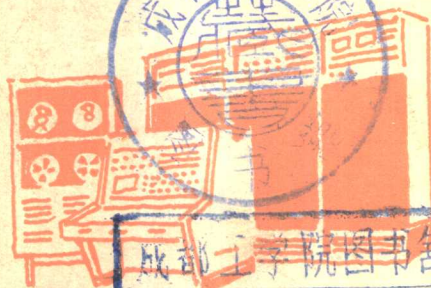
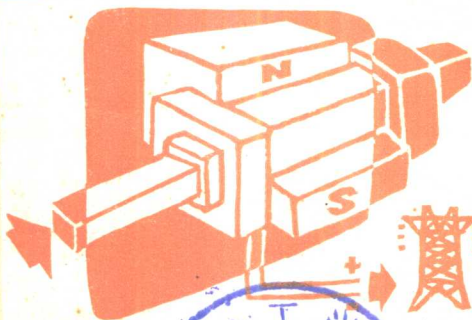


新技术普及丛书

516160

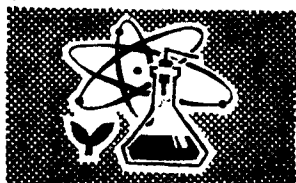
52313
3131-



成都工学院图书馆
基本馆藏
发电新技术

上海科学技术出版社

新技术普及丛书



发电新技术

上海科学技术出版社

新技术普及丛书

发电新技术

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海中华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 4 字数 88,000

1978年9月第1版 1978年9月第1次印刷

印数 1—60,000

书号: 15119·1940 定价 0.30元

前 言

电，这是大家很熟悉的一种动力，其重要性是不言而喻的。革命导师列宁曾经说过：“共产主义就是苏维埃政权加全国电气化”，“没有电气化计划，我们就不能进行真正的建设”。英明领袖华主席为全国电力工业会议题了词：“自力更生，奋发图强，因地制宜地充分利用我国的能源，加快电力建设，为实现四个现代化作出贡献。”今天，我们正处在一个历史发展的新时期，社会主义建设将进入一个新的高潮。发展电力工业，则是从根本上改变我国的面貌，实现四个现代化，建设起强大的社会主义国家物质基础的必不可少的条件。

毫无疑问，在发展国民经济时，电力必须先行。但是，电力是一种二次能源，即是说，它是靠其他能源转换而来的，目前主要是靠水力和燃烧煤炭、石油、天然气等矿物燃料转换而来。由于地壳中煤炭、石油、天然气的贮量有限，这些物质又是重要的化工原料，可以用来制造各种化工产品、如化纤、塑料、化肥、人造蛋白质等等，把它烧掉很是可惜。因此，节约煤炭、石油不仅具有现实意义，而且具有长远意义。

既要节约煤炭和石油，又要多生产电力，怎样解决这个矛盾？这就要我们想方设法去开源节流。也就是说，一方面要积极地研究和利用新技术和新的发电方法，提高燃料利用效率，减少损耗多发电；另一方面，要因地制宜大力开发利用各种能源，用以代替煤炭和石油。

我们知道，地球上存在着各种形式的自然能源，除了燃料能（化学能）之外，还有太阳能、水能、风能、潮汐能、波力能、地热能等等，这些能源都是巨大的，譬如太阳能，据粗略统计，每年照射到地面上的能量要比目前全世界已利用的各种能量的总和还要大一万倍。又如波力能，要是把波浪对海岸冲击的能量全部收集起来，那么每公里长的海岸线在不同的风速下就可发出 6000 到 50000 千瓦的电力，同样，潮汐、地热等等自然力中也蕴藏着巨大的能量。但是这些能量至今大部分还没有得到充分的利用。再从其他非自然能源的利用来看，自从人们发现了原子能的秘密后，原子能的利用就展现了远大的前景。现在人们不仅成功地利用原子核的裂变来发电，而且正在积极研究原子核的聚变反应，以便制造出“人造太阳”——热核反应堆，从根本上解决能源问题。此外，水的组成成分——氢，作为一种能源，也初露头角。它可以由“取之不尽”的阳光来分解“用之不竭”的水而获得。由此可见，自然界为我们提供了无限的能源，能源决不会“枯竭”。而大力开发和利用它们，正是我们面临着一个重要任务。

