



郭朝先 胡雨朦. 全球生产分工体系下隐含能源跨境转移研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(12): 26-35. [Guo Chaoxian, Hu Yumeng. Research on the cross-border transfer of embodied energy under global production division system[J]. China population, resources and environment, 2019, 29(12): 26-35.]

全球生产分工体系下隐含能源跨境转移研究

郭朝先¹ 胡雨朦²

(1. 中国社会科学院工业经济研究所, 北京 100836; 2. 中国社会科学院研究生院, 北京 102488)

摘要 本文通过构建能源多区域投入产出模型, 利用 WIOD 世界投入产出表数据, 讨论了全球及主要经济体的隐含能源消耗情况, 重点根据三大类国际贸易模式的不同引致作用对隐含能源消耗进行分解, 分析了中国对外贸易中涉及的隐含能源跨境转移情况。文章将一国隐含能源消耗总量分解为两大部分: 一是通过国内经济活动引致的隐含能源消耗量; 二是通过国际贸易活动引致的隐含能源消耗量, 后者又分为最终产品贸易、中间品贸易、全球价值链贸易等三种不同贸易模式相关的隐含能源消耗量, 而全球价值链贸易相关项进一步按照最终是否转移到本国而被分解为两小类。研究发现: ①全球国际贸易相关的隐含能源消耗量占消耗总量的比率约 23%, 中间品贸易模式相关份额占其中的近一半, 约 11%, GVC 贸易模式相关的份额具有“基数小、增长快”的特点。②各国隐含能源消耗按照不同贸易模式分解后的结构呈多元化, 不同贸易模式相关的隐含能源转移份额差异很大, 根本原因是各国在全球生产分工体系中的位置不同。从出口端来看, 中、法、德三国主要通过最终品贸易模式, 其余七国主要通过中间品贸易模式; 从进口端来看, 俄罗斯主要通过最终品贸易模式, 其余九国主要通过中间品贸易模式。③中国是隐含能源净出口国, 尤其是向发达国家出口了较多的隐含能源, 实则扮演着“资源中枢”的角色。在全球经济一体化程度日益深化的今天, 指责中国“资源环境威胁论”完全站不住脚。

关键词 隐含能源; 国际贸易; 多区域投入产出模型; 全球价值链

中图分类号 F062.1 文献标识码 A 文章编号 1002-2104(2019)12-0026-10 DOI: 10.12062/cpre.20190813

经济全球化时代, 国际贸易活动愈发频繁。国际贸易为全球经济增长做出了重要贡献的同时, 也加速了商品和服务交换过程中蕴含的资源与环境要素流动^[1]。贸易与环境问题一直都是各国学者关注的焦点, 其中能源作为主要的环境污染源倍受关注。全球生产分工体系下, 各国进行双边或多边贸易活动时, 能源随之以直接或间接形式依托产品和服务的进出口在各国之间转移, 经过一次或多次跨国贸易, 最终形成连续、流畅又错综复杂的网络体系。因此, 在全球生产分工体系下讨论隐含能源消耗的转移与分解问题对于理解全球能源体系、贸易与环境的平衡、能源政策发展等都具有重要意义。本文基于能源多区域投入产出(Multi-Region Input-output, MRIO)模型, 从测算与分解全球隐含能源消耗总量入手, 重点探讨全球生产分工体系下不同贸易类型引致的隐含能源跨境转移问题, 对主要经济体的隐含能源转移情况进行剖析; 聚焦中国与美、日、欧发达经济体之间的隐含能源转移及分解结构, 测度中国

对外贸易对能源环境造成的影响, 从能源视角回应发达国家对“中国资源环境威胁论”的质疑。本文以隐含能源跨境转移及流动作为突破口, 通过分解模型量化了不同国际贸易模式对全球及中国对外贸易隐含能源转移的影响, 不仅对贸易与环境的关系研究具有参考价值, 而且对解决全球及中国能源环境治理问题具有重要意义。

1 文献综述

所谓隐含能源(Embodied Energy, EE), 是指为了生产一定数量的产品或服务, 在生产、加工、运输、装配等各个环节在内的整个生产过程中所需要的直接或间接消耗的能源投入^[2]。目前国内外学术界对隐含能源转移的研究主要集中在两方面, 大都采用了投入产出分析方法(Input-output Analysis)。第一类研究是早期立足于单一国家或地区, 以其为中心分析隐含能源的流入流出情况, 旨在探索隐含能源的地区特征, 一般会引申至具体行业隐含能源

收稿日期: 2019-05-21 修回日期: 2019-11-10

作者简介: 郭朝先, 博士, 研究员, 主要研究方向为产业经济、资源环境。E-mail: guochaoxian@163.com。

通信作者: 胡雨朦, 硕士生, 主要研究方向为产业经济、资源环境。E-mail: hym_stephanie@163.com。

基金项目: 科技部第四次气候变化国家评估报告之减缓气候变化; 国家社会科学基金项目“中国对外贸易中的隐含资源环境要素流动问题研究”(批准号: 14BJY067); 中国社会科学院登峰战略优势学科(产业经济学)。

流动情况分析^[3-6];第二类是近年来开始关注国家间或区域间的隐含能源转移情况,这类研究建立在双向或多向隐含能源流动系统的基础上,系统规模的大小取决于分析区域的范围,一般来说以全球为背景的研究较为常见。例如 Cui 等^[7]基于 MRIO 模型数据测算发现,从 2001 年到 2007 年全球能源直接出口规模年均增速 4%,占全球能源消费总规模的比重从 36% 升到 38%;全球隐含能源出口规模年均增长 5%,占比从 30% 升至 34%;同期中国隐含能源出口规模达到全球第一位。Chen 等^[8]使用 Eora 数据库、崔连标等^[9]使用 GTAP 8.0 数据库测算得到的结果均与 Cui 等^[7]相仿。不过,目前还并未有文献专门将隐含能源按照不同贸易转移途径进行测算,但已有学者进行了贸易与隐含碳的相关研究。从碳与能源的渊源来看,既有文献对隐含碳排放的分解研究于本文有一定参考意义。Xu 等^[10]分析通过一国最终品和中间品出口测算隐含碳直接和间接排放,由于该法存在明显的重复计算问题,隐含碳作为直接排放量在一国中间品出口后又可以作为间接排放量体现在另一国最终品出口中,故其测算出的通过国际贸易引致的隐含碳排放量 33% 的占比在理论上讲是偏大的。因此 Zhang 等^[11]从由国内经济联系角度出发改善了 Xu 等^[10]的方法,最大限度避免了隐含碳在各国间循环产生的重复计算,结果发现通过全球贸易过程体现的隐含碳排放量约占总排放量的 1/4。

