

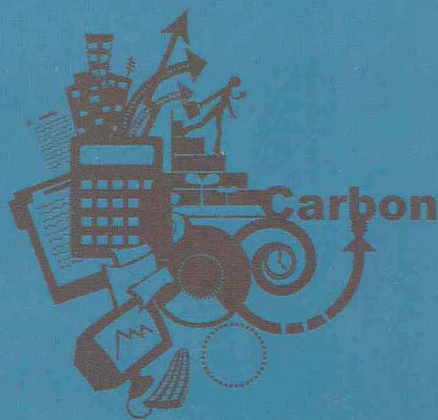
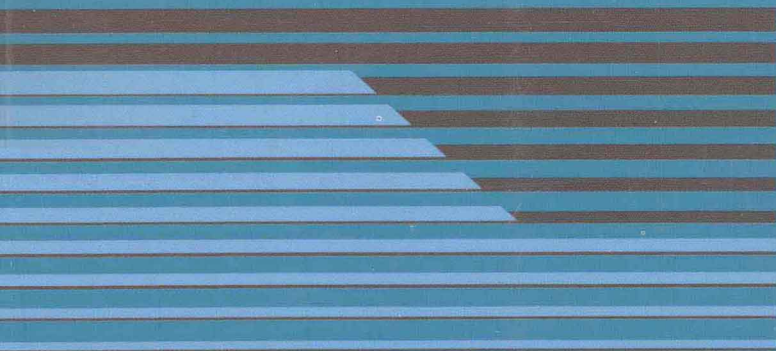
王 锋 著

中国经济低碳转型中
实现碳强度目标的政策绩效评估

Low-Carbon

ZHONGGUO JINGJI DITAN ZHUANXINGZHONG

SHIXIAN TANQIANGDU MUBIAO DE ZHENGCE JIXIAO PINGGU

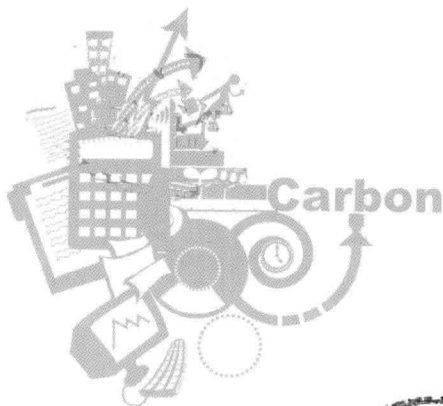


经济科学出版社
Economic Science Press

王 锋 著

中国经济低碳转型中 实现碳强度目标的政策绩效评估

ZHONGGUO JINGJI DITAN ZHUANXINGZHONG
SHIXIAN TANQIANGDU MUBIAO DE ZHENGCE JIXIAO PINGGU



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

中国经济低碳转型中实现碳强度目标的政策绩效评估 /
王锋著. —北京: 经济科学出版社, 2013. 12
ISBN 978 - 7 - 5141 - 3971 - 6

I. ①中… II. ①王… III. ①二氧化碳 - 排放标准 -
环境目标 - 环境政策 - 研究 - 中国 IV. ①X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 264173 号

责任编辑: 周国强
责任校对: 杨 海
版式设计: 齐 杰
责任印制: 邱 天

中国经济低碳转型中实现碳强度目标的政策绩效评估

王 锋 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

710 × 1000 16 开 15 印张 260000 字

2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 3971 - 6 定价: 56.00 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)

本书是国家自然科学基金资助项目“中国碳强度的动态优化控制研究：驱动因素、运行机制及控制系统”（批准号：71173170）和中国博士后科学基金特别资助项目“碳强度的动态优化控制系统及控制变量的低碳效应评估”（编号：2012T50802）的阶段性研究成果。本书的出版得到“西安交通大学人文社会科学优秀学术文库基金”的资助。

前 言

在全球变暖的大环境下，中国的气候也发生了明显变化，并影响到了中国的水资源、农业、陆地生态系统、海岸带和近海生态系统。应对气候变化在客观上契合了中国科学发展的需要，成为加快转变经济发展方式、调整经济结构和推动新能源技术革命的重大机遇。

