

国家社科基金项目“‘全碳效率’测度与区域生态经济评价”(12BJY025)

“全碳效率”测度与 生态经济评价

QUANTAN XIAOLÜ
CEDU YU SHENGTAI
JINGJI PINGJIA

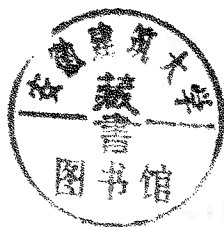
张雪花 张宏伟 张宝安 / 著

中国环境出版社

国家社科基金项目“‘全碳效率’测度与区域生态经济评价”(12BJY025)

“全碳效率”测度与生态经济评价

张雪花 张宏伟 张宝安 著



中国环境出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

“全碳效率”测度与生态经济评价/张雪花, 张宏伟,
张宝安著. —北京: 中国环境出版社, 2015.7

ISBN 978-7-5111-2422-7

I. ①全… II. ①张… ②张… ③张…
III. ①二氧化碳—废气排放量—计量—中国 IV. ①
X510.6②X826

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 120186 号

出 版 人 王新程
责任编辑 董蓓蓓 沈 建
责任校对 尹 芳
封面设计 宋 瑞

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2016 年 4 月第 1 版
印 次 2016 年 4 月第 1 次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 12.75
字 数 240 千字
定 价 38.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

前 言

碳环境容量已是当今最为紧缺的资源种类之一，如何通过各种资源的合理配置，在经济社会发展的同时控制碳排放总量，已成为提高区域生态经济系统效率的关键。毫无疑问，在气候变化日益严峻的今天，以“碳”效率反映资源环境效率和经济社会绿色发展水平是可行并且有意义的。

但是，以能源消耗为主的传统碳排放量核算模式，无法全面地评估一个地区的碳耗用总量；与此同时，仅以单位 GDP 碳排放来衡量的碳效率，也无法体现协同、共享的发展理念，难以公正客观地评价一个地区的低碳和绿色化水平；此外，传统的全要素生产率分析方法较多地关注产出效率以及低效情况下的产出不足，而对于导致产出低效的原因——投入要素的配置的分析却不够，因此难以直接服务于区域碳减排决策。

本书在国家社会基金项目“全碳效率”测度与区域生态经济评价（12BJY025）的研究基础上，着力阐述以下 3 个问题：一是提出“全碳排”概念，建立全碳排核算账户，全面核算人类活动所产生的碳排放和潜在碳耗用（即碳环境容量占用）量；二是秉承创新、协调、绿色、开放和共享的发展理念，以“全碳排”核算为基础，从单位碳排经济产出、人口承载和人均可支配收入 3 个方面，构建“全碳效率”指标，开发相应的测度方法；三是以“碳”为核心要素，从“全碳”视角，综合评价一个地区的生

态经济系统投入产出效率，并通过投入冗余分析，找出制约地区碳效率提高的关键因素，从而为碳减排综合决策提供科学依据。

这些成果是课题组多年积累所成，并因此培养了1位博士和10位硕士，他们是杨金升、李建、李娟、雷喆、陶贻侠、王小双、李磊、李响、刘文莹、云菲、杨冬元。李建、李娟和杨金升的学位论文与能值及碳的转换相关，雷喆、陶贻侠和王小双的学位论文与生态经济系统学分析与评价相关，李磊、李响和刘文莹的学位论文与“全碳效率”测度与其评价相关，云菲和杨冬元的学位论文与基于“全碳”的生态经济系统绿色化相关。其中，雷喆和陶贻侠获得了天津市优秀硕士论文。此外，程杨和余敦涌参与了第二章的写作。北京大学叶文虎教授在课题研究和本书的写作过程中给予了无私的指导，在此表示衷心的感谢！

“全碳排”是一个新概念，表达的是一种全面计量碳排放量的新思路，“全碳排”的“全”目前还不是一个绝对词，并未包罗万象，我们相信，随着可用统计信息的不断丰富和研究的深入，全碳排核算账户会被继续完善。受作者水平之限，书中难免存在不足和疏漏，恳请广大读者批评指正。

目 录

理论与方法篇

第一章 绪论	3
一、研究背景.....	3
二、研究意义.....	6
三、全书结构.....	7
参考文献	8
第二章 生态经济系统学分析方法.....	9
一、区域生态经济系统分析.....	9
二、人与自然关系分析.....	13
三、系统动力学方法介绍.....	16
四、基于 SD 的生态经济效率影响要素分析.....	23
五、本章小结.....	37
参考文献	37
第三章 “全碳排”及其核算.....	40
一、“全碳排”概念的提出.....	40
二、能值理论及分析方法简介.....	46
三、“全碳排”核算方法.....	48
四、计算实例.....	54
五、本章小结.....	69
参考文献	69

