

王群伟 周德群 周 鹏 / 著

Study on the energy saving and emission reduction in China :
an efficiency perspective

效率视角下的 中国节能减排问题研究

 复旦大学出版社

本书是国家自然科学基金项目

(71203051、70903031、71273005)、

中国博士后基金项目(2012M510139)和

江苏省社会科学基金项目(12GLC008)

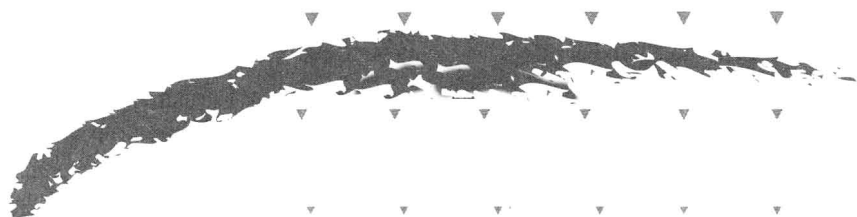
的阶段性研究成果。

本书由苏州大学“211工程”建设经费资助出版。

王群伟 周德群 周 鹏 / 著

Study on the energy saving and emission reduction in China :
an efficiency perspective

效率视角下的 中国节能减排问题研究



復旦大學出版社

图书在版编目(CIP)数据

效率视角下的中国节能减排问题研究/王群伟,周德群,周鹏著. —上海:
复旦大学出版社,2013.2
ISBN 978-7-309-09469-5

I. 效… II. ①王…②周…③周… III. ①能源利用-研究②二氧化碳-排气-
效率计算-研究 IV. ①TK01②X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 011446 号

效率视角下的中国节能减排问题研究

王群伟 周德群 周 鹏 著

责任编辑/刘子馨 张咏梅

复旦大学出版社有限公司出版发行

上海市国权路 579 号 邮编:200433

网址:fupnet@fudanpress.com <http://www.fudanpress.com>

门市零售:86-21-65642857 团体订购:86-21-65118853

外埠邮购:86-21-65109143

上海华教印务有限公司

开本 890 × 1240 1/32 印张 8.25 字数 176 千

2013 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-309-09469-5/T · 466

定价:24.00 元

如有印装质量问题,请向复旦大学出版社有限公司发行部调换。

版权所有 侵权必究

内 容 提 要

▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼

本书以效率为切入点，利用环境生产技术、距离函数、共同前沿函数和数据包络分析等工具在全要素框架下系统研究了能源效率、二氧化碳排放效率，以及能源与二氧化碳约束下经济效率的测度方法与应用。本书突破了以能源强度和二氧化碳强度为代表的单要素指标的效率测度方式，为能源效率和二氧化碳排放效率历史和现状的精确评估提供了一种新的思路，也可以为能源环境政策的选择提供参考。

本书适合政府有关决策部门和能源经济与环境管理的研究人员阅读，也可作为能源经济、环境管理专业研究生的学术参考书。

前 言

保障能源安全和有效应对气候变化是国际社会的共识，作为最大的发展中国家，我国在工业化和城镇化的进程中对能源消耗和二氧化碳排放空间的需求依然巨大。如何在总量大、增速快的形势下实现节能减排的约束性目标是我国当前及未来相当长的时间内必须面临的现实性问题。

本书以效率的测度为切入点，期望通过能源利用效率和二氧化碳排放效率的科学评价，为政府部门采取措施缓解能源消费过度增长、抑制二氧化碳排放过快上升提供理论意义和现实意义上的支撑。主要研究工作和结论包括以下四个方面。

(1) 提出了在全要素框架下考察能源利用水平和二氧化碳排放水平的新思路。针对现有研究中单位 GDP 能耗、单位 GDP 二氧化碳排放量等单要素指标的缺陷，提出了可以生产率理论为基础，分别将能源和二氧化碳视为现实生产活动中重要的投入要素与非期望的产出要素，在考虑要素替代的全要素框架下研究能源效率和二氧化碳排放效率。

(2) 分析了我国全要素能源效率的变动及其影响要素。将能源视为重要的投入要素，利用 DEA 方法构建的全要素能源效率指标考察了我国能源利用水平的变动情况，发现了能源效率总体上出现先上升后下降、效率值偏低、区域差异较

