

中国外贸结构调整的节碳效应测算

王 勇 段福梅 张睿庭*

摘要: 中国外贸结构的调整对进出口贸易隐含碳产生了重要影响, 目前的研究尚缺乏从定量的角度对此进行分析。本文利用投入产出模型的改进算法和中国投入产出表, 将中国对外贸易隐含碳与外贸结构调整结合起来, 在对各部门完全碳排放强度与外贸结构特征进行描述分析基础上, 重点对外贸隐含碳失衡度和外贸结构调整的节碳效应进行研究。结果显示: 与 2007 年相比, 中国 2012 年各部门的进出口贸易的完全碳排放强度显著变小, 大部分部门进口贸易完全碳排放强度要大于出口贸易的完全碳排放强度; 出口贸易输出与进口贸易输入的隐含碳规模呈现动态上升与部门集中度高的特点, 而外贸中的隐含碳净输出量则表现为规模下降与部门差别大的特点; 总体来看, 调整中国外贸结构能够有效降低我国贸易隐含二氧化碳排放的净输出量。本文基于上述研究结果建议应加强减排创新技术, 从技术层面上控制碳排放, 同时优化进出口贸易结构, 降低贸易隐含碳排放净输出量, 此外征收碳税也可作为减少碳排放的重要途径。

关键词: 贸易隐含碳; 外贸结构调整; 投入产出分析

一、引言

通过调整外贸结构降低我国贸易隐含碳排放的净输出量为中国降低二氧化碳排放量提供了新的思路。随着全球贸易的不断深入, 产品的生产和消费不再仅限于同一个国家内部, 产品的生产和消费活动会在不同国家进行, 这将造成产品生产国承担产品消费国二氧化碳排放的事实。为了更好地反映贸易活动带来的二氧化碳转移排放, 学术界提出了隐含碳的概念, 指产品生产或者服务提供过程中直接和间接排放的二氧化碳总量。作为世界工厂, 中国

*王勇, 东北财经大学统计学院, 邮政编码: 116025, 电子信箱: ywang@dufe.edu.cn; 段福梅, 东北财经大学统计学院, 邮政编码: 116025, 电子信箱: 18742050242@163.com; 张睿庭, 东北财经大学统计学院, 邮政编码: 116025, 电子信箱: tingguniang1217@163.com。

本文系辽宁省经济社会发展研究课题“辽宁省碳排放达峰的情景预测及经济影响评估”(2018lslktd-010)、2016 年辽宁省教育厅科研平台项目“中国对外贸易隐含碳排放及其外贸结构调整研究”(LN2016JD020)的阶段性成果。感谢匿名审稿人提出的宝贵意见, 文责自负。

通过隐含碳出口形式,替国外消费活动承担了大量的二氧化碳排放,中国的碳排放具有“国内排放、国外消费”的典型特征,但是却要承受来自国际社会的二氧化碳减排压力,这对中国是不公平的。因此,研究当前中国对外贸易隐含碳有利于进一步明确中国在降低全球二氧化碳排放中的责任和义务。同时,已有研究表明(胡剑波、郭风,2017;扈涛、王文治,2017;陈玉龙等,2017;潘安、吴肖丽,2017;赵凯等,2017),中国目前的对外贸易结构不利于降低二氧化碳排放,如何通过调整对外贸易结构降低中国二氧化碳排放量是当前隐含碳排放研究中的重要课题。

隐含碳理论诞生以来,国内外学术界对贸易隐含碳问题进行了广泛而深入的实践研究,目前研究主要集中在三个方面:(1)中国对外贸易隐含碳规模的测算。Shui 和 Harris(2006)对中美国际贸易中的隐含碳进行了测量,研究发现,中国 7%~14%的 CO₂ 排放是由于中美贸易交易所导致的,中国为中美贸易中的隐含碳净出口国。周新(2010)应用多区域的投入产出模型,对 10 个以亚洲为主的国家国际贸易中的隐含碳进行了测量,研究表明,中国为最大的隐含碳净出口国。周国富和朱倩(2014)依据非竞争型投入产出表对 2002—2011 年我国各产业出口隐含的二氧化碳排放量重新进行了测算,结果表明碳排放强度高的产业,其出口隐含碳占比并不一定高,而碳排放强度低的产业,其出口隐含碳占比可能较高。(2)中国对外贸易隐含碳的影响因素研究。黄敏和刘剑锋(2011)研究发现,对中国隐含碳排放变化影响最大的是出(进)口总效应。王丽丽等(2012)研究发现,出口总量是导致隐含碳排放量增加的最大驱动因素重工业是中国出口隐含碳的主要来源,而高科技工业、轻工业和其他制造业也是中国出口隐含碳的重要部门。黄敏和蒋琴儿(2012)研究发现贸易规模的扩大是贸易过程中隐含碳增加的重要原因,两阶段规模效应皆为正向。彭水军等(2015)研究发现造成中国生产侧碳排放增加的主要因素为中国与其他经济体的产业关联前向,而发达经济体和发展中经济体最终需求来源结构的变化以及需求规模的增长也是中国生产侧碳排放增加的重要因素。齐绍洲和张振源(2017)研究发现一个国家自身的经济增长虽然会在生产侧和消费侧对碳排放造成不同影响,但对其贸易隐含碳的影响却并不显著,贸易隐含碳与该国在国际贸易中的表现关系更为紧密。(3)中国对外贸易隐含碳的责任分摊。王文举和向其凤(2011)发现,通过国际贸易,发展中国家为发达国家的消费者排放了数量巨大的 CO₂,中国不是其碳排放的唯一责任方。闫云凤等(2013)比较中国生产和消费排放责任后发现,中国对外贸易隐含碳净出口占中国碳排放的 11.77%~19.93%。马晶梅和王新影(2015)发现,中国处于隐含碳的净出口方,且中国向美国净出口隐含碳是日本的 1~4 倍。

以上研究为了解中国对外贸易隐含碳规模,降低中国对外贸易隐含碳提供了有力的理论支持。尽管如此,已有研究很少将外贸结构调整与降低中国对外贸易隐含碳结合起来。事实上,通过外贸结构调整能够有效降低二氧化碳排放量:进口碳排放强度较高的产品,出口碳排放强

