



国际电气工程先进技术译丛



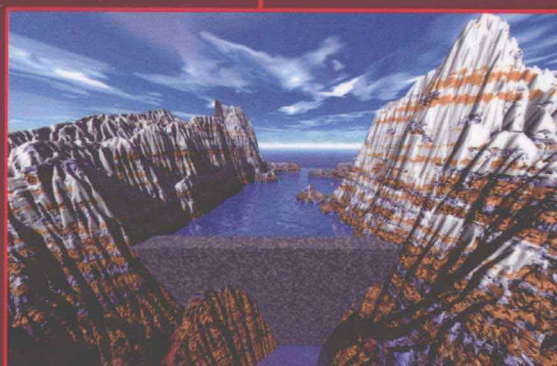
可再生能源系统 ——100%可再生能源解决 方案的选择与模型

Renewable Energy Systems
The Choice and Modeling
of 100% Renewable Solutions

(丹麦) Henrik Lund 著
李月 译



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国际电气工程先进技术译丛

可再生能源系统

——100% 可再生能源解决方案的选择与模型

(丹麦) Henrik Lund 著
李月 译



机械工业出版社

推 荐 序

中国正处在城市化和工业化快速发展的阶段，经济和能源消费增长迅速。2010年中国一次能源消费总量达到32亿吨标准煤。2010年中国国内生产原油2亿吨，从海外进口2.4亿吨，对外依存度已经接近55%。由于煤炭在中国能源消费中的比重高达70%，随着中国能源消费的快速增长，二氧化碳排放量也出现快速增长势头，来自国际上要求中国减缓二氧化碳排放的压力不断加大。中国现代化进程中能源、经济、环境之间的矛盾日益突出。

解决中国能源经济和能源环境问题的根本出路是建立可持续的能源体系，而发展可再生能源是构建中国可持续能源体系的主要内容之一。为了积极应对气候变化，2010年中国政府向国际社会承诺，到2020年中国非化石能源在一次能源消费中的比重达到15%。今年全国人大通过的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》更首次把非化石能源占一次能源消费比重达到11.4%列为“十二五”约束性目标。目标所提及的非化石能源主要是可再生能源和核能。为了实现国家非化石能源发展的目标，不论是在国家层面还是在地方层面都需要对可再生能源的发展进行科学规划和布局，而科学的规划需要有科学的规划理论与分析工具。

丹麦奥尔堡大学Henrik Lund教授是国际上知名的能源学者，在可再生能源系统规划与设计领域具有很高的造诣。本书是Henrik Lund教授多年可再生能源系统规划与设计研究和实践成果的总结。本书在中国出版，对中国可再生能源系统规划与设计理论和模型工具的发展是一件幸事，将在中国可再生能源的可持续开发利用中发挥重要的作用。本书可以作为从事可再生能源战略研究与规划工作的政府官员和研究人员的工作参考书和手册，也可以作为能源经济分析专业本科生和研究生的教学参考书。

张希良

2011年8月17日于清华园

译者序

伴随着全球城市化和工业化浪潮，当今世界各国都在为获取充足的能源而拼搏，而且无不对解决能源问题的决策给予了极大重视。在现在的主要能源来源中，煤、石油、天然气等化石能源的大规模利用不仅产生大量的温室气体，给环境带来了危害，而且大多数国家的化石能源储量并不充裕，需要通过进口满足供应，造成能源依赖。因此，如何开发本土化的可再生能源供应，保障能源安全，减缓气候变化，是很多国家关心的问题。

从目前世界各国的既定能源战略来看，大规模的开发利用可再生能源已成为未来世界各国能源战略的重要组成部分。新技术的发展，使得风能、生物质能以及太阳能等可再生能源得到开发利用。随着化石能源的日趋枯竭和全球对气候变化这个问题认识的加深，可再生能源终将成为化石能源的替代品。因此，社会如何实现从化石能源系统向可再生能源系统的转型就成为摆在各国面前的重要议题。

在过去二三十年中，以丹麦为代表的欧盟国家在发展可再生能源方面走在了世界前列。丹麦社会实现了从1972年可再生能源的零供应到2007年占其一次能源供应的16%。

那么，从丹麦社会和其他一些项目的案例来看，各个国家可以如何实现社会从化石能源系统向可再生能源系统的转型，甚至更进一步，100%使用可再生能源呢？

本书即是对这个问题的回答。在这本实用的指南中，全球知名的可再生能源研究专家Henrik Lund教授阐述了可以应用于任何可再生能源项目的模型和模拟方法。围绕社会可以如何向100%使用可再生能源的模式转型这个主题，本书从技术和政治与社会两个方面进行了深入探讨。

