

# 能 源

## 能源的历史和现状

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

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

人类利用能源的历史大致经历了柴草、煤炭、石油三个能源时期。火的使用，使人类第一次支配了一种自然力，从而使人类和动物界彻底分开。但是，当时人类还没有掌握把热能变成机械能的技巧，因此，柴草并不能产生动力。从茹毛饮血的原始社会到漫长的奴隶社会、封建社会，人力和畜力是生产的主要动力。风力和水力的利用，使人类找到了可以代替人力和畜力的新能源。随着生产的发展，社会需要的热能和动力越来越多。而柴草、风力、水力所提供的能量受到许多条件的限制而不能大规模使用。煤的发现，提供了大量热能；风车和水车的制作，积累了机械制造的丰富经验；于是，两者结合起来，蒸汽机出现了。蒸汽机的使用，不但奠定了各国工业化的基础，也开辟了人类利用矿物燃料作动力的新时代。

但是，蒸汽机十分笨重，效率又低，无法在轻便的运输工具如汽车、飞机上使用。人类在生产实践中又发明了新的热机——内燃机。内燃机的使用，引起了能源结构的一次又一次变化，石油登上了历史舞台。世界各国依赖石油创造了经济发展的奇迹。

那么地球上的能源有哪些可用，它们又来自何方呢？

地球上的能源按其来源可分为三类。第一类是地球和其他天体相互作用而形成的，如潮汐能；第二类来自地球的内部，如地热能和原子核能；第三类来自地球以外，主要是太阳能以及由它产生的能源，如煤、石油、天然气、生物质能、水能、风能、海洋热能等等。

然而，随着人类文明的不断发展，社会对能量的需求不可遏止地猛增。地球上的能源消耗正在以惊人的速度增长，20 世纪消耗的全部能源几乎等于前 19 个世纪所消耗的能源的一半。人类正在过分地开采和使用化石燃料和森林等自然资源，从而使得地球上的自然燃料能源的储藏量正在急剧减少。而且，由于大量利用石油、天然气和煤炭等化石燃料，已经使人类居住的环境受到越来越严重的污染，造成酸雨和气候变暖。许多科学家都认为，全球气温升高将给人类带来灾难性的后果。因此，合理开发和利用能源已成为地球人类大家庭最重要的问题了。人类必须认真对可资利用的各种能源进行“算计”和“筹划”，既要满足目前需要，又要考虑长远的影响和发展，为子孙后代的丰衣足食着想，使地球人类大家庭的明天过得更舒适、更美好。所以，人们一方面研究如何进一步合理、妥善、高效率地开发利用化石燃料和水力等常规能源（也叫传统能源），比如研究提高能源转换效率的方法，改善能源开采和利用的方式等等，着重从节流方面想办法和采取措施；另一方面，人们又上天、入地、下海，四处寻找开源途径，探索低廉而丰富、又不影响生态环境的很清洁的新能源，比如开发太阳能、地热能、核聚变能和海洋能等等。这样，一门边缘化的、综合性的科学技术——能源技术就迅速形成，

并蓬勃发展起来。

## 乌金墨玉——煤

煤是能源中的长辈，但人类第一次使用的不是煤，而是火和树枝柴草。

茹毛饮血的猿人对雷电引起的火十分害怕。170 万年以前，由于山洪暴发，云南元谋猿人被逼进了洞中过夜。在又冷又饿、且面临被猛兽吃掉的困境中，他们偶然发现火可以用来照明，还可以取暖，于是，猿人们便纷纷向火堆围过来。

后来，传说有个叫燧人氏的人发明了钻木取火，把坚硬的木头在另一块硬木头上使劲地钻，钻出火星，点燃树枝、干草；他还会把燧石敲敲打打，敲出火来。从此，原始人掌握了人工取火的方法。人类用火照明、烤暖身体、煮熟食物，同时，用火冶炼矿石、烧制陶具和加工各种各样的物品。

正是在火的光辉照耀下，人类才迈出了文明的第一步，从而日益繁盛起来。

古希腊关于普罗米修斯盗取天上圣火送给人间的神话，是火在人类社会发展中起着关键作用的最好注脚。

煤与火有着密切的关系。人们把煤炭称作乌金墨玉，不仅是它有金子般的光泽和玉石般的晶莹外表，更重要的是，它对于提高人类生活水平起了无法估量的重大作用。那么，煤炭是从哪里来的呢？

也许你会说，煤炭不就是从煤矿里挖出来的吗？！然而，你可知道，煤矿却是几经沧桑，既经历过日积月累、悠长的缓慢变化，又经历过地壳的翻天覆地的剧烈变动后才形成的。简单一点说吧，大约 100 万年到 44 亿年前，地球的环境和气候条件很适于植物的大量生长和繁殖。它们大量地出现在陆地、沼泽、湖泊和浅海中。死亡的植物日积月累，逐渐沉积起来，在细菌的作用下，经过一段很长的时间，慢慢硬化，变成褐色或黑色的泥炭。再经过一段漫长的岁月，这些泥炭被深深地埋在地下，这样，泥炭就和空气完全隔绝了。细菌在缺氧的高温条件下无法生存，终于停止了活动；泥炭却处在高温高压的环境中，被挤压成了褐煤。又经过一段很长的时间，褐煤受到更大的压力而形成更硬的烟煤。随着岁月的流逝，烟煤又受到了更大的压力，最后变成很硬的、晶莹黑亮的无烟煤。

人类利用煤炭已有 2000 多年的历史了。我国古代人民是最早发现并利用煤炭烧饭和取暖的。在公元前 200 多年的汉代，就有关于发现和利用煤炭的记载了。在西方，古希腊虽然也有人使用煤，但却因此而被治罪。欧洲人在相当长的时期内都没有利用煤炭。13 世纪 80 年代，即我国元朝初期，马可·波罗来到中国，看到中国人用煤作燃料，竟吃惊不已，并把此事在他的著作《东方见闻录》中作了详细记述。可是，到 1765 年，英国人瓦特发明了蒸汽机以后，煤炭一跃而成为人类的主要能源，成为工农业生产和科学技术开发的原动力和人民生活的必需品。

尽管地球上的煤炭资源十分丰富，专家们估计，如果单独使用煤炭，也足以满足全人类今后至少 200 年所需要的能源，然而，它毕竟是一种非再生能源，用一点就会少一点。

## 工业血液——石油

在中国 3000 多年前的古书上就有关石油的记载。10 世纪初，世界上第一口油井在四川钻成，从中取出的石油被用来炼制灯油，由此可见，中国比世界上其他国家钻井采油早了 300 多年。

由于石油里的汽油容易挥发，会立即燃烧起来酿成火灾，所以，人们一直不敢把石油当燃料使用。19 世纪后半期，人们学会了炼石油的方法。

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

1859 年，美国在宾夕法尼亚州钻成石油井，从此，石油被大量开采出来，点石油的油灯逐步普及了，石油成了重要的能源。人们从石油中提制汽油、柴油、润滑油、沥青和其他许多化工产品。第一、第二次世界大战后，飞机迅速发展，汽车加速普及，石油作为它们的燃料，就在整个能源家族中占据了统治地位。

我国著名地质学家李四光创立的地质力学理论，用力学的观点研究地壳运动现象，探索地壳运动与矿产分布的规律，把各种构造形迹看作是应力活动的结果，建立了“构造体系”等地质力学的基本概念。他认为，我国地质构造体系的三个沉降带具有广阔的找油前景。大庆、胜利等油田的相继发现，证实了他的科学论断，也使我国从此摘掉了“贫油”的帽子。

从地下开采出来的石油，通常称作原油，需要经过加工提炼后才能使用。

但石油是非再生能源，在地球上的储藏量非常有限。据目前估计，包括海底油田和深层油田，石油地质含量总共约有 3000 亿吨，已探明了的石油含量不到 1000 亿吨。而现在的年开采量达 30~40 亿吨。照此发展下去，有限的石油资源很快就跟不上需要了。按目前的消费量计算，现已探明的石油储量到 2020 年就要用完了。

## 天然气

天然气与石油属于同一类，是一种更简单的碳氢化合物，成分以甲烷为主。天然气蕴藏在地层内的岩石孔隙和空洞中，在地球上的储量也很大，已探明的储量已超过石油的探明储量，是一种与石油并列的重要能源，所以，人们通常把它们总称为“油气”。

