚、偏转等。系统内装有供宇航员吸用的氧气罐以及温度、压力调节器和废物处理装置等。废物处理装置主要处理宇航员排出来的有害气体和汗液。总之，生命维持系统内，保证宇航员生命安全的设备和仪器应有尽有。

随着太空开发的不断进展，宇航员在太空中活动的时间越来越长。在太空站工作的宇航员，一年中会有 52 天到 250 天的舱外活动，每次平均 6 小时。因此，科学家正在开发新一代太空衣。现在有两种，一种是全硬式太空衣，除了头盔外，几乎所有部分都采用铝合金和不锈钢组成，为了防止金属腐蚀，在表面再镀一层金，在肘部、膝部、腰部等关节处装有软环套，便于宇航员活动。一种是半硬式太空衣，采用铝合金和合成化学纤维材料，根据人体结构，分成几部分组合而成。宇航员的手、臂、腿、脚部和靴子是用质地柔软的合成化纤材料组成，胸背部用铝合金组成，用金属卷成螺丝状安装在肩部和腰部，使得肩和腰能活动自如。

新一代太空衣可以使用 15 年以上，而且，不是千篇一律的，可以量体裁衣。新一代太空衣的穿脱是从它的背部开口进出。

随着空间技术的飞速发展，随着新材料、高新技术的不断出现，相信也会有一天，太空衣像现代服装一样，讲究款式新颖、色彩艳丽。

三、21 世纪的太空时代

(1) 交通工具

(a) 空天飞机

21 世纪，不再是地球时代，而是太空时代。

太空时代，首先要解决的问题是交通工具。使用运载火箭需要耗费大量的人力、物力和财力，而且，使用一次就报废了，不合算。使用航天飞机或太空船，也要靠运载火箭发射升空。那么，理想的交通工具是什么呢？空天飞机应运而生。

空天飞机与航天飞机不同，它不依靠运载火箭升空，像普通飞机一样，从一般机场跑道上水平起飞、加速，穿越大气层，进入地球轨道，完成任务后返回地球，可在普通机场水平滑翔着陆。这种飞机既可以当作太空交通工具，担负起航天运输任务，来往于空地之间，也可以当作地球上的交通工具，来往于城市之间，在 1 小时内，把货物从欧洲运到澳洲，花 2 小时，把旅客从美国华盛顿送到日本东京。

1986 年开始，美国研究开发第一代空天飞机“X-30”，也叫“东方快车号”。“东方快车号”使用液体火箭发动机和复合式发动机作动力装置。“东方快车号”的飞行过程是这样的：像普通民航机一样，发动机点火后，在机场跑道上水平起飞，当速度达到 5 倍音速后，复合式发动机点火，使机速提高到 25 倍音速，穿出地球大气层，达到地球轨道，在轨道上完成任务后，像航天飞机那样返回地球，在机场上滑翔水平降落。

除了美国，欧洲各国也都在开发空天飞机。

“森格尔”空天飞机，由前联邦德国研制开发，设计很特别。“森格尔”

空天飞机，看上去像是两架飞机叠合在一起，而且是父子关系。下面的一架较大，像是父亲，全长 50 米，从翅膀的一端到另一端有 25 米，使用喷气发动机。上面的一架较小，像是儿子，全长 25 米。机翼长 12 米，装有火箭发动机。父亲背驮着儿子沿着机场跑道水平起飞、爬高。待飞到约 30 千米高空时，父亲与儿子分别了。大飞机由驾驶员操纵返回机场。小飞机的火箭发动机点火，继续加速升空，以高超音速进入地球轨道，完成任务后，返回地面，滑翔降落在机场。

英国不甘落后，研究出“霍托尔”空天飞机。“霍托尔”是英文“水平起飞及降落”的缩写译音。“霍托尔”空天飞机是无人驾驶的，飞行和导航完全自动化。“霍托尔”机长 63 米，结构与众不同，在机尾下部有空气进气道，使机上的火箭发动机不仅使用液氢液氧作燃料，也用空气中的氧作燃料。“霍托尔”的起飞是由助推车驮着飞机在跑道上滑行，等到速度达到每秒 15 米时，飞机才弹离助推车飞往空中。当它在 26 千米以下高度飞行，速度在 5 倍音速以下时，火箭发动机使用空气中的氧和液氢作燃料；当它超过 26 千米高度，速度达到 5 倍音速以上时，火箭发动机开始使用随机携带的液氧液氢作燃料。

“霍托尔”飞到 90 千米高度时，速度已经达到第一宇宙速度，于是，火箭发动机熄火，靠惯性一直飞到 300 千米近地球轨道，这时，“霍托尔”靠 22 支小型控制火箭发动机，控制飞行姿势。“霍托尔”返回地面时，与“东方快车号”一样，滑翔返航、水平降落在跑道上。“霍托尔”空中飞机有一个货舱，可以运载人造卫星、科学仪器设备、集装箱等太空需要的物品。如果把货舱改装一下，可以成为客舱，能带 50 名乘客。

除了这三种空天飞机外，日本在研制水平起降的宇宙往返机；欧洲太空署在研制载人运输机“海尔梅斯”号，预计将在 2003 年由运载火箭送入太空进行首次飞行。

21 世纪的空天飞机肯定会更加完善。21 世纪的太空交通运输将会像地球上的交通运输一样经济方便。

(b) 火箭

现在，速度最快的航天器是运载火箭，它们的最高速度还不到每秒 30 千米。使用运载火箭，从地球飞到月球，需要 1~2 天，从地球飞到太阳系中最远的冥王星，需要十几年。整个银河系中有成千上万颗像太阳一样的恒星，飞出太阳系，到别的恒星去，乘坐我们现在的宇宙飞船，显然太慢了。即使去最近的恒星，也要好几万年时间，别说我们到不了那里，即使是子子孙孙也甭想到达。

