

美国总统环境顾问 弗雷德·克鲁普 解读低碳经济

全球经验与中国崛起书系

决战新能源 ——一场影响 国家兴衰的产业革命

[美] 弗雷德·克鲁普 (Fred Krupp) 著
米丽亚姆·霍恩 (Miriam Horn) 著
陈茂云 等译

第三次世界大战 不是炮与火的战争 而是全球新能源战争

Earth: The Sequel

东方出版社

全球经验与中国崛起书系

决战新能源

一场影响 国家兴衰的产业革命

[美] 弗雷德·克鲁普 (Fred Krupp) 著
米丽亚姆·霍恩 (Miriam Horn)
陈茂云 等译

东方出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

决战新能源/[美]克鲁普,[美]霍恩著;陈茂云等译.--北京:东方出版社,2009
ISBN 978-7-5060-3738-9

I. 决… II. ①克… ②霍… ③陈… III. 能源—资源利用 IV. TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 232835 号

Earth: The Sequel: The Race to Reinvent Energy and Stop Global Warming

by Fred Krupp with Miriam Horn.

Copyright © 2008 by Fred Krupp with Miriam Horn.

Simplified Chinese language edition published in agreement with the Environmental Defense
Fund, c/o Gail Ross Literary Agency, through jia-xi books co., ltd., Taiwan.

Simplified Chinese edition copyright © 2009 by Oriental Press.

All rights reserved.

中文简体字版版权属东方出版社所有

登记权台图证记号—图字: 01-2009-2021 号

决战新能源

作 者: [美]弗雷德·克鲁普 米丽亚姆·霍恩

译 者: 陈茂云 朱红路 王轶春 王轶南

责任编辑: 姬 利 燕霜玉

出 版: 东方出版社

发 行: 东方出版社 东方音像电子出版社

地 址: 北京市东城区朝阳门内大街 166 号

邮政编码: 100706

印 刷: 北京智力达印刷有限公司

版 次: 2010 年 1 月第 1 版

印 次: 2010 年 1 月第 1 次印刷

开 本: 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张: 12.5

字 数: 174 千字

书 号: ISBN 978-7-5060-3738-9

定 价: 29.00 元

发行电话: (010) 65257256 65245857 65276861

团购电话: (010) 65230553

版权所有, 违者必究 本书观点并不代表本社立场

如有印装质量问题, 请拨打电话: (010) 65266204

目录

第一章 这是一场新工业革命 001

一场新的工业革命已初现端倪，它将彻底改变世界经济和人们的生活方式。这场革命将依托于刚刚兴起的资本和技术密集型行业，而且几乎可以肯定将会为 21 世纪创造巨大的财富。然而，这场新的工业革命蕴涵着一个更为重要的希冀——保障我们的地球免于全球变暖的危险。

一、美国领导人真想解决环境问题吗 001

二、为什么要相信市场的威力 004

三、糟糕的政治家与高额的赌注 006

第二章 利用太阳能发电（I） 009

每 1 个小时，太阳向地球提供的能量之多，与全人类文明一整年所用的能量相等。只要有 10% 的效率——也就是说，如果有 10% 的太阳能能够转换成电力——100 平方英里的面积就能够生产出足够全美国使用的电力。然而，在美国，太阳能电池提供的电能还不到电力供应总量的 0.05%。

一、太阳能革命能拯救世界吗 009

二、崛起的能源新锐 014

三、最大的挑战 018

四、太拉瓦特清洁能源 023

五、变化无常的补贴 027

第三章 利用太阳能发电（II） 031

一个艺术家画了一幅关于斯特林能源系统公司计划建造的广阔的太阳能场的画，看起来就像 20 世纪早期未来主义者设想的图景：一支行进中的抛物线形马蝇大军，每一个都长着一只大而孤独的眼睛。奥斯本相信，他能用从福特学到的大批量生产手段把这个图景化为现实。

一、中国的太阳能城 031

二、太阳能的优势与挑战 034

001

- 036 三、竞争白热化
- 039 四、第三大主流
- 041 五、太阳能热电成为对冲工具
- 046 六、他们将太阳能融入区域输电网络

053 第四章 生物能源

阿米瑞斯可能成为能源巨头，纽曼奋力拼搏，感到成功在向他招手。他喜爱的座右铭来自讽刺杂志《洋葱》，既是他人的人生格言，又体现他工作的挑战性：“科学突破就是在解决前次科学突破导致的问题中前进。”他认为，在协调世界对糖和玉米的需求上，他们提供了潜在的帮助。