从技术角度来看，我们可以采用哪些技术来确保现有的资源能够满足需求？要回答这个问题，本书陈述了能源系统分析的方法论以及设计可再生能源系统的一套方法。这一部分概括了超过十个可再生能源系统分析研究的结果，其中包括将可再生能源大规模地融合到现有的能源系统中，以及100%可再生能源系统的执行等方面。

从政治与社会科学的角度来看，社会如何执行这样一种技术变革？要回答这个问题，本书引入了一个理论框架的方法，旨在理解一些主要的技术变革

(如可再生能源) 可以如何在国家和国际的层面得到执行。这一部分涉及对选择认知理论 (Choice Awareness Theory) 的陈述以及对来自丹麦和其他国家的 12 个实际案例的分析。通过分析与可再生能源系统推广有关的政治社会现状, Henrik Lund 教授表明, 可再生能源领域的专业人士需要认识到, 提高社会对“化石能源之外的替代方案确定存在, 而选择可再生能源系统在经济与政治上可行”这一观点的社会认同是他们的职责所在。为了帮助读者完成这个任务, 本书陈述了一些关键策略。

基于 25 年来在丹麦以及其他国家参与的大量重要而且有代表性的可再生能源项目的决策过程的经验, 本书作者的核心思路是将各个不同案例研究的结果统一起来, 推理出有价值的结论, 为社会推广可再生能源系统提供一个清晰的框架。

自《中华人民共和国可再生能源法》2006 年开始实施以来, 我国可再生能源的相关领域也获得了飞速发展的政策和经济空间。我国的风能、生物质能、太阳能等多个领域的投资连续几年在全球名列前茅。与此同时, 我国在 2009 年的哥本哈根世界气候大会前夕也提出了到 2020 年单位 GDP 碳排放强度比 2005 年降低 40% ~ 45% 的目标。

以经济转型、节能减排、应对气候变化等政策领域的需求为背景, 我国可再生能源相关领域的专家学者和科研机构, 必然需要从关注可再生能源行业某一些细分领域的政策, 扩展到关注我国社会从依赖化石能源系统向可再生能源系统转型的可能性和具体策略。而在系统转型这个战略性问题上, 本书以作者过去 20 多年在全球可再生能源政策和规划领域的经验, 从技术和社会层面为我们提供了非常系统的分析和建议。

需要说明的是, 本书是译者在尽量尊重原书内容的基础上翻译的, 书中观点并不代表译者及其所在工作单位的观点, 也不代表出版单位的观点, 这点请广大读者注意。由于翻译时间仓促, 同时限于译者对原书理解可能存在的偏差, 而且本书的主题是一个正在不断变化的新主题, 所以译文中的疏漏之处恐在所难免, 也恳请广大读者和同行专家多多批评指正。

译者

原书致谢

首先，我要感谢奥尔堡大学发展和规划系的所有同事。你们为创造一个跨学科的环境做出了贡献，这样一个环境鼓励新的想法，并且经常会产生以多种技术和能力为基础的有益的和富有成效的建议。在我的职业生涯中，我多次获益于这种专业的丰富性。我尤其需要感谢 Frede Hvelplund 与我许多年来良好的友谊和研究合作，包括合作参与这本书中所基于的大部分案例。没有你的帮助和鼓励，我不可能写出这样一本书。

感谢来自发展和规划系的 Mette Reiche Sørensen 所提供的很精彩和高效的语言支持，以及做出评论以澄清书中的一些讨论。并且感谢 Annelie Riberholt 在文字编辑和 Jimmi Jensen 在许多图表上的帮助。

感谢能源规划研究小组的以下成员多年来的良好合作和对草稿提出的有用的建议：Poul Alberg østergaard、Bernd Möller、Morten Boje Blarke、Brian Vød Mathiesen、Georges Salgi、Marie Münster 和来自爱尔兰利默里克大学的访问研究员 David Connolly。同时还要感谢 Niels I. Meyer、Andrew Jamison、Bent Flyvbjerg 和 Jes Adolphson 给本书提出有用的建议。不仅如此，感谢 Woody W. Clark II 多年来鼓舞人心的合作和他对第 6 章的贡献。

