

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

世界科技全景百卷书 (97)

能源科学

 **eBOOK**  
网络资源 电子图书

## 能源科学

## 大有潜力的常规能源

### 能源略说

自古以来，人类就为改善自身的生存条件、促进社会的经济发展而不懈地奋斗。在这一奋斗过程中，能源一直在扮演着极其重要的角色。简单地说，能源指的是可以提供能量的物质，例如煤炭、石油、天然气、水能、太阳能、核能都是能源。

大自然赋予人类的能源多种多样，按照各种能源的开发利用情况和它们在人类社会经济生活中的地位，人们把能源分为常规能源和新能源两类。

一般说来，常规能源指的是技术上比较成熟、使用比较普通的能源，如前面所说的煤炭、石油、天然气、水能等就是常规能源；而新能源指的是新近才利用的或正在开发研究的能源，这种能源包含有太阳能、核能、沼气、风能、氢能、地热能、海洋能、电磁能等。

实际上，新能源和常规能源是相对而言的，现在的常规能源在过去也曾是新能源，而今天的新能源在将来肯定也会成为常规能源。例如核能，在许多第三世界和不发达国家中还只能称为新能源，但在某些工业发达国家中，核能的使用已经非常普遍，已经变成了一种常规能源。

由于目前使用的能源以常规能源为主，而这些常规能源如煤、石油、天然气等却越用越少，是不能再生的能源，总有一天要用完，加上它们燃烧时污染环境并且热能利用率不高等，世界各国都在加紧研究开发新能源，以满足社会发展对能源日益增长的需要。

随着经济的发展和能源消耗量的大幅度增长，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。

面对能源紧张的情况，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，在开发新能源之即，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。

在我国，我们正处于能源短缺、能源结构不合理，而对能源的需求却迅速增长的新的历史时期；而要解决能源问题，必须依靠科技进步，特别是应用高新技术加快开发新能源的步伐。在这方面，既要研究以跟上工业化国家的先进水平，也要符合我国作为一个发展中国家的实际国情。我国能源发展的中期战略是开发与节约，能源开发利用以电力为中心，以煤炭为基础，积极开发石油和天然气，大力开发水电资源和有计划地发展核电，提高能源生产利用效率。只有依靠高新技术，才有可能完成能源工业在现代化建设中承担的重要使命。

### 最基本的常规能源——煤炭

1990 年末全世界已经探明的煤炭可采储量为 10,787 亿吨。我国已探明的煤炭储量为 1661.23 亿吨,占世界已探明储量的 15.4%。1990 年全世界总计产煤 48.27 亿吨,我国为 10.8 亿吨,居世界第一位。尽管如此,煤炭供应不足仍是制约我国经济发展的重要问题,因此,应用高新技术进行煤炭的加工转化,提高煤炭的利用效率,减少煤炭燃烧的环境污染,是解决能源缺乏、加速经济发展的重要途径之一。

## 煤炭的处理加工及转化

### (1) 选煤技术:

选煤是指除去或减少原煤中所含的杂质(包括灰分、矸石、硫分等),并将处理过的煤分成若干个品种等级,以满足不同用户的需要。

物理选煤技术可除去煤中 60% 以上的灰分杂质及 50% 的黄铁矿硫杂质。而各种烧煤设备如果使用品种、质量和颗粒大小都符合工艺要求的煤,就可以提高热效率和可靠性,并能大大减少各种有害物质的排放。

### (2) 洁净煤技术:

洁净煤技术是一系列新近开发的煤炭加工、燃烧转化和煤烟通道中的烟道气净化技术的总称。目的是减轻煤炭燃烧对环境的污染,提高煤炭利用效率,并降低成本。

洁净煤技术可分为三类。燃烧前,通过选煤或掺合其他物质,以提高燃烧效率并脱除污染物;燃烧中,改变燃烧方式和性质,在燃烧过程中去除污染物;燃烧后,对烟道气进行净化。

### (3) 型煤及利用:

用粉煤或低品位煤制成的具有一定形状的煤制品称为型煤。型煤可以分为民用和工业用两类,前者有煤球和蜂窝煤,后者包括用于工业锅炉、窑炉、蒸汽机车的型煤以及用于汽化、炼铁和铸造的型焦。

燃烧型煤可以提高热效率、节约煤炭并降低污染。例如作为我国民用煤主体的蜂窝煤,若配以先进的炉具,热效率比烧散煤高一倍,可节约煤炭 20~30%,各种有害物质的排放降低 40~80%。

型煤的节能率是所有洁净煤技术中最高的,相对环境效益也很高。

### (4) 煤液混合新型燃料技术:

煤液混合新型燃料是一项新技术,这些混合燃料是粉煤在液体中的一种悬浮物,即煤—液混合料。目前已有多种混合料经过全面试验,最有工业应用价值的煤液混合料是水煤浆,其典型配方是 70% 左右的煤、30% 的水和不大于 1% 的化学添加剂,是一种低污染的燃料。

### (5) 其他的煤炭处理技术:

前面的四种煤炭处理技术都属于不改变煤的化学结构而进行的物理处理技术,这些方法虽然经济、操作简单,却只能对煤进行浅度净化,而进行深度净化必须采用化学净化法。其他的煤炭处理转化技术还有生物加工技术、干馏及汽化、液化等新技术,由于其涉及的内容较深,在此就不详细讨论了。

## 劣质煤转化为优质燃料

### (1) 劣质煤加工成石油:

波兰已研制出一种将劣质煤（含硫高、水分多）加工成石油的装置，能够将两吨煤转化成一吨石油。此外，从每吨加工过的煤中，还可得到 300 公斤的燃料焦炭，使劣质煤转变成清洁的优质燃料。

#### （2）劣质煤生产合成天然气：

劣质煤生产合成天然气是在将劣质煤产生的煤气通过净化，然后把净化的煤气甲烷化。甲烷是合成天然气的主要成分，这种合成天然气有广泛的用途。这一新技术已由德国匹兹堡煤气公司开发成功。

### 当代工业的血液——石油和天然气

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，在不增加新的石油储量的情况下，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，居世界第五位，石油储产比为 21.8 年。

至 1990 年底，世界已探明天然气储量大约为 1,190,955 亿立方米，在世界一次能源构成中占 21.7%，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，居世界第九位。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。

我国原油加工能力仅次于美国、前苏联、日本，居世界第四位，1990 年达到 14,400 万吨。原油经过加工，形成汽油、煤油、柴油、润滑油、化工轻油和石脑油六大类产品。我国原油加工利用的深度和世界发达国家相比，仍有较大的差距，主要表现为轻质油收率偏低。由于我国原油普遍偏重，近几年来重质油比例不断增加，为了合理利用资源，迫切需要发展石油深度加工技术。

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气。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、锅炉燃料和灯油三类。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五千多种化工产品，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。

### 热能利用和火力发电

经济的发展依靠能源。电能是一种最重要的能源，可以方便、高效地转换为其他能源形式。在较长的一段时间内，火力发电仍将是许多发展中国家主要的发电方式。

火力发电的主要燃料就是前面我们讲述过的煤炭，有时候也有用油作燃料的。火力发电的基本工作原理可简单地作如下解释：锅炉的工作介质水经高压加热器加热后送进锅炉，在锅炉的省煤器内进一步加热，然后在水冷壁中蒸发产生饱和蒸汽，饱和蒸汽在过热器内加热为温度较高的过热蒸汽，再由管道（主蒸汽管）送往汽轮机。汽轮机和发电机连接在一起，发电机的转子在旋转过程中就将机械能转化成了电能，并通过发电厂内的变压器和输电线路向外界输送电力。

根据本世纪末我国工农业总产值应比 1980 年翻两番的任务以及长远发展的要求，到 2000 年我国发电设备的装机容量至少应达到 26,000 万千瓦，年发电量相应为 12,000 ~ 14,500 亿千瓦。

我国有丰富的水力资源，但由于水力发电的开发周期长、耗资巨大，不可能发展很快。另外我国在发展核电方面起步较晚，由于核电投资大，周期也较长，在本世纪末至下世纪初我国的核电事业仍然处于初级发展阶段。这些都决定了我国在很长一段时期电力建设的主要任务仍将是发展火力发电。

火力发电设备容量和参数的提高，有一系列问题需要解决，诸如设备的安全和经济运行、燃料及其运输、水源以及对环境的影响等等，因此在许多领域中高新技术的应用必不可少。特别是在当今我们赖以生存的生态环境日趋恶化的情况下，如何降低甚至消除火力发电对环境的污染是一个迫切需要解决的问题，从中也可看出，在未来燃煤火力发电设备中，采取低污染的燃烧方式是必然的发展趋势。

### 最干净的常规能源——水能

水能利用的主要方式是发电。水力发电就是利用河流中蕴藏着的水能来产生电能，其中最常用的方法就是在河流上建筑拦河坝，将分散在河段上的水能资源集中起来，然后靠引水管道引取集中了水能的水流去转动设在厂房中的水轮发电机组，在机组运转的过程中，就将水能转变成了电能。因为利用的是水能，而水流本身并无损耗，仍可以为下游用水部门所利用。

水力发电有以下特点：

（1）水作为一种资源可由自然界水循环中的降水补充，使水能资源成为不会枯竭的再生能源，所以其发电成本非常低。

（2）水力发电事业和其他水利事业可以互相结合。为了使水能产生电能，常常要修建水库，而水库可作为防洪、供水、发展航运事业等多种任务。

（3）水电站中装设的水轮机开启方便、灵活，适宜于作为电力系统中的变动用电器，有利于保证供电质量。

（4）水电站建成后，能够连续提供廉价的电力。

（5）水力发电不污染环境，是一种公认的清洁能源。

当然水力发电也有其固有的缺点，在修建大型水库时，常要搬迁相当数量的库区群众，既要增加投资，也要增加一系列的移民安置工作量，这是建设大型水电站特有的问题。但是，它的优点仍然值得人们注意。

正因为水力发电有许多优点，所以优先发展水电是世界各国能源开发中的一条重要途径，只有当水能源开发程度较高时，才能多建火电、核电站。

在水力发电事业发展较快的前九个国家中，法国、意大利的水能开发程度已大于 90%；美国、加拿大、日本、挪威的开发程度为 40%~60%；前苏联、巴西约为 15%~20%，我国则不到 5%。世界上发达国家的水能资源开发程度平均为 40%以上，发展中国家平均为 7%。世界上有 35 个国家的水力发电量占总电量的 2/3 以上，其中挪威、加纳、赞比亚的水力发电量占这些国家总发电量的 99%，而我国水力发电量仅占全国总发电量的 20%。

为充分利用我国的水力资源，缓解电力缺乏的问题，国务院批准了兴建三峡水电站的建议。正在兴建的三峡水利枢纽，坝址在湖北宜昌县三斗坪镇，属西陵峡河段，距葛洲坝水利枢纽 38 公里，是一座具有防洪、发电、航运、供水等巨大综合利用效益的特大型水利工程。

在三峡工程众多的综合效益中，最直接、最显著的经济效益是发电，其发电量约相当于 1991 年全国总发电量的 1/8。

三峡水电站将是世界上规模最大的水电站，发电量相当于 10 座大亚湾核电站或 15 座 120 万千瓦的火电站。

三峡电站的强大电力主要供应经济发达、能源缺乏的华中、华东及川东地区，这对于这些地区的经济发展和进一步改善人民生活无疑有重大的意义。此外，三峡电站用水电代替火电，每年可节省大量的原煤，从而减少许多环境污染。

三峡工程地理位置优越，能够有效地控制上游各支流水库以下至坝址约 30 万平方公里暴雨所产生的洪水，这是其他防洪措施难以替代的。

三峡工程可改善长江通航条件，提高运输能力，万吨级船队有半天时间可直达重庆，为发展西南地区的经济和繁荣长江航运事业创造了有利条件。

三峡工程还有利于沿江城镇的供水，并有灌溉、水产、旅游等效益；还有利于南水北调，缓解北方地区缺水问题。

## 充满希望的新能源

### 世纪之交的能源新课题

在我们前面所提到过的常规能源中，除水能具有天然自我恢复能力外，其它的能源都是不能再生的，也就是说，像煤、石油、天然气这些能源一旦被消耗，便越用越少，不可能自我恢复。而随着经济的发展和能源消耗量的大幅度增长，特别是在即将进入 21 世纪的高科技技术时代，能源的储量、生产和使用之间的矛盾日益突出，成为世界各国面临的急待解决的重大问题之一。

另外，随着 21 世纪的日益临近，人们对未来生活的环境更加关注，环境问题成了困扰人们的另一个重大问题。而常规能源中除水能外，其余的能源在利用时都会或多或少地造成污染，对周围环境造成了很大的破坏，因此，寻找对环境无污染或者污染很少的新能源也成了世纪之交这特殊时期中科学家们的重要任务之一。

随着科学技术的发展，人类社会正在跨入高科技时代。代表这一时代科技发展水平的高科技，将作为强大的生产力，直接影响着人类的生产和生活方式，并推动社会走向未来的新世纪。能源作为所有高新技术产业的能量源泉，其发展水平绝不能落后于依赖它的高新技术，所以在 21 世纪技术突飞猛进的同时，能源的发展也必须跟上时代的步伐。

现代高科技的发展序列是，以信息技术为先导，以新材料技术为基础，以新能源技术为支柱，沿微尺度领域向生物技术开拓，沿宏尺度领域向海洋和空间技术扩展。由此可见，新能源技术在现代高科技中占有多么重要的地位。

为了推动高科技的发展，解决能源供应所面临的问题，人们投入了很多的人力和物力，积极寻求新能源。随着高新技术领域中的新材料技术、信息技术、海洋技术和空间技术等的发展，一批新能源如太阳能、核聚变能、氢能、海洋能、风能和生物质能等方面的研究已经取得重大突破，并展示出令人鼓舞的发展前景。例如，超导材料和超导技术的进一步发展将为核聚变装置提供强大的磁场，并使人们早日掌握渴望已久的核聚变技术；利用超导技术还可研制出实用的超大型蓄电池，将会极大地促进太阳能、海洋能、风能等新能源的发展。

可以预料，新能源的应用与发展，不仅会推动社会生产力的发展，而且将使人类从有限的一次性能源的使用，转向多样化的、再生的、取之不尽的洁净能源的使用。这样，在未来世纪中，人们可以不再为能源的枯竭、环境的污染和生态的破坏而担忧。

为使读者朋友们对新能源有一个具体的了解，在接下来的部分中我们将详细介绍 21 世纪会得到广泛应用的新能源，其中包括最干净的能源——太阳能；最神奇的能源——核聚变能和磁流体发电；最理想的能源——氢能以及超导技术在能源发展中的地位等等。

### 21 世纪的主要能源——太阳能

太阳是一个炽热的气体球，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时代。据说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纪元。

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，如太阳能发动机等。

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空间时用上了重量轻、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而工作的。

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求，太阳能的开发利用必将出现一个蓬勃发展的新局面。

我国幅员辽阔，有着得天独厚的太阳能资源，全国大部分省市地区的年日照时间平均可达2000小时以上。太阳每年投射到我国广大国土上的能量，约有一亿亿千瓦时，差不多相当于20,000亿吨标准煤所具有的能量。

我国很早就对太阳能进行了开发利用，并取得了显著的成果。例如，我国研制的单晶硅太阳能电池，于1971年成功地应用在我国发射的第二颗人造卫星上。1985年10月，我国第一座太阳能电站在甘肃省榆中县建成，电站装有多晶硅电池板，能将吸收的太阳光能转换为电能，并储存在蓄电池内，即使有六、七天不出太阳也能照常供电。

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

太阳给人类带来了光明和温暖，并给人类以生命、以及维持生命活动的各种物质。可以说，没有太阳便没有人类；没有太阳，也不会有今天物质世界的一切。

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电站发电能力总和的 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四十多亿年以上，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、地热能等，它们都是由太阳能转化而成的。另外，与其他能源相比，太阳能具有独特的优点：

(1) 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”。

(2) 到处都可以得到太阳能，使用方便、安全。

(3) 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，向太阳这个取之不尽的能源宝库索取能量实现人类历史上的能源变革，已成为今后能源开发的主要趋向。

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方式如此丰富多样，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，而且使用效率较低，规模也较小，致使大自然赐予的这种宝贵能源大部分损失掉了。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。这种发电站先将太阳光转变成热能，然后再通过机械装置将热能转变成电能。

