

发展研究丛书

异质R&D视角下中国 工业部门内生能源节约型 技术进步问题研究

何旭波 著

R&D

Research on the Endogenous
Energy-Saving Technological Change of China's
Industrial Sectors Based on the
Perspective of Heterogeneous R&D

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

发展研究丛书

异质R&D视角下中国 工业部门内生能源节约型 技术进步问题研究

何旭波 著



中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

异质 R&D 视角下中国工业部门内生能源节约型技术进步
问题研究/何旭波著. —北京: 经济科学出版社, 2015. 11

ISBN 978 - 7 - 5141 - 6365 - 0

I. ①异… II. ①何… III. ①工业企业 - 节能 - 研究 -
中国 IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 297813 号

责任编辑: 李 雪

责任校对: 刘 昕

责任印制: 邱 天

异质 R&D 视角下中国工业部门内生能源节约型技术进步问题研究

何旭波 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http: //jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

北京季蜂印刷有限公司印装

787 × 1092 16 开 18.5 印张 300000 字

2016 年 5 月第 1 版 2016 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 6365 - 0 定价: 62.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191502)

(版权所有 侵权必究 举报电话: 010 - 88191586)

电子邮箱: [dbts@ esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn))

云南大学“西部发展与社会转型”创新团队建设成果；

云南大学中西部高校提升综合实力工程“创新团队建设项目（社科）”资助

R&D

Research on the Endogenous
Energy-Saving Technological Change of China's
Industrial Sectors Based on the
Perspective of Heterogeneous R&D

总序

历史表明，经济发展是一个多维度、非线性，具有路径依赖和动态特征的过程。经济的发展既取决于经济体的初始条件、经济基础、社会文化与政治历史，也取决于对国际经济环境变化产生的机会窗口的把握和利用。基于上述条件对包括资源禀赋、组织形式和制度安排等增长要素的选择、依赖和替代，也在很大程度上决定着一个国家经济发展的水平和可持续性。中国经济创造了三十多年持续增长的记录，它的跌宕起伏同样也印证了长期发展过程的上述特征。要深刻理解这一过程，必须花一些精力深入研究那些重要的“发展的细节”。今天，中国经济已经从持续的高增长向新常态过渡，由周期性的需求拉动为主向结构性调整为主转换，多视角展开研究，把握典型事例和重要特征，对研究中国经济增长转型将十分有益。这就是出版本丛书的一个基本目的。

在全球价值链分工的位置与变动，是中国经济融入全球化必须考察的问题。经济全球化加速了要素资源在各国之间的流动，以全球价值链分工为基础的国际生产网络成为 20 世纪 80 年代以来国际经济的基本组织范式，各国的生产者不得不在全球价值链下考虑要素在全球的资源配置，以最大限度地降低生产成本和交易成本。吴明博士在对全球价值链及其相关研究的基础上，提出全球价值链空间分布的概念，从地理和价值两个维度研究全球价值链空间分布形成机制，并利用国际投入产出模型构建全球价值链空间分布测度指标体系，测度中国参与国际分工位置的变化及趋势，分析中国在全球价值链分工中位置变动的因素，并就进一步提升中国在国际分

工中的位置提出了思路。

资源对长期增长的约束，是发展研究中的一古老且重大的命题。早在古典经济学时代，马尔萨斯和李嘉图分别从不同的角度阐述了自然资源对经济增长的约束机制，赵鑫铤博士则从现代经济学的框架出发，研究了自然资源对中国经济增长的贡献及制约，以及如何突破资源制约瓶颈问题。他的研究拓展了一般增长模型，引入了自然资源变量，使度量自然资源对经济增长的贡献变为可能；研究设定了一个参照经济——自然资源与劳动力以相同的速度增长，并定义增长阻力概念，讨论了自然资源对中国经济的增长阻力及我国各省区经济的增长阻力。赵鑫铤研究发现，中国各省份在地域、文化、收入、教育等方面存在一定程度的差异，各个省面临的资源约束也是不同的，他以能源作为自然资源的代表，着重分析能源对各省份及全国的经济增长阻力。

