

新能源

XIN NENG YUAN 1978

专题
资料

编 者 的 话

辽阔的自然界蕴藏着无穷无尽的能源。能源是发展农业、工业、国防、科学技术和提高人民生活的重要物质基础。能源科学技术的每一次重大突破，都引起生产技术的革命。

随着国民经济的高速发展，对能量的需要量日益增加，因此利用新能源的问题迫切地提出来了。新能源涉及范围很广，目前已知的有原子能、受控热核聚变能、太阳能、地热、风力、波浪力、潮汐和海洋温差等。

为了配合这方面的科研工作，大力加速能源科学技术的发展。逐步改变我国的能源构成，广开能源。使我国的能源资源能得到充分的合理的开发利用，以保证国民经济持续高速发展。我们根据国外有关资料编写了本书，还将继续编写这方面资料，陆续介绍国外各种新能源的先进技术和国内外发展概况以及一些新的发电方式。

让我们在以华主席为首的党中央领导下，为极大地提高整个中华民族的科学文化水平，为在本世纪内把我国建设成为农业、工业、国防和科学技术现代化的伟大的社会主义强国而奋斗。

一九七八年七月

目 录

太阳能利用.....(1)

(一)太阳、地球和太阳能.....(2)

(二)太阳能发电.....(4)

2.1 太阳热发电

2.2 低温低压太阳能电站

2.3 太阳光发电

2.4 卫星太阳能电站的设置

(三)太阳能在灌溉、采暖、致冷、海水淡化等方面的应用.....(23)

3.1 太阳能灌溉泵以及太阳能在农业上的利用

3.2 太阳能致冷

3.3 太阳能采暖和空调

3.4 太阳能在海水淡化以及其它方面的应用

(四)太阳能装置和材料.....(33)

4.1 平板型集能器

4.2 菲涅耳透镜、抛物体镜和定日镜

4.3 蓄热装置

4.4 选择吸收膜和跟踪机构

(五)国外太阳能利用科研动态.....(42)

地热发电.....(49)

(一)国外地热发电概况.....(50)

(二)地热勘探与钻井技术动向.....(53)

(三)地热发电系统.....(57)

3.1 一级蒸发方式

- 3.2 二级蒸发方式
- 3.3 中间介质循环
- 3.4 全流系统

(四)地热发电主要设备.....(63)

(五)地热能的各种利用.....(70)

波浪力发电.....(72)

(一)波浪力的计算.....(73)

(二)波浪力的利用.....(74)

(三)有关波浪力发电研究中的几个问题.....(76)

- 3.1 转换装置
- 3.2 锚系
- 3.3 结构负荷
- 3.4 发电机功率
- 3.5 电的输送和蓄能
- 3.6 波浪参数
- 3.7 环境问题

(四)波浪力发电的装置.....(76)

《海洋式波浪力发电装置》

- 4.1 活塞式波浪力发电装置
- 4.2 点头鸭式波浪力发电装置
- 4.3 浮标式波浪力发电装置
- 4.4 波动式波浪力发电装置
- 4.5 大型八角环波浪力发电装置
- 4.6 气袋式波浪力发电装置
- 4.7 振动水柱式波浪力发电装置
- 4.8 整流型波浪力发电装置
- 4.9 等高筏式波浪力发电装置
- 4.10 船型波浪力发电装置
- 4.11 锥形浮体波浪力发电装置

《海岸式波浪力发电站》

- 4.12 海岸固定空气活塞式波浪力发电站
- 4.13 海岸冲击式波浪力发电站
- 4.14 海岸引水式波浪力发电站

(五)经济性.....(86)

(六)结语.....(86)

海水温差发电技术.....(88)

(一)海水温差发电的原理和历史.....(89)

(二)海水温差发电系统的构成和性能.....(91)

2.1 工质

2.2 热交换器(蒸发器和冷凝器)

2.3 汽轮机、发电机和泵

2.4 冷水取水设备

2.5 电站结构

2.6 海水温差发电站的经济性

2.7 电力应用

(三)海水温差发电的研究和发展动向.....(106)

3.1 美国

3.2 日本

磁流体发电.....(108)

(一)磁流体发电的概念.....(109)

1.1 磁流体发电的工作原理

1.2 磁流体发电的分类

1.3 磁流体发电的特点和用途

(二)开环磁流体电站的系统和主要部件.....(117)

2.1 燃烧室

2.2 磁体

2.3 发电通道

2.4 空气予热器

2.5 蒸汽发生器

2.6 种子回收装置

(三)各国磁流体发电研究简况.....(121)

3.1 美国

- 3.2 苏联
- 3.3 日本
- 3.4 英国
- 3.5 法国
- 3.6 其他国家

(四)磁流体发电研究的几个问题.....(135)

- 4.1 磁流体发电的研究目标和技术途径
- 4.2 磁流体发电研究中正在解决的课题
- 4.3 磁流体发电研究的经济前景
- 4.4 关于磁流体发电研究的动向

(五)结束语.....(141)

附表 各国开环磁流体发电实验装置情况.....(141)

万物生长靠太阳。太阳能是取之不尽、用之不竭且
没有污染的新能源。

太阳能的利用

中国科学技术情报研究所重庆分所电工组

前 言

万物生长靠太阳。在地球上人类和一切生物的欣欣向荣，归根结底是依靠太阳从遥远的太空辐射到地球上来的能量。人类很早就懂得利用太阳能，据记载，我国战国时代，我们的祖先已懂得用金属做的凹面镜把太阳光聚焦以点火。至于近代太阳能的利用，国外在1875年有人就制造了太阳能集热器（集光器、集热器），用来作为船舶的动力。但那时集热器的效率很低。面积为9.3平方米（100呎²）的集热器，才能得到1马力的功率。近年来太阳能的利用，受到许多国家的重视。从1954年以来，已召开12次有关太阳能利用的国际会议。目前，全世界至少已有三十多个国家和地区，在从事太阳能利用的研究，有些项目已得到实际应用。

各国重视太阳能利用研究的原因是不尽相同的。有些国家，因所处地理条件，太阳能辐射较为强烈，日照时间长，又有沙漠地区需要开发。象澳大利亚等国长期来就比较重视太阳能的利用。有些资本主义国家，因为受到所谓“能源危机”的打击，国内化石燃料供应不足，因此对开辟本国能源受到重视，象美国和日本对太阳能发电就较为重视。再加上火电站和原子能电站对空气和环境的污染，总是一个问题，而太阳能却是“干净”能

