



International
Energy Agency

ENERGY TECHNOLOGY PERSPECTIVES

能源 技术展望

2010

张阿玲 尹秀梅 黄禾 译

面向2050年的情景与战略
Scenarios & Strategies to 2050

清华大学出版社



International
Energy Agency

ENERGY TECHNOLOGY PERSPECTIVES

能源 技术 展望

2010

张阿玲 尹秀梅 黄禾 译

清华大学出版社
北京

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

本书原版为英文,由 IEA 出版。虽然 IEA 尽力确保中文版内容忠于英文原文,但仍难免略有差异。
《能源技术展望》中文翻译版©经合组织/国际能源署(2010)

图书在版编目(CIP)数据

2010 能源技术展望:面向 2050 年的情景与战略/国际能源署编著;张阿玲,尹秀梅,黄禾译.--北京:清华大学出版社,2011.2

ISBN 978-7-302-24919-1

I. ①②… II. ①国… ②张… ③尹… ④黄… III. ①能源—技术发展—研究—世界 ②能源—预测—世界 IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 020787 号

责任编辑:张占奎

责任校对:刘玉霞

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京嘉实印刷有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:203×270 印 张:31.5 字 数:797 千字

版 次:2011 年 2 月第 1 版 印 次:2011 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:158.00 元



地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

国际能源署

国际能源署（IEA）是一个自治机构，创立于1974年11月，其使命有两重：通过对石油供应的实际中断做出集体响应来促进其成员国的能源安全；就良好能源政策为成员国提供咨询。

国际能源署在28个发达经济体之间开展全面的能源合作计划，每个经济体都有义务持有相当于其90天净进口的石油库存。国际能源署的目标是：

- 确保成员国获得可靠、充足的各种形式能源供应；特别是，在石油供应中断时要通过维持有效的应急响应能力来实现。
- 促进在全球范围内推动经济增长和环境保护的可持续能源政策，尤其是要减少导致气候变化的温室气体的排放。
- 通过采集和分析能源数据改善国际市场的透明度。
- 支持全球能源技术协作，保障未来能源供应并减轻其环境影响，包括通过改善能源效率以及开发和推广低碳技术。
- 通过和非成员国、产业界、国际组织及其他利益相关者进行接触和对话找到全球能源挑战的解决方案。

国际能源署的成员国包括：

澳大利亚
奥地利
比利时
加拿大
捷克
丹麦
芬兰
法国
德国
希腊
匈牙利
爱尔兰
意大利
日本
韩国
卢森堡
荷兰
新西兰
挪威
波兰
葡萄牙
斯洛伐克
西班牙
瑞典
瑞士
土耳其
英国
美国



International
Energy Agency

© OECD/IEA, 2010
International Energy Agency
9 rue de la Fédération
75739 Paris Cedex 15, France

欧洲委员会也参与了国际能源署的工作。

本书呼吁改变能源技术发展进程,对能源技术进行革命,以应对目前能源供需模式产生的不良后果。书中还强调,如果我们不能改变能源技术发展进程,能源安全和气候变化问题将会变得更加严重。那么,《能源技术展望(ETP)》会告诉我们在迎接这些挑战时近年取得的进步。

我们正在见证一个迫切需要的历史性转变的早期阶段:高油价和全球金融危机可能已经改变了能源需求结构。我们确实可以看到经合组织(OECD)国家的“无油复苏”,这些国家的经济逐渐恢复增长,而石油需求并没有明显提高。我们还看到了大量的低碳技术在加速推广,尤其是在可再生能源、能源效率和先进汽车技术等领域。对清洁能源研究、开发和示范的投资在经历了二十多年的缩减和停滞后又开始呈现上升趋势,许多国家已承诺在未来还要加大投资力度。

本书告诉人们应对气候变化和加强能源安全需要低碳的源系统,从而不可避免地要开创电气化的新时代。为了实现这一目标,需要必要的技术创新以及激励投资的政策。

本书思考低碳能源结构对广泛的能源安全意味着什么。一方面,减少对进口化石燃料的依赖和加大对替代能源资源的开发有利于缓解当前人们关注的燃料供应安全性的问题。另一方面,必须制订创新政策以确保我们所需要的能源廉价和可靠,因为对低碳电力和生物燃料需求的增加,无疑会出现新的经济和技术挑战。

本书告诉人们世界主要经济体需要付出很大努力来共同应对气候变化,这需要真正意义上的全球性合作。我们将敏锐地认识到中国在世界能源需求、产品产量和二氧化碳排放中所占的份额在逐渐增加,正视这些现状,与国际能源署及其成员国和其他重要的非成员国建立更牢固的关系。汇集世界的决策者、企业代表和技术专家,讨论如何推广清洁能源技术的并做到最好。

中国能够而且必须齐心协力迎接我们所面临的全球能源挑战,学习《能源技术展望 2010》,它将告诉我们必须做什么。让我们共同努力,使美好的未来成为现实。

希望本书的中文版能成为能源领域政策制定者、科研工作者、投资商和一切关心能源和环境的人们、关心低碳发展的人们的讨论议题和参考书,能更广阔地开启我们的新思路,能更切实地落实我们的新规划。

