

編 号: (76)005

内 容

出国参观考察报告

日本太阳能利用、磁流体
发电概况

科学技术文献出版社

出国参观考察报告

日本太阳能利用、磁流体发电概况

(内部发行)

编辑者: 中国科学技术情报研究所

出版者: 科学技术文献出版社

印刷者: 中国科学技术情报研究所印刷厂

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

开本 $787 \times 1092 \cdot \frac{1}{16}$ 1.75 印张 43千字

统一书号: 15176 · 99 定价: 0.25元

1976年11月出版

毛主席语录

自力更生为主，争取外援为辅，破除迷信，独立自主地干工业、干农业、干技术革命和文化革命，打倒奴隶思想，埋葬教条主义，认真学习外国的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以为戒，这就是我们的路线。

一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。

日本太阳能利用和磁流体发电的一些情况

中国科学技术协会代表团

中国科学技术协会代表团应日方邀请于一九七五年十一月十一日至十二月二日对日进行友好访问。访问期间,代表团参观了大学、工厂和研究所共四十三个单位,主要包括太阳能利用、磁流体发电、计算数学、图象处理、化工冶金等专业。代表团在访日期间,受到日本朋友和科技界人士的热情友好接待,使我们进一步体会到毛主席革命外交路线的伟大胜利。通过开展友好活动,不仅增进了中日两国人民之间的友谊,也了解到日本科学技术活动方面的一些情况。现将参观访问中关于日本太阳能利用和磁流体发电的一些情况整理介绍如下,供参考。希望读者遵照毛主席“洋为中用”的教导,批判地吸取其中对我有用的东西。由于参观不够深入,不当之处,请批评指正。

目 录

日本太阳能利用的一些情况

一、概况	(1)
二、日本阳光计划若干中情况	(2)
三、太阳能热发电	(4)
四、光化学制氢	(8)
五、高温太阳炉	(10)
六、关于Fresnel透镜在太阳能利用中的应用问题.....	(12)

日本磁流体发电研究情况

一、概况	(13)
二、关于磁流体发电的前景问题	(21)
三、日本磁流体发电研究的发展规划情况	(22)

日本太阳能利用的一些情况

一、概 况

日本太阳能利用研究是从1955年开始，首先从事于太阳能热水器、太阳灶、高温太阳炉等方面的研究，并有所进展，但在六十年代后期，由于石油价格下降，石油成为一次能量的主要成份，这样对太阳能利用的研究就不重视。1973年后，资本主义世界性的能源危机，对日本的冲击很大，加之城市污染严重，日本政府对于开发新能源给以很大的重视，制定了阳光计划，推动了太阳能利用的研究。

太阳能热水器是日本应用最多的太阳能利用器，主要用于供给农村家庭洗澡的热水。在日本中南部有太阳的情况下，2平方米的水热器，夏季能够把180公斤水加热到60℃，冬季40℃。这类热水器在六十年代已经商品化了，1965年生产曾达一百五十万台。以后有所下降，1973年又有回升。主要是管式热水器，塑料热水器也生产，但不耐久，用的不多。热水器虽然一次投资的成本还高些，但从节约燃料、防止污染的效果是明显的，从长远的观点看经济上也是合算的。

日本雨水充足，太阳能蒸馏器搞得不多，主要在海水制盐方面进行研究。

太阳灶，在1955年五藤齐三用35面平面镜作成直径一米的炊具，1升米用1小时就可煮熟，曾在国际展览会展出。

太阳能空调，这是目前日本研究比较多的一个方面，在1965年有人第一次用太阳能取暖，建立一座整个屋顶全是集热板的太阳房。太阳能致冷，1974年矢崎部品公司试制成功了致冷机，但收集面积比房间面积还大，家庭普及还比较困难。

太阳炉，名古屋工业技术试验所于1955年开始试制直径2米的抛物面镜的太阳炉，可达2300℃，以后又试制了由平面镜反射到直径1.5米抛物面镜上，温度可达3500℃。1962年东北大学科学计划研究所，搞了直径10米的太阳炉，温度可达3400℃。这两个单位利用太阳炉对耐高温材料物性方面作了许多研究。电子技术总合研究所有一个用菲涅尔（Fresnel）透镜作成的直径一米的太阳炉。

太阳能发电，是日本研究的重点。它分为太阳光发电与太阳热发电。太阳光发电方面，1954年硅太阳电池在美国先研制成功，而后日本电气公司也研制成功。在硅太阳电池生产上日本仅次于美国。美国在宇航上用的多，而日本用于地面，如日本一些岛屿，电输送不到，灯塔上用硅太阳电池作电源。但由于价格贵，太阳电池只提供很小电力，限于特殊场合使用。日本目前使用的最大功率是242瓦的硅太阳电池，用在冲绳县一个岛的灯塔上。目前日本几家电气公司在研究如何降低成本问题。

太阳热发电，从1973年才开始搞，但受到日本政府的重视，它又可分热电半导体发电与太阳热透平发电。前者由日本电气公司研究，是用硅的化合物 CoSi ， CuSi ， MnSi ，在热电半导体的两端产生约1000℃的温差，能发6~13%效率的电。

太阳热透平发电。由于曲面集光、集热系统的不同，分集中型、分型型与混合型三种，三菱重工业公司广岛支所搞集中型（塔架式）。它是由很多平面镜把太阳光反射到塔架顶的

锅炉上, 目前为10瓩的实验装置, 1985年计划建成1万2千瓩的电站。分散型的, 由电子技术总合研究所在研究, 目前为发电1瓩的模型装置, 收集器用圆柱抛物面反射镜, 2米宽, 2.8米长, 传热介质是空气, 蓄热材料是刚玉(Al_2O_3), 计划于1980年建成1000瓩电站, 于1985年建成1万瓩电站。混合型是由平面镜反射到圆柱抛物面镜上的集光、集热方式, 是由日立制作所在搞。目前也处于模型实验的阶段。

