

ANG  
ONG  
CAO  
TAN

陈达育  
编著



# 农村太阳灶

农业出版社

## 序 言

太阳能是一种巨大的、无污染的能源，在阳光所及的地方都有太阳能可利用。近年来，太阳能利用研究有了较大的发展。事实证明，太阳能热利用和太阳能发电（太阳能电池）在不少地区都已经展示出它的优越性。

我国幅员辽阔，人口众多，80%以上的人口住在农村，他们祖祖辈辈靠薪柴为主要燃料，年复一年，森林植被大量破坏，造成水土流失、沙化面积扩大、气候失调、土地肥力下降。目前，全国有近一半农户不同程度地缺乏燃料。因此，解决农村能源，对于保护森林、绿化环境，控制水土流失、维护生态平衡、增强土地肥力、发展农业生产和提高农民生活水平都具有很重要的现实意义。从太阳能利用技术的发展趋势来看，太阳灶在农村有着广阔的应用前景。

上海能源研究所陈达育同志，从事太阳灶研究多年，积累了丰富的经验。本书从实用出发，系统地介绍了有关太阳灶的基本知识。全书共分五章，第一章是认识太阳，主要介绍太阳和我们生活的关系，以及我国利用太阳能的优异条件；第二章和第三章叙述设计太阳灶的基本知识和参数；第四章是本书的重点，介绍各种太阳灶的制作技术，结合作者多年来的经验体会，详细论述了各种聚光式太阳灶的设计原理和

制作方法。第五章是介绍太阳灶的热性能测试，叙述了测试方法的基本原理和太阳灶热效率、有效功率以及焦斑面积的测试方法等。最后对国外太阳灶也作了简要介绍。

本书的目的以实用为主，对各种太阳灶的设计和制作技术作了较详细的介绍；对于聚光原理的分析也作了初步探讨。书中有些章节也不无欠严谨之处，须在今后不断完善改进。

俞善庆

1983年4月

## 编 者 的 话

太阳能是一种巨大的天然财富，研究设计各种太阳能装置是为“四化”建设服务的一项重要任务。我国地广人多，广大农村燃料非常缺乏，农民迫切希望得到价廉、物美、实用的太阳灶。

根据1982年统计，全国已研制推广使用40余种聚光式太阳灶，数量在35,000台以上，一台1,000瓦功率的太阳灶，每年利用200天可节省柴草1,000—3,000斤。我国有10亿人口，8亿农民，部分地区的农户严重缺少柴烧。所以迅速推广太阳灶，对于解决农村炊事用能，保护植被、防止生态恶性循环、发展农业生产都具有重要意义。

从全国几十个单位和地区在研制推广使用太阳灶来看，已经取得了较大的进展，主要表现在已从试验阶段达到实用阶段。在技术上也发展了太阳灶事业。我国的太阳灶从设计理论到材料工艺和应用数量等方面，已引起国际太阳能学者的关注。

我国太阳灶的发展，在各个阶段的理论研究中，已初步形成了我国独特的设计理论和设计思想。在材料工艺上，结合我国实际情况，因地制宜、就地取材、就地生产和引用了比较先进的工艺手段，为今后太阳灶发展主攻方向提供了条

件。1975年刘祖德同志提出了“偏轴理论”；同年任宏深同志关于“正抛物面轴外聚光太阳灶固定锅架结构”即允许阳光与聚光面主光轴有一夹角。使光团不在主光轴上聚焦而在主光团外聚光和平行四边形“自动水平锅架的设计理论”；1980年贾英洲同志提出“斜四边形自动平衡锅架支承结构”，防止在太阳高度角最高或最低时，焦斑可能出现的发散现象；1981年方泽荣、马光授、王乐轩、张嵩英、肖家宁等同志提出热性能测试方法；同年，马光授、王乐轩、张嵩英等同志提出了“在整体设计中应用《人体工程学》原理的设计思想，不久发表了“反射曲面”设计原理有效面分析法及全套图表；1982年郑效卿同志提出“用反射光线的《收集锥》确定太阳灶截光面的理论”。这些设计理论的研究丰富了太阳灶的推广和应用。本书还介绍了多种灶面材料和反光材料的选择主要特性以及新的灶型：多用固定式太阳灶、多用箱式太阳灶、拆装、折叠、便携式太阳灶的发展方向等。

