

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

现代科学技术博览丛书

继承普罗米修斯的伟业

能源技术

 **eBOOK**
网络图书 电子图书

序 言

朱光亚

1995年5月6日中共中央、国务院作出《关于加速科学技术进步的决定》，提出“科教兴国”战略。在5月26日召开的全国科技大会上，江泽民同志指出：“实施科教兴国的战略，关键是人才”。而培养人才，关键又在教师。为此，国家教委和中国科协决定在全国师范院校实施“园丁科技教育行动”。“园丁科技教育行动”旨在向师范院校学生传播科技知识、科学思想和科学方法，引导他们树立科技意识，学会科学思维，培养他们的科技制作能力、发明创造能力和进行科技启蒙教育的能力。实施“园丁科技教育行动”，对于培养跨世纪的合格师资，提高未来教师的科技文化素质，教育亿万青少年爱科学、学科学、讲科学、用科学，抵制愚昧迷信，提高全民族的科学文化素质，具有重要的战略意义。

“园丁科技教育行动”的一项配合措施是，组织部分科学家、科技工作者编写有关介绍现代科学技术知识的丛书，供师范院校的学生课外阅读。现在，经过不到一年的努力，这套由中国科学院院士和中国工程院院士担任各册主编、由科技工作者或科普工作者编写的“现代科学技术博览丛书”，终于同大家见面了。

现代科学技术是一个外延很广的概念，要在这几本小册子里把所有的内容全部包括进去是不可能的。这套丛书，由王淦昌同志主编的《永无止境的探索自然科学基本问题》选择了自然科学基础性研究方面的部分内容；按我国1986年制定的《高技术研究发展计划纲要》（即“863”计划）的基本思路，选择了一些得到世界各国公认并将列入21世纪重点研究开发的高新技术领域，即谈家桢同志主编的《向上帝挑战生物技术》、张效祥同志主编的《大步跨越时空信息技术》、庄逢甘同志主编的《摆脱地球的羁绊空间技术》、严东生同志主编的《在大自然的馈赠之外材料技术》、朱亚杰同志主编的《继承普罗米修斯的伟业能源技术》、曾呈奎同志主编的《向蔚蓝的世界进军海洋技术》；此外，还有钱易同志主编的《爱护我们的“地球村”环境保护技术》，介绍了环境保护技术方面的内容，具有一定的基础性和代表性，因此，称这套丛书为“博览”，恐不为过。

这套丛书是面对中等师范学校的学生的。我们知道，他们毕业后将走上小学教师的工作岗位，担负起培养祖国下一代的光荣任务。从这点上看，向他们普及现代科技知识，意义是非常深远的。为了做好这件工作，丛书的编写者们尽了很大的努力，尽量采用了一些深入浅出的叙述方法和一些生动活泼的表现形式，以让读者不但能较容易地接受有关的现代科技知识，而且在将来工作时能把这些知识讲给更多的孩子们听。

自1995年12月《中共中央国务院关于加速科学技术普及工作的若干意见》发表和1996年2月召开全国科普工作会议以来，我国的科普工作掀起了一股热潮。我国的科技工作者有责任把科普搞好。钱学森同志曾经倡导，博士研究生在准备博士论文时，应该准备两篇文章，一篇是专业论文，是供论文答辩用的；另一篇就是对自己工作的通俗介绍，要能让外行看得懂。希望这个倡导今后能逐步实现。怎样把我国的科普工作提高到一个新的水平，是摆在我们面前的一个课题，还望科技界同志们不断努力。

1996年8月9日

叩开能源之门

火——人类文明的碑刻

是谁为人类取来了火种？是普罗米修斯？还是燧人氏？古希腊人认为是普罗米修斯，所以他们在希腊神话中塑造了天神普罗米修斯的形象，普罗米修斯为人类从天庭里偷来了火种，受到众神之王宙斯的严厉惩罚。古代中国人则认为是燧人氏，在传说中，燧人氏偶然看到有鸟在啄树木，竟然啄出了火花，于是得到启发，发明了钻木取火的方法。

谁最早利用火

其实，为人类取来火种的既不是普罗米修斯，也不是燧人氏，而正是人类自己。

在亚洲，使用火的历史可追溯到 170 万年以前，元谋人生活的年代。元谋是我国云南省的一个县。1965 年 5 月，我国考古工作者在那儿发现了早期猿人化石，“元谋人”因此得名。考古学家在元谋人遗址的地层中发现了大量的炭屑，这些炭屑大多掺杂在粘土和粉砂质粘土中。据古生物学家贾兰坡先生描述，元谋人并非是初学的用火者，他们很可能已经懂得如何造火和保存火种。

元谋位于北纬 25° 以南的亚热带区域，远在第四纪初（距今约 200 万年），该地区的中西部是很大的湖泊。典型的亚热带大陆性气候孕育了这里繁茂的森林丛地。在森林中生活着许多热带动物，同时也生活着用火的元谋人。从当时地理环境来看，元谋地区缺少一个长期发生自然火的条件。既然缺少这个条件，那么，作为古人类初始阶段的元谋人，是怎样学会用火的呢？对此，人们普遍感到困惑。从种种迹象看，元谋人很可能是一支更早的学会用火的祖先所延续下来的后裔。

在欧洲，最古老的用火遗址的年代距今 100 万年。遗址是法国东南部马赛附近的一个叫埃斯卡尔的山洞，洞里有木炭，烧石和灰烬，地面上还有五处直径 90 厘米的红烧土。

在非洲，虽然有大量的古人类化石，但较少发现有早期的用火证据。已知的几处用火遗址时间上都比亚洲的晚。值得注意的是，在那里有着长期发生自然火的特殊环境，这就为非洲可能是人类用火的发源地提供了证据。

火！使人脱离了茹毛饮血

火，是原始人类征服自然、推动历史前进的武器。

然而，火，这个神奇而不可思议的自然力，曾经一度令我们的祖先望而生畏。

自然界里何处没有火的生成？火山爆发、熔岩四溢，犹如一条条火龙，直流奔泻，吞噬着它所触及的一切。雷电触发森林火灾。腐叶、煤层的自燃酿成燎原烈火。山石崩塌时，石块碰撞产生的火花也经常引起熊熊大火……在一片浓烟弥漫之中。火舌翻滚，野兽四处逃窜，生气蓬勃的密林，顷刻间化为一片焦土。面对这令人恐怖的、似乎拥有无限魔力的怪物，我们的祖先

不知所措、惊恐万状。

但是，勇于探索的人类祖先，在与自然的斗争中成长，经过漫长岁月的摸索和实践，终于征服和掌握了火。

人是怎样征服火的？这是一个迄今尚未完全搞清楚的课题。

原始人天生的好奇心和探索欲，战胜了恐惧和胆怯，使他们偶尔来到洗劫后的火场。烧焦的野物发出阵阵的香味，刺激了他们的食欲，纵然滋滋作响的烧肉，烫痛了他们的手指，然而那美味享受却使他们久久不想离去。

熟食增强了人的体质，为身体发育，特别是脑髓的发育提供了更多的营养；熟食也使咀嚼机能减退，于是牙齿变小，颌部短缩，面貌变得愈来愈像现代人。

无数次地摸索、试验、积累，人类的祖先们掌握了火。于是，火将严寒判处了“死刑”；火给洞穴驱散了潮湿；火“通牒”野兽远离人群，宣布部落为安全场所。人类茹毛饮血的生活方式，因烧烤食物而成为历史。安居乐业的生活，因刀耕火种而降临人间。

明亮的铁器，铸进火的功能

火本身就是劳动工具和武器。它不仅可以用来围猎，还用来加工其他的工具和武器。例如，木矛的尖部，经过火烧之后再冷却，会变得坚硬；人们将石块先用火烧再用冷水泼，会使它们崩裂成便于制作各种石器之用的碎石片；人们曾用火烧焦树干，然后用石斧刨空它，制造出独木舟。有了独木舟和渔网，人们的生产领域扩展到了广大水域。

人类过去用石头、骨头制造工具，只是把原有材料改变形式而已。而烧制陶器却改变了制陶器的原料——粘土的性质，创造出了自然界里从未有过的新材料。陶器的发明为人类提供了盛水、煮食的条件，把熟食的水平推向一个新的高度。

随着原始制陶业的发展，人们认识到陶器质量跟火候大有关系，由此发明了陶窑。陶窑将人类用火的本领提高到了一个新的水平。而改进了的陶窑能获得更高的炉温，终于导致了金属的冶炼，出现了金属工具。以后在金属冶炼业的进一步发展中，人们发明了铁器，从而有力地促进了社会生产力的发展，开创了人类历史的新纪元。

获取火种

在火柴发明以前，人们主要靠摩擦取火，摩擦两块木片，或者撞击燧石或铁矿石，打出火星。也有用一些特殊取火工具的，其原理也是摩擦生火，如火钻、火泵。后者比较复杂，先用毛竹或动物角做成一个圆筒，再用活塞反复压缩筒内的空气，使空气加热，最终点燃圆筒底部的引火物。

火柴的诞生和发展，方便了取火的工作。

火柴的诞生，首先得归功于17世纪的德国炼金术士勃兰特。1669年，勃兰特虽炼金不成，却意外地发现了易燃物质——磷。之后，他以高价将磷的秘密卖给了另一个德国人克拉夫特。1677年，克拉夫特来到英国，向英王查理二世炫耀这种新奇的易燃物质。磷在英国出现后，立即引起化学家波义

耳的注意，他认为易燃的磷是引火的好材料。1677年，他成功了。他在木质细棒的一端粘上了硫黄颗粒，在粗糙的纸上涂上了磷，取火时只要把细木棒在涂有磷的纸上擦划一下，木棒就被点燃。这便是世界上最早的火柴。

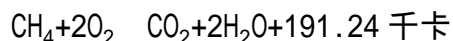
何时真正了解火

燃烧，对我们来说是太熟悉了。然而，具有讽刺意味的是，时至今日，我们对燃烧的本质并不完全清楚。

火的利用和人类进化密切相关。到了现代，燃烧反应与人类关系更加密切。车、船、飞机、火箭离不开燃烧；炼钢、发电离不开燃烧……

1777年，法国拉瓦锡初步揭开了燃烧的面纱，他认为燃烧的实质是：燃料+氧 灰烬+热量。

1869年，法拉第发现了燃烧的化学变化，例如甲烷的燃烧用式子表示出来是：



然而，燃烧的化学过程是极其复杂的。就拿简单的甲烷燃烧来看，现代研究表明甲烷和氧碰撞会先分解成甲基（ CH_3 ），但甲基相当稳定。当两个甲基再碰撞生成两个碳的中间化合物（如 C_2H_2 或 C_2H_4 ）以后，才燃烧得快，这是什么道理，现在还不清楚。

从态化学（这是近10年来出现的前沿科学之一）的观点看，燃烧过程中的气体分子和原子运动是无规则的。然而，人们知道，激光光束的光子运动都是非常有序的。于是有人设想，如果人们把燃烧过程中原子分子无规则的热运动，大部分或一部分变成能像激光那样定向的平动的话，则火箭的速度可以从现在最高的第三宇宙速度即每秒16千米，提高几十、几千甚至上万个数量级，向准光速的速度逼近。那时，不仅可以大大节省燃料，而且可以使交通工具的速度快得惊人。

当一个现代的“普罗米修斯”

大约在200万年以前，原始的人类还处于愚昧的状态。因为没有火，他们无法取暖；因为没有火，他们只能吃生物、喝鲜血，过着茹毛饮血的生活。

可是有一天，人们发现了火，发现用火可以取暖，用火可以把食物烤熟。并且，用火烤熟的食物特别香，特别可口。从那一天开始，人类懂得了利用火，懂得了用火可以点燃柴草，燃烧煤，燃烧石油，燃烧天然气……

可以这么说，火是创造人类文明的碑刻，火使得人类叩开了能源世界的大门。

今天，人们已经没有必要再来考证究竟是谁替原始人类带来了火，因为无论是普罗米修斯还是燧人氏，他们只是最早发现火和掌握取火方法先行者的代名词。

为了更好地建设我们这个美好的地球，为了更多地替我们的子孙后代留下可供开发的资源，我们必须从现在起就要好好地研究能源，开发能源，当一个现代的“普罗米修斯”。

最早的安全火柴

1845 年，奥地利化学家斯格罗托发现了红磷。红磷无毒，而且不会在空气中自燃。

1855 年，一位瑞典人将红磷和木柴做成了一种新型的火柴，这种火柴的引火材料一部分在火柴梗上，另一部分则在火柴盒的砂纸上，这便是世界上最早的安全火柴。

名词解释

一次能源：指人类可以直接利用的能源，如煤炭、石油等。

二次能源：指人类不能直接获得的能源。要获得二次能源，必须首先具备产生该能源的其他能源。如电能是二次能源，要得到电能，必须首先具备产生电能的一次能源（如煤炭、石油等）。

可再生能源：针对不可再生能源（如天然气、煤炭、石油等）而言，如风能是可再生能源，可反复利用。

新能源：新相对旧而言。如将薪炭、煤、石油等归入旧能源，那么新近开发的能源就叫新能源。氢能是一种新能源。

取之不尽的能源

插上翅膀的风

风是看不见的。但当海上波涛汹涌，田里麦浪滚滚，深山林海怒吼，广场旌旗飘扬，地面树叶飞舞的时候，你一定会感受到风的存在。

风是怎样吹起来的

空气的流动形成了风。产生风的源泉是太阳，地球的各处受到太阳照射，因受热情况各不相同，温度差异很大，这种温度的差异进而产生了大气压差。

空气和水一样，都是流体。水总是由高处流向低处；空气则总是从气压高的地方向气压低的地方流动。风向什么地方吹？为什么有时候刮起来特别迅猛有劲？而有时却又懒散无力，甚至销声匿迹呢？这完全由气压高低、气温冷暖等因素综合决定的。

当地面受到太阳照射，温度增高后，空气因体积膨胀向上升高，气压降低。别处气压高、温度低的冷空气就会流过来补充。冷空气受热后，又会上升。空气如此这般不断流动，就产生了风。气压差值越大，空气流动越快，风也就越大。例如冬季北方强大的冷空气南下时，夏季在台风中心附近，单位距离内存在很大的气压差，因此，风力特别强大。

风力的测定

风力大小用什么测定呢？一种是用目测，另一种是用仪器测。

目测就是用眼睛估计。这种方法我们的祖先早就会使用了。远在 1200 多年前的唐代，那时水运和造船业都很发达，船舶不仅在江河里往来不绝，而且还远航到印度洋和波斯湾。我们的祖先在航运时经常注意风力大小，根据树木受风后的不同形态和破坏程度，将风力分为：动叶、鸣条、摇枝、堕叶、折小枝、折大枝、折木飞砂石、拔大树等 8 个等级。这比英国人蒲福在 1805 年所定的风力等级要早 1100 多年哩。现在国际上使用的 0~12 级的风力等级表，就是在前人的基础上，经过多次修改而形成的。

插上翅膀的能源

喜怒无常的风，撒起野来不得了，轻则飞砂走石、推波逐浪，重则拔树倒屋，倾船覆舟。其实，平时风却在给人类做着好事：诸如耕云插雨，调节气温、传播花粉、鼓帆行船、吹动风车等等。风蕴藏着极大的能量，地球表面风的能量，估计为 1.3 万亿千瓦/年，其中可利用的风能约有 200 亿千瓦，中国有可利用的风能约为 1.6~2.53 亿千瓦 相当于 1992 年全国发电总装机容量的 1.5 倍，平均风能密度为 100 瓦/平方米。

“风能库”

有人把我国浙江舟山地区称作“风能库”是有道理的。例如那里的嵊泗列岛，冬季平均风速为 7.7 米/秒，年均风速为 7.3 米/秒，全年刮风速为 3 ~ 20 米/秒的有效风的时间有 7846.7 小时，占全年总时数的 89.6%，故该地区定为全国风能一级区。舟山群岛风能总储量为 462 万千瓦，如能开发利用 10%，也有 46.2 万千瓦，为舟山市 1994 年实际需电装机容量（8.8 万千瓦）的 5 倍。

一帆风顺

唐朝大诗人李白在《行路难》这首诗里写道：“长风破浪会有时，直挂云帆济沧海”。那破浪帆船，用的是什么动力？原来，是免费的取之不尽的风力。

《八十天环游地球》

100 多年前，法国著名科学幻想大师儒勒·凡尔纳浪漫而奇险的游记小说《八十天环游地球》曾经轰动世界。1993 年 4 月 20 日，以布津诺·佩隆为首的 5 名法国航海家，终于将凡尔纳的幻想变成现实。他们驾驶“探险司令”号双体机帆船（装有动力推进设备的帆船）环绕地球一周，历时 79 天 6 小时 16 分，创下了人类驾驶机帆船用最短的时间环游地球的记录。

在漫漫的航程中，机帆船顶住了惊涛骇浪，又一次为人类航海事业创造出轰轰烈烈的奇迹。

我国风帆助航的历史是悠久的。从河南安阳殷墟出土的甲骨文推知，我国至少在 3000 多年前的商代就已经利用风帆助动。甲骨文字形象地说明当时采用的方帆，可能是张挂在双桅杆上的。到唐朝，扬帆往来于中国和日本之间的帆船屡见不鲜，如唐朝诗人王维的《送秘书晁监还日本国》诗中有“向江惟看日，归帆但信风”；韦庄的《送日本国僧敬龙归》诗中有“此去与师谁共到？一船明月一帆风”等佳句。

至明末清初，中日之间通过帆船而进行的贸易已十分繁荣。

现代的风帆船

时光流到了本世纪 80 年代，一艘约 18 米长的悬帆游船“凡尔肯”号在乔治亚湾水域内破浪前进。船主只需单手便能操纵这船航行。

该船的船帆可以像窗户百叶帘一般收放。船内有两台电脑监测航行的情况和指挥船体的行进。其中一台利用从岸上及人造卫星收到的资料，绘出天气图表，预测浪高。另外一台根据收到的卫星信号精确地指出船体的位置及航行的方向。另外，流速计记录水速、水温及水深等，倾斜仪显示出波峰波谷情况，力矩仪可以读出船帆上所受的风力。

风帆航运的时代似乎又回来了。本世纪 80 年代日本的风帆船“新爱德

丸”号开始在沿海水域航行。这是一艘新式帆船，船长 66 米，载重约 1600 吨，拥有最先进的科学设备，装有两组卷折式矩形硬帆，帆的总面积为 195 平方米，同时带有功率为 1176 千瓦的柴油机。当主机和风帆配合使用时，每小时航速可达 13 海里（合 24 千米）。水手再也不必爬到高得令人目眩的桅杆上去收桅缆，风帆的扬卷和方向的转变完全由微电脑控制。微电脑综合考虑航向、风向和风力的关系，自动选择最有利的帆面受风角度，最佳利用风能，可降低燃料消耗 50%。另外，如英国的“爱国者”号、俄罗斯经改装的“斯托夫”号、日本的“扇蓉丸”、和“白杵先锋”号，美国的“小花边”号等风帆助航船都备受世人瞩目。

人们完全有理由相信，帆船——这种利用可以再生、绝对卫生的风能的运输工具，在环境污染日趋严重的今天，必将获得更大的发展。

郑和下西洋

我国风帆船的鼎盛时代是明朝，当时帆船的设计和制造技术居世界领先水平。

明代郑和在 1405 年（永乐三年）至 1433 年（宣德八年）曾先后 7 次下西洋，对亚非各国进行贸易和访问。他率领规模浩大的船队，经中国南海诸岛，跨越亚、非两洲，成就了世界航海史上的空前壮举。郑和第一次航行，有船只 62 艘，人员 27000 多。最大的船长 44 丈（约 147 米）。宽 18 丈（60 米），可以容纳 1000 多人，挂帆桅杆至少有 9 根，排水量约 3100 吨，载重量约 900 吨，是当时航行海上最大的船只。

迎风飞转话风车

西班牙著名作家塞万提斯笔下的堂吉诃德，一心想成为一名游侠骑士。一次这位“骑士”出游，见到 30 多架大风车巨人般地竖立在田野上。堂·吉诃德将风车视作巨人，将风车的翅膀当作巨人的胳膊，毫不畏惧，催着坐骑，冲了上去。他用盾牌遮住身体，横摆长枪向第一架风车使劲一戳，刺中了风车翅膀。风车翅膀在风里转得正猛，把刺进去的长枪一下迸作几段，并把堂·吉诃德连人带马直扫出去……

作家笔下的人物固然是虚构的，但故事却告诉人们：在很早很早的时候，人类就已经懂得利用风力为自己服务了。

风车小史

公元前 3600 年前后，古埃及就使用风车提水、灌溉。

在我国，风车的使用也比较早。在辽阳三道壕东汉晚期的汉墓壁画上，就画有风车的图样。14 世纪我国就有关于风力提水的记载。

12 世纪，在英国和法国出现了欧洲最早的风车，以后传入德国、荷兰和北欧国家，又过了几个世纪，风车传入南欧。哥伦布发现美洲新大陆以后，随着欧洲人向海外移民，风车也出现在美洲土地上。

早期的风车呈柱子形状，功率约为 2~8 马力（1 机工马力合 735 瓦）。15 世纪欧洲出现了塔式风车，功率达到 6~14 马力。这种风车至今仍可在欧

洲许多地区看到，最有代表性的是荷兰的风车谷物磨粉机，它高约 5 层楼，装有由 4 个帆架构成的风轮，每个帆架长 9~12 米。19 世纪后期，美国造出了现代风车。目前世界上最常见的风车种类有多叶式、螺旋桨式、垂直风轮机等。

风车最早被用来抽水灌溉、研磨谷物，今天则主要用于风力发电。20 世纪 70 年代以来，由于能源危机和环境污染日趋严重，风能作为一种无污染的可再生能源引起了越来越多国家的重视，世界上将有越来越多的现代风车迎风飞转。

荷兰的象征

有“低地之国”之称的荷兰早就利用风车排水造田、磨面、榨油和锯木等。在荷兰至今还有数以千计的大风车作为文物被保存下来，它们已成为荷兰的象征。

荷兰濒临北海，是世界上地势最低的国家。荷兰的海岸线曲折绵延，全长 1075 千米，但海堤竟两倍于海岸长度，总长达 2414 千米。凭着这道海堤，荷兰人不仅抵御了海潮的肆虐，并且向大海争来了大片新土地。

如果说海堤是荷兰人民精神的象征，那么举目皆见的风车可说是他们智慧的反映了。形状各异的大小风车，不知疲倦地挥转着风翼，带动唧筒活塞，把洼地里的水源源不断地抽往纵横交错的沟渠、运河，排向海洋。如果没有海堤，荷兰的大片沃土将被海水吞没；如果没有千万座日夜不息地运转着的风车，那么即使围出了新地，结果仍因无法排干水而只能成为大片泥潭沼泽。

荷兰地处北纬 50°~60° 间，正好坐落在地球的盛行西风带，一年四季盛吹西风。同时，荷兰濒临大西洋，又是典型的海洋性气候国家，海陆风长年不息，这就给缺乏动力资源的荷兰，提供了利用风力的优厚补偿。

荷兰的风车，最大的有好几层楼高，风翼长达 20 米。18 世纪末，荷兰全国的风车约有 12000 座，每台拥有 6000 马力。这些风车不停地吸水、排水，保障了全国 2/3 土地免受水淹。

鹿特丹以东不到 5 英里（合 8.05 千米）的方德代克村，目前仍有 19 座建于 18 世纪三四十年代的风车。这种风车有着类似于钟表结构的塔房。村里的居民都住在这样的塔房里。塔房里有好多层，下面几层由墙壁隔成不同形状的屋子，上面几层没有隔开，是几个完整的圆屋子。

20 世纪以来，由于燃料结构的变化，依靠风力的古老风车曾一度变得暗淡无光，几乎被人遗忘了。但是，由于风车利用的是自然力，绝没有污染、耗尽之虞，所以被荷兰人民一直沿用至今。

在过去的 15 年里，荷兰科学家开发了一些经济效益好的风力发动机。现在荷兰生产的风力机，安全可靠，效率高，噪音低，完全符合国际安全标准。

到现在为止，荷兰已安装了 13.5 万千瓦容量的风力机。估计到 2000 年，装机容量大约为 100 万千瓦，到 2010 年，装机容量更可达 200 万千瓦，其中 10% 计划安装在近海区。

风车为什么会转

风车是怎样借助风力而转动的呢？风车翼和飞机翼一样呈流线型，这样，风吹过以后便能在其顶部和尾部产生压力差，从而产生气动升力。风车就是靠这股升力旋转的。通过控制风车翼的角度，便可以改变其空气动力的特性：风车翼成大角度时，能截获较多的风，即使此时风速较小也能使风车维持一定的转速；当风速较大时，则减小风车翼的角度；风速太大时，则要停下来，避免过大的扭力使风车损坏。此外，整个风车有一个偏转系统，以保持车翼的方向与风向一致。

风车转，水哗哗

风力提水是早期风能利用的主要形式，至今，许多国家特别是发展中国家仍利用风力提水。风力提水的形式有两类，一类是用风力提水机组直接提水；另一类是用风力发电，供电泵提水系统运转，从而间接提水。用于直接提水的风力机组又可分为两种：一种是风力机—往复式水泵机组，高扬程，小流量，它的风轮直径为2~7米，扬程为10~150米，流量为0.5~5立方米/小时，可提取深井中地下水，在风力资源较丰富的内陆农牧区可为人、畜提供清洁饮用水或进行小面积灌溉；另一种是风力机—旋转式水泵提水机组，低扬程，大流量，它的风轮直径为5~8米，扬程为0.5~5米，流量为50~200立方米/小时，可提取地表水或浅层地下水。

由北京八达岭风力发电实验站研究的风力提水机国内已有两家工厂制造。这种低扬程大流量的提水机是由一台扬程为5米左右的风力机与一台阿基米德螺旋泵组合而成的。螺旋泵转动时，便将水带上。典型的产品是用直径5~6米、12枚叶片的风力机和阿基米德螺旋泵组合，在额定风速为每秒8米时，流量是每小时80立方米（扬程3米）和每小时60立方米（扬程5米）。这种风力提水机系统仅1994年就生产出80台以上，整个系统制造成本约为19200元人民币，生产时由政府给予1/3的补贴，由此也可看出我国政府对风能利用的重视。

最近，中国农机化研究院还与天津双节风能厂合作研制了两台大流量风力提水机，风轮直径为8米，塔高10米，螺旋泵的直径为0.6米，在额定风速8米/秒时，流量可达200立方米/小时。

在所有的高扬程、小流量风力提水机中，国产的FDG—4型提水机的性能是很优越的。它的风轮直径为4米，由18片弧形叶片组成。工作时由活塞提升产生负压，使水被抽上来。当扬程50米、风速8米/秒时，提水量约为1.1立方米/小时。

在我国，利用风力提水是弥补当前能源不足的有效途径之一，并已取得较好的效益。比如，一台FDG—5型风力提水机组可代替一台5.5千瓦的电泵，为220000平方米盐池提供海水，机组的成本5年内便可以收回。

风力发电显身手

“风车田园”

在美国加利福尼亚山区，数以千万计的风车拔地而起，如同种庄稼般地被安装在旷野、山谷，5年时间就装配上13000多台，形成了蔚为壮观的“风

车田园”。美国加利福尼亚阿尔蒙特山的风力发电场是目前世界上最大的风电场。1992年4月装机容量73.7万千瓦。1991年共发电11亿千瓦·时，占美国风力发电的39.3%。

风力发电场过去直译为“风力田”。因为它形象地描绘了把许多风力发电机（简称风力机）安装在一片土地上，正如种庄稼一样。现在国内较习惯叫“风力场”，或“风电场”。

由于美国开发风电场的成功，北欧及世界上许多地方也都纷纷建立起风电场。

我国风力发电场的发展也很迅速。截止1992年，我国已建设10座小型风电场，总装机容量11420千瓦。其中以新疆达坂城风电场规模较大。其他一些风力场分布在：内蒙古的朱日和、商都，福建的平潭岛，广东的南澳岛，浙江的嵊泗岛、大陈岛，山东的荣成、长岛，辽宁的瓦房店等地。

在所有的风力发电场中，新疆达坂城风力发电总装机容量4450千瓦，居全国风力发电前列，内蒙古朱日和至1893年前，装机总容量达3300千瓦，是我国第二大风力发电站。

形形色色的风轮机

从古至今，人们曾使用过各种各样的风轮机。但从旋转轴和地面的相对位置来区分，风轮机大致可分为两类：一类是风力发电机的风轮转轴与地面呈水平状态，叶片绕水平轴线旋转的水平轴风轮机，另一类是风轮转轴与地面呈垂直状态，叶片绕垂直轴线旋转的垂直轴风轮机。根据叶片多少，水平轴风轮机又可分为单叶式、双叶式、三叶式、多叶式等。它也可按照叶片相对于气流的情况分为顺风式和迎风式；叶片在塔架前方为迎风式，在后方则为顺风式。

在加拿大有一座巨大的垂直轴风轮机，风轮部分由两片叶片组成。这座垂直风轮机高96米，叶片旋转半径64米，可谓风轮机中的“巨人”，可发4兆瓦的电力。另外一种垂直轴风轮机是可改变叶片几何形状的风轮机，它通过改变叶片的几何形状来控制风轮的速度。

到目前为止，世界上已建成很多水平轴风轮机，这种风轮机在风速超过额定值时，风轮机将会被抬起从而起到自行保护的作用。

风轮机的叶片

风轮机的好坏，主要取决于叶片的设计。现代风轮机与古老的风车相比，在叶片设计上已由要求产生最大的扭矩改变为要求输出最大的功率。因而，就不需要设计又宽又大的叶片，以便产生大的起动扭矩，使风轮机在低风速大负载下起动。现代风轮机的叶片细长，并要快速旋转，其叶型应该有高的升阻比，从而使风轮机有较高的效率。加拿大建造的大型垂直轴风轮机，其两个叶片总面积为4000平方米，有很小弯曲的翼型，叶片弦长2.4米，每个叶片质量达820千克，叶片长61米。

为了降低风轮机的质量和制造成本，现代风轮机应尽力提高其转速。在

一般情况下，风轮机的转速都低于发电机的转速。四极和六极风轮发电机的转速，分别为 1450 转/分和 960 转/分。在通常情况下，希望叶片叶尖处的线速度小于 $1/3$ 的声速，因为当叶尖速度过高时，叶尖附近的空气会受到压缩从而使效率下降。同时，叶尖速度减小，也会使风轮机减少噪声。

风轮机的损坏多半为叶片的断裂，这在风轮机运行中经常发生。中、小型风轮机的叶片大多是用木材和玻璃纤维制成的。所用木材大多是用红木、桧木等高档木材，成本并不比金属低。但由于疲劳和腐蚀问题，金属难以长期使用，故还是得用木材或玻璃纤维。叶片还必须很轻，这样才能在低风速下起动。玻璃纤维能满足这个要求，“WTS—4”水平轴风轮机，可产生 4000 千瓦的电力，叶片长达 39 米，是一种水平轴风轮机，其叶片就是用玻璃纤维制成的。

风力发电，前途光明

据美国电力研究所预测，到 2010 年，美国的风力发电规模将达 5000 万千瓦。目前，美国对风车进行了改革，引进空气动力学和微电子技术，做到风车的叶片能随风速的大小随意旋转，风力发电全部计算机化，从而使发电能力成倍提高。预计到 2000 年，风力发电的成本将降到目前的 $1/7$ 。

到 1995 年底，德国安装了超过 100 万千瓦功率的风力发电设施。这年德国共有 17 亿至 19 亿千瓦·时由风力发出的电输向公共电网。而 1994 年，德国的风力发电量却还只有 9.4 亿千瓦·时。可见德国风力发电发展迅速。1989 年德国还只能安装发电能力为 50 至 80 千瓦的风力发电设备。现在 500 ~ 600 千瓦的风车已经批量投放市场。

丹麦在哥本哈根南部洛南岛附近建成了一个规模较大的风力发电场，预计到 2005 年，该国风力发电将达 120 万千瓦，占该国所需电力的 10%。

瑞典计划在波罗的海 122 千米长的海岸线安装 97 个风力发电站。

英国正实施一项浮动风力计划：将风车装在深海试验平台上进行风力发电。如试验成功，则会成为海洋风力发电的先驱。

前苏联有科学家提出利用对流层风力发电的设想，因为在离地面 10 ~ 12 千米的大气对流层，其风速每秒可达 25 ~ 30 米，所以设计者考虑将质量为 30 吨的风力发电机，用气球升到对流层进行发电，这样将大大提高发电效率。这种设想确实别出心裁。

最近，埃及政府已同丹麦政府商定，两国合作开发埃及的风能资源。埃及政府打算到 2005 年为止建成装机容量达 20 万千瓦的风力涡轮机。目前的资料表明，埃及可利用的风能较大，沿苏伊士湾的一些地区是世界上风力最大的地区之一，这些地区的风能很有开发的潜力。

据欧洲共同体规划，至 2000 年，一些国家的风力发电容量将发展到如下规模：荷兰 100 万千瓦、丹麦 100 万千瓦、英国 70 万千瓦、德国 50 万千瓦、希腊 40 万千瓦。到 2030 年欧洲的风力发电量将是欧洲总发电量的 10%。

我国风力发电总装机容量已达 2.6 万千瓦。本世纪 80 年代以来，50 瓦至 300 瓦的微型风力发电机相继研制成功并投入批量生产，目前约有 12 万余台在内蒙古、新疆、青海等牧区草原和沿海无电网地区运行。解决了渔民、牧民看电视和照明问题。我国 120 千瓦中、小型风力发电机组已达到小批量生产阶段，已建成 10 个风电场，还有一批风电场在建。

风力发电，前途光明。

人造龙卷风

龙卷风肆虐

1956年9月24日，龙卷风猛烈袭击了上海市东部的浦东、军工路与西北郊真如一带。强大的龙卷风竟把浦东江边一个110吨重，三四层楼那么高的油桶举到半空，扔到120米以外的地方去。当龙卷风横扫上海机器制造学校（现华东工业大学）时，把一座三层的教室大楼整个儿吹塌，旁边一座四层的钢筋水泥建筑物，也狠狠地被削去一角。

龙卷风确实力大无穷。一座长达75米的铁路桥梁，可以像玩具一样被龙卷风从桥墩上拔起来，扭曲了，然后抛入水中。龙卷风的袭击，可以使河里的船腾空飞行，成为“空中飞船”，可以使地上的人上天“遨游”，成为“空中飞人”。上海青浦有位轮船驾驶员，一次正在驾驶室当班时遭到龙卷风的突然袭击，他打开驾驶室舱门一看，发现驾驶室已脱离船体，被搬到离河很远的岸上，而他却安然无恙。1970年5月27日湖南澧县刮起了龙卷风，澧水江心卷起一个30多米高，几十平方米大的水柱，在短短的时间内河底也露了出来。

