



能源安全与政策研究系列

中国工业化进程中的 能源矿产消耗及其效率研究

李世祥 ● 著

ZHONGGUO GONGYEHUA JINCHENGZHONG DE
NENGYUAN KUANGCHAN XIAOHAO JIQI XIAOLU YANJIU



中国地质大学出版社

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

序

工业化是绝大多数国家由贫穷落后走向发达繁荣的必由之路。实现工业化是发展中国家经济社会发展最主要的任务,也是中国全面建设小康社会和迈向现代化的基本任务之一。中国现在正处于工业化中期,政府提出 2020 年要基本实现工业化。但是,工业化必然消耗大量的资源,还可能造成严重的环境污染,以重工业为主导的工业化中期尤其如此。更重要的是,中国工业化面临与发达国家工业化不同的时代背景和国情条件,使得资源环境问题更为突出,资源能源安全形势相当严峻。

西方发达工业化国家是最先实现工业化的国家,其工业化进程是在农业经济时代开始的。当时世界自然资源非常充足,煤炭、铁矿等重要矿产资源开采很少,石油等许多资源甚至还没有开发利用,生态环境也相当好,基本上没有什么污染。而中国现在实现工业化的时代背景完全不相同,面临的是世界自然资源相当缺乏,价格猛涨;开发利用国外资源困难重重,成本高昂;世界环境状况恶化,污染相当严重;并且受国内外各种资源环境法规限制,环境成本必须内部化的局面。尤其是中国人口众多,实现工业化要消耗的资源更多,而中国人均资源占有量又大大低于世界平均水平,目前又正处于消耗资源更多的工业化中期,这是中国工业化面临的突出矛盾。如何有效克服自然资源的严重制约,保障国家资源能源安全,是中国能否成功实现工业化的关键,也是特别需要研究的重大问题。必须深入探讨现阶段中国工业化对自然资源的需求和影响,资源供给(储藏、开采和贸易)的现状及其变动趋势,资源使用的影响因素、方式、状况、效率和资源消耗的后果,降低资源消耗,提高资源利用效率,有效克服自然资源对工业化制约的途径等。李世祥博士的专著《中国工业化进程中的能源矿产消耗及其效率研究》,正是这方面的有益尝试。

该书在对工业化、能源矿产消耗及能源效率和发达国家相关经验进行一般理论说明的基础上,探讨了工业化过程中能源消耗的规律性,重点论述了中国工业

化的现状和特点,说明了改革开放以来中国工业化过程中能源矿产消耗的实际情况和变动特征,实证分析了工业化过程中的能源效率及其影响因素,提出了提高能源效率的对策建议。该书理论与实践相结合、定性分析与定量分析相结合、理论研究与对策研究相结合,对中国提高能源效率、克服工业化的能源矿产制约具有重要参考价值。

本人特作此简短序言,予以推荐。

简新华

2010年8月26日于武昌珞珈山

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 问题的提出	(1)
第二节 相关研究进展	(3)
第三节 研究思路及方法	(12)
第二章 工业化、能源矿产消耗与能源效率的一般理论分析	(15)
第一节 工业化、能源资源路线与节能减排	(15)
第二节 发达工业化国家能源消耗规律	(19)
第三节 发达国家节能减排经验	(23)
第四节 工业化进程中的能源效率	(27)
第三章 中国工业化及其能源矿产消耗:现状、特征及解释	(43)
第一节 中国工业化现状与特点	(43)
第二节 中国工业化进程中的能源矿产消耗及其变动特征	(49)
第三节 经济增长模式、新型工业化与节能减排	(58)
第四章 中国工业化进程中的能源效率评价	(67)
第一节 样本选择	(67)
第二节 模型应用与实证结果	(68)
第三节 中国工业化进程中的能源效率特征	(83)
第五章 结构变动、技术进步及市场化改革对中国能源效率的影响	(94)
第一节 能源效率影响因素的作用机理	(94)
第二节 模型、变量与数据	(105)
第三节 计量结果及解释	(109)
第六章 未来中国工业化中能源效率提升的战略重点与政策途径	(116)
第一节 中国的能源经济形势及能源效率的重要性	(116)
第二节 能源效率提升的战略重点:将节能内生于经济发展	(120)
第三节 能源效率提升的政策途径	(125)
第七章 研究总结与展望	(132)
第一节 研究总结	(132)
第二节 研究展望	(134)
参考文献	(136)
后记	(149)

第一章 绪论

第一节 问题的提出

20 世纪后 20 年,中国的单位 GDP 能耗逐年下降,以低能耗支撑了经济的高速增长,在这期间实现了能源消耗翻一番、GDP 翻两番的伟大成就。但是,自进入新世纪以来,单位 GDP 能耗逆转上升,能源矿产需求迅速膨胀。进口石油依存度^①由 2002 年的 32.8% 上升为 2006 年的 47%,2009 年已超过 50%,接近国际能源“安全警戒线”。中国在 2002—2005 年期间的能源需求增长量相当于日本 2006 年的能源消耗总量。仅 2006 年,中国就新建了多家电厂,其发电装机容量达到 105GW(吉瓦),其中绝大多数为燃煤电厂。这样的增长速度在全球是史无前例的。根据《BP 世界能源统计·2009》,2008 年全球 1.4% 的一次能源消耗增长主要来自于亚太地区等非经合组织国家,其中约 3/4 的增长来自中国。2008 年,世界天然气需求增长幅度最大的国家是中国,达到 15.8%。中国依然是煤炭消费大国,其煤炭需求占全球需求的 43%,消费量上升了 6.8%。从全球范围来看,目前,中国已是世界第二大能源消耗国,但同时也是世界第二大能源生产国。在未来的工业化进程中,随着经济规模进一步扩大,工业化、城镇化进一步加速,居民消费结构进一步升级,能源矿产需求将会持续增加。

迅速膨胀的能源矿产需求给能源供给带来了巨大压力,也对国家能源安全和经济安全构成了严重威胁。中国能源资源虽然总量丰富,但人均量低,多煤少油缺气,分布不平衡,开发难度较大。国内油气资源的相对不足,国际市场上石油价格的攀升以及未来价格的不确定性,制约了中国优质能源供给能力的提高。而优质的油气资源是现代工业化最重要的动力资源。这意味着,中国在未来的工业化进程中将受油气资源供给相对不足的制约。国内煤炭资源虽然储量相对较多,但分布不平衡,“北煤南运”受运输能力以及成本的限制,这也增加了能源持续稳定供应的难度。再加上长期以来的经济增长方式粗放、能源结构不合理、能源技术装备水平较低和管理水平相对落后,导致单位 GDP 能耗和主要耗能产品能耗高于主要能源消耗国家平均水平,进一步加剧了能源供需矛盾。

