



国际机械工程先进技术译丛

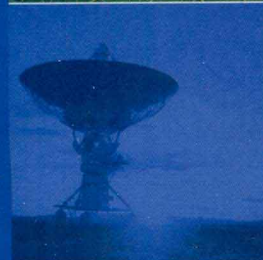
能源系统的 可持续发展 与创新

**Sustainable Development and
Innovation in the Energy Sector**

(德) Ulrich Steger 等著

廖华 房斌 王恺 从荣刚 译

魏一鸣 审



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国际机械工程先进技术译丛

能源系统的可持续 发展与创新

Sustainable Development and Innovations in the Energy Sector

(德) Ulrich Steger 等 著

廖 华 房 斌 王 恺 从荣刚 译
魏一鸣 审



机械工业出版社

本书系统地探讨和研究什么是能源系统的创新、可持续发展能否通过能源系统的创新得以实现和如何实现、现有能源系统的创新潜力如何、应当怎样实现能源系统的创新等问题。本书聚焦于能源、创新和可持续发展,对能源领域创新的内涵、外延和动力开展了全方位的系统性研究,对我国能源系统的可持续发展与创新有很好的借鉴作用。

本书可供能源政策研究和制定人员、高等院校和科研单位相关专业人士参考。

Sustainable Development and Innovation in the Energy Sector/by Ulrich Steger, etc.

ISBN: 9783540231035

Copyright © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005

Authorized translation from English language edition published by Springer. All right reserved.

China Machine Press is authorized to publish and distribute exclusively the Chinese (Simplified Characters) language edition. This edition is authorized for sale throughout Mainland of China. No part of the publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2010-2466

图书在版编目 (CIP) 数据

能源系统的可持续发展与创新/(德) 斯提格 (Steger, U.) 等著; 廖华等译. —北京: 机械工业出版社, 2011. 6

(国际机械工程先进技术译丛)

ISBN 978-7-111-34520-6

I. ①能… II. ①斯…②廖… III. ①能源-可持续性发展-研究 IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 083808 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 孔 劲 责任编辑: 孔 劲 版式设计: 霍永明

责任校对: 赵 蕊 封面设计: 鞠 杨 责任印制: 杨 曦

北京中兴印刷有限公司印刷

2011 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 15.75 印张 · 305 千字

0 001 — 3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-34520-6

定价: 66.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

策划编辑: (010)88379772

社服 务 中 心: (010)88361066

网络服务

销 售 一 部: (010)68326294

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部: (010)88379649

教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者购书热线: (010)88379203

封面无防伪标均为盗版

译 丛 序 言

一、制造技术长盛永恒

先进制造技术是 20 世纪 80 年代提出的，它由机械制造技术发展而来，通常可以认为它是将机械、电子、信息、材料、能源和管理等方面的技术，进行交叉、融合和集成，综合应用于产品全生命周期的制造全过程，包括市场需求、产品设计、工艺设计、加工装配、检测、销售、使用、维修、报废处理、回收利用等，以实现优质、敏捷、高效、低耗、清洁生产，快速响应市场的需求。因此，当前的先进制造技术是以产品为中心，以光机电一体化机械制造技术为主体，以广义制造为手段，具有先进性和时代感。

制造技术是一个永恒的主题，与社会发展密切相关，是设想、概念、科学技术物化的基础和手段，是所有工业的支柱，是国家经济与国防实力的体现，是国家工业化的关键。现代制造技术是当前世界各国研究和发展的主题，特别是在市场经济高度发展的今天，它更占有十分重要的地位。

信息技术的发展并引入到制造技术，使制造技术产生了革命性的变化，出现了制造系统和制造科学。制造系统由物质流、能量流和信息流组成，物质流是本质，能量流是动力，信息流是控制；制造技术与系统论、方法论、信息论、控制论和协同论相结合就形成了新的制造学科。