龙卷风的形成

龙卷风独特的外貌、奇异的构造、短促的寿命、巨大的速度，历来令人费解，耐人寻味。

经过长期的观察研究，人们已经弄清楚，龙卷风是产生在雷雨云中的一种急速旋转的空气旋涡。当它从云底伸下来时，好像一只巨大的漏斗，有时悬挂在云下，忽伸忽缩；有时则拉长像象鼻子一样触到地面。

从一些被龙卷风破坏的现场可以推知，龙卷风的直径在几米到几百米之间，最大可达1千米。它来去匆匆，寿命不长，短的几分钟，长的也不过一刻钟到半小时。

龙卷风直径虽小，寿命虽短，可是风速却大得无法用风速仪直接测定，因为即使是最坚固的仪器，一旦碰上龙卷风，也会粉身碎骨。人们不得不用间接的办法，或从被它破坏后的现场中去估算它的最大风速。据估计，这速度可达每秒100~200米，甚至将要赶上声音的速度了。如此巨大的速度，怪不得在龙卷风的驱动下，一根松树棍可以击穿1厘米厚的钢板，一片三叶草能深深地嵌入厚厚的泥墙。

龙卷风的中心气压很低，只有40千帕，有的甚至只有20千帕，与一个标准大气压101.3千帕相差很大。据科学家计算，龙卷风气压差产生的功率可与10座巨大电站相当。

龙卷风是怎样形成并加强的呢？长期以来众说纷纭，至今还没有一个完美无缺的定论。

人造龙卷风发电

人们还注意到，当漏斗状旋涡直径达 200 米时，旋转气流的功率可达 3 万千瓦。因此一些科学家设想是否能用人造龙卷风发电。

于是，有科学家研制了龙卷风模型。他们在一个塔型建筑的四周用条板间隔成方格形小窗，朝风的小窗洞开，背风的小窗则关闭，风吹进塔后开始旋转，形成小龙卷风。在塔底装有螺旋形的风转叶轮。当人造小龙卷风将下方空气吸入塔内时，叶轮转动，推动发电机发电。

还有科学家研究用太阳能制造龙卷风发电：建造一座面积很大的透明圆形大棚，棚顶是塑料膜，从棚的四周向中心逐渐升高，与中心烟囱状塔相连。当棚内空气被太阳加热后，流向筒状高塔。气流迅速带动塔中叶轮而发电，每小时发电功率可达 70~100 万千瓦。

在许多新设计中，旋风型风力涡轮是很有前途的。

在这种设计中，风吹入直立的圆筒，在它的内部旋转，形成旋涡，旋涡中心呈真空状态，从而迫使大量高速运动的风不断地吹过转子叶片，使叶片快速转动而发出电来。

在海洋上空，由于太阳的照射，热空气上升，冷空气下沉，形成上下流动的风。科学家设计了一种巨大的筒状物并让它飘浮在海洋上空。然后用人工方式引导气流在筒内上升下降，从而驱动涡轮机进行风力发电。这些，都是利用人造龙卷风发电的新思路。

以色列的风能塔

1988 年，一场大雨从高空云层降落在以色列沙漠城市比尔谢巴，这场突如其来的雨使靠近地面的干热空气骤然降温，产生的冷空气急剧扩散，造成当地机场极为严重的损失。

想不到这件坏事却启发了以色列的海法技术研究所的研究人员。如今，他们正试图人工创造同样的条件，来产生连续不断的风力，并使之转化为大量廉价的电力。

他们的设计和原理都是极为简单的：找到一个气候干热的地区，竖立一座高度至少为 1000 米（相当于法国巴黎埃菲尔铁塔高度的 3 倍多）的空心塔。将海水泵到塔的顶端喷出后使之汽化，蒸发周围的干热空气迅速降温，生成的大团湿冷空气沿塔下降，驱动安装在塔底部的风力涡轮机，带动发电机发电，并将其发的电并入电网。

利用人造龙卷风发电，至今还在试验阶段。人们决心把龙卷风的来龙去脉，形成原理搞个水落石出，到了那时，就可以随心所欲地化解自然龙卷风的破坏力，而让规模更大的人造龙卷风为人类造福。

大海的馈赠

诱人的波浪能

“波浪大力士”

要是你去大海仔细看看，即使海上并未刮风，也总见不到海面上会有水平如镜的时候——不是一片片散乱的浪丘，一串接着一串地奔腾翻滚，就是一道道长长的涌浪一个跟着一个地向前推进，此起彼伏，如同虎跃，朝岸边扑来。就是再大的船，飘泊其上，也只能像蛋壳一样任其颠簸晃荡，一会儿被抬上高高的浪尖，一会儿又被抛入深深的浪底。如此循环往复，永无休止。这情景就是人们常说的“无风三尺浪”。

地球表面约有 71% 的面积是海洋，洋面广阔连成一片。就像一汪池水，此处投下一颗石子，激起的波纹可以一圈一圈地越扩越大，传播到彼处一样，一处海面有风，新产生的波浪也会连绵不断，紧紧相随，传播到很远很远的另一处。这种由别处传来的波浪叫做涌。在海洋里，即使某处没有风，也会因别处有风而传来涌。这就是海洋里海浪永无平息之日的原由。

海洋中的波浪有大有小，小一点的波浪可有几米高，大一点的则可达几十米。如果当时风大一点，浪尖上还会被吹起白白的浪花，犹如伸出的一条条银舌，觊觎卷噬水面上不肯顺从听命的一切。要是大海发怒了，滔天的狂涛可以轻易地把万吨巨轮举过头顶倾覆吞没，或是把它推到海滩上搁浅，或是干脆把它投向岸边礁岩摔个粉身碎骨。

波浪既然能把万吨巨轮举起放下，那它体内必定也蕴含着无穷无尽的能量。经科学测试，海浪对海岸产生的冲击力平均每平方米可达 20~30 吨，大的还可超过 60 吨。在 1 平方米这块小小的海面上，一起一伏的波浪中就蕴有 250 瓦的功率。如果用来发电，一天可发 6 千瓦·时电，足够一个普通家庭一天的用电量。地球上海洋面积有 3.6 亿平方千米，全球波浪的平均总功率就有 90 万亿千瓦，一年就可发电 567 亿千瓦·时，这是当前全世界一年发电总量 130 万亿千瓦·时的 4 万多倍。可见，波浪的确是一位名符其实的大力士。

“太阳之子”

大家知道，波浪实质上是由风吹动海洋表层海水，引起海面各个质点所作的周期性圆周运动，风又是因为太阳的热辐射使得地球表面空气受热流动而形成的，所以“波浪力士”的“体能”归根到底还是来源于太阳，它是不折不扣的“太阳之子”。

波浪的“身材”是否“魁梧”，“气力”是大是小，不仅同风力的大小有关，还同海水的深度有关。水愈浅，波浪的高度就愈受到限制。当水深超过一定程度时，波高就不再受到海底的影响，而只决定于风力的大小。一般海浪的波长小于 100 米，所以在水深超过几十米的外海，海底纵是崎岖不平或礁石丛生，对波浪也就无可奈何、无所羁绊了，只能听任它们自由地来去驰骋，畅快地你追我逐，生龙活虎地尽情游戏。

由于波浪的活力来自于太阳，当然也就和潮汐能一样，是一种不必消耗

任何燃料、没有污染、永续不断的再生能源。如果能够把它们利用起来发电，那真是再理想不过了。可是波浪又是广为分散在浩瀚无际的大海之中的，它们是杂乱无章的，要它们听从使唤，乖乖地为人类发电，并不那么容易。关键在于要选择一种适当的办法，像套马那样用韉轡把它们羁勒起来，并利用当地具体条件，因地制宜，设置一些巧妙的机构来完成把波浪能变为机械能，再从机械能变为电能的转换。

为此，世界上许多国家从本世纪 60 年代初就开始进行研究。科学家设计了不少别具一格的独特装置。有的已投入了实际应用，收到了良好的效果；有的则还在试验中。如中国科学院广州能源研究所于 1985 年研制成功的 BD—102 号波力发电装置，在发电功率，电特性和结构上均优于当时世界上较先进的日本商品化产品 TG103 型波力发电装置，价格也仅为日本产品的 3/4，因而很得人们的好评。

波力发电“八兄弟”

波力发电机的家族成员很多，最简单的是圆筒式发电机。它的外形很像一个供作浮标的圆筒，里面设有两个以水面作活塞的气室。圆筒一端沉入水中，另一头浮出水面，当圆筒随波浪上下波动时，活塞中的水位也同时因此而上下移动，不断抽吸和压缩气室内的空气。就像农家灶旁的风箱一样，一抽一压所产生的气流都会不断地从活塞室中冲出，驱动涡轮机旋转，带动发电机发电。一个直径为 0.6 米、长为 4 米的这种装置，在海面波浪高度为 3 米时，其发电功率为 100 千瓦，每昼夜可发电 2400 千瓦·时。如果把多个这样的圆筒组合起来装在大船上，其发电能力便可成倍增长。

前面所说的 BD—102 型波力发电装置就是圆筒式发电机中的佼佼者。它尺寸小、重量轻、耐腐蚀、功率大，所发的电力相当于目前航标灯耗电量的 5~7 倍，灯光射程可达 5 海里（1 海里合 1853 米）以上，比原来用电池时的费用要降低 57%，航标的大修期也可延长一年。单个波力发电装置除了可供航标使用以外，还可用作海洋水电、气象自动遥测浮标的长效电源。那样可以省去以往经常要出海巡航，到分得很散的一只只浮标上去更换电池的麻烦，并可省去由此带来的日常管理上消耗的人力和物力。

“老二”是一种把活塞气室固定在岸边水上设施上的发电装置。它是通过管道内水面升降来代替浮标上下浮动，使活塞室内的空气反复受到抽吸和压缩，从而驱动机组发电的装置。日本千叶县九里町片贝海岸的波力发电装置和挪威卑尔根海岸的水柱式波力发电装置就属于这种类型。

日本的这种装置由波能吸收器、送气管、定压化罐和压缩空气发电机组等部分构成，输出功率为 30 千瓦。其最大特点在于使用了定压化罐，可将压缩空气作处理后送入压缩空气发电机组，以收到比较稳定而价廉的优质电力。这种类型因为全部机体均建立在岸上，可以让定压化罐和大容量高效压缩空气发电机组联合运用，将波能吸收器多个多级并联起来以提高发电效率和功率。

挪威的水柱式发电装置是将一排排 20 米高的钢管用钢塔支架架在岸边岩坑中。由于波浪周期性地接连冲击岩坑，波浪的体积会受到压缩，故其集聚的力量便会数倍地增加。由排管将波浪吸入并让水柱在管内作活塞式的往返运动，就可以迫使管内空气压出而驱动单个功率为 500 千瓦的空气发电机

组发电。因其建在岸边，可以架几十根排管，所以它的整体设计功率可达 1 万千瓦。

该电站已于 1990 年开始发电，初期试验时曾出现由于空气压力不稳造成发电机转速不匀，时快时慢，发出使人恐惧和厌烦的警报似的声音。后来，人们加上了圆形控制阀加以调节，声音便轻多了。

第三种是环礁式波力发电装置，它的形状很像人造环礁，直径可达上百米，只有顶部露出水面，“环礁体”和“环礁腹”浸在水中，内部则被分隔成许多带有进水阀门的舱室，每间舱室又都分别同辐射状排列的导管相通，导管内设有单向阀，引导水流向中央喷口流动。当海浪冲击“环礁”四周“礁壁”时，波浪由那些分舱进水阀门吸入，再由导管将其输送至喷口涌出。由于它可以把环礁四周不同时间、不同方向上冲击环礁的波浪都吸入、汇集到中央喷口先后接续涌出，故水流便可无间歇地驱动水轮机发电。

第四种是船舶式波力发电机，这是日本于 1974 年开始研制的大型波浪发电船。船体长 80 米，宽 12 米，排水量 788 吨，以带阀门的空气箱作气室。1978 年建成时取名为“海明丸”，随即进行了首次试验，发电能力达到了很高水平。1985 年 9 月至 1986 年 3 月，人们又进行了为期半年的第二次试验，终于在经济性能上取得了实用化的进展。

“老五”是筏垫式波力发电机，是由英国工程师设计的。它在筏垫下安装了活动减摇橇板，可以吸收波浪能，然后通过灵活的连杆、脚链、棘轮、齿轮、转轴、链条、飞轮等转动机构把波浪造成的摆动变为单向的转动，从而推动发电机发电。

“老六”是水塔式波力发电机，这是美国研制的另一种装在轮船上的水塔式波力发电装置。其空气室和发电机都设在水塔上，当轮船受波力摇晃时，水塔也随之大幅度摆动，空气室内的空气也就受到双向的变化压力，通过单向调节阀的控制，气流便会朝一个方向流出，直接推动发电机组发电。这种装置在海浪波高为 3 米时，发电能力为 110 千瓦，在波高为 5 米时，发电能力可达 220 千瓦。

“老七”是转子式波力发电机，这是瑞典设计的可在波浪冲击下直接使发电机转动的转子式波力发电装置。这种装置并没有沉重的机械零件，且不用金属铝，成本低，便于运输，转子特别灵巧，很适合岛屿小型电站使用。

波力发电机“家族”的最后成员是三角式波力发电机，它也是瑞典科学家设计的，底板的形状呈三角形，在大风大浪中也能够保持平衡。发电机的外壳用铝制成，漂浮在海上，机上装着的灵巧的叶轮紧贴起伏的波浪来吸收波力，带动曲轴转动，直接驱动发电机发电。这种装置的发电成本比其他电站便宜得多，是一种很有前途的发电机。

潮汐能的利用

潮汐是“日月之子”

凡是见过天下奇观——钱江潮的人，都无不为其宏伟气势所折服。每年中秋，成千上万的观光者来到浙江省的海宁观看难得一见的钱江潮。

潮头始从天边初现，只见一条白线渐渐向前逼近。这时，已隐约可闻轰

轰潮鸣。随着轰鸣声逐渐增大，白线也愈显清晰，那潮头就如千军万马，挥戈呐喊，席卷而来。眨眼功夫，它便以雷霆万钧之势，撞击着，咆哮着，呼啸而过。激起的浪花腾向半空，接着又铺天盖地，吞没面前的一切……

面对如此惊心动魄的场面，在科学知识还不发达的古代，人们把涨潮当成是龙王发怒，或是妖魔肆虐。于是，在浙江海宁盐官镇的江边，有人筑起了“镇海宝塔”，还用数十吨生铁铸了一头压潮神牛；在杭州月轮山的江边也建了座六和塔，以祈佑护两岸农田和人民生活的安宁。如今我们知道，神牛和宝塔对潮水的涨落是丝毫不起作用的。那么，这潮水究竟是怎么来的呢？

原来，潮汐来自天体间的万有引力。据牛顿万有引力定律，天体间的引力与其质量成正比，与其之间的距离的平方成反比。在浩瀚宇宙之中，只有月亮和太阳这两个天体对地球的吸引力最为明显。地球表面只有 29% 的陆地，大部分都被海洋所覆盖。在地球正对着月亮的一面，海水受到月球的吸引，就会相对聚集，海面向外凸出，于是水位就上涨；背对着月亮的地球另一面海水则因离月球较远，所受的引力较小，且因地球自转的缘故，也会相应聚集，向外凸出，因此水位也上涨。既不正对着月亮、也不背对着月亮的地球两侧，海水因此而减少，水位就下降。于是，在地球上任一处的海水就会因地球自转一周而在一天之中涨落两次。白天的这次叫“潮”，晚上的这次叫“汐”。每次涨到最高时叫“平潮”，落到最低时叫“停潮”，两者之间的水位差则称为“潮差”。这就是所谓“月潮”或“太阳潮”。

和形成月潮同样的道理，由太阳引力而产生的潮则叫做“日潮”或“太阳潮”。由于太阳与地球间的距离比月亮远得多，潮的高低只有月潮的 $\frac{2}{5}$ ，所以不易被察觉。但每当农历初一和十五，月亮、地球和太阳处于同一直线上时，日月两潮就会产生叠加现象，海水涨落幅度就会增加到最大，称为“大潮”；在月球处于每月上、下弦位置，月亮—地球—太阳连线成 90° 角时，日潮就会对月潮起抵消作用，涨落幅度就会减小到最小，称为“小潮”。与之相应的潮差就叫做“大潮差”或“小潮差”，累计每天潮差取其算术平均值，叫做“平均潮差”。

虽然整个海洋中到处都有潮汐，但在不同地点则因其地理条件不同，其潮差高度也不同。前面讲到的钱江潮，是由于杭州湾呈喇叭口形，这种外大里小的特殊地形使一下子向湾内倒灌涌入的大量海水迅速积聚、抬高而形成极大的潮。虽然它的外表表现得十分凶猛、气势磅礴，然而它的平均潮差不过才 5.5 米，高时可达 9 米。在英吉利海峡，潮差虽然最高可达 14.6 米，但这里不具备喇叭口地形，也就没有钱江潮这样的壮观场面。大西洋沿岸各地的潮差一般可达 4~7 米，法国布列特尼的则可达 13.5 米。我国东海中部的浙南和闽北，平均潮差多在 4 米以上，黄海的潮差次之，渤海、南海的则较小。因而，全国可开发的潮汐能资源有 88% 都集中在浙江、福建两省。

潮汐能的开发利用

潮汐能是一种不消耗燃料、没有污染、不受洪水或枯水影响、用之不竭的再生能源。在海洋各种能源中，潮汐能的开发利用最为现实、最为简便。我国早在 20 世纪 50 年代就已开始利用潮汐能，在这一方面是世界上起步较早的国家。1956 年建成的福建省浚边潮汐水轮泵站就是以潮汐作为动力来扬

水灌田的。到了 1958 年，潮汐电站便一下子在全国遍地开花。据当年 10 月份召开的“全国第一次潮力发电会议”（也是世界上第一次全国性开发利用潮力发电的会议）统计，已建成的潮汐电站就有 41 座，在建的还有 88 座。装机容量有大到 144 千瓦的，也有小到仅为 5 千瓦的。主要都用于照明和带动小型农用设施。如 1959 年建成的浙江温岭县沙山潮汐动力站，1961 年进一步建为电站，装机容量仅 40 千瓦，每年可发电 10 万千瓦·时，原建和改建总投资仅 4 万元（人民币，下同）。据 1986 年统计，其发电累计收入已超过投资的 10 多倍。目前我国尚在运行的潮汐电站还有近 10 座，其中浙江乐清湾的江厦潮汐电站，造价与 600 千瓦以下的小水电站相当，第一台机组于 1980 年开始发电，1985 年底全面建成，年发电量可达 1070 万千瓦·时，每千瓦·时电价只要 0.067 元。每年自身经济效益，包括发电 67 万元，水产养殖 74 万元和农垦收入 190 万元，共计可达 330 万元。社会效益，以每千瓦·时电可创社会产值 5 万元计，可达 5000 万元。这是我国，也是亚洲最大的潮汐电站，仅次于法国朗斯潮汐电站和加拿大安纳波里斯潮汐电站，居世界第三位。因此利用潮汐发电并不神秘，也并非遥不可及。

潮汐能是潮差所具有的势能，开发利用的基本方式同建水电站差不多：先在海湾或河口筑堤设闸，涨潮时开闸引水入库，落潮时便放水驱动水轮机组发电，这就是所谓“单库单向发电”。这种类型的电站只能在落潮时发电，一天两次，每次最多 5 小时。

为提高潮汐的利用率，尽量做到在涨潮和落潮时都能发电，人们便使用了巧妙的回路设施或双向水轮机组，以在涨潮进水和落潮出水时都能发电，这就是“单库双向发电”，像上述江厦潮汐电站就属这种类型。

然而，这两种类型都不能在平潮（没有水位差）或停潮时水库中水放完的情况下发出电压比较平稳的电力。于是人们又想出了配置高低两个不同的水库来进行双向发电，这就是“双库双向发电”。这种方式不仅在涨落潮全过程中都可连续不断发电，还能使电力输出比较平稳。它特别适用于那些孤立海岛，使海岛可随时不间断地得到平稳的电力供应。像浙江省玉环县茅垵岛上的海山潮汐电站就属这种类型。它有上下两个蓄潮水库，并配有小型抽水蓄能电站。这样，它每月可发电 25 天，产电 10000 千瓦·时。为了抽水蓄能，它每月要以 3 千瓦·时换 1 千瓦·时的代价用去 5000 千瓦·时电来获得供电的持续性和均衡性，故有一定的电力损失。

从总体上看，现今潮能开发利用的技术难题已基本解决，国内外都有许多成功的实例，技术更新也很快。

作为国外技术进步标志的法国朗斯潮汐发电站，1968 年建成，装有 24 台具有能正反向发电的灯泡式发电机组，转轮直径为 5.35 米，单机容量 1 万千瓦，年发电量达 5.4 亿千瓦·时。1984 年建成的加拿大安纳波里斯潮汐电站，装有 1 台容量为世界最大的 2 万千瓦单向水轮机组，转轮直径为 7.6 米，发电机转子设在水轮机叶片外缘，采用了新型的密封技术，冷却快，效率高，造价比法国灯泡式机组低 15%，维修也很方便。

我国自行设计的潮汐电站中，江厦电站比较正规，技术也较成熟。该电站原设计装 6 台单机容量为 500 千瓦的灯泡式机组，实际上只安装了 5 台，总容量就达到了 3200 千瓦。单机容量有 500 千瓦、600 千瓦和 700 千瓦三种规格，转轮直径为 2.5 米。在海上建筑和机组防锈蚀、防止海洋生物附着等

方面也以较先进的办法取得了良好效果。尤其是最后两台机组，达到了国外先进技术水平，具有双向发电、泄水和泵水蓄能多种功能，采用了技术含量较高的行星齿轮增速传动机构，这样既不用加大机组体积，又增大了发电功率，还降低了建筑的成本。

潮汐发电利用的是潮差势能，世界上最高的潮差也不过 10 多米，在我国潮差高才达 9 米，因此不可能像水力发电那样利用几十米、百余米的水头发电，潮汐发电的水轮机组必须适应“低水头、大流量”的特点，水轮做得较大。但水轮做大了，配套设施的造价也会相应增大。于是，如何解决这个问题，就成为反映其技术水平高低的一种标志。1974 年投产的广东甘竹滩洪潮电站就是一个成功的代表。它的特点是洪潮兼蓄，只要有 0.3 米高的落差就能发电，甘竹滩电站的总装机容量为 5000 千瓦，平均年发电 1030 万千瓦·时。它的转轮直径为 3 米，加上大量采用水泥代用构件，成本较低，对民办小型潮汐电站很有借鉴意义。

潮汐发电虽然并不神秘，但仍须尊重客观规律，才能获得成功，取得良好效益。否则，光凭主观愿望和热情，虽然一时可以建成许多潮汐电站，但最后往往会因为实用价值不大而被放弃。

资源分布及开发意义

我国有 18000 千米长的海岸线，加上岛屿岸线总长 32000 千米，且海岸曲折，河口港湾众多，拥有非常丰富的潮汐能资源，可开发程度又很高，据 1981 年全国第二次潮汐能源普查结果，我国装机容量在 500 千瓦以上的潮汐电站有 190 处，可开发的总装机容量为 2158 万千瓦，年发电量为 618 亿千瓦·时，占世界各国可开发潮汐能资源的 34%~44%。而且，这么丰富的潮汐资源恰恰处在对电力需求极大、每千瓦·时电能够创造的社会产值又极高的东部沿海经济发达地区。而这里的煤、石油和水电等常规能源却分别只占全国的 6.8%、16%和 3.6%，因此潮汐能源正好可以用来填补短缺。这无疑对沿海经济繁荣起到雪中送炭的作用。此外，我国沿海还有 5000 多个被海洋隔断的海岛，它们既是海防前哨，又是海岸产业开发的基地。可是，这里的交通运输极为不便，常规能源都要靠岛外运入，这就严重制约了岛上经济的发展和人民生活水平的提高。而海岛周围每天有潮汐涨落，平均潮差多在 3~5 米之间，如果能把近在咫尺的潮汐发电资源充分利用起来，并结合抽水蓄能电站和风力发电组成小电网，互补余缺，调剂供电峰谷，就必将大大加快海岛四个现代化的进程。再从经济综合比较来看，潮汐发电的成本远低于火力发电，上面介绍的几个已经投产的潮汐电站也都有着良好的效益，所以在沿海与海岛有条件的地方，就地开发利用潮汐能发电，具有很大的现实意义。

在全国可供发电的 2158 万千瓦装机容量中，浙江和福建分别拥有 880 万千瓦和 1032 万千瓦，比各自可开发的水电装机容量 500 万千瓦和 700 万千瓦还要多 76%和 47%，可见开发的潜力是相当巨大的。

浙江省潮汐能资源较大的地方有以下四处。

1. 钱塘江口 那儿可建功率为 500 万千瓦的潮汐电站，年发电量可达 180 亿千瓦·时，相当于 10 个新安江水电站的发电量。当然，在那里开发潮汐能源难度很大，因为仅喇叭口就宽达 100 多千米，如要考虑其他因素，就更不

是一个容易的事了。

2. 乐清湾江岩山 可装机 55 万千瓦，年发电量为 23.4 亿千瓦·时。

3. 象山港的黄墩港 可装机 5 万千瓦，年发电 1.3 亿千瓦·时。

4. 三门湾的健跳港 可装机 3 万千瓦，年发电量为 0.87 亿千瓦·时。这里规模较小，实施可能性大，目前已在动工兴建电站。

福建省对潮能资源的利用主要是与开发围垦工程相结合。经逐一计算，可开发装机容量总共为 32.5 万千瓦，年发电 9.2 亿千瓦·时。其中较大的有两处：一是大官坂，可装机 1.4 万千瓦，平均年发电量可达 0.45 亿千瓦·时，二是幸福洋，可装机 1080 千瓦，年发电 315 万千瓦·时。

广东、广西的潮汐资源总量虽不丰富，但由于广东的潮汐资源有 70% 集中在水力资源仅占全省 5% 的粤西，广西的沿海地区水力资源仅有 6 万千瓦而潮汐资源却相当其 6 倍，因此就更显出开发潮汐资源的必要性。如广西北部湾的白虎头就可建装机容量为 1000 千瓦，年发电量为 377 万千瓦·时的潮汐电站。

同样，在全国整个沿海地区和众多岛屿上，其他拥有局部可开发潮汐能源的地方还有很多，只要对当地有利，条件许可，就可以筹划建立电站。

此外，在长江口北部也蕴藏着很大的潮汐能源，据 1981 年上海有关部门调研计算，那里的装机容量可达 80 万千瓦，若采用先进技术年发电量可达 26.4 亿千瓦·时，相当于新安江和富春江两个水电站之和。

由此可见，潮汐能的利用在我们中国，其前景必定是无限开阔和光明灿烂的。

温差也能发电

叫冰箱“吐”电

利用海水的温差来发电，乍一听来你也许会觉得玄乎，因为人们过去只听说过火力发电、水力发电、潮力发电、波力发电，或是原子能发电……发电都需要有动力，有了动力才能带动发电机组的运转。然而，上下层海水之间存在着温度差异毕竟不是动力，它能带动发电机吗？

是的，温差的确不可能直接驱动发电机。可是，我们家中天天在用的电冰箱，它居然比铁扇公主的芭蕉扇还利害，竟能在炎炎夏日，使冰箱内外温度相差好几十度。在这里，用电造成了温差。那为什么就不能反其道而行之，利用温差来发电呢？

要解决这个问题，让我们先来看看冰箱是如何工作的：冰箱的电动机先把电能变成机械能，再以此为动力利用压缩机去压缩在常温下呈气态的氟里昂或氨气等工作物质（简称工质），同时又用散热器将其在压缩过程中所产生的热量散发出去，使之冷凝液化，然后又将这些液态的氟里昂或氨气由很细的导管输入蒸发器，蒸发器中的导管突然膨大，液态氟里昂或氨气的体积便也随之迅速膨胀又变为气体并骤然降温，大量吸收周围的热量。于是，冰箱内的温度便可降到 0 以下。这是用电能产生温度差异的过程。

要把上面这个过程倒过来，利用温差发出电来，在那么多环节中，如何使温差转变成机械能是个关键的环节。因为人们不仅要找到恰当的方式，研

制出切实可行的机械装置去完成发电任务，而且还要先弄清楚海水的温差究竟能不能用来发电。

最大的吸热库

海洋，是一个富有魅力、充满诗意的地方。它冬暖夏凉，气候宜人。每到盛夏季节，酷暑难忍之时，就会有一批又一批的旅游者到海边来避暑，来消夏。只要一踏上这儿的土地，便真会觉得暑气顿消。其实，凡是海边或海岛，夏天都比较凉爽，海洋的确是个清凉世界。而到了冬天，这里又比同纬度的内陆要暖和得多。

人们把海洋比作地球上最大的吸热库，这话是有道理的。因为海洋在一年之中气温变化很小，一天之中的气温变化也不大。在夏季或白天，海水先吸收太阳辐射下来的热量，自身的温度便提高了，到了冬季或晚上，气温比水温低时，海水的温度就释发出来。这样，一蓄一放，不停地对气温起着调节作用。有人不禁要问，海水的温度变化是如此的和缓，温差又是如此的小，用它来发电，能有利价值吗？

有！原来，水的热容量很大，它吸热的本领很高，是有植被覆盖的陆地的 1.1~1.2 倍，是泥土的 3 倍，花岗岩的 6 倍，空气的 3100 多倍。因此海水即使吸收了比陆地多得多的热量，水温升高的幅度也不会很大。

地球上海洋的面积很大，约占地球表面积的 71%，就算地球上所有陆地都长满了绿色植被，以海水吸热为其 1.2 倍计算，太阳射达地面的热量就至少有 75% 以上是被海洋所吸收的。海水吸收了这些热量之后，一部分用于海水蒸发，形成云、雨，成为地面河川的水力资源；一部分便升高了水温，把热能贮藏起来，并造成空气流动，形成风和波力资源。据估计，地球上所有海水所含的温差热能相当于 40 亿亿吨标准煤的发热量，若以每吨标准煤可发 4000 千瓦·时电计算，则可发 16 万亿亿千瓦·时电，这相当于目前世界年发电总量 128 万亿千瓦·时的 1000 多万倍。就是地处南北纬 20° 之间面积只有 6000 万平方千米的热带海洋，其海水上层温度可以升高到将近 30℃，据能量转换测算，这么多海水每降低 1℃ 所放出的热量相当于 600 亿千瓦的发电容量。如果只用其中上层水温为 30℃ 的水下降 23℃ 的温差来发电，那末其发电总容量就有约 1.4 万亿千瓦。一年可发电 1.3 万亿亿千瓦·时，超过了目前世界年发电总量的 100 倍。可见，利用海水温差发电完全是切实可行的。

海洋中热能实际上来源于太阳，它是一种可以永续使用、不会枯竭的再生能源。那么，如何通过降温的办法把它所贮藏的热能释放出来以供使用呢？从理论上讲，要有 16.6℃ 以上温差才能发电，在实际应用中要有 20℃ 以上的温差才有实用价值。在赤道两侧的热带海洋上层，海水温度虽可以上升到将近 30℃，但用什么方法把它降到 10℃ 以下呢？在地球两极附近，基本上被冰雪覆盖，又怎样获得温差呢？难道真要把南北两极的冰雪搬到热带来发电吗？

其实，大自然早就为我们准备好一个近在咫尺的绝无仅有的大冷库。

天然大冷库

这里所说的天然大冷库用不着到地球南极和北极去找，只要在海洋的深层就可汲取到与海水上层的温差大于 20 的海水。这是因为水吸收太阳长波辐射的本领特别好，而热传导的能力又极差。太阳辐射中的热量主要是以长波形式射达地面的，波长为红色光谱以上的长波辐射，在射入表层海水 1 米深时，就有 60% ~ 68% 被吸收掉，再下去几米就被吸收完，因此上层海水靠吸收太阳热辐射提高温度的水层最多只能有几米深。即使在风浪的搅动、混合下，能达到和表面水温差不多的深度也不过只有几十米。加上水的热传导能力极差，要使上下层之间的热量得到传递，就只能靠上下层海水间的垂直对流。而这种对流只有在上层海水温度比下层低、密度比下层海水大时才能实现。在上层海水温度比下层高，密度比下层低时，就不可能发生垂直对流。因此在海水上层和下层之间，要达到热交换是非常困难的。

即使是在赤道两侧的热带海区，一到数十米以下，海水温度便会急骤下降，这种降温直到一二百米深处才逐渐趋缓。到 500 米深时，海水温度便可降至 5 ~ 7 ，在 900 米深处，水温便降到 5 以下，到 2000 米以下，就基本稳定在 2 左右。于是，在海洋深部，就形成了一个庞大的冰冷世界。

这个庞大的天然大冷库简直就是专门为温差发电准备的。据海洋学家调查，全世界海洋面积为 3.6 亿平方千米，所以海洋中深度在 500 米以内的海水量最多只不过 15 亿亿吨，在整个海洋 175 亿亿吨海水中还不到 10%，其余 90% 以上的 160 亿亿吨海水全是深度为 500 ~ 11000 多米、温度在 7 以下的冷海水。这些海水是永远也用不完的，它完全可以成为用以提取温差能源进行温差发电所必不可少的强大后盾。

幻想终成现实

有了以太阳为后盾的再生热能来源，又找到了可以就地取材、满足温差要求且取之不竭的冷源，温差发电便有了成功的可能。

自从法国著名科学幻想小说家儒勒·凡尔纳根据海水温差之中含有可利用的热能这个原理，于 19 世纪首先在其名作《海底两万里》中提出，可以直接用温度不同的海水发电驱动潜水艇以来，世界各国科学家们都在致力于温差发电的方法和相应机械装置的研究。经过多年的努力。1926 年 11 月 25 日，法国工程师克劳德首先在实验室里研究出海洋温差发电的办法。1929 年，克劳德又向实用化迈出了第一步，在地处热带的古巴海湾上建成了世界上第一座海水温差发电的实验电站。此后，其他各国多种多样的温差发电方案也就如同雨后春笋般地涌现出来。这些方案虽然都能发出电来，但为了发电要使温差变成机械能时却耗用了更多的电能，因而这些电站都不具有实用价值。

直到 50 年后的 1979 年 8 月，美国在夏威夷岛建成了一座名为“浮岛”的温差实验电站，世界上第一座具有实用价值的海水温差电站才真正诞生，凡尔纳的幻想才终于真正得以实现。这座电站设在一艘驳船上，装机容量有 50 千瓦。在年底发电试验时，实际发出电力虽然只有 10 千瓦，但它毕竟跨过了输出大于输入的转折点，使温差发电具有了现实意义。此后，便以此为基础，进行了 1000 千瓦、40000 千瓦等一次次的扩大试验和总体设计，使温差发电一步步迈入实用阶段。

