

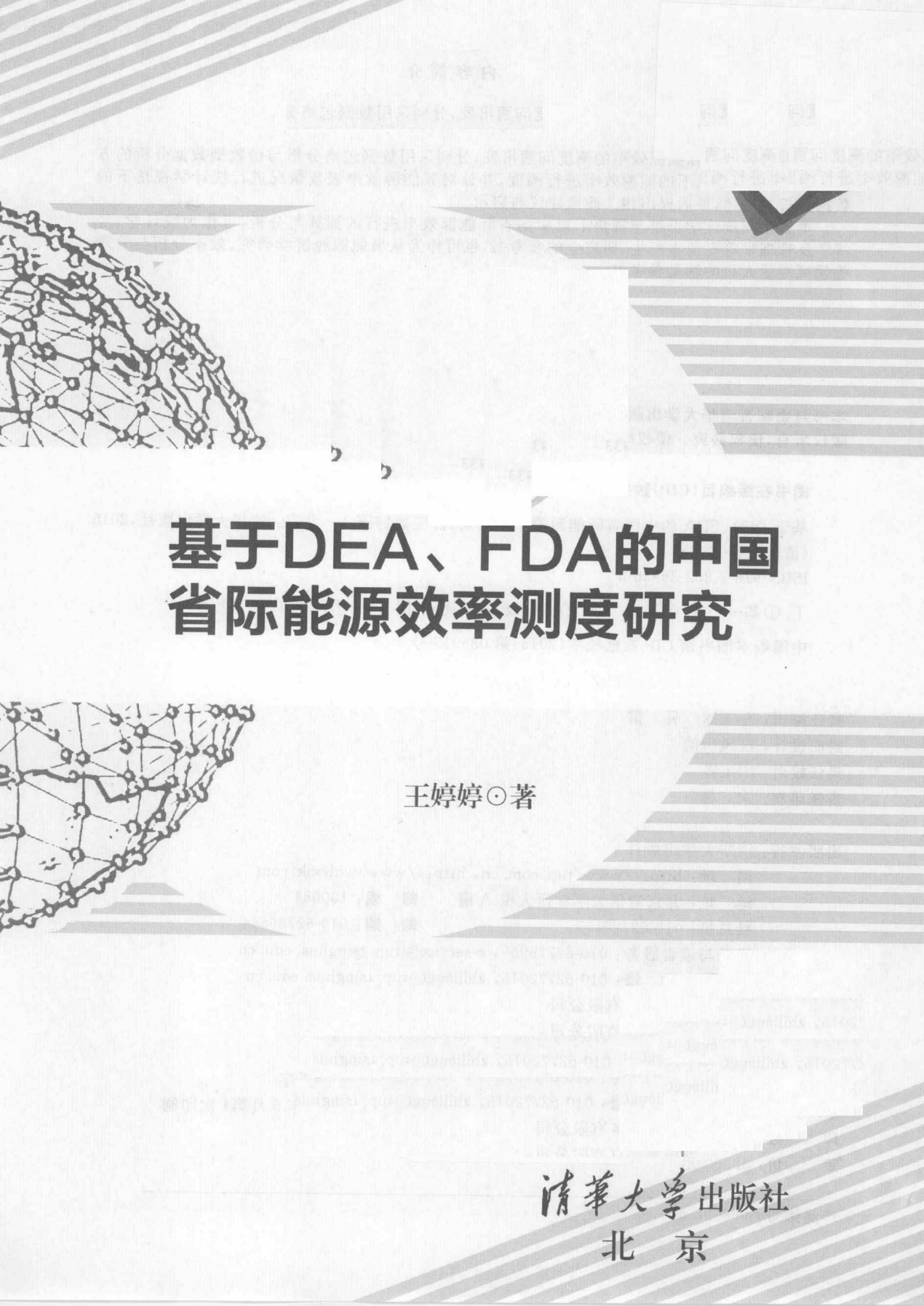


基于DEA、FDA的 中国省际能源效率测度研究

王婷婷◎著



清华大学出版社



基于DEA、FDA的中国 省际能源效率测度研究

王婷婷◎著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书从中国省际能源效率的测度问题出发,分别采用数据包络分析与函数型数据分析的方法,对中国低碳约束下的能源效率进行测度,并针对其能源效率表现情况进行统计学视角下的数据分析与描述,最后提出相关政策建议与启示。