天然气的形成和石油基本相同，不过，促使有机物质进行生物化学反应的不是石油菌和硫磺菌等，而是厌氧、嫌气菌参与分解活动。天然气常常和石油埋在一起，由于天然气的比重轻，所以气在上，油在下。它和石油就像一对孪生兄弟，从形成、蕴藏到开采、使用，经常是形影不离、密不可分的，这种天然气叫做油田伴生气，这样的矿脉称为油气田。天然气有时也单独储于地下，这样的矿脉叫天然气田。前苏联的西伯利亚有不少大的天然气田。我国四川盆地也有丰富的天然气资源，是我国最大的气区。

天然气的开采、运输和使用都很方便，也较清洁。由于天然气压力很高，只要钻井开孔，就容易把它采出。采出后，既可用管道直接输送到需要的地方，也可冷却到 -161℃ 变成液化天然气，再用冷冻油轮或冷藏槽罐运送。比

如，日本就用油轮从加拿大、阿拉斯加和印度尼西亚等地，大量进口液化天然气供城市煤气或火力发电用。天然气主要用作工业和民用燃料，或用以制造炭黑，作为合成氨、乙炔、氢氰酸、甲醇、石油和其他有机化合物的原料。

按目前的消费量计算，工业发达国家的天然气将在 2030 年被采尽，发展中国家也将在 2060 年发生短缺。那时，人们就不得不开发新的能源了。

## 电

在现代生活中，点灯照明，使用各种家用电器，都离不开电。电是从哪儿来的？是从发电厂通过电线传送到千家万户的。

发电厂是如何产生电的？是靠发电机产生的电。

现在发电机主要有两类：一是火力发电机，一是水力发电机。

### 火力发电

1831 年，人们用导电的铜线做成线圈，当线圈在磁场里运动时，线圈中竟产生了电流。于是在 1866 年，根据这一发现，人们首次制成了工业上可以应用的发电机。从此，电能引起人们的普遍关注。

19 世纪 30 年代，有一次法拉第讲课，讲的内容就是他新发现的电磁感应定律。当他讲完课走下讲台时，前来听课的一位年青人，后来做过三任英国首相的格莱斯顿（1809——1898）走上前问他：

“先生，请告诉我，您的发现会带来什么样的实际效益呢？”

“这一点，连我自己也不清楚。”法拉第回答，“不过，我不怀疑，在我的有生之年，有人会向它课税的！”

不错，法拉第，这位书籍装订工匠出身、在听了一系列化学课程后刻苦钻研、逐步成为英国皇家学院实验室主任的卓越科学家，所发现的电磁感应现象——切割磁力线的导线能产生感生电流，确实是电学研究中划时代的伟大发现之一，是电能时代的发轫，的确给人类社会带来了极大的实际效益，给世界提供了切实有用的能源。近 1 个半世纪以来，所有的发电机和电动机都是应用这个原理制造的。随着时光的流逝、社会的发展，发电机已经成为人类生产动力、把机械能转化为电能的最常用的机器，电能也已成为当今社会的“空气”和“水”，是人们须臾不可或缺的必需品了。不过，迄今为止，所有的火力发电机都是经过从化学能 热能 机械能 电能的三次能量转化，才把燃料的化学能转变为电能的。即使是核电站，其发电过程也几乎与此相同。

我们已经知道，在把煤炭、石油或天然气的化学能转换为热能，再把热能转换为机械能的过程中，绝大部分热被散失而白白浪费掉了，热效率很低，最高也不过 40% 左右。能不能直接把热能转换成电能呢？能，当然能。本世纪 50 年代后期，人们终于想出了一种计高一筹的新型火力发电技术——磁流体发电。

它最突出的特点是：没有高速旋转部件，装置本身仅是一个结构非常简单的静止机械，但却能直接把热能变为电能。它启动快，效率高，污染小，而且发电容量越大就越好（别的发电机是容量越小越好）。

磁流体发电还有一些技术难关需要进一步攻克。所以，尽管磁流体发电

已处在大规模工业性试验阶段，但真正大规模的工业应用，恐怕要到下个世纪才能实现。

## 水力发电

“君不见，黄河之水天上来，奔流到海不复回。”水从高处往低处流，流动的水包含着能量，急湍的大河包含着巨大的能量，因此，水能是人类利用很早的一种能源。

早在 3000 年前，我们祖先创造了靠水的力量转动的各种机械装置，如碾米、舂米的水碾，用来磨粉的水磨，车水灌溉农田的水车，用来纺纱的水轮等等。

水力发电通常要有两个条件：一是水源必须维持一定的落差；二是水源必须具有相当的流量。为此，人们在江河干流上建造拦河坝，筑蓄水库，迫使上游水位抬高，水坝前后的水位落差增大。高高在上的水库里的水，通过输水管引导，以很大流速冲击到水轮机上，使水轮机旋转带动发电机发电，产生电能。

水力发电比火力发电经济。因为水力发电的原料——水是免费的，所以，水电成本只有火电的四分之一。水力发电不污染环境，还可以解决防洪、灌溉、航运等各种水利问题。

地球上成千上万条奔流不息的江河为人类提供了极其丰富的水能资源。这是一种流动的再生能源，可以不断地供应，反复使用。尽管人类制造水车来带动机械碾谷、磨面至少有 2000 年的历史了，但是，水能的大规模开发和利用只不过是近 100 多年来的事。1882 年，世界上出现了第一台水轮发电机以后，随着远距离输电技术的不断提高，水力发电便迅速发展起来，水能成为仅次于石油、天然气和煤炭的主要能源。

构成水力资源的最基本的条件是水流和落差。就自然条件来说，这主要取决于降水量和地形。只要有较好的精确的地形图和有关河流的流量等资料，就可以相当准确地估算出水能资源的理论蕴藏量。但由于受到技术和经济上的种种条件限制，这样算出的理论蕴藏量大部分无法利用。

地球上的水能资源蕴藏量相当丰富。理论上估计，年发电量为 44 亿亿度，相当于装机容量 51 亿千瓦，足够目前人类 1 年所需全部能量的 70% ~ 80%。但技术上和经济上可开发的水能资源，每年可发电仅 10 万亿度，也可以满足当前世界能源总需要量的 1/7。可惜，实际上，人类现在所消费的能源只有 2% 左右来自水电。可喜的是，人们已经充分认识到了水电的优越性及其重要意义，正在加紧开发这种能源。例如，1991 年 5 月 6 日，世界上最大的一座水电站在南美洲正式运行。它耗资 183 亿美元，建在巴西和巴拉圭交界处的巴拉那河上。坝长 7.7 千米，高 196 米，共有 18 台发电机组，功率为 1260 万千瓦，占巴西总发电量的 38%，给这两个国家带来了很大的经济效益。

我国地域辽阔，水力资源得天独厚，许多地区雨量充沛，河流众多，而且山区多，地形高差大，水能资源相当丰富，理论蕴藏量为 6.8 亿千瓦，年发电量为 5.9 万亿度；可开发的水能资源为 3.8 亿千瓦，年发电量为 1.9 万亿度，其中，近期可开发的为 1.03 亿千瓦，年发电量 4300 亿度，居世界首位。

至 1983 年，我国已建成了大型水电站 100 多座，还有 9 万多座小型水电站遍及 1500 多个县。这时的水力发电装机容量已占总装机容量的 27.6%，发电量占全国总发电量的 16.8%。然而，这些发电量还只占可能开发水力资源的 2.5%。到 1986 年，我国水电装机容量达到 2754 万千瓦，已跃居世界第 6 位，年发电量为 945 亿度，可占到可开发水能资源的 5%。由此可见，我国开发水能资源的潜力依然很大。所以，自 80 年代以来，我国继续大力发展水力发电。在黄河上游，除了继续巩固和提高装机容量已达 120 万千瓦的刘家峡水电站外，又在龙羊峡建立了装机容量为 150 万千瓦的大型水电站。在长江三峡的出口还兴建了我国最大的水电站——葛洲坝水电站，装机容量为 271.5 万千瓦。它是长江三峡水利枢纽工程的重要组成部分。长江三峡是世界著名的大峡谷，可开发的水资源占全国 53%，是天下无双的水力资源“富矿”。在这里筑坝拦洪，兼收防洪、发电、航运之利，以综合治理开发长江，这是中国几代志士仁人的梦想。1992 年 4 月 3 日，全国七届人民代表大会通过了经过近一个世纪的风雨历程的三峡工程，从此三峡工程开始走出梦境。三峡工程的坝址是在三斗坪，大坝全长 1983 米，共装 26 台机组，总装机容量为 1768 万千瓦，年发电量 840 亿千瓦时，为目前全国发电量的 1/8，相当于 3 个年产 1500 万吨的矿区，相当于 14 座 120 万千瓦的火电站，输电范围 1000 千米。该工程计划 15 年，每年有 4 台机组投产，相当于每年有一座葛洲坝电站装机总容量投产。三峡工程是一项十分复杂的工程，在以后整个勘测设计和施工时间内会遇到许多困难，要付出很大的代价，但三峡工程建成后，长江可长治久安，可造福于子孙后代。

