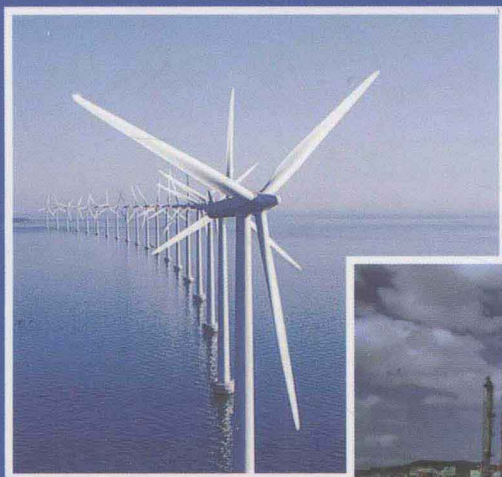


教育部高等学校特色专业建设项目资助  
中央高校基本科研业务费专项资金资助

# 中国一次能源消费及其引起的 碳排放影响因素分析

◎ 薛黎明 著



地质出版社

教育部高等学校特色专业建设项目资助(2007 年)

中央高校基本科研业务费专项资金资助(中国矿业大学(北京)No. 2009QZ08)

# 中国一次能源消费及其引起的 碳排放影响因素分析

薛黎明 著

地质出版社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

本书运用计量学中的 ARIMA 模型对未来能源结构发展趋势进行了预测。结果表明,我国未来相当长时间内仍将以煤炭作为主要能源,因此对煤炭的清洁利用显得尤为重要。对 CO<sub>2</sub> 排放与能源消费、经济增长之间的关系进行了定性和定量的分析,结果表明节能减排不会影响经济的增长。

本书适合从事能源研究、环境经济类相关人员及学生参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

中国一次能源消费及其引起的碳排放影响因素分析/  
薛黎明编. —北京:地质出版社,2011.6

ISBN 978-7-116-07210-7

I. ①中… II. ①薛… III. ①能耗消费—影响—二氧化碳—排气—研究—中国 IV. ①F426.2②X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 080580 号

---

责任编辑:李从蔚

责任校对:杜悦

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083

咨询电话:(010)82324519(办公室):(010)82324573(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:[zbs@gph.com.cn](mailto:zbs@gph.com.cn)

传 真:(010)82310759

印 刷:北京天成印务有限责任公司

开 本:787mm×1092mm<sup>1</sup>/16

印 张:6.5

字 数:150 千字

版 次:2011 年 6 月北京第 1 版

印 次:2011 年 6 月北京第 1 次印刷

定 价:25.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-07210-7

---

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

# 前 言

能源在我国的经济发展中具有重要的地位,是国民经济发展的源动力。我国是能源消费与生产的大国,由于经济的迅速发展和城市化水平的增强,能源问题越来越突出。我国能源供求缺口逐年增大,煤炭在能源中的比例远远高于世界平均水平,由此带来了一系列的环境问题,给我国的可持续发展带来很多难题。在宏观层面,我国对能源消费和环境保护确立了既定的目标,提出“十一五”能源消费降低 15%,2020 年清洁能源的比例达到 15%等一系列目标。这些目标的可行性如何,按照当前的消费习惯、消费惯性和能源产业建设速度,这些目标能否实现,我国的能源供给能否满足需求,能否提前预知并应对,这些都是迫切需要解决的问题。

本书正是基于这些方面的思考,重点着手解决以下问题:①我国调整能源结构会不会使煤炭在能源消费结构中的比例有一个大幅度的下降?我国清洁能源的比例能否实现 2020 年达到 15%的目标?我国未来能源发展趋势如何?②节能减排政策是否会影响经济增长?能源消费与经济增长之间关系如何?③我国能源需求的影响因素有哪些?这些影响因素对能源需求的作用如何?④我国与能源消费相关的碳排放发展趋势如何?我国的减排目标如何实现?我国的碳排放影响因素有哪些?这些影响因素对碳排放的作用如何?

为了解决上述问题,本书采用理论分析和实证检验相结合、定性与定量分析相结合的方法,研究我国能源结构中煤炭比例和清洁能源的比例构成及发展趋势,提出实现宏观经济目标的对策建议。针对国家提出的节能减排目标,研究了能源消费与经济增长、CO<sub>2</sub> 排放与能源消费、经济增长之间的关系,消除很多人提出的节能减排会对经济增长造成影响的疑虑;根据经济学的需求理论确定了能源需求的可能影响因素,并对各影响因素的影响进行了动态分析;确定了与能源相关的碳排放影响因素,并对各影响因素的作用效果进行了综合分析。总结研究所取得的主要成果有:

(1)对我国当前能源结构特点进行了分析,对未来能源结构发展趋势进行了预测。结果表明,按照目前的消费习惯和消费惯性,我国未来相当长时间内仍将以煤炭作为主要能源,煤炭消费比例将一直保持在 70%左右,煤炭消费是 SO<sub>2</sub> 排放与其他一些环境污染的主要来源,因此,煤炭清洁利用就显得尤为重

要。在我国,要大力发展洁净煤技术,在发展和推广洁净煤技术的进程中,政府应该出台一定的激励机制促进洁净煤技术的迅速推广,在煤炭资源开发利用中应优先利用优质煤炭资源,努力减轻对用煤环境的污染。按照我国目前对清洁能源的建设和开发速度,2020年我国清洁能源比例的预测值为11.9%,这和我 国提出的15%的预定目标是有一定差距的。为了尽快实现这一目标,政府要加强对清洁能源产业的政策扶持力度,并形成清洁能源和可再生能源产业的竞争机制。

