

Green Growth of China's Industry:
Theoretical Research and Empirical Analysis

中国工业绿色增长： 理论研究与实证分析

陈超凡 著

本书是中国博士后科学基金项目（2017M620026）、中央高校基本科研业务费专项资金资助项目（310422107）、国家社会科学基金重点项目（18AJY010）、教育部人文社会科学研究一般项目（17YJA790025）的阶段性成果。

导 言

20 世纪七八十年代，在世界资源与环境问题日益突出的背景下，可持续发展理念诞生并逐步流行。可持续发展是人类社会实现长期永续发展的远大理想，达到这一目标的过程充满着困难和挑战。2000 年，联合国制定了可持续发展中短期的千禧发展目标，并提出至 2015 年经济、社会和环境三方面的众多具体目标，而这些目标的完成情况并不理想。2008 年金融危机后，全球经济面临艰难复苏和深度调整，联合国环境规划署（UNEP）发起了“绿色经济”和“绿色新政”倡议，提出至 2030 年的中短期时间里将当前褐色经济向绿色经济转型，实现绿色增长，该倡议得到了众多发达国家以及中国等发展中国家的积极响应。2016 年，联合国通过《2030 年可持续发展议程》，新议程制定了 17 个可持续发展目标，其中一半以上与绿色增长相关。可以说，绿色增长这一新理念与可持续发展是一脉相承的，其来源于可持续发展，可以将其视为实现可持续发展目标重要的中短期战略或工具。

对于中国而言，绿色增长更是一个具有时代性、紧迫性和战略性的命题。2016 年 3 月，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》发布，绿色发展被列为“五大发展理念”之一，上升为国家战略。2017 年 10 月，党的十九大报告再次强调绿色发展，提到环境、绿色等相关词语的次数，多达 89 次。作为驱动中国经济增长的主体产业，改革开放 40 年来，中国工业粗放型和外延式的扩张方式使得资源消耗、环境恶化、结构失衡等问题日益突出。在经济新常态下，中国工业发展面临着内外两方面的约束和挑战，从内部来看，工业发展的资源环境承载力已经逼近极限，工业增长模式及动能亟待转换；从外部来看，中国工业正面临全球绿

色工业革命所带来的新竞争和新挑战。因此，要想破解中国工业发展的资源环境约束并提升工业可持续发展的竞争力，本质上要求形成工业绿色增长的模式。工业绿色增长是经济绿色转型并最终走向可持续发展的有效切入点和推动力量，它顺应了新一轮工业革命下重振实体经济的世界潮流和全球低碳竞争，对于培育工业增长的新动能，促进工业增长迈向“高水平高质量高效益”的新均衡，最终实现中国工业“由大变强”的战略目标具有重要意义。

本书立足新时代背景，抓住中国工业绿色增长这一核心问题，搭建了理论、实证及对策相结合的系统性研究框架，对工业绿色增长的内在机理，以及中国工业绿色增长的进程、动力因素、未来前景、机制对策进行深入考察与分析。

具体而言，理论研究围绕两个基本问题展开，即什么是工业绿色增长？工业绿色增长能否实现？本书认为，工业绿色增长是指在不以牺牲自然体系和人类健康为代价的前提下，以技术创新和制度创新为核心，在实现工业增长的同时显著改善资源效率、持续提升环境绩效、不断增进社会福利的可持续发展模式。进一步地，本书将内生增长框架对可持续发展问题的讨论引至工业领域，将环境污染和不可再生资源纳入了一个基于熊彼特产品垂直创新框架的内生增长模型，论证了在资源和环境成为内生要素条件下，工业增长是否可持续以及实现稳态优化的条件。本书构建的绿色内生增长模型明确区分了智力资本和物质资本，突出了创新在可持续增长中的作用。本书的研究论证了尽管存在资源和环境约束，但在稳态均衡条件下，存在工业增长率为正、污染排放及资源消耗增长率为负的工业绿色增长最优路径。

既然工业绿色增长在理论上能够实现，那么中国工业在实践中是否已经走向了绿色增长的道路？在此过程中，驱动中国工业绿色增长的因素有哪些？在未来更长的时期内，中国工业绿色增长的前景如何？为了对理论进行验证和补充，在实证分析中，本书首先从绿色全要素生产率的视角出发，利用方向性距离函数及 GML 生产率指数对工业各行业的绿色增长水平及其收敛效应进行了测度与评价。其次，本书从制度创新、技术创新和结

