学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

少年百科知识文库

给人类光明的电气技术—下卷

能源动力史

BOOK
内部资料 非卖品

第一章风族世家

每到春节期间，庙会上常有一种玩具风车，小孩只要拿着风车迎风一动，就像鸭子叫唤一样咕咕作响，这就是风力的利用。

风力是人类最早使用的动力之一。约在公元前 2800 年，埃及人就开始用风帆协助奴隶们划桨。后来又利用风帆协助牲畜做磨谷和提水等重体力劳动。

一、风的来历和风力众弟兄

风力是空气流动引起的，而空气流动是由太阳能引起的，这个道理现在看来是简单，但真正弄清其中的秘密却经过了一段漫长的历史，直到伽俐略（公元 1564～1642 年）的一个学生做了一个有趣的实验，才知道风与空气压力及太阳的关系。

以前，人们对空气也有压力并不十分清楚。17 世纪时，在意大利热闹的佛罗伦萨市，技师们制造了一台抽水机，打算用它抽出深矿坑里的水。可是，水在离井底大约 10 米高的地方就不再上升了。技师们就去请教大科学家伽俐略是怎么回事。伽俐略认为，这是由于空气压力不够大引起的，即当地面上单位面积上空气产生的压力如果等于抽水机唧筒里单位面积上水柱的重量时，水就不再上升。伽俐略的这个看法当时没有用实验证实，因为他不久（1642 年）就去世了。后来，伽俐略的学生托里猜利为了证实老师的观点正确，设计了一个很简单但非常说明问题的实验。

托里猜利用一根一米长的玻璃管，一端封密，里面装满水银，然后用大姆指按住管口倒立在一个水银槽中，当手指放开后，管里的水银下降了，但降到 76 毫米高的地方后就不再下降。为什么不再下降了呢？因为这时管里的压力和管外的大压力相等了。这个实验证明，在地面上的空气压力是 760 毫米水银柱。但当夏天下大雨前，因空气膨胀，气压就下降，不到 760 毫米水银柱。

在地面上的不同地区，气压也不同。原来，在地球上不同的地方，受到的太阳光照射很不均匀。赤道一带，阳光最强，而地球两极阳光最弱。于是受阳光多的地方，温度升高，空气膨胀，空气作用在单位面积上的压力就小，而地球两极的情况正好相反，空气冷，比重大，压力也就大。于是空气就从压力大的地方向压力小的地方流动，因此地球上总是有风。

在相邻的两个地区，空气压力差别越大，空气流动就越快，风也就越大。按风力的大小，可以把风划分成不同的等级。风力大小的标准是按风的速度计算的。我国早就有划分风力等级的标准。比如，我国唐代时将风力划分成 8 级。

一级风为“动叶十里”，即风速是日行十里，可使树叶微微翻动；

二级风为“鸣条百里”，即风速日行百里，可使树叶沙沙作响；

三级风为“摇枝二百里，能使树枝摇动；

四级风为“落叶三百里，能刮落树叶；

五级风为“折枝四百里，能使小树枝折断；

六级风为“折大枝五百里，能折断大树枝；

七级风为“折木飞沙石千里，可飞沙走石；

八级风为“拔大树三千里”，可将大树连根拔起。

1805 年，英国一个叫蒲福的气象学家，积 50 年之经验，把风划分为 13 个等级，即零级、1 级、2 级……12 级。后来的气象学和气象预报基本上沿袭了这个标准。这 13 个级别的风分别称为：无风、软风、轻风、微风、和风、清劲风、强风、疾风、大风、烈风、狂风、暴风、飓风，并规定了每级风的速度。分别为：每小时 1～5 公里的风为 1 级风，6～11 公里/小时为 2 级；12～19 公里/小时为 3 级风；20～28 公里/小时为 4 级；29～38 公里/小时为 5 级；39～49 公里/小时为 6 级；50～61 公里/小时为 7 级，62～74 公里/小时为 8 级，75～88 公里/小时为 9 级，89～102 公里/小时为 10 级，103～117 公里/小时为 11 级，118～133 公里/小时为 12 级，12 级以上统称为飓风。

为了能使普通的非气象人员也能辨别风力的等级。气象工作者把风力等级用便于记忆的顺口溜编成一首歌谣：零级无风炊烟上，1 级软风烟稍斜，2 级轻风树叶响，3 级微风树枝晃，4 级和风灰尘起，5 级清风水起波，6 级强风大树摇，7 级疾风步难行，8 级大风树枝折，9 级烈风烟囱毁，10 级狂风树根拔，11 级暴风陆上少，12 级飓风浪滔天。

二、风力助郑和七下西洋

按现代风力等级，风力众弟兄中，7 级以上的大风是很难驾驭的。七八级风刮起来，渔船就不能出海。而其它的 6 位“小兄弟”则能为人类提供可贵的能源和动力。因此自古为人类重视，最早应用风力的地方是在江河大海用来驱动帆船。据记载，我国至少在两千多年就会利用风力代替人力驱动帆船在水面上加速航行。以后，人类利用风力的技术也越来越高。

原来到宋代时，人们已积累了许多利用风力的驾船技术，不管风是从船的侧面还是迎面吹来，都能驾帆前进，即使遇到顶头风也有利用风力的办法，迎着风向预定的地点行进。

明代著名航海家郑和，从公元 1405～1433 年，曾七次率领庞大的船队到达东南亚、印度洋、红海、非洲等 30 多个国家和地区，规模最大的一次是由二万七千余人、二百多艘船舶组成的船队。郑和七下西洋的成功，除了他的高超的航海知识外，善于利用风力是一个重要因素。

从郑和七下西洋的时间安排上可以充分证明这一点。他乘船出发的时间，除第三次是在 10 月，第六次在春季外，其他五次全是选在冬季出发，而归国时间，除一次是选在 10 月外，其余六次都在夏季。人们认为，郑和选定的航海时间，不是出于偶然，而是具有丰富的气象经验。因为，我国东部沿海冬季多吹西北风和东北风，出海船舶沿岸南下，正好顺风直到南海，穿过马六甲海峡进入印度洋。在夏季则多刮西南风，因此在此时回航又是顺风。郑和正是巧妙利用不同季节的风力为航船作动力。

但是，在一个季节的不同时期，由于具体地区气候的影响，有时也变化无常，并不按人的需要方向“吹风”。于是，郑和船队采用了开“顶风船”的办法。

这种办法是让船上的风帆与风向成一定的角度“抢风”行驶一段时间之后，将船转到另一舷侧受风，再抢风行驶大致相同的时间，又转到原来的舷侧受风抢风行驶，两侧交替更换使船呈“之”字形曲折前进。

为了充分利用风力，提高船只航行速度，我国很早就发明了多桅多帆船。

早在公元前 3 世纪的三国时代，已有了七帆船，帆可以转动，以适应各种风向，充分利用风力。后来，驾船人发现，风帆越高，受的风力越大。于是在大帆上角加小帆。《天工开物》中说，“ 凡风逢之力，其末一叶，敌其本三叶 ”。意思是说，最上面的一张顶帆所受的风力，可以抵得上下面的三张帆受的风力。

三、风车功贯古今

在陆地上利用风力比在河江湖泊和海洋中要晚。这是因为，制造利用风力的风车要比制造风帆困难。据考古发现，在埃及的出土文物中，有大约两千年前制造的利用风作动力的风磨。风磨可加工粮食和谷物。

我国利用风车的历史也不晚，在辽阳三道壕东汉晚间的汉墓壁画上，就发现有风力车的图样。说明我国至少有 1700 多年的风车利用史。到明朝，开始出现风力水车，这种水车由风力驱动，用来灌溉农田。以后又出现风磨等风力机械，用来加工农副产品。

在欧洲，第一架利用风力的风车大约出现在公元 8 世纪，以后在荷兰、英国得到迅速发展。这些风力机械在中世纪成为抽水、磨石、带动锯木机的主要动力。

在整个中世纪，空气动力知识、风车设计和齿轮传动机构的设计水平，都在不断提高。出现了能充分利用风力的新式风车，可以依靠风力本身的力量来自动调节风车叶片的方向，而不必再靠人去调节风车叶片的迎风方向了。

荷兰，有风车之国的美称。这里常年盛吹西风。给缺少水力动力资源的荷兰提供了丰富的风力。荷兰在改造风车上下了许多功夫，为了让风车能四面迎风，他们发明了荷兰式风车，这种风车适应当地风向多变的特点，可以任意调节叶片的迎风方向。

荷兰风车，最大的有好几层楼高，风翼长达 20 米，由整块大柞木制成，非常结实。到 18 世纪末，荷兰有约 12000 台风车。用来作碾谷；制造粗盐、烟叶；榨油；压滚毛呢、毛毡；造纸；排除积水等工业的动力。荷兰地势低洼，由于有了大量风车不停地吸水、排水，才保证全国 2/3 的土地免受沉沦和人为鱼鳖的威胁。

因此，荷兰人热爱风车胜过任何人，凡有风车的建筑物，总是装饰得美丽多彩。每到盛大节日，风车上还围上花环，悬挂国旗和用纸做的太阳和星星。以表示他们对风力所做的贡献的感激之情。

自从蒸汽机、内燃机、涡轮机等动力相继出现后，依靠风力的古老风车曾一度受到一些人的轻视，但荷兰人却对它一往深情，一直沿用至今。目前荷兰仍然有各式各样的风车 2000 多架。多风的丹麦在 20 世纪初也有 10 多万架风车。

美国也是风车利用很广的国家。1850 年，美国的工程师丹尼尔 · 哈利戴发明了一种多叶片风车，这种风车是现在许多农村仍可见到的美国农场用风车的前身，主要用作抽水动力。后来，这种风车风糜美国、阿根廷和澳大利亚的许多农村和牧场。仅美国就有 100 多万架风车。

四、风力发电

自法拉第发明了发电机和电动机，实现了机械能和电能之间的相互转化之后，用风力来发电就开始得到重视。

最早发展风力发电的是美国，开始于 20 世纪初。美国出版的《1922 年农村照明与动力年鉴》上记载了本世纪 20 年代初，美国制造风车泵和风力发电的厂家已有 54 个。20 世纪 20 年代建立的美国明尼苏达州明尼阿波利斯市的雅各风力发电公司，一度名噪一时。这个公司在 30 年代为南极探险家 A ·比尔特提供了一台风力发电机，为身处荒无人烟的南极探险人员提供电力。到 1946 年，当 A · 比尔特最后从南极回到美国时，留在南极考察站的这台雅各风力发电机仍在工作，解决照明和通信用电所需。

美国是风车最多的国家，风力发电也开展得最早，但风力发电却有一段兴衰史。由于 20 世纪初蒸汽机、内燃机和涡轮机等动力机械的相继发展，人类比较容易采用石化燃料发电以得到稳定的电力，而风力发电受风力变化不定的影响，要获得稳定的电力就必须有较复杂的技术，因此风力发电价格较贵。30 年代，美国有 10 多家生产和出售风力发电机的工厂，供多风的密西西比河流域以西的平原农场使用。在有风季节，每台电机也就发出 1 千瓦的电力。加上当时美国的矿物燃料产量猛增，火力发电价格便宜，电力稳定，又开始实施一个称为“乡村电气化计划”，风力发电成本既高，供电又不稳定，在竞争中远远敌不过火力发电而败下阵来。大多数风力发电机被闲置起来。在欧洲，风力发电也遭到了同样的命运。这一过程一直延续到 70 年代。

70 年代初，由于阿拉伯和以色列之间发生战争，阿拉伯对支持以色列的西方国家实行石油禁运。依靠石油作主要能源的西方国家立即隐入了空前的能源危机。为解决能源动力的短缺，风力发电开始重新受到重视。

我国虽然没有受到石油禁运的影响，但因要加速发展经济，能源动力也很紧张。为了利用风力这种取之不尽又无污染的能源，从 80 年代起，也开始投入很大力量发展风力发电。

到 80 年代末，我国内蒙古多风地区已拥有风力发电机 10 多万台。几十万牧民从此结束了无电的历史。牧民在劳动之余，已经可以坐在蒙古包中看电视、听广播了。内蒙来的人说，风力发电机的出现，不仅使整个草原发生了变化。给牧区的年轻男女的婚姻恋爱也增添了新的“佐料”。据许多人讲，新娘出嫁之前，先要问新郎家是否安上了风力发电机。如果还没有，决不急着“过门”。

五、对流层风力发电

为了提高风力发电的功率和电力的稳定性。世界各国的科学家动了不少脑筋，而且各显示“奇能”。其中值得特别一提的，是前苏联的一个工程师小组提出的风力发电方案。

1989 年，这个工程师小组开始设计对流层的风力发电站。因为，在离地面 10～12 公里的上空大气层有一对流层，其风速达 25～30 米/秒，风能比地面大气层的风能大两千倍（相当于 10 级狂风），而且稳定不变。因此，科学家们计划利用这项巨大的风能。

可是，在 10 多公里的高空怎么安装风力发电站呢？他们想出了一个独特的方法，就是将重量为 30 吨的电站用气球升地离地面 10～12 公里的高空，

采用超高强度的绳索将气球和电站连接起来。电站的附属设备（如大功率变压器和操作控制设备）都安装在地面。科学家计算后得出结论，这种大型的对流层风力发电站的发电成本仅为现有的电站的 1/5～1/6。

六、太阳能——风力发电站

70 年代末，一位叫尤尔格·施莱希的德国工程师还提出了一个太阳能——风力发电站的设计方案，以解决未来能源缺乏的问题。

这个电站的设计功率达 70～100 万千瓦，足以同核电站的发电能力相竞争。但这个风力电站利用的是由太阳能产生的气流推动风力发电机，而不是利用自然风。方法是先铺设一个大面积的完全透明的圆形塑料薄膜顶棚，利用阳光加热塑料棚内的空气，使其升到 20～50，塑料棚的结构很奇特，由四周向中心逐渐升高，和中心的烟筒状高塔连成一体。晒热的空气沿着圆筒形高塔上升，推动圆筒中的风动叶轮，再带动发电机发电。这种装置的优点是：即使外界的风力为零。烟筒状高塔内的风速也能达到 60 米/秒，相当于台风的速度。德国工程师的这一设计方案目前虽然还没有实现，但其设计思想是值得称道的。

总的来说，风力发电已再次受到科学家们的极大重视，并已成为目前世界上发展得最快的无污染的能源。从 70 年代后期开始到目前，美国加利福尼亚州的风力发电机已有 160 万千瓦的发电能力，占该州发电量的 1.5%，预计到 2010 年，美国风力发电量可达 5000 万千瓦，将超过常规煤电厂的发电能力。由于技术上的突破，在美国夏威夷瓦胡岛上，一座世界最大的风力发电机已于 1988 年正式投入运行，它的风轮直径达 97.5 米，每年发电量达 1000 万千瓦小时。

在欧洲，丹麦的南奥泽松有 13 台 100 千瓦的风力发电机于 1986 年投入运行。

七、风能的功过

风给人类作出过巨大的贡献，它不仅为我们提供了洁净的动力，而且还有许多其他功能。植物繁殖靠风力传播花粉，污染的大气层靠风力吹散稀释，如果空气是“一潭死气”，许多生物会无法生存。例如，1952 年 12 月 5～8 日，伦敦近地面的大气处于无风状态，大量工厂排放的煤烟粉尘等污染物在低空积聚不散，造成 4000 多人死亡，许多人身染疾病，可见无风是多么可怕。

可是，并不是所有风族众弟兄都与人为善，尤其是飓风发作起来，对社会和人类的摧残也可说是登峰造极了。

八、残暴的安德鲁飓风

1992 年 8 月 24 日，从大西洋洋面上刮起的一股飓风，横扫了美国佛罗里达州南部，经墨西哥湾后，又袭击了美国的路易斯安那州的沿海城镇，幸好事先有预报，在这个命名为安德鲁飓风的恶魔来到之前，人们已都躲到安全地带，才没有遭到“灭顶之灾”。但是，即使有准确的预报，这个速度达每小时 264 公里的飓风还是摧毁了大量无法躲藏的房屋和建筑物及许多工

业、军事设施，使 20 万人无家可归，20 多人死于非命，经济损失达 230 多亿美元。

安德鲁飓风过后，美国霍姆斯特德空军基地的许多建筑物被彻底摧毁，2 架价值 2800 万美元的 F—16 战斗机被刮得像树叶一样翻滚，毁于一旦。粗状的大树被拦腰截断，钢筋混凝土制的电线杆刮得东倒西歪。到处都是不知从哪儿吹来的小飞机。许多人一生的积蓄几小时就被飓风席卷而去。家、汽车、房子及整个霍姆斯特德社区内的东西几乎全部卷走了。一位 69 岁的老人对报界记者哭诉，这种惨状，他一生中经历过两次，第一次在二次世界大战期间，再就是这一次。

飓风从古至今给人类的灾难令人胆颤心凉。据有据可查的资料，全世界范围内，一次就造成死亡人数达 5000 人以上的飓风，已至少发生过 20 次，其中有 7 次，每次造成的死亡人数超过 10 万人。

1922 年 8 月 2 日，强台风从我国广东登陆，狂风暴雨加上海水倒灌，使汕头地区死亡几万人，损失财产 7000 万银元，飓风过后，瘟疫蔓延，一些地方成为无人区。

1959 年 9 月 26 日，飓风入侵日本名古层，掀起 6 米高的海浪，将一艘 7000 吨的货轮推上海岸，摧毁了房屋 6000 栋，死亡和失踪 6464 人（失踪 2000 多人），受伤 3 万多人，40 万人无家可归。

为什么飓风如此厉害？原来它是一个巨大的能源库。科学家计算，一个成熟的飓风，一天内下的雨大约有 200 亿吨！水汽凝结时放出的热能，相当于 50 万颗 1945 年广岛爆炸的原子弹，所以飓风被人称为“超级氢弹”。

目前，人类还没有找到驾驭飓风的有效办法。只能提前预报，让人在飓风来到之前躲到安全地带。近年来，科学家们提出，在飓风可能入侵的地方，种植防护林带，让高大的乔木和茂密丛生的灌木组成“防风”长城，层层阻挡凶猛的飓风，逐渐削弱风力，减少其破坏作用。

九、飓风的玩笑

在飓风中，有一种称为龙卷风的怪风，也是威力无穷。1956 年 9 月 24 日，龙卷风袭击上海市，竟把一个 11 万公斤重、三四层楼那么高的空油桶举到空中，仍到 120 米外的地方，当时桶内还有一个维修工在进行修理工作，坐了一次“土飞机”，当巨大的油桶落到地上时，维修工仅受了轻伤。

1992 年 10 月 24 日，中央电视台正大综艺的防灾减灾特别节目中，一位叫刘兰芳的上海妇女到电视台现场向观众讲述了她 1988 年被龙卷风卷到空中抛到 1 里之外的棉花地里却安然无恙的传奇经历。有时，龙卷风还会给人开一些令人哭笑不得的玩笑，它依仗其威力而进行恶作剧。

元代一位叫郝经的大官写过一本叫《陵川集》的书，其中记载了一件由龙卷风搞出的婚姻故事。说的是一位姓吴的女子被风卷到 60 里以外的地方，因找不到家而就地取“才”嫁了人，其丈夫后来竟成了大官。

清代乾隆年间，一位叫彭牧的“县团级”干部在江宁悬当县令。本县的一位“子民”李秀才一天忽然到县衙告状，指控他儿媳韩某不尊妇道，与人通奸，“确凿的证据”是该妇在 5 月 10 日这天一夜未归。韩妇申诉她并无不轨行为，而是 5 月 10 日这天突然被狂风卷到离县城几十里之外的铜井村，因天黑找不到家，只得在那里借宿一夜，第二天被铜井村居民送回李家，决无

通奸之事。但李秀才不信风会有些神威，一口咬定儿媳编造谎言为自己开脱。非要县衙治罪不可。

所幸这位县令是个明白人，颇知龙卷风的“前科”，他找出《陵川集》记载的元朝也有这种卷走妇女的“奇风”，让李秀才看，才消除了他对儿媳的怀疑。

其实，飓风虽有害的罪行，但也有济世的功德。原来，飓风过后必有暴雨。我国江南和东北地区夏季降雨的大部分雨量都是飓风呼唤来的。飓风一刮，大雨即到，我国珠江三角洲、两湖盆地和东北平原的干旱就能解除。水库的水就能蓄满。因此，科学家认为，对飓风的功过要公正评价。

至于形成飓风的巨大能量，虽然目前人们还没有找到加以控制和利用的办法，然而，既然能确定客观存在，科学家是不会白白放过它们，让它们总是对人作恶作剧的。

第二章水力列传

水，不仅是人类须臾不可离的饮料，生命的基本保证之一，而且是廉价和洁净的能源，自古就受到重视。我国是利用水能动力历史最悠久的国家。水力有多种形式，湍急的江河，瀑布，汹涌的潮汐和大洋中的海流都蕴藏着巨大的水能动力。

一、科学的水排

水排，是古代一种利用水力进行鼓风的装置。现代炼铁，是用鼓风炉向炉内吹进氧气，把多余的碳和杂质氧化掉。在古代，还没有由电动机带动的鼓风机，聪明的工匠就用皮革作成皮囊，一张一压来鼓风，一座炼炉要用好几个皮囊排成一排，称为排囊。所以人们把用水力推动皮囊进行鼓风的装置叫“水排”。

水排的结构很巧妙，它通过水力推动水轮，水轮带动拉杆（或者加一个传动带），把圆周运动变成往复运动，使风箱上的的风板一开一闭达到鼓风的目的，水轮转动一次，风扇可以启闭好几次，比用人力操纵皮囊的鼓风速度和效率高得多。

由东汉初年南阳太守杜诗发明的这种水排，在三国时代由一个叫韩暨的人推广到魏国官办的炼铁作坊，很受欢迎。因为这种水排可以代替过去用人力和畜力推动的排囊鼓风，四季不歇。采用水排鼓风以后，许多原来用排囊鼓风的人力和畜力被节省下来，生产效率也提高了好几倍。从后汉到解放前，我国不少地方都使用水排鼓风。

二、水力天文钟

用水作动力驱动天文钟，也是我国古代的一大发明。所谓天文钟，是用来表示天体时空运行的一种大型仪器。它把动力机械和许多传动机械组合在一起，利用几组齿轮把机轮的速度变慢，并保持恒定的速度，使它和天体的运动一致，这种天文钟既能表示天象，又能计时，后世的钟表就是从它演变而来的。

我国古代是天文学很发达的国家。宋代发明的“水运仪象台”就是天文钟的祖先，也是用水力驱动的世界上最古老的天文钟。

公元 1088 年（宋元·三年），宋代科学家苏颂在当时的汴京（今河南开封）成功地制成了“水运仪象台”，其利用水力作动力的设计非常巧妙。在一个“铜壶滴漏式”装置内设有“天池”和“平水壶”两个方形水槽，“平水壶”的泄水管使水位经常保持不变，这样，平水壶下端的出水口就能保持恒定的流量，以不变的力驱动仪象台的水轮旋转。更妙的是水轮下边的退水壶有一根水管和升水壶相连，这样水可以周而复始，水流循环一周，泄水槽又成了水源。水运仪象台的制成，不仅表明 11 世纪末我国杰出的天文仪器和机械工程技术的卓越成就。而且表明了巧妙利用水力驱动精密仪器的聪明才智。国际上的科学史家认为，“水运仪象台”是欧洲中世纪天文钟的祖先。

这种复制出来的水运仪象仪，今天我们在北京故宫的钟表馆里，还可见到。

三、从高转筒车到水转连磨

我国古代的农业用灌溉机具，一开始是用人力驱动，后来开始用畜力和风力。人力畜力成本高，风力只适用于排水，而不能抗旱救急，干旱天如果无风，就只好干等。于是想到利用湍急的河流水力来取代人力畜力或风力。这就是水力在农业应用中迅速推广的原因，用水提水，这个想法的诞生很不简单。

