

太阳能水泵

上海交通大学热工教研组编

水利电力出版社

内 容 提 要

本書介紹了上海交通大學熱工教研組試制成功的一台太陽能水泵。這是利用拋物面反射鏡式太陽能蒸汽發生器來驅動蒸汽水泵的一種極為經濟的排灌機械。製造簡單而不用消耗燃料。不斷改善太陽能小型動力設備的製造，對廣大農村加速農業機械化具有重大的意義，還為國家節省大量的燃料。

本書共分前言，太陽能利用的一般介紹，鏡面式的太陽能水泵，現存問題及今後展望四個部分。

太 阳 能 水 泵

上海交通大學熱工教研組編

*

1896R405

水利電力出版社出版（北京西郊神農路工里溝）

北京市書刊出版業營業許可證出字第105號

水利電力出版社印刷廠排印 新华書店發行

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 1/8印張 * 15千字

1959年3月北京第1版

1959年3月北京第1次印刷(0001—6,100冊)

統一書號：15143·1947 定價(第8類)0.12元

前 言

1958年的全国工农业生产大跃进，大大地鼓舞了我校热工教研组的全体同志，五亿农民弟兄的冲天干劲尤其令人深受感动，我们每个人都想为此尽自己一分菲薄的力量。同时，党号召我们要树立敢想、敢说、敢做的共产主义风格，要破除迷信，大闹技术革命。有些同志受到这种形势的鼓舞，就在一次教研组会议上提出：“只有在烈日当空，酷热无雨时，才正是农村中最迫切需要灌溉的时刻，因而，利用太阳能制造排灌机械是最理想的”，他们建议制造太阳能水泵。这个建议受到教研组的一致赞同。在党的积极支持与同志们的努力下，终于在1958年8月下旬试制成功了一台太阳能水泵。

在太阳能水泵的制造过程中，我们有以下几点体会：

一、要大胆创造，首先必须破除迷信，解放思想。这对从旧社会里来的知识分子说，是需要经过一段思想改造的过程。

利用太阳能的问题完全是一个新的课题，我们对太阳能水泵的知识也极贫乏，因此，制造太阳能水泵只能说是一个大胆的尝试。最初我们没有彻底破除迷信，解放思想，因此当试验一连几次失败后，信心有些动摇，惟恐徒劳无功、貽笑于人等的顾虑接踵而至，工作甚至一度几乎遭到停顿。但由于党及时对我们加强了教育，批判了这些错误思想，帮助我们从屡次失败中摸索到一条途径，最后终于试制成功了。

二、党的领导，政治挂帅是保证一切工作获得成功的关键。

鍵。船舶系的黨總支給予我們無微不至的關懷和極大的鼓舞。當我們信心不足、思想有些混亂、干劲有些松懈時，黨就及時教育我們，幫助我們找出關鍵問題，讓我們抓准關鍵，從而鼓舞了我們的鬥志。當我們遇到困難時，就給我們以人力、物力和精神上的巨大支持。如果說我們的太陽能水泵有些微成績的話，就應該歸功于黨的領導以及工人同志們的努力。

最後，上海市太陽能器械製造廠的全體職工充分發揮了共產主義協作精神，替我們設計并製造了不少部件，我們願在這裡表示感謝。

太陽能水泵不用消耗燃料，所以是一種極經濟的排灌機械。由於是首次製造，加以經驗的不足，因此雖然初步試驗成功了，都還存在着不少的缺點。我們誠懇的希望各地讀者給予批評和幫助，特別是在操作自動化以及提高水泵效率方面，能有所改進的話，就可以使太陽能水泵在我國廣大農村中普遍推廣，使它在農業生產大躍進中發揮更大的作用。批評及建議請寄至上海交通大學熱工教研組。

上海交通大學熱工教研組

1958年12月1日

目 录

一、太阳能利用的一般介绍	4
1. 太阳的辐射能	4
2. 太阳能利用在历史上的发展情况	5
3. 太阳能利用的各种方案	6
4. 太阳能的利用对社会主义建设的作用	9
二、镜面反射式的太阳能水泵	10
1. 反射镜	11
2. 蒸汽汽锅	15
3. 无活塞蒸汽水泵的作用原理	16
4. 支架及其他	18
三、现存问题及今后展望	20
1. 目前存在的问题	20
2. 其他方案	21

