

Zhongguo Nengyuan Qiangdu De Yanbian Jili
Ji Qingjing Moni Yanjiu

中国能源强度的演变机理 及情景模拟研究

张炎治 著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press



00853261
南阳理工学院

F-426.2
16

中国能源强度的 演变机理及情景模拟研究

张炎治 著



中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书遵循现状研究、机理研究、模拟研究、政策研究的思路,研究了我国能源强度演变的影响因素、影响效应及其 2010 年的情景模拟仿真,构建了结构分解分析(SDA)模型和基于投入产出的非线性优化模型,详细分析了技术因素和需求结构因素对我国能源强度变化的作用,在此基础上,利用遗传算法分情景优化模拟了 2010 年我国能源强度的变化趋势。

图书在版编目(CIP)数据

中国能源强度的演变机理及情景模拟研究/张炎治
著. —徐州:中国矿业大学出版社,2010.8

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0680 - 0

I. ①中… II. ①张… III. ①能源经济—研究—中国
IV. ①F426.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 103122 号

书 名 中国能源强度的演变机理及情景模拟研究
著 者 张炎治
责任编辑 付继娟 孟 茜
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
经 销 新华书店
开 本 850×1168 1/32 印张 9.125 字数 236 千字
版次印次 2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷
定 价 26.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

“2010年单位GDP能耗比2005年降低20%”作为一项约束性指标被写入我国的“十一五”发展规划,节约资源作为转变经济增长方式的重要途径也上升到了基本国策的战略地位。在当前我国能源、环境、经济三者之间的矛盾十分突出且将持续较长时期的背景下,研究我国能源强度演变的影响因素、影响效应及其未来变化趋势显得尤为必要。

本书遵循现状研究、机理研究、模拟研究、政策研究的研究思路,将我国的能源强度演变划分为三个倒“U”型,分析了其阶段性特征和总体特征,从中归纳总结了我国能源强度演变的主要影响因素,并进行了单因素静态分析和多因素动态冲击响应分析。为进一步挖掘我国能源强度演变的深层动因,利用结构分解(SDA)模型从产业关联和经济增长的根本驱动力视角,研究了我国能源强度演变的技术因素作用和需求结构因素作用。书中第3章、第4章的研究结论表明,技术进步是我国能源强度降低的主要因素,但这两章对技术进步的表征利用了技术经济指标(如投入产出消耗系数)和能源经济指标(如部门能源强度),没有反映出技术进步的实质。为了进一步明确分析技术进步对能源强度演变的作用,第5章利用经济学方法将技术进步(以全要素生产率表示)分解为科技进步指数和技术效率指数,面板回归了技术进步与能源强度演变之间的关系。在各因素对能源强度演变的影响机理和影响效应分析清楚之后,利用基于投入产出的能源强度非线性优化模型

分情景研究了我国能源强度未来的变化趋势。最后,从技术节能、结构节能和制度节能三方面提出了节能相关政策建议。本书的主要研究结论有:

(1) 利用向量自回归模型,脉冲响应函数和方差分解方法研究了我国能源强度变化的多因素动态冲击响应。研究结论表明:第二产业比重、第二产业能源强度、*FDI*、*GDI* 对能源强度的影响周期较长,影响时滞分别为 6 年、3 年、5 年、5 年;煤炭消费比重和能源价格对能源强度的影响周期较短,影响时滞分别为 3 年和 2 年;能源强度的影响因素按重要程度排序为:能源强度自身>外商直接投资>技术进步>产业结构>固定资产投资>能源消费结构>能源价格。

(2) 利用结构分解分析研究了我国生产能耗强度和行业完全能耗强度变化的原因。研究结论表明:在不同的时间区间,技术因素(包括能源技术和生产技术)和最终需求结构因素(包括最终消费、资本形成总额、出口、进口)对生产能耗强度变化的作用方向和大小是不同的,但总体上,促使我国生产能耗强度降低的因素是技术。