最有名的“水力提水车”叫高转筒车，创始于唐代。我国南方农村的有些地区，至今仍有这种水车在提水灌溉农田。水车有一个用木或竹做的大转轮，直径随提水高度的需要而定，可以由几米到十几米，用木架竖立在江河的急流里，水轮外缘安有许多斜放着的竹筒，当水力推动水轮时，竹筒浸入河水中灌满了水，到露出水面时，筒口正好朝上，离水后水轮转动约 200 度，筒口即向下倾斜，将水注入岸上的水槽流入农田中。这种水车不需要人看管，完全是利用水力自动化提水。

到元代初，还有人将过去的人力龙骨水车改造成水力驱动的水力龙骨水车。也是利用江河中湍急的水流冲击水轮旋转，水车则装在河岸边挖出的深沟里，通过传动齿轮带动水车车水，从河中把水车上岸灌入农田中。

农村在谷物收获脱粒之后，要加工成米、面才能食用。我国古代又发明了用水力驱动的水碓、水磨用来加工粮食。

四、水力发电

在发电机出现之前，水力只能变为机械动力为人类利用。因此水力的利用受到很大限制，在没有湍急江河的地区，根本无法享受水力的恩惠，而水力丰富的地区又因为不能充分利用而白白地流失了。比如，当你看到那些“飞流直下三千尺”的壮观瀑布而不能利用它蕴藏的能量时，只好感叹“疑是银河落九天”了。

自法拉第发明了发电机和电动机，能把机械变成电能，并能把发电能远距离输送到任何地方后，水力的利用就出现了突飞猛进的发展。这就是利用水力来发电。

水力发电的原理很简单，先建造水库，将水蓄积到一定的高度。发电站的发电机安装在水库的下面。当水库里面的水沿着管道流下去的时候，很自然会产生一股冲力，这股冲力冲击着水轮机带动发电机转动，就产生了电力。

因此，只要建成了水库和水电站，以后的电力都由水库中的水源源不断提供，不再需要燃烧任何燃料，既节约，又没有污染。建成的水库还可以用来灌溉及养殖水产，真是一举多得。因此它一出现，就广泛受到人们的青睐。

在当今世界上，水力发电在能源供应中已占有相当重要的地位，世界电力的生产中有近 20%来自水力发电。

世界上最早利用水力发电来改变社会面貌的是美国田纳西河。田纳西河位于美国东南部。30 年代初，美国遭受空前的经济大萧条，人民普遍生活在饥饿中，田纳西河流域更是严重，62%的人口以农为主，而土地贫瘠，水旱灾害频繁，洪水过后，土地冲刷，颗粒无收。为了改变这种面貌，美国总统罗斯福于 1933 年 4 月 10 日提出建议，对田纳西河流域进行多元开发利用，其中之一就是进行水力发电。1933 年 5 月 17 日国会通过了这一建议。经过 40 多年的建设。田纳西已彻底改变面貌，荒滩变桑田，水力发电奠定了电力网的基础，送到了全区的每一个角落。河网密布，航道畅通。经过 40 多年来的努力，在田纳西河上建成了 35 个大水库和 8 个小水库，水力发电厂达 49 个。在 30～40 年代，田纳西的电力都来自坝下的水力发电厂，到 40 年代末，田纳西成为全国电力的最大供应者。

美国从田纳西的水力发电中获得巨大收益后，对水力发电更是倍加重视，于 1941 年在哥伦比亚河上建立了大古水力发电站，设计的发电能力为 1083 万千瓦，是世界上最大的水电站。直到 1984 年，巴西和巴拉圭巴拉那河建成伊泰普水电站后（发电能力为 1260 万千瓦）才退居第二位。

从 70 年代发生石油危机后，世界水力发电更是进入高潮，现在世界上有 7 个国家（挪威、扎伊尔、赞比亚、加纳、乌干达、老挝、不丹）几乎全靠水力发电提供电力。水力发电为发展中国家提供了 2/5 的电力。

水电站所需要的大型水坝工程的建设也越来越快，高坝越来越多。自 1936 年美国建成世界上第一座高度超过 150 米的胡佛大高坝以来，到 1980 年，世界上建成的 150 米以上的高坝就有 65 座，到 1990 年，又建成了 44 座。我国为了兴建世界瞩目的长江三峡水电站，更是出现了许多感人的故事。

五、长江三峡水力发电站

为了利用长江上游的水力能源，防止中下游免遭洪水的分割，革命先行者孙中山先生早在他的《建国方略实业计划》中就提出要兴建三峡大坝这一宏伟的水利工程，一方面利用大坝拦截上游来的洪水，一方面利用三峡水库蓄存的水力进行发电，造福长江流域的两岸人民。孙中山的这一愿望没有实现，留给了解放后的中国人民。

1954 年，特大洪水袭击长江两岸，淹地 4755 万亩，淹死 33000 多人，京广铁路 100 来天不能通车。肆虐的洪水使国家领导人建立三峡大坝的决心与日俱增。

还是在 1953 年，当时的国家主席毛泽东就专程视察过三峡，他在“长江”舰上望着滔滔的江水对当时的长江科学委员会主任林一山说：“为什么不集中在三峡修一个坝卡住长江？”“你能不能找个人替我当国家主席，我给你

当助手，帮你修建三峡大坝呢？”后来，因种种原因，三峡大坝工程久拖不决，他伤感地说：“将来我死了，三峡修成后，不要忘了在祭文中提到我！”

毛泽东主席有一首诗中描绘了三峡建成后的迷人情景，“截断巫山云雨，高峡出平湖，神女应无恙，当惊世界殊。”读了令人万分感慨！

在 1992 年七届五次人代会开幕前夕，因病逝世的政协副主席王任重生前向家属和秘书嘱托，要把他的骨灰撒在三峡大坝的坝址上。

三峡水力发电站久抱未修，给许多伟人留下终身遗憾。令人欣慰的是，在 1992 年 4 月召开的七届全国人大五次会议上，终于决定将兴建长江三峡工程列入国民经济和社会发展十年规划。这一决定震动了全世界，更鼓舞了国内外的亿万炎黄子孙。

从 1992 年起的 15 年内，一座高 185 米，长 1983 米的拦洪大坝将在湖北宜昌三斗坪高高筑起，它除了“截断巫山云雨”，控制住武汉以上洪水来量的 2/3，保证下游两岸 1500 万人民的生命财产外，三峡大水库每年可以发电 840 亿千瓦小时。相当于 14 座装机 120 万千瓦的火力发电厂和三个年产 1500 万吨的煤矿的能量。水力发电产生的电力可以送到华中、华东、川东等广大地区，解决这些地区能源短缺的问题。

我国是水力资源最丰富的国家，居世界第一。但是，水力能源的利用却居落后地位，按 1983 年的统计，水力能源的利用仅 5%，其余 95%白白地流失掉了。而前苏联水力利用率达 17，巴西为 12%，美国为 40%，加拿大达 50%。因此，加速开发利用我国丰富的水力能源成为未来能源工业的重要组成部分。

所幸的是，我国已具备了建造大型水力发电工程的技术和经验。毛泽东主席生前批准了在三峡大坝下游 41 公里外的葛洲坝兴建一个大型水电站，于 1970 年 12 月开始，至 1986 年建成，有 21 台总容量达 271.5 万千瓦的水轮发电机组，每年发电 141 亿千瓦小时，成为我国目前最大的水力发电站，它的电力已输送到华中电网覆盖的广阔城市与乡村。

在雅砻江的二滩水力发电站正在建设之中，发电量比葛洲坝水电站还大，达 330 万千瓦。

我国的黄河，也有丰富的水力能源，黄河上游，从龙羊峡到青铜峡长达 900 公里的河段，坡度大，落差达 1400 多米，是名副其实的“飞流直下三千尺”，可以建十多个梯阶式的水力发电站，总发电能力可达 1400 多万千瓦。相当于长江三峡水电站的发电能力。1990 年，甘肃、宁夏和青海三省已决定在黄河上游共同建造水电站。以便尽可能地利用这一无污染的天然能源。

六、海洋潮汐也是能

除江河外，在海洋中也蕴藏着巨大的水力能源，这就是潮汐能。

在远古时代，居住在海边的人就发现，海水水位时涨时落。我国古书《山海经》里有“鲸出洞时则退潮，入洞时则涨潮”的记载。当然，海潮的涨落并不是由于有一种古人叫做“鲸”的巨大动物在海里出洞入洞所引起的，但这段记载说明我国古代的人们已经注意到了海潮有退有涨的现象。在印度，对海潮的涨落现象也注意到了，他们则认为“潮的涨落是龙神的变化”所引起的，这一看法记载在印度于公元前三世纪左右的《大藏经》一书中。

古人对海洋水位时涨时落的潮汐现象不能进行科学的解释，但想象力却

是很丰富的。比如有人认为潮汐现象是“天地呼吸”或“海里的妖怪吞吐海水造成的”，这当然也是一种误解。直到 1686 年，牛顿（公元 1642～1727 年）提出了万有引力定律，才知道潮汐是太阳和月球等天体对地球的引力的变化引起的，科学地解开了潮汐之谜。

七、用潮汐搬运巨石

古人虽然没能正确解释潮汐现象，但早就知道潮汐含有巨大的能量，并进行巧妙利用，产生了许多动人的故事。

在福建泉州东北约 10 公里的洛阳江入海处，有一座誉满海内外的大桥，是公元 1053～1509 年间建成的。当时全桥长 360 丈（1200 米），宽 1 丈 5 尺（5 米），桥墩 46 座。经过历代修葺变迁，现在的桥长为 834 米，宽 7 米，桥墩 31 座，建造这座桥所用的材料全部是成吨重至上百吨重的巨大石块。在 900 多年前，既没有起重设备又无现代的那种水下打桩机，那些高大的石桥墩和铺在桥面上的大石块，是怎样在波涛汹涌的河面上架起来的呢？原来是靠人的智慧和潮汐的威力！

洛阳江上的这座大桥正好处在江海汇合处，海潮时起时落，看起来增加了架桥的困难，但建桥工匠正是巧妙地利用了潮汐涨落的能量，架起了这座举世闻名的洛阳桥。建桥的工匠们首先把凿好的石块用滚木一类的运输工业搬运到停泊在沙滩上的木筏上，乘涨潮时，载着石块的木筏浮起在水面上，工匠们抓紧时机把载有巨石的木筏运到施工现场，并利用高潮水位使木筏上升，即“水涨筏高”，然后，随潮位下降，石块就慢慢落在预定的位置上。潮汐的涨落，竟充当了石块的起重机，它也充分表现出了潮汐的能量！巧不巧？！

八、潮汐在军事上的应用

潮汐能在军事上也发挥过重要作用。最值得一提的是明朝著名军事家郑成功利用潮汐收复台湾的故事。当时台湾被荷兰殖民者侵占。

1661 年 4 月 20 日中午，郑成功率领二万五千官兵乘大小战船几百艘，由金门出发横渡波涛汹涌的台湾海峡，经过一天航行，到达澎湖列岛，准备从台南地带的海岸登陆，而荷兰人曾在海岸建造了许多炮台，把守着战船必要的“南航道”和“北航道”。但封锁北航道的炮台 1656 年 7 月受暴风袭击倒塌，荷兰侵略军就把损坏的破船深入北航道，使船只难以通行。荷兰人认定郑成功不可能从北航道登陆，因此未加防范。

郑成功却熟悉潮汐规律，他出敌不意，偏从此航道进军。北航道退潮时水深不到 1 丈，但涨潮时水深可达 1 丈四五尺（相当于 4～5 米），几乎大小战船都可以通过。因此，1661 年 4 月 30 日，郑成功命令官兵天亮时把船队开到此航道的鹿耳门港外等待，几小时后，潮水开始上涨，达几尺之高。全军在不到两小时内，大小战船全部通过北航道，顺利登上了台湾岛。登陆后经过了 9 个月的战斗，终于在 1662 年 2 月 1 日迫使荷兰军投降。

九、潮汐发电

我国有 18000 公里的海岸线，惊涛拍岸的潮汐，每年至少蕴藏着 1 亿 1 千万千瓦的能量。但在过去，潮汐除在少数地方用来推动水磨加工粮食外，绝大部分的潮汐能都寂寞地与日月为伴，白白的消耗了。只是到了近代，发明了电机和水力发电机后，潮汐能的应用才翻开了新的一页。

潮汐能同样可以发电，其原理和人力发电相同，都是用水力驱动水轮机发电。

世界上最早建成的潮汐发电站是 1912 年在德国布苏姆建立的潮汐发电站。日本第二次世界大战之前在朝鲜仁川首次实现了潮汐发电，仁川的潮汐落差达 10 米左右，有巨大的潮汐能。

1966 年，法国建成了朗斯潮汐电站，装机容量为 24 万千瓦。是目前世界上规模最大的潮汐发电机。

1985 年 12 月，我国在浙江省乐清北部的温岭县内建造了一座江厦潮汐发电站。发电功率仅次于法国的朗斯潮汐发电站和加拿大的安娜波利斯潮汐发电站，自 1986 年以来，已发电数万千瓦小时。

潮汐发电，从原理上来说，也是利用水流去冲击水轮机，带动发电机转动发电。但因为潮汐有涨有落，并不像水库中蓄积的水那样，有固定的水位，所以潮汐发电的设计，又表现出了它独特的思路和创造，以江厦潮汐发电站为例，它所在的海湾，潮汐涨落之差可达 8.4 米，工人们在港湾的狭窄处筑起一座长 670 米，宽 5 米，高 16 米的水坝。然后在高坝中间安装一排排水力发电机。当海水涨潮时，潮水从海湾内涌进，推动着坝上的水力发电机发电。而当落潮时，滞留在港湾内的海水水位比港湾外海面的水位要高。因此，开闸让海水又从坝中向海中流去，再冲击水力发电机发电。这样，海水一涨一落，就像左右开弓一样驱动着水坝上的水力发电机，既不用石油，也不用煤炭，而是靠“老天爷”（太阳和月球的引力）来发电

十、涌动不息的海洋波浪

在海洋中，还有一种和潮汐一样永不停息的波浪，它是由风力引起海水周期性上下涌动的海浪，其中也蕴藏着巨大的能量，科学家们计算，平均每平方公里的海面上，波浪产生的能量可达到每秒种 20 万千瓦。

瑞典哥德堡哈利迈尔大学的研究人员，从 80 年代初开始，进行了长达 6 年的海浪研究，他们在太平洋南部的海洋中，记录到了高达 24.9 米的海浪，经过计算后,他们惊异地发现,这种海浪在 20 秒钟内能产生 7 万千瓦的电能，可供 17 万千户高耗电的德国家庭使用一年。

海浪的威力的确惊人。在荷兰的阿姆斯特丹港，曾发生海浪把一个 20 吨重的混凝土块举到 7 米高的空中的奇迹。

因为海浪是由风引起的，因此风越大，海浪也越高。既然海浪中蕴藏着如此巨大的能量，科学家们就总想用它来为人类造福。但是在发电机普及之前，这一愿望始终未能成为现实。

自从有了水力发电之后，人们立刻打开了思路，加上海上导航灯塔的守塔人员饱受用煤气灯不方便之苦，迫切希望用不怕风吹雨打的电灯来照明导航，利用海浪发电的设想就应运而生。

1964 年，这一愿望首先在日本实现，制成了世界上第一盏使用海浪发电的航标灯。但当时，这海浪发电机发出的电能仅 60 瓦，只够一个灯泡用来照

明。不过，这盏海浪发电航标灯非同小可，它为解放单独寂寞的塔灯值班人员开辟了道路。从那以后，在大海航道上不断增添了不用人看守的灯塔。

海浪发电首先在日本毫不奇怪，因为日本是一个岛国，它的海岸线长达13万公里，四周围着这么长的海岸线的海面，到处是取之不尽的海浪能。而日本的能源又非常紧张。可以想象得到，日本决不会仅仅满足于航标灯使用海浪发电的成绩。

从1947年开始，日本海洋科技中心进行了大型海浪发电装置的研究。并于1978年～1979年在山形县鹤岗市由良海域建造了一艘大型海浪发电船‘海明”号，年发电量可达19万千瓦小时。这座海浪发电船长80米，宽12米，重788吨。船体像一个无底的箱子倒扣在海面上。在臬内的空气当海浪上下起伏时受到压缩，使空气压力增加，有点像打气筒向车胎内打气的过程。被海浪压缩的空气高速喷向空气涡轮机驱动它旋转，再带动发电机发电。

1988年，日本在千叶县九十九里町片贝海岸又建了一种新式的海浪发电装置，发电功率为30千瓦。这种发电装置由波能吸引器、送气管、恒压罐和压缩空气发电机组成。它的特点是恒压罐能使压缩空气经恒压处理后再送入压缩空气发电机，得到稳定的优质电力，克服了老式海浪发电装置发电不稳定的缺点。

1985 年，前苏联莫斯科动力科研所也成功地建造了一个重力波浪发电站。除为海上浮标照明供电外，还为船上的蓄电池和海边的村落供电。这种重力波浪发电装置能抗击狂风的袭击。其工作原理是利用海浪冲击浮在海面上的一个空心钢球，当钢球从浪峰上落下时，以自身的重量压向平台，迫使和它相接的连杆朝相反的方向运动，以此方法获得动能然后再转变成电能。电能可以通过导线输送到远方，改变了过去对海洋能只能就地使用“不靠海吃不了海”的局限性。

目前，世界上凡是有海岸线的国家都在研究利用海浪发电。我国科学院广州能源研究所1986年1月，在香港举办的“广东省经济贸易展览会”上，展出一种海浪发电装置，已进入国际市场。这种海浪发电装置可为海洋航标灯及海洋水文、气象自动遥测浮标提供电能，重量仅16.5公斤。

1990年，我国建立了一座试验性海浪发电站。现在正在筹建20 千瓦的海浪发电站。预计不久的将来，海浪提供的洁净能源将为我们效力。

十一、温差之间找能源

海洋学家早已知道，海洋的深层水，温度低而且稳定，当水深达到300～500米时，水温在2～5℃之间，而且终年不变。而海水表层温度就要高些，在地球南纬30℃和北纬35℃之间的许多海域，表层水温有时可达25～28℃，当表层水和深层水的温度超过17℃时，就可以利用这种温度差使氟利昂或氨等低沸点物质变成蒸汽，再用蒸汽驱动涡轮发电机发电。据海洋学家估计，全世界海洋中的温度差所能产生的能量达20亿千瓦。

早在1881年9月，巴黎生物物理学家德·阿松瓦尔就提出利用海洋温差发电的设想。他在一本著作中指出：“只要把一个蒸汽锅炉放到30℃的温泉中，再用 15℃的自来水把一个与之相连的冷凝器灌满，就会产生 15℃的温差。这时，如果用含稀硫酸的水灌满锅炉，并加热到30℃的锅炉中就会产生有343厘米水银汞柱高的蒸汽压，而冷凝器内的压力约为206厘米，这一压

力差足可以推动发电机发电。

1926 年 11 月 15 日，法国科学家建立了一个实验温差发电站，证实了阿松瓦尔的设想具有现实可能性，并且用一台小发电机持续发出了 3 瓦功率的电力。1930 年，阿松瓦尔的学生克洛德在古巴附近的海中建造了一座海水温差发电站，可惜它不久就被风暴摧毁。

70 年代，美国在维尔京群岛用氟里昂和氨作介质，利用 25～28℃的表层海水和 2～5℃的深层水的温差，使氟里昂和氨变成蒸汽，推动涡轮发电机。1979 年，美国又把发电能力为 50 千瓦的温差发电机建在一艘停泊在夏威夷海面的驳船上，然后用 5 根取水管从 600 米左右的深水中吸的低温水，以便和表层水形成温差源。

尽管为解决石油短缺的困难，美国下决心利用海洋温差能，但目前这种发电方法成本仍然太高，难以实现商业应用。

温差发电的过程大致是：由一台冷凝器、一台汽化器、一个泵和一台涡轮机组成一个类似电冰箱的封闭系统，在这个系统中注入氟里昂和氨等低温点物质，冷凝器起热交换作用。液态的氟里昂从冷凝器流入汽化器，汽化器因被表层高温海水加热而使氟里昂变成蒸汽，蒸汽再驱动发电机发电。然后，蒸汽被泵抽到冷凝器中，由于冷凝器总是用深层的低温海水冷却，所以气压的氟里昂回到冷凝器后就又变成液体，液体氟里昂再泵入汽化器，如此循环不已，完成连续发电的过程。

十二、奇异的海流能

在海洋中，除潮汐、海浪外，还有一种不易察觉的海流动力。它曾创造出许多动人的故事。1856 年，在大西洋比斯开湾的海滩上，一艘双桅帆船上的水手们偶尔拾到一个外面涂满沥青的椰子壳。打开椰壳，里面是一张写满了字的羊皮纸。但在羊皮纸上记录的内容，却是 1498 年著名的航海家哥伦布在航行中写给西班牙国王和王后的一份报告书。记述了和他同行的一艘帆船沉没了，另一艘帆船上的船员又不听他的指挥“造返”了。哥伦布当时想借海流将装在椰子壳中的报告传送到国王手中，向国内报告这一事件，谁知报告并没有流到西班牙，而是流到比斯开湾的海滩上，在那里沉睡了 358 年之久。

航海的人和渔民，早就知道海洋中有海流这种动力存在。但对海流的规律并没有完全掌握。因此，利用海流作通信手段，十有八九会使收信人得不到信息。

海流还经常制造一些吸引人的新闻，例如，美国《纽约时报》1992 年 9 月 27 日就报道了一件由海流“制造’咄来的新闻。说的是两年前的 1990 年 5 月 27 日，一艘叫“汉萨卡里尔”号的货船在从南朝鲜海域驶往西北太平洋途中，因遇到风暴，甲板上的 5 个集装箱葬身海水，这 5 个箱内有 8 万双“耐克”鞋也就“付之海流”，损失惨重，当时，大概谁也不抱希望能再见到这批“耐克”鞋了。

可是，从那以后，从加拿大的不列颠哥伦比亚省到美国的俄勒冈州沿岸，以及远至太平洋中部的夏威夷海滩上，不断出现数以千计的各式“耐克”鞋。

有两位海洋学家，即西雅图物理海洋探测公司的柯蒂斯·埃布斯迈耶和詹姆斯·因格拉厄姻，听到这个消息后，便开始沿岸收集这些漂洋过海的“耐

克”鞋，收集到的鞋只达 1300 只。

这些鞋证实了海流的确存在。由于许多“耐克”鞋是能漂浮的，因此一些海洋学家预言，如果以往有关太平洋中海流的学说是正确的，几年之后，有些耐克鞋将漂到日本和亚洲的海岸。

海流在海洋中不像陆地上的河流有明确的两岸，但是却像河流一样有比较固定的流动路线，因此才称为“海流”。海洋学家已经知道，世界上最大的海流有几百公里宽，上万公里长。例如，在北半球的中纬度海区里，被海上盛行的西风驱动着的海水，就形成自西向东的北大西洋海流和北太平洋海流，在遇到海洋东岸后，又各自分成向南和向北的两个支流。在南半球的中纬度海区里，由于西风盛行，加上这一海域自西向东时没有海岸的阻挡，就形成了绕地球一周的超万里的南极环极流。

因此以往许多人利用几百公里宽和上万公里长的海流来投递信件的作法，实际上很少成功。

不过，海洋学家还另有打算，他们大量往海洋中投掷椰子壳或其他密封水瓶，里面放进卡片，写明投掷时间和地点，并注明要求拾得者填写拾到卡片的时间和地点，以便根据这些资料了解海流的方向、路线和速度。

