

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

投入占用产出技术丛书

能源投入占用产出 模型及应用

夏炎 王会娟/著



科学出版社

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

投入占用产出技术丛书

能源投入占用产出 模型及应用

夏炎 王会娟/著

科学出版社

内 容 简 介

在全球能源竞争与气候变化加剧的背景下,中国经济社会的发展正面临能源问题的严重挑战。本书在投入产出技术的分析框架下,提出了一系列能源投入占用产出模型,分析了国际、国内能源情况与二氧化碳减排策略,从能源结构调整、能源环境、贸易隐含碳、区域碳排放等维度对能源和气候变化的主要科学问题进行了系统深入的理论与实证研究,为研究能源、环境、经济三者之间的联动关系提供了新的视角。

本书既可以作为高等院校能源经济专业投入产出分析课程及相关专业的本科生、研究生的参考书,也适合与能源相关的政府部门、大型企业、投资机构、战略研究机构、科研院所研究人员和行业协会专家阅读。

图书在版编目(CIP)数据

能源投入占用产出模型及应用/夏炎,王会娟著. —北京:科学出版社, 2017.9

(投入占用产出技术丛书)

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

ISBN 978-7-03-053374-6

I. ①能… II. ①夏… ②王… III. ①能源工业—投入产出分析—研究 IV. ①F407.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 133048 号

责任编辑:徐 倩/责任校对:彭珍珍
责任印制:霍 兵/封面设计:无极书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

三河市骏杰印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 9 月第 一 版 开本:720 × 1000 1/16

2017 年 9 月第一次印刷 印张:10 1/4

字数:207 000

定价:70.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

丛书编委会

(按姓氏拼音排序)

- | | |
|-----|-----------------|
| 陈锡康 | 中国科学院数学与系统科学研究院 |
| 范 金 | 江苏行政学院 |
| 郭菊娥 | 西安交通大学 |
| 李善同 | 国务院发展研究中心 |
| 刘起运 | 中国人民大学 |
| 刘新建 | 燕山大学 |
| 彭志龙 | 国家统计局 |
| 齐舒畅 | 国家统计局 |
| 石敏俊 | 中国人民大学 |
| 佟仁城 | 中国科学院大学 |
| 汪寿阳 | 中国科学院数学与系统科学研究院 |
| 许 健 | 中国科学院大学 |
| 杨翠红 | 中国科学院数学与系统科学研究院 |
| 杨列勋 | 国家自然科学基金委员会 |

总 序

投入产出技术是数量经济学研究以及宏观经济管理中广泛使用的数量分析工具之一，以能够清晰地反映国民经济各部门间错综复杂的经济关联关系著称。近几年，在国际贸易、资源环境等热点问题的研究中投入产出技术得到越来越多学者的重视和使用。很多以投入产出模型为分析工具的文章发表在国际顶级期刊上。当前国际上很多知名的贸易增加值数据库（如经济合作与发展组织的 TiVA 数据库）背后的核心测算工具均为投入产出模型。由于在经济结构分析与产业关联关系研究方面的优势，投入产出技术在今后若干社会经济问题研究中仍将发挥不可替代的作用。

投入占用产出技术在传统的投入产出技术基础上进一步考虑了经济系统中生产部门对各种要素、资源存量的占用，是对投入产出技术的重要发展。投入占用产出技术由中国科学院数学与系统科学研究院陈锡康研究员于 20 世纪 80 年代提出。当时，陈锡康等受中央有关部门的委托进行全国粮食产量预测研究，为此编制了中国农业投入占用产出表。在编制过程中发现耕地和水资源在粮食生产中具有重要作用，但在传统投入产出技术中完全没有得到反映，进而发现固定资产、劳动力等在投入产出技术中也基本没有得到反映，由此提出了“投入占用产出技术”。