(3) 利用基于投入产出的能源强度非线性优化模型(遗传算法求解),分情景研究了我国能源强度未来的变化趋势。情景模拟结果表明:在不同方案(3 个方案 9 个情景)下,随着产业结构、投资和消费结构调整力度的加强,能源强度也不断下降。当 *GDP* 年均增长率为 12.18%,三次产业结构为 9.4:42.6:48,投资和消费结构为 35:68 时,能源强度达到最小值 0.999 6 tce/万元,但离节能降耗 20% 的目标仍相差 2.86 个百分点。强化节能情景模拟结果显示,2010 年我国的能源强度可以达到 0.943 91 tce/万元,相比 2005 年下降了 21.75%,达到了“十一五”规划节能降耗 20% 的

目标。

本书是在博士论文的基础上整编而成的,书中取得的成果凝聚着导师聂锐教授的心血,导师的跳跃性思维,超前的研究思路以及富有激情的学术心态将是我以后研究生涯中的宝贵财富,感谢导师对我的辛勤培养。由于能源问题的复杂性,仅凭本研究难以全面而深入地解决能源强度问题,书中的内容和观点难免有不尽完善之处,敬请读者批评指正。

作 者

2010年3月

1.1 研究的背景和意义	1
1.1.1 研究的背景	1
1.1.2 问题的提出	2
1.1.3 研究的意义	3
1.1.4 基本概念说明	5
1.2 国内外研究现状综述	8
1.2.1 国外研究现状	8
1.2.2 国内研究现状	10
1.2.3 国内外研究现状评述	23
1.3 研究目标、内容及创新	24
1.3.1 研究目标	24
1.3.2 研究内容	24
1.3.3 研究创新	25
1.4 研究方法和方案	26
1.4.1 研究方法	26
1.4.2 研究方案	27
2 我国能源强度演变的三个倒“U”型及其动因	28
2.1 降低我国能源强度的必要性	28
2.1.1 成绩与差距,中国的能效之路还很漫长	28
2.1.2 有限与扩张,资源与需求之间的矛盾	29
2.1.3 环境与安全,能源相关问题日益突出	31

目 录

18	问题、文献及研究设计	1
18	1.1 研究的背景和意义	1
18	1.1.1 研究的背景	1
18	1.1.2 问题的提出	3
18	1.1.3 研究的意义	3
18	1.1.4 基本概念说明	5
18	1.2 国内外研究现状综述	8
18	1.2.1 国外研究现状	8
18	1.2.2 国内研究现状	16
18	1.2.3 国内外研究现状评述	23
18	1.3 研究目标、内容及创新	24
18	1.3.1 研究目标	24
18	1.3.2 研究内容	24
18	1.3.3 研究创新	25
18	1.4 研究方法和方案	26
18	1.4.1 研究方法	26
18	1.4.2 研究方案	27
28	2 我国能源强度演变的三个倒“U”型及其动因	28
28	2.1 降低我国能源强度的必要性	28
28	2.1.1 成绩与差距:中国的能效之路还很长	28
28	2.1.2 有限与扩张:资源与需求之间的矛盾	29
28	2.1.3 环境与安全:能源相关问题日益突出	31

2.2	先行工业化国家能源强度的演变规律及启示·····	32
2.2.1	先行工业化国家能源强度的演变规律及动因 ·····	32
2.2.2	先行工业化国家能源强度的演变规律对我国的启示·····	35
2.3	我国能源强度演变的三个倒“U”型及动因分析 ·····	36
2.3.1	我国能源强度演变的阶段划分:三个倒“U”型 ·····	36
2.3.2	我国能源强度演变的第一个倒“U”型 (1953~1967年)及动因分析·····	38
2.3.3	我国能源强度演变的第二个倒“U”型 (1968~2002年)及动因分析·····	39
2.3.4	我国能源强度演变的第三个倒“U”型 (2003~2006年)及动因分析·····	49
2.3.5	我国能源强度演变的总体特征·····	52
2.4	我国能源强度的国际比较·····	54
2.5	本章小结·····	54
3	我国能源强度演变的单因素静态分析与多因素动态冲击响应 ·····	56
3.1	我国能源强度演变的单因素影响机理:经验分析 ·····	56
3.1.1	产业结构变化对能源强度的影响·····	56
3.1.2	技术进步对能源强度的影响·····	56
3.1.3	投资对能源强度的影响·····	58
3.1.4	货物进出口对能源强度的影响·····	59
3.1.5	能源消费结构对能源强度的影响·····	65
3.1.6	能源价格对能源强度的影响·····	68