一、太阳能利用的一般介紹

在日常生活中所利用的热能或由热能转变而来的机械能、电能及化学能，大部分来自太阳的辐射能。

煤經燃燒后产生热，利用它来加热水，使水汽化产生水蒸汽以发动蒸汽渦輪，再帶动发电机旋轉，发出电能供給工业与生活上应用。但煤是由古代植物长久埋藏在地下变化而成的，而植物的生长是依靠太阳所供給的光和热。則燃煤后生成的热量可以看作是太阳在古代为人类儲藏起来的一小部分辐射能。又如地球上的水力資源，是由于太阳照晒大地，它的辐射能使河川蒸发，形成水汽而上升，在天空遇冷后凝結成雨雪复降至地面，除了灌溉土地以外，尙因地形变化的影响，形成高山瀑布，江河急流。我們又利用瀑布和急流来推动水渦輪发电。凡上所述，均为間接利用太阳能为人类服务的实例。由此可見，地球上一切生物莫不有賴于太阳能而生活。

1. 太阳的辐射能

太阳为一巨大的能源，在古代已为人类所熟知。太阳能是以辐射能的形态，不依賴任何介質，以辐射的方式穿过宇宙空間，直接辐射至地球，再穿过大气层而达地球的表面。太阳辐射到地球表面的辐射能，根据科学家的测量計算，每天在地球的每一平方公尺水平面上平均約接受4,000~5,000大卡的热量^①。

① 每天以日照射8小时計算。

而太阳辐射到地球大气层表面的能量比辐射到地球表面的能量，平均约超过两倍以上。太阳在一年中辐射给地球的能量总值的五分之一，就等于现在已知地球燃料（包括煤、石油、木材、泥煤）总储量的全部热量的总和。整个地球在一昼夜中所接受的太阳辐射能量的总和，平均约为 580×10^{16} 大卡。因而，研究如何利用这一巨大能源使之为人服务，就具有特别重大的意义。

我国大部分处在北温带及亚热带地区，而西北的大部分地区位于亚洲大陆的中部，全年日照数颇大。根据东部沿海地区上海佘山气象台测量结果，在每年的6、7、8、9、10月份内，自早晨8时至下午3时，平均每平方公尺每小时的辐射值约为500~600大卡/平方公尺·时。

2. 太阳能利用在历史上的发展情况

利用太阳热能取暖、取火等，在远古时代就早为人类所掌握。

根据解放后所得文物及我国历史上的记载，远在唐朝时（公元650年左右），我国已制成取火工具，称阳燧。阳燧有两种形式：一是圆形铜质凹面镜，将阳光反射并聚集在一点上以获得高温；另一种是长条圆筒形，同样是根据反射原理形成高温的焦点。说明我国的劳动人民在公元650年时就已掌握了利用太阳辐射能的原理，并应用到生活中去。

3,500年前古埃及就曾建造过一座偶像，只要受到日晒就会自动发出声音。据传在偶像内部就是装有利用太阳辐射热，加热两个相连通而密闭的充满水及空气的容器，利用其中水受热膨胀后排出的空气自动流过发声簧管而发出的声音。

据说在公元前三世纪，希腊大科学家阿基米德，应用反射

鏡所获的高温焦点，燒毀了羅馬侵略者的艦隊。

現今，我國上海器械能製造廠已經生產了各種太陽能炊事器及醫學用的干燥、消毒、蒸餾器、熱水器等，效果都非常好，并能大量生產。而在動力方面，蘇聯最近發表：在阿爾明尼亞已設計成功了一個世界最大的太陽能熱電站，每年可生產電力250萬瓩-時和水蒸汽2萬噸。

我們所試制的是一種拋物面反射鏡式太陽能蒸汽發生器，利用它來推動水泵，主要目的是為了適應農村中灌溉動力的需要，製造簡單而且不需要燃料。據初步試驗數據，晴天中午的蒸汽壓力達2大氣壓表壓，直徑為3.7公尺的反射鏡，每小時可產生蒸汽5~10公斤；做成水泵約可抽水5噸；水頭升到2~5公尺。現仍在不斷改進中。關於這一套設備下節有詳細的討論。