温差电站同潮力、波力电站或其他太阳能电站相比，能量来源稳定可靠，

不受时间和气候等条件的限制，且能就地提供海水化工、海底采矿及冶金等海洋产业所需要的电能，促进海洋产业与海岛经济的发展。特别是对于地域分散、远离大陆，像西沙群岛这样的一些边远海岛，海洋资源丰富，地位又很重要，产业发展对电力的需求量大，用煤炭、石油等常规能源来发电，运输不便且价格昂贵，而这里海洋上层水温能达到 30 的水层可有 30 米左右深，温差发电很有条件。所以海水温差发电不仅具有广阔、美好的前景，经济效益和社会效益高，而且对巩固海疆国防也有着很重大的现实意义。同时，由于深海的海水往往含有更多的营养成分，把这些海水抽上来作冷却水使用后排入上层海面，等于把养分上扬，有利于浮游生物等的繁殖，丰富海域生态的基础食物链，对生物资源的增殖和水产养殖很有好处。

如何实现温差发电

温差发电的办法很多，归纳起来可分为开式和闭式两大类。

前一类方式是把吸收了太阳热能的上层温海水先送入真空室，使之降压沸腾产生蒸汽，再用这种蒸汽来驱动发电机组运转，同时又从 500 米以下的海洋深处抽取 7 以下的冷海水，使这些用过的蒸汽冷凝降压，形成保证发电机组运转的蒸汽压力差。这种直接用海水产生蒸汽，使机组发电，用完后又排回海中的方式称为开式循环。法国工程师克劳德 1929 年建成的实验电站的工作方式就属于开式循环。利用开式循环发电的机组结构较简单，零部件少，成本低，热交换器可用塑料制作，在海水中耐腐蚀，还可同时生产蒸馏淡化水。但是由于真空室产生的蒸汽密度小，压力低，制造真空还要消耗很大能量，能量的输出、输入比小，抽水量也大，汽轮机体积要做得很大才能利用这压力不太高的蒸汽工作，整机输出功率要有提高就有困难。另外，蒸汽冷凝水在排回海洋后又会导致周围海域水文与生态环境发生变化。

第二类方式是把丙烷、丙烯、氨气或氟里昂等低沸点工质先注入蒸发器，用上层温海水加热，无须抽真空就能使之气化，产生可以驱动机组发电的蒸气。这个过程就相当于电冰箱以动力去压缩工质和用散热器带走在压缩中产生的热并使其液化的反过程。此后，把压力和温度都已降低了的蒸气导入冷凝器，用 500 米以下的冷海水冷却并经水下加压使它重新变回液态，又送回蒸发器循环，如此不断工作就能不断发出电来。这种靠工质产生的蒸气驱动气轮机运转，用后又变回液态，在封闭回路中反复循环的方式，称为闭式循环。这种方式整机组件较多、结构复杂，成本较高，有些工质对海水有污染，但它小巧、紧凑，发电效率高，利于提高整机输出功率。美国已制成的 200 瓦温差电站模型，及尚在计划、建设中的 215 万千瓦和更大型的温差电站就是以闭式循环方式工作的。

日本于 1974 年开始实施并取名为“月光计划”的海水温差发电系列试验也是以闭式循环方式工作的。该项计划打算在 2000 年前后达到实用化和向国内提供大型电源的目标。本世纪 80 年代初，在赤道线上的瑙鲁岛建成了第一座 100 千瓦级的海水温差发电试验工厂，其实际发电功率达到了 10 千瓦。第二年又在德文岛开发兴建了一座 50 千瓦级的混合型的试验工厂，使用的是氟里昂-22 和氟里昂-12 混合工质，温差转变为电能的转换率提高了一倍，输出功率也达到了 10 千瓦。

后来，人们在一座 75 千瓦级的试验工厂中采用了平板热交换器，提高了

热交换率，大大减少了冷水抽水量和传动功率的消耗，也降低了其他配件成本，加上计算机控制系统的使用，提高了效能，净电输出功率达到了 50 千瓦。这样，一座 3000 千瓦级的温差电站，每千瓦·时电的发电成本就可以比柴油发电的电价还低，为温差发电的实用化铺平了道路。

最近，从事海洋热能转换发电事业 60 多年的安德森工程师创办了一个名叫“海上太阳能公司”的企业，集其几十年的经验设计了一个效率很高的温差发电方案。它是以一种没有毒性、沸点只有 21.1 的液态丙烯作为工质，用热带海面 26.67 的海水输入安装在水下 60 米深处的锅炉中去，使液态丙烯蒸发产生蒸气。这些蒸气通过管道上升、驱动 12 台安装在锅炉上方 10 米处水中的发电机组发电，从发电机组出来的废气进入热交换器，通入从 900 米深处抽上来的 4.4 冷海水。在此温度下，丙烯气体又凝为液体，向下流回到锅炉中重复下一个循环。这些机体设施都悬挂在一条不太大的船只下面，结构紧凑小巧，抗浪性好，重量轻，造价也不高。

安德森的方案得到了印度尼西亚政府的支持，他们准备投巨资兴建一座功率为 10 万千瓦的海水温差电站。估计它的发电成本只有目前第三世界许多岛国的平均电价一半还不到。

目前，海水温差发电已将成为一种切实可行的无污染、无温室效应，又能永续使用的再生能源的新形式。

俯拾皆是生物质能

回收散失的人体能源

据说，曾经有人将鸡卵紧贴自己的皮肤，揣在怀里战战兢兢、诚惶诚恐地日夜小心呵护，经过一段时日，仅仅靠自己的体温，居然孵出了小鸡！这实际上是对人体能源的绝佳的利用。我们当然不提倡大家用体温去孵鸡，但人体能源的开发却值得人们去探索，去研究。

人体能源浪费可观

人体能，即人体散发的能量，主要表现为热能和机械能。在人的生命过程中，人体能源随时作用于周围环境，如运动时大量出热，行走时压着路面作功等等。这些能量至少有 1/3 被白白浪费掉。据专家测算，一个质量为 50 千克的成年人，一昼夜所消耗的热量为 2500 千卡（合 10467 焦）左右，可以把相当于本人体重的水由 0 加热到 50℃，全世界 50 多亿人，每人浪费掉的人体能加起来，相当于 10 座中型核电站生产的电能所需要的能量。

“窃取”能源和体温发电

美国桑托斯公司的超级市场，每天都在“窃取”顾客的能量，将其用来发电。该超级市场在出入口处安装了旋转门，每天数以万计的顾客进进出出，推动旋转门的能量统统被收集起来；此外，顾客还要在旋转路上停留 1~3 秒钟，他的“重力能”也被收集起来，转化为电力供该公司照明，驱动电梯、电扇。

无独有偶，美国新泽西州电信电话公司新近设计建造了一座新颖的办公大楼，它的房间内壁能有效地吸收全楼 3000 多名职工散发的热量，再转换为电能，储入蓄电池，供照明、电脑打字和调节楼内室温之用。

有一种袖珍温差电池可以把人体中的热能转化为电能，为小型晶体管收音机或其他电器供电。现在利用人体的热能来供电的小型助听器、收发报机、小型电视机等都研制成功了，它们携带起来十分方便。体温供电手表也已出现，这种手表的后盖就是一块微型温差电池，只要戴在手上，手表就能准确运转了。

计步器和步行器

前几年，国外有人利用行走时身体的自然摆动来带动计数装置，设计制造出一种计步器，把它装在腰间就能随时显示走了多少路程。计步器虽小，但它是有意识地利用原被浪费了的人体能的例子，这种计步器可以用于对竞走运动员步伐频率的测量。

最近，一种新型个人步行器在美国问世。它不需外加能量，完全靠弹簧和杠杆的联动作用，每小时能行进 30 千米。一般人在行走时，所付出的能量总有一部分要浪费在垂直运动上。步行器则不仅能加大步幅，而且能避免能

量浪费。在行走时，步行者脚的作用力通过缆索，滑轮和杠杆传递到高能弹簧，导致弹簧伸缩，弹簧伸缩产生的能量再传递到机械腿，以达到行走的目的。这里弹簧的作用是贮存能量并在下一步释放，将人抬高，弥补了行走时垂直运动所消耗的能量。

行走发电

在热闹的大街上，成千上万的人们，穿着五颜六色、样式不一的鞋子，或漫步在街头，或急行于人行道上，摩肩接踵，熙熙攘攘。但就在这个时候，人们却在不知不觉地干着一种极其有益的事情——发电！

这到底是怎么回事？原来，美国佛罗里达州的一位工程师设计出一种利用步行来发电的新装置。他将这种装置埋在公共场所地毯下，上面是一排踏板，当行人踏在上面时，体重压到板上，使与之相连的摇杆也被压下。摇杆从一个方向带动中心轴旋转，从而带动发电机发电。

当众多行人连续在踏板上行走时，摇杆不断被压下，使中心轴不停地转动发电。这种装置安装在大街、商场、火车站等处，所发出的电可以用来照明和驱动电风扇。

这种方法用于汽车，便可以利用汽车的重量来发电。

在美国纽约一条繁华的马路上，人们铺设了 20 块高出路面的金属板，他们在每块板下面再放一个橡皮容器，容器内存满循环水。汽车在金属板上驶过，金属板受压，将板下容器内的水高速挤出。高速水流经地下管道通往路边的发电机房，驱动水轮发电机发电，水最后仍回到橡皮容器内，准备再次受压。如此往复循环，就能源源不断地发电。据测量，一辆质量为 5 吨的汽车压在金属板上，就可产生 7 千瓦电能。

科学家和制鞋工厂还共同研究出一件新发明：在制鞋厂预先把磁铁装在鞋底或鞋跟里，同时在街道和人行道下安装一种特殊线圈，当人们在行走时，鞋内磁铁的磁力线，会接连不断地切割线圈，线圈的导线中就产生了电流。接上线路，就可以用来照明。

事实上，这种办法还可以用于各种车轮，也就是说，我们可以把磁铁装在车轮的外胎里。于是，车水马龙、往来如梭的公路干线，就变成了一座座大型发电站。

根据摩擦发电的原理，德国的科学家发明了一种用地毯发电的新方法。这种地毯采用一种特殊纤维制成，当人们在地毯上行走时，地毯就能发出电能。

健身房里能源的回收

有位外国科学家为鞭策迷上了电视的女儿坚持锻炼，防止因长期呆在荧光屏前引起“电视病”，便专门设计了一辆固定的“自行车”。他的女儿必须骑在车上不停地蹬板以驱动发电机，才能保证电视机的供电，想偷懒就越看不成电视。事实上，随着生活水平的提高，人们越来越注意健身了。但美中不足的是，现有的健身器具大都忽略了对人体能的收集利用，致使大量人体能被白白消耗，这种现象在运动员训练基地表现得尤为突出，如将现有的健身器具稍加改进，配上小型发电装置，即让健身者和运动员在举、压、推、

拉、蹬、踢、打、弹跳时带动发电机，就可将自身多余的人体能转化为有用的电能，供家用电器使用。

血液发电

科学家还发现，人类的血液也能发电。因为血液中有一些化学物质，在发生反应时会产生能量，所以可将它转变为电能。根据这一原理，美国医学专家研制成了一种奇妙的人体生化电池，这种电池体积很小，可以通过手术植入人的血管或内脏附近。它昼夜不停地发电，一点也不影响人体正常的生理活动。现在有些病人因病情需要装心脏起搏器，用这种电池来供电是最理想不过了。

神了，脑电波的利用

在美国俄亥俄州空军基地的一间实验室里，一位科学家用“意念”进行了一项飞行模拟实验，他没有用手去掌握方向盘或按动按钮，没有用脚去踩踏板，而仅仅靠“意念”轻松地操纵着“飞机”向左拐，或向右拐。这里所谓的“意念”不是指那种口中念念有词的咒语，而是在头皮内接上若干电极，接收大脑神经发出的脑电波，经计算机处理后发出相应的操纵“飞机”的指令。在这以前，这家实验室里的科学家通过“意念”已成功地完成了开灯、关灯、转换电视频道等简单工作。这项实验的名称是“脑力驱动控制”。

实验证实脑电波是存在的，那么如何利用脑电波呢？科学家认为关键在于设计一个复杂的程序来根据脑电波分析大脑想干什么。当人在做某一特定工作时，其脑电波也是特定的，问题是让计算机“学会”如何理解脑电波。

一位叫 A·琼克的科学家将一条装有 3 张邮票大小的电极的布条捆在头上，并运用信号软件成功地用脑电波操纵了一艘 10.7 米长的“吉卜赛月亮”号游艇。

奥地利科学家成功地使一位瘫痪病人用脑力驱动控制完成他原来无法自控的排尿。一位匹茨堡的四肢瘫痪病人已经能用脑电波玩电子游戏。现在科学家正在研究怎样用脑力驱动控制机体，使瘫痪病人行走自如。

人工利用脑电波已不是梦想。脑力驱动控制从设想伊始至今不过几年，但它所展示的前景却是无可限量的。

潜力巨大

人体能源同太阳能、风能一样是廉价的，且不受气候变化影响，取之不尽、用之不竭，又没有污染，收集转换也并不很复杂，既能自收自用，也能“零存整取”。我国是世界上人口最多的国家，许多城市人口密集。众多的交通要道、出口入口、台阶天桥、车站、商场、机关学校等处都便于大量收集人体能。人体能源如果能在我国得到广泛的应用，其效益是相当可观的。

化腐朽为神奇

“联合兵团”

人们发现，有那么一群“骁勇善战”的“将士”，它们能在缺氧的条件下，分解种种有机物，产生以甲烷为主的沼气。这些“将士”就是沼气微生物。这么一群种类庞杂，对氧气需求程度不同的“将士”，组成了制造沼气的“联合兵团”。

若把沼气发酵比作“作战”，则大致可分为“四大战役”，前三个“战役”是“预备战役”，由各路“盟军”参加，最后一个“战役”则是决战性的“战役”，由“主力军”担负重任。

“第一战役”被称作水解：参与“战役”的微生物兵团专攻复杂的有机物，将其分解成小分子有机物。“兵团”成员如拟杆菌、梭杆菌等细菌，它们各自利用自己的独特武器——纤维素酶、蛋白酶等胞外酶，使不溶于水的纤维素残渣分解为葡萄糖等溶于水的糖，使蛋白质分解为氨基酸，使脂肪分解为脂肪酸和甘油。

“第二战役”是发酵：参与本“战役”的“兵团”继续扩大战果，把上一战役的“战俘”继续降解为小分子醇类、有机酸类、二氧化碳、氢气、氨气等简单物质。本战役“兵团”成员有乳酸菌、丙酸杆菌、梭菌属、拟杆菌属等等。

“第三战役”为产乙酸和产氢：参与本“战役”的微生物“兵团”把发酵作用所产生的小分子醇类和一些脂肪酸分解为乙酸、甲酸、二氧化碳和氢。人们对本“兵团”的细菌了解还不够，但已肯定这类细菌所产生的氢对它们自身进一步生长繁殖有抑制作用。因此，产乙酸和产氢的细菌，必须与能利用氢的细菌，如产甲烷的细菌共同生存。

“第四战役”就是产甲烷：这是一场关键性“决战”，参与战役的主力军是产甲烷细菌。攻击目标是前三个战役的种种产品，如氢、二氧化碳，甲酸、乙酸、甲醇、乙醇等等。战役的最终成果是将上述物质都改造成甲烷。

甲烷终于产生了，“战争”也就胜利结束。其中，产甲烷菌是最大的“功臣”，是“主力军”。当然，它的赫赫战果也离不开其他一些前期建功的“盟军”。

提高“战斗”效率

要提高沼气产量，提高“战斗”效率，必须控制好“主力军”——产甲烷细菌和“盟军”即其他沼气细菌的比例。影响这种比例平衡的因素主要有五个方面：温度、氧气、酸碱度、营养和微生物的品种。

总的来说，沼气发酵，温度是关键。在一定范围内，温度高，产量大。当温度达到 15℃ 时，每吨原料发酵周期为 12 个月，而在 35℃ 时，发酵周期仅要 1 个月。

产甲烷菌是极为讨厌氧气的，哪怕有微量氧气存在，这些细菌就会处于休眠状态。

此外，要有合适的酸碱度。在一般情况下，这一点可以靠微生物间自动调节、保持平衡来达到。

营养对于产沼气的微生物也很重要，氮不足会产生硫化氢气体；氮太多则会产生氨而抑制甲烷的生成。所以人们一般把碳和氮的比例控制在 30 ~

35 1 的范围内。如果原料中的碳氮比例合适，细菌活动的结果，能使沼气池保持中性环境。这样，为沼气菌准备了理想的场所，也准备了可口的食物，这些食物包括制造甲烷（沼气的主要成分）的原料——醋酸、二氧化碳、氢等。如果原料中碳水化合物比例很高，酸性物质就可能“一统天下”。在作物秸秆中，干麦秸的碳氮比为 87 1，干稻草的碳氮比为 67 1。如果沼气池只放进这些原料，纤维分解菌和产酸菌繁殖快，就会出现前期偏酸。当酸的浓度累积到一定程度时，沼气菌的活动便受到抑制。如果原料都是牲畜粪也不好，这样就会因缺乏富含碳元素的有机物而造成沼气菌营养不良，产气量也不可能高。只有把各种原料按一定比例搭配起来，才能做到恰到好处。

最后，微生物的品种要正确选择，如果这一点能做到的话，再添加经过堆沤的原料，添加约 10% 的活性污泥，就能有效提高产生甲烷的速度。

来自下水道的电

曾经有人见过一个“巨蛋”，煞是宏伟，人站在底下，显得何等渺小。这种高达 30 米的“巨蛋”是竖立在日本著名的横滨跨海大桥附近的污泥消化槽，归属横滨市下水道局所管辖。

横滨市有 11 处下水道污水处理场，这些处理污水的机构每天日以继夜地处理着下水道中流来的种种生活污水，将其中的污泥分离出来。这些污泥都将经过埋在地下的输送管道分别送到南北两座污泥处理中心。“巨蛋”是北部处理中心的消化槽之一，那儿，这种巨型污泥消化槽共有 12 座，排在一起，蔚为壮观。

污泥如何发电？原来，在消化槽内，细菌将污泥中的有机物质分解后，就产生沼气，而沼气就成了发电的燃料。

污泥发电能力至今还较弱，远比不上石油。横滨的“巨蛋”污泥发电场目前每天发出的电力约 4 万千瓦，供污泥处理中心使用。另外，产出沼气后的污泥，经过干燥处理后可制成肥料；经过脱水、焚烧后，烧出的灰可以制瓦，也可以制瓶。

澳大利亚墨尔本的一座城市污水净化站，对下水道中的污水进行了生物净化：在巨大的水池中利用微生物对污水进行分解。在净化过程中，会释放出可燃气体——甲烷，这些气体原来都发散到空气中污染环境。现在科学家用聚乙烯膜覆盖在污水处理池上，可燃气体在膜下积聚后，沿管道送到发电装置进行纯化，燃烧发电。

拉丁美洲地区城市下水道污水沼气的开发工作也已取得很大成绩，目前该地区工业和城市污水处理中心年产沼气 1.257 亿立方米，如果用这些沼气发电，发出的电能相当于燃烧 10.78 万吨石油发出的电能。例如，1990 年建成的哥伦比亚布卡拉曼加两座总容积为 6600 立方米的发酵罐，已启动运行发电，服务至今。

垃圾发电

垃圾发电，奇而不诞。通过发酵工艺，可使垃圾产生沼气，再转变为电能。从理论上算，一个垃圾处理厂，若每天能处理垃圾 1200 吨的话，则每天可获电 1.2 万千瓦。1991 年德国凯尔彭市垃圾处理场建成，采用高技术机械

设备，每年可处理城市垃圾 10 万吨，并把其中的废纸、木料和其他有机物运到发酵沼气厂转化为沼气。法国南部的利摩日地区建立了两座垃圾处理站，每年处理垃圾 8.5 万吨，每小时产沼气 800 立方米。拉丁美洲地区垃圾堆埋场的沼气年产已达 8820 万立方米。目前，美国和英国都在兴建每天可处理 3000 多吨垃圾的处理工厂。我国部分南方城市，目前也已能利用垃圾产生沼气，并供应部分家庭作燃料。

用垃圾产生沼气，变废为宝，是件功德无量的好事，因为这样做既能将又脏又臭的垃圾变为有机肥料，又能代替煤、石油等燃料发电，减少污染。另外，沼气经净化后还可作汽车燃料，或替代煤气为城乡居民提供廉价气体能源。

500 万个沼气池大显身手

屈指算来，我国沼气池数量已据世界第一。据统计，仅我国农村，至少已有家用沼气池 500 多万座，使 2000 多万人用上了沼气，年产沼气 10 多亿立方米。长期以来，我国农村都以燃烧柴草为家庭基本能源，能源利用率极低，且严重污染环境。改用沼气池后，既方便，又卫生，“龙头”一开，饭香水开，沼气池已在我国农村大显身手。

我国在农村推广的沼气池，大多是水压式沼气池。这种“中国式沼气池”已为第三世界许多国家所采用。

水压式沼气池的发酵间和贮气间合在一起。整个沼气池设在地下，其下部为发酵间，上部则为贮气间，它们的界线就是发酵液的液面。随着下面原料的发酵，沼气不断产生，上面沼气的气压上升，就把发酵料液推向与发酵间相通的水压箱，于是，水压箱的液面明显高于发酵间液面。这种由液面的高低所形成的位差，构成了对贮气间沼气的压力，把沼气压向炉具。这就是水压式沼气池名称的来源。建造这种沼气池一般可用水泥，因此在农村中也被叫做水泥沼气池。目前，在我国农村推广的水压式沼气池已基本标准化，有预制的水泥物件供应。

水压式沼气池的容积一般为 6~10 立方米。在我国南方，每个沼气池年产 250~300 立方米沼气，每天所产沼气可供五口之家炊事之需。水压式沼气池的优点是建池速度快，质量好，一次建成，长期使用。缺点是压力不稳，时有漏气。这种沼气池的产气量受温度影响较大。北方寒冷地区可用塑料大棚架在沼气池外，借用太阳能为沼气池增温防寒，也可将沼气池和温室养鸡场结合在一起，既取暖，又可用鸡粪发酵产沼气。

印度也在积极推广农村沼气池，数量已有 80 万个之多。

我国台湾省研制的塑料沼气池，可以进行工厂化生产。运输方便，施工简单，密封性好，产气率高。但产出的气体压力不高，所以使用沼气的灶具和灯具对压力的要求也不高。当发酵料用完后，揭开盖膜，就可以将废料全部取出，使用十分方便。

科学家们预言，我国沼气生产的潜力很大，据测算，全国农作物废弃物和人畜粪便如全部入池发酵，每年可制沼气 1000 亿立方米。这些沼气不仅可以满足农村生活需要，还可以供沼气发电所用。

可供沼气发酵的原料到处都是，除了庄稼秸秆、人畜粪便、生活污水和城市垃圾以外，还有各种有机的工业废料。那些经常污染环境，长期困扰人

们的废水废料，诸如食品加工厂，酒厂、化工厂、纺织厂、印染厂、制革厂、造纸厂和屠宰厂的排放物，都是发酵沼气的好原料。“化腐朽为神奇”，利用垃圾发电，这的确是一桩造福于人类的大好事！

“吃”牛粪的沼气池

印度目前已有 80 多万个沼气池，这些沼气池以牛粪和植物性垃圾为原料，发酵室上盖有气罩，被称作浮罩式沼气池。

“马粪风波”

1884 年春天，法国巴黎发生了一场轰动一时的“马粪风波”。

事情还得从巴黎马路上的街灯说起。那时，还没有明亮的荧光灯，更没有五彩缤纷的霓虹灯，巴黎街头点的是光线暗淡的煤气灯。法国科学院有一位在化学和微生物学上都享有盛名的路易斯·巴斯德教授，他别出心裁地提出了一个设想：用马粪发酵后产生的气体，来替代煤气作街灯的燃料。消息传出，风波顿起。一些顽固守旧的人声嘶力竭地表示反对，就连当时法国最权威的《费加罗报》也马上发表评论，以刻薄的语言讽刺这位化学界的天才。接着，更有一些名人在巴黎各报纷纷撰文，有的谴责这位教授冒天下之大不韪，竟敢把又臭又脏的动物粪便去和素以豪华富丽而闻名世界的爱丽舍大街的街灯相提并论；有的则认为巴斯德的想法本身就是对法国和巴黎人民的侮辱。甚至还有人寄信给巴斯德，威胁他立即改正这个“错误”，否则将对他采取行动。

在沉重的舆论压力下，巴斯德不得不暂时停止了该项实验。但他的一些学生仍在悄悄地努力，事情并没有结束……

路灯亮了

时间过去了 12 年，1896 年夏天的一个傍晚，在英国埃克斯特市，市民们扶老携幼地赶到一条小街上去看热闹。摆在人们面前的是一个粪坑，上面用木板密封住，木板中间引出一根管子，接在原来的煤气管道上。晚上 7 时半，奇迹发生了，这种从粪坑里引出来的气体，把街灯点燃了，而且灯的亮度绝不比用煤气差。顿时，人们掌声雷动，巴斯德的设想成了现实，一切谣言均不攻自破。

这种可以代替煤气点燃街灯的气体就是沼气，一种首先在沼泽地里发现的气体。有人收集了沼泽地冒出的一个个气泡，并发现了这是一种可燃的气体，于是，“沼气”，“沼气”便被叫开了。沼气的产生实质上是微生物作用的结果。沼气中的主要成分是甲烷，含 55%~77%；其次是二氧化碳，还有一些其他气体。甲烷热值比较高，燃烧 1 立方米沼气可产生 39.15 兆焦的热量。沼气中的甲烷含量超过 50% 时就可以燃烧。甲烷在完全燃烧时，发出蓝色的火焰，并放出大量的热。

巴斯德教授是在看到他的学生们研究粪便肥效时收集的沼气以后，才以科学家特有的敏感，提出沼气是一种可供利用的能源，并付诸实验的。

粪中有“黄金”

从那以后，人们终于注意到对粪中所含能量的开发，有人对全世界人粪、畜粪和禽粪所含能量作了科学的统计，发现在所有的动物粪便中，黄牛粪所含的能量最高，猪粪次之，马粪则最低。

近年来，利用粪便发酵产生沼气作能源的工作已取得很大的成效。我国有许多农户，已将厕所、猪栏直接和沼气池相连，人、畜粪便自动落入沼气池，进行发酵，产生的沼气可供燃烧，沼气肥渣可喂鸡、养鱼、肥水、肥田，很好地协调了生态平衡。

从本世纪 80 年代至今，扬州市已建成厕所同沼气池相连的沼气式卫生厕所近 10 万个，其中包括乡镇企业、学校、卫生院等建造的大中型沼气公共厕所近百座。全市通过改厕所，建沼气，开发了沼气能源，用沼气煮水烧饭，每年可省柴 15.5 万吨，折合标准煤 10 万吨；与此同时还为农民每年提供优质有机肥 3000 多万担，减少了化肥用量，减轻了农民负担。

“粪便煤”

有资料表明，动物的粪便经过某种处理，可以成为很好的燃料，全世界所有的黄牛每年可排出 64.9 亿吨粪便，这些粪便中含有的能量竟相当于 7.53 亿吨标准煤含有的能量，所以从某种角度来说，动物排出的不是粪便，而是煤！

粪便的出路

眼下在城市里，尤其是在大城市里，粪便找不到出路，例如上海现在日产粪便量高达 6000 吨，既要花钱拉出城去一倒了之，又污染了环境。

然而，当粪便发酵发电技术传入我国后，这些麻烦就有可能一扫而空。据报载，1995 年加拿大某环境技术有限公司和我国上海市有关部门就利用粪便发电问题的洽谈已进入实质性阶段。加拿大公司准备提供技术和资金，和上海一起先建一座日处理 2000 吨粪便，可产生 5000 立方米沼气的工厂，再用沼气发出可达数兆瓦的电力，最终把粪便的日处理量提高到 6000 吨，接近或超过上海市日产粪便水平。这项技术若在上海实施成功，不仅将给上海人民带来方便和实惠，而且为全国大中城市推广利用粪便发电技术展示出美好前景。

“生态农场”

位处长江口崇明岛的上海东风农场被人称作“生态农场”，场里的职工为了解决大量牛粪尿的出路，通过沼气发酵，把牛粪中的能量以沼气形式提供给居民，解决了农场职工的生活能源，使职工摆脱了建场以来专烧柴草、煤饼的落后生活方式，改善了环境质量。发酵后的沼渣（牛粪的发酵产物）无毒，无味，经化验分析，蛋白质和维生素含量较高，可作饲料喂猪，养鸡，也可作鱼饵养鱼，施在田里则是一种易被农作物吸收和利用的速效有机复合肥。东风农场开发的利用牛粪沼气的成功经验，为建设生态农场提供了极好

的参考价值。

触目惊心的塑料污染

毋庸置疑，塑料工业的发展，为人类的生活、生产带来了莫大方便。不是吗，现在到菜场买菜，已用不到带菜篮，买了菜，往塑料袋一塞，拎了就走；到超市买东西，也都有塑料袋包装，空手进，满载归；就是买米，也用不到拿布制的米袋，米店奉送塑料袋，有多方便！火车、轮船、街头，到处都有盒饭供应，吃了，将泡沫塑料饭盒往该扔的地方一扔，用不着再去洗碗。农民要让蔬菜早上市，只要搭个塑料棚。还有种种器具、桌子、椅子，甚至汽车、房子都可以用塑料建造。从长远看，未来世界，塑料将用得更多，更广泛。

然而，随着塑料的广泛使用，废旧塑料必将日趋增多。仅仅包装用的塑料，全世界每年就要消耗 3000 万吨。塑料为患，势必污染环境。铁路沿线被杂乱堆积的白色泡沫塑料饭盒掩盖，令人触目惊心；田头地边，随处可见废旧农用塑料；城市垃圾中，废旧塑料所占的比例也越来越高。而且，废旧塑料不像有的有机垃圾那样，会被微生物降解而分解，它不会自己烂掉……那么多的废弃塑料，怎么办？一时间弄得人们束手无策。然而，随着科学技术的迅猛发展，今天，人们已为这些令人烦心的废旧塑料找到“用武”之地，塑料垃圾炼油新技术的诞生就是一个例子。

日本科学家的试验

日本每年产生的 500 ~ 1000 万吨垃圾，大部分堆积成山，或只能烧掉。可是，可以堆放垃圾的空地越来越少，燃烧塑料废品又会因释放二氧化碳和其他有毒物体而产生新的污染。为了寻找解决塑料垃圾问题的新途径，近年来日本科学家在垃圾变油的技术上，取得了较好的成绩。

在东京以西的岛根县松江市郊区的一家工厂，在参观者的众目睽睽之下，一位名叫仓田的中年科学家一声令下，工人们将装满乙烯泡沫塑料、午餐盒，软饮料瓶等各种塑料废品的乙烯袋一个接一个地扔进巨大的锅炉里。然后，仓田又高喊一声：“开始！一、二、三，好了。”于是，他拧开锅炉上的一个龙头，一股液体流了出来。他将一根尚未吸油的油绳在液体里浸泡了一下，然后用打火机将其点着，油绳便静静地燃烧起来。人们看见，只不过几秒钟，塑料废品便变成了一种可燃液体。

仓田是专门研究废品处理的科学家，他自己解释说，他用的是全新方法，即不断地加入五种不同的催化剂和一些特制的溶液来溶解塑料废品。他说：“我的方法基于波状运动原则。当锅炉内部处在一种特殊状态下时，就会产生波能。这种能量能够击碎塑料的分子链，将它们变成液体。1 千克塑料能产生 1.2 升煤油。”仓田的发明为大规模回收利用塑料废品展现了诱人的前景。

日本东芝环境工程实验室开发了另一种新的处理工艺。人们先将塑料粉碎，然后放入温度为 400 以上的回收油的热槽中，使塑料分解。此时，还须滴加氢氧化钠，使塑料中的氯变成氯化钠。在正常大气压（1 个大气压为 101.325 千帕）下，塑料分解成各种长度的碳链。当压力被增加到 10 个大气

压时，主要产生具有 6~8 个碳链的碳氢化合物，汽油和柴油就是此类碳氢化合物。据统计，投入该系统的能量（用于加热、加压等）只为生成物所含能量的 1/3。所以这种处理方法是很有生命力的。

日本某研究所的研究人员还发现，在减压条件下竟能顺利地将苯乙烯等废品转成油。在此过程中，火山灰具有促进该反应的作用。

来自废品的油

为什么能利用废旧塑料提炼汽油和柴油呢？

我们先从石油与塑料的分子结构谈起。先说石油，石油是地层中的动植物遗体，在高温、高压条件下经分解作用转变而成的。就其化学组成而论，石油主要是由碳和氢两种元素构成的烃类化合物，其中碳的含量为 86% 左右，氢的含量为 13% 左右，其余 1% 左右的元素为硫、氮、氧及微量金属和其他非金属元素。经过一系列加工，可从石油中分离出燃气、汽油、煤油、柴油、润滑油、石蜡及沥青等许多种类的石油产品，如果进一步对石油用化学方法加工，还可制成多种化学纤维或织物、有机合成的原料及石油化工塑料等。再说塑料，它在适当工艺条件下具有可塑性，因而能塑造成具有一定形状的塑料制品。塑料按其制品的成型方法分为热固性塑料和热塑性塑料两大类，若按其化学组成来分，又可分为几百个品种，如聚乙烯、丙烯、聚丁烯塑料等。从元素组成和化学结构来看，塑料与石油的性质相似，它们都是烃类化合物（其产品包括废旧物料、食品袋和其他废旧塑料）。但就其分子大小而言，塑料的分子远比石油中任何一种成分分子都大，塑料的分子可以是石油的几百倍乃至几千倍大。因此，塑料与石油的性能相差很远。尽管如此，但由于上述几种塑料与石油之间存在着本质上的相似，因此，只要方法对头，就可使塑料转变成石油产品。

“点塑成油”

人们一直设想一种方法，这种方法很容易就能将废旧塑料转变成石油，就如神话传说中的术士，用小棒轻轻一点，就能将石头点成金子那样。如今，用塑料垃圾炼油在我国也已获得成功。山西绿色环境工程总公司科技人员从 1992 年开始，率先打响了一场“变塑料垃圾为汽油和柴油”的科研攻关战。至 1993 年 10 月，“点塑成油”终于获得成功。国家科委和环保局把该项科技列入星火计划和重点推广项目。目前，我国已有不少地方正在进行这方面的工作。

化废塑料为油的工程不仅能开创能源利用的新领域，而且为解决城乡日趋严重的“白色污染”这一社会公害作出了贡献。这可是一项造福子孙的大好事！

“点塑成油”的方法简述如下：先将废塑料加热裂化，然后加入催化剂对第一阶段产品进行催化裂化，再经过若干道工序，就可以获取汽油、柴油。

惊人的数字

我国每年产生的废旧塑料约有 50 万吨,其中的 80 % 用来提炼石油产品。如真能提炼成功,则每年可为国家增产 26 万吨石油产品,创产值近 6 亿人民币。

能源新秀

藻类是一支不可忽视的植物大军,它们的种类有 10 万之众,有的,在江、河、湖、海里或沉或浮,熙熙攘攘,为广大水域增添了无穷生气;有的,则藏身于高山冰雪之中,给洁白的琼楼玉宇镶嵌上各种绚丽辉煌的色彩。藻类虽然是比较低等的植物,然而却是一种很好的“能源植物”。