(2)对能源消费与经济增长之间的关系进行了定性和定量的分析,运用协整理论和误差修正模型对能源消费与经济增长之间的长期均衡关系和短期变动调整进行了分析,并对二者之间的因果关系进行了检验。检验结果表明,经济发展水平是能源增长的Granger原因。即经济发展水平到能源消费之间存在单向的因果关系,而能源消费并不是经济增长的Granger原因,这表明节能不会影响经济增长。

(3)对CO<sub>2</sub>排放量与能源消费的关系进行了协整分析与因果关系检验。协整研究表明,在我国,CO<sub>2</sub>排放量每增加1%,能源消费量将增加1.0305%。因果关系检验结果表明,CO<sub>2</sub>排放是能源消费的Granger原因,而能源消费不是CO<sub>2</sub>排放的Granger原因。这表明当碳排放量增大时,能源消费量增加的幅度会更大,而碳排放量减小时,能源消费量减小的幅度会更小。这为我国减排措施提供了理论依据,当采取某项减排措施或应用某项减排科技时,在减少污染物排放量的同时还会出现能源消费量的减少。

(4)对CO<sub>2</sub>排放量与经济增长的关系进行了协整分析与因果关系检验。我国GDP水平每增加1%,CO<sub>2</sub>排放量将增加0.503%。这表明CO<sub>2</sub>排放量变化对经济增长变化是缺乏弹性的。因果关系检验结果表明经济增长是CO<sub>2</sub>排放量增大的Granger原因,而CO<sub>2</sub>排放量增大不是经济增长的Granger原因。这说明当采取某项减排措施或应用某项减排科技时,在减少CO<sub>2</sub>排放量的同时不会造成经济发展水平的降低,也消除了一些人担心实施减排会影响经济增长的疑虑。节能减排不仅不会影响经济发展,而且会给经济发展带来契机,形成由节能产业带动的新的经济增长点。

(5)对能源需求的可能影响因素进行了系统分析,得出能源价格与能源需求之间不存在协整关系,而实际GDP水平、人口和城市化水平、能源消费结构、产业结构和能源强度与能源需求之间存在着协整关系。实际GDP水平和能源强度对能源需求的影响较大,能源消费结构、人口和产业结构对能源需求的影响次之;城市化水平对能源需求的影响相对较小。

(6)对能源需求与各影响因素之间的动态变动关系进行了研究,建立了能源需求与各影响因素之间的VAR模型,运用方差分解方法考察了各影响因素

的变化对能源需求变化的贡献,并通过脉冲响应分析考察了各影响因素对能源需求的影响。研究表明,对于能源消费变动起决定性作用的是自回归成分,前期能源需求对本期能源需求影响较大;除此之外,能源强度和 GDP 水平对能源需求的方差贡献率相对较大,在进行能源规划时,要优先考虑这些对能源需求影响较大的因素对能源需求的可能影响。

(7)对碳排放与影响因素之间的关系进行了定性和定量分析,确定了碳排放的影响因素有人均实际 GDP、人口和城市化水平、能源消费结构、产业结构、技术水平和出口贸易,得出影响因素与碳排放量之间的长期均衡关系,确定各影响因素对碳排放的影响程度。在诸影响因素中,人均实际 GDP、能源结构和产业结构对碳排放的影响较大。相比较而言,出口贸易对碳排放的影响相对较弱,碳排放对城市化水平的变化反应较缓慢,本书针对这些影响因素的作用效果,提出减排建议。

本书的主要成果有:

(1)将协整理论和误差修正模型应用于能源消费与经济增长之间关系的分析。分析结果表明经济发展水平与能源消费之间存在单向因果关系;提出节能不仅不会造成 GDP 水平的降低,而且还会形成由节能产业带动的新的经济增长点的观点。

(2)应用协整分析和因果关系检验的方法对  $\text{CO}_2$  排放量与能源消费、经济增长的关系进行了分析,用定量的方法证明了降低  $\text{CO}_2$  排放在引起能源消费量降低的同时不会影响经济增长。

(3)将经济学的需求原理与计量经济学中的协整分析、VAR 模型,方差分解和脉冲响应分析相结合,对能源需求的影响因素进行了系统分析,得出各影响因素对能源需求的静态和动态影响程度,为能源规划提供了科学依据。

(4)应用协整理论对我国碳排放的影响因素的作用效果进行了系统分析,得出人均实际 GDP、能源消费结构、产业结构和人口因素对碳排放量的影响较大,而城市化水平对碳排放量的影响作用相对较小,对减排行动以及政府的减排政策的制定具有一定的参考作用。

# 目 录

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| <b>1 绪论</b>                    | ( 1 )  |
| 1.1 研究背景与研究意义                  | ( 1 )  |
| 1.2 相关研究概况                     | ( 2 )  |
| 1.3 主要研究内容                     | ( 8 )  |
| <b>2 我国能源消费结构特征与趋势分析</b>       | ( 12 ) |
| 2.1 我国能源消费结构分析                 | ( 12 ) |
| 2.2 我国能源消费结构发展趋势预测分析           | ( 15 ) |
| <b>3 中国能源消费与经济增长关系研究</b>       | ( 27 ) |
| 3.1 中国能源消费与经济发展水平之间相关关系分析      | ( 27 ) |
| 3.2 协整分析原理                     | ( 30 ) |
| 3.3 中国能源消费与经济发展水平之间关系的协整分析     | ( 33 ) |
| 3.4 节能减排对能源消费与经济增长的影响分析        | ( 37 ) |
| <b>4 中国能源需求与影响因素之间的协整关系分析</b>  | ( 44 ) |
| 4.1 能源需求的可能影响因素的选定             | ( 44 ) |
| 4.2 能源需求与能源价格水平之间的关系分析         | ( 45 ) |
| 4.3 能源需求与产业结构之间的协整关系研究         | ( 49 ) |
| 4.4 能源需求与人口之间的协整关系分析           | ( 51 ) |
| 4.5 能源需求与城市化水平之间的关系分析          | ( 54 ) |
| 4.6 能源需求与能源消费结构之间的关系分析         | ( 56 ) |
| 4.7 能源需求与能源强度的协整关系分析           | ( 58 ) |
| <b>5 能源需求对影响因素的动态反应分析</b>      | ( 62 ) |
| 5.1 基于 VAR 模型的能源需求与影响因素的协整关系分析 | ( 62 ) |
| 5.2 能源需求的脉冲响应函数与方差分解分析         | ( 67 ) |
| 5.3 结果分析与政策建议                  | ( 70 ) |
| <b>6 中国能源碳排放与影响因素之间关系研究</b>    | ( 73 ) |
| 6.1 能源消费碳排放影响因素确定              | ( 73 ) |
| 6.2 能源消费碳排放与影响因素之间相关关系研究       | ( 75 ) |
| 6.3 能源消费碳排放量与影响因素的协整关系分析       | ( 79 ) |
| 6.4 结果分析与建议                    | ( 85 ) |

