



INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

ENERGY TECHNOLOGY PERSPECTIVES

Scenarios & Strategies to 2050

能源技术展望

—— 面向2050年的情景与战略

张阿玲 原鲲 石琳 尹秀梅 译

清华大学出版社

ENERGY TECHNOLOGY PERSPECTIVES

Scenarios & Strategies to 2050

能源技术展望

—— 面向2050年的情景与战略

张阿玲 原鲲 石琳 尹秀梅 译

清华大学出版社

北京

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2009-2132

Energy Technology Perspectives-Scenarios and Strategies to 2050, © OECD/IEA, 2006. While the IEA is the author of the original English version of this publication, the IEA takes no responsibility for the accuracy or completeness of this translation. This publication is translated under the sole responsibility of Tsinghua University.

能源技术展望——面向 2050 年的情景与战略

本书的英文版由 IEA 出版,但 IEA 不对中文版的准确性和完整性负责。中文版由清华大学核研院翻译。

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

图书在版编目(CIP)数据

能源技术展望: 面向 2050 年的情景与战略/国际能源署编; 张阿玲等译. —北京: 清华大学出版社, 2009. 4

ISBN 978-7-302-19398-2

I. 能… II. ①国… ②张… III. 能源—技术发展—发展战略—研究 IV. TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 028515 号

责任编辑: 张占奎

责任校对: 赵丽敏

责任印制: 孟凡玉

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

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 装 者: 三河市春园印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 203×270 印 张: 21.25 字 数: 554 千字

版 次: 2009 年 4 月第 1 版 印 次: 2009 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 1~2000

定 价: 108.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770177 转 3103 产品编号: 026922-01

