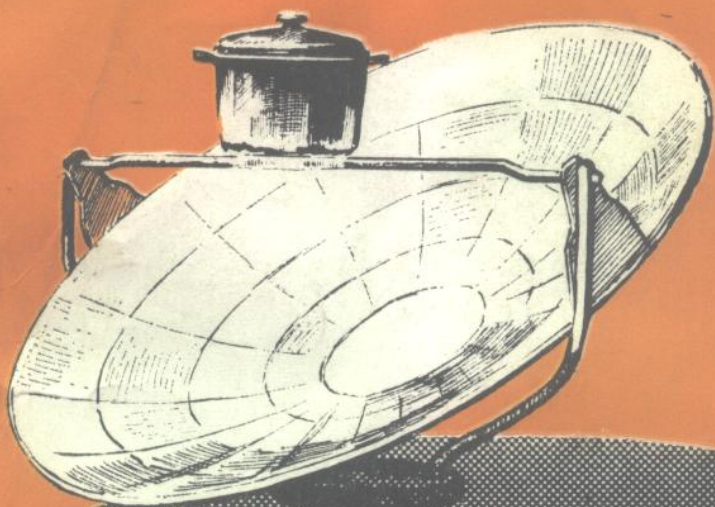


〔美〕F. 丹尼尔斯 著

直接利用太阳能



科学普及出版社

直接利用太阳能

〔美〕 F.丹尼尔 著

张志祥 喜文华 译

科学普及出版社

内 容 提 要

《直接利用太阳能》是一本普及太阳能科学知识的人门书。本书着重论述利用太阳能的基本原理、途径和方法，广泛介绍世界各国在太阳能利用方面的成果和经验。全书内容丰富，文字深入浅出，兼有科学性和实用性。

本书作者是美国著名物理化学家，从事太阳能研究工作几十年，曾任美国太阳能学会会长、美国科学院副院长。

本书适合大专院校师生和从事太阳能研究的科技人员阅读。

直 接 利 用 太 阳 能

〔美〕 F.丹尼尔斯 著

张 志 祥 喜 文 华 译

责任编辑：田 一

封面设计：王序德

*

科学普及出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京四季青印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米1/32 印张：8¹/₂。 字数：174 千字

1981年3月第1版 1981年3月第1次印刷

印数：1—7,650册 定价：0.77元

统一书号：15051·1084 本社书号：0698

译 序

F.丹尼尔斯是美国著名物理化学家，1889年生于美国明尼阿波利斯，授业于明尼苏达大学和哈佛大学，获哲学博士学位，曾任美国化学学会、地球化学学会会长、美国科学院副院长和美国太阳能学会会长。自五十年代以来，他一直在威斯康星大学工程实验站太阳能实验室从事太阳能应用的研究，并致力于化学动力学、光化学、电化学、原子能以及氮的氧化物，晶体的热致发光现象等方面的探索，成绩卓著，因此得过多项奖励和荣誉。

《直接利用太阳能》是一本普及太阳能科学知识的入门书，着重论述利用太阳能的基本原理、途径和方法，广泛介绍世界各国在太阳能利用上的成果和经验。内容丰富具体，文字深入浅出，兼有科学性和实用性。

原著由美国耶鲁大学出版社于1964年出版。此译本系根据1977年第9次印刷本译出。甘肃省自然能源研究所所长杨绪强同志在百忙之中审阅了全稿，在专业方面提出了宝贵的修改意见。潘毅同志协助我们做了大量工作。对于他们的热情指导和支持，一并致以深切的感谢。

译者

1980年10月

作者序(节译)

本书旨在唤起科学家和工程师们的兴趣，引导他们从事直接利用太阳能的研究。书中的部分内容基于作者近十年来的太阳能研究项目。

太阳能利用领域中的科学研究在某些方面是独具特色的。首先，它涉及许多不同的学科和工程部门，包括物理学、化学、气象学、天文学、化学工程、机械工程和电机工程等。一向为人们所忽视的不同学科之间的边缘领域往往成为富有成果的研究领域。太阳能研究便是一例。

