

# 基于 2012 年中国投入产出表的行业层面的出口贸易隐含碳测算

曹景林 戴明泽 化蓉

## 一、引言

2015 年 12 月 12 日巴黎气候变化大会通过全球气候变化新协议，这是《联合国气候变化框架公约》下继《京都议定书》后第二份有法律约束力的气候协议，为 2020 年后全球应对气候变化行动作出了安排。《巴黎协定》共 29 条，包括目标、减缓、适应、损失损害、资金、技术、能力建设、透明度、全球盘点等内容。该协定指出，各方将加强对气候变化威胁的全球应对，把全球平均气温较工业化前水平升高控制在 2 摄氏度之内，并为把升温控制在 1.5 摄氏度之内而努力。全球将尽快实现温室气体排放达标，本世纪下半叶实现温室气体净零排放。根据协定，各方将以“自主贡献”的方式参与全球应对气候变化行动。发达国家将继续带头减排，并加强对发展中国家的资金、技术和能力建设支持，帮助后者减缓和适应气候变化。从 2023 年开始，每 5 年将对全球行动总体进展进行一次盘点，以帮助各国提高力度、加强国际合作，实现全球应对气候变化长期目标。

2016 年 4 月 22 日《巴黎协定》在纽约联合国总部开放签署。在开放签署首日，共有 175 个国家签署了这一协定，习近平主席特使、国务院副总理张高丽赴纽约出席高级别签署仪式并代表中国签署《巴黎协定》。张高丽副总理表示中国作为负责任的发展中国家将认真落实《巴黎协定》，并采取积极措施，为应对全球气候变化坚持不懈努力。第一，中方将在今年 9 月二十国集团杭州峰会前完成参加协定的国内法律程序，并积极推动协定获得普遍接受和早日生效。第二，中方将贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念，进一步做好国内温室气体减排工作。第三，中方将加强应对气候变化国际合作，包括积极参加《巴黎协定》后续谈判以及启动中国气候变化南南合作基金新的合作项目等。

《巴黎协定》的签署表明了我国联合世界各国共同应对、解决环境问题的决心和信心，作为是世界第二大经济体，中国一直积极采取切实可行的行动参与到全球气候治理当中，中国向《联合国气候变化框架公约》秘书处提交的《强化应

对气候变化行动——中国国家自主贡献》文件，确立到 2030 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 60%—65%，非化石能源占一次能源消费比重达到 20%左右，森林蓄积量比 2005 年增加 45 亿立方米左右等一系列宏伟目标，对照欧美等发达国家碳排放历史足迹，中国确立的目标需要付出艰苦异常的努力才能实现。绿色发展的理念，展示了中国向低碳经济转型的决心。因此，碳排放仍是并将在今后的很长一段时间成为中国发展进程中的一大焦点。经济全球化形势下，对外贸易将中国与世界其他国家紧密联系在一起，对中国来说，碳排放的治理不仅要立足国内经济，还要着眼于对外经济。早在 2006 年，Shuia 和 Harriss 的研究就表明中国约有 7% ~ 14%的碳排放是为美国消费者承担的。Weber 等也认为中国碳排放增加的主要原因就是出口，大约有 1/3 的碳排放都由出口带来；随后，Yan 和 Yang 证明中国年碳排放总量中的 10.3% ~ 26.54% 由出口产品带来，并且还有逐年上升的趋势。鉴于此，本文在国家统计局公布的 2012 年中国投入产出表基础上，首先对我国行业碳排放量和排放强度进行了测算和分析，再结合相关数据编制了 2012 年非竞争性投入产出表，在此基础上就出口贸易隐含碳问题进行了行业层面探讨并提出相应对策建议。

## 二、文献综述

目前关于中国出口贸易隐含碳排放的研究有很多，通过总结，按照研究层面分为两类，一类是利用非竞争型投入产出表进行分析，问题是数据中进出口总值采取不同的拆分或分摊方法。

张友国（2010）基于(进口)非竞争型投入产出表估算了 1987—2007 年中国的贸易含碳量及其部门分布和国别(地区)流向，并通过结构分解分析了隐含碳变化影响。文中定义净贸易含碳量为出口含碳量和进口节碳量的差，并在编制非竞争型投入产出表时对进出口数额进行了细致的调整，具体做法为：在进出口总值中对保税仓库进出境货物和保税仓储转口贸易进出口的产品进行抵减，在固定资产形成中抵减加工贸易进口设备、外商投资企业作为投资进口的设备、物品以及出口加工区进口设备的价值，最后将扣除了上述保税进口产品价值和设备类进口产品价值的其余进口产品价值，按比例拆分的方法分摊到中间使用和最终使用中(不包括出口)进行抵减。

程晓旭（2012）对中国出口贸易中的隐含碳及其影响因素进行了分析，在编

制非竞争型投入产出表时，通过联合国商品数据库，查询到 BEC 分类的各种类型的进口额，通过 BEC 分类与 SNA 分类的对应关系,采取比例分配将进口产品分配到中间投入、最终消费和资本形成中去。