中文版由清华大学核能与新能源技术研究院翻译完成,由清华大学出版社出版。在出版过程中遇到各种困难时,IEA的张吉女士和辛顿先生、美国能源基金会可持续发展项目陈灵艳女士给予了大力协助,在此特别感谢。张阿玲作为本项工作的负责人,承担了管理、协调、统稿等工作。其他主要译者和审校包括:尹秀梅、黄禾和很多清华大学核能与新能源技术研究院及中丹可再生能源项目办的同学和同事,感谢他们提出的意见和建议。

译者

2010年12月

上一部《能源技术展望(ETP)》在 2008 年夏季出版,书中呼吁对能源技术进行革命,以应对目前能源供需模式产生的不良后果。书中还强调,如果我们不能改变能源技术发展进程,能源安全和气候变化问题将会变得更加严重。那么,过去两年中在迎接这些挑战时我们是否取得了一些进步呢?

初看起来情况似乎没有多大改变,许多国家还在讨论长期气候变化框架模式,全球温室气体排放继续攀升,能源安全问题一直如影随形,石油价格居高不下,且波动更剧。

事实上,我相信我们也许正在见证一个我们迫切需要的历史性转变的早期阶段:高油价和全球金融危机可能已经改变了能源需求结构。我们确实可以看到经济合作组织(OECD)国家的“无油复苏”,这些国家的经济已恢复正增长,而石油需求并没有明显提高。令人鼓舞的是,我们还看到了大量的低碳技术在加速推广,尤其是在可再生能源、能源效率和先进汽车技术等领域。对清洁能源研究、开发和示范的投资在经历了二十多年的缩减和停滞后又开始呈现上升趋势,而且许多国家已承诺在未来还要加大投资力度。

但是,严峻的挑战依然存在。应对气候变化和加强能源安全需要能源系统的绝对低碳,从而不可避免地要开创电气化的新时代。我们需要打破二氧化碳排放和经济产出之间的历史渊源,从现在开始,而且不是仅仅持续几年。本书(ETP2010)告诉人们如何实现这一目标,而且确定了必要的技术以及激励投资的政策。更重要的是,它还清楚地证明了如何从减排二氧化碳和节约化石燃料中受益。

我们还要思考低碳能源结构对广泛的能源安全意味着什么。一方面,减少对进口化石燃料的依赖和加大对替代能源资源的开发有利于缓解当前人们关注的燃料供应安全性的问题。另一方面,因为对低碳电力和生物燃料需求的增加,无疑会出现新的挑战,即必须制订创新政策以确保我们所需要的能源廉价而可靠。

本书还告诉人们世界主要经济体需要付出多大努力来共同应对气候变化,这需要真正意义上的全球性合作。我们敏锐地认识到 IEA 成员国在世界能源需求、产品产量和二氧化碳排放中所占的份额在逐渐减少,正视这些现状,国际能源署及其成员国必须与中国、印度、俄罗斯等其他重要的非成员国建立更牢固的关系。新拟议中的国际低碳能源技术平台就是我们正在采用的途径之一。该平台由 2009 年 10 月的国际能源署部长级会议签署成立,其使命是汇集决策者、商界代表和技术专家,讨论如何鼓励清洁能源技术的推广并做到最好。我们希望迎来一个更广、更高、更积极的合作新时代。

我们能够而且必须齐心协力迎接我们所面临的全球能源挑战,这别无选择。《能源技术展望 2010》告诉我们必须做什么。让我们一起将这能源革命之路进行到底,并使之成为现实。

本书是在我作为 IEA 执行主席授权下完成的,不一定体现 IEA 成员国的观点。

IEA 执行主席 Nobuo Tanaka

本书由国际能源署可再生能源政策与技术部门完成, Bo Diczfalussy 在其中发挥了杰出的领导作用, 能源署其他部门也给予了大力协助。能源技术政策部部长 Peter Taylor 作为项目负责人, 承担了整个研究的设计和部署。其他主要作者包括: Pierpaolo Cazzola, Francois Cuenot, Joana Chiavari, David Elzinga, Lew Fulton, Ben Gibson, Tom Kerr, Steven Lee, Uwe Remme, Cecilia Tam, Michael Taylor, Paul Tepes 和 Nathalie Trudeau。

很多 IEA 的其他同事也做了大量的工作, 特别是 Brendan Beck, Barbara Buchner(提供气候政策方案), Keith Burnard, Kat Cheung, Hugo Chandler, Zuzana Dobrotkova, Paolo Frankl, Dagmar Graczyk, Yuichi Ikeda, Andrea Nour, Sara Pasquier, Cédric Philibert, Carrie Pottinger, Jonathan Sinton 和 Jayen Veerapen。此外, Sun Joo Ahn, Richard Baron, Marco Baroni, Fatih Birol, Jean-Yves Garnier, Didier Houssin, Julie Jiang, Nigel Jollands, Samantha Ölz, Roberta Quadrelli 和 Sylvie Stephan 也提供了宝贵的建议和支持。经合组织核能机构的 Martin Taylor 是核能发展路线图的主要作者。水泥发展路线图根据世界可持续发展商业委员会(WBCSD)水泥可持续发展方案撰写。

