



国际电气工程先进技术译丛



NEW SOCIETY PUBLISHERS

太阳能光伏发电系统

Power from the Sun

Dan Chiras

(英)

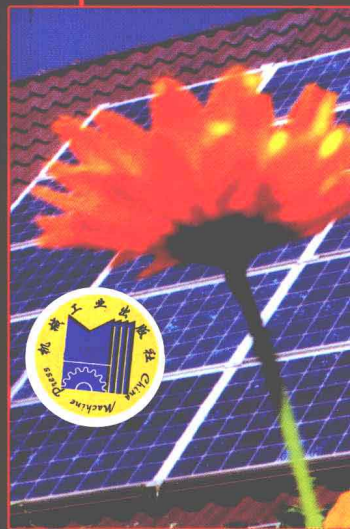
Robert Aram

著

Kurt Nelson

张春朋 姜齐荣

译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国际电气工程先进技术译丛

太阳能光伏发电系统

(英) Dan Chiras Robert Aram Kurt Nelson 著
张春朋 姜齐荣 译



机械工业出版社

本书阐述了太阳能的基本概念和太阳能光伏发电系统的关键部件,包括光伏电池、变流器和蓄电池及其控制器。在此基础上,介绍了构建民用和商用小型太阳能发电系统的基本策略,包括巧妙利用可再生能源激励政策、正确选址、合理选择关键部件以及恰当处理相关的许可和保险手续。

本书没有深奥的理论内容,而是偏重于实际应用的介绍。因此,既可以为专业技术人员提供一定的参考,也可以作为非专业人员的入门读物,尤其适用于正在从事或打算从事小型太阳能发电系统方面工作的人员。

Power from the Sun, by Dan Chiras.

Copyright © 2009 by Dan Chiras

This edition arranged with the MARSH AGENCY LTD. through Big Apple Tuttle-Mori Agency, Inc., Labuan, Malaysia.

Simplified Chinese edition copyright: 2011 China Machine Press, All rights reserved.

本书版权登记号: 01-2010-2060 号

图书在版编目(CIP)数据

太阳能光伏发电系统/(英)切拉斯(Chiras, D.)等著;张春朋,姜齐荣译. —北京:机械工业出版社,2011.8

(国际电气工程先进技术译丛)

ISBN 978-7-111-35295-2

I. ①太… II. ①切…②张…③姜… III. ①太阳能发电 IV. ①TM615

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第134980号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:赵任 版式设计:霍永明

责任校对:李婷 封面设计:马精明 责任印制:杨曦

北京中兴印刷有限公司印刷

2011年10月第1版第1次印刷

169mm×239mm·15.75印张·311千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-35295-2

定价:69.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

译 者 序

在自家房顶上安装一套太阳能光伏发电系统，这对大多数人来说，专业性太强，甚至有点不可思议。其实，安装一套小型光伏发电系统虽然不像安装一台空调那么简单，但也并没有那么复杂。稍微留意一下就能知道，太阳能早已经深入到我们每个人的生活，比如太阳能热水器、太阳能路灯和信号灯等。随着配电网的不断智能化以及绿色建筑理念的不断普及，在不久的将来，小型太阳能光伏发电系统会成为我们生活中的重要元素。甚至有的企业或者个人还会专门从事这个领域的经营、安装、服务、咨询等业务。

目前，专门介绍这方面的书籍非常少。因此，机械工业出版社与国外出版公司联系，决定引进本书，希望将本书翻译成中文后出版，以便于大众能够对民用和商用的小型太阳能光伏发电系统有基本的了解。本书译者多年来从事电力系统和电力电子相关领域的研究工作，对可再生能源发电技术非常感兴趣，也希望推动可再生能源发电在配电网的普及应用，因此很愉快地承担了本书的翻译工作。由于本书没有深奥的技术理论，而是偏重于实际应用的介绍，所以是非专业人员不可多得的入门读物。衷心希望本书的中文版能够为国内可再生能源技术的推广贡献一份绵薄之力。