周国富（2014）对出口贸易隐含碳排放及其对我国碳排放的贡献做了系统测算，对如何优化出口产品结构、减缓出口贸易增长带来的碳排放压力提出了相应的政策建议。本文对碳排放估计使用了剔除方法，将进口中间投入品所减少的国内碳排放进行了剔除。为消除价格波动影响，本文不是简单的对所有新产业进行统计调整，而是分别使用工业生产者出产价格指数、农产品生产价格指数、建筑业和服务业增加值平减指数对工业、农业、建筑业、服务业进行了不同的调整。在估计 2002—2011 年投入产出技术系数直接选用了 OECD 发布的 2000 和 2005 年这两年的非竞争型投入产出数据进行估计。

何艳秋（2015）对中国碳排放国际转移的行业敏感性进行了分析，文章利用投入产出法，落脚到具体行业，使用行业边际出口载碳量衡量碳排放的出口敏感性，综合行业出口的经济影响力和环境影响对行业进行重新分类，明确了中国出口结构调整中的重点行业。

胡剑波（2015）借鉴投入产出法的思想，构建起我国出口贸易隐含碳排放量测度模型，基于 2002 ~ 2010 年投入产出数据，对我国 28 个出口行业隐含碳排放足迹进行测算。相对于碳排放时间上的变动，本文更侧重于对不同行业的碳排放进行分析。

贺亚琴（2015）基于碳排放的视角研究了我国的产业结构调整，文中利用改进的单区域投入产出模型计算了各部门出口隐含碳量，本文的特点在于根据产品资源密集度不同，将出口产品分为自然资源密集型、非熟练劳动密集型、资本技术密集型和人力资本密集型四类，在此基础上对各部门的出口产品、出口隐含碳排放量及驱动因素分解量进行相应的归并。最后，基于碳排放角度，分析出口产品的结构变动趋势。

也有一些学者基于产业层面对出口贸易碳排放进行了研究。如郭际（2015）以中国的制造业为例，测算 2000—2010 年各部门的直接碳排放系数、完全碳排放系数及出口贸易隐含碳，并利用结构分解法将制造业出口贸易隐含碳变化量分解为：技术效应、结构效应、规模效应。于世海（2015）选取我国服务贸易 1998

年至 2013 年的出口数据与其碳排放量作相关性分析。陈建铃（2016）对我国造纸产业的出口贸易隐含碳研究。戴育琴（2016）运用投入产出法计算 2001—2013 年中国农产品出口贸易隐含碳排放量，并从农产品出口 CO<sub>2</sub> 排放的部门来源、能源分布以及技术系数三方面分析其结构特征。为剔除贸易规模对各农产品部门出口隐含碳排放量的影响，反映各农产品部门出口 CO<sub>2</sub> 的相对密集度，构建了相对出口隐含碳指数。

还有部分学者在区域层面对出口碳排放进行了分析，如李光祖（2016）对唐山市出口产品碳排放进行了测算并提出了低碳发展的相关策略。周骏宇（2015）对广东出口行业的碳排放进行了测算，对低碳贸易产业的选择问题进行了探讨。

综上所述，本文立足于国家统计局公布的 2012 年投入产出表，编制相应的非竞争型投入产出表，对 2012 年我国的出口隐含碳排放进行了行业层面的具体研究，并提出相关产业调整建议。

### 三、模型方法

本文使用投入产出法进行对外贸易隐含碳排放测度，下面对文中使用的非竞争型投入产出表进行说明，下表 1 所示为理论上的非竞争性投入产出表。

表 1 非竞争性投入产出表

	中间需求	最终需求		总产出或总进口	
		国内需求			国外需求
		消费	资本形成		出口
国内品中间投入	$Z_d$	$Y_{dd}$	$Y_{de}$	$X_d$	
进口品中间投入	$Z_m$	$Y_{md}$	$Y_{me}$	$X_m$	
增加值		---			
总投入		---			

其中  $X_d$  为各部门总产出列向量， $X_m$  各部门总进口列向量； $Z_d$  为国内中间消耗流量矩阵， $Z_m$  为进口中间消耗流量矩阵，其中元素  $Z_{ij}$  表示第 j 个部门对

第  $i$  部门产品的直接消耗量，定义  $a_{ij} = \frac{Z_{ij}}{x_{dj}}$ ，因此中间消耗流量矩阵  $Z_d$ 、 $Z_m$  对

应的中间消耗系数矩阵分别为  $A_d$ 、 $A_m$ 。上表的平衡关系如下：

$$X_d = A_d X_d + Y_{dd} + Y_{de} \quad (1)$$

$$X_m = A_m X_d + Y_{md} + Y_{me} \quad (2)$$

由 (1) 可得  $X_d = (I - A_d)^{-1} Y_{dd} + (I - A_d)^{-1} Y_{de}$  即：总产出由国内最终需求和国外最终需求引致而来；同理，根据 (2) 也可将总进口按照国内最终需求和国外最终需求分解为两部分：

$$X_m = A_m (I - A_d)^{-1} Y_{dd} + Y_{md} + A_m (I - A_d)^{-1} Y_{de} + Y_{me}$$