很多外国专家也对本书的不同章节作出了巨大贡献。Heather Haydock(AEA 技术)除了帮助协调研究工作外, 还对加快低碳技术转变的政策一章做了很多工作。彭博新能源财经则对融资这一章提供了很大帮助。人为因素研究协会的 Karen Ehrhardt-Martinez 协助撰写了技术选择和行为一章。美国能源部布鲁克海文国家实验室的 Tom Alfstad、斯图加特大学的 Markus Blesl 和 Tom Kober 分别撰写了建模和美国及 OECD 欧洲的章节。与中国有关的章节则要感谢清华大学的陈文颖、复旦大学的吴立波和能源研究所的杨玉峰, 以及他们的同事。

国际能源署对印度能源技术展望专家组的贡献表示感谢, 感谢专家组组长 S. M. Dhiman(中央电力局议员), 电力小组组长 I. C. P. Keshari(电力部联合秘书), 建筑小组组长 Ajay Mathur 博士(能源效率局局长), 工业小组组长 V. Raghuraman(捷豹海外有限公司首席顾问), 交通小组组长 Dilip Chenoy(印度汽车制造业协会会长), 以及所有在“IEA-印度双边研讨会——印度 ETP2010 区域分析”上就会议主题提供宝贵建议和意见反馈的参会者。

Gillian Balitrand, Annette Hardcastle, Catherine Smith 和 Colette Davidson 协助收集稿件, Rob Wright (Wrightand 有限公司)负责编辑。

本书由 IEA 交流与信息办公室付印, Jane Barbière, Madeleine Barry, Viviane Consoli, Muriel Custodio, Rebecca Gaghen, Delphine Grandrieux, Corinne Hayworth, Bertrand Sadin 和 Marilyn Smith 协助厘清各种内容归类问题, 优化了版面布局和图形设计。

特别感谢前 IEA 同事 Pieter Boot 和 Dolf Gielen, 感谢他们在项目开始及后期专家评审期间的付出和支持。

IEA 能源研究与技术委员会(CERT)的成员指导本研究的完成,在他们的协助下,书中的政策相关性从本质上得到提高。长期合作常设小组、能源终端利用技术工作小组、可再生能源工作小组和化石燃料工作小组均付出了自己的努力并提供了有价值的建议。

IEA 执行协议

本书中的技术分析基于 IEA 独有的能源技术国际合作网络的帮助,来自 42 个 IEA 执行协议的专家们提供了相关的技术数据、建议和评论。这些专家包括:

先进交通材料

Stephen Hsu

需求侧管理

Hans Nilsson

Seppo K. rkk. inen

区域供热和制冷

Robin Wiltshire

高效电力设备

Hans-Paul Siderius

电网分析、研究与开发

Lars Audun Fodstad

Rainer Bacher

John Baker

Otto Bernsen

Minnesb Bipath

Michele DeNigris

Stig Goethe

Eric Lightner

Ian Welch

蓄能节能

Andreas Hauer

Astrid Wille

热泵技术

Monica Axell

Jerry Groff

Roger Nordman

Shogo Tokura

混合动力和电力汽车技术与项目

Urs Muntwyler

Martijn Van Walwijk

高温超导

Guy Deutscher

氢能

Mary-Rose de Valladares

IEA 清洁煤中心

Paul Baruya

Colin Henderson

John Kessels

John Topper

IEA 温室气体研发项目

John Davison

可再生能源技术推广

Ryan Katofsky

Kristian Petrick

Matthew Stanberry

太阳能供热与制冷

Esther Rojas

风能系统

Hannele Holttinen

专家评论

专家们在本书中通过分析提出了大量宝贵的反馈意见。这些专家包括：

Rosemary Albinson, Castrol(英国), Roy Antink, Skanska AB(瑞典), Robert Arnot(加拿大自然资源部), Paul Arwas(英国独立咨询顾问), Zafer Ates(常驻土耳其 OECD 代表, 法国), 白泉(中国能源研究所), Francoise Bartiaux(比利时鲁汶天主教大学), Matthew Bateson(世界可持续发展工商理事会, 瑞士), Barbara Bauman Tyran(美国电力研究院), Georg B. uml(德国大众汽车), Chris Bayliss(国际铝业协会, 英国), Morgan Bazilian(联合国工业发展组织, 奥地利), David Beauvais(加拿大自然资源部), Martina Beitke(欧洲化学工业委员会, 比利时), Ron Benioff(美国国家可再生能源实验室), Kamel Bennaceur, Schlumberger(法国), Alissa Boardley(加拿大环境部), Inger Pihl Byriel, Energinet(丹麦), Terry Carrington(英国能源与气候变化部), Satish Chander(印度化肥协会), Ian Christmas(国际钢铁协会, 比利时), Robert Clover(英国汇丰银行), Jonathan Coony(世界银行, 美国), Karlynn Cory(美国国家可再生能源实验室), Sean Cuthbert(英国劳氏船级社), Pradeep Kumar Dadhich(印度能源与资源研究院), Francois Dassa(法国电力公司), Pedros Dias(欧洲太阳能光热产业联合会, 比利时), Carmen Difiglio(美国能源部), Rick Duke(美国能源部), George Eads(美国咨询顾问), Andrew Eil(国际金融公司, 美国), Eric J. ten Elshof(荷兰经济部), Craig Erdrich(美国能源部), Robert Falzon, Goldman Sachs(英国), Nicolas Fichau(欧洲风能协会, 比利时), Michel Folliet(国际金融公司, 美国), Timothy Foxon(英国利兹大学), Jim Fritz(美国联合技术公司), Eamon Geraghty(国际建材集团, 爱尔兰), Doug Grano(美国环保局), Sallie Greenberg(美国伊利诺伊州地质调查局), Jake Handelsman(美国林业与纸业协会), Atsushi Hatano(日本尼桑), Ruth Herbert(英国能源与气候变化部), Andrew Higham(联合国气候变化框架公约组织秘书处, 德国), Neil Hirst(英国帝国理工学院), Volker Hoenig(德国水泥企业协会), Bazmi Husain(瑞士 ABB 集团), Tomoya Ichimura(日本新能源与产业技术开发机构), Kejun Jiang(中国能源研究所), Nakhun Jung(韩国