度较低的产品,从而降低二氧化碳净出口量。基于已有研究现状,本文基于投入产出模型的改进算法,利用中国 2012 年投入产出表,测算中国进出口贸易隐含碳失衡度,在此基础上建立了外贸结构优化模型,对调整进出口贸易结构造成的减排效应进行实证分析。本文主要贡献体现在以下三个方面:对各行业完全碳排放强度与外贸结构特征进行综合分析;对中国各行业对外贸隐含碳失衡度进行测度;基于降低外贸隐含碳约束下对中国外贸结构进行调整分析。

二、研究方法 with 模型构建

目前,学术界关于隐含碳的测算主要有两种方法:生命周期评价法(唐建荣、李焯嘯, 2013;邹安全等,2013;秦耀辰等,2015;吴常艳等,2015)和投入产出分析法(Machado et al., 2001;Weber & Matthews,2008;周新,2010;闫云凤、杨来科,2010)。生命周期评价法测算各行业的隐含碳含量时采用自下而上的形式,对于数据的完整性和准确性要求较高,主要在某一具体产品或服务的数据相对完整的情况下使用。投入产出法是一种自上而下的方法主要利用地区投入产出表对贸易隐含碳进行测度。本文采用投入产出模型计算中国进出口贸易中的隐含碳。

(一) 出口贸易隐含碳计算模型

(1)直接碳排放强度。各部门生产过程中的直接碳排放强度的计算是测算出口贸易隐含碳的第一步。各部门直接碳排放强度也就是生产单位价值产品而产生的二氧化碳排放量,可以用 S_i 表示:

$$S_i = E_i/X_i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

式(1)中, E_i 为 i 部门二氧化碳排放量, X_i 表示 i 部门的总产出。

(2)出口产品的完全碳排放强度。出口一件产品所排放的二氧化碳量应该是其直接和间接排放的二氧化碳总量。为了计算生产出口产品的全部二氧化碳排放量,需要在直接碳排放强度强度的基础上,利用投入产出模型,计算各出口部门产品的完全碳排放强度(即各部门生产单位价值产品的直接和间接排放的二氧化碳总量),如式(2)所示。

$$\hat{S} = S(I - A)^{-1} \quad (2)$$

式(2)中, $A = [a_{ij}]_{n \times n}$ 为投入产出表中的直接消耗系数矩阵, A 中的元素 $a_{ij} = x_{ij}/X_i$ 代表 i 部门生产单位产出所消耗 j 部门的投入, x_{ij} 表示 j 部门生产过程中用到的 i 部门中间投入量, I 为与 A 阶数相同的单位向量矩阵, S 表示各部门直接碳排放强度向量, \hat{S} 表示各部门完全碳排放强度向量。

需要指出的是,式(2)有一个前提假定:即所有的中间投入品都是在本国生产,这一点与中国的实际情况并不符合。目前,加工贸易占中国外贸的比重很大,数量众多的中间投入品(原材料与零部件)由国外进口。对于从国外进口的中国加工贸易所需的中间品,它们在国外生产过程中排放二氧化碳,不能计算到中国的出口贸易隐含碳中。因此,中国的出口贸易隐含碳应该剔除这部分进口品的隐含碳。本文借鉴中国投入产出学会课题组(2007)的研究,对式(2)修

正,将进口中间投入品进行剔除,得到修正后的各部门出口贸易二氧化碳强度计算公式,如式(3)所示。

$$E_i^{ex} = S(I - u \times A)^{-1}, i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$u_{ii} = 1 - [IM_i \div (X_i + IM_i)], i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

式(3)与式(4)中, E_i^{ex} 是 i 部门出口贸易的完全碳排放强度, S 的含义同式(2), 表示各部门的直接碳排放强度, u_{ii} 为 i 部门的国内中间投入品所占 i 部门总投入品的比重, IM_i 与 X_i 分别为 i 部门的进口额与总产出。

(3) 出口贸易输出的隐含碳含量。各部门完全碳排放强度乘以其出口贸易额即可得到各部门出口贸易输出的隐含碳,用式(5)表示。

$$Q_i = E_i^{ex} \times EX_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

式(5)中, Q_i 为 i 部门出口贸易的隐含碳含量, E_i^{ex} 与 EX_i 分别是 i 部门出口贸易的隐含碳强度与出口贸易额。

(二) 进口贸易隐含碳计算模型

(1) 进口产品的完全碳排放强度。进口产品在国外生产过程中将二氧化碳排放在国外,因此不能将生产过程中产生的二氧化碳算入中国进口贸易输入的隐含碳中,正确的做法是用中国生产这些产品排放的二氧化碳计算,也就是“替代效应”。这样做的原因有两点:第一,中国投入产出表中的进口部分没有区分来源国,无法按照不同来源国的技术水平分别计算贸易隐含碳排放量;第二,本文的立意是考察贸易对中国隐含碳的影响,重在考察“替代效应”,即假定从国外进口的产品也按照本地区的技术进行生产,这样更加适合中国通过进口所节约的本地区碳排放(进口节碳量)的计算。因此,进口贸易输入的隐含碳含量也要应用国内投入产出技术水平计算对于进口产品中的进料与来料加工品,这些产品的碳排放已在出口贸易输出隐含碳中进行了计算。因此,应该在进口贸易输入的隐含碳计算时将进料与来料加工品的碳排放进行剔除,最终得到各部门进口贸易完全碳排放计算公式,如式(6)。

$$E_i^{im} = S(I - v \times A)^{-1}, i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$v_{ii} = 1 - [EX_i \div (X_i + IM_i)], i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

式(6)中, E_i^{im} 为 i 部门进口贸易的完全碳排放强度, v 是由 v_{ii} 组成的对角矩阵,其他符号的含义同上。式(7)中, v_{ii} 为 i 部门进口产品中,用于国内消费和生产国内消费品的合计比重, EX_i 、 IM_i 、 X_i 分别为 i 部门的出口额、进口额与总产出。

(2) 进口贸易输入的隐含碳含量。用各部门进口贸易额乘以其完全碳排放强度,得到各部门进口贸易输入的隐含碳含量,可以用 Q_i' 表示。

$$Q_i' = E_i^{im} \times IM_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

