



能源与未来丛书

SOLAR AND GEOTHERMAL ENERGY John Tabak, PH.D.

太阳能和地热能

——昂贵资金和技术的挑战

〔美〕约翰·塔巴克 著



能源与未来丛书



太阳能和地热能

——昂贵资金和技术的挑战

张丽娇 译

商务印书馆

2011年·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

太阳能和地热能——昂贵资金和技术的挑战 / (美) 塔巴克著; 张丽娇译. —北京: 商务印书馆, 2011
(能源与未来丛书)
ISBN 978-7-100-08559-5

I. ①太… II. ①塔…②张… III. ①太阳能-能量转换-电能②地热能-能量转换-电能 IV. ①TK513 ②TK529

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 184708 号

所有权利保留。

未经许可, 不得以任何方式使用。

能源与未来丛书

太阳能和地热能

——昂贵资金和技术的挑战

(美) 约翰·塔巴克 (John Tabak) 著

张丽娇 译

商 务 印 书 馆 出 版

(北京王府井大街 36 号 邮政编码 100710)

商 务 印 书 馆 发 行

北京民族印务有限责任公司印刷

ISBN 978 - 7 - 100 - 08559 - 5

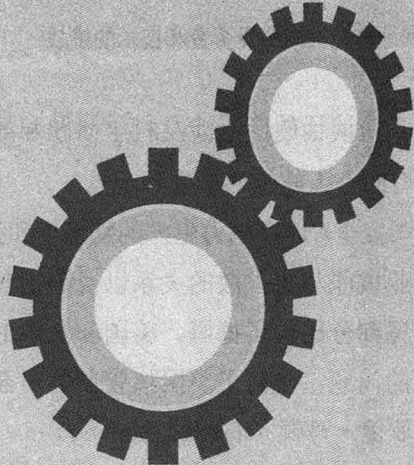
2011 年 12 月第 1 版

开本 850×1168 1/32

2011 年 12 月北京第 1 次印刷

印张 6 $\frac{1}{2}$

定价: 19.00 元



序

世界各国的运输、制造、制热、制冷和电力等部门消耗的能源数量大得惊人；随着越来越多的人采用能耗越来越高的生活方式，对能源的需求持续增加。21 世纪的一项中心任务就是，以对环境破坏最小的方式满足日益增长的能源需求。人们提出的解决方案错综复杂，还伴随着意想不到的后果。

“能源与未来”丛书共有六卷，力图简明全面考察与能源获取和电力生产有关的历史、技术、经济、科学以及对环境与社会的影响（包括环境公平）等问题。每卷介绍一种或几种能量来源以及把它们转换成有用工作能所需的技术。其中相当大的篇幅着重于描述这些技术的科学基础、存在的局限、对环境的影响、获得性与成本问题以及政府政策与能源市场的相互影响。所有这些问题都是认识能源所必不可少的。每卷还包括对该领域一位著名



人士的访谈。访谈话题广泛涉及科学问题和高度个性化问题，揭示额外的、有时令人吃惊的事实和观点。

《核能与安全》讨论电力生产的物理学和技术、反应堆设计、核安全、商业核能与核扩散的关系以及美国解决核废料处置问题的尝试。结尾部分比较了德国、美国和法国的核政策。就美国核工业商业化的问题，访问了美国核管制委员会核反应堆管理办公室前主任哈罗德·丹顿（Harold Denton）。

《生物燃料》介绍了主要燃料、它们的生产方法及其在运输和电力生产部门的应用。还讨论了生物燃料大规模应用对环境和经济的影响，还特别关注了对粮食价格的影响。描述了生物燃料小规模应用的一些细节，例如，生物燃料的循环利用。此卷结尾部分讨论了政府政策对生物燃料市场发展的一些影响。此卷的访谈对象是经济学家阿马尼·埃拉贝德（Amani Elobeid）博士，她是广受尊敬的乙醇、食品安全、贸易政策和国际食糖市场专家。她和读者分享了她对乙醇市场及其对粮食价格影响的看法。

《煤炭和石油》描述了这些能源的历史。详细讨论了煤炭和石油技术，即煤炭开采技术、石油钻探技术、煤炭加工技术和石油炼制技术，还讨论了把这些一次能源转换成有用工作能的方法。特别关注了煤炭、石油利用对当地环境和全球环境的影响以及煤炭、石油领域的政府和行业关系。此卷包含对西弗吉尼亚州众议院议员、矿山安全特别委员会副主任查伦·马歇尔（Charlene Marshall）的访问，他谈了国家依赖煤炭时个人要付的代价的一些看法。

