

中国节能减排发展及 影响因素研究

ZHONGGUO JIENENG JIANPAI FAZHAN JI
YINGXIANG YINSU YANJIU

孙 欣 / 著



经济科学出版社
Economic Science Press

本书得到安徽财经大学著作出版基金资助

中国节能减排发展及 影响因素研究

孙 欣 / 著



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

中国节能减排发展及影响因素研究/孙欣著. —北京:
经济科学出版社, 2015. 6

ISBN 978 - 7 - 5141 - 5669 - 0

I. ①中… II. ①孙… III. ①节能 - 研究 - 中国
IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 075933 号

责任编辑: 张 颖
责任校对: 杨 海
责任印制: 李 鹏



中国节能减排发展及影响因素研究

孙 欣 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 - 88191540

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

710 × 1000 16 开 12.5 印张 220000 字

2015 年 6 月第 1 版 2015 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 5669 - 0 定价: 35.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191502)

(版权所有 翻印必究)

曾荣获第九届全国统计科学研究优秀成果奖三等奖；
中华全国供销合作总社教学科研成果二等奖

ZHONGGUO JIENENG JIANPAI FAZHAN JI
YINGXIANG YINSU YANJIU

前言

一

“节能减排”已成为我国的基本国策之一。“十一五”规划纲要提出，“十一五”期间单位国内生产总值能耗降低20%左右、主要污染物排放总量减少10%。“十二五”规划提出未来五年的节能减排目标：2015年实现单位国内生产总值能耗比2010年下降16%，化学需氧量、二氧化硫排放总量减少8%，氨氮、氮氧化物排放总量减少10%的约束性目标。与“十一五”规划目标对比，“十二五”规划节能减排指标的降低幅度有所降低，而主要污染物排放降幅未变，但这是在“十一五”规划目标完成基础之上的新目标，因此，更加具有挑战性。

诸多因素决定了中国节能减排绝不是短期的任务，将是一项紧迫、长期、艰巨的任务。首先，中国目前正处于工业化、城镇化加快推进阶段，此阶段能源消耗量大，污染排放量大。其次，中国能源的禀赋条件及油气价格的昂贵使得中国由煤炭转向油气愿望难以企及，以煤为主的能源结构将是个长期的环境问题，一次能源生产和消费的70%左右仍为煤炭，在今后几十年中这种格局不会发生大的改变。此外，中国高能耗、高污染产品只能在中国生产，就是将来中国有实力在其他低收入国家生产高污染产品，也没有低收入国家有足够的生产能力为中国提供产品。因此，中国必须节能减排，但需要付出的代价要比发达国家要大得多。因此，节能减排是中国实行可持续发展战略的长期重大举措。

理论界对中国节能减排极其关注，研究颇丰。本书是从定量的角度研究中国的节能减排，书中收集大量数据，运用统计与计量方法对中国节能减排进行实证研究分析，为全国、各省份、重点行业的节能减排提供一个动态的、相对的参照坐标；书中还分析其节能减排影响

因素，并对我国企业节能减排的实践进行分析，进而对中国节能减排提出政策建议。因而，本书的研究对中国节能减排的有效开展具有较强的实践意义。

二

本书共十一章。

第一章：中国碳排放强度影响因素动态分析。在对外开放与城市化快速发展背景下，结合规模效应、技术效应和结构效应三个途径理论研究中国碳排放强度影响因素，选择第二产业比重、人均 GDP、能源强度、对外贸易依存度和城市化率五个影响因素，根据协整理论分析认为 1980~2011 年我国碳强度与五个影响因素变量之间存在长期均衡关系。通过构建状态空间模型并运用卡尔曼滤波对其估计分析，分别得到各因素对我国碳排放强度的动态影响。最后根据结论提出政策建议。

