

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

二十一世纪中小生素质教育文库(58)

# 能源材料

 **eBOOK**  
内网资料 免费下载

二十一世纪中小学生素质教育文库 能源材料

## 能源、材料与人类生活

能源和材料伴随着人类活动的每一步，可以说人类的历史是对能源和材料发现、利用的历史。大自然为人类提供了丰富的水、煤、石油、天然气、金属……人类依靠它们创造了辉煌的地球文明。

在人类发展史的早期阶段，直接获取的自然财富被用于满足最简单的需要。自然财富、原料、材料、产品阶段几乎是协调一致的。由于没有分工，并且只不过是满足自身的直接需要，所以精加工的劳动比重很小。随着分工程度深化，对在自然界寻觅到的原始材料进行加工的兴趣提高了。此后，长期以来所形成的社会关系，不断提供新的途径来更多地生产消费品和改善居住条件。如果人类想要改善生活条件，那么无论在哪个社会阶段，都必须以发展技术及与此相联系的材料使用为前提。人身体上的“工具”、“发动设备”和感官均有局限性，如果没有相应数量、质量、形式和布局的一定材料，没有必要的知识和技能，人类便会停留在原始阶段。

数百万年前，人类摆脱了动物界，开始有意识地使用石头。除了骨头之外，石头是人类最早使用的材料之一。起初这种材料造型粗糙，但后来经过加工，使人类得以掌握多倍于体力的力量，人类被迫发展那些在环境斗争中取胜的能力。人类先是用石头和骨头制成简单、基本的工具来补充手掌、手指、指甲和牙齿的功能。这些工具是手握的。当他们获得了不仅使用原始石头，而且进行加工的能力后，几乎等于完成了一次革命。当人类约在 50 万年前使用火时，石料的价值就更大了。人类是由劳动创造的，劳动又是从制造工具开始的。在已经发现的旧石器时代的人类遗址里，可以看到我们的祖先用石头打磨制成的石刀、石斧、刮削器等，这些就是人类早期曾经用过的工具。劳动工具的出现，也带来了社会物质和人类文明的进步。

石器的使用历史最为漫长，达二、三百万年之久。后来由于生产力的发展，我们的祖先在不断改进石器和寻找石料的劳动中，发现了天然铜块（自然铜），把它加热锻打，加工成各种器物。铜首次被有意识地用来作为材料。后来又发现把锡矿石加到铜里一起熔炼，制成的物品更加坚韧耐磨，这就是青铜。一般来说，原始的农业、手工业和文字是青铜时代的特征。

铁的出现，在很大程度上与陨铁的发现有关，但铁矿开采可能与铜矿开采有关。铁加工曾有技术中心，一个中心是西亚，另一个中心是中国。在那里，当时正向最早期的机械过渡（使用动物和水轮作动力的最老的机器），直到 18、19 世纪的工业革命才从数量和规模上超越了这个阶段。越来越多的手工业者能自力开采和加工金属，少数锻工场有加工和制作最精良铜材的技术。淬火钢获得了声誉，古代称之为塞乐铁。为获得熔化金属矿石达到的温度，使用了木炭。但如果没有充分的氧气，木炭最高只能达到 900℃，被熔渣污染的初级产品在炽热状态下加以锤打，使其净化，从而可得到可锻铁。根据考古挖掘和现有的文献来判断，铁在公元前 12 世纪最终占据了统治地位。

而蒸汽机的发明使人类进入了现代工业社会，由它所带来的财富是以往任何时代所不能相比的，而石油的发现又为现代工业注入了新的血液，使其以惊人的速度发展，揭开了人类生活崭新的一页。

然而，大自然所给予人类的财富并不是无限的。

随着经济的发展和能源材料消耗量的大幅度增长，首先是能源的储量、

生产和使用之间的矛盾将会日益突出，成为世界各国面临的亟待解决的重大问题之一。

现在，能源已向人类发出了挑战。据专家们估计，在前面提到过的世界常规能源中，除煤炭因为储量较多尚可维持较长时间外，目前已探明的石油储量将于 2020 年左右开采完毕；一些工业发达国家的天然气也将在 2020 年被用完；而发展中国家在 2060 年也将会发生天然气短缺。另外，煤炭资源虽然较丰富，但是直接使用煤炭既不能充分利用它的能量和资源，还会对环境造成污染。

面对能源紧张情况，世界各国除了充分利用现有的传统能源外，都在大力研究开发新能源。同时，在开发新能源之际，人们还在寻求各种方法、采取各种措施节约能源，并防止或减轻对环境的污染。

于是，水能、风能、太阳能成为人们研究的热点并开始为人类服务；一种崭新的能源——核能也进入人类的生活且发挥着不可替代的作用。

自然界所给予的原材料也越来越无法满足现代工业的需要。在寻找新能源的同时，人们也在努力开发新的材料。于是，人工复合材料诞生了。新能源、新材料的利用，揭开了人类历史灿烂的一页。

## 发展中的能源和材料

### 清洁、高热值的燃料

石油是现代世界一次能源消费构成中的主要能源，据 1990 年的资料统计，石油在世界一次能源消费构成中占 38.6%，居第一位；在我国占 16.6%，仅次于煤炭居第二位。截止 1990 年底，世界石油剩余可采储量为 1364.9 亿吨，1990 年全世界原油产量为 30.16 亿吨，储产比为 45.3 年，也就是说按现有的开采能力，在不增加新的石油含量的情况下，剩余石油开采 45.3 年就能开采光。我国已探明的石油可采储量为 30.16 亿吨，居世界第 10 位；1990 年原油产量为 1.38 亿吨，居世界第 5 位，石油储产比为 21.8 年。

至 1990 年，世界已探明天然气量储量大约为 1,190,955 亿立方米，在世界一次能源构成中占 21.7%，仅次于煤炭和石油，居第三位。我国已探明的天然气储量为 9,990 亿立方米，居世界第 9 位。1990 年我国天然气产量为 147 亿立方米，在一次能源消费构成中占 2.1%，次于煤炭、石油、水电，居第四位。

石油产品的范围从液化石油气开始，中间是石油化工原料、燃料和润滑油料，一直到沥青。原油在加工过程中还会释放出大量的石油。石油加工后，可以得到利用率高、经济、合理的各种液体燃料，主要为内燃机燃料、锅炉燃料和煤油三类。其他的石油产品主要有润滑油、蜡、沥青以及石油化工产品如石油溶剂、乙烯、丙烯和聚乙烯等。

天然气是一种混合气体，其主要成分为甲烷。天然气作为燃料容易燃烧、清洁无灰渣、热值高而且不污染环境。用天然气加热锅炉生产蒸汽投资省，且热效率高，能够适应突然的负荷变化。用天然气代替焦炭，可提高生产率 30%。

天然气和石油一样是非常重要的基本有机化工原料。从天然气中分离出来及从石油炼厂汽中回收和分离的许多物质是最基本的化工原料，并可进一

步制造、转化出多种化工产品，如合成纤维、合成橡胶、合成塑料和化肥等产品。天然气化工产品具有用途广、成本低、产值高和发展快等优点，因此，天然气的转化利用对国民经济建设和人民生活都十分重要。

## 工业革命的动力

18 世纪是技术革新的世纪。对行将到来的基础材料工业发展来说，最重要的发明是英国掌握了用硬煤炼焦并用于为炼铁输入能量。后来很快就发明了搅炼法。这种炼钢法可使用硬煤而不使其接触铁。1856 年，在把常压空气鼓进一个转炉内将铁变为钢的时候，引起了极大轰动。19 世纪，西汀丁——马丁法和托马斯法标志着炼钢技术的完善。

在此，涉及到材料史上一个新的历史阶段。因为它是科学技术革命以前人类历史上整个生产力系统第一次革命性转变的标志。

18 世纪中期，可以看出当时最先进的国家（如英国）的技术发展趋势，这种发展在数十年内即导致阶级结构发生史无前例的变化，这就是 18、19 世纪的工业革命。当（1879 年）革命的风暴席卷法国时，英国正在发生比较安静的、但同样是巨大的变革。蒸汽和新的工作母机把手工工场转变为现代化大工业，从而使市民社会的全部基础发生了革命性变化。手工工场的缓慢发展过程转变为一个真正暴风雨般、突飞猛进的生产阶段。

劳动手段的变化，即从工具到机器的飞跃，促使其他工业部门也不能停滞不前。机器在重工业和交通中的应用也具有同样重要意义。这种变化与材料有多大关系呢？

18 世纪中期，由于生产金属所需的木炭不断增加，使英国的森林遭到严重砍伐。如果仍然不控制砍伐，便威胁到水土的保持。寻求新的、利用硬煤炼钢方法，不但能使生产保持当时的水平，而且能加以提高，以适应经济增长的需要。经过许多试验终于达到目的。1759 年卡龙制铁厂首次用煤代替木材。1750 年一炉的产量约为 300 吨，而 1800 年之后已达到 1500 吨。1783 年首次使用的炒钢法使钢铁生产发生了一次革命，它提高了钢的产量，最后也成功地把蒸汽机用在铁的生产中。在此之前，蒸汽机已经用在深度日益增加的矿山，以解决排水问题。

随着纺织工业建设对机器需求的不断增长，出现了新的工业部门——机械制造业。这个工业的劳动对象很久以来始终是木材，而且加工方式最初大多是木材加工，后来对铁、钢、黄铜和其他材料逐渐增多加工。在资本主义生产把国民经济建立于新的基础上、将它所占领的市场统一的情况下，必须用新的交通系统把生产与消费、原料与销售市场联系起来。因而，建造铁路就成为工业革命的巨大推动力，“钢铁时代”来临了。但这个时代几乎没能达到其骄傲的顶峰，因为新的材料已经问世了，这就是塑料。

天然产物的转换及合成材料的历史同焦油染料工业的历史有密切联系。焦油染料工业在 19 世纪末期是作为过去有机化学的工业结晶而形成的。随着硬煤炼焦的增多，焦油产量也增加了，因此人们普遍寻求利用这种废物的方法。1856 年，英国人威廉·亨利·珀金找到了一种大规模生产染料苯胺紫的工艺。当科库勒斯于 1865 年发现苯的化学式——碳化物的关键，一个新的工业就诞生了，最初主要生产染料和药品。19 世纪 70 年代至 90 年代是以电磁理论的建立及其在工业上的应用为主要标志的。法拉第发现了电磁感应现象

以后，有实用价值的发电机制成。但是，电在工业上的应用，并不是从制造发电机开始的。也就是说，电不是首先作为能源使用，而是用于电报和电话等通信事业。因为那时候电灯、电动机等一类电器还未出现，发电机发出的电用不了，电没有多大销路，因此电力工业得不到大发展。自从 1879 年美国大发明家爱迪生发明了白炽电灯以后，每家每户都用电照明，用电量猛增，大规模工业发电才迅速发展，电力革命的曙光才照到人间。

白炽灯泡的发明，是与灯丝试验成功密切相关的。爱迪生花费了一年多时间，一共试验了一千多种灯丝材料，最后采用碳纤维才获得初步成功，以后又改用高熔点的钨作灯丝。大大小小的电灯泡推动了美国工业发展，发电厂（站）像雨后春笋般建立起来。电力工业发展的需要，促进了发电机、电动机、变压器、电线和电缆工业的诞生和发展，同时，还推动了材料与工艺技术的发展。例如，各种导体、绝缘体以及后来半导体材料的发展；电镀、电解、电焊、电火花加工等新工艺的应用。

工业革命后英国的钢铁产量大幅度上升，年产量从一万吨猛增到 130 万吨。钢铁、无机化工材料、机械等工业产品占世界总产量一半以上，获得了“世界工厂”的称号。这次工业革命，正如 1848 年《共产党宣言》中所说的：“资产阶级在它的不到 100 年的阶级统治中所创造的生产力，比过去一切时代创造的全部生产力还要多，还要大。”

本世纪前半期，则以核能、飞机、汽车、化工和电子计算机的发明或发展为标志的。放射性材料镭和钋发现以后，核裂变原理取得重要成果，核能开始被利用。飞机的革新是与航空材料的进步密切相关的；1927~1931 年是化工技术发生转折的时期，继塑料以后，合成橡胶和合成纤维材料相继问世，有机合成材料工业进入一个崭新阶段；本世纪初，内燃机技术取得突破，汽车开始大量生产；还有 1945 年世界上第一台电子计算机的发明，1957 年第一颗人造卫星上天等。

当今世界，我们正面临着又一场新的技术革命——有人称之为第四次工业革命。这次革命是以信息科学、材料科学和生物科学为前沿的。世界科技界权威人士认为，这场工业技术革命所带来的影响和创造的社会财富，将远远超过历次工业革命。

## 农业现代化的关键

农业现代化是一场伟大的技术革命，它的核心是工具和其他技术手段的变革。农业现代化最显著的特征是要在生产中大量采用各种先进的工业技术和新材料，换句话说，现代化农业要由工业部门投入大量物资，用现代工业的装备武装农业。

农业现代化包括的内容很多，大体可归纳为：农业机械化、农业工厂化、农业电气化以及农业和技术装备的一体化。不言而喻，材料都是它们当中当然的“主角”。拿农业机械来说，它包括农田基本建设机械、耕作机械、排灌机械、植物保护机械、收获机械、农业运输机械、农副产品加工机械以及畜牧机械等等。

拖拉机是应用最广泛的一种农业机械。制造拖拉机不仅消耗材料多，而且要求零部件质量好、寿命长，这些零部件都要用性能优越的材料来制造。例如，生产一台自动联合收割机，仅钢材就需要两千多种不同规格的品种，

其中优质钢材用得最多，约占整个钢材品种的 25%。由于材料质量和设计制造水平的提高，使得拖拉机的结构和性能也得到不断改进。不但向大型化、大马力、高速度和高效率方向发展，还可对配套农具实现自动调节和控制。它除了能耕地、整地、播种外，根据需要，交换不同的农具，还能干推土、铲运、开沟、施肥、收获、割草等几种工作。人们可能会问：这种拖拉机一定是几百马力的大家伙，行动都很笨拙吧？不，由于配有液压的自动伸缩、折叠机构，即便是碗口粗的农具，也能乖乖地折起三、五折，便于路上行驶。

作物成熟后，用自动联合收割机收割。这些收割机是由电子计算机控制的，不需要驾驶员操作，能完成前进方向的调整、割头高低的升降、到了地头还能自动转向。它的收割头，像一把大的理发轧刀，随着机器的运转，一割就是一大片。操作台上装有割脱监视器，收割机前进速度和脱粒部分能很好配合。装上不同的收割头，可以收割水稻、麦子、玉米、油菜、大豆、高粱等庄稼。这种收割机工作效率很高，每天能收割水稻几万斤，并能同时完成脱粒、清场、装包等工作，相当于一、二百个强劳动力的工作量。

### 军事现代化的当务之急

实现国防现代化，一个重要的标志是要使武器和装备现代化。具体地说，就是要有现代化的战略战术武器和先进的兵器，要有高度可靠的现代化指挥通信工具和情报侦察手段，还要有适应于现代化战争的后勤和工程支援。显然这一切都与材料结下了不解之缘。因为单就武器来讲，不论是常规武器（如枪炮、弹药和坦克、军用飞机），还是现代化武器（如原子弹、氢弹、中子弹、核潜艇等），哪一样都离不开材料，尤其是性能优异的新型材料。

让我们回顾一下，材料是怎样为坦克的“成长”创造条件的。

1916年，第一次世界大战期间，法国索玛河畔的战场上，英德两军用猛烈的炮火互相攻击，双方的士兵都隐蔽在战壕里，谁也不敢“越雷池一步”。9月15日黎明，英军又开始炮击，德军照常还击。突然，从英军阵地发出一阵阵的怪声。不一会，许多像大铁盒似的庞然大物向德军阵地直冲过来。这些家伙没有轮子却能跑。炮弹不断从它的两侧射出来。德军慌忙向它射击，可是子弹一碰上去就反弹回来，这种能攻能防又能跑的怪物就是坦克。它一出现就在战场上显示出了巨大的威力。

可是过了不久，所向披靡的英军坦克，出乎意料地被德军的一种特殊炮弹击穿了。英军分析了德国弹头的成分，发现里面含有钨这种元素，钨和钢中的碳结合，生成很硬的碳化钨，用这种钢制成的炮弹穿透力很强，所以能摧毁坦克。然而，“道高一尺，魔高一丈”。后来又有人在制造坦克装甲的钢中加进了钨、钼、钒等元素，它的硬度超过了钨钢炮弹，这种合金的防弹能力很强。现在的坦克装甲厚度达 150~240 毫米，采用铬锰硅钢或铬镍钼钢，经过热处理制成，可以经得住直径 120 毫米的炮弹轰击。但是增加装甲的厚度，坦克的重量也会增加。为了提高防弹能力和减轻重量，又出现了金属和非金属复合结构的装甲。

但是，任何武器和装备都不是无敌的，坦克也是这样。针对坦克装甲材料和结构的改进，又相继出现了许多反坦克武器，如反坦克手榴弹、反坦克火箭筒、反坦克炮、反坦克地雷等等。为了对付各种反坦克武器，坦克还在改进。例如，英国研制出一种名叫“乔巴姆”的新型坦克，它的装甲是由两

层特殊钢板组成，中间装有玻璃纤维、超硬陶瓷和树脂。据说，这种装甲具有抵御各种反坦克武器的能力。

从每一代坦克和反坦克武器的交替出现，我们不难看出，战争中一种武器或装备的克敌制胜，在很大程度上是由制造这种武器、装备的材料决定的。这也说明，为了赢得战争的主动权和实现国防现代化，在国防建设和军事工程中，往往要把新材料的研制作作为当务之急，道理就在这里。

## 新能源的开发和利用

### 急待开发的太阳能

太阳是一种炽热的气体球，蕴藏着无比巨大的能量。地球上除了地热能和核能以外，所有的能源都来源于太阳能，因此可以说太阳能是人类的“能源之母”。没有太阳能，就不会有人类的一切。