人口的均衡发展是宏观人口的发展目标和人口实践的新领域。基于均衡人口发展的分析框架，罗平博士构建了一个将人口与其生活其中的环境、所拥有的资源、所处的社会制度以及经济发展水平作为一个整体的分析系统，分为内部均衡与外部均衡两大部分。在此基础上利用指标体系、评价模型等对我国欠发达和发达地区的评均衡人口发展程度进行比较研究。研究认为，我国总体上的人口均衡发展的程度都不高，都处于“不协调—基本协调—协调”的改进过程中。并认为人口均衡发展是一个动态均衡的螺旋式上升的过程，而经济发展水平并非是人口均衡发展的决定性因素，不同社会经济发展阶段都可以寻求人口的均衡发展。因此我国经济发展水平的不同地区，人口发展的进程、水平与阶段以及与经济社会、资源环境协调性，都具有自身的特性。

在中国城市化浪潮中，需要人们冷静地思考城市化的相关约束条件。王婷博士的研究在厘清城市人口与资源环境内在关系的基础上，从动态视角测度城市适度人口的规模区间，挖掘制约城市适度人口的短板因素，并从实际人口出发探索达到城市适度人口上限的路径，从理论角度拓展了适度人口的内涵。伴随着我国城市人口数量激增，环境污染、资源枯竭等“城市病”也日益突显，王婷的研究从动态视角测度我国城市“适度人口”，不仅有利于合理推进我国城市化发展，更重要的是对在我国城市化发

展中寻找城市人口与资源环境的平衡关系进行理论探讨，这对我国实现城市可持续发展具有学术价值和现实意义。

我国城乡劳动力市场是否融合，决定着城市劳动力市场性质和农村劳动力转移人口在城市的非农就业可持续性。陈瑛博士通过考察我国城乡劳动力流动与工资决定机制的演变历程，指出我国城市中的就业不充分现象正逐步转变为自然失业和周期失业，农村劳动力非农就业“推—拉机制”中的动力与阻力因素发生较大转变，而城市劳动力市场的分割因素作用凸现。陈瑛的研究表明，农村影子工资水平的上升减弱了城乡收入差距在农村劳动力非农就业中的引力作用，人口素质上升成为农村劳动力非农就业的重要推力，但乡土社会的强关系不利于农村劳动力在城市中的融入，而新生代农民工因制度约束难以实现职业间的自由流动。因此，进一步推动农村劳动力非农就业需要超越劳动力市场本身的制度约束：需要如教育体制、土地流转制度以及户籍制度等方面的配套政策，改善城市劳动力市场就业分割导致的农村劳动力城市融入困难问题。显然，其观点具有相当的说服力。

虽然中国的工业化进程取得了举世瞩目的成就，但是其面临的深层次矛盾也在不断积累，突出表现在缺乏核心竞争力、低要素成本的生产环境不可持续以及资源环境，导致传统的工业化模式不可持续，必须通过转型来支撑未来的发展。基于这一背景，袁帆博士在国内外相关研究的基础上，以“国家产业集群”为切入点，研究工业化转型问题。他认为，国家产业集群演进是实现工业化转型的重要手段。其主要途径是通过新兴产业集群的培育，传统产业集群的产业链升级、出口产业集群的全球价值链升级来实现。在宏观层面上要重点推进重工业产业集群等核心集群的升级，对于特定的产业集群，推动其核心成员的升级是推动集群演进的重点。创新能力的培养是其中的关键。为了促进国家产业集群的演进，政府需要实施以集群为作用对象的产业政策，政策的重点在于引导、规制和国家创新系统的建设。

