

技术制胜

能源与环境技术的应用

[美] 约翰·多伊奇 (JOHN M. DEUTCH) 著
理查德·莱斯特 (RICHARD K. LESTER) 著
吕传俊等 译



MAKING TECHNOLOGY WORK

APPLICATIONS IN ENERGY AND THE ENVIRONMENT



中信出版社 · CHINA CITIC PRESS



MAKING TECHNOLOGY WORK

APPLICATIONS IN ENERGY AND THE ENVIRONMENT

技术制胜

能源与环境技术的应用

[美] 约翰·多伊奇 (JOHN M. DEUTCH) | 著
理查德·莱斯特 (RICHARD K. LESTER) |

吕传俊等 | 译

图书在版编目 (CIP) 数据

技术制胜 / (美) 多伊奇, (美) 莱斯特著; 吕传俊等译. —北京: 中信出版社, 2012. 11

书名原文: Making Technology Work

ISBN 978-7-5086-3390-9

I. ①技… II. ①多… ②莱… ③吕… III. ①能源-新技术应用②环境工程-新技术应用 IV. ①TK01-39②XS-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 117718 号

Making Technology Work: Applications in Energy and the Environment by John M. Deutch and Richard K. Lester

Copyright © 2004 by John M. Deutch and Richard K. Lester

The simplified Chinese translation edition © 2012 by China CITIC Press.

ALL RIGHTS RESEVERD.

技术制胜

著 者: 约翰·多伊奇 理查德·莱斯特

译 者: 吕传俊等

策划推广: 中信出版社 (China CITIC Press) + 《比较》编辑室

出版发行: 中信出版集团股份有限公司

(北京市朝阳区惠新东街甲 4 号富盛大厦 2 座 邮编 100029)

(CITIC Publishing Group)

承印者: 三河市西华印务有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 19.5

字 数: 268 千字

版 次: 2012 年 11 月第 1 版

印 次: 2012 年 11 月第 1 次印刷

京权图字: 01-2011-0516

广告经营许可证: 京朝工商广字第 8087 号

书 号: ISBN 978-7-5086-3390-9/F·2679

定 价: 39.00 元

版权所有·侵权必究

凡购本社图书, 如有缺页、倒页、脱页, 由发行公司负责退换。

服务热线: 010-84849555 服务传真: 010-84849000

投稿邮箱: author@citicpub.com

总 序

作为 CIDEG 文库的主编，我们首先要说明编纂这套丛书的来龙去脉。CIDEG是清华大学产业发展与环境治理研究中心（Center for Industrial Development and Environmental Governance）的英文简称，成立于 2005 年 9 月的 CIDEG，得到了日本丰田汽车公司提供的资金支持。

在清华大学公共管理学院发起设立这样一个公共政策研究中心，是基于一种思考：由于全球化和技术进步，世界变得越来越复杂，很多问题，比如能源、环境、公共卫生等，不光局限在科学领域，还需要其他学科的研究者参与进来，比如经济学、政治学、法学以及工程研究等，进行跨学科的研究。我们需要不同学科学者相互对话的论坛。而且，参加者不应仅仅来自学术圈和学校，也应有政府和企业界。我们希望把 CIDEG 办成类似斯坦福大学非常著名的公共经济政策研究中心（Stanford Institute of Economic Policy Research, SIEPR）那样，对能源、环境问题进行经济和政策上的分析。我们认为，大学应该关注基础研究，大学的使命是创造知识，在深层知识的产生上发挥作用。而产业部门的任务是把技术成果商业化，大学和产业之间的连接非常重要。但与此同时，我们不应忘记政府的角色，特别是对于一个发展中的转轨国家，政府职能的定位和边界至关重要。CIDEG 的目标是致力于“制度变革与协调发展”、“资源与能源约束下的可持续发展”和“产业组织、监管及政策”为重点的研究活动，为的是提高中国公共政策与治理研究及教育水平，促进学术界、产业界、非政府组织及政府部门之间的沟通、学

