

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

现代科技与人文大观

神话变为现实—高新技术



神话变为现实——高新技术

1. 人类社会新纪元的来临 ——未来科技世界的四大要素

步入 90 年代以来，科技的演进和市场变化迅速，证明了人类社会正逐步进入一个新的纪元。展望未来的科技世界，包括了如下四大要素：新时代结构，通用网络，人类譬喻和灵活系统。

第一台电脑诞生于 1946 年。自那时起，随着计算机技术的飞速发展和其应用的逐渐普及，电脑应用系统的体系结构经历了多次较大的变革。面向 21 世纪的新时代结构，英文名称为 New Age Architectures，它是新时代体系结构的简称，包括可以供多人共同使用的技术、笔式电脑、分布式处理等。新时代的系统有开放式系统、网络主机和协作处理，它通过智能工作站来解决人们业务上的各种难于处理的事务。不言而喻，这些系统将改变人类的工作方式。有了先进的技术帮助处理一切事务工作，人们便可以把注意力集中到事业的发展上。开放式系统给人们带来电脑化的工作环境，并使信息提供及其服务更加普及化。企业使用工作站收集和传送资料，可以使工人增加他们的流动性，工作更加灵活。

通用网络通过移动式工作站、远程计算、电视会议和自动柜员机等，把人们与信息紧密地联系起来。未来的网络系统，不但可以传送文字、数据和声音，还可以传送高清晰度的图像和活动的画面。未来的通用网络就宛如一条巨大的信息高速公路，它横跨全球的资料库，让用户跨越地域界限。当今的商业社会已经日益多地使用网络。不久的将来，网络的使用将普及到政府部门、教育机构和个人。如同先进的工作站，这些网络系统包括了传真机、电话和电脑等的功能。

人类譬喻的英文名称为 Human metaphor。自第一台电脑面世以来，在近半个世纪里，人与电脑的对话界面（接口）日益变得友好起来。声音识别、智能界面、多媒体等等。这种种的人类譬喻令人与机器（电脑）之间的界面，变成一个自然的互相对话交流。未来，会有一个富直觉能力的界面，这个界面是跟循着各种人们用于学习、工作、生活和交换信息的各类媒体仿制的。这样，人~机之间的相互交流便会以“人”的特征和需求为主，而不是根据资料的特征或需要。这些界面，将把多媒体、声音合成和声音识别集为一体，藉以模仿人与人之间的交流。对用户而言，使用电脑说话或以笔写字并无什么不同。电脑加入了人的因素，使对电脑了解程度不同的用户们通过电脑，可以得到大量的信息资料。

灵活系统的英文名称为 Smart System。诸如智能处理、根据实例推论、嵌入系统、信息工具等，都属于灵活系统。它们都大大地增加了知识的价值。灵活系统能让一家公司利用它们最重要的资源——知识。这一知识决定了这家公司在今天和将来的发展能力。未来的灵活系统，将会是高度专门化的信息工具，可对声音命令作出响应，预计信息方面的需求，并在需要之时提供解决问题的方案。

2. 全球性经济的新货币 ——美国对信息时代的崭新的价值观

在 1991 年，波斯湾战争的硝烟刚刚散去，美国参议院议员戈尔就提出通过一项高效能电脑计算法案（HPCA 法案），保证美国政府在 5 年内以 30 亿美元的预算，加强高速电脑与通信的开发与应用，其中包括将现有的信息网络 Internet 提升成国家研究与教育网络。

时至 1992 年 11 月，民主党总统候选人克林顿意外地击败共和党人布什；克林顿入主白宫就任总统，戈尔也随之登上了副总统的职位。此时，信息高速公路的建设成了极受重视的国家重点计划，当年戈尔力主通过的 HPCA 法案经过不断地加强和完善，已成为目前美国国家信息基础建设计划（NII 计划）的重要部分之一。

早先在布什政府时代就成立的跨党派的国会竞争力委员会，不久前发表了一份文件。在该份文件中指出：“科技的进步和国际性的竞争加剧，已使得知识成为全球性经济的新货币。在信息时代里，信息基础建设将大致决定国家间的相对优势。”

克林顿政府的首脑人物是推动 NII 计划的重要力量。信息高速公路建设被列为美国第一优先的产业政策。1993 年 9 月 15 日，克林顿政府正式提出“国家信息基础建设：实施日程表”，描述了一系列的政策原则和实施要点。其中，信息产业原则包括以下九点：（1）以税法及法规的改变来鼓励民间企业投资于 NII；（2）保障信息资源公平、廉价地提供给全体国民；（3）促进信息科技创新和应用；（4）推进连贯、交互和使用者驱动的 NII，包括修改妨碍交互式应用的规章和政策；（5）保证信息保密和网络安全；（6）改进无线电频道分配的管理办法，使之走向开放；（7）保障知识产权；（8）各级政府及国际间配合互助；（9）提供政府信息，改进政府采购政策。

在现在的工业化社会，产业种类繁多，诸如航空航天产业、医疗卫生产业和环保产业等等，都是对国计民生关系颇大的部门。然而，美国克林顿政府偏偏选取信息基础建设作为重振美国的核心，这充分表明了信息时代崭新的价值观，这就是知识重于一切。

不言而喻，信息并不能直接带来物质的递增。但信息传输的重要性超过了以往人们一直关注的能源、资金和人力投入。信息时代的来临，将导致产业结构发生革命性变化。以往那种垂直式组合、讲究规模经济的企业和它们的“金字塔”型的组织形式，在未来将不再稳操胜券，代之而起的可能是中小企业间的策略性联盟、同步工程和灵活制造，信息流动和处理将变成为新型企业萌芽、成长、壮大的沃土。

信息高速公路带来的这些深刻变化，是对以往人类社会生产、生活的方方面面的一次大清理和大改观。此种深刻影响，是美国 60 年代时期肯尼迪政府实施的人类登月——阿波罗计划所望尘莫及的。

3. 打开智能之岛大门的金钥匙

——“资讯 2000 年”计划

面对即将来临的 21 世纪的世界，新加坡以远见卓识的目光瞄准了在未来竞争世界中能取胜的关键所在。新加坡制订的“资讯 2000 年”计划，便是想找出信息业促进国家发展的路子，为新加坡进入 21 世纪做好准备，使新加坡成为取胜于未来世纪的“智能之岛”。

“资讯 2000 年”计划，是由新加坡国家电脑局等单位于 1991 年 1 月开始研究的。各领域的 200 余名资深专家和政府官员，对新加坡 11 个主要经济领域进行了周密地分析与研讨，制定出这一项发展计划。如果能全面达到“资讯 2000 年”中设想的目标，将促进新加坡经济的发展，提高新加坡的综合竞争能力，并改善新加坡人民生活的质量。新加坡亦将发展成为一个地区性的乃至全球性的中心。

“资讯 2000 年”计划的主要内容，就是要在新加坡建立一个高效的、先进的全国信息网，通过这个延伸至每个家庭、学校、工厂的高速、大容量的全国光纤信息网，文稿、声音、图像、视像等形式的媒体，可以在此光纤信息网上传输和共享。新加坡人民不仅可以在家里或者办公室，而且可以在汽车、轮船和飞机上享受它所提供的服务。

“资讯 2000 年”计划实施后，将使新加坡人民生活发生很大变化。这包括在家中付帐单、提交各种申请表和日常购物、订票订座、翻阅观看世界各类著名期刊杂志和艺术画廊等等。

由于新加坡人力、市场和资源有限，所以新加坡必须加入全球贸易大循环网络。“资讯 2000 年”计划的实施，将促进新加坡实现作为一个货物、服务、资金、信息和人才高效的国际交换中心的战略目标，并发展成为全球商业、交通与运输业的中心。

为了实现“资讯 2000 年”的目标，新加坡政府现已就有关技术引进、标准、研究与开发以及国际合作等诸多方面，制定了实施步骤。另一方面，实现“资讯 2000 年”的目标，努力还将来自于每一位新加坡公民。因为商人、办公室职员、街上的行人及其子女们，都将要接受资讯业（信息业）对未来生活所产生的影响的教育；他们还将尽可能多地学习有关技能，藉以迎接未来“智能之岛”上的生活。所有这些努力，都是为电脑行业外的普通市民扫清所面临的“技术障碍”，并使普通平民百姓更加关注信息业及由此而带给他们的利益。

为使“资讯 2000 年”计划顺利进行，新加坡国家电脑局专门成立了一个“国家信息网处”。同时，一个高层次的领导委员会——国家资讯委员会也相继诞生，它将指导和监督国家信息网的建设。此外，新加坡国家电脑局正在大力推动政府和企业的电脑化，从培训，软件开发到贷款政策诸方面开展了大量的工作，并用一些优惠政策吸引企业机关、学校等，使他们有积极性，尽早实现电脑化，从而为达到“资讯 2000 年”中规定的目标做好准备。

4. 虚拟现实真模拟

——一种模拟人们行为的人机界面技术

虚拟现实技术简称为 VR 技术，VR 是 Virtual Reality 的缩写。VR 技术近年来得到了迅速发展，并已显示出广阔的应用前景。VR 技术是一系列高新技术的汇集，它涉及人工智能、计算机图形学、人机接口技术、多媒体技术、传感技术以及高度并行的实时计算技术等领域。

在不同的应用中，VR 技术的含义虽然略有区别，但就其本质而言，它是一种高度逼真地模拟人在现实世界中视、听、动等行为的人机界面技术。在适当装备（如穿上特制的服装，带上光纤手套和具有立体显示器的特制头盔）之后，人们就可以在计算机生成的具有立体视觉、听觉、触觉和嗅觉等感官功能的虚拟环境中，使用人类自然技能（如对话、行走、转身、拿取、放置等行为）对虚拟实体进行交互考察和操作。

VR 系统的一般结构主要包括如下四个组成部分：

- （1）感受器，
- （2）现实引擎，
- （3）应用软件，
- （4）几何信息。

感受器主要包括用于产生虚拟环境感观效果的设备（如头盔显示器等）、控制该环境的设备（如压力球、有线手套等）。输入和输出传感器都是感受器。

现实引擎由计算机系统和外部设备组成。它是 VR 系统的“心脏”，其主要的作用是为感受器提供必要的感觉信息。

应用软件用于描述应用背景情况、运动规律、结构、目标与用户之间的交互规则等。因此，应用软件决定虚拟环境是用于厨房的设计仿真，还是用于执行飞行任务模拟。对于厨房设计仿真，应用软件决定门何时打开，灯是否需要移动、怎样移动……

几何信息主要包括三维造型数据库。该种数据库用于存放物体的物理信息，如形状、颜色、布局等信息。

VR 技术是一种综合性技术，要建造高质量的 VR，需解决的关键技术很多，这主要包括实时三维计算机图形学、广角立体显示技术、头眼跟踪技术、手及手势跟踪技术、立体声音跟踪技术、触感反馈技术、语音输入/输出技术等。

5. 一个优生优育的微人家庭 ——微型电脑的未来

世界上的第一台电脑于 1946 年面世。自那时起的 20 多年期间，在电脑世界里，一度曾仅是台式电脑和大中型计算机的舞台。1971 年，美国英特尔（Intel）公司研制出世界上第一台微处理器 4004，标志着微型计算机时代的开始。随后该公司又发表了 8008 微处理器，从此，微型计算机风靡全球。1981 年 8 月 12 日，IBM 公司研制成功的其第一代微型计算机产品——IBM/PC 面世，微型计算机系列——“微人家族”走向人丁兴旺时期。

80 年代末至 90 年代初期，家庭电脑增添了不少新成员，例如电子记事簿、掌上型电脑、超级便携式电脑、夹板电脑、笔杆式电脑和笔记本电脑等。在不久的将来，次笔记本电脑和私人数码电脑等也将来到人间。电脑的体积越来越小，而功能却越来越强。电脑的人机界面越来越友好。电脑家族不断庞大，令人眼花缭乱，的确是无所适从。

在较高档的便携式市场上，笔记本电脑无疑占有较大的市场份额，受到人们的青睐。由于笔记本电脑发展非常迅速，因此，专家们预言这种电脑将来有可能是许多人的唯一选择。

掌上型电脑在电脑家族中是一个小弟弟。虽然制造厂商们大力推广这种掌上型电脑，并且认为掌上型电脑也是“发育完善”功能全面的电脑，但其细小的显示屏和键盘仍然令人遗憾。然而，掌上型电脑却是与其家族中的高档成员 DOS 兼容的，它能够接收电子邮件，并具备许多与私人电子手帐一样的特性；例如，营业员可将价目表从公司的台式电脑输入掌上型电脑中，然后，他再在办公室以外的场所，利用掌上型电脑来记录订单和记事等。

目前，一些电脑制造厂商正在积极地发展笔式电脑。但是，由于识别手写体文字的软件仍处于初始阶段，用户可能还要耐心地等待几年之后，才能见到真正涵义下的笔式电脑步入市场。

美国国际商用机器（IBM）公司预言，10 年以后个人电脑仍将对人们的生活产生巨大影响。目前，IBM 公司正在开发多用个人电脑。这种“未来”智能化电脑对折过来，可以作为移动电话使用；里面插入电子卡，你可以在上面书写中文；也可以当作可视电话机使用；可核对天气预报；收听新闻广播；甚至能够监视孩子在“虚拟”电子购物中心里会见朋友时的开支情况。IBM 公司已研制出这种电脑的样机，其形态像早期的移动电话机，重量为 453 克。它的微妙之处，是它的背面有一孔槽，可以把电子卡插进去。插入一种电子卡后，就可以使用全球卫星定位系统网络，以查明自己所在地方的具体位置（指地理方位）。插入另一张电子卡，就可以把该电脑转变成为一架数字式照像机，再把图像数据通过红外线联系送到就近的冲洗店处理，印刷出照片来。

6. 现代化的牛顿与苹果 ——Apple 公司和牛顿电脑

动力学的奠基人是英国科学家牛顿 (Newton ; 1642 ~ 1727 年)。牛顿总结了 17 世纪以前人类关于力学的知识, 并且进行了创造性的研究, 提出了三条定律: 牛顿第一定律、牛顿第二定律和牛顿第三定律。这三条定律是动力学的基础。

牛顿第三定律又称为万有引力定律。有一个流传很广的故事说, 牛顿是看到苹果落地才想到万有引力。这个故事是否真实是有争议的。但是牛顿确实曾经把地球对地面物体的引力推广到月亮上。他相信宇宙中的星球和地面上的物体应该遵循同样的力学规律。也许由于上述这个故事的流传, 苹果与牛顿之间便产生了某种特定的“联想”关系。

1992 年 5 月, 美国 Apple 公司董事长 Sculley 发表了 PDA (个人数字式助手) 的概念 ;PDA 产品是电子装置、计算机和通信设备的结合 ;而且 Sculley 声称, Apple 公司将把重点由个人电脑市场转向信息家电市场。这一举动对全世界的计算机和家电业界都产生了巨大影响。

1992 年 5 月, 美国 Apple 公司又发表了 Apple PDA 的第一个原型, 即牛顿系列产品。牛顿系列的一组基本部件包括一块 601 型 RISC 芯片、一个 PCMCIA 卡插槽、一套笔式操作系统、一个接触式屏幕显示器、以及多件红外通信工具。其基本配置为 2 兆字节的 ROM 和 1 兆字节的 RAM (可扩展至 4 兆字节), 为其提供电源的是四节钢笔形小手电筒用电池。

1993 年 8 月 2 日, Apple 公司的牛顿个人数字助理正式宣告出台, 并开始限量向用户交付。按 Apple 公司所描述的特征那样, PDA 将是个人的管理器、日程安排器、无纸传真机、以及数据终端, 它能够提醒你参加会议、收取电子邮件、进行飞机订票、存放有价值资料以及把图表存放在 PC 中供工作时使用。所有这一切做起来就如同用笔写在纸上那样简单易行。许多 PDA 都不使用键盘, 而是用专门的笔在电子“拍纸本”上写。只要轻敲荧屏便可看到信息。

Apple 公司推出牛顿牌 PDA 产品这一战略性举措, 已经使全球所有其他计算机厂家——从 IBM 公司到 AT & T, 乃至 Tandy 公司, 都纷纷制定他们自己的 PDA 开发计划。

在 PDA 的发展过程中, 制造厂家采用以企业联盟方式, 串通计算机、通信和消费类电子产品主导厂商, 进行跨科技合作。据业界预测, 到 2000 年时, 以美国、日本和西欧为中心将有 30 余家公司进入 PDA 市场领域, 它们分享比个人电脑 PC 市场大 4 倍的 PDA 市场。那时, PDA 可望达到 1.5 亿台的庞大市场。

7. 电脑也能被绿化吗 ——电脑产业的一次绿色革命

在环境保护范围不断扩大的今天，看似无害的电脑也受到绿色革命的冲击。美国环境保护署（EPA）发起的“能源之星”计划，则更将带动电脑产业界的一次革命。绿化电脑、打印机、外部设备等的早期产品，已于1992年开始上市。从1993年6月17日起，凡是电脑相关产品在非使用状态下，使用电力低于30瓦的电脑产品都能获得EPA颁发的“能源之星”标签，引导用户购买。从美国刮起的这股“绿色旋风”将促进全球电脑产业界开发节能型产品，带动新一代电脑技术和市场的发展。

表1 美国 EPA 能源之星规范

产品/EPA 之规范

PC/低电耗之状态下，电耗 30 瓦特

监视器/低电耗之状态下，电耗 30 瓦特

打/打印速度/预先设定进入低耗/间置状态最大

印/每分钟打印页数/电状态时间（分钟）/电耗（瓦特）

机///

/1 ~ 7/15/30

/8 ~ 14/30/30

/15 以上或彩色激光打印机/60/45

绿色电脑的具体含义覆盖面很广，目前没有一个公认的定义。但一般认为：绿色电脑就是符合环保概念的计算机主机及其相关产品（含显示器、打印机等外设），具有省电、低噪声、低污染、低辐射、材料可回收及符合人体工程学特性的产品。其具体特征如下：

（1）省电。采用 3.3V 低电源电压或混用 3.3V 和 5V 电源电压的微处理器芯片或相关芯片组；采用节能的平板液晶显示器；采用高效率的电源供应器等。

（2）低污染。不使用破坏臭氧层的 CFC 和三氯乙烷化学物质。

（3）材料可回收。这包括系统结构、外壳制造生产材料、包装材料、打印机色匣和打印纸等。

（4）符合人体工程学。操作方便、安全、人机界面友好等。

由上述可知，这实际上是一种安全节能型的个人计算机，它将耗电量、消耗品以及对健康和环境的危害都减小到最低限度；这种个人计算机也称为绿色机器（GM：GreenMachine）。GM 超越了已被人们广泛接受的人体工程学思想。人体工程学基本上是把个人计算机用户的安全性、舒适性以及易操作性（用户的友好性）作为主要着眼点；而 GM 则又增加了对节能、无公害、净化环境等方面的考虑。

美国环境保护署发起的“能源之星”计划，得到了计算机制造产业界的广泛支持。据不完全统计，时至1994年初期，加入美国能源之星计划的厂商已达约200家，合计占有70%的桌上型电脑的销售量，占90%以上的激光打印机市场份额。每家厂商已与EPA签署协定，同意推出使用时自动省电50%~70%的桌上型电脑、打印机、监视器，合格产品将以EPA Energy Star标志加以识别。

随着环保和节能意识的日趋强烈，绿色计算机将越来越受到人们的欢

迎。因此，世界各国都十分重视推行“绿色计算机”运动，对绿色计算机的相关规范的制订、宣传和贯彻以及有关产品的检验等都十分热情。

据估计，若“能源之星”计划能实现，到 2000 年时，由于计算机高效地利用能源，每年将节省 250 亿千瓦小时的电力，并将减少二氧化碳排放量和它散发而引起的酸雨。

8. 众多媒婆一脑化 ——多媒体电脑漫谈

多媒体技术是对多种传送媒体进行集成处理的技术。所谓多媒体，它有如下两层含义：一是指计算机以预先编制好的程序控制的多种信息载体，例如 CD—ROM、激光视盘、录像机（VCR）、立体声设备、磁盘和半导体存储器等；二是指计算机能处理信息种类的能力，即它能把文字、数据、图形、声音、图像和动态视频信息集为一体进行处理的能力。目前人们所谈论的多媒体，一般多指其第二层含义。

多媒体技术正在逐步渗入计算机、信息通信以及家用电器等各个领域。将个人计算机与多媒体技术结合，就是对文字、声音以及包括动画在内的图像数据进行集成化。把文字（包括数字）、静态/动态图像、符号等的媒体融合于计算机和通信技术中，则可以达到能提供多种信息的新的形态。

目前市场上常见的多媒体产品，一般可以分为两大类：一类以个人计算机为主体，另一类以计算机工作站为主体。前者包括装有 Quick Time 的 Macintosh 型计算机和多媒体个人计算机。后者包括 Sun 工作站或其他工作站上的多媒体研究软件系统。

多媒体电脑系统的出现，对计算机网络、操作系统、数据库系统和用户接口的设计与实现，皆提出了新的要求。多媒体电脑系统的一些主要特征是：

- （1）数据量庞大。例如一幅 $768 \times 576 \times 24$ 的静态图像占据 1.32 兆字节。
- （2）同步要求高。例如电视录像播放时，图像与声音的同步要求严格。
- （3）多样化性。例如输入/输出设备多种多样。

最近两年中，多媒体电脑系统的发展趋势表明，未来的系统将具备话音、音乐、影像、动画以及数据通信等信号处理能力。多媒体电脑系统的应用，正在改变着人们在家庭与工作场合交谈及通信的方式。

许多半导体制造厂商，早就开始提供多媒体电脑系统所使用的高性能配套设备，它包括：

- （1）音频数据压缩及恢复设备；
- （2）图像数据压缩及恢复设备；
- （3）动画数据压缩及恢复设备；
- （4）数据通信设备，加传真及数据通信芯片组件；
- （5）包括上述功能的 DSP（数字符号处理）装置。

现有的多媒体电脑市场产品将不断升级，以活泼的想象力创造出具有新的应用功能的市场产品。今后几年，多媒体个人电脑在美国的普及率将接近 100%。多媒体电脑软件从当前看来，以 CD—ROM 最有希望；今后随着能实现高速通信的“信息高速公路”的建成，电话、播放、CATV 等所有多媒体将被结合在一起。未来电视与个人电脑将结合在一起，并可提供交互式的多种多样服务。

9. 条条空空辨认万物 ——条形码自动识别技术

条形码是一种条与空组成的图形，它通过变化条、空的宽度表现数字、字母或其他符号，用以辨别一个物体或者指挥其运动。条与空不同的排列规则产生了不同的码制。例如，UPC 码及其世界范围的副本——EAN 和 JAN 码，在零售业方面应用广泛；39 码在工业、医药和政府部门中广为采用；交插 25 码主要用于集装箱运输、重工业应用和库房货单管理；Code 128 和 Code 93 是提供高密度和数据保密性的字母数字型条码；16K、Code 49 和 FDF 417 码是为扩大信息量而产生的二维条码。其中 FDF417 可在每平方英寸上存储 300 字，一个码可包含到 500 个 ASCII 字符。这使条形码的作用从原来仅仅是索引关键字而转变为存储全部信息，有极美好的应用前景。

条形码技术是条形码理论、光电技术、计算机与通信技术、条码印刷技术集成为一体的综合性技术。直观而言，条形码系统是指印刷在商品上的数字和纵线条，通过机器读数，统计出商品的制造、销售及商品种类、库存量、订货量等的信息处理系统，这种商品识别系统，正在迅速发展和普及。

条形码系统处理信息的基本流程如下图所示，一般而言，它可分为 5 步：（1）条形码的阅读；（2）信号处理；（3）解码处理；（4）数据处理；（5）输出结果。

条形码的阅读器种类颇多，通常采用的有手持式（激光）、光笔式（光学）、固定式等。使用条形码阅读器来阅读条形码，这是一个光——电组合系统。该系统的识别头产生一个光标点，在印刷的条形码上沿某一轨迹作直线运动，根据条码的黑、白符反射光的强弱，对条形码进行采集。然后，将这些采集的光信号转换成模拟电信号。

当条形码阅读器阅读条形码时，由于条形码符的印刷质量不一和背景噪音的影响，因而转换成的模拟电信号其失真程度较大。这样，就必须对模拟电信号进行整形，经过“信号处理”这一步骤后，便产生出对应于条、空二极的矩形信号。

根据条形码的编码方法，对经过整形后的电信号进行解码处理，转换成条形码所对应的原始信息。该原始信息可以暂存在解码器里，也可以直接传送到控制器（电脑）中。

当电脑接收了完成译码处理的信息，就针对条形码应用的实际问题，对这些信息实施相应的操作处理（即数据处理）。承担这些数据处理任务的，是信息处理软件系统。

最后一步，是打印输出数据处理的各种结果。

10. 无纸贸易将来可否风行全球 ——谈电子数据交换技术

电子数据交换 (EDI) 是指公司与公司之间在进行共同交易活动时, 通过大的计算机网络直接将双方计算机的有关电子信息进行数据交换。因此, EDI 技术是以计算机和数据通信技术为基础而发展起来的现代信息处理和信息通信技术。在贸易界, EDI 通常被称之为“无纸贸易”。

EDI 所交换的数据来自于发货单、购买订单和货运通知。这大量的原始数据输入, 最初全部靠键盘, 而现今越来越多地采用自动识别技术, 例如条码、磁条和光学字符识别 (OCR) 等。可以说, 没有自动识别技术, 不同公司计算机中的数据就无法互相发送。

由于通信是在公司之间进行, 第三者——EDI 网络通常用作各种不同计算机格式之间的“翻译”, 就如同邮局的信箱那样, 将资料存储到发给接收计算机为止。条码通常作为联系 EDI 发送信息和实物之间的钥匙。与电子货单相同的信息印制在条码标签上, 与货物同行。提货单以电子信息传输的方式发出后, 货物也同期发出; 到达目的地后, 库工通过扫描集装箱上的条码, 将货物与接收到的电子文件联系起来。

EDI 是对传统贸易方式进行的一次划时代的结构性变革, 其较精确的定义是: 按照协议, 对具有一定结构性的标准经济信息, 经过电子数据通信网络, 在商业贸易伙伴的电子计算机系统之间实施交换和自动处理。显然可知, EDI 是现代通信技术与计算机技术结合的产物, 是以数据标准化作为前提和支撑技术的。因此, 数据通信网是 EDI 的基础, 计算机业务处理是 EDI 的条件, 遵循共同标准是 EDI 的保证。

由于 EDI 与计算机和通信技术相结合, 因而带来了快速、安全和高效率等优点, 它为贸易伙伴之间建立了更好的、更密切的关系, 使贸易活动内部的运作过程更趋于合理化, 节省了时间, 增加了对外贸易的机会; 改进了工作质量和服务质量, 而使成本大大降低, 从而获得市场竞争优势。据有关方面的研究分析资料表明: 应用 EDI 可使商业文件的传递速度提高 81%, 文件成本降低 44%, 商业漏错损失减少 40%, 文件处理成本降低 38%, 市场竞争能力提高 34%。

步入 90 年代以来, EDI 的应用开始风行全球, 它正在引起一场国际贸易新的变革。世界各国为竞争贸易的主动权, 相继采取强有力的措施, 大力推进 EDI 技术的开发与应用。例如, 新加坡政府投资 2.1 亿美元, 1990 年成立了 EDI FACT 委员会 (SEC), 开展全国 EDI 贸易服务网 (TRADENT) 服务; 日本商界已在现有的多个商业信息网之基础上, 结合 EDI 应用, 开发了“战略信息系统” (SIS); 韩国投资 5.8 亿, 建成全国 EDI 的服务系统 KT—KNT; 欧洲经济共同体先后投资 3680 万欧洲货币, 推进“贸易电子数据交换系统 TEDIS”计划。美国和欧洲都从 1992 年起全面推行 EDI 办理海关业务, 如不采用 EDI 方式, 海关清关手续将被推迟办理, 或者不选择其为贸易伙伴。

11 · 机器视觉与决策 ——电子图像自动识别技术

机器视觉属于电子图像领域的一个组成部分。电子图像领域不同于电影。电子图像是用电子产生和操纵，并且显示图像。

在电子图像市场中，电脑视觉是一个子集，它使用电脑来处理和分析图像数据，辅助操作者对图像作出决策。另一方面，机器视觉又是电脑视觉的一个子集，它不需要人的任何干预，完全凭电脑视觉技术来进行决策。

机器视觉系统被广泛用于自动识别、检测、机器人的指导与控制、材料装卸与分类、医药科学（例如X光分析和制图等）领域。这些电子视觉系统采用摄像机与电脑连接，产生一帧信息存放在电脑中——这一过程，称为数字化。在完成数字化之后，电脑软件再对这帧信息进行处理，以获得理想的资料。在现代的机器视觉系统中，一般都采用特殊的电子电路（硬件系统）来完成上述的这种信息处理过程。

为了处理数字化后的图像信息，人们提出了许多不同的算法。在信息处理过程和方法上，有些算法采用了光学字符识别或者条码阅读的方法；有些算法，是在静态的一帧中识别和确定运动中的物体；还有些算法，是通过物体的形状判别而对物体进行分类。只要某些需要的信息包含在一帧图像之内，人们总能够发明一种算法来成功地提取出该种“特征信息”。

与条码阅读器相比，机器视觉系统需要使用大量的硬件和复杂的软件，因此，它的价格较条码阅读器昂贵得多。然而，即使开销大一些，机器视觉系统，特别是基于机器视觉的自动识别系统在工业领域有着广泛的应用。在这些特定工业领域中，条码或射频标签自动识别系统虽然价格便宜而使用方便，但它们不能胜任。诸如质量检查、规测校准或机器人自动组装生产线等，在这些复合应用中，仅仅使用一个机器视觉系统就可以完成视觉和一般自动识别这两种双重功能。

目前，机器视觉系统应用在汽车制造、电子、航天、食品、医药、饮料、木材、橡胶和金属等行业中。机器视觉技术在步速方面还在不断实施改进。随着技术上的日臻成熟，机器视觉技术在工业领域中的应用，将会更加广泛。

12. 记忆能力超众的磁条 ——磁条自动识别技术的应用

磁条技术是使用偏转磁头的磁场来记录磁通反转，这一信息被记录在诸如录音录像带一样的一层磁性材料上，这就被称之为“磁条”。该磁条通常被置于纸卡或塑料卡的前后近边沿处。解码器用来阅读这些反转的磁通量，并将其解码，翻译成为字母或数字，送往计算机进行处理。

与印刷的数据相比，这种磁条允许在较小的面积上存储更大量的信息。在一个磁条上，可以记录几条磁迹的数据。磁条上记录的信息可以重写和修改更新。

磁条的标准分为两个主要部分，即

- (1) 物理标准，
- (2) 应用标准。

物理标准确定了磁迹的位置、编码方法、数据密度和磁记录的质量。应用标准涉及根据不同应用而确定的数据内容和格式等。

另外，还有一些关于磁条介质与设备、关于非财务应用的附加标准和规定，目前都处于草案阶段。一般而言，财务系统用的磁卡遵循强制性标准，而其他应用标准是用户自愿采用的。

图2 磁卡/IC卡 POS 终端机

现今，磁条最广泛的应用就是自动取款机（ATMS）用的信用卡、POS 终端用的借方卡。磁条也用于保安设施、门禁系统、定单的跟踪、游乐场、生产过程控制及公共交通收费等领域。磁条卡的另一个迅猛发展的应用领域，是储值卡。这是一种消耗卡，使用前，首先买进这种带有一定价值的卡，然后使用它购物或享受某种服务；每通过划卡使用一次，它的面值就减少一次，直至面值用完。例如，磁卡电话，学生伙食卡，桥梁、隧道和公路收费，公共交通“月”票，影视俱乐部和自动售货机等所使用的“卡”，皆属于此类消耗卡。

13. OCR 和 ICR 识读能力知多大 ——光学字符识别技术浅谈

光学字符识别 (OCR) 技术所识读的对象,就是人类可读的字母字符集和一些特殊字符。通过扫描和机器识读,藉以提供一种高速度的输入方法来替代键盘输入。OCR 技术不同于条码和磁条技术,没有中间编码环节。

近年来,随着低价格高性能的个人电脑技术的长足进步,OCR 技术也取得了飞跃性的发展。目前,许多 OCR 设备已经能阅读多种办公印刷字和手写字了。现今,许多制造厂商采用智能字符识别 (ICR) 一词来取代了 OCR,认为 ICR 较 OCR 更能全面描述当前的 OCR 软件和硬件的发展水准。

光学字符识别有如下两种方法:样板匹配法,特征提取法。样板匹配法是“观察”打印字符后,到数据库中选出尽可能相像的样板与之相匹配。特征提取法是根据结构上的元素及其组成来识别一个字符。无论采用哪种方法,都需要使用光源进行扫描;然后,使用两种方法之一,或者将两种方法结合,藉以识别字符;最后,将数据转换电子脉冲信号传送给电脑。

OCR 与条码技术相似,即它也受印刷质量等的影响。OCR 对字符识别的速度,通常比条码识别的速度要慢些。在不采用校验位及其它校正方法的同等条件下,OCR 的识别准确率也低于条码。但是,OCR 识读器可以编程来计算校验位,它将使误读率减少到 300 万分之一以下。

OCR/ICR 识读器可以大致区分为如下三类:

- (1) 页式阅读器,
- (2) 事务处理阅读器,
- (3) 手持式阅读器。

页式阅读器扫描整页的文字,既可以直接从纸上读入,也可以读取存在电脑系统文件中的数字化了的图像信息。

事务处理阅读器扫描相对短一些的数据流,例如支付凭证上的帐号等。事务处理阅读器和页式阅读器最大的区别,在于事务处理阅读器提供了更高的精确度。事务处理阅读器也常被安装在一些运输机械上。

手持式阅读器主要在使用页式阅读器和事务处理阅读器相对显得太贵的地方,或者不能使用页式阅读器和事务处理阅读器的场合中。例如,一些零售商采用手持式阅读器读取物品编码,以便查询价格和进行货单控制,加速 POS 网点的结帐过程。手持式阅读器可以灵活地从表格和文件中选择输入项目,因此,它也被应用于其他数据输入的场合。

14.RF 和 DC 的威力

——射频数据通信技术的应用

射频数据通信技术简称为 RF/DC 技术。它是一项可以用自动识别技术与电脑进行远距离实时通信的综合技术。RF/DC 技术提供了一种联机的实时运作而又不须使用传输线的能力。

RF/DC 终端使用了无线电与数字电路技术，藉以提供自由漫游的终端操作者与电脑主机之间的相互通信。RF/DC 终端可以手持，也可以装在叉车或其他物资装卸设备上。在货运装卸行业中，RF/DC 允许各种接收、发送和控制命令在电脑主机与终端发送者之间直接地传送。操作人员在现场执行任务，相应的资料当时立即传给电脑主机进行数据登录、核实与更新。在零售行业中，RF 终端用于价格的核实、订单的输入和库房提货。

射频发送或多路传输通常采用如下两种方式：

- (1) 轮询式，
- (2) 竞争式。

在轮询式系统中，每个 RF 终端都按特定顺序被询问。轮询方式最适合于终端数量少而又业务繁忙的系统，例如零售价格的核实系统。这是因为，轮询的系统开销在终端数量多的情况下，会使其速度减慢得很严重。

在竞争系统中，每个终端在发送之前都发出请求信号，借以确认通道是否空闲；如果通道忙，则终端延迟一个随机毫秒后再试。竞争方式在多终端间歇发送时，其运行很成功。

目前，已有许多 RF/DC 产品的供货商将轮询方式和竞争方式结合起来，在其产品中使这两种方法集为一体，以得到双方的优点。

建立一个 RF/DC 系统的基础，是要选择好场地，确定基地站的位置和无线电波的干扰，使射频发散能够有保证地通过建筑物。有些 RF/DC 系统可以采用单一频率来操作所有的终端；有些 RF/DC 系统则要使用多种频率，即其每个基地站使用一种频率。

RF/DC 系统所使用的频率必须经过有关管理部门的批准。例如，直到最近，所有的美国 RF/DC 系统都需要通过 FCC（美国联邦通信委员会）获得场地特许。现在有些公司使用了一种新的靠近单元电话波长的无线电频带，它可以不通过 FCC 这种特别批准。FCC 允许在三个无线电频带上进行这种扩展：902~928MHz、2400~2483.5MHz 和 5725~5850MHz。另外，FCC 也对 RF/DC 系统的发射功率进行了限制，RF/DC 系统的发送功率必须限定在一瓦以内。这种条件，对于在近距离的商业通信中是很理想的。使用扩展频带的 RF/DC 系统，通常以数据传输速率每种 244K 比特为特征，它允许在多点网络和基地站之间实现同时的实时通信。这样，可以实现交互式操作；例如，医院中心电脑可以同时处理全体病员的数据输入和处方确认。

总之，RF/DC 通过终端与电脑主机之间相互查找数据，从而提供准确和及时的信息。它提高了人力和设备的效率，减少了用户服务的响应时间，从而惊人地改进了人类的工作效率。

15. 无线电发射接收机的新伴侣 ——射频识别系统

射频识别技术简称为 RF/ID 技术。RF/ID 系统类似无线电发射机和接收机。因此，有人将 RF/ID 识别系统视为无线电发射接收机的新伴侣。

在 RF/ID 识别系统中，电子标签载着唯一标识的编码，该电子标签贴在需要识别或跟踪的物体上（例如托盘、车辆、自动导向车等）。当标签物体通过时，天线传感器就阅读了信息。有些 RF/ID 系统还能够通过阅读器给电子标签增加新信息，或者改变现存信息，这种功能操作称为写标签。

电子标签分为有源和无源两种。有源标签的能源来自于电池。无源标签的电来自于发射机。射频识别可以选择高、中、低的不同频率。有源高频标签与低频标签相比，前者传输数据的速率更高，传送的距离更远。但是，低频 RF/ID 系统可以使用较小的标签，受环境干扰小，并且是全方位的。

RF/ID 系统可以划分为“读写”和“只读”两大类。只读 RF/ID 系统只允许从标签读取信息。读写 RF/ID 系统在标签经过时，既可读取信息，又能修改或增加信息。射频识别标签可附着在人体、动物、物体、地面甚至货币上。自动导向车可能通过地板上的标签导向。自动存储与回收，工具识别，员工跟踪，行李包裹分拣，车辆监控，托盘识别等，都可以使用射频识别。例如，上述的 RF/ID 只读系统可以附着在托盘上，阅读器放置在工厂要识别部件的各个场点，一旦识别，电脑就可以发出命令对托盘的部件实施相应地处置。在读写系统中，部件上的标签给出机器命令，工作完成后，机器向标签报告实际完成情况，使其记录在案，成为部件的历史资料。在读写系统中，分布式地存储这些资料，因而大大地减轻了中心控制器或主机对这些信息进行存储和加工处理时的负担。

所有的 RF/ID 系统都具有非接触可读性。阅读范围从 1 英寸到 30 ~ 40 英尺或者更远些。在某些恶劣的工业环境下，接触式或近距离的识别器可能会被损坏；有些场合，阅读器难以对准标签位置。在这些情况下，上述这种远距离的射频识别系统，就显得非常有用。与光学识别的条码标签相比较，RF 标签有着更大的放置灵活性。射频识别无须扫描线，而且极为精确，RF/ID 系统的计算误差率低于 100 万亿分之一，即 10^{-14} ；灰尘、油漆及其他不透明体都不影响 RF 标签的可读性，非金属物质可以在阅读器和电子标签之间来往运动而不产生干扰。RF/ID 系统也善于在运动中识别。但是，金属会对所有的射频系统产生或多或少的影响。

另外，对交互系统不适合的某些复杂环境，射频识别以它可靠的解决方案开辟了自动识别的一个新领域。

16. 卡氏家族的新成员 ——灵巧卡

灵巧卡就是 Smart 卡。它是“卡氏家族”的一个新成员。Smart 卡是一种自动识别技术，它使用一个信用卡那样大小的塑料片，将一个或多个微集成电路芯片嵌入在之中。

严格地讲，Smart 卡应当是可以编程的，它含有一个微处理器（MPU）芯片，并且可以携带一个大的数据库。但是，Smart 卡术语有时人们也用来表征只含有存储器的塑料卡；在这种情况下，这类集成电路只读存储卡或者 IC（集成电路）存储卡，便不具备编程能力，它只包含大量的数据；它们类似磁条卡，只不过是数据隐存在 IC 内部而已，而且其数据存储量要比磁条卡的存储量大许多。

人们使用的光卡，也是一种信用卡那样大小的塑料卡。光卡上的数据存储在大量的可以利用光学方法读取的轨迹中。光卡的数据存储方式类似于光盘，只不过数据不是存放在一系列圆形轨道中，而是存放在并列的轨道中。光卡可以在很小的空间内存储大批量的数据，但是这些数据一旦存储在光卡上就不易更新或改写。

光卡有可改写光卡和不可改写光卡两种类别。不可改写的光卡称为 ROM 卡，即只读存储卡。可改写内容的光卡被指定为 DRAW 卡。这里 DRAW 是 Directly Read After Writing 的缩写，意为直接阅读后写入。同样，Smart 卡也有可改写与不可改写的两种类型。光学 DRAW 卡和改写型 Smart 卡，都是可以添加信息而不能擦除信息。对于 Smart 卡而言，人们一般假设它是可改写型卡。

Smart 卡可以携带磁条或浮雕字符，包含一些 Smart 卡存储器中的某些内容。这样，Smart 卡就可以和目前终端设备通用的塑料卡一样地使用。光卡使用了绝大部分的表面来存储数据，因此，光卡通常设有浮雕字符或附加磁条。

目前，所有 Smart 卡都含有存储器，大多数的 Smart 卡含有微处理器；不含有微处理器的 IC 卡，则其在功能上与光卡相类似。

17. 发源地实时信息的捕捉者 ——声音识别技术

近年来，声音识别技术发展迅速，并且日益流行起来。声音识别无须培训，允许操作者在执行正常工作时捕捉和记录信息，因此，它是非常经济的。

声音识别技术是将人发出的声音、字或短语转换成电信号，然后，将电信号转换成赋予含义的编码图形。它并不是将人说出的文字翻译成字典上的“拼写”，而是翻译成一种机器可读的形式，并通常用来启动某种动作。声音识别装置可以作为一个独立系统，也可以集成于其它技术系统。声音识别装置在实时数据的发源地（现场）进行信息捕捉。因此，声音识别技术被视为实时数据发源地的信息捕捉者。

操作者可以使用类似电话的手持式识别器，或者使用戴在头上的一个微型耳机/扩音器与一个设备相连，该设备到一个编程的词汇表中去识别这些词汇，然后，再将它们转换成模拟电信号。这种模拟信号通常被数字化，然后，再通过样板匹配或特征分析来进行解码。这个设备的输出信号，可以送入个人计算机或专门用于驱动各种各样设备的专用语音识别机，进而驱动诸如电子秤、仪器、可编程逻辑控制器（PLCS）、传送带、工作站、终端和打印机等。

在有些应用中，特别是多步检验中，若采用声音提示，则有助于整个检验过程的完成。与声音输出相结合的声音识别，提示操作者完成一系列任务，并且核实答复的正确性；这一过程，也可以用来加速对新检验员的培训过程。在要求高速、精确、实时数据采集的场合，当操作人员手和眼已经被占用的情况下，则声音识别是十分有用的。例如，实验室的操作过程、货单控制、叉车操作、分类及材料处理，特别是在自动制造的质量控制中，声音识别技术可以大显身手。

大多数声音系统是自培训系统，在安装时都需要用户自己将词汇表读入系统。因此，它允许讲话人有口音、方言土语、带有特定工作需要的词汇或专门术语。

自主的语音系统能够理解预先记录的众多讲话者经过综合处理后所存储的词汇，它无须自培训过程。但是，它限制了该种语音系统对特殊词汇的理解。

声音系统还可以划分为持续讲话系统和单个单词系统两大类。持续讲话声音系统允许用户以正常速度讲话。单个单词声音系统则要求用户讲话的每个字或短语之间，要有稍许的停顿。单个单词声音系统较连续讲话声音系统的价格便宜一些，但用户使用单个单词声音系统容易疲劳。

目前，连续的自培训语音系统已经达到实用化阶段。但连续的自主语音系统还处于实验室研究开发阶段。显然，这一系统一旦成功，就可以理解几乎任何人讲的任何事情；届时，对改善今天这些基于语音识别的系统，将是非常有意义的。

18 · GSM 三字母制胜 ——全球移动通信系统漫话

近几年来，欧洲工业界某些代表人物常常抱怨说：在一些重要的高技术领域，欧洲人已离开世界最先进的行列。但是，欧洲至少有一个部门的情况不是这样的。众所周知，欧洲工业界开发出的 GSM 移动电话系统，已在全世界引起轰动。

GSM 这三个字母，起初是 Group Special Mobile 的缩写，其含义为“专门移动电话集团”。而现在，GSM 却自信地代表着 Global System for Mobile Communications 的缩写，意为“全球移动通信系统”。这新的定义说明，人们的要求发生了变化：欧洲 18 个国家的 27 个移动电话网经营者，就共同的欧洲移动电话标准达成了一致协议，目的在于消除欧洲五花八门的移动电话通信。

步入 90 年代以来，数字移动电话作为发展最快的部门之一，其发展形势比以往任何时候都好。这种数字移动电话在 D1 和 D2 通信网中经过了考验的新型无线通信系统。现今正发展成一种鹤立鸡群的外向型企业，它成为欧洲的出口拳头产品。该产品主要是靠“欧洲制造”这块牌子打开了迄今关闭的无线电话市场。制胜的关键在于上述的 GSM 这三个字母。

时至 1993 年初期，全球已有 50 多个国家的移动电话经营者采用了 GSM 标准，将在今后几年里建立起他们国家的网络。这种 GSM 数字移动电话技术规范应用推广，已远远超出了欧洲人原定的欧洲地域目标。这一发展形势的呈现，使欧洲人自己都感到吃惊。现今，还有一些国家考虑建立数字移动电话网，它们想参加 GSM 系统，目前它们都在为加入欧洲标准的数字移动电话系统作准备。只有美国和日本没有下决心参加 GSM 俱乐部。

