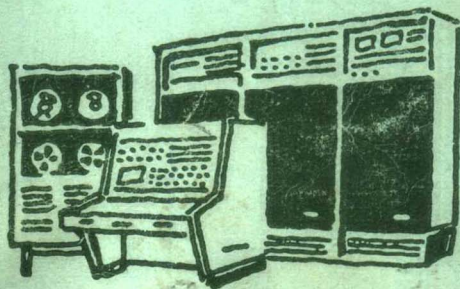
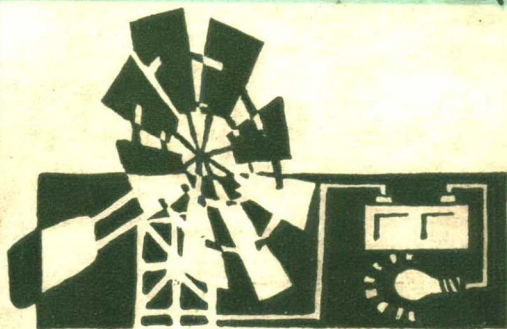
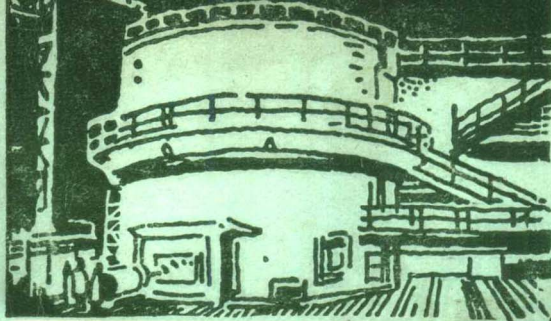


新技术普及丛书

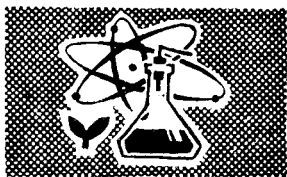


自然能的利用

本书编写组

上海科学技术出版社

新技术普及丛书



自然能的利用

上海科学技术出版社

新技术普及丛书

自然能的利用

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 上海海峰印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 6 字数 131,000

1978年6月第1版 1978年6月第1次印刷

书 号: 15119·1935 定价: 0.44元

出版说明

伟大的领袖和导师毛主席教导说：“我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。”当前，在华主席和党中央关于实现新时期总任务的伟大号令下，我国社会主义革命和社会主义建设形势大好，工业学大庆、农业学大寨的群众运动深入开展，掀起了工业战线上群众性技术革新、技术革命和农业战线上群众性科学实验的热潮。这套《新技术普及丛书》就是为了配合形势的需要而编辑出版的。

电，这是大家很熟悉的一种动力。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”，而“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，因地制宜地充份利用我国的能源，加快电力建设，为实现四个现代化作出贡献”。发展电力工业，是实现四个现代化，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，目前主要是燃烧煤炭、石油、天然气等矿物燃料和靠水力转换而来。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 6000~50000 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。除此之外，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，水的组成成份——氢，作为一种二次能源，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，正是我们面临着的一个重要任务。

为此，我们组织有关单位的同志为本丛书编写了二本科普读物，一本即是本书：《自然能的利用》；还有一本是《发电新技术》，供大家开展科学实验时参考。

目 录

太阳能的利用·····	马鸿初 (1)
风能的利用·····	左鸿恕 (44)
潮汐能的利用·····	郭成涛 (72)
地热能的利用·····	吴治坚 (102)
波力能的利用·····	李宗耀 (129)
沼气的利用·····	陈汝琛、袁锡斌、徐静波 (140)
海水热能的利用·····	李宗耀 (163)
附：氢能的利用·····	李宗耀 (172)



太阳能的利用

上海科技情报研究所 马鸿初

一、太阳能的特点和分布

1. 太阳能是一种巨大的能源

多少年来,太阳从不间断地给我们送来光和热。

我们都知道:热是能的一种形式。太阳光能使受照射的物体发热,就证明它具有能量,这就是太阳辐射能,简称为太阳能。自古以来,太阳就是通过发射光的方式,孜孜不倦地将它的一部分能量越过宇宙空间直接传到地球上,使我们的地球成为一个生气勃勃的世界。

地球上存在着各种形式的能量,例如有煤、石油、天然气、木炭等所含的燃料能(化学能),还有水能、风能、潮汐能、地热能等等,但你是否知道,这些能量中的大部分,都来源于太阳的光和热?实际上,太阳能是地球上最主要的能量源泉,无论是人类还是动植物的生存,都离不开它;而天气的种种变化即风、雨、雷、电现象,水面及土壤中水分的受热蒸发,也都是由于太阳光的照射产生的。至于从地下开采出来的煤,则是古