3.2	我国能源强度演变的单因素静态分析:实证研究 I	213
3.2.1	能源强度演变的指数分解分析:产业结构与 技术进步	70
3.2.2	投资影响能源强度演变的实证分析	74
3.2.3	净出口影响能源强度演变的实证分析	83
3.2.4	能源结构影响能源强度演变的实证分析	85
3.3	我国能源强度演变的多因素动态冲击响应:实证研究 II	88
3.3.1	向量自回归模型及其解释	89
3.3.2	变量选择与数据处理	90
3.3.3	实证分析	91
3.4	本章小结	97
4	基于 SDA 框架的我国能源强度演变分析	99
4.1	投入产出分析的基本原理及在能源中的应用	99
4.1.1	投入产出分析的基本原理	99
4.1.2	能源投入产出分析中的一些主要系数	103
4.2	能源强度演变的 SDA 模型	106
4.2.1	SDA 的基本原理	106
4.2.2	能源强度演变的 SDA 模型构建	108
4.3	可比价投入产出表的编制	112
4.3.1	行业分类调整	113
4.3.2	可比价投入产出表的编制原理	113
4.3.3	价格指数的数据来源及处理	113
4.3.4	可比价投入产出表的编制结果	118
4.4	我国能源强度演变的 SDA 分解结果及分析	119
4.4.1	我国生产能耗强度变化的 SDA 分解结果 及分析	133

4.4.2	我国行业完全能耗强度的 SDA 分解结果 及分析	136
4.5	本章小结	151
5	技术进步对我国能源强度的作用机制	153
5.1	技术进步的定義及測量	153
5.1.1	技术进步的定義	153
5.1.2	技术进步的測量方法	155
5.2	技术进步影响我国能源强度的計量分析	159
5.2.1	技术进步的測量方法比較与选择	159
5.2.2	技术进步的分解	160
5.2.3	技术进步的測量	164
5.2.4	基于面板数据模型的实证分析	170
5.3	本章小结	174
6	我国能源强度演变的情景优化模拟	175
6.1	生产能耗强度的敏感性分析及系数调整	175
6.1.1	能源直接消耗系数的敏感性分析及重要 系数调整	176
6.1.2	直接消耗系数的敏感性分析及预测调整	181
6.1.3	最终需求结构变化对生产能耗强度的影响	189
6.2	基于投入产出的能源强度非线性优化模型	201
6.2.1	优化模型的构建	201
6.2.2	优化模型求解的遗传算法	203
6.3	模型系数及情景方案设定	206
6.3.1	模型系数的设定	206
6.3.2	经济发展情景	209
6.3.3	情景方案设定	211
6.4	优化结果及比較分析	213

6.4.1	模型运行结果	213
6.4.2	结果分析	217
6.4.3	实现 20% 节能目标的补充情景	219
6.5	本章小结	220
7	节能政策建议	222
7.1	节能的宏观调控措施——本书研究结论的推衍 ..	222
7.2	“十一五”我国节能工作面临的挑战	224
7.3	节能的具体政策建议	226
7.3.1	加大宣传力度,转变节能观念	226
7.3.2	增加节能投资,促进节能技术进步	227
7.3.3	加强结构调整和优化,实现结构节能	231
7.3.4	引导和促进节能机制转换	236
7.4	本章小结	239
8	结论及展望	241
8.1	主要研究结论及创新	241
8.1.1	主要研究结论	241
8.1.2	研究创新	244
8.2	未来研究展望	246
附录 1	LMDI 分解残差为 0 的证明	248
附录 2	1997 年价的 2000 年投入产出表	249
附录 3	1997 年价的 2002 年投入产出表	253
附录 4	1997 年价的 2005 年投入产出表	257
参考文献		261

