

中国进口贸易的节能减排效益分析

朱启荣,杨琳,任飞

(山东财经大学 国际经贸学院,山东 济南 250014)

摘要:运用投入产出模型与细分行业数据,测算了2010年与2015年我国进口贸易活动对国内能源节约量与废气减排量;同时,运用线性规划分析方法,探究了我国扩大进口贸易减少能源消耗与废气排放的方法。研究结果显示:2010年我国进口贸易的节能量与废气减排量分别相当于该年国内能源消耗总量与废气排放总量的33%与34%;2015年我国进口贸易的节能量与废气减排量相当于同期国内能源消耗总量与废气排放总量的27%与26%。我国适当扩大煤炭开采和洗选业、金属矿采选业、石油加工与炼焦和核燃料加工业、化学工业、非金属矿物制品业、金属冶炼及压延加工业、金属制品业、电气机械和器材制造业、其他制造业、电力与热力生产和供应业、建筑业的进口规模,能够给国内带来更多的节能减排效益。

关键词:进口贸易;隐含能;隐含污染物;节能减排;投入产出模型

中图分类号:F752

文献标识码:A

文章编号:2095-929X(2020)02-0080-11

一、引言及文献综述

随着我国经济发展,国内能源消费量也呈现快速增长趋势。我国能源消费量以9.6%的平均增速从2001年的14.3亿吨标准煤快速增长到2011年的38.7亿吨标准煤,已成为全球能源消费第一大国。2018年,我国的能源消费量更是上升至46.2亿吨标准煤,较上年上涨2.9%。面对能源消费量在全国范围内的迅速增加,国内能源供给愈加不足。此外,近年来,以雾霾为主的空气污染问题在我国许多地区频频出现,给人民身体健康与经济社会可持续发展带来巨大负面影响。为此,我国政府采取了一系列空气污染防治政策与措施,取得了一定成效,但我国空气污染问题仍然十分突出。2017年发布的中国生态环境状况公报显示,全国338个地级及以上城市的环境空气质量达标率为29%,尽管与2016年相比增长4.1%,但仍仅有99个城市空气质量达标,其余239个城市的环境空气质量均未达标准要求,不达标率高达71%;同时,我国的二氧化碳(CO₂)排放也呈现迅速上升趋势,已成为全球最大的温室气体排放国家^[1]。为此,2018年6月27日,国务院印发的《打赢蓝天保卫战三年行动计划》提出了“经过三年努力,大幅减少主要大气污染物排放总量,协同减少温室气体排放,进一步明显降低细颗粒物(PM_{2.5})浓度,明显减少重污染天数,明显改善环境空气质量,明显增强人民的蓝天幸福感”的环保目标。

基金项目:国家社会科学基金项目“利用工业品外贸减少我国工业废气与废水排放研究”(17BJY068);山东省自然科学基金项目“工业品外贸对山东工业废气与废水排放的影响及贸易结构优化研究”(ZR2017MG031)。

作者简介:朱启荣,男,安徽无为,人,博士,山东财经大学国际经贸学院教授、博士生导师,研究方向:国际贸易与可持续发展。

实施节能减排的方法主要有:一是积极采用节能环保技术,降低生产企业的能耗与污染物排放;二是通过调整产业结构,降低能源密集型与污染密集型行业比重来减少能源消耗和污染物排放量;三是通过对高能耗和高污染行业征税,将企业的能耗和污染成本内部化,倒逼企业降低能耗与污染物排放。此外,还可以利用外部因素,即利用进口贸易来实现节能减排。2012 年 3 月,国务院召开常务会议,研究加强进口促进对外贸易平衡发展的政策措施,会议指出,“随着资源环境约束日益强化和人民生活水平不断提高,我国对外贸易需要在保持出口稳定增长的同时,更加重视进口,适当扩大进口规模”^[2]。近年来,我国进口贸易给国内带来的节能减排效益究竟如何?在当前国家积极鼓励扩大进口与加强节能减排工作的背景下,如何将扩大进口与提高我国进口贸易的节能减排效益联系起来?对这些问题进行研究具有重要的现实意义。

国际高级研究机构联合会 (IFIAS) 于 1974 年提出了“隐含能”与“隐含污染物”概念,用以衡量产品生产过程中上游中间投入品的生产到最终产品的加工、制造与运输等全过程所消耗的能源与排放的污染物数量。此后,学界广泛采用上述概念来分析国家或地区的能源消费和环境如何受贸易活动的影响。Machado 等^[3]计算了 1995 年巴西非能源产品贸易中的隐含能,发现巴西进口隐含能明显小于其出口隐含能,是隐含能净出口国。Mukhopadhyay^[4]计算了 1993—1994 年期间印度外贸活动中的隐含能,发现印度进口贸易的隐含能大于其出口隐含能,是一个能源的净进口国。Wyckoff 和 Roop^[5]研究发现,1985 年法国通过进口工业品减少了本国 40% 的碳排放。Dietzenbacher 和 Makhopadhyay^[6]研究发现,印度通过进口所减少的污染物排放量是其生产出口商品污染物排放量的 2 倍,进口贸易缓解了印度环境保护压力。Peters^[7]研究了中国 CO₂ 排放的影响因素,发现中国进口贸易中的隐含碳排放在一定程度上抵消了出口隐含碳的增长。

