

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2015.01.005

基于投入产出模型的区域间能源流分析方法研究

陈晖

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: 能源规划本质是满足社会能源消费需求, 从能源消费端出发, 计算蕴含在商品中的能源消费量, 可以分析中国各省域体现能源消费量和省域间能源流, 更好地区分节能减排责任, 避免过高或者过低的压力。建立了 2002 年中国内地 30 省域 29 行业的区域间投入产出表, 计算了中国体现能系数数据库, 并选取北京、山西和广东作为资源依赖性、资源供给型和市场交互型的省域典型, 呈现其各自的基于消费的能源状况。

关键词: 能源; 区域间投入产出; 资源依赖性; 资源供给型; 市场交互型

中图分类号: F206; F223

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2015)01-0026-06

Research on Interregional Energy Analysis with Input-output Model

CHEN Hui

(Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd. of China Energy Engineering Group, Guangzhou 510663, China)

Abstract: To meet the social demand, energy planning should be designed from the aspect of energy consumption, which energy embodied in goods can be measured. With consumption-based energy planning, embodied energy consumptions and energy flows among provinces in China can be revealed to avoided unnecessary pressures for these provinces. In this paper, Interregional input-output table of China is built, and embodied energy intensities can be calculated. Beijing, Shanxi and Guangdong are chosen as cases of three kinds of typical provincial regions which include the type of resource dependency, resource supply and market interaction, respectively.

Key words: energy; interregional input-output analysis; resource dependency; resource supply; market interaction

能源规划就是在对能源资源、生产消费历史及现状的调查和分析研究基础上, 根据国民经济和社会发展目标对能源的需求, 以及资源和环境制约的情况下, 制定能源发展的长远规划。能源规划的一个主要目的是确定社会对能源系统的需求和能源系统的发展方向。因此, 从能源消费端出发, 计算蕴含在商品中的能源消费量, 可以分析中国各省域体现能源消费量和省域间能流, 更好地区分各省的节能减排责任, 避免承担不尽合理的压力。

1 思路 and 原则

1.1 思路

整个研究的实施过程如下:

1) 构建区域间能源投入产出分析框架

建立基于国内的区域间系统投入产出测算框架, 构建区域间体现能核算体系。

2) 构建区域间投入产出表

参照以往构建区域间投入产出表的方法, 获取区域间流量数据, 利用运输量分布系数和引力模型, 在中国 2002 年 30 省域的投入产出表的基础上, 构建中国区域间投入产出表。

3) 构建基础支持数据库

利用官方统计年鉴、相关数据库、公开科技论文等资料, 获取中国各省域各行业的相关环境统计数据, 建立能源投入的基础支持数据库。

4) 投入产出测算

在调研数据和所建立区域间投入产出表的支持下, 运用投入产出法, 计算体现能强度, 并进行后续结果测算和讨论。

1.2 原则

计算和分析主要遵循以下原则:

1) 中国区域间投入产出表由各省域的投入产出

收稿日期: 2014-10-18

作者简介: 陈晖(1985), 男, 江西吉安人, 博士, 主要从事能源规划咨询的工作(e-mail)huichen@pku.edu.cn.

表统和得到，各省域遵守能源守恒的原则。

2) 采用运输量分布系数方法，假定从某一地区向其他地区的物质运输量的分配比例与物资中某重要产品的分配比例相同，则该产品的运输量分布系数可以被近似认为是生产该产品行业的贸易参数。

3) 采用被广泛使用的压力模型，根据各区域的产品供给量、需求量和贸易参数，计算供给系数矩阵。

4) 利用全套中国各区域的投入产出表和供给系数矩阵，计算获取中国区域间投入产出表。

2 中国区域间体现能分析框架

中国区域间体现能分析框架包括三个部分，一是建立中国区域间投入产出表，二是创建基于消费的区域间能源投入产出模型，三是定义一系列的分析指标，下文将分别介绍。

2.1 区域间投入产出表的建立

我国在多区域投入产出表的研制和应用上起步较晚。国家信息中心和日本的亚洲经济研究研究所 (IDE) 于 1989 年开始联合编制投入产出表，并完成了《1985 年中国投入产出表》、《中国进口矩阵》和《中日联接投入产出表》、《1985 年中日国际投入产出表》。2001—2003 年，中日双方合作完成了按照 1997 年的中国区域间投入产出表 (Multi-regional input-output Model for China) 的研制工作，该模型划分为 8 个区域，共计 30 个部门^[1]。