感谢奥尔堡大学的 Tim Richardson 教授、隆德大学的 Thomas B. Johansson 教授和弗伦斯堡大学的 Olav Hohmeyer 教授在 2009 年 4 月为授予高级博士学位对这本书的内容进行的评估和答辩时所进行的充分而有启发性的讨论。

感谢 EMD international 的 Anders. N. Andersen 说服我将 EnergyPLAN 模型转换为基于 Windows 的 Pascal 语言。并且感谢 PlanEnergi 以及 EMD 的 Ebbe Münster、Henning Mæng 和 Leif Tambjerg 在过去将近 10 年中帮助我设计、测试和开发这个模型。感谢丹麦能源署的 Sigurd Lauge Pedersen、Energinet.dk 的 Jens Pedersen 和 EA Consulting 的 Hans Henrik Lindboe 在 2001 年的热电联产和可再生能源专家小组工作中以及随后这些年来在模拟方面的鼓舞人心的合作。并且感谢 DTU/Risø 国家能源实验室的 Poul Erik Morthorst、Peter Maibom 和 Kenneth Karlson 所给予的同样的鼓励。

感谢 Dubrovnik 会议小组，包括 Naim Afgan、Noam Lior、Zvonimir Guzovic 和 Zeljko Bogdan 这几位教授，尤其是来自萨格勒布大学的 Neven Duic 和 Goran Krajacic 为不同的能源系统和分析模型所进行的启发性的讨论和比较研究。

感谢特拉华大学的 Willett Kempton 在 V2G（车辆到电网）的模拟方面进行的富有成效的合作以及他对第 5 章的贡献。感谢 Marie Münster 对废弃物技术的模拟给予很有帮助的合作和意见。

感谢丹麦技术大学的 Brian Elmegaard、DONG Energy 的 Axel Hauge Pedersen、Henning Parbo 和 Energinet.dk 的 Kim Behnke 对 CAES（压缩空气储能）的模拟给出有帮助的建议。

感谢丹麦工程师协会的“能源年 2006”筹划指导委员会邀请我和我的同事 Brian Vad Mathiesen 进行项目的总体技术和经济分析：Søren Skibstrup Eriksen、Per Nørregaard、Kurt Emil Eriksen、John Schiøler Andersen、Thomas Sødring、Charles Nielsen、Hans Jørgen Brodersen、Mogens Weel Hansen 和 Bjarke Fønnesbech。并且感谢“能源年 2006”的所有参与者，他们的意见和专业知识构成了这项研究的基础。

感谢奥尔堡能源办公室在 20 世纪 80 年代早期的团队，尤其是 Poul Bundgaard 在 Nordkraft 发电厂案例中的参与。感谢我在 1984 年的学生 Frank Rosager、Henning Mæng、Lars Mortensen 和 Sofie Jørby 设计奥尔堡供暖规划案例中的“替代方案 4”。并且感谢市议会成员 Willy Gregersen 坚持大学的职员应该参与供暖规划案例和 Nordjyllandsværk 案例的“现实生活”问题和规划程序。感谢在 20 世纪 90 年代早期由 Helge Ørsted Pedersen 和 Kaare Sandholt 领导的丹麦能源署的生物质秘书处让我参加分析大型沼气电厂的工作。

感谢参与到 Nordjyllandsværk 案例中的许多人和组织。尤其感谢来自电力公司的 Peter Høstgaard Jensen 和 Flemming Nissen 在整个公共辩论过程中都陈述了一贯的和非常有说服力的反驳观点。

感谢参与到 20 世纪 90 年代中期输电线案例中的所有人和组织，包括由 Marianne Bender 领导的东希默兰能源办公室。不仅如此，我还需要感谢郡议会成员 Thyge Steffensen 和 Karl Bornhøft 尽一切可能确保在决策过程中纳入合适的相关替代方案。

感谢 Netzwerk Dezentrale Energienutzung 的 Ulrich Jochimsen 在 1992 年的劳西茨案例中提议由我们参与。并且感谢 Niels Winther Knudsen 和 Annette Grunwald 在设计和倡导替代能源战略时富有成效的合作。