近年来,很多国内学者也逐渐将视角放在进口贸易隐含能与隐含污染物排放问题的研究上。在进口贸易的隐含能研究方面,刘祥霞和黄兴年^[8]测算出 2001—2012 年间我国进口贸易中的隐含能年均增长率为 7.76%,但该增速明显慢于进口贸易规模增速。刘会政和李雪珊^[9]的研究表明,2011 年我国进口活动带来的节能量达到 68 298 万吨标准煤。韦韬和彭水军^[10]研究发现,1995—2009 年间我国进口隐含能增幅高于生产侧与消费侧能耗的增长,属于隐含能净进口国,进口贸易给我国带来的节能效益不容忽视。蒋雅真等^[11]利用 2002、2005、2007 以及 2010 年我国投入产出表,计算得到进口的隐含能分别为 3.94、9.42、10.03 与 28.72 亿吨标准煤,分别相当于同期我国总能耗的 24.72%、39.9%、35.75%与 28.72%,认为可以通过适当扩大进口来帮助节约国内能源。夏艳清^[12]的研究表明,2002 与 2007 年中国进口贸易的节能量分别为 308.05 千吨油当量和 610.99 千吨油当量,分别相当于同期全国耗电量的 33.54%和 36.55%。

在隐含污染物排放问题研究方面,张友国^[13]分析了 1987—2006 年期间对外贸易对我国二氧化硫 (SO₂) 排放量的影响,认为我国进口贸易中隐含硫量逐年增大,但由于进口规模增速远低于出口规模增速,我国外贸存在着巨大的隐含 SO₂ 排放顺差,应该进一步扩大我国进口贸易的环保作用。徐慧^[14]测算了 2002 年我国 42 个部门进口活动所隐含的污染物排放量,结果表明我国进口贸易减少了国内环境污染。匡远配和谢杰^[15]通过分析 1995—2009 年我国农产品对外贸易活动对国内环境的影响,发现农产品进口贸易在一定程度上减少了环境污染。刘祥霞等^[16]对 2001—2012 年间我国进出口产品隐含 CO₂ 排放量进行了测算,发现 2012 年我国进口隐含 CO₂ 排放量是 2001 年的 7.5 倍。朱启荣等^[17]的研究表明,2002 年与 2012 年我国进口带来的工业废气减排量分别相当于同期国内排放量的 20%和 22%,适度扩大我国进口贸易有利于保护国内环境。

总体而言,已有研究主要基于 2012 年甚至更早的投入产出表数据,对我国进口贸易隐含能与污染物排放量进行分析,难以较真实地反映我国近年进口贸易的节能减排效益;此外,对于如何提高我国进口贸易的节能减排效益的研究还没有展开。本文采用 2015 年和 2010 年投入产出表和行业数据,对我国进口贸易的节能减排效益进行比较分析,并运用线性规划分析方法,模拟分析提高我国进口贸易节能减排效益的方法与效果,以期为国家扩大进口、缓解国内能源供应与环保压力提供参考。

二、模型构建与数据来源

(一) 模型构建

1. 我国进口贸易的节能减排效益计算模型

我国进口贸易对国内能源的节省量是按照“替代效应”方法来计算的^[18-22]。即按照我国生产同类进口品所消耗的能源数量来衡量其对国内节能效益。我国进口国外产品,不仅减少了国内同类产品的生产,直接减少了我国能源消耗,而且还减少了该产品生产过程中国内投入品的消耗与生产,从而间接降低了能耗,因此,我国进口贸易所减少的国内能耗应为其直接与间接减少的国内能耗总和。这样,就可以用投入产出模型来进行测算。与进口贸易具有节能效益相类似,我国进口国外产品,减少了国内各种污染物的排放量,进口贸易对国内废气减排量也是按照“替代效应”方法来计算的。

运用投入产出模型计算我国进口贸易的节能数量和废气减排量时,首先,利用公式(1)和公式(2)计算我国各部门生产单位价值同类贸易品的能耗和废气直接排放量,即各部门的直接能耗强度(d_i^e)和废气排放强度(d_i^w),然后,利用投入产出模型,得到我国工业品进口贸易的节能强度(p_i^e)和废气减排强度(p_i^w)计算公式(3)和公式(4)。

$$d_i^e = Q_i^e / X_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

$$d_i^w = Q_i^w / X_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

$$p_i^e = d_i^e (I - A)^{-1} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

$$p_i^w = d_i^w (I - A)^{-1} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

公式(1)和公式(2)中, Q_i^e 和 Q_i^w 分别为进口国*i*部门生产同类产品的能耗与废气排放量, X_i 为该行业产值, n 为进口部门的个数, $(I - A)^{-1}$ 是里昂惕夫逆矩阵。