国际贸易一直在全球能源消耗格局演变中发挥重要作用。崔连标等^[9]的研究从直接和隐含能源贸易两方面来做解释:一是直接能源贸易使得能源资源得以在生产国与消费国对接,现已成为能源市场演变的重要推动力;二是由于商品生产需要一定的能源投入,伴随商品贸易活动而来的隐含能源在不同区域间的流动也在快速增加。但是,两者之间的联系实际很复杂,一国贸易的顺差和逆差并不必然意味着该国能源消耗的上升和下降,该国完全可以通过专业化生产低能耗产品并与其他国家交换高能耗产品,从而减少本国国内的能源消耗^[12]。从全球范围看,通过国际贸易引致的全球隐含能源消耗每年有多少规模?与国内活动引致的消耗量之间的比例是多少?主要国家因隐含能源消耗量分解结构差别大吗?这些核算问题对于正确认清国际贸易对全球隐含能源消耗的影响关系重大。

随着中国在世界经济舞台的分量不断提升,中国对推进经济全球化、维护自由贸易的坚持对世界经济向前发展无疑意义重大^[13]。但自从 2011 年中国成为全球最大的能源消费和 CO₂ 排放国,中国的能源消耗量开始占全球能耗总量的 20% 以上,国外特别是美日欧发达国家关于中国“资源环境威胁论”的质疑甚嚣尘上。同时,中国对外

贸易仍继续增长,对外贸易是否会导致我国环境恶化、污染加剧,以及中国是否已经成为发达国家的“污染避风港(Pollution Havens)”等问题逐渐成为关注焦点,但至今学术界并无定论^[14-16]。考虑到隐含在中国对外贸易中资源环境要素的流动不仅反映中国因满足自身消费需求对全球资源环境带来的影响,也反映了全球资源配置优化和国际市场消费需求提升对中国资源环境带来的影响^[17],本文通过测度中国隐含能源进出口规模、中国与美日欧发达国家之间隐含能源转移情况、不同贸易模式对中国外贸隐含能源转移贡献率等数据,回答了中国是否成为发达国家的“污染避风港”、“中国资源环境威胁论”是否成立等问题,并为我国制定足够重视能源等资源环境影响的对外贸易战略提供依据。

2 研究方法 with 数据来源

2.1 能源多区域投入产出模型

本文计算基于多区域投入产出模型(MRIO 模型)展开,与其他研究方法相比,可以清晰区分中间使用和最终使用,不同国家之间中间使用的消耗系数也是精确的,无需做假设性替代。

考虑一个全球经济体包括 n 国 m 部门,它的经济结构可以用表 1 表示。其中, x^{ij} 是一个 $m \times m$ 的中间品矩阵,表示在国家 s 产生并在国家 r 使用的中间品; Y^{sr} 是一个 $m \times 1$ 的向量,表示在国家 s 生产并在国家 r 消费的最终产品; X^s 也是一个 $m \times 1$ 的向量,表示国家 s 的总产出; v^s 表示国家 s 的 $1 \times N$ 增加值矩阵。引入能源之后,此表最后一行表示直接能源消耗, EC^s 是一个 $1 \times N$ 向量矩阵,表示国家 s 的直接能源消耗。

2.2 隐含能源消耗分解模型与核算方法

以王直等^[18]提出的全球价值链参与度模型为基础,经过调整和优化提出全球生产分工体系下的隐含能源消耗转移分解模型,主要用于测度不同国际贸易模式对世界各国隐含能源消耗的影响,以此为依据展开进一步研究。

首先,引入直接消耗系数矩阵 A , $A = x \cdot \hat{X}^{-1}$,其中 \hat{X} 表示对角线上元素是 X 的对角矩阵;同理能源消耗矩阵被定义为 $A = EC \cdot \hat{X}^{-1}$ 。

其次,根据表 1,可得如下关系式:

$$\begin{aligned} X &= AX + Y = A^D X + Y^D + A^F X + Y^F \\ &= A^D X + Y^D + E \end{aligned} \quad (1)$$

$$X = (I - A)^{-1} Y = BY \quad (2)$$

其中,显然 $E = A^F X + Y^F$ 。同时, A^D 指一国的国内投入矩阵(如下) $A^F = A - A^D$ 表示一国的进口投入矩阵。

$$A^D = \begin{pmatrix} A^{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & A^{22} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & A^{gg} \end{pmatrix}$$

Y^D 表示一国国内消费所需的最终产品和服务,且 $Y^F = Y - Y^D$ 表示一国最终产品出口。

$$Y^D = [Y^{11} \quad (Y^{12} \quad \dots \quad Y^{1g})]$$

B 表示里昂惕夫逆矩阵(完全消耗系数矩阵)。重新考虑关系式(1):

$$\begin{aligned} X &= (I - A^D)^{-1} Y^D + (I - A^D)^{-1} E \\ &= LY^D + LA^F X + LY^F \end{aligned} \quad (3)$$

其中 L 表示一国国内的里昂惕夫逆矩阵。

最后将(2)代入(3)

$$\begin{aligned} E &= \hat{c}B\hat{Y} = \hat{e}L\hat{Y}^D + \hat{e}L\hat{Y}^F + \hat{e}LA^FB\hat{Y} \\ &= \underbrace{\hat{e}L\hat{Y}^D}_{e_D} + \underbrace{\hat{e}L\hat{Y}^F}_{e_f} + \underbrace{\hat{e}LA^FL\hat{Y}^D}_{e_i} + \underbrace{\hat{e}LA^F(B\hat{Y} - L\hat{Y}^D)}_{e_g} \end{aligned} \quad (4)$$

因此 E 矩阵表示一国隐含能源消耗总量。式(4)即表示本文所提出的隐含能源转移分解模型,等式右边四项用来衡量一国进行四类不同活动对隐含能源消耗及转移的影响。

本模型将一国隐含能源消耗总量分解为两大部分,一是通过国内经济活动引致的隐含能源消耗,用 $\hat{e}L\hat{Y}^D$ 矩阵(e_D)表示,指在一国生产最终产品并被本国消费的过程中发生的隐含能源消耗,这类隐含能源消耗不涉及贸易,只在本国内部“自产自销”,也称零贸易项下的隐含能源;二是通过国际贸易转移的隐含能源消耗(e_T),按照最终产品贸易、传统中间品贸易和全球价值链(Global Value Chain, GVC)贸易等三类不同的国际贸易转移方式,可分解为三项:

第一项为最终品贸易相关的隐含能源消耗,表示通过最终产品贸易转移的隐含能源消耗,用 $\hat{e}L\hat{Y}^F$ 矩阵(e_f)表

示,即一国最终产品出口到他国后直接被消费过程中发生的隐含能源消耗。这类本国生产的最终产品虽进行跨境贸易,但仅被进口国用来作为最终产品使用和消费。

第二项为中间品贸易相关的隐含能源消耗,表示通过中间品贸易转移的隐含能源消耗,用 $\hat{e}LA^FL\hat{Y}^D$ 矩阵(e_i)表示,反映一国中间品出口到他国后直接被该国用来生产最终产品并被消费过程中转移的隐含能源消耗,也可用来表示一国进行简单的跨国生产共享活动(跨国次数仅一次)带来隐含能源消耗的转移。

