学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

少年百科知识文库

神通广大电子世界—上卷：电子世界纵横

BOOK
内部资料 非卖品

神 通 广 大 的 电 子 世 界

上卷　电子世界纵横

一、电子学的兴起和发展

魅力无穷的电子游戏机、神通广大的电子计算机、耸人听闻的电子战争……当今世界，电子学已被广泛应用，几乎无处不在。然而，在一百多年前，人们对它却还十分茫然。从 1883 年“爱迪生效应”的发现到今天大规模和超大规模集成电路、电子计算机的普及，只经历了一百余年的时间。其发展之迅猛、影响之巨大，是其它学科不能匹敌的。由此可见人类社会对它的热切渴望和发奋挖掘。电子学的发展史，是整个人类物质文明史上极其辉煌的篇章，凝聚着一代代科学家的杰出的智慧和探索自然、寻求真理的崇高精神。

回顾电子学发展历程中科学家们留下的闪光的足迹，我们将为他们的智慧所启迪，为他们的精神所激励。

1．电子的发现

自古以来，人类一直在探索着电的秘密。早在两千五百多年前，古希腊著名哲学家泰利斯就在人类历史上第一次记载了摩擦起电现象。但是，长期以来，电学在迷惘中徘徊，人们对电的认识一直是十分模糊的。直到上一世纪末和本世纪初，人们才真正了解电的本质，打开了电子世界的大门。

现在，大家都已经知道：电子，在作为构成一切实物的基本粒子群中，有它独特和重要的地位。电子，是宇宙间一切电磁现象的起源，也是光和热的起源。

然而，你可曾知道当初是如何发现电子的吗？

这还得追溯到上一个世纪。1883 年，美国当时最负盛名的发明家爱迪生在改进他的著名发明——白炽电灯泡过程中，发现了一个奇怪的现象，那就是当他将一根铜丝绝缘地封接在抽空的灯泡上，通电加热灯泡中的灯丝后，在铜丝与灯丝上分别加上正、负电压时，铜丝与灯丝之间竟出现了微弱的电流。

在此之前，人们知道电流只能在金属导体中流动，现在为什么电流通能空过真空区呢？这种奇怪的“漏电”现象是爱迪生没有意料到的，对此，他百思不得其解。但发明家所特有的仔细和敏锐驱使他把这一现象详细地记在笔记本上。他预感到这一现象将来会派上用场，因此，象他对待其它大大小小的发明或发现一样，爱迪生把这个新发现作为“电检测器”申请了专利权。

后来，科学家们发现爱迪生的这一发现是十分重要的，并称此现象为“爱迪生效应”。正是“爱迪生效应”使人们终于能把电子从固体的羁绊下解放出来，并为人们认识电子、利用电子创造了条件，直接导致十四年后电子的发现。爱迪生对电子学的发展作出了启蒙性贡献。

最早解释“爱迪生效应”的是卓越的英国物理学家汤姆逊，他证明受热灯丝释放出自由电子，这些自由电子飞越灯泡内已抽成真空的空间而到达铜丝，因而出现了电流。“爱迪生效应”是热电子发射的基础，正是这个效应引导佛莱明等人发明了导致电子学兴起的真空电子管，因此，近代控制论创始人美国科学家维纳曾把此效应的发现看成是爱迪生一生最伟大的成就。

促成发现电子的另一重要因素是对阴极射线的研究。当时，一些物理学家发现，阴极射线能穿透某些金属，并能在磁铁的作用下发生偏转。1897 年，

汤姆逊对阴极射线作了定性定量的研究，证实阴极射线是带负电的微粒流。汤姆逊称这种微粒流为“电子”。后来，苏格兰物理学家威尔逊使用了一种叫“威尔逊云室”的设备，成功地拍摄了个别电子通过一团云雾的轨迹。美国实验物理学家密立根精确地测定了电子的电荷和质量。威尔逊和密立根都因他们在证明电子的存在方面做出的杰出贡献而获得诺贝尔物理学奖。

电子的发现，揭示了电的本质，找到了电和磁的源由，导致了电子学的兴起。

2．从电子管到超大规模集成电路

发现电子以后，科学家们所面临的是如何才能使电子按照人们的意愿去从事各种各样的工作。为了控制电子的运动，必须创造出一种能驾驭电子的装置，人们称这种新装置为“电子器件”。各种电子设备千差万别的性能正是依赖于电子器件对电子的不同控制方式。电子器件是电子技术的基础。可以说，电子学和电子技术的发展史就是电子器件不断地演变和发展的历史。每当新一代电子器件问世时，电子学就必将步入一个新的境界。

（1）一切从电子管开始

实际上，爱迪生效应孕育了第一代电子器件——真空二极管。当金属丝对于灯丝来说是正的时候，可以利用它把高频交流电整流。

第一个利用爱迪生效应的是美国科学家佛莱明。他在 1904 年注意到了这一现象并发明了真空二极管，它有整流和检波作用。此后经过不断改进，终于替代了当年意大利发明家马可尼在接收机中所使用的既笨重又不可靠的金属粉末检波器，并在相当时间内（直到第二次世界大战时为止）取代了检波效率很低的原始的矿石检波器。以爱迪生效应为基础的佛莱明二极管的问世是当今电子学的起点。

1906 年，美国学者德·福雷斯特在灯丝和带正电的金属阳极之间引进了一个金属栅极，制得了三极管。他发现，栅极电压的微弱变化又会引起阳极电流很大的变化，但栅极本身几乎不吸收任何电流，故无需给它供电。这样就发明了既有检波作用又有放大作用的三极管。美国科学家汤姆逊的研究表明，栅极电压可以控制阳极电流，栅极电压的快速变化可以控制阳极电流并以同样的速度变化。这正是三极管工作的基本原理。1907 年 1 月，福雷斯特获取了发明三极管的专利权。真空三极管就这样正式问世了。

电子管的发明标志着人类控制电子、驯服电子和驾驭电子的开始，从此电子将按照人们的意愿为人类进行各种各样的出色劳动，各种用途的电子器件也陆续涌现，开创了一个新的电子世界，把人类从十九世纪的电气时代推入到了二十世纪的电子时代。

电子管的发明给刚刚兴起的无线电通信带来了光明的前景。应用电子管一方面可以产生强大的能传播至远方的无线电波；另一方面，即使在十分遥远的地方，到达那里的无线电波在接收天线中所激励的微弱电信号，经电子管也可以放大到足够的强度，因而大大地扩大了通信的距离。

福雷特斯发明了第一只具有放大信号的电子器件，为电子学的兴起和发展建立了不朽的功勋，但有趣的是他当年为了筹足 15 美元的真空三极管发明专利申请费，竟然化了整整三个星期。可见发明家的荣誉是饱含着种种艰辛的。

（2）晶体管后居上

从本世纪三十年代后半期开始，随着无线电通信频率的不断提高，电子管的体积也不断地缩小。电子管的小型化不仅提高了管子的频率性能，而且还降低了管子的成本和提高了管子工作的可靠性。然而，电子管小型化的潜力是很有限的，因为它含有许多零部件，而且还受到所要求的机械装配精度的限制。因此发展到四十年代末期出现的外形同人拇指般大小的电子管以后，再进一步小型化就显得十分困难了。

1947 年，贝尔研究所的一项发明成果，触发了一场电子器件的大革命，并由此导致了整个电子学的革命。

在这之前，人们只知道受压的半导体晶体可以产生微弱的电流，这就是电唱机里应用的压电效应，但是人们并不知道产生这一效应的原因。那一年，美国的三位物理学家——肖克莱、巴丁和布拉顿正在贝尔电话研究所工作，他们开始对半导体材料感兴趣了，并把重点放在对锗、硅体特性的研究上。他们在一小块这在材料上布置了三个触点，当在两个触点上通以一小电流时，第三个触点上就获得了一股要大得多的电流。进一步的试验使他们发现通过调节输入电流值可以改变第三极上大电流的值。三位物理学家发现了半导体晶体管对电信号的放大特性，这真是求之不得的奇迹。他们创造了第一只晶体管，从此第二代电子器件登上电子世界的历史舞台。

小小的晶体管，震动了整个电子学界，触发了一场声势浩荡的电子设备晶体管化的大革命。比起电子管来，晶体管的优点就很多了。普通电子管大约需要 2 瓦的功率，以使阴极保持一定的温度，同时还得设法排走这些热量，这是一个致命的缺点。而半导体管体积小、耗电少、寿命长。经过几年的发展，晶体管体积不断缩小，频率特性逐渐提高，制造成本大幅度下降，这就使它在开拓应用领域方面具有向电子管挑战的巨大优势。到五十年代末期，第一代电子器件——电子管在很多方面已让位于新兴的晶体管。

（3）席卷全球的“ 硅谷 ”热潮

正当晶体管方兴末艾，电子学又在酝酿一次新的革命。电子器件的进一步小型化发展向传统电子线路提出挑战。随着用硅晶体制造电容和电阻的方法出现，人们开始设想：既然电子线路总是由晶体管、电阻、电容和连接导线组成的，能否按照线路所预期功能的要求，从制造一开始就将这些晶体管和元件以及连接导线集成在一起，甚至集成在同一块晶片上呢？这就是后来被称为“ 集成电路 ”的设想。

使集成电路由人们脑海中美妙的设想变为现实的是平面硅晶体技术的出现。借助于这一新兴技术，可在单块硅晶体上制造出二极管、三极管、电阻和电容。这样，导致了第三代电子器件——集成电路在六十年代初问世，使电子器件和电子设备的小型化出现了一个大的突破。比起分立元件电路来，集成电路的优越性是无与伦比的。集成化电子设备体积更小、重量更轻、功耗更省，而且可靠性有显著提高，并由于能实现高效率的工业化生产，成本大大降低。因而，集成电路出现后很快就获得了急速发展。一方面向着更加小型化方向发展，另一方面向着集成度更调换方向发展。1967 年，第四代电子器件——大规模集成电路问世，在这种单块硅片上包含着一千个以上的晶体管和元件。1977 年，诞生了第五代电子器件——超大规模集成电路，在单片钮扣大小的硅片上包含了十万个以上的晶体管和元件。近年来，集成度还在不断地提高，正以惊人的速度向前发展着。1988 年研制出动态存储器，在

一平方厘米左右的硅片上集成的元件多达三千五百万只，这预示着甚大规模集成电路即将出现。

随着集成电路，特别是大规模集成电路的普及应用，电子学又掀起了一场集成化的大革命，现正以不可阻挡的势头推进着，席卷全球。这次新的大革命空前地扩大了电子学的应用领域，为了电子学的进一步发展开辟了道路。由于这场新的革命起源于小小硅片，而硅片的集中生产基地位于美国西海岸的一片谷地。谷地虽小，但因高水平的集成电路工业闻名遐迩，人们称这块谷地为“硅谷”。随着集成电路的普及使用获得日益显著的效益，人们对“硅谷”表现出了巨大的热情，一股在地球上兴建“硅谷”的热潮已经形成。可以说，当今世界，“硅谷”遍地。一个以集成电路为重点的微电子技术的产业已形成，并以十分惊人的速度向前发展。许多国家的政府都把以集成电路为主体的电子工业视为与石油、钢铁等具有同等重要性的国家命脉工业。

集成电路在短短的三十年间，经历了小规模，中规模、大规模、超大规模乃至甚大规模几个阶段。集成电路之所以能获得如此飞速的发展，在于不断地采用新工艺、新技术来完善和更新传统的工艺和设备。例如在集成电路的超精细加工中采用了尖端的电子束、离子束和激光束加工技术，在生产条件方面采用了超净房间、超纯气体及超纯试剂，而在整个生产过程中又采用了计算机辅助设计、计算机辅助工艺制造和计算机辅助测试。集成电路是高密度新技术产业。

在集成电路领域中，通用集成电路的水平反映了集成电路大规模的生产的技术和能力，而专用集成电路则体现了设计技术和能力。专用集成电路是按用户要求而生产的，具有成本低，针对性强、可靠性高等特点，近年来发展很快。

今天，集成电路已全面渗透到各个领域。从电子手表、袖珍计算器等日用品到人造卫星、宇宙飞船等高尖技术，都离不开集成电路。

从第一只电子管诞生到现在，电子器件已经历了“五代”的演变，每一次演变都带来了电子学和电子技术的一次飞跃，正是这一次次的飞跃才迎来了今天的电子新时代。但是，也许人们不曾料到的是：而今，科学家们又在试图运用集成电路的工艺，在硅片上刻蚀一种新型电子器件——真空微电子管。同老式真空管相比，虽说只有一个“微”字之差，但就其各自的功能来说，却有天壤之别。这种真空微电子管集成电路有许多优势，有着广阔的应用前景，将有可能取代目前的晶体管集成电路，成为下一代电子器件。电子管能否东山再起？让我们等着瞧吧！也许过不了几年，电子学的更大的飞跃就会到来。

3．时代的宠儿，智慧的结晶

提起计算工具，当然应以中国的算盘为始祖。其后，在十七世纪，美国数学家制成了计算尺，利用对数把乘除运算变成了加减运算，这是利用尺子不同部分的移动来完成运算程序的。后来，在十九世纪，法国科学家又设计了一种比较实用的手摇计算机，原理是利用齿轮转动这种机械方法进行数字计算。直到二十世纪中叶，电子学和现代技术结合，诞生了当代的宠儿——电子计算机。电子计算机是人类智慧的高度结晶，是现代科技发展的必然结

果。

（1）宠儿的问世

世界上第一台电子计算机埃尼阿克（ENIAC）诞生于 1946 年。这台电子计算机躯体庞大，约有九十立方米，重达三十吨，功耗一百四十千瓦，使用了一万八千只真空电子管。尽管埃尼阿克的功能不算强，但却能在一秒钟之内完成五千次加法运算，这在当时是件了不起的大事，使许多科学家为之倾倒。因为他们长期以来一直为浩繁的计算问题而苦恼。搞科学研究离不开种种计算，而当时最快的手摇计算机一秒钟也做不了几次加法运算。因此，埃尼阿克一诞生，就和这些科学家们结下了不解之缘。

埃尼阿克首先服务于美国陆军，当时，军事规模扩大了，新式武器不断出现，用常规的计算方法和操作手段已无法适应新武器的要求。埃尼阿克以它神奇般的速度计算出炮弹的飞行弹道以及击中目标的最佳发射角等等，清楚的显示出了电子计算机的重大作用。

埃尼阿克开创了科学史上的一代文明！今天世界上几十万台大大小小的电子计算机，都是这棵老根上长出的新芽！

围绕发明电子计算机的荣誉归谁所有曾引起过一场不小的争吵，最后还惊动了法院。事情的经过是这样的：

埃尼阿克问世时，大家公认发明电子计算机的光荣应归于埃尼阿克的研究者埃克特和莫奇勒两位专家，正是他们两人共同获得了发明计算机的专利权。美国的两家大型计算机公司——IBM 公司和斯巴利公司从他们俩手里买到专利权，并且大规模生产电子计算机而成为世界上最大的计算机厂商。以后，别的厂商要生产电子计算机，必须首先与这两家大厂商达成协议才行。这一点，似乎已经成为惯例。然而，唯有美国的汉威尼公司不理这一套，它自己决定了就大量生产计算机。这事引起了斯巴利公司的严重关注，于是向法院提出起诉，指控汉威尼公司违背了专利权。被告在自己辨解时说，他们之所以生产电子计算机是因为得到了计算机的真正发明者塔纳索的同意，即他们认为埃克特和莫奇勒的埃尼阿克的专利是非法的。于是，法院展开了大规模的调查。

调查表明，塔纳索二十七岁时成为数学博士，当上了一所大学的数学教授，他精心研究了数字的自动计算问题，最后在一家小吃餐桌上，构思成了他的计算机模型，1942 年，塔纳索的计算装置已基本完成，后来，由于应征入伍中断了对计算机的研究。

法院经过调查以后，在终审断决书上写道：“莫奇勒和姥克行没有发明过第一台电子计算机，而是利用了塔纳索的发明中的构思实质。1937—1942 年，美国爱俄华州埃姆斯学院物理数学教授塔纳索设计和建造了自动电子数字计算机模型，并进行了多方面的试用。1940 年 8 月，塔纳索拟文详尽阐述了机器的工作原理和部件特性说明。由于莫奇勒对此产生兴趣的应邀到学校参观机器，根据访问见闻及相互探讨，才导致了莫奇勒发明第一台电子计算机和对其专利权的拥有。”

法院的言词明确表明被告汉威尼公司的辨解是正确的，故以斯巴利公司败诉而告终。但是，从发明计算机的全过程来看，对比一下莫奇勒 1946 年的计算机和塔纳索 1942 年的计算机不难发现，前者并非首创，但也并非完全抄袭后者，而是对后者的继承和发展。这几乎和所有的发明创造经历是一样的，它们是许多人甚至几代人的努力互相渗透、共同发展的结果。

（2）计算机之父

事实上，电子数字计算机的出现还可以追溯到更远的年代。十九世纪初，有一位天才的美国人巴贝奇从当时刚刚实现了技术革命的纺织工业中获得了发明创造的灵感，他打算用编程序的方法来设计自动计算的机器。他认为，一台能独自解决复杂问题的计算机至少应包含五个独立的部分：

1）输入机构，向机器输入提出的问题和解决问题的办法；

2）存储器，保存输入的资料，以待机器需要时取出使用；

3）运算器，进行实际运算；

4）控制器，告诉机器何时和怎样使用新存储的内容；

5）输出装置，告诉主人答案。

巴贝奇的天才在于他的设想之中包含了当今计算机的几乎全部核心部件，可见，他当时的设想是相当全面的。可惜的是他生不逢时，当时英国的工业水平不可能制造出他所需的全部精密零件，他未能实现自己的理想。1871年，巴贝奇逝世时留下了一大堆计划和图纸，向后人提供了关于实用计算机的许多真知灼见。

巴贝奇作为计算机之父是当这无愧的。

（3）微型计算机的崛起

自从世界上第一台电子数字计算机问世以来，计算机发展十分迅速。随着电子器件的更新，计算机经历了一至四代的历程，现正向着第五代过渡。第一代电子计算机为电子管计算机，第二代为晶体管计算机，第三代为集成电路计算机。大规模集成电路和微处理器的出现，使计算机进入了第四代。计算机的发展方向是体积越来越小，耗电量越来越少，运算速度越来越快，功能越来越强。但是在微型计算机出现以前，计算机的使用主要集中在科学计算和数据处理方面，很难大量用于工业控制、经营管理，更难进入人们的日常生活。然而，自 1971 年微处理器问世以来，大大改变了计算机的应用局面。

微处理器是包括运算器、控制器和时钟信号发生器在内的一块大规模集成电路芯片，其功能很有限，一般只用于仪器、仪表中作为简单自动控制用。当配用了其他有关外围电路后，才具有较完整的计算机功能。

将三块大规模集成电路芯片——微处理器芯片、存储器芯片和输入／输出接口电路芯片连接成一体，便构成了一台微型计算机（或者将这三块已封装好的集成电路焊接到一块印刷线路板上，构成所谓单板微型计算机）。微型计算机一出现于市场，就因体积小、重量轻、价格便宜和使用方便灵活，大受用户欢迎。

随着大规模和超大规模集成电路集成度的不断提高，微型计算机位数不断扩展，由 4 位扩展到 8 位、16 位和 32 位；同时，单片微型计算机也崭露头角。单片微型计算机是将组成计算机的微处理器、存储器和输入／输出接口电路都集成在一块硅晶片上，这样，一块橡皮擦大小的集成电路就是一台具有完整功能的计算机了，其功能已远远超过几间房子大小的第一台电子计算机埃尼阿克。《西游记》中孙悟空能把两丈多长、一万三千多斤重的金箍棒变成一根锈花针大小的玩意儿塞在耳朵里，现在微电子技术变大为小的本领足可与孙悟空媲美了。

今天，电子计算机已不再是什么神秘之物，也不再是什么价值连城之宝，而是普通人们都能企及的工具。微型计算机的社会化正在迅速地改变着人们

的生产、工作和生活方式。微型计算机的崛起向人们显示了微电子技术的巨大作用和电子学发展的深远前景。

二、神奇的电子计算机

电子计算机是二十世纪人类最卓越的科学技术成就之一。它可以计算，又可作逻辑判断，两者结合就可模仿人的大脑，所以又称电脑。今天，电子计算机已从早期单纯的快速运算工具，发展成既能高速运算又能高速处理数据和信息的自动化系统，从而广泛渗透到这个世界上的每一个角落。大到国民经济，小到衣食住行，都是它大显身手的场所。随着计算机科学的进一步发展，电子计算机将会对人类的进步作出更大的贡献。

1．电脑“音乐家”

电脑和音乐似乎有不解之缘。40 年代世界上第一台计算机问世。它给人们带来的信息首先是波动的音符。而今，国际上已流行一种用“MIDI”系统来创作音乐的方法，欲称电脑作曲。“MIDI”（音乐设备数字接口）能将各种电子音乐设备联成一个整体，构成一套音乐系统，既可用来演奏规模宏大的乐曲，也能用以编写交响乐作品。

那么，“MIDI”系统是如何来创作乐曲的呢？

首先，作曲家通过系统中的输出控制设备发出各种音乐信息，由音序器将这些音乐信息记录下来，供作曲家进行加工、编辑。然后，音序器把整理好的音乐信息传达给接收发音设备，最后通过周边外围设备将音乐作品表现出来。其中输出控制设备是音乐家勾勒描绘音乐、表情达意、陈述乐思的“发话”装置，可以发出音高、音强、音色、音态、演奏法等音乐信息，传送给音序器。这些音乐信息在音乐作品中体现为旋律、和声、复调、低音等不同声部，都分别记录在音序器的不同轨道上，供作曲家编辑、加工。音序器是一个中心指挥机构，它可以是一台通用的计算机配上音乐专用卡，也可以是专门的音乐编辑设计和音乐专用电脑，具有将复杂的音乐信息进行分类整理，修饰润色的功能，并且可以象司令部一样对它的外围设备发号施令，指挥它们有条不紊地相互配合，共同把一首结构庞大、内涵丰富的音乐作品有声有色的表演出来。

由此可见，“MIDI”系统具备记录音乐、编辑音乐和表演音乐的功能，它既是一套完善的音乐表演工具，又是一套方便的作曲辅助设备。音乐家无需借助乐队的演奏，通过它就能听到自己作品的全貌，而且省略了写总谱、抄分谱，指挥排练等过程。能快速为电影、电视剧、舞蹈、歌剧等进行配音。

此外，电脑作为“音乐大师”本身也已初露才华。

在一个装饰豪华的音乐厅内，乐曲声起。小提琴、大管、小号、竖琴、圆号、单簧管……百声交融，优美动听。但于演凑的乐曲，善于欣赏的音乐爱好者，个个闻之惊诧，这富有诗意的旋律无疑是与《莱茵河——E 大调第三交响曲》同出一辙，难道是德国著名浪漫主义作曲家舒曼“还魂”写下了“续篇”？

当年舒曼写完《莱茵河——E 大调第三交响曲》后，脑病发作，痛苦异常。第二年，神志恍惚的舒曼投入莱茵河以求解脱，幸由一名船夫救起，但自此抑郁消沉，最后潦倒死去，终年仅 46 岁。

显然，“续篇”不可能出自舒曼之笔。原来，这是人工智能——电子计算机的神奇之作。

计算机作曲，首先要使它有良好的音乐“素养”。为了使其成为一名音乐素养很高的“作曲家”，必须把大量乐曲输入计算机里存储起来。如美国贝尔电话实验室就曾大量收集了世界名曲乐段和乐句，编成二进制数码，存入计算机中，建立了世界上第一个音乐数据库。当然，只记住乐曲是不够的，还必须向计算机输入一些作曲技巧和手法，这相当于用计算机语言编写写作曲程序。计算机一旦掌握了作曲程序，就能根据人们输入的指令要求进行创作。它先从存储库中自动选择符合输入指令要求的著名乐段与乐句，并对其中的音乐要求，如旋律、节拍、节奏、速度、力度等进行分析，然后再按指令要求对音乐素材进行新的组合排列谱出新曲。例如，创作一首抒情的曲子，计算机就会根据抒情曲的要求，将曲子的速度放慢、力度减弱、旋律委婉、节奏和缓。与此同时，计算机能直接控制一种音响合成器，根据它谱写的乐曲来模拟各种乐器的音色进行演奏，于是，就出现了无人乐队演奏的音乐会。

计算机音乐也将步入我们的家庭，我们可以用小小的一片存储器芯片业代替唱片和磁带，存储更多的东曲，也可以使家庭与中央音乐数据库连结起来，随时可以听到自己想听的任何一首名曲。

2．从绘图到美术

图，作为交流信息、表达感情的无声语言，在我们的生活中无处不在：高楼大厦的建造、机器设备的试制要预先设计蓝图；印染花布、纺织地毯也要先有图案；在“猫和老鼠”之类动画片的摄制过程中更需要大量的图画。电脑绘图的出现可使人类摆脱手工绘图的传统方式，从大量重复繁锁的图形设计绘制中解放出来。由于电脑绘图可以一边输入命令，一边在屏幕上绘图，随错随改，因而已广泛应用于各行各业，如动画片的制作、办公室绘制图表、工业上绘制工艺和工程用图，地质勘探中绘制地层剖面图和等高线图，电子设计中绘制印刷图和集成电路掩模图，以及服装、建筑业等和的各种设计图。不仅如此，电脑绘图在防伪纸币的绘制上也曾大显身手。英国新型五英磅纸币除了必须画有伊丽莎白二世女王肖像，写有传统字样和批号外，整个票面上布满错综复杂、不规则的彩色花纹。这种有艺术价值与伪造者无法做到的超常复杂性相结合的图案，如果不知道程序，要画出它的详细图形是不可能的。