贮藏太阳能的好手

海洋充满着生机,海鸟在空中飞翔,鱼儿在水下游弋,贝类则潜居水底,更有数不清的浮游生物在海中出没。那么,海洋生命活力的源泉在哪里?在于生活在海洋里不计其数的海洋绿色植物,其中主要就是藻类。藻类植物进行光合作用,固定太阳能,又在建造自身的同时把能量转运到海洋生态系统的各个食物链,它们是海洋中一切生命的能量源泉。

海面上的太阳辐射能,植物只能利用和固定其中很少一部分。我们把单位面积上,被海洋植物光合作用利用的能量和它们接受到的太阳总辐射能量相比,其比值叫光能利用率。海洋植物的光能利用率估计是 0.5% ~ 1%。人们根据科学方法,估算了世界上几个大洋海洋植物的初级生产量,约为 2.1×10^{10} 吨有机碳。而海洋植物本身的平均含碳量为 4% ~ 5%,如果其生产量用湿重表示,则为 4.3×10^{11} 吨有机碳,这个数值与全世界陆地植物每年生产的碳的质量非常接近。这种高生产率效能主要是由海洋里的单细胞藻类完成的。

日本有座小岛,每年被波浪冲上岸的石莼(一种片状绿藻)就有几十万吨,腐败后发出恶臭,令人讨厌。现在,人们用这些石莼发酵,每年可以得到几千吨沼气,解决了当地上万户居民的日常能源;与此同时,人们还从石莼中得到一些饲料、肥料和药品等副产品,确实做到了化弊为利,物尽其用。

巨大的“海蛇”

曾经有人说,他远远目睹了大海中巨大的“海蛇”,说有几十米长,在浪尖上逐浪摆动,简直活龙活现,煞是吓人。后来才知道,这并不是什么海蛇,而是一种叫巨藻的植物。巨藻是一种既不开花,也不结实的低等植物。它的近亲是大家熟悉的海带。巨藻一般长 60 ~ 80 米。有的可达百米,甚至数百米。在春夏季节,水温适宜,每天可生长 2 米左右,这是其他所有植物望尘莫及的。

地球上最大的海洋植物就是巨藻。巨藻生长在海洋礁石的表面,向四周辐射蔓延,伸向海面,繁衍茂密,缠绵不绝。巨藻的家族遍布北美洲西海岸、

南美洲海岸、南非海岸、澳大利亚海岸以及南极洲岛屿诸海岸。

巨藻的基部为根状结构，特称为固着器。与植物根截然不同的，它不是用来吸收营养和水分的，而是起固着作用，犹如一个船锚牢牢地将巨藻固定在海底。固着器的顶端与巨藻茎柄相连，这柄就是巨藻的主干，每个主干上又长满了无数的宽 10 厘米、长约 1 米的叶状物。而在叶子的底部，则是一个充满气体的气囊，藻体正是依靠这种气囊，托着植株向上生长。那皱巴巴的叶子特别适宜进行光合作用和吸收养分，为藻体的日渐壮大提供了物质条件。

巨藻的妙用

早在 17 世纪，欧洲便利用巨藻为航海引道，因为藻体的出现，便预示着下面潜藏浅礁，表明舰船离陆地不远了。巨藻曾经是为美国太平洋沿岸人们提供食盐、食物、药品等生活必需品的取之不尽的资源。第一次世界大战期间，德国对美国实行钾盐出口禁运，迫使美国加利福尼亚州开始大规模地收获和加工巨藻，并奇迹般地从中发现了制造火药和肥料的重要原料氯化钾。在整个大战期间，该州共收获 50 万吨巨藻，为战争胜利作出了重要贡献。自从科学家在巨藻体中发现了一种称为藻朊的胶液之后，巨藻身价倍增。因为藻朊既可以用来制造粘合剂、稳定剂、乳化剂、饲料，还可用来生产补牙材料、肥皂、化妆品和多种医药品。

巨藻还是一种营养丰富的经济藻类，它含 9.2% 的蛋白质，和维生素 A、B、B₁₂、C 等多种营养成分。每 1 百克干重含热量 62.4 千焦，因此是一种较理想的动物饲料。

巨藻一年之中可以收获两次，产巨藻处在冬季，每平方米海面可收获 5~8 千克藻体；在夏季，更高达 34~35 千克。将巨藻变为燃料的过程并不复杂：只要先将巨藻切碎，放到一个特制的大罐子中，然后加入微生物，在一定温度、压力下发酵，几天后就能产出类似于天然气的可燃性气体。根据实验，每 1000 吨巨藻可制取 4 万立方米气体燃料。

生产柴油的“黑马”

这里的“黑马”是指什么？就是指个体微小、数量极多的单细胞藻类。

人们称单细胞藻类为微藻。在寻找新能源的探索中，美国戈尔登科罗拉多太阳能研究所的研究人员在 1988 年发现，一些藻类植物含有丰富的石油成分，这个发现极大地鼓舞了人们。于是他们用一个直径 20 米的池塘培植海藻，一年之中收获的海藻达 4 吨，从中提炼出了 300 多升燃油。

1989 年，日本一家公司在美国研究成果的启发下，提出了利用绿藻将二氧化碳转变为石油的设想。他们发现一种单细胞绿藻植物，能吸收大量二氧化碳生成石油，在日本冲绳一带生长茂盛，因为这里的气候条件特别适合这种绿藻生长。于是，1989 年 10 月，该公司开始了利用藻类的光合作用将二氧化碳生成石油的实验研究，工作人员将燃料燃烧后排放的二氧化碳收集后泵送到养殖这种单细胞藻类的水池中。藻类便迅速地生长起来。据预计，日本使用石油产品每年排放的二氧化碳量大约有 5 亿吨，如果让单细胞绿藻全部吸收的话，那么就能生成大约 2000 亿升石油，这些石油几乎相当于日本全

年的原油进口量。

进入 20 世纪 90 年代后，利用海藻和二氧化碳生产石油的研究有了新的进展。英国的科学家把注意力放在一种普通的小球藻上，他们将一种特制的装置放在池塘中，把小球藻打捞过滤后，然后不用提炼，直接将小球藻置于发动机中燃烧发电。燃烧时排出的二氧化碳废气被泵回到小球藻养殖池内，促进小球藻生长。实验证明往池塘中吹进二氧化碳气泡，可使藻类数量一天内增加 4 倍，这样的生长速度是赤道热带雨林的好几倍。

1993 年，美国国家可更新能源实验室的研究人员，采用遗传工程改进了一种单细胞硅藻的脂类物质积累，提高了脂质生产的水平。在实验室中，研究者们已使硅藻细胞的脂质含量从自然状态的 5%~20%，增加到 60% 以上，在户外培养时也超过 40%。

微藻被称为世界上最富有生产力、最能产油的“黑马”。按单位生长面积来计算，微藻能比陆生植物多生产 30 倍的油。据估计，微藻每年每公顷（合 10000 平方米）可生产 23700~63200 升的油。

微藻生产的“生物柴油”由于成本低，可取代陆地植物生产的油。微藻能够生长来自蓄水层或海洋的咸水中。这样的水既不能用于农业或林业灌溉，也不能作为饮用水。

大自然中天然存在的石油是由古代动植物遗体经过几百万年的漫长岁月逐渐演变而成的。藻类植物经过某些微生物处理后，只要几个星期就能摇身一变，变成石油。这是一个了不起的发明。据估计，一个面积为 3000 平方米的池塘中的藻类，每年可以生产 100 万桶石油（1 石油桶合 159 升），可供 10000 辆汽车行驶 15000 千米。另外，还有人独辟蹊径，试验用蓝藻发电，用微型藻类产生氢气，在实验规模上也已获成功。

新的燃料装置

据英国 1993 年报道，西英格兰大学工程系的研究人员发现，利用太阳光，可以将普通的海藻和一台内燃机结合起来，改造成一种提供能源的系统，该系统不需要矿物燃料，也不向大气释放二氧化碳，功率虽然只有 25 千瓦，但有希望成为将太阳能转变为电能的新型工具。

用燃烧海藻来产生能量的实验虽说已进行了 1 个多世纪了。然而，没人能解决经济地养殖海藻以及将它们与发动机连接起来的难题。西英格兰大学的供能系统有三点创新：一是用上了供海藻生长的螺旋管；二是将海藻磨制成精细微粒，用以提高海藻燃烧效率；三是将生长中的海藻与发动机连接在一起。

生长螺旋管是一根约 5 米高的竖直的透明管子，海藻不断地在其中的营养液中循环。整个系统最后将湿的海藻送入沉淀容器内过滤，再进入干燥器中脱水并磨制成直径小于 50 微米的细微粒子，制成气溶胶后推入标准燃烧器。在这种系统内，供作发动机燃料的 95% 是海藻，燃烧海藻时产生的二氧化碳在营养液中被吸收，再排入生长螺旋管。

生长螺旋管中生长海藻的效率 3 倍于池塘中光合作用的效率，海藻过滤起来也比较方便，因为它们生长在螺旋管内成群地搅和在一起。

“巨藻之国”

墨西哥被称作“巨藻之国”，那里的巨藻资源十分丰富，每年生产巨藻 2 万余吨，最高的可达 29000 吨，是潜在的生物质能大国。

众人种柴火焰高

中国有一句老古话叫做“众人拾柴火焰高”。然而，在环境遭到破坏、植被大量消失的今天，柴是越来越难拾了。于是，人们将这句古话改成“众人种柴火焰高”，因为只有种柴，才能烧起越来越高的火焰。

最古老的能源

闻名世界的北京猿人，很可能也是中华大地比较早的用火者。考古者发现，在北京猿人居住的岩洞里，留下了厚达 6 米的积灰层。那些灰烬都是燃烧树枝、烘烤食物积存下来的，至今还能从里面找到烧焦的柴荆木炭块和朴树种子。由此可见，在 50 万年的漫长岁月里，薪炭一直作为最主要的能源为人类服务。直到 1860 年，薪炭在世界能源消费中还占据首位，其比例高达 73.8%。随着煤炭、石油等矿物能源的充分开发利用，薪炭直接用作能源的比例才逐渐降低。1910 年，在世界能源消费构成中，薪炭下降为 31.7%，煤炭等则增长到 63.5%。然而，即使如此，直到今天，我国广大农村，特别是山区，薪炭仍然是人们经常使用的主要能源。而在世界各地，由于煤和石油的迅速消耗，更由于保护环境的需要，薪炭又重新引起了人们的重视。

身居林海却种柴

你去过西双版纳吗？当你走向傣寨，在路旁、寨子边和邻近的山坡上看到的，那一棵棵、一片片、一行行的黑心树就是一种很好的薪炭植物。它那灰白的树桩、嫩嫩的枝条、绿油油的叶片，簇拥着，密得几乎连雨点也难以透过，到七八月份，枝端绽开一束束金黄色的花朵，每株黑心树仿佛都是一个火把，烧得满山遍野一片灿烂。

黑心树的植物名是铁刀木，为落叶乔木，高可达 20 米。傣语叫“埋西哩”。人们从砍伐后留下的直径约 1 米的树桩上可以看到：木材的周围有 2 厘米厚的金黄色边材，其余部分则为黑红色。所以当地人称它为黑心树。

黑心树分布于印度、缅甸、泰国，我国云南省西双版纳傣族自治州内也普遍栽培。这种树无论种在湿热的土地上，还是种在干热的地区，都具有抗病虫害、速生的特点，一般情况下，播种后 5 年高可达 15 米，直径在 25 厘米以上。在树干的胸高处砍断，树桩就会萌发出几十根枝条，以后隔 3 年砍伐一次，每棵树就可取柴 200~300 千克，一户人家平均种 4 棵树就可解决烧柴问题，真可谓“取之不尽，用之不竭”。

黑心树材质好，燃烧慢，火力强，烟雾小，不炸火星，是傣家人喜欢的薪炭材。傣族人民自古以来，身居林海，木柴满山，却不去用，偏偏要种“埋西哩”，除了有保护环境的因素外，更是由于人们喜欢这种生长力旺盛的薪

炭。

夸夸薪炭林

开门七件事——柴、米、油、盐、酱、醋、茶，从古到今，人们都把柴列在第一位，可见，烧柴在人们的日常生活中占有重要地位。

“留得青山在，不怕没柴烧”，青山常在，是有柴烧的前提。

薪炭能源是再生的能源。只要把树种上，就能在生长季节通过叶绿素的光合作用，把太阳能固定在树体中。全世界的森林，每年固定的太阳能，相当于 900 多亿吨标准煤。这是一个取之不尽、用之不竭的巨大能源宝库。另外，种薪炭林简单易行，成本低，见效快。树木固定化学能的机理虽然复杂，但可自然进行，不需要人工操纵。太阳能贮存在树中，用之即取。一粒种子种下后长出树来，只要不毁坏它。就可以长期贮藏能量。更重要的是，薪炭柴不含硫等有害元素，燃烧时不污染大气，是一种清洁的燃料，烧后的灰分又是很好的钾肥。

树木在进行光合作用时，吸收空气中的二氧化碳，燃烧时，又将二氧化碳释放回空气中去，保持着大气成分的平衡。树木还能防风固沙，涵养水源，改善气候和美化环境。这些，都是其他矿物能源所做不到的。

薪炭林不同于一般人工林的特点在于：它是以短期轮伐和矮林作业为主，人们选用那些易繁殖、萌发力强、能固氮、生长快、热值高、用途多和抗性强的树种，以大密度造林的方法，每公顷种上 1 万株，薪炭植物最大限度地利用空间和阳光，达到高产的目的。薪炭植物的热值高，很多薪炭燃料 2 千克的热值就等于 1 千克燃料油的热值。在一般情况下，种下薪炭植物 3 年以后就可大量取材利用。如生长良好的刺槐林，每平方米可种 1 株，3 年后平茬，每亩（约合 667 平方米）可产干柴 3000 ~ 3500 千克，足够四口之家一年烧柴之用。

薪炭林中的佼佼者

新银合欢树原产中美洲，它生长迅速，适应性强，根瘤发达，繁殖容易，由于用途广泛，产量高，国内外已广泛种植，被誉为奇迹树。我国海南、广东都已引进新银合欢树，有的种在海边垦区呈微碱性的滩地上，树龄仅 9 个月，平均树高就达 3.6 米，3 年竟长到 6 米。有的种在平原地区，2 年后即高达 7.5 米。从采集烧柴开始，可以连续砍伐 60 年而不衰老。

新银合欢树轮伐期短，在菲律宾作为薪炭林种植，现有新银合欢林 120 平方千米，燃烧总能量相当于 100 万桶石油。新银合欢树的木炭每千克发热 7250 卡（石油是 9000 卡），被称为绿色能源植物。

新银合欢树的嫩叶、豆荚营养丰富，是极好的蛋白质饲料，也是很好的肥料和木料，且由于有根瘤固氮。种新银合欢能提高土壤肥力。

紫穗槐又叫绵槐或苕条，原产北美洲，如今已广泛生长在我国黄河、淮河、长江流域各地。尤其是在那些“春天白茫茫，夏天水汪汪”的盐碱地上，紫穗槐也能长得很粗壮，种下去当年每亩可收鲜枝叶近 500 千克，以后每年都能收割大量枝条，可以很好地解决烧柴的问题。更重要的是紫穗槐的鲜枝叶是上好的绿肥，枝条还能编筐、篮等，派多种用途。

沙棘，又叫醋刺，是胡颓子科的小乔木或小灌木。它适应干旱寒冷，耐瘠薄、耐盐碱，在风大沙多，沟壑纵横的山西北部右玉县的绿化造林中，沙棘立下了大功。人们在沙滩上种，在河道旁种，就连在 10 几米高的陡壁上，它也能蓬勃生长，每年每亩可得干柴 5000 千克左右，且越砍长得越旺。

木麻黄和马尾松也是我国南方的优良薪炭树种。如在广东潮阳县，人们将木麻黄栽在风起沙扬的海滩上，把喜光耐瘠薄的马尾松种在岩石磊磊的荒山上，前者每亩每年可收薪材 1000 千克，后者则收 500 千克。

除上述树种外，加拿大杨、麻栎、刺槐、旱杨、柠条、酸刺及生长于干旱荒漠地区的梭梭，也都是薪炭林中的佼佼者。

留得青山在，不怕没柴烧

由于煤炭、石油等自然资源，在地理位置分布上是不均衡的，储量也很有限，又是不可恢复的能源，所以节约能源，已经成为人类生存的战略措施。于是有人在想，如果能充分利用土地、阳光和水分等自然条件种植林木，种了用，用了又种，循环往复，以至无穷，人们就可以有取之不尽的燃料，从而缓和能源的紧张状态。

俗话说，“留得青山在，不怕无柴烧”。已经划了“柴山”的有林地区和营造了薪炭林的地方，要提高管理水平，增加产柴量。在打柴方法上，掌握以产定采、留有后备的原则，彻底改变那种“杀鸡取卵”、“竭泽而渔”的做法，达到青山常在、永续利用的目的，把薪炭林办成真正的“活煤窑”。

在少林缺柴的地方，最好按照当地土地利用规划，根据需求和可能，安排一定面积的荒山、荒滩和其他空地，让集体和个人种植薪炭林，逐渐改变盲目打柴的习惯。

经营得当，柴多林壮

薪炭林经营管理得当，就能早产柴，多产柴，产好柴。那么，如何经营才算科学呢？当林木长成后，材质变硬，基本木质化了，方可采用。采集方法，最好是分带分片轮流采集。这样可以使树木有休整机会，从而年年有柴用。在容易发生土壤侵蚀的地方，采用轮伐法，还有防风固沙、蓄水保土的作用，对提高地力也有好处。比如有个小区，种植薪炭林 100 亩，按照需要每年要采伐 25 亩，那么，四年就可轮伐一遍。每次伐下的柴都是四年生的，有一定燃烧质量，而林地上年年生长着 1~3 年生的大小林木 75 亩。这样，既可长期生产薪炭，又有利于水土保持。在土壤十分瘠薄的地方，就先栽种以取柴为主的适应性强的灌木，待土壤水分、养分条件有了改善后，再混种以取材为主的乔木树。这样做，三年五年得烧柴，十年八年收木材，还提高了地面植物的被覆率，倍收蓄水保土之效，比如山西河曲、辽宁阜新等地，在土壤侵蚀严重的地方，分别先种柠条、酸刺、紫穗槐等灌木，三五年后，再依次混种刺槐、杨树、油杉等乔木，形成了混交水土保持薪炭林，效果很好。

纤维素发电

据估计，地球上的植物通过光合作用制造出来的纤维素可达 1000 亿吨，其中蕴藏着巨大的化学能。

尤其是那些不适合种庄稼、牧草、林木的较差的土地，改种薪炭林的话，不仅可以提供民用薪炭，而且可以为附近发电厂提供植物性燃料。

在研究和培育高效率转化太阳能的“能源植物”的过程中。美国的一些森林学家发现种植一种杂交白杨效果很好。这种白杨能把大约 0.6% 的阳光转化为化学能，并且这种树还可以密植，每 0.4 平方米就可以种一棵树。它长得快，不怕砍，砍伐后从树桩上又长出新树来，并且可以循环重复多次。据估计，在美国可利用栽植薪炭林用以发电的土地大约有 40 万平方千米。

1994 年 12 月，英国政府宣布了大规模开发林木和其他生物质燃料作为可再生能源的各项措施，建议人们栽种单一品种的速生柳或杨，这些植物可用机器收割，供发电厂燃料用。

英国的一家发电厂还采用了一种先进的发电方法。电厂的工人先将碎木转化为一氧化碳、氢气和甲烷混合物，然后再用催化方法把大分子碳氢化合物分解成为可燃化合物，送入燃气轮机燃烧，产生的热量则用来推动蒸汽轮机。这种方法比直接燃烧推动蒸汽轮机的做法多发近一倍的电力。

近年来，我国薪炭林的建设和薪林能源开发取得了显著进展。“六·五”以来的 13 年中，全国营造薪炭林 472 万平方千米，至 1996 年，我国薪炭林总面积达到 549 万平方千米。

种出来的“石油”

《儒林外史》中有位严监生，在临死的时候，伸着两根手指，总是不肯断气。几位侄儿和旁边的人都来乱猜，有说为两个人的，有说为两件事的，有说为两处用地的，纷纷不一；严监生只管摇头不是。他的妻子赵氏分开众人，走上前道：“爷，只有我能知道你的心事，你是为那灯盏里点的是两茎灯草，不放心，恐费了油。我如今挑掉一茎就是了。”说罢忙走去挑掉一茎。严监生听了这话点一点头，把手垂下，顿时就没了气。故事说的是严监生节约过度成吝啬。但从这个故事中却可以看到，那植物油在我国早就是用作点灯的能源了。

总统的坐车

据报道，法国最近推出了酝酿已久的“空气法案”。总理朱佩于 1996 年 4 月 6 日前往总理府参加“空气法案”实施讨论会，他所乘坐的车是用柴油和植物油混合的油作燃料的新式车辆。此举是希望引导消费者和工业界人士多使用混合油。因为这种混合油用作燃料，排尘的废气远较柴油为少。

“空气法案”是保持空气纯净，防止污染的法律。按照这项法律，从 1997 年 1 月 1 日起，法国所有总人口超过 25 万的城市必须装备一套空气监测系统，各城市必须制订一个中长期净化空气的规划。

“石油明星”

有些能“冒油”的植物，引起了科学家的极大兴趣。这种从植物体里产生的“石油”，实际上是一种低分子的碳氢化合物，它的分子量在 1000~5000 之间，与矿物石油性质相似。科学家们把这些能产生低分子量碳氢化合物的植物美誉为“石油植物”。

巴西有一种香胶树，富含油液，半年之内，每一棵树可分泌出 20~30 千克胶液，它的化学成分同石油相似，不必经过任何提炼，即可作柴油使用，将它注入柴油发动机的汽车油箱，车子就可以轰鸣奔驰了。在我国海南省以及越南、泰国、马来西亚、菲律宾的热带森林里，生长着一种油楠树，一般高 10~20 米，胸径 30~60 厘米。油楠树浑身饱含油液，只要在树干上钻一直径为 5 厘米的孔，2~3 小时就能流淌出 5 升浅黄色的油液。这种油液不需加工便可注入柴油机内作燃料，当地居民则习惯用它替代煤油点灯照明。此外，美国一些农场种着一种杂草，人称金花鼠草，其茎、叶充满白色乳片，乳汁中 2/3 是水，1/3 是烃。用这种草可以炼出真正的石油，10 平方米野生金花鼠草可提炼出 1 千克石油，人工栽培的杂交金花鼠草，10 平方米可出油 6.5 千克。

著名的美国化学家，诺贝尔奖金获得者卡尔文教授，在本世纪 80 年代找到一些植物，它们所含的乳汁和石油的成分相同，将它们的乳汁加工成植物汽油后，可以使汽车启动、飞驰。从此，人们在开发植物能源的道路上迈出了重要的一步。以后，卡尔文进行了大规模的种植试验，选育出 3 个石油“明星”。一个是牛奶树，也叫绿玉树，是一种小灌木，树干里饱含乳汁，剖破树皮，乳汁就会汨汨流出。另一个叫续随子，高 1 米，抗寒耐旱，一年一收，在美国、日本都有栽种。第三个叫三角大戟，是身高 0.3 米的灌木，极其抗旱，树皮柔软，用刀轻轻一划，乳汁就会流出。如今，卡尔文在他那位于加利福尼亚州的实验场里，每英亩（合 4050 平方米）地可收 50 吨植物石油，经适当加工，能生产碳氢化合物 1~5 吨，每桶（美石油桶约合 159 升）植物石油生产出来约花费 20 美元，可与真正的石油竞争。

卡尔文还认为，有些“石油树”抗逆性很强，不怕狂风暴雨，不畏酷热干旱，可栽种于荒地和沙漠。

另外，在 80 年代初，美国的科学家栽种了大片美洲香槐，这种植物的白色树汁及其余一些部位都含有油质。为了获取植物石油，可以把整株美洲香槐研碎，然后用一种有机溶剂提纯，在澳大利亚还发现了阔叶棉木，其枝叶都可提炼油类，据称是目前世界上产油率最高的植物。

巴西科学家卡罗斯继卡尔文之后，也获得重大发现。他对热带森林中 700 多种植物进行研究，发现有几种含有大量烃。一些藤本植物中的粘稠汁液，不仅能提取柴油、汽油，还可以提取高级航空燃料油。

日本东京大学的两位专家，90 年代初在冲绳岛沿海找到一种高大的乔木——青珊瑚树，这种树的汁液中也含有大量的烃类化合物。

原产于北美西部干旱地区的希蒙得木，又称霍霍巴，是一种能在沙漠恶劣环境下生活的常绿灌木植物，它的果实含有 50%~60% 油性乳汁（不饱和液体石蜡），在美国和墨西哥已大规模栽培。

此外，银胶菊、西谷椰子树等，都具有较高的燃料油开发价值。国际上还用大豆油、菜籽油、葵花子油、棕榈油作为代用燃料油。

菜油开汽车

用做色拉的菜油推动小汽车、大客车、卡车和拖拉机中的柴油发动机。这不是天方夜谭，而是法国正在试验中的一项社会工程。

菜油作为生物燃料有两种利用方法，一种是德国人提出来的“让汽车去适应油”的方法。一位德国工程师设计了一种新型柴油机，它可以用柴油发动，也可以用菜油运转，而且其热效率高达40%。然而，要想把这种新型柴油机投入大量生产，至少要投资100亿法郎。目前，谁也不愿意冒这个风险。另一种方法是法国人提出来的，即所谓“让燃料去适应汽车”的方法。法国石油研究所开发出一种甲酯（使甲醇与菜油在催化剂作用下起反应而生成），取名“狄斯特”，它是狄塞尔机（即柴油机）与酯这两个词的外文原名合成的。“狄斯特”的自燃能力与粘度同柴油相当接近，所以“狄斯特”与柴油混合后可以直接用到柴油机中，不必改变柴油机的结构。

以菜油代柴油的措施有生命力吗？首先是环境保护的呼声有利于这一措施出台。因为用了“狄斯特”后柴油机的耗油量降低约30%，因此，随柴油而排出的废气污染也随之减少了。“狄斯特”是完全不含硫的，而酸雨则是大气中的二氧化硫造成的。因此，推广“狄斯特”能减少下酸雨的次数，这也是它的一大优点。此外，推广“狄斯特”并不增加大气中的二氧化碳含量，可减轻“温室效应”。发展“狄斯特”生产，还可得到一种副产品：生产10万吨“狄斯特”能得到1万吨甘油，如果将“狄斯特”的年产量提高到50万吨的话，就能生产5万吨甘油。甘油有利于保护肉内的水分，从而能改善肉的品质，因而甘油可以用到饲料中去。这样一来就能解决几万吨甘油的出路问题。

推广使用“狄斯特”的效果是令人满意的。1989年，曾在21辆重型卡车和轻型卡车上试用80%柴油和20%“狄斯特”的混合物，第一次试验平均行驶53000千米，第二次为12000千米。试验结果表明，发动机运转良好，没有出现任何可以归咎于用了“狄斯特”才引起的机械故障。1991年，又在20辆汽车上进行试验，其中有大客车和卡车。它们的燃料中只含有5%的“狄斯特”。试验结果表明，不管汽车是行驶在城市的马路上，还是在郊区的公路上，不管是在哪个季节，也不管汽车有没有增压器，发动机都能正常运转。

英国里丁的大街上近期出现了用一种菜籽油作燃料的公共汽车。这种名叫油菜甲基酯的燃料来源丰富，不污染环境。用油菜甲基酯作汽车燃料，几乎不产生二氧化硫，排出的二氧化氮和碳微粒也很少，因此，它特别适用于城市的公共汽车和出租汽车。

这种油是通过压榨油菜籽而制得的，方法简单，成本低，3吨菜籽可榨出1吨油。在1吨菜籽油里加进110千克甲醇，同时加进催化剂，并加热到40~50℃，就会得到油菜甲基酯。

目前，除英国外，意大利、奥地利、法国、德国、西班牙等国家也在着手修建提炼这种燃料油的工厂，预计最近5年内这种油的产量可达60万吨。

1994年，芬兰某公司也研制出一种新颖的生物柴油。这种生物柴油由普通菜油制成，可供使用柴油的拖拉机和其他森林机械在冬季或夏季里使用。与普通汽油相比，用这种生物柴油，一氧化碳和碳氢化合物的排放量分别下降35%和25%，碳微粒和黑烟的排放量下降20%，硫的排放量也大大降低。

供内燃机使用的植物油，在一般情况下，若不经提炼，燃烧时就会结焦。提炼植物油的最新方法是催化法，即采用合适的催化剂先把植物油中的

脂肪酸物质取出，然后蒸馏提纯，便达到燃料油的标准。

前景灿烂

我国燃料油植物的研究工作虽然起步较晚，但也做了些基础工作。1982年我国专家分析了1581份植物样品，收集了974种植物，编写成了《中国油脂植物》和《四川油脂植物》。据《中国油脂植物》记载，我国有108种、397属、874种油脂植物，其种类之多在世界上是屈指可数的。美国科学院推荐的适于世界不同气候带栽培的60多种优良能源树种中，几乎有一半原产于我国，或我国已有引种。从这些丰富的油脂植物中可以筛选出大批有发展前途的燃料油植物，如油楠、乌桕、小桐子、岩楂等都是我国有希望的燃料油植物。此外，作为石油植物的续随子、希蒙得木在我国栽培已久，通过引种栽培，可望建立起新的能源基地——“石油植物园”。

近年来，我国植物学家在以大戟科为主的植物中选出了一些籽粒富油的植物。如油桐含油71%，产于华南；蓖麻含油62%，产于全国；石栎和小桐子含油61%，也产于华南。此外，还有含油较多的东京桐、山乌桕、野梧桐、宽叶巴豆，和重阳木等。

四合木是中国特有的残遗单种属植物，主要产于内蒙荒漠中，枝干富含油脂，俗称“油菜”和“油葫芦”。由于分布区狭小，砍伐严重，已成为珍稀植物，属于国家重点保护植物。四合木的引种驯化值得科学家进一步研究。

据林业部造林司统计，目前我国尚有宜林荒山荒地11.8亿亩（约合80万平方千米），这十分可观的土地资源加上丰富的燃料油植物资源，为我国发展人工燃料油植物林提供了雄厚的基础。

发展燃料油植物，不仅可以绿化荒山，恢复植被，减少水土流失，改善生态环境和农村的生产条件，还可以增加群众收入，振兴农村经济发展，因此，这是一件一举数得的好事。

“酒精树”

V—2 飞弹

1944年6月，盟军在诺曼底登陆，垂死挣扎的希特勒搬出了秘密武器V—2飞弹。1944年9月8日格林尼治时间18点43分，德国军队从荷兰海牙郊外发射的第一批V—2飞弹，在伦敦郊区爆炸。这种带着近1吨重炸药的导弹，造成了严重破坏，也揭开了现代武器——导弹的实战应用的序幕。

V—2终究没能挽救希特勒的灭亡，但4300枚V—2却炸死了英方2742人，使6467人受伤。V—2是最早的远程弹道导弹，它长14米，直径1.65米，飞行高度100千米，最大射程可达320千米。

V—2能飞这么远，它用的是什么燃料呢？原来，V—2使用的燃料是液氧—酒精燃料，这种燃料燃烧后能产生一种巨大的喷气动力。

崭露头角

酒精是一种很好的燃料。平时，人们是用淀粉或糖的原料经过发酵取得酒精的。它制作成本高，工艺相对复杂，故一般不宜用来作为能源。能不能有一种廉价获取酒精的方法呢？科学家告诉我们，一些植物能直接提取酒精。近年在菲律宾北部发现的一种名叫汉加的野生树木就是此类植物。汉加生活在湿热的热带树林里，当地人很早就知道这种树了，它每年开花结果 3 次，每次结果 15 千克。起先，人们发现胃病发作时吃了汉加果就能消除疼痛；被虫子咬了，涂上一些果汁，可以除痛止痒。后来，还发现它的果实碰上火种，就会像汽油那样燃烧起来。边远地区的村民常用它的树汁点灯照明。科学家对汉加果进行化学分析，发现其果实内含有 16% 的纯酒精。这个消息轰动了菲律宾，也引起了全世界科学家的重视。经调查，在菲律宾许多地方都长有这种“酒精树”。生物化学家们正在努力发掘这种树木的潜力，准备广泛利用这种树木，炼出酒精代替石油。“酒精树”的前途不可限量。

用酒精开汽车

后来，人们在实践中发现木材的主要成分纤维素能代替含淀粉和糖的物质进行发酵，制取酒精，早在第二次世界大战之前，“木材酒精”已经作为液体燃料，供应汽车使用了。1946 年，我国人民空军在东北老航校训练时，曾使用酒精作为飞机发动机的燃料进行飞行练习，这些酒精很多就取自于木材。

利用哪种纤维素提取酒精，要根据各国的资源情况而定。北欧的瑞典、挪威、芬兰森林面积大，造纸工业发达，就用纸浆废液发酵产酒精；而南美的巴西、古巴等国盛产甘蔗，则全部用甘蔗作原料生产酒精。

说实在的，巴西在发展燃料酒精方面取得的成绩的确令人目瞪口呆。近些年来，巴西人普遍推广酒精或使用 60% 酒精、33% 甲醇和 7% 的汽油混合液作为燃料开汽车。到了 80 年代初，巴西人每年就能生产 54.5 亿升酒精，这些酒精的大部分用作汽车燃料。全巴西目前年产酒精 111 亿升，已有近 200 万辆汽车使用酒精混合燃料。此外，酒精发酵工业的效率也高得惊人，如 1 吨甘蔗已能生产 65 升纯度为 96% 的酒精。1 万平方米土地所种的甘蔗，竟可以提取相当于 28 吨石油的燃烧值的酒精。

在遥远的瑞典，全国也种下了 300 万平方米的“能源树”，它们主要用于提炼酒精燃料。这样，瑞典每年可获 300 万吨树叶，这些树叶转变成酒精以后，替代的石油居然相当于该国石油消耗量的 50%。

澳大利亚人利用的“能源树”是木薯，一家澳大利亚的公司利用木薯为原料，在巴布亚新几内亚建造了酒精厂。据说，利用木薯作为原料得到的酒精质量好得出奇。

甲醇新传

酒精的化学名是乙醇，与乙醇类似的有机化合物是甲醇，俗称木醇，它也是一种很好的燃料。但甲醇从哪里来？甲醇同样可以来自纤维素。用甲醇作燃料确实具有很多的优点：效率高，排放污染物氧化氮和一氧化碳少。例如，汽车用甲醇作燃料，发动机输出功率比汽油高 17% 左右，而排出的氮化物则减少一半，排出的一氧化碳仅为汽油的 12%。如果汽车有害物质排放量