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，经热交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设有蓄热器。当用高压蒸汽推动汽轮机转动的同时，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。

1982 年，美国建成了一座大型塔式太阳能热电站，这座电站用了 1818 个聚光镜，塔高 80 米，发电能力为 10,000 千瓦。它利用太阳能把油加热，再用高温油将水变成蒸汽，利用蒸汽来推动汽轮发电机发电。

太阳能热电站不足之处在于：一是需要占用很大地方来设置反光镜；二是它的发电能力受天气和太阳出没的影响较大。虽然热电站一般都安装有蓄热器，但不能从根本上消除影响。因此，人们设想把太阳能热电站搬到宇宙空间去，从而能使热电站连续不断地发电，满足人们对能源日益增长的需要。

## 太阳能热管

热管通常又叫真空集热管，它在结构上与我们平常所用的热水瓶相似，但热水瓶只能用来保温，而太阳能热管却能巧妙地吸收太阳的热能，即使阳光很微弱，它也能达到较高的温度，比一般太阳能集热器的本领强多了。

热管之所以有这么大的本领，主要是因为它的结构较特殊，能充分地吸热和保温。热管有一个透明的玻璃管壳，里面密封着能装液体或气体的吸热管，两管之间抽成真空。这样，在吸热管周围形成了性能良好的真空绝热层，这和热水瓶胆的内外层之间保持真空的原理是一样的，都是为了防止热量散失出去。吸热管的材料可以是金属，也可以是玻璃，在它的外表面涂有选择性的吸热涂层。当阳光照在热管上，吸热管的涂层就能大量吸收光能，并将光能转变成热能，从而使吸热管内装的液体或气体的温度升高。

热管的特殊结构使它一方面通过吸热管外壁上的涂层尽可能吸收更多的阳光，并及时转变成热能；另一方面，在能量吸收和转换中最大限度地减少热量损失。也就是说，它用抽真空等办法堵死了热量散失的一切渠道。因此，在阳光很微弱的情况下，热管也能将阳光巧妙地集聚和保存起来，从而达到较高温度。

太阳能热管不仅集热性能好，而且拆装方便，使用寿命长，因而获得了人们的好评。它可以单个使用，如用在太阳能灶上，代替平板式集热器；也可根据需要，用串联或并联的方式将几十支热管装在一起使用。

热管在一天之内可以提供大量的工业用热水，又能一年四季不断地为它的主人供应所需要的热能。此外，热管还广泛用于海水淡化、采暖、空调、制冷、烹调 and 太阳能发电等许多方面，是一种深受人们欢迎的太阳能器具。

## 太阳池发电

水平如镜的水池也能用来发电，这可能是许多人没有想到的。因此，利用水池收集太阳能发电，可以说是迄今为止将太阳辐射能转换为电能的最美

妙的构想之一。

太阳池就是利用水池中的水吸收阳光，从而将太阳能收集和贮存起来。这种太阳能集热方法，与太阳能热水器的原理相似，但是，用太阳能热水器贮存大量的热能，需要另设蓄热槽，而太阳池的优越之处在于，水池本身就可充当贮存热能的蓄热槽。

一般的水池，当阳光照射时，池水就会发热，并引起水的对流，即热水上升，冷水下沉。当温度较高的水不断从底部上升到池面时，通过蒸发和反射将热能释放到空气中。这样，池中的水大体上保持着一定的温度，但无论天气多么热，经过的时间如何长，水温总达不到气温以上。为了提高池中的水温，人们想了许多办法，其中最引人注目的就是利用盐水蓄热。

这种提高水温的办法，是受到一种自然现象的启发而产生的。早在 1902 年，科学家们考察罗马尼亚一个浅水湖时发现，越是靠近湖底，水温就越高，即使在夏末时，水温有时可高达 70℃。这种现象是如何产生的呢？

原来，湖底水温之所以高，是因为水中含有盐分，而且越是靠近湖底的水，其所含盐分的浓度就越大。

通常，湖底处的热水会因密度变小而升到水面，从而形成对流。但是当水中的盐分浓度很高时，水的密度就会随之增大，这样热水就难以升到水面，从而打乱了水热升冷降的循环过程。由于湖水无法形成对流，热量便在湖底处蓄积起来，而湖面上较轻的一层水，就像锅盖一样将池底的热能严严实实地封住。结果，湖底的水温就会越来越高。

目前，世界上许多国家对太阳池发电很感兴趣，认为它提供了开发利用太阳能的新途径，而且这种发电方式比其他利用太阳能的方法优越。同太阳热发电、太阳光发电等应用太阳能的技术相比，太阳池发电的最突出优点是构造简单，生产成本低；它几乎不需要价格昂贵的不锈钢、玻璃和塑料一类的材料，只要一处浅水池和发电设备即可；另外它能够将大量的热贮存起来，可以常年不断地利用阳光发电，即使在夜晚和冬季也照常可以利用。因此，有人说太阳池发电是所有太阳能应用中最为廉价和便于推广的一种技术。

美国对这项利用太阳能的新技术十分重视，一个由政府资助的科学家组织对全国进行了调查，以确定太阳池发电计划和建造发电站的地方。至今美国已修建了 10 个太阳池，以便进行研究试验。

在澳大利亚，已建成了一个面积为 3000 平方米的太阳池，并将用它发电，以便为偏僻地区供电，并进行海水淡化和温室供暖等。日本农林水产省土木试验场已建有四个 8 米见方，深 2.5~3 米的太阳池，用来为温室栽培和水产养殖提供热能。

人们在太阳池发电的推广使用中，对其可能出现的问题能够及时地予以研究解决。例如，起初人们估计铺在池底的薄膜会发生破裂，从而使盐水流出现，污染水池下面的土壤；但是实践证明，薄膜的防渗漏性能很好，没有出现上述问题。对于太阳池发电所需要的大量盐，则可以利用太阳池的热能去带动海水淡化装置来解决。就当前的实际应用情况来看，太阳池在供热和发电方面还存在一些不足之处。但我们相信，随着科学技术的进步，在不久的将来，太阳池发电将作为一种廉价的电源得到普遍应用。

## 太阳能气流电站

利用太阳能发电的方式很多，其中最为新奇的是太阳能气流发电。由于这种电站有一个高大的“烟囱”，所以也被称作太阳能烟囱电站。

太阳能电站既不烧煤，也不用油，所以这个烟囱并非是用来排烟的，而是用它抽吸空气，所以确切点说应称其为太阳能气流电站。

太阳能气流电站的中央，竖立着一个用波纹薄钢板卷制而成的大“烟囱”，在“烟囱”的周围，是巨大的环形曲面半透明塑料大棚，在烟囱底部装有气轮发电机。当大棚内的空气经太阳曝晒后，其温度比棚外空气高约 20。由于空气具有热升冷降的特点，再加上大“烟囱”向外排风的作用，就使热空气通过“烟囱”快速地排出去，从而驱动设在烟囱底部的气轮发电机发电。

由于太阳能气流电站占地较大，所以今后的气流电站将要建在阳光充足、地面开阔的沙漠地区。另外，塑料大棚内的地方很大，温度又较高，可利用起来作暖房，种植蔬菜和栽培早熟的农作物。

太阳能气流电站的建造成功，使人类利用太阳能的技术得到进一步的提高，并为利用和改造沙漠创造了良好的条件。

## 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，但与其他利用太阳能的方式相比，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，所以能得到较广泛的应用。

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，世界上 90% 的人造卫星和宇宙飞船都采用太阳能电池供电。美国已于近来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能满足当时的需要，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、碰撞和振动的影响。而太阳能电池完全能满足这些要求，所以成

为空间飞行器较理想的能源。

通常，根据卫星电源的要求将太阳能电池在电池板上整齐地排列起来，组成太阳能电池方阵。当卫星向着太阳飞行时，电池方阵受阳光照射产生电能，供应卫星用电，并同时向卫星上的蓄电池充电；当卫星背着太阳飞行时，蓄电池就放电，使卫星上的仪器保持连续工作。我国在 1958 年就开始了太阳能电池的研究工作，并于 1971 年将研制的太阳能电池用在我国发射的第三颗卫星上，这颗卫星在太空中正常运行了八年多。

太阳能电池还能代替燃油用于飞机。世界上第一架完全利用太阳能电池作动力的飞机“太阳挑战者”号已经试飞成功，共飞行了四个半小时，飞行高度达 4000 米，飞行速度为每小时 60 千米。在这架飞机的尾翼和水平翼表面上，装置了 16,000 多个太阳能电池，其最大能量为 2.67 千瓦。它是将太阳能变成电能，驱动单叶螺旋桨旋转，使飞机在空中飞行的。

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 公里的速度向前行驶。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。

1984 年 9 月，我国也试制成功了太阳能汽车“太阳号”，这标志着我国太阳能电池的研制已经达到国际先进水平。此外，我国还将太阳能电池用于小型电台的通讯机充电上。当在野外工作无交流电源可用时，就可启用太阳能电池小电台充电器。这种无电器使用方便，操作简单，因而深受用户欢迎。

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。当人们遇有紧急事情时，可随时在公路边打电话联系，使用非常方便。

由于太阳能电话安装简单，成本较低，又能实现无人管理，还能防止雷击，所以很多国家都相继在山区和边远地带，特别是沙漠和缺少能源的地区，安装了许多以太阳能电池为电源的电话。

芬兰曾经制成一种用太阳能电池供电的彩色电视机。它是通过安装在房顶上的太阳能电池供电的，同时还将一部分电能储存在蓄电池里，供电视机连续工作使用。

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地区收看不到电视节目，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。

正是由于太阳能电池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，特别是一些能源缺乏的孤岛、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、手术灯等，真可以说是一种处处可用的方便电源。

## 太阳能的储存

太阳能是一种很有发展潜力的新能源，然而它只能在白天和晴天使用，而且稍纵即逝，结果有时想用却没有，有时又多得用不完。于是，人们就想将它像煤炭、石油、天然气那样储存起来，或者如蓄电池那样把电能积蓄起来，以便随时使用。

随着科学技术的发展，现在已经出现了除太阳能电池以外的一些储存太阳能的方法，为充分利用太阳能创造了有利的条件。

目前，使用比较普遍的储存太阳能的方法是，先将太阳能变成热能，然后再将热能储存在密封、隔热的水池中，以供需要时使用。

储存太阳能的方法很多，而且随着太阳能的进一步开发利用，必将出现更多、更先进的太阳能储存方法。

## 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，在大气层以上接收的太阳能要比在地球上接收的多四倍以上。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。而且这样还能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 万多公里的高空，而且与地球同步的轨道上（在这一轨道上，卫星绕地球飞行一圈的时间，正好与地球自转一周的时间相同），这样就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，科学家们满怀信心地预言，到本世纪末有可能通过航天飞机将第一个大型动力卫星送入轨道，为人类利用太阳能揭开新的篇章。

## 魔鬼与天使——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，已成为世界能源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 72,000 ~ 95,000 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，核能将会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，其次是非州和大洋洲。

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，总共达四十多亿吨，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。

近十多年来，人们已经成功地研制出能充分利用铀燃料的核反应堆，这就是被称为“明天核电站锅炉”的快中子增殖核反应堆。这种核反应堆能使核燃料增殖，也就是说，核燃料在这种“锅炉”里越烧越多。如果能大量使用快中子增殖核反应堆，不仅能使铀资源的有效利用率增大数十倍，而且也将使铀资源本身扩大几百倍。因此，包括我国在内的世界各国，今后将着重发展这种先进的核反应堆以便充分地利用核燃料、提高核电站的经济性。1991 年，欧洲联合核聚变实验室首次成功地实现了受控核聚变反应，使人类在核聚变研究方面取得了重大突破，为今后利用储量极为丰富的重水建造核聚变电站打下了初步的基础。

另外，近年来在激光核聚变、核电池、太空核电站和海底核电站等研究试验方面也都取得了一定的成果，促进了核能发电技术的进一步提高。

核能对于我国在 21 世纪的经济的发展有着重要的意义。根据中央提出的社会主义现代化经济建设分三步走的战略目标，到下个世纪中期，预计我国能源年需求总量为 40 ~ 50 亿吨标准煤。要满足如此大的能源消耗量，除了大力开发包括三峡水电在内的水力资源外，大部分的电力要依靠煤电和核电。一座大型核电站的发电量几乎相当于葛洲坝水电站，因此，发展核电不仅可减少储量已不多的煤炭的消耗，而且可减少环境污染，缓和运煤带来的交通运输紧张状况。



## 核能与核反应堆

核能也叫做原子能或原子核能，它是由人眼看不见的小小的原子核内释放出来的巨大能量。一克铀原子核裂变时所放出的能量，相当于燃烧 2.5 吨煤所得到的热能。这种核能，是核燃料通过核反应堆所产生的。

我们都知道，世界上的物质都是由原子构成的，原子由原子核和围绕核旋转的电子组成，原子本身已经很小，而原子核的直径仅仅是原子直径的十万分之一。可是，这么微小的原子核却集中了几乎整个原子的质量。原子核是由带正电的质子和不带电的中子构成的，质子和中子统称为核子。由于质子带一个单位的正电荷，中子不带电，而质子和中子的质量又几乎相等，都等于一个质量单位，所以原子核的电荷数等于它的质子数，原子核的质量数则等于质子数和中子数之和。具有相同质子数的原子，它们原子核外的电子数也相等，因而它们有着相同的化学性质，属于同一种元素，但对于中子数不一样的原子，称为同位素。

从上面可以知道，原子核的半径是非常小的，在这样小的原子核内，却拥挤着许多带正电的质子，它们之间必然要产生很大的相互排斥的静电力。但是，通常的原子核却是很稳定的，原子核内的质子和中子能“和平共处”、“共聚一堂”。这是因为除了质子之间相互排斥的静电力外，核内各粒子之间还存在着强大的吸引力，这种吸引力，通常叫做核力。

人们通过实验发现，在原子核内的质子和质子之间、中子和中子之间、质子和中子之间都存在着很强的核力。然而，核力只在很短的距离（大约  $2 \times 10^{-15}$  米）内起作用，超过了这个距离，核力就迅速降低到零。由于质子和中子的半径大约都为  $0.8 \times 10^{-15}$  米，所以质子或中子只跟与它相邻的质子或中子起作用。

在原子核内的核子之间存在着十分强大的核力情况下，如果在某种条件下原子核内的质子和中子发生了变化，那么它们之间的核力也会相应地发生改变，并把一部分能量释放出来。这种由核子结合成原子核释放出的能量或者由原子核分解为核子时吸收的能量，称为原子核的结合能或原子核能，也就是我们通常所说的核能。

前面我们提到，一克铀原子核裂变时所放出的能量，相当于燃烧 2.5 吨煤所得到的热能。两者释放的能量之所以相差如此之大，关键在于煤放出来的是化学能，而铀放出来的是原子核能。

煤在燃烧时，只是碳原子和氧原子的核外电子进行相互交流，生成二氧化碳分子，这种变化是一种化学变化，所放出的能，就是化学能；而铀放热是原子核内发生了变化。在核反应中，铀原子核分裂成两个较小的原子核，并释放出大量的核能，这也就是核能比化学能大得多的秘密所在。

目前，使原子核内蕴藏的巨大能量释放出来，主要有两种方法：一种是将较重的原子核打碎，使其分裂成两半，同时释放出大量的能量，这种核反应叫核裂变反应，所释放的能量叫做裂变核能。现在各国所建造的核电站，就是采用这种核裂变反应的；用于军事上的原子弹爆炸，也是核裂变反应产生的结果。第二种方法是，把两种较轻的原子核聚合成一个较重的原子核，同时释放出大量的能量，这种核反应叫核聚变反应，氢弹爆炸就属于这种核反应。不过它是在极短的一瞬间完成的，人们无法控制。近年来，受控核聚

变反应的研究已经使核能控制显露出希望的曙光。

## 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已近 450 座，三十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，核电站正常运行时，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，人们给核电站设置了四道屏障：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，放射性物质也不会泄露出来；四是把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证明。

## 海底核电站

海底核电站是人们随着海洋石油开采不断向深海海底发展而提出的一项大胆设想。实际上，本世纪70年代初期，独特新颖的海底核电站的蓝图已经绘制出来。此后，世界上不少国家都在积极地进行研究和实验，提出了各种设计方案。