根据上述分析整理得出下表 2：

表 2 国内外消耗、生产情况

	国内消耗	国外消耗
国内生产	$Y_{dd}$	$Y_{de}$
国外生产	$A_m (I - A_d)^{-1} Y_{dd} + Y_{md}$	$A_m (I - A_d)^{-1} Y_{de} + Y_{me}$

仔细分析投入产出表可知  $Y_{me}$  部分并没有进入国内经济系统，因此进行单区域隐含碳分析时，不需考虑此部分，这也是张友国（2010）在进出口总值中对保税仓库进出境货物和保税仓储转口贸易进出口的产品进行抵减的原因。本文考虑到这种贸易方式产品在进出口总额中的比重以及行业数额分配问题，就不在投入产出表的数额上进行抵减操作，直接将其忽略不予考虑，对进口数额直接按照比例（下文详细叙述）分配到中间消耗和国内消耗（包括消费和固定资本形成）中。

因此，通过上述调整，可得隐含碳排放情况如表 3 所示，其中  $E_d$  为国内隐含碳排放系数， $E_m$  为对应进口国碳排放系数。

表 3 隐含碳排放表

	国内消耗	国外消耗	

国内生产	$E_d Y_{dd}$	$E_d Y_{de}$	生产 隐含 碳
国外生产	$E_d [A_m (I - A_d)^{-1} Y_{dd}] + E_m Y_m$	$E_m [A_m (I - A_d)^{-1} Y_{de}]$	进口 隐含 碳
	消费隐含碳	出口隐含碳	

本文仅研究出口贸易导致的国内隐含碳排放，因此主要碳排放组成为

$$C_e = E_d Y_{de} + E_m [A_m (I - A_d)^{-1} Y_{de}]$$

考虑到我国对外贸易的复杂性以及估计的准确性，本文没有计算国外碳排放系数，而是采取剔除法（周国富 2014）测算了出口隐含碳，具体做法为：

$$\text{出口隐含碳排放} = E_d Y_{de} - E_d [A_m (I - A_d)^{-1} Y_{de}]$$

本文运用了目前大多数文献中采用的方法计算了我国的碳排放因子，通过各个行业的能源消耗和产出求得碳排放强度，在此基础上乘以完全需求系数即得各行业完全碳排放因子，进而求得 2012 年出口贸易的碳排放量。具体做法如下：

首先求出单部门的碳排放总量，计算公式如下

$$c_i = \sum_k [q_{ki} \times NCV_k \times (CO_2 \text{ 缺省排放因子} \times 12/44 + CH_4 \text{ 缺省因子} \times 12/16)]$$

( $k=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ )， $q_{ki}$  表示  $i$  部门对  $k$  能源的消耗量， $NCV_k$  为  $k$  能源的净热值，上式只适用于 100%氧化假设下燃料燃烧的碳排放核算，本文碳排放核算中涉及的能源有煤炭、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气（电力属于二次能源，因此本文不考虑电力消耗）。

$e_i = c_i / x_i$ ， $e_i$  是  $i$  部门的碳排放强度，即  $i$  部门单位产出的碳排放，用  $e$  表示有各部门碳排放强度构成的行向量，则完全碳排放系数  $E_d = e(I - A_d)^{-1}$ ，此时将碳排放向量中各个元素与对应部门出口量相乘即可得到单部门出口贸易碳排放量。

最后为了对各行业有更充分的认识，提出更切合实际的产业结构调整建议，本文还计算了各个行业的影响力系数和感应度系数，因为原理及计算相对简单，在此不再赘述。

## 四、数据来源与整理

本文使用的国家统计局公布的 2012 年投入产出表，能源相关数据来源为《2013 中国能源统计年鉴》、《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》，2012 年出口相关数据从联合国商品贸易统计数据库获得。

通过查阅《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》获得的计算行业碳排放时涉及的八大能源相关数据如下：

表 4 各燃料净热值、CO<sub>2</sub> 排放因子、CH<sub>4</sub> 排放因子

燃料	净发热值 (TJ/Gg)	CO <sub>2</sub> 排放因子 (Kg/TJ)	CH <sub>4</sub> 排放因子 (Kg/TJ)
煤炭	28.2	946000	1
焦炭	28.2	107000	1
原油	42.3	73300	3
汽油	44.3	70000	3
煤油	43.8	71500	3
柴油	43	74100	1
燃料油	40.4	77400	3
天然气	48	56100	1