显然，仅建设 GSM 网络就是一笔巨大的生意，这是欧洲工业界几乎带有垄断性的独家做的生意。欧洲的网络经营者、劳务提供者、电话系统供货者和终端机生产者，现今面临着直线上升的全球性经营业务。GSM 专家估计：随着 GSM 标准的流行，这些企业将有可能把它们在建设网络和销售移动通信设备时所获得的技术诀窍，实际地应用于世界各地。

在 GSM 系统的生意中，瑞典的电信康采恩爱立信公司占有很大份额。例如，目前欧洲正在扩建或计划建立的 29 个 GSM 网络中，就有 16 个是瑞典人提供的。在许多情况下，爱立信公司直接承建整个网络。德国的 GSM 旗手——西门子公司，目前是 10 个欧洲 GSM 项目的部分供货者。

一张内部绘制的关于电话系统供货公司情况的一览表，证实了欧洲在数字电话网建设方面，目前处于主宰地位。迄今在移动电话领域居世界首位的美国摩托罗拉 (Motorola) 公司，在这份表中只标明有一些小笔订货。而美国电信巨人 AT&T 公司，迄今只在阿拉伯联合酋长国承建移动电话网。除此之外，表上列的全是欧洲企业。当然，这里所描述的情况是该表到 1993 年时的资料。尽管如此，也反映了 GSM 三字母制胜的一段历史盛况。

19. 电话家族的新演变 ——多媒体传输载体

目前, 直接通过传统的电话线路为家庭提供可视和多媒体信息, 是正在出现的一项新服务。它使电话将成为多媒体传输载体。这项新服务与交互式电视(ITV)不同, 它使用户通过菜单选择便可控制发送和观看的内容; 例如, 购买汽车时可看到汽车外形, 以及哪些地方有卖, 价格如何等。ITV 则更像广播媒介, 它的交互作用表现在观众知道他在屏幕上将看到什么。

步入 90 年代以来, 计算机电话(Computer Telephone)技术发展迅速。如果说移动计算是人们使便携式个人电脑具备了通信功能, 那么, 计算机电话则是人们使台式个人电脑可以当作电话机使用。计算机电话使办公室里的电话机和个人电脑相融合为一体。

目前的计算机电话产品可以划分为两大类:

- (1) Windows 电话(窗口电话),
- (2) Netware 电话(网件电话)。

Windows 电话和 Netware 电话都是以应用软件利用电话 API(应用编程接口) 而工作的。前者, 希望用 Windows 作为操作系统。后者, 则不特别指定使用哪种操作系统。后者着重 LAN(局域网络) 同 PBX(专用交换机) 连接; 前者还考虑个人电脑与电话机连接。

Windows 电话是美国 Microsoft 和 Intel 公司于 1993 年 5 月共同发表的。它利用 Windows, 使人能够从个人电脑画面控制电话功能, 例如转送、多人通话、保留等 PBX 功能, 都可以作为 Windows 的应用而获得利用。它可以突破媒体的壁垒, 诸如电子邮件、传真、声音邮件等全都可以在 Windows 接收邮件的一览画面上, 同时得到确认。

不久前, 美国 Microsoft 公司发表了一个新的设想: 即把办公室自动化所有设备都连在一个网络的“ At work ”, Win - dows 电话在这里占据利用电话网的子系统地位。

Netware 电话是美国 Novell 与 AT&T 公司合作提出的。通过 Netware 服务器在 Netware 环境下, 把个人电脑、工作站、电话等在逻辑上连接在一起。这样, 在 PBX 上把 LAN 和电话同时连接起来, 用户便可以从个人电脑向电话发出命令。

美国从 1993 年起, 个人电脑领域主要制造厂商(诸如 Microsoft、Intel、Novell 和 IBM 公司等) 几乎同时开始运作, 把个人电脑(PC 机)、PC 机 LAN 以及电话结合成一体, 开发和制造计算机电话产品。可以预言, 过不了多久, 在美国的办公室里现有的电话机要走向消亡。

20. 新闻报章脱胎换骨 ——电子报章的发展与应用

往日，人们阅读的普通报纸，是通过纸张来传播信息。电子报章则是靠图文电视来传播信息，它的特点是快，可以连续不断地向读者传播各种随时变化的信息。目前的电子报纸，操作起来十分方便，它类似于操作普通的电视机。例如，1993年上海市在“东亚运动会”上推出的那套电子报纸——图文电视系统，其最大发送量可达800页，家庭电视机只需要配备一只专用解码器，就可以接收这种通过图文电视播放的电子报纸。

步入90年代以来，美国各大报系都在研究利用电子设备传送新闻。《新闻日报》发言人说，由于电子技术的日益扩展，报章如不利用这些新途径发展业务，可能被封尘致死。也许正是因为如此吧，目前美国各大报系正在探讨如何对新闻报章实施脱胎换骨的改造。

早在1993年时，美国麻省理工学院新闻媒介研究所就宣布，它将替一个国际财团研制传送未来新闻的工具与技术。这个财团包括甘尼特报系、奈特报系、时代镜报系、论坛报系、赫斯特报系以及IBM。这项研究计划的推动力，来自目前阶段趋向数字化技术的大潮流。现今，所有的资料，包含印刷、音响和录像，均可以当作计算机数据，并且利用电子设备将它们存储起来。

报章已经超越印刷媒介，通过计算机网络与电话线路传送新闻。美联社与其他通信社已经使用计算机传送新闻。《芝加哥论坛报》早在1993年就每天可以通过计算机阅报。纽约长岛《新闻日报》在1993年时宣布，要向纽约电话客户提供社会新闻、体育新闻、天气报告甚至餐馆名单。

奈特报系新闻媒介发展主任曾说，该报系正在设法研制全面电子报章，它不但将包括文字，而且还包括活动画面与音响。电子报章可望在本世纪末面世。

21. 电子图书世界

——电子书籍和电子图书馆的诞生

电子书籍的概念可能早就有了。所谓电子书籍，系指可以在电子计算机上创建和读出的交互型活动资料。电子书籍除了保留纸资料的最佳性能外，还有丰富的超级媒体，用户能以交互的方式对它施加说明。在 60 年代，仅有大型计算机才具有电子书籍所要求的速度、存储容量和显示的质量。时至 70 年代末和 80 年代初期，第二代电子文本系统逐渐便宜下来，但人们仅能用它创建简单的资料。近几年来，随着技术的进步，已出现了超过纸性能的新型媒体。利用计算机强大的处理器、高密度存储和可交换性能，能够处理的文本、图形、图像以及多媒体资料的表达实力，使得电子书籍成为可行的了。最近，一些供货厂商推出了手持计算机设备，可以在屏幕上阅读很长的资料，并且能够输出这些资料的复制品。同时，新式高级显示终端的软件产品也出现了，人们以电子形式读书这一活动，变得既容易又舒适了。

昔日，台式出版主要集中在纸输出。但是，电子媒体有独特的实力，一些最新电子书籍不仅是模拟纸的功能，而且是更好地利用电子媒体自己的潜力。

电子书籍有着重大的经济性。因此，公司把它看成节省生产成本，改善准确性和及时性的一种手段。许多公司使用着大量复杂的手册，每个复制件的成本很高，而一个 CD—ROM（只读光盘存储器）却能够存放几个这类的手册。装在封皮中就可以运输，价格又相当便宜。同时，少用纸张这对周围环境的改善，也是颇有益处的。

纸资料的更改既费钱、费时而又容易出错。计算机网络用一个复制品，就可以向许多位读者服务。随着计算机网络和 CD—ROM 使用的推广普及化，出版商可以提供高效率的更新。维修和服务的技术人员，可以轻易地携带电子手册去客户处，避免遇到问题时再返回来取所需的资料手册。

伴随着电子出版和电子信息服务的兴起，产生了电子图书馆的概念。所谓电子图书馆，我们可以概括地称之为“具有一定规模的附载在电子媒体上的信息的聚集与服务机构”。

在电子图书世界，人们可望通过电子手段来充分地利用学术论文等信息，从事本身的研究和开发工作。为了实现这种意义上的信息服务，就需要有相应的机制按通用的标准实施信息的生成、聚集、传送和分发。所生成的信息，一般都以数据库的形式聚集、存储；并根据其重要程度和存储空间大小，形成索引数据库、摘要数据库或全文数据库。前两种数据库分别提供正文的索引与内容概要，它们统称为参照信息；全文数据库则提供正文的全文，被称为源信息。因此，所提供的信息服务也相应地称为参照信息服务与源信息服务。

当前，电子图书馆源信息主要由如下方式生成：用现场扫描仪或远程传真方式等将学术论文输入到计算机系统中；将源信息直接输入并且存储到 CD—ROM 中。

22. 中国的三朵金花 ——金桥、金卡和金关工程

当今，全球都在谈论信息高速公路或信息超高速公路。虽然信息高速公路成为现实还需要 10 年或更长一些时间，但人们对它表现出来的热情之高，却是异乎寻常的。

众所周知，交通、公用设施、通信等基础设施的发展对一个国家在全球大循环市场环境下，能否取胜影响巨大。有如高效的高速公路为货物及人们交通提供了便利和保障一样，一个高效的全国信息网络的建立，也是必不可少的。因此，1993 年美国总统一克林顿公布“国家信息基础建设”（NII）计划，引起了日本、新加坡、南韩和欧洲国家等政府的注目，它们纷纷群起效尤。当然，我国也不例外。

1993 年 7 月 2 日，我国国家电子工业部宣布：已确定今后几年的发展方向，将把推进国民经济信息化作为产业发展的重要目标，着力抓好金桥、金卡、金关等几项大工程。这样，被人们誉为中国“三朵金花”的金桥、金卡和金关工程，由此正式列入我国电子工业的发展战略规划。

所谓金桥工程就是国家公用数据信息通信网工程。该工程以卫星通信网为主，与邮电数据网互为备用，并与各部委和各省市的信息数据专用网互连互通。建国家通信网就如同建设道路一样，要有国道、省内干道、专用线和市内道路形成网络，才能做到四通八达。目前的我国通信网虽然有各种各样的专用网，却没有一条连接各专用网的国道。为此，我国国家电子工业部将大力协同有关部委建设这种通信国道。

金卡工程就是银行信用卡支付系统工程。它以计算机、网络通信、金融电子化和商业电子化设备等现代技术为基础，以各种储蓄卡、信用卡为介质，以电子信息转帐方式实现的一种货币流通形式。金卡工程试点工作，目前已经开始实施。电子部计划在今后几年内，着重发展与这项金卡工程有关的技术和应用产品，逐步扩大使用信用卡的范围，尽快在我国城市中普及信用卡。

金关工程就是国家对外贸易经济信息网工程。当前主要是推广电子数据交换（EDI），实现所谓的“无纸贸易”。

23. 存储容量似大海的仓库 ——光盘技术的蓬勃发展

光盘技术是 80 年代世界十大电子科技攻关项目之一。光盘是利用激光技术在特制的圆型盘片扇区内高密度地记录和再生信息的介质载体。它是继纸张、感光胶片和磁性介质之后产生的又一种新颖的存储介质。

光盘以其记录密度高、存储容量大、工作稳定可靠、寿命长、信号噪声比高和抗干扰能力强等一系列磁记录介质无可比拟的优点，为信息技术带来了一场新的革命。有关专家预测，在 1996 年以后，几乎所有的电脑都会将光盘视为必要的配置设备。

按照面世的先后次序，现今光盘家族的主要成员有：

- (1) 用于电视的视频光盘机 (LV)；
- (2) 用于音响的音频光盘机 (CD) 及其从 CD 派生出来的作为电子出版物的 CD—ROM、CD—I、CD—V 等；
- (3) 用于计算机档案存储的 WORM 光盘、可擦光盘机，以及可擦盘和 WORM 盘、或可擦盘和 CD—ROM 可在同一光盘机内运行的多功能光盘机；
- (4) 新近刚问世的被人们称为档案库存储器的光盘库，其存储容量可高达几十亿页 (A₄ 幅计) 纸，并且它可根据需要增加内容。

日臻完善的技术，批量生产规模和激烈的市场竞争，使光盘的价格日趋经济化。因此，家庭用消费类光盘和配合计算机使用的投资类光盘，都已相继推广开来，使光盘技术的发展有如平川跑马，前途无量。

光盘存储技术近年来不断取得重大突破，并逐渐形成一独立的产业，其应用范围也在不断扩大，已进入国民经济各部门和家庭。IBM 公司的阿尔马登研究中心，于 1994 年夏天研制成功多层光盘存储器。这种多层光盘存储器能够存储几部电影、12 小时的音乐节目或 100 万页印刷内容的信息量。它使光盘上的信息存储量可以增加 10 倍，而任何信息的提取只需要 10 秒钟。这一技术突破已应用于将单个光盘胶合在一起，形成分层的三维多层存储器。一个 10 层的光盘可以存储 100 万页以上的信息，有了这种存储技术，用户手掌里就能放置下一个小小的图书馆。IBM 公司的这一突破，有可能对正在发展中的多媒体通信技术产生重大影响。同时，它还会使商业信息的存储和提取发生革命性的变化。

24. 光计算机来到人间 ——世界上第一台通用光计算机面世

与电子计算机的研制相比，光计算机的研制更困难一些。真正的光计算机具备如下两大优点：

（1）电子脉冲的速度是受电容和电感制约的，它并不像光子那样，可以达到每秒 18.6 万英里的不变速度运动，而是随着材料的不同而变化。因此，电信号的实际速度，在芯片上大约只能达到光速的五分之一。光计算机在这方面有突破。

（2）在理论上讲，光计算机能在“自由空间”连接无穷多的光开关。这一特点，可以满足人们现时十分感兴趣的大规模并行计算处理的需求。

在 1991 年，美国 AT&T 的贝尔研究所曾经演示了一台简单的光处理器。但是，贝尔研究所的这套系统中，采用了一台外部电子计算机来进行程序控制。

1993 年，美国科罗拉多大学的研究者们完成了一种用光代替电的计算机——第一台通用光计算机，从而使光计算机向前迈出了历史性的又一大步。科罗拉多大学研制成功的这台通用光计算机，被称为“原理证明”（Proof—of—Principle）机，它既能处理信息，又能存储数据。

科罗拉多大学的这台通用光计算机系统，体积有桌子那样大小，上面布满了光导纤维线路和开关。这台光计算机系统的特点是它突破了数据以物理形式存储的界限，而数据是以光脉冲的形式在运行。

25. 终极技术 ——人类操作单个原子的技术

本世纪中叶晶体管面世。自此时起，以半导体材料为中心的电子技术，特别是微电子技术日渐深入到国计民生的方方面面，并同人们的生活方式和价值观念息息相关。但是，在微电子技术登上技术主流地位之后，在时间上随着斗转星移，微电子技术的保守性也在日渐增强。在这种背景下，近来应运而生了一种所谓“终极”技术的构想。

这种终极技术的构想，不是从宏观到微观，而是直接追溯到原子。这种要在原子和分子的水准上，对物质和物质形成实施静态及动态的把握和操作，或者对单个原子和分子实施单独操作的所谓终极技术，我们姑且将它称为原子技术。显然，原子技术是操作一个极微小的分子和原子的技术；它作为 21 世纪的新技术，正受到广泛地关注。这种技术将为新材料的开发和遗传基因的解读提供有力的方法；并且，将为电子技术，化学产业和生物工程开拓一个新世界。现今，原子技术已被看作是所有产业共同基础的跨学科和跨行业技术。

1992 年，IBM 公司的苏黎世研究所研制的扫描隧道显微镜（STM）面世。以原子为单位观察和操纵物质的原子技术使 IBM 公司的这一成果有了现实意义。顾名思义，这是在以原子排列的固体表面上，通上电流并用针剥落或移动原子，从而直接得到二维原子图像的划时代的技术。

如果巧妙地控制电流，在特殊条件下，还可以抽取单个原子，并让电流在原子表面上移动。

原子、分子的操作不仅仅限于二维固体表面。激光冷却技术以及利用电磁力捕捉离子化原子的离子捕捉技术，也开始崭露头角。

日本电气公司的物理学家佐藤和塚本博士，在敷薄薄一层含有金属钒的玻璃状物质时获得了重要发现。一加上 STM 探针电流，该材料处于无序状态中的原子就变成结晶状态；在反向电流作用下，晶体“熔化”，再次恢复无序状态。利用这项技术，佐藤和塚本博士设法画出几条只有 10 纳米粗细的原子线。他们发现能够反复画出和抹掉这些线，最多可达 10 次，这以后，晶体因为“熔凝”而不再能熔化。

扫描隧道显微镜，其实就是一个计算机控制的长探针，它一头变得越来越细，直至形成的尖端只有几个原子的厚度。利用探针和材料平面间的电流，科学家们可以用 STM 调度材料平面上的原子，而且通过调节电流的大小，还能够逐个地把原子吸起并放置到其他地方。

IBM 公司的科学家正在试验原子力显微镜（AFM）。这种 AFM 和高功率、高灵敏度的唱机类似，利用硅氮化合物制造的针状物可在多元碳酸盐平面上滑动，微小的悬臂弹簧由于其尖端触到凸凹痕而发生弹性形变。这种变化的幅度可由激光束测量，精度可达到埃（Å）级。他们发现，这种 AFM 新技术能产生一种惊人的容量存储——存储容量将是相同尺寸光盘的 100 倍。有朝一日，人们会用这种技术制造出超大容量计算机数据存储装置。

26 · 日本造的英语 ——机电一体化由来

现代人类的生活中，处处离不开机械和电子。自行车、摩托车、汽车都是典型的机械产品，收音机、电视机、游戏机都是典型的电子产品。工厂里的车床、铣床是机械设备，电台的发射机、卫星接收站是电子设备。它们各有各的特点，各有各的功能。能不能将它们有机的结合在一起呢？早在本世纪 50 年代，人们就着手在机械设备上加装电子部件，以增加机械设备的功能。但由于当时电子技术的发展还未达到应有的水平，因此未能得到发展。

到了 70 年代，日本科学家首先提出了机电一体化的概念。他们将英语机械装置 (mechanism) 一词的前半部和电子设备 (electronics) 一词的后半部结合起来，制造了一个新的英语单词 “mechatronics”，翻译成汉语就是机电一体化。并且这个词现在已得到许多国家的确认。

日本科学家这种将机械技术和电子技术相结合的思想，得到了日本政府的大力支持，极大的促进了日本经济的发展。那么什么是机电一体化技术呢？这个极简单的问题却是众说纷纭，没有一个公认的确切的定义。不过机电一体化技术的一般概念可以这样理解：它是将机械技术和电子技术有机的结合，使机械和电子融为一体，使物流、能流和信息融为一体的现代工程技术。

采用机电一体化技术，可以设计出新的机电一体化产品，也可以对旧机械设备进行改造。从而获得如下的新的功能特点：

(1) 增加功能，提高性能。例如机床增加数控后，可以增加显示功能、自动校正功能、报警功能等等，还可以提高加工精度，提高劳动生产率。

(2) 简化产品结构。从而使产品体积变小，重量变轻。例如新一代机电一体化的电传打字机，用单片微型计算机代替了原来的 900 多个机械零件。不仅可靠性增加，而且体积重量都大大变小了。

(3) 可靠性提高。机电一体化产品大都增加了自诊断、安全保护等各种功能，减少了机械部件，从而使可靠性大为提高。

(4) 大大提高了自动化程度。不仅代替了人的体力劳动，如搬运、夹紧等。而且采用了电脑技术，还代替了人的脑力劳动。

(5) 显著的节约能源和材料。例如用带变频调速的电机代替普通电机，可节约电能约 20%—50%。

(6) 对生产要求更具有适应性和灵活性。又称作“柔性”。即可以方便的用改变软件的方法改变机器的工作程序，以适应不同的需求。

(7) 智能化。由于采用电脑控制，可以对环境变化具有一定的主动适应的能力和记忆学习能力。

由于采用机电一体化技术具有上述的各种前所未有的优点，又有巨大的经济效益，而且电子技术的高速发展为机电一体化的成功铺平了道路，因此机电一体化技术得到了飞快的发展。机电一体化产品遍布国民经济各个部门和人们物质文化生活的各个领域。

27. 机电结合，如虎添翼 ——谈机电一体化发展

机械技术和电子技术的有机结合，如同猛虎添翼，产生了巨大的经济效益和社会效益。机电一体化的产品有着老产品无法比拟的优良品质。日本的率先发展不仅使日本的经济获益匪浅，而且极大地促进了世界经济的发展。在机电一体化技术的发展中，那些对它重视不够的国家和行业也得到了深刻的教训。例如钟表王国的瑞士被日本质优价廉、年误差仅数秒的石英钟表夺走了钟表王国的皇冠。德国在高级照相机方面的优势也让位于日本的机电合一的高级照相机。在机床方面，由于日本的数控机床比欧美领先了一步，使得在机床方面领先的德国也不得不向日本引进数控技术。因此美国和欧洲国家对日本的成就感到震惊，纷纷发展机电一体化技术。

机电一体化经过 80 年代的大发展，90 年代在深度和广度上进一步的拓展。使得它不仅深入到了产业领域的各个系统，例如数控机床、工业机器人、智能仪表、电脑提花机、过程控制系统等。还深入到了信息领域和民生领域，例如录像机、复印机、打印机、排版系统、传真机以及电子表、照相机、录音机、音响设备、汽车电子、医疗器械等等。因此不仅使工业经济获得了极大的发展，而且使人们的物质文化生活也更加丰富多彩。从机器人的发展就可见一斑。

机器人是近代科技发展中的重大成果，是典型的机电一体化产品之一。它是集机械技术、自动控制技术、计算机技术、信息技术、新材料、仿生学、复合技术等多项技术之大成而研制成功的高科技产品。1980 年全世界仅有一百多台机器人，而现在则有 30 多万台。并且已经从第一代示教再现型，发展到第二代感觉型和第三代智能型机器人。其应用范围也从制造业渗透到多个行业。例如农林畜牧、海洋开发、土木建筑、矿业、运输业、电力通信、原子能利用、宇航、医疗、福利、防灾、劳务服务、防卫等等。据报道，日本的一家餐馆使用机器人做招待员，招来了不少顾客。由于微细加工技术的进展，做成的微型机器人（又称机器虫），可以到人体内为人治病。

今后的机电一体化产品的发展趋势是在柔性和智能化上进一步发展。要使机械产品避免是“机械的”，要具有更大的灵活性和对工艺的适应性，能根据环境条件作出不同的反应，具有对信息的搜集、整理和判断功能。

由上述可知，机电一体化技术的发展前途将是无限广阔的。它将进一步促进经济的发展和社会的进步。

28. 机电一体化产品的先河 ——数控机床

机电一体化的思想,作为一个完整的概念虽然到 70 年代才正式提出和得到确认,但数控机床在 50 年代就早已问世。第一台数控机床是在 1952 年由美国帕森斯公司和麻省理工学院研制成功的。它是一台三坐标铣床。由于电子器件还不适应数控机床的需要,经过二十多年的停滞,到 70 年代,由于微处理器的出现才使数控机床得到迅速的发展。

数控机床由机床主体、伺服机构和数控系统(含软硬件)三大主要部分组成。由于采用了计算机控制,使它具备了老式机床没有的许多优点,并产生了明显的经济效益。

(1) 首先对加工零件的适应性强。改变加工零件时,只须改变程序(软件)就可以。而不像仿形机床那样重新制造凸轮和靠模。而且几个坐标联动,可以加工形状复杂的零件。

(2) 由于程序是由最有经验的工程师编制的,因此每个工序的切削量最合理,且具有自动换刀、不停车变速、快速回程等功能。因此节省了工作时间和辅助时间,提高了劳动生产率。一般可提高生产效率 3~5 倍。

(3) 由于实现了自动控制,因此避免了人为误差。提高了加工精度,稳定了加工质量,使零件的互换性好。

(4) 由于数控机床不需要工人直接操作,大大减轻了工人的劳动强度。同时向实现无人化工厂迈进了一步。

数控机床的这些优点,引起了世界各国的重视。日本发展最快,美国、前苏联及欧洲各国争相发展数控技术。我国起步也不晚,50 年代就开始了研究。并且 1950 年、1973 年、1984 年先后掀起过几个高潮。“六五”、“七五”期间还通过引进日本美国的数控系统,进行消化吸收和国产化。目前我国已经能生产中低档数控机床。只是批量还不大。无法满足国内市场需求。并且其水平和国外相比也存在明显差距。采用经济型数控装置改造旧机床的工作取得了明显的经济效果,并且还出口到国外。受到发展中国家的欢迎。

由于世界各国都十分重视,因此数控机床发展很快。世界数控机床的总产量从 1980 年到 1990 年就增加了十倍,而且随着计算机技术、电子技术的发展,数控机床的功能不断提高和完善,已进入了完全成熟的应用阶段。

29. 打破传统生产线的桎梏 ——谈谈柔性制造系统（FMS）

60年代、70年代经常听到某某工厂要上生产线或自动生产线的消息。一条机加工生产线一般由多台机床组成，每台机床完成一个固定专一的工序。这种生产线特别适合大批量生产。由于一条生产线一般只能生产一种固定的零件，改变比较困难。因此常称之为“刚性”生产线。现代科技日新月异的高速发展，使产品不断更新换代。特别像电视机、录像机、电冰箱等日用消费产品，其换代时间仅一年左右。产品五花八门，不断改进，原有的刚性生产线已不适应这种要求。为了解决多品种、小批量的生产要求，人们必须打破传统生产线的这种模式，建立“柔性”制造系统。

柔性制造系统由于采用电脑控制和监测，因此只要输入不同的程序（软件），各台机床就可以对不同的加工对象进行不同工艺的加工。同时监测系统对不同的加工对象实施对应的监测标准，确保自动检测的质量。这就是区别于刚性系统的最大特点：可以方便地改变各台机床的加工工序，完成对不同零件的加工。

柔性制造系统的组成，除了上述由电脑组成的控制和监测系统外，还由数控机床组成的加工系统。它可以接受来自控制和监测系统的指令，改变加工工艺，自动换刀，自动上下料，自动进行夹具定位。

物料流系统和能源系统也是柔性制造系统重要的组成部分。物料流系统包括自动化仓库——用以贮存毛坯、成品和工夹具，输送系统——自动车、机器人、输送带等，装卸系统——机械手、机器人和装卸车。能源系统包括电、热、压缩空气等能源的供给传送和变换系统。

加工系统和物料流系统、能源系统，统一在控制监测系统的指挥下，有机协调地工作，达到柔性加工的目的，并保证最高的生产效率和达到规定的质量要求。

根据美国哈佛商学院的调查，在多品种、小批量的生产中，采用柔性制造系统后，生产过程中劳动量减少63%，产品生产周期缩短77%，节省劳动力50%，车间面积减少35%，总生产成本降低75%。因此FMS得到了各国的重视，其中发展最快的是日本，其次是美国。它们拥有FMS的数量都超过了一千个。我国在“七五”期间，国家投资建立了十几个柔性制造系统，现在多数已投入了运行，但系统的主要部件仍是进口的，目前我国在FMS的发展上，仍落后十几年。

30. 一个理想的实现 ——无人化工厂

多少年来，人们一直谈论着无人化工厂。只要有一个用户的订单，就可以自动地根据用户要求进行设计、生产，进行成本核算，并自动地对成品进行包装和通知用户。这个美好的理想随着科学技术的飞跃发展，已经变成了现实。这就是当今世界上各个工业发达国家争相发展的 CIMS——计算机集成制造系统。

它一般包括三个大子系统。

一个是管理子系统，通常叫做管理信息系统 (MIS)。它主要完成各种管理功能，编制生产计划，成本价格核算，仓库管理，各类报表统计，财务票据，下达各种工作指令，进行监控处理和反馈处理，对市场进行预测，对销售、人事、劳资进行管理。

一个是设计子系统，即计算机辅助设计系统和计算机辅助工艺设计系统。它主要完成各种设计任务，包括计算、编制物料清单、绘图、信息处理，以及编制相应的工作程序。

第三个子系统是制造系统，即柔性制造系统 (FMS)。它包括对零件的加工、检测、装配、测试等生产过程的自动控制，以及对机械手、机器人、自动化仓库、运送车等的控制。

由上可知它是由计算机将经营、销售、设计、管理、制造等多个部门综合起来，实现“物与信息”的最佳控制。它是计算机技术、控制技术、信息技术、管理技术、电子技术、机械技术等学科的综合交叉发展起来的一项高技术。它在结构上虽然由上述三大子系统组成，但绝不是简单的组合。要把它们统一成有机的整体，有些原来的设计思想、功能范围、工作方式、通讯规约都会发生变化，还有许多技术关键和技术难点需要攻关。因此在技术上是质的飞跃。要建立一个完全的 CIMS，需要大量的先进技术和高精尖设备，还需要解决许多新的技术问题，因此耗资巨大，连日、德这些经济大国在建立 CIMS 时，也多是在现有柔性制造系统 (FMS) 的基础上，用技改和扩建的办法，由低级到高级逐渐推进，不断开发和完善。甚至在初步建成的 CIMS 内还保留着自动生产线的某些刚性联接。例如德国西门子公司生产计算机组件的一个实现初步 CIMS 的分厂，对于大批量生产的组件，就保留了原有的刚性联接生产线，对于中小批量组件，则采用柔性设备，而对于某些单件，仍使用手工操作。

我国制定的 863 高技术研究发展计划的十五个主题中，就有一个是 CIMS 的研究和发展。这是我国为了赶上世界先进工业国家的重大决策。不能总跟在别人后面走，要从世界科技的前沿阵地开始攻关，才可能赶上人家，这就是国家制定 863 计划的设想。

31. 从诸葛亮造“木牛流马”

谈现代工业机器人

《三国演义》中有一个众所周知的精彩故事，诸葛亮造木牛流马战胜魏兵。相传，诸葛亮制造的木牛流马，不吃不喝，驮运粮食，行走自由。魏兵夺得木牛流马，仿制后不知嘴内舌头是一个“机关”，不会驱赶，结果被蜀兵截获，反而损失掉很多粮食。现在看来，木牛流马还真有点像“机器狗”，当然机器狗是现代高级机器人的一个种类。

机器人这个词，是捷克一位叫卡雷尔·查培克的作家，1920年在他一个叫“罗莎姆万能机器人公司”的剧本中提出来的，称为“罗伯特”(Robot)这个词，我国把它翻译成机器人。

机器人技术是当今及未来在自动化技术中的一门热门技术，在世界各发达国家受到普遍重视和关注。机器人是一种可编的、能完成某些操作和移动的自动控制机器，它虽然不像人，但它能模仿人来干好多事情。自1961年第一批工业机器人问世以来，不断研究开发，促进了现代工业的变革，向高级机器人、智能机器人发展。80年代以来，机器人技术作为一门高技术，在国际上有了重大发展和进步。

日本自称是机器人王国，它的机器人产量居世界第一。目前日本拥有的机器人总数比世界上其他各国的机器人总数之和还要多，足以证明它的应用广泛。例如在日本的汽车生产中，汽车车身的焊接、涂漆等这些很脏很累的话，差不多都是由机器人去完成的。

其次，还有种田机器人、施肥机器人、挤奶机器人、哺乳机器人、剪羊毛机器人、养鸡机器人、捕鱼机器人、采摘机器人、农作物保护机器人、高空作业机器人、潜水机器人、海洋机器人、搜索机器人、捕盗机器人、消防机器人、教师机器人、家务机器人、诊断机器人等等。种类实在说不清有多少种。

总之工业机器人主要是代替人在危险、恶劣环境中工作，或者是代替完成那些繁重单调的工作。国际机器人联合会1989年的资料表明，世界上已有机器人32.65万台，日本名列第一，有17.6万台，苏联5.9万台，美国3.3万台。国际机器人联合会现有21个成员，除日苏美三国外，德国、瑞士、英国、法国机器人亦居先进地位。当代机器人已从科研系统进入了工农业生产和流通、服务等各个领域。

32. 您想节能节电吗 ——请采用电力电子技术

半导体早已是家喻户晓的名词,不过开始人们是把半导体收音机称做“半导体”的。当然这是不准确的,因为半导体是一类材料的名称,而半导体收音机则是主要由半导体器件构成的家电。通常构成家电和电子仪器的半导体器件,如晶体管、集成电路(将多个半导体元件组合在一起,使之具有一定电路功能的半导体器件)等都是低电压、小功率的。而电力行业需要高电压、大电流的半导体器件,这类半导体器件称之为电力半导体器件。

以电力半导体器件为核心,加上电力交流技术、控制技术、计算机技术、电子技术等科学技术的综合渗透,开创了电力电子技术。随着电力半导体器件的更新换代,电力电子技术已发展成为新兴的高技术产业,成为机电一体化技术的重要基础之一。

电力电子器件开始是单体元件的整流管,以后发展为普通晶闸管。70年代以后逐渐研制出功率晶体管,可关断晶闸管,绝缘栅晶闸管和静电感应晶闸管。到80年代中期出现了第三代电力电子器件——功率集成电路。该类器件是把驱动电路、保护电路、检测电路和功率输出单元集于一体,更便于实际应用。

目前第二代电力电子器件已达到耐压4500V以上,通过电流2500A以上。第三代电力电子产品功率还较小,主要用于驱动电路,用以驱动末级的工作。

由于电力电子器件的发展,使电力电子装置实现了小型轻量化,高效率、低噪声、低成本和好的控制性能。因此这些装置应用在国民经济中,其节约电能、节约材料、节约投资的效果非常明显。

例如,在工业企业中,大量运用电动机做为原动机去拖动各种生产机械。如机床、电铲、轧钢机、吊车、风机、泵类、压缩机等,而这些设备的用电量约占工业生产用电的一半。采用电力电子技术控制电动机,可节电30%~50%。据国外有关资料报道,冷却水泵节电45%,空调泵节电58%,送风机节电39%。我国北京国棉二厂采用电力电子技术节电达52.35%,江苏太仓化肥厂节电37.3%。一台20吨工业锅炉的引风机,采用电力电子技术改造后,每年可节电25万度。其设备改造投资仅一年左右即可收回。如果我国的电动机全部采用电力电子技术,以节电20%计,年节电在400亿度以上,相当于40台20万千瓦发电机组的发电量。如每度电0.5元,则节约人民币200亿元。

33. 从洪钧老祖不睁眼的故事

谈激光设备

传说老寿星拜会洪钧老祖时，对洪钧老祖连眼都不睁一下非常不满。老祖只好稍微睁了一下眼，只见一道强光射出，唰得一下削掉了老寿星半个脑袋。老寿星这才大惊失色，后悔不及。老祖顺手抓起一把泥块，补在了老寿星的额头上，谁知泥块过大，使得老寿星额头上多了一块。所以我们现在看到的老寿星的额头总是突出一块。洪钧老祖眼中能射出光来当然这只是个传说，但这种想象和我们讲的激光，真是如出一辙。

本世纪 60 年代问世的激光是继原子能、计算机、半导体之后，本世纪的又一重大科技发明。早在 10 多年前科技发达的英国就称它为“21 世纪之光”，可见激光技术的发展和前景是极为诱人的。

激光器可以代替刀具对各种金属和非金属材料进行打孔、切割等机械加工。即使是非常坚硬的材料，在激光的作用下，也会变的像肥皂那样听凭切割和扎孔。机械手表里通常用宝石轴承来减少转动部分的摩擦。宝石轴承俗称“钻”，17 钻手表是指有 17 粒宝石轴承。过去用钻头在宝石上打孔，几十秒才能加工出一粒，改用激光打孔后，每秒可加工一二十粒，工效一下提高了几百倍。

激光还可应用于武器方面，在普通的炸弹前端装上激光导引头，后部安装控制舵面，即可做成激光制导的“灵巧”炸弹。这种炸弹自飞机投下后，会自动跟踪和攻击目标上被飞机或地面部队用激光照射的光点，其命中率达 90% 以上。

1976 年美国 IBM 公司推出了世界第一台机光电一体化的激光印刷机，从而使近千年来，人们一直延用着的活字印刷术，这繁重又烦琐的手工操作方法载入了历史史册。激光印刷机的特点是分辨率高，速度快、噪音小，可以灵活地进行图像文字处理，并配有专用的汉字字库，能印刷各种各样的字体和变形字体，可任意缩小放大。印刷文字的灵活性是铅字印刷远远比不上的。另外激光印刷机还能把文字印刷在一种专用的底片上（涤纶膜），给一些小型印刷业做印刷版带来了方便，省去了照排机照相排字的工序，从而节省了时间，提高了生产效率。1986 年美国还研制出了一种彩色激光印刷机，从而使彩色印刷达到和原图一样的色彩质量。

此外，机光电一体化的设备，还可以用来测量卫星及月球同地球之间的距离。可广泛应用在宇航、国防、电子、纺织等各行各业，有利地促进了物理、化学、生物等学科的发展。

34. 您想坐没有司机的汽车吗 ——汽车电子化在加速发展

早在 60 年代，汽车制造中就开始研究使用电子技术，到 70 年代初，实现了充电机电压调整器和点火装置的电子化，以后又发展了电子控制的燃料喷射装置。70 年代后期，由于微型计算机的采用，才使汽车产品的机电一体化进入了实用阶段。1977 年美国最早开发出了发动机控制系统，它把原来的分离电器集中在一起，仅有传感器才是分离器件。它的核心是一个微处理器（由多块集成电路构成），用来接收来自汽车曲轴、负压传感器、各温度传感器等来的信息，然后计算出点火时间，并使执行器执行。随着单片机技术的推广应用，汽车电子得到了更迅速的发展。

为了达到节能、环保、安全、舒适等目的，逐渐开发了电子控制气化器，燃料喷射装置，制动防滑控制系统，汽油分配控制装置，集中报警装置，以及便于操作驾驶的自动变速装置和使人员更舒适的自动空调、空气净化、自动照明、无线电通讯、音像设备、门窗控制等各种电子设备。各种机电一体化产品在汽车上安装起来，使现代汽车的性能大为提高。例如电子点火装置，更加适应现代汽车的高速、高压压缩比和多汽缸的发展趋势，使点火更为迅速可靠。用电子装置进行排气控制和燃烧控制，不仅可以改善发动机的燃烧条件，节约燃料，还可以减少排气中一氧化碳的含量，减少对环境的污染。自动变速装置可以自动的控制行驶速度和方向，减少事故的发生，便于司机的操作。汽车电子还可以完成诸如车速、油耗、里程、效率、成本、保养时间等各种信息的收集和处理。目前一辆高级轿车上装有几个微处理器，上百个传感器，其电子设备的造价可占汽车总造价的 20% 以上。

我国汽车电子化的水平还相当落后，每辆汽车的电子设备费用才占总造价的 1.5% 左右。因此我国的汽车电子产品市场将是前景无限的。据预测 1995 年需求电压调节器 150 万部，微机控制点火装置 10 万部，汽车专用集成电路 3000 万块，汽车用各种传感器 200 万支。

无人驾驶飞机几十年前就已经进入了实用阶段，而无人驾驶汽车却仍然在襁褓中。人们常说“蜀道难，难于上青天”。不过这仅是个形容，人们当然认为上青天是更难的。然而从无人驾驶汽车仍不能问世看来，在蓝天上翱翔似乎比在陆地上飞驶还要容易些。目前汽车上采用的自动变速装置和其他一些机电一体化技术，已经使驾驶变得更为容易或代替了司机的部分工作。随着机电一体化技术的进一步发展，工业机器人功能的进一步提高，乘坐无人驾驶的汽车将是不难实现的。

35. 五官的延伸 ——谈现代仪器仪表

在科学发达的今天，许多物理量和化学量都是人的器官不能感受和识别的，只有依靠现代仪器仪表才能对它们进行观察、分析、测定。现代仪器仪表分作哪些类呢？它是一个大家族，细分起来它主要包括下面各类仪器仪表：

（1）工业仪器仪表

工业仪器仪表主要是用来对工业生产过程进行检测和控制的仪器仪表。它主要包括检测仪表、显示仪表、调节控制仪表和执行器四大部分。工业仪器仪表在工业生产中起到了不可估量的作用，过去一些人工很难完成的工作，今天已经变成现实。

（2）科学测试分析仪器

测试分析仪器主要是用来测定分析物质成分、化学结构的仪器仪表。空气、水、土壤和岩石等等物质到底是什么组成的，这些都可以通过各类测试分析仪器搞个明白。一条金项链是真是假，一测便知。目前测试分析仪器种类繁多，如电化学式分析仪器、光学式分析仪器、热学式分析仪器、物性分析仪器以及质谱仪、波谱仪、色谱仪等。

（3）电子测量仪器

电子测量仪器主要是用来测量电压、电流、电阻、电容、电感、相位、频率、功率等电特性的测量仪器。包括各种电阻电感电容测试仪、晶体管特性图示仪、通用示波器、频谱分析仪、数字电压表、逻辑分析仪、功率表等等。

（4）医用仪器仪表

医用仪器仪表是实现医学诊断、治疗、监护的专用仪器仪表。包括各种体温计、血压计、肺功能机、心电图机、脑电图机、生化分析仪器、各种监护设备、透视照相设备等等。

（5）航天航空仪器仪表

航天航空仪器仪表主要包括人造卫星、宇宙飞船、火箭及各种飞行器使用的控制、制导、操纵运行的仪表。还包括各种航空基地使用的专用仪器仪表和遥感仪器。随着人类航空航天事业的发展，人们不仅在地球上旅行变成了非常简单的事，而且还登上了月球，并已揭开了金星的神秘面纱。航天飞机在茫茫宇宙中飞行，正在探索太空新的秘密。

（6）航海航船仪器仪表

在浩瀚的大海中，轮船的安全航行离不开仪器仪表，我国古代发明的指南针，就是航海中最古老的仪表。而今航海船舶仪器仪表已今非昔比，机舱用上了自动驾驶仪、无线电导航仪，其他还有方位仪、计程仪、测深仪、雷达系统等等。

另外，现代仪器仪表还包括各种标准计量仪器、环境保护仪器、海洋仪器仪表、天文仪器仪表、气象仪器仪表、地质勘探仪器仪表、车辆交通仪器仪表、农业专用仪器仪表等等，真可谓门类众多，数不胜数啊。

36 · 仪表行业的支柱 ——工业自动化仪表

在古代，我国曾经是科学技术比较发达的国家。早在一、二千年前，我国就发明了指南车、浑天仪和候风地动仪等，这些可以说是早期的自动化仪器。但正式以现代控制理论为基础的自动化技术是从本世纪 40 年代才开始的，刚刚有五十年的历史。但已取得了巨大的进步，并促使自动化仪表也有了很大的发展。

工业自动化仪表是实现工业生产过程信息的获取、观察、检测、转换、计量、调节、控制和揭示生产过程物质运行和能量交换的技术工具。

工业自动化仪表主要包括检测仪表、显示仪表、调节控制仪表和执行器四大部分。

检测仪表一般包括传感器、变送器及兼有显示功能的测量仪表。检测仪表是工业生产的耳目。如果没有各种各样的检测仪表提供精确可靠的信息，自动控制也就根本无法实现。

工业上的检测一般包括压力测量、温度测量、流量测量、物位测量及成分特性的测量等等。检测仪表把被测信号检测出来，显示仪表则是把这些测量值准确无误地指示和记录下来的仪表，以便对生产过程进行监测和控制。

调节控制仪表是实现工业生产过程自动控制的关键仪表，又称调节器。一般可分为模拟式调节器和数字式调节器两大类。数字式调节器的内部结构是完全微机化了的。但外型结构、输入输出等方面都可与模拟式调节器相一致，可以与之兼容。但功能要丰富的多。可用改变软件的方法改变调节规律，非常灵活方便。

执行器是接受调节控制仪表的输出信号，并把它转换成操作量，从而对控制对象发生作用的机构。

工业自动化仪表是如何实现自动调节的呢？我们从日常操作中知道，手动操作不外乎使用了眼、脑、手三个器官。手动操作一般是人的眼睛首先观察到被测参数的变化，并传至大脑；大脑立即判断，发出控制命令；人的手去执行命令，搬动开关阀门等。在自动控制系统中，检测仪表相当于人的眼睛，而调节控制仪表相当于人的大脑，执行器相当于人的手。实际上自动调节就是对人工调节的模仿和发展。工业自动化仪表的应用，不仅可以提高产品的质量和产量，完成精度要求很高的工作，而且还可以在一些危险的场合大显身手。

80 年代以来，随着微处理器的出现及应用，工业自动化仪表已经发生了深刻的变化，出现了各种智能化仪器仪表。这类仪表功能丰富、适应性强、灵活性好、可靠性高。90 年代将是智能仪表、数字仪表的时代。

37. 机电一体化设备的耳目 ——传感器

几乎所有的机电一体化设备都离不开传感器。要搜集信息，要进行检测，就必须把被测参数按一定的规律转换成可用信号。完成这个任务的器件就是传感器。例如一个普通的锅炉控制系统中，就装有温度传感器、压力传感器、液位传感器、含氧量传感器、流量传感器等各种传感器。没有传感器，锅炉控制就是一句空话。就如同一个人没有了耳朵，没有了眼睛，没有了味觉、嗅觉和触觉，那么这个人就成了废人。因此把传感器比做机电一体化设备的耳目是不过分的。

一般传感器有三部分组成，一是直接对被测参数产生响应的敏感元件。再就是对敏感器件的响应产生转换的器件称为转换元件，另一部分是电子线路，它把转换元件输出的信号变换成装置或系统所能接收的信号。

随着科学技术的不断发展，人民物质文化生活的不断提高，传感器的应用越来越广泛，越来越深入。从各种机电一体化设备，到民生家电的产品，从普通儿童玩具到国防尖端装置，都有传感器的踪迹。

国外预测 21 世纪世界重大发展项目为粮食资源，矿物资源，生命科学，保健医疗，能源和海洋开发。而这些领域都广泛应用传感器，没有传感器技术的发展，没有新型传感器的出现，这些重大领域的科技发展很难取得预期的效果。

因此不论当前经济的发展，还是下一世纪科学技术的进步，都离不开传感器技术的发展。但是随着大规模集成电路和计算机技术的高速发展，使得对信息的处理控制功能大为增强，而传感器技术却处于相对落后的局面。也有人戏称为“头脑发达，感官迟钝”。由于传感器技术落后，影响了高科技的发展，因此引起了各国的重视，出现了世界范围内的传感器热，从而大大促进了传感器技术的发展。