三十余年来投入占用产出技术得到了空前的发展，我国已有三十余位青年学者由于从事投入占用产出技术研究获得管理科学与工程博士学位。投入占用产出技术已成功地应用于全国主要农作物（粮食、棉花和油料）产量预测、对外贸易、水利、能源、就业、政策模拟、影响分析、收入分配等领域。相关研究成果发表论文一百余篇，多次获得国家领导人的重要批示，曾于 2006 年获首届管理学杰出贡献奖、2003 年获首届中国科学院杰出科技成就奖、2008 年获第十三届

孙冶方经济科学论文奖、2009 年获大禹水利科学技术奖一等奖、2011 年获国家科技进步奖二等奖、1999 年获国际运筹学进展奖一等奖等诸多奖项。投入占用产出技术也曾获得国际上部分著名学者，如美国科学院院士 Walter Isard、诺贝尔奖金获得者 Wassily Leontief 教授、澳大利亚昆士兰大学教授 R. C. Jensen 和 A. G. Kewood 等的好评。其认为“投入占用产出分析令人极为感兴趣”和“远比标准的投入产出分析好”，是“非常有价值的发现”，是“先驱性研究”，“投入占用产出及完全消耗系数的计算方法是我们的领域的一个非常重要的发明和创新”。

虽然投入占用产出技术已成为投入产出领域的一个重要研究方向，但是有关投入占用产出技术及其应用研究的书籍并不多见。中国科学院数学与系统科学研究院陈锡康研究员、杨翠红研究员等已于 2011 年出版《投入产出技术》教材，该书的系统性、权威性都得到了众多从事投入产出教学的学者的好评。在此基础上，我们一直在思索如何进一步地在高校、科研部门、政府部门、企业等拓展投入占用产出技术的研究与应用工作，满足社会各界对宏观经济数量模型的需求。在反复酝酿、不断尝试的基础上，我们决定，与投入产出学界的同仁共同编写、出版一套介绍投入占用产出技术及其应用的丛书。

这套丛书是我们对投入占用产出技术的总结和推广，希望它的出版有助于促进投入产出和投入占用产出技术的蓬勃发展。这套丛书力求体现以下特点。

第一，在丛书内容的编排上，主要介绍投入占用产出技术的理论与应用。选材既包括投入占用产出技术的理论研究，又包括近些年来投入占用产出技术在不同领域的应用介绍，主要包括农业、对外贸易、水资源、能源、就业、政策模拟分析、收入分配等方面。尽管内容包括了宏观经济的众多方面，但是并不求大、求全，而是力求精选。

第二，在每本书的内容和写作方面，注意广泛吸收国内外的优秀科研成果。丛书力求简明易懂、内容系统和实用，注重对宏观经济建模思想的阐述，并结合实证研究说明投入占用产出技术的特点及应用条件。

这套丛书是我国投入产出学界众多学者集体智慧的结晶。我们期望这套丛书的出版将对投入产出分析与投入占用产出技术学科的进一步发展及其在国民经济各领域的更为广泛的应用起到重要推动作用，并希望能够吸引更多学者加入投入产出分析的研究领域。

这套丛书由陈全润、蒋雪梅和王会娟进行组织和编辑工作，我们对他们的辛勤劳动表示衷心感谢！

前 言

随着全球经济的发展，尤其是中国、印度等发展中国家，往往依赖于能源需求的快速增长，所带来的能源和环境问题日益严峻。作为一个煤炭占能源消费主导的最大能源消费国，中国经济的发展伴随着大量的能源消耗，一直以来也是国际上商讨气候变化、能源改革议题的焦点。在此背景下，能源及环境问题已经成为学术界关注的热门话题，尤其是围绕能源、环境和经济关系的相关研究。

本书对于能源、环境、经济问题的研究基于投入产出的方法，重点在于构建能源投入占用产出模型，并辅以实证研究结果。投入产出技术是一种非常实用的数量经济分析工具，由于投入产出表可以全面系统地反映国民经济各部门之间的关系，揭示生产过程中各部门之间相互依存和相互制约的经济技术联系，所以被世界各国学者广泛使用。随着社会的进步和经济的发展，投入产出技术也被应用在诸多热点问题的研究中，如对外贸易、能源供应、气候变化等。为了更好地推广投入产出技术，促进投入产出方法在能源领域的研究，我们特地编写了这本有关能源投入占用产出模型及应用的书籍。希望本书的出版能够填补我国投入产出技术相关书籍的缺口，同时为我国能源、环境、经济的相关研究注入新思路。