第三项为 GVC 贸易相关的隐含能源消耗,表示通过 GVC 贸易转移的隐含能源消耗,用 $\hat{e}LA^F(B\hat{Y} - L\hat{Y}^D)$ 矩阵(e_g)表示。所谓 GVC 贸易,是指一国中间品出口到贸易伙伴国被吸收后,将其用于生产对第三国(或最初来源国)的出口品,这一过程背后蕴含着隐含能源消耗的转移。由于该模式至少涉及两次国家边界的跨越,也可表示一国进行复杂的跨国生产共享活动(跨国次数大于等于两次)带来隐含能源消耗的转移。进而,还可将 GVC 贸易相关的隐含能源按照最终是否转移到本国内分为两部分,一部分是为本国需求发生的隐含能源转移(e_g_d),另一部分表示不包含本国需求的隐含能源转移(e_g_o)。

为简便起见,以 3 国能源投入产出模型为例说明。

$$\begin{aligned} E &= \begin{pmatrix} e_1 & 0 & 0 \\ 0 & e_2 & 0 \\ 0 & 0 & e_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_{11} & B_{12} & B_{13} \\ B_{21} & B_{22} & B_{23} \\ B_{31} & B_{32} & B_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} e_1 B_{11} Y_{11} + e_1 B_{12} Y_{21} + e_1 B_{13} Y_{31} \\ e_2 B_{21} Y_{11} + e_2 B_{22} Y_{21} + e_2 B_{23} Y_{31} \\ e_3 B_{31} Y_{11} + e_3 B_{32} Y_{21} + e_3 B_{33} Y_{31} \\ e_1 B_{11} Y_{12} + e_1 B_{12} Y_{22} + e_1 B_{13} Y_{32} \\ e_2 B_{21} Y_{12} + e_2 B_{22} Y_{22} + e_2 B_{23} Y_{32} \\ e_3 B_{31} Y_{12} + e_3 B_{32} Y_{22} + e_3 B_{33} Y_{32} \\ e_1 B_{11} Y_{13} + e_1 B_{12} Y_{23} + e_1 B_{13} Y_{33} \\ e_2 B_{21} Y_{13} + e_2 B_{22} Y_{23} + e_2 B_{23} Y_{33} \\ e_3 B_{31} Y_{13} + e_3 B_{32} Y_{23} + e_3 B_{33} Y_{33} \end{pmatrix} \end{aligned}$$

表 1 能源多区域投入产出表

投入\产出	中间使用				最终使用				总产出	
	国家 1	国家 2	...	国家 n	国家 1	国家 2	...	国家 n		
中间投入	国家 1	x^{11}	x^{12}	...	x^{1n}	Y^{11}	Y^{12}	...	Y^{1n}	X^1
	国家 2	x^{21}	x^{22}	...	x^{2n}	Y^{21}	Y^{22}	...	Y^{2n}	X^2
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	国家 n	x^{n1}	x^{n2}	...	x^{nn}	Y^{n1}	Y^{n2}	...	Y^{nn}	X^n
增加值	v^1	v^2	...	v^n						
总投入	$(X^1)'$	$(X^2)'$...	$(X^n)'$						
直接能源消耗	EC^1	EC^2	...	EC^n						

式中, 第一项为直接能源消耗系数矩阵对角化的形式, 第二项为里昂惕夫逆矩阵, 第三项为最终需求矩阵。进一步说明, 第一行非对角线上的元素 $e_1 B_{11} Y_{12} + e_1 B_{12} Y_{22} + e_1 B_{13} Y_{32}$ 、 $e_1 B_{11} Y_{13} + e_1 B_{12} Y_{23} + e_1 B_{13} Y_{33}$ 分别表示国家 1 对国家 2、国家 3 的出口隐含能源(Embodied Energy in Export, EEE); 第一列非对角线上的元素 $e_2 B_{21} Y_{11} + e_2 B_{22} Y_{21} + e_2 B_{23} Y_{31}$ 、 $e_3 B_{31} Y_{11} + e_3 B_{32} Y_{21} + e_3 B_{33} Y_{31}$ 表示国家 1 对国家 2、国家 3 的进口隐含能源(Embodied Energy in Import, EEI)。两者之差表示一国通过产品提供给外国消费的部分能源, 定义为贸易隐含能源余额(Balance of Energy Embodied in Trade, BEET)。如果该值为正, 表示该国为隐含能源净出口国, 反之则为隐含能源净进口国。

与上文分解模型相联系, 分别将进、出口两端隐含能源消耗量转移按照不同的国际贸易转移途径进行分解。

2.3 数据来源与加工

本文主要数据来源是 WIOD 网站(www.wiod.org) 公布的世界投入产出表及其卫星账户数据。WIOD 网站于 2013 年和 2016 年发布过两次数据资源。2016 年公布的世界和各国投入产出表在国家和行业部门分类上与 2013 年发布的不一致。并且 2013 年公布的能源卫星账户表数据后续没有更新, 造成后续年度数据缺失, 需要补充。为后续计算方便, 此处对投入产出表进行标准化, 对缺失的能源卫星账户数据进行延展。需要指出的是, 因数据的可获得性, 本文仅研究 1995—2014 年隐含能源消耗的转移与分解问题。

首先, 标准化。2016 年公布的世界投入产出表包含 43 个国家(地区), 比 2013 年公布版本所涉的 40 个国家(地区)增加了 3 个国家。为保证数据的准确和一致性, 本文主要研究对象仍为原始的 40 个国家(地区)。同时, 根据两版本表中行业部门分类所依照的 ISIC Rev. 3 和 Rev4 编码统计框架之间的对应关系, 本文对行业部门也进行了统一整合。

其次, 对研究对象国能源账户表数据进行估算延展。鉴于 WIOD 网站 2013 年公布的各国卫星账户只有截止到 2009 年的能源直接消耗数据, 本文对 2010 年至 2014 年缺失数据进行估算。具体估算办法如下:

$$EC_{\text{当年}} = EC_{\text{前一年}} \times \frac{\text{当年能源总使用量}}{\text{前一年能源总消耗量}}$$

式中, 当年、前一年能源总使用量均由世界银行数据库公布的该年度世界各国人均能源使用量乘以人口总数得到。两者相除得到的比例系数作为能源账户表估算延展的主要依据。

最后, 单位换算。WIOD 能源卫星账户表采用的是国际计量单位万亿焦耳(TJ), 但本文结果以国内常用单位吨

标准煤(tce)为标准。两者按照联合国规定的换算标准即“1 万 tce = 293.076TJ”进行换算。

3 全球贸易隐含能源消耗转移与分解

3.1 全球隐含能源消耗总量分解分析

3.1.1 全球隐含能源消耗总量缓慢上升

经计算, 全球隐含能源消耗总量如图 1 所示。1995 年全球隐含能源消耗总量为 174.9 亿 tce, 2014 年增长到 247.4 亿 tce, 隐含能源消耗总量处于波动上升之中, 年均增长率 1.85%。受 2008 年金融危机影响, 全球隐含能源消耗总量增速在 2009 年大幅下滑, 但 2010 年又迅速转正, 之后比较稳定, 近年来增速有逐渐放缓的迹象。