式(8)中, E_i^{im} 的含义同上, IM_i 为 i 部门的进口贸易额。

(三) 外贸隐含碳净流出量计算公式

各部门外贸活动隐含碳净输出量由各部门出口贸易输出的隐含碳减去进口贸易输入的隐含碳计算得到。可用 ΔQ_i 表示:

$$\Delta Q_i = Q_i - Q'_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

式(9)中, Q_i 与 Q'_i 分别为 i 部门出口贸易输出与进口贸易输入的隐含碳含量。

(四) 外贸结构调整的节碳效应模型

一国出口规模不变的情况下,出口贸易隐含碳含量的降低可以通过增加低碳消耗部门产品的出口比重,也可以通过减少高碳排部门产品的出口比重。进口贸易隐含碳的增加可以通过增加高碳排放部门产品的进口比重,也可以通过减小低碳排放部门产品的进口比重。因此,调整进出口贸易结构带来的节碳效应可以通过构建出口贸易隐含碳最小值和进口贸易隐含碳最大值模型进行计算(朱启荣,2014)。

$$\begin{aligned} \min Q_{EX} = M \times \sum_{i=1}^n (\omega_i^{EX} + \theta_i^{EX}) \times E^{ex}, i = 1, 2, \dots, n \\ \text{s.t.} \begin{cases} \sum_{i=1}^n \theta_i^{EX} = 0 \\ \frac{|\theta_i^{EX}|}{\omega_i^{EX}} \leq \varepsilon \end{cases} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \max Q_{IM} = N \times \sum_{i=1}^n (\omega_i^{IM} + \theta_i^{IM}) \times E^{im}, i = 1, 2, \dots, n \\ \text{s.t.} \begin{cases} \sum_{i=1}^n \theta_i^{IM} = 0 \\ \frac{|\theta_i^{IM}|}{\omega_i^{IM}} \leq \varepsilon \end{cases} \end{aligned} \quad (11)$$

在模型(10)和模型(11)中, $\min Q_{EX}$ 为中国出口贸易输出隐含碳的最小值, $\max Q_{IM}$ 为中国进口贸易输入隐含碳的最大值, M 和 N 分别为考察年份的中国出口与进口贸易额, ω_i^{EX} 和 ω_i^{IM} 分别表示 i 部门产品出口与进口贸易在中国总出口与总进口中所占比重, θ_i^{EX} 与 θ_i^{IM} 分别表示 i 部门产品出口与进口比重需要调整的幅度, E^{ex} 与 E^{im} 的含义同上, ε 为各部门出口与进口贸易的比重能够调整的最大幅度。

三、数据来源

本文所使用数据包括两大部分:中国各部门二氧化碳排放量和中国投入产出表。

第一,中国各部门二氧化碳排放量为各部门因八种化石能源和电力消费产生的二氧化碳排放量的总和。具体计算方法分为两个步骤,一是计算各部门因消费化石能源而排放的二氧化碳量,采用2006年政府间气候变化专门委员会(IPCC)所制定的国家温室气体清单指南中的计算方法;二是计算各部门因电力消费所产生的二氧化碳排放量。相关计算所需数据来源于《中国能源统计年鉴2013》。

第二,中国投入产出表。本文采用《中国投入产出表2007》(42部门)和《中国投入产出表2012》(42部门)。考虑到二氧化碳排放的部门分类与投入产出表的部门分类不同,需要对部门数据进行重新整合。因此,本文将投入产出表的42部门合并为24部门,即农业1个部门,工业19个部门,建筑业1个部门,服务业3个部门(具体部门分类见表1)。

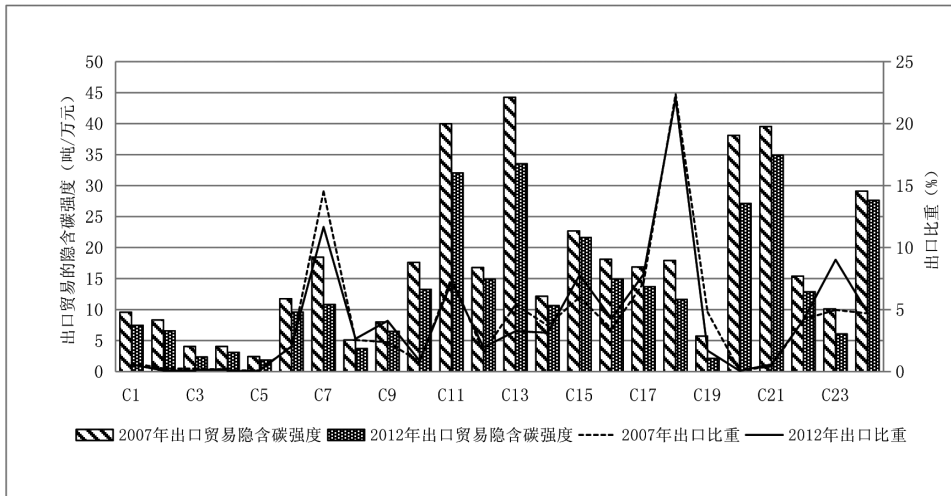
表1 2007年与2012年中国各部门进出口贸易的隐含碳含量 (单位:亿吨)

序号	部 门	2007年			2012年		
		出口输出 隐含碳	进口输入 隐含碳	隐含碳净 流出	出口输出 隐含碳	进口输入 隐含碳	隐含碳 净流出
C1	农林牧渔产品和服务	0.64	2.27	-1.63	0.58	4.04	-3.45
C2	煤炭采选产品	0.19	0.16	0.04	0.06	1.22	-1.16
C3	石油和天然气开采产品	0.07	2.37	-2.30	0.04	3.52	-3.47
C4	金属矿采选产品	0.03	1.74	-1.71	0.02	2.84	-2.83
C5	非金属矿和其他矿采选产品	0.04	0.07	-0.04	0.02	0.08	-0.05
C6	食品和烟草	2.25	1.86	0.38	2.68	3.36	-0.68
C7	纺织业	25.63	2.20	23.43	17.22	1.97	15.25
C8	木材加工品和家具	1.24	0.13	1.11	1.35	0.18	1.17
C9	造纸印刷和文教体育用品	1.81	0.64	1.18	3.64	0.94	2.69
C10	石油、炼焦产品和核燃料加工品	1.35	2.85	-1.50	1.56	4.63	-3.07
C11	化学产品	28.94	37.77	-8.83	31.68	41.91	-10.22
C12	非金属矿物制品	2.49	0.63	1.86	3.99	1.08	2.91
C13	金属冶炼和压延加工品	22.82	20.74	2.07	14.95	34.60	-19.66
C14	金属制品及其相关维修服务	4.33	0.72	3.61	4.56	0.92	3.64
C15	通用、专用设备制造业	13.02	16.12	-3.10	23.04	19.92	3.12
C16	交通运输设备	5.95	5.42	0.52	8.72	9.33	-0.61
C17	电气机械和器材	11.52	5.76	5.76	14.68	5.68	9.00
C18	通信设备、计算机和其他电子设备	38.31	26.80	11.50	34.99	26.84	8.16
C19	仪器仪表工艺品及其他制造业(含废品废料)	2.61	3.05	-0.44	0.49	1.14	-0.65
C20	电力、燃气和水的生产和供应	0.25	0.07	0.18	0.21	0.06	0.15
C21	建筑业	1.62	0.86	0.75	2.70	0.82	1.88
C22	交通运输、仓储和邮政	6.21	1.76	4.45	7.32	4.47	2.85
C23	批发、零售业和住宿、餐饮业	4.80	0.51	4.28	7.49	0.70	6.79
C24	其他服务业	13.08	11.85	1.23	17.94	16.83	1.11
	合计	189.17	146.35	42.82	199.94	187.07	12.87