本书是在统计学思维与视角下对中国省际能源效率进行的测算与分析,可作为统计学、经济学及管理学等专业本科生、研究生的参考书,也可作为从事能源经济学研究、效率分析与管理等领域专业人员的辅助参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

基于 DEA、FDA 的中国省际能源效率测度研究/王婷婷著. --北京:清华大学出版社,2015
(清华汇智文库)

ISBN 978-7-302-39936-0

I. ①基… II. ①王… III. ①能源效率—研究—中国 IV. ①F206

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第085915号

责任编辑:左玉冰 吴 雷

封面设计:汉风唐韵

责任校对:宋玉莲

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:三河市君旺印务有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:170mm×230mm 印张:14.5 插页:1 字 数:250千字

版 次:2015年5月第1版

印 次:2015年5月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:58.00元

产品编号:063596-01

前言

Foreword

随着化石能源的全球性枯竭和温室效应的逐步加深,各国之间的能源争夺愈演愈烈,在这样的现实背景之下,能源危机的警钟频频敲响。作为世界上最大的发展中国家,中国是一个能源生产和消费大国。在能源生产方面,新中国成立 60 年以来,中国一次能源生产总量从 1949 年的 2 334 万吨标准煤,增加到 2010 年的 296 916 万吨标准煤,增长了 126.21 倍,成为世界上第一大能源生产国。而在能源消耗方面,中国现在已超越美国,成为世界能源消耗量排名第一的国家,其中以煤炭消耗为主,其使用量占全球的 48%。众所周知,能源消耗所排放的二氧化碳造成温室气体激增,导致了全球气候异常,我国二氧化碳排放量目前也超越美国,成为头号二氧化碳排放国。能源效率是一种重要的“能源来源”,Aandrew Warren (1982)把能源效率视为与煤炭、石油、天然气、电力并列的“第五种能源”。能源效率的提高,可以减少对能源的依赖,因此能源效率有必要发挥其“能源来源”的重大作用。中国作为一个负责任的大国,为了自身的发展和国际社会的诉求,也必须肩负起全面优化产业结构、大力推进节能减排的历史使命;切实减缓能源与生态环境之间的矛盾;扎实维护提高能源使用效率的能源战略。所以,系统深入地研究中国省际及电力行业能源效率,对缓解资源环境约束,应对全球气候变化,促进经济发展方式转变,建设资源节约型、环境友好型社会,增强可持续发展能力等具有重大现实意义。

本文在国内外学者的研究基础上,首先利用传统模型与交叉效率模型分别对能源效率进行测度,通过比较分析发现传统模型存在一定的缺陷,测度结果容易产生多个有效决策单元,无法对其充分排序的问题成为传统模型的软肋,基于此作者认为有必要对传统模型的测度方法进行改进。其次,在交叉效率测度模型和博弈交叉效率模型的理论思想基础上,相继提出改进的效率测度模型:博弈交叉一



Malmquist(GC—Malmquist)全要素生产率指数模型和综合指标 eco—GCDEA 模型对中国省级能源效率和电力能源效率进行测度评价,改进后的模型克服了传统模型的缺陷,更加贴合实际,具有良好的实证效果。在效率测度过程中,利用函数型数据分析方法对测度结果进行函数化,并以此为背景首次将函数型数据分析方法应用到能源效率测度分析领域,进行了一系列相关的统计学分析,函数型数据分析方法的应用既是对能源效率测度领域研究方法与视野的开拓,又是对该方法应用范围的一次扩展。最后,根据本文的实证研究结果,分别从宏观、中观以及微观 3 个层面提出相关政策启示与建议。

本书是作者以其博士论文为基础完成的,在此特别感谢厦门大学数据挖掘研究中心朱建平教授的指导,感谢其他老师和同学的帮助,感谢家人的付出与支持。

最后,感谢“华侨大学高层次人才科研启动项目”对本书的资助!

