

NONGCUN TAIYANGNENG SHIYONG JISHU

农村太阳能 实用技术



金盾出版社

WORLD BANK THE INTERNATIONAL DEVELOPMENT BANK

农村太阳能 实用技术



中国农村

农村太阳能实用技术

王君一 徐任学 编著
孙 喆 张 茂

金 盾 出 版 社

内 容 提 要

农村如何利用太阳能?本书对此作了全面、具体的介绍。内容侧重实用技术,全书分太阳能基本知识、太阳灶、太阳能热水器、太阳能干燥、被动式太阳房、太阳能电池、太阳能在农村中的其它应用等七章,并在附录中列举了我国太阳能利用行业部分生产厂家。本书通俗易懂,图文结合,便于自学,可供从事农村太阳能开发的技术人员和工人,以及农村知识青年阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

农村太阳能实用技术/王君一等编著. —北京:金盾出版社,1993. 11

ISBN 7-80022-714-6

I. 农… II. 王… III. 太阳能—应用—农村 IV. S214

金盾出版社出版、总发行

北京太平路5号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 68218137

传真:68276683 电挂:0234

北京 3209 工厂印刷

各地新华书店经销

开本:787×1092 1/32 印张:7 字数:154千字

2000年7月第1版第5次印刷

印数:36001—41000册 定价:6.00元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

前 言

大家知道,人类征服自然的程度是以对自然力的利用方式及技术的发展为基础的。远古时期,人类对火的利用和控制,有力地推动了人类自身的发展;近代煤的利用和蒸汽机的发明,带来了产业革命;现代石油的开采,电力的产生,构成了现代社会技术经济高度发展的必不可少的物质基础。

然而,矿物燃料的蕴藏量是有限的,总有一天是要枯竭的。而且矿物燃料的利用伴随着环境污染,威胁到人类生存的条件。现今,世界各国都在努力进行节能和开发新能源的研究,因为我们不但需要持久的能源,也需要维系社会发展和经济增长的良好生存环境。

太阳每时每刻都在向地球送来大量的能量,只要我们能接收利用,可以不愁它的来源,而且利用太阳能不会排放出有毒的污染物,这对保护人类生存条件是很有利的。太阳的能量是巨大的,但同时又是分散的;是丰富的,但是密度却很小,必须建造设备把它收集起来并转换成便于利用的形式。另外,太阳能还受昼夜、阴晴等条件的影响,要连续地利用,还要考虑储能的问题。

目前,我国广大农村绝大部分是以烧柴和秸秆来提供生活用的能源,有些地区还得靠牛粪做燃料。所以太阳能的利用对我国广大农村来说不仅有长远意义,在解决当前燃料缺乏的问题上也很有现实意义。

尽管已经有了一些介绍太阳能利用的小册子,我们感觉

仍然有必要再编写一本实用性强的、有助于推广太阳能利用的普及读物。在这本书中,我们尽可能向读者多介绍一些农村利用太阳能的知识,内容侧重实用技术,文字力求简明易懂,图文结合,便于自学,并尽量考虑到能自己设计制作以及有利于乡镇企业的发展。我们希望它能对解决农村能源问题和促进乡镇企业的发展有一点帮助。

由于我们水平有限,可能有不恰当甚至错误的地方,请广大读者批评指正。

编著者

1993年6月

目 录

第一章 太阳能基本知识	(1)
一、太阳能的来源	(1)
二、太阳常数	(2)
三、太阳光谱	(3)
四、太阳高度角和方位角	(9)
五、太阳直接辐射和散射辐射	(11)
六、太阳能的吸收、转换和贮存	(13)
七、我国太阳能资源	(20)
八、太阳能利用的广阔前景	(24)
第二章 太阳灶	(25)
一、几种常见的太阳灶	(25)
二、聚光式太阳灶的设计原理	(29)
三、聚光太阳灶的结构	(39)
四、聚光太阳灶的材料与制作工艺	(43)
五、聚光太阳灶性能检测	(48)
六、聚光太阳灶的使用和维护	(54)
第三章 太阳能热水器	(55)
一、概述	(55)
二、太阳能热水器的分类和特点	(57)
三、平板型集热器	(63)
四、平板型集热器的制造	(73)
五、平板型集热器的试验	(75)