构优化三方面确定工业绿色增长的动力因素，并采用面板 ECM 模型、GMM 动态面板模型和面板门槛模型深入分析了各动力因素对工业绿色增长的驱动效应。最后，本书基于节能减排行为分析模型，通过设计多样化的节能减排情景与路径，对 2015—2050 年中国工业绿色增长前景进行模拟预测。

在总结理论和实证研究的基础上，本书基于博弈分析，系统设计了多主体参与的中国工业绿色增长实践机制，并从推进制度改革与建设、增强自主创新能力、优化工业内部结构、培育绿色发展理念、深化全球合作五大方面提出了新时期中国工业绿色增长的战略对策。

本书的亮点在于，将内生增长框架对可持续发展问题的讨论引至工业领域，论证了工业增长、资源环境约束和社会效用“三位一体”的工业绿色增长实现的可能性及其条件，丰富了工业绿色增长的理论基础；以绿色全要素生产率贯穿实证研究的始终，通过严谨的实证逻辑和先进的实证方法为中国工业绿色增长提供科学的经验依据，解决了传统生产率研究忽视资源环境要素的缺憾；通过长周期模拟预测找寻中国工业最优节能减排路径并判断双赢发展前景，是对着眼于历史或当前研究的有效拓展，将为中国工业绿色增长战略的制定提供重要参考。

目 录

CONTENTS

导 言	1
第一章 绪论	1
第一节 研究背景	2
第二节 研究意义	5
第三节 研究内容与研究思路	5
第四节 研究的主要方法	8
第五节 研究可能的创新点	10
第二章 工业绿色增长：国内外文献综述	13
第一节 工业绿色增长的缘起及内涵	14
第二节 工业绿色增长的评价与测度研究	17
第三节 工业绿色增长的动力因素研究	21
第四节 工业绿色增长的路径、机制及战略对策研究	25
第五节 文献评述	30
第三章 工业绿色增长的理论模型	33
第一节 工业绿色增长的内涵及本质	34
一、工业绿色增长的内涵	34
二、工业绿色增长的本质	39
第二节 工业绿色增长的理论模型	42
一、模型的理论溯源	42
二、基础模型及生产技术	48
三、环境质量与不可再生资源	49

四、物质资本与社会福利	50
五、工业绿色增长的优化路径	51
六、工业绿色增长的必要条件及比较静态分析	56
第三节 本章小结	59
第四章 中国工业绿色增长的测度与评价	61
第一节 全要素生产率及主流测度方法的演进	62
第二节 中国工业绿色全要素生产率的测度方法	68
一、绿色生产函数	68
二、方向性距离函数及 Global Malmquist-Luenberger 指数	70
第三节 中国工业绿色全要素生产率的测度：基于 36 个工业行业数据	73
一、指标与数据	74
二、中国工业绿色全要素生产率测度结果及分析	78
三、中国工业绿色全要素生产率的收敛分析	94
第四节 本章小结	98
第五章 中国工业绿色增长的动力因素研究	101
第一节 制度创新与工业绿色增长：环境规制体系构建	102
一、关于环境规制不同效应的讨论	103
二、中国工业环境规制体系构建及测度	104
三、中国工业环境规制与绿色增长的因果关系检验	109
第二节 技术创新与工业绿色增长：自主创新与技术引进	112
一、技术创新理论及影响机制	112
二、中国工业自主创新与技术引进水平测度	114
三、中国工业技术创新与绿色增长的因果关系检验	117
第三节 结构优化与工业绿色增长	119
一、结构优化与工业绿色增长：理论分析与变量选择	120
二、结构优化与绿色增长的因果关系检验	123
第四节 工业绿色增长的动力因素研究：动态面板及面板门槛模型	125