目 录

C o n t e n t s

第1章 绪 论	1
1.1 问题的提出	1
1.1.1 能源供需失衡	2
1.1.2 能源利用率低下	4
1.1.3 能源利用结构不合理	5
1.1.4 能源消费的负外部性显著	7
1.1.5 电力行业能耗的特殊地位	8
1.2 研究目的与意义	9
1.2.1 研究目的	9
1.2.2 研究意义	11
1.3 研究内容与思路	13
1.3.1 研究内容	13
1.3.2 研究思路	15
1.4 拟创新点	16
第2章 能源效率测算的理论方法与文献综述	17
2.1 能源效率测度的生产率研究	17
2.1.1 生产率与全要素生产率	17
2.1.2 全要素生产率理论	18
2.2 效率的思想和测算	20
2.2.1 效率的含义	20
2.2.2 效率的测算与分类	21



2.3	能源效率的内涵与测算方法分析	22
2.3.1	能源的界定	22
2.3.2	能源效率的定义与测度	23
2.3.3	能源效率与低碳经济	25
2.4	国际能源效率的文献综述	26
2.4.1	能源效率与经济增长的关系	26
2.4.2	能源效率测度方法	28
2.4.3	含有非期望产出的能源效率测度	30
2.5	电力行业能源效率研究综述	31
2.5.1	电力能源消费端效率评价	31
2.5.2	电力行业能源效率评价	32
2.5.3	环境约束下电力行业能源效率评价	33
2.6	本章小结	35
第3章 传统模型和交叉效率模型的中国省际能源效率测度		
3.1	中国经济发展态势剖析	36
3.1.1	中国经济总量发展	36
3.1.2	中国省域经济发展	38
3.2	中国能源消费现状分析	39
3.2.1	中国能源消费总量	39
3.2.2	中国省际能源消费现状	40
3.2.3	中国能源消耗强度分析	43
3.3	能源效率的 DEA 方法应用	46
3.3.1	DEA 模型的思想方法	46
3.3.2	投入产出指标的构建	50
3.3.3	测度结果与分析	52
3.4	DEA 交叉效率的省际能源效率测评	56
3.4.1	能源效率的 DEA 排序方法	56

3.4.2 测度结果与分析	61
3.5 本章小结	65
第4章 博弈交叉效率与博弈交叉-Malmquist TFP 指数测度	66
4.1 博弈交叉效率理论研究	67
4.1.1 DEA方法与博弈论的关系	67
4.1.2 博弈交叉效率理论模型	68
4.2 博弈交叉DEA的中国省际能源效率测度	70
4.2.1 博弈交叉效率模型的算法及实现	70
4.2.2 实证结果分析	72
4.3 博弈交叉-Malmquist TFP指数的构建	73
4.3.1 传统Malmquist TFP指数	73
4.3.2 博弈交叉-Malmquist TFP指数	78
4.4 GC-M指数与传统M指数的实证比较	79
4.4.1 传统Malmquist TFP指数的测度	79
4.4.2 博弈交叉效率下Malmquist TFP指数的测度	82
4.5 本章小结	86
第5章 低碳约束下的省际能源效率分析	88
5.1 中国低碳经济的发展情况剖析	89
5.1.1 中国经济发展与资源环境损耗	89
5.1.2 中国省际的低碳经济发展	90
5.1.3 低碳经济发展的政策导向	95
5.2 能源效率的eco-DEA测度方法	96
5.2.1 投入要素处理法	97
5.2.2 非线性单调递减函数转换法	97
5.2.3 线性函数转换法	98
5.2.4 比例模型法	98