关于日射量的测定, 这是太阳能利用的基础工作, 是由日本气象厅搞的。分直达日射量与全天日射量。直达日射量是垂直测量用银盘日射计, 测定数据在“气象要览”内发表, 可得到日射量, 也可知大气透过率。例如东京:

$$\begin{array}{l} \text{直达日射量} \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{月} 1.43 \text{卡/厘米}^2 \text{分} \\ 7 \text{月} 1.009 \text{卡/厘米}^2 \text{分} \end{array} \right. \quad \text{透过率} \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{月} 0.74 \\ 7 \text{月} 0.66 \end{array} \right. \end{array}$$

夏天湿度大, 所以透过率下降, 由于东京, 大坂污染严重也造成透过率下降。

全天日射量是由Robich仪器测量的, 是在水平测量的。现使用Ep1Y仪器测量, 日本为250~360卡/厘米²·天, 在世界各国日本日射量处于中等水平。

在研究经费上, 日本政府通产省于1973年制定了阳光计划(新能源开发计划)后, 经费急增, 例如1974年, 新能源经费共27亿日元, 而太阳能占去九亿。据他们介绍, 目前的主要问题是这方面的专家数量少。估计目前直接或间接从事这方面工作的约300多人。为了促进交流, 于1961年成立了太阳能利用协会, 1975年改为太阳能学会, 会报一年四次, 会员250名, 另外国际太阳能学会的日本支部的会员有50人。

二、日本阳光计划若干情况

1. 阳光计划的基本设想

所谓阳光计划就是为了环境保护问题与能量供给问题双方同时解决的技术开发的大规模、长期新能源技术开发计划。

阳光计划从1973年提出方案, 1974年7月正式开始实施的, 是日本第一个大型的技术开发计划, 是除原子能以外的太阳能、地热能、煤炭的气化与液化、氢能等为中心的新能源的开发、输送、利用及其能量的贮藏新技术的全部内容。

阳光计划的目标是要解决日本能量供给的相当大部分。它的最终目标直到2000年。同时各个阶段开发的成果使它逐步实用化、普及化, 它是实用性与长期性兼备的综合性的大规模技术开发计划。

阳光计划目前的中心是太阳能、地热能、煤炭的气化与液化、氢能等多种新能源技术的基础研究领域。

2. 阳光计划的主要技术对象

(1) 太阳能

每年从太阳辐射到地球上的太阳能是现在全人类使用能量的3万倍。在日本国土内每年相当于500亿公升的原油量, 而且太阳能完全是一种清洁的能源。

但是, 太阳能在1平方米面积上仅有1瓩以下的能流密度。还受到夜间、雨、雪、太阳位置的移动等问题的影响, 所以要大量的而且经济的利用, 在集热、蓄热、太阳跟踪等方

太 阳 能 技 术 研 究 开 发 长 期 计 划

时 期 间	1974~1980	1981~1985	1986~1990	1991~1995	1996~2000
	7 年	5 年	5 年	5 年	5 年
1. 太阳热发电系统的研究开发					
(1) 系统的研究机器、材料的开发					
(2) 试验系统的研究开发	1000瓩级系统的设计、试制运转、研究	10000瓩级系统的设计、试制运转、研究	第一次实际系统的设计、试制、运转、研究	第二次实际系统的设计、试制、运转、研究	最终实际系统的设计、试制、运转、研究
2. 太阳光发电系统的研究开发	低价格太阳能电池的基础研究	低价格太阳光发电系统的实用化技术的开发	低价格太阳光发电系统的实用化技术的确立		
3. 太阳冷暖房及其给热水系统的研究开发	各种住宅用系统的基础技术的确立。系统分析、机器材料的开发，实验住宅的建设评价。	各种住宅用系统的实用化技术的确立，地区性冷暖房及其给热水系统的开发			
4. 太阳能新利用方式的研究					

阳 光 计 划 进 展 情 况

七 四 年 预 算	七 五 年 预 算	七 六 年 要 求	1974~1975年的主要研究内容	1976 年 主 要 研 究 内 容	
				基 础 研 究	开 发 研 究
8.7 亿 日 元	10.9 亿 日 元	16.8 亿 日 元	●热发电模型实验 ●太阳房的新系统 ●光发电(太阳能电池的开发) ●新利用方式的研究	●热发电关键技术的研究 ●太阳房系统的分析，机器新材料的开发 ●光发电(太阳能电池的开发) ●新利用方式的研究	●1000瓩级热发电系统(两种方式)的概念设计系统的模拟 ●太阳房方式(四种方式)实验住宅的建设等

法、发电机器、材料等方面的新技术的研究开发是非常必要的。

为此，太阳能利用的研究与开发，美国、苏联、法国等等都很积极。IEA也把它作为九项优先开发的技术之一。

阳光计划是以太阳热发电、太阳光发电及太阳冷暖房、给热水系统为主要的研究对象。

太阳热发电

关于太阳热发电，由分散型曲面集光方式与塔形集光方式二种同时研究。要求到1980年末建成1000瓩，1985年末建成10000瓩级小规模实验系统。这种小规模系统不仅是大规模研究阶段的一步，而且它本身就是可作为孤立岛屿与边疆地区的供电设备，而具有很大的实用性。要求到2000年完成高性能大容量的太阳热发电装置。