資本主義國家也曾製造過為數不多的太陽能動力設備，但是太陽能的利用，在資本主義國家是不可能得到重視和發展的。這由於整個地球表面上所受到的太陽能雖然很大，而地面上每平方公尺所受到的太陽輻射能並不大，這樣太陽能動力設備就比較龐大，造價也比同馬力的內燃機高。因此，按照他們的資本主義利潤觀點看來，則認為利用太陽能是不合算的。

3. 太陽能利用的各種方案

利用太陽能，首先要設法提高太陽光線的密度，才有可能聚集起足夠的能量，並有適當的溫度可資應用。其次要設法使反射鏡面一直保持與太陽光線垂直的位置，要不然將吸熱面與陽光垂直或使具有最大的水平交角。

吸收式太陽能利用器械是一種較早的形態（見圖1-1）。陽光照射在對太陽能吸收能力很高的面上（吸收面傾斜角視所在地

的緯度而定)，需在器械底部涂以黑色以增強吸收，在表面復以玻璃以防散熱。太陽光綫穿過玻璃被吸收後，變成的熱能因受玻璃的阻隔不致向外散失，就可以把熱量傳給水。這種形式非常簡單，但效率較低，溫度也不高。加熱洗滌用水或干燥器，蒸餾器等多採用此形式。

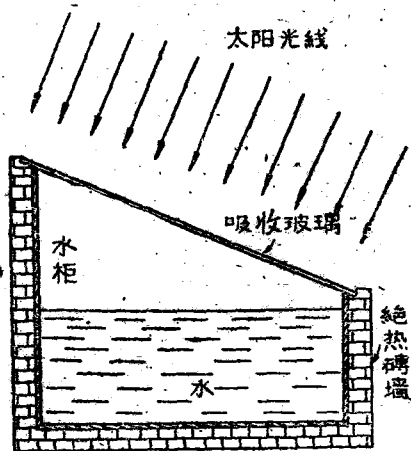


圖 1-1

反射鏡式太陽能熱水器及太陽能汽鍋，由於反射鏡能聚集較大的能量，因而可以提高加熱溫度，單位時間內取得的太陽輻射總能量也可增多數倍。圖 1-2 所示是具有拋物面反射鏡式太陽能加熱器原理圖：鏡面接受的光綫全部反射在水鍋上，水鍋置於拋物面鏡的焦點上。此類的小型太陽灶用作炊事器，而動力上多採用拋物面集光。蘇聯最近在阿爾明尼亞裝置的太陽能熱電站，總計用五畝大的鏡子，分

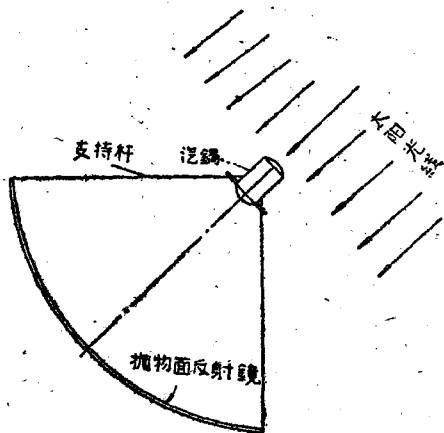


圖 1-2

成 1,300 面裝在特制的車架上；車架沿着 23 條同一圓心的鐵路運行，1,300 面鏡子能自動保持正對着太陽，並將光線集中反射到架在 130 呎塔上的汽鍋上去（其原理圖見圖 1-3）。

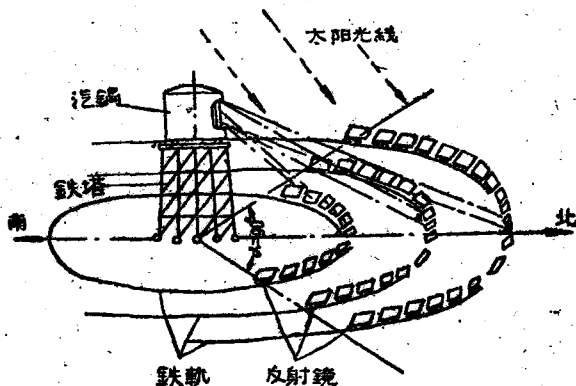


圖 1-3

另一種是應用長條形拋物面反射鏡，它的大概結構如圖 1-4 所示。這種形式較上述拋物面的製造尤為簡便，通常用作快速熱水器。如果把幾個并聯起來，也可獲得足夠的蒸發率，以供動力機上應用。