传感器的发展主要根据应用领域的需要，从新材料、新工艺和新原理等方面入手进行研究。其发展方向是集成化、功能化和智能化。目前在这几个方面都取得了可喜的成绩。

38. 带有灵感的仪表 ——谈智能仪器仪表

智能仪器仪表的所谓“智能”，目前还没有确切的定义。波兰学者曾提出如下定义：“一个仪器仪表或器件如成为‘智能化’，应当对于周围环境能自适应，即器件本身可以自己改变其工作状态，而不需操作人员加以操作。”按照这种说法，结合国情，国内通常把具有上述功能的带微处理器的仪器仪表统称为智能仪器仪表。

智能仪器仪表由硬件和软件两大部分组成。

硬件是智能仪器仪表的物质基础，针对不同的检测控制对象采用不同的硬件可以组成各种功能的智能仪器仪表。硬件包括主机电路、输入输出通道、人机联系部件、电源等组成。而主机电路通常是由微处理器 CPU、只读存储器 ROM、读写存储器 RAM、输入输出接口 I/O 和定时计数电路 CTC 等组成。或者它本身就是一个单片机。

软件包括用指令编写的一系列程序。它主要有监控程序、中断处理程序及实现各种算法的控制程序。监控程序是仪器仪表软件的中心，它接受和分析各种命令，并管理和协调整个程序的执行。中断处理程序是在人机联系部件或其他外围设备提出中断申请时，主机响应后直接转去执行的程序，以便及时完成实时处理任务。控制运算程序用来实现智能仪器仪表的数据处理和

控制功能。

正是上述硬件和软件的融合，使得智能仪器仪表具有了“智能”。

智能仪器仪表的出现，使得仪器仪表的发展产生了一个新的飞跃。第一片微处理器出现的 1971 年，美国 Botton 公司就开始研制带微处理器的仪器。到 1973 年便研制出 76A 型电容电桥，成为第一台采用微处理器的智能仪器仪表。80 年代以来，智能仪器仪表的发展极为迅速，日新月异。它遍及各类电桥、数字电压表、示波器等许多测量仪器中。微处理器与传感器相结合，出现了智能传感器。智能控制仪表已从简单的 PID（比例、积分微分）调节发展到各种最优控制，如自适应控制、模糊控制、专家系统、人工智能等等，产生了大的飞跃。特别是在分析仪器中，已广泛实现了智能化。例如美国生产的 MAT—331 高分辨率质谱仪，系内存有 3.3 万张质谱图，使用该仪器可像一名熟练的化学家。智能仪器仪表不但广泛应用于科学技术领域、工业检测控制、广播通信电视、医疗卫生、环境保护等等几乎各行各业，而且连我们的日常生活中也出现了大量的智能仪器仪表。电话机、打字机、电冰箱、洗衣机等也到处都有智能产品。

智能仪器仪表正在向着微型化、集成化、多功能化的方向发展。明天的智能仪器仪表将更加“智能化”。

39 · 应用于工业现场的计算机 ——可编程序控制器 (PC)

在工业生产过程中,很多控制都是时间、顺序控制。过去都是用继电器、时间继电器等器件组成一个控制装置。一个简单的控制系统就要有一个庞大的控制装置。后来又出现了用集成电路组成的装置,采用二级管插入矩阵板中编程的方法,亦称为步进式顺控器。随着电子技术的发展,60年代末期在美国首次研制成功了可编程序逻辑控制器,当时叫 PLC (Programmable Logic Controller)。目的是用来取代继电器。当时的 PLC 不过是一种“智能开关”电器。随着 PLC 的不断完善和发展,1976年美国电气制造商协会 (NEMA) 正式命名为可编程序控制器 (Programmable Controller),简称 PC。

PC 由微处理器、存储器、输入输出 (I/O) 模块和电源组成。它使用了可编程序存储器储存指令,执行诸如逻辑、顺序、计时、计数与演算等功能。为了适应多功能控制, I/O 系统非常发达。按 I/O 点总数分类,一般可分为:

微型: I/O 总点数 ≤ 64 ;

小型: I/O 总点数 65 ~ 256;

中型: I/O 总点数 257 ~ 1024;

大型: I/O 总点数 > 1024 。

PC 的特点与它的设计思想是分不开的。它的设计是以工业现场应用为前提,因此它的主要特点有:

可靠性高:工业控制可靠性最为重要,PC 为工业环境而设计,所以具有很强的抗干扰能力。目前的产品平均无故障时间一般都能达到几万小时,甚至有的达到上百万个小时。

功能完善:PC 可以与现场信号和执行机构直接相连。并具有逻辑和算术运算、定时、计数、顺序控制、功率驱动、通讯、人机对话、自检和显示等功能,使控制水平大大提高。

编程简单:目前大多数 PC 都采用继电器控制形式的“梯形图”编程方式。电气工程师比较容易接受,易于掌握,而且清晰直观。PC 有专用的编程器,或自带编程器,简单方便。

80 年代以来,PC 的发展是很快的。在汽车制造工业领域,PC 占的比率较大。在传统的机械制造领域,PC 一直保持优势,并广泛用于钢铁、煤矿、水泥、石油、化工等行业,是用于工业自动化领域的一种通用控制装置。在美、日、德等工业发达国家,PC 已做为自动化系统的基本装置,在柔性制造系统 (FMS)、集散型控制系统 (DCS) 以及工厂自动化 (FA) 中大量采用。在我国,主要是小型 PC 的应用发展。与发达国家相比,我国的 PC 研制发展还处在开始阶段,因此它的发展前景是十分广阔的。

40. 采用“统一标准”的计算机 ——总线控制机

在工业控制中，有各种各样的控制系统。在不同的控制系统里，有不同的控制要求。于是工程师们就设计出了各种不同的控制装置。控制对象是专门的，这套控制装置自然也是专用的。所以几乎每搞一个控制装置，就要设计一种新型的电路板、接口、机箱等等。接下来面临的的就是加工、组装、调试一整套工序。这样的控制装置，一是研制速度慢，二是成本价格高，三是质量也难于保证。正因如此，人们提出了采用总线制，采用通用标准接口、通用标准模板，研制总线控制机。

总线是一种公用的信息传输通道。采用总线控制，遵循同一标准规范，不同厂家、不同行业，就连不同国家都可通用。

总线的种类很多。支持 8 位或 16 位微处理器的总线有：STD、STE、IBM - PC、G—64 等；支持 32 位微处理器的总线有：MCA、EISA、NSubuS、Q—Bus 等等。

STD 总线控制机是适用于工业测控系统的控制机，在我国发展很快。它最初是一个面向 8 位微处理器的总线，并定义了总线标准。共有 56 条信号线并行于底板上，包括 8 条双向数据线、16 条地址线、22 条控制线、10 条电源线。16 位微处理器出现后，STD 又对数据线和地址线进行了扩充，所以 STD 是 8 位和 16 位微处理器兼容的总线。近年来，STD 总线又定义了 STD32 总线标准，进一步扩大了应用范围。STD 总线可以支持 25 种不同类型的微处理器，并且和 IBM—PC 总线也完全兼容。这样可充分利用 IBM - PC 及兼容机丰富的软件资源，用户非常方便。

STD 总线采用标准模板，主要包括系统板、存储器板、输入输出接口（I/O）板。连接显示器、键盘、打印机等外部终端的接口板，还有通信板等。它采用小板结构，在机械强度，抗断裂、抗震动、抗干扰方面都很优越。一块板只有一、二种功能，有时构成一个小的系统仅需一块系统板和几块 I/O 板，成本很低。国际上目前已有上千种 STD 功能模板推出，各种工业模板可以说应有尽有，非常适合中小企业的测控系统。

从技术发展趋势看，总线正在向着开放化的结构发展。目前国际上流行着各种各样的总线，不下几十种。但是还没有一种总线能够满足所有用户的需要。因此各种总线正在互相竞争、互相弥补、互相融合。

从总线的性能考虑，总线正在向着两个方面发展。一方面是倾向于提高系统的数据处理能力，支持 32 位甚至 64 位的微处理器。另一方面是向低端发展，其目标是用于工业测控系统，价格低廉、组合灵活，支持 8 位或 16 位的微处理器。当前我国的工业测控领域，在相当长的时间内，STD 和 PC 总线将成为主要总线。

41. 过程控制的最佳模式 ——谈集散型控制系统

集散型控制系统 DCS (Distributed Control System), 亦称分布式控制系统。是基于计算机技术、自动控制技术、通信网络技术和图形显示技术发展起来的。早期的计算机控制系统采用的是集中式结构, 即系统中的一个主机担负着现场数据采集、数据处理、控制运算、显示打印等全部工作。这种系统的控制和采集规模受到限制, 性能不易提高。但最主要的是只有一个控制主机, 危险集中、可靠性低。在这种情况下, DCS 就应运而生了。它的第一套系统是 1975 年由美国霍尼维尔公司推出的 TDC—2000。

DCS 至今尚无确切的定义。一般可以这样认为: DCS 是通过某种通信网络将分布在工业现场的检测站、现场控制站和操作控制中心的操作站、控制管理站等联结起来, 共同完成分散控制和集中操作管理的综合控制系统。

DCS 多采用分层分布式结构。多数的系统结构分成两层或三层。一般包括: 现场控制级、现场监控级、管理控制级等。

现场控制级一般直接与被控过程打交道, 可控制一个或多个回路。并具有通讯功能, 实现向监控级的信息传送。现场监控级一般完成优化控制和协调控制, 它主要包括 CRT 操作站和工程师控制站等。管理控制级主要完成工厂级系统的管理控制功能。

DCS 一般配有成熟的控制软件。这些软件采用模块化结构。而系统本身为设计人员提供了应用系统的“组态语言”。只要按照规定操作, 就可对不同规律和不同控制对象进行组态, 以构成不同的控制系统。而完全不必了解计算机的内部结构和软件是怎样编写的。这对广大工程技术人员应用是非常方便的。

DCS 具有可靠性高、操作直观、扩充方便、通用性强等特点, 并且目前除了小系统有的采用直接通讯方式外, 较大的系统都采用了通讯网络。国外好多厂家的产品都已采用了光纤通信。

DCS 的应用十分方便, 它可与常规仪表、智能仪表、计算机控制统一考虑。从控制几个回路到上百个回路。可广泛应用在石油、化工、电力、冶金等各个生产领域。尽管这些部门的原料种类、生产过程、产品性质大不相同, 但是从控制角度看, 其主要的检测控制还是温度、压力、流量、料位及电气开关和顺序控制等。而 DCS 能够以高性能、高可靠等许多优越性应用于上述各个方面。所以, DCS 在过程控制领域占有越来越重要的地位。

42. 模仿人操作的机器 ——模糊控制系统

在现实生活中，我们遇到的绝大多数事物可以说很难用绝对的真假、绝对的好坏来形容。例如说，今天天气真热，他跑得很快，她长得很高等，并不是一些很清晰的概念。而在控制系统中，有好多参数也是很难用数字量化的。我们把这些归属界限不清晰、非数字式的量化概念，称之为模糊概念。

1965 年，美国控制论专家扎德教授发表了题为《模糊集合》的论文，这标志着模糊数学的诞生，模糊数学能定量地处理影响系统的种种模糊因素，使控制的效果更符合客观实际和更为优化合理。事实证明，模糊数学是一种表达和处理模糊信息概念的数学工具。它的诞生为模糊控制奠定了数学基础。

模糊控制系统与一般的计算机控制系统在硬件结构上并没有什么根本的差异。而只是在控制算法软件编程上，采用了模糊决策算法，即通过收集人们对该系统的操作运行经验，利用模糊理论进行归纳，编制成模糊控制软件，固化在存储器中。这种模糊控制系统控制规律简单，更接近人的行为方式，是可以模仿人操作的机器。

1974 年，英国学者马丹尼首先利用模糊控制语言研制成功模糊控制器，并把它应用于蒸汽机和锅炉的控制中，取得了较好的控制效果，揭示了模糊控制系统的广阔应用前景。

80 年代后期，日本开始率先大批研制模糊控制产品。1987 年日本仙台市地铁列车的自动驾驶，就是将模糊控制理论应用于控制工程实践的成功范例。它能综合考虑安全、舒适、节能、快速、停车准确等控制要求，控制性能大大超过传统控制方法，在世界上引起轰动。日本不仅在科学技术和工业领域采用了模糊技术，而且还扩展到家用电器中。日本三洋公司研制成功的新一代利用模糊理论和其他先进计算机电路的智能摄像机，能拍摄出清晰度更高、图像更稳定的录像带，并且还研制成功了模糊洗衣机、空调器、照相机、吸尘器等，使模糊产品几乎是家喻户晓，人人皆知。

目前，专家们正在研制一种新型的模糊控制器，称之为“自组织、自寻优型的模糊控制器”。它们不但能执行决策表中的内容，还能按照参数的变化进行自学习，并形成新的模糊决策，给模糊控制器增加学习功能，使之能在控制过程中不断获得新信息，并对控制量作出适当的调整，使控制性能更加完善。

模糊控制理论和应用方面都还存在着许多未知的问题有待我们的专家学者去研究和解决。随着相关学科的发展，它的前途将是无量的。

43. 神机妙算的现代“华佗” ——电子计算机诊病

时下，在一些医院里有不穿白大褂、不戴口罩的“医生”。它诊断准确，速度快，昼夜值班，不知疲劳。它就是“计算机医生”。

电子计算机当“医生”，这是人工智能的一个方面。电子计算机处理信息（信号）快，效率高，灵活性（理解能力和思维能力）强，因此具备了当“医生”的能力。

著名医生的知识和经验是非常宝贵的，我们把这些知识和经验总结起来，形成规律，并以适当的形式输入计算机，建立知识库。然后建立合理的控制程序，按输入的病人各种身体检查数据，选择合适的规则，进行推理、判断和决定。这一套计算机的工作程序就是“医疗专家系统软件”。在它的控制下，电子计算机就能成为称职的医生了。它能同时诊断几名病人，迅速而准确地判断病情，对症下药。

我国在“中医诊断专家系统”方面开展的研究工作已取得了成功。例如，80年代出现的北京中医院“关幼波肝病电脑诊疗系统”，模拟著名老中医关幼波大夫对肝病诊疗的程序，按照他的思维方法，根据患者的病症不同，在2000多种症状与化验指标和170种药物的基础上，让计算机从成千上万个实用处方中选出合适的处方。它还同时编写病历卡计算药价，填写假条，从数据输入到诊断结束只需10几秒钟，又快又准，成为治疗肝病的重要科研仪器，真可谓神医妙算。

计算机不但可以诊病开药方，而且还可以按方配药。病人到医院看病，最费时间的就是到药房取药，如果是取中草药那就更要耐心等待了。首先计价处的会计要把成千上万种中药的单价背得滚瓜烂熟，才能很快地把每味药的金额一一算出来，最后算出每张药方的总金额。把计价交费后的药方交给药房后，司药员要一边看药方，一边把每一味药从盛药的小抽屉里取出来称好，再把药分成规定的剂数装成包。一个大的医院每天看病求医的人来往不断，如果一张中药处方用十几分钟，那可想而知司药的工作量是多繁重，病人又要花多少时间来等待。

现在全国已有不少城市的医院中药房中，安装了中药配方机。司药员只要送进药方，机器就能自动计算药费、自动取药并把药方自动打印出来，每台机器在八小时内可以配出400—600张药方的中药。

这台中药配方机，由电脑、打印机、药方显示屏、天平和自动落药台等组成。是由电脑控制的机电一体化设备。在实现自动控制的过程中，各种信息要靠传感器接收后送到电脑中去。在配方机的天平上装有光电传感器，它能把光信号变为电信号，作为电脑的眼睛，严密监视称杆的倾斜程度，不断为电脑提供天平是否达到平衡状态的信息。一旦达到平衡，称好一味药，电脑就决定转入下一个步骤。所以当司药员把药方上各味中药的名称和数量输入电脑，电脑就会自动计算出药费，并发出指令，控制天平，自动称药取药，最后由落药簸箕把药滑进药斗里去。在输入一张药方的同时，为前一张药方配药的工作仍在进行，互不干扰。表面看来，配方的各道手续是在同时完成的，其实，电脑所做的工作，是按照步骤一件一件完成的，也就是在人们预先编好的程序控制下一道一道地依次完成。因此，它的效率和自动化程度，远远胜过人工配药。

44. 明察秋毫的利眼 ——谈先进的疾病诊断仪器

CT 是电子计算机 X 线轴向体层扫描的英文缩写。所谓 C 是计算机，T 是层次扫描。由 X 线球管发射 X 线，透过人体组织，由灵敏的晶体检测接受后，就产生不同信号（相当于荧光屏上明暗不同的阴影），输入计算机里以数字贮存。CT 机是经过各个方向投影，电子计算机分析计算，然后重组出横截面的真实图像。

CT 能诊断出许许多多疑难病症，这是在本世纪 70 年代，医学物理学取得的一项自 X 线发现以来最重大的进展，它给 X 线诊断技术带来了革命性的飞跃。因此，它的发明者，美国的柯马克和英国的豪斯菲尔德获得了 1979 年度的诺贝尔医学生理学奖。

我们知道，人体内不同器官、组织的密度各不相同，器官、组织里发生某些疾病（如炎症或肿瘤）后的密度也与正常部分不相同，因而对 X 线的吸收就不一样。当 X 线透过这些密度不同的组织后，X 线的强度也就变得各不相同，强度不同的 X 线在荧光屏上激发出明暗不同的阴影，但是这样的影像缺少层次，诊断难免不尽精确。为了使影像增多层次，提高精确度，人们就借助数学。使 X 线从不同方向进行投照，投照所取的方向越多，投影也越多，原像也越真实。这个由投影复原（或重组）为图像的过程，其数字计算非常复杂，是由计算机来完成的。

CT 图像清晰精确，分辨率比一般 X 线照片高 100 倍，许多常规 X 线检查所不能察见的器官组织的病变，CT 却可一览无余。直径几毫米的病灶也可“显露原形”。医生就是根据这些不同的影像来判断器官组织异常的。CT 可称为医生明察秋毫的利眼。

此外，还有数字超声波机。超声波是一种振动频率很高的声波，一般在 20000 赫兹以上，这么高的频率，人的耳朵是听不到的。由超声波发生器产生的超声波到达人体，一部分被人体吸收，一部分被反射到别处，一部分透过组织，又有一部分被反射回来。不同的组织器官，反射回来的情况不同。一个器官组织内出现了病变（比如炎症、出血、结石等），有了肿瘤（良性的囊肿、恶性的实体瘤），诊断仪的屏幕上就会有不同的反射图像。这便是超声波诊断疾病的道理。但是由于超声波在人体内的不规则干扰，图像的清晰度受到限制。

自美国 ATL 公司发明了世界上第一台数字超声波机后，又发明了扩充信号处理技术，把产生宽频超声波的新软件同迅速处理数据的实时并行处理机结合在一起，大大降低了超声波的不规则干扰，从而提高了图像清晰度。

通过这种图像，医生能发现很小的肿瘤和很微妙的组织结构，看到某些疾病有关的组织变化，在病人开始出现症状以前就能发现不正常的人体组织变化。

目前，北京协和医院、解放军 301 医院、上海华山医院等几十家医院已引进了世界先进水平的美国 ATL 公司研制的数字彩色声像仪——“超 9—HDI”，用来检查乳癌，无须开刀便可较准确地诊断出乳房肿块是否属恶性，其准确率达 99%，为提高广大妇女健康水平，提供了保障。

45. 盲人电子眼计划 ——谈人造器官的发展

科学技术发达的英国正在试验一个“盲人电子眼”计划，即通过独立的电视网络把每天的卫报（GUARDIAN）内容向全国广播。盲人即可在家中利用个人电脑中的译码器卡接收，再通过语言合成器，或盲人凸字打印机，或是先进的在线式盲人凸字显示器读报了。该计划的优点是，它可以让盲人以普通读者读报的方式去获取信息，可阅读标题，然后选择感兴趣的内容，并能重复阅读。其次，它可以让又聋又哑的人利用盲人凸字显示器或打印机，像正常人那样通过电脑屏幕获得信息。

这件事情从侧面说明了社会利用先进技术，为残疾人提供更多的关心和爱护。那在高科技发展的今天，人造器官又发展得怎样呢？

人造器官兴起于 70 年代，当电子计算机进入这个领域后，人造器官便进入了一个新阶段。现在已经研制成功的有心脏起搏器、人工肾及正在试验中的人工心脏、人工肺、人工肝等。

人工心脏植入人体的成功是经过长期艰苦的努力才得到的。主要用于心脏颤动、心搏无力、血压下降、脉搏减少的心脏病人。它分左右两个人工心室，由铝和聚胺酯树脂制成，担负着推动血液循环的任务，把血液用强大的推力压入主动脉，然后接受来自静脉的乏氧血。在压缩空气的控制下，这种人工心脏像肌肉心脏一样有节律地跳动。压缩空气的压力和速率是由一台电子计算机监控的。1982 年 12 月美国犹他大学的医疗中心，就为 61 岁的牙医师克拉克，植入了“人工心脏”，挽救了他垂危的生命。

电子计算机在人工器官上应用得比较成功的要算是人工胰脏、人工肾（血液透析）及人工眼等方面。

人工胰脏看起来像台机器，主要用于糖尿病人的昏迷，酮中毒的急救治疗，由于是床边型人工胰，多为短期应用。它是由葡萄糖传感器、控制系统和注入泵三部分组成。它可根据血中葡萄糖的水平，用机械方法，适时、适量地将外源性胰岛素注入病人体内。

人工肺则是由 3 万根非常细的聚丙烯纤维管组成，管上布满了精细的小孔，孔上有一层薄膜，把血液和气体分开，但可以让氧和二氧化碳自由出入，就像毛细血管壁一样。

人工肾是人造器官中较早的一种，可有腹膜透析和血液透析几种。有模拟肾小球作用，通过高性能的过滤膜把血液中的水和代谢废物过滤排除。一种是让血液通过体外的活性炭装置吸附有毒物质，还有一种是将毒物和废物从血浆中分离出来，使血液净化。现已研制出了由微处理器控制的小型便携式人工肾。

目前，大部分人造器官的外形与真正的器官还有很大区别，而且多为体外使用。随着科学技术的不断发展，人造器官会做的像人体器官一样，植入人体，为人们的健康生存做贡献。

46. 攀登医学科学顶峰的助手 ——谈微循环显微镜

在高科技发展的今天，医学临床微循环诊断得到了飞速发展，微循环医学事业的发展，离不开微循环显微镜，它能为开拓医学微观世界提供最新的科学手段。

多部位微循环显微镜，是由微循环显微镜、双光纤特种冷光源、电子闪光摄影、微光摄像、电动升降工作台和微循环微机图像处理多参数测量仪组成。电动升降工作台可取坐位、卧位使用，特殊的双光束冷光源，亮度、色温、入射波长可调节，仪器的闪光装置可瞬间摄影，并配有专用摄像机，可进行显微摄像和录像，还可配置微循环微机图像处理系统和多参数测量系统。它可以实现微循环血流速度、动态血管直径、灌流量和血管密度、长度、纵断面积、自律运动等参数的自动测量。广泛应用于临床对人体多种疾病进行微循环障碍的检查，特别适用于早期诊断和预报脑溢血、脑血栓、心肌梗塞，肺心病、肝炎、急性肾炎等疾病和危重病人的监视，判断治疗效果，指导病危情况的急救处理。

由我国自行研究制造的 WX—6 型多部位微循环显微镜，功能全、分辨率和灵敏度高、观察视野清晰、显微工作距离长，在光学、电子、机械、微机图像处理和多参数测量方面均达到国际先进水平。对我国微循环医学事业的发展起到了积极的推动作用。

新能源

47. 燧人氏“钻木取火”和普罗米修斯“盗取天火” ——谈人类利用能源的开端

秸秆、煤炭、油气和电力是现代社会广泛利用的能源。那么在古代人们使用什么能源呢？人类是从什么时候开始使用能源的呢？

远古时代的先人们使用什么能源不难想象，在打猎捕鱼、刀耕火种的年代，主要能源就是人力和畜力，还有树枝柴草，甚至说还有“日出而作，日入而息”不自觉地利用太阳能。

树枝柴草之类能燃烧发出光和热，这就是火。关于人类取火用火的故事，中国和外国都有，并且世代传诵。

在中国历史上记载着一个遥远而美丽的传说：18000 年以前，原始社会进化到氏族公社时期，有个叫燧人氏的氏族首领发明了“钻木取火”，教人熟食以化腥臊，从此结束了“茹毛饮血”的荒蛮时代。“钻木取火”是我国古代人工取火的主要方法，一直到解放前后在农村中还有人使用着，但最终还是被极为方便的安全火柴所替代。

在古希腊也流传着一个有关取火的神话故事：一位从天而降的人类先知名叫普罗米修斯，他为了人类实现文明，不顾天神宙斯不给人类火的禁令，偷偷地在奔驰的太阳车上点燃茴香枝，把太阳之火带给人间，他因“盗取天火”而受到天神的惩罚，被缚锁在高加索的悬崖上，还派来一只老鹰啄吃他的肝脏，受罪长达三万年之久，他为推动人类的文明甘愿受苦，真是悲壮！

这些都是古人编造的传说和神话。历史事实是，从燧人氏时代再上溯到距今五六十万年以前，是猿猴逐渐演变成猿人的时期，如居住在北京周口店龙骨山的山洞中的北京猿人。在洞中考古挖掘发现有木炭、灰烬、烧石和烧骨的痕迹，证明北京猿人已会用火。那时他们还会制火，他们是从山林野火或雷电击燃的森林大火中捡回火种，放在洞里保存着，常年不灭。猿人点着树枝柴草用来照明、取暖和烧烤食物。总之，人类的先祖们在原始人群时期就学会了使用天然火。恩格斯说：人类只是在学会了用火时，才意味着人类历史的开端。原始人类学会用火标志着人类文明史的开端，火即能源燃料在燃烧，故也表示人类利用能源的开端。

48. 从烧柴草到核发电 ——谈能源变迁与经济社会的发展

柴草树枝是最简单易得的古老能源，原子核能发电是当今结构庞大、技术复杂的现代高科技能源项目。从前者演变到后者经历了大约 200 万年的时间。当然这期间还出现了诸如风能、水力能、煤炭、石油、天然气以及太阳能、地热能、海洋能等能源。人类所开发利用的能源真是丰富多彩！一部人类开发利用能源的历史，恰恰也是一部世界经济发展、社会进步和科技文化昌明的发展史！

人类自从学会用火，尤其在掌握了人工取火的方法之后，就开始了开发利用能源的进程。古时候人为了照明、取暖和烧熟食物必须生火，自然界中最易得到的就是树枝柴草之类，同时伴以人力、畜力、微风力和微水力等能源，能源品位不高，相应地生产力低下、社会生活极端贫乏，应是中国 1840 年以前的原始社会、奴隶社会和封建社会，同样当是欧洲中世纪及以前的漫长历史时期，能源史称“柴草时期”。

人类利用能源的第二个时期是“煤炭时期”。一千多年前人类就发现一种黑色石头可以燃烧发光发热，但是直到 18 世纪 60 年代至 19 世纪 60 年代，瓦特改进和完善了蒸汽机，才把它用到棉纺织工业上、用在新发明的火轮船上和铁路火车头上。煤炭的发现利用促使蒸汽机的出现，蒸汽机的广泛应用又推动了煤炭的大规模开采、运输和利用。随着蒸汽机成为普遍应用的动力机，促使工场手工业变成现代大工业。人类社会进入“蒸汽时代”。煤炭的广泛利用导致“第一次产业革命”，生产力得到空前提高，社会进入资本主义时期。正像马克思所说：“手推磨产生的是封建主为首的社会，蒸汽磨产生的是工业资本家为主的社会。”

煤炭利用达到鼎盛时期导致了“第二次产业革命”。时间当在 19 世纪 70 至 90 年代，人类发明了发电机、电动机、内燃机，制造出飞机、汽车、电灯、电话，出现了化工及冶炼工业，人类跨入了“电气时代”。这时的科学、文化和经济都达到空前高度的文明昌盛，西方社会进一步资本主义化。

随着石油逐渐成为主要能源，更重要的是和平利用原子核能工业发电成功，给世界的发展带来巨大的动力，历史上称为“第三次产业革命”，时间从 20 世纪 50 年代开始。从能源角度看，这是“石油时期”、“核能时期”，也叫“电气化时代”、“原子能时代”。

近半个世纪以来，电子计算机的诞生标志着人类社会进入了“信息时代”，科学技术突飞猛进、经济发展空前繁荣、社会进步日新月异。生产方式和生活方式迅速向电气自动化发展。电话、电视、电传、人造卫星、航天飞机、宇宙飞船……说不完数不尽的现代发明和科技装备。神话里的“千里眼”、“顺风耳”已成为现实。宇航员一天可以围绕地球转几十圈，不比美猴王孙悟空一个跟斗翻出十万八千里差多少。现在地球像缩小成为一个“村庄”，高速飞机、信息传媒使人们确实感到地球小了、距离短了、信息快了。

能源真是一种了不起的力量，人类依赖能源而生存、经济依靠能源而发展、社会依仗能源而前进。

49. 回归大自然的途径 ——谈节能、开发新能源和环境保护

20 世纪是有史以来最伟大的世纪，各种科技发明像魔术般涌现，经济发展一日千里，社会进步突飞猛进；与此同时人类赖以生存的环境质量也每况愈下，甚至有致上千人死亡的惊人纪录。

污染环境的主要原因是什么呢？从能源使用角度看是燃烧。可以说，人类从学会用火之日起就开始了对环境的污染。在以柴草为主要燃料的时代污染程度尚轻；到第一次产业革命时，尤其到二次世界大战以后，煤炭、石油和天然气每年成百亿吨的从地下开采出来并烧光；成千万台工业炉窑、不计其数的家用炉灶、成千上万辆汽车机车摩托车飞机拖拉机等十分惊人的吞噬着巨量的化石燃料，而排放出数量惊人的“废弃物”。

据统计，因燃烧全球每年约排放 1.5 亿吨 SO_2 、2.5 亿吨 CO 、150 亿吨 CO_2 、1 亿吨粉尘以及上百种对生态有害的有机化合物、无机化合物和多种稀有金属物。震惊世界的“八大公害事件”就是在 50 年代前后发生的：英国一个死亡 4000 人、美国两个受害者约 6000 人死亡几十人、日本四个各死亡几十人。其中能源型污染占五个！此外， SO_2 造成“酸雨”、 CO_2 造成“温室效应”、烟尘形成“阳伞效应”，这些会导致地球气候的变化，都对生态环境产生长远的甚至是不可逆转的影响！

《老子》说过：“祸兮福之所倚，福兮祸之所伏。”人类的聪明智慧发明创造了丰裕生活的一切财富，社会文明达到前所未有的高度，这是人类之“福”；与此“福”到的同时负面的“祸”也跟着来了，它就是环境公害；大自然遭到了从未有过的开掘、损害和破坏，巨量的资源被消耗掉，森林植被连年减少，水土流失和土地沙化逐年增加，空气、土壤和水流中充斥着有害的污染物。人类面临着痛苦的抉择：继续工业化过现代生活呢，还是回归大自然？

有人说，能源消费和环境污染是双胞胎，应该停止消耗巨量的能源，关闭所有排污的化工厂和冶炼厂，返回到自食其力的农村田园生活之中去。这显然不现实、行不通。今日之社会既然是从那种自然的天地中进化而来，决然不存在沿原路返回的力量！人类的失误是没有及早发现和全面解决与经济发展伴随而来的对生态环境的消极影响和严重危害。现实可行的办法是：靠人类的智慧拯救地球！

第一、厉行节能。目前世界能源消费是以煤炭、石油和天然气为主。燃烧这些化石燃料势必排放大量的污染物。能源利用率低造成能源极大的浪费。如果堵住浪费，把原来要消耗 1 吨的燃料节约 0.5 吨下来，显然环境污染即可减半。对必需消耗的能源加强科学管理、做到充分合理经济的利用，同时对排放物进行综合利用和治理，就可实现发展生产与保护环境同步双得的目的。

第二、开发新能源。新能源都是清洁能源。除核能之外都是可再生能源，诸如太阳能、风能、地热能和海洋能等取之不尽、用之不竭。广泛开发利用新能源替代化石燃料常规能源，既可消除对环境的污染，又使人类利用能源的水准提高一个档次，达到能源充足、环境优美和温馨幸福的境地。

第三，加强环境保护。必须人人树立环保意识。环境污染都是人为造成

的，解铃还须系铃人。人类应该加强能源环境科学的研究、发明创造更先进的技术工艺、广泛使用无毒无污染的系统装置、深入开展综合利用把“三废”消化在生产过程之中，还自然界以清静、明朗和生态平衡，大家就可过上卫生文明、物质丰足的幸福生活。

50. “能源危机”迫使各国开源节流 ——谈世界能源现状

二次世界大战之后，以美国为代表的胜利国借助于丰富而廉价的中东石油经济迅速腾飞；以日本为代表的战败国也借助于源源不断运来的海湾石油经济很快恢复元气振兴起来；第三世界诸国主要靠自己的资源也高速度地发展起来。世界进入稳定、和平和发展的时期。

到 1973 中东战争之后，阿拉伯石油输出国联合对西方实行石油禁运和提高石油价格，从而导致依赖石油进口的工业发达国家发生了经济危机，许多工厂停工关闭、大量汽车无油而停驶，使西方世界十分震惊。到了 1978 年，石油价格二次猛涨，使西方各国更加恐慌。这就是所说的世界“能源危机”。

“能源危机”深刻教训了西方工业发达国家，它们普遍感到，继续剥夺产油国行不通了，依赖海外石油靠不住了，廉价的石油时代一去不复返了，石油变成了战略商品。到 1991 年为争夺中东石油控制权就打了一场多国参加的海湾战争。

“能源危机”使世界各国开始清醒，对石油刮目相看。能源是人类生活离不开、各行各业少不了、严重制约经济社会发展的重要物质基础，也是各国所共同关注的重大战略问题之一。

美国是最大的石油进口国，日本是最大的煤炭进口国，德国是最大的天然气进口国。美国是一次能源消费量最大的国家，年人均耗 10 多吨标准煤；它也是世界上用电量最多的国家，年人均耗 1000 多 kw/h。如此大量消耗能源，既造成能源浪费，又造成环境污染。世界有名的“八大公害”事件有五个与耗能有关。能源问题教训了各工业国，环境公害提醒了全世界。它们是人类所面临的两大挑战。1989 年第 14 届世界能源大会的主题是“明天的能源”；1992 年第 15 届世界能源大会的主题是“能源与生命”，首次提出面对国境外的全球跨境环境问题，如果处理不好将来会引起国际间的争端。

传统的常规能源不是取之不尽、用之不竭的。据有资源调查显示：煤炭还可开采 219 年、石油 44 年、天然气 60 年、铀 65 年；也就是说，现在这些支柱能源到下世纪初、最多到中叶，几乎只剩下“老态龙钟”的煤炭了。

能源形势不容乐观，人类正面临着严重的挑战。预测 2000 年与 1980 年相比，发达国家能耗将下降一半，发展中国家能耗将上升一倍。

目前世界各国都在大抓节能，依靠技术进步、加强科学管理、淘汰费能设备和落后工艺、提高能源利用率，这是节流；另一方面加大开源，增加投入开发清洁的新能源。20 多年来，应用高新技术开发新能源取得了显著的进展。以生物质能、水力能、风能和太阳能为代表的可再生能源，加上核能可占世界能源消费近一半了！核电所占比例目前虽然不大，但它将成为世界支柱能源，现在有几个国家已成为供电主力了，如法国核电占总发电量的 70% 以上、比利时占 60%、瑞典占 42%、韩国占 43%、日本占 26%。

人类所理想的能源是能持久稳定供应，而且清洁无污染。具有这种特色的能源，一是太阳能，它是普遍长存、丰富清洁的永久能源；二是核聚变能，它是目前研究的热点，将来会成为主宰能源。它们将是解决世界能源的最终途径。随着未来洁净的新能源入主能源世界，能源问题将不复存在，人类社会必将走上下一个高级文明的新时代。

51. 能源翻一番与 GNP 翻两番 ——谈我国能源现状

70 年代世界能源危机对我国的直接影响虽然不大，但西方世界所受到的冲击还是历历在目，从而提醒我们对能源的重要性不可等闲视之。

我国从 1979 年就开始宣传和抓节能，国家制定了“开发与节约并重，近期要把节能放在首要地位，大力开发以节约能源为中心的技术改造和结构改革”的能源方针；又陆续出台许多项有关节能的政策与法规；国家节能法目前正在加紧制定之中。

进入 80 年代党的十二大制定了到本世纪末国民经济发展战略目标是国民生产总值（GNP）翻两番。能源专家论证指出，我国能源生产到本世纪末只能在 1980 年年产 6 亿吨标准煤的基础上翻一番，也就是说，要用能源增长 2 倍以保国民经济增长 4 倍。于是社会上流行一个说法：能源短缺一半，实现 GNP 翻两番只有一半靠增产、一半靠节约解决（该说正确与否这里姑且不论）。“节能是当务之急”、“向节约要能源”、“抓节能一番保两番”等口号为国人上下所共鸣！十几年来，全国人民大抓节能取得了显著的成绩。

我国是发展中的大国，能源资源丰富，总地质储量列世界第三位。我国以消费煤炭为主（1992 年占 74.9%）、煤炭产量居世界第一位（1993 年产 11.41 亿吨），我国的石油和天然气资源相对较少，合计只占本国化石能源总探明储量的 1%，水力资源蕴藏量居世界之首，长江三峡水电站建成将是世界最大的水电站。

但是从我国能源资源分布与消费中心的配置看并不很配合。我国人口和工农业主要集中在东部半个中国，而煤炭主要产在华北，尤其集中在山西；石油主要产于东北，近年在华北和沿海大陆架出油，远景在西北塔里木盆地有望找到大油田；天然气集中在四川和贵州；水力集中在西南和西北。显然高产能区远离大耗能区，远程运输成为制约的“瓶颈”。所以说我国能源分布不甚理想。

我国是个能源资源大国，产量也不少，如煤炭产量数第一、产油世界排第五、发电量世界列第四，可是由于人口数量大，放分母上一除，年人均耗能一下子就很小了，每人还不到 0.8 吨标准煤，只为世界年人均数的一半，是日本的 1/6、德国的 1/8、美国的 1/10。人均能耗量是一项衡量国家经济发展和人民生活水平的综合性指标。我国经济快速发展、人民生活逐年提高，人均耗能量与年俱增，到 2000 年全国实现小康时，年人均能耗将上升到 1.2 ~ 1.4 吨标准煤。可见我国的能源产量还需提高，能源开发确实是任重而道远的。

现在，我国的能源利用率总在 30%徘徊，虽然节能连年取得很大成绩，每年节约和少用都在 0.2 亿吨标准煤以上，但是浪费掉的还是数量惊人。日本的能源利用率高达 57%，其他先进国家也都在 50%以上，相比存在很大差距，我们生产同量产品的能耗比发达国家高出三四倍或更多。可见我国用能浪费相当严重，即节能潜力十分巨大。

单品耗能高或能源效率低有技术、设备、工艺、管理和经济结构方面的原因，也有自身的特点造成，如美国主要使用油气电、工业耗能只占 37%、生活用能很少；而我国主要消耗煤炭、工业耗能占 70%、生活烹饪每餐都讲究几菜几汤，是美国生活耗能的三倍多；再加能源价格不合理，以致主动节

能机制难以形成。

我国的能源现状不容乐观。对煤炭石油大力开发，但须持保存性爱惜开发，因为开采一点就少一点了。大力气应使用在节能上。节能被誉为“第五能源”。节能上不去，开发越多消耗和浪费掉的越多，成了恶性循环；节能上去了会耗半功倍变成良性循环；只顾眼前急功近利，麻烦将会留给后人。

节能是指通过技术进步，合理利用、科学管理和经济结构合理化等途径，以最小的能源消耗取得最大的经济效益。节能要靠全民厉行，它是现代国民良好素质的表现之一。

为了下世纪经济腾飞，现在必须有计划地研究以高新技术开发各种新能源。我国地域广阔，应因地制宜，形成自有特色的开源节流。

总之，我国能源开发翻一番，并以节能支撑 GNP 翻两番都是浩大的系统工程，是一个宏伟的战略任务。

52. 一个最古老而利用方式最落后的能源 ——谈生物质能的高效利用

生物质能，这是个新名称，是指由光合作用产生的有机物质能源。其实挂帅的就是农村的各种秸秆柴草和城市各种有机排弃物，当然除了陆上生物之外，还有海洋生物、工业有机废物、城市垃圾可燃部分以及人畜粪便等。

我国每年农业可收获 5 亿多吨作物秸秆，除一部分作饲料和工业原料之外，绝大部分作生活燃料。目前我国农村尚有七八亿人口还是以柴草作为生活能源，可见它是一种意义颇大的现实农村能源。

人类从学会用火起一直到今天，秸秆柴草始终是农村生活的主要燃料，可说是最老牌的能源了！现在为什么又称之为新能源呢？

从古至今，农村对柴火的利用方式主要是散烧，如同夏令营露天营火、也像旅游野炊一样，根本不考虑冒烟污染环境和燃烧是否充分合理，用现代科学语言说，用能是否清洁、经济和热能利用率高不高等问题。这种落后的原始用能方式既浪费能源、危害环境，又对人烟熏火燎、苦不堪言。老旧柴灶的热能利用率不到 10%，即有 90% 以上的热能没有发挥效用就跑到空间去了。这从节能观点审视：浪费严重，不可容忍；从环保角度看：污染太大，不应继续下去。因此生物质能在现代就变成了急待开发成高品位能源、实现高效利用、清洁燃烧的新能源了。

近 10 年来，农村改革，经济发展，农民生活普遍有所提高，但是有看着彩电烧着柴草炉的现象，很是不相协调，说明农村生活能源发展的步伐慢了。现在已有不少富裕农户舍弃柴草秸秆向商品能源进军了。有的地区乡镇使用蜂窝煤、液化气、甚至电炊具的农户已达总户的 20%。一方面农村有大量秸秆常年堆放，任其风吹雨淋或放把火烧掉，另方面积极向高质商品能源发展，因而更加重了我国当前能源短缺和供需之间的矛盾。

解决生物质能高效利用有两个途径：

(1) 改革炉具。研究开发高效无烟柴炉、提高燃烧效率和热能利用率。在工厂烧秸秆的大型工业炉有秸秆热风炉，但适于家用的高效柴草炉尚未面世。目前看来，近年全国大力推广的节柴省煤灶比较适合乡村民情，收到了一定的效果。

(2) 改变燃料的物化相态，提高能量品位，实现高效利用。以下三种技术是攻关方向：

固化技术。使用固型燃料成型机把粉碎的秸秆加热挤压成型制成“生物煤”，可直接作燃料或再加工干馏变成“人工木炭”。能源利用率可提高到 50% 以上。

气化技术。以生物转化厌氧消化法制工业和民用沼气（甲烷 CH_4 ）、以热化学气化法集中供合成气系统和以生物转化的生物光解法制氢等。这些燃料可用到汽油机、柴油机和煤气机上。美国、德国已研制出燃氢汽车。能源利用率可达 30% ~ 80%。

液化技术。先酸化水解再发酵转化为醇类（乙醇 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ）液体燃料，以热化学高温分解法制炭油和液化法制燃料油（人造煤油），可用于汽油机和柴油机上。德国研制出植物油发动机，巴西造出了酒精汽车。

由上可见，生物质能源既古老又现代，高效利用的转换工艺和利用设备的确是新奇复杂的，属于高新技术，因此它有资格列入新能源系统。可以预

见，生物质能在未来的能源结构中占有重要地位。

53. “一箭双雕落碧空” ——谈综合利用的能源、环保意义

城市里有大量的工业“三废”和生活垃圾，农村里有长年堆积的柴草和人畜粪便，处置不好既浪费了资源又污染了环境，处理好了可化害为利、变废为宝，既可得到许多宝贵的原材料及能源，又能改善和保护环境，真是“一箭双雕”的绝妙好事！

目前，我国城市生活垃圾年总量近 2 亿吨，并以每年 8%~10% 的速度增加着，垃圾成分主要是炉灰渣、砖石土等，有机物只占 4% 左右；工业垃圾的数量更是惊人，其中有煤矸石每年排放数亿吨，还有冶炼、发电、造纸、饮料、食品和酿酒等工业排放的废渣和含有机质废水每年也有上百亿吨；在农村有几亿吨作物秸秆堆放在场中院边。

现在城市垃圾无害化处理率只有 3%，绝大部分采取自然堆积和填埋，占去大量土地，风吹雨淋形成对空气和地下水有严重危害的污染源。农村作物秸秆每年用掉大部分，但对数量不小的剩余柴草找不到用场，往往付之一炬，到处堆放既不文明卫生，又易形成火灾。

自然界里根本不存在什么东西是无用的废物，“天生我材必有用”，所谓废物只是暂时无法利用，或尚未找到用武之地派上用场而已。

对城乡的有机质废弃物进行综合利用资源化处理是近 20 年来才开始的。德国和法国是最早采用焚烧技术处理垃圾成为供热供电的一个组成部分的国家，后来有美国和日本等，我国目前刚刚起步，深圳引进日本二台小型垃圾锅炉已投入运行。

我国综合利用煤矸石的工作近年起步已开发出蜂窝型煤、掺烧砖瓦和烧制水泥、建设煤矸石发电厂、利用矸石渣灰生产空心墙砖和提取各种化工产品等。

综合利用各种废弃物并不是轻而易举的事，需要庞大的设备、复杂的工艺和巨额的资金，是一个崭新的技术领域。

国外利用工业无机排放物，如炉渣等堆成假山，在上面植树种草，开辟为公园景点。利用工业各种有机质废水、糟渣、生活污物污水以及农村剩余物制沼气作燃料。用焚烧技术处理城市垃圾建造垃圾发电厂。美国正在兴建 90 余座城市垃圾发电站，投资近 3 亿美元建成目前世界上最大的垃圾发电厂，每天烧掉 4000 吨垃圾，发电容量 65MW。美国还建成一座利用焚化垃圾发电制氢的系统。德国已有 46 台垃圾焚烧炉在运行，可向 2000 万人供电，受益人口占全国人口的 35%。巴黎有 90% 的垃圾经过处理厂向全市供热，每年可替代 20 万吨石油。日本共有 102 座垃圾发电站，总发电容量 32 万 kW。英国建成用垃圾作燃料的水泥厂，年产水泥 20 万吨。