第四章 “全碳效率”及其测度.....	73
一、“全碳效率”的含义.....	73
二、“全碳效率”综合指数的构建.....	75
三、“全碳效率”综合指数的计算方法.....	77
四、计算实例.....	82
五、本章小结.....	90
参考文献.....	90
第五章 基于“全碳”的投入产出效率评价.....	92
一、以碳为核心的投入产出效率评价方法分析.....	92
二、基于“全碳”的 DEA 模型构建与评价应用.....	95
三、计算实例.....	99
四、本章小结.....	108
参考文献.....	108

案例研究篇

第六章 我国 30 个省域的“全碳排”核算与“全碳效率”评价.....	113
一、我国 30 个省域全碳排核算.....	113
二、我国 30 个省域全碳效率测度.....	140
三、我国 30 个省域基于“全碳”的生态经济系统投入产出效率评价.....	151
四、本章小结.....	171
第七章 天津工业大学生态校园建设评估.....	173
一、天津工业大学生态校园建设基本情况介绍.....	173
二、评估方法.....	176
三、绿色供能效益评估.....	177
四、绿色用水效益评估.....	180
五、本章小结.....	184

第八章 华北某钢铁厂绿色转型评估.....	186
一、华北某钢铁厂基本情况介绍.....	186
二、评估方法.....	187
三、水处理效益评估.....	188
四、废气处理效益评估.....	191
五、固体废弃物处理效益评估.....	193
六、本章小结.....	195

理论与方法篇

第一章 绪 论

一、研究背景

第二次世界大战以后，随着科学技术的持续发展和劳动生产率的不断提高，世界经济快速增长，人类干预和改造自然的能力也逐渐增强。然而，与此同时出现了大量的环境污染和生态退化问题，其严重程度是人们始料未及的^[1]，臭名昭著的世界八大公害事件就是最好的例证。随着时间的推移，环境和资源问题从局部向全局、从区域向全球扩展，世界范围内的人口骤增、粮食短缺、环境污染、资源不足和能源危机不仅威胁着人类的生存，而且制约着社会的进一步发展。

《寂静的春天》敲响了人类生存危机的警钟；《增长的极限》指出，如果不改变现有的发展模式，人类社会经济只能选择“零增长”；《世界自然资源保护大纲》指出，必须研究自然的、社会的、生态的、经济的，以及利用自然资源过程中的基本关系，以确保全球的可持续发展；在《我们共同的未来》报告中，第一次阐述了可持续发展的概念，并在世界范围内达成了共识。将生态学与经济学相结合，从中寻求既发展社会经济又保护生态环境的解决之策，逐步成为广大学者关注和研究的焦点。

新中国成立以来，在中国共产党的正确领导下，我国经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各项事业均取得了世界瞩目的成就，经济总量跃居世界第二位，城市化率超过 50%，人民生活基本达到小康水平。但是，在工业化进程超速发展和产业结构急剧转变的同时，复杂多样的环境问题也伴随而生，西方国家曾爆发过的环境公害事件，在我国几乎都有表现。

进入 21 世纪，中国共产党总结实践经验、反思现实困境，全新诠释和科学定

位中国特色社会主义建设总目标,提出了生态文明的先进执政理念和“五位一体”总布局。正如党的十八大报告指出的:“面对资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化的严峻形势,必须树立尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念,把生态文明建设放在突出地位,融入到经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程”。

将生态文明建设融入到经济建设,就是要加快转变经济发展方式,调整产业结构,从强调数量到追求质量和效益,实现速度和结构、质量、效益相统一,经济发展与人口资源环境相协调^[1]。社会主义制度优越性的发挥要求我们必须发展经济,同时,必须转变经济发展方式。发展生态经济^[2],在生态系统承载力范围内,运用生态经济学原理和系统工程方法改变生产和消费方式,挖掘一切可以利用的潜力,发展经济效益好、环境影响小、资源利用效率高的产业,建设体制合理、社会公平、人与自然和谐发展的环境,实现经济腾飞与环境保护、物质文明与精神文明、自然生态与人类生态的高度统一,是新时期我国经济发展的优选之路。