21 世纪的火箭，将有惊人的发展。

21 世纪新型火箭是激光火箭。激光火箭不需要燃料，因为，它使用激光空气喷气发动机，依靠激光来发射火箭。

激光空气喷气发动机的工作原理是这样的：用强大的激光照射发动机喷气管中的气体时，产生高温，高温使气体产生电流，发生微型爆炸，产生冲击波，冲击波从喷气管中以超音速喷出，产生反作用力。当反作用力产生时，停止激光，过一段时间，再使用激光，这样，火箭就从一个接一个的微型爆炸中，得到连续不断的推力，火箭就能升空了。

还有一种原子能火箭。这种火箭不是靠喷射高速燃气作动力，而是使用核动力。在只有显微镜下才能看清楚极细纤维上，涂上放射性物质，组成

小型核反应堆。它就是原子能火箭的动力装置。火箭的最高速度可达到每秒3万千米，是每秒30万千米光速的十分之一。使用它，从地球飞到火星只需要6个月，几十年就可到达最近的恒星了。

还有一种光子火箭。

什么是光子？世界上有锋利的矛，就有坚固的盾。一样的道理，科学家们发现，在宇宙中有物质存在，就有反物质存在。物质是由分子、原子、中子、电子等粒子组成，那么，就有跟这些粒子相对应的反粒子存在。科学家们又发现当物质与反物质，粒子与反粒子相遇碰撞时，会产生新的粒子。这种新的粒子就是光子。光子有极高的能量，相当于1000千克铀核反应时释放的能量。

光子火箭的结构并不复杂。它的前面是宇航员的驾驶舱和生活舱，它的中间部分是装有粒子与反粒子的货舱，它的尾部是一面巨大的凹面反射镜，面积有几十千米。当粒子与反粒子在凹面镜的焦点相遇碰撞时，就产生出光子流。光子流通过凹面镜反射，向后喷射出去，产生强大的推力，使火箭升空。

只要有了强有力的交通工具，人类就可以派出一支又一支先遣队去其他恒星系统，一旦找到了适合人类生存的行星，我们就可以开展全球大移民了，人类将在其他星球上繁衍子孙后代。

（2）火星基地

在浩瀚的宇宙中，月球和地球只不过是一个点，月球基地不过是人类征服宇宙的一个开发区，接下来的另一个开发区是火星基地。

开发火星基地的工作，美国从1994年开始使用火星观测卫星，长期观测火星地形和大气状况，为载人太空船登陆火星作准备。1997年，他们派遣了无人驾驶的探测船到火星上采集岩石和土样，带回地球研究。

无人驾驶探测船由轨道太空船、遨游车和回收小艇组成，它们各有各的任务。轨道太空船是总指挥，一直航行在火星上空，跟踪遨游车。它的主要任务是观测火星表面，绘制详细的火星地图，并随时给遨游车各种指令，指示遨游车前进，负责向地球报告遨游车的动向。

遨游车有短距离和长距离两种。短距离遨游车和回收小艇在同一地点登陆，就在小艇附近几百米内活动。长距离遨游车由人工智能电脑控制，所以，比较自由，能移动20到40千米，每次采取实物样品5千克。它既可以和回收小艇在同一地点登陆，也可以不在同一地点着陆。遨游车除了采样任务外，还要在两个地方设置观测仪器，这些仪器将长时期把火星的地震、磁场、大气等资料传回地球。回收小艇负责收取样品，并把这些样品送到轨道太空船上去，由轨道太空船再把这些样品送回地球。

接着，美国将在绕地太空站上装配两艘太空船，一艘是载货用的，把探测设备运到火星上去，一艘是载人用的，可以搭乘八位宇航员。2005年，载货用的太空船先出发。三个月后，等它到达火星上空后，载人用的太空船出发。八个月后，两艘太空船在火星上空相遇，开始把一些物品，如建造营地的材料、移动探测车、粮食、水等投放到火星表面，然后，八位宇航员乘登陆船降落到火星表面。登陆后，为了保证探测工作的顺利进行，宇航员先设营地、检查机器、展开太阳能电池板制造能源，然后，用20天时间对火星实地研究，采取土壤和岩石，调查生物存在的痕迹。登陆任务完成后，宇航员乘登陆船回到太空船上，驾驶太空船返回地球，从出发到返回地球，共需15

个月。

如果载人太空船着陆火星成功,美国科学家计划在 2015 年以后开始建造火星基地,花费七年时间完成。初期的火星基地的整个建筑是密封式的,底部完全埋在地下,主要防止火星上特有的沙暴影响。建筑内模拟地球气候环境,适合早期居民居住和工作。基地以居住区为中心,周围是农场、研究机构和控制中心。有了能住人的火星基地后,美国科学家计划全面改造火星环境。

火星环境与地球有些相似,但又有不同。火星与地球一样,有大气层包围着,只是大气层非常稀薄,成分也不一样。火星大气成分主要是二氧化碳,氧气很少。火星上气温与地球气温差不多,可是,一天之内的温差却很大,白天是 28 摄氏度,到晚上会降到零下 100 摄氏度,比新疆吐鲁番的气温变化还要厉害。火星表面没有水,像地球上的大沙漠那样干燥。在火星的南北两极,是固体的二氧化碳,也叫干冰,就像两端戴了白色的瓜皮帽一样,人们把它们叫做极冠。