大、节能潜力有待挖掘等特征。鉴于技术要素对能源效率的基础性作用及以往研究中对技术进步认识的模糊性和狭隘性,在广义技术进步的定义下定量刻画了“硬”技术和“软”技术对能源效率的影响作用,发现两者的正向促进作用效果有所不同,“硬”技术的贡献应继续加强。

(3) 提出了全要素二氧化碳排放效率测度模型,在此基础上考察了国际和国内二氧化碳排放的静态效率与动态效率。将二氧化碳作为要素投入后难以完全避免的非期望产出,利用环境生产技术、方向性距离函数、Malmquist 生产率指数等工具构建了全要素二氧化碳排放的静态效率模型、动态效率模型。同时,与共同前沿函数相结合,给出了描述生产技术差距的定量测度指标,进一步提出了考虑技术差距下的全要素二氧化碳排放效率模型及其分解模型。基于我国数据的实证结果表明,我国总体的二氧化碳排放效率得到了 40.86% 的提高,经济发展水平和产业结构高级化程度是其主要的外部促进因素,二氧化碳排放效率东部高、中西部低的差异较为明显。同时,我国总体上仍有很大的减排潜力,不同地区的技术差距有扩大趋势。在国际上做比较,亚洲、欧洲和美洲均不同程度实现了二氧化碳排放效率的提高,其中欧洲改善最多,美洲次之,亚洲较小。在主要的二氧化碳排放国中,美国是二氧化碳排放高效率的典型代表,我国则是实现改善幅度最大的国家。

(4) 提出了能源投入和二氧化碳排放条件下的经济效率测度模型、二氧化碳规制成本模型,并分析了我国的实际情况。利用环境生产技术和方向性距离函数构建了只期望 GDP 扩张的单一经济效率模型、既实现 GDP 增加又同比例降低二氧化碳排放的二维经济效率模型和实现 GDP 增加后再减少

二氧化碳排放的分阶段经济效率模型。同时,在无规制、一般规制和严格规制三种规制策略下构建了不同的二氧化碳规制成本模型。我国的实证结果表明,经济效率偏低是其主要特点,经济发展和二氧化碳排放极不协调的省区超过全国的一半。总体上,二氧化碳规制策略越严格对潜在 GDP 产出的影响就越明显,但不同省区的表现有所差异。

本书由王群伟进行总体的设计、组织和统稿。其中,第 1 章由王群伟和周德群完成;第 2 章由周德群和查冬兰完成;第 3 章及第 4 章由王群伟完成;第 5 章及第 6 章由王群伟和周鹏完成;第 7 章及第 8 章由王群伟完成;附录部分由王群伟、周德群和周鹏完成。

本书的出版得到了多方的支持和帮助,在此,作者特别感谢南京航空航天大学经济与管理学院周德群教授、周鹏教授及其领导的能源软科学研究中心的各位老师和同学,本书思想的来源、结构的安排、数据的采集及结果的分析都得益于大家共同的讨论;同时,也特别感谢苏州大学商学院赵增耀教授、王则斌教授在本书写作过程中给予的具体指导和协调;在本书的出版过程中,复旦大学出版社张咏梅女士提供了很多的便利并给予热情的帮助,也一并表示谢意。

受限于作者的知识修养和学术水平,本书难免存在一些不足和待商榷之处,恳请广大读者批评与指正。

目 录

第 1 章 绪论	001
1.1 研究背景	001
1.2 研究意义	007
1.3 研究思路与内容	009
1.4 研究方法与结构安排	012
1.5 本章小结	013
 第 2 章 能源消费和二氧化碳排放的总体特征	015
2.1 全球能源消费	015
2.2 全球二氧化碳排放	021
2.3 我国能源消费	026
2.4 我国二氧化碳排放	035
2.5 本章小结	039
 第 3 章 能源利用和二氧化碳排放效率的测度指标	040
3.1 引言	040
3.2 效率与生产率理论	041
3.3 能源效率测度	050