3.1.2 全球隐含能源消耗总量分解

2014 年的结果显示(见表 2), 全球通过国内经济活动引致的隐含能源消耗量为 191.4 亿 tce, 占全球隐含能源总消耗量的 77.35%; 而通过国际贸易转移的隐含能源消耗量为 56 亿 tce, 占全球隐含能源总消耗量的 22.65%。其中, 7.70% 的隐含能源消耗量是通过最终品贸易引致的, 10.95% 对应于中间品贸易, 剩余 4% 是则对应于 GVC 贸易。本文还发现, 国际贸易对全球隐含能源消耗的影响随着时间发展越来越大, 1995 年通过国际贸易转移的隐含能源消耗量占比仅为 17.8%, 到 2014 年该比例增加了近 5%, 数值上增加了 24.8 亿 tce。其中比较明显的特征是 GVC 贸易相关的隐含能源转移翻了一倍还多(从 4.1 亿 tce 到 9.9 亿 tce), 这一方面是受近年来全球化程度逐渐提升、各国和各地区之间经贸往来日益密切的大环境影响; 另一方面从产业链角度看是全球生产分工体系更加完善、复杂跨境生产活动不断增多的体现。

进一步对通过国际贸易活动转移的全球隐含能源消耗量进行分解, 图 2 显示了 1995—2014 年不同国际贸易模式转移的隐含能源消耗量及占比变化情况。结果发现, 通过中间品贸易转移的隐含能源消耗量在三类贸易模式中一直占据绝对优势, 中间品贸易相关的隐含能源转移

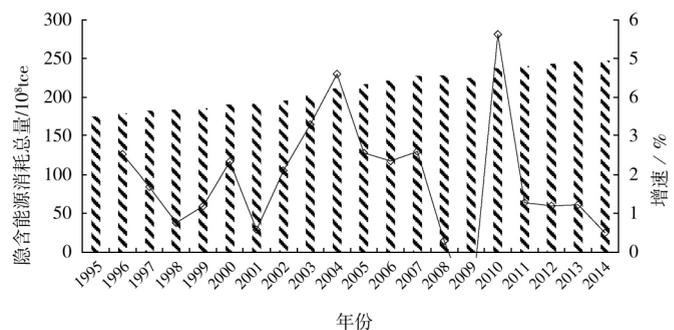


图 1 1995—2014 年全球隐含能源消耗总量

份额从1995年开始直到2009年以前一直在50%左右,仅在2010年出现一次明显下滑后又逐渐恢复至48%;最终品贸易相关的隐含能源转移份额多年来总体稳定,略有波动(32%~35%);与多年来全球生产分工体系的快速发展、日益深化相联系,GVC贸易相关的隐含能源转移则是从1995年仅13%的份额开始保持逐年增长的态势,在2008年达到18.89%的顶峰,后又回落至2009年的17.68%份额,此后逐渐保持稳定。由图可知2009年对三类贸易相关的隐含能源转移份额变化曲线来说都是一个特殊节点,原因系2008年爆发的国际金融危机致使全球贸易活动产生巨大波动,表现在能源转移问题上就是通过国际贸易转移的隐含能源消耗量大幅减少,特别是GVC相关的转移途径受冲击最大。由于2008—2009年通过GVC贸易转移的隐含能源占比出现明显下降,相应地,另外两种贸易模式相关的隐含能源转移份额增加。

3.2 主要国家隐含能源消耗分解分析

3.2.1 各国隐含能源消耗量变化差异显著

对1995—2014年隐含能源消耗量排名居前十的国家

表2 1995—2014全球隐含能源消耗总量分解

分类	1995	2000	2005	2009	2014
e_D	143.7	149.6	165.2	177.3	191.4
e_f	11.2	13.9	16.8	16.2	19.0
e_T	15.9	20.4	25.6	23.6	27.1
e_g	4.1	6.4	8.9	7.5	9.9
合计	174.9	190.3	216.6	224.6	247.4

注:此表及本文所有图表数据来源均系WIOD网站,作者根据前述方法计算整理。为节省行文空间此表并未列出全部年份结果,如有需要可与作者联系。

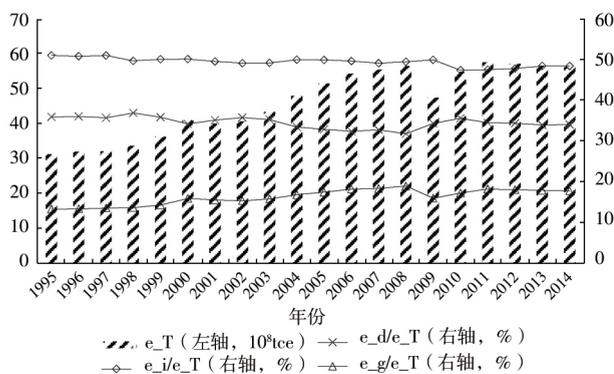


图2 1995—2014年全球国际贸易相关的隐含能源消耗分解

家(美国、中国、俄罗斯、日本、印度、德国、韩国、加拿大、法国、巴西)的隐含能源消耗情况进行比较分析。结果发现,研究期内全球隐含能源消耗的集中度很高,这十大主要经济体的隐含能源消耗量总和占全球隐含能源消耗总量的比例常年超过60%,目前稳定在65%。

按各国表现来看,美国的隐含能源消耗量一直保持稳定,年均量在40~45亿tce的范围内波动,除了2008年受危机影响出现一次明显滑坡外,2009年开始又逐年增长;中国进入20世纪以来隐含能源消耗量呈指数增长,年均复合增长率6.18%,20年间净增长量超过30亿tce;隐含能源消耗量排名第三名的俄罗斯年均隐含能源消耗量一直保持109tce的量级,2007年突破15亿tce之后并未出现大幅增长的趋势;其余经济体逐年表现较为平稳,体量上与美、中、俄的可比性较小。

3.2.2 主要国家隐含能源消耗量分解

按照前述模型对主要国家隐含能源消耗量进行分解,发现各国隐含能源消耗量分解结果差异显著。各国通过国内经济活动引致的隐含能源消耗量和国际贸易活动转移的隐含能源消耗量占比差异很大,而不同贸易模式相关的转移份额也不同。