在勘探和开采深海海底的石油和天然气时，需要陆地上的发电站向海洋采油平台远距离供电。为此，就要通过很长的海底电缆将电输送出去。这不仅技术上要求很高，而且要花费大量的资金。如果在采油平台的海底附近建造海底核电站，就可轻而易举地将富足的电力送往采油平台，而且还可以为其他远洋作业设施提供廉价的电源。

海底核电站在原理上和陆地上的核电站基本相同，都是利用核燃料在裂变过程中产生的热量将冷却的水加热，使它变成高压蒸汽，再去推动汽轮发电机组发电。但是，海底核电站的工作条件要比陆地上的核电站苛刻得多。

首先，海底核电站的所有零、部件要能承受几百米深的海水所施加的巨大压力；二是要求所有设备密封性好，达到滴水不漏的程度；三是各种设备和零、部件都要具有较好的耐海水腐蚀的性能。因此，海底核电站所用的反应堆都是安装在耐压的堆舱里，汽轮发电机则密封在耐压舱内，而堆舱和耐压舱都固定在一个大的平台上。

为了安装方便，海底核电站可在海面上进行安装。安装完工后，将整个核电站和固定平台一起沉入海底，座落在预先铺好的海底地基上。当核电站在海底连续运行数年以后，像潜水艇一样可将它浮出海面，以便由海轮拖到附近海滨基地进行检修和更换堆料。

人们预计，随着海洋资源特别是海底石油和天然气的开发，将进一步促进海底核电站的研究与进展。在不久的将来，这种建造在海底的特殊核电站就会正式问世。

## 海上核电站

在海上建造核电站，有其独特的优点。其一，核电站的造价要比陆地上的造价低，这一点很吸引人，因为在同样的投资条件下可以建造更多的海上核电站；其二，在选择核电站站址时，不像陆地上那样要考虑地震、地质等条件，以及是否在居民稠密区等各种情况的影响，因而选择的余地大；其三，

海上的工作条件几乎到处都一样。不存在陆地上那种“因地制宜”的种种问题。这样，就可以使整个核电站像加工产品一样，按标准化要求以流水线作业方式进行制造，从而简化了生产过程，便于生产和使用，可大大降低制造成本，缩短建造周期。

由于人们对海上核电站的安全性等问题的看法不同，所以海上核电站虽然有许多特长但仍然没有得到迅速的发展和运用。

有人可能担心海上核电站的安全问题，认为核反应堆会将放射性的物质排入海水，影响水中生物和人类的生存与安全。其实，这种忧虑完全是多余的，因为海上核电站和陆地上的核电站一样，都有专门处理废水、废料的措施和方法，绝不会把带放射性物质的废水直接排放到海水中。从世界上第一座核电站的建立到现在，几十年的实践证明，核电站是很安全的，没有出现过类似的污染现象。而且与人们担心的情况相反，由于海上核电站建有较高的防波堤，能引来鱼、虾的回游，对于海洋生物的养殖和捕捞非常有好处。

目前，人们已对这种优点突出的海上核电站发生了浓厚的兴趣，特别是象英国、日本、新西兰等岛国，陆地面积小，适宜建造核电站的地方少，但海岸线却很长，就可以充分利用这一优势，大力发展海上核电站。

### 在太空中建立核电站

人们已经在陆地上建造了几百座核电站，后来又计划在海上和海底建核电站，接着又将核反应堆搬上太空，建立起太空核电站。

早在 1965 年，美国就发射了一颗装有核反应堆的人造卫星。1978 年 1 月，前苏联军用卫星“宇宙 254”号也装有核反应堆，因控制机构失灵而坠入大气层，变成许多小碎片，散落在加拿大的西北部地区。由于碎片会污染环境，影响人体健康和生物的生存，加拿大政府就此事向前苏联提出抗议，并要求赔偿损失。人们由这一事件开始知道，核反应堆已在超级大国的空间争夺战中开始发挥重要作用。

将核反应堆装在卫星上，主要因它重量轻、性能可靠，而且使用寿命长、成本较低。

在人造卫星上通常都装有各种电子设备，包括电子计算机、自动控制装置、通信联络机构、电视摄象机和发送系统等，需要大量使用可靠的电能。对于用来探测火星、木星等星体的星际飞行器，配备的电子设备就更多更复杂，而且来回航程要几年到十几年，在此期间，还要与地球保持不断的联系。因此，这种太空飞行器上所用的电源，要求容量更大，性能更加可靠。

起初，人们在卫星和太空飞行器上使用燃料电池，这种电池虽然工作稳定可靠，能提供所需要的电能，但它的成本高，使用寿命较短，不能满足长期使用的需用。后来，人们又采用太阳能电站作为卫星和太空飞行器的电源，然而，当卫星运行到地球背面或具有漫长黑夜的月球上（一个“月夜”相当于地球上的 14 个昼夜），或者向远离太阳的其他行星飞行过程中，太阳能电池就根本无法工作。此外，即使在有阳光的条件下使用太阳能电池，当需要提供大容量的电能时，仅电池的集光板就大到上千平方米，这在太空飞行中显然是难以做到的。人们最后终于找到了比较理想的卫星和太空飞行器用的电源——空间核反应堆。

在采用核反应堆作为太空飞行器电源之前，还广泛使用了核电池。直到

现在，一些太空飞行器还广泛采用这种核电源。核电池的使用寿命一般可达5~10年以上，电容量可达几十至上百瓦。然而，它的电容量与太空核反应堆比起来就显得微不足道了。太空核反应堆的电容量可达几百瓦至几千瓦，甚至可高达百万瓦。这样，对于要求电源容量越来越大的一些太空飞行器来说，就理所当然地选用核反应堆作为电源了。太空核反应堆在工作原理上与陆地上的基本一样，只是前者由于在太空飞行中使用，要求反应堆体积小，轻便实用。

实际上，太空核反应堆不仅可用作太空飞行器和卫星的主要电源，而且还是未来用于考察和开采月球矿藏的理想电源。

### 前景诱人的海洋能

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，从占地球表面积约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；海流和盐度差能的利用，仅处于原理研究阶段。

我国海洋能资源非常丰富，而且开发利用的前景十分广阔。全国大陆海岸线长达一万八千多公里，还有五千多个岛屿，其海岸线长约一万四千多公里，整个海域达490万平方公里。如果将我国的海洋能资源转换为有用的动力值，至少可达1.5亿千瓦，相当于目前我国电力总装机容量的两倍多。在海洋能的开发利用方面，当前我国还仅仅处于起步阶段，一些沿海地区先后研制成了各种试验性的发电装置，并建成了试验性的潮汐电站，为今后进一步开发利用海洋能源打下了初步的基础。

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

你听说过吗？大海也会进行呼吸。

那一望无际、水天相连的海面上，万顷波涛汹涌，巨浪此起彼伏。奔腾不息的海水，时而拍打海岸，激起雪白的浪花；时而又远离海岸，露出大片的海滩。海水这种按一定时间作有规律的涨落活动，就好像海洋在有节奏地进行“呼吸”，这就是人们常说的潮汐现象。

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化为势能；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。

相邻高潮潮位与低潮潮位的高度差，称为潮位差或潮差。通常，海洋中的潮差比较小，一般仅有几十厘米，多的也只是一米左右。而喇叭状海岸或河口的地区，潮差就比较大。例如，加拿大的芬地湾、法国的塞纳河口、我国的钱塘江口、英国的泰晤士河口、巴西的亚马逊河口、印度和孟加拉国的恒河口等，都是世界上潮差较大的地区。其中，芬地湾的最高潮差达 18 米，是世界上潮差最大的地方。

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的升降，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：

(1) 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。

(2) 潮汐发电站不像河川水电站那样受洪水和枯水的影响，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。

(3) 潮汐电站的堤坝较低，容易建造，投资也较少。

## 海浪发电

如果说潮汐象征着海洋在不停地进就行“呼吸”，那么海浪就是海洋不断跳动着的脉搏。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六米高处的灯塔击碎；拍打海岸的激浪曾把法国契波格海港三吨半的重物抛过 60 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。

我国的黄海、东海的年平均波高 1.5 米，南海的平均波高一米，年平均波周期为六秒，据此可以估算出，我国沿海的海浪能约为每米 20~40 千瓦，总能量达 1.7 亿千瓦。全世界所具有的海浪能高达 25 亿千瓦，与潮汐能相近。

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，特别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三千米的海上，船长 80 米，宽 12 米，总重 500 吨，停泊海域的水深 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，但它们的发电功率都比较小，需要进一步改进完善。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。浩瀚的海洋中除了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。

我国海域辽阔，既有风海流，又有密度流；有沿岸海流，也有深海海流。这些海流的流速多在每小时 0.5 海里，流量变化不大，而且流向比较稳定。若以平均流量每秒 100 立方米计算，我国近海和沿岸海流的能量就可达到一亿千瓦以上，其中以台湾海峡和南海的海流能量最为丰富，它们将为发展我国沿海地区工业提供充足而廉价的电力。

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发电站，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，它们在海流推动下不断地转动，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，它可以驶到附近港口躲避，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吸胀撑开一样，顺着海流方向运动。于是拴着降落伞的绳子又带动船上两个轮子，连接着轮子的发电机也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

辽阔的海洋，是一个巨大的“储热库”，它能大量地吸收辐射的太阳能，所得到的能量达 60 万亿千瓦左右；它又是一个巨大的“调温机”，调节着海洋表面和深层的水温。

海水的温度随着海洋深度的增加而降低。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，将深度每增加 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，海水温度递减率最大；深度超过 200 米后，温度递减率显著减小；深度在 1000 米以上时，温度递减率则变得很微小。

海洋中上下层水温度的差异，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，因而发电站周围就会成为浮游生物和鱼类群集的场所，可以增加近海捕鱼量。

## 生物能源——沼气能

沼气是一种可燃气体，由于这种气体最早是在沼泽、地塘中发现的，所以人们称它“沼气”。我们通常所说的沼气，并不是天然产生的，而是人工制取的，所以它属于二次能源。尽管早在 1857 年，德国化学家凯库勒就已查明了沼气的化学成分，但这个“出身低微”的气体能源，始终没有引起人们的重视。直到最近一、二十年来，随着对能源的需求不断增长，它才逐渐受到人们的注意，并开始崭露头角。由于作为能源的沼气，至今尚未得到广泛的应用，所以它还属于现代新能源的成员。

沼气的主要成分是甲烷（ $\text{CH}_4$ ）气体。通常，沼气中含有 60~70% 的甲烷，30~35% 的二氧化碳，以及少量的氢气、氮气、硫化氢、一氧化碳、水蒸汽和少量高级的碳氢化合物。近年来，在沼气中还发现有少量剧毒的磷化氢气体，这可能是沼气会使人中毒的原因之一。

甲烷气体的发热值较高，因而沼气的发热值也较高，所以说沼气是一种优质的人工气体燃料。甲烷在常温下是一种无色、无味、无毒的气体，它比空气要轻。由于甲烷在水中的溶解度很低，因而可用水封的容器来储存它。甲烷在燃烧时产生淡蓝色的火焰，并放出大量的热。甲烷气体虽然无味，但由于沼气中掺杂有硫化氢气体，所以沼气常常带有一种臭蒜味或臭鸡蛋味。

生产沼气的原料丰富，来源广泛。人畜粪便、动植物遗体、工农业有机废物废渣和废液等，在一定温度、湿度、酸度和缺氧的条件下，经厌氧性微生物的发酵作用，就能产生出沼气。

沼气是一种可以不断再生、就地生产就地消费、干净卫生、使用方便的

新能源。在目前，它可以代替供应紧张的汽油、柴油，开动内燃机发电，驱动农机具加工农副产品，也可以用来煮饭照明。

从现今情况看来，使用沼气具有以下优点：

(1) 沼气不仅能解决农村能源问题，而且能增加有机肥料资源，提高质量和增加肥效，从而提高农作物产量，改良土壤。

(2) 使用沼气，能大量节省秸秆、干草等有机物，以使用来生产牲畜饲料和作为造纸原料及手工业原材料。

(3) 兴办沼气可以减少乱砍树木和乱铲草皮的现象，保护植被，使农业生产系统逐步向良性循环发展。

(4) 兴办沼气，有利于净化环境和减少疾病的发生。这是因为在沼气池发酵处理过程中，人畜粪便中的病菌大量死亡，使环境卫生条件得到改善。

现在，世界上一些发达国家和能源短缺的发展中国家，如美国、德国、日本、法国、尼泊尔、菲律宾、印度等，都在积极开发和利用沼气。美国芝加哥市已建成连接市内各个垃圾坑的地下管道，垃圾腐烂后产生的大量沼气和二氧化碳，经过备有加热器和冷却器的沼气管道把二氧化碳排除掉，使沼气通过纵横交错的地下管道送到用户家中。尼泊尔的牛粪资源丰富，便利用牛粪制取的沼气，并从1976年开始推广使用。据计算，一头成年牛每天排出的粪用来制取的沼气，可供一人一天做饭和照明之用。如果尼泊尔将全国的牛所产生的粪便都用来制取沼气，就可满足全国三分之二的人生活、燃料需要。

我国也是世界上积极开发利用沼气的国家之一。目前，全国有一千八百多个县的二千多万农民用上了这种新能源，共兴建沼气池四百多万个，沼气集中供应站1580处。我国的沼气建设也发展很快，已从单纯炊事、照明发展到综合利用的新阶段。

沼气可以用人工制取。制取的方法是，将有机物质如人畜粪便、动植物遗体等投入到沼气发酵池中，经过多种微生物的作用即可得到沼气。

那么，沼气中为什么有能量存在呢？这是因为自然界的植物不断地吸收太阳辐射的能量，并利用叶绿素将二氧化碳和水经光合作用合成有机物质，从而把太阳能储备起来。人和动物在吃了植物之后，约有一半左右的能量又随粪便排出体外。因此，人畜粪便或动植物遗体的生物能量经发酵后就可转换成可以燃烧的沼气。

人工制取沼气的关键，是创造一个适合于沼气细菌进行正常生命活动所需要的基本条件。因此，沼气的发酵必须在专门的沼气池进行。为了生产更多的沼气，就必须对发酵进行有效的控制。为此，在制取沼气的过程中，应注意以下两方面的问题：

一是严格密闭沼气池。沼气发酵中起主要作用的微生物是厌氧菌，只要有微量的氧气或氧化剂存在，就会阻碍发酵作用的正常进行。因此，密闭沼气池，杜绝氧气进入，是保证人工制取沼气成功的先决条件。

二是选用合适的原料。一般来说，所有的有机物质，包括人畜粪便、作物秸秆、青草、含有机物质的垃圾、工业废水和污泥等都可作为制取沼气的原料。然而，不同的原料所产生的沼气体积也不同，所以，应根据需要选用合适的原料。

实践经验表明，作物秸秆、干草等原料，产生的沼气虽然缓慢，但较持久；人畜粪便、青草等原料产生气快但不持久；通常，是将两者合理搭配，

以达到产气快而持久的目的。

在发酵的过程中，应经常搅拌发酵池中的发酵液，这可起到以下作用：

(1) 使池内发酵原料与沼气细菌充分、均匀地接触，从而使沼气细菌繁殖快、产气多。

(2) 产生的沼气往往附着在发酵原料上，经过搅拌，可使小气泡聚集成大气泡，上升到储气间里。

(3) 可似使上、下层产生的沼气都释放出来，进入储气间。

沼气对于目前我国广大农村来说，是一种比较理想的家庭燃料。它可以用来煮饭、照明，既方便，又干净，还可节约大量柴草生产饲料。使用沼气时，需要配备一定的用具，如炉具、灯具、水柱压力计、开关等。它们的作用在于使沼气与空气以适当的比例混合，并使之得到充分的燃烧。

沼气还可以用作农村机械的动力能源。在作为动力能源使用时，它既可直接用作煤气机的燃料，又可用作以汽油机或柴油机改装而成的沼气机的燃料，用这些动力机械可完成碾米、磨面、抽水、发电等工作。有的地区还用沼气开动汽车和拖拉机，使它的应用不断扩大。沼气作为机械动力能源有以下几方面的优点：