四、完全碳排放强度与外贸结构特征

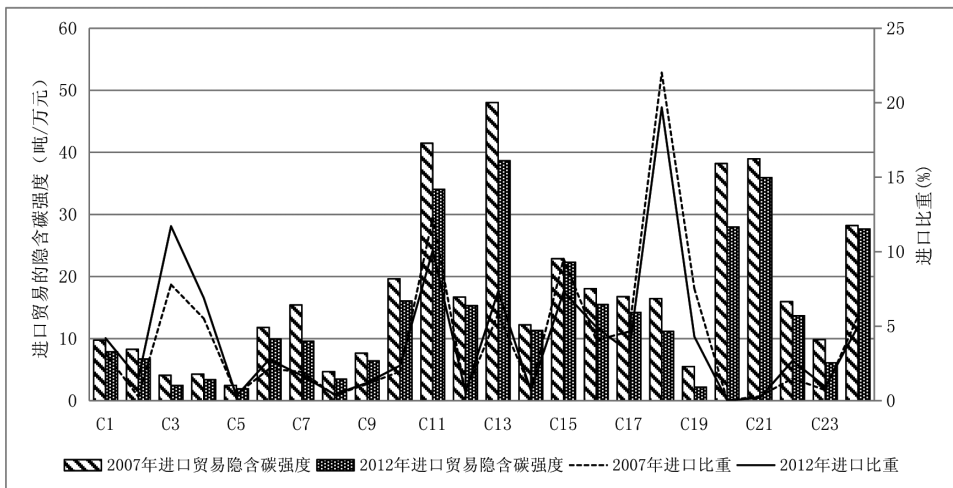
(一) 各部门进出口贸易的完全碳排放强度

基于式(3)与式(6)的计算得到 2007 年和 2012 年中国 24 个部门出口与进口贸易的完全碳排放强度,如图 1 和图 2 所示。



注:图 1 中的部门序号与表 1 中的对应部门一致。

图 1 2007 年和 2012 年中国出口贸易结构和各部门出口贸易的完全碳排放强度



注:图 2 中的部门序号与表 1 中的对应部门一致。

图 2 2007 年和 2012 年中国进口贸易结构和各部门进口贸易的完全碳排放强度

1. 纵向比较

纵向比较来看,中国所有部门的进出口贸易完全碳排放强度均呈现明显的下降趋势。

图1与图2显示,与2007年相比,2012年我国24个部门的出口与进口贸易的完全碳排放强度均有不同程度的下降,显示了近年来我国节能减排不断取得成效。出口贸易完全碳排放强度下降幅度较大的部门有电力、燃气和水的生产和供应(-11吨/万元)、金属冶炼及压延加工品(-10.73吨/万元)、化学产品(-7.93吨/万元)、纺织业(-7.64吨/万元)以及通信设备、计算机和其他电子设备(-6.29吨/万元)。这些行业本身属于碳排放强度较大的行业,绝大部分属于能源密集型产业或劳动力密集型产业,是国家的重点减排行业;同时,各行业近年来不断改进生产技术,严格控制碳排放量,使得碳排放强度不断下降。另外,出口贸易完全碳排放强度下降幅度与进口贸易完全碳排放强度下降幅度比较来看,中国各行业的出口贸易完全碳排放强度下降幅度要明显大于进口贸易完全碳排放强度下降幅度。其中,下降幅度差距比较大的部门有纺织业(1.81吨/万元)、建筑业(1.6吨/万元)以及金属冶炼和压延加工品(1.37吨/万元)。在国内外各行业碳强度普遍下降的背景下,中国各行业出口贸易完全碳排放强度均小于进口贸易完全碳排放强度显示了中国在降低碳强度方面的努力要大于国外,显示了中国节能减排的决心,尤其是对某些重点碳排放行业的碳强度控制,成效显著。

各部门的出口贸易完全碳排放强度与各部门的进口贸易完全碳排放强度接近,大部分部门的进口贸易完全碳排放强度要大于出口贸易的完全碳排放强度。数据显示,2007年,我国有13个部门的出口贸易完全碳排放强度要小于进口贸易完全碳排放强度;2012年,我国20个部门的进口贸易完全碳排放强度要大于出口贸易的完全碳排放强度。

2. 横向比较

横向比较来看,中国不同部门的出口与进口贸易的完全碳排放强度差异较大。2007年,中国出口贸易完全碳排放强度排名前五的部门分别是金属冶炼和压延加工品部门、化学产品部门、建筑业、电力、燃气和水的生产和供应部门和金属制品及其相关维修服务部门;2012年,中国出口贸易完全碳排放强度排名前五的部门分别是建筑业、金属冶炼和压延加工品部门、化学产品部门、其他服务业和电力、燃气和水的生产和供应部门,这些部门的出口贸易完全碳排放强度均超过了25吨/万元,属于典型的碳排放密集型出口行业。2007年,中国出口贸易完全碳排放强度最小的五个部门分别是非金属矿和其他矿采选产品部门、石油和天然气开采产品部门、金属矿采选产品部门、木材加工品和家具部门和仪器仪表工艺品及其他制造业(含废品废料)部门;2012年,中国出口贸易完全碳排放强度最小的五个部门分别是非金属矿和其他矿采选产品部门、仪器仪表工艺品及其他制造业(含废品废料)部门、石油和天然气开采产品部门、金属矿采选产品部门和木材加工品和家具部门,这些部门出口贸易的碳排放强度均小于6吨/万元,属于低碳排出口行业。