大量减少的话，仅美国每年就可节省治理污染费数百亿美元。

目前，在美国的纽约、华盛顿、洛杉矶和费城等一些大城市里，人们雄心勃勃地打算，要在 1996 年至 2000 年间将这些城市使用的燃料全部由汽油改为甲醇。仅 1997 年，美国全国要生产使用甲醇燃料的汽车 100 万辆。

用甲醇来发电，是甲醇作为能源的另一个用途。用甲醇如何发电呢？日本专家的做法是：先将甲醇加热使其气化，再让甲醇气体和水蒸气发生反应产生氢气，然后用氢作为燃料，在燃烧室内燃烧产生燃气，用以驱动燃气轮机带动发电机组发电。

虽然，目前用甲醇发电成本略高于石油，但随着大面积种植光合作用效率很高的植物以后，甲醇的成本会有所下降。另外，由于提取甲醇的植物可以大面积种植再生，绝不会面临枯竭的威胁，所以在资源方面是不用担心的。由于甲醇在常温下呈液态，贮存和运输都很方便。因此，专家们认为，21 世纪初，甲醇很有希望成为用以发电的常规燃料。

殊途同归

眼下，不少国家都在尝试利用酒精代替汽油。在美国，人们已将全国 70 % 的汽油改成了仅含 1/10 汽油的混合型燃油。在印度，科学家找到了一种新型酒精酵母，这种酵母在不到 48 小时的时间里，可以生产酒精浓度为 12 % ~ 16 % 的发酵液。而在德国，人们则利用卖剩的马铃薯和甜菜制取酒精，为了节约能源，人们想出了各种各样的办法，这真是殊途同归。

清洁的天然气

“丽质天生”

我国明朝天启六年，即公元 1626 年，那年的五月三十在我国北京发生了一场人类历史上罕见的特大灾祸。当时，只听得“大震一声，天崩地塌，昏暗如夜，万室平沉。东自顺城门大街，北至刑部街，长三四里，周围十三里，尽为齑粉。王恭厂（当时的火药厂）一带被破坏得最为严重……”这就是有名的王恭厂大爆炸事件，这一事件至今仍被列为与 3000 年以前印度的死丘事件和 1908 年俄国通古斯事件一样，令人迷惑不解的世界爆炸之谜。

究竟是什么原因引起了如此巨大的灾难呢？科学界迄今尚无定论，但许多科学工作者坚持认为，只有天然气才有可能引起威力如此巨大的爆炸。

天然气的破坏力是如此之大，因此，有人倒过来想，如果合理地利用它们创造的财富也必将是无限量。

随着现代科学技术的发展，人们在利用天然气的方面取得了不少成绩。人们认为天然气是目前世界上公认的优质高效能源和可贵的化工原料，可谓“丽质天生”。当前，人们已发现或利用的天然气有六大类：油型气、煤成气、生物成因气、无机成因气、水合物气和深海水化物圈闭气。我们日常所说的天然气是指常规天然气，它包括油型气和煤成气。这两类天然气的主要成分是甲烷等烃类气体。天然气中还有一些非烃类气体，如氨气、二氧化碳、

氢气和硫化氢，等等。

天然气密度小，具有较大的压缩性和扩散性，采出以后，人们一般用管道输出作为燃料，也可压缩后灌入容器中使用，或制成液化天然气。开采天然气的气井存在压力差异，因此利用这种压力差异就在不影响天然气的开采和使用下进行发电。

天然气有许多优点：不需复杂加工就可直接作为能源；加热的速度快，容易控制，能够随意地送到需要加热的区域；质量稳定，燃烧均匀，燃烧时比煤炭和石油清洁，基本上不污染环境等等。此外，它的热值、热效率均高于煤炭和石油。总之，用“丽质天生”来形容天然气是再恰当不过的了。因而，天然气被广泛用作黑色冶金、化工生产、城市发电的燃料，以及对陶瓷、玻璃、电缆及不少行业的特殊工艺过程的加热和升温。

据美国一家杂志统计和分析，从 1973 年至 1993 年，全世界能源消费增加了 38%，其中天然气增加 65%，石油增加 12%，煤炭增加 28%。从能源结构看，天然气从占 19% 上升至 23%，而石油则从 49% 下降至 40%。1970 年天然气消耗量为 10410 亿立方米，1993 年则已增加到 20630 亿立方米。

我国最早开发利用天然气

我国是最早开发利用天然气的国家。

汉晋时期，我国已经有了盐井，为了煮盐，还掘凿了火井——天然气井。那时候的天然气井，深达 60 多丈（约合 200 米），利用井里冒出来的天然气煮盐。这比英国 1668 年使用天然气大约早 13 个世纪。

到清朝道光年间，我国四川有个叫自流井地方的钻井能手，又用竹、木、钻头构成钻机，钻穿了四川气田的主要地层，建成了深达 1000 米以上的天然气井，使天然气的开发，达到了一个新的历史水平。

用天然气作燃料

以液化天然气为燃料的图—156 货运飞机可能在 1997 年首次飞上蓝天，它是由俄罗斯图波列夫航空器材科研技术综合体研制成功的。

俄罗斯研制以天然气作燃料的飞机，是因为 2010 年前后，俄罗斯的航空汽油将严重短缺，而俄罗斯本身在研究天然气利用技术方面又处于领先地位，例如俄罗斯专家首创的靠压力差液化天然气的技术就被认为是当前世界上最先进的技术。

飞机如此，那么汽车呢？汽车同样可以用天然气作燃料。从 1995 年底开始，哈尔滨市首批 20 余辆汽车重新背上了“我国 60 年代初曾用过的燃气罐”。不过，这不再是出于“贫油”的无奈，而是冰城人保护环境、节约能源的新选择。

汽车的增多，使得尾气造成的污染日益加剧，许多大城市甚至出现了光化学烟雾。用天然气、液化石油气代替燃油，具有燃烧充分、污染小、成本低等特点。

哈尔滨市率先从国外引进这项技术。使用时只需在普通汽车的发动机上加装一个蒸发调压器，再在后备箱中固定一个体积不大的贮气钢瓶就行了。改装后的汽车，到专门建起的加气站充 20 千克气，就能驶行四五百千米路，

成本却仅是燃油的一半。而且，汽车排出的一氧化碳、氮氧化物等污染大气的物质明显减少。

现在，美国大约有 4 万辆用天然气作动力的汽车在行驶，虽然，这在素有“汽车王国”之称的美国，只是“沧海一粟”，但前景却令人兴奋。在阿根廷的布宜诺斯艾利斯，所有的出租汽车和很多小卡车都用天然气作燃料。10 年来，在那里从来没有因为使用天然气而出现什么严重的问题。

“绿色发动机”

本世纪 80 年代中期，国外有一家公司对该公司柴油机产品进行燃用天然气试验研究，后于 80 年代末向市场推出了热效率大于 41%，废气中氧化氮含量仅 1 克/千瓦·时，迄今最洁净的“绿色发动机”。至今已有 7 家芬兰电站采用天然气发动机，总功率达 100 万千瓦，而且大多建立在港口。优点是污染极小，运输也很方便。

1993 年，推出“绿色发动机”，的那家公司推出专用于海上平台的 Vasa32 和 Vasa46 天然气发动机，海上平台自海底油气田采出的天然气直接就可以供给发动机驱动发电。

可以预计，人类在利用天然气方面将取得越来越大的成就。

天然气

天然气是一种天然生成的气体，它通常是主要由甲烷和乙烷组成的混合物，是理想的燃料和化学工业原料。天然气一般与石油共存，因为有利于石油存在的地质条件，一般也有利于天然气的存在。

安全的气体

1996 年 3 月，上海各主要报纸报道，困扰人们的煤气中毒事故在上海浦东将一去不复返，因为浦东将于 1998 年底开始，在燃气供应中逐步采用天然气替换现在使用的煤气，而干净无毒的天然气是不可能发生中毒事故的。

天然气是目前世界上首推的无公害能源，它燃烧时产生二氧化碳少，对保护大气，保护环境有很大好处，其热值又相当于煤气的 2.3 倍。所以，目前发达国家大部分正在逐步淘汰煤气，改而采用天然气。

这项首先造福浦东人的“东海天然气供应上海城市燃气工程”，经过 8 年前期筹备，现已进入实质性启动阶段。这项工程分上、下游两部分，上游是将东海钻井平台开采的天然气经芦潮港输送到建设在新港附近的第一站。下游部分是从该站再输送到千家万户。

捷报频传

1996 年初，我国在天然气田开发方面捷报频传。除了上海浦东天然气开发外，主要还有：

1996 年 1 月 10 日，有关方面在北京联合举行南海崖城 13—1 气田盛大

投产庆祝仪式。该气田是中国、美国和科威特有关公司于1992年开始作勘探开发的世界级大气田，天然气储量达1000亿立方米，年产能力达34亿立方米，约相当于整个四川盆地天然气产量的一半。中国政府并决定向香港提供崖城13—1气田生产的大部分天然气。

据我国有关部门1996年1月16日报道，经过各科学家历时5年的联合攻关，已查明我国塔里木盆地石油地质和油气的聚集规律，初步查明盆地油气资源预测总量为191.5亿至206.3亿吨，其中石油天然气之比为1:0.8，资源潜力极大。

1996年2月，我国陆上最大的整装气田——陕甘宁盆地中部大气田开发已在陕北靖边、横山两县拉开序幕。这个大气田已探明储量是2280亿立方米，属世界大气田之一，其中心在靖边、横山一带。

靖边至西安输气管道工程已开工建设，预期1997年可全部完成。靖边至北京、靖边至银川的输气管道工程也即将开工建设，三条管道可为西安、北京、银川及沿路城市年输出天然气20亿立方米。

海上“巨人”

几乎在中华大地上大规模探测开采天然气的同时，1995年，一个巨型怪物已经悄悄地牢牢地屹立在北欧波涛翻滚的大海上。这个怪物就是挪威采用现代最新技术建造的海上采气平台，它那用水泥和钢材建成的平台堪称是世界上最高的工程，为了准备在今后50年至70年中向欧洲供应天然气。挪威人正在这里开采欧洲大陆最丰富的气田。

这个怪物以北欧神话人物“巨人”来命名，它正好坐落在同样取名为“巨人”的气田之中。“巨人”气田是挪威某公司于1979年在挪威北部海域距卑尔根西北80千米的地方发现的。

对“巨人”气田最新的调查证实，它是世界上最大的气田之一，在海下1500米之下蕴藏着1.3万亿立方米天然气，相当于挪威已查明储量的一半。预计到2000年，它将能销售40%，可满足大部分欧洲国家的需要。这样，挪威将从现在第三位天然气出口国跃居为欧洲大陆第一出口大国。

1992年挪威人开始了这项宏伟工程的建设。总共耗去水泥12万吨，钢材10万吨，仅用去钢材的重量就相当于300多米高的巴黎埃菲尔铁塔重量的11倍。“巨人”的底座由4根插进海底的369米高的水泥柱子组成，重量为65.6万吨。它能承受海底强大激流和每年500多万次海浪的冲击以及每年几次时速160千米的飓风的袭击。

这个魁梧的“巨人”顶部还装有一个8721平方米大的平台，总建筑高度为472米。它可以在303米深的海底开采天然气，这在世界上尚属首次。未经处理的天然气通过65千米长的海底输气管道送到陆地加工厂处理，然后送往有关国家。

遍地皆是

本世纪40年代后期，不少国家纷纷采取鼓励性政策，投入巨资，大力组织天然气勘探开发的研究。在研究中，人们获得了关于天然气储量的可靠认

识：天然气中的煤成气，大多在煤炭的形成过程中生成，每吨无烟煤储量中生成的天然气在 400 立方米以上。按此推算，全世界现有的无烟煤储量所生成的天然气热值，已达到无烟煤储量的总和。天然气中的油型气储量，与原油储量大致相同，即每吨石油储量能生成约 1000 立方米的天然气。有的地区因地质条件好、地层封闭性强，每吨石油储量能生成的天然气储量可达 1600 多立方米。由此可以推断，世界天然气储量已远远大于石油的储量。

说天然气储量超过煤炭、石油储量是有科学依据的。能生成天然气的物质比能生成煤炭和石油的物质要多得多，同时，生成煤炭、石油的有机物质在其演化过程中同样也能生成天然气。由此可知，地球深处永无止境的物质运动和高温高压会不断导致烃类化合物的产生，天然气也就生成有源了。

可见，天然气的广泛存在使得天然气的发展前景远比石油、煤炭要好。虽然，天然气在当今只属世界能源的三大支柱（煤炭、石油、天然气）之一，但不少专家预言，21 世纪的能源构成将有可能以天然气为主。

宇宙中也可生成天然气

1996 年 2 月，我国科学家首次证实，宇宙中的某些烃类气体，在某些特定的条件下，也可生成具有商业价值的天然气藏。这一新发现将大大丰富人类对能源的认识的范围，并为新能源的寻找开辟了新的领域。

用之不竭的地热能

地球怀抱中的能源

地球的地心是高达几千摄氏度的熔岩，地热能的总量，相当于煤炭总储量的 1.7 亿倍。

入地更比登天难

100 多年前，法国著名科幻小说大师儒勒·凡尔纳曾提出去月球旅行和入地心探险的设想。本世纪 60 年代，人们已完成凡尔纳的愿望之一，拜访了“月宫”，尽管月宫是那么寂静，那么没有生气，但对人们来说，“登天”已不是什么难事。然而，“入地”却比登天难多啦！人们至今伸向地球深处最深不到万米，事实上至今根本没人能克服地球深处的高温 and 高压，所以也不可能乘坐一辆钻地探险的车去拜访地宫。

即使人类能战胜几千摄氏度的高温，但对地心深处的高压却根本无法应付。科学家预测，离地面 2900 千米的地方，压强已可达 13 多万兆帕，地心的压强更大，达 36 万多兆帕。而在 12 兆帕的压强下，金刚石会变得像黄油一样软。

地球像个熟鸡蛋

半径 6300 多千米的地球，其内部是一个谜一般的高温高压世界。

可以把地球比成一枚鸡蛋。“蛋壳”部分是地壳，是厚度仅为 30 多千米的岩层；“蛋白”部分是地幔，是比岩石还要致密的岩浆；“蛋黄”部分是地核，是地球的核心，是超密度的固体。地核的密度是水的 10 倍。

我们的脚下：5000

地球深处是高温高压的神秘世界。平均每往下 33 米，温度上升 1℃。如此算来，到地壳底层温度已达 1000℃ 以上，地幔的温度则达 1200~2000℃，地核温度竟高达 5000℃。火山爆发时，地球内部几十千米深处的岩浆，经过长途跋涉来到地面，仍有 1000℃ 以上的高温。美国钻了一口最深的井，钻杆伸到 9600 米深处时，就被 220℃ 的熔融硫黄粘住而动弹不得。

地球内部蕴藏着难以想象的巨大能量。据估计，仅地壳最外层 10 千米的范围内，就拥有 2554 亿亿焦热量，相当于全世界现产煤炭总发热量的 2000 倍。如果计算地热能的总量，则相当于煤炭总储量的 1.7 亿倍。其能量来源于地球内部放射性元素的衰变。

地热田种种

某些地区，由于地壳构造异常，形成了具有开发价值的地热田，地热田分水热型、地压型、干热型、熔岩型 4 类。

水热资源为埋藏地层浅表的热水或蒸汽，或露出地表的温泉，其温度达几十至二三百摄氏度。

地压资源是封闭在深处沉积岩中含有甲烷的高盐分热水。

干热岩位于地下几千米深处，是温度为 150~650 的热岩层，不存在传热流体。

熔岩分布最深，是温度为 650~1200 的熔岩和半熔浆。

地下热水圈自上而下分为三带：温度低于 100 的地热水带、高于 100 的过热水带和超过 375 的超临界温度的过热水带。那么，地下蒸汽是怎样形成的呢？我们知道，在一个大气压下，水的沸点是 100。因此，地壳一旦发生断裂或因深钻到一定深度，地壳中的过热水便从裂缝中或钻孔中露出地表，由于地表压力突然降低，变成一个大气压（合 101.375 千帕）左右，过热水马上就变成蒸汽或汽水混合物，源源喷出。

地壳中热水量远远大于冷水量，估计有 7 亿立方千米，接近地表海水的一半。由于地下热水不停地运动着，又不断得到降水的补充，所以完全可以说是取之不尽，用之不竭！

实际上，在有开采价值的地热资源中，以不含水的干热岩最引人注目。

干热岩温度高达 650，储热量大，通常埋藏在离地表只有 2~3 千米的深处，用现代钻探技术已能取到它们。

地热资源久用不衰

据科学家推测，一个深度为 4000 米的酸性岩浆侵入体，如果它的体积为 1000 立方千米，初始温度为 810，则要使其中心温度降低到 300，大约需经过几十万年。可见地热的扩散是非常慢的。也就是说，地热利用是比较稳定的，人们常可见到。一个天然的温泉，经久不息地流出地热水，几百年温度变化也不大。

我国的地热资源

我国地大物博，在 960 万平方千米的土地上，蕴藏着丰富的地热资源。目前已知的热水点有 3430 个（包括温泉、钻孔和矿坑热水），遍布全国，可以说在我们的脚底下，有着一个广阔无比的地下热水海洋。我国的地热资源大致呈两个密集带，一个是东部出海带，另一个是西藏、云南带。

在西藏拉萨市西北 90 千米的地方，有个叫羊八井的盆地，在那里发现了目前最大最深的羊八井热水湖，它的面积为 7350 平方米，最深处为 16.10 米，水面温度达 46~57。整个羊八井热田的天然热流总量达 449 兆焦/秒，相当于一年燃烧 45 万吨优质煤。像这样的大热田，不仅在国内占首位，就是在世界上也是罕见的。

温泉出露最多的是云南省，有 480 余处，其中著名的腾冲热水塘温泉，水温达 105，喷出的蒸汽柱高达数十米。其次是广东省，有 230 余处；再次是福建、台湾（台湾南部有一我国目前水温最高的温泉，水温高达 140）。以上四省的温泉，约占全国总数的一半。

除热水的天然露头外，在我国广大平原地区还发现了隐伏在地下深处、

储量极为丰富的地热资源，如四川盆地某热水井的水温有 79℃，江汉盆地某热水井的水温达 97℃。这些地区由钻机钻出的地下热水，不仅水温高，压力大，还含有各种矿物，有的矿化度达每升 330 克之多，富含溴、碘、硼、锂、锶、钡、铷、铯等多种元素，通过提炼，可以为工农业生产提供丰富的原料和肥料。

目前，我国每年地热实际用量为 100 万吨标准煤当量，预计到 2000 年将达到 1200~1800 万吨标准煤当量，届时地热能将占我国能源总耗量的 1.5%~2%。

地热奇观

神奇的羊八井

西藏羊八井地热田闻名世界。在海拔 4200 米高的谷地上，热水沼泽星罗棋布，热气的喷发遍地可见。许多温泉、热泉和沸泉连成一片。有的喷云吐雾；有的流金淌彩；有的水面滚滚翻腾，发出鼓音般的轰鸣；有的从水底涌出气泡，伴着滋滋响声，犹如低回婉转的琴声……一派诗情画意，妙趣横生。看到此情此景，人们不得不感叹造化之奇妙！最引人瞩目的是热水湖，湖面面积 7300 多平方米，相当于 12 个篮球场那么大，最深处达 16 米，水温常常有 46~57℃，热气腾腾的使人睁不开眼睛。在阳光照射下，湖面烟雾缭绕，云盖霞蔚，景色十分壮观。在湖的东南角有一个出水口，每天流走的热水就有 3000 吨！

羊八井谷地的西南，一条清澈见底的小溪淙淙流淌，注入藏布曲河。坐落在它周围的几处沸泉，温度都超过当地的沸点。其中一处沸泉直径 1.5 米左右，水深约 1 米，温度竟达 92℃。有人在这里做过实验，将生鸡蛋扔进沸泉，不多时候便被煮熟了。这是一处碱性泉，能把油渍斑斑的衣服洗得干干净净。奇怪的是，离此泉不远的地方，还有个水深 4 米多的酸性沸泉，水温达 91℃，乳白色的水终日在不停翻滚。

藏布曲河的河心有沙洲露出水面，上有汽泉喷射着强大的一人多高的热蒸汽流，温度高达 88℃ 的汽水四溅，使人不能接近。藏布曲河的河水下也有喷汽孔，这就使得同一条河的水冷热悬殊。由高山冰雪融化而来的河水，冰冷刺骨；喷汽孔附近，水又烫得可怕。西藏海拔高，气压低，开水的温度达不到 100℃。在海拔 5500 米的地方，只需 88℃ 水就开了。

谷地的两侧是高耸的皑皑雪山。碧绿如茵的草地，宛如巨大的翡翠，镶嵌在念青唐古拉山的弧形屏障之中。虽然在雪线之上，盛开着的雪莲，散发着素雅的馨香，但雪线以下，都常常风沙漫天，暴雨倾盆。然而，就在这种神奇变幻的西藏高原上。羊八井地热田当之无愧地成为西藏高原上熠熠闪亮的明珠。

羊八井地区的地热异常显示在我国是罕见的。那里的热水和蒸汽，日日夜夜挟带着巨大的热量涌出地面。这种热量每秒已经超过 42 万千焦，相当于每年燃烧 45 万吨标准煤。地热田的开发，确实有着广阔的前景。

另外，我国云南腾冲热海，有数十处热泉喷涌出大量的热水热气，著名的“大滚锅”热泉，水温高达 98℃，成为举世闻名的游览胜地。

“水深火热”话冰岛

来自北冰洋冰川的寒风在冰岛吹过，即使在6月，冰雪也堆积如山，但旅游者仍然兴高采烈，因为岛上的小木屋里温暖如春，天然游泳池中热气腾腾。冰岛人用的暖气和热水的热能取自冰雪层下的火山熔岩。地热是冰岛人生活的“宝贝”。冰岛是富地热资源的国家。它地处北极圈附近，尽管气候寒冷，但地下却蕴藏着巨大热能。冰岛的岩流几乎占全球岩流的1/3。据统计，冰岛拥有温泉、热泉、汽泉、间歇泉达1500多个。

冰岛的地热资源非常丰富，这有其地质成因。6000万年前，北大西洋向北延伸并展宽，洋底的裂谷于5000多万年前伸进北冰洋底，把格陵兰岛与欧洲的联系隔断，冰岛则是在1500万年前由海底玄武岩喷发而成的。作为大西洋中脊上的一个岩浆喷发热点，冰岛的火山活动至今仍很活跃。在冰岛10多万平方千米的国土上，有30座活火山，平均每5年就有一次较大规模的火山爆发。冰岛1/9的国土被喷出的火山熔岩所覆盖，境内地震频繁，温泉处处，真可谓是一片“水热火深”的土地。

冰岛的火山和裂谷都直接位于大西洋中脊之上。在那里，上涌的岩浆从地壳的裂隙中不断挤出，地球内部之火唾手可得。

在偏远的村庄，村民们常常在熔岩区凿洞，开采地热能，将温水供给游泳池或用于取暖。番茄、草莓甚至香蕉都是在利用地热的暖房里栽培的。只要不影响饮用水，政府允许居民们钻孔挖掘地热能。在冰岛，土地、地下资源以及地下熔岩都属于地产。

“万谷烟”中万道“烟”

温泉，这对我们来说并不陌生，它和地震，火山一样，是一种自然现象。它遍布全球，和火山、地震的分布大致相同。在阿拉斯加半岛的卡特迈火山区，有个叫“万谷烟”的地方，在24平方千米的范围内，竟有数万个天然的热水和蒸汽喷孔。堪察加半岛有一处火山区，那里有一条不太长的峡谷，居然分布着100多个大大小小的间歇喷泉，东边冲天而起的高大水柱刚刚平息，“呼”的一声，西边又一柱蒸汽热流呼啸着冲天而起，最大的水柱可高三四十米。最大蒸汽汽柱竟高达300余米，气热磅礴，颇为壮观。

温泉不但和火山、地震相邻而居，而且还是一位勤劳的“地热搬运工”哩。有人作过计算，单拿“万谷烟”来说，这些喷泉每秒钟喷出97~640的热水和蒸汽量达23000立方米，每年从地球内部搬出相当于600万吨好煤燃烧时放出的热量。这仅仅是对太平洋火山环中一处地热的估计，要是设想一下全球呢，那真是一个无比庞大的热库。

蔚为壮观的水热爆炸

西藏阿里地区的东南面，介于喜马拉雅山和冈底斯山之间，有一片起伏舒缓的高原盆地，盆地中心有一对东西并列着的大湖，玛法木错居东，兰戛错靠西，它们像两颗光芒四射的蓝宝石，镶嵌在阿里高原上。这里的山山水水美不胜收，更吸引人的是在玛法木错东南湖滨有一种特别罕见的水热活动现象——水热爆炸。

水热爆炸是一种非常猛烈的水热活动现象，到目前为止，世界上也只有少数国家报道过。水热爆炸发生时音响很大。汽水混合物掀开地面冲上天空，爆炸后地表留下一个漏斗状的爆炸穴，汽水流挟带的泥沙石块堆积在穴口外围，形成一圈环形垣体，穴底通常有一条细长的“喉管”，经常不断地涌水翻砂。当地有一次水热爆炸，发出了震天的巨响，牛羊全都吓得四散惊逃，只见烟雾弥漫，一股巨大的灰黑色烟柱冲上天空，直达八九百米的高度，最后变成一团黑云飘走，从爆炸口区抛出来的石块，有平锅那么大，一直打到大约 1 千米以外的河对岸。有人认为水热爆炸属于火山活动范畴，这是因为这些水热爆炸多半发生在现代火山区，但在西藏高原的水热爆炸活动和现代火山没有什么联系，它是一种受到岩浆加热的浅层热储中的地热流体，在特定的条件下骤然发生爆炸的现象。导致地热流体爆炸的原因很多，比如地表的排泄通道受到阻塞，热量积存升温等。

水热爆炸固然是一大景观，但爆炸释放的能量更引起人们的注意。有人设想，如何能巧妙地将这些能量加以利用，这样岂不就能一举两得了吗？

造福人类的暖流

法国著名作家儒勒·凡尔纳在其科幻名著《地心游记》中绘声绘色地描述了地球内部的热量对人们造成的危害。

凡事都有其相反的一面，地热能对人类造成危害，它必然有可能为人类谋福，问题的关键是看如何来利用它。

利用地热能无非有直接利用和地热发电两条途径，直接利用是最简单易行的。

国内外都广泛重视地热的开发利用。世界上现有 60 多个国家开发了地热能源

地热水供暖

直接用地热采暖、供热是最经济、最简单、最有效的方法。其中尤以极为寒冷的冰岛开发最快。冰岛首都雷克雅未克市自从 1928 年建成了世界上第一个供热系统后，现已每小时能从地下抽出 740 吨以上 80 的热水，供全市 11.5 万居民使用。

由于采用地热取暖，大大减少了矿物燃料的燃烧，雷克雅未克成了世界上最清洁的城市之一。

那里的泉口上盖着简单的棚屋，几个容积不大的水箱和装有主要管道的水泥管就是冰岛一些供暖系统的主要组成部分。地热取暖的代价如何？每户每年平均只需付少量的取暖和热水费就可以了。须知这一切都发生在接近北极圈的岛上！

冰岛人有效地利用地下热水，搭起了巨大的联合温室。室外，寒风刺骨，室内却温暖如春。这种温室的地热井深度约为 600 米，水和蒸汽自行喷出，烟雾腾腾，十分壮观。

在法国，也有数十万套住房用上了地热采暖。新西兰拉托鲁阿市的国际饭店配备了一套冷、热风空调器，能源取自温度为 150 的地热井，客房里 24 小时供暖、供冷、供水，使用十分方便。

近年来，我国的地热采暖工作已有较大发展。据统计，1991年全国地热采暖面积达190万平方米，其中天津占130万平方米，北京为31万平方米。天津的塘沽地区，地热集中供暖水平最高，供暖面积达80余万平方米，每年节约煤炭3.2万吨，减少排放烟尘1276吨，二氧化硫830吨，氮氧化物290吨，在很大程度上改善了环境。

地热水烘物

利用地热烘物有很多优越性：温度恒定、容易控制；烘干的产品没有异味，绝对不会烘焦；烘干的效率高。平时，人们利用太阳将稻谷晒干通常需要2~3天，而利用地热烘稻谷，在60~70℃的条件下，10小时就足够了，而且不需要燃料、电力和复杂的机械设备。

冰岛的农民是利用地热水加热空气来烘干谷草的。在冰岛的北部，更有一家工厂，挖取干湖床中的硅藻土，利用热蒸汽烘干以后，供过滤、绝缘以及其他工业之用。

地热水养殖

近年来，罗非鱼、罗氏沼虾等原先生活在热带地区的鱼虾纷纷引入我国，在这种情况下利用地热水养鱼就显得更加重要。

利用地热水养鱼，好处很多：可节约能源，保证热带性鱼类安全越冬；鱼类产卵繁殖也可提前2~3个月；由于水温恒定，鱼类一年四季都可生长，延长了鱼类生长期，十分有利于鱼类育种繁殖。

湖南省水产研究所从外地引进罗非鱼，并让大庸县罗非鱼鱼场利用地热水放养，次年3月就繁殖出鱼苗，比往年提前了2个多月。湖北省英山县地热试验站与长江水产研究所等单位合作，利用地热水开展罗非鱼性反转、杂交等试验，已育成一种XY型全雄性新品种，生长速率比亲鱼快40%以上。还有不少地方利用地热水养殖罗氏沼虾、鳊鱼、地鳖虫、石鸡等，这种特殊的养殖方法都显示出美好的前景。

地热水种田

农业应用是地热利用的重要方面。据报道，世界直接利用地热总量的79%供用于农业。仅匈牙利就建有地热温室170万平方米。利用地热水培育、繁殖农作物良种，不仅可节省人力、物力，降低育种成本，而且可加快繁殖速度。湖南省农科院在宁乡灰汤温泉，建成了330平方米地热温室，代替原有烧煤的220平方米温室，每年可节煤1398吨。育出的高产稻杂交新品种，已推广到全国，并被世界上许多国家引进。湖北、辽宁等省，利用地热水种植与繁育蔬菜、瓜果，如番茄、黄瓜、辣椒、西瓜等，也收到良好效果。用地热水繁育良种虽然仅仅开始，但已经显示出强大的生命力。

地热水，水到病除

地热水一般都含有一些特殊的化学元素。如碳酸泉水可平衡人体酸碱

度，饮用铁泉水可治疗缺铁性贫血，用氢泉、硫水泉洗浴可治神经衰弱、关节炎、皮肤病等。

利用地热水治病疗养，在我国已有悠久的历史。目前由国家建立的温泉疗养院约有 100 多处，如四川重庆、陕西临潼、湖南灰汤、江西庐山、广东从化、辽宁兴城、北京小汤山等。根据温泉的温热作用、化学作用和机械物理作用，按不同的疾病、病情、疗程和体质，可以选择不同温度的地热水进行全身浸疗或半身浸疗，有些还可以采用饮疗，都能取得一定的治疗效果。特别是对关节炎、皮肤病、类风湿症、早期心血管等疾病，疗效都很好。

最近发现的东北黑龙江地区五大连池的地热水，对许多疾病都有神奇医疗效果，它吸引了大批患者前往，被称为圣水神泉。

在日本，已有 1500 多个温泉疗养所，每年有 1 亿人到这些疗养所休养。

地热的妙用

地热还有一些人们想不到的用处，如帕米尔高原的群众在炽热的岩洞里烤羊肉。西藏的藏族同胞经常把牛肉干放在热泉中煮食，直接用不含有害物质的地下热水沏茶饮用。

地热发电潜力无穷

只点亮 5 盏灯的地热电站

说起地热发电，世界上第一座地热发电站要算是 1904 年在意大利的拉德雷诺建成那座小型地热电站，它是用地热蒸汽推动涡轮机发电的，但功率很小，只点亮了 5 盏电灯。后来经过充实发展，目前该电站的装机容量已达 54.8 万千瓦。

人们一致认为，当初这座电站虽然只能点亮 5 盏电灯，却开创了地热发电的历史。

世界地热发电现状

根据 1993 年的统计资料，目前地热发电装机容量最大的是美国（283.7 万千瓦）。其余的国家依次有菲律宾、墨西哥、意大利、日本、印度尼西亚等，我国则排在第 12 位。当前主要国家的地热发电容量共约 600 万千瓦，年发电量共约 300 亿千瓦·时。

例如，日本九州电力与出光地热开发会社共同携手，于 1979 年起对大分县九重町地区进行了地热调查，计划建设规模为 2.5 万千瓦以上的地热发电所。目前总投资已达数百亿日元，开发出大川地热发电所、八丁原一号和二号地热发电所等 6 个总发电能力在 15.5 万千瓦的地热发电所。

美国于 1992 年在岛屿沿海地带进行了地热调查，据称，夏威夷岛具有发电规模为 8 万千瓦的地热资源。美国有关部门在加利福尼亚州建设了输出为 32 万千瓦的地热发电所，并于 1993 年开始工作。据估计，美国地下 4000 米处可利用的地热资源约有 4 亿千瓦。美国高温地热发电潜力相当于 755 ~ 7297 亿吨标准煤，可以直接利用的中、低温热能相当于 1606 ~ 9139 亿吨标准煤。

冰岛首都雷克雅未克的居民已多年不用煤和油取暖了。因为从 1928 年起他们就开采地热。现在冰岛人口中约有一半依赖于首都的热水供应系统，当地的地热发电能力为 500 兆瓦，这相当于一个大型火力发电厂的发电能力，每年可供电约 30 亿千瓦·时。

我国地热发电现状

从 1970 年以来，我国最早在广东丰顺，后来又在河北怀来、江西宜春和温汤、山东招远、福建南靖、辽宁熊岳和营口等地，先后建成几十至几百千瓦的小型实验电站。这些电站多半是用温度不到 100 的地热水，采用所谓的“降压扩容介质法”（用低沸点的氯乙烯经地热水加温成蒸气去驱动气轮机组）发电。截至 1990 年，全国地热电站总容量为 2.23 万千瓦。

湖南省宁乡地区的灰汤地热发电站，是我国小型电站中办得比较成功的一个。那里的热水温度为 91，设计功率为 300 千瓦。这个电站的生产井深为 560 米，1975 年建成后发电能力就达到了设计标准，每天运行两班，向附近地区供电。

全国最大的地热电站是西藏的羊八井地热电站。据实地测试，羊八井地区的地热田最高温度为 172。1977 年，人们在羊八井建成一座容量为 1000 千瓦的地热实验电站。1983 年又建成了总容量为 6000 千瓦的实验机组。现在，地热电站的装机容量为 2.5 万千瓦，已累计发电 4 亿千瓦以上，发电量占拉萨电网的 40% ~ 50%。

