



新农村节能建设系列

XIN NONGCUN JIENENG JIANSHE XILIE



太阳能 利用技术速学快用

● 邹原东 主编

TAIYANGNENG

LIYON

SUXU

ING



化学工业出版社

新农村节能建设系列
XIN NONGCUN



太阳能 利用技术速学快用

● 邹原东 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是“新农村节能建设系列”中的一本。采用一问一答的形式，主要对太阳灶、太阳能热水器、太阳能温室、太阳能干燥器、太阳房等农村太阳能利用技术中的设计、安装、维护及相关问题进行了充分解答。

全书图文并茂，语言简洁，实用性强，既可供从事太阳能开发的技术人员和工人学习使用，也可供广大农业技术人员、农村基层领导干部和农村能源管理人员等参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

太阳能利用技术速学快用/邹原东主编. —北京:
化学工业出版社, 2010. 11

(新农村节能建设系列)

ISBN 978-7-122-09377-6

I. 太… II. 邹… III. 太阳能-利用 IV. TK519

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 166023 号

责任编辑: 袁海燕

装帧设计: 杨 北

责任校对: 郑 捷

出版发行: 化学工业出版社

(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京云浩印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 5¼ 字数 135 千字

2011 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 18.00 元

版权所有 违者必究

**《太阳能利用技术速学快用》
编写人员**

主 编 邹原东

编写人员 邹原东 王大乐 郑智勇

 郑潇潇 范继红 郭 亮

 孙 健 陈志刚 白雅君

前 言

太阳能是取之不尽、用之不竭的绿色新能源，使用安全，方便无污染。近年来，随着我国经济社会的发展和新农村建设的稳步向前推进，广大农村群众生活水平不断提高，农村清洁能源利用率越来越高，太阳能技术的推广应用在农村生活、生产中越来越广泛，太阳能必将成为“未来能源结构的基础”。为了解决人们在太阳能利用技术方面的问题，我们组织人员编写了这本《太阳能利用技术速学快用》。

本书采用一问一答的形式，主要对太阳灶、太阳能热水器、太阳能温室、太阳能干燥器以及太阳房等实用技术中的疑难问题进行了解答。本书既可供从事太阳能开发的技术人员和工人学习使用，也可作为广大农民、农村基层领导干部和农村科技人员的参考资料。

由于编者的经验和学识所限，内容难免有疏漏或未尽之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2010 年 11 月

目 录

第 1 章 概述	1
(一) 能源与太阳能基础知识	1
1. 什么是能源?	1
2. 能源的计量单位是什么?	1
3. 太阳的能量来源是什么?	2
4. 什么是太阳辐射?	2
5. 太阳常数是指什么?	3
6. 地球大气层外的太阳光谱是怎样的?	4
7. 地面上的太阳光谱是怎样的?	5
8. 什么是太阳高度角和方位角? 如何计算太阳高度角和方位角?	5
9. 大气层对太阳辐射的衰减作用表现在哪几个方面?	7
10. 到达地球表面的太阳辐射能会受到哪些因素 的影响?	8
11. 太阳总辐射包括哪两个部分?	10
12. 太阳能资源的特点是什么?	12
13. 我国太阳能资源分布的主要特点是什么?	14
14. 根据各地接受太阳总辐射量的多少, 可将我 国划分为哪五类地区?	14
(二) 新农村建设中的太阳能利用	16
15. 太阳能利用的基本方式有哪些?	16
16. 太阳能利用在新农村建设中有哪些贡献?	17
17. 国家重视农村太阳能的发展, 对此出台了哪 些相关法规和政策?	22