制造技术的覆盖面极广，涉及机械、电子、计算机、冶金、建筑、水利、电子、运载、农业以及化学、物理学、材料学、管理科学等领域。各个行业都需要制造业的支持，制造技术既具有普遍性、基础性的一面，又有特殊性、专业性的一面，制造技术具有共性，又有个性。

我国的制造业涉及以下三方面的领域：

- 机械、电子制造业，包括机床、专用设备、交通运输工具、机械设备、电子通信设备、仪器等；
- 资源加工工业，包括石油化工、化学纤维、橡胶、塑料等；
- 轻纺工业，包括服装、纺织、皮革、印刷等。

目前世界先进制造技术沿着全球化、绿色化、高技术化、信息化、个性化和服务化、集群化六个方向发展，在加工技术上主要有超精密加工技术、纳米加工技术、数控加工技术、极限加工技术、绿色加工技术等，在制造模式上主要有自动化、集成化、柔性化、敏捷化、虚拟化、网络化、智能化、协作化和绿色

化等。

二、图书交流渊源流长

近年来,国际间的交流与合作对制造业领域的发展、技术进步及重大关键技术的突破起到了积极的促进作用,制造业科技人员需要及时了解国外相关技术领域的最新发展状况、成果取得情况及先进技术应用情况等。

必须看到,我国制造业与工业发达国家相比,仍存在较大差距。因此必须加强原始创新,在实践中继承和创新,学习国外的先进制造技术和经验、引进消化吸收创新,提高自主创新能力,形成自己的创新体系。

国家、地区间的学术、技术交流已有很长的历史,可以追溯到唐朝甚至更远一些,唐玄奘去印度取经可以说是一次典型的图书交流佳话。图书资料是一种传统、永恒、有效的学术、技术交流方式,早在20世纪初期,我国清代学者严复就翻译了英国学者赫胥黎所著的《天演论》,其后学者周建人翻译了英国学者达尔文所著的《物种起源》,对我国自然科学的发展起到了很大的推动作用。

图书是一种信息载体,图书是一个海洋,虽然现在已有网络、光盘、计算机等信息传输和储存手段,但图书更具有广泛性、适应性、系统性、持久性和经济性,看书总比在计算机上看资料要方便习惯,不同层次的要求可以参考不同层次的图书,不同职业的人员可以参考不同类型的技术图书,同时它具有比较长期的参考价值 and 收藏价值。当然,技术图书的交流具有时间上的滞后性,不够及时,翻译的质量也是个关键问题,需要及时、快速、高质量的出版工作支持。

机械工业出版社能够在先进制造技术的引进、消化、吸收、创新方面为广大读者作出贡献,为我国的制造业科技人员引进、纳新国外先进制造技术的出版资源,翻译出版国际上优秀的制造业先进技术著作,从而能够提升我国制造业的自主创新能力,引导和推进科研与实践水平的不断进步。

三、选译严谨质高面广

1) 精品重点高质 本套丛书作为我社的精品重点书,在内容、编辑、装帧设计等方面追求高质量,力求为读者奉献一套高品质的丛书。

2) 专家选译把关 本套丛书的选书、翻译工作均由国内相关专业的专家、教授、工程技术人员承担,充分保证了内容的先进性、适用性和翻译质量。

3) 引纳地区广泛 主要从制造业比较发达的国家引进一系列先进制造技术图书,组成一套《国际机械工程先进技术译丛》。当然其他国家的优秀制造科技图书也在选择之内。

4) 内容先进丰富 在内容上应具有先进性、经典性、广泛性,应能代表相关专业的技术前沿,对生产实践有较强的指导、借鉴作用。本套丛书尽量涵盖制

造业各行业，例如机械、材料、能源等，既包括对传统技术的改进，又包括新的设计方法、制造工艺等技术。

5) 读者层次面广 面对的读者对象主要是制造业企业、科研院所的专家、研究人员和工程技术人员，高等院校的教师和学生，可以按照不同层次和水平要求各取所需。

四、衷心感谢不吝指教

首先，要感谢许多积极热心支持出版《国际机械工程先进技术译丛》的专家学者，积极推荐国外相关优秀图书，仔细评审外文原版书，推荐评审和翻译的知名专家，特别要感谢承担翻译工作的译者，对各位专家学者所付出的辛勤劳动表示深切敬意，同时要感谢国外各家出版社版权工作人员的热心支持。