为使读者对于当前研究和开发中的一些能源和新的发电技术以及有希望的贮能方法有所了解，我们组织了有关单位的同志编写了二本科普读物，一本是《自然能的利用》，还有一本就是本书，供大家参考。

目 录

原子能发电	冯泽君(1)
磁流体发电	胡应将(38)
超导电与超导电机	周福根(58)
电气体发电	严鸿基(74)
抽水蓄能	李炳仁(87)
超导电感电力储能	段鸿昌(105)



原子能发电

上海原子核研究所 冯泽君

一九六四年十月十六日，震天动地的一声巨响，红色的蘑菇云从我国西部地区

冉冉升起，我国第一颗原子弹爆炸成功了。接着我国又成功地进行了一系列氢弹和原子弹试验。这标志着我国原子能事业的飞速发展，这是我国各族人民在党和毛主席的英明领导下，发扬“独立自主，自力更生”的革命精神，奋发图强，为加强国防、保卫社会主义祖国而取得的伟大成就，也是我国人民为打破苏美两霸核垄断、核讹诈和支援世界人民革命所作的重大贡献。

现在，原子能在



图1 我国第一颗原子弹爆炸

各方面的应用已经愈来愈广泛了，它和我们的关系也愈来愈密切了。放射性同位素和各种射线在农业、工业、医药卫生以及生物、物理、化学等方面的应用已逐渐为大家所熟悉。原子能在动力方面的应用又是一个广阔的领域，有待我们进一步研究、发展。无疑，原子能的利用对发展我国国民经济、促进社会主义建设将起着越来越大的作用。

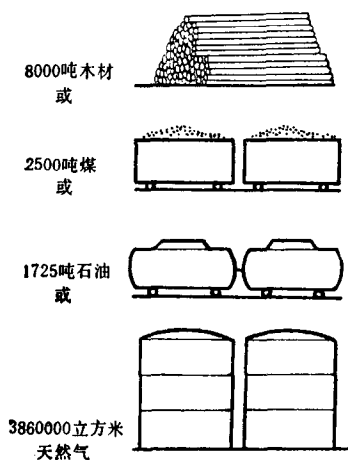
一、利用原子能的重大意义

我们知道，人类在生产和生活中每天都要消耗很多能量。譬如：冬天取暖，夏天开电风扇，机器运转，汽车和火车奔跑，飞机和火箭的航行等等，处处都需要能量。长期以来，人类想

一公斤核燃料铀产生的
能量相当于：



尽一切办法为扩大能源而
进行斗争。



现在可供我们应用的燃料有木柴、煤、石油和天然气等等。这些物质产生能量的本领有大有小，各不相同。例如，燃烧一公斤普通木柴，大约能产生2150大卡的热量（一大卡相当于把一公斤的水，温度升高 1°C 所需的热量）。煤、石油和天然气，虽然它们产生能量的本领比较大，一公斤标准煤可以产生7000大卡的热量，一公斤的石油可以产生9976

图2 核燃料同其他燃料
产生的热能比较

大卡的热量，而重量相当于一公斤的天然气，则可以产生 15480 大卡的热量，但地球上储藏的煤、石油和天然气的数量毕竟是有限度的。现代工业不断在发展，人们对能量的需要也不断增加。据估计，目前世界上每年电力约增长 7~10%，也就是说每隔 7~10 年即翻一番。如按这个速度增长，一百年以后，电力的需要量将达到现在的六十倍，因此，燃料的需要量也将急剧地增加，何况这些物质又是化学工业和制造某些贵重物品不可缺少的原料，白白烧掉，很是可惜。所以积极寻找新的能源以代替目前的矿物燃料就显得非常迫切的了。