例如，据记载，在 1894 年～1897 年的三年中，人们往海洋中投放过 3500 多个漂流瓶。1899 年，有人在阿拉斯加海投放的漂流瓶，经过 6 年时间，漂流了 4000 多公里流到了冰岛沿岸，这就说明，这个海域的海水平均每天流 1.8 公里。1962 年 6 月 20 日，还有人在澳大利亚的皮尔斯投放了一批漂流瓶，经过大约 5 年，有一些漂流瓶流到了美国东海岸的佛罗里达州的迈阿密海岸。科学家们分析，这些漂流瓶是绕过好望角沿非洲西岸北上然后横流大西洋，途中经巴西、墨西哥湾，穿过佛罗里达海峡到达迈阿密沿岸的。流程 21000 公里，平均每天流动 14.4 公里。

由于海流对海洋中的许多物理、化学、生物过程和地质过程及海洋气候变化都有影响。因此很受海洋学家的重视。研究海流的规律，对渔业生产、航运、排除污染和军事都有重要意义。它作为一种特殊的动力正日益受到人类的关注。

第三章热能变成机械能的坎坷历程

自从 18 世纪末 19 世纪初兰福特·迈亚和焦耳等人发现能量转换和守恒定律之后，人类开始致力于实现用热能转化成机械能来代替人力和畜力的历史性转变。在漫长的探索过程中，最终完成这一能源动力应用史上的划时代转变的是以巴本和瓦特为代表的一代科学家。

一、赫伦的空心汽球

据历史记载，公元 1 世纪左右，希腊的发明家赫伦制作过一种用蒸汽推动的“空心汽动圆球”，这种装置可以称得上是最早使热能转变成机械能的“蒸汽机”。

赫伦制作的空心汽动圆球的结构不复杂，他把一根轴穿在空心圆球中，架在一个支架上，使空心球能自由旋转。在球的两级位置装有端部弯曲的细管，再在球内装满水。然后就可以在球的下方烧火，使球内的水加热变成蒸

汽。蒸汽从球两极上的弯管喷出后，其反作用力就使圆球旋转。

这种汽动空心圆球作为玩具，可以说设计得很巧妙，但无法作为动力来使用。大概当时还没有用蒸汽力来获得机械能来作动力的这种设想和社会要求，所以在赫伦制造空心汽动圆球后的很长一段时期，没有出现过利用蒸汽动力的研究。

直到 17 世纪，随着工业逐渐发展，人力和畜力已经不能满足生产的发展了，于是才开始出现了研究蒸汽动力的新纪元。

1663 年，英国乌斯塔地区有一位叫撒马泽特的庄园主发明了一种利用蒸汽作动力的抽水装置，并获得了英国专利。他的这项发明是利用蒸汽在变成水时体积会缩小的原理，使装置内出现真空而抽水的，装置内既无气缸也无活塞，完全靠大气的压力和真空之间的压差抽吸水，所以力量很小，抽水效率低，还经常发生蒸汽压力过大时引起的爆炸事故，加上烧蒸汽时燃料的消耗很大。所以这种产品虽然获得专利，终因“声名浪藉”而“消声匿迹”。

二、巴本独辟蹊径

撒马泽特的蒸汽抽水机虽然由于“毛病”太多而失宠，但 17 世纪的欧洲，许多国家的各种工业规模越来越大，如采矿业中，挖的矿井越来越深，地下水不断往外冒，这样，不仅搬运矿石需要的人力越来越多，排除地下水所需的人力畜力也越来越多。经常要用几十匹骡马或牛配上几十名工人，昼夜不停地用吊斗把地下水拉上来。因此，用蒸汽代替畜力和人力去把地下水抽出来的设想愈来愈吸引人。从事蒸汽机研究的人也越来越多。

这一时期，法国的巴本（1647～1712 年）也迷上了蒸汽。他本是一个医生。一次他为了使骨头快点煮烂，自制了一个高压锅。为了安全起见，他又在锅盖上装了一个安全阀，锅内压力一大，蒸汽就推动安全阀喷出来（和我们现代用的煮饭高压锅的原理一样），巴本看到自己“杰作”十分得意，对蒸汽的研究更入迷了。

1690 年，巴本经过多次实验，制造了一个有活塞的圆筒，在圆筒内放上水，然后把水烧开，产生蒸汽，蒸汽就把活塞推上去。等活塞推到圆筒顶上时，再撤掉烧水的火，等圆筒里的蒸汽冷下来后，压力就降低了，于是靠大气的压力又把活塞压下来。活塞这样一上一下，带动井架上的绳子和滑车，把一桶水提上来。

巴本的这台最原始的蒸汽机缺点很多，最要命的是要一会儿烧火，一会儿停火，提一桶地下水要等老半天，效率仍然太低。但不管怎样，巴本的蒸汽机为后来的蒸汽机奠定了基础，所以他的功劳是不应磨灭的。

三、赛维利和纽科门锦上添花

1698 年，英国人赛维利觉得巴本的蒸汽机操作起来的确烦人。他认为巴本的设计不合理，尤其是那个圆筒既是锅炉，又是冷凝器，还兼烧缸。所以不得不一会儿烧火一会儿停火。赛维利为了克服这个缺点，决定把兼锅炉、汽缸冷凝器于一身的那个圆筒改造一下，在中间安上一个阀门，打开阀门时，蒸汽就可以充满汽缸推动活塞向上。关上阀门，就能停止供给蒸汽，再用一个水龙头在汽缺上浇冷水使蒸汽冷凝成水，汽缸内压力小了，活塞又被大气

压力推下来，一上一下就可以把地下水提上来。

赛维利的蒸汽机的优点是再也不用烧烧停停了。但是仍有很大缺点，就是费煤又费汽，而且还要有专门开闭蒸汽阀和冷却水阀门的工人，也很不方便。

1712 年，巴本和赛维利的蒸汽机经过多年的应用都显露出各自的优缺点。这时一位叫纽科门的英国人后来居上，这位出身于锻工的工人颇有些才气，他吸取了巴本和赛维利的蒸汽机的长处，制造出一种新型的蒸汽机。纽科门的蒸汽机也有汽缸，但锅炉和汽缸是分别装在另外的地方，比赛维利的蒸汽机好用得多。因此当时大约有 100 来个英国矿井用它来抽取矿山坑道中的水。蒸汽机终于代替人力和畜力工作了。它可以抽汲 46 米深处的地下水，但一分钟只能工作约一次，效率仍低，而且消耗的煤炭也令人咋舌。当时一个矿井每天要用 50 来匹马来运送蒸汽机烧的煤炭，马匹吃的饲料几乎“吃掉”了矿山老板赚得的钱的很大一部分”。

四、瓦特和蒸汽动力时代

18 世纪初，可以说是蒸汽动力代替人力和畜力初见成效的时期，但这时的蒸汽机的应用范围仍然很局限，因为不论是赛维利的蒸汽机还是纽科门的蒸汽机都有许多不足的地方。

把蒸汽动力迅速扩大应用到工农业的广阔领域的是英国的著名发明家瓦特（1736～1819 年），瓦特是英国港口城镇哥利诺克一名造船工人的儿子，从年轻时就喜爱摆弄机械，后来到格拉斯哥大学，又迷上了机械制做和修理，而且技术高超，在学校里就很有名气，他本人与大学里的老师关系很密切，经常和老师们交谈各种机械问题。当然也免不了谈到蒸汽机。从此之后，瓦特对蒸汽机就特别着迷。

恰好这时格拉斯哥大学的一位叫安德森的教授有一台纽科门蒸汽机“闹情绪不给主人干活”。安德森知道瓦特对修理蒸汽机“有一手”，就委托他来修理这台蒸汽机。这是 1763 年的事情。

在修理中，瓦特发现纽科门蒸汽机有许多缺点。这年 5 月，瓦特产生了改进纽科门蒸汽机的念头。并决定彻底改变其中汽缸的设计，使汽缸中的热蒸汽在向上推动活塞时，立即将它引到另一个小室进行冷却，这样，同一个汽缸就不需要承担既加热又加冷的双重任务，而是始终保持在加热状态，从而大大节省了时间和煤炭消耗。他把蒸汽引向另外的小室进行冷却的装置叫冷凝器。然后，瓦特又改进了冷缸的结构，把原来是敞开口的汽缸端部封住，只留下能让活塞杆来回往复运动的一个汽缸孔，这样，就能完全利用蒸汽的压力代替大气压力推下活塞，大大增强了活塞的提升力。

当时的蒸汽机只用来带动排水泵和送风机，主要是供矿井使用。瓦特认为蒸汽机完全可以派做其他用途。比如，他认为蒸汽动力应该用来驱动纺织机，以解放人工劳动和增加生产效率。但当时所有的蒸汽机都是只有活塞抬起时才做功，这对汲水机械虽然很有利，但对纺织机械，这种有时做功有时不做功的机械就不适用。瓦特经过深思熟虑，巧妙地利用曲柄装置向活塞的两端输送高压蒸汽，使活塞在抬起或压下时都能做功。这种新式的蒸汽机不久就在纺织业中得到广泛应用。随后，这种蒸汽机就成了普遍适用于各种工业生产机械的万能发动机，并于 1783 年获得了专利。

真正的蒸汽机时代从此开始了，到 1784 年，瓦特蒸汽机的动力可以达到 15 马力的功率，比人力和畜力大得多。不久又增加到 20～80 马力。1800 年以后，工业革命在英国全面展开，法国、德国、美国等也随后开始了工业革命。从此，瓦特蒸汽机得到愈来愈广泛的应用。如 1807 年，美国人富尔敦在船上装上瓦特蒸汽机，发明了火轮船。1814 年，英国工人乔治·斯蒂文森把瓦特蒸汽机装在车上，发明了火车。

在瓦特蒸汽机发明之后的 100 多年中，蒸汽机取得了飞跃的发展。但在 19 世纪末，还没有出现过数千马力的大型蒸汽机。因为蒸汽机都靠烧煤产生蒸汽，推动活塞，在这个过程中热量的损失仍比较严重，蒸汽动力不能完全利用。到 19 世纪末又发明了蒸汽活轮机，热力利用率有了较大提高。但这时电力工业也开始兴起。

第四章能量的守恒和能量转换

在漫长的历史中，尤其是在发现能量守恒定律和它们的相互转变规律之前，能源和动力的发展是相当缓慢的。到 18 世纪末，在能源发展史上才出现了一个历史性突破。

一、兰福特挨烫的触动

兰福特（公元 1753～1814 年）是在发现能量守恒定律中立了头功的人。他所以能立下这一历史性功绩，应归功于他抓住偶然事件后锲而不舍的钻研精神，这里面有一个有趣的故事。

18 世纪 90 年代，本来出生在美国的军人兰福特（也译伦福特）在德国的慕尼黑兵工厂任职。1789 年，他巡视一个车间，想看看从炮管上切削下来的金属屑。不料，他刚一触摸从内旋车床里飞出来的切屑时，手就被烫伤。他感到奇怪，不知道小小的金属屑为何有如此高的温度。但他没有放过这一偶然的事故。决心弄清金属屑烫手的奥秘。1798 年，兰福特到英国参加皇家协会的一个讨论会，在会上他对来自世界各国的科学家提出了一个观点，即“热是一种能量”，他把自己挨金属屑烫的意外事故作了介绍后说，金属屑发烫是由于内旋车床上切削刀把机械能作用到金属上产生的热量引起的。从而最早提出了机械能可以变成热能的观点。

兰福特的观点当时受到一些权威的科学家们的激烈反对，因为那时的学术界普遍认为，热气由于一种叫做“热素”的物质在发生作用，“热素”没有质量，也没有体积，而是一些在流动的微粒。这种物质可以从“热素”多的，温度高的物体向“热素”少的，温度低的物体流动。而现在兰福特却否定了“热素”的存在，说热是由摩擦而产生的，这对“热素说”显然是极大的冲击，是“热素说”派的学者们所坚决不能接受的。

兰福特为了证实自己的观点，曾让一匹马拖着一把镗具转动，镗具紧紧地顶着黄铜炮筒，炮筒装在一个木箱里，木箱里面装着 18 磅的深水。当马拉着镗具在炮筒上不停地摩擦，炮筒在摩擦中渐渐发热，经过 2 小时 45 分钟，竟然使水达到了沸腾的温度。

1799 年，英国一位叫戴维的科学家也进行了一个有趣的试验，他受兰福特的启发，在真空中使两块冰互相摩擦，结果冰完全化成水。

兰福特等人的试验令人信服的证明，热不是“热素”，而是一种“能量”。

二、迈亚的苦恼

兰福特关于“热”是一种“能”而不是“热素”的看法，引起了许多科学家的思考。因为，如果热也是一种能量的话，那么真的转化为内能，所以运动后的人体温度升高，身体就有发热的现象。

1840 年，一位叫迈亚（1814～1878 年）的德国医生，在（印度尼西亚）爪哇岛旅游时，发现一个有趣的现象，他因为喜欢研究，所到之处都爱行医，以积累资料。一次，他发现从当地土著人静脉中抽出的血液颜色和动脉血几乎一样，是鲜红的而不是通常的暗红色。一开始他很感奇怪，后来，他受到兰福特关于“热是一种能量”的启发，暗地解释说，这是不是因为热带地区气温高，因此几乎不需要利用血液中的养分来维护体温，于是动脉血和静脉血的颜色就没有什么变化呢？

为了证实这个想法，迈亚也作了不少试验。他终于得出了一个结论：“所有物体所具有的与某种变化有关的机械能和内能的总和，总是保持恒定的值。”这个论点比兰福特的论点又进了一步。这个论点实际上讲的就是“能量守恒定律”的基本内容。

但是，当迈亚把他的观点发表在德国的报纸和刊物上时，却没有受到应有的重视，谁也没有为他的这项重要发现欢呼和喝彩。迈亚因自己的成就受到冷落，企图自杀了却残生。所幸，由于焦耳的出色工作，迈亚的观点终于得到了科学界的认可。

三、焦耳的贡献

在迈亚进行实验的同时，著名的物理学家焦耳（1818～1889 年）也在研究机械能转换成热能这个问题。他也发现，虽然物体的机械能可以转换成热能，但能量的总和仍然保持恒定。为了证实自己发现的这一规律，他还制造了一个测定能量的装置，用来确定机械能与热能之间转换的准确比率。在这个装置中，他使一个叶轮在盛有水的容器中旋转，用来产生热量。

焦耳从 1843 年一直实验到 1847 年，整整花了 5 个年头，详细研究和证明了机械能和热能之间的转换关系。

也是在 1847 年,德国科学家赫尔姆霍茨也发表了与迈亚和焦耳两人的观点一致的论文，说明能量守恒这一规律。

迈亚的观点在经过多年冷落之后，终于受到了科学界的承认。迈亚一直活到了 1878 年，终于享受到了自己种下的成功之果的甘甜与欢乐。虽然从燧人氏起就早已知道机械能变热能的现象，但一直只知其然，不知其所以然。兰福特、迈亚、焦耳的研究，说明了能量的守恒，也证明了能量的转换。这是在能源的开发和利用上提出的重要理论根据。

拿“热”来说，实验证明，热的确不是一种什么可以“流动”的物质，事实上也没有所谓“热素”的存在，热是一种能，是运动的一种形态。

比方说，冷钻头钻冷炮筒，相互进行了激烈地、不断地反复摩擦，摩擦可以生热。摩擦是机械作用，这是机械能转换为热能。

比方说，燃烧木柴可以生热，燃烧是化学作用，这是化学能转换为热能。

比方说，我们还能体会到，白炽电灯在发光时，灯泡也会变热，这是电流的作用，是电能转换为热能。

同样，我们还可以看到，热能也能转换为机械能、化学能和电能等等。

这样，人们的思想认识就开阔了：能是可以互相转化的。

自从人们从理论上认识了这个自然规律以后，对于能的开发利用就进入了自觉而又广泛的领域——当意识到某种情况下蕴藏着某种能源时，就可以想出各种方法，使能量加以转换，通过转换得到另一种形式的能去为人们做功、干活。人们不再停留在像从蒸汽机得到动力那样，只依靠热能去推动机器做功，只停留在利用热能转换为机械能。

不，人们由此开阔了广泛的能源开发利用的领域，这就是我们在前面曾经接触到和主要在下面将陆续讲到的，对风能、潮汐能、波浪能、电能、太阳能、地热能、氢能以及能源材料的开发利用，甚至连垃圾也能加以转换为能源。

那是一幅幅极其诱人的美好图象。

第五章新能源的闸门——电磁

现在，连几岁的小孩都知道电的用处和神力，但电作为能源加以应用却经历了一个漫长而曲折的过程。

一、格里凯的得失

17 世纪中叶，德国马格德堡市的市长格里凯（1602～1686 年）制作了许多研究静电的装置，发现静电不仅有吸引力，还有相互排斥的力。

格里凯研究静电的装置别具一格。他先将熔化的硫黄倒进一个空心玻璃球内，等硫黄冷却凝固后，打碎玻璃球就得到一个硫黄球。然后，他用一根棒穿过硫黄球中主，并用两根柱子把它支起来，使硫黄球旋转，在旋转硫黄球的同时，用干燥的手摩擦硫黄球。硫黄球也能产生静电，而且，摩擦到一定程度后，在手的附近竟冒出劈啪作响的火花。格里凯又把一些小的水滴靠近硫黄球，竟发现小水滴“跳起舞来”，一动一动的很是好看！

格里凯还试着把两个带静电的硫黄球靠近，结果感到有一种阻力使它们不容易靠拢，有相互排斥的作用。他还发现，用带电的硫黄球和不带电的物体接近时，原来不带电的物体也有了静电并发现了电磁感应现象。只是很可惜，他的这些实验在当时并没有引起科学界的注意。这其中有一个有趣的因素，或许正是格里凯自己造成的另一个起过“轰动效应”的实验造成的。

原来，格里凯算得上是一个传奇式的市长，他在马格德堡干过一件惊天动地的事，以致“淹没了”他的其他功绩。1654 年 5 月 8 日，他曾用 8 匹强壮的骏马分别向相反方向拉两个精密的空心铜半球，竟然未能拉开。格里凯高兴得要命，因为这正是他要证明的一个重要事实，即大气具有巨大的压力。因为，当他把空心球内的空气抽干净后，即使 8 匹大马也拉不开一个才 37 厘米直径的两个铜半球。这个实验当时轰动了马格德堡市。或许正是他在这方面的贡献使他的静电有排斥力和有电磁感应现象的重要发现黯然失色。

但是，格里凯的静电实验仍然为后人打下了基础。1708 年，英国的韦尔用棉花摩擦大琥珀，竟产生了 2 厘米长的大火花，并发现了像燃烧木炭时火

星迸发的那种响声。1709 年，美国的霍克斯比改用玻璃球代替格里凯的硫黄球产生静电，因为玻璃球能高速旋转，能产生更大的静电力，成为最原始的起电器。

二、法国国王被静电力“振动”

在研究静电这种能量的过程中，出现过许多有趣的故事，说明了任何一种能源的发现和发展都有着曲折而不寻常的经历，甚至“振动”了当时的法国国王。

到 18 世纪中期，用起电器来获取大量静电的物理学家“风起云涌”，并对静电的威力有了进一步的认识。当时，荷兰莱顿城有两位有名的学者叫马森布罗克和科内乌斯。他们在 1743 年德国人哈森制造的用玻璃球在棉制软垫上旋转产生静电的起电器基础上，和在 1744 年德国人保塞发明的可收集玻璃球上的静电的装置的基础上，发明了一种新的装置。这种装置不仅能产生大量的静电，而且可以把大量的静电搜集后贮存起来，方法是把有水的瓶子用金属和链条与起电器连接起来，想用装有半瓶水的瓶子来搜集静电。

1746 年，马森布罗克和科内乌斯终于完成了这一装置。一天，他们开始用这个装置作实验，谁知，正当他们把起电器和瓶子连接起来的时候，收集静电的感水瓶子竟发生了剧烈的振动，而从马森布罗克的手中掉了下来。

后来，马森布罗克在给朋友雷奥米尔的信中描述起这次实验的情况，为了形容静电引起的振动的严重程度，他对雷奥米尔用文学语言的手法渲染说：“你不知道，当时的那种振动，恐怕连法国国王也会受不了的。”谁知荷兰人马森布罗克的一句戏言传到了法国，引起了法国科学家的注意。一天，法国的物理学家夏恩·雷诺真的在法国国王面前作了一个实验。不过，他不是让国王亲手端着盛水的瓶子；而是让 100 名士兵手拉手站成一排，让第一名士兵和起电器拉触，用身体当收集静电的盛水瓶子。结果，100 名士兵都体会到了麻酥酥的触电滋味，国王看完实验后开怀大笑。

其实，在马森布罗克的发明产生许多喜剧情节的那一年，德国一位叫克莱斯的人也有过同样的经历。当他用手触摸带电的玻璃时，同样感受到了剧烈的振动。但是他的装置没有贮存静电的功能。马森布罗克和科内乌斯的高明之处是他们提出了贮存静电的设想，并且终于实现了这种设想。

为了能使静电贮存起来，马森布罗克和科内乌斯在玻璃瓶的内侧和外侧都贴上锡箔，并用绝缘物质作了一个瓶塞，从塞子中插进一根金属棒，使金属棒与玻璃瓶内侧的锡箔接触。这样，当金属棒的上端和起电器连接时，就会带上静电并传到玻璃瓶内侧的锡箔上。

马森布罗克和科内乌斯为了纪念他们自己居住的城市，就用莱顿这个城市的名字给这种能贮存静电的收集瓶取名为“莱顿瓶”。

莱顿瓶的蓄电原理其实也就是现代无线电装置中的电容器的蓄电原理。莱顿瓶的发明为电学实验技术提供了重要的装置，促进了电力技术的飞跃发展，人们由此认识到，静电能起火花，是一种能量，它的发现，为后来开发新的能源和动力打开了闸。

三、伽尔伐尼的偶然发现

1870 年 11 月 6 日，意大利博洛尼亚大学的动物学家伽尔伐尼（1773～1798 年）很偶然地遇到一件令人迷惑不解的事，他在实验室里发现死了的青蛙腿会动。

伽尔伐尼这时想，30 年前，美国的富兰克林曾用风筝证实了雷电是一种电，既然静电火花会使蛙腿伸动，那么闪电时，蛙腿也应该会伸动。于是，在一个雷雨天他把剥下皮的青蛙用铜钩具挂在室外的铁栏杆上，并用另一根铁丝与地面连接起来。这时，一个闪电突然在天空中闪过，青蛙腿果然抽搐起来。

但让伽尔伐尼意外的是，即使是晴天，一些死青蛙的腿也能抽搐，才开始他认为，这大概是晴天的大气中也带有静电的缘故，可有时候，蛙腿却一动不动，这又是怎么回事呢？

才开始，伽尔伐尼一直认为是天空中的闪电使蛙腿抽动。但有一次的实验又使他否定了开始时的看法。一次，伽尔伐克在实验时无意中用手碰了一下用铁钩挂在铁栏杆上的死蛙。蛙腿尖一下又碰到了铁栏杆上。这时，蛙腿竟也抽动起来，为了确定这一事实，他反复作了多次重复。

伽尔伐尼经过各种实验，终于知道，只要用不同的两种金属与青蛙的腿尖或神经相触，蛙腿都能伸动。

由此，伽尔代尼认为，蛙腿抽动肯定和电有关，但这种电是从哪儿出来的呢？他认为，既然铜钩引起的是蛙腿的抽动，那么，这种电当然是动物躯体内部产生的，但只有通过两种不同金属的互相接触才能把这种电引出来。是一种他取名的“动物电”。

1791 年，伽尔伐尼把他的这个观点和实验结果写成论文在学术界公开发表了。在学术界引起了极大轰动。伽尔伐厄的研究为打开了一个新的能源领域立下的汗马功劳是不可磨灭的。

四、伏打的成功

在参与“青蛙动物电”这类实验的人中，最交好运的是意大利帕比阿大学的教授伏打。1799 年，伏打在铜板和锌板之间夹上浸了盐水的布，一层一层堆积起来，当用导线把铜板和锌板连接起来时，在导线刚要接触到瞬间，立即迸发出噼啪作响的火花。这就是世界上最早发明的电池。