知识经济部), Birte Holst Jorgensen(丹麦科技大学), Mitsuru Kaihori(日本纸业协会), Larry Kavanagh(美国钢铁研究院), Ron Knapp(英国 IAI 公司), Steve Kidd(国际核能协会, 英国), Joris Knigg(荷兰 Enexis 能源公司), Bernhard Kohl(欧洲钢铁联盟, 比利时), Joachim Krüger(欧洲化学工业联合会, 比利时), Martyna Kurcz-Jenn(阿尔斯通公司, 比利时), Skip Laitner(美国节能经济委员会), Paul Lansbergen(加拿大林业产品协会), Erin Laws(新西兰能源效率与节约管理局), Jean Le Cocguic(OECD, 法国), Henry Lee(美国哈佛大学), Yongpil Lee(韩国知识经济部), Xavier Leflaive(OECD, 法国), Alan Meier(美国劳伦斯伯克利国家实验室), Maria Mendiluce(世界可持续发展商业理事会, 瑞士), Gilles Mercier(加拿大自然资源部), Andy Miller(美国环保局), Marco Mensink(欧洲纸业联盟, 比利时), Motomi Miyashita(日本天然气协会), Fuad Mohamed Siala(石油输出国组织, 奥地利), Danielle H. Monosson(美国国务院), David Mora(丹麦佛伦斯堡大学), Ben Muirhead(国际化肥工业协会, 法国), Denise Mulholland(美国环保局), S. Nand(印度化肥协会), Nakano Naokazu(日本钢铁联合会), Thomas Nowak(欧洲热泵协会, 比利时), Nils-Olof Nyland(芬兰国家技术研究中心), Stathis Peteves(欧洲委员会联合研究中心, 荷兰), Dirk Pilat(OECD, 法国), Sean Plasynski(美国能源部国家能源技术实验室), Thomas Pregger(德国航空航天中心), Shuba V. Raghavan(印度科学、技术和政策研究中心), Wayne Richardson(加拿大独立咨询顾问), Nick Robins(英国汇丰银行), Hans-Holger Rogner(国际原子能机构, 维也纳), Sea Rotmann(新西兰能源效率与节约管理局), Claes Ryttoft(瑞士 ABB 公司), Steve Sawyer(世界风能理事会, 比利时), Laurent Schmitt(阿尔斯通公司, 法国), Elizabeth Shove(英国兰卡斯特大学), William Sissions(美国联合技术公司), Rebecca Smith-Kevern(美国能源部), Erik Kjer Soerensen(丹麦维斯塔斯风力技术公司), Ravi Srivastava(美国环保局), Garry Staunton(英国碳信托有限公司), Helga Stenseth(挪威外交部), Paul Stern(美国国家科学院), Didier Stevens(丰田汽车公司, 欧洲), Gary Stiegel(美国能源部国家能源技术实验室), Ulrik Stridbeck(丹麦 DONG 能源公司), Hiroyuki Takahashi(日本东京电力公司), Wanna Tanunichaiwatana(联合国气候变化框架公约组织秘书处, 德国), Martin Taylor(OECD 核能署, 法国), Shogo Tokura(日本热泵与蓄热中心), Ferenc L. Toth(国际原子能机构, 维也纳), Franz Trieb(德国航空航天中心), Caroline Twigg(世界可持续发展商业理事会, 瑞士), Alice Tyne(英国彭博新能源财经), Fridtjof Unander(挪威研究理事会), Diana ürge-Vorsatz(匈牙利中欧大学), Rob van der Meer(海德堡水泥公司, 荷兰), Charles Vlek(荷兰格罗宁根大学), Michael Wang(美国阿贡国家实验室), Shannon Wang(21 世纪可再生能源政策网络秘书处, 法国), 王彦佳(中国清华大学), Masaaki Watanabe(日本东京电力公司), Wolfgang Weber(德国巴斯夫集体), Anthony White(B&W 能源公司, 英国), Michael Whitfield(澳大利亚资源、能源和旅游部), Mark Winskel(英国爱丁堡大学), Bartosz Wojszczyk(美国通用电气公司), Jacqueline Wong(美国能源部), Casey Zils(欧洲气候交易所, 英国)