感谢总工会，尤其是 Ole Busck 和 Sussi Handberg，邀请我参与制定 20 世纪 90 年代中期的绿色能源规划。

感谢丹麦可再生能源组织的 Ejwin Beuse 和 Finn Tobiesen 邀请我和我的同事参与泰国能源规划。并且感谢在 1999 年的曼谷研讨会上的如下参与者提出了巴蜀府发电厂案例，并为我们的研究提供了帮助：泰国农业大学的 Dr. Decharut

VIII 可再生能源系统——100%可再生能源解决方案的选择与模型

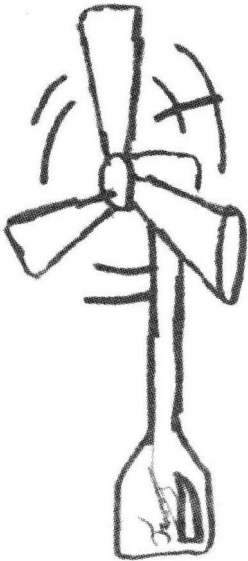
Sukkumnoed 和 S. (Bank) Nunthavorakarn, 曼谷法政大学的 Dr. Aroon Lawanprasert 和 Ms. Sumniang Natakatoong。

感谢执行主管 Asbjørn Bjerre 提议让我参与设计丹麦风电的可行性研究, 包括 2002 年的经济委员会案例。并且感谢奥胡斯商学院的 Karl Emil Serup 以及奥尔堡大学的 Carsten Heyn-Johnsen 和 Erik Christensen 的有帮助的讨论和建议。

感谢 Paul Quinlan 为本书写作了第 7 章。最后, 但也相当重要的是, 我要表达对我的妻子 Søsler Lund 的感谢, 她不仅在 20 世纪 80 年代参与人体动力学的工作时向我介绍了这一个领域——后来这启发我想到选择认知这个名词——而且聆听和参与了有关本书主题的许多演讲。

最后, 我需要感谢我的两个女儿 Olivia 和 Fanny, 她们每人为这本书画了一幅画, 其中一幅展示的是可再生能源的风机, 另一幅展示的是霍布森选择 (没有选择余地的选择): “要么这匹马, 要么没有!”

Henrik Lund



合著者简介

伍德罗 W. 克拉克 II (Woodrow W. Clark II) 博士：定性分析经济学家，在可再生能源领域已发表经过同行评审的 50 多篇论文，出版了 3 本专著。他还作为联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 的一员分享了 2007 年的诺贝尔和平奖。他也在美国加州和欧盟教授相关课程。他的公司 Clark Strategic Partners 为社区提供可再生能源方面的咨询和顾问服务。

威利特·肯普顿 (Willett Kempton)：认知人类学家和电子工程师。他是零碳电力融合中心 (Center for Carbon-Free Power Integration) 的主任和特拉华大学地球海洋与环境学院的教授。

与合著者一起，肯普顿在 1997 年发表了第一个现在被称作 V2G (车辆到电网) 的建议书，并在 2005 年发表了 V2G 电力和 V2G 市场的基本方程。肯普顿与工业合作伙伴一起创立了中大西洋并网互动汽车联盟 (Mid-Atlantic Grid-Interactive Cars Consortium, MAGICC)。除了在 V2G 方面的文章和报告，肯普顿博士还在海上风电研究、公民和政策制定者关于环境议题的信念和价值观、能源效率的认知和行为特征，以及促进更多公民参与环境行动的因素等方面发表了文章。

保罗·昆兰 (Paul Quinlan)：美国北卡罗来纳州可持续能源协会 (North Carolina Sustainable Energy Association) 的经济研究和发展部主任，协会是一个专注于通过公共政策、教育和经济发展促进全州的可再生能源发展和能源效率的非盈利组织。

他的工作是领导一个创新型的经济研究项目，为公共政策和市场发展活动提供信息。他发表了一个年度可再生能源和能源效率调查，这项调查详细展示了北卡罗来纳州的这个行业的动态和发展。他的研究兴趣和专长也包括风能和劳动力培训。