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| 7 主要结论与展望 .....       | ( 88 ) |
| 7.1 主要结论 .....        | ( 88 ) |
| 7.2 进一步研究的问题与展望 ..... | ( 89 ) |
| 参考文献 .....            | ( 91 ) |

# 1 绪 论

## 1.1 研究背景与研究意义

本书是在中央高校基本科研业务费专项资金资助项目“基于低碳目标的产业节能减排激励机制设计与实施研究”（中国矿业大学（北京）No. 2009QZ08）的支持下完成的。

能源是现代社会维持正常运行和持续发展须臾不可或缺的根本要素，是国民经济正常运转的“血液”。然而能源作为经济发展动力因素的同时也是一种制约因素，随着经济的快速发展，我国必然面临不断增长的能源需求和能源资源稀缺性之间的矛盾问题。正确认识和处理好经济与能源之间的关系，对于社会经济的长远规划、能源发展战略以及有关政策法规的制定都是十分重要的。在我国，随着经济的快速发展，能源制约经济发展的瓶颈作用日益突出。确定能源需求的影响因素，准确地预测社会经济运行对能源的需求，进而制定出相应的能源策略，进行能源规划，保证能源供给，是我们国家当前经济生活中亟待解决的问题。

能源需求和能源消费是两个不同的概念。能源消费属于统计范畴，而能源需求则属于经济学范畴<sup>[1]</sup>。在现实的经济生活中，能源需求未必等于能源消费。当出现能源短缺时，能源需求将会大于能源消费；当供过于求时，能源需求将会等于能源消费。但是，在对能源需求进行研究时，要准确统计或者估计实际能源需求量是相当困难的。因而，在讨论能源需求量时，往往采用的是已经发生的能源消费量数据。在本书的研究中也将沿用这一习惯，将能源需求和能源消费等同起来。

党的十六大提出了全面建设小康社会的要求：2020年中国经济将实现再翻两番的目标，届时人均GDP将超过一万美元。我国当前和今后一段时间正处于工业化的关键阶段，能源作为经济发展的首要保证，在国民经济中占有重要的战略地位。但是，我国能源供求面临的形势非常严峻，能源供求矛盾突出，煤炭、天然气等供应缺口较大。国家在《十一五规划纲要》中确定了总的能源方针即坚持节约优先、立足国内、煤为基础、多元发展，优化能源生产和消费结构，构筑稳定、经济、清洁、安全的能源供应体系。同时，提出了“十一五”末全国万元GDP能耗比“十五”期末降低20%左右的总体目标。从我国的宏观发展战略来看，一方面，经济要平稳较快发展；另一方面，能耗水平要降低，温室气体要减排。我国能否在快速发展经济的同时实现节能减排的目标，是当前面临的一个重要问题。要解决这一问题，需要认清我国当前能源所面临的形势，了解我国当前及未来的能源结构，找到影响能源需求的各个因素，提前进行能源发展规划。

能源需求的影响因素很多，如能源价格、经济发展水平、能源结构、技术水平、产业结构、人口、城市化水平、能源效率、能源管理水平、能源政策等。确定各个因素与能源

需求之间的内在关系和对能源需求的影响程度进行综合分析对于我国能源规划非常重要。但是,我国目前还没有文献对这些影响因素进行全面的系统分析。书中将系统分析各个影响因素对能源需求的影响,并确定影响程度及在预测方差中的贡献率,为制定能源战略提供科学依据。

近几年来,随着我国经济快速发展、工业化和城市化进程加快,在能源领域暴露出许多能源安全方面的问题,仅 2010 年就已经出现若干次能源安全问题。2010 年年初,我国华中、华东地区多省电煤库存告急,全国三成多火电厂存煤天数低于 7 天的警戒线,一成火电厂存煤天数低于 3 天,随时可能停机。上海、江苏、湖北、河南、湖南、江西、重庆等省市拉闸限电。西南地区持续数月的特大旱情使得电煤供应持续紧张,部分省市已出现拉闸限电的情况。这充分说明,保障能源安全对国民经济发展和民生具有重要的意义<sup>[2]</sup>。在当前能源工业加速发展的进程中,能源基础工程建设、新能源开发、能源环境工程以及能源产业结构调整、能源效率提高等问题,涉及未来,关乎长远,需要在科学预测评估的基础上,全面考虑,统筹安排<sup>[3]</sup>。必须立足现实,对我国未来的能源发展趋势进行分析,找出其中存在的问题,以便及早采取措施,避免可能出现的危害,确保我国能源供应的稳定和健康发展<sup>[4]</sup>。要认清我国当前及未来的能源形式,就需要对我国能源结构进行系统分析,对未来我国能源结构发展方向进行预测,为我国能源需求管理、能源消费结构调整与优化提供重要的决策依据,这些工作对我国经济当前发展和未来规划具有重要的实际意义。