第二章：中国碳排放交易市场发展分析。对中国 7 个试点省市的碳排放交易市场在 2014 年的交易状况进行统计分析，发现北京、天津、上海、深圳、广州交易总量较低、交易日比例也较低、成交价波动较大；湖北碳交易市场运行情况最好，交易总量最高、成交价最稳定、交易日比例也最大，这与当地政府对碳交易市场的重视程度、制度设计以及严格管理有关；重庆市场只有首日交易，亟须加强发展。接着对这 7 个碳排放交易市场的成交价与交易量进行格兰杰因果关系检验，结果表明我国碳交易初期，各市场之间相互影响较小，呈现各自发展的局面，不利于全国统一碳市场的建立。针对分析结论并结合我国要建立统一的碳排放市场目标，提出相关政策建议。

第三章：中国城市碳排放权交易体系有效性评价研究。针对我国新建城市碳排放权交易体系，从政策有效性、监管有效性、市场准入难易度和交易效果四个方面建立有效性评价指标体系，进而采用德尔菲法与模糊评价法探索性地对北京、上海、天津和深圳的碳排放权交易体系的有效性进行实证评价，并对结果进行评价分析，指出我国碳排放权交易体系中存在的不足，提出相应建议。

第四章：中国存在全过程减排效应吗？全过程污染减排，是以经济发展模式转变为前提，构建从资源能源消费，污染物产生以及到污染排

放的全过程减排机制。本章以省域二氧化硫减排为例,根据全过程减排内涵,选择与经济产出相联系的减排率指标作为全过程减排评价指标,并根据全过程减排各环节含义,选择节能降耗、技术进步、产业结构、治污、监管激励等环节指标,对中国全过程减排效应进行实证分析。结果表明,全过程污染减排已在中国存在一定程度的效应。目前“末端”治理污染效应最大,监督管理减排效应较大,节能降耗为核心的“前端”减排效应也较大。作为“中端”减排的三产比重效应较小,而技术进步效应更小,这应该是今后减排工作的重点。由此提出相应的政策建议。

第五章:能源效率影响因素的动态分析。利用1980~2010年的样本数据,通过构建VAR模型分析经济发展水平、产业结构、市场化程度、能源结构和对外贸易程度与能源效率之间动态关系。在此基础上,利用Johansen协整分析,脉冲响应函数,方差分解模型以及向量误差修正模型对变量之间的动态关系作了进一步分析。结果表明,经济发展水平,产业结构和对外贸易程度是影响能源效率的主要因素,其中经济发展水平对能源效率的贡献率最大。因此,加快经济发展,优化产业结构,控制高能耗产品出口等方面是提高能源效率的主要措施。

第六章:中国节能率变动及影响因素分析。节能率反映单位GDP能耗下降程度,是衡量节能效果的重要指标。本章分析1978~2010年全国与“十一五”期间中国省域节能率所呈现的变动特征,并以这两个期间数据为样本,分别运用动态计量模型与动态空间面板滞后模型对其影响因素进行研究。研究发现,中国节能率基本上为正值,反映中国节能在进步。随着时间的推移,大幅度地提升能源效率将会越来越困难。中西部省份单位GDP能耗最大。因此中西部节能潜力最大,节能率与其前一期具有一定的相关性,反映中国节能效率具有一定的惯性。“十一五”期间省域节能率较小的惯性(滞后性)反映我国节能工作具有短期效应;省域节能率存在较强的正空间相关性,随着时间的推移,其程度有所降低,表明我国省域节能之间存在较短期的相互影响效应,但效应较显著;省域节能率存在较小的惯性,即其稳定性较差,反映我国节能工作短期效应明显;第三产业比重、政府干预、技术进步率、经济发展速度等因素对节能率有正影响,影响程度依次递减。最后提出政策建议。

第七章：中国节能减排效率评价及影响因素研究。本章将中国各省份作为开展节能减排效率评价的基本单位，建立节能减排投入产出指标体系，运用 DEA - Malmquist 指数模型对各省的节能减排效率评价，并分解成技术进步与技术效率，再从全国、区域、省域层面再进行静态比较与动态分析研究，对省际节能减排效率进行收敛分析，并实证分析节能减排效率影响因素。最后根据实证研究的结果，提出相应的政策建议。