水力发电还有一些最受欢迎的优点。例如，它是一种最干净、最安全的能源，它没有火力发电站那样的环境污染，也不存在核电站那样的潜在污染和危险，又不会产生任何难以处理的有害废料。同时，它还是最廉价的能源，水电的生产成本只有火电的 1/3，而且其资金积累也比火电快 1 倍。因此，世界上许多发达的工业国都很注意尽早地开发水能资源，它们的实际开发量已达到可开发量的 40%~95%。特别是 1973 年西方发生能源危机以来，水电的身价更是倍增。所以，水能已成为目前世界上唯一实际大规模应用的可再生能源。

但是，任何事物都不是十全十美的，水力发电也还有一些缺点值得考虑和克服。譬如，一般来说，水电站的投资较大，建设周期较长；筑坝蓄水——建水库，会淹没大片地区，还会限制鱼群的回游，改变河流中淤泥的流动方式，使水库本身淤塞等等。我们相信，这些问题，随着科学技术的发展和社会的进步，将来一定能得到妥善的解决，水力发电技术会跃向更高的水平。

## 捕捉新能源

### 最干净的能源——氢

虽然现在有了那么多燃料，但是真正在燃烧时完全没有污染的燃料只有一种，那就是氢。正如我们在前面讲过的，煤炭石油等燃料都不是单质，它们燃烧时总会产生许多污染物，这些污染物无论用多么先进的技术处理，也不可能完全消除得干干净净。然而，氢的燃烧生成物只是水，没有其他物质生成，对环境没有任何污染。而且氢的热值高，每克液氢燃烧可产生 120 千焦耳的热量，是 1 克汽油燃烧放出的热量的 2.8 倍，其使用安全性也和汽油差不多。氢的储运性能好，使用也方便。其他各类能源都可以转化成以氢的方式进行储存、运输或直接燃烧使用。氢可以说是未来最理想的燃料。

氢是这样发现的。18 世纪，瑞典一位名叫卡尔·舍勒的年轻药剂师，对化学很有兴趣，一天到晚孜孜不倦地实验。有一次，他把铁屑放进瓶子里，再倒进稀硫酸，结果瓶里冒出了气泡。他赶紧把插有玻璃导管的木塞往瓶口一塞，让气泡沿着管子往外走。然后，他为了看个仔细，把一支点燃的蜡烛靠近管口，不料，逃出的气泡居然着了火，舔出细长的浅蓝色火舌。

最初，他只知道这种气体可以燃烧，并不知道它是什么，因此，他把这种气体叫做可燃空气。后来，人们发现可燃空气是所有气体中最轻的一种。我国最初把它叫做轻气，后来，统一命名后才叫它为氢气。

当欧洲发现氧气以后，英国科学家亨利·卡文迪许又做了一个实验。他把氧气与氢气放在容器里混合，然后，一通电，电光一闪，两种气体在容器里爆炸开了，水珠儿接着一滴滴落了下来。一个重大发现产生了：通过放电可以使氢气和氧气结合成水，水是由氢、氧组成的。

氢的特点是重量轻、可以燃烧，而且能量大得吓人。1977 年 11 月 19 日，印度安得拉邦马德里斯海港外狂风怒吼，巨浪翻天，海面突然燃起大火，光耀几十千米，唬得人们瞠目结舌。后来才知道，那是由于强烈的飓风掠过海面，摩擦海水，引起高热，使海水分解出氢和氧，同时，飓风中的电荷使氢发生爆炸、燃烧，才引起一片火海。因此，氢是代替石油和煤炭的一种新能源，是十分理想的新燃料。

氢作为能源，有其他能源无法比拟的优越性。氢燃烧产生的热量大约是等量的汽油或天然气燃烧产生的热量的 3 倍。氢燃烧后的产物是水，不污染环境，而且，还能循环使用。为此，氢被人们誉为天字第一号的干净燃料。近几年来，液态氢已被广泛地用作人造卫星和宇宙飞船的能源。科学家们预言，氢将是 21 世纪乃至更远时代的燃料。

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

氢活泼可爱，惹人们喜欢，但要制取氢，并不是容易的事情。

科学家已经证明，水是由氢和氧组成。如果能从水中制取氢，氢将是一种价格便宜的能源。

如何用水制造氢呢？最简单的办法是电解水，利用电能分解水，取得氢。用这种方法制氢，可以得到纯度 99.99% 的氢。电解水制氢的缺点是耗电量很高，生产 1000 克的氢，需要用 60 度左右的电，所以，并不合算，不能大

量使用。

也可利用太阳光直接加热分解水制取氢。这种方法是让水先“吃”些催化剂，水吃了催化剂，就听话多了，只要有阳光就能使水分解产生氢。从1978年以来，人们使用的催化剂已多到几百种。尽管如此，这种制氢方法还处在试验阶段，需要进一步改进和完善。

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

300多年前，有人把一根柳条插入一只装满泥土的木桶里。他除了浇水，什么肥料也不加。5年以后，柳条长大成树。人们奇怪，柳树靠什么长大？现在知道了，柳树和所有绿色植物的叶片中，有许多专门制造养料的叶绿体。叶绿体靠内部的叶绿素和各种催化剂，在阳光照射下，吸收空气中的二氧化碳和土壤中的水分，制造满足自己生长的养料，同时还放出氧气，这是叶片的光合作用。

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

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

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

氢的燃烧和使用有多种方法。直接燃烧是不理想的，因为直接燃烧会促使空气中的氮和氧化合成氮氧化物污染环境，而且容易发生回火现象，引起事故。现已设计制成了催化燃烧炉，用金属氧化物使氢得到催化燃烧，这样安全、没有污染、热效率高（比直接燃氢，利用率提高20%），这样的催化燃烧炉可用作炊具和室内取暖。

以氢为燃料的动力装置如喷气发动机、涡轮发动机、燃气轮机等，目前仍处于研究试验阶段。它们运行起来噪音小、无污染、热效率高。

## 原子能

1942年12月2日，下午3点25分，在美国芝加哥大学斯特哥菲尔德体育场西看台下面的网球场里，由著名物理学家费米博士领导的科研小组，破天荒地实现了受控的原子核链式裂变反应。从此，地球人类进入了核能新时代。链式反应研究项目的提出者和协调人康普顿终于沉默不下去了，跑到电话机旁，小心翼翼地打了一个电话到华盛顿。

当时正是第二次世界大战期间，反法西斯战争已进入艰苦卓绝的阶段。以研制核弹（当时称原子弹）为直接目标的曼哈顿工程，就是爱因斯坦等著名科学家为了防止纳粹德国首先掌握核武器，而向美国总统罗斯福建议后，经政府批准实施的。



原子弹就是原子能的一种应用。原子能具有无与伦比的巨大能量，是一种高效能源。

原子弹的爆炸成功，标志着人们彻底打开了原子能这座壁垒森严的能源宝库大门，从此，原子能便在能源舞台上充分施展出它的才华。

实际上，原子能的开发，应该是自 1896 年居里夫妇从沥青中提炼出放射性元素镭之后，就开始踏上征途的。

由费米博士领导建立起来的这世界上第一座原子反应装置，是用大量的装着铀的空心石墨块“堆”起来的，因此人们便把它定名为“原子反应堆”，后来多称“核反应堆”。这个建在芝加哥大学斯特哥菲尔德体育场看台下的反应堆取得成功，证明了制造原子弹与和平利用原子能已不再是幻想，而是指日可待了。所以，人们通常把 1942 年 12 月 2 日作为人类步入了原子能时代的起始点。从此，原子核裂变能的利用以惊人的速度发展起来。