进入 21 世纪以来,由于工业化建设排放的温室气体而引起的全球气候变暖问题是全世界面临的最严重的挑战之一<sup>[5]</sup>,给全人类的生存环境带来巨大的影响。这种影响有些已经被人类所证实,有些还是人类目前认识不到的。但可以肯定的是,这种影响是负面的,正在威胁着我们的生存。 $\text{CO}_2$  是导致温室效应的重要来源,而  $\text{CO}_2$  排放的重要来源就是由于使用能源而产生的。能源是国民经济发展的重要因素之一,因此减缓全球气候变化已不仅仅是环境问题,更是经济问题。中国目前是世界上最大的发展中国家,同时也在 2007 年超越了美国成为世界上最大的  $\text{CO}_2$  排放国家。中国的  $\text{CO}_2$  减排问题已经成为国内外学术界、环境界和各国政府共同关注的热点问题。研究中国  $\text{CO}_2$  排放问题具有十分重要的意义。因此,确定中国的  $\text{CO}_2$  排放影响因素及各影响因素对碳排放的影响、碳排放随各影响因素变化的反应速度,可以为我国制定减排策略和措施提供科学依据。因此,对  $\text{CO}_2$  排放与各影响因素之间的相互作用进行研究不仅有利于中国的可持续发展,而且也是对缓和全球气候变暖的贡献。目前对  $\text{CO}_2$  排放影响因素的研究主要是针对多个国家的,没有单独针对中国的研究。

## 1.2 相关研究概况

传统经济学理论没有把自然资源作为约束经济增长的一个变量,而认为经济发展需要的自然资源数量永远可以得到满足。因此,在 20 世纪 70 年代之前,并没有人对能源需求及预测理论展开研究。但是 1973 年爆发的石油危机清楚地表明:能源的消费水平和供给能力是衡量一个国家国民经济发展状况和人民生活水平高低的重要指标。能源问题也引起

了各国学者的关注。许多学者对能源消费与经济增长的关系、能源需求影响因素、能源需求预测理论和方法、与能源相关的 CO<sub>2</sub> 排放影响因素等问题进行了研究。

### 1.2.1 能源消费与经济增长关系研究动态

Kraft. J. 等<sup>[6]</sup>对美国 1947~1974 年 GNP 和能源消费之间的关系进行了研究,得出 GNP 和能源消费之间存在单向的因果关系的结论。Akarca 等<sup>[7]</sup>使用同样的时间序列数据,但比 Kraft J. 等更短的样本区间,却得不出类似结果。Yu 等<sup>[8]</sup>对美国能源经济关系进行了研究,得出美国 GDP 与能源消费不存在协整关系的结论。Hwang 等<sup>[9]</sup>发现中国的台湾地区 GNP 和能源消费之间存在双向因果关系。Stern<sup>[10]</sup>使用 GDP、劳动力、资本和能源的 VAR 模型对美国 1947~1990 年的年度数据进行标准的因果关系检验,发现并不存在总能源消费到 GDP 的因果关系,但若对最终能源消费测量根据燃料构成进行调整,就会发现从能源消费到 GDP 的单项因果关系。从上述研究可以看出,不同学者使用时间序列相同而长度不同的样本区间却得出不同的结论。这表明这些研究在实证方面都存在着不足。传统的计量经济手段对所分析数据的一个要求就是平稳的时间序列,而各国家或地区的经济发展中的变量却表现出非平稳性。因此,需要用新的处理非平稳时间序列的方法来研究能源消费与经济增长之间的关系。Engle 等<sup>[11]</sup>提出用协整理论处理非平稳序列之间的关系,在此基础上建立的误差修正模型能捕捉到变量之间的短期和长期影响。Wankeun O. 等<sup>[12]</sup>利用误差修正模型对韩国 1981~2000 年的数据进行研究,得出在短期内能源消费和 GDP 之间不存在因果关系,而 GDP 与能源消费之间存在单向长期因果关系,从长期来看节能政策不会影响经济的发展。Lee C. C. <sup>[13]</sup>利用完全修正的 OLS 与面板协整分析模型对 18 个发展中国家的能源消费与 GDP 关系进行研究,得出不管从短期还是长期来看,能源消费与 GDP 之间存在单向因果关系,不存在反向因果关系的结论,这表明节能措施将危害发展中国家的经济增长。

也有文献对中国的能源消费与经济增长进行了研究。林伯强<sup>[14]</sup>应用协整和误差修正模型技术研究了中国能源需求的决定因素,得出能源总消费、GDP、能源价格及结构变化之间存在着长期均衡的关系,同时用来反映产业结构变化的 GDP 中的重工业份额也是一个显著的需求决定因素。张明慧等<sup>[15]</sup>对能源与经济增长的 Granger 因果关系进行了检验,论证了能源发展与经济增长的相互影响关系,并提出了使能源发展与经济增长保持良性循环的措施建议。韩智勇等<sup>[16]</sup>对 1978~2000 年中国能源消费与经济增长的协整性和因果关系进行了研究,得出的结论是:中国能源消费与经济增长之间存在双向的因果关系,但不具有长期的协整性。马超群等<sup>[17]</sup>对 1954~2003 年间我国的 GDP 与能源消费之间的协整关系和误差修正模型进行了研究,结果表明 GDP 与能源总消费、煤炭消费之间存在协整关系,而 GDP 与石油、天然气和水电之间不存在协整关系。张炎涛等<sup>[18]</sup>对中国煤炭消费和经济增长之间的因果关系进行了 Granger 因果检验和协整检验,认为煤炭消费与经济增长之间存在因果关系,提出为了不影响经济的增长,中国应该努力克服煤炭消费限制的建议。黄飞<sup>[19]</sup>采用灰色关联分析方法分析,认为与国民经济发展关系最大的是石油,其次是电力,再次是煤气,最后是煤炭。从一个侧面为“以油代煤,以电代煤,以气代煤”的能源结构调整政策提供了理论依据。刘长生等<sup>[20]</sup>利用线性回归和基于阈回归模型