但这种电池中的盐水容易外流，电流也不大。后来他把一排装有盐水或稀酸的杯子集中在一起，每个杯子中插进一块锌板和一块铜板，把前一个杯子中的锌板和后一个杯子中的铜板相连，一直串连下去，完成电池的发明。

1800 年，伏打在伦敦公布了他的发明。于是这种“新玩艺”立即在英国传开，很快又传到法国。当时法国国王拿破仑对此种电池颇加赞赏，还在巴黎接见了伏打，并把一枚奖章授予了这位至今仍为人们怀念的伟大发明家。

伏打的发明，开创了化学电源的方向。在 19 世纪中叶为科学研究提供了重要的工具和电源并促进了电化学这门学科的诞生。从有了伏打电池，才开始为电学实验提供了连续不断的电流，比静电起电器大大前进了一步。后来，哥本哈根大学的物理学教授奥斯特,正是用伏打电池作电源于 1820 年发现了电磁效应，而有了奥斯特的发现，才导致法拉第电磁感应的伟大发现，并使他完成了发电机和电动机两大发明，实现了机械能和电能可以相互转化的有划时代意义的伟大创举。即使在现代，尽管伏打电池的结构和外形已有许多

重大变化。但基本原理仍然没有变。

第六章电能和机械能的相互转化

我国早在 2000 年前的汉代就发现了磁铁具有磁性，能指示方向，并利用磁铁发明了指南针。但磁和电之间有什么联系，在 18 世纪之前一直没有人知晓。

1800 年伏打发明电池以后，为揭开电与磁之间的奥秘提供了一把钥匙，因为电池可以使电流轻而易举地在铜丝中流动。

一天，在哥本哈根工作的丹麦物理学家奥斯特（公元 1777～1851 年）在研究电池和电流之前的关系时，奇迹般地发现了原来电和磁之间还有特别“亲密”的关系。

聪明的奥斯特从实验中得出了一个结论：只要导线中有电流通过，在它的周围就会产生和磁铁那样的磁力。1820 年，奥斯特把这个重要发现公布后，立即引起了学术界的重视。因为以往只知道磁铁具有磁力，现在发现电流也能产生磁力，确是一件新鲜事。这一发现非同小可，说明电能可以转换成磁能。

几乎和奥斯特同时，法国物理学家安培、盖克萨克和阿拉格及英国的斯特金、美国物理学家约瑟夫、亨利等人也在研究电磁现象。

英国的斯特金在实验中又惊奇地发现，当电流流过导线绕成的线圈时，可以把一根软铁棒变成有磁性的铁棒，但在切断电流时，软铁棒的磁性又消失得“无影无踪”。根据这个发现，斯特金还制作了一种 U 型电磁铁。一位美国的年青物理学家约瑟夫·亨利独具慧眼，他对斯特金的发现给予了极大的注视，而且他还受到启发，他想，既然电力可以变成磁力，那么磁力能不能反过来产生电呢？

一、亨利迟了一步

亨利利用斯特金发明的 U 型电磁铁开始实验，他在电磁铁的两极之间放了一根软铁棒，并在软铁棒上绕上铜导线，铜导线和电流计相连接。然后，亨利交替地迅速接通和切断电磁铁上线圈中的电流，他惊喜地发现，在电磁铁线圈中电流接通的瞬间，和绕在软铁棒上的铜导线连接的电流计指针奇迹般地摆动起来，说明铜导线中出现了电流，因为铜导线和电磁铁上的线圈是绝缘的，因此，亨利肯定，铜导线中的电流不可能是电磁铁线圈中流过来的电流，而是电磁铁中通过的电流产生的磁力感应出来的。即电磁铁线圈中的电流产生的磁力使位于 U 型电磁铁两极间的软铁棒先变成磁铁，在软铁棒变成磁体的过程中，绕在软铁棒上的铜导线中就感应出电流。亨利足足用了两个暑假的时间进行实验，进一步肯定了这个结论。可惜的是，他的结论没有公开发表，因为 1831 年暑假，亨利正试图应用自己发现的这个原理（电磁感应原理）制造电动机和发电机，忙于收集资料现实现自己的理想。

1832 年，亨利在收集资料的过程中，惊讶地发现，英国的法拉第已经发表了和自己的思路完全相同的电磁感应实验记录，只是实验方法有所不同。真是英雄所见略同，亨利这才赶忙整理自己的实验研究结果，写成论文发表。

尽管亨利发表文章的时间晚，但他所做的实验实际上比法拉第早，所以

亨利在美国一下就出了名。

1837 年，亨利到英国会见法拉第，两人还进行过一场有趣的电磁感应实验比赛。据说亨利作实验时，他作切断线圈电流的方法很高明，所以感应电流产生的电火花清楚可见，而法拉第的实验就不太容易看到迸发出的电火花。

二、法拉第的功绩

在电磁感应实验中，法拉第的思路和美国的亨利是“英雄所见略同”的，但实验方法却别具特色。据法拉第的日记中记载，他在奥斯特发现电和磁的关系后，于 1821 年就开始了电磁实验。

为了确证电力产生磁力的事实，法拉第又变换了一种实验方法：即把导线固定，使它不能转动，而将磁棒漂浮在水银中（水银比重大，铁棒可以浮起来），使磁棒的一端刚好露出水银液面。当在电路连接好后接通电路时，磁棒果然绕着导线转了起来。

这个实验看起来很简单，但它在能源动力发展史上却是个有划时代的意义，它不仅说明电力可以变成磁力，而且说明电磁可以变成使物体运动的机械能。他用这个原始方法做成的装置，实际上是世界上第一个把电磁转换成机械能的最原始的电动机。

不过，法拉第当时还没有意识到自己的这个简单的东西将来会成为打败蒸汽机的“对手”。但他非常清楚，电力可以产生磁力。接着，他也和美国的亨利一样想，既然电可以生磁，那么磁可不可以产生电呢？如果可以，就可以把机械能变成电能而制造出发电机了。

于是，法拉第开始了更深入的实验，他的最终目标是想使一根不与电池相连的导线中产生出连续的感应电流。而不是时有时无的间歇性电流。

一天，他用纸做了一个空心圆筒，用铜导线在纸筒上分层绕了 8 个线圈，再串接起来成为一个大线圈。线圈的两端和电流计连接。然后，他把一根条形磁铁插进空心圆筒，结果电流计上的指针动了起来，只要磁铁老是运动着，指针就不会回到起点处。他终于明白，磁铁可以用来产生电，并得出一个重要结论：是磁铁运动使导线中产生了电流，或者说，导线切割磁铁产生的磁力线（或称磁场）时，就可以产生电流。

根据这个道理，法拉第设计了一个可以让导线不断切割磁铁磁场的装置，使导线中产生了一股稳定地连续地流动的电流。这个装置就是法拉第圆盘式发电机。这个发电机的结构很简单，由一个铜盘和磁铁及导线和电刷组成，铜盘安在磁极的两极之间，用手柄不断地使铜盘转动，在铜盘的两侧各安一个滑动接触电刷，从电刷上引出导线和电流计相连。这时电流计指针就会随铜盘的旋转而运动。圆盘转的越快，电流就越大。世界上第一台能持续产生连续电流的发电机就这样诞生了。

三、从科学玩具到工业应用

法拉第和亨利几乎同时在 1832 年发明了发电机,他们的发明为开创后来的电气化时代奠定了理论基础。但是，在当时，他们的发电机发出的电力并不比伏打电池提供的电力更便宜，所以应用不普遍，当时多作为一种科学玩

具。

在发明发电机之前，法拉第就知道电动机的原理，并发明了电动机，但他研制的电动机是用电池来驱动的，一旦电池用尽，电动机也就不转了。有了发电机后，怎样用发电机来带动电动机却经过了一段不短的时间。

因为，要设计一个用机械动力产生便宜电力的发电机并不那么轻而易举，完成这一过程差不多用了半个世纪，到 1873 年才出现了突破。这时期有一段传奇般的故事。

1873 年，在维也纳博览会上发生了一个偶然事件，原来一位不知名的工作人员偶然把两台发电机连在一起。在为参观博览会的人作表演时，一台发电机产生的电流通过了另一台发电机的线圈，结果后一台发电机竟在第一台发电机提供的电力下，呼呼地旋转起来，成了一个电动机。发电机能做电动机运行这一偶然的发现，立即在博览会上引起了轰动。工作人员为了公开表演这一“得来全不费功夫”的发现，特意用自来水布置了一个小型人工瀑布，即用瀑布的水力驱动发电机，然后让第一台发电机发出的电流通过第二台发电机的线圈，使它成为电动机，这台电动机再带动一个水泵喷水。于是，电磁感应通过发电机第一次使机械能转变为电能，而电能可以通过导线传送到电动机，电动机又把电能再变成机械能。

这一表演，正是近来电气化时代的基本缩影。即由蒸汽或水力驱动轮机带动发电机，把热能或水力变成机械能再变成电能。电能经过导线可以输送到远距离的电动机、电炉、电灯、等等，又把电能转变成机械能、热能、光能，完成了各种能量的相互转化，以适应人类的需要。

电气化时代的开始，是许多人劳动和智慧的结晶。但法拉第和亨利的贡献当首推第一。

四、爱因斯坦的 $E=mc^2$
——质量—能量转换

“能源不会耗尽”。这是著名科学家爱因斯坦早在 1905 年就回答的问题。他发表的相对论告诉我们，只要物质存在，能量就会存在，永远不会泯灭。关键是靠我们发挥人的智力去开发和利用。

爱因斯坦发表这一观点的时候，大部分人不相信。因为，他提出的一个公式 $E=mc^2$ 当时很少有人能懂，据说当时全世界只有 12 个人看懂了他的相对论和这个古怪的公式。

爱因斯坦的公式说，如果一个物体的质量用 m 表示，光速用 c 表示，那么这个物体所含的能量就是 E。它们之间的相互关系就是：

$$E=mc^2$$

这是什么意思呢？这就是说，任何 1 克质量的物体所包含的能量，如果全都释放出来，足可以使 100 匹马力的许多机器一齐开动约 33 个小时。

开始时，连许多科学家也对这个公式表示怀疑，但后来，原子弹爆炸成功后，大家才知道，爱因斯坦不愧是一位伟大的科学家，具有常人所没有的智慧和科学预见能力。

由于爱因斯坦在原子弹爆炸成功之前的 30 多年就预见到原子内部蕴藏有巨大的能量，并指出物质的质量和能量之间的转化和守恒原理，原来又被实践证实他的预见的正确生，因此 $E=mc^2$ 这个公式几乎就是爱因斯坦的代名

词，从 $E=mc^2$ 这个公式，我们可以说，人类对未来能源的前途，大可不必悲观。

第七章化学能世家

化学能是目前应用最广又最古老的能源，像柴火、木炭、煤、石油、天然汽、沼气、生物质和电池等都是通过化学反应释放出的能量。除电池是近代的新发明外，其他化学能大多是太阳能的“子孙”，在地球上早已有之，由太阳能演变而来。因此它们的应用历史非常悠久。

一、煤炭的恩恩怨怨

元代初期，意大利旅行家马可·波罗（公元 1254～1324 年）到中国旅行，从公元 1275 年 5 月到内蒙多伦西北的上都，至公元 1292 年初离开中国，游历了新疆、甘肃、内蒙、山西、陕西、四川、云南、山东、浙江、福建和北京大半个中国。他在各地看到中国人用一种“黑乎乎的石头烧火作饭，还用来炼铁，感到很新奇，后来还把它带回欧洲。

欧洲人那时不知道煤可以作燃料。直到 16 世纪，欧洲人才开始用煤炼铁。煤有很高的热值，能熔炼熔点很高的铁，欧洲炼铁比中国要晚 1 千多年，和不知道煤的作用有很大关系。

考古学家证明，我国早在汉代就已普遍用煤作燃料。在河南巩县铁生沟和古荣镇等西汉冶铁遗址都发现了煤饼和煤屑。

煤到现代，仍是社会生产生活中的主要能源。我国现在是世界产煤最多的国家，年产已超过 11 亿吨。煤不仅是钢铁生产、火力发电的主要燃料，也是重要的化工原料，它为人类作出了巨大的贡献，今后也仍会大有作为。

但是，近年来，烧煤给大气造成的严重污染已引起人们的抱怨。前几年，就在四川重庆和贵州地区发现，居民身穿的衣服遭雨淋之后，很容易损坏。分析证明，这是雨水中含有硫酸或碳酸而引起的，称为酸雨。雨中怎么会有酸呢？主要是因大量烧煤造成的。

1991 年，我国因烧煤等燃料排出的污染物估计达 100 亿立方米，其中二氧化硫排出量达 1600 万吨，有些城市每平方公里的积尘少的有 3 吨多，最多的达到 51 吨多。

烧煤产生的大量二氧化碳还会使地球气温升高，产生所谓的温室效应。科学家们指出，温室效应会使南极冰川溶化，使海平面水位上升，世界上许多沿海城市可能遭到“水漫金山”之患，甚至遭没顶之灾。如果大气温度升高 3～5℃，南极冰帽会基本消失，海平面会上升 4～5 米。美国大陆 48 个州将减少 1.5%的陆地，有 6%的人口必须搬迁。亚洲人口密集的沿海地区，包括恒河、湄公河、伊洛瓦底江、长江、珠江入海口及印度尼西亚的人口密集的岛屿，都会受到威胁。尽管温室效应造成的影响是缓慢的，但日积月累，在几十年至 100 年之内还是会造成严重的经济损失和财产的付之东流。因此节省燃料，减少有害气体和二氧化碳的排放，已成为当今世界环境保护中最重要的课题之一。

二、石油的经历

石油堪称一种现代能源，但它的历史也很悠久。过去西方人说中国是“缺油国”，实际上我国不仅有石油，而且是世界上开采和利用石油最早的国家。早在西周时期，古代人民就观察到石油浮出水面燃烧的现象。

我国古代的石油，主要不是作为能源燃料，而是用来制作润滑剂，或用石油燃烧时的烟灰作墨。用它点灯照明的当然也有。

在南北朝时，石油开始在战争中用作火攻武器，公元 578 年，突厥军队包围甘肃酒泉城，眼看城池就要被攻破，酒泉人急中生智，将石油洒在草把上点燃后投向攻城的突厥兵，突厥兵想用水浇灭，不料越烧越旺，油随着水流到那里，烧到那里，冲天大火烧毁了云梯和敌兵，保住了城池。

我国人工开采石油的历史也很早，公元 1303 年出版的《大元大一统志》中记载说，在延长县迎河开石油井，其油可燃，兼治六畜疥癣。

在西方，到 1859 年，美国人埃德温·德雷克才在宾夕法尼亚州的泰特斯维尔钻成第一口石油井，比我国晚五百多年。但我国近代的石油开采很慢，特别是在技术上很落后。直到解放，石油的开采才出现了新的局面。

现在，我国年产石油达一亿多吨，但依然供不应求。因为石油比煤更为有用，它可以用来开火车、汽车、飞机和各种交通工具，比烧煤方便的多。

在西方，对石油的依赖就更为严重，一旦石油缺少，对社会的打击就非同一般。例如，1973 年阿拉伯和以色列之间发生战争，阿拉伯对支持以色列的西方国家实行石油禁运，给英美等以石油作为主要能源的国家以沉重的一击。当时，许多汽车成了一堆不能动弹的“甲壳虫”。居民怨声载道。大量的公司企业因缺少石油能源而大幅度减产，形成了 70 年代震惊世界的能源危机。

这次危机虽然对西方经济造成了沉重打击，但它也有一种极大的促进作用，这就是促使人们千方百计寻找替代石油的新能源和研究开发新能源的新技术。因此，自 70 年代以后，世界对太阳能、风能、水力、地热、沼气、核能等的利用和开发掀起了前所未有的热潮。

三、石油开发技术花样翻新

我们听过阿凡提“种金子”的故事。不一定知道石油也能“种”出来。因为石油通常靠钻井从地下开采出来，人们都把它看做是一种矿物，其实，石油是古老的动植物在地下经过长期的高温高压而形成的，从这点分析，石油的确可以种植。

美国一位叫卡达文的化学家，曾获得过诺贝尔奖。他就相信，石油应该可以种植，因为，花生油、菜籽油、豆油这些可燃烧的植物油都是从地里种出来的。因此，从 1987 年起，他下决心完成种植石油的使命。于是，他到处寻找有可能生产出石油的植物。一天，他发现一种小灌木，用刀子划破树皮后，一种乳汁就像橡胶一样流了出来，他把乳汁拿出化验，发现成分和石油的成分很相似。他把这种小灌木称为“牛奶树”。后来，他又接连发现另一种叫三角大戟的灌木也能流出含石油的乳汁。于是，卡达文就开始选种和育种，并在美国加利福尼亚州试种了大约 6 亩地的“石油树”，一年中竟收获了 50 吨石油。

此后，美国又成立了一个石油植物研究所，专门研究种石油的事情。在

美国加利福尼亚州有一种叫黄鼠草的杂草，遍地都是，后来发现，这种杂草中就含有石油成分。每公顷这种野生杂草，可以提炼出一吨地道的正宗石油来。用人工培养杂交的这种草，含油量更高，每公顷可提炼出 6 吨石油。

在菲律宾，已发现一种能产石油的胡桃，一年可以收获两季，有一位种石油的“油民”种了 6 棵这样的石油树，一年就收获石油 300 升。

在巴西，有一种乔木，高达 30 多米，直径有 1 米左右，只要在乔木上打一个洞，1 小时就能流出 7 公斤石油来。

种植石油，这一开辟能源新途径的技术得以受到重视，而促进这一研究的“助产士”，可以说就是石油危机本身。

四、石油不是十全十美的能源

石油给人带来方便，但也不是尽善尽美的能源。大家知道，希腊首都雅典本是一个优美的城市，就像它的名字一样优雅。因此，曾为世人所向往，1896 年，首届奥运会就是在这里举行的。可是，现在它却成了世界上令人感到呼吸最困难的首都之一。1989 年夏天，这座城市在几星期内就死了 2000 多人，其中大部分都是由于空气污染加上高气温致死的。当时，雅典市笼罩着烟云，湛蓝的天空完全消失，整个城市“浸泡”在黑烟浓雾之中，连地势高低都分不清了。晾着的衣服变脏了，大理石的神像敷上了层层粉尘，流动的烟云成了空中垃圾。整个雅典上空的烟尘有 3300 吨，二氧化硫 1400 吨，一氧化氮烟气 17000 吨，碳氢化合物 46000 吨，一氧化碳、二氧化碳 324000 吨。这么多的污染物是哪儿来的呢？原来，有 75%是从烧汽油的汽车中排放出来的。

为了使雅典摆脱汽车尾气中放出的有害排放物。雅典当局只得下令限制汽车行驶。首先是禁止汽车进入历史古迹中心，以保护文物。然后规定汽车依单、双号牌照，只能隔日在首都行驶。另外是取消工作人员午睡，采取连续作业，中午不休息的办公制造，这样员工每天驾车往返次数可减少一半。

经过这一系列“手术”，雅典的环境才开始有所好转。其实，世界上还有许多城市，也都不同程度受到汽车燃烧汽油的废气的污染。

在产生温室效应方面，石油也是推波助澜，和煤炭一起搞全球气温升高的大合唱。科学家们预计，由于二氧化碳排放量每年都增加。地球平均气温将节节上升。到公元 2100 年时，美国纽约将不会生长棕榈树，多伦多地区也不会再产棉花。北美拉布多拉多也不会再长小麦。因此环境科学家对汽油一类能源日趋厌恶。希望早日有无污染的洁净能源替代。近来风力、水力、热力、太阳能、核能、氢能的飞速发展和强烈希望改变这种状况的要求，显然有直接关系。

五、天然气

天然气是现代广泛应用的工业和民用燃料，尤其深受城镇居民的青睐。当天然气通过管道送到每家每户时，烧火作饭像开自来水一样方便，比烧煤要舒适干净得多。

我国利用天然气的历史也相当久远至少有一千多年的历史。天然气是怎样发现的呢？自古以来，我国四川一带吃的食盐，都是靠开凿盐井开采的。

在开凿盐井时，盐工们发现，从有的井中冒出的气体，可以点火。盐工们就把这种井称为“火井”，其实就是天然气井。

英国的中国科学史研究专家李约瑟说，是中国首先发明了深井钻探技术，西方在这方面约落后中国 11 个世纪。

天气气的优点很多。一是生产成本低，一般比生产烟煤低 97%，二是采用天然气的劳动生产率比开采煤高 50 多倍，比开采石油高 5 倍。天然气作为燃料可简化工业生产程序，实现自动化，减轻劳动强度，减少空气污染，改善卫生条件。前苏联天然气研究所的研究人员证明，煤炭燃烧放出的有害气体比天然气主 15～ 60 倍。

因此，目前天然气已在汽车中推广作燃料。据 1987 年 6 月 8 日美国《幸福》杂志统计，意大利当时已有 25 万辆、新西兰有 7 万辆、美国有 3 万辆用天然气作燃料动力的汽车。这种烧天然气的汽车，排出的废气很干净，不会出现堵塞发动机的情况。美国已开始将纽约的 1000 辆公共汽车、出租小汽车和卡车改为烧天然气，不再烧汽油，以实现净化城市空气的计划。

目前，世界天然气的产量猛增。1990 年，世界天然气年产量至少达到 1.86 兆亿立方米。其中以前苏联的天然气产量最高，约占世界的 39%。美国次之，约占 24%。我国的天然气产量 1985 年时为 170 亿立方米，占当时世界的第 14 位。

天然气专家预测，到 2010 年，天然气的总能源中所占的比例，将由 1985 年的 19%增加到 26%，超过石油的比例。

六、新型高效能源的发现始末

90 年代初，出现了一种过去鲜为人知的新型高效能源，即一种化学分子式为 $Na_2O \cdot 3SiO_2$ 的硅酸盐。

硅酸盐是硅、氧和金属（主要是铝、铁、钙、镁、钾、钠等）结合而成的无机化合物的总称，在地壳中分布极广，是构成多数岩石（如花岗石）和土壤的主要组成，经过配料和高温处理等，可以将它加工制成陶瓷、耐火材料、水泥、玻璃和搪瓷等工业用品，也用来制造高温材料，从来没有人想到过这种硅酸盐竟蕴藏着丰富的能源，一公斤这种硅酸盐能释放 850 万千卡的热量，等于燃烧 1000 吨重油释放的热量。说起这种高效能源的发现，还有一段有趣的故事。

约 20 年前，前苏联一位叫 A·库利科夫的工程师在一个工厂推广一种先进技术时，发生了一起意外的爆炸事故，因而受到指责和处分。当时，他发明的一项高速切削钢的热处理技术正在该厂推广。按计划，他需要使用一个大型加热炉，但当时这台仅有的炉子老是有生产任务，他只能在别人中午休息时插空做试验。一天中午，库利科夫趁工人都去食堂吃饭的工夫，把一种硅酸盐装入炉子中试验，谁知不一会儿的时间，就听轰的一声巨响，炉子被突然炸毁。

事故的责任者当然就是库利科夫了，但他感到委屈，他不知道自己到底作错了什么事，也不清楚炉子为何爆炸，因为硅酸盐本身就是可以用来制造耐高材料的工业原料。为了洗清自己的“不白之冤”，他决心进一步研究，搞清楚这个问题。

库利科夫想，爆炸是需要能量的，这么大的炉子被炸毁，里面的能量是

哪儿来的呢？于是，他用那次爆炸中用过的硅酸盐连续作了五年的试验，结果发现，只要在炉中装进那种硅酸盐，每次发生类似的爆炸，这说明，硅酸盐是引起爆炸的根源。能量就来自这种硅酸盐 $Na_2O \cdot 3SiO_2$。他还发现，这种硅酸盐并不是一加热就爆炸，而是每当加热到一定温度时，硅酸盐才突然释放能量发生爆炸，而其能量之大令人吃惊，竟是重油的一百万倍。

