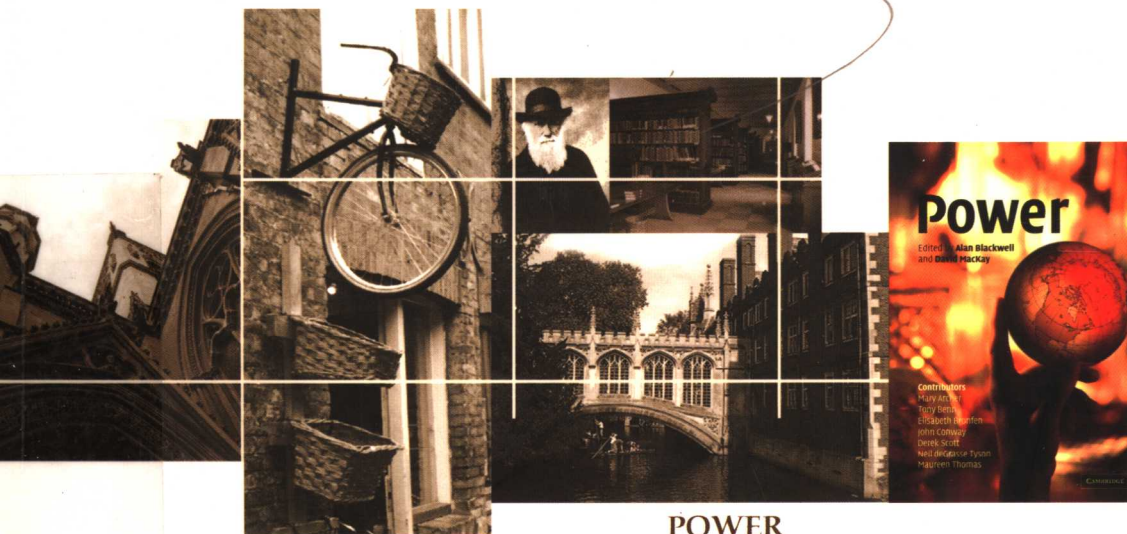


# 剑桥年度主题讲座



Mary Archer  
Neil deGrasse Tyson  
John Conway  
Maureen Thomas  
Elisabeth Bronfen  
Derek B.Scott  
Tony Benn

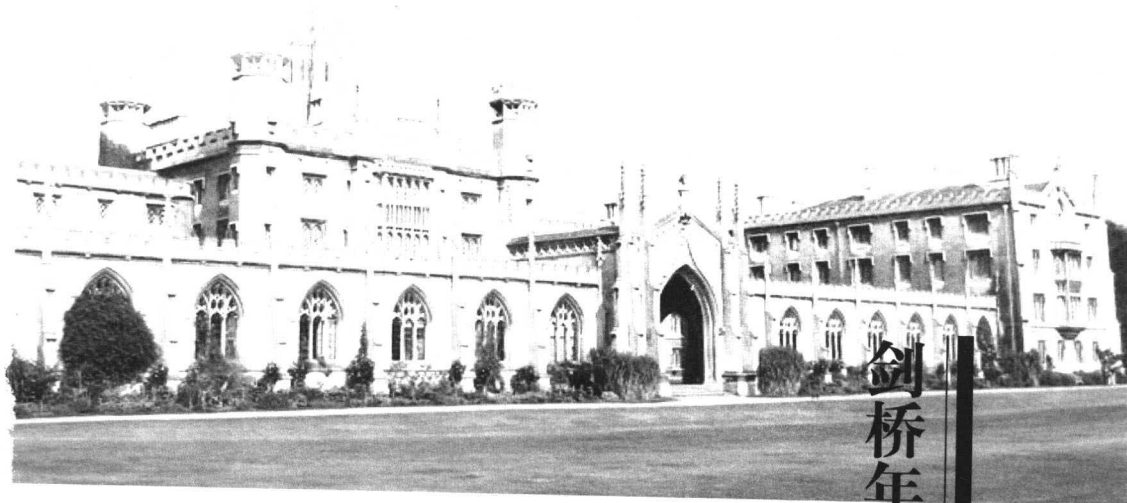
Alan Blackwell 艾伦 布莱克韦尔 主编  
David MacKay 戴维 麦凯  
王鸣阳 译



POWER

# 力量

华夏出版社



剑桥年度主题讲座

Z228/129

2007

Alan Blackwell 艾伦 布莱克韦尔 主编  
David MacKay 戴维 麦凯  
王鸣阳 译

力量  
Power

华夏出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

力量/(英)布莱克维尔,(英)麦凯主编;王鸣阳译.