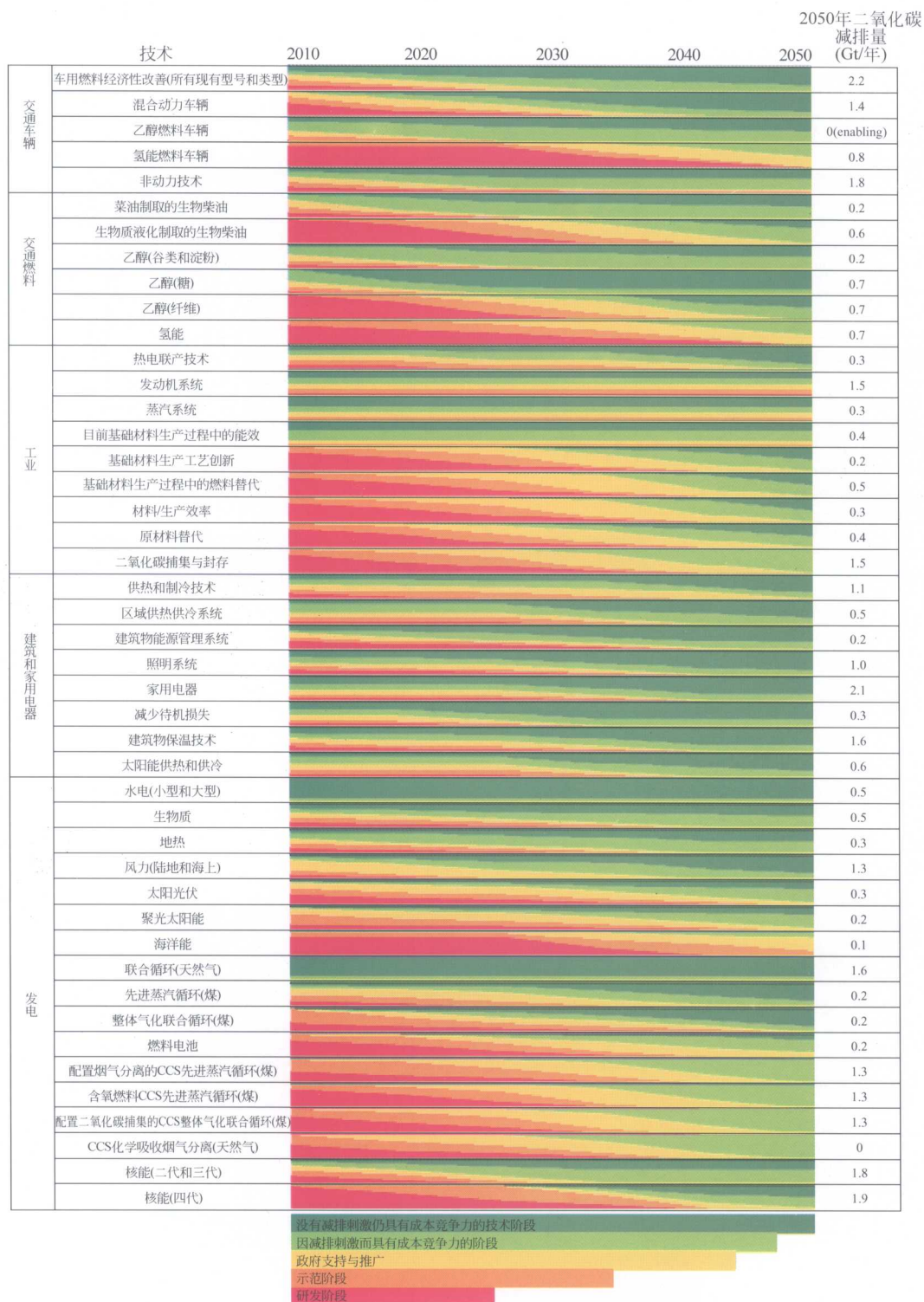


图 3.2 ACT 情景中技术阶段向成本竞争阶段的过渡

注：分配到每种技术的二氧化碳减排仅仅反映了该技术的直接收益；并不能说明该技术比其他技术具有更强的减排能力。先进而高效的燃煤发电厂广泛采用二氧化碳捕集与封存技术是必要的。因为误差二氧化碳减排潜力不一定和表 2.2 相符。技术附加情景中描述了四代核电、氢能和燃料电池的减排贡献，ACT 路线图情景中描述了其他类型的减排。