1Gg=1000t

由于能源统计年鉴中的天然气是以亿立方米为单位进行统计的，因此需要将其转化为以万吨计量，已知 1 立方米=0.7 千克，换算后即为：1 亿立方米=70 万吨

为了将能源统计年鉴与投入产出表中的行业分类进行更好的匹配，本文选用 2012 年 139 部门的投入产出表，根据国民经济行业分类，最终部门汇总及编号见下表 5。

表 5 部门分类汇总

非竞争型投入产出表部门分类	能源统计年鉴部门分类	139 部门投入产表部门分类
1、农、林、牧、渔、水利业	农、林、牧、渔、水利业	农产品 01001
		林产品 02002
		畜牧产品 03003
		渔产品 04004
		农、林、牧、渔服务 05005
2、采掘业	采掘业	煤炭采选产品 06006
		石油和天然气开采产品 07007
		黑色金属矿采选产品 08008

非竞争型投入产出表部门分类	能源统计年鉴部门分类	139 部门投入产出表部门分类
		有色金属矿采选产品 09009
		非金属矿采选产品 10010
		开采辅助服务和其他采矿产品 11011
3、农副食品加工业	农副食品加工业	谷物磨制品 13012
		饲料加工品 13013
		植物油加工品 13014
		糖及糖制品 13015
		屠宰及肉类加工品 13016
		水产加工品 13017
		蔬菜、水果、坚果和其他农副食 品加工品 13018
4、食品制造业	食品制造业	方便食品 14019
		乳制品 14020
		调味品、发酵制品 14021
		其他食品 14022
5、酒、饮料和精制茶制造业	酒、饮料和精制茶制造业	酒精和酒 15023
		饮料和精制茶加工品 15024
6、烟草制品业	烟草制品业	烟草制品 16025
7、纺织业	纺织业	棉、化纤纺织及印染精加工品 17026
		毛纺织及染整精加工品 17027
		麻、丝绢纺织及加工品 17028
		针织或钩针编织及其制品 17029
		纺织制成品 17030
8、纺织服装、服饰业	纺织服装、服饰业	纺织服装服饰 18031
9、皮革、毛皮、羽毛及其制品和 制鞋业	皮革、毛皮、羽毛及其制 品和制鞋业	皮革、毛皮、羽毛及其制品 19032
		鞋 19033
10、木材加工及木、竹、藤、棕、 草制品业	木材加工及木、竹、藤、 棕、草制品业	木材加工品和木、竹、藤、棕、 草制品 20034
11、家具制造业	家具制造业	家具 21035
12、造纸及纸制品业	造纸及纸制品业	造纸和纸制品 22036
13、印刷业和记录媒介的复制	印刷业和记录媒介的复制	印刷品和记录媒介复制品 23037
14、文教体育用品制造业	文教体育用品制造业	文教、工美、体育和娱乐用品 24038
15、石油加工、炼焦及核燃料加	石油加工、炼焦及核燃料	精炼石油和核燃料加工品 25039



非竞争型投入产出表部门分类	能源统计年鉴部门分类	139 部门投入产出表部门分类
工业	加工业	炼焦产品 25040
16、化学原料及化学制品制造业	化学原料及化学制品制造业	基础化学原料 26041
		肥料 26042
		农药 26043
		涂料、油墨、颜料及类似产品 26044
		合成材料 26045
		专用化学产品和炸药、火工、焰火产品 26046
		日用化学产品 26047
17、医药制造业	医药制造业	医药制品 27048
18、化学纤维制造业	化学纤维制造业	化学纤维制品 28049
19、橡胶和塑料制品业	橡胶和塑料制品业	橡胶制品 29050
		塑料制品 29051
20、非金属矿物制品业	非金属矿物制品业	水泥、石灰和石膏 30052
		石膏、水泥制品及类似制品 30053
		砖瓦、石材等建筑材料 30054
		玻璃和玻璃制品 30055
		陶瓷制品 30056
		耐火材料制品 30057
		石墨及其他非金属矿物制品 30058
21、黑色金属冶炼及铸延加工业	黑色金属冶炼及铸延加工业	钢、铁及其铸件 31059
		钢压延产品 31060
		铁合金产品 31061
22、有色金属冶炼及压延加工业	有色金属冶炼及压延加工业	有色金属及其合金和铸件 32062
		有色金属压延加工品 32063
23、金属制品业	金属制品业	金属制品 33064
24、通用设备制造业	通用设备制造业	通用设备 16 42
		锅炉及原动设备 34065
		金属加工机械 34066
		物料搬运设备 34067
		泵、阀门、压缩机及类似机械 34068
		文化、办公用机械 34069
		其他通用设备 34070