太阳热发电系统需要较大的用地面积，据调查可利用滩地、荒地、山顶、山间、火山灰地、水坝坝址海面以及工厂厂房的屋顶等。

太阳光发电

所谓太阳光发电技术是由太阳光直接变成电能。这是太阳能利用中可能有前途的方面。小规模制造太阳电池技术水平已经达到，但发电设备成本贵，每瓦为3万日元。所以只限于无人灯塔、无线中继站等的电源以及宇宙航行用小规模的使用。

阳光计划就是要使太阳光发电实用化，首要的是降低它的成本，1980年末技术开发的目标是降低成本至现在的1%。

在方法上，首先要连续制造硅太阳电池的基板。带状结晶的生产及技术开发以及薄膜结晶制造技术等新技术的开发，使其成本降低，电池寿命延长，效率提高等等来促进太阳光发电的实用化。

太阳能冷暖房、给热水系统（太阳房）

太阳房是由太阳能来供给冷气、暖气和给热水的建筑物，阳光计划中要搞已有的及其新型的个人住宅、集体住宅、大型建筑物四个题目，1980年前进行基础研究，到1985年末确立系统实用化技术。这些系统的普及，今后要大幅度的增加，预计生活用的能量的相当部分要依赖于太阳能，这对于能量资源的节约与环境保护有很大意义。

（2）地热能（略）

（3）煤炭的气化、液化（略）

（4）氢能（略）

（5）综合研究（略）

三、太阳能热发电

日本的太阳热透平发电研究是阳光计划的重点，其热发电系统如图1所示，它主要由集热装置（包括集光、集热、跟踪、输热部件）蓄热装置（包括蓄热器、热交换器，蒸气循环系统）及发电装置（包括蒸汽透平，发电机、冷凝器）组成。其关键部分里集热与蓄热装置。由于集热装置可采取多种技术途径，日本有三个单位进行三种不同集热装置的研究，目前均处于模型试验阶段。

1. 第一种是塔架式太阳热发电系统（集中型）它是由三菱重工业株式会社广岛支所在搞。塔形集光方式太阳热发电系统模型装置如图2所示。这是第一阶段的实验装置。只有集热、蓄热两部分，集光装置是由 (0.3×0.4) 平方米的平面镜120面，跟踪太阳把反射光

束集中到塔高为3米的集热锅炉上去。其锅炉面积为 (0.5×0.6) 平方米（不包括四周的绝热部分）。集热温度为 300°C ，传热介质是空气。设计指标集热10瓩，实际只达到7瓩。这种装置的优点是平面玻璃镜制造成本低，寿命长。据他们用比太阳照到地面的十倍光线强度进行模拟实验得到，平面镜的寿命可达十~十五年。他们的第二阶段计划建立1000瓩实验发电厂第三阶段是建立10000瓩级的发电厂。

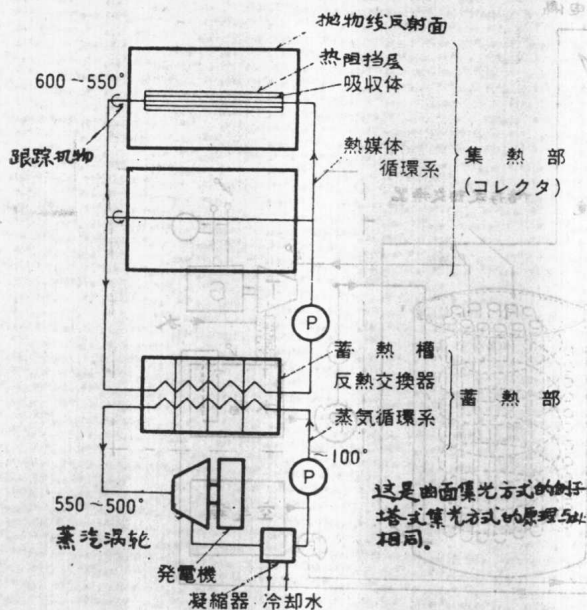


图1 太阳热发电系统概略图

成集热装置的抛物面反射镜，热吸收管和跟踪系统该所进行了大量研究工作。图4的圆柱抛物面镜是2米宽、2.8米长，3毫米厚，重量约30公斤，焦距为450毫米。为了评价反射镜的光学特性，除测定其反射特性外，还用氦氛激光器来测定反射镜曲面的曲率精度。其曲率角误差小于 1.07° 。热收集管是由一个玻璃外管以及中心的热吸收管组成。这是考虑到由反射镜反射到吸收管时，必须消除辐射、对流和传导而产生的热损失。辐射热损失的消除可由使用选择性透过膜与选择性吸收表面新技术。对流热损失可使玻璃外管与吸热管之间保持真空来消除（约 10^{-2} 托），吸热管是由3米长，30—50毫米直径，2毫米厚的钢管位于直径为

部分）。集热温度为 300°C ，传热介质是空气。设计指标集热10瓩，实际只达到7瓩。这种装置的优点是平面玻璃镜制造成本低，寿命长。据他们用比太阳照到地面的十倍光线强度进行模拟实验得到，平面镜的寿命可达十~十五年。他们的第二阶段计划建立1000瓩实验发电厂第三阶段是建立10000瓩级的发电厂。

2. 第二种是圆柱曲面集光太阳热发电系统（分散型） 它是由通产省工业技术院电子技术综合研究所在搞。太阳热发电模型系统图如图3所示。目前仅开展集热与蓄热这两个关键部分，其集热装置如图4所示。关于用于陆地太阳热动力系统集热装置的效率问题是很重要的，因为它直接影响到整个系统的效率。因此，对组