一、GMM 动态面板模型与面板门槛模型的估计方法	126
二、模型、变量与数据	130
三、GMM 动态面板模型实证结果与分析	132
四、面板门槛模型实证结果与分析	142
第五节 本章小结	149
第六章 中国工业绿色增长的模拟预测：2015—2050 年	151
第一节 节能减排的现实困境与两难抉择	152
第二节 基于方向性距离函数的行为分析模型	155
第三节 中国工业节能减排的情景分析与路径设计	158
一、节能情景设计及其依据	158
二、二氧化碳减排路径设计及其依据	159
第四节 中国工业绿色增长模拟预测与最优节能减排路径	161
第五节 最优节能减排路径下中国工业双赢发展的前景	165
一、最优节能减排路径下分行业层面的绿色增长前景	165
二、最优节能减排路径下不同类别行业的绿色增长前景	170
第六节 本章小结	180
第七章 中国工业绿色增长的机制设计与战略对策	183
第一节 基于合作博弈的中国工业绿色增长机制分析	184
一、多参与主体的合作博弈机制	185
二、多参与主体合作博弈的充要条件	187
第二节 多方博弈及中国工业绿色增长机制设计	191
一、工业绿色增长中的多方博弈	191
二、中国工业绿色增长机制设计	197
第三节 中国工业绿色增长的战略对策	202
一、推进制度改革与建设	203
二、增强自主创新能力	206
三、优化工业内部结构	208

四、培育绿色发展理念	211
五、深化全球合作	212
第四节 本章小结	214
研究结论及展望	217
参考文献	225
致 谢	246

第一章 绪论

本章为全书的开篇文章，主要包括研究背景、研究意义、研究内容与研究思路、研究的主要方法、研究可能的创新点五大方面的内容。

第一节 研究背景

改革开放以来，中国经济以年均 10% 左右的速度保持高速增长，并于 2010 年超越日本成为世界第二大经济体。在近 40 年的高速增长中，作为改革力度最大和外向型程度最高的产业部门，工业一直是驱动经济增长的引擎，工业增加值占国内生产总值的比重保持在 37%~45%，工业对经济增长的贡献率在 40% 以上。毫无疑问，我国已成长为名副其实的工业大国。图 1.1 显示，自 1978 年以来，中国工业增长大体可分为四个波动周期，这四个周期与经济波动周期基本保持一致，且在每一个周期中，工业整体增长幅度强于宏观经济。当前，中国工业正处在始于 2007 年的第四个周期中，在整个“十二五”期间，工业经济平均增速虽然实现了 8% 的预期目标，但增

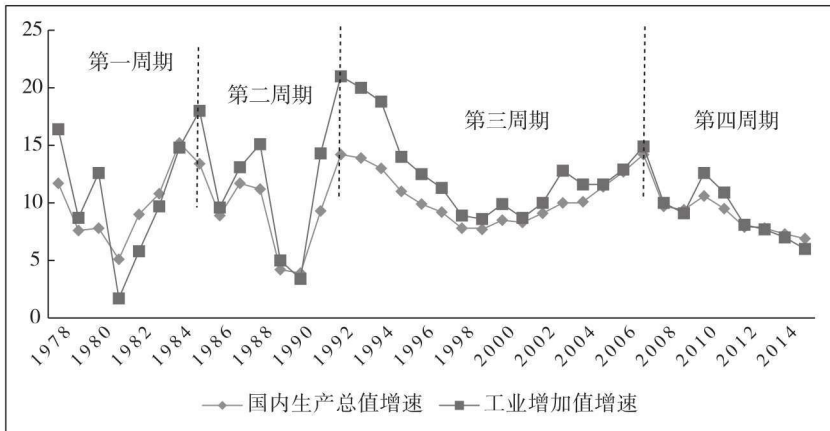


图 1.1 国内生产总值与工业增加值增速

速在整个期间内逐年下滑，2015年，工业增速跌至1992年以来的最低点，工业增加值增速仅为6%，连续5年放缓。这意味着当经济完成从高速增长到中高速增长阶段性转换后，中国工业也进入了增速换挡与转型升级的新阶段。在这一阶段中，中国工业呈现出增速企稳、结构趋优、技术提升、节能减排初见成效等积极变化，而这些变化正是中国经济新常态的重要体现。然而，由于工业多年粗放型和外延式的增长道路积累了许多深层的矛盾和问题，在国内、国际环境和条件发生深刻变化的新时期，工业发展仍将面临重重考验。