近年我国已建成几座较大型煤矸石发电厂，用烧完的矸石渣制砖，实现综合利用“一条龙”。城市垃圾处理业也正在兴起，随着垃圾中有机物成分增加、热值升高，为垃圾作能源化处理创造了条件。我国大中城市 400 余座，开展垃圾发电，前景非常可观，定可取得显著的环境效益和巨大的经济社会效益。

总之，利用高技术、新工艺处理日益增加的垃圾等废弃物，一可达到无害化为人们保留一方净土和一片蓝天；二可实现资源能源化为人们提供原料、供应热和电。

54. 脚下是个巨大的“热库” ——谈地球内部的温热

地球是生命的发祥地、是人类世代繁衍生息的美丽的家乡。

地球是一个南北稍扁的实心椭球体，很像一只煮到多半熟的鸡蛋。表层蛋皮叫地壳，中间层蛋白叫地幔，里头熔融的蛋黄叫地核。

打井钻探从几百米到几千米深，取出的都是岩芯，好像打到地心也是石头似的。其实不然。冬天揭开菜窖盖直冒热气，说明地下是热的。实际上从地面往下每 30 多米温度平均升高 1°C ，到 10 公里处就能达到 100°C ，水碰上能烧开。再往下到达 70 公里地壳深处已是上千度的高温区了，到地心温度可能达到 6000°C 、压力能达到 350 万大气压，显然那里不是一个寂静的“阴曹地府”，而是熔岩在翻江倒海的高温高压世界。

要问地热从何处而来？这与探讨地球起源密切相关。地球起源有不同的假说，地热来源自然存在许多不同的解释。比较一致的认识是：地球被陨石物质轰击、有铀钍等放射性物质的蜕变生热和地球的引力收缩等致使地球内部的温度逐渐升高。有人估计，地球内部由于放射性元素衰变而产生的热量平均每年有 $20.9 \times 10^{20}\text{J}$ 。仅地下热水和地热蒸汽所储存的总能量就是地球上可采煤炭总能量的 1.7 亿倍，在地下 3 公里以内可供开采的地热就相当于 2.9 万亿吨煤炭，平均每年经地表向宇宙空间辐射的热量就有 $8.36 \times 10^{20}\text{J}$ ，由火山爆发、地震和温泉每年从地球内部释放排出大约 $4.18 \times 10^{18}\text{J}$ 的热量。

“纸包不住火”要烧起来，大陆板块压不住下面不断提压增温、上下奔突的岩浆，冲击地裂缝形成火山爆发、推动板块挤压错动形成地震、加热渗下水回流地面形成温泉，这些都是地下能量释放的过程。

火山喷发、地震山摇是激烈的地下能量强释过程。1980 年圣海伦斯火山爆发，喷发释放热量约为 $1.7 \times 10^{18}\text{J}$ ，相当于一颗 4 亿吨级的核弹爆炸释放的能量。有史记载以来，地球上发生过两次 8.9 级最大地震，它所释放的能量为 $1 \times 10^{18}\text{J}$ ，相当于一座 100 万 kw 发电厂 25 年的发电总量。温泉是缓慢的地下能量弱释过程，它们一共带出多少能量，实在难以用数字表达清楚了。

结论显见，地球是个表皮已冷、内部仍然炽热的星球，我们的脚下就是一个巨大的“热库”；从蕴藏量上说，地热排序第二、是地球上仅列于太阳能之后的挂银亚军能源。

55. 地球是个超级供热锅炉 ——谈地下热能的利用

地球是个天然的巨型热库，恰似一座无人值守、无须操作、全部自动化的超级自加热大锅炉，由它加温的热水和烧出的蒸汽通过天然的管道——火山口、地裂缝和人工钻井自动输涌出热水、喷发出高温蒸汽或循环出加热的空气和热水，供人类无偿利用。

目前人类所利用的这些地热水和地热蒸汽就是以水汽为载热体，它们携带着大量的从地球内部传导上来分布在地壳最上层的地热能，水温从二十几度到上百度。美国在尼德兰于 1700 米深处开采出 422℃ 的高温热汽水。低温热水用于水产养鱼、38℃ 以上的用于温室和供热水等、100℃ 上下的用于工业加工和果菜类脱水干燥、高于 140℃ 以上的用于发电。近十几年来，世界利用地热发电进展很快，发电总量已超过了风电和太阳能发电，发电成本只稍高于水电，商业竞争力很强。

地热资源分布于世界各地近百个国家，有 70 多个国家已开发利用，前途无量。

我国利用地热的历史可以追溯到两千多年以前，西汉张衡著有《温泉赋》、明代李时珍在《本草纲目》中记载洗温泉可以治疗皮肤病。

冰岛是利用地热最早的国家，在本世纪初首创用地下热水给住房供暖，1925 年开始建地热温室种植各种蔬菜，如黄瓜、蕃茄和莴苣等。

日本是世界上利用温泉进行疗养保健最早的国家，建有 1500 多家温泉疗养所；很早就开辟了地热温室养花种草；目前正大力发展地热发电，它是地热发电潜力最大的国家。

意大利在 1904 年最早开创地热发电，但总的发电量一直低于美国。美国是世界上利用地热发电最多的国家，装机容量占全球总量的一半。加利福尼亚州吉瑟斯地热电站装机容量为 200 万 kW，是目前世界上最大的地热电站。

菲律宾地热发电，近年从无到有，是世界上地热发电装置发展最快的国家，目前装机容量已超过意大利仅次于美国。

墨西哥地热发电突飞猛进，大有后来居上欲夺第二把交椅的劲头。

我国现已发现地热点 3000 多处。1970 年广东建成我国第一座地热电站。我国最大的地热电站建在世界屋脊城拉萨市，即西藏羊八井地热电站，装机容量 2.5 万 kW，占拉萨市电网供电的 40~50%。此外，开展地热利用效益显著的还有天津市静海县地热利用基地，能向多处工厂、鱼池、温室和生活间供热水；秦皇岛市昌黎县地热旅游基地开辟地热温室大棚种蔬菜、建地热尼罗罗非鱼越冬精养鱼种场，都收到了可观的经济效益。此外，地热矿质温泉遍布全国各地，已建温泉洗浴疗养点 600 多处。总之，目前全国利用地热点共有 1000 多处。

地热直接用到工业上是近几十年才开始的。为制造厂提供热水，为干燥蒸馏设备提供热源，从地下泉水中提取硫、钠等化学元素等。地热工业发电则是其利用的重点方面，是发展最快的领域，预计到本世纪末全世界地热发电总容量可达到 1 亿 kW。地热是清洁能源，可供人类长期使用。

56. 清洁的蓝色能源 ——谈丰富多彩的海洋能

朋友，你到过海边亲眼看到过大海吗？辽阔的海洋天水相连、清澈蔚蓝，层层海浪一排接着一排涌来，拍击堤岸激起滔天水花，还有潮汐周而复始，还有世界洋流作马拉松式的超长距离的流动，甚至还有因海水温度、含盐浓度不同而引起的海水运动……大海永远没有平静的时候，用“无风三尺浪”来夸张毫不过分，海洋真是一个既现实又神秘的地方！

在过去的年代，海洋只是为人类提供航运、水产和制盐之便利，直到人们感到陆上能源是个问题的时候才想起了大海，想起了那里永恒发生的波浪能、潮汐能、洋流能，甚至海水温差能、盐度差能和海洋生物质能等。从理论上说，它们都是可开发利用的能源，可以无偿地、源源不断地为人类提供可观的清洁能源。海洋能被人们赞誉为“清洁的蓝色能源”。

探索、试验和开发利用海洋能成了近二十年来各国竞相投入的热门课题。这里只对温差、波浪和潮汐三种已实际利用或有利用前景的海洋能作一简单介绍。

（1）海洋温差能

海洋浩瀚，水天相连。海洋占地球表面积的 71%，太阳辐射能到达地球上自然要有七成落到海面上，除少部分耗散掉之外，绝大部分被表层海水吸收储存起来。海水导热能力差，致使海洋表层水温度升高，平均可到 25 ~ 29℃。赤道带表层海水流向两极，降温下沉流回赤道深层，使表层下 500 ~ 1000 米处的水温保持在 5 ~ 7℃，因此海洋上下层水温差接近 20℃。在上世纪末科学家从热力学理论出发提出用温差发电的设想，于本世纪初做了实验。由于热源温度低、温差小，以致于实际热效率仅有 2% ~ 3%。

海洋温差发电最适于在赤道两侧南北纬度 20° 范围内，在那里海洋表层温度高且长年稳定；也适于在大陆架之外的深海。1979 年美国在夏威夷西海岸外的一条船上建了世界上第一座容量为 50kW 的试验性发电厂。近年美国、日本等国积极投入对海洋温差发电的开发。因温差电站选址要在低纬度区和离岸的远海中，故我国大规模开发利用海洋温差能存在一定难度。

（2）海洋波浪能

无风不起浪，有风浪滔天。由于太阳辐射能的作用，使空气流动形成风，因此无论陆上海上，风平浪静的日子是极为少见的。海洋中的波浪从未停止过，有时微波小浪，有时波涛汹涌，能把几十吨重的石头抬起推走，可使万吨巨轮颠簸摇晃，灾难性的波浪就是海啸，它能把轮船冲上陆地，能推翻岸边的建筑物，可见海浪具有非常非常大的能量。估计在每平方公里的海面上波浪能的功率可达 10 ~ 20 万 kW，如果开发利用将可提供非常可观的能量。

我国海岸线长 18000 公里、岛岸线长 14000 公里，每年平均浪高 2 米、波长 1 米的时间有 6000 小时左右，计算出波浪能蕴藏量可达 1.7 亿 kW，波力资源十分丰富，大力开发能提供巨大的能量！

近百年来，人们对波力发电提出过 300 多种利用方案，诸如有浮筏式、三板式、软袋式、点头鸭式和防波堤式等等。真的，无论谁站到海边上看到一刻不停的海洋波浪谁就会沉浸到设计利用方案的遐想之中，波浪能是最能使人动心的能源。朋友，你有这种感觉吗？

世界上开发波浪能较好的国家有英国、美国、日本、挪威和丹麦等。1964

年日本制成第一座波力发电航标灯，目前全世界已超过 1200 个；1985 年挪威建成一座 600kW 的波力电站，是迄今为止世界上最大的；丹麦计划建造三四千个波力发电站；英美等国都在设计大型的波力发电站；我国现正处于起步阶段，安装了不少波力发电航标灯，在珠江口建成一座 3kW 波力发电试验厂。

（3）潮汐能

潮汐有时，海边奇景。每当涨潮时海水汹涌而来，每当退潮时它又奔腾而去，这一来二去作正反方向的流动，于是人们想到可利用来推动水轮机作功发电。

人类对潮汐能的利用是很早的。早在十一世纪时，英国、法国和西班牙就有了潮汐水车；在我国沿海劳动人民很早就开始利用潮汐能推动水磨、水车和石锤来提水和加工农产品。不过这些都是简易的原始性利用。

到本世纪初，欧洲已开始利用潮汐能发电了，从 50 年代起我国陆续建成了一批小型的潮汐电站。

潮汐能发电不用消耗任何燃料，也不排放任何污染物，它也是一种清洁的能源。潮汐的成因及发电情况，请看下个题目。

57. 来自天体引力的第三大类能源 ——谈潮汐能发电

地球上能源的来源可分三大类：第一类来自地球之外，代表者为太阳能，包括与其有关的化石能源以及风能、水力、海洋波浪能和海水温差能等；第二类来自地球内部，主要是地热能，其次是原子核能；第三类是独树一帜的潮汐能，来自于日月地之间的引力作用，在海洋上形成周期性的潮汐运动。

在我国，每年到阴历 8 月 18 日就有大批的观潮客准时来到杭州湾钱塘江口观海潮，只见“潮头壁立，波涛汹涌，有如万马奔腾”。

潮汐涨落有严格的周期性。在古代人们就觉察到了潮汐现象，但对其成因的认识近乎童话：地球和人一样要呼吸，潮汐就是大海在呼吸；海底有个大海物定期出穴翻动海水一涨一落。直到牛顿发现万有引力定律之后对潮汐运动才完成了科学的解释。

太阳、月亮对地球都存在着吸引力，叫做引潮力。太阳质量大约是月球质量的 2690 万倍，但日地距离是月地距离的 389 倍，由于引潮力与距离 3 次方成反比，因此月对地的引潮力是日对地引潮力的 2.18 倍，可见月对地的引潮力是起主要作用的。

月对地的引潮力与地球自转离心力的合力是引起潮汐的主要力量。日月地三个天体不停地运动着，它们的相对位置必然呈现周期性变化，故引起周期性的潮汐涨落，到时准来、到时准走，周期为 24 小时 50 分钟，这是在海洋中同一地点看到月绕地转一圈的时间，叫一个太阴日。潮汐涨落每天（太阳日）都退后 50 分钟。在一个周期里可有三种类型的潮汐：半日潮、混合潮和全日潮。在一个月里，日月对地的引潮力，当朔、望时同向，当上、下弦时反向，因而总会出现两次大潮和两次小潮。

潮汐能虽然自成一类能源，但在地球上它所占的比重却很小。起初沿海地区只是利用潮汐推动水磨等，直到本世纪 50 年代才开始利用潮汐能发电。

利用潮汐能发电，首先要选好站址，因为潮差在 5 米以上才有工程意义。出乎想象之外的是，在远离海岸的广阔洋面上潮汐落差并不大，就是在一般平缓的海滩上的潮汐涨落也只有观赏的价值，巨大的潮汐能大都蕴藏在狭窄的海湾和江河喇叭形的入口处。白令海峡潮汐能最集中，几乎占世界总量的 70%，加拿大芬地湾潮差达到 19 米，法国朗斯河口潮差有 13.5 米，我国钱塘江口潮差最大 9 米，这些地方都是建设潮汐发电站的最佳地址。全世界也不到 100 处。

法国是世界上建潮汐电站最早的国家，1966 年建成朗斯河口潮汐电站，总装机容量 24 万 kw，它是目前世界上最大的潮汐发电站，他们现正建设 1000 万 kw 的潮汐发电厂。还有俄罗斯、加拿大等国家都在大力开发潮汐能发电。

我国在 1955 年建成第一座潮汐发电站，浙江江厦潮汐电站是我国目前最大的试验电站，总装机容量 3800kw，已并入华东电网运行。我国沿海各省都有丰富的潮汐能资源，主要分布在福建、浙江和山东等地。

潮汐发电建设是个浩大的工程。朗斯潮汐电站坝长 805 米、安装 24 台水轮发电机组，还有船闸、泄水闸等建筑工程，前后共用 20 多年才建成。

58. 从风车提水到风机发电 ——谈风能的利用

在清明节小朋友最喜欢放风筝，平日最爱玩五颜六色的小风车了，风吹来风车哗哗飞转，可见风能作功，风力就是一种能源，我们叫它风能。

太阳辐射热来到地球上，引起各处空气温度和压力不均衡，使空气流动形成风。风流动起来与水流动起来一样具有动能。全球风能总量是相当巨大的，如能用上 1% 就可满足人类对能源的全部需求。

风遍布世界各处，陆地、海上、低层和高空都有风在运动。有时大，大到 12 级暴风；有时小，小到零级无风。风云变幻，气象万千。

小风无大用。大风不易用，忽大忽小很难用。8 级以上大风反而成了风害，台风能吹倒树木和房屋，龙卷风能把房顶和人畜抬起搬走！

风在一年中多数时间里还是人类的好朋友，它可以帮我们做不少好事呢！

人类利用风能也是很久远的事了。我国在 2000 多年前就有了帆船，在明朝郑和率帆船队七次下西洋到西非 30 多个国家。那时也出现了风力水车，还有用于农产品加工的风磨等风力机械。

在外国，最早的有波斯风车、埃及风磨和荷兰的立式风车用来排除洼地积水。15 世纪末有名的航海家哥伦布就是驾帆船越过大西洋到达美洲大陆的。

随着煤炭石油的发现并广泛利用，风能利用受到冷落，甚至说销声匿迹了。到了 1973 年发生中东石油危机，加上世界环境问题日益突出，人们开始寻找能持久供应而且无污染的能源，于是风能利用时来运转，又被人们看中，风能利用在世界许多国家迅速出现热潮。

现代风能利用不外三种方式：

(1) 风帆助航。在机动船上挂帆，有风时张帆，助机一臂之力，可以节约燃料。

(2) 风力提水。在沿海提水晒盐、养对虾，在陆地上提水灌溉农田和人畜饮水。

(3) 风力发电。这是近十几年来世界各国竞相投入开发的热点。风力发电，由于高技术渗入，如今形成了一个新的技术领域，风机发电系统已经成为商品广泛进入了国际市场。

风电装置按容量可分为：小型（ $< 10\text{kW}$ ）、中型（ $10 \sim 100\text{kW}$ ）和大型（ $> 100\text{kW}$ ）。风力发电开始于本世纪 20 年代，以丹麦等国为代表；到目前，世界上有 90 多个国家 2 万多个风力发电机组在运行。

美国是风电装机容量最大的国家，发电量占全世界风电总量的 70%，主要集中在加州，有近万台风电机组在运行，其中有一个风电场是世界上最大的，发电量独占世界的 30%。到本世纪末，美国的风电机组计划发展到 10 万台套。

丹麦是制造风机最多的国家，目前世界最大的 10 家风机厂有 7 家在丹麦。

德国大力发展风电，现已研制出风轮直径 100 米的巨型风机，并打算用风电逐步代替核电。

此外，还有英国、瑞典、荷兰、日本和印度等国都各有特色地发展着。

我国风力发电开始于 50 年代，以推广小型机为主，对 100 ~ 250W 的微型户用风电装置已能批量生产，共推广约 10 万台套。通过引进先进技术装备，结合本国具体特点，中大型风电系统的研制开发迅速成长起来，目前已有 6 座百 kW 级的风电场发电并网。

总之，风力发电系统是一个高新技术领域，风电将是下世纪重要的清洁能源之一，是一个理想的可再生新能源。风能利用定能东山再起，重现辉煌。

5.9. 能源“嫁接”，优势互补 ——谈风—光—柴联合发电系统

风能和太阳能是取之不尽、用之不竭又无环境公害的新能源，柴油是常规能源。三者均可作独立能源用于发电，即风电、光电和柴电。风能和太阳能无短缺之虞，柴油发电简单易行，尤其适用于不通电的边远地区和作临时备用电源。除了这些优点之外，它们也存在着固有的缺陷，例如风能受地形、四季等影响，发电很不稳定，太阳能密度小、受昼夜四季影响发电不均衡，柴油机发电稳定均衡，但运行费用高且有公害。如果把它们组合起来，即把不同的发电方式“嫁接”起来，确实能达到扬长避短、特性优势互补，实现高质量、不间断和稳衡的电力供应。

目前，风—柴发电系统开发较快、较多。它利用自动控制装置，在无风时用柴油机发电、风小时风—柴混合发电、风大时停柴油机充分利用风能发电，可节省柴油实现稳定供电。

同样，风—光发电系统也迅速发展起来，它们是可互补发电的一对新能源，可实现较稳衡供电的目的，用于取暖、照明和烹调。

英国建成第一个用于房屋取暖的风—光联合供电装置；日本开发出一种风—光联合发电设备；我国塔里木油田、内蒙和青海各建成一座风—光互补电站，夏秋季主要是光电、冬春季主要是风电。德国与西班牙联合建造一座设计很奇特的太阳能—风力发电厂，厂内有座四个足球场大的温室，棚顶用透明薄膜覆盖，中间渐高与一个二三百米高的风筒相连通，棚内空气受光照温度升高，向风筒流去，流速可达 12 级风速以上，推动筒内风力涡轮机发电，功率可达 1000kw 以上。

现在世界上又开发研究出一种把三者组合起来成为新式的风—光—柴联合供电系统。该系统由五部分组成：风力发电机组、太阳能电池组、柴油发电机组、储能蓄电池组和微型计算机控制单元。它综合了以上两种发电系统的优点，充分利用了新能源之间和新能源与常规能源之间的互补特性，最佳调控风发电、光发电和柴油发电的适时投运，不间断地提供高质量的电力。在组合系统中，风力机、光电池的输出功率占主要份额，大大提高了可再生能源利用率；柴电仅作为风电、光电不足时必要的补充手段，因此节油效果明显，同时对废气污染和噪声也得到有效控制。由于采用先进的微机控制手段，供电系统输出的稳定性、连续性和可靠性均有很好的保证。

日本建造一座风—光—柴加蓄电储能的联合供电系统，其中风—光发电部分占整个系统的 70%，该系统大大提高了新能源的利用率，由微机自动控制确保不间断高质量地提供电能。

目前，我国已有几座风—柴发电系统在运行。1988 年浙江大陈岛有一座风—柴发电系统投运，总装机容量 205kw，年可节柴油 70 多吨，是我国最大的风—柴发电系统；此外还有丹东大鹿岛和舟山地区巨山岛上的风—柴发电系统。

中国风能中心已把风—光—柴联合供电系统作为重点攻关项目列入“八五”规划之中。这种互补发电系统很新颖，是多种新能源高新技术的“嫁接”组合，对偏远地区、海岛和广大农村的电气化将起到重要作用。

这是一朵人类追求理想发供电方式的智慧之花。

60. 太阳能是“取之不尽，用之不竭”的能源吗 ——略谈太阳和太阳能

朋友们，让我们驾起“想象号宇宙飞船”从无限遥远的太空深处飞向银河系、飞向太阳系、飞向地球、飞向中国、飞向你的故乡……

在茫茫宇宙中，看起来太阳真不起眼，地球更微小。从地球上看到太阳，即拿地球与太阳相比，太阳真是巨大，有 130 万个地球大！那为什么我们早晚看到的大太阳才有盘子大小呢？就因为它离我们太远太远了，大约有 1 亿 5 千万公里。它发的光以 30 万公里/秒的速度要走 8 分 20 秒才能来到地球。

太阳每天准时从东方升起到西方落下，一年四季从未误过一次，普通而又平常。如果你想知道太阳的内情，用眼见为实是绝对办不到的，因为距离太远谁也去不了；即使能去走不到跟前就会被烧化变成一股烟气了！太阳是个神秘的天体。无论中国或外国很早就流传着关于太阳的神话故事：我国有“夸父追日”、“羿射九日”，希腊神话中有太阳神阿波罗的故事，他每天驾着太阳金车从东方飞驰过天空到西方落下去，向人类播撒光明和温暖。

现代科学观测知道，太阳是个巨大炽热的气体球，中心温度高达 1500 万度以上，表面也有 60000 度。太阳每时每刻把巨量的光和热辐射向整个宇宙空间，每秒钟辐射的能量达 $3.75 \times 10^{26} \text{J}$ ，相当于 1.3 亿亿吨标准煤燃烧所产生的全部热量。据计算，落到地球大气上界的辐射能只有二十二亿分之一。你可别小瞧才那么一点点，其实就相当于一秒钟送给地球 600 万吨标准煤的能量。如此一来你就不难计算出一年中太阳无偿送给地球多少能量了，真个是天文数字！

除了地球内部自有的能源之外，地球上的所有能源几乎全是来自于太阳能，如煤炭、石油、天然气均来自于古代太阳能转变成生物质能的化石化，还有风能、水力、现代生物质能和除潮汐能之外的海洋能等。

所谓太阳能就是太阳光辐射能，经七折八扣实际到达地面上的太阳能已所剩不多了，有 30% 直接被大气层反射回宇宙，23% 被大气吸收，剩下 47% 左右才到达陆地和海洋上。

“万物生长靠太阳”，实际上是靠来到地面上的太阳光中的一点点。幸好就这么一点点，如果再多一点说不定地球上就不存在生物、不会进化出人类来了！没有太阳就没有光明和温暖的世界；没有太阳能工农各业的生产 and 人类的生活也就没有了热源和动力。太阳和太阳能是绝顶重要的大自然的造化和对地球人类的无私恩惠。人类与地球同在，地球与太阳同在。太阳的光热会源源不断的自动送来，它真正是一个“取之不尽，用之不竭”的理想能源。

61. 太阳能是清洁的理想能源 ——谈太阳能的利用

太阳光从遥远的太空来到地面上，给世界带来了光明和温暖。这种光辐射就是太阳能，是大自然无偿送给的最优质的光热能源。在常规能源日益枯竭，大量消耗化石燃料造成严重污染的现今世界，清洁的、取用不尽的太阳能确实是极其宝贵的理想能源。可以预见，它必定是未来的重要能源。

人类利用太阳能是非常久远的事了，从无意识利用到有意识利用、到今天大力开发广泛利用。对太阳能可分为直接利用和间接利用。前者如阳燧取火、冬天晒暖、晾晒衣物、耕地晒垡、晒场打粮、“日出而作，日入而息”、太阳能热水和太阳能发电等等；后者那就举不胜举了：由植物的光合作用生产出粮棉菜供人类衣食，风能、水力能、秸秆柴草和煤炭、石油、天然气的广泛利用等等都是。可见太阳能对人类社会的文明进步和生活的改善提高起着何等重要的作用，怎样高估也不为过！

随着社会发展和科技进步，大规模开发直接利用太阳能的时代已经到来。下面介绍关于太阳能热利用和太阳能热发电与光发电的知识。

太阳能热利用

这是当前普及推广利用太阳能卓有成效的领域。例如：

(1) 太阳能热水器。近年在城乡居民房顶上可以看到安装的太阳能热水器，有家用、机关学校用和工业上用的，品种规格很多，能长年提供生活热水和工业热水。

(2) 太阳灶。有箱式、聚光式和蒸汽灶式的，还有一种复杂的“室内太阳灶”，即在室外收集阳光集热，经过输热、放热和蓄热装置以及自动跟日装置，灶盘可有 300 以上的高温供炊事，随开随用，如同使用煤气灶，无火干净卫生。

(3) 太阳能干燥器。用于干燥木材、烟叶、食品和粮食等。

(4) 太阳房。分主动式和被动式两类，前者较复杂，后者增加投资不多、简单易行。太阳房能冬天采暖、夏天空调，冬暖夏凉，可节省下大量的常规能源。各地都有成功运行的太阳房，可普及推广到广大城乡住宅和学校机关建设中去，尤其广大城乡中小学应大力推行太阳能教室。

太阳能热发电

这是一种地面上规模最大的利用太阳能的高技术装置，也是今后会引人注目大力开发的新技术领域之一。太阳能热发电有两种类型：

(1) 太阳能热力发电，即先把太阳辐射聚集起来加热水，产生高温高压水蒸汽，推动涡轮机发电。

(2) 热电直接转换，如温差发电等。

太阳能热力发电现在有十兆瓦和百兆瓦级的，可与大型火电厂和核电站的功率相比，可说是地面上规模最大的能源转换系统。装置主要有阳光收集器、输热装置、蓄热—热交换装置以及热力机和发电机等。

目前全世界有 20 多座大型太阳能热力发电站在运行和在建。主要集中在美国，现在发电成本可降到 8 美分/千瓦小时，已低于油电成本。

世界上第一座太阳能发电站在意大利。该装置的聚光镜片面积是 8000 米²、锅炉放在 50 米高的塔顶上，发电能力为 1000kw。进入 80 年代以来，美、日、德、前苏联都建成投运了兆瓦级以上的太阳能热力试验电站；1991

年美国在加州莫哈韦沙漠上建成了世界上最大的太阳能热力发电站，共九套系统，装有 54 万块抛物面镜子收集阳光加热产生蒸汽发电，总装机容量 35.4 万 kW，是商业性巨型太阳能热力发电站。

太阳能光发电

小明问大亮：你的电子表是小电池的还是太阳能的？大亮说：太阳能的，我的电子计算器也是太阳能的。这是两件用太阳光直接转换成电能作电源的用品。

太阳光电池一开始是用在卫星上作动力电源的。近来，由于太阳电池的制造工艺提高、生产成本下降、转换效率提高，才逐渐进入到生产和生活领域的。除了上面所提到的两种用品之外，还开发出了太阳能收音机、太阳能打火机、太阳能风凉帽和多种太阳能玩具等；在经济社会各部门的应用更是广泛，例如太阳光电池用在灯塔、航标、山地气象站、边远地震站、铁路信号灯、微波中继站、电视差转、农用黑光灯，还有太阳能电扇、太阳能电视机、太阳能冰箱、太阳能汽车、太阳能摩托车和太阳能飞机等。

太阳光发电适用在无电的山区、农村、海岛和军事哨卡作电源；微型光电池的灵活性、适用性更大，更易开发出琳琅满目的新产品！

目前，日本、美国在开发太阳能电池上处于领先地位。日本大力推行“阳光计划”，光伏电池产量最多，1991 年生产 2 万 kW，占世界总产量 36%，转换效率达到 15~20%；美国的光发电成本降到 16 美分/千瓦小时左右；德国已建成切断电网供电只靠新能源的示范住宅，计划三年内兴建 2500 座在屋顶装太阳能电池瓦片发电自用的房屋；我国从 1958 年开始研制光伏电池，1971 年国产单晶硅电池成功地用在人造卫星上，1973 年用到天津港航标灯上，到目前为止我国已建成三座 10kW 的阳光电站在正常运行。

阳光发电是一个崭新的高新技术领域。在发电过程中无机械运动、无液气化学反应，有光就生电，简单明快、清洁卫生、安静无噪声，是所有的发电方式中最完美的一个，也是一个最理想的分散供电电源，到处都有它的用武之地，但是有一个条件，必须在有阳光的白天！当配上储电蓄电池时即可成为全天候的能源了！

62. 未来的太阳能电站将建在天上 ——谈卫星太阳能发电站

“赤日炎炎似火烧，野田禾木半枯焦”。夏天的太阳似火烤般，然而地面温度顶多到摄氏四五十度而已。为什么呢？因为太阳辐射密度很低，单位陆地表面上所能接收到的太阳辐射能很小，最多 $1\text{kw}/\text{m}^2$ 。要把这种低品位的能量变为工业用能，必须把大面积上的太阳能集中起来，提高能量密度、变为高品位能源才行。纸在阳光下不能晒燃，但用一只小聚光镜就可把纸烧个洞，这就是聚集太阳能变成高密度、高品位能源的小例子。

1989 年美国在加州建成一座 8 万 kw 太阳能热力发电站，共用反射镜 19 万只，占地 46 万米²；日本建了一座 1000kw 塔式太阳能热力发电试验厂，共设定日镜 807 台、每台 16 块、每块 1 米见方，仅聚光系统就占地 1.3 万米²；如果用太阳电池列阵建造一座 100 万 kw 规模的地面中心电力站时，占地面积要 100 平方公里，其中收集器占地为 50 公里²。由此可见，建设大型太阳能电站需要很大的场地，这在人口密集土地金贵的大城市很难办到，在人口稀少的荒漠地区建站，远程输电又成了问题；另外碰上阴天下雨发电会大打折扣，而夜间则停止发电。这些都是制约大规模工业利用太阳能的困难所在。

1968 年，美国人格拉泽博士想出一个好办法：把太阳能光电站建设到天上去！他设想，像人造地球卫星一样，首先把太阳光收集器送到赤道上空 35600 公里处地球同步轨道上，它与下面的接收站始终保持同步转动，一天一夜转一圈，从地面站看它始终固定在那里不动。这下可好了，在那个高处是真空间不受大气变化的影响，一天一夜有 23 小时接受日照（有 72 分钟在地球的阴影之中），而且比地面上的太阳辐射强度高（ $1.4\text{kw}/\text{m}^2$ ），再加上光伏电池极为简洁的发电方式，在那里建电站是再好不过了！

这种宇宙太阳能发电站的工作程序是：面积巨大的太阳能电池帆始终直接对着太阳，把阳光转变为电流，然后通过微波天线把转换成的微波能集束发射到地面接收站，在这里再把微波还原转换为普通的电流供用户。这种发电系统能连续发电、不需贮存、微波束不受大气干扰，电站功率与其重量之比的最佳选择范围在 300 万 ~ 1500 万 kw 之间。

1981 年美国宇航局和能源部提出宇宙发电设想，1992 年在地面进行微波送电试验成功；1993 年日本进行高空微波送电试验。预测首座卫星电站将在本世纪末会由美国建成，电站设计的电池板组宽 48 公里、长 96 公里、功率 500 万 kw，足够供纽约市用电。

大科学突飞猛进、高技术日新月异，我们完全有理由相信：到下个世纪会有成百上千个卫星发电站高悬在太空与地面接收站同步运行，向地面接收站源源不断地送来用也用不完的电流，把天上神话变成人间现实。

63. 核能是常规能源还是新能源 ——谈我国核能发电“零的突破”

地球上蕴藏着各种各样的能源。按其不同特征可有四五种分类法，其中一类是按能源利用程度分为常规能源和新能源。

常规能源是指技术上成熟、经济上有益，已被人们所广泛利用的能源，如煤炭、石油、天然气、水力和核裂变能等；新能源是指目前应用较少、或处于试验阶段、或技术上不过关、或经济上尚不合算的能源，如太阳能、风能、地热能、海洋能、潮汐能和核聚变能等。

核能的发现和利用是本世纪最重大的事件之一。原子核能分为重原子核裂变能和轻原子核聚变能。前者可制造军事用途的原子弹，后者可制造氢弹；其和平用途都可建设核电站，可控核裂变反应堆早已广泛用于供热、发电，可控热核聚变反应在理论上说是可行的，但目前还在探索之中。

有人把核能通通划归新能源，有人把其中的核聚变能划为新能源。鉴于目前全世界各种能源消费中核裂变能已占到 5%、位列第五，预测到 2000 年可到 10% 以上，而核聚变作能源利用尚未实现，故分别归类是比较合乎分类标准的。

核能发现和利用的历史不过一百年。1896 年贝克勒尔发现天然放射性，1938 年发现铀核分裂，1942 年 12 月 2 日美国实现了持续的裂变链式反应，这一天被公认为人类社会进入原子能时代的起始日，具有划时代的意义。1954 年 6 月 27 日前苏联建成世界第一座核电站，和平利用原子能掀开第一页，随之进入快发展时期。到 1993 年初统计，全世界共有 419 座核电站在运行。美国居首有 108 座、法国 55 座、日本 46 座。目前核电占世界总发电量的 20%。正在建设的还有 100 多座。从目前发展势头看，已越过了核电事故引起的停滞，核电建设进入了第二次高潮期，核电站的数目会很快增加，主要在亚太地区，我国的核电事业将加快发展起来。

我国第一座由自己设计建设的浙江秦山核电站第一期工程(30 万 kW)于 1991 年 12 月 15 日完成并网发电，实现了我国核能发电“零的突破”，二期工程正在加紧进行中(2 × 60 万 kW)；接着于 1993 年 8 月 31 日广东大亚湾核电站(2 × 90 万 kW)1 号机组(4.5 万 kW)完成并网投入商业运行。

现在国家对“九五”期间核电站的筹建工作已经开始了：福建惠安县山前村将建一座核电站(2 × 60 万 kW)、辽宁计划筹建一座核电站(2 × 90 万 kW)、浙江三门县壳塘山核电厂址已通过评审。到本世纪末我国建成投运和在建的核电站至少有五座共 600 万 kW。我国的核电事业将进入大发展时期。

64 · 核电站不是原子弹 ——由切尔诺贝利核电站事故

谈核电站的安全性

从 1954 ~ 1993 年全世界已运行和在建的核电站共有 500 多座,有的已运行 30 多年没出过问题。全世界核电站出现的事故一共有 10 多起,如 1979 年美国三里岛核电站泄漏事故,虽未造成人员伤亡,着实使世界惊慌;更加严重的事故是前苏联切尔诺贝利核电站于 1986 年 4 月 26 日凌晨 1 时突然燃烧爆炸,大火持续一周才控制住,造成经济损失约 43 亿美元、直接急性伤亡人数 28 人、放射性污染的危害难以估量,引起全世界强烈不满和极大震惊。人们对核电站产生了不安全感,以致使核电站建设在八十年代进入低潮。

分析切尔诺贝利核电站事故发生的原因,主观上是由于运行人员操作失误,当发现一个锆工艺管有问题时,未予立即控制运行,致使出现高温蒸汽与锆发生反应产生大量氢气;客观上是,这座核电站的设计和装备都较落后,没有电脑控制、高温指示表对 350 以上温度不指示、反应堆上也无安全壳等。当有大量氢气产生时,高温引起燃烧,同时跑出大量的放射性物质,造成事故的严重性。如果管理严明、正确操作、及时排除事故苗头,这次事故是可以避免发生的。

发展核能和平利用确保安全是头等大事。全过程包括铀矿采冶生产核燃料、核发电系统和核废料处理三个方面的安全性。我国吸取了国外的经验和教训,在建设核电站时采取了“综合设防、多道屏障、万无一失”的安全措施。反应堆设有燃料包壳、压力壳和安全壳三道密封屏障。先进的堆型设计、可靠的工艺设备和严格的操作规程,万一出现问题也有紧急抢救和消除措施作保障,还有抗地震、抗台风的防护设施。总之,可保万无一失!同时对环境所带来的危害也会降到最小。有人比喻说,在正常运行的核电站近处的居民,在一年内所接受到的辐射剂量只相当于作了一次 X 光透视。

平时人们谈到火电厂时并无异常感觉,但是一提到核电站时就联想到原子弹,想到原子弹、氢弹爆炸时的蘑菇云和大火球,想到 1946 年 8 月 6 日美国向日本广岛市扔下的第一颗原子弹,30 多万人瞬间葬身于火海之中。原子弹用于军事目的确实有无与伦比的破坏力,然而核电站绝不会爆炸。把二者同样看待是没有道理的,是对核电站缺少知识,是一种误解。

二次大战后,各国对能源的需求量逐年上升,和平开发利用原子能成为人们的共识。1954 年 6 月 27 日前苏联建成了世界上第一座工业用原子能发电站,紧接着美国、法国和英国等都积极上马建设核电站,甚至日本在广岛市附近也建了核电站。

原子弹是无控制地在瞬间完成核裂变反应的,即爆炸。核电站无论从反应堆的结构,还是从所使用的燃料都与原子弹的不相同。原子弹是用的高纯度的可裂变物质,相安无事的两块近临界质量的铀块,一经结合,立即开始链式反应,即雪崩式的无控制的核裂变反应。核电站常用的热中子水冷堆使用的核燃料是浓缩度很低的二氧化铀,不论它的数量多大,也不管堆中的温度多高,它都不会爆炸。反应堆用铀-235 作燃料时,堆内装置的慢化剂和控棒能有效地控制裂变反应速度,防止功率失控上升,起到安全保险作用。

总之,核电站和原子弹,虽然从理论上说都是核裂变链式反应模式,但从实际上说两者根本不同点是:原子弹是无控制的核反应,在一瞬间完成;

核电站是受控核反应，慢慢进行，缓缓释放能量，用于供热发电。核电站不是原子弹，更为世人所想象不到的是，相对来说，它比火电厂还安全、辐射污染还小（仅是火电厂的 1%）的理想的清洁能源。

65. 太阳是个天然的大氢弹、氢弹是个人造的小太阳 ——谈受控热核聚变反应

太阳是个天然存在的大火球，表面约有摄氏 6000 度的高温，像现在这样发热发光至少有 100 亿年了。太阳的光热是如何产生的呢？根据科学家的观测分析研究推知：太阳质量十分巨大，中心压力极高、温度在摄氏 1500 万度以上，构成太阳的物质 70% 是氢，氢在太阳中心高压高温条件下发生核聚变反应，即由四个氢核聚合成一个氦核，发生质量亏损 0.0286 原子质量单位而转变成热量。计算 1 克氢聚变成氦时质量亏损了 0.0069 克，同时放出 6.27 亿 kJ 的热量。太阳每天亏损 3500 亿吨物质，转变成热量，那真是个可观的一长串天文数字。由此可以说，太阳是一个功率为 380 亿亿 W 正在爆炸的大氢弹高悬在宇宙太空，它的威力相当于每 1 秒钟内爆炸 910 亿颗百万吨级的大氢弹。

由于太阳的质量很大很大，在太阳中心的热核聚变所亏损的质量相比之下微乎其微；据计算，100 亿年太阳质量亏损仅是万分之六，可见太阳辐射能对人类来说，那真正是“取之不尽，用之不竭”的永恒的能源了！

人类从古代起就观测研究太阳，从太阳物理中得到启示，在地面上能否造个小太阳？这一推想早已实现了，那就是氢弹。氢弹爆炸与太阳活动的机理相同，都是由轻原子核发生热核聚变放出巨量的热和光，它们都是无控制的。太阳由于质量巨大可长期无控制地进行热核聚变反应，然而氢弹质量很小，只在瞬间就完成了热核反应。如果能够控制它的反应速度，氢弹爆炸所发出的热量就能作为能源派上用场。从用作战争武器到和平利用发电，那将是功德无量的善事！

几十年来，各国的科学家致力于受控热核聚变反应的研究就是为了这个目的。目前有关理论已经清楚了，但还难以付诸实践。受控热核反应的条件十分苛刻：（1）上亿度的高温；（2）能约束等离子体控制反应速度。

实现核聚变所用燃料是氘（d āo）和氚（chu ān），它们都是氢的同位素。在海洋中有十分丰富的氘，1 公斤海水中含有 0.034 克氘，地球海洋中有 23.4 万亿吨氘，如果全部开采出来可供人类使用上百亿年。也可由电解重水获得氘，1 克氘相当于几吨石油的热量，一旦投入实用时，人类就会从能源紧缺的困境中解放出来。受控热核聚变是当代世界尖端科技领域的主攻课题，这一现代高新能源技术将是人类解决能源问题的最终途径。

半个世纪以来的研究有很大进展，但距完全实现还很远。前苏联提出的“托卡马克”装置被公认为很有希望。我国在 1985 年建成“中国环流器一号”即属此类型。1990 年中科院在合肥建成规模居世界第三位的超导型“托卡马克”装置 HT—7，为赶超世界水平创造了条件。

美国普林斯顿大学等离子体物理实验室已建成实验性的“托卡马克”受控核聚变发电系统堆；1991 年底在欧洲联合核聚变环形实验装置里，人类首次实现了受控核聚变，产生出 1.8MW 电流的聚变功率、持续时间 2 秒钟、温度高达摄氏 3 亿度。

目前日本正在以实现临界等离子体条件为目标研究自点火条件和长时间燃烧。同时将由日本、美国和欧共体等开展国际合作建设新一代大型装置进行联合研究。

受控热核聚变反应是现代新能源领域中最高研究课题，它是人类智慧园

中的一株牡丹花！一旦成功地为人类所掌握，海洋将变成取之不尽的聚合燃料库，核聚变反应堆将为人类提供无穷无尽的电能，人类将从此无能源危机之忧，这将是全人类共同的福祉。预测到下世纪中叶将成为现实！

66. 跨世纪的能源新秀 ——谈氢的制取和利用

除了上述几种新能源之外，在自然界中还有许许多多可作能源的资源，如氢气、大气中水汽凝结放热、台风、地震、雷电、降雨、火山熔岩、陆海微生物、绿色含油植物以及射束、金属（铝等）、可燃冰和“反物质”等等。诚然，有的现在只是理论上探索，至于什么时候和怎样才能真正把它们利用起来，现在还是个未知数。到目前看来，最有开发利用前景的当推能源领域里的新秀——氢。

现在使用电已经非常广泛了，但它必须从发电厂生产出来再输配到用户，在机动性很强的飞机和宇航中就无法直接作动力应用，它们只能使用含能体能源汽油等，而汽油要由化石燃料制取，化石燃料不可再生，用一点少一点，终有一天会枯竭。因此人们迫切需要找到一种不依赖化石燃料又储量丰富的含能体能源代替它，最有特点、最有发展前途的能源新秀氢气当仁不让地成为最佳选择。

氢是最轻的元素气体，无色、无味、无毒、极易燃，燃烧值为 34000kcal/kg，是汽油热值的 3 倍！氢在供氧充足的条件下会实现完全燃烧，燃烧产物是水。氢可从水中来，燃烧后生成水气又回到水中去，对生态环境不会产生什么影响。

水是地球上大量存在的，如果能从无穷无尽的海水中制取氢作能源，那么人类就算有了永久性的氢燃料库，从此不必担心能源紧缺了。

现在可行的制氢方法颇多，重要的是找到一个合适的、低成本的制氢方法。制氢的方法有：（1）对化石燃料改性，即用煤使水还原和石油产品部分地氧化裂解制氢，此法消耗化石能源，不是长久之计；（2）用电分解水制氢，虽然技术上可行，但以宝贵的电换取等热值的氢不能算是最佳；（3）用核电站的夜间剩余电能制氢，从蓄能调峰角度看，是合理可行的；（4）前苏联科学家提出从开采深层石油和天然气中的硫化氢制氢，还有采用等离子化学法制氢，其制氢功效比电解水制氢要高近 1 万倍；（5）日本不久前发明了一种最新的制氢方法，即热化学制氢法，此法极有发展前途，可能会对人们现有的生产和生活方式引起不小的改变；（6）利用太阳能制氢，有太阳能热分解水、阳光电分解水、阳光催化光解水和太阳能生物制氢等，其开发利用前景十分可观。

电能和氢能是优点最多又有互补性的一对二次能源，它们有可能是未来能源领域里的双主角。电是高质过程性能源，适用于动力、热能、照明、通讯和自动控制等；氢是高能燃料能源，可用于动力和热能，尤其能弥补电不能用于大型无轨运动装置上的缺陷，如开飞机、舰船、驱动火箭、宇宙飞船和航天飞机等，也可用在冶炼和日常生活上。重要的一点还有，当氢代替煤炭和石油的用途时，只需对现有的技术设备稍加改造即可。氢气和液氢的贮运与天然气和汽油的相同，一专家说：通过管道把氢输送到 500 公里处的费用比用电线输送电还要便宜 10 倍！氢还有个独特的贮存法，即以金属氢化物的形态加以储存，用时稍加变温就可释放出氢气，贮运、使用极为方便。