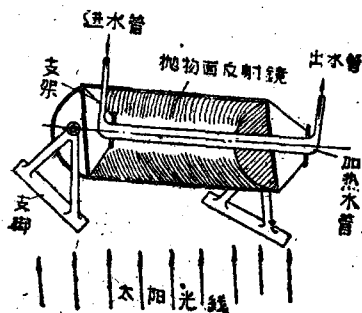


圖 1-4

反射鏡的鏡面多採用玻璃。如果用整塊或大塊成形拋物面玻璃，則聚集光線的效果良好，約可將太陽光線密度提高到 600~900 倍。但欲整體製造面積巨大的反射鏡面，就幾乎不可能實現，大多是用小塊玻璃布置而成。

現在也有用鋁板拋光作反射鏡面的。鋁板體輕，易加工，且不易碎裂，可做成大塊的曲面，這是它的優點。但鋁金屬獲得較難，拋光后的使用壽命不及玻璃長久。

利用太陽輻射能直接變成電能，共有以下兩種方法：

1) 將太陽輻射能照射在半導體物質上，以製造太陽能發電池。目前國外是用硫酸鎢的晶體作為電池，同時也正在研究採用硫酸鋅和硫酸鎢晶體的混合物來製造電池的可能性。在蘇聯利用半導體鎢、硅製成的太陽能電池，其有效系數可達12%。蘇聯在第三顆人造衛星上，就使用了半導體太陽能電池。

2) 利用溫差電偶原理的太陽能發電機。發電設備是用兩種不同的金屬或由兩種不同的合金組成。如已有用鋅鎳合金及鎢鎳合金組成的溫差電偶，有效系數可達3.4%。

在我們國家里，太陽能的利用和研究受到了黨和政府的鼓勵和重視，近年來已在迅速成長。

4. 太陽能的利用對社會主義建設的作用

我國擁有大量的礦藏。燃料資源足夠我國工業發展的需要，但開采煤礦需花費巨大的勞動力。開采量必須隨着工業生產的日益提高而相應地增長，從而挖掘煤的機械設備也需有迅速的增加與補充。否則，必將因缺乏足夠的燃料，或不能供給足夠的動力的生產進而影響社會主義建設的速度。太陽能的利用雖然也需要一定的機械設備，但它不需要燃料。以前太陽能利用在動力方面儘管還不十分廣泛，但肯定的說，太陽能完全可以為工農業提供熱能、機械能或電能。繼續改善太陽能小型動力設備的製造，對廣大農村加速農業機械化具有重大意義；應用在生活上，也為我國節省大量的燃料。

進一步利用太陽能，廣泛生產太陽能電池，對人類生活的

改变将起重大的作用。科学家们预料在人类宇宙航行中太阳能将是供给能量的来源。

通过实践，我们可以攻破一切科学堡垒。我国正处在一日千里的大跃进时代，我们要敢想、敢说、敢做。在太阳能利用的研究上，势必展开群众性的创造发明。让太阳能更好地为我国社会主义建设服务，使我国这门科学也登上世界科学的最高峰。

二、镜面反射式的太阳能水泵

太阳能水泵可以有許多不同的型式，如意大利制成的太阳能水泵系平面吸收式，我校制造的系镜面反射式。

镜面反射式的特点，是将太阳辐射到地球上的热射线，平行地照射到一个呈抛物线型的镜面上，经过此镜面的反射，就将热射线聚成焦点，这样热射线就被集中起来得以利用了。

在抛物线型镜面所聚成的焦点位置上，我们安置一蒸汽汽锅，其中的水经过热射线集中后的加热，很快就变成了蒸汽。在蒸汽出口处，我们将它连接到一只无活塞的蒸汽水泵上，由蒸汽所产生的力将水不断地抽出来。