利用公式(5)和公式(6),计算进口贸易活动中各部门节能量和废气减排量,并将其加总得到我国进口贸易的节能总量与废气减排总量。

$$Q^e = \sum_{i=1}^n Q_i^e = \sum_{i=1}^n IM_i \times p_i^e = \sum_{i=1}^n IM \times \theta_i \times p_i^e \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2) \quad (5)$$

$$Q^w = \sum_{i=1}^n Q_i^w = \sum_{i=1}^n IM_i \times p_i^w = \sum_{i=1}^n IM \times \theta_i \times p_i^w \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2) \quad (6)$$

公式(5)和公式(6)中, Q^e 和 Q^w 分别是我国进口贸易给国内带来的节能和废气减排量, p_i^e 和 p_i^w 含义同上, IM_i 为*i*部门的进口额, IM 是我国进口总额, θ_i 是该部门 IM_i 与 IM 的比值。

2. 提高我国进口贸易的节能减排效益分析模型构建

依据公式(5)和公式(6)推导出公式(7)和公式(8)。公式(7)和公式(8)表明,在各部门进口贸易占比(结构)、其节能强度与废气减排强度既定情况下,扩大进口规模(ΔIM),能够增加我国进口贸易的节能量(ΔQ^e)和废气减排量(ΔQ^w)。

$$\Delta Q^e = \sum_{i=1}^n \Delta Q_i^e = \sum_{i=1}^n \Delta IM \times \theta_i \times p_i^e \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

$$\Delta Q^w = \sum_{i=1}^n \Delta Q_i^w = \sum_{i=1}^n \Delta IM \times \theta_i \times p_i^w \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

如果我们能够扩大那些节能强度和废气减排强度较高的产品进口来减少国内上述高能耗和高污染行业产品的生产,可进一步提高我国进口贸易的节能减排效益。当然,提升进口贸易的节能减排绩效不但要增强进口贸易对我国的节能作用,而且还要充分发挥它对我国废气的减排效益。基于此,笔者在公式(7)和公式

(8)基础上,利用多目标优化方法,构建进口贸易的节能减排目标函数(9),以探寻扩大哪些行业产品的进口规模,更有利于减少我国能耗与废气排放量。

设我国进口贸易规模扩大 α 。为避免进口贸易规模过度扩大可能对国内相关产业造成较大冲击,本文将各部门进口贸易扩大的幅度上限设定为 ε ,由此形成下文中目标函数(9)的两个约束条件:

$$\text{Max}Q\begin{cases} Q^e(\Delta\bar{\omega})=IM\times\sum_{i=1}^n(\bar{\omega}_i+\Delta\bar{\omega}_i)\times p_i^e \\ Q^w(\Delta\bar{\omega})=IM\times\sum_{i=1}^n(\bar{\omega}_i+\Delta\bar{\omega}_i)\times p_i^w \end{cases} \quad (i=1,2,\cdots,n) \tag{9}$$
$$\text{st.}\begin{cases} \sum_{i=1}^n\Delta\bar{\omega}_i=\alpha \\ 0\leqslant\frac{\Delta\bar{\omega}_i}{\bar{\omega}_i}\leqslant\varepsilon \end{cases}$$

上式中, $Q^e(\Delta\bar{\omega})$ 和 $Q^w(\Delta\bar{\omega})$ 分别是我国进口贸易对国内的节能量和废气减排量目标函数, $\bar{\omega}_i$ 是各部门进口额在我国进口贸易总额中的占比, $\Delta\bar{\omega}_i$ 为各部门进口占比的调整幅度,其他字符含义与上文所述相同。

(二)数据来源

我国投入产出表每5年编制一次,但每逢尾数为0或5的年份编制本期投入产出表的延长表,目前国内最新的投入产出表数据库是《2015年全国投入产出表》,它是《2012年全国投入产出表》的延长表。本文使用《2015年全国投入产出表》与《2010年全国投入产出表》(2007年全国投入产出延长表)来比较分析不同年份进口贸易活动对减少我国能耗与废气排放的作用。各细分行业产值与进口贸易数据也来自于这两个年份投入产出表数据库。在分析过程中,还需要使用《中国能源统计年鉴》和《中国环境统计年鉴》中各细分部门的能耗与废气排放数据。为使投入产出表中的各部门数据能够同上述两个年鉴中各部门的数据相匹配,笔者将上述两个年度我国投入产出表中的部门合并为26个部门(见表1)。将上述两个年份各部门能源消费、废气排放量与产值代入公式(1)和公式(2),得到表1中我国各行业的能耗强度与废气排放强度^①。

表 1 我国各部门的能耗强度与废气排放强度

部 门	能耗强度(吨标煤/万元)		废气排放强度(立方米/万元)	
	2010 年	2015 年	2010 年	2015 年
农林牧渔	0.09	0.08	0.00	0.00
煤炭开采和洗选业	0.52	0.45	1152.43	839.37
石油和天然气开采业	0.35	0.51	878.93	1865.32
金属矿采选业	0.22	0.20	2577.59	2829.65
非金属矿和其他矿采选业	0.23	0.23	1653.07	1205.68
食品制造及烟草加工业	0.08	0.07	1635.12	894.64
纺织业	0.19	0.16	998.94	637.11
纺织服装、鞋、帽、皮革、羽绒及其制品业	0.05	0.04	145.71	165.77
木材加工及家具制造业	0.08	0.07	1130.52	2335.02
造纸印刷及文教体育用品制造业	0.22	0.12	3780.00	1852.60
石油加工、炼焦和核燃料加工业	0.55	0.60	6206.59	5743.39
化学工业	0.39	0.37	3420.77	2995.61