习和协调。

在 2005 年 9 月 28 日 CIDEG 召开了“中国的可持续发展：产业与环境”的首届国际学术研讨会。会议的主题正是中国当今的产业和环境状况。

中国的改革开放已经有 28 年历程，它所取得的成就令世人瞩目，它为全世界的经济增长贡献了力量，特别是当其他一些欠发达国家经济发展停滞不前的时候。不过，中国今后是否可持续增长，却是世界上许多人所关注的问题，因为在中国取得巨大成绩的同时，还面临着诸多挑战：资源约束和环境制约，腐败对经济发展造成的危害，糟糕的金融服务体系，远远不足的自主创新能力，以及为构建一个和谐社会所必须面对的来自教育、环境、社会保障和医疗卫生等方面的冲突。这些挑战和冲突正是 CIDEG 将开展的重点研究课题。

中国刚刚发布的“十一五经济和社会发展规划纲要”提出了对发展模式的调整，号召用科学发展观统领全局，坚持以人为本转变发展观念、创新增长模式、提高增长质量，把经济社会发展切实转入全面协调可持续发展的轨道。这也为 CIDEG 的研究工作的开展提供了一个更有利的前景。

而中国对环境治理方面的研究显然刚刚开始，中国近年能源消耗的速度远高于实际经济增长速度，这种增长是不可能长时间持续的。最近《京都议定书》开始生效，哪些公共政策措施可以控制二氧化碳和其他污染气体的排放？建立一个排放权的市场是否对控制尾气排放有效？如何资助新环境技术的进步？这些问题不仅需要技术知识，也需要经济学素养。而建立一个环境监管体系，就不仅涉及法律问题和技术问题，更需要对广泛社会问题的考量。环境污染背后的实质是社会成本 and 价值的重新分配问题，因而要从社会系统的角度考虑环境监管。并且从发展的角度来看，中国环境污染的源头在发生改变，监管体系也就应该随之改变。

还有公共卫生问题，比如 SARS、疟疾、艾滋病等等，这是全球化的另一

面。人口流动性的增加加快了疾病传播，如何控制这些病的流行，不仅需要医生的合作，而且涉及许多移民的工作、生活和环境等问题。我们会面对许多类似的公共政策问题，解决方法要看历史因素和经济发展水平，因此，就要进行国际比较研究。

中国是独特的。但是，由于中国也曾经是一个中央计划经济国家，有些研究需要与过去同是计划经济的中欧和独联体国家相比较。与此同时，日本、韩国、中国大陆和中国台湾有一些共同的特征，在开始阶段农村人口都占很大比重，传统社会规则是农业社群中的人际关系生发出来的。这些社会关系不可能一夜之间改变，这种发展形式和西方经济的发展很不一样，也与俄罗斯等国不太一样。所以，在面对这些既有共同点又有独特性的问题时，比较研究会很有意思。虽然受制于不同的制度框架，但问题是共同的，比如社会保障、养老金问题、环境问题等等。关于社会保障制度的设计，我们可以从新加坡、瑞典和其他国家学到许多经验。在经济高速增长带来的与环境的冲突方面，我们可以从日本 20 世纪 60 年代后期的环境立法、产业发展协调中学到许多教训和经验。所以，对产业发展和环境治理的研究应该是全球化的。

比较经济制度分析是一种概念工具，有助于理解不同经济制度如何演化。不同制度可能会融合，可能会继续保持差异。产业发展和环境治理政策不一定是普世适用的，在某些国家可能容易实施，其他国家也许不行，但不同国家之间的交流非常重要。充分利用国际上已有的研究成果，收集和整理这些成果以作进一步的交流，是十分可取的途径。