代植物长期埋藏在地下发生变化而形成的，所以煤燃烧时产生的热量，可以看作是太阳在古代为人类储藏起来的一部分能量。总之，现在人类所利用的大部分能量，包括燃料能、水能、风能以及由它们转换而来的电能等等，归根结底，都来源于太阳辐射能。

那么，太阳辐射能究竟有多少？据计算，太阳每秒钟辐射的能量达 3.75×10^{26} 焦耳，也就是说，太阳每秒钟向周围空间辐射的热量，等于 1.3 亿亿吨标准煤燃烧时所产生的全部热量。然而，这些热量中能到达地球上的部分，只是太阳所放射出来的总能量的一小部分。

为什么呢？首先，太阳是向四面八方辐射光和热的，辐射到地球大气层上界的光和热，只占太阳总辐射能的 22 亿分之一，相当于 170 万亿千瓦；太阳系中的其他天体，也只受到太阳光热的一亿分之一；绝大部分的太阳辐射能都穿出太阳系，“跑”到宇宙空间的远处去了。

其次，投射到地球大气层上界的太阳辐射能，在穿过大气层时，一方面要受到大气的吸收，另一方面要受到大气分子以及各种粗粒的反射。据估计，被大气层反射回宇宙空间去的太阳辐射能，约占到达大气层上界的太阳辐射能总量的 30%，被大气吸收的约占 23%，其余 47% 左右的能量才到达陆地和海洋的表面。但即使如此，到达地面的太阳辐射能还是有 80 万亿千瓦之巨，亦即在一年之内，到达地面的太阳能总量，要比全世界目前一年里利用各种能源产生的总能量（总消耗量）还多一万多倍。有人估计：如果把一个长 300 公里、宽 100 公里的沙漠地带一年里所接受的太阳能全部利用起来，就可满足人类目前一年里对能量的全部需要。

地面上的太阳能这样多，因而，研究如何利用这一巨大的

能源,使之为人类服务,就具有特别重大的意义。

2. 太阳怎么会不断放射能量?

太阳究竟是什么?它怎么会不断放射光和热?在古代,人们很不了解,把它奉为神明。

其实,太阳的本质和地球一样,也是一个由物质构成的星球,不过能发光发热罢了。太阳离开地球约1亿5千万公里,其直径有139万公里,比地球直径大109倍,也即一个太阳里,可容纳130万个地球。太阳的质量为2,000亿亿吨,是地球质量的33万倍,是太阳系里所有大行星质量总和的740倍。但太阳物质的平均密度只有1.4克/厘米³,要比地球物质的平均密度(5.5克/厘米³)小得多。太阳的表面温度达6000度K*,亮度要比炼钢炉中炽热的金属表面亮5000倍,只要你稍微注视几秒钟,就会感到头昏眼花。太阳虽然这么大、这么重、这么亮、离开我们这么远,但它只是天空无数个恒星中一个中等的、离开我们最近的恒星而已。

研究表明:太阳上的物质有氢、氦、氧、镁、氮、硅、碳、硫、铁、钠、钙等六十多种,其中氢的含量占一半以上,氦也占了40%。所有在太阳上存在的元素,在地球上也都存在,而且就金属元素的相对含量而言,太阳上和地球上的含量几乎相同。不过,太阳上和地球上物质的状态不完全一样:太阳上既没有高山,也没有海洋,所有的物质元素,都以清一色的形态——灼热气体存在着。所以,整个太阳,实际上是一团灼热的气体!

太阳的外层气体称为太阳大气,由光球、色球和日冕三层组成。我们平时见到的太阳圆面就是光球。这是一层100~300公里厚的稀薄气体,温度为6000度K,压力为1%大气压

* K表示绝对温度,0°K=-273℃

左右,密度为水的 10 亿分之一,但由于它相当厚,以致我们无法看清太阳内部深处的真面目。在光球之外、伸展到 1 万 5 千公里高度的太阳大气就叫色球,它稀疏透明,温度为 $2\sim 10$ 万度 K。在色球之外的最外层太阳大气就是日冕,其密度只有地球大气密度的一万亿分之一,但温度却高达 100 万度 K。色球和日冕发出的光十分微弱,以致我们只能在日全食时才能看到。