①农业、林业、畜牧业、渔业,建筑业,交通运输、仓储和邮政业,批发、零售业和住宿、餐饮业没有工业废气排放,故本文中将其废气直接排放强度设为0。

续表 1

部 门	能耗强度(吨标煤/万元)		废气排放强度(立方米/万元)	
	2010 年	2015 年	2010 年	2015 年
非金属矿物制品业	0.69	0.54	21780.86	19394.55
金属冶炼及压延加工业	0.86	0.75	17936.62	19012.44
金属制品业	0.15	0.11	847.87	1505.12
通用、专用设备制造业	0.08	0.06	659.27	342.52
交通运输设备制造业	0.06	0.05	712.74	877.93
电气机械和器材制造业	0.05	0.04	231.62	478.99
计算机、通信和其他电子设备制造业	0.04	0.04	1125.91	990.02
仪器仪表制造业	0.05	0.04	777.59	344.02
其他制造业(含废品废料)	0.12	0.24	175.02	7811.82
电力、热力生产和供应业	0.52	0.44	41727.16	35161.26
建筑业	0.06	0.04	0.00	0.00
交通运输、仓储和邮政业	0.53	0.47	0.00	0.00
批发、零售业和住宿、餐饮业	0.11	0.08	0.00	0.00
其他行业	0.07	0.05	22.62	6.10

三、实证分析

(一) 我国进口贸易的节能减排强度及变化分析

1.我国进口贸易的节能强度及变化

表 1 和表 2 显示,我国各部门进口贸易的直接能耗强度和废气直接排放强度与其各自的节能和废气减排强度相距甚远。以非金属矿物制品业为例,上述两年该行业的直接能耗强度分别为 0.69 吨标煤/万元和 0.54 吨标煤/万元,而同期该行业进口贸易的节能强度分别为 1.63 吨标煤/万元和 1.32 吨标煤/万元,后者是前者的 2.4 倍左右。这表明,在计算进口贸易的节能量时,必须充分考虑其间接节约的能源量。再以非金属矿物制品业为例,2012 年和 2015 年该行业的废气直接排放强度分别为 21 780.86 立方米/万元和 19 394.55 立方米/万元,而同期该行业进口贸易的废气减排强度分别为 42 679.04 立方米/万元和 36 987.93 立方米/万元,后者是前者的 2 倍左右。这表明,在计算进口贸易的废气减排量时,必须充分考虑其间接减少的废气排放量。我国应积极利用进口贸易的节能减排作用,降低中间产品投入,直接与间接减少国内能耗与废气排放量。

表 2 显示,我国各部门进口贸易的节能强度差异较大。以各年份节能强度的简单均值为界点来衡量各进口部门节能强度的高低,可以发现,金属冶炼及压延加工业、石油加工及炼焦和核燃料加工业、非金属矿物制品业、电力与热力生产和供应业、化学工业、金属制品业、煤炭开采和洗选业等进口行业的节能强度较高;而批发与零售业和住宿及餐饮业、农林牧渔、其他行业、食品制造及烟草加工业、纺织服装和鞋帽与皮革和羽绒及其制品业、木材加工及家具制造业、计算机与通信和其他电子设备制造业等进口行业的节能强度较低。从各部门来看,其变化也较为明显。我国 26 个进口部门中仅有其他制造业(含废品废料)、石油和天然气开采业、石油加工及炼焦和核燃料加工业的进口贸易节能强度有所提高,其余 23 个部门中,通用与专用设备制造业、批发与零售业和住宿及餐饮业、计算机与通信和其他电子设备制造业、其他行业、仪器仪表制造业、木材加工及家具制造业、食品制造及烟草加工业、交通运输设备制造业的进口贸易节能强度下降明显,其降幅均超过 23%。

2.我国进口贸易对国内废气的减排强度及变化

我国各部门进口贸易的废气减排强度的差异也较大。仍以各年份废气减排强度的简单均值为界点来衡量各进口部门的废气减排强度高低,可以发现,电力与热力生产和供应业、金属冶炼及压延加工业、非金属矿

物制品业、金属制品业、电气机械和器材制造业、建筑业、金属矿采选业等进口行业的废气减排强度较大,而批发与零售业和住宿及餐饮业、农林牧渔、其他行业、交通运输及仓储和邮政业、纺织服装和鞋帽及皮革与羽绒及其制品业、食品制造及烟草加工业等进口行业则具有较低的废气减排强度。上述期间,我国进口贸易的废气减排强度均值由 18 860.57 立方米/万元下降到 16 552.45 立方米/万元,降幅高达 12.2%。从各部门进口贸易的废气减排强度变化情况看,只有煤炭开采和洗选业、金属冶炼及压延加工业、其他制造业这 3 个进口部门的废气减排强度有所上升,其余各进口部门的废气减排强度均有不同程度下降,其中,食品制造及烟草加工业、批发与零售业和住宿及餐饮业、交通运输及仓储和邮政业、纺织业、纺织服装和鞋帽与皮革及羽绒及其制品业进口贸易的废气减排强度降幅均大于 32%。