为了进一步应对气候变化，中国于 2009 年制定了控制温室气体排放的量化行动目标，决定到 2020 年把单位国内生产总值 CO_2 排放比 2005 年降低 40% ~ 45%。该“碳强度”目标已作为约束性指标被纳入“十二五”规划当中。“十二五”规划纲要提出，未来 5 年碳强度下降 17% 是经济社会发展的主要目标之一。要实现碳强度目标、要发展低碳经济，须从理论上回答一系列问题：第一，经济低碳转型具有什么样的特征？第二，经济低碳转型中的碳强度将如何变化？第三，中国制定了什么样的政策来实现碳强度目标？第四，中国经济增长中各省区为全国碳强度下降已经作出了多大的贡献？第五，一些关键政策的实施能够取得多大的政策绩效？第六，中国能否顺利实现碳强度目标？

本书研究的目的是要回答上述六个问题。

为了实现研究目标，本书分析了经济低碳转型中一系列能源与经济变量的行为特征，探讨了实现中国碳强度目标的政策选择，分解了经济增长中碳强度下降的省区贡献，评估了优化能源结构、提高能源效率、调整产业结构、提高行业技术、引导居民消费模式变化、加强固定资产投资项目节能评估和审查、

调整出口结构等措施对实现碳强度目标的贡献潜力。本书的研究为我们深入认识经济低碳转型,了解中长期内的能源与经济特征,具有重要的学术价值;为国家碳强度目标向下级行政区逐层进行公平和有效地分解,找出了科学的理论依据,对从理论上系统深入地解决如何实现中国碳强度目标的问题,具有重要的学术价值;对推动能源经济与低碳经济学科的发展具有一定的学术价值。从研究的现实意义来讲,通过评估各项政策措施对实现碳强度目标的贡献潜力,为实现碳强度目标的系统工程提供了可操作、可量化认识的政策工具,对中国有的放矢地制定减排政策,实现碳强度目标,发展低碳经济,应对气候变化,实施可持续发展战略有着重要应用价值。

本书的创新之处及主要研究结论有以下六点:

第一,本书深入研究了经济低碳转型中一系列能源与经济变量的行为特征。研究结论表明:在经济低碳转型中,碳强度的行为方式是由经济大系统中的价格子系统和劳动力子系统内生决定的;如果要运用化石能源价格作为政策工具来降低碳强度,必须选择当新能源占能源消费总量的比例小于资本的影子价格时,化石能源价格上涨导致碳强度下降的机制才能发挥作用;在经济低碳转型的初中期,存在以排放空间的影子价格引导碳强度下降的机会,但到了经济低碳转型的中后期,当新能源对化石能源的替代达到一定程度时,如果排放空间的影子价格继续上涨,反而会导致碳强度上升。

第二,本书首次测算了经济增长中各省区对全国碳强度下降所作出的贡献。测算结果表明:1997~2008年,对全国碳强度下降推动比较大的5个省市分别为辽宁、黑龙江、河北、湖北和上海,其各种因素的合计影响依次是-3.89%、-3.56%、-2.74%、-2.61%和-2.18%;推动作用比较小的5个省区分别为浙江、陕西、广西、云南和青海,其合计影响依次为-0.66%、-0.6%、-0.55%、-0.38%、-0.13%;海南、宁夏、福建、内蒙古和山东5个省区对全国碳强度的下降起到了抑制作用,使得全国碳强度下降的幅度分别减少了0.02%、0.13%、0.29%、1.1%和1.21%。

第三,本书首次评估了优化能源结构对实现中国碳强度目标的贡献潜力。评估结果表明:在经济高速增长情景中,如果“大幅调整”能源结构,那么

在 2020 年可使碳强度相对 2005 年下降 19%，该情景中的能源结构优化对实现碳强度目标的贡献潜力最大，将达到 42.3% ~ 47.6%；即使保守估计，在经济低速增长情景中，若仅实现了国家中长期能源发展规划对能源结构的调整目标，那么碳强度将下降 15.6%，优化能源结构的贡献潜力也会达到 34.6% ~ 38.9%。