正是在这一意义上，比较、借鉴和学习也成为 CIDEG 学术活动中的一项重要内容。根据 CIDEG 理事长陈清泰的倡议，我们决定翻译并出版这套“CIDEG 文库”，介绍不同国家是怎样从农业国发展为现代国家的；在经济高速发展阶段，是如何处理与环境的矛盾的。这套丛书的内容选择非常宽泛，从学术的到非学术的都在其内，目的就是给中国的读者——学生、学者、官员和企业家以及所有对此有兴趣的人提供更多的信息与知识。CIDEG 理事和

学术委员为文库提供了第一批书目，并成立了编委会，今后我们还会陆续选择适当的图书编入文库。为此，我们感谢提供出版书目的 CIDEG 理事和学术委员，以及入选书籍的作者、译者和编辑们。

青木昌彦

吴敬琏

2006 年 4 月 10 日

中文版序

本书旨在向读者介绍应用技术以实现经济、社会和环境目的时所面临的实际问题。本书源自麻省理工学院多年来为本科生和研究生教授的一门课程。这些学生绝大多数都有科学或工程学科背景。他们所接受的教育通常都很专业化，尤其是研究生。虽然这种教育方法能够让他们为发展新技术作出重要贡献，但是并不能让他们学会如何有效地应用这些技术。在技术应用的过程中，我们通常考虑的是另外一些更为广泛的因素，包括经济、政治、环境和国际以及技术本身等因素。新技术的成功应用，需要同时思考所有的这些因素，本书为如何将这些问题整合成有效的技术应用策略提供了全新的洞见。接受技术培训的学生和从业人员都可以从中学到非常重要的知识。

虽然这些知识与所有的技术有关，但本书的重点放在能源和环境技术的应用上。自本书第一版发行以来，能源领域正值不同寻常的多事之秋，从而彰显出本书所阐述的基本信息的重要性。在这段时期里，爆发了中东和北非的政治动荡和重大变革，世界石油价格的大波动，日本核灾难，历史上最大的墨西哥湾海上石油泄漏事件，世界各地（很可能与气候变化相关的）极端天气事件，以及几乎波及所有发达国家的严重经济衰退。这些事件的规模和冲击力已经震撼全球，尤其对中国造成了极大影响。中国的能源安全、城市和地区性的空气和水污染、气候变化，都已备受关注。

自本书第一版以来，我们一直继续就与能源和环境有关主题进行研究。我们最近发表的作品包括：约翰·多伊奇的《能源政策危机》（*The Crisis in*

Energy Policy, 哈佛大学出版社, 2011); 理查德·莱斯特和大卫·哈特的《推进能源创新》(*Unlocking Energy Innovation*, 麻省理工学院出版社, 2011)。我们希望本书中文版的出版以及我们最近的研究, 能对中国致力于技术有效应用的人士有所助益。

约翰·多伊奇和理查德·莱斯特

2012 年 9 月

前 言

十多年来，我们在麻省理工学院为学生们教授一门跨学科的课程，这门课程名为“技术的应用”，其目的是向学生们介绍将新技术应用于经济、社会和环境目标时应该完成的复杂任务。这本书就来自课程的讲义。课程设置的目标，也是本书的宗旨，就是为上述情形下提供有用的观点、方法和分析工具。这对科学或工程学科的学生是一个特别重要的课题。虽然绝大多数学生在他们的职业生涯中会遇到复杂的技术应用问题，但是他们今天所受教育的重点主要是处理特定技术领域中的技术问题。这些问题的解决对于技术研发而言或许至关重要，但对于成功的技术应用来说，并非必需。

本书的核心议题是，科学和工程学科的学生应该认识到思想方法转变的重要性，即从孤立考虑新技术的创造转向同时考虑其可靠而有效的应用。恰当平衡这两种思想方法，对技术实践者（technology practitioners）是一项根本性的挑战，对科学和工程学科的教育者也是如此。