本套丛书希望能对广大读者的工作提供切实的帮助，欢迎广大读者不吝指教，提出宝贵意见和建议。

机械工业出版社

译者序

放眼现代，环顾世界，能源以及其引起的一系列经济、环境、社会和政治问题已成为全人类面临的重大挑战。作为当今社会的基础性战略资源和经济系统的基本生产要素，能源与每个国家的经济、社会发展、地区稳定乃至全人类未来的发展进程息息相关。

人类在发展史上经历了三次能源革命：第一次能源革命的标志是钻木取火，意味着人类从利用自然火到人工生火的转变，这也标志着以薪柴作为主要能源的时代到来；蒸汽机的发明诱发了第二次能源革命，化石能源取代了薪柴，成为人类最主要的能源；可控核反应堆的出现拉开了第三次能源革命的序幕——我们正处于这个时代并置身于这场能源革命中，同时新能源和清洁型可再生能源也正以较大规模进入人类活动领域。

而正是这个时代，我们却面临着前人从未面对过的问题和挑战：化石能源开始耗竭、大规模使用化石能源引起的环境污染与气候变化问题日益严峻、能源价格升高及其剧烈波动对全球经济造成的影响与日俱增……这些问题的出现不得不让我们冷静思考：在现有的能源体系和格局下，人类能否实现可持续发展？答案是不言自明的。如果要实现可持续发展，第三次能源革命应当如何继续？答案只有一个：创新！熊彼特指出，创新是经济发展的动力。在此基础上，人们引申出另一个论断：能源系统的创新是人类可持续发展的动力之一。

正是在这样的背景下，欧洲研究院成立了一只跨学科的研究团队，系统地探讨和研究了以下问题：什么是能源系统的创新？可持续发展能否通过能源系统的创新实现？如何实现？现有能源系统的创新潜力如何？我们应当怎样实现能源系统的创新？这些问题聚焦于一点，即能源、创新和可持续发展的交点。人们对能源、创新和可持续发展的关注由来已久，相关研究也是汗牛充栋。但是将这三个不同的主题汇交于一点，开展系统的研究本身就是一个创新，其既深化了各自的内涵，又拓宽了这三个主题的外延，更重要的是对这一问题的系统研究，对如何引导能源系统创新、保障可持续发展提供了重要的战略分析思路和研究范式，也为目前如火如荼的第三次能源革命提供了重要的决策参考。该书对能源领域创新的内涵、外延、动力开展了全方位的系统性研究。尽管该书最早的德文版已出版多年，但在今天仍不失为一部比较优秀的著作。

如果说核电是第三次能源革命的序曲，那么清洁、低碳、可持续的可再生能源则掀起了这场革命的高潮。作为世界上最大的发展中国家，中国在这场能源革

命中以锐意进取、雄心勃勃的姿态出现在世人面前。对结构调整和经济转型，绿色 GDP 核算，能源强度和碳强度降低目标公开的自我承诺，风电和太阳能等可再生能源从无到有、从小到大、从弱到强的发展，对节能产品不遗余力地推广和节能行为的大力宣传，对智能电网以及新能源技术研发的巨额投入，这一切均表明中国的能源系统正在进行着一场深刻的创新，不仅仅是技术创新，也是行为创新、体制创新，更是思想创新！