中国经济低碳化如何推进？这在很大程度上取决于工业部门的低碳化程度。何旭波博士尝试将能源利用效率和能源 R&D 投入统一到规范的经济学分析框架下进行研究。他将视角锁定在中国工业部门异质 R&D 投入对内生能源节约型技术进步的影响机制上，区分了能源 R&D 投入和非能源 R&D 投入，构建了基于异质 R&D 投入的工业部门内生能源节约型技术进步分析框

架和数理模型，并试图回答下述问题：异质 R&D 投入如何内生能源节约型技术进步？中国工业分行业的能源节约型技术进步率如何估算？中国工业分行业的异质 R&D 投入对其能源节约型技术进步率有何影响？研究主张，用能源节约型技术进步作为能源利用效率的度量指标，进而改善我国既有指标如能源效率、能源生产率等的不足，更完整地度量中国经济中的能源利用效率。

金融发展与经济增长之间关系的研究是一个古老但持久不衰的经济学课题，尤其是后金融危机时代，深度反思金融发展与经济增长关系并为一国的金融发展与改革提供新的理论指导和实践准则，已成为发展金融研究的一个新的热点。针对当前研究中关于金融发展和经济增长之间关系的线性范式与非线性范式所存在的分歧，杨洋博士从金融体系信用活动角度重新审视了金融发展和经济增长之间的内在关系，通过对货币与信用理论、金融发展理论、金融危机理论、经济发展理论等相关经济学理论的回顾与评析，探讨了金融体系信用膨胀的内涵特征及其对经济增长的正负效应与作用机制，提出了金融发展中的信用最优边界理论假说，对我国是否在金融发展进程中实现了信用最优边界问题进行实证检验，并以此提出了推进我国金融体制改革的方向、重点和相关政策建议。

以上对本丛书的内容作了概括性介绍。多年前，云南大学发展研究院曾经出版过一套西部发展丛书，丛书作者从多方面探讨我国西部经济发展问题，诸如西部经济周期特点、东西部人口结构特征比较、能力结构与西部经济发展、生态修复与人口资源环境的再平衡等内容。该丛书出版有力的推动了对西部地区经济发展的研究，产生了较好的学术和社会影响。随着我国经济增长阶段的推进，未来发展环境存在更大的不确定性，面临的发展的挑战也日益增强，我院的一批中青年学者也与日俱进，不断拓展研究的视野，深入研究关系到我国经济发展一些重要问题。毋庸置疑，以上研究无论在广度和深度都无法涵盖发展研究这一主题，但是，作为中青年学者的学术研究努力，需要得到充分的肯定和赞许。

是为序。

杨先明

于云南大学东陆校区

摘要

改革开放以来，中国工业部门以高增长、高能耗、高排放为主要特征的增长方式不仅推动了经济的快速增长，也对能源市场和生态环境造成了巨大压力。相关统计数据显示，过去的三十多年中国工业部门以只占全国 40.1% 的 GDP 取得消耗了全国 67.9% 的能源，同时排放的二氧化碳占全国总排放量的 83.1%，可以说，中国经济低碳化的实现很大程度上取决于中国工业部门的低碳化程度。随着今后城市化和工业化进程的加速，中国对能源的依赖将进一步增强，若不改变中国工业部门当前的增长方式，则在未来的发展过程中，能源约束对中国经济增长、生态环境和产业转型升级的影响会越来越大。因此，探索中国工业部门如何从高能耗、高排放迈向可持续增长，不仅能够为思考中国的节能减排问题提供一个崭新的视角，而且对于中国经济真正迈向绿色、可持续的增长具有重要的现实意义。

由于改善能源利用效率和增加能源 R&D 投入可能是中国工业部门实现可持续增长的主要手段，本书尝试将能源利用效率和能源 R&D 投入统一到一个规范的经济学分析框架下进行研究。通过区分能源 R&D 投入和非能源 R&D 投入，本书借鉴新古典经济学的研究范式，以明晰能源节约型技术进步的基本概念和内生机制作为逻辑起点，在既有的内生增长理论分析框架下，将异质 R&D 投入影响能源利用效率的两种不同作用机制，即要素替代效应和能源有效投入增加效应进行统一，构建了基于异质 R&D 投入的工业部门内生能源节约型技术进步分析框架和数理模型，同时利用竞争均衡、中央计划均衡和数值模拟等分析工具对模型进行分析，并运用中国工业分