2007年中国进口贸易的完全碳排放强度排名前五的部门与出口贸易隐含碳的排名相同,2012年中国进口贸易的完全碳排放强度排名前五的部门与出口贸易隐含碳部门排名相同,这

些部门进口贸易的完全碳排放强度均大于 27 吨/万元,属于碳排放密集型进口行业。2007 年与 2012 年进口贸易完全碳排放强度最小的五个部门与出口贸易完全碳排放强度最小的五个部门排名相同,这五个部门的进口贸易的完全碳排放强度均小于 5.5 吨/万元,均属于低碳排进口行业。

(二) 进出口贸易的完全碳排放强度均值与外贸结构

中国目前的进口贸易结构有利于二氧化碳减排,但是仍需进一步优化。2007 年,我国进口贸易的完全碳排放强度简单算术平均值为 17.39 吨/万元,以各行业进口贸易量为权重的加权平均值为 19.77 吨/万元。2012 年,我国进口贸易的完全碳排放强度简单平均值为 14.33 吨/万元,加权平均值为 15.34 吨/万元。中国进口贸易完全碳排放强度的简单算术平均值小于其加权平均值意味着我国高排放行业产品进口比重均较大,因此,中国进口贸易结构有利于二氧化碳减排。同时,中国的高碳排放部门进口所占比重仍然较低。图 2 显示,2007 年和 2012 年,石油、炼焦产品和核燃料加工品以及纺织业这两个高排放部门合计占进口比重不足 5%。

另一方面,出口贸易结构不利于二氧化碳减排。2007 年,我国出口贸易完全碳排放强度简单算术平均值为 17.34 吨/万元,加权平均值为 19.80 吨/万元。2012 年,我国出口贸易的完全碳排放强度简单平均值为 13.70 吨/万元,以各行业出口贸易量为权重的加权平均值为 14.63 吨/万元。中国出口贸易完全碳排放强度的简单平均值小于其加权平均值意味着我国高排放行业产品出口比重均较大,因此,中国出口贸易结构不利于二氧化碳减排。

五、中国对外贸易隐含碳的失衡

(一) 出口贸易输出与进口贸易输入隐含碳:动态上升与部门集中度高

利用式(5)、式(8)和式(9)计算得到中国 2007 年和 2012 年各部门出口贸易输出的隐含碳与进口贸易输入的隐含碳以及净隐含碳含量(见表 1)。表 1 显示,纵向比较来看,2007 年至 2012 年,我国出口贸易输出的隐含碳与进口贸易输入的隐含碳在总量上均有不同程度的上升。部门横向比较来看,出口贸易输出与进口贸易输入隐含碳的部门集中程度较高。2007 年至 2012 年,出口贸易输出的隐含碳含量最大的三个部门为通信设备、计算机和其他电子设备部门、化学产品部门和纺织业,这三个部门出口贸易输出的隐含碳占总出口贸易输出隐含碳的 40%以上。需要指出的是,通信设备、计算机和其他电子设备部门、化学产品部门和纺织业虽然是中国主要的出口贸易隐含碳部门,造成这几个部门出口隐含碳高的原因却不尽相同:通信设备、计算机和其他电子设备部门以及纺织业本身并非高碳排放产业,两者的完全碳排放系数分别为 2007 年的 4.75 吨/万元和 4.11 吨/万元,以及 2012 年的 3.12 吨/万元和 2.55 吨/万元,在所有行业中并不属于高碳排放产业,这两个产业是由于出口量高造成了贸易隐含

碳高;而化学产品本身是高碳排产业,2007年和2012年的完全碳排放系数分别为12.29吨/万元和9.68吨/万元,碳排放系数在所有行业中排名前列,加上出口量较大,双重作用造成了化学产品出口隐含碳排放高。进口贸易输入的隐含碳含量最大的三个部门为化学产品部门、通信设备、计算机和其他电子设备部门以及金属冶炼和压延加工品部门,这三个部门进口贸易活动的输入碳占总进口贸易输入隐含碳的55%以上。

(二) 外贸中的隐含碳净输出量失衡度:规模下降与部门差异大

纵向比较来看,中国外贸隐含碳净输出量的规模在不断下降。由表1知,2007年和2012年中国外贸隐含二氧化碳净输出量分别为42.82亿吨和12.87亿吨。2007年和2012年,尽管中国各部门出口贸易的完全碳排放强度要小于进口贸易的完全碳排放强度,但是由于我国存在较大的贸易顺差,造成我国出口输出隐含碳量仍然要大于我国进口输入隐含碳量。同时,我们注意到,2007年到2012年,中国外贸顺差也为下降状态,降幅为32%(2007年与2012年的外贸顺差分别为21520亿元和14639亿元);贸易隐含碳净输出量的降幅为69.9%。显然,贸易隐含碳净输出量的下降不仅仅归因于外贸顺差的下降,也由于中国外贸结构在2007年到2012年期间的优化。

