



中青年经济学家文库
ZHONGQINGNIAN JINGJIXUEJIA WENKU

技术进步对中国二氧化碳排放的影响及政策研究

芳 / 著

JISHU JINBU DUI ZHONGGUO ERYANGHUATAN
PAIFANG DE YINGXIANG JI ZHENGCE YANJIU



经济科学出版社
Economic Science Press



中青年经济学家文库

ZHONGQINGNIAN JINGJIXUEJIA WENKU

技术进步对中国二氧化碳排放的影响及政策研究

杨芳/著

JISHU JINBU DUI ZHONGGUO ERYANGHUA TAN
PAIFANG DE YINGXIANG JI ZHENGCE YANJIU



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

技术进步对中国二氧化碳排放的影响及政策研究 / 杨芳著.

—北京: 经济科学出版社, 2013. 4

(中青年经济学家文库)

ISBN 978 - 7 - 5141 - 3227 - 4

I. ①技… II. ①杨… III. ①技术进步 - 影响 - 二氧化碳 - 排气 - 研究 - 中国 IV. ①X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 065396 号

责任编辑: 周国强

责任校对: 刘 昕

责任印制: 邱 天

技术进步对中国二氧化碳排放的影响及政策研究

杨 芳 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

编辑部电话: 88191350 发行部电话: 88191537

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

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

北京密兴印刷有限公司印装

710 × 1000 16 开 11.25 印张 210000 字

2013 年 5 月第 1 版 2013 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 3227 - 4 定价: 39.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 88191502)

(版权所有 翻印必究)

前 言

全球气候变化已对人类生存和发展构成严重的威胁，应对气候变化的关键是减缓温室气体排放。从 1992 年《联合国气候变化框架公约》的签署到 2005 年《京都议定书》的生效以及 2007 年的《巴厘岛路线图》，国际社会一直在为二氧化碳的减排寻求各种途径和方法，而二氧化碳的减排问题也成为全球气候变化背景下各国的发展权利和发展空间之争。2009 年 12 月的哥本哈根会议最终仅通过了并无法律约束的《哥本哈根协议》，应对全球变暖仍任重而道远。

作为全球二氧化碳排放最多的国家，中国能否有效实施减排已成为世界各国政府和国内外学术界共同关注的焦点。在这一新形势下，实现减排与发展的双赢，关键在于通过市场机制和有效的公共政策促进低碳技术的创新。因此，研究技术进步对中国二氧化碳减排的影响及相应的公共政策支持，不仅有利于推动中国经济的可持续发展，而且有利于中国携手其他各国共同应对全球气候变化的挑战，具有十分重要的理论价值和战略意义。

从现有研究看，着重从技术进步的视角研究中国二氧化碳减排的成果屈指

可数。本书将突破以往研究的局限性,通过对技术进步、二氧化碳排放、公共政策间内在联系的理论研究,综合考察影响二氧化碳排放的主要因素,实证分析技术进步对中国二氧化碳减排的贡献,在此基础上,进一步研究公共政策对能源技术创新的影响,从而为中国实现“十二五”碳强度目标,实现经济增长方式转变、全面推进低碳经济发展提供理论支持和决策参考。

本书第1章简要介绍了选题背景、研究意义、研究目标、研究方法、内容安排、主要贡献。第2章为理论回顾及文献综述。第3章研究中国能源消费及二氧化碳排放的特点并进行国际比较,探讨在全球气候变化的背景下中国低碳技术革命面临的机遇与挑战。第4章在经济学的研究框架下,将内生增长理论与环境污染模型相结合,为技术进步与二氧化碳排放的关系构建理论分析框架。在上述研究框架下,运用面板数据模型实证分析技术进步对我国二氧化碳排放的影响并进行地区差异比较。第5章分析几种主要碳减排技术的特点、减排潜力与减排成本以及在中国大规模应用所面临的发展障碍。第6章主要采用几何分布滞后模型研究能源价格、政府对R&D的财政支出等公共政策对我国能源技术创新的影响。第7章在对反弹效应进行理论研究和实证分析的基础上,比较经济手段(能源价格改革)和行政手段(政府的R&D投入)对于实现预期节能减排目标的有效性。第8章是主要研究结论与未来研究展望。

本书的主要创新之处在于:

首先,本书为技术进步与二氧化碳排放的关系构建理论分析框架,并首次运用面板数据模型研究自主创新、技术引进以及消化吸收能力对我国的二氧化碳排放具有怎样的影响,其影响程度有多大;并针对技术进步在不同地区的碳减排效果进行地区差异分析。

其次,鉴于公共政策在推动技术进步以促进温室气体减排的重要性,本书以面板分布滞后模型为分析工具,结合动态面板GMM估计法和非线性最小二乘法,从供应侧和需求侧角度综合考察公共政策对我国能源技术创新的影响,研究结果证实了诱导型技术创新理论和技术推动型理论,填补了国内研究在实证分析方面的空白。

最后,为了比较以上两种政策工具对实现预期减排目标的有效性,本书采

用两阶段的 AIDS 模型检验能源消费反弹效应的存在性并度量其大小。其政策含义在于：提高能源价格能够抵消反弹效应的影响；与行政手段相比，采用经济手段对于实现预期的减排目标更有效。因此，建立以经济手段为主、行政手段为辅的机制是促进我国低碳技术创新、实现有效减排的制度保障。

总之，本书从技术进步的角度为研究中国的碳减排问题提供了一个切入点，希望作为开篇之作，能起到抛砖引玉的作用。同时，本书试图构建一个技术、公共政策与碳减排的理论框架，也为今后相关研究活动的开展提供参考借鉴。本书的研究方法科学合理，通过构建多种计量模型进行实证分析，使得研究结论更加具体，从而为制定政策措施提供较为准确的数量依据。

碳减排问题是一个复杂的综合科学研究领域。尽管作者力求完善，但由于知识和学术水平有限，书中难免存在不足之处，望读者批评指正。本书的出版，得到经济科学出版社的大力支持，在此深表感谢。

杨 芳

2012 年 12 月 31 日于厦门

目 录

- 第 1 章 导论 1
 - 1.1 研究意义 3
 - 1.2 研究思路、研究框架及研究方法 4
 - 1.2.1 研究思路及研究框架 4
 - 1.2.2 研究方法 5
 - 1.3 研究内容安排 5
 - 1.4 主要贡献与进一步研究方向 6
- 第 2 章 文献回顾 8
 - 2.1 二氧化碳排放的影响因素研究 8
 - 2.2 技术进步对二氧化碳排放的影响研究 10
 - 2.2.1 技术进步的经济学理论回顾 10
 - 2.2.2 技术进步对二氧化碳排放影响的文献综述 14
 - 2.3 技术进步与公共政策的关系研究 17
 - 2.3.1 理论回顾 17

2.3.2	文献综述	18
2.4	文献评述及本研究创新点	20
第3章	发展低碳经济、技术进步与中国的可持续发展	22
3.1	全球气候变化与温室气体减排问题	22
3.1.1	全球气候变化对可持续发展的影响	22
3.1.2	全球温室气体减排目标	23
3.2	中国的能源消费与二氧化碳排放特点分析	25
3.2.1	中国的能源消费特点分析	26
3.2.3	中国的二氧化碳排放特点及国际比较	31
3.3	中国的经济可持续发展与发展低碳经济	35
3.3.1	可持续发展与低碳经济的定义及内涵	35
3.3.2	发展低碳经济是中国经济可持续发展的新内涵	37
3.3.3	技术进步是中国低碳经济发展的核心	40
3.4	本章小结	43
第4章	技术进步对中国二氧化碳排放影响的经验研究	44
4.1	理论与方法分析框架	46
4.1.1	理论分析框架	46
4.1.2	实证模型	48
4.2	自主研发知识存量的构建	50
4.2.1	采用专利数据构建知识存量的原因	50
4.2.2	知识存量的构建过程	51
4.3	数据说明及变量选择	53
4.3.1	数据来源	53
4.3.2	变量选择及构建	54
4.4	实证结果与讨论	55
4.4.1	实证结果	55
4.4.2	二氧化碳排放的影响因素分析	58
4.4.3	技术进步的影响分析	61
4.4.4	地区差异分析	62