^①石油依存度是指石油的对外贸易函数,即石油对对外贸易的依赖程度,以一国石油进出口量在本国国内石油消费总量中的比重来表示。石油依存度可分为出口依存度和进口依存度两个分指标。出口依存度是指一国石油出口量在国内石油消费总量中的比重,进口依存度则指一国石油进口总量在国内石油消费总量中的比重。一般来说,一种商品的对外依存度越高,即该种商品的进出口总量在国内同类商品消费中所占比重越大,表明该种商品对对外贸易的依赖程度越高,与世界市场的关系越密切,从而受世界市场价格波动的影响也就越大。石油进口依存度是反映中国能源安全形势的重要指标。中国自 1993 年开始成为石油净进口国以来,石油进口依存度迅速上升。

同时,能源矿产的生产和使用是环境污染的主要来源,中国能源消耗结构又以煤炭为主,导致经济发展与环境污染的矛盾比较突出。不断增长的能源矿产消耗和对化石燃料的过分依赖,导致了温室气体排放量的迅速增加。目前,中国已经成为世界上温室气体排放规模较大的国家,并因大量消耗能源矿产而带来的环境问题和健康问题日益突出。实际上,中国的工业化是以能源矿产的高消耗和严重浪费为代价的,这种增长是资源消耗性的粗放型增长,在资源环境方面付出的代价过大,能源约束有可能成为未来中国工业发展的瓶颈。

这使得中国的发展面临着比一般国家更大的挑战。在当前及未来的工业化进程中,单纯依靠增加能源供应,难以解决中国的能源问题。在拓展能源供应能力,大力开发可再生能源(如太阳能、生物质能源、氢能源、潮汐能和风能等)的同时,必须重视和加强能源矿产的需求管理,厉行能源节约,努力提高能源效率。能源效率是今后中国能源安全的核心要素。更进一步地说,解决中国工业化进程中能源约束问题的根本出路在于转变经济发展方式、提高能源效率。

实践表明,工业化的能源资源路线决定了工业化过程中必然大量消耗能源矿产。发达工业化国家的基本经验是,在工业化推进阶段能源矿产消耗规模迅速增加,而到了工业化后期阶段,能源矿产消耗总量与速度呈现下降趋势。也就是说,工业化中能源矿产消耗的一般规律符合“环境库兹涅茨曲线”理论。改革开放以来,特别是20世纪90年代以来,包括能源在内的市场化进程的加速和加入WTO,大大推进了中国的工业化进程。目前,中国已进入工业化中期和重新重工业化阶段,能源矿产消耗增长态势正处于“环境库兹涅茨曲线”左侧的“爬坡”阶段。若完全遵循发达工业化国家的工业化模式及其能源矿产消耗路径,中国的能源安全和经济可持续性将受到严峻挑战。作为人口大国,中国所面临的巨大能源矿产需求与有限人均能源资源供给(尤其是优质能源相当稀缺)之间的矛盾,以及当前复杂的国际能源经济、政治环境决定了中国在工业化推进阶段就必须注重能源矿产消耗与经济协调发展的协调问题,也就是要在经济稳定增长的前提下推行节能减排,压缩工业化进程中高能耗、高污染状况持续的时间。

为此,中国政府在“十一五”规划中明确提出到该规划期末,单位GDP能耗比2005年降低20%和主要污染物排放总量降低10%的节能减排目标。然而,节能减排政策的执行效果不如预期。“十一五”开局之年的2006年,在31个省(市、区)中,以单位GDP消耗万吨标准煤来衡量的话,只有北京市比上一年下降超过4.4%(实际为5.25%),除此之外的大部分地区都低于3.5%,有的甚至不降反升(如青海增加1.51%);以单位GDP消耗千瓦时电来衡量的话,只有北京和吉林比上一年下降超过4.4%(实际为5.01%和5.15%),有相当多省份不降反升(如内蒙古、宁夏、贵州分别增加11.61%、10.61%、7.04%)^①。整体来看,2006年全国的单位GDP能耗只下降了1.33%,离预定的4%的目标相距甚远。2008年12月国家发改委主任张平向全国人大常委会报告“十一五”规划纲要实施中期情况的资料也显示,在“十一五”规划纲要确定的8个约束性指标中,节能减排的两个指标进展相对滞后。2006、2007两年,单位GDP能耗累计下降仅完成规划目标的26.9%,二氧化硫和化学需氧量排放总量的下降幅度分别只达到规划目标的32%和22%。这表明当前的节能减排形势相当严峻。

实际上,节能减排是一个重大的经济问题,牵涉到发展阶段、产业结构、能源与资本、劳

^①国家统计局,国家发改委,国家能源领导小组:《2006年各省市单位GDP能耗公报》,2007-07-12。

动等要素之间的替代使用,以及能源与经济发展的关系等多方面因素,有很多相关的问题需要统筹考虑。从当前节能减排的政策重点来看,工业部门节能对全国节能将起主导和决定性作用。在 7.5% 的 GDP 增速规划方案下,工业部门可形成节能潜力 5.97 亿 t(吨)标准煤,对完成全国目标节能量的可能贡献率达到 93.2%(戴彦德等,2007)。但是,在政策推行过程中,主要是采用行政命令式的政府策略,很少采用长期激励机制的治理策略。依照这一政策和计划,降低单位 GDP 能耗是主要的政策目标,那些老式的和小型的或者效率太低的高能耗项目、设备、技术将被强制淘汰。在现实中,为了增加财政收入,地方政府暗中对于一些高能耗项目的投资热情依然不减,导致近年来高能耗产业投资增速过快,而且出现了地区盲目竞争与重复建设问题。我们必须认识到,若过度依靠行政手段降低单位 GDP 能耗,可能会陷入为了节能减排而节能减排的短期投机行为的怪圈,导致政策目标与实际结果之间出现很大落差。