3.进口贸易的结构特征

表 2 显示,2010 年我国各部门进口贸易活动节能强度与废气减排强度的加权平均值分别为 0.95 吨标煤/万元与 17 246.55 立方米/万元。2015 年我国各部门进口贸易的节能强度与废气减排强度加权平均值分别为 0.80 吨标煤/万元与 14 119.08 立方米/万元。这表明,不论是 2010 年还是 2015 年,我国各部门进口贸易活动节能强度与废气减排强度的加权平均值均小于各自的简单平均值。这说明,我国节能强度与废气减排强度较高部门的进口占比较小(根据简单平均数与加权平均数的关系,当大数所占的权重较小时,简单平均数大于其加权平均数),这不利于我国节能减排。

表 2 我国各部门进口贸易的节能强度与废气减排强度

部 门	节能强度(吨标煤/万元)		废气减排强度(立方米/万元)	
	2010 年	2015 年	2010 年	2015 年
农林牧渔	0.38	0.31	4604.52	3318.59
煤炭开采和洗选业	1.11	1.02	11650.86	12067.34
石油和天然气开采业	0.82	0.94	12445.29	11048.79
金属矿采选业	0.93	0.82	21552.27	17194.65
非金属矿和其他矿采选业	0.95	0.80	18131.54	13398.14
食品制造及烟草加工业	0.50	0.37	8089.76	4717.26
纺织业	0.82	0.66	10574.57	7070.99
纺织服装、鞋帽、皮革、羽绒及其制品业	0.67	0.48	8933.10	5516.20
木材加工及家具制造业	0.77	0.57	13980.52	11500.12
造纸印刷及文教体育用品制造业	0.97	0.78	17223.03	13544.27
石油加工、炼焦和核燃料加工业	1.27	1.35	17510.14	16706.31
化学工业	1.28	1.13	19107.03	15266.02
非金属矿物制品业	1.63	1.32	42679.04	36987.93
金属冶炼及压延加工业	1.94	1.86	42160.59	45694.65
金属制品业	1.32	1.09	27253.05	24795.07
通用、专用设备制造业	1.06	0.81	21076.55	16260.30
交通运输设备制造业	0.93	0.71	17739.44	14361.03
电气机械和器材制造业	1.14	0.95	22454.55	20497.23
计算机、通信和其他电子设备制造业	0.80	0.59	16130.40	11897.80
仪器仪表制造业	0.83	0.62	16109.98	11895.10
其他制造业(含废品废料)	0.65	0.93	9823.65	21123.59
电力、热力生产和供应业	1.38	1.22	71555.82	64673.29
建筑业	1.04	0.84	20792.79	18404.50
交通运输、仓储和邮政业	1.10	0.92	8738.72	5875.95
批发、零售业和住宿、餐饮业	0.36	0.26	4233.13	2577.79
其他行业	0.41	0.31	5824.40	3970.78
简单平均值	0.96	0.83	18860.57	16552.45
加权平均值	0.95	0.80	17246.55	14119.08

(二)我国进口贸易的节能减排效益分析

1.进口贸易对我国产生的节能效益

表 3 显示,2010 年工业品进口贸易对国内能源的节约量为 96 672 万吨标煤,相当于同期我国能源消耗总量的 33%,其中,化学工业、计算机与通信和其他电子设备制造业、石油和天然气开采业、交通运输设备制造业、金属冶炼及压延加工业、通用与专用设备制造业、金属矿采选业的进口对国内能源的节约量较多,均超过 5 000 万吨标煤。

表 3 我国各部门进口贸易的节能量与废气减排量

部 门	节能效益(万吨标煤)		废气减排量(亿立方米)	
	2010 年	2015 年	2010 年	2015 年
农林牧渔	1549	1635	1889	1733
煤炭开采和洗选业	1464	788	1531	929
石油和天然气开采业	7007	8150	10665	9543
金属矿采选业	6902	4853	15919	10226
非金属矿和其他矿采选业	296	267	564	444
食品制造及烟草加工业	1208	1638	1962	2107
纺织业	790	742	1018	793
纺织服装、鞋、帽、皮革、羽绒及其制品业	507	862	679	985
木材加工及家具制造业	358	492	647	996
造纸印刷及文教体育用品制造业	997	1576	1780	2746
石油加工、炼焦和核燃料加工业	2640	2747	3649	3410
化学工业	15185	13696	22704	18468
非金属矿物制品业	938	1167	2454	3259
金属冶炼及压延加工业	9969	16175	21618	39805
金属制品业	949	923	1956	2091
通用、专用设备制造业	10297	6537	20380	13109
交通运输设备制造业	5566	4931	10572	9923
电气机械和器材制造业	4868	4025	9562	8639
计算机、通信和其他电子设备制造业	14200	15326	28489	30860
仪器仪表制造业	4142	1920	8038	3703
其他制造业(含废品废料)	2297	1345	3493	3047
电力、热力生产和供应业	26	26	133	139
建筑业	358	534	714	1169
交通运输、仓储和邮政业	1909	6896	1515	4383
批发、零售业和住宿、餐饮业	270	776	320	762
其他行业	1978	2691	2828	3436
合计	96672	100717	175079	176705