自古以来，人们就注意利用太阳能。早在几千年前，我们的祖先就曾用“阳燧”这种简单的器具向太阳“取火”，开辟了人类利用太阳能的新纪元。古希腊著名物理学家阿基米德曾用巨大的镜子聚集太阳光，一举烧毁了敌人的帆船队。然而，人们对太阳能的深刻认识和开发利用，直到最近的二三十年内才真正开始。

1945年，美国贝尔电话实验室制造出了世界上第一块实用的硅太阳能电池，开创了现代人类利用太阳能的新时代。

人们利用太阳能的方法主要有三种，一种是使太阳能直接转换成电能，即光电转换，太阳能电池就属于这种转换方式；第二种是使太阳能直接转变成热能，即光热转换，如太阳能热水器等；第三种是使太阳能直接转变成化学能，即光化学转换，如太阳能发电机等。

实际上，人类有意识地利用太阳能，首先是从取暖、加热、干燥和采光等太阳能的热利用开始的。近十多年来，太阳能的光热利用发展很快，已经制成了式样繁多的各类太阳能集热器，将太阳光的热能用于取暖、制冷、通风、烘干、冶炼、洗浴、灌溉、养鱼、发电等许多方面，节省了大量的其他能源，并为能源短缺地区提供和解决了所需要的能源。要将太阳光直接转换成电能，就需要采用能量转换装置，太阳能电池实际上就是一种光电能量转换器。

有了太阳能电池，就为太阳能的利用开辟了广阔的途径，人造卫星和宇宙飞船探测宇宙时用上了重量轻、使用寿命长和耐冲击振动的太阳能电池。卫星和飞船的巨大铁翅膀上就密密麻麻排满了太阳能电池，组成了太阳能电池板。此外，太阳能飞机、太阳能汽车、太阳能汽艇等，都是由于装上了太阳能电池板才能飞翔和行驶；还有如太阳能电话、太阳能彩色电视机、太阳能电视差转机，都是使用太阳能电池工作的。

目前，世界各国都在大力研究新型太阳能电池，提高光电转换率，使太阳能的开发利用进一步深化。太阳能的开发方兴未艾，研制出的太阳能新产品层出不穷。例如，英国研制成功一种太阳能冰箱有九块吸热板，晴天时它可以向冰箱的蓄电池充电，一天的充电量足够电冰箱使用五天。瑞士发明了一种太阳能热水瓶，仅重400克，通过装在瓶底部的像镜子似的折叠铝叶板吸收太阳能，用来烧开水。有阳光时，烧一瓶水仅需要半小时左右。



对太阳能这种新能源的开发和利用，当前还仅处于初始阶段。随着科学技术的发展和人们对能源日益增长的需要，太阳能的开发利用必将出现一个蓬勃发展的新局面。

未来时代将是太阳能大显身手的时代，在我国的现代化建设中，太阳能也将发挥越来越重要的作用。

## 太阳是人类的能源宝库

太阳一刻不停地向宇宙空间中发送着大量的能量。据计算，仅一秒钟发出的能量就相当于 1.3 亿亿吨标准煤燃烧时所放出的热量。太阳发送到地球上的能量虽然很多，但只占它向外辐射能量的 22 亿分之一。由于地球表面大气层的反射和吸收，真正到达地球表面的太阳能，大约相当于目前全世界所有发电能力总和的 20 万倍。地球每天接收的太阳能，相当于全球一年所消耗的总能量的 200 倍。太阳发光放热的历史已达 40 多亿年以上，据科学家们预计，太阳释放巨大能量的时间还将持续几十亿年。因此，太阳可称得上是人类取之不尽、用之不竭的能源宝库。

对人类来说，太阳释放的能量还包括地球上的各种能源，例如煤炭、石油以及风能、海洋能等，它们都是由太阳能转化而来的。另外，与其他能源相比，太阳能具有独特的优点：

它没有一般煤炭、石油等矿物燃料产生的有害气体和废渣，因而不污染环境，被称作“干净能源”；

到处都可以得到太阳能，使用方便、安全；

成本低廉，可以再生。

现在，人们越来越认识到太阳能的重要价值。特别是在当前世界各国面临能源日益紧缺的情况下，人们已把太阳能作为开发利用的现代主要新能源之一，因此向太阳这个取用不尽的能源宝库索取能量实现人类历史上的能源变革，已成为今后能源发展的主要趋向。

随着科学技术的不断发展，人们对太阳能的利用也将日益广泛和深入。现在，太阳能的利用已扩展到科学研究、航空航天、国防建设和人们日常生活的各个方面。

尽管人们对太阳能的开发利用如此丰富多样，然而直到目前为止，所利用的太阳能与太阳照射到地球上的能量相比，仅是沧海一粟，而且使用效率较小，规模也较小，致使大自然赐予的这种宝贵能源大部分损失。所以，用现代化方法大规模地开发利用太阳能，已成为摆在人们面前的一项重要任务。

## 太阳能电站

通常人们所说的太阳能电站，指的是太阳能热电站，这是因为这种发电站先将太阳光转变成热能，然后再通过机械装置转变成电能。

太阳能电站能量转换的过程是：利用集热器（聚光镜）和吸热器（锅炉）把分散的太阳辐射能汇聚成集中的热能，经热转换器和汽轮发电机把热能变成机械能，再变成电能。它与一般火力发电厂的区别在于，其动力来源不是煤或燃油，而是太阳的辐射能。一般来说，太阳能电站多数采用在地面上设

置许多聚光镜，以不同角度和方向把太阳光收集起来，集中反射到一个高塔顶部的专用锅炉上，使锅炉里的水受热变为高压蒸汽，用来驱动汽轮机，再由汽轮机带动发电机发电。

另外，太阳能电站的独特之处还在于电站内有蓄热器。当用高压蒸汽推动汽轮转动的同时，通过管道将一部分热能储存在蓄热器中。如果在阴天、雨天或晚上没太阳时，就由蓄热器供应热能，以保证电站连续发电。世界上第一座太阳能热电站，是建在法国的奥德约太阳能热电站，这座电站当时的发电能力仅为 64 千瓦，但它却为以后太阳能热电站的建立和发展打下了基础。

## 太阳能电池

要将太阳向外辐射的大量光能转变成电能，就需要采用能量转换装置。太阳能电池实际上就是一种把光能变成电能的能量转换器，这种电池是利用“光生伏打效应”原理制成的。光生伏打效应是指当物体受到光照射时，物体内部就会产生电流或电动势的现象。

单个太阳能电池不能直接作为电源使用。实际应用中都是将几片或几十片单个的太阳能电池串联或并联起来，组成太阳能电池方阵，便可以获得相当大的电能。

太阳能电池的效率较低，成本较高，但与其他能源相比，它具有可靠性好、使用寿命长、没有转动部件、使用维护方便等优点，所以得到较广泛的应用。

太阳能电池最初是应用在空间技术中的，后来才扩大到其他许多领域。据统计，世界 90% 的人造卫星和宇宙飞船都采用太阳能电池供电。美国已于近年研究开发出性能优异的太阳能电池，其地面光电转换率为 35.6%，在宇宙空间为 30.8%。澳大利亚用激光技术制造的太阳能电池，在不聚焦时转换率达 24.2%，而且成本较低，与柴油发电相近。

在太阳能电池方阵中，通常还装有蓄电池，这是为了保证在夜晚或阴雨天时能连续供电的一种储能装置。当太阳光照射时，太阳能电池产生的电能不仅满足当时的需要，而且还可提供一些电能储存于蓄电池内。

有了太阳能电池，就为人造卫星和宇宙飞船探测宇宙空间提供了方便、可靠的能源。1953 年，美国贝尔电话公司研制成了世界上第一个硅太阳能电池。而到 1958 年，美国就发射了第一颗由太阳能供电的“先锋 1”号卫星。现在，各式各样的卫星和空间飞行器上都安装了布满太阳能电池的铁翅膀，使它们能在太空里远航高飞。

卫星和飞船上的电子仪器和设备，需要使用大量的电能，但它们对电源的要求很苛刻：既要重量轻，使用寿命长，能连续不断地工作，又要能承受各种冲击、碰撞和振动。而太阳能电池完全能满足这些要求，所以成为空间飞行较理想的能源。

以太阳能电池为动力的小汽车，已经在墨西哥试制成功。这种汽车的外形像一辆三轮摩托车，在车顶上架了一个装有太阳能电池的大篷。在阳光照射下，太阳能电池供给汽车电能，使汽车以每小时 40 公里的速度向行驶。由于这辆汽车每天所获得的电能只能驱动它行驶 40 分钟，所以在技术上还有待于进一步改进。

太阳能电池在电话中也得到了应用。有的国家在公路旁的每根电线杆的顶端，安装着一块太阳能电池板，将阳光变成电能，然后向蓄电池充电，以供应电话机连续用电。蓄电池充一次电后，可使用 26 个小时。现在在约旦的一些公路上，已安装有近百台这种太阳能电话。当汽车司机遇有紧急事情时，可随时在公路边打电话联系，使用非常方便。

太阳能电池很适合作为电视差转机的电源。电视差转机是一种既能接收来自主台的电视信号，又能将这种信号经过变频、放大再发射出去的电视转播装置。我国地域辽阔，许多远离电视发射台的边远城镇、山区、海岛等收看不到电视节目，就需要安装电视差转机。但是，电视差转机一般都建在高山上，架设高压输电线路供电很困难，投资很高，所以最适合使用太阳能电池供电。电视差转机使用太阳能电池作电源，既建设快捷、投资节省，而且维护、使用方便，还可以做到无人指导管理。目前，我国许多地方已建成用太阳能电池作电源的电视差转台，很受人们欢迎。

正是由于太阳能具有许多独特的优点，因而其应用十分广泛。从目前的情况来看，只要是太阳光能照射到的地方都可以使用，特别是一些能源缺少、孤岛、山区和沙漠地带，可以利用太阳能电池照明、空调、抽水、淡化海水等；还可以用于灯塔照明、航标灯、铁路信号灯、杀灭害虫的黑光灯、机场跑道识别灯、太阳能手术灯等，真可以说是一种处处可用的方便电源。

## 太阳能空间电力站

在太阳能利用中，发展前景最为诱人的要算在宇宙空间建立太阳能电力站的宏伟计划了。

众所周知，太阳光经过大气层到达地球表面时，已经大大减弱。而到达地面的阳光，又有三分之一被反射回空间。因此，在大气层以上接收太阳能要比在地球上接收的太阳能多四倍以上。在这种情况下，人们就萌发了一个大胆的设计，要把太阳能发电站搬到宇宙空间去，以便得到更多的太阳能，以避免地面太阳能电站接收太阳光时断时续的缺点。

要达到这一目的，就必须研制一种太阳能动力卫星，并把它发送到距地面 3.5 万多公里高，而且与地球同步的轨道上（在这一轨道上，卫星绕地球运行一圈的时间，正好与地球自转一周的时间相同），这样可以用它把太阳能直接引到地球上。

在动力卫星上装有巨大的太阳能电池板，能把太阳能直接转换成电能，然后再将电能转换成微波束发回地面。地面接收站通过巨型天线，可将动力卫星送回地面的微波能重新转换成电能。

当然，就目前来说实现大型太阳能空间电力站计划还存在一定的技术难关。比如，一个发电能力为一千万瓦的空间电力站，它上面的太阳能电池板面积已达 64 平方公里；而把微波能发送到地面的列阵天线，其占用面积约达两平方公里。此外，巨大的动力卫星需要分成部件运送到太空进行组装；卫星安装后，还需要定期进行保养和检修，这就需要一种像航天飞机一样，并且能往返于地球和太空的运输工具。

现在，担负运输任务的航天飞机已奔忙于太空和地球之间，随着航天技术的飞速发展，以及太阳能利用水平的不断提高，科学家们满怀信心的地预言，到本世纪末有可能通过航天飞机将第一个大型卫星送入轨道，为人类利

用太阳能开辟新的纪元。

## 大放异彩的风能

在自然界，风是一种巨大的能源，它远远超过矿物能源所提供的能量的总和，是一种取之不尽、尚未得到大量开发利用的能源。

风能是空气在流动时所产生的能量，而大气运动的能量来源于太阳辐射。由于地球表面各处受太阳辐射后散热的快慢不同，加之空气中水蒸汽的含量不同，从而引起各处气压的差异，结果高压地区空气便向低气压地区流动，从而形成了风，因此，风能是一种不断再生的没有污染的清洁能源。太阳不断地向地球辐射能量，而到达地球的太阳辐射能中，约有 20% 被地球大气层所吸收，其中只有很小的一部分被转化为风能，它相当于 10300 亿吨煤所储藏的能量。据计算，风能量大约相当于目前地球上人类一年所消耗能量总和的 100 倍。

风能的大小和风速有关，风速越大，风所具有的能量就越大。通常，风速为 8~10 米/秒的五级风可使小树摇摆，水面起波，吹到物体表面的力，每平方米面积上达 10 公斤；风速 20~24 米/秒的九级风，可以使平房屋顶和烟囱受到破坏，吹到物体表面的力每平方米面积上达 50 公斤；风速为 50~60 米/秒的台风，对于每平方米物体表面的压力，高达 200 公斤。整个大气中总风力的约 1/4 在陆地上空，而近地面层每年可供利用的风能，约相当于 500 万亿度的电力。由此可见，风能之大是多么的惊人。

人类对于风能的利用是比较早的。早在公元前一、二千年，我国就已开始使用风车。二千多年前我国已有了利用风力的帆船。19 世纪末，人们开始研究风力发电，1891 年丹麦建造了世界上第一座试验性的风能发电站；到了 20 世纪初，一些欧洲国家如荷兰、法国等，纷纷开展风能发电的研究。第二次世界大战期间，人们开始用小型螺旋桨式风车发电。风速为 7~15 米/秒的风力可发出 300~500 瓦的电，而且还能给蓄电池充电，用来照明或开动小型机器设备。60 年代中期，由于石油供应比较充足，所以一些经济发达的国家对风能发电的研究兴趣有所减退。70 年代中期以来，由于能源供应紧张，加之石油、煤炭对环境的污染日益严重，所以很多国家又开始对风能发电的研究重视起来，而且近年来还广泛开展了风能在海水淡化、航运、提水、供暖、制冷等方面的研究，使风能的利用范围得到了进一步扩大。

目前，世界各国对风能的利用，主要是以风能作动力和发电两种形式，其中以风力发电为主。

以风能作动力，就是利用风来直接带动各种机械系统的装置，如带动水泵提水等。这种风力发动机的优点是，投资少、工效高、经济耐用。目前，世界上约有一百多万台风力提水机在运转。澳大利亚的许多牧场，都设有这种风力提水机。很多风力资源丰富的国家，科学家利用风力发动机铡草、磨面和加工饲料等。

利用风力发电，以丹麦应用最早，而且使用较普遍。早在 1910 年，丹麦就已有数百个容量为 5~25 千瓦的风力发电站。到 50 年代中期，丹麦成万个农庄利用风力发电照明和提供所需要的电力。美国曾建造过一座 1250 千瓦的风力发电站，但由于发电机叶片重达八吨而被折断，故只运行了一年多就停止了试验。法国在 50 年代也建造了一座 800 千瓦的风力发电站；前联邦德国

建造的一座 100 千瓦的风力发电站，自 1959 年起一直向电网供电。

通常，人们按容量大小将风力发电站分为大、中、小三种。容量在 10 千瓦以下的为小型，10~100 千瓦的为中型，100 千瓦以上的为大型。中小型风力发电站主要用于充电、照明、卫星地面站电源、灯塔和作为导航设备的电源，以及为边远地区人口稀少而民用电力达不到的地方提供电能；大型风力发电站可用来为电网供电。

## 高效安全的核能

从 1954 年前苏联建成世界上第一座核电站以来，人类和平利用核能的历史还不到半个世纪，然而，核能的发展却异常迅速。特别是近 20 年来，它以极大的优势异军突起，成绩卓著，已成为世界舞台上一个引人注目的角色。到 1991 年底，全世界有近 30 个国家和地区拥有近 420 座核电站，另有 76 座正在建设中。我国首座核电站秦山核电站，已于 1991 年正式投入运行，这标志着我国核能利用已经进入了一个新阶段。

目前，核能发电可满足世界电力需要的 20% 左右。据专家们预计，到 2000 年，全世界核电站的总发电量可达 72000~95000 万千瓦，届时核能发电量将是世界总发电量的 30%~50%。到 21 世纪中叶，核能将取代石油等矿物燃料而成为世界各国的主要能源。

核能的发展之所以如此迅速，主要是因为它有着显著的优越性：

其一，它的能量非常巨大，而且非常集中。

其二，运输方便，地区适应性强。有人曾将核电站与火电站作了个形象的比较：一座 20 万千瓦的火电站，一天要烧掉 3000 吨煤，这些燃料需要用 100 辆铁路货车来运输；而发电能力相同的核电站，一天仅用一公斤铀就行了。这么一点铀燃料只有三个火柴盒那么大，运输起来自然就省力多了，而且可以建在电力消耗大的地方，以减少输电损失和运输费用。

其三，储量丰富，用之不尽。核能资源广泛分布在世界的陆地和海洋中。储藏在陆地上的铀矿资源，约 990~2410 万吨，其中最多的是北美洲，其次是非洲和大洋洲。

海洋中的核能资源比陆地上要丰富得多。拿核聚变的重要燃料铀来说，虽然每 1000 吨海水中才有三克铀，然而海洋里铀的总储量却大得惊人，总共达 40 多亿吨，比陆地上已知的铀储量数千倍。此外，海洋中还有更为丰富的核聚变所用的燃料——重水。如果将这些能源开发出来，那么即使全世界的能量消耗比现在增加 100 倍，也可保证供应人类使用 10 亿年左右。

从目前情况来看，世界各国的核能发电技术已相当成熟，大量投入使用的单机容量达百万千瓦级的发电机组，使核电站得到了迅速的发展。

## 核电使用的安全性

由于核电技术日趋成熟和它具有突出的优点，加上世界能源供应的紧张形势，使核电得到越来越迅速的发展。法国政府已宣布，今后只建核电站而不再建火电站。到 2000 年，法国核电站装机容量将占总装机容量的 90%。意大利国家电力公司决定，今后几十年内新建电站全部或绝大部分是核电站。一些第三世界国家如印度、阿根廷、巴基斯坦和巴西等国同样对核电很