太阳表面的温度,应该说是很高的了,但太阳内部深处,越往里温度越高,压力和密度也越大。在太阳中心、温度高达 $2,000$ 万 $\sim 4,000$ 万度 K,压力达 2,000 亿大气压,密度比水大 110 倍。在这种情况下,所有的气体都电离了,各种粒子(原子核、电子、离子)都在横冲直撞地运动着。由于那里氢的原子核非常多,所以氢原子核聚变成氦原子核的热核反应就不断地、大量地进行着,从而释放出巨大的能量,氢弹的爆炸不也是这样的吗?而整个太阳在一秒钟内通过热核反应所释放出来的能量,就相当于在一秒钟内爆炸几百亿颗百万吨级的氢弹释放出来的能量!这就是太阳能来源的秘密。

太阳不断放射能量,也就不断地消耗氢。长此下去,太阳上的氢不是要消耗光吗?的确,随着时间的推移,太阳内部的氢含量要逐渐减少。不过,现在太阳上贮藏着的氢还很丰富,这些氢还可以供太阳安安稳稳地发热发光几十亿年。太阳形成至今约有 50 亿年,所以太阳现在还处在“中年”时代。在今后的几十亿年内,它将一如既往地继续给地球送来光明和热量。

3. 太阳能的特点和太阳能的强度

太阳能作为一种能源,与煤炭、石油、原子能等比较起来,很明显,具有以下优点:

(1)普遍: 阳光普照大地, 处处都可利用, 不需要开采和运输。这对于偏僻地区来说, 显示了很大的优越性;

(2)无害: 利用太阳能不会污染环境;

(3)长久: 只要太阳存在, 就有太阳辐射能;

(4)巨大: 一年内到达地面上的太阳能总量, 要比地球上现在利用的任何一种能源产生的能量都要巨大。

当然, 世界上任何事物都是一分为二的。太阳能作为能源利用时也有其缺点, 主要是:

(1)分布很分散, 即能量密度很低。在天气较为晴朗的情况下, 中午时在垂直于阳光方向的地面 1 m^2 面积上的太阳能, 平均只有 1 千瓦。作为一种能源, 这样的能量密度是极低的。因此在利用时, 往往需要一套面积相当大的收集并转换太阳能的设备, 尤其在大功率利用时, 因设备面积大和结构复杂, 使造价有较大的增加, 影响了推广。不过, 随着太阳能利用工作的开展, 新型结构的设计成功和廉价材料的采用, 设备利用效率将会提高, 成本也有可能得到显著降低。

(2)到达某一地面的太阳辐射能强度, 与气候、季节等因素有关, 极不稳定; 另外还有昼夜交替变化(间断性)的问题, 这也使大规模利用增加了不少困难。

由于大气的存在, 到达地面的太阳辐射能实际上由两部分组成: 一部分是由太阳直接辐射而来的, 叫做直接辐射能; 另一部分是由大气分子、灰尘、水滴等散射而来的, 叫做散射辐射能。这两种辐射能的强度, 一般说来差别是很大的。在晴朗的白天, 地面上的太阳能主要是直接辐射能, 在阴雨天或夜间, 则主要是或完全是散射辐射能。由于在不同时刻到达某一地面的总辐射能中, 直接辐射能与散射辐射能的比例往往不同, 所以不同时刻总辐射能的强度也往往不同。

到达某一地平面上的太阳辐射能强度，还与太阳光线的投射角即太阳高度有很大关系。太阳高度在一天中每时每刻都在变化：以正午为最大，上、下午次之，日出、日落时最小（为 0° ）。一年之中，太阳高度也在变化着：在一天中的同样时刻，在北半球，冬季太阳高度要比夏季小；南半球情况与北半球相反。对于某一地平面来说，由于太阳高度低时，光线穿过大气路程较长，能量被衰减得较多；同时，光线又以较小的角度投射到该地平面，所以到达该地平面的能量就较少；反之，就较多。

至于一年中到达某一地区的太阳能总量，与该地区全年日照时间、晴天日数、地理纬度、海拔高度等因素有关。

总而言之，地面上太阳能的分布是不规则的，各地不一，各时不一，要随时做测定。一般地说，当地面上的太阳能强度为 $840 \text{ 大卡/米}^2 \cdot \text{小时}$ ，是利用太阳能较好的条件；当强度为 $600 \text{ 大卡/米}^2 \cdot \text{小时}$ ，利用条件也可满意；假如太阳能利用设备在太阳能强度为 $240 \sim 360 \text{ 大卡/米}^2 \cdot \text{小时}$ 的条件下也能有效地工作，那是比较理想的了。