长期以来，“高投入、高消耗、高排放”和“先污染、后治理”是中国快速推进工业化的主要模式，这不仅使工业自身面临结构失衡、质量与效益不高、竞争力不强等问题，同时也造成了资源耗竭和生态环境恶化，即“大而不强”是中国工业必须面对的基本事实。当前，中国工业经济主要面临着内外两方面的约束和挑战：从内部来看，一方面，随着要素和投资的边际报酬递减，中国工业迫切需要从依赖劳动力、投资、资源等的“要素驱动”模式向依靠技术创新和效率提升的“创新驱动”模式转型，如果继续以粗放扩张模式维系发展，经济增长的源泉将会逐步枯竭。另一方面，尽管在“十一五”和“十二五”两个五年计划的节能减排强制约束下，工业能耗及污染排放强度呈下降趋势，但现阶段工业发展的资源环境承载力已逼近极限，如果继续以损害生态环境为代价发展工业，经济增长的可持续性将面临重大挑战。例如，作为能源消费主体产业，工业能源消费量占全国消费总量的70%以上，排放的二氧化碳占全国80%以上，能源消费造成的环境压力不容小觑。在2015年通过的《巴黎协定》中，中国提出力争在2030年左右使二氧化碳排放达峰，且二氧化碳排放强度较2005年下降60%~65%等自主贡献目标，这不仅是一份庄严承诺，更需要为此付出艰苦努力。从外部来看，后危机时代，全球经济面临艰难复苏，发达国家回归实体经济，推出了“工业4.0”“再工业化”等一系列工业发展战略，并通过实施“绿色新政”挖掘新的增长点，可以说，一场以绿色发展为核心的产业革命已经出现，中国工业还将面对来自全球产业的新竞争和新挑战。

在经济发展的新阶段，要破解发展难题，实现经济转型升级，必须形成绿色发展的新方式。因此，自经济新常态被正式提出后，生态共融、低碳循环、节能环保等“绿色”理念频繁出现在中央各类重要会议和文件中。2015年3月，中央政治局会议在十八大“新四化”的基础上又增加了“绿色化”。2015年10月，党的十八届五中全会提出“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念，并将其作为新时期的指导方针纳入中国“十三五”发展规划中，绿色发展被提升到了国家战略高度。在行业层面，《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》《“十三五”节能环保产业发展规划》《中国制造2025》等系列政策的出台，为中国工业绿色增长提供了新方向和新动力。2016年7月，我国发布首个工业领域的绿色发展综合规划《工业绿色发展规划（2016—2020年）》，成为系统指导新常态下中国工业绿色增长的纲领性文件。由此可见，绿色发展是新常态的题中之意，而工业绿色增长则是实现经济绿色发展的重要途径。中国工业只有通过绿色增长才能在与自然系统的良性互动中实现竞争力提升与可持续发展的双赢。工业绿色增长是对体制机制、组织管理、技术创新、生产方式、资源利用、要素配置等方面的一次全面深刻的变革，有助于提升资源利用效率、降低对生态环境的负面影响，进而改善工业整体质量和效益（工业和信息化部节能与综合利用司，2016）。同时，工业绿色增长顺应了新工业革命下重振实体经济的世界潮流和全球低碳竞争，对于培育工业增长新动能，促进工业增长迈向“高水平高质量高效益”的新均衡，最终实现中国工业“由大变强”的目标具有重要意义。作为中国经济的产业主体，工业部门率先实现绿色增长不仅具有现实的可能性，同时也能通过示范效应促进其他行业绿色增长、引导社会消费模式变革。基于这样的时代背景，本书力图对中国工业绿色增长进行全局描绘：通过理论分析解释工业绿色增长内涵和本质，探讨工业绿色增长实现的可能性和条件；通过经验分析测度及评价中国工业绿色增长的状况，挖掘中国工业绿色增长的动力；通过模拟预测展望中国工业绿色增长的前景；通过机制设计与战略对策为新时期中国工业绿色增长提供有针对性的政策建议。