源，不会产生污染，只要能经济地加以利用，肯定是有利的。更为重要的是近年来科学技术发展迅速，空间设备上利用太阳光发电早已有较多应用。其它各种发电方法在技术上都有进展，因此要利用太阳能发电，在技术上已有可能。综合以上原因，太阳能利用技术，目前颇有发展的趋向。

1974年在巴黎召开的太阳能利用国际会议上，提出了以下结论：从整个地球和长期展望的观点出发，不必担心能源资源的枯竭，主要是资源分布不均。因此局部地区和一些国家，应当重视发展多种能源，以适应本身发展的需要。从整个世界来说，在1970到2000年这个阶段里，除了煤、石油、天然气外，以高温气体反应堆、快中子增殖反应堆、燃料电池、地热的利用以及磁流体发电作为能源较有希望。但从2000年以后，则主要能源将是核聚变能和太阳能。废热回收和利用也可能是能源之一。^{〔1〕}

太阳能是取之不尽、没有污染的能源，能够加以利用，是对人类极大的恩惠。

我国有丰富的目前还远未充分开发的化石燃料资源，我国有优越的社会主义制度。因此，对我国来说，根本不存在缺乏能源问题。但是我国地域辽阔、幅员广大，有些地

区太阳辐射强烈,日照时间长,具备利用太阳能的优越条件。诸如我国西北干旱地区和青藏地区内的宁夏北部、甘肃北部、新疆东南部、青海西部、西藏等地区,就具备有利用太阳能的好条件。即使我国东南和东北地区,虽然年度的太阳辐射较低、日照时间较短,但在广大农村、边远地区,因地制宜,长年或利用几个月的太阳辐射,解决当地能源需要,对发展地区生产,改善人民生活条件,也是非常有利的。

太阳能的利用既是新能源的开辟,也是新技术的应用。我国当前正处于社会主义发

展的新时期,为了实现四个现代化,对电力和热能的需要将迅速增长。研究和发展太阳能利用技术,对促进我国工业、农业的发展,因地制宜,广开能源,将十分有益。

本文系一篇以报导国外太阳能利用技术为主的综述,并以太阳能发电技术为重点。共分五章。除第一章说明太阳、地球与太阳能外,第二、第三章报导了太阳能发电技术和其它各方面的利用技术。第四章为太阳能装置和材料,第五章为国外太阳能利用的科研动态。

一、太阳、地球和太阳能 <2> <3>

太阳是直径为一百三十九万公里的强热气体物质,离地球的距离约为一亿五千万公里,太阳也在不断的自转和公转,从地球上观察,太阳旋转一周约需28天,不过它不是固体,因此赤道区域比极区要旋转得快些。(赤道二十七天两极三十天),太阳表面温度如所周知,大约为六千度($^{\circ}\text{K}$)而其内部温度却高得多,可能达到八百万到四千万度,其密度大约为水的八十到一百倍。实际上,太阳是一座连续在进行的核聚变反应堆,通过重力作用,把周围的气体“形成”了一个容器,由太阳辐射出来的核聚变能量有多种形式,主要是氢(四个质子)聚变成氦(一个氦原子核),由于氦原子核的质量小于四个质子的质量,因此在反应过程中丧失的质量转化为能量。这种能量是在太阳内部高达数百万度温度下产生的,随后传到太阳表面,再辐射到空间,在太阳芯部,辐射必定是 α 和 γ 射线,在传到外层时,随着温度下降,辐射线的波长也随着增加。

太阳的外层称为光球,它是由强烈离子化的气体构成的,能吸收和发射连续的光谱带,这一基本上不透明的光球带,是大部分太阳辐射的主要来源,从传热学角度来看,

把太阳作为温度为六千度的黑体辐射源是适当的。

由于地球运行轨道呈椭圆状,以致太阳和地球之间距离,有远近百分之三的变化,在相互间距离为平均距离时,地球的对弧角为32分。由于太阳的特性及其对地球的空间关系,因此在地球大气层外太阳辐射的强度,大体上是固定的。太阳和地球相互关系示意图如图1。

太阳常数(I_{sc})是指在太阳和地球平均距离下,在地球大气层外垂直于辐射线的面积上,单位面积、单位时间内接收的太阳辐射能。其最新的数据为1353瓦/米²时,(1940卡/厘米²·分,或4871焦耳/米²·时)[1971年 Thekaekara 和 Drummond 测定]在讨论太阳能利用时,除了总能量值外,关

表 1 太阳辐射光谱分布

	紫 外 线	可 见 光	红 外 线
波长,微米	0—0.38	0.38—0.78	0.78— ∞
分布范围值	0.0700	0.4729	0.4571
能量范围,瓦/米 ²	95	640	618

于辐射光谱分布的数据也是必需的。依据美国宇宙航行局 (NASA), 1971 年的地球大气层外太阳辐照分布图 (列于图2.) 利用其数据得到辐射光谱分布如表 1 所列值。

在地球上接受到的太阳能辐射是变化的。经过测定, 在大气层外的太阳辐射强度变化是比较小的, 大体上小于 $\pm 1.5\%$, 这在计算上可以认为是没有变化。但辐射到地面上的太阳能则变化很大。这是由于地球运行轨道有 $\pm 3\%$ 的偏差的影响, 但这不是主要因素, 而主要的是地球大气层中空气分子、水蒸汽、尘埃引起的散射以及由于大气层中氧气、臭氧、水蒸汽和二氧化碳对辐射能的吸收。在太阳光谱中的X射线和极短波长的辐射的大部分, 在电离层中, 被氮气、氧气和大气中其它成份所吸收。而大部分的紫外线则被臭氧所吸收。波长比 2.5 微米大的辐射, 在大气层外, 这类辐射就较少, 加上在大气层被二氧化碳和水蒸汽所强烈吸收, 因此只有极少部分能够传到地面上来。因此从在地球上利用太阳能的观点出发, 只考虑波长在 0.29~2.5 微米之间太阳辐射。不过这仅说明太阳辐射通过大气层时, 有很大的衰减。现在一般认为到达地球上的太阳能量大体为 1000 瓦/米^2 。