本书第1~5章由张春朋翻译，第6~9章由姜齐荣翻译。另外，戚庆茹、林飞、马莉、魏应冬、洪芦成、田旭、田钰笙、刘国伟、吴琼、杜威、王亮、夏涛等也参与了部分翻译与修改整理工作，在此一并表示感谢！为了尽量保持原书的风格，书中部分文字符号和图形符号并未完全按照国家标准统一，这点请广大读者注意。同时，需要特别指出的是，译者严格遵照原书展开翻译工作，书中内容并不代表译者及其所在单位的观点。

由于译者水平有限，翻译中的错误之处在所难免，希望广大读者批评指正。

译 者

目 录

译者序

第 1 章 太阳能发电简介	1
1.1 太阳能系统纵览	3
1.1.1 应用	5
1.2 全球太阳能资源	8
1.3 批评者如何说.....	10
1.3.1 可用性与变化性	10
1.3.2 美观	13
1.3.3 成本	13
1.4 太阳能发电系统的优势.....	15
1.5 本书的目的.....	16
1.6 本书的架构.....	17
第 2 章 了解太阳和太阳能	19
2.1 了解太阳辐射.....	20
2.1.1 辐射照度.....	21
2.1.2 辐射	22
2.1.3 直射辐射与散射辐射	23
2.1.4 峰值日照、峰值日照小时数和日照率	25
2.2 太阳和地球：了解它们的关系.....	28
2.2.1 白昼长度和高度角：地球的倾斜和围绕太阳的轨道	28
2.2.2 太阳-地球关系对于太阳能安装人员的启示	32
2.3 结论.....	36
第 3 章 了解太阳能电力	37
3.1 PV 历史简介	37
3.2 什么是 PV 电池	39
3.2.1 光的特性.....	39

3.2.2	导体、半导体和绝缘体	40
3.2.3	太阳能电池是如何工作的	42
3.3	PV 的种类	44
3.3.1	单晶 PV	45
3.3.2	多晶 PV 电池	45
3.3.3	条带多晶 PV	46
3.3.4	加上 n-层	48
3.3.5	薄膜技术	49
3.4	确定 PV 模块的容量和 PV 系统的规格	51
3.5	PV 的发展——我们即将迎来什么	53
3.5.1	建筑一体化的 PV	54
3.5.2	吸光染料	54
3.5.3	有机太阳能电池	57
3.5.4	双面太阳能电池	57
3.5.5	聚光 PV	57
3.6	结论：您是否应该等待最新的、最伟大的新技术	59
第 4 章	太阳能选址	61
4.1	评估电力需求	61
4.1.1	评估已有建筑的用电需求	62
4.1.2	评估新建筑的用电需求	63
4.2	节能和效率优先	70
4.3	确定太阳能发电系统的大小	73
4.3.1	确定并网型系统的大小	74
4.3.2	确定离网型系统的大小	79
4.3.3	确定具有后备蓄电池的并网型系统的大小	79
4.4	太阳能发电系统是否具有经济效益	80
4.4.1	电力成本的比较	80
4.4.2	计算投资回收	83
4.4.3	贴现和净现值：比较贴现成本	84
4.4.4	PV 系统的替代性融资	88
4.5	小结	90
第 5 章	太阳能发电系统——您的选择是什么	91
5.1	并网型 PV 系统	91

VI 太阳能光伏发电系统

5.1.1 并网型系统的优缺点	95
5.2 有后备蓄电池的并网型系统	102
5.2.1 有后备蓄电池的并网型系统的优缺点	105
5.3 离网型（独立）系统	107
5.3.1 离网型系统的优缺点	112
5.4 混合系统	113
5.5 选择 PV 系统	115
第 6 章 理解逆变器	117
6.1 您是否需要一台逆变器	117
6.2 逆变器是怎样产生交流电的	117
6.2.1 直流到交流的变换	118
6.2.2 升高电压	119
6.2.3 方波、改良方波和正弦波电能	121
6.3 逆变器的类型	123
6.3.1 并网型逆变器	124
6.3.2 离网型逆变器	130
6.3.3 多功能逆变器	133
6.4 购买逆变器	135
6.4.1 逆变器的类型	135
6.4.2 系统电压	135
6.4.3 改良方波和正弦波	136
6.4.4 输出功率、浪涌能力以及效率	139
6.4.5 噪声和其他考虑因素	142
6.5 结论	144
第 7 章 电池、充电控制器及发电设备	146
7.1 了解铅酸蓄电池	146
7.1.1 铅酸蓄电池如何工作	148
7.1.2 任何类型的铅酸蓄电池是否都可行	149
7.1.3 能否使用铲车、高尔夫球场车或船用蓄电池	150
7.1.4 如何处理用过的蓄电池	151
7.2 密封的蓄电池	152
7.3 蓄电池组的配线	153
7.4 确定蓄电池组的容量	154