非竞争型投入产出表部门分类	能源统计年鉴部门分类	139 部门投入产出表部门分类
25、专用设备制造业	专用设备制造业	专用设备 17 42
		采矿、冶金、建筑专用设备 35071
		化工、木材、非金属加工专用设备 35072
		农、林、牧、渔专用机械 35073
		其他专用设备 35074
26、交通运输设备	汽车制造业	汽车整车 36075
		汽车零部件及配件 36076
	铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业	铁路运输和城市轨道交通设备 37077
		船舶及相关装置 37078
		其他交通运输设备 37079
27、电气机械及器材制造业	电气机械及器材制造业	电机 38080
		输配电及控制设备 38081
		电线、电缆、光缆及电工器材 38082
		电池 38083
		家用器具 38084
		其他电气机械和器材 38085
28、通信设备、计算机及其他电子设备制造业	通信设备、计算机及其他电子设备制造业	计算机 39086
		通信设备 39087
		广播电视设备和雷达及配套设备 39088
		视听设备 39089
		电子元器件 39090
		其他电子设备 39091
29、仪器仪表制造业	仪器仪表制造业	仪器仪表 40092
30、其他制造业	其他制造业	其他制造产品 41093
31、废弃资源综合利用业	废弃资源综合利用业	废弃资源和废旧材料回收加工品 42094
32、金属制品、机械和设备修理业	金属制品、机械和设备修理业	金属制品、机械和设备修理服务 43095
33、电力、煤气及水的生产和供应	电力、煤气及水的生产和供应	电力、热力生产和供应 44096
		燃气生产和供应 45097
		水的生产和供应 46098
34、建筑业	建筑业	房屋建筑 47099
		土木工程建筑 48100
		建筑安装 49101

非竞争型投入产出表部门分类	能源统计年鉴部门分类	139 部门投入产出表部门分类
		建筑装饰和其他建筑服务 50102
35、交通运输、仓储和邮政业	交通运输、仓储和邮政业	铁路运输 53104
		道路运输 54105
		水上运输 55106
		航空运输 56107
		管道运输 57108
		装卸搬运和运输代理 58109
		仓储 59110
		邮政 60111
36、批发、零售业和住宿、餐饮业	批发、零售业和住宿、餐饮业	批发和零售 51103
		住宿 61112
		餐饮 62113
37、其他行业	其他行业	电信和其他信息传输服务 63114
		软件和信息技术服务 65115
		货币金融和其他金融服务 66116
		资本市场服务 67117
		保险 68118
		房地产 70119
		租赁 71120
		商务服务 72121
		研究和试验发展 73122
		专业技术服务 74123
		科技推广和应用服务 75124
		水利管理 76125
		生态保护和环境治理 77126
		公共设施管理 78127
		居民服务 79128
		其他服务 80129
		教育 82130
		卫生 83131
		社会工作 84132
		新闻和出版 85133
广播、电视、电影和影视录音制作 86134		
文化艺术 87135		
体育 88136		
娱乐 89137		

非竞争型投入产出表部门分类	能源统计年鉴部门分类	139 部门投入产出表部门分类
		社会保障 93138
		公共管理和社会组织 90139

由于统计局公布的投入产出表中的中间投入品包括国产和进口品，因此需要对其进行区分，即需要将进口列进行分配，具体操作如下：

首先通过联合国商品贸易数据库获得中国 2012 年按照 BEC 分类的商品进口数额，依据联合国发布的《按经济大类分类》中 BEC 基本商品分类与 SNA 商品分类的对应关系进行归类（见表 6）

表 6 BEC 商品分类与 SNA 商品分类对应关系

SNA 分类	BEC 分类
中间物品	111 - 食品和饮料，初级，主要用于工业 121 - 食品和饮料，加工，主要用于工业 21 - 未另归类工业用品，初级 22 - 未另归类工业设备用品，加工 31 - 燃料及润滑油，初级 322 - 燃料及润滑油，加工（不包括汽油） 42 - 资本货物（除去运输设备）零配件 53 - 运输设备零配件
资本品	41 - 资本货物（除去运输设备） 521 - 其他交通运输设备，工业
消费品	112 - 食品和饮料，初级，主要用于家用消费 122 - 食品和饮料，加工，主要用于家庭消费 522 - 其他交通运输设备，非工业 61 - 未另归类消费品，耐用 62 - 未另归类消费品，半耐用 63 - 未另归类消费品，非耐用
使用者自行选择对应 SNA 类别	321 - 燃料及润滑油，加工，汽油 51 - 交通运输设备，载客汽车 7 - 未另归类货物

根据实际一般情况，本文将 321、51、7 归入消费品分类中，最终计算出的中间物品、资本品、消费品占总进口的比例分别为 0.747604636、0.143965986、0.108429377，据此对进口额进行第一次分配（此种做法假设各个产业部门有一致的进口习惯）。接下来按照统计局公布的竞争型投入产出表中某部门对其他部门中间投入占该部门中间投入合计的比重来进行部门配额，至此我们就得到了本文使用的 37 部门的非竞争型投入产出流量表。

## 五、结果分析

### (1) 各行业直接碳排放强度和完全碳排放强度

根据相关能源和投入产出表数据计算出了各行业碳排放强度，为了更好地对不同行业进行比较，本文还计算出了社会碳排放强度，详见图 1（由于本文行业分类数较多、行业碳排放强度相差较大，为了更清楚地放映个行业也碳排放强度大小，图中纵坐标选用对数型刻度）。

