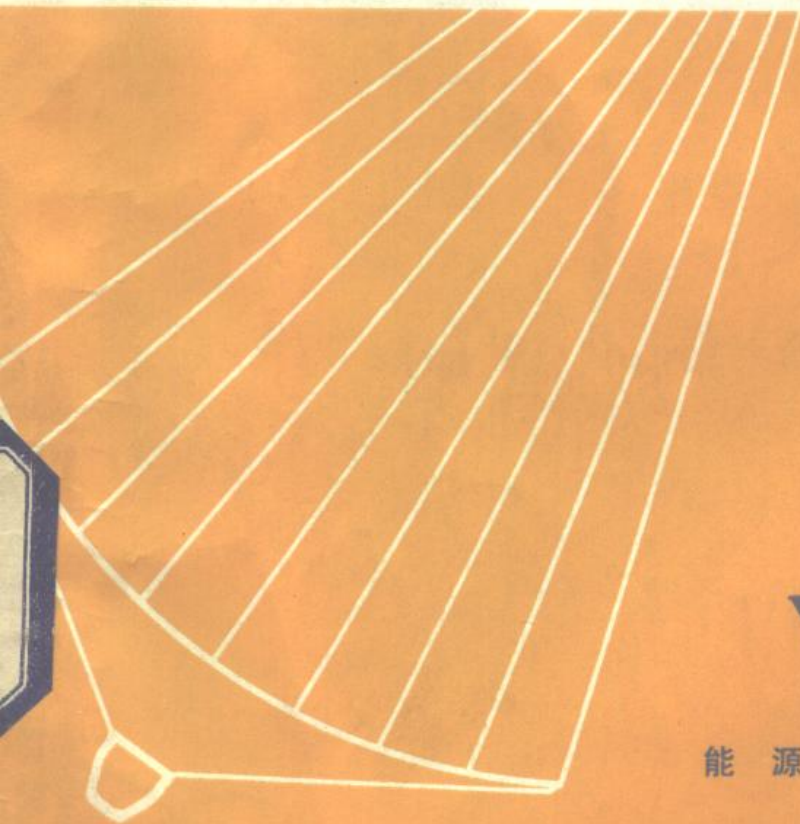




贾英洲 黄建周 王育琳 杨凤田 编著

聚光太阳灶设计制造原理



能源出版社

TK513
2

要 录 室 内

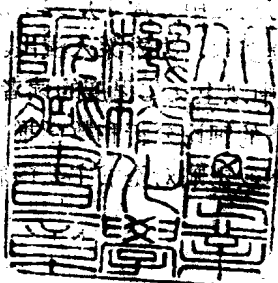
本书是根据作者多年从事太阳能光热发电工程设计的经验，结合国内外有关文献，系统地总结了太阳能光热发电工程设计的原理、设计方法和设计经验。本书可作为从事太阳能光热发电工程设计的工程技术人员、设计人员和大专院校有关专业的师生参考。

聚光太阳灶设计制造原理

贾英洲 黄建周

编著

王育琳 杨凤田



能源出版社

1983

聚光太阳灶设计制造原理

贾英洲 黄建周 王育琳 杨凤田 编著
能源出版社出版 能源出版社发行部发行

中国科学院情报研究所印刷厂印制

787×1092 1/32开本 7.5 印张 161千字

1983年5月第一版 1983年5月第一次印刷

印数 1—6500

统一书号15277·13 定价0.86元

2R66104

内 容 提 要

近年来我国太阳灶的研究和推广工作发展较快，已有较广泛的群众基础。本书概括总结了我国太阳灶研究制造和应用的基本情况，是目前我国论述太阳灶较全面的一本技术书，可供中等以上文化程度的读者参考。

书中介绍了有关太阳辐射和太阳视运动规律的基本知识，论述了聚光太阳灶的基本原理、设计方法、灶体用材、反光材料及制造工艺，还介绍了不同类型太阳灶的支承和跟踪装置，对应用贮能技术也做了初步论述。本书后两章介绍了太阳灶热性能测试和经济分析方法，展望了太阳灶在我国的发展前景。

在本书的编写过程中考虑了广大干部、农村读者，尤其是知识青年的阅读要求，力求深入浅出。除去少数章节的理论推导外，具有初中以上文化程度的读者，都能读懂其基本内容。对于比较复杂的理论分析和数学推导，略去不看，而只掌握其结论，也不致影响对全书主要内容的了解。

