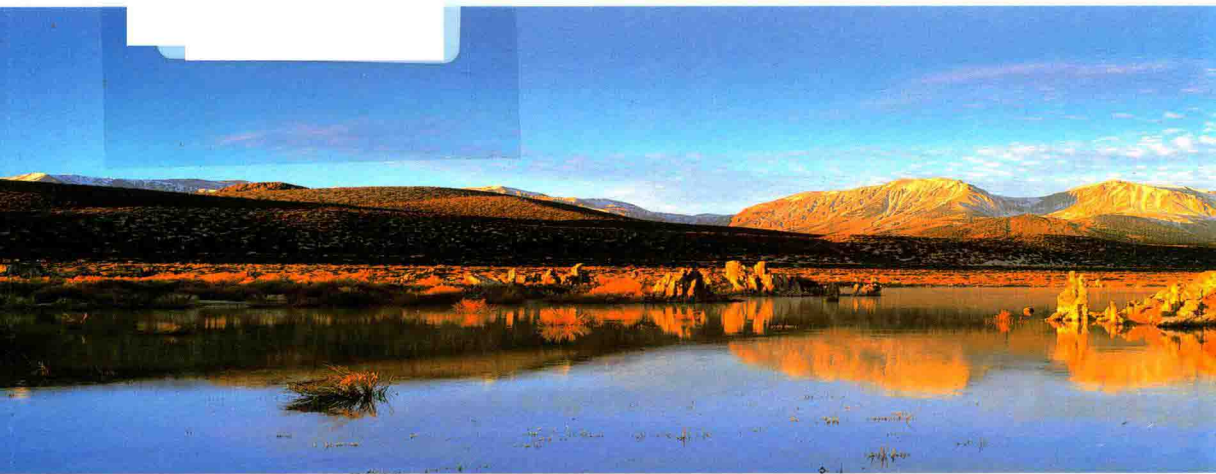


低碳智库译丛

“十五”国家重点图书出版规划项目



CLIMATE CHANGE AND THE ENERGY PROBLEM
Physical Science and Economics Perspective

David Goodstein
Michael Intriligator

气候变化与能源问题

从自然科学与经济学视角

(美) 戴维·古德斯坦 迈克尔·英特里利盖托 著

王海林 译 王有强 审校

FE 东北财经大学出版社
Dongbei University of Finance & Economics Press

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

低碳智库译丛

“十三五”国家重点图书出版规划项目



CLIMATE CHANGE AND THE ENERGY PROBLEM
Physical Science and Economics Perspective

David Goodstein
Michael Intriligator

气候变化与能源问题

从自然科学与经济学视角

(美) 戴维·古德斯坦 迈克尔·英特里利盖托 著

王海林 译 王有强 审校

 东北财经大学出版社
Dongbei University of Finance & Economics Press

大连

辽宁省版权局著作权合同登记号：06-2016-262

Copyright© 2012 by World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. All rights reserved. This book, or parts thereof, may not be reproduced in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or any information storage and retrieval system now known or to be invented, without written permission from the Publisher.

Simplified Chinese translation arranged with World Scientific Publishing Co. Pte Ltd., Singapore.

图书在版编目 (CIP) 数据

气候变化与能源问题：从自然科学与经济学视角 / (美) 戴维·古德斯坦 (David Goodstein), 迈克尔·英特里利盖托 (Michael Intriligator) 著；王海林译. —大连：东北财经大学出版社，2018.1

(低碳智库译丛)