改造火星环境的目的是,就是要使火星具备适合人类生存的条件。科学家计划用巨大的蛛网状薄膜镜子,把太阳光收集起来,利用太阳能把火星两极的干冰融化掉,并且蒸发成大气,增加大气中二氧化碳的浓度。就像栽种蔬菜的玻璃暖棚,浓厚的大气可以防止地面热量失散,升高火星的气温。科学家计划把地球植物移植在火星上,绿色植物的生长会增加火星大气中的氧气成分。

火星环境一旦像地球那样,人类就可以在火星上生息、繁衍、工作、生活、建设家园,昔日死气沉沉的火星土地上将充满生机和活力,一座座现代化城市,如雨后春笋般地出现。

(3) 太空城

美国、日本、欧洲和加拿大共同制订了一个“太空站计划”,准备耗资 230 亿美元,建造“自由号”太空站。这是一座永久性能住人的太空站。

“自由号”将建在离地面大约 460 千米的太空中。它有 155 米长的骨架,在骨架上接有四个加压密封舱,八块太阳能电池板和各种实验装置。四个加压密封舱,三个是实验舱,一个是供人居住的起居舱。起居舱的设施俱全,有餐室、卧室、会客室、健身房、洗手间、浴室等等,舱内可以住 8 个人,每 90 天轮换一批。三个实验舱分别是美国、日本和欧洲的,主要进行材料实验和生命科学实验。八块太阳能电池板发的电,足够太空站的能源需要。

“自由号”太空站有许多辅助设施,如遥控自动机器人、太空拖船、救生艇、轨道运输机等。遥控自动机器人有两种,一种是构架移动机器人,它是安装在太空站大型机械臂上的,一种是离开太空站,能在太空中移动的机器人。它们都在宇航员操纵下工作,可以搬运太空器材,装配、修理太空船,建造新的太空站、太空工厂和太空城。太空拖船是不乘人的,专门负责搬运轨道上的物品,如回收卫星,把修复好的人造卫星放回到轨道上去。太空拖船也是由太空站直接遥控操作。救生艇是为了应付危急情况的,当太空站上的人员需要紧急撤离太空站回地球,不必等航天飞机来,可以乘救生艇。艇上有火箭发动机,能使救生艇脱离地球轨道返回地球。轨道运输机主要往返于太空站和月球基地,负责运输器材并把月球上开采的矿石运到太空站。

“自由号”太空站是 21 世纪初期,人类开发太空的基地和桥头堡。

在“自由号”太空站的基础上,人类开始建太空农场、造太空工厂。利

用月球基地、火星基地开采的矿石，建造空间第一家炼铁厂、炼钢厂。利用太空中不受重力影响的特殊条件，建造制药厂，生产地球上无法生产的高纯度的名贵医药品；建造无人自动工厂，生产高品质的半导体和陶瓷产品；建立太空农场，培养小麦等作物；利用太空中丰富的宇宙射线及太阳能，建造太阳能发电厂。

在“自由号”太空站的基础上，有了太空工厂、太空农场，人类就能兴建太空城。

有的太空城是圆环形的，在太空中以每分钟一转的速度旋转，产生重力，人就可以在里面行走，否则人就会在太空城里飘起来。环体的一面壁是巨大的透明窗，用来调节太阳光，打开窗户，就是白天，关上窗户，就是黑夜。太空城内有空气、有河流、有花草树木，具有与地球相同的环境。为了合理利用圆壁，太空城内的建筑与地球上的建筑不一样，是阶梯式建筑。这样的太空城可以住 1 万人。

有的太空城是圆筒式的。整个城市由两个大圆筒组成，通过传动带，带动它们旋转，每 2 分钟转一转，产生重力，与地球上的重力环境一样。圆筒两边有盖子，打开盖子，盖子里面装有镜子，可以反射阳光，就是白天，盖上盖子，就是夜晚。太空城内的能源，由太阳能发电站供应。空气和水封存在圆筒里面，圆筒内的居住环境与地球居住环境一模一样，有山、有水、有居住区、工业区、农业区，有四季变化和降雨人工模拟、电子计算机控制，这样的太空城可以住 100 万人。

21 世纪的主人翁们，希望你们加紧学习各种科学知识，打下扎实的基础，建设太空城的重任将由你们来完成，同时，你们也将成为太空城的第一代市民。

（4）天基太阳能电站

我们建造了那么多的太空站、太空城市、月球和火星移居地，可是，这些新开发区的能源靠什么供应呢？

这个问题提得很好。不过，在回答它之前，我们先来看一段报道：1993 年 2 月 4 日（莫斯科时间），俄罗斯“进步号”太空船离开“和平号”太空站。当它离开太空站 150 米时，携带着的人造小太阳（又称太空镜）开始展开，由宇航员在“进步号”舱口进行安装。人造小太阳是直径为 20 米的圆盘，由镀上铝的塑料膜组成，像一面巨大的镜子，能把太阳光反射到地球背阳的一面。安装好的人造小太阳绕地球飞行，反射太阳光，照亮了地球宽 4000 米的区域，包括法国里昂、瑞士日内瓦、伯尔尼、德国的慕尼黑、白俄罗斯等地。

答案已经很清楚，科学家们的回答是靠太阳能供应。

太阳是一团巨大、炽热的气体火球，它的表面温度高达 6000 摄氏度，内部温度更高。太阳不断地释放着能量，每秒钟释放的能量相当于 910 亿个 100 万吨级氢弹爆炸所释放的能量。太阳发送到地球上的能量只是它向外辐射能量的 22 亿分之一。由于地球四周围着大气层，所以，实际到达地球表面的能量比这还要少。可就是这些被七折八扣的太阳能，就等于全世界现有发电量的 20 万倍，地球每天接收到的太阳能是世界一年所消耗的总能量的 200 倍。