六、太阳能热水系统的安装·····	(79)
七、太阳能热水器的使用与维护·····	(92)
第四章 太阳能干燥 ·····	(93)
一、概述·····	(93)
二、物料含有水分的性质及含水量表示法·····	(96)
三、干燥原理及物料干燥特性·····	(98)
四、太阳能干燥器的分类和特点·····	(103)
五、典型的太阳能干燥器·····	(105)
六、太阳能干燥器的评价·····	(117)
七、太阳能干燥器的热平衡及分析·····	(121)
第五章 被动式太阳房 ·····	(125)
一、概述·····	(125)
二、被动式太阳房的分类·····	(126)
三、被动式太阳房的设计·····	(132)
四、直接受益式太阳房·····	(141)
五、集热蓄热墙式太阳房·····	(148)
六、附加温室(阳光间)式太阳房·····	(150)
七、被动式太阳房的几种做法·····	(151)
八、我国被动式太阳房实例·····	(156)
第六章 太阳电池 ·····	(174)
一、什么是光电池·····	(174)
二、太阳电池的基本特性·····	(176)
三、太阳电池种种·····	(184)
四、太阳能光伏系统·····	(185)
五、太阳能光伏系统在农村的应用·····	(192)
第七章 太阳能在农村中的其它应用 ·····	(200)
一、太阳能温室(大棚)·····	(200)

二、太阳能蒸馏	(206)
三、太阳能育种	(208)
四、太阳能酿造	(208)
五、太阳能抽水	(210)
附录 我国太阳能利用行业部分生产厂家.....	(213)

第一章 太阳能基本知识

一、太阳能的来源

太阳从东方升起,到西方降落,太阳带来了温暖,使生物和人类生长、发育,这是人们所熟悉的自然现象。此外,太阳照射的变化,还引起四季和昼夜的更替,造成大气层中的风、雨、雷、电。那么,它的能量是从哪里来的呢?这是我们要考察的问题。

首先,我们要了解太阳的构造。简单地说,太阳是一个炽热的大气体球。它的直径大约为 139 万公里,是地球直径的 109 倍,它的体积是地球的 130 万倍,而它的质量为地球的 33 万倍,所以,它的密度只是地球的 $1/4$ 。太阳通常可分为内球和太阳大气两大部分。内球的外层是处于对流之中的流体区域;太阳大气又分为两层:其底层称为光球,就是我们平常所能看见的部分,它的上面是厚约几千公里的色球层,最外面是一层密度很小的日冕,它的形状不规则,而且经常变化。从太阳球心到平均半径为 $1/4$ 的范围内,含有总质量的 40%,温度高达 1500 万摄氏度,密度超过 100 克/厘米³。在平均半径的 70%处,温度降至 50 万摄氏度。在外面的对流层中,温度进一步降至约 6000 摄氏度,密度降至 0.01 微克/厘米³。

太阳的主要成份是氢和氦,其中氢约占 78%,氦约占 20%。在异常的高温、高压下,原子失去了全部或大部核外电子,它们在高速运动和互相碰撞之下,发生多种核反应。其中最主要的是氢核聚合成氦核的反应,称为热核反应。在这种反

应中,每一克氢变为氦时,质量损失 0.0072 克。太阳每秒钟将 6 亿多吨氢变为氦,损失质量 427 万吨,这些质量转化为能量发射出来,总功率相当于 3.9×10^{26} 兆瓦。根据地球和太阳的相对位置可知,太阳总辐射能量中,只有二十二亿分之一到达地球大气层的上界,大约为一亿七千三百万兆瓦。由于大气层的散射和吸收,最后达到地球表面的太阳辐射功率大约为八千五百万兆瓦。这仍然是全球发电容量的数十万倍。尽管太阳的发射功率如此巨大,但是,太阳的质量毕竟太大了,照这样消耗下去,仍然能够维持几十亿年。

二、太阳常数

太阳常数是在日地平均距离处(这个平均距离大约为 1 亿 5 千万公里),地球大气层外,垂直于太阳光线的平面上,单位面积、单位时间内所接收到的太阳辐射能。掌握太阳常数的精确值以及太阳辐射的光谱分布,不仅对地球物理学有重要意义,而且对太阳能利用技术的研究和开发,也有重要的意义。所以,多年来人们利用高空飞机、气球以及空间飞行器,对太阳辐射进行精确测量,并推算出太阳常数值。本世纪 60 年代根据美国航空和航天局和美国材料及试验学会测定,太阳常数为 1353 瓦/米²。1981 年 10 月,世界气象组织仪器和观测方法委员会在墨西哥召开的第八届会议上,通过了近年来大量实测结果建议确定太阳常数为 1367 ± 7 瓦/米²。看来,太阳常数虽然随时间有所变化,但其变化是在测量精确度范围以内的。对于太阳能利用技术的研究和开发来说,完全可以把它当作一个常数来处理。