首先，沼气的价格比汽油、柴油便宜，因而用于农业机械可降低生产成本。

其次，沼气多为就地制取、就地使用的能源，不需要远距离运输和传送，减轻了国家交通运输的负担，也减轻了农民的经济负担。

第三，沼气不像煤炭、石油等主要工业能源受储量和产量所限，它可以根据需要大量制取，所以有着广阔的发展前景。

沼气不仅是一种干净的能源，而且在工业生产上可作为化工原料使用。沼气的主要成分是甲烷，这种气体在高温下能分解成碳和氢，因此，沼气可用来制造氢气和碳黑，并能进一步制造乙炔、合成汽油、酒精、塑料、人造纤维和人造皮革等各种化工产品，用途日益广泛。

在农村大力发展推广沼气，是我国实现农业现代化的一项重大措施，它不仅涉及到农村能源建设，而且是农村肥源建设、环境保护和卫生建设的重要内容。因此，我国对发展沼气很重视，一直在积极推广使用这种新能源。

发展沼气，可对农作物秸秆进行综合利用，即一部分农作物秸秆可作为牲畜饲料，而牲畜的排泄物及不能食用的秸秆则成为沼气的原料，所制得沼气作为燃料使用。农作物秸秆直接作燃料时，其热能利用率仅有 10%；如果将秸秆作为发酵原料投进沼气池生产沼气，则其热能利用率可提高到 80%，而且沼气池中的残存水及污泥则是优质的有机肥料。

农作物在生长发育过程中，氮、磷、钾这三种元素起着重要的作用，而且需要量大。然而，土壤中这三种元素一般含量较少，或者以一种难以吸收的状态存在着，需要人们通过施肥去补充。沼气的主要成分是甲烷和二氧化碳，因此沼气只利用粪便和作物秸秆中的碳、氢、氧等元素，而氮、磷、钾等元素则仍留在沼气池内，并通过微生物的作用变成了易为农作物吸收的速效氮和磷。另外，在沼气池沉渣中还含有许多有机质和腐殖酸，所以施加沼气肥对于增加土壤有机质含量，稳定和提高土壤肥力，以及提高农作物的产量，都有着十分重要的意义。

另外需要指出的是，人畜粪便经过沼气池密封发酵后，对沉淀及杀灭血吸虫和钩虫等寄生虫卵及一些病菌有着显著的效果，因此，发展沼气对于农

村除害防病和搞好卫生也是件非常有利的东西。

我国广大农村有着丰富的沼气资源。预计，如果将全国的农作物秸秆和人畜粪便的一半利用起来，就可年产沼气 650 亿立方米。仅就它所产生的热能来说，就相当于节约一亿多吨的煤炭。由此可以看出，沼气在我国未来农村能源建设中有着多么重要的作用，而我们在农村推广沼气的使用又是一件多么紧迫的事情。

## 新时代“古老”能源——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。

风能是空气在流动过程中所产生的能量，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 10,800 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。

当前，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，就是利用风轮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，还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，丹麦有成千个农庄利用风力发电照明和提供所需要的电力。美国曾建造过一台 1250 千瓦的发电站，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 年以来一直向电网供电。

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。目前，世界上投入运转的最大的风力发电站建造在德国，其发电能力为 3000 千瓦。

我国地域辽阔，蕴藏着非常丰富的风能资源。据计算，全国风能资源总储量约为每年 16 亿千瓦，其中近期可开发利用的约为每年 1.6 亿千瓦。我国东南、华东、华北地区沿海及岛屿的平均风速为 6~7 米/秒，而这些地区又迫切需要电力；西北牧区，地势较高，风速较大，平均风速在 4 米/秒以上，但这一带地广人稀，居民点分散，燃料奇缺，也迫切需要电能；西南地区一些山区风口，风速大，风向稳定，有着发展风力发电的优良条件。因此，在我国因地制宜地开发利用风能，不仅可以扩大能源，而且有助于解决边远地区孤立用电户的需要，因而有着现实的重要意义。

我国现在最大的风力发电站，是 1983 年建造在浙江泗礁岛上的 40 千瓦风力发电站，现已并网发电。由于内蒙古具有发展风力发电的优越条件，所以目前在这一地区已安装了风力发电机一千七百多台，装机总容量达 19 万多千瓦，基本上解决了牧民们用电的需要。

根据我国风能资源分布情况和当前的技术条件，近期开发利用风能的重点将放在内蒙古、东北、西北、西藏和东南沿海，以及岛屿、高山、风口等风能资源丰富的地区。在年平均风速超过 6 米/秒的地区，特别是电网很难达到的牧区、海岛和高山边远地区，开发利用风能资源更具有深远意义。

### 亟待开发的新能源——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，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，温度可据估算，如果按照当今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，地层的温度便升高约 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四类：

第一类是水热资源。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，但储量很少，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 。

第二类是地压资源。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%。

第三类是干热岩。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%。

第四类是熔岩。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它几种都多，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利用尚处于探索阶段。

我国是世界上开发利用地热资源较早的国家，发展也很快。北京就是当今世界上六个开发利用地热较好的首都之一（其它五个是法国的巴黎、匈牙利的布达佩斯、保加利亚的索菲亚、冰岛的雷克亚未克和埃塞俄比亚的亚的斯亚贝巴）。

北京地热水温大都在 25~70 。由于地热水中含有氟、氢、镉、可溶性二氧化硅等特殊矿物成分，经过加工可制成饮用的矿泉水。有些地区的地热水中还含有硫化氢等，因而很适于浴疗和理疗。

目前，北京的地热资源已得到广泛利用。例如，用于采暖的面积已达 32 万多平方米，可节省建造锅炉房投资三百余万元，年节约煤 1.8 万吨，而且每年还可减少烧煤取暖带来的粉尘污染 7.6 吨。现有地热泉洗浴五十多处，日洗浴六万多人；利用地热水养的非洲鲫鱼，生长快，肉味鲜美。北京一些印染厂还利用地热水进行印染和退浆，每年可节约煤几千吨。

除北京外，我国许多地区也拥有地热资源，仅温度在 100 以下的天然出露的地热泉就有约三千五百多处。在西藏、云南和台湾等地，还有很多温度超过 150 以上的高温地热田。台湾省屏东县的一处热泉，温度曾达到 140 ；在西藏的羊八井建有我国最大的地热电站，这个电站的地热井口温度平均为 140 ，发电装机容量为一万千瓦，今后在这里还将建设更大的地热电站。

从温泉分布来看，我国地热资源主要集中在东南沿海诸省和西藏、云南、四川西部等地，形成两个温泉数量多、温度高、埋藏浅的地热带，分别称为滨太平洋地热带和藏滇地热带。前一个地热带共有温泉六百多处，约占全国热水泉总数的三分之一，其中温泉水超过 90 的有几十处，有的还超过 100 ；后一个地热带是我国大陆上水热活动最活跃的一个地区，有大量的喷泉

和汽泉。这一地带共有温泉七百多处，其中高于当地沸点的水热活动区有近百处，是一个高温水汽分布带。此外，在我国东部的一些盆地内，也蕴藏着较丰富的地下热水，这一地区的范围很广，北起松辽平原、华北平原，南到江汉平原、北部湾海域。例如，天津市市区及郊区附近有总面积近 700 平方公里的地热带，其中深度超过 500 米、温度在 30℃ 以上的热水井达三百八十多口，最高水温为 94℃，年总开采量近五千万吨，可利用的热量相当于三十多万吨标准煤。

地热在世界各地的分布也是很广泛的。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；还有沸腾翻腾的泥浆地。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，如果把全世界的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，仅地下热水和地热蒸汽储存的热能总量，就为地球上全部煤储藏量的 1.7 亿倍。在地下三公里以内目前可供开采的地热，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，目前世界上已有一百二十多个国家和地区发现或打出地热泉与地热井七千五百多处，使地热能的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它方面。

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。日前，全世界约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，温泉水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 。

美国已建造了人造热泉热电厂，发电量为五万千瓦。另外，还在洛杉矶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 小时后再抽上来，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，随着科学技术的发展，人们开始在岩浆体导热源周围建立人工热能存积层，以便开发利用热源蒸汽的高温岩体来发电。人们预计，到本世纪末全世界地热发电的总能力可达一亿千瓦。

## 21 世纪的理想能源——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 71% 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气作燃料的汽车；后来，日本也研制成功一种以液态氢为动力的汽车；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，因而将它用铁路罐车、公路拖车或者轮船运输都很方便。液态的氢既可作为汽车、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水艇上得到使用，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新的制氢方法。

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。科学家在水中放入催化剂，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，以金属铂作暗电极，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，以及用它作牲畜和家禽的饲料。

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，掺入一些其它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：将来建造一此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，用铺设在水下的运气管道输入陆地，以便供人们随时使用。

开发氢能还存在一种难题，那就是氢气的贮存。氢气虽然可以变成液体装在特制的钢瓶里，但是，液态氢的沸点很低，常温下的蒸汽压力又很大，贮存使用很不安全，因而在一般动力设备上很难推广应用。

为了解决氢的贮存问题，人们发现了钛、铌、镁、锆、镧等金属和它们的合金，能像海绵吸水一样将氢贮存起来，形成贮氢金属，而且还可根据需要随时将氢释放出来，这就大大方便了人们对氢的贮存、运送和使用。现在在美国已经有这种供给实验室用的小型“海绵罐”出售。有些贮氢金属如钛铁氢化物，利用空气加热放氢，就能使空气本身降温到零下 20℃，因而可以制成不消耗能源的理想冰箱。

还有一些贮氢金属的放氢压力能随温度的高低而急剧变化，这样就用来制成结构简单、无噪音、无振动的氢气压缩机。所以，人们将金属氢化物也称为“静止式氢气压缩器”。例如，金属氢化物——氢化钒（ $VH_2$ ），当温度由 25℃ 升高到 200℃ 时，放出氢的压力就会由 0.19 兆帕（1.9 个大气压）急剧升高到 87 兆帕（870 个大气压），可以说是一种比较理想的压缩机。

## 神奇的磁流体发电

当前，世界各国的电力主要来源仍旧是火力发电，但是，这种发电方式的热效率很低，最高只有 40%，浪费了大量的燃料，而且产生的废气、废渣污染环境。因此，人们要寻求和研制各种新型的发电方法，而磁流体发电经实践证明是一种可靠的新发电技术，可以将燃料热能直接变成电能。

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”。

那么，高温、高速流动的气体通过磁场时，为什么会产生电流呢？

原来，这些气体在高温下发生电离，出现了一些自由电子，就使它变成了能够导电的高温等离子气体。根据法拉第的电磁感应定律，当高温等离子气体以高速流过一个强磁场时，就切割了磁力线，于是就产生了感应电流。

所谓“电离”，就是气体原子外层的电子不再受核力的约束，成为可以自由移动的自由电子。普通气体在 7000℃ 左右的高温下才能被电离成磁流体发电所需要的等离子体。如果在气体中加入少量容易电离的低电位碱金属（一般为钾、钠、铯的化合物，如碳化钾）蒸汽，在 3000℃ 时气体的电离程度就可达到磁流体发电的要求。在这种情况下，就可采用抽气的方法，使电离的气体高速通过强磁场，即可产生直流电。加热气体所用的热源，可以是煤炭、石油或天然气燃烧所产生的热能，也可以是核反应堆提供的热能。

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。

再者，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 千瓦磁流体发电的试验装置。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、前苏联等。

我国于本世纪 60 年代初期开始研究磁流体发电，先后在北京、上海、南京等地建成了试验基地。根据我国煤炭资源丰富的特点，我国将重点研究燃煤磁流体发电，并将它作为“863”计划中能源领域的两个研究主题之一，争取在短时间内赶上世界先进水平。

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。

## 人造能源

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，因而受到用户的欢迎。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℃，而且燃烧时不产生烟灰，不放出有毒气体，不污染环境，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。

工业下脚料如锯沫、苍糠、酒渣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，加入少量的六亚甲基四胺，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彩，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，就能将人们从繁忙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。

## 燃料电池

燃料电池虽然也是电池家庭的成员，但是它与干电池、蓄电池都不同，它的化学燃料不是装在电池的内部，而是储存在电池的外部，可以按电池的需要，源源不断地提供化学燃料，就像往炉膛里添加煤和油一样，所以人们

称它为燃料电池。

实际上，燃料电池能把燃料所具有的化学能连续而直接地转变成电能，其发电效率比现在应用的火力发电还高，因此，将它称为“新型发电机”似乎更合适些；但它又比一般的发电机优越，在发电的同时还可获得质量优良的水蒸汽。也就是说，燃料电池既能发电，又可供热，故其总的热效率可望达到 80%。

燃料电池的原理早在一百多年前就被人们发现了，后来到 1932 年，科学家在理论上进行了论证，为研制现代燃料电池打下了基础。1958 年，燃料电池正式问世，其输出功率为五千瓦，工作温度为 200℃，所产生的电力足以开动风钻和电车。60 年代，燃料电池作为“阿波罗”等宇宙飞船的电源，为宇宙开发立下了汗马功劳。近年来，输出直流电 4.8 兆瓦的燃料电池发电厂的试验已获成功，人们正在进一步研究设计 11 兆瓦的燃料电池发电厂。

燃料电池在结构上与蓄电池相似，也是由正极、负极和电解质组成。其正极和负极大都是用铁和镍等惰性、微孔材料制成；从电池的正极把空气或者氧气输送进去，而从负极将氢气、碳氢化合物、甲醇、甲烷、天然气、煤气和二氧化碳等气体燃料输送进去，这时，在电池内部，气体燃料和氧发生电化学反应，于是，燃料的化学能便直接转变成了电能。

作为燃料的氢在负极上与电解质一起进行氧化反应，生成带正电的离子和带负电的电子，而电子通过外电路跑到正极上，与作为氧化剂的氧和电解质一起进行还原反应，最后生成带负电的离子。带电正离子和负离子在电解质中结合而生成水蒸汽，因此，只要不断地把燃料供给电池，并及时把电极上的反应产物和废电解质排走，就可以源源不断地提取电能和水蒸汽。

燃料电池与一般火力发电相比，具有以下几个优点：

(1) 发电效率高，而且稳定。一般的火力发电的能源转换效率只有 30~40%，而燃料电池在所有的发电装置中转换效率是最高的，目前已达到 50~70%，预计将来可达到 80%。

(2) 工作可靠，不产生污染和噪音。燃料电池在反应过程中只产生水蒸汽，所以不会污染环境，由于它没有运动部件，自然不会产生噪音。

(3) 使用方便，电损耗低。燃料电池可以安装在用户跟前，既简化了输电设备，又降低了输电线路的电损耗。

(4) 建发电站用的时间短，而且还可根据需要随时扩大规模。燃料电池本身是由模式组合件构成的，几百上千瓦的发电部件可以预先在工厂里做好，然后再把它运到燃料电池发电站去进行组装。因此，可大大缩短建站时间，而且电站规模可随着电力需求量的增加而不断扩大。

(5) 它的体积小、重量轻、使用寿命长，单位体积输出的功率大，可以实现大功率供电。

目前，燃料电池主要在宇航工业、海洋开发和电气货车、通讯电源等方面得到实际应用。例如，美国的一艘潜艇用燃料电池代替铅蓄电池后，其潜水时间增加了三倍。

美国曾在 70 年代初期，建成了一座 1000 千瓦的燃料电池发电装置，随后，这套发电装置并入电网运行，成功地运行了一千多个小时。目前，美国的一些住宅区和商业区已开始用上 40 千瓦的燃烧电池。这种电源装置结构简单，使用维修方便，又不污染环境，因而很受用户欢迎。日本也在研制燃料电池，并在 80 年代初研制成功 0.48 万千瓦的磷酸解质电池。

现在人们已研制出一种新型高效能燃料电池，这种电池不仅价钱便宜，而且体积小，重量轻，污染少。这种由片状陶瓷制成的新型燃料电池，它的每个陶瓷片都由几层陶瓷组成，在陶瓷层间有许多微小的小三角形通道，燃料和空气分别从这些通道中流过，并穿过陶瓷薄壁而相互进行电化学反应。这种燃料电池的工作温度高达 800 ~ 1000 ，足以将所有的轻质碳氢燃料分解成有用的氢和一氧化碳。这样，像汽油、酒精、煤气等都可以作为这种燃料电池的燃料，从而扩大了它使用燃料的范围。