正是基于此,本书主要在工业化和经济增长的背景下,结合国际工业化阶段及其能源矿产消耗经验,深入探讨中国工业化进程中的能源矿产消耗表现及其效率问题,而且主要采用全要素能源效率方法来评价能源效率现状及特征,并集中关注经济结构、技术进步、能源市场化改革等变量对能源矿产消耗的影响。

工业化与能源矿产消耗的关系以及相互影响机理是发展经济学、资源环境经济学研究中的重要学术问题,因此,本书的出版具有学术价值和研究意义。具体而言,中国是一个转型经济体,尚处在经济高速增长和能源矿产大量消耗阶段,在此背景下运用现代经济学的方法与工具分析中国工业化进程中的能源矿产消耗情况,有利于丰富发展经济学的相关内容,拓展能源经济领域的经验研究案例。

另外,本书的研究内容对于推动两型社会和生态文明建设,促进低碳经济发展,巩固和完善我国能源安全体系具有一定的现实意义。而且,本书研究视角与中国处于经济转型、体制过渡、工业化推进阶段的国情相吻合,因而研究结论较具有现实意义,能够为当前国家节能减排政策、能源战略及政策的制定与调整提供参考依据。

第二节 相关研究进展

目前的相关研究主要体现在三个方面:一是从宏观上采用经济学的方法研究能源的开发利用,并逐步形成了能源经济学;二是能源与经济增长的因果关系检验;三是单位 GDP 能耗与能源效率。这些相关文献及其成果对本书的研究具有重要的启示意义。

一、能源经济学的发展

能源经济学是经济学的重要分支,它为研究能源问题提供了规范的经济学分析方法和评价手段。一般经济学的基本原理和分析方法适用于能源经济研究。然而,除了与能源技术相关的问题,一些经济学中的问题(如外部性、不确定性、公平性等)在能源经济领域尤其重要(林伯强,2008)。这些问题主要体现在以下几个方面。

(1)工业化中能源矿产的大量消耗导致了环境污染和资源耗竭,市场无法自行解决这类问题,即出现了“市场失灵”(market failure),因而需要政府发挥“修正外部性”的作用。但是,政府往往由于信息缺乏、寻租等原因而造成不正确的修正,从而增强了外部性,即出现了“政府失灵”(government failure)。这就要求政府在公共政策规制过程中处理好政府与市场的关系,若可能的话,政府应尽量使用经济手段来处理这类问题。

(2)矿物燃料储量、未来价格和成本趋势、技术变革、发现新资源储量或新能源品种的机会等等,都包含极大的不确定性。这就需要对能源需求加以控制,以应对随时可能面临的供给约束。

(3)与能源公平相关的问题主要体现在三个方面:国内、国际与代际之间。就国内而言,政府的能源战略和政策原则应该是在支持能源公平的同时不丧失能源效率。就代际而言,战略决策中尽可能考虑后代人的利益是一个至关重要的问题,能源战略甚至应当考虑与生活方式相关的问题。相关的解决方案会对能源资源利用和环境产生深远的影响。在国际上,争取能源和环境公平应当是战略和政策的要点。

能源经济学产生于20世纪70年代,其形成与发展可以分为三个阶段(李虹,2007)。

第一阶段,20世纪70年代以前。这一时期,能源矿产一直被当作原材料而非生产要素,因此没有受到经济学家的普遍关注。这一阶段人们主要研究的是如何充分和最大效率地开发利用能源矿产来满足经济发展的需要,研究重点是单一的能源矿产资源开发利用政策。如20世纪20年代以前,侧重于对煤炭开发的研究(典型代表作,如英国经济学家 William Stanley Jevons 于1865年出版的《煤的问题》);20世纪20年代以后,侧重于对石油开发、输送及利用的研究。这一阶段为能源经济学的诞生奠定了重要基础。

第二阶段,20世纪70年代中期。由于能源危机所引发的石油价格冲击导致经济增长率大幅度下降的现象出现,经济学家们才开始认识到能源矿产和劳动一样对经济也会产生致命的影响,从而开始了对能源经济的研究,能源经济学由此逐渐产生。这时候,人们已经认识到能源矿产资源的有限性,开始寻找能源替代品与互补品,把注意力从各单元研究向系统的综合研究转化,将研究目标转移到能源资源的公平分配、能源资源的有效配置、能源效率的提高以及能源资源的协调发展等问题上。其中,能源价格变动对经济增长率、通货膨胀率、资本市场、劳动力供给以及真实工资的影响成为经济学家们关注的重点。能源经济学正式隆重登上历史舞台,典型著作如1975年 H A Merklein 出版的《能源经济学》、Mickel G Webb 和 Martin J Ricketts 于1979年出版的《能源经济学》等。

第三阶段,20世纪80年代中期以后。过度使用能源矿产导致的环境恶化问题越来越严重,人们开始思考,经济增长为什么不能与人类社会的全面进步同步推进,以资源高消耗为特征的增长为什么会导生态失衡、环境恶化等种种弊端。于是,与能源矿产开发利用相关联的外部性问题开始引起人们的关注,并迅速成为能源经济学研究的热点。

国内能源经济学研究起步较晚。改革开放之前,中国对于能源问题的研究主要局限于技术层面的研究,即从技术角度探讨如何有效生产和消费能源。改革开放以后,中国能源经济学研究,一方面延续20世纪50—60年代对能源技术问题的研究;另一方面则结合经济建设的需要,对能源矿产与经济发展、能源管理、能源工程项目评价、能源规划等经济问题进行了探讨。20世纪80年代末至90年代初以来,随着市场经济体制的逐步确立和经济的不断增长,中国

能源经济学研究有了长足发展,研究成果日益丰硕,研究范围日益拓宽,研究内容日益充实。目前,能源经济学学科体系初步形成,并与国外能源经济学研究正在逐步接轨。但总体来看,学科发展仍然滞后,研究力量还不强,研究水平还有待提高。

二、能源与经济增长的因果关系检验

自 20 世纪 70 年代末以来,学术界对能源与经济增长之间的关系进行了大量的实证研究,但没有得出一致性的结论。这类研究大多采用计量经济学和统计学的新技术(例如,Granger 因果关系检验、Sims 检验)来分析是经济增长导致了能源消耗还是能源消耗推动了经济增长。