北京理工大学能源环境政策研究中心面向国家能源与环境领域的重大需求，开展能源战略、政策与管理问题的科学研究，推动能源经济、政策与管理科学的应用与发展；为政府制定能源战略、能源政策和管理提供科学依据。在机械工业出版社的协调下，中心组织了相关研究人员将这部著作翻译成中文，以期读者能够站在时代的高度，以世界的眼光，从我国国情出发，面向现代和未来，思考中国的能源、创新和可持续发展，为这场方兴未艾的能源系统创新、为中国的可持续发展建言献策，以尽绵薄之力。本书的翻译得到了国家自然科学基金项目 (No. 70903066, 71041006, 70733005, 71020107026) 和中国科学院战略性先导科技专项 (No. XDA05150600) 的支持。

本书涉及经济学、政治学、社会学、工程学，甚至哲学等多学科知识，还时常有德语词句出现，这给翻译带来了一定的困难。尽管译者已竭尽全力，但因时间仓促和水平有限，错误或不当之处难免存在，深望读者匡正。

译者

原 书 序

在有关可持续发展的讨论中，创新往往被认为是“灵丹妙药”。通过创新，我们可以阻止由于产出增长所导致的自然资源消耗增长的发生。对于能源部门，这意味着创新应当有助于协调好工业化国家产出的继续增长，以及发展中国家和新兴国家的累积需求，同时还要减少对不可再生能源的需求，而且不会导致对其他资源的不合适消费。

2000年9月，欧洲研究院（Europäische Akademie）成立了一个跨学科项目组——“能源部门的可持续发展和创新”。该项目组所要面对的核心问题就是“在多大程度上创新可以加速能源系统的可持续发展？”项目组成员是依据他们所在学科的能力进行遴选的。这个项目持续了20个月，其中有13天是全体会议时间。

本书是该项目的最终报告。各章初稿由每个工作组完成，都是在各项目组中一个成员的引导下完成的，而且是在全体会议进行集成之前完成的。这个项目组的工作是基于以下判断开展的：跨学科研究不可能存在，但对学科的胜任能力是应对一个问题的各个方面的先决条件。集成不同学科的观点、方法和结论则是第二步要完成的工作。从这个意义上来说，项目组的工作程序也是跨学科的。研究结果具有一致性、统一性，经得起逐步地检验（在本书的部分章节中，很容易发现原作者的学科背景）。

项目组是开放的，随时可以接受外部专家的检查。工作进程是在2001年1月的工作组揭幕式上讨论确定的。

我们感谢我们的同事，感谢 Wilhelm Althammer 教授、博士（Handelshochschule Leipzig），Nicholas Ashford 教授、博士（MIT），Gerd Eisenbeis 博士（Forschungszentrum Jülich），Klaus Rennings 博士（ZEW Mannheim），Herwig Unnerstall 博士（Universität Leipzig），Alfred Vos 教授、博士（Universität Stuttgart）和 C. J. Winter 教授、博士（Energon）等给出的有价值的建议和提出的批评。这些建议和批评有助于使本研究更具有针对性。在2001年11月中旬，第一稿向以下同事作了介绍：Brigitte Falkenburg 教授、博士（Universität Dortmund），Wilhelm Althammer 教授、博士（Handelshochschule Leipzig），Gerd Eisenbeis 博士（Forschungszentrum Jülich），Volker Radke 教授、博士（Berufsakademie Ravensburg），Klaus Rennings 博士（ZEW, Mannheim）和 Herwig Unnerstall 博士（Umweltforschungszentrum Leipzig）。我们也感谢那次会议的参与者所进行的细致的评论，这

有助于后续工作的完善。由于有一个良好的工作纪律，这些讨论材料在每次会议时都及时地准备好了。大家的智力激发了良好的工作氛围，包括丰富的专业知识和友好的合作，这使得在研究问题的各个方面和采用各类方法时形成了快速、建设性的，甚至有时也有争议性的讨论和共同学习。