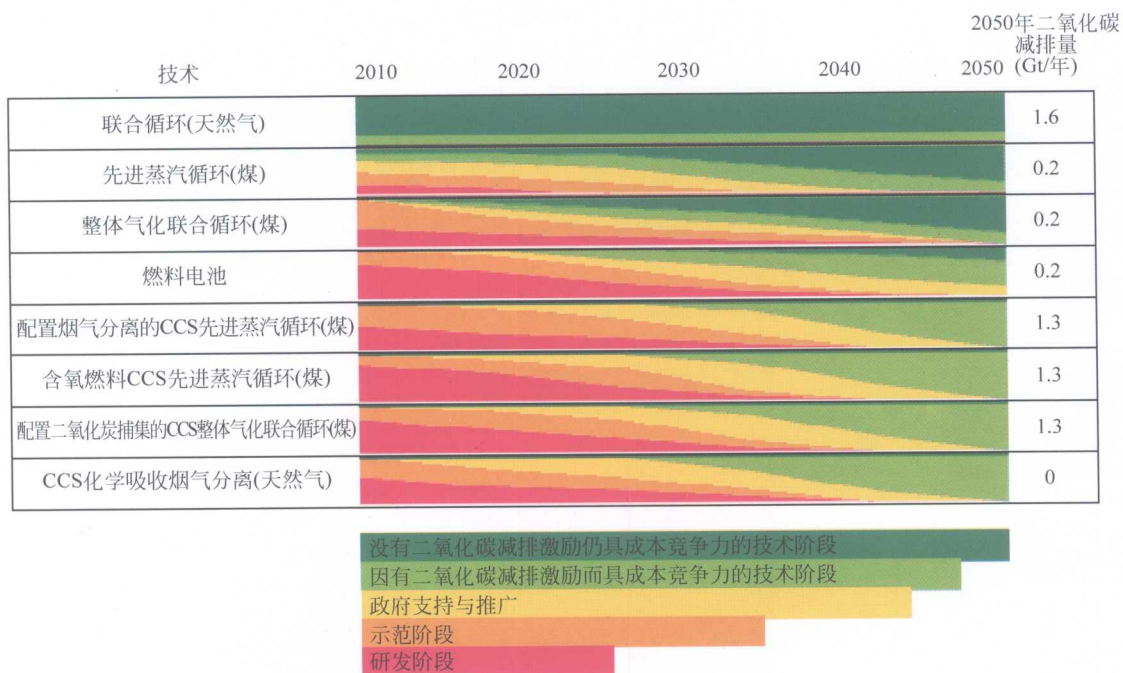


图 3.4 化石燃料发电技术向实现成本竞争力过渡

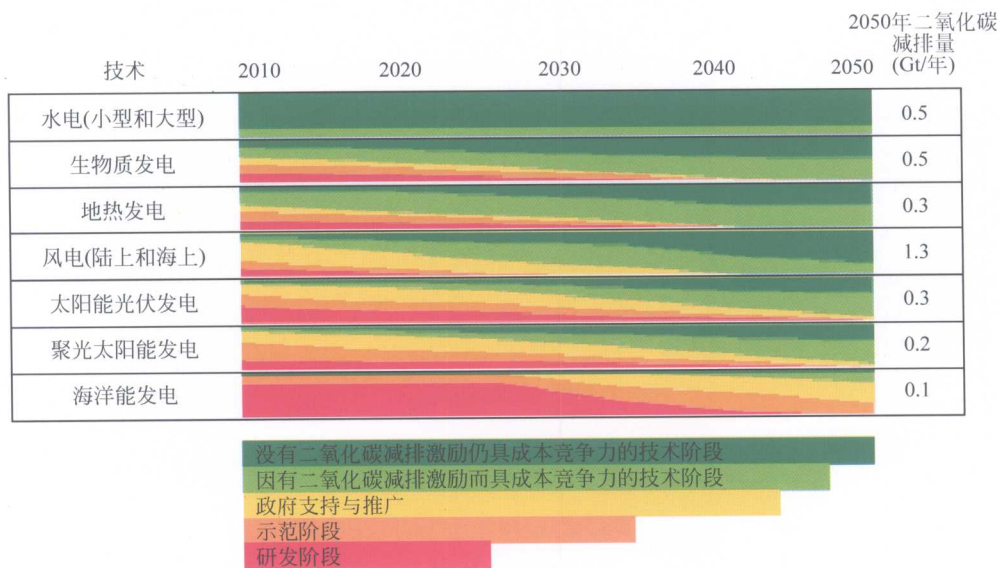


图 3.6 可再生能源发电技术向实现成本竞争力过渡

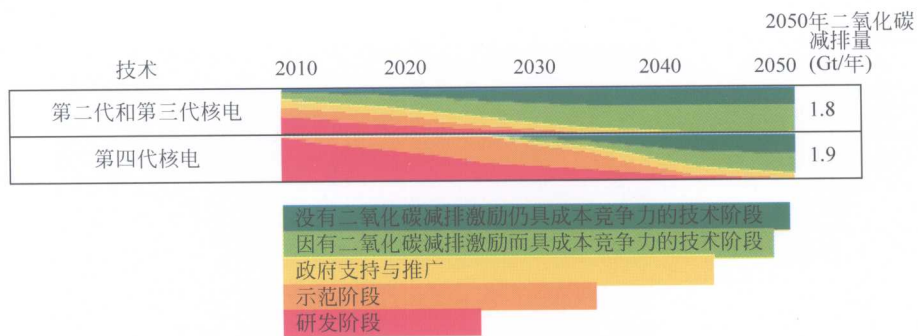


图 3.8 核能发电技术向实现成本竞争力过渡

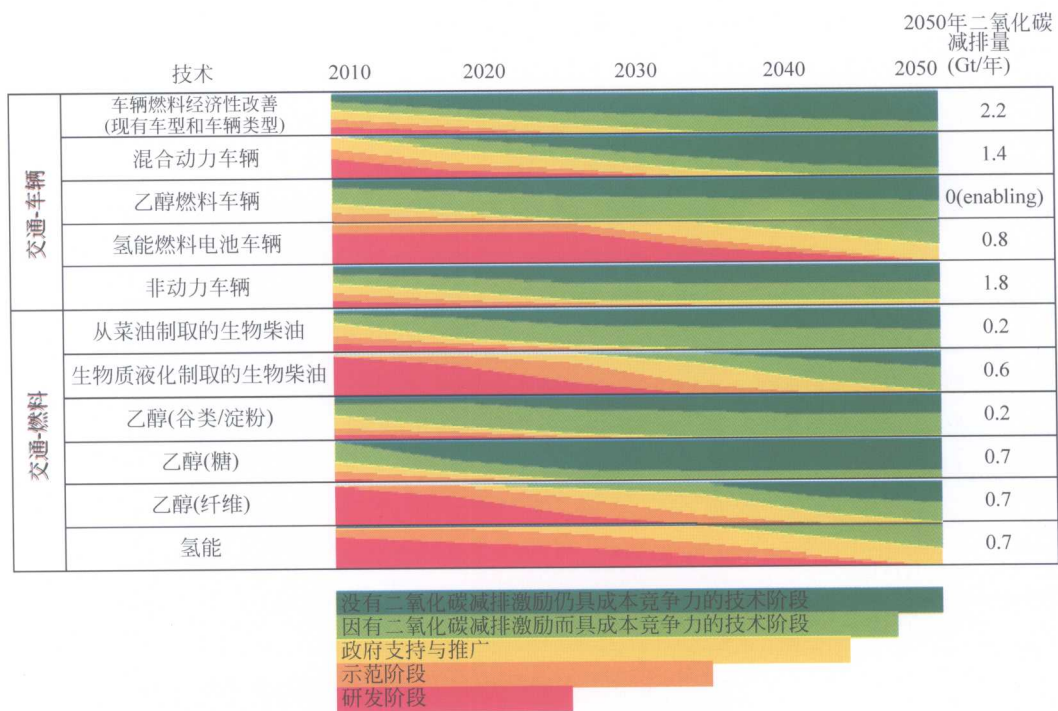


图 3.10 交通技术向实现成本竞争力技术过渡

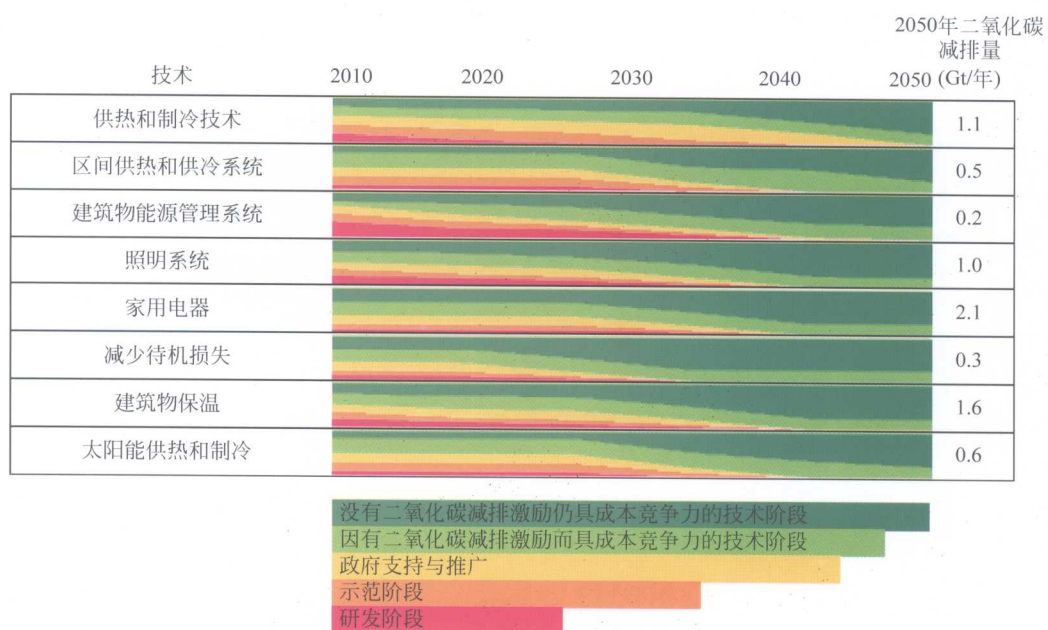


图 3.12 建筑物和家用电器技术向实现成本竞争力技术过渡

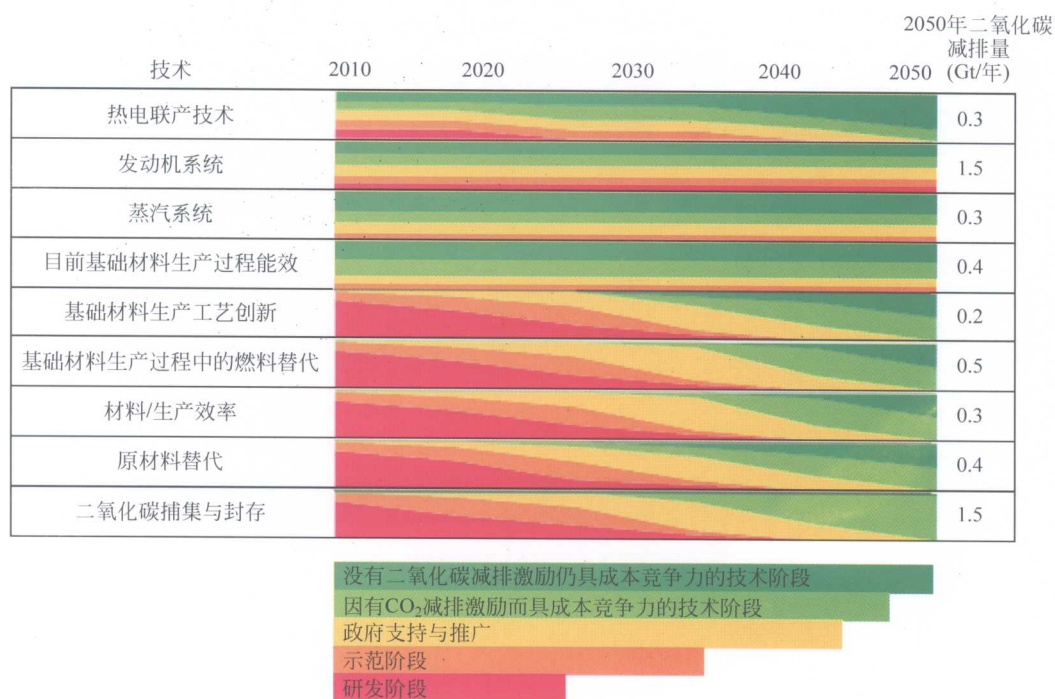


图 3.14 工业技术向实现成本竞争力技术过渡

2005年6月在Gleneagles召开的八国峰会(G8)上,参会的领导人强调人类在安全和清洁能源、气候变化和可持续发展方面面临着严峻而长期的挑战,希望尽快解决这一问题,形成了共同行动计划(Plan of Action),并与其他能源消费大国展开了对话。IEA积极响应了G8领导人的要求侧重分析了现有的高效技术和未来技术发展给我们带来的机会,出版了《能源技术展望——面向2050年的情景与战略》。2007年Chief Legal Counsel Nancy Turck和Jonathan Sinton先生为推动清华大学就该书翻译进行了进一步讨论,通知OECD/IEA对清华大学(以下简称“大学”)授予中文版本(以下简称“中文版”)的翻译、出版和发行的权利。

本书针对未来50年内的关键技术展开了详尽的、全面的分析。情景分析结果表明,到2050年全球的二氧化碳排放完全有可能降低到目前的水平,而全球石油需求增幅则被减半。另外,种种减少二氧化碳的手段,包括发电部门的碳捕集和封存、可再生能源以及核能的利用,都将为温室气体减排做出显著贡献。