太阳常数是指大气层外垂直于太阳光线的平面上的辐射强度。太阳辐射在穿过大气层时被减弱,这种减弱主要是由于

大气的各种成分的吸收和散射引起的。大气中的各种成分对各种不同波长的太阳辐射的吸收和散射的作用是不同的,但总的说来,在地面上测得的最大的垂直于太阳辐射的平面上的辐射强度大约是太阳常数的 80%,也就是说,被大气吸收和散射的太阳辐射至少约占太阳常数的 20%左右。过去对太阳常数的测量,都是根据在大气层中的测量结果,进行估算的。自从有了人造卫星和宇宙飞船,就可以在大气层外,对太阳常数进行直接测量了。

三、太阳光谱

太阳表面的温度既然高达 6000 摄氏度,因而太阳物质不可能是固体或液体,而是高温气体,它发射出连续光谱。所谓连续光谱,就是说它发射的光是由连续变化的不同波长的光混合而成。只要用三棱镜,就能把这种光束分解成红、橙、黄、绿、青、蓝、紫连续排列的各色光,也就是按波长分解成连续排列的各色光。由此可见,太阳的白光是由许多不同的单色光组合起来的。上面谈到的由各种颜色排列起来的光,都是人的眼睛可以看得见的,所以叫做可见光谱,它的波长范围是从 0.38 到 0.78 微米(百万分之一米)。在可见光中,波长较长的部分相当于红光,波长较短的部分相当于紫光,中间各色光排列的次序,就像我们前面列举的那样。其实,可见光只占太阳光谱中一个极窄的波段。波长比红光更长的光叫做红外光,波长比紫光更短的光叫做紫外光。整个太阳光谱波长范围是非常宽广的,从几个埃(万分之一微米)到几十米。

虽然太阳光谱的波长范围很宽,但是辐射能的大小按波长的分配却是不均匀的。其中辐射能量最大的区域在可见光部分,是在波长 0.46 微米附近。辐射能从最大值处向长波方

向减弱较慢,向短波方向减弱较快。实际上,从 0.2 微米到 2.6 微米这一波段的能量,几乎代表了太阳辐射的全部能量,这一部分光谱分布如图 1-1 的曲线所示,比较精确的数据,列于表 1-1 之中。

表 1-1 地球外太阳辐射光谱(太阳常数 = 1353 W/m^2)^{*}

λ	E_{λ}	D_{λ}	λ	E_{λ}	D_{λ}	λ	E_{λ}	D_{λ}
0.115	0.007	1×10^{-4}	0.43	1639	12.47	0.90	891	63.37
0.14	0.03	5×10^{-4}	0.44	1810	13.73	1.00	748	69.49
0.16	0.23	6×10^{-4}	0.45	2006	15.14	1.2	485	78.40
0.18	1.25	1.6×10^{-3}	0.46	2066	16.65	1.4	337	84.33
0.20	10.7	8.1×10^{-3}	0.47	2033	18.17	1.6	245	88.61
0.22	57.5	0.05	0.48	2074	19.68	1.8	159	91.59
0.23	66.7	0.10	0.49	1950	21.15	2.0	103	93.49
0.24	63.0	0.14	0.50	1942	22.60	2.2	79	94.83
0.25	70.9	0.19	0.51	1882	24.01	2.4	62	95.86
0.26	130	0.27	0.52	1833	25.38	2.6	48	96.67
0.27	232	0.41	0.53	1842	26.74	2.8	39	97.31
0.28	222	0.56	0.54	1783	28.08	3.0	31	97.83
0.29	482	0.81	0.55	1725	29.38	3.2	22.6	98.22
0.30	514	1.21	0.56	1695	30.65	3.4	16.6	98.50
0.31	689	1.66	0.57	1712	31.91	3.6	13.5	98.72
0.32	830	2.22	0.58	1715	33.18	3.8	11.1	98.91
0.33	1059	2.93	0.59	1700	34.44	4.0	9.5	99.06
0.34	1074	3.72	0.60	1666	35.68	4.5	5.9	99.34
0.35	1093	4.52	0.62	1602	38.10	5.0	3.8	99.51
0.36	1068	5.32	0.64	1544	40.42	6.0	1.8	99.72
0.37	1181	6.15	0.66	1486	42.66	7.0	1.0	99.82
0.38	1120	7.00	0.68	1427	44.81	8.0	0.59	99.88
0.39	1098	7.82	0.70	1369	46.88	10.0	0.24	99.94
0.40	1429	8.73	0.72	1314	48.86	15.0	4.8×10^{-2}	99.98
0.41	1751	9.92	0.75	1235	51.69	20.0	1.5×10^{-2}	99.99
0.42	1747	11.22	0.80	1109	56.02	50.0	3.9×10^{-4}	100.00