两年半以后，即 1945 年 7 月，原子弹研制成功。

1954 年，前苏联建成世界上第一座原子能发电站，发电能力为 5000 千瓦。同年，美国建造的第一艘核潜艇“鳐鱼”号下水。

1956 年，世界上第二座原子能发电站在英国运行，发电量为 9.2 万千瓦。

1958 年，美国建成的第一座真正工业规模的核电站，在宾夕法尼亚的西平波特开始运行。

秦山核电站是我国第一座自行设计和建造的核电站，它坐落在濒临杭州湾的秦山，距上海 130 千米，厂区一面临海，三面环山，并以人工围了 8 米高、1700 米长的保护坝。广东深圳大亚湾核电站是我国又一座核电站，安装两台 90 万千瓦的核电机组，1993 年 8 月，一台机组并网发电，预计全部建成后，年发电量可达 100 亿度。在 2000 年以前，我国还准备在东北、华东等地区建造几座中型核电站。

在能源家族中，继化石燃料——煤、石油、天然气之后，核燃料是人类利用的最重要的能源，也是最有开发前途的能源。原子核能的广泛利用，必将大大增强人类支配自然界的能力。

## 太阳能

人们认真地考虑利用太阳能的问题，严格说只是最近二三十年的事。一般认为，人类进一步（或者说，真正大规模地）利用太阳能，是以法国比利牛斯山巅的巨大的太阳炉为象征的。1973 年，法国国家科研中心在南部比利牛斯山上的奥德约山村，修建了世界上第一个最大的太阳炉。即使到今天，它依然是世界上最大的太阳炉。它的由 9000 块反射镜组成的、总面积达 2500 平方米、有 9 层楼那么高的聚光器，把安装在对面山上的 63 块巨型平面镜反射过来阳光，聚集到前面高塔上的炉子里，能够产生 3000 的高温，可以在 30 秒钟内把钢轨烧个洞。除了用它进行高温科学研究外，这座太阳炉每天还能生产两三吨氧化锆和氧化钽等耐火材料。从此以后，世界上许多国家都把研究太阳能的开发和利用作为重要的能源战略和政策。例如，1978 年美国总统卡特宣布，每年的 5 月 3 日为“太阳日”。这一天，美国的 450 个城市，乃至世界上 30 个国家一百几十个地区，成千上万的人聚集在庭院里、广场上和公园里，举办新奇的太阳日活动。美国的总统、比利时的国王、英国的议员、著名的科学家、演员、老人和儿童都一起来“参拜太阳”。画有太阳日

徽记的气球和风筝冉冉升空，随风起舞。人们坐在草地上，用太阳能煮咖啡、烤饼干。演员和孩子们表演着有关太阳能的节目。此外，美国国会还在太阳能研究所建立了太阳能情报资料中心；又成立了一家资金为 4 亿 5 千万美元的太阳能开发银行，专门资助各种机构开发太阳能。

日本政府 1974 年制订了名为“阳光计划”的太阳能应用开发计划。其中，把太阳能发电、太阳光发电、太阳能取暖与致冷系统、太阳能热水系统、民用和工业用太阳能系统等作为开发重点。该计划的执行，使日本跃入世界上开发利用太阳能的先进国家。目前，日本的太阳热发电站和太阳能电池等都已达到世界一流水平，特别是在研制单晶硅体材料的太阳光电池方面，居世界领先地位，并在 1989 年研制出了当时世界上转换效率最高的单晶硅太阳光电池。这种电池的转换效率高达 18.1%，而一般的在 15% 左右。1988 年初，日本的一位研究人员还提出了一个联合利用太阳能发电和超导输电技术的庞大计划。他设想，在全球布置好一些太阳能发电站，采用超导电缆把日本、美国、前苏联、西欧和中国等连接起来，再利用地球自转产生的时差，来满足全球对电力的大量需求。

除美国和日本等国家外，法国、澳大利亚、德国、荷兰、瑞典和希腊等国对开发利用太阳能也都比较积极，并取得了很好的成绩。国际标准化组织已在澳大利亚的悉尼市成立了一个着手制订太阳能工业国际标准的组织——太阳能技术委员会。澳大利亚科学院正在积极推行一项研究计划，以保证到 2000 年全国所需能源的 1/4 来自太阳能。瑞典也发表了雄心勃勃的“太阳瑞典”计划。

我国太阳能资源十分丰富，占世界第二位。太阳能年辐射总量超过 140 千卡/平方米（全年日照 2000 小时以上）的地区约占全国面积的 2/3。特别是华北、西北和青藏高原，干旱少雨，全年日照超过 2500 小时；西藏的日喀则和拉萨更是得“日”独厚，号称“日光城”。总之，我国利用太阳能的潜力很大，开发研究与实际应用近期业已起步，有许多工作等待我们，特别是少年儿童——新世纪的主人们去做。

利用太阳能有两种途径：光利用和热利用。

太阳辐射的光子能引起物质的物理和化学变化，光利用有三种主要形式：（1）光合技术。即生物转换，植物通过光合作用产生出有机物质，这些有机质作为燃料时，可以直接燃烧，也可以加工成沼气或乙醇等，我们将在下一部分“柴草木禾的重新开发——生物质能”中详述；（2）光化学技术，即把化合物分解，如把水分解成氢和氧，然后把氢作为燃料，这种方法目前的效率还很低；（3）光电技术，即用太阳能电池直接把太阳能转换成直流电能。光电技术为没有电网的边远地区提供电力开辟了道路。光电技术发展很快，硅太阳能电池板的转换效率从 5% 提高到将近 20%，太阳能电池从单晶硅发展到多晶硅和非晶硅，后两种虽然转换效率稍低，但成本大大下降，每峰瓦（在太阳能密度 1000W/平方米的情况下）的成本从 50 美元降到 5 美元以下。

太阳能的热利用也可以分为三种。（1）高温系统。用旋转抛物面反射镜组成盘状集热器，持续追踪太阳光，将热量集中起来，驱动热机发电。单机发电功率可达 25 千瓦。现已制成 3—5 万千瓦的太阳能汽轮发电机系统。（2）中温系统。用柱状抛物面反射镜把阳光集中在管状吸收器上，用来生产工业用蒸汽。（3）低温系统。在 100 度以下温度运行，主要用于建筑物采暖和制

冷以及供应热水。

## 太阳热水器

我国已有二三十年生产和应用太阳能热水器的历史。全国太阳能热水器的总使用面积已达二三百万平方米，其中绝大多数为居民生活用热水器。它们在节约常规能源，减少环境污染，改善人民环境卫生方面做出了贡献。

太阳能热水器的关键技术在于集热（集热器）和保温（贮热水箱）。供家庭使用的整体式热水器把集热器和贮热水箱合二为一，结构简单，容易安装，价格也较低。循环式系统的集热器和保温贮热水箱互相分开，可以用泵送或自然循环的方式运行。这样的集热器大多数采用平板型集热器供应热水，温度在 40—70 度的范围内。中国已经建立了平板型集热器热性能试验方法和产品技术条件的国家标准。近来，又与外国合作研制了新型的真空管式集热器，接近了世界先进水平。

## 太阳能干燥器

中国广大农村农产品的干燥都是靠露天晒，易受污染和气候影响。如麦收时节常有阵雨，使得小麦损失不少。80 年代以来，中国农村新能源开发的一项重要内容就是利用太阳能干燥器来干燥农副产品、食品、木材、中药材以及工业原料等等。这比用火烤安全并节约燃料，降低产品成本；比起露天晾晒卫生，减少了污染，提高产品质量；还可以提高生产效率。各地的太阳能干燥器种类不同，大致可归结为以下 5 种形式：温室型、集热器型、混合型、聚光型和整体式太阳能干燥器。

## 被动式太阳房

被动式太阳房是一种综合利用太阳能和保温隔热技术的新型节能建筑。被动式太阳房的推广对于节约常规能源、保护环境有重要的意义。被动式太阳房主要建在中国北方冬季需要采暖的地区，房屋种类不限，有学校、办公楼、商店、宾馆、饭店、医院、邮局和城乡住宅等，一般可以节能 60%—80%，投资比普通房屋增加 12%—40%，投资收回年限在 2.5—10 年间。到 90 年代初，我国约有 30 万平方米建筑面积的被动式太阳房，节约了大量采暖用的常规能源。