在这一研究领域做出开拓性工作的是 Kraft et al(1978),他们发现美国在 1947—1974 年期间,仅存在 GNP 到能源消耗的单向因果关系。此结果意味着实行能源保护政策不会影响 GNP 增长。然而,Akarca and Long(1980)却发现,当使用同样的时间序列数据但比 Kraft et al(1978)更短的样本区间时,不能得出类似的结果,这意味着样本区间的选择可能会影响实证结果。Yu and Hwang(1984)将上述研究的美国数据的样本区间更新为 1947—1979 年,但他们发现能源消耗与 GNP 增长之间不存在因果关系。Yu and Choi(1985)使用美国、英国、波兰、韩国以及菲律宾五国的数据发现,GNP 和能源消耗之间不存在因果关系的国家有美国、英国和波兰,存在 GNP 到能源消耗方向的因果关系的国家是韩国,而存在相反方向因果关系的国家是菲律宾。Erol and Yu(1987)使用六个工业化国家的样本,发现了类似的混合结果。

尽管使用美国二战后的数据得出的经验结果似乎支持中性假设,但有关其他国家的证据却是混合的。Hwang and Gum(1992)发现中国台湾地区的能源消耗与经济增长存在双向因果关系。Masih et al(1997)在一个多元计量经济模型的框架内,检验一些亚洲经济实体(印度、巴基斯坦、马来西亚、新加坡、印度尼西亚、菲律宾、韩国和中国台湾地区)的实际收入与能源消耗之间的因果关系,发现马来西亚、新加坡和菲律宾的能源消耗与收入呈现中性关系,印度存在能源消耗到 GNP 的单向因果关系,印度尼西亚存在反向因果关系,而巴基斯坦和中国台湾地区存在双向因果关系。

Yu and Jin(1992)使用 Engle and Granger(1987)发明的两步法,利用美国 1974—1990 年期间的季度数据,检验了能源消耗与收入之间是否存在长期均衡关系,结果表明,变量之间不存在长期联系。Stern(1993)使用四变量(GDP、劳动力、资本和能源)向量自回归(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,发现虽然不存在总能源消耗到 GDP 的 Granger 因果关系,但若根据燃料构成对最终能源消耗统计进行调整,就会发现能源消耗到 GDP 的 Granger 因果关系。

近年来,许多学者将协整方法(Granger, 1988; Johansen, 1992; Johansen et al, 1992)应用于此研究领域。Stern(2000)使用单方程静态协整分析和多元动态协整分析法推广了他本人(Stern, 1993)的因果关系分析,发现 GDP、资本、劳动力和能源之间存在协整关系。此结果与 Yu and Jin(1992)的关于美国的双变量分析结论相反。该结果为他以前的结论提供了进一步的实证支持。Asafu-Adjaye(2000)应用协整和误差修正模型技术,估计了印度、

印尼、泰国和菲律宾的能源消耗与经济增长之间的关系,结果表明,印度和印尼存在能源消耗到 GDP 的短期单向因果关系,泰国和菲律宾存在双向因果关系,而且泰国和菲律宾的能源、GDP 与能源价格互为因果。该研究表明,除印度和印尼外,其他国家的证据不支持能源和收入互为中性的观点。

Cheng and Lai(1997)应用单位根、协整以及 Granger 因果检验的 Hsiao 程序等技术,检验中国台湾地区 1955—1993 年期间能源消耗与经济增长的关系,结果发现存在 GDP 到能源消耗的单向因果关系。Yang(2000)进一步将样本区间更新为 1954—1997 年,分别考虑 GDP 与各种能源(煤、石油、天然气及电)的关系,结果发现 GDP 与总能源、煤、电三变量分别存在双向因果关系,而天然气与 GDP、GDP 与石油存在单向因果关系。

Soytas and Sari(2003)实证分析了“七国集团”和除中国以外的新兴市场经济国家共 16 国的能源消耗与经济增长的关系,发现所有国家的两个时间序列的水平值都是非平稳的,但其一阶差分都是平稳的。“七国集团”的两个变量之间存在协整关系,土耳其、法国、德国和日本的关系方向是能源消耗到 GDP,意大利和韩国的方向相反,而阿根廷是双向因果关系。

林伯强(2003)在三要素生产函数框架下,应用协整分析和误差修正模型技术研究了中国电力消费与经济增长之间的关系,结果表明:GDP、资本、劳动以及电力消费之间存在着长期均衡关系。该证据支持“中国的电力消费与经济增长具有内生性,并且这两个变量互相联系”的假说。这一结论表明,目的在于提高经济效率的经济改革和产业结构调整可节省能源,而且,采取保护能源以及提高能源利用效率的政策措施有利于促进经济的可持续增长。从短期来看,在市场机制仍不健全的情况下,中国“经济要发展,电力要先行”的发展战略目前仍然有效,适当的“先行”可避免周期性电力短缺带来的经济损失。

王少平、杨继生(2006)通过对中国工业主要行业能源需求和行业经济增长等变量进行综列单位根和综列协整检验与估计,发现工业中 12 个主要行业的能源消耗与行业增长、能源使用效率(基于单位 GDP 能耗的能源生产率)间存在着长期均衡关系,大多数行业对能源具有高消费和强依赖的特点。

吴巧生、陈亮等(2008)运用面板单位根、异质面板协整和基于面板的误差修正模型重新检验中国能源消耗和 GDP 的关系时发现:从长期来看,中国总体存在能源消耗与 GDP 的双向因果关系,同时从区域来看,东部地区只存在从能源消耗到 GDP 的单向因果关系,而中西部地区则存在从 GDP 到能源消耗的单向因果关系;从短期来看,中国总体及东西部地区的能源消耗与 GDP 无因果关系,而中部地区存在能源消耗和 GDP 之间的双向因果关系。

这些实证研究对于理解能源与经济增长的关系提供了很多的经验证据,有助于我们深入认识中国工业化中经济对能源矿产的依赖关系及程度。

三、单位 GDP 能耗与能源效率

近年来,对中国能源效率的研究逐渐增多。这主要起因于国内外学者对中国在 20 世纪后 20 年中能源效率是否有较大改进的争论。20 世纪后 20 年,中国以能源消耗翻一番支撑了 GDP 翻两番,单位 GDP 能耗逐年下降。针对这一现象,有少数学者认为,1990 年中国的能源效率与 10 年前相比没有根本性改进,中国在能源消耗下降的情况下实现经济增长是不可能的(Rawski, 2001)。但是,绝大多数学者认为中国的能源效率提升幅度很大,以低能耗实现经济