原子能的发现，是近代科学技术上的一项重大成就。它给我们提供了一项新的巨大的动力源泉，为人类改造自然开辟了崭新的道路。人们利用原子能，可以大规模地开山劈岭，移山造田，使险峻的河道畅通无阻，把河水引上高原和荒芜地区，使千万年沉睡的沙漠变成万物茂盛的绿洲，促进工农业迅速发展，使火车、轮船、潜水艇、飞机、火箭等跑得更远、飞得更快。就将来发展来说，人类在开发自然和向自然进军进行斗争中将愈来愈多地应用原子能。

二、用原子能作动力有哪些优点

首先，地球上的原子能燃料储藏量非常丰富，铀和钍是产生原子能的两种主要物质。它们在地层里分布很广，在地壳表面五公里深的地层内，铀和钍的储藏量大约有一万亿吨，按目前技术水平，至少可以经济地从中开采出二千六百万吨。这些原子能燃料如果充分加以利用，它能够提供的能量大约相当于地球上储藏的煤、石油和天然气能量总和的几十倍。另外从海水里还可以提取大量的铀。据报道：一立方米海水中，平均含有 0.0033 克铀，而较深的海水中含量还要高一些，每立

方米可达 0.004 克。千万别小看这个数字，全世界的水里就蕴藏着 40 亿吨铀，这是一个极其巨大的数字！

以上所说的是利用重元素原子核分裂时产生的原子能而言。随着科学技术的发展，我们还可以利用某些轻元素的原子核，例如氘和氚——氢的两种同位素发生聚变，而获得更多的原子能，这就是形式上和分裂反应相反的热核反应。一公升水中所含的氘，如果全部参加聚变反应的话，将能够发出相当于 400 公升最好的石油所能发出的能量。地球上的水是用不完的，所以热核反应提供的能量更为巨大。将来人们还可以利用反质子和质子的作用，以产生更多的能量。因此，地球上的能源决不是枯竭，而是取之不尽，用之不竭的。

原子能燃料的另一个优点是能量非常集中。一公斤铀全部分裂的话，大约可以得到 1.72×10^{10} 大卡的能量，为了得到同样多的能量，需要烧去 2500 吨的优质煤，也就是说要烧去重量大二百五十万倍的物质。一座功率为 50 万千瓦的中型火力发电站，每年至少要烧掉一百五十万吨煤，而同样功率的原子能发电站，每年只要消耗 600 公斤铀就够了。所以利用原子能发电，可以节约很多煤炭，又可避免大量燃料的运输问题，减小不少麻烦。在交通不方便的偏远地区、沙漠和高原地带，或其它缺乏燃料的地方，都可以建筑原子能电站，用来发展工农业生产和满足生活上的需要。利用原子能作动力的运输工具，例如各种原子能船舶，特别是对于水下活动的船舶也只要携带少量的燃料，就可以长时间地连续航行。

原子能燃料还有一个特点，它燃烧时不需要空气助燃。所以原子能电站可以建筑在地底下，山洞里，水下，或者空气稀薄的高原地区，既不受地形的限制，又不占用农田，还可以防止射线的伤害。

此外，原子能动力的事故率也比其它工业部门为低。由于反应堆设计比较安全，运行中发生事故的机会较少，加上有效的防护，对大气和环境的污染也比火力发电站为小。就这方面而论，原子能电站倒是一种比较清洁的能源，而燃煤的发电站情况就不一样，一座 50 万千瓦的燃煤电站，它每天都要排出 200~350 吨含有大量烟尘和含二氧化硫等有害气体。据报道，大气中 46% 的二氧化硫来自火力发电站，所以对环境卫生影响很大。