ISBN 978-7-5654-2986-6

I. 气… II. ①戴… ②王… III. 气候变化-影响-能源经济-研究 IV. ①P467
②F407.2

中国版本图书馆CIP数据核字 (2017) 第278490号

东北财经大学出版社出版发行

大连市黑石礁尖山街217号 邮政编码 116025

网 址：<http://www.dufep.cn>

读者信箱：dufep@dufe.edu.cn

大连永盛印业有限公司印刷

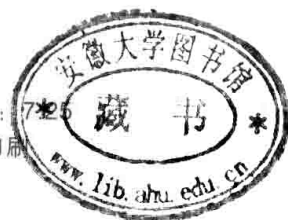
幅面尺寸：170mm×240mm 字数：78千字 印张：7.25

2018年1月第1版 2018年1月第1次印刷

责任编辑：李季 王斌 责任校对：那欣

封面设计：冀贵收 版式设计：钟福建

定价：29.00元



教学支持 售后服务 联系电话：(0411) 84710309

版权所有 侵权必究 举报电话：(0411) 84710523

如有印装质量问题，请联系营销部：(0411) 84710711

“低碳智库译丛”编委会

主 任

何建坤

委 员

于宏源	王有强	史 丹	刘燕华	齐 晔	齐绍洲
齐建国	吴力波	邹 骥	张有生	张希良	张彦通
周大地	范 英	胡 敏	蒲宇飞	潘家华	

气候变化是当前人类面临的巨大威胁，危及地球生态安全和人类生存与发展。采取应对气候变化的智慧行动可以推动创新、促进经济增长并带来诸如可持续发展、增强能源安全、改善公共健康和提高生活质量等广泛效益，增强国家安全和国际安全。全球已开展了应对气候变化的合作进程，并确立了未来控制地表温升不超过 2°C 的目标。其核心对策是控制和减少温室气体排放，其中主要是化石能源消费的 CO_2 排放。这既引起新的国际治理制度的建立和发展，也极大地推动了世界范围内能源体系的革命性变革和经济社会发展方式的转变，低碳发展已成为世界潮流。

自工业革命以来，发达国家无节制地廉价消耗全球有限的化石能源等矿产资源，完成了工业化和现代化进程。在创造其当今经济社会高度发达的“工业文明”的同时，也造成世界范围内化石能源和金属矿产资源日趋紧缺，并引发了以气候变化为代表的全球生态危机，付出了严重的资源和环境代价。在全球应对气候变化减缓碳排放背景下，世界范围内正在掀起能源体系变革和转型的浪潮。当前以化石能源为支柱的传统高碳能源体系，将逐渐被以新能源和可再生能源为主体的新型低碳能源体系所取代。人类社会的经济发展不能再依赖地球有限的矿物资源，也不能再过度侵占和损害地球的环境空间，要使人类社会形态由当前不可持续的工业文明向人与自然相和谐、经济社会

与资源环境相协调和可持续发展的生态文明的社会形态过渡。

应对气候变化，建设生态文明，需要发展理念和消费观念的创新：要由片面追求经济产出和生产效率为核心的工业文明发展理念转变到人与自然、经济与环境、人与社会和谐和可持续发展的生态文明的发展理念；由过度追求物质享受的福利最大化的消费理念转变为更加注重精神文明和文化文明的健康、适度的消费理念；不再片面地追求 GDP 增长的数量、个人财富的积累和物质享受，而是全面权衡协调经济发展、社会进步和环境保护，注重经济和社会发展的质量和效益。经济发展不再盲目向自然界摄取资源、排放废物，而要寻求人与自然和谐相处的舒适的生活环境，使良好的生态环境成为最普惠的公共物品和最公平的社会福祉。高水平的生活质量需要大家共同拥有、共同体验，这将促进社会公共财富的积累和共享，促进世界各国和社会各阶层的合作与共赢。因此，传统工业文明的发展理论和评价方法学已不能适应生态文明建设的发展理念和目标，需要发展以生态文明为指导的发展理论和评价方法学。

政府间气候变化专门委员会（IPCC）第五次评估报告在进一步强化人为活动的温室气体排放是引起当前气候变化的主要原因这一科学结论的同时，给出全球实现控制温升不超过 2℃ 目标的排放路径。未来全球需要大幅度减排，各国经济社会持续发展都将面临碳排放空间不足的挑战。因此，地球环境容量空间作为紧缺公共资源的属性日趋凸显，碳排放空间将成为比劳动力和资本更为紧缺的资源和生产要素。提高有限碳排放空间利用的经济产出价值就成为突破资源环境制约、实现人与自然和谐发展的根本途径。广泛发展的碳税和碳市场机制下的“碳价”将占用环境容量的价值显性化、货币化，将占用环境空间的社会成本内部化。“碳价”信号将引导社会资金投向节能和新能源技术，促进能源体系变革和经济社会低碳转型。能源和气候经济学的发展越来越关注“碳生产率”的研究，努力提高能源消费中单位