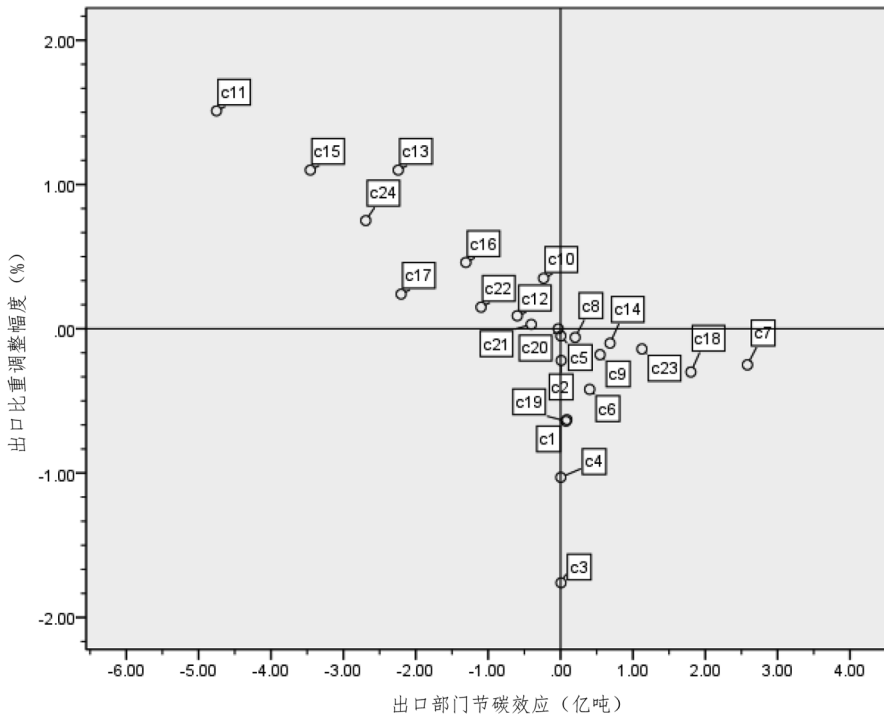
从部门角度看,各部门外贸隐含碳失衡的差异较大。2007年有16个部门出口贸易输出的隐含碳大于其进口贸易输入的隐含碳,其中,贸易隐含碳净输出量最大的三个部门是纺织业(23.43亿吨),通信设备、计算机和其他电子设备(11.50亿吨)和电气机械和器材(5.76亿吨);有8个部门出口贸易输出的隐含碳要小于其进口贸易输入的隐含碳,造成隐含碳的净流入,其中,贸易隐含碳净流入最大的部门是化学产品(8.83亿吨)。2012年有13个部门出口贸易输出的隐含碳量大于其进口贸易输入的隐含碳量,其中,贸易隐含碳净输出量最大的三个部门是纺织业(15.25亿吨),通信设备、计算机和其他电子设备(8.16亿吨)以及批发、零售业和住宿、餐饮业(6.79亿吨),这三个部门净输出隐含碳量均超过6亿吨;有11个部门出口贸易输出的隐含碳要小于其进口贸易输入的隐含碳,其中,贸易隐含碳净流入最大的三个部门是金属冶炼和压延加工品(19.66亿吨)、化学产品(10.22亿吨)以及石油和天然气开采产品(3.47亿吨),这三个部门净输入隐含碳均超过3亿吨。

六、调整中国外贸结构的节碳效应

以上研究表明,由于我国外贸存在较大的进出口贸易顺差,造成中国外贸隐含碳净流出失衡现象严重,间接增加了我国二氧化碳减排压力。因此,从降低我国二氧化碳排放角度看,需要调整外贸结构,减少中国出口贸易的隐含碳输出量、增加中国进口贸易的隐含碳输入量。

图1和图2显示,中国24个部门的进出口贸易比重和进出口贸易的完全碳排放强度差异较大,如果能提高低碳排部门的出口比重与减少高碳排部门的出口比重的同时,增加高碳

排部门的进口比重与减小低碳排部门的进口比重,则会起到降低隐含碳净输出量的效果。需要指出的是,外贸结构调整幅度既不能太大又不能太小,调整幅度太小难以充分体现调整效果,调整幅度过大则影响外贸活动和经济发展。根据 2007-2012 年我国进出口外贸数据的比重变化,将 2012 年中国各部门进出口比重的最大调整幅度设定为 $\pm 15\%$ 。基于模型 (10) 和模型 (11) 进行求解,在出口与进口规模既定的情况下,得到各部门进出口贸易比例调整幅度和节碳效应(见图 3 和图 4)。



注:图 3 中的部门序号与表 1 中的对应部门一致。

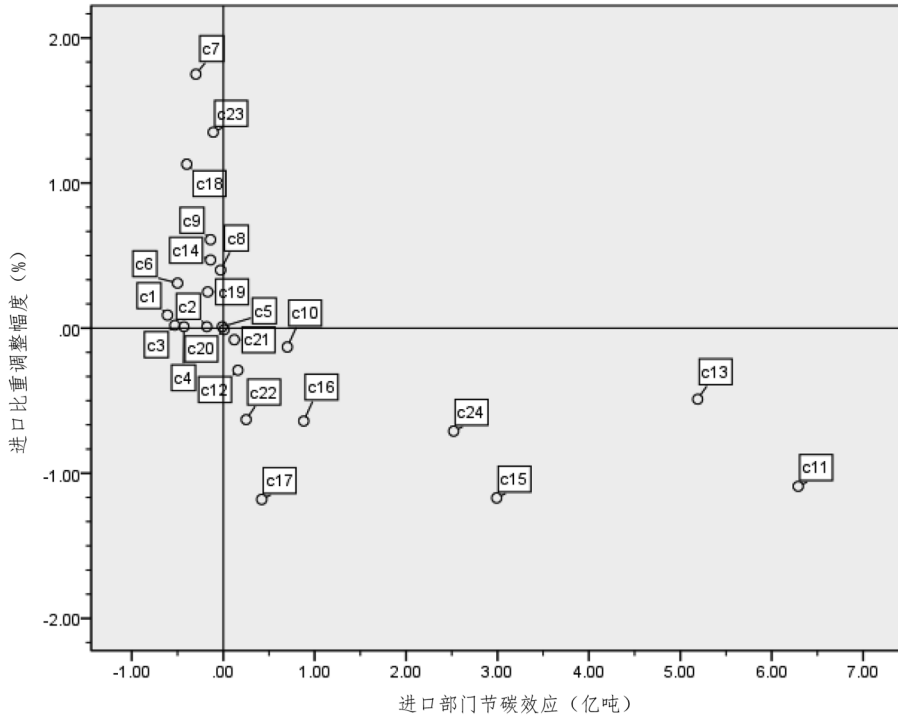
图 3 中国各部门出口贸易的调整幅度与节碳效应

(一) 各部门对外贸易的调整幅度

图 3 和图 4 显示,中国各部门进出口贸易的调整幅度与节碳效应的散点大多数分布在左上象限和右下象限。为了使中国出口贸易输出的隐含碳量最小,有 12 个部门的出口比重需要下调,其中下调幅度最大的三个部门是石油和天然气开采产品(-1.76%)、金属矿采选产品(-1.03%)和仪器仪表工艺品及其他制造业(含废品废料)(-0.64%);有 12 个部门的出口比重需要上调,其中上调幅度最大的三个部门是石油、炼焦产品和核燃料加工品(0.35%)、金属冶炼和压延加工品(1.1%)和通用和专用设备制造业(1.1%)。