图2 塔形集光方式太阳热发电系统的模型装置

105毫米玻璃管中间，吸热管两端用不锈钢，这样可减少热传导所引起热损失。考虑到热膨胀与收缩问题，其管的一端要保持自由。系统的传热介质是空气为了促进吸热管内的强迫对流热交换，在吸热管内表面设计成带槽的或螺旋通道，使其产生湍流。

跟踪系统从技术与经济观点出发，采用了对时间的单轴跟踪系统，旋转轴为南北方向，并有一定的倾斜角度。如图4所示，为了实行跟踪，在圆柱抛物面镜有一半圆的结构上钻很多等距的孔由一个每一分钟发送信号的晶体振荡器去控制销钉插入孔中而实行跟踪。这种跟踪系统的优点是销钉在圆柱抛物镜两端插入后，抗风强度比较好。

储热系统由储热材料，热交换器与热绝缘部分组成，如图5所示，储热材料为刚玉（ Al_2O_3 ）。储热系统的工作过程是：高温空气从集热管里送出，通入容器底部，通过刚玉球的间隙把热传给刚玉球，而热交换器位于容器的中心，水在热交换器管内流动。由热偶插入容器内去测量储热与热交换器的效率。

热效率(%) 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 65.0 70.0 75.0 80.0 85.0 90.0 95.0 100.0

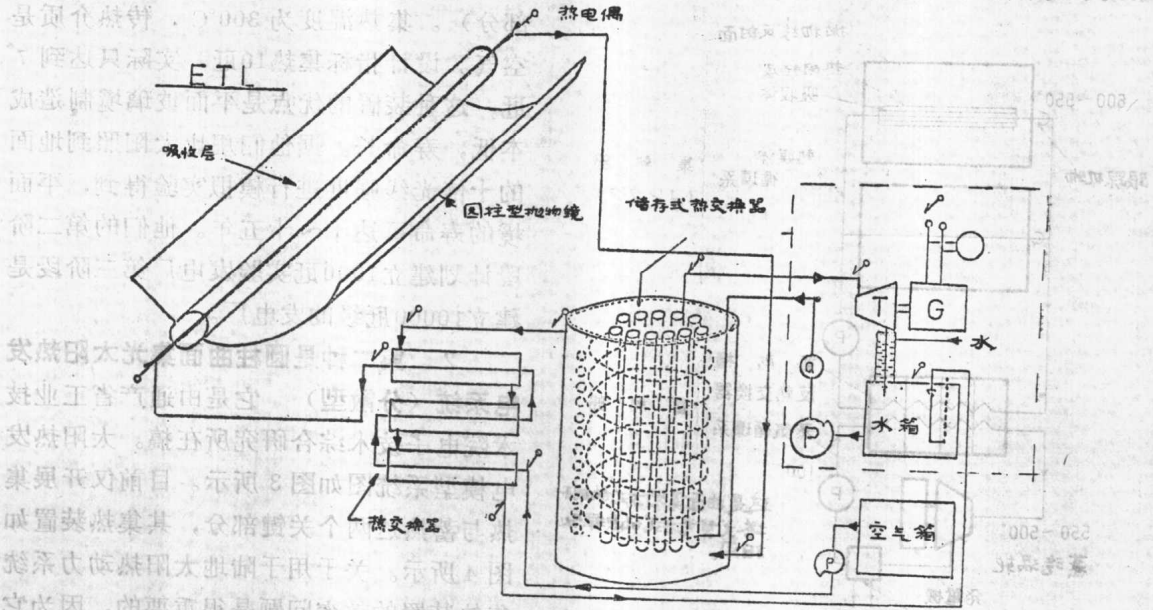


图3 太阳热发电模型系统图



图4 圆柱曲面集热装置

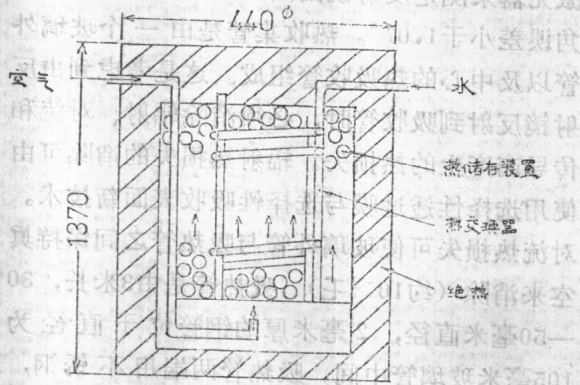


图5 储热系统结构图

圆柱抛物面镜对阳光的接收面积为5.6平方米当吸收管温度高于300℃时的热效率为50%，在我们考察时，据说，由于选择性吸收表面技术的进展，热效率已提高到60%左右。整个系统的传热介质，准备用水蒸汽，热的输送准备用热管新技术。在实验室中已开展了以水与钠为工质的热管的模型研究。在考察过程看到经过使用的圆柱抛物面镜面反射材料老化也是相当严重的，在集热管中为了达到要求的真空度，有一个装置在工作时，机械真空泵也在工作。说明真空密封问题尚未解决。

圆柱抛物面集光太阳热发电系统日本人认为适用于5~6万瓩的发电系统，可建立于河川侧面、工厂、大厦的屋顶、海面上都可以采用。打算使用这种太阳热发电系统解决日本夏

天的冷房。

3. 第三种是由平面镜反射到圆柱抛物面镜上集热的太阳热发电系统 这个系统由日立制作所原子能研究所在搞, 目前集热效率仅达20%。在选择性吸收材料其吸收率(α)与辐射率(ϵ)之比即 $\frac{\alpha}{\epsilon}=1.9\sim 2.3$, 目前正在研究Ni-Si; Ni-TiO₂; Ni-NiO; Ni-(Ni-Si)选择性吸收材料, 他们认为后两种较好, 温度可达500°C, NiO的选择性表面可用高温(大于2000°C)喷涂法喷到吸热管表面, 其NiO粒的直径 $D_p=10$ 微米, 涂层厚度约5~10微米。