碳排放即占用单位环境容量的产出效益。到2050年世界GDP将增加到2010年的3倍左右，而碳排放则需要减少约50%，因此碳生产率需要提高6倍左右，年提高率需达4.5%以上，远高于工业革命以来劳动生产率和资本产出率提高的速度。这需要创新的能源经济学和气候经济学理论来引导能源的革命性变革和经济发展方式的变革，从而实现低碳经济的发展路径。

经济发展、社会进步、环境保护是可持续发展的三大支柱，三者互相依存。当前应对气候变化的关键在于如何平衡促进经济社会持续发展与管理气候风险的关系。气候变化使人类面临不可逆转的生态灾难的风险，而这种风险的概率和后果以及当前适应和减缓行动的效果都有较大的不确定性。国际社会对于减排目标的确立和国际制度的建设是在科学不确定情况下的政治决策，因此需要系统研究当前减缓气候变化成本与其长期效益之间的权衡和分析方法；研究权衡气候变化的影响和损害、适应的成本和效果、减缓的投入和发展损失之间关系的评价方法和模型手段；研究不同发展阶段国家的碳排放规律及减缓的潜力、成本与实施路径；研究全球如何公平地分配未来的碳排放空间，权衡“代际”公平和“国别”公平，从而研究和探索经济社会发展与管控气候变化风险的双赢策略。这些既是当前应对气候变化的国际和国别行动需要解决的实际问题，也是国际科学研究的重要学术前沿和方向。

当前，国际学术界出现新气候经济的研究动向，不仅关注气候变化的影响与损失、减排成本与收益等传统经济学概念，更关注在控制气候风险的同时实现经济持久增长，把应对气候变化转化为新的发展机遇；在国际治理制度层面，不仅关注不同国家间责任和义务的公平分担，更关注实现世界发展机遇共享，促进各国合作共赢。理论和法学研究在微观层面将从单纯项目技术经济评价扩展到全生命周期的资源、环境协同效益分析，在宏观战略层面将研究实现高效、安全、

清洁、低碳新型能源体系变革目标下先进技术发展路线图及相应模型体系和评价方法，在国际层面将研究在“碳价”机制下扩展先进能源技术合作和技术转移的双赢机制和分析方法学。

我国自改革开放以来，经济发展取得举世瞩目的成就。但快速增长的能源消费不仅使我国当前的CO₂排放已占世界1/4以上，也是造成国内资源趋紧、环境污染严重、自然生态退化严峻形势的主要原因。因此，推动能源革命，实现低碳发展，既是我国实现经济社会与资源环境协调和可持续发展的迫切需要，也是应对全球气候变化、减缓CO₂排放的战略选择，两者目标、措施一致，具有显著的协同效应。我国统筹国内国际两个大局，积极推动生态文明建设，把实现绿色发展、循环发展、低碳发展作为基本途径。我国自“十一五”以来制定实施并不断强化积极的节能和CO₂减排目标及能源结构优化目标，并以此为导向，促进经济发展方式的根本性转变。我国也需要发展面向生态文明转型的创新理论和分析方法作为指导。

先进能源的技术创新是实现绿色低碳发展的重要支撑。先进能源技术越来越成为国际技术竞争的前沿和热点领域，成为世界大国战略必争的高新科技产业，也将带来新的经济增长点、新的市场和新的就业机会。低碳技术和低碳发展能力正在成为一个国家的核心竞争力。因此，我国必须实施创新驱动战略，创新发展理念、发展路径和技术路线，加大先进能源技术的研发和产业化力度，打造低碳技术和产业的核心竞争力，才能从根本上在全球低碳发展潮流中占据优势，在国际谈判中占据主动和引导地位。与之相应，我国也需要在理论和方法学研究领域走在前列，在国际上发挥积极的引领作用。

应对气候变化关乎人类社会的可持续发展，全球合作行动关乎各国的发展权益和国际义务。因此相关理论、模型体系和方法学的研究非常活跃，成为相关学科的前沿和热点。由于各国研究机构背景不同，思想观念和价值取向不同，尽管所采用的方法学和分析模型大体