—北京:华夏出版社,2007.7

(剑桥年度主题讲座)

ISBN 978-7-5080-4373-9

I.力… II.①布… ②麦… ③王… III.科学知识—普及读物

IV.Z228

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 137174 号

Power

Edited by Alan Blackwell and David MacKay

© Darwin college 2005

本书中文简体字翻译版由华夏出版社出版。

未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

**版权所有,翻印必究。**

北京市版权局著作合同登记号:图字 01-2007-3018 号

## 力量

[英]麦 凯 等编

王鸣阳 译

**出版发行:** 华夏出版社

(北京市东直门外香河园北里 4 号 邮编:100028)

**经 销:** 新华书店

**印 刷:** 世界知识印刷厂

**装 订:** 三河市万龙印装有限公司

**版 次:** 2007 年 7 月北京第 1 版

2007 年 9 月北京第 1 次印刷

**开 本:** 670×970 1/16 开

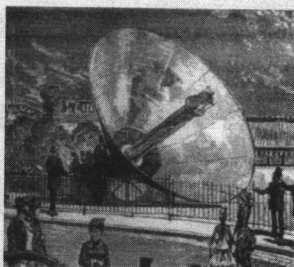
**印 张:** 10.75

**字 数:** 165 千字

**定 价:** 23.00 元

本版图书凡印刷、装订错误,可及时向我社发行部调换

... (faded text) ...



## 引言

Introduction

艾伦·布莱克韦尔 (Alan F. Blackwell)

戴维·麦凯 (David J. C. Mackay)

... (faded text) ...

空间、时间和力量<sup>①</sup> (power) 是决定我们生活的动力学结构的三大基本物理要素。前些年, 达尔文学院系列讲座已经就其中的两个要素出版了专集, 即于 2001 年出版的《空间》和于 2000 年出版的《时间》。那两个专集各自都从艺术、人文学科和自然科学多个视角讨论了相关的主题。在这本新专集中, 我们也是邀请国际著名的权威学者从他们各自不同的研究领域来分析和诠释“力量”这个主题。讨论的角度不限于人类可以支配的能源, 也包括了文化产品和社会施加于我们的那种力量。

地球上的生命活动——自然也包括一切人类的活动, 都需要获得充足的能源才能够维持。本专集探讨力量这个主题的第一篇文章是玛丽·阿切尔 (Mary Archer) 的演讲, 分析我们能够从何处获得能源。阿切尔专攻化学, 是能源政策 (Energy Policy) 教授, 并担任英国全国能源基金会的主席。她在这篇演讲中回顾和展望了人类的能源使用和供应。她预测了人类消耗化石燃料的速度, 认为按照每年以艾焦耳 (1 艾 =  $10^{18}$ ) 计的能源消耗速度, 即使加上某些替代能源, 现在这种以碳氢化合物作为燃料的能源供应也只能够再支撑几百年而已。

在谈到某些大事物时需要用到很大的数字, 比如上面提到的表示能量的艾焦耳。1 艾焦耳等于 100 亿亿焦耳, 也就是 10 的 18 次方, 即 1 000 000 000 000 000 000。其实, 不单是在谈到太阳和其他恒星的能源数量时, 凡是谈到巨大规模的现象, 为了同人类的有限经验联系起来, 我们都必须要使用数学语言。纽约市海登天文馆的馆长尼尔·德格拉塞·泰森 (Neil De Grasse Tyson) 的演讲带领我们进行了一次游览, 使

---

① “power” 一词的基本意思是“势力”“能力”和“影响力”, 因为在中文中找不到能够被普遍接受的涵盖意思如此宽泛的对应词, 翻译成中文时, 在很多情况都需要考虑到上下文搭配自然而选择合适的中文词。例如在这里同“空间、时间”并列时, 显然译作“能量”比较好。考虑到这本书用“power”这一个概念来把各篇文章统合在一起的用意, 除了个别情形, 如“能源”和“乘幂”, 全书中都尽量统一译作“力量”, 尽管在不少地方显然译作“作用”或“影响”等更加符合中文习惯。——译者