当然，硅酸盐的这种巨大能量，如果仅仅停留在能够引起巨大的爆炸上，那是无法加以利用的，它必须成为可以控制的。为此，库利科夫设计了一种硅酸盐释放能量反应器，反应器能够探释放出的热能，而不再发生突然爆炸。1991 年，库利科夫宣布，他可以用这种反应器把水管中的水加热到 600 摄氏度的温度，使水蒸汽达到 300 个大气压的压力。他宣布，已准备用这种高温高压蒸汽驱动汽轮进行发电。

现在，库利科夫已成为一名技术科学博士，并领导一些研究人员建造了一个用这种新能源作燃料的硅酸盐热电站。硅酸盐的热效率是汽油的 1000 倍。比如，一架大型的图—154 飞机要装 39 吨航空汽油，如果用这种高效硅酸盐燃料，只要 39 公斤就足够了。

库利科夫发现的这种高效能源硅酸盐，在地球上的储量极其丰富，而且能再生，此外也没有像核燃料一样存在放射性污染的问题。因此，这种新型能源完全有可能成为石油煤炭等矿物燃料和核燃料的替代能源。

但库利科夫指出，就像不是所有的元素都能产生自发的原子裂变能量而只有结构复杂的重元素（如铀等）才能自发裂变一样，硅酸盐也只有在结构相当复杂时才会发生高效能量释放过程。因此，只有高模数的复杂硅酸盐才能成为高效能源。而这种高模数硅酸盐在地壳中所以不会发生爆炸，是因为温度条件和临界质量这两个条件不具备。这有点类似于原子弹爆炸时需要核燃料的重量超过临界质量，氢弹爆炸也需要用原子弹爆炸产生的高温引爆一样。

所以，库利科夫建立的高效硅酸盐释放能量反应器中，也需要在硅酸盐中添加一种反应剂。例如无氧硅化合物等。

七、沼气在农村

沼气自古就出现在沼泽、河底、湖底、池塘、污水池等厌氧环境中，是植物等有机质在微生物的作用下腐烂、分解出来的一种可燃气体，由于通常出现在沼泽地带，就俗称沼气。

在有文字的历史记载中,说 1896 年在爱尔兰出现过一次强大的沼泽喷气现象，即那里有一个大纽特莫沼泽，曾喷出强大的污流，飞溅到好几公里以外，淹没了所到之处的一切东西，并把附近的一座房屋淹埋在污泥中，使住在房里的人被活活闷死。

也是 19 世纪，在俄国的奥涅湖附近，也出现过一次沼泽大喷射现象，在一处污流遍地的沼泽草地上，一连几天都能看到一个高达 4 米的喷泉，但喷泉中都是污水、淤泥和沙子。

这些奇迹都是沼气创造出来的，只是那时人们还没有搞清它形成的原因，因此感到神秘。

我国生产利用沼气的历史，可以从 1929 年在广东省汕头成立的“ 国瑞瓦斯沼气公司 ”成立算起。但是因时局动荡等多种原因，解放前沼气的发展时

续时断，进展缓慢。

1936 年，我国著名科学家周培源曾在江苏宜兴县建造了一个水压式活动盖埋入地下的沼气池，用制造出来的沼气烧饭和点灯。浙江省诸暨县安华镇也在 1936 年建造了沼气池，将沼气池引到各家供居民作照明用。1937 年，河北武安县在室内建了一个沼气池。据传，直到解放后，这个沼气池一直产生着沼气。

到 70 年代，沼气在我国农村得到大力发展，它不仅大大缓解了农村缺少燃料的困难，而且对净化农村的脏乱环境起到了积极作用，对农村生产的促进作用也特别明显。截止到 1985 年，我国农村就建立了 700 多万个沼气池，居世界第一。而且以后年年在增加。

沼气为什么会在农村如此迅速的推广呢？原来，农民只要把人畜的粪便、农作物的秸秆和各种有机质放进沼气池，让它们腐烂发酵，就能产生可燃烧的甲烷气体。农民不仅可以用沼气点灯作饭，还可以用它作燃料代替柴油、煤油开动拖拉机、抽水机、碾米磨面机、饲料粉碎机；还可以用来烘干农产品。是一种很方便的能源。

八、燃料电池

除伏打电池外，所有化学能在转变成电能之前，几乎都要经过中间燃烧，先得到热能，再由热能变成机械能驱动气轮机发电，把机械能再度变成电能，由于要通过这些中间环节，所以要损失许多能量，转变效率很低。一般的火力发电站，消耗的燃料只有 70%左右能转变成电力。能不能不经过中间燃料等环节，直接让化学能转变成电能呢？能！这就是从 50 年代开始诞生的燃料电池。

不过，追本溯源，产生燃料电池的契机却起源在更早的年代。

燃料电池的想法，是从化学反应的可逆反应规律推理出来的。1790 年，英国化学家尼科尔森设计了一个伏打电池堆，当他将连接电池堆两端的导线放在水里，通过电流时，他发现，导线的两端有气泡逸出，经过分析，这两端逸出的气泡分别是氧气和氢气。于是他发现水在电流的作用下，被分解为氧和氢两种元素了。这是电解作用的第一次发现，尼科尔森的这个实验，证明了另一位英国化学家卡文迪许提出的，当氧和氢进行化学反应后，就结合成水的发现。水的电解是水的合成的逆过程。

这个实验的结果，从另外一个角度激发了美国又一位名叫格罗夫爵士的设想：既然水能在电解中被分解为氢和氧，那么反过来，当氢和氧进行化学反应时，是不是也会产生电呢？

1842 年，格罗夫设计了一个实验，当氢和氧在起化学作用（燃料）时，测出它同时也产生电流，证实了自己的推测。不过当时检测的电流是那么微弱，格罗夫的实验证明并没有受到重视。

一晃就是几十年过去了，时代进入 20 世纪，电力在生活中已变得非常重要了，可发电站的建立却需要专门的建设。于是英国剑桥一位年轻的化学家培根，又想起了格罗夫的氢和氧化合时产生电流的逆反应实验。心想，这样产生的电流是不是也可以利用起来呢？一组实验得到的电流微弱，如果将电池组加大，电流不是就可以加大了吗？于是他设计了一个电池组，每个电池都有两个电极，电极是用镍粉压制的多孔平板做成的；电池是在 40%的氢氧

化钾溶液中，在高温和高压下输入氢气和氧气，结果获得了 54 瓦 24 伏的电流。这股电流是可以用它去推动一把圆锯工作。这个实验是在 1932 年得到成功的，但培根开始这一发明研究时，却是 27 年前的事了。

燃料电池的结构和原理其实也并不复杂。人们将含有氢的天然气等燃料从一极管道送进电池，将氧或氧化剂从另一根管道送进电池；天然气中的氢在有微孔的燃料电极上，与氢氧化钾等碱性的电解质进行氧化反应，生成带正电的离子和电子，电子通过电路跑到氧化剂那边的微孔电极上，并且在这个电极上与氧化剂、电解质进行还原反应，生成带电负离子。这样，带电正离子和负离子在电解质中结合，生成水蒸汽同时产生电能。因此，只要不断地将有氢的燃料和氧化剂供给电池，并及时把电极在反应中产生的化合物水排走，人们就能通过燃料电池将燃料产生的化学能直接转换成为电能，这叫电化学反应。由干燃料电池在反应过程中唯一的生成物就是水，因此避免了火力发电站产生大量二氧化碳和二氧化硫等有害气体的那种环境污染。也不像原子能发电站那样，必须处理带有放射性的废核燃料。

20 世纪 50 年代，美国最先开始从事燃料电池的研究，到 60 年代首次在太空飞行中使用，美国“阿波罗”登月飞船上的通信设备就实际应用了“美国型”燃料电池提供的电力，该燃料电池使用氢作燃料，纯氧作氧化剂。而飞船上航天员饮用的水，就是燃料电池的生成物——氧和氢在燃料过程中化合生成的纯净的水！

由于燃料电池直接将化学能转变成电能，燃料不经过中间燃烧，所以热能转换效率高，比火力发电的效率高 5～20%。它在化学反应时放出的热能还可能用来再发电，或生产蒸汽和热水，所以总的能量转换效率可达到 80%。是继火力发电、水力发电、核能发电后的第四型发电装置。

九、“无烟”发电厂

1992 年，在美国加利福尼亚州圣拉蒙市，有一座别具一格的发电厂开始发电。这家发电厂既没有熊熊燃烧的锅炉，也没噪音很大、隆隆地高速旋转的汽轮机，却能源源不断地发出 1000 千瓦的电力，足以供应 20 家住宅的用电。原来这是一家以天然气作为原料的试验性燃料电池发电厂。

最近，美国马萨诸塞州安多弗市物理科学公司又制造出一种新型燃料电池，它能把过剩的电力储存起来。其方法是把氢气和氯气注入电池，使阳极和阴极之间的电解液中出现电流，由于氢气和氯气很容易分解和结合，当用电量少，多余的电力使氯化氢分解，当用电多时，氢和氯原子又重新结合放出电子形成电流，这样，就等于把过剩的电力储存了起来。

由于燃料电池具有独特的优点，日本将它列入“月光计划”（日本的一个长远科技发展计划）。并已研究出反应温度达 1000℃的第三代燃料电池。这种燃料电池使用的电解质是固体型的。第一代燃料电池使用的电解质是磷酸型的，效率可达 40～43%。将来可取代中等火力发电站。第二代燃料电池使用熔融碳酸盐作电解质，发电效率达 45～55%，将来可取代大型火力发电站。第三代固体电解质型的燃料电池，效率可达 45～50%，可用于宇宙飞船作动力。

世界上目前在研究燃料电池中投入力量最多的是美、日、意、荷兰等国。美国和日本处于领先地位，并将燃料电池列为重要的战略能源。

美国阿贡国家实验室 1987 年研究出一种氧化锆固体电解质燃料电池，它以氢气为燃料，工作温度为 800～1000℃，他们用试验证实，用一台 70 公斤重的燃料电池，可以取代 360 公斤重、100 马力的柴油机。由于动力系统的重量大大减轻，因此，对于汽车、火车等交通工具所用的动力，可能带来革命性的变化。

1986 年，日本石油能源开发中心有 7 家公司投入力量从事用挥发油作燃料的燃料电池，以使将来大批用燃料电池取代汽油、煤油等不挥发的油作动力。

美国约翰逊·麦迪技术中心的研究人员，对燃料电池的应用前景作了预测，他们提出的研究报告说，到公元 2000 年，日本的电力，约有 13%左右（大约为 2500 万千瓦）直接由燃料电池来提供，使用的燃料是氢，氧化剂是氧。美国到公元 2003 年，约有 600 万千瓦的电力将由燃料电池提供，到公元 2008 年，则可达到 1400 万千瓦。那时，世界的大气环境污染将大大减少。

第八章太阳的奉献

太阳是一个表面温度达 6000℃的大球体，是地道的“火球”。它把能量撒满人间，使地球上的人类和万物生息繁衍。没有太阳，地球会是一个冰冷死寂的毫无生命的世界。人们曾经深情的赞美：万物生长靠太阳。太阳的热能尽管在穿越地球大气层时被大量吸收，但是在晴朗的天气里，地球上每平方米仍可以得到 1500～2000 瓦的能量。人类和生物利用这些能量，创造出了一个绚丽多彩的世界。

一、阳燧取火

我国是世界上自觉利用太阳能早的国家，在一本叫《周礼》的古书中就记载，早在公元前 11 世纪至公元前 771 年的西周时期，就设有专门用青铜镜从太阳取火的人。

除中国外，国外也早有人会利用太阳光的热能。在希腊有一个有趣的传说，说的是公元前 214 年，古罗马帝国派舰队攻打地中海西西里岛东部的西拉修斯。岛上人奋起反抗，正好当时著名的希腊学者阿基米德也在这个岛上。“老阿”虽无高强武艺，却有一个极聪明的头脑，他懂得太阳的威力，他发动岛上的妇女每人手拿一块磨得锃光发亮的金属镜面对着太阳，并一起把阳光反射到入侵的罗马舰队的舰船上，终于使舰船起火，罗马人大败而归。

利用太阳光打败人侵之敌的故事，毕竟极具传奇色彩，因此到 1973 年，希腊科学家沙克斯决心再次亲自实验。他认为阿基米德当时指挥战士们使用的聚集阳光的，不是人们一般概念中妇女们用的梳妆镜，而是战士们手中持的金属盾牌。只要将它们反过来用，就成为面积很大的凹面镜，而且当时的金属盾牌都是保持着金光锃亮的，反光的能力很大，每面盾牌都有可能将阳光聚成很强烈的一束光束。在希腊海军的支持下，沙克斯模仿传统中阿基米德使用的方法，制造了 70 面金属盾版，每面有 2～3 平方米那么大的面积，也打磨得金光锃亮，将它们反转过来，很自然地成为一面面巨大的凹面镜。再把各面凹面镜反射出来的阳光束，使之聚集在 50 米远的一艘 45 米长的木船上，果然不一会儿，这艘模仿成古罗马战船的木船，就着起火来了。

二、贝利多尔太阳水泵

阿基米德利用太阳能烧毁船只的故事，不管是真是假，却激发了许多人利用太阳能的兴趣。一些科学家设想，既然太阳光可以烧毁船只，它肯定可以作为一种动力源。16～17 世纪正是欧洲工业开始大发展时期，农业的发展也需要用其他动力来代替人力和畜力。于是开始考虑用太阳能来作动力抽水灌溉或排出矿井中的坑道水。

1615 年，一位叫 S·德斯科（公元 1576～1626 年）的法国工程师发明了第一个利用太阳能作动力的抽水泵，但这种水泵不能连续抽水，没有得到推广。后来，另一位法国工程师贝利多尔（公元 1697～1761 年）经过精心设计，终于制成一种可以连续抽水的太阳能水泵。

贝利多尔设计的太阳能抽水泵，构思巧妙，因此可以自动连续抽水。

到了现代，太阳能抽水泵又开始兴盛起来，这有两个重要原因，一是自 70 年代石油危机以来，能源短缺；二是不管是用电力抽水，还是燃烧柴油、汽油作动力来抽水都会排放大量二氧化碳和其他污染大气环境的有害气体。为了缓解能源短缺和减少大气污染，科学家和工业界又对太阳能抽水泵产生了浓厚兴趣。因为这种抽水机械是利用自然的太阳能，一点也不会排放有害气体。

据“欧洲发展基金组织”1989 年的统计报告说，自 1983 年以来，全世界的太阳能抽水泵以每年递增近千台的数字增加。目前，全世界已安装的太阳能抽水泵约有 6000 台，主要是在农村。

1974 年，美国佛罗里达大学研究出一种结构非常简单的太阳能水泵，它的（运）移动部件只有 2 个单向阀门，实际上就是 200 多年前贝利多尔太阳水泵的一种改进型太阳能抽水泵。与此时，英国哈韦尔原子能研究所制造了一种称为佛卢载内 3 号的太阳能抽水泵。它用一个非常简单的加热空气气缸的闭合循环取代了美国佛罗里达大学使用的沸腾器，是又一种经过改进的太阳能抽水泵，抽力效率有所增加。

三、拉瓦锡的前奏

利用凸透镜聚焦阳光而取得高温进行科学实验的第一人，可能要数 17 世纪时意大利佛罗伦萨科学院的院士，他们在 1694 年，用凸透镜（那时叫“取火镜”）把阳光聚集在金刚石上，想看看它会出现什么变化，结果，金刚石渐渐被烧化，体积缩小，它不像一般的矿石那样被高温所熔化，而是化做一股无色的轻烟消失了。

通过这个实验，人们认识到，那晶莹透明、华丽绝伦的金刚石和那墨漆墨黑的炭可能是一个家族。因为只有炭才会在高温下燃烧而消失。

进一步利用透镜进行元素分析试验的，是英国科学家普利斯特里。他用一块直径为 12 英寸，焦距 20 英寸的凸透镜，将它聚集在阳光照射在被燃烧过的水银煅灰上，结果看到这种粉红色的粉末在轻轻颤动，显然是在分解出气体来，普利斯特里收集了这些气体，发现它能使蜡烛燃烧得更加明亮，使小白鼠在装在这种气体的密闭的瓶子里活得很自在，而自己吸了一口，竟也感到十分的轻松舒畅。普利斯特里把这种被透镜从水银煅灰中分离出来的气

体叫做“脱燃素气体”。而那水银煅灰，当把这些“脱燃素气体”都释放出来以后，仍旧还原为水银。

和普利斯特里同时代的法国化学家拉瓦锡，正是从普利斯特里到法国的一次访问中，知道了这个利用凸透镜聚集阳光的实验方法，并且重复了这个实验，他正确地解释了从水银煅灰中分解出来的气体，就是帮助燃烧的氧气，而不是什么“脱燃素气体”。拉瓦锡通过这一实验获得了发现氧的荣誉（虽然是普利斯特里首先制取出氧），并且通过这一实验，有力地驳倒了从 1673 年英国著名化学家波义耳等用“燃素说”来解释燃烧现象的理论，将燃烧现象正确地解释为是一种氧化过程。

1776 年，拉瓦锡还用一套大型的透镜装置，重复了 1694 年佛罗伦萨科学院院士的实验。他将金刚石罩在一个密封的玻璃钟罩里，让阳光通过两个透镜聚焦在钟罩里的金刚石上，金刚石当然又被烧成一股无色的烟——也就是变成了一股无色的气体。拉瓦锡收集了钟罩里的气体，将它通到清石灰水中，结果石灰水变得像牛奶一样地浑浊起来，更进一步肯定地证明了金刚石就是碳元素的一种——它在朝光聚焦的高温下燃烧变成二氧化碳气体，而二氧化碳气体通入清石灰水中，形成白色的沉淀物碳酸钙，因而使清清的石灰水变得浑浊了。这和木炭燃烧后产生的气体通入清石灰水中使水变浑浊的结果一样。

也正是拉瓦锡，首先将碳列入元素表中，将它看成是一种元素。

四、特朗比和太阳炉

到 1921 年，德国科学家斯特劳布在透镜的基础上，设计了一个用抛物面聚光镜和透镜组成的太阳炉，使太阳炉的温度有所提高。

第二次世界大战以后，一直从事太阳能利用的法国科学家特朗比，在 1947 年把军用探照灯的反射镜用在太阳熔炼炉上，成功地增加了太阳熔炼炉的温度。并于 1952 年在蒙特路易的比利牛斯山上建造了世界上第一台功率为 75 千瓦的大型太阳能冻炼炉。这一年，特朗比用他的太阳能冶炼炉，为来蒙特路易参加太阳能利用学术会的同行们进行了一次熔炼高熔点金属的精彩表演。

特朗比不满足已经取得的成绩。他要建立更大的太阳炉。于是，他选了一块阳光充足的宝地，即离蒙特路易十公里处的奥代罗这个小镇，在 70 年代建成了一座功率为 1000 千瓦的巨型太阳炉，奥代罗这个太阳城就是这样起源的。

特朗比建立的这座太阳炉像一座超现代化的多层楼房，在楼房对面的小山上，竖立着好几十个大得令人吃惊的反射镜排成一行，把一束束阳光反射到太阳能炉的一个直径 50 米的抛物面聚光镜上，这个聚光镜经过再聚焦，可以把聚集起来的阳光的温度加热到 3500℃。用这座太阳炉每天可以生产 2.5 吨锆。其纯度比用一般电弧炉中熔炼的锆还高。

五、温斯顿创造新记录

到 80 年代末，用抛物面反射镜聚集阳光的强度又创造了新记录。1988 年，美国芝加哥大学物理学家罗兰·温斯顿后来居上。他领导的一个研究小

组采用一种新技术和新型反射镜，使聚集的阳光达到了普通阳光强度的 6 万倍，与太阳表面能量的强度不相上下。这种反射镜可以为空间通信、材料加工及激光器提供能量和动力。

前苏联的科学家，在利用太阳热能方面也不示弱。1988 年，在乌兹别克的帕尔肯特地区（这里日照时间较长）也建成了一台生产耐热材料的太阳能熔炼炉。阳光聚集装置建在山顶上，呈阶梯形，共 8 个台阶，由 62 块大型向日镜组成一个高达 54 米的抛物面大型阳光收集系统。这些向日镜由计算机控制，从日出到日落，就像向日葵似地跟踪太阳。熔炼炉则建在山脚下，形状像一个巨大的鱼雷，由 62 块向日镜接收的日光用光导纤维传送到太阳冶炼炉的炉膛，可使炉子产生 3000℃以上的高温，生产的材料具有很高的纯度。

人类直接利用太阳热能，从晒干衣服和粮食到晒盐，再到用阳光冶炼难熔的金属，经历了漫长的历史过程，但在近代，由于科学技术的进步，有效利用阳光热能的步伐已大大加快。

六、太阳能发电

大规模利用太阳能发电，是从 70 年代的石油危机之后始的。因为能源的短缺逼着人们另找电力的来源。

1.阿基米德故事的重复实验

还记得在前面讲到的古希腊学者阿基米德，当他的故乡西西里岛东部西拉修斯受到古罗马舰队从地中海来的侵犯时，他动员了全城的妇女，每人手持一面镜子，将反射的阳光集中到古罗马的舰船上，点着了舰船上的帆，而后引起一场大火，使古罗马舰队大败而逃的故事。

两千多年过去了，西西里岛人又重新怀念起阿基米德巧妙地利用阳光的故事。于是科学家们再次想到利用岛上的阳光——在西西里岛卡塔尼亚省的阿德拉诺镇上建立一座太阳能发电站，这个计划由欧洲共同体的九个国家共同建造，于 1979 年 1 月正式动工，1980 年 12 月建成。这是一个很庞大的工程，它是一座摆满了镜子的巨大的广场，人用了 180 面大玻璃镜，镜面的总面积共有 6200 多平方米。用电子计算机控制和调整这些镜面的角度，使它们反射出去的太阳光都集中到矗立在对面的中央塔上。中央塔有 55 米高，顶上装置有锅炉和阳光接收器。接收器接收到的阳光的热，加热锅炉里的水，可以得到有 500℃的高温，64 个大气压的高压蒸汽，而这蒸汽就去推动涡轮机发电！这座电站的发电能力是 1000 千瓦，在当时，可算得是世界上规模最大的太阳能发电站了。

打那以后，太阳能电站的建设就一发而不可收拾，其规模和发电的能力也在迅猛提高。

在美国，离洛杉矶市 225 公里远的莫赫夫沙漠地区，能源严重不足，交通也不方便，但是阳光充足。为了解决这里能源短缺问题，美国从 1983 年 10 月开始到 1984 年 12 月，在该地建成第一个大型的太阳能发电站。发电功率可达 13800 千瓦。收集阳光的抛物面型聚光器的面积达 71700 平方米。到 1988 年 12 月止，在这里共建成了 7 套太阳能发电系统，总发电功率达 20 万千瓦。

1990 年，美国的卢兹工程公司又在洛杉矶东北方向的莫哈韦沙漠上建造了一座更大的太阳能发电厂。该电厂在 852 个太阳能收集器上安装了 19 万多片反射镜，将水煮沸驱动涡轮机发电。发电成本很少，每千瓦小时才 8～9 美分。

卢兹公司宣布，在 1995 年之前还要建 9～12 个太阳能发电厂，使加利福尼亚州提供 600 兆瓦的电力，供 80 万居民和商业单位使用。

1986 年，前苏联在克里米亚也建立了一个 5000 千瓦的太阳能发电厂，用 1600 块 25 平方米的反射镜，将阳光集中照射到一个 80 米高的塔顶锅炉上，把水加热到 25℃，用蒸汽推动汽轮发电机。