第八章：中国重点行业节能减排成效研究。主要对钢铁行业、电力行业、有色金属行业、造纸行业、水泥行业五个节能减排重点行业的节能减排效率做分析。由于各行业有各自特点，分析节能减排效率指标有所不同。在分析各行业节能减排效率变动之后，再分析其影响因素，最后分析其存在的问题，并提出政策建议。总的来看，各行业均取得不同程度的成效，主要归结于国家系列节能减排政策贯彻落实、技术进步与设备更新以及产品结构调整等因素。

第九章：中国企业节能减排效率研究。阐述节能减排与企业经济效益关系理论，根据责任对企业行为所要求的层次不同，企业节能减排活动区分为适应性、主动性和战略性这三种类型，分析中国企业节能减排实践活动，仍然以适应性和主动性节能减排为主，少有战略性的节能减排。接着说明企业的四个减排途径，对所调查两个公司的节能减排具体实践进行分析，对我国“十一五”期间实行千家企业节能活动成效进行分析。再分析我国企业节能减排成效的影响因素，包括行政力量、科技进步、资金投入、市场机制、社会责任感，最后分析存在的问题，提出政策建议。

第十章：中国节能减排机制研究。从外部性理论阐述节能减排，由于能源的污染性和耗竭性，能源具有很强的外部性，需要节能减排来解决这种外部性问题。其手段包括行政手段与经济手段。接着从法律法规机制、行政机制、科技研发与推广机制、财政与金融调节机制以及发展循环经济机制等五个方面分析发达国家的节能减排机制成功之处，总结其特点，再从法律法规机制、行政机制、市场机制、科技进步机制、配套机制等五个方面分析中国节能减排机制建立发展，并阐述了其不足之处。

第十一章：推进中国节能减排对策建议。本章就如何推进中国节能减排提出一些政策参考建议。包括九个方面：政府增强节能减排管理水平；完善节能减排市场机制；优化产业结构；健全节能减排技术进步机制，推进技术节能减排；加强用能节能管理，调整优化能源结构；大力发展循环经济，实行企业清洁生产；加快能源资源法律法规与标准体系建设；加强节能减排配套机制建设，强化节能减排监督检查和能力建设；以及鼓励依靠全民参与、倡导绿色消费。

三

本书为2009年国家社会科学基金项目“中国节能减排效率评价及其影响因素研究”（项目编号：09CTJ008）的后续研究成果汇集。其贡献主要有以下两点。

第一，研究的内容比较系统。对中国节能减排进行系统深入研究：一是对热点问题的研究（例如，碳排放强度的影响因素、碳排放交易市场的发展以及碳排放权交易体系有效性评价等）；二是系统地从宏观、中观与微观层面对中国节能减排进行分析，如系统对中国节能减排效果及各省市的节能减排效果分析，分析相应的节能减排特点，进而研究其影响因素，同时对我国重点行业的节能减排以及企业的节能减排进行分析研究。此外，研究方法上采用状态空间模型、动态空间计量模型、Tobit回归模型等方法对节能减排影响因素进行探索性研究。

第二，对全过程减排思想进行阐释，并依此对中国减排效率因素进行实证分析，发现中国“末端”治理污染作用最大，全过程污染减排在中国已经存在效应。

本书的部分研究内容已经在国内核心期刊发表。比如第一章部分内容在《统计研究》2014年第2期发表；第三章部分内容在《甘肃行政学院学报》2014年第6期发表；第四章内容在《华东经济管理》2012年第7期发表；第五章部分内容在《甘肃行政学院学报》2013年第2期发表；第六章部分内容在《江淮论坛》2012年第6期发表；第七章部分内容在《西北农林科技大学学报（社会科学版）》2014年第7期发表。

本书全部内容由孙欣撰写。在研究与调研过程中，得到金华银教授、雷怀英教授、宋马林教授、陶然博士、石绍炳博士、郑兵云博士、涂新

老师等的指导与无私帮助，研究生邹婷、张可蒙、刘丽丽、王海侠等参与部分数据的整理分析，本科生宋慧茹与徐琳参与第二章的数据搜集分析，在此一并致谢！在出版之际时，我们更加感觉到，中国节能减排是个长期存在的战略，这一领域未来一定会出现一些新问题，还有继续研究的必要。这一成果还希望得到理论界专家和各界人士的指导，以便在后续的研究中日臻完善。