为编制区域间投入产出表，首先需要的是整套完整的中国各区域投入产出表，可从相关年鉴资料和各区域统计局网站下载获得。中国区域间产品的流量数据通过相关资料获取^[2-3]。

在获取区域间产品流量数据后，根据井原提出的计算方法^[4]，按如下公式计算贸易参数：

$$Q^{rs} = \frac{H^{rs} H^{ro}}{H^{ro} H^{os}} \quad (1)$$

式(1)中： H^{rs} 是从 r 地区到 s 地区的产品运输量， H^{ro} 是 r 地区的所有产品的总发送量， H^{os} 是 s 地区的所有产品的总接受量， H^{oo} 是全部地区的所有产品的总发送量。

按照 Leontief^[5] 提出的引力模型，第 i 种产品从 p 地区到 q 地区的流量计算如下：

$$X_i^{rs} = \frac{X_i^{ro} X_i^{os}}{\sum_{r=1}^m X_i^r} Q_i^{rs} \quad (2)$$

式中： $\sum_{r=1}^m X_i^r$ 是全部地区的第 i 种产品之和。 X_i^{ro} 是 r 地区第 i 种产品的产量， X_i^{os} 是 s 地区第 i 种产品的使用量。

该公式实质上是表达这样一种物理含义： r 地区供应 s 地区第 i 种产品的数量与 r 地区第 i 种产品的产量大小成正比；与 s 地区第 i 种产品的使用量大小成反比；与全国总产量成反比，即全国总产量越大，那么别的地区供应 r 地区的数量就越大，而 r 地区供应 s 地区的数量就会减少。随后，供应系数定义如下：

$$t_i^{rs} = \frac{X_i^{rs}}{\sum_{r=1}^m X_i^r} \quad (3)$$

每个省级区域包括 29 个部门，详见表 1。

表 1 投入产出表中部门分类

Table 1 Formal Industrial Sectors in Input-Output Tables

编号	部门
1	农林牧渔业
2	煤炭开采和洗选业
3	石油和天然气开采业
4	金属矿采选业
5	非金属矿及其他矿采选业
6	食品制造及烟草加工业
7	纺织业
8	纺织服装鞋帽皮革毛皮羽绒(绒)及其制品业
9	木材加工及家具制造业
10	造纸印刷及文教体育用品制造业
11	石油加工、炼焦及核燃料加工业
12	化学工业
13	非金属矿物制品业
14	金属冶炼及压延加工业
15	金属制品业
16	通用、专用设备制造业
17	交通运输设备制造业
18	电气机械及器材制造业
19	通信设备、计算机及其他电子设备制造业
20	仪器仪表及文化、办公用机械制造业
21	工艺品及其他制造业
22	废品废料
23	电力、热力的生产和供应业
24	燃气生产和供应业
25	水的生产和供应业
26	建筑业
27	交通运输、仓储及邮电通讯业
28	批发和零售贸易业、餐饮业
29	其他行业

首先从相关年鉴资料中获取各省域区域的投入产出表,利用中国的30个区域(西藏没有编制投入产出表)自身的投入产出表计算出各自的投入产出系数矩阵后,再利用中国30区域的投入产出表,建立中间投入、最终使用和总产出的基本矩阵形式。按式(3)求解出完整的供应系数矩阵后,基本矩阵形式左乘供给系数矩阵,即可以获得中国区域间投入产出表。

2.2 区域间能源投入产出模型的创建

在计算得到的区域间经济投入产出表下方添加煤炭、油类、天然气的直接投入向量和直接碳排放量向量,从而创建基于消费的区域间能源投入产出模型。煤炭、汽油、柴油、燃料油和天然气30个区域的分行业能源投入量数据的获取是一个繁琐的工作,根据已有年鉴资料^[6-9],并参考已有的数据整理方式^[10-12],整合获得该基础数据库。

中国2002年区域间能源投入产出模型将计算获取的30区域29部门的中国区域间的投入产出,模型的中间投入产出部分视为一个870行870列的整体,因此某种能源的体现强度计算为:

$$\boldsymbol{\varepsilon}_i^c = \mathbf{E}_i(\hat{\mathbf{X}} - \mathbf{Z})^{-1} \quad (4)$$