太空中没有大气干扰，能直接接收太阳光，接收的太阳能要比地面多 4 倍以上。而且，太空中没有白天与黑夜，每时每刻都可享受太阳的温暖，因此，太阳能是取之不尽、用之不竭的财富。在太空中利用太阳能是最合适、

最经济不过的了。

那么，如何利用太阳能呢？最常用的方法是把太阳光变为电，具体地说，就是通过太阳能电池将光能转换成电能。太阳能电池由半导体材料制成。这种半导体材料有特殊的本领，受到光照后会产生电能，光照越强，采光面积越大，得到的电能越多。世界上第一块太阳能电池是在 1954 年问世的。可是，单个太阳能电池是不能使用的，必须把许多单个太阳能电池拼接起来，组成太阳能电池方阵。在人造卫星和太空船、太空站上装着的巨大铁翅膀就是太阳能电池方阵。

在太空建造太阳能电站的设想，早在 1928 年就有科学家提出过。由于当时科技水平的限制，这个设想并没有实现。70 年代中期，由于太阳能电池的使用，美国发射了一个小型的太阳能卫星发电站，发电能力是 11.5 千瓦，这为建造大型的天基太阳能电站打下了扎实的基础。1988 年美国制成一种高性能太阳能电池，可以使接收到的 31% 的太阳能转换成电能。重量很轻的太阳能电池，从 1976 年应用以来，又有了很大的发展。因此，现在美国计划建造一个发电能力为 1000 万千瓦的天基太阳能电站，既为地球，也为其他星球和太空城提供能源，在 21 世纪初正式投入使用。

科学家们先在地面上制作好几组太阳能电池板，然后由航天飞机和大型运载火箭送到低轨道上的太空站上。这些电池板是折叠式的，发射时折拢，进入轨道后再自动展开，由太空站上的遥控机器人或宇航员在太空中进行装配。科学家们估计，天基太阳能电站全部构件将在 3~5 年内运送完毕，开始装配，最后，再由航天飞机或太空船把装配好的卫星电站送入 36000 千米高度的地球静止轨道上。在这个轨道上，电站始终在地球某一固定地点的上空，便于地面接收电站输送的能量。

天基太阳能电站离开地球表面 36000 千米，离开其他星球更远，相互之间不能架设输电线，电站发出的电怎样输送到地球和其他星球上？

天基太阳能电站的两块巨大矩形电池板之间，装有大型微波辐射天线，能把由太阳能转换成的电能再转换成微波束，发射到地球和其他星球上。地球上只要建造一个接收站，通过接收天线，把这些微波束接收下来，再转换成直流电，由直流电转换成交流电，并入电网使用。

天基太阳能电站利用太阳能发电，非常干净，不产生任何废料和放射性物质来污染环境，而且使用寿命很长。它向地球输送的微波束几乎不被大气层所吸收，因而电能损失很小，比热能和核能电站更有经济效益。

天基太阳能电站为 21 世纪太空时代锦上添花。

(5) 太空机器人

太空机器人，也是航天器，是高科技产物。太空机器人在地面上可紧凑地折叠起来。然后搭乘运载火箭或空天飞机到太空站或地球轨道上。立 1j 厂太空站，就自动张开，靠自身携带的火箭在太空中自由行走。太空机器人装有微电脑，具有人工智慧和高度的控制技术，既可以由地面操纵人员操纵，也可以根据预先编好的指令进行工作。本空机器人有立体视觉的眼睛和活动自如的手臂，能捕捉、回收故障卫星。把它们送到太空站进行修理，然后，再把修好的卫星送到预定轨道上。能把轨道上的小碎片装进自身的储藏箱内，就像拾荒人一样；如果遇到大碎片，利用太阳光形成的切割光束，把碎片 ' t] J 成许多小块装进储藏箱。

太空机器人不仅是太空清洁工，还是太空建筑工，帮助宇航员建筑太空

城、维修太空中各类建筑物；有时还担任太空搬运工，把运载火箭、空天飞机送到太空站的补给物质搬运到月的地，把装满太空产品的箱筒从轨道上减速而落到地面。总之，太空机器人不受时间和地理的根制，在太空时代代替人类作出意想不到的丰功伟绩。

（6）月球基地

刀世纪，不是地球时代，lof 是太空时代，这是高科”技发展的必然。月球成为人类的第二故乡，这已经不是科学幻想，而是现实，人类正在脚踏实地，一步一个脚印地进行工作。

自从美国结束了阿波罗计划以后，又制订了月球基地计划。首先，在 1995 年发射观测卫星，探测整个月球的资源，计划用一年的时间，勘测月球的全部表面，了解月球表面各种物质的分布，寻找矿区位置。然后，在 1998 年，把机器人和月球车送到月球表面探测资源和做科学实验。在 2000 年时，建造绕月太空站，太空站上的人员可以操作无人月球登陆船去选定月球基地位置。到 2005 年，大约 6 位月球工程人员就带着建筑材料去月球开始建造月球基地。它高 20 米，呈圆形，如果全部依靠地球提供材料，就需要运往月球 1000 吨水泥，300 吨钢材，如果就地取材，仅仅需要 200 吨机械。科学家正在研制 200 吨重的自动化采矿机械，准备送往月球。利用月球自身的尘埃制造水泥，如果这个方案可行，就可避免把成千上万吨水泥和水从地球搬往月球了。要知道，从地球到月球，1 吨水泥的运价就要 5000 万美元呀！

为了执行这个计划，美国正在研制一种新型的月球太空船。这种登月太空船是由登月小艇和轨道船组合成的，登月任务由登月小艇执行，轨道船负责接送。2020 年，在月球建成科学实验研究基地，来自世界各国的科学家将在那里研究，考察重力只有地球六分之一的月球对生物生长的影响，勘察月球的地下资源。科学家已在宇宙飞船中成功地研制了宇宙菜园，并且收获了大葱、西红柿等新鲜水果和蔬菜。