18. 我国太阳能利用的产业现状是怎样的？	23
第2章 太阳灶	27
(一) 太阳灶的类型与结构	27
19. 什么是太阳灶？推广和应用太阳灶取得了哪些 成效？	27
20. 太阳灶基本上可分为哪几种类型？	28
21. 常见综合型太阳灶包括哪几种类型？	30
22. 聚光式太阳灶是如何进行分类的？	32
23. 太阳灶的结构包括哪几部分？	32
24. 太阳灶的跟踪装置可分为哪几种？	34
(二) 太阳灶设计	36
25. 太阳灶能够聚光的原理是怎样的？	36
26. 聚光太阳灶的曲面是如何进行设计的？	37
27. 如何确定太阳灶的各设计参数？	39
28. 如何绘制抛物线？	41
29. 太阳灶的支撑和跟踪装置应共同满足什么要求？	43
(三) 太阳灶的制作与安装	43
30. 太阳灶的壳体通常由哪些材料制造？	43
31. 常用的太阳灶反光材料包括哪几种？	45
32. 水泥太阳灶胎模的制作过程是怎样的？	45
33. 水泥模的制作过程是怎样的？	47
34. 太阳灶的选择使用，应从哪几个角度进行考虑？	48
35. 太阳灶的安装，应符合哪些要求？	50
36. 在使用太阳灶时，应注意哪些事项？	51
37. 太阳灶应符合哪些技术要求？	52
38. 太阳灶的结构检测方法包括哪些？	53
39. 太阳灶的性能试验是如何进行的？	54
40. 太阳灶的检测，应遵循哪些规则？	57

第 3 章 太阳能热水器	58
(一) 太阳能热水器工作原理及构成	58
41. 什么是太阳能热水器?	58
42. 太阳能热水器的工作原理是怎样的?	58
43. 太阳能热水器主要由哪几部分组成?	59
44. 太阳能热水器是如何进行分类的?	59
45. 什么是太阳能集热器?	60
46. 太阳能集热器是如何进行分类的?	60
47. 什么是平板型太阳能集热器? 它是由哪几部分组成的?	61
48. 吸热体的作用是什么? 目前国内常用的吸热体结构有哪几种形式?	62
49. 什么是透明盖板?	63
50. 什么是隔热体? 常做隔热体的保温材料有哪些?	64
51. 集热器外壳的作用是什么?	64
52. 管板式集热器如何制造?	64
53. 全玻璃真空管集热器如何组成?	65
54. 全玻璃真空管的改进形式有哪些?	66
55. 热管式真空管由哪几部分组成?	68
56. 热管式真空管集热器是如何组成的?	68
57. 内聚光真空管集热器由哪几部分组成? 有哪些特点?	69
(二) 家用太阳能热水器安装与维护	70
58. 平板型家用太阳能热水器如何安装?	70
59. 家用真空管太阳能热水器如何安装?	72
60. 热管家用太阳能热水器如何安装?	72
61. 家用太阳能热水器故障分析和排除?	74
(三) 太阳能热水系统的安装与维护	76
62. 太阳能热水系统的运行方式如何选择?	76
63. 集热器的连接方式有哪些?	76

64. 自然循环太阳能热水系统如何安装?	78
65. 强制循环太阳能热水系统如何安装?	79
66. 太阳能热水系统如何防冻?	83
67. 太阳能热水系统中辅助电加热系统如何安装?	85
68. 太阳能热水系统故障如何排除?	88
第4章 太阳能温室	90
(一) 太阳能温室概述	90
69. 什么是太阳能温室?	90
70. 太阳能温室的基本原理是什么?	91
71. 太阳能温室如何分类?	91
72. 太阳能温室如何选型?	91
73. 什么是竹木结构太阳能温室?	93
(二) 太阳能温室的设计与施工	94
74. 太阳能温室如何选址?	94
75. 太阳能温室设计的基本要求是什么?	95
76. 太阳能温室如何进行参数设计?	95
77. 太阳能温室如何进行规划设计?	98
78. 竹木结构太阳能温室如何进行设计与施工?	101
79. 竹木结构大棚如何施工?	105
80. 钢骨架无柱大棚如何施工?	106
第5章 太阳能干燥	107
(一) 太阳能干燥概述	107
81. 什么是干燥?	107
82. 干燥原理是什么?	107
83. 什么是物料干燥特性?	110
84. 太阳能干燥的基本原理是什么?	112
85. 太阳能干燥有哪些优点?	112
(二) 太阳能干燥器	113
86. 太阳能干燥器有哪些特点?	113

