



第8卷

农村实用技术常识之⑬

太阳能 利用技术

国家启动的农村劳动力转移培训“阳光工程”。开展农村劳动力转移培训，是加快农村劳动力转移、促进农民增收的重要环节，也是提高农民就业能力、增强我国产业竞争力的一项重要的基础性工作。结合农业结构的调整，加强农村农民朋友职业技术教育，为解决“三农”问题提供技术服务，特编写本丛书。主要包括：家用电器维修养护技术，农用机械维修养护技术，建筑工程与设备系统维修技术，致富维修技术，实用职业技能技术等。

刘利生/主编 余志雄/副主编



陕西科学技术出版社

“农家书屋”必备书系·第8卷·农村实用技术常识

之十三

太阳能利用技术

主 编 刘利生

副主编 余志雄

陕西科学技术出版社

目 录

第一章 太阳辐射基础知识	(1)
第一节 能源及其分类	(1)
第二节 太阳及太阳辐射能	(4)
第三节 我国的太阳能资源	(10)
第二章 太阳灶	(12)
第一节 太阳灶分类及结构	(12)
第二节 箱式太阳灶	(14)
第三节 聚光式太阳灶	(17)
第四节 太阳灶的壳体材料和反光材料	(21)
第五节 太阳灶的技术要求和安装使用及维护	(24)
第三章 太阳能热水器	(28)
第一节 平板型集热器的结构型	(28)
第二节 真空太阳能集热管	(32)
第三节 真空管太阳能集热器的构成	(38)
第四节 平板型太阳能热水器	(39)
第五节 真空管太阳能热水器	(43)
第六节 闷晒式太阳能热水器	(46)
第七节 家用太阳能热水器的安装	(48)
第八节 太阳能热水器系统的类型及循环方式	(50)

农村实用技术常识

第九节	太阳能热水器辅助电加热系统	(51)
第十节	太阳能热水系统的安装	(53)
第十一节	水泵的安装	(56)
第十二节	热泵技术	(59)
第十三节	设置系统的运行参数	(62)
第四章	太阳能温室	(67)
第一节	太阳能温室分类	(67)
第二节	太阳能温室设计	(70)
第三节	竹木结构太阳能温室概况	(76)
第四节	竹木结构太阳能温室的施工	(77)
第五节	塑料大棚的施工	(81)
第六节	钢木结构太阳能温室	(84)
第七节	卷帘机的维修	(86)

第一章 太阳辐射基础知识

第一节 能源及其分类

一、能源的概念

能源指人类获取能量的来源,是可以直接或通过转换提供人类所需的有用能量资源,包括已开采出来可供使用的自然资源与经过加工或转换的能量来源。

人类利用自己体力以外的能源是从用火开始的。世界上一切形式的能量的初始来源是核聚变、核裂变、放射性源以及太阳系行星的运行。太阳的热核反应释放出极其巨大的能量,射到地球大气层的辐射能量为 7.28×10^{14} 千焦。这种辐射能实际上为地球和太空提供用之不竭的能源。太阳的热效应产生风能、水能和海洋能,以及煤炭、石油、天然气等,化石燃料也是间接来自太阳能。生物质能是植物通过光合作用吸收的太阳能。太阳系行星的运行产生潮汐能。

二、能源的分类

世界上的能源可以分为 10 余种类型:化石能源(煤炭、石油、天然气)、水能、电能、太阳能、生物质能、风能、海洋能、地热能、氢能、潮汐能和受控核聚变。这些是能源的基本形式。根据

管理和研究工作的需要,可以从不同的角度对能源进行分类。

1. 可再生能源与不可再生能源

在自然界可不断再生并有规律地得到补充的能源,称之为可再生能源。经过亿万年形成的,短期内无法恢复的能源,称之为不可再生能源,它随着大规模地开采,储量越来越少,总有枯竭之时。

2. 常规能源与非常规能源(新能源)

在一定历史时期和技术水平下,已被人们广泛应用的能源,称之为常规能源。如许多古老的传统能源、太阳能、风能、生物质能等,若采用先进的方法加以广泛利用,以及用新的先进技术利用的能源,如氢能等,称之为新能源。

3. 商品能源与非商品能源(传统能源)