因为 Ahr 的热情接待，项目组的工作效率不断提高。研究院的员工友好且高效的服务也是对我们工作的大力支持。特别是 Pauels 先生，我们需要向他表示诚挚的感谢。我们也要感谢 Jochen Markard 先生、Joachim Schmidt-Bisewski 先生，他们参与了项目的早期阶段工作。我们还要感谢欧洲研究院的 Sevim Kilic 女士，她对本书的编辑和出版作出了贡献。

Lausanne, 2002 年 6 月

目 录

译丛序言

译者序

原书序

概述..... 1

第1章 问题定义、任务、步骤以及行动建议的由来 16

1.1 问题定义..... 16

1.2 研究团队的任务..... 16

1.3 行动建议的起源..... 18

1.4 研究结构..... 19

第2章 术语与概念基础 22

2.1 可持续性与可持续发展..... 22

2.1.1 术语的区别 22

2.1.2 可持续性和可持续发展 23

2.1.3 可持续性的不同概念 25

2.2 可持续性和能源..... 29

2.2.1 热力学定律和能量的概念..... 29

2.2.2 生物圈和人类圈中的能源系统 30

2.3 创新与可持续性..... 32

2.3.1 基本范畴..... 32

2.3.2 创新的概念与类型 33

2.3.3 创新过程：黑匣子内部 35

2.3.4 创新活动的决定因素 40

2.3.5 可持续的创新政策 42

第3章 评估和决策的规范性准则 47

3.1 风险评估和行动建议..... 47

3.1.1 科学化政策咨询 47

3.1.2 世界能源委员会理论层面和实践层面 48

3.2 可持续发展与公平	50
3.2.1 概述	50
3.2.2 政治学视角	52
3.2.3 Barry: 公平理论	53
3.2.4 Goodin: 生存的脆弱性、未来和环境	55
3.3 效率性和充分性: 从理论和应用两方面讨论可持续发展	56
3.4 本章小结	57
第4章 努力创建可持续发展的能源体系: 法律依据、发展目标及其不足 ...	59
4.1 可持续发展能源体系的基本法律依据	59
4.1.1 有关气候保护的国际法发展史	59
4.1.2 欧洲法律的法律框架	64
4.1.3 (德国) 宪法框架	67
4.1.4 是否需要承担环保责任	68
4.1.5 能源法的实施	69
4.1.6 区域规划和采矿法的实施	70
4.1.7 能源安全的国际义务	72
4.2 按照可持续发展的标准评估全球能源体系	73
4.2.1 现有能源体系的特点	73
4.2.2 预测百年后全球能源体系的发展	74
4.2.3 补记: 电能、去管制化和可持续发展	77
4.2.4 评估可持续发展	80
4.2.5 关键可持续发展概念的具体操作: “安全实践时间”	87
4.3 全球能源可持续供给的参照目标	89
4.3.1 促进改变的几种方案	89
4.3.2 以“2000W”为社会基准目标: 通过智能技术实现可持续发展	91
第5章 能源系统可持续发展的潜力	95
5.1 引言	95
5.2 技术方面的能源效率改进	96
5.3 可再生能源	101
5.4 对于未来的猜测: 可能的发展及其影响	107
5.5 结论: 从历史上可以得到什么经验	113
5.5.1 处在创新陷阱中的可持续发展的能源技术	113
5.5.2 载能体的替代	115