87. 太阳能干燥器分类方式有哪些?	114
88. 什么是温室型太阳能干燥器?	115
89. 集热器型太阳能干燥器由哪些部分组成?	117
90. 集热器型太阳能干燥器是如何工作的?	118
91. 集热器-温室型太阳能干燥器由哪些部分组成?	119
92. 集热器-温室型太阳能干燥器是如何工作的?	119
93. 太阳能干燥器有几种组合方式?	120
94. 太阳能干燥器如何评价?	122
第6章 太阳房	126
(一) 太阳房建筑	126
95. 什么是太阳房建筑?	126
96. 什么是主动式太阳房? 有哪些特点?	126
97. 主动式太阳房的集热工质有哪些?	127
98. 被动式太阳房有哪些类型? 什么原理?	130
99. 被动式太阳房如何进行总体热工设计?	136
100. 什么是热泵?	146
101. 什么是太阳能热泵采暖系统?	147
(二) 太阳房建设	148
102. 如何选择太阳房的建设地点?	148
103. 如何布置太阳房的外部形状与内部房间?	149
104. 太阳房的高度要求为多少?	149
105. 如何进行太阳房的墙体设计?	150
106. 什么是空气集热器?	153
107. 如何进行屋顶保温设计?	154
108. 如何进行地面保温设计?	154
参考文献	156

第1章 概述

(一) 能源与太阳能基础知识

1. 什么是能源?

从物理学的观点看,能量可以简单地定义为做功的本领。广义而言,任何物质都可以转化为能量,但是转化的难易程度及转化的数量是不同的,比较集中而又较易转化的含能物质——能量的来源——称为能源。随着科技的进步,人类对物质性质的认识及掌握能量转化的方法也在深化,因此能源尚没有一个很确切的定义。

确切而简单地说,能源是自然界中能为人类提供某种形式能量的物质资源。

能源也称能源资源,是指可产生各种能量(如热量、光能、电能和机械能等)或可做功的物质的统称。是指能够直接取得或者通过加工、转换而取得有用能的各种资源,包括煤炭、原油、风能、水能、核能、天然气、煤层气、太阳能、生物质能、地热能等一次能源和电力、热力、成品油等二次能源,以及其他新能源和可再生能源。

2. 能源的计量单位是什么?

各种能源的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。因此,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 29.3MJ。

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。由于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/立方米、千焦/公斤（ kJ/m^3 、 kJ/kg ）或标准煤等。

3. 太阳的能量来源是什么？

太阳的能量主要来源于氢聚变成氦的核聚变反应。

在这种反应中，每克氢变为氦时，质量损失 0.0072g。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 $3.9 \times 10^{20} \text{ MW}$ 。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 1.73 亿兆瓦。由于大气层的散射和吸收，最后到达地球表面的太阳辐射功率大约为 0.85 亿兆瓦。这仍然相当于全球发电容量的数十万倍。

根据目前太阳产生的核能速率估算，氢的储量足够维持 600 亿年，而地球内部组织由于热核反应聚合成氦，它的寿命约为 50 亿年，因此，从这个意义上讲，可以说太阳的能量是取之不尽、用之不竭的。

4. 什么是太阳辐射？

热量的传播有传导、对流和辐射三种形式。太阳主要是以辐射

的形式向广阔无垠的宇宙传播它的热量和微粒，这种传播的过程，就称作太阳辐射。太阳辐射不仅是地球获得热量的根本途径，也是影响人类和其他一切生物生存活动以及地球气候变化的最重要的因素。

太阳辐射可分为两种。一种是从光球层表面发射出来的光辐射，因为它是以电磁波的形式传播光热，所以又叫做电磁波辐射。这种辐射由可见光和不可见光组成。另一种是微粒辐射，它是由带正电荷的质子和大致等量的带负电荷的电子以及其他粒子所组成的粒子流。微粒辐射平时较弱，而且能量也不稳定，在太阳活动极大期最为强烈，对人类和地球高层大气有一定的影响。但一般来说，不等它辐射到地球表面上来便在漫长的日地遥远的路途中逐渐消失了。因此不会给地球送来什么热量。由此可见，太阳辐射主要是指光辐射。

5. 太阳常数是指什么？

太阳常数是在日地平均距离处（这个平均距离大约为 1.5 亿千米）、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。20 世纪 60 年代根据美国航空和航天局、美国材料及试验学会测定，太阳常数为 1353 W/m^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 $(1367 \pm 7) \text{ W/m}^2$ 。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作用是不同的，但总的说来，在地面上测得的最大垂直于太阳辐射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占太阳常数的 20%

左右。

6. 地球大气层外的太阳光谱是怎样的?

