

太阳能的利用

练 亚 纯 编 写

北京人民出版社

太阳能的利用

练亚纯 编写

*

北京人民出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷一厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 8印张 160,000字
1975年7月第1版 1975年7月第1次印刷
书号: 13071·37 定价: 0.57元

目 录

前 言	1
第一章 太阳辐射能及其利用	4
一 太阳常数	5
二 地面上太阳辐射能的强度	6
三 太阳能的利用及其特点	12
第二章 太阳能热水器	18
一 概述	18
二 装置剖析	22
三 设计考虑	62
第三章 太阳灶	75
一 太阳能聚光灶	76
二 箱式太阳灶	97
三 太阳能蒸汽灶	107
四 通用太阳灶	111
第四章 太阳能冷冻机	119
一 间歇式太阳能冷冻机	121
二 小型太阳能冷冻机	129
第五章 太阳能蒸馏器	137
一 概述	137
二 影响太阳能蒸馏器产水量的主要因素	140
三 各种蒸馏器的结构特点	145

第六章 太阳能干燥器	154
一 箱式太阳能干燥器	156
二 自然对流的太阳能干燥器	160
三 双通道加热器的太阳能干燥器	166
四 太阳能木材窑	170
第七章 太阳能采暖与空气调节	174
一 概述	174
二 太阳能采暖系统的设计考虑	180
三 几种太阳能建筑实验系统	196
第八章 太阳能发电	209
一 太阳能发电的基本途径	209
二 太阳能热力发电	210
三 光生伏打转换——太阳电池	228

前 言

普照大地的阳光是万物生长的源泉，是人类取之不尽、用之不竭、又无污染的能源。

人在地球上不能离开太阳能，人类的许多食物就是靠太阳能才生长出来的，因为这类利用不那么直接，常常也就没有意识到这是在利用太阳能。这里讲的就是自觉地、直接利用太阳能。但这也并不是最近一、二十年才开始的，我国早在三千多年前的西周时代，奴隶在劳动中就发明了阳燧取火。所谓阳燧，它是一种形似凹面的金属镜、能够会聚阳光来点燃艾绒之类的取火工具。这是一个意义很重大的发明。由利用自然界的野火到钻木取火，正如恩格斯指出的，是“第一次使人支配了一种自然力，从而最终把人同动物界分开。”阳燧取火比钻木取火更进了一步，只要天晴就能很方便地得到火种。因此，我国的阳燧是太阳能利用最早和最杰出的贡献，在世界科学史上占有重要地位。

在太阳能利用上，儒法两家持截然不同的态度。反动儒家把“取火”看成帝王的恩赐，“取榆柳之火，以赐近臣”，把阳燧当作祭祀时取“圣火”用的迷信工具。一些法家代表人物，如东汉的王充、北宋的沈括等都很重视这一发明创造，在其著作中认真总结了阳燧取火的经验，对聚光镜面、焦距、焦点等都作了较详细的记载。

由于历代封建帝王和国民党反动派都奉行一条尊儒反法的路线，桎梏了科学技术的向前发展。直至1949年，我国太阳能利用的研究工作仍是一个空白。解放后，在党和毛主席的英明领导下，新中国的太阳能利用研究工作逐步开展起来。然而，“任何新生事物的成长都是要经过艰难曲折的。”我国的太阳能利用工作从一开始便经历了两个阶级、两条路线的激烈斗争。

一九五八年，在“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”总路线的鼓舞下，一些地区和单位破除迷信，解放思想，开展了利用太阳能的研究工作，太阳能热水器、太阳灶等装置相继出现。但是，在刘少奇推行的“爬行主义”、“洋奴哲学”修正主义路线的干扰和破坏下，一些人不相信我国人民群众的智慧和创造力，崇洋迷外，胡说什么“国外才刚刚开始，我们要搞太阳能是异想天开”等等，并以“经济上不合算”为借口，妨碍了这一新生事物的成长。

“思想上政治上的路线正确与否是决定一切的。”在无产阶段文化大革命和批林批孔运动中，广大工农兵群众深入批判了刘少奇、林彪推行的修正主义路线和反动没落阶级的意识形态——孔孟之道，大大提高了阶级斗争和路线斗争觉悟，有力地促进了利用太阳能的群众性科学实验活动的开展。

我国是无产阶级专政的社会主义国家。在辽阔富饶的国土上，不仅蕴藏着非常丰富的煤炭、石油、天然气、水力等自然资源，而且也拥有丰富的太阳能资源。在充分开发我国各种能源的同时，大力利用太阳能，对于开源节流，发展我