## 光伏技术

光伏技术是利用光生伏打效应的技术。光照在半导体 PN 结上，产生电子——空穴对，在 P 区和 N 区间产生电动势，在外部接上负载就可输出电能。太阳电池就是通过光伏效应把太阳辐射能转换成电能的器件。制造太阳电池可用硅或化合物半导体等。应用最广泛的是硅太阳电池。分为单晶硅太阳电池、多晶硅太阳电池和非晶硅太阳电池。其中单晶硅太阳电池充电转换效率最高，性能长期稳定，但成本高，非晶硅太阳电池价格便宜，能大面积使用，但需解决长期运行性能衰减的问题。

## 太阳能光化学转换

太阳光照射在半导体和电解液界面，发生化学反应，在电解液中产生电流，并使水电解直接产生氢，这就是光电化学电池中的太阳能光化学转换。

## 太阳能应用的远景

国际太阳能会议发表了一个题为“伟大的太阳能挑战”的报告。里面讲到，21 世纪应是太阳能世纪，只要把地球接收到的太阳能的 0.01% 加以利用，就可以满足全世界对能源的需求。一些专家估计，到 21 世纪中期全世界消耗的电力 20%—30% 将由太阳能电池供给。

科学家设想，太阳能电池可以做得很大，建在无人居住的沙漠或荒野上，也可以把太阳能电池板漂浮在海上。这虽然能大面积接收太阳光照，但仍受夜晚、季节和气候的限制。那么，能不能摆脱这些限制呢？有可能！让我们把太阳能电池板像人造卫星一样发射到大气层外面去！巨大的太阳能电池板怎么发射到那么高的同步轨道上去？可以先用航天飞机或大型运载火箭把预制部件送到低轨道上进行装配，再用离子推进装置把装配好的电站送到同步轨道。把太阳能电池发出的电送回地面也不容易，科学家想出的办法是把发出的电转换成微波束，发射到地面的接收装置，再转换成电能，通过电网送给用户。也可以在卫星轨道上装配一个巨大的反射镜，把太阳光直接反射到地面上的接收站，那么，这个地区将永远是白天。不知人们住在这样的地方能否习惯？

另一设想是建立太阳能——氢能系统。接收的太阳能一部分转换成电，更大部分用来制氢。产生的氢能，一部分用于当地夜间或电力高峰负荷时的需要，剩下的氢用管道输送到能源消费中心，然后将氢供民用、工业用或发电用。太阳能制氢的方法有多种，如用太阳能电池发电，再用电来分解水制氢；可聚焦太阳光，产生高温将水直接分解成氢或氧；用半导体悬浮体系的光催化，让太阳光直接分解水，即光催化反应；或应用生物工程方法，通过能利用太阳能藻类或其他植物、微生物进行生物制氢。

这样，我们在将来就有一种可能：不要发电厂和大电网，每家自己发电供自己用！白天，全家人上班、上学，房顶上的太阳能收集器接收了太阳能，自动制氢，再把制好的氢存储起来供人们晚上回来用。一般来说，整个白天接收的太阳能应够一个晚上用的了。如不够，还有像煤气罐一样的储氢罐（用储氢合金来储氢）和像煤气管道一样的输氢管道。汽车也可以用储氢罐取代油箱，储氢罐可像充电电池那样，一旦氢用尽，可自己接通输氢管来充氢。

## 风能

人类利用风能有着悠久的历史。中国、埃及、荷兰、西班牙等国都在很早就有了风车、风磨等利用风能的设备。唐·吉珂德大战风车的故事就很形象地描写了当时的风车之多：一起旋转起来就像一队张牙舞爪的巨人一样！

历史上，利用风力只在提水、磨面以及风帆助航等方面。到了 20 世纪，

特别是 70 年代石油危机之后，人们才把风力用来发电。到 90 年代初期，世界共有风力发电装置 10 万个以上，总发电能力超过了 250 万千瓦，目前正以每年 20 万千瓦的速度递增。

风能是太阳能的一种转换形式，地球接受的太阳辐射能大约有 20% 转化成风能。全球的风能总量如果有 1% 用来发电，就能满足全部能源消耗。

虽然风能是无穷尽的能源，但它的能量密度很小，不能持续稳定发电，这使得风力发电受到了限制。

## 我国风能资源

根据历年气象资料，我国在距地面 10 米高度处风能的分布情况是：东南沿海及其岛屿、青藏高原、西北、华北、新疆、内蒙古和东北部分地区为风力资源丰富的地区，平均风速大于 3 米/秒的天数在 200 天以上；甘肃、山东、苏北、皖北等地区年平均风速大于 3 米/秒的天数也在 150 天以上。初步估计我国风能资源的蕴藏量约 10 亿千瓦左右，有可能利用的约 10%，即 1 亿千瓦。风力是一种需要因地制宜加以利用的能源。只有在年平均风速较高而且稳定、远离电网并缺乏常规电源的地区，利用风能才是经济的。当前，一些偏远草原、岛屿的风力发电成本已与柴油发电相当。但大规模风力发电的成本仍高于燃煤电站，需要进一步降低成本。

## 风力发电

70 ~ 80 年代西方各国竞相研制大中型风力发电机组，希望风力发电能逐渐成为替代能源。但实际运行表明，兆瓦级大型风力发电机组的经济性不如 10 ~ 100 千瓦的中型机组成的风力发电机群。目前风力发电主要是中型风力发电机组成风力田向电网供电，电网不能达到的边远地区则使用中小型风力发电机供电。

50 年代以来我国开始研制现代风力发电机。80 年代，我国已有从 50 瓦到 250 千瓦的各种风力发电机；有百瓦级风力发电机 3 万余台在内蒙古、甘肃、青海、新疆等地运行，它们主要是与蓄电池配合，为牧民提供生活用电；还有 10 千瓦级风力发电机，可为牧区、岛屿、边防哨所、高山气象站以及偏僻地区提供生活和生产用电。

今后的努力方向是突破大型风力发电机制造技术上的障碍，提高风电供应的稳定性，延长风力发电机的寿命，降低风电成本。

## 地热能

地球所蕴藏的热能相当于全部煤炭储量所含热能的 1.7 亿倍，或相当于全部石油储量所含热能的 50 多亿倍。地热发电比风能、太阳能和核能都便宜，具有巨大的开发价值。

地热资源以其存在的形式可划分成 5 种类型：蒸汽型，一般是 150 度以上的过热蒸汽，杂有少量其他气体；热水型，分为高温（150 度以上），中温（90 ~ 150 度）和低温（90 度以下）热水；地压型，尚有待继续研究的一类地热资源，一般为地压水与碳氢化合物的混合物，所含能量包括机械能（压

力)、热能(高温)和化学能(天然气);干热岩型,地下存在的、没有水或蒸汽的、温度高且有开发价值的热岩石;熔岩型(岩浆型),指熔融状态或半熔融状态岩石中蕴藏的巨大能量,温度为 600~1500 度。当前应用的地热资源主要是蒸汽型和热水型。蒸汽型可用来发电,热水型可直接使用在供热采暖等多种用途上。其他三种地热资源的应用仍在研究之中。

## 我国地热能资源

世界 4 个主要地热带是环太平洋型地热带、大西洋中脊型地热带、红海—亚丁湾—东非裂谷型地热带和地中海—喜马拉雅缝合线型地热带。中国的地热资源,特别是高温地热资源主要集中在环太平洋地热带通过的台湾省和地中海—喜马拉雅地热带通过的西藏南部、云南、四川西部。作为中低温地热资源的温泉主要分布在福建、广东、湖南、湖北、山东、辽宁等省。中国各种地热资源总量约 320 万兆瓦,其中发电潜力估计为 1000 兆瓦以上。

开发地热资源最有希望的地方是西藏。西藏十分缺乏煤炭、石油等传统能源,水力资源虽然丰富,但开发条件十分恶劣,近期内很难大规模开发。但是,西藏却有着得天独厚的地热资源。在拉萨西北的羊八井已建成了我国目前装机容量最大的地热试验电站。其他地方有可能建成类似地热试验电站的还有二三十处。偏远的藏北和阿里地区地热资源也有很大潜力,有待于勘探开发。

此外,在我国台湾地区 1966 年就开始利用地热发电,1980 年在清水建立了一座利用高温热水发电的装置,装机容量为 3 兆瓦。

## 地热的其他应用

除了发电以外,地热资源还有着多种用途,如:

——工业利用。主要包括染织、烤胶、制革、烘干、造纸以及工业锅炉用水等,还可以用地热制冷、生产冰块和供冷库使用。

——地热温室。全国地热温室总面积在 90 年代初达到 120 万平方米,以北方地区较多,可在严寒的冬季为市场提供新鲜蔬菜。西藏羊八井地热电站利用发电过后的 80℃ 热水,建造了 5 万平方米的温室,改变了过去吃不到蔬菜的状况。地热温室还可以用于培育良种,育秧育苗,种植蘑菇等。

——地热养殖。中国地热养殖事业发展很快,养殖的动物有非洲鲫鱼、鳊鱼、四大家鱼、虾、甲鱼、蛇和蜗牛等,以福建最多,经济效益很好。

——地热采暖。地热采暖最大的用户在天津。天津地下深处(2000 米以下)有温度较高的热水,可为区域采暖提供热源,现总采面积达到将近 100 万平方米。其他地区也在开始进行地热采暖工程的建设。

——地热浴疗。这是最早开发利用地热的方式,也是发展最快的一种方式。全国已有 600 个地热浴池,200 个地热疗养院。一些地方的地热水像矿泉水一样,对风湿性关节炎、皮肤病、神经官能症等疾病有着一般药物难以取得的疗效。西藏的一些地方在地热泉上建起房屋,冬天,室外温度零下 50℃,从室内的热泉中却可以打出 50℃~60℃ 的热水。

——其他运用。地热资源还可以应用于孵化、灌溉、沼气池加热和提取化学元素等方面,如西藏的地热水中含硼、锂、铷、铯等,具有很大的综合

利用前景。

### 有待进一步解决的问题

地热能的开发会引起一些环境问题。地热水中常常含有一些有害物质，如较多的氟、硼、砷、汞以及重金属铬、镉等。其中还有些钙、镁离子，容易结垢。对于周围没有污水排放条件的地区，水化学污染成了开发地热的严重障碍，有待进一步解决。地热水抽取过多还会引起地面沉降，这样，就要采取回灌措施。要是把会引起污染的地热水灌回去岂不甚好？但要选择适合的回灌方案，不要因回灌了温度较低的水而使得生产井的水温降低。

在地热开发过程中，总会有些从地下出来的气体被排放到大气中。这些气体主要是水蒸气，但往往还有硫化氢和二氧化碳等。硫化氢有恶臭和对金属的腐蚀性。在开发地热田之前，必须设计安装处理硫化氢的装置。这些气体特别是地热蒸汽，从井口喷出时往往发出尖叫声，造成噪音污染，所以在井口要安装能抗腐蚀的消声器。地热水中往往有较多的钙离子等，容易结垢，必须注意除垢。

### 地热能应用的远景

干热岩体，简称干热岩，一般指的是地下深度在 5000 米以内，温度在 200℃ 以上，没有水或水蒸气的干燥高温岩体。由于缺乏天然工作流体（地热水），必须建立人工流体循环系统。这就需要至少打两个钻孔从地面到达干热岩体，一个灌进冷水，冷水被干热岩体加热成蒸汽或热水后从另一个钻孔喷出或抽出，这样就能发电或供热。使用过后的热流可再次灌进钻孔，循环使用。美国在新墨西哥州进行的试验已经取得了成功。

一般位于地下 100 公里深处地幔中的岩浆有时会上升到较浅的地方形成岩浆储能区，其温度高达 1000 度。可用物探法发现岩浆储能区，用不断进行冷却的钻头钻孔，然后用类似干热岩的方法得到蒸汽用来发电。据估计，可利用的岩浆储能比全部化石燃料还多。这样，人们平时只在火山爆发时才见得到的、毁灭性的、令人望而生畏的岩浆也能用来为人类提供无穷无尽的能源了。现代技术之奇妙，超过了过去人们的想象！

### 海洋能

海洋能是蕴藏在海洋中的可再生能源，包括潮汐能、波浪能、海流和潮流能、海洋温差能和海洋盐度差能。潮汐能和潮流能来自月球和太阳的引力作用，其他海洋能都来源于太阳辐射能。这五种海洋能在全球的可再生总量约为 788 亿千瓦，技术上可利用的能量为 64 亿千瓦。

目前只有潮汐发电技术和小型波浪发电技术开始进入实用阶段，其他几种仍在研究试验阶段。

海洋能的能量密度较小且不稳定，随时间变动大；海洋环境复杂，海洋能装置要有能抗风暴、抗海水腐蚀、抗海生生物附着的能力。现阶段，海洋能试验性发电的成本较高，尚不能与常规火电、水电竞争。但海洋能总量大，无污染，对生态环境影响小，是一种有开发潜力的可再生能源。

## 潮汐能

全世界可开发的潮汐能约 30 亿千瓦，是目前全球发电能力的 1.6 倍，每年最多能发电 2600 亿度。中国东南海岸与加拿大芬迪湾、英国塞文港湾、法国西北海岸和俄国鄂霍次克海这 5 个地方的潮汐能占了全世界可开发潮汐能的一半以上。目前世界最大的潮汐电站是法国朗斯潮汐电站，装机容量 24 万千瓦。英国计划中的塞文河口大型潮汐电站坝长 13 公里，装机容量 720 万千瓦，造价 80 亿美元。内侧方案可发电 129 亿千瓦时/年，发电成本 6.1 美分/千瓦时，外侧方案可发电 197 亿千瓦时/年，发电成本 7.1 美分/千瓦时，具有与核能发电竞争的能力。再进一步，横跨英吉利海峡筑坝建潮汐电站，装机容量可达 5000 万千瓦，造价约 320 亿美元。除了资金上的问题外，在技术上是可行的，没有施工上的难题。

中国潮汐能理论蕴藏量约 1.1 亿千瓦，年发电量为 2750 亿千瓦小时，可开发的潮汐能装机容量为 2157 万千瓦，年发电量为 619 亿千瓦小时，其中 80% 在福建、浙江两省（浙江占 61%，福建占 22%），此外广东占 5%、辽宁占 4%。福建、浙江能源短缺，有必要考虑建设潮汐电站。浙江钱塘江潮举世闻名，其江口潮差大，江宽水浅，有潮涌之害而无航运之利，而且两岸都是平原，缺乏淡水，如建设堤坝式潮汐电站，可采用半贯流式水轮机（“灯泡”贯流式水轮机）或全贯流式水轮机，装机约 472 万千瓦，年发电量 130 亿度，并且可在发电的同时挡潮蓄淡，促淤围垦，还可在堤坝上修路，解决两岸交通问题。这将是一项大工程，应当统筹规划，综合利用。

## 波浪能

波浪能是一种密度小、不稳定的能源。中国沿岸波浪能总功率约 0.7 ~ 1 亿千瓦，集中分布在浙江、福建、广东、海南和台湾 5 省。

将波浪能收集起来并转换成电能或其他形式能量的波能装置有设置在岸上的和漂浮在海里的两种。按能量传递形式分类有直接机械传动、低压水力传动、高压液压传动、气动传动 4 种。其中气动传动方式采用空气涡轮波力发电机，把波浪运动压缩空气产生的往复气流能量转换成电能，旋转件不与海水接触，能作高速旋转，因而发展较快。

波力发电装置五花八门，不拘一格，有点头鸭式、波面筏式、波力发电船式、环礁式、整流器式、海蚌式、软袋式、振荡水柱式、多共振振荡水柱式、波流式、摆式、结合防波堤的振荡水柱式、收缩水道式等十余种。我国研制的新型波力发电装置也曾打入国际市场。

近年来，挪威、日本和前苏联都建立了波浪发电站，英国与印度签定了合同，在印度建造世界最大的波浪发电站，发电能力 5000 千瓦。据挪威的实验，一条捕鱼船在被大西洋的波浪冲击条件下从波浪吸收的能量等于船上的发动机所提供的能量。如果这项技术能够普及和提高，那么航行在大海上的船就可以不用带燃料了！

