



ENVIRONMENTAL FINANCE AND INVESTMENTS

2nd edition

Marc Chesney Jonathan Gheysens Anca Claudia Pana Luca Taschini

环境金融与投资

第二版

(瑞) 马克·切斯尼 (法) 乔纳森·盖桑

(罗) 安卡·克劳迪娅·帕娜 (意) 卢卡·塔斯基尼 著

莫建雷 范英 译



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



ENVIRONMENTAL
FINANCE AND INVESTMENTS
2nd edition

Marc Chesney Jonathan Gheysens Anca Claudia Pana Luca Taschini

环境金融与投资

第二版

(瑞) 马克·切斯尼 (法) 乔纳森·盖桑
(罗) 安卡·克劳迪娅·帕娜 (意) 卢卡·塔斯基尼 著

莫建雷 范英 译

Marc Chesney, Jonathan Gheysens, Anca Claudia Pana and Luca Taschini: Environmental Finance and Investments, 2nd edition

Copyright © 2015 Springer Berlin Heidelberg

Springer Berlin Heidelberg is a part of Springer Science and Business Media

Authorised translation from the English language edition: Environmental Finance and Investments by Marc Chesney, Jonathan Gheysens, Anca Claudia Pana and Luca Taschini.

All rights reserved.

本书简体中文翻译版由 Springer 授权东北财经大学出版社独家出版发行。未经授权的本书出口将被视为违反版权法的行为。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

图书在版编目 (CIP) 数据

环境金融与投资：第二版 / (瑞) 切斯尼 (Chesney, M.) 等著；莫建雷等译. —大连：东北财经大学出版社，2016.1

(低碳智库译丛)

ISBN 978-7-5654-2162-4

I. 环… II. ①切… ②莫… III. 金融投资-环境经济学-研究 IV. F830.59

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 283563 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

教学支持: (0411) 84710309

营 销 部: (0411) 84710711

总 编 室: (0411) 84710523

网 址: <http://www.dufep.cn>

读者信箱: dufep@dufe.edu.cn

大连图腾彩色印刷有限公司印刷

幅面尺寸: 170mm×240mm 字数: 196 千字 印张: 14 1/2

2016 年 1 月第 1 版 2016 年 1 月第 1 次印刷

责任编辑: 李 季 杨紫旋 责任校对: 刘 斯

封面设计: 冀贵收 版式设计: 钟福建

定价: 46.00 元

版权所有 侵权必究 举报电话: (0411) 84710523

“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重大威胁，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现，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。理论和方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。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，以及各自模型运转机理、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，开拓视野，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

译者序

科学技术进步是应对气候变化的根本途径，而促进低碳技术创新与发展需要针对性的政策与机制，因此低碳融资与投资在低碳经济发展过程中发挥着关键的作用。围绕低碳融资与投资的研究是学术界和实业界的热点领域。我们欣喜地看到《环境金融与投资》一书在这一领域做出了积极的探索，不仅具有基础性、系统性和前瞻性，而且有理论、有案例，通俗易懂。

在减缓气候变化的背景下，碳排放权将成为一种稀缺资源，而如何将这种稀缺资源的价值显性化，并以此吸引社会资金投到低碳领域是一个关键的问题。碳排放交易机制作为一种基于市场的减排政策工具，通过设定总体排放上限，明确排放权归属，并激励排放权在不同主体间交易流转，其结果是在以较低成本实现总体减排目标的同时，调动资金流向减排成本较低的主体，并以此促进进一步的大规模减排；同时，碳市场形成的价格信号还将引导更大规模的资金投资未来的减排技术，实现更大潜力的减排。本书在对气候变化问题进行基本介绍之后，以较大篇幅对碳排放权交易市场形成的制度基础、发展历史以及当前世界各国主要排放权交易市场进行了梳理，使读者能够掌握碳排放权交易市场的基本框架和发展现状。