除了上面技术性工作的绘图，电脑也开始走进画室，成了特殊身份的“画家”。

北京 IDG 爱奇高技术有限公司曾主办首届国外电脑科技美术图片展览会。会上展出了近千幅利用电脑技术与美术、摄影创作手法结合起来制作的彩色图片。其色彩效果和细腻程度令观众赞叹不已。

制作这些图片的前期工作是把图像信号输入电脑。一种方法是用彩色图像扫描仪把原有的摄影作品或图形输入电脑显示于屏幕上；另一咱方法是利用电脑键盘输入信号，在电脑屏幕上画图。上述两种方法并用，即可产生电脑图像与摄影作品合成的特殊效果。

图像显示在屏幕上以后，就可以对其进行进一步的编辑加工了。此时，可于各种色彩中选取所需的颜色，以数十种“笔形”勾勒图案。利用功能齐全的绘图软件和丰富的图形库所提供的多种手法对图形图像进行复制、搬移、倒像、旋转、放大、水平或垂直方面压缩、镶边、造水波纹、投影、着

色等处理，特别是推拉显示特技可以给人以图形跃出或进入画面的强烈感觉，这是绘画和摄影所无法比拟的。

在另一个计算机绘画艺术品展上，20 个国家约 500 名画家提供了憎爱分明品。这些画家有的运用三维立体化计算程序作画，从而创造出一些光学及美学方面效果极强的作品，非常富于真实感。另一些则将许多画面扫描后输入计算机，然后操纵计算机将一些在艺术上反差强烈的画面组合成一幅图画后完成作品，给人耳目一新的感觉。

与此同时，电脑还用于雕刻和雕塑上。

日本金花舍公司开发的用电脑控制的自动雕刻机，制作一尊雕像只需 50 分钟。

这台装置的操作程序大体是先对模型进行摄影，将聚光灯产生的光速通过狭缝对准拍摄对象，用上下左右配置的 12 台照相机同时拍摄，整个拍摄过程仅用 1／25 秒。

当拍摄对象在一瞬间的自然表情被记录下来后,被分解成 27 万个点进行分析并合成在计算机的三维坐标系上，将图像立体化为一个螺旋状，再作为数据输入进计算机中。计算机按照输入的数据操纵机床进行加工，三把铣刀按 1 毫米的间隔切削装在旋转台上的原料。最后，对经过铣刀切削的粗糙部分进行润色，并做细部的调整。

另一种计算机雕塑系统能在个人计算机屏幕上绘出任何小雕像后制得它的塑料雕塑。该系统工作原理也不复杂：由计算机控制的激光束在透明容器中“ 素描 ”雕像，容器中充满液状单聚体，单聚体在定波长的光束作用下会硬化，待“ 素描 ”硬结全即可从容器中取出小雕像。

当然，雕像是一种艺术作品，应当尽力把人们的容貌形象塑造得更完美。也就是说，除了精确地捕捉住被塑者的容貌特征、塑造出正确的雕像外（这一点电脑已完全做到），还需要进行适当的艺术处理，这也促使计算机向智能发展。

也许电脑永远创造不出能和毕加索、齐白石等绘画大师们的作品相媲美的画面，但电脑绘图毕竟已从工程学走向美学。现代画室中的艺术家不仅仅是用萤光屏、遥控光笔和电子色带代替画布、画笔和调色板，他们已开始用计算机形成一种全新的表达方式，用它来探索一些非常个性化的题材，形成了种种文化流派。计算机美术的发展前景将是不可限量的。

3．运动场上的神机妙算

现在的体育运动几乎都是竞争性的。参加比赛是为了要获胜，如果不是竭尽全力争取获胜，比赛本身就失去意义了。今天的电脑技术正好为运动员力争获胜开辟了一条科学的道路。

美国女排主教练塞林格曾在一次美方获胜的“ 中美女排之战 ”后宣称：美国女排打的是电脑排球。

原来美国的某电脑中心向塞林格提供了有关中国女排战术特点和每一队员技术特点的打印报告和图片。这些电脑资料使塞林格可以比较郎平扣球的全过程和海曼扣球曲线的区别，了解对方主要攻球手的攻球特点；一传、二传的特点；拦网和防守的特点。电脑分析是具体的、准确的——谁扣什么球，都有相应的技术数据。

当电脑将录像带上的图像变成三维的彩色定格图形时，塞林格就能看清楚许多在通常放录像时被忽视的东西：当女排运动员在发球、拦网、扣球、跳起时，她们关节活动的精确角度。关节活动是肌肉运动的枢纽，它能告诉运动员哪些肌肉处于疲劳的状态。而利用这种定格技术，塞林格就能精确地了解某个运动员是否已处于最疲劳的状态，从而调整他的训练计划。正是电脑提供的这种精确的科学计算和周密的安排，终于使它训练的美国女排在洛杉矶奥运会上从原先的世界第 15 名问鼎银牌。

利物浦大学的休斯也开发出一套分析足球比赛录像，探索具体战略案例的计算机系统。他可以通过键盘输入在 3 小时内把整场比赛直接从录像录上“复制”到计算机里。然后，休斯据此撰写书面分析报告，从而显示出比赛中球员的一举一动，场地表上的记录和图式，以及球队的整体表现。

电脑也使竞技体操发生重大变革。我们知道，竞技体操动作往往是快速的、一瞬间内完成的动作，靠人的肉眼很难分析出运动员的优点和缺点。单纯靠录像来进行研究，误差较大。把电脑和录像结合起来，是一个很好的办法。南朝鲜汉阳大学的南幸雄教授用每秒 64 个镜头的快速照相机把体操运动员的动作连续拍下来，利用数字转换器把运动员身体各部分的位置、速度、加速度等显示出来，再将这些数据输入电脑中，电脑就能够根据这些数据精确地分析动作并为运动员设计新的高难动作。

电脑可以设计出许多在体操训练中用得上的程序。例如，可以为体操运动员制定一个控制体重的饮食计划，也可以设计出一些生物力学的程序去帮助教练员和运动员理解转体和空翻的力学原理。美国电脑专家比尔·桑兹设计的一个程序能科学地安排全年的训练计划。只要体操运动员把一天中训练的时间、比赛的日期和各项目练习时间的分配比输入电脑，它就会告诉你每天各个项目应该练习多少分钟，一年中什么时候开始编排动作，什么时候把动作连起来做，什么时候完成各套动作等等。

电脑还用于花样滑冰、田径、游泳等各种项目。一些用电脑控制的训练机也相继使用，使运动员可以按照一些特别制定的训练方式进行训练而不再是凭感觉盲目地进行。

很多运动员通过电脑提高了成绩，如奥运会铁饼金牌得主艾尔·奥特原以为自己的技术动作相当完美，后通过数字转换器发现自己投掷臂与身体所成的夹角不合适，还发现双脚正是需要蹬紧地面时却跳离了地面。纠正了这两个严重的动作错误后，铁饼投掷距离一下达到 76.00 米，比自己原来的最好成绩提高 2.70 米。另一位奥运会铁饼冠军麦克·威尔金斯在电脑的揭示下调整了转体速度，成绩立即提高，很快就创造了一项世界记录。

可以相信，电脑技术的进一步发展将使运动员和教练更加知己知彼，比赛场上的争夺也将会更加精彩纷呈。

4．执法者之剑

在美国亚特兰大市，一个被称为“亚特兰大野兽”的凶手，频频作案，来去无踪。二十来个孩子惨遭害，家长们惶惶不安。

受命破案的警察总部配有精密度极高的电脑。侦察员们把掌握到的蛛丝马迹一一输入电脑进行分析。

被“亚特兰大野兽”夺去生命的都是七至十三岁的黑人儿童，大部分是

勒死的。警方首先把目光集中在三 K 党周围，因为亚特兰大市曾经是三 K 党横行之地。他们视黑人为仇敌，以杀人为乐事。于是，本市区三 K 党员及同情者、反对黑人者的有关资料输进了电脑，并与各种证据“ 对号入座 ”。但电脑的问答是：“ 否定 ”，并给出“ 可能与警察有关 ！ ”的答案。所有警察的资料立即被输入电脑。答案仍然是“ 否定 ”。侦察工作进入了死胡同。

恰在此时，一名驾驶“ 警车 ”的自由电视摄影师被捕了。他叫韦恩 · 威廉斯，自称为了尽快赶到某地才安装了警车用的闪光灯。虽然他很快被无罪释放，但警察开始注意他了。

电脑里韦恩 · 威廉斯的资料很快增加着：他二十三岁，黑人，自诩“ 天才过人 ”，组织了一个“ 天才童子军 ”，专门从黑人区招募黑人儿童参加，宣称能把他们培养成大明星。

当遇害者增加到二十四人时，法医从死者身上搜集到一些人造纤维，电脑分析表明与去年河里发现被害儿童时，停在桥上的白色广告车里的人造纤维一模一样。有关见证人对当时驾车人形象的描绘输入电脑。不到十分钟，电脑打印出长达四十页的韦恩 · 威廉斯的履历。

警察当即赶到威廉斯家里将他逮捕，从他卧室地毯上取下的人造纤维，同电脑分析的人造纤维相同，成了有力的证据。“ 亚特兰大野兽 ”终于被押上审判台。

这个故事向我们揭示了电脑在破案过程中的重要作用。确实，今天的电脑已成为执法者强有力的工具，各种新软件在侦破过程中的许多环节中出现，如美国新墨西哥州立大学研究生克莱格 · 凯德威就编制了一个称这为“ Face Prints ”的软件。作为侦查新技术它是这样使用的：先向坐在屏幕前的目击者展示 20 幅各不相同的头像，它们是从 43 亿脸型中随机选取的；然后要求目击者将屏幕中的每张脸与记忆中罪犯的脸作比较，具体地指出两者相似的面部物征；再将这些信息反馈到电脑中，复合成另外 20 幅头像，称之为新一代合成像。在合成新面孱的过程中，把那些见证人认为确信无疑的面部特征予以固定。比如，见证人认为屏幕中的头像的嘴巴很像记忆中罪犯的嘴巴，那么新一代合成像嘴巴不再变更。

以这种方式可一代接一代地演变合成新头像。一般地，不出 10 代就可得到比使用其它方法更接近罪犯的头像。

这种软件的优点是：见证人不必费力地回忆罪犯的长相，而只需在电脑屏幕前辩认罪犯的面部特片。因为认出一位熟人的脸比回忆他的脸并描述出来要容易得多。此外，头像储存在电脑中，可以很方便地在各个警察局之间传递。存在若干个目击者的情况下，可很容易地将他们各自提供的信息一一加以综合，得出超级复合像，从而揭示歹徒的真面目。

另一位计算机科学家与概念艺术家合作发明了一种叫做 ImAger 的软件系统，该系统可以人为而准确地使人脸照片“ 变老 ”。从而协助警察找回失踪的儿童。德布拉 · 丹尼斯 · 哈父彭被指控于 1982 年 9 月在亚特兰大绑架了她的只有一岁半的儿子克里斯托弗 · 福尔默。3 年多以后，克里斯托弗在 6 个月时拍的照片被“ 现代化 ”到他 5 岁大的模样，并在寻找遗失的特别电视节目里向全国播放。他的母亲看到后请教律师，最后终于决定将孩子送还给了他的爸爸。另一个西雅图男孩萨姆 · 米勒的照片被 ImAger 软件系统老化后播出，被住在肯塔斯孩子母亲的一位邻居看到，通知了警方，数天之内，这个年前与其母一起失踪，现已 3 岁半的孩子被送还到父亲身边。

此外，计算机快速指纹分析系统等软件也常协助警方辑拿凶手。如印度最近开发的指纹分析和罪犯追踪系统就是目前世界上 5 个最先进的类似系统之一。对现场搜集到的残缺不全或质量很差的指纹，经该系统图像处理后，即可与数据库中的指纹进行对照和鉴别。由于它从指纹图形码、性别、国藉和罪犯惯技等多个参数上进行分析和判别，因而非常准确、可靠。

5．银行最优秀的服务员

也许你早已听说用信用卡付帐这回事，但你知道信用卡是怎样付帐、怎样取现金的吗？首先让我们看看信用卡的外观：一张约半张扑克牌大的塑料卡片，精致的花纹上印有持有者姓名。银行帐户号码、使用期限和注意事项及本人签字等等。最关键的是在背面压有一条一厘米宽的磁带。记有电脑读懂的关于持卡人的重要资料。

持有信用卡的顾客在商店买东西时，只需在帐单上签字，服务人员用压印器把信用卡上的姓名、帐号等压印在账单上，副本交给本人，帐单则寄给信用卡的一个电脑中心，每隔 30 天，该中心将所有帐单汇总列出一张表，寄给该持卡人,由持卡人在 30 天内把私人支票寄给信用卡电脑中心付款手续就到此结束了。这样顾客不必随身携带过多的现金或支票，凭“信用”先享用买到的东西或提供的服务。

若需取用现金，也可利用信用卡在电脑自动出纳机上提款：持卡人先将信用卡插入卡口、从键盘输入个人密码和取款数额，电脑核对确认了顾客要求的合法性后，键盘旁边的一个缝隙就会吐出你所需的钞票，信用卡也从入卡口退出，并附有一张取钱记录的条子，电脑会自动地把提款数从顾客存款中扣除。

要是顾客的提款额超过了实际存款数，电脑自动出纳机会拒绝付款。万一信用卡不慎丢失，别人拾到后冒充取钱，并乱按个人密码，电脑会揭示你密码不对，要求重输。如连按三次都没对，信用卡则被电脑自动出纳机没收，不再归还。

在当今的电脑化银行，各类工作已经高度自动化，顾客可以通过打电话由银行的电脑直接处理自己帐户的许多奖金交易情况，而不必亲自上街去银行办理。比如储户先拨银行指定的电话号码，接通后，可以通过电话号码上的数字查询帐户余额（2 表示），某张支票是否讨讫（3 表示）、本月利息收入（4 表示）、最近三次的存款金额和信用卡提款金额及日期（5 和 6 表示），而电脑模拟的女士声音会回答你所提出的问题。此外，还可以利用电话与电脑化银行联系以支付定期帐目。与银行投资中心的电脑联系实现新的投资决策——将资金从一种公共基金转向另一种。

银行的另一大业务——银行对帐单的处理和编制也完全由电脑进行。如某月的资金利息率上下变动情况是：月初 6.5%；月中 7.0%；月底 6.9%，等等，电脑可以据此结合储户本月的全部交易，即存款、取款、总付支票、投资资金转移、本期利息计算和银行扣减的任何手续费等详细情况进行更新和计算，几秒钟后，高速打印机就会按顾客姓氏排列打出整整齐齐的对帐单来，真是既快又准。

在实现了全国性的银行电脑网络化、社会上所有部门被连成一体时，自动转帐系统将带给人们更大的方便。每月的工资由电脑转入银行的帐户里，

顾客只要在家通过终端机或电话就可以支付房租、水电、牛奶等一切日常的各项开支。

6．电脑模拟神通广大

电脑模拟又称“数学仿真”，它通过模仿事物的构造和变化过程，展现我们所感兴趣的本质内容，从而进行分析研究。

电脑模拟的大致过程是：根据被模拟的对象，建立一个系统模型，进而给出模拟对象的数学模型并据此进行计算，得出模拟结果后进一步验证，最后打印出报告或显示出直观的结果。全过程的关键是如何构造一个正确的模型。

（1）“电子植物”

人们多少耳闻：生物遗传工程是当今极富生命力的科学，应用它的成果，有可能改观我们的生活。

但你是否知道，完成一项农作物这方面的实验要经过好几代的遗传！

时间的耗费可以想象，结果如何却难以预料。

自从电脑模拟出现，这一切发生了巨大变化。

以玉米为例，按传统的田间研究方法，一项基因变化的后果要花 3—5 年去观察发现。原因很简单，玉米一年只生长一次。

电脑模拟应用后，情形就完全不同了：你可以通过电脑屏幕看到一颗玉米种子在萌发，芽破土而出，根向下分叉，叶子从不断升高着的基杆上伸出来，最后，一颗颗饱满的玉米在光秃秃的穗轴上环抱起来。

你只需要花 15 分钟便可以看到玉米芽出土后整个 120 天的生长情况。

电脑是怎样模拟植物生长的呢？

多少年来，人类通过不断探索和总结，不仅知道阳光、水分、肥料是作物生长的三要素，而且得出了一些定量关系，诸如光合作用与日照强度的方程式，养分通过土壤扩散的关系等等。这些代表作物生长的“农业生态系统”的方程式，被编到超级计算机的程序中后，就能制作出一株象前面玉米那样的特殊“电子植物”。

“电子植物”究竟怎样生长，得由当地的具体条件决定。如果将当地的季节性降雨量、温度和日照情况等“初始条件”输入到计算机中，就能算出在这些条件下该“电子植物”的生长情况，并在屏幕上模拟出来。电脑绘制的每一幅彩图，相当于真实作物生长 1 小时，因此，模拟某种真实作物的电子植物的一生，大约由 3000—5000 幅彩图组成。

要是我们想通过基因控制以增加玉米叶子的面积，从而提高玉米的产量，我们肯定想知道由此产生的一连串问题：这样做能增加光合作用吗？会不会由于邻近植株叶子的相互遮盖反而减少了日照？如果是这样的话，要否增大杆株间距？增大间距后对施肥和灌溉有什么影响？是否会反而抵消了大叶子的好处？诸如此类的问题相互关联、错综复杂。但依靠电脑模拟可以很好的解决。“电子植物”也将向我们展示大叶玉米的前途。

（2）科学研究的第三种途径

人们通常把科学研究比喻为理论与试验的对话，然而，如今却插入了第三者——电脑模拟。

随着计算机运算速度的不断提高，电脑模拟已深入到大部分的研究领

域。

从“电子植物”的生长，我们初步了解了电脑模拟的大致过程。现在，让我们再看看作为科学研究的第三种途径，电脑模拟是怎样大显身手的吧。

大概本世纪中叶或更早的时候，天文学家开始了对超新星的研究。有人提出，当大星球用尽自己的燃料，就会因本身的重量而崩溃。以后，又有人进一步阐明：崩溃有时激发爆炸，出现超新星，迸散星球的大部分质量，留下致密的中子星甚至黑洞。

当时的科学家凭着卓越的智慧，运用物理学方法，靠纸和笔表述着他们的见解。但面对星球爆炸前后极短关键时刻发生的事件，纸和笔的表述常常有点含糊不清，到实验室进行试验更是难以想象。

于是，80 年代初，天文学家开始运用电脑模拟来探索星球的死亡过程。这种模拟从一个星球数学模型开始，描述一个用物理学定律构造成的模型星球的质量、化学组成和球体结构；然后就是激发核子反应、对流开始、重力压缩球心、中微子及其他粒子流穿入大气层……当然，即使用计算速度很快的电脑，模拟这 0.001 秒之内发生的情况，也要用上几分钟。然而，这几分钟等待是值得的。电脑模拟最终展现出星球爆炸的全过程，而这扣人心弦的一幕往往是天文学家永远无法进行实验的领域。

在现代化的航天事业中，电脑模拟也屡建奇功。例如，航天飞机上有一只用来取回故障卫星的机械臂，为减轻重量又便于捕捉卫星，这种机械臂设计得很轻又很长，以致于当它制造好后根本无法在地面上进行实验，因为当它伸憎爱分明开时，仅自身的重量就会使它“骨折”，但在太空失重状态下，就不存在这个问题。那么，我们怎样才能知道这种机械臂在太空中能否胜任自己的工作呢？电脑模拟可以帮助我们解决这个难题。只要建立合适的数学模型，放在计算机上运行（实验），就可以使机械臂的运动及回收卫星的整个过程清晰地呈现在眼前，从而预先检验它的可靠性。

可以想象，电脑模拟的费用通常要比实物试验，尤其是样机的破坏性试验所需费用低得多，比如远程战略导弹，其试验费相当惊人，而且它的发射会受到世界各方的注意，特别是全程发射试验，还得向公海发射，这更会涉及政治和外交问题。为此，各国广泛应用电脑模拟来研究导弹的性能及发射，一次充分的电脑模拟试验能获取的导弹信息量要比实弹试验能得到的多 10 倍，费用却大大降低。

在生物学领域，科学家最早将其用于群体动态研究。对于一个捕食者物种群体与一个被食者物种群体互相接触后会产生怎样的波动这样的问题，靠对野兔和山猫进行地野外观察往往要用上好几年，然而，电脑模拟只需几分钟就解决了。类似的方法也用于对流行病的研究，包括在人类群体里传播、引起人们极大恐慌的艾滋病。

美国洛斯阿拉莫斯的国立实验室里创造出了一个数学模式，可以预测艾滋病在美国的传播情况。只要在超级计算机里输入全部已经染有艾滋病患者的有关资料。即年龄、性别、住址、性生活情况以及感染时间等，给计算机指令，按上述资料进行分析比较，就能获得在一段时间里面临受感染的总人数图，也将发现在不久的将来受威胁较大区域的位置。对于艾滋病将在什么范围内被传染，受感染的带菌者对周围人具有多大的危险这类人们普遍关心的问题，通过电脑模拟也能寻找答案。

威胁成千上万人生命的另一个世界性难题——癌症，也是科学家要攻克

的“堡垒”。

加拿大的医学研究人员借助电脑模拟，发现在癌症的某一阶段，癌细胞的变异会同时衍生出多个新的细胞，这种变异常常导致抗药性的产生，使有成效的治疗前功尽弃。因此，必须争取在癌症早期就同时使用数种药物，把由于癌的变异衍生可能产生的新癌细胞消灭在萌芽之中。

科研人员将所有影响癌细胞生长和繁殖的因素，如肿瘤的大小及类型、抗癌药物的疗效和治疗周期，癌细胞的变异和产生抗药性的理论系数（由大量临床数据总结得到）等，统统输入到计算机中。然后，根据科研人员的控制指令，计算机就模拟使用不同抗癌药物治疗癌症的效果，并打印出在癌症的某一阶段，采用不同药物组合，癌细胞变异衍生的各种可能性。根据这些信息，医生就可以在癌症病人出现多细胞变异之前，选用某几种抗癌药物杀死即将产生抗药胜的癌细胞。

利用这种模型，还可以得到不同药物搭配所产生的效果，向医生提供最佳治疗方案。

现在的电脑不仅能模拟细胞的分子结构和蛋白质的组成，还能模拟至今尚未确定的成分。美国有家医院的实验室每天都在模拟肿瘤细胞的组成，然后用各种不同的假设药物乾地模拟治疗，以期有所突破。还有实验室正在模拟干扰素结构，试图造出大量高纯度的干扰素满足临床。

虽然，利用电脑模拟细胞的分子结构或其他成分尚有一定不足之处，但是，这对于科研人员开阔实验思路以及分析和鉴定实验物有相当帮助。

电脑模拟已成为科学研究不可缺少的第三种途径。

（3）现代化教具

1969 年某日，美国“阿波罗”13 号登月飞船启程直奔月球。突然，飞船某部件意外爆炸、操作人灵！在这干钧一发之际，宇航员果断地启用备用部件，熟练地驾着飞船继续舴，最后安全抵达目标。

原来，飞船上各种可能部件的爆炸或失灵都被电脑逼真地一一模拟过，宇航员也反复多次训练了应采取的补救措施。因而能够临危不惧，转危为安。

确实，电脑模拟与其它技术结合产生的仿真器，已成为新型的现代化教具。有了它，飞行员的训练不用飞机也不需加油，学员坐在模拟驾驶舱中，电脑通过光学仪器将不同角度的景像显示在一个大型屏幕上，而且随着模拟飞机高度、角度的变化显示相应的立体景像，使飞行员大有身临其境的感觉。同时，在机械系统配合下，随着学员的操作，产生和真实飞行一样的感觉。这时，学员根据所处情况作出反应进行相应操作，这种操作的后果又通过面前出现的情景、仪表的指示、身体的感受反馈给学员。据此，学员又可进一步操作，不断重复以上过程，直到训练结束。如果教练员看到某一动作出现错误，可立即将飞行停止在这一点进行纠正，然后重飞。假如某学员对着陆还不熟练，可以单练这一动作，而不必象真实飞行训练那样，只有起飞后才能训练着陆。更重要的是避免了因操作失误造成机毁人亡。

仿真器这一现代化教具的出现，使工厂、部队等许多行业的人才培训出现了多快好省的新局面。

（4）带你进入神话般的世界

不会滑雪，却能体验滑雪给人那种心旷神怡又不无刺激的全新感受；足不出户，但却饱览火山爆发的磅薄气势、阴曹地府的阴森恐怖……这些天方夜谭般的神话，在电脑模拟与其它技术的结合中开始变为现实。