行业的相关统计数据和混合数据回归模型、面板和动态面板数据回归模型等计量经济学分析工具对这一分析框架的主要假设进行了实证检验。本书将研究视角锁定在中国工业部门异质 R&D 投入对内生能源节约型技术进步的影响机制，并试图回答下述问题：异质 R&D 投入如何内生能源节约型技术进步？中国工业分行业的能源节约型技术进步率如何估算？中国工业分行业的异质 R&D 投入对其能源节约型技术进步率有何影响？

同已有研究相比，本书的主要工作和可能的创新之处表现在以下几个方面：

第一，构建了基于异质 R&D 投入的工业部门内生能源节约型技术进步分析框架。借鉴新古典经济学的研究范式，本书通过区分能源 R&D 投入和非能源 R&D 投入，将异质 R&D 投入引入内生增长理论分析框架，同时区分了异质 R&D 投入影响能源利用效率的两种作用机制，即要素替代效应和能源有效投入增加效应，并将这两种作用机制统一到一个框架下进行讨论，从而构建了基于异质 R&D 投入的工业部门内生能源节约型技术进步分析框架，修正了既有分析框架仅关注要素替代效应或能源有效投入增加效应而导致的框架不完整问题。在本书构建的分析框架下，能源节约型技术进步作为能源利用效率的度量指标，能够改善既有指标如能源效率、能源生产率等的不足，更完整地度量能源利用效率。

第二，建立了基于异质 R&D 投入的工业部门内生能源节约型技术进步数理模型。通过利用竞争均衡、中央计划均衡和数值模拟等分析工具，本书分别在要素替代弹性等于 1 和不等于 1 的情况下分析了基于异质 R&D 投入的能源节约型技术进步内生机制。研究发现：（1）增加能源节约型技术进步率能加速长期经济增长，竞争均衡下能源 R&D 投入和非能源 R&D 投入均能促进经济的长期增长，但计划均衡下仅有能源 R&D 投入能促进经济的长期增长；（2）替代弹性的增加会提高能源节约型技术进步率；（3）若能源份额不变，当替代弹性大于（小于）1 时，资本质量的改善会降低（提高）能源节约型技术进步率；（4）若是资本质量不变，能源份额的增加会降低能源节约型技术进步率；（5）替代弹性与资本改善速度之和小于（大于）1 时，能源份额的增加会提高（降低）能源节约型技术进步率。

第三，估算了 1980~2010 年 37 个中国工业分行业的能源节约型技术进

步率。通过比较和选择较优的多要素常替代弹性生产函数估计技术,并编制和运用中国工业分行业 1980 ~ 2010 年投入—产出的量、价数据库,本书首次在三要素常替代弹性生产函数形式下联合估计了 37 个中国工业分行业的要素增强型技术进步率和要素替代弹性,并开创性地对 37 个中国工业分行业的能源节约型技术进步率进行了估算。研究发现:(1) (KE) L 生产函数形式可能较符合中国工业部门的实际情况,其中,资本—能源替代弹性的估计值在 0.023 ~ 1.028 之间,合成品—劳动替代弹性的估计值在 0.122 ~ 1.088 之间,能源、资本和劳动增强型技术进步率的估计值分别在 0.008 ~ 0.431、-0.015 ~ -0.234、0.023 ~ 0.14 之间;(2) 能源节约型技术进步是中国工业部门能源强度改善的必要条件,其中,高能耗部门和能源部门的能源节约型技术进步率分别高于低能耗部门和非能源部门,且高能耗部门和能源部门的能源节约型技术进步率在 1980 ~ 2010 年间呈正 U 型变化。此外,由于目前中国工业分行业的统计数据存在统计口径变化和行业分类标准不统一等问题,本书所构建的 1980 ~ 2010 年中国工业分行业投入—产出的量、价数据库亦可为进一步研究中国工业部门的低碳转型和可持续发展问题提供基础数据。