关于蓄热材料, 他们对500种不同材料进行了调查, 在温度范围为300°C~700°C内选了41种, 最合适的是KF-LiF, 莫尔容积比为50:50%, 共融温度为492°C, 体积融解热: 266000大卡/立方米。热传导系数: 2.1大卡/米·小时°C

上述三种不同集热方式的太阳热发电系统, 各有特点。分散型的圆柱抛物面集热系统, 集热效率高, 但集热温度在目前技术水平情况下达到大于500°C是比较困难的。塔形太阳热发电系统, 集热温度高, 但集热效率低, 由于塔高控制方面也较困难。混合式集热发电系统, 集热混度高, 控制较容易, 但集热效率比塔形式还低。

4. 选择性表面涂层是宇航与太阳能利用中的新技术 电子技术综合研究所的太阳热发电系统具有较高的集热效率的主要原因之一是集热管当中采用了选择性透过膜涂层与选择性吸收表面涂层。

所谓选择性透过膜涂层就是太阳辐射能中波长为高能级波段(0.3~0.5微米)全部通过, 而对于太阳能利用的范围(150~500°C)的热辐射具有很高的反射系数。这种透过膜的基本材料是In₂O₃, 其生产工艺是, 使用Pyrex基板(50毫米×50毫米×1毫米)或者是圆管(150毫米内径, 100毫米长, 1毫米厚)用In、Sn、Ti、Si、Al等材料在真空中镀膜到内表面上去, 其厚度约为2500Å~3500Å(1Å=10⁻⁸厘米), 然后拿到真空度为10⁻²托氧气氛中加热到350°C使其氧化。其选择性透过膜的光谱特性如图6所示。样品1为In₂O₃选择性透过膜, 厚度为3525Å, 图6上为实线所示。无透过膜时Pyrex板的透射率(在0.5微米波长时)为92%, 而涂有选择性透过膜时, 透射率下降为80%。样品2为In₂O₃厚3529Å和TiO₂厚460Å的选择性透过膜。图6上为虚线所示。透射率(在0.5微米波长时)为75%, 反射率(在5微米波长时)为89%。

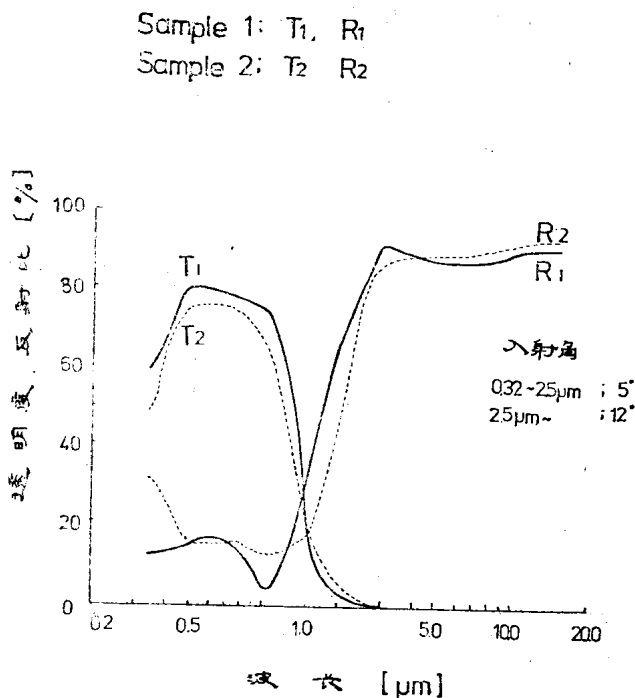


Fig.1

注: 反射比改为反射率。

图6 选择性透过膜的光谱特性

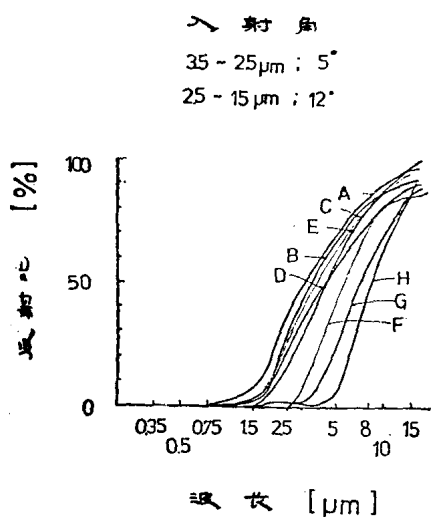
图6 选择性透过膜的光谱特性 透射率(在0.5微米波长时)为75%, 反射率(在5微米波长时)为89%。

其镀膜层的厚度是由多路传输干涉显微镜来测量的, 不同样品的厚度的均匀性控制在小于1%。

对于100毫米长、100毫米内径的Pyrex的玻璃圆柱镀透过膜于内表面, 均匀度达到 $\pm 100 \text{ \AA}$, 其选择性透过膜的光学特性是均匀且良好的。目前已经能在3米长105毫米内径的

玻璃管的内表面均匀地镀上选择性透过膜薄层。

所谓选择性吸收表面就是几乎吸收整个太阳辐射的高能量的波段而对太阳能利用温度范围的热辐射是非常低的。电子技术综合研究所生产的是在金属表面生成金属氧化物, 并在表面挤压出一定的图形。图7表示由主要成份为铜与另一金属并经化学处理后形成的选择性吸收表面的光谱特性。从图上可看到由于控制金属氧化物的不同厚度而得到的样品的光谱特性。其不同的样品的 α/ε 值, 为1.2~14.0。(吸收率 α 是在0.5微米波长段测量的, 辐射率是在红外波段5.0微米测量的) 对于挤压成一定图形后电成形与化学处理方法后得到的选择性吸收表面, 其 α/ε 值为20~23。达到了相当先进的水平。这一技术已用于外径为30毫米和3200毫米长的吸热管中, 这种由化学处理来得到的选择性吸收表面的方法, 不受形状与尺寸的限制。这