他拥有杜克大学公共政策硕士和环境管理硕士的学位。

目 录

推荐序

译者序

原书致谢

合著者简介

第 1 章 简介	1
1.1 本书内容和结构	2
1.2 定义	4
1.2.1 选择认知	4
1.2.2 根本性的技术变革	5
1.2.3 应用和具体经济学	5
1.2.4 可再生能源	6
1.2.5 可再生能源系统	6
1.3 可再生与可持续	7
1.3.1 可持续能源	7
1.3.2 可再生能源的政治因素	8
1.3.3 可再生能源和民主	9
第 2 章 理论——选择认知理论	11
2.1 选择与改变	11
2.1.1 在个人层面的选择/无选择	12
2.1.2 在社会层面的选择/无选择	13
2.1.3 激进的技术变革	15
2.2 选择认知和消除	17
2.2.1 选择认知	17
2.2.2 选择消除机制	20
2.2.3 选择认知的第一论点	23
2.3 提升选择认知	23
2.3.1 选择认知的第二论点	26
第 3 章 方法——选择认知策略	28
3.1 技术替代方案	28
3.2 经济可行性研究	31
3.3 公共管理	34
3.4 民主决策的基础	38
3.5 研究方法	39

第 4 章 工具——EnergyPLAN 能源系统分析模型	42
4.1 总体的考虑	42
4.1.1 三个推广阶段	43
4.1.2 能源系统分析模型的不同类型	44
4.1.3 在国家层面的每小时模拟模型	48
4.2 EnergyPLAN 模型	49
4.2.1 目的和应用	50
4.2.2 能源系统分析框架	52
4.2.3 能源系统分析方法	54
4.2.4 对国家层面的能源系统进行一步一步地分析	54
4.2.5 EnergyPLAN 的“姐妹”模型	57
4.3 回顾	58
第 5 章 分析——可再生能源的大规模融入	60
5.1 丹麦的参照能源系统	61
5.1.1 交通领域的电气化情景	63
5.2 过剩电力图表	63
5.3 可再生能源的优化组合	68
5.4 柔性能源系统	71
5.4.1 柔性能源系统的分析	73
5.4.2 包括交通用电的柔性能源系统	74
5.5 不同的能源系统	76
5.6 电网稳定性	79
5.7 地区性能源市场	83
5.8 交通系统的融合	88
5.9 电动汽车和 V2G	91
5.10 电力存储方案	96
5.11 结论	99
5.11.1 原则和方法	99
5.11.2 建议	100
第 6 章 分析——100% 可再生能源系统	102
6.1 洛杉矶社区学院校区案例	103
6.2 实现连贯的可再生能源系统的第一种途径	108
6.3 丹麦工程师协会的能源计划	116
6.4 回顾	125
6.4.1 原则和方法	125
6.4.2 结论和建议	126
第 7 章 实际案例——选择认知案例	128
7.1 案例 I：NORDKRAFT 电站（1982—1983）	129
7.1.1 “没有替代方案”的情形	129

XII 可再生能源系统——100%可再生能源解决方案的选择与模型

7.1.2 具体替代方案建议书	132
7.1.3 结论和回顾	133
7.2 案例II: 奥尔堡供暖规划(1984—1987)	134
7.2.1 进入考虑范围的替代方案	135
7.2.2 选择消除策略	137
7.2.3 结论和回顾	139
7.3 案例III: 对沼气的评估(1990—1992)	139
7.3.1 应用新古典成本-效益分析	140
7.3.2 基于具体的制度经济学的可行性研究	141
7.3.3 结论和回顾	143
7.4 案例IV: Nordjyllandsværk(1991—1994)	144
7.4.1 没有替代方案的情形	145
7.4.2 替代性建议	146
7.4.3 对替代方案的讨论	148
7.4.4 结论和回顾	149
7.5 案例V: 输电线案例(1992—1996)	150
7.5.1 根据需要转移话题	151
7.5.2 供应安全	153
7.5.3 具体的技术替代方案	154
7.5.4 结论和回顾	155
7.6 案例VI: 欧盟环境影响评价程序(1993—1997)	156
7.6.1 丹麦对EIA原则的执行	156
7.6.2 例1: Nordjyllandsværk	157
7.6.3 例2: 高压输电线	159
7.6.4 例3: Avedøreværk	160
7.6.5 结论和回顾	160
7.7 案例VII: 德国劳西茨(Lausitz)案例(1993—1994)	161
7.7.1 替代方案	164
7.7.2 结论和回顾	166
7.8 案例VIII: 绿色能源规划(1996)	168
7.8.1 具体的技术替代方案的设计	168
7.8.2 评估与比较	169
7.8.3 结论和回顾	171
7.9 案例IX: 泰国电站的案例(1999)	172
7.9.1 巴蜀府的Hin Krut电站	173
7.9.2 泰国的官方经济目标	173
7.9.3 一个具体技术替代方案的设计	174
7.9.4 可行性研究的比较	175
7.9.5 结论和回顾	176