5.3	多种 eco-DEA 模型下的能源效率评价	99
5.3.1	指标选取	99
5.3.2	实证对比分析	101
5.4	综合指标的 eco-GCDEA 模型	103
5.4.1	低碳 GDP 指标的构建	104
5.4.2	低碳 GDP eco-GCDEA 模型实证分析	106
5.5	本章小结	114
第 6 章	函数型数据能源效率的统计学分析	116
6.1	函数型数据的分析思想	117
6.1.1	问题的提出	117
6.1.2	函数型数据的表示和特征	117
6.1.3	函数型数据分析的基本步骤	118
6.2	函数型数据的平滑	118
6.2.1	基函数平滑	118
6.2.2	局部加权平滑	119
6.2.3	粗糙惩罚法	119
6.3	函数型数据的能源效率主成分分析	120
6.3.1	效率得分的可视化分析	121
6.3.2	函数型数据的主成分分析	124
6.3.3	函数型数据的主成分实证分析	126
6.4	函数型数据的能源效率聚类	128
6.4.1	函数型数据聚类的思想方法	128
6.4.2	函数型数据聚类的实证分析	131
6.5	本章小结	137
第 7 章	电力行业发展现状	139
7.1	我国电力行业发展历史沿革	139
7.2	现阶段我国电力行业发展特征	142

7.2.1	电力行业总体情况	142
7.2.2	地区电力行业发展	144
7.3	我国电能消费情况	149
7.3.1	电力能源消费现状	149
7.3.2	电力能源消费结构	151
7.3.3	电力能源弹性系数	152
7.4	本章小结	153
第 8 章	省际电力能源消费的效率评价	155
8.1	指标与数据说明	155
8.2	传统 Malmquist 指数的测度	157
8.3	GC-Malmquist 指数的测度	161
8.4	本章小结	165
第 9 章	环境约束下电力行业能源利用效率	166
9.1	指标与数据说明	166
9.2	基于 SBM 模型的省际电力行业能源效率	170
9.2.1	方法介绍	170
9.2.2	实证分析	172
9.3	基于 eco-GCDEA 模型的电力行业能源效率	176
9.3.1	实证分析	176
9.3.2	与 SBM 模型的对比分析	182
9.4	本章小结	184
第 10 章	政策建议	186
10.1	宏观层面——国家的行动力	187
10.1.1	税收	187
10.1.2	新能源	188
10.1.3	碳金融市场	190



10.1.4	调整产业结构	191
10.2	中观层面——行业与地区的协调	193
10.2.1	行业	193
10.2.2	地区	196
10.3	微观层面——企业与居民的行为	198
10.3.1	企业	198
10.3.2	居民	200
10.4	本章小结	201
第 11 章	研究总结与展望	203
11.1	主要结论与工作总结	203
11.2	研究不足与展望	206
11.2.1	研究不足	206
11.2.2	研究展望	207
参考文献		209

第 1 章

绪 论

1.1 问题的提出

能源是人类活动的物质基础,有人把能源比作现代社会的血液,因为没有能源,就没有午夜万家灯火的闪亮、川流不息的车水马龙、工厂机器的高速运转,能源与社会的生产生活息息相关,它不仅滋养了人类,还孕育出世界文明。常言道:煤是工业的粮食,石油是工业的血液,万物生长靠太阳,这表明人类与能源的关系十分密切。所谓能源,从最简单的层面理解就是指能量的来源,是在一定条件下可转换成人类所需的燃料或动力来源的物质,包括煤、石油、天然气、水能等常规能源,也包括太阳能、风能、生物质能、地热能、海洋能和核能等新能源。有些能源储量非常有限,如煤炭、石油等属于不可再生能源;而有些能源如水能、太阳能、风能、生物质能等则可以不断地重复产生,故称为可再生能源。人类对能源的利用迄今已有 400 万年的历史,在漫长的历史长河中,能源伴随着人类的繁衍生息、文明进步。人类从钻木取火,学会使用火能开始,经过石器、铁器时代等一直到近代工业化革命,能源的使用让人类文明到达了一个前所未有的高度。时至今日,人类对能源的消耗和依赖也日益增长,其中煤、石油、天然气等已成为当今主要的能源消耗品。



因此,从某种意义上讲,人类社会的发展与优质能源的出现和先进能源技术的使用形影不离。在当今世界,能源的发展取向,能源和环境的相互作用等命题,都逐渐成为全国乃至全人类所共同关心的问题。中国作为能源生产和消费的大国,能源问题同样也成为中国社会经济发展的重大课题之一。能源利用、能源安全等一系列与能源有关的问题在世界范围内普遍存在,并且在中国显得尤为突出。人类在充分享受能源消费所带来的经济发展、科技进步等利益的同时,也遇到各种与能源消耗相关的严峻挑战。能源短缺、资源争夺以及过度消耗能源所造成的环境污染等问题已经开始威胁着人类的生存与发展。