本书内容是我们长期研究工作的一个总结。全书由夏炎和王会娟负责总体框架设计、组织、审阅、定稿；姚晔和蒋茂荣进行编辑与统稿。具体编写分工如下：第一章由姚晔、夏炎负责编写；第二章、第三章由王会娟负责编写；第四章由夏炎、杨翠红、范英、姚晔负责编写；第五章由夏炎、杨翠红、陈锡康负责编写；第六章由夏炎、范英负责编写；第七章由蒋茂荣、夏炎、陈全润负责编写；第八章由张毅、夏炎、范英负责编写。

编写本书的所有人员都投入了大量的时间和精力，我们谨向所有为本书编写、

出版给予帮助的同志表示衷心的感谢。在长时间从事能源、环境领域的相关理论和研究过程中，我们也得到了众多学者的帮助与指导，特别是范英教授。在此，我们对各位专家给予的指导和帮助表示最诚挚的谢意。同时，本书的研究工作得到了国家自然科学基金（编号：71573248）的支持，在此一并致谢！

限于我们的知识范围与学术水平，本书难免有不足和疏漏之处，恳请有关专家和广大读者批评指正！

夏 炎 王会娟

2017年4月

目 录

第一章 中国能源问题发展现状	1
第一节 中国能源消耗特点	2
第二节 能源问题的研究现状	7
参考文献	13
第二章 能源投入占用产出模型	18
第一节 实物型能源投入产出模型	18
第二节 混合型及价值型能源投入产出模型	25
第三节 三种能源投入产出表式的分析与比较	30
第四节 能源投入产出模型的扩展	35
参考文献	41
第三章 能源就业投入占用产出模型	43
第一节 能源就业投入占用产出理论模型	44
第二节 能源约束下的结构调整对就业的影响分析	51
参考文献	61
第四章 区分加工出口的非竞争型能源经济环境投入占用产出模型	63
第一节 中国高耗能产品的出口加工贸易特点	64
第二节 区分加工出口的非竞争型能源经济环境投入占用产出模型的建立	65
第三节 出口贸易隐含碳分析	75
参考文献	81
附录 4.1 本章投入产出部门分类	81

附录 4.2 两极分解展开式	82
第五章 乘法结构分解技术	86
第一节 乘法分解法的基本模型和一般解	86
第二节 能源强度的结构分解分析	95
参考文献	102
附录 5.1 本章序列投入产出表部门分类	103
第六章 基于能源投入占用产出模型的我国碳减排成本曲线的估计	104
第一节 边际减排成本研究的模型方法	105
第二节 减排策略成本优化模型的实证分析	109
参考文献	115
第七章 基于能源投入占用产出局部闭模型的高铁建设投资的短期效应综合评估	118
第一节 高铁建设投资的短期效应综合评估的模型方法	118
第二节 高铁建设投资的短期效应综合评估分析	126
参考文献	135
第八章 投入产出技术在区域碳排放问题中的研究与应用	137
第一节 基于投入占用产出技术的碳排放消费建设比模型	137
第二节 工业化过程中碳排放消费建设比的国际比较	141
参考文献	150
附录 8.1 各国各年消费建设比	150
附录 8.2 国家全称与名称简码对应关系	151

中国能源问题发展现状

改革开放以来,中国经济以令世人惊叹的速度快速增长,同时能源消耗同步增加,这种以牺牲资源、牺牲环境换来的经济繁荣,似乎已经成为中国乃至整个世界的普遍发展模式。因此,越来越多的国家和地区关注气候、环境、能源与经济的关系。中国作为一个煤炭占能源消费主导地位的大国,一直以来都是国际上商讨气候变化、能源改革议题的焦点所在。众所周知,能源问题牵扯到政治、经济、科技等多方面的问题,并且与人口、气候等因地制宜的条件息息相关,有很强的地域性。