注: 反射比应为反射率
图7 选择性吸收表面的光谱特性

是一种很值得注意的有效方法。

对于选择性透过膜, 在230℃时, 经过480小时的热循环实验后, 性能没有减退。而选择性吸收表面在200℃与250℃时, 做热循环实验后, 其性能是不定的, 有时上升, 有时下降, 所以必须进一步作更多实验, 且除了从光谱特性研究外, 还应从热的观点进行研究。

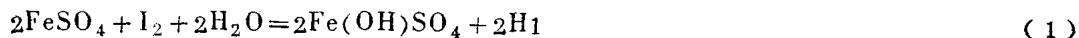
四、光化学制氢

氢能是日本阳光计划的一个主要内容之一, 我们对太阳能制氢考察了横浜国立大学与东京大学, 现把他们介绍的光化学制氢研究情况汇报如下。

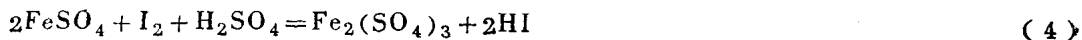
1. 光化学与太阳热电混合法制氢 (横浜国大)

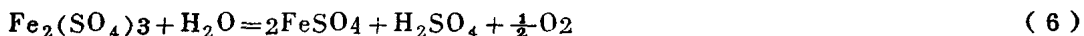
把太阳光从紫外到红外波段用适当装置转变成二次能量, 这是科学工作者长期以来所希望的。虽然已经可用电的、热的和化学的三种转换途径, 但仍然未找到高效率的系统。对一般的光化学反应由于转换效率低, 很难实现工业化。而横浜国立大学想采用光化学反应与太阳热电混合法制氢, 其效率从理论上计算可高达15—25%。目前已经达到了10%左右。

横浜2A装置的光化学反应式为:



横浜5号装置的光化学反应式为:





其关键光化学反应式 (1)(4) 可写成



方程 (2)(5) 可由波长短于 $3500 \text{ \AA}$ 的光能或在温度 427°C 时的热能来完成。方程 (3) 虽然可在加热到 250°C 时来实现，但事实上太灵敏而难于控制。方程 (6) 在电解上是很大的进展。

横浜 5 号装置结构系统表示在图 8 上。它由三部分组成。第一部分是光化学反应槽。是

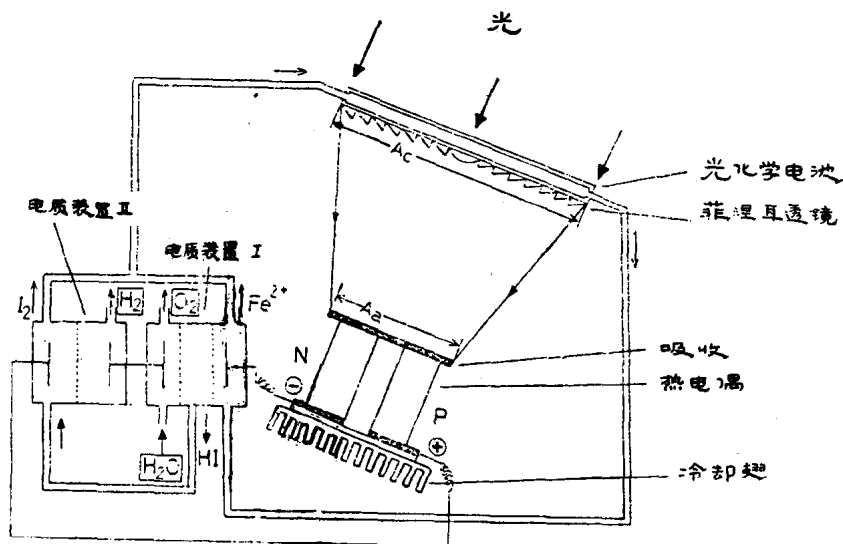


图 8 光化学与太阳热电制氢系统示意图

一个面向阳光的 $50 \times 65 \times 1$ 厘米³ 的容器。液体在反应槽里流动时停留时间为 1 小时，可完成方程 (7) 的反应。光化学反应中碘是关键问题，从海带海藻中可知，它们能在较弱的光线下能进行有效的光合作用，就是因为含有碘的缘故，在化学元素中碘对光最敏感。同时调节碘的浓度可以使太阳光谱中能量最大部分起作用。如碘的浓度为 $2.5 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 时，则波长为 $5800 \text{ \AA}$ 光使光化学反应作用，这样对太阳能利用比较有效。这是在光化学反应上较为成功的途径。

横浜 5 号装置的第二部分是在光化学反应槽下的 Fresnel 透镜的太阳能收集装置，及其带散热片的热电半导体。Fresnel 透镜把在光化学反应中专用的波长的太阳能收集起来产生较高的温度，从实验中已经可达到 453°K 。热电半导体的材料是：N 型为 Bi-Te-Se，P 型为 Bi-Te-Sb。这种材料的价格是硅太阳电池的 $\frac{1}{4} - \frac{1}{5}$ ，而且资源也丰富。