目前，这种高效能的燃料电池还处在研制阶段。人们预计，用来驱动汽车的小型陶瓷燃料电池将会在 21 世纪初得到实际应用，它的大小与现在汽车上的大蓄电池相似，可以输出 50 千瓦电力，供开动车辆使用。而且这种新颖的陶瓷燃料电池还将在其他方面发挥作用，美国准备将它用作战地发电机，以及作为无声电动坦克和“星球大战”计划卫星上的电源。

## 能源开发新技术

### 煤的再度开发技术

从 18 世纪开始到 20 世纪 60 年代，煤炭一直是能源舞台上的主角。可是到了 60 年代以后，中东石油增产，使得煤炭在能源舞台上只能当配角了。

60 年代以后，虽然出现了一段石油黄金时代，可是世界能源需求迅速增加，不久，出现了石油危机。这也是为什么近年来，中东地区总是战火纷飞的原因。各种势力都想霸占中东，攫取那里的石油。这给煤炭一个绝好的机会，使它重整旗鼓，又登上能源舞台的宝座，大放异彩。

城市居民天天使用煤气烧菜煮饭，只知道煤气是从煤气厂通过管道输送到千家万户，但并不知道煤气是怎么产生的。过去人们使用煤炭，把它当燃料使用，也就是把煤炭从煤矿中采掘出来，用火车、汽车送往发电厂、炼钢厂等，靠直接接触空气燃烧而产生热能。现在，在煤气厂，煤炭是通过干馏法，就是把煤与空气隔绝后，加热使煤分解成焦炭、焦油和煤气。这是煤气化的一种方法。焦炭可以送到炼钢厂去炼钢，也可以使它与水蒸汽反应，制成水煤气。

我们使用的煤气必须用高质量的煤才能得到。由于低质煤里面有硫等杂质，靠它们制取的煤气里面也会含有硫等杂质，这在使用时很危险，又造成严重的污染。为了充分利用煤炭资源，对这种低质煤怎么办呢？科学家想出一种办法：把低质煤放入一池熔融的铁水中，让它们进行化学反应，使硫等杂质自动“跑”出来，变成渣子浮在铁水上面，这样存下来的煤就成了优质煤。

煤炭气化的更先进方法，是在地下煤层挖通巷道，从巷道的一边送入水蒸气和氧的混合气，在煤层点火，煤在地下就变成一种可以燃烧的气体，从巷道的另一边收集起来，供用户使用。

把煤的气化技术和发电厂有效地统一起来，建造一座煤气化联合循环发电厂。到了夜间，用电量骤然减少了下来，发电设备停止运行时，就利用气化设备继续生产合成气，并转化成有价值的化工副产品。

1803 年，在欧洲出现了世界上最早的蒸汽机火车，这种火车一直到现在有些国家还在使用。它用煤做燃料，把水烧成水蒸气，推动车轮转动，使火车在铁轨上行驶。新一代的火车是内燃机火车，固体的煤块不能使用，这又给人们提出了一个“怎么办”的问题。日常生活经验给科学家开了窍。烧一壶开水，水开后溢出的水溅落到煤饼上，炉火不仅没有熄火，反而蹿得更高；家庭主妇为了让煤饼烧得更旺，往往把水洒在煤饼上。煤炭的液化技术产生了。

像磨面粉一样，把煤块碾成非常细的粉末，然后加 30% 左右的水，用机器把它们搅拌均匀，再加些化学表面活性剂，这好像胶水一样，能使煤和水之间的“粘力”增加，使它们完全粘合在一起。这样制成的水煤浆可以通过管道远距离输送。目前，水煤浆在船用柴油机上的燃烧试验已经取得初步成果。科学家展望，21 世纪，水煤浆可以用在内燃机上。

还有一种煤炭液化方法。石油经过提炼后剩下的暗褐色浓稠液体叫重油。把细煤粉与重油混合，加入催化剂，然后送到高压反应管中，加上高压、高温，像变魔术那样，煤炭变成石油了。这种方法工艺复杂，成本非常昂贵。

尽管如此，有了它，人们就更有信心对能源前景抱乐观的态度。

### 核聚变能的继续开发

一谈起核聚变，大家会认为那似乎是遥远的未来才能用上的资源。实际上，太阳和其他恒星上时时刻刻都在进行着核聚变反应，太阳能本质上就是太阳的核聚变能中被太阳光送到地球上的那一部分。煤炭、石油、天然气等化石能源本质上是古生物以特殊形式储存起来的太阳（也就是核聚变能）水力发电所以能利用源源不绝地从高处向低处流的水能，归根结底是太阳能把低处的水蒸发，以雨、雪的形式落在高处造成的。风力、波浪、海洋热能等等也都是太阳能的转化形式。所以，除了核聚变能是铀等裂变物质固有的、地热能是地球固有的、潮汐能主要是由太阳和月球的引力造成的以外，其他能源几乎都来自太阳的核聚变能。

自从 1952 年美国试验成功第一颗氢弹（我国第一颗氢弹于 1967 年试验成功）以来，人类开始直接利用聚变能。氢弹爆炸是氘和氚的热核聚变反应，它的巨大能量在一瞬间释放出来，不可控制，只能当做炸弹作破坏之用而无法和平利用。要想使聚变能持续受控地释放出来并转换成电能或其他形式的能量，可就不容易了。人们努力了 40 年之久，至今受控核聚变仍未实现，仍然是可望而不可及。

可是，科学家们并没有认输，他们仍在继续努力。因为他们知道，只有受控核聚变才是人类取之不尽、用之不竭的既安全又清洁的能源，只有受控核聚变才能让人类一劳永逸地彻底摆脱能源危机的困扰。

受控核聚变消耗的是氘和氚。其中氘是天然存在的，每升海水中含有 0.03 克氘，地球的海洋里共含 45 万亿吨氘，所以氘是取之不尽、用之不竭的。氚可以用储量丰富的锂在反应堆中生成。氘和氚将作为第一代聚变反应堆燃料。氘——氚将作为第二代聚变反应堆燃料，它不用较麻烦的氚，只用氘就行了，但它的点火条件比氘——氚燃料还要高些。将来的受控核聚变反应堆会比现在的核裂变反应堆安全得多，因为核聚反应堆不会产生大量强放射性物质，而且核聚变燃料用量极少，每秒钟只须投入 1 克；停止投入燃料，核聚变反应堆就能迅速关闭，不致发生重大事故。

核聚变反应堆的真正问题不在于关闭，而在于它太难启动了。要实现受控核聚变反应，必要的条件是：要把氘和氚加热到几亿度的超高温等离子体状态，这种离子体粒子密度要达到每立方厘米 100 万亿个，要使能量约束时间达到 1 秒钟以上。这也就是核聚变反应点火条件，此后只须补充燃料（每秒钟补充约 1 克），核聚变反应就能继续下去。

无论什么样的容器都经不起这样的超高温，所以，受控核聚变的着急技术在于用磁场把高温等离子体箍缩在真空容器中平缓地进行核聚变反应。但是高温等离子体就像一匹烈马，很难约束得住，被箍缩的高温等离子体很难保持稳定，它应是均匀的柱状，但它细的地方会变得很细，像香肠一样，最后会在这里断开，有时会变得弯曲，像香蕉一样，最终触及器壁。人们研究得较多的是一种叫做托卡马克的环形核聚变反应堆装置，但它至今不能连续运转。所以，托卡马克有无前途，人们还在争论。

另一种方法是惯性约束，即用强功率驱动器（激光、电子或离子束）把燃料微粒高度压缩加热，实现一系列微型核爆炸，然后把产生的能量取出来，



惯性约束不需要外磁场。系统比较简单，但这种方法还有一系列技术难题有待解决。

总之，未来的受控核聚变反应堆将是包括了复杂的供电系统、大型超真空系统、加料系统、大容量制冷系统、氦处理系统、遥控操作系统等系统的极复杂的高技术装置。再进一步，将是聚变——裂变混合反应堆。它的中心是聚变反应堆芯，其周围是天然铀组成的包层，包层可以被转换成裂变材料，起到燃料增殖作用，与裂变反应堆相匹配，大大提高铀资源的利用率。当然，它的结构必定复杂得多，实现起来在技术和工程上难度非常大。

最近，有些科学家声称实现了室温核聚变，但没有得到广泛承认。如果真能实现室温核聚变，当然是一件莫大的好事，不过，不少科学家怀疑它究竟能否真正实现。

受控核聚变是人类面临的头号技术难题，美国，俄罗斯、日本和西欧各国准备加强国际合作，联合攻关，力争在下世纪初期，通过共同努力，建成世界第一个能持续运转的受控核聚变反应堆，把“人造太阳”的梦想最终变成现实！

### 丰富多样的发电新技术

火力发电、水力发电已无人不知，风力发电和潮汐发电也已有所了解。近年来，科学家另辟蹊径研究和开发新型发电方法，知此者却寥寥无几。

让我们悄悄来到一个已建成的水坝上去挖个洞，让部分水流出来。——那会酿成水灾，是伤天害理的事情，我们不能做。

不是的！那是利用没有充分利用的余水来发电。这是开发水力发电的一个新招，但目前还用得不多，鲜为人知。

在日本静冈县，位于天龙川中游的秋叶水坝高 89 米，已有两个功率为 3.5 万千瓦的水电站。为进一步开发电力，人们在水坝高 67 米的地方，挖了一个直径 6.5 米、长 21 米的洞。水洞从 1988 年 12 月开始挖掘，仅 20 天就顺利贯通。从这个洞泻下的水，最大流量最每秒钟达到 116 立方米，水流驱动设在 20 米高处的发电机水轮，从而建成功率率为 4.7 万千瓦的第一个余水电站。当然，并不是所有的水坝都能这么挖洞，必须经过周密的计算。

再让我们悄悄爬到城市的下水道去——去做贼吗？

也不是的，而是去利用污水。日本科学家发明了一种使污水沉积物固体化的方法。据称，这种固体沉积物每千克具有 1750 万焦耳的发热量，相当于低质煤的发热量。利用它发电，既可节约能源，又可保护环境，真是一举两得。

科学家预计，如果一座中等城市的污水得到充分利用，就可满足 10% 住户取暖和制冷的需要。日本打算利用城市地下水道的污水沉淀物作为能源，建造一座世界上独一无二的发电站。

家庭照明、冰箱和电视机使用的电是交流电，而手电筒用的干电池是直流电。所谓交流电是电流大小和方向随时间变化，而直流电的电流方向不随时间变化。

有一些特殊材料，如酞酸钡等，它们在直流电场作用下，会有气体附着材料表面，从而使电流不能正常流通。科学家把这种现象叫极化。奇怪的是，这种材料极化后，再去掉直流电场，极化现象并不消失，相反却十分稳定地

保持着，只有在炸药爆炸产生的压力和温度作用下，极化才消失，而在这时，藏在这种材料内部的能量才以电能的形式释放出来。

科学家认为，采取这种能量转换方式形成的新型能源，可以用来引爆炸药，产生激光，加速带电粒子和供电。

让我们再大摇大摆地走到火力发电机厂，毫无顾忌地把金属钾扔到锅炉中去——这不是犯罪吗？

不是的。用金属钾代替水作能源发电，这是一种发电的新技术。金属钾具有一种特性，它由液态变为气体时，它的最高温度可达到水蒸气的 1.5 倍。

用金属钾代替水发电的过程是，先把液态金属钾送入锅炉，加热成气体，带动汽轮发电机发电，然后进入热交换器。在热交换器里，金属钾气体再冷凝成液态。试验表明，与通常的火力发电相比，它有明显的优点：首先它的发电效率提高了 50%；其次是燃料消耗减少 25%；此外在发电过程中，灰粉、硫磺等有害废物的排出量也相应减少 25%，从而大大降低了环境污染。

## 雪能发电吗

你知道吗？，雪花不仅形态迷人，而且还蕴藏着巨大的能量，可以用来发电。煤、石油等燃烧释放的是热能，雪不能燃烧，同样能放出能量，但不是热能，而是“冷能”。生活中的制冷设备如冰箱等，在制冷时要消耗大量电能。如果用雪花来制冷，不就可以节省许多电能吗？

实际上，我们的祖先早在利用冰能了。在清朝，专门有官员负责在冬季收集冰块，贮藏在地窖里，到夏季把冰块发给皇亲贵族使用。在现代，美国科学家曾把冬天保存的 500 吨雪，在炎热的夏天用作高楼的空调能源。日本科学家设想在炎热夏天，用融化的雪水通过管道，对大楼降温。日本的一个农业试验场，把雪堆在贮藏蔬菜、谷物的库房周围，使库房温度保持在 0 左右，蔬菜、谷物在没有制冷设备的库房里，完好保存了几个月。

目前，积雪发电已获得成功，利用积雪温差发电的独特设备也设计制造出来了。积雪发电的工作原理是这样；

把一个蒸发器放在地面上，蒸发器里面放的是沸点低的液体化学物质，比如氟、氨等液体。再把一个凝缩器放在高山上。凝缩器里放的是雪。两个器具之间用管道连接在一起，并把管内空气抽出。然后，用地下热水和工厂里的余热，使沸点很低的氟、氨等液体变成气体通过管道冲击汽轮机，带动发电机发电。通过汽轮机的氟、氨气体，再经过凝缩，在雪的冷却作用下，重新变成液体贮存在蓄水器里，通过泵送回蒸发器，循环使用，不断发电。

## 新型燃料

1988 年，我国生产的一种固体燃料，是用工业下脚料锯末、秸秆、酒渣等做原料，先把它们烧成木炭状，然后加入一些叫做六亚甲基四胺的化学物质制成的。这种燃料用火柴一点就着，因此，被称为易燃燃料。它燃烧时放出的热量大，而且无烟、无味、烧后只留下少量的灰。这种燃料很受用户欢迎，现已远销美国。

人造燃料是用化学合成方法生产的燃料，把化学物质六亚甲基四胺和液氨压制成块状的固体燃料，是人造燃料中的优质产品。它在燃烧时产生的热

量比烧煤高出 1 倍，火焰温度达到 300 摄氏度。它不像烧煤时会有烟灰、烧后会有灰渣，燃烧时也不放出有毒气体，所以，被家庭主妇们称赞为清洁、高效的燃料，非常欢迎。

你听说过有一种汽车，只需要水，而不需要汽油吗？英国发明家佛朗克司·柯尼正在做这方面试验。汽车都有水箱，在水箱里的水面下，放上一个旋转的鼓，当然，这种鼓不是用皮制成的，而是用金属铝制成。然后，用一根铁丝伸向铝鼓，在铁丝与铝鼓之间加上 18000 伏的高压电能。在高压电作用下，水箱里的水开始分解成氧气和氢气，通过管道把氧气和氢气送到汽化器中，使它们混合，使发动机点火转动起来。

你听说过用尿代替汽油开汽车吗？美国电信专家克拉奇菲尔德在上厕所时，看见便桶有几滴尿在闪光，这激发了他的创造欲。他拿了一块布，用尿浸润，然后通上电。不一会儿，尿布释放出一种白色气体，这种气体会燃烧。这样，克拉奇菲尔德发现了人尿中含有可燃性气体。这下，一发不可收。克拉奇菲尔德动手研制一套收集尿中可燃气体的装置，用这个装置来煮饭、开汽车。4 升“尿油”可使汽车行驶 300~500 千米。乘车外出旅游，就不必带汽油，只靠乘客的尿就满足汽车的需要了，克拉奇菲尔德预测，“尿油”不仅能开汽车，还能开飞机、开宇宙飞船，甚至可以发电。如果你也想激发创造欲，不妨勤于观察，大胆思索，不要错过任何蛛丝马迹。

你愿意少喝一杯可口可乐吗？因为，可口可乐可以代替汽油开汽车。英国科菲尔德博士，曾破天荒地做一个实验，证实了这点。他在一辆汽车的油箱里，灌满 5 升可口可乐饮料和一种特别配制的化学添加剂。结果，这辆汽车以每小时 90 千米的速度行驶在公路上，排出的废气比烧汽油减少 30%。

## 燃料电池

意大利人伏打，在 1789 年做了一个实验。他用一种金属片接触青蛙腿，用另一种金属片接触青蛙的神经，当用导线把两片金属连接起来时，青蛙腿发出微微颤动。这个发现引起了伏打的兴趣。接着，他用自己的舌头作试验。他把一片锡箔放在自己的舌头上，并让锡箔跟一枚银币接触，舌头上立刻有电麻的感觉。后来，他找了许多不同的金属，如锌、锡、铅、铁、金、银等来做实验，使其中两种金属相互接触，结果，每接触一对金属，都能测出其中微弱的电流。