就电站的建筑和发电成本来说，原子能电站也比火力发电站经济。原子能电站所需的固定投资比火力发电站为高，但长远的燃料费用和维护费用则比火力发电站为低，核电站规模越大，生产每千瓦电能所需的投资费用下降更快。目前，建筑一座功率为 50 万千瓦的中型发电站，原子能电站要比火力发电站合算。

应用原子能作动力有这么多优点，但是巨大的原子能究竟是从哪里来的？它是怎样产生的？我们又怎样获得原子能？在讨论这些问题之前，我们先简单叙述一下物质的原子结构。

三、揭开原子构造的秘密

在我们生活的这个大自然里，到处都充满着形形色色的物质，例如在我们的周围，就经常可以碰到水、空气、木材、煤、食盐、铜、铁等等，据统计，现在已知的物质就有一百万种以上。自然界的物质，看上去虽然千差万别，五花八门，其实，归根到底，它们都由为数不多的几种原子构成的。原子构成物质时，通常都是由两三种原子按一定比例紧密地结合在一起，先形成一个个体，这就是分子，然后再由相同的分子构成一种

物质。这种情形,就象造房子一样,水泥、石子和水按照一定比例先做成砖,然后再由砖砌成房子。

分子和原子究竟有多大?它们又是什么样子?

到目前为止,单独的分子和原子谁也没有见到过,就是特别巨大的分子也只有用放大倍率很高的电子显微镜才能看到。尽管如此,可是人们却早已有了测量分子和原子大小和质量的方法。现在人们已经精确地测量出水分子的直径是0.000,000,028厘米,即 2.8×10^{-8} 厘米,也就是一个水分子的直径只有一万万分之2.8厘米。

一滴雨水里大约有 15×10^{20} 个水分子,就是有十五万万万个水的分子,如果把这些水分子一个挨一个地排列起来,这个队伍就有四亿二千万公里长。地球距离月亮大约有三十八万四千公里,要是从地球排到月亮,再从月亮排回地球算作一次的话,这样一滴水的分子就可以来回排五百五十次,可见分子是小得简直不可想象的东西。

那么原子呢?

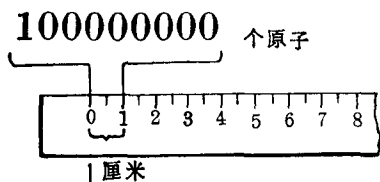


图3 一万个原子排成一行,
只有一厘米长

原子比分子还要小,原子的直径只有 1×10^{-8} 厘米,即一万万分之一厘米左右。如果把一万个氧原子一个紧挨一个排成一条直线,它的长度也只有小指甲那么宽,其它各种

元素原子的大小和这个相差不多。平时我们认为灰尘是很小的东西,可是在一粒灰尘里,就包含着几千万万个原子。

至于分子和原子的质量,我们也可以用计算的方法把它

们算出来。一个水分子的质量约为 3×10^{-23} 克；一个氧原子的质量是 2.6563×10^{-23} 克；氢原子的质量更小，只有 1.6733×10^{-24} 克，它是世界上最轻的原子。

原子虽然很小，它的构造却很复杂。

从古代原子学说萌芽时期到十九世纪这段漫长的年代里，人们一直把原子想象成是一个小球体，是物质世界不可再分割的最小单位，用“原子”命名就因为“原子”本来的含义具有“不能再分割”的意思。然而这种观点是形而上学的。辩证唯物主义认为：客观存在的世界是不可穷尽的，是多种多样的，原子也不例外。恩格斯在《自然辩证法》一书中早就指出：“原子决不能被看作简单的东西或已知的最小的实物粒子”。

认识来自实践，实践是检验真理的最好标准。到十九世纪末，人们经过长期艰难曲折的研究，终于发现原子内部还有比原子轻得多的电子存在，这才彻底打破了过去人们把原子当作最小粒子的认识。随后又经过二十多年的努力，原子结构的基本观念才逐渐清楚了。