研讨会

在本书框架设计和技术路线图开发的过程中召开了一系列大大小小的会议, 参会者发表了各自的新见解, 并提供了技术数据和反馈建议。这些会议包括:

- 加强国际技术合作, 2008 年 11 月 12—13 日, 华盛顿特区;
- 电力和插入式混合动力汽车路线图会议, 2009 年 1 月 26—27 日, 巴黎;

- 碳捕集与封存会议——融资、法律法规和公众意识问题,2009年2月23日,巴黎;
- 专家评估工业情景,2009年2月9—10日,巴黎;
- 全球技术组合研究与开发——加快技术发展的战略,2009年4月28—29日,巴黎;
- 能源技术转换项目启动研讨会,2009年6月13—14日,北京;
- 首届 IEA—印度能源技术展望专家组会议,2009年10月20日,德里;
- 从路线图到实施,2009年11月2—3日,巴黎;
- ETP2010 区域分析研讨会,2010年1月19日,北京;
- 能源技术路线图研讨会,2010年1月20日,北京;
- IEA—印度双边研讨会——印度 ETP2010 区域分析,2010年1月29日,新德里;
- 技术总监圆桌会议,2010年2月2日;
- 能源效率与低碳建筑(供热与制冷),两年来共召开五次相关研讨会,即2009年11月9日的热泵研讨会,2009年12月9日的热能储存研讨会,2010年2月2日的太阳热能研讨会,2010年2月3日的热电联产研讨会,以及2010年5月6—7日的政策与融资问题研讨会。

本研究所需费用均为自愿捐款,也得到了 IEA 内部许多政府的支持,包括澳大利亚、加拿大、丹麦、德国、日本、荷兰、挪威、瑞士、英国和美国。

对本研究作出贡献的个人和组织对本书中的观点或判断不承担任何责任,本书如有错误和遗漏,则由 IEA 负责。

欢迎评论和提问,请联系:

Peter Taylor

Head, Energy Technology Policy Division

International Energy Agency

9, Rue de la Fédération

75739 Paris Cedex 15

France

Email: peter.taylor@iea.org

在能源行业,气候变化的威胁是近年来关注的焦点。与此同时,其他两个问题也从这阴影中重新浮现出来。2008/2009 年的金融危机(一些分析师认为其同石油价格波动有关)更使人们担忧居高的能源价格可能削弱经济增长。新闻头条报道,乌克兰天然气供应量削减,索马里海岸油轮被劫持,尼日利亚石油管道爆炸,墨西哥湾的石油钻机被飓风摧毁,这些都表明能源安全威胁在以多种形式在各个意想不到的地方发生着。几年来,国际能源署提出需要一场基于低碳技术广泛应用的能源革命来应对气候变化的挑战。*Energy Technology Perspectives 2010 (ETP 2010)* (《能源技术展望 2010》)表明,低碳未来也是加强能源安全和促进经济发展的有力工具。

同样重要的是,ETP 2010 强化了能源技术革命正在进行这一早期迹象。风能和太阳能为主的可再生能源投资正在大幅增加。许多国家正在考虑建设新核电站。经合组织国家能源效率提高的速度经过多年温和上升后开始再次加快。用于低碳技术研发和示范的公共投资正在增加。在交通运输行业,各大汽车公司都把混合动力和全电动汽车加入到他们的产品线中,许多政府也已推出计划来鼓励消费者购买这些汽车。然而,这些令人鼓舞的进展仅代表在转变能源供应和使用方式这一漫长征程中迈出了微小破碎的第一步。推动能源需求和与气候变化相关的 CO₂ 排放量增加的各种趋势将继续以不屈不挠的步伐前进。

目前的能源和 CO₂ 趋势与联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)多次发出的警告背道而驰。IPCC 得出结论,与 2000 年水平相比,到 2050 年需要全球 CO₂ 排放量至少削减 50% 才能把全球长期平均温度上升限制在 2.0~2.4℃。最近研究表明,气候变化正在以比此前预期快得多的速度发生,甚至“2050 年削减 50%”的目标都可能不足以阻止危险的气候变化。

虽然各国为应对气候变化正在继续努力建立一个长期的政策框架,但联合国气候变化框架公约第 15 次缔约国会议显示,在设立“自上而下”具有法律约束力的目标问题上达成协议非常困难。然而,第 15 次缔约国会议在一些关键问题上也取得了进展。《哥本哈根协定》虽然没被第 15 次缔约国会议正式采用,但在许多重要问题上都达成了很大程度的共识,包括:把全球温度上升控制在小于 2.0℃;到 2050 年实现全球温室气体深度减排;技术在实现上述目标中的重要作用;为发展中国家提供额外资金的必要性。许多国家政府已经在通过增加资金投入支持低碳能源研发、制定更有效的新政策、设立国家减排目标来支持哥本哈根协定原则。

ETP 2010 提供了国际能源署关于低碳能源技术如何促进 CO₂ 深度减排的视角,为这一发展势头注入真知灼见。本书使用技术经济方法评估成本和效益,探讨实现能源政策目标应采取的最低成本路线,同时也提出了克服技术障碍和政策障碍的措施。具体来说,ETP 2010 探讨了发电和工业、建筑、交通运输等关键终端用能行业未来燃料和技术的可选方案。本版第一次包含了对经合组织欧洲、美国、中国和印度的分析,这四个区域合计占目前全球一次能源需求总量的 56%。然后指出要实现一个可持续能源的未来所需的技术转变,并提出了一系列技术路线图描绘发展路径。ETP 2010 的其他新元素包括融资、行为变化、在发达国家和新兴经济体中间传播