7.10 案例 X: 经济委员会案例 (2002—2003)	178
7.10.1 被忽视的容量效益 (不公平的假设)	179
7.10.2 收支平衡、就业和技术创新	182
7.10.3 结论和回顾	183
7.11 案例 XI: 北卡罗来纳州 (North Carolina) 案例 (2006—2007)	184
7.11.1 资源评估和可行性研究	185
7.11.2 结论和回顾	187
7.12 案例 XII: IDA 能源规划 2030 (2006—2007)	188
7.12.1 结论和回顾	190
7.13 总结	191
7.13.1 现有的组织会提出基于旧技术的建议	192
7.13.2 忽视激进技术变革的目标	192
7.13.3 替代方案必须来自于其他人	193
7.13.4 制度变革是最关键的	194
7.13.5 应用新古典经济学提供了不相关的信息	194
7.13.6 具体的制度经济学提供了相关的信息	195
7.13.7 具体的替代方案提升选择认知	195
7.13.8 具体的替代方案帮助识别制度障碍	196
7.14 结论	196
第 8 章 结论与建议	198
8.1 结论	198
8.1.1 选择认知	198
8.1.2 可再生能源系统	201
8.2 建议	203
8.2.1 100% 可再生能源系统	203
8.2.2 大规模融合可再生能源	204
8.2.3 德国新的燃煤电站	205
8.2.4 陆上风电发展减缓	206
缩略语	208
参考文献	209

第 1 章 简 介

社会如何向 100% 使用可再生能源的模式转型？对这个问题的回答是本书的主要话题。两个重要的方面需要考虑到。第一，从技术角度来看，我们可以采用哪些技术来确保现有的资源能够满足需求？要回答这个问题，本书陈述了能源系统分析的方法论以及设计可再生能源系统的一套方法。这一部分概括了超过十个可再生能源系统分析研究的结果，其中包括将可再生能源大规模地融合到现有的能源系统中，以及 100% 的可再生能源系统的推广。

第二，从政治和社会科学的角度来看，社会如何推广这样一种技术变革？要回答这个问题，本书引入了一个理论框架的方法，旨在理解一些主要的技术变革，如可再生能源，如何在国家和国际的层面得到推广。这一部分涉及对选择认知理论 (Choice Awareness Theory) 的介绍以及对来自丹麦和其他国家的 12 个实际案例的分析。

在从化石能源向可再生能源的转变方面，丹麦是个有趣的案例。和其他西方发达国家一样，在 1973 年第一次石油危机爆发时，丹麦完全依赖于石油进口。几乎所有的交通和住宅供热能源都来自石油。不仅如此，燃油发电占当时丹麦电力供应的 85%。总体来看，在石油危机之前，丹麦超过 90% 的一次能源供应基于石油。

与其他国家一样，丹麦对当时油价突然上涨也毫无准备。丹麦的能源规划是基于“供给总是能满足需求”这一原则。发电厂的规划和建设是基于电力需求的历史发展和未来预测。当时，丹麦没有能源署和能源署长，没有在石油供应突然中止时的应急预案，更没有针对未来石油可能枯竭的长期战略。

尽管如此，30 多年之后，丹麦社会已经证明它有能力来实现相当显著的改变。图 1-1 展示的是丹麦自 1972 年以来的一次能源供应的发展情况。它展示了两个重

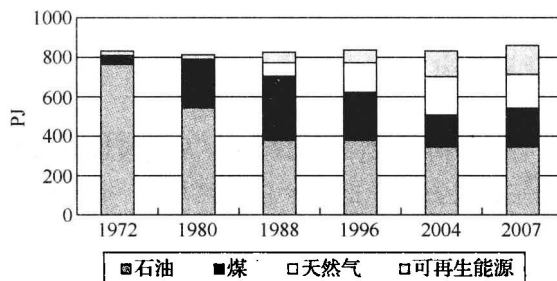


图 1-1 丹麦的一次能源供应

要方面：超过一半的石油消费已经被其他形式的能源——如煤、天然气，以及相当比例的可再生能源——所替代，而且丹麦还成功地使它的一次能源的消费量维持在和1972年相近的水平。能源消费的稳定与其他国家相比是独特的，因为丹麦同期仍实现了所谓的“正常西欧模式”的经济增长。