重视，已建成了自己的核电站，其他发展中国家也在加紧筹建核电站。我国自行设计建造的秦山 30 万千瓦的压水堆核电站已投入运行，在广东省还将引进两座 90 万千瓦的核反应堆，并决定在华东地区建设大型核电站。

然而，在这大力发展核电站热潮的背后，却有不少人对核电站的发展担心，特别是 1979 年 3 月美国三里岛核电站和 1986 年 4 月前苏联切尔诺贝利核电站发生事故以来，已经引起世界各国的关注，人们担心这个“核老虎”会伤人。其实，核能是种安全、清洁的新能源。从第一座核电站建成以来，全世界已投入运行的核电站达近 450 座，30 多年来基本上是安全正常的。

核电站对环境的污染也比火电站小得多。火电站在工作时，它“肚子”里存不住东西，不断向大气里排放大量的二氧化硫和一氧化氮等有害物质，而且煤里的少量铀、钍和镭等放射性物质也会随着烟尘飘落到火电站的周围，污染环境，影响人们健康。核电站就不同了，它“肚子”里的“脏”东西由于设置了层层屏障而被严严实实地包在里面，基本上不排放污染环境的物质，就是放射性污染也比烧煤电站少得多。据统计，一座 100 万千瓦的烧煤电站通过烟囱排放的放射物质剂量比核电站大三倍左右。实际上，核电站正常运转时，一年给居民带来的放射性影响，还不到一次 X 光透视所受的剂量，所以不会对人体造成损害。

为了防止核反应堆里的放射性物质泄露出来，人们给核电设置了四道屏障：一是对核燃料芯块进行处理，拔掉它的“核牙齿”。现在的核反应堆都采用耐高温、耐腐蚀的二氧化铀陶瓷型核燃料芯块，并经烧结、磨光后，能保留住 98% 以上的放射性物质不泄露出去；二是用锆合金制作包壳管。将二氧化铀陶瓷型芯块装进管内，叠垒起来，就成了燃料棒。这种用锆合金或不锈钢制成的包壳管，能保证在长期使用中不使放射性裂变物质逸出，而且一旦管壳破损能够及时发现，以便采取必要的措施；三是将燃料棒封闭在严密的压力容器中。这样，即使堆芯中有 1% 的核燃料元件发生破坏，放射性质也不会泄露出来；四是抗压力容器放在安全壳厂房内。通常，核电站的厂房均采用双层壳件结构，对放射性物质有很强的防护作用。万一放射性物质从堆内泄露出去，有这道屏障阻挡，就会使人体免受伤害。

事实证明，核电站的这些屏障是十分可靠和有效的，即使像美国三里岛核电站那样大的事故，也没有对环境和居民造成危害。

核电与其他能源相比，也是最安全的能源之一。有人将核能与煤、石油、天然气、风、太阳能等能源单位输出能量造成的总危险性进行了比较，发现天然气发电的危险性最低，其次是核电站，第三位是海洋温差发电。其他大多数能源都有较大的危险性，其中煤和石油的危险性约为天然气的 400 倍。

一些新能源如风能、太阳能等之所以危险性较大，是因为它们的单位能量输出需要大量的材料和劳动。风能和太阳能是发散性的能，很微弱，要积聚大量的能量就需要相当大的收集系统和储存系统。根据计算表明，天然气发电需要的材料最少，建造的时间也最短；风能发电需要的材料最多，而太阳能电站需要建造的时间最长。由于需要大量的材料和很长的建造时间，就意味着要进行开采、运输、加工和建造等大量的工业活动。而每种工业活动都有一定的危险性，将所有的危险性加起来，其总危险性自然就相当大了。

综合上述可以看出，与人们的直观感觉正相反，太阳能、风能和常规能源中的煤、石油等的总危险性都是很高的，而许多人担心的核电站的总危险性却低得多。因此，使用核电站是非常安全的，这已为多年的使用实践所证

明。

## 前景广阔的海洋能

辽阔浩瀚的海洋，不仅使人心旷神怡，而且使人迷恋和陶醉。然而，大海最诱人的地方，还在于它蕴藏着极为丰富的自然资源和巨大的可再生能源。那波涛汹涌的海浪；一涨一落的潮汐；循环不息的海流；不同深度的水温；河海水交汇处的盐度差……都具有可以利用的巨大能量。另外，占地球表面积约 70% 的海水中，还可以取得丰富的热核燃料和氢。

海洋能主要来源于太阳能。它的分布地域广阔，能量比较稳定，而且变化有一定规律，可以准确预测。例如，海水温差和海流随季节而变化，而潮汐的变化则具有一定的周期性。

目前，世界各国有关海洋能源的研究和利用还处于初始阶段，因而海洋能属于有待开发利用的新能源。其中，对于潮汐能的开发技术比较成熟，已进入技术经济评价和工程规划阶段；波浪能的利用处于试验研究阶段；海洋热能的利用正在进行工程性研究，海流和盐度差能的开发，仅处于原理研究阶段。

全世界海洋能的总储量，约为全球每年耗能量的几百倍甚至几千倍。这种海洋能是取之不尽、用之不竭的新能源。在不远的将来，海洋能在造福于人类方面，将发挥巨大而重要的作用。

## 海洋潮汐发电

海洋的潮汐，是由于月亮、太阳对地球上海水的吸引力和地球的自转而引起海水周期性、有节奏的垂直涨落现象。通常，将海水白天涨落叫“潮”，晚上涨落叫“汐”，合称为“潮汐”。由于月亮离地球较近，它对海水的吸引力约为太阳的 2.7 倍，因此月亮对海水的吸引力是产生潮汐的主要原因。潮汐天天发生，循环不已，永不停息。

海洋的潮汐中蕴藏着巨大的能量。在涨潮的过程中，汹涌而来的海水具有很大的动能，随着海水水位的升高，就把大量海水的动能转比为势能；在落潮过程中，海水又奔腾而去，水位逐渐降低，大量的势能又转化为动能。海水在涨落潮运动中所蕴含的大量动能和势能，称为潮汐能。

海水潮汐能的大小随潮差而变，潮差越大，潮汐能也越大。潮汐的能量是非常巨大的，据初步计算，全世界海洋储藏的潮汐能约有 27 亿千瓦，每年的发电量可达 33,480 万亿度。所以，人们把潮汐能称为“蓝色的煤海”。

随着科学技术的发展，人们已不满足于利用潮汐的力量来推动水车和水磨了，而是要用潮汐能来发电。目前，世界上法国、英国、美国、加拿大、独联体和阿根廷等许多国家都建造了潮汐发电站，其中以法国的朗斯潮汐电站最大，它的总装机容量为 24 万千瓦。

潮汐发电的原理与一般的水力发电相似，是在海湾或有潮汐的河口上建筑一座拦水堤坝，将入海河口和海湾隔开，建造一个天然水库，并在堤坝中或堤旁安装水轮发电机组，利用潮汐涨落时海水水位升降，使海水通过水轮机推动水轮发电机组发电。

总的来看，潮汐发电具有如下优点：

潮汐发电的水库都是利用河口或海湾建成的，不占用耕地，也不像河川水电站或火电站那样要淹没或占用大面积土地。

潮汐发电站不像河川水电站那样受洪水和枯水季的影响，也不像火电站那样污染环境，是一种不受气候条件影响的、干净的发电站。

潮汐电站的堤坝较低，容易建造，投资也较少。

## 海浪发电

大海从来是不平静的，无风时它微波荡漾，有风时则巨浪翻滚。那奔腾咆哮的海浪猛烈地拍击着海边的岩石，发出雷鸣般的轰响声，激溅起高高的浪花，这是海浪在显示它那无穷的力量。海浪的高度一般不超过 20 米，可是它冲击海岸时却能激起六、七十米高的浪花。这浪花曾将斯里兰卡海岸上一个 60 米高处的灯塔击碎，拍打海岸的激浪曾把法国契波格海港三吨半的重物抛过六米的高墙；在苏格兰，巨大的海浪把 1350 吨的庞然大物移动了 10 米；在荷兰的阿姆斯特丹，一个 20 吨重的海中混凝土块被海浪举起七米多高，又抛到距海面 1.5 米的防波堤上；1952 年，一艘美国轮船在意大利西部海面上被浪头劈成两半，一半抛上了海岸，另一半冲到很远的海洋里。

由此可见，海浪蕴藏着巨大的能量。据测试，海浪对海岸的冲击力每平方米达 20~30 吨，最大甚至可达 60 吨。因此，人们早在几十年前就开始研究海浪能的利用，以便使它更好地为人类服务。

1964 年，日本研制成了世界上第一个海浪发电装置——航标灯。虽然这台发电机发电的能力仅有 60 瓦，只够一盏灯使用，然而它却开创了人类利用海浪发电的新纪元。

利用海浪发电，既不消耗任何燃料和资源，又不产生任何污染，因而是一种干净的发电技术。这种不占用任何土地，只要有海浪就能发电的方法，特适合于那些无法架设电线的海岛使用。

70 年代末期，日本研制成了一种大型海浪能发电船，并进行了海上试验。它能发出 100~150 千瓦的电能，而且具有远离海岸的电力传输装置。这艘发电船通常停泊在离岸 3000 米的海上，船长 80 米，宽 12 米，总重 500 吨，停泊海域的水深为 42 米，在船的内室里，安装了几台海浪发电装置。

英国 90 年代初期在苏格兰建成了一座发电能力为 75 千瓦的海浪发电站。英国是继挪威、日本之后利用海浪发电的第三个国家。英国的爱丁堡大学正在研制五万千瓦的海浪发电装置，而且还将在海岸以外的海面上建造海浪能发电站。挪威的科学家大胆地提出用人力制造大的波浪来进行发电，这将使海浪发电的研究试验工作进入一个新阶段。

目前，世界上已有几百台海浪发电装置投入运行，但它们的发电能力都比较小，需要进一步研究。海浪能是人们从海洋中可以获得的重要能源，也是一种急待开发利用的现代新型能源。

## 海水盐差发电

海水里面由于溶解了不少矿物盐而有一种苦咸味，这给在海上生活的人用水带来一定困难，所以人们要将海水淡化，制取生活用水。然而，这种苦咸的海水大有用处，可用来发电，是一种能量巨大的海洋资源。



在大江大河的入海口，即江河水与海水相交融的地方，江河水是淡水，海水是咸水，淡水和咸水就会自发地扩散、混合，直到两者含盐浓度相等为止。在混合过程中，还将放出相当多的能量。这就是说，海水和淡水混合时，含盐浓度高的海水以较大的渗透压力向淡水扩散，而淡水也在向海水扩散，不过渗透压力小。这种渗透压力差所产生的能量，称为海水盐浓度差能，或者叫做海水盐差能。

海水盐差能是由于太阳辐射热使海水蒸发后浓度增加而产生的。被蒸发出来的大量水蒸汽在水循环过程中，又变成云和雨，重新回到海洋，同时放出能量。

由于海水盐差能的蕴藏量十分巨大，世界上许多国家如美国、日本、瑞典等，都在积极开展这方面的研究和开发利用工作。我国也很重视海水盐差能的开发利用，据估计，我国在河口地区的盐差能约有 1.6 亿千瓦。

## 海流能

顾名思义，海流就是海洋中的河流。浩瀚的海洋中除有潮水的涨落和波浪的上下起伏之外，有一部分海水经常是朝着一定方向流动的。它犹如人体中流动着的血液，又好比是陆地上奔腾着的大河小溪，在海洋中常年默默奔流着。海流和陆地上的河流一样，也有一定的长度、宽度、深度和流速。一般情况下，海流长达几千公里，比长江、黄河还要长；而其宽度却比一般河流要大得多，可以是长江宽度的几十倍甚至上百倍；海流的速度通常为每小时 1~2 海里，有些可达到 4~5 海里。海流的速度一般在海洋表面比较大，而随着深度的增加则很快减小。

风力的大小和海水密度不同是产生海流的主要原因。由定向风持续地吹拂海面所引起的海流称为风海流；而由于海水密度不同所产生的海流称为密度流。归根结底，这两种海流的能量都来源于太阳的辐射能。海流和河流一样，也蕴藏着巨大的动能，它在流动中有很大的冲击力和潜能，因而也可以用来发电。据估计，世界大洋中所有海流的总功率达 50 亿千瓦左右，是海洋能中蕴藏量最大的一种。

利用海流发电比陆地上的河流优越得多，它既不受洪水的威胁，又不受枯水季节的影响，几乎以常年不变的水量和一定的流速流动，完全可成为人类可靠的能源。

海流发电是依靠海流的冲击力使水轮机旋转，然后再变换成高速，带动发电机发电。目前，海流发电站多是浮在海面上的。例如，一种叫“花环式”的海流发电站，是用一串螺旋桨组成的，它的两端固定在浮筒上，浮筒里装有发电机。整个电站迎着海流的方向漂浮在海面上，就像献给客人的花环一样。这种发电站之所以用一串螺旋桨组成，主要是因为海流的流速小，单位体积内所具有能量小的缘故。它的发电能力通常是比较小的，一般只能为灯塔和灯船提供电力，至多不过为潜水艇上的蓄电池充电而已。

美国曾设计过一种驳船式海流电站，其发电能力比花环式发电站要大得多。这种发电站实际上就是一艘船，因此叫发电船似乎更合适些。在船舷两侧装着巨大的水轮，它们在海流推动下断地转动，进而带动发电机发电。所发出的电力通过海底电缆送到岸上。这种驳船式发电站的发电能力约为五万千瓦，而且由于发电站是建在船上，所以当有狂风巨浪袭击时，它可以到附

近港口躲避，以保证发电设备的安全。

70年代末期，国外研制了一种设计新颖的伞式海流发电站，这种电站也是建在船上的。它是将50个降落伞串在一根很长的绳子上来聚集海流能量的，绳子的两端相连，形成一个环形，然后，将绳子套在锚泊于海流的船尾的两个轮子上。置于海流中的降落伞由强大海流推动着，而处于逆流的伞就像大风把伞吹胀撑开一样，顺着海流方向运动。于是拴着降落伞的绳子又带动船上的两个轮子，连接着轮子的发电机就跟着转动而发出电来，它所发出的电力通过电缆输送到岸上。

## 海水温差能

海水的温度随着海水的深度的增加而降低。这是因为太阳辐射无法透射到400米以下的海水，海洋表层的海水与500米深处的海水温度差可达20以上。通常，将深度增加100米的海水温度之差，称为温度递减率。一般来说，在100~200米的深度范围内，海水温度递减程度最大；深度超过200米后，温度递减率显著减少；深度在1000米以上时，温度递减率则变得很微小。

海洋中上下层水温的差异，蕴藏着一定的能量，叫做海水温差能，或称海洋热能。利用海水温差能可以发电，这种发电方式叫海水温差发电。

现在新型的海水温差发电装置，是把海水引入太阳能加温池，把海水加热到45~60℃，有时可高达90℃，然后再把温水引进保持真空的汽锅蒸发进行发电。

用海水温差发电，还可以得到副产品——淡水，所以说它还具有海水淡化功能。一座10万千瓦的海水温差发电站，每天可产生378立方米的淡水，可以用来解决工业用水和饮用水的需要。另外，由于电站抽取的深层冷海水中含有丰富的营养盐类，因而发站周围就会成为浮游生物和鱼类群集的场所，可以增加海捕鱼量。

## 大有希望的地热能

我们居住的地球，很像一个大热水瓶，外凉内热，而且越往里面温度越高。因此，人们把来自地球内部的热能，叫地热能。地球通过火山爆发和温泉等途径，将它内部的热能源源不断地输送到地面，人们所热衷的温泉浴，就是人类很早开始利用的一种地热能。然而，目前对地热能大规模的开发利用还处于初始阶段，所以说地热能还属于一种新能源。

在距地面25~50千米的地球深处，温度为200~1000℃；若深度达到距地面6370千米即地心深处时，温度要高达4500℃。

据估算，如果按照世界动力消耗的速度完全只消耗地下热能，那么即使使用4100万年后，地球的温度也只降低1℃。由此可见，在地球内部蕴藏着多么丰富的热能。温度分布是很规律的，通常，在地壳最上部的十几千米范围内，地层的深度每增加30米，温度便升高约1℃；在地下15~25千米之间，深度每增加100米，温度上升1.5℃；25千米以下的区域，深度每增加100米，温度只上升0.8℃；以后再深入到一定深度，温度就保持不变了。

地球深层为什么储存着如此多的热能呢？它们是从哪里来的？对于这个

问题，目前还处于探索阶段。不过，大多数学者认为，这是由于地球内部放射性物质自然发生蜕变的结果。在核反应的过程中，放出了大量的热能，再加上处于封闭、隔断的地层中，天长日久，经过逐渐的积聚，就形成了现在的地热能。值得指出的是，地热资源是一种可再生的能源，只要不超过地热资源的开发强度，它是能够补充而再生的。

通常，人们将地热资源分为以下四类：

**水热资源。**这是储存在地下蓄水层的大量地热资源，包括地热蒸汽和地热水。地热蒸汽容易开发利用，但含量很少，仅占已探明的地热资源总量的0.5%。而地热水的储量较大，约占已探明的地热资源的10%，其温度范围从接近室温到高达390℃。

**地压资源。**这是处于地层深处沉积岩中的含有甲烷的高盐分热水。由于上部的岩石覆盖层把热能封闭起来，使热水的压力超过水的静压力，温度约为150~260℃之间，其储量约是已探明的地热资源总量的20%。

**干热岩。**这是地层深处温度为150~650℃左右的热岩层，它所储存的热能约为已探明的地热资源总量的30%。

**熔岩。**这是埋藏部位最深的一种完全熔化的热熔岩，其温度高达650~1200℃。熔岩储藏的热能比其他几种都多，约占已探明地热资源总量的40%左右。

到目前为止，对于地热资源的利用主要是水热资源的开发。近年来，一些国家开始进行干热岩的开发研究和试验，开凿人造热泉就是干热岩的具体应用之一。而地压资源和熔岩资源的开发尚处于探索阶段。