第三部分是两个电解槽，其电源是由热电半导体提供的。第一电解槽电压为 0.3 伏特产生氧气，第二电解槽电压 0.6 伏特产生氢气。

目前整个装置还有一些小问题未解决，如输送管道的堵塞问题，光化学反应槽内水分布不均匀的问题等。按理论效率 25% 计算，这一装置每小时可制 97 升氢气。

同时日本人还介绍了横浜 6 号装置的设想，其理论效率可达 30%。这种太阳能制氢的技

术途径得到了美国等国同行的重视。

2. 光电气化学制氢

东京大学工学部工业化学科正在研究光电气化学制氢。在水槽中以半导体 TiO_2 为阳极

以铂金为阴极，在太阳光的作用下，阳极产生氧气，阴极产生氢气。可用来做阳极的半导体材料还有 ZnO 、 CdS 、 GaP 、 CdS 、 GaAs 、 InP 、 InAs 可作为阴极的材料还有：镍、铁。

电化学光电池制氢装置如图9所示。

光源为500瓦的灿灯，阳极为 TiO_2 晶体，1厘米²左右。实验结果：当用 TiO_2 晶体，并照波长为 0.413μ 的紫光时，这样该装置的效率为30%。但利用太阳光时，其效率只能达到0.5%，实验室用的单晶 TiO_2 成本高，为解决这一问题，现正在实验用纯度为99.9%的金属钛在1300℃下煨（用城市中煤气就可以）可得到 TiO_2 ，经过实验，效果几乎与 TiO_2 晶体相同，这就为大规模生产解决了材料问题。

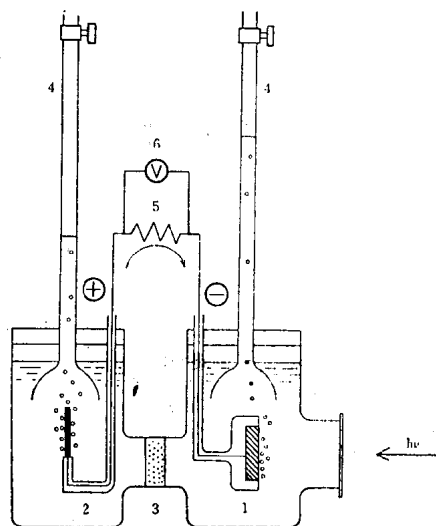


图9 电化学光电池制氢装置示意图

- 1 — TiO_2 电极 2 — 平板电极
3 — 光闸 4 — 气体测定管
5 — Load resistance 6 — 电压表

为了提高电化学光电池对太阳能利用的效率，这就要求做为阳极的半导体对太阳光波长为 0.5μ 时有较高的效率。他们正在考虑的解决的途径首先是在水中加入增感剂与超增感剂使其吸附到半导体里面去。从

而可以提高对太阳光谱在波长 0.5μ 时的效率。其次是探讨新的半导体。

五、高温太阳炉

对于高温太阳炉，我们考察了电子技术综合研究所直径为1米的Fresnel透镜式的太阳炉及名古屋工业技术试验所的太阳炉。前者焦面直径为3厘米。焦距为1.020米，温度可达1500℃~1600℃，用作耐高温材料的实验，也作为用树脂材料作的Fresnel透镜用于太阳能利用中材料寿命的试验。

名古屋工业技术试验所，对高温太阳炉研究工作已达20多年，作了许多工作，从1954年开始对于：直射式高温太阳炉进行研究、设计、试制，并于1955年建成名工试第一号太阳炉，如图10所示。它是铝的抛物面镜直径为2米，焦距为64厘米，太阳像的直径6毫米，最高温度可达2300℃。于1957年研究试制了有追日镜的二次反射高温太阳炉，如图11、12所示。

名工试2号太阳炉以补助平面镜跟踪太阳，把太阳光反射到抛物面镜上聚焦而得到高温。补助平面镜是由60厘米×60厘米×2.5厘米平面玻璃镜16块组成，其镜子表面镀铝然后由 SiO 涂料保护。平面镜原反射系数为0.85，经过10年使用下降到0.74。抛物面镜是玻璃的直径1.5米，厚度为14厘米的镀铝镜子，反射系数为0.75。聚焦后太阳象径为6毫米，数秒钟内可达3500℃的高温，焦距为64厘米，聚焦倍数为32000倍。跟踪系统由四只光电管作感受元件驱动油压装置，其跟踪精度达到0.5度，全部重量为1吨，经过18年的使用，仍然很

可靠。

对于太阳炉能否成为一个研究高温材料的良好工具,其中较困难的问题是高温的测量问题。他们整整化了四年时间才解决,目前测温精度已达到 $3000 \pm 15^\circ\text{C}$ 。他们利用高温太阳炉进行过下列问题的研究,并在国际会议上发表了21篇论文。