丹麦实现这一转变的主要方式是能源节约和供应侧的能效提高。建筑增加了绝热外墙，热电联产（CHP）也得到推广。因此，30年后，用在建筑供热方面的一次能源和1973年之前相比减少了1/3，而这期间建筑取暖面积则增加了50%以上。一次能源供应中可再生能源所占的比例由1972年的零增加到2007年的16%，其中风电的发电量相当于电力总需求量的20%。不仅如此，丹麦开始在北海（North Sea）开采石油和天然气。因此，从1997年开始，丹麦的能源生产已经超过了需求。然而，丹麦的石油和天然气资源储量有限，可能仅供开采几十年。因此，一个有意思的问题就是，丹麦能否在几十年之内转向100%的可再生能源供给，或者说，它是否被迫再次转向对进口化石能源的依赖？这个问题不仅和丹麦密切相关，而且也关系到整个欧洲，甚至是美国、中国以及全球的很多国家。

本书的核心思路是将各个不同的案例研究结果统一起来，推理出有价值的结论，为社会如何推广可再生能源系统提供一个清晰的框架。本书的写作是基于25年来在丹麦以及其他国家参与大量重要的、而且有代表性的决策过程的经验。正如我们将会看到的，这些决策过程揭示出，与现有技术紧密关联的组织机构在制定和推广基于根本性技术变革的建议和替代方案方面存在着能力不足。

另一方面，如图1-1所示，稳定一次能源的供应证明，尽管与旧科技的代表势力的冲突不可避免，社会作为一个整体仍有能力做出改变。在丹麦，这一时期的政府能源目标和规划是在国会与公众持续不断的沟通中制定出来的。在这些沟通中，对新技术和替代能源方案的描述起到了重要作用。

选择认知理论试图理解和分析为什么最优替代方案本身通常不能得到描述和推广，有什么样的措施可以改进这种状况。选择认知理论认为，公众参与以及对选择的认知已经成为成功的决策过程的一个重要因素，因此本书提出四项战略来促进这一过程的形成。

1.1 本书内容和结构

图1-2所示为本书的结构。选择认知部分（灰色区域）包括理论解释和开展可再生能源系统分析的工具及方法学框架（白色区域）。本章介绍了这两部分并包括了一些重要的定义。

第2章介绍了选择认知理论，它与如何推广像可再生能源系统这样的根本性技术变革相关。该理论认为，对现实的看法和现有组织的利益会影响各个选择的社会

第 1 章 简介				
选择认知				
第 2 章 理论——选择认知理论				
第 3 章 方法学——选择认知策略				
<table border="1"> <tr> <td>可再生能源系统</td> </tr> <tr> <td>第 4 章 工具——EnergyPLAN 能源系统分析模型</td> </tr> <tr> <td>第 5 章 分析——可再生能源的大规模融入</td> </tr> <tr> <td>第 6 章 分析——100%可再生能源系统</td> </tr> </table>	可再生能源系统	第 4 章 工具——EnergyPLAN 能源系统分析模型	第 5 章 分析——可再生能源的大规模融入	第 6 章 分析——100%可再生能源系统
可再生能源系统				
第 4 章 工具——EnergyPLAN 能源系统分析模型				
第 5 章 分析——可再生能源的大规模融入				
第 6 章 分析——100%可再生能源系统				
第 7 章 实际案例——选择认知案例				
第 8 章 结论与建议				

图 1-2 本书内容和总体结构

认知。这些组织通常会试图阻止激进的制度性变革，因为它们担心这会导致权力和影响力的丧失。选择认知理论表示，在这种现象中的一个关键因素是对“有选择还是别无选择”的社会认知。