7.4.1	降低蓄电池组的容量	156
7.5	蓄电池的维护与安全性	157
7.5.1	蓄电池保温	157
7.5.2	充满液体的铅酸蓄电池的通风	158
7.5.3	蓄电池箱	159
7.5.4	别让儿童进入	160
7.6	管理好蓄电池的充电确保更长的使用寿命	160
7.6.1	蓄电池注水和清洁	165
7.6.2	均衡充电	167
7.6.3	减少蓄电池的维护量	171
7.7	充电控制器	173
7.7.1	充电控制器如何防止过充电	174
7.7.2	过充电保护为何如此重要	177
7.7.3	过放电保护	177
7.7.4	充电控制器还能做什么	177
7.7.5	其他的一些考虑	178
7.8	发电机	178
7.8.1	您的选择是什么	179
7.8.2	期望的其他功能	182
7.9	与蓄电池、发电机共处	182
第8章	安装具有最大输出能力的光伏阵列	184
8.1	您的选择是什么	184
8.1.1	杆上阵列——固定和可跟踪阵列	185
8.1.2	杆上阵列的优缺点	193
8.1.3	杆上阵列的安装	193
8.2	支架底座	196
8.2.1	支架底座的优缺点	197
8.2.2	支架的安装	200
8.2.3	间隙底座	203
8.2.4	间隙底座的优缺点	206
8.2.5	安装间隙底座系统	206
8.3	光伏发电与建筑物集成化系统	206
8.3.1	立接缝金属屋面上的光伏叠层底板	206
8.3.2	太阳能瓦	208

VIII 太阳能光伏发电系统

8.3.3 太阳能景观	209
8.4 总结	211
第9章 结语：许可证、公约、并网以及光伏系统的购买	213
9.1 太阳能光伏发电系统安装许可	213
9.1.1 获得许可证	215
9.2 公约和邻居关心的问题	217
9.3 并网——和当地电力公司的合作	218
9.3.1 和电力公司取得联系	219
9.3.2 做好细节工作	220
9.3.3 培养良好的合作关系	221
9.3.4 并网	221
9.4 保险规程	221
9.4.1 对财产损失投保	221
9.4.2 责任保险	223
9.5 购买光伏系统	224
9.6 最后的思考	227
特别注意	229
参考文献	232

第 1 章 太阳能发电简介

让整个世界都由太阳能供电是许多人的梦想。人们想象着太阳能汽车、太阳能家庭，甚至太阳能工厂。也许出乎许多读者的意料，太阳其实已经成了我们这个世界上最主要的能源。它为几乎所有的生命提供能量——从最简单的单细胞有机体到最复杂的动植物和人类。

太阳将能量传输给我们的途径是通过具有光合作用的海藻和植物，这些生物构成了水陆食物链的基础。它们通过光合作用利用阳光的能量制造食物分子。在该过程中，太阳能被捕获，存储在化学键中，这些化学键用于连接分子中的各个原子。然而，食物分子会被直接吃掉，因为我们人类吃蔬菜，或者说阻断了食物链从一种有机体到另一种有机体的传递。就算是这些有机体传递给了某些动物，这些动物也会被我们吃掉。我们吃下去的这些植物和动物所包含的食物分子中的能量，在我们身体的细胞中经过一系列错综复杂、精巧设计的化学反应，又被释放出来。所以说，太阳为我们的每一个动作、每一次呼吸提供了能量。当你翻动本书的页面时，你就正在使用植物捕获的太阳能。