第四,实证检验了中国工业部门异质 R&D 投入和其能源节约型技术进步率之间的关系。本书以中国工业部门的 R&D 强度、R&D 规模和行业特征来共同度量异质 R&D 投入,通过借鉴混合数据回归模型、面板和动态面板数据回归模型等目前主流的计量经济学分析工具,并运用 2000 ~ 2010 年中国工业分行业的相关统计数据,对中国工业部门异质 R&D 投入和其能源节约型技术进步率之间的关系进行了实证检验。研究发现:中国工业部门的异质 R&D 投入能显著地促进其能源节约型技术进步率。其中:(1) 高能耗部门和能源部门的 R&D 强度、R&D 规模对能源节约型技术进步率的促进效应分别大于低能耗部门和非能源部门的 R&D 强度、R&D 规模对能源节约型技术进步率的促进效应;(2) 尽管高能耗部门和能源部门的 R&D 强度对能源节约型技术进步率的促进效应大致相当,但高能耗部门的 R&D 规模对能源节约型技术进步率的促进效应大于能源部门的 R&D 规模对能源节约型技术进步率的促进效应。

目 录

1	绪论	1
1.1	选题背景和问题提出	1
1.1.1	选题背景	1
1.1.2	问题提出	7
1.2	研究意义	11
1.2.1	理论意义	11
1.2.2	现实意义	15
1.3	研究目标和研究方法	16
1.3.1	研究目标	16
1.3.2	研究方法	16
1.4	研究内容和技术路线	17
1.4.1	研究内容	17
1.4.2	技术路线	19
1.5	可能的创新之处	19
2	文献综述	23
2.1	R&D 基础上的内生增长理论	24
2.1.1	第一代内生增长理论	25
2.1.2	半内生增长理论	26

2.1.3	熊彼特增长理论	27
2.2	从不同成因看能源节约型技术进步	29
2.2.1	外生能源节约型技术进步	30
2.2.2	半内生能源节约型技术进步	33
2.2.3	内生能源节约型技术进步	34
2.3	从不同研究方法看能源节约型技术进步	42
2.3.1	计量经济学方法	42
2.3.2	指数分解法	45
2.3.3	数据包络分析法	47
2.3.4	可计算一般均衡方法	49
2.3.5	整合评价模型法	51
2.4	本书的研究视角	52
3	基于异质 R&D 投入的工业部门内生能源节约型 技术进步分析框架	56
3.1	基本概念及特征	57
3.1.1	能源节约型技术进步	57
3.1.2	R&D 投入的异质性分析	70
3.2	异质 R&D 投入对工业部门内生能源节约型技术进步的 影响机制	71
3.2.1	异质 R&D 投入的要素替代效应	74
3.2.2	异质 R&D 投入的能源有效投入增加效应	75
3.2.3	R&D 投入要素的跨部门配置	76
3.3	分析框架比较	77
3.3.1	与 DHSS 分析框架相比较	78
3.3.2	与内生体现式技术进步分析框架相比较	78
3.3.3	与气候变化经济学中的 R&D 引致型技术进步分析 框架相比较	79
3.3.4	与哈斯勒等 (2012) 的分析框架相比较	80
3.4	本章小结	81