总之，氢的优点很多，被誉为能源领域里的新秀是当之无愧的。眼前的问题是，选择制取贮运氢的最佳方式、降低成本，就会得到普遍应用。

氢的广泛利用指日可待。我们可以设想，到下世纪初就可看到，今天道

路旁一个一个的加油站将会被太阳能加氢站所取代。氢将成为未来普遍利用的、优质的、清洁的理想新能源。

67. 材料的使用和发展

——新材料是新技术的先导与基础

材料是人类赖以生产和生活的物质基础，材料的不断发展和进步一直是人类社会前进的主要标志之一。所以历史书中习惯用材料来划分时代，如旧石器时代，新石器时代、铜器时代、铁器时代等。原始人发明了钻木取火，由于火的普遍使用，有时会把涂抹了泥土的枝条编织的容器落入火里，内部的枝条烧掉了，就剩下土陶器皿，这就是人类历史上第一个人造材料，可以算是划时代的伟大发明。革命导师恩格斯对这件事做了高度评价：“陶器是人类从蒙昧时代进入野蛮时代的标志。”

材料的使用和发展，与生产力和科学技术水平密切相关。历史上，由于人们掌握了炼铜和炼铁技术，用金属材料制造工具，有效地提高了劳动生产率，有力地推动了社会生产力的发展。社会、经济的发展也促进了材料的发展。在几千年漫长的岁月中，金属生产不断发展。尤其是到了 19 世纪，由于近代工业的兴起，金属生产的工艺、规模和数量都有了很大发展。这时期化学在金属生产中起到了重要作用。但是当时材料的发展通常是采用“炒菜”的方法不断试验，经过许多次失败后才制备成功的。各种材料的发展也是分别进行，互不相关的。后来，人们用光学显微镜观察金属和合金的内部结构，并在合金成分，加热温度，冷却速度等对显微组织的影响进行了广泛而系统的研究，积累了大量的资料。从此，金属工作由经验式的工艺逐步发展成为一门系统的学科。

本世纪初，劳厄（V.Von Lane）首先提出用 X 射线直接观察晶体结构的方法，解决了光学显微镜不能解决的金属与合金的结构问题。到了 40 年代末，由于固体电子论和晶体缺陷理论的发展，人们可以用原子和电子结构来说明材料的一些物理性质，并且在一定程度上给予控制。科学工作者从许多金属与合金的研究积累中发现，金属材料的性能不仅与化学成分有关，还与内部结构有关。后来又发现，这些规律和理论、实验方法和技术，不仅对金属材料，而且对所有材料都具有重要意义。

随着科学技术的发展，人们对材料的认识不断深化，积极吸取了近代物理、近代化学，特别是固体物理、量子化学等理论，以及应用各种精密分析仪器和一些尖端技术，如高压、超低温、超高真空、超高温等技术来研究和阐明材料的本性，为更好地使用现有材料和探索新材料提供了良好的理论基础。这样，在各种基础科学的渗透和现代科学仪器的帮助下，集成了物理、化学和冶金学等概念，形成了一门新的综合性学科——材料科学。

现代新技术的发展与材料更是休戚相关，新材料的问世往往会给新技术带来突破。例如：1947 年 12 月 23 日，美国的布尔坦和他的同事发明了世界上第一支晶体管。但是，第一支晶体管只不过是一种能放大电信号的实验装置，人们想把它作成一种真正实用的器件，却碰到了许多困难，根本原因之一是第一支晶体管是用多晶锗制作的。各块多晶中，单晶晶粒的纯度、大小和排列情况都无法控制得完全一致，作成管子特性就无法控制了。直到 1948 年 10 月，美国贝尔电话实验室的科学家蒂尔用提拉法制出了第一锭锗单晶，1952 年贝尔电话实验室的青年科学家创造了“区域熔化”方法，巧妙地解决了锗单晶的提纯问题，五十年代后期，晶体管在许多方面代替了真空管，占据了电子工业的主导地位。以后科学家们努力解决了硅材料的提纯和单晶制

备技术，随着单晶硅材料性质的不断改善，制成了性能稳定可靠、生产效率高的硅平面晶体管。在这同时，外延生长技术有了新的发展。所谓外延技术，就是使一块半导体材料表面向外延伸而生长出一层半导体材料的技术。1960年前后，已经掌握了硅和锗单晶的外延技术。把外延技术和平面工艺结合，出现了硅外延平面晶体管，大大提高了管子的性能。把不同的元件作在同一块硅片上，用适当的方法把它们连接起来，就是一块小型电路——集成电路。随后集成电路迅速发展，1979年日本在6平方毫米的硅片上作成了15万多个元件，标志着超大规模集成电路时期的到来。晶体管、集成电路和大规模集成电路这些先进的电子器件的开发和应用对电子计算机的迅速发展起了主导作用。

70年代，研制成功了室温下连续振荡的半导体红外激光器，石英光纤的损耗达到20dB/km时，光纤通信才有可能实现，使通信技术从以铜为主的金属电缆传输跨入了光纤通信的新时代。

在现代的信息科学和技术、航空航天技术、能源技术。现代生物技术等高新技术领域中，新材料都起到了关键作用，材料的不断发展和进步一直是人类社会前进的重要基础之一。也可以说，人类使用的材料种类和水平，对当代文明、经济繁荣和技术进步都有决定性的作用。另一方面，当经济、技术的发展对材料提出更高更新的要求时，可以促进新材料的出现；而新材料的出现也必将支持和推动经济技术的进步。

每一种重要的新材料的发现和运用，都把人类支配自然的能力提高到一个新水平，给社会生产和生活面貌带来巨大的改观，把物质文明程度推向前进，所以新材料的研制与开发应用和一个国家的工业活力及军事力量的增长都有着十分密切的关系。正因为如此，世界各国对新材料的研究与开发都十分重视。20世纪60年代，人们把材料、信息与能源誉为当代文明的三大支柱。70年代，又把新型材料、信息技术和生物技术认为是新技术革命的主要标志。我国在1987年正式实施的“863计划”和1988年开始实施的“火炬计划”中都把新材料列为重点发展领域之一。

材料的品种繁多，性能各异。目前世界各国注册的化合物达几百万种，注册的工程材料也有几十万种，并且还在不断增加中。为了使材料科学研究工作者和设计人员迅速查找到所需材料的组成、结构和性能等数据，各先进工业国家已经开始建立材料数据库。分门别类地把每一种材料的化学成分、结构、性能等有关数据输入计算机中，通过计算机查找要比翻阅各种手册查找就方便多了。

材料的分类有多种方法，按照化学分类法可将材料分为金属材料、无机非金属材料、有机高分子材料和复合材料四大类，在这四大类材料中按照材料所起的作用，又可分为结构材料 and 功能材料两大类。

作为结构材料，主要的性能要求是强度与力学性能，也就是材料能够承受各种外力的大小。再就是材料耐高温、耐磨损、耐腐蚀等理化性能。这类材料是机械制造、工程建设、交通运输、能源等各种工业的物质基础。功能材料是指除强度之外具有其他功能的材料，它们对外界的光、热、电、压力等各种刺激可以有选择地完成某些相应的动作，或者说产生某种特定的物理效应，因而具有许多特定的用途。电子、激光、能源、通讯、生物等许多高新技术的发展都必须有相应的功能材料。可以说，没有许多功能材料的出现，就不可能有今日科学技术的发展。与结构材料相比，功能材料的发展更为突

出，并因此而使材料科学进入一个新阶段。

以下将分类举例介绍与高技术密切相关的几种新材料。

68. 新金属材料 ——满足高技术需要的各种合金

金属材料已有成熟的生产工艺，相当多的生产设施及相当大的生产规模，已经成为日常消费的基础材料。价格低廉、性能可靠、使用方便，特别是金属材料有优越的综合性能，受到人们普遍重视和欢迎，在人类社会的进步中发挥了关键性作用。但是，现代高技术对金属材料的性能和质量提出了愈来愈高的要求，而且最近几十来由于高分子材料、陶瓷材料和复合材料的高速发展，向传统的金属材料提出了挑战，面对这种严峻的形势，金属材料经过不断研究和开发，加快了发展速度，出现了一系列新型金属材料。

工业用的金属材料多半是合金。所说的合金是指由两种以上的金属元素或金属与非金属元素所组成的，具有金属特性的材料。新金属材料主要是指具有优异性能，满足高技术需要的各种合金。

航天、航空技术、核能技术等许多新兴工业需要强度更高，比重更小的金属结构材料，促进了超高强度钢、先进高温合金、先进铝合金、先进钛合金等结构材料的发展。

69. 泰山压顶不弯腰 ——超高强度钢

超高强度钢一般是指屈服强度大于 1380MPa 的高强度结构钢（屈服强度为 138MPa 的意思是每平方米毫米面积上受力达 1380 公斤的时候，才会在外力撤销后有明显的残留变形）。1980 年以来，我国从国外引进新技术，采用真空冶炼新工艺，先后研制成功 45CrNiMoVA(D6Ac)、34Si2MnCrMoVA(406A)、35CrNi4MoA、40CrNi2Si2MoVA(300M)和 18Ni 马氏体时效钢，成功地应用于制作飞机起落架，固体燃料火箭发动机壳体和浓缩铀离心机筒体等，在国防工业和经济建设中发挥着重要的作用。

马氏体时效钢具有独特的优点，在较高的强度条件下，使用安全可靠性好。固体火箭发动机壳体用 18Ni 马氏体时效钢，使用强度为 1750MPa，浓缩铀离心分离机旋转筒体用马氏体时效钢，使用强度达到 2450MPa。

80 年代初美国研制成功二次硬化型超高强度钢 AF1410 具有高强度和高韧性，并且可焊性好，具有较高的抗应力腐蚀性能，近年来受到了航空和航天部门的极大重视。

70. 真金不怕火炼 ——先进高温合金

高温合金也叫耐热合金，是在 600—1200℃ 高温下能承受一定应力并具有抗氧化或抗腐蚀能力的合金。

火力发电的汽轮机工作温度是 566℃，燃气轮机最高温度要达到 1000℃ 以上，而喷气发动机超过 1380℃。有些设备中的金属材料，甚至要求在这种高温下连续使用几万小时以上。而金属的氧化和其他腐蚀反应的速度随温度升高显著加快，再加上高温下外力，或者反复加热和冷却，金属会因疲劳而断裂。甚至在一定温度以上，即使不加外力，金属也会自动不断地变形（蠕变）。这就要求耐高温的金属材料，以适应高温条件下工作的需要。

先进高温合金主要是铁基合金、钴基合金和镍基合金。

耐热合金元素主要有：铬、铝、钛、钼、钨、铌、碳、氮等。这些合金元素和基体成份一起，通过配合比例和金相组织的改变，形成不同性能的耐热合金。

从本世纪 40 年代到 50 年代末，高温合金主要是通过传统的冶炼，压力加工而制成，其最高使用温度仅为 900℃ 左右。70 年代以来依靠精密铸造、定向凝固、单晶技术、粉末冶金、弥散强化等先进工艺开发提高高温合金的性能。目前镍基合金的使用温度已经达到 1150℃。喷气发动机里工作温度最高的燃烧室和涡轮几乎都是用镍基合金制成的。工业燃气轮机的涡轮叶片、涡轮盘、燃烧室部件等也都采用镍基合金。

正在研制的新一代涡轮机材料是铌基合金，铌基合金熔点高达 2480℃，潜力很大，关键是抗氧化性能差，主要应用于航天发动机喷管等零件，但需要加上抗氧化的涂层。

71. 铝合金家族中的新星 ——Al - Li 合金

铝合金一直是航空、航天工业中广泛应用的最主要的结构材料。航空上主要用于飞机的蒙皮、隔框、长梁、桁条和锻件、铸件等。一架波音 747 客机，需消耗约 18.6 吨铝。航天技术上主要用于气动加热温度在 1500 以下的运载火箭和宇宙飞行器。飞行器的速度、机动性、航程以及燃料消耗均与其重量密切相关。飞行器重量的主要部分是结构重量，而这又被主要结构材料的比强度、比刚度等所决定。材料密度降低对飞行器结构重量减轻效果最大，其次是强度和刚度的提高。所以作飞行器主要结构材料的铝合金，发展方向是开发新的高强铝合金和发展耐热铝合金，以满足高速飞行和推进器的要求。

传统的铝合金的使用温度均低于 200℃，因此难以满足高速飞行器和推进器对材料的要求。发展新型耐热铝合金的目标是可使用于 300℃、350℃ 甚至更高的温度。

目前发展的铝合金是 Fe、Ni、Ce、Co、Cr、Ti、V 等元素与 Al 形成各种金属间化合物，同时还有碳化物和氮化物。并且采用了快速凝固技术和机械合金化技术，有效地提高了铝合金的耐热性能。

锂作为主要添加元素之一的铝锂合金是半个世纪以来铝合金领域里最主要的发展。锂是自然界最轻的金属，密度 0.534g/cm^3 ，熔点 186℃，铝中每添加 1% 的锂，能降低合金密度 3%。提高弹性模量 6%，是添加其他元素所不及的。Al-Li 合金具有低密度、高弹性模量、高强度和很好的综合性能。与一般铝合金相比，在强度相当的情况下，密度降低 10%，弹性模量提高 10%。因此 Al-Li 系合金用作结构材料，有很大的技术经济意义。

新 Al-Li 合金首先全力推进在航空上的应用，预测大型客机将由此减轻重量 8—15%。Al-Li 合金也同样将成为航天飞行器的候选结构材料。世界越来越多的国家投入更多的力量进行 Al-Li 合金的研究和开发。我国也组织起各研究单位、大学和生产厂家，制订目标开展新 Al-Li 合金的研究。就当前研究动态来看，以新 Al-Li 合金在商业飞机上对应替代传统铝合金的目标，可望在 21 世纪初的年代里实现。

72. 空间金属 ——钛合金

钛的强度高，胜过铁一倍，而比重只有钢铁的一半，是比强度（强度和比重的比值）最高的金属。它虽然比铝重一点，但是硬度却高二倍。钛合金有比重小、耐高温、抗腐蚀等优点，钛合金在发展初期主要用于航空航天工业。60年代以来，世界进入宇宙开发时代。钛合金成了宇宙飞船、火箭、导弹的重要材料，被人们誉为“空间金属”。

目前钛合金主要向着高强、高韧和耐高温方向发展。80年代发展了一些性能优异的钛合金，如结构钛合金中的 Ti - 10V - ZFe - 3A 与 30CrMnSi 钢强度类似，而比强度和断裂韧性均较高，用它来代替部分高强度钢锻件，可使飞机结构效率明显提高。此外，在高温钛合金方面已经研制成功在 500 、 600 、 700 下长期工作的钛合金。在航空中，先进军用飞机和发动机上用钛量可达总重量的 20 ~ 30%，民用机上可达 5 ~ 10%。主要使用部位是机身结构件和起落支撑梁、发动机的压气机盘和叶片以及机匣和接头等。在航天工业中主要用来制造承力结构件，框段、多种气瓶、压力容器、涡轮泵壳体及固体火箭发动机壳体和喷管等零部件。

钛合金具有优异的耐腐蚀性能，特别是在海水中，钛的耐腐蚀能力明显优于不锈钢和铜合金。80年代以来，钛合金在非航空航天工业中的应用获得了迅速发展。在开发海底石油的设备中，钛合金是优良的结构材料，海水淡化化工厂采用钛制设备是最佳方案，人工养殖海生物的养殖箱为了提高耐海水腐蚀能力，也广泛采用钛合金制造。钛合金在火力发电、核电站以及汽车工业中的应用也越来越多。

73. 有记忆性的金属 ——形状记忆合金

除了以上介绍的合金外，还有一些合金有特殊的物理性质，属于所谓功能性金属材料，也有人叫做精密合金。

1964 年的一天，美国海军研究所的一个研究小组领来了一批弯弯曲曲的镍钛合金丝。为了好用，小组里的人把细丝一根一根地拉直，无意中发现这些镍钛合金丝在接近火的时候，立即恢复到原来的弯曲形状。这种现象是可重复的，好像镍钛合金丝在温度升高时能记起自己原来的形状似的。人们把这种现象叫做形状记忆效应。

为什么这类合金有记忆效应呢？原来每一种形状记忆合金都有一定的转变温度，在转变温度以上，金属的晶体结构是一种稳定结构。把它冷却到转变温度以下，用外力弯曲成一定形状的时候，晶体结构处于一种不稳定的状态。一旦把材料加热到转变温度以上，就要变成稳定结构，材料就恢复到原来稳定结构的形状。

近年来，形状记忆合金的研究取得很大的进展。据不完全统计，目前世界上关于形状记忆合金的专利已超过 5000 项。形状记忆合金的种类约有 20 多种。具有实用价值并作商品生产的主要有 Ti - Ni 合金，Cu - Zn - Al 合金和 Cu - Al - Ti 合金。

自从 70 年代中期开始，各国都积极致力于形状记忆合金的应用开发，在电子、电器、汽车、机械、能源、家电、宇航、建筑、医疗等领域中开始得到应用。形状记忆合金在高技术领域的应用具有广阔的前景。

74. 磁性材料之王 ——钕铁硼永磁合金

永磁材料是经磁化后不再从外部供给电能即产生磁场的材料，也称为硬磁或恒磁材料。永磁材料有许多优点，如不消耗或很少消耗能量、磁性稳定可靠、磁系统结构简单，是一种很受欢迎的功能材料和节能材料。

钕铁硼（NdFeB）磁性合金的研制开始于 70 年代中期，它的发现代表了 20 世纪最新阶段成果。NdFeB 永磁合金的出现使永磁材料的 $(BH)_m$ 升到一个新的高度，更为重要的是它实现了人们长期梦寐以求的愿望，即以铁代钴，以储量丰富的钕取代了资源稀少的钐（Sm）。NdFeB 永磁合金是现今可得到的最强的磁体。NdFeB 问世的第二年即已开始商品化生产，到 1990 年西方世界的产量已达 1550 吨，七年间增长了 50 倍。我国也开展了这方面的工作，生产的 NdFeB 永磁合金性能达到了世界先进水平。

NdFeB 永磁合金主要有五大用途：磁盘驱动器用音圈电机（VCM）的主轴电机，音响器件、电机、磁共振成像（MRI），磁力输送及传感器等。NdFeB 永磁合金创记录的高磁能积，使控制读写头的（VCM）和驱动磁盘的主轴电机体积大为缩小，而灵敏度和性能大为提高。在音响器件方面，目前 NdFeB 永磁合金主要用于微型扬声器和耳机，因为高磁能积的磁体不仅能使音响保真度、信噪比大为提高，更使整机体积和重量显著减小。NdFeB 永磁合金在这方面的应用量年增长速度将超过 60%。NdFeB 永磁合金的产量近几年呈现了成倍增长的势头，在稀土永磁材料的发展史上是空前的，在质的方面进展之迅猛，也是人们所始料不及的，随着 NdFeB 应用的迅速扩大，其产量将持续高速增长。

75. 磁信息材料

磁信息材料是用磁学方法存储和记录信息的磁载体材料。按所采用的磁学原理和方法不同分为矩磁性存储、磁泡存储、磁记录和磁光记录。磁存储是随着电子计算机的兴起而发展起来的。磁记录则是随着录音开始，接着扩展到录像和录数码，形成了广阔的磁信息技术领域，在信息技术中占有十分重要的地位。

80 年代初出现的数字化光盘存储技术开辟了光存储发展的新道路，光盘存储是通过调制激光束以光点的形式把信息编码记录在光学圆盘镀膜介质中。记录信息的纹迹呈螺旋形，光点直径小于 1 微米，螺距小到 1—2 微米，所以有很高的存储密度。需要再现信息时，用激光读出信号，显示在电视屏上或编码信号直接输入计算机。

用小功率直线偏光光束照射记录介质，由于克尔 (Kerr) 效应，反射的偏光方向按照记录介质膜的磁化方向变化一个微小角度 Q_k 。即当磁化方向向下时，反射光线 $+Q_k$ 角；而当磁化方向向上时，则转 $-Q_k$ 。再将反射光的角度变化变换成为光的强弱，通过检光器测出，即可实现信息的读出。

在外部磁场向上的状态之下，用大功率激光束连续照射，使磁化方向变成全部向上，即可抹去已记录的信息。

目前，电子计算机的存储密度有了很大提高，磁性材料薄膜技术的发展起了很大的作用，今后必将发挥更大的作用。

76. 导电性的冠军 ——超导材料

超导电性是指一些材料在极低温度下电阻变为零的现象。这一现象是荷兰物理学家卡末林·昂内斯(H·KamerghOnnes) 1911年发现的。他将电流通过汞线,测量汞线的电阻随温度的变化,当温度降到4.2K时,电阻突然消失了,昂内斯称汞这时进入了“超导态”,称电阻为零的温度为转变温度(T_c)。不久昂内斯又发现了锡(Sn)的转变温度 $T_c=3.8K$ 、铅的 $T_c=6K$ 。

到1986年,人们已经发现常压下有28种元素,近5000种合金和化合物具有超导电性。其中较高临界温度的是 Nb_3X 和 V_3X (其中X可以是Ga、Al、Si、Ge或Sn)。但是大多制备困难,已经制备出超导性较好的三元合金 Nb_3 (AlGe),其临界温度为20.75K。人们从金属和合金中寻找超导材料的工作进行了75年,临界温度最高是 Nb_3Ge 只达到23.2K。所以称为低温超导材料。在此基础上,近20年来发展了多种低温超导材料在大电流、强磁场方面的应用。如磁共振成像、超导磁分离、超导储能、超导发电机、超导输电、磁悬浮列车、超导计算机等等。以前的超导产品的工作温度都在绝对零度以上几度范围内,并且都是由铌和锡合金制成的,因此可以说是低温超导市场。

因为超导体的应用具有十分诱人的前景,人们寻找高温超导体的工作始终没有停止。美国IBM公司瑞士实验室的研究人员米勒和贝德诺尔茨于1986年发现了 $T_c=35K$ 的镧钡铜氧化物超导材料,改变了从金属和合金中寻找超导材料的传统思路。他们的研究结果在1986年4月发表后,立即引起世界上超导研究者的关注,并很快形成世界性的超导热。1987年2月美国、中国 and 日本的科学家相继独立地发现了 $T_c=92K$ 的氧化物超导材料 $YBa_2Cu_3O_7$ 。1987年底又实现了 T_c 可高达115K的Bi-Sr-Ca-Cu-O系材料和 T_c 可高达125K的Ti-Ba-Ca-Cu-O系材料。这些超导材料的临界温度 T_c 超过了氮气液化温度77.3K。氧化物超导材料与以前的金属和合金超导体相比,算是高温超导材料。

自从高温超导体发现以后,尽管离实用阶段还很远,但是超导技术对当今的社会和产业产生了巨大冲击。大多数专家,特别是超导专家对超导将引起未来社会与产业的变化持乐观态度,认为“超导引起的产业革命即将到来。这与半导体带来的影响相同,大概会引起至今没有看到过的产业革命。”

尽管人们对超导有各种看法,但学术界从未在研究的道路上畏缩不前,各国政府特别是工业发达国家的政府,对超导研究极力支持,给以大量投资,展开了激烈的竞争。

77. 现代高技术的宠儿 ——先进无机材料

无机材料是无机非金属材料的简称。传统的无机材料主要是指由硅酸盐化合物为主要组份制成的材料，包括日用陶瓷、普通工业用陶瓷、一般玻璃、水泥、耐火材料等。随着科学技术的发展近三、四十年来，在古老的陶瓷、玻璃的基础上，新一代的无机材料异军突起，成为现代高技术的宠儿。陶瓷材料早已跳出了制造碗碟坛罐之类的生活小圈子，它既可作为耐高温、耐腐蚀、耐磨擦、强度高的结构材料，又能做成很好的功能材料。玻璃也不只是因为它具有良好的透光本领用来做窗子和镜子，许多新型无机玻璃还具有很好的功能特性，成为发展高技术必不可少的重要材料。例如光通信用的光导玻璃纤维已经形成了很大的产业。晶体过去人们只是用来作为装饰的珍品，皇冠上的宝石、戒指上的钻石都是天然生产的绚丽多彩的晶体做成的。后来人们发现晶体还有许多奇特的性质，并且用人工方法制造了许多自然界中没有的或性能优于天然出产的晶体材料，推动了现代高技术的发展。所以说，先进无机材料是指具有高新性能，满足高技术需要的无机材料。先进无机材料是用各种无机非金属化合物经特殊的先进工艺制成的材料。

78. “ 万能材料 ” ——先进陶瓷材料

先进陶瓷也称为精细陶瓷、新型陶瓷、高技术陶瓷等。先进陶瓷与传统的陶瓷不同，它是用人工合成的高纯度超细粉末作为原料，按精选的成分配合，在严格的工艺条件下经过成型、烧结及其他处理而制成的。多为多晶烧结体，此外还有单晶薄膜、纤维、非晶陶瓷等多种形式。

传统陶瓷的最大缺点是强度高而脆性大、可靠性差、机械加工和焊接困难。先进陶瓷强度高、耐磨损、重量小、耐高温、抗腐蚀并具有声、电、光、热、磁等多方面的特殊性能。所以其用途广泛，从集成电路基板、电容器、压电变压器、存储元件、传感器直到磁流体发电机电极；从汽轮机叶片、太阳能电池到火箭鼻锥；从人造牙齿、骨骼到生物反应器，遍及现代科技的各个领域，其应用范围之广是任何其他材料不能相比的，所以有“ 万能材料 ”之称。

作为结构材料应用的先进陶瓷，目前国内外研究开发得较多的主要有氮化硅、碳化硅、氧化锆及氧化铝陶瓷等。

氮化硅陶瓷具有高温强度高、抗热震性能好、高温蠕变小、耐磨、耐腐蚀和低比重等优良性能，是一种最有希望用于热机的高温结构材料。

碳化硅（SiC）陶瓷材料属于超硬材料，不仅常温性能优良，更重要的是其高温力学性能是目前陶瓷材料中最优秀的，从室温到 1600 的高温强度可维持基本不变。此材料又是非氧化物陶瓷材料中最稳定的，抗氧化性能优越，耐各种酸、碱腐蚀，用途十分广泛。

氧化铝陶瓷通常是指 α - Al_2O_3 含量为 70% 以上的氧化铝陶瓷，有的称为刚玉。它不仅是传统的耐火材料，工程陶瓷，而且是应用最为广泛的电子陶瓷，也是一种生物陶瓷。

氧化铝陶瓷更容易烧结，易达到理论密度，烧结制品呈半透明状，对可见光和红外光有较高的透过率。同时原料丰富，价格低廉，已有较成熟的制备工艺。陶瓷一旦透明之后，就能在光学方面开发很多用途。半透明氧化铝陶瓷有良好的透光性，加之能耐高温化学腐蚀，能承受热冲击和有高的绝缘性，为第三代光源——高压钠灯的制造提供了必要的灯管材料。还用作战斗机和导弹头部的透过红外光的窗口材料。氧化铝透明陶瓷研制成功之后，用类似的工艺又研制成功了氧化镁、氧化钇等多种透明陶瓷。

79. 重要的电功能材料 ——功能陶瓷

功能陶瓷有多种，如压电陶瓷、铁电陶瓷、电光陶瓷、热释电陶瓷、生物化学陶瓷等。

压电效应、铁电效应、热释电效应等，最早是在晶体材料中发现的。由于晶体构造的周期性和重复性，如果单位晶胞中的正负电荷中心不相重合，产生固有的偶极矩。单位晶胞的固有偶极矩便会沿同一方向排列整齐，使整块晶体的某一方向处于高度极化状态。由于这种极化状态是在外电场为零时产生的，因而称之为自发极化 P_s 。在 21 种不具有对称中心的晶体点群中，有 10 种点群的晶体可能会出现自发极化。当温度发生变化或在外加应力下发生形变时，由于离子间距离和键角发生变化，自发极化 P_s 也将发生变化，使晶体呈现带电状态或在闭合电路中产生电流。这就是热释电效应和压电效应。具有自发极化的晶体被称为热释电晶体，热释电晶体总是具有压电效应，自发极化能被外电场重新定向的热释电晶体就是铁电晶体。

经过大量的研究工作，发现许多绝缘体中的电子可在弱电场的作用下相对离子而产生微小的位移，正负电荷不重合，形成电偶极子，即发生电子极化过程（见图 4）。

此外还有定向极化和离子极化。具有这种性能的材料称为电介质。换言之，电介质这个名词一般用来描述具有偶极结构的绝缘体材料，或者说能够产生电极化的绝缘体材料。

把电介质材料放在两块金属板之间便构成电容器（见图 5）。以现代固体物理学的观点认为以电极化为基本电学特征的材料叫做介电功能材料。介电功能材料的分布很广。按物理效应分类包括压电效应、电致伸缩效应、热释电效应、铁

（在电场作用下，原子中的负电荷相对于正电荷发生位移）电效应、电光效应、声光效应、光折变效应、非线性光学效应等。压电效应是指由应力引起极化或电场的变化，而且力学量与电学量之间呈线性关系；电致伸缩效应是指由电场引起应变，而且应变与电场的平方成正比；热释电（也称为热电）效应是温度改变导致电荷释放的现象，具有自发极化的材料都具有热释电效应；具有自发极化，而且自发极化强度 P 可在电场作用下反转的材料称为铁电材料；电光效应和声光效应分别表示折射率依赖于偏置电场和弹性波的现象。折射率的变化与电场的一次方成正比时称为线性电光效应，与电场的平方成正比时称为二次电光效应；某些晶体在强激光照射下折射率（主要是非常光折射率）发生变化，从而使双折射率发生变化，这就是光折变效应；材料的极化与光频电场之间的非线性关系称为非线性光学效应；极化与电场的平方成正比时称为二阶非线性光学效应，与电场的三次方成正比时称为三阶非线性光学效应。在简述了固体物理基本概念之后，介绍几种重要的功能陶瓷材料。还应当指出的是多种物理效应往往同时存在于同一材料之中。

凡具有铁电效应的陶瓷称为铁电陶瓷。铁电陶瓷主要用于制造各种电子器件。

铁电陶瓷在相当宽的温度范围内具有非常高的本征介电常数，例如 $BaTiO_3$ 。陶瓷的介电常数高达 1500，而且介电损耗小、温度稳定性好、陶瓷材料又容易烧焊上金属电极，是用来制造多层陶瓷电容器的优良材料。多层

陶瓷电容器具有高比容、高可靠性、频率特性好等特点，是在相当长一段时间内将持续发展的一种量大面广、市场急需的电子元件。全世界每年生产的陶瓷电容器高达数百亿只，其中大部分均采用以钛酸钡为基础的铁电陶瓷。

压电陶瓷的压电效应要比相应材料的单晶体差。但是由于陶瓷的制造工艺简单，材料容易获得，价格低廉，还可以很方便地制成各种复杂的形状。因此，压电陶瓷在工程技术方面的应用非常广泛，甚至超过了压电晶体。

压电陶瓷在现代科学技术，特别是电子技术方面有广泛的应用。工业用的各种超声换能器，水下探测用的水声换能器，遥测、遥控用的超声换能器、扬声器、蜂鸣器等都是将电能转换为弹性能并以声波的形式发射出去。各种压电驱动器则可将电信号转换为机械形变和位移，用来制造位移器、继电器，以及压电泵、压电风扇、压电电动机等。而压电点火器，压电引信等则是把机械能转换为高压电以达到引燃引爆的目的。还有一类频率控制型的压电陶瓷用途也很多。

机敏陶瓷是机敏材料中的一种。机敏材料能够感知环境的变化并能通过反馈系统作出有益的反应，同时起着传感器和执行器的作用。传感、执行和反馈是机敏材料赖以工作的关键功能。已知主要的陶瓷敏感材料有热敏陶瓷、压敏陶瓷、气敏陶瓷、湿敏陶瓷、光敏陶瓷等，执行器包括多种类型的响应，例如显示、开关、信号传输、电场和驱动的调节等，显示器一般由 ZnS 陶瓷制作，其他的执行器大都用具有特种性能的压电陶瓷制作。

目前大多数机敏材料还处于可行性论证阶段，尚未获得实际应用，但是机敏材料的发展前景是光明的。

80. 光电子技术中起到了先导和基础作用的材料 ——人工晶体

人工晶体又称合成晶体。许多单晶体具有各种独特的物理性质，在现代科学技术中应用十分广泛。由于天然单晶矿物无论在品种、数量和质量上都不能满足日益增长的需要，因而促进了人工合成单晶的迅速发展。

人工合成晶体最早是由地质学家首先开始研究的，在上世纪中叶到本世纪初，地质学家认为许多矿物是在水相中高温高压条件下形成的，为了验证他们的理论设法在实验室条件下合成这些晶体从而建立了水热法合成水晶的基础。本世纪初，Verneuil 采用焰熔法生长红宝石，开创了用人工晶体代替天然晶体的先例，自此后到本世纪 40 年代，对不少晶体的人工合成进行了研究，并研制出若干实用价值的大单晶，如从熔体中生长各种碱卤化合物光学晶体，像 NaCl 、 CaF_2 等，目前生长单晶最常的提拉法就是这一时期由 Czochralski 发明的。二次大战期间，对作为战略物资的人工晶体进行了大量研究，例如压电水晶的合成，各种压电晶体的生长，绝缘材料云母的合成等。50 年代固体物理学研究的进展，高温高压技术的进步有力地推动了人工合成晶体生长技术和理论研究的全面发展。高温高压下人造金刚石的成功及大量半导体单晶的合成是这一时期的重要成就。特别是提拉法和区熔技术用于制备和提纯锗和硅单晶获得成功，使半导体技术由检波器发展到晶体管、集成电路和大规模集成电路，开辟了微电子技术时代。1960 年第一次用红宝石晶体观察到了激光，开始了激光和光电子技术的新纪元。此后 30 年，激光晶体、非线性光学晶体和化合物半导体晶体有了很大发展，出现了相应体块单晶的自控生长技术和先进的外延薄膜生长技术。预计人工晶体在 20 世纪末即将形成的光电子工业中仍将发挥先导和基础作用，目前在各技术领域应用的晶体，几乎全部是人工晶体。

81. 能够传送电话的玻璃 ——玻璃光纤

用光作为手段传递信息，这是古已有之的事情。到了近代，电通讯方式的产生在很大程度上取代了光通讯。1960 第一台激光器出现之后，人们又在光通讯上动脑筋，1970 年前后室温连续振荡半导体激光器问世以及低损耗光纤的制造成功使得光纤通讯成为可能。光纤通讯指的是发收两端分别设置光源器件和光检测器件，传输媒介是光导纤维（即光纤），并且由若干对光纤组合成光缆，传输途中可设中继站以延伸通讯距离。光纤通讯有许多优点，现已形成了一个新的引人注目的技术领域，是现代有线通讯技术的发展方向。

光导玻璃纤维是利用玻璃的光波导效应的原理制成的。玻璃的光波导效应是利用玻璃表面层内折射率的不同，当光的入射角小于临界角时，光被捕获到界面层内产生全反射，进行无散射传播的现象。根据几何光学原理，如果在表面层存在全反射，光可随通路而曲折前进。

目前，光通讯使用的主要是石英玻璃光纤，作为光纤通讯用的光导纤维要求甚高。首先是光线在光纤中传输时损耗要小，在制造过程中成分的起伏，结构缺陷，过渡族金属杂质原子以及 OH 的存在都会影响光纤的质量，因此必须用超纯的光学均匀材料制成。传输波长 1.3 微米的石英玻璃光纤已大量商品化生产，除石英光纤外，一些多组分玻璃和卤化物材料等正在被广泛研究。卤化物材料在较宽的红外范围内是完全透明的，并且可望得到比石英玻璃更小的散射。近年来各国都在研究传输波长大于 2 微米红外光纤，理论光损耗可达到 10^{-2} —— 10^{-3} dB/km 的重金属氟化物玻璃光纤，这种通讯光纤有可能实现一万 km 无中继传输。

82. 能够产生强激光的材料 ——激光玻璃

激光玻璃是 60 年代发展起来的激光工作物质之一，是向硅酸盐、磷酸盐等基础玻璃中添加钕、铒等激活离子而制得的。可根据需要，在较大范围内调整基础玻璃的组分和激活离子掺入的浓度等，以制得性能优异的激光玻璃。它是目前输入能量最大、输出功率最高的脉冲激光工作物质。并具有光学均匀性好、加工成型方便、成本低等优点。

83. 微晶相和玻璃相的复合体 ——微晶玻璃

微晶玻璃是向玻璃组成中引进晶核剂，通过热处理、光照射或化学处理等手段，在玻璃内均匀地析出大量微小晶核，形成致密的微晶相和玻璃相的多相复合体。

微晶玻璃的组成范围很广，晶核剂的种类也很多，因而微晶玻璃的品种和应用得到迅速的发展。目前已大量用作集成电路基板，导弹雷达天线罩、炊具、建筑装饰材料等，最近又研制出具有压电、热释电等功能的极性微晶玻璃。

中国是较早研究和应用微晶玻璃的国家之一。早在七十年代利用镁—钛系微晶玻璃制成人工关节，人工股骨等，并获得临床治疗的成功。

新型玻璃的种类还很多，例如：红外玻璃、变色玻璃、吸热玻璃、热反射玻璃等等，在此不再一一叙述。

84. 塑料时代的标志 ——新型有机高分子材料

有机高分子材料的分子量比一般有机化合物高得多。像蔗糖、醋酸等这些比较熟知的化合物的分子量都很小，故称为低分子化合物。通常将分子量在 10^3 — 10^6 之间的化合物称为高分子化合物。高分子材料又有天然的和人工合成的两种情况。像棉、麻、蚕丝、木材、天然橡胶等这些人们熟知的材料都是天然高分子材料，天然高分子材料可以通过化学改性而得到用处更大的材料。如天然橡胶经过硫化后可用于制造轮胎，棉花纤维硝化后成为炸药，纤维素酯化成为醋酸纤维及纤维素经碱处理而得到丝光纤维，再用 CS_2 处理得到粘胶纤维、人造棉等。

用化学方法合成的高分子化合物称为合成高分子化合物，也叫高聚物或聚合物，用这些聚合物加工成的材料就是有机高分子材料。用低分子物质通过化学反应合成高分子的时代开始于 20 世纪初，最早是用苯酚和甲醛合成的酚醛树脂，用金属钠与丁二烯合成了丁钠橡胶。30 年代合成了尼龙（聚酰胺）。40 年代从乙烯类单体合成了一系列塑料，例如聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚醋酸乙烯与甲基丙烯酸甲酯（有机玻璃）等。50 年代把从煤焦油得到单体（乙烯类等）改为从石油得到烯烃（乙烯、丙烯等）作为单体而合成各种聚烯烃，包括聚乙烯、聚丙烯等，进入了合成高分子的全盛时期。

现代的高分子材料工业包括：塑料、橡胶、合成纤维、胶粘剂、涂料、液晶等。这些材料的用途广泛、品种多、产量大，在国民经济建设中有重要作用。虽然高分子材料发展的历史不长，但是现在无论是品种还是数量已经超过了金属材料，世界年产量已达亿吨数量级。世界各个国家都投入了大量的人力、物力从事高分子材料的研究开发工作，在全世界的化学工作者中大约有三分之一的人是从事高分子方面工作的，足见其重要性。

高分子材料大量地应用于结构材料方面，功能性高分子材料的出现只有 20 多年的时间，功能性高分子材料也叫精细高分子材料、特种高分子或专用高分子材料。功能高分子材料的兴起，十分引人注目，其价格往往可达通用高分子的百倍以上，高分子材料工业一半以上的利润来自功能性高分子材料，高技术所需材料很多来自具有高性能的功能性高分子材料。

高分子结构材料主要用它的机械力学性能，例如强度、硬度等。

85. 塑料、橡胶、合成纤维与人们的生活越来越密切 ——通用高分子材料

通用高分子材料即一般所说的三大合成材料——塑料、橡胶与纤维。

近三、四十年来，随着石油化学工业的发展，为塑料工业开辟了广阔的原料来源，塑料生产有了大幅度的增长，塑料的年产量以体积计相当于 5—6 亿吨钢。我们大家都会有一个明显的感觉：这几年来用塑料做的物品越来越多，许多过去用金属、木材、玻璃、陶瓷等制造的物品逐渐被塑料所代替。这是因为塑料有许多优点：结实耐用、不怕水、不导电、不生锈、轻便美观，很容易加工成各种精巧的样式，便于大量生产、价格便宜等等。

现在的塑料主要有高、低压聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯与聚氯乙烯共五个烯类大品种，占整个塑料的 80%，其他 20% 包括酚醛树脂、脲醛树脂、聚胺脂与聚酯四个缩聚型高分子品种。

使用改性的硬聚氯乙烯塑料作为建筑材料——门窗，上、下水管等，是我国目前十分重视的工作。李鹏总理曾指出“发展化学建材大有可为”。一项以塑代木、代钢、代铝的工程正在实施之中，聚氯乙烯树脂是石油化工产品，加热后变软叫做热塑性树脂。能够加入填充剂、增塑剂、抗老化剂等进行改性，并且可用挤出机、注塑机很容易地把它加工成所需要的形状。经过改性的硬质聚氯乙烯塑料具有较好的耐老化性能，耐腐蚀性和难燃性，而且机械力学性能可靠。用硬聚氯乙烯塑料做成的门窗，隔热、隔音、密封性好，不用刷油漆维护，被确定为唯一节能的门窗材料。1985 年和 1989 年国产塑钢门窗已分别安装在南极长城考察站和中山考察站。随着我国科学技术的发展，我国大量采用塑料建材的时代很快就会到来。

合成橡胶主要用途为制造轮胎，约占 60%。其余为制造机器零件及雨具等，品种包括丁苯橡胶、顺丁橡胶、氯丁橡胶与丁腈橡胶等，合成橡胶已经占到天然橡胶产量的一半。

合成纤维主要用途为衣着用料，占 40%，其他工业及家用纤维，品种有涤纶、尼龙 6 与 6.6，还有聚丙烯腈与聚丙烯纤维。目前天然纤维与改性的天然纤维和合成纤维产量的比例为 3 : 1 : 2。

86. 耐热聚合物

——工程塑料和耐高温塑料

工程塑料是指具有比较好的机械强度，能耐受一定的高温或低温、耐腐蚀性能好的一类塑料，由于这类材料具有以上特殊性能，因此越来越多地取代了传统的金属材料而成为大有前途的一类新材料。工程塑料中比较大的几个品种是聚碳酸酯、聚酰胺、聚甲醛以及 ABS 树脂等。

尼龙是聚酰胺树脂类塑料的统称，属热塑性塑料。它也是发展最早的工程塑料之一。尼龙的韧性、刚性、抗蠕变、耐疲劳等性能都比较优良，通过玻纤增强，共混改性等措施可以得到刚性类似于金属、冲击强度最大的塑料品种，耐温达 290 。

尼龙及改性尼龙主要用于制造齿轮、轴承、光学仪器、计量仪表、精密部件、汽车和电气机械部件等，改性尼龙产品正不断向高韧性、高强度、阻燃、导电、透明等方向发展，有广阔的应用前景。

聚甲醛是一种透明的白色结晶材料，具有耐溶剂和有润滑性、吸水率低、在不同的温度下尺寸稳定性好、具有优秀的熔体流动性，能用各种方法如挤压、注塑、吹塑等方法成型。主要用于制胶卷暗盒、拉链、雪橇连接件等消费品以及用于制造齿轮、轴承等汽车用零部件。

ABS 塑料是把苯乙烯和丙烯腈、丁二烯等原料用共聚或混炼的方法制得的。ABS 塑料是一种容易得到、适用性广、综合性能好的工程塑料。可以通过改变上述三种组分比例，改变 ABS 树脂的各种性能。ABS 塑料大量用于电子工业仪器制造；还用来作小汽车的整体车身和飞机内部装饰材料。

耐高温塑料属于尖端产品，也是研究的热门课题。这类材料主要包括氟塑料，有机硅聚合物、芳香杂环塑料等。

氟塑料指聚四氟乙烯，聚三氟氯乙烯等。聚四氟乙烯有塑料王之称，它可以在 -200 到 250 范围里应用，而且抗腐蚀，绝缘性不受温度的影响，这是其他材料所达不到的。它还能耐水和浓碱的腐蚀，在化学工业中大量用它来制造泵、阀门、管件接头等处的密封材料，反应釜的内衬材料。

有机硅聚合物，分子的链节中具有 -Si - O- 键，有点像石英分子中硅和氧的结构。所以它除具有很高的塑性、韧性、弹性之外，还具有更高的耐热性、刚性和硬度。用有机硅树脂做的漆，涂在烟囱的铁皮上，可以耐 500 的高温，有机硅聚合物不仅在工业、国防上具有重要地位，在医学上还用它制造人造器官植入人体，不会发生排异作用。

近年来还涌现出一类在分子链中带有苯环或其他芳环的高分子材料，这类材料的特点是刚性和高熔点，即使在高温下，其分子链仍能保持相对固定的排列，叫做高性能工程塑料。主要用于航空、电子、化工、机械和汽车等工业中作无油润滑的耐热精密零件和耐磨件。

87 · 能起独特作用的聚合物 ——功能性高分子材料

典型的非结构材料是功能高分子材料，就是说除应用它们的机械力学性能外，主要应用它们的特种功能性。

(1) 化学功能高分子材料

化学功能高分子材料，典型的例子是离子交换树脂，在水的净化中，利用这种树脂可以把水中所含的盐类除去。

离子交换树脂可以交换、再生、循环反复使用，质量好的交换树脂可能重复使用数千次。离子交换树脂应用范围广泛，主要用于分离提纯、净化、浓缩、吸附等方面，效率高，特别适用于性质相近，其他方法不易奏效以及微量有害物质的除去。

塑料起初是一般的有机化合物，是电的不良导体或绝缘体。现在可用多种方法使高分子材料具有导电性。

当前研制开发的高分子导电材料大部分是共轭系高分子，有聚乙炔、聚苯撑、聚吡咯、聚苯撑硫、聚对苯撑乙烯及聚乙炔的衍生物。

导电高分子材料目前最接近实用的用途是制造电池。以往的电池由于所用的电解质材料是水或非水体系的电解质溶液，所以普遍存在着漏液，长期稳定性差，受工作环境限制等问题。应用导电高分子材料取代上述电解质溶液，则上述问题较易解决。导电高分子材料作为电池用电解质材料能兼起电极间隔膜的作用，可做成厚度为微米级的薄膜，所以可以大大减轻电池的重量，提高电池的能量密度，通过电池的选层化可以得到大电压。