太阳能对全球能源的贡献不仅局限于此。所有的化石燃料都包含了巨量的太阳能。太阳能是如何停留在煤、石油和从石油中提取的汽油类燃料中的？先来说说煤吧。

煤是远古的植物性物质，在数百万年以前，曾经生长在湖中、湖边、河中、河边以及海边沼泽中。与现代植物物种一样，这些古代物种也捕获太阳能的能量，用于制造所需的有机分子并繁殖它们。当植物死去或者落叶时，大量富含太阳能的有机物就沉淀到这些水中生态系统的底部。在那里，它们被来自周围流域的腐化的泥土沉淀物所掩埋。随着时间的推移，厚厚的沉积层的压力和地球内部的热量就把这些有机废物转变成了泥煤。

今天，我们开掘这些煤炭并在电厂中燃烧发电。燃烧过程中，煤炭中那些远古植物性物质里富含能量的化学键被打破，此时，已经存储了数百万年的远古的太阳能就被释放出来。这些能量为我们的计算机供电，点亮了我们的生活。

我们从石油中释放出的能量也是远古的太阳能。只不过，通常认为石油的沉积不是源于植物或恐龙，而是源于生命世界中更微小的物种，如单细胞海藻。和植物类似，这些藻类获取阳光的能量并储存在由光合作用产生的分子的化学键中。远古时代，数以亿万计的这些微小的有机体沉到海底，在海床上堆积的很厚，而且，它们又被沉淀物覆盖。随着时间的推移，覆盖的沉淀物的压力和地球内部的热量把这

些有机物质缓慢地转化为厚厚的胶粘物质，我们称之为原油。反过来，石油又被用于提炼汽油、航油和柴油，它们在交通工具中燃烧时，释放出远古的太阳能，驱动我们的卡车、轿车、大巴和飞机。

燃烧天然气所释放的能量也来自于远古的太阳能。天然气是形成石油和煤的副产品，换句话说，它是几百万年前远古植物和藻类中的有机物质被转化成煤和石油时所产生的许多化学物质之一。这种气态的副产品经常是从煤和石油的沉积中抽取出来的。所以，与煤和石油类似，天然气燃烧时所释放的能量也是来自于数百万年前辐射到地球上的阳光。

你用的电能从哪里来？

你是否好奇过，你家里和办公用的电能，当地电力部门是如何发出来的？能量的来源是什么？根据美国能源信息管理部门提供的资料，电力部门所售的全国电力的来源，列在所附的表格里。

许多情况下，国家的平均数字可能会有误导。你所用的电能可能几乎全部依赖于煤、核能或者水电。你如果给你所属的电力部门打电话，与其公共信息专家聊一聊，就可以弄明白这件事。

煤	52%
核	21%
天然气	16%
水力	8%
其他可再生能源	2%
石油	1%

来源：能源信息管理部门，“能源提供的纯发电量，供电力部门和独立电力提供商参考的2006年的数据”，www.eia.doe.gov。

甚至水电，虽然能量是由流动的水所持有，但也是太阳能的一种。阳光照射在地球表面，引起水分蒸发。从海洋、陆地和地表水蒸发的水分在大气层中凝积，最终以雨或雪的形式落到地球上，为江河补充水分。水因重力在江河中顺流而下，又为发电的水轮机提供了动力。

太阳能也是产生风的原因。这种间接获得的太阳能能用来抽水或发电。

虽然我们生活在一个由太阳能推动的世界中，但是为我们的家庭、办公和交通工具供电的远古的太阳能却不是我们很多人头脑中所想象的未来的可再生能源。远古太阳能资源，例如石油、天然气和煤，含有碳水化合物和其他化学物质。这些燃料燃烧时，释放出数百万吨的有害污染物。一些污染物正在改变我们的气候，另一

些正在毒害我们的都市和城镇，还有一些随着下雨变成有害的酸性物质，给建筑、农作物和生态系统造成数不尽的危害。

太阳能倡导者梦想着清洁、可靠和经济的太阳能，从而满足我们的能源需求。我们想象着太阳能能够温暖我们的家，加热我们的洗澡水甚至我们的食物，太阳能能够为电灯、电子器件和家电甚至轿车、巴士供电。在此过程中，那些存有太阳能但有污染的化石燃料资源将被减至最少或被替代，因为这些能源的使用正给人类、经济和环境带来巨大的灾难。