的非线性回归的分析方法对中国能源消费与经济增长的关系进行了研究,得出的结论是能源消费与经济增长之间存在着非线性关系,能源消费对经济增长的影响为倒 U 型,即当能源消费水平较低时,对经济增长产生正面积积极影响,当能源消费水平较高时,对经济增长产生负面的消极影响<sup>[20]</sup>。

从上述研究中可以发现,尽管各国学者对能源消费与经济增长之间的关系进行的研究比较多,且近年来的研究也注意到时间序列的平稳性,但由于受所研究的时间段、所采用的研究方法、各国经济水平结构等影响,目前仍然没有一个确定性的结论。

## 1.2.2 能源需求影响因素研究动态

### 1.2.2.1 能源需求与影响因素之间关系研究

Hiroiyuki (1997)<sup>[21]</sup>通过对多个国家 1980~1993 年的数据分析,发现城市人口比例和人均能源消费的对数之间存在正相关关系。钱永坤等<sup>[22]</sup>利用生产函数和假定成本最小化建立了能源需求函数并计算了能源需求量对能源价格、资本价格、工资和产出水平的弹性以及各因素的变动对能源需求变动的贡献率。研究结果表明:我国 1993 年以后能源需求价格弹性增加,但是能源需求量变动的主要原因是 GDP 增长和工资变动,并提出未来中国能源消费结构调整、耗能产业调整等需求因素将决定能源工业的发展,目前以能源供应为主导的能源政策将会受到挑战。路正南<sup>[23]</sup>建立了能源消费模型并证实了产业结构的变化直接影响着能源需求和能源消费结构的改变。史丹等<sup>[24]</sup>通过建立能源消费与产业结构之间的双对数模型研究了产业结构变动对能源消费的影响,得出产业结构是能源消费的重要影响因素的结论。徐博等<sup>[25]</sup>用函数推导的方法证明了产业结构中第一产业和工业比重的变化是影响我国能源消费的主要因素。郭菊娥等<sup>[26]</sup>利用通径分析法分析了经济增长、人口、产业结构和能源消费结构与能源需求之间的直接、间接关系和总的影响,结果表明经济增长、全国总人口、能源消费结构是决定能源消费需求的主要因素。揣小伟等<sup>[27]</sup>将信息熵、均衡度和优势度等数学方法引入能源领域对人均 GDP、第二产业产值比重、第三产业产值比重、建筑业产值比重、交通运输业产值比重、批发零售业产值比重、研究与实验经费比重、专利申请授权数、科技活动人员数量 9 个影响因素对能源消费结构的影响进行了主成分分析,研究结果表明经济发展水平、技术进步、产业结构对能源消费结构的影响至关重要。袁晓玲等<sup>[28]</sup>研究了不同地区经济增长、全社会固定资产投资、人口增长、产业结构、能源价格等影响因素对能源高消费区、能源中消费区、能源低消费区的影响,得出经济增长对三类地区能源需求影响差异显著、固定资产投资增长和能源需求呈正相关关系、人口增长因素对区域能源需求影响显著、产业结构对区域能源需求影响差异较大、能源价格对三类地区能源需求影响方向相同,但大小差异明显,与预期并不一致的结论。

### 1.2.2.2 地区能源消费影响的研究

周丹丹等<sup>[29]</sup>分别应用相关系数法和主成分分析法分析了 GDP、固定资产投资、人口、第二产业占国民经济的比重、交通运输设备制造业能耗、六大高耗能行业能耗、人均生活能耗、民用车数量等因素对能源需求的影响,得出的结论是:固定资产投资总额对重庆市

能源消费量影响最大,其次是交通运输设备制造业能耗,再次是经济增长,居民生活消费对能源消费总量的影响最小。陈海妹<sup>[30]</sup>利用 SAS 软件建立了河北省能源消费总量与产出水平、产业结构、科技水平、人口数量等影响因素之间的对数线性函数模型,结果表明,产出水平是河北省能源消费量的最重要的影响因素,科技水平和产业结构也是影响能源消费量的重要因素,人口因素对能源消费量的影响较小。魏子清等<sup>[31]</sup>利用对数平均迪氏指数法(LMDI)将江苏省能源消费变化的原因分解为产出效应、结构效应和效率效应共同作用的结果。研究表明,产业能源利用效率提高是促进江苏省能源消费和能源强度降低的主要原因,产业结构的影响较小,经济增长是能源消费增长的决定性因素,并提出江苏省在加大经济结构调整的同时要重视提高能源利用效率的政策建议。