1992 年 1 月，东京新宿松下展览馆里展示了综合应用计算机的模拟技术、三维图像技术、传感技术、显示技术等的成果——现代化厨房体验器。它由头盔式显示器和传感手套两部分组成。

头盔里有液晶屏幕和耳机。戴上后，现代化厨房的景像便展现在眼前。和一般看录像所不同之处，在于出现的情景同人的动作直接相关。例如，头依次往上、下、左、右看，便分别看到厨房顶棚、地面、左边、右边的情况。更奇妙的是，在呈现的情景中有一只代表使用者的手出现在空间。当“手”出现在壁柜门前时，如果使用者戴上手套的手作打开柜门的动作，传感手套里的光纤传感器便会将这一动作反馈过去。于是面前的柜门便被打开，里面藏放的东西暴露在我们眼前。如果这只“手”出现在水龙头旁边，使用者作打开开关的动作，便可以屏幕中看到水从水龙头流出。由于看到的景像同人的动作是交互作用的，所以显得特别逼真。

再说建筑公司进行工程投诉，仅靠图纸和说明书很难使人对其方案有感性体会，但制成一种体验器让别人使用时，使用者便像站在传送带上一样，被领进未来的建筑物里进行参观。象门的高度、窗户的朝向、采光的多少、屋内的装饰等，都可感如身受。有不满意的地方，还可提出修改意见。

体验器既可以模拟客观存在的现实，如滑雪、开车、甚至日常生活中无法接触到的宇宙太空、原子世界；也可以模拟完全凭空想象、子虚乌有的事物诸如龙宫、地狱等供人消遣。因而，人们可以从体验器获取有用的技能、扩大感性认识、同时充分享受现代化的娱乐。

除此而外，另一门新兴技术“遥现”将带给你更大的惊奇。

所谓遥现，就是在你想看到的现场安置一台具有视觉和听觉的机器人，将它所看到听到的一切信息变成电信号，利用通信技术传送给远方戴着头盔式显式器的操作者，使其产生亲临现场的逼真感觉。同时，操作者操作的机械手同机器人的机械手保持同步动作，除了两只手作相同的动作，机器人上的手还把操作时所花的力，按一定比例反馈给人所操作的机械手。这样，人在操作时也要用一定的力，更接近于真实。

遥现与电视传送不同的是，操作者并不通过荧光屏中的图象来感受现场的情况，而是让携带着现场信息的电信号直接作用于视觉神经，这样他感受到的画面就是三维的全息画面，因而具有强烈的真实感和现场感。其次，遥现是双向的。一方面，现场的机器人可以把各种感觉信息传送给远方的操纵者；另一方面，操纵者也能够随心自如地操纵远方的机器人，不论举手投足，只要操纵者做出动作或发出指令，机器人就会做出相应的的反应。

遥现，这一以机器人为基础，综合应用计算机，现代化通信等各门学科的新兴技术，将使我的生活更加丰富多彩。

7．计算机辅助教育

12 岁的兵兵是位幻想长大当科学家的孩子。在少年宫的活动日里，兵兵坐在一台微型电脑的终端前，输入自己的名字和年龄后，终端后的屏幕上显示出一艘飞船向一颗行星飞去的画面，同时传出声音：“亲爱的兵兵，你现在是‘胜利者’号飞船船长。派往这颗行星上寻找资源的‘先驱者’号飞船已经遇难。现在命令你赶快去营救”。这时屏幕上出现：兵兵的飞船在“先驱者”号飞船旁“着陆”。“先驱者”号上的科学家已全部丧生，他在实验

舱里 7 块外形差不多的金属块和一本《宇航日志》。接着，屏幕上又显示出一封由“宇航指挥站”发来的电报：“兵兵船长，命令你立即继续‘先驱者’号的研究工作，找到地球上所急需的的一种资源”。“‘胜利者’号明白，我们立即开始工作”。兵兵通过终端上的键盘向“宇航指挥站”发了回电。

兵兵先查阅《宇航日志》，计算机就将其逐页显示在屏幕上。在《宇航日志》的最后一页，有一段异乎寻常的文字：……发现其中有 3 块金属块是由同一物质构成的。它们是我们地球上急需寻找的一种资源……最后几个字已经变得模糊不清了，显然这是一封来不及发出的电报草稿。

兵兵马上着手实验，他先测量了金属块的磁性，在显示屏上出现了一块“磁铁”。兵兵把终端上的游标指向一块金属，“磁铁”立刻吸住了它；兵兵又把游标指向另一块金属，磁铁吸不住它……兵兵逐一测试了每块金属，结果他发现有 3 块金属可以磁化。兵兵立刻告诉计算机，他发现了这种资源，不料计算机对他说：“你虽然懂得同一物质构成的东西应该具有相同的性质，但是，可以磁化的物质并不一定是由同一物质构成的。例如，铁和钴都可以磁化，但它们不是同一种物质。一个真正的科学家，不应该轻易地下结论”。兵兵又继续进行实验。他测量金属块的质量：在屏幕上出现了一架天平，他把游标指向一块金属，这块金属就落到天平的称盘上。天平另一端的称盘旁堆放着许多的码，兵兵每按一下键盘上的“g”键，就有一个 1 克砝码自动跳到称盘上。当天平两边平衡时，屏幕上立即显示出金属块的精确质量。兵兵称出了每块金属的质量，又用一只装水的“量筒”来测出每块金属的体积，并计算出它们的密度。这时，他发现 3 种可以磁化的金属的密度并不相同，因此不可能是由同一种物质构成的，而另外 3 种不可能磁化的金属却具有相同的密度，这表明它们是由同一种物质构成的。兵兵终于象一位真正的科学家那样，通过试验、观察、分析、归纳，最后找到了“先驱者”号上的科学家发现的一种资源。

这是计算机辅助教育的普通一例。今天，计算机在教育中的地位已今非昔比。

作为课堂上的好老师，电脑“先生”承教的课目已经多到 1200 多种，它的教学方法生动、形象。譬如，学习地理时，学生可以“驾驶”一艘远洋轮船，在一望无际的大海上作环球旅行。通过亲身顶狂风、战恶浪的航海经历，深深地记住洋、海、洲、岛以及世界各大名城和要塞的名字。对生物、物理、化学等学科的实验，既不需要使用设备的试管，也不担任何风险。学生只要静坐在电脑屏幕前，按动键盘就能模拟一场真实的实验，一切都看得那么清楚，甚至微观的原子世界……。

作为热心的校外“辅导员”，电脑能根据每个孩子不同的智力和学习水平，出各种有趣的题目给学生练习，甚至能主动带领孩子做一些有趣的电脑游戏，让学生在玩耍中不知不觉地巩固了知识。当学生有了进步时，还会发出鼓励的语言：“回答正确”、发音很好”等等。当学生不专心时，也会及时提醒。

不论是电脑“先生，还是校外“辅导员”都会出题、评卷、打分，随时考核学生的接受情况，如有不足，立即放慢进度进行复习，使学生更牢固地掌握所学内容。

随着个人和家庭电脑的推广，国外出现了一种新颖的电脑大学。

在电脑大学就读，只需一台家用电脑和一个特制的“知识软件”（一种

可以把学生与电脑大学联系在一起的电脑程序，由电脑商店出售）。想入学的学生办理好注册手续并交纳学每门课的学费后，就可以得到以密码形式存入磁盘的教师用户名和自己的专有用户名，因而可以随时听课、提问、交作业。考试成绩合格者，毕业时可以拿到文凭，获得学位。

电脑大学明显优于函授大学，因为学生与都是之间建立起直接的通讯联系。学生不但可以听老师授课，还可以把作业“交”给老师，老师也可以把问题解答、试卷、讲义和新的作业“发”给学生。双方还可以直接“讨论”问题。

由于电脑大学网络全天 24 小时工作，且授课范围很广，从地理、历史、各类基础学科和应用科学技术，直到烹调、酿酒等等，包罗万象，因而深受人们的欢迎。尤其是在职人员，通过电脑大学的学习，可以掌握第二、第三专业的知识，使自己更具备竞争和适应能力。

8．来自电脑世界的警报

1）新型智能犯罪

一则惊人的新闻：美国电脑专家帕克预言——20 世纪 90 年代，将是电脑的犯罪时代！

证据一：70 年代末期，美国纽约市某三流旅馆的一位雇员，从客人扔掉的废纸片上，得知了某家公司在银行计算机控制中心的帐号。于是，他利用这个帐号，通过计算机通知银行，将那家公司的 850 万美元转到法国巴黎某银行的一个私人户头上。几天后，那个公司发现自己丢了大笔的钱，等到追出问题的症结所在，犯罪分子已经从巴黎提走了大部分钱，逃之夭夭了。

证据二：据法国《巴黎人报》报道，某国曾悄悄地把一套窃密程序装进了法国电力公司研究中心的主计算机存储器中，从而将核电站的设计图纸和管理情况等核机密窃取到手。甚至对于这台先进的计算机本身的设计和制造机密、以及与它连接的该公司分布在全国各地的计算机所贮存的信息也都了解得一清二楚。

证据三：某发达国家的一位政治活动家拒绝了罪犯向他勒索的一笔钱，这个罪犯就利用计算机严密而又复杂的逻辑演算，在中间的某一个环节上耍了一个巧妙的花招。最后，计算机得出了一个错误的结论，证明那个政治家曾经给人提供挂名的职务，而且因此收取了大量的贿赂。结果，法院认定这个政治家犯有渎职罪，判处他 10 年有期徒刑。为了洗刷罪名，这个政治家拿出自己的全部家产，雇请电脑专家帮助，花了好几年的功夫，才在计算机的程序中，找出了那个被耍了花招的环节，使冤案得到平反。

证据四：1982 年 1 月，原日本电报电话公司扎幌电信所设施部主任技术员在函馆电报电话局内，从连接扎幌市计算中心和北海道龟田支店的现金自动出纳机的通信线路上，偷录了 21 个人的户头号码信息，并利用其工作部门的计算机破译了这些密码。他根据破译的结果伪造了现金卡，从别人的户头上提取了 112 万日元。

上述一个个触目惊心的案倒在当地曾经轰动一时。

这类犯罪由于通常不直接采用暴力，且以专门知识和先进技术为手段，因而被称之为“智能犯罪”。

据统计，日本从 1971 年到 1985 年，电脑犯罪案件发生过 65 起。近年来，

随着社会信息化的进一步发展，计算机网络不断增加，利用电脑犯罪的案件有增无减，直线上升。

然而，“魔高一尺，道高一丈”，科学技术在给侦破和鉴定犯罪证据提供有效武器的同时，也给计算机犯罪的预防提供帮助。

从前述案例可以看出，计算机犯罪的主要手段是窃取数据、篡改或伪造数据、以及非法占有数据的存取权。因此，要预防或减少计算机犯罪。首先必须对计算机数据进行保护。

这种保护可以从物理方面、线路方面和技术方面着手。对计算机房加固并采取安全保卫措施，就属于物理方面的。譬如，美国航空公司控制萨布尔这家美国最大的预订机票的服务机构的计算机系统被置于地下室中。为防止无关人员进入计算机房重地，常采用靠键盘操作的电子锁、磁性识别卡和全息图识别卡来监控进入计算机房的人。近年还开发了一种利用每个人的手形和指纹特征对进入机房的人进行鉴别的识别系统，这种系统设在入口处，凡经识别与本系统无关的人便会被拒之门外。

对于计算机网络来说，只靠严格管理机房是远远不够的。因为窃密者可以不必进入机房在远距离的地方作案。因此，需对线路加屏蔽和噪声掩蔽等以防止辐射和窃听。这就属于线路方面的措施。

实际上，计算机网络均使用长距离的通信电缆，在中途对它施加严密的窃密防范措施是不可能的。利用卫星通信线路组成网络时，保密更加困难。于是，人们通过对计算机数据进行加密、对密钥进行管理和对存取的数据进行认证这三种方法来挫败罪犯。而这三种方法都归结到密码技术，事实证明，利用密码将电脑信息内容本身保密化，是目前阶段最有效、最根本的措施。

已经有不少厂家生产制造密码的设备。只要把这些设备装到计算机系统内就可以实现通令保密了。也有一些国家使用自身就带有加密电路的系统。

美国贝尔柯公司的两名研究人员研制出一种电子公证系统，这是基于密码技术的一项新发明。用户按原文件作出一个简述文件，用电话线路传到贝尔柯公司。文件的编码使用单向散列法产生，这是一个数字程序，根据文件的字母、数字、图象、符号等的安排产生文件的独特指纹，由一串数字和字母组成，叫做散列值。只要改动原文中的一个字，散列值也随之改变，文件的真伪就能鉴定出来。这种单向特性，使伪造者无法根据散列值重新安排整个文件。因此，贝尔柯公司只确认从线路中传来散列值的抵达日期，这样，可以防止日期上的篡改。公证系统将文件的时间标记和文件的散列值的数据连锁到一起，使今后不能再输入或删除这个文件。

这一新发明非常有价值，因为旧式文件可以通过法庭的专家去鉴别真伪，但电子文件就比较容易篡改，伪造者只要几分钟便可以改变文件中的二进制数字信息而无人知晓。这一数字时间标记软件系统的使用，极有可能使利用计算机进行欺骗和伪造的阴谋成为泡影。

（2）电脑“病毒”

我们知道，计算机操作可以分为四个关键阶段，而“智能犯罪”的罪犯在每个阶段都有伎俩。第一阶段是“数据输入”。许多和计算机相关的罪犯即在操纵数据的输入，他可以引入虚假的记录，去除关键性的输入文件以及更改现有数据，或者两者并用。第二阶段是“程序设计”。这里，计算机提供解决日常问题的细节指示，只要有机会，罪犯就可乘机更改、修订，甚至毁掉整个程序。第三个阶段是为用户了解而输出可以理解的格式。这时，罪

犯可乘机窃取数据并复制。最后一个阶段是“数据传送”。这里易受中途拦截，使罪犯得以接触用户的计算机，从事未经许可的非法处理和复制。

在各种动机的计算机犯罪中，有一类是通过计算机感染“病毒”来达到目的的。

所谓“电脑病毒”，并不是自然存在的东西；它是某种人为编制的计算机程序，一旦引入计算机，就会乱计算机的正常工作状态。这些“病毒”程序，可以由罪犯编写后直接输入计算机储存起来，依靠计算机内的控制时钟，在特定的时间被启动；它也可以利用计算机的运行过程、自动复制，尤如微生物病毒般在计算机内自行繁殖。它还可以自动拷贝到正常的软件或数据磁盘上，被使用者带到别处进一步扩散。在多台联网的计算机中，“病毒”还可以通过连接网络的电话线传播，“污染”到更多的使用终端。

电脑一旦感染“病毒”，轻者会降低电脑的工作效率，重则破坏程序，抹除所有的数据。这对于社会财富和机密高度地集中在计算机信息系统内的发达国家来说，损失是相当可怕的。

几年前，美国某研究机构的计算机就突然显示出大得出奇的计算结果，电脑专家们惊呼，发现“电脑病毒”。但为时已晚，到第二天凌晨 3 时，这种“病毒”波及美国一个连接着 5 万台计算机的研究网络，受它影响的有全美 300 个大学、私人公司研究中心，国家实验室。为防“病毒”入侵和破坏，人们被迫关掉自己的计算机。致使整个网络瘫痪 24 小时，直接经济损失达数百万美元。

然而，这一切不过是一次“恶作剧”造成的：美国康奈尔大学计算机专业毕业生罗伯特·莫里斯编写了一套包括 6 万个二进制数据的程序，并将它通过电话线首先输入国防部计算机网络，接着又神秘了产生出从一台计算机向另一台计算机扩散的复制品，这种“病毒”程序具有极强的传递性，最终侵害了 6000 多台计算机，但莫里斯辩解说，自己是在做一种“实验”，结果由于一个小小的疏忽，这种“病毒”程序自动繁殖，倾刻之间广为传播，这并非自己的本意。

有人估计，在美国， 1988 年以前至少已有 30 万台不同类型的计算机已受到过“病毒”的侵犯。而我国 1989 年底以前的抽样调查表明：30 多万台微机中约有 20%感染“病毒”。

“电脑病毒”毒性不一，名称各异，如“蠕虫病毒”“数据欺骗病毒”、‘特洛伊木马病毒”、“香肠病毒”、“音乐病毒’等等成百上千种，并以每天 2—3 种的速度在不断增加，把西方世界搞得一片惊慌。电脑病毒在我国的传播速度也很快；从 1989 年 4 月至 1990 年 3 月，除了“13 号星期五病毒”外，还发现了“小球病毒”、“大麻病毒”等 7 种。

由于编制“病毒”程序的人动机不同，“电脑病毒”大致分类两类：良性的和恶性的。良性的多是开个小小的玩笑，这时电脑屏幕上只出现短暂的信息，然后很快消失，计算机的功能并未受影响。当然，一场虚惊是不可避免的。而编制“恶性病毒”的人，则大多属于报复性、破坏性的。如得克萨斯州一位程序员被公司解雇，他在离职前将一个自己编写的程序植入公司的计算机内，这个定时“病毒”在两天之后被启动，将公司的 17 万个工资记录数据全部销毁，致使公司拖延了一个多月才发工资。

计算机只能按一定的指令执行。不管是谁，只要掌握了指令密码，就能让计算机为其服务。正是这一致命的弱点，给罪犯提供了可乘之机。据国外

的一项研究表明，从 1991 年第一季度以来，“ 病毒 ”干扰和“ 病毒 ”灾难的次数在逐步上升。前者从 19%上升到 40%；后者从 2%上升 6%。在经受过“ 病毒 ”灾难的组织中，有 85%的组织每次需平均花费约 6258 美元和 5 天左右的时间来消除“ 病毒 ”。

对于电脑已成为整个国家神经系统的信息化社会，“ 病毒 ”往往会造成一个部门、一个地区，甚至整个国家的混乱和瘫痪！因此，面对计算机“ 病毒 ”的严重渗透，各国政府密切关注，有的国家政府已经采取了措施，如瑞典率先在世界上制定了保护计算机数据的法律，日本法务省专门制定了一项法案，以惩办计算机罪犯。美国凡属于防务机密、指挥系统、武器操纵方面的计算机，都已有特殊的预防措施。

那么，怎样才能预防和治疗电脑“ 病毒 ”呢？

俗话说“ 病从口入 ”对电脑“ 病毒 ”也一样，电脑的“ 口 ”就是软磁盘驱动器。如果放入这张大“ 口 ”的软磁盘上不带“ 病毒 ”，电脑就不会染上“ 病毒 ”（对于联网电脑，也会从网络上传入“ 病毒 ”）。因此，防“ 病 ”就应从检查软磁盘入手。从外面购入的带文件的软磁盘，从外面拷贝来的或借出归还的软磁盘，都应进行严格的检查，确认无“ 病毒 ”后才能上微电脑使用。

对于程序结构已被弄清的电脑“ 病毒 ”，人们研制出了抗“ 病毒 ”的“ 电脑疫苗 ”在软件市场上出售，如世界著名的“ 计算机病毒诊、治软件 SCAN／CLEAN？ NETSCAN ”等系列软件包，集“ 病毒 ”诊断和防治为一体，已在全世界范围推广使用。用户打开电脑时，将它输入进去，它就能常驻在电脑内，像人打过防疫针一样，保护电脑内的文件，引导扇区等，有效地防止“ 病毒 ”的侵入。

在给电脑治“ 病 ”时，事先制作各种备份是很重要的，如文件备份、与操作系统有关内容的备份。对感染文件的那种“ 病毒 ”，可以用未被感染的原版同名文件（文件字节数未增加的备份文件）对已感染的文件进行拷贝操作，即可消除“ 病毒 ”。对感染硬盘主引导分区或引导扇区的“ 病毒 ”，可以用未染毒时做过的备份进行覆盖的方法来治“ 病 ”。

9．人脑与电脑

电脑是输入信息、加工信息、储存信息和输出信息的装置。抽象地看，这一点和人脑没有什么两样，但它们各自的内部结构、它们接受、加工、储存和发出信息的方式与机制则是大不相同的。

人脑是经过漫长岁月不断进化而形成的功能相当完善、结构极其复杂的神经网络系统。重约 1350 克，由上百亿个神经元（和数量更多的胶质细胞）构成。这些神经元大部分集中在大脑皮层。一个神经元与另一个神经元彼此紧密相接的部位，称为突触。大脑的突触数目大约 1015 个。也就是说，每一个神经元都能与其它神经元接触并协同工作，从而构成了一个极为复杂的神经网络。

人的所有思维过程，包括对信息的摄取、组合、传递和输出，都是在这个神经网络中进行的。当一组外界信息输入人脑后，几乎所有的神经元都会同时参与处理。这种把一项工作分成许多部分，靠大家分工并同时进行处理来完成的方式，叫并行分散的处理方式，它充分体现了人脑的综合能力。但

现有的计算机采用串行集中的处理方式，即将指令按规定的顺序集中于一个中央处理器内逐个地进行处理。这就是为什么人类识别图像等较之现代化电脑巧妙高明的原因。

在人脑的神经网络中，信息的存储是通过神经元的突融来实现的。人们在回忆往事时，往往可以从部分残留的记忆回忆中恢复出全部信息来。在现有的计算机中，信息存储是按地存储的，一旦存贮器受损，相应的信息就会全部失去。

从工作能力上看，人脑的工作速度较慢，这是因为神经冲动的传递速度是与声音在空气中的传播速度量级相当，而电脉冲在电脑中的传递速度接近光速。因此，电脑以最便利的方式和最快的速度来工作，每秒通常可以执行上万上亿次运动,如美国在 1991 年已研制出运算速度为每秒 320 亿次的计算机，比人脑快几十万倍，只要程序正确，结果就准确无误。电脑解决了数学家们一百我年来悬而未决的著名难题——四色问题而轰动科学界。在证明过程中，需要电脑作出约 200 亿个逻辑判断，而这是人的手工操作难以实现的。但电脑不像人脑的神经元那样高度并行，不能平行地处理几百个信息单位，因而在区别方圆和图表上的一些难题就显得比人笨拙。

人脑接受和处理信息是由电和化学的双重途径进行的。化学途径包括酶的作用，人体内有许多酶，每一种酶的功能是高度专门化的，它们像魔术师一样完成或帮助完成信息的接受和处理过程，同时，影响心理状态的除传感剂外，还有另一类神经物质，这佯，人在行为上，对环境刺激的反应上就会经过某种程度的选择，而现行电脑处理信息是电信号，输入 X 必然导致输出 Y，没有什么选择，但在解决逻辑问题上要比人强，并且能完成比人工操作更精细的作业。

人脑还具有自我调整和组织和功能。人从小到老不断地在实践中改造、完善，人的智能不断提高，也就是说，人脑的功能和人的社会活动有密切联系，人脑是一个受社会作用的、活动的、变化的系统。对于意外的突然变故，人能凭过去积累的经验和知识，迅速作出反应。而电脑则缺乏这种随机应变能力，因为现有的电脑要做哪些工作，都要预先在程序中考虑到，但不可能把全部情况的处理方法都存入其中。

前面介绍了人脑有 100—150 亿神经元，在人的一生中，每小时有 1000 个神经元发生障碍，一年之内就有 8.67×106 个神经元功能失调，如果活 100 岁，就有 10 亿神经元不能工作——但这样庞大的数字仅为人脑神经元总数的十分之一弱，所以人仍能正常思维。可是，通常的电脑就缺少这样的后备力量，它们内部结构相对固定不变，对构件要求苛刻，少几个元件或发生故障，就会影响整个系统的正常运行。

总的说来电脑能计算那些庞杂的用人花上几辈子时间也算不完、搞不清或时间上为不及的问题。除了算得快、记得多、相对于人脑还可以不休息的连续运转，不会疲劳，有的还能像象人那样对各种情况作出判断，决定对策，这就是后面要介绍的人工智能问题。但不论电脑的功能如何高强，它都是由人设计和制造，被人作为工具使用的。这决定了它只能是人脑的延伸。

人脑的特点使人能在刻苦钻研、学习的基础上通过“灵感的触发”去建立新的发现，新的创造，开辟新的领域和探索新的道路，这种特有的高级思维能力不是任何机器所能比拟的。

人脑加上电脑，将会如虎添翼，人类在创造新一代电脑的过程中将会变

得更加聪明，人类的智能将向着更复杂、更高级的方向迈进。

10．未来的电脑

电脑，顾名思义，是在电子器件及其构成的线路中利用电信号进行工作的。使电脑与人脑的功能尽可能接近，是全世界科学家孜孜以求的目标。

从人脑和现有电脑的比较来看，电脑的优势一般在人脑左半球的功能方面，即擅长逻辑思维能力。凡同逻辑思维有关的工作，如按一定规划进行推理、运算、处理数据等，计算机都能比人完成得又快又好。但一涉及形象思维的工作，也就是人脑右半球的功能，现有的计算机便相形见拙。一个几岁的孩子不论从哪个角度，一眼便能认出自己的父母，而这对现有计算机来说则是高不可攀的。正是电脑与人脑现存的许多差距，促使科学家潜心研究功能更趋近于人脑的新型智能计算机。