第四，本书首次评估了提高能源效率对实现中国碳强度目标的贡献潜力，并运用能源环境 DEA 窗口模型，测算了各省区能源与环境效率提高的潜力。研究结果表明：如果各省区在“十二五”期间实现了能源强度和碳强度下降的双目标，那么各省区提高能源效率对实现各自碳强度目标的贡献将达到 90.9% ~ 100%，就全国范围来讲，提高能源效率对实现国家碳强度目标的贡献将达到 94.1%；六个地区在 2000 ~ 2010 年间的能源效率年均提高潜力表明，西北地区的能源效率提高潜力最大，为 77.34%，其余地区依次为中南（63.78%）、华北（56.37%）、西南（53.77%）、东北（43.53%）和华东（40.15%）。

第五，本书首次评估了调整产业结构和提高行业技术对实现碳强度目标的贡献潜力。研究结果表明：在假设情景下，“十二五”期间第一产业的发展将推动全国碳强度下降 2.18%，第二产业的发展将推动全国碳强度上升 7.36%，第三产业的发展将推动全国碳强度下降 18.92%；各个行业发展对全国碳强度的总体影响，将使得全国碳强度下降 13.73%，调整产业结构对实现“十二五”碳强度下降目标的贡献将达到 80.79%；如果进一步提高行业技术水平和 管理水平，使得所有行业的中间投入系数都下降 1%，那么这将驱使全国碳强度下降 2.75%。

第六，本书首次分析了引导居民消费模式转变、加强固定资产投资项目的节能评估和审查、调整出口产品结构对实现碳强度目标的贡献潜力。研究结果表明：2007 年农村居民消费、城镇居民消费、政府消费、固定资本形成、存货增加、出口所导致的碳排放量分别占 29 个行业碳排放总量的 5.29%、17.08%、5.51%、38.39%、1.83% 和 31.91%；引导居民消费模式转变、加强固定资产投资项目的节能评估和审查、调整出口结构将对实现碳强度目标做

出一定的贡献。

本书的出版，得到了西安交通大学经济与金融学院院长冯根福教授和对外经济贸易大学国际经济贸易学院魏巍贤教授的推荐和支持，同时也得到经济科学出版社的大力支持，在此表示衷心的感谢。

能源与低碳经济学是一个复杂的综合科学研究领域。尽管作者对本书力求完善，但由于知识修养和学术水平有限，书中难免存在缺陷或错误，恳请广大读者批评指正。

王 锋

2013年9月19日于西安交通大学

目 录

1 绪论 1

1.1 选题背景与研究意义 1

1.1.1 选题背景 1

1.1.2 研究意义 8

1.2 研究目标与研究方法 9

1.2.1 研究目标 9

1.2.2 研究方法 10

1.3 研究内容与主要贡献 11

1.3.1 研究内容 11

1.3.2 主要贡献 14

2 文献综述 15

2.1 中国碳排放与碳强度的研究现状 15

2.1.1 中国碳排放的研究现状 16

2.1.2 中国碳强度的研究现状 20

2.2 有关实现中国碳强度目标的研究 22

2.3 本章小结 23

3 中国经济低碳转型中实现碳强度目标的政策选择 25

3.1 相关文献综述 26

3.2	模型构建与动态最优化问题求解	28
3.2.1	基本模型构建	29
3.2.2	动态最优化问题求解	32
3.3	经济低碳转型的特征分析	37
3.3.1	能源结构调整的特征	37
3.3.2	能源强度变动的特征	38
3.3.3	碳强度变动的特征	38
3.3.4	关键经济变量的增长率	41
3.4	实现中国碳强度目标的政策选择	43
3.4.1	控制温室气体排放工作方案中的政策措施	43
3.4.2	本书将评估的政策措施	46
3.5	本章小结	46
4	中国经济增长中碳强度下降的省区贡献评估	48
4.1	模型构建	49
4.1.1	四因素分解模型	49
4.1.2	两因素分解模型	52
4.2	数据处理	53
4.2.1	各省区 CO ₂ 排放量的估算	53
4.2.2	各省区经济数据的处理	55
4.2.3	碳强度数据的可靠性说明	56
4.3	模型计算结果分析	60
4.3.1	碳强度年度变动的省区分解	60
4.3.2	碳强度在 2008 年相对于 1997 年变动的省区分解	62
4.4	本章小结	70
5	优化能源结构对实现碳强度目标的贡献潜力评估	72
5.1	能源消费需求模型构建	72
5.1.1	变量选择与数据说明	73
5.1.2	能源消费需求模型建立	75
5.2	能源消费需求预测	79