地热在世界各地的分布是很广泛的。美国阿拉斯加的“万烟谷”是世界上闻名的地热集中地。在24平方公里的范围内，有数万个天然蒸汽和热水的喷孔，喷出的热水和蒸汽最低温度为97℃，高温蒸汽达645℃。每秒喷出2300万公升的热水和蒸汽，每年从地球内部带往地面的热能相当于600万吨标准煤。新西兰约有近70个地热田和一千多个温泉。温泉的类型很多，有温度可达200~300℃的高温热泉；有时断时续的间歇喷泉；还有沸腾的泥浆地。横跨欧亚大陆的地中海——喜马拉雅地热带，从地中海北岸的意大利、匈牙利经过土耳其、独联体的高加索、伊朗、巴基斯坦和印度的北部、中国的西藏、缅甸、马来西亚，最后在印度尼西亚与环太平洋地热带相接。

有人做过计算，如果把全世界火山爆发和地震释放的能量，以及热岩层所储存的能量除外，地下热水和地热蒸汽储存的热能总量，就为地球上全部储藏量的1.7亿倍。在地下三公里内目前可供开采的地热能，相当于29,000亿吨煤燃烧时释放的全部热量。可以看出，地热能的开发与利用有着广阔的前景。

对于地热能的开发与利用，如果从1904年意大利建成世界第一座地热发电站算起，已有近90年的历史了。但是，只有近二、三十年来地热能的开发利用才逐渐引起世界各国的普遍注意和重视。

据统计，目前世界上已有120多个国家和地区发现打出地热泉与地热井七千五百多处，使地热能的开发和利用得到不断的扩大。地热能的利用，当前主要是在采暖、发电、育种、温室栽培、洗浴等方面。美国一所大学有三口深600米的地热水井，水温为89℃，可为总面积达46,000多平方米的校舍供暖，每年节约暖气费25万美元。法国计划到2000年利用地热为80万套住宅单元供暖，每年可节省燃油一百多万吨。冰岛虽然处在寒冷地带，但有

着丰富的地热资源，目前全国人口的 70% 以上已采用地热供暖。

利用地热能发电，具有许多独特的优点：建造电站的投资少，通常低于水电站；发电成本比水电、火电和核电站都低；发电设备的利用时数较长；地热能干净，不污染环境。发电用过的蒸汽和热水，还可以用于取暖或其他方面。

现在，美国、日本、独联体、意大利、冰岛等许多国家都建成了不同规模的地热电站，总计约有 150 座左右，装机总容量达 320 万千瓦。

地热发电的原理与一般火力发电相似，即利用地热能产生蒸汽，推动汽轮发电机组发出电来。目前，全世界有四分之三的地热电站是利用高温水蒸汽为能源来发电的。这种电站是将地热蒸汽引出地面后，先进行净化，除掉所含的各种杂质，然后就可以推动汽轮发电机发电；以高温蒸汽为能源的地热电站，大多采用汽水分离的方法发电；对于以地下热水为能源的电站，一般通过一定的途径用地下热水为热源产生蒸汽，然后用蒸汽来推动汽轮发电机组发电。

另外，地热能在工业上可用于加热、干燥、制冷与冷藏、脱水加工、淡化海水和提取化学元素等；在医疗卫生方面，温泉可以医治皮肤和关节等的疾病，许多国家都有供沐浴医疗用的温泉。

由于天然热泉较少，而且不是各地都有的，因而在一些没有天然热泉的地区，人们就利用广泛分布的干热岩型地热能人工造出地下热泉来。人造热泉是在干热岩型的热岩层上开凿而成的，世界上最早的人造热泉是在美国的新墨西哥州北部开凿的，井深达 3000 米，热岩层的温度为 200 。

美国已建造了热泉热电厂，发电量为五万千瓦。另外，还在洛斯阿拉莫斯国立实验所钻了两眼深 4389 米的地热井，先把水泵入井内，12 小时后抽上来，这时水温已高达 375 。法国先后开凿了六眼人造热泉，其中每眼井深六千米，每小时可获得温度达 200 热水 100 吨。

目前，美国的地热发电站的装机容量已达 930 万千瓦，到 2020 年将增加到 3180 万千瓦。

现在，随着科学的发展，人们开始在岩浆体导热源周围建立人工热能存储层，以便开发利用热源蒸汽的高温岩体来发电。人们预计，到本世纪末，世界地热发电的总能力可达一亿千瓦。

## 理想的能源——氢能

在众多的新能源中，氢能将会成为 21 世纪最理想的能源。这是因为，在燃烧相同重量的煤、汽油和氢气的情况下，氢气产生的能量最多，而且它燃烧的产物是水，没有灰渣和废气，不会污染环境；而煤和石油燃烧生成的是二氧化碳和二氧化硫，可分别产生温室效应和酸雨。煤和石油的储量是有限的，而氢主要存于水中，燃烧后唯一的产物也是水，可源源不断地产生氢气，永远不会用完。

氢是一种无色的气体。燃烧一克氢能释放出 142 千焦耳的热量，是汽油发热量的 3 倍。氢的重量特别轻，它比汽油、天然气、煤油都轻多了，因而携带、运送方便，是航天、航空等高速飞行交通工具最合适的燃料。氢在氧气里能够燃烧，氢气火焰的温度可高达 2500 ，因而人们常用氢气切割或者焊接钢铁材料。

在大自然中，氢的分布很广泛。水就是氢的大“仓库”，其中含有 11% 的氢。泥土里约有 1.5% 的氢；石油、煤炭、天然气、动植物体内等都含有氢。氢的主体是以化合物水的形式存在的，而地球表面约 70% 为水所覆盖，储水量很大，因此可以说，氢是“取之不尽、用之不竭”的能源。如果能用合适的方法从水中制取氢，那么氢也将是一种价格相当便宜的能源。

氢的用途很广，适用性强。它不仅能用作燃料，而且金属氢化物具有化学能、热能和机械能相互转换的功能。例如，储氢金属具有吸氢放热和吸热放氢的本领，可将热量储存起来，作为房间内取暖和空调使用。

氢作为气体燃料，首先被应用在汽车上。1976 年 5 月，美国研制出一种以氢作燃料的汽车；后来，日本也研制成功一种以液态氢为燃料的汽车；70 年代末期，前联邦德国的奔驰汽车公司已对氢气进行了试验，他们仅用了五千克氢，就使汽车行驶了 110 公里。

用氢作为汽车燃料，不仅干净，在低温下容易发动，而且对发动机的腐蚀作用小，可延长发动机的使用寿命。由于氢气与空气能够均匀混合，完全可省去一般汽车上所用的汽化器，从而可简化现有汽车的构造。更令人感兴趣的是，只要在汽油中加入 4% 的氢气。用它作为汽车发动机燃料，就可节油 40%，而且无需对汽油发动机作多大的改进。

氢气在一定压力和温度下很容易变成液体，因而将它用铁罐车、公路拖车或者轮船运输都很方便。液态的氢既可用作汽车、飞机的燃料，也可用作火箭、导弹的燃料。美国飞往月球的“阿波罗”号宇宙飞船和我国发射人造卫星的长征运载火箭，都是用液态氢作燃料的。

另外，使用氢—氢燃料电池还可以把氢能直接转化成电能，使氢能的利用更为方便。目前，这种燃料电池已在宇宙飞船和潜艇上得到使用，效果不错。当然，由于成本较高，一时还难以普遍使用。

现在世界上氢的年产量约为 3600 万吨，其中绝大部分是从石油、煤炭和天然气中制取的，这就得消耗本来就很紧缺的矿物燃料；另有 4% 的氢是用电解水的方法制取的，但消耗的电能太多，很不划算，因此，人们正在积极探索研究制氢新方法。

随着太阳能研究和利用的发展，人们已开始利用阳光分解水来制取氢气。在水中放入催化剂，在阳光照射下，催化剂便能激发光化学反应，把水分解成氢和氧。例如，二氧化钛和某些含钨的化合物，就是较适用的光水解催化剂。人们预计，一旦当更有效的催化剂问世时，水中取“火”——制氢就成为可能，到那时，人们只要在汽车、飞机等油箱中装满水，再加入光水解催化剂，那么，在阳光照射下，水便能不断地分解出氢，成为发动机的能源。

本世纪 70 年代，人们用半导体材料钛酸锶作光电极，金属铂作暗电极，将它们连在一起，然后放入水里，通过阳光的照射，就在铂电极上释放出氢气，而在钛酸锶电极上释放出氧气，这就是我们通常所说的光电解水制取氢气法。

科学家们还发现，一些微生物也能在阳光作用下制取氢。人们利用在光合作用下可以释放氢的微生物，通过氢化酶诱发电子，把水里的氢离子结合起来，生成氢气。前苏联的科学家们已在湖沼里发现了这样的微生物，他们把这种微生物放在适合它生存的特殊器皿里，然后将微生物产生出来的氢气收集在氢气瓶里。这种微生物含有大量的蛋白质，除了能放出氢气外，还可

以用于制药和生产维生素，以及用它作牧畜和家禽的饲料。现在，人们正在设法培养能高效产氢的这类微生物，以适应开发利用新能源的需要。

引人注意的是，许多原始的低等生物在新陈代谢的过程中也可放出氢气。例如，许多细菌可在一定条件下放出氢。日本已找到一种叫做“红鞭毛杆菌”的细菌，就是个制氢的能手。在玻璃器皿内，以淀粉作原料，掺入一些其他营养素制成的培养液就可培养出这种细菌，这时，在玻璃器皿内便会产生出氢气。这种细菌制氢的效能颇高，每消耗五毫升的淀粉营养液，就可产生出 25 毫升的氢气。

美国宇航部门准备把一种光合细菌——红螺菌带到太空中去，用它放出的氢气作为能源供航天器使用。这种细菌的生长与繁殖很快，而且培养方法简单易行，既可在农副产品废水废渣中培养，也可以在乳制品加工厂的垃圾中培育。

对于制取氢气，有人提出了一个大胆的设想：将来建造一些为电解水制取氢气的专用核电站。譬如，建造一些人工海岛，把核电站建在这些海岛上，电解用水和冷却用水均取自海水。由于海岛远离居民区，所以既安全，又经济。制取的氢和氧，用铺设在水下的通气管道输入陆地，以便供人们随时使用。

## 磁流体发电

本世纪 50 年代末期，人们发现如果将高温、高速流动的气体通过一个很强的磁场时，就能产生电流。后来，在此基础上就发展成为一种发电新技术，这就是引人注目的“磁流体发电”。

磁流体发电作为一项发电新技术，它比一般的火力发电具有的优越性主要表现在以下几个方面：

首先，综合效率高。磁流体的热效率可以从火力发电的 30 ~ 40% 提高到 50 ~ 60%，预计将来还会再提高。

其次，启动快。在几秒钟的时间内，磁流体发电站就能达到满功率运行，这是其他任何发电装置无法相比的，因此，磁流体发电不仅可作为大功率民用电源，而且还可以作为高峰负荷电源和特殊电源使用，如作为风洞试验电源、激光武器的脉冲电源等。

第三，去硫方便，对环境污染少。磁流体发电虽然也使用煤炭、石油等燃料，但由于它使用的是细煤粉，而且高温气体还掺杂着少量的钾、钠和铯的化合物等，容易和硫发生化学反应，生成硫化物，在发电后回收这些金属的同时也将硫回收了。从这一点来说，磁流体发电可以充分利用含硫较多的劣质煤。另外，由于磁流体发电的热效率高，因而排放的废热也少，产生的污染物自然就少多了。

第四，没有高速旋转的部件，噪音小。设备结构简单。体积和重量也大大减小。

由于磁流体发电时的温度高，所以可将磁流体发电与其他发电方式联合组成效率高的大型发电站，作为经常满载运行的基本负荷电站。例如，将与一般火力发电组成磁流体——蒸汽联合循环发电，即让从磁流体发电机排出的高温气体再进入余热锅炉生产蒸汽，去推动汽轮发电机发电，其热效率可达 50 ~ 60%。前苏联在 1971 年建造了一座磁流体——蒸汽联合循环试验电

站，装机容量为 7.5 万千瓦，其中磁流体电机容量为 2.5 万千瓦。

美国是世界上研究磁流体发电最早的国家，1959 年，美国就研制成功了 11.5 千瓦的磁流体发电试验装置。60 年代中期以后，美国将它应用在军事上，建成了作为激光武器脉冲电源和风洞试验电源用的磁流体发电装置。

日本和前苏联都把磁流体发电列入国家重点能源攻关项目，并取得了引人注目的成果。前苏联已将磁流体发电用在地震预报和地质勘探等方面。1986 年，前苏联开始兴建世界上第一座 50 万千瓦的磁流体和蒸汽联合电站，这座电站使用的燃料是天然气，它既可供电，又能供热，与一般的火力发电站相比，它可节省燃料 20%。

磁流体发电为高效率利用煤炭资源提供了一条新途径，所以世界各国都在积极研究燃煤磁流体发电。目前，世界上有 17 个国家在研究磁流体发电，而其中有 13 个国家研究的是燃煤磁流体发电，包括中国、印度、美国、波兰、法国、澳大利亚、俄罗斯等。

磁流体发电从开始研究到现在已有几十年的历史，目前，短时间磁流体发电装置已得到应用，而燃烧天然气的长时间磁流体发电站和燃煤磁流体发电都已投入运行，从而使磁流体发电的研究进入到大规模工业试验阶段。

随着科学技术的迅速发展，磁流体发电这项新技术必将获得进一步提高，为合理而有效地利用化学燃料创出一条新路。

## 人类制造的能源

1988 年初，北京煤炭利用研究所研制的易燃煤饼已跨洋过海，远销美国等一些国家。这种煤饼用一根火柴即可点燃，而且无烟、无味、燃烧时间长、热量大，因而受到用户欢迎。易燃煤饼实际上是一种用化学合成方法生产的人造能源，这种人造能源是继初级能源、二次能源之后出现的第三能源。

近年来，由于煤、石油等常规能源的供应日趋紧张，因而使人造能源得到了迅速的发展，现在，它已成为能源大家庭中的一位重要成员。

有一种叫做“六甲四固体燃料”的东西，就是用化学合成方法制成的一种人造能源。它的主要原料是六甲基四胺和液氢，所以简称“六甲四固体燃料”。这种燃料一般压成块状使用，它在燃烧时所产生的热值比一般煤炭几乎高出一倍，火焰温度可达 730℃，而且燃烧后也不留灰渣，可说是一种既清洁而又效能高的燃料；当然，它最令人感兴趣的还是耗用量小。例如，一个三口人的小家庭，每天三顿饭只需用 200 克的六甲四固体燃料。一个月所用的燃料，只有几包盒装饼干那样大，搬运、使用非常方便。

工业下脚料锯沫、砻糠、酒糟和农作物收获后剩下的秸秆、稻草等，都是生产人造能源的好原料。通常，将它们炭化（烧成炭状）或粉碎后，加入少量的六甲基四胺，就可制成块状、球状或蜂窝状的秸秆固体燃烧物。它燃烧时放出的热量与煤相当，但它使用方便，用火柴即可点燃，而且燃烧时无烟、无味，燃烧后留下的残渣也很少。

我国西北农业大学研制成一种将作物的秸秆加工成固体燃料的成型机。这种机器能把麦草、玉米秆等加工成蜂窝煤状、球状、棒状等各种固体燃料，可大大提高燃料的热效率，比一般木材耐烧。一些专家认为，这种作物秸秆固化成型机能改变农村生活用能方式，有着广阔的发展前景和重要的推广价值。由这种机器加工的固体燃料，实际上是一种生产方法较简单的人造能源。

六甲四固体燃料和秸秆固体燃料，是崭露头角的两种新型燃料，在不远的将来，它们将会成为广泛使用的一种现代化燃料，点燃这两种固体燃料，需要使用专门制造的固体燃料灶具。这种灶具容易点燃和熄火，而且起火快，火力旺，火焰能随时调大调小，还不产生烟和气味；在火力大小、使用方便和清洁卫生方面，它可以和现代的电灶、微波灶、红外灶媲美。这种固体燃料灶具，制造方便，成本较低，仅为石油液化气灶成本的十分之一。它的体积较小，容易搬运，也是野炊用的理想灶具。

制造固体燃料用的六亚甲基四胺，一般中小型化工厂都可生产，原料来源也比较丰富，它是采用甲醇、水、空气和氨合成的。有些生产合成氨的化肥厂，将设备改造一下，就可生产甲醇和氨，再增加些简单设备，就能生产六亚甲基四胺和固体燃料了。由此可以看出，将来氮肥厂兼营固体燃料或者转产固体燃料，当是一条前途光明的捷径。

现在，人们的生活越来越丰富多采，然而每天消耗在演奏“锅、碗、瓢、盆交响曲”的时间却有点过长了。有了这些使用简便、清洁卫生的人造能源，就能将人们从繁重的家务劳动中解放出来，特别是生活在广大农村的人们，都盼望着这一天早日到来。

## 新材料的开发和利用

### 合成高分子材料

人工合成有机高分子材料的成功，是材料发展史上的一次重大突破。多世纪以来，人们使用的各种材料，如石器、陶瓷和金属等，都是直接取自大自然的天然物质，或者把一些天然物质进行冶炼、焙烧、加工后制成的。随着生产领域不断扩大，它们的品种和性能都受到很大限制。随着人类物质、文化生活需求不断增加，自然界的“恩赐”已经供不应求了。于是，各种人工合成高分子材料应运而生，把人类物质文明的发展又向前推进了一大步。

人工合成高分子材料弥补了大自然的不足，以崭新的姿态出现在各个工业部门，同时又迅速地打入民用市场，和人们日常生活产生了密切的联系，今天已是“天下无人不识君”了。人工合成有机高分子材料的品种很多，主要包括一般说的“三大材料”，即合成纤维、合成橡胶和合成塑料，此外还包括合成油漆、涂料、胶粘剂和一部分液晶。