技术,以及关键能源技术对环境的影响等章节。

显然,目前能源技术革命正“自下而上”地发生着。从许多方面来说,这是一个健康的迹象:许多能源挑战对当地人口的影响最大——这些人需要找到适合当地情况的解决方案。最终,需要一个全球战略来应对挑战的规模,这不仅是因为全球化使主要经济体在贸易、投资和技术传播方面日益相互依赖。另一个引人注目的发展是,这些努力反映出政府、工业和民间社会之间的联系已得到加强。*ETP 2010* 强调要采取能够保证全面考虑和更广泛应用的创新政策和行动。

未来十年至关重要。如果 2020 年左右排放量没有达到高峰且之后没有稳定回落,到 2050 年实现减排 50% 的成本将更加昂贵。事实上,可能会完全丧失机会。在以后某个时间重获减排 50% 需要更大的 CO₂ 减排量,需要更短时间内采取更为激进的行动,且需要比政治上可以接受高得多的成本。

对能源安全的关注、气候变化的威胁和满足不断增长的能源需求的必要性(特别是在发展中国家)都对能源决策者构成了重大挑战。推进低碳技术革命将涉及众多利益相关者(指所有个人或专业领域中的个体)数百万的选择。然而,选择本身可能是一个障碍:整合大量信息最终达到最佳选择这一过程可能使其陷入瘫痪。本书展示了应对这些挑战所需的现有技术和新型技术的组合,规划了行动的重点领域和可以帮助实现变革的机制。这种做法旨在帮助各个领域的决策者确定具体情况下哪些技术和政策组合奏效。*ETP 2010* 纳入旨在促进技术推广的详细路线图,希望推动能源革命的两个方面:在进步速度方面进行必要的逐步变革和所有国家、行业、利益相关者的更广泛参与。

ETP 情景呈现的是可选方案而不是预测

ETP 2010 对各种情景进行分析和比较。这种做法的目的并不是要预测将会发生什么,而是要展示创造一个更安全、更持续的能源未来的许多机会。

ETP 2010 基准情景参考 *World Energy Outlook 2009* (《世界能源展望 2009》) 中到 2030 年的情景,将其延伸到 2050 年,假定政府没有推出新的能源和气候政策。相比之下,蓝图情景(有几种变体)具有目标导向性:它设定到 2050 年要减少全球一半与能源有关的 CO₂ 排放量(相比 2005 年),并探讨了通过应用现有和新型低碳技术实现这一目标成本最低的方法(图 1)。蓝色情景还能加强能源安全(如减少对化石燃料的依赖),并能带来促进经济发展的其他好处(如降低空气污染使健康状况得到改善)。快速比较 *ETP 2010* 各种情景结果,可以看出低碳技术能提供一个完全不同的未来(表 1)。

表 1 基准情景和蓝图情景下能源和排放趋势: 2050 年和 2007 年相比

基 准 情 景	蓝 图 情 景
与能源相关的 CO₂ 排放量大约增长 1 倍	与能源相关的 CO₂ 排放量减少 50%
一次能源使用上升 84%; 能源使用碳强度增加 10%	一次能源使用上升 32%; 能源使用碳强度下降 64%
液态燃料需求增加 57%, 要求大量使用非常规石油和合成燃料; 原煤需求增加 138%; 天然气需求量增加 85%	液态燃料需求降低 4%, 生物燃料占燃料总量的 20%; 煤炭需求下降 36%; 天然气下降 12%; 可再生能源提供将近 40% 的一次能源供应
发电产生的 CO₂ 排放量增加 1 倍多; CO₂ 强度稍有下降, 达到 459 g/kW·h	发电产生的 CO₂ 排放量减少 76%; CO₂ 强度降低到 67 g/kW·h

续表

基准情景	蓝图情景
化石燃料占电力生产的 2/3 多；可再生能源发电略有增加至 22%	可再生能源发电 48%；核能发电 24%；运用 CO₂ 捕集和封存技术(CCS)的发电厂发电 17%
CO₂ 捕集和封存技术没有商业化	利用 CO₂ 捕集和封存技术捕集到 9.4Gt CO₂；其中 55% 为发电产生, 21% 为工业行业产生, 24% 为燃料转化产生
建筑行业 CO₂ 排放量(包括与电力使用相关的排放)增长将近 1 倍	通过低碳电力、能源效率和转而使用低碳和零碳技术(包括太阳能采暖和制冷、热泵和热电联产技术), 建筑行业 CO₂ 排放量减少 2/3
轻型汽车销售的近 80% 依赖于常规汽油或柴油技术；石油产品满足超过 90% 的交通运输能源需求	轻型汽车销售的几乎 80% 为插电式混合动力车、电动车或燃料电池汽车；最终交通运输需求中石油产品份额下降到 50%
随着工业生产增加, 工业行业 CO₂ 排放量增长近 50%	主要由于能源效率、燃料转换、循环利用、能源回收和 CO₂ 捕集和封存技术, 工业 CO₂ 排放量下降大约四分之一
能源供应和使用的总投资额为 270 万亿美元	投资额比基线高 46 万亿美元(17%)；累计节省燃料价值比基线高 112 万亿美元
能源需求增长的近 90% 发生在非经合组织国家, 占全球 CO₂ 排放量的近 3/4	相比 2007 年, 非经合组织国家 CO₂ 减排约为 30%；经合组织国家占全球 CO₂ 排放总量不到 1/4, 比 2007 年排放减少 70%~80%