《天然气和氢气》介绍了天然气生产、运输和消费的技术



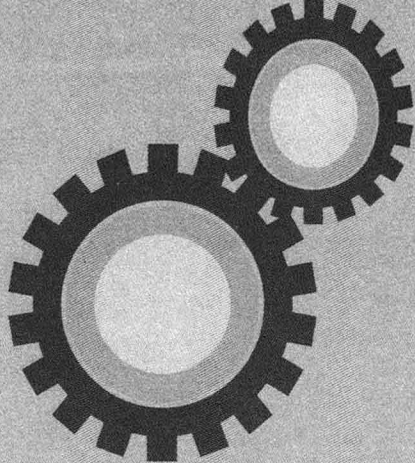
和基础设施规模。此卷强调说，天然气生产事业和能源期货市场已经演变为投机和风险管理工具。此卷还描述了氢气这种燃料，它一直吸引人们大量关注和进行研究。这里重点描述了氢气的潜在优势以及迄今阻止氢气的大规模燃料转换的障碍。此卷的访谈对象是美国能源部国家能源技术实验室雷·博斯韦尔（Ray Boswell）博士，博斯韦尔谈了他对甲烷水合物矿藏的识别和性质研究；毫无疑问，这是当今能源研究最有前途的领域之一。

《风能和水能》介绍了传统水电、目前的常规风电以及（前景极不确定）的较新技术，这些新技术旨在利用洋流能量、海浪能量以及海洋上下层之间的温差。此卷讨论了每种技术的优点和局限性，描述了这些装置能够利用的最大能量的数学模型。此卷包含对美国前国家可再生能源实验室的科学和技术副主任斯坦·布尔（Stan Bull）博士的访谈，他谈了如何（或者应当如何）管理、培育和评价科学研究观点。

《太阳能和地热能》介绍了目前反对意见最少的两种电力生产方式。除了描述太阳能和地热能的性质及其利用工艺外，还详细介绍了在实践中如何利用太阳能和地热能作为电力市场提供电力。特别地，书中还向读者介绍了基本负荷和高峰负荷的差异、间歇性能源（太阳能）和几乎可以连续工作的能源（地热能）的一些实际应用区别。每个部分都讨论了鼓励太阳能和地热能部门在能源市场增长的一些政府政策。此卷采访的是在盖沙斯地热田的卡尔派恩公司的工程部主任约翰·费雷森（John Farison），他谈论了设施运行和保持产量面临的一些挑战，该公司是世界上最大和生产率最高的地热单位之一。

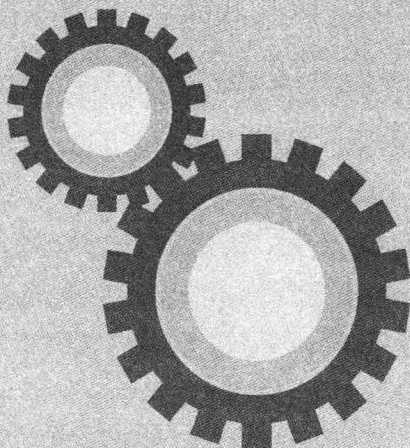


“能源与未来”丛书简明、全面地介绍了大规模能源生产和消费的科学、经济、技术及其环境、社会后果。丛书图文并茂，各卷独立成体系，也可以用作多种科学课程的参考书。



致谢

作者非常感谢卡尔派恩公司 (Calpine Corporation) 盖沙斯地热田 (Geysers Geothermal Field) 工程部主任约翰·费雷森, 他慷慨地分享了他的知识和经验; 伊丽莎白·奥克斯 (Elizabeth Oakes) 对本书使用的图片进行的巧妙排版; 利奥·克里斯蒂娜-塔巴克 (Leo Christian-Tabak) 帮助制作了插图; 还要感谢 Facts On File 的执行编辑弗兰克·达姆斯塔特 (Frank Darmstadt) 对我的包容和支持。



前言

太阳能和地热能有很多共同点。它们资源丰富，分布广泛且不均匀。它们是现有的两种对环境影响很小的能源，但是获取它们的费用高昂，并且生产能力相比常规能源较小。

这两种能源也有许多不同点：太阳能是间歇性的，地热能则可以连续输出。太阳能可再生的意义在于：在某时某地，不管有多少太阳能转变为热能或电能，第二天都还会有可利用的太阳能。因此，太阳能是取之不竭的，开发一个太阳能资源丰富的地区并不会破坏其太阳能资源。地热能则不同，地热资源最丰富的地区也有可能被粗滥的开发破坏。事实上，某些地方已经出现了这种情况。

这本书的前半部分讨论太阳能。这部分首先回顾人类利用太阳能的历史。人类尝试利用太阳能始于几千年前，但是直



到 19 世纪，在法国发明家、数学家奥古斯丁·摩夏（Augustin Mouchot）的努力下，利用太阳能的工作才取得巨大的进步，变得非常现代化。他设法制造一个由太阳驱动的热机。本书第一章末尾描述了早期利用光伏技术把太阳光直接转变为电的工作。

第二章描述了阳光的能量结构及其可用性。第三章至第五章介绍利用太阳能发电或产生热量的基本方法。第六章描述间歇性太阳能发电站如何为电力网提供电力。第七章描述了美国和德国为促进太阳能产业发展所采取的一些政府策略。政府的策略至关重要，因为就目前的发展水平而言，没有政府的大力支持，太阳能产业将会崩溃。