本书致力于太阳能梦想的一个重要部分：通过太阳能发电系统产生电能，也被称为光伏系统或简称为 PV 系统。本书中，我们将主要关注与家庭和办公有关的较小的 PV 系统——额定功率一般在 1000 ~ 10000W 的系统。

1.1 太阳能系统纵览

从名字可以看出，太阳能发电系统将阳光的能量转换成为电力。这种转换发生在太阳能模块中，也就是通常所指的太阳能板。一个太阳能模块包含大量的太阳电池（见图 1-1）。太阳电池是使用地球上最丰富的化学物质之一——硅制成的，硅是构成大部分地壳的沙子和石英的一种成分。

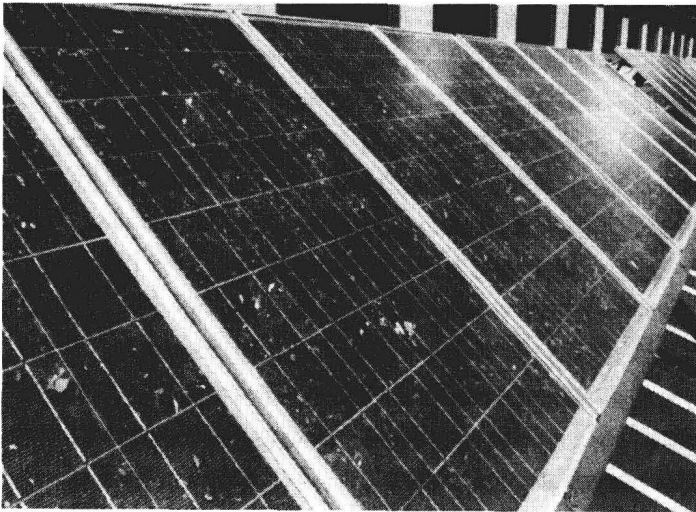


图 1-1 太阳能发电系统通常由两个或多个模块组成，模块之间用导线连接到一起，从而形成阵列。每个模块则由很多太阳电池组成，电池用导线串联起来，从而提高电压。

太阳电池通过导线连接到一起，再封装在塑料和玻璃中，成为太阳能模块。塑料和玻璃层保护太阳电池不接触自然环境，特别是潮气。通常，一块支架上安装两个或多个模块并用导线连接到一起。支架和太阳能模块合起来被称为一个阵列。

额定功率和容量

太阳能房屋的房主和安装了太阳能的人，一般用额定功率，也就是额定容量来描述他们的太阳能发电系统。例如，一个房主可能会告诉你她有一个额定3000W的PV系统。额定功率是太阳能模块在标准测试条件（STC）下瞬时输出的瓦数。瓦是功率的单位，用来衡量能量的流动；也用来衡量发电技术，如太阳能电池；还用来衡量电力设备，如灯泡。稍后我们将更详细地描述瓦，但请先记住它是一个发电元件出力或耗电元件用电的瞬时单位。

PV模块的额定出力通过在模块上施加 $1000\text{W}/\text{m}^2$ 的闪光灯来决定，等价于日光直射，同时模块温度保持在 77°F （ 25°C ）——稍稍有点温热。这个过程中，太阳光线垂直射到太阳能模块上（光线直射到模块表面可以得到最大的阳光吸收效果）。在标准测试条件下的标称模块提供额定的功率，供买家参考，货比三家。额定出力还用于描述太阳能系统的规模。

大部分居民太阳能发电系统在 $1000\sim 6000\text{W}$ 的范围内，或者说 $1\sim 6\text{kW}$ （千瓦）（ 1000W 等于 1kW ）。不过，必须指出的是，一个 3kW 的PV系统不会在太阳照射的所有时间里都产生 3000W 的电力，而只在标准测试条件下才产生这个数量的电力。所以，这种标称系统并非那么精确。

户外安装时，PV模块的运行温度一般要比标准测试条件下的高一些，这是由于阳光中的红外线辐射使得PV模块温度升高。为了使PV模块在类似实验室所测的日光直射条件下达到 77°F （ 25°C ）的温度，空气温度必须很低——约 $23\sim 32^\circ\text{F}$ （ $0\sim 5^\circ\text{C}$ ），而这却不是大部分区域的PV模块在一年的大部分时间里的典型温度。这很重要，因为较高的电池温度降低了PV电池的效率。