式(4)中: $\boldsymbol{\varepsilon}_i^c$ 代表第*i*种能源的体现强度,是一个870列的向量; \mathbf{E}_i 代表第*i*种能源的直接投入量,是一个870列的向量; $\hat{\mathbf{X}}$ 是由总产出向量转换而成的总产出对角矩阵,为870行870列; \mathbf{Z} 是区域间投入产出模型中的中间投入产出矩阵,为870行870列。

2.3 分析指标的定义

定义了一系列的分析,具体如下:

1) 调入体现能源量

调入体现能源量是指蕴含在某区域的调入量的体现能源量,代表生产所调入的商品和服务过程中所消耗的直接和间接能源,计算公式为:

$$E_{\text{mimi}} = \sum_{s=1}^{30} \sum_{j=1}^{29} \boldsymbol{\varepsilon}_{Ej}^s l_{mj}^s (s \neq i) \quad (5)$$

式(5)中: E_{mimi} 表示蕴含在区域*i*的所有调入商品和服务体现能源量, $\boldsymbol{\varepsilon}_{Ej}^s$ 代表区域*s*的第*j*个行业的体现能强度, l_{mj}^s 代表区域*s*的第*j*个行业对区域*i*的调入量。由于调入来源于其他区域的不同行业,需要区分不同区域的相同行业的体现能强度,因此调入体现能源量的计算工作量较大。

2) 调出体现能源量

调出体现能源量是指蕴含在某区域的调出量的体现能源量,代表生产所调出的商品和服务过程中所消耗的直接和间接能源,计算公式为:

$$E_{\text{mexi}} = \sum_{s=1}^{30} \sum_{j=1}^{29} \boldsymbol{\varepsilon}_{Ej}^i E_{xj}^s (s \neq i) \quad (6)$$

式(6)中: E_{mexi} 表示蕴含在区域*i*的所有调出商品和服务体现能源量, $\boldsymbol{\varepsilon}_{Ej}^i$ 代表区域*i*的第*j*个行业的体现能强度, E_{xj}^s 代表区域*i*第*j*个行业对区域*s*的调出量。调出量统一来源于区域*i*,仅仅需要区分该区域不同行业的体现能强度,因此调出体现能源量的计算工作量远小于调入体现能源量。

3 典型省域分析结果

鉴于农业已经不再成为各省域的支撑性产业,传统的农业省和工业省的区分方法已经无法描摹中国省域的发展现状,因此,本文按照资源禀赋^[12]和商品交流方式,选取典型省域,通过比较分析,揭示不同类型的中国省域的特点。

3.1 北京

北京作为中国的政治中心,在历史上就长期依靠南方对北方的补给而生存,北京的能源、粮食、甚至水资源,都愈来愈依靠外地的投入,因此选择北京作为“资源依赖型”的典型样本。

图1和图2分别列出了北京对其他省域的调入和调出的体现能源量。总体而言,北京调入体现能源量为调出体现能源量的1.8倍,证明北京的确属于资源依赖性省域。对北京调入体现能源量贡献最大的是河北、内蒙和广东。河北作为重点钢铁基地,生产出的大量高体现能强度的钢铁输运到北京。内蒙是中国第二大的煤炭供应基地,加上其在地理位置上靠近北京,因此也给北京输送了大量的煤炭制成品。广东工业发达,输送了大量电子产品、电气机械产品等工业制成品以满足北京的日常需要,因此广东对北京的调入体现能源量也较高。北京的调出体现能源量主要输往河北、天津和广东等省域,对山西和内蒙的回馈较少。

3.2 山西

中国部分省份将其能源输运到全国省域支持各地的经济发展,该类省份被称为“资源供给型”省域,主要包括为全国供给煤炭的山西、内蒙、陕西,为全国供给石油的黑龙江和新疆,以及为全国供给石油和天然气的新疆。

图5和图6分别列出了广东对其他省域的调入和调出量的体现能源量。总体而言,广东调入体现能源量为调出体现能源量的1.3倍,证明广东的确属于发展较为均衡的“市场交互型”省份。对广东调入体现能源量贡献最大的是浙江、河北和上海。浙江、上海和广东同为经济发达地区,之间的商业交流活跃,这也使得浙江和上海对广东的调入体现能源量较高。广东的调出体现能源量的前三个输出为浙江、江苏和北京。