类似，但各自对不同类型国家发展现状和规律的理解、把握和判断的差异，以及各自模型运行机理、参数选择、政策设计等主观因素的差异，特别是对责任和义务分担的“公平性”的理念和度量准则的差异，往往会使研究结果、结论和政策建议产生较大差别。当前在以发达国家研究机构为主导的研究结果和结论中，往往忽略发展中国家的发展需求，高估了发展中国家减排潜力而低估了其减排障碍和成本，从而过多地向发展中国家转移减排责任和义务。世界各国因国情不同、发展阶段不同，可持续发展优先领域和主要矛盾不同，因此各国向低碳转型的方式和路径也不同。各国在全球应对气候变化目标下实现包容式发展，都需要发展和采用各具特色的分析工具和评价方法学，进行战略研究、政策设计和效果评估，为决策和实施提供科学支撑。因此，我国也必须自主研发相应的理论框架、模型体系和分析方法学，在国际学术前沿占据一席之地，争取发挥引领作用，并以创新的理论和方法学，指导我国向绿色低碳发展转型，实现应对全球气候变化与自身可持续发展的双赢。

本译丛力图选择翻译国外最新、最有代表性的学术论著，便于我国相关科技工作者和管理干部掌握国际学术动向，启发思路，开阔视野，以期对我国应对全球气候变化和国内低碳发展转型的理论研究、政策设计和战略部署有参考和借鉴作用。

何建坤

2015年4月25日

前言

我们深信，能源和气候变化相关问题是当今世界所面临的两个最为重要的问题。要解决这些错综复杂的问题，必须依靠环境科学的发展，要进一步整合自然科学和经济学这两个学科。这也是编写本书的初衷。

我们面对着这样的事实：当今一些杰出人士一再宣称，上述的能源和气候变化两大问题完全不是问题。在这些杰出人士当中，有一部分人直接影响公众的认知和公共政策的制定，他们不仅声称能源枯竭的威胁并不存在，而且也拒绝承认大气中累积的二氧化碳和其他温室气体排放是导致如此严重的气候变化问题的根本原因。但是我们深深知道，能源危机和气候变化这两大问题不仅真实存在，而且形势日益严峻，迫切需要我们积极地采取行动。本书的主要内容就是对这些问题分析，并力争提出解决方案。为使本书更加通俗易懂，也为了让广大学生和普通公众能够从跨学科的视角来理解和认识这些问题，本书尽可能避免使用专业术语。

我们当前所使用的化石燃料正面临枯竭。在我们赖以生存的地球上，石油资源仅能够再维持使用几十年，包括天然气在内的其他化石燃料所能维持的时间也相当有限。翔实的科学证据表明，当前以及未来，温室气体正在并将继续通过全球变暖和其他气候事件的形式对地球系统产生可观测的负面影响。我们寄希望于缔约方大会（COP大会），如东京都、哥本哈根和坎昆气候大会等，希望通过政府间的协商来解决这些问题，但实际的效果甚微，就如给重症病人贴了一张创可贴一样；现实中，COP大会所达成的协议几乎没有任何的约束力，

经常被单方撕毁而不再遵守。基于此，我们提议采用基于程序的广泛协商的解决方案，用这个建设性的方案来实现替代能源的科技突破。

纵观历史，从巨大玛雅城邦到中世纪格陵兰岛定居点，人类社会的历史充分证明了人类“掠夺”的能力——人类靠掠夺资源富庶的民众而生存。古代气候研究告诉我们，存在40多亿年的地球曾经经历过巨大的气候剧变；但人类也仅在最近的200年，才拥有影响全球范围气候变化的能力。人类是地球真正的守护者，我们当前的职责就是要认真地面对我们所忽视的过去，运用科学和技术，在满足我们自身能源需求的同时，更好地保护我们脆弱的和珍贵的地球生态系统。

在本书中，我们从科学的视角看待气候变化和燃烧化石燃料二者的关系，从历史的角度看待能源生产和消费的关系。我们认真地研究经济学方法和社会学方法，使得保护和我们的地球能源资源更有效率、更有建设性。我们倡导通过进一步的国际重大合作，在发展新能源、建立稳健的能源体系、发展替代能源等领域系统地实现科技突破，以此来满足世界日益增长的能源需求。当然，所需要的这些国际努力，规模上或许与曼哈顿计划或阿波罗计划不相上下。