关于生态经济系统资源环境效率量化分析的研究由来已久,大体上可以归类为以下三个主要方面:一是以货币为归一化价值的绿色 GDP 研究,二是以实物量为主要计量单位的指标体系研究,三是资源环境综合绩效指标与评价方法研究。

① 绿色 GDP 研究。早在 1946 年,英国学者汉克斯(Hicks)就提出了绿色 GDP 概念,力图在反映经济发展的同时,反映资源消耗成本和环境损失代价。经过许多学者的共同努力,取得了重大进展,净经济福利、净国民福利、环境经济综合核算体系、环境自然资源账户等新的核算模式相继问世,但关于资源消耗和环境损失的货币化核算方法一直存在争议。这是因为,市场价格是 GDP 估价的客观基础,而大多数资源消耗和环境损失没有经过市场交易,也就找不到一个客观存在的价格来估计资源消耗成本和环境损失代价。由于争议的存在,至今还没有形成一套公认的绿色 GDP 核算模式^[3],也没有一个国家的政府统计部门正式发布绿色 GDP 数据^[4]。我国是最早为绿色 GDP 核算做出实质性努力的国家之一。2004 年,国家环保总局和国家统计局联合启动了《中国绿色 GDP 核算研究》项目,于次年在全国 10 个省市开展了试点。然而,这次努力仍未完全突破核算方法的障碍,推行绿色 GDP 的条件尚不成熟。

② 指标体系研究。1990 年以来,有关可持续发展的指标体系不断提出,其中

著名的有联合国开发计划署提出的人类发展指数、联合国统计局提出的可持续发展指标体系框架结构、联合国可持续发展委员会提出的驱动状态响应模型,以及国际科学联合会环境问题科学委员会提出的可持续发展指标体系。这些指标体系各有所长,已被广泛应用于国家和区域层面的可持续发展研究。例如,人类发展指数可以很好地描述社会经济发展质量现状,并对历史序列进行分析;可持续发展指标体系框架结构和驱动状态响应模型则可以通过分析压力、状态、响应之间的逻辑联系,很好地回答发生了什么、为什么发生、我们将如何做这3个可持续发展的基本问题。在国际组织的倡导和带动下,加拿大、荷兰、英国、美国等许多国家也都建立了具有本国特色的可持续发展指标体系。我国于2008年启动了中国资源环境统计指标体系工作,采取以实物量为主的设计思路,增强了可操作性。但它与世界许多国家政府已建立的可持续发展指标一样,不曾把各类分指标合而为一,综合来看,也不能明确指出我们在追求经济增长时付出了哪些代价。

③ 综合绩效指标与评价方法研究。目前,生态足迹、生态效率(又称资源环境效率)、碳足迹和碳效率等是生态经济效率评价的常见指标。生态足迹模型由威廉提出,它是通过生态足迹需求与自然生态系统承载能力的比较,定量地判断某区域的可持续发展状态。由于计算简单、结果明了,该方法出现后迅速被推广和应用,但是,其生态偏向性、静态性、忽视区域功能差异和生态承载账户覆盖不全面等不足始终存在。“生态效率”一词由沙特格(Schaltegger)引入生态经济系统,用以表示单位资源消耗(或环境污染排放)所产生的经济价值。由于经济过程投入要素的量纲不同,目前关于生态效率的研究,或者将不同种类资源分别测算和分析,或者采用人工赋权后再求和,均存在一定不足。前者无法用于不同区域间的整体效率比较,而后者评价结果的客观性又往往受到质疑。碳足迹是指能源意识和行为对自然界产生的影响,简单地讲就是个人或企业的“碳耗用量”^[5]。碳效率(又称碳生产率),可表示为某一特定区域生产总值与CO₂排放量之比。碳福利绩效,可表示为社会经济福利与CO₂排放量之比^[6]。以上关于碳的研究,均是以碳排放量(以下简称碳排)核算为基础。由于不同产品使用的间接碳排系数很难客观确定,传统的碳排核算较多关注能源消耗产生的碳排,对于经济系统其他要素在生产或使用过程中的碳排考虑不周全。正在兴起的区域“碳隐(藏)流量”计算方法,通过对区域投入产出表的分析来核算区域碳排,从某种程度上弥补了传统方法的不足,但由于不同种类产品的“碳排系数”难以确定,该方法