- 054 一、生物燃料的讽刺
- 056 二、制造生物燃料的代价和挑战
- 058 三、最伟大的科学
- 063 四、理查德·布兰森爵士的诱人计划

065 第五章 新生物燃料能源

这一有关酶的步骤恰恰是 Diversa 公司那些科学家们正努力从根本上加以改善的地方。这 10 多年来，Diversa 的科学家们跋涉到地球上最极限的环境，包括深海沟、肯尼亚的碱湖、西伯利亚火山以及亚马逊河流域的雨林等，去寻找嗜极微生物。它们不断进化以忍受极端的高温、高压以及酸性，并学会消化几乎任何东西，从而存活了下来。

- 065 一、投资于纤维素
- 069 二、液体燃料的可能来源
- 071 三、少数公司的试验
- 072 四、生物燃料奇迹
- 080 五、与贪婪竞赛

085 第六章 海洋能量

马考工程有许多重要的同盟者。克拉勒姆县经济发展委员会强烈支持这一项目，呼吁对“农业发展基础”创新的支持。委员会估计，完成马考湾实验工程所需要花费的 400 万美元中，有一半要留在当地。基于它的海事历史，这个县拥有装配、安装和维修浮标需要的地方供给，以及大部分海洋

002

工程能力。

- 一、靠海吃海的新方式 087
- 二、马考海湾 092
- 三、马考工程 093
- 四、跑到前面的欧洲人 095
- 五、涡轮的竞赛 096
- 六、管理最难被驾驭的力量的开发 101

第七章 来自地球的动力 103

在2004年1月开业后的几个月里，由于冰晶旅馆“正和伯尼的两万美元投资一起融化掉”，《福布斯》杂志戏谑地将其称为“本年度最愚蠢的商业计划……他莫名其妙地算错了24小时夏季日光和90度热量的作用”。伯尼大度地和记者开玩笑说：“我本来有一份冰冻的资产，但是我把它变成了液态的。”随后，他又重建了冰晶旅馆。

- 一、冰雪宫殿 103
- 二、契纳发电机 107
- 三、地热的沙特阿拉伯 110
- 四、浪费是一种罪过 112
- 五、请支持我们 116

第八章 重新考虑煤炭 119

尽管他承认必须对现有的设备进行改造以显著降低排放量，但是他争辩说，那些依赖于传统技术的公司在夸大未经证明的冷却氨水工艺的效果。“这几乎是不道德的，”雷德曼说，“这类似于告诉某个人，因为我们可能找得到治愈癌症的方法，所以你可以继续吸烟。”

- 一、煤炭使用方式的革命 121
- 二、生物学的作用 128
- 三、将煤炭转化为气体 131
- 四、最激进的尝试 133
- 五、用地下煤炭气化终结传统煤矿 136
- 六、碳封存是最大的骗局 138

141 第九章 今天的解决方案

在由热带硬木、大豆和牛肉带来的利益的驱使下，全世界每年有 2 000 万~4 000 万英亩的森林被毁掉。这些森林在未被砍伐之前就像巨大的苍穹一样，能够用它们的根系结构和枝条锁住数十亿吨的二氧化碳。如果将它们砍伐掉，那就像打开了潘多拉魔盒，会将所有的不幸带给世界。

143 一、打开潘多拉魔盒

145 二、保护森林的鼓励机制

148 三、其他温室气体

149 四、提高能源效率

152 五、效率革新的先锋

160 六、我们可以做些什么

170 七、其他方面的改进

173 第十章 可能的未来世界

利用从英国石油公司获得的资金，刘易斯开发出了一种薄膜，或者说“人造叶子”，它像真正的叶子那样能够做三件事情：捕获太阳光，把阳光转变成无线电流，然后把这些能量储存在化合键中。刘易斯说，因为不需要再做诸如栽种、除虫、繁育等任何其他事情，他的这些叶子能够成为最优化的能量转化和储存的机器。