为了适应白天太阳位置的转移，尤其是东西方向的改变，我们特设计一个可以四面八方移动的调节支架，它既可以承负反射镜及汽锅等的重量，又可以调整整个装置以适应太阳位置的转移。

下面我们将已经制造出来的镜面反射式太阳能水泵的各个组成部分，就它们的设计、计算、简单原理、制造等方面作比较详细的叙述与介绍。

1. 反 射 鏡

反射鏡系太陽能水泵最重要的組成部分，它設計的好壞對整個裝置的效率有很大的影響。

反射鏡可以做成長圓拋物面形(圖1-2)(這是最常見的一種)；也可做成長條拋物綫形(圖1-4)，好像管子被沿軸綫切開一樣，不過其內表面是呈拋物綫形的；此外，也可視需要做成其他的形狀。我們是采用圓周拋物面形的反射鏡。

在設計反射鏡時，首先應確定反射鏡的面積；換句話說，你所設計的器械準備集中多少輻射熱加以利用。在上海地區據1957年佘山觀象台太陽輻射熱觀測報告(天文学报第6卷第1期1958年6月)第121頁列表所示，1957年各月份垂直輻射時的平均值約為0.8克卡/平方公分-分鐘，由此可計算出每平方公尺反射鏡的垂直投影面積(不是拋物面的表面積)約吸收太陽的輻射能量為0.5~0.6瓩/小時^①，而每一瓩功率每小時約能抽水8~10噸，壓頭可達4~5公尺水柱。

有了以上這些數據，可根據自己的要求計算出反射鏡的面積，例如：要製造一台功率為2瓩/小時的太陽能水泵，求反射鏡最大直徑為多少？

取每平方公尺太陽垂直輻射能量為0.5瓩/小時，
功率為2瓩/小時需垂直投影面積為，

$$\frac{2}{0.5} = 4 \text{ 平方公尺.}$$

故反射鏡的最大直徑

①0.8克卡/公分²-分鐘 $\times 10^4 \times 60 = 480$ 大卡/小時，

按1瓩=860大卡，故折合 $\frac{480}{860} = 0.5 \sim 0.6$ 瓩/小時。

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 4}{\pi}} = 2.26 \text{ 公尺.}$$

求得該值后，一般还需考虑它的效率（即天文台所测数据同反射鏡面所用材料的吸热性的影响），应将所求的数值适当放大。

确定了鏡面最大直径后，接着就应动手作抛物綫；一般都采用几何作图法。现将最适宜于太阳能鏡面的抛物綫作图法简述如下：如图 2-1 所示，設已知反射鏡最大直径为 AB ，通过直綫 AB 的中点 M 作一垂直綫 OF ，显然抛物綫的焦点是在这直綫上。在选取 FM 的大小时，应该考虑到这样一个問題：若 FM 值取得太大，将使整个装置过高，同时在轉动太阳鏡时，由于汽鍋外移，重心也会产生移动，因而可能使撑杆发生变形或扭坏，以致变动焦点的位置；如 FM 值取的太小，則使支持汽鍋的撑杆不易承受汽鍋的重力，也可能对撑杆不利。根据我們的經驗，推荐撑杆同垂直投影鏡面之間的角度 α ，最实用的值約为 $30 \sim 45^\circ$ 。选定 α 角后，必須确定焦距的数值，焦距当然要

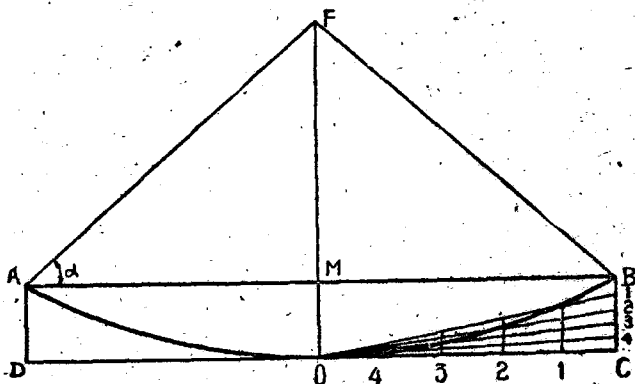


图 2-1

大于 FM ，最好是选取一个易記的数字：如1公尺、1.5公尺、2公尺等。这样我們知道了拋物綫的頂点 O 以及其余两点 A 、 B 后，就可作出拋物綫来。其作法如下(图2-1)：