两年后的 1988 年，前苏联乌兹别克共和国在卡拉库姆又建成了一座 30 万千瓦的世界最大规模的太阳能电发厂，该电厂用 7200 块大型反射镜将收集到的太阳光射向 200 米高的塔顶锅炉，将锅炉中的水加热成蒸汽驱动涡轮发电机发电。

2.太阳能发电站再上一层楼

除美国和原苏联在 80 年代建立了规模较大的太阳发电站外，德国也直起急追。到 1987 年，德国就有 10 个太阳能电站投入使用（其中最大的一个为 3000 千瓦），发电 13 万千瓦小时。德国巴伐利亚电力公司建造的一个 500 千瓦的太阳发电装置，除直接提供电力外，还把多余的电力用来电解水制取氢气，电解得到的氢气可以作为燃料电池的燃料气体，也可以供其他用途，这样就等于把多余的太阳能储存起来，在需要时随意使用。比如，在阴雨天需要用电时，用氢气作燃料，就可以再发电。

1990 年，德国又建造了一座可以日夜运转的太阳能发电站。白天把阳光制取的氢气利用储氢材料贮存起来。这种储氢材料有一个特点，在吸收氢后能放出热能，使空气加热到 49℃，足可以用于室内取暖。日落之后，可以利用储氢材料释放的氢气作为燃料再发电。

3.阳光普照太阳房

从远古时候起，人类建造的住房大多是座北朝南，这说明，我们的祖先早就知道利用太阳能取暖了。只是古时的这种房屋不如现代的太阳房先进，利用太阳能的效率不高。

到 100 多年前，太阳房的建造才有了新的发展。1882 年 5 月 13 日，一家叫《科学美国人》的刊物，报道了美国马萨诸塞州索利姆的一位叫 E.S.莫尔斯的教授发明了一种太阳房。这个发明的内容就是“利用太阳光线使房子变暖”。这座太阳房的特点是利用玻璃和黑色石板来建造房屋的取暖装置。他将能照到太阳光一侧的墙壁用黑石板彻成，黑石板外面罩上一层玻璃，玻璃与石板之间留有一层空隙，而石板底部又有通气孔，通气孔与整座房屋的通气孔道相连接。这样，白天有阳光的时候，阳光通过玻璃照射在黑色石板上，黑色石板充分吸收了太阳照在上面的热，这热使夹在石板和玻璃之间的空气变热了。被阳光烤热的空气上升到房间顶部，再流回到房内，而冷空气则从通气孔中排出，进入石板与玻璃之间再被加热。这样循环下去，只要白天有太阳，房间里就很暖和。莫尔斯教授就用这种方法加热房子。

但是，直到 20 世纪 30 年代，各种太阳房虽然在白天能用阳光取暖，节约燃料，但不能把太阳能贮存起来。在夜间和阴雨天气，还是要消耗相当多的燃料。

4.多佛太阳房

经过不断研究和改进。美国麻省理工学院的特克博士于 1949 年圣诞节前，在麻省多佛的皮博迪庄园建成了世界上第一座完全由太阳能取暖的房子，因建在多佛这个地方，所以称为多佛太阳房。

在多佛太阳房第二层楼地板以上的整个南面布满了双层玻璃空气集热器，面积约为 66.89 平方米。每个吸热板由 3.28×1.22（米）的花玻璃组成。两块玻璃之间有 19 毫米的空气间隙,玻璃之间的吸热板是涂了黑漆的镀锌钢板，在玻璃之间被加热的空气送到三个能贮存热量的集热箱中。利用集热箱储存的热量，足够整个房间冬天的采暖。

如果说，从 1940 年到 1976 年初的 30 多年中，美、法、德、英等国利用太阳取暖的建筑物最多不超过 200 幢，而从 70 年代后期开始，世界各国兴起了建造太阳房热潮，仅美国就建了 5 万栋，可以想象太阳房发展趋势之迅猛。这些太阳房可以在冬季使室温达到 20℃左右，大大节约了取暖用煤和石油。我国也在阳光充足的华北和西北地区，也相继建造了 200 多座试验用太阳房，可节约采暖用煤 70～80%。

5.没有窗户的太阳房

看了这个标题，也许令人奇怪，太阳房通常都要装着大玻璃窗户，以便让尽可能多的阳光照射到房间内。但窗户大，散起热来也快。为了使房间内的热量尽可能不散失，有人索性建造一种没有窗户的太阳房。

1988 年，在日本东京竖起了一座稀奇古怪的六层楼房，却没有一个窗户。但当你走到楼房中的每个房间时，竟阳光明媚。在各个房间工作的职员和生长在各个房间的鱼类和植物都在阳光普照之中。这阳光是从什么地方来的？

原来，这座古怪的楼房是日本富列特公司的董事长太阳能专家茂利设计的。他认为，以往的太阳房阳光利用率低。和竖在许多楼顶上的太阳热水器一样，“死板”得很，只是在中午 12 点左右阳光能正对着太阳房。这使他想起了向日葵这种植物，它总是从早到晚面对太阳，吸收光和热。于是，茂利在这座六层楼的房顶上安了一个用计算机控制的向日葵式的向日镜，太阳从早晨一升起，19 个向日镜就开始面向太阳，“寸步不离”地追着太阳转，真是“你走我也跟着走”。日落后，电脑又将向日镜转向东方，等待第二天黎明时迎接红太阳升起。

楼房不安玻璃窗户是茂利的杰作，他知道，密封式的房间最易保持温度不至大起大落。但不安窗户，白天也会“黑灯瞎火”，伸手不见五指，而安电灯又会耗电。

茂利不亏是个现代科技专家，他想了一个绝妙的方法，即在楼房的每个房间安了一条由 37 根光导纤维组成的光缆,光缆的一端开口和楼顶上的向日镜焦点重合在一起，另外，在每个房间的天花板上都各有一个开口。这样，

光纤就把楼顶上向日镜收集的阳光像电流一样通到每个房间。把房间照亮，亮度相当一盏 100 瓦的电灯。

1990 年 4 月，美国明尼苏达大学土采矿系大楼也采用了类似的方法，使地下的 35 米深处的中心办公室阳光普照，植物生长茂盛。

七、热水湖的奥秘

太阳的热能给人们带来温暖，但它创造的许多奇迹有时会令你迷惑不解。

19 世纪末，在罗马尼亚特兰西瓦亚地区，一名医生发现一个奇怪的小湖，这个小湖一到冬天，湖面结成冰，但在湖底深处的温度却高达 60℃。

20 世纪初，匈牙利的物理学家凯莱辛斯基在进行资源考察中，也在一些天然湖泊中看到一种怪现象。这些湖泊中，湖底的水温总是比湖面的温度高。如匈牙利的迈达夫湖在夏末时，湖深 1.32 米处的温度高达 70℃。

这种怪现象引起了许多科学家的好奇心，决心弄个明白。他们取来湖水化验，发现这些湖都是盐水湖，湖水中都含有盐分。而且，不同深度的水，含盐量不一样，湖底的水中含盐量较高，比重大，湖面则含盐量低，接近于淡水。科学家们经过反复研究，终于明白了湖底水温比湖面水温高的原因。

原来，盐水湖和淡水湖不同，淡水湖在白天经过太阳晒之后，夜晚会将积蓄的热散掉。表面的湖水先冷却，比重就加大而下沉，下面的水温高，相对来说比重小就上浮，并把热量散掉，这样循环的结果，湖水上下温度就逐渐一样了。而盐水湖就不同，表面的水即使温度下降也不下沉，因为下层的湖水含盐量高，比重大，不会上浮，这样，湖底的热量就带不到湖面向空气中散失。因此，盐水湖被太阳晒久了，湖底的温度会越积越高，而难以通过湖水将热再散发出去。

这个奥秘一揭开，科学家利用盐水湖储存太阳能的计划随之也就逐渐产生了。

1948 年，以色列一位叫罗道夫布洛赫的太阳能专家首先提出；应该利用人造盐水湖收集和储存的太阳能取暖和发电。经过可行性论证和充分准备后，以色列政府采纳了他的建议。在 60 年代初，在死海岸边建立了一个 625 平方米的人工小湖，湖水中的盐分模仿天然盐水湖中的成份。这个人工湖，在太阳照射下，在 80 厘米深处的水温达到了 90℃。

70 年代末，以色列又建造了一个深 2.5 米，面积 7000 平方米的人工盐水湖，用它来收集太阳能加热湖水，再用热水发电。1979 年 12 月 19 日，这个盐水湖太阳能发电站正式发电，功率达到 150 千瓦。

1987 年，日本也建成了一个可以得到 80℃的人工热水湖，面积为 1500 平方米。利用湖中的热水，既可供热取暖，也可发电。日本的这个盐水湖，水深 3 米，最上层的 0.2 米为淡水层，中间 1.3 米为含盐不同的梯层，下部 1.5 米为蓄热层，阳光透过表层和中间层使下层盐水升温，可以保持在 80℃左右。

1990 年，意大利阿吉普公司在玛格丽塔的迪萨沃亚的盐田中，也建造了一个收集太阳能的人工盐水湖，可使湖水温度达到 90℃。

意大利的一名女物理学家赞格拉多还建造了一项创世界纪录的人工盐水湖，竟使湖底水温达到 105℃，达到了水的沸点以上。

利用太阳能加热人工盐水湖来吸收和储存太阳热能，是人类的重要发现和发明，它的优点是可以把太阳热能储存起来取暖和发电，作为能源它无任何污染，为太阳能利用开辟了新途径。

八、格拉泽的宏伟设想

人类从古至今，不断开辟着利用太阳能的新途径，水平不断提高，但不管是用什么方法利用太阳能，都带有一定程度的“听天由命”的成分，直到90年代初，即使是最先进的向日葵式的太阳能收集设备、发电系统及人工盐水湖，虽然能尽可能多地收集到太阳光热。但只要遇到阴雨天，就是最先进的方法也无“回天之力”，使你阴天也能见到太阳，在夜间就更不用说了。

但是，人类的智慧是无穷的。现在，随着科技的发展和光电材料的出现，尤其是人类有能力发射各种卫星以来，在阴雨天和夜间也能利用太阳能的愿望，可以说指日可待。

1968年，现任美国利特尔咨询公司太空业务副总经理的彼得·格拉泽提出了一个在太空建立太阳能发电厂的计划，这个发电厂和一般的太阳能发电厂不同，后者是利用发电机的转子转动产生电流，而前者是应用一种叫做太阳能电池板的光电材料直接把光能转变为电能，没有其他的中间转化形式。格拉泽认为，目前在地面上的所有太阳能发电厂，最多只能进行“一班”作业，因为一天中只有白天有阳光，而且即使是白天，如果天空阴云密布，也无法发电。但只要把发电厂建在太空，就可以一天24小时全天发电。方法是用发射同步地球卫星的方法，把用光电材料建成的太阳能发电装置送到离地球36000公时的轨道上，发电装置就可以在外层空间始终“跟踪”太阳，作到“日不落”，这就能进行“全天候”发电。然后用微波把电力输送到地面，因为微波不管是夜间还是阴雨天都能达到地面。

在60年代末，格拉泽提出的这一宏伟蓝图的确吸引人，但因要花很大一笔钱，美国政府对此不感兴趣。到70年代中期，因出现能源危机，格拉泽的计划重新受到重视。政府投资了2000万美元的研究费用。但研究费不久就用光，人们的热情又冷了下来。因为美国科学院估计，要建成这个太空发电站，大概要用50年代的时间，耗费3000亿美元资金。

原来，格拉泽设计的这座电站重量达5万吨，其中由光电材料制成的太阳能电池板的空间面积达50多平方公里,向地球发送电力的微波发射天线的直径就有一公里。按美国的航天飞机一次运送的有效载荷（一次最多约 30吨），也要发射一千多次才能把电站的设备全部送上天。而在70年代时，美国的航天飞机还没有正式投入使用，因此当时认为，在 20世纪格拉泽的计划不可能实现。

但进入90年代后，由于航天飞机往返太空已经成为现实，格拉泽的计划又重新燃起了科学家建立太空站的热情。1991年8月，来自世界各国的几十名大阳能专家聚集在法国巴黎，专门讨论了太空太阳能电站问题。不久，美国航空航天局和能源部宣布，1995年将在距地球36000公里的轨道上建立首座太空电站。然后在纽约州北部建立一个有几个足球场大的地面微波接收站，接收从太空电站用微波发回的太阳能，而且一天24小时都工作。届时，微波接收站将把接收的太阳能微波通过能量转换器变成约 50 亿瓦的电能输往纽约州的电网。5 04乙瓦的电力相当于5座大型核电厂的发电量。

太空电站由于可以日夜不停地发电，不受地面云层气候的影响，也不需要储能设备，一旦建成，就是一种取之不尽的理想高效而洁净的能源。

美国的一些科学家估计，到下世纪的 2025 年，美国有可能在太空建造 100 座太阳能发电站，可以满足美国 30%的电力。

前苏联在 80 年代中期,也设计了一座 100～150 兆瓦的卫星太阳能电站。因经济原因，何时才能实现尚无报道。

太空太阳能电站的产生和空间技术与材料科学的发展密切相关。随着航天飞机运载能力的提高和光电材料转化效率的不断改进，实现太阳能太空电站的计划在本世纪末是完全有希望的。

第九章地热千秋

地热，是蕴藏在各种温泉、热泉、火山岩浆中的热能。这种能量在世界上的分布非常广泛。因此，人类利用地热能的历史也很悠久。最早是直接利用温泉洗澡，以后是用地热取暖，到了 20 世纪又开始利用地热发电。特别是 70 年代之后，因世界性的石油能源危机，地热发电更是突飞猛进。

一、地热宝地北京

北京市有着丰富的地热能源，除著名的小汤山温泉区，北京市内的地下，地热也很丰富。据记载，至少在三百多年前，就有人发现了小汤山温泉并加以利用。现在，小汤山温泉疗养院不仅用地热温泉洗澡，治疗疾病，还用来冬季取暖。小汤山的疗养院的理疗楼就不是用烧锅炉的方法取暖而是用温泉水取暖。水温达 50℃的泉水从西泉眼抽出后，压入到总面积 1400 平方米的二层楼的暖气管道，在房间内循环散热后，给住院疗养的人带来温暖，然后流到另一个泉眼，循环使用，在冬天室外气温达零度以下时，室内温度能达到 18℃，一天可节约煤炭 500 公斤。

1973 年冬天，北京市朝阳区水产工作站终于醒悟过来，想起了地热温泉，何不用地下热水养非洲鲫鱼呢？于是马上进行试验。经过三个冬天的努力，非洲鲫鱼终于借助地下热水安全过冬，再也不必花高价空运鱼苗了。

小汤山的农民过去一直用地面自然水种水稻，由于水温低，生长期长，产量也不高。70 年代，他们开始利用地下热水育秧使育秧期提前 15 天，800 多亩水稻亩产增加 100～200 公斤。而且米的品质得到改善，好吃。

在北京站、新侨饭店、光华染织厂的地面下也有 48～58.8 ° C 的地下热水，因水中含氡、硫化氢、氟和二氧化硅等有医疗价值的物质，对治疗皮肤病有明显疗效。首都医院等单位曾对 422 例牛皮癣患者进行地下热水治疗。有效率达 90%。

二、西藏羊八井的“ 神灯 ”

地热丰富的藏北平原，流传一个和地热有关的神话传说。说很久以前有一只金凤凰因痛恨人间太黑暗，把一只眼珠献给了一个叫拉姆的姑娘，让她把眼珠高高挂起来照亮人间。藏民高兴地把金凤凰的眼珠称为“ 神灯 ”。谁知一位农奴主想夺走神灯，用毒箭射死了拉姆姑娘。在姑娘死去的地方，突

然山崩地裂，出现了一个热水湖，把农奴主淹死在湖中。传说这个热水湖里的湖水，就是拉姆姑娘流出的眼泪。

这当然是神话。但 1977 年在离西藏拉萨 80 公里处的羊八井热水湖旁，真的亮起了神灯。我国第一座利用地热发电的 1000 千瓦地热电站正式建成发电，1981 年又建成一座 6000 千瓦的地热电站，不仅把热水湖区的大地照得通亮，还向拉萨输送了电力。

羊八井的热水湖，有的温度超过当地的水沸点，可以煮熟鸡蛋，即使数九寒天，泉水仍然咕咕地翻滚不止。

热水湖为什么能发电？简单地说，只要热水的温度高于 70～85℃，它就可以把一种低沸点的氯化烷化合物变成蒸汽。用 4 个大气压的氯化烷蒸汽就可以驱动一个汽轮发电机发电。

据 1987 年公布的资料，我国已在西藏、湖南灰汤、河北怀来、辽宁熊岳、广东丰顺、江西温汤相继建成了多座地热发电站。地热总发电能力达 1.7886 万千瓦（包括台湾 3300 千瓦），居世界第 14 位。

1987 年，地热发电居前 10 名的是：美国（221 万千瓦）、菲律宾（89.4 万千瓦）、墨西哥（65.5 万千瓦）、南斯拉夫（60 万千瓦）、意大利（50.42 万千瓦）、日本（22.81 万千瓦）、新西兰（16.72 万千瓦）、萨尔瓦多（9.5 万千瓦）、肯尼亚（4.5 万千瓦）、冰岛（3.9 万千瓦）。

地热发电使地热能的利用跃升到了高级阶段，在缺乏能源而又无地热的地方，也可以分享到由地热区送来的电力。

三、岩浆发电

许多人都亲眼目睹过或从电视上看到过火山喷发时喷出的高温岩浆，其景象壮观，但制造出的悲剧也很惨烈。火山喷发给人类造成的灾害不胜枚举。当一些城市被火山灰和岩浆吞没从地球上消失时，就可以想象出火山岩浆热能无坚不摧的淫威和神力。

既然是高温岩浆，它就蕴藏着巨大能量。能不能在火山喷发前利用地下的高温岩浆为人类造福呢？在科学发达的今天，这一问题早已提上议事日程。

1975 年～1981 年间，美国能源部决定，首先进行火山岩浆发电的可行性基础研究。并在夏威夷岛基拉厄阿伊基熔岩湖搞了一个实验场，进行野外工程试验。1984 年，试验旗开得胜，证明地下深处的岩浆中储有大量热能。而且有办法发掘出岩浆中储存的热能，然后提取到地面上来。

在一系列研究之后，美国于 1989 年选定了用岩浆发电的发电厂址，计划在加利福尼亚州的隆巴列伊地区打一口 6000 米的深井，利用地下岩浆发电，计划为期 8 年，在 90 年代中后期建成岩浆发电厂。

这一宏大的计划设想，用泵把水压入井孔直达高温岩浆，水遇到岩浆变成蒸汽后引出地面，用蒸汽驱动轮发电机发电。按计算机模拟证明，单从一口井中得到的蒸汽热能发电，可以低得上一台 5 万千瓦的发电机组。美国能源部计算后宣称，仅美国的岩浆能源量可折合为 250～2500 亿桶石油，比美国矿物燃料的全部蕴藏量还多。

日本是世界上有数的多火山国家之一。因此紧跟美国之后，从 1980 年开始在日本岐阜县烧岳地区进行了高温火山岩发电的实验。日本新能源开发机

构成功地从 3500 米深处的地下高温岩体中提取出了 190℃的高温热水。方法是在花岗岩体中打两口井，往其中一口井中灌入凉水，再从另一口井中抽出高温热水。据实际证明，每分钟灌入 1.1 吨凉水，可连续回收 0.9 吨 190℃的高温水。

1989 年，日本新能源开发部又在山形县大藏村利用高温岩体连续地获得高温热水和蒸汽。他们在相隔 35 米的距离内钻了两口 1800 米的深井，以每分钟 0.5 吨的流量向一口井中灌进凉水，从另一口井抽出的水就被岩体加热到 100℃以上。他们下一步的目标是设法使凉水变成 200℃的蒸汽，最终实现发电。

英国也不甘落后，从 1987 年开始，在一个叫鲁斯曼诺斯的地方进行岩浆发电实验。因为这儿有一个废弃的花岗岩矿，花岗岩层下面就是热岩层，是英国一个温度最高的热岩地带。岩层温度比其他地方都高。在 200 米深处的岩体温度约 100℃，在 6000 米深处，热岩可以把水加热到 200℃。一口井就能产生 1 万千瓦的电力，可待续用 25 年时间。

英国计划在 1995 年建成一个 6 兆瓦的热岩发电厂，可满足 2 万人口小城镇的电力需求。

岩浆和热岩发电，把过去只会危害人类的火山岩浆变成为有用的能源，这是人类用智慧征服大自然的又一个奇绩。尽管岩浆发电目前还处于初始阶段，但它是能源动力中的一颗新星。到本世纪末，肯定有人可以用上由岩浆热能发出的电力。

第十章氢能的开发

一、氢能突起

从世界工业革命开始以来，人类无论在蒸汽机时代，还是在电气化时代，主要使用的能源和动力是通过燃烧矿物燃料得到的。据科学家计算，由于大量燃烧矿物燃料（煤、石油等），现在每年有几十亿吨有害污染物排放到大气中，有 50 亿吨碳变成二氧化碳，有 1000 万吨硫变成二氧化碳，还有为数不少的氮氧化合物，它们使地球大气层变得污浊不堪，气温升高，形成严重的温室效应。而既能替代石油、煤炭又能减少有害气体排放的独特燃料就是氢。

氢不仅是宇宙中含量最丰富的元素，而且燃烧后只产生水，没有任何有害气体，而且水经过分解又可以生产出氢，从这个意义上，氢作为能源可以取之不尽，用之不竭。

1986 年，瑞典人奥洛夫·载克斯罗姆在维也纳召开的“ 21 世纪最重要的能源 ”学术讨论会上。向来自世界各国的近 400 多科学家作了一个精彩的报告。他用一台风力发电机发出的电能，把水电解成氢和氧，然后，把氢作为燃料，注入经过改装的氢气发动机汽车，用来替代汽油开动汽车。此外，他家中的炉子和取暖燃料也使用他自己用风力制造出的氢气。

载克斯罗姆的这一成果大大鼓舞了能源科学家，他们认为，氢气将来完全可以替代不久就将枯竭的石油、天然气和煤岩一类的难以再生的一次能源。因为水可以制取氢，而水可以说是取之不尽。尤其是海水，不仅可以制

氢，还含有重氢（氘、氚），氢燃烧后又变成水。如此循环不已，是一种最理想的能源。它可以彻底解决有害气体污染大气的环境问题。因此，近年来，世界范围内研究氢能的热潮可以说一浪高过一浪。当利用风力和太阳能等洁净能源制取氢燃料的良性循环系统在全球普遍建立时，世界上就不会再出现酸雨、森林死亡等环境污染问题。

1989 年，日本通产省工业技术院化学技术研究所也发明了一种热化学法，把水分解成氢和氧，制造出了氢燃料。

我国沈阳市中华氢能源研究所 1989 年也发明了第一台水解式氢氧发动机，它以水作燃料。水在加入少量添加剂后，就可以自动控制运行，可以在各种汽车、拖拉机、火车、船舶和发电机中作燃料使用。

1990 年，德国开始建造一座 500 千瓦的太阳能制氢试验示范工厂。开创了利用太阳能发电，再用电分解水，生产出燃料氢的历史。此后，在中东沙特阿拉伯首都附近也出现了一座太阳能制氢厂，太阳能可以发出 350 千瓦的电力，然后将水电解成氢气。德国奔驰汽车公司和巴伐利亚汽车厂在组建一个汽车队，准备用水分解出来的氢作汽车发动机的燃料。德国还开始研究在公共汽车上用氢作燃料。为了完成这个研究计划，德国不惜每年投资 5000 万马克的费用。

前苏联也不示弱，1986 年，苏联科学家就发明了一种用水生产氢的新技术。他们利用一种叫高温等离子—化学反应器的装置，使水分解成氢和氧，每小时可生产 10 立方米的氢气。效率比传统电解法生产氢高 1000 倍。