（l）光计算机

大家知道，现有电脑在识别事物和推理的能力等方面比人脑还差得很远，其中一个重要因素就是电脑的工作速度太低。微电子学的精微测量表明，电子计算机运转时的大部分时间并非花在计算上，而是消耗在电子从一个器件到另一个器件的运动中。因此，目前电子计算机的运算速度和容量的提高都是从缩短主机各部件之间的距离、减少电子运行所消耗的时间着手，但这种方法已经接近极限。

20 世纪 60 年代初期激光技术发明之后，科学家们开始设想利用激光技术来发展一代全新的计算机，即光计算机。

由于计算机的功率取决于其组成部件的运行速度和排列密度，而光似乎在这两方面都很理想。光子是宇宙中速度最快的东西，它们不需要在导线中传播，并且在不满足干涉条件的情况下互不干扰：光束可以相互穿越而不产生影响。这意味着能够在极小的空间开辟很多的信息通道。同时具有真正的巨并行性。也就是说，较之现有的电子计算机，“无导线计算机”内传递信息的平行通道其密度实际上是无限的。一块直径与 5 分硬币相仿的棱镜，它的通过能力超过世界上全部现有电话电缆的许多倍。

从理论上讲，光学计算机的运算速度可高达一万亿次，存储容量可达一百亿次（1018）二进制信息位，这要比目前计算机的速度快上千倍，存储容量大百万倍。

光计算机的工作原理与电子计算机的基本相同，其本质区别在于光学器件替代了电子器件，与电子计算机使用的集成电路相似，光计算机的基本组成部件是集成光路。它靠一小束低功率激光进入由反射镜和透镜组成的阵列中来进行“思维”。通过产生一系列逻辑操作来解决问题。

光计算机克服了电子计算机串行的“瓶颈”效应及互连带宽、时钟歪斜等限制、是实现超高速数据处理的重要途径，并能用全息的或图像的方式存储信息，从而大大增加了容量。

1990 年初，美国电话电报公司贝尔实验室研制出一台由激光器、透镜、反射镜等组成的样机。不过这台样机的运算能力甚至无法同最初用电子管装成的计算机相比。也就是说，样机仅仅是以后高效能光计算机的雏型，真正光脑的诞生，还有许许多多难题要解决。目前，科学家们正致力于光开关器和光逻辑元件的实际制造，并探索其组装方式。但不管怎样，由贝尔实验室

的成功预示着人们幻想已久的用光束进行计算的美梦，最终将成为现实。而这必然导致信息技术中一场真正的革命。

（2）生物计算机

电子计算机最基本的构件是开关元件，正是这千百万只开关组成的电路显示出各种奇妙的功能。电子计算机传送信息的“语言”归根到底只有“0”和“l”两种，恰与开关的“开”和“关”相对应。

70 年代，科学家们发现：脱氧核糖核酸处于不同状态时可代表有信息或无信息，这一“开”、“关”现象激发起了科学家研制生物电子元件的灵感，美国科学家率先在世界上提出了“生物芯片”的概念，从而揭开了研究生物计算机的序幕。

构成生物芯片的原材料，是以生物工程技术生产的蛋白质分子（或其它有机分子）。在这种芯片中，信息以波的方式传播。当波沿着蛋白质分子链传播时，引起链中单键、双键结构顺序的变化。因此，当波传播到分子链的某个部位时，它们就像半导体硅芯片中的载流子地样来传递信息。其它一些有机分子如半醌类等也存在两种电态，即具备“开”“关”功能。

由于有机分子或蛋白质的特殊性，使生物计算机有以下显著优点：

首先，蛋白质等有机分子比硅芯片上的电子元件要小得多，所以其集成密度可以做得很高：一平方毫米的面积可容数亿个电路，比目前的电子计算机提高上百倍。

其次，蛋白质构成的生物芯片有巨大的存储容量，因为一个蛋白质分子就可作为一个存储体，而且蛋白质分子阻抗低，能耗小，它较好地解决了散热问题。此外，蛋白质很容易构成三维立体形的分子排列结构，形成立体生物集成芯片。较之目前电脑的二维平面型集成电路，生物芯片要做成和十亿兆位的生物存储器是颇为容易的事。

再有，生物计算机具有高速处理信息的能力。它的处理速度比当今最新一代计算机的速度还要快百万倍。同时，蛋白质分子能够实现自我组合，再生新的微型电路，表现出很强的“活”性，使得生物计算机具有生物体的一些独特优点，它能自我组织，自我修复，它还能模拟人脑的机制。

科学家认为，生物计算机最有可能实现人类所追求的“智能解放”。虽然它目前仍处于研制阶段，但一获成功，将使现有的计算机大为逊色。

（3）超导计算机

超导计算机就是以超导器件作为元器件的计算机。这类计算机的优点在于速度快，功耗小、体积小。使其具有这些优点的原因，在于使用了超导器件。那么，什么是超导器件呢？

1908 年，最后一个“永久气体”——氦被成功的液化了，从而获得了-269℃的超低温。三年后，荷兰物理学家昂尼斯发现，当温度接近-269℃时，电流可无阻地流过固态汞。这种在一定温度下，电阻完全消失的零电阻现象称为“超导电现象”。具有超导电性质的物质，叫超导体。1962 年英国剑桥研究生约瑟夫逊提出了超导隧道效应，在一种“超导体——绝缘体——超导体”的特殊结构中，给超导薄膜两边加上电压时，电子便好像过隧道一样毫无阻挡地从厚度只有约 10 埃的绝缘介质层穿过，形成很小的电流，而两端没有电压；但当电流超过某一临界电流，或从外部加上小磁场使临界电流变化时，电子对即受绝缘层阻挡而在两端产生电压降，使之从无电压状态变到有电压状态。

这种无电压和有电压状态的高速变化，分别对应于二进制中“0”和“1”的逻辑动作。以此为基础，科学家们终于研制出超导开关器件和超导存储器这两种计算机的最基本器件。

目前，这些超导器件的开关速度可达微微秒级，比高速硅集成电路要快几百倍；但功耗又非常小，仅为硅集成电路的几百分之一。有人预测，超导器件用于计算机，将使过去需要10千瓦功率的大中型计算机，只用一节干电池可工作，因功耗小，发生热量小，故集成度可望做得很高，目前已实现了大规模集成化。同时，其器件结构基本上可用现行大规模集成电路工艺制造。

虽然超导器件在上述各个方面显示出无可批拟的优越，但离研制成超导计算机还有相当历程。同时，利用深冷超导技术实现的约瑟夫逊效应器件需冷却到-270℃左右，这不能不说是一个很大的障碍。如果超导现象有在常温下实现，那么其实用价值就大得多了。

可喜的是,美国的材料工程师与瓦尔迪克于1980年偶然发现了室温超导性：他用四探针测试溴化钛晶体的电阻，在两个方向上电阻是正常的，但使他惊奇的是，在第三个方面上电阻却为零。他测量了十几块晶体，都得出零电阻结果。

室温超导性若能实现，超导计算机将前途无量。

（4）神经网络计算机系统

在人脑与电脑一节，我们比较了人脑对于传统计算机的优势，归纳起来现有的计算机有三个根本的弱点：一是传统计算机的运行必须按事先设计好的一整套精确的串行算法来进行，但对很多实际问题很难找到（甚至不存在）类似的串行算法，例如对于连续语音的辨识等；二是传统计算机的串行结构在根本上限制了其运算速度，从而对许多数据量很大的实际问题做不到实时处理；三是传统计算机容错性较差，往往很小的局部损坏或考虑不周便会影响整个系统的工作性能。尽管近几年来并行处理系统有很大发展，但是并不能从根本上解决问题。

正是为了克服上述弱点，在模拟人脑神经组织结构的基础上，发展起来一种全新的计算系统——神经网络计算系统。

什么是神网络计算系统呢？

简单说就是模仿人脑信息处理方法制成的计算系统。它不需要事先设计出解决问题的算法，而是根据所给定一连串例子和一些的信息进行训练，并且通过不断的学习和不断的纠错在网络内部建立起解决这类问题的一般方法，进而解决这类问题。由于它的结构特征，使所有（或在同一层的）处理单位都能够同时进行信息传输和处理；同时，局部单元的损坏对网络的总体性能影响很小。

现在让我们看看，这种奇妙的人工神经网络电脑是怎样构成的。

由于人脑神经网络极为复杂，因此，科学家对其模型作了简化处理，取其结构和功能的一部分，用具有非线性特征的小型集成芯片来模拟人脑神经元的功能。同时，采用由非线性材料制成的调制元件作为连接件，来模拟各神经元的连接，然后，再将它们大规模集成，制成人工神经网络芯片。将若干块这样的芯片组合起来，就具有了部分神经网络的功能，进而就可构成神经网络计算机。

目前，神经元网络计算机的开发与研究还仅仅是一个开始。要研制出真正意义上的神经网络计算机还有许多理论和技术问题亟需解决，其中最主要

的是神经网络芯片的集成度问题。虽然可以用离子束，激光或软 X 射线来进行芯片的刻蚀，但其密度和线宽总有一个限度。而且，当线宽进入纳米（10—9 米）量级时，芯片中的线路会产生严重的电子串扰。同时，芯片的电耗及随之而来的元件发热问题也是近期内难以解决的一大障碍。

现在，人们主要是将人工神经网络芯片与现有的通用计算机相结合，再让它们经过一定数量的样本学习，使其具有处理特定问题的能力。现在已有这样的范例，只要给它们“学习”一小段巴赫的曲谱，它就能很快“创作”出与巴赫风格类似的作品，且有自己独特的“即兴发挥”。

英国研制出的神经网络芯片已成功的用于对摄像机取模糊景象的识别。它对单个脸面的识别仅需 40 秒钟。

美国试制的一种可以朗读英语课文的神经网络芯片，装在普通计算机上，只要对它训练 12 小时，其发音准确率就达 95%以上，即使不加训练，其准确率也可达 80%左右。而以往的计算机则需要编制一个很长的计算机程序来描述拼写与发音的关系。因为英语的发音不规则，所以编写这样一个程序就成为一件很费劲的工作。

除此而外，人工神经网络的研究成果还在许多部门获得了应用，如快速手写邮政编码的识别、股市涨落趋势预测和市场评估、系统控制及检测和监测的智能化等等。

（5）模糊计算机

我们知道，人世间有许多没有确切界限的事物及其表达形式，如高矮、胖瘦、美块、明暗、冷暖等这类自然和社会现象，虽然是两个完全相反的方面，但在它们中间没有径渭分明的界限。对此人们统称为模糊概念。而模糊数学即是用数学方法来表达、研究、处理模糊信息的数学分支。

很显然，通常电子计算机所采用的“ l ”（是）或“ 2 ”（非）这种两值逻辑，虽然具有精确和硬件容易实现的巨大优点，但很难处理上述的模糊信息。除非在 1 与 0 之间增设小数，即采用连续值逻辑。

人脑之所以灵活,很重要的一点就在于它对模糊信息的处理比计算机‘敏捷”得多。在计算机发展如此之快的今天，要使其更进一步的接近人脑功能，将不得不考虑突破传统的两值逻辑或使其向模糊概念延伸及扩充。其实，人类在最初研制计算机时就打算应用十进们数制的，但苦于难以制出稳定产生十个状态的器件而作罢。随着对能处理模糊信息计算机的研究，科学家们开始重新探索能实现多个稳定状态的器件。

正在研究的光学计算机，其硬件采用的某些晶体随入射光强的连续增大而产生透射光强连续提高的状态，这些透射光强的不同状态可用以表示多值逻辑系统，而这种多值逻辑系统则是用于处理模糊信息的计算机逻辑系统的基础。当然，光学计算机现在主要致力于实现两值逻辑制的光学器件的实际制造，而实际制造多值逻辑制的光学器件还要困难得多。

据悉，日本熊木大学工程部山川烈教授以不规则，非逻辑为函数，设计、试制出模糊集成电路。比集成电路具有设计合理，抗干扰能力强，运算精度高等优点。

三、前景诱人的人工智能

电子计算机以它神速的运算、敏捷的反应和严密的逻辑帮助人们将人造卫星送上天，将宇宙飞船送上月球，向人们显示了它的高超本领，被人们誉为电脑。我们知道，人类是靠大脑进行思维的，那么，电脑能思维吗？如果电子计算机能向人脑一样进行思维，那么，它才可以被名副其实地称之为电脑。

电脑能否具有与人脑相仿的智能？电脑能否做得和人脑一样，或者超过人脑？这种种问题已引起科学界和哲学界的激烈争论和研究，形成了与宇宙开发和生命的人工合成齐名的当代最引人注目的三大科技活动之一——人工智能。

人工智能这个术语大约是六十年代末期产生的。它当时的全意是研究和寻求实现智力活动的途径。后来人们逐渐地赋予人工智能两种不同的涵义：一种将人工智能理解为具有能够模拟人类智慧功能的机器（主要是计算机）的特性，如使机器具有下棋、识字、认图、说话、解答数学和日常生活问题的能力，以及机器代替人们执行各种任务的本领。另一种是将人工智能理解为利用计算机来模拟人类智力活动的科技领域，研究如何使计算器（或机器人）具有人的某些智能活动。

什么是智能？简单地说，会思维就有智能。人会思维，是智能动物，是地球上最高级的动物。我们可以将人工智能看成是计算技术与人类的思维活动紧密联系的一门学科。人工智能的基本目标是使计算机具有自我创造能力和自己寻求解决问题的方法和途径的能力，也就是要赋予计算机以人的智能（或人的部分智能）。这一目标展示了人工智能的十分诱人的前景，一旦这一目标得以实现，人类智力的开发将产生一个大的飞跃，人类文明的历史将迈入一个新的时代。

人类思维的过程是一个知识处理的过程，利用已有的知识推出未知或新知，从而表现人类的智能。因此，知识的获取、知识的地理、知识的表示等问题在人工智能领域中占有十分重要的地位。

人工智能的研究分类四个方面：

1）模拟创造性的程序。其目的是能够在计算机内复现人类思维。

2）研制新型的智能计算机。它主要由三部分组成，即知识库、问题求解和推理系统以及智能人机接口。智能接口包括图像、文字、语音的识别和处理，文字、语言的翻译等智能技术和接口。

3）智能系统。该系统是根据搜寻方案的新程序固定化原理建立的，而搜寻方案则是事先储入计算机内的，在某个所要研究的具体领域里通过专业水平很高的专家们的大量知识的基础上实现。智能系统可分为三种类型：智能信息检索系统、计算逻辑系统和鉴定系统。

4）研究使用知识库、传感器和超高速微处理系统控制的智能机器人。这种智能机器人可在任何时间、任何目标和任何地点实施人们不能到达或危险的复杂任务（如在海底或在有害气体过多的空间和房间内作业等等）。

近年来，人工智能的研究和开发非常活跃。日本从 1982 年开始实行第五代计算机计划，研究面向人工智能应用的计算机系统，已研制出顺序推理机 PSI，并行推理机 MultiPSI、知识库机 Mu—X、知识库管理软件 Kappa—等。美国执行 DARPA 计划，研究超级计算机和人工智能系统英国阿尔维计划、欧

洲共同体的 ESPRIT 计划，研究微电子技术、高级信息处理技术、办公自动化和计算机综合制造。我国首台智能计算机系统 EST／IS4260 智能工作站于 1990 年 7 月 17 日通过鉴定。智能机器人的出现，标志着人类在迈向人工智能宏伟而新奇的目标已跨出了可喜的一大步，其前程会更加远大。

1．人脑与电脑之战

长期以来，国际象棋被人们视为一种卓越的智能比赛，在国际上广为流传，各国都拥有不少专业棋手和业余爱好者。

1991 年 10 月 29 日，在菲律宾马尼拉饭店进行了一场扣人心弦、紧张激烈的国际象棋比赛。我国年轻选手谢军，经过 15 局激战，终于战胜了前世界冠军齐布尔达尼泽，登上了“棋后”的宝座，从而打破了前苏联棋手垄断国际象棋女子世界冠军达 41 年之久的历史。谢军在这场“世纪之战”中获胜了，但她能战胜当今新一代的弈棋机吗？当今国际象棋第一高手——国际特级大师、男子世界冠军卡斯帕罗夫将迎战最新一代奕棋机——D·T 专用奕棋机，这场人脑与电脑之“大决战”已引起了人们的极大关注。

机器“棋手”都是些大型或巨型计算机，都按国际象棋规则参赛，近年来“智力”猛增，在国际象棋棋坛大出风头，并频频向国际大师、国际特级大师们发起挑战。

D·T 机是美国国际商用机器公司（IBM）人工智能专家们研制的一个智能电脑。D·T 机的硬件采用的是美国国防高级研究计划局提供的超大规模集成电路，用这种芯片制造的棋着生成器每秒能产生 200 万棋着。基础型 D·I 机由 250 块芯片组成，其中包括两个处理器，每个处理器每秒能搜索 50 万棋局。软件保证了应着能最大限度地和特级大师们的着法相吻合。内存 900 局特级大师的棋谱。D·T 机具有很强的数据处理能力与棋局分析能力，赢得了全美计算机象棋冠军的称号，还战胜了不少国际象棋名将，成了当今国际象棋棋坛的风云“人物”。一时间，“电脑胜于人脑”的风波四起。

1990 年 2 月，前世界冠军卡尔波夫迎战 D·l 机，比赛紧张激烈，前 50 着内卡尔波夫一度落后，穷于应付，最后，卡尔波夫巧妙地利用了电脑的局限性，以一套不按常规的“模糊战术”制服了 D·T 机。但是，到 D·T 机认输时，D·T 机的比赛时间还有 20 分钟，而卡尔波夫的时间已不到 1 分钟了。

美国棋联推算出 D·T 机的国际象棋等级分为 2552 分，具有特级大师下半段的实力，而卡斯帕罗夫的等级分为 2780 分，谢军的等级分为 2480 分。卡斯帕罗夫将迎战的是改进型的 D·T 机，其数据处理能力比原来的要高 1000 倍，还带有对付各种“模糊战术”的新程序，这样 D·T 机的等级分可达到 3400 分，这对世界冠军当然是一个强大威胁，但这场人脑与电脑的“大决战”究竟鹿死谁手，还是让我们拭目以待吧！

奕棋机能达到今天可与国际特级大师较量的“智力”，足以证明思维是能够模拟的。象棋程序设计的实际意义在于它证实了计算机的分析能力，正是计算机的这种分析能力和一些相关技术的日益完善，促进了先进的网络设计、化学模型乃至语言分析的发展。

人工智能最早研究的就是博弈和数学定理的证明。利用计算机乾地数学定理证明，这在国际数学界也引起了极大的轰动。同博弈一样，数学定理证明也是一个逻辑推理过程，因此，人们是能够赋予计算机逻辑推理功能的。

2．知识工程的杰作——专家系统

电脑既可以成为国际象棋大师和数学家，也可以成为教授、医学家、地质专家等等。使计算机具有专家的作用，这就是人工智能研究的另一个领域——专家系统。专家系统就是利用专家的知识来解决实际问题的计算机系统，是一个典型的知识处理系统，是当今知识工程的一大杰作。

专家系统必须知识渊博，并且不断更新。它可以集各位人类专家之所长，模拟人类专家的决定过程，来解决那些不是一般人而是专家才能解决的复杂问题。这样可以使专家的专长不受时空的限制，被普通工作者所作用，发挥专家更大的作用。

目前世界上已研制出很多专家系统。例如，美国匹兹堡大学研制成功一个医术十分高明的医疗专家系统，能够进行具有专家水平的内科诊断，能诊断 3500 种病证，治疗 500 种疾病，堪称“神医”，而且这种“神医”是可以进行大量复制的。随着个人电脑涌入家庭，会有各种类型的“专家”、“学者”走进人们的生活。

专家系统是怎样实现像人类专家那样解决具体问题的呢？为了做到这一点，必须将人类专家的知识预先告诉计算机，而且要赋予计算机有应用这些知识的能力。

专家系统通常由知识库、推理机和人机接口三大部分组成。

知识库用来存储和管理知识。建立知识库首要的问题是知识如何表达，也就是如何把知识存入计算机，然后是知识的检索和更新以及计算机自觉学习的问题。未来的专家系统除了需要人给它灌输知识外，它自己也能在解决实际问题的过程中学到新的知识，而且把这些新的知识存入自己的知识库，使自己的知识能不断更新、不断积累。知识表达，首先需要专家把自己的知识（包括专业知识、工作经验和解决实际问题的能力）整理出来，然后采用某种合适的程序语言和方式把这些知识表示出来，以便存入知识库，使计算机能够进行检索、增删和推理。

推理机是根据放在知识库中的知识对待定问题进行推理以求得到解答。推理方式有正向推理、反向推理和正反向混合推理。正向推理是从原始数据出发，利用有关知识推出结论。反向推理是先假设，然后去找支持该假设的证据。如果该假设的证据都能从原始数据中找到，断定假设成立，否则认为假设不成立；这时需要重新作出假设，再重复上述过程，看能否把证据找全；如果任何可能的假设都试过了，而证据不能找全，那么推理失败。正反向混合推理是先根据原始数据通过正向推理，帮助提出假设；再用反向推理，进一步寻找支持假设的证据。反复这种达程，直到推出结论。

人机接口是计算机的输入输出系统，是专家、系统管理员＄用户同计算机打交道的接口，计算机通过此接口从外界获取知识，程序管理员通过此接口管理和运用专家系统。采用智能人机接口，可在计算机与用户之间无“中间人”的情况下，通过自然语言（口头谈话方式或文字书写方式）使用专家系统”

专家系统的一个重要特点是知识库与推理机互相分离。这样当知识库需要删改陈旧或错误的知识、丰富和增加新的知识时，不会因为知识库的变化而改变推理机。这样就可以使专家系统的知识水平不断提高。

专家系统已在许多领域获得应用。如医疗诊断、信息咨询、情报检索、设备维修、矿山开采、超大规模集成电路的设计等等。专家系统在柔性自动化生产系统中非常有用，设计师有了它，可以不必求助工艺师而自行选择某个零件的制造工艺，这将大大提高自动化生产效率。

3．设计领域的一大革命——CAD 技术

CAD 作为计算机辅助设计（Computer Aided Design）的英文缩写，对设计领域的工作人员来说，已是非常熟悉的了。CAD 技术把计算机的快速运算、优良的数据处理能力与人的创造性思维结合起来，达到缩短设计周期，提高设计质量的目的。CAD 系统是软件和硬件的人机共存系统。CAD 技术主要研究如何利用计算机辅助设计人员进行工程设计和产品设计。自 60 年代以来，CAD 技术已广泛应用于各个设计领域。例如机械工程方面的飞机、轮船、汽车的设计，电子工程方面的大规模集成电路的设计、多层印刷电路板的自动布线，以及公路、桥梁的建筑设计和服装设计等方面。多年的应用结果表明，CAD 技术彻底打破了传统的设计方法，是设计领域的一大革命。

CAD 技术除了设计质量高、设计速度快以外，还具有减少设计工作量、节省研制费用、设计方案易修改、设计自动化程度高、能完成传统设计难以完成和无法完成的任务等等优越性。从 CAD 技术在大规模集成电路设计中的应用可以清楚看到这些优越性。

在过去，传统的电路分析和设计方法主要是靠人工计算和实验分析，先初步设计出一个方案，对它进行计算和分析，如果测出指标不满足设计要求，就要修改元件参数甚至电路结构，然后再重复进行分析、修正，直到满意为止。这种人工计算和实验模拟的方法设计电路往往要花很多时间，一个不太复杂的电路一般要用上几个月的时间才能找出一个最佳方案。而且用这种传统方法，不可能进行极端条件下（短路、开路）的测试，因为在极端条件下往往会使被测电路遭受损坏。

大规模集成电路是一个十分复杂的电路系统，单片集成度可达 10 万个门电路以上。对于专用集成电路，批量少、品种多，要求设计周期和生产周期尽量短。用传统的方法设计大规模集成电路是根本不可能的，必须依靠 CAD 技术。

目前 CAD 技术已应用于集成电路设计的各个环节，包括逻辑设计、逻辑模拟、自动布局布线、测试方法设计以及电路的故障诊断等。其中，逻辑设计是将所希望的逻辑功能由计算机所能理解的专用语言进行描述并输入计算机中，然后由计算机进行自动逻辑综合，设计出能够完成所希望逻辑功能的最佳逻辑电路。与此同时，由于大规模集成电路的设计过程中，难免不发生设计错误，因此，设计出的电路还必须用计算机进行动态检查，称为逻辑模拟。此时，计算机已成为设计者的“自动检查台”。通过逻辑模拟，检查电路的逻辑功能是否正确，安装后的延迟时间是否符合要求等。经检查合格后，再由计算机进行自动布局布线设计，最后才能在实际的集成电路芯片上实现。整个设计过程都是由计算机完成的。

另一个例子是 CAD 在汽车制造中的应用。利用传统的方法设计汽车外壳时，设计人员先画出图纸，然后由制模工用木材或塑料按图纸做出汽车模型，这个模型经设计人员核实后，用靠模的方法作出模具，加工汽车外壳。在此