1) 在0.65微米测定温度,分光反射率及分光辐射率。

2) 高温材料(ZrO_2 , Y_2O_3 等)的熔点及加热曲线的测定。

3) 冷却曲线与凝固点的测定。

4) 高温材料二元系的高温平衡状态图的研究

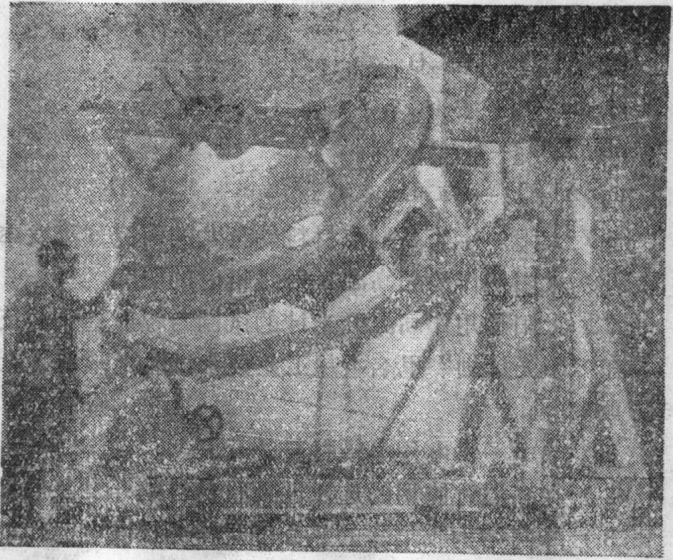


图10 名工试1号太阳炉

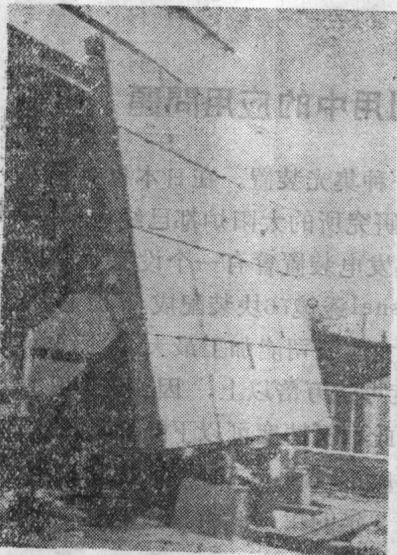


图 11 名工试2号太阳炉补助平面镜

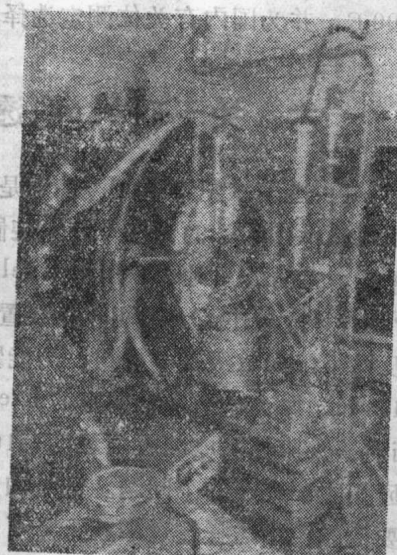


图12 名工试2号太阳炉抛物面镜

- a. ZrO_2-CaO 系
- b. ZrO_2-MgO 系
- c. $\text{ZrO}_2-\text{Y}_2\text{O}_3$ 系
- d. $\text{ZrO}_2-\text{TiO}_2$ 系
- e. ZrO_2-SrO 系
- f. ZrO_2-SiO 系
- g. $\text{ZrO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ 系
- h. $\text{ZrO}_2-\text{HfO}_2$ 系

i. $\text{Al}_2\text{O}_3\text{—Y}_2\text{O}_3$ 系

j. $\text{Al}_2\text{O}_3\text{—CeO}_2$ 系

k. $\text{Al}_2\text{O}_3\text{—La}_2\text{O}_3$ 系

l. $\text{La}_2\text{O}_3\text{—Y}_2\text{O}_3$ 系

m. $\text{ZrO}_3\text{—Sc}_2\text{O}_3$ 系

n. $\text{Al}_2\text{O}_3\text{—Ga}_2\text{O}_3$ 系等。

5) 太阳炉作为高熔点材料的蒸发的研究 (蒸发率的测定)

6) 太阳炉作为超高温 X 射线衍射的研究

7) 太阳炉用作高温分光计的试制与辐射率及其反射率的测定。

在“阳光计划”里名古屋工业技术试验所承担了太阳能新利用方式的研究。主要有以下 5 方面。

1) 热电子发电用电极材料的开发。

2) 在高温时使用的选择性吸收材料的开发及它们的物性的测定。

3) 蜂窝结构收集器的热分析及作为热发电元件的利用。

4) 选择性材料的性能评价及评价标准的确定。

5) 热发电用蓄热材料、结构及传热介质的研究。

关于选择性材料的测定工作已经建立了测试设备, 其波长为 $0.4\sim 15$ 微米, 温度范围为 $25\sim 900^\circ\text{C}$, 并为国内有关测定选择性材料的性能。

六、关于 Fresnel 透镜在太阳能利用中的应用问题

Fresnel 透镜 (塑料平面透镜) 是太阳能利用中的一种集光装置。在日本也对此较为重视。前述横滨国大学的光化学制氢装置及电子技术综合研究所的太阳炉都已经应用了 Fresnel 透镜。尤浦公司对于应用 Fresnel 透镜作成太阳能热发电装置曾有一个设想。用 50 米直径的 Fresnel 透镜作为太阳能收集装置, 可用 1 米的 Fresnel 透镜 76 块装配成。加上太阳跟踪装置及透平组成单级发电机组, 约能发电 1000 瓩。目前尤浦公司能加工最大的 Fresnel 透镜直径 1.1 米, 厚为 10 毫米。精密的 Fresnel 透镜的聚焦度可达万倍以上, 因此可用作太阳炉, 而对于太阳热发电装置聚焦度有 100 倍就可以了, 因此加工精度可以下降。目前它在太阳能中应用主要存在两个问题。一是由于加工困难, 因此成本较高; 二是塑料板受太阳光照射以后要变颜色, 这样透过率就下降了, 经过室外 3 年~5 年的耐久试验。透过率从 0.86~0.88 下降到 0.80。同时在室外使用中灰尘对透过率影响很大。

关于 Fresnel 透镜加工问题, 因车间是严禁外人入内的, 在座谈中, 对直径为 150 毫米的产品是由模子压铸出来的。模子是由特殊车床车的, 模子材料是青铜。而对直径为 1.1 米的 Fresnel 透镜是由车床上车削的, 一个刀具约能车 20 多张。刀具的材料是钻石。