一般的无机化合物和有机化合物，其分子只包含几个或几十个原子，最多也不超过二三百个原子，而高分子化合物却不同，每一个分子所含的原子数可达几千或几万，甚至几百万、几千万个，也就是说它们的分子量特别大，所以叫做高分子。

高分子化合物是通过化学方法以天然气或石油为原料，经过一系列反应得到的。它的分子链形状细长，或者首尾相连，或者含有小支链，相互交联，吸引力非常强，所组成的物质在强度、弹性等方面都比低分子物质优越许多。从结构上看，高分子化合物的分子是由许多相同的单体（链节）重复排列组成的，所以又叫高聚物。例如，乙烯是由大约两万个乙烯链节组成的。乙烯、丙烯和丁二烯等单体都可以合成高分子材料。

合成纤维、橡胶和塑料都是高聚物，它们在形状和性能上有很大差异，由于合成方法和工艺不同，就可以分别制成纤维或塑料，如聚酰胺（尼龙）



就有这种特点。又如聚氨酯弹性体，同时具有橡胶和塑料的双重性能。下面分别谈谈合成纤维、橡胶和塑料三大材料。

## 合成纤维

合成纤维是以煤、石油、天然气、水、空气、食盐、石灰石等为原料，经化学处理制成的人工纤维。70年代合成纤维的年产量已占世界纤维总产量的一半。合成纤维的主要品种有：锦纶（聚酰胺）、腈纶（聚丙烯腈）、涤纶（聚酯）、维纶（聚乙烯醇）、丙纶（聚丙烯）和氯纶（聚氯乙烯）等六种，其中前三种产量最大，占整个合成纤维产量的90%。它们都具有强度高、耐磨、比重小、弹性大、防蛀、防霉等优点。除做衣服以外，在工业或其他方面也很有用处。它们共同的缺点是吸湿性和耐热性较差，染色比较困难。

锦纶是最早出现的合成纤维，尼龙66和尼龙6先后于1939年和1943年开始工业化生产。特点是比重大、强度高，具有突出的耐磨性，大多用于制造丝袜、衬衣、渔网、缆绳、降落伞、宇航服、轮胎帘布等。

腈纶又称人造羊毛，比重低于羊毛，强度是羊毛的三倍，手感柔软蓬松，耐洗耐晒，可以纯纺或同羊毛混纺，制作衣料、毛毯和工业毛毯。腈纶毛线是市场上最畅销的产品之一。近年来，复合材料需用的碳纤维数量日增，常常采用腈纶纤维作为原丝。

涤纶俗称“的确良”，它兼有锦纶和腈纶的特点，强度高、耐磨，混纺后的棉涤纶和毛涤纶为最常用的衣着用料。在工业上，涤纶还可制作轮胎帘布、固定带及运输带等。涤纶纤维出世较晚，但70年代已超过锦纶而居合成纤维首位。维纶还可作医用手术缝合材料等等。

以上各种合成纤维产量大、用途广泛，和人们日常生活关系密切，已为大家所熟悉，被称为通用合成纤维。在制造服装方面，合成纤维除了可制成各种织物和针织品外，还可充当棉絮，具有重量轻、弹性好、不板结、不变形的特点，制成的被褥、座垫、睡袋、沙发和防寒服等可以整洗，并且不怕霉菌和虫蛀，因此在80年代合成棉絮的用量已和天然棉絮平分秋色了。

合成纤维棉絮的进一步发展是人造羽绒。取自禽类身上的天然羽毛，由羽片、绒羽和纤羽三部分组成。人们采用粘合法和静电植毛法完全可以仿造出羽毛上的羽轴、羽枝和小羽枝，人造羽绒呈立体结构，富有弹性，蓬松保暖。最近，人们对臃肿的天然羽绒和人造羽绒服的热情开始减退，这主要是出现了一种薄型合成絮片的缘故。

在1983年以后的奥林匹克冬季滑雪运动会上，一些运动员身穿紧身型滑雪装，人体的曲线美充分显露，腾飞的动作更加潇洒利落，滑跑的速度加快，这要归功于薄型合成纤维絮片。原来这类絮片是由超细纤维或发泡纤维制成的，增加了静止空气的储量，减少了热量的对流和传导，只需原羽绒服的一半厚度就足以保暖了。在宇航服的启发下，一些合成纤维絮片还采用了表面金属蒸发沉积镀层，形成防湿保暖效果极好的辐射屏蔽层。由此可见，通用合成纤维也面临着革命。

在尖端工业中起作用的是特种合成纤维，它们的产量不大，品种却不下数十种，它们具有特殊的物理、机械性能，是天然纤维和通用合成纤维无法达到的。

与“塑料王”氟塑料源出一家的氟纶（聚四氟乙烯），在各种酸碱介质

中耐腐蚀性最好，还可耐 250 左右的高温，并保持良好的绝缘性，在原子能、航空和化学工业中发挥着重要的作用。

号称“合成的钢丝”的芳纶（芳香族聚酰胺）在 60 年代就打入航空和航天领域，是目前有机合成纤维中强度最大、产量最高的纤维。比强度（同样重量材料得到的强度）是钢丝的五倍，用手指粗的芳纶绳就可以吊起两辆大卡车！有的品种可以在 260 高温下连续使用上百小时。在飞机上，芳纶被制成降落伞、机轮帘布、电绝缘和过滤结构，或作为增强纤维用于复合材料框架、桁条和舱门等；在航天飞机上，芳纶毡毯用于再返大气层时的热防护；宇航员穿的宇航服中有氟纶防火保暖层和芳纶防辐射及防流星层。美国 1980 年在航空和航天结构上使用了 45 万公斤的芳纶纤维。

芳纶坚韧耐磨，刚柔兼备，现在又发展成最有希望的防弹材料。过去的防弹材料主要是防弹铝板和钢板，都比较笨重，使用起来不灵活。现在用芳纶编织的防弹背心重量轻、结构紧凑、层数多、防护力强，适合于警察和公安人员日常穿用。士兵在战场上感到威胁最大的是弹片和散弹，穿上一种内衬陶瓷板的芳纶避弹衣，就可以保证肺、胸、脊骨等重要部位的安全。芳纶编织层能吸收弹丸 60% 的能量，陶瓷板能使弹丸偏离或碰掉。由 80% 芳纶纤维和 20% 树脂制成的“钢”盔，在与真正钢盔重量大致相等的情况下，安全性提高了两倍以上。据统计，芳纶防弹衣和钢盔最少能防护人的 60~70% 关键部位，使伤亡人数至少降低三分之一。

芳纶陶瓷装甲还普遍应用于坦克、装甲车和直升机，可作为主防护装甲和辅助防护装甲。这些装甲有的单独使用芳纶层压板，有的与铝板复合使用，大大轻于传统的装甲钢板。这种新型复合装甲还可用于民航机上，作为防爆的防护板。此外，芳纶增强塑料还可制造鱼雷发射管、雷达天线罩等。

在康复医学中，使用各种人造合成纤维的数量越来越大。氟纶、涤纶和碳纤维是最常用的，如氟纶人造血等，尼龙中空纤维人工肾、碳纤维人工心脏瓣膜等，都具有良好的生物相容性。人工肺的主要部分是数万根空心丙纶纤维管，每根长 30 厘米，直径 250 微米，这样小的孔，连血液也不能渗透进去，但却可以让氧气和二氧化碳进行交换，保障人的正常呼吸。可见，合成纤维和人们的关系是越来越密切了。

合成纤维的发展，只不过四、五十年的历史。1940 年前，世界棉花产量为 690 万吨，合成纤维只有 5000 吨。到 1963 年，合成纤维产量急剧增加到 130 万吨，20 多年增加了 259 倍。现在，人类的衣服原料已进入化学纤维时代。

## 合成橡胶

天然橡胶不仅在数量上，而且在性能上均不能满足人们的需要，只有大力发展人工合成橡胶才是出路。人们将石油中的多种碳氢化合物分离出来，利用化学方法聚合得到合成橡胶。人工合成橡胶具有一定的优越性，不仅可以制造出许多结构和性能相当于天然橡胶的普通橡胶，而且还能合成许多优于天然橡胶的特种橡胶。

合成橡胶问世已有半个多世纪的历史。在 20 年代，人们首先合成了丁二烯橡胶，它具有很高的弹性和耐寒性，到了 30 年代，合成橡胶工业蓬勃发展。目前，合成橡胶的数量和性能都大大超过了天然橡胶。

采用合成橡胶的经济效益也非常显著，例如，每生产 1000 吨天然橡胶需要 300 万株橡胶树，为此要占用五百多劳动力和数千亩土地，而且也非一年可得。而生产同等数量合成橡胶的小工厂，每年只要数十名熟练工人和一定数量的石油。

在通用合成橡胶中，最常用的有丁苯、丁基、氯丁、丁腈橡胶等，它们都可以代替天然橡胶制成日常橡胶制品如轮胎、救生艇、密封件、电缆、软管和油箱等。丁苯橡胶在合成橡胶中产量最高，主要用于制造汽车和飞机轮胎等；氯丁橡胶弹性和加工性好，可制造密封件和减震零件；丁腈橡胶具有耐热、耐油和耐老化的特点，可制作耐油胶管和油箱。

特种合成橡胶在国防尖端工业中起着重要作用，它们产量不大但品种繁多，包括乙丙橡胶、异戊橡胶、聚硫橡胶、硅橡胶、氟橡胶、聚氨酯橡胶、氯磺化聚乙烯橡胶、丙烯酸橡胶、氯醇橡胶等。

乙丙橡胶是乙烯和丙烯单体共聚制得的橡胶，由于它的分子链基本上是饱和的，所以能耐氧和臭氧老化、透气性小，耐化学介质和耐液压油性好，使用温度范围为 $-60 \sim 150$ ，最高可达 $170$ ，可用于制造汽车散热管及发动机零件。在航空上常用作液压系统的密封件和软管、火箭燃料和氧化剂的密封件和容器。

聚硫橡胶是含硫原子的合成橡胶的总称，具有优良的耐油、耐老化及透气小的特性。用于飞机座舱、整体油箱、电器设备的密封，它还可以做成密封腻子，用于建筑物的防水。

氟橡胶由于分子链中有一部分被氟原子取代，形成与碳原子更紧密的结合，因而使其具有耐高温、耐各种油类及腐蚀介质的能力。例如氟-26 橡胶的使用温度范围为 $-40 \sim 200$ ，氟-246 橡胶可在 $250$ 的高温环境中使用，氟醚橡胶可在 $300$ 油中和液氧、液氢中使用。氟橡胶在飞机上用作耐热、耐油封零件，在火箭上用作密封件和容器，由于它具有突出的耐热性，在原子能和化工上也有广泛的用途。

硅橡胶由于其主链中具有硅—氧链而获得高的耐热性，是一种使用温度范围最广的橡胶，为 $-100 \sim 300$ ，加以具有优越的耐大气老化性的电绝缘性，广泛用于航空、造船、化工和建筑，作为密封、减震和电绝缘件。在飞机上，透明硅橡胶用作飞机座舱的多层有机玻璃的中间夹层。正在发展的硅硼橡胶和硅氮橡胶，耐热性可达 $500$ 。

硅橡胶在人体中具有很好的生物相容性，是制造人工器官比较理想的材料，已用于人体内的有人造血管、人造瓣膜和人造心脏等；在体外应用的有人工心肺机、人造肾脏、输血导管等。

近年来国内外兴起的美容整形手术广泛采用有机硅胶填料，使塌鼻和扁平的乳房隆起，赋予有缺陷的女性必要的曲线美，手术安全而简便。胶粘剂和涂料也是有机高分子化合物的重要应用领域，在许多新型机械、电工和电子产品中都离不开它们。各种胶粘剂不仅可用于木材、皮革、纺织品、塑料、玻璃、陶瓷自身和相互间的胶接，还适用于金属自身和与上述材料相互间的胶接，甚至在医学上划破的伤口、人工骨与天然骨之间也采用了胶接。

结构用胶粘剂主要有改性环氧、改性酚醛及聚酰亚胺。它们的特点是强度、韧性和耐久性良好。50 年代起，在飞机上开始大面积使用胶接蜂窝夹层结构的舵面、安定面、机翼、机身壁板和直升机旋翼等。在推广先进连接工艺方面，胶铆、胶接——螺接等复合连接方式大量代替了铆接和焊接，大大

提高了疲劳强度，减轻了结构重量。这些先进的连接工艺已推广至汽车、自行车、火车车厢和船舶制造业。

某些特殊用途的胶粘剂，如厌氧胶粘剂，在空气和氧气中不固化，一旦隔绝空气和氧气后即固化，它们被用于紧固防松、密封防漏和装配固定。压敏胶粘剂具有类似医用橡皮膏的特性，在室温下长期保持粘性，使用时只要对胶带轻微加压，即能粘附于物体表面，不用时又可撕去而不留痕迹。它们被用于电缆接头的包扎、零件临时定位和防止表面磨损，如直升机旋翼前缘贴上压敏胶带可以防止砂蚀。导电胶粘剂用于波导管及导电元件的胶接，无损于电气性能。

有机高分子涂料在国防尖端工业中也获得了广泛的应用。例如，在飞机机头雷达罩、机翼前缘和直升飞机旋翼上，涂有合成橡胶和氟弹性体组成的抗侵蚀涂层；在宇宙飞船和航天飞机的座舱内，涂有芳香族聚合物或有机硅——硅酸盐组成的抗辐射涂层；在人造卫星、宇宙飞船和高速飞机上，都必须有硅酸钾二氧化钴或有机硅氧化锌温控涂层。此外，还有防雨涂料、防雷击涂料、雷达吸波涂料等，都是为了满足特定目的而设计的。

在民用方面，防水、防锈、防雷、发光涂料和油漆使用的例子就更多了。

## 塑料

在人工合成的有机高分子材料中，塑料诞生最早，发展最快，产量最高，和人们生活的关系也最密切，因此有些学者认为：人类已处于塑料时代。

塑料的显著特点是具有可塑性和可调性。可塑性是指采用最简单的工艺，就可以在短时间内制造出形状复杂的塑料制品；可调性是指生产过程中，可以用改变工艺、变换配方等方法来调整塑料的各种性能，以满足不同的需要。此外，塑料还具有重量轻、不导电、不怕酸碱腐蚀、不传热的优点，可做成透明、不透明或各种颜色的制品。

1838年，人们就在实验室里合成了聚氯乙烯，1863年，合成了酚醛塑料（电工）。到了本世纪40年代以后，塑料进入蓬勃发展阶段。据统计，1930年全世界塑料的年产量为10万吨，1950年达160万吨，1960年达740万吨，1970年达3000万吨，预计2000年将达3.5亿吨。

现在的塑料有三、四十大类，三百多个品种。按其热性能可分为热塑性塑料和热固性塑料两大类。顾名思义，前者的特点是遇热会软化或熔化，产生热塑料，冷却后又会变硬；而热固性塑料是在一定条件下起化学反应后，形成固化塑料，再不能软化或熔化。

更为流行和方便的是从使用的角度来划分，把塑料分为通用塑料和工程塑料两大类。从70年代中期开始，又逐渐从工程塑料中分出高性能工程塑料。这三大类品种的划分至今没有定论，各国在划分上也略有差异，但大体上可以采用如下分类：

通用塑料——聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料和氨基塑料等。

工程塑料——聚酰胺、聚甲醛、ABS、聚碳酸酯、聚酯、改性聚苯醚等。

高性能工程塑料——聚芳醚、聚芳砜、聚芳酯、聚芳杂环类、聚芳酰胺、聚对二甲苯、含氟材料等。

除此之外，还有特种透明塑料和新近发展起来的功能高分子材料等。

通用塑料的产量较大，占塑料总产量的 80% 以上。它们共同的特点是价格低、用途广，可制成生活用品、一般零件和包装材料，以代替纸和木材，并部分代替金属。聚乙烯能制造容器、管材和家具；聚丙烯用来制造汽车、电视机零件和食品包装袋；聚氯乙烯可以制成各种硬质、软质的泡沫塑料、农用薄膜等。将来，一张轻巧柔软的薄膜可以代替装淡水的大容器，使海岛和舰船上的人大受裨益；如果在汽车上装上一层气体分离膜，就可提高发动机功率，节约大量能源。

工程塑料是指机械性能好，可以代替金属制造机械零件，并且能在一些特殊环境，如高温、低温、腐蚀、大载荷条件下长期工作的工程材料的一类塑料。工程塑料的出现是 60 年代塑料应用方面的重大突破，它既可作为电工器材，又可应用于机械工业，作钢铁和有色金属的代用品。广泛使用工程塑料的工业部门包括：机械制造、电子、化工、汽车、飞机、制造、原子能和建筑等。例如，一吨聚氯乙烯塑料可代替五吨铅或七吨半不锈钢，或六吨半黄铜；尼龙塑料可以制成有良好润滑性的轴瓦，比铜瓦耐磨；聚甲醛材料，具有很高的刚性和硬度，耐疲劳性也很好，已用来制造电机、无线电、机械、汽车、原子能、航空航天等方面的某些零件。在汽车用材中，1978 年塑料仅占 4%（重量），1985 年已达到 10%。目前，工程塑料的使用温度在 300 以下，抗拉强度低于 20 公斤每平方毫米，作为结构材料还不能与钢铁等金属相抗衡。

## 复合材料

近代科学技术的发展，对材料性能的要求越来越高，所要求的性能中甚至有些相互矛盾。例如：航空和空间技术要求强度高、重量小的材料；造船工业需要耐高压、耐腐蚀的结构材料。这使得单一材料很难同时满足需要，而且三大类材料都有它们本身的弱点。唯一可行的有效办法就是把两种或两种以上的材料按一定方法组合起来，使它们互相取长补短，相得益彰，制成兼有几种优良性能的新材料，这就叫复合材料。