这是以经济流通领域中的地位加以区分。商品能源是指进入市场用货币进行交易的能源,如煤炭、石油及其制品、焦炭、电力等。非商品能源是指那些一般不通过市场交易的能源,如某些传统能源,秸秆、薪柴、牲畜粪便等。虽然它们有时在当地市场上也有买卖,但规模很小,也未将其列入正式商品,称为非商品能源。

4. 一次能源与二次能源

自然界现成存在,可直接取得而又不改变其基本形态的能源称为一次能源,或称初级能源。由一次能源经过加工转变成另一种形态的能源产品称作二次能源,也称次级能源。

5. 农村能源

农村能源这个名词不是能源分类学上的一个概念,它是按能源管理工作划分的名称。其研究对象和内容是指农村当地各种自然资源的开发和利用,包括农村地区商品能源的供应和消

费;能源技术应用、推广;能源使用中的管理;能源技术和产品的服务社会化和市场化问题等。因此,农村能源是个涵义很广的概念。

三、能源利用

各种能源的另一个共同属性是其都含有能。在一定的条件下能都可转化为热。这就是各种能源使用、替代及相互间进行物理或化学转化过程时所依据的基本属性。因而,很自然地选用各种能源所含的热量,作为统计计量的通用单位。

在用热量作为通用单位时有两种方法:一种是直接应用热量单位;另一种是折合成某种燃料当量作为通用单位(称为“标准煤”或“标煤”)。因为我国能源以煤为主,多年来均沿用此单位。我国规定每千克煤当量为29.3兆焦。

1969年国际计量委员会建议废除卡作为热量单位,采用国际单位制(SI)中的焦耳作为能、功和热的单位。其定义为1国际安培电流在1国际欧姆电阻上1秒钟内消耗的电能。采用国际统一单位,在保证信息传递的一致性和准确性方面有很大好处,可以避免混乱,节省大量人力、物力。为了向国际标准单位过渡,许多国家和国际组织在采用其他单位的同时,也应用了这个单位。我国国家标准局发布的国家标准中对此也做了相应规定。我国现已正式推行以国际单位制单位为基础,同时选用了一些非国际单位制的单位,构成了“中华人民共和国法定计量单位”(简称法定单位)。法定单位中的能量单位为焦(焦耳)。

完全燃烧一个单位的燃料所发出的热量,称为燃料的发热量或热值。燃料发热量分高位发热量和低位发热量。高位发热量指燃料的最大可能发热量。因为燃料中含水和燃料燃烧后生

成的水都要吸收热量并汽化,汽化的水蒸气将随排烟进入大气,汽化潜热就不可能被利用。因此,在高位发热量中扣除其汽化潜热后就是低位发热量。在计算中,一般都用低位发热量作为燃料的热值。

燃料发热量的大小决定于燃料中碳、氢的含量。其数值一般由试验测定。热值的单位用千焦/千克、千焦/米³ 或标准煤等。

第二节 太阳及太阳辐射能

一、太阳

太阳是距地球最近的一颗恒星。它是一个巨大的炽热球状体,直径大约为 1.39×10^6 千米,是地球直径的 109 倍。太阳的体积为 1.41×10^{18} 千米³,是地球的 130 万倍。它的质量为 1.982×10^{27} 吨,比地球质量大 33.3 万倍。而它的平均密度约为 1.41 克/厘米³,只为地球平均密度的 1/4。太阳的主要组分是氢和氦等多种元素,其中氢含量约为 81%,氦的含量为 17%。

二、太阳能资源的特点

太阳能作为一种能源,与煤炭、石油、天然气、核能等矿物燃料相比,具有以下明显的优点:

1. 普 遍

太阳光普照大地,无论陆地或海洋,无论高山或岛屿,都处处皆有,可直接开发和利用,且不需要开采和运输。

2. 无 害

开发利用太阳能不会污染环境,它是最清洁的能源之一,在环境污染越来越严重的今天,这一点是极其宝贵的。

3. 巨 大

每年到达地球表面上的太阳辐射能约相当于 130 万亿吨标煤,其总量属现今世界上可以开发的最大能源。

4. 长 久

根据目前太阳产生的核能速率估算,氢的储量足够维持上百亿年,而地球的寿命也约为几十亿年,从这个意义上讲,可以说太阳的能量是用之不竭的。

太阳能资源虽然具有上述几方面常规能源无法比拟的优点,但作为能源利用时,也有以下缺点:

(1)分散性:到达地球表面的太阳辐射的总量尽管很大,但是能流密度很低。平均说来,正午时太阳辐射的辐照度最大,在垂直于太阳光方向 1 m^2 面积上接收到的太阳能平均有 1 000 瓦左右,这样的能流密度是很低的。因此,在利用太阳能时,想要得到一定的转换功率,往往需要面积相当大的一套收集和转换设备,造价较高。

(2)不稳定性:因为受到昼夜、季节、地理纬度和海拔高度等自然条件的限制以及晴、阴、云、雨等随机因素的影响,因而到达某一地面的太阳辐照度,既是间断的,又是极不稳定的,这给太阳能的大规模应用增加了难度。为了使太阳能成为连续、稳定的能源,从而最终成为能够与常规能源相竞争的替代能源,就必须很好地解决蓄能问题,即把晴朗白天的太阳辐射能尽量贮存起来,以供夜间或阴雨天使用。但目前蓄能也是太阳能利用中较为薄弱的环节之一。

(3)效率低和成本高:目前太阳能利用的发展水平,某些方面在理论上是可行的,技术上也是成熟的。但有的太阳能利用装置,因为效率偏低,成本较高。总的来说,其经济性还不能与常规能源相竞争。在今后相当一段时期内,太阳能利用的进一步发展,主要受到经济性的制约。

至于太阳能利用中的经济性问题,还必须考虑下列两种因素:

一是世界上越来越多的国家认识到一个能够持续发展的社会应该是一个既能满足社会需要,又不危及后代人前途的社会。因此,尽可能多地用洁净能源代替高含碳量的矿物能源,是能源建设应该遵循的原则。随着能源形式的变化,常规能源的储量日益下降,其价格必然上涨,而控制环境污染也必须增大投资。

二是我国是世界上最大的煤炭生产国和消费国,煤炭约占商品能源消费结构的76%,已成为我国大气污染的主要来源。大力开发新能源和可再生能源的利用技术将成为减少环境污染的重要措施。能源问题是世界性的,向新能源过渡的时期迟早要到来。从长远看,太阳能利用技术和装置的大量应用,也必然可以制约矿物能源价格的上涨。

三、太阳辐射能

太阳所发出的巨大的光和热是其内部核反应所产生的。根据理论计算,太阳内部小于0.23的太阳半径以内的区域是一个高温、高压的产能核心。这里的温度大约1500万℃,占有太阳全部质量的40%,为其体积的15%,产生能量的90%。在此区域内,太阳拥有的最丰富的元素—氢,发生核聚变,释放出巨大的能量。

太阳不停地向宇宙空间各个方向均匀地发射其内部产生的能量,其总量平均每秒钟即达 4.05×10^{26} 焦耳,相当于每秒钟烧掉 1.32×10^{16} 吨标准煤所放出的热量。太阳不断地辐射能量,也不断地消耗氢,但是太阳中氢的含量极为丰富,按目前太阳热核聚变的耗氢速率估计,还足够维持上百亿年。因而,太阳称得上是一个取之不尽,用之不竭的永久性能源库。

根据理论推算,地球大气上界每秒钟所接受的太阳能仅为太阳总辐射能的 $1/22$ 亿分之。尽管如此,每秒钟也有 1.765×10^{17} 焦耳之多的辐射能,折合标煤约 600 万吨,也相当于 1.723×10^{17} 瓦的功率。由此可知,地球每年接受来自太阳的能量约为 1.51×10^{18} 千瓦时,此数值是目前全世界每年消耗的总能量的数万倍。实际上,真正到达地球表面的太阳辐射能只有 8.5×10^{16} 瓦左右。

到达地球表面的太阳辐射能大体分为三个部分:一部分转变为热能(约 4.0×10^{16} 瓦),使地球的平均温度大约保持在 13°C ,造成适合各种生物生存和发展的自然环境,同时使地球表面的水不断蒸发,造成全球每年约 50×10^{16} 千米³ 的降水量。其中大部分降水落在海洋中,少部分落在陆地上,这就是云、雨、雪、江、河、湖形成的原因;太阳辐射能中还有一小部分(约有 3.7×10^{14} 瓦)用来推动海水及大气的对流运动,这便是海流能,波浪能,风能的由来;还有更少一部分(约 4×10^{13} 瓦)的太阳能被植物叶子的叶绿素所捕获,成为光合作用的能量来源。