这些目标的实现，需要政治上的智慧和勇气，经济上的创新和应用，以及科学技术上的大胆创新和创造力一同来推进。我们认为，这其中“时间”是最为重要的。只有迅速的、持续的、协调一致的行动，才能够减少常规的、不可持续的、日益增加的化石燃料所产生的破坏，为实现一个拥有替代能源的未来带来希望。我们也希望本书能够为读者朋友提供一个挑战与收获并存的阅读体验。

在本书的最后一章中进一步探讨了聚集优秀的科学家、社会学家以及政策和研究领域的工程师团队来共同应对这一问题。迄今为止，人们所提出的一些气候变化和能源问题的解决方案所发挥的作用十分有限，未来解决这一问题的推动力或许会来自政治家和科学领袖。我们也在这一章中介绍了一些研究领域已开展的团队工作。

我们最重要的目标就是要放弃使用煤炭——尽管煤炭当前仍然是世界范围内广泛用于发电的化石燃料。我们认为，根本没有所谓的“清洁煤炭”这回事儿，“清洁煤炭”仅仅是工业界提出的一个概念而已。在中国、美国和欧盟等国家或地区，碳税将大大有助于减少煤炭的使用，促进新的薄膜太阳能板、生物质发电系统，以及水电系统等技术的进一步改善。所有这些技术都将是减少温室气体排放的技术革新这一伟大创举中的一部分，但仍需假以时日。

目 录

第1章 能源科学与全球变暖/1

第2章 能源市场结构和管理结构/7

第3章 未 来/14

3.1 现 状/14

3.2 未来情景/26

第4章 能源安全下的全球经济/30

4.1 能源供给中断对世界各国经济的潜在威胁/30

4.2 外部能源供给中断：长期的危险/32

4.3 天然气增加了新的能源安全挑战/36

4.4 中东地区发挥的作用/37

4.5 主要能源危机的可能影响/39

4.6 市场的作用/40

4.7 结论：通向集体能源安全政策的建设性构想/40

第5章 能源谬论与能源简史/44

5.1 能源谬论/44

5.2 能源简史/48

第6章 能源经济学和气候变化/55

6.1 介 绍/55

- 6.2 斯特恩报告/57
- 6.3 能源经济学/58
- 6.4 经济工具如何减缓气候变化/62
- 6.5 限制排放、碳税和碳交易系统/64
- 6.6 结 论/67

第7章 我们要走向何方/69

- 7.1 核 能/72
- 7.2 核聚变/74
- 7.3 太阳能/76
- 7.4 改善我们已经拥有的/78
- 7.5 未来的想法/81

第8章 基于技术革新的能源未来/91

- 8.1 我们为什么需要一个新的曼哈顿计划来应对能源和气候变化/91
- 8.2 其他政策措施/94

总 结/97

[第1章]

能源科学与全球变暖

以传统生产方式生产的廉价石油，即将在全球范围内消耗殆尽。2010年发生的墨西哥湾漏油事件表明，深水钻井以及危险地区钻井开采石油的技术也存在相当大的风险。我们当前大量使用的石油资源，是地球经历千百万年才逐渐形成的，而仅仅在最近的150多年时间里，人类就已经消耗了一半的已知石油资源，照此发展，我们将在不久的将来把全部的石油资源消耗殆尽。

要缓解石油短缺，我们可以转向使用煤炭和天然气这两种化石燃料，可是如果我们继续按以往的生活方式生活下去的话，那么所有的这些化石能源在21世纪末也将消耗殆尽。如果这一切真的发生了，到那时我们的地球将不再适合人类生存。有一种可能的方式能够延续我们的文明，那就是我们的生活方式不再依赖化石燃料。

仅从技术角度来看，不依靠化石燃料的生活方式是完全可以实现的。发电厂完全可以使用核能作为燃料，即便核能也全部用完，我们还有太阳能及风能和水能等可再生能源。我们可以用这些能源中的一部分来生产交通部门使用的氢燃料，或者直接为电动汽车提供电力。尽管这其中还有很多技术问题亟待解决，但我们目前已经掌握了大部分问题的科学原理，而且我们也十分擅长解决这类技术问题。事实