近年来上海能源研究所研制了几种新的灶型，在农村推广使用，深受广大农民的欢迎。为了满足广大读者的需要，现把多年来从事太阳灶研究的经验体会贡献给读者。由于时间匆促，不妥之处和错误地方在所难免，望读者提出宝贵意见。

在编写过程中承中国能源研究会副理事长、中国农村能源专业委员会主任委员、中国科技大学杨纪珂教授；中国太阳能学会常务理事、上海能源研究所副所长、高级工程师俞善庆同志；华北电力学院研究生部宋之平副教授；中国农业工程研究设计院屠云璋工程师等同志的详细审阅。

本书还承中国太阳能学会《太阳能》杂志编辑部、郑州

工学院太阳能研究室和几次全国太阳能学术讨论会给予提供资料。肖家宁、缪仲熙、杨秀荣、李美华、杨振熙等同志参加编校；陈慕水同志插图，以及研究室的其他同志也参加了部分工作，在此一并表示感谢。

1983年3月

# 目 录

## 序言

### 编者的话

|                        |    |
|------------------------|----|
| 第一章 认识太阳.....          | 1  |
| 第一节 概况 .....           | 1  |
| 第二节 太阳和我们生活的关系 .....   | 4  |
| 第三节 古代太阳能利用的发展 .....   | 4  |
| 第四节 我国利用太阳能的有利条件 ..... | 7  |
| 第二章 太阳灶的基本知识 .....     | 14 |
| 第一节 概况 .....           | 14 |
| 第二节 光的基本应用 .....       | 15 |
| 第三节 平面镜的应用 .....       | 16 |
| 第四节 抛物线的应用 .....       | 17 |
| 第五节 食物烧煮所需温度 .....     | 17 |
| 第六节 材料的选择 .....        | 18 |
| 一、反光材料的选择 .....        | 18 |
| 二、灶面材料的选择 .....        | 25 |
| 三、绝热保温材料的选择 .....      | 26 |
| 第七节 太阳灶工程中常用术语 .....   | 29 |
| 第八节 几个常用换算表 .....      | 31 |
| 第三章 太阳灶设计的基本要素.....    | 36 |
| 第一节 几何光学的基本知识 .....    | 36 |
| 第二节 旋转抛物面 .....        | 39 |

|     |                        |     |
|-----|------------------------|-----|
| 第三节 | 反射镜面的设计 .....          | 46  |
| 第四节 | 反射镜面的光学系统 .....        | 47  |
| 第五节 | 偏轴聚光原理 .....           | 52  |
| 第六节 | 采光面积、聚光度的选择 .....      | 54  |
| 第七节 | 焦距的选取和最佳操作距的选择 .....   | 56  |
| 第八节 | 太阳高度角、方位角的计算 .....     | 57  |
| 第四章 | 太阳灶的制作 .....           | 64  |
| 第一节 | 概述 .....               | 64  |
| 第二节 | 热箱式太阳灶的制作原理 .....      | 65  |
| 第三节 | 热箱式太阳灶的计算 .....        | 66  |
| 第四节 | 热箱式太阳灶的制作 .....        | 72  |
| 第五节 | 几种改型的箱式太阳灶的制作 .....    | 79  |
| 第六节 | 热箱式太阳灶的使用要求 .....      | 84  |
| 第七节 | 热箱式蒸汽太阳灶的制作 .....      | 87  |
| 第八节 | 聚光式太阳灶的制作 .....        | 91  |
| 一、  | 简易固定型聚光太阳灶的制作 .....    | 92  |
| 二、  | 荷叶型聚光太阳灶的制作 .....      | 101 |
| 三、  | 正抛物面轴外聚光纸质太阳灶的制作 ..... | 105 |
| 四、  | 灯式太阳灶的制作 .....         | 126 |
| 五、  | 箱式柱形聚光太阳灶的制作 .....     | 128 |
| 六、  | 草编式聚光太阳灶的制作 .....      | 129 |
| 七、  | 玻璃太阳灶的制作 .....         | 132 |
| 八、  | 圆柱形抛物面聚光太阳灶的制作 .....   | 140 |
| 九、  | 方形聚光太阳灶的制作 .....       | 147 |
| 十、  | 盆形太阳灶的制作 .....         | 152 |
| 十一、 | 荷花式太阳灶的制作 .....        | 156 |
| 十二、 | 纸伞型太阳灶的制作 .....        | 162 |
| 十三、 | 聚光式水泥太阳灶的制作 .....      | 166 |
| 十四、 | 负压式太阳灶的制作 .....        | 180 |
| 十五、 | 螺旋式齿形太阳灶的制作 .....      | 182 |