国工农业生产，加强国防建设，改善人民生活都具有重要的现实意义和长远意义。

当前，我国广大工农兵群众、科学技术人员在党的领导下，坚决贯彻**独立自主、自力更生**的方针，积极开展太阳能利用的科学实验活动，取得了一个接一个新的成绩。为了方便广大读者了解有关利用太阳能的知识和技术，现根据收集到的国内、国外有关这方面的一些资料，编写了《太阳能的利用》这本书。由于编者水平有限，掌握的资料也不全，书中一定会有不少错误和不当之处，热情欢迎广大读者批评指正。

第一章 太阳辐射能及其利用

太阳是离我们最近的一颗恒星。它是一个炽热的气体球，表面温度在 6000 度左右，中心温度，根据理论推算可能高达 4000 万度。其所以有这样高的温度，是因为太阳内部的核聚变反应——氢变为氦——而产生的。正是由于这种聚变反应，太阳不断地以光线的形式向广袤的宇宙空间辐射出巨大的能量。这种辐射能就叫做太阳能。

从太阳表面不断辐射出来的太阳能，其中有 20 亿分之 1，经过了 8 分钟之后，在太空总共穿越了一亿五千万公里，来到地球的大气高层。别看这 20 亿分之 1 似乎很小，其实它相当于 173 万亿瓩的功率，2.17 千亿匹马力。或者说，地球的大气层从太阳那里每年收到了 5.445×10^{24} 焦耳的能量，相当于 1.5125×10^{18} 度(瓩·小时)的电力。这个量，比 1970 年全世界的全部能量消耗(2×10^{20} 焦耳)还多 3 万倍。

抵达地球大气高层的太阳能，其中 52 万亿瓩(约占总量的 30%)被大气层反射到辽阔的宇宙空间，到达地球表面的仅有 81 万亿瓩(47%)，其余 40 万亿瓩(23%)被大气层吸收而加热了空气，变成气象能。真正到达陆地上的只有 17 万亿瓩。

一 太阳常数

我们列举上述数字的目的，在于说明地球上的太阳能量的巨大。从实用角度，人们更需要了解的是单位面积上的太阳能辐射量，比如说，每米²面积上的太阳能量究竟有多少？

回答地面上单位面积的太阳能量的问题比较复杂，因为它的变化太大，除了昼夜之差，就是在白天，中午和傍晚，晴天与阴天，冬季和夏季，南方与北方太阳能量都会大不一样。人们经过长期的观测，发现在地球的大气层外，在不受大气影响的情况下，太阳辐射能量比较接近某一恒定值，但仍是有些变化。原来，这是由于地球绕太阳的运转不是沿着圆形轨道，而是沿着和圆相差无几的椭圆轨道所造成的。因为轨道是椭圆，一年之中地球距离太阳有近有远，最远与最近的距离相差大约 500 万公里。大家知道，能量辐射强度是与距离的平方成反比的，既然日地距离一年之内总在变，所以，在大气层外的太阳能总辐射强度一年之内也总在变化。一月份日地距离最小，总辐射强度最大；七月份地球离太阳最远，总辐射强度最小。

在每年的 4 月和 8 月，当日地距离等于地球轨道的平均半径时，在地球大气层外垂直于太阳光线的单位面积上的太阳辐射强度，叫做太阳常数。根据 1967~1970 年间长期实验观测的结果，太阳常数为 1353 瓦/米²，显然，它比日地距离最近(近地点)时的太阳能量要小，比日地距离最远(远地

点)时的能量值要大(见表 1-1)。

表 1-1 地球大气层外总太阳辐射随日地距离的变化 (1974)

日 期	太 阳 辐 射
1.1	1399 瓦/米 ²
1.4 (近日点)	1400
2.1	1394
3.1	1378
4.1	1355
4.4 (平均距离)	1353 (太阳常数)
5.1	1333
6.1	1316
7.1	1309
7.5 (远日点)	1309
8.1	1313
9.1	1328
10.1	1350
10.5 (平均距离)	1353 (太阳常数)
11.1	1373
12.1	1392

在工程应用中,太阳常数也常表达为 1.940 卡/厘米²·分钟, 429.2 英热单位/呎²·小时, 125.7 瓦/呎², 或 1.81 马力/米²。这一数值的误差估计为 ±1.5%。

二 地面上太阳辐射能的强度

从上述关于太阳常数的情况来看, 我们可以认为太阳照

到地球大气高层的辐射能几乎是个定值，约等于 1.35 瓩/米²。一年中由于日地距离的变化，太阳辐射能的变化不超过 $\pm 3.5\%$ 。但是，实际上太阳能抵达地面上时，变化却很大，而且无论如何每平方米面积上接收到的太阳能均达不到 1.35 瓩。是什么原因引起这种量的变化呢？