孙 欣

2015年3月3日

目 录

第一章 中国碳排放强度影响因素动态分析	1
第一节 碳强度影响因素文献综述 /	1
第二节 碳强度影响因素理论分析 /	2
第三节 中国碳强度影响因素协整分析 /	3
第四节 碳强度影响因素状态空间动态分析 /	7
第五节 降低碳强度政策建议 /	13
第二章 中国碳排放交易市场发展分析	16
第一节 问题的提出 /	16
第二节 中国碳排放交易市场发展分析 /	17
第三节 交易市场相互关系分析 /	25
第四节 结论与政策建议 /	31
第三章 中国城市碳排放权交易体系有效性评价研究	34
第一节 碳排放权交易体系评价问题的提出 /	34
第二节 碳排放权交易体系有效性评价指标体系的构建 /	35
第三节 城市碳排放权交易体系有效性评价方法 /	40
第四节 中国城市碳排放权交易体系有效性实证分析 /	42
第五节 中国城市碳排放权交易体系存在的问题与对策 /	49
第四章 中国存在全过程减排效应吗	
——以省域二氧化硫减排为例	51
第一节 全过程减排效应问题的提出 /	51
第二节 指标的选取及数据来源 /	53
第三节 二氧化硫减排效率全过程影响效应实证分析 /	56

第四节 加强全过程减排政策建议 / 60

第五章 能源效率影响因素的动态分析 61

第一节 能源效率问题的提出 / 61

第二节 能源效率影响因素研究文献综述 / 62

第三节 能源效率影响因素理论分析 / 63

第四节 中国能源效率影响因素实证分析 / 67

第五节 提升中国能源效率的政策建议 / 77

第六章 中国节能率变动及影响因素分析 80

第一节 节能率问题的提出 / 80

第二节 中国节能率变动及影响因素分析 / 81

第三节 省域节能率变动及影响因素分析 / 88

第四节 提升节能率政策建议 / 98

第七章 中国节能减排效率评价及影响因素研究 101

第一节 相关的文献综述 / 101

第二节 测度方法选择、指标选择及数据来源 / 103

第三节 实证结果及分析 / 107

第四节 省市节能减排效率的收敛 / 111

第五节 省际节能减排效率影响因素分析 / 112

第六节 提高节能减排效率的政策建议 / 115

第八章 中国重点行业节能减排成效研究 119

第一节 钢铁行业节能减排成效分析 / 119

第二节 中国有色金属行业节能减排成效分析 / 125

第三节 中国电力行业节能减排成效分析 / 131

第四节 中国造纸行业节能减排成效分析 / 135

第五节 中国水泥行业节能减排成效分析 / 139

第九章 中国企业节能减排效率研究 144

第一节 企业节能减排相关理论 / 144

第二节 企业节能减排的途径及实践 /	147
第三节 企业节能减排成效因素分析 /	153
第四节 企业节能减排存在的问题及政策建议 /	156
第十章 中国节能减排机制研究	159
第一节 节能减排的外部性 /	159
第二节 发达国家节能减排机制研究 /	160
第三节 中国节能减排机制发展及存在问题 /	165
第十一章 推进中国节能减排的对策建议	171
参考文献	178

第一章

中国碳排放强度影响因素动态分析

据统计，中国于 2006 年超越美国成为世界上二氧化碳排放量最大的国家，目前中国的碳排放占全球总排放的 28%，美国和欧洲分别为 14% 和 10%。根据国际环保组织“全球碳计划”估计，中国 2013 年的人均排放二氧化碳 7.2 吨，超过欧盟的 6.8 吨。巨大二氧化碳排放量，使我国面临着国际压力。基于我国可持续发展考量和应对全球温室效应的压力，在哥本哈根世界气候会议上，中国提出，2020 年我国单位 GDP 的二氧化碳排放量（即碳排放强度，以下简称碳强度）将比 2005 年下降 40%~50%。这个约束性指标已纳入中国国民经济和社会发展的中长期规划。如何实现该目标，已成为学术界的一大课题。而系统全面研究碳强度影响因素，从而通过控制影响因素，有效地降低碳强度，对实现碳强度目标有着重要的理论和现实意义。