前言

制造工具和学会用火是人类文明的开始。早在石器时代，人们就开始用火来取暖和烧制食物。

最初，人类是采集木柴作燃料。这在人口不多、只有手工作坊而耗能较少的古代是可行的。随着人类社会的发展和生产力的提高，人类对能源的需求迅速增加。煤、石油和天然气等矿物燃料的发现，为人类提供了大量的廉价能源，促进了生产的迅速发展。但是，近几十年来，能源消耗成倍增长，而作为现代能源主力的矿物燃料的可开采量却是有限的，加上传统能源造成的污染，所以世界各国都在努力寻找新的能源。

太阳能是一种取之不尽，用之不竭，而又无污染的新能源，因此引起了各国的重视。美、日等发达的资本主义国家都制定了太阳能研究计划，并投入了大量的人力、物力和财力从事这方面的工作。新兴的太阳能工业已经在世界上出现了。一些国家先后建立了太阳能设备工厂，有些产品国际上已有出售。

我国对太阳能的研究利用也很重视。自1975年在安阳召开全国第一次太阳能会议以来，太阳能的研究工作有了很大发展，出现了各种形式的太阳能热水器、太阳灶、太阳炉和太阳能焊接机。在太阳能采暖、致冷、干燥，太阳能育种、理疗、热发电、光电池等方面也都有了很大发展。展望未来，太阳能在我国能源构成中将占有重要地位。

在发展中国家，生活用能源主要是用于炊事。在缺乏矿物

燃料的地区和农村至今仍以烧柴为主。因此，世界上原木产量的52%被作为燃料烧掉了，有些发展中国家此比例竟高达90%。林木被破坏而来不及自然更新，势必会导致水土流失、沙漠扩展、气候失调和水旱灾害的交替发生。因此，解决炊事用能源对保护森林植被和维护生态平衡具有重要的意义。

我国农业人口众多，农村的燃料消耗约占全国总能耗的20%以上。炊事用燃料仍以柴草为主。在不少地区即使烧掉全部农作物秸秆也不够全年炊事之用。因此，推广应用太阳灶对解决农村能源，促进秸秆还田，发展农牧业生产具有重要的经济意义。

我国太阳能工作者一向十分重视太阳灶的研制，国家也把太阳灶作为太阳能利用研究的一个重点项目。全国各单位已研制出十几种太阳灶交付农村试用。同国外一些太阳灶相比，我国的太阳灶具有功率大、效率高等特点，比较适宜在农村使用。目前，太阳灶的研究已日趋实用化。有些地方正筹建太阳灶实验工厂。

可以预料，在解决农村生活用能源上，太阳灶必将发挥重要的作用。

有鉴于此，我们收集了有关资料，并结合近年来实际工作中的经验和体会编写了这本书。对聚光太阳灶的设计制造原理进行了粗浅的论述，供具有中等以上文化程度的读者及有关专业工作者参考。

由于编者水平有限，时间仓促，缺点错误在所难免，恳请广大读者和专家批评指正。在本书编写过程中，得到杨鹤峰等许多同志的帮助，在此表示感谢。

目 录

前言

第一章 概述	(1)
第一节 箱式太阳灶	(1)
第二节 聚光太阳灶	(2)
第二章 太阳辐射能	(6)
第一节 太阳——巨大的能源	(6)
第二节 太阳常数和辐射强度	(7)
第三节 太阳光谱分布	(8)
第四节 大气透明度	(10)
第五节 我国太阳能资源和分布	(13)
第三章 太阳的视运动规律	(15)
第一节 地球的公转和赤纬角	(15)
第二节 太阳的视运动	(19)
第三节 太阳视运动的解析表达式	(24)
第四节 太阳时与钟时的换算	(35)
第四章 抛物线、抛物面及其特性	(39)
第一节 抛物线和抛物面	(39)
第二节 抛物面的聚光原理	(40)
第三节 旋转抛物面的一个特殊性质	(42)
第四节 聚光比	(44)
第五节 抛物线大样图的绘制	(49)
第六节 抛物线弧长的计算	(52)
第五章 太阳灶有关参数的确定	(53)
第一节 采光面积的确定	(53)
第二节 灶面采光系数	(54)