上，只要我们愿意这样做，我们完全可以从现在就开始尝试放弃使用化石燃料，保护我们的地球气候系统不再受到威胁，也给我们的子孙后代留存一部分的化石燃料作为化学原料。我们当前使用的有机化学品中，90%以上都用石油作为原材料，涉及制药、农业化学以及塑料等。将化石燃料留作原材料使用而不是用于直接燃烧，这是一种十分明智的做法。

想要彻底改变使用化石燃料的现状，这需要远见与勇气并存的全局政治领导力，而实际上我们相差甚远。几十年前，市面上刚刚出现一些类似书籍的时候，并没有太多的人来关心这个问题；可是现在，几乎每一个人都口头承诺着去行动，而实际上几乎没有一点儿的改变。

在所有的化石燃料中，目前为止石油对我们最为重要。我们对石油的认知，最早来自于石油在一些地表部分的自然渗透。在较早的古代时期，生活在中东和美国地区的人们，曾将石油用于医疗、军事以及其他多个方面——石油也曾作为有效的泻药而闻名（请不要在家里尝试）；波斯人在公元前480年围攻雅典城邦的战役中，也曾使用石油浸泡过的弓箭作为武器。总体上，19世纪以前人类对石油的需求和使用量都很少。

19世纪以前，全世界照明方式几乎没有任何改变。直到19世纪初期，城市中心的日益扩张促使人们进一步寻找更好的照明替代方式。一段时间内，鲸鱼油成为照明的绝佳材料，捕鲸业也随之成为重要的工业。到了19世纪中期，捕鲸业的迅速发展使得鲸鱼数量日益稀缺，煤制煤油应运而生，并替代鲸鱼油广泛用于照明。1859年8月，纽约和纽黑文铁路前列车员埃德温·L·德雷克（Edwin L. Drake），在宾夕法尼亚西北部的泰特斯维尔地区成功地钻出了世界上第一口油井。之后，煤-油精炼厂大量开采廉价的石油，石油在照明和润滑中得到广泛的使用，并一步步取代煤炭。

1861年，德国企业家尼古拉斯·奥托（Nikolaus Otto）发明了世界上第一台汽油机，这也是我们今天小汽车引擎动力的前身；自此之后，石油作为燃料的需求不断增长。在短短几十年的时间里，世界各地不断发现石油并对其进行开采。自从埃德温·L.德雷克钻了世界上第一口油井开始，全世界开发了大约5万个油田，大部分油田的开发规模都比较小，其中40个大油田的石油产量占全球石油总产量的一半以上。

20世纪50年代，壳牌石油公司（Shell Oil Company）的地质学家马里恩·K.哈伯特（Marion King Hubbert）提出石油相关的预测，即美国油井的石油开采量将在1970年左右达到顶点，之后将快速下降。在当时，他的预测并没有得到同行们的关注和认可，但他预测的结果实实在在地发生了。1970年，美国石油的开采出现峰值，石油日产量为900万桶/天，之后开始减少。当前美国石油的日开采量也仅为500多万桶/天的水平。石油公司现在仍然使用马里恩·K.哈伯特的方法来对已有油田的未来产量进行预测。

最近，一些石油地质学家运用哈伯特的方法对全球石油进行预测。哈伯特本人也曾做过相关预测，预测结果显示2000年左右世界石油将出现哈伯特顶点。其他一些地质学家运用不同的假设和不同的数据也进行了相关预测，其结果与哈伯特预测的结果十分接近。全世界易开采石油的哈伯特顶点将很快到来，很可能就发生在这个10年当中。一些德高望重的地质学家并不赞同这一观点，对哈伯特顶点预测的数据也提出了诸多质疑。尽管如此，哈伯特的追随者们揭示了这其中的一个重要规律——世界范围内的原油以及其他一些矿产资源供给，都符合从零到峰值，且峰值后将持续下降这样的规律；危机发生在石油供给达到顶点的时候，并不是我们用尽最后一滴石油的时候。因为峰值之后的石油开采量将逐渐下降，不能够满足我们日益增长的石油需求。