高速发展的现象是可以得到解释的。当前的能源效率研究,主要围绕能源效率现状评估和能源效率的影响因素两大方面展开。研究方法主要集中在两个方面:一是单位 GDP 能耗的比较分析,二是单位 GDP 能耗的因素分解分析。目前,最新的进展是用全要素能源效率方法研究能源效率,主要包括参数法和非参数法。这里以研究方法为主线来梳理单位 GDP 能耗与能源效率研究的相关文献。

1. 单位 GDP 能耗比较

人们习惯用单位 GDP 能耗(也称能源消耗强度、能耗强度、能源强度、能源密集度、能源密度)的倒数表示能源效率(有的称之为能源经济效率、能源利用效率、能源生产率)。单位 GDP 能耗随时间而下降可以用来解释能源效率的改进。在整个经济体系以及产业部门背景下,为了了解能源效率的变化,大量研究人员考察了终端使用部门不同时期的单位 GDP 能耗变化。日前相关研究主要采用宏观经济领域的单位 GDP 能耗比较法,以评估当前中国的能源消耗及其效率状况。单位 GDP 能耗越低,能源经济效率就越高。单位 GDP 能耗的比较主要体现在两个方面:一个是国际比较,一个是国内区域之间的比较。

从国际比较来看,大多数研究发现,如果按照汇率法计算,中国的单位 GDP 能耗是日本的 8~9 倍,是世界平均水平的 2~3 倍;但如果按照购买力评价(PPP)计算,则差距明显减少(王庆一,2005)。部分学者对人民币汇率进行一定调整后的估算结果表明,中国的单位 GDP 能耗是日本的 4~5 倍,总体上能耗水平仍然较高(金三林,2006)。如果用能源物理效率作为指标进行比较,则中国比国际先进水平(日本,2002 年为 43%)低 10%左右,大致相当于欧洲 1990 年初的水平 and 日本 1970 年中期水平(蒋金荷,2004;王庆一,2005)。不过,从各大报刊上发现目前比较流行的观点是,中国的单位 GDP 能耗大大高于发达工业化国家及世界平均水平,约为美国的 3 倍、日本的 7.2 倍(范维唐,2001)。这是根据名义汇率法 GDP 数据计算得出的结果,据此推算中国能源效率的提升空间很大。若按照世界银行提供的 PPP 法 GDP 数据来计算,得到的结果又不一样,即中国的单位 GDP 能耗大约是美国的 0.82 倍、日本的 1.21 倍(何祚麻等,2005)。与用汇率法相比,中国与日本的能源利用效率的差距大大缩小,并且超过了美国,似乎令人不可置信。齐志新、陈文颖等(2007b)指出,根据名义汇率法 GDP 数据来计算,会严重高估中国的单位 GDP 能耗,也许这种“夸大”的结果有助于引起对节能降耗问题的重视,但毕竟不是一种科学的态度;而根据世界银行提供的 PPP 数据来计算,则会严重低估中国的单位 GDP 能耗,掩盖问题的严重性。这两种数据,都不能机械地引用和理解,否则就会误入歧途,无助于节能降耗问题的解决。如果根据他们校核的 PPP 数据来计算,中国的单位 GDP 能耗是日本的 1.64 倍,是美国的 1.15 倍,这是一个比较合理的估算,有助于我们对中国的能耗水平做出相对准确的判断。

从区域比较来看,一般认为,随着人均 GDP 的提高,能源效率(能源生产率)存在收敛性。Mulder and De Groot(2003)利用行业数据对经济合作发展组织成员国的能源生产率的差别性和收敛性进行了研究。使用这一研究方法,Miketa and Mudler 在 2005 年搜集了比较详尽的面板数据,对 56 个国家的能源生产率差别性和收敛性进行了研究。他们在计量分析的基础上,认为多数产业部门的能源生产率体现了收敛性,并且不同的国家和地区的能源生产率收敛于不同的水平。Markandya et al(2004)在分析欧盟东扩后不同成员国能源禀赋差异对欧盟经

济的影响时,得出了欧盟新老成员国之间的能源消耗强度存在收敛的结论。

从对中国的研究来看,基本上都认为中国区域之间的单位 GDP 能耗存在较大差异,节能潜力巨大。如邹艳芬和陆宇海(2005)基于单位 GDP 能耗,利用空间自回归模型分析了中国能源利用效率的区域特征,发现中国省域能源利用效率与地区经济发展之间具有明显的空间依赖性,而且空间差异比较明显。

史丹(2006)利用 1990—2004 年省际数据,以国内最高能源效率(单位 GDP 能耗较低的地区为高效率地区)为比较标准,研究发现交通方便、沿海、沿江的东南地区能源效率较高,在全国处于领先地位。无论从绝对趋同还是从条件趋同来看,在当前技术经济发展水平下,中国其他各省(市、区)均有提高能源效率的潜力和可能性。但是,各省(市、区)提高能源效率的潜力各不相同,而且差距很大。提高中国的能源效率需要改变目前地区自我平衡的能源配置方式,使能源流向效率高的地区。各地区在制定节能措施时既要考虑影响能源效率的一般性因素,也要考虑本地区的特殊因素。

高振宇、王益(2006)按照能源生产率水平及变动情形,将中国的部分(29 个)省区划分为能源高效区、中效区和低效区三类,其中能源高效区包括浙江、广东、江苏、江西、广西、山东、上海、湖南、福建、海南,能源中效区包括河北、吉林、陕西、辽宁、北京、黑龙江、天津、云南、安徽、河南、湖北、四川,能源低效区包括宁夏、甘肃、青海、内蒙古、新疆、贵州、山西。在对不同省区能源生产率差异的计量分析中,发现经济发展水平、产业结构特征、投资情况和价格因素是影响能源生产率的重要因素。