原因是多方面的。主要有昼夜、大气、季节、纬度等因素。

昼夜变化对地面太阳能的影响是很显然的：太阳能只有在白天才能接收得到；晚上，大地受不到阳光照射，因而，也就利用不了太阳能。

大气的存在是使地面太阳能减弱的最主要原因。当阳光通过地球大气层时，大气中的气体分子、水汽、冰晶及微尘等杂质会吸收相当一部分阳光，并散射相当一部分阳光，这种现象就是大气衰减。大气衰减与光线经过大气的路径长度有很大的关系，路径越长，衰减越厉害。随着太阳在地平面

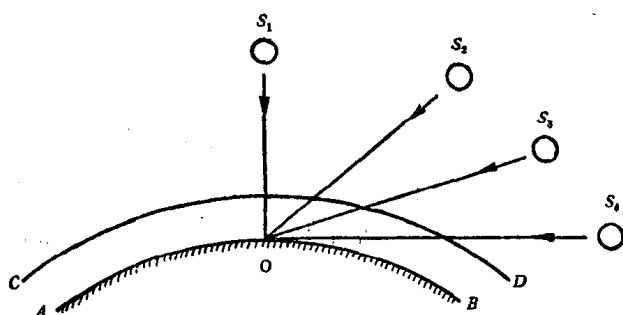


图 1-1 太阳高度和太阳光线在大气中通过的路径长度
（“大气质量”）间的关系

11053507

上方的高度不同，经过的路径长度也不同，图 1-1 表示了太阳光线在太阳的不同高度时经过地面大气的情况。 AB 为地面， CD 为大气层的上限， S_1, S_2, S_3, S_4 表示太阳的不同位置。

当太阳位于天顶 (S_1) 时，它在地平面上方的高度是 90° 度，阳光到达地面所经过的路程较之其它路程为最短，受大气的衰减作用的影响也最小。这就是为什么中午时太阳光最强的原因。太阳处于天顶时的这段大气路径我们取作为一个单位，叫做单位大气质量，显然，太阳处于除天顶之外的其它位置时相应的大气质量都大于 1。太阳的不同高度和大气质量之间的相互关系可用下列数字来表示：

太阳高度..... 90° 60° 30° 14.5° 8.3° 5.7°

大气质量.....1.0 1.2 2 4 7 10

这些数据表明，太阳在地平面上方的高度越低，光线被大气衰减作用影响得也越厉害，到达地面的太阳辐射也就越少。太阳接近地平线时，阳光经过的大气质量较之太阳在天顶时大达数十倍，无怪乎这时的阳光一点也不暖和。

图 1-2 曲线表示的是在 5 月中旬一个非常晴朗的天气下，地面太阳能总强度与时间，亦即与太阳高度的变化关系。测量仪器安放在房顶上，每隔四秒钟记录一次。由图 1-2 可以看出，天气最晴朗的情况下，地面中午的太阳能最多也不过每米² 1000 瓦。

应该指出，存在于地面上的太阳辐射，是由直射光束(或直接辐射)和散射辐射两者组合而成的，前者是可利用于聚焦式集光器的唯一的一种辐射，在晴朗和干燥的气候条件下，

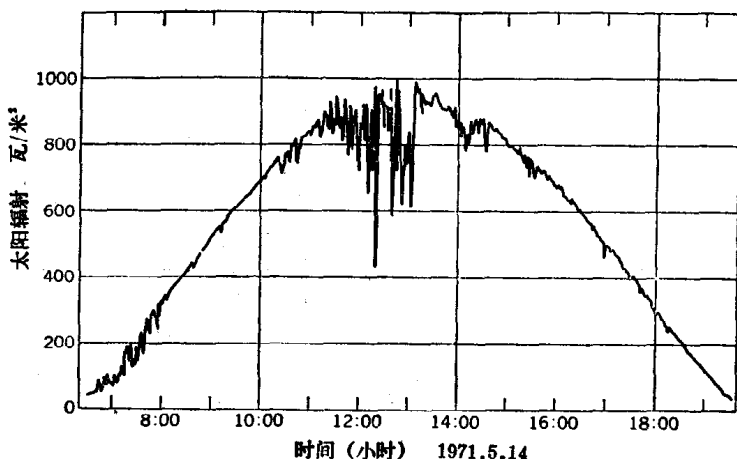


图 1-2 一天中地平面上太阳总辐射的变化

它占总能量的 90% 以上。在有云或潮湿的气候条件下，直射部分比重下降，散射部分比重增加，后者甚至可以占可利用能量的一半。但总的辐射量往往少于晴天的总辐射量。图 1-3 所示的是总辐射在全天中的变化关系。这天的前半晌，天空几乎全为浓云披盖，只是在午后晴朗了一会。由图可见，前半晌的总辐射比晴天(图 1-2) 同一太阳高度时要低得多。但在 14 点后，太阳能的总强度近于 1.3 瓦/米^2 ，比之图 1-2 相应时间接收到的太阳总辐射还要高约 30%，这种反常的现象，显然是由于天空云层的反射所造成的。