其次，它具有在不太长的时期内造福于人类的美好前景。

第三，它可以在狭小的实验室里用价格低廉的设备进行。

作者曾访问过许多非工业化国家的科学家，那里阳光充沛，燃料昂贵。经常有人问：“我们能搞些什么样的有益于本国的太阳能研究？”本书试图回答这个问题，并提出在理论科学和应用科学上涌现的一系列挑战性问题，这些问题都有待科学家和工程师们在研究太阳能利用的过程中去解决。为了使不具备太阳能专业知识的读者也感到兴趣，许多工程技术方面的细节都已删简。

近几年来，召开过四次国际性的太阳能利用专题讨论会，因此在当前，评介直接利用太阳能的多种不同方法的现状，综述当前的研究动向和今后的趋势，便于他人在现有成果的基础上更上一层楼，这样做是适宜的。

F·丹尼尔斯 1964年1月

目 录

第一章	引言	1
第二章	历史	4
	早期的实验	4
	太阳能学会	8
第三章	太阳辐射能	10
	太阳辐射的变化	12
	测量仪表	18
	辐射能量的地理分布	23
	多种太阳辐射记录	29
第四章	太阳能集热器	31
	平板型集热器	31
	聚焦型集热器	36
	聚焦型集热器的安装	45
	材料的性能	51
	综述	56
第五章	炊事	58
	烹调	58
	焙烤	60

野外试验·····	61
简易太阳灶的制作·····	63
贮热·····	66

第六章 生产热水····· 68

太阳能热水器的类型·····	69
简易太阳能热水器·····	77
供应开水·····	79

第七章 工农业上的太阳能干燥····· 82

其它方面的太阳能干燥·····	86
综述·····	87

第八章 贮热····· 90

利用热容量贮热·····	90
利用物理化学反应贮热·····	93
双容器系统·····	96
贮热水池·····	97

第九章 房屋供暖····· 99

太阳能供暖系统的种类·····	100
太阳能供暖的要求·····	100
太阳能供暖实验·····	103
建筑学上的问题·····	106
热泵·····	108
小型太阳能供暖装置·····	109

第十章	水的蒸馏	112
	玻璃顶盖蒸馏器	114
	塑料蒸馏器	117
	装有衬里的蒸馏器	122
	外部冷凝蒸馏器	124
	理论上的考虑	126
	经济上的考虑	127
	来自大气的水	130
第十一章	太阳炉	133
	设计和构造	134
	太阳炉的安装	136
	物理化学作用	137
第十二章	选择性辐射面	141
	实验工作	142
	理论研究	148
	微粒涂层	149
	结论	150
第十三章	致冷和冷冻	152
	吸热——解吸致冷	154
	冷冻	157
	空气调节	161
第十四章	热机	166
	太阳能热机的用途	167

贮存电能.....	223
燃料电池.....	225
氢燃料.....	231
贮能的费用问题.....	234
第十九章 结束语.....	237
附录：换算系数表.....	245

第一章 引言

阳光通过植物的光合作用把水和空气中的二氧化碳合成为我们的各种食物和燃料。但如果地球上的人口按现有的速度增长，如果各民族都达到业已工业化的世界四分之一人口所享有的经济发展水平，燃料的供应就将十分紧张。当前应当制订规划，发展代替煤、石油和天然气等化石燃料的代用品。这些燃料对现代文明如此重要，以致研究新的热源和能源已经为时够晚了。

现有的一切机器都是用热机驱动或者靠热机和水力所产生的电力驱动的。大型供电设备的电力价格低廉。可是若用1—500千瓦的小型供电设备，在偏僻地区用柴油机发电，则电力比较昂贵，每千瓦·小时为5—15美分。柴油机需要保养和维修，石油燃料在坎坷的道路上运费高，这些都是成本高的原因。在大电站里，电厂母线上的电力便宜，但经过广阔的农村供应给许多小用户时，电费就高了。由于提供原子能的原料基本上是一种无重量的燃料，其运费微不足道，可是原子能只能在投资多的大型设备中利用，用电力线向外输送时，费用仍然很高。