分析结果表明,我们完全可以实现更加可持续的能源未来。其中涉及的很多技术都已经成熟或接近商业化水平。我们需要做的是,通过政府、公共事业和私人企业的努力和投资,使这些技术为市场所接受。需要开发利用必要的手段和政策,使这些技术能够实现并发挥其最大潜力。目前最迫切的任务包括:加大研发力度、对有潜力的技术进行示范和推广、为低碳技术和各种利用能源技术提供明确的目标、可预期的刺激手段、政策和资金等。另外,我们还需要强化发达国家和发展中国家之间的合作和技术转移。

IEA在2008年重新编写并出版了《能源技术展望——面向2050年的情景与战略》(2008版),相对2006版增加了一些内容如:过渡到2050年的技术路线图描述,以及相关的研发及投资问题,同时对核能、生物质和生物能源、风能和太阳能以及其他可再生能源技术做了更详细的描述。

经过一年多的紧张工作,终于由清华大学核能与新能源技术研究院完成了本书的翻译工作。特别感谢中欧能源环境项目、美国能源基金会中国可持续能源项目对本书提供的资助,以及国家科技支撑计划课题(三)——减缓气候关键技术研究组的成员在翻译和资金方面提供的帮助。张阿玲作为本项工作的负责人,承担了管理、协调等工作。其他主要译者和审校包括:原鲲、尹秀梅、石琳、杨晶、张成龙和很多清华大学核能与新能源技术研究院的同事和同学。希望本书的中文版能成为能源领域政策制定者、研究者、投资者和所有关心能源和环境问题的读者的参考书。

译者

2009年3月

国际能源署(IEA)

国际能源署(International Energy Agency, IEA)是在经济合作与发展组织(Organization for Economic Co-operation and Development, OECD)框架下成立的自治机构,创立于1974年11月。

OECD内共有30个成员国,国际能源署承担了其中26个成员国的能源合作项目,其主要目标包括:

- 提供维护石油供应的机制及应对石油供应危机的改善机制;
- 通过与非成员国、企业及国际组织的合作,促进理性能源政策的全球推广;
- 针对国际石油市场,实施长期的信息共享;
- 通过开发替代能源、提高能源效率,改善全球能源供需机制;
- 辅助全球能源和环境政策的整合。

国际能源署的成员国包括:澳大利亚、奥地利、比利时、加拿大、捷克共和国、丹麦、芬兰、法国、德国、希腊、匈牙利、冰岛、意大利、日本、韩国、卢森堡、荷兰、新西兰、挪威、葡萄牙、西班牙、瑞典、瑞士、土耳其、英国和美国。欧盟委员会参与国际能源署的工作。

经济合作与发展组织(OECD)

作为30个国家政府的一个独特论坛,经济合作与发展组织致力于解决全球化带来的经济、社会和环境挑战。同时,经合组织还致力于了解并帮助成员国应对新的发展问题,例如公司管理、信息社会以及老龄化带来的挑战等。该组织为成员国政府提供了交流的平台,用来交流政策实施经验,寻求共性问题的解决方案,认清成功的运作模式,并协调国内国际政策。

经合组织成员国包括:澳大利亚、奥地利、比利时、加拿大、捷克共和国、丹麦、芬兰、法国、德国、希腊、匈牙利、冰岛、爱尔兰、意大利、日本、韩国、卢森堡、墨西哥、荷兰、新西兰、挪威、波兰、葡萄牙、斯洛伐克共和国、西班牙、瑞典、瑞士、土耳其、英国和美国。欧盟委员会参与经合组织的工作。

版权声明

未得到书面准许,任何人不准复印、拷贝、传播或翻译本出版物。如欲从事上述活动,请向以下单位提出申请:

International Energy Agency(IEA), Head of Publications Service, 9 rue de la Fédération,
75739 Paris Cedex 15, France.

2005年6月在Gleneagles召开的八国峰会(G8)上,参会领导人强调了人类在安全、洁净能源、气候变化和可持续发展方面面临着严峻而长期的挑战。G8领导人决心尽快解决这一问题,共同形成了行动计划(Plan of Action),并与其他能源消费大国展开了对话。G8领导人要求国际能源署(IEA)发布该行动计划,并参与对话。在G8峰会前两个月召开的IEA能源部长会议上,参会人员也在问题的紧急性方面达成共识。部长们要求IEA做一些工作,即针对面临的挑战,阐明我们正在从事的以及必须要做的事情。

G8领导人和IEA能源部长们要求IEA开展情景分析,并提出面向清洁、智能而竞争力强的能源未来的发展战略。IEA能源部长们还特别提出,要侧重于分析现有高效技术和未来技术发展给我们带来的机会。《能源技术展望——面向2050年的情景与战略》就是对这一背景的积极响应。

本书针对未来50年内的关键技术展开了详尽而全面的分析。情景分析结果表明,到2050年,全球的二氧化碳排放完全有可能降低到目前的水平,而全球石油需求增幅则被减半。这些结果中,提高能效是至关重要的因素。此外,发电部门的碳捕集和封存、可再生能源以及核能(如果在某些国家得到许可的话)的利用,都将为温室气体减排作出贡献。