第二个相关的挑战是从单一学科向跨学科融合转变。绝大多数技术的可靠而有效的应用需要综合考虑科学、工程、经济、制造、组织、法律、政治，以及日益增长的国际因素。在技术开发的早期阶段即同时全面地解决这些问题，技术应用成功的前景就会光明得多。来自不同学科背景的人们同时参与到这一进程中，这又产生了第三个挑战：技术实践者要从只与志同道合的同事合作转向与自己思考方式完全不同的人打交道。在过去，科学家和工程师最典型的行为方式是将技术应用问题留给非技术专家如金融家、市场营销专

家、律师、会计师及其他人去处理。

本书的案例主要来自能源和环境领域。但是，其中的分析工具、分析技术和方法适用于更广泛的领域，如信息和通讯、医疗技术，以及国家安全等。

在每个案例研究中，包括风能、太阳能、燃料电池、核能、化石能、能源节约等技术的应用，我们对相关技术进行了描述，对于熟悉基础科学和工程领域基本概念的人来说都非常浅显易懂。因此，虽然本书的目标读者是科学和工程学科领域的相关人士，但是，其他领域的读者同样能从中获益。

我们感谢阿尔弗雷德·斯隆基金会（Alfred P. Sloan Foundation）对本课题的支持。我们也感谢麻省理工学院工程学院院长办公室提供的财政帮助。我们还要感谢在本书的编撰期间，“技术的应用”这一学科教学助理们的工作，特别是尤金·贝（Eugene Bae）和戴维·沃德（David Ward），以及安妮塔·卡夫卡（Anita Kafka）在插图方面提供的帮助。最后我们还要感谢剑桥大学出版社编辑斯科特·派瑞斯（Scott Parris）的支持和鼓励。

目 录

总序	V
中文版序	IX
前言	XI
第1章 引言	1
第2章 乙醇汽油	10
第3章 太阳能、风能和光伏技术	20
第4章 煤电技术	54
第5章 燃煤电厂酸雨的控制	72
第6章 温室气体与全球变暖	89
第7章 核能与核燃料循环	119
第8章 核废料管理	145
第9章 核能与核武器扩散	167
第10章 天然气	179
第11章 安全和风险	199
第12章 合成燃料	214
第13章 车用燃料电池	227
第14章 能源模型与统计	246
第15章 政府在技术创新中的作用	276
第16章 结论	294
译后记	299

第1章 引言

将新技术付诸应用永远是个挑战，而从事这一事业的人并不总能马到成功。新技术经常会给环境或社会带来巨大的影响，因此，一定要遵循那些对经济影响深远的复杂的政府法令和法律框架。随着互联网使用的日益增长，诸如反核电、煤炭燃烧对环境的影响、干细胞研究的道德困境、对个人隐私的威胁、知识产权，甚至国家安全等问题充斥报端。当新技术在社会上付诸实施时，学会如何管理随之而来的（经常是相互冲突的）利益关系将变得日益重要，对那些为经济和社会技术奉献毕生精力的科学家和工程师们而言，尤其如此。

今天，美国的大学中对科学家和工程师的教育仍然受传统观念的强烈影响：将技术创新视为一个线性过程。这种观点认为，创新历经几个不同的阶段：（1）研究——创造知识的第一步，通常由科学家在实验室中进行；（2）开发——这一步骤是将知识简化并付诸实践，通常由工程师负责；（3）应用——完成技术的关键步骤，主要由非技术专家完成，如经理人、金融家、律师、政治家、公众利益拥护者等。科学和工程教育就是按照这一线性观点来组织的。典型的物理学、化学、化学工程和电气工程专业的学生的课程一直在强调学科的深度和研究技能，这是可以理解的。然而，一旦涉及其他学科和从多维度分析技术应用的方法，或者与多学科工作组一起工作解决复杂技术问题时，学生的经验就非常欠缺。绝大多数科学和工程领域的学生一踏上工作