其实，复合材料并不是什么新的发明创造。古代就有稻草拌泥土制成粘土坯房屋，还有混凝土，这都是早期的复合材料。仅把水泥、砂子和水混合制成水泥块，很容易断裂。如果在里面加上钢筋，水泥块的强度就会大大地提高，钢筋在混凝土中起了增强剂作用。又如，金属比较坚韧，但大多数金属不耐高温；陶瓷能耐高温，却又很脆，它们各有所长，又各有缺点。如果用粉末冶金的方法，把它们掺合在一起制成金属陶瓷，就既具有金属的高强度、高韧性，又具有陶瓷的耐高温特性。

现代复合材料是由基体材料和增强剂复合而成的。这种复合可在不同的非金属之间、金属之间以及非金属与金属之间进行。通常使用的基体材料是塑料、树脂、橡胶、金属和陶瓷，而增强剂为玻璃纤维、碳纤维、硼纤维或金属丝，有时也采用粉末和颗粒增强剂。

按照基体所用的材料不同，可将复合材料分为非金属复合材料和金属复合材料两大类。

复合材料在一定程度上克服了原有材料的缺点，如金属不耐腐蚀、有机高分子材料不耐高温、陶瓷材料脆性高等，因此在综合性能上超过了单一的材料。

制造复合材料最常用的工艺是纤维增强，即采用熔铸、浸渍、层压等方法把玻璃纤维、硼纤维及其织物嵌入树脂和塑料基体中；也可采用熔铸、轧制等方法把硼纤维、高强度钢丝嵌入铝、镁、钛合金中。此外，常用的工艺还有层叠和骨架复合等，如纸、铝箔和塑料薄膜组成的复合包装材料、带塑料面板或不锈钢面板的复合钢板、包含数百条  $Nb_3S_n$  蕊线的  $C_n-S_n$  合金超导电缆、纸芯、塑料芯和金属芯的蜂窝夹层结构等，就是用上述工艺制造的。

复合材料的关键是增强材料，它的弹性模量和强度都必须大大超过基体。另一方面，基体在抗腐蚀性、韧性等方面又弥补了增强材料的缺点，因此可以说复合材料具有人工设计的特点。

## 非金属基复合材料

玻璃钢是人们熟悉的一种多用途的复合材料，它的学名叫玻璃纤维增强塑料，诞生于 30 年代。人们发现玻璃原来很脆，但拉成纤维后柔软如丝，可以像棉纱一样纺织。玻璃纤维愈细，强度愈高。玻璃网所用的增强纤维直径为 5~9 微米，只有头发的十几分之一，但单丝的拉伸强度高达 100~300 公斤每平方毫米，比天然纤维和化学纤维高 5~10 倍，比高强度钢高 1~2 倍。在复合之前，应把玻璃纤维制成毡垫或纺织品，或根据需要切成短纤维。

目前广泛使用的玻璃钢有玻璃纤维增强尼龙、聚碳酸酯、聚乙烯、聚丙烯、环氧、酚醛及有机硅树脂等品种。玻璃钢的特长是质量轻、强度高、耐腐蚀性好，同时具有良好的隔热、隔音、抗冲击和透波能力。玻璃钢最早用于航空和军事工业，现在已推广到各行各业。军事用途包括自动枪托、火炮发射管、钢盔、登陆艇、飞机机头罩、机翼、尾翼、副油箱、雷达罩等，一般比采用金属部件重量轻 20~25%。在化工和石油工业中，玻璃钢管道、泵槽节约了大量的不锈钢、铜、铝等金属，还延长了使用寿命。例如一台石油裂化冷风机采用玻璃钢叶片后，可节省 50 公斤不锈钢和 35 公斤铝合金。采用一吨玻璃钢代替棉布层压板，可节省棉布 4000 米。近年来许多先进体育器械也有用玻璃钢制造的，如网球拍、高尔夫球棍、滑雪板等。

长期以来，玻璃钢都是用手糊法加工的，就是说在手工铺好的玻璃纤维或织物上糊上树脂，经过固化成形，费工费时，质量也没有保证。近年来，半自动化和自动化的液压注射和短切纤维喷射工艺相继出现，加速了玻璃钢的普及。液压注射同金属压铸工艺类似，采用闭合模具，在模具内放置好玻璃纤维铺层后压入树脂，固化后脱模得到光洁度很高的产品。短切喷射法的效率高，连续的玻璃粗纱在喷枪内被短切刀具切断，和催化后的树脂一起由喷枪口喷出，在开式模具表面上堆积，逐步固化成形。这种方法不需要预先铺玻璃纤维，所以大大简化了操作过程，缩短了工期。

有一些大型玻璃钢制作，如管道和容器可用缠绕的玻璃纤维为骨架，现在发展到电子计算机控制的自动缠绕机来加工，效率更高，可以加工出直径数米、长度几十米的开口或闭口管道。闭口管道的半圆盖是单独加工的，在缠绕过程中再结合在一起。

目前使用最广泛的玻璃钢大型部件是直升机旋翼和风车旋翼。1982 年美国哈密顿公司生产出世界上最大的风车旋翼。旋翼长 39 米，桨毂直径五米，重达 13.6 吨，三只旋翼装在 80 米高的塔架上，风速以每小时 52 公里计算，可以发电 4000 千瓦。

70年代以来，传统的建筑材料也发生了很大的变化。以合成树脂为粘接剂，加入各种填料的人造大理石和塑料混凝土异军突起，迅速打入高层建筑和豪华的宾馆中。人造大理石色泽鲜明，纹理清晰，在外观和性能上与天然大理石相似，而价格只有它的二分之一至五分之一，特别是一些异型制品，如浴盆和洗面池等，使用人造大理石的优点更为突出。人造大理石是在聚酯树脂中加入粉末填料，如碳酸钙、氧化铝、石英砂、玻璃粉和天然大理石粉等混合浇注而成。为了追求色泽和花纹的美观典雅，还可以加入各种颜料，如二氧化钛、三氧化二铁等。

人造大理石中填料的用量可达75%以上，这样不仅提高了产品的耐火性和抗腐蚀性，同时也降低了成本。人造大理石通常是一种基色和两种不同的花纹，也可以根据需要增加或变化花纹颜色。

人造大理石的另一关键是表层的凝胶薄膜，又称胶衣。凝胶必须有足够的强度、耐磨性、抗老化性、光泽度和透明度，它直接影响产品的使用寿命。专用凝胶喷涂机可以变换喷涂多至六种颜色的凝胶。神话传说中的女娲曾炼五彩石补天，现在这种奇异的五彩石已进入人们的生活。

塑料混凝土不追求人造大理石那样的光泽和花纹，而以性能取胜。塑料混凝土的比重比水泥混凝土轻，而抗拉和抗压强度为后者的四倍。此外，耐酸性和抗冻性都比水泥混凝土好。因此，塑料混凝土大都制成薄而轻的结构，只是其硬度稍低，耐火性也不及普通混凝土。

在施工过程中，塑料混凝土的优点十分显著，它的硬化脱模时间少于一小时，而普通混凝土为7~28天，从而大大提高了模具周转和缩短了工期。

塑料混凝土所用树脂的品种很广泛，有聚酯、丙烯酸、呋喃、苯乙烯和环氧等。所用填料种类也很多，例如日本曾利用发电厂的煤灰和烟灰，专门研究了一种结构混凝土，用于制造纺织机轴、床料和屋瓦等。目前，塑料混凝土的用途比人造大理石更广，如排水管、电气设备外壳、化工槽、地板、墙壁、水下餐厅、露天桌面、城市雕塑等，色彩可以任意选择。在大型飞机跑道和高速公路损坏时，用塑料混凝土修补更为方便，加有强烈催化剂的树脂在几分钟内即可固化。使用塑料混凝土最著名的例子是日本北部贯穿津轻海峡的青函隧道，这条隧道全长54公里，海水渗漏是致命的弱点，筛选的若干种防漏材料中以塑料混凝土效果最佳而入选。

人造大理石和塑料混凝土同玻璃钢相比，它们在使用的填料和用途上都存在着很大的不同，基本上不再使用玻璃纤维，但人们往往为了习惯，仍把它们列入玻璃钢的家族。

碳纤维是60年代发展起来的另一种新型增强纤维。碳纤维的诞生是在百年之前，直到人们在寻求复合材料的新增强纤维时才想到它。现代的碳纤维是以聚丙烯腈、人造丝或木质素为原丝，在高温分解和碳化后得到的，具有强度高、重量轻、比重小、刚性好、抵抗变形能力强等特点，是现代良好的复合材料。

碳纤维复合材料的出现只不过几十年的时间。用它代替金属，已经在化工、机电、造船、特别是航天航空工业中得到广泛应用。例如：用碳纤维屑加塑料制成的轴承，摩擦系数小，抗磨蚀性好，甚至可用在重型轧机上；用碳纤维与聚四氟乙烯制成的复合材料密封圈具有耐热、耐磨和耐腐蚀的特点，适用于高压化工泵和液压系统的密封；碳纤维复合材料制作的齿轮，重量轻、强度高，完全可以代替金属而又无需用润滑剂等。

碳纤维复合材料最主要的用户是航天航空工业，在飞机上机翼尖、翼尾、起落架支柱、直升机旋翼均使用了碳纤维和硼纤维复合材料。美国战斗机的平均空重约 14 吨，碳纤维复合材料约占总重量的 10%，现在已增至 15%。AV—8B 改型鹞式飞机是美国军用飞机中使用复合材料最多的机种，其机翼、前机身都用了石墨环氧大型部件，全机所用碳纤维的重量约占飞机结构总重量的 26%，使整机减重 9%，有效载荷比 AV—8A 飞机增加了一倍。

在航天工业中，碳纤维复合材料用于制造火箭和导弹头锥、喷嘴、人造卫星支承架等。像直径和长度数米的轨道转移器壳体、大型卫星电站、空间结构和空间站，都是采用石墨环氧复合材料制造的。

碳碳复合材料是一种性能特殊的复合材料，它是由多孔碳素基体和埋在其中的碳纤维骨架组成的。在极高的温度下，仍有可以抵抗腐蚀性介质的作用，保持很高的强度。它的耐热、耐腐蚀性也十分优异，因而是一种高温结构和热防护的理想材料。在所有的复合材料中，它的工作温度居第一位。它用于制造先进飞机的刹车盘，以代替过去用的钢和烧结材料，可以减重 60% 左右，提高寿命 2~3 倍。首先采用碳碳刹车盘的为 A310 “空中公共汽车” 旅客机，减重 400 公斤以上。在火箭和航天飞机上，碳碳复合材料用于受热最高的再返大气层头锥、前缘、热屏蔽、激光屏蔽和火箭喷嘴等部位。

在修复医学上，碳碳人工骨和人工关节已被植入人体，其密度、强度和生物相容性都比金属件和陶瓷件优越。

在民用工业中，使用碳纤维最多的是汽车和运动器具。1979 年美国福特汽车公司，展出了全部使用碳纤维复合材料制成的小轿车。重量比钢制的轻 60% 以上，疲劳性能和抗冲击性能都更好。

70 年代以来，碳纤维复合材料被大量用于先进体育器材，使之面貌一新。碳纤维和混纤（硼纤维、芳纶纤维和玻璃纤维等）复合材料制品包括弓箭、滑雪板、滑雪杖、高尔夫杆、撑杆跳杆、标枪、网球拍、羽毛球拍、赛艇等，总计 40 余种。到 80 年代世界各国用于体育竞赛器具上的碳纤维已超过用于航天航空上的数量。

在一些重大的竞赛中，著名运动员已把碳纤维器具视为克敌制胜的法宝。例如，这种新型碳纤维弓箭，发力均衡、射程远；球拍轻盈，返应迅速，特别是具有良好的手感。至于撑杆跳，借助于碳纤维的高强度和高弹性模具，撑杆几乎可以弯曲成 C 形而不折断，其反弹力相当强。

硼纤维是一种新增强剂，硼的熔点和硬度都很高，硼化物被称为人造金刚石。硼纤维是以直径 10~13 微米的钨丝为芯，在高温下沉积一层硼后制成的，直径达到 100~200 微米。硼纤维的强度是玻璃纤维的五倍。新型的硼硅克 (Borsic) 和氮硼尔 (Nitboral) 是改性硼纤维，在硼上积有一层碳化硅氮化硼，能经受更高的温度。硼—环氧、还沉硼铝复合材料还处于试用阶段。

复合材料工艺到目前还不够成熟，纤维的铺设和缠绕大多用手工或半自动化进行，不仅成本高，而且性能也不稳定。国外发展了数控机床，制造了整机设备。此外，改进增强材料和基体材料的工作也一直在进行。

## 金属基复合材料

与非金属基复合材料相比，金属基复合材料的潜力尚未充分发挥，应用面比较窄，成熟的品种很少。这种情况一直到 70 年代中期才略有好转。1974



年美国材料咨询局第一次肯定了研制和使用金属基复合材料的正确性，表示对这项工作要重视和支持。这主要是航空、航天、能源工业的发展提出的一系列严格的要求，看来只有依赖金属基复合材料和精陶瓷才能够解决。金属基复合材料所用的增强剂除了石墨、硼（硼硅克）纤维外，还有高强度钢线、高熔点合金丝（钨、钼）和晶须（氧化铝、碳化硅）等。这些纤维分别用来与铝、镁、钛、铜和镍钴基高温合金组成复合材料。

硼—铝复合材料的研制起步最早，取得了一定效果。这种材料用于航天飞机的机身构架管，可减重 80 公斤。采用硼—铝复合材料的飞机为数不多，目前只有 F—111、S—3A 等，此外还有“阿特拉斯”导弹的壳体。

石墨—铝复合材料也具有很高的比强度和比模量，适合直升机、导弹、坦克和突出浮桥使用。CH47 直升机的传动机，采用了多层石墨—铝护板，大大减少了振动噪音，此外石墨—铝和石墨—镁将被用在人造卫星和大型空间结构上，如卫星支撑架、平面天线体、可折式抛物面天线肋等。

镍基和钴基高温合金使用高熔点钼、钨丝式晶须增强后成为耐热复合材料。这项工作在许多国家开展多年，目的是为了满足不同工作温度和载荷日益提高的先进涡轮发动机的需要。用这种耐热复合材料制成实心涡轮叶片，可以提高涡轮的温度和转数，减少涡轮级数和冷却气体的消耗，为改进发动机创造了条件。采用加有二氧化钽和碳化钨的钨丝增强复合材料，工作温度为 1160 ~ 1200 ，至少比目前的涡轮工作温度提高 100 。

利用氧化铝晶须毡或单晶纤维增强熔点钼钨后，可以耐更高的温度，在 1650 时的强度为钨的两倍，作为火箭喷口材料已通过试验。

以钢板为基体的各种层压板也是一种通用的复合材料。例如波音 767 和 757 飞机上采用的一种包不锈钢铝板，可以代替钛合金作为发动机的防火材料，重量轻而价格低。

另一种是以钢板为基、多孔青铜的中间层、聚四氟乙烯塑料为表面层的三层复合材料，可用于制造载重汽车底盘衬套、机床导轨和高温腐蚀介质中工作的轴承。

超导电缆也是一种复合材料，它是以铜—锡合金为基体，埋入 295 根铌线后组成，经过扩散处理在界面形成七微米厚的  $Nb_2S_n$  金属化合物，它具有超导性，可以用于制造磁悬浮高速列车，核聚变反应堆电磁铁、储能超导感应器、超导发电等新产品。

## 在节能技术中的应用

各工业大国在开发新能源的同时，普遍注意到节能技术，因为在工矿使用的能源中，几乎有一半的热量被作为废热排入大气和江海之中。日本 1976 年制订的“月光”计划中，把废热的回收利用作为重要的一环。从 30 ~ 60 的低温废水，直至 700 以上的加热炉煤气和 1000 的焦炭都规定了不同的余热回收方式。对 400 以下的废热以热管回收为主，更高温度的废热则利用热交换器回收。

充分发挥现有设备的潜力，尽可能达到极限效率也是节能的一种重要手段。“月光”计划中把一台高温燃气涡轮和一台汽轮机串联作为试验方案，这时燃气温度高达 1500 ，普通涡轮叶片使用的镍钴基超级高温合金已无能为力了，必须采用氮化硅、碳化硅、塞龙（Si—Al—O—N 化合物等）等精陶

瓷才能满足要求。

改革传统设备，采用效率更高的新型发电设备和储能技术，也是节能中值得考虑的方式。

磁流体发电经过近 20 年的基础研究，已接近实用阶段。磁流体发电机是在约 2500 高温使等离子气体能高速通过与其成直角方向的强磁场，不经过机械能，直接把热能变为电能而发电，这种发电方式不用旋转的机件，因此比蒸汽机热效率提高 50% 以上。

磁流体发电的最大问题是使用了高温氧化气体，同时为了改善电性还加入了钾离子，必须有在恶劣环境中不起反应的材料才能胜任。目前，只能采用折中的方法，稍稍降低电极的表面温度，并在气体通道内铺覆耐火材料。所用电极材料只有陶瓷如碳化硅、锆酸镧或铬酸镧才能胜任，所用绝热材料在温度较低部位为氧化铍和氧化铝，在高温部位为氧化镁。但是，这些材料还不够理想，有待于进一步改进。研究工作较早的前苏联，于 1990 年投产百万千瓦级的磁流体发电站。

飞轮的储能方式早已应用在发动机和压力机上，无论是电能和动能都可通过飞轮的旋转储蓄起来。在 70 年代就发展了大型飞轮储能系统，把夜间剩余的电力储入飞轮，以备白天高峰用电时使用。此外在电车和汽车上也可用飞轮把刹车能储蓄起来，以便在加速时使用，这些方面的研究工作正在进行。

飞轮的特点是旋转时必然产生动力损失，设计高性能飞轮应在选材制造技术上考虑解决。使用碳纤维和聚芳酰胺纤维复合材料制造的飞轮转子，比使用金属制造的重量轻而强度高，因此提高了单位重量的储能。一种试验的复合材料飞轮，轮缘用的是碳纤维环氧复合材料，而轮辐用的是聚芳酰胺环氧复合材料。一个大规模的飞轮储能系统，占地面积半英亩（2000 平方米），共有 36 个直径为 2.1 米的竖井，竖井内为八层，每层放置 5 个飞轮，总计使用飞轮 1440 个，共储能 1600 千瓦时。