此外，由于导电高分子材料具有沿高分子链方向一维导电的特性，它可作为各向异性导体。制作宇航工业的轻质导电材料，电磁波屏蔽材料，在超大规模集成电路技术中用作场效应晶体管、光记录材料、显示材料和传感材料等。

(3) 液晶显示材料

自然界的物质一般都是以固态、液态、气态形式存在，而液晶则是介于固态和液态之间的一种中介相态。液晶材料具有类似于晶体的各向异性，如光学、介电、热导、电导等的各向异性，同时它具有类似于液体的流动、变形、扩散、传递的特征。所有这些表明它既有像晶体一样的有序性，又能以特定的方式传递能量与信息，且本身所耗能量又很小，特别是液晶对声、光、电、热、磁、应力、化学环境具有极灵敏的反应，这些都是液晶得到广泛应用的基础。

液晶材料一般是人工合成的有机化合物，用于显示目的的液晶材料种类繁多。例如，酯类液晶，联苯类液晶，嘧啶类液晶等。目前使用的液晶材料往往是选取不同结构的液晶相互混合掺和，以调制液晶混合物材料的物理量，从而满足不同层次显示器件的要求。近年来发展了一种新的显示方法，叫做 PDLC 显示。它是将液晶混掺到某些聚合物中，使之均匀分散，聚合物在加热过程中固化，液晶在固化过程中被分离成一个个微滴，聚合物则覆盖在液晶微滴周围形成固体膜。但必须选择聚合物材料的折射率和液晶材料折射率相匹配，以便在散射态和透明态之间获得极高的对比度，PDLC 涂布于塑料基片上可制成可弯曲的显示器件。

由于液晶显示具有许多优点，如功耗低、驱动电压低、信息量大，尤其

是液晶显示能在明亮环境下显示，而且外光愈强，显示的字符图像愈清晰，能实现彩色显示。加上液晶显示器件尺寸大小灵活、式样新颖，实现了显示器件的平板化、弯曲化、轻、薄、便携，使用十分方便，同时生产自动化，机械化，成本极为低廉。液晶显示已成为平板显示中应用最广泛的新技术，是平板显示中的主流产品，并继续保持优势。

（4）其他功能性高分子材料

生物医学用的硅橡胶可以用作人工肾、人工耳材料，以甲基丙烯酸羟乙酯为主要成分的软接触镜材料，还有许多高分子材料正在研究用来制作人体内的器官和治病的药物。另外像以环氧树脂为典型的粘合剂，以丙烯酸类树脂为典型的涂层涂料，以交联聚乙烯为代表的高分子记忆材料以及吸水性高分子材料、分离膜材料、塑料光纤等都是发展很快的新型高分子材料，用途十分广泛。

88 · 不同材料组合而成的新材料 ——先进复合材料

复合材料是由两种或两种以上性质不同的材料组合在一起而得到的新材料。国际上的材料专家普遍认为当前人类已经从合成材料的时代进入复合材料时代。因为想要合成一种新的单一材料使之满足各种高要求的综合指标是非常困难的。即使能研制出某种满意的单一材料,则从实验室到生产的周期也很长。如果把现有的有机高分子,无机非金属和金属材料通过复合工艺组成复合材料,则可以利用它们所特有的复合效应使之产生原组成材料不具备的性能,而且还可以通过材料设计以达到预期的性能指标,并起到节约材料的作用。

高技术对材料的选用是非常严格和苛刻的,先进复合材料的优越性能比一般材料更能适合各种高技术发展的需要。70年代以来,先进复合材料的发展非常迅速,特别是80年代以来发展更为显著。在航天航空技术、能源技术、信息技术、高技术的生物工程方面,先进复合材料均起到了重要作用。

复合材料一般由“增强材料”和“基体”两部分组成。作为增强材料的是各种纤维及颗粒等,而作为复合材料的基体包括合成树脂、金属、陶瓷、石墨等。先进复合材料可以说是金属材料、陶瓷材料和高分子材料的综合产物。

根据增强材料的形状,复合材料可分为纤维增强型,粒子增强型和层增强型三类。

纤维增强复合材料是历史最长、研究最多的复合材料。那么人们为什么选择纤维做为复合材料的增强材料呢?我们知道一般材料中都不可避免地存在一些缺陷,降低了材料的性能。而极细的材料中所含的缺陷却少得多,其强度也就显著提高,如极细的钢丝的强度可比一般钢材提高几十至几百倍,这就是选择各种纤维做为增强材料的原因。

在纤维增强复合材料中,纤维是外应力的主要承担者,纤维的强度决定着复合材料的强度。所以如何获得高性能的纤维是复合材料的关键。

在第二次世界大战期间美国发明了玻璃纤维增强塑料。它是由玻璃纤维和聚酯类树脂复合而成的,这就是通常所说的玻璃钢。玻璃钢强度高、重量轻、耐腐蚀、抗冲击、绝缘性好,已经广泛用于飞机、汽车、船舶、建筑直至家具的生产。

为满足尖端技术对高强耐热复合材料的需要,自本世纪60年代以来又先后研制出多种高性能纤维做为增强材料。如碳纤维、硼纤维、碳化硅纤维,芳纶纤维等。这些纤维的比强度和比模量都分别超过 6.5×10^5 厘米和 6.5×10^5 厘米。此外还有一些难熔金属(W、Mo等)及不锈钢纤维,金属及化合物的晶须等,主要用来增强一些金属,如Al、Ti、Mg、Cu、高温合金等。

80年代发展了新一代的纤维增强树脂基复合材料,如碳纤维增强塑料、硼纤维增强塑料、芳纶纤维增强塑料、碳化硅纤维增强塑料、氧化铝纤维增强塑料等。所谓先进复合材料主要是指80年代发展起来的新一代纤维增强树脂基复合材料以及金属复合材料,陶瓷基复合材料、碳基复合材料以及功能复合材料。

复合材料的历史已有50年左右,目前正处于蓬勃发展的阶段,在工程结构中复合材料的地位愈来愈重要。在汽车、航空、航天等工业中尤其重要。

据估计，到 21 世纪复合材料可能占国民经济用结构材料的 70—80%，下一个世纪将是复合材料的时代。

为保证复合材料的顺利发展，今后应不断完善有关基本理论，加强研究工作。

为得到复合材料具有最佳的综合性能，均必须合理设计和控制界面层的结构和性能。所谓复合材料的界面工程就是试图通过对纤维、晶须或颗粒增强体的表面改性，或基体的改性，或引入某种界面调节剂，使有利于复合工艺过程异质材料之间表面容易浸润，使所得到的复合材料界面具有适当的粘结，而又能形成最佳的界面层。人们正在开展优化界面层的设计和控制，不断提高复合材料的性能。

89. 谈新材料的发展趋势

日本有人预测,2000 年新材料发展的焦点:一是超导材料,二是超细颗粒。超导材料的发展状况在本文中已做了简单介绍。在此简要介绍一下超细颗粒。有人将粒径小于 0.1 微米而必须用电子显微镜才能看得见的颗粒称为超细颗粒,也称纳米(μm)级颗粒。发展最快的是超细金属颗粒和纳米陶瓷。通过溶胶—凝胶(Sol—gel)法,多相沉积或激光等方法,可以制备出纳米级的陶瓷或金属粉末,其大小只有几个原子到几百个原子(1—100 纳米)。超细颗粒有很大的比表面积和比表面能,如作成块状材料,晶界所占比例就很大,如颗粒为 5 纳米时,每立方厘米有 10^{19} 个晶界,晶界厚度为 1—2 纳米时,晶界原子则占 50%左右。由于比表面能高,所以超细颗粒的熔点低,烧结温度下降,扩散速度快,强度高而塑性下降慢。

超细金属颗粒在结晶学、热学、光学和电磁学方面表现有如下的异常性能:(1)外观呈黑色,可完全吸收电磁波(包括可见光、红外线)而成为物理学的理想黑体,可以成为高效微波吸收材料;(2)在极低温度下几乎无热阻,热导性能好,采用 70 纳米的超细银颗粒作超低温用稀释冷冻机热交换的器壁材料,可使冷冻机达到更低的温度;(3)熔点比块状金属低得多,烧结温度也随之大大降低。在微米级钨粉中加入 0.1—0.5%的超细镍颗粒,不但使烧结温度从 3000 降至 1200—1300 ,而且能加速烧结过程;(4)超细颗粒的磁性能比之块状金属强得多,其矫顽力很高,以超细磁性合金颗粒制作磁记录材料,可以用来制造高速视频磁带复制装置用的原版磁带和电子计算机用的磁带,其寿命几乎是 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 的 2 倍;(5)有较大的表面能,活性增强,容易进行各种活化反应,可用作高效催化剂和助燃剂。在火箭燃料中只要添加小于 1%的超细铝粉或镍颗粒,可使其燃烧热提高 2 倍多,用超细金属颗粒作固体燃料,可使推进器的功率提高许多倍;(6)导电性能改善,显示出超导性,并具有较高的超导转变温度。

本文中前面所说的先进陶瓷,无论从原料、显微结构中所体现的晶粒、晶界、气孔、缺陷等,在尺度上还只是处在微米级的水平,因此可称之为微米级先进陶瓷。从本世纪 90 年代开始,已开始进入纳米陶瓷的阶段。所谓纳米陶瓷首先所用原料的粒度是纳米量级的粉体,其次在显微结构中所体现的晶粒、晶界、气孔和缺陷分布也都处在纳米级的水平。由于表面与界面非常大,陶瓷中的晶位相与晶界相在量的方面几乎处于同等的水平,晶界对材料性能的影响相对成为主导的因素,这些使现有陶瓷工艺以及陶瓷科学的理论都将不能完全适应,纳米陶瓷的出现将引起陶瓷工艺、陶瓷科学、陶瓷材料的性能和应用变革性的发展。

薄膜材料的发展也很快,特别是电子技术的发展,需要各种类型的薄膜材料。化学气相沉积(CVD),气相外延(VPE),分子束外延(MBE)以及金属有机化学气相沉积(MOCVD)等制备薄膜的技术是制造半导体薄膜材料的常用技术,已经相当成熟。当前发展最快的是金刚石薄膜和高温超导薄膜等。此外,L—B 膜是几十年前由 Langmuir 及 Blodgett 提出和发展的一个有序、紧密排列的分子组合系统,即以某些有机物或生物分子在液面上形成一层规整的单分子膜,而后移至固体载体上。由于其电子所处状态和外界环境的影响,可表现出不同的电子迁移规律,完成特定的电光、光电或电子学功能,如成为绝缘体、铁电体、导体或半导体等。从而有可能做为光学薄膜用

于非线性光学、光开关、放大或调幅；敏感与传感元件，用于显示或探测器等。

随着结构材料的复合化，高强度高分子材料纤维发展也很快。纤维中强度和刚度最高的要算晶须了，可以接近理论强度值。金属和陶瓷可以生成晶须，有机化合物也可以生长成晶须，各种材料晶须的生长方法也是人们研究的重点之一。

由于超大容量的信息网络和超高速计算机的发展，对集成电路的要求愈来愈高。因此许多先进实验室都在探索信息材料的多功能集成化技术。化合物半导体材料 GaAs 受到高度重视，因为用其制作的器件运算速度比硅器件高好几倍。此外，GaAs 具有光电学效应，有可能使信息的产生、处理、检测和存储等不同功能在同一块集成电路上完成。

新材料发展的另一个趋势是新工艺、新技术和新合成方法的探索更加为人们所重视。从新材料发展的历史看，每当一种新工艺、新技术或新流程的出现，材料的发展就可能发生一次飞跃。而随着科学技术的发展，在今天更有可能利用超高温、超高压、超高真空、微重力、强磁场、强辐射及快速冷却等极端条件，寻找新材料的苗头。再加上计算机信息处理技术的建立和发展，使人们能将物理、化学理论和大批杂乱的实验资料沟通起来，用归纳和演绎相结合的方式对新材料研制作出决策，为材料设计的实施提供了行之有效的技术和方法。人们在探索新材料时将摆脱炒菜的方式，进入到“按指定性能”“定做”“新材料，按生产要求”“设计”最佳制备和加工方法的时代。

90. 高新技术的灿烂明星 ——生物工程

本世纪中叶，由美国遗传学家沃森和英国科学家克里克提出的 DNA 分子的双螺旋结构是 20 世纪生命科学史上最伟大、最天才的发现，它开创了生命科学由细胞水平的研究进入到了分子生物学研究的新纪元。在 DNA 双螺旋结构学说的推动下，生命科学获得了空前的发展。随着生物的高新技术层出不穷，研究成果不断涌现。现在人类已经能够通过控制基因的结构组成来为人类谋福利。以生物基因工程为基础，细胞工程、酶工程、发酵工程形成了生命科学的高技术群，这就是生物工程。现在全球性的生物工程热方兴未艾，几乎在人类经济活动的各个领域中都取得了前所未有的、令人感叹的成就。首先在医药工业，70 年代，美国的科学家就运用遗传工程，从大肠杆菌中生产出大脑激素。利用大肠杆菌生产脑激素，工艺简单，成本低，这一成果引起全球科学界的震惊。科学家们欢呼说：这是科学史上头等重要的胜利，第一流的成绩。经过几年的试制和临床应用，作为一种新技术生产的脑激素在 1983 年已投放市场，这是生物工程取得的第一个胜利。自此之后，生物工程产品，诸如人胰岛素、 α 干扰素、白细胞介素、乙肝疫苗等陆续问世。这些药品在防治疑难病症，尤其是被人们称为不治之症，望而却步的肿瘤、艾滋病、遗传病等方面，给了人们一线希望。与世界的科学进步相适应，中国的科学家也对现代生物学工程做出了巨大努力，取得了很大成绩。国家将生物工程列入科技攻关计划，现有从事这项工程的研究、开发生产、教学的机构已达 300 余家，科技人员达几万人。已取得了一大批具国际水平的研究成果，并向产业化进军。例如 α —干扰素的研制并产业化，经临床应用可治疗 30 余种病毒性疾病。另外在兽医药、农业、环境、冶金等各个领域都取得瞩目的成果。生物工程自 70 年代起至今仅 20 个年头，这在科学史上仅是一瞬间，但它带给人类生活、生产的影响却是那样的广泛、深刻。可以预言，生物工程作为一颗灿烂的科技之星会给人类文明带来无限的希望。

91. 生物高科技群的“四大金刚” ——遗传工程、细胞工程、酶工程、发酵工程

根据研究方法和成果，生物工程可归纳为四个体系，这就是生物工程的“四大金刚”——遗传工程、细胞工程、酶工程、发酵工程。

遗传工程亦称基因工程，它是生物高科技的基础，是“四大金刚”的老大哥。遗传工程是用精巧的人工方法，在生物体外对遗传物质进行组合，然后再将组合好的遗传物质再放进生物的细胞体内，其目的是通过改变遗传物质的结构（亦即 DNA 重组）和特性，使其定向地按照人们所期望的方向发展，产生符合人类所需要的生物新品种和新类型。美国的科学家应用遗传工程将老鼠的胰岛素基因转入能产生青霉素酶的大肠杆菌的 DNA 链中，然后再将这个经过重组了的 DNA 移植入大肠杆菌中，结果大肠杆菌能够自动地分泌鼠的胰岛素。遗传工程又称基因重组技术，这种技术是一种 DNA 分子水平上的杂交技术，选用的材料可以在亲缘关系比较远的生物间来进行，其后代的遗传特性改变较大，可以创造新的生物类型，使人类有目的、定向地“创造”物种新性状。

细胞工程是“四大金刚”的老二，这种技术以基因工程为基础，在细胞水平上进行。它是将一种生物细胞中携带着全套遗传信息的基因染色体整个地转入另一种生物细胞中，从而达到改造生物品质、改良品种、创造新的生物类型的目的。主要的技术是细胞器移植、原生质体融合、染色体工程等。1975 年，英国科学家科勒和他的同事，采用细胞工程技术将淋巴细胞和肿瘤细胞融合制备单克隆抗体。这种融合后的杂种细胞既有淋巴细胞分泌免疫特异抗体，又能像肿瘤细胞那样无限繁殖能力。在植物上德国生物学家曾把马铃薯细胞与蕃茄细胞融合，成功地培育了一种茎上生长西红柿、根上结马铃薯的新型马铃薯蕃茄。

酶工程是生物工程四大金刚中的三哥，像各种化学反应一样，生物体内的酶就是生物体内生化过程的催化剂，它是生物体细胞制造出来的蛋白蛋，酶具有无机催化剂所具有的一切特征。酶工程就是利用酶的特异催化功能将一种物质转化为另一种物质，它是一种快速的、高效生产生物产品的高新技术。现在科学家们已经知道的生物酶大约有 200 余种。它们存在于包括微生物在内的一切生物体内，尤其是微生物代谢中产生的酶进入培养基内，人们可以通过理化技术再将其分离出来，加工精制为酶制品。这种酶制品可以直接用于化工工业的工艺流程，加速物质的转化，以提高产品的质量和生产速度，达到节能和提高生产效率的目的。

生物工程的四大金刚的小老弟就是发酵工程，可别小看这个小老弟，论小老弟的年龄可谓悠长。发酵工程古而有之，大约几千年前我们的祖先就会酿酒、造醋了，其实酿造业就是发酵工程技术。当然现代发酵工程较古代要先进多了，它是通过现代工程技术手段，利用微生物发酵的特殊功能，生产产品。它也是一种直接将微生物用于工业生产过程的一种技术体系。发酵工程亦称微生物工程，其主要技术是：微生物发酵生产某些产品；有毒物质的分解、脱毒；细菌选矿和细菌冶金；环境治理；废物、废水的治理等。与旧的酿造发酵不同，现代发酵工程的技术高、应用范围广。

92. 引人入胜的成果

生物工程自起步至今，只不过是暂短的 20 多年，但它所取得的成就令人惊叹不已！1977 年美国加州大学的科学家们利用基因工程将老鼠的胰岛素基因转移到大肠杆菌中去。1978 年美国的吉伯特研究小组宣布转移小鼠胰岛素基因的大肠杆菌已经分离出鼠的胰岛素。同年 9 月，加州大学的研究小组与霍善市的医学中心合作，使用人工合成的人胰岛素基因转移到大肠杆菌并使大肠杆菌生产人胰岛素。通过在伦敦的医院临床证明，其效果与由猪、牛胰脏中提取的猪、牛胰岛素效果相同并无不良反应。有人估计，现今全世界约有 6000 万糖尿病患者用胰岛素控制病情，但细菌胰岛素出现之前，使用动物胰岛素不仅价格昂贵，而且供不应求，细菌胰岛素的出现大大缓解了市场供求紧张而且价格有了大幅度的降低。还有医用激素，过去只依靠动物脏器提取，价格昂贵，供应有限。据资料知道，生产 1mg 脑激素必须要 10 万头羊的下丘脑才可得到，但利用遗传工程只需用 2 立升大肠杆菌的培养液可以生产同样数量的脑激素，计算价格只要 0.3 美元。这是多么令人咋舌的奇迹！再如，过去治疗一个侏儒症患儿需要从 50 具尸体中提取生长激素，这种激素的珍贵程度不言而喻，但美国旧金山的加州大学和南旧金山的基因技术公司，运用遗传工程用大肠杆菌生产这种激素得到成功，这对那些侏儒症的患儿无疑是一大福音。除此之外，20 余年来，基因工程在生产乙肝疫苗、干扰素、单克隆抗体都取得了重大突破和辉煌成就。

生物工程应用于农业，使农业生产一展新貌。农业生产的高技术中目前大有作为的就是植物组织和细胞培养，在 50 年代美国的科学家就曾经成功地将胡萝卜根部细胞在离体的情况下培养成完整植株，并开花结实，说明胡萝卜根部细胞具有长成新的完整植株的全能性。自那时到现在，根据不完全统计，全世界大约有 600 余种可以由植物细胞和组织培养生成的植株。美、法、英、中等国目前都运用细胞和组织的培养技术培育出有经济价值的花卉、果树、药材、蔬菜并已实现了商品化。法国和新加坡的兰花出口每年收入超过千万美元，美国的 100 多家花卉公司，几乎全部采用生物工程方法生产技术。我国运用生物工程快速培育的杭州绿色、墨色菊花、广西山茶花、沈阳的唐菖蒲、洛阳牡丹、上海百合、北京大花萱草等名贵花卉，还有一些经济林木如山楂、苹果、菠萝、无籽西瓜、草莓、荔枝、柑桔等工作都具国际水平。利用细胞和组织培养法，中国在培养杨树、泡桐和桉树方面都取得举世瞩目的成就，尤其是利用生物工程技术在拯救濒危物种——银杉、木杉方面成就卓著。其他在研究作物抗逆技术也取得可喜成就，例如利用生物工程培养的抗寒、抗碱、抗病水稻新品种，大面积推广后使产量提高了 10%。利用生物高科技使育种时间大大缩短，过去选育一个大麦新品种需 15 年，现在仅需 5 年，荔枝由 7 年降到一年。

在人口不断增加，生活水平逐渐提高的今天，人们的食品结构有了重大的变化，蛋白质食品的需要量不断增加。利用生物工程技术，科学家们也在不断探索增加蛋白质食物的新办法。科学家将大豆球蛋白基因转移到大肠杆菌中去，通过培养，生产大豆球蛋白。按照常规由种植大豆到收成大豆得到球蛋白所需的时间是一个生长季节，而利用大肠杆菌生产球蛋白，由培养到球蛋白产出仅需要 3 天就可以了。国外的科学家已成功地将鸡卵清蛋白基因植入大肠杆菌，实验证明每个工程菌在几天的时间内可产生十万个动物蛋白

分子。当然，这要比饲养母鸡再得到动物蛋白速度要快得多。现在，人类利用发酵工程完全可以建造出生产千吨氨基酸的工厂，有些氨基酸作为人类食品和药品都是不可缺少的。国外已经成功地建立起以石油或天然气作为原料生产蛋白质的工厂，利用农产品的下脚料，采用生物工程的技术生产的单细胞蛋白技术已经日趋成熟，形成生产能力，所生产的各种蛋白质和氨基酸对缓解饲养业蛋白质饲料货源不足的矛盾将起重要作用。工厂化生产单细胞蛋白的工厂起始由英国，后来独联体的产量居领先地位。日本充分利用生物酶工程和发酵工程，发展生物反应器，生产包括啤酒、酱油、葡萄糖等产品方面取得很大成绩。尤其在利用农副产品的下脚料方面成绩斐然，利用玉米废渣和土豆下脚料的植物纤维生产的糖质量好，成本低，不但解决了原料的问题而且也解决了废弃物对环境的污染问题。

有人说生物工程是最大的生财之道，它的实际和潜在的应用价值随着科技进步和经济建设的发展，生物工程的生命力会越来越旺盛。

93. 生物工程会给人类带来灾难吗

自本世纪 50 年代科学家们破译了遗传密码，导致生物技术的飞速发展。通过生物工程，人们可以按照自己的意志创造物种的各种性状，甚至将亲缘关系相距极远的动物与植物的基因转移并得到了表达，例如将鱼和土豆的基因杂交，创造出抗冻的土豆，将鱼的这种抗冻基因与烟草基因杂交产生抗冻烟草。运用遗传工程培养出能吃石油的细菌新物种，使环境保护得益。无论是抗冻土豆、抗冻烟草还是吃石油的细菌都是人类按照自己的意愿得以实现的，对人类都是有益的。生物工程近来的发展，已经大大超出了人们思想的范围。目前，一些发达国家已经破译了成千上万个可以控制性状表达的基因密码。科学家预言，在不久的将来，科学将会破译一切可以表达性状的密码，创造新物种绝不是天方夜谭。因此，遗传工程也给人们带来忧虑，因为遗传工程可以给人类带来白马王子也可能会给人带来妖魔。这种忧虑也不是全无根据的。自遗传工程诞生之后，曾在欧美国家科学界带来过混乱，引起一场风波，人们担心遗传工程会给地球带来灾难。有些科学家慷慨陈词，对生物工程给予严厉的抵制，有人打比方说：将来有一天，如果用鸟基因改造的“人”从天空中俯冲下来吞噬了用植物基因改造过的“人”，那场官司怎么打呢？天空中的人吃了地上的“人”那是犯罪呢？还是仅仅是吃了一顿午餐！这种设想听起来有些奇谈怪论，但这种想法绝不是毫无根据的“胡想”。这就不能不促使人们去思考法律问题和道德伦理问题。在美国等一些发达国家中实际上早已有了这方面的法律法规，并且随着生物工程技术的进步，这些法规还在不断地修改完善之中，日本和美国 1976 年出台了全世界第一部关于重组 DNA 的条例。生物工程在中国出现之后，一些科学家都自觉地参照国际惯例在指导着自己的研究工作，相信随着生物工程的深入发展，我们自己国家这方面的法律法规也会随之产生，用法律法规作为约束，用科学家的良知作为指导，生物工程会沿着健康的道路发展，给人类带来无限的利益，而那些违背伦理道德的作法都是站不住脚的。

94. 现代“造物主”

——固氮基因

60 年代，东南亚地区出现了一次以推广良种，发展化肥为主要内容的，使水稻大面积增产的第一次绿色革命，这次绿色革命缓解了由于人口迅速增加、粮食严重不足造成的矛盾。70 年代以来，由于生物工程的蓬勃兴起，科学家们采用生物高科技培育出一大批优良、高产抗逆作物新品种，这次农业革命有人称它为第二次绿色革命。千百年来，尽管人类做了很大努力，但仍然无法彻底解决由于各种各样的病虫害给农业所带来的严重损失。据估计，农产品收成的一半被病虫害给损失掉。所以提高作物对病虫害的抵抗力是农业科学研究的重点。生物高技术出现以后，科学家们采用生物工程，研究利用病毒作为载体，将植物的抗逆基因移植到病毒内，然后将此病毒打入作物细胞，使抗逆特性得到表达，取得了可喜成果。比利时的科学家曾将细菌中的抗卡那霉素的基因移入向日葵、烟草、胡萝卜等植物的细胞中，使实验植物抗卡那霉素的能力提高 8 倍以上。美国的西塔斯植物研究所的科学家们对植物进行抗虫基因的转移，获得成功。被转移基因得以表达，这些植物能够分泌一些对害虫有毒的化学物质，害虫一旦接触立即中毒而亡，从而使这些植物成为抗虫新品种。美国的先进遗传科学公司的科技人员成功地将带有西红柿抗凋萎病的遗传基因转移到土豆中，克服了土豆经常发生的凋萎病。在美国和日本的一些研究机构，应用基因工程，细胞融合技术培养出大量的抗逆作物新品种，像抗寒、抗旱、抗盐、抗碱等新品种。美国的加州大学戴维斯分校的科学工作者发现耐旱抗盐碱基因可控制脯氨酸的产生，脯氨酸能减少细胞水分的外流。他们的做法是首先在细菌中繁殖这些基因，然后再将这些基因分离出来转移到农作物的细胞中去表达，成为耐旱抗盐碱作物新品种，这些作物新品种的前景非常广阔，将它们播种在常规情况下，寸草不生的荒漠地区就可以获得生长条件。这对改造荒漠、造福人类无疑是一个福音。为了提高常规作物果实中的蛋白质含量，美国的科学家将大豆蛋白质基因转移到向日葵、土豆；德国科学家将制造蛋白质的基因转移到菸草中，并获得了成效，使常规向日葵、土豆、菸草的蛋白质含量大大增加，成为“向日豆”、“土豆豆”、“豆菸草”等作物新品种。1984 年巴西的农学家和比利时的细菌学家合作，利用遗传工程将蛋白质含量极其丰富的巴西果核中的蛋白质基因通过细菌转移到普通大豆中，从而创造了较普通大豆蛋白质含量超过若干倍的“超级豆”新品种。美国的“向日豆”、巴西的“超级豆”的出现是植物不同种间的基因杂交，这种杂交成功性状可以表达并且可以在后代遗传下去，这与常规下的种间杂交后代不育的现象截然不同。在高科技范畴内，利用生物工程可以使亲缘关系较远的种的基因杂交并且后代可以遗传下去，使物种的概念在这里模糊起来了。在植物体内种间基因杂交成功的实例启发下，世界科学家们在设想将动物细胞中的某些基因和植物细胞中的基因杂交，期望创造既有动物形象又有植物形象的动植物新品种，例如将把动物体内控制赖氨酸合成的基因转移到缺乏赖氨酸的小麦、玉米的细胞中去，再用已经改造了的小麦、玉米做出来的食物将会有鸡蛋的味道和营养价值。豆科作物利用根瘤细菌可将空气中的氮固定，供植物生长发育，而节省大量肥料。而禾本科的植物却无这种固氮本领力，为了使这些作物正常生长就必须施用大量氮肥。多年以来，科学家们一直在探索使用物理化学的方法处理这些禾

本科作物，希望获得固氮的能力，但至今没有成功的例子。但美国、德国和比利时的科学家应用遗传工程却成功地将固氮基因转入禾本科作物并且获得表达。近些年来科学家们努力做了大量的固氮方面的研究，利用生物高技术，对固氮基因的组成、功能、调控对固氮机制有了一定了解，取得了很大进展，距培育出固氮的小麦、玉米和水稻越来越近，相信依靠生物高科技，禾本科植物的固氮问题一定会得以成功。到那时，人类农业史上将会出现又一次的飞跃。

95. 冲破黑暗 ——谈乙肝疫苗

世界卫生组织的一张乙型肝炎流行地域的示意图上，亚洲地区被涂上黑色，表示该地区乙型肝炎病毒携带和患病者所占人口比例较其他各地要高得多，而中国全境完全被覆盖在黑影之中，中国十二亿人口中乙肝病毒携带者达 1/10，乙肝病人有 3000 万，每年还有百万新患者。慢性乙肝病人有 40% 演化为肝硬化或肝癌，这个黑色的阴影沉重地压迫在文明中国的土地上。乙肝病毒是通过血液传播的，带乙肝病毒的母亲在围产期会通过脐带将病毒传染给婴儿。如果初生儿在出生后 24 小时、满月和半年共接种 3 次乙肝疫苗，新生儿基本上可避免乙肝的传染并获得终生免疫。曾有一段时间，乙肝疫苗是由病人血清中得到的。这种疫苗不但效果欠佳，而且潜在着其他传染病感染的危险。利用遗传工程法国巴斯德研究所的科学家们通过制造肝炎病毒表面抗原又获得了乙肝疫苗，这是遗传工程在医学应用上的三大成果之一，它给人类冲破黑暗，消灭肝炎带来了无限希望。但这种疫苗才刚刚研制成功，在激烈的市场竞争中现在世界上仅有 1—2 个国家可以生产这种疫苗，其价格昂贵，供不应求。在中国每年有 2000 万个婴儿诞生，每个婴儿需注射 3 支，若完全依靠外国，仅此一项中国每年需要进口 6000 万支疫苗，这是一项多么大的开支啊！面对黎明前的黑暗，中国的科学家们心情起伏，中国预防医学科学院的两名年近古稀的科学家排除众议，毅然承担了自行研制“乙肝疫苗”的重任。通过生物学分析乙肝病毒的 DNA 分子大约有 3200 个核苷酸组成，其中仅有 600—700 个可以作为基因，把它们分离出来再转移到一个载体中，使之表达产生出带乙肝抗原的蛋白，这对中国科学家来讲，在设备简陋、药品不全、资料不足的情况下，无疑是十分艰难的。这两位科学家根据多年的病毒学研究工作经验，毅然选择了哺乳动物作为载体，经过几年的攻关，终于培养出了乙肝抗原，但开始时活性低，每毫升培养液中仅有 1 微克。尽管如此，它还是实现了乙肝疫苗国内研制工作的零的突破，又经几年科学家们的反复试验，载体动物起始由猴子以后到白鼠，最后又到中华地鼠的卵巢细胞，每更改一次载体动物，几乎都是一次研究工作的从头开始，经过几百次的反复试验，最后终于选育出高产细胞培养液，每毫升含的抗原由原来的 1 微克提高到了 5—7.5 微克，培养出的疫苗经 84 名儿童注射，百分之百的获得免疫力，现在这种由中国科学家培养成的乙肝疫苗已由卫生部长春生物制品研究所通过中试后批量生产。乙肝疫苗的研制得到了中国政府的大力支持，这个项目已列入国家的“863”高科技项目，现在蛋白表达力更高、成本更低的第三代疫苗已经诞生。1993 年国家已将乙肝列入计划免疫，如果今后全国新生儿每人都能注射乙肝疫苗，到 21 世纪中叶，我国人口的乙肝带病率将下降到 5%，再经几代人的努力，中华民族将会冲破黑色迷雾，消灭乙肝走向光明。

96. 癌症的克星 ——干扰素

多年以来，人们谈癌色变，把癌症视为不治之症。现在科学家们在研究攻克癌症的重要手段就是采用生物工程生产那些抗癌的有效药物。在可以增加人体免疫力的抗毒性蛋白中，希望很大的就是干扰素，被称为癌症的克星。干扰素是 50 年代由英国科学家首先发现的，它有 α β γ 三种类型，分别由白血细胞、成纤维细胞和 T 淋巴细胞产生。干扰素对癌细胞的作用，不是直接杀死它而是抑制它的增殖，使人体增强免疫力，保护健康细胞不受病毒的侵害，具有抗病毒和抗癌的作用。干扰素被发现之后，开始时的生产方法由白血细胞来提取，其产量极低，从 45000 升的血液中只可获得 0.4 克的干扰素，而用它来治疗癌症的患者每一个疗程就必须有 270 人的血液培养才能提取出足够用的干扰素，可见使用这种方法获得干扰素的难度。直到 70 年代末，全世界才仅有干扰素 1 克。这种境况迫使科学家们不得不寻找别的路子生产干扰素，不然这种药物是难于广泛地应用到临床上。70 年代生物工程发展之后，科学家们才有了真正解决这个生产难题的办法。几乎同时，日本、美国、瑞士等国的科学家利用基因工程将控制产生干扰素的基因插入大肠杆菌的 DNA 分子中。从而生产出细菌干扰素。用大肠杆菌生产干扰素的特点是生产周期短、收率高、方法简便，价格低廉，直到 80 年代，干扰素的生产有了迅猛的发展，医药市场上也成了抑癌抗癌的明星药物。我国在 1982 年用人白血细胞的干扰素基因移植到大肠杆菌并表达成功，时间比日本的细菌干扰素晚了 2 年。细菌干扰素提取成功，在日本曾引起轰动，日本报刊将这一成功新闻列入 80 年代科技十大新闻之一。1984 年中国将细菌干扰素用于临床实验成功，干扰素作为一种抗癌、抑癌有效新药已进入医药市场。为了制造更有效和廉价的干扰素，各国科学家仍在不懈地进行探索。美国的科学家通过利用遗传工程，先培育一种能高速繁殖具有产生干扰素能力的病毒，然后再将这种病毒感染某种昆虫，使它在昆虫的细胞里繁殖，从而获得更大量的干扰素。目前，干扰素已进入市场，广泛应用于临床，在抗癌和抑癌方面显示巨大威力，成为癌症的克星。

97. “导弹”疗法 ——单克隆抗体的应用

人所共知，肿瘤患者体内运转着大量迅速增殖的癌细胞。如何杀灭这些对人体具极大威胁力的细胞呢？科学家们想出了一种巧妙办法，就是用单克隆抗体作为载体，携带抗癌药物或放射性同位素，形成一种“导弹”，运至癌细胞将癌细胞杀死，而对健康细胞却无任何伤害，这就是医学工程的杰作——导弹疗法。70年代，英国科学家用人体淋巴细胞和肿瘤细胞制备了单克隆抗体。“克隆”的原意是无性繁殖，如在植物繁殖时将同一植株多代的进行插条，形成一个无性繁殖的体系，即“克隆”。同样的原理，将一个细胞分离出来进行培养，不断分裂成许多细胞，构成了一个无性繁殖的体系，再将这些细胞的DNA片段分离出来，通过载体转入到一个细菌内不断增殖，这段基因的分子大量复制成新的相同基因的分子，它们的DNA分子都是来源于同一个片段的DNA分子。这也是一个无性繁殖系，这是一个纯系的“克隆”过程。那么什么是抗体呢？抗体是人体免疫B细胞的产物，B细胞能分化出许多浆细胞来，而这些浆细胞可以产生无数的杀伤癌变细胞的特异细胞抗体，这些抗体都来自B细胞抗体总和。即由一个B细胞衍生的所有浆细胞只受一个抗原的刺激，然后，产生针对抗原的抗体。由一个克隆产生的抗体叫作单克隆抗体。科学家们将被免疫的小鼠B细胞，与小鼠的骨髓瘤细胞融合成为杂交瘤细胞的纯系，它既能像B细胞那样产生并分泌特异抗体，又能像骨髓瘤细胞那样无限繁殖，这种纯系产生的抗体叫作单克隆抗体。因为单克隆抗体能够对抗某一抗原，特异性强，它已被广泛地用于诊断和治疗癌症和其他疑难病症。利用单克隆抗体作为载体携带抗癌药物或放射性同位素直接杀死癌细胞的“导弹疗法”正应用于临床治疗癌症和其他疑难病症，已取得了抗癌的良好疗效。

98. 最终战胜 “ 不治之症 ”

癌症和遗传病是人类的大敌，被看作是 “ 不治之症 ”。现代生物学的研究结果证明，这两类病从本质上讲都是 “ 基因 ” 病。80 年代初美国的一位癌症研究者宣称：癌的发病机制是人体细胞内所存在的致癌基因，受到癌病毒的激活而导致癌症的出现。支持这种意见的一些科学家曾发现某些癌症基因，例如膀胱瘤基因和肺癌基因都与哈维氏肉瘤病毒和柯尔斯坦氏肉瘤病毒有关，所以一些科学家曾这样叙述癌病发病机制：人体内所有正常细胞中都存在癌基因、通常这些基因处在休眠状态，一旦环境或体内产生某些刺激或者说对这些基因表达有了合适条件，在这些基因的指令下，癌细胞就大量增殖。现在膀胱癌、肺癌和肠癌基因都已分离出来。有实验证明，人体内还存在着还原病毒，它们能与正常细胞的致癌基因结合，一旦结合起来该病毒就有了致癌能力，像乙肝病毒，最终会导致病人肝癌发生。埃里克还查明致癌基因可导致细胞产生一种酶，这种酶会影响细胞的正常代谢。可以断言：只要致癌机理一旦查明，病毒和癌症的关系一旦搞清，将会对癌症的诊断、预防和医治带来一场革命，这种发现可导致癌疫苗的产生、对癌的早期诊断和对抗癌症的有效药物的问世。目前，科学家们已分离出近 20 种致癌病毒和致癌基因，关键的问题在于必须搞清在什么条件下这种基因才能表达，从而才能提出有针对性的措施使这种表达中断。采用基因工程所生产出来的干扰素和某些抑癌药物包括单克隆抗体已初步显示了一些作用。美国旧金山的一家遗传工程公司利用生物工程已成功地研制出一种淋巴病毒，它是一种抗癌蛋白质，能直接破坏肿瘤细胞，还能刺激人体的免疫系统，产生抵制病毒和癌细胞的天然免疫力，这种淋巴病毒可望投放市场。目前科学界和各国政府都十分重视对癌症的防治工作，近些年来发展起来的生物高科技会在这方面做出重要贡献，依靠生物工程在不久的将来 “ 不治之症 ” 将变成 “ 可治之症 ”。

99. 欣欣向荣的生命工业

生物工程应用于医药、农业、食品、采矿冶金、环境治理各个领域，实现了高科技产品的商业化，取得了极大的经济效益和社会效益。近些年来，国内外“生命工业”飞速发展，生命技术公司、企业像雨后春笋蓬勃兴起。

世界上第一家大的生物技术公司，是 1976 年在美国创建的。初建时规模很小，公司仅有 10 余人，其主要产品是医用药品，像激素抑制素、人胰岛素、生长素、胸腺激素和人干扰素。这些商品有的是本公司自己生产的，有的是买进销售的。随着经营活动的展开，社会需要大增，企业规模在不断地扩大，4 年后，企业人数已达 200 余人，绝大多数是科技人员。比生物技术公司创建早 5 年的美国西特斯公司是美国第二大生物技术公司，该公司首创并推销犊牛腹泻疫苗，并因销售试剂盒——用于诊断获得性免疫缺损综合症的试剂而一举成名，名利颇丰。1979 年美国诞生了第一个分子遗传学公司，第一个产品是预防小牛腹泻的抗体，并在 1983 年开始市售。美国生产人体蛋白干扰素的生物遗传公司创建于 1973 年，而生产各种酶类和一些生化药品的遗传公司创建于 1977 年，公司的科技支柱是马里兰的贝蒂斯达实验室，财政支柱是洛克菲勒财团。现在全美形形色色的生物技术公司已不下几百个，一些很有实力的财团和大企业，看准这一机遇，拿出巨大财力纷纷投入生物工程。仅美国的杜邦公司在 1981 年就宣布投资 8500 万美元建立一座生物综合研究机构。同时，将向哈佛大学医学院的分子遗传学的一研究机构投资 600 万美元，用以资助分子生物高技术的研究工作。这个机构研究课题也十分广泛，从制药、改良植物品种直到杀虫剂无所不包。现在美国的一些大学和研究机构已将注意力转向“生命工业”。其 80 年代中期用于发展生物工程的投资就达 25 亿美元，经营的生物产品约 200 多个，有食品、药品、抗生素、激素、疫苗和一些工农业的生物产品。仅单克隆抗体的销售达几千万美元，各大公司对生物产品研制投资观念也有了很大改变，过去一向认为向生物产品研制投资风险大，收益少，不愿冒风险投资，现在却认为，不抓住机遇大胆投资，将会失去不可弥补的机会。与美国的情况相同，日本也出现了蓬勃的“生命工业”。日本政府拨出巨额资金成立农业生物资源研究所，这就是日本研究生物工程技术的大本营。日本新老企业看准这一机遇也纷纷投资成立生物工程的研究机构和生物制品的企业，企业家都看好生物工程是新兴工业中潜力最大的行业。日本发酵工程走在世界各国的前面，1982 年的统计表明，发酵产品的销售额与电子工业并驾齐驱都达到 500 亿美元，占日本国民经济总值的 5%。英国生物公司遍地开花，发展很快，80 年代投资总额已达 6000 万英镑。法国、德国也不甘落后，急起直追，其“生命工业”也有了很大发展，其特点是生命公司兴起快、投资大、产品多、收益大。我国的“生命工业”与其他工业相比其发展速度也是很快的，生物技术公司大批涌现，有国营的、集体的，也有个体的，其主要产品是抗癌药物、干扰素、乙肝疫苗、胰岛素、脱毒苗木、花卉等。生物工程社会化后，生命工业飞速发展，以经营生物工程技术产品的各公司、企业将会获得巨大经济收入，人类将由于“生命工业”的发展而得到巨大利益。

100. 采油冶金微生物小勇士

机器采油、采矿由来已久，采矿业、采油业和冶金业给人类带来了能源和各种材料，也成了国民经济的重要支柱产业。近些年来，随着高技术群的出现，尤其是生物工程的兴起，微生物采矿、采油和冶金已进入应用阶段。细菌作为一支采矿、采油、冶金的生力军进入这些行业的战场。细菌采矿是利用细菌新陈代谢中所能分泌的化学物质，特别是酸类，将矿石中的金属溶解出来，然后经过工业提取回收这些金属。这种细菌参与的采矿被称为“细菌浸出”或“微生物浸矿”，亦可称为“生物冶金”。这种将微生物用作冶金的方法，其实由来已久，在 16 世纪中叶，西班牙的一个露天铜矿中就曾由天然浸出液中回收铜，以后人们才知道这些浸出液中含有大量的细菌，经过分析发现这些浸出液中含有大量细菌代谢的产物，这些代谢产物可以与铜结合，将铜析出。本世纪 40 年代，美国的科学家注意到一些硫化细菌在氧化金属硫化物中所起的作用。目前，世界各国，包括中国对利用微生物采矿的研究方兴未艾，取得了一批成果。细菌采矿、冶金，节省能源，减少污染，便利开采。尤其生物工程出现之后，世界各国的科学家也很注意研究筛选那些对采矿、冶金专门的细菌，同时利用遗传工程培育出具有高效多能的采矿工程细菌。石油开采分为三个阶段，被称之为一次、二次、三次采油。一次采油是新井打出之后，依靠井内天然压力将石油喷到地面而得到，这样只能得到石油储量的 30—40%，二次采油是依靠向井内注水或充气以增加井下压力得到石油，三次采油即是利用微生物进行采油，使用的这些微生物大部分都是一些产气细菌，在井下它们依靠石油作为营养源使之大量繁殖，在繁殖生长过程中大量产生二氧化碳或其他气体，使井内由于气体增加而加大压力，此时可将那些存在于岩石深处的石油由隙间压出而便于人们开采。微生物采油法在石油国家已普遍采用，目前世界上七大石油生产国在几百口油井中注入微生物，石油采收率大增，有的井采收率可提高 1/3。注入的这些细菌在井下除产生二氧化碳等气体之外，还产生有机酸、表面活性剂、大分子的聚合物、它们不但可增加井下压力而且可以降低原油的粘度、改善原油的流动性。从而改善了井下条件，增加了原油产量。微生物创造了采油的奇迹。