太阳在单位时间内以辐射形式发射出的能量称太阳的辐射功率,也叫辐射通量,它的单位是瓦特(W)。

投射到单位面积上的辐射通量叫辐照度,单位是瓦/米² (W/m^2)。

从单位面积上接收到的辐射能称为曝辐射量,单位为焦耳/米²(J/m²)。

四、太阳辐射光谱

太阳以光辐射的形式将能量传送到地球表面,但因为地球大气层的存在,到达地面的太阳光谱与大气上界的太阳光谱有所不同,其辐射光谱分布。

太阳的光辐射,是由不同波长的光波组成的。根据波长,太阳的光谱大致可以分为三个光区。

(1)紫外光谱 不可见光,波长小于 0.4 微米,有杀菌作用,但大量波长短于 0.3 微米的紫外线对植物生长有害,紫外光谱约占太阳光辐射能量的 8.3%。

(2)可见光谱 可见光谱又分为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫 7 种单色光谱,波长约为 0.4 ~ 0.76 微米,植物生长(光合作用)取决于可见光谱部分,可见光谱区的能量约占 40.3%。

(3)红外光谱 红外光谱波长大于 0.76 微米,波长超过 0.8 微米的红外线不能引起光化学反应(光合作用),而仅能提高植物的温度并加速水分的蒸发,红外光谱区的能量约占 51.4%。

太阳辐射能主要分布在 0.4 ~ 3 微米之间,即集中在可见光和红外光谱区。

五、到达地球表面上的太阳辐射能

地球大气外的太阳辐射能基本上是一个常数,经过大气层后,它要受到一系列因素的影响,实际到达地球表面上的太阳辐射能将有所衰减。一般说来,晴朗天气,赤道上空直射时的太阳

辐射能只有大气层外的 60% ~ 70%。而阴雨下雪天,地球表面只能接受到一些散射光。据估计,反射回宇宙的能量约占总量的 30% 左右,被吸收的约占 23%,其余 47% 左右才能到达地球的陆地和海洋表面。

1. 影响地球表面上太阳辐射能的因素

(1) 天文因素:①日地距离;②太阳赤纬角;③太阳时角。

(2) 地理因素:①地理位置,即地区的纬度和经度;②海拔高度。

(3) 物理因素:①大气透明度;②接受太阳辐射面的表面物理化学性质,包括表面涂层性质。

(4) 几何因素:①接收太阳辐射面的倾斜度;②接收太阳辐射面的方位角。

2. 大气层对太阳辐射的衰减作用

大气透明度是表现大气对于太阳光线透明程度的一个参数。太阳光线是穿过地球大气之后才到达地面的。因此,大气透明度好,到达地面的太阳辐射能就多;相反,大气透明度差,则到达地面的太阳辐射能就少。例如,在晴朗无云的天气时,大气透明度很高,人们就会感到太阳很热;而在天空云雾或风沙灰尘很多时,大气透明度很低,就会感到太阳不太热,甚至有时连太阳都看不见。因此,大气透明度与天空云量和大气中所含灰沙等杂质的多少有关。大气层与其他介质一样,也不是完全透明的介质,大气的存在是使地面太阳辐射衰减的主要原因,它对太阳辐射的衰减可归结成三种作用的结果:

(1) 吸收作用:太阳光谱中的 X 射线及其他一些超短波在电离层被氮、氧等大气成分强烈的吸收;大气中的臭氧对于紫外区域的选择性吸收;大气中的气体分子、水汽、二氧化碳对于

波长大于 0.69 微米的红外区域的选择性吸收;大气中悬浮的固体微粒和水滴对于太阳辐射中各种波长射线的连续性吸收。

(2) 散射作用:大气中悬浮的固体微粒和水滴对于太阳辐射中波长大于 0.69 微米的红外区域的连续性散射。

(3) 漫反射作用:大气中悬浮的各种粉尘对于太阳光的漫反射,它与大气被污染而变混浊的程度有关。

上述现象就称为大气衰减,大气衰减与太阳光线经过大气的路径长短有关,路径越长,衰减越厉害,随着太阳在地面上方的不同高度,经过路径的长度也不同。

第三节 我国的太阳能资源

据估算,我国陆地每年接受的太阳能辐射量约为 5.02×10^{22} 焦耳,相当于 1.7 万亿吨标准煤,数量是非常巨大的。全国各地太阳能年辐射总量达 3 340 ~ 8 370 兆焦/米² 之间,中值为 5860 兆焦/米²。因此,研究和发展太阳能的利用对我国今后能源与电力的发展有着特别重要的意义。