原来，原子中心有一个小而重的核仁，叫做原子核。核的外面有许多极轻的电子按一定轨道一圈又一圈地围绕着原子核不停地旋转，整个原子就象我们的太阳系。在太阳系里，行星围绕着太阳旋转，在原子中，如果原子核是中间的太阳，那么电子就象围绕着太阳的行星。

电子是非常小、非常轻、而且带负电的粒子，它的质量只有最轻的氢原子质量的 1837 分之一，约等于 9.1085×10^{-28} 克重，电子的电量只有 4.8028×10^{-10} 静电单位，就目前所知，电子所带的电量，是世界上最小的电量。

正常的原子是不带电的。既然电子带负电，那末原子核就一定带正电，而且和电子所带的电量一样多，这样才能相互

抵销。

另外,电子很轻,因此原子核的质量就应该和整个原子质量相差不多。这带正电的原子核又是什么东西组成的呢?研究表明:不仅原子具有复杂的结构,而且原子核的结构也相当复杂。

在原子核这个小小的天地里,里面还有两种很小的粒子,它们紧密地排列在一起,而且不停地运动着,一种叫做“质子”,一种叫做“中子”,后来人们统称它们为“粒子”。质子发现比中子早,质子的质量是电子质量的1836倍,和氢原子的整个质量相差不多,实际上它就是氢的原子核。

无论哪种原子,原子核中质子的数目跟核外围绕着它旋转的电子数目相等。换句话说,一种原子有多少个电子,它就有多少个质子。质子也带电,而且所带的电量跟电子一样多,不过带的是正电。这样,质子和电子的数目相等,带的电又相反,两者正好相互抵销,整个原子就呈中性了。

中子是一种不带电的中性粒子,它的质量是 1.6747×10^{-24} 克,比质子略重,为电子质量的1839倍。在有些原子核里,中子的数目比质子多,而有的原子核里,中子数目又比质子少。象氢原子,甚至根本就没有中子。

原子核的质量就由质子和中子这两种基本粒子所决定。

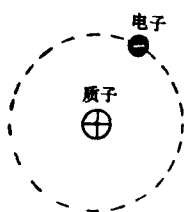


图4 氢原子

质子和中子既然很重,它们又全部集中在原子核里,所以原子核是个很重的东西,它差不多具有原子的全部质量。例如,最轻的氢原子是由一个质子和一个电子组成(图4),但它的电子的质量只占原子核质量的1836分之一,而氢原子核的质量占整个原子质量的99.9%以

上。

至此，人们对原子的结构有了一个比较准确的认识。这个认识过程，完全符合毛主席在《实践论》中所阐明的：“实践、认识、再实践、再认识”的辩证唯物主义认识论的。

到二十世纪三十年代，人们基本上弄清了原子结构的基本规律。各种原子的大小，大体上相差不多，直径大都在 10^{-8} 厘米左右，但原子核大小则不同，大致与质量成正比，质量小、核就小，质量大、核就大，一般多在 $10^{-13} \sim 10^{-12}$ 厘米这一范围之间。可见原子核的直径只有原子直径的几万分之一。打个譬喻来说吧，如果把原子放大到地球那样大，原子核的直径也只有60米左右；如果把原子核当作地球的中心，那末电子就象沿着地面运动的一个小球。由此，我们可以认为，原子并不是一个完全密实的东西，一个原子，从原子核到最外面的电子，中间有着“很大”的空隙。

在原子能工业中，与我们关系最密切的核燃料是铀，如果我们能够把铀原子核紧密地填满一立方厘米的空间而没有一点空隙的话，那末象指头这么大小一块核物质，它的重量就有118,565,000吨重。如果一节货车能拉50吨货物，要想把这一立方厘米的核物质拉走，就需要237万多节车厢，把这么多车厢连接在一起，这列火车的长度可以绕地球一周还有余。