3.4	二氧化碳排放测度	060
3.5	环境绩效测度	064
3.6	本章小结	067
第4章	全要素能源效率	069
4.1	引言	069
4.2	全要素能源效率模型	070
4.3	我国的全要素能源效率	075
4.4	广义技术进步的分解	086
4.5	广义技术进步对我国全要素能源效率的 影响	091
4.6	本章小结	095
第5章	不考虑技术差距的全要素二氧化碳排放效率	098
5.1	引言	098
5.2	不考虑技术差距的二氧化碳排放效率模型	100
5.3	不考虑技术差距的我国全要素二氧化碳排放 效率	110
5.4	不考虑技术差距的我国全要素二氧化碳排放 效率的影响因素	125
5.5	本章小结	128
第6章	考虑技术差距的全要素二氧化碳排放效率	131
6.1	引言	131
6.2	考虑技术差距的全要素二氧化碳排放静态	

效率模型	133
6.3 考虑技术差距的全要素二氧化碳排放静态 效率的国内比较	139
6.4 考虑技术差距的全要素二氧化碳排放动态 效率模型	146
6.5 考虑技术差距的全要素二氧化碳排放动态 效率的国际比较	153
6.6 本章小结	162
第7章 能源投入和二氧化碳排放下的经济效率	165
7.1 引言	165
7.2 能源消费、经济发展和二氧化碳排放的 关系	167
7.3 能源投入和二氧化碳排放下的经济效率 模型	174
7.4 能源投入和二氧化碳排放下我国的经济 效率	178
7.5 二氧化碳排放的影响：规制成本	186
7.6 本章小结	193
第8章 结论与展望	195
8.1 主要结论与启示	195
8.2 创新点	203
8.3 研究展望	206

参考文献 208

附录 A: 1960—2007 年样本国家(地区)资本存量的
 估算 230

附录 B 政策报告 234

后记 253

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景

进入 21 世纪,能源问题和气候变化问题日益成为国际社会共同关注的重要焦点。解决好由能源和温室气体排放导致的各类矛盾也不仅仅是单纯的科学问题,而是全球性的政治、经济和社会问题,人类社会也从来没有像今天这样给予能源和气候变化问题如此多的关切。除各国政府都在进一步制定和完善本国的能源发展战略及应对气候变化国家方案外,全球性的措施也正积极展开。1988 年,世界气象组织(WMO)和联合国环境规划署(UNEP)联合成立了政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC),同年联合国大会成立政府间谈判委员会;1992 年联合国组织谈判制定《联合国气候变化框架公约(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)》(以下简称《公约》),并于 1994 年生效;1997 年 149 个国家通过了旨在降低温室气体排放的《京都议定书》,至 2009 年 12 月已有 189 个国家加入其中。在过去的 20 多年中,在《公约》框架下,国际社会已召开了 15 次缔约方大会,通过了包括《京都议

定书》和《巴厘岛路线图》在内的多项重要文件。表 1.1 整理了有关气候变化的重要事件及国际社会为应对气候变化而采取的一些政策措施和努力。

表 1.1 国际社会应对气候变化的重要事件

时间	主 要 内 容
1979 年	第一次世界气候大会召开,呼吁全球共同合作保护气候。
1987 年	签署《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》。
1988 年	全球气候变暖敲响警钟,有史以来最热的一年。
1988 年	世界气象组织(WMO)和联合国环境规划署(UNEP)建立政府间气候变化专门委员会(IPCC)。
1992 年	联合国环境与发展大会通过了《联合国气候变化框架公约(UNFCCC)》,确定了应对气候变化的国际合作基本框架。
1994 年	《联合国气候变化框架公约》正式生效,确立了发达国家和发展中国家“共同但有区别的责任”等原则。
1995 年	政府间气候变化专门委员会发布第二次评估报告,有充分证据表明人类活动对气候变化产生影响。
1997 年	联合国气候大会通过《京都议定书》。
2001 年	政府间气候变化专门委员会发布第三次评估报告,指出人类活动与全球气候系统间存在很强的联系。
2001 年	美国布什政府批准推出《京都议定书》。
2004 年	俄罗斯批准《京都议定书》,促成《京都议定书》于 2005 年 2 月生效。
2005 年	超过 1988 年,成为有史以来最温暖的年份。
2005 年	156 个国家和地区批准了《京都议定书》,主要签约国在加拿大蒙特利尔举行第一次会议。
2007 年	联合国气候大会通过“巴厘岛路线图”,启动“后京都”时期实施《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》的有关谈判。
2009 年	丹麦哥本哈根举行《联合国气候变化框架公约》第 15 次缔约会议暨《京都议定书》第 5 次缔约会议,讨论在 2012 年《京都议定书》第一承诺期到期后的温室气体减排安排。
2010 年	《联合国气候变化框架公约》第 16 次缔约方会议暨《京都议定书》第 6 次缔约会议通过“坎昆会议”。