选择认知理论陈述了两大论点：第一，当社会定义并期望实现意味着根本性技术变革的目标时，现有的组织通常会试图制造出这样的社会印象，即根本性的技术变革不在选择之列，因此社会别无选择，只能执行一个能保留和强化组织现有地位的技术解决方案。第二，在这样的情况下，社会将会从关注选择认知中获益。具体来说，就是提高社会对替代方案确实存在并且可以进行选择的认知。本书确认了四个关键性策略，当社会需要提高选择认知时，可以运用这些策略。

第 3 章在第二论点的基础上详细阐述了选择认知策略：具体技术替代方案的设计，基于制度经济学的可行性研究，公共管理政策的设计，以及基于新的企业监管政策的民主决策的基础的推广。

第 4 章描述了基于可再生能源技术的具体技术替代方案的设计方法。这个方法分为三个推广阶段：引进、大规模融合和 100% 可再生能源系统。在后两个阶段需要重点强调模拟工具的重要性。本章还结合选择认知的理论框架对方法论和工具的开发进行了讨论，并对能源系统的分析工具 EnergyPLAN 进行了介绍。EnergyPLAN 是一套免费的软件，其主页 www.EnergyPLAN.com 提供软件及相关文档的下载，并包括一个培训栏目。

第 5 章深入分析了丹麦能源系统中一系列的研究案例。在这些研究中，都用到 EnergyPLAN 模型来分析可再生能源的大规模融合。丹麦能源系统的特征之一是高比例的可再生能源，因此它也是分析更大规模融合的一个合适的案例。一个核心的问题是，如何设计能源系统以使其能够大规模容纳具有间歇性特征的可再生能源。本章介绍了方法学的主要发展并比较了不同系统的载荷，包括它们如何应对风电等可再生能源每年的发电量都上下波动并具有间歇性特征的问题。

第 6 章展示了运用 EnergyPLAN 模型设计 100% 的可再生能源系统取得的成果。

本章关注的问题是如何构建和评估这样的系统。本章论述了这些系统和基于化石能源的、有或没有大规模的可再生能源融合的系统所运用的分析和评估方法的主要变化。

第7章回到理论框架的探讨上。本章涉及将选择认知策略应用到自1983年以来能源投资的具体决策过程中的一系列案例。研究人员一向参与其中，帮助设计和引进实用的技术替代方案或者把其他的选择认知策略应用到决策过程中。这些案例涉及大量的出版物和文献资料。第7章寻求通过这些案例从选择认知理论和第2章及第3章中阐述的策略中推理出可以值得借鉴的地方。

第8章回到以下两方面并进行了总结讨论：选择认知和可再生能源系统。本章陈述了本书在将可再生能源系统应用到社会层面所形成的观点和结论。

1.2 定义

选择认知问题和可再生能源系统的案例都涉及一些基本的定义，因此下面对这些定义进行一些必要的介绍。

1.2.1 选择认知

选择认知理论应对的是社会层面的问题。它关系着涉及代表着不同利益和角度的许多个体和组织的集体决策过程，而且在这样的过程中，通常有不同层级的权力来影响决策。“选择”这个名词显然在选择认知的定义中占有重要地位。牛津英语字典（2008）把“选择（Choice）”定义为“挑选的行为；对建议的事务进行偏好的确定；挑选，选举。”选择涉及思考行为和判断多个选项的优势和劣势的过程，并最终选定一个选项采取行动。本书还对真实的选择和虚假的选择进行了区分。

真实的选择是关于两个或多个真实选项之间的抉择，而虚假的选择指一种或多或少基于不存在的情形的选择。虚假选择方面的例子包括《第二十二条军规》和Hobson选择——换一种说法，这个选择的背后实际上只有一个真正的选项。第2章将对这两种虚假选择进行进一步的解释。虚假选择的例子还包括敲诈和勒索，在这样的情形下，你被告知或者按要求的来做，或者承受不良后果。

牛津英语字典（2008）把“认知（Awareness）”定义为“处于知觉的状态或阶段；意识”。在生物心理学中，认知包括一个人对一种观点或事件的认识或认知上的反应。原则上来说，认知不一定意味着理解，而只是一种了解、感觉或者认识的能力。然而，在这里，这个名词和“选择”联系起来，而选择意味着有思考和判断的行为。因此，“选择认知”确实涉及理解的要素。因此，选择认知被用来描述拥有真实选择后的集体看法（Collective Perception）。不仅如此，这种情形还包括对相关选项的特点进行判断，并且选择其中一个来采取行动的认知反应。