纵观历史,与其他国家的工业化过程不同的是,2002年之前的20多年间,中国的能源消耗强度(单位GDP^①能耗)总体呈下降趋势,能源消费弹性系数(能耗消费增长率和GDP增长率的比率)平均为0.54,中国的能源效率是不断提高的。2002~2005年中国的能源消耗强度出现了罕见的上升,能源消费弹性系数也达到1.59,2006年后继续呈下降趋势。《中国能源发展报告2016》显示,2015年,我国能源消费强度明显下降,全国万元GDP能耗下降5.6%,这也与经济增长正在放缓且正经历结构转型的现状密不可分。目前,我国能源增速开始放缓,但是仍扮演着世界上最大能源消费国、生产国和净进口国的角色。

作为最大的能源消费国,中国经济的发展伴随着大量的能源消耗,2015年中国能源消费总量为34亿吨标准煤,比2000年增加了近三倍,年均增长率达到了7.4%,其中煤炭占能源消费总量的比重为64%,石油和天然气的占比分别为18.1%和5.9%。近年来,煤炭消费比重略有下降,但鉴于中国富煤贫油少气的资源禀赋特点,煤炭仍将占据中国能源消费的主导地位。作为最大的能源生产国,中国开始加快新能源的发展。《BP世界能源统计年鉴2016》显示,2015年中国可再生能

^① GDP为国内生产总值(gross domestic product)。

源增长 20.9%。仅十年间,中国可再生能源在全球总量中的份额便从 2005 年的 2% 提升到了 2015 年的 17%。其中太阳能装机容量已超越德国与美国、成为世界上最大的太阳能发电国。1993 年中国由石油出口国转变为石油净进口国,2013 年中国又由煤炭出口国转变为煤炭净进口国。依据国家能源局最新的数据统计,2015 年煤炭净进口量达到 2.04 亿吨,原油进口量达到 3.36 亿吨,石油的对外依存度已超过 50%。据国际能源署(International Energy Agency, IEA)的预测,中国到 2030 年石油需求量的 82%将依赖于进口。

伴随着能源消费结构缓慢转型,我国能源问题在逐渐改善。但应看到,雾霾、温室效应、水污染、土壤污染等由能源使用造成的环境污染问题,也正在严重影响人民生活,我国作为发展中大国面临着巨大压力。维护能源资源的长期稳定与可持续利用,始终是中国政府的一项重要任务。自“十一五”规划中首次将“2010 年国内单位生产总值能耗较 2005 年降低 20%”的目标作为具有法定约束力的指标确立开始,节能减排就成为了各级政府的工作重点。

《能源发展“十二五”规划》明确提出了能源消费强度和消费总量的双控制目标,能源消费总量 40 亿吨标准煤,用电量 6.15 万亿千瓦时,单位 GDP 能耗比 2010 年下降 16%。2014 年发布的《能源发展战略行动计划(2014—2020 年)》进一步提出了到 2020 年,一次能源消费总量、生产总量以及非化石能源占比的目标。2015 年发布的《中美气候变化联合声明》《强化应对气候变化行动——中国国家自主贡献》提出了到 2030 年我国非化石能源消费占比以及单位 GDP CO₂ 排放的目标,在应对气候变化方面,发挥了较大的推动作用,在国内外具有较大的影响力。2016 年 12 月发布的《能源发展“十三五”规划》,明确了未来几年内,单位 GDP 能耗比 2015 年下降 15%、非化石能源消费比重提高 15%以上、单位 GDP CO₂ 排放比 2015 年降低 18%的约束性目标。综上所述,如何更有成效地降低能源消耗强度,实现长久的节能降耗,依旧是极为迫切的课题。

第一节 中国能源消耗特点

一、能源消费总量呈快速增长

纵观 1953 年以来中国经济总量和能源消耗总量(图 1.1),呈现出持续的快速增长趋势,根据历史时期不同大体可以分为四个阶段:①1953~1978 年缓慢发展阶段。这一阶段百废待兴,初试运行的计划经济和“三年困难时期”,使得这个阶段经济发展停滞不前,能源消耗量没有明显的增长趋势。期间由于经历“大炼钢铁”的经济方针,20 世纪 60 年代初能源消耗量曾有明显的增加。计划经济时