1 问题、文献及研究设计

1.1 研究的背景和意义

1.1.1 研究的背景

《中华人民共和国国民经济和社会发展“十一五(2006~2010)”规划纲要》(以下简称“十一五”规划)有两处明确指出要把节约资源作为我国的基本国策。第一处是在第一篇(指导原则和发展目标)的第二章(全面贯彻落实科学发展观):“必须加快转变经济增长方式。要把节约资源作为基本国策,发展循环经济,保护生态环境,加快建设资源节约型、环境友好型社会,促进经济发展与人口、资源、环境相协调。推进国民经济和社会信息化,切实走新型工业化道路,坚持节约发展、清洁发展、安全发展,实现可持续发展。”第二处是在第六篇(建设资源节约型、环境友好型社会)的开篇:“落实节约资源和保护环境基本国策,建设低投入、高产出,低消耗、少排放,能循环、可持续的国民经济体系和资源节约型、环境友好型社会。”可见,节约资源在我国“十一五”规划中已上升到基本国策的战略地位,而资源节约的首要之意在于提高资源利用效率,转变经济增长方式。能源作为一类重要的战略性资源,其消耗强度作为约束性指标被写入“十一五”规划,除了实现2010年人均国内生产总值比2000年翻一番的目标之外,单位GDP能耗比“十五”期末降低20%。降低能源强度不仅意味着减少能源消耗,提高国民经济效益,缓解我国实现工业化过程中的能源供需矛盾,同时也意味着降低与能源相关的废气排放量,保护生态环境。此外,节约资源,降低

能源强度与党的十六大所提出的“走新型工业化道路”相呼应,丰富并量化了新型工业化的目标和内容,进一步阐释和解读了“新”之意。

能源已成为政治和经济力量的通货,是国家之间力量等级体系的决定因素,甚至成为经济建设成功和物质进步的一个新筹码,获得能源成为 21 世纪压倒一切的首要任务^[1]。在世界经历了大量消耗能源以加速工业化进程,20 世纪 70 年代的两次石油危机,以及能源粗放利用引起的温室效应和全球气候变化之后,如今,能源效率和环境保护已成为能源经济领域的两大核心问题。从长远来看,一个国家能源效率的高低和能源供给的充足程度将直接影响其国际竞争力和人均国民收入水平。正是出于这样的战略考量,国家在多个政府规划和文件中都明确提出了“节约能源,提高能效”的战略目标,如《中华人民共和国国民经济和社会发展“十一五(2006~2010)”规划纲要》把节约资源作为基本国策,制定了单位国内生产总值能源消耗降低 20% 的约束性指标;《节能中长期专项规划》提出了以大幅度提高能源利用效率为核心,以能源的有效利用促进经济社会的可持续发展的指导思想;《能源中长期发展规划纲要(2004~2020 年)》更是把节约能源、提高能效放在首位;此外,《国务院关于做好建设节约型社会近期重点工作的通知》(国发[2005] 21 号)、《国务院关于加快发展循环经济的若干意见》(国发[2005] 22 号)等文件都对节约能源和提高能源利用效率进行了具体部署。由此可见,节能优先、提高能效已被国家放在了能源战略的核心地位,为解决当前中国经济快速发展所面临的能源约束矛盾指明了努力的方向,同时也显示了国家致力提高能源利用效率、转变经济增长方式的决心和力度。有学者(蒋金荷,2004)指出:“节约能源、提高能源效率是保障国家能源安全和经济持续增长的必然选择,是实现产业升级、转变经济增长方式、增强企业竞争力的重要途径,也是保护环境、实施可持续发展战略的重要措施。”^[2]