可以说，只要有水的地方，就会有燃料。美国俄勒冈州太平洋能源公司，1989 年发明了能大量生产廉价氢燃料的新技术，可以用任何水（包括自来水、雨水、海水）制取氢，方法是在水中加入一种价钱很便宜的化学催化剂。用这种方法分解出来的氢，成本很低。相当于 1 加仑柴油释放的热量的氢气，只需花 41 美分。成为世界上最便宜的燃料。这种制氢方法的最大用途是为缺燃料地区的小型火力发电厂提供燃料。并在 1989 年获得了美国专利。

进入 90 年代后，用水制氢的研究更是紧锣密鼓。美国夏威夷自然能源研究所与佛罗里达太阳能中心合作，计划利用各地丰富的生物质能、地热、水力海洋潮汐、风力和太阳能从水和其他氢化物中生产氢这种无污染的能源，并制定了用氢能取代石油、煤炭等矿物燃料的过渡计划。

在加拿大和美国水力丰富的地区，已经有规模很大的电解水制造氢气的工厂。例如，加拿大多伦多电解器股份有限公司和诺兰达公司已制造出了一套 100 兆瓦的电解水制氢设备。

一句话，用水作无污染的洁净燃料，已不是天方夜谭，而是一种不可阻挡的趋势。

二、“臭鸡蛋气体”大有作为

人们很讨厌臭鸡蛋中的一股气味，它就硫化氢（H_2S）气体。但是，这种气体却可以变成有用的氢能。

在油田中，石油工人都知道硫化氢的臭气难闻。原来，在石油和天然气井中，硫化氢的含量很高，深层的天然气中，硫化氢的含量高达 25%。难道这种气体就真的没有用处吗？

1986 年，苏联库尔恰托夫原子能研究所和白俄罗斯技术研究的乔治·诺

维科夫等人，对油井中冒出的硫化氢气体来了兴趣。他们认为硫化氢气体虽然奇臭难闻，但组成这种气体的氢和硫却是工业上都很需要的元素。能不能把硫化氢“一分为二”，变成氢和硫，让它们各自作出贡献呢？有了这种想法，他们就设计出一种方法：即将硫化氢气体引进一个电磁场中，由于硫化氢分子受到电磁场的激化作用，在每个分子内部的温度达到几千摄氏度时，便分解成氢和硫。结果发现，用这种方法从硫化氢中获得的氢，比用水分解得到的氢所消耗的能量要少好几倍。而且还得到了一种有用的副产品——硫。

另外，从硫化氢中分解的氢气可以通过管道输送到 500～600 公里以外的地方，比远距离输送电力还便宜 10 来倍。科学家们还发现，氢如果加入汽油中还能增加汽油的效率，大约加入 5%的氢，汽油的效率可以增加 20%。而排出的废气中的致癌物可减少到只有 1/9。

目前，在前苏联的一些炼油厂，已经采用这一制氢技术，随着油气田继续向深层开采，这一支持正在扩大到其他炼油厂。

三、氢能汽车和飞机

从目前查到的资料看，最早使用氢气代替汽油作燃料开动汽车的国家，当属日本。1984 年，日本川崎重工业公司成功地利用金属氢化物制造出了世界上最大的储氢容器。该容器的储氢量可达 175 标准立方米。相当于 25 个压力有 150 个大气压的高压氢气罐的容量。这种储氢容器是由含富镧的混合稀土元素加入镍铝合金形成的储氢合金制成的。日本工业研究所受到这一成果的极大鼓舞，立即着手研制氢气发动机来取代汽油作燃料的汽车发动机。

但是，他们嫌川崎重工业公司的储氢容器的体积和重量都过大，其中稀土储氢合金的总重量就达 1000 公斤，在汽车上使用不方便。于是，用另一家公司（SanToku 公司）提供的 480 公斤储氢合金制造了一个能储存 80 标准立方米的氢气储存器。于 1985 年成功地在丰田汽车的四冲程发动机上试验。并在公路上行驶了 200 公里。开创了氢能汽车的先例。

1990 年，日本武藏工业大学制造了一辆使用液氢作燃料的汽车，取名为“武藏 8 型”。时速可达 125 公里。“武藏 8 型”氢气发动机装在日产汽车公司的一辆“美女 Z 型”车身内，用计算机控制泵和阀门，并使液氢的温度在发动机点火之前始终保持在—253℃。这种液氢发动机的特点是发动机的点火性能好，以前的氢气发动机点火困难，必须在燃烧室内装一个 900～1000℃的电热加热体，耗电量大不说，电热体材料的寿命也短。因此，汽车启动后的连续行驶里程不长。

新的“美女 Z 型”氢气发动机容易点火，火花塞的使用寿命增加了，耗电量则减少了。因此，灌一次液氢燃料可连续行驶 300 公里。每升液氢可使汽车行驶 3 公里。这辆车身重量为 1645 公斤，发动机最大功率为 73.5 千瓦的小汽车，在 1990 年 7 月 26 日，于夏威夷召开的第 8 次氢能国际会议上展开，吸引了许多科学家和工程师的注意。因为它是氢燃料汽车向实用化迈出了可喜的一步。

前苏联和美国则在氢能飞机上展开了急剧竞争。试图早日在飞机上用氢取代航空汽油等矿物燃料。

1988 年 4 月 15 日，在前苏联的某机场上空，高速飞行着一架图—155

型飞机，这架飞机有些古怪，所有的供给发动机燃料的管道不是安在机身内，而且特地安在机身的表面。原来这是一架由著名的飞机设计师阿·图波列夫设计的一架氢气作燃料的飞机，液氢储存罐安在飞机的客舱尾部。为了保证安全和防止液氢意外泄漏引起危险，图波列夫特地把供给氢的管道全部由机身内改装在机身外，并且还安有监视氢气泄漏的特殊传感器和信号报警装置，万一发生氢气泄漏，飞行员就会收到报警信号，然后可立即强行通风，吹散危险的氢气。这架飞机满载液氢燃料后，在高空试飞了 21 分钟并安全着陆。揭开了世界飞机发动机燃料史上新的一页。图—155 型氢能飞机试飞成功,引起了参加 1988 年 9 月在莫斯科召开的第 5 次世界氢能会议的代表们的极大兴趣。

美国航空航天局从 80 年代末开始，在研制一种比音速快 20 倍的超音速飞机，这种飞机采用的燃料也是液氢。它从地球的一边（例如纽约）飞到地球的另一边（例如新加坡）只需要三个半小时。但预计要用 5 年时间进行研制，再用 12 年左右才能投入实际使用。

俄罗斯也在加紧研制超超音速飞机，但设计的飞行速度不如美国的高，比音速快 5～6 倍。这种飞机从莫斯科飞到东京用不了 2 小时。它的机身长 100 米，宽 4 米，可载乘客 300 名，可在同温层中飞行，因为同温层里空气阻力较小。这种飞机也是以氢气作燃料，但在起飞和降落时使用普通燃料。

第十一章打垃圾的主意

现在，全世界能源短缺和严重的环境污染已成为影响社会和经济发展的拦路虎，不搬掉这两个心头之患，科学家们寝食不安。

于是，许多人面对遍布城市和乡村的大量垃圾，开始“ 琢磨 ”起来，都想在它的身上作点文章。打垃圾的主意，有两个重要原因，一是垃圾严重影响环境卫生，二是垃圾中也蕴藏着大量的财宝，如能变废为宝，就能一举两得。

现在世界上的垃圾多到什么程度呢？让我们先看看一些统计数字。

据我国建设部统计，1987 年中国 381 座城市产生的垃圾有 5358 万吨。北京市区每天垃圾产量达到 6700 吨。上海市每天有近万吨垃圾运往郊区和海边堆放。一座座高达二三米的“ 垃圾山 ”拔地而起。长沙湘江两岸的垃圾带长达数公里。

工业发达国家的垃圾就更多。据美国环保局公布的数字，1990 年平均每个美国公民每年抛弃的垃圾达 1．2 吨。英国每人每年产生的垃圾约 330 公斤，日本人每天产生 1 公斤多垃圾，独联体和东欧大部分城市，每个家庭每年扔弃的垃圾也有 400 多公斤。

在这许多垃圾中，有很大一部分是可燃物质，如美国人抛弃的垃圾，有将近一半是纸张和其他可燃物。垃圾燃烧时的发热量一般在 4000～12000 千焦/千克之间，燃料每吨垃圾的热量相当于 150 公斤标准煤的发热量。因此，垃圾中包含的能量，其潜力是非常诱人的。问题是看我们会不会去开发利用它们。

垃圾五花八门都有，如废旧轮胎和塑料、废纸、农作物废料（稻草、稻壳、棉梗、棉桃、秸杆、芦苇等）、牧场的牛粪、家禽场的鸡粪，甚至污水和淤泥都属垃圾之列，但是这些腐朽的废物中都蕴藏着可观的能量，有了现

代的先进科学技术，就可以化腐朽为神奇。垃圾发电就是能源宝库中的一颗新的“明珠”。

一、牛粪发电厂

牛粪自古以来就为人类立过“汗马功劳”，它是农民很器重的有机肥料。在青海、西藏高原，牛粪还是牧民的主要燃料，他们靠收集牛粪烧水作饭。所以凡是牧民，对牛粪都有不可缺少的亲切感！但直接利用牛粪这种排泄物时，毕竟令人难以接受，甚至也令人生厌。于是用牛粪发电的设想应运而生。

1989 年，美国在加利福尼亚圣地亚哥以东 176 公里的郊区，建立一个专烧牛粪的发电厂。为什么想起来用牛粪发电呢？原来在这里有一个巨型的养牛场，每天排泄的牛粪，真可以说能堆积如山，如果不处理掉这些废物，就会使牧场周围臭气熏天，无风时，臭气越集越浓，能使人窒息；有风时，臭气传百里。因此美国能源公司决定起用牛粪这个宝贝，让它燃料发电，把万能的电力送到千家万户。

这家牛粪发电厂真称得上是“点石成金”，它每小时燃烧 40 吨牛粪，可发出 1.6 万千瓦的电力。每年可获得 800 万美元，5 年多就能回收 4600 万美元的投资。用牛粪发电，每千瓦小时的成本才 7 美分。这个牛粪发电厂除能生产电力外，每天排出的约 160 吨灰渣也是有用的宝贝，有的买给公路建设部门用于铺设路基，有的用作农田的肥料，有的还可作污水吸附剂。真是神通不小。更重要的是，因用牛粪作燃料发电，每年相当于节省了约 30 万桶石油。

有许多人参观过这家罕见的牛粪发电厂，其发电过程非常别致有趣。工人们先把收集来的牛粪堆积晒干，经长期自然风干达到脱水标准后，可送到临时贮存库，也可以直接送到炉膛内燃烧。炉膛内有多层炉床干燥器和搅拌器，以利于牛粪完全燃烧。为了消除牛粪燃烧时产生的臭味，在燃烧炉内有一个处理残存挥发物和臭气的“后燃器”。后燃器中放有石灰石来吸收二氧化硫等有害气体，使排出的废气净化，不致严重污染空气。

这个牛粪厂每天用牛粪 800 吨，输送带每天不停地开动，把牛粪送到焚烧炉内燃烧，它产生的热使锅炉内的水每小时产生 68 吨蒸汽，推动一倍涡轮发电机发电。其电力足够供应 2 万户家庭使用。

英国一家公司受美国牛粪发电厂的启发，从 1990 年开始，在英国萨费克郡艾伊城附近投资 2000 万英镑，建立一座鸡粪发电厂。原来，这里有一个大型养鸡场，每天排泄的鸡粪也是堆积如山，处理难闻的鸡粪历来让人头痛。这里的人也想过用鸡粪作农肥，但是鸡粪中含的硝酸盐渗入土壤和水管后，造成严重的水质污染。而且还产生引起温室效应的甲烷气和滋生对人有害的细菌。

为了解决这个养鸡场的鸡粪“灾难”，英国政府能源技术援助机构决定支持英国的这家公司建立一座鸡粪发电厂。预计每年可燃烧 10 万吨鸡粪、褥草及木屑等鸡场废物，发电 1 万千瓦。供 1 万户家庭取暖和照明。

为防止燃烧的鸡粪废气污染大气，燃烧始终控制在 850～1000℃的高温下工作，以便消除异味和烧死细菌。电厂排放的二氧化硫和氮氧化合物等有害气体则用一个过滤装置滤掉。

二、生活垃圾发电厂

在英国伯明翰飞机场附近，有一个梅里登垃圾场，每天往这里运送各种垃圾的车辆络绎不绝，从家庭、商业和工业部门运来的垃圾每天就达 3500 吨之多。如果不及时处理，日复一日堆积下去，垃圾场就会不断扩大，不仅侵占可贵的土地，对环境的污染更是 ’ 脏不忍睹 ”。

英国政府面对这些垃圾山，终于同意管理这个垃圾场的公司建造一座垃圾发电站。早先，英国政府曾委托专家对这个垃圾场进行调查，发现这里的垃圾每分钟可以产生 2 立方米的可燃气。专家们起初是准备把一些管道插进垃圾堆里面，收集产生出来的可燃气体，然后出售。谁知销路不佳。这才建议不如将可燃气体用来发电。专家们测算后指出，这个垃圾场产生的可燃气体能生产 3500 千瓦的电力，足够一个 5000 人口的小镇的用电量。但建造这个电厂要花 150 万英镑。英国政府为解决垃圾问题，终于在 1985 年决定拨款资助兴建这个垃圾发电厂。据 1985 年英国政府进行的调查，英国国内有 669 个能产生足够的可燃气体的垃圾场，若都用来发电，所得电力可占全国发电量的 5%左右。因此投资兴建垃圾发电厂不仅能解决垃圾污染问题，还能提供相当可观的电力，一举两得。

垃圾场发电的过程大致如下：在收集到的可燃气体进入燃气涡轮发电机之前，先将燃气通过一个过滤涤气器，将其中的灰尘和带腐蚀性的杂质去掉。然后经压缩机将空气和可燃气体混合加压，升高到 20 个大气压，再送入燃气轮机中燃烧作功，驱动涡轮发电机。

无独有偶，德国的 EVS 能源公司从 1985 年起也开始了类似的工作。他们在比贝赫地区利用垃圾中产生的可燃气体作能源，到 1990 年，建成了 10 个利用垃圾产生可燃气发电的小型电站。总发电能力为 5000 千瓦。每年可发电 3500 万千瓦小时。

在美国的加利福尼亚州，也建立了一个燃烧垃圾气体发电的电站。该州的普恩特山垃圾很令洛杉矶市卫生部门头痛，那里的垃圾横流肆虐，一点不比其他国家和城市逊色。为了对付垃圾的挑战。他们与该地的能源部门合作，在 1985 年 3 月签订了一个合同，规定在 20 个月内建成 1 个 5 万千瓦的世界最大的燃烧垃圾堆气体的发电厂。每分钟可燃烧 495 立方米的垃圾可燃气体，该电厂现已正式发电。

三、垃圾变汽油

1990 年 2 月 18 日，在台湾省台中市的一个展览会上，一位叫邓健郎的工程师成了引人注目的人物，因为他有使垃圾变汽油的本事。

城市垃圾的处理已是一个世界性问题。邓健郎所在的台中市每天至少有 700 吨垃圾，而其中有约 150 吨是塑料类垃圾。他想，塑料这东西，本来是用石油、天然气一类的原料制造出来的，能不能让这些废旧塑料变回去，还其本来面目，再变成石油或天然气呢？“ 想起来 ” 容易，但作起来却不那么简单，这就像把黄豆作成豆腐比较简单，而要把豆腐变回成黄豆却很困难一样。把废塑料再变成天然气或石油也有很大的困难。

但邓健郎坚信他的想法是有根据的，所以不怕失败，在历尽了千辛万苦之后，终于找到了一种 “ 热分解 ” 法，使废塑料变汽油的想法成了现实。

“热分解”法一旦实验成功，他又觉得其实并不复杂。首先是把垃圾中的塑料袋、塑料瓶罐、废旧汽车轮船及自行车胎等一类废品挑出来，然后统统放进一个密闭的裂解反应炉中加热，并加上高压，就比如把布撕成碎片一样，高温高压可以把塑料这些高分子量化合物分裂成低分子化合物，然后通过一个油、气分馏塔，分别回收不同分子量和分馏温度不同的油和气。邓健郎用这种方法硬是从垃圾中“变出”了高纯度的汽油、煤油和液化天然气等有用能源。

台湾一家叫富胜公司的企业总经理对这种变废为宝的技术赞不绝口。因为，这种方法可以从 3000 吨废塑料中提炼出 2000 吨高纯度汽油，而旦在裂解塑胶时没有烟雾，不会造成公害。

台中市一家工厂，现在每天处理 30 吨胶垃圾就能生产出 20 吨汽油。以台中市每天产 700 吨垃圾计算,垃圾中的 150 吨废旧塑胶就可生产出 90 多吨汽油。

80 年代初，英国西北地方政府和大学合作，也曾研究出一种用居民垃圾生产燃油的技术。后来，英国曼彻斯特郡议会，曼彻斯特大学理学院和索尔福德大学工业中心发展了这种技术，并获得了专利。用这种技术，可以在几分钟内从大量居民垃圾（尤其是残渣剩饭）中生产出石油来。而石汕在自然界天然形成要用几百万年（只有在缺乏空气的条件下，经过压力和温度的长期作用才能把植物变成石油）。生产时，先将居民垃圾用镍催化剂和轻质油混合，以浮悬状态送进到一个温度为 350℃的高压反应器内，10 分钟后就可以使垃圾变成石油，得到的副产品是水和二氧化碳，石油的质量抵得上最好的天然石油，每吨居民垃圾可以产石油 450 斤，而且不含硫和氮，燃烧后不会产生酸雨。

美国是废旧轮胎最多的国家，为了利用堆积如山的这些废物，美国于 1987 年在加利福尼亚州兴建了一座 1.44 万千瓦的直接燃烧废旧轮胎发电的电厂。厂址建在美国最大的一个堆放废轮胎的场地附近。那里堆放的轮胎，在 80 年代末就有 3500 多万个。并以每年废弃 300 万个轮胎的速度增加着，而这个电厂现在每年烧掉 450 万个轮胎，发电 9000 万千瓦小时。

四、农业废料发电

在广大的农村，也有大量的垃圾和废料，比如稻壳、甘蔗渣、芦苇、秸杆、木屑之类。现在，由于能源紧张这副“催化剂”的作用，科学家们已为它们找到了可登大雅之堂的光明大道。

比如，在亚热带和热带产甘蔗地区，甘蔗制糖厂每年都有堆积如山的甘蔗渣废物。如何处理这些“残渣余孽”，曾是令人心烦的问题，但现在已证明，甘蔗渣发电大有可为。

首先提出用甘蔗渣发电的是美国国际开发署和夏威夷蔗糖种植者协会。1991 年 9 月，有 20 多个国家的 140 名代表，在夏威夷岛的火奴奴召开了一次怎样利用世界上的甘蔗渣发电的会议的问题。一些发展中国家对此尤其关心。因为到当时为止，只有美国夏威夷的一家制糖厂和毛里求斯的甘蔗制糖厂用甘蔗渣发电。

科学家们一致认为，用甘蔗渣发电，具有全球性的重要意义。如果世界上的甘蔗渣都能用来发电，以每吨渣发电 50 千瓦小时计，总电量可达到 310

亿千瓦小时。

但到 1991 年,只有夏威夷的 4 个甘蔗种植园与当地的电力公司签订了合同，毛里求斯只有两个制糖厂被选作甘蔗发电站。到 1990 年止，全世界用甘蔗渣生产的电力只有 3 万千瓦小时。

夏威夷制糖厂利用甘蔗渣发电，再用得到的电力来生产蔗糖，实现了良性循环，等于能源自给自足。他们在把甘蔗碾碎加工榨出糖汁后，就把含纤维的甘蔗渣作燃料，使发电厂的锅炉产生蒸汽，一部分蒸汽用来驱动涡轮发电机发电，一部分蒸汽用来烘烤榨出的糖汁，使它变成结晶糖。

除甘蔗渣外,美国通用电力公司于 1988 年在加利福尼亚州还建立了两座用稻草、稻壳、棉梗、棉桃等农作物废料作燃料的发电站每年可处理废料 7 万吨。1989 年 10 月建成发电，第一个电站的功率为 1.25 万千瓦，第二座为 7300 千瓦。

日本住金物产公司和嘉禾势机公司则于 1986 年成功地把农作物残渣制成固化燃料，并获得专利。方法是把稻壳或甘蔗渣、棕榈油渣、甜菜渣等残渣固化。例如，在收集的稻壳中加入 10%由石油制成的特殊粘结剂沥青，经过压缩成为“稻壳砖”，这种稻壳固化燃料的发热值，最高可达 19900 千焦耳/公斤以上，而且容易点燃。

1989 年，瑞士的科学家则发明了用芦苇作燃料的发电技术。方法是先将芦苇晒干，碾成粉末，然后用喷粉器把粉末喷入炉膛燃烧，发电原理与用煤发电相同。但成本比煤发电低 2/3。一公顷土地可产芦苇粉末 10 吨，可发电 5 万千瓦小时。目前，瑞士已种植了 100 万公顷芦苇用来发电。这一技术已引起许多国家的关注。

五、污水淤泥能源

在家庭和工业废水中，常含有大量污泥，沉积后经常阻塞下水管道，造成污水外溢，严重污染环境，捞出的污泥腐臭不堪，也令人头痛。以往都是先将污泥脱水、烧结和掩埋，不仅费用高，效率也很低。

80 年代中，日本通产省工业技术院公害资源研究所主任研究员横山伸立志要解决这个难题，经常为此绞尽脑汁。一天，他从不同地域取来污泥进行化验，发现不同地点的污泥成分也不相同。他把含水 75%的污泥先脱水，变成固态的污泥。结果发现，污泥中含有 84%的有机物，可以燃烧，且燃烧的热量达每公斤 4100 千卡（17000 多千焦耳）。有机物的成分中，含碳达 49%，氧 39.3%，氢 8%，氮 3.7%。他把这种脱水的污泥放入高压反应器内，加热到 300℃，并加上 120 个大气压的压力。结果，污泥中的半数有机物变成了重油。每公斤重油燃烧的发热量达 8000 千卡（33472 千焦耳）。污泥中有 70%的物质可转化为重油。既解决了污泥处理的问题，又得到了受人欢迎的重油，因此立即受到环保部门的青睐。

1982 年德国的科学家在研究城市污泥处理时，也曾发现污泥中含有可燃物质，可惜他们没深入研究下去。但这一消息公布后，却受到加拿大科学家的重视。并力促加拿大政府投资 200 多万美元在哈米尔顿的安特尼欧建立了一个试验工厂，开始将污泥转化成燃料的试验。方法是通过机械方法先将淤泥中的大部分水分去掉，并去掉其中的无用泥沙。然后，将液泥干燥成固体泥浆（水分不超过 5%），放进一个温度为 450℃的蒸馏器中。在与氧隔绝的

条件下进行蒸馏。结果，气体部分变成了燃油，固体部分变成为炭。

这一技术成功后，加拿大的这家试验性工厂以每天 25 吨的速度处理淤泥。每吨淤泥可生产出 2 桶与柴油相似的燃料和半吨与炭差不多的烧结炭。这一项目在 1986 年宣布成功后，立即引起了美国和日本的注意。

日本东京地区，下水污泥量 1985 年达每天 10 万立方米。以前主要是采取填海或掩埋的方法处理这些污泥。污泥曾在东京湾中央防波堤外的海中堆积，高出海面 32 米，再平整成土地来护岸。但这种处理污泥的办法，仅东京地区一年就需要在 140 亿日元。

近几年，日本有 40%的下水处理不再填海而是用污泥块与重油混合，经脱水脱油制成少水少油的污泥燃料，用于发电。1 吨污泥可回收 800 千瓦小时的电力。1987 年，日本在南部建立了一个日处理 250 吨污泥块、日产约 50 吨污泥燃料的发电站，发电能力达 1700 千瓦。