|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 十六、蝶形折叠式太阳灶的制作.....           | 185 |
| 十七、柱形抛物面聚光育种和处理种子.....        | 196 |
| 十八、通用太阳灶的研制.....              | 199 |
| 十九、几种聚光式太阳灶的主要技术性能参数.....     | 207 |
| <b>第五章 聚光式太阳灶炊事性能试验</b> ..... | 224 |
| 第一节 概况 .....                  | 224 |
| 第二节 仪表 .....                  | 227 |
| 第三节 炊事功能试验 .....              | 229 |
| 第四节 焦斑温度的测试 .....             | 229 |
| 第五节 热效率的试验方法和计算 .....         | 232 |
| 第六节 太阳灶有效功率的测试和计算.....        | 236 |
| 第七节 简易镜面反射率测试法 .....          | 237 |
| <b>附：国外几种太阳灶简介</b> .....      | 239 |

# 第一章 认识太阳

## 第一节 概 况

在无边无际的宇宙空间，有着漫河沙数的繁星，其中有一颗最光亮的圆球——太阳，有9颗行星围绕着它旋转，形成太阳系。地球除绕太阳公转外，还以一天为周期自转，这就造成了日夜交替。太阳和地球的平均距离为1.5亿公里，它的光速是每秒钟达30万公里。太阳光射到地球上约需8分半钟的时间。

太阳给人类带来了光明，太阳能是地球上最主要的能量源泉，它每时每刻给地球以光和热，使万物得以生长。因此，人类在征服自然的斗争中，不断地认识太阳。

根据现代科学技术的观测，太阳是一个巨大的球状炽热气团，它的表面温度高达 $6000^{\circ}\text{K}$ ①，中心温度更为惊人，达到 $20,000,000^{\circ}\text{K}$ ，它的直径为140万公里，比地球大100多倍。

由于太阳内部具有极高的温度和巨大的压力，使原子核反应能够不断地进行，这样就产生了巨大的辐射能量。据估计，太阳总辐射功率为 $3.75 \times 10^{26}$ 瓦，而投射到地球范围

---

① K表示绝对温度， $0^{\circ}\text{K} = -273^{\circ}\text{C}$ 。

内的辐射功率约为  $1.8 \times 10^{17}$  瓦，仅占总辐射功率的 22 亿分之一。

太阳是以光辐射的方式将能量输送到地球表面的。由于地球被一层稠密的大气层包围着，大气层的主要成分是氮、氧、二氧化碳、水蒸气和臭氧等。因此，到达地面的太阳光谱与大气层以上宇宙空间的太阳光谱有所不同（图 1）。

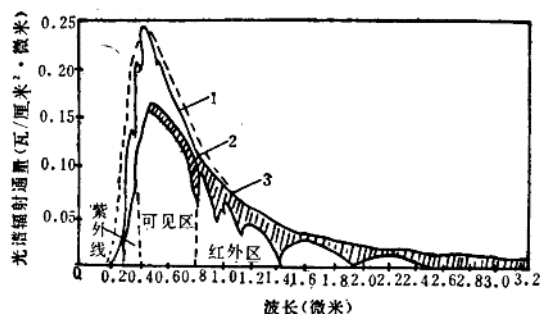


图 1 太阳辐射光谱分布

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.  $5800^{\circ}\text{K}$  黑体辐射的光谱

由图 1 看出，太阳光谱的范围由  $0.3\mu\text{m}$ — $3.0\mu\text{m}$  的波长区域组成，其峰值在  $0.5\mu\text{m}$  附近，紫外区 ( $0.3\mu\text{m}$ — $0.4\mu\text{m}$ ) 占的比例很小，可见区 ( $0.4\mu\text{m}$ — $0.76\mu\text{m}$ ) 和红外区 ( $0.76\mu\text{m}$ — $3.0\mu\text{m}$ ) 占总通量的 90% 以上，太阳光到达地面的辐射通量，是该处该时刻的太阳高度和大气透明度所决定的。表 1 所列是在不同高度下的辐射光谱成分。