5.2.1	协整方程中各解释变量的长期趋势预测和设定	80
5.2.2	能源消费需求预测	83
5.3	能源消费结构预测	84
5.3.1	能源消费结构预测的马尔可夫链模型	85
5.3.2	确定转移概率矩阵	87
5.3.3	无规划约束的能源消费结构预测	88
5.3.4	有规划约束的能源消费结构预测	89
5.3.5	既有规划约束又有石油消费比例目标引导的能源消费 结构预测	90
5.4	碳强度预测	93
5.4.1	各情景中的碳排放量估算	93
5.4.2	各情景中的碳强度预测	94
5.5	优化能源结构对实现碳强度目标的贡献潜力评估	95
5.5.1	对中国碳强度历史的分析	95
5.5.2	优化能源结构对实现碳强度目标的贡献潜力	96
5.6	本章小结	98
6	提高能源效率对实现碳强度目标的贡献潜力评估	100
6.1	贡献潜力评估模型的构建	100
6.2	提高能源效率对实现碳强度目标的贡献潜力测算	103
6.3	测算能源与环境效率提高潜力的模型构建	106
6.3.1	能源环境 DEA 模型的构建	107
6.3.2	能源环境 DEA 窗口模型的构建	113
6.4	各省区能源与环境效率提高的潜力测算	116
6.4.1	数据来源和处理情况说明	116
6.4.2	时间序列上不可比的能源环境效率与节能减排潜力	120
6.4.3	时间序列上可比的能源环境效率与节能减排潜力	130
6.5	本章小结	146
7	调整产业结构和提高行业技术对实现碳强度目标的贡献潜力评估	149
7.1	模型构建	151

中国经济低碳转型中实现碳强度目标的政策绩效评估

7.1.1	投入产出基本模型	151
7.1.2	基于投入产出表的碳强度计算模型	152
7.1.3	全国碳强度对行业发展、能源效率及中间投入系数的 弹性	153
7.2	数据处理	155
7.3	计算结果分析	158
7.3.1	行业碳排放量及行业碳强度分析	158
7.3.2	全国碳强度对行业发展的弹性分析	160
7.3.3	全国碳强度对中间投入系数的弹性分析	161
7.3.4	全国碳强度的燃料利用效率弹性分析	162
7.3.5	全国碳强度对居民节能程度的弹性分析	164
7.3.6	对所有弹性的排序分析	165
7.4	三种措施对实现碳强度目标的贡献潜力评估	165
7.4.1	调整产业结构对实现碳强度目标的贡献潜力评估	165
7.4.2	提高行业技术对实现碳强度目标的贡献潜力评估	170
7.4.3	居民生活节能对实现碳强度目标的贡献潜力评估	174
7.5	本章小结	176
8	调节最终需求对实现碳强度目标的贡献潜力分析	178
8.1	最终需求导致碳排放的测算模型	178
8.2	数据处理	181
8.3	模型计算结果分析	181
8.3.1	产品最终使用导致的碳排放分析	182
8.3.2	农村居民消费导致的碳排放分析	186
8.3.3	城镇居民消费导致的碳排放分析	191
8.3.4	固定资本形成导致的碳排放分析	193
8.3.5	出口导致的碳排放分析	194
8.4	调节最终需求对实现碳强度目标的贡献潜力分析	198
8.4.1	引导居民消费模式转变的贡献潜力分析	198
8.4.2	加强固定资产投资项目节能评估和审查的贡献潜力 分析	202