岗位就立即会遇到一系列与技术应用相关的问题。他们对处理这些问题的准备相对不足。

正如我们在本书中一再看到的，成功的技术应用需要同时关注特定环境中的技术和非技术因素，因为这些因素是相互影响着的。关于技术创新的这种认识强调整合，与传统的线性思维迥然不同。其必然的结论就是，技术应用不能只留给非技术专家独自承担。科学家和工程师们不仅要活跃于创造新技术上，在决定技术应用环境的复杂进程中，也一定要积极参与。对于从事实际工作的技术专家以及科学和工程学教育者来说，挑战就在于，实现新技术发明与可靠应用之间的完美平衡。

本书是写给那些意识到目前教育方法的局限性并有兴趣了解技术应用问题的科学与工程类学生（大学生和研究生）的。本书是从名为“技术的应用——能源和环境案例研究”的跨学科课程发展而来，在进一步完善过程中得到了阿尔弗雷德·斯隆基金会的支持，并从1992年开始在麻省理工学院讲授。本书中呈现的案例研究包括核能、煤炭燃烧、太阳能、风能、能源节约等技术的应用。每个案例研究都附有对相关技术的描述，对熟悉基础科学和工程领域基本概念的人来说都浅显易懂。

每个案例研究都考虑了技术应用对经济、政治、环境、社会的影响。有些地方甚至有国际方面的考虑。在鉴定技术应用的障碍，以及可能的解决方案时，同样考虑了这些方面。比如，人们常说核废料处理是一个政治问题而非技术问题。这一区别好像就意味着核技术的实施是政治家的责任，而不是科学家和工程师的责任，也好像就意味着政治约束与存放设计、选址、建设、运营、成本等技术性考虑是分离的。但是这种分离在现实生活中是不可能的。正如我们将要看到的，推进这方面的工作需要同时考虑政治、经济、环境和技术因素。

当然，并非所有新技术都与能源技术应用那样涉及广泛的问题。信息技术，如计算机、通讯网络和互联网显然没有发生类似众多能源系统应用所遇到的棘手的环境问题。另一方面，其他公共政策问题对于信息和通讯产业又

是生死攸关的。例如，对于私人或商业通讯没有国际公认的加密法则；互联网和电子商务遇到了基本的隐私问题；长距离陆上通讯线路、无线、卫星、电缆等不同传输技术受到不同国家税收、反托拉斯法和价格管制等政策的巨大影响。核心问题是任何产业中技术的成功应用——从医疗到交通，从能源到生物技术——都需要同时关注技术和非技术因素。虽然本书中的案例来自能源和环境领域，但其方法可以推广到其他领域。

态度认真的学生并不满足于仅仅了解技术应用方面的重重困难，他们希望学习解决这些日后可能会遇到的问题的技巧和方法。因此，案例研究的第二个目的是展示这些现实应用过程中的技巧，以便学生们他日之用。读者们希望获得一个装满技巧的“工具箱”，用来分析新的问题。本书介绍的工具包括：（1）能源和原材料的平衡；（2）成本收益分析；（3）外部成本和收益的处理；（4）成本和收益的现值分析；（5）概率风险评估；（6）生命周期成本。

每项公共政策的结果都会涉及许多利益集团，包括企业家、政客、金融家、公共利益集团等。通过理解技术应用对每个集团的不同影响，不同的利益相关者可以更有准备、更有把握地实现其预期目标。当然，在大多数案例中，没有完美的结局。永远会有胜者和败者，永远有一些利益集团比其他利益集团得到更多的满足。没有哪个单一结果可以被界定为或被理解为代表“公共利益”。在决策过程中充分理解全部利益相关者的看法有助于获得最令人满意的结果。

接下来，我们将通过两个简单的例子来阐述我们在以下几章中使用的方法。

纸杯子还是塑料杯子？

1990年12月，在一次备受关注的新闻发布会上，麦当劳公司和环境保护基金会（EDF，美国著名的环境公共利益集团）联合宣布，为了保护环境，麦当劳公司决定用纸质食品和饮料容器替换聚苯乙烯泡沫容器。不管是塑料