不久，伏打又把一组组铜片和锌片浸泡在一个个盛盐水的容器里，再用导线把它们连接起来，这样，伏打终于发明了一种能产生电流的装置——伏打电池。今天我们用的干电池，它的工作原理就来自最原始的伏打电池。

燃料电池是干电池家属中的一员，最早出现在 100 多年前，当时，没有引起人们的注意。在本世纪 60 年代执行阿波罗登月计划时，“阿波罗”号宇宙飞船上使用了燃料电池，才使得它崭露头角，引起人们的重视。

电筒里、收音机里使用的干电池，外壳是负极，中间的碳芯是正极。长期不用，干电池外壳会渗出一一种溶液，这是电解液，就灯比是伏打实验时用的盐水。燃料电池也有正、负电极和电解液，只不过多了氧化剂和燃料。

燃料电池的发电原理与干电池一样，所不同的只是，干电池的燃料装在电池内部，当燃料用完以后，电池就不能继续供电，需换新的电池使用；而燃料电池的燃料是贮存在电池之外的，只要燃料和氧化剂连续输入电池中，

燃料电池就可源源不断地发电，燃料电池也就由此而得名。

由于使用的燃料和氧化剂有许多种，所以，燃料电池的种类很多：有氢——氧燃料电池，“阿波罗号”宇宙飞船上使用的就是这种燃料电池；有金属氢化物——空气燃料电池；有甲醇——氧燃料电池；有水——钠燃料电池。水——钠燃料电池是很先进的燃料电池，它由钠和水做燃料，钠是碱性金属，它同水——起会发生猛烈的化学反应，放出大量的热。水——钠燃料电池的副产品是氢，它是人们正在开发的新能源。使用水——钠燃料电池，不需要使用输电线，只要用汽车或火车把钠送给用户就可以，使用非常方便。

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

燃料电池的优点很多，主要是在工作时没有噪音，不会产生有害气体，效率高。现代化燃料电池实际上是座无污染、无噪音的发电厂，发电容量可有 10 万千瓦，效率比小型电厂高 1~3 倍，能保证一个家庭、一家工厂，甚至整个居民点的用电。

### 冰也能燃烧吗

冰在夏天是少年朋友最喜欢的消暑饮料，怎么也能成为燃料呢？因为，此种“冰”非那种冰。我们所说的“冰”，不是由水凝结而成的自然冰，而是由天然气——甲烷的水溶液凝结而成的。它蕴藏在海岸深处的地层中，外表和特征都与自然冰相似，但是它能直接燃烧。所以，科学家把它称为“可燃冰”、“透明煤”。可燃冰是怎么来的？它是高压、低温的产物。海洋深处的压力究竟有多大？让我们先来看一个故事。

1963 年 4 月 10 日，当时美国海军中最先进最复杂的攻击型核潜艇“长尾鲨”号，在水中试验下潜深度。当下潜到 240 多米时，艇体发出一种尖细的叫声，叫声混杂在各种声音里，并没有引起人们的注意。战士们都沉醉在兴奋和激动中，因为这个深度是海军以前从未到达的深度，他们正在走前人从没走过的路。到了 300 多米时，刺耳的尖细叫声更加频紧急促，“砰！”潜艇的辅机舱突然传来巨大的金属爆破声。巨大的深水压力把海水汽化成浓密的雾弥盖了辅机舱。不久，核反应堆停止工作，潜艇主机停车。艇长采取了一系列应急措施都无济于事，潜艇继续下沉。接着，机舱传来惊天动地的巨响，1500 吨海水冲进受伤的潜艇。艇内通常约每平方厘米 1 千克的空气压力，急剧上升到至少每平方厘米 56 千克，那些没有被水流冲杀的战士，顷刻间被高压空气压死了。巨大的水下压力使“长尾鲨号”核潜艇从此消失了，129 名艇员全部丧生。这一水下大悲剧惊动了美国朝野，传遍全球。

在海洋中，海洋的动物和微生物遗骸不断沉积在海底，会分解出一种甲烷气体。由于洋底的温度低而水压力非常高，所以，大部分甲烷气体不是逃逸到水面，而是被压力压到沉积岩细微的孔隙内转化为水合物。这些充满水合物结晶体的沉积物，随着时间的推移，被新的沉积物覆盖。这时，水合物开始分解，气泡冲破冰的封锁，沿着弯弯曲曲的缝隙和孔隙向上运动，重又进入上面的水合物形成区……这样，在数百万年的漫长岁月里周而复始，形成了固体化合物——冰矿矿床。

地球上冰矿的蕴藏量十分惊人。美国和加拿大沿海地区蕴藏量估计达数百亿立方米，可供开采几百年。在俄罗斯的里海、黑海和鄂霍次克海也取出

了含可燃冰矿的岩芯。新西兰、印度、日本等国都有可燃冰矿存在。

只是目前世界上还没有开采冰矿的经验和技術。人们正在研究开采方法。可以预料，随着科学技术的进一步发展，不久的将来，这一难题会得到解决。到那时，人类就可以用冰做饭、取暖、炼钢、发电。

## 21 世纪能源展望

### “反物质”能源

1908年6月30日清晨，俄罗斯西伯利亚通古斯地区发生了一场前所未有的大爆炸，它的威力相当于2000颗巨型原子弹同时爆炸，一时间爆炸的巨响震撼着万里长空，声音传到1000千米之外，炽热的火球在空中翻滚，熊熊烈焰把2000平方千米范围内的树木全部烧毁，巨大的气浪冲击着四面八方，100平方千米以内的房屋屋顶全都被掀掉。这场威力无比的大爆炸是怎样发生的？几十年来一直是个难解的谜。

1965年，美国科学家李比博士发表文章，认为通古斯大爆炸的起因是“反物质”引起的。反物质经茫茫的宇宙，进入由正物质组成的世界，在正物质的引力作用下，落到西伯利亚的上空，跟正物质相撞，一瞬间，正反物质全部转化为巨大的能量，周围大气的温度急剧上升，产生剧烈膨胀而发生大爆炸。正反物质的这种反应叫做“湮没”反应，在反应过程中全部物质都转化为能量。湮没反应产生的能量非常巨大，至少比核反应产生的能量大100倍，而且不产生放射性。

什么是反物质？它为什么会有这么巨大的威力？这就得从科学家爱因斯坦的一个著名的公式说起。爱因斯坦认为运动的物体都有能量，当它的总和是一个正值时，这种物质就是我们在生活中看到的各种物质。但是，当运动的物体所具的能量的总和是一个负值时，情况就完全两样了，物质的性质跟我们日常见的正好截然相反，那种物质就称为反物质。

反物质的内部组成跟正物质正好相反。正物质的原子是由带正电荷的质子和带负电荷的电子组成的，而反物质的原子却是由带负电荷的质子和带正电荷的电子组成的。所以，反物质受力后，它的运动方向跟正物质的运动方向完全相反。当你向前推它，它却往后靠；当你往南推它，它却向北移动。

正反物质在短距离内是“水火不相容”的，它们很难同时存在，一旦相遇，就相互吸引，通过碰撞而同归于尽，同时放出大量的能量。在我们所处的半个宇宙中，只有正物质存在，而离我们非常遥远的另半个宇宙中，却是反物质的世界。

这是神话故事，还是科学？这是科学！因为经过科学家几十年的努力，现在已经找到各种反粒子和反物质。1932年，科学家在宇宙射线实验中，发现了正电子。正电子是电子的反粒子。1955年，科学家获得了反质子和反中子。反质子是质子的反粒子；反中子是中子的反粒子。1965年，科学家得到了世界上第一个反物质，由反质子和反中子组成的“反氦”，后来，又得到了反物质“反氢”。

既然反物质确实存在，那么，利用反物质的特性，利用物质和反物质在湮没过程中释放的巨大能量，把反物质作为未来能源，前景是太美妙了。把反物质跟化学燃料相比较，需要使用的量相差得实在太大了。比如，把航天飞机、巨型火箭送上太空，使用液体化学燃料大概是200吨，如果换用反物质，只需10毫克（相当于小小的一粒盐）就足够了。

但是，现在要充分利用反物质还有许多困难。要得到反物质，除了研制技术上的难度非常大外，生产费用也大得惊人。初步估计，生产1克反物质，至少要花费10亿美元。

另外，反物质的贮存、运输也是一大难题，它只要一接触普通的物质，就会立即爆炸。

目前，研究反物质还只是在探索阶段，要把反物质作为未来的能源，只能说是个美好的理想。

在 21 世纪，经过科学家的不懈努力，反物质之谜将会被彻底揭开，它为人类服务的时代也将会来到。

## 地球的发电机

我们的地球是一个庞大的天然磁体，它的磁场却比较弱，总磁场强度不过 0.6 奥斯特。地球磁场的强度由奥斯特换算为伽玛，则是  $6 \times 10^4$  伽玛，即 6 万伽玛。然而，地球却在不停地转动，它每 23 小时 56 分便自转 1 周，所具有的动能是一个很大的数值，为  $2.58 \times 10^{29}$  焦耳。

具有磁场的天体旋转时，由于单极感应作用，就会产生电动势。如果我们把整个地球作为发电机的转子，以南北两极为正极，以赤道为负极，理论上可以获得 10 万伏左右的电压。这便是人们把地球本身当作一个巨大的发电机的一种设想。不过，如何把地球自转发出来的电引出来使用，还须有另外的方案或设想。

电磁感应定律告诉我们，导体在磁场中作切割磁力线的运动便会产生感应电流。由于地球本身具有磁性，所以，在地球及其周围空间存在着地磁场。地球上的河流和海洋也是导体。随着地球的自转，它们自然而然地就相对于地磁场产生了切割磁力线的运动。那么，河流和海洋中就有地磁场的感生电流了。要知道，光海洋就覆盖着地球表面的 71% 呢！如果想办法把河流和海洋中的感生电流引出来，不就有巨大的电能供我们使用了吗？显然，这是利用地球发电机的另一种方案。

还有，地球本身又是一个巨大的蓄电池。它经常被雷雨中眩目的闪光充电。雷雨云聚集和储存的大量负电荷，使云层下面的大地表面感应出正电荷。两种不同极性的电荷互相吸引，就驱使电子从云层奔向大地，形成闪电给地球充电。据估算，每秒钟约有 100 次闪电袭击地球，其闪光带长度从 300 米到 2750 米不等。一次闪电电压可达 1 亿伏，电流可达 16 万安培，可以产生 37.5 亿千瓦的电能，比目前美国所有电厂的最大容量之和还多。但闪电持续时间很短，只有若干分之一秒。闪电中大约 75% 的能量作为热耗散掉了，它使闪电通道内的空气温度达到 15.000 。空气受热迅速膨胀，就像爆炸时的气体一样，产生震耳欲聋的雷声，在 30 千米以外都能听到。

1752 年，伟大的富兰克林曾带着他的儿子在雷雨中用风筝捕捉闪电。他的不怕牺牲、勇于探索的精神实在可嘉；但是他的实验结果，除了导致避雷针的发明外，在利用闪电方面却影响不大，至今还没有人找到利用闪电能的有效途径。在地球表面产生的具有强大能量的闪电，能不能直接用来为人类造福呢？已转化为热能的 75% 的闪电能是否也可利用呢？有没有办法使闪电不把那么多的能量转化为热能，仍保持电能的状态为我们所用呢？能不能撇开上述思路另辟蹊径，譬如，既然闪电已把电能传给了地球，我们能不能从利用蓄电池的角度，把地球当作一个巨大的蓄电池，想办法把电能引出来使用呢？这些答案恐怕要由未来的科学家们给出了。

此外，极光又是“地球发电机”以另一种形式发出的“希望之光”，也

是一种威力巨大的“天然发电站”。

在地球的南、北两极，高阔的天幕上，竞相辉映着五彩缤纷的光弧。有的像探照灯的光芒在空中晃动，有的像彩带在空中飞舞，有的像帷幕随风飘拂，有的像成串的珍珠闪闪发光……光弧的颜色或红或绿，或蓝或紫，时明时暗，构成一幅瑰丽的景观。这就是极光。它是地球两极特有的自然现象，多出现在3月、4月、9月和10月四个月份。那么，极光是怎样发生的呢？它对人类又有什么用处呢？

我们已经知道，太阳的内部和表面进行着剧烈的热核反应，不断地产生出强大的带电微粒流——电子流。这种电子流顺着地磁场的磁力线，来到地磁极附近，以光的速度向四面八方散射。其中一部分电子流射入大气层时，使大气中的气体分子和原子发生电离，产生出大量的带电离子，发出光和电来。极光爆发时，会产生强烈的磁暴和电离层扰动，使无线电通讯和电视广播等受到干扰破坏，使飞机、轮船上的磁罗盘失灵。尽管如此，作为一种未来很有希望的新能源，它将给人类带来巨大的好处。有人推算过，极光发射出的电量高达1亿千瓦，相当于目前美国全年耗电量的100倍以上。有的科学家设想，将来在北极或南极地区，建造一座高达100千米的巨型塔架，用适当的方法把高空中极光的电能接收下来，供人们使用。这种办法能成功吗？未来的科学家们，你是否打算研究出其他更好的方案和办法呢？

### 更先进的发电技术

你是否知道，现在的火力发电要白白损失70%的能量，也就是说，燃烧100千克煤，最多只有30千克煤真正被利用，其余70千克浪费掉了？很多年以来，各国科学家一直在寻找能够提高发电效率的方法，经过长期努力，终于找到了磁流体发电的方法。

磁流体发电，通俗地讲，就是使气体在磁场作用下发电。我们知道，金属是导电的，那是因为金属导体内有自由移动的电子，所以，发电机通过用金属做成的线圈，在磁场内转动，就会发出电来。可是，气体是绝缘体，气体的流动是气体分子在运动，分子内的电子受原子核的“约束”，不能自由移动，所以，怎么能利用气体发电呢？

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

普通气体大约在7000℃以上才能变成磁流体发电所需的导电气体。经过科学家的研究，找到了“种子物质”钾、钠、铯等，如果撒下少量的这种物质，就可以在3000℃的高温下使气体成为导电气体。由于现在开发的地热、海洋热等还不能产生几千度的高温，只能用煤、石油、天然气等化石燃料，所以，目前的磁流体发电又叫做燃煤磁流体发电。只有随着高温原子核反应堆技术的发展，核燃料的废热得到充分利用时，才能实现原子核磁流体发电。磁流体发电是一种直接的发电方式，它的排气温度很高，可以用排出的废气来产生高温高压的蒸汽，推动汽轮机，带动普通发电机发电，它的发电效率可以达到60%，从而节约大量的能源。

磁流体发电同火力发电相比，除了热效高外，还有很多优点。它的发电



机组结构紧凑，没有高速转动部件，所以体积小，结构很简单，使用寿命长。磁流体发电机启动很迅速，从点火到大量发电，仅仅需要几十秒钟，要使它停止运动，也只需很短的时间。

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

## “超寻”研究成功

电是什么？电是电子的流动。有些材料允许电顺利通过，有些材料却不允许，正如有些马路允许车辆行驶，有些马路不允许车辆通过一样。允许电顺利通过的材料叫导体，很难让电通过的材料叫绝缘体。一般来说，金属都是导体，非金属都是绝缘体。

船在水中航行要克服水的阻力，飞机在空中飞行有空气阻力，人在地上行走要克服鞋与地面之间产生的阻力——摩擦力。同样，电在金属材料内部流动时也有阻力，这种阻力叫做电阻。电阻大小跟温度高低密切相关，例如，水银、铅的电阻的随着温度降低而逐渐变小，到了-269℃时，它们的电阻小到几乎没有。

金属没有电阻现象的，科学上把它叫做超导。这种超导现象，早在100多年前就被荷兰科学家昂尼斯发现了。

多年来，随着科学的发展，人们做了大量的工作，探索超导的奥秘。

曾有一位美国科学家用铅作为材料，做了一个封闭的圆环，并把它放在超低温的环境中，也就是使铅处于超导的状态，接着，他又将一定量的电流通入铅环，然后切断电源，使电流在铅环中没有休止地流动下去。过了几年，当这位科学家再去测量铅环的电流时，他惊异地发现，电流依旧跟过去一样，没有明显的减弱。这说明了电流在超导体中没有损耗，是可以永远地保存下去的。