## 海流能和潮流能



海洋中部分海水以一定的速度，向着一定方向流动所具有的动能叫做海流能。比较稳定的海流能可用来发电。著名的海流能有墨西哥湾暖流能等。

潮流能是海水产生周期性往复运动时所具有的能量，主要集中在某些狭窄的海峡或海湾。海流和潮流发电装置类似，可统称为海流发电。

### 海洋温差能和海洋盐度差能

在海洋深处（1000 米左右）温度经常保持在 4℃，而热带海洋表面可高达二十几度，海洋表层与深层存在约 20 度的温差。这一海洋温差蕴藏的能量全球可开发量约 100 亿千瓦，在各种海洋能中居首位。

我国海洋温差资源集中在南海和台湾东岸的太平洋热带海域。

利用海洋温差发电的技术叫做海洋热能转换。根据热循环系统所用工质及流程不同可分为闭式循环海洋热能转换和开式循环海洋热能转换，以及混合循环三种类型。无论哪一种实验装置现在的效率都较低，只有 2.5% 左右。此外，还有雾滴提升循环、全流循环、热电效应等转换方式。海洋热能电站可分为陆基电站和海基（漂浮）电站。

在江河入海口淡水和海水之间，或者盐分浓度不同的海水之间，由于所含盐分不同，在界面上产生了巨大的能量。在界面上安置半透膜，将这一能量以渗透压的形式表示出来时，称作盐度差能。海洋盐度差能的利用还未到实用阶段。

### 柴草禾木的重新开发——生物质能

几千年来，我们的祖先一直燃烧稻草、木材等植物来做饭取暖。只是到了 17 世纪后期，发现了化石燃料——煤、石油和天然气等以后，稻草、木材等植物能源，逐渐退居次要地位了。尽管如此，目前世界上一些经济不发达的地方，仍在用它们做燃料，约占全世界能源供应中的 15%。

农民为了种植新鲜蔬菜，常在菜田的周围打木桩，然后用塑料膜或玻璃覆盖在上面搭成温室，或叫暖房。透明的房顶可以让太阳光辐射进来，里面的热量却不容易散失出去。

我们居住的地球周围有一层大气层，它让阳光透入地表加温，而地表散发的热量，一部分被封锁在大气层里，使地球变得温暖。如果没有大气层，地球就会像月亮那样变成寒冷荒凉的世界。可是，近几十年来，人类不注意保护大气层，大量燃烧煤和石油，放出许多二氧化碳，使得大气层二氧化碳的含量越来越高，像我们冬天洗澡时用的浴罩一样，过量的二氧化碳把地球罩了起来，使得地表吸收更多的热，温度越来越高。这种现象，科学家把它叫做温室效应。温室效应对农业生产、气候及资源分布产生了很大的影响。如果人类再不采取措施，任其发展，会使冰山融化，海平面上升，海水淹没大陆，造成无法估量的灾难。

要减轻温室效应，最好的办法是大量减少使用化石燃料，寻找不产生或少产生二氧化碳的燃料。于是，科学家们重新打起稻草、树木等植物的主意了。稻草、木材等植物在燃料时释放的二氧化碳，与它们在生长过程中消耗的二氧化碳大致相等，这样可以维持大气中二氧化碳的含量稳定，避免产生温室效应。植物含有的能量也非常巨大，如稻草，每 3000 克燃烧发出的热量

相当于燃烧 1 升石油发出的热量。

随着科学技术的发展，人类对能量的需求逐年增加，近 10 年来，世界各国尤其是一些发达国家，对能够用作能源的各类植物进行了大规模的研究。庄稼收割后，留在地里的稻茬、麦茬有两种用途，一是埋入土里当肥料，二是把它们挖出来作燃料，经过比较用作燃料更合算。

伐木场运出树木后，还有大量枯枝、残叶，过去往往是付之一炬，现在要充分利用它们。把它们压碎，运到工厂当燃料，尽管运输时没有煤来得容易，但木头的含硫量只有煤的 1/10，对环境污染要小得多。

养鸡场、畜牧场大量的粪便，经过细菌的分解，可以产生沼气。沼气可以用来煮饭、烧菜、烧水，还可以用来开动卡车、拖拉机、发电机。分解后的残留物质可以当肥料。蒸馏淀粉及含糖量比较高的植物，如小麦、玉米、糖浆、甘蔗、木薯等，它们先转化为葡萄糖，再经过发酵成为酒精。酒精和汽油混合，可以开动汽车、拖拉机和各种内燃机车。纯酒精也可以代替汽油使用。燃烧酒精比燃烧汽油干净，它的生成物是二氧化碳和水，没有污染环境的二氧化硫。

现在有一种新兴的种植业叫能量种植业。它选择生长迅速、含能量高的植物，如桉树、橡胶树、油棕榈、向日葵、油菜、大豆、椰子等，提取它们的植物油，这种油不但可以成为柴油的代用品，而且性能比柴油更好。

海洋里大量生长着一种叫做海藻的植物。海藻生长非常快，每天至少可长 0.6 米，收割后不需要重新种植又会生长，其中有一种叫做葡萄藻的淡水藻，它的含油量高达 85%。

将来，越来越多的能量是可以“种”出来的。

## 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，也可以使它与水蒸气反应，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。39 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能（也就是核聚变能）。水力发电之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，其他的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，因为核聚变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，受控核聚变的关键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：首先是发电效率提高了 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，把融化的雪水通过管道，对大楼降温。日本的一农业试验场，把雪堆在贮藏蔬菜、谷物的库房周围，使库房的温度保持在零摄氏度左右，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很低的液体化学物质，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，再经过凝缩器，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、高效燃料，非常受欢迎。

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，他在水箱里的水面下，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。

你又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，不要放过任何蛛丝马迹。

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，曾破天荒地做了一个实验，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，使其中两种金属互相接触，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，就好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，它同水一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”，在水中试验潜艇下潜深度。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繁急促。“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，潜艇主机车停车。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、发电等。

## 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。它经常被雷雨中炫目的闪光充电。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%，从而节约了大量的能源。

磁流体发电同火力发电相比，除了热效率高外，还有很多优点。它的发

电机结构紧凑，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。

## “ 超导 ” 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没在里面。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天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。

### 精打细算话节能

当今世界，人们一方面感到能源紧张，另一方面却又在“耗油如水”，浪费能源的现象比比皆是。近几十年来，人们虽然已经注意节能，但还远远不够。在节能方面，蛇倒是冠军。

让我们先来看一些实验结果吧。把刚寻来的小蝮蛇关起来，不给食也不给水，它能饿 107 天；若只给水，它能坚持 392 天。在日本，一个实验室内关着两条眼镜蛇，在只给水的情况下，饿了 3 年零 2 个月还安然无恙。巴黎动物园的一条蟒蛇连续饿了 4 年零 1 个月，依然还活着。可见，蛇减少能量消耗的本领是多么高超呵！而且，这种本领与其体重成正比，体重越大，减少能量消耗的本领越强。蛇为什么具有这种超常的节能本领呢？首先，它能充分利用能源。它从得到的能源中吸收能量的效率是非常高的。以蝮蛇为例，它吃进一只小动物，几天之后，体重就净增加了小动物体重的  $\frac{1}{3}$  左右。其次，它又能充分节能。为了节能，它实行冬眠制。比如安徽的红点锦蛇，历时 5 个多月的冬眠后，其体重只减少了 2%。此外，它的体温是可变的，这就又省却了为调节体温而消耗的能量。为什么给水后它就能更好的节能呢？因为，水是运送能量，完成新陈代谢必不可少的“润滑剂”。若不给水，它就只能从“库存”的蛋白质等特质中“挤”出水来使用。我们能不能从仿生

学的角度，在能源技术领域发挥聪明才智，研究出一些更科学更有效的节能之术呢？能或否，有的答案在现在的科学家的头脑里，有的却可能在你们——可爱的读者，21 世纪的科学家手里。

目前，人们普遍把节能看做是与石油、天然气、煤炭和核能并列的第五大能源。世界各国都已把节能作为重要国策，正在积极研究和开发节能新技术。

提到节能，人们首先会想到在工业、农业、交通运输、商业和日常生活中节约用电和节约用油等。是的，这里面也确实大有文章可做。在 1973 年的能源危机中，许多国家这样做了，也的确取得了很大的成绩。然而，必须指出，节能并不是强迫忍耐、缩减需求，降低正常的生产和生活水平，而是依靠技术开发，减少能量损失，提高能源利用率。也就是说，节能技术的实质和核心是不断提高能源的利用效率。有人作过估算，“如果美国打算认真致力于节能，就有可能比现在少消耗 30% ~ 40% 的能量，而且依然能享受同样的、甚至更高标准的生活内容。”