* λ 表示波长,微米; E_{λ} 是以 λ 为中心的小波段内的太阳辐射平均强度, $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$; D_{λ} 是 $0-\lambda$ 波长区内的辐射总能量占太阳常数的百分比,引自 Thekaekara 的文章(1974)。

现在再考察一下太阳光谱中长波一端和短波一端的情

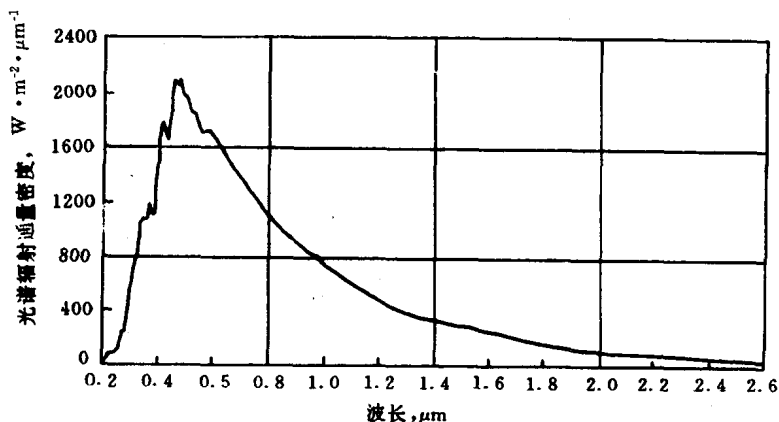


图 1-1 地球大气层外的太阳光谱

况。长波一端包括从 600 微米到 30 米的范围,即无线电波段,主要是太阳外层大气发射出来的。这个波段的辐射能量非常小,和太阳的总辐射能相比,几乎可以完全忽略。但是,当太阳有强烈活动时,厘米波段和米波段的辐射就会有剧烈的扰动。短波一端包括紫外辐射到 X 射线段,波长从 0.1~300 纳米的范围。它的辐射能比起可见光来是很小的,但比无线电波段的能量大得多,约占太阳总辐射能的 1% 强。太阳的紫外辐射几乎全被地球高层大气吸收,使高层大气电离形成几个电离层,并在离地面 15 至 35 公里范围内的大气中产生较多臭氧。

以上讨论的是地球大气层外的太阳光谱,但是,太阳能转换系统大部分都安装在地面上,所以,地面上的太阳全辐射和光谱,对我们来说,有着更直接的关系。太阳辐射穿过地球大气层时,由于受大气的散射、反射和吸收的影响,到达地面的太阳辐射明显地减少,光谱分布也发生了变化(参看图 1-2)。所以,了解大气层的影响对研究地面的太阳辐射十分重要。

大气中的空气分子、尘埃、水滴、冰晶等粒子会改变太阳辐射的传播方向,这就是散射。气体分子对短波辐射的散射作用比对长波辐射厉害,这也就是天空呈蓝色的原因。灰尘、水滴、冰晶等是粗粒子,因而较长波的散射也随之而增强。这样一来,长波和短波散射的差异也就减小了。大气的散射集中在能量比较大的可见光波段,因而是使太阳辐射衰减的主要因素之一。大气的散射可在相当大范围内变化,它取决于太阳高度、云量、云厚、云状、大气透明度和海拔高度等因素,其中尤其以云的变化对散射的影响最大。例如,全阴天时的散射辐射比碧空时的大 1 至 2 倍,有云隙和透光的高积云或积云散射辐射更可增至 8 倍以上。

地球作为一个整体,对太阳辐射有反射作用,它由三部分组成:大气对太阳辐射的反射是一种漫反射,约为入射辐射的 8%;地球表面的反射约为入射辐射的 2~3%;云层的反射随云状、云厚变化较大,平均约为入射辐射的 25%。

大气外和地面太阳光谱曲线的差异,主要是由大气吸收造成的(参看图 1-2)。水汽对太阳辐射的吸收起着十分重要的作用,其吸收带大部分集中在红外区,可见光区内也有一部分。当大气中的水汽含量相当大时,水汽的吸收可占入射辐射的 10% 左右。臭氧吸收的主要是紫外线,约占入射辐射的 2.1%。此外,氧和二氧化碳对太阳辐射也有一定的吸收作用,但影响不大。