这个实验给人们非常巨大的启示。在日常生活中，一天24小时里的用电量是不相同的，白天和傍晚用电量最大，到了深夜就大大地减少了。我们现在的发电厂，不可能做到白天发电多、深夜发电少，所以到了深夜，发出来的电往往会浪费掉。假如有一个很大的电力仓库，能够及时地把余下的电能储存起来，到了需要的时候再放出来，那该有多好啊！

科学家设想在地下很深的地方挖一个大坑，它的直径有100多米，又分成上中下三层，在里面充满着超低温的液态氦气，把超导金属做成的线圈浸在里面。平时，可以把多余的电能储存到超导线圈里去，当需要时，再把电取出来使用。由于电能没有损耗，所以能长期地储存下去。

科学家已着手研究、制造可以储存100万度电的超导设备，只要制造成功，人们就再也不会为用电的不平衡而伤脑筋了。

电是从发电厂的发电机发出来的，由于发电机所用的导线是用金属铜、铝制成，在常温下电在金属导线中流过时，会因电阻而使导线发热，变成热量，无形中能量跑掉了。所以，发电厂发出来的电只有90%供我们使用，10%被发电机本身消耗掉了。

如果发电机的导线是用超导金属做成的，就可以使发电机的效率提高到98%，而且发电机也不必造得很大。目前世界上已经制造成功1万千瓦功率的超导发电机，到本世纪末，会有2000万千瓦大功率超导发电机问世。它可

以供应一个现代化大城市的全部用电。

21 世纪，输电线和变压器都可能用超导金属制成，超导电缆和超导变压器的问世，更能为人类节约巨大的电能。

## 束 能

在当今世界，不管我们在地球上哪一个角落，打开收音机，就能聆听到自己喜爱的新闻、音乐、戏曲等各种节目。在收听这些节目时，不知你们是否想到过：这节目是从哪儿来的，是谁把它们送到我们耳朵里的？

这些节目是由电台预先制作好，然后，由无线电发射机，以无线电波的形式定向传播出去。无线电波的波长有不同，人们把它们分为长波、中波、短波、微波等。收音机接收不同波长的无线电波，把它们变成节目。

如果我们用放大镜把太阳聚成一点，提高太阳光的能量，就能点燃火柴、纸片。同样，科学家通过聚焦技术，把无线电波紧缩在一起，成为一种能，这种能叫做束能。

束能理论最早是在 19 世纪，由大科学家赫兹和泰拉斯提出来的。现在，这个理论已发展成熟，进入实用阶段。

微波是波长很短的无线电波。第二次世界大战后，随着微波技术的发展，科学家首先对微波聚焦，使它们成为微波束能。20 世纪 70 年代，美国计划在卫星上建造太阳能电站。电站上有两块巨大的矩形电池帆板，它们将太阳光转换成电。在电池帆板之间的微波辐射无线将电通过波发生装置变成微波能，再由微波天线聚成微波束能，发射到地面。地面接收站把接收天线收到的微波束能转换成电，供人们使用。

目前，科学家对束能的研究，主要集中在建立地面微波束能站方面，为各种飞行器提供束能动力。

加拿大制造了一架利用微波束能作燃料的试验飞机。飞机机翼下面有天线，专门接受地面微波站发射的微波束能，然后，将微波束能转变成电，用作飞机动力。这架飞机在空中飞行几个月，像一个低空飞行的通信卫星，既可以监视地球大气层中的各种危险气体，又可成为无线电通信转播站。

美国航天署打算设计一种小型束能宇宙飞船，能载 5 名宇航员，船重 6 吨，升空十分方便，从简易场地起飞，只需三四分钟就可以进入运行轨道。美国科学家还设计了一种大型无人驾驶束能飞机，能在离地面 19.2 千米的高空飞行，携带 67.5 千克重的各种仪器设备，持续飞行 90 天。这架束能飞机的任务是监测地球环境。

束能是一种新型能源，正受到人们越来越多的重视。

## 潜 能

天上星星亮晶晶，数也数不清。科学家们把这些星分成恒星、行星、卫星、彗星、流星等。

恒星本身发出光和热，我们的太阳就是恒星。由于过去人们认为恒星的位置是固定不动的，所以，把它们叫做恒星，实际上，恒星也在运动。许许多多的恒星组成一个集合体，就像动物世界中的动物群、密林里的植物群，科学家们把它们称为星系，比如银河系。

我们知道，自然界的生物都有生有死，只是各种生物的生命长短不一样。其实，自然界的物质都在不停地运动着，恒星也不例外，它们也有产生的过程，也有消亡的过程。

我们日常生活中，除了用煤气、液化气烧菜煮饭以外，还有许多家庭在使用煤炉，比如用煤做成煤饼或煤球放在炉内作为燃料燃烧，放出光和热。当煤燃烧完了，就不会产生光和热，而变成一堆煤灰了。恒星能发出光和热，也是因为它内部的燃料在燃烧。恒星内部的燃料不是煤，而是原子核，通过原子核的聚变反应，产生大量的光和热。当恒星内部的核燃料用完了，它的剩余物质被紧紧地挤压在一起，压缩得非常紧密，连光都只能进，不能出，不能离开它们的表面。科学家把这种剩余物质叫做黑洞。恒星老了，衰退了，收缩成黑洞。

在无边际的宇宙中，黑洞是一个孤立的天体，只有网球那样大小，但它的重量却跟地球差不多。人的肉眼是看不见它们的，即使科学家用天文望远镜也看不见它们，人们只能通过黑洞的巨大吸引力，才能确定它的存在。

黑洞有巨大的吸引力，如果宇宙飞船、航天飞机飞过黑洞，就会立刻消失。凡是在黑洞附近的物质，都被它吸进去，消失得无影无踪。

黑洞似乎很可怕，可是，经过科学家们的研究，找到了一种开发和利用黑洞的能量的方法：把生产原子能的核反应堆放到黑洞上去。人们把核燃料发射到黑洞上，由黑洞内巨大的引力压缩核燃料，迫使其实现核聚变反应，释放巨大的能量，人造卫星电站接收能量反射到地面。科学家把这种能量称做潜能。

潜能的开发利用，是一项巨大的星际工程。为使这一工程成功，人类要付出惊人的代价。尽管科学家在地球上还没有实现这样的任务，但是，一旦这项工程成功了，那就能源源不断地获得非常巨大的能量，而且是一本万利的。

## 节约能源新技术

能源与国家的经济建设和人民的物质、精神生活密切相关，我国虽然是能源大国，但由于人口众多，人均资源占有量在世界上居第 80 位，因此节能任务十分艰巨和紧迫。

我国的能源利用年平均为 30% 左右，远比工业发达国家低，主要原材料成材率低，利用率低，单位国民生产总值的能耗与原材料消耗高于发达国家，产品单耗从总体上比国外高 30~90%。此外，资源综合利用率低，对高耗能设备和落后工艺控制不利，再生资源回收率仅有 30%，比国外低 30% 左右；如将能源有效利用率提高到工业发达国家水平，每年可少用三亿多吨标准煤。

从温室效应看，在使全球气候变暖的温室气体排放中，能源生产和消费活动占 57%。据报道，1988 年矿物燃料的燃烧向大气排入了 55 亿吨煤，其中美国占 20%，前苏联占 17%，中国占 9%，位居第三位。若按单位国民生产总值产生的二氧化碳衡量，中国则是发达国家的 3~6 倍。环境问题引出了节能的新意义，如不重视节能，2000 年我国将成为世界上第一大的排碳国。

节能是一项综合性的事业，涉及到生产、生活及社会的各个方面，不仅仅是我国而且也是世界各国经济发展的一项长远战略方针。对节约能源新技

术的研究和开发利用已被提到世界各国日程上。

## 热电联供

在火力发电生产中，主要的热损失是在冷凝器中排走的冷源热损失。所以，若将汽轮机做过功（即发过了电）的部分或全部蒸汽的热能作为供生产或生活用汽的热源，并拆除这些生产或生活用热所需的额外锅炉，就可使发电生产中的热能得到合理的利用，这就是所谓的热电联供技术。

热电联供技术主要有以下几种：

（1）背压式热电联供系统。背压式热电联供系统汽轮机排汽的热量不是放给冷源，而是供给热用户使用，燃料的热量可得到充分利用。这种系统的特点是其热经济性高，发电煤耗低，节能效果明显；另外，机组本身结构简单、投资少。但由于这种系统以供热为主要目的，发电量受热用户的热负荷限制。当外界用汽量减少时，发电设备的发电量也随之下降，增加电网的负担，因此这种机组对蒸汽负荷变化的适应性较差。

（2）抽凝式热电联供系统。抽凝式热电联供系统带有凝汽器，也有冷源热损失，但比只发电不供热的普通发电设备热损失明显减少。因为做过功的蒸汽有一部分从汽轮机中某个部位抽出，不流向凝汽器而供应外界用户用热，因而减少了这部分蒸汽的冷源热损失。抽凝式发电设备的热能利用率和供外界用热的抽汽量与凝汽器中凝结的蒸汽量的比例，以及抽汽在汽轮机中所做功的大小等因素有关。不供热的普通火力发电设备的热效率一般介于 25~45% 之间，而我国热电联供发电设备的热效率一般处在 78~86% 的范围内。

（3）裕压发电。一般热源供汽包括热电厂供汽和自备锅炉供汽，其压力较高，而许多工业部门需要大量压力不高的用汽，因此在供汽与用汽设备之间就存在一定的压差，利用这一压差发电就称为裕压发电。裕压发电的原理是将从热源来的蒸汽先进入背压式汽轮机发电，再将所排汽供应热设备使用，可使热能得到充分利用，这样就提高了能源利用效率。裕压发电采用背压式机组，与同参数的凝汽式机组相比可节煤 60%，与高参数凝汽式机组相比，可节煤 35%，节能效果十分明显。

## 余热利用

余热资源指的是在生产过程中由各种热能转换设备、用能设备和化学反应设备中产生而未被利用的热能，其数量大得惊人。据美国在 70 年代统计，每年被排弃的余热为用能总量的 74%。我国建材、冶金行业的余热占燃料消耗的比例在 30% 以上，化工、机械、造纸、纺织等行业也在 10% 以上，可见余热资源的潜力是非常大的。

余热的来源主要有工业排气余热、高温产品及炉渣的余热、冷却介质的余热、化学反应过程中生成的弃热、可燃废气、废液、废料的热能以及废汽、废水的余热。

余热资源只有具备一定数量才有回收的可能，同时还必须根据其能量品位的高低评价其回收价值。余热的品位由温度、压力、化学潜热共同构成。温度、压力越高，化学潜热越大，则品位越高。

余热利用是节能中的一个重要课题，它具有很高的经济效益和社会效益。

围绕余热利用的新技术有余热发电、低沸点有机工质循环、热管、热泵等。根据热力分析，利用余热发电或作为动力直接去拖动机械是最有效的余热利用方式。

## 电力负荷控制

电力负荷的大小随时间而异，负荷随时间变化的轨迹称为负荷曲线，最大负荷称为高峰负荷，最小负荷称为低谷负荷。由于工业电能不能存储，电力部门的发电功率必须实时跟踪负荷的变化，即高峰负荷时，必须要有和高峰负荷相当的发电容量，而在低谷负荷时，则要停掉很多机组。这种按最大负荷确定装机容量的作法是很不经济的，而且机组频繁地启动和停止对运行也十分不利。因为水轮发电机启动比较简单，所以目前广泛采用水电调峰的办法；另外，可利用抽水蓄能机组在低谷时抽水填谷，在高峰时发电调峰，也就是说，在负荷处于低谷时，抽水机是用电设备，它将电能转变成水的势能暂时存储起来；一旦用电处于高峰，再将这部分水的势能变成电能并入电网。总之，所有的这些措施都是以大于高峰负荷的总装机容量为前提，以调整发电机组的运行手段的。

负荷控制利用限制负荷或调整部分负荷用电时间的方法控制高峰负荷，减小高峰负荷和低谷负荷的差值，以平滑负荷曲线。

在电力系统装机容量一定的情况下，通过合理调整用电时间，为更多用户供电。在电力系统负荷增长的情况下，通过合理调整用电时间，推迟新机组的装机时间；在严重缺电，电力供需矛盾突出的情况下，通过将用户分类，能停则停，保证对重点用户供电的可靠性。

电力负荷控制在西方虽然应用较早，但真正受到重视是在 70 年代石油危机以后。石油危机的出现，使人们真正认识到节能的重要性。负荷控制可以平滑负荷曲线，提高能源利用的效率，甚至可以通过合理设计负荷、减少电力系统的备用容量，推迟新建电站的建设时间，因而对于电力部门有很大的吸引力。

配电网自动化包括配电线自动化和用户自动化两个方面，前者指对配电线路开关的监控和配电线管理信息的处理，后者指对用户用电量的自动测量和对用户负荷的控制。前者的控制对象是供电部门本身，后者的控制对象是用户。虽然控制对象不同，但两者是紧密相关的。

美国在 70 年代后期至 80 年代以负荷控制为核心，对配电网自动化问题进行了大量开发工作。例如由美国电力科学院和能源部资助的配电网自动化通信系统研究，投资 1000 万美元，包括五个工程，每个工程的控制对象至少为 700 个。该项目于 1976 年开始，1980 年完成，取得了很好的结果。1980 年完成的由通用电气公司和联合爱迪生公司负责的 PROBE 计划在系统构成和多种功能配合方面也取得了很好的经验。1984 ~ 1988 年间，电力科学院协调开展了一系列配电网自动化的研究工作，其中五个最大配电网自动化的投资超过 1500 万美元。

如果说 70 年代的石油危机给了配电网自动化和负荷控制强大的推动力，那么 80 年代微电子及微型计算机的发展又提供了强有力的手段。目前已

经进入了综合配电网自动化和用户自动化两个领域并包含其它功能的配电网综合自动化阶段。这个阶段的主要特点是应用计算机网络技术构成分层分布监控系统，集负荷管理、配电网控制、信息管理、电费结算、规划、运行等于一个系统；软件和硬件都采用国际标准；使用具有微处理机的智能终端；将人工智能等新技术用于供电故障点检查及恢复供电操作，提高了供电的可靠性和缩短故障停电时间；及利用地理信息系统对供电设备进行管理等。

我国电力供应长期短缺，负荷的监督和控制在高峰时尤其显得重要。目前不少地方采用的在高峰时强行拉路的分片轮流停电的办法，给用户带来了极大的不便，对有些重要用户造成经济损失。在用户方面，由于电力使用不合理，浪费能源的现象也十分严重。因而有关方面对电力负荷控制十分重视，原国务院电振办曾出资支持了四个试点，取得了可喜的效果。如今，以配电网载波、有线通信和无线电为通道的系统均有运行。在分散控制方面，我国自行研制的电力定对开关和电力定量器都是适合我国国情的产品。但总的说来，我国的负荷控制水平和工业化国家的差距还是比较大的。

## 节约用电

电能是经过一次能源转换而成的二次能源，转换的效率很低，一般火力发电的能源利用效率只有 20~40%，其代价十分昂贵。发展电力工业，不管用非再生能源还是再生能源，都会对环境造成污染，并在一定程度上影响生态平衡，代价很高，因而世界各国都对节电问题十分重视。由于我国的电力供应长期不能满足工农业迅速发展的要求，节约用电具有巨大的经济和社会效益。

### （1）电力系统电能损失的构成：

电力系统由发电、输电和配电三个环节组成，每个环节都有电能损失，电力系统的电能损失是上述三个环节损失的总和。电力系统的总损耗高达 25~34%，这是一个相当可观的数字。其中发电损耗和输配电损耗是电力部门可以控制的，如电力部门已经要求把输电损耗降至 7.8% 以下，而 12~14% 的用电损耗则应该由用户控制。

### （2）主要节电措施大致有以下几种：

#### 降低线路损耗。

线路损耗和线路电阻的一次方及所传输的电流的平方成正比，电阻和电流越小，则线损越小。缩短动力线的传输距离，增大导线的截面，可以减小线路电阻；在传输功率不变的条件下，提高输电线路的电压等级可以减小传输电流。我国很多城市配电网及农村配电网在电压等级的选择、变压器的布点、配电线路的走经和导线选择方面均存在不少问题。近几年城网改造引起了供电部门的高度重视，有的城市已经取得了明显成效。农网和用电大户厂内用电系统量大面广，应当引起关注。