期，所有生产资料和产品实行国家统购统销，供需严重不足。②1979~1991 年逐渐发展阶段。改革开放以后，实行市场经济体制，以经济建设为中心。该时期经济呈现了快速的增长，GDP 由 1979 年的 4062.6 亿元迅速增长到 1991 年的 21781.5 亿元，年均名义增长速度达到 112%，年均实际增长速度为 105%，能源消耗总量年均增长速度达到 98%。③1992~2002 年快速发展阶段。“南方谈话”之后，社会主义市场经济体制改革目标确立。这个阶段现代企业、分税、金融、加入世界贸易组织等一系列体制改革促进了经济的快速发展，带动能源消耗和经济增长同步发展。该阶段 GDP 年均实际增长速度达到 108%，能源消耗总量年均增长速度达到 103%。④2003 年至今持续发展阶段。随着经济的持续发展，能源消费也随之提高，尤其在 2003~2011 年，能源消费量上升明显。由于受到 2008 年经济的冲击以及经济发展新常态的影响，近年来，我国能源消费呈现稳步上升的持续发展态势，能源消费增速开始放缓。2015 年增速不到过去十年平均水平 5.3% 的 1/3，并且是自 1998 年以来的最低值。

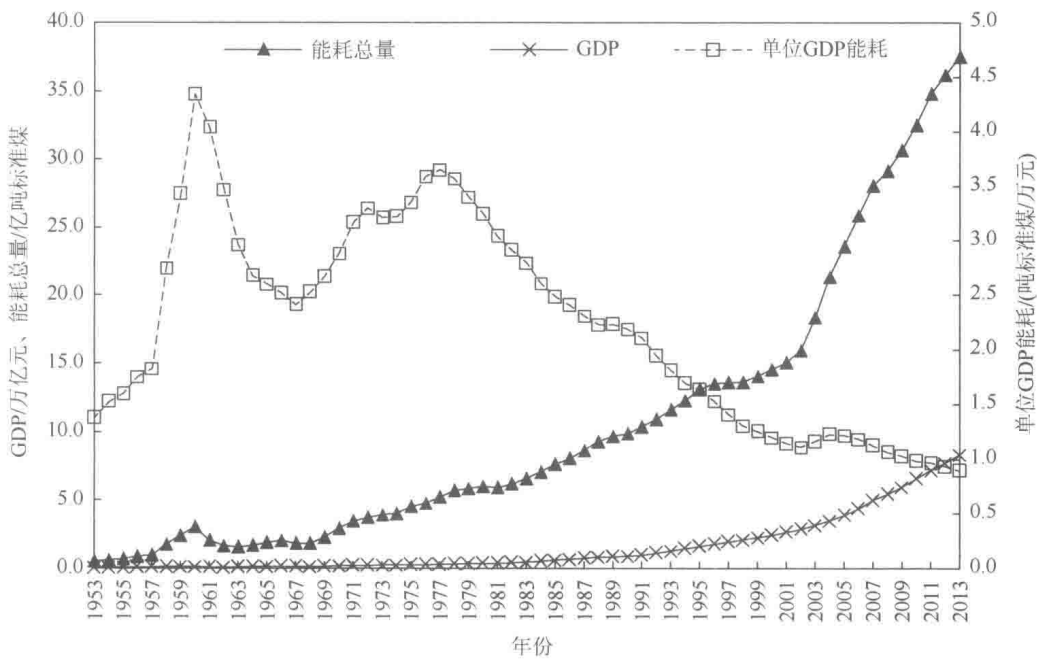


图 1.1 1953~2013 年中国 GDP、能耗总量和单位 GDP 能耗趋势发展

二、能源强度高、效率低

与世界平均水平相比，中国能源利用效率较低，但近年能源强度下降速度很快。如表 1.1 所示，2012 年中国的能源强度为世界平均水平的 1.46 倍，远高于发达国家水平，甚至高于同为发展中国家的印度。2000 年以来，整个世界经济体的