国际社会对能源和气候变化问题的高关注、齐行动,其动力正是来源于现实问题的严重性,以及不行动或缓行动可能

带来的巨大挑战和损失。根据 IPCC2006 的报告,在过去的 50 多年中,全球的增暖趋势在很大程度上是由包括化石能源消费在内的人类活动所致,且升温速率不断加快,约为 0.13 度/年,几乎是近 100 年的 2 倍。同时,全球气温的上升也导致海平面的不断上升,其中,增加热量的 80% 正在或将被海洋所吸收。事实已经表明,山地冰川和积雪在总体上都已萎缩。1961—2003 年,全球海平面每年的增长约为 1.8 毫米,其中,1993—2003 年上升为每年 3.1 毫米,整个 20 世纪的海平面则估计提高了 17 厘米。另据《斯特恩报告》预计,若继续当前的趋势而不采取有效措施,未来 50 年内全球平均气温可能上升 2—3 度。融化的冰川至少将影响全球 1/6 的人口,数以亿计的居民会遭受严重的洪水灾害,特别是东南亚及太平洋地区岛国和大批的海岸城市,如伦敦、纽约、东京、上海、香港及孟买等。此外,气候变暖还将造成世界范围的细菌传播,生态系统将会变得更加脆弱,15%—40% 的物种将会灭绝。

主要由能源大量消耗和二氧化碳排放导致的生态环境的恶化,以及可能出现的各种极端灾害将给世界各国带来巨大的经济损失。如潘家华(2003)和樊纲(2009)等人的研究就对未来气候变暖造成的经济损失进行了预测分析,其损失将是惊人的。《斯特恩报告》的数据表明,若不采取行动,气候变化将造成全球人均福利至少下降 5%。如果将环境、健康等“非市场”因素考虑在内,人均福利损失将由 5% 增加到 11%。由于存在增强的反馈效应,温室气体排放对气候系统的影响将超出以往预计,这有可能使人均福利损失由 11% 上升到 14%。贫困国家由于处于地理劣势,受气候变化的影响更大,如果考虑气候影响的不对称性,福利损失将增加更多。综合以上各种因素,任由气候变化而不采取任何行动将可能造成

人均福利较目前水平降低 20%，堪比世界性大战及 20 世纪 20—30 年代的经济大萧条。

就我国的情况而言,尽管从 1978 年改革开放到 2000 年,在“节能优先”的能源发展战略下,实现了能源消费翻一番保证经济发展翻两番的目标,能源消耗弹性系数下降至 0.5 左右,在减少二氧化碳排放方面为世界应对气候变化作出了重要贡献。但是,要再现 1980—2000 年的辉煌,实现“保障供应、节能优先、结构优化、环境友好、政府主导、市场推进”的中长期能源发展战略,落实 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放量(二氧化碳强度)在 2005 年基础上降低 40%—45%的目标,完成“十二五”期间二氧化碳强度降低 17%、能源强度下降 16%的任务,最终建设资源节约型、环境友好型社会,我国仍面临巨大的挑战。

首先,我国能源消费总量大、增速快且结构单一。作为全球第二大经济体,我国在经济发展的同时,伴随着能源的大量消耗。根据中国统计局的资料,我国能源消费总量由 1990 年的不足 10 亿吨标准煤,快速上升为 2010 年的近 33 亿吨,是仅次于美国的全球第二大能源消费国。随着经济的进一步发展,能源消费总量也必然持续走高。根据国际经验,人均能源消费量增长较快的时期是在人均 GDP 3 000—10 000 美元的阶段。而在 2008 年,我国人均 GDP 首次超过了 3 000 美元关口。我国正处于能源高消费时期,消耗强度将在今后相当长一个时期维持在较高水平。另据国家能源局给出的预测数据,2015 年我国一次能源消费总量必将超过 40 亿吨标准煤,到 2030 年则将超过 70 亿吨。除总量大、增速快之外,我国能源发展面临的另一个问题是结构单一。2010 年,非化石能源仅占我国能源消费比重的 8.6%,而煤炭消耗量却一直维持在 70%左右,这与全球一次能源消费的构成相去甚远。尽管我