5.5.3 最终结论	116
第6章 可持续性的现实性：在措施选择方面目标的冲突	117
6.1 理论探讨的情况	117
6.2 环境保护与经济和社会目标	119
6.2.1 环境与就业	119
6.2.2 环境与垄断力的减少	123
6.2.3 环境与贸易自由化	124
6.2.4 环境与资本流动	125
6.2.5 环境与发展政策	126
6.2.6 环境与支持创新	127
6.3 欧洲法律对于权衡目标冲突的标准	128
6.3.1 商品的自由流通	129
6.3.2 EEG 周围的问题	130
6.3.3 由环境原因而加以限制的理由	130
6.3.4 援助和它们的理由	132
6.3.5 按照欧洲法院对电力供应法案的判决，塑造能源系统可能方式	133
6.3.6 竞争和环境保护	134
6.4 欧盟能源研究与技术方面的政策	136
第7章 加快可持续能源技术创新的战略	140
7.1 重新将能源作为战略重点	140
7.2 改进框架条件	143
7.2.1 定义自然资源使用的极限	143
7.2.2 利用市场：稀缺的征兆促使可持续创新	144
7.2.3 提供基础设施，提供实现可持续性的能力（技术推动）	145
7.3 工业中能源效率的行动领域：通过补贴加速市场引入	146
7.3.1 荷兰模式	148
7.3.2 一般考虑	152
7.3.3 节能措施的融资途径	156
7.4 工业中能源效率的行动领域：自我承诺作为“最佳可得技术” 迅速扩散的一种措施	157
7.4.1 一般考虑	157
7.4.2 为实现二氧化碳减排的自我承诺	159
7.5 技术购买	160

7.6 居民部门能源效率的行动领域	161
7.6.1 可持续的能源供给和消费者主权	161
7.6.2 生态电力的绿色价格	162
7.6.3 “差别化”标识	164
7.6.4 “公私合作伙伴关系”和非传统的营销活动	166
7.7 交通部门的行动领域：只有“一揽子方案”才能产生创新	167
7.8 可再生能源资源方面的行动	170
7.8.1 一般考虑	170
7.8.2 具体的技术支持措施	170
7.8.3 附记：我们能在不同的学习曲线间选择吗？—理论框架	172
第8章 可持续创新战略的实施问题	175
8.1 “可持续性舞台”上的行动者	175
8.2 可持续性目标的吸引力：选定的行动者团体的观点	175
8.3 措施和它们的吸引力：选定的行动者团体的观点	181
8.4 改善成功实施机会的起始点	184
8.5 结论与展望：可持续能源创新的联合	187
第9章 发展中国家在“能源缺乏”中的责任：可持续能源创新如何 做出贡献	191
9.1 基本考虑	191
9.2 能源部门的再发展	192
9.3 可持续能源创新的现有尝试	193
9.4 欧盟能够做什么？	196
9.5 跨国企业和技术共享	197
9.6 展望和进一步的研究	200
附录	201
附录 A 全球能源系统	201
A.1 全球能源利用的发展情况	201
A.2 欧盟的能源生产与使用	202
A.3 能源情景	202
附录 B 失业	208
B.1 效率工资模型中的弹性问题	208
B.2 谈判模型中的弹性问题	213

附录 C 欧盟能源相关的科技政策—概况	214
C.1 欧洲能源政策中可持续观点的重要性和一体化	214
C.2 欧盟能源相关的研究技术发展项目的概况	215
C.3 在第六研究技术发展框架项目中“能源”和“运输”的研究优先级	218
C.4 具体的项目和措施	221
C.5 结论和展望	222
参考文献	224
缩写和缩略语	235

概 述

1. 引言

通常能源讨论会遇到这么一对似是而非的矛盾：如果基于历史趋势进行分析，几乎所有的能源需求预测结果都显示，在今后的几十年中，能源需求将急剧增长。同时，在国际会议中，或者在其他地方，另一种情景也受到了广泛关注：要大规模减少因能源消耗产生的大量温室气体，特别是二氧化碳的排放。专家们也会提到依赖石油的政治风险，并提醒我们资源是不可再生的这一客观现实。如何解决这种矛盾？如何建立一个更加可持续发展的能源系统？希望往往寄托于技术进步和创新。

然而到目前为止，在协调日益增长的能源需求、资源和环境的局限性以及能源系统的结构需求等方面，尚未有任何具体的关于在何种程度上创新的建议。

本书旨在通过集成经济、法律、科学和哲学方面的知识，来提出这方面的建议。这就要求重点关注三个核心问题的交互影响，即能源、可持续发展和创新。对这三个核心问题进行综合处理并不是我们的本意，我们也不会超越它们与本书中的战略建议的相关性来谈论这些争论。