从图 1-2、图 1-3 我们可以看到，地面上的太阳能量，由于大气的存在，使得在早晚(大气质量较大时)以及有云的情况下变动很大，大大影响到对它的利用。

地面的太阳能量还与季节变化有关。位于高纬度地区，

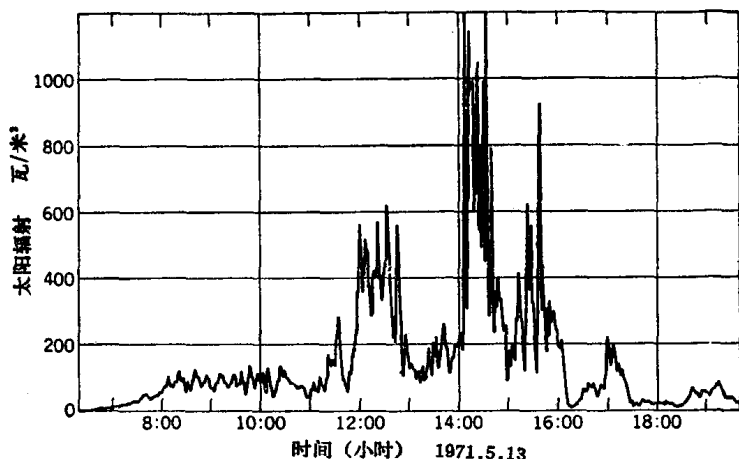


图 1-3 一天中地平面上太阳总辐射的变化

这点特别明显，在那些地区，冬天的阳光比夏天的阳光弱很多。这是由于地球的自转轴不垂直于黄道面（地球绕日运行的平面）产生的。如果地球的自转轴垂直于黄道面的话，则所有纬度上每天日出日没都将在同时发生，正午时刻太阳在地平面上的高度等于地区的纬度。但在实际上地球自转轴与黄道面的法线之间有个 23.5° 的交角（见图 1-4），而且地球在公转时自转轴的方向始终不变，这便引起太阳辐射的季节变化。因为，在地球轨道的不同点，对同一地区来说，正午时候的太阳高度都不相同，太阳光线经过的大气质量也不相同，自然，照到地面上的太阳能也就有多有少，于是造成四季气候的明显差别。例如，夏天太阳直射在北半球部分，这时，北纬某一地区（更准确地说是位于北回归线以北的地区）中午时的太阳高度比在冬天时高，所以夏季的太阳比冬

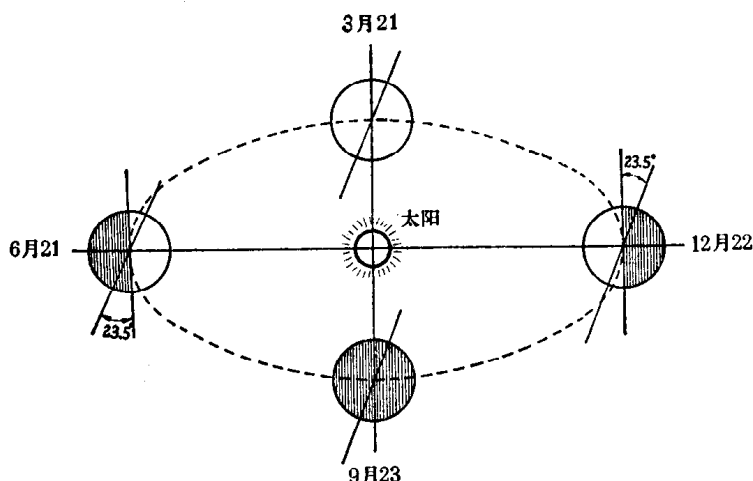


图 1-4 地球年运动示意图

季的要强烈一些。春秋时节（确切地说是 3 月 21 日和 9 月 23 日），太阳垂直射在赤道上，中午时的太阳高度等于地区的纬度，而且介于冬夏之间（严格来讲应该不包括南北回归线内的地方），所以地面接受的太阳能量也介于冬夏之间。