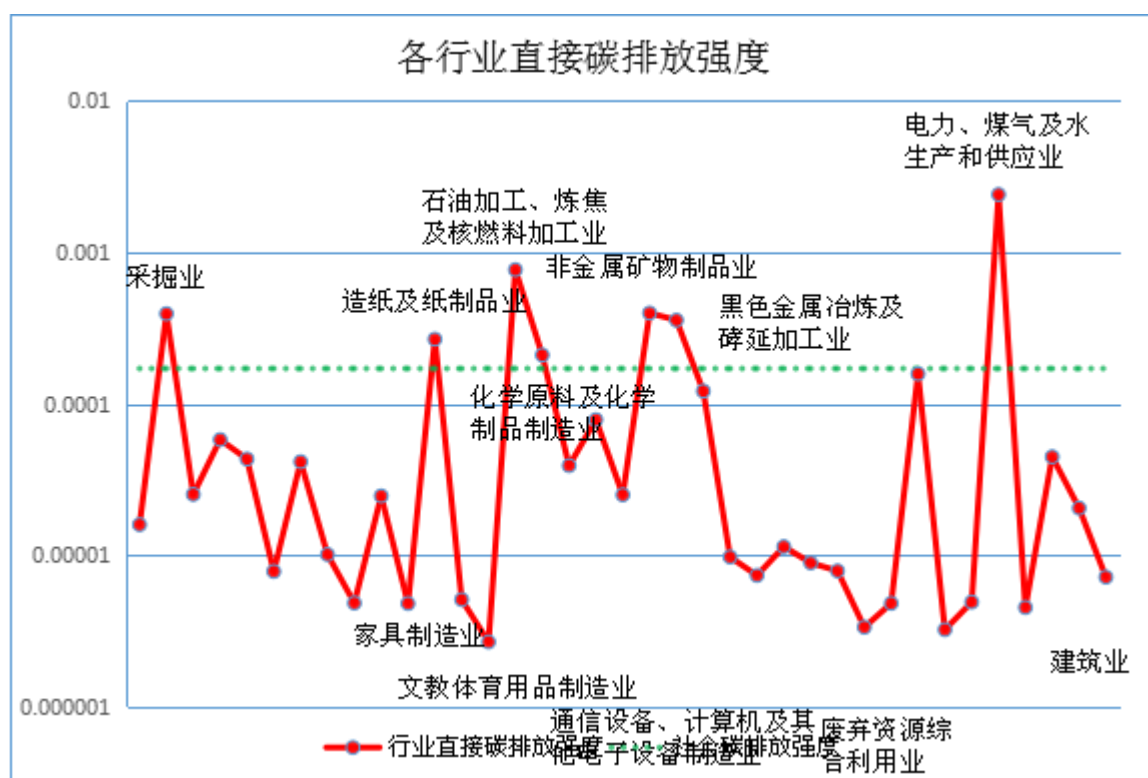


图 1 各行业直接碳排放强度与全社会碳排放强度

从图 1 中可以清楚地看到碳排放强度高于全社会碳排放强度的行业有：采掘业、造纸以纸制造业、石油加工、炼焦及核燃料加工业、化学原料及化学制品制

造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及铸延加工业和电力、煤气及水生产和供应业；37 个行业分类中碳排放强度最低的五个行业有：家具制造业、文教体育用品制造业、通信设备、计算机及其他电子设备制造业、废弃资源综合利用业和建筑业。

同时我们也对各行业的完全碳排放强度和直接碳排放强度进行了比较（见图 2），通过图形可以直接看出两者基本保持一致趋势，但也有部分行业完全碳排放强度相对直接碳排放强度不成比例的情况，为了便于说明，图中对这些行业都进行了标注，这些行业有农副食品加工业、纺织业、化工原料及化学制品业、橡胶和塑料制品业、黑色金属冶炼及铸延加工业、交通设备、电子器械及器材制造业、通信设备计算机及其他电子设备制造业、建筑业、交通运输仓储和邮政批发、零售业和住宿、餐饮业和其他行业，完全碳排放比直接碳排放高出很多，这说明这些行业消耗的中间品都是高能耗产品，从这一角度看即使通过进口中间品减少碳排放，预计这些行业的碳排放也不会太低；按照周国富（2014）的做法，本文也对各行业碳排放强度分别按照产值结构和出口结构进行了加权平均，同样的完全碳排放强度大于直接碳排放强度的结论，并且按产值结构加权平均的碳排放强度都比按出口结构加权平均的碳排放强度大（见表 7），验证相较产业结构，出口结构节能减排效果更好。