173 一、核聚变

175 二、太阳燃料和病毒电池

177 三、从天空采矿

180 四、消除损害

182 五、核裂变

185 六、小小的蓝色星球

191 致谢

193 资料来源

第一章

这是一场新工业革命

一场新的工业革命已初现端倪，它将彻底改变世界经济和人们的生活方式。这场革命将依托于刚刚兴起的资本和技术密集型行业，而且几乎可以肯定将会为 21 世纪创造巨大的财富。然而，这场新的工业革命蕴涵着一个更为重要的希冀——保障我们的地球免于全球变暖的危险。这场新的革命是正在形成的政治、经济和技术因素交织的完美风暴：世界范围对温室气体巨大威胁的关注；对我们已成为石油囚徒的不断增长的认识——控制原油和天然气供应的体制不稳定且时常充满敌意，我们成了它的人质；最后一点，技术领域不断加速的巨大进步，已使我们在如何制造和使用能源方面有可能取得空前突破。

这些技术的发明家将稳定我们的气候，带来长足的经济增长并挽救我们的地球，本书就是关于他们的。本书也是关于以下这个几乎确定的事实：在这个世界上最大的产业领域中，除非美国作为一个国家给这些发明家公平竞争的机会，否则他们将无法及时逆转全球变暖的危机。

一、美国领导人真想解决环境问题吗

一点关于《清洁空气法》的历史片断将说明，美国领导人如何能够解决我们时代最可怕的环境问题，以及我们能够共同行动阻止灾难、创造财

富和工作岗位，并提升我们的安全。

30年前，科学家和渔民开始注意到，在贯穿美国东部的森林和大湖区，动植物发生了令人吃惊的衰退。1981年，美国国家科学院发布了一份报告，指出了这种衰退的原因——二氧化硫（SO₂）污染。二氧化硫主要来源于燃煤火电厂，它会导致雨雪酸化、酸雨，进而杀死水生生物并破坏森林。

这一发现导致了对如何，以及以什么代价降低二氧化硫排放的激烈争论。但是能够赖以处理酸雨问题的关键制度是1977年的《清洁空气法》，它建立了对付空气污染的“命令与控制”体系。它规定，不仅每一座新建发电机组必须满足一个统一的排放率最高限值，而且还必须为此安装“除尘器”（即尾气脱硫装置），这是一个非常昂贵的设施，使发电厂增加了数亿美元的成本。无论发电厂是否能够低成本地消减其排效——借助燃烧更清洁的煤，或者使其锅炉更加高效，它都必须安装除尘器。在此期间，二氧化硫的总体排放量仍在增加：老电厂通常被豁免到其更新改造时才采取措施，而新电厂尽管遵守了该项法律，它仍然向排放总量中增加了新的份额。

这种一刀切的做法没能借助电站经营者的经验，也未因地制宜，它实际上阻碍了新技术的快速应用。而且，这种做法使整个消减过程远比实际需要开销更大：有些既存电厂可以花少量资金即可消减污染，但却没有被要求这样做；同时，其他新电厂则为达标而花费巨额资金。

在20世纪80年代之前，环保协会在寻求一种不同方法的争论中处于领导地位。这种方法的核心是通过激活市场，获得更深幅度的污染消减，同时花费更低廉的费用。在1988年总统选举期间，借助新罕布什尔州环境保护主义者的强大压力，酸雨问题被挑选作为每位总统候选人都必须演讲的题目。在乔治·布什当选总统后不久，环保协会主席弗雷德·克鲁普遇到了白宫顾问C·拜登·格雷（C. Boyden Gray）。他向格雷简述了总统减少酸雨的战略如何通过采用世界上首个“排放总量和交易制度”来实现。他解释说，总统的环境目标可以更富雄心，同时仍然能够得到企业界的支持。经过几十轮会议，布什政府采纳了环保协会的建议，并将其提交给国会 [当时国会由缅因州参议员乔治·米切尔（George Mitchell）、加利福尼亚州众议员亨利·韦克斯曼（Henry Waxman）和密歇根州众议员约翰·

丁格尔（John Dingell）领导]，国会把这项议案写进了1990年的《清洁空气法》。

这项法律起始于科学基准底线。它要求所有燃煤火电厂的二氧化硫排放总量必须消减50%——大气科学家相信，要使江河湖海重新恢复生机，这是必须满足的最小二氧化硫消减量。它为火电厂的排放设立了一个永久性的上限——总量——然后以吨为单位在火电厂之间进行定量分配。即使有新的污染源投入使用，总量也仍然随着时间的推移逐步降低，因此排污总量也持续下降。这个逐步降低的总量是前所未有的，确保环境保护目标能够实现。然而，正是这部法律的第二部分——排污交易制度——彻底改变了历史上环保主义阻碍经济增长的范式。