如今“大数据”时代已经悄然而至,它正在改变着人们的生产、生活方式,以及人们的思维模式和视角。虽然对大数据的概念暂时并没有统一认识,但不能否认的是由大数据所带来的新思维和处理模式具有更强的决策力和洞察发现力。本书正是在这样的背景下,对中国省际低碳能源效率进行测度研究。提升中国能源效率是破解中国当前经济发展过程中面临的能源紧缺与环境污染两难困境的关键选择。中国目前处于城市化与工业化的双重历史阶段,经济发展与能源需求的增长加快,并伴随着大量污染物的排放。快速的经济增长往往意味着粗放的发展模式,从而忽略了效率问题。在世界范围内,不可再生能源的锐减与二氧化碳等温室气体效应的加重,导致了各国之间愈演愈烈的能源危机与能源争夺。能源问题,已经是一个突出问题,是学界、政界的重要探讨和研究对象,同时也是中国所面临的巨大挑战之一。因此,作为“第四种能源”的能源效率必须发挥其重大作用。就当前形势而言,中国实现节能减排目标依然面临巨大压力,如何提高能源效率,促进中国低碳经济的快速发展,是当前所面临的重大问题和严肃挑战。中国地域辽阔,各个地区由于经济发展形势、资源环境禀赋不同,导致了能源利用效率异质化。所以,对中国省际能源效率及其排名情况进行测度,将能源效率科学、合理的评价结果细化到各个省际中去,有利于各个地方发掘自身优势与差距,从而更好地学习和校准、取长补短,以便调整自身经济、能源发展战略,找到一条符合省际情况的发展道路。所以,更加科学地研究中国省际能源效率,对缓解资源环境约束、应对全球气候变化、促进经济发展方式转变等具有重大现实意义。

1.1.1 能源供需失衡

中国的能源蕴藏量位居世界前列,但是目前中国已取代美国,成为能源消费第

一大国,改革开放 30 余年,伴随着我国经济的高速发展,我国的能源生产和能源消费均呈现迅猛的增长势头,但是在增长过程中,能源消费和生产之间的缺口出现增大的趋势。

从国际范围来看,我国成为“能源消耗大国”已经是不争的事实。据统计,我国能源需求仍然继续上扬,在三大主要能源的消费当中,我国的能源消费量在世界范围内均有突出的表现,煤炭消费总量占全球消费量的五成左右;石油对外依存度不断增高,也将超过美国成为世界上最大的石油净进口国;天然气消费位居全球第三位。因此,我国能源存在供需失衡的隐忧,这对能源安全问题造成较大的影响。

从中国能源储备状况来看:中国自然资源总量排世界第七位,能源资源总量约 4 万吨标准煤,位居世界第三^[1]。从世界范围来看,煤炭储量最大的前 5 位国家依次为美国、中国、澳大利亚、印度和德国。中国虽然位居第二,但是相比位居第一的美国,其储量却不足美国的一半。就储采比而言,其他 5 国的储采比均在 210 年以上,而中国若保持现有开采强度,储采比将不足 100 年。除煤炭外,石油和天然气的资源储量分别为:930 亿吨和 38 万亿立方米。石油和天然气的储采比更加不容乐观,现已探明的石油和天然气储量仅占资源量的 20%和 6%左右,仅能维持几十年的开采。虽然我国幅员辽阔、地大物博,但是要清醒地认识到我国的常规能源资源并不丰富,人均能源资源相对不足的问题,而这些问题也已经成为中国经济和社会可持续发展的一个障碍。

从中国历年能源供需状况来看:中国一次能源生产总量连续 5 年居世界第一,能源自给率保持在 90%以上。改革开放初期,中国能源的生产大于消费,保持着供大于求的供给关系。其中供需关系差距最大的年份是 1985 年,供需之间有 8 864 万吨标准煤的剩余。而供大于求的格局在 1992 年开始发生变化,从 1992 年至今,中国能源消费量始终大于能源生产量,并且这一缺口有逐渐扩大的趋势,如表 1-1 所示。