利用太阳能既不要运输燃料，又不要传送电力，因为在需要用电的地方，都可以用小型换能机发电。加热和致冷也可直接利用太阳能，不必远距离地运输燃料和传送电力。

这些长处可以部分地补偿当前把太阳能变为电能的设备所需的高额费用，并且抵消由于阳光的不连续性而需要贮存能量的严重困难。因此在有些场合里，尽管太阳能装置比消耗燃料的装置费用大，但使用太阳能装置还是可取的。

发展迅速的国家正在热切地寻求工业的新能源。有些国家寄予重望，但操之过急。太阳能是一种大有希望的能源，在阳光充足的乡村地区尤其如此。诚然，在传统能源丰富的地区，在阴雨天，或者在可利用的阳光很少满足不了动力需求的大城市里，太阳能是无法和传统能源相竞争的。

我们不妨设问：利用太阳能只是权宜之计吗？以传统燃料为能源的发电系统以及电网正在迅速发展，终将布满全球。可是今天世界上有二十亿人口没有电，而且还要很久才能用上电。其次，把传统电力输送到居住分散的乡村小用户中去，费用仍将十分浩大，以致太阳能也许可以与之竞争了。

现在有一个具体情况可供考虑。巴基斯坦需要打二万口抽水井，因为有的农田被水淹过，沉积了过多的盐碱而荒芜了，需要把沉积的盐分冲走。当然可以采用电力泵，建造功率高的大电厂和输电网。但是如果能及早制成实用的太阳能水系，那么尽管生产费用可观，还是值得考虑的，因为不必再用又长又贵的输电线了。

当今迫切需要研究太阳能是为了在经济较不发达的国家里使用它。对高度工业化的国家来说，研究太阳能是一种长远的需要，因为矿物燃料总有枯竭的一天，而且价格势必愈来愈高。目下，石油生产出现暂时的过剩，但美国国内的石油储备在五年内可望继续上升，达到顶峰，然后再降下来。那时，美国不得不进口更多的石油。现在世界的采油速度每年约为70亿桶，确凿的世界蕴藏量约为3000亿桶，按目前的耗

油速度计算，还用不到半个世纪。可是由于耗油速度肯定还会迅速增大，尤其是在世界上致力于尽快实现工业化的广大地区。因此可以予期在半个世纪以内石油就会短缺。将来也会象过去那样继续发现新油田，而且其蕴藏量可能不止3000亿桶，但最终燃料价格仍会飞涨，就非得为愈益依赖大量燃料的世界寻求新的能源不可。

太阳能的研究一向为人们所忽视。在不发达国家里，纵然有明媚的阳光，但缺少经费来源和技术人才，对太阳能的潜在用途一无所知。假如工业化国家把现在花在原子能和空间科学上的财力和人力抽出一小部分用到太阳能的利用上，就能在太阳能研究方面取得长足的进步。利用太阳能不是押宝，而是准确奏效的。事实已经表明太阳能可以用来加热和致冷，可以把咸水变为淡水，可以转变为动力。当前的问题是以上这些用途的费用要低，要使太阳能足以和当地使用燃料、电力、畜力或人力的那些方法不相上下。要做到这一点是有困难的，因为太阳辐射能的强度低，还有黑夜和阴雨天的间隔。我们希望各个国家的许多科学家和工程师通过研究将会使这些问题获得解决，使太阳能先用于世界的某些地区，将来再用于更多的地区。

直接利用太阳能不是什么新鲜事，但我们现在用的材料却是新的，如价廉的耐晒的透明塑料和高纯度半导体。我们有了新的科学观念，积累了工程技术上的经验，并且更广泛地认识到太阳能在世界范围内的用途和需要。因此，对于科学技术上有助于直接利用太阳能的种种方法重新加以论述是有重要意义的。