能源强度都呈现出下降趋势。2000~2012 年全球能源强度降低了 14.1%，其中英国降低了 28.4%，印度降低了 25.6%，中国降低了 22%。

表 1.1 世界主要国家能源强度 （单位：吨标准油/万美元）

国家和地区	2000 年	2005 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
世界	1.56	1.48	1.38	1.38	1.36	1.34
中国	2.50	2.40	2.01	2.00	1.99	1.95
印度	1.72	1.47	1.40	1.32	1.29	1.28
加拿大	2.19	2.08	1.86	1.81	1.77	1.73
巴西	0.94	0.93	0.90	0.91	0.93	0.91
美国	1.75	1.58	1.45	1.45	1.41	1.35
西班牙	0.99	0.97	0.83	0.83	0.82	0.84
荷兰	1.10	1.11	1.04	1.10	1.00	1.03
法国	1.19	1.18	1.08	1.09	1.03	1.03
德国	1.11	1.08	0.97	0.99	0.90	0.90
英国	1.16	1.01	0.88	0.89	0.81	0.83
意大利	0.84	0.85	0.79	0.80	0.79	0.77
日本	1.27	1.20	1.12	1.13	1.05	1.01

资料来源：世界银行世界发展指标（world development indicators, WDI）数据库，2011 年购买力平价（purchasing power parity, PPP）。

三、能源消费结构以煤炭为主

如表 1.2 所示，“重煤炭，轻油气”的能源消耗结构是中国能源问题的另一个特点。1953 年以来的能源消耗结构呈现三个主要特点：①煤炭消费比例大。虽然中国煤炭消费比例已经从 1953 年的 94%下降到 66%左右，但与世界其他国家相比，煤炭消费比例依然过大。除印度外，发达国家的煤炭消耗比例均在 30%以下，而煤炭是造成温室气体和环境污染的主要能源品种。②天然气消耗比例过低。1953 年的天然气消耗几乎是零，直到 1957 年才开始消耗天然气。经过缓慢的增长，到 2006 年消耗比例仅达到 3%。2014 年，中国天然气的消费能源占比达 5.7%，仍与发达国家有相当大的差距。③原油消耗结构没有显著的增加。1953~1978 年，中国原油消费呈现出较为明显的增加，由 1953 年占能源总消费量的 3.8%增加到 1978 年的 22.7%。但 1978 年以来，中国的原油消耗结构一直维持在 20%左右，2014 仅为 17.2%。

表 1.2 2011 年世界主要国家能源消耗结构 (单位: %)

国家	煤和煤制品	原油、天然气 凝析液和给料	天然气	电力	石油产品	其他
中国	33.70	0.10	4.37	20.32	24.35	17.16
印度	17.40	0.00	5.35	13.51	28.72	35.02
德国	3.72	0.00	23.15	20.29	41.61	11.23
日本	8.41	0.13	11.24	25.69	53.21	1.32
美国	1.63	0.11	21.73	21.68	49.59	5.26
西班牙	1.39	0.01	16.47	23.30	52.29	6.54
英国	2.01	0.00	30.68	21.65	42.87	2.79
俄罗斯	3.42	0.02	30.08	13.67	25.33	27.48
巴西	3.81	0.00	5.85	18.03	45.99	26.32
加拿大	1.53	0.00	27.41	21.87	44.13	5.06
荷兰	1.36	7.63	34.38	15.50	36.22	4.91
法国	2.10	0.00	18.14	23.72	45.89	10.15