若以地球上某一特定地区来考虑太阳能的利用, 那就远为复杂很多。地理位置起很

重要的作用。按照美国 Smithsonian 辐射生物实验室的测试, ^{<3>} 在美国和巴拿马运河区的北纬 71° 、北纬 39° 和北纬 9° 三个地方进行了七年的测定, 并参照了美国两个地方的几十年的观测资料, 得到下述结论。从几十年那样长期的观测, 就在同一地点, 太阳能的直接辐射能量值, 有相当大的变化。不同的地点, 不仅太阳辐射不同而且太阳光的光谱质量也不同。就是同一地点, 太阳光谱质量也有变化, 特别是日出、日落时变化较大。大气中的云层、湿度、尘埃、烟雾等都会导致这种变化。因此要精密设计太阳能利用的装置, 只能以长期直接观测的数据为基础。不能利用大气层外的太阳辐射数据, 按照通过大气层的衰减来估算太阳辐射值。^{<4> <5>}

太阳光射到大气层以后, 由于云层、水蒸汽、尘埃等等的影响, 因此会产生散射, 在照射到地面上后还会发生反射。不过这些通通是短波辐射其波长范围在 0.3—3 微米之间。除此之外, 在地面上还会受到接近于室温的热源发生的长波辐射的影响。

要实测太阳能辐射的数据, 目前有两种测定仪器, 一种称为太阳热量计 (Pyreheliometer), 用来测定太阳的光束辐射, 另一种称为太阳辐射强度计 (Pyranometer) 用来测定总辐射, 包括光束辐射以及散射辐射。这些实测数据最好有每时的记录, 至少要有

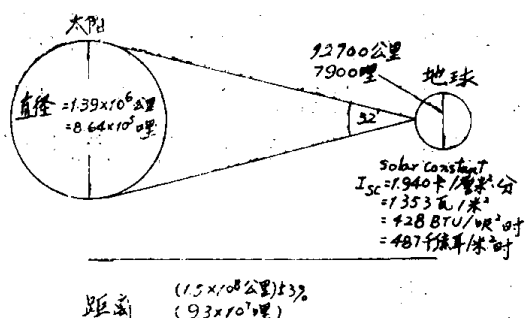


图 1 太阳地球关系示意图

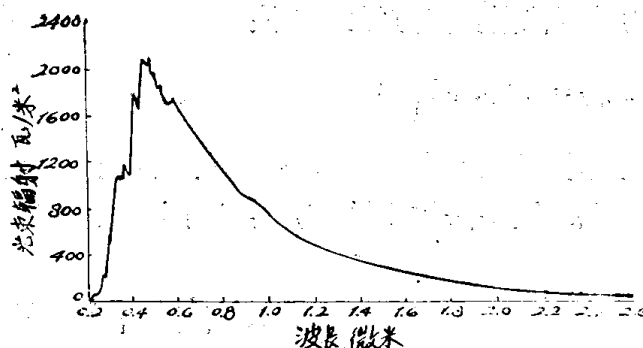


图 2 太阳辐射光谱分布图

图中 $\text{瓦/米}^2 \cdot \mu\text{m}$ 是指在某-波长 μm 附近区域的平均单位面积上的辐射能

日记录。在美国就设有88个站台记录太阳辐射数据,有些国家也设有实测站台网。但如为了设计一般的太阳能取暖、空调、致冷等简单的太阳能利用装置,而没有长期的实测数据则可以利用现有的气象站台的日照时间记录或日照比值,按照一些统计经验公式,来推算出太阳辐射值。如果当地无气象长期记录,还有另一种方法,利用同一纬度类似地形和气候条件的其它地点的气象记录来进行推算。总之,必需有太阳辐射的数据,才能对太阳能利用作出设计计算。

文献〔5〕中推荐了两个估算方法,可以作为参考:采用原来的 Angstrom 型回归方程式:

$$H_{av} = H_o' (a' + b' \frac{n}{N}) \quad (1)$$

上式中 H_{av} 为给定时间 (例如一季、一月) 内的平均水平太阳辐射值。

H_o' = 同一给定内的晴天水平辐射值

n = 同一时间内平均每日日照时数

N = 同一时间内最高的一天内日照时数

a' , b' 为常数。

Fritz 给出 a' , b' 常数值为 $a' = 0.35$,

$b' = 0.61$

在上一方程式中,难于确定的是 H_o' 以及 n/N 值。主要是对晴天的概念难以确切把握,日照时数的确定,也和使用仪器有关,因此较新的改进的方程是利用大气层外的辐照作为计算依据。其方程式如下:

$$H_{av} = H_o (a + b \frac{n}{N}) \quad (2)$$

上式中 H_o 是同一地点,在给定时间内大气层外的太阳平均辐射值, a , b 则为按

不同地点而得出的修正系数。这些修正系数和当地气候有关。

实际上使用这些公式都还必须要有参考数据来定常数,仍然较为复杂而且存在不定因数。

我国上海机械学院太阳能科研小组,按照地球运动规律,地球的自转和公转产生太阳辐射的变化,并认为影响集能器工作较大的是四季变化及昼夜变化这两个因素,提出了射到太阳能集能器上太阳辐射的近似理论计算方法。可作为计算太阳辐射时的参考。

如前所述,影响太阳辐射的因素比较复杂,到达地面的太阳辐射能,最大也只有 1000瓦/米^2 。所以太阳能是分散的、低位能的能量,且受地面气候支配,晚间又不能利用,这些条件都构成利用太阳能的困难。但是,从各国利用太阳能的现状来看,太阳能可以有多种利用方法。当前已较为广泛利用的,有太阳能取暖、空调和致冷;太阳灶、太阳热水器;太阳能蒸馏器、海水淡化、制冰、制盐。在农业上利用太阳能作为植物的温室、谷物、水果的干燥器以及太阳能灌溉泵等。这些都直接利用太阳热能。使太阳光高度聚焦,可以作成能用来制备高温材料或作为高温试验装置的太阳炉。将太阳能转换为电能,如利用太阳电池使太阳光转换为电能,在空间设备上早已有应用,现在正发展用于地面。利用太阳热来发电,目前已有小型试验电站,正在进行大规模的研究。也有试验将太阳能直接转换为机械能,如太阳能汽车。此外利用太阳光通过生物的作用使其转化为可利用的能源,正在进行探索。〔6〕〔7〕