过程中，汽车外壳的各种性能都由人工计算分析，汽车外壳的美观性只有到模型出来后才能表现出来。制作模型费时又费力，产品更新时，以前的图纸模型都没用处了。

采用 CAD 技术后，设计人员可以用 CAD 系统提供的绘图功能，交互地设计汽车外壳，可以随时进行修改，还可以即时地显示具有光照效果的、真实感非常强的汽车外壳立体图。汽车外壳的性能分析和优化可以由计算机自动地进行。设计成功后，计算机可以很快绘出图纸、打印出分析资料。当需要制造模具时，通过与 CAD 系统装配在一起的计算机辅助制造系统可直接加工出汽车外壳模具，不用再做汽车模型了。

对于产品更新换代频繁的领域，如服装、家电等，利用 CAD 技术更能缩短研究和设计周期，提高产品的竞争力。

近年来，CAD 技术正朝着集成化、智能化和标准化方面发展。集成化就是实现以工程数据为核心的计算机辅助设计、辅助制造和辅助管理一体化。智能化是在 CAD 系统中加入智能专家系统，提高设计自动化的程度。标准化是为便于软件移植，便于不同 CAD 系统间的相互通信，便于应用软件的开发和维护。标准化是 CAD 系统发展的必然趋势。随着 CAD 技术的不断发展，CAD 技术将在各设计领域得到更广泛的应用。

4．大有希望的自动翻译

1957 年 10 月 4 日，前苏联成功地发射了用于观测空间和地球环境的第一颗人造卫星——卫星一号。这一重大事件对美国人震动很大。为了赶超前苏联及抢先将人送上月球，他们动用了很大的力量来剖析和研究前苏联的先进科学技术，除了加强学习掌握俄语外，还着手开发运用计算机将俄文译成英文、法文等。从此，人们开始了自动翻译的研究和实践。几十年过去了，自动翻译经过长期曲折的发展，如今已开始走向成熟、并在现代科学技术领域中茁壮地成长。

在现代科技调整发展的今天，面对浩如烟海的科技资料，仅仅靠人工翻译是远远不能满足需要的。为了克服人类语言的障碍，促进各国科学技术情报交流和文化交流，人们对自动翻译寄予厚望，许多国家对自动翻译的研究更加重视。

计算机翻译是建立在模拟人脑翻译过程的基础上的，通过计算机程序，自动地把一种语言文字翻译成另一种或几种语言文字。计算机的翻译过程是，首先将待翻译的文献原文送入机，计算机根据人们提供给它的字典信息和语法规则、对输入的原文进行分析、综合和词序的调整，最后转换成译文输出。

计算机翻译的发展过程经历了三代。

第一代计算机翻译的基本准则是用查表的方式，进行词对词和短语对短语的翻译，基本上不进行语法分析，这是一种最初级的计算机翻译。由于这种翻译系统可以将一个单词译成相应外文单词，就像查字典一样（但比手工查字典恰恰得多），因而，有人称之为“电子词典”，又称为“半自动化机器翻译”或“机助翻译”。用计算机来存储词典的内容及快速输出信息，以帮助人工翻译，这确是一件有利可图的好事。“电子词典”也是一种学习外语的有用工具。

第二代计算机翻译除具有第一代翻译的功能外，还具有语法分析能力，从原文输入到译文输出，完全可由计算机自动实现，为求译文的准确和通顺，译前、译中和译后进行少量人工加工，这种翻译系统基本属于自动翻译系统，对那些语法结构简明、严谨和词义比较固定的科技文章能够高质量地译出，而对于修辞色彩浓厚、感情丰富和语言结构复杂多变的文学作品，这类翻译系统仍然是无能为力的。

我们知道，语言中大多数词汇具有多重含义，选择适当的词义只能在翻译过程中根据上下文来决定。因此，要想达到高质量、高水平的自动翻译，计算机还必须具有语义分析能力，这是一种高级思维的模拟，只有借助于人工智能来进行翻译的系统，称为第三代计算机翻译，尽管第三代翻译系统目前还仅限于实验室阶段，但它已为计算机翻译走向高级阶段开辟了新的途径。

目前，国外已研制出多种语言之间的自动翻译系统。如美国的怀特纳公司已研制出 9 种语言的自动翻译系统，并且，会说 5 种语言的袖珍翻译器已经问世，这种口语自动翻译机由语音识别、语音合成装置和计算机组成。

自动翻译正向着智能化、小型化、高功能、高存储量以及低价格方向发展，制成能翻译多种语言的便携式翻译机，以便用于国际电话、国际会议、技术交流和参观旅游。随着电子技术和信息处理技术的迅猛发展，可以相信名副其实的自动翻译最终必将成为现实。也许，当第五代智能计算机问世时，计算机可望成为人们可以信赖的“翻译专家”。

5．能听会说的“服务员”

你若打电话到英国铁路向询处查询末班车离开的时间，当你的语音刚落，耳机里马上就会传来满意的回答，令人惊讶的是似乎服务小组对班车时刻相当清楚，根本不用查时刻表。其实回答你的不是服务员小姐，而是科学家们最近研制出的一种新颖的自动化问询机。这台能听会说的问询机是具有微电脑的语音识别和语音合成的装置。

自计算机问世以来，计算机技术的迅速发展对现代科技和人类生产产生了深远影响，大大加快了各领域的自动化进程。然而，由于计算机的操作人员必须具备软件、硬件的基本知识，并应该受过键盘输入操作训练才能顺利工作。因此，一般人对电脑有一种深奥莫测的感觉，这种不良的人机接口阻碍了计算机的进一步普及。近年来，作为人工智能的一个人们可以用人类最熟悉、最方便和使用最广泛的自然语言同计算机交流信息。用语音作为输入和输出信息的方式，这将大大地改善人与计算机接口的关系，进一步增强计算机接受和处理信息的能力，能听会说的电脑在工业控制、企业管理、军事指挥等许多领域能发挥出不可估量的巨大作用。

（1）语音识别技术

语音识别的工作原理是：语音信号经过话筒传送到一个模拟／数字转换器中，将音频信号转换成数字信号，然后将数字信号进行一系列加工并与预先放在存储器中的语音信号模式进行比较，从而达到识别输入语音的目的。

语音大体上含有两种信息；即具有一定含义的信息和体现发音者个人特征的信息。对前者的识别处理称为“狭义语音识别”，而对后者的识别处理称为“发音者辨认”。

不同的发音者在发同一语音时，可以产生有明显差别的声波图，声波里的周期以及频率能量分布方面都不相同，这种差别便体现了个人的特征。目前用电子设备辨认发音者的简便方法是：检出语音基频随时间变化的图形作为辨认的依据。这种“发音者辨认”的应用前景是相当广泛的，比如用存储某人的语音代替签字（称之为“声纹”），进而利用电话等实现远距离的身份确认将成为可能。

在“狭义的语音识别”中，有单字或词识别和音素识别两种识别方式。单字或词识别是在识别装置中存放以单字或词为单位的数字模式，通过直接比较选出与输出语音最接近的模式。

音素识别是在识别装置中存放以构成单词的音素为单位的数字模式，识别系统将语声信号分解为各音素，然后接音素模式进行变换，再进行单词的识别。大多数语音识别都是依靠语音之间的停顿来判断字或词的边界，单词之间的连续将给识别带来一定的困难，这方面语音结构简单（发音以字的单位，每个字都是单音节）的汉语很有优势，可望在语音识别技术取得突破性的进展。我国已研究成功语音式汉字输人系统，为在自动化系统和智能装置中的计算机创造了良好的工作条件。

识别系统所能接受的词汇量决定于系统的存储容量。增加词汇量，系统的存储内容将大幅度的扩充，分析处理时间也要大在延长。增加词汇量有助于提高识别正确率。一般来说，识别正确率越高，构造一个系统的代价也越大，片面追求很高的正确识别率也不是很合适的。

为使识别系统不限于特定的说话人，预先将识别系统接收不同的人发出的同一语音，然后记下具有其平均特征的数字模式，这样在更换说话人的情况下也能进行正确的识别。

在较高级的识别系统中，高水平的分析器还要考虑到相继语音之间的关系，如语音的语法、词法，具有一定的“联想”功能，即根据上下文选择合适的单词，以及克服语音识别环境中的噪声影响等，从而缩短识别分析过程和提高识别正确率。

语音识别技术已在声音打字机、口语自动翻译的智能信息检索等等方面得到应用。用语音对设备、机械等发出命令和信息，已不再是人们昔日的梦想了。

（2）语音合成技术

让机器能模拟人讲话比让机器听懂人说的话要容易得多。目前，机器讲话的本领，已经比它“听”和“理解”的本领领先了一步。

这里所说的能讲话的机器，并不是指像录音机那类机器，而是具有微电脑的语音合成装置。

我们知道，人类发音有清音和浊音，用电子技术中的宽带白噪声信号源和脉冲信号源可分别模拟清音和浊音，用数字滤波器来模拟声道的作用。白噪声信号源、脉冲信号源发出的电信号，经数字滤波器、数模转换器把数字信号变换成模拟信号，然后再经低频放大，就能推动扬声器出发音来。这就是用电子技术模拟人类发音的语音合成技术。

合语音合成装置模拟人类语言有两种方法。

第一种方法叫做“波形译码法”，是一种模仿人讲话声效果最好的方法。它是先分析讲话者的真实语言，把有关的参数测定出来并存储到微电脑中，然后按这些参数控制脉冲信号源、白噪声信号源和数字滤波器，这样合成出

来的声音可以达到以假乱真的地步。

第二种方法叫做“音素合成法”。人类语言可由30—50个音素合成，具体数目与语种有关。

先把基本音素存储起来，按顺序排列，再配以音调发生器和滤波器，然后利用微电脑进行控制，合成出所需要的语音。这样，只要存储有限个音素，就能产生无限的语音。这样，只要存储有限个音素，就能产生无限的语音。这种方法比第一方法简单多了。但这种方法合成的语言是“机器味”十足的，为了使合成语言更接近人类语言，让音素通过人的声道的数字模型——一根能改变横截面积的管道，这样，就能合成出更维妙维肖的人类语言来。

由此可见，语音合成技术离不开大规模集成电路的存储器和微电脑。语音技术是把语言参数以数字形式存储的，与录音机、唱片等模拟存储方式相比具有以下优点：第一，由于采用数字存储方式，因而可以迅速地、准确地再现声音。第二，由于采用大规模语音集成电路，克服了传统的录放音装置所需的繁琐复杂的机械装置，因而在缩小体积、减轻重量及加强可靠性上均有大幅度的提高。

目前，语音合成技术已以航空上获得了广泛的应用。随着飞机性能不断提高，飞机仪表日趋复杂，造成驾驶员很大的负担。为了减轻驾驶员的负担，提高驾驶员处理紧急事态的能力，在最新型的喷气客机的驾驶室里，都安装声音报警装置，即通过一套声音合成装置，把“失速”、“机械系统故障”等警报用声音直接通知飞机驾驶员。语音合成技术的应用已扩展到各个领域，涌现出了很多会说话的生产、生活用品，大大地方便了使用者。会说话的手表除了报时外，还能用正确而清晰的声音，提醒人们有关时间和约会的事项。会说话的汽车能向司机和乘客发出各种提示和警告，并向司机报告汽车各种数据和运转情况。会说话的打字机能将打满的一页文稿朗读一遍，以便让打字员校对所打的内容有无错误。

会说话的词典、会说话的家用电器、会说话的自动售货机等等，这一切都无不令人耳目一新。

最近，日本京都ATR电话翻译实验室研制出一部电话翻译机，用户在打国际长途电话时，它可以把发话人的语言翻译成受话人所能听懂的另一种语音。这是当今的语音识别技术、语音合成技术与自动翻译技术的完美结合。

随着大规模语言集成电路的容量提高、价格降低，语音处理技术将会在更广泛的领域里获得应用。到那时，各行各业都会有话语优美动听的“服务员”为你效劳。

6．图象识别

我们知道，人类是通过感觉器官从外界获得信息的。比如耳的听觉、鼻的嗅觉、眼的视觉等等。大量的统计表明，人类凭眼睛获得的图像信息占人类感觉器官获得信息总量的90%以上。人眼和大脑的结合对视觉图像信息具有很高的鉴别能力。婴儿稍稍长大一点后，他或她一眼就能认出自己的母亲，并迅速作出反应，尽管母亲的服饰、容貌、面部表情以及背景、光线明晃程度常常都在变化。这的确是一个十分快速而复杂的图像信息的接收、识别过程。现在，计算机也可以具有一定的图像识别能力。

图像识别也称为模式识别，它是利用计算机实现或部分实现人脑对视觉

信息（包括图像、景物、文字等）的识别。计算机配上图像输入和输出设备构成图像识别系统。

通过摄像机的扫描系统把二维平面图像转变成一维时间信息，再经过高速模／数转换器输入计算机。这样，计算机就可接收到图像信息。将输入的图像信息进行分析，再同计算机内所存储的图像信息进行比较，从而作出识别判断。

文字识别的方法也是同样的。就是说，如果要计算机能识别出字母 A，就必须先将 A 的点阵信息存储在计算机内存中，使其能够和输入的文字图形进行比较。如果二者完全相同，即可判断出来。但是，对于手写体的字，即使同样是字母 A，每个人的书写都会有所变化，如果要让计算机仍能正确识别，就需要将 A 的各种书写形状信息存储到计算机内，这需要巨大规模的存储器。也可以由计算机先对输入的文字图形进行分析，将其特征信息（笔画的长度、角度和位置，以及笔画的分布和背景的性质）提取出来，然后再与识别字典中标准文字的行征信息比较，找出最接近的文字。这种识别方法叫做特征匹配法。对于汉字来说，由于字种多、字形复杂，所需的识别时间长。要使这种识别方法实用化，得在加速识别过程方面下功夫。另一种快速识别的方案是：向识别系统输人同一字符的 3000 种不同形状的书写体字样，并由某一软件抽取出众多字样的共同特性，此后仅输出与此共同特性相符的信息。

图像识别中处理的信息量很大，要求计算机的运算速度高、存储容量大才能进行图像的即时识别，目前，普通的计算机还不能满足这种要求。如果能找到这样的识别方法，不是把物体的图像作为点的集合体，而是象人那样，能够抓住本身面貌的特征进行识别，那么，计算机便能向人工智能型更靠近一步。如果研制成功光计算机，则这一步就可以达到。由于光计算机是以光信号进行信息处理，能够把物体的原形进行图像处理，也就没必要把文字和图形再一个个分解存储。而且，光计算机处理信息的速度比电子计算机的速度高出数千倍。因此，光计算机可望在图像处理方面发挥巨大的威力。

近年来，图像识别这门新技术已取得了很大的进展。能识别汉字的电子阅读器已经问世。日本九州工业大学研制出的认读装置每秒可读 A4 资料 1000 页，约 100 万字，而且对印刷体字的认读准确率达 100%。最近，日本电气公司研制出一种人物脸面识别装置，它可存储 3500 人的头像，瞬时即可识别出所需的特定人物脸面，1 秒内可识别 3500 人。

图像识别已经在许多领域获得应用。在医学上，利用图像识别方法作心电图、脑电图的波形分析、从显微照片上进行细胞的自动分类计数、染色体的分类以及癌细胞的识别。此外图像识别还用于邮局的信函自动分拣，银行的自动点钞，卫星遥感图像的分析处理，以及公安部门的笔迹、指纹特征的鉴别等等，通过对口型变化的图像分析可以进行语音识别，而且可以大大提高识别的正确率。

计算机对图形和手写体的识别，将引起一个计算机输入方式的重大突破，用手写输入可以使计算机更加小型化和使用更加方便。日本索尼公司已研制出无键盘微电脑，这种新型电脑比普通袖珍计算机更为轻便小巧，用一支电笔直接在它的 4×6 英寸的液晶显示屏上书写字句，就可以进行各种操作，即使对计算机知之甚少的人也同样可以使用。人们估计这种计算机也许会成为一支异军突起的个人电脑的主力军。

计算机除进行图像识别外，还可以进行图像的各种处理。当图像亮度偏暗或偏亮时，可以通过计算机把图像的亮度进行适当的变换，使其适合于人眼观察的范围。还可以把模糊不清的图片、文字和失真的图形修整得清晰如初。根据人眼对彩色图像比黑白图像更为敏感的特点，利用图像假彩色增强显示技术，把一幅黑白图像各级灰度分别用彩色显示出来，就能大大提高人眼对图像细微结构的识别能力，从而将黑白图像无法检测出的信息直观地显示出来。

随着高速度、大容量电子计算机的不断发展，图像识别和图像处理技术的功能会越来越强，其应用前景会更为广阔。

7．智能机器人——“解放人类的工具”

1981 年 7 月 4 日清晨 5 点，日本兵库县川崎重工公司的汽车传动机构车间，一台机械发生了故障，修理工酒田宽二前去修理。当他完工后，正准备接通电源试一试刚修好的机器，惨案发生了：一个部分电路发生故障的机器人突然用两只铁手从酒田宽二的背后紧紧地抓住他，并把他放入工作机器中活活压死。

第二天，日本各大报刊以头版头条消息刊登出“日本第一次机器人杀人事件”。人们被这突如其来的事件震惊了，对被人们称作“解放人类的工具”的机器人产生一种巨大的恐惧。

其实，在机器人发展的低级阶段，发生这种机器人伤害人的事件是肯定难免的。继第一次事件之后，不断有机器人发狂伤人的事件出现。机器人突然狂走更是常见的事。机器人一旦发生狂走，便在车间内乱串，有时还会拿起铁制品乱抛。机器人这些危及人身安全的行为大多数都是由于控制装置发生故障所致，但更主要的是由于机器人当时所具有的低级功能的种种局限。随着机器人的功能逐渐增强，机器人的可靠性也将不断提高。

1）从幻想到现实

机器人（RObot）这一名称出自捷克斯洛伐克剧作家查别克 1920 年编写的剧本《罗森和他的万能的机器人》。剧中塑造了一个具有人的智能、名字叫罗伯特的机器人。当时，电子管刚刚开始进入工业生产阶段，控制论还未诞生，制造出这样的智能机器人纯属人类的科学幻想。这美好的幻想已化作了人类的一个伟大而诱人的目标，引导着人们一步步向前迈进。

电子计算机的问世，以及 l948 年美国数学家维纳著名的《控制论》的发表，对机器人的发展起了巨大的促进作用。

应该说，从简单动作的机械手到实用阶段的工业机器人已经是一个大的飞跃。机器人整天不知疲倦的工作，代替了人们的繁重劳动，在那些条件极端恶劣的工作环境，机器人更是大显身手。尽管一般的工业机器人也配备了微型计算机，但它只能按照程序员为它安排好的程序进行动作，它的一切行动都是在程序员的授意下，根据已输入到微型计算机存储系统中的程序，重复地操作或处理有关事务。它听不懂人们日常使用的自然语音，不能识别通用的文字、图像，也没有说话的本领和与人交谈的能力，更不能对周围环境条件的变化作出适当的反应。这种低级形式的机器人远不能满足人们的种种需要，也免不了会出现一些前面谈到的机器人伤害人的事件。

随着微电子技术和微型计算机的发展，具有较完善功能的智能机器人已

陆续出现，使人类的幻想变为现实。

智能机主要是由智能计算机、视觉、听觉、触觉系统以及各种控制系统构成。它不仅可以按照人们预定的程序进行重复的动作或操作，而且还会对周围环境条件的变化作出相应的反应。模仿人感觉器官的传感器不断地从机器人所处的工作环境中接收各种有用的信息——诸温度、压力、湿度、声音、光强、色彩、图象、文字……，并将这些信息输入微型计算机，经加工处理和判断选择，最后发出相应的控制信号，使机器人采取相应的动作。智能机器人通过图象识别、语音识别和语音合成装置能直接与人们交流信息。智能机器人还具有一定的自我学习、自我提高和自我创造的能力。智能机器人是人类体力和脑力的综合延伸，是人工智能各研究方面的完美结合，是真正的解放人类的工具。

虽然智能机器人还处于开发阶段，但已经问世的各种低级形式的智能机器人告诉人们：智能机器人为人类广泛地提供服务的时代不会太遥远了。

（2）形形色色的智能机器人

机器人消防员

日本东京进行了一次全部由机器人控制的自动消防车消防演习。这种机器人控制的消防车可以迫近火源，直接对准燃烧中的油料火团喷射强力水流或泡沫灭火剂，迅速将火扑灭。演习结果相当令人满意。

可进入人体的机器人

日本最近研制成功一种微型机器人，其大小不到 0.04 英寸，足以钻入人体的静脉血管和人体组织，将发现的病变情况通过信号系统传到体外的医学仪器。这种机器人可以遥控，可用来诊断人体内部的各种疾病。

家用机器人

美国推出一种家用机器人，高 4 英尺，能搬动重约 7 公斤的物体，装有带机械手指的三轴连接臂、语音识别、语音合成、宽量程传感器装置及控制其动作的微电脑。凭借各种感觉功能，可巡视室内的安全情况，若发现异常情况，会立即发出音响警报，在紧急关头还能传递语言信息。当有人来访时，它能代主人开门迎客，并给予客人殷勤款待。当主人想玩玩电子游戏时，它便立刻“化身”为电子游戏机。

教学机器人

美国推出了一种多功能教学机器人，它主要用于程序设计、自动控制、人工智能等方面的教学与培训。这种机器人配有语音发生器，可产生词汇、音乐和声响效果。其手臂为多关节结构，可以提 1 磅重的物体。它体内有 360。扫描全景声纳定位系统及声、光、温度传感系统，因而行动自如。

打扫战场机器人

美国研制出的打扫战场的机器人用于清除战场爆炸装置，排除哑弹，清除地雷。这种机器人是一种遥控车辆，能适应各种地形，甚至能爬 45°的山坡。它装有各种传感器、通讯装置和遥控臂。

除这里列举的几种智能机器人外，还有许许多多各种功能、各种用途的智能机器人已经问世或者即将问世。可以预料，当智能机器人进入实用阶段后，核电站、海底、太空、地下以及人们现时意想不到的许多领域都将成为智能机器人的用武之地。

四、方兴未艾的现代通信

当前，人类社会已进入一个新的时代，这个时代的主要特征之一是社会对信息的重视、需求和利用程度大大提高，因此有人称之为信息时代。在这个时代，信息成为一种非常重要的资源。这个时代对信息技术提出了更高的要求，并促使它得到迅速的发展。

计算机和通信技术紧密结合，信息处理系统和信息传递系统融为一体，是信息科学技术发展的必然趋势，也是现代通信技术发展的一次大的飞跃。当今世界面貌已由于这一飞跃而大为改观，人类的工作和生活方式也因之焕然一新。

电话网、电报网、传真网、数据网以及综合业务数字网准确及时地为人们提供声音、图象、文字、数据等通信服务，移动通信、卫星通信和光纤通信等新型通信手段的应用把全世界的个人、家庭、单位、国家联系成一体，大大地缩小了地域观念，使信息在全球范围内畅通无阻，从而使人类进入到崭新的信息时代。现代通信正方兴未艾，显示出一派兴旺景象。

然而，无论是信息社会的大脑——电子计算机还是信息社会的神经——通信，两者都离不开电子技术。电子技术是电子计算机和通信发展的共同基础。可以说，是电子技术的发展开创了这个崭新的信息时代。

1．电话世家的新秀

随着电子技术的飞速发展，电话家族兴旺发达，涌现出了不少的‘新秀”。

（l）不用支付现金的磁卡电话

公用电话是人们生活中一种重要的通信工具。投币式公用电话可以实现无人值守和自动收费，因而获得了广泛应用。但是，美中不足的是，使用投币工公用电话时，用户必须事先准备好硬币。在打长途电话或长时间通话时，费用较高，使用者就不得不预先准备许多硬币，并且逐个把硬币投入话机，这是件十分麻烦的事。现在，一种不用支付现金的磁性卡式公用电话可以为你省去抽币式电话的这些麻烦。

用户使用磁性卡式公用电话时，只要向话机内插入预先从电话局购买的磁性卡片，即可在磁性卡片上标记的通话次数范围内连续通话。

磁性卡片式公用电话机由卡片组件部分、逻辑控制部分和通话控制部分构成。

当用户拿起受话器，并将磁性卡片插入话机上的卡片投入口时，逻辑控制电路便命令卡片机构将卡片收进，并由卡片控制电路读取卡片上记录的表示剩余通话的次数的磁性信息。根据读出的信息，逻辑控制电路将剩余通话次数显示在话机的剩余次数显示窗口中，同时接通通话回路，允许用户拨号并进入通话状态。一旦通话开始，随着通话时间的推移，逻辑电路便根据电话局送来的信号，使显示的剩余通话次数逐渐减少。通话结束时，卡片机构根据卡片控制电路送来的指令，在卡片上凿孔，标记出使用后剩余的通话次数，并将卡片从回送口退还给用户，通话过程就结束了。

结果在通话过程中，卡片上标记的剩余次数快要用完时，话机在切断通话前 10 秒钟发出的催促音，同时剩余次数显示窗口的数字还闪动，以提醒用户。这时，用户要么抓紧时间结束通话，要么再插入一张卡片继续通话。否

则，10 秒钟一过，电话自动切断。

话机的逻辑控制部分装有微处理机，用来协调和控制全机的工作，并使话机的可靠性大为提高。磁性卡具有轻、坚固、抗弯、耐酷暑严寒的良好温度特性。

这种磁卡式公用电话的出现，为人们的生活带来了更多的方便和好处。

（2）多功能的程控自动电话

自 1876 年美国贝尔发明电话以后，为适应多个用户之间的电话交换，于 1878 年出现了第一部人工交换机，此后，电话交换技术不断发展，1965 年，美国试用了一种程控交换的方法，成功地开通了苏卡萨那地区的电话，从而出现了世界上第一部程控交换机。