月球是全人类共同所拥有的，让我们都来关心月球的开发和月球基地的建设吧！

以超导体为代表的新材料革命

一、未来的世界是新材料的世界

远古时代，人类所使用的工具大多是石器、木棒，后来发展为陶器、青铜器，到现代社会，钢、铁以及各种合金、陶瓷成为我们生产和生活中制造工具的材料。可以说，每一次新材料的发现和使用，都会给社会发展带来极大的影响。新材料，推动着社会向前进步。

有人说，20世纪人类最重要的发现只有两个：激光与超导体。激光大家比较熟悉，它早已广泛地应用于人们生产和生活的各个方面。而超导体对人们来说还是比较陌生的。尽管1987年以来超导体的热点报道接连不断，研究新突破频频爆发，使大家都十分关注，但超导体究竟是什么东西？它有什么用途，恐怕很多人还不太明白。

那么什么是超导，什么是超导体？

1911年荷兰科学家卡·翁纳斯在实验中发现：当他用液氮冷却水银，使其温度降到-269℃时，水银的电阻突然完全消失了，这种现象就叫超导，此时的水银便是超导体。用规范的话说，在一定的条件下，有些导电材料的电阻完全消失，这种现象就叫作超导，这时的导电材料就叫超导体。

这个重要发现立即引起全世界科学家的关注，从此成为一个热门的研究课题。为什么呢？通常，电流通过导体时，由于存在着电阻，不可避免地会有一些能量的损耗。在超导状态下，则没有能量损耗，电流通过一般导体时产生的磁场也比通过一般导体时所产生的磁场要强得多。超导体还有一个特征就是具有完全抗磁性，即能排斥外界磁场的影响。超导体的这些本领使科学家们十分向往：由于超导体没有能量消耗，用于电力输送，特别是长距离的电力输送，将会大大节省能源；由于超导体的强磁特征，可以用于悬浮列车、新一代粒子加速器和医学上的核磁共振成像系统等；利用超导体的其他特征，还可以提高电子计算机的运算速度，制造弱磁探测仪，以用于找矿或军事侦察等。

既然超导体的应用前景如此诱人，那么，为什么不在现实生产生活中大量应用呢？这正是超导研究的关键所在。由于以往的超导体是在极低的温度下获得的，（如以昂贵的液氮为其工作时的低温媒质）因而难以在实际中推广使用。获得转变温度尽可能高，乃至常温下的超导体，便成为科学家们梦寐以求并竞相追求的目标。

1986年1月，瑞士苏黎世IBM研究实验室的科学家用钒—镧—铜氧化物获得了-243℃的超导转变温度，这个温度虽然仍相当低，但毕竟比荷兰人的提高了26℃，这就很了不起了，这个研究成果使超导研究出现了希望的曙光，从而揭开了世界性的高温超导研究热潮。

近几年科学家们又发现了许多新的高温超导材料，可以在比低温高得多的温度下（如-169℃）工作，即人们极易获得的液氮温区工作。用液氮取代液氮的重要性不仅仅在于价格便宜了50~100倍，更重要的是液氮来源于空气中的氮气，更便于生产、储存、运输及使用，同时设备也易于维护。总之更便于普及，也更便于在不允许有庞大低温系统的地方，如卫星、飞机、潜艇上应用。

今后一个时期的超导研究，主要还是解决超导材料的工艺技术问题，即

用什么材料才能使转换温度更高。这个问题解决得好了，会为超导体的应用打下良好的基础。

二、超导体的应用

(1) 低温超导体的应用

传统的超导体需要在低温（-269℃）下工作，其工作的低温媒质是昂贵的液氮，这使它的发展和应用受到了一定条件的限制。利用超导隧道效应原理制备的器件，可以检测地球磁场千亿分之一那么微弱的磁场变化，从原理上说可以达到量子力学测不准原理所规定的极限水平，这是其他任何技术不能替代的。

超导体能够建造这样的磁体，它产生的磁场比地球磁场强几十万倍，而磁体本身又基本不损耗能量。这些特点显示了超导体在很多方面不可取代的地位。除大型科技工程之外，人们目前所瞩目的核磁共振成像仪就是利用超导材料制备的。而利用超导量子干涉器件制备的磁强计正在探矿方面发挥巨大作用：一个月的空间扫描探测，差不多等于几十年的地面人力普查的结果。

(2) 高温超导体的应用

随着高温超导材料工艺技术不断取得新成果，高温超导材料的应用也日益成为科学家们争相研究的热点课题。尽管高温超导体在某些方面（如在强电方面）的应用距低温超导体还有一定差距，但高温超导体在应用上的前途无疑更加光明。尽管用高温超导体制备的电子器件在性能上要比用低温超导体制备的电子器件要差一些，但比非超导器件所能达到的水平高得多。高温超导体对中国等发展中国家来讲，意义更加重大，以高温超导体制备的量子干涉器件将会用于油田、探矿、医学电子仪器、实验室电子仪器，以及军事等许多领域，发挥着重大的作用。

(a) 超导磁悬浮列车

火车的发展，经历了几个历史时期。

最早是以烧煤为动力的蒸汽机车，后来是以烧油为动力的内燃机车，再后来出现了以电力为动力的电力机车，它虽然改变了机车自带燃料的运行方式，通过电线输送电能，可以获得较大的运行速度。但由于它仍需依靠轮子与线路的接触，受摩擦因素的影响，所以极限时速不超过300千米，有没有其他办法可以提高火车的运行速度？答案是肯定的。那就是80年代末就已经研制并试验运行的超导悬浮列车，其试验运行时速已经达到了500千米。