为了使中国进口贸易输入的隐含碳量最大,有 11 个部门的进口比重需要下调,其中下调幅度最大的三个部门是电气机械和器材(-1.18%),通用、专用设备制造业(-1.17%)和化学

产品(-1.09%);有 13 个部门的进口比重需要上调,其中上调幅度最大的三个部门是纺织业(1.75%),批发、零售业和住宿、餐饮业(1.35%)和通信设备、计算机和其他电子设备(1.13%)。



注:图 4 中的部门序号与表 1 中的对应部门一致。

图 4 中国各部门进口贸易的调整幅度与节碳效应

(二) 各部门对外贸易调整的节碳效应

图 3 和图 4 中左上象限与右下象限中部门分布数量基本相同,但综合各部门的总体变化,出口贸易隐含碳减小量要明显大于其增加量,进口贸易隐含碳增加量要明显大于其减少量,说明通过外贸结构的调整能使我国外贸隐含碳在出口层面上有所减少,在进口层面上有所增加,从而有效降低外贸隐含碳的净输出量。

1. 调整外贸结构的总体节碳效应显著

对模型(10)和模型(11)求解可知,通过对进出口外贸结构的调整,2012 年我国出口贸易的隐含碳最小输出值为 188.45 亿吨,比实际的出口贸易的隐含碳减少 11.49 亿吨,进口贸易的隐含碳最大输入值为 203.05 亿吨,比实际的进口贸易隐含碳增加 15.98 亿吨。与外贸结构调整前相比,2012 年中国出口贸易隐含碳减少和进口贸易隐含碳增加合计为中国减少 27.47 亿吨的二氧化碳排放,占 2012 年全国二氧化碳总排放量的 31.8%。因此,调整外贸结构的节碳效果十分显著。

2.不同部门外贸调整的节碳效应差异较大

图3和图4显示,调整外贸结构对中国24个部门的进出口贸易隐含碳产生了不同程度的影响。出口贸易中,有13个部门的出口贸易隐含碳输出量变大,共增加7.52亿吨的隐含碳输出量。其中,出口贸易隐含碳输出增加量最大的三个部门为纺织业(2.58亿吨),通信设备、计算机和其他电子设备(1.8亿吨)和批发、零售业和住宿、餐饮业(1.12亿吨);有11个部门的出口贸易隐含碳输出量减小,总共减少了19.02亿吨的隐含碳输出量。其中,出口贸易隐含碳输出减少量最大的三个部门为化学产品(4.75亿吨),通用、专用设备制造业(3.46亿吨)和其他服务业(2.69亿吨)。进口贸易中,有11个部门的进口贸易隐含碳输入量变大,总共增加了19.52亿吨的隐含碳输入量,其中进口贸易的隐含碳输入增加量最大的三个部门为化学产品(6.29亿吨),金属冶炼和压延加工品(5.19亿吨)和通用、专用设备制造业(2.99亿吨);有13个部门的进口贸易的隐含碳输入量变小,总共减少了3.54亿吨的隐含碳输入量,其中进口贸易的隐含碳输入减少量最大的三个部门为农林牧渔产品和服务(0.61亿吨)、石油和天然气开采产品(0.53亿吨)和食品和烟草(0.5亿吨)。

七、研究结论与政策建议

基于投入产出模型的改进算法,本文将中国对外贸易隐含碳与外贸结构结合起来,对通过外贸结构调整来降低中国贸易隐含碳的失衡度进行研究。研究发现,中国高排放强度部门的出口比重整体较低,进口贸易的隐含碳强度大于出口贸易的隐含碳强度。同时,中国各部门进口贸易和出口贸易隐含碳呈现动态上升与部门集中度高的特点,出口贸易输出的隐含碳含量最大的三个部门为通信设备、计算机和其他电子设备部门、化学产品部门和纺织业,进口贸易输入的隐含碳含量最大的三个部门为化学产品部门、通信设备、计算机和其他电子设备部门和金属冶炼和压延加工品部门。外贸中的隐含碳净输出量表现为规模下降与部门差异大,贸易隐含碳净输出量最大的三个部门是纺织业、通信设备、计算机和其他电子设备部门和批发、零售业和住宿、餐饮业部门。目前,中国外贸隐含碳的失衡情况较为严重,出口贸易输出的隐含碳要明显大于进口贸易输入的隐含碳。通过对我国各部门进出口贸易比例进行调整,减少高碳排放部门的出口比重,增加其进口比重,结果显示,调整外贸结构能够有效降低我国贸易隐含二氧化碳排放的净输出量。政策建议如下:

第一,加强减排创新技术,从技术层面上控制碳排放。目前,中国各部门的生产技术、节能减排技术落后于发达国家。中国现阶段的能源消费结构煤炭为主,导致了我国单位产出的二氧化碳量较高。未来,中国要推动新能源利用方面的自主技术创新力度,大力推动太阳能、风能、水能以及潮汐能等新型清洁能源的使用。同时,政府应在政策和资金上鼓励节能减排技术的自主创新,支持生产技术改革,降低部门的完全碳排放系数,如提高煤炭发电效率,节

能运输技术等,从生产层面上提高能源的使用率,从而减少二氧化碳的排放。

第二,优化进出口贸易结构,降低贸易隐含碳排放净输出量。对于中国各部门的贸易隐含碳排放净输出量,一方面,要适度地降低高排放消耗型部门的出口比重,如金属冶炼和压延加工品,化学产品,石油、炼焦产品和核燃料加工品等完全碳排放系数高的排放部门;同时提高低排放节约型部门出口比重,如木材加工品和家具、仪器仪表工艺品及其他制造业(含废品废料)、石油和天然气开采产品等部门,从而减少出口贸易的隐含碳输出量。另一方面,同时也要适度提高高排放消耗型部门的进口比重,以缓解中国的碳排放压力。

第三,征收碳税是中国减排的重要途径。为了实现中国进出口贸易的可持续发展,可以灵活运用差别性的出口关税和出口退税等政策。通过对高排放消耗型产品征收出口关税等方式来减少高排放消耗型产品的出口,同时提高低排放节约型产品的出口退税率来增加低排放节约型产品的出口,从而减少出口贸易隐含碳的输出。另一方面,也可以降低高排放消耗型产品的进口关税,鼓励高排放产品的进口。此外,可以大力推广实施碳税,既可以保护环境、减少碳排放,还能弥补我国税制在能源与环保方面的不足。需要指出的是,在征收碳税时,不能单一地选择隐含碳的绝对数量作为征收标准,因为有些部门出口的二氧化碳排放高源于其出口量大,而并非该部门为污染密集型行业(如通信设备),而出口排放低的部门不一定是干净行业。所以无论是出口结构的调整或是碳税的征收,均不能以隐含碳排放的高低来决定,而应当考虑完全碳排放强度。