除了碳排放权交易市场，碳税和补贴等政策工具也是基于市场的减排机制。碳税通过对排放主体征税，来增加排放主体的排放成本，从而使排放的外部成本内部化，最终减少自身的排放。而补贴则是通过“奖励”排放主体的减排行为来减少排放。作者对上述几种政策工具的作用机理及其优缺点进行了比较，尤其是对不确定条件下的政策工具选择进行了比较深入的分析。上述讨论主要是从减缓气候变化的视角展开的，从更广阔的视角看，应对气候变化还应包括适应气候变化，而如何对二者的成本收益进

行权衡并协调两种措施，作者也进行了初步的探讨。

作者将讨论主题做了进一步的扩展，从更高视角审视经济增长和资源及环境之间的协调关系，进而对可持续发展这一主题进行了讨论。本书中，作者利用几类经济模型探讨了最优生产、配置和消费的决策，并基于短期和长期的时间尺度，探讨了经济增长的不同范式，以便更加清晰地量化经济发展产生的成本和收益。基于此，本书分别讨论了可再生资源、非可再生资源、环境容量（碳排放上限）以及技术创新对经济增长的影响。这一部分内容有助于读者从“经济-资源-环境”全局视角并在可持续发展框架下考察环境投融资问题。

在微观经济活动中，进行投资、生产、运营及减排决策的是企业主体，而企业如何优化生产及投资、融资策略关乎企业的生存发展，是企业微观主体面对的最核心问题。尤其是在气候变化背景下，企业将面对更加复杂的投资决策环境，包括经济全球化、技术变革、激烈竞争、信息不对称，以及更加严格的环境约束等。传统的投资、融资评价决策理论由于忽略了决策制定过程内在的灵活性及选择过程的动态性而不能满足现实的需求，并有可能在投资项目评估、投资项目选择，以及项目投资时机选择等关键问题上做出有偏差的甚至错误的决策。因此，在新的条件下，企业的生产、运营，以及投资、融资决策需要更加先进的理论方法作为指导，并采取战略性决策来应对外部决策环境的改变。实物期权方法提供了一个新颖且强大的决策制定工具，可以克服传统方法的局限性，对投资项目进行更加客观的评估。本书作者基于实物期权方法，在不同条件下对低碳生产技术的投资项目进行了评价和选择，识别了所投资项目的最佳时间安排，并给出了具体的案例分析。

在理想条件下，碳市场价格应该反映参与企业的边际减排成本，通过碳配额交易将减排活动在企业之间进行优化配置，从而以较低的成本达到既定的减排目标。但作为以法规制度为基础的人工市场，碳市场易受到诸多因素影响，价格可能会偏离均衡价格，并可能伴随剧烈波动。价格偏离边际减排成本将造成市场失灵，进而降低碳市场的运行效率，影响减排的成本有效性；同时，价格的剧烈波动会增加低碳技术的长期投资风险，阻

碍低碳技术的投资与发展。因此，如何对碳市场价格的波动行为及其影响因素进行描述，是优化碳市场机制设计的基础，也是碳市场实践及理论中面临的关键问题。本书作者试图考察碳价格的动力学机制，对在确定性和不确定性两种条件下碳市场价格波动行为建模的已有研究进行了系统梳理，为读者进一步深入理解碳价格演化提供了有意义的参考。

总之，本书从宏观和微观两个视角对气候变化背景下的投融资问题进行了较为系统的讨论，对未来相关领域的进一步研究及实践工作提供了有益的参考。

译者团队来自中国科学院能源与环境政策研究中心。在翻译本书之前，团队已经在讨论会上系统地研读了此书，并纠正了书中的打印错误，这些纠正的部分都标注在文中。在第一版翻译完成之际，原作者刚刚完成了第二版，他们及时地提供了第二版新书，使我们在最快的时间里将译稿更新至第二版。虽然工作量加大了不少，但是我们很欣慰能把作者最新的研究成果介绍给读者。除主要译者莫建雷博士和范英教授外，研究中心的王许、贾君君、刘寅鹏、李力、彭盼、刘馨、蒋茂荣等博士研究生也参与了翻译工作。