第一节 碳强度影响因素文献综述

国内外有众多学者对碳强度影响因素进行研究，取得一定的成果。国外相关研究常采用指数分解与计量模型方法研究。使用指数分解方法研究的有：格林洛娜等（Greening Lorna A et al.，1999、2001、2004）以 OECD 国家不同部门的碳强度为研究对象，采用 AWD（自适应权重对数指数）方法研究，发现发电燃料构成、能源强度、居民服务部门的终端能源消费结构等因素对碳强度下降的影响各不相同，其碳强度下降主要原因是生产部门能源强度下降；奥巴斯·约翰·艾铂赫等（Obas John Ebohon et al.，2006）采用改进的 Laspeyres 指数分解模型，比较研究撒哈拉以南非洲地区的产油工业国家和非产油工业国家的碳强度，认为能源强度、能源结构、碳排放系数及

经济结构是影响碳强度主要因素；西蒙·金里奇等（Simone Gingrich et al. , 2011）通过 Kaya 恒等式分解与对数比较分析方法，分析奥地利与捷克斯洛伐克两个国家 1830 ~ 2000 年碳排放强度数据，认为能源强度与产业结构的变化是影响碳强度重要因素。采用计量模型进行研究有：昂等（Ang et al. , 2006）通过对 104 个国家的截面数据研究，发现碳强度与人均收入之间存在倒“U”型曲线关系；大卫·斯都提尔等（B. Davidsdottir et al. , 2011）通过美国 48 个州面板数据研究发现碳强度与州经济呈现显著双向关系，并提出在发展经济的同时，执行特殊政策以降低碳强度。

目前对中国碳强度影响因素研究逐渐增多。其中，多数研究使用指数分解方法。如范颖等（2007）应用 AWD 对中国 1980 ~ 2003 年碳强度影响因素进行分析，发现能源效率与能源结构是碳强度变化的重要影响因素；张友国（2010）通过投入产出结构分解法研究 1987 ~ 2007 年中国碳强度下降的原因主要是能源效率下降；傅京燕等（2012）运用多边投入产出模型计算 1997 ~ 2008 年贸易内涵二氧化碳量，认为对外贸易不利于我国碳总量减排，但有利于降低我国碳强度，并对各部门的碳强度做 Divisia 指数分解，结果技术效应有利于降低我国碳强度，结构效应的影响并不统一。另一种采用计量方法研究，如王锋等（2011）运用协整技术与马尔科夫链预测了 2011 ~ 2020 年中国碳强度趋势，然后通过情景分析评估优化能源结构对碳强度目标贡献潜力；虞义华等（2011）采用广义最小二乘法（FGLS）模型分析发现，碳强度与人均 GDP 之间存在“N”型关系，第二产业比重与碳强度呈正相关，经济增长速度本身难以引致碳强度的大幅下降。

综上所述，碳强度变化影响因素有众多，主要是经济发展、能源效率、产业结构、对外贸易等因素。但上述文献并没有考虑中国对外开放与城市化发展背景因素对碳强度的影响。本章考虑中国在对外开放与城市化快速发展背景下，结合规模效应、技术效应和结构效应三个途径理论研究中国碳强度影响因素，进而首次采用协整理论与状态空间模型相结合等计量方法分析各因素对碳强度影响效应。

第二节 碳强度影响因素理论分析

格罗斯曼和克鲁格（Grossman and Krueger, 1991）提出经济增长通过

规模效应、技术效应和结构效应三种途径影响环境质量。碳强度可视为重要的环境质量指标,因此,这里从规模效应、技术效应和结构效应三个途径理论研究碳强度影响因素。“规模效应”影响作用可分为两个方面:一方面经济规模逐渐增大,需要投入消耗更多的能源,导致碳排放量增加,由此对降低碳强度产生阻碍作用;另一方面随着经济发展水平的提高,人们会越来越追求良好的环境,愿意牺牲一定经济增长为代价或者支付更多的资金来降低碳排放,对降低碳强度起促进作用。“技术效应”对碳强度的影响体现在技术进步带来更先进的节能技术与环保技术,更加有效地利用资源,减少碳的排放,降低碳强度。“结构效应”影响表现在,我国早期在从农业向能源密集型工业转变的历程中,增加了单位产出的二氧化碳排放,其后我国不断向服务业与知识密集型产业转变,可以降低碳排放水平。