目前复合材料强度高，但成形困难，价格较贵，因此在大规模使用上还受限制。从以上介绍可以看出：在未来的能源工程中陶瓷材料和复合材料会被首先考虑。

## 功能材料

功能材料是指在电、光、热、催化、分离、生物和医学等方面具有特殊性能的材料。我们对它还是比较熟悉的，如日光灯管的内壁涂有发光材料；照像胶卷上有感光材料；扩音器话筒和电唱机唱头里装有压电晶体材料。这些材料均属于功能材料。随着各种奇妙的功能材料层出不穷，光电、电声、激光、红外、半导体、超导技术的应用，仿佛使我们进入了一个神话世界。上天、入地、千里眼、顺风耳已成为事实。

在当代的科学技术中，功能材料应用更加普遍了。例如，人们习惯上的“电脑”、“电鼻”、“电眼”、“电耳”、“功能高分子材料”等，就是分别采用记忆、光电、气敏、压电晶体和人工合成材料制成的。

电脑是电子计算机的俗名。“电脑”是怎样记忆事物的呢？原来，电子计算机的“大脑”又叫存贮器，这是一个很大的“记忆仓库”，是存贮数据和指令的地方。它好比我们使用的笔和纸。计算机需要人事先编排好“计算程序”，存放在存贮器中，这样计算机便记住了解题方法和步骤。那么存贮

器又是依靠什么方法来记住“计算程序”的呢？靠的是许多圆环记忆磁芯，它的直径比芝麻粒还小。每粒磁芯能够在电场作用下，互相转化成两种磁化状态。这两种磁化状态分别代表“0”和“1”。如果加正向电流代表“1”，那么反向电流就代表“0”，一个磁环能表示“0”和“1”两种状态。如果有三个磁环组成一串，就能表示八种状态，即：000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111。若用四个磁环，就能表示16个（ $2^4=16$ ）状态。许许多多串磁环组成的磁芯体，就能像人的头脑一样，能记忆大量数码。可以把信息随时写入存在磁芯体里，要用的时候可让计算机随时“读”出，或通过打字机打印出来。如果不用时去掉也很容易，只要送入一个负电位，磁芯体立刻变成“0”状态，好像写满字的纸瞬间变成了白纸。正因为磁芯体有这些特点，所以，用氧化铁磁性材料制成的磁芯成了电子计算机的关键材料。

目前，我国电子计算机的生产和应用，在世界新技术革命浪潮的推动下，出现了喜人的势头，品种、数量增加，质量提高。在电网调度、电厂监控、水文预报、瓦斯监测、仓库管理、收购统计、存款利息估算、铁路调运、宾馆管理等许多方面已被利用起来，提高了社会综合服务的经济效益。法国大诗人歌德曾经说过：“眼睛的存在应当归功于光”。正是由于光的刺激，动物身上的有机物才在亿万年进化的过程中，逐步形成了感光的器官——眼睛。然而，今天人们只花数十年的时间就利用光电材料制成了与人们眼睛功能相似的“光电管”。

19世纪末，人们发现铯、铷、钾、钠等金属内部的电子很不稳定，受到光线照射后，一部分电子会被释放出来，所释放的电子数量与光的强弱成正比，这种现象叫做光电效应。如果用一块具有光电效应的金属板和另一导电的金属板组成光电管，并分别加上正负电压。那么，一旦光线照在负极板上，电路中就立即会有电流通过，而电流的大小与光照的强弱成正比。由于光电管能够把光和电联系起来，使光信号变成电信号，因此光电管又称“光电眼”。而铯、铷等金属正是制造光电管最重要的材料。光电管现已广泛用于电视、电影、无线电传真等方面，正为人类造福。

“光电眼”还在信号装置、光度计、照明、自动控制等技术方面，有着广泛应用。例如，用于自动控制炼钢炉温度，由于“光电眼”可以根据炉内光线强弱精确地“算出”温度，自动装置就能够采取相应措施，及时准确地调整炉温；有的“光电眼”不仅对光的强弱很敏感，而且还能识别颜色。生产中如要实现带色图案工作的自动化，可让“光电眼”分辨彩色图案的色泽、亮度和形状，把光电信号输入到电子计算机，“电脑”经过鉴别判断，即可命令机器去完成规定的动作。

“电鼻”学名叫“气体检漏仪”，是发现危险气体和检查危险气体浓度的仪器。它是怎样“闻”到气味的呢？原来，这个仪器中装有一种金属氧化物材料，叫气敏半导体。由二氧化锡、氯化钨等材料混合烧结制成，它的表面吸附着氧分子。当仪器靠近易燃、易爆气体时，这些气体很容易和氧结合，夺走气敏半导体表面的氧，警报器便发出信号。气体消散后，即可再次使用。

“电鼻”对许多气体都反应非常灵敏。例如它能把百万分之一浓度的氢气指示出来；对冷冻机、电冰箱中用的氟利昂，哪怕只有十万分之一的浓度，它就能“闻”出来；对剧毒的一氧化碳，人鼻子闻不出，“电鼻”也很灵敏。目前，“电鼻”能够“闻”出的气味已有40多种，包括苯、染料、油漆、氨、树脂、瓦斯和酸等。它可以很负责地担任气体检漏、浓度测定、报警等工作，

在石油、化工、矿山、仓库、环境保护及科学研究等部门很有用处。另外，人们还根据“电鼻”的原理研制出了一种“电子警犬”，它比狗的鼻子还要灵敏一千倍，已开始用于侦缉破案工作。

眼，明察秋毫；耳，能探微音。人的耳朵是灵敏的声音接收器。可是有一种“电耳”要比人耳高明许多倍，它的专业名称叫“声纳”，是利用超声波在水中通信和探测的一种仪器。声纳发射机发出的超声波，碰到水中的物体便被反射回来形成回波，并由接收机接收。根据超声波从发出到返回的时间，声纳便可以发现目标并探测两者之间的距离。

声纳的探测和接收元件，是用一种所谓压电陶瓷制成的。这是一种具有压电特性的陶瓷材料。压电效应是 1880 年由法国科学家皮埃尔·居里兄弟发现的。他们在研究石英、电石、酒石酸钾钠等晶体的过程中，发现这些晶体在一定温度下受压时会有信号产生；在通电时，又会发生形变。后来，人们便利用这种奇特的压电效应，将机械能转变成电能，或把电能转变成机械能。如果把电子振荡器产生的几万周的振荡电流加到压电晶体上，使薄片周围的水也随着发生波动，这就是超声波。装有“电耳”的潜水艇就是凭借压电晶体所发出的超声波以及接收的回波，来发现敌舰、水雷、暗礁以及冰山的。

目前，常用的压电陶瓷材料，主要是钛酸钡陶瓷、锆钛酸铅陶瓷及以其为基础的三元素陶瓷等。

功能高分子材料是在某领域具有特殊性能的人工合成材料。一部分功能高分子材料的用途已为人们所熟知，占有稳定的市场，如通用塑料等，而另一些独特的功能材料正在扩大使用范围，留给人们深刻的印象，逐步建立起不容置疑的地位，如集成电路用的感光树脂、电子照相用的光导电性树脂、海水淡化用的离子交换树脂、回收废污水中重金属离子的螯合树脂、人造肾脏渗析的中空纤维等。

下面我们举例说明这些功能高分子材料的重要性。如加有  $A_3F_5$  掺杂剂的聚乙炔和聚苯硫醚都是能导电的塑料，这些聚合物在结构上和一般塑料没有什么不同，但外表看起来却非常像金属，它们的导电性接近于金属铅，所以又称“塑料金属”，因为它们既能导电，又具有重量轻的特点，因此有广泛的用途。美国新研制出的一种塑料蓄电池，就是采用这种塑料做电池的电极，它的体积小，重量轻，可以提供常规铅蓄电池 10 倍的电力，并且在长期使用过程中不需要维修，充电次数可达 1000 次以上。还有一个优点即塑料电池是密封的，不会释放出有害的化学物质和气体污染环境。

选择性吸收高分子功能材料也是功能材料的新秀，它优于碳吸附剂。因为规则的高分子碳化物，具有可控制的选择吸收性，如碳化聚丙烯腈吸附硫醇的能力，比活性炭高 10~20 倍，用于冷库、空气净化机可以消除臭味；碳化聚乙烯醇具有分子筛的作用，筛目可以控制，能用它分离氧、一氧化碳和氢气等；选择性螯合树脂，能与特定的金属离子形成络合物，可用于工业废水回收有害金属或化工溶液去除金属离子。

生物高分子材料的产量增长很快。例如具有肾脏功能的人工肾脏渗析器由中空纤维或膜组成，年产量达到数百万只；能渗透氧和二氧化碳的人工肺有机硅胶膜，年产量近万只；人造血液（聚乙烯基吡咯烷酮）也有商品供应。

减阻功能分子材料给许多工业部门带来了福音。例如，在流体中加入某些微量的高分子材料，可使流动阻力大大降低。水中加入 25ppm 的聚环氧乙

烷，就能使水管中的阻力下降 75%，出水率增加好几倍，可用于灭火水管等；在油田开采中加入聚丙烯酰胺和聚丁烯类聚合物，就会使原油易于从岩石缝隙中渗出和在输油管中通过，多出油和减小远程输油中的油量及能量消耗。

保温功能高分子材料对农业有重要意义，这种用纤维素或淀粉与丙烯酸接枝共聚物有很强的吸水能力，能吸收自身重量 300 倍的水分，其中 95% 可供植物吸收，因此起到了地下小水库的作用。施用保湿剂后，小麦产量可提高 15%，大豆产量可提高 25%。

有的科学家指出，近年来一种“革命”材料已悄悄地走出实验室而进入了工程界各个领域。这里的“革命”材料实际上是指高分子材料，不久之后它就会成为无处不在的万能材料了。

### 合金材料

在开发先进合金中，发展方向主要为：最大限度发挥原有合金的潜力在某一方面而不是全面地提高合金的性能；由不同的成分承担不同的性能要求，达到取长补短的目的；开发全新的合金等。

### 高温合金

高温合金是指那些在极高温下能满足工作的金属材料。它出现于 30 年代，它的发展动力首先来源于航空发动机的需要，特别是 40 年代末喷气发动机问世以来，对优质高温合金的需求日益增加，同时，它的使用范围也扩大了。

高温合金是依靠“固溶强化”、“金属间化合物强化”及“碳化物强化”三强化机理不断得到增强。在 70 年代以前，高温合金耐热的发展速度大约每年提高 10%。例如涡轮叶片最初使用的耐热钢，工作温度只有 550~650℃，到 70 年代已达到 1050℃。继续提高镍基和钴基高温合金的工作温度越来越困难，因为这样高的温度已接近基体金属镍和钴的熔点（镍的为 1453℃，钴的为 1495℃）。很明显，合金的潜力几乎被挖尽，上面几种强化方法再也难以奏效。于是，科学家只好求助于设计和工艺的改进来满足工作温度的要求。

### 超塑性合金

超塑性合金是指那些具有超塑性的金属材料。超塑性是一种奇特的现象。具有超塑性的合金能像饴糖一样伸长 10 倍、20 倍甚至上百倍，既不出现缩颈，也不会断裂。金属的超塑性现象，是英国物理学家森金斯在 1982 年发现的，他给这种现象做如下定义：凡金属在适当的温度下（大约相当于金属熔点温度的一半）变得像软糖一样柔软，而应变速度 10 毫米/秒时产生本身长度三倍以上的延伸率，均属于超塑性。

最初发展的超塑性合金是一种简单的合金，如锡铅、铋锡等。一根铋锡棒可以拉伸到原长的 19.5 倍，然而这些材料的强度太低，不能制造机器零件，所以并没有引起人们的重视。

60 年代以后，研究者发现许多有实用价值的锌、铝、铜合金中也具有超塑性，于是前苏联、美国和西欧一些国家对超塑性理论和加工发生了兴趣。特别在航空航天上，面对极难变形的钛合金和高温合金，普通的锻造和轧制

等工艺很难成形，而利用超塑性加工却获得了成功。到了 70 年代，各种材料的超塑性成型已发展成流行的新工艺。

现在超塑性合金已有一个长长的清单，最常用的铝、镍、铜、铁、合金均有 10~15 个牌号，它们的延伸率在 200~2000% 之间。如铝锌共晶合金为 1000%，铝铜共晶合金为 1150%，纯铝高达 6000%，碳和不锈钢在 150~800% 之间，钛合金在 450~1000% 之间。

实现超塑性的主要条件是一定的变形温度和低的应变速率，这时合金本身还要具有极为细小的等轴晶粒（直径五微米以下），这种超塑性称为超细晶粒超塑性。还有一些钢，在一定的温度下组织中的相发生转变，在相变点附近加工也能完成超塑性，称为相变超塑性。

超塑加工具有很大的实用价值，只要很小的压力就能获得形状非常复杂的制作。试想一下，金属变成了饴糖状，从而具有了可吹塑和可挤压的柔软性能，因此过去只能用于玻璃和塑料的真空成型、吹塑成型等工艺被沿用过来，用以对付难变形的合金。而这时所需的压力很小，只相当于正常压力加工时的几分之一到几十分之一，从而节省了能源和设备。使用超塑性加工制造零件的另一优点是可以一次成型，省掉了机械加工、铆焊等工序，达到节约原材料和降低成本的目的。在模压超塑性合金薄板时，只需要具备一种阴模或阳模即可，节省一半模具费用。超塑性加工的缺点是加工时间较长，由普通热模锻的几秒增至几分钟。

超塑性的铅合金已经商品化，如英国的 Supral 100 (A—6Cu—0.4Zr) 和加拿大的 Alcan 08050 (AL—5Ca—5Zn)。铝板可在 300~600 时利用超塑性成型为复杂形状，所用模具费用降低至普通压力加工模具费用的十分之一，因此它具有和薄钢板、铝压铸件及塑料模压件相竞争的能力。

据推测，最近超塑性成形工艺将在航天、汽车、车厢制造等部门中广泛采用，所用的超塑性合金包括铝、镁、钛、碳钢、不锈钢和高温合金等。

## 记忆合金

记忆合金指那些改变形状后在一定的条件下仍能恢复原形的合金，它们的成分通常是镍钛、铜锌、铜铅镍和铜金锌等，以 50% 的镍和 50% 的钛组成的“镍钛诺”应用最广，最近铜锌合金的发展也很快。

记忆合金变形超过屈服极限后，只要一加热，变形消失后会返回原来的形状，似乎对自己的原形有记忆，因此而得名。记忆合金又是一种超弹性合金，变形大大超过屈服极限后，一旦除去载荷，它能徐徐返回原形，这种超弹性现象又称为伪弹性或橡胶状弹性。

记忆合金的特性是 50 年代初期被发现的，金镉、铟铈合金都有这种特性。1958 年美国海军军械实验室主任冶金师布勒在研究镍钛合金时，发现镍钛合金棒互相碰撞，发出暗啞而迟钝的声音，可是刚从炉子里取出的镍钛合金相撞时发出了清脆如铃的声音，这就证明温度对这种合金的组织 and 硬度都有很大的影响。以后布勒又弄清这种镍钛合金的记忆特性和不知疲劳的坚韧性，就把海军军械实验室的英文简写 NOL 加在合金后命名，组成了“Nitinol”，这就是著名的“镍钛诺”名称的来源。1973 年，美国加州劳伦斯实验室的朋克制成了第一台“镍钛诺”热机，立刻使记忆合金名扬四海。

关于记忆合金的原理现在还不十分清楚。一般认为，记忆合金由复杂的

菱形晶体结构转变成简单的立方晶体结构时，就会发生形状恢复的记忆。而当记忆合金恢复原形时伴随产生极大的力，镍钛诺合金高达 60 公斤平方毫米，远比最初变形时加的力大。一般说来，可达原变形的十倍，这就意味着输出的能量比输入的能量大得多。科学家对此无法解释，物理学家罗沙尔说：“热力学定律一点没有错的地方，但这些定律就是不适合于镍钛诺……”。

形状记忆的温度范围可以调整，例如镍钛诺的形状记忆效应随合金中镍和钛的含量稍微提高一点，形状记忆的温度范围就提高到 120 以上，这样就能制成火灾自动报警器和自动灭火器。

目前，记忆合金已用于管道结合和自动化控制方面，用记忆合金制成套管可以代替焊接，方法是在低温时将管端内全扩大约 4%，装配时套接一起，一经加热，套管收缩恢复原形，形成紧密的接合。美国海军飞机的液压系统使用了 10 万个这种接头，多年来从未发生漏油和破损。舰船和海底油田管道损坏，用记忆合金配件修复起来，十分方便。在一些施工不便的部位，用记忆合金制成销钉，装入孔内加热，其尾端自动分开卷曲，形成单面装配件。

记忆合金特别适合于热机械和恒温自动控制，已制成室温自动开闭臂，能在阳光照耀的白天打开通风窗，晚间室温下降时自动关闭。记忆合金热机的设计方案也不少，它们都能在具有低温差的两种介质间工作，从而为利用工业冷却水、核反应堆余热、海洋温差和太阳能开辟了新途径。现在普遍存在的问题是效率不高，只有 4%~6%，有待于进一步改进。

记忆合金在医疗上的应用也很引人注目。例如接骨用的骨板，不但能将两段断骨固定，而且在恢复原形状的过程中产生压缩力，迫使断骨接合在一起。齿科用的矫齿丝，结扎脑动脉瘤和输精管的长夹，脊柱矫直用的支板等，都是在植入人体内后靠体温的作用启动，血栓滤器也是一种记忆合金新产品。被拉直的滤器植入静脉后，会逐渐恢复成网状，从而阻止 95% 的凝血块流向心脏和肺部。

人工心脏是一种结构更加复杂的脏器，用记忆合金制成的肌纤维与弹性体薄膜心室相配合，可以模仿心室收缩运动。现在泵送水已取得成功。

由于记忆合金是一种“有生命的合金”，利用它在一定温度下形状的变化，就可以设计出形形色色的自控器件，它的用途正在不断扩大。

## 防振合金

防振合金最先出现在美国和英国，到现在只有几十年的发展历史。最初，它用在导弹控制板、飞行器陀螺仪和潜艇螺旋桨等先进武器上，以达到防振和消音的目的。后来它的使用范围迅速扩展，逐渐由军事转向民用，成为各种运输工具和家电防止噪音的一种有力手段。