8.4.3 调整出口结构的贡献潜力分析	204
8.5 本章小结	206
9 研究结论与研究展望	208
9.1 研究结论	208
9.1.1 经济低碳转型的研究结论	208
9.1.2 碳强度下降的省区贡献评估结果	209
9.1.3 优化能源结构的贡献潜力评估结果	210
9.1.4 提高能源效率的贡献潜力评估结果	212
9.1.5 调整产业结构和提高行业技术的贡献潜力评估结果	213
9.1.6 调节最终需求的贡献潜力评估结果	214
9.2 研究展望	215
参考文献	217

绪 论

本章从全球变暖与中国的气候变化问题出发，首先简要介绍了本书的选题背景，其次从理论与实践两个角度分析了研究的意义，然后说明了本书研究欲达到的目标和研究所采用的方法，最后概括性介绍了本书的内容安排与主要贡献。

1.1 选题背景与研究意义

本节将首先简要介绍科学界已经观测到的全球与中国气候变化的事实与研究结论，然后简要回顾国际社会与中国国内为应对气候变化所作出的不懈努力，最后根据如何实现中国的碳强度下降目标这一现实问题，提出本书的研究题目。

1.1.1 选题背景

(1) 全球变暖与中国的气候变化。

1) 全球变暖。

政府间气候变化专门委员会（IPCC，2008）组织了全球 500 多位不同学科的专家及 2000 多位评审专家，共同完成的《气候变化 2007：综合报告》认为：目前从全球平均气温和海温升高、大范围冰雪融化，以及海平面上升的观测中得到的证据表明，气候系统的变暖是毋庸置疑的；其中观测到的一些事实是，最近

100 年（1906 ~ 2005 年）全球平均温度上升了 0.74°C ($0.56 \sim 0.92^{\circ}\text{C}$)^①；海平面的逐渐上升与变暖相一致，自 1961 年以来，全球平均海平面以每年 1.8 毫米（1.3 ~ 2.3 毫米）的平均速率上升；积雪和海冰面积减少也与变暖相一致，1978 年以来的卫星资料显示，北极年平均海冰面积以每 10 年 2.7%（2.1% ~ 3.3%）的速率退缩，夏季的海冰退缩率较大，为每 10 年 7.4%（5.0% ~ 9.8%）。勒维特斯等（Levitus et al, 2012）研究认为，世界海洋解释了自 1955 年以来发生的地球系统变暖的约 93% 的原因。因此，最全面有效地监测全球变暖的方法，就是观测海洋温度的变化。图 1-1 显示了 1880 ~ 2011 年 1 月、4 月、7 月和 10 月全球海洋温度相对于 1901 ~ 2000 年（基期）的温度异常值。这些异常值清晰表明，自 1880 年以来，全球海洋温度明显升高。

气候变化已经影响到了全球人类的基本生活元素，包括水的获得、粮食生产、健康和环境，随着全球变暖，数以亿计的人将遭受饥荒、缺水和沿海洪水的威胁（Stern, 2007）。具有很高可信度的是^②，自 1750 年以来，人类活动的净影响已成为全球变暖的原因之一，大部分已观测到的全球平均温度的升高很可能是由于人为温室气体浓度增加所导致（IPCC, 2008）。由于人类活动，大气中的温室气体浓度已明显增加，目前已经远远超出了工业化前几千年中的浓度值。图 1-2 显示了 1880 ~ 2011 年全球平均温度和大气中温室气体浓度的明显上升趋势。这些温室气体包括二氧化碳（ CO_2 ）、甲烷（ CH_4 ）和氧化亚氮（ N_2O ），其中 CO_2 是最重要的人为温室气体，2004 年全球因化石燃料燃烧而排放的 CO_2 占到温室气体排放总量的 56.6%。据 IPCC 排放情景特别报告估计，2030 年以后，如果化石燃料在全球能源结构中仍保持主导地位，那么全球温室气体排放量在 2000 ~ 2030 年期间将会增加 25% ~ 90%。