首先,表4显示了1995年和2014年主要经济体通过国内经济活动和国际贸易引致的隐含能源消耗量对比情况。存在三点特征:第一,无论是1995年还是2014年,各国的隐含能源消耗都主要是由国内经济活动引起。第二,增量上,除加拿大之外,20年间其余九个经济体通过国际贸易活动引致的隐含能源消耗份额均有不同程度的提升。

表3 1995—2014年主要经济体隐含能源消耗量的阶段性数据

年份	1995	2000	2005	2009	2014
美国	41.18	44.81	45.74	41.80	42.80
中国	15.62	17.33	29.11	39.15	50.45
俄罗斯	13.29	12.65	13.94	14.26	15.67
日本	11.52	11.70	11.65	10.57	9.92
印度	4.91	6.63	8.04	10.86	14.18
德国	6.36	6.39	6.64	6.08	6.00
韩国	3.69	4.96	5.42	5.79	6.78
加拿大	4.76	5.19	5.52	5.21	5.56
法国	4.64	4.90	5.06	4.58	4.39
巴西	3.19	3.90	4.44	4.79	6.04

其中德国和韩国提升均超 10% ,分别为 16. 22% 和 14. 45% 。第三 2014 年各主要经济体通过国际贸易活动引致的隐含能源消耗量占比超过 10% 。巴西和美国占比较低 ,分别为 10. 89% 和 10. 25% 这与他们以消费为导向的经济结构密切相关; 而德国和韩国贸易引致份额均已达到 38% 左右。

再从进出口两端分别讨论隐含能源消耗的转移现象 ,将一国的出口隐含能源(EEE) 和进口隐含能源(EEI) 分

表 4 1995—2014 年主要经济体通过贸易引致的隐含能源消耗占比的阶段性数据

年份	1995	2000	2005	2009	2014
巴西	7. 32	9. 85	15. 97	13. 15	10. 87
加拿大	31. 41	37. 15	32. 65	29. 65	25. 05
中国	20. 15	20. 18	27. 15	30. 77	22. 71
德国	21. 61	28. 99	32. 65	38. 71	33. 73
法国	20. 28	23. 90	22. 00	22. 17	19. 59
印度	10. 47	12. 77	15. 47	17. 56	14. 98
日本	8. 84	10. 48	12. 62	16. 17	12. 06
韩国	24. 10	30. 92	32. 93	33. 10	37. 20
俄罗斯	23. 43	36. 62	29. 57	25. 50	23. 72
美国	9. 67	9. 19	8. 38	9. 96	9. 24

别按照三类贸易模式(即最终品贸易、中间品贸易、GVC 贸易) 进行分解。同时将 EEE 中 GVC 贸易相关的隐含能源消耗按照最终是否转移到本国内分为两类 ,一类是为本国需求发生的 ,即一国出口中间品到该国加工制造后又被进口到该国国内 ,这一过程背后发生了隐含能源转移; 另一类并不包含本国需求 ,即是最终没有进口到该国国内 ,满足了他国消费者的最终需求。根据图 3 所示的 1995 年和 2014 年主要经济体进、出口贸易两端的隐含能源转移以及按不同贸易模式分解的情况 ,可得出以下四点结论:

第一 ,主要经济体中属于隐含能源净进口国的有: 美国、日本、法国、德国、巴西; 属于隐含能源净出口国的则有: 俄罗斯、韩国、印度、中国、加拿大。

第二 ,从 EEE 角度来测度不同贸易模式对隐含能源消耗的影响 ,按照不同的主要转移途径又可将研究对象分为三类。第一类主要通过最终品贸易进行隐含能源消耗的出口转移 ,包括中国、德国、法国。需要指出 1995 年德法两国是以中间品贸易转移途径为主的 ,但在 2014 年变为最终品贸易转移途径占优势(虽然两国的两项份额之间的差距都小) ; 而中国最终品贸易转移途径占优势的原因是 中国很多行业企业位于全球产业链中下游 ,主要以大规模出口最终产品为生。第二类主要通过中间品贸易进

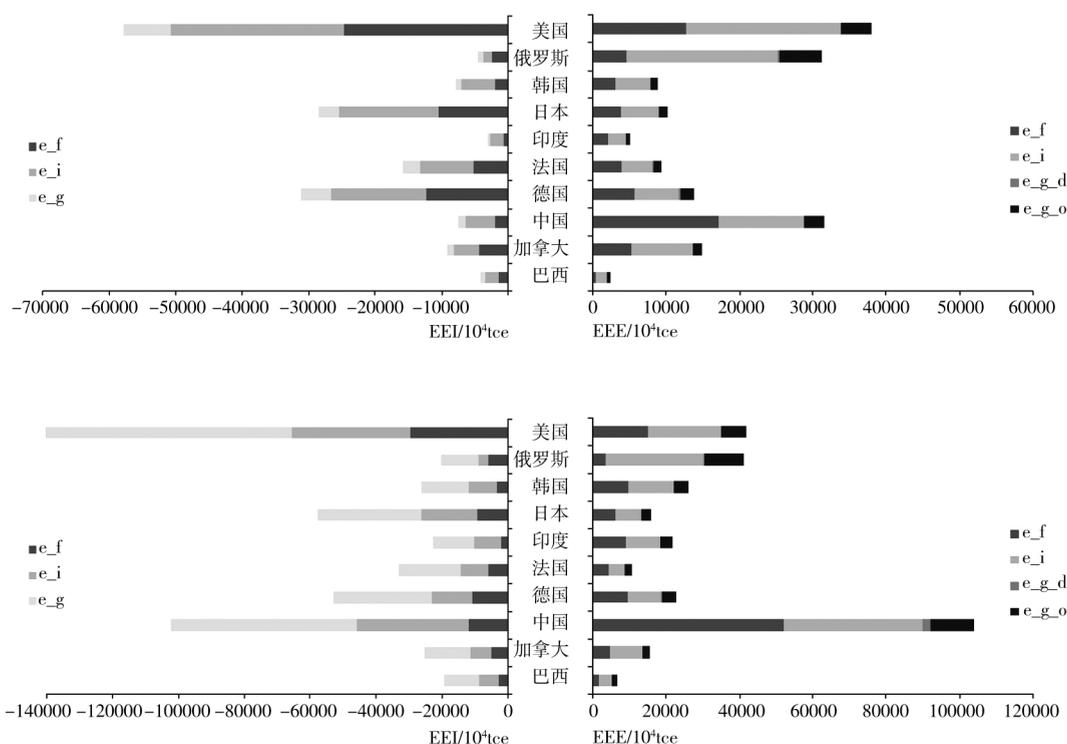


图 3 1995/2014 年主要经济体 EEI/EEE 转移及分解

行隐含能源消耗的出口转移,是除上述三国之外的其余七国。其中巴西、加拿大、俄罗斯三国该模式相关的份额超过50%,俄罗斯高达64.96%,这与三个国家均为资源大国,该分解结构或与其因资源丰富而大量出口原材料等中间品的经济行为密切相关。第三类比较特殊,即GVC贸易模式引致的隐含能源出口转移份额较高($\geq 20\%$)的国家,以俄罗斯为代表。其为本国需求相关的GVC贸易转移份额为0.7%,不包含本国需求相关的GVC贸易转移份额为25.42%;剩余九国通过GVC贸易模式引致的出口转移份额均未超过20%。但与1995年相比各国GVC贸易模式相关的隐含能源出口转移份额均出现不同程度的提升,且其中不包含本国需求相关的份额占绝大多数。除美国外,其他各国不包含本国需求的转移份额占GVC贸易总体转移份额的比例都超过90%,而美国该比例仅为76.36%。说明美国尽管参与了全球价值链贸易,但有近1/4的比率仍然是为了满足本国消费者需求。