### 1.2.2.3 各类能源消费量与影响因素之间的关系分析

姜学勤等<sup>[32]</sup>运用计量经济学中回归的方法分析了国内生产总值、民用汽车拥有量、国际原油价格与国内石油产品出厂价格指数对石油消费量的影响,结果表明收入、价格和汽车拥有量都对石油消费量有着显著的影响。纪玉山等<sup>[33]</sup>建立了石油消费量与石油价格、石油产量、GDP 和煤炭消费量的 VAR 模型,模型分析认为导致中国石油消费量飞速增长的主要原因是石油消费量本身的累积性冲击以及石油产量的增加,而石油价格的上涨并没有导致石油消费量的显著下降,反而在一定时间段内导致了石油消费量的增加。煤炭消费量增长在短期内会促使石油消费量的增长,而从长期来看,会产生一定的替代效应。GDP 增长的冲击带来的是石油消费量持续的下降,这是因为经济增长具有对资源和环境约束的自我选择和纠正功能。在我国过去几十年的发展中,尽管石油消费量有很大的增长,但随着经济发展速度的加快,其他能源对石油的替代趋势也逐步增强。也就是说,快速发展的经济已在客观上减少了一部分石油资源的消费。陈文静等<sup>[34]</sup>考察石油消费系统中线性和非线性影响因素对石油消费的影响,认为石油消费量剧增的主要原因是经济增长和工业化进程的加快及汽车数量的激增,而石油价格的上升并不足以抵消经济快速增长等因素导致的石油消费的增加。陆寅申<sup>[35]</sup>应用协整理论和误差修正模型研究了电力能源需求与第一、二、三次产业产值和人口之间的关系,认为第二产业发展和人口增长是决定城市用电需求的主要因素,且两者之中第二产业发展对城市用电需求的影响更加敏感。李学刚<sup>[36]</sup>总结影响我国 2008 年煤炭供求的因素主要有:宏观调控对煤炭供求关系及价格的影响、煤炭可持续发展基金等煤炭税费政策的调整或变化、煤矿安全事故及其治理、煤炭产运需衔接的结果及其对重点煤炭购销合同价格水平的定位、铁路煤炭运输潜力不足对煤炭供求的制约、季节性煤炭需求变化以及水电和火电增长方式对动力煤市场的影响。

以上研究表明,目前所开展的研究多是针对某一类能源对其影响因素进行分析,对能源消费总量的分析多是针对某一个或几个因素进行分析,缺乏系统性和全面性。目前尚未对能源消费总量的可能影响因素进行全面综合分析,未确定哪些因素与能源消费总量之间存在着长期均衡关系以及各个因素对能源消费总量的影响程度如何。

### 1.2.3 能源需求预测研究动态

能源需求预测方法可以分为处理平稳时间序列的方法和处理非平稳时间序列的方法。

处理平稳时间序列的方法大致包括部门分析法、时间序列趋势法、能源弹性系数法、投入产出法等。由于经济数据的非平稳及突变特性,各国学者们越来越关注处理非平稳数据的方法,该类方法可以应用协整理论和误差修正模型、人工神经网络、小波分析、情景分析、组合预测方法等。

(1) 协整理论和误差修正模型。协整的概念最早由 Granger (1983) 提出,1987 年 Engle 等<sup>[11]</sup>正式提出用协整理论处理非平稳时间序列之间的关系,在此基础上建立的误差修正模型能捕捉到变量之间的短期和长期影响。该理论在计量经济领域获得了广泛的应用。Eltony 等<sup>[37]</sup>使用协整理论与误差修正模型建立了科威特天然气需求模型。Franco M. 等<sup>[38]</sup>应用协整理论对变量进行了协整分析和平稳性检验,建立了误差修正模型,并用该方法对 Venezuelan 电力系统 2004~2024 年的电力需求进行了预测。林伯强<sup>[14]</sup>应用协整理论和误差修正模型分析了中国能源需求的决定因素,发现能源总消费、GDP、能源价格、经济结构对能源需求具有显著影响,同时对未来我国能源的需求进行了预测。

(2) 人工神经网络预测法。人工神经网络是人类在对大脑神经网络认识和理解的基础上,模仿人脑的工作结构和功能而构造出的能够实现某些功能的一种信息处理系统,它是由大量简单神经单元连接而成的,能够并行地、非线性地、类似大脑风格地对信息进行处理,具有良好的容错性与联想记忆功能和强大的自适应、自学习功能<sup>[39]</sup>。Eva G. R. 等<sup>[40]</sup>将月度电力时间需求序列一分为二:趋势序列和波动序列,然后用两个经过训练的神经网络分别对这两部分进行预测,再将这两部分预测结果汇总就得到整体预测结果。运用此方法对西班牙半岛的月度电力需求进行了实际预测,结果表明该方法优于只使用单一神经网络模型的方法。冯述虎等<sup>[41]</sup>利用 BP 神经网络建立了时序-神经网络模型,利用该模型对能源产量进行了预测。Murat Y. S. 等<sup>[42]</sup>利用人工神经网络建立了 GDP、人口数、年均行车千米数与交通能源需求之间的预测模型,并对土耳其的交通能源需求进行了预测。

(3) 灰色系统预测法。灰色系统理论是 20 世纪 80 年代由我国学者邓聚龙<sup>[43]</sup>提出的,是一种解决少数数据、贫信息的不确定性问题的方法,由于其具有很高的拟和精度,近二十几年来得到了广泛的研究和应用<sup>[44]</sup>。Yang H. T. 等<sup>[45]</sup>利用灰色系统模型预测技术建立了电力系统年峰值载荷预测的 GM (1, 1) 和 GM (1, 2) 模型,同时应用拓扑预测方法对峰值载荷发生的日期进行了预测,在只有 3 到 7 个历史数据的贫数据条件下获得了很高的预测精度,并用该模型对中国台湾电力峰值载荷值和发生的日期进行了预测。王立杰等<sup>[46]</sup>运用灰色系统理论建立了煤炭需求量的灰色预测模型 GM (1, 3) 并对未来 10 年的煤炭需求量进行了预测。王勇等<sup>[47]</sup>建立了煤炭需求量的灰色预测模型 GM (1, 1), 并应用此模型,依据我国 1993 年到 2002 年的煤炭消费量,对我国 2003~2005 年的煤炭需求量进行了预测。许荣胜<sup>[48]</sup>建立了石油消费量与 GDP 之间的双变量灰色系统模型 GM (1, 2), 并应用该模型对我国 2003~2010 年的石油消费量进行了预测。

(4) 小波分析法。小波分析主要用于信号和图像处理,近年来被广泛用于预测领域<sup>[49]</sup>。顾洁<sup>[50]</sup>利用小波分析对电力系统短期负荷进行了预测。实证表明,运用小波进行预测提高了预测精度。葛嘉等<sup>[51]</sup>根据电力负荷的周期性与随机性提出了基于二维小波变换的电力系统短期负荷预测方法,预测结果表明该方法具有较高的预测精度和较强的适应能力。