为了更好地模拟真实的条件，太阳能行业开发了另一种标称系统，称之为PTC，代表PV-USA测试条件（代表电力部门应用规模的PV测试条件）。

PTC是在加利福尼亚州戴维斯市的PV-USA测试场中开发出来的，它更接近于实际的运行条件。在这个标称系统中，环境温度保持在 68°F （ 20°C ）。模块面向太阳，当太阳的辐射达到 $1000\text{W}/\text{m}^2$ 时，测量模块的输出。该测试条件还考虑了风的冷却作用。测试中，离地面 10m 处的风速为 $2.24\text{mile}/\text{h}^\ominus$ （或 $1\text{m}/\text{s}$ ）。也就是说，在 10m 高，或者说 33ft^\ominus 高的地方监测风速）。虽然不同电池的温度也不同，但是在PTC下的典型值约为 113°F （ 45°C ）。

\ominus $1\text{mile}/\text{h}=0.44704\text{m}/\text{s}$ 。

\ominus $1\text{ft}=0.3048\text{m}$ 。

一般而言，PTC 的标称值比 STC 的标称值要低大约 10%，因为功率输出随温升而降低。温度每上升 1℃，功率降低约 0.5%。不过，由于 PV 模块的不同，其 PTC 与 STC 的比值迥异。

当你购买 PV 模块时，我们建议不看制造商给出的铭牌上的标称值，而是去留意 PTC 标称值。有些制造商会在其规格书上标明这个数据，有些则不标明。你可以在加利福尼亚能源委员会的网站（www.consumerenergycenter.org）上查看 PTC 标称值。

PV 阵列发出的电经过导线流向也属于该系统的另一个元件，逆变器。它把太阳能电池产生的直流电转换成我们家庭和办公通常使用的交流电。

1.1.1 应用

太阳能发电系统正在变成很普通的事物，甚至在阳光并不充分的国家，如德国和日本（德国和日本是当今世界上最大的 PV 模块市场），这也一度引起人们的好奇心。全世界安装了许多太阳能发电系统为家庭供电，也有的安装在了学校、小型办公场所、写字楼，甚至摩天大楼，如纽约的时代广场（这是纳斯达克本部所在地）。许多大型公司，如微软、丰田等，也安装了大型的太阳能发电系统。有些电力部门也安装了大量的 PV 阵列，作为传统电源的补充。

甚至大学也加入了此项行动。科罗拉多大学（Dan 在这里教授关于可再生能源和全球变暖的课程）安装了太阳能系统，从而抵消一部分用电量。威斯康辛州的麦迪逊地区技术学院也安装了太阳能发电系统。一些机场正在安装 PV 系统，以满足需要。例如，萨克拉曼多机场在停车区建筑物上安装了 PV 系统，用来为汽车遮阳和发电；丹佛国际机场在 2008 年安装了一套 2000kW 的太阳能发电系统。牧场主经常安装一些小型的太阳能发电系统，用来给电围栏供电，防止牲畜跑掉，或者用来给远处的蓄水池泵水。

对船舶来说，太阳能电力极为有用。例如，帆船经常会配备太阳能发电系统，通常只需几百瓦，用来给电灯、风扇、无线电通信、GPS 系统和冰箱供电。许多游船（RV）配备了小型 PV 系统，用于给微波设备、电视和卫星接收器供电。这些系统发出的电力减少了汽油发电机的运行时间，于是也减少了对结伴“露营者”的干扰。

许多公交车站和停车场是靠太阳能电力照明的，就像建筑工地上的便携式指示标志一样。大量的警察现在拉着太阳能雷达在周边巡逻，来打击超速行为。这些雷达会显示汽车的速度，如果有车超过限速，就会向司机发出警告。背包客和沿河跑步者在去野外探险时，甚至能够随身带着卷起来的太阳能模块，为电子设备充电。Dan 的儿子带了一个便携式太阳能充电器给他的 iPod 充电（见图 1-2），当他俩背包穿行落基山脉时，小伙子可以听 iPod。在这一年后来所有的时间里，Dan 也用这