第十二章新型能源材料

1903 年，一艘叫“高斯”号的考察船到南极进行探险。谁料刚到南极，就遇上了一场暴风雪，结果考察船被冰冻在茫茫的冰原中动弹不得。这可急坏了船长和船员们。因为船上的给养有限，如果长期困在冰海中，无异于等死。为了能让船逃离险境，开始是用大锤砸，然后用炸药炸，企图“杀出”一条航路，但终因冰层太大而无济于事，人的力量面对这些冰层就好像蚍蜉撼大树。该想的办法都想了，船仍困在冰海中，大风雪过后，南极开始放晴。

突然，一个船员灵机一动，计上心来。原来他身上穿了一件黑色衣服，太阳一晒，觉得身上暖融融的。他立即向船长建议，把船上的黑煤屑和炭灰沿船的两侧和船头铺在冰面上。让太阳使黑煤屑变暖，融化冰块。这一招果然奏效。于是，船员们把船上所有的煤屑，甚至锅炉烟筒中的黑灰都搜集起来，在船的前方铺成了一条 2 公里长 10 米宽的黑色带，经过太阳光连日的照射，冰带终于融化，使考察船脱离了险境。

从这个故事我们知道，那些黑色的东西，是吸热本事最大反射热能的本事很小的材料。这可以说是最原始的吸收热能的材料。现在，我们把凡是能吸引能源、利用能源、节省能源以及提供能源的材料统称为能源材料。能源材料在能源动力发展史中，占有很重要的地位。

例如光电材料，就是非常重要的能源材料，它可以把太阳光的热能直接变成电能，因而诞生的光电池、光发电站等一系列能产生电的能源设备。

一、阳光“生”电材料

1876 年，英国有两位科学家，一个叫 W·G·亚当斯，一个叫 A·E 载。他们在研究硒这种半导体材料时，偶然发现，硒经太阳光一晒，竟能像伏打电池那样，产生电流。当时，他们把这现象称为光伏打效应。从那时起，人们就已知道，光能可以直接转变成电能。但是，硒产生的光电效应很弱，光变电的转换效率很低，只有 1%左右。就是说，相当于 100 瓦的光能照射硒，硒只是产生出 1 瓦的电能，因此没有什么实用价值。这样，光变电的现象没有受到充分重视，研究它的人也就“冷”了下来，直到 20 世纪 50 年代，光电效应仍然只作为一种罕见现象看待。

到 1954 年，美国的贝尔实验室在研究另一种叫做硅的这种半导体材料时，惊异地发现，当在硅中掺入一定的微量杂质后，光电效应非常明显，光转变成电的效率大为提高，达到 10%左右。就在这一年，贝尔实验室把硅晶体切成薄片，在硅片的正面和背面分别涂上少量的硼和砷，受光照射后，硅片涂硼的一侧即产生正电，而涂砷的一侧产生负电，将金属导线从正面和北面各引出一个电极，就成了世界上第一个光伏打电池。

从此以后，大批人投入了光电材料的研究，光电材料的光电转化效率也不断提高。

1958 年 3 月 17 日，美国首次在“先锋 1 号卫星”上用单晶硅光电池提供电源。只是这个光电池的功率小得可怜，只能供 1 个 5 毫瓦的辅助发射机的用电。自 1959 年后，全世界数以千计的卫星上几乎都装有利用太阳能的光电池，功率也逐步增加，有的高达 20 千瓦。我国 1990 年 9 月 3 日发射的“风云一号”气象卫星上，也采取了光电池。

最近几年，光电材料层出不穷，光电转换效率也不断提高，例如硅光电池的转换效率可达 16%，一些新型的电光材料如砷化镓，转换效率可以超过 20%。

太阳能光电池已经在人造卫星、无人灯塔、海上航标、摩托快艇、手表、计算器、路灯、钟塔、微波中继站等领域大量应用，并且出现了用太阳光电池开动的汽车、飞机。

二、阳光开动的汽车和飞机

1989 年初，在澳大利亚达尔文市到阿德雷的公路上，疾驶着一辆装配精巧的外型像甲壳虫似的汽车，以平均时速 67 公里行驶了 4 小时 54 分钟，汽车却没有冒尾气的尾管。原来这是一辆根本不烧汽油，而是用太阳光电池作动力的汽车。它也没有油箱，只在尾部安了一个由 8000 块砷化镓太阳光电池和 1500 块单晶硅太阳能电池组成的阳光发电系统，在正午时，太阳光电池输出的电力可达 1550 瓦。汽车上的 80 伏交流电动机的重量仅 5 公斤，汽车就靠这个电动机驱动行驶。电力完全由光电材料提供。

1990 年，日本北见工业大学制成一种新太阳能跑车，它的形状如空中飞碟，噪音很小，最高时速可达 100 公里。这种新型的车体外边全是硒这种光电材料制造的太阳能电池，只要在阳光下，它就能不断吸收光能并转变成电能。这辆太阳能跑车于 1990 年 11 月参加了在澳大利亚举行的汽车大赛。

80 年代末，美国阿柯太阳能公司利用光电材料发明了一种光电池板，能使汽车在夏天保持舒适，在冬天则易于发动汽车。原来，他们把一组光电池板安在汽车顶部，用阳光产生的电流开动汽车内的风扇，把车内的热气从一个特殊的气孔抽出车外，一小块光电池板可以把车内的温度降低 5～6℃。而到冬天，这种光电池板产生的电流可给蓄电池充电，使汽车易于发动。

1990 年 8 月中旬，由日本三洋电器公司制造的一架太阳能飞机在美国进行横跨全美的飞行，飞越了约 3600 公里。飞机的动力是由 700 只太阳管提供的，太阳管由非晶硅这种光电材料制成。总的发电功率为 300 瓦，由于这架太阳能飞机的重量只有 90 公斤，300 瓦的电力足以驱动一个直径约 2.4 米的推进器。而且飞机在空中大部分时间以滑翔为主。

三、发电玻璃

在各种太阳房、太阳炉等设备上都有能源材料。如第二章中介绍的美国佐治亚州陆军工程兵部队的可供 6500 人洗热水澡的太阳能热水池中,使用的黑色塑胶水床，就是专为吸收阳光热量的能源材料，热水池能加热到 60～70℃的温度就完全靠这种黑色塑胶，有了它，每年可以节约 11300 桶石油，因此称这种材料为能源材料是当之无愧的。

1986 年，我国宁波市建成了第一座太阳电池太阳房。面积为 30 平方米，采用硅这种光电材料制造的太阳电池。这种太阳房非常适合地质勘探、高山哨所等流动性作业人员使用。

1989 年，日本三洋电机公司研制成功一种新型玻璃，安在窗户上可以吸收太阳能发电。这种会发电的玻璃像毛玻璃，只能透过 15%的光线，有 85%的光被吸收，由于在玻璃上附有太阳能电池板，因此可把吸收的光能变成电能，用于室内的照明并为收音机等小型电器提供电源。这种发电玻璃也是地道的能源材料，安装玻璃的方法与普通玻璃的安装方法类似。

四、陶瓷取代钢铁

一提起陶瓷，一般人很快会想起碗、碟、瓷壶等家用陶瓷。这些陶瓷谈不上节能。和能源有关的陶瓷指的是发动机和内燃机中使用的现代结构陶瓷。它们是以节约能源为目的而研究出来的。现在，中、日、英、美、德等国家都已用高温结构陶瓷制成发动机在汽车上使用，可以使燃料的消耗减少 20～30%，提高热效率 30～40%，因此把节能陶瓷称为能源材料。

节能陶瓷的研究也是受 70 年代石油危机的促进。当时，能源科学家设想，如果一辆汽车能节省 20～30%的汽油，就等于在全世界多开发了 1/5～1/3 的大油田，这一数字对汽车工业的吸引力真像磁铁一般。

原来，现在大多数汽车发动机都是金属材料制成的，它的一个致命弱点就是难以在 900℃以上的温度下工作，而且要配一个冷却系统，所以汽车发电机又笨又长，光拉着它行走就要多费好些汽油。如果采用陶瓷来制造发动机呢，因为它重量轻，又耐高温，不需要冷却系统，在 1000℃以上的高温也能工作。这样，用同样多的汽油可以拉更多的人和货。等于大大节省了汽油（计算结果可节省 20～30%）。

但是陶瓷有一个“要命”的缺点，就是太脆，在汽车上一颤筛就容易碎。由于遇上这么个“拦路虎”，使陶瓷“上汽车”的美好理想很难实现。不过，世上无难事，只要肯登攀。经过各国科学家的不断探索，到 80 年代末，中、日、德、英、美等国终于先后用不同的方法攻克了这个难关。其中，以英国帝国化学工业公司 1990 年制造的一台陶瓷汽车发动机最具有传奇色彩。

这家公司的威廉·克莱格博士领导的研究小组从 80 年代起就致力于如何解决陶瓷易脆碎的难题，但一直进展缓慢。一天，威廉·克莱格发现，贝壳这东西虽然很硬，但掉在地上很难摔碎。如果陶瓷也能像贝壳一样，既硬而不脆，不就解决问题了吗？

于是，克莱格收集了许多贝壳，磨成试片在显微镜下观察。结果发现，贝壳是由许多层状碳酸钙组成的，而在每层碳酸钙之间夹着一层有机质，是它们把层层碳酸钙钻在一起。原来，贝壳不易摔裂，是因为中间那层有机质

能阻止脆性碳酸钙中产生的裂纹扩展到另一层碳酸钙中。克莱格从贝壳的结构中得到启示。他选择了碳化硅陶瓷烧成薄片，然后在每片碳化硅陶瓷上涂上石墨层，再把涂有石墨层的碳化硅片层层叠起来，加热并挤压，石墨层起粘结剂的作用，把这种“千层饼”式的碳化硅片粘结得很牢固。即使碳化硅片遇到撞击，顶多只有表皮的几层会破裂，而表层很薄的几层脱落时能把大部分冲击力吸收，从而避免了整个零件碎裂。经过试验证明，想折断涂有石墨层的碳化硅陶瓷所用的力量比折断纯碳化硅陶瓷的要大 100 倍左右。

1990 年，克莱格就是用这种仿贝壳结构的碳化硅陶瓷制造了第一台耐高温不需要冷却水系统的汽车发动机。

我国的科学家用类似的思想方法和陶瓷复合材料也解决了陶瓷易碎的问题。我们知道，泥土干了后，一捏就碎，但用稻草拌黄泥压成的土坯要坚韧得多；水泥很脆，但里面埋入钢筋就成了坚不可摧的钢筋混凝土。两种不同的材料合在一起，取长补短，就会具有新的性能。我国的材料专家就用在陶瓷中加入有韧性的纤维的方法制成陶瓷复合材料，增加了陶瓷的抗冲击能力。1991 年 3 月 22 日，《光明日报》在第一版显著位置报道了我国第一辆使用不需要冷却水的陶瓷汽车发动机作动力的大客车，往返于上海和北京之间，行程 3500 公里。由于这种陶瓷发动机不需要冷却装置，大大减轻了发动机重量，工作温度可以超过 1000℃，热效率大大增加，因此可以节省大量汽油（20～30%）。

目前，世界上只有中、日、英、美、德等少数国家制造出陶瓷汽车发动机，但还不能大批生产。原因是多方面的，其中一个重要原因是陶瓷零件的质量如何检测，尤其是无损检验还没有过关。因此，尽管陶瓷汽车发动机的节能效果极有诱惑力，但要使耐高温结构陶瓷这种能源材料达到普遍应用，还有许多工作要做。当陶瓷汽车发动机得到普及推广时。这种能源材料将在能源史上树立一块值得纪念的里程碑。

五、将氢储存起来

早在 1874 年，富于幻想的美国作家朱尔斯·维恩曾预言：世界的能源最终将以氢为基础。现代的发展趋势表明，这一预言将成为现实。因为下世纪有可能过渡到少碳甚至无碳燃料时代，成为氢原子取代碳原子作动力的时代。如果热核聚变一旦取得突破，这一趋势就更加快了。

但是，用氢作燃料也有一些难题要解决，即氢的储存和运输不太安全，容易爆炸。目前储存和运输氢气的方法有三种：一是气态储存把氢加压至 150～200 个大气压后装在耐高压容器中输送，二是将氢冷却到—253℃使它液化后再输送。还有一种方法就是利用金属氢化物对氢吸附极为强烈的特点储存氢气，这种方法因为需要高压和低温条件，应用起来安全方便得多，因此成为最热门的研究课题。

发现有些金属能吸收氢气的历史很早，如钯、锂等金属都具有很强的吸氢能力。但是，怎样才能很方便地使吸进的氢气再释放出来，适于不同用途，却难住了许多人。因此研究能储存氢又能释放氢气的能源材料就成了现代材料科学家的一个重要课题。

储氢材料有一些有趣的历史。早在第二次世界大战期间，美国的飞行员经常随身携带一种药丸式的东西，但又不是药，它一放进水里就会冒出大量

气体。原来这是一种氢化锂丸，是飞行员的保命丸。当飞行员在海上失事或被击落坠海时，只要把氢化锂“药丸”放进特制的盛有水的装置内，氢化锂丸就会立即溶解而释放出大量氢气。一个氢化锂丸释放出的氢气，足以使救生艇、救生衣一类的救生器具充气膨胀，安全地漂浮在水面上，因为 1 公斤氢化锂可以释放出 2800 标准升的氢气。当时使用的这种氢化锂，其实就是一种储氢合金，但这种合金储氢过程复杂，只能一次性使用，氢释放后，锂本身很活泼，会立即吸收大量空气，无法第二次吸氢。因此后来很少应用。

此后，又陆续发现不少金属能吸氢，但吸氢量很少，没有实用价值。

到 1974 年却出现了一个奇迹，可以称得上是“踏破铁鞋无觅处，得来全不费工夫”。这一年，日本大阪守口市松下电器公司中央研究所突然发生了一起怪事。在一个用钛猛合金制造的氢气瓶内，前一天晚上还储有 10 个大气压（约 1000000 帕）的氢气，到第二天早上，压力却降到了不足 1 个大气压。经仔细检查，气瓶并没有漏气。查来查去，原来问题出在制造气瓶的材料上。气瓶制造厂并不知道钛锰合金有很强的吸氢性能，只知道它强度高，耐压保险，就用它装氢气。谁料它把瓶内的大部分氢气吸进瓶壁里去了。压力当然下降。这一偶然事件使人意外地发现了一种新的储氢合金，这种合金可以反复吸收氢气，在加热到一定温度时，又能把氢气释放出来。这正好是科学家们梦寐以求的储氢材料。从此以后，许多国家，尤其是日本和美国，简直以近乎着迷的程度研究储氢合金这种能源材料。

现在，全世界已研究出的储气合金，除钛锰合金外，还有镁镍合金、镁铜合金、镧镍合金、铝锰合金和各种含稀土的储氢合金。每年都有 100 种以上的储氢合金申请专利。这些储氢合金吸收的氢气可以为不同的机械或电器提供能源。例如为汽车、热泵、空调设备、无噪声的动力转换设备、燃料电池等提供能源。

六、金属氢的诱惑力

1989 年 5 月，美国华盛顿卡内基研究所的科研人员毛何匡（ku ǎg）和鲁塞尔·赫姆利宣布，他们用 2250 万个大气压力，把气体氢压成了固体氢，这种氢不仅密度高（据计算可达到 0.562～0.8 克/立方厘米），而且具有金属导电性，是一种储能密度极高的能源材料。这一消息振动了许多物理学家。

氢气在常温压下本是一种不导电的气体，卡内基研究所的人为何会想起制造能导电的金属氢能源呢？

原来，自 50 年代美国通用电气公司在实验室利用高温高压（2000℃，2 万个大气压）将石墨变成金刚石之后，许多科学家对高压的神奇作用发生了浓厚的兴趣，尤其对氢在高压下的可能变化抱着异乎寻常的希望。

我们知道，在化学元素周期表中，氢和锂、钾、钢、钠、铯、钫都同属 1A 族元素。可是，在这个家庭中，其他成员都是金属，唯独氢不是。能不能用高压使气体氢变成固体氢和金属氢呢？他们先从理论上进行了分析，认为这是可能的。一是氢和锂、钾、钠等元素是同一族的元素，有“亲缘”关系，二是从金属的特性去分析的：金属在规则地排列的原子结构中存在着各个原子共享的自由运动的价电子。于是人们设想，如果给氢分子加上高压，就可能将只有两个氢原子的氢分子压垮，当高压达到某一个关键压力时，氢原子核周围仅有的一个电子就可能和邻近的氢原子核十分接近，而转变成为其他

氢原子核共同占有的自由电子。这样，本来是绝缘体的氢就会因为有了共享的自由电子而变成可以导电的金属氢。

卡内基研究所的这两位科学家根据这一理论分析开始了实际实验。他们取来纯度很高的氢气，放在一个能承受极高压力的金刚石之间的密闭装置内，在零下—196℃的低温下逐渐加压到 250 万个大气压。发现气态氢从透明状态逐渐变成为褐色，最后变成为有光泽的不透明固体，导电性也发生变化，由绝缘体逐渐变成半导体，进而变成了导电体。他们于 1989 年 5 月初在美国地球物理协会上报告这项实验结果。

这项研究有两方面的重要意义。一是一旦能得到稳定的金属氢，人们就可以获得一种高能量密度的无污染的能源材料，二是金属氢的研究还有助于解决理论物理和天体物理中存在的一些长期得不到解决的问题。例如，天文学家在观察太阳系的木星和土星时发现，这两颗行星的主要成分可能是液态的金属氢。航空航天专家和一些行星学家非常希望了解，在多高的压力和温度下氢会变成金属，只要知道在什么条件下氢可以变成金属，人们就能了解行星上有多少氢是金属及其对行星导电性的影响。

金属氢是一种极有希望的能源材料，目前许多火箭中也使用液氢燃料，但液氢密度小（0.071 克/厘米 3），火箭燃料箱的体积就要做得大，火箭自身重量就要增加，如果用金属氢，因密度大，同样体积的氢释放的能量比液氢要大得多。

但制造金属氢有很大困难，可能需要经过几代人的努力才能取得突破性进展。目前，美、俄、日等国家都宣布用高压技术观察到了金属氢的现象。但在压力卸除后金属氢又变成了普通的氢气。因此，尽管金属氢对人们有巨大的诱惑力，但要在常压下得到稳定的金属氢，还有许多难关要攻克。

一些持乐观态度的科学家认为，这个问题总有一天会解决。因为石墨在高温高压下变成金石后，就能在常温常压下长期稳定地存在。因此，尽管困难重重，科学家们仍以坚韧不拔的毅力在从事金属氢的研究。

七、超导材料蓄电储能

超导材料是一种没有电阻的材料，既能节能，减少电能因电阻而消耗的能量，也能把电流储存起来，供急需时使用。

自从世界上以电力作为主要动力以来，就遇到两个令人头痛的问题，一是在输送电流时，不少电力因导线有电阻而发热，白白损失了相当的电能。另一个问题就是，白天的电力常常严重不足，而深夜的电力又大大富余，搞得发电机白天超负荷运转，深夜时却空转，电力白白浪费。

于是，能不能把夜间富余的电力储存起来以弥补白天电力不足的问题，就成了一大难关。90 年代之前，大多是采用“抽水蓄能”的办法，即在电力富余的时间里，用多余的电力把处在位置较低的水库的水，抽到一个位置较高的水库内，等到电力不足时，立即从高位水库放水，进行水力发电，以保证电力系统正常运转。早在 1892 年，欧洲就建立了第一座抽水蓄能电站。到 1989 年，世界上至少有 200 多座这种电站分布在 60 多个国家和地区。我国在广州和北京十三陵也建立了两座大型的抽水蓄能电站。

但这种方法有不少缺点。一是抽水时本身要消耗大量电力，蓄能效率只有 70%。而且建立高位水库占地面积大，每蓄存 1000 千瓦小时的电，需要

建 1400 立方米的水库，而且这种方法调节电力余缺的反应速度慢。从缺电信号发出到蓄水池发电，通常要经过 15 分钟。这种速度很难满足现代的许多特殊用电要求，尤其是战争中需要快速反应时，蓄水发电常常延误战机。

1987 年，美国国防部为适应“星球大战”的需要，决定建立一个用超导材料储电的蓄能装置，在和平时期可向居民供电，在导弹袭来时，可为激光武器供电，用激光摧毁导弹。

因为超导材料没有电阻，它的蓄能效率高，可以回收 98%的多余电力。而且反应速度快。一旦需要电力，在 0.3 秒钟内就可从超导储能线圈中把电流引出来送到任何电网。这对星球大战时所需电力是非常重要的。

现在美国已设计并着手建造一个可以储存 500 万千瓦小时的巨型超导储电装置，它像一个巨大的轮胎，深埋在地下的核心部分是用超导材料做成的储能线圈。它的直径就有 1568 米。储存的电力足以供几十万人口的城市照明用电。

超导材料为什么能储电呢？原因就在于它没有电阻，只要把电“注入”超导线圈，电流就可以无休止地在线圈中流动也不会有损耗。

八、超导材料的发现和发展

在地球上，所有的元素和材料都有电阻，就是导电性最好的银、铜、铝也不例外。那么没有电阻的超导材料又是怎么发现的呢？

那是 1911 年，许多科学家发现，金属的电阻和它所处的温度条件有很大关系。温度高时它的电阻就增加，温度低时电阻减少。并总结出一个金属电阻与温度之间的关系的理论公式。这时，荷兰物理学家昂尼斯为检验这个理论公式是否正确，就用水银作试验。他把水银冷却到—40℃时，亮晶晶的液体水银像“结冰”一样变成了固体，然后，他把水银拉成细丝，并继续降低温度。同时测量不同温度下固体水银的电阻，当温度降到 4K 时，一个奇怪的现象发生了，水银的电阻突然变成了零。开始他不太相信这一结果，于是反复试验，但都是一样。这一发现轰动了世界的物理学界，后来科学家把这个现象叫超导现象，把电阻等于零的材料叫超导材料。

昂尼斯和许多科学家后来又发现了 28 种超导元素和 8000 多种超导化合物材料。但出现超导现象的温度大多在接近绝对零度的极低温，没有什么经济价值，因为制造这种极低温本身就很花钱而且很困难。

为了寻找在比较高的温度下没有电阻的材料，世界上无数科学家奋斗了近 60 年，也没有取得什么进展。直到 1973 年，英美一些科学家才找到一种在 23K 时出现超导现象的铌·储合金。此后这一记录又保持了 10 多年。

到 1986 年,在瑞士国际商用公司实验室工作的贝特诺茨和缪勒从别人多次失败中吸取了经验，放弃了在金属和合金中寻找超导材料的老观念，解放思想，终于发现一种镧铜钡氧陶瓷氧化物材料在 43K 这种较高的温度出现超导现象。这是一个了不起的成就，因此，他们两人同时获得了 1987 年的诺贝尔物理学奖。

此后，美籍华人学者朱经武，中国物理学家赵忠贤在 1987 年相继发现了在 78.5K 和 98K 时出现超导现象的超导材料。这样，超导材料就可以在液氮中工作。

更令人振奋的是，1991 年美国和日本的科学家又发现了球状碳分子 C60

在掺钾、钯、钕等元素后，也有超导性。有些科学家预料，球状碳分子 C60 经过掺金属后，将来有可能在室温下出现超导现象。那时，超导材料就有可能像半导体材料一样，在世界引起一场工业和科技革命。因为没有电阻的材料用途极为广泛。用它输送电流不会损耗电力，用它作发电机可以做得很小，例如一台普通大型发电机需用 15～20 吨铜丝烧成线圈，如果用超导材料作线圈，只要几百克就够了，而发出的电力却一样。因此，超导材料是最好的能源材料。