第三节	焦距的选择	(57)
第四节	焦面直径	(58)
第五节	抛物面部位的选择 (A)	(62)
第六节	抛物面部位的选择 (B)	(69)
第七节	玻璃镜片线度的确定	(75)
第八节	重心位置的确定	(77)
第六章	灶壳的结构、材料和制造	(82)
第一节	灶壳结构	(82)
第二节	灶壳材料的性能和要求	(86)
第三节	水泥灶	(87)
第四节	菱苦土灶	(93)
第五节	石棉水泥灶	(95)
第六节	纸浆水泥灶	(98)
第七节	玻璃钢灶	(100)
第八节	薄膜负压结构灶	(103)
第九节	箱式聚光灶	(106)
第十节	凹面玻璃灶	(110)
第十一节	塑料灶	(114)
第十二节	其他材料制造的太阳灶	(119)
第七章	反光材料	(121)
第一节	光的反射	(121)
第二节	反射镜	(123)
第三节	银镜的制作与防护	(126)
第四节	铝镜的制作与防护	(130)
第五节	聚光式太阳灶抛物面反射镜	(136)
第六节	反射率的测量	(137)
第八章	太阳灶的支承和跟踪装置	(141)
第一节	手动跟踪太阳灶	(141)

第二节	自动跟踪太阳灶	(149)
第九章	热能的接收、贮存和传输	(155)
第一节	热能的接收	(155)
第二节	太阳能贮存概述	(159)
第三节	化学能贮存	(160)
第四节	热能的贮存	(163)
第五节	热能的传输	(167)
第六节	太阳灶贮热装置简介	(169)
第七节	绝热保温	(174)
第十章	菲涅尔聚光灶	(177)
第一节	菲涅尔透射聚光灶	(177)
第二节	菲涅尔反射聚光灶	(185)
第十一章	其他几种太阳灶	(193)
第一节	加反射镜的箱式太阳灶	(193)
第二节	固定式太阳灶	(194)
第三节	内镜式太阳灶	(196)
第四节	抗风式太阳灶	(197)
第五节	暖瓶式太阳灶	(199)
第十二章	太阳灶的热性能测试	(200)
第一节	热效率及其测定	(200)
第二节	热效率测量的数据处理和误差分析	(206)
第三节	焦面温度的测量	(210)
第四节	太阳灶测试仪器仪表	(212)
第十三章	太阳灶的经济性及其应用前景	(219)
第一节	经济分析	(219)
第二节	太阳能在生活耗能中的位置	(224)
第三节	太阳灶的前途	(229)

第一章 概 述

太阳灶就是利用太阳光辐射能烧水做饭的装置。太阳光虽然是无私地送到我们每个人身边,但其能量密度低,要想利用它,还必须费费脑子想点办法。我们知道,要把生米做成熟饭,至少要有 100°C 以上的温度。要想煎、炒、烹、炸,则必须有更高的温度。如何获得这样高的温度呢?太阳灶常用的办法有两种:一种是采用热箱装置,一种是汇聚光线。故有两种基本型式:箱式灶和聚光灶。

第一节 箱式太阳灶

箱式太阳灶的外型是一个中等大小的密封木箱,内侧壁及底部衬以5~10厘米厚的绝热性能良好的保温材料,内表层涂以黑色的吸热涂层。上盖双层或三层玻璃板,箱中间放置食物。平板玻璃可以使太阳辐射(主要是可见光和近红外辐射)很好地透过,但对热辐射(长波红外辐射)却几乎是不透明的。太阳光辐射能透过玻璃被黑色的吸收涂层吸收,温度慢慢升高。由于周围有保温绝热层,热量不易散失,上部的两三层玻璃板既能防止对流热损失,又能阻止长波热辐射的透过。因此箱内热量逐渐积累,温度慢慢升高,最后可达到 100°C 以上,把食物蒸熟。由于这种灶结构简单,成本低廉,不需要连续跟踪,所以1975年在安阳召开全国第一次太

阳能会议时，各地研制推广的主要是这种灶。

但是这种灶温度较低，一般不超过 150°C ，而且温度上升慢，做一顿饭需要2~3小时，饭菜口味差，不太合乎人们的生活习惯，所以近年来发展较慢。1979年在西安召开第二次全国太阳能会议时已没有这种灶展出。