利用超导技术的磁悬浮列车，不靠车轮在轨道上行走，也不靠空气的浮力飞行，而是利用超导电磁铁磁场与另一磁场产生强大的斥力，使列车“飘浮”在线路的上方驱动前进，是一种无轮、无翼、无须自带燃料的新型列车。

超导磁悬浮列车的运动，是由线路和车体组成的一种特殊电动机——直线电动机产生的，这种电机由旋转电动机演变而来。旋转电动机的外壳，是一个呈封闭形的圆筒结构，镶嵌在感应电动机定子槽中的线圈，接通交流电后形成旋转磁场，产生感应电流的转子导线在磁场中受到电磁力作用，便跟着旋转的磁场在圆筒内转动。如果圆筒的半径为无穷大，圆形定子成为带状定子，那么当将转子沿轴线切开而成一矩形运动体时，这种旋转磁场就变成直线前进的磁场，转子也就变成直线运动了。所谓无轮无翼的“火车”，就是以线路的路基和列车的车体组成直线感应电动机的定子和转子。旋转电动

机依靠两端的轴承，支撑保持定子与转子间的一定间隙，而直线电动机则是依靠磁悬浮，利用磁极同性相斥的原理，把可动的同名极转子（列车的车体），在磁力的作用下无依无靠地“飘浮”在定子（线路）上方。强大的斥力，是由安装在列车车体底部的几乎没有磁阻的超导电磁铁，与线路路基上装设的由外部供电的线圈和铝质封闭环所产生的强大磁场形成的。给线路上的线圈供电后，车体“飘浮”起来，同时直线感应电动机驱动列车前进。

超导磁悬浮列车可把车体做成倒凹字形，超导电磁铁装置在两边的凸出部分，以保持车体在轨道的中心位置。当车体发生偏移时，左右两侧的磁场失去平衡，产生的导向力可使车体自动恢复平衡状态。转子线圈放在凹进部分的一侧或两侧，线路上面有一导轨，做成凸字形，中间凸出部分竖立在线路的中央，它的一侧或两侧安装着直线电动机的定子线圈。凸字形的下半部分两侧台阶面上铺设线圈或铝环，与车体两侧凸出部分的超导电磁铁组成产生悬浮力的磁场。一凸一凹，正像正反扣着一个模子，使磁悬浮列车沿着“轨道”稳稳当地运动。

由于超导磁悬浮列车在悬浮状态下运行，不与“轨道”接触，这就大大减轻了振动和噪音，而且也没有脱轨倾覆的危险，是一种安全、舒适、快速、高效的比较理想的交通工具。最近，用液氮致冷的超导体研制成功，必将加速磁悬浮列车进入实用阶段。

（b）海洋开发

随着高温超导研究的发展，它的应用范围涉及科技领域的许多方面，海洋研究专家们正在把海洋科技与超导“联姻”。例如，超导推进船模型的问世，就为超导技术的应用带来诱人的前景。

海洋资源大体可以分为海底矿物、海水溶解物和海洋生物三类。就海底矿物资源来说，目前除石油和天然气可以通过油气管道直接开采之外，其他矿物如锰结核、镍、钴等矿石均需深海开采机开采。但由于水下动力源无法解决，目前只能进行科研考察。而一旦采用超导技术，以其无电能损耗和特大电流等特性，只需几只电瓶就可以满足在深海长时间工作的需要，使海底矿藏开采得以顺利实施。

随着高能物理科学技术的发展，各先进国家越来越重视核能的开发利用。海洋里有着丰富的铀、锂等水溶解资源，都是核聚变的重要元素。据专家们估算，如果让这些元素通过核聚变燃烧，所释放出来的能量相当于 300 个地球的海域那样大小的油库燃烧的能量。但要从海洋里提取这些核能资源又谈何容易，需要经过大量的海水处理程序，比起沙里淘金不知要难多少倍，所以到目前为止，从海洋提取这类核资源其实还是一句空话。如果采用超导磁分离方式构成组合系列采集设施，情况就大不相同。因为超导磁分离可使海水中不同的物质按其等离子结构形式各走各的通道，就像我们的交通规则，人走人行道，车走车行道，否则就“此路不通”。因此超导磁分离可做到只对某种元素开“绿灯”，从而能绝对顺利地获取这种元素。

人们大多对“磁场”以及它的作用并不陌生，超导技术就可布成一种奇妙的磁场，非常有利于促进海洋生物的生长速度。日本曾对一个对虾池布设了超导电场，结果产量增长 3 倍。尽管目前的试验成本远远超过了产值，但科学家相信前程无量。超导量子干涉仪还可监测大范围鱼群生长状况，从而可以建立人为鱼群生态管理和最佳鱼情环境。此外，大马哈鱼和鲑鱼等回游性鱼类和信鸽一样，体内都有各自的“磁性导航仪”，而超导技术恰恰具备

检测这种微磁场的能力。因而利用超导传感器就可跟踪这些鱼种，对其活动情况可了如指掌，尤其当了解到怀卵期鱼种的活动区时，可立即定为禁捕区，保护它们安全产下幼鱼，而建立回游性渔业生产跟踪管理机构。

(c) 超导计算机

自 1979 年美国 IBM、IEEE 提出超导计算机设想以后，美国开始研制，最早的克雷巨型计算机核心部分已使用了超导元件。后来由于实用化遥遥无期，1983 年 IBM 宣布停止开发超导计算机。日本通产省于 1982 年着手执行开发超导计算机的大型计划，有富士通、日本电气、日立三家公司参加。经过近 9 年的努力，富士通已开发出 8 位的超导微处理器，日立也已开发出 4 位超导微处理器，居于世界最前列。