第二章

历史

早期的实验

1774年，约瑟夫·普里斯特利把阳光聚集在氧化汞上，收集受热后产生的气体。他发现蜡烛在这种气体中比在空气中燃得更明亮；老鼠生活在一定体积的这种气体中寿命更长。这仿佛是一种“更完美的”空气。于是氧就发现了。这些发现使得伟大的法国化学家拉瓦锡阐明了氧化引起燃烧的正确理论。同一年还印了一幅感人图画，拉瓦锡站在装有巨型玻璃透镜的高台上，在焦点附近进行聚光试验。

1872年，在智利北部晴朗无云的沙漠上兴建了一座占地51,000平方英尺的太阳能蒸馏厂，把咸水变成淡水供给硝石矿用。在咸水槽的上方是倾斜的玻璃板顶盖，既可透进阳光，又能减少红外线辐射的损失，从而使水加热。水蒸气凝聚在由空气冷却的玻璃顶盖内壁上，向下流入管道内。这个工厂卓有成效地经营了40年，直到硝石矿开采完毕。这个厂大规模地利用太阳能，每天生产淡水达6,000加仑。

1878年在巴黎的一次展览会上，阳光被聚集到蒸汽锅炉上，从而驱动了一台小型蒸汽机，并带动了一台印刷机（见图1）。

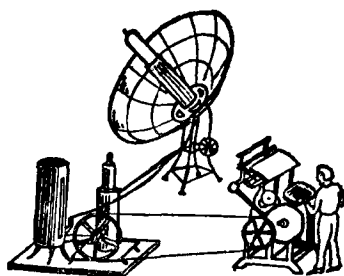


图 1 1878年巴黎的太阳能蒸汽机

1901年在南帕萨迪纳，一台象截头圆锥似的大型聚焦型集热器产生了4.5马力，每马力所需要的采光面积为150平方英尺（见图2）。

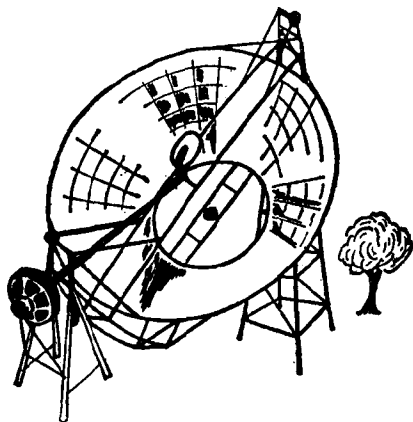


图 2 1901年帕萨迪纳的太阳能蒸汽机

1902——1908年，H. E. 威尔西和约翰·博伊尔在加利福尼亚的圣路易斯和尼德尔斯造了4台太阳能蒸汽机。其

中一台6马力和一台20马力的蒸汽机是靠水和二氧化硫驱动的。

1907年和1911年在费城附近，F.舒曼制成了数马力的岸水用的太阳能蒸汽机（见图3）。

1913年在埃及开罗附近，F.舒曼和C.V.博伊斯造了一台50多马力的大型太阳能蒸汽机（见图4），用长抛物柱面镜聚集太阳辐射，焦线上置有集热管，聚焦比为1—4.5。用它来从尼罗河里抽水灌溉。

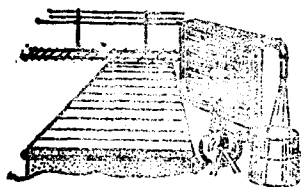


图3 1907年和1911年费城的太阳能蒸汽机及平板型集热器

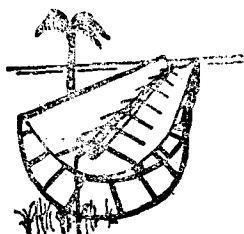


图4 1913年开罗的太阳能蒸汽机

约在半个世纪以前，新墨西哥的J. A. 哈林顿作过一次贮存太阳能的最初尝试。他把阳光聚集在锅炉上，驱动蒸汽机把水升高20英尺，使水流进一个5,000加仑的贮水箱，然后让水向下流过水力涡轮驱动发电机，使一个小工矿日夜得到小电灯的照明。