- 1) 作矩形 $ABCD$ ；
- 2) 把 OC 与 BC 分为同一数目的等分(图中系五等分)；
- 3) 連接 O 点和 AD 边上以及 BC 边上的各等分点；
- 4) 經過 OC 边上各等分点，引直綫平行于 OM ；所引編号相同各綫的交点，便是所求拋物綫上的点；
- 5) 以光滑曲綫連接所得各点，便得拋物綫。

有时为了考虑勿使太阳的輻射热过分集中在某一点上(这时該点的温度特別高)，而制造此种鏡面的要求非常严格，同时作为一种水泵等的动力来应用并沒有这个需要，因此往往所选取的不是一个焦点，而是一块聚焦平面。根据反射鏡直徑大小及所設計汽鍋的大小可以選擇合适的聚焦平面。它的原理系阳光投射到反射鏡全反射时的入射角等于反射角的关系，近似拋物綫的作法略述如下(图2-2)：

- 1) 将前法中作过的拋物綫 AOB 及焦点 F 的关系画出；
- 2) 通过 F 作平行于 AB 的直綫 CC ， CC 的长短即代表聚焦平面直徑的大小；
- 3) 作拋物綫 AOB 的准綫 DD ($OF=OE$)；
- 4) 将 MB 同 FC 分別作相同的等分(图中分六等分)；
- 5) 通过 MB 綫上各等分点分別作垂直于 MB 的直綫，交拋物綫的准綫 DD 分別于 B' ， $1'$ ， $2'$ ， $3'$ ， $4'$ ， $5'$ 等各点；
- 6) 分別将 FC 綫上同准綫 DD 上各相应点連成直綫，并通过这些直綫的中点作垂綫，与垂直綫 BB' ， $11'$ ， $22'$ ……相交于 a ， b ， c ……各点。这是利用拋物綫上的任一点同准綫距离及同焦点联綫相等的原理而作出的；

工，磨成所設計的拋物綫形。加工的过程略述如下：

1) 將薄鋼板分段地做成所設計的拋物面形，沿周長分鏡面成 n 等分，每一等分又分成几段，將鋼板敲成相同的形狀（可視鏡面大小自選 N ）；

2) 將鋼板放在爐內加熱到 200°C 左右；

3) 將所使用玻璃鏡的背面塗以滑石粉等；

4) 把玻璃放在鋼板上繼續加熱，然後放在爐子上層使其慢慢冷卻後取出；

5) 冷卻後進行剪裁，並分別地塗以水銀、銅、紅丹後再安放在鏡面座上。這樣整個反射鏡即做成了。

若對鏡面質量要求較低時，為了製造簡單，降低成本，可用平板玻璃，依形狀將其切成較多的小塊，分別安裝在鏡面的座上，也可得近似的拋物面形。

如果所設計的鏡面面積較大，考慮到安裝、拆卸、運輸、維護等的方便，鏡面應該做成二片或四片，使其容易拆裝。

2. 蒸 汽 汽 鍋

在剛開始製造太陽能汽鍋時，我們應用了絕對黑體的原理，即在汽鍋外殼朝鏡面的方向有一個圓孔，太陽輻射熱由此圓孔進入，在汽鍋內部就被全部吸收了。汽鍋內有許多小管子組成的上升管、下降管、聯箱等。這類汽鍋由於總重量較大，安裝時很不方便，整個支架承受較大的力，且不易將汽鍋內的水加熱到蒸汽狀態，因此實際上並未採用。

我們現在所使用的汽鍋（見附圖 4），結構同構造都非常簡單。由於汽鍋的底面被太陽輻射熱所加熱，故底部做的較大，而汽鍋上部直徑較小。汽鍋成葫蘆形，可用 $3 \sim 4$ 公厘的鋁片或 $2 \sim 3$ 公厘的鋼板敲成圓形，然後進行焊接。