第二节 聚光太阳灶

把太阳光线汇聚起来可以大大提高太阳光辐射的能量密度，获得数百度乃至数千度的高温，足够一般炊事之用，故近年来各地研制的主要是聚光太阳灶。

聚光的方式有两种，一种是折射聚光，一种是反射聚光。

目前很少有人利用折射聚光的方法制造太阳灶，其原因有二：

(1) 折射聚光一般采用平板型透镜，即菲涅尔透镜。这种透镜目前尚处于研究阶段，不成熟，还不能实际应用太阳灶上。

(2) 光线从上向下透射过来，只能射到锅盖和锅的侧壁上，不便于直接用来做饭。若想使光线射到锅底上，必须再反射一次，这不仅会带来一些新的技术问题，而且还会降低太阳灶的效率。

但是近年来由于菲涅尔透镜的研究逐步取得进展，所以又有人提出利用折射聚光原理来制造太阳灶，本书第十章将讨论这一问题。

反射聚光是目前聚光灶中最常用的方法，一般是利用旋

转抛物面来汇聚光线。理想的旋转抛物面具有良好的聚光特性。它能把平行于主轴投射进来的光线汇聚于一点，其聚光度可达几百倍至几千倍，因此焦点温度可以很高。有人说，“聚光太阳灶型式千变万变，用抛物面聚光不变”。可见抛物面在太阳灶的研制中占有重要的地位，关于它们的一些具体特性，下面我们将要详细研究。

有的地方曾采用球面聚光来制造太阳灶，但由于其聚光特性不理想，目前已很少有人使用。

由于选用的抛物面部位不同，聚光灶可分为正焦聚光灶和偏焦聚光灶两大类。

一、正焦聚光灶

正焦灶的特点是抛物面顶点恰在所选用的灶面的正中心，有方形和圆形两种型式。圆形正焦灶灶形规则，结构简单，容易加工制造。因此早期的聚光灶大都是这种型式，现在在我国南方一些省市制作的仍是这种灶。

二、偏焦聚光灶

当太阳光斜射得比较厉害时，正焦灶上半部分的反射光线不能到达锅底，而是照在侧壁上，如图1-1的AO部分。侧壁受热不利于锅内流质的对流传热，也不利于在灶锅四周采取保温措施。

如果只选用图1-1中的BO部分作反射面则可以克服这一缺点。这样，灶的焦点和主光轴就跑到了灶体的后侧。故称为偏焦灶或偏轴聚光灶。

偏焦灶不仅能将反射光线汇聚在锅底上，而且锅架也靠

近灶体的后侧，操作比较方便。因此，在我国很多地区，尤其是太阳高度角较低的北方比较适宜。

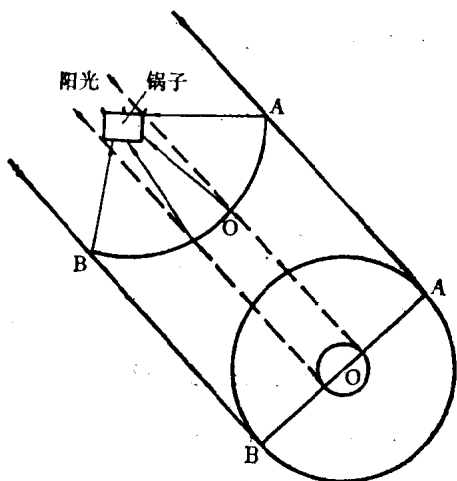


图 1-1

目前，国内的聚光灶虽然大都采用抛物面聚光，但由于设计思想、所用材料、结构和制造方法的不同，其灶型也是多种多样的。大概有如下几种。

1. 水泥聚光灶 用水泥混凝土抹制抛物面底壳，底壳上粘贴玻璃镜片。在我国这种灶数量和样式较多。
2. 曲面玻璃聚光灶 把平面玻璃加热软化后弯制成抛物面，并在玻璃上直接镀银或镀铝。
3. 钙塑板聚光灶 底壳用钙质塑料板制作，反光材料为聚脂薄膜真空镀铝。
4. 负压成型聚光灶 用软塑料布制成抛物面，上贴聚脂薄膜真空镀铝反光层。用金属框架支承，不用时可折叠，