二、太 阳 能 发 电

太阳能发电系统可以分成太阳热发电和太阳光发电两类,前者利用太阳热能转变成介质热能从而带动发电设备,由热能转换成

电能。而太阳光发电则是直接利用光能发电。美国、法国、西德、意大利、澳大利亚和日本都在从事热发电的研究,目前有的都是一

些小型试验性电站，但正积极从事大规模的太阳热发电设备的研制、中型试验电站的建设和大型发电站的设计。至于太阳光发电，主要利用太阳电池，这类电池在人造卫星以及宇航设备上有较广泛的应用，目前是努力研究降低太阳电池的制造成本，并发展新型电池从而为在地面上大规模应用创造条件。除此之外，美国正研究利用相对固定的（即与地球同步的）人造卫星在地球大气层外，把太阳光能转变为电能，以微波将电能输回地面。现将这三方面的现状及前景详述于后：

2.1 太阳热发电⁽⁸⁾⁽⁹⁾ 利用太阳热能发电也有二种方法：一种是利用热电直接转换，如温差发电、热离子发电、热电子发电、磁流体发电等原理将聚集的太阳能直接转换为电能，这方面也有些国家在从事研究，但规模较小，另一种方法是与火电站的发电原理一样，将太阳能聚集起来，随后利用锅炉、汽轮机等发电设备，使之转换为电能。这方面的技术，除了集能系统（即聚集

太阳能的设备）外，其它方面的技术均是现成的，相对前者来说，比较实际，因此当前正从事大规模的研究与试验。

虽然总的来说都是在地面上把太阳辐射集中到锅炉（热吸收器）上⁽⁶⁾，随后由介质吸收热能，通过热交换产生高温蒸汽从而驱动汽轮机来发电。但由于集能的方法不同，也可以分成三类、一类是塔式太阳热电站，另一类是分散型太阳热电站，第三类是两种型式的组合电站。第一和第二类电站的示意图如图3

塔式太阳热电站 这种电站是在地面上敷设大量的定日镜（平面反射镜）阵列，在这一阵列内的适当地点，建立一座高塔，在高塔顶上放置锅炉。从定日镜来的太阳光已被聚集成点状，射到锅炉上，使得在锅炉内的传热介质达到高温，通过管道传到地面上的热交换器内，产生高温蒸汽，用来驱动汽轮发电机发电。这里要强调指出的是太阳辐射，不仅天天不同，一天之内也有较大的变化，只有在日中的一段时间内，太阳辐射比较强烈。同时又受到气候变化的严重影响，除雨雪阴天外，即使有各种云层，也会很大程度的影响太阳辐射强度，因此为使输出的电能，至少在白天是连续和均匀的，也有了在夜间停机及随后启动时能加以利用，必须有和电站相适应的蓄热装置。这也是太阳能电站特点之一。

(1) 日本制定的称为“阳光”的发展规划。其中有关太阳能的利用，以太阳热发电

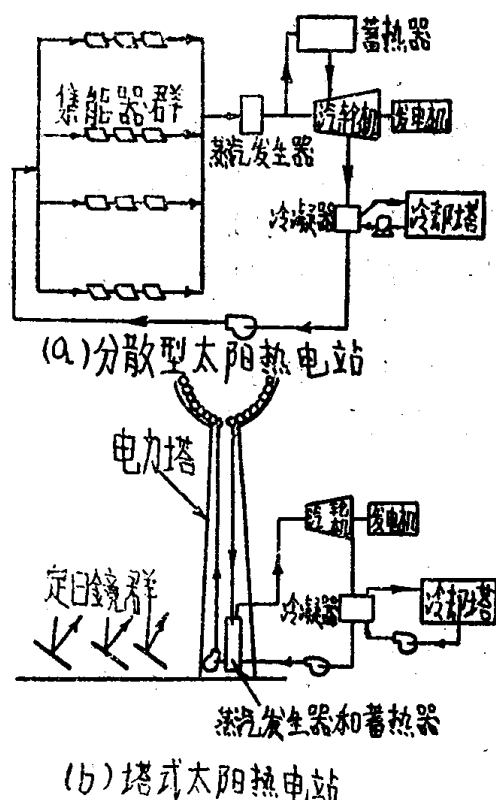


图3 太阳热发电系统的方框图

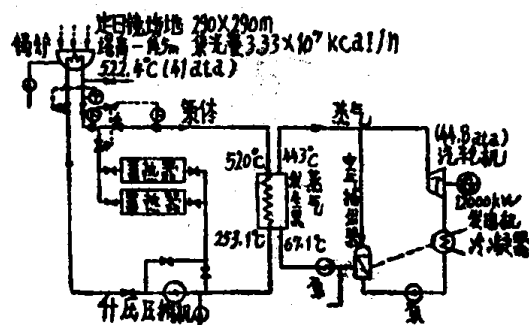


图4 1万千瓦太阳能发电系统的方案

为其重点,指定由三菱重工业公司担任建造一座以平面反射镜和塔上锅炉组合起来的塔式太阳能试验电站,其容量为1000千瓦,其目的是研究实用可能性。该公司提出了一个容量为1万千瓦的太阳能塔式电站的方案,这个系统的示意图如图4所示。据称通过定日镜的聚焦作用,可以使太阳辐射强度“浓缩”几百倍,一般采用气体或是液体来作为传热介质,以吸收太阳热能。汽轮机和发电机都安装在塔的下部,以缩短管道距离及热损失。

为了要放置数量达到几千枚的定日镜,需要有相当大的场地,由于太阳在移动,所以定日镜必需有追踪机构,使定日镜跟随太阳转动,镜面对准太阳。在放置定日镜时,相互间要有相应的距离以免造成阴影遮住太阳光,根据计算,发电出力和场地大小的关系列入表2