表 1-1 中国能源生产和消费总量

单位:万吨标准煤

年 份	生产总量	消费总量	供需关系	年 份	生产总量	消费总量	供需关系
1978	62 770	57 144	5 626	1999	131 935	140 569	-8 634
1980	63 735	60 275	3 460	2000	135 048	145 531	-10 483
1985	85 546	76 682	8 864	2001	143 875	150 406	-6 531
1990	103 922	98 703	5 219	2002	150 656	159 431	-8 775



续表

年 份	生产总量	消费总量	供需关系	年 份	生产总量	消费总量	供需关系
1991	104 844	103 783	1 061	2003	171 906	183 792	-11 886
1992	107 256	109 170	-1 914	2004	196 648	213 456	-16 808
1993	111 059	115 993	-4 934	2005	216 219	235 997	-19 778
1994	118 729	122 737	-4 008	2006	232 167	258 676	-26 509
1995	129 034	131 176	-2 142	2007	247 279	280 508	-33 229
1996	133 032	135 192	-2 160	2008	260 552	291 448	-30 896
1997	133 460	135 909	-2 449	2009	274 619	306 647	-32 028
1998	129 834	136 184	-6 350	2010	296 916	324 939	-28 023

资料来源：国家统计局能源统计司，中国能源统计年鉴，北京：中国统计出版社，2011。

此外，中国能源资源的地理分布与经济发展分布不均衡。其中，煤炭资源主要集中于以山西为首的华北和西北地区；水电资源主要分布在我国的西南地区；而石油、天然气资源则主要分布在我国的东、中、西部地区 and 海域。但是，中国能源的消费大省基本都集中在我国东南沿海经济发达地区，因此造成了资源分布情况与能源消费总量在地域上不匹配的状况，这对资源的优化配置和能源的跨区输送提出了更高的要求，同时也使得我国的能源供需矛盾显得尤为突出。

1.1.2 能源利用率低下

伴随着全球能源危机的出现，“能源效率”(energy efficiency)一词在当今的国际社会频频使用。“能源效率”的概念是在 20 世纪 70 年代提出的，从提出至今，这个问题始终没有脱离人们的视线，反而愈发成为国际社会和学术界普遍关注的热点问题。由于能源的重要性和紧缺性，提高能源利用效率和落实节能减排工作也逐渐被公认为是缓解能源供求矛盾，以及环境污染问题的重要途径之一。因此，提高能源效率，已经成为全世界经济发展、社会稳定和能源可持续利用的内在要求。

在我国，节能减排依然是经济工作的重点所在。“十一五”期间中国以能源消费年均 6.6% 的增速支持了国民经济年均 11.2% 的增速，扭转了中国工业化、城镇化加快发展阶段能源消耗强度大幅上升的势头，节能取得了一定的成效，全国单位国内生产总值能耗降低 19.1%，基本完成了“十一五”规划确定的约束性目标。能源消费弹性系数(能源消费增速与经济增速之比)由“十五”时期的 1.04 下降到“十一五”的 0.59，为应对全球气候变化做出了贡献。2010 年，单位国内生产总值能耗

比2005年累计下降19.1%，实现节能6.3亿吨标准煤，相当于少排放二氧化碳14.6亿吨以上。虽然在“十一五”期间，我国在节能减排方面取得了一定的成绩，但是能源危机依然存在，因此在“十二五”规划当中，对能耗提出了新的约束性目标。我国对于“十二五”期间节能减排和控制温室气体排放的目标为：首先，单位GDP能耗要降低16%，单位GDP二氧化碳排放要降低17%，在“十二五”期间经济发展的同时要节能6.7亿吨标准煤；其次，发展非化石能源，力争在2015年非化石能源占能源消费总量的比重提高到11.4%；最后，植树造林，增加森林碳汇，2015年将森林覆盖率提高到21.66%，森林蓄积量要增加6亿立方米。