4.5 本章小结	64
第5章 低碳技术的减排潜力及发展障碍分析	66
5.1 低碳技术的减排潜力分析	67
5.1.1 清洁能源技术的减排潜力分析	67
5.1.2 节能技术的减排潜力分析	70
5.1.3 碳捕捉和封存技术的减排潜力分析	71
5.2 主要低碳技术的成本分析	72
5.2.1 清洁能源技术的成本分析	72
5.2.2 碳捕捉和封存技术的成本分析	79
5.3 低碳技术的发展障碍分析	83
5.4 国际社会支持低碳技术的政策经验及启示	85
5.4.1 主要政策工具及经济学分析	86
5.4.2 对我国的启示	92
5.5 本章小结	93
第6章 能源技术创新与公共政策的理论与经验研究	94
6.1 理论分析：诱导型技术创新理论与技术推动理论	95
6.1.1 诱导型技术创新理论	96
6.1.2 技术推动的创新理论	97
6.2 能源价格管制下的技术创新	98
6.2.1 中国的能源价格机制问题	98
6.2.2 能源价格机制对能源技术创新的影响	100
6.3 基于动态面板数据模型的实证分析	102
6.3.1 动态面板数据模型及其广义矩估计的基本思想	102
6.3.2 能源技术创新与公共政策的实证分析	107
6.4 基于自适应预期模型的实证研究及比较	119
6.4.1 自适应预期模型的设定	120
6.4.2 实证分析结果	121
6.5 本章小结	123

第 7 章 政策选择与有效减排：基于反弹效应的实证研究	126
7.1 技术进步对能源消费和能源效率的影响	127
7.1.1 能源消费的因素分解	128
7.1.2 能源效率的因素分解	131
7.2 能源经济学的反弹效应理论研究	133
7.2.1 有关反弹效应的研究综述	134
7.2.2 反弹效应的理论阐述	136
7.2.3 直接效应和间接效应的理论推导	138
7.3 二氧化碳排放反弹效应的经验研究	139
7.3.1 价格弹性与收入弹性的实证分析	140
7.3.2 反弹效应的量化分析	146
7.4 基于反弹效应的政策分析及比较	149
7.5 本章小结	151
第 8 章 结论与政策建议	153
8.1 主要结论	153
8.2 政策建议	156
参考文献	161
后 记	172

| 第 1 章 |

导 论

全球气候变化已对人类生存以及经济社会的可持续发展构成严重的威胁。2006 年英国政府发表的《斯特恩报告》指出,气候变化将会严重影响全球的经济的发展,其损失和风险将相当于每年全球 GDP 的 5%~20%。政府间气候变化专门委员会(IPCC)第四次评估报告显示^①,近百年来(1906~2005 年),大气中的二氧化碳浓度已从工业革命前的 280ppm 上升到 2005 年的 379ppm,全球平均地面温度上升了 0.74℃,预测未来 100 年全球地表平均增温 1.8~4℃。全球变暖将导致气候灾难更频繁、更猛烈,“未来水世界”的场景和干旱缺水的困局会同时出现。

由人类活动引起的全球温室效应已成为不争的事实。大量研究表明,大气层中二氧化碳等温室气体的大量积聚是全球变暖的主要原因,其中二氧化碳的增加主要是人类使用化石燃料所致(IPCC, 1995)。因此,如何控制二氧化碳排放量的增长速度、减缓气候变化已成为近年来国内外学者和政策制定者研究的重要问题。

目前,中国是世界上二氧化碳排放量和增量的最大贡献国。根据荷兰环境评估局(MNP)的评估报告,2007 年中国的二氧化碳排放量为 67.2 亿吨,占世界总排放量的 24.3%,增量占世界总增加量的近 60%^②。伴随着全球的气候

① IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis of Climate Change [R]. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <http://www.ipcc.ch/>, 2007.

② 林伯强,蒋竺均. 中国二氧化碳的环境库兹涅兹曲线预测及影响因素分析[J]. 管理世界, 2009(3): 12-23.