分析结果表明,我们完全可以实现更加可持续的能源未来。分析中涉及的很多技术都已经成熟或接近商业化水平。我们需要做的是,通过公共和私有部门的努力和投资,使这些技术被市场所接受。需要开发必要的手段,使这些技术实现其最大潜力。目前最迫切的任务包括:加大研发力度,对有潜力的技术进行示范和推广,为低碳技术和分散能源提供明确的、可预期的刺激手段等。另外,我们还需要强化发达国家与发展中国家之间的合作。

这是IEA出版的第一部此类出版物,IEA决定以后每两年出版一部。本书体现了我们在分析方面的最高水平,为此我们还应感谢IEA能源技术合作网络以及其他著名专家的建议和意见。然而,我们清楚地认识到,对未来能源进行预测远不能像看水晶球那样的清晰明了,还有许多问题有待研究。希望本书的出版能成为能源领域决策者和投资商的讨论议题,也成为G8对话的讨论焦点。

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

IEA 执行主席 Claude Mandil

致谢

本书由 IEA 能源技术和研发办公室完成。办公室主任 Neil Hirst 在其中发挥了突出的组织协调作用,能源技术政策部部长 Robert Dixon 为此项工作提供了指导和建议。

Fridtjof Unander 作为本项目的负责人,承担了整个研究的设计和部署。其他主要作者包括: Dolf Gielen, Michael Taylor, Pierpaolo Cazzola, Teresa Malyshev 和 Rod Janssen。其他作出重要贡献的包括: Debra Justus, Marek Sturc, Jeppe Bjerg, Cecilia Tam, Paul Waide 和 Jens Laustsen。Gillian Balitrand, Alison Sadin, Diana Lewis, Charlotte Forbes 和 Sandra Coleman 承担了打字工作。本书编辑为 Scott Sullivan 和 Stephen Sanford。

很多 IEA 的其他同事也做了很多工作,特别是: Maria Argiri, Richard Baron, Fatih Birol, Laura Cozzi, Nobuyuki Hara, Olivier Lavagne d'Ortigue, Alan Meier, Isabel Murray, Francois Nguyen, Yo Osumi, Antonio Pflüger, Cédéric Philibert, Nicola Pochettino, Jacek Podkanski, Carrie Pottinger, Julia Reinaud, Brian Ricketts, Giorgio Simbolotti, Ralph Sims, Jonathan Sinton, Ulrik Stridbaek, Piotr Tulej, Ming Yang。本书的印刷由 IEA 交流与信息办公室完成, Rebecca Gaghen, Muriel Custodio, Corinne Hayworth, Loretta Ravera, Bertrand Sadin 在这方面做了大量的工作。

不少顾问也对本书提出了有益的修改意见,包括: Markus Blesl(德国能源研究所), Matthew Brown(美国/法国能源专家), David Irving(英国 Irving 能源公司), Niclas Mattsson(瑞典 Chalmers 科技大学), Uwe Remmne(德国能源研究所), Stephane de la Rue du Can(美国 Lawrence Berkeley 国家实验室), Clas-Otto Wene(瑞典 Wenergy 公司), Ernst Worrell(荷兰 Ecofys 公司)。

特别感谢丹麦能源局的 Hans Jørgen Koch 和美国能源部的 Carmen Difiglio 的鼓励、支持和建议。感谢瑞典可持续发展部 Lars Guldbrand 和瑞典政府对本出版物的支持。本研究采纳了 IEA 能源技术展望项目的结果,该项目已经持续多年,得到很多国家政府的资助,包括: 澳大利亚、加拿大、德国、意大利、日本、挪威、瑞典、英国和美国。

审校工作组为本书提供了非常有价值的反馈和建议,其成员包括: Isabel Cabrita(葡萄牙国家能源技术创新研究所), Laurent Corbier(可持续发展全球事业委员会), David Irving(英国 Irving 能源公司), Olav Kårstad(挪威 Statoil 公司), Takehiko Matsuo(日本外交部), Abdulaziz Al-Turki(科威特,阿拉伯石油输出国组织), GianCarlo Tosato(意大利国家新技术、能源和环境署), Phillip Tseng(美国能源信息署), Roberto Vigotti(意大利国家新技术、能源和环境署), Yuichiro Yamaguchi(日本经贸工部)。

其他审校人员包括: Lew Fulton(联合国环境署), George Eads(CRA 国际公司), Christian Besson(Schlumberger 公司), Frank Pool(亚洲开发银行), Martin Patel(荷兰 Utrecht 大学),

Gary Stuggins(世界银行), Conrad Brunner(瑞士 A+B 国际公司), Anne Arquit Niederberger(瑞士 A+B 国际公司), Chris Bayliss(国际铝学会), Aimee McKane(美国 Lawrence Berkeley 国家实验室), 以及来自经合组织核能机构的 Evelyne Bertel, Stan Gordelier, Thierry Dujardin 和 Pal Kovacs 等。

本研究中采用的全球能源技术模型,是与 IEA 执行协议 ETSAP 紧密合作的结果,在此非常感谢 GianCarlo Tosato, Gary Goldstein 和 Ken Noble。