第二节 研究意义

(1) 理论意义。借鉴产业经济学、发展经济学、资源与环境经济学、经济增长、绿色经济等相关理论,厘清可持续发展、绿色增长、工业绿色增长之间的关系,明确工业绿色增长的内涵与本质,进一步丰富了可持续发展理论、绿色经济理论,拓展了相关交叉学科领域的研究空间;对工业绿色增长的内在机理进行深入研究,通过构建基于熊彼特产品垂直创新框架的绿色内生增长模型,并将其运用于工业领域,系统考虑了在环境污染、不可再生资源成为内生要素条件下,创新(知识、技术)驱动的工业增长是否可持续以及实现稳态优化的条件,丰富了工业绿色增长的理论基础;系统设计中国工业绿色增长的实践机制,将丰富科学发展观指导下的中国工业化战略理论及机制设计理论。

(2) 现实意义。采用方向性距离函数(DDF)及GML生产率指数对中国工业绿色全要素生产率进行测度,基于面板因果检验模型、动态面板模型及面板门槛模型,从制度创新动力、技术创新动力、结构优化动力三方面实证分析中国工业绿色增长的动力因素,能够为评判中国工业绿色增长的成就与不足、挖掘中国工业绿色增长的新动力提供经验数据支撑;设计可替代的政策组合模拟预测中国工业绿色增长的前景,找寻在不同节能减排方案下中国工业增长的最优路径,将为新时期中国工业绿色增长战略的制定提供重要依据;结合经验分析结论,从制度改革、自主创新、结构优化、绿色理念、全球合作等多个层面提出中国工业绿色增长的战略对策,有助于明确新常态下中国工业的使命和地位,从而为培育中国工业增长新动能、促进工业可持续发展和国际竞争力的提升提供可资借鉴的政策参考。

第三节 研究内容与研究思路

本书力图从理论和实证两方面对中国工业绿色增长进行全局研究,全书共七章。第一章为绪论,第二章为国内外文献综述,第三章为工业绿色增长的理论及模型,第四章为中国工业绿色增长的测度与评价,第五章为

中国工业绿色增长的动力因素研究，第六章为中国工业绿色增长的模拟预测，第七章为中国工业绿色增长的机制设计与战略对策。

第一章，绪论：交代本书的研究背景、研究意义、研究内容、技术路线、研究方法、研究可能的创新点。

第二章，国内外文献综述：将从四大方面对国内外有关工业绿色增长的文献进行系统归纳、梳理，在此基础上进行评述，以为后续篇章的研究提供相应的理论依据并找寻可能拓展的研究空间。

第三章，工业绿色增长的理论及模型：什么是工业绿色增长？工业绿色增长和绿色增长、可持续发展之间有什么关系？资源与环境成为内生要素条件下，创新驱动的工业增长是否可持续？实现持续增长的条件有哪些？针对以上问题，本章将收集整理国内外关于工业绿色增长的研究成果，尝试界定工业绿色增长，以进一步明晰工业绿色增长的内涵和本质。在此基础上，本章将建立一个考虑环境污染和不可再生资源的绿色内生增长模型，并将其运用于工业领域，对工业实现绿色增长的可能性及达到稳态优化的条件进行分析。

第四章，中国工业绿色增长的测度与评价：如何科学测度与评价中国工业的绿色增长状况？资源环境约束下的工业真实的生产率增长了多少？工业各行业的绿色增长是否存在异质性？绿色生产率对工业产出的贡献度有多大？随着时间推移，哪些工业行业的绿色增长具有收敛性？哪些具有发散性？针对以上问题，本书将利用方向性距离函数（DDF）以及GML生产率指标测度考虑能源投入及环境非期望产出情况下2000—2014年中国工业36个行业的绿色全要素生产率，并以此作为判断中国工业绿色增长的依据，同时进一步对测度结果进行收敛检验，以分析不同工业行业之间的绿色增长是否存在“俱乐部现象”和追赶现象。

第五章，中国工业绿色增长的动力因素研究：中国工业绿色增长的动力包含哪些层面？如何客观科学地衡量不同的动力因素？不同的动力因素对工业绿色增长的影响有差异吗？是否存在非线性特征？各动力因素在不同行业间的激励效应有何差异？针对以上问题，本书将从制度创新动力、技术创新动力和结构优化动力三方面研究中国工业绿色增长的各个动力因

素，在理论分析和科学测算的基础上，首先运用面板 ECM 模型对各动力因素与绿色增长的关系进行因果检验，然后建立 GMM 动态面板模型及面板门槛模型，从实证角度出发对影响工业绿色增长的各动力因素进行实证分析和非线性效应检验，以期为挖掘新时期工业绿色增长的新动力提供经验佐证。