专栏 1 模型中的信息

ETP 2010 调查结果加强了以往版本中的结论, 同时也提醒大家, 自从第一版于 2006 年发布以来, 世界仍在继续向着错误的方向发展——甚至以更快的步伐发展。从 1990 年到 2000 年, 全球 CO₂ 排放量年平均增加 1.1%。在随后 7 年中, 排放量年增长率上升到 3.0%。两个主要因素是显而易见的: 以煤为基础的经济体能源需求日益上升; 较高油价和天然气价格情况下燃煤发电增加。煤使用产生的排放量年增长率由 0.6%(1990 年至 2000 年期间)上升至 4.8%(2000 年至 2007 年期间)。

最重要的信息仍然不变: 目前趋势——如基准情景所说明——相对于环境、能源安全和经济发展来说显然是不可持续的。对化石燃料(特别是煤)的持续依赖继续推动了 CO₂ 排放量的增长和化石燃料价格的提高。例如, 假定石油价格到 2050 年会达到每桶 121 美元(以 2008 年价格计算)。

但碳密集的未来不一定需要发生。利用现有技术和新技术的结合, 如蓝色情景所设想, 到 2050 年可以将全球与能源有关的 CO₂ 排放量减少一半。实现此目标具有挑战性, 并需要大量的投资。但对提高环境质量, 加强能源安全和减少能源账单将大有裨益。此情景下, 到 2050 年估计石油价格仅为每桶 70 美元(以 2008 年价格计算)。

- 低碳技术组合(完全商用时所需成本高达 175 美元/t CO₂)对实现到 2050 年 CO₂ 减排 50% 是必需的。没有一种技术或一小组技术可以单独实现所需的变化规模。
- 低碳技术的广泛应用到 2050 年可使全球石油、煤和天然气需求低于目前水平。即便如此, 在可预见的未来, 化石燃料仍会是世界能源供应的重要因素。

续

- 能源效率的提高(其中大部分可以通过低成本来实现),在至 2050 年期间为 CO₂ 减排提供了最大潜力,短期内应该是最重要的任务。
- 电力行业脱碳作为减排的第二大来源是至关重要的,要求大幅度增加可再生能源和核电的份额,化石燃料发电时要利用 CO₂ 捕集和封存技术。
- 脱碳电力供应通过电气化(如从内燃机汽车转换为电动汽车和混合动力汽车,从化石燃料供暖转换为高效热泵)为终端用能行业减排提供了大量机会。
- 需要新型低碳技术来保证 2030 年以后能继续减排,特别是在终端用能行业,如交通运输、工业和建筑行业。

未来本身具有不确定性,而且将始终如此。经济增长趋势(从而还有能源使用和排放趋势)和技术发展难以预测。低碳技术开发和推广的组合方法可帮助应对这种不确定性。

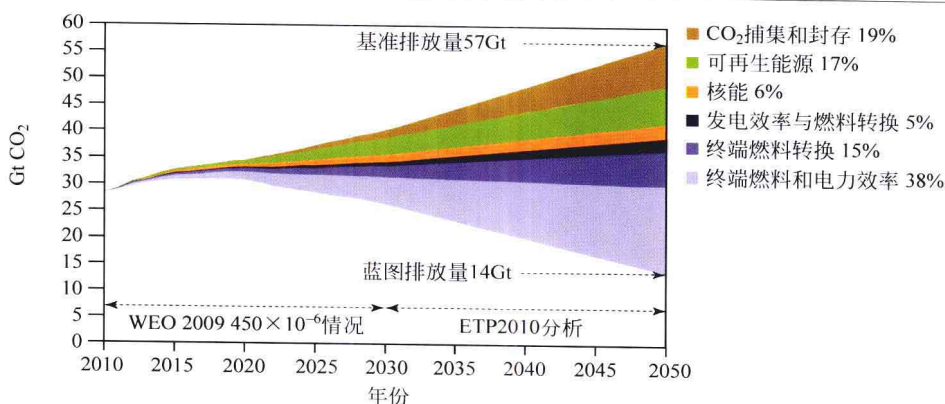


图1 蓝图情景下 CO₂ 减排关键技术

要点: 需要广泛的技术来大幅减少与能源有关的 CO₂ 排放量。

技术政策

目前许多最有前途的低碳技术与使用化石燃料相比成本较高。只有通过技术研发、示范和推广才会减少这些成本,且技术才会表现出经济性。因此,各国政府和工业行业需要通过并行和相互关联的若干途径进行能源技术创新。大多数新技术在某个阶段都需要研发和示范的“推动力”和市场推广的“拉动力”。