从我国能源利用效率的角度来看，由上述数据可知，我国的能源生产和消费总量都随着经济发展而不断增长。但是，我国过于粗放的经济增长形式导致了能耗强度高、污染严重的局面，因此在经济发展的同时，伴随了大量的能源消耗甚至是浪费现象。同时，我国落后的技术设备，成为造成能源利用效率低下的又一因素。相对西方发达国家，中国的能源利用效率偏低，中国能源综合利用效率仅有33%，能源系统总效率也只有9.3%，这一数值仅是发达国家的50%左右，中国每创造1美元国民生产总值，所消耗的煤、电等能源是世界平均消耗的3至4倍之多。此外，中国还存在大量从海外转移而来的低附加值、高能耗、劳动密集型产业，这些产业虽然在一定程度上推动了中国经济的发展，但也更进一步造成了中国能源的不良消耗，导致了能源效率的低下。

1.1.3 能源利用结构不合理

所谓能源结构，是指在所生产和消费的能源总量中，各种不同能源形式的构成及其比例关系。能源结构对整个国民经济及其各个部门的能源消耗方式都会产生直接影响，并间接反映人民的生活质量与水平。其中能源结构可以分为生产结构和消费结构两部分，顾名思义，能源生产结构是指能源总产量中各类能源的生产比例；而后者则表示能源消费总量当中各种能源的消费比例。无论是能源生产结构还是能源消费结构，都受到一个国家或者地区的能源分布情况以及能源开发、利用水平的制约和影响。

在中国能源消费总量快速增长的同时，能源结构调整进展却出现滞后。中国拥有世界第二的煤炭储量，因此长期以来，中国都是以煤炭作为能源消费的主要来源，并且在可再生资源的开发和利用方面存在明显滞后，导致可再生资源的使用程



度偏低。由于中国探明的煤炭资源占煤炭、石油、天然气、水能和核能等一次能源总量的 90% 以上,这导致了煤炭在中国能源生产与消费中的支配地位很难在短期内得到解决。世界能源消费已经逐渐由煤炭为主向石油、天然气为主的结构进行转变,但中国由于受能源储备特征等诸多因素的影响,依然保持着以煤炭为主的能源消费形态。

表 1-2 中国能源生产和消费结构

单位: %

年 份	占能源生产总量的比重			占能源消费总量的比重		
	煤炭	石油	天然气	煤炭	石油	天然气
1978	70.3	23.7	2.9	70.7	22.7	3.2
1980	69.4	23.8	3.0	72.2	20.7	3.1
1985	72.8	20.9	2.0	75.8	17.1	2.2
1990	74.2	19.0	2.0	76.2	16.6	2.1
1991	74.1	19.2	2.0	76.1	17.1	2.0
1992	74.3	18.9	2.0	75.7	17.5	1.9
1993	74.0	18.7	2.0	74.7	18.2	1.9
1994	74.6	17.6	1.9	75.0	17.4	1.9
1995	75.3	16.6	1.9	74.6	17.5	1.8
1996	75.0	16.9	2.0	73.5	18.7	1.8
1997	74.3	17.2	2.1	71.4	20.4	1.8
1998	73.3	17.7	2.2	70.9	20.8	1.8
1999	73.9	17.3	2.5	70.6	21.5	2.0
2000	73.2	17.2	2.7	69.2	22.2	2.2
2001	73.0	16.3	2.8	68.3	21.8	2.4
2002	73.5	15.8	2.9	68.0	22.3	2.4
2003	76.2	14.1	2.7	69.8	21.2	2.5
2004	77.1	12.8	2.8	69.5	21.3	2.5
2005	77.6	12.0	3.0	70.8	19.8	2.6
2006	77.8	11.3	3.4	71.1	19.3	2.9
2007	77.7	10.8	3.7	71.1	18.8	3.3
2008	76.8	10.5	4.1	70.3	18.3	3.7
2009	77.3	9.9	4.1	70.4	17.9	3.9
2010	76.5	9.8	4.3	68.0	19.0	4.4

资料来源:国家统计局能源统计司. 中国能源统计年鉴. 北京:中国统计出版社. 2011.

由表 1-2 可以看出,无论是从生产还是消费的角度,煤炭在我国其他能源总量中长期占据首位。1978 年煤炭的生产和消费总量分别占到能源总量的 70.3% 和