在未来的很长一段时间内,我国仍将处在以能源高消耗为特

征的加速实现工业化的重要时期,能源需求强劲增长,而与能源消费密切相关的 CO_2 、 SO_2 、 NO_x 等废气排放量也将持续增加,这些问题都将会对中国的能源安全和生态安全造成前所未有的压力,而最有效的解决途径是能源节约和提高能源利用效率。从我国目前的现实情况来看,一方面,能源消耗大,能源、经济、环境三者之间的矛盾十分突出;另一方面,能源利用效率低下,节能潜力巨大。要改变这种现状,必须节约能源,合理用能,提高能源利用效率。

1.1.2 问题的提出

正是基于上述背景,以国家经济与社会发展“十一五”规划纲要中提出的节能降耗 20% 为目标,分析我国能源强度发展演变的时序特征,研究其影响因素及作用机理,评估不同因素的影响效应大小,利用基于投入产出的非线性优化模型分情景模拟能源强度的变化趋势,并提出合理的调控措施,对于实现我国“十一五”规划的节能降耗 20% 目标和能源经济的可持续发展显得尤为必要和及时。所以,本书选取能源强度为研究主题,分析新中国成立以来,尤其是改革开放以来,我国能源强度演变的阶段特征及动因,整体演化趋势及未来改进方向。从能源强度的显化计算公式 $I = E/G$ ^① 入手,分析能源强度变化的影响因素、影响机理以及影响效应,在以上分析的基础上,情景模拟未来我国能源强度变化的趋势,并提出相应的政策建议。

针对以上思考,提炼出以下四个科学问题:① 我国能源强度演变的影响因素有哪些? ② 影响因素对能源强度变化的作用机理是什么? ③ 影响因素对能源强度变化的贡献有多大? ④ 不同发展情景下我国能源强度的变化趋势如何?

1.1.3 研究的意义

经济学研究贯穿的主题无外乎稀缺和效率,能源经济学也不

① 式中 I 为能源消费强度, E 为能源消费量, G 为国内生产总值。

例外。理论来源于实践,指导于实践,如此循环,不断发展。从世界能源经济学的研究历程来看,大概经历了四个阶段:第一阶段是由 20 世纪 70 年能源危机所引发的“减能”研究;第二阶段是始于 20 世纪 80 年代末期的能源守恒^①研究;第三阶段是 20 世纪 90 年代初的提高能效研究;第四阶段是 1995 年以来的能源环境研究。可以说,不同时期的能源问题常能引发新的研究思潮。从新中国成立到 21 世纪初期,我国的能源发展战略基本上经历了“开源战略”、“节能战略”、“能源经济效率战略”三个阶段。因此,在节能降耗已成为我国基本国策的宏观背景下,选取能源强度为研究对象不仅具有很强的现实意义,也具有较大的理论研究价值。本书试图分析我国能源强度演变的动因和障碍,作用机理和效应以及情景模拟方案,尤其是利用经济学理论、高级统计学方法、计量经济学方法、非线性优化方法等深入研究技术因素、结构因素对我国能源强度演变的作用机理,作用效应和情景模拟,这些研究成果能够从理论和方法上丰富和完善关于中国能源问题的相关研究。

从实践上看,降低能源强度从各个政策视角来看都是十分重要的,对于缓解和解决我国能源、经济、环境三者之间的矛盾以及实现国家相关能源经济目标具有较强的现实指导意义。① 有利于节约能源以避免化石能源在不久的将来消耗殆尽。② 有利于“十一五”期末能源强度降低 20% 目标的实现。通过研究可以识别能源强度的主要影响因素并对其加以改进和调控,为节能降耗提供针对性的措施建议。③ 有利于环境保护。能源和环境密切相关,提高能源利用效率本身就意味着减排,是降低污染物排放的最直接途径。④ 有利于提高宏观经济效益。节能的投资收益率往往比能源开发要大得多,从而以较少的投入获得更大的产出。⑤ 有利于延长目前以化石燃料为主体的能源系统的服务年限,为