101. 取之不尽的能源

能源枯竭，是人类的末日，但现代人类使用的主要能源石油和煤炭确实面临枯竭。据估算，按现在已知的储量和开采量，到下世纪中期石油将要开采殆尽，煤炭的储量已是屈指可数，尤其我国是个人口大国，能源储量有限，面临困境。现在世界各国纷纷设法探寻新的能源，例如核能、水能和其他可代石油和煤炭的其他能源，但在被开发的这些能源中以生物能源潜力最大。生物能源中人们最熟悉的植物秸秆和木材，在发展中国家的落后地区仍然是能源的主要成分，但总应用量不到地球生物能的 15%，其他却白白地浪费掉了。据粗算，我国土地面积所能接受的太阳能可折合为 16.450 亿吨标准煤。其中绿色植物这些能量储存于植物的纤维素、半纤维素和木质素中。对于这些植物能源的开发是人类未来能源的希望。在一些发达国家，科学家们利用生物工程将细菌和真菌的纤维素酶基因重组到酵母菌中，形成一种具高纤维素酶活力的“超级酵母”，用它将纤维素充分降解，最终使那些植物纤维素生成酒精。巴西的一家糖厂利用制糖后的蔗渣可得到 15—20% 的乙烷基酒精。这种酒精用做汽车燃料效果极佳。现在巴西每年利用植物纤维素通过发酵工程可得到的酒精达 10 亿加仑。相当数量汽车的能源来自酒精，这种酒精在巴西被称作“绿色石油”。有人估计，借鉴巴西的做法，世界能源危机可以得到一定的缓和。据估计，如果每公顷土地平均生产干蔗的干物质 35 吨，这些甘蔗就可折合 24 吨煤或 14.5 吨石油，“绿色酒精”前途无量。日本科学家利用遗传工程方法改造大肠杆菌，即把具有很高可溶性磷酸催化酶活性的大肠杆菌 DNA 转移到普通大肠杆菌中去，使大肠杆菌将葡萄糖分解成酒精，大肠杆菌繁殖速度快，较酵母菌快 3—4 倍，这种方法一旦实现产业化，酒精产量会大大提高。在绿色能源中，沼气又是另一种新能源。它是利用作物秸秆、畜类粪便和枯枝烂叶作为原料，在微生物的作用下，通过发酵而产生可燃的沼气能源。我国是沼气生产大国，全国可使用的沼气池有几百万个，分布在能源缺乏的农村，但工业沼气池尚少。在美国也建有这种沼气池，尤其是工业沼气池，如酒精厂所建的沼气池，利用固相化细胞技术装置的反应器可达 700 加仑，日处理糟水达 100 万加仑，可得到沼气 400 多万立方米，相当于百万加仑的汽油，在波多黎哥的酒精厂的 90% 能源都是利用这种方法解决的。

近些年来，人们还寻找到了一些能源植物，这些植物或含有油或其汁液可提取石油类物质。澳大利亚有一种藻类，含油量达 7%，巴西科学家曾对 400 多种植物进行分析研究，确认它们中的绝大多数种类都可提供类似石油的产品和石油的替代品，其中有一种石油树，流出的“石油”可做汽车发动机的原油。分布很广的桉树，其含油也极丰富。美国为了缓和石油危机，专门成立了石油植物的研究机构，研究者发现美国的香槐树流出的乳胶可加工为燃料油，野生的灌木霍霍木的籽实含油高达 50%。我国南方有一种油楠，含油状树液，一棵高 15 米的树可流柴油几十斤。利用生物工程技术充分利用植物固定下来的太阳能，通过生物高技术将其再释放出来，人类的能源是取之不尽的。

102. 前景诱人的生物计算机

现在我们使用的计算机是将信息储存于硅片上，一块小硅片可储存百万个信息。因为技术上的限制，金属硅片上的信息不可能无限增大。科学家们发现生物分子像集成电路一样也可以储存、传递信息，但生物分子非常小，完成一项计算，仅相当于集成电路的万分之一或更少。同时，细菌里的 DNA 具较强的记忆能力，可用作计算机的储存器。科学家们预言，生物计算机不久就可以问世，它可用细菌作为软件，代替集成电路。初级的生物计算机的设计是，外壳由一种非常薄的玻璃膜构成，内装精巧的晶格，晶格内容纳一个生物分子组成的芯片，由生物芯片组成生物集成块负担着计算机主体工作，芯片是应用生物工程按人的指令设计的。生物计算机是一部活的计算机。如把细菌制造的超小型的生物计算机植入体内可以取代机体内某一器官组织的机能，例如置入盲人眼内就可代替眼神功能，帮助盲人重见光明。这种计算机一旦植入生物体内，它可由生物体内获得能量，长久运行。科学家们指出，生物计算机应有以下几方面的特点：首先，能制成超高密度线路，利用硅片制成的大规模集成电路幅度难于超越微米（ 10^{-6} 米）的界限，而以生物分子的集成电路为目标的生物化学元件有可能达到几百埃（ 10^{-8} 米）；第二模拟生物体本身固有的自我修复机能得到发挥，即使芯片出了故障，计算机可以自我修复，第三从根本上说生物原件是利用生化反应进行工作的，需用少量的热就可以工作，不会出现发热现象。生物工程揭示了类似于神经突的生物分子“开关”机理和生物体中电的传输过程，利用 DNA 的拆分、拼接、编辑、复制等重组技术，可设计生物电路，这种生物电路比半导体集成电路要小几个数量级，用生物电路构成的计算机，只相当于现代计算机的几十、几百分之一，而其计算能力大几亿乃至几十亿倍。目前，科学家们已掌握了生物电路的方法，但尚未将这些电路拼接起来，不管怎样，生物计算机的前景是极其诱人的。

103. 以菌治菌保健康

在一个具有生产者、消费者和分解者的生态系统中，正常情况下三者之间处在一个相互依存、相互制约的一个相对平衡的状态。与此相同，人作为一个微生态系统，健康人体的内环境是一个平衡的生态环境。这个微生态环境一旦失去平衡，人体就会发病。例如在健康人体的肠道中存在有数以十万亿计，120 种以上的微生物，这些微生物中绝大多数（约 95% 以上）对人是有利的，但仍有 1% 左右的微生物对人体是有害的。这些细菌之间，细菌与人体间处于一种平衡状态，相安无事，人体健康。但当人体由于食物、饮水不当或服用某些药物、包括抗菌素之类，或者接受放射物质做“化疗”就可能使这种自然平衡遭到破坏，或可能出现大量有益细菌的减少或有害细菌的增加，有害细菌的繁殖生长，释放出各种有毒物质，引起菌群生态失衡，人体发生疾病。科学家们注意到，在人体肠道中正常菌群以双歧杆菌和乳酸杆菌等占优势，在其代谢过程中能合成人体所必需的维生素、尼克酸、叶酸等，这些细菌繁殖增长还可抑制其他有害菌类的繁殖生长，另外它们还是肠道的“清道夫”，清除致癌因子和多余的自由基、亚硝胺等有害物质，从而可以增强人体免疫力、防止多种疾病的发生。当人们了解了人体微生态系统的运转机制和结构成分之后，就可以利用生物技术，在体外培养繁殖甚至通过遗传工程培育对人体生存更加有利的菌群、然后再将这些有益菌群制成微生物制品，送到人体肠道中，恢复微生物平衡。现在已经有不少营养学家已研制出含各种对人体有益细菌像乳酸杆菌、双歧杆菌的饮料和食品进入市场供人们选用，这是以菌治菌的饮品。这种以菌治菌，维护微生态平衡的饮食疗法其本质上是通过对人体有益细菌的补充，抑制有害细菌的生长，从而达到抵制病原菌的蔓延增强人体健康的目的。

104. 什么都吃的小生物

微生物是生物界中最小的生物，光合细菌、蓝细菌、微型藻类等是能利用光能的那些类型，还有一些可以从无机环境中获得能量的自养微生物，它们都是自然生态系统中的初级生产者。更重要的是它们中的绝大部分细菌和所有真菌又是自然界生态系统中的主要分解者。由于这些小型生物的活动，使地球上一切非生命组分与所有的生物联系起来。微生物在自然界中起着媒介作用，这些微小生物是什么都吃的，如果没有它们的存在，地球表面上的动植物尸体和代谢产物很快就会堆集如山，生物体主要组分和物质来源像氮、磷等元素很快消耗殆尽。这些什么都吃的小生物，给人类带来了极大利益，从实验得知微生物由于可吞噬致癌毒素，从而使人类减少了癌症威胁，一些可吃石油的细菌可以作为清道夫将石油污染解除，还有环境中的铅、镉、酚、氰、硫、汞以及垃圾中的一切有毒物质都是可以被环境中无所不在的细菌分解掉。一方面细菌吞噬了环境的那些有毒物质建造了自身，同时，又把物质分解后使一些元素复原又回归大自然。实现了地球生态系统物质和能量的正常循环。自然界中这些微生物可以把有机物分解矿化，它们是地球的清洁工。地球上的微生物种类极多，估计不会少于十余万种，它们的分布极广，生物圈内、土圈内、水圈内以及大气圈内都可以找到它们的踪迹。近20多年以来，生物高技术出现以后，这些微生物给遗传工程、细胞工程、酶工程和发酵工程提供了工程原材料，没有微生物的存在就没有生物工程。目前人们对微生物的研究认识还是很不够的，我们已知微生物的物种数不到微生物种的10%！大约还有90%的微生物我们全然不知。微生物在地球无孔不入，除了怕火，它什么也不怕。美国的科学家曾在太平洋深达1万米深的海底温泉中发现了一个不依赖阳光支持的生态系统，支持这一生态系统的是一些硫细菌，它们以地壳中逸出的硫化氢气体作为能源，以二氧化碳为碳源。在100℃的高温、1140个大气压和缺氧的条件下进行自养生活。这些硫细菌的数量可以达到每毫升100万—100亿个，大理的硫细菌还供养了周围的一些其他生物。微生物具有最高的繁殖速度，大肠杆菌和梭状芽孢杆菌在适合的条件下，20分钟就可繁殖一代，一昼夜一个细菌可产生 4.7×10^{21} 个后代，24小时可达 2.2×10^{43} 个后代。假若一个细菌的重量为 10^{-12} 克，那么48小时总重量则为 2.2×10^{25} 吨，这个重量相当于4000个地球的重量。当然，由于种种因素的限制，这种几何级数的增长只可能维持几小时或更少的时间。实验室培养条件下，每毫升培养液中的细菌一般不会超过 10^8 — 10^9 个。微生物的易变性对人类社会是一大益处。微生物是原核的生物体，是单倍体，繁殖快，数量多与周围环境直接接触，其易变性很强，即使变异频率很低（如 10^{-5} — 10^{-10} ）也可在其后代出现大量的变异后代。环境改变时，大量的不适应的细菌会大量死亡，但能留下一部分会继续存活下去，这是通过自然选择后，幸存下来的种类，它们发生了结构上和生理上的变异而适应了新环境。近五十年来，由于工业化的发展出现了大量的人工合成的有机化合物，如杀虫剂、除草剂、洗涤剂、增塑剂、塑料等。这些有机物是地球上新参加进来的成员。开始，微生物对它们无能为力，不能或很难分解它们，由于微生物具有很强的变异性，近年来，许多难降解的化合物已陆续地找到了分解它们的微生物种类。微生物的易变异会引起一些优良菌种的退化，会使致病菌对抗生素等产生抗药性等而会给人类带来不利；但人类也可利用微生物这一特

点，在微生物制药、制剂，较容易地选育出高效、优良的生产菌株，使质量和产量大大提高。在环境保护中，废水生物处理活性污泥驯化，选育特定微生物，运用遗传工程选育出“超级细菌”以分解难降解的有机物。微生物个体小、繁殖快、分布广，什么都吃，是人类的一大资源宝库，我们应积极开发利用这一宝库。以有效地利用这些什么都吃的微生物来保护环境、获取产品、保障健康、造福人类。

目前，一些发达国家的人们向往大自然，一有闲暇就扑进大自然的怀抱，享受一番大自然的爱抚，这是一种返璞归真，让蓝天大海熨平那污染了的精神欲望。我国古代也有不少学富五车的人归隐山林，与溪友为邻、与樵夫共醉，花间一壶酒、采菊东篱下，以净化灵魂。大自然的博大精深，会给人们带来博大的精神世界。但今天，由于人口的剧增，人类活动的频繁，大自然环境危机四伏，各种污染物急剧增加，大地、河流、空气都受到严重污染，形成环境公害，导致对人体健康直接威胁，尤其是类似癌症、遗传病的急剧增加都大大超过了遗传因素，是由于环境质量下降乃至恶化的结果。在中国，曾对 3000 多例新生儿和 1000 多例遗传病例进行染色体分析，发现染色体畸形 154 例，又对其中的 130 例进行家谱调查，发现属上代遗传的仅 40 例，而新发的染色体畸变达 90 例，这就是说其中 70% 的畸变是因环境质量变坏所引起的。这些诱发畸变的环境因素主要是化肥、农药、工业废气、污水、病毒感染、放射辐射等对环境的污染。国外也有同类的调查报告，癌症和遗传病的发病与环境质量恶化成正比例关系。为了解决环境问题，各国政府和科学家们都提出了很多策略和治理方法，但经多年工作收效并不显著，问题反而越来越严重，如何彻底地解决这些问题，各国科学家较统一的看法是只有依靠生物工程的高技术才是根除环境变坏的一条途径。目前，科学家和环境工作者们在治理污水排放方面利用环境微生物对水中污染物进行生物降解取得成效，微生物具强大的对各种污染物降解能力。如对人体健康有严重危害的酚、氰、硫、各种农药残毒、重金属残毒等。这些污染物的处理一方面可以在大自然中筛选出特异的专一的细菌用于污水处理厂形成活性污泥，还可以进一步利用遗传工程通过对某些污染物有特殊降解力的细菌，将其染色体杂交创造具有对多种污染物都有降解力的杂交工程菌。在美国和一些发达国家有好几家大型的生物技术公司专门销售单一的或混合的排污细菌，还有经基因工程技术合成的多功能的工程细菌。用于治理食品、化工、炼焦、造纸和城市污水，都取得很好的效果，细菌生产公司也取得了良好的经济效益。单纯的依赖于自然界中现存菌种的选育应用，细菌的降解能力受到限制，美国的科学家曾把四种不同的假单胞菌中分解辛烷、樟脑、二甲苯等化学物质的基因转移重组到一个菌株内，使其形成一株具有对石油强大降解能力的杂交菌株——降石油工程菌。使用这种“超级菌”可以在几小时内将浮在水面石油中的大部分烃降解。而在常规情况下，要达到这一目的必须要一年以上的時間。DDT 这种农药由于对环境污染严重并且有毒性积累已被禁用，但在长期使用 DDT 后，许多昆虫对 DDT 有了抗药性，这种抗性是由于这些昆虫的基因发生突变，为了获得对 DDT 具强大忍耐和降解力的微生物，科学家们将昆虫体内抗 DDT 的基因重组到细菌内，这些具强大降解 DDT 能力的细菌应用于环境可以降解环境中集累的那些 DDT。瑞典的科学家将嗜油酸单胞杆菌的耐汞基因转移到臭腐假单胞杆菌中，后者的耐汞能力大大提高，这种细菌大量繁殖可以把水体中的剧毒汞化物吸收到细菌中，经代谢活动将这些汞化物还原成汞，然后人们再把这些细菌集中起来将那些金属汞加以回收，从而使含汞废水得以净化。自然界中苏云杆菌体内产生的毒性蛋白可以杀死鳞翅目的昆虫，比利时科学家们将这种毒性蛋白基因转移到大肠杆菌中，使其产生大量毒性蛋白，利用化学方法将这些毒性蛋白淬取出来合成化学农药用于

消灭鳞翅目农业害虫取得生物防治的良好效果。这种农药对害虫的杀伤力大而对环境却无任何污染。为了提高农作物的产量，农业化肥和农药的使用量逐年增加，农产品的产量是提高了，环境质量却日趋下降，为解决这些矛盾科学家们也在探索创造类似大豆那样的具有固氮能力的农作物以减少化肥的使用量，他们试图将大豆细胞内的固氮基因组合到类似小麦、玉米、谷类等作物上，使其具有固氮能力，目前这种工作正处于深研究阶段，已初步取得一些进展。

人类生存环境质量问题是人类文明史上的大问题，返朴归真，使人类能生活在一个理想的环境中，能够帮助我们的是生物高科技。

古生物学家在研究生命起源和生物进化时往往对生物存在的直接或间接证据进行分析研究最后得到恰当的结论。这些证据可以是古生物的化石、遗迹、遗骸等，也可以是生物胚胎发育过程的间接证据或者是生物之间形态结构上的相似器官系统等。但当 DNA 的双螺旋结构学说公布之后，分子生物学的知识启示人们：只要能得到古生物体内 DNA 物质，了解它的分子结构，分子排列顺序，就能够直接判断这些古生物的庐山真面目。科学家们在考古现场，可以找到古生物化石中 DNA 分子的片段，通过生物工程使其“繁殖”、倍增那些 DNA 片段，就可以破译包括生活在地球上几百万年以前的古生物体“模样”。例如，我们可将现存于地球上的琥珀化石打开，取出那些昆虫内的 DNA 分子片段用以“繁殖”DNA 分子，再分析其分子排列顺序找出不同形态昆虫之间的亲缘关系。同样，博物馆内一些兽皮、标本室内的一些标本，甚至已经绝灭了的类型，都可以通过那些“复原”的 DNA 顺序找出一些有用的考古数据。法国的一些科学家曾对 23 具木乃伊取下几克组织，又在仅存的细胞核内取出 DNA，通过电泳，木乃伊的 DNA 已被降解为 100—200 对碱基（新鲜组织细胞 DNA 分子一般有 10000 对碱基），根据 100—200 对那么短的 DNA 上的信息判断生物性状是比较困难的。如何解决这一问题呢？科学家们采取了分子克隆的办法。在分子克隆中，把古老的 DNA 融合到载体 DNA 上，该载体赋予古老 DNA 在细胞内自我复制的能力，接着将这个克隆分子导入细菌内，每个细菌各自倍增一个单独的原始 DNA 片段，然后，将这些细菌内的 DNA 分子进行顺序分析，慕尼黑大学的一位教授用这种方法克服了考古过程中的一些难题，最后通过对这 23 具木乃伊的 DNA 分析，找出了这些死尸是 2310—2550 年前去世的，从木乃伊的组织中分离了 2 个 Al_u 的重复（在人的鲜活组织中大约需要 100 万个拷贝才出现一个 Al_u 的重复）的细菌克隆进行研究。这一成就告诉人们：在个体死亡之后，DNA 仍能存活很长时间。美国科学家借鉴上述的研究成果对南部非洲在上世纪末才绝灭的斑驴（马科）进行研究，从而得到了斑驴与斑马具很近的亲缘关系的结论，但与其他马科动物的距离较远。尽管如此，古老 DNA 的克隆是难以制备的。科学家们又研究出了试管克隆技术，这种技术是建立在聚合酶链式反应法的基础上，使某一特定的 DNA 片段在试管内扩增，用这一方法可以将古老 DNA 片段从小到单个的 DNA 分子可以实在地产生几十亿个拷贝，科学家们认为，聚合酶链式反应法可能为古老 DNA 的研究开创崭新的前程。简单地说只要我们能找到古老生物的 DNA 片段，通过生物高技术，我们就可以打开古生物研究的大门，使已经绝灭了或现存生物的古老祖先“开口讲话”。但自然有时是无情的，由于缺氧、缺水、寒冷的天气，古老生物的 DNA 有时是难以存在的。但自然有时也有密而有一疏，古老生物 DNA 只要有存，就可见庐山真面目。

107. 向宇宙进军的新纪元 ——航天时代

从 1957 年苏联第一颗人造地球卫星上天至今，航天事业经历了近 40 个春秋。在短短的 40 年期间，航天技术取得了长足的发展，如卫星的发射与回收、载人宇宙飞船的升空、载人登月的成功、星际航行探测、通信卫星的应用等等，使人类真正的进入了征服宇宙的新时代——航天时代。

人们对航空已不陌生，各种类型的飞机已广泛的应用于军事、经济领域。所谓航空是指人们离开地面升入空中、在空中从地球的一地到另一地，而在空中时并没有脱离地球的引力和地球的大气层范围。现代的各种飞机、飞艇都是属于航空范围内的航行工具。

航天又比航空进了一步，活动的范围更大一些，航天的概念首先是指脱离了地球引力范围的航行，但还是在太阳系内大约几十亿公里的范围内进行的航天活动。火箭、导弹、人造卫星、航天飞机等活动范围都是属于航天的活动范围。

宇航或称航宇的范围更广，它是指脱离和跳出太阳系范围，到更广阔的星际空间。例如到银河系以至到更大恒星际空间的宇宙范围内去活动、去探测。人们通常把航天和宇航两个外层空间的科学实践和探测活动，通称为航天活动范畴。航空和航天有一定的联系，但却是两个不同的领域。航天是人类所从事的崭新领域，是认识宇宙造福人类的伟大壮举。

航天飞行一般包括四个领域：（1）近地飞行。是指在近地空间内的飞行。所谓近地空间从天文物理观点来看，近地空间是地球对行星际介质状态有影响的领域；从天体力学观点来看，近地空间是地球作用的范围。在这个作用范围内的运动可以近似的当作地球中心重力场内的运动。因次，近地飞行就是研究地球卫星的运动。（2）登月飞行。登月飞行是指宇宙飞行器达到月球作用范围的飞行。它包括：绕月飞行、击中月球、在月球着陆。向月球的飞行比较复杂，它涉及地球、近地空间、月球及近月空间。（3）行星际飞行。是研究飞行器在地球作用范围之外的行星际宇宙飞行，有时也称为空间宇宙飞行。前两种飞行只研究浅层空间，而星际航行则进入飞行时间很长、距离范围很大的广阔宇宙空间。太阳系的很多天体都成了我们研究的对象。这些天体包括：太阳（它是离我们最近的恒星），地球以外的八大行星（水星、金星、火星、木星、天王星、海王星和冥王星），目前已知的行星的卫星（大约有 32 个），成千上万的“小行星”和小天体，许多彗星及无数的陨星等。所有这些天体都可以用不同的宇宙航行办法加以研究。总之研究对象包罗了行星际空间本身的所有物质和射线。（4）向太阳系外飞行。也称恒星际飞行。研究对象是太阳系以外（确切的说是冥王星以外）的区域。宇宙由许多星系组成，太阳这颗普通的恒星就位于许多星系的银河系中。目前，人们对恒星际飞行还只是从概貌上进行了解，基本上只从飞行力学的角度而不是从火箭技术的角度加以研究的。

108. 现代科技与工业之花 ——航天技术

航天技术是一门新兴的独立的科学技术，它涉及广泛的工业领域，科技领域，集横断性、涉透性和先进性于一体，可以说航天技术是现代科技和工业之花，也是一个国家综合国力的体现。在当今世界能独立的开展航天技术领域的活动和研究的国家不多，目前只有前苏联、美国、中国、日本和欧洲航天局，其他一些国家只能从事卫星的设计生产，而发射卫星的运载工具和地面测控等完全依赖别人。我国的航天技术已经结束了实验阶段而进入了应用阶段和商用阶段，可以承担为外国的商用发射。

航天技术主要包括：运载火箭、卫星及其他飞行器、地面测控系统三个主要环节，它涉及物理学、化学、数学、力学、材料科学、生物学、地学、计算机科学、信息论、控制论、系统工程论等诸多学科，也涉及工业加工的各个领域。因此没有门类齐全、技艺一流的庞大科技队伍、没有雄厚的工业基础、没有足够的财力是根本办不到的。一句话，没有综合国力那确实是“登天难”。

世界上很多国家为什么重视航天技术？主要原因是：（1）首要原因在国防军事上的考虑和应用。在已经发射成功的 4000 多颗航天器中，用于军事目的的约占 70—80%，航天手段早已成为军事活动的重要工具。（2）从开展航天的活动中发展了成千上万项有潜在工业应用价值的新技术，从而促进了材料科学、生命科学、环境科学、物理学、化学和天文学的发展，取得了很多新的突破，并取得巨大的社会效益及经济效益。（3）空间航天事业还为科学发展提供了新的研究和实验的手段，开辟了新的研究领域，促进了对空间环境、天体和地球的客观研究和认识。从而导致人类社会的科学、技术经济和生产等多方面的重大而深刻的变化。

作为综合性、多科性和前沿性的航天技术，它和生物技术、信息技术、新材料技术、新能源技术、海洋技术等被列入世界公认的、并被列入 21 世纪高新技术的重要发展前沿。可以预言，21 世纪将是人类在航天技术和航天事业中，取得突飞猛进和大放异彩的新时代。

109. 上天的云梯 ——运载火箭

火药是我们祖先对人类的四大发明之一，因此，火药在我国也是运用得最早。像九龙这类爆竹、礼花就是现代运载火箭的雏型。航天飞行器的运载推进系统是航天的基础，没有运载火箭就无法登天。运载火箭的任务是将卫星或飞行器送入预定的空间轨道。这就需要运载火箭有足够大的推力，那么这个推力是如何产生的呢？作为运载火箭要它以某种方式将储存在火箭内的物质（称为工质或燃料）喷射出去，火箭对喷射物质作用一个力，按牛顿的作用力和反作用力相等的定律，则喷射物质对火箭也有一个大小相等方向相反的作用力推动火箭运动。推动火箭运动的力称为推力（ $F=vm$ ）。当这个推力足够大时，就可以把卫星或飞行器送入相应的空间轨道。

火箭是一个复杂的结构体，由成千上万个零部件组成。其起飞的初始质量包括：火箭结构、工质和有效载荷。没有有效载荷的航天飞行是毫无意义的。因此，在运载火箭的实验阶段，自然没有真正的仪器设备、宇航员或弹头等，但也要装有模拟实际情况的配重。运载火箭的起飞质量随着工质的喷射而成正比例下降，这有利于火箭的加速。因为火箭的推力不变，质量在减少，当然推力加速度就不断地增加。但随着工质的不断喷射，则储存的工质就逐渐被排空，而剩下的工质储箱壳体就成了火箭的“死重”。火箭就再不能提高加速度。作为运载火箭必须把有效的载荷送到预定的运行轨道或预定的目标，因此运载火箭就必须要有足够的推力。要增加推力，就必须增加工质，而增加工质势必要扩大工质储箱，从而导致火箭起飞质量增加，最后使推力无法增加。这就是一级火箭的局限性。

有鉴于此，科学家们提出最好能在某个时刻把这部分无效的“死重”从火箭上分离掉，然后再使第二级火箭工作，用这种思想设计的火箭称为多级火箭。多级火箭一般是有多个独立的火箭串联而成。不过增加火箭级数的做法也有一定限度的，它不能像积木那样，其最后一级不能任意减小，因为结构和有效载荷不能任意小。而且增加火箭的级数就会增加其结构的复杂性，降低其可靠性，速度增量也会随之减少。故常用的运载火箭一般为二至五级。

我国自行设计和制造的运载火箭，已广泛用于一箭多星的发射、潜艇水下发射、洲际导弹运载火箭的发射、地球同步通信卫星的商用发射，这些都标志着我国运载火箭从推力、性能可靠性和国际商用信誉均达到世界先进水平。

110. 运载火箭的心脏 ——火箭发动机

火车在铁路上奔驰、汽车在公路上运行、飞机在空中飞行都离不开发动机，同样运载火箭要把卫星和各种飞行器送上预定的空间轨道，也要靠发动机，因此说，发动机是运载火箭的心脏。目前已投入应用的发动机种类有：

（1）热化学火箭发动机（也称化学发动机）：它是利用燃烧的化学反应所放出的大量热能，把反应物质加热到高温，从而膨胀，使它们能以很高的喷射速度从火箭里喷出来，形成推力。其喷射速度基本取决于膨胀气体的温度和平均分子量。科学家们经过努力得出作为推进剂应由原子量低的化学元素组成。即门捷列夫周期表中除惰性气体外的前十种元素比较适合。下面简单介绍两类热化学发动机：

液体发动机：这种发动机的推进剂是液体，因此称液体发动机，其推进剂由燃烧剂（如煤油、乙醇、肼、液氢等）和氧化剂（如液氧、硝酸、过氧化氢等）组成，而且它们分别存放在燃烧剂箱和氧化剂箱中，借助于一定的压力或专门的泵，把燃烧剂和氧化剂送进燃烧室内混合燃烧。燃烧室的产物经过漏斗状的喷管喷出，燃烧室内的绝对温度可达 4000—5000 度，喷射速度可达 4.5—5 公里/秒。

固体发动机：因推进剂是固体，故称固体发动机。固体推进剂本身就含有氧化剂和燃烧剂，用不着燃烧箱和氧化剂箱分别存放，也不用泵，结构比液体发动机简单得多，但固体发动机在燃烧控制上比液体发动机困难，很难使发动机在需要的瞬间关机。固体发动机的比重比液体发动机小，这也是固体发动机的一显著优点。

（2）热核发动机：它的工作原理和化学发动机没有什么显著差别。唯一的差别就是工质的受热原因不同。化学发动机的工质是用内部化学能加热的，而核发动机的工质是用“外部”的热，即用核反应过程中释放出来的热来加热的。这类核发动机有：利用原子能爆发的方法使工质挥发的脉冲式核发动机；利用原子核聚合反应的核发动机；利用同位素辐射衰变的核热发动机。这几种发动机提供的加速度很小，只有重力加速度（约等于 9.8 米/秒）的百分之几甚至万分之几，是一种小推力发动机。因此不能用在飞行器地面发射阶段，一般用于飞行器空间运行时的姿态控制和轨道机动。

此外还有太阳热发动机、电火箭发动机、帆系统发动机、光子（量子）发动机等。这些发动机大都处在试验阶段，还没有真正投入应用。

111. 航天器的太空渡船 ——航天飞机

运载火箭是人类从事航天活动的物质技术手段。如同过河，如果没有渡河的工具，过河就是一句空话。登天也是如此，没有登天的工具，那真是难于上青天。所以有时人们也把航天运载火箭称为运载工具。目前使用的航天运载火箭都是一次性使用，即一锤子买卖。从事一次卫星发射后，无论成功与否，作为运载火箭就随之报废，这个代价实在太高，一次发射费用往往高达数亿乃至数十亿美元之巨。有鉴于此，美国于 60 年代末开始研制“太空渡船”——航天飞机。美国是世界上第一个研制成功航天飞机的国家，也是目前世界上唯一使航天飞机投入商业运行的国家。

航天飞机是集火箭、飞船和飞机三者之大成。它起飞时能像火箭那样瞬间向太空进入轨道；入轨后它又像飞船那样绕轨道正常运行；返航时它又恰似飞机那样在大气层里滑翔，在普通机场降落。世界上第一架航天飞机是美国的“哥伦比亚”号，于 1980 年 10 月试飞成功，这是人类航天发展史上的一个里程碑。

航天飞机是一个复杂的组合体。主要有三部分组成：轨道飞行器、助推火箭、推进剂外储箱。由于航天飞机是一种主要部件可重复使用并具有极强生命力的运载工具，所以人们又称之为“太空渡船”。

航天飞机和其他运载工具相比具有以下优点：（1）可减少发射费用。如使用一次性运载火箭发射卫星的费用大约是：数千美元/公斤，而使用航天飞机则可减少到：数百美元/公斤。（2）能有效的减少有效载荷的研制费用。因航天飞机的设计已考虑到减少过载、振动、噪声等环境的影响。同时还可在空间维修卫星，这样可简化卫星设计、延长卫星寿命、减少卫星故障率、更大的发挥卫星效能。（3）灵活性大。航天飞机可运载任何类型的有效载荷，可载人和仪器设备、可施放各种卫星，满足军用和民用的多种要求。（4）使航天活动经常化和实用化。目前的一次性运载火箭，发射前的准备和测试过程复杂、周期长，一般需五个月左右甚至更长，而航天飞机两次飞行间隔修整时间为两个星期即可。

112. 规律是对客观的认识 ——航天器运行的开普勒定律

开普勒三大定律是对行星运动和人造卫星运动规律的客观描述和揭示。

(1) 开普勒第一定律：人造地球卫星的一种可能的飞行轨道是以地心为焦点的椭圆。以地心为焦点的椭圆，存在一个远地点(A)和一个近地点(P)，与此对应的有远地点高度(h_a)和近地点高度(h_P) (图6)。

(2) 开普勒第二定律：卫星在轨道上运动时，向径在单位时间内所扫过的面积为常数。由于轨道是一个椭圆，要保持相同时间内扫过的面积相等，卫星在轨道上运行的速度必然不等。由此可知，在近地点时卫星飞行的速度最快，在远地点时卫星运行的速度最慢。这种变化规律称为面积速度守恒(图7)。

(3) 开普勒第三定律：卫星沿椭圆轨道的运行周期的平方与半长轴的立方成正比。设 T_1 、 T_2 分别为两颗卫星的运行周期， a_1 、 a_2 分别为这两颗卫星的半长轴，则有：

113. 遵守规矩成方圆 ——卫星的轨道参数

卫星的轨道参数也称轨道根数、轨道要素。轨道参数一般有六个，它们是确定卫星在空间位置的基本量。这六个轨道参数是：（1）轨道倾角 i ：轨道面和赤道面之间的夹角；（2）升交点赤经 Ω ：从春分点方向轴（X）到升交点的角距；（3）轨道半长轴 a ；（4）轨道偏心率 e ；（5）近地点角距 ω ：地心至升交点连线与地心至近地点连线之间夹角；（6）卫星过近地点时刻 t_P 。或平近点角 M ，是指卫星由近地点起按平均角速度运动所走过的角。

上述六个参数决定轨道平面在空间的位置、椭圆轨道的大小、椭圆的形状、椭圆长轴的方向，这样卫星的轨道就完全确定。确定后可知卫星在某一时刻在轨道上所处的位置。根据轨道面和赤道面的夹角不同分不同的轨道：当卫星的轨道倾角等于零时，此时轨道称为赤道轨道，轨道倾角等于 90° 时，卫星轨道通过南北极上空，此时称为极地轨道。除上述两种轨道外，其余任意倾角的轨道称为倾斜轨道。卫星运动方向与地球自转方向相同，其轨道称顺行轨道；运行方向与地球自转方向相反，称为逆行轨道（图 8）。

卫星轨道本身最重要特点是近地点高度、远地点高度和轨道周期及轨道倾角，这是发射卫星的国家官方公报公布的参数。

114. 飞跃是量变的结果 ——飞行器的轨道

向远方射出的炮弹或向高空抛出的物体，最后总是落到地面，原因在于地球周围的物体都受到地球引力场的作用。而各种航天飞行器不仅能绕着地球飞行，有的还可以脱离地球，飞向太阳系的其他行星，还可以飞离太阳系到其他恒星系去。这是为什么呢？其关键是和各种航天飞行器的速度有关。

根据牛顿万有引力定律，可求得地球的引力： $F = g_0 m \left(\frac{R}{r}\right)^2$ 。而物体作匀速圆周运动的向心力为 $\left(m \frac{v^2}{r}\right)$ 。

欲使物体在距地心 r 处绕地球作圆周运动，应使物体受到地球的引力与物体作圆周运动的向心力相等。故得：

$$V = \sqrt{g_p R} \cdot \sqrt{\frac{R}{r}}$$

当物体在地球表面不远处运动时， r 与 R 近似相等。因地球表面重力加速度 $g_0 = 9.81$ 厘米/秒²，地球半径 $R = 6378$ 公里，所以得到

$$V_1 = V = \sqrt{g_0 R} = 7.91 \text{ 公时 / 秒}$$

（其中：上述公式中的符号含义如下： M 为地球质量， m 为物体质量， r 为物体绕地球旋转的轨道（圆周）半径， V 为物体环绕地球旋转的速度。）

速度 V_1 称为第一宇宙速度。也就是物体在地球表面附近作圆周环绕运动所必须具有的速度，简称环绕速度，也就是发射人造地球卫星所必须达到的速度。

第二宇宙速度是指从地球表面某一高度上发射一个脱离地球引力场的物体所需的速度，也称逃逸速度，也有称为逃离速度。

设物体距地心为 r ，则在 r 高度的地球重力加速度为： $g_r = g_0 \left(\frac{R}{r}\right)^2$ 。当物体被发射动能足够大，以致克服地球对物体的吸力势能，物体飞到无穷处的势能为零。则

$$\frac{1}{2} m v_2^2 = m g_r r$$

$$V_2 = \sqrt{2} \cdot \sqrt{g_0 R} \cdot \sqrt{\frac{R}{r}}, \quad \text{因 } r \approx R$$

可见第二宇宙速度为第一宇宙速度的 $\sqrt{2}$ 倍。即第二宇宙速度 $V_2 = 11.2$ 公里/秒。

第三宇宙速度是指地球表面的物体脱离太阳系引力场所需的最小速度。同样道理我们可以求出第三宇宙速度为： $V_3 = 16.6$ 公里/秒。

由上述可见，航天飞行器运行轨道完全取决于其速度 V 。当 $V < V_1$ 时，则运行的轨道为与地球表面相交的椭圆，即远程弹道式导弹的飞行弹道。当 $V = V_1$ 时，为圆形的人造地球卫星轨道。当 $V_1 < V < V_2$ 时，为椭圆形人造地球卫星的轨道，且速度越大，椭圆率就越大。当速度 $V = V_2$ 时，航天器的轨道为抛物

线；当 $V > V_2$ 时，轨道为双曲线。抛物线轨道和双曲线轨道都是宇宙飞船及宇宙探测器使用的轨道（图 9）。

115. 星地相随同行 ——地球同步轨道

运行周期与地球自转周期相同的卫星称为地球同步卫星。地球同步轨道通常必须在赤道平面内，也就是说卫星在赤道上空运行，且运行方向与地球自转方向一致。从地面上看去，卫星如同静止，故地球同步轨道卫星亦称静止卫星，其轨道称为静止轨道。大家知道，地球自转一周为一天，即 $23^{\text{h}}56^{\text{m}}04^{\text{s}}$ 。人造地球卫星的运行周期的公式为：

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g} \left(\frac{R}{g}\right) \left(\frac{v}{R}\right)^2}$$

将地球的自转周期代入公式可得卫星的运行高度约等于 35810 公里，通常人们近似地认为 36000 公里。这就是说，作为地球同步轨道的卫星，其轨道高度必须满足上述高度。

地球同步轨道，是人造地球卫星采用比较多的一种轨道，它具有其他类型轨道无可替代的优点，比如覆盖全球面积大，所需卫星数量少（仅需均匀在赤道上空分布三颗），地面测控管理和数据信息交换比较方便。目前在地球同步轨道上有 200 多颗卫星在运行，其中大部分是通信卫星。

同步轨道卫星的发射一般是在靠近赤道的低纬度的发射场进行，且一般均采用顺着地球自转方向的顺行轨道。这样有利于轨道机动，有利减少运载火箭的推力。那么，一颗卫星是如何定点于静止轨道呢？这种卫星一般重量都比较重，同时为了轨道机动的需要，随着卫星进入转移轨道的还有远地点发动机（也称四级发动机）。所以，一般是用三级运载火箭进行卫星发射。通过三级运载火箭按预定的制导精度和工作程序，相继点火工作后，卫星（含远地点发动机）被送入了偏心率（也称椭圆率）比较大的椭圆轨道。不过该大椭圆轨道具有一个显著的特点，即远地点高度约为 36000 公里的同步卫星高度。这样的大椭圆轨道又称转移轨道。这是第一步。在转移轨道段，地面卫星观测站和测控中心，对卫星进行紧张的跟踪测控，对卫星的轨道、姿态、转速和星体内的各种仪器设备的工作状况进行严密监视和精确的计算，确定远地点发动机的最佳点火圈和点火时刻，确定卫星轨道面机动（即轨道机动使卫星的轨道面和赤道面重合）所必须的速度增量 v 。当地面测控中心发出远地点发动机指令时，远地点发动机点火工作，使卫星进入准同步轨道。之所以称为准同步轨道，主要是此时卫星的轨道周期和偏心率还有误差；卫星还没有定点在所要求的经度位置；卫星还没有建立正常的工作姿态。这是第二步。在卫星运行于准同步轨道段时，地面测控中心的任务是不间断地对卫星的轨道、姿态和卫星的工作状况进行跟踪测量和大量的数据处理，并且适时准确地发出控制指令，进行各种控制。使卫星的自旋轴和轨道面垂直，卫星天线消旋并固定指向地球的工作范围、修正轨道周期和偏心率的残差，建立卫星向定点位置漂移的速度。当卫星漂移到预定的位置时，立即控制停止漂移。此时经过再轨测试后，卫星就可以进入工作状态，执行预定的任务。这是第三步。至此，就建立了卫星的同步轨道。

在轨道上运行的卫星，由于受到诸多外部和内部因素的影响（亦称摄动），使其轨道、姿态转速和星体内部设备工作状态等都会有不断变化，从而出现超出预定的工作范围，即出现误差或错误。因此，地面测控中心要长期对卫星进行测控管理。主要任务有：卫星的轨道测量和轨道保持，姿态测

量与姿态保持，转速测量与转速保持，卫星工作状况监视和故障对策等，为卫星的正常工作做好保健工作。

116. 永远向着太阳 ——太阳同步轨道

太阳同步轨道和地球同步轨道一样，是人造地球卫星采用最多的轨道之一。太阳同步轨道是指光照角，即卫星的轨道面与日地线的夹角保持不变的一种轨道。或者说太阳同步轨道是卫星轨道面的转动和地球公转而引起的太阳在黄道上的移动同步。由于地球带着卫星围绕太阳不停地公转，因此光照角每天增加，又因地球绕太阳公转一周为一年（约为 365.25 天），所以每天增加的角度为： $360 \text{ 度} / 365.25 \text{ 天} = 0.9856 \text{ 度/天}$ ，即光照方向每天向东转动 0.9856 度。如果卫星轨道面也向东转相同的角度，这样光照角就保持不变。

卫星的轨道面是靠什么力量使它转动呢？轨道面是自然地转动的。因为地球不是一个理想的圆球，它是一个赤道部分略为隆起的扁球，是地球扁率引起轨道面的旋转，也称地球扁率摄动。根据地球扁率引起轨道面旋转的公式，若要满足太阳同步圆轨道的条件，一般轨道高度在 500—1000 公里，轨道倾角（ i ）应满足： $90 \text{ 度} < i < 100 \text{ 度}$ 。因此太阳同步轨道是与地球自转方向相反的逆行轨道。

一般凡是用来从太空中观测地球的卫星；如：照相侦察卫星、气象卫星、地球资源卫星等几乎都在太阳同步圆形轨道上运行。在这种轨道上运行的卫星通过任意纬度的平均地方时保持不变，从而使卫星能在太阳光照角基本相同的条件下对地球摄影，有利于遥感资料的色调对比，加之卫星轨道是圆形的，这样一方面简化了高度校正，另一方面也使卫星姿控精度高。这就给资料处理带来很大的方便和好处。

117. 天外使者的归来 ——卫星返回地球

卫星的再入返回技术是航天技术中又一个高难度综合技术。目前世界只有美国、前苏联和中国掌握这一技术。并不是所有卫星都要再入返回，只有像照相侦察卫星的装有照相胶片的再入舱，载人飞船，航天飞机等，在完成预定任务后需要返回地球，实现准确安全的软着陆。返回式卫星的返回过程，大体上要经历：脱离运行轨道，大气层外自由下降，再入大气层，着陆等四大阶段。要闯过调姿关、制动关、防热关、软着陆关。卫星的返回过程也是一种轨道机动过程，一般都是弹道式返回。究竟如何实施返回呢？

(1) 建立返回姿态。正确控制和调整卫星返回姿态至关重要。在国际航天史上，曾多次发生因姿态调整系统故障而导致回收失败的记录。首先要根据卫星预定飞行计划、轨道情况、星内设备工作情况及地面系统（含回收场区气象）情况，由测控中心确定可回收圈和正式回收圈。正常情况下，当卫星运行到正式回收圈时，测控中心准时发出调姿指令，使卫星的低头角（卫星运行方向和自旋轴夹角）达到 110 度左右，建立正确的回收姿态。

(2) 过渡轨道。由卫星的制动脱轨点到稠密大气层的上边界（稠密大气层的高度约为 100 公里）所经过的轨迹称为过渡轨道，也称下降轨道。在制动点，测控中心发出制动反推火箭点火指令，在制动火箭产生的速度增量 V 的作用下，使卫星（或回收舱）脱离运行轨道进入过渡轨道。

(3) 再入轨道：当卫星进入到稠密大气层边界时再入轨道开始。此时卫星的速度矢量和当地水平线的夹角称为再入角（ α ）。再入角选取必须适当，角度太小，回收卫星进入不了大气层，将从大气层边缘掠过而绕地飞行，或者使入弹道航程加大；再入角过大，则在大气层中受到的过载和气动力加热就大。对于载人飞船，再入角通常为 1~3 度；对于无人回收卫星，再入角不超过 10 度。

(4) 着陆阶段。通常在 10 几公里以下的高度，借助于伞系统（其中包引导伞、减速伞和大面积的主伞等）将回收再入的速度从亚音速 200 米/秒减至安全着陆速度。陆地降落不超过 6 米/秒，海上溅落不超过 10 米/秒，无人再入舱不超过 15 米/秒。这种着陆方式称为软着陆。

118. 完成任务看姿态 ——卫星的姿态控制

人们发射科学实验卫星和各种应用卫星都是为了完成某些特定的任务，而为了完成预定的任务，就要求卫星必须具备和保持正常的姿态。如：可见光照相侦察卫星则要卫星的姿态使相机镜头对着地面；通信卫星则要求其姿态使定向天线的波束对准地球上某一地区；天文卫星则要求其姿态保证观测仪器对准要观测的天体；使用太阳能作为一次能源的卫星，则要求太阳能电池帆板始终向着太阳；……上述情况均需要卫星在运行过程中对地球或其他基准方向保持正确的姿态。此外卫星在轨道上运行，要受到各种干扰力和力矩的影响，这些干扰因素有：空气动力矩、太阳辐射光压力矩、地磁场感应力矩以及卫星内部可动部件所产生的力矩等。这些干扰力矩均会影响卫星的姿态，使卫星产生姿态运动，从而产生姿态偏差。随着偏差的积累，以致卫星“失态”，卫星就不能执行和完成预定的任务，而导致卫星“失职”。为此，当卫星的姿态偏差超过一定精度范围时，就要实施姿态控制使其回复到初始的正常工作姿态。因此对卫星的姿态确定、姿态测量和姿态控制是卫星测控系统的重要任务（见表2）。

卫星的姿态就是卫星在空间的位置方向，为了确定卫星的姿态，就必须有一个参考坐标。参考坐标分为两类：一类是相对某种外部参考矢量来确定卫星姿态。如太阳、地球、恒星、磁场；另一类是测量出卫星离心加速度来确定卫星定向变化利用参考源来获取姿态信息的装置称为姿态敏感器。常用的敏感器有：太阳敏感器太阳角计，地球敏感器红外地平仪，陀螺仪。利用这些安装在卫星的姿态敏感器，来感知卫星姿态的变化，根据卫星的姿态精度要求，再由卫星姿态控制系统对卫星进行姿态控制。卫星姿态控制系统的主要性能指标有：姿控精度、姿控系统的寿命、姿控系统的机动能力和系统的可靠性。姿态控制就是将卫星从一个姿态重新定向到另一个姿态的机动过程。由于需要产生控制力矩，通常采用主动控制方法，而应用最广的是气体喷管控制。一般有切向、径向和轴向三种喷管。喷管采用脉冲式工作方式。地面测控中心根据卫星姿态信息、轨道状态、精度要求等因素，计算出控制时间、喷气次数，地面发出控制指令，由星上姿控执行机构实施。还有一种姿控方法是由卫星自身进行自适应控制。