4	基于异质 R&D 投入的工业部门内生能源节约型 技术进步数理模型分析	82
4.1	理论准备	82
4.1.1	新古典偏好和新古典生产函数	82
4.1.2	中性技术进步	84
4.1.3	常替代弹性生产函数	85
4.2	竞争均衡分析	89
4.2.1	经济环境刻画	89
4.2.2	竞争均衡下的平衡增长路径	92
4.2.3	比较静态分析	97
4.2.4	数值模拟分析	102
4.3	中央计划均衡分析	105
4.3.1	经济环境刻画	105
4.3.2	中央计划均衡下的平衡增长路径	105
4.3.3	比较静态分析	107
4.3.4	数值模拟分析	110
4.4	替代弹性不等于 1 时的模型分析	113
4.4.1	经济环境刻画	113
4.4.2	替代弹性对均衡能源节约型技术进步率的影响	115
4.4.3	替代弹性对均衡经济增长率的影响	119
4.4.4	数值模拟分析	123
4.5	模型结果比较及讨论	129
4.6	本章小结	132
5	中国工业分行业的能源节约型技术进步率 估算：1980 ~ 2010 年	133
5.1	估计方法及模型选择	134
5.1.1	不同估计方法比较	134
5.1.2	估计模型设定	135

5.2	变量的选择、数据来源及预处理	139
5.2.1	变量的选择	139
5.2.2	数据来源	139
5.2.3	中国工业分行业投入—产出的量、价数据库 构建: 1980 ~ 2010 年	142
5.3	估计结果分析	151
5.3.1	替代弹性的估计结果	151
5.3.2	要素增强型技术进步率的估计结果	154
5.3.3	中国工业分行业能源节约型技术进步率的 估算结果	156
5.3.4	估计结果比较	160
5.4	稳健性检验	162
5.5	本章小结	166
6	基于异质 R&D 投入的中国工业部门内生能源 节约型技术进步实证分析	168
6.1	假说归纳	168
6.2	变量选择	175
6.2.1	被解释变量	175
6.2.2	解释变量	175
6.2.3	控制变量	177
6.3	数据来源, 数据预处理和变量的描述性统计	178
6.3.1	数据来源及预处理	178
6.3.2	变量的描述性统计	181
6.4	计量模型设定及实证分析结果	187
6.4.1	计量模型设定	187
6.4.2	实证分析结果	188
6.4.3	实证结果讨论	201
6.5	本章小结	209

7 主要结论与研究展望	211
7.1 主要结论	211
7.2 政策建议	215
7.3 研究展望	216
附录	219
附录 1 P 阶一般化均值及第 4 章中命题的证明	219
附录 2 第 5 章中附录	230
附录 3 第 6 章中的附录	253
参考文献	255

1 绪 论

1.1 选题背景和问题提出

1.1.1 选题背景

能源是经济增长和社会发展的基础和保障。改革开放以来,中国经济的快速增长在使大量贫困人口得以脱贫的同时也对能源市场和生态环境造成了巨大的压力。英国石油(British Petroleum, BP)的统计数据显示,2010年中国消耗的一次能源占全球总消耗量的20.3%,其中包括占全球总消耗量10.6%的石油、3.4%的天然气以及48.2%的煤炭。而从中国工业部门的情况来看,过去的三十年,中国工业以只占全国40.1%的GDP取得消耗了全国67.9%的能源,同时排放的二氧化碳占全国总排放量的83.1%(陈诗一,2009)。随着今后中国城市化、工业化进程的提速,中国对能源的依赖也将与日俱增,由于能源(特别是化石燃料)的稀缺性和化石燃料燃烧所导致的温室效应,在今后很长的一段时间内,能源约束对经济增长、生态环境和工业转型升级的影响会越来越大,具体表现在下述几个方面:

1) 能源安全堪忧

中国是能源生产大国更是能源消费大国。改革开放以来,中国的能源生产总量从1979年的62770万吨标准煤增加到2010年的296916万吨标准煤,而同期的能源消费总量则由57144万吨标准煤跃升到324932万吨标准煤。《中国统计年鉴2013》中的统计数据显示,从1992年开始,中国开始出现能源供需缺口。1992年中国的总能源供需缺口大约为2000万吨标准