用地热水发电

产生地热能源需要两个条件：发热的岩石和滚烫的水。在冰岛，这两者都具备，而且丰富得很。由此派生出地热利用的两种模式，一种是直接将地下热水抽出，另一种是向地下有热岩的地方注入冷水，利用热岩加热冷水，再把热水从另一处抽出。前一种方式较省事，但地下热水中含有多种腐蚀物，对供热管道的腐蚀极大，如不采取有效措施事先加以预防，这种地热利用是不会长久的。后一种方式虽然腐蚀问题不严重，但是，很难控制地下那个巨大的“加热炉”（即热岩）的活动。总之，不论采用哪种方式利用地热，都必须拥有先进的科学技术和工业基础。

冰岛利用地热主要靠注入冷水取得地热能。利用地下沸水的内斯韦利热能发电厂，居然提供了雷克雅未克所需热能的 1/3。该厂位于地热高温区，地下 2000 米深处的温度已达 400。从 18 个钻孔中冒出水与蒸汽的混合物。这些混合物经过热交换器，冷水就被加热到约 90。不过，由于水中存在的大量氧气对管道系统具有相当强的腐蚀作用，所以必须去除水中的氧气。为此，人们不仅使用普通的排气法，还在水中添加少量硫化氢。硫化氢与氧气发生反应后，就可以除去剩余的氧气，这就是为什么雷克雅未克的热水中常常会有一股淡淡的臭鸡蛋味的缘故。

冰岛人采用的这一措施还真有效，如果来自地层深处的沸水直接进入管道系统，管壁很快就会穿孔。因为地下水含有丰富的矿物质以及酸性腐蚀物质，即使采用最好的钢管，用不了几个月也会被腐蚀。而硅酸，氯化钠及铁、钙等元素在冷却时却会凝固成粘合物，很快将水龙头堵塞。若在水中添

加少量硫化氢，上述弊端即都能克服。

在日本，新源产业技术综合机构则于 1991 年末成功地进行了地下热水发电实验。他们将热水在低温下与沸腾的煤体进行热量交换，利用交换过程中产生的蒸汽发电。

由于日本拥有大量的温泉，因此在温泉旁打井，然后安装设备，利用地下热水发电是很方便的，目前，这项实验正在进行中。1995 年，在日本大分县的九重町进行了 100 千瓦的温泉热水发电实验，500 千瓦的温泉地热水发电所则预计于 1997 年建成。

用滚烫的岩石发电

目前，德国施瓦本地区 and 法国阿尔萨斯地区也正在开发地热能源。人们在施瓦本地区把钻头打到地下 4444.4 米深处，那里的温度超过 170℃，德国人还在酝酿着一个大胆的设计：他们希望像开采鲁尔的煤那样开采地热，只是施瓦本地区的“煤”是干热的岩石。

如果从 1 立方千米岩石获取热能，那么只需使岩石降温 100℃ 就可供一家 30 兆瓦的发电厂用 30 年，这些电能足够供应一个小城市的用电。

美国物理学家提出的方案更为简单：只要在两个并列的深孔之间的岩石上炸开一道或几道裂缝，然后将冷水压入一个孔中，冷水在流过炽热的岩石时得到加热，再从另一个孔中通过水泵将水抽出，这就是所谓的“干热岩石法”。可惜的是，这种技术直到今天仍然停留在初级阶段。

1985 年，日本在山形县的肘折地区进行了高温岩石发电实验。1991 年 8 月，日本人还开掘了深度为 1800 米的人工贮留槽，成功地利用地热获得了功率为 5000 千瓦的电力。据日本新能源产业技术综合机构估算，全日本可供高温岩石发电的地热资源量约为 1500 万千瓦。

意大利人在此方面也急起直追，1991 年起，他们在火山易爆发地区，将地上 1000 米高的岩盘人工制造出许多裂口，成功地收集了地热，完成了输出功率为 2000 千瓦的高温岩石发电实验。

拥有众多火山岛的新西兰更不甘人后，1993 年，新西兰人开始了地热发电的实地探索。目前，新西兰已接受了日本投资的 9000 亿日元，提供的 30 台地热发电设备。如果地热发电技术实验进展顺利，估计从地下可以获得 9 亿千瓦·时的电量，将是眼下新西兰发电设备容量的 6 倍。

你瞧，地热发电潜力有多大！

火山能源

在希腊神话中，火山之神梯丰常被看作是灾难的象征。它虽然被压在地底下，但仍然口鼻喷火，吼声震撼着大地。

古人为什么对梯丰如此恐惧呢？其实，他们害怕的不是神，而是火山本身，因为火山给人类带来了数不尽的灾难和痛苦。

火山发怒以后

公元 79 年，意大利维苏威火山爆发。庞贝和赫库兰尼姆数以千计的罹难者因二氧化碳过量而魂归西天。

1883 年，印度尼西亚 813 米高的克拉卡托火山沉睡 200 年后突然爆发。爆炸声震裂了 10 千米开外的海员的鼓膜，这次火山爆发引起海底地震，海底地震所激起的冲天巨浪淹没了周围的海岛，夺取了 3.6 万条生命。数年后，人们在夜间尚能遥望到这座火山喷射到大气层的尘埃与气体构成的闪闪发光的云层。

1991 年 6 月，沉睡了 600 余载的菲律宾皮纳图博火山爆发。2000 万吨二氧化硫被喷射到平流层，炽热的浮石从空中降落到火山上，一朵高达 3 万米的蘑菇云遮天蔽日，尘埃雨使大地呈现一种月色景象。10 多万惊恐万状的逃难者以为“世界末日”业已来临。风将火山的大气霾层吹到世界各地，数周之内，千百万人尚能观察到颜色异常的日落景象（因为大气层中的稀薄云层对阳光有滤色作用）。这场火山爆发造成 875 人死亡，迫使 20 万人迁居，释放大气中的二氧化碳达 1800 万吨。

火山带来的礼物

尽管火山给人类带来种种危险，但火山地区对农民仍有极大的吸引力，因为那里的含有大量矿物质的土壤极其肥沃。在美国，有人到科罗拉多州淘金，有人到内华达州采银，有人到亚利桑那州觅铜。他们之所以能在那些地方采掘到贵金属，不能不归功于火山的威力，是火山将埋藏在地下深处的贵金属带上了地表。

南极附近的埃里伯斯火山爆发时给这个白色大陆铺了厚厚一层用显微镜才能看到的纯金微粒。南非和西伯利亚地区的火山空洞已成为在高压高温下的岩浆里形成的金刚石的矿床。

中国的长白山天池，日本的富士山，还有美国的夏威夷群岛，都是曾发生过火山喷发的地方，然而现在这些地方风景秀丽，游人如织。“魔鬼的烟囱”被打扮成了美丽的山庄，迎接着南来北往的游人到那里观光、休憩。

古巴具有“世界糖罐”之称，它盛产甘蔗。中美洲的厄瓜多尔和东南亚的菲律宾又盛产大个的香蕉，这些国家的经济作物，都得益于极其肥沃的天然土壤——火山灰土壤。火山灰里具有多种有益的肥料成分，会给作物生长提供源源不断的廉价肥料。将来，也许“火山肥料”将永远是主要肥料，人们甚至可以在火山频发地区建立“火山肥料工厂”，把价廉物美的火山肥料运往世界各地，促进其他地区的作物生长。

“釜底抽薪”，巧用能源

然而，火山赐给人们的，除了肥沃的火山灰外，还有更为惊人的巨大的能源。在利用火山能源方面，冰岛人是很有办法的，他们常用“盖住火山口”的方法来取得能源。如果把将要喷发的火山比作在炉子上即将燃烧的一口盛油的铁锅，那么，防止油着火的最好办法是用盖子把锅盖住。从哪里去找偌大的盖子呢？聪明的冰岛人想出了一个“釜底抽薪”的绝招，就好比在油锅中的油将要燃烧这一刹那，立即熄灭炉膛里的火，这样即使不用盖子，油也

烧不起来了。具体办法是，在即将要喷发的火山口上，打上几口斜井，让积聚的能量分别从斜井中释放出来，于是灾难消除了，释放出来的能量还可用来发电，造福民众。冰岛人终于“盖”住了火山。火山也从根本上失去了猛烈喷发的可能，因为它借以喷发的能量已被一点一滴，一丝一缕地放逸出去了。冰岛非常寒冷，人们用火山中释放出来的热量给居室送去暖气，甚至用火山的能量去做饭、烧水、沐浴，那岂不是一举两得吗？在冰岛，人们常常看到这样一种奇观：大大小小、形状各异的输能管从火山口附近的斜井里引出，曲曲折折地送往千家万户，人们在四季如春的气温下舒适地生活，各种花卉四季吐艳，散发着迷人的芬香……威胁着冰岛人生存的火山竟然戏剧性地摇身一变，成了冰岛人的“能源宝库”。世界各国人民都戏称冰岛人是“玩火的冰岛人”。随着科学技术的发展，人们把更多更好的科学技术用到火山的开发和利用上之后，一定会把“火”玩得更明亮，更有魅力和新意。

溶岩“引流”工程

就在冰岛人用“釜底抽薪”的方法来利用火山能量的同时，有人却想到了“引流”火山熔岩的绝妙方法。他们想，既然能将“薪”从“釜底”抽出，何不干脆直接将熔岩从地底引出，供人类利用呢？因此，1983年，在意大利西西里岛的埃特纳火山喷发口不远处，发生了惊心动魄的一幕：几道亮光划破天空，紧接着响起了“轰轰轰”三声巨响，浓烟消散之后，只见一股火山熔岩，像刚出炉的钢水，缓慢地从一个缺口处流入预先挖好的人工渠道。一条“火龙”沿渠道游向大海。这就是人类历史上首次用人工爆破方法改变火山熔岩流向的大胆尝试，它成功了。如果人们能够在火山周围预先挖好渠道供火山熔岩排泄，沿途充分利用火山熔岩的巨大能源，并减少熔岩的四处蔓延，这将是一项非常勇敢而有益的事业。可以预计，完成这种事业的日子已经为期不远了。现代科学技术完全有能力办到这一点，人们只要下大决心修建排导熔岩的工程，成功是指日可待的。

夏威夷火山国家公园

夏威夷火山国家公园在美国第50个州——夏威夷岛上，面积894平方千米。到那里去的游客可对漫长的地质演变一览无遗，夏威夷岛就是在1000万年间不断从海洋中演变出来的。岛上有世界上最大的死火山，也有许多活火山。冒纳罗亚火山曾多次爆发，爆发时间连续1个月，喷出的岩浆高度超过帝国大厦。每年约有60多万人来此观赏岩熔景象和火山爆发时那震撼人心的奇观。

大有希望的太阳能

神奇的太阳

祭祀太阳神

每到南半球的冬至日，南美洲的印第安人都要聚集在秘鲁历史名城库斯科，举行祭祀太阳神的传统盛典。这天一大早，位于库斯科城北萨克萨伊瓦曼城堡的广场和四周山坡上，挤满了成千上万服饰艳丽的人群。

当太阳冉冉升起，装扮成“印加王”和“印加王后”的演员乘着大轿来到山岗下的广场时，广场上鼓乐齐鸣，欢声雷动。“印加王”向太阳神敬酒，用秘鲁土著凯楚阿语说：“太阳神啊，我的父亲，感谢您恩赐您的子孙好收成！”

印第安人为什么要祭祀太阳？太阳真的能给他们带来好收成吗？

科学研究的结果告诉我们，太阳是一颗恒星。它的光和热是地球上光明、热量的源泉，没有太阳就没有地球上的一切，太阳是地球的母亲，从理论上来说，太阳是应该给人们带来丰收的。因为在宇宙众多恒星中，太阳离地球最近，它离地球约 1.5 亿千米。

光和热从何而来

据说，很久以前，骄傲的风要和太阳比试本领，看谁有本事使正走在路上的一群孩子脱下身上的棉衣来。

太阳让风先试。风抖擞精神，刮起一阵猛烈的狂风，直朝孩子的身上刮去。但总没能把孩子们身上的棉衣吹下来。

太阳出来了，发出万丈金光，照得大地暖洋洋的。孩子们觉得身上热乎乎地，一个个把棉衣脱下，连蹦带跳地在路上玩耍。太阳终于胜利了！

其实不比也知道，太阳的能耐肯定比风大。因为太阳的力量几乎是无穷的，而且地球上之所以有风，归根结底是太阳的作用。

太阳照射到地球上的光和热相当于多大的能量呢？

据科学家计算，太阳放射出来的能量其功率有 3800 万亿亿千瓦，我们居住的地球只接受了其中的二十亿分之一，就能使大气保持温暖，风生云涌，电闪雷鸣；江河奔流，万物生长。它像现在这样连续不断地发出光和热，已经有几十亿年的历史了。太阳表面的温度有 6000 多摄氏度，中心温度高达 2000 万摄氏度。

那么，究竟是什么物质提供太阳这么多的能量呢？太阳的能量来自一种氢元素原子核的聚变反应。

让我们先分析一下太阳光谱吧。从太阳光谱中知道，氢和氦占了整个太阳质量的 96%，剩下 4% 包含六七十种其他元素。所以太阳能的来源，主要是氢原子核之间的聚变反应所产生的。

太阳的内部不断进行核聚变反应，并以辐射能的形式向宇宙空间发射出巨大的能量。在这些能量中，虽仅有二十亿分之一到达地球大气层，可一年中也有 1.5×10^{18} 千瓦·时，约为年全世界消耗能量的 3 万倍。其中 30% 被

大气层反射，23%被大气层吸收，47%到达地球表面。

太阳能是一种取之不尽的无污染能源，因此针对目前“温室效应”日益严重的状况，尽可能地利用太阳能，不失为一种好方法。

太阳上的温度条件对氢原子核来说还不算高，所以，原子核聚变反应是比较缓慢的。太阳的质量要经过多少亿年之后，才会有显著的减少。

现在太阳的年龄是 50 亿岁，正当壮年，还可以安安稳稳地度过几十亿年哩！

灼热的日冕

日冕是太阳最外围的稀薄大气，伸展到离太阳 100 多万千米的远处。看上去好像太阳戴上了辉煌的冠冕。

在太阳如此众多的奥秘中，最令人困惑的要算是太阳的这个日冕了。日冕是由很稀薄的完全电离的等离子体组成的，它的亮度仅相当于满月的亮度。平时，地球大气的散射光会大大超过日冕本身的亮度而将它淹没。在日全食时，太阳光被月球挡住，大气的散射光也随之减弱，天文学家就能方便地观测到日冕。看上去它就像是白色的光晕在月球背后闪耀。

太阳的表面温度约为 6000 ，日冕内层的温度高达 100 万摄氏度。在如此高的温度下，日冕主要是以 X 射线的形式向外辐射的。那么，为什么日冕温度会如此高？

夏威夷大学天文学家巴里·拉蓬特用一台高分辨率的摄影望远镜对日冕进行了拍摄。他认为，日冕温度与太阳磁场有关。因为太阳磁场由其表面下的带电气体粒子组成，这些气体一直处于运动之中，结果组成扭曲的太阳磁场。所有积聚在磁场里的能量可能会被突然地释放到日冕中去。

这些能量不仅使日冕温度升高，且从理论上说，也会产生小的耀斑。

太阳“吹”出的风

人们知道，红旗在空中不停地招展，张满篷帆的小船在大海中航行，这是风的力量。可是你知道吗？在广阔的星际空间，也有风的存在。很早以前，人们便发现巨大彗星的尾巴始终背向太阳，人们猜测，一定也有一种像地球上的风一样的东西，把彗星的尾巴吹到向太阳的一侧。于是，从太阳上刮出来的风——太阳风的存在问题便被提出来了。起初，人们不能一下子接受这一假设，他们在想，地球上的风是空气的流动，宇宙空间中没有空气，太阳风又是什么物质的流动呢？争论持续了几百年。直到最近几年，通过人造卫星对近地空间的考察，发现了从太阳上不停地向外发射的大量的粒子流，太阳风的存在，才得到科学家的公认。原来太阳风就是这些粒子的流动。

讲到风，人们自然会想到地球上的龙卷风和台风。然而龙卷风和台风的速度比起太阳风简直小得可怜。它们的风速只不过每秒几十米，最大不过每秒 100 多米，而太阳风每秒为 700 千米。这样的大风是哪里刮出来的呢？

众所周知，太阳是一个时刻燃烧着的炽热的球体，它的表面温度可达 6000 ，其中心温度据推算可达 2000 万 左右。温度是物质微观粒子运动速度的反映，即温度越高，物质中微观粒子运动的速度越快。虽然庞大的太阳

对粒子有着巨大的引力，但仍不足以抵消这一压力。所以，还是有相当多的粒子被挤压出太阳之外，以粒子流的形式冲进行星空间，形成了巨大的太阳风。

像地球上的风一样，太阳风也是时大时小，但永远不会停止。在太阳极为活动的年份，太阳风增强；太阳不太活跃的年份，太阳风减弱，最小时风速为每秒 320 千米。人们发现，太阳风并不是来源于太阳大气层的整个日冕，而是来源于覆盖在太阳表面，人们对它的形成至今还不清楚的冕洞。

太阳风如此之大，它会不会危及人类的生存呢？回答是：不会。这已为地球和人类至今仍安然无恙的事实所证明。科学家发现，太阳风温度虽高，密度却极低，每立方厘米还不足 8 个粒子。另外，人类居住的地球不仅存在着厚厚的大气层，而且还有一个像巨大棒状磁铁那样的偶极磁场。太阳风中的带电粒子在进入地球磁场后，被地球磁场的磁力线所挤压，结果在地球周围形成一个扫帚状的磁层。朝着太阳一面的磁层顶，离地心相当于 8~11 个地球半径。太阳风中的带电粒子不会冲破磁层而打到地球上，只能沿磁力线绕过地球，吹向星际空间的深处。

日珥和耀斑

用科学仪器可以观察太阳的耀斑和日珥。太阳表面充满无数微小颗粒，叫做米粒组织。每颗“米粒”直径约 1000 千米上下。太阳上的这些“米粒”上下翻滚着，好像一锅永远沸腾着的“粥”。

太阳上有一个高耸的火浪，叫做日珥，日珥有 40 万千米高。它是太阳上由氢组成的高速喷泉，速度可达每秒 250 千米以上，比地球上的火山爆发不知要猛烈多少万万倍。

在火红的背景下可看到黄色斑点，这就是耀斑。它是太阳上剧烈活动的区域，往往比地球的面积大好几倍甚至 10 几倍。耀斑爆发时有强度很大的粒子流流向地球，有时会对宇航员的安全产生危害，有时会使地球上空出现强烈极光，有时还会使短波无线电联系中断等等。

由此可见，孕育了万物并使它们蓬勃生长的太阳，拥有无穷无尽的力量，这力量足够人类用上一百年，一千年，一万年，乃至无穷无尽。

太阳的黑子

当太阳喷发气体的时候，就会出现黑子。太阳黑子是太阳上的风暴旋涡，温度较低，所以看上去有些发暗。太阳黑子的盛衰周期约为 11 年。

太阳和火

“阳燧”取火

我国是世界上最早利用太阳能的国家。据《周礼》中记载，早在周代就有人用“阳燧”取火，这是世界上最早利用太阳能的实践。

“阳燧”是古人在日光下取火的一种工具。它是金属制成的尖底杯，放

在日光下，使光线聚在杯底，再在杯底放置一些艾绒之类的易燃物，遇光即能燃火。

“阳燧”取火的另一种说法是用铜制的凹镜向着日光取火。尽管说法不一，但在距今 3000 多年的周代，我国人民就开始利用太阳能，这却是不容置疑的。

镜子打败兵船的故事

传说在 2000 多年前，古希腊受到罗马舰队的入侵，古希腊最著名的科学家阿基米德用镜子反射太阳光，点燃了罗马舰船，击退了罗马的进攻，保卫了自己的祖国。

1747 年，法国科学家布丰设计了一个实验，来证明这个传说中的科学原理是正确的。在花园里，布丰用几百面边长 15 厘米的正方形镜子，圈成一个抛物面形状的大反射镜，这反射镜能使反射的阳光集中到一点上。果然，反射的太阳光柱集中到了 70 米远的木柴堆上后，木柴冒烟了，着了起来。

但是，阿基米德生活在 2000 多年前，那时还没有玻璃。古希腊人也不可能用玻璃创造镜子。于是在 1964 年，一位阿基米德的“老乡”，希腊工程师萨卡斯提出了新的设想，他认为阿基米德只要让士兵将青铜盾牌反过来，就是能聚焦的凹面镜。为了证实这个设想，1973 年萨卡斯创制了一批长 1.5 米、宽 60 厘米的盾牌，表面用铜粉打磨得光滑锃亮。他又制造了一艘木船，做成古罗马舰船的模样，外面还涂了一层沥青。古代在船上涂沥青是防水用的，其实沥青恰恰是易燃物。在雅典的一个港口，萨卡斯让 70 名水兵手持盾牌，用信号指挥，一声令下，几秒钟内，50 米远的舰船就烧起来了。

用镜子打败兵船，是古代人类利用太阳能的一个伟大尝试。

用冰取火

用冰取火，似乎不可思议，但这并非讹传，这一创举发生在 1000 多年前。据晋代张华的《博物志》记载：“消冰命圆，举以向日，以艾承其影，则得火”。这真可谓是巧夺天工的发明创造。

我们知道，冰遇到热会融化，但若把它制成凸透镜，再利用聚焦原理，就可以聚焦阳光而取到火。从这里可以看到，我国古代人对凸透镜能聚光的特点已有了充分认识。

无独有偶，在科幻小说作家儒勒·凡尔纳写的《哈特拉斯船长历险记》中也有“钻冰取火”的故事。那位克劳波尼博士在失去打火机以后，用什么绝妙的办法在 -40 的严寒条件下取得火种的呢？书中是这样描写的：“博士拿着冰迎着阳光，把太阳光聚积在火绒上。几秒钟后，火绒就燃着了。”

我们知道，凸透镜在阳光照射下，能够把透射过镜面上的光聚积在焦点上，从而产生很高的温度。达到聚光取火的目的。曾经发生过这样的事。有一居民把一只盛满水的圆肚烧瓶无意中放在向阳的阳台上。一天，他把窗帘全部打开后，阳光直接照射进来，时间不长，奇怪的现象发生了。在离放圆肚烧瓶不远的地方，桌子上的台布烧着了。多亏及时发现，才没有造成火灾。是谁放的火？原来，圆肚烧瓶里盛水后，也能像凸透镜一样把光聚到焦点上，使温度达到着火点。同样道理，如果我们用冰制成凸透镜，自然也能聚光生

火。因为冰在折射光线时，本身并未融化。要把透过的光线聚积在焦点上时，完全能够达到着火温度。

1994 年在我国召开亚运会时，点燃圣火的火种就来自西藏，用的也是聚焦原理，利用阳光聚焦点着了火种，亚运火炬便熊熊燃烧起来。

气囊发动机

一位马来西亚人发明了用气囊推动的飞艇。飞艇上装有一个透明的气囊，阳光把气囊内的空气晒热了，热空气便从气囊后端小孔排出。这时，冷空气从气囊前端小孔补充进来，对流的空气推动了螺旋桨，飞艇就朝前飞行了。这也是利用太阳能的一个例子。

太阳一照就来电

太阳是一个巨大的能源宝库。尽管它向四面八方辐射的热量只有二十亿分之一到达地球大气的最外层，并且还有一部分被大气反射或者消耗在加热空气上，但每秒钟到达地面上的总能量还是高达 80 万亿千瓦，相当于现在全世界发电总量的几万倍。

如果能将太阳能变成电能，让太阳一照就来电，那该多好！

让太阳能变电能

1876 年，英国的亚当斯和戴在研究一种叫硒的半导体材料时，发现硒片经太阳照射后有电流通过。这就是后来所称的“光电效应”。这个发现使这两位科学家十分兴奋，一个创造性的思维火花在他们的脑海中爆出：发明太阳能变为电能的材料大有希望！

但是，当时的硒片上只有 1% 的光产生了光电效应，也就是有说 99% 光能被浪费了，效率太低了！

半个世纪过去了。1954 年在美国贝尔实验室里，科学家发现了光电效应的效率可以达到 10% 的材料。他们将半导体材料硅的晶体切成薄片，一面涂上硼作正极，一面涂上砷作负极，接上电线，用光一照，电线里果然有了电流。世界上第一个太阳能光电池就这样造出来了。

科学家们又将太阳能光电池串联起来，组成太阳能光电池阵列，如此一来，产生的电流就更大了。

1958 年，在美国“先锋”1 号卫星上，采用的电源就是太阳能光电池。但当时单晶硅材料太贵，想要多获得电流，就必须扩大太阳能光电池阵列，但材料太贵，行不通。

1975 年，科学家发现用无定型硅做太阳能电池效果更好。因为无定型硅吸收光的本领比单晶硅要高几倍到几十倍，而且只要 300 的温度就能提炼制造出来。这样，太阳能电池成本大大降低了，推广和应用也就更容易了。

太阳能发电，方兴未艾

以太阳光为能源获得电能的太阳光发电，有四大优点：安全，不产生废气；简单易行，只要有日照的地方就可以安装置；容易实现无人化和自动化；发电时不产生噪音。因此是一种较理想的清洁能源。

现在，在太阳能发电开发方面，美国、日本、德国三个国家走在最前面，它们生产了占世界总量 90% 的太阳能电池。在美国，1988 年起，政府预算每年拿出 3500 万美元以实施“太阳能发电五年计划”，加利福尼亚州的 AM 广播局使用的 15 千瓦太阳能发电机和新墨西哥州购物中心使用的 100 千瓦太阳能发电机都是公共设施的太阳能发电运转试验点。在德国，以通信部门、保养所、岛屿等为中心的太阳能发电电力供给已在相当程度上得到了推广。在日本，1976 年便在爱媛县实施了太阳能发电及系统设计的标准化，1990 年设立了“日本太阳能发电技术会”，到 2010 年将实现太阳能发电 460 万千瓦的目标。目前，太阳能发电正向小规模电源的使用和普及迈进。

“太阳能村庄”

在亚洲的沙特阿拉伯，当地的年日照时间在 3000 小时以上，常年晴空万里，别说是下雨，即使多云天气也难遇上几天。有关专家测定，在这里每平方米土地吸收阳光而产生的能量，足以使 40 个 25 瓦灯泡发亮。为了有效利用太阳能发电，沙特阿拉伯已于 1982 年在首都利雅得西北 32 英里（约合 50 千米）处的沙漠上，兴建了一个耗资巨大的太阳能村，它有 160 台太阳能发电机，是沙特阿拉伯拥有的 10 个这样的太阳能村庄中最大的一个。

据介绍，目前这个太阳能村所产生的电力已为附近 3 个村庄的 4000 多名居民带来了可靠的动力。一位太阳能村的负责人信心十足地预言：他们不久将开始在一个 2000 平方米大的菜园里试用太阳能灌溉系统。

“太阳城”

1994 年 3 月，世界第一座“太阳城”在日本诞生了，这是人类在利用太阳能技术方面的一个重大进展。

这座新兴的太阳城位于四国岛上一个古老乡村——仁淀。城中现有两座电厂，每座发电量为 1000 千瓦，完全靠太阳能发电。另外，居民用水、烧饭、取暖等也取自太阳能。

两座太阳能发电厂采用两种截然不同的发电方法：一种是把一组弯曲的集电器安装在面对太阳的镶板中，把太阳光聚集于集电器，发电供使用，另一种采用可以移动的大镜子，镜子跟随太阳运动，把接收的太阳光送入装有吸收太阳能排管的塔上。第一座电厂主要用于供电，而第二座电厂则用收集的太阳能烧水。

最大的太阳能电站

西班牙托莱多附近一座世界上最大的太阳能电站已于 1995 年开始营运。有意思的是，该电站的一半建在西班牙，另一半却建在德国。德国这边的太阳能电池效率是 11%，而西班牙那边太阳能电池效率为 15%。专家们认为，太阳能电池效率达到 10% 以上，在经济上是有利可图的。计算表明，这

座全球最大的太阳能电站，每年能发电 170 万千瓦·时。

光合作用太阳能电池

1991 年，瑞士的一些科学家，根据植物的光合作用原理，研制出了一种新型的太阳能电池。

这种电池有一种特殊的玻璃电极，位于太阳能电池板的内外两层。阳光穿过玻璃电极层到达染料层，染料层能像植物叶绿素分子那样捕获太阳光能。太阳光能把染料层里的电子推入最下一层的二氧化铁半导体薄膜上，从而产生电流。

这种电池的最大优点是采用了类似于叶绿素那样的能捕捉太阳光能的有机染料。这样，即使是在阴天，太阳中可见光因被云层遮挡，到达地面的强度大大减弱时，人眼看不见的红外光照常可到达地面而使这种太阳能电池产生电流。虽然眼下这种太阳能电池的效率还不太高，但专家们相信，它的发展前途将难以估量。

“阳光岛”

一座由直径 3 千米的太阳能电池板组成的“阳光岛”，下世纪初将出现在太平洋上。这是日本通产省会同 14 家大型企业共同开发的一项宏伟的新能源计划。

阳光岛的位置初步选定在北纬 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 、东经 $150^{\circ} \sim 160^{\circ}$ 。300 个六角形太阳能电池板漂浮在洋面上，拼成一块面积为 7 平方千米的巨型电池阵列，发出的电力将水电解成氢和氧，氢液化后再运回国内，以节省敷设电缆的巨额投资，同时缓解目前对进口石油、天然气的依赖。赤道附近海域阳光充足，太阳能电池的效率为在日本的 2 倍以上，发电能力可达 86 万千瓦，相当于一座核电站的发电能力。

效率和成本

如今人们意识到，太阳能电池发电的效率和制作成本是两个极为重要的因素。为了提高发电效率，美国已开发出地面光电转换效率为 35.6%、太空光电转换效率为 30.8% 的太阳能电池。而澳大利亚则声称，在未来的 5 ~ 10 年内，他们将使太阳能发电的成本降低 80%。

留住太阳能

地下贮能库

太阳能是一种廉价的能源，如何把太阳每天无私赐给地球的能量收集贮藏起来，供需要时使用，这一直是人们梦寐以求的。通过科学家长期的摸索，如今，这个愿望正在变为现实。

不久前，美国科学家首次计划在美国建立一项太阳能贮藏工程：将夏季的太阳能收集贮藏起来，供冬季取暖之用。

一些科技人员选择了地表深处的厚粘土层作为贮存太阳能的物质。此外，他们还利用那些地下的基岩和地下洞穴内的水源作为良好的贮能物质，并采用家用太阳能收集器来收集夏季的太阳能，整个收集器的覆盖面积约为3万平方米。

科学家们把无毒且具有抗冻效果的乙二醇溶液注入太阳能收集器内，使溶液温度升高到70℃，然后，将被加热的溶液送入插在30米厚的粘土层中的V形管道内。这层厚粘土层位于距地表1.5米处，V形管道所占的面积约为4000平方米。夏天，粘土层被加热到170℃以上，成为一个热“储备库”。冬季，水从V形管里反向泵出即可提出贮存的热能，供人们使用。

“变色龙”

日本京都大学的科学家们研制出一种被称作“变色龙”的奇妙的化合物，它吸收并贮藏太阳能，其能量转换率为30%~40%，远远胜过了能量转换率仅为10%~15%的硅太阳能电池。

这种化合物的晶体在常温下呈黄色，受到阳光照射后，晶体结构发生变化，颜色就由黄变白。与此同时，这种化合物悄悄地把太阳能吸收贮藏起来，而本身的温度仍然不增高。

当人们需要用它的时候，只需让它接触一点银，它便乖乖地把吸收的太阳能“吐”出来。此外，它还可以根据要求，把太阳能变成热能、光能或转变成电能释放出来。当它把“肚子”里的能量全部放出来之后，又摇身一变，恢复成原来的状态，颜色由白变黄。而本身却毫无损失。因此，人们可以无限期地使用这种化合物。

这种物质能长期地贮存太阳能，人们可以在夏季让它“吃”足阳光，留到冬季放出来取暖。也可以把它带到阳光充足的沙漠地区去吸收太阳能，然后带到需要的地方叫它把太阳能释放出来。

据称，制造这种化合物的基本原料是从原油里提取出来的，对人体没有什么危害，而且很洁净，不会污染环境。

输送太阳能

在一般人的眼中，太阳能是很难被输送的，但是，以色列科学家认为，要全面取代石油能源，太阳能必须要能被贮存和运输。在以色列一年虽有300个晴天，但夜间总是没有阳光的，此外还有多云的日子，因此太阳能必须能被贮存。发展太阳能电力工厂的场所应在沙漠地区，但消费电力的人口却主要集中在离此很远的城市，因此，太阳能还必须易于输送。再有一个问题是，太阳能发电设施耗资巨大，1平方米集热器1天至多只能收集1000千瓦·时的能量，因此需要很大面积的集热器，为了弥补这方面的费用，由热能到电能的转化必须是高效率的。

在实践中以色列人发现，高温是解决所有这些贮存、输送和效率问题的关键。目前大多数太阳能系统都以低温运行，而以色列人使用的64片抛物面反光镜和“接收中心”的太阳能塔，都能产生2000℃的高温，正常运行时的温度也高达1000℃。在这种情况下，他们发现，如果利用太阳产生的热使甲烷与水蒸气或二氧化碳在900℃下发生化学反应，那么就可以产生氢和一氧

化碳的稳定性合成气体。这个反应是吸热反应，因此，太阳能就被贮存到气体中。在高压条件下，合成气体很容易储运。需要时只须用适当的催化剂，就可产生化学反应，释放热能，进行发电。

当然，在以色列以至整个中东，缺水问题远比缺电问题严重。因此，人们寄希望利用这种贮存起来的太阳能进行海水淡化，建设既能供电又能供水的太阳能发电和海水淡化联合工厂，以适应严酷的自然环境。

登堂入室

为了让太阳“登堂入室”，中国人造住宅庭园，历来讲究“坐北朝南”，这种方向的房屋冬暖夏凉。冬天，暖融融的阳光洒满房前屋内；夏天，毒辣的日头则被阻挡在屋后的厚墙外。

“向日葵”

房子能随太阳转，就像向日葵一样。真有这种房子吗？

德国一名建筑师特多·特霍斯特建成了一所能随太阳转动的房子。房子形状像金字塔，重 180 吨，建在一个水泥平台上，平台安置在能转动的转向架上。转向架的基座为位于地下室内、用 6 根柱子支撑的环形轨道。6 个驱动头使住宅每天随太阳转动 180°，夜晚又返回到初始位置。这座“向日葵”式的住房不仅使房间充满阳光，同时使安放在房顶上的太阳能电池和聚光镜能均匀地受到太阳光的照射。聚集的太阳能，可满足照明、供暖、生活用电以及驱动住房转动之用。这种能跟踪太阳的住宅是由计算机操纵控制的。