过去工业上的防振，主要采用系统防振方式（如使用空气或油压减振装置）或结构防振方式（如两种金属间夹入粘弹性高分子材料，采用蜂窝夹层结构等）。这两种方式只不过部分吸收和缓和了振源的振动和噪音，且制造工艺复杂。此外，夹有高分子材料的层板，由于不导电而引起点焊等工艺性恶化，且使用温度受限制，一般只能在室温至 120 范围工作。

现在的材料防振系统，是利用本身衰减能很高的防振合金制造零件，直接削弱振源，所以是一种更加经济适用的高效防振方式。

使用较多的是一种叫做复合型防振合金，它们同复合材料一样有两种不

同的组织成分，一种是高韧性的基体；另一种是嵌在基体中的柔软颗粒。在两种不同成分的交界面上很容易产生变形，这就能像海绵吸水一样吸收和消耗外部的振动能，达到消除噪音的目的，对噪音一般能降低 3~40 分贝。

## 金属玻璃

金属玻璃又称非晶态合金，它既有金属和玻璃的优点，又克服了它们各自的弊病。如玻璃易碎，没有延展性。金属玻璃延展性却高于钢，硬度超过高硬工具钢，且具有一定的韧性和刚性，所以，人们赞扬金属玻璃为“敲不碎、砸不烂”的“玻璃之王”。

金属和玻璃从宏观特性到微观结构从不“搭界”。那么，又是什么手段使金属变成“玻璃”的呢？这是把高温下融化了的液体金属，以极快的速度急剧冷却，使金属原子来不及按它的常规编排结晶，还处于不整齐、杂乱无章的状态就被“冻结”了，因此，出现了类似玻璃的奇异特性。

制造金属玻璃的关键是保持极高的冷却速度，要在千分之一秒的时间内，把熔化的金属材料冷却为固体，这样的冷却速度等于在一秒钟内把温度突然降低 100 万摄氏度。由于冷却速度太快了，熔化的合金液体来不及调整为晶体结构，突然被凝固成毫无秩序的固态。几乎所有的金属都可以通过快速凝固的方式成为金属玻璃。人们最初使用的是一种金硅合金。现在常常用铁作为主要材料，因为它的价格比较便宜，而且电磁性能也比较好。1974 年美国首先制成的商品材料“金属玻璃”（Metglas）和 1975 年日本制成的商品材料“非晶态金属”（Amomet）都是铁基合金。

金属玻璃是 70 年代刚刚走出实验室成为商品的一种新材料。人类在使用金属几千年漫长的岁月中，所遇到的金属是晶体的金属和合金，它们均具有排列整齐的原子结构。而在它的排列缺陷的地方会被拉断，金属玻璃的原子排列是无序的，它没有特殊的薄弱环节。因此金属玻璃的抗断裂强度比一般金属材料高得多，可达 350 公斤平方毫米。更可贵的是，在达到如此高强度的同时，这种材料还保持难以令人想象的韧性和塑性，所以可用来制造高压容器和火箭等关键部位的零件。

由于金属玻璃没有金属那样的晶粒边界，腐蚀剂无空子可钻，所以从根本上解决了金属晶界的腐蚀问题，能经受多种化学溶液的腐蚀，有良好的化学稳定性，它的抗腐蚀性要比不锈钢强 100 倍。金属玻璃还具有很好的超导性和抗核辐射能力等难得的优良性能。人造卫星上的太阳能电池是单晶硅电池，这种电池价格昂贵，如果将硅制成非晶硅（即硅金属玻璃）其价格就便宜多了，太阳能电池也就能更好地推广和普及。

现在真正能发挥非晶态合金特长的是电磁器件。非晶态铁合金是极好的软磁材料，容易磁化和退磁。与普通磁性材料相比，它具有导磁率高、损耗小、电阻率大等优点。用硅钢和金属玻璃分别制成 15 千伏变压器的对比试验表明：磁芯损耗分别为 322 和 180 瓦。金属玻璃有效地用于放大器、开关、记忆元件等器件上。日本 TOK 公司用非晶态合金制成的录音机磁头，由于磁畸变极小而改善了音质。

金属玻璃是直接从熔融状态制成的，因而避免了费用高、周期长、耗能大的加工过程，它的成本仅为不锈钢制品的五分之一。含铬金属玻璃由于耐腐蚀和点蚀，特别是在氯化物和硫酸盐中的抗腐蚀性大大超过不锈钢，获得



了“超不锈钢”的名称，可以用于海洋和医学等方面。例如制造海上军用飞机电缆、鱼雷、化学滤器、反应容器、刮胡刀及手术刀等。

金属玻璃的高强度也引起了工程技术人员的注意。由于目前生产的各种元件尺寸不大，所以要通过编织和铺砌才能制成结构元件。这些用途包括强度控制电缆、电缆和光缆护套、压力容器、储能飞机、机械传送带、轮胎帘子布等。

用金属玻璃代替纤维和碳纤维制造复合材料，会进一步提高复合材料的适应性。硼纤维和碳纤维复合材料的安装孔附近易产生裂纹，而金属玻璃在具有很高强度（232~372公斤平方毫米）的情况下，仍保持金属塑料变形的能力，因此有利于阻止裂纹的产生和扩展。目前正在研究将金属玻璃纤维用于飞机构架和发动机元件。

金属玻璃已引起世界各国的普遍重视，近年来已获得了长足的进展。但要获得每秒摄氏100万度的冷却速度却是十分艰难的，而且在这么快的冷却速度下所获得的金属往往是很薄的，因而在应用上受到一定的限制，这些问题尚需进一步解决。

#### 金属材料在21世纪经济发展中的地位和作用

在展望面向21世纪新材料发展的前景时，首先让我们回顾一下80年代材料在整个世界贸易中的景象。尽管陶瓷、复合材料、塑料的平均增长率分别高达16.1%、8.1%和7.0%，而新型钢制品和新型有色金属制品的平均年增长率分别只有2.2%和3.7%。但是，新型钢制品和新型有色金属制品的营业额总和却超过了其他所有的材料及其制品的总和，从其量大和增长率低这一客观事实可以得出两个观点：其一是由于金属材料毕竟是发展历史悠久而且系统完整的传统材料，从中发展材料的机率和比例相对较低；其二是由于基数大而增长率低这一事实并不能掩盖新兴金属材料在新材料发展中的重要地位和作用，以上是对80年代的整个世界贸易中新材料市场的分析。根据多方面预测：到21世纪世界钢产量仍处于上升的趋势，但各国的差异很大，美国已进入饱和时期，从经济 and 环境保护的角度出发，他们将减少本国的钢铁产量，进口部分钢铁并大力发展新材料；日本和欧洲共同体已开始进入饱和状态；俄罗斯也已进入成熟时期，但其居高不下的钢产量已经阻碍了工程塑料等新材料的发展；中国和其他发展中国家则还处在成长期，不是什么“夕阳工业”的问题。我国继苏、日、美之后，居世界第四，这是仅从数量讲；更重要是在品种、规格和质量方面，总的差距还是很大的，所以到本世纪末乃至下世纪相当长的时期内，我国包括钢铁、有色金属等传统金属材料在内的金属材料工业仍将处于重要的发展阶段，而新兴金属材料则更需迎头赶上世界发展的潮流，要特别注意我国富有稀土和硼等资源的开发和利用。

金属材料从原来几乎一统天下的地位逐渐让出部分市场并为其他新材料所取代，这是符合历史发展规律的。但是，在可以预见的未来，金属材料仍将占据材料工业的主导地位，这种情况在中国等发展中国家尤其如此。这是因为金属材料工业已拥有了一套相当成熟的生产技术和庞大的生产能力，并且质量稳定，供应方便，在性能价格上也占有一定优势。此外，在相当长时期内金属材料的资源是有保证的。

## 光电子材料

光导纤维是光通信的传输材料。这种通信线路不是用一般的金属导线和电缆，而采用像头发丝那样细的透明玻璃纤维制成的电缆。在玻璃纤维传导的不是电信号，而光信号，所以玻璃纤维又叫光导纤维。用光导纤维进行远距离通信的效率非常惊人，要比电缆的通信效率高十亿倍以上。

光导纤维是怎样传输信息的呢？大家熟悉的无线电通信，是靠电磁波在空间传播的。光实质是电磁波的一种，只不过它比无线电用的超短波和微波频率高得多。玻璃纤维就是用来传送光波的导体。但是，光在任何物体中传导都会不断地衰减。实验表明；通过长一公里的光导纤维的光束，至少要有30%在另一端出现才有价值。其中的关键问题是要有超纯的质量很高的玻璃纤维材料。人们用超纯石英或特种光学玻璃拉成极细的丝，直到和一根头发丝差不多。这种玻璃的纯度极高，杂质的含量不超过几亿分之一，它相当于在1000吨净物质中，落入一克的杂质。高纯纤维的出现，给光纤通信事业的发展提供了极有利的条件。

光纤通信的优点是很突出的，它与普通电缆通信相比，除了通信容量大、重量轻、耐腐蚀、不怕电子对抗等优点外，而且保密性好、建设费用低、施工方便，还可节省大量的有色金属。例如，1000公里长的金属电缆，大约需铜五万吨，铅20万吨；采用光导纤维，只需几十公斤石英玻璃拉成1000公里的光导纤维即可。现在光导纤维都是石英制成的，不仅加工较困难而且价高。为此，科研人员正在设法减小有机玻璃的光衰。这样，廉价的有机玻璃就可代替石英用于光纤，这无疑有着革命性的意义。

光纤通信不仅可以广泛应用在邮电部门，还可应用在军事、经济、科学技术、文化和人民生活等各个方面。由于它的容量极大，利用它可进行超高速数据传输，建立起灵活高速的大规模计算机网、四通八达的电视网，并可能远距离传送全息图。由于它的抗干扰能力极强，可以解决超高压输电网的通信联络，使自动化遥控装置最终摆脱高压电干扰。它应用在计算机、自动化系统和飞机、船舶、导弹等狭小空间的复杂控制系统中，可以避免大量电路之间的互相干扰而产生错误动作。

光导纤维除用于通信外，另一个重要用途是传能，即传输高强度的激光。如在激光手术应用中，需要将激光器发射的光传输到需要手术的部位，尤其是内脏器官，与传统的手术相比，能把病人的痛苦减小到极限程度。对这种传能应用来说，当激光波长在近紫外区到近红外区时，可以用熔石英为基体的低损耗光纤；当激光波长在红外波段时，可采用重金属氟化物玻璃光纤；也可用硫化物或卤化物的单晶或多晶光纤。

光纤还有一个重要应用，就是制作光纤传感器。光纤传感器的原理是利用光纤材料的某些物理性能来探测外界物理量的变化。这类传感器在抗干扰和高灵敏方面有明显的优点，可用于遥感、遥测技术。所选用的材料有低损耗的熔石英玻璃和重金属氟化物玻璃，为使这类光纤传感器的灵敏度和选择性能更进一步提高，人们正在发展特种光纤。

光电子材料除光纤外，还有光学功能晶体材料、光电存储与显示材料等，人们普遍认为，今后20年左右将是世界高新技术发展的重大转折时期。21世纪，人类将从工业时代进入信息时代。信息时代到来的标志，是实现所谓“四A革命”，即实现办公室自动化，工厂自动化，实验室自动化和家庭自动化。四A革命将使过去由人来完成的许多工作越来越多地由电子和光电子材料所构成的系统来完成。光电子材料在光电技术中起着基础和核心的作

用。亦即光电子材料将使信息技术进入新纪元。

### 先进的超级陶瓷材料

陶瓷是一种古老的制品，它是由粘土或粘土加入石英和长石等的混合物经成型、干燥和焙烧而成。在遥远的石器时代，原始人就在篝火上烧制出第一批陶器。

灿烂的中华文明和陶瓷关系密切。六千多年前的西安半坡村人普遍使用尖底汲水陶罐；五千多年前的仰韶文化时期出现了陶制纺轮和彩陶；四千多年前的龙山文化时期已采用了快轮制陶技术，制成了闻名中外的黑陶。有的黑陶表面光亮，厚度仅1~2毫米，称为蛋壳陶。秦始皇陵出土的大批陶兵马俑，制作之精美，气派之宏伟，被认为举世无双。唐代的“唐三彩”陶瓷至今还为人们所喜爱。五代时期我国的陶瓷技术已登峰造极了，这时生产的陶器被誉为“青如天，明如镜，薄如纸，声如磬”。以后的历代名窑产品数不胜数，在一些国家词汇中，中国和陶瓷是一个词“China”。中国的陶瓷于九世纪传至非洲东部和阿拉伯，13世纪传至日本，15世纪传至欧洲，对世界文化有很大的影响。

陶瓷的基本成分是铝硅酸盐，由于天然原料带有杂质，使陶瓷的一些性质受到损害。后来科学家用不含硅酸的天然原料，成功研制了性能更优越的陶瓷，从而出现了不含硅的崭新一代陶瓷，也叫现代陶瓷。常见的品种有二氧化物、氮化物、碳化物陶瓷及硼化物陶瓷等等。为了改善陶瓷的脆性和增加强度，人们又在陶瓷基体中添加金属纤维和无机纤维，组成复合材料，其中有的强度每平方厘米可承受一万公斤的力，成为陶瓷材料的佼佼者。

碳化硅和氮化硅又被作为精细陶瓷材料，它们克服了一般陶瓷的致命弱点——脆性，有很高的韧性、塑性和耐磨性，并在高温下具有较高的耐性，经几百次骤冷骤热试验不会产生破裂，抗冲击能力也比一般氧化物陶瓷强。

目前，精陶瓷材料主要使用在尖端工业上，如微电子、核反应堆、航天、地热和磁流体发电、人工骨、人工关节等方面。由于工作环境原因对其质量要求很严。精陶瓷材料应满足以下三方面的要求：精选的原料——为了充分发挥功能，要选用高纯度的原料，颗粒要尽可能细；严格控制的化学成分——在制造时注意防止杂质混入和成分本身挥发。对烧结件的颗粒粒度、界面、气孔等要严格控制，以达到质量稳定和具有再现性；精确的形状和尺寸——精陶瓷制品一般不经加工，直接使用，特别是陶瓷电子器件要求精度更高。例如：1982年，日本进行了民办首次陶瓷柴油机的汽车试验，效果很好。采用精细陶瓷材料制造汽车发动机，可提高效率45%，节油30%。

把陶瓷粉与金属粉末混匀，经高温烧结，就得到了金属陶瓷，它兼有金属和陶瓷的特点，韧而不脆，硬而耐热。例如含20%钴粉的金属陶瓷是制造火箭喷口的材料。在高温中，陶瓷中的金属首先蒸发掉，热量被带走，温度随着降低，因而能在高温环境里工作。例如，美国“哥伦比亚”号航天飞机的外壳，便是由31000块金属陶瓷瓦片铺砌而成，经受了返回大气时所产生的白热化高温的严峻考验。

高铝陶瓷是有名的“硬骨头”，用它作机器上的磨器件，其耐磨性能比金属高2~3倍。至于刚玉瓷，氮化硼陶瓷制成的瓷刀，更能“削铁如泥”。

类似的例子还很多，无怪乎专家们预言：人类将“重返”石器时代，不

过这是一个全新的“石器时代”。在本世纪最后十年和下世纪初，陶瓷科学将实现从先进陶瓷到纳米陶瓷（晶体颗粒大小为 10~100nm）的飞跃。近些年来陶瓷科学的飞速发展为此突破打下了良好的基础，而现代技术的发展则为这一突破提供了强有力的支持。电子显微镜，包括扫描电子显微镜和透射电子显微镜的推广应用，特别是近年来高分辨电镜和分析电镜技术的发展，使人们有可能进入到纳米量级线度上来研究材料的组成和结构。现在人们能直接观察到晶粒以及晶粒中的缺陷，从而为纳米结构的形成和控制研究提供了保证。

## 未来的能源和材料

人类只拥有一个地球，几十亿人生活在这个星球上，每个人对保护地球的环境都负有一份不可推卸的责任。

人类对自然界所提供的原材料和能源的毫无顾忌地消耗（如滥砍滥伐森林以获取木材，不合理的采矿，对石油的大量消费），造成了地球环境的日益恶化和资源的匮乏。为了给子孙后代造福，为了节约有限的常规能源和原材料，为了维系整个地球文明，有不少科学家在努力探寻再利用、无污染、更加适用的新能源和新材料。可以说，探索寻求新能源、新材料是时代赋予人类的新的历史使命。

高科技的发展已经成为经济发展的生产力、政治上的影响力、军事上的战斗力和社会发展的推动力，现在，世界上各工业国家对高新技术的研究与发展，主要集中在新能源、信息技术、新材料、生物技术、工业自动化和机器人以及航天技术等领域中，而这些领域中的每项成果，又可推动其他领域中的发展和进步。作为现代高科技重要组成部分的新能源技术、新材料技术是维持和发展社会生产和生活的物质动力源泉，与高新技术其他领域的发展密切相关。可以预见，21世纪，科技的大发展必将引发一场新的能源、材料革命。因此，从现在起，我们应该努力去探索开发新能源、新材料，为进入新的世纪做好准备。

对于新能源的开发，未来一段时间内核能将占主导地位。而水能、风能、地热能、太阳能技术又是发展的目标和方向，而最终要综合利用它们。它们将成为人类生活不可缺少的能源，为人类创造无限的财富。

而技术发展又引发了材料的革命。将来很长的时期内，将是复合材料的全盛时期。材料的应用效果和性能将不断提高，具有特殊性质和功能的新材料会被不断地研制出来。未来的世纪人类将占有更多的更具有适当性能的材料。

但是，新能源和新材料的应用，并非一蹴而就的事，它需要经过数代人的艰苦努力，并以高新的科学技术发展为基础才能取得成功。