我们能够体会到这种数学语言所具有的力量。他通过对10的各次个乘幂的解释，扩大了我们的视野，让我们能够体会宇宙的最大尺度有多大和宇宙的最小极限有多小。普林斯顿大学的数学教授约翰·康韦（John Conway）则向我们展示了数学中的那种几何作图的力量。数学的这种几何作图，超越数字和度量的结构，仅通过数学推理就可以使我们来确定、描绘和预测我们生活中的某些结构。

抽象的数学世界随着数字技术的发展，对于我们正在变得越来越真实。数字技术不仅能够描绘我们在这个物理世界里的体验，而且还能够通过产生想象中的世界来增强和转换我们的这种体验。在本书的第四篇文章中，莫琳·托马斯（Maureen Thomas）分析了这些想象世界背后的那种叙事的力量。她回顾了人类借助产生新体验的技术来进行叙事的历史，从活动图像的二维屏幕到能够吸引观众突破屏幕的三维电影，最后到在互动式视频游戏中的四维叙事控制。在接下来的后一篇文章中，伊丽莎白·布朗芬（Elisaberh Bronfen）不限于叙事，以更大的视野探讨了构建我们美学体验的那所有的文学手段。布朗芬的探讨直达这种体验的绝对极限，即最终的也是无法交流的对死亡的体验。她解释说，艺术中对死亡的表现向我们提供的力量，超过了死亡对个人和社会带来的后果。

不论布朗芬还是托马斯，两人通过他们的中肯分析让我们注意到了能够通过艺术手法完全吸引观众的那种力量。这种力量已经影响到了我们每一个人，不论自觉还是不自觉。甚至音乐这种抽象的艺术，尽管没有任何能够进行直接表现的力量，也成了一个施加力量的手段。而且，音乐的力量还限于影响我们的思想和情感，甚至能够影响整个社会。德里克·斯科特（Derek B. Scott）在他的讨论音乐力量的文章中向我们说明，这种抽象的非写实的艺术是如何被用作道德、行为举止和政治劝说的有力工具的。

本书最后一篇文章探讨的是对我们的生活影响最大的那种力量，即我们周围的其他男人和女人通过国家政治以及通过日益增强的全球政治作用于我们的那种力量。托尼·本（Tony Benn）是我们的一位最有经验和最受人尊敬的议员，他在这篇文章中探讨了社会中能量的来源，对于世界上全体人民而言这种力量的正当基础应该是什么。把这篇文章放

在本书最后，我们是想以此来对我们的未来也施加一点力量。

编辑此书使我们能够同这些演讲人有工作交往，而他们都是世界上第一流的学者和思想家，我们备感荣幸。我们也要感谢达尔文学院给了我们这样一次难得的机会。我们还要感谢剑桥大学出版社的沙利·托马斯（Sally Thomas）、约瑟夫·玻特里尔（Joseph Bottrill）和文森特·希格斯（Vincent Higgs）在我们将达尔文系列讲座的演讲稿编辑成本书时所给予的帮助。西米丝·霍尔万芝（Themis Hlvantzi）绘制了本书中的插图，也在此致谢。



**引言** ..... 1

艾伦·布莱克韦尔

戴维·麦凯

**I**

**可持续能源** ..... 1

玛丽·阿切尔

**2**

**十的乘幂** ..... 21

尼尔·德格拉塞·泰森

**3**

**数学的力量** ..... 45

约翰·康韦



## 4

叙事的力量 ..... 65

莫琳·托马丝

## 5

生命中死亡的力量 ..... 97

伊丽莎白·布朗芬

## 6

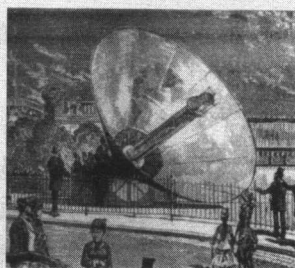
音乐的力量 ..... 117

德里克·斯科特

## 7

社会的力量 ..... 143

托尼·本



# I

## 可持续能源

Sustainable Power

玛丽·阿切尔 (Mary Archer): 先后在牛津大学和伦敦帝国理工学院攻读化学, 后在剑桥大学的纽纳姆学院和三一学院任教化学课程10年。现在是帝国理工学院能源政策与技术中心的客座教授和皇家学会能源政策工作组成员。她还是国家能源基金会和英国太阳能学会的主席, 曾获得能源研究所2002年度梅尔切特奖章。