由于采用了“金字塔”式结构，房屋还获得了最大使用空间。

设计师罗尔夫·迪施也从向日性植物上获得灵感，将安装在屋顶上的太阳能电池设计成能够自动跟踪太阳的运行。更奇妙的是，如果把他的“树形屋”建在一根粗大的主干上的话，屋顶上的太阳能电池整年都将从阳光中获得能源。

新奇的太阳能住宅

在美国科罗拉多州有一幢新奇的太阳能住宅，这幢房子靠吸收和反射太阳光热量的方法来调节室内温度，并将太阳能转换成电能，用来开启房间里的灯、冰箱和其他电器。

为了获得最多的太阳能，这幢房子是按照冬季吸收阳光、夏季反射阳光来设计的。窗子都是斜着的，这是为了使冬季阳光能最大限度地射入室内。即使在最寒冷的日子里，阳光也能射入，使室内空气和墙壁增温。因为墙壁很结实，约有 1 米厚，由水泥、泥土和 3000 多个汽车废旧轮胎砌成，能够吸收大量的热量。墙壁还包括有 30 多万万个废旧的易拉罐，以其作为建筑材料，真可谓独具匠心。在夜间，当房间开始变凉时，墙壁就散发出所储存的热量，使房间变暖。在夏季，阳光以较小的角度射入房间。这样的角度就让窗子反射太阳的能量，使室内墙壁不致受烘烤。由于墙壁比室内的空气凉，于是就吸收了室内的热量，并将这些热量传送到更凉的地面。换句话说，墙和地面恰如一个“散热器”，将热气引入地下，以保持室内的凉爽。即使室外温

度降到冰点以下或升到灼人的 43℃，全年室内温度也总是保持在 20℃ 上下。这样就不需要再花钱来取暖、调节温度或使用别的能源，同样可以做到居住舒适。

为了能使用各种现代化的电器，还必须主动地将太阳能转化成电能。

这幢房子靠安装在太阳能电池板上的阻挡层光电池来将太阳能转变成电能。这种电池由半导体材料制成，具有不稳定电子（容易被再次撞出的电子）。阳光射到一个半导体上，撞散电子，导线就将这些电子聚集起来，形成电流。

类似的太阳能住房还出现在德国巴伐利亚州。

这种“太阳能住房”的“中枢”是呈 45° 倾斜的屋顶，朝阳部分的面积大于背阳部分的面积。在朝阳的屋顶上，开有一个由电力驱动的可随意启闭的巨大玻璃窗，屋顶内层则装有自来水、空气循环系统及太阳能蓄电池。出太阳的时候，照在屋顶上的太阳能电池为太阳能蓄电池充电，同时加热空气和水。

这种住房的地下室里还装有一台由太阳能驱动的水泵。水泵把热水运输到各个房间，以暖和整个住宅。

设计巧妙的 OM

在诸多被动式太阳能供热系统中，得到普遍应用的是一位日本科学家发明的 OM 系统。

OM 系统本身并不复杂，它利用向阳面房顶为集热面，把空气加热到 65℃ 左右后，以大约每秒 10 厘米的自然对流速度集中到热气室，再由小型电扇把热空气沿送气管输送到地板下面，加热地板、地板上的敷垫物以及地板下面的蓄热材料如防湿水泥等，最后由安装在窗边的出气口缓缓排出。

防湿水泥的蓄热能量约为空气的 1500 倍。所以，尽管升温的过程比较长，可是一旦温度上升后，释放热量的过程也相应较长。这种吸热、放热的平衡过程维持了比较恒定的室内温度。

天气好的话，即使在深夜甚至凌晨，地板也是微温的，室内空气暖和，很舒适。

在夏天，OM 系统可以把在房顶上收集的热能用于烧开水，并把余热原地排出。这样，即使在盛夏，房顶内面的温度也不会太高。在排出空气的同时，还带出了地板下的空气，形成了自动换气，室内始终保持凉爽宜人。

送阳光工程

在日本岩手县盛冈火车站北出口处，1995 年，一幢 12 层的公寓楼落成了。楼顶上整齐地排列着 21 套令人陌生的圆球形装置，这装置可以反射阳光。由于新建了许多大楼，挡住了旁边低矮住宅楼的光线，因此，人们尝试用这种装置把阳光送入被遮住阳光的住宅。

这种安装在公寓楼顶上的圆球形平面镜，可根据太阳的移动而转变角度，因此可以持续地将阳光聚射到正下方，再通过安装在该公寓 2~6 楼墙壁上的凸面镜，将阳光送到位于该楼北面的仅 5 层楼高的住宅的阳台上。

从公寓楼顶上将光线通过反光镜，再送到北面住宅的阳台上，其直线距

离约为 35 米。这样，送到阳台上的阳光，大约是自然光线的 10% 不到，与安装前相比较，房间亮度提高了 4 倍。这些光线，犹如城市里大楼间透过树叶射来的阳光，也许不大会引起人们的注意。但对于身处北方，日照时间较短的人们来说，则无疑是一大福音。

“日光灯”

大白天还得仰赖电力照明，是一种浪费。如果从破晓到傍晚，都能充分利用屋外的自然光来照亮室内，该有多好。

有一种利用日光提供室内照明的设备，它的照明效果和灯光一样好，引进的日光也不像天窗照进来的光线那么刺眼或炽热，真是名副其实的“日光灯”。

这种取之大自然的照明设备叫作日光导引管，它由反射效果奇佳的特殊管状钢材制成，日光经过屋顶上的透明物，再由特殊钢管反射下来，经由屋内一个白色半透明装置将自然光均匀送到屋内各个角落。

“车前草”和“北极熊”

在既不太热、又不干燥的地区，车前草的叶子一般呈螺旋状排列，其夹角为 $137^{\circ}30'28''$ ，这样，每片叶子都能得到适当的太阳光。人们向车前草借鉴了调节日光辐射的原理，设计了一种车前草式住宅，它是呈螺旋状排列的 13 层楼房，每个房间都能得到充足的阳光。

德国弗劳恩霍夫太阳能研究所设计的太阳能住宅是一所最有趣、最先进的太阳能建筑，被戏称为“北极熊”建筑。该建筑受北极熊启发，采用了一种仿生技术：北极熊以浅色的毛皮御寒，同时用黑色的皮肤吸收热量。设计师便将蜂房式人工隔热材料安装在建筑外壁上，黑色的石墙吸收阳光，对自身加热并把热传导到墙后房间内。当热量向外散发时，透明的隔热材料又能起到绝热作用。夏季气温升高，将建筑物正面的玻璃罩板与隔热层之间的自动反射卷帘拉下来，就可以中断加热。

建筑物屋顶上装有 36 平方米的太阳能电池。又可以直接把阳光转化成电能。电能储存在蓄电池内，供各种家用电器消耗。电解器利用电能把水分解成氢和氧，可以烧饭，驱动应急供暖设备。

超薄型太阳能屋顶

1995 年，美国研制出一种超薄型太阳能屋顶。这种屋顶的厚度不满 0.025 毫米，上层吸收蓝光，中层和底层分别吸收绿光和红光，光电转换的效率为 10.2 %

“种”月亮和“盗日者”

有一首《种太阳》诗歌，它通过著名儿童节目主持人之口，早已传遍全国。词是这样写的：

“我有一个美好的愿望，
长大以后去播种太阳。”

仅种一颗就够了，
会结出许许多多的太阳。
一颗送给南极一颗送给北冰洋，
一个挂在冬天一个挂在晚上。
到那个时候，
世界上的每个角落都会温暖、明亮。

当然，“种”太阳只是一个美好的愿望，然而，“种”月亮却已成为事实。

人造小月亮

月亮有圆有缺，不可能让它总这么亮。能否再造一个月亮，就能使地球黑夜变亮？

月亮本身不发光，可它能反射太阳光，把地球照亮。1993年2月，俄罗斯空间科学家在“进步”号飞船上安装了一个名叫“旗帜”的太阳光反射器，做照亮地球的试验。

这个人造月亮（太阳能反射器）直径为22米，重40千克，由骨架和塑料薄膜组成。塑料薄膜表面涂有具有反射能力的铝膜，总共只有5毫米厚，轻得很。试验时，将人造月亮绕在“进步”号飞船上，让飞船以10弧度/秒的速度旋转，利用飞船旋转的离心力，就像打开伞那样打开人造月亮。

当人造月亮完全张开时，飞船的转速降低到1.47弧度/秒。这种速度能使太阳光反射器（人造月亮）绷紧。这样，第一个人造月亮就升起来了。这个实验共进行了三天。真的月亮虽大，但表面坑坑洼洼，只能反射7%的太阳光；而人造月亮表面光滑，却能将太阳光100%反射出去。

人造月亮比起月球来显得太小，所以它只能照亮地球的一小部分地区，但试验成功的意义却十分重大。人造月亮从南到北扫过地球，依次照亮了里昂、日内瓦、慕尼黑，接着经过波黑、白俄罗斯、乌克兰、俄罗斯、南美、北非等地区和国家，至少有24小时人们都可以见到它。

俄罗斯空间科学家已准备用大约100个人造月亮把阳光反射到俄罗斯北部的一些城市或大的建筑工地上，以延长那里的白天。

有人估算，一个实用型的人造月亮一年可节省价值3500万美元的照明电费，而建立这么一个照明系统只需花80万美元。

“人造月亮”已初露峥嵘，也许，它已拉开了书写全新的人工照明史和能源史的序幕。

“盗日者”

到1999年，一枚名副其实的太空“盗日者”——巨型的人造太阳能卫星，将会环绕地球轨道运行，它收集太阳能，并且把能量发射到美国纽约州北部的接收天线场，供应整个纽约市所需的电力。

这枚人造地球太阳能卫星，将被安置在距地球约3.6万千米的轨道上，其运行速度与地球自转速度相同，所以它能固定在相对静止的位置上。它的大型太阳能电池组，宽约48千米，长约96千米，面积和纽约的曼哈顿岛一样大小，几乎每天24小时都能高效率截取阳光。唯一不能收集太阳能量的时

间，是当卫星被月亮遮蔽时，不过这段时间只有 15 分钟左右。

假如在夜晚从地球上观看“盗日者”太阳能卫星，它就像一颗明亮的星星。即使在白天，也可以模糊地观察到它。

人造卫星的太阳能电池组能够直接把日光转换成电能，并通过一部换能器，把电能转变为微波，然后发射到地面接收天线场。天线场的面积，有几个足球场那么大。由于微波穿过地球大气层时不会被吸收，人造卫星发射下来的能量，地面天线场可接收 82% 以上，然后转成电能供电。

据估计，这枚人造太阳能卫星的发电量，功率可达 50 亿瓦。与一般大型发电厂相比，这是一个相当可观的发电量。

利用人造太阳能卫星发电工程虽浩大，但还是划得来的。这是因为，它有许多优点：第一，它的发电量大；第二，它几乎可以日夜不停地给地球输送能量，且取之不竭。既不受日照、云雾、大气的影响，又无需任何能源贮存装置。第三，更重要的是，它不会破碎，也不会受射线的威胁。从人造太阳能卫星发射出来的微波束，能够非常准确地传到地面的接收天线场，即使居住在在天线场附近的居民，也不会受到微波的影响。据估计，卫星的微波泄漏量，可保持在每平方厘米不超过 10 毫瓦的国际安全标准内。飞机飞过微波束时，也同样不会受到危害。因为用金属固体制成的飞机外壳，可形成保护层，况且，飞机飞过微波束的时间，只是非常短暂的一瞬间。

有关专家对人造太阳能卫星评价很高，他们认为，按照目前的发展态势，2025 年左右，将有约 100 枚“盗日者”人造太阳能卫星，高悬在地球上空的轨道上。届时，这些卫星可望满足全美国 30% 的电力需求。

地球的保护神

天文学家已经预言，在天际中飞行着的数以百万计的小行星对地球存在威胁，它们一旦和地球相撞，有可能毁掉地球。

如何对付这种小行星的侵袭？有科学家建议发射一种金属制成的巨型太阳能反射帆，当有小行星飞来时，它把聚焦的太阳光反射到小行星的一侧，使其表面冰层汽化。水蒸气朝一个方向喷出时，反作用力就可将小行星推离运行轨道，不至于同地球相撞。

为你壮行

汽车、轮船、飞机、自行车，种种交通工具都可请太阳来帮忙。

汽车和游艇

目前，太阳能汽车的开发蒸蒸日上，不仅汽车的车型多，比赛也特别多。

第一届国际太阳能车比赛于 1987 年 11 月 1 日至 6 日在澳大利亚举行。比赛以澳大利亚北部达尔文港为起点，横穿澳大利亚，直抵南部的阿得雷德，全程 1950 英里（约合 3000 千米）。21 辆太阳能赛车参加了角逐。美国的“圣雷萨”号力克群雄，用 49 小时 44 分跑完全程，平均速度达到每小时 39.2

英里（约 64 千米）。它不用任何燃料，完全依靠太阳能蓄电池提供能量。

1991 年 10 月 6 日，在日本东京某公园，举行了一次太阳能汽车大赛。这一天，有 21 辆太阳能汽车参加比赛，它们的外形设计五花八门，奇形怪状，但看上去大多比一般汽车漂亮轻便。

1993 年底，在澳大利亚举办的世界太阳能汽车大赛上，日本研制的“甲壳虫”太阳能汽车一举夺魁。比赛中来自 14 个国家的 52 辆车都是采用“绿色能源”的太阳能汽车，日本的这辆“甲壳虫”，外表铺装着 8 平方米的太阳能电池板，光电转换效率高达 21%，功率为 1.5 千瓦。全部 3004 千米的赛程共走 36 小时，最高时速达 100 千米。

1994 年 5 月举行的纽约—费城太阳能旅游车大赛中，Aztec 太阳能汽车由于外形酷似海豚和性能良好而令人刮目相看。这是美国麻省大学理工系太阳能汽车俱乐部建造的，它弓背、长尾，形态最符合空气动力学原理。

据预测，在 1996 年的澳大利亚“世界太阳能挑战”汽车赛上，参赛车的平均速度很可能超过每小时 90 千米。

此外，人们还制出了种类各异的太阳能游艇，比较突出的有日本本田公司研制的一种太阳能娱乐轻舟。它采用 62 千瓦发动机，动力则为铝—锌电池。此外，装在右甲板舷外铁架上的太阳能电池能提供额外动力。轻舟长 4.8 米，双人乘坐船体用碳纤维塑料制成，最高时速为 9 千米。

太阳能飞机

1903 年 12 月 17 日，美国人莱特兄弟俩胜利地制出了世界第一架飞机，并完成了人类第一次离地升空的试飞。从那时到今天，近百年的时间过去了。

现在，天空中飞着各式各样的飞机，品种何止千百！？但是有一点却是共同的，它们都少不了燃料。

人类多么希望有一种不用燃料的飞机啊！那样，既能节省地球上宝贵的能源，又可以免除大气的污染，该多好啊！

1974 年到 1975 年，两架取名为“日出”一号和“日出”二号的飞机，成为飞行史上从未有过的第一批不用燃料的太阳能飞机。这种不载人的飞机重 10.2 千克，飞机翼面上配备了价值 4 万美元的太阳电池组，这些电池组可以发出功率 570 瓦的电能。但是由于试验方案中的某些限制，飞机未能飞到设计要求的高度。

1978 年 9 月，美国一家电子公司的工程师莫罗研制成了以太阳能为动力的飞机，他给这架飞机取名为“日升机”号。这架飞机是由一架滑翔机改制的，机翼上面安装了太阳电池。在阳光下，这些电池能够把 350 瓦 30 伏的电流输送到装在机座后面一个小小的蓄电池里。蓄电池里的电能，则可以驱动一台 2.24 千瓦的电动机。当电动机推动螺旋桨旋转的时候，飞机就起飞了。1979 年 4 月 29 日，当着少数观众的面，拉里·莫罗完成了他那“日升机”号的处女航，飞机达到 12.2 米的高度，飞行了将近 1 千米之后安然回到了地面。这是世界上第一架载人的、以太阳能为动力的飞机。

现代航空事业因其能源费用高昂而又污染环境受到日益沉重的压力。这种压力促使人们去探索适用于航空的更经济和更有利于生态平衡的能源。太阳能也许是前景最为看好的一种飞机能源。

一架飞机能不能只用太阳能作为其飞机动力？这种飞机飞起来以后，它的性能能不能达到一定标准从而付诸实际使用？

回答是肯定的。现代科技的发展，例如太阳能技术、航空材料学、结构力学、空气动力学已达到较高水平，运用这些高科技制造太阳能飞机是完全可行的。

“太阳挑战者”号飞机

“太阳挑战者”号是一架以太阳能为动力的飞机，1981年7月，它成功地由巴黎飞到英国，平均时速54千米，航程290千米。

太阳能自行车

最近，德国基尔技术学院开发出一种太阳能自行车。该车配有太阳能电源和一台直流电机，一旦阳光普照，时速可毫不费力地达到45千米。该车经科隆设计师亨利希·纳费尔德改进，在车把和行李架上装有太阳光收集器，为电机提供动力，从而使时速高达60千米。这两种车型均使用蓄电池贮存能量。即使太阳躲进云层，仍能照常行驶。

路灯和灯塔

美国研制出了一种太阳能路灯。它装有一块太阳能板和一个太阳能电池。白天，太阳能板可以接收来自不同方向的阳光，把光能变成电能后贮存到电池里；夜晚，电池再将电能释放出来，供照明使用。

1986年8月份，位于渤海之滨的秦皇岛附近海面出现了一座崭新的无人看守的水上灯塔。这座灯塔上端布满宝蓝色的太阳能硅片方阵组，顶部呈45°倾斜，面向南方，能最大限度接受阳光的照射，把光能转换成大量的电能贮存在灯塔底部的蓄电池组。即使遇上10几天阴雨天气也能正常发光。

太阳能停车场

美国第一个为电动车开辟的“太阳能停车场”于1993年11月在加利福尼亚州宝石南海岸对公众开放。2100平方英尺（约合200平方米）的太阳能电池板安装在停车场的顶上，5个停车区都备有插头，把太阳能发出的电充进汽车电瓶，多余的电输入普通电网。

据估计，到2000年，大约20万辆电动汽车将在加利福尼亚州行驶。到时候，这样的充电设备约能满足10%的电力需要。

小资料

日本本国公司研制的Ra—10型太阳能小汽车以时速快而著称，它以多晶硅太阳能镍—锌电池作为动力，时速达120千米。

硕果累累

太阳能为你点火，太阳能为你壮行，太阳能为你发电，太阳还能帮你做其他许许多多的事情。

太阳灶集锦

收集太阳能代替煤、电，用来煮水烧饭，是太阳灶的特长。例如，我国四川省攀枝花市注重能源利用和环境保护。这里的城乡居民普遍使用太阳灶，住宅民房顶上的太阳能器具群已成为该市的一大景观。

澳大利亚悉尼大学的一个太阳能研究小组研制了一种新型的太阳能灶。该装置的关键设备是一个独特的太阳能集热器，其形状为弓状的不锈钢镜子，镜子长5英尺（约合152厘米）、宽2英尺（约合61厘米），置于屋外的地面上，始终正对着太阳光，在其正中央布置有一套发散式吸热管，通过管子循环的水由于被加热而变成蒸汽，再用管子将蒸汽引到屋内的灶上，用这种办法可使灶温达到180℃，在这么高的温度下可进行各种烹调，既能炸制、烤制食品，也能蒸煮食品。一个灶可供应25个人就餐。

此外，由于白天在压力容器中产生的热量散发的速度很慢，所以甚至到深夜，炉灶也能保持高温，故在夜间仍可使用。

烤馕靠太阳

馕是一种两面烤的酥脆的面饼，是我国新疆各民族喜食的主食。烤馕要用很多柴草。这对柴草缺乏的新疆来说，不胜负担，致使红柳、梭梭、胡杨等被大量砍伐，植被覆盖面积逐年缩小；沙漠扩大，气候变劣。尤其是在南疆，地广人稀，运送柴草还要花费大量的劳动力。因此，寻求一种新能源来代替柴草，是当地农、牧民多年来的迫切希望。

新疆的太阳能资源丰富，年日照时数为2500~3300小时，年总辐射量为590~670千焦/平方厘米。新疆太阳能利用研究所研制的太阳能烤馕灶，适用于农、牧民家庭。外表看上去它像一只展开翅膀的大鸟，移动灵活，结构简单，有手摇丝杠可以调节灶的高度，老、弱、妇、幼均能操作，也可用来烤制面包、饼干、糕点。

烤馕太阳灶由烤箱、采光系统和跟踪系统组成。烤箱内的升温依靠两种途径：阳光直接透过箱子上部的两面平面反光镜将阳光折射下来，加热烤箱；通过下边的两面巨大的抛物柱面镜，将阳光从下面折射在烤箱上。这样，形成“两路夹攻”，使箱内温度升达270℃！它的采光面积总计为3平方米，晴天烘烤一盘约3千克重的馕只需34分钟。太阳灶的底部4只脚轮可用来调整方位，以跟踪太阳。抛物柱面镜及平面反射镜均装有铰链，不用时可收起，便于收藏和保管。

用太阳能推磨

太阳能磨是一种把太阳能转变成机械能的新型磨机。其外形与风磨差不多，但在每片机翼内有一种受热后体积会剧烈膨胀的液体。太阳光辐射角度

在不断变化，使得机翼各部分受热状况发生变化，因此各片机翼的重心始终都在移动，从而产生旋转力矩。这样，只要太阳一出来，磨机就转动了。

太阳能篱笆

澳大利亚的一些游泳池围上了太阳能篱笆。这种篱笆既能起到防范作用，又能利用太阳能为游泳池提供暖气。太阳能篱笆的构造并不十分复杂：把原先装在屋顶上现成的太阳能板，搬到游泳池的周围，就组成了一圈十分时髦又十分正规的篱笆。

控制器持久地监控着游泳池水和太阳能系统的温度。当太阳能系统的温度超过游泳池的温度达 5 时，来自游泳池过滤器水就会自动地通过太阳能篱笆重新转回到游泳池内。当全部有效能量都被收集到时，太阳能系统又会自动关闭，保持在备用的工作状态，随时适应下一步的加热循环。

太阳能避雷针

法国专家研制成的“皇冠”牌太阳能避雷针，能确保闪电准确无误地落到避雷针上。这种太阳能避雷针不同于传统的避雷针，它能不断地处于带电状态，并能更有力地电离周围空气。因此对大气放电具有极大的吸引力。该避雷针由微型太阳能蓄电池供给电能。

太阳能收录机

日本索尼公司研制成一种太阳能收录机。这种新式收录机的盒式磁带插口上安装有一块硅太阳能电池板。当阳光照射硅板时，它可将太阳能转换成电能来驱动收录机运行。收录机上还安装了一个 1.5 伏的可充电电池。在阳光充足时，它能充电储备；在无阳光时，充电电池即可为收录机供电。

太阳能电话

英国一家无线电公司发明了一种太阳能电话。它是通过安装在 15 英尺（约合 4.6 米）高的杆子上的吸热板吸收太阳能的。

“草坪男仆”

世界上第一台太阳能自动割草机的绰号叫“草坪男仆”，它是由比利时计算机专家设计、美国研究人员制造的。“男仆”的外形像一个翻倒过来的脸盆，直径约有孩子们玩的滑板长度那么大。

太阳能割草机的动力来自安装在其“背”部的太阳能电池，只要有阳光，电池便能为电子控制器供电。

“男仆”可在院内自由地蜿蜒行走，它是由一根埋在地下的细导线定位的。如果撞到了障碍物，它还能倒走并改变方向继续作业。

该装置上装有 3 把三角形的钢刀用来修剪草坪。作业时，刀能伸出体外约 2.5 厘米，割草机关闭后可自动缩回。

烈日当空，凉风习习

在太阳底下，连冰、雪都要融化，怎么能用它来制冷呢？

在赤日炎炎的夏天，如果正逢上一场阵雨，人们马上就会感到非常凉爽。这是因为雨水落到地面后，一部分蒸发成水蒸气，而水变成水蒸气需要从周围物体（如大气、地面）吸收热量。在常温下，每千克水蒸发成水蒸气，大约需要吸收 2400 千焦的热量，所以下雨之后气温就会下降，使人感到凉爽。太阳能制冷的原理与此十分相似，只不过，它是利用液氨从外界吸收热量来制冷的。每千克液氨蒸发时可吸收 1374 焦的热量。

太阳能玩具

从最低级的原始玩具，到构思巧妙的金属小汽车，再到轻柔坚韧的乳胶制品，玩具业经历了漫长的发展时期。现在，应运而生的太阳能玩具正是玩具发明家们的又一新突破。它大有占领整个玩具市场的势头，因为太阳能毕竟是取之不尽、摄取方便的能源。

还有直升飞机、蜻蜓、小汽车等儿童玩具，只要有阳光，就能像充足了电似地运动。然而，它们消耗的电取决于神奇而简单的半导体材料——硅。这种材料能使太阳能变成电能，一张小小的硅片只要对着阳光就会产生巨大的能量。

太阳能净水装置

印度专家研制成一种新型太阳能蒸馏器，可把海水或废水转变成饮用水。

这种装置的核心部分由一层又一层的黑色聚乙烯构成，其间夹杂着黑麻布。这种类似三明治的聚乙烯和亚麻层置于一个呈倾斜状的横式容器的底部，这个容器用强化纤维塑料制成。亚麻是一种天然的吸附物，能把水从未径净化水的水池里吸引到容器里来。容器的上部是玻璃密封盖。

阳光使容器内部受热，并使沉积在“三明治”层上的水分蒸发。水蒸气上升并在玻璃盖里层形成蒸馏水水珠，于是就沿着玻璃盖向下流动，最后流入容器下端的一个饮用水蓄水池里。

太阳能灭虫器

印度的专家最近发明了一种简便、无毒、杀灭粮食中害虫的新方法，他们把粮食装进被称为“太阳能杀虫器”的聚乙烯塑料袋，然后放在太阳下暴晒，几小时后可以杀死粮食里的所有害虫。

这些害虫在它的生命周期的任何一个时期，只要粮食的温度升到 60℃，10 分钟它们就会被杀死。

太阳能制氢

美国加利福尼亚洪堡州立大学沙茨能源研究中心开发的太阳能制氢系统，每天可自动生产出干净的氢燃料，这个制氢系统于 1989 年开始筹建，由沙茨通用塑料制造公司投资。

从 1993 年 1 月至 1994 年 6 月间，该系统的平均运行效率极高。在大部分运行时间内它都是自动运行的。

太阳能灌溉

太阳能灌溉目前有两种方式：一种是直接法，即由太阳能发动机直接带动水泵抽水灌溉；另一种是间接法，即通过太阳能发电，再驱动水泵抽水灌溉。

利用直接法灌溉的主要设备是太阳能发动机。太阳能发动机有太阳能锅炉蒸汽机及太阳能热气机两种类型。

太阳能蒸汽机的工作过程是用水泵将水泵至太阳能集热器，水受热后温度升高，高温水流经锅炉，使锅炉内的低沸点液态工质（即工作介质）汽化。气体状的工质驱动气轮机，气轮机则带动水泵进行抽水灌溉。

太阳能热气机，是靠太阳能加热汽缸中的气体。使之受热膨胀，推动活塞、带动飞轮转动的动力装置。它的功率一般小于 746 瓦，但运转安全，可靠，无噪音，制造过程也比较简单。白天，热气机以阳光作能源，采用抛物面反射镜集热。夜间可燃烧木柴、煤、油等燃料来代替太阳能。

1977 年 4 月，美国亚利桑那州建成的太阳能灌溉系统就采用太阳能蒸汽机，驱动一台功率 37300 瓦的水泵，每分钟抽水 37800 升。白天最长的 6 月份，一天可工作 9.5 小时，灌水 2.15 万立方米。

目前，墨西哥从国外引进的太阳能泵站总功率为 40 千瓦左右，分布在一些农村进行科学实验。墨西哥的 25 千瓦发电机驱动的大型水泵站是目前世界上最大的太阳能水泵站之一，设在墨西哥缺能源和缺水的圣·路易斯德拉帕斯的一个村落里。该泵站利用平板集热器采集太阳的能量，装有 720 块采热器，合计面积达 1500 平方米。当扬程为 40 米时，每小时可抽水 150 吨，可供 15000 人用水，或供农作物灌溉之用。

科技新花

瑞士发明了太阳能开水瓶，瓶重 430 克，可装近 600 克水，瓶底和侧面的折叠铝制板能吸收太阳能烧水。在晴天，烧开一瓶水只需要 25 ~ 30 分钟。

日本发明的太阳能电话亭，所有的电器均由太阳能电池供电，当使用者进入电话亭后，传感器便驱动空调器工作，将亭内的温度控制在 25 左右。

“老兵新传”话核能

核爆炸应造福人类

可怕的原子弹

“两颗原子弹摧毁了两座日本城市”，这是人们对第二次世界大战末期，美国向日本广岛和长崎投下原子弹后留下的深刻记忆。

这两颗分别名为“男婴”和“壮汉”的原子弹，其威力的确是空前的，“男婴”相当于1.5万吨TNT炸药当量，“壮汉”相当于2万吨TNT当量。爆炸的瞬间，它们产生的上千万摄氏度的高温、几十亿个大气压和多种高能辐射，形成一团火球，顿时把爆炸区内所有的地面物体化为烟尘、夷为平地，数十万人就此被夺去了生命，数百万人就此被造成终身残废，有些甚至还通过遗传殃及到下一代。

善良的人们万万没有想到，20世纪初科学家的伟大新发现——原子裂变，竟会被首先用来做成凶残的武器。一时间，世界舆论广泛谴责，驾机投掷原子弹的一名飞行员也因此而终日自责、精神崩溃。理智告诉人们，原子核能的威力不应用于人类的自相残杀，而应作为一种能源用来为人类造福。

贝克勒尔的发现

原子核能为什么会引起爆炸，又为什么可用来作为能源为人类服务呢？这就要从1896年法国科学家贝克勒尔的发现谈起。一次，贝克勒尔偶然发觉，原来好好地包在黑纸中的照片胶卷被莫名其妙地感光了。为了解开这个谜团，他花费了很多时间和精力，终于弄清这是因为胶卷曾经与铀化物放在一起的缘故。原来铀能放射出一种肉眼看不见的穿透力却极强的射线，正是这种射线使胶卷感了光。于是，铀就被人们称作放射性元素。

后来，居里夫人等一批科学家又进一步发现了镭、钋、钷、钷等放射性更强的元素。居里夫人并因此于1903年和1911年两次获得诺贝尔物理学奖和化学奖。在此期间，人们逐步认识到，物质不仅由分子所组成，分子由一种或几种原子结合所构成，而且原子还可以再分为更小的粒子。这些粒子可以相互作用，使原子核内部结构发生变化，释放出蕴藏在原子核内的巨大能量。

链式反应

1939年，法国科学家约里奥·居里用中子轰击铀原子核，铀原子核一分为二并伴生巨大的能量。由于这能量来自原子核内部，于是就被叫作原子能。铀核被击碎时，更会产生2~3个新的中子，飞出来再轰击别的铀核，再放出更多的核能和更多的中子……如此这般，就像链条一样，一环套着一环，接连不断地循环下去，反应将愈演愈烈，因此被称作链式反应。这个过程如果不加以控制的话，巨大的核能将在几万分之一的瞬间迅猛地被激发出来，那么就会出现原子爆炸；如果设法把它控制在核反应堆中慢慢地进行，就可

用来发电、供作开动机器与推动车船的动力。1942年，美国在芝加哥建立了世界上第一座核反应堆，做到人为地控制链式反应，迈出了核能利用的第一步。

林林总总的反应堆

热堆并不理想

如今制成的核裂变反应堆分成热中子反应堆和快中子反应堆两大类。前者也称作热堆或慢堆，所用的核燃料是铀 235，在核裂变的过程中，要用水、重水、石墨、铍或硼化物等慢化剂来减慢新释放出来中子的运动速度，使快中子成为热中子，以能更容易同其他铀核相撞，使裂变反应不间断地进行下去，从而实现从核能到热能的转换。

热堆的特点是控制起来较容易，只要在反应堆中插入一些能吸收中子的控制棒，就可使裂变反应速度不同程度地减慢，直到停止。目前，世界各国的核电站大量采用的就是这种热堆。但它的缺点是铀资源的利用率太低，因为它只能使具有放射性的铀 235 同位素进行核裂变释放能量，而在整个铀资源中，同位素铀 235 的含量很少，只占总数的 1% 左右，其余都是不具放射性的同位素铀 238，不能作为慢堆的核燃料。这样，用不了多少时间，地壳中的铀 235 就会消耗殆尽。

“凤凰涅槃”

正因为如此，科学家们回头研究 40 多年前就已开发过的快中子反应堆，这种反应堆也称作快堆或增殖堆，法国人则干脆称之为“凤凰”堆。在埃及神话中，吉祥鸟凤凰每隔 500 年就会自焚，涅槃然后再复生。快堆也会再生，它用钚 239 作核燃料，直接靠核裂变产生的快中子维持链式反应。在快堆中，铀 238 可以吸取多余中子生成钚 239 而出现核燃料的“增殖”。因此可以通过不断向快堆添加热堆中不能作为燃料的铀 238，15~20 年以后又可以再产生出一个功率相当的新快堆。因此，从长远观点来看，快堆应是颇具前途的核裂变类型核能利用的理想堆型。

其实，早在 1951 年 8 月，美国就已成功地利用快堆来发电，由于技术复杂，不易控制，功率只有 200 千瓦，所以后来未能实用推广。

还是热堆便宜

1954 年，苏联建成了世界上第一座装机容量为 5 兆瓦的热堆型核电站。之后，首先得到普遍采用、发展势头迅猛、技术较为成熟的，都是这种较易控制、造价只有快堆 1/4~1/3 的热堆。

目前，世界上已投入运行的热堆电站已有 428 座，在建的还有 61 座，遍布世界各大洲 34 个国家或地区，总装机容量已达 4 亿多千瓦，总发电量已超过 2 万亿千瓦·时，约占世界发电总量的 1/5。而快堆至今才只有 20 多座，由于技术尚未成熟，因此还未推向民用。其中正在运行的有 13 座，在建的有 4 座，计划建造的有 7 座，功率最大的是法国 120 万千瓦的核反应堆。要使

快堆的发电成本降低，具有商业使用价值，每个反应堆的功率至少要在 200 万千瓦以上。所以，即使是核能发电进展最快、核电量已占全国发电总量 70 % 的法国，快堆电站的建设也预计要到下世纪才能进入实质阶段。

轻水堆脱颖而出

在热堆中，可以根据采用慢化剂的不同来加以区分，有以普通水为慢化剂的轻水堆，也有以氢的同位素氘、氚生成的重水或石墨作慢化剂的重水堆或石墨堆。若以惰性气体氦来冷却，则叫气冷堆；若以水冷却则叫水冷堆。