我们在提出建议时，考虑了民主的合法机构所规定的目标，而不管这些目标是多么含糊，在国际层面上尤其如此。我们工作的一个重要部分就是分析经济政策中各种有冲突性的目标，以及如何通过更全面的、以激励为基础的、以创新的特定实质为特征的方式来解决这些冲突。

2. 基本概念和术语

没有一个清晰的概念和术语框架的定义，就很难做出一项完好的学术研究。因此，我们将首先研究可持续性、能源和创新的核心概念。

可持续性的理念包括两个主要的基石：代内（同代人）之间的公平性和代际之间（生活在现在的人群和未来几代人之间）的公平性。这种理念是非常明确的，特别是在大部分以可耗竭性资源为基础的能源领域中。与静态的存量概念不同，我们引入了动态的流量概念（目前正在使用）。前者排斥了有限资源的可持续利用，而后者是基于一种替代性，即不可再生资源被可再生资源，以及被不

断改进的更有效的资源利用方式所替代。这样，至少在隐含意义上，这个领域的创新就必须受到重视。如果通过合适的创新，我们成功地减少了可耗竭性资源的生产和消耗，那么就会减少对有限的资源存量的消耗，进而可以满足未来的需求。在一些领域，对于日益减少的资源的利用方式，其改进潜力还是很多的。当然，在目前的能源利用趋势与环境、个人消费和人口增长所构成的紧张局面面前，这种机会存在的可能性并不意味着我们一定能找到一条“可持续发展”的道路。

为了更准确地开展研究，我们的分析把可持续性和可持续发展区分开来了。可持续性是一种可调整的理念，如果有一个实际的意图，并经过搜索和学习，它将变成一个更具体的概念，即可持续发展。这样便可以识别出通往可持续性的行动的潜力和可能性。于是，可持续发展原则上便可以作为行动指南了。

考虑到在“可持续发展”的定义方面所做出的大量努力——从科学界和政治界的讨论算起到目前的十五年间，已有超过二百多种定义了——我们不得不承认这个概念仍然是十分模糊的，甚至有时候还会陷入混乱。在目前有关可持续性问题的讨论中；针对形形色色的“可持续发展”的解释，采取以下三种不同的处理态度：完全不同意（因为这是一个很朦胧的概念）；完全接受（因为该概念涵盖了各种意思，其中就包括个人倾向的意思）；还有一种可能的态度与我们是一致的，即以一种建设性的姿态来努力面对，尽可能地依据科学准则来准确定义。这包括对各种可能的定义进行比较，并提出问题：对于我们研究的核心问题，在每一种情况下得到的具体结论是什么？这种研究方法一方面来自新古典主义环境经济学，另一方面主要来自于以生态经济学为基础的“可持续性科学”。我们需要在概念解释过度和解释不足方面找到一种平衡。对于概念的定义，我们不能赋予具体的要求，这些要求包括满足最严格的生态标准、但使它成为一个不可实现的理想。我们也不能把这个概念定义得过于含糊，以至于它包罗万象、没有任何意义。总的原则就是，可持续发展必须是一个可操作的概念。

从“弱”可持续性到“超强”可持续性，这些各式各样的概念的区别在于人造资本和自然资本之间的替代性或互补性假设。本书致力于关键可持续性的核心观念。这个观念是基于关键自然资本的概念，并考虑了一些很重要的障碍或者瓶颈因素。因此，我们对可持续性的解释，实际上是一场意义深远的、与制定环境标准有关的讨论。

能源与我们的日常生活息息相关，在经济理论中，它是一种重要的生产要素。虽然从物理学的观点来看，能量是一种很抽象的物质，要精确地定义，那只能采用微分形式的数理模型了。在历史上，能量起初被简单地定义为“完成工作的潜力”。于是，在这个含义下，能量是不能守恒的，这也是为什么“能量消