本书的后半部分介绍地热能。第八章描述人类如何发现地热资源以及它们在地球上的分布状况，第八章最后还简要介绍了早期利用地球内部热能发电的历史。第九章概述了地热技术。第十章描述了一些地热引擎设计的细节，其中包括对卡尔派恩公司盖沙斯地热田工程部主任约翰·费雷森就维持盖沙斯产能的采访。第十一章描述了所谓的直接使用技术——直接使用地表下的热能而不用把它转化为电能。第十二章描述了一些地热能经济方面的问题。第十三章描述了各个机构、国家以及世界组织为了推广地热能 在电力生产中的应用而发展相关技术的不同做法。

在能源的可利用量和现有规模之间存在一个奇怪的关系：能源可利用的数量越多，它被使用的越少。尤其是太阳能和地热能，它们是资源最丰富的两种能源，但也是目前被利用最少的能源。对于那些对环保发电技术感兴趣的人来说，明白这些能源的潜力，并理解这些潜力为什么至今还没有被开发出来是很重要的。



目 录

序	i
致谢	v
前言	vi

第一部分 太阳能

第一章 太阳能简史	3
第一节 阳光与热	4
专栏一 光电话：一种太阳能电话	10
第二节 早期光伏技术	12
第二章 阳光与几何学	17
第一节 电磁波谱	18
第二节 几何结构和阳光	23
专栏二 太空太阳能	24
第三章 光伏太阳能	33



第一节 光 vs 电	34
第二节 相关技术	38
专栏三 光子与电	40
第三节 净用电计量法	43
第四章 热机和太阳能	47
第一节 热能转换为电能	47
第二节 CSP 技术的利弊	53
专栏四 存储太阳能	54
第五章 另外两种重要的太阳能技术	59
第一节 太阳能热水器	60
专栏五 需求管理	64
第二节 绿色建筑	67
第六章 太阳能的经济和环境效应	71
第一节 太阳能动力的供需匹配	72
专栏六 电力生产者和消费者的纽带—— 一个案例分析	76
第二节 有效能源	79
第七章 政府策略和太阳能	83
第一节 美国的太阳能策略	84
专栏七 分布式发电系统	88
第二节 德国的太阳能	91



第二部分 地热能

第八章 地热能简史	97
第一节 热、地质学和地球年龄	99
第二节 测定地热点	101
专栏八 岩浆房	102
第三节 早期的地热技术	107
第九章 地质和热	111
第一节 开采热能	112
专栏九 墨西哥州芬顿山：第一个 增强型地热系统	116
第二节 热机	119
第十章 发电站	123
第一节 技术因素	124
专栏十 盖沙斯发电站面临的挑战—— 采访约翰·费雷森	130
第二节 地热能的合作生产	142
第十一章 另外两种地热技术	145
第一节 直接式热水管道	147
第二节 地热泵	149



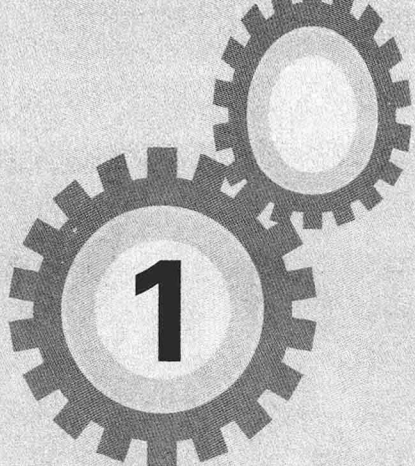
第十二章 地热发电的经济和环境影响	155
第一节 经济成本和规模问题	156
第二节 地热能与环境	161
专栏十一 全球变暖和地热能	162
第十三章 政府策略和地热能	169
第一节 国际能源机构	170
第二节 现代地热能生产	173
专栏十二 能量成本	174
大事记	180
术语表	184
参考文献	188

第一部分



太阳能





第一章 太阳能简史

迄今为止，除了太空中利用太阳能电池板作为能源外，太阳能技术对社会的影响很小。以美国为例，全国只有不足千分之一的电力供应来自于太阳能。

与许多常规能源相比，太阳能技术贡献较小，但它的潜力巨大。数十年来，太阳能技术的支持者对利用太阳能中涉及的困难轻描淡写，他们更喜欢预言各式各样的太阳能技术将迅速、广泛地普及。举例来说，大量20世纪70年代的文学作品曾信誓旦旦地预言，到2000年的时候，太阳能经济在美国将得到发展，太阳能阵列和太阳能热水器将随处可见，国家对原油的依赖也将大大降低。当然，这还未实现，并且直到现在也还没有见到太阳能革命来临的迹象。但是，不可否认，太阳能具有产生重大影响的潜力。太阳能是取之不竭的，太阳能转变为热能和电能的过程相对比较干净。