在其后的30年间，除C. G. 艾博特的活动外，在太阳能方面几乎毫无进展。1936年，艾博特在华盛顿的一次国际能源委员会会议上展出一台1/2马力的太阳能蒸汽机。1938年他在佛罗里达又展出一台经过改良的带有快速产汽锅炉的1/5马力蒸汽机。

1941年—1946年，F.莫勒罗在苏联塔什干制成了太阳能蒸汽机。

关于太阳能方面的这些进展和其他一些进展，乔丹和伊贝勒的著作以及鲁宾逊的著作作了归纳。早期的太阳能装置在与价廉的化石燃料的竞争中都未能幸存下来。唯一例外的是太阳能热水器，它主要在佛罗里达州得到了推广。本书在下面各章中将谈到1950年以后在太阳能利用上的进展。

数千年来，人类在农业上利用太阳辐射能。他们在设计各种太阳能装置的同时，在农业研究上和提高以食物的形式贮存太阳能的效率方面不断取得巨大进步。他们还把部分注意力放在对植物光合过程所作的基础研究上。现已发现在实验室的理想条件下，藻类的化学能贮存效率可达到所吸收的辐射能量的30%。一般农作物从每年日照中仅仅贮存其吸收能量的0.2%左右，这一点后面要讲到。不通过植物贮存能量，我们也能直接把太阳辐射能的百分之几转换为机械或电能，还能把更多的辐射能量用于加热、致冷及水的蒸馏。

给直接利用阳光的基础研究以最早的有力支持的是卡伯特基金会，该会大约在三十年前把基金赠予麻省理工学院和哈佛大学。于是这两所大学在房屋供暖、平板型集热器和光化学潜力等方面进行了开拓性的工作。1950年召开了一次关于房屋供暖的重要讨论会。

1949年，美国科学进步协会在华盛顿举行成立一百周年庆祝会，其中有一次会议专门研究包括原子能和太阳能在内的能源问题。本书作者在这次会上指出了直接利用太阳能的潜力以及研究经费拮据的状况，1950年又通过撰文和讲学活动作了进一步的强调。

玛丽亚·特尔克斯博士和乔治·O.G.略夫博士在四十

年代的美国对直接利用太阳能作出了积极而又实际的贡献。他们俩人都在麻省理工学院做了部分工作。从1955年起，古根海姆基金会作出承诺，洛克菲勒财团给予大力支持，使威斯康星大学利用太阳能的一项宏大的研究规划有了保障。这项计划特别强调在不发达国家中利用太阳能。

除上述这些研究以及内政部资助的太阳能蒸馏咸水的项目外，美国政府和大学在五十年代中期以前都没有重视太阳能的利用。

这里讲的主要是美国科学家在利用太阳能方面所做的早期工作。十年前苏联在V.A.鲍姆的指导下以及印度的新德里国家物理实验室也开展了积极的工作。应当提出的是英国的一些科学家于1952年发表了一份关于直接利用太阳能的颇为悲观的报告，主要是针对英国气候而言的。可是，英国H.海伍德在这方面却一直很活跃。

太 阳 能 学 会

1954年，在亚利桑那州菲尼克斯成立了应用太阳能学会，内设理事会和世界各地太阳能科学家组成的咨询委员会。这个学会拥有800多名会员，出版了一种杂志和一份通讯，以推动太阳能利用上的进展。1955年，学会举办了1,000人参加的令人瞩目的世界讨论会。这个学会会有一个资料齐全的图书情报中心，供来访者和查阅情报的作者使用。

使有关太阳能的许多不同学科中的人员汇聚在一起，这正是那些设施和《太阳能》杂志（原名《太阳能科学与工程杂志》）的价值所在。物理学家、化学家、气象学家、生物学家、化学工程师、机械工程师以及其他专家只熟悉他们各