(5) 情景预测法。情景预测法是一种新兴的预测法,由于它不受任何条件限制,应用

起来灵活,能充分调动预测人员的想象力,考虑较全面,有利于决策者更客观地进行决策,在制定经济政策、公司战略等方面有很好的应用。梁巧梅等<sup>[52]</sup>将情景分析法和投入产出法相结合,建立了能源决策支持系统,对我国能源需求进行了预测。魏一鸣等<sup>[53]</sup>利用情景分析法对我国“十一五”期间能源需求进行了预测。

(6) 组合预测方法。组合预测方法由于将几种预测方法组合应用可以取各预测方法的优点并克服单一方法的缺点和不足,因此近些年发展比较快。国外文献中,组合预测方法多用于电力能源需求与消费预测。Ma N. 等<sup>[54]</sup>利用小波变换和模糊神经网络对电力短期载荷进行了预测,实际预测结果表明该方法具有可行性且精度很高。Mohammadi S. 等<sup>[55]</sup>将模糊逻辑与神经网络结合建立了自适应模糊神经网络推理系统模型,并用此模型对伊朗中长期电力需求进行了预测,取得了较好的效果。Hor C. L. 等<sup>[56]</sup>将情景分析与自回归整合移动平均模型(ARIMA)相结合,为2011~2100年的气候设置了4种情景,并进行了预测,同时为了预测天气极端情况对电力载荷的影响,在预测模型中引入GARCH进行建模,并对1998~2003年的电力载荷进行预测,预测精度很高。Azadeh A. 等<sup>[57]</sup>将遗传算法和人工神经网络相结合,对伊朗农业部门1981~2005年电力能源消费需求进行了实际预测,预测结果与实际数据的平均绝对百分误差(MAPE)很低。Montilla D. 等<sup>[58]</sup>利用情景分析和时间序列分析相结合的办法对AnzoÁtegui州的北部地区2005~2024年的电力能源需求进行了预测。Ghanbarian M. 等<sup>[59]</sup>用自适应神经网络模糊推理系统对时间序列进行适应性训练,建立了适用于复杂电力系统的中长期预测模型。Fu C. W. 等<sup>[60]</sup>运用动态函数连接神经网络(FLN)和小波网络,结合序列二次规划的方法识别模型中的参数,建立了长期能源需求的模型。国内近几年应用组合预测方法进行预测也是一个主要趋势。宁云才<sup>[61]</sup>应用复合小波神经网络模型对煤炭消费年增长率进行了预测,预测模型达到了很高的精度。卢奇等<sup>[62]</sup>采用灰色预测、神经网络及多元回归方法建立了我国能源消费系统预测模型,应用该模型对我国未来20年的能源消费量进行了预测。结果表明,该模型可以作为我国未来能源消费量预测的有效工具。徐军华等<sup>[63]</sup>提出了一种基于小波分解和人工神经网络的电力系统短期负荷预测方法。杨波等<sup>[64]</sup>提出应用小波变换和模糊神经网络对边际电价进行预测。组合预测能够达到比较理想的预测精度,目前在能源需求预测研究中很有发展前景。

由于能源系统的复杂性,对能源需求预测的各种方法的预测精度也不尽相同,本节将结合能源需求时间序列的特点,运用计量经济学中的ARIMA模型对能源需求总量及分种类能源需求量进行预测。

#### 1.2.4 CO<sub>2</sub> 排放影响因素分析的研究动态

王中英等<sup>[65]</sup>采用相关分析的方法对我国国内生产总值的增长与碳排放的关系进行了研究,结果表明二者之间存在着较强的相关性。我国温室气体排放量增加的主要原因是由于经济增长方式过分依赖于投资及第二产业在经济结构中的比例过高。刘扬等<sup>[66]</sup>应用IPAT方程对典型发达国家的经济增长与碳排放关系进行了研究,得出碳排放强度、人均碳排放量和碳排放总量3个倒U形曲线高峰规律,提出应对气候变化或者发展低碳经济不能脱离发展阶段和基本国情。在不同的发展阶段,发展低碳经济或应对气候变化的重点

和目标应有所不同。邹秀萍等<sup>[67]</sup>分析了中国 30 个省市区的碳排放量与经济发展水平、产业结构和能源效率之间的关系,结果表明各地区碳排放总量与经济发展水平和能源强度之间存在着倒 U 型曲线趋势,与第二产业产值比重之间存在倒 N 形曲线关系。李齐云等<sup>[68]</sup>通过建立 STIRPAT 模型对我国碳排放量影响因素进行了分析,结果表明,人口、人均实际 GDP 和能源效率对碳排放量的影响很大。陈彦玲等<sup>[69]</sup>通过建立 CO<sub>2</sub> 排放量影响因素模型对影响中国人均碳排放的因素进行了分析,结果表明我国近年来人均碳排放量增长的主要原因是经济的高速增长,能源消费结构和产业结构的调整在很大程度上可以对由经济增长带来的碳排放起到抑制作用。Knapp T 等<sup>[70]</sup>应用 Granger 因果分析的原理对全球 CO<sub>2</sub> 排放量与人口之间的因果关系进行了检验,结果表明二者不存在长期的均衡关系,但是人口增长是全球 CO<sub>2</sub> 增长的原因。凤振华等<sup>[71]</sup>对中国各地区和不同收入水平下居民的 CO<sub>2</sub> 排放量进行了比较分析,结果表明,收入水平对间接 CO<sub>2</sub> 排放量影响较大,高收入水平居民的 CO<sub>2</sub> 排放量高于低收入水平居民;并提出了降低生活能源强度和 CO<sub>2</sub> 排放强度的建议。张雷<sup>[72]</sup>对经济增长、能源消费和碳排放量之间的关系进行了研究,结果表明经济结构多元化会导致国家能源消费需求增长的减缓,能源消费结构的多元化则导致国家碳排放水平的下降,经济结构和能源消费结构的多元化演进最终会促使国家发展完成从高碳燃料为主向低碳燃料为主的转变。许广月等<sup>[73]</sup>应用协整理论对我国出口贸易、经济增长与碳排放的关系进行了研究,结果表明,3 个变量之间存在着长期均衡关系,出口贸易是碳排放和经济增长的 Granger 原因,而经济增长不是碳排放的 Granger 原因,并提出了减排的政策建议。