2015 年我国进口贸易的节能量为 100 717 万吨标煤,较 2010 年上涨 4%,相当于同期我国能源消耗总量的 27%,其中,金属冶炼及压延加工业、通用与专用设备制造业、化学工业、石油和天然气开采业、交通运输及仓储和邮政业、计算机与通信和其他电子设备制造业的进口贸易对国内能源的节约量较多,均超过 6 000 万吨标煤。

2.进口贸易对我国废气的减排效益

2010 年我国进口贸易对国内废气的减排量为 175 079 亿立方米,相当于同期我国废气排放总量的 34%,其中,石油和天然气开采业、化学工业、金属冶炼及压延加工业、交通运输设备制造业、金属矿采选业、计算机与通信和其他电子设备制造业、通用和专用设备制造业的进口对国内废气减排量较多,均超过 1.05 万亿立方

米。2015 年进口贸易对我国废气的减排量上升到 176 705 亿立方米,相当于同期国内废气排放总量的 26%^①。其中,金属冶炼及压延加工业、计算机和通信及其他电子设备制造业、化学工业,通用和专用设备制造业、金属矿采选业的进口对国内废气的减排量较多,均超过 1.02 万亿立方米。

(三) 扩大进口提升我国节能量与废气减排量的模拟分析

以 2015 年为例,本文通过分析该年度我国贸易品进口数据及外贸逆差情况,设定合理的进口规模扩大幅度,探寻我国通过扩大进口,提升进口贸易节能减排效益的方法。2015 年我国外贸逆差为 23 295 亿元,约为同期进口贸易总额(125 153 亿元)的 18%,因此,如果我国进口贸易扩大 15%,则外贸基本呈现平衡状态。基于此,笔者将我国进口总规模的扩大幅度 α 设定为 15%,在此条件下,分析不同情景我国扩大进口贸易的节能减排效益。

情景一:不改变我国进口贸易结构,仅通过扩大进口贸易规模来提升我国节能减排效益。

将相关数据代入公式(7)和公式(8),得到表 5 中情景一的我国进口贸易的节能减排效益。表 5 中各部门的进口扩大幅度由各自进口规模增加量与原来(2015 年)的进口规模计算得出。计算结果表明,情景一条件下,即不改变我国进口贸易结构,进口贸易规模扩大 15%,可以为国内带来 15 108 万吨标煤的节能效益,还能够减少国内 26 506 亿立方米的废气排放量,使我国进口贸易的节能减排能力扩大 15%。

情景二:选择性地扩大某些部门产品进口,最大程度地提高我国进口贸易节能减排效益。

情景二与情景一的不同之处在于情景二是选择性地扩大某些部门进口,以此来提高我国进口贸易的节能减排效益。因此,情景二需要在我国进口总规模扩大 15%的基础上再设定出各部门进口规模扩大程度。为避免进口规模扩大幅度过大而造成的国内相关产业冲击,又要充分发挥我国进口贸易的节能减排能力,本文根据 2010—2015 年间我国进口贸易结构的变化情况,探寻我国各部门进口贸易可扩大的适宜程度。如表 4 所示,我国 26 个进口部门中仅有 7 个部门的进口规模有所缩小,这 7 个部门分别为其他制造业(含废品废料)、通用和专用设备制造业、仪器仪表制造业、石油加工及炼焦和核燃料加工业、煤炭开采和洗选业、电气机械和器材制造业、金属矿采选业,其余 19 个部门的进口规模均有明显扩大。表 4 还显示,2010—2015 年间我国各部门进口规模增幅的平均值为 49.31%。基于我国进口贸易结构变化的现实情况,笔者将今后 5 年内我国各部门进口规模的最大调整幅度设定为 50%。

分析情景二的节能减排效益,需要运用多目标规划分析方法。多目标规划模型求解方法主要有理想点分析方法、线性加权方法、目标规划方法、最大最小方法与模糊数学方法。理想点分析方法的计算过程相对简单,而且容易计算出多目标规划模型的最优解,故本文采用理想点分析方法对公式(9)求解,得出表 5 中情景二的节能数量与废气减排量的最优解^②。表 5 显示,按照本表中进口比重调整幅度扩大石油加工及炼焦和核燃料加工业、金属矿采选业、煤炭开采和洗选业、化学工业、电气机械和器材制造业、金属冶炼及压延加工业、金属制品业、非金属矿物制品业、其他制造业(含废品废料)、电力与热力生产和供应业、建筑业的进口规模,则能够使我国进口贸易的节能量与废气减排量分别增加 23 116 万吨与 45 540 亿立方米。情景二的节能量和废气减排量分别是情景一的 1.53 与 1.72 倍。很明显,通过有选择性地扩大上述部门进口规模,能够使我国获得更大的节能减排效益。

①2010 年和 2015 年我国能源消费量分别为 288 761 万吨标准煤和 377 832 万吨标准煤,同期,我国的工业废气排放量分别为 518 321 亿立方米和 684 816 亿立方米。