程控电话交换机是采用电子计算机作为控制设备，由计算机中存储的程序软件来控制电话交换硬件完成交换接续动作，这种控制方式叫存储程序控制方式，使用程序电话交换机的电话叫程控自动电话。

程控自动电话具有接续速度快、声音清晰、服务质量可靠等特点，便于开通数据通讯、图象通讯及其他信息通讯。

程控自动电话除可以进行一般的电话通讯外，还可以为用户提供以下多种服务项目：

热线服务热线服务也称为“免拨号接通”，用户随时拿起受话器，无需拨号就能与事先登记的某一被叫户通话。当用户要拨打其他电话号码时，只要拿起受话器听到拨号音后，在 5 秒钟内拨号即可，否则，5 秒后，将仍被作为“热线服务”处理。用户可以随意注销原来的“热线服务”。

转移呼叫转移呼叫也称为“跟我来”，如果用户有事外出，为了避免耽误打入的电话，可将自己的电话转移到临时去处的电话机上，只要事先将临时去处的电话机号码进行登记后，如有电话打人时，就能转移到用户临时去处。用户外出返回，不需要此项服务时，可以注销。

闹钟服务闹钟服务也称叫醒服务。它是利用电话铃声，按用户预定的时间自动响铃，提醒用户去办计划中的事。闹钟服务为一次性服务，到预定的时间，电话机将会自动响铃，摘下受话器可听到忙音，这次服务就会自动取消。如果铃响时间已达 1 分钟尚未摘下受话器，铃声即会自动停止，五分钟后，又将再次响铃，以后即会自动取消。登记的预定时间未到之前，用户还可注销闹钟服务。

呼出“加锁”呼出“加锁”又叫“发话限制”。使用此项服务可对打出的电话加以控制。

当用户离开时可用 4 位密码数字“上锁”，返回又要使用时，需要先“解锁’”后才能使用。

呼出“加锁”分为三类；第一类除打 112、119 等特种电话外，全部限制打出，只供打入。第二类只能供市内通话。第三类只能拨打国内及市内电话。

遇忙回叫当对方的电话遇忙时，使用此项服务，可不需再拨号，在对方电话空闲时，即能回叫接通。

缩位拨号为了减少拨叫多位电话号码的麻烦，节约拨号时间就可采用此项服务（仅限双音频话机使用）。只要打 1—2 代码就能代替原来的多位电话号码。

会议电话用户如需要通过电话召开不超过 5 人的小型会议时，可采用此项服务，在主叫用户控制下，可通知用户参加会议。

呼叫等待当甲用户正与乙用户通话时，遇到两用户呼入，用户可根据需要保留一方，而与另一方通话或者轮流与乙、丙两用户通话。

此外，程控自动电话还可以提供国内和国际长途直拨服务。

（3）既闻声又见影的电视电话

电视电话是电视与电话结合的产物。普通电视用作长途通信，得占用 600 条或 960 条长途电话线路，令人望而生畏。然而，采用慢扫描电视技术，可以使普通电话的传输系统用作接收图象信号，这将使电视电话可象现在的电话一样普及。

美国电话电报公司最近推出一种新型的动态电视电话，采用液晶显示和折迭方式，将摄象、显示和电话机等各部分融为一体，体积小巧轻便，看起来与普通电话不同的是机上支起了一面“镜子”，“镜子”上面带有摄象头和显示器，电话接通后，双方按一下“可视”键，即可清晰地看到彼此的动态画面。

电视电话的应用，将是电话技术史上一个新的里程碑，在不久的将来，电视电话必将在世界各地得到广泛的应用。可以想见，当使用长途电视电话时，远隔两地的亲友在屏幕上相逢，心情将是何等的激动。

（4）聋哑人电话

不断发展的通信技术也为处于困难情况的聋哑人的人际交往打开了方便之门。一种新型的聋哑人的电话网络，能让聋哑人和常人通话。该电话网用电脑把语音转换成文字和把文字转换成语音，聋哑人可以用打字方式把要说的信息打入一种现代聋哑人电讯器件，电话网络会把打入的文字信息译为合成化语音；若听话者听力有障碍，电脑就会把话语转换成文字，并在屏幕上显示出来。这种电话网络将极大地方便聋哑人。

2．电报通信的新发展

1844 年 5 月 24 日，莫尔斯在美国华盛顿发出了历史上第一份电报，从此，电报通信成了人类不可缺少的通信手段。

随着电子技术的不断发展，电报通信系统也几经换代。今天，人们通过用户电报可以在办公室与世界上任何地方的另一用户直接通报，这无疑是电报通信发展史上的一个重大突破。

用户电报是用户（机关、企业或个）利用自己的电传机，用按键拨号的方式通过电报局的用户电报交换机接通本地或外地的另一个用户，双方直接在电传机上进行书面“会晤”的一种通信方式。它与传统的电报（即公众电报）有很大的不同，而与电话通信倒有些相似。

用户电报系统是由用户电传机、用户电报交换机及通信线路组成。甲地用户欲向乙地用户发报，通过电传机键盘发出乙地用户的电传号码，当地的用户电报交换机经长途线路将信息传送到乙地的用户电报交换机，然后再将乙地的被叫用户的电传机启动，发方电传机自动发出“你是谁”的询问信号，收方电传机自动回发自己的电传号，发方证实收方无误后开始通报。通报完毕，交换机将连接双方的线路断开。如果收发双方是在同一城市或地区，则只需由当地电报局的交换机将双方电路连接起来。长途路线可以是同轴电缆，也可以是卫星线路或海底电缆，形成一个四通八达的国际用户电报网。

采用计算机作为控制设备的程控用户电报交换机不但容量大、价格便

宜，而且适应性很强，当需要改变某些功能时，只要改动一下程序即可。使用程控交换机，只需几秒钟就能接通地球上的任何用户，真可谓天涯心咫尺；而且还可以提供热线呼叫、跟踪呼叫、自动叫醒、缩位拨号等百余种服务。

高级用户电报（也称为智通用户电报）的终端采用微处理机控制，并有存储器和屏幕显示器，传输速度比普通用户电报高几十倍，并具有存储和文字处理功能，是实现办公自动化和分散办公的主要手段。

用户电报和公众电报相比，具有以下显著优点：

第一，迅速方便。公众电报是由收发两地的电报局对报文进行加工处理，最后由送报员投送，这个过程至少要三四小时，显然，这已跟不上信息多变的现代化社会的节拍。而用户电报的收发双方直接在电传机上通报，在瞬息之间就可以交流信息。用户电报不存在电话通信中烦人的线路阻塞问题。因为电报占用的频带极窄，每一条电话线路可供 192 路电报通报。这完全保证了用户电报通信的畅通无阻。当收报人不在时，发报人仍可以启动对方的电传机，并自动收录报文，具有类似的记录电话的功能。

第二，准确可靠。用户电报在传输在过程中无报务员参与，中间环节也较少，所以减少了人为差错。同时，因为双方是在电传机上“会话”，发现疑问可以及时查询和更正。用户电报也无需投递，故绝不会被投错、遗失，并且通信内容可以完全保密。

第三，价格便宜。用户电报不仅可以提供高质量的服务，而且价格比公众电报便宜得多。

用户电报的这些显著优点倍受人们的重视，因而用户电报在世界各地都获得很快发展，其业务量和用户还在大幅度上升着。

电报这种传统的通信手段，在电子技术发展的推动下，正以崭新的姿态出现在当今通信舞台上，充当着一个不可缺少的角色。

3．用途广泛的传真通信

在我们学习和工作时，常可看到“传真照片”或“传真”等字样，那什么是传真呢？传真是一种传送各种书信、文件、手搞、图表、照片等静止图象的通信方式，可把静止图象不失真地迅速传到远方并复制出“真迹”。

传真的工作原理：在发送端，传真发送机械利用光学扫描系统把要传递的图象分解成很多微小的单元（称为“像素”），然后通过机械或电子扫描，由光电器件以一定顺序将这些单元转变成电信号，电信号对载波进行幅度或频率调制后，通过有线或无线传输系统传送出去；在接收端，传真接收机把收到的传真载波信号先经解调，分解出传真图象信号，然后控制记录器还原出原稿的图象。显然，单元分得越小，复制出的画面就越清晰，图象也就越逼真。

传真通信的终端设备称为传真机，它包括发送和接收机构。传真机根据传送一页 A4 幅面文件所需时间分为 4 类：6 分钟机为第一类，3 分钟机为第二类，l 分钟机为第三类，几秒种机为第四类。传真机还有彩色与黑白之分。

传真的特点是：速度快，其传递速度不决定于图象的复杂程度和字数的多少，而仅取决于被传送图象的面积和通信线路的容量；不失真，普通电报机只能传递信息的内容，而不保留其形式，传真机既能传递信息的内容，又能保留信息的形式，甚至反映出图象的一切特点和细节；通信容量大，可靠

性高。

传真机用于传送新闻报纸，可将整版《人民日报》的原稿传送到北京以外的各大城市，对方用激光胶片收到后，将底片制版，印刷发行，使远离首都的人们能够看到当天的报纸。

传真机也用于传送卫星云图、气象图、天气情报和气象雷达屏幕图象等。

传真机是办公自动化的重要设备。带多功能接口的传真机，可作为计算机输入或输出设备。

计算机可处理数据，而传真机可处理图象、文字等，并负责信息的调整传送。计算机和传真机的综合通信可完成办公室的绝大部分工作。将传真机和电话机有机的结合起来，通过网控制装置，在普通电话线路上，使传真机和电话机分别工作，构成一个完美的办公室自动化的通信系统。

此外，传真机还用于公安、银行、交通、邮政等各个部门，并进入了人们的日常生活之中。

传真机已完成从模拟向数字，从机械扫描向固体化电子扫描、从低速向调整的迅速转变，正开始摆脱只作为图象通信设备的约束，向综合处理终端设备过渡，除承担通信任务外，还具有图象处理和数据处理能力，形成具有新内容、新功能、新概念的综合性处理终端。

在电视电话、会议电视、图文电视、传真通信、电缆电视等众多图象通信业务中，传真由于具有准确、迅速、经济和方便等优点，在办公室自动化和人们的生活中被认为是最有发展前途的通信方式。

4．异军突起的移动通信

随着人们物质和文化生活水平的逐步提高、社会活动日益频繁，人们已不满足于传统的固定通信方式，而希望在任何地点、任何时间都能与任何人相互通信。移动通信正是实现人们这一美好愿望的理想通信方式。

所谓移动通信，是指双方通信时，其中至少一方处于运动之中，或暂停在某一非预定的位置上。其中包括移动双方之间的通信，移动方与固定方之间的通信。

移动通信就其工作区域来说，包括陆地移动通信、海上移动通信和空中移动通信。就通信方式而言，有移动通话通信和移动电报、传真、数据通信。

由于移动通信不受时间和空间限制，具有良好的机动性和灵活性，加之近年来移动通话设备地小型、轻量、可靠、省电等方面都有了极大的改进，移动通信系统的自动化程度也有了极大的提高，因此应用范围日益广泛。它几乎在国民经济的每个部门都有广阔的发展前景，移动通信和卫星通信、光纤通信一起被列为现代通信领域中的三大新兴通信手段。

在各种移动通信系统中，无线电寻呼系统和移动电话系统正风靡一时，发展甚快。

（1）无线电寻呼系统

无线电寻呼系统是一种单向移动通信系统，有专用和公用两种。专用系统供某一单位内部使用，由小型电话交换机、无线电寻呼控制中心、发射台和无线电寻呼接收机（BB 机）组成。公用系统由与公用电话网相连接的无线电寻呼控制中心、若干个发射台和无线电寻呼接收机组成。控制中心为人工半自动控制或自动控制。中心发射机的输出功率视覆盖范围而定，小到几瓦，

大到数百瓦。

当用户携带无线电寻呼接收机外出时，随时都可以接收呼叫。呼叫人利用普通电话机通知寻呼系统的调度台，再由它通过发射机播出寻呼信号，只有与选呼数码相同的接收机收到寻呼信号后才能发出“哗哗”的呼叫声。

新型的寻呼机除能发出“哗哗”声之外，还能在板面上显示出数字和英文字母，将呼叫人要传递的信息呈现在显示器上。有的寻呼系统配有大量的计算机终端，可留下呼叫者二三十分钟留言，再由被呼叫者打电话到终端机中把留言取出。这种寻呼机的计算机终端还可以代接传真。当接收传真的人外出时，接到寻呼信号后，可以就近找任一台传真机，拨电话与传呼公司联络，传真的信息便立即能转过来。这种代接传真保密性好，不会因为接收传真的人不在而让别人看到传真的内容。

无线电寻呼系统传输的是数据信息，与传输话音相比，信道容量大大增加，因而频谱利用率很高。寻呼接收机不仅体积小、重量轻、便于携带，而且价格低廉，所以既方便、又实用。

无线电寻呼业务不仅有助于提高工作效率，而且还能减轻电话网的负荷。

（2）移动电话

“大哥大”是便携式移动电话的俗称。便携式移动电话的面市适应了现代生活节奏快、流动性大和信息多的需求，为实现人们梦寐以求的自由通讯跨出了第一步。

本世纪 70 年代,美国电话公司一些有远见的企业家以他们特有的敏税目光察觉到，移动电话是一种极有开发前途的产品。由于美国、日本等发达国家竞相对移动电话的研制和使用，使移动电话从汽车电话逐渐缩小，成了便携式电话。缩小移动电话尺寸的三个途径是：一、增加中转站，使移动电话输出功率得以降低。二、借助于高集成化的集成电路片，使机子小型化。三、降低电池重量。

移动电话是利用无线电波来传送语言的，它不同于“对讲机”，普通对讲机只能是单工工作（即在同一时间内，一方讲，另一方只能听），而移动电话与普通电话一样，可以采用双工通信方式边讲边听。移动电话能通过拨号呼叫网内任何一个用户，通过“基地台”转接，就可迅速找到被叫用户，达到通话。

移动电话网通常分“大区制”和“小区制”两种。大区制通信网一般由一个基地台（也叫“主台”）和若干个属台）手持台、车载台等）组成。主台发射功率可达几十瓦，通信覆盖面积通常为 1000（km）2 以上。小区制通信网由多个基地台和网属用户组成。目前最有代表性的组织形式为“蜂房式移动通信网”，每一个蜂房相当于一个通信小区。这种网制的基本特点是基地台发射功率小（一般为 1—5 瓦），覆盖面积小（通常为数百平方公里），但由于各小区基地台和各区群（由相邻的 7 个小区组成）交换台使用的发射频道都被限定在一定的频率区间范围内，这种网制结构可实现频道复用，从而有利于扩大有限频谱的利用率，可组织地区性大网，吸收众多用户入网通信。

为了移动电话用户能与固定电话用户相互通话，无线基地台与有线电话局连接，使有线、无线电话彼此成为对方的用户。这样，除了移动用户之间可以互相通话外，普遍电话用户与移动电话之间也可以建立通信联络。只要

在通信网络覆盖区内，利用移动电话可随时拨市内电话，也可以打国内乃至国际长途直拨电话。

德、法两国已研制成功了数字化移动电话系统，该系统将声音转化为一系列二进制数字信号后再发射，然后，由接收者的移动电话将其还原成普通话音。数字化移动通信系统的好处是扩大了系统的通信容量，增强了保密性，不仅可以通话，还可以传递数据和图象。

移动电话正朝着小型化、数字化和一体化方向发展。

5．卫星通信：开创了全球通信的新纪元

1964 年 8 月，美国向太平洋上空发射的“辛康—3”通信卫星，成功地把在日本东京举行的奥林匹克运动会的实况转播到一万多公里之外的美国，揭开了跨洋通信和广播的新篇章。

现在，实现卫星通信和广播大都用同步卫星。同步卫星运行在赤道上空 36000 公里的圆轨道上，轨道平面与赤道平面重合或倾角接近零度。由于它的运行周期为 24 小时，恰好和地球自转的速度一样，方向也一致，卫星与地面相对静止，在地面上看它时，就象是静止不动的，所以称为同步通信卫星。

利用静止卫星转发电波，就能实现地面上的无线电通信和电视广播。同步卫星居高临下，由它转发下来的电波可以覆盖三分之一的地球表面，覆盖区的跨度有 18000 多公里，所以同步卫星通信就成为跨洋通信的新手段。如在地球赤道上空等距离的配置三个同步卫星，就能实现全球通信。自 1965 年起，新成立的国际卫星组织曾先后发射了六组国际通信卫星，作为全球性的信息传输和电视节目转播之用，卫星的重量和通信容量不断增加。新一代的通信卫星将更有效地利用有限的频谱资源，进一步扩大通信容量。现在，利用卫星通信的全球通信网已经形成，卫星通信开创了全球通信的新世元。卫星通信是人类空间技术发展的重要成果之一。

卫星通信链路由卫星地面站——通信卫星——卫星地面站组成。一些地面站发射出去的信号经通信卫星转发器变频转发后，送到另一些地面站去，以构成单向广播或双向通信。

在同步卫星所覆盖的广阔地区内，任何一地的地面站都可以利用卫星同其他的地面站进行通信，地面站不一定是陆地固定站，也可以是陆地或海上的移动站，甚至是空中的飞机站。

目前国际海事卫星组织的海事卫星通信网已为数千条商船开展了海上移动通信业务。陆地上移动通信卫星也正在发展之中，可供车辆调度、森林防火、油田作业等部门使用。卫星的多址通信的特性给通信带来了很大的机动性、灵活性。

地面站以高仰角指向卫星工作，电波穿过大气层、对流层的距离短，因而没有接力线路、对流层散射线路那样的快、慢衰落现象，如果频段选择恰当（如现用的 C 波段），则同样不会出现短波通信中产生的电离层闪耀衰落现象。因此，卫星通信的信道传输稳定。

卫星通信用的无线电波是微波，由于频谱守则，通信容量较大（仅次于激光通信，通信距离居各种通信手段之首位，而且不受地形地物的影响。在远距离通信中，卫星通信是最经济有效而又灵活的通信手段。

总之，同步卫星通信是一种传输距离远、通信质量高、灵活性好的通信

手段，无论在军事或民用方面都有很大的发展前途。

卫星通信和光纤通信是未来通信系统的两大支柱，两者结合必将进一步促进通信技术的发展。

6．光纤通信：通信史上的新起点。

1880 年，著名的美国电话发明家贝尔，发明了一种利用日光波作为载波的传声装置。由于没有理想的光源和传输介质，声音的传输距离只有 213 米，不能满足实际需要，因而没有得到发展。

1960 年，第一台激光器问世后，人们就被它的优异特性吸引住了，认为激光是适合用作光通信的理想光源。

激光不同于普通光，关键在于激光只含有单一频率的光波，而且其频率特性很稳定，激光可用于通信是显而易见的。由于光波的频率比微波的频率要高出万倍以上，频带也很宽，光波所蕴藏的通信容量是巨大的。因此，激光一出现，立刻就有许多通信技术工作者研究激光“无线通信”的问题。

经过多年的探索实践，证明激光的无线通信有很大的局限性，这是由于大气介质的吸收、散射所带来的信号严重衰减的影响，特别是雨雾等天气因素的限制，通信效果很不理想。

1970 年，人们终于找到了适合于光传输的介质——传输损耗可以与同轴电缆相媲美的光导纤维。光导纤维的出现给激光通信带来了转机，人们的关注和兴趣都转向激光有线通信上，经过人们进一步努力，光导纤维的传输损耗不断降低， 1977 年，光纤通信进了实用化阶段。如今，全世界的实用光纤通信系统正如雨后春笋般地蓬勃兴起。

什么是光纤通信？简单地说，它就是利用一种能导光的、非常细的高纯玻璃丝来传输光信号的通信技术。利用光纤通信这一新技术，不仅可以传送电话，还可以高效地传送数据、传真、图象、电视等信息。

光纤通信传送信号的过程与有线电通信十分类似。声音、文字、图象等信息首先经过变换器转换成电信号，然后利用此电信号去调制由光调制器发出的激光束、使从光调制器输出的激光束驮载着声音或文字、图象等的信息。并经过光导纤维传送出去。当进行长距离传送时，中间还需设中继站。被调制的激光束沿着光导纤维传输至终点，进入光接收机，并被光检测器（光电管）将光信号转换成电信号，经放大后推动终端机、还原成声音、文字或图象。

光纤通信有许多独特的优势：

第一，宽广的频率范围和巨大的通信容量。

由于激光所占频段比无线电波宽得多，其通信容量比电通信大得多。一根细如发丝的光导纤维的传输能力从理论上讲可容 20 亿路电话和 1000 万套电视节目，即使在实际应用中打 1 万倍的折扣，其通信容量的潜力也是相当大的。

第二，传输信息的理想媒介。

光导纤维是以硅为原料制成，而硅砂大量存在于自然界。可以说是用之不竭的，成本很低，用光缆代替电缆，一公里就可以节省一吨多铜、三四吨铅。一条由 6 根纤维组成的光缆外径只有 8.7 毫米。由于体积小、重量轻，光缆的安装和使用维护远比电缆方便。

第三，通信可靠性高，保密性好。

光纤不导电，它不受任何电磁干扰，也不存在短路和迸发电火花的问题，因此，光纤通信的可靠性相当高，这是电通信无法比拟的。由于携带信息的光被严格地限制在光纤内传输，不向外漏泄，不易中途被人截获破译，窃听光缆传输的信息比较困难，而且易被察觉，所以它的保密性能特好，这使它特别适合用作军事通信。

正是因为光纤通信具有许多独特的优势并显示出旺盛的技术生命力，所以一当合乎要求的光导纤维研制成功，光纤通信就被人们迅速的推向通信舞台。光纤通信技术以其他技术不可与之相比的速度迅猛发展，硕果累累。光纤通信己应用于邮电通信、广播电视、电力、医疗卫生、测量、自动控制、军事、铁路和宇航等许多领域，预计到本世纪末，光纤通信将会取代大部分电通信，这时传统应用的电报、电话、电视……将会被光报、光话、光视……所代之。

光纤通信的出现是人类通信史上的一个新起点，其意义可与上世纪电通信的发明相比拟，它的兴起和发展对于促进信息社会的发展完善，推动其他门类尖端科学技术的进步，有着不可估量的作用。

除了光纤通信外，另一种形式的光通信——激光空间通信也有广阔和应用前景。在广漠的宇宙深空，激光束可以不受任何阻挡的自由传播，人们有理由期望激光空间通信将成为未来人类实现星际联系的有效通信手段。

7．“铱”：全球个人通信的曙光

1990 年 6 月 25 日，美国莫托洛拉公司在华盛顿宣布：该公司将建造一个由人造卫星“星群”和用户便携式电话机组成的全球个人通信系统。

该系统富有相当诱人的魅力，使人们不论在世界的哪一个角落，也不论是在飞机上、海轮上还是在汽车上，只要在便携式无线电话上拨一下对方的号码，便可与远离千山万水的亲友或客户立即通话。而依靠现有的地球同步卫星通信系统和陆地移动通信系统是无法实现这一点的。

莫托洛拉公司的这一计划使人们看到了全球个人通信的曙光，这一计划的实施将开创一个全球个人通信的新时代。

该系统将采用 77 颗低轨道运行的小型人造卫星，设计人员别出心裁地把这个通信系统称为“依”系统，原因是化学元素铱的原子核外有 77 个电子运转。这种命名方式倒也十分形象。

这 77 颗小型卫星将被均匀的分布在七条环形极轨道上，每颗星将发射 37 道微波束，将全球划分为 1628 个小区，从而可连续覆盖地球表面的任一点。它们彼此协调运行工作，成为一个“天衣无缝”的数字式空间通信交换网络，传输话音和数据。

“铱”系统传输信息的过程是：信号由发话人的便携式电话机传递到距发话人员最近的卫星上去，卫星将这信号传递给地上“门路站”，在确认为合法用户之后，信号再通过卫星之间的传递到达地球上的目的地。“铱”系统还可经地球站中转至当地公共电话网或陆地移动通信网，扩大其服务范围。从通信原理和用户设置上来看，“铱”系统与现在使用的陆地蜂房式移动电话相差不大，所不同是“铱”系统不依赖现有的陆地移动通信网，而是靠设置在各国的地面“门路站”进行管理，这些‘门路站”存储用户的信息

并随时追踪每个用户所处的地点。

与现有的地球同步卫星通信系统相比，“铱”通信系统的优点是：“铱”卫星运行高度低得多，距地球表面仅为 765 公里，而地球同步通信卫星则达 3.58 万公里，“铱”卫星具有更强的无线电信号，能直接与地球上配备小型拉杆天线的便携式移动电话联络，而不必使用卫星环形天线。“铱”卫星体积小、重量轻，加之在低轨道运行，故比发射同步卫星经济可靠，采用一枚运载火箭发射多颗卫星的技术，将使“铱”卫星的发射更加容易。