表2 发电出力和场地大小的关系

出 力(千瓦)	场地面积(米×米)
1000	110×110
10000	300×300
100000	950×950
500000	2100×2100

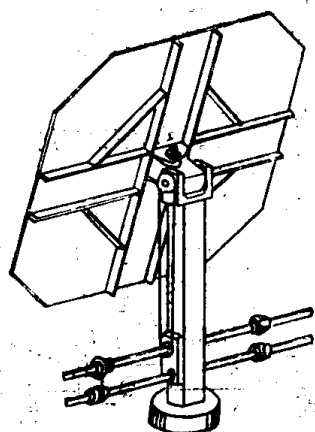


图5 定日镜

塔上放置锅炉的高度。一般来说,要根据太阳仰角来计算,通过从仰角 20° — 80° 的比较研究的结果,只要仰角超过 60° ,全年的集光效率可达90%以上,因此塔高些,效率较高,但塔高则建设费用也随着增高,日本三菱公司的意见,认为采用 45° 的仰角来计算塔高,比较适当。也就是使塔高等于正方形场地边长的一半。塔的位置,大体上放置在场地中央,经试验认为在塔北面的定日镜其利用率比较高,所以可偏南放置。至于场地外形为矩形或正方形,对集光量来说,没有明显差别。

定日镜是由平面镜追踪机构以及框架三个部分组成。其构造如图5。1万千瓦的发电站,大约需要900组定日镜,1万千瓦的发电站,大约要有4000组以上,镜面为正方形,每边约为4—7米,对保持其高反射率和在运行中的维护,都是待研究的课题。所使用的追踪机构,虽要求不高,但也要有必须的精度大约在 1° 左右。塔顶上放置的锅炉其作用类似普通锅炉,但其结构是和一般锅炉不同的,目前在日本研究的有三种结构型式,一种为空腔型、一种是扁平型,还有一种是外部受光型,如图6所示。不论是那一种型式,管中的传热介质都要流到外层,在外层管面上吸收太阳热也就是把太阳光辐射转变为热能,要求能吸收波长短的紫外线和接近红外的那些光线,但不会辐射出红外波长甚至1.5微米以上特长的红外波长光线,换言之,要能吸热而不会放热。因此锅炉管壁的

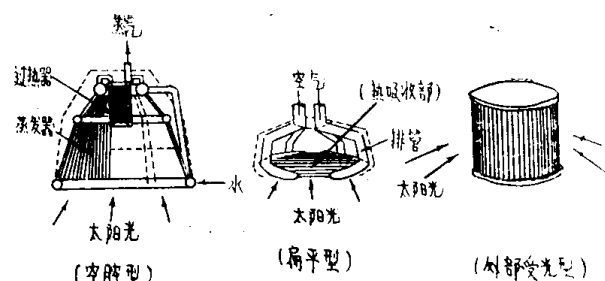


图6 太阳锅炉的构造

外部要有选择吸收面（指对光有选择吸收能力的涂层），当前正在开展研究中，目前认为经过熔融盐处理的不锈钢管可以适合上述要求。已如前述，在电站系统中必须有蓄热装置，如果太阳能电站仅用来供应白天的峰值负荷，蓄热装置只要考虑气候变化以及停机后再启动等的需要，那么只要有可供4—5小时发电容量的蓄热装置就可以。如果用来担负基本负荷，则蓄热装置要很大，当前技术不易解决。蓄热装置的问题是太阳能发电装置中存在的主要问题，据称目前还没有适当的蓄热材料，还得从基础研究着手，有关这方面的研究，正在积极地大规模地进行。

日本三菱重工业公司为了校验前述的一些设想以及有关的设计和计算，在1975年3月已建成一座10千瓦的集热试验装置，这一装置的主要技术参数，列于表3。试验过程中收集有关设计数据为建造1千千瓦试验电站提供设计依据。

(2) <10> <11> <12> <13> <62> <72> 美国对于太阳热发电的研究，近年来投入了很大的力量，拟订了长远规划，已确定集中研究设计塔式电站。已选定在南加里福尼亚Mojave沙漠地区Barstow地方建立试验电站，

这个电站将由Edison公司负责建设。预定于1980年1万千瓦的试验性电站投入运转。并完成第二座10万千瓦太阳能电站的设计工作。与此同时进行太阳能总能量电站（类似热电站，发电并供应蒸汽和热水）的研究，预定于1981年建成供应小城市（人口约二千人）需要的小型总能量试验电站。

塔式电站已由美国能源研究发展局交于三个公司为主的三组进行研究和设计。一组是由Honeywell公司和明尼苏达大学组成，一组由Martin Marietta公司和乔其亚工业大学组成，另一组则由Douglas公司和休士顿大

表 3 10千瓦集热试验装置的技术参数

塔 高	3 米	锅炉管列空腔式
场 地	4 × 8 米	集光窗面积 500 × 600 毫米
定日镜	60座 (东西10排 南北6排)	吸收面，经处理后的不锈钢管
反射镜面	120枚(2枚/座) 用A1面镜 镜面300 × 400毫米	传热介质，空气 流量128Nm ³ /时 回路强制循环， 热交换方式
太阳追踪装置	自转运动，自动追踪 公转运动，手动追踪	无蓄热系统， 无发电系统，

表 4 太 阳 能 电 站 初 步 设 计 方 案

	Honeywell	Martin Marietta	McDonnell Douglas	Boeing
年发电量兆瓦时	4.3 × 10 ⁴	3.4 × 10 ⁴	3.6 × 10 ⁴	
定日镜数量	2320	1718	2350	3146
定日镜的反射面积 平米	40	37.2	30.8	29
总反射面积 平米	92800	63866	72380	91234
场 地 面 积	308米半径	565 × 565米	527 × 527米	
锅 炉 型 式	竖直空腔式	水平空腔式	外部吸收式	
塔 高 米	146	137	101.4	
锅 炉 工 质	水/蒸汽	水/蒸汽	水/蒸汽	
蓄 热 机 理	潜 热	显 热	显 热	
蓄 热 材 料	盐 类	盐类/碳氢化合物	石块/碳氢化合物	
汽轮机功率 兆瓦	15	12.5	15	

学组成。此外Boeing公司专门从事定日镜的研究。现在这三个公司已提出初步设计方案,其技术数列于表4中。

三个公司的设计,在概念上是类似的。图7是1万千瓦试验电站的系统示意图,图8为1万千瓦太阳能电站的全景照片图。而三个公司所用的部件与系统设计,则有很大差别。从场地布置来说,Honeywell和Douglas公司设想将太阳塔放置在场地中央,而Martin Maritta公司的设计,则太阳塔偏南放置而尽量利用北向定日镜,据称可提高收集太阳能的效率。