齐绍洲、罗威(2007)通过分析 1995—2002 年中国西部 15 省的单位 GDP 能耗和较发达的东部 15 省的单位 GDP 能耗差异与人均 GDP 差异之间的关系,发现东部发达地区与西部不发达地区的人均 GDP 差异存在收敛。随着人均 GDP 差异的收敛,西部与东部地区的单位 GDP 能耗差异也是收敛的,但收敛的速度慢于人均 GDP 的收敛速度。西部与东部地区人均 GDP 的差异每降低 1%,会导致相应的单位 GDP 能耗差异减小 0.487%。而且,西部不同省份在经济增长过程中的能源利用效率是提高还是下降存在差异,其中陕西、云南、河南、安徽、四川、湖南、广西、江西八个省在经济增长、缩小与东部地区人均 GDP 差异的过程中能源利用效率在不断提高。而山西、宁夏、青海、贵州、内蒙古、甘肃六个省在人均 GDP 增长的同时,能源的使用效率在下降。据此,他们认为政府在制定区域经济发展战略时,要鼓励和引导各地区充分利用能源禀赋以及能源利用效率方面的差异进行合作,走能源节约型可持续的区域平衡增长道路。

周建(2008)用地区单位生产总值消耗的千瓦时电表示各地区的能源利用效率,对中国区域经济增长与能源利用效率改进的动态演化机制进行了研究,结果发现省际能源利用效率在空间分布上具有明显的空间依赖性,并非表现出完全随机状态;空间相关性指数极其显著且历年波动很小,表明中国省际能源效率之间的内在作用机制长期存在且相互影响;省际能源效率与经济增长、产业结构、人口数量、技术进步等变量之间存在长期稳定的均衡关系,且长期均衡具有显著的短期修正和波动效应。

杨正林、方齐云(2008)对 1986—2006 年中国地区间能源生产率差异进行 σ 收敛和 β 收敛分析,发现中国地区间能源生产率的总体差异并没有呈现出显著的 σ 收敛,而是表现为不同的阶段性特征。东、中、西部地区能源生产率收敛特征各异:东部地区差异缩小且较为稳定,中部地区经过小幅波动后也趋于收敛,而西部地区差异呈现三个先扩大后缩小的倒“U”型特征。

上述研究为我们了解中国的能源经济效率(单位 GDP 能耗的降低)现状提供了多维度的视角。但是,我们也需要认识到,单位 GDP 能耗的国际比较并不能反映各国实际能源效率的差异。这主要是因为汇率的影响不可比,即便是购买力平价消除了汇率不可比的影响,也会由于各国社会经济结构、消费水平的不同而不可比。因此,采用单位 GDP 能耗指标进行国际比较应该谨慎。由于国内的经济结构相差不大,基于单位 GDP 能耗的区域比较,有利于发现不同区域节能降耗的潜力。但这是一种单要素的能源效率方法,没有考虑到经济发展阶段、产业结构状况以及能源与资本和劳动等要素之间的替代性。中国真实的能源效率潜力到底有多大,能源效率到底呈现什么特征,还值得进一步系统研究。

2. 单位 GDP 能耗因素分解

指数分解分析是一个研究单位 GDP 能耗变化及其作用机理的分析框架。指数分解分析的方法主要有 Laspeyres、Divisia、Paasche、Fisher、Marshall-Edgeworth 和投入产出(input-output)等 10 种之多。在应用研究中,采用拉氏(Laspeyres)和迪氏(Divisia)分解的方法最多,拉氏完全分解和对数平均迪氏分解由于没有分解剩余且易于计算而受到了研究者的青睐。从分解形式来看,包括两种:一是以 t 年(目标年)和 0 年(基准年)的单位 GDP 能耗差值来表示,即 $\Delta I = I_t - I_0$,称为加法形式;二是以 t 年和 0 年的单位 GDP 能耗指数来表示,即 $D = I_t / I_0$,称为乘法形式。通常的做法是将单位 GDP 能耗变化分解为结构效应^①和效率效应^②,以此来考察两者对单位 GDP 能耗变化的贡献。至于分解形式是采用加法还是乘法,Ang and Zhang (2000)的研究表明,两种形式基本各占一半,平分秋色。国外的大部分研究结论表明,部门能源效率的提高(单位 GDP 能耗的下降)对于整体经济单位 GDP 能耗的下降起着主导作用,而经济结构变化则对其影响不大,这可能与发达工业化国家的产业结构趋于成熟、经济结构相对稳定有关。20 世纪 90 年代,尤其是 1995 年以后,指数分解分析用于研究能源消耗所引起的废气排放问题日渐趋多,所得结论与单位 GDP 能耗分解分析类似,即部门单位 GDP 能耗是碳排放(或硫排放、氮排放)的主要影响因素。此外,还有学者利用指数分解法研究跨国(地区)的能源消耗和废气排放的差别问题(Ang and Zhang, 1999)。

在对中国的单位 GDP 能耗因素分解研究中,形成了三种具有代表性的意见:技术进步决定论、阶段贡献变化论和分解层次影响论。

(1)技术进步决定论,即认为技术进步是中国能源效率提高的决定性因素,这是大部分学者得出的共性结论。如 Huang(1993)认为中国 20 世纪 80 年代能源效率提高有 73%~87% 归功于技术进步因素。Sinton and Levine(1994)也认为有一半以上的原因归结于技术进步。Garbaccio et al(1999)研究发现,1987—1992 年间结构变化实际上增加了单位 GDP 能耗。王玉潜(2003)通过建立单位 GDP 能耗的投入产出模型和因素分析模型,对 1987—1997 年间中国单位 GDP 能耗变动的原因进行分析,结果发现产业结构的调整对降低单位产出能耗的作用是负面的。韩智勇、魏一鸣等(2004)将单位 GDP 能耗变化分解为结构份额和效率份额,提出了结构份额和效率份额的计算方法,并对中国单位 GDP 能耗变化中的结构份额和效率份额进行了定量分析,结果表明,1998—2000 年间中国单位 GDP 能耗下降的主要动力来自于各产业

①由于产业结构变化所引起的能源强度变化。

②由于产业(部门)能源强度变化所引起的整体能源强度变化,有些文献也将其称为技术效应。

能源利用效率的提高(单位 GDP 能耗的下降),其中工业部门单位 GDP 能耗下降是整体经济单位 GDP 能耗下降的主要原因。齐志新、陈文颖(2006)应用拉氏因素分解法,分析了 1980—2003 年间中国单位 GDP 能耗以及 1993—2003 年工业部门单位 GDP 能耗下降的原因,发现技术进步是中国能源效率提高的决定因素。吴巧生、成金华(2006a,b)运用拉氏指数及其分解模型,对中国单位 GDP 能耗进行分解,发现中国单位 GDP 能耗下降主要是各产业能源使用效率提高的结果,相对于效率份额,结构份额对单位 GDP 能耗的影响也少得多。除了少数年份外,产业结构的调整对降低单位 GDP 能耗的作用是负面的。高振宇、王益(2007)运用对数平均迪氏指数法,对中国“六五”时期以来生产用能源的消耗情况进行分解分析,发现产业内能源效率的提高是中国能源节约的主要因素。上述这些研究虽然采用的数据时段及具体方法有所差异,但所得到的结论基本一致,即产业结构的变动对单位 GDP 能耗的影响不大,单位 GDP 能耗的下降主要是因为各产业部门能源强度(技术进步)的下降。