表1 在各种太阳高度下, 太阳辐射的光谱成分\* (卡/厘米·分)

| 光谱段 | 波长<br>(微米) | 透<br>明<br>系<br>数 | 太 阳 在 地 平 上 的 高 度 (度) |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
|-----|------------|------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
|     |            |                  | 90                    | 80   | 70   | 60   | 50   | 40   | 30   | 20   | 10   | 5     |
| 紫外线 | 0.30       | 0.36             | 0.07                  | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.006 |
|     | 0.37       | 0.68             | 0.05                  | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.000 |
| 紫色光 | 0.42       | 0.77             | 0.10                  | 0.10 | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.05 | 0.03 | 0.011 |
| 绿色光 | 0.49       | 0.85             | 0.19                  | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.18 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.09 | 0.047 |
| 黄色光 | 0.59       | 0.92             | 0.24                  | 0.24 | 0.24 | 0.24 | 0.23 | 0.23 | 0.22 | 0.20 | 0.16 | 0.112 |
| 红色光 | 0.70       | 0.97             | 0.22                  | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.21 | 0.21 | 0.19 | 0.162 |
|     | 0.91       | 0.98             | 0.32                  | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.31 | 0.30 | 0.273 |
|     | 1.33       | 0.98             | 0.30                  | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.29 | 0.29 | 0.29 | 0.29 | 0.28 | 0.263 |
|     | 2.30       | 0.98             | 0.17                  | 0.17 | 0.17 | 0.17 | 0.17 | 0.17 | 0.17 | 0.17 | 0.16 | 0.150 |
|     | 4.00       | 0.98             | 0.04                  | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.030 |
|     | —          | —                | 0.70                  | 1.69 | 1.68 | 1.66 | 1.64 | 1.61 | 1.56 | 1.47 | 1.27 | 1.060 |

\* 由表可见, 当太阳在天顶时, 黄色光表现最强, 而当太阳高度为 $20^{\circ}$ 以及更低时, 最大辐射移到红色光谱区。

## 第二节 太阳和我们生活的关系

太阳对于人类社会的生存有着十分密切的关系，并已越来越多地引起科学工作者的深切关注。天文学家通过对太阳发射出的各种人眼看不到的射线和微观粒子的观测，来了解和研究太阳内部的奥秘。

早在三千多年以前，我国劳动人民对天文的长期观察，积累了丰富的资料，总结出太阳在宇宙空间的运动规律。把一年分为四季共24个节气，以春分为零点，到清明为15度，谷雨为30度……再到春分为360度，我们用24节气去除360度，那么每半个月就得15度，便是一个节气，农业上常用的“清明下种，谷雨下秧”就是用24节气来指导农事活动的。

万物生长靠太阳，太阳是一切生命的源泉，地球上的主要能源，都直接和间接地来自太阳能，如风力、水力是太阳能转换的自然机械能。石油、煤炭、天然气则是过去地质年代贮存下的太阳能，随着能源消耗的迅速增加，地球上有限的矿物资源会越来越不能满足需要，而且矿物燃料的大量应用严重地污染环境，给人类带来危害，而太阳能是一种取之不尽又无污染的巨大能源。因此，今后必然在人类未来的能源中占有重要的地位。

## 第三节 古代太阳能利用的发展

利用太阳的光和热，为人类的生产和生活服务，并不是

现在才开始的，远在五十万年前，我们的祖先“北京人”就知道用火，这是从猿进化到人的最重要条件之一。人们为了要得到火，便想出各种各样的取火方法。在钻木取火的方法发明了相当年代以后，人们又发明了“阳燧”取

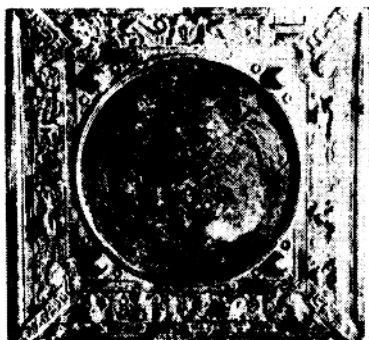


图2 “阳燧”

火。这种新的取火方法，是我们劳动人民的伟大创造之一，也是我国最早利用太阳能的一种工具。它是集中了太阳射到地球上来的—部分光而得到火的。最近在文物整理中，发现有重大价值而具有历史意义的两具“阳燧”（如图2）。一件是外方内圆，四角各铸一狮钮，并有“千秋万岁”四字，从平面上看很象膏药；另一件是外形似荷花型，内饰莲瓣花纹，中心为一凹形圆镜。