本书中的技术分析得到了 IEA 独有的能源技术国际合作网络的帮助。IEA 能源研究与技术委员会及其工作组,以及 40 个执行协议的无数专家,都为此提供了相关的技术数据。这些专家包括:

Egil Öfverholm, 终端利用工作组, 建筑行业副主席
 Hamid Mohamed, 终端利用工作组, 工业行业副主席
 Peter Finckh, 终端利用工作组, 交通行业副主席
 Roberto Vigotti, 可再生能源工作组主席
 Heather Haydock, 先进燃料电池执行协议
 Jaap Koppejan, 生物质能执行协议工作组
 Sjaak van Loo, 生物质能执行协议工作组
 Kyriakos Maniatis, 生物质能执行协议工作组
 Robin Wiltshire, 分布式供热和制冷执行协议工作组
 Hans Nilsson, 需求侧管理执行协议工作组
 Morad Atif, 建筑节能及社区系统项目执行协议工作组
 Malcolm Orme, 建筑节能及社区系统项目执行协议工作组
 Volkmar Lottner, 储能节能执行协议工作组
 Mike Mongillo, 地热能执行协议工作组
 Martijn van Walwijk, 混合动力及电动汽车技术和项目执行协议工作组
 Roger Hitchin, 热泵技术执行协议工作组
 Jean-Paul Rigg, 水电执行协议工作组
 Riccardo Ambrosini, IEA 洁净煤中心
 Colin Henderson, IEA 洁净煤中心
 John Topper, IEA 洁净煤中心
 John Davison, IEA 温室气体研发项目执行协议工作组
 Thore Berntsson, 工业能源相关技术系统执行协议工作组
 Gouri Bhuyan, 海洋能系统执行协议工作组
 Komninos Diamantaras, 海洋能系统执行协议工作组
 Gary Shanahan, 海洋能系统执行协议工作组
 Stefan Nowak, 光伏发电系统执行协议工作组
 Nobert Gorissen, 可再生能源技术推广执行协议工作组
 Daniel Argyropoulos, 可再生能源技术推广执行协议工作组
 Thomas Mancini, SolarPACES 执行协议工作组
 Ana Estanqueiro, 风能系统执行协议工作组

译者序	I
前言	V
致谢	VII

结论及政策建议	1
---------------	---

第 1 部分 面向 2050 年的技术和全球能源经济

第 1 章 概述	9
第 2 章 2050 年情景：能源需求、供应及二氧化碳排放	11
2.1 技术加速发展情景(ACTs)和技术附加(TECH Plus)情景	12
2.2 二氧化碳排放趋势	15
2.2.1 各种因素对二氧化碳减排的影响	16
2.2.2 不同情景中的二氧化碳排放趋势	18
2.2.3 地区分析	19
2.2.4 能效和燃料组成变化的影响	20
2.2.5 ACT 情景与 TECH Plus 情景的成本	22
2.2.6 ACT 和 TECH Plus 情景：2050 年以后	24
2.3 不同燃料的能源需求	26
2.3.1 煤炭	28
2.3.2 石油	28
2.3.3 天然气	31
2.3.4 电力	32
2.4 各部门能源需求和二氧化碳排放	33
2.5 发电	36
2.6 交通	41
2.7 建筑	45
2.8 工业	48
第 3 章 可持续能源未来发展的技术战略	53
3.1 概述	54
3.2 技术实施的障碍	54

3.3	克服障碍	58
3.4	化石燃料发电	60
3.4.1	天然气联合循环(NGCC)	61
3.4.2	超临界循环(SCSC)和超超临界循环(USCSC)	62
3.4.3	整体煤气化联合循环(IGCC)	63
3.4.4	流化床燃烧(FBC 和 PFBC)	63
3.4.5	二氧化碳捕集与封存(CCS)	64
3.5	可再生能源发电	65
3.5.1	水电	67
3.5.2	地热能	67
3.5.3	生物能源	68
3.5.4	风能	69
3.5.5	太阳能	70
3.5.6	海洋能	71
3.6	核能发电	71
3.6.1	核裂变: 第三代和第三代半	72
3.6.2	核聚变: 第四代	73
3.7	交通	73
3.7.1	提高车辆的燃料经济性(发动机和其他部件)	75
3.7.2	混合动力车辆	76
3.7.3	玉米和甘蔗乙醇	77
3.7.4	木质纤维素乙醇	77
3.7.5	生物柴油	78
3.7.6	氢能/燃料电池车辆	79
3.8	建筑和电器	79
3.8.1	建筑物围护结构节能措施	81
3.8.2	供暖和制冷技术	82
3.8.3	区域采暖和制冷系统	83
3.8.4	建筑能源管理系统	83
3.8.5	照明系统	84
3.8.6	家用电器	85
3.8.7	降低待机能耗	86
3.8.8	太阳能供暖和制冷	86
3.8.9	生物质取暖和烹调	87
3.9	工业	87
3.9.1	热电联产技术	88
3.9.2	电动机系统	89
3.9.3	蒸汽系统	90
3.9.4	采用现有技术提高基础材料生产效率	91
3.9.5	通过工艺创新改善基础材料生产效率	91