第六章，中国工业绿色增长的模拟预测：不同的节能减排情景对中国工业潜在产出和损失的影响有何不同？中国工业是否存在节能减排的最优路径？最优路径下各行业的产出增长和生产率增长有何差异？至新中国成立 100 周年之际，中国工业能否实现双赢发展的局面？针对以上问题，本书将通过构建基于 DDF 的节能减排行为分析模型（AAM），设计 5 种节能情景和 9 条二氧化碳减排路线，共计 45 种可替代的政策组合模拟节能减排行为对 2015—2050 年中国工业潜在产出和损失的影响，以此找寻工业节能减排的最优路径。在此基础上，评估最优路径对全行业、分行业、各大类行业产出增长和生产率的不同影响，最终形成对中国工业绿色增长前景的科学判断。

第七章，中国工业绿色增长的机制设计与战略对策：在中国工业绿色增长实践中有哪些参与主体？各主体之间如何形成行之有效的合作？中国工业绿色增长的实践机制是怎样的？如何有针对性地提出工业绿色增长的战略对策？针对以上问题，本书将从合作博弈及多方博弈视角出发，考察在工业绿色增长实践中不同利益主体之间的博弈问题，厘清不同主体之间的利益关切及深化合作的约束激励机制，并系统设计多主体参与的中国工业绿色增长实践机制。结合全书理论、实证及机制设计结论，最终从制度改革、自主创新、结构优化、绿色理念、全球合作等多个层面提出中国工业绿色增长的战略对策，以期为国家及地方的相关行业及部门提供有价值、可操作、前瞻性的决策参考。

本书以中国工业绿色增长为研究主线，遵循“提出问题→分析问题→解决问题”的基本思路，理论与实证相结合。基于新常态下中国工业发展所面临的增速换挡、动力转换、资源消耗、环境恶化、结构失衡等系列考验，提出工业绿色增长对于破除资源环境约束，塑造工业可持续竞争力的

重要意义。而要想在实践层面深入推动工业绿色增长，亟待完善相应的理论支撑，故本书首先明确了工业绿色增长的理论内涵，并通过理论模型解释了在资源环境成为内生要素条件下，依靠创新驱动的工业增长能否达到稳态优化及实现的必要条件。既然工业绿色增长在理论上是可行的，那么测度与评价 21 世纪以来中国工业绿色增长的水平无疑能为理论分析提供更好的经验佐证，故本书接着对工业各行业的绿色生产率进行测度并进行收敛检验。而要想进一步探讨如何提升绿色全要素生产率这一工业增长的质量贡献，就需要对动力因素进行分析，本书提出了制度创新、技术创新和结构优化三大动力，并基于这三个维度设计了环境规制指数、技术创新指数、禀赋结构、资本结构、产权结构、能源结构指标，综合运用面板因果检验、动态面板模型、面板门槛模型深入分析了各动力因素对工业绿色增长的驱动效应。立足眼前并展望未来，节能减排约束下的中国工业能否实现双赢发展对于战略制定有重要意义。故本书运用节能减排行为分析模型和情景模拟的方式对 2015—2050 年中国工业的绿色增长前景进行模拟预测。最后，本书系统设计了新时期中国工业绿色增长的实践机制和战略对策。全书研究的技术路线如图 1.2 所示。

第四节 研究的主要方法

(1) 文献调研与理论分析法。查阅收集产业经济学、发展经济学、环境经济学、新制度经济学、经济增长、绿色经济等相关理论，梳理及评述国内外最新研究成果，在总结现有研究成果的基础上，对工业绿色增长的理论内涵和本质要求进行论述，对工业绿色增长理论模型进行解释；构建基于制度创新动力、技术创新动力以及结构优化动力的工业绿色增长动力因素分析框架，并对三个维度内的动力因素进行深入分析，为实证检验工业绿色增长的动力因素奠定理论基础。

(2) 数理建模法。在借鉴内生经济增长模型的基础上，构建了一个基于熊彼特产品垂直创新框架的绿色内生增长模型，并将其运用于工业领域进行分析，从数理模型角度解释工业绿色增长的内在机理。本书模型明确