排污交易制度允许火电厂对其二氧化硫污染排放进行比法律要求的更多的消减，并把额外消减的额度进行销售；同时也允许一时难以找到污染减排良方的火电厂购买这些额度。一个新商品市场诞生了。一家火电厂可以在实现消减目标的同时获得能够销售获利的资产，并成为开发进一步减排方案的财务刺激手段。排污量购买者获得了以更便宜的方法满足总量的灵活机制。现在决定如何把排污控制融合到全面的商业计划中的，是火电厂经营者而不再是管理者。

该项法律通过两个月之后，在美国总统环境质量委员会的一次午餐会上，时任美国最大公用机构——太平洋煤气电力公司CEO的理查德·克拉克（Richard Clark），座位正好紧挨着弗雷德·克鲁普。他对弗雷德说：“在你和总统谈论这个总量和交易的观念时，坦白地说，我想你肯定会失败。但是，现在既然有了从消减污染排放中创收的途径，我从自己的一线雇员中得到了数十条消减排放建议，并从外部咨询顾问哪里得到几十条更多的建议。环境保护已不仅仅只是一个输钱机，它也是一个利润中心。我不得不承认，这是一项强有力的法律。”

以前有机会扑向这个新市场的公司是通用电气，自从1977年的《清洁空气法》通过以来，在缺乏严格的总量限制以及对超额消减者没有任何回报的情况下，其除尘器技术没有多少进步。多年来，通用电气销售的笨拙设备经常堵塞，致使经营者不得不建设两套平行的系统，以确保至少有一套能够正常运行。埃利·盖尔（Eli Gal，他目前的碳消减工作将在第八章中进行表述）那时在通用电气公司环境服务部工作，他回忆起在总量控

制和排污交易制度成为法律之后，一切变化得是多么迅速。通用电气开始下大力气开发清洁空气技术，盖尔的团队取得突破：他们设计出把二氧化硫变成石膏的除尘器，这不仅不再堵塞设备，而且石膏本身还是一项可以出售的产品。

在其他地方，这项新法律激发了利用低技术解决方案的思想创新。几十年来，人们普遍认为怀俄明的低硫煤不能与阿巴拉契亚的高硫煤混用，至少混用的比例不能达到显著降低二氧化硫排放的效果。新的刺激制度使得人们对这一观念进行了再审视，不久之后，科学家和工程师就证明这个“常识”是错的。由于能够获得利润，资金和人才突然涌入高技术及低技术解决方案领域。

在5年里，尽管燃煤发电量增加了6.8%而零售电价下降，但美国的电力部门消减的排量仍比法律规定的多30%。而于此同时，美国的经济增长了5.4%。那种认为消减计划将每年花费60亿美元的可怕预测，被证明十分离谱；最近的研究表明实际成本每年大约为11亿~18亿美元。在2000年之前，科学家已经在有关文献中记载了位于阿第伦达克山内湖区的硫化物含量已经降低，国家公园的能见度得到了改善，减少了对人类健康的威胁。^①

二、为什么要相信市场的威力

总量和交易制度把世界上最强劲的经济力量——企业家资本主义——释放出来，使之服务于环境保护目标。随后的章节将显示，同样的市场力量也能够被用来对付全球变暖问题。

市场在往日岁月中所发挥的作用——比如，鼓励生产质量越来越高、价格越来越低的电能——由于没有把污染成本考虑在内，因而在环境方面失败了。对发电厂、工厂和汽车排放的全球变暖污染物没有附加任何成本费用，也没有任何利益流向那些消减这些污染物的人。Google和亚马逊网站的早期投资者（fundr）、传奇的风险资本家约翰·道尔（John Doerr，他

^① 到2010年该计划实施完成时，事实将表明，每年将因防止死亡、住院、急救，以及同时恢复自然系统的活力，获得超过1000亿美元的健康和环境利益。

004

也是环保协会的支持者，他的夫人安·道尔是理事会成员）对此这样说道：“每一天，我们排放 7 000 万吨二氧化碳到大气层，就好像它是公共下水道似的，好像这么做是完全自由的。当消费者对其行为所产生的后果一无所知时，要改变他们的消费行为模式确实很难。”