特别感谢清华大学低碳能源研究院院长、国家应对气候变化专家委员会副主任何健坤教授的指导！感谢原作者及时提供最新版本，感谢所有参与本书翻译和研读讨论的老师、同学！

范英 莫建雷

2015年11月

第1章 简介/1

第2章 气候变化问题/5

2.1 碳排放与气温变化关系难题/5

2.2 全球暖化情景和减缓气候变化路径/8

2.3 环境与经济影响/11

第3章 国际社会为应对气候变化所做的努力/18

3.1 历史与机制/18

3.2 世界各地的排放权交易机制/28

3.3 京都灵活机制/42

第4章 减缓气候变化的经济学/51

4.1 温室气体排放的外部性/51

4.2 税收和补贴/53

4.3 可交易排放许可证/55

4.4 总量控制与交易体系以及不确定性的影响/58

4.5 整合适应和减缓战略/68

第5章 经济增长与环境/74

5.1 增长经济学简介/77

5.2 超越经济增长/93

第6章 环境投资金融学/102

6.1 简介/102

6.2 投资项目的特征/103

6.3 新古典方法：净现值方法/104

6.4 视投资机会为期权/106

6.5 期权定价的二叉树模型/113

6.6 Black-Scholes 公式/117

6.7 实物期权方法在环境履约决策中的应用/125

第7章 排放权价格动力学/161

7.1 EUA 价格的计量经济学分析/161

7.2 确定性与随机均衡模型/169

附录/188

参考文献/196

术语表汇总/207

插图目录

- 图 2-1 全球平均温室气体浓度/6
- 图 2-2 相对于长期（1950—2011 年）平均水平所出现的全球气温异常现象/6
- 图 2-3 当前以及预期的年度人为温室气体排放量/9
- 图 2-4 不同温室气体排放情景下相对于工业革命之前大气温度的增长/10
- 图 3-1 国际交易日志（ITL）及其与国家登记系统的联系/22
- 图 3-2 EU ETS 2008—2030 年的总量控制目标与年度分配/31
- 图 3-3 EUA 的现货价格和总交易量（2005 年 9 月—2007 年 5 月）/32
- 图 3-4 RGGI 配额拍卖的价格和交易量（2008—2014 年）/37
- 图 3-5 中国各碳排放权交易试点机制的排放配额价格（2013—2014 年）/41
- 图 3-6 CDM 项目的额外性/43
- 图 3-7 2013 年之前和 2012 年以后各出售方交易的 CDM 项目/45
- 图 3-8 2005—2013 年 CER 和 ERU 的签发量/46
- 图 3-9 2008—2010 年不同 CER 合约价格的走势/47
- 图 4-1 存在外部性与不存在外部性两种情景下的最优产量/52
- 图 4-2 存在税收时的最优产量/54
- 图 4-3 在“科恩谈判定理”（1960）下排放量的平衡点/56
- 图 4-4 边际社会收益函数的斜率高于边际减排成本函数的斜率时
价格型工具和数量型工具下的福利损失/63
- 图 4-5 边际社会收益函数的斜率低于边际减排成本函数的斜率时
价格型工具和数量型工具下的福利损失/64