第三,从EEI角度来测度不同贸易模式对隐含能源消耗的影响,也可按照主要转移途径的不同将研究对象分为三类。第一类主要通过最终品贸易进行隐含能源进口转移,仅俄罗斯一国,份额为54.83%;第二类主要通过中间品贸易进行隐含能源进口转移,包括除俄罗斯之外的其余九国;第三类为通过GVC贸易模式带来的隐含能源进口转移份额较高($\geq 20\%$)的国家,有法国和德国。按照最终是否为本国需求分类,2014年两国EEI中通过GVC贸易带来的隐含能源转移份额都是22%,与其他国家相比优势明显。同样地,与1995年相比各国GVC贸易模式相关的隐含能源进口转移份额也都有很大提升,其中法德两国提升份额分别高达7.41%和6.23%,这是全球化进程不断推进的重要体现。

第四,综上所述,针对不同国家、不同贸易模式对进出口两端转移隐含能源消耗的影响存在显著差异。究其原因,与一国在国际生产分工体系中的地位密切相关。

4 中国对外贸易隐含能源消耗转移与分解

4.1 中国多年来一直是隐含能源净出口国

基于资源禀赋、经济发展水平等因素考虑,本文从中国主要贸易伙伴中选取美国、日本、欧盟及英国,以巴西、俄罗斯和印度为代表的新兴经济体等作为典型,分析中国对外贸易隐含能源转移情况。其中,美国代表资源丰富、实力雄厚的发达国家;日本代表经济发达但资源相对匮乏的经济体;欧盟成员国由于地理位置接近、资源禀赋和经济发展水平相似,被挑选出来归为一类,且其加总后的体量也不容忽视;巴西、俄罗斯和印度代表新兴经济体,属于当前发展水平不算高但发展潜力较大的国家;剩余国家则

被统一归类到其他国家之中。

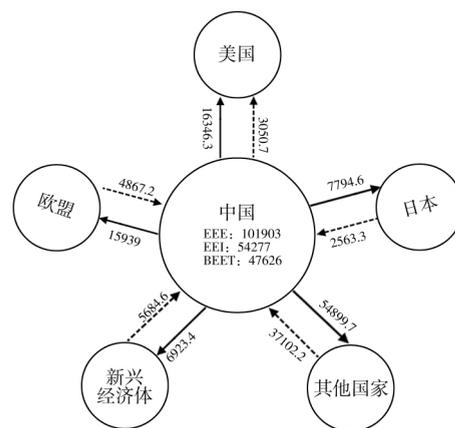
图4展示了2014年中国在与所选取经济体贸易过程中所涉及的隐含能源转移。中国总进出口隐含能源为10.19亿tce,进口为5.43亿tce,贸易隐含能源净出口4.76亿tce,是一个隐含能源净出口大国。这与以往的研究结论是一脉相承的^[2,19-20]。该数值约占中国2014年隐含能源消耗总量的10%。在隐含能源出口端,中国对美国出口的隐含能源占优势,对其出口量超过中国对外贸易隐含能源出口总量的16%;在隐含能源进口端,中国主要从以巴西、俄罗斯、印度代表的新兴经济体和其他国家进口,从三国进口的隐含能源占隐含能源进口总量的10.5%。欧盟由于成员国数量众多,在出口和进口两端的占比份额都很可观,分别为15.6%和9.0%。中国与这些主要贸易伙伴之间的隐含能源转移均呈净流出状态。其中,以对美国的净输出规模最大,高达1.33亿tce。

4.2 中国对美日欧国家贸易隐含能源转移及分解

针对发达国家对中国“资源环境威胁论”的指责,以及从隐含能源的视角验证“污染避风港”假说,重点对中国与美日欧发达国家之间的隐含能源转移按照不同贸易模式进行分解分析,从而更客观地揭示中国在全球能源消耗格局中的地位。

4.2.1 中美贸易隐含能源转移及分解

上文已明确中美双边贸易中隐含能源转移方向是从中国到美国。中国对美国出口隐含能源主要是通过最终品贸易途径,从美国进口隐含能源转移则主要通过中间品贸易。从1995年到2014年的20年间,在出口端,中国对美国的隐含能源出口总量翻一番。体现三类贸易模式上,



注:实线表示中国对他国出口隐含能源,虚线表示中国从他国进口隐含能源;此处欧盟包括英国,但不包括克罗地亚(缺少该国单独的卫星账户显性能源消耗原始数据);新兴经济体表示巴西、俄罗斯、印度的合计值;图中标注数据单位为万tce。

图4 中国与其他主要经济体隐含能源转移

通过最终品交易出口的隐含能源增长了 67.87% ,通过中间品贸易出口的隐含能源增长了一倍还多 ,而通过 GVC 贸易出口的隐含能源几乎增长了近 3 倍; 在进口端 ,由于本身基数较小 ,中国从美国进口的隐含能源总量翻了 3 倍 ,通过三种贸易模式进口的隐含能源都实现大幅增长 ,特别是 GVC 贸易相关的转移量提升约 4 倍 ,见表 5。

4.2.2 中日贸易隐含能源转移及分解

表 6 显示了中日贸易隐含能源转移及分解情况。其中 ,中国对日本出口隐含能源主要是通过最终品贸易途径 ,而从日本进口隐含能源转移则主要通过中间品贸易。1995 - 2014 年 ,中国对日本的隐含能源出口量共计增长了 35.2% ,特别是通过 GVC 贸易出口的隐含能源增长了 2.4 倍。再看进口端 ,中国从日本进口的隐含能源总量 20 年间翻了 3.5 倍 ,体现在最终品贸易、中间品贸易和 GVC 贸易三类贸易模式上 ,分别实现 3.2 倍、3.0 倍和 6.8 倍的增长 ,同样也是 GVC 贸易相关转移增长幅度最大。