布置定日镜要有相当大的场地。已建一个1万千瓦太阳能电站的模型,定日镜的总反射面积为50万平米,占地面积为1.3平方公里,塔高为260米。一般认为1万千瓦的电站,定日镜场地面积约需1平方公里。

定日镜的质量在整个电站建设中占主要地位。Martin Maritta公司研制了一种面积为 4×4 米的定日镜,用这种定日镜,按美国新墨西哥Albuquerque地方的太阳辐射数,以10千瓦电站为目标进行试算,集能器中工质的温度可达 538°C ,电站的综合效率可达21.2%。Douglas公司创制了一种称为初面镜的定日镜,这种镜的反射面不在镜底而在镜面上,用薄的丙烯涂层作为保护层。这种镜面因为太阳光无需通过玻璃层,效率较

高,但缺点是需保护涂层。当前对于蓄热装置的研究较多,蓄热装置的费用,将占电站总建设费用相当大的份额,而目前尚无适当蓄热材料可以利用。现在是按能蓄热供6小时发电容量来考虑。Honeywell公司准备采用利用潜热的蓄热材料,诸如 LiNO_3 、 LiSO_4 、 KSO_3 等的共晶盐,蓄热装置的体积约为20米直径17米高。这种装置比利用显热来蓄热,建设费用低,无成熟的技术经验可以借鉴。Douglas公司则用油和小石块作蓄热材料,蓄热装置的体积约为10米直径、13米高。而Martin Marietta公司则准备采用两种蓄热材料,在两级温度下工作,一种是重油,利用显热较低温度 255°C — 300°C 下工作,另一种是熔融盐,也利用其潜热,将在 300°C — 455°C 下工作。在最大蓄热量时,可以供给发电3小时。

在Barstow拟建的试验电站,规划中定日镜、电力塔和发电设备的场地,总面积为52万平米。每个定日镜的面积为6.3平米,可产生 540°C 、165巴的高压蒸汽。

关于塔式太阳能电站也有不同的看法,法国的研究人员认为大于1万千瓦的电站,

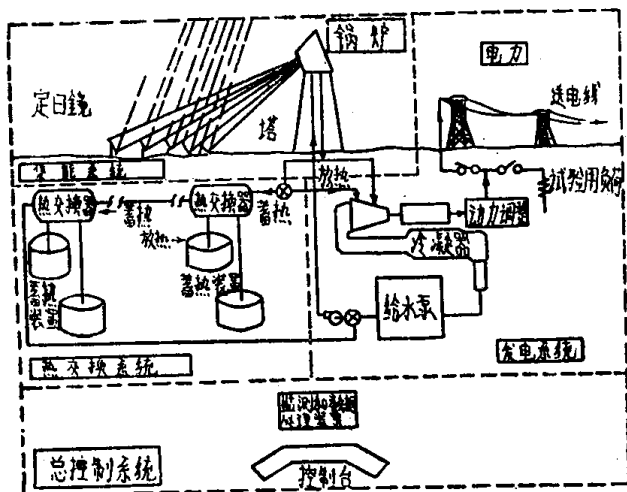


图7 1万千瓦太阳能试验电站系统图

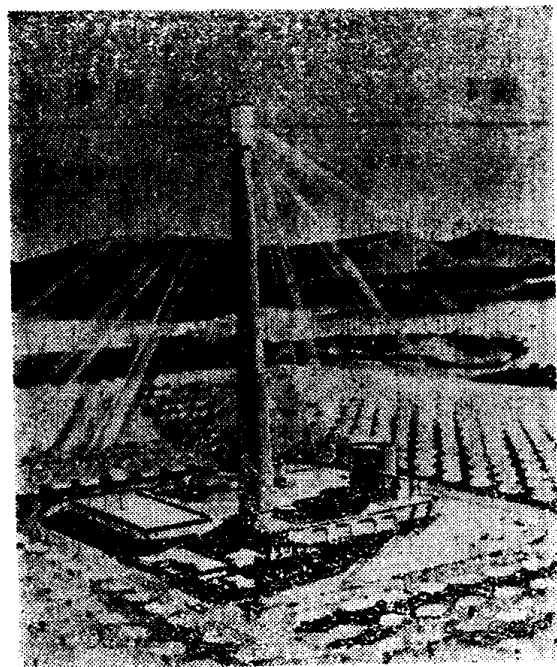


图8 1万千瓦太阳能电站全景照相机图

适于采用塔式电站。日本有些研究人员认为塔式电站都具有明显优点,但技术上困难较多,首先是锅炉装得那么高离地面上百米或更高,如采用水为工质,要把水抽上那样的高处,就要消耗大量电力。而蒸汽却又要引向地面。同时高塔要支持两相流体,因此塔的结构的整体性就极为重要。

美国Rockwell原子能研究所提出建议,采用液态钠作为传质介质,液态钠已在快中子增殖反应堆上得到应用,积累有技术经验,较为成熟。液态钠的传热效率比蒸汽大20%,钠在热交换器的进口温度可达 600°C ,从而可以产生与普通火电站同样参数的蒸汽。不过使用液态钠,晚间必须放空,因此要有辅助设备,曾设计采用液态钠作为工质的锅炉,直径为17米,高也为17米。园柱体表面由24块管板构成,板宽2米,装116根导管,导管直径为19毫米。锅炉置于高于305米的塔顶上,在锅炉中钠的进口和出口温度分别为 316°C 和 621°C 通过热交换器可以产生 538°C 、166巴的蒸汽,热功率为50.6万千瓦,适用于10万千瓦的电站上。

(3) 意大利的Genova大学对于塔式太阳能电站,已研究了近十年,试制了集能器和锅炉装置,建立了一座200千瓦的试验电站。目前正与西德的工厂合作,筹建容量为1000千瓦的试验电站。

据文献^[1]报导,苏联在1955年曾为阿

尔巴尼亚的沙漠地区设计一座太阳能塔式电站,设计中采用1293个 1×2 米的定日镜,串联放置可以追踪太阳。在中央设置一座高为10米的电力塔,其上装有锅炉可以产 400°C 30巴的蒸汽每小时13吨,发电量约为2200千瓦。不过这一设计没有实现。文献^[7]中报导过与上述类同的太阳能电站在苏联塔什干沙漠地区建立。