(2)阶段贡献变化论,即认为在不同阶段,产业结构因素和技术因素对单位 GDP 能耗的下降具有不同的作用。史丹等(2002;2003a)利用结构指数分析了 1980—2000 年间产业结构变动对单位 GDP 能耗的影响,结果表明,1990 年以前产业结构变动降低了单位 GDP 能耗,而这之后却增加了单位 GDP 能耗。周勇、李廉水(2006)的研究表明,1980—1990 年期间,产业结构因素和产业部门单位 GDP 能耗因素对中国总体单位 GDP 能耗下降都有正向显著作用;1991—2001 年期间,产业结构因素作用减弱且朝反方向作用,产业部门单位 GDP 能耗因素的作用进一步加强;2002—2003 年期间,两个因素都促进了整体单位 GDP 能耗的上升。张军、刘君(2008)研究指出,1998—2003 年间工业部门的能源节约完全是由能源强度的下降所贡献;1998—2003 年间结构变动效应对能源消耗主要起增量作用,而能源消耗强度效应对能源消耗起减量作用。

(3)分解层次影响论,即认为分解层次的差异影响了分解结果。刘红玖、陶全(2002)在 1 位码到 4 位码的不同分解层次下研究了中国单位 GDP 能耗下降的原因,结果发现分解层次越多,行业结构变化对单位 GDP 能耗下降的作用越强;采用 3 位码分类时,产业结构变化对能源效率(单位 GDP 能耗下降)的影响最明显,贡献率达 41%。姚愉芳、陈杰等(2007)认为,目前关于中国单位 GDP 能耗因素分解中的效率贡献和结构贡献的计算方法是不确切的,通过对部门单位 GDP 能耗进行再分解,结果表明,1995—2004 年间行业结构变化对单位 GDP 能耗的影响很大,贡献率达 60%以上。

指数分解分析为研究单位 GDP 能耗的发展演变及作用机理提供了一个很好的分析框架,它将单位 GDP 能耗变化归结为结构变动和效率改进两个因素的影响,并在此基础上,分别计算结构和效率对单位 GDP 能耗变化的贡献。显然,这种方法直观明了,有利于抓住单位 GDP 能耗的主要影响因素从而进行实证研究,对宏观政策制定也有较高的参考价值。但该方法的缺陷也是明显的(张炎治等,2008)。这些缺陷主要体现在以下几个方面。①对于发展中国家,尤其是对中国来说,经济增长模式的转变是一个长期的过程,其中面临着诸多不确定性。而单位 GDP 能耗的变化很难单纯地以结构和技术来解释,如果分解层次过粗,则结构效应和技术效应还存在交叉。②部门单位 GDP 能耗变化^①受单位产品能耗、产品结构、产品附加值变化

①在指数分解分析中对应于效率效应或技术效应。

的共同影响,效率仅仅体现在由于终端能源利用效率提高(由技术进步引起)而使单位产品能耗降低方面,其他两个因素属于结构因素。换言之,由于现有研究的分解指标过于宽泛从而高估了效率的作用,如果非要说是技术效应,那也是结构变化所带来的配置效应的外溢和示范。③由于受数据可获性的限制,分解大多只能在1位数和2位数编码的行业层次进行,研究结果也只能提供一个总体和模糊的政策改进方向,难以落实到具体的操作层面。由此,有理由认为,目前大多数的指数分解分析所得出的结论是模糊的,仅仅是单位GDP能耗变化的一种表征,而不能挖掘出深层次的动因,因为结构变化和效率改进可能受一些更为根本性的因素所制约。

3. 全要素能源效率

采用单位GDP能耗来衡量能源效率,虽然计算较为简便,但却夸大了能源效率,且忽略了各投入要素间的相互替代作用。实际上,能源本身并不会带来任何产出,必须结合其他相关要素(如资本、劳动)。全要素能源效率能更好地反映客观实际,能源效率的提高也依赖于全要素生产效率的改善(Boy and Pang, 2000)。

目前一些研究已经跳出传统的单位GDP能耗分析框架,在一个新的框架内考察能源效率问题,即将能源作为多种投入的一种,考虑到了投入要素替代在实现能源效率中的作用。基于生产函数的全要素能源效率方法开始在研究实践中得到应用。比如Chan and Mountain (1990)将能源生产率指数分解为投入组合变化效应与技术进步效应两个部分。在实际应用中,基于参数法和非参数法的全要素能源效率颇受欢迎,典型的参数法如随机前沿函数法(SFA),非参数法如数据包络分析(DEA)。Boyd and Pang(2000)使用DEA测度了平板玻璃与瓶罐玻璃产业工厂层次上的生产率,利用回归分析,他们估计得出了工厂之间单位GDP能耗差异是由于工厂生产率水平以及其他经济变量差异的结论。这一结论表明,单位GDP能耗与工厂生产率水平之间具有重要的关联性。史丹、吴利学等(2008)基于随机前沿生产函数的方差分解,考察了中国能源效率的地区差异及其成因,认为只有改善中西部地区的资源配置效率并促进区域间的技术扩散,才能有效提高落后地区的能源利用效率。

与SFA相比,DEA更适合于在全要素生产函数理论框架下计算某种投入要素的利用率。因此,利用非参数的DEA模型分析能源效率将成为一种新的趋势。在实际应用中,这一新的能源效率测度方法将大大胜过基于单位GDP能耗的传统能源效率方法。Hu and Wang (2006)采用规模报酬不变(CRS)DEA模型,估算了1995—2002年间中国省际目标能源投入量,并将目标能源投入与实际能源投入的比值界定为全要素能源效率,发现东部能源效率最高而中部最低。这是目前文献中使用全要素方法分析中国能源效率问题的探索之作。魏楚、沈满洪(2007a,b)基本上延续了Hu and Wang的研究方法,采用1995—2004年的分省数据对各地区的能源效率做了计算,得到的结论是中国能源效率的演变呈倒“U”型,并且能源效率的区域分布按东北老工业基地、东部、中部和西部逐级递减。之后,杨红亮、史丹(2008)对单要素能源效率和全要素能源效率进行了对比,并以2005年数据对中国各地区的能源效率进行了测算,结果表明基于全要素的能源效率指标在揭示一个地区资源禀赋对能源效率的影响方面有着单要素方法替代不了的优势。王群伟、周德群(2008)和师博、沈坤荣(2008)也利用DEA方法测算了中国的全要素能源效率,得出了一些有意义的结论。