在制定有效技术政策方面,各国政府的作用至关重要:政策要确立坚实的基础和框架以作为其他利益相关者(包括工业行业)的基础。适当情况下,政策需要涉及整个研发、示范和推广阶段,这样可以减少其他参与者在技术发展早期的风险,然后逐渐让技术应对更激烈的竞争,同时当低碳经济站稳脚跟之时允许参与者获得合理的投资回报。

各国政府需要在未来十年中以前所未有的水平进行干预以避免锁定高排放的低效技术。必须迅速采取行动,执行一系列旨在减少成本竞争力差距范围、反映个别技术和市场的竞争力及成熟度的技术政策(见图2)。首要目标应是减少风险、加大推广和降低成本。有证据表明,大部分突破性创新都来自于敢于挑战现有商业模式的新兴公司。因此,政府逐步消除新兴公司进入和成长障碍的政策对低碳能源技术的发展可能意义重大。

近年来,把给碳排放定价作为一种刺激能源革命所需清洁技术开发和推广手段的政策的重

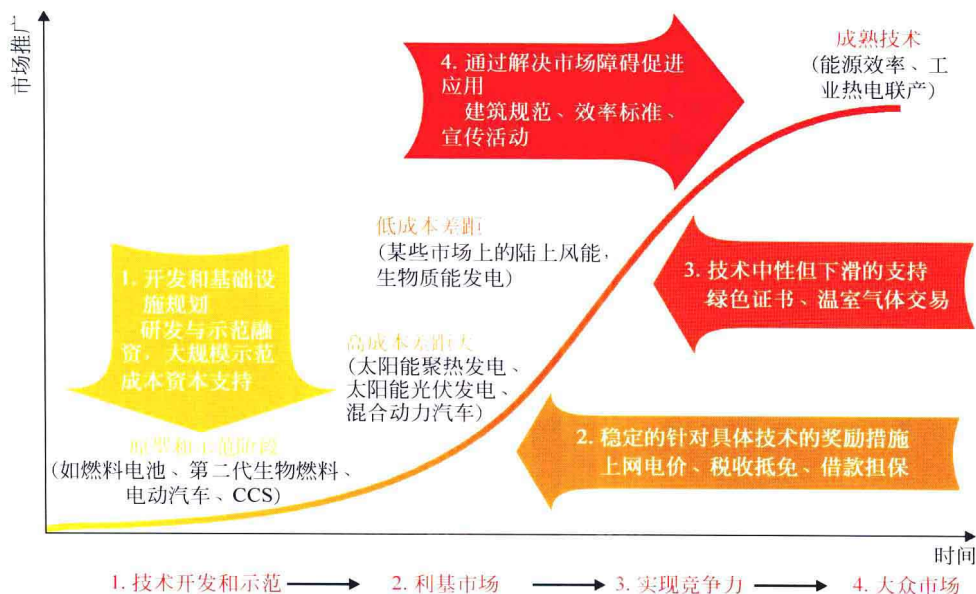


图2 低碳技术配套政策

注：此图包括广义技术分类；多数情况下，既定时间内各种技术属于多个范畴。

要点：需要根据技术发展的不同阶段制定有针对性的政府配套政策。

要性备受关注。《哥本哈根协议》承认把市场手段作为提高成本效益的方法。虽然这种政策（如碳交易）有可能成为变革的重要驱动器，但它们并不一定是实现具有较长期减排效益的更为昂贵的技术短期投资的最有效方式。此外，一个真正的全球碳市场可能要很多年后才会发生。

政府可以借鉴其他各种工具为符合国家政策目标的技术创造市场，包括法规、税收减免、自愿项目、补贴和市场宣传活动。但他们也需要有退出路线：政府支持力度应随时间而减少，并当技术具有竞争力之时全面取消——或者实际上他们明显不可能这样做。

ETP 2010 估计，要达到 CO₂ 减排 50% 的目标，政府对低碳技术研发和示范的投资需要比现在水平高 2~5 倍，这种观念被许多国家所重视。主要经济体论坛成员政府和国际能源署各国政府已同意大幅度增加和统筹公共部门低碳研发和示范投资，到 2015 年投资增加一倍。然而，单纯增加经费不足以提供必要的低碳技术。目前政府的研发和示范方案和政策需要通过设计和实施中的最佳实践得到改善。这包括设计符合国家政策重点和能够满足资源可用性的战略方案；如果需要，严格评价结果和调整支持力度；加强政府与业界的联系、基础科学与应用能源研究界的联系以加快创新。

专栏 2 国际能源署技术路线图

应八国集团部长会议的要求，国际能源署正在制定路线图，以加快最重要低碳技术的开发和推广。每个路线图都提出了 2050 年的共同目标并指明了国际、国内各利益相关方需要采取的行动。这种集体做法是非常重要的，其使新技术研发、示范和推广投资净效益最大化。该路线图还涉及区域和全球范围内的一些交叉问题来保证新技术的成功开发。

国际能源署许多技术路线图建议加强各部门之间的伙伴关系，以加快创新和从示范到商业应用的转型。这种伙伴关系对于 CO₂ 捕集和封存技术、电动汽车技术可能尤为适当，这两种技术都将取决于产业和技术的新商业模式的建立。