分散型太阳能电站 分散型太阳能电站的特点是采用抛物体镜配以锅炉(热吸收器)组成独立的单元,按照发电量要求,可以组合串联若干单元构成一个电站,因此是分散的。图9就是一个柱形抛物体镜的示意图。太阳光从开口部分照射到抛物体镜面上,被镜面反射成直线状射到位于其焦点位置的热吸收管上。热吸收管平行于抛物面放置而成为镜轴。这种型式的集能器,与塔式集能形式比较,其集光倍率较低,适用于中、小型的区域性电站。可以按照电站要求的容量,将多座抛物体镜上的吸热管连通,如使用水为工质,就可直接产生蒸汽以驱动汽轮机。如用其它工质,可设热交换器以产生蒸汽。

(1) ^[10]按照美国能源研究发展局的计划,正由四个研究所进行抛物体镜面的研究。由Sandia研究所研究抛物体镜;由Argonne国立实验室研究复合抛物体镜;由阿利桑那州立大学从事固定型镜的研究,而由ITEK公司从事装配型镜的研究。复合抛物

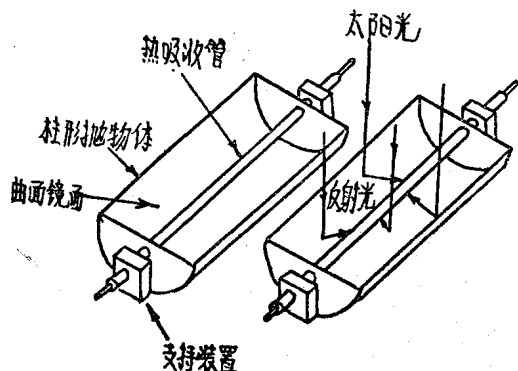


图9 柱形抛物体镜示意图

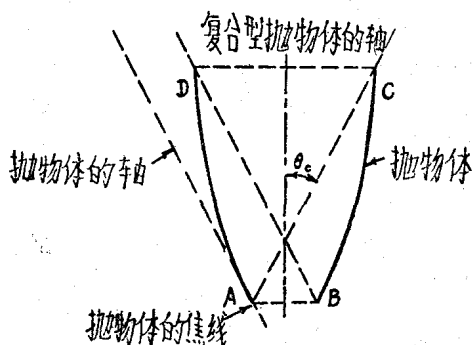


图10 复合抛物镜原理示意图

体镜的原理如图10所示将两面抛物体镜面对面组合而成, 据 Argonne 研究所进行理论解析并进行了户外模型试验和室内模拟试验, 证明如不用追踪机构, 其集光比可达2—15。主要优点是省略了复杂的追踪机构, 其外观如照相图 11, 由阿利桑那州立大学和 General Atomic 公司研究的固定圆柱体镜, ^{<13>} 其主要特点是镜面固定, 而热吸收管却随着太阳移动而跟踪转动。圆柱体镜由铸成圆形的混凝土槽以及在槽内银嵌的镜片构成, 如照相图12。太阳光照射到镜片上反射后形成的轨迹, 都在反射镜圆的周边上。同时, 在镜面所形成圆的中心线上装一轴, 由这一轴上装置热吸收管。这种集能器的模型尺寸宽为 3.05 米, 长为 6.1 米, 制造较为容易, 仅须浇出混凝土外壳, 并装配以条片形镜



图 11 复合型抛物体镜外观照相图

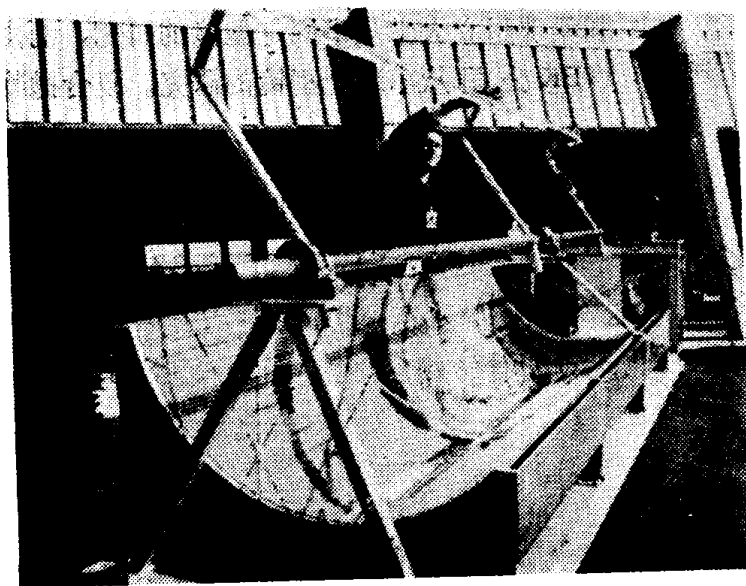


图 12 固定镜型集能器

面, 因此适于大量生产。但缺点是载有高温工质的热吸收管要随着太阳移动, 要求几座镜子连接起来较为困难。在实际应用时, 可以把 50 座固定镜排成直线, 而把热吸收管串接起来, 使得工质能连续的流动。在镜中心轴上, 可以装一滑轮, 并配以洗涤镜面的装置, 这样可以巡行一排镜子以维护镜面洁净。4 排固定镜可构成一组, 占整个场地面积的 1/4。目前该公司已做出 32 个模型, 用油作为工质, 并由 Sandia 实验室在示范性试验电站上采用。该公司还研究利用 CO_2 气体或熔融盐作为工质的可能性。看来熔融盐可以使用到 550°C , 是更好的工质。同时还可用作蓄热剂。但其缺点是会在 139°C 下凝固, 所以要配备惰性气体设施, 以便在温度下降时, 把熔融盐排出, 不过用熔融盐可缩小容器的体积以及输送管道的直径, 因此仍然值得研究。