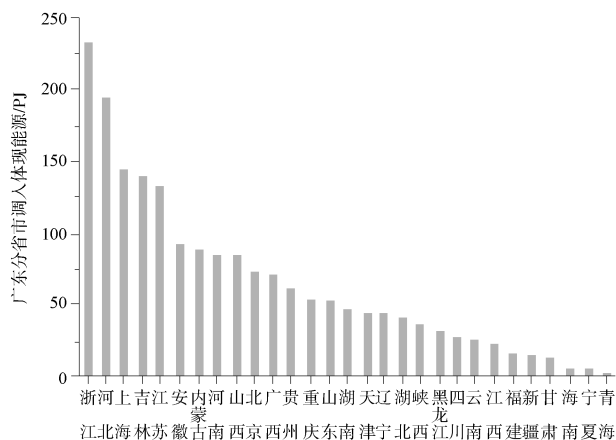


图5 广东分省域调入体现能源量

Fig. 5 Energy Embodied in Provincial Imports of Guangdong

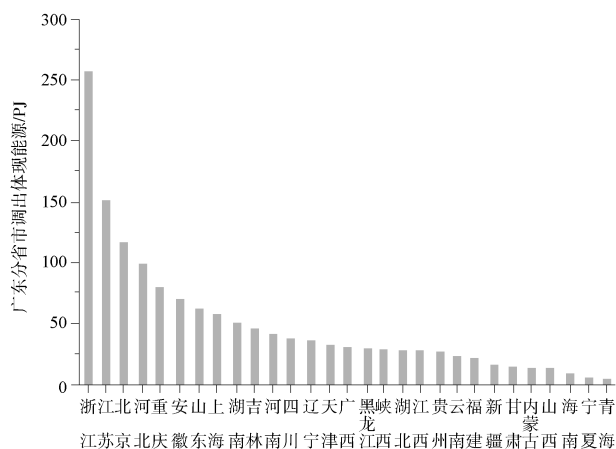


图6 广东分省域调出体现能源量

Fig. 6 Energy Embodied in Provincial Exports of Guangdong

考虑到广东以民营经济为主体的高度市场交互性,有必要按照行业同时细化调入和调出体现能源量,结果列于图7和图8中。

由图7可见,广东分行业调入体现能源量中,行业23(电力、热力的生产和供应业)、19(通信设备、计算机及其他电子设备制造业)和12(化学工业)分别居前三位。广东工业生产发达,需要大量

的电力,因此建设了一系列的火电厂,相应需要从外界输入大量的化石能源用以发电,因此行业23(电力、热力的生产和供应业)的调入体现能源量最高。广东电子设备制造业高度发达,因此行业19(通信设备、计算机及其他电子设备制造业)的调入体现能源量也较高。行业12(化学工业)缺乏广东本地的化工原料支持,需要从外地调入,使得其体现能源量也较高。

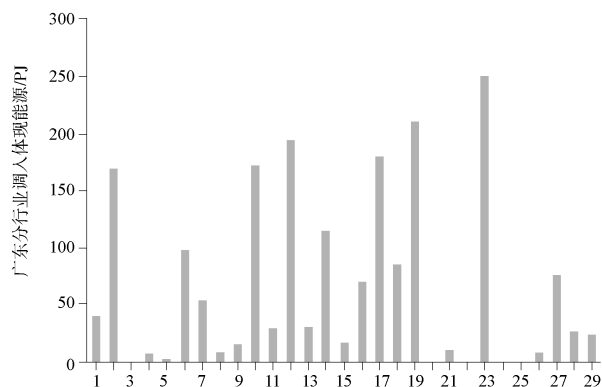


图7 广东分行业调入体现能源量

Fig. 7 Energy Embodied in Industrial Imports of Guangdong

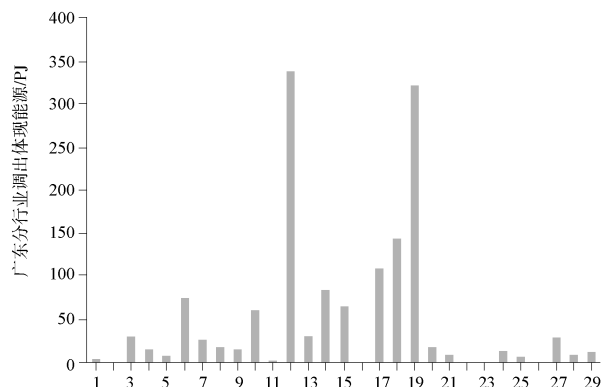


图8 广东分行业调出体现能源量

Fig. 8 Energy Embodied in Industrial Exports of Guangdong

由图8可见,广东分行业调出体现能源量中,行业12(化学工业)、19(通信设备、计算机及其他电子设备制造业)和18(电气机械及器材制造业)分别居前三位。电子设备和电气机械是广东的支柱型产业,大量的电子产品和电气产品由广东输送到全国各地,也伴随着相应的体现能流。