资料来源:《国际统计年鉴 2014》。

四、非化石能源发展速度快

无论是一次能源的生产还是消耗结构，以煤炭为主的能源消耗结构，使得非化石能源在一次能源消费中的比例非常低，1953 年仅为 1.8%，2014 年也仅达到 13.3%。2014 年中国煤炭消耗的比例达到 65.6%，相当于西班牙、英国、加拿大、美国、日本等油气的消耗比例。另外，荷兰和俄罗斯的油气比例更高，达到 80%以上。从非化石能源的比例来看，中国相当于世界平均水平的 1/2、法国和巴西的 1/8、加拿大的 1/5。整体看，法国和巴西不仅非化石能源消耗比例高，油气消耗比例也高，属于能源消耗结构较为科学的国家。仅有印度的煤炭消费结构与中国类似。

虽然非化石能源比例在一次能源消耗中较低，但发展速度很快。2005 年中国非化石能源消费总量约为 18341.31 万吨标准煤，2015 年约为 51600 万吨标准煤，十年间非化石能源消费总量年均增长率达 10.1%，远高于化石能源消费量年均增长率。“十二五”期间，中国非化石能源发电装机从 2.9 亿千瓦增加到 5.3 亿千瓦，年均增长 15.2%，占比从 27%提高到 35%；非化石能源发电量从 0.8 万亿千瓦时增加到 1.56 万亿千瓦时，年均增长 13.5%，占比从 19%提高到 27.8%。2015 年底中国水电装机 3.2 亿千瓦，核电装机 2608 万千瓦，风电装机 1.3 亿千瓦，并网太阳能发电 4200 多万千瓦，分别是 2010 年底的 1.4 倍、2.6 倍、4 倍和 168 倍。

五、能源效率区域性差异大

中国节能工作开展已久，从“十一五”开始，更是将节能目标作为衡量各个

行业和地区经济工作成绩的评价标准。但实际上，中国是一个区域发展极不平衡的国家，不同地区的能源利用效率差异非常大（图 1.2）。2013 年宁夏的人均 GDP 仅为 1.76 万元，单位 GDP 能耗竟达到 1.89 吨标准煤/万元；而上海地区的人均 GDP 高达 9.01 万元，单位 GDP 能耗却仅为 0.54 吨标准煤/万元。综观全国各地区，地区 GDP 和能耗量占全国比例较低而单位增加值能耗又较高的地区不应制定过高的节能目标，如宁夏、贵州、云南、甘肃等。而经济和能耗比例较高，同时单位增加值能耗也较高的地区应制定更高的节能目标，如内蒙古、辽宁、河北、山西、河南、新疆、湖北、吉林等。