当然，同步通信卫星和陆地移动通信也有各自的特长”同步卫星“站得高”、“看得远”，只用三颗就可以实现全球覆盖；现有的陆地移动通信系统虽只能覆盖某一地区，但在用户密度高的地方，仍然是效率较高又比较经济的通信手段。而在人烟稀少、通信设施落后的地区，特别是地面通信系统被地震和飓风等自然灾害严重破坏了的地区，“铱”系统将发挥其特有的作用。

为了实现这个全球个人通信系统，莫托洛拉公司专门设计了新型便携式无线电话机，重量只有 700g，长度仅 19cm，天线仅 9cm 长，真可以说是小巧玲珑的了。

莫托洛拉公司的计划技术上是完全可行的，1996 年可正式开始全面使用，其总量为现在地球同步卫星系统的 10 倍以上，它可向全世界数以百万计的用户提供服务，除提供地面电话联系服务外，还可对飞机和船只提供数据以及定位信息。

“铱”系统的使用，将会使人类“四海如一村，天涯若比邻”的梦想变为现实。

8．流星：远距离通信的彩桥

在星际空间里，布满了大量的流星。每天有数以亿计的流星闯入地球的大气层，以每秒 16—86 公里的调整与大气层摩擦而发热、发光，同时导致其周围的空气急剧电离，直到自身烧成气体和极细微的尘埃为止。在这个过程中，流星在地球上空 85—125 公里的高度处会留下一条电离的余迹，随着带着微粒的迅速扩散，这条流星余迹便会在数秒内消失。尽管流星余迹存在的时间不长，但是，由于流星众多无数个流星的刹那再现，便织成了布满天空的流星余迹网。

由于流星余迹中的电子浓度很强，远大于电离层中的电子浓度，具有反射和散射天线电波的功能。利用这些瞬息闪现的流星余迹可实现远距离通信。

流星余变通信的设备主要由发射机、接收机、通信控制器、信息存储器、数据终端、天线和电源等部分组成。工作时，甲站将传送的信息预先存储在发送信息的存储器中，并发送探测信号。当天空出现合适的流星余迹时，乙站的接收机收到探测信号后立即作出答复。甲站收到回答信号后，控制器将信息发送出去，余迹消失后，停止发送信息。乙站接收信息的存储器把接收机收到的信息快速记录下来，并打印输出，再通过自动查错重发技术来纠正突发传输过程中的错误，以获得准确无误的信息。

由于单条余迹持续的时间不长，一般小于 1 秒，其间隔数秒至 1 分钟不等。因此，流星余迹通信需要将传送的信息以数字信号的形式压缩，以随机

突发的方式发出。

流星通信适用频率一般在 30-100 兆赫之间。频率低于 30 兆赫，就可能同电离层反射的电波通信信号相干扰，但也不宜大于 100 兆赫，因为流星反射到地面的信号功率随频率的增加而减少。流星的高度和地球曲面决定了通信距离可达到 2000 公里左右，若利用存储——转发型中断站接收，通信距离中延长到近万里。

流星余迹通信有很多优点。首先，流星是自然现象，不必付出巨大的研制、发射和维护费用。尽管利用卫星转发无线电信号，通信距离可以大大增加，可靠性也高，但是，建立卫星线路毕竟花费太多，而卫星的寿命又不长，所以，流星余迹通信受到人们的重视。其次，短波电离层反射通信由于电离层情况多变，常不稳定，有时甚至出现通信中断。而流星余迹通信不存在这类问题，加之，由于流星余迹的不断更替出现带来的间歇时差，加强了通信的保密性。此外，流星余迹通信受核爆炸影响小，在出现核战争或其他紧急情况而正常通讯系统中中断时，这一通信系统将发挥更大的作用。

当然，这种通信方式也有不足之处。由于通信断断续续，时间未能完全利用，因而以每秒比特来计量的平均通信能力比较低。近年来，固体器件和微处理机的发展已使流星余迹通信的性能大大提高。为提高流星余迹通信系统的效率，采用新型电子计算机控制调整电子开关设备，能瞬间检测到可利用的流星余迹，可较好克服转发信息实时性差的缺陷。

流星余迹通信目前已进入实用阶段。前不久，美国“流星通信公司”在我国建立的流星余迹通信站已同南极观测站实现了信息传播。美国农业部正在运转的流星余迹通令系统已使预测天气的准确性得到改进。可以预计，不久的将来，流星通信会得到更加广泛的应用。

9．明天的综合服务数字通信网

随着科学技术的发展，人们对信息的需求量越来越大，对通信业务的要求也越来越多，通信的内容不仅有语音，而且扩大到图象和数据；通信的对象不仅局限于人与人之间，而且扩大到人与机器、机器与机器之间，各种通信网络（电话网、电报网、传真网、计算机数据网）已经形成，为人们提供语音、图象、文字、数据等通信服务。不仅如此，经济和社会的发展，特别是二十一世纪经济、科技令人鼓舞的发展前景，还要求通信服务更加方便、经济、高效和多样化。这就迫切要求将现有的各种通信网综合起来，形成电脑与通信相结合的、具有处理和传输所有通信业务的综合服务数字通信网（ISDN）。

电子计算机与通信技术的紧密结合是现代通信技术发展中的一次重要革命，也是信息科学发展的必然趋势，如果我们将通信比作人体中把各种信息传到各个部位的神经，那么计算机的作用就相当于人体中储存、处理和加工信息的大脑。两者分工配合，使整个人体的动作协调一致。综合服务数字通信网正是电子计算机与通信相结合的产物。

要实现综合数字通信网，在同一信道上传输电话、电报、传真、图象、数据等各种不同的信息，首先必须将这些信号数字化，使它们都变换成同一种信号形式——数字信号，这样，就都可以统一到一个数字通信网中来进行传输和交换，数字信息到达另一端时，再由终端设备将其还原为声音、图象

等信息。所以称这个通信网为综合服务数字网。

光纤通信容量大、损耗小。卫星通信具有极好的传播性，在通信卫星发射的波束所覆盖的区域内可建立通信网，并且不受地面自然状况和气候的影响。光纤通信和卫星通信等新型通信手段的应用可以大大扩大综合服务数字通信网的功能，缩小地域观念，使信息的传输在全球范围内畅通无阻。

成功地研制综合服务数字通信网所需的智能计算机及其软件，以及与该通信网配合使用的各种设备，如数字交换机，信息处理机，高清晰度传送图纸、照片、文字的传真机，电视电话机以及电视会议系统等，这此进实现综合服务数字通信的关键。这方面还有许多技术难题有待解决。

综合服务数字通信网，已成为当今世界通信业最热门的大课题。各国都在加紧研制综合服务数字通信网所需的各种设备，并建立实验性综合服务数字通信网系统。发达国家在开发综合服务数字通信网方面进展特别引人注目，日本、美国、德国等国家都可望在 90 年代中期实现该通信系统。

综合服务数字通信网一旦实现，将揭开人类通信史上崭新的一页，开创出信息自动化的新时代，并为下一个世纪的社会繁荣与经济发展铺平道路。到那时，人们可以在办公室或家里联系业务、办理汇兑、了解商情、订购商品、阅读报刊、欣赏文艺、诊断疾病，接受教育……这一切的到来已经为时不远了。

五、电子世界天地广阔

当前科学技术发展的主要趋势是学科的交叉与综合。突飞猛进的电子技术已深入到了人类社会的各个领域。新的边缘学科不断形成，新的应用日益增多。如激光和微波在促进化学变化方面，促成了像激光化学、微波化学这些边缘学科的产生；利用电子技术对电力机械和电力装置进行系统控制形成了电力电子学，又如，生物学与电子学密切结合的仿生电子学主要研究生命体的各种复杂功能，发现它的规律，为电子学的发展提供新理论和新概念，并研究如何用电子技术来模拟动物的神经生理活动，从而设计仿生电子元件和仿生电子线路。

借助于电子技术进行社会科学领域中的某些研究也有不少先例。如在考古学中的放射性同位素来鉴定出土文物；用电子计算机分析一些文学作品和油画，鉴定作者或作品的真伪等等。

电子技术在工农业生产和工程施工方的应用主要是生产和施工的综合自动化——电子计算机化。这也广泛用于交通运输的控制和自动化管理，包括行车的调度、客票的预约等。

在能源科技方面，可以利用微机控制汽车引擎，锅炉燃烧等以节约能源。同时，开拓新能源，如太阳能利用、核电站、热离子发电、磁流体力学发电等等，也需要大量应用电子技术。

1．探索超微世界奥秘的新工具

光学显微镜的发明拉开了人类探索微观世界奥秘的帷幕。但光学显微镜的分辨本领却十分有限，这是由作为照明源的光波的性质所决定的。按照光的波动理论，光学显微镜能够分辨的最小间距与所用光波的波长成正比，波长越短，分辨本领越高，可见光的最短波长为 0.4 微米左右，所以光学显微镜的分辨极限为 0.2 微米。这极大的限制了人们对微观世界的进一步观察和研究。因为组成物质的最小单位——原子的直径是几个埃。这比起光学显微镜的分辨极限要小几个数量级。

这一事实向科学家们提出了新的挑战：要想在更高的层次上研究物质的结构，必须另想办法，创造出功能更强的显微镜！

（1）第一台透射电镜的问世

光的波长限制了显微镜的分辨本领，那么，能不能改变显微镜的成像媒介，采用波长更短的成像媒介呢？

1924 年，法国物理学家德布罗意发表了运动粒子具有波动性的理论。进一步实验发现电子束具有波动的性质，而且波长极短。电子波长还与其能量具有确定关系，即能量越大，波长越短。于是，科学家们在此基础上提出了大胆的设想：用电子束代替光束制造显微镜。但随之出现的新问题是：光学显微镜中起放大作用的一般透镜显然不能会聚电子束。

二十年代末，正在柏林技术大学学习的恩斯特·鲁斯卡想到了用电磁场来控制电子的运动方向，达到使电子束全聚的目的。经过艰苦的努力，恩斯特·鲁斯卡发明了电磁透镜并终于在柏林工大 M·克诺尔教授的实验室研制成功世界上第一台透射电子显微镜。

这是显微光史上的一项重大突破！

鲁斯卡用他发明的这台透射电镜获得了比光学显微镜清楚得多的大肠杆菌的放大电子像，分辨率为 400 埃。

从那以后半个多世纪过去了，经过科学家们的不懈努力，电子显微镜的性能已经大大提高，分辨率达到 1 埃左右，放大倍数为几百万倍，并由原来单一的透射式发展出扫描电子显微镜、扫描透射电子显微镜、分析电子显微镜、超高压电子显微镜等各种类型的多功能电子显微镜，成为在纳米尺度上对物质进行全面分析研究的综合性仪器。广泛应用于工农业、生物医学、分子生物学等众多领域。

电子显微镜的成像过程是这样的：作为照明源用的电子束由电子枪发射产生，经电子透镜会聚后打在样品上，与样品发生作用，穿过样品的电子束带着样品结构的各种信息，再经过几级电子透镜的放大，在荧光屏上或照相底片上形成高分辨率的图像。整个过程采用稳定性极高的高压电源以保证电子波波长的稳定性；同时，高真空度的工作系统可以使电子在空间畅通无阻地运动。

当然，由于电子显微镜应用了高能电子束，因而对样品有破坏作用，对样品表面起伏的深度分辨率低。同时，它的成像机理复杂，样品需特殊制备。

上述不足，促使人们进一步去研究、探索新型的显微镜，扫描隧道显微镜就是在这种情况下应运而生的。

（2）能看清单个原子的隧道显微镜

要知道电子扫描隧道显微镜的原理先得弄清什么是隧道现象。

以金属为例，大家知道，电子在金属中犹如容器中的气体分子一样可以自由运动。但电子却不能任意越过金属表面而出来，即表面存在一定高度的势垒。电子被表面这座“山”挡住了。电子要翻越“大山”到达另一边，必须具有一定的能量。但如果“山”脚下有一隧道横贯“大山”，那么情况就不同了，电子能量虽不足以翻越“大山”，却可以穿过隧道而到达另一边。近代物理学的研究证明，金属内部的电子确实有一定的机会通过表面位垒“山”脚下的“隧道”而出现在表面外的一定区域。这就是所谓的隧道现象。

有人做过实验，将两块导电板中间放置一层绝缘薄膜，在导电板上加上电压，电路中不会产生电流，但当绝缘层厚度减小到一定值（数十埃）时，电路中就会产生电流，这就是隧道效应导致的隧穿电流，此电流大小与两电极间距有关，间距改变 1 埃，电流将改变数十倍。

1982 年 IBM 公司的 G·宾尼格和 H·罗雷尔根据上述原理研制成功了具有原子分辨能力的扫描隧道显微镜。

这种显微镜的放大倍数可达 300 万倍以上，能分辨两个相隔仅有 1／10 原子直径的东西。也就是说，它的分辨本领高达 0.l 埃！

这是显微学史上又一个重要的里程碑！

通过它，人们看到了过去在理论上预言到却从未真实见到过的细微结构——原子。

这种显微镜的工作原理与以往的显微镜大不一样，它既不需要任何光或辐射源，也不需要聚焦系统。其主要部件是一根直径仅为几个原子大小的尖锐金属探针。将探针接近被测样品，并在其间加 2—10 伏的小电压，当两者距离十分小时（约 1 纳米），电子就可因量子隧道效应在没有接触的针尖和样品间流动，即产生了隧穿电流。保持两者的距离不变，隧穿电流也保持不变，然而实际上物体表面的原子结构会改变两者之间的距离，于是隧穿电流

就会变化。隧穿电流对针尖和样品间距离的微小变化异常敏感，如针尖在样品表面扫描时改变 1 个原子大小的间距，隧穿电流即可变化 1000 倍。将携带原子结构信息的隧穿电流输入计算机，经处理后即可在荧光屏上显示出一幅物体的三维图象。

隧穿电流的大小除与探针和表面的间隔有关外，还与表面的成分，电子状态等有关。采用一定的技术可以从电流变化信号中把这些信息提取出来，因此，扫描隧道显微镜既是一种“超级显微镜”，又是一种多功能的分析仪器。它使人们对原子世界的认识更深邃。从它诞生至今的短短十多年中，在许多领域取得了应用研究成果。如用它观察到精美的单个原子结构图象；探测原子周围电子云的状态；证实了介于晶体与非晶体之间存在的一种准晶体；……以往的一般电镜需在真空中观察样品，故样品必须脱水，但是没有一种生物能离开水而活着。

扫描隧道显微镜可以在大气或液体中工作，对观察的样品无任何特殊要求，为活体显微研究打开了大门。科学家们已用它观察到了脱氧核糖核酸（DNA）分子双螺旋结构的清晰图象。

透射电子显微镜和扫描隧道显微镜的发明均为人类增添了洞察超微世界的眼睛，为此，瑞典皇家科学院决定，将 1986 年诺贝尔物理学奖的一半授予联邦德国的恩斯特·鲁斯卡教授，另一半分别授予瑞士苏黎世国际商业机器公司研究实验室的联邦德国学者格尔德·宾尼格博士和瑞士学者海因里希·罗雷尔博士，以表彰和奖励他们所做出的贡献。

（4）显微“家庭”中的新成员

由于扫描隧道显微镜的原理是量子隧道理论，因而它不能用于非导体样品的检测，限制了其应用范围。

1985 年，美国加利福尼亚斯坦福大学的 G·宾尼格（扫描隧道显微镜的发明人之一）和 C·F·奎特能与 IBM 苏黎世研究所的 CH·格柏又提出了以原子力的大小来探测微观结构的新思想，并进行了原子力的测量，设计了原子力显微镜成像的数种方法。其中较为成功的是利用光杠杆测量原子力所形成的原子力显微镜，现已用于观察集成电路、半导体、血液细胞和细菌等，其高倍镜可以显出单个原子。

人类从没有停止过征服自然和改造自然的活动，人们探索超微世界的主要目标之一是观察原子的内部结构。对于在这方面极有潜力的电子扫描隧道显微镜和原子力显微镜，许多国家的显微镜专家都在致力于其新功能的开发，相信不远的将来还会有更新更好的显微镜加入这个大“家庭”，那时，许多自然界的神奇奥秘将不得不“原形毕露”。

2．不用燃料的飞机

你听说过一种不装载燃料却可以在平流层长时期飞行的飞机吗？

这种飞机就是目前许多国家都在研究的微波飞机。

此项研究始于本世纪 80 年代初，由美国人率先进行。他们以太阳能发电卫星计划的研究成果为基础。该技术打算在宇宙空间设立一个宽 5 公里、长 20 公里的巨大太阳能发电卫星。得到的电能用微波送回地面。这种新开发的微波输送技术，正好可以应用于微波飞机的微波输送方面。

微波飞机具有小型、轻便、无人驾驶等特点。它的推进器是用电动机带

动的螺旋桨。电力由地面的抛物面天线以微波方式向飞机发送。飞机的机身的两翼下面装有微波接收器，一般称为接收天线，用于接收微波能，然后转变成电力，推动电机。这样，微波飞机可在规定区域巡航，持续飞行数月至数年。

微波飞机与普通飞机存在的差异使其具有许多优点，从而开辟出飞机崭新的用途。

例如，微波飞机在 20 公里高空沿固定路线巡航时，如果使其搭载上通信、电视、无线电广播频率的中继器，就可作为覆盖半径为 50 公里地区的通信中继站使用。80 年代中下旬，加拿大通信研究中心就曾以这类应用为目标进行了微波飞机的试验。试验机离地时，使用装在飞机中的小型电池使螺旋浆转动，当达到一定高度时从地面上接收能量进行飞行。日本科学技术厅的航空宇宙技术研究所协助邮政省电波研究所也进行了同样的研究：计划使用飞机翼长数十米,载重能力达 100—200 公斤的微波飞机在东京等大城市的上空飞行，以此作为通信的中继站。

也许你要问，用于通讯不是已经有地面发射塔了吗？

是的，但利用微波飞机进行通讯比在地面上建立发射塔效率高得多，这样，发射机的输出功率可以很小，出租汽车的业务电话、个人用的便携式通信机，汽车电话，均可以利用微波飞机获得良好的通信质量。这种通讯系统还可以不受地震等灾害的影响，广泛适用于防灾通讯系统。

由于微波飞机能进行长时间不着陆的持续飞行，因而对于平流层大气状况的调查非常有利。

如大家很关心的臭氧层的破坏情况，使地球温暖起来的二氧化碳浓度，以及大气层中放射物质的存在情况，都可以利用微波飞机进行观测。

同时，对于某些特定的区域的特殊情况，如调整公路的运营状况，森林火灾或地上灾害，农作物的生长情况、沿海地区的船舶行驶或非法入境等，微波飞机均可进行良好的监视或调查。

当然，人造卫星也能进行上述观测。但是，在高度为数百公里飞行的低轨道观测卫星，围绕地球飞行时不可能经常观测同一地区，而在赤道上空相对静止的地球同步卫星高度约 3.6 万公里，由于在非常高的空中飞行，比微波飞机观测精度差得多。

目前，微波飞机还处在实验阶段，离真正投入使用尚有一定距离，还面临一系列技术难题，如微波接收装置的接收天线的薄膜化和天线性能的提高急待解决。微波发射站的选址也要慎重考虑。因为微波发射站的输出功率虽不算大，但发射出去的微波会像微波电子灶一样，使被照射的物体发热，而且还会干扰周围的通信。所以，在人口密集的大城市圈内使用，这些问题必须很好解决。

3．电视的新用途

电视的出现和应用大大丰富了人们的生活、开阔了人们的眼界，今天它不但已成为人们生活中不可缺少的一部分，而且应用范围愈来愈广；其中一个重要方面，就是电视杂志系统和图象数据系统，即文字广播。

文字广播的信息是由电视台利用电视信号中每帧之间的空行，以标准传输方式用普通的电视信号发送到每一台电视接收机的。用户可以根据需要选

择观看某一页。从原理上讲，图像数据系统与电视杂志相似，但它们的不同点在于信号由电缆传送，而且图像数据系统的中央计算机的数据库所提供的资料极为丰富。

要具体说明文字广播原理，需从电视的电子扫描谈起。

电视是通过电子束在荧光屏上从左到右，自上而下进行一行行的扫描来显示一幅幅完整图像的。当电子束扫完 625 行（我国采用的电视制式）显示出一幅图像后，它必须从荧光屏的右下角回到左上角，重新开始扫描，这一过程是“垂直扫描的逆程”，电子束由右下角回到左上角的扫描线叫做“回扫线”。为了避免回扫线破坏电视图像，必须设法把它隐抹掉。过去，在“垂直扫描的逆程”中是不传送任何信息的，就是说，它被白白浪费了。

70 年代，英国的电视工程师在研究中首先发明了利用“垂直扫描的逆程”传送文字信息的方法。即把文字和图形信息用二进制方式进行编码，然后把它们插入“垂直扫描的逆程”中和普通的电视节目一起广播。电视用户只要在电视机上附一个文字广播接收器，就可以收看文英国是最先提供电视杂志和图像数据系统服务的国家。在经历了两年的试验之后，1976 年英国广播公司的电视杂志系统“西法克斯”，以及国际广播公司的电视杂志系统“奥拉克尔”均开始广播。英国的图像数据系统“普雷斯特尔”也于 1979 年启用。

如同报纸一样，在电视杂志和图像数据系统中。文字和图形信息也组织成以页为单位，显示在电视屏幕上一帧的信息就称为一页。向电视接收机附加键盘上输入一个页码，就可以选择你所需要的页。这些系统能够提供丰富的信息，诸如：时事新闻、体育快讯、天气预报、市场行情、幽默小品、食谱、旅游、教育和娱乐等。这些内容可以随时更新，并备有索引供观众查找。例如，观众要了解当天体育比赛的消息，可以打开电视调到规定频道，这时，屏幕上会显示文字广播内容的索引，如果“体育报道”是第 140 页，观众可以通过文字广播接收器的节目选择键盘输入“140”的号码，电视屏幕在几秒钟内就会显示出当天体育比赛的各种信息。

文字广播的显示方式有两大类，即独立显示和叠加显示。独立显示又分全面固定显示和全面纵滚显示，前者是在整个电视屏幕上显示一页文字或图像信息，每隔一定时间变换显示内容；后者是在屏幕上出现一页文字，以一定速度从下向上滚动，从下端不断补入新的文字信息。叠加显示是在屏幕显示的主节目下方叠加出 1—2 排文字广播信息。这样观众在收看普通电视节目的同时可以收看文字广播节目。

继英国之后，美国、日本、法国、德国、瑞典、加拿大等国都开办了文字广播节目，我国也在探索和试验中。

4．射电天文学

我们的地球被大气、云和电离层等团团包围着，这既保护我们免受外来射结、流星等的威胁，也不同程度的影响到外来信息的传递和人类对外的观察。

然而，自然的安排既神奇又巧妙，在地球被层层“包裹”的同时，几个可供观测的窗口也留给了我们，这就是光学窗和无线电窗。

在天文学这门古老的学科中，天文工作者使用各种光学仪器，通过光学窗对宇宙天体进行观察，探索到了不少天体的奥秘，但由于光学窗受云层、

雾气的影响，长期以来，天文观测只能在天气晴朗的时候进行，观测的目标一直是天体发射出来的光的现象。

无线电比较开阔，且不受云层、雾的影响，所以是一个很有用的窗口，有趣的是，它的发现竟是无意碰到的。

1924 年，人们利用电磁波商量电离层的高度时发现当波长小于 60 米后，就收不到电离层的回波了。这是由于无线电窗存在的缘故，但局限于当时的科学技术水平，人们并没有认识到这一点。

1928 年，年仅二十八岁的无线电物理学家 C·G·Jansky 接受了贝尔试验室分配给他的一项任务，设法解决横越大西洋的无线电话受“静电噪声”的严重干扰问题。在数年的研究中，他发现产生静电干扰的原因之一是来自外层空间的无线电波的“捣乱”。这种“捣乱”的发源地在哪里呢？聪明而又善于思考的 Jansky 根据这种无线电波强度变化的周期正好等于地球相对于恒星的自转周期 23 小时 56 分 4 秒这一事实，断实它既非来自地球，也非来自太阳，而是来自更遥远的宇宙星空，其方向刚好指向银河系中心——人马星座。1937 年，G·Reber 也发现该方向有波长为 2 米的电波，同时还发现了其它星座的电磁波。第二次世界大战时，英国炮瞄雷达有时突然受到干扰，结果发现干扰来自太阳，特别是太阳有黑子、耀斑时，干扰更强，说明太阳也在时刻发射着无线电波。射电波以电噪声的形式干扰地球，尽管它十分隐秘，最终还是被人类所俘获。

人们通过接收宇宙天体不停发射的无线电波便能探则宇宙奥秘，射电文字学也就这样诞生了。因此，可以说射电天文学是一门在射电望远镜基础上发展起来的新学科。

射电天文望远镜一般是利用高灵敏、低噪声的微波量子放大器作为核心部件的，许多宇宙射电谱是某些分子的精细和超精细结构辐射谱或吸收谱，并且很有可能在宇宙射电谱中存在着微波激射现象。射电望远镜是“听到”而不是“看到”来自外层空间的电磁波的。

射电天文学使用的仪器除射电望远镜外，还有射电干涉仪和雷达等。其中射电望远镜和射电干涉仪都只能被动地接收天体来的电波，而利用雷达则可以向天体发射电波，然后接收天体所散射和反射的回波，对两种波进行分析，便可以获得单凭其他手段难以得到的新资料。使天文学从纯观测科学向实验科学前进了一步。