变化,近几年中国极端气候事件的发生频率和强度明显增加。然而,随着中国经济的快速发展,城市化和工业化进程将使中国的能源消费持续增加,中国的资源禀赋决定了以煤为主的能源结构在中短期内难以改变,这将导致未来中国的二氧化碳排放持续快速地增长。

从国内情况看,目前中国经济的高速增长是以高能耗和高排放为代价的,而能源价格的大幅提高和环境质量的恶化必然会对中国的经济发展带来严峻的挑战。中国经济可持续发展面临资源稀缺、环境污染及能源安全三大主要约束。如果不采取积极有效的能源环境政策,未来中国的经济增长与能源、环境之间的矛盾将日趋尖锐;从国际背景来看,作为全球最主要的能源消费国和温室气体排放国,中国将面临巨大的来自国际社会承诺减排的压力。尽管中国是近年来减排力度最大的国家,在1990~2005年间,单位GDP的二氧化碳排放强度已下降46%;中国的“十二五”规划也明确提出,到2020年中国的碳强度要在2005年的基础上下降40%~45%,但在减排问题上仍与欧美等发达国家存在分歧。

然而,中国作为发展中国家,可持续发展的核心首先是经济的发展,强制实施二氧化碳的减排必将以牺牲经济增长为代价。减缓气候变化的行动必须考虑发展问题,应在可持续发展的框架下进行。低碳经济倡导以较少的温室气体排放实现经济发展目标,强调经济发展与资源节约、环境保护相协调,这与可持续发展的内涵是一致的。因此,在全球气候变化的背景下,中国迫切需要建立低碳经济的发展模式。2007年中国政府颁布的《气候变化国家评估报告》已经明确地提出,走“低碳经济”的发展道路,并逐步建立减缓气候变化的制度和机制以减少二氧化碳排放^①。从短期来看,低碳经济与我国“十二五”期间碳强度下降的目标是一致的;从长期来看,低碳经济与我国强调经济、社会、环境协调发展的可持续发展战略是一致的。

技术进步是发展低碳经济的核心。低碳经济的实质是提高能源效率和优化能源结构,其本质上需要依靠技术进步及相应的政策措施,以实现清洁有效的能源利用和尽可能低的温室气体排放。国际社会比以往更清楚地认识到,减缓气候变化必须依赖技术进步,尤其是清洁能源的技术创新。政府间气候变化专门委员会在《排放情景特别报告》和《第三次评估报告》中强调:在解决未

^① 《气候变化国家评估报告》编委会,气候变化国家评估报告[R].北京:科学出版社,2007.

来温室气体减排和气候变化的问题上,技术进步是最重要的决定因素,其作用超过其他驱动因素之和(IPCC, 2007)。

对于中国来说,在全球金融危机的背景下,从低碳经济入手推动新能源技术及其相关产业的发展,是促进中国可持续发展和实现经济增长方式转变的一个重要手段。如果政府能够通过市场激励机制及相应的政策措施提高企业进行技术创新的动力,中国将有可能在迅速兴起的新能源领域拥有一席之地。一方面,技术进步在节能减排等方面具有举足轻重的作用,社会经济活动的环境效应在很大程度上受技术变化的速度和方向的影响;另一方面,制定有效的公共政策能够产生新的约束和激励机制影响技术进步的速度和方向。因此,如何通过市场机制和公共政策的制定,促进低碳技术的开发、运用及推广,建立低碳经济的发展模式是当前迫切需要研究的问题。

1.1 研究意义

本书着重研究技术进步对我国二氧化碳排放的影响及其相应的宏观政策,其研究意义主要体现在以下两个方面:

从理论价值来看:本书在经济学的研究框架下,将内生经济增长理论与环境污染模型相结合,研究技术进步对温室气体排放的抵消机制,从而对经济增长理论和能源经济学的研究拓展了思路和框架;在对技术进步的相关理论以及能源经济学的反弹效应等理论进行研究的基础上,通过计量经济模型实证分析公共政策与能源技术创新的关系,从而在一定程度上为上述理论提供相应的实证依据和参考,完善该领域的理论体系。

从战略意义来看:中国的“十二五”规划提出,到2020年中国的碳强度要在2005年的基础上下降40%~45%,其实质在于能源效率的提高和能源结构的调整,而技术进步是解决这两个问题的核心。因此,在全球气候变化以及中国目前强调自主创新的背景下,本研究对于认识中国CO₂排放的影响因素以及正确处理技术进步与节能减排的关系方面具有很强的现实意义。本书主要研究中国CO₂减排、技术进步与公共政策的关系,从而为技术进步型低碳经济发展战略提供相应的理论研究和实证分析,这对于制定有效的公共政策以应对全球气候变化具有重要的现实意义。