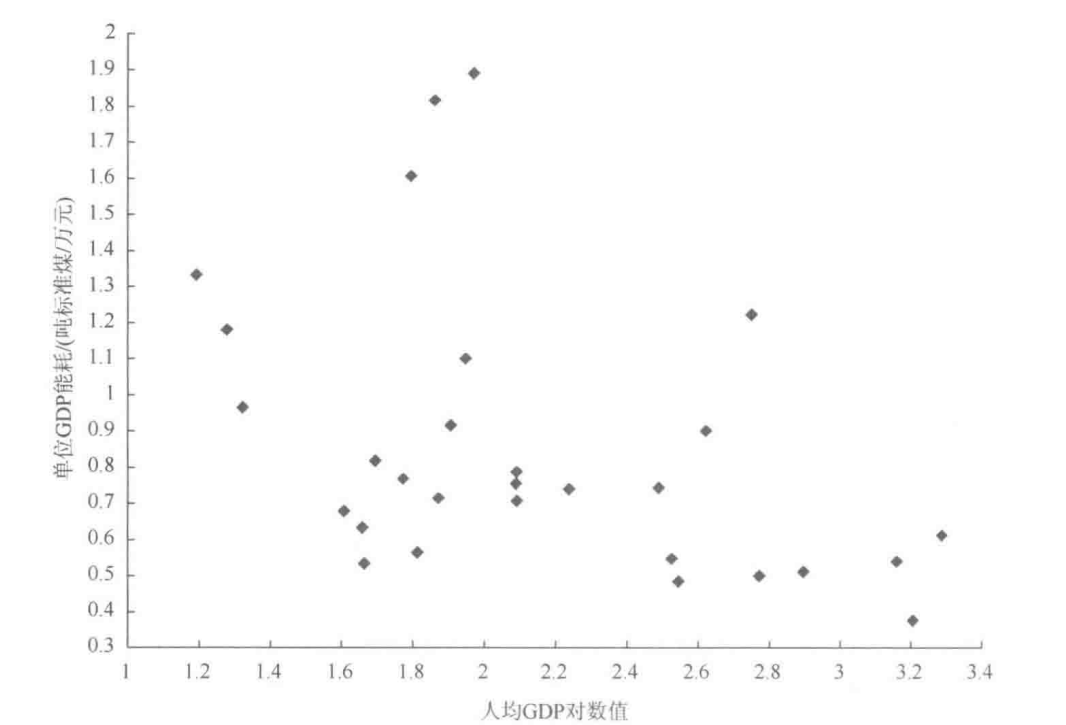


图 1.2 2013 年分地区单位 GDP 能耗与人均 GDP

资料来源：《中国统计年鉴 2014》（缺少西藏的单位 GDP 能耗数据，所以图中不包括西藏）

六、对进口能源依赖大

中国是主要的能源进口国。表 1.3 显示了主要能源品种进口量占同类能源消耗量的比例，中国原油、煤油和燃料油的进口比例非常大，尤其是燃料油的进口比例在 2009 年达到 85%。原油进口量由 2000 年的 7027 万吨增加到 2014 年的 30837 万吨。图 1.3 中钢材、肥料主要耗能产品的进口造成了能源间接进口。特别是肥料进口比例极高，近年平均进口量达到产量的 15%左右。虽然进口比例

有所下降，但各主要耗能产品的进口量依旧逐年递增。

表 1.3 主要能源品种进口量占同类能源消耗量比例 （单位：%）

能源品种	2000 年	2005 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
原油	33	42	53	55	57	58	57	59
煤油	29	30	42	27	34	31	30	17
燃料油	38	61	85	61	73	72	59	41

资料来源：《中国能源统计年鉴 2015》。

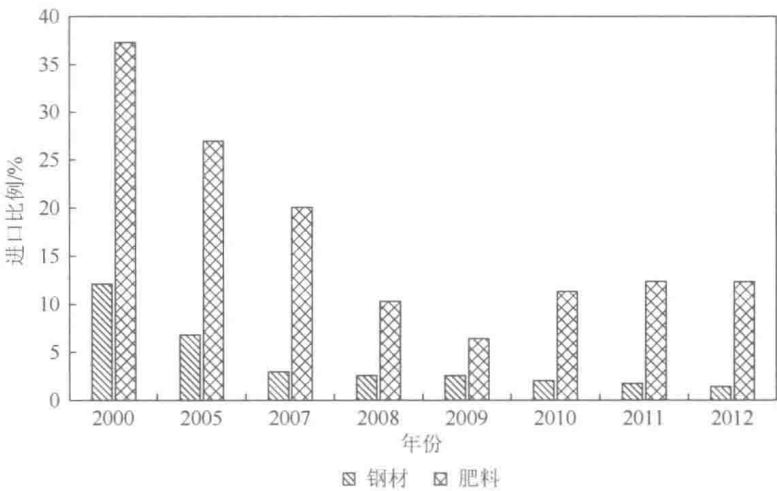


图 1.3 主要耗能（钢材、肥料）产品进口量占产量的比例

资料来源：《中国能源统计年鉴 2014》

第二节 能源问题的研究现状

目前，国内外针对能源问题的研究集中在以下四个方面：①能源强度的研究，主要分析国家（中国）维度能源强度下降及区域维度能源强度变化的原因；②能源消耗量的研究，主要分析能源消耗量变化的原因及其影响因素；③能源、经济与环境关系的研究，主要是模型及方法上的实践与应用；④其他方面的研究，如国际贸易对能源消耗及环境的影响、能源价格对能源-经济-环境系统的影响等。

一、能源强度的研究

目前，国际和国内学者广泛采用因素分解方法和计量经济学的方法来确定能源强度变化的影响。因素分解方法是把研究对象一个时期内的变化分解成若干个