②具体做法是:设 $\max Q_e^*$ 与 $\max Q_w^*$ 的解分别为 Q_1^* 与 Q_2^* ,构造评价函数 $\max Q = [(\Delta \bar{w}) - Q_1^*]^2 + [Q_i(\Delta \bar{w}) - Q_2^*]^2$,对该目标函数求解。

表 4 2010—2015 年中国各部门进口贸易比重变化情况

部 门	进口比重变化(%)	部 门	进口比重变化(%)
农林牧渔	27.24	金属制品业	17.46
煤炭开采和洗选业	-41.41	通用、专用设备制造业	-16.62
石油和天然气开采业	0.79	交通运输设备制造业	15.95
金属矿采选业	-19.48	电气机械和器材制造业	-1.02
非金属矿和其他矿采选业	6.47	计算机、通信和其他电子设备	46.86
食品制造及烟草加工业	84.10	仪器仪表制造业	-37.61
纺织业	16.48	其他制造业(含废品废料)	-59.44
纺织服装、鞋帽、皮革、羽绒及其制品业	135.11	电力、热力生产和供应业	15.55
木材加工及家具制造业	87.33	建筑业	84.99
造纸印刷及文教体育用品制造业	96.18	交通运输、仓储和邮政业	330.41
石油加工、炼焦和核燃料加工业	-2.05	批发、零售业和住宿、餐饮业	291.61
化学工业	1.81	其他行业	78.22
非金属矿物制品业	53.22	平均值增长率	49.31
金属冶炼及压延加工业	69.89		

表 5 情景一与情景二中各部门进口贸易扩大情况与节能减排效果

部 门	情景一效果			情景二效果		
	进口比重	节能	废气减排量	进口比重	节能	废气减排量
	提高(%)	(万吨标煤)	(亿立方米)	提高(%)	(万吨标煤)	(亿立方米)
农林牧渔	0.626	245	260	0.000	0	0
煤炭开采和洗选业	0.092	118	139	0.308	394	465
石油和天然气开采业	1.035	1223	1431	0.000	0	0
金属矿采选业	0.713	728	1534	2.352	2403	5062
非金属矿和其他矿采选业	0.040	40	67	0.000	0	0
食品制造及烟草加工业	0.535	246	316	0.000	0	0
纺织业	0.134	111	119	0.000	0	0
纺织服装、鞋、帽、皮革、羽绒及其制品业	0.214	129	148	0.000	0	0
木材加工及家具制造业	0.104	74	149	0.000	0	0
造纸印刷及文教体育用品制造业	0.243	236	412	0.000	0	0
石油加工、炼焦和核燃料加工业	0.245	412	512	0.816	1373	1705
化学工业	1.450	2054	2770	4.833	6848	9234
非金属矿物制品业	0.106	175	489	0.352	584	1629
金属冶炼及压延加工业	1.044	2426	5971	3.480	8088	19902
金属制品业	0.101	138	314	0.337	462	1045
通用、专用设备制造业	0.966	981	1966	0.000	0	0
交通运输设备制造业	0.828	740	1488	0.000	0	0
电气机械和器材制造业	0.505	604	1296	1.684	2012	4320
计算机、通信和其他电子设备制造业	3.109	2299	4629	0.000	0	0
仪器仪表制造业	0.373	288	555	0.000	0	0
其他制造业(含废品废料)	0.173	202	457	0.576	673	1523
电力、热力生产和供应业	0.003	4	21	0.009	13	69
建筑业	0.076	80	175	0.254	267	584
交通运输、仓储和邮政业	0.894	1034	657	0.000	0	0
批发、零售和住宿、餐饮业	0.354	116	114	0.000	0	0
其他行业	1.037	404	515	0.000	0	0
合计	15.000	15108	26506	15.000	23116	45540

四、结论与启示

进口贸易在促进我国节能减排上发挥了重要作用。在节约能源方面,2010 年进口贸易对国内能源的节约量为 96 672 万吨标准煤,相当于同期我国能源消费总量的 33%。2015 年我国进口贸易的节能量上升到 100 717 万吨,相当于同期我国能源消耗总量的 27%。在保护环境方面,2010 年进口贸易减少了我国 175 079 亿立方米的废气排放,相当于同期我国废气排放总量的 34%,2015 年进口贸易对我国的废气减排量上升到 176 705 亿立方米,相当于同期我国废气排放总量的 26%。这说明,进口贸易对于我国节能减排做出了巨大贡献。当前,我国节能减排任务仍然十分艰巨,应该高度重视与充分发挥进口贸易对我国节能减排作用。

本文的研究表明,近年来,节能强度与废气减排强度较高部门的进口额在我国进口贸易中的占比较低,其对节能减排的贡献较小;通过扩大煤炭开采和洗选业、金属矿采选业、石油加工及炼焦和核燃料加工业、化学工业、非金属矿物制品业、金属冶炼及压延加工业、金属制品业、电气机械和器材制造业、其他制造业、电力与热力生产和供应业、建筑业产品的进口规模,能够进一步提高我国进口贸易的节能减排效益。“入世”以来,我国出口增长速度明显高于进口,形成较大的外贸顺差,不但成为美国等国家实施贸易保护主义的口实,还使得我国出口贸易中的隐含能和隐含污染物排放量明显多于进口贸易中的隐含节能数量及污染物减排量,致使我国成为隐含能输出和污染物净排放国,给国内节能与环保造成较大压力。今后应适度扩大上述高能耗和高污染行业产品进口,特别是扩大美国上述产品的进口,不但能够减少我国对美国的贸易顺差,有助于减少贸易摩擦,而且能够提高我国进口贸易的节能减排效益。

参考文献:

[1] 中华人民共和国环境部.2017 中国生态环境状况公报[EB/OL].<http://www.mee.gov.cn/gkml/sthjbgw/qt/201805/W020180531606576563901>,2018-05-31.