从他们的用料和造型来看，经过鉴定，都具有唐代的风格，距今已有一千多年的历史了。根据唐、宋、元历代有关资料的记载：“阳燧”以铜制造，形如镜，照物则影倒，向日则得火。宋代沈括的《梦溪笔谈》详细记载：“阳燧”面洼，向日照之，光皆聚内，离镜1—2寸，光聚为一点，大如麻菽，着物则生火。由此可见，我国古代劳动人民对太阳能利用已经有着悠久的历史。

传说在公元前 214 年,一个炎热的夏天,罗马人利用水路的有利条件和雄厚的兵船,大举进攻希腊,驶在最前面的马采尔号战船满载罗马水兵,迫近了栖拉古斯城堡。正在这紧急关头,科学家阿基米德想出了一个办法,他聚集了许多妇女,身穿白衣,手持镜子。阿基米德下令叫所有的妇女,用手中的镜子把反射的太阳光全部射向战船的前梢(如图 3),顷刻之间,马采尔号战船燃起熊熊烈火,其它战船看到马采尔号起火沉没,都不敢前进。就这样,罗马人吃了一次莫名其妙的败仗,阿基米德就是利用太阳能聚焦原理来取得胜利的。

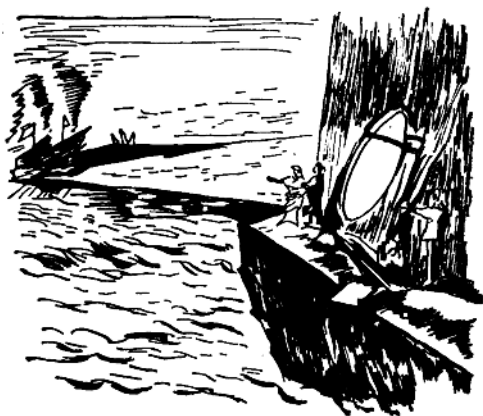


图 3 阳光毁船

在古代,人们还利用太阳光来计时,“日晷”就是根据太阳光照射在物体上所得到的影子,精细的划分时间。后来,又发展到“火钟”,它是能够在一定时间上鸣炮的“太阳闹

钟”。在大炮的引火线上方安装一个透镜，当太阳走到一定位置时，这个透镜的焦点恰好落在引火线上，于是大炮马上轰鸣起来，它告诉人们现在是什么时候了（图4）。这些古代的重大发明，就是今天“聚光式太阳灶”的先导，其原理是一致的。



图4 太阳鸣炮

#### 第四节 我国利用太阳能的有利条件

随着社会主义建设的不断发展，对能源的需求量亦不断增加，作为主要能源形式的各种矿物燃料日见短缺，世界范围的能源危机反复出现。因此，节约常规能源和开发新能源就成为当务之急。在我们国家里，人们生活所用的能源主要用于炊事，特别是在缺乏燃料的农村，推广使用太阳灶，充分利用太阳能，对于发展农业生产，保护生态环境，提高农



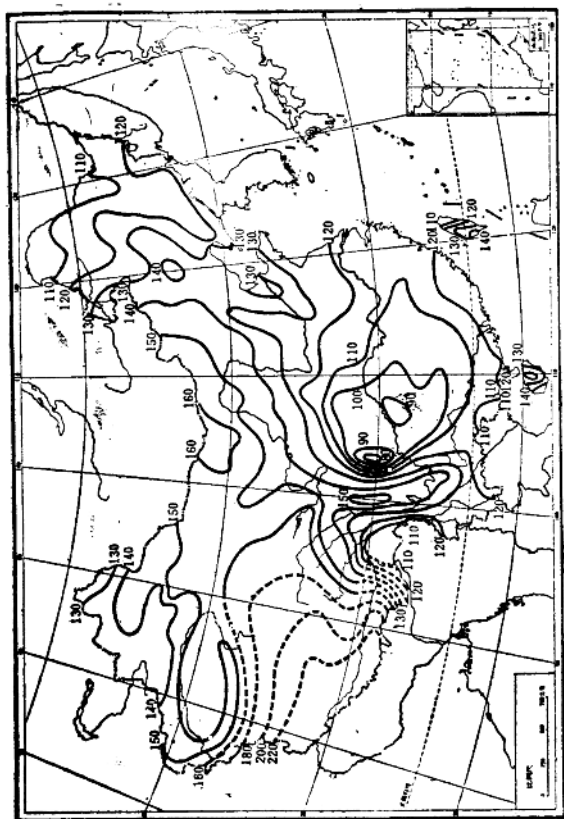


图 5 我国太阳能年总量分布图(单位:千卡/厘米<sup>2</sup>·年)