说起降低线路损耗，我们不能不提一下超导技术。

电是依靠导体来传送的，所有的金属都能导电，但实际用来作导线的只有铜、铝、铁为数不多的金属。另外，电解液以及电离状态的空气也能导电。由于电阻的存在，电在导体内流通会产生损耗，引起发热，这就限制了导体通电的能力。

1911 年初，有人在 -269 的环境温度下，测量汞的电阻值时，发现电阻

指示值为零，当时还以为测量仪表发生了故障，但经各种仪表校核，确证汞确实消失了电阻。以后人们又陆续地发现一些金属在一定的温度下，电阻也会突然消失。金属电阻完全消失这一特殊现象，称为超导电性，具有超导电性的金属、合金和化合物为超导体。80年代中期以来，超导的研究进展得相当快，许多国家都集中人力、投入重金，力争在超导研究的国际竞争中取胜，超导成了科技界的热门话题。

超导技术的应用将使电力工业产生根本性的变革。利用常规导线作为输电线，电能的损耗极为严重，为了提高送电效率，只能向超高压输电方向发展，但损耗仍然很大。由于超导体几乎可以无损耗地输送直流电，而且目前对超导材料的研究已经可以使交流电损耗降到很低的水平，所以利用超导体制作的电缆将节省大量能源，而且可以实现远距离送电，建设跨国、跨洲的大电网。

目前，电力生产只能是需要多少生产多少，无法储存，超导体的出现将解决这一难题。由于超导体能使电流无限通过，因此利用超导体制成线圈可以大量储存电能。这种储能装置既可以用作特殊电源，也可似用来调节电力系统的负荷，以充分利用发电设备。

超导材料还可用于电机制造。普通发电机由于各种限制，单机最大输出功率不能超过150万千瓦，而超导材料由于无电阻而且载流能力大，用来制造电机可使功率损失减少到普通发电机的一半以下，并能简化普通发电机庞大而复杂的冷却系统。

超导技术的应用将会给产业界带来一场革命。超导材料可广泛应用于交通、医学、计算机、精密仪器、军事、机械制造等各个领域，对能源工业也将产生巨大冲击。人类将最终解决能源问题的希望寄托在实现核聚变，而核聚变要达到实用比，必须依靠超导体。目前国际能源机构正在组织应用超导体实现核聚变的国际合作，一旦人类掌握了这一技术，将彻底摆脱能源危机的困扰。

合理使用变压器。

变压器中的损耗由铁损耗和铜损耗两部分组成。铁损是变压器一次侧加压时，磁通在铁芯中磁滞的涡流所致，当电压不变时为常数，与负载的大小无关，但一次电压越高，其值越大。铁损在变压器的副方开路时测量，故又称开路损失。铜损由一次侧及二次侧的电流分别通过一次及二次线圈时的电阻所致，与通过电流的平方成正比。铜损在将变压器的副方短路时测得，故又称短路损失。

为了提高变压器的效率，除了注意选择低耗变压器外，还应使其负荷系数在0.4~0.6的范围之内。负载太小时，铁损所占比例太大；负载太大时铜损迅速增大。

合理使用电动机。

电动机是工业上使用最多的一种电力驱动设备，而且绝大部分为异步电动机。和变压器比较，异步电动机除了有铁损和铜损之外，因为是旋转机械，还有机械损耗。

家用电器节能。

家用电器是一种量大面广的耗能器具，节能潜力相当可观。近15年来，国外家用电器的耗电量不断下降，洗衣机平均降低33%，电冰箱平均降低25%，冷冻箱平均降低40%，热水器和电视机平均降低70%。

近年来，我国电冰箱、洗衣机、电风扇、电视机和其它小型家用电器的社会拥有量迅速增长。按照我国 2000 年工农业总产值翻两翻、人民生活达到小康水平的战略目标，电力部门预测，届时中国城镇生活用电将占总发电量的 10% 以上，城市居民基本上可以普及电视机、洗衣机和电冰箱，但大多数家庭还不能使用电炉、电灶和空调设备；全国农村基本上都能用上电，部分农村也可以用上电视机、电冰箱等家电电器。在小水电资源丰富的地区，还可以使用电炉、电灶等。根据这样的预测，并考虑到其它制约因素，我国应发展耗电不多、能有效减轻家务劳动、节省时间、改善家庭环境的节能型家用电器。

目前，有些单位研制的节能家电产品迟迟不被生产厂家所采用，除了节能产品性能上尚有不足外，在税收、价格上没有优惠也是原因之一。因此，制订家用电器节能的技术经济政策和法规是刻不容缓的。

随着家用电器用户的增多，使用中节能问题会变得越来越突出。因此，必须向广大用户普及正确使用家用电器的知识，提高节能意识。应该利用电视、广播、报刊、杂志、举办展览等宣传手段，促进家庭节能。

人类只拥有一个地球，几十亿人生活在这个星球上，每个人都对保护地球的环境负有一份不可推卸的责任。全球气温变暖、极地上空大气层的臭氧洞、酸雨以及日益增多的自然灾害是世界上所有国家都面临的严重问题，而这一切有绝大部分是由能源消耗所导致的环境污染直接或间接引起的。我们在毫无顾忌地消耗着有限的常规能源时，似乎从来没有考虑过几十年甚至几百年后，我们给子孙后代留下的是一个什么样的世界。为了给子孙后代造福，为了节约有限的常规能源，已经有不少科学家在努力探索寻求可再利用、无污染的新能源。可以这样说，探索寻求新能源是时代赋予人类的新的历史使命。

另外，从高科技方面看，高科技和高科技产业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，而且已经取得了重大成果。而这些领域的每项成果，又可推动其他领域的发展和进步。作为现代高科技重要组成部分的新能源技术，是维持和发展社会生产和生活的物质动力源泉，与高新技术其它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革命，因此，从现在起，我们应该努力探索寻求新能源，为跨入 21 世纪做好准备。

当然，我们也应该清醒地认识到，发展和应用新能源并非一蹴而就的事，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。因此，可以说，探索寻求新能源是时代赋予青少年朋友们的一项重要的历史使命，唯有刻苦地学习科学文化知识，认清人类所面临的处境，才能无愧于时代，无愧于子孙后代，挑起压在双肩上的担子。希望所有的青少年朋友们能够不辱历史赋予的特殊使命，成长为掌握精深的科学技术的跨世纪人才。

## 继往开来

到这里，我们已在能源技术百花园里匆匆地走一圈。但毕竟是走马观花，



一晃而过。对前面所介绍的内容，在您的记忆中虽不至于已成过眼云烟，但也不能对园内一草一木都印象很深刻，甚至就连其中的奇葩（pa）异草恐怕也难一一记清。为了加深印象，巩固知识，让我们一起回味一下本书的主要内容，并进一步鉴往观来，作一个概括的分析和预测吧。

火，本是一种自然现象。当人们发现它是摄取和转换能量的最基本的形式，并加以利用以后，人类便在文明的康庄大道上迅猛前进了。到目前为止，人类对一切能源的利用，归根结底，或从引伸意义上讲，都是以火或用燃烧的形式来实现的。人类日常生活中使用的许多能源，大都通过燃烧取能。火力发电将化石燃料和木材，城市垃圾中的有机物质等生物质能转换成电能等等，都是直接以火的形式来利用能源。而风能、水能和生物质能等本身呢，实质上是太阳熊熊燃烧之后辐射能量所转化出来的。当然，太阳的光和热，不用说，更是烈火高温的直接产物了。核电站燃烧核燃料，通过裂变链式反应产生很高的温度，将水变成蒸汽，推动涡轮机发电，实质上，它还是以燃烧形式从核燃料中取能。即使是燃料电池，尽管并不产生很高的温度，也看不到火光，但本质上依然是燃烧，科学家们将其称之为“冷燃烧”。没有能源，人类便不能生存，更不能发展。因此，完全可以说，人类正是在火的光辉照耀下，迈出了一个又一个大发展的步伐，日益文明昌盛起来。

人类对常规能源的利用，无论是在开源方面，还是在节流方面，都在不断进步。对于煤炭、石油和天然气等化石燃料，从勘探、开采、运输到使用，技术不断进步，日新月异，令人目不暇接。这对能源本身的盛衰与荣辱，不但没有影响，反而进一步促进了与这些常规能源有关的能源技术的进步和发展。于是，资源卫星勘探技术、煤炭地下气化技术、二次三次采油技术、煤炭液化和气化技术、磁流体发电和燃料电池等直接发电技术，以及高效大容量输电和余热利用等等新节能技术相继诞生并发展起来，而且已经和正在给人类带来极大的社会与经济效益。人们对水力能的利用，已经今非昔比，走上了大规模、经济地开发和系统设计、综合利用的轨道。在常规能源技术领域，目前，磁流体发电技术、燃料电池、水力能源综合利用工程、高效大容量输电技术和余热利用技术等已成为人们关注的热点。

本世纪中叶以来，人们对核聚变能、太阳能、地热能、海洋能、风能和生物质能等等新能源的研究开发和利用付出了辛勤的劳动，坚持进行着孜孜不倦的研究，并取得了许多可喜的成果与重大突破。

如果从 50 年代初算起，人们研究和开发核聚变能已经有 40 年了。人们已攻克了许多难关，虽然尚未达到受控热核聚变的目标，但是正在一步步地逼近实现受控热核聚变的临界条件。随着托卡马克和磁镜约束聚变反应装置，以及激光驱动等惯性约束聚变反应装置的不断改进，对于等离子体温度、粒子密度和持续时间等实现聚变的主要条件已达到或接近受控热核聚变必须的临界条件；这使我们已经看到受控热核聚变航船的桅杆和旌旗出现在地平线上。而且，据目前发展来看，惯性约束反应堆有可能比磁约束聚变反应堆更早一些实现商业应用规模。对低温核聚变——冷核聚变的研究，道路虽然曲折坎坷，甚至在 1989 年还出了一场闹剧，但是，它毕竟是许多科学家所梦寐以求的；在几十年的研究和试验过程中，有失败的痛苦，也有胜利的喜悦，并积累了可靠的科学数据。所以，尽管许多议论纷纷，仍然有很多科学家和工程师在坚持研究，它目前依然是开发和研究核聚变能的一个热点。

在大规模地利用太阳能方面，近 20 年来发展很快。目前，世界上已经建

立起许多装机容量相当可观的太阳热试验电站；还有不少功率已达数十万千瓦至上百万千瓦的太阳能发电站也陆续建造成功。随着宇航技术的高度发展，到太空去建造卫星发电站，非但不是遥远的将来才能办到的事，而且很有可能成为能源技术今后的主攻方向之一。发射“人造月亮”——在几千千米的高空布设太空伞，不但已指日可待，而且许多国家都在近几年内竞相将它发射上天，已成为近期内开发和利用太阳能的一个热点。这项技术起初可能是以做试验和解决照明为主，将来会逐步发展到与地面大规模太阳能发电结合起来。

“地球是个庞大的热库，有源源不绝的热流。”（李四光）目前，世界上凡是有条件的地方，利用地下热水和地热蒸汽取暖、洗澡、医疗、做饭，温室种植、禽类孵养、水产培育等等已经相当普遍了。地下热水和地热蒸汽在纺织、造纸、制革和制冷等工业领域也已得到了大量应用。自本世纪初意大利建成第一座地热蒸汽发电站以来，经过70年代后的大发展，地热发电技术也有了长足进步。世界上的地热发电站越来越多，近十年来正以20%左右的年增长率发展着。然而，地热蒸汽和地下热水的形成需要一定的地质和地理条件，不是任何地方都有这种资源。不过，在地球上干热岩到处都有。因此，开井汲取干热岩中的热能技术受到人们的重视，正在迅速发展起来。目前，世界上利用干热岩发电的试验电站，装机容量最大的已达20万千瓦。预计在今后20年内，数十万至几百万千瓦的干热岩发电站将可进入实用化阶段。

覆盖着地球表面71%的海洋中蕴藏着巨大而丰富的能源。波浪能、潮汐能、海流能、海水温差能、海水盐浓度差能、海洋生物质能和海水中的氢能等等应有尽有，丰富多彩。对海洋能的利用，目前只有对潮汐能的利用比较成熟。潮汐发电技术发展较快，已达到大规模商业开发阶段。其中，法国朗斯潮汐电站和我国江夏潮汐电站是世界上最大的潮汐发电站。对海洋波浪能、海流能、海水温差能和海水盐浓度差能等其他形式海洋能的大规模开发利用，目前仍处在研究试验阶段。其中，对波浪能和海水温差能的开发研究进步较快，已建成一些试验发电站或效率较高的发电装置，估计到下个世纪初可达到大规模商业应用阶段。在海洋生物质能的利用方面，虽然也有人建立过种植巨藻的“海洋农场”，但因成本昂贵和管理上的困难，一直未能发展起来。从海水中提取氢、氘和氚，尽管可以实现，也有人在做，但还谈不上大规模地应用。也许将来有一天，热核聚变发电站大批建立起来了，人们会到海水中去寻求大量的氘和氚。

对风能和生物质能的开发，实质上是对太阳能的间接利用。

利用风能虽然是一个古老的课题，但是，真正大规模地开发利用不过是近几十年来的事。风力发电技术近期内有了崭新的发展和飞跃。目前，从几十千瓦到数千千瓦的大型风力发电站已在世界各地运行之中。特别是“风力田”的开发，为大规模提供稳定电能的风力发电技术找到了一条经济可行的途径。另外，建立海上风力发电站和空中风力发电站（会飞的风力发电站）的设想，虽然有很多难题待攻克，但前景还是十分诱人的。预计在不久的将来，这会有重大突破。

“农业别动队”是近期崛起的开发利用生物质能的劲旅。植物的光合作用具有了了不起的功能，它能够轻松自如而又非常有效地把太阳能转换成丰富的生物质能。在植物中，不但有可直接作为食物或饲料的碳水化合物淀粉、

糖分和纤维素等——这些成分都可通过微生物的作用，把他们转变成液态或气态的石油代用品；还有类似石油成分的碳氢化合物——它们有的可直接作为柴油等液体燃料，有的则可通过化学加工变成各种石油产品。种植薪炭林得到的木柴、农业秸秆等有机废物和城市垃圾中的有机物质等等都可直接用来燃烧发电。这些生物质能为火力发电提供廉价的可再生燃料。因此，许多国家正在研究和开发这类能源。目前，人们在培育优良“石油植物”方面亦已取得了很好的成绩。试验性的“能源农场”和利用各种生物资源生产油类或酒精等石油代用品的生物燃料工厂，也正在世界各地如火如荼地发展起来。种植“氢树”和模拟叶绿素的光合作用直接生产氢能等设想，既美妙而又艰难，最近也有了一定的突破。完全可以相信，人们的这些愿望，将来一定能够实现。

对动物发电机、地球发电机、夸克结合能和潜在的理想燃料反物质等名副其实的未來能源，您也许会感到有点渺茫，但是，它们也决非海市蜃楼。它们之中至少有一两种，很可能会像太阳光卫星发电技术和太空伞技术一样，成为能源技术的主攻方向。

能源系统工程是能源技术的运筹帷幄之术，既可以用于广泛开源，又可以用于有效节流。它从整体或全局的观点、历史发展和辩证的观点，运用系统科学，“软硬兼施”，综合利用软科学技术和硬科学技术，最优地实现对能源系统的技术经济管理。

读完这本启蒙书，您或许要产生这样的想法，目前世界上流行着的一种观点——“人们越来越感到能源紧缺”，是不够恰当和不够科学的。是的，这正是作者所期望读者应该得到的结论之一。这种说法，至少是有点“近视”，有点表面化地看问题。其实，能源无处不有，任何物质都有可能变成能源。人类缺少的不是能源，而是技术和时间。如果我们有足够的时间，开发出高度发达的精湛技术，那么，在我们的地球上和我们的宇宙空间里，就会有取之不尽用之不竭的能源供人类使用。只要现在的科学家和工程师们，还有你们——未来的科学家和工程师们继往开来，努力奋斗，许许多多经济、清洁、安全而又经久耐用的新能源便会展现在人们面前。