1.2 研究思路、研究框架及研究方法

1.2.1 研究思路及研究框架

首先,本书将结合当前全球气候变化的背景以及我国经济可持续发展所面临的能源与环境约束的实际情况,对我国的能源消费及二氧化碳排放的特点进行分析;通过将内生增长理论与环境污染模型相结合,为技术进步与 CO_2 排放的关系构建理论分析框架,综合考察了我国二氧化碳排放的影响因素,实证研究技术进步对我国二氧化碳减排的贡献并进行地区差异分析;然后,本书将通过理论研究和实证分析相结合,运用相关的计量分析方法研究能源价格改革、政府的财政投入等公共政策对我国能源技术创新的影响;在此基础上,通过对反弹效应的理论和实证研究进行政策分析,比较经济手段(能源价格改革)和行政手段(政府R&D投入)对于实现预期节能减排目标的有效性,最后给出结论及政策建议。

总体而言,本书的研究框架如图1-1所示。

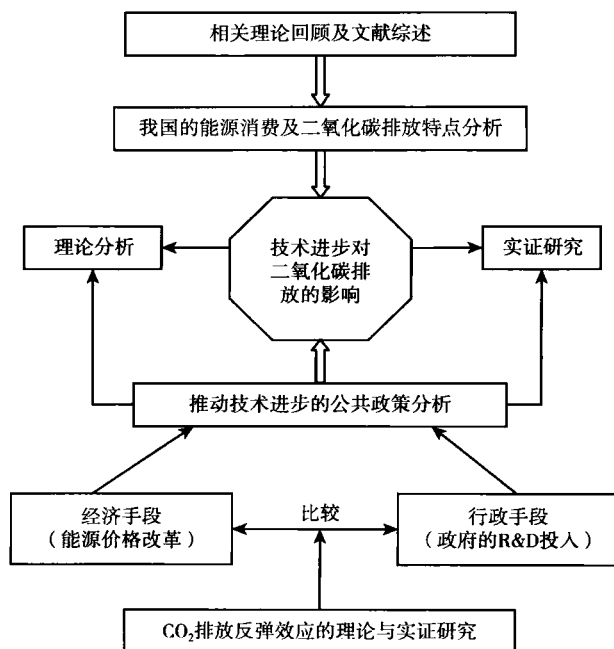


图1-1 研究框架

1.2.2 研究方法

本书基于技术进步的视角研究中国的二氧化碳减排问题，从二氧化碳减排、技术进步及公共政策三个方面出发，主要采取以下研究方法：第一，理论与实证研究相结合，在详细阐述内生增长理论、可持续发展理论、诱导型技术创新理论的基础上，分析技术进步—环境污染—公共政策的相互影响机制，运用计量模型对三者之间的相互关系进行定量分析。第二，复杂计量经济方法的综合应用：本书采用面板数据模型研究技术进步对中国各地区二氧化碳排放的影响；运用动态面板 GMM 估计法和非线性最小二乘法研究公共政策对我国能源技术创新的影响；运用两阶段的几乎理想需求系统（AIDS）模型量化分析中国二氧化碳排放的反弹效应。第三，横向国际比较和纵向历史分析相结合，分析在全球气候变化的背景下我国经济可持续发展所面临的约束，对发达国家有关低碳技术的公共政策和激励机制进行概述以寻求有利借鉴。第四，在定量分析和定性分析的基础上，讨论中国未来低碳经济发展的规划和政策建议。

1.3 研究内容安排

全书将分八章展开论述：

第1章主要概述本书的研究背景、选题意义、研究目标、研究思路、研究方法、内容安排、主要贡献以进一步研究的方向。

第2章是理论回顾与文献综述。本章在对技术进步的相关经济学理论进行概述的基础上，回顾国内外有关技术进步与二氧化碳排放及相应的公共政策研究等相关文献的主要成果，并对其进行评述，明确本研究的创新所在。

第3章在分析中国能源与环境现状的基础上，研究中国能源消费及二氧化碳排放的特点并进行国际比较。以可持续发展理论为基础，分析中国未来的经济可持续发展所面临的资源稀缺、环境污染和能源安全的约束，探讨在全球气候变化的背景下中国发展低碳经济的必要性和紧迫性。在此基础上，提出技术进步是发展低碳经济的核心，并分析中国低碳技术革命的机遇与挑战。