4. 太阳光的本性和太阳光谱

既然利用太阳能就是利用太阳光线的能量，那末太阳光的本性是什么呢？

现代科学认为：包括太阳光在内的一切光，都是一种物质形式。光具有两重性：既是一种波，也是一种粒子，就是说，不管什么光，都是某种频率或频率范围内的电磁波，本质上与普通的无线电波没有差别；但另一方面，任何物体发出的光，都是由一粒一粒运动着的、具有质量、能量和动量的微观粒子所组成的粒子流，就象一连串飞着的极小的钢珠一样，这些微观粒子称为光量子或光子。每一光子具有的能量为

$$E = h\nu, \text{ 尔格}$$

式中： $h = 6.624 \times 10^{-27}$ 尔格·秒，称为普朗克常数； $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ，

是光子的频率，其中 c 是光速 ($c = 3 \times 10^{10}$ 厘米/秒)， λ 为光子的波长 (单位为厘米)。因此我们说：不同频率 (或波长) 的光子具有不同的能量，频率越高 (即波长越短)，光子能量越大。当光与实物 (原子、电子) 相互作用交换能量时，光子只能整个地被原子、电子吸收或发射，所以每个光子的能量 $h\nu$ 是频率为 ν 的光的最小能量单位，而光的强弱，决定于单位时间内、通过与光传播方向垂直的单位面积的光子数目。

我们眼睛所见的太阳光 (可见光) 是白色的。但实验证明它的频率不是单一的，而是由红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种颜色的光组成，每一种颜色光都有自己的频率范围 (表 1)。通常，我们把太阳光中各种光按频率 (或波长) 大小的次序排列而成的光带图，叫做太阳光谱。

表 1 各种颜色光的波长范围

光的颜色	波长范围(微米)	光的颜色	波长范围(微米)
红	0.76~0.63	青	0.50~0.45
橙	0.63~0.60	蓝	0.45~0.43
黄	0.60~0.57	紫	0.43~0.40
绿	0.57~0.50		

实际上，太阳不仅发射可见光，还发射许多人眼看不见的“光”，可见光的波长范围只占整个太阳光谱的一小部分。整个太阳光谱可以分为紫外区、可见区、红外区三部分 (图 1)，而主要部分大约由 0.3~3.0 微米的波长区域组成，其中紫外

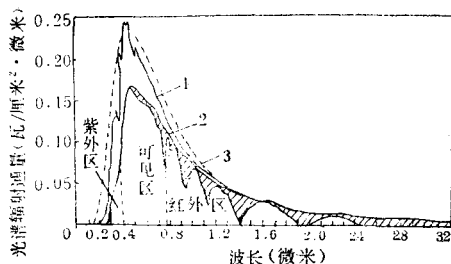


图 1 太阳辐射光谱分布

- 1—大气上界的太阳光谱
- 2—太阳垂直照射的海平面上的太阳光谱
- 3—6,000°K黑体辐射的光谱

区(波长小于0.4微米)和红外区(波长大于0.76微米)的光线,分别是人眼看不见的紫外线和红外线,可见区(波长为0.4~0.76微米)的光线就是白光。

由图1可见,太阳光中不同波长的光线具有不同的能量。大气层上界的光谱峰值(具有最大能量的光波波长)在0.5微米附近,而地面上的光谱线出现凹陷,有许多个峰值,这是由于太阳光在穿过大气层时被大气吸收及散射的缘故。在晴朗的日子里,地面上在中午前后四、五个小时,太阳光中能量最大的光是绿光、黄光部分,而在早、晚时分,能量最大的光是红光部分;从这个光谱能量分布图,我们也可以得知:太阳光中波长大于3微米的光线,其能量十分微弱,而波长小于0.3微米的光辐射也几乎不具有什么能量;大气中的水蒸汽、二氧化碳等对波长大于0.76微米的红外线,有强烈的吸收。

不同波长的光线对物体产生的作用及穿透物体的本领是不同的,例如紫外线很活跃,它可产生强烈的化学作用(使照相底片感光)、生物作用(杀菌)、激发荧光等,而红外线不很活

跃。被物体吸收后主要引起热的效应。至于可见光，因为其总能量很多，也可起到杀菌作用，被物体吸收后也可转变成热量。

二、利用太阳能的途径

太阳能既然是一种巨大的、清洁的能源，我们怎样来高效率地直接利用它呢？

我们知道，各种形式的能量，在一定的条件下是可以互相转化的。为了高效率地利用太阳能，我们首先需要把它转换成其他形式的能量，例如高温度的热能、电能、化学能，再加以利用。这些转换方式就分别叫做光—热转换、光—电转换、光—化学转换。下面，我们对这些转换方式作扼要的介绍。