就其实质而言，解决方案很简单。美国国会必须依法确立一个稳步减少温室污染气体排放的限额。容许的额度将在排放者之间分配，或者为增加财政收入由政府拍卖，又或者采取两者相结合的方式。排放多的排污者，需要向其他人获得的超额排污消减付费；那些能够进一步减少全球变暖污染物的排放者，可以通过在公开市场上销售这些减少的额度获利。简而言之，我们可以利用市场制度的威力，走出失灵的市场所导致的困境。对那些开发无碳能源生产新方式，以及从烟囱和大气中去除碳的新技术的人，我们可以为他们提供一桶黄金。我们可以把人类的全部激情和冲动——聪明才智、理性主义、雄心壮志——汇聚到消除损害和救治我们的星球之中。美国的伟大力量一直在于无穷的创新能力。用一位能源企业家的话说：“这个国家的美妙之处在于，每当我们陷于绝境时，我们总会找到新生事物，使我们成为了世界上最强的创造力量。”

如果给予足够的时间，本书中描述的许多技术都能自己成熟。但是，时间正是我们所缺少的东西。2007 年年底，科学家注意到温室气体排放的增长显著高于预期。^① 对地球能够承受多少污染物，他们也把预期数量向下做了显著调整。新的预期数量意味着，我们不能仅仅简单地停止每年的排放增长。从世界范围看，在今后 50 年内，所有国家必须把排放量消减至半。为达到这一目标，美国将不得不把污染排放消减 80%。

如果怠于行动，在未来几十年里我们将使地球变成不再适合任何人类生存的地方，对此已形成科学共识。一如既往的商业将打开灾难之门：洪水泛滥，南非三角洲成千上万的人们将失去家园；非洲人民将遭受持久的干旱和大面积的营养不良；美国将发生天然火灾、致命的热浪以及海岸侵蚀；世界上半的生物物种将会灭绝。美国的将军们已经对空前的难民潮

^① 普林斯顿减碳倡议项目的史蒂芬·帕卡拉和罗伯特·索可洛曾测算 2004 年的碳排量为 70 亿吨；然而当年的实际碳排量超过了 80 亿吨。政府间气候变化委员会概括的图景表明，目前的趋势表明碳排放的加速甚至更为严重。

以及危害国家和全球安全的资源战争作出预警。在这些听起来很可能发生的场景中，对我们生产和使用能源的方式进行全方位的再发明、再创造，就已经不是一种选择，而成为了一种生存手段。

一个世纪以前，经过托马斯·爱迪生、亨利·福特、约翰·D·洛克菲勒等人的努力，发生了影响深远的第二次工业革命。要拯救我们的地球免于灾难，我们也需要与前次一样广泛的第三次工业革命。我们将需要利用太阳、潮汐、生物质以及蕴藏在地球内部的热量产生能源。我们将再发明汽车，清除来源于巨大并快速增长的煤炭基础设施的污染排放，以更为高效的方式利用能源，并停止毁坏热带雨林。在随后的章节中我们将明显看出，只要我们能使之成为一种公平竞争，我们就能够实现这场革命。没有任何一项单一的技术能够停止全球变暖，但是，我们确实有灵丹妙药——一个对碳排放的总量限额将推动所有这些解决方案汇入这场革命的洪流。

三、糟糕的政治家与高额的赌注

在随后各章中你将结识的革新家，都雄心万丈、富有创意。冒险是他们最爱的运动，“突破性的”是他们的钟爱之词，他们中的很多人乐于与世界上最大的公司抗争。内尔·瑞宁格尔（Neil Renninger）是麻省理工学院毕业生，现任阿米瑞斯（Amyris）生物技术公司的化学工程师，他通过参与该大学传奇般的21点小组的游戏补充自己的收入，这个小组的战绩编入了2002年出版的《赢得满堂喝彩》（*Bringing Down the House*）一书中。他用其带进赌场去的同样精神迎接阿米瑞斯所面临的挑战。“如果你承受有根据的风险，发现你在哪方面有优势，并发挥这些优势，”他说，“这样你就能战胜庄家。”

给这些发明家提供资助的投资人，也同样肯定他们自己改变历史的能力。例如约翰·道尔和维诺德·科斯拉（Vinod Khosla，太阳微系统的共同发起人，他现在也是一位主要的风险资本家）等硅谷领导者，已经把巨大的资源转移到清洁能源技术领域（道尔称之为“所有市场之母”）。当其他人紧盯着细分市场渗透——比如说太阳能技术——并寻求替代能源仍然有利可图的证据时，这些投资家看到了更巨大的市场机会：中国的国家目标