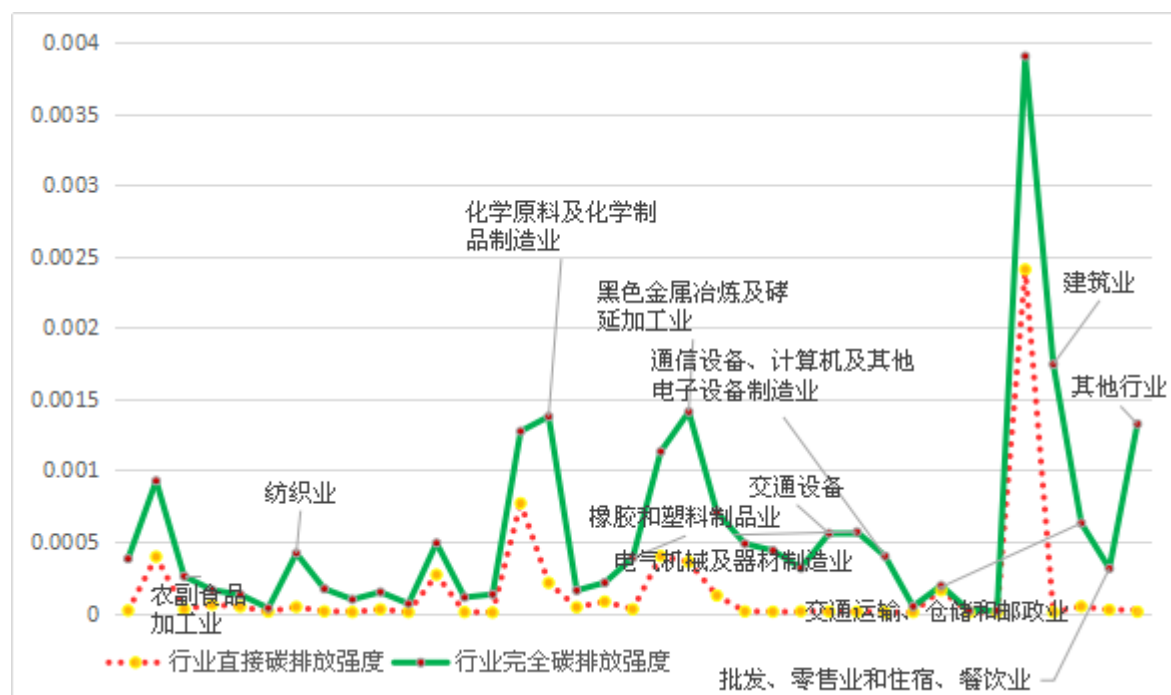


图 2 各行业直接碳排放强度与完全碳排放强度的比较

表 7 碳排放强度不同结构加权平均及其比较

	产值结构加权平均	出口结构加权平均	比值
完全碳排放强度	0.000943768	0.000511634	1.84461401
直接碳排放强度	0.000165748	0.000047132	3.51667440
比值	5.693992161	10.8553423	

(2) 各行业出口碳排放总量

通信设备、计算机及其他电子设备制造业、其他行业和化学原料及化学制品制造业、电气机械及器材制造业和黑色金属冶炼及压延加工业是按照国内技术计算的出口碳排放量最多的五个行业，相对碳排放量极少的五个行业分别是废弃资源综合利用业、烟草制品业、印刷品和记录媒介复制品、酒、饮料和精制茶制造业以及仪器仪表制造业；出口净国内碳排放量居于首位的行业是其他行业，其次为通信设备、计算机及其他电子设备制造业、化学原料及化学制品制造业和黑色金属冶炼及压延加工业，出口净国内碳排放量最低的五个行业与直接按国内技术计算的出口国内碳排放最少的五行业完全相同，甚至排放量大小顺序都完全一致。从总量上来说，由于进口中间品减少的碳排放量最多的行业有通信设备、计算机及其他电子设备制造业、其他行业、电气机械及器材制造业、化学原料及化学制品制造业和交通设备；从相对量角度来说，通过进口中间品减少碳排放最多的行业有：通信设备、计算机及其他电子设备制造业、仪器仪表制造业、交通运输设备、电气机械及器材制造业和专用设备制造业，相对减少碳排放比重分别为 49.55%、34.54%、30.40%、28.57%、26.95959%；进口中间品相对减排最少的行业是其他制造业、电力、煤气及水生产和供应业、造纸及纸制品业、采掘业和非金属矿物制品业。通过上述分析，我们发现即使进口中间品有大量减排作用，有些行业的最终碳排放仍然居高不下，如通信设备、计算机及其他电子设备制造业。

## 六、结论和政策建议

下面我们结合出口额、碳排放强度以及影响力系数对各个行业的碳减排进行综合分析。表 8 对各个行业的碳排放量、出口额、完全碳排放强度以及影响力系数和感应系数进行了总结。

出口额占比较大的行业有通信设备、计算机及其他电子设备制造业、批发、零售业和住宿、餐饮业、电气机械及器材制造业、通用设备制造业和纺织服装、服饰业；出口比重较小的五个行业为烟草制品业、废弃资源综合利用业、电力、煤气及水生产和供应业、印刷品和记录媒介复制品和酒、饮料和精制茶制造业。完全碳排放强度我们前面已经详细分析过，较高的五个行业有电力、煤气及水生产和供应业、建筑业、黑色金属冶炼及压延加工业、化学原料及化学制品制造业和其他行业；完全碳排放强度最小的五个行业分别是废弃资源综合利用业、金属制品、机械和设备修理业、烟草制品业、仪器仪表制造业和家具制造业。