太阳表面的温度高达 6000°C ，太阳物质是高温气体，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。由各种颜色排列起来的光，人的眼睛可以看得见的，叫做可见光谱，它的波长范围是 $0.38 \sim 0.78\mu\text{m}$ ($1\text{m} = 10^6\mu\text{m}$)。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，就像上面列举的那样。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（1埃为万分之一微米）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，在波长 $0.46\mu\text{m}$ 附近。辐射能从最大值处向短波方向减弱较快，向长波方向减弱较慢。实际上， $0.2 \sim 2.6\mu\text{m}$ 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 所示的曲线。

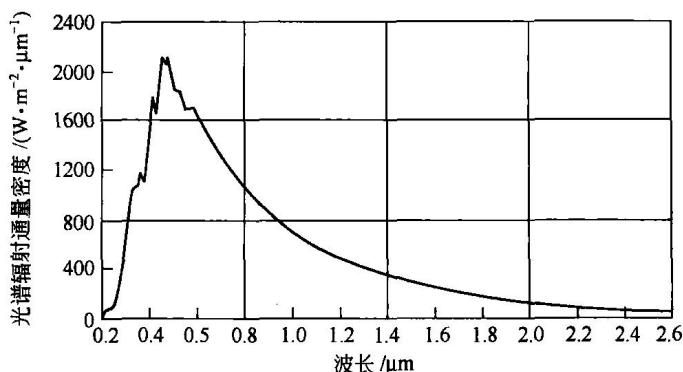


图 1-1 地球大气层外的太阳光谱

7. 地面上的太阳光谱是怎样的?

太阳辐射穿过地球大气层时, 由于受大气的反射、散射和吸收的影响, 到达地面的太阳辐射明显减少, 光谱分布也发生了变化, 如图 1-2 所示。

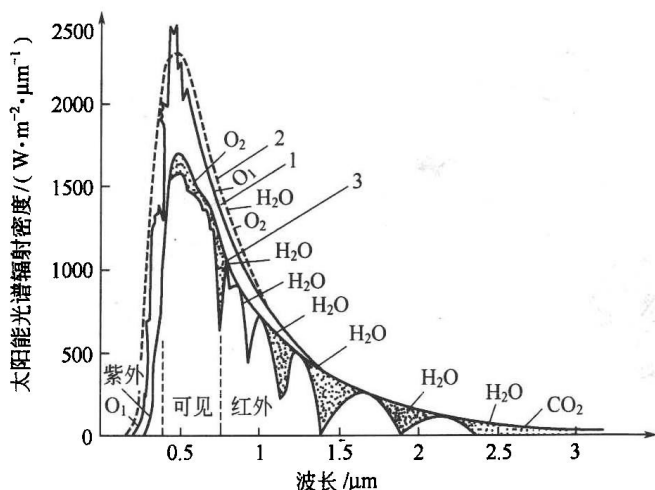


图 1-2 大气层外和海平面的太阳光谱

1—大气层外; 2—6000K 黑体辐射; 3—海平面上

8. 什么是太阳高度角和方位角?

如何计算太阳高度角和方位角?