事实也告诉我们，要想大量节能，实现真正有效的节能，也必须在提高能量转换效率上找出路。目前，燃料能源的浪费最大。目前能量的使用通常是将燃料的热能先转换成机械能，再变为电能。可是热机把热转换成机械能的效率非常低，虽然不断改进和提高，所获热能仍然只有 25% ~ 30%，大部分热能都因散失而白白浪费掉了。从热力学上分析，热机效率不可能提高到 50% 以上。所以，必须开发能量转换新技术。从迄今为止已研究出来的成果看，有希望取代热机的新技术是磁流体发电和燃料电池。磁流体发电的热电转换效率可达 55% 以上，燃料电池的化学能转换成电能的效率则高达 75% 以上。

煤炭的气化和液化是通过革新燃烧技术提高能源利用效率的另一个有效途径。煤直接燃烧缺点很多。首先是燃烧不完全，热能利用率低；其次是体积大、笨重，运输、储存、加工和使用都很不方便，在我国，煤炭的运输量就占去了大约 60% 的运输力；此外，煤直接燃烧，还会造成大面积的环境污染，因为煤在燃烧过程中有大量的二氧化碳和二氧化硫等有害气体逸出。大气中的二氧化碳浓度增加会使地球温度升高；二氧化碳会形成酸雨降落到地面，使湖泊里的水生物死亡，甚至绝迹，以及使土质恶化，农作物显著减产。如果把煤炭变成气体或液体就能较好地解决这些问题。

怎样才能把煤炭变成气体或液体呢？现在人们已经研究出了很多方法。其中，最常用的工艺是：先将煤块粉碎成极细的粉末，然后放入气化炉中，通入蒸汽和氧气，加热到 1100℃，产生出氢和一氧化碳的混合物，叫做“合成气”。这样的合成气用起来跟天然气一样。合成气还可以进一步与催化剂一起放入反应器中进行化学反应，变成液态的碳氢化合物，如酒精、汽油、柴油和润滑油等。

其实，早在第二次世界大战期间，纳粹德国迫于运油困难，就开发出了用煤炭合成汽油的技术，并建有 9 个煤制合成油工厂。战后，因无法与廉价的石油竞争，工厂遂全部关闭停产了。南非富产煤炭而无石油资源，在其特殊的政治和资源条件下，于 50 年代初就建成了一个小型合成油工厂。1981 和 1982 年相继建成两个大型煤制合成油工厂，其规模相同，各产出发动机燃料 150 万吨。

煤炭气化和液化的另一种方法是“氢化分解法”——应用空间时代的火



箭技术，将碎成粉状的煤与高温氢气混合，在高压条件下产生高质量的无污染的气态或液态的碳氢化合物。

有了这些气化和液化技术，别说燃烧值很低的油页岩，就连极不易燃的煤矸(g n)石也可变为优质燃料了。可是，上述煤的气化和液化方法都涉及化学加工过程，需要破坏和重新调整煤的分子结构。这种过程，工艺比较复杂，投资大，成本高，特别是液化，暂时还不具备大量建厂投产的条件。能不能不对煤开肠剖肚，重新组构，即不让它改变化学成分，不发生“脱胎换骨”的变化，而只进行改变其形态的物理加工，就做成液态燃料呢？能！瑞典的科学家首先回答了这个问题。1973年，他们研究出了一种比上述气化液化技术要方便得多、也经济得多的制煤浆技术。他们先把煤块研磨成直径90微米以下的极细微粒，然后通过浮选除去灰份和有害杂质，再把它们同水混合到一起，水与煤的比例可达25~75。最后加进一种叫做表面活性剂的特殊添加剂，就制成了一种廉价而清洁的、胶体状的代油燃料——煤浆。它可以用作工业和铁路机车的锅炉燃料、水泥窑燃料、冶金加热炉燃料、合成氨造气原料，以及船用柴油机燃料等等。

余热利用技术、综合发电、高效大容量输电技术，以及将微计算机引入能源管理系统等，也是能源技术中近期蓬勃发展起来的、很有效的节流之术，并且已经取得了相当可观的实效。

能量守恒和转换定律告诉我们，在任何与周围隔绝的物质系统（称作孤立系统或封闭系统）中，不论发生什么变化，能量的形态可能发生转换，但能量的总和却永恒不变。非封闭系统能与外界发生能量交换，因而它的能量会有改变，但它增加（或减少）的能量值一定等于外界减少（或增加）的能量值。所以，从总体上来看，其能量之和仍然是恒定不变的。可见，能量既不能创生，也不能消灭，只能在各部分物质之间传递，或者由一种形态转换成另一种形态。因此，某一装置、过程或系统所用的全部能量在完成某种功能后，剩余的能量最终总表现为热能。可惜，这些热能绝大部分被当作废热给排放掉了，或者作为余热任其自然散失。譬如，刚刚炼出的赤热的焦炭，温度高达1000℃左右；工业用炉体的温度有700~900℃；高温废气大都在150℃以上，甚至有的高达七八百度；还有废热水，温度高的为60~90℃，低的也有30~60℃。这些都是宝贵的能源，应该、也能够加以利用。比如，综合发电就是利用高温废气和高温废水，提高能源利用效率的好办法。70年代以来，日本在节能上狠下功夫，取得了很大进展：1979年制订的规划中要求，节能率1985年为10%，1990年为14.8%，1995年为17.1%；实际上，到80年代后期，日本的总体能耗水平，按单位产值能耗计，几乎降低20%。1978年，日本政府制定的节能计划——“月光计划”，就以大型节能技术为重点，其中又以余热利用为首选项目。从日本人的节能实践活动效果看，其能耗的降低，很大一部分是由余热的利用带来的。由此可见余热利用在提高能源利用效率中的重要作用。

随着现代科学技术的高度发展，新型电力电缆和新型输电方式将产生明显的经济效益和节能效果。电力电缆主要采用油浸电缆和聚乙烯电缆。现在已研制成功的油浸电缆可耐压500千伏，聚乙烯电缆可耐压275千伏。今后将采用管线充气输电电缆、极低温电阻电缆及超导电缆进行100万千伏以上的大容量输电。日本电子技术综合研究所正在研制浸渍液氮聚合物绝缘超导电缆。目前，直流输电技术也已试验成功。由于在直流电系统中，电流的大

小和方向不像交流电那样随着时间作周期性变化，而是恒定不变的，不存在长距离交流输电时产生的不稳定性问题。所以，直流输电系统不仅输电线单价低、稳定性好，而且直流电缆系统不必充电，因而不需要充电电流补偿装置。但是，现有电力系统均采用交流发电机和交流电，要进行直流输电，就必需配置把交流电转换成直流电的电流变换装置。尽管变电装置成本较高，但在其他方面采用新技术可以降低总成本，所以，直流输电的经济效益仍很可观。现在，直流系统已能用于远距离输电。新型交流输电方式有 6 相输电（我们通常所用的电，大都是三相交流电，它是由三相交流发电机产生的。这种发电机有三个绕组，每一个绕组称为一“相”，发电时三个绕组的电动势变化频率相同，但相位各差  $120^\circ$ ），各相相位差为  $60^\circ$ 。依次类推，还有 9 相、12 相等输电方式。美国能源部正在积极研究 6 相输电技术，已建成 80 千伏试验输电线。日本东京大学和关西电力公司也正在研究 6 相输电。6 相输电的优点是，减少输电线体积和用地，节省输电费用。此外还有，用低于 50 赫频率的低频输电、用 60 赫以上频率的高频输电、交直流重迭输电、隧道充电绝缘输电、波导管输电、光电输电等方式。

微计算机用于能源管理系统不但是自动化技术发展的必然趋势，也是提高能源利用效率、大量节能的有效途径。由传感器、接口、转换器、仪器和微计算机等互相配合组成的监控系统用于能源管理后，锅炉可节约能源 5% ~ 20%，电动机可节电 10% ~ 60%（例如，1 ~ 20 马力变速电机节电 17% ~ 30%，成本降低 50%），水泵可节能 30%，内燃机节油 10% ~ 40%，而经济效益则由于产品品质和量的上升而成倍增长。

## 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（p）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旗帜出现在地平线上。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光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厦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、氦和氘，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氦和氘。

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了廉价的可再生燃料。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。