能源是我们今天经济活动和社会生活须臾不可或缺的一种资源。倘若没有足够的燃料提供价格可以承受的光和热以及推动各种机器的动力和电力，经济增长就是一句空话。可是，把化石燃料当作能源正在对我们的环境造成重大威胁。正如现在我们大多数人都已经认识到的那样，我们目前生活在一个全球正在变暖的世界上。为了能够以一种可以持续的方式向明天的世界提供能量，我们必须采用低碳技术。

根据测算，如果全世界 60 亿人全都以现在北美的人均能量消费水平使用能量的话，那么，因此而产生的废物，尤其是燃烧化石燃料所产生的 CO<sub>2</sub>（二氧化碳），则需要再有好几个地球才能够勉强承受。显然，以如此方式来提供能量是无法持久的。1987 年世界环境与发展委员会（The World Commission on Environment and Development）在《我们共同的未来》报告（Brundtland's Report: "Our Common Future"）<sup>①</sup> 中第一次阐述了可持续发展的观念。按照人们对“可持续发展”的普遍理解，我们的发展必须是有限度的，在满足我们当前需求的时候，绝不能以牺牲未来后代人的需求作为代价。英国政府从 1994 年起开始实行可持续发展政策，对国家的发展状况进行监控，以求得在能源供应和消费以及社会生活的其他方面做到可持续性。英国贸易工业部（DIT）为可持续发展制订的 6 项主要监控指标之一，就是“全国温室气体排放量”。

但是，实行可持续能源政策，难道真的就能够停止人为排放 CO<sub>2</sub>，或者说能够加强我们阻止海平面上升的能力？按照这项政策，我们应该是发展不排放 CO<sub>2</sub> 的核能，还是因为生产核能会产生具有巨大危险性的核废料而停止其发展？这项政策将会使我们在冬夜里因供电不足而在昏暗的电灯光下裹着厚厚的棉衣冻得瑟瑟发抖，还是会让我们驾驶着氢燃料汽车在一个从太阳能或风能获得丰富清洁能源的世界上行驶？如何回

---

<sup>①</sup> 时任世界环境与发展委员会主席的是瑞典前首相布伦特兰（Brundtland）夫人，此报告由她组织起草，并代表委员会提交给联合国大会，因而常被称为“布伦特兰报告”。——译者



答这些疑问，取决于人们对全球变暖潜在威胁的看法，取决于有可能勘探到的化石燃料新储量的前景，取决于未来在能源技术和技术转移方面进行创新的进展，取决于再生能源的商业前途，还取决于发展核能所冒的政治和经济风险的大小。我的看法是，保证能源供应可持续性的最佳途径，应该是尽可能加大再生能源在未来能源供应中的比例。为此，在本章中，我将重点讨论技术创新和可再生能源方面的问题。

## 当今世界的能源消费

为了说明今天这种能源供应方式为什么不可能长久持续下去，我将仿照卡尔·萨根（Car Sagan）在他的《伊甸园里的巨龙》（The Dragons of Eden）一书中的做法，将长达几十亿年的地球历史压缩在一年里发生。按照这个压缩的时间标度，1月1日，相当于在45亿年前地球通过星际物质凝聚才刚刚形成，而现在的时间，则是年末除夕的午夜。生命的出现是在2月9日，也就是地球形成后的第40天。到3月1日，出现了具有光合作用的原始生物。地球上沉积出由植物和动物的物质分解而形成的煤炭、石油和天然气的矿层，这个过程发生在石炭纪，也就是12月的头两周。