是到2010年时使10%的电力来源于可更新资源（大型水电项目不计算在内），要实现这一目标需要6吉瓦的电力，而这比今天全球所有太阳能电池厂两年的产量还要多！

然而，他们也知道，他们的成功或者失败，最终取决于我们的政治领导人怎样要求我们。当前的游戏规则对新能源企业家极端不利。5万亿美元的能源业已装备齐整，在一种像今天这样的竞争中，即便是最好的创意也会失败。在半导体和互联网领域的革新家们真正获得公平的市场竞争机会时，这些能源领域的革新家却面临着世界上最强大的公司，这些公司几十年来一直成功地使政府补贴、交易契约和管理制度有利于它们的事业发展。石油和天然气公司每年把大约6000万美元用于偏向其产业政策的院外活动^①，按照美国国会政府问责局的说法，它们每年能够因此获利60亿美元。现有的公司控制着石油天然气管道和传输网络；接入以及升级传输网的高昂费用，将会扼杀新兴的可更新能源工厂。风险资本家道尔观察到，美国联邦政府每年仅投入10亿美元用于可更新能源研究，这笔投入比埃克森美孚公司一天的营业收入还少。最重要的是，对把大气圈作为倾倒地排放导致全球变暖的污染物，还没有任何财务上的考虑，政策制定者直到今天才刚刚开始面对对化石燃料的这一巨大的隐性补贴。

1988年，参议员阿尔·戈尔根据当时显示出来的资料举行了首次国会听证会。尽管自从那时起，美国的众议员们就已经知道全球变暖的情况，但只是到了最近几个月，美国国会才对处置气候变化问题真正显示出兴趣。一些立法建议空洞玄虚、哗众取宠，其他建议则能保障有意义的行动。从当前出发，有许多糟糕的道路，其中就包括继续把纳税人的钱给予那些有最好院外活动家的行业。例如，对谷物酒精的巨额联邦补贴，就主要是农企巨无霸——阿彻丹尼尔斯米德兰公司，以及其他农业利益集团权利的明证。

美国的风能和太阳能在高油价、高补贴的年代迅速繁荣，而在高油价消失、补贴不再时崩溃。太阳能和风能的发展历程再次强调了长期政策的必要性，这种长期政策不是要华盛顿选定谁是赢家，而是让美国最好的仲

^① 西方国家中，为了某种特定利益而进行的，企图影响议会立法和政府决策的活动。——编者注

裁人——脱离了既有缺陷的市场——选择谁真正能够提供货物。美国商业社会大多已经接纳了这种看法。当加利福尼亚州立法机关进行通过该州首个对经济影响广泛的碳排放总量的讨论时，清洁技术的支持者通过详细论述适当的法律结构将释放的工作机会和福利的巨大增长，以及国际竞争力的巨幅提高，有效地反驳了那种碳立法将摧毁经济的主张。他们提醒立法者，美国经济增长中的一半是来源于革新推动的技术进步。在美国的许多重量级公司中，他们也找到了同盟军。这些大公司注意到，如果不采取行动的话，它们的生意肯定将蒙受严重损失。

2007年春天，包括通用电气、美国铝业公司、卡特彼勒公司、杜克能源在内的10家美国主要公司，倡议制定国家碳排放总量；在随后的几个月中，包括美国三大汽车制造商和壳牌石油公司在内的数十家全球500强企业，加入了它们的行列。随着加利福尼亚以及美国东北部和西北部的一些州对碳排放总量提出定义，这个国家的大多数富有革新精神的公司，都开始像联邦已经存在碳排放总量那样运营。在其硅谷总部启用1.6兆瓦太阳能电池板（为其最终计划生产1000兆瓦可更新能源中的第一批）时，Google宣布：它将自愿采用内部碳费用的“影子价格”，即在一个规则的市场中人们预期的理论价格。这就像已经存在碳价格一样，将使我们能够作出经营决策。这反过来又使我们在选择数据资源时能够包括能源的实际成本这一关键数据。它到目前为止还没有被市场认识，但通过碳立法，这一成本很快就会变成现实。这是减少我们能源投资所面临风险的重要工具，在评估能源选择方案时，它将给可更新能源一个公平竞争的机会。