3.9.6 基础材料生产中的燃料替代	92
3.9.7 材料和生产效率	92
3.9.8 原材料替代	92
3.9.9 二氧化碳捕集与封存	93

第2部分 能源技术现状与展望

第4章 电力	97
4.1 概述	98
4.2 全球发电和二氧化碳排放	98
4.3 发电技术的挑战	101
4.4 化石能源发电厂：现状与展望	102
4.4.1 简介	102
4.4.2 天然气和燃煤电厂现状	102
4.4.3 天然气和燃煤电厂效率	104
4.4.4 燃煤电厂的寿期	107
4.4.5 化石能源电厂的前景	109
4.5 二氧化碳捕集与封存：现状与展望	115
4.5.1 二氧化碳捕集与封存的现状	115
4.5.2 二氧化碳捕集与技术展望	117
4.6 可再生能源：现状与展望	123
4.6.1 可再生能源发电现状	123
4.6.2 可再生能源发电展望	125
4.7 核能发电：现状与展望	142
4.7.1 核能现状	142
4.7.2 核电站展望	147
4.7.3 核聚变展望	152
4.8 电力网络和分布式发电：现状与展望	152
4.8.1 先进电力网络	152
4.8.2 分布式发电系统	154
第5章 道路交通技术与燃料	157
5.1 概述	158
5.1.1 交通活动水平	159
5.1.2 方式组合	159
5.1.3 燃料组合	160
5.1.4 能源强度	161
5.1.5 交通燃料的温室气体特征	162
5.1.6 污染物排放	163
5.2 道路交通的燃料选择	163

5.2.1	常规原油冶炼	164
5.2.2	非传统石油：开采与浓缩	165
5.2.3	天然气费托合成法：天然气转化成液体(GTL)	167
5.2.4	煤基费托合成法：煤炭转化液体燃料(CTL)	168
5.2.5	甲醇和二甲基醚	170
5.2.6	乙醇	172
5.2.7	生物柴油和其他生物燃料	178
5.2.8	氢能生产	184
5.3	公路交通汽车技术	185
5.3.1	火花点火和压缩点火发动机	185
5.3.2	汽油汽车和其他相关汽车	187
5.3.3	柴油汽车	194
5.3.4	其他替代燃料汽车	198
5.3.5	发动机以外的其他因素	206
第6章	建筑与设备	210
6.1	概述	211
6.2	建筑能耗	211
6.3	建筑和电器设备技术	213
6.4	建筑围护结构	216
6.4.1	窗户	216
6.4.2	绝热性能	219
6.5	采暖、制冷和通风	221
6.5.1	传统采暖系统：石油、天然气、电力	221
6.5.2	先进的供热系统：热泵	222
6.5.3	先进的供暖和制冷系统：主动式太阳能	223
6.5.4	先进的供热和制冷系统：区域供热和制冷	224
6.5.5	先进的供热和制冷系统：热能储存技术	226
6.5.6	先进的供热系统：木材供热	227
6.5.7	被动式太阳房	228
6.5.8	空调	229
6.5.9	通风	230
6.6	照明	231
6.7	家用电器	234
6.7.1	制冷设备：冰箱和冰柜	234
6.7.2	湿式设备：洗衣机	235
6.7.3	湿式设备：衣服干燥机	236
6.7.4	湿式设备：洗碗机	237
6.7.5	炊事	238
6.7.6	家庭热水技术：传统燃料	239

6.7.7 热水技术：太阳能	240
6.7.8 家庭消费品：电视机	241
6.7.9 办公设备：计算机和打印机	242
6.8 小型发电系统	242
6.8.1 太阳能光伏发电	242
6.8.2 微型风电	244
6.8.3 微型热电联产	244
6.8.4 燃料电池	245
6.9 其他技术	246
6.9.1 能源管理系统和控制	246
6.9.2 计量器和计量	246
第7章 工业	248
7.1 概述	248
7.2 工业能源的使用和二氧化碳排放	250
7.3 钢铁	253
7.3.1 喷吹废塑料和喷煤技术	258
7.3.2 二氧化碳捕集	259
7.3.3 熔融还原技术	260
7.4 非金属矿物材料	262
7.4.1 在现有水泥窑技术基础上提高能效水平	262
7.4.2 二氧化碳捕集与封存技术	265
7.5 化学和石化技术	265
7.5.1 石油化工	266
7.5.2 无机化学	270
7.6 造纸制浆业	273
7.6.1 黑液气化技术	275
7.6.2 造纸机的高效干燥技术	276
7.7 非铁金属产品	277
7.8 一般设备及回收	279
7.8.1 蒸汽供应	279
7.8.2 热电联产	280
7.8.3 燃烧装置的二氧化碳捕集	283
7.8.4 电机驱动系统	283
7.8.5 提高回收利用	288
附录A 国际能源署(IEA)能源技术合作项目	289
A.1 全球能源研究	289
A.2 执行协议	290
A.3 更多信息	291