使用时框架撑起，造成内部低气压，反射面即被迫形成旋转抛物面。

5. 玻璃钢灶 灶壳用玻璃钢制成，有板状和蜂窝状两种形式。

6. 纸浆水泥灶 把废纸浆调入水泥浆中加压成型，制成抛物面灶壳，上面粘贴反光材料。

此外，还有石棉水泥灶、菱苦土灶、钢骨架正焦灶、木制聚光灶、铸铁灶、铸铝灶等多种形式的聚光灶。

在我国，太阳灶的研究发展很快，有广泛的群众基础。除去一些专业研究单位外，很多地区、县也在组织人力研制太阳灶。随着科研和生产的发展，将会研制出更多更好的太阳灶。

第二章 太阳辐射能

第一节 太阳——巨大的能源

太阳是离地球最近的一个恒星。科学研究证明，太阳是一个巨大的炽热的球状气团。其直径为一百三十九万零六百公里，体积相当于地球的一百三十万倍。我们平时看到的太阳圆轮是太阳的表面，称为“光球”。

太阳的表面温度为6000K，中心温度高达2000~4000万K，压力约为2000亿大气压。在这样的高温高压下，太阳内部进行着剧烈的热核反应并产生着巨大的辐射能。据推算，太阳的总辐射功率高达 3.75×10^{26} 瓦，每秒钟向周围空间辐射的热量相当于1.3亿亿吨标准煤燃烧时所产生的全部热量。

根据计算，太阳投射到地球上的总辐射功率为 1.8×10^{17} 瓦，仅占太阳总辐射功率的二十二亿分之一。

投射到地球上的太阳辐射能并没有全部到达地球表面。据粗略估计，此能量的30%左右在大气层上被反射回宇宙空间，23%被大气层所吸收，其余的才到达地球表面。即使如此，到达地球表面的总辐射能也是十分巨大的，一年中约为 6×10^{17} 千瓦小时，约为目前世界上同期内利用各种能源所产生的全部能量的2万倍。其中能被植物吸收的约占0.015%，而被人们利用作为食物和燃料的仅占0.002%。

地球被一层稠密的大气所包围，如果将整个大气层压缩到等于海平面处的大气密度时，整个大气层的厚度约相当于海平面上 8 公里。

太阳光在穿过大气层时衰减，主要由三个原因造成：

- (1) 大气分子的吸收；
- (2) 云、雾、沙、尘等质点引起的散射；
- (3) 大气分子所造成的散射。

到达地球表面的太阳辐射能由直接辐射和散射辐射两部分组成，统称为总辐射能。所谓直接辐射，就是太阳光线直线投射部分；散射辐射则是太阳光线通过大气、云、雾及其他物体的散射而到达地面的部分。一般讲，在晴朗的白天，直接辐射占总辐射的大部分，在阴天散射辐射则占大部分。对于聚光式集热器来说，仅能利用太阳的直接辐射。

第二节 太阳常数和辐射强度

在平均日地距离时，在地球大气层上界面垂直于太阳光线的平面上，单位时间内单位面积上的太阳总辐射能称为“太阳常数”。其值为 $1.94 \text{卡/厘米}^2 \cdot \text{分}$ (1395瓦/米^2)，也可近似取为 $2 \text{卡/厘米}^2 \cdot \text{分}$ 。

在地面上，太阳的辐射强度随时间、地点以及天气的好坏而变化。因此，测量辐射强度及其极大值（即在最好条件下测到的数值）对于太阳能的研究和利用是有必要的。

在地球表面上，太阳辐射强度的极大值与纬度的依赖关系并不明显。在赤道附近，由于大气比较混浊，即大气透明度

不高，因而太阳辐射强度的极大值并不是最高的。在极区附近，大气却比较清洁。观测结果表明，在最好的条件下，地面上垂直于太阳光线平面上的辐射强度的极大值相当于太阳常数的80%左右。

表2-1是1972年在北京市测到的垂直于太阳光线平面上的直接辐射强度的极大值。可以看出，极大值随季节的变化并不明显。这是由于每月均选最好的天气，同时又是在垂直于太阳光线的平面上测得，因而和太阳光线与地平面的夹角，即太阳高度角关系不大而造成的。

表2-1 1972年北京直接辐射强度极大值的年分布

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
辐射强度 极大值 (卡/厘米 ² ·分)	1.39	1.42	1.51	1.46	1.40	1.36	1.36	1.49	1.41	1.38	1.45	1.32

在我国大部分地区，一般说来，晴天在垂直于太阳光线平面上的直接辐射强度常在0.7~1.3卡/厘米²·分之间。

第三节 太阳光谱分布

现代科学认为，包括太阳光在内的一切光都是一种物质的形式。光具有两重性：即波动性和粒子性。就是说，不管什么光，都是某种频率范围内的电磁波，本质上与普通无线电波没有差别，只是频率很高，波长很短。另一方面，光线又