1. 物体对太阳辐射能的吸收、反射和透射

首先，我们要问：太阳辐射能投射到物体表面以后去向怎样？一般地说，一部分要被物体吸收；一部分要被物体表面反射；另外还可能有一部分被透过（图2）。我们把被物体吸收、反射和透过的太阳辐射能与入射总能量之比数，分别叫做该物体对太阳辐射能的吸收系数（或吸收率）、反射系数（或反射率）和透过系数（或透过率）。如果用 A 、 R 、 T 分别表示吸收系数、反射系数和透过系数，那么

$$A + R + T = 1$$

其中每一个量的数值都在

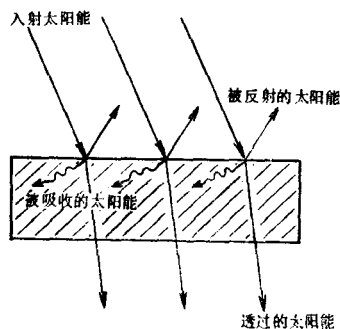


图2 太阳辐射能分配图

0~1 之间。

如果一个物体对辐射能是完全不反射的和不透过的,就是说投射到它上面的辐射能全部被它吸收,这时因 $R = 0$, $T = 0$, 所以 $A = 1$ 。这种物体,我们称为绝对黑体(简称黑体)。但是,自然界里并不存在真正的绝对黑体。任何物体对辐射能的吸收率都小于 1。

对于不能透过太阳辐射能的物体,因为 $T = 0$, 所以 $A + R = 1$ 。可见这种物体,若善于吸收太阳能的,就不能很好地反射;若善于反射的,则它的吸收率一定很小。

物体对辐射能的反射率和吸收率,与物体的温度、辐射波长及表面性质有关。拿表面性质来说,物体表面愈光滑,则反射率愈高而吸收率愈低;表面愈粗糙,则反射率愈低而吸收率愈高。因此,太阳能设备中的吸收表面,应该做得比较粗糙而不应做得很光滑,而反射表面正好相反,应该做得很光亮。在常用的材料中,黑颜料、沥青等对太阳辐射能的吸收率很大,而玻璃镜面及金属镜面(在极为光滑的金属表面镀上一层铝、银或铬而成)的反射率很大。表 2 中列出了一些材料对太阳辐射能的吸收率。

物体对辐射能的透过率,也与物体温度、辐射波长等因素

表 2 一些材料对太阳辐射能的吸收率

材 料 名 称	吸 收 率	材 料 名 称	吸 收 率
黑颜料	0.96~0.99	表面磨光的铁板	0.45
地沥青	0.89	白 纸	0.27
红 砖	0.70~0.77	表面磨光的铝	0.26
新的镀锌铁板	0.66	白颜料	0.12~0.16
生锈的铁板	0.74		

有关。例如，普通(含铁量低的)窗玻璃，在室温下能透过太阳光谱中 90% 以上的可见光辐射(吸收很少)，而对可见光之外、波长小于 3 微米的红外线，也能较好地透过，但对波长大于 3 微米的辐射，开始有强烈的吸收，而且越来越厉害，也就是说，窗玻璃对于波长大于 3 微米的太阳辐射能基本上是不透过的。透明的塑料板或薄膜，对可见光的透过率接近于窗玻璃，在某些场合下可以代用，但它们透过红外线的本领要比窗玻璃大。

太阳辐射能被物体吸收以后到哪里去了？显然，一部分转变成了热能，因而使物体的温度升高；另一部分，则转换成了物质原子中某些电子的能量，产生了其他效应。

了解了太阳辐射能投射到物体表面之后的去向，我们就可以设法来收集它和利用它。收集和利用太阳能的基本问题就是：如何增加物体表面的反射率或物体的透过率？如何使反射(或透过)的太阳光线有效地集中起来以增加能量强度？如何增加物体表面的吸收率，以便尽可能多地使太阳辐射能转变为热能或其他形式的能量？等等。

2. 光—热转换

为了设计和制造出效率高的光—热转换装置，我们还要对热量的传递知识有所了解。

实践证明：温度不同的两个物体之间，如果没有隔热措施，那么必定要发生热量的传递。传热的方式，归纳起来有三种，即导热、对流传热和热辐射。

所谓导热，是指温度不同的物体，通过直接接触而产生的传热现象。把开水倒入玻璃杯中，开水与玻璃杯之间、玻璃杯底与桌面之间的传热，就是最常见的导热例子。各种物质的导热能力是不同的，最好的是各种金属，尤以银、铜、铝为