纬度对地区的太阳能量也有较大的影响，原因在于落在水平面上的辐射强度和太阳光线的投射角度有关。图1-5可以说明这一情形。假定横截面为一平方米的太阳光线 S 以不同角度照到平面 MN 上，在地位 I 时，光线垂直照射， $\theta = 90^\circ$ ，包含在太阳光线里的能量分布在一平方米的面积上。在地位 II，投射角 θ_1 较 90° 为小，同样多的太阳能量落在较 ab 为大的面积 cd 上，这时单位面积上的能量和 I 的情形相比，它只有 $\sin \theta_1 (< 1)$ 倍。假定光线以 $\theta = 30^\circ$ 的角度投射，那末每一单位面积上的辐射量为垂直投射时的 $1/2 (\sin 30^\circ)$ ；

投射角为 10° 时只得 $1/6(\sin 10^\circ)$ ；而在 5° 时，只有 $1/12$ 。

这样看来，在不同纬度地区，太阳光的投射角也不同，纬度越高，投射角则越小。例如，在春分日的北纬 30° 地区，投射角 $\theta = 60^\circ$ ，而在北纬 60° 地区的投射角就只有 30° 了，前者比后者地面上的日照强度多 70%。

这就是为什么冬天当太阳高度较低时，辐射到达量会那样小。原来，一方面太阳光线在大气中经过较长的路径，失去很多的能量，另一方面，该辐射又以小的角度投射到地面。

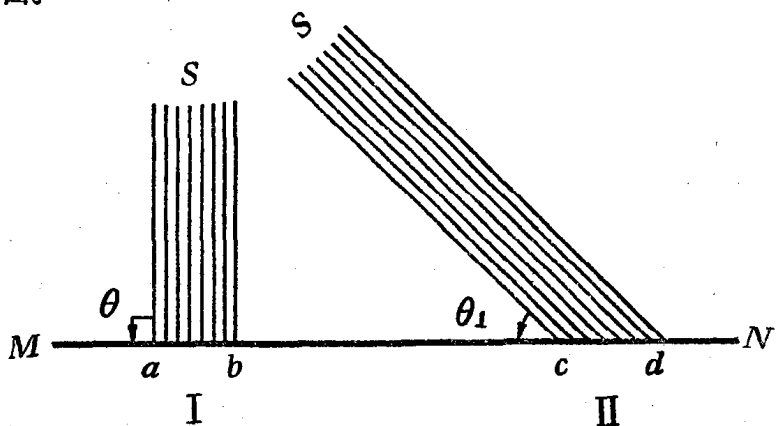


图 1-5 太阳辐射强度和投射角的关系

这就说明，为什么在利用太阳能的时候，采集阳光的装置总是要求正对(表面垂直于)阳光为好。

三 太阳能的利用及其特点

人们常说，万物生长靠太阳。的确，太阳能是我们这个

地球上几乎一切过程能量的唯一来源。各种形式的矿物燃料，例如煤、石油、天然气都是来源于原始时代的有机物，有机物的成长又正是依赖于太阳能的作用。燃烧用的柴和炭，本质上是植物通过光合作用积累起来的太阳能。水电站发出来的电也源于太阳能，因为陆上和海洋中的水份蒸发要靠太阳热的作用，要靠上升气流把水份带到高空，然后凝成雨、雪降回地面，才能把水的位能提高以供发电。而上升气流——即我们称为风——的能量是太阳光加热空气不均匀时形成的。总而言之，我们今天接触到的能量，绝大部分是太阳能的不同储存形式，我们是在间接地利用太阳能！

近几十年来，随着生产的不断发展，人类对能量的要求也不断增加。今天，最主要的一种能源是矿物燃料，它供应着全世界能需要量的五分之四以上，但是它既不能再生，储藏量也终究有限，按目前能量消耗的增长速度来看，短则数十年、上百年，长则上千年就会出现短缺。虽然地球上各个地区、各个国家的情况不大相同，但从全球来说，这些千百万年积存下来的太阳能会被消耗殆尽的。所以，人类必须寻找新的能源，一方面用以将来取代矿物燃料，另一方面，就目前来说也可以用以延长矿物燃料的使用年限。

在谈到开源节流的时候，人们很自然地会提出直接利用太阳能的问题。既然今天的能源构成中，绝大部分是太阳能的各种转换形式，能不能直接利用太阳能来为人类服务呢？人们从生产斗争实践的经验中，对这个问题作了肯定的回答。太阳能完全可以直接转换为其它能量形式来加以利用。这些转换，主要是下列三种类型：