的还是纸的，这些餐盒和杯子都是生产和消费麦当劳食品的副产品（废弃物）。乍看上去，这一决定无可挑剔，纸是可再生和可生物降解的，而塑料不是，作为良好的“企业公民”，麦当劳公司为了环境的利益，决定将一种产品换成另一种产品（这一决定也是经济理性的，这一转换并没有增加麦当劳公司的成本，而预期的公众赞赏会增加公司的经济收益）。

英属哥伦比亚省维多利亚大学化学教授马丁·霍金（Martin Hocking）发表了一篇文章，质疑以纸替代塑料是否真的对环境有益。霍金比较了生产纸杯子和塑料杯子产生的废水。^① 虽然霍金的分析招致了纸制品倡导者的批评^②，但是在两点上是有益的，它们经常出现在技术应用过程中。

内部化外部成本

图 1.1 所示流程图适用于任何工业加工过程。这一过程将原材料（投入）转化为产品，同时产生被认为是毫无价值的废弃物。废弃物可能以固态、液态或气态的形式存在，对它们的处置会增加环境负担，比如不堪入目的垃圾填埋场、污染的河流或空气。

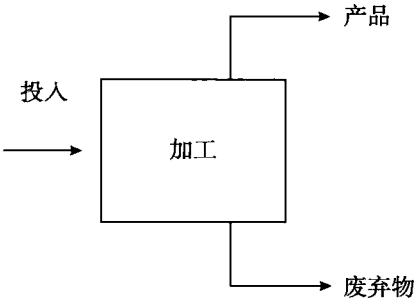


图 1.1 工业加工流程图

过去，污水对环境的影响通常不被注意，相应的，这些实际应由生产者承担的影响成本也被忽略了。它们被“外部化”了。制造商的成本仅包含了

① Martin B. Hocking, Science 251, 504 – 5 (1991) .
② Red Caveney, Science 252, 1362 (1991); Henry Wells, Science 252, 1361 (1991) .

投入、建设和运营成本。

当前，人们越来越关注废弃物处理以减轻环境负担，相应的，处置废弃物的货币成本也在上升。人们期望公司能够理性地选择生产过程，以最大限度地降低总生产成本，其中包括废弃物处置成本。在一些案例中，由公司承担的处置废弃物的货币成本也包括了由废水所致的环境剩余成本（residual cost），也就是环境剩余成本被“内部化”了。如果公司处理废弃物的成本准确地反映了环境的负担，那么可以预期公司将会选择对社会最有效率的生产过程，也就是全部社会成本最小化的生产过程。然而，即使在这种情况下，环保集团或许还不满意。第一，对于剩余环境成本是否被全部内部化存在分歧。第二，永远会有一些环保主义者，认为减轻对环境的损害比保持经济的最优化更为重要。人们不可能期望任何一件事都能同时满足所有对环境的担忧，就像人们不能期望任何一件事都能满足所有利益集团一样。然而，监管原则是明确的：应尽可能将社会的环境成本内部化，即这些成本应该包括在公司产品生产的总成本中，并反映在消费者购买产品时所付的价格中。

当公司支付的废弃物处理成本没有反映实际的环境负担时，问题就来了。这也是麦当劳公司这一案例的问题所在。麦当劳的外卖食品使用纸的或塑料的容器，当消费者扔掉外包装，就要由其他人支付处理成本。环境成本就被“外部化”了，在这个意义上，它就没有包含在应由公司支付的废弃物处理成本当中。在这种情况下，公众有理由要求政府出面监管，迫使公司作出抉择，使外部成本内部化。因此，人们应该支持公共利益集团，督促公司采取行动，将外部成本与经营决策统筹考虑。

这里争议的核心是与纸制和塑料包装盒相关的外部环境成本。因为环境影响发生在任何市场框架之外，所以必须估计环境负担大小及相关的成本。不同的利益相关者（如商业公司和环保主义者）对环境影响的严重性有不同的看法。协调有关外部成本大小的争论并将其纳入考虑范围，是许多技术应用面临的主要障碍之一。