个充电器给自己的手机充电。

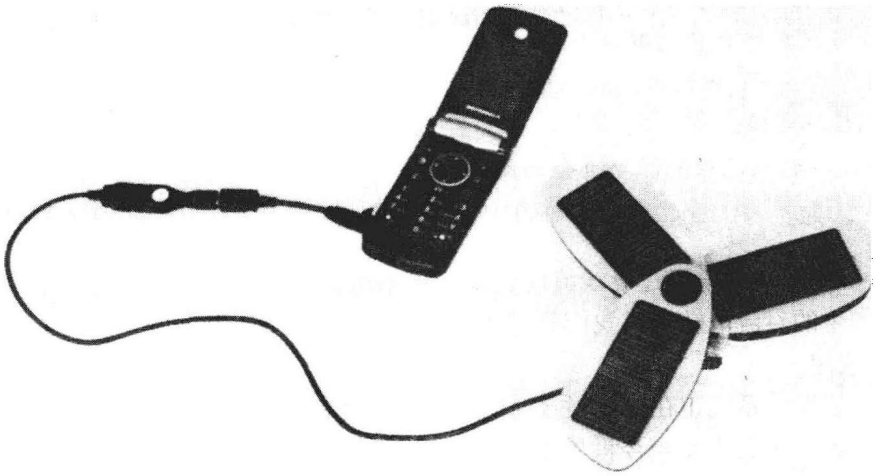


图 1-2 小型太阳能装置（可为便携式电子设备充电，包括手机、PDA 和其他类似 iPod 的小型设备）

太阳能发电系统非常适合于远郊应用，因为向那些地方架设和运营电力线的成本很高。Dan 为一个客户设计了太阳能系统，用于为一个加拿大郊区的小型有机农场供电，驱动水泵、冷藏室和远程安保摄像头。PV 系统为很多远郊的房屋、小别墅、农舍供电。例如，法国政府没有向比利牛斯山脚下的农场架设电力线，而是出资为这些远方用户安装了太阳能发电系统和风力发电机。

功率和能量：有何区别？

术语“功率”和“能量”频繁用到，但经常被误解。在电力界，功率的单位是瓦（W）或千瓦（kW）。功率是瞬时单位，就像车速一样。在电力界，功率（W）是能量流动速率的单位。工程师和科学家用瓦或千瓦标称电力负荷，即消耗电力的设备，如灯泡和电动机。例如，一个灯泡可能是 100W。一台电动机可能是 1000W。科学家和工程师同样用瓦来标称发电设备，如 PV 系统，这曾经在前面的补充内容中讲到过。例如，一个太阳能系统可能是 3000W。

与之相对比，能量是功率的消耗或与时间的乘积。一个 100W 的灯泡 1h 消耗 100W·h 的电力。如果它亮 10h，它将使用 1000W·h 的能量，或者说 1kW·h 的能量。瓦时和千瓦时都是能量使用的单位。一个发电速率为 1000W 的太阳能发电系统工作 1h，将发出 1000W·h 或者 1kW·h 的能量。

在北美许多高速公路远方沿线上的紧急电话箱是用太阳能供电的，就跟许多高速公路警示灯一样（见图1-3）。太阳能电力也用来为远程的监测站供电，收集降雨、温度和地震活动的数据。在美国许多江河上的流量计依赖于太阳能供电的发射机才能把数据传送到太阳能供电的人造卫星上去。然后数据又被传送回地球，送到美国地质测量局，由他们处理和颁布这些数据。PV也能够使得科学家收集数据并从远方回传到他们的实验室，比如在中南美的热带雨林中。