我国太阳能资源分布的主要特点是:太阳能的高值中心和低值中心都处在北纬 22 度 ~ 35 度这一带,青藏高原是高值的中心,那里的平均海拔在 4 000 米以上,大气透明度好,纬度低,日照时间长。有“日光城”之称的拉萨市,年平均日照时间为 3 005.7 小时,相对日照为 68%,太阳年总辐射量每平方厘米为 816 千焦。全国以四川省的太阳年辐射总量为最小,那里雨多、雾多、晴天较少。我国素有“雾城”之称的重庆市,年平均日照时数仅 1 152.2 小时,相对日照仅 26%,年平均晴天 24.7 天,阴天 244.6 天,年平均云量高达 8.4,太阳年总辐射量每平方厘米

为 335 ~ 419 千焦。就全国而言,西部地区的太阳年总辐射量高于东部地区,除西藏和新疆两个自治区外,基本上是南部低于北部。

在北纬 30 度 ~ 40 度地区,我国太阳能的分布情况与一般太阳能随纬度变化的规律相反;因为南方多数地区云、雾、雨多,太阳辐射能不是随着纬度的增加而减少,而是随着纬度的增加而增加。

从太阳能资源开发利用的角度看,还应考虑年日照时数和月平均气温等因素,全国太阳能利用区划系统及分区特征,将全国分为四个区:太阳能丰富区;太阳能较丰富区;太阳能可利用区;太阳能贫乏区。

第二章 太阳灶

太阳灶是利用太阳直接辐射能,通过聚光、传热、储热等方式对食物进行加工的一种装置。

在我国部分地区农村太阳灶已经得到广泛的应用,在研制低成本的实用太阳灶方面已经取得了一定的进展。因为太阳灶结构简单,制作方便,成本低,在农村特别是在太阳能资源较好且能源短缺地区,深受广大群众的欢迎。实践证明,推广使用太阳灶,对于节约能源,减少环境污染,提高和改善农牧民的生活质量具有重要意义,是解决农村能源问题的一项有效途径。目前我国太阳灶的保有量达69万台,(不包括西藏,假若加上西藏已超过100万台)。每年可替代能量大约60万吨标准煤,太阳灶作为太阳能热利用设备,在今后一段时间内还会有一定发展,我国农业部将推动太阳灶行业技术进步和市场化的发展。

第一节 太阳灶分类及结构

目前,推广使用的太阳灶主要有箱式太阳灶和聚光式太阳灶。箱式太阳灶可以利用太阳辐射的直射与散射两部分,但灶温低于 200°C ,不能用于炒菜;而聚光式太阳灶只能利用太阳能的直射部分,相对来说功率大,温度最高可达 $1\,000^{\circ}\text{C}$ 左右,除用于煮饭炒菜外还可用来烧开水,是目前农村使用得最多的一种太阳灶。本章将主要介绍这种类型太阳灶的基本原理、特性及

使用管理和维护技能。

太阳灶的形式很多,基本上可以分为以下三大类。

一、箱式太阳灶

按其结构,又可分为热箱式、反射镜箱式、聚光箱式和轻便型等。

二、聚光式太阳灶

这是目前大量使用的太阳灶的主要形式。聚光式太阳灶,大致可从以下几个方面进行归纳分类。

1. 从灶面光路设计上分类

(1)正抛太阳灶:其形状有正抛正圆、正抛矩形、正抛椭圆、正抛偏圆等。

(2)偏抛太阳灶:有半偏、全偏、超偏三种。其形状也有扁圆、椭圆、矩形、异形等。

2. 从灶面结构和选材上分类

有整体结构,2块或4块结构,其他结构等。聚光太阳灶的灶面,可 adopt 水泥混凝土、铸铁、铸铝、钢板冲压、玻璃钢、钙塑料等材料制作。

3. 从灶面支撑架分类

一般可分为中心支撑、托架支撑、翻转式支撑、灶面前支撑、吊架支撑等。

4. 从炊具支撑架分类

主要有固定式和活动式两种。

5. 从跟踪调节上分类

对太阳方位角跟踪有立轴式、轮转式和摆头式等形式。