在对绝大部分太阳光谱范围内,大气对单色光束的衰减由对数衰减定律来确定。

$$E_{\lambda} = E_{\lambda}^0 e^{-C_{\lambda} m} \quad (1-1)$$

式中 E_{λ}^0 ——大气层外给定波长的辐射强度,瓦·米⁻²·微米⁻¹;

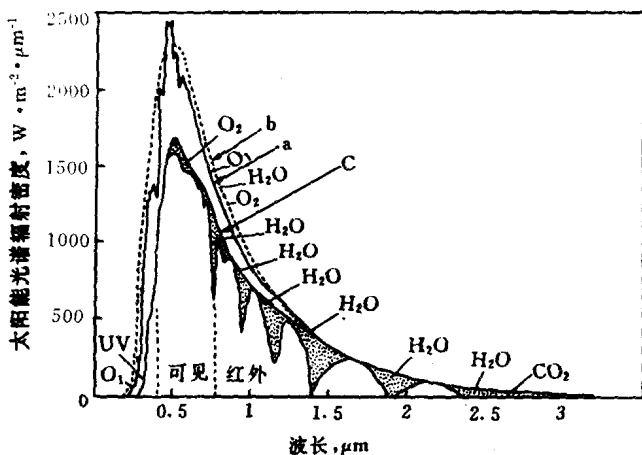


图 1-2 大气层外和海平面的太阳光谱
a 大气层外 b 6000K 黑体辐射 c 海平面上

E_λ ——通过大气层后给定波长的辐射强度, 瓦 · 米⁻² · 微米⁻¹;

λ ——波长, 微米;

m ——大气质量, 数字;

C_λ ——衰减系数, 数字。

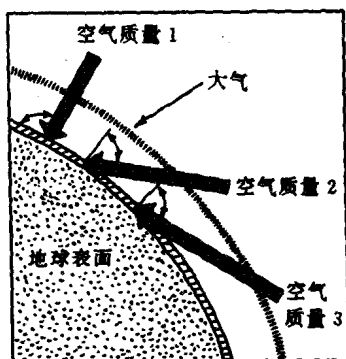


图 1-3 大气质量和阳光入射角的关系
是雷利散射系数 C_1 、臭氧吸收系数 C_2 和大气混浊系数 C_3 之

和。而 $C_3 = \beta/\lambda^2$, α 和 β 是变化的经验数据: $\alpha = 1.3, \beta = 0.02$ 相应于很清洁的大气; $\alpha = 0.66, \beta = 0.17$ 则相应于很混浊的大气。大气质量也叫空气质量, 就是直射阳光穿过地球大气层路径的长度和太阳在天顶时它穿过大气层路径长度之比(参看图 1-3)。对应于不同的大气混浊度和大气质量的太阳辐射强度的变化, 可以从表 1-2 看出来。

表 1-2 对应于不同大气质量的太阳辐射强度

空气 质量	太阳天 顶角(°)	混浊系数		总辐射 强度 W/m^2	总辐射强 度与太阳 常数之比 %	占总能量的部分		
		α	β			紫外, 波 长 < 0.4 μm %	可见 0.4, $\mu m < \text{波长}$ $< 0.72 \mu m$ %	红外波长 $> 0.72 \mu m$ %
0	0			1353.0	100.0	8.7	40.1	51.1
1	0	1.30	0.02	956.2	70.7	4.8	46.9	48.3
4	75.5	1.30	0.02	595.2	44.0	1.23	44.3	54.5
7	81.8	1.30	0.02	413.6	30.6	0.35	39.4	60.3
10	84.3	1.30	0.02	302.5	22.4	0.102	34.7	65.2
1	0	1.30	0.04	924.9	68.4	4.6	46.4	49.0
4	75.5	1.30	0.04	528.9	39.1	1.04	42.1	56.9
7	81.8	1.30	0.04	342.0	25.3	0.26	35.9	63.8
10	84.3	1.30	0.04	234.5	17.3	0.065	30.3	69.6
1	0	0.66	0.085	889.2	65.7	4.7	46.4	48.9
4	75.5	0.66	0.085	448.7	33.2	1.14	42.4	56.5
7	81.8	0.66	0.085	255.2	18.9	0.30	36.3	63.4
10	84.3	0.66	0.085	153.8	11.4	0.08	30.7	69.2
1	0	0.66	0.17	800.2	59.1	4.5	45.4	50.1
4	75.5	0.66	0.17	303.1	22.4	0.88	38.3	60.8
7	81.8	0.66	0.17	133.3	9.85	0.14	30.0	69.8
10	84.3	0.66	0.17	63.4	4.69	0.039	22.9	77.1

α 美国标准大气, 水 20mm, 臭氧 3.4mm。