从地面上某一点观察, 太阳每天早晨从东方升起, 经过天空, 晚间又从西方落下。但是, 要精确确定它的位置, 就必须用两个角度表示: 一个叫太阳高度角, 就是在任何时刻, 从日轮中心到观测点间所连的直线和通过观测点的水平面之间的夹角; 另一个叫太阳方位角, 就是从日轮中心到观测点间所连直线在通过观测点的水平面上的投影和观测点正南方向之间的夹角, 如图 1-3 所示。

从观察者来看, 太阳在天空中运行的轨道就可以由太阳高度角和方位角随时间的变化来表示 (参见图 1-4, 该图的观察点在北半

球)。这个运行轨道又随季节的变化而不同。从北半球的观察点看，在春分、秋分时，太阳从正东升起，在正午时，太阳高度角 h 在一天中最大，然后从正西方落下。在夏至时，太阳从东北方升起，在正午时，太阳高度角为一年中最大，然后从西北方落下。在冬至时，太阳从东南方升起，在正午时，太阳高度角为一年中正午时最小的高度角，然后从西南方落下。

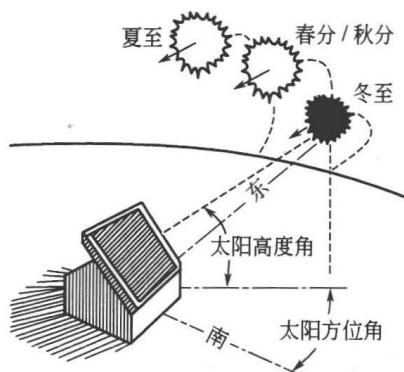


图 1-3 太阳角示意图

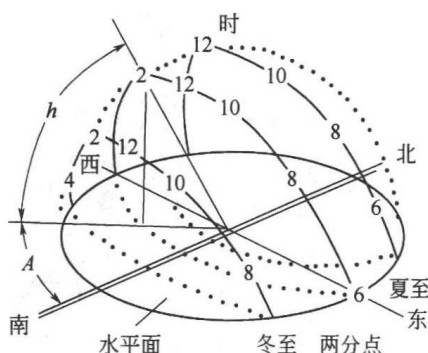


图 1-4 太阳运行轨道示意图

太阳高度角 h 和方位角 A 的值可以由下列公式计算出来：

$$\sin h = \sin \delta \sin \Phi + \cos \delta \cos \Phi \cos \omega t \quad (1-1)$$

$$\sin A = -\frac{\sin \omega t \cos \delta}{\cos h} \quad (1-2)$$

式中， Φ 为观察点的地理纬度，北半球为正，南半球为负； ω 为地球绕轴旋转的角速度，几乎是一个常数，即 $15^\circ/\text{h}$ ； t 为平均太阳时，正午以前为负，正午以后为正， $t = t_{\text{st}} - (L_{\text{st}} - L_{\text{loc}})/15 - 12$ 时，其中 t_{st} 为时区标准时间， L_{st} 为标准时间根据的经度， L_{loc} 为观察点经度； δ 为太阳赤纬角。

δ 可用以下近似公式计算：

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[360^\circ \times \frac{(284 + n)}{365} \right] \quad (1-3)$$

式中， n 表示一年中的第几天。

这里要说明的就是方位角的值，正南方向为 0，东南方为负，

西南方为正。

9. 大气层对太阳辐射的衰减作用表现在哪几个方面?

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,则到达地面的太阳辐射能就少。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以下三种作用的结果。

(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;大气中的气体分子、水汽、二氧化碳对于波长大于 $0.69\mu\text{m}$ 的红外区域的选择性吸收;大气中的臭氧对于紫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 $0.69\mu\text{m}$ 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。

以上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,随太阳在地面上方的高度不同,经过路径的长度也不同。太阳光线在太阳不同高度时经过地面上方大气的情况如图 1-5 所示。

图中 A 为海平面, O 为大气层上界, S、S' 表示太阳的不同位置。当太阳位于天顶 S 时,它在海平面上方的高度角为 90° ,太阳光到达海平面所经过的路程最短,受大气衰减作用的影响也最小。这就是中午太阳光最强的原因。

为了能方便地研究太阳辐射受地球大气衰减作用的影响,将太阳辐射通过大气的厚度称为大气质量,以 m 表示。并且把垂直于海平面的整个大气厚度定义为“一个大气质量”,即 $m=1$,如图 1-5 所示, A 为地球海平面上的一点, O 是太阳 S 在天顶位置时大