自从二十世纪四十年代射电天文学开始发展以来，世界各国对天体射电进行观测，已经给天文学，特别是天体物理学方面，增添了很多宝贵的资料。

1967 年 8 月 6 日，英国剑桥大学使用他们的 81.5MHZ 的射电望远镜意外地接收到了脉冲信号，当时并不明其原因。由于脉冲信号的周期惊人地稳定和准确，人们普遍怀疑是宇宙中其它文明世界传来的向地球人招手的电信号。过了几个月，科学家们在分析记录时才意识到他们可能发现了一种新型天体，即脉冲星，取名 CP1919。这一观测结果于 1968 年公开发布，引起了天文学界极大的轰动。现在，脉冲星被公认为是中子星，因它们的星体小，但密度极大，有的每立方厘米的重量竟高达一亿吨，所以有人认为脉冲星是超新星的遗迹。

流星是我们常见的天文现象，现在采用较好的雷达对其进行昼夜不停的连续探测，每小时可发现数以亿升的流星冲进地球大气层。观测表明，这些流星都是属于太阳系的成员，对研究太阳系的起源和演化具有重要作用。

在对太阳活动现象，如黑子、耀斑以及射电爆发的研究中发现，它们严重地影响短波通信，产生磁爆和极光，影响地面气象，影响生物的生长和人类的健康，对人造卫星，载人飞船有严重的威胁。因此，预报太阳的活动也是射电天文学研究的一项重大课题。

此外，采用那些能透过星际尘埃的射电，已大体弄清银河系的结构。

而微波背景辐射的发现、新星爆发的观测、类星体等的发现及许多星际分子的射电观测研究，不仅对天文学，而且对物理学、电学、生物学等其它学科也作出了重要贡献。

5．打开海洋宝库的金钥匙

你知道吗？在太阳系的所有行星中，只有我们地球积贮了巨量的水。当年阿波罗飞船上的宇航员从三万公里之遥拍下了地球的照片，它看起来象一个蓝色的“大月亮”，这是由占地球表面 71%的蓝色海洋的反射光造成的。

蓝蓝的海洋，浩瀚无际，富绕壮丽。这是生命的摇篮，资源聚积的宝库，自人类社会形成以来，就开始了对它的利用和研究。

随着社会的前进，人类越来越认识到海洋的巨大潜力和作用。当今世界，蕴藏着丰富的生物资源、化学资源、矿物资源和能的海洋，已成为各发达国家专心致力研究的重大科学领域之一。

不可否认，海洋在我们关于地球的知识中还是一个巨大的空白。海洋研究工作者尚面对着一大堆有关海水水质、海水环境、海底构造和海洋栖息生物方面的未知数。而电子技术在研究海洋生物、促进现代海洋开发和利用方面有着难以估量的作用。

海洋研究中的一个大范围技术问题是涉及到测量世界性海洋的各种参数和特性。电子设备在解决这类问题时的工作原理都是以电磁波或声波和光波的能量在目标区形成一种场，然后获取许多被测数据的；工作方式也大致经历发射、振荡转换，放大，接收以及与数字装置工作有关的逻辑程序等。

深海调查船或钻探船的深水取样技术也是海洋调查和开发的重要环节。操作时必须严格固定深海钻探船的船位。现在根据海底声标发出的信号，利用计算机控制船位，可保证船体固定于钻孔上方达一个月之久而不需抛锚，这在以前根本无法实现。同时，计算机使其实现了连续快速测量和高速资料整理。

海洋探测的开发所依赖的许多新技术，诸如空间遥感、综合导航、动力定位、通讯、资料获取、数据处理等都与电子技术密切相关。而配备微型计算机的机器人在现代海洋开发中已日益显示出独特的作用。尤其在深海或海底，它能完成潜水员无法胜任的工作。

1966 年 1 月 17 日晨，美国的一架 B—52 重型轰炸机正飞行在地中海边西班牙巴洛马列斯村上空，另一架与它并肩飞行的运输机正试图给它补充喷气燃料。但不幸的事发生了，两机没完成任务就碰撞坠毁！B—52 飞机上载着的四枚氢弹也跟着失踪。这下糟糕透了，因为这四枚氢弹一旦爆炸，相当于 120 万亿吨梯恩梯炸药的威力，这无疑是一场巨大的灾难，也无疑将给美国军界抹黑。好在氢弹没有爆炸，美方在村里找到了三枚完好的炸弹，估计另一枚坠入了地中海。美国海军立即出动了他们经以为自豪的深海潜水船，在出事地点附近区域投下了精密的潜海机器，在茫茫海面上从事大海捞针式

的艰苦作业。当潜水机器第十九次潜入水下时，终于找到了氢弹，它在离海岸八公里的地方，缠绕其身的降落伞还完整无损。打捞人员投下了端部带有钩子和钢索和其它一些必要的设备，从水下 765 米处钩住了氢弹，这就么一个看似简单的动作，在水下由机械装置去完成，难度就非常之大。第一次打捞起吊在氢弹距水面只有一百多米时，钢索突然断裂，氢弹又重新掉进海底。这一回它掉到 850 米深的另一个地方去了。当时的美国总统约翰逊闻讯此事，表示要不惜一切代价打捞。又一艘深海探测船出动了，它的关键性设备就是装有电子计算机和电视摄像机的“卡布”号打捞机。实际上，“卡布”是一个带有复杂电子装置的机器人，它能长期在水下工作而不需人在水下帮助。电子遥控专家们只需坐在指挥船上，通过电视屏幕就可知晓海底情况。他们指挥着装有液压活动关节的“卡布”，结果没花多少时间，这枚氢弹被抓出水面，稳稳当当地停放在回收船的甲板上。

现代电子技术使人们对于海洋中航行的船只、湍流、拍浪、潮汐、生物活动、地震等等发出的各种噪声既能听到又有看到。也就是说接收声纳可以把噪声变为电信号并在屏幕上显示出来。

由于声纳的功能与雷达很相似，故也可称为“水声雷达”。两者不同之处在于，前者利用声波在水下的传播特性，后者利用电磁波在空中的传播特性。

美国有一种大型的声纳设备，名为“SOS—26”，它的听声器部分是一个直径达 5 米的球体，整个导流罩长达 13 米，宽 8 米，高 6 米，重达好几百吨。美国海军曾用它做过这样一个实验，在靠近加里福尼亚的门多西诺爆炸深水炸弹，十几分钟后，远在印度洋的大巴里埃岛和马约尔岛收到了爆炸声音信号，由此可见它的功能非同寻常。

总而言之，海洋的研究与开发一步也离不开电子技术。在它的帮助下，“水下人间”终将实现。到那时，水下通讯将四通八达，海上专列如游龙穿梭，崭新的“蓝色城市”的将构成另一个人间乐园。

电子技术无疑是打开海洋宝库的金钥匙！

6．电子技术与空间技术

民间广为流传的神话“嫦娥奔月”反映了我国古代劳动人民对空间探索的幻想。如今，人类出于现实的考虑，已超越这古老的幻想，急于通过空间活动和运用空间技术，寻求自身生存问题的完善解决。

空间技术是一门综合性很强的现代技术，主要包括下述四个方面：1）人造地球卫星和制造、发射和应用技术，这是当前空间技术的重点；2）载人飞船和航天飞机飞行技术；3）行星探测技术；4）正在兴起的空间材料加工技术。

空间技术从六十年代蓬勃兴起以来，在能源供给、信息传输、资源调查、气象预测、军事侦察、科学研究等各个方面取得了巨大的经济效益，其中电子技术对它的支援是一个重要环节。

可以很不夸张地说，任何现代空间活动都不可能离开无线电电子技术。从卫星或飞船轨迹的计算确定，到空间气象参数的收集、分析、整理；从通信联络（包括数据、图象、照片的发回地面）到各种遥控操作和遥感侦察；从飞船工作舱里的气温、气压、湿度、气体偏量等参数的自动调节，到飞行

轨道的自动校正；从火箭的自动点燃发射，到各级火箭的自动脱落……无一不需应用电子技术。

电子计算机在现代空间技术中已广泛使用，从资料卫星或侦察卫星发回地面的遥感图象数据，均先经卫星上的计算机处理，发回地面后再经过地面上计算机的组合、分析、整理和自动描图，才能复制出被卫星所感知或探测到的地面目标的各种真实图象。

与此同时，计算机的微型化开创了深空探测的新纪元。在此之前，虽然人类已经拥有了超远距离的精湛通信技术，但我们仍然无法在地面上通过无线电波对深空行星探测器进行即时有效的操纵控制。譬如，对地球近邻——火星的探测来说，火星距离地球约三亿二千万公里，从地球向火星发送无线电控制信号需历时约 20 分钟。因此，当空间探测器进入火星大气层并准备在火星上软着陆时，已不能通过地面上无线电发射机对探测器进行实时控制，而必须依靠配置在探测器上的微型计算机以及其他自动化装置进行自行控制。

实际上，许多人早已领悟到电子设备系统所能达到的微型化程度决定了今后空间活动和空间技术能否取得迅速而全面的发展这一事实。这一点很明显也很直观。七十年代初，送入空间轨道的每一公斤载荷（如卫星、空间探测器等）所需的发射费用相当于一公斤黄金。如果能将安置其中的电子设备重量减轻数倍，则可节省一笔相当可观的发射费。

再看这样一个事实：要将 100 公斤的空间飞行物送入离地面 35850 公里的同步轨道，空间运载火箭的起飞重量将需要 20 吨之巨。利用火箭发射低轨道运行的卫星，火箭的有效载荷也只有火箭总重量的 1%左右。由此可见，只有利用微电子设备，才有可能在相当有限的载荷空间内塞进供探测、自控、通信联络，数据处理和侦察用的各种复杂电子设备系统。

今天，大规模集成技术已使过去庞大而复杂的电子计算机控制系统缩小到能搬进小小的导弹弹头或飞船舱内。

相信随着电子技术的进一步发展，空间活动和空间技术将更上一层楼。

7．当代“火眼金睛”——遥感技术

“西游记”中孙悟空的火眼金睛可以远望千里，入地三尺，但那毕竟只是美妙的神话。而地球资源卫星，也称陆地卫星则是人类现实生活中实实在在的“火眼金睛”。

世界上第一颗地球资源卫星是由美国在 1972 年 7 月 23 日发射的。从它发射后第 4 天送回来的照片上，发现了美国阿拉斯加中部森林中正在熊熊燃烧的一场大火，火灾地区有 29 公里宽。

通过资源卫星，各个国家都获得巨大经济效益，如美国在阿拉斯加发现了新油田；伊朗找到了新水源；加拿大在北冰洋找到了船队通航的新航道……。分析一张我国洞庭湖的照片，可以知道湖中淤积的泥砂来自长江，而不是来自湘江。从卫星云图照片上可以清楚地看到台风的形成和移动情况这些奇迹的创造很大部分依赖于遥感技术。

那么什么是遥感技术呢？

通俗地讲，遥感就是从遥远的地方对所要研究的对象进行探测。

遥感技术的理论基础是根据地面物体的光谱特性。我们知道，各种物体

具有不同的吸收、反射和辐射光谱特性。在同一光谱区各种物体反射不同，同一物体在不同光谱区也有明显差别。不仅如此，在不同季节，不同地区以及不同的太阳照射角度，同一物体的反射和吸收和光谱也各不相同。因此，遥感技术就是对地球表面物体进行多波段、多时相信息的探测。

所以，比较准确地说遥感就是在一定距离之外不接触目标的情况下，通过传感仪器对其进行电磁波能量测量，从而获取该目标的信息。

遥感技术的发展可以追溯到 20 世纪初期。其早期技术是第一、二次世界大战中国军事侦察需要而发展起来的航空摄影技术。战后这一技术很快转移民用，并广泛应用于土壤、森林勘测与绘制地图等方面。但当时利用的电磁波谱段仅限于可见光范围。第一颗地球资源卫星上天后，遥感技术在全世界范围得到突飞猛进的发展。

遥感系统产生包括信息获取，目前的遥感平台多种多样，如美国形成了由气象卫星、陆地卫星和海洋卫星为主体的地球遥感卫星系列，加上高、低空遥感飞机，形成了具有不同飞行高度、覆盖周期、观测范围和图象分辨率的多层次对地立体观测系统。遥感传感器利用了紫外——可见光——红外——微波这一很宽的电磁波谱段。而正处于开发研究过程中的各种新型传感器不下二十余种。如海洋色温扫描仪、合成孔径雷达、全球臭氧监测辐射计等专用传感器。

地球观测卫星的摄影设备的分辨率也在不断提高。分当辨率为 30 米时，在照片上可看出城市的轮廓和巨大的建筑物。10 米的分辨率则能看到所有的建筑物和街道。分辨率为 5 米时可分辨出小巷、汽车甚至售货亭。不同用途的卫星所获照片的分辨率是不一样的,侦察卫星的运行轨道比观测卫星低(其寿命也短，只有一二十天，观测卫星寿命可达一年），其照片的分辨率则高得多，如美国“大鸟”侦察卫星照片的分辨率可达 1 米。

随着遥感数据获取手段的加强，需要处理的遥感信息量急剧增加。对计算机处理技术应用的要求也越来越高。这主要涉及三个方面，一是遥感图像处理，二是遥感与地理信息系统的结合，三是人工智能技术的应用。

遥感以其迅速、宏观、准确、周期性等特点，正成为资源环境宏观管理、规划与决策的一个重要工具，有着十分广泛的应用基础，它涉及土地、水、森林植被、矿产等自然资源的调查；环境污染与生态环境变化的监测；自然灾害（如洪水、林火、飓风、地震）的监测与评估；工程建设选址或选线；军事目标识别等各个方面，随着其自身技术的不断发展和应用效益的日益提高，遥感已越来越受到各国管理部门和科研机构的重视。

8．生物医学电子学浅说

当前科学技术发展的主要趋势是学科的交叉与综合。突飞猛进的电子技术已深入到了人类社会的各个领域，新的边缘学科不断形成。而生命科学与电子技术的交叉，是一个引人瞩目的重要领域。

本世纪 30 年代，电子示波器使人们观察到了神经动作电位，50 年代迎来了生物医学与电子学密切结合的新局面。随着生物医学电子学这门新的交叉学科的形成和发展，不少电子科技人员、计算机专家进入生物医学领域，使现代医学出现了崭新的面貌。

电子技术在医学方面的应用极为广泛多样，所取得的杰出成就挽救了成

千上万病人的生命，如 1962 年开始应用的基于微电子技术的埋藏式心脏起搏器，使数十万濒临死亡的房室传导阻滞等心脏病患者得以维持生命，甚至恢复了工作能力。又如严重肾病患者，极可能被尿中毒夺去生命（据我国统计肾病死亡人数是心脏病死亡人数的七倍），但由于现代人工肾（血液透析仪）的发明，使这些病人得以维持生命，每周透析一次，即可使患者正常工作。

生物医学电子学作为一门新兴边缘学科，其研究范围在不断的扩大，总体讲包括诊、断、治三个方面。所谓“诊”就是利用电子技术对人体各种信息进行检测。信息有电的与非电的。

电信息包括脑电、心电、肌电、皮肤电以及心磁、脑磁等，可以利用一些较成熟的电子仪器进行测量。关于微弱的心碰和脑磁可用新发展的超导量子干涉器件（SQUID）进行测量。

在“断”方面，应用电子计算机的逻辑判断和储存记忆的功能，先建立病历库，把各种病历数据和行之有效的治疗方法、效裂等存储进去。计算机根据输入的病人数据，可以迅速查出以往最相似的病例，作出对病人的判断。然后开出治疗方案和医嘱。如专家诊疗系统等。

在“治”方面，利用 X 射线、同位素、微波、激光等照射人体可以治癌。激光手术刀、微波和红外势疗以及各种人工脏器等都是电子技术的产品。此外，在病人远距离监护、病历检索等方面也都用上了电子计算机。在此，仅让我们选择性地了解临床诊断上一些比较新的成就。

（1）医生的第三只“眼睛”—CT

在医生治病救人的过程中，总是先要弄清病人体内出现了什么样的变化，然后才能采取相应的治疗措施。但是，要对人体内部器官进行检查谈何容易！因为人毕竟不像一台设备，可以随意开、拆、幸而现代科学技术为人类添加了第三只“眼睛”——一些新颖的诊断技术，并不断的使这只“眼睛”越来越亮。

今天，如果有人对你说，他看到了正张大嘴打呵欠的母亲体内胎儿：看到了心脏病人缺血心脏上的阻塞动脉和流动着的血流；看到了胸腔内跳着心脏的内质壁……你完全用不着丝毫怀疑，因为这一切是千真万确的事实。

自从德国人伦琴在 1895 年发现了 X 射线能穿过不透光的物体并使其在感光底片上形成图像，人类直接查看内脏器官的形态变化来诊断疾病就不再是可望不可及的幻想了。

X 射线透视至今仍广泛使用，但所得照片是将三维物体用一个两维的图像来表示，因而非常粗糙，且脏器与骨骼互相重叠，对于要亲自看到人体内部组织，还有一定差距。

1972 年，一项新的发展在医学界卷起了波澜，轰动了全世界，这就是计算机 X 射线断层扫描摄影机，简称 X—CT。

CT 是对人体内部组织乾地断层扫描的图像显示设备。如前所述，一般的伦琴摄影是某单一方向的投影图象，因而只能大致了解物体内部组织如何，同时由于重叠，还不能表现出正确的状态。但是，假若按照规定的 45°、9°、135°的角度变化，从若干个方向进行伦琴摄影，就可较正确地表现出内部结构。若用更小角度进行摄影，信息就会大大增加。CT 就是这样人各个不

同角度进行断层摄影的：在进行人体检查的台架部分，X 射线管与 X 射线检测器隔着人体相对设置，二者形成一体，在人体周围旋转摄影。X 射线管发射出的 X 射线，一部分被人体吸收，剩下的分割成数百条射线到达检测器进行检测。被检测的 X 射线强度转换为数字信号，输送给计算机。这些是用 0.2—1.0 度间隔调整进行的。旋转一周，得到数十万个数据，计算机对此数据进行处理，建成一个断层图象，从而了解到真实的内部结构。

X—CT 的发明可以说引起了医疗仪器，医学成像装置的一次革命，它是自 X 射线发现以来，称得上十分重大的一项发明。1979 年，CT 发明者——英国享斯菲尔德（Hounsfield）获得了诺贝尔医学奖，这也是人们对生物医学电子学学科的肯定。

X－CT 的研制成功，开辟了观察人体任何截面图象的新途径，实现了整个人体组织的定量数字化，为早期发现癌症提供了有力手段。同时，还带来了各种 CT 的出现。

如美国、西德等国在 80 年代初相继研制成功核磁共振 CT，这是以组织功能和组织形态两者的结合形成的图像，是又一个重大成就。因为 X—CT 的每个象素表证了人体对 X 射线的衰减系数，只反映组织的物理性能，而核磁共振 CT 成像描述的是氢原子在人体组织中的分布,反映了组织的化学结构成分的特点。

所谓核磁共振，是指某些原子核如果处在强磁场中，并受到某个特定频率的高频无线电波激发，会吸收一定能量，从而改变其不同能级的磁状态分布。利用这一物理现象作媒介物体代替 CT 中的 X 射线就是核磁共振 CT。也就是说，它与 X—CT 出于同一原理，都是应用 X 射线 CT 的重建技术。

核磁共振 CT 是目前最昂贵的医疗设备，它主要有以下四大部分组成：

①磁体，产生静止的强磁场。为了产生高磁场强度和确保磁场的均匀性，目前有不少都采用超导磁体。

②梯度磁场发生系统，用于图象信号的定位。

③高频无线电波发生系统，用于激发氢原子核产生核磁共振。

④电子计算机系统，用于控制、计算与图象处理。

从其组成不难看出，核磁共振成象装置是多种高技术结合的产物。在检查时，病人躺在磁体里（其磁场强度相当于地球磁场的 2000-40000 倍，由系统发出的高频无线电波激发人体内的氢原子核，使其产生磁共振。在静磁场上叠加 X、Y 和 Z 三个空间方向的梯度磁场，即可得到确定部位的核磁共振信号。经过电子计算机的处理，便能得到指定部位的断层图象。

核磁共振 CT 与 X 射线 CT 相比，具有如下优点：

①X 射线对人体细胞有杀伤作用,而核磁共振 CT 对人体没有电离辐射伤害。

②X—CT 是利用 X 光对不同的组织具有不同的穿透性这一原理来成象的，即只能获得一幅密度象。而采用核磁共振原理对同一个部位至少可以取得三幅不同的断层图象，即密度象、T1 象和 T2 象。从而获取的信息量要多得多，更便于临床作出正确诊断。

③核磁共振 CT 的三幅断层图象中,密度象是反映各组织中所含氢原子核密度分布的国象；T1 象和 T2 象则分别表示了共振氢原子核与其周围分子从氢原子核之间相互联系的情况。这意味着对于进行手术解剖检查肉眼尚不可见的病变，采用核磁共振 CT 则有可能检查出来，因为它不是简单的光学照

相，而是进行分子水平的检查，这对临床早期诊断意义十分重大。

④X—CT 只能做横断面断层照相，而核磁共振可以做横断、冠状、矢状和任意角度的斜向断层照相，使用起来更灵活方便。

⑤由于 X 光对软组织的穿透性差别不大，所以在 X—CT121 更图象中，对软组织往往很难分辨，而用核磁共振 CT 则很容易区分，特别是大脑、中枢神经系统等部位，其图象比 X 一 CT 的图象要清晰得多。

再从一个简单例子我们也可以窥见核磁共振 CT 的优越性：正常的肝组织与肝癌和囊肿在密度象中没有明显的差别，因而只从密度象上很难看出病变；但在 T1 象中，囊肿最暗，肝癌次之，正常肝组织较亮；而在 T2 象中，囊肿最亮，肝癌与正常肝组织却无明显差别，将这三幅图象相对照即可容易地区分出三者。

除此而外，利用放射性同位素、超声波等 X 射线以外的媒介物体的 CT，陆续地在付诸实用。

这些同样基于 X—CT 重建技术原理。

（2）数字减影血管成象术

60 多岁的杰姆斯·奎因教授历来很讲究养生之道，坚持每天慢听 3 英里，烟酒不沾，还定期检查血中胆固醇水平。

1986 年 1 月 9 日凌晨 2 时，一阵胸痛和臂部发麻将他从睡梦中惊醒，他家人立即叫了一辆救护车将他送到诊疗中心。医生用一项新技术观察了他心脏的供血情况，发现冠状动脉侧支的供血受阻，随即给他实施了血管复通术，即以导管上的气囊扩张他的冠状动脉，消除侧支供血的受阻情况。7 天后，他康复了，避免了心肌进一步受损。

医生检查用的新技术就是近年飞速发展的数字减影血管显象技术（简称 DSA 技术）。该技术原理并不复杂，其核心是数字减影技术。假如我们有景象、明暗程度完全相同的两张底片重叠在一起时，会得到一张影象比原来深一倍的底片，但如果用数字转换器先将这两张底片划分成许多小点，再把这些小点转换成相应的数字，则得到两组完全相同的数字，送入电子计算机依次进行逐点相减，就得到一组零。如果将其还原成底片，最终得到一张全透明的底片，原先底片上的影象全部被抵消掉了，这就是数字减影技术的基本原理。

用这项技术检查时，病人只要在注入造影剂前后分别进行一次 X 光透视即可，因为造影前后的两个影象，除了造过影的那部分血管影象的深淡不同外，其余部分完全相同。通过数字减影技术处理，可得到一张没有骨骼等组织影象干扰的血管影象；其清楚度相当惊人。

在临床上，一旦确诊冠状动脉被阻塞时，通常采用将冠状动脉改道（又称“搭桥”）的手术，重新建立血流通道。然而，这毕竟属于较大的手术。如果用数字减影血管成象术和一种称为血管复通术的方法，能使许多患者免除手术痛苦的心理负担。

上面对杰姆斯·奎因教授施行的冠状动脉复通术，就是把一根比铅笔芯还细的导管插入臂部或腹股沟的血管，并在数字减影血管成象仪的监视下，在第一根导管中，再插入第二根直径更细的导管。这根导管头部有一小气囊，当气囊触及冠状动脉中的阻塞物时，将气囊吹涨，就能将阻塞物排除，使冠状动脉复通，保证心脏的供血。

数字减影血管成像术是血管造影领域中的划时代创新。首先，该技术对

于管径大于 200 微米的血管及纵横交错的血管吻合支均可清晰地显示在浅淡的背景上，所成影象质量高。其次，该技术对注入造影剂的部位要求不太严格，且计算机系统对全部影象的数据处理只需 60 秒钟，因此、既减少病员的痛苦，又为诊断和治疗赢得了宝贵时间。因以往作大脑基底动脉造影检查，需在椎动脉插管注入造影剂，操作难度大，并发症多。而数字减影血管成象术只需在锁骨下动脉穿刺。注入 5—10ml 碘造影剂，就可获满意效果。第三，本检查通常在数秒钟内即可完成，又增设了一个 x 光影象增强器，降低了造影所需的 X 光剂量，减少了对人体的危害。