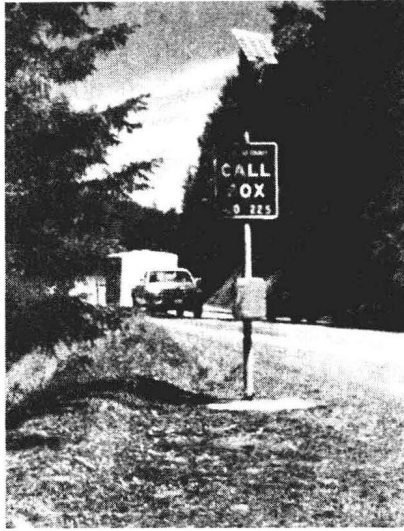


图1-3 太阳能模块是远郊用户选择的产物。这里展示了一个在加利福尼亚北部远郊高速公路上的太阳能供电的紧急电话箱，像这样的电话箱在很多州郊区的高速公路上都能看到。

太阳能发电模块经常用于给浮标上的灯供电，在像圣劳伦斯航道这样的大江河上夜间行船时，这是至关重要的。铁路信号和飞机警示灯塔也经常由太阳能供电。

PV模块用来提升收音机、电视和电话信号。从这些信号源发出的信号经常要传播很远的距离。于是，为了成功地传输，信号必须在中继塔定期放大。而这些中继塔经常处于人迹罕至的地方，远离电力线路。由于PV系统较为可靠，几乎无需维护，故成为这种应用场合的理想选择，使得我们的远距离通信成为可能。下次您再通过陆上线路打远距离电话的时候，请相信太阳能正在发挥作用。

PV系统在比较发达的国家正变得非常普遍的同时，在不太发达的国家也被广泛应用。例如它们被安装在那些不太发达的国家的远郊村落里，为电灯和电视供电，为存储疫苗和其他药品的冰箱和制冷机供电，以及驱动水泵为村落供水。

在远程和移动应用中的极端情况，应属人造卫星。事实上，所有的军事和通信卫星都是由太阳能电力驱动的，比如说国际空间站。

1.2 全球太阳能资源

虽然太阳能电力越来越普遍，它却仅仅提供了当今电力需求中微小的一部分。不过，随着全球化石燃料供应的减少，随着对全球气候变化关注的增加，太阳能发电系统可能与风电系统和其他可再生能源技术一起，成为电力的主要来源。但是，太阳能能够满足我们的需求吗？

太阳能在地球表面分布并不均匀，不过在每个大洲都有可观的资源。能源专家 Ken Zwebel、James Mason 和 Vasilis Fthenakis 在 2007 年 12 月出版的《Scientific American》杂志中一篇题为“太阳能重大计划”的文章中这样写道，“太阳能的潜力超乎想象”。太阳能的不到十亿分之一照射到地球上，不过，正如他们所指出的，40min 时间内照射到地球上的太阳能就相当于人类社会一年所消耗的总能量。家庭和写字楼装设的太阳能发电系统或者大型商用太阳能系统从太阳的能量供给中分流一部分，用于为我们提供充足的电力。

太阳能发电能够满足美国或者世界 100% 的电力需求么？

是的，能够。

会这样做么？

可能不会。

事实上，没有人在规划一种 100% 太阳能的未来。然而，大多数可再生能源专家预想着这样一个系统，它由多种可再生能源技术混合组成，例如太阳能热水、太阳能发电、被动太阳能、风力、水力、地热和生物质，从而在根本上提高能源效率。比如，在风力丰富的区域，风就可能成为电力的主要来源。

在可持续能源系统中，PV 系统能够为家庭、商业、农场、牧场、学校和工厂提供大量的电力。另一种太阳能技术，大型太阳能热力发电系统，可作为 PV 系统的补充，并且在满足我们的需求方面扮演极为重要的角色。太阳能热力发电系统将阳光能量聚集起来，产生的热量用来使水沸腾。在这个过程中产生的蒸汽用来驱动涡轮机旋转，发电机与涡轮机相连，发出电力（见图 1-4）。一些最新的太阳能热力发电系统甚至能够储存热水，从而在多云天气或夜间照常发电。

风力发电机也能为我们的未来提供大量的电力，甚至可能超过 PV。地热和生物质资源也有一定作为。生物质是植物物质，能够直接燃烧产生热量，从而产生用于发电的蒸汽；生物质抑或是转变为液态或气态的燃料，燃烧后产生电力或热力。水电将继续为可再生能源远景中的混合能源贡献力量。对于传统燃料，如石油、天然气、煤（尽可能的清洁燃烧）和核能，将会怎样？虽然它们的角色会随着时间的推移逐渐消失，但这些燃料在将来很多年内仍是混合能源的一部分。之后，它们可能用作可再生能源发电技术的备用。