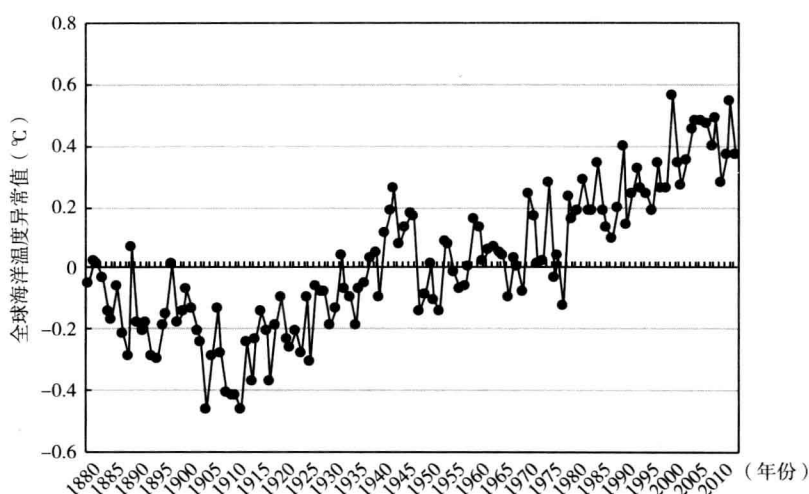
2) 中国的气候变化。

《中华人民共和国气候变化初始国家信息通报》总结了有关中国气候变化的影响、脆弱性与适应性评估的研究，主要的初步研究结论表明：近百年中国气候变化的趋势与全球气候变化的总趋势基本一致，20 世纪 90 年代是近百年来最暖时期之一；1985 年以来，中国已连续出现了 16 个全国大范围的暖冬；降水

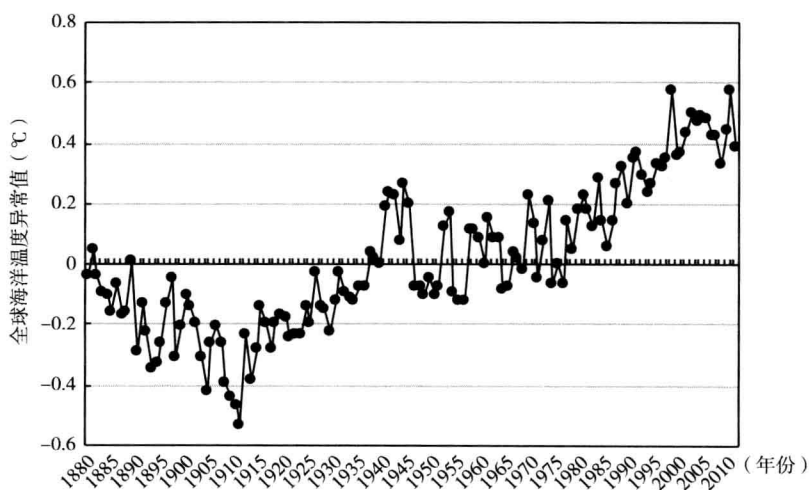
① 括号内的数字表示某个最佳估值的可能性为 90% 的不确定性区间，即该值大于括号内给出范围的可能性估计为 5%，而该值低于这一范围的可能性为 5%。不确定性区间并不一定是对应于某个最佳估值的前后对称值。以下括号中的数字含义基本相同，不再说明。

② 中等可信度是指结果正确的概率大约为 50%；很高可信度是指结果正确的概率至少为 90%。

以 20 世纪 50 年代最多,以后逐渐减少,特别是华北地区出现了暖干化趋势;对中国主要江河径流量的观测结果表明,近 40 年来六大江河的实测径流量呈下降趋势;20 世纪 80 年代以来,华北地区持续偏旱,与此同时,中国洪涝灾害也频繁发生,特别是进入 90 年代以来,多次发生大洪水;自 20 世纪气候变暖以来,中国山地冰川普遍退缩,西部山区冰川面积减少了 21%;气候变化对中国物候的影响显著,观测表明,随着 20 世纪 80 年代以来中国东北、华北和长江下游春季增温,物候期提前;50 年代以来,中国沿岸海平面呈上升趋势,近几年尤为明显,海平面上升的年平均速率约为 1.4~2.6 毫米(中华人民共和国,2004)。



(a) 1月份全球海洋温度异常值



(b) 4月份全球海洋温度异常值