参考文献:

- [1]陈玉龙,钟章奇,吴乐英,赵金彩.中国可再生能源消费、对外贸易和碳排放的关系[J].软科学,2017,31(09):49-52.
- [2]胡剑波,郭风.中国进出口产品部门隐含碳排放测算——基于2002-2012年非竞争型投入产出数据的分析[J].商业研究,2017,(05):49-57.
- [3]扈涛,王文治.中国对外贸易隐含碳排放的测算与分解[J].生态经济,2017,33(07):37-41+46.
- [4]黄敏,刘剑锋.外贸隐含碳排放变化的驱动因素研究——基于I-O SDA模型的分析[J].国际贸易问题,2011,(04):94-103.
- [5]黄敏,蒋琴儿.浙江省二氧化碳排放测算:消费排放与生产排放的对比[J].华东经济管理,2012,(02):15-18.
- [6]马晶梅,王新影.发达国家是否向发展中国家转移了碳排放——基于碳排放责任分摊的视角[J].经济学家,2015,(06):95-102.
- [7]潘安,吴肖丽.出口结构调整降低了中国碳排放吗?[J].中南财经政法大学学报,2017,(05):117-125.
- [8]彭水军,张文城,孙传旺.中国生产侧和消费侧碳排放量测算及影响因素研究[J].经济研究,2015,50(01):168-182.
- [9]齐绍洲,张振源.经济增长与贸易隐含碳——基于生产侧与消费侧碳排放的视角[J].环境经济研究,2017,2(2):1-17.
- [10]秦耀辰,李旭,荣培君.基于改进EIO-LCA模型的城市旅游业碳排放核算研究——以开封市为例[J].

地理科学进展,2015,(02):132-140.

[11]唐建荣,李焯啸. 基于 EIO-LCA 的隐性碳排放估算及地区差异化研究——江浙沪地区隐含碳排放构成与差异[J]. 工业技术经济,2013,(04):125-135.

[12]王丽丽,王媛,毛国柱,赵鹏. 中国国际贸易隐含碳 SDA 分析[J]. 资源科学,2012,(12):2382-2389.

[13]王文举,向其凤. 国际贸易中的隐含碳排放核算及责任分配[J]. 中国工业经济,2011,(10):56-64.

[14]吴常艳,黄贤金,揣小伟,徐国良,於冉,李丽. 基于 EIO-LCA 的江苏省产业结构调整与碳减排潜力分析[J]. 中国人口·资源与环境,2015,(04):43-51.

[15]闫云凤,赵忠秀,王苒. 基于 MRIO 模型的中国对外贸易隐含碳及排放责任研究[J]. 世界经济研究,2013,(06):54-58+86+88-89.

[16]闫云凤,杨来科. 金融危机条件下我国出口贸易向低碳经济转型[J]. 当代财经,2010,(1):105-110.

[17]赵凯,易晓慧,柳洋. 中国出口贸易与碳排放脱钩研究[J]. 武汉理工大学学报(社会科学版),2017,30(04):83-88.

[18]中国投入产出学会课题组. 国民经济各部门水资源消耗及用水系数的投入产出分析——2002 年投入产出表系列分析报告之五[J]. 统计研究,2007,(03):20-25.

[19]周国富,朱倩. 出口隐含碳排放的产业分布及优化对策研究[J]. 统计研究,2014,(10):21-28.

[20]周新. 国际贸易中的隐含碳排放核算及贸易调整后的国家温室气体排放[J]. 管理评论,2010,(06):17-24.

[21]朱启荣. 中国外贸中虚拟水与外贸结构调整研究[J]. 中国工业经济,2014,(2):58-70.

[22]邹安全,罗杏玲,全春光. 基于 EIO-LCA 的钢铁产品生命周期碳排放研究[J]. 管理世界,2013,12:178-179.

[23]Machado, G., R. Schaeffer, and E. Worrel. Energy and Carbon Embodied in the International Trade of Brazil: An Input-output Approach [J]. Ecological Economics, 2001, 39(3): 409-424.

[24]Shui, Band R. C.Harriss. The Role of CO₂ Embodiment in US-China Trade[J]. Energy policy, 2006, 34(18): 4063-4068.

[25]Weber, C. L. and H. S. Matthews. Quantifying the Global and Distributional Aspects of American Household Carbon Footprint[J]. Ecological Economics, 2008, 66(2-3): 379-39.

Measurement on Carbon-saving Effects of Adjusting the Structure of China's Foreign Trade

Wang Yong^{a,b}, Duan Fumei^a and Zhang Ruiting^a

(a: School of Statistics, Dongbei University of Finance and Economics;

b: Postdoctoral Research Station, Dongbei University of Finance and Economics)

Abstract: The change of foreign trade structure has an important influence on the implicit carbon of import and export trade. Using improved algorithm of input-output model and China input-output table, on the basis of descriptive analysis of the complete carbon intensity of each sector and the characteristics of foreign trade structure, this paper combines the implicit carbon of China's foreign trade with the structural adjustment of foreign trade, and focuses on the carbon imbalance of foreign trade and the carbon-saving effect of foreign trade structure adjustment. The results show that: the complete carbon emission intensity of the import and export trade in most departments in 2012 is obviously smaller than 2007. The intensity of the complete carbon emissions of the export trade of most sectors is less than that of the import trade. The scale of implicit carbon in foreign trade presents the characteristics of scale decline and sectoral difference. On the whole, adjusting the structure of China's foreign trade can effectively reduce the net output of China's implicit carbon dioxide emissions from trade. Based on the research results, this paper suggests that innovative technologies should be strengthened to control carbon emissions from a technical perspective, meanwhile, optimizing the structure of import and export trade and reducing the net export trade of implicit carbon emissions. In addition, the carbon tax can also be used as an important way to reduce carbon emissions.

Keywords: Carbon Embodied in Trade; Adjustment of Foreign Trade Structure; Input-output Analysis

JEL Classification: Q56, Q58

(责任编辑:卢 玲)