第4章在经济学的研究框架下,将内生增长理论与环境污染模型相结合,为技术进步与二氧化碳排放的关系构建理论分析框架。在上述研究框架下,运用面板数据模型对我国二氧化碳排放的影响因素进行实证分析,研究自主创新、技术引进及消化吸收能力对我国的二氧化碳排放具有怎样的影响,其影响程度有多大;针对技术进步在不同地区的碳减排效果进行地区差异分析。

第5章主要分析二氧化碳减排技术(包括核能、风电、太阳能等新能源技术、节能技术及碳捕捉和封存技术)的技术特点、减排潜力与减排成本,讨论低碳技术在中国大规模商业化应用所面临的发展障碍。通过研究国际上支持低碳技术的政策经验,以寻求有利借鉴。

第6章在对诱导型技术创新理论和技术推动型理论进行详细阐述的基础上,采用几何分布滞后模型的两种形式(自适应预期模型和局部调整模型),运用动态面板GMM估计法和非线性最小二乘法研究能源价格、政府对R&D的财政支出等公共政策对我国能源技术创新的影响,并分别针对能源供应技术以及节能技术进行分析,比较两种模型的结果,从而为上述理论提供一定的实证依据,也为制定有效的公共政策提出相应的政策建议。

第7章在对反弹效应进行理论研究和实证分析的基础上,对推动技术进步的政策手段进行分析和比较。首先,通过因素分解法分析技术进步对能源效率提高的贡献;其次,以斯拉茨基方程为理论基础对反弹效应进行分解,推导出直接效应和间接效应;然后,采用两阶段的几乎理想需求系统(almost ideal demand system, AIDS)模型对二氧化碳排放的反弹效应进行量化分析,并度量直接效应和间接效应的大小;最后,基于反弹效应的实证结果进行政策分析,比较经济手段(能源价格改革)和行政手段(政府的R&D投入)对于实现预期节能减排目标的有效性。

第8章是本研究的结论及政策建议,这部分对全书进行总结,并结合前文的研究结果给出相应的政策建议。

1.4 主要贡献与进一步研究方向

本研究的贡献主要包括以下几个方面:

第一,从技术进步的视角,将技术进步、二氧化碳减排与公共政策之间的

关系有机地结合起来,并首次将这三个方面的交互影响机制用于研究中国的二氧化碳排放问题。

第二,在宏观经济学的研究框架下,通过内生增长理论与环境污染模型相结合,将技术进步内生化到环境污染的影响因素中,首次运用面板数据模型研究中国经济发展过程中技术进步对二氧化碳减排的作用,进行地区差异分析,为有针对性地制定公共政策推动技术进步、实现节能减排提供了实证参考。

第三,对低碳技术的减排潜力和成本进行详细分析,深入剖析国际上支持低碳技术的公共政策,为中国制定有效的二氧化碳减排政策提供国际经验。在全球气候变化的背景下,这对于研究如何制定公共政策以促进中国的低碳经济、低碳产业的发展具有重要的价值。

第四,通过定性分析与定量评价相结合,首次对公共政策与能源技术创新之间的关系进行实证分析,为诱导型技术创新理论和技术推动型理论提供实证依据,以填补国内文献在经验研究方面的空白。

第五,对能源经济学的反弹效应进行理论研究,以 Slutsky 方程为基础,首次推导出直接效应和间接效应的量化公式。在此基础上,定量评价由技术进步促进能效提高所导致的二氧化碳排放的反弹效应,并度量直接效应和间接效应的大小。这对于中国如何采取有效的节能减排政策实现碳强度下降的目标具有重要的意义。

当然,受样本数据和作者能力的限制,本研究尚有不足之处,未来的研究方向包括:

(1) 构建可计算的一般均衡 (CGE) 模型量化分析技术进步的节能减排效果及其宏观经济影响;

(2) 在构建能源技术创新影响因素的模型中,由于数据的限制,模型只考虑了能源价格、政府的 R&D 投入以及已有知识存量等变量,进一步考虑的政策变量还包括环境税、排污收费水平、能效指标等;

(3) 在衡量反弹效应的研究中,本研究只衡量了城镇居民生活消费的反弹效应,研究范围还可以包括农村居民的生活消费以及工业部门的能源消费,这些将是今后进一步研究的方向。