① 能源守恒是指在消费量基本不增加的情况下发展经济。

过渡到可再生能源为基础的能源系统赢得时间。

1.1.4 基本概念说明

(1) 能源强度

能源强度:全称为能源消费强度,简称能源强度,反映了单位 GDP 的能源消耗状况,其值越小,说明能源利用效率越高,经济增长对能源的依赖程度越低。为给国家国民经济与社会发展“十一五”规划纲要中的节能降耗 20% 的目标提供理论支持和政策建议,本书所指能源强度与国家使用的指标相一致,即,能源强度等于能源消费量除以经济增加值,用公式表示如下:

$$I = \frac{E}{GDP} \quad (1-1)$$

其中, I 表示能源强度,是一个复合指标,单位为吨标准煤/万元 GDP; E 表示能源消费量,单位为吨标准煤; GDP 表示国内生产总值,单位为万元。

(2) 直接能耗强度与完全能耗强度

从国家总体的角度分析,直接能耗强度和完全能耗强度的计算结果是一样的,两者没有区别。但从行业角度分析,两者差别较大,主要在于是否考虑了能源间接消耗。

直接能耗强度没有考虑产业关联的作用,计算方法为行业直接能源消耗量除以其增加值,它主要反映了行业能源消耗定额。直接能耗强度仅仅反映了单一行业的能源消耗技术、产品组合等情况,没有考虑该行业通过中间投入品对其他行业的能源间接消耗。这种定义方法直观、明了,便于国家对各行业的能源消耗定额进行计划控制。

完全能耗强度是以投入产出理论为基础,从行业普遍联系的角度考虑问题,其计算方法为行业能源完全消耗量除以增加值。分析完全能耗强度对于抓住显著拉动能源消费增加的核心部门至关重要,这是因为,各行业不仅对能源存在着直接的消耗关系,而

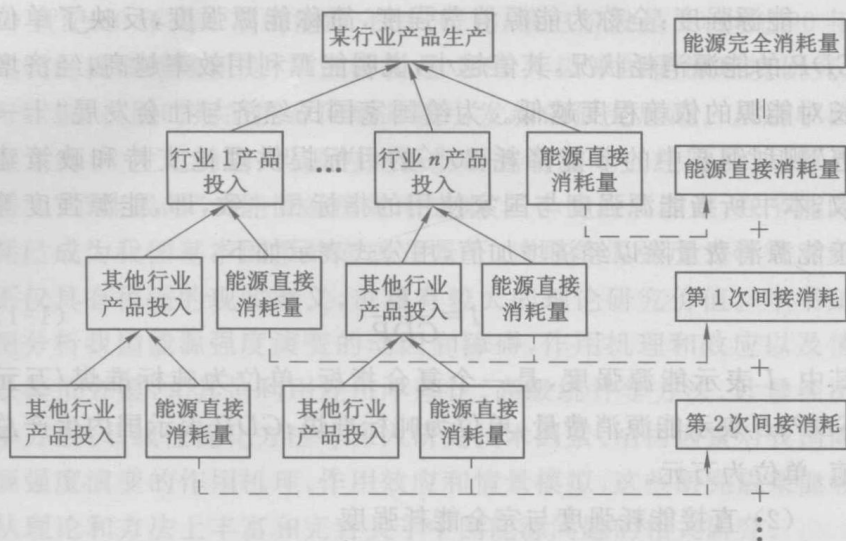


图 1-1 能源完全消耗示意图

能源强度与能源效率是两个紧密联系而涵义又明确区分的概念。前者主要是指利用技术手段来提高能源资源的利用效率,实质反映了某项产品或某个生产过程的先进程度;后者侧重于能源的经济效益,目的是为了节能,降低经济增长对能源的依赖程度,从经济、技术、行政、法律、宣传、教育等方面采取一切措施,来降低单位GDP能耗。节能是为降低能源强度所进行的努力,而能源强度降低是节能的结果。能源效率很难概念化,目前还没有一个通用的和被专家学者普遍接受的定义,工程师、经济学家、环保人士对能源效率都有各自的定义。世界能源委员会1995年对能源效率的定义具有代表性,它把能源效率定义为:减少提供同等能源服务的能源投入。