按照这个时间标度，许多的事情——现实就是如此——都是在年末除夕夜发生的。Homo sapiens sapiens（现代人），连同那位被认定的共同的非洲祖母，是在23分钟前出现在非洲。工业革命，即人类开始开发利用地球贮存的化石燃料的标志，刚开始于1.5秒钟前。再过不多几秒钟——真实时间的未来几个世纪，这些化石燃料，也就是在过去漫长时期积存起来的太阳能，不可避免地全都会消耗殆尽。我们就像是在漫长的黑夜中划着一根碳氢化合物火柴的小孩，只能取得短暂的光和热。当这根碳氢化合物火柴熄灭之后，届时如果又无法找到新的可加利用的自然力，那么，我们就将不得不转向使用核能和可再生能源。

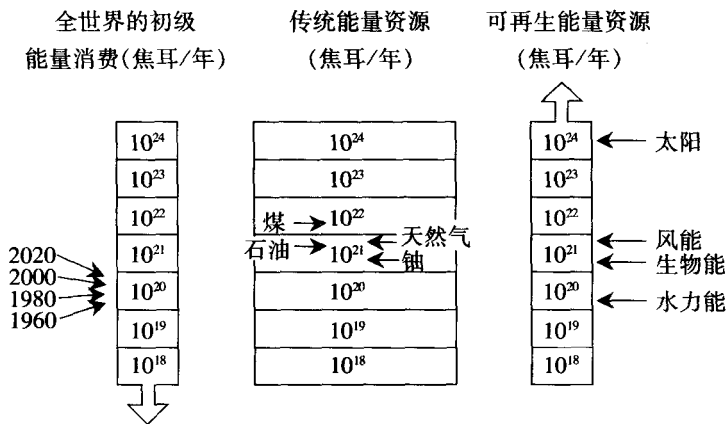


图 1.1 全球已查明的煤炭、石油、天然气和铀（以非增殖反应方式使用）等传统资源数据、全世界的初级消费能量数据以及每年得到的太阳能、风能、生物能和水力能等可再生资源数据的比较。

图 1.1 示出了用对数标度表示的全世界的能源储量，分析这幅图，我们也能够得到同样的结论。图上中间给出的是全世界已经查明的石油、天然气和裂变铀（在热核反应堆中使用的那种铀，不是指快反应堆，后者能够“增殖”产生出新的核燃料）的储量折合成能量的总量，左侧给出的则是在过去 1960、1980 和 2000 三年全世界的能量初级消费量以及预计在 2020 年将会达到的消费量。对照中间和左侧的数据可以清楚地看到，化石燃料资源眼看着就要用尽。以现在使用能量的速度，我们习惯使用的石油和天然气只能够再支撑不多几十年。诚然，这期间有可能找到一些新的储量，而且按照今天的经济能力和环境承受力，还可以将过去未曾使用的能源比如焦油砂和甲烷水合物开采出来使用。即使如此，这碳氢化合物的火苗也不过能够再维持几百年而已，最终必将熄灭。

图 1.1 右侧给出的是地球具有的可再生能源，也就是那些天然的能量流，如太阳能、风能、波浪能，等等。这里最上端给出了地球每年从太阳获得的能量数据，十分显然，太阳是迄今为止我们可以得到的最丰富的可再生能量的来源。地球每 44 分钟接受到的来自太阳的能量便可以满足全球一年所消费的能量。大多数的其他可再生能源，比如生物能，也部分或者全部来自太阳。



## 能量供应方面的技术创新

我们早已经习惯于使用廉价的、得到补贴的化石燃料作为能源，后果则是使我们生活在一个正在日益变暖的世界上。在这样一种形势下，我们必须要实现低碳经济而双管齐下，在鼓励使用再生能源的同时，也要设法以更高的效率来使用能源。英国是《京都议定书》的签字国，已经承诺要限制本国的二氧化碳的排放量。英国政府为本国定下的宏伟目标，以1990年二氧化碳的排放量为基数，力争到2010年将排放量减少21.5%。我们已经开始执行“气候变化税法”，对排放二氧化碳实行征税加以限制（尚需进一步完善）；“可再生能源义务法案”，则以配额方式要求各电力企业逐渐增大使用再生能源的比例，目标是到2010年利用再生能源发电的比例要达到10%。若要超过这一比例，我们就必须对今天这种不灵活的输电系统加以改造，使之适应使用可再生能源电力供应不够稳定的特点。