已制成的超导微处理器速度达到 1GIPS（相当于每秒可执行 10 亿条指令）。尽管比硅器件微处理器快 10 倍以上，但目前并行处理已开始被采用，利用并行处理同样可提高速度，使超导计算机速度快这一优点逊色不少。可是在需要串行处理的场合，它仍能大显身手。首先，可装在导弹头部，用以超高速处理 CCD（电荷耦合软件）所获得的大量图像信息；其次，可以装在通用计算机上，使之与巨型计算机相当；第三，可在天文学领域用以即时处理不知何时才发生的超新星爆发所产生的电磁波；第四，可在医疗领域用以探测人的心脏和脑所发生的微弱磁场。

但是，目前还不能把超导计算机作为大型计算机使用。不是因为它的速度、运算能力不够，而是因为同它配套使用的存贮器容量太小。日本电气开发的超导计算机存贮器目前只能达到 4K 容量，而一般计算机用的存贮器芯片已达到 4M 容量。

要使超导计算机实用化，需要克服两大障碍。首先是系统设计人员不积极，他们不愿意采用液氦冷却，因为这样会大大提高成本不利于竞争。固然超导计算机速度快具有吸引力，但不少人宁愿通过采用并行处理式来提高速度。另外，他们还认为约瑟夫逊大规模集成电路芯片内部配线、芯片之间的配线等也都存在不少问题。其次便是人手不足。现在日本从事超导计算机研究的人员剩下不过 50 人左右。虽然 90 年代超导计算机还难商品化，但 21 世纪初，这种情况将发生变化。这是因为那时高温超导体将达到实用水平，而超导计算机相对硅器件计算机的优点也更加突出。首先，超导元件功耗极少，只有硅器件的百分之一至千分之一。硅器件随着微细化和高集成化，因发热而引起误动作的问题越来越严重。加上微细化后，硅芯片中各元件靠得更近，通过各元件的信号相互干扰也将引起严重问题。

在电子器件中常把速度的倒数同功耗的乘积作为综合评价器件的指标。该值越小越好。超导器件同硅和化合物半导体相比，该值要小三个数量级，可见其性能之佳。

其次，那时也会出现并行处理的超导计算机，其速度将达到 300GFLOPS（即达到每秒执行 3000 亿次浮点运算）以上，仍可比硅器件的并行处理机快 10 倍以上。

由于超导计算机有光明前景，美国贝尔实验室和麻省理工学院又于 1989 年发起成立“超导电子学共同研究企业实体”，重新进行约瑟夫逊元件研究。

(d) 超导天线

1994 年 3 月，我国科技界传出喜讯：我国在世界首次研制成功了适用于航天通讯的超导天线。这种天线的全称叫“高温超导圆极化微带天线”，它

的功率分配器和馈电电路均用超导材料制成，工作效率与以前使用的银膜圆极化天线相比，整整提高了三倍。

与普通金属天线相比，高温超导圆极化微带天线和侧馈电 H 天线具有效率高、噪音低，易于实现小型等优点。它具有的高性能指标，显示了将高温超导应用于航天通讯和其他通讯领域所具有的优越性和广阔的应用前景。这是高温超导材料在微波通讯领域走向实际应用所迈出的重要一步。

(e) 超导线材

日本于 1994 年制成了一条长 1080 米长的高温超导线材，这在当时是世界上最长的。输电线路所需线材长度为 500 ~ 100 米，而这根超导线材已达到并超过了这一标准。

制成长高温超导线材所采用的方法是，把铋、锶、钙、铜的粉末填入细银管，再把它轧制成截面为 3×0.2 毫米的带状材料后加以烧结。用此办法制成的线材在绝对温度 T_K 时呈超导状态，临界电流密度为每平方厘米 4020 安培。

以上所提到的仅仅是超导应用研究的几个领域，其余科学家研究的领域还要宽广得多。这时值得一提的是，从一开始，中国高温超导材料的研究就位居世界前列。80 年代末期以来，中国在高温超导的研究和应用方面一直处在世界先进水平，如在提高体材料的载流能力和制备高质量的超导薄膜方面；在量子干涉器件的制作以及将这种器件应用到地磁测量方面；在高温超导体粉料的制备以及发展金属、有机化学气相沉积制膜技术方面；在确定高温超导材料的晶体结构以及铋系、铊系材料的系统研究等方面都做出了许多高水平的工作。目前高温超导材料的应用正朝着大电流应用（强电应用）、电子学应用（弱电应用）和抗磁性应用三个主要方向发展，在世界各国的共同努力下，超导材料造福人类的时代一定会到来。

追寻反物质

人类生活的地球为人类的生存提供了一个五彩缤纷的美好世界，不但有奇花异草，而且还有变幻莫测的奇山异景，为人类生活增添了无数美丽的画面。从科学的角度看，我们人类赖以生存的地球又显得十分简单。地球是物质的，这是人们的共识。若进一步考虑，地球上的这些物质又是由什么构成的呢？在人类对物质认识的长河中，人们发现：这些物质是由微小原子构成的，而许许多多的原子又是由更微小的原子核和电子组成的，其中原子核又是由不带电的中子和带正电荷的质子组成。人们在物质组成的探索中，直到本世纪 30 年代，人们才发现组成物质的基本粒子共有 4 种，即电子、质子、中子和光子。

一、科学预言——宇宙可能存在反物质

科学家在研究原子结构时，曾经遇到一些理论上的矛盾。1931 年 9 月，英国科学家保罗·狄拉克首先提出反物质的概念。他认为，每一种粒子都应该有一个与之相对的反粒子。如反电子，它的质量与电子相同，携带的电荷量与电子相同，而电性符号相反。与此同时，他还预言有反质子存在。