然而,大多数研究在采用DEA方法时仅计算了基于技术效率模型的能源效率,也少见对

投入与产出之间的时滞进行处理。更重要的是,相关研究对于生产前沿的构建类型没有做出说明,实际上,他们所构建的是当期前沿,没有考虑到技术进步因素。Mukherjee et al (2008a, b)将该方法进行了拓展,提出了基于能源投入最小化、成本最小化、产能利用率调整等几种基于不同目标、更为全面的 DEA 能源效率测度模型,并基于美国制造业和印度制造业的数据进行了实证分析。在此基础上,李世祥、成金华(2008a, b; 2009)利用该方法测算了中国省际和主要工业行业的能源效率。这些应用性的研究表明,非参数法在评价能源效率方面具有较强的适用性与解释力,也代表了当前能源效率研究的前沿方向和主流趋势。

四、简要评述

在工业化和经济发展必须消耗能源矿产的前提下,节约能源主要是通过提高能源效率来实现。能源效率是今后中国能源安全的核心要素。转变经济发展方式和能源消耗模式、提高能源效率是解决中国工业化中能源约束问题的根本出路。

综合来看,已有的相关研究并未对中国工业化进程中的能源消耗及其效率现状、特征及其影响因素给予明确而系统的考察与解释。现有的研究基本上是单就某一个具体的问题展开分析,相关成果也比较零散。而且,这些研究大都是基于单位 GDP 能耗可以表征能源效率这一假设的。应用非参数前沿方法来分析中国能源效率的相关研究还比较少,才刚刚起步,也不系统深入,值得进一步研究。

当前单纯降低单位 GDP 能耗的节能减排目标不一定能在一个“五年”规划期内就实现,它受制于发展阶段以及相应的经济结构、要素禀赋结构。我们的主要目标应该不在于节能减排本身,而在于以节能减排推动中国经济发展方式的转变,支撑中国经济在资源环境的约束下实现可持续发展,从而使中国最终实现工业化和现代化。因此,我们需要将节能减排放在工业化和经济发展阶段的国际国内背景下来理解,注重建立旨在调动市场主体参与积极性的长效机制。要理解这个问题,我们有必要结合国际经验,审视在工业化迅速推进的这十多年,中国的能源矿产消耗及其效率究竟呈现什么样的特征,为什么会呈现这样的特征。面对中国当前能源消耗的现状,其效率提高的源泉、动态发展的轨迹、区域差异等问题都值得关注。这需要结合经济发展阶段、要素禀赋结构以及一定经济激励机制下不同要素之间的替代情形来综合考察,而不能只是简单地考察单位 GDP 能耗的变动情况。这些相关研究在当前还不系统深入,而这正是本书研究尝试解决的问题。这是一项比较新的研究工作,对于促进国内节能减排和能源效率的深入研究具有重要意义。

第三节 研究思路及方法

一、研究思路

本研究结合工业化和经济增长的背景,较为系统地分析了工业化与能源矿产消耗的国际经验与中国表现,并从理论、实证与政策三个方面构建一个较为完整、合理的中国能源矿产消耗及其效率研究框架。首先,对工业化、能源矿产消耗与能源效率进行一般理论分析。接着,

考察中国的工业化现状与特点,以及工业化进程中的能源矿产消耗特征,并对此进行了较为详细的解释。然后,采用全要素能源效率方法与模型对中国工业化进程中的能源效率进行评价。在此基础上,结合中国能源经济的实际,从结构变动、技术进步与能源市场化改革的角度研究中国工业化进程中的能源效率影响因素。最后,结合理论与实证研究结果,对未来中国工业化中能源效率提升的战略重点与政策途径进行分析。

二、研究方法

在研究方法方面,力求做到实证分析与规范研究相结合、定性分析与定量分析相结合、文献梳理与研究创新相结合。

1. 实证分析与规范研究相结合

一方面,从研究类型看,本书研究属于对中国现实经济问题的研究,因此,实证分析方法将是主要研究方法。另一方面,为了体现出对现实问题的关注和对政策实践的指导意义,在实证分析的基础上也注重运用规范分析方法,从而引申出具有启示意义的政策含义。

2. 定性分析与定量分析相结合

目前中国正处于经济转型、体制过渡、工业化推进阶段,其能源经济领域表现出了一些特殊性,这就需要在研究过程中结合中国的实际进行理论归纳与研究假设。在理论归纳与研究假设的基础上,进一步进行实证检验与深入分析也是非常必要的。这就需要做到定性分析与定量分析的有机结合。

3. 文献梳理与研究创新相结合

在前人研究的基础上进行拓展是科学研究工作的基本要义。系统梳理经济学以及能源经济领域的相关研究成果,包括一些重要的研究方法、经验数据、基本结论等,能够为本书研究提供重要支持。当然,本书研究中也尽量运用科学的研究方法,对现有研究进行拓展与创新,不断地丰富和完善相关理论。

此外,本书研究也体现了政策分析的方法论特征。政策分析是一个由多种学科、多种理论、多种模型和多种方法组成的综合研究领域。具体到本研究,一是体现了多学科的交叉,如能源矿产消耗及其效率体现了能源经济学的研究范畴,最优决策中的数据包络分析法体现了管理科学与工程的研究范畴,能源战略与政策体现了公共管理的研究范畴;二是体现了多种理论的交融,如工业化理论、资源经济理论、全要素生产率理论的有机融合;三是体现了多种模型的运用,如不同目标情形下的能源效率评价模型、能源效率影响因素分析的 Tobit 计量模型;四是体现了多种方法的组合运用,如实证分析与规范研究相结合、定性分析与定量分析相结合、文献梳理与研究创新相结合。

本书研究的技术路线如图 1-1 所示。