使用储存电力的新技术，也是一种行之有效的辅助方法。在这方面，剑桥区在剑桥郡和贝德福德郡毗邻地带的小巴福德正在建造一套十分先进的储电设备。该套设备取名为“再生系统”（Regenesys），建成后将是世界上最大的蓄电池。蓄电池的充电和放电物质选用的是多溴化钠/溴化物和硫化钠/多硫化物浓缩溶液，按照设计，可以储存120 MWh的电力，额定放电功率为15 MW。

期望已久的氢能经济正在向我们走来。质子交换膜燃料电池（PEMFCs: Proton Exchange Membrane Fuel Cells）技术取得的实质性进展使我们又向这种新型经济靠近了一步。可以预料，再过不多几年，我们大概就能够看到新一代的电动汽车在道路上行驶。剑桥大学将提前进入这个氢能时代。学校的USHER工程已经计划在她新建的西部校区的一排廊柱顶上安装光电板产生电力，利用所得到的电力将水电解，制造氢气。按照计划，这些氢气将用作行驶于新旧校区的班车的燃料。

在化石燃料发电领域进行的技术革新也有助于一种低碳型经济的尽

早到来。由于涡轮机在结构材料和设计方面的不断改进，发电站使用联合循环燃气轮机，发电效率现在已经接近于 60%。各种使用“清洁煤”的技术也在不断被开发出来。美国北达科他州煤矿正在使用的一项新技术，是向地下注入蒸汽使煤层就地气化，将所生成的气化煤气（CO + H<sub>2</sub>）引出地面。再将气化煤气中的一氧化碳（CO）与水发生反应，结果产生了二氧化碳（CO<sub>2</sub>）和更多的氢气（H<sub>2</sub>）。从混合气体中分离出来的氢气供作燃料使用，而混合气体中的 CO<sub>2</sub> 则被送到加拿大的韦本（Weyburn）油田，在那里被注入地下，既提高了石油采收率，又把二氧化碳埋在了地下深处，一举两得。

我们也许在未来几十年内就应该停止排放 CO<sub>2</sub>，但是许多人都指出，若不把世界上现有的采用高压水和进行气冷的老式反应堆改换成新的核电站的话，那么，排放二氧化碳就无法避免。这种新一代的反应堆，例如新的 CANDU 反应堆和南非的球床反应堆，体积较小，容易控制和更加安全，有希望不久即将建成和进行试运行。在核能发电技术方面出现更大的创新，例如从使用铀循环改为使用钍循环，那也是有可能的。设在英国卡拉姆的欧洲联合环流器（JET: the Joint European Torus）设备一直在进行等离子体约束实验，有朝一日，我们还有可能驾驭核聚变能。

## 太阳与利用太阳热能

其实，我们现在就有一个运行得非常好的核聚变反应堆，这就是太阳。在天文学中，太阳不过是一颗具有中等大小、中等年纪的普通恒星，但是对于我们人类，它的重要性却压过了其他的一切。同所有处在主星序阶段的恒星一样，太阳也是靠燃烧氢变成氦，在此过程中通过破坏一定数量的质量，按照爱因斯坦的基本公式  $E = mc^2$ （这里  $E$  是能量， $m$  是质量，而  $c$  是光速）产生能量。太阳损失其质量的速度惊人，每秒钟将失去 45 亿 kg，同时，把多达  $10^{26}$  W 的功率大致均匀地向各个方向辐射到空间。地球能够截取到太阳辐射能量的大约十亿分之一。正是地球吸收的这些太阳能才使全球平均温度保持在适宜居住的 288 K，而不



是宇宙深空的特征温度 2.3 K。多亏了太阳，生命才得以在地球上形成并进化。

在近代，人类企图把太阳的辐射能转化为其他形式能量的尝试开始于 19 世纪。现在知道的好几项当时用来收集太阳能的设计，例如图 1.2 所示的莫科特太阳机（Mouchot Sun Machine），都是把碟形的抛物面镜对准太阳，将太阳光汇聚在抛物面镜的焦点上得到高温，以此来驱动一台蒸汽机。即使在现代的太阳能塔式发电系统中，也有一些系统采用了与此类似的收集太阳能的方式。例如西西里岛阿德拉诺（Adrano）的 Eurelios 和加利福尼亚州巴斯托的 Solar Two，在一大块场地上铺设了许多能够跟踪太阳的反射阳光的装置（反射镜），将太阳光反射到安装在中心高塔上的一个吸热器上。这种太阳能塔式发电系统通常可以将太阳能浓缩 300 至 1500 倍，工作温度达到 500 ~ 1500 °C，用来产生蒸汽进行发电完全不成问题。