四、巨大的原子能是怎样得到的？

现在我们可以从原子结构的角度来看一看蕴藏在物质内部的能量是怎样被发现并释放出来的。

根据研究，在原子核周围旋转的电子都有它自己固定的“轨道”，圆形的或者椭圆形的。这些“轨道”并不在同一个平面上，它们分成好几个电子“壳层”，每个电子“壳层”都有一定

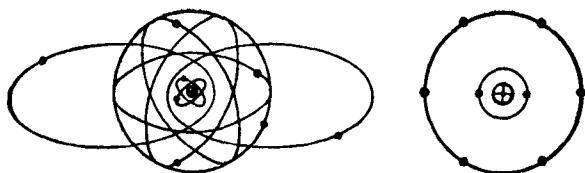


图5 具有8个电子的氧原子模型(⊕为原子核)

数目的“轨道”，每个“轨道”只能有一个电子。每个电子“壳层”的电子数目又有一定限制，最里面一个电子“壳层”最多只能有2个电子(就是说这层电子壳层总共只有两个轨道，每个轨道上各有1个电子)。第二层最多可以有8个电子，分别在8个轨道上旋转。第三层最多可以有18个电子……等等，愈到外面，每层能容纳的电子数目就愈多。但是最外面的一层电子却有严格的限制，最多只能有8个电子。图5就是具有8个电子的氧原子结构模型。右边的图只把电子“壳层”画了出来，两个在内层、六个在外层；左边的图则把电子所占的轨道也表示出来了。

煤含有大量的碳原子，当煤燃烧时，一个碳原子和空气中的两个氧原子结合在一起，同时放出一定数量的能量，这个过程叫做化学反应，这种能量就叫做化学能。

为什么在化学反应中能够放出热量？

这是因为化学反应时，碳原子的外层电子和氧原子的外

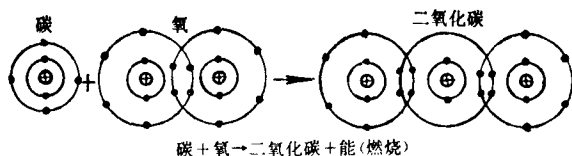


图6 碳和氧反应时化学能的产生

层电子的位置和运动发生了变化,产生新的结合。碳原子的 2 个外层电子和氧原子的 2 个外层电子结合,形成 4 对电子对,聚积在碳原子和氧原子的中间,把碳原子和氧原子结合在一起(图 6)。化学变化时得到的能量,正是由于原子的外层电子的位置和运动发生变化的结果,而原子核并未发生改变。平常燃烧木柴,石油和天然气所得到的能量也都是化学能。

这里,读者一定会想到:化学反应时,原子外部的电子的位置和运动发生变化可以产生化学能,如果我们设法改变原子核的内部结构,使它发生分裂或聚合,是不是也可以得到能量呢?

情况正是这样。根据物体的质量和能量之间相互联系的规律,某种物质所含有的能量,相当于它的质量乘上光速的平方。用公式来表示。即:

$$E = mc^2$$

E 是能量,单位是尔格;

m 是质量,单位为克;

c 是光在真空中的速度,它等于 3×10^{10} 厘米/秒。

应用这个公式,我们可以求出一克物质大约具有 9×10^{20} 尔格或 2500 万千瓦/小时的能量。即使效率最高的现代化发电站,要想得到这么多的电能,也非得烧掉上万吨煤不可。

某些原子核发生变化时,较轻的原子核会合并成较重的原子核,而较重的原子核也可以分裂为较轻的原子核,伴随着原子核的这种变化,同时会释放出一定数量的能量,能量放出多少,与这种原子核的质量改变多少有关,因此,根据原子核质量的改变,我们就可以计算出它释放出多少能量。

前面我们已经知道:原子质量的 99.9% 以上集中在原子核里,所以原子中蕴藏的能量也绝大部分集中在原子核内。例