4.2.3 中欧贸易隐含能源转移及分解

与美国、日本等单个国家相比 ,中国与欧盟之间的隐

表 5 中国对美国出口/进口隐含能源转移及分解结果

		/10 ⁴ tce				
项目		1995	2000	2005	2009	2014
EEE	e_f	5541.2	6166.2	13070.6	11442.6	9302.4
	e_i	2047.9	2866.2	7793.0	7201.1	5009.6
	e_g	518.3	1003.1	2376.6	1676.8	2034.2
	总计	8107.4	10035.5	23240.3	20320.5	16346.3
EEI	e_f	233.4	306.2	395.7	626.2	1037.6
	e_i	399.5	400.5	904.2	1707.6	1200.6
	e_g	168.6	268.9	490.8	573.5	812.5
	总计	801.5	975.6	1790.6	2907.3	3050.7

表 6 中国对日本出口/进口隐含能源转移及分解结果

		/10 ⁴ tce				
项目		1995	2000	2005	2009	2014
EEE	e_f	3463.25	2839.4	5582.8	4394.2	4517.7
	e_i	2048.69	1865.8	3154.6	3160.1	2427.2
	e_g	252.25	343.1	753.6	542.8	849.7
	总计	5764.18	5048.3	9491.0	8097.1	7794.6
EEI	e_f	205.75	278.4	533.8	630.9	875.6
	e_i	320.54	522.1	1183.3	1338.5	1298.7
	e_g	49.48	98.4	238.0	253.5	389.0
	总计	575.77	898.9	1955.1	2222.9	2563.3

含能源转移稍显复杂。由于欧盟成员国众多 ,本文测度的实则是中国与成员国进行诸边贸易过程中涉及的隐含能源转移。表 7 显示了中国欧盟贸易隐含能源转移及分解情况。其中 ,中国对欧盟出口隐含能源虽然主要也是通过最终产品贸易途径 ,但另外两种途径占比也不容小觑。2014 年三种模式引致份额分别为 47.1%、30.2% 和 22.7%。对于进口端来说 ,三种模式份额占比更加平均 ,2009 年及之前是中间产品贸易转移途径占优势 ,到 2014 年时却被最终产品贸易反超。从 1995 年至 2014 年的 20 年间 ,中国对欧盟出口的隐含能源规模增长了 1.3 倍 ,中国从欧盟进口的隐含能源增长了 3.8 倍。两端都是全球价值链贸易相关的隐含能源转移增速最快。

通过对中国与美、日、欧发达国家隐含能源转移的分解分析 ,得到以下三点结论:

第一 ,中国与三国(地区)贸易涉及的隐含能源转移按照不同贸易模式进行分解的结果差异比较大。从出口端来看 ,中国对美、日两国的出口隐含能源转移主要通过最终品贸易途径 ,而对欧盟则是最终品贸易和中间品贸易两种途径并重; 从进口端来看 ,中国对美、日两国的进口隐含能源转移主要通过中间品贸易途径 ,而对欧盟则是三种途径平均分摊。

第二 ,无论出口端还是进口端 ,这些国家和地区与中国之间通过 GVC 模式转移的隐含能源都在高速增长。一方面这与全球层面得到的结论是一致的 ,都被认为是全球生产分工体系下跨国贸易活动增多、全球生产呈现碎片化的直接反映 ,未来将持续很长时间; 另一方面也是中国经济全球化参与程度提升的体现。

第三 ,作为制造业大国 ,中国在隐含能源全球供应链条上实际上扮演了“资源中枢”的角色。中国通过贸易进口中间品到国内加工制造 ,再通过最终品贸易将制成品出口到消费水平较高的发达国家。在这个过程中 ,中国通过

表 7 中国对欧盟出口/进口的隐含能源转移及分解结果

		/10 ⁴ tce				
项目		1995	2000	2005	2009	2014
EEE	e_f	3851.25	3599.4	8174.4	9406.0	7507.6
	e_i	2206.78	2562.0	5732.8	6440.9	4810.2
	e_g	946.13	1376.8	3706.2	3411.0	3621.2
	总计	7004.16	7538.3	17613.3	19257.9	15939.0
EEI	e_f	431.32	526.8	767.1	1197.7	1783.8
	e_i	372.55	687.1	1164.6	1520.5	1527.9
	e_g	204.66	396.4	793.5	951.2	1564.5
	总计	1008.53	1610.3	2725.2	3669.3	4876.2

贸易向发达国家出口了较多的隐含能源,中国“变相代替”发达国家进行能源消费和污染排放,可见指责中国“资源环境威胁论”是完全站不住脚的。从数据来看,近年来中国对美日欧发达国家的隐含能源出口转移量大有放缓之势,加之 GVC 贸易转移份额不断提升,表明中国在积极参与全球化和利好全球经济的同时,也开始注重提升环境效益。

5 结论与建议

随着全球生产分工体系进一步发展,世界各国开始专注于国际化生产分工的不同阶段,全球生产碎片化特征明显。在此背景下,本文将贸易模式分为最终产品贸易、中间品贸易和 GVC 贸易三大类,引入隐含能源分解模型,并将其放入能源多区域投入产出分析框架中,旨在探讨国际贸易与隐含能源转移的关系以及对能源环境造成的影响。主要结论和相关建议归纳总结如下。

5.1 国际贸易对全球隐含能源消耗的促进作用逐年提升

本文将全球隐含能源消耗量分解为国内经济活动引致部分和不同贸易模式引致部分两块内容,结果发现如果忽视 1997 年和 2008 年金融危机的影响,国际贸易的引致隐含能源消耗份额正逐年增加。虽然目前与国内生产活动引致份额相比仍不具可比性,但毋庸置疑国际贸易对隐含能源消耗的影响越来越大(2014 年达到 22.65%)。其中,中间品贸易相关的隐含能源转移份额(10.95%)在三类贸易模式中一直占据绝对优势。而且全球化的能源环境成本正在逐年递增,表现在 GVC 贸易相关的份额正高速增长,20 年间从 4.1 亿 t 增长到 9.9 亿 t,增长率高达 141.5%。

5.2 隐含能源消耗按照不同贸易模式分解后的结构呈多元化

本文对隐含能源转移研究的最大贡献是通过分解模型测度了不同贸易模式对各国隐含能源消耗的影响。按照主要转移途径的不同可将隐含能源消耗量排名前十的主要国家分为三类:第一类主要通过最终品贸易模式,出口端有中、法、德三国,进口端仅以俄罗斯为代表;第二类主要通过中间品贸易模式,出口端为除中、法、德三国外的其余七国,进口端为除俄罗斯外的其余九国;第三类比较特殊,主要匹配 GVC 贸易发挥重要作用(份额 $\geq 20\%$)的国家,出口端以俄罗斯为代表,进口端是法国和德国。发生转移途径差异的根本原因是各国在国际生产分工体系中的位置不同。