改革开放以来,中国对外开放不断扩大,对外贸易不断增长,同时经济全球化程度的加剧,目前处在全球产业承接地和制造中心,一方面势必使用更多的资源(能源),增加碳排放;另一方面带来了技术进步与管理水平的提高,也会促进节能减排,减少碳排放,从而促进碳排放强度下降。此外,中国正经历着城市化的重要转型时期,城市化需要大量能源密集型物品用于基础设施与住宅的建设,由于大规模人口迁移聚居城市,相关保障体系建设、运行维护也会消耗更多的能源,而且城镇居民人均生活商品能源消费通常比农村居民多出两倍多。这样城市化必然促进能源消费增长,增加碳排放,另外农村人口向城市聚集有利于能源的集约使用和节能技术的推广,提高能源利用效率,有利于降低碳排放水平。

第三节 中国碳强度影响因素协整分析

一、指标选取及数据来源

根据上述的碳强度影响因素理论分析可知,碳排放主要受规模效应、技术效应和结构效应三个方面的影响。在此基础上,本章考虑中国对外开放不断扩大与经济全球化程度的加剧,一方面对外开放的扩大、全球化进程的加剧可促进技术进步与管理水平的提高,从而促进碳排放强度下降;另一方面在全球化进程中,发达国家会逐渐将污染程度较大的工业转移到发展中国

家,存在“污染避难假说”(hypothesis of pollution haven),为了检验中国现阶段对外贸易(反映对外开放水平)对碳强度的影响,本章将对外贸易依存度引入模型。除此之外,考虑到我国的城市化进程速度越来越快,城市化进程的加剧往往会伴随着工业化程度的提升,城市化率的提升,居民生活碳排放量也会增加,为了检验城市化率对碳强度的影响,将城市化率引入模型。

根据上述理论,本章将选择以下五种影响因素变量:

(1) 第二产业比重($X1$)。该指标为结构效应指标。三次产业中,第二产业能源消耗量大,碳排放也相应大,预计该指标对碳强度产生正影响^①。

(2) 人均 GDP($X2$)。该指标为规模效应指标。由于我国目前处于经济快速发展阶段,碳排放量正在增大,该指标会对碳强度产生正影响,但是中国近年来控制碳排放量增长,如果 GDP 增速超过碳排放量增速的话,该指标会带来负影响。

(3) 能源强度(E)。能源强度即单位 GDP 能耗,为技术效应指标。技术进步越大,能源效率越高,能源强度越小。由于能源的消耗产生二氧化碳,单位 GDP 能耗越大,即能源强度就越大,带来碳强度越大。预计该指标会对碳强度产生正影响。

(4) 对外贸易依存度($X3$)。该指标反映一国或地区对国民经济对进出口贸易的依赖程度,是衡量一国对外开放水平的重要指标,用进出口贸易额在国内生产总值中的比重表示。该指标会对碳强度产生的影响不能确定。

(5) 城市化率(UR),即城镇人口数量与总人口数量(包括城镇人口数与农村人口数之和)的比值。城市是人口、交通、建筑、工业的集中地,也是高能耗、高排放的集中地,预计该指标会对碳强度产生正影响。

由于我国没有公布二氧化碳排放的相关数据,本章使用美国能源信息署(Energy Information Administration, EIA)公布的数据——1980~2011年中国碳强度(GDP按照购买力平价指标计算,单位: kilogrammes CO_2 /US dollar using 2005 prices)。单位 GDP 能耗指标,其公式为:单位 GDP 能耗(吨标准煤/万元)=能源消费总量(万吨标准煤)/不变价国内生产总值(亿元),

^① 本章“正影响”是指正相关影响,即该指标增加导致碳强度的增加,该指标的减少导致碳强度的减少。反之,称为负影响。