以上研究主要是对碳排放与某一影响因素之间的关系进行的研究,很少有文献综合确定碳排放的影响因素并系统研究各影响因素与碳排放之间的关系。本文综合碳排放的影响因素,利用协整理论判断各影响因素与碳排放之间是否存在均衡关系,定量研究各影响因素对碳排放的影响及碳排放对各影响因素的反应速度,为减排政策的制定提供科学依据。

## 1.3 主要研究内容

### 1.3.1 研究内容

本书的主要研究内容有 5 方面。

(1) 能源消费结构现状分析与趋势预测。对我国能源消费结构现状进行了综合分析,应用 ARIMA 模型对我国 2020 年前一次能源需求总量、煤炭需求总量、水电、风电、核电需求总量进行了预测,深入剖析了我国能源结构发展方向及实现经济发展和节能减排等宏观经济目标的能源资源战略发展方案,并提出了科学合理的建议。

(2) 经济发展与能源需求的关系研究。应用协整理论和误差修正模型分析了我国经济发展与能源消费总量之间的关系;研究了节能减排与经济发展、能源消费总量之间的关系;判断节能减排目标是否会影响我国经济的发展。

(3) 能源需求的影响因素分析。根据经济学中的需求定理和有关文献,确定我国能源

需求的可能影响因素中能源价格、经济发展水平、能源消费结构、技术进步、产业结构、城市化水平、人口与能源消费总量之间是否存在协整关系和因果关系，从而为经济发展及能源规划提供科学依据，有利于政府对重要的影响因素进行有效的调控。

(4) 与能源相关的碳排放影响因素分析。根据研究内容(3)的结果，确定与能源相关的碳排放影响因素，研究这些影响因素与碳排放之间的长期协整关系，建立碳排放与影响因素之间的协整关系模型，进行脉冲响应分析和方差分解分析，确定这些影响因素对碳排放的定量影响，为制定减排政策提供科学依据。

(5) 提出实现我国节能减排目标的措施与建议。在研究内容(1)、(2)和(3)的基础上，结合我国能源“十一五”规划目标，提出我国能源消费结构的调整思路，对能源优化提出合理化建议。在研究内容(4)的基础上，为节能减排目标的实现提出具有科学依据的建议。

本书的研究目标是分析我国能源结构的发展方向与节能减排目标的可行性；确定我国经济增长与能源消费增长之间是否存在因果关系，若存在，其因果关系的方向如何；根据历史数据，研究我国能源消费的影响因素，分析各个影响因素的影响效果和影响动态，为我国能源需求管理、消费结构调整与优化提供决策依据；分析我国与能源相关的碳排放影响因素对碳排放的影响效果与作用时滞，为减排政策的有效性分析提供科学依据。

本书基于 Granger 因果关系模型、平稳性检验与协整分析等现代计量经济方法对能源消费影响因素进行分析，应用脉冲响应函数和方差分解分析对我国能源消费影响因素的动态作用效果与作用时滞进行分析；应用 ARIMA 模型对我国能源需求总量与消费结构进行预测；应用协整理论对与能源相关的碳排放影响因素进行分析，确定各影响因素与碳排放之间的静态和动态作用效果。基于以上分析，提出了相关政策建议。本书研究的技术路线如图 1.1 所示。

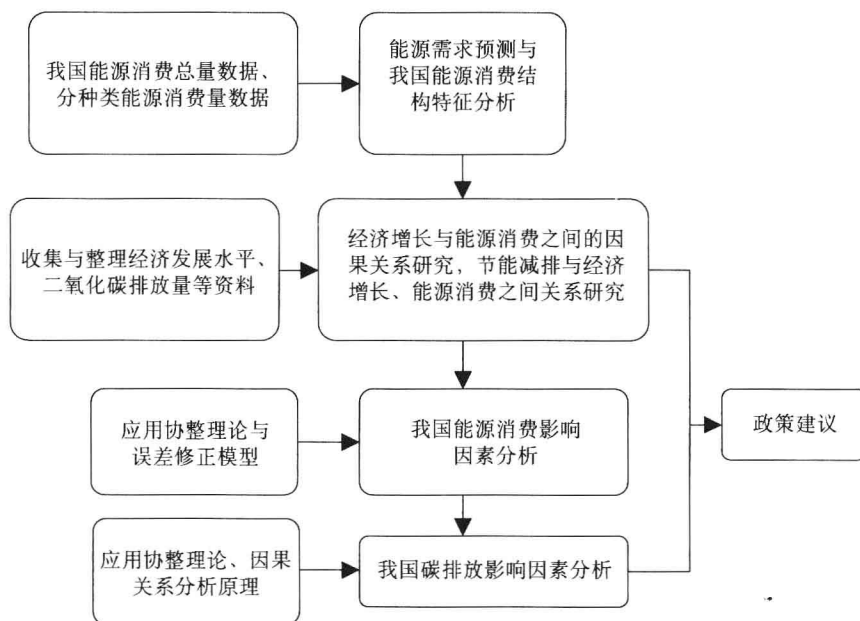


图 1.1 技术路线图