[2] 国务院办公厅.适当扩大进口,缓解资源环境压力[EB/OL].<http://money.163.com/12/0331/03/7TT58LTC00253B0H.html>,2012.

[3] MACHADO G, SCHAEFFER R, WORRELL E. Energy and carbon embodied in the international trade of Brazil: an input output approach[J]. Ecological Economics,2001,(39):409-424.

[4] MUKHOPADHYAY K. Impact of trade on energy use and environment in India: an input-output analysis[A]. Paper presented for international conference“input-output and general equilibrium: data, modeling and policy analysis”. At the Free University of Brussels in Brussels,2004.

[5] WYCKOFF A W, ROOP J M. The embodiment of imports of manufactured products: implications for international a agreements on greenhouse gas emissions[J]. Energy Policy,1994 (22):187-194.

[6] DIETZENBACHER E, MUKHOPADHYAY K. An empirical examination of the pollution haven hypothesis for India: towards a green Leontief paradox? [J]. Environmental and Resource Economics,2007,36(4):427-449.

[7] PETERS G P. China's growing CO₂ emissions: a race between increasing consumption and efficiency gains[J]. Environmental Science and Technology,2007,41(17):5939-5944.

[8] 刘祥霞,黄兴年.中国进出口贸易中的隐含能估算和环境分析——基于修正的投入产出法[J].统计与信息论坛,2015(2):54-59.

[9] 刘会政,李雪珊.我国对外贸易隐含能的测算与分析——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.

[10] 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(1):94-104.

[11] 蒋雅真,毛显强,宋鹏,等.货物进口贸易对中国的资源环境效应研究[J].生态经济,2015(10):45-49.

[12]夏艳清.基于投入产出表的中国国际贸易隐含能分析[J].产业经济评论,2016(5):58-70.

[13]张友国.中国贸易增长的能源环境代价[J].数量经济技术经济研究,2009(1):16-30.

[14]徐慧.中国进出口贸易的环境成本转移——基于投入产出模型的分析[J].世界经济研究,2010(1):51-55.

[15]匡远配,谢杰.中国农产品贸易的资源效应和环境效应的实证分析[J].国际贸易问题,2011(11):138-147.

[16]刘祥霞,王锐,陈学中.中国外贸生态环境分析与绿色贸易转型研究——基于隐含碳的实证研究[J].资源科学,2015(2):280-290.

[17]朱启荣,王玉平,刘璇.工业品进口贸易的环保效益与提升途径——基于减少我国工业废气与废水排放的分析[J].国际经贸探索,2018(8):34-48.

[18]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.

[19]尹显萍,霍达,唐黎.中日商品贸易中内涵能源的分析及其政策含义[J].世界经济研究,2010(7):32-37.

[20]兰宜生,宁学敏.我国出口扩大与能源消耗的一项实证研究[J].财贸经济,2010(1):83-89.

[21]YANG R, LONG R, YUE T, et al. Calculation of embodied energy in Sino-USA trade: 1997—2011[J]. Energy Policy, 2014, 72(1):110-119.

[22]朱启荣,杨琳,刘璇.中国出口贸易的水足迹与贸易结构优化研究[J].数量经济技术经济研究,2016(12):42-60.

Analysis of Energy Saving and Emission Reduction
Benefits of China Import Trade

ZHU Qirong, YANG Lin, REN Fei
(School of International Economics and Trade, Shandong
University of Finance and Economics, Jinan 250014, China)

Abstract:Based on the input-output model and segmented industry data, this study estimates the domestic energy saving and emission reduction from China import trade activities in 2010 and 2015 while exploring the methods of expanding import trade and reducing energy consumption and waste gas emission by using the linear programming analysis method. The results show that in 2010 the amount of energy saving and emission reduction of China import trade is respectively equivalent to 33% and 34% of the total domestic energy consumption and emissions, and in 2015 the energy saving and emission reduction of China import trade is respectively equivalent to 27% and 26% of the total domestic energy consumption and emissions. Appropriate expansion of China import scale of such industries as coal mining and washing, metal mining and beneficiation, petroleum processing, coking and nuclear fuel processing, chemical industry, non-metallic mineral product industry, metal smelting and rolling processing, metal product industry, electrical machinery and equipment manufacturing, other manufacturing industries, power and heat production and supply, and construction industry can bring more energy saving and emission reduction benefits.

Key words:import trade; implied energy; implied pollutant; energy saving and emission reduction; input-output model

(责任编辑 高 琼)