账户覆盖仍不全面，没有考虑高新技术产品、文化产品、生物资源和部分原料新产品的投入等。因此，也无法体现不同的消费模式、经济结构和生产水平对区域碳排总量的影响。以食品中生物质资源的消耗为例，当前全球人均食物消耗量和年度食物能量需求量均增长迅速，但浪费严重，仅美国一年浪费的食品总能量就达 2.15×10^7 亿 kJ，超过了美国从本土海岸开采的石油和天然气的总能量^[7]。

由于上述方法各自的局限性，它们既无法单独完成区域生态经济系统资源环境整体效率的评价，也不能组成完整的评价体系。区域经济的投入要素有自然资源、生态环境、人造资本和人力资源等，如果能够根据这些不同种类资源之间的自然联系，将它们各自的效率（包括生态效率和经济效率）都归集为一个综合性效率评价指标，则可以更加全面客观地反映区域经济的整体水平，也方便不同区域之间进行比较。

鉴于此，本书以上述内容为基础，全面考察区域经济过程的投入要素，通过分析不同种类资源之间的自然联系，构建“全碳效率”综合指数，并开发与之相应的测度与评价方法，评价区域经济增长质量和效益。

二、研究意义

将不同种类资源的效率都归集为一个效率指标，可以更加客观准确地评价区域经济的整体情况。在气候变化形势严峻、减排责任日益重大的今天，碳排放空间是一种最重要的稀缺资源，未来的竞争将是碳效率的竞争。以“全碳效率”作为归一化指标，一方面可以全面客观地评价区域生态经济系统资源环境的整体效率，另一方面可以为进一步研究区域碳减排责任奠定良好的基础。经济增长质量和效益主要体现在民生、稳定、效率和可持续性四个方面，“全碳效率”的评价结果可以从效率和可持续性两个方面客观地反映经济增长的质量与效益，为国家有关部门制定相关的评价规范提供重要参考。

基于以上认识，本书采用“生态经济系统分析—‘全碳效率’及其测度方法理论研究—实证研究”的基本路线进行写作。在理论层面，综合运用经济学、统计学、生态学和物理学的理论与方法，力图将区域经济过程中投入的不同种类资源用同一量纲来表示，并建立其与碳排放之间的响应关系，进而构建“全碳效率”指标，评价区域经济增长质量和效益。在实践层面，以现行统计指标为基础，开

发具有可操作性的“全碳效率”测度模型，科学确定模型参数，以便于实证研究。

三、全书结构

全书由上、下两篇构成，上篇为理论与方法篇，由第一章至第五章构成；下篇为案例研究篇，由第六章至第八章构成。

理论与方法篇主要包括：全书写作思路与基本内容简介、区域生态经济系统关键要素辨识、“全碳排”概念的提出及其核算、“全碳效率”的提出及其测度和基于“全碳”的生态经济系统投入产出效率评价。主要内容如下：

第一章为绪论，评述生态经济效率量化评估的研究进展及存在的问题，简要介绍本书拟解决的关键问题、写作思路和基本框架。

第二章为区域生态经济系统关键要素辨识，在生态经济系统结构与功能分析和人与自然关系分析的基础上，应用系统动力学方法辨识影响生态经济效率的关键因素。

第三章为“全碳排”及其核算。首先，分析传统碳排放核算的不足，以及不同消费方式和生产方式对碳排放的影响，提出“全碳排”概念；其次，从影响碳平衡关键要素的分析入手，构建包括能源消耗碳排放、生物质资源消耗和废弃物排放潜在碳（环境容量）耗用3个子项的“全碳排”核算账户；再次，提出了基于能值的“全碳排”核算方法；最后，以北京、上海、天津、重庆、广州和哈尔滨6个城市为例，介绍“全碳排”的具体核算方法，并验证其科学可行性。

第四章为“全碳效率”及其测度。首先，对“全碳效率”的概念加以界定；其次，从单位GDP经济产出、人口承载和福利支撑3个方面，构建“全碳效率”综合指数，并提出相应的测度方法；最后，以北京、上海、天津、重庆、广州和哈尔滨6个城市为例，介绍“全碳效率”综合指数的具体测度方法，并验证其科学可行性。

第五章为基于“全碳”的区域生态经济系统投入产出效率评价。首先，分析以“全碳”为基础、以碳要素为核心的生态经济系统投入产出效率评价的可行性；其次，根据评价要求，从土地、资本、劳动力等生产要素的视角选取以相对量为表达形式的投入指标，产出指标则与“全碳效率”中涉及的单位碳排经济产出、人口承载和人均可支配收入的口径相一致；再次，构建规模报酬可变的全要素投入产出分析模型，并提出相应的评价方法；最后，以北京、上海、天津、重庆、