在许多科学研究的过程中，当遇到某些问题一时不能很快得出结论时，往往要提出各种设想（假设），引导人们在这种设想的思路指导下，继续进行研究和探索。

很快，在 1932 年 8 月，反电子就被美国物理学家安德孙在实验室做实验的过程中发现。安德孙当时并不知道在 11 个月之前英国科学家狄拉克曾做过科学预言，于是他给狄拉克所称的“反电子”起一个截然相反的名字——“正电子”。当然，这个“正”字，指的是电荷符号为“正”。而到了 1933 年，另外两位科学家（布拉凯特和欧恰里尼）研究粒子成对“产生”与“湮灭”现象时，也证实了“反电子”是存在的。

反电子的发现，其意义决不在于在基本粒子四兄弟中又增加了一个“老五”，更为重要的是：由于反电子被发现，它向人们揭示了物质与反物质可能成对地同时产生，也可以成对地同时湮灭。由于各国科学家在物质组成方面的多年研究与探索，迄今发现的粒子，几乎都找到了对应的反粒子。如质子的反粒子是反质子，中子的反粒子是反中子，电子的反粒子是反电子（正电子），这些反粒子可以构成反原子。我们统称这些物质为反物质。

二、水火不相容的物质与反物质

科学研究发现，物质与反物质是“水火不相容”的，它们二者一旦相遇，就会发生剧烈的碰撞，而使得双方不复存在，这就是科学家所称的“湮灭”。两种物质通过碰撞全部转化为能量。科学家提出，1 克反物质与 1 克物质碰撞而湮灭时，释放出的能量相当于世界上最大的水电站工作 12 小时所发出的能量。如此巨大的能量使科学家们想到：反物质是星际宇宙飞船最理想的动力能源。据科学家们计算，只需 1 粒盐大小的 10 毫克反物质，就能产生相当于 200 吨化学液体燃料的推进剂，可轻而易举地将巨型航天器送上太空。

反物质如此巨大的能量吸引着科学家极大的研究兴趣。当然，要使反物

质获得实际应用，还要解决许多技术问题。比如，要想得到 1 克反物质，不仅技术工作上难度很大，而且要耗费约 10 亿美元的巨资。又如，现在各类贮藏用具都是用正物质做的，即使生产出了一定数量的反物质，那么怎样保存和运输都是尚未解决的问题。如何能制造一种既能保存反物质，又不会让反物质碰到贮藏容器的器壁，不会出现湮灭变化，这的确是件很难的事情。但是，科学家们相信反物质在未来有可能成为人类的超级能源，它还可能是一种具有巨大爆炸力的超级炸药。

有的科学家已实验成功把反物质悬挂在电磁铁制成的集装箱中，就可以运送到所需的地方。日本科学家不但成功地制取了反质子，而且使其存在的时间达到以往的 300 万倍。在原子世界里真可以说是一段相当长的时间了。

三、宇宙反物质“喷泉”

1996 年 1 月，欧洲核子研究中心首次在世界上制造出了 9 个反氢原子。同年 11 月 22 日，美国费米实验室利用世界上能量最大的质子—反质子对撞机制造出 7 个氢原子。由此表明：科学家在制造反物质原子方面又取得了新的成果，更加激励科学家去探索宇宙中的反物质。

美国天文学家发现银河系中央存在一个反物质源，它喷射出的反物质在宇宙中形成了一个高达 2940 光年的“喷泉”，科学家认为这是研究宇宙中反物质的重大发现。

天文学家是利用先进的伽马射线探测卫星获得这一发现的。卫星于 1996 年 11 月发回的探测结果告知，在银河系上方约 3500 光年处有一个不断喷射反物质的反物质源。这一发现不但将改变人类对银河系的认识，而且还将促使人类重新探索宇宙中所有星系产生的奥秘。

早在本世纪 30 年代初，英国科学家狄拉克预言自然界存在反物质以来，历经 60 年，科学家只是在实验室里制出了数量有限的反物质，而在宇宙中是否存在反物质始终是个未解之谜。美国天文学家发现的反物质源，虽然为人们探索宇宙中反物质提供了新资料，但是对其产生的原因却说法不一，有些问题在科学界仍是各持己见。

显然，到太空中去做实验，探索宇宙中有无反物质是十分必要的。

科学家们推测，在茫茫宇宙中并不仅仅只有正物质，还存在着一种神奇的反物质。因此，既然有太阳、地球、月亮，那么，是否在宇宙中还应有反太阳、反地球、反月亮存在呢？为了探索宇宙这一奥秘，著名物理学家丁肇中教授 1995 年 11 月到中国商谈以中国为起点，进行史无前例的宇宙反物质探索实验。

丁肇中教授的实验以中国为起点，其原因是我国有世界先进的永久磁铁。这种磁铁是由钕、铁、硼构成的。中国科学家将根据实验要求制造一个圆柱形的永磁铁，然后再由瑞士、意大利、俄罗斯、中国、美国等国的科学家联合制作一个探测器。美国国防部将把预计 1998 年发射的“发现”号卫星座位，换成重达 3.5 吨的反物质实验装置送上太空，两个星期后返回地面，继而在 2000 年再将探测器安装到“阿尔法”空间站，以寻找宇宙中的反物质。

虽然今天的人们尚难断定宇宙中反物质的实情，尚未解决反物质能源的利用方法，然而值得庆幸的是，人类对自己未来的想象，已从地球扩展到月球、火星、整个太阳系，乃至遥远的反星系。人类拥有如此丰富生机的想象

力，使我们感到自豪，感到自信。人类，明天会更美好。