由 ITEK 公司研究的分割形镜面, 其外观如照相图13, 其独特之点是将许多细长条

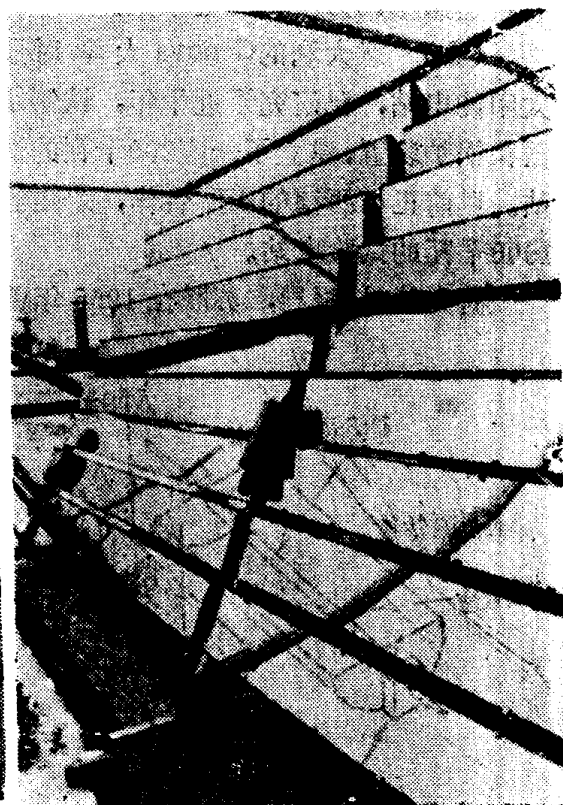


图 13 分割形镜的外观照相图

状镜片组配而成。各个镜片都有追踪机构连系，在镜的上方置有热吸收管，由于从镜面反射出来的太阳光线，拉得很长，所以能射到热吸收管上的部分大，热损耗小，效率比较高，因此这类集能器的集热温度可以达到 300°C ，工质可以用油，但追踪机构较为复杂，是利用太阳电池传感器以控制电动机带动各个镜面转动，其结构图如14。

这一类型的集能器除了大量组合起来作为发电站应用之外，由于其本身有独立的特性，因此在区域小型电站以及总能量电站或作为通风取暖设备的热源等等都可以应用，因此得到了广泛的研究。近来由于热管的发展以及有关选择吸收面的研究和创制，给予这类型的集能器以更大发展的余地。

文献^[14]专门报导了美国 Dynatherm公司应用热管于太阳能热吸收器上的研究工

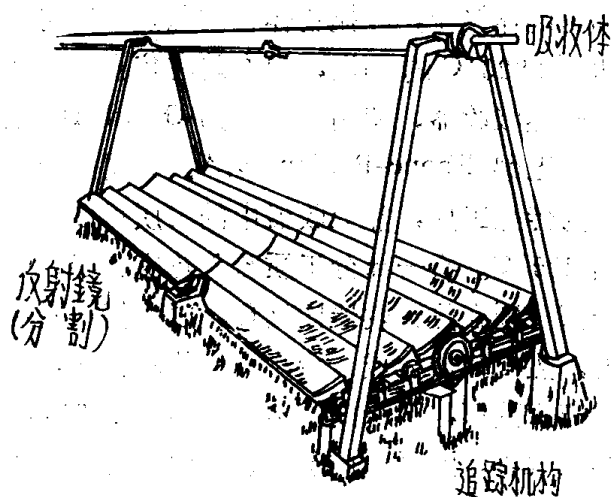


图 14 分割形镜的结构示意图

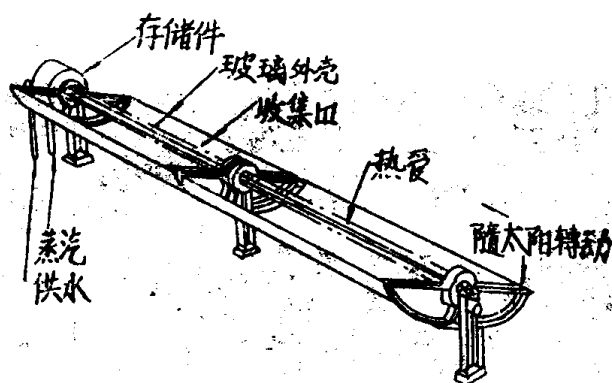


图 15 用热管的聚能器示意图

作，采用一台抛物体形的高效反射镜槽形装置，来聚集太阳能，它可以将太阳光聚焦到一个涂有选择吸收涂层的热管上，也就是用热管作为热吸收器，以提高其传热能力和效率，其示意图如图15。初步计算表明，当聚光比约为20时，可得到良好的吸收效率。热管的外层涂以具有高反射率的钼作为基层并交替的涂以氧化铝和钼层。这一涂层可保证热管具有较高的太阳光吸收率（约0.85）和较低的红外線发射率。这种涂层实际上也就是选择吸收面的一种。为了减少对流损失，在聚能器热管的外面套一根玻璃管，并将玻璃管内部抽成真空。采用热管除了可以达到大量传热的作用外，并且使太阳能聚能器与传递热量的装置分开。这一优点就可使聚能器和回路独立的实现最佳化。一个标准的太阳能聚能器，其组件长达12米，宽约3米，在日辐射达到峰值时，将聚集近18千瓦的热能，最佳的热管直径是在5—9厘米之间，热管的运行温度是个重要参数，这取决于所使用的工质。报导的热管采用的工质为水，热管的运行温度为 300°C ，一般来说，用于大型电站，这一温度偏低。

(2) 日本的日立制作所^[6]正在建造一座使用抛物体镜的容量为1000千瓦试验电站。日本电子综合技术研究所^[6]^[7]则侧重于太阳热发电的各项基础技术的研究，也以建设1000千瓦试验电站作为中心。目前日本

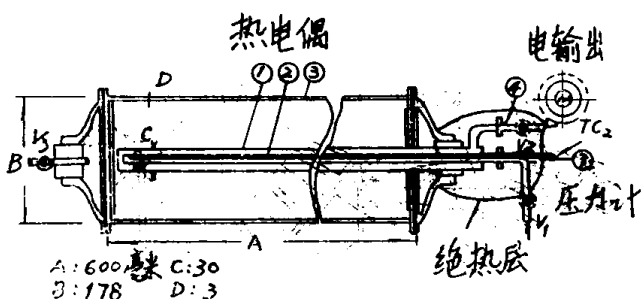


图 16 试验用热吸收管示意图