轻水堆是热堆中较为新式也应用得最多的一种堆型，它又有压水堆和沸水堆两种形式。我国已于 1991 年 12 月并网发电的秦山核电站所用的就是这种压水式的轻水堆，这是我国兴建的第一座核电站，首期工程功率为 30 万千瓦，二期工程还将再建 120 万千瓦。目前我国还有在建的广东大亚湾核电站以及计划中的浙江三门、秦山三期工程和其他几个功率更大的核电站。

安全的压水堆

压水堆的堆芯被高压外壳所包裹，使既作慢化剂又作冷却剂的水在 120 ~ 160 个大气压（合 12159 ~ 16212 千帕）下，即使水温上升到 300 ~ 330 的高温也不会汽化。这种高压水在反应堆内部把产生的热量带到热交换器，通过热交换器再传递到外面的水中，然后再由主泵把高压水泵回反应堆摄取新的热能；而外围的水则因获得高热而产生过热蒸汽，驱动汽轮机组发电。由于反应堆的内外是互相隔绝的，堆芯中裂变产物限制在内部循环，不会污染蒸汽和汽轮机组，造成核泄漏。因此这种反应堆安全性好，运转费用比较低廉，控制起来也比较方便。

核潜艇的“心脏”

压水堆可用于核潜艇，它体积小、重量轻、寿命长，换一次堆芯可连续使用 10 年；压水堆耐振动、耐冲击、抗摇摆、隐蔽性好、灵活性强，可以随时启动、熄灭和迅速增加、减少功率，以适应实战需要。由于核反应不需要氧气参加，因此它不像常规潜艇那样，下潜时只能靠蓄电池供电航行，在长途航行蓄电池电就要用完时，就必须上浮至水面充电，故潜航距离最多只能占总航程的 3%，很容易暴露自己，成为攻击目标。而核潜艇潜航距离可达总航程的 95% 以上，连续潜入水下以 30 多节的速度全速航行可环绕地球好几圈，从而大大增强攻击和防卫能力，只要有一艘核潜艇，就可把相当于 1600 万吨 TNT 炸药的 16 枚氢弹头导弹发送到 4600 千米以外的任何战略目标，给以毁灭性打击。

近年来，人们正致力于一种更先进、更安全的高温气冷核反应堆的研究。它以石墨为慢化剂，氦为冷却剂，用它产生的高温气体可以开采难以开采的极薄煤层，或将低热值的褐煤液化为液体燃料。

同位素作燃料

在核能的利用中，还有另一类释放能量更大、却几乎无放射污染的热核反应。它是以氢的同位素氘、氚作核燃料，在超高温的特定条件下，使氘—氘或氘—氚发生聚变反应来放出能量的。

根据计算，1克氘发生热核反应所放出的能量就可以发电10万千瓦·时。地球上有175亿亿吨海水，其中含氘35万吨，如果用来发电，足足可以用上百亿年，可谓取之不尽，用之不竭。可是要形成连续的核聚变反应，却很不容易，因为首先要“点燃”氘—氘混合物起码要有0.5亿℃的超高温，而要“点燃”氘—氚，则要4亿℃或更高的温度，才能使氘—氘或氘—氚电离；此外，还要用强大的外力把这些带电离子压缩到每立方厘米 10^{20} 个以上的超高密度，而目前世界上还没有一种材料能够耐受得住如此高的温度。于是人们想到了用高强度磁场来约束带电的离子，以此控制热核反应。这就是前苏联物理学家设计的“托克马克装置”。

“托克马克”装置

1982年底，美国建成了一座为了使输出能量等于输入能量，以证明受控核聚变具有现实可能的大型“托克马克”型核聚变实验室反应堆。1984年9月，我国也建成了一座大型“托克马克”装置——“中国环流器”一号，次年启动试验时，温度达到了0.3亿℃，等离子体密度达到了每立方厘米有 10^{14} 个。近年来美国、英国、俄罗斯三国正在联合建设一座输出功率为62万千瓦的国际核聚变反应堆，希望其输出能量能够超过输入能量而使核聚变发电的可能性得到证实。此外，人们还在试图开发聚变—裂变混合堆，以期降低聚变反应的启动难度，以铀238吸收放出的大量中子，快速增殖钚239。可见，要实现核聚变发电的历程是十分漫长而艰辛的，有的人估计要到2020年才能完成实验，然后再经过工程技术和经济性能上的考核验证，才能逐步推向商业应用。因此在今后相当长的一段时期内，还得继续艰苦的探索。

干净的核能

核泄漏应能避免

1986年4月26日，苏联切尔诺贝利核电站反应堆发生爆炸，继而引起大火，烧毁了石墨堆芯，造成了严重的核泄漏，不仅使四周遭到大范围的辐射污染，还因放射性的尘埃、云雾随风飘移，使邻国受到不同程度的辐射威胁。这自然就成了一个世界性的关注热点，引起颇多争议和疑虑。然而，任何万物都是有两重性的，就像火的使用一样，既给人类带来了文明、幸福和发展，却又无情地吞噬人类的生命和物质财富，人们面临的问题是如何防患于未然，如何将核辐射控制在许可范围之内，而不是因噎废食。

三次大转变

自从用火以来，人类的能源结构已经历了三次大转变，而每一次转变都伴随着人类文明迈上一级更高的台阶：第一次在18世纪，煤的普遍使用促进

人们发明了蒸汽机、推进了技术革命，人类顺利进入了工业社会；第二次是在 1865 年，石油取代了煤的主宰地位，人类社会随之迈向现代化；第三次则是进入本世纪 70 年代以后，核能应用的迅速崛起，标志着又一个新时期的到来。每一次的大转变，都是以跳跃式的能耗大增长为基础的。如 1950 年全世界仅消耗了标准煤 27 亿吨，到 1978 年，消耗量为 90 多亿吨，28 年增长了 2.5 倍，到 90 年代初，消耗量上升为 100 多亿吨，10 几年就增长了 10 亿吨。经济发展得最快的日本，能量消耗增长得更快，达到了 11.3 倍！可见，要获得更快的发展，能量消耗的增长也必将更多更快。而据世界能源大会 1992 年的资源调查，现在地球上的煤只能再采 200 多年，石油则更少，只能再采 44 年，便面临枯竭。

负超历史的重任

于是，能够继续肩负起这历史使命的，现在来看也只有核能。

首先，核能具有无比巨大的供能潜力，就发电而言，只要用 1 吨铀 235 就可替代 250 万吨优质煤，如果用氘，1 吨氘则可相当 1000 万吨煤。可见，也只有核能才能经得住当今经济对能源的大量需求，此外，运用核能还可节约大量运费、运力和车船消耗，腾出大量常规化石燃料用作化工原料，提高自然资源的利用价值。

其次，地球上核燃料几乎是用之不竭的，热核材料氘、氚可以用上百亿年；裂变材料用上千余年可绰绰有余。

第三，核燃料实际上是比较清洁的。以往使用化石燃料，会产生大量烟尘、废气和煤渣等垃圾。自工业革命以来，人类已向大自然排放了数十亿吨的毒性污染物，破坏了人类赖以生存的生态环境，造成了酸雨、温室效应和许多公害病。据前苏联统计，住在火电厂周围的居民得癌症的人比核电站周围的居民高 30 倍。在核电站，工作人员只要在窗明几净的主控室中就可监视与操纵全部运行状况，对环境也几乎没有什么污染。

第四，核电站的综合运行成本低，实际上只有火电厂的一半。虽然它的造价由于技术、设备和安全防护设施等要求高而比一般电厂贵得多，但是它在燃料与运输上的花费同火电厂相比就显得微不足道。

第五，核电站十分安全，当今核电站所大量采用的压水堆，在防护方面考虑得很周全。如前所述，它不像前苏联切尔诺贝利核电站所采用的老式的石墨水冷堆那样，防护措施不很完善，蒸汽轮机是用带放射性的蒸汽推动的，容易造成核外泄，污染环境和发生失水、爆炸与石墨燃烧等事故。

只要按规程操作，压水堆就可保证将周围环境的辐射剂量限制在许可范围之内。

不过，核废料的安全处理仍是各国科学家关心的问题。

发展迅速的核电站

目前，世界各国均在致力发展核电，以应付日益加剧的能源危机。1986 年，世界核电装机容量还只有 2.5 亿千瓦，7 年后的 1993 年就发展到 4 亿千瓦，占世界发电总量的 17%，预计再过 7 年，到本世纪末，核电装机容量还将增加到 5 亿千瓦，发电量将占世界发电量的 1/3 ~ 1/2。尤其是少煤缺油的

法国与日本，1993年已建成投入运行的核反应堆已有56座与48座，分列世界第一位与第二位，发电总功率也达到了0.6亿千瓦与0.4亿千瓦。就是那些拥有丰富煤炭、石油资源的国家，也在大力发展核电，其中美国运行的核反应堆在80年代末就已超过了100座，而英国、俄国、德国的运行堆数在1993年也分别达到了35座、29和20座。由此可见，进入21世纪后，能源结构中核电的比重还将进一步增大，其作用和地位也将日显重要。到那时，核能将像现时的煤、油、气等天然常规能源那样，日渐为众多的人们所接受，进入寻常的百姓人家。

层出不穷的新能源

几乎不发热的能源

冷光的妙用

在漆黑漆黑的大海深处，有几只深海乌贼在游动，它们的身上同时发出几种不同颜色的光——白光、蓝光、青光、红光，扑朔迷离，令人目不暇接。这种乌贼遇到敌人时，并不喷射墨汁，而是喷射出一种能发光的液体，在海水中形成“光幕”，追猎的敌人往往被这种突如其来的亮光弄得晕头转向，不知所措……

夏夜，繁星点点，一只只萤火虫飞来飞去。它们的尾部一会儿亮，一会儿暗，仿佛是一盏盏闪亮的“小灯”……

大西洋的海底一种名叫海洋羽毛的海洋生物，它的长相酷似一根长长的钓鱼竿。“鱼竿”的一头插在洋底的淤泥里，另一头顶着一只生有触手的“圆碟”。突然间，“鱼竿”和“圆碟”发出蓝色的荧光，原来，是猎物光临了……

乌贼、萤火虫和“海洋羽毛”为什么会发光？它们发出的又是什么光？

科学家告诉我们，发光生物是为了捕食、逃避敌害和吸引配偶才发光的。总而言之，它们是为了自己的生存才发光的。

发光生物借助于自身的能量发出光来，这种发光过程其实是一种化学反应。由于在这个过程中化学能直接转化成了光能，所以它的发光效率几乎接近 100%，只放出极少量的热，这种光因而被称作冷光。

学习萤火虫

近年来，人们开始从不同的角度研究萤火虫，深入探索其发光机理，以便仿制和应用这种神秘之光，造福人类。科学家们已经发现，萤火虫的发光器官位于腹部的后侧，它由透明的表皮、发光组织及其反射层组成。发光细胞内含有荧光素和荧光素酶，荧光素在荧光素酶的作用下发生氧化，并发出耀眼的光芒。进一步研究后科学家又发现，萤火虫的荧光素在发光时，一个荧光素分子只能释放出一个光子。荧光素酶能使荧光素百分之百地变成光能，荧光不含红外线、紫外线，波长约为 560 纳米，光温在 0.001 以下，是一种名副其实的“冷光”。

有氧气的时候，在荧光素酶的催化下，荧光素与氧结合，释放出能量，再传递给荧光素酶，使之受激化而发出光来。这样，荧光素就不断地氧化成氧化荧光素，氧化荧光素经萤火虫体内的三磷酸腺苷提供能量，又将氧化荧光素还原成荧光素，荧光素又可继续起作用而发出亮光。如此反复，“冷光”就源源不断地发出来了。

荧光闪闪的菌类

有些细菌能发出蓝绿色或黄绿色的光，我们叫它发光菌。发光菌如果寄生在鸭蛋上，鸭蛋也会发光。有关鸭蛋发光的奇异现象，早在 11 世纪时的北宋时期，我国杰出科学家沈括的《梦溪笔谈》中就曾有过记载。在 1980 年，

我国有关科学刊物上也报道了江苏省射阳县一位农民发现发光鸭蛋的趣事。

发光菌不仅能寄生在动物上,也能附生在植物上(如柳树根、烂木头等)。几年前,江苏省丹徒县一位老大娘,发现村边的一棵老柳树夜间发光,并用这棵发光柳树的根治好了长期治疗无效的腹痛症。我国科学工作者对发光柳树进行了研究,并分离出了一种发光真菌——假蜜环菌,人们都称假蜜环菌为“亮菌”。

有些毒蘑菇也能发光。我国 1000 多年前唐代的《本草拾遗》中便记载有:“夜中有光者有毒”。在日本,有一种毒蘑菇叫日本平菇,菌丝和子实体都能发出很强的光。如果把 10 只这种蘑菇堆在一起,它所发出的光,在夜间足可看清书报。这种菌类丛生于山林深处的山毛榉树上,使山林犹如沐浴在月光之下,因此,当地人又管它叫月光蘑菇。第二次世界大战时,受到灯火管制的日本,曾使用这类发光菌来代替电灯照明。

用菌制成“菌灯”,世界上许多地方都有记载。但是,制作菌灯最有名者要算是法国生物学家杜波依斯了。他制作的菌灯,在 1900 年巴黎博览会上大放异彩。不过,他用的不是发光蘑菇,也不是发光真菌的菌丝体,而是比真菌更小的细菌培养物。他把发光细菌用营养液培养两天,然后用离心机除去清液,将沉淀下来的菌体涂抹在玻璃瓶内壁,就制成了蓝光闪闪的“菌灯”。

“火湖”和“海火”

在拉丁美洲加勒比海北部的大巴哈岛上,有一个非常奇妙的湖。每当清风徐来,夜色朦胧之时,人们泛舟湖上,随着船桨的划动,湖面上便形成一片闪闪发光的水波,从桨上滴落下来的无数水珠也发出粼粼碧火,仿佛晶莹剔透的明珠掉进了湖里。尤为奇特的是,此时船的周围也飞起美丽的火花。站在岸边向湖面望去,只见桨儿起落,火花飞舞,闪动着的碧火忽明忽暗,就像天上繁星撒落湖面,真是蔚为壮观。难怪人们把这个湖叫作“火湖”。

这种奇异的自然景象在茫茫大海里更是司空见惯,夜航的船员和渔民有时会看到巨轮行驶过的海面上,亮起一道道闪闪发光的水波。那奔腾的海浪犹如一条条火舌,令人眼花缭乱。灿烂的火花织出一幅幅美丽的画卷,使浩瀚的海洋更加充满神奇的色彩,这就是所谓的“海火”或“海光”。

为什么有的湖和海会发光呢?原来在这些湖泊和海洋里生活着许多特有的发光生物。这些发光生物中有大型的鱼虾,也有为数众多,繁衍迅速,个体微小的甲藻、放射虫和细菌。当它们成群结队地在水面上密集出现时,一旦受到船尾螺旋桨的搅动或波浪的冲击等外界刺激,就会大放光芒。

海洋细菌的发光率和陆地上的萤火虫一样,是很高的,大大超过一般的蜡烛、白炽灯和日光灯。将经过离心沉淀的 0.2 克发光细菌培养物,用 1 万倍的海水稀释,则所发出的光在夜间可使面对面的两人彼此看清对方的脸,并能在离此光源 1 米的地方读书看报。若把新鲜海萤(一种生活在海洋底部的甲壳动物)放在低温下迅速干燥,研成粉末,使所含的荧光素和荧光素酶不受破坏,便能保持多年。只要把这种粉末加水湿润,它就会立即发光。过去曾有人利用这种发光粉末在军舰上阅读文件。

美好的前景

科学家们已成功地从萤火虫的发光细胞中分离出荧光素和荧光素酶，并向萤火虫“取经”，模拟生物发光的机理，用化学方法人工合成了荧光物质，得到了类似于荧光的冷光。前不久，意大利某公司展出了一种最新研制出的名叫“法宝”新颖台灯。这是首次利用冷光系统设计而成的台灯。该灯独具匠心，小巧玲珑，性能卓越，已取得世界性的专利。由于这种生物灯毋需电源、电线，不用灯泡，它发出的光色彩柔和，适于人的视觉，且不产生热量，因此，在易爆物质的贮存库和充满一氧化碳、氢气等易燃易爆气体的矿井里，尤其是在化学武器贮存库和弹药库里，它是最安全的照明设施。如果把这种灯用于战场，作为军官们夜间查看地图、资料用的战地灯，那也是再好不过了。它不仅携带、使用起来十分方便，而且隐蔽性好，不易暴露目标，即使敌人使用红外微光夜视侦察仪和热成像探测器，在它面前也将变成“瞎子”。又由于冷光源不产生磁场，在排除磁性水雷或深海作业时，它是一种理想的供蛙人用的照明灯具。

人类对生物发光的之谜的研究和利用，只是刚刚揭开帷幕。在自然界里，还有很多奥秘有待人们去探索。

来自燃料电池的电能

1994年元月，一种崭新的公共汽车在美国城市的马路上奔驰。与一路上冒着黑黑浓烟的普通柴油机公共汽车不同的是，这种长约9米的原型样车在沿途行驶时几乎不留任何痕迹：既无浓浓的尾气，也无引擎的嘎嘎声，只有电力推动的吱吱声。此车的动力源是磷酸燃料电池，由空气中的氧和乙醇产生氢再转化成电力及副产物水，排出的污染物可以忽略。

据美国能源部称，相比于柴油汽车，燃料电池公共汽车的燃料经济效益要高50%，噪声减少10~20分贝，排气量少99%，排放的一氧化碳、氮和硫的化合物视制氢的燃料来源而定，其量均低于加利福尼亚州规定的超低排气车辆的严格标准。

燃料电池是怎样工作的

众所周知，水电解以后可以生成氢和氧，其逆反应则是氢和氧化合生成水。燃料电池正是利用水电解及其逆反应获取电能的装置。由天然气、石油、甲醇、煤等原料为燃料制造氢气，然后与空气中的氧反应，便可以轻易地得到需要的电能。

燃料电池主要由燃料电极和氧化剂电极及电解质组成。加速燃料电池电化学反应的催化剂是电催化剂。作为燃料电极的电催化剂有过渡金属和贵金属铂、钯、钌、镍等。作氧电极用的电催化剂有银、金、汞等。常用的燃料有氢气、甲醇、胼液氨、烃类和天然气。氧化剂一般用空气或纯氧气，也有用过氧化氢水溶液的。航天用的燃料电池大部分用氢或胼作燃料。

那么，电催化剂是怎样驱动燃料电池发电的呢？原来，由电催化剂和防水剂组成的燃料电极和氧电极形成负、正两极，负、正两极之间用电解质（碱溶液或酸溶液）隔开，燃料和氧化剂分别通入两个电极，在电催化剂的催化作用下，同电解质一道发生氧化—还原反应。反应中产生的电子由导线引出，这样就产生电流。

因此，只要向电池的工作室不断输入燃料和氧化剂，燃料电池就能持续不断地供电。这是燃料电池和一般化学电池（如干电池、蓄电池）的主要差别。干电池和蓄电池的反应物质消耗完了，电池就报废了。

燃料电池家族成员

迄今为止，在所有电池中效率最高的是碱性燃料电池，这是燃料电池家庭中的第一代，它的效率达 70%。但是尽管于 1984 年就完成了 1 千瓦级燃料电池的模型制造和运行，但以后未能继续进行深入研究，而且这类以氢氧化钾为电解质的电池，也是最昂贵的一种电池。

磷酸型燃料电池称得上是燃料电池的第二代，无论是技术方面还是实用方面，都是非常引人注目的。美国电力公司从 1982 年到 1985 年花费 3 年时间，开发出 1000 千瓦和 5000 千瓦大型磷酸型燃料电池，以用作人口密度高地区的发电电源。日本于 1989 年首次开发出 50 千瓦和 100 千瓦主要用于展厅、广告牌照照明等的商用磷酸燃料电池。1992 年 4 月，日本科学家研制出 250 千瓦、重 14 千克的携带式小型磷酸型燃料电池。现在这种电池以年产 100 万台的数量出现在世界市场上。同年 9 月，日本科学家又研制出 100 千瓦和 200 千瓦一般家庭、宾馆等用的磷酸型燃料电池。另一些日本科学家于 1990 年 11 月建成了目前世界上最大的磷酸型燃料电池制造厂。现在 5000 千瓦的大型磷酸型燃料电池正在开发中。至 1993 年 11 月 1 日，全日本拥有磷酸型燃料电池发电设施总容量已达 18000 千瓦。

熔融碳酸盐型（MCFC）电池是燃料电池的第三代产品。它以碳酸钾和碳酸锂的混合液为电解质，发电效率比磷酸型要高得多，燃料也不仅仅限于氢气，与主要用于小规模发电的磷酸型相比，MCFC 可称得上是大容量发电燃料电池。

日本的电力行业于 1993 年起开始致力于 MCFC 的研究开发，1993 年秋制造并试运行了 1000 千瓦的 MCFC。美国加利福尼亚州电力煤气供应公司于 1991 年 6 月也研制出输出功率为 20 千瓦的实用型 MCFC，1994 年又将其输出功率扩大到 200 千瓦，计划到本世纪末将开发出功率为 2 万千瓦的大型 MCFC。

在未来社会中更受人瞩目的是第四代燃料电池，即固体电解质型燃料电池（SOFC）。SOFC 是以氧化锆等固体为电解质的，它不仅在性能方面远远地优越于磷酸型电池和 MCFC，而且，由于它的电解质是固体，免去了腐蚀和溢漏的危险。

目前走在 SOFC 开发最前沿的是美国的 WH 公司，该公司已经有 20 年以上的研究实验，1990 年成功地研制出 25 千瓦机，并使 3 千瓦机连续运转了 5000 小时。1992 年该公司迈出了向 100 千瓦固体电解质型燃料电池进军的一步。

日本的东京电力公司联合三菱重工业公司，于 1991 年成功地实现了 1 千瓦机连续运转 1000 小时，1992 年又开始了 10 千瓦机的发电试验。现在，以氧化锆固体电解质为中心的燃料电池正在为开发出使用寿命长、发电效率高的新型电解质材料而奋斗。

最后，有必要介绍一下燃料电池家庭中的第五代成员，它的大名叫聚合物电解质型薄膜燃料电池（PEMFC）。PEMFC 与氢能源关系十分密切，科学家们发现，要将氢能用于汽车和飞机，就非得借助 PEMFC 不可，PEMFC 的重要性由此可见一斑。

燃料电池中的新秀

最近，在燃料电池的行列中又出现了一位新秀，它就是英国科学家研制成的生物燃料电池。一般燃料电池的催化剂都用贵金属。这类催化剂因矿源少而价格昂贵，这就阻碍大功率燃料电池或大型燃料电池发电站的建造和发展。不久以前，英国肯特大学和牛津大学的科学家们合作，从细菌细胞中提炼出一种叫做甲醇脱氢酶的生物催化剂。这种酶能够加速氢气的释放，从而加快电子从甲醇中脱出的速度，使到达电极的电子数目大大增加。

由于酶催化剂作出了新贡献，使刚刚问世的生物燃料电池显示出功率大、体积小、效率高（达 60% ~ 70%）、成本低等突出优点。

种种优点

燃料电池的规模和用途可随意选择。由于可以根据需要，对燃料电池的输出功率和规模随意选择，因而可用在任何地方，大到可以代替大中型的火力发电厂，小到可以在医院、旅馆和特殊部门等特别场合中使用。

燃料电池的综合效率高。燃料电池的发电效率可以高达 40% ~ 60%，比普通的火力发电要高。若再考虑到排出热量仍旧可以利用的话，整个系统的能量综合利用率可以达到 80% 左右，这是很了不起的成就。

燃料电池对环境影响极小。由于燃料电池基本不排放硫化物和氮化物，并且无噪音和振动，对环境影响很小，不需要单独为它因建造发电厂而占用土地，也不会产生如二氧化碳一类可能使地球气候变暖的气体，所以是一种对环境基本无危害的清洁能源。

许多燃料可供燃料电池使用。燃料电池可以使用天然气、甲烷、液化丙烷气、液化石油气、煤气等多种燃料。

最后，燃料电池的余热还可实行热能电能并用，能源的综合利用率可达到 80%。

走向市场

现在，燃料电池已逐渐走出实验室，走向市场。燃料电池的用途也不仅限于发电，它同时可以用作一般家庭用电源、电动汽车的动力源和携带用电源等，此外，燃料电池推进船也正在开发研制之中。

1957 年，苏联发射第一颗人造地球卫星以来，人类的足迹从地球扩展到太空，并且正在向外层空间延伸。人类不断地向浩瀚的宇宙空间发射卫星、飞船、航天飞机、天空实验室、星际探测器……数以千计的宇宙飞行器在太空遨游，进行科学探索，不断地向地球发回各种珍贵的科学信息。这些宇宙飞行器上各种仪器仪表的运转用什么作动力？除了太阳能电池、银—锌电池等化学电池外，燃料电池是宇宙飞行器或航天飞机上维持工作和生命的“心脏”。

美国能源部正在研究产业与住宅建筑使用燃料电池的可行性。他们认为，科学家应该找到最好的办法，把燃料电池结合到住宅和产业建筑物中去，其目标自然是让供热与供电并用。

目前，燃料电池已被认为是继火力，水力和原子力之后的第四大发电体系。

航天器用什么电池

航天器用的电池多半是燃料电池。比如，1965年美国的小型宇宙飞船用的就是一种以氟离子为电解质的固体高分子型燃料电池，它具有体积小，启动时间短，功率密度高，能在低温下工作等特点。

水中取“火”——氢能源

中国人有句成语，叫“水火不容”。意思是两者根本对立，不能相容。

然而，现代科学告诉我们，水是由氢和氧元素组成的。氢燃烧时能放出大量能量。如果能将水中的氢分解出来，岂不是极好的能源，这不就成了“水中取‘火’”吗？

第一号元素的发现

翻开元素周期表，赫然坐在第一把交椅上的的是氢元素。

400多年前，瑞士科学家巴拉塞尔斯，把铁片放进硫酸中，放出许多气泡。可是当时人们并不认识这种气体。1766年英国化学家卡文迪许对这种气体发生了兴趣，发现它非常轻，只有同体积空气重量的6.9%，并能在空气中燃烧成水。到1783年，法国化学家拉瓦锡经过详尽研究，才正式把这种物质取名为氢。

氢气一诞生，它的“才华”就初露锋芒。1780年，法国化学家布拉克把氢气灌入猪的膀胱中，制造了世界上第一个最原始的冉冉飞上高空的氢气球，这是氢的最初用途。以后，人们又相继发现了氢的更丰富、更重要的用途，其中最主要的用途就是作燃料。

资源丰富的能源

氢气的燃烧价值很高。每千克汽油的燃烧值为110000千卡(1卡=4.1868焦)，煤是8000千卡，而氢是34000千卡，是汽油和煤的3倍或4倍。

氢气燃烧的热效率几乎可达100%。汽车和飞机若以氢气作燃料，可以大大提高发动机的效率和运行速度。

氢气是没有污染的能源。它在空气中燃烧生成水，一点也不排放烟尘和有毒气体，因此它完全称得上是燃料界中的“卫生模范”。

氢在大自然中分布很广，水便是氢的“仓库”：水中含有11%氢，全世界的海水的重量以亿亿吨为单位，所含的氢是相当可观的。

五花八门的制氢方法

常规的制氢方法主要以天然气、石油、煤为原料，在高温下使之与水蒸气反应而制成的。当然，也可以采用电解水的方法制成。这些方法或从经济

上，或从资源上来看，是不可取的。

发展中的新型制氢技术，将主要从以下几个方面来考虑：

首先可以用硫化氢制氢。世界上有不少高纯度硫化氢矿和许多化工过程要求脱硫（多以硫化氢形态存在），在催化剂作用下，可以在回收硫黄的同时获得氢气。

其次，可以用低电耗电解水方法制氢。新型的用加煤粉电化学催化氧化法电解水制氢，和常规的电解水制氢相比，可降低电压和电耗一半以上。

再次，还可以用光化学的方法制氢。利用太阳能中光子的能量使水分子分解而获得氢气。

第四，人们采用等离子化学制氢。水以蒸汽形态在反应器中通过高频放电，使水分子外层失去电子而处于电离状态，与经电场加速的离子相互作用，进而分解为氢和氧。这种制氢法设备体积小，产氢效率高，能量转换效率高达 80%。

最后一种方法便是太阳能和原子能制氢法：利用聚焦太阳能得到的高温或核反应堆的热能来分解水制氢。

另外，用生物化学的方法也能制氢。

制氢生力军

现在已经知道，几乎所有的光合细菌都可以放出氢气，50%以上的藻类植物在一定条件下也可以放氢。如蓝绿藻既能进行光合固氮，又能进行光合放氢，即在光合作用同时，释放出分子状态的氢气。

光合放氢作用又可分为两个类型，一是由氢化酶催化的放氢作用；一是由固氮酶催化的放氢作用，以前者更为普遍。

有人试验用紫色非硫细菌固氮酶催化的放氢方法得到氢。如果将光合细菌培养在 1 平方米的池内，每天照光 10~12 小时，那么深度为 1 厘米的培养液即可得到 10~15 千克的氢。许多光合细菌可以利用现成有机物作为产氢的原料，因此，可利用工业生产中的废水作为光合细菌光合放氢的原料。同时，还可以对消除环境污染起到良好作用。

或许，在不远的将来，人们还可以通过遗传工程技术，培育出新型的、具有很高光合放氢效率的细菌或藻类植物，从而实现从水和太阳中源源不断获得廉价的无污染的能源——氢气的梦想。

液态氢的利用

氢气是气体，携带和使用很不方便。人们很早就想在常温下加压，使氢气液化。

科学家们曾为氢气的液化付出了艰巨的劳动。在实践中他们发现，每一种气体的液化都需要有特定的温度，高于这个温度即使压力再大，气体还是不会液化。这个特定温度，在化学上叫做该气体的液化临界温度。氨气和氯气的临界温度分别为 132.9 和 144 ，都高于室温，所以加压后很容易液化。而氢气的临界温度在 -239.9 ，所以它的液化试验直到 1900 年才由英国化学家杜瓦获得成功。

现在，液态氢的应用已十分普遍。例如，美国发射的“阿波罗”号载人

宇宙飞船，就是使用液态氢作为火箭的燃烧的。

“ 贮氢罐 ”

氢气还有一个奇特的脾气，在 0 和一个大气压下，1 体积的水中大约只能溶解 0.02 体积的氢气，但在钚、铈、铂等金属中氢的溶解度就大得惊人。如 1 体积金属钚就能吸收 900 体积的氢气；1 体积胶状金属铈所吸收的氢气体积就更大了，达 2900 体积！这些金属“吃进”了大量氢气，身子就变得胖乎乎的，人们戏称这些金属为“贮氢罐”。只要把这些“贮氢罐”稍稍加热，氢气又可重新释放出来。

近年来，一些发达国家相继开发了很多“贮氢材料”——金属氢化物，利用它们吸氢和解氢反应的可逆性，达到贮氢和能量转换的目的。这种方法贮运效率高，使用方便安全，优越性远远超过高压气态氢和低温液态氢的贮存。

金属氢化物按其特性和用途可分为：碱土金属系、稀土金属系、钛系、锆系和钒、铌系等。除了上述金属氢化物之外，最近人们还研究了非晶态金属氢化物的性质。非晶态金属氢化物比晶态金属氧化物吸氢量多，吸氢速度快。而且有反复吸、解氢不粉化的特点。

核聚变的原料

人类可以永久利用的能源除了太阳能之外，主要有氢能和以重氢为燃料的核聚变能。

氢的同位素重氢——氘和氚，是核聚变的燃料。重氢核聚变产生的能量比铀原子核裂变释放出的能量大得多。大约 1 加仑(合 4 升多)水中含有 1/8 克氘，这样少的氘所产生的核聚变能约等于 1365 升汽油所含的能量。据科学家计算，每升海水大约含有 0.03 克氘，如此一来，海水中总共含有 45 亿吨氘。这一数量的重氢能源足够人类用上 10~15 亿年了。因而，海水中的重氢将是解决人类能源危机的最大希望所在。一旦实现了核聚变能的大规模工业生产应用，那时我们就能真正实现从海水中大量制取氢，就可以制造“人造太阳”和改变气候。

核聚变能源与氢能源是紧密而相联系的。这两种永久能源可通过核聚变实现合二而一。

1993 年 12 月 8 日，时钟的指针缓缓转向 11 点 15 分，此刻，美国新泽西州普林斯顿大学等离子体物理实验所控制室和毗邻的大礼堂内人声鼎沸。参与这次跨时代意义实验的 500 名科学家和工程技术人员济济一堂，人们满怀信心昂首注视着计算机监示系统上的动态显示荧光屏。实验准时启动，电视传播图案清晰显示：操作室中工程技术人员将重约 30 克的超重氢气体注入了中空反应室。一瞬间，反应堆内的温度陡然上升到 1 亿 以上，这个温度大约是太阳中心温度的 5 倍多。这个过程大约持续 334 秒种，“托克马克”核聚变反应堆高温气体内产生了 3000 多千瓦的能量，实验成功了！

前途广阔的氢燃料

实验的成功更鼓起了人们探索全方位利用氢能的信心。人们发现氢能作为一种新能源，其应用前景十分广阔。目前人们正在进行氢能汽车和氢能飞机的试验，以期用氢能来替代燃油。德国奔驰公司已研制出一种“掺氢汽车”。它以金属氢化物为贮氢材料，利用汽车发动机的余热，使贮氢材料释放氢气。这种汽车可燃烧掺有氢气的汽油。此外，人们还研制出一种全氢汽车，它能在路上高速行驶。美国和前苏联早已在飞机上试用过氢燃料，实验取得了非常圆满的成功。目前，氢燃料电池已用于航天器、潜艇和其他运输工具。

日本、美国和欧洲一些国家正在开发各种氢燃料电池。由于氢燃料电池的工作原理与电解制氢的过程相反，所以制氢和制作燃料电池可与大型电厂、水电站等共同组成供电系统，电多时可制氢，电缺时用氢能供给燃料电池发电，这种做法将是今后最理想的电力组合。

科学家们认为，到了 21 世纪，氢能将是最有前途的洁净能源。只要先经过太阳能发电，发出的电能便可以电解水得到氢，再将氢液化以后就可以运输到使用地点，这就是所谓的太阳—氢方案。目前，美国已在本国的新墨西哥州，德国在撒哈拉地区和沙特阿拉伯地区，日本则在公海海面筹划实施该方案。

利用太阳能制氢是以太阳能为一次能源，然后从中取得氢。由于氢无污染，使用过程中放出能量，本身又变成水，所以是一种取之不尽、产生良性循环的理想能源。现在全世界的有识之士都一致认为人类应该大力开发氢能源，因为这是一种前途无量的能源！

美好的前景

目前，研究氢能的世界性机构正致力于廉价制取和贮存氢气的技术，以期在 2020 年普及用氢发电的技术。专家们预测，到 2025 年，用氢发电的能力将达到世界总电力的 20 %。