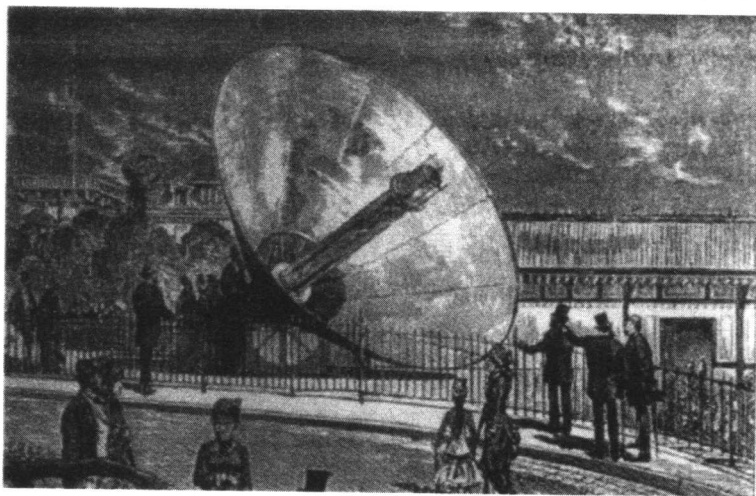


图 1.2 法国数学家奥古斯丁·莫科特（Augustin Mouchot）发明的一种太阳机，曾于 1878 年在巴黎举行的世界博览会上展出。能够驱动半匹马力的蒸汽机。

利用长槽形的柱面抛物镜将太阳光聚焦在一根同长槽平行的吸热管



上，其效果要比用碟形抛物面镜将太阳光聚焦在位于一点的吸热器上更好。<sup>①</sup> 位于加利福尼亚州莫哈韦沙漠的克雷默枢纽公司（Kramer Junction Company）是世界上最大的太阳能发电站，它的反光镜用的就是许多沿东西向排列的槽形柱面抛物面反射镜，顺着反射镜的焦线则安装有一根内装有热转换油的吸收太阳能的长管。像传统火力发电厂一样，热转换油收集到的热能被用来产生蒸汽，用于发电。克雷默枢纽公司利用这套设备可以生产 354 MW 的电力，同时还备有一套燃气发电装置，用于保证在阴天也能够持续供电。

就在英国，位于福克斯通（Foxton）的一家太阳动力公司（Helio-Dynamics，网址：[www.hdsolar.com](http://www.hdsolar.com)）一直在致力于开发一种能够同时由太阳光获得热能和电能的转换器。它生产的一系列产品瞄准的市场是一些得不到供电保证，需要自行生产热能和电力的商家和工厂。太阳动力公司的这些装置从位于太阳光聚焦器焦斑上的光电池获得电力，而从冷却太阳电池的冷却器获得热能。

关于太阳能的热能应用，最后还必须提到一种平坂式太阳能热水器。在阳光充沛的地区使用这种廉价的水热器，可以为家庭也可以为商业目的提供热水。在英国也可以自行建造，成本会更低。

## 太阳能的直接转换：光电池

比起把太阳光当作一种热源，更好的方法是把太阳光当作光子（辐射能的量子化包）流来加以利用，也就是借助一种光电转换器件把太阳光直接转化为电能。这种器件的工作原理不是依靠太阳光加热，而是如图 1.3 所示，是把吸收太阳光子所生成的空穴和电子对分离开来而产生电流。

---

① 此处原文为“Focussing sunlight about one axis rather than two requires paraboloidal troughs rather than dishes”，意思是“将太阳光聚焦在一根轴线上而不是两根轴线上则不能用碟形反射镜，而需要用槽形抛物镜。”原文中的“one axis”（一根轴线）和“two”（两根轴线）不知所指，疑有误。译文中改为按照实际事理叙述。——译者