119. 千里眼和顺风耳 ——通信卫星

当您坐在电视机前收看大洋彼岸精彩球赛的现场直播时，当您拨通地球另一侧亲朋的电话时，可想到这都是通信卫星的功劳。古代神话中的“千里眼”、“顺风耳”，在有了通信卫星和卫星通信技术的今天，已经成为现实。

通信卫星就是人造地球卫星上装上信号转发器，将地面站发来的信号（图像、声音等）经放大和频率变换；再发回地面，实现两地通信。这个过程就是卫星通信。通信卫星和地面站一起统称为卫星通信系统。只要在赤道上空 35860 公里高度上均匀放置（相差 120 度）三颗卫星，就可实现全球通信。这种卫星绕地球运行一周的时间是 23H56m04S，恰好等于地球自转一周的时间，所以这种卫星称为地球同步轨道卫星，也称地球同步定点卫星，即人在地球上看见卫星是相对静止的。通信卫星通常均工作在微波频段，故其通信容量大，同时也不易受电离层、对流层和气象情况的影响，不受山川、河流、海洋和沙漠等地理条件的制约。目前在同步轨道上有 200 多颗卫星在运行，其中多数是通信卫星。由于通信卫星具有通信距离远、信息容量大、通信质量高和比较经济等优点，使卫星通信已发展成为重要的现代化通信手段。承担 4/5 的洲际通信业务和几乎全部洲际电视传播。

我国已成功的发射五颗同步通信卫星。已广泛用于电视、广播、长话和电视教育等部门，取得了巨大的社会效益和经济效益。近期我国准备发射的大容量、长寿命同步通信卫星“东方红三号”，星上配有 24 个转发器，可同时转发 6 路彩电信号和 8000 路电话。使我国的卫星通信事业又迈上了新的台阶。

同步静止通信卫星虽然覆盖面大，但卫星造价、发射费用、能源供应及配套设施都很昂贵。为此，移动通信卫星的应用研究近期又引起人们的关注，预计到本世纪末将有重大发展。移动通信卫星的轨道相对地面是移动的，其轨道高度在 500 公里到 1500 公里之间，属于低轨道卫星。星体是比较简单的小型卫星，发射可用成本较低的小型运载火箭，也可用航天飞机或一箭多星的方式发射。美国摩托罗拉公司 1993 年宣布，计划耗资 33 亿美元建立全球个人移动通信系统。也有人称之“铱星”系统，因金属元素铱有 77 个环绕原子核运转的电子，而该通信系统恰好也有 77 颗近地卫星围绕地球运转，故得名铱星系统。不过后来方案有改动，卫星数由 77 颗改为 66 颗，其名称依旧未变。这是通信领域一项跨世纪、跨国界的科技项目。中国长城工业总公司也参与这一项目。该系统计划于 1998 年投入运行。另外，最近美国微软公司和麦考蜂窝通信公司宣布，两公司合作耗资 90 亿美元建造全球卫星通信网络，由 840 颗低轨道极地卫星组成，每颗卫星覆盖地面 700 公里左右。通话线路 10 万条。由于卫星数量多，使每个通信者正上方均有一颗卫星，通信效果极佳。这个最现代化卫星通信网络，预计于 2001 年投入运行。系统称为“泰乐德西克”（Teledesic）系统。“铱星系统”和“泰乐德西克系统”的不同点，主要在于铱星是用卫星转接移动电话，适用于不固定场所的电话通信以及和电脑相联，而“泰乐德西克系统”可使信息传送者在某一固定地点使用，具有多功能、宽频道的特点，形成畅通的“高速信息公路”。

此外，地处伦敦的国际卫星联合体（Inmarsat）也在积极地形成自己的卫星便携式电话系统，力争与“铱星”和“泰乐德西克”系统相抗衡。

总之，随着上述的移动卫星通信系统的一旦建成并投入使用，全球卫星通信就进入了静止通信卫星和移动通信卫星并存的格局。全球通信业将进入一个崭新的时代——卫星通信时代。

120. 巡天遥看一千河 ——地球资源卫星

地球资源卫星 (Earth Resources Satellite) 是在军事侦察卫星和气象卫星的基础上发展起来的。地球资源卫星的应用, 为人们认识地球, 开发利用地球资源, 保护人类的生态环境, 提供了全新的利器。其主要应用有: 用于农业、林业和畜牧业资源的调查与监视; 用于地质结构和矿产资源的勘探与调查; 地质现象调查和地震预报; 海洋环境资源的勘测; 陆地水资源的考察; 气象监视和预报等。

地球资源卫星为什么能对地球资源进行勘探和监测呢? 就是靠卫星上装有的功能不同的星载遥感器系统。这种遥感器就是卫星的“火眼金睛”。遥感即远距离感测, 从不与物体本身接触的远处, 对目标物体或某种现象的几何尺寸、物理和化学性质进行测量和判定。大家知道, 在宇宙里充满以太阳能量为来源的电磁波。地面上的所有物体都以自身的特有规律来不等量的反射、吸收、辐射或透射电磁波, 甚至同一种类物体的不同自然状态所反射、吸收、辐射或透射的电磁波也不同。这种规律被称为物体的光谱特征。正是因为每种物体的光谱特征是互不相同的, 所以在事先掌握各种物体的光谱特征以后, 把星载遥感器感测到的光谱信息传到地面, 经信息处理, 将其结果与事先掌握的各种物体的光谱特征相比较, 即可识别出物体的种类。这就是地球资源卫星的工作原理。卫星遥感器有四种, 第一种是可见光遥感器, 有电视型和相机型两类。此种遥感器应用最广泛, 技术上也最成熟, 目前分辨率已高达 30 厘米。其缺点是不能全天候工作, 识别伪装能力差。第二种是红外遥感器, 主要有红外辐射计, 多谱段扫描仪和主题绘图仪。红外遥感器能全天候工作, 有较好的识伪能力。其缺点是几何分辨率差。第三种是多谱段遥感器, 是在可见光和红外遥感器基础上发展起来的, 能同时在多个谱段上同时探测同一个目标, 从而取得这个目标的多个谱段的遥感数据和图像。其突出的优点是识别地物非常有效。第四种是微波遥感器。这一波段的遥感技术是近期才发展起来的。也是最有发展前途的。其遥感器类型有: 合成孔径雷达、微波辐射计、微波散射计、雷达测高计等。物体发射的微波能量与物体的温度、内部组成、表面形状及环境等因素有关; 而物体反射和透射的微波能量与物体的固有特性有关, 而与物体的温度无关。故微波遥感器接收到物体的发射、反射和透射来的这三部分能量就可揭示物体的特征, 达到对物体的探测和鉴别。此种遥感器的突出优点是: 能全天候工作, 具有一定穿透物体能力, 能测量地面介质的特性且温度分辨率也较高。其主要缺点是几何分辨率较差。

利用地球资源卫星进行勘探有如下优点: (1) 协助人类改善对地球资源和环境的管理, 这是其他方法无可比拟的; (2) 居高临下, 视野宽广, 卫星高度一般在 1000 公里左右, 比航测飞机高几十倍, 对我国领土普查一次只需拍摄 500 张照片, 而航测飞机完成上述任务, 至少需拍摄 100 万张照片; (3) 适当选择轨道高度和倾角, 卫星可对地面上某些地区进行反复观测, 这非常有利对农作物的生长情况、海洋资源、地球环境以及气象和地震情况进行监测; (4) 由于星上装有现代化观测仪器, 观测质量高速度快, 大大缩短获取情报的时间。用卫星绘制一张中国地图只需几个星期; (5) 卫星勘测成本低。

此外, 由于地球资源卫星的观测信息量特别大, 为了对大量信息进行传

输和处理，需要建立一支庞大的信息接收和多学科综合信息处理系统，把各类信息转化为相应的情报。为有关部门提供服务。

121. 技艺超群的空中间谍 ——侦察卫星

侦察卫星具有侦察面积大、获取情报信息快、不易被截获等优点。美国和前苏联发射了大量的侦察卫星，分别占各自发射总数的 34% 和 36%。

侦察卫星一般可细分为：照相侦察卫星、电子侦察卫星、海洋监视卫星和预警卫星。

照相侦察卫星应用比较广，技术也日臻成熟，目前已发展到第四代。其特点是：一星多用，具有多种侦察手段，既能详查也能普查；轨道能够机动，工作寿命长，每发射三颗就可全年覆盖地球；采用大焦距照相机和高质量胶片，其分辨率优于 0.3M；卫星带用多个胶卷舱，可按指令定期回收胶卷，能及时得到侦查内容的照片。

电子侦察卫星是采用电子技术侦察对方的地面的军事设施、工业设施和通信窃听。其主要侦察目标是对方雷达的精确位置、信号特征和作用距离，以提高导弹和轰炸机的突防能力；确定对方军用电台的位置和信号特征，以监听对方的通信。1994 年 5 月 2 日美国耗资 15 亿美元发射一颗先进的电子侦察卫星，其任务是通过卫星和设置在全球各地的地面监听站，收集“敌国”和“友邦”的通信信号，运用多站超级计算机加以筛选处理。

海洋监视卫星一的任务是用来监视军舰、特别是核潜艇的活动，以提高防卫能力。

预警卫星的主要任务是侦察敌方的导弹发射和导弹的突然袭击，以便进行有效的早期预警。它是通过装置在卫星上的各种探测仪器，从导弹发射后 4 秒就能进行搜索跟踪，能识别多个目标，达到有效预警。

122. 探测宇宙的尖兵 ——科学研究卫星

在各国发射的众多人造卫星中，其中用于科学研究的卫星占有很大的比例，这是因为利用人造卫星进行科学研究，和其他手段相比具有无可替代的优越性，为人类探测宇宙、认识宇宙、改造和征服自然，开辟了广阔的途径和灿烂的前景。

发射科学研究卫星的主要目的是：（1）研究近地空间环境和日地关系，为载人飞行、应用卫星为国防及国民经济建设的发展提供资料；（2）进行地球物理和地球科学研究。如：大气层和电离层研究，地球磁场研究，地壳力学、海洋内部及其力穴的研究等；（3）研究太阳活动特别是峰值年（每 11 年为一周期）的活动规律及其对地球环境的影响；（4）发射各种宇宙空间探测器用于考察、研究月球、太阳及太阳系各大行星的环境、各大行星有无生命存在，向太阳系外的飞行探测。

科学研究卫星按其性能可以分为专用和通用两种。通用卫星可以完成综合性研究任务，一星多用、经济实用。目前好多没有发射卫星能力的国家，往往采取搭乘的方式，开展空间研究和应用研究。随着运载能力的加大和研究技术的发展及商业化的发展，通用卫星的发射日益增多。我国从 1971 年以来发射的实践系列科学实验卫星就属于通用科学研究卫星。

今后陆续发射的卫星有：（1）海洋勘探卫星；（2）测地卫星、地球资源勘测卫星；（3）地球磁场研究卫星；（4）地球重力卫星、单沅层研究卫星、大气层研究卫星、深宇探测卫星等等。

123. 载人空间飞行 ——太空实验室和空间站

1959 年原苏联发射第一颗载人宇宙飞船东方号，加加林成为人类历史上第一个宇航员；1969 年美国“阿波罗”登月成功，阿姆斯特朗成为第一个登上月球的探险者；1993 年初，原苏联的宇宙飞船“联盟 TM—18”创造了宇航员连续在太空飞行 429 天的世界航天史的新纪录；1994 年，美国挑战者航天飞机上的科学家，把天文卫星上的哈勃望远镜的故障修复……这些都是人类载人空间飞行史上具有划时代意义的壮举，也是载人航天活动的里程碑。

载人空间飞行把人类的航天活动从广度、深度和前景上带到了具有实际意义的一步，它将对人类的生产活动、科学实验和推动国民经济的发展产生巨大的影响和推动。航天事业是造福人类的高科技产业，可以预期不久的将来人类将像乘飞机一样进行太空旅游和月球旅游，甚至向月球移民，很多科学实验将在航天太空站内进行。

载人航天飞行目前有三种方式：

(1) 低轨道的卫星或载人飞行器，也称载人宇宙飞船。如原苏联的“联盟号”和“礼炮号”宇宙飞船，美国的“天空实验室”等。宇航员可 1 至 3 人，在太空飞行时间最长的目前已达 429 天。宇航员在太空进行大量的科学研究，并且也解决了飞船的对接停靠、宇航员的轮班替换和给养的运输。人和冷漠无情的自动装置是根本不同的，人可以充分发挥自己的主观能动性和分析判断能力，进行灵活的实验工作，能对多种情况进行果断的应急处理。人的智力不知要比最完善的自动控制装置高多少倍。因此，载人航天飞机使人类航天活动发生了质的飞跃。

(2) 航天飞机又称空间飞机。这是一种主要部件可重复使用的空间运载工具，也是载人航天飞行器。它可以大大减少发射费用、卫星设计费用，简化一次性运载火箭的复杂性，它既可以载人和设备，又可以发射卫星和回收维修故障卫星，满足军用和民用的要求，使空间活动步入实用化的轨道。美国已先后发射了“哥伦比亚号”、“发现号”、“挑战者号”等航天飞机，俄罗斯、欧洲航天局、日本也在积极研制和试验航天飞机，我国也在加快研制步伐。

(3) 空间站；载人空间站是载人空间活动的远期目标，其目的是长期占领宇宙空间，做到在空间自给自足。卫星式宇宙飞船、航天飞机是空间站的第一阶段，最终是在空间建立长期的空间站，建立封闭的生态环境，进行空间发电，利用空间物质提高人在空间的自力程度，使其成为名副其实的“空间实验室”、“空间工厂”。

124. 寂寞嫦娥舒广袖 ——开发月球

自 1969 年 7 月 16 日，美国宇航员阿姆斯特朗乘坐的“阿波罗号”宇宙飞船登上了距地球 38 万公里之遥的月球后，从此拉开了人类征服月球序幕。

（1）建立月球发电站

根据科学家的研究报告，到 2040 年，地球上能源消耗量将达到二万京瓦（1 京瓦=1 千万瓦）。而在月球上建立太阳能发电站，这是一个取之不尽用之不竭的能源。科学家们建议把月球建成地球的发电站，通过数以千计的太阳能电池，把太阳能变成电能，射向地球上的接收天线，再向各个电力分配系统输送电能。与地球上核电、火电、水电等发电形式相比，月球电站有许多优越性，月球上不受天气、季节变化的影响，太阳能效率高费用低、安全可靠，不会对人类的生存环境和生态环境产生污染和损害。科学家的设计目标是：到 2040 年建成具有 2 万京瓦发电能力的月球电站。

（2）建立月球工业

通过对月球采掘的标本研究，人们发现月球岩土中含有大量的氧、硅、铁、铅、钙、镁等元素，因此开发月球上的矿产资源、并用这些资源进行就地生产是很有前景的。月球工厂可生产具有特殊强度的塑料、特殊性能的金属制品，能制出无瑕单晶硅和光衰减率极低的光导纤维及超高能的生物制品等特殊材料的产品。

因为月球的引力小（只相当地球的 $1/6$ ），加上没有大气层的遮挡，不会出现光的散射，没有灰尘，没有人造光物和电磁波的干扰，十分有利架设巨型天文望远镜，建立月球天文台，用于研究遥远星系的秘密。

125. 人类的第四环境 ——外层空间

人类的活动范围经历了从陆地到海洋、从海洋到大气层，再从大气层到外层空间的逐步扩展过程。人类活动范围的每一次飞跃都大大增强了认识和改造自然的能力，促进了生产力的发展和社会的进步。

外层空间也简称空间或外空。是地球稠密大气层之外的空间区域。人们又把它称为宇宙空间或太空。在 1982 年召开的第 32 次国际宇航联合会上，把陆地、海洋大气层和外层空间，分别称为人类的第一、第二、第三和第四环境。外层空间的最低边界或下边界，目前尚无确切定义，通常人们习惯上把 100—120 公里以下的大气层称为稠密大气层，也称为大气环境或人类的第三环境。而把 100—120 公里以上的空间称为外层空间或人类的第四环境。它是航天事业的活动范围。

人类进入第四环境要比进入第二、第三环境困难得多。因此，人类进入太空将是一个漫长而艰苦的历程。进入第四环境必须闯过四个难关：

(1) 克服地球引力 地球的引力在 160 公里的高度才减少 0.1%，在 2700 公里的高度减少一半。在地球表面附近运动的物体只有达到第一宇宙速度，即 7.9 公里/秒的时候，才能成为地球的卫星。达到第二宇宙速度，即 11.2 公里/秒时，才能像地球、金星、火星等星体那样，成为太阳的一颗新行星。当达到第三宇宙速度即 16.7 公里/秒时，就可飞出太阳系。

(2) 克服真空：地面上的大气压力是 760 毫米汞柱，每立方厘米体积内约有 24 亿亿个分子。大气密度和大气压力随着距地面高度的增加，按指数规律迅速减小。在 200 公里的高空，其大气密度和大气压力只有海平面的 10^{-9} 量级。现在地面上能达到的最高真空度约为 10 毫米汞柱，这样的真空度，每立方厘米体积内约有 32000 个分子，约相当于 1500 公里高空的真空度，而行星际空间每立方厘米含有的分子或原子数平均不到 100 个，恒星际空间则平均只有 10 个。装有一般发动机的飞机，其上升高度的极是 27 公里。

(3) 适应剧烈变化的温度环境。地球上最热的地方的温度不超过摄氏 50 度，最冷的地方也不过零下 40 摄氏度。而在空间一般近地卫星壳体向阳面的温度可达 200 摄氏度，而背阳面则冷到零下 100 多摄氏度。在远离恒星的空间环境温度接近于绝对零度，而在恒星附近，温度则会高达几百到几千摄氏度。

(4) 防护有害辐射：近地空间是一个强辐射环境。从 X 射线到红外线的太阳电磁辐射对人体和材料都有一定的影响。粒子辐射也严重影响太空环境。因此，必须采取相应的防护措施，才能保证空间活动的顺利进行。

人类进入空间之所以要经历漫长和艰苦的历程，正是因为空间环境的特殊所致。因此，人类进入第四环境是人类文明史的一次伟大飞跃。其意义之重大和影响之深远，怎么评价也不过分。

126. 地球上万物生长的源泉 ——太阳

我们在地球上，每天看到太阳东升西落，太阳照亮了大地，带给我们光和热，所以说万物生长靠太阳。

太阳系是由太阳、行星及其卫星、小行星、彗星、流星体及行星际物质等构成的天体系统。太阳是太阳系天体系统的中心天体，太阳系中的其他天体在太阳的引力作用下，都在接近同一平面的椭圆轨道上朝着同一方向围绕着太阳公转。太阳系有九大行星，它们是：水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星。太阳系的九大行星中，除水星和金星外，其他七颗行星均有自己的天然卫星。月亮就是地球的卫星。太阳系又处在银河系中，银河系是一个拥有上千亿个恒星组成的更大的天体系统，太阳是其中一颗恒星，太阳系是银河系中极小的一部分。而在银河系外，还有无数被称为河外星系的其他天体系统。作为人类生存的地球，在整个宇宙空间里，真正是“小小环球”（图 10）。

太阳的主要活动有：

（1）太阳黑子：太阳黑子是太阳气体中的强烈漩涡，其温度比周围低，相比之下就成了人们所看到的太阳表面上的小黑点。一个黑子存在时间少则几天，多则几周或几个月，个别黑子寿命长达一年。太阳黑子平均每 11 年出现一次高峰，在高峰期太阳活动强烈。太阳黑子的周期性变化对地球高层大气及地球气候情况均有显著影响。当然对航天活动也将产生影响。

（2）耀斑：太阳表面上出现的异常明亮的斑点和条纹称为耀斑。耀斑常出现在黑子群的中央，在黑子群存在期间，平均每七小时发生一次耀斑，其持续时间为几分钟或几小时。耀斑是太阳的一种高温爆发现象，通常伴随有大量高能粒子辐射，因其中以质子为主，故又称太阳质子事件。耀斑发射出的 X 线、紫外线、可见光和射电粒子的辐射强度极强，其强度可突然增加几百万倍，一般从 10 兆电子伏特到 10 千兆电子伏特。使近地空间产生下述现象：对地磁场产生干扰。出现了磁暴，影响电信设备的正常工作；强烈的紫外线和 X 射线会破坏电离层的结构，引起电离层骚扰，造成短波通信衰减或中断；能量较低的带电离子被地球磁场捕获形成地球辐射带。

（3）太阳风：日冕外层离子向外进行扩张运动，一部分高能离子克服太阳万有引力作用，向四周喷射，形成太阳风。所谓太阳风就是太阳不断向外喷射出的高速带电离子，其速度在近地空间可达到 300—800 公里/秒，在太阳风的磁场作用下，使地球磁场发生畸变。

127. 人类生存的摇篮

——地球

地球是太阳系的九大行星之一，是一个近似椭圆体形状的天体。地球有三种外壳，即：固体壳（岩石圈）、液体壳（水圈）、气体壳（气圈）。

地球有两种运动形式，即公转和自转。地球绕太阳的运转称为地球的公转，其运行的轨道呈椭圆形，运行一周的长度为 93400 万公里。公转的平均速度为 29.7 公里/秒，轨道周期 365 天 05 时 48 分 46 秒。地球在轨道上位置不同，与太阳的距离也不同。地球距太阳最远时约在每年的 7 月 4 日（相距 15200 万公里），此刻的位置称为远日点。地球距太阳最近时约在每年 1 月 3 日（相距 14700 万公里），此刻的位置称为近日点。地球在公转的同时，还绕自身的地轴从西向东作自转运动，自转周期为 23 时 56 分 04 秒。地球自转轴与绕太阳公转轨道面之间的夹角为 66 度 33 分。

地球巨大的质量对地球上及地球相联系的一切物体有巨大的引力作用；由于地球上的物体随地球一起转动，还受到惯性离心力的作用，地球引力和惯性离心力同时作用于物体上，其合力就是物体的重力，由于地球引力比惯性离心力大得多，所以重力的大小和方向均接近地球的引力。地球引力是赤道最小、极地最大，而惯性离心力是赤道最大、极地最小。因此，重力随着纬度的增高而增大。如赤道上重力加速度为 978.0 厘米/秒，极地的重力加速度为 983.2 厘米/秒。随着高度的升高，地球的引力减小，惯性离心力增大，因此，重力随高度升高而减少。如在 2500 公里的高度上，重力仅及海平面的一半。这就是航天飞行中的失重现象。

地球的地核中有熔融状的液态金属，其中有复杂的电流流动，因此，近地空间存在着地球磁场。如果不考虑太阳风的作用，地球磁场像小磁棒产生磁场一样，属于磁偶极子场。太阳风磁场和地球磁场相互作用的结果，使地磁场发生畸变。一般认为地球磁层是地球磁场对带电粒子起主控作用的空间区域。在磁层内，磁场主要是地球的地质因素（即地磁场）决定的；在磁层外，磁场很大程度是由太阳风和地磁场的相互作用决定的。

在地球周围空间的广大范围内，存在着强度很大的带电粒子。这些带电粒子被地磁场所捕获，形成不同强度和通量的粒子辐射区域，这就是地球辐射带。地球辐射带又分为内辐射带和外辐射带，内辐射带在赤道平面上的高度大约在 600—10000 公里，在子午平面内纬度边界范围大约在南北纬 40 度之间，其主要成分为质子和电子；外辐射带的延伸范围很广，在赤道的高度大约在 10000—60000 公里，中心位置在 20000—25000 公里，其纬度边界范围大约在南北纬 55—70 度之间，主要成分是电子。

地球磁层和粒子辐射对卫星飞行是有影响的，主要表现以下几点：（1）高能粒子对人和材料的损伤。地球辐射带、太阳风和质子事件（太阳宇宙线）等空间辐射环境的主要成分是质子和电子。这些高能粒子与物质相互作用时，将在物质内部引起电离、原子位移、化学反应和核反应、对人体和材料造成损伤，危及空间飞行。（2）电磁力对卫星姿态有影响。卫星在地磁场内转动时由于地磁感应将产生涡流，使卫星受到一个电磁阻力矩的作用，从而使卫星自旋速度减慢。具有一定剩磁的卫星在高空磁场中运动，会受到一个磁力矩的作用，使卫星姿态发生变化。（3）磁层使卫星带电。磁层中充满各种能量的带电粒子和等离子体。磁层形状和结构经常发生变化，大规模的畸

变称磁层暴，小规模畸变称磁层亚暴。由于带电粒子的作用，会使卫星产生光电过程，导致卫星带电，严重时会造成卫星部件电击穿。

128. 气象万千的地球外衣 ——大气层

(1) 大气层的结构：根据世界气象组织的统一标准规定，将大气层分为四个层次：对流层：它是大气层中最低的一层，其底界就是地面。对流层的厚度：低纬度地区平均为 17—18 公里，中纬度地区平均为 10—12 公里。高纬度地区平均为 8—9 公里。对流层集中了整个大气 3/4 的质量和几乎全部的水汽量。各种天气的变化主要发生在这一层里，是气象学的主要研究对象，也是气象卫星的主要探测和预报的对象。对流层的主要特征有：气温随高度增加而降低，每上升 100 米气温平均下降 0.65 度左右；空气具有强烈的对流运动，故而得名对流层；温度和湿度水平不均匀。平流层：平流层位于对流层顶之上，其顶界约为 50—55 公里。在平流层内，随着温度升高，气温最初保持不变或微有上升，到 25—30 公里以上，气温升高较快。这种现象的产生是与其受地面温度影响小及大量臭氧能直接吸收太阳辐射有关。在此层中垂直对流现象很弱，故得名平流层。中间层：中间层的厚度从平流层顶伸展到 80—85 公里高度。该层的特点是：气温随高度的升高而普遍下降，有相当强烈的垂直运动。其原因是这一层几乎无臭氧，而氮气和氧气等气体所能直接吸收的波长更短的太阳辐射，又大部分已被上层大气所吸收。热成层：热成层又称为热层，位于中间层之上，空气密度很小。在 120 公里以上的空间中，空气密度已小到声波难以传播的程度，而且越往上越小。由于热成层空气稀薄，在太阳紫外线和宇宙射线的作用下，氧分子和一部分氮分子被分解为原子状态。该层的主要特征有：空气密度小；气温随高度升高而升高；空气处于高度电离状态。此外，在热成层上部 800 公里以上的大气层有时也单独列为一层，称为外层或逃逸层、散逸层。其上界不分明。这一层内，大气极其稀薄、又远离地面、受地球引力作用小，因此大气质点不断逃逸地球而向星际空间逃逸，人造地球卫星对此层的研究将承担主要角色。

对流层、平流层和中间层中，由于大气的对流、平流、湍流及扩散等作用，使大气均匀混合的很好，以致各成分所占比例在垂直和水平方向都均匀不变，与地面情况基本一样，故统称此三层为均匀层。在中间层以上的热成层和外层中，由于氧气、氮气的分解、重力扩散分离，使大气成分随高度而变，分子量不再是常数，故称为非均匀层。

(2) 大气特性对卫星飞行的影响：当卫星轨道高度达到 1000 公里时，此时处于高真空环境，大气压力大大下降，会引起材料升华、内外压力增大等现象。卫星与大气摩擦生热，直接承受太阳辐射，这些均产生热效应。

大气是卫星轨道的主要摄动源，对近地卫星造成的轨道摄动尤为显著。大气阻力短对卫星姿态产生重要作用。大气对电波产生折射、衰减等，因此对电波传播有重要影响。回收式卫星回收返回地面时，利用大气的阻力安全回收。

(3) 大气层对电磁波的作用：天体的电磁辐射，其频率极广，它覆盖了从射线到无线电波的全部电磁波谱（电磁波谱目还没有确定其上下限）。对于天体的辐射波，地球大气层具有一个特性：即只允许某些谱段的电磁波通过；而对另一些谱段的电磁波则不是吸收和反射，就是允许通过的极少。地球大气层的这个特性称为对电磁辐射的屏障。通常把电磁波谱中能够顺利通过地球大气层的谱段叫做“大气窗口”。这些窗口就是地球资源遥感卫星观

测地球的遥感窗口。窗口之外的电磁辐射波均被大气层屏蔽。大气层分为三个窗口：可见光波窗口，用于可见光遥感；红外波窗口，用于红外遥感；微波窗口，用于微波遥感。

129. 天网恢恢，疏而不漏 ——航天测控网

航天测控系统是对航天飞行器实施测量、控制、管理的技术系统。它有测控中心、测控台站（包括固定测控台站、活动测控台站、回收测控台站）、测量船队等组成，因此航天测控系统实质上是一个测控网。按测控网的功能和测控范围，一般分为：发射场测控系统；低轨道卫星测控系统（轨道高度为数百公里至数千公里）；高轨道卫星测控系统；深空测控系统（大于月地距离 38 万公里）。但这些测控系统并不是彼此独立的，而是互相补充，且具有兼容性。特别是其中的通信系统和计算机系统大都可以共用。

测控网的主要功能是（1）跟踪测量：由测控台站通过跟踪测量设备对运载火箭和卫星的跟踪观测，获得目标的位置、速度等信息送入计算机处理，以便确定飞行器的初始轨道、运行轨道和回收轨道。这是测控网对飞行器进行管理的关键。跟踪测量的手段以无线电测量为主体，光学测量为辅助手段。

（2）遥测：遥测的任务是测量星体内部的各种工程数据和卫星的科学探测数据，这些工程数据和探测数据通过星上各种传感器、探测器和交换器变为相应的电信号，由星上遥测发射机发回地面，地面遥测接收机接收解调后，输到计算机进行处理，为卫星工作状况监视和控制提供依据。为空间探测提供数据资料。（3）遥控：遥控系统的任务是以发射无线电指令方式对飞行器实施控制。控制指令很多，如：飞行器上仪器开关机指令、轨道机动指令、姿态调整指令、返回地面指令等等。（4）信息交换：信息交换的任务是将测控中心、测控台站、测量船队、发射场、各级指挥部门、飞行器联成一体，进行相互通信、交换数据。使星地成为动态的协调一致的闭环大系统，使测控任务得以顺利进行，达到预期的目标。其间的信息交换十分频繁，测控中心是信息交换的枢纽。（5）数据处理：对汇集测控中心的各种信息流进行分类处理，并将处理结果按不同类型及要求传输或打印输出，再提供传输给指挥部门、各测控台站、研制部门及用户（图 11）。

测控中心有若干台大中型计算机和微机组组成数据处理网络，完成实时和事后处理的两大任务。（6）调度指挥：调度协调测控中心和各测控台站、测量船队，进行协调一致的工作，下达各种指挥命令。调度指挥一般由测控台站（测量船队）、测控中心和上级指挥三级调度组成。（7）勤务保障：包括通信保障、时间统一勤务保障、气象保障、大地测量保障等。

130. 筹帷幄，决胜千里 ——航天测控中心

航天测控中心在航天测控网中的地位十分重要，它是使测控网天地闭环系统正常工作、协调运行并完成预定的各项任务的控制中心。测控中心是信息汇集交换中心、数据处理和计算控制的中心和运筹决策的指挥调度中心。

(1) 测控中心组成：

计算机系统：测控中心是以计算机为主体的一个庞大的计算机网络群。计算机网络群有多个计算机网络组成，每个计算机网络有三个相互联结的计算机环节，即前沿数据预处理计算机、后台控制计算处理计算机、显示监视处理计算机。而且每个环节的计算机均是主付机双工备份，确保工作万无一失。使测控中心具备了对多种飞行器的实时测控和长期管理的能力。

软件系统：软件系统在测控中心的地位极其重要。如果说计算机系统、通信系统、供配电系统等硬件系统是测控中心的基础、是手段，则软件系统就是测控中心的“心脏”、是灵魂。广义上的软件系统包括：各类操作系统软件、门类齐全的应用软件系统、测控计划和调度管理软件系统等三大类。测控中心就是依靠软件系统把整个测控网协调一致的有序运转起来，完成测控任务。测控软件系统的水平往往代表着一个国家测控网的水平。

数据通信系统：数据通信系统是测控中心的重要组成部分。是测控中心联结各测控台站、测量船队及其他方向的数据交换通道，按信道不同可分为有线数据通信、无线数据通信和卫星数据通信。每一类通信手段又有不同方向和传输速率之分。为保证通信系统畅通无阻，还采取多种通信手段备份，一般情况下，无线通信是有线通信的备份手段。

时间统一勤务系统：时间统一勤务系统任务是向测控中心和所有测控台站、测量船队提供标准的时间和标准频率，实现全系统的时间统一。时间误差往往造成系统误差，致使测量数据失效或错误控制，因此必须保证时间统一勤务的正确无误。

动力系统：系统包括：电源供配电系统、空调系统等。在卫星发射阶段、变轨阶段以及回收阶段等关键时间内，一般均有两个热电厂并网实施一级供电，同时测控中心还有多台油机发电机实施热备份，以备市电电网故障时，由油机发电机实施供电。

指挥调度系统：该系统是一个人机结合的高级专家决策智囊团，由若干分系统专家组组成。其任务是根据中心控制计算机送来的有关数据，对卫星的工作状况、轨道、姿态，实施分析决策，产生各种控制信息链，其中包括正常控制链和故障对策链。由总调度指挥长实施统一指挥，以保证卫星按照预定的程序去执行任务。

(2) 测控中心任务

测控中心的任务主要分为：实时数据处理和测控；测控数据的事后处理两大任务。

实时测控任务：汇集各测控台站（测量船）获取的跟踪测量数据和遥测数据；处理计算确定卫星的轨道参数和姿态参数；处理部分遥测数据，掌握卫星的状况；各类遥控指令和指令链的计算、传递、执行和监视；向各有关测控台站和用户提供引导信息、轨道预报和姿态预报；实时进行运筹决策和统一调度指挥。

测控数据的事后处理：对航天飞行器的轨道、弹道测量的数据进行精确计算处理，向有关方面提供精度分析报告，以供分析研究；对航天飞行器的遥测工程参数进行全面系统的处理，向应用和研制单位提供处理结果报告；对航天飞行器的科学探测数据、遥感数据和图像信息进行预处理，以便提供给专门机构进行精加工处理；和各有关部门对各类数据的处理结果进行综合分析研究，对飞行器情况做出定性定量的分析，对数据处理理论、方法及处理模型进行探讨和改进。

131. 航天器的监护神 ——航天测控设备

航天飞行器从发射到进入预定轨道，轨道的测量确定和轨道机动、姿态的测量确定和姿态控制、飞行器上各种仪器设备工作状态的监测和故障对策、各种观测数据传递，回收卫星的再入时间确定、再入姿态调整、制动火箭的点火、再入轨道计算控制及再入点的确定等，这些众多事件的了解、确定、对策和管理，一直在地面测控中心严密监控下进行，在这个星地大环路系统中的监护手段，就是靠各种航天测控设备。通过这些测控设备实现星地测控信息交流，使航天飞行任务得以顺利执行。航天测控设备是航天测控网的物质基础。打个比喻，航天测控设备就像医院里各种诊断仪器。如：X 光透视仪、心电图测试仪等等，医生就是靠这些仪器对人体进行健康状况的检查和诊断。

测控设备种类繁多、功能各异。应用较广的有：双频多普勒测速仪、单脉冲雷达、微波统一测控系统、光学测量设备、无线电遥测、无线电遥控等（图 12）。

双频多普勒测速仪、雷达、微波统一系统及光学测量设备，用于测量飞行器在空间的位置参量，也称为外测设备。主要测量距离、距离变化率、高低角、方位角等，再由计算机根据一定的数学模型计算出卫星的位置和飞行轨道。目前航天测控网的外测设备，以无线电设备为主、光学设备为辅。无线电测量设备有如下优点：作用距离远，有的可达 45000 公里以上；精度较高；测量的数据可实时录取、实时传递、实时处理，这对飞行器的入轨判断、轨道机动、姿态机动、回收控制是必不可少的；测量信息受天气影响小。其缺点是：飞行器上要装有较复杂的合作目标（雷达应答机、双频信标机等），易受电磁干扰。当然雷达也可工作在无应答机的反射式状态下，但作用距离近。光学测量设备易受气象影响，但精度高，因此常常作为无线电测量设备的标校设备。对于无源飞行器（太空中这种天体很多）的捕捉和跟踪，光学测量设备和反射式工作雷达发挥了不可替代的作用。

遥测设备由星地两部分组成，完成遥测任务。主要是测量星体内外环境数据、星上仪器工作状态数据、卫星姿态数据和卫星的空间探测数据。用这些数据可鉴定飞行器的工作状况，进行故障分析和对策，监视遥控指令执行，收集科学探测资料。所以遥测设备是航天飞行器的重要测量设备。

遥控设备的任务是发送无线电遥控指令对飞行器实施控制。控制内容很多。如：星载仪器开关机控制，轨道、转速、姿态控制，轨道机动控制，星上程控装置时间校正，对星上计算机进行数据注入，对卫星进行返回控制等。

因此功能齐全、组合配套、性能稳定可靠的测控设备是航天飞行器的监护神，是完成任务的基本保证，也是航天测控网技术水平的重要标志。

132. 神机妙算，决策如神 ——航天测控软件系统

航天测控软件系统是航天测控系统的重要组成部分，它和计算机、测控设备、通信设备等组成的测控硬件系统一起，被称为测控系统的两大技术支柱。软件系统的主要任务是：对航天器发射飞行进行监测和入轨判断，计算确定航天器初始轨道；对航天器的运行轨道进行改进和精化，并提供轨道预报；监测和控制航天器运行姿态；对航天器进行变轨和轨道控制；监视航天器工作状况，并进行故障对策；对航天器的各种应用数据和观测资料进行处理等。因此，测控软件系统在测控系统中占有极其重要的地位。航天测控软件系统不仅工作量大，而且技术难度高，因此，测控软件的水平往往代表着测控系统的水平。测控软件系统分为系统软件和应用软件两部分。

（1）系统软件：系统软件是指为实现计算机系统功能的一类软件总和。它包括：计算机的操作系统、计算机的各种语言系统、编译解释系统、设备检查和诊断软件系统等。计算机操作系统是系统软件的核心，其功能主要是对计算机硬件资源和软件资源进行管理、协调计算机各部分工作、提供计算机操作技术平台、管理协调各种应用软件资源、为用户提供服务、使计算机系统正常运行。

（2）应用软件：应用软件是建立在系统软件之上服务于航天飞行任务的软件，它是测控软件系统的核心。应用软件主要有以下部分组成：信息通信软件、数据预处理软件、轨道监视确定和轨道机动控制软件、轨道预报和编目软件、姿态确定和姿态控制软件、航天器工程数据处理软件、科学探测数据和应用数据的处理软件、故障对策软件、系统仿真软件、再入回收软件、总联控制软件、专用子程序库系统等。

测控软件的研制和建立是一项庞大的系统工程。其主要要求有以下几点：软件的正确性。这是评定软件的首要指标，要求每一个软件必需没有一点差错。美国第一个飞向金星的探测器，就是因为在软件中错了一个逗号而导致失败。软件的可靠性和稳定性。这也是关键的指标。要求软件必须适应各种情况，在任何情况下都要杜绝软件“死锁”造成测控中断，影响全局。软件的精度高。软件的计算精度至关重要，只有高质量、高精度的数据才能对航天器进行精确控制，为设计研究部门和应用单位提供高质量的数据资料。软件标准化程度高。软件的标准化是缩短研制周期、提高软件质量和水平的关键。软件便于维修。软件维护是提高软件生存周期的关键。

航天测控软件系统，针对每一个事件、每一类数据处理，都有一个局部软件，一个发射任务，就有成千上万个小的软件组成。从单个软件调试到分系统联试，一直到模拟仿真，要经过反复联调、反复考验，真正做到稳妥可靠、万无一失。

133. 造福人类的壮丽事业 ——航天产业

人类很早就开始研究宇宙，宇宙以其辽阔无垠和复杂的构造令人神往，以其取之不尽的能源和丰富的物质财富引人瞩目。

1957 年，苏联向太空成功的发射了第一颗人造地球卫星，从此拉开了人类征服宇宙的序幕，人们找到了使用航天技术这个办法和手段向太空进军。近半个世纪以来，航天事业经过 50 年代至 60 年代的探索性试验和初期应用试验两个阶段。进入 70 年代以来，利用空间环境及其高远位置进行了大量广泛的应用试验，突破了航天应用领域众多的技术关键，拓展了应用范围，形成了通信、导航、气象、资源、科学、军事、深空探测等应用卫星系统。应用卫星和卫星应用使航天技术得以突飞猛进的发展，航天技术，通过卫星应用转化为直接生产力和国家实力。与此同时，载人宇宙飞船、载人空间站、载人登月及航天飞机等，也相继发射成功并投入试验应用。载人空间飞行的成功和发展，必将加速空间物质产品的开发，促进空间工业化、商业化和军事化的进程，从而必将引起人类社会的科学、技术、经济和生活等多方面的重大而深刻的变化。

40 多年来，航天事业得到迅速发展并取得了一系列重大成就，令人信服地显示出它的重大作用。航天事业不仅为经济建设、国防建设、科学文化和社会生活等各个领域提供了有力的工具，带来了传统技术无法达到的经济和社会效益。航天事业已形成了与经济建设密切相关的新兴产业。国际上称为航天产业。

从 1957 年至 1992 年底，世界各国成功的发射了 4396 颗各类航天器。世界上有 58 个国家投资发展航天技术，有 170 多个国家和地区应用航天技术的成果，总投资达 7000 亿美元。其中用于对地观测卫星、通信及广播卫星和导航卫星等应用卫星占 71.33%，其他用于科学研究和星际探测（见表

展望 21 世纪，航天产业必将发展更快，必将日新月异大放光彩。未来航天产业的发展趋势之一：是日益走上国际合作的道路。这是由于航天活动全球特点，人类活动的日益密切、对航天价值的共识以及航天活动的高投入、高技术、周期长等因素决定的；发展趋之二：是航天技术作为一种产业将进一步商品化和空间加工生产的产业化。各国发展航天技术已不仅仅是为了提高自己的国际声誉或军事需要，而取得经济上的好处成为主要目的之一，因此在航天产业活动中的商业竞争也将越来越激烈。目前，美国、俄罗斯、欧洲、日本等都在制定跨世纪的航天发展规划。其特点是：由以往的单一航天活动向综合性探测发展，由短期活动计划向长远目标计划发展，由分散的多目标任务向综合性系统目标发展。这一发展趋势，有利于各项计划的衔接、互补，有利于技术继承性及节省投资，便于各方面系统有序的推进航天技术向纵深发展。

134. 继往开来，再创辉煌 ——中国航天

中国从 50 年代后期开始发展航天技术。1956 年中国把开发火箭技术纳入国家十二年科学发展规划。1957 年著名科学家钱学森等积极倡议开展人造卫星的研究工作。1958 年毛泽东同志发出我们也要搞人造卫星的伟大号召。1965 年将研制、发射人造卫星列入国家重点工程。1970 年 4 月 24 日，中国第一颗人造地球卫星“东方红一号”发射成功，这是继苏、美、法、日之后，世界上第五个用自制的运载火箭发射自己制造的卫星的国家。1975 年中国成为继美苏之后，世界上第三个掌握卫星回收技术的国家。1981 年，中国成功的用一枚火箭发射了三颗卫星，是世界上第四个掌握“一箭多星”技术的国家。1984 年通信卫星发射成功，使中国成为第五个能发射地球静地轨道卫星的国家。1985 年以后，中国的长征系列运载火箭走进国际市场，承揽商业发射任务，先后发射了“亚洲一号”通信卫星、巴基斯坦卫星、瑞典卫星、澳大利亚通信卫星等。这些举世瞩目的成就的取得，标志着中国的航天技术：在卫星回收技术、一箭多星技术、卫星测控技术、高能低温燃料、火箭技术、地球静止卫星发射技术等领域，已跻身于世界先进行列。

70 年代后期，中国航天技术实现了由实验阶段向应用阶段的转变。中国一直把发射应用卫星作为中国航天技术发展的主要方针。1978 年邓小平同志适时的提出要把力量集中到急用、实用的应用卫星上来。正如著名科学家钱学森同志所说：我们所从事的事业是党和人民的利益所在。经过了近 40 年的努力，中国已建成了能研制各类人造地球卫星和运载火箭的科研生产体系，形成了完整配套的研究、设计、生产、试验和运行管理的航天工程系统。截止到 1994 年底，中国已成功的发射了 42 颗不同类型的人造卫星。中国已建立了资源卫星地面系统，卫星通信广播系统，卫星定位导航系统等。中国航天技术已进入广泛应用的辉煌时期，它在促进经济发展、带动科技进步、增强国防实力、提高我国的国际地位等方面，正在发挥着越来越大的作用。

现在世界航天技术发展非常迅速，正在向商业化、产业化方向发展。中国的航天技术在国际上的地位面临严重的挑战。为了实现国家近期的发展目标和长远战略目标，满足日益增长的社会需求，需要继续保持航天技术的发展势头。钱学森同志深刻指出：要研究利用人造卫星建设 21 世纪的社会主义中国的问题。1993 年 1 月 30 日，江泽民同志为中国空间技术研究院建院 25 周年题词：“发展空间技术、开发空间资源”。表达了中国发展航天技术、向宇宙空间进军的强烈愿望和决心。因此，对中国今后 10—30 年的航天技术的发展，作出总体规划是一项重大的历史任务。中国航天技术的发展，应遵循为社会主义“四化”建设服务的方针，开发利用外层空间造福人民；从中国的国情出发，实行有限目标、突出重点、循序渐进、持续稳定协调的发展；择优跟踪世界航天技术先进水平，引进先进技术，加强国际合作，坚持独立自主、自力更生，走中国自己的发展道路；实行统一领导，组织全国大协作，在实践中培养一支素质高的航天队伍。

世上无难事，只要肯登攀。中国人民在航天事业中一定会不断地开创更加辉煌的业绩，创造更美好的未来。