一个公平的竞技场——这正是这些风险资本家和技术革新家所需要的：不要求保障利润，但必须为他们甘冒巨大风险提供足够的竞争机会。即使这样，许多人仍难以成功。要使其发明在市场上能够生存，他们需要更加足智多谋、坚持不懈。但是，当你读到这些发明家的故事并瞥见可能的结果时，请你不妨想象一下，即使这些高风险企业中仅有一小部分实现了它们期盼的结果，如果丰富的清洁能源成为现实，将意味着什么？

赌注高得几乎难以想象！

第二章

利用太阳能发电（ I ）

一、太阳能革命能拯救世界吗

2005 年，全世界的太阳能发电能力增长了 44%。如果在今后的几十年里能够继续保持这种增长速度，在 2050 年之前，太阳就能够提供 10 倍于地球所需的能量。这样的增长速度也许恰似一个美好的愿望。但是，我们不应该忘记，在差不多同样长的时间里，半导体工业的成长速度比我们预计的太阳能发电的增长速度要快得多。30 年内，革新家和投资者使个人计算机数量从 0 台发展到接近 10 亿台的规模，每过 24 个月或者更短的时间，计算机的运行速度就翻倍，而随着速度的翻倍价格则减半。正如奥利弗·莫顿（Oliver Morton）2006 年 9 月 7 日在科学杂志《自然》（*Nature*）中所写的那样，“如果硅谷能够把摩尔定律^①应用于捕获阳光，那么它将再次改变世界”。

再次改变世界，并因此变成巨富，这就是为什么风险资本家把数十亿美元投入一些创业企业，开发将阳光直接转变成电力的光伏电池（另外一种利用太阳产生能量的方式是收集其热量，这种战略将会在第三章中探

^① 见 Intel.com：“1965 年，英特尔的联合发起人戈登·摩尔（Gordon Moore）预测未来。他的预测是芯片上的晶体管数量每两年将翻倍，这一说法现在通常被称为摩尔定律。”

讨)的原因。对那些从半导体和互联网中掘得第一桶金的投资人来说,光伏发电的学习曲线并非过分陡峭。太阳能电力行业伴随着芯片行业发展起来,它从芯片行业借来材料和制造工艺,而且越来越多地借用该领域的人才。太阳能发电行业和芯片行业的版图是重叠交叉的。许多太阳能领域的创业公司位于加利福尼亚的硅谷、马萨诸塞的剑桥、亚利桑那的凤凰城和得克萨斯的奥斯丁。而且,许多这类公司和斯坦福、加利福尼亚大学伯克利学院、加利福尼亚技术学院,以及麻省理工等大学关系非常密切。

通过计算机和互联网革命,世界各地的人们更好地把握了自己的命运。对相信这一点的人来说,太阳能更具有吸引力。由于光伏电池在其被使用的场所产生电流,对以能源为核心的经济来说,就有可能被重塑为非常类似于随个人计算机、蜂窝电话和互联网的出现而创造的网络。光伏发电系统的业主自己就可以变成电力生产者,向电网销售电力获利,甚至在世界上尚没有建设能源设施的地区就近获得电力;光伏电池已经以每户大约250美元的价格给贫穷的非洲农村送去电力。“分发的能源”消除了大型能源公司的战略优势,能源革新公司董事长安德鲁·比伯(Andrew Beebe)说^①:“对于太阳能来说,它们不能控制资源。这正是能源的真正改变。”

每1个小时,太阳向地球提供的能量之多,与全人类文明一整年所用的能量相等。只要有10%的效率——也就是说,如果有10%的太阳能能够转换成电力——100平方英里的面积就能够生产出足够全美国使用的电力。从以上两个方面本身看来,这已经足以描绘出全球变暖问题的解决之道。然而,在爱因斯坦阐明其赖以获得诺贝尔奖的光电效应一个世纪、贝尔实验室发明其第一台基于半导体把阳光转变成电能的设施半个世纪之后,在世界能源领域,太阳能发电技术仍然是微不足道的角色。2007年,与燃煤发电超过1000吉瓦的能力相比,全球的所有太阳能发电装置容量仅仅只有6.6吉瓦;在美国,太阳能电池提供的电能还不到电力供应总量的0.05%。

造成这种现象的部分原因是电力供应的复杂性。在每一个电力输出终端的背后,都有一个巨大的资源网络,而且向这个网络引入新技术会有一

^① 引自2007年1月22日Worldchanging.com的访谈。