国政府已将优化消费结构、降低煤炭消费比重作为能源发展的重要着力点,并提出2020年前风能和太阳能等清洁非化石能源占能源消费比重达到15%的目标,但特有的资源禀赋状况使得我国以煤为主的能源供给和消费结构在相当长的时间内不可能得到根本转变,在降低二氧化碳排放方面也必然比其他国家面临更大的困难。

其次,我国二氧化碳排放总量剧增,减排任务艰巨。巨大的能源消耗总量、单一的能源结构和低下的能源效率使得我国的二氧化碳排放量不断上升,根据国际能源署(International Energy Agency, IEA)的数据,从1978年的不足15亿吨增加到2008年的接近70亿吨,年均增长率为5.2%,人均二氧化碳排放量也由1.5吨上升到5.2吨,特别是2000年以后的增速急剧扩大。据荷兰环境评估局发布的报告,从2006年起,我国就已超越美国成为全球第一大二氧化碳排放国,占全球排放总量的1/4和增量的2/3。从二氧化碳排放强度的国际比较来看,不论是以汇率法计算还是以购买力平价法(Purchasing Power Parity, PPP)计算,我国仍高于世界平均水平。按照PPP法的不变价美元计算,2008年我国每亿美元的二氧化碳排放量是9.4万吨,是世界平均水平的1.9倍,是日本的2.7倍、德国的3.0倍、巴西的3.9倍、美国的1.9倍、印度的2.1倍。若按汇率法的不变价美元计算,则分别是世界、日本、德国、巴西、美国和印度的3.4倍、9.9倍、6.4倍、5.2倍、4.8倍和1.5倍(金三林,2010)。面对日益严峻的二氧化碳排放形势,我国政府已开始采取包括设定强制性减排目标在内的全方位的减排措施,但作为二氧化碳排放量最大的发展中国家,仍然面临越来越严峻的国际减排政治外交压力和舆论形势。部分国外学者甚至提出了中国应向

发达国家那样实现“零排放”的激进观点,“中国环境威胁论”、“中国能源威胁论”的论调还时有发生,我国面临着严峻的减排挑战和国际减排压力。

第三,我国正处于工业化和城镇化阶段,能源消费和二氧化碳排放需求强烈。世界各国的发展历史和趋势都表明,能源消费量、二氧化碳排放量与经济的发展水平和发展阶段有显著关系,大致可用图 1.1 表示。也就是说,工业化是建立在土地、能源和矿产资源等大量消费的基础之上的,人均 GDP 与人均资源消费呈“S”型的关系。我国正处于工业化和城镇化的快速提升期,即图 1.1 中显示的快速工业化过程中,城市人口不断膨胀、能源需求不断增长、大规模基础设施不断新建是其主要特征之一。据预测,到 2020 年我国的城市化率将达到 60%,有近 3 亿人口,即相当于一个欧洲或超过一个美国的人口要进入城市。这一不可逆转的发展阶段需要大量的能源消耗和二氧化碳排放作为支撑。与此同时,经过 30 多年的改革开放,我国已积蓄了一定资本和技术基础,但经济增长方式总体上依旧粗放,能源技术装备和二氧化碳减排技术水平和

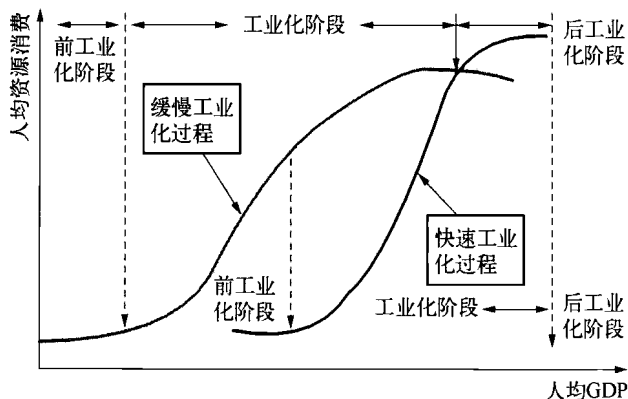


图 1.1 经济发展与资源消费之间的关系