- 图 4-6 厂商高报减排成本时的次优排放水平/65
- 图 4-7 厂商低报减排成本时的次优排放水平/66
- 图 4-8 特殊拍卖情景下的边际减排成本与边际社会损失/68
- 图 5-1 经济发展历史/75
- 图 5-2 1961—2015 年的食品价格指数/96
- 图 5-3 1970—2008 年的现货价格和商品指数/99
- 图 5-4 商品期货市场规模/101
- 图 6-1 预期现金流序列的示例/104
- 图 6-2 未来现金流之和的概率密度函数/107
- 图 6-3 投资期权的价值和投资的盈利分析/108
- 图 6-4 投资期权的价值和投资的盈利分析/109
- 图 6-5 投资期权的价值和投资的盈利分析/109
- 图 6-6 以百万欧元为单位的项目价值/110
- 图 6-7 一年后现金流折现值之和（以百万欧元为单位）/110
- 图 6-8 投资项目的盈利情况（以百万欧元为单位）/111
- 图 6-9 一年后投资组合的价值/112
- 图 6-10 单期二叉树模型/113
- 图 6-11 双期二叉树看涨期权定价模型/120
- 图 6-12 美式看跌期权价值的双期二叉树模型/122
- 图 6-13 t_0 时刻的成本函数/128
- 图 6-14 成本函数关于 N 和 Q_0 变化的敏感性分析/129
- 图 6-15 成本函数关于概率变化的敏感性分析/130
- 图 6-16 成本函数关于价格变化的敏感性分析/130
- 图 6-17 排放量和价格的动态演化/131
- 图 6-18 t_0 时刻的成本函数/134
- 图 6-19 排放量增加条件下 t_1 时刻的成本函数/135
- 图 6-20 排放量减少条件下 t_1 时刻的成本函数/135
- 图 6-21 t_0 时刻的成本函数（依据 NPV 标准）/137
- 图 6-22 成本函数关于 P 变化的敏感性分析/139

- 图 6-23 减排量 $\Gamma(\Gamma \in [0, 50])$ 取不同值时的成本函数/142
- 图 6-24 转换成本 $C(C \in [1\ 000, 3\ 500])$ 取不同值时的成本函数/143
- 图 6-25 关于不同的转换成本 C 和减排量 Γ 的成本函数/144
- 图 6-26 t_1 时刻在 $Q_1 = dQ_0$ 、 $P_1 = dP_0$ 的条件下 X_0 取不同值时的成本函数/148
- 图 6-27 t_1 时刻在 $Q_1 = dQ_0$ 、 $P_1 = uP_0$ 的条件下 X_0 取不同值时的成本函数/149
- 图 6-28 t_1 时刻在 $Q_1 = uQ_0$ 、 $P_1 = dP_0$ 的条件下 X_0 取不同值时的成本函数/150
- 图 6-29 t_1 时刻在 $Q_1 = uQ_0$ 、 $P_1 = uP_0$ 的条件下 X_0 取不同值时的成本函数/151
- 图 6-30 t_0 时刻 X_0 取不同值时的成本函数/152
- 图 6-31 t_0 时刻 X_0 取不同值时的成本函数/154
- 图 6-32 从企业 1 的角度观察企业 2 的可能排放量/156
- 图 6-33 从企业 2 的角度观察企业 1 的可能排放量/156
- 图 6-34 当 $P_0 = 80$ 时企业 1 和企业 2 的成本/159
- 图 6-35 当 $P_0 = 60$ 时企业 1 和企业 2 的成本/160
- 图 6-36 当 $P_0 = 90$ 时企业 1 和企业 2 的成本/160
- 图 7-1 EUA 第一阶段 (2005 年 4 月—2007 年 11 月) 的现货价格 (上图); EUA 第二阶段 (2008 年 4 月—2011 年 5 月) 的现货价格 (下图) /163
- 图 7-2 2010 年 12 月到期的 EUA 期货价格 (时间跨度是 2008 年 4 月—2010 年 11 月) (上图); 2012 年 12 月到期的 EUA 期货价格 (时间跨度是 2008 年 4 月—2011 年 5 月) (下图) /164
- 图 7-3 2005 年 9 月 29 日—2008 年 10 月 6 日期间燃料转换对数价格与配额现货对数价格/166
- 图 7-4 燃料转换价格季节项、趋势项与剩余部分的时间序列/167