4 结论

本文主要完成了以下结果:

1) 构建了中国区域间能源投入产出表和分析模

型, 根据中国区域间代表性行业产品流量数据, 按照运输量分布系数方法和压力模型, 计算供给系数矩阵, 进而创建中国30省市区域间投入产出表(不计西藏)。建立能源投入的基础支持数据库, 利用区域间投入产出表, 构建中国区域间能源投入产出分析模型。

2) 建立了中国区域间体现能的指标分析方法, 定义了调入和调出体现能源量, 建立了中国区域间体现能指标分析方法。

3) 阐明了中国典型省市分析结果, 选取北京、山西、广东分别作为“资源依赖型”、“资源供给型”和“市场交互型”三类典型省市的样本, 分别描摹其分省市和分行业的体现能状况。

从结果可以发现基于生产端和基于消费端两种方法在区分节能减排责任上的差异, 以广东为例, 从能源生产端来看, 广东能源输出量是远低于能源输入量的, 广东的节能减排任务量相对于经济不发达省份是较为沉重的。如果按照谁消费谁负责的原则, 广东耗费能源生产的商品通过贸易的方式供给其他省份消费, 蕴含在这部分商品中的能源消费应由商品消费省份承担相应的节能减排责任。从计算结果来看, 广东省调入和调出体现能源量在数值上较为接近。

参考文献:

- [1] 国家信息中心. 中国区域间投入产出表 [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2005.
- [2] 国家统计局. 中国交通年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社,

2003.

- [3] 铁道部统计中心. 全国铁路历史统计资料汇编 1949—2006 [G]. 北京: 中国铁道出版社, 2008.
- [4] 井原健雄. 地域的经济分析 [M]. 日本: 中央经济社, 1996.
- [5] LEONTIEF W, STROUT A. Multiregional Input-Output Analysis [G]//TIBOR Barna ed. Structural Interdependence and Economic Development. London: St. Martin's Press, 1963: 119—149.
- [6] 国家统计局能源统计司. 中国能源统计年鉴 2007 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2008.
- [7] 山西省统计局. 山西统计年鉴 2002 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2003.
- [8] 山西省统计局. 山东统计年鉴 2002 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2003.
- [9] 河北省统计局. 天津统计年鉴 2002 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2003.
- [10] ZHANG B, CHEN G Q. Methane Emissions by Chinese Economy: Inventory and Embodiment Analysis [J]. Energy Policy, 2010(38): 4304—4316.
- [11] ZHOU S Y, CHEN H, LI S C. Resources Use and Greenhouse Gas Emissions in Urban Economy: Ecological Input-output Modeling for Beijing 2002 [J]. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 2010(15): 3201—3231.
- [12] 孙小兵. 世界能源新格局下中国的能源安全问题 [J]. 南方能源建设, 2014, 1(1): 16—25.
- SUN Xiaobing. Discussion of China's Energy Security in the New World Energy Pattern [J]. Energy Construction, 2014, 1(1): 16—25.

(责任编辑 林希平)

订 阅

《南方能源建设》的办刊宗旨立足于为能源行业尤其是电力行业工程建设提供技术支持和信息服务, 推广新理论、新技术的工程应用, 提高我国能源建设质量和技术水平。主要面向全国能源行业尤其是电力行业设计、建设、制造等企业、以及相关的研究机构 and 高等院校的广大工程技术人员、管理人员、专家学者等。本刊设有能源资讯、专家论坛、规划咨询、勘测设计、施工建设、装备制造、工程管理、投资运营、运行维护、案例分析、简讯等栏目, 将优先报道节能减排、低碳环保等技术研究和工程应用以及风能、太阳能、生物质能、海洋能等可再生能源的技术研究及工程建设。

出版周期: 季刊(季末25号)

订阅年价: 60元

国内刊号: CN 44—1715/TK

国际刊号: ISSN 2095—8676

本刊联系电话: 020—32116683; 32118086 传真: 020—32117518