5.3 中国是隐含能源净出口国

中国是隐含能源净出口国,相对于美日欧贸易伙伴,均呈现隐含能源净出口状态。同样,按照不同类型的

贸易模式将中国对外贸易隐含能源消耗进行分解,发现中国对美、日两国的出口隐含能源转移主要通过最终品贸易途径,进口隐含能源转移主要通过中间品贸易途径,而对欧盟的出口隐含能源转移呈现最终品贸易和中间品贸易两种途径并重,进口端则三种模式分摊。且中国对三国贸易中通过 GVC 贸易出口和进口的隐含能源份额在研究期内都快速增长。中国隐含能源转移的分解结构变化正是中国积极参与全球化和不断利好世界经济的印证,反映全球生产体系联系的深化和一体化程度的加深。

5.4 中国处在全球隐含能源流动网络“资源中枢”位置

本文结果证明,中国“资源环境威胁论”是站不住脚的,中国产生的很大一部分隐含能源消耗并未直接服务于本国,而是通过各类跨国贸易活动满足了境外消费能力较高的发达国家消费者的最终需求,中国实际上扮演着“资源中枢”的角色。可喜的是,研究发现近年来中国对美日欧发达国家的隐含能源净出口规模有放缓的趋势,GVC 贸易模式转移份额提升,说明中国近年来的节能减排、贸易转型和产业升级已初见成效。因此,一方面,我们呼吁国际社会应站在命运共同体的高度,正确看待环境责任问题,不能一味要求中国不顾自身经济发展而承担全球大部分的环境责任;另一方面,未来中国应继续沿产业链、价值链高端环节攀升,逐渐转变贸易战略,优化进出口贸易结构并适当增加进口,全面平衡贸易发展与环境保护的关系,倒逼国民经济转型升级。

(编辑:刘照胜)

参考文献

- [1] 高雪,李惠民,齐晔.中美贸易的经济溢出效应及碳泄漏研究[J].中国人口·资源与环境,2015,25(5):28-34.
- [2] 刘会政,李雪珊.中国对外贸易隐含能的测算及分析——基于 MRIO 模型的实证研究[J].国际商务(对外经济贸易大学学报),2017(2):38-48.
- [3] 陈迎,潘家华,谢来辉.中国外贸进出口商品中的内涵能源及其政策含义[J].经济研究,2008(7):11-25.
- [4] 朱启荣.中国出口贸易活动中的能源消耗问题研究[J].统计研究,2011,28(5):41-46.
- [5] 刘瑞翔,姜彩楼.从投入产出视角看中国能耗加速增长现象[J].经济学(季刊),2011,10(3):777-798.
- [6] TANG X, SNOWDEN S, HÖÖK M. Analysis of energy embodied in the international trade of UK[J]. Energy policy, 2013, 57: 418-428.
- [7] CUI L B, PENG P, ZHU L. Embodied energy, export policy adjustment and China's sustainable development: a multi-regional input-output analysis[J]. Energy, 2015, 82: 457-467.
- [8] CHEN G Q, WU X F. Energy overview for globalized world economy: source, supply chain and sink[J]. Renewable and sustainable energy reviews, 2017, 69: 735-749.

- [9] 崔连标, 韩建宇, 孙加森. 全球化背景下的国际贸易隐含能源研究[J]. 国际贸易问题, 2014(5): 113-123.
- [10] XU Y, DIETZENBACHER E. A structural decomposition analysis of the emissions embodied in trade [J]. Ecological economics, 2014, 101: 10-20.
- [11] ZHANG Z, ZHU K, HEWINGS G J D. A multi-regional input-output analysis of the pollution haven hypothesis from the perspective of global production fragmentation [J]. Energy economics, 2017, 64: 13-23.
- [12] 谢建国, 姜珮珊. 中国进出口贸易隐含能源消耗的测算与分解——基于投入产出模型的分析[J]. 经济学(季刊), 2014, 13(4): 1365-1392.
- [13] 卢黎歌, 隋牧蓉. 经济全球化的升级与应对: 基于人类命运共同体视角[J]. 北京工业大学学报(社会科学版), 2019, 19(2): 1-8.
- [14] 杨来科, 张云. 基于环境要素的“污染天堂假说”理论和实证研究——中国行业 CO₂ 排放测算和比较分析[J]. 商业经济与管理, 2012(4): 90-97.
- [15] 彭水军, 刘安平. 中国对外贸易的环境影响效应: 基于环境投入-产出模型的经验研究[J]. 世界经济, 2010, 33(5): 140-160.
- [16] 黄永明. 中国贸易隐含污染转移研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(10): 112-120.
- [17] 刘艳红, 郭朝先. 从贸易隐含流角度看中国节能减排特殊地位[N]. 中国社会科学报, 2019-01-30(4).
- [18] WANG Z, WEI S J, YU X, et al. Characterizing global and regional manufacturing value chains: stable and evolving features [J]. SSRN electronic journal, 2017. DOI: 10.2139/ssrn.2992620.
- [19] 韦韬, 彭水军. 基于多区域投入产出模型的国际贸易隐含能源及碳排放转移研究[J]. 资源科学, 2017, 39(1): 94-104.
- [20] 刘芳, 郭朝先. 中国隐含能源国际流动规模测算与流向分析[J]. 经济研究参考, 2018(25): 14-24.

Research on the cross-border transfer of embodied energy under global production division system

GUO Chao-xian¹ HU Yu-meng²

(1. Institute of Industrial Economics, Chinese Academy of Social Science, Beijing 100836, China;

2. Department of Industrial Economics, Graduate School of Chinese Academy of Social Science, Beijing 102488, China)

Abstract This paper discusses the embodied energy consumption of the global and major economies by constructing an energy multi-region input-output model based on the World Input-Output Table data published by WIOD, and focuses on the decomposition of embodied energy consumption according to the different causes of the three major international trade patterns. It also involves an analysis of the embodied energy transfer in China's foreign trade. The article decomposes a country's total embodied energy consumption into two parts: one is the embodied energy consumption caused by domestic economic activities; the other is the embodied energy consumption caused by international trade activities, and the latter is divided into three parts related to different trade modes, such as product trade, intermediate trade, and global value chain (GVC) trade, and GVC trade-related items are further broken down into two sub-categories according to whether they are eventually transferred to the original country. We find that: First, in the global world, embodied energy consumption caused by the international trade accounts for 23% of the total, and the intermediate product trade model accounts for nearly half of the total, about 11%, while the GVC trade model share presents characteristics of 'small scale but fast growth'. Second, the structure of embodied energy consumption in various countries is diversified according to different trade patterns, due to the fact that countries have different positions in the global production division system. From the export side, China, France and Germany mainly adopt the final product trade model, while the other seven countries adopt the intermediate product trade model. From the import side, Russia mainly adopts the final product trade model, and the other nine countries mainly adopt the intermediate product trade model. Last, China is a net exporter of hidden energy, especially exporting more embodied energy to developed countries, but in fact it just plays the role of 'resource hub'. With the deepening of global economic integration, accusing China of the 'resource and environment threat theory' is increasingly untenable.

Key words embodied energy; international trade; multi-region input-output model; global value chain