广州和哈尔滨 6 个城市为例,介绍基于“全碳”的区域生态经济系统投入产出效率的具体计算方法,并验证其科学可行性。

案例研究篇由 3 个实例构成,分别从省域、社区和大型工业企业(或者说工业园区)三个层面,进行方法的应用研究。

第六章是区域层面的应用案例,样本为我国 30 个省域(由于香港、澳门、台湾和西藏的数据难以完整收集,因此未将它们包括在样本中),研究内容包括“全碳排”核算、“全碳效率”测度和基于“全碳”的区域生态经济系统投入产出效率评价。

第七章是大型社区层面的应用案例,以天津工业大学新校区为例。一方面,应用“全碳”的概念及核算方法,进行校区绿色化建设的环境效益评估;另一方面,应用传统的费用效益分析方法,进行绿色化建设的经济效率评估。评估结果显示,从“全碳”的视角进行分析,科学合理的环境保护和生态建设不仅能够产生环境效益,而且能够产生显著的经济效益,实现真正的环境经济。

第八章是大型工业企业层面的应用案例,以北方某大型钢铁集团为例。一方面,应用“全碳”的概念及核算方法,进行该企业绿色化转型环境效益评估;另一方面,应用传统的费用效益分析方法,进行该企业绿色化转型的经济效率评估。评估结果显示,从“全碳”的视角进行分析,环境保护和经济发展可以协同,而且经济活动生态化和环境保护经济化是推动绿色发展的根本动力。

参考文献

- [1] 崔波. 中国低碳经济的国际合作与竞争[D]. 中共中央党校, 2013.
- [2] 刘思华. 理论生态经济学若干问题研究[M]. 南宁: 广西人民出版社, 1989.
- [3] John Talberth, Alok K. Bohara. Economic Openness and Green GDP [J]. Ecological Economics, 2006, 58 (4): 743-758.
- [4] 许宪春. 如何全面准确理解和客观评价 GDP[J]. 国家行政学院学报, 2011 (3): 10-17.
- [5] 潘家华, 庄贵阳. 低碳经济的概念辨析及核心要素分析[J]. 国际经济评论, 2010(4): 88-90.
- [6] 诸大建, 刘国平. 碳排放的人文发展绩效指标与实证分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21 (5): 73-79.
- [7] Amanda Cuellar, Michael Webber. Wasted Food, Wasted Energy: The Embedded Energy in Food Waste in the United States [J]. Environ. Sci. Technol, 2010, 44 (16): 6464-6469.

第二章 生态经济系统学分析方法

区域生态经济系统的高效率是通过对生态经济系统内各要素的高效组织和提高经济过程中若干投入要素的利用效率（包括生态效率和经济效率）来实现的，而这些要素分布于区域生态经济系统的生产、消费、污染排放、环境治理和生态建设等多个环节。本章以区域生态经济系统结构与功能分析为基础，应用系统动力学方法，辨识影响区域生态经济系统效率的关键要素。

一、区域生态经济系统分析

区域生态经济系统作为一个复杂系统，由自然环境和人类社会两大类要素复合而成，自然环境是人类生存和发展的基础，也是区域生态经济系统存在的物质基础。人类从自然环境中获取资源，通过经济活动创造财富，通过社会组织分配财富，推动人类社会向前发展。由于区域生态经济系统的复杂性，其健康生存与发展依赖于一定的平衡，如果破坏了应有的动态平衡^[1, 2]，可能导致整个社会的混乱与不可持续。生态良性循环是其中最重要的动态平衡，如果这种良性循环被打破，将出现《增长的极限》中所预言的情况——过度的经济增长面临着极限，将导致人类社会的自我毁灭。因此，不能为了经济增长而完全牺牲环境，否则会使人类发展面临不可持续的危机。然而，经济增长是一种历史发展的必然，如果没有经济增长，人类生活水平就不会提高，社会就会踏步不前^[1]。因此，也不能为了追求生态良性循环而完全牺牲人类的发展与进步。

传统的思维方式容易使人们将环境保护与经济发展对立起来，这种对立称为矛盾。矛盾双方竞争与博弈的结果必然是此消彼长，这就使人类只能在牺牲环境或者牺牲发展之间进行选择，这并非我们的预期。我们希望能够找到一种恰当的