影响力系数较大的 10 大行业有其他行业、建筑业、黑色金属冶炼及压延加工业、化学原料及化学制品制造业、纺织业、交通设备制造业、有色金属冶炼及压延加工业、电气机械及器材制造业、电力、煤气及水生产和供应业和非金属矿物制品业

对 37 个部门按照出口引致净国内碳排放比重进行排序发现，碳排放比重较大的前十个行业的出口碳排放总量达到全社会出口碳排放总量的 75.90%，其中出口比重位列前十位的行业有 8 个，完全碳排放强度位列前十位的行业有 5 个，而其他行业、化学原料及化学制品制造业、交通运输、仓储和邮政业这三个行业两者前。下面对这 10 个行业的碳减排的具体措施结合表 8 进行详细分析：通信设备、计算机及其他电子设备制造业虽然使用进口中间品减排效果较高，但由于该行业出口比重在所有行业中列举首位，所以该行业的最终出口碳排放仍然位列第二，鉴于此，在碳排放强度短期内不会有太大改变且影响力系数不是很大的情况下，需减少该行业的出口；位列碳排放比重榜首的是“其他行业”，这是在不是最高但都不低的出口额和碳排放强度以及处于中间水平的进口中间品碳减排效果共同作用下的结果，其他行业中主要涉及服务业，由于本文没有与具体内在行业细分，所以不法提出太过具体的做法，但考虑到其作为影响力系数最大的行业，对该行业应将重点放在降低碳排放强度上；电气机械及器材制造业减排的重点放在降低出口比重上，该行业出口比重在 37 个行业中位列第二，结合影响力系数该行业还要充分发挥进口中间品的减排作用；化学原料及化学制品制造业、黑色金属冶炼及压延加工业、非金属矿物制品业影响力系数较高，所以应注重技术改进从而降低碳排放强度；批发、零售业和住宿、餐饮业和交通运输、仓



储和邮政业以及通用设备制造业应减少出口额来控制碳排放；交通运输设备制造业的特点是出口额较大、影响力系数较大、碳排放强度不高。进口中间品碳减排效果显著，这种情况下应鼓励该行业对使用的中间品进行进口。

对于其他一些行业本文只选取一些代表性行业进行简要分析：对于纺织业和建筑业这类影响力系数较高、出口比重较大的行业要致力于降低碳排放强度；金属制品业和纺织服装、服饰业直接减少出口额；像石油加工、炼焦及核燃料加工业、有色金属冶炼及压延加工业、采掘业和电力、煤气及水生产和供应业行业要注重技术革新降低碳排放强度；对于橡胶和塑料制造业、专用设备制造业、文教体育用品制造业、农副食品加工业、皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业行业要在控制出口比重的同时发挥好进口中间品的碳减排作用。对于农、林、牧、渔、水利业和仪器仪表制造业可以适当增加对中间品的进口。

综上所述，以各个行业的特点出发的降低出口引致的国内碳排放量的途径主要有降低行业出口比重、减小碳排放强度、发挥进口中间品作用。国家可以通过关税等政策工具对有些行业出口额进行控制，并可以增加那些出口比重较小行业的对外出口额以使我国的对外贸易在一定程度上达到平衡；减少碳排放轻度主要是依靠技术进步，就能源来说，国家应积极鼓励研发新能源，并通过一些政策推广这些能源的使用，此外还要积极鼓励企业进行自主研发或引进国外先进技术以提高能源使用效率；对于进口中间品碳减排效果较好的行业，国家可以通过国内中间品价格调整和进口关税优补、坚强国际合作等途径帮助进口中间品充分发挥减排作用

表8 各行业出口额、完全碳排放强度及出口引致的碳排放总量

行业分类	出口额 (万元)	完全碳排放强度 (万吨/万元)	出口的国内碳排放(万 吨)	进口中间品减少的国 内碳排放(万吨)	出口净国内碳排放量 (万吨)	影响力系数
农、林、牧、渔、水利业	0.00571922	0.000379361	2965.169266	629.6221334	2335.547132	0.862563298
采掘业	0.003411232	<b>0.00092469</b>	4310.895297	465.5127393	3845.382558	0.870390796
农副食品加工业	0.013871842	0.000255961	4852.536118	1011.182451	3841.353668	0.919346996
食品制造业	0.004297669	0.000159307	935.6782641	123.1566047	812.5216593	0.455519279
酒、饮料和精制茶制造业	0.00196787	0.000127659	343.3269697	42.88863579	300.4383339	0.418461385
烟草制品业	0.000365141	3.25755E-05	16.25589096	1.929312964	14.32657799	0.200692315
纺织业	<b>0.037870476</b>	0.000417389	21602.38148	3058.454268	18543.92722	1.515291884
纺织服装、服饰业	<b>0.050472422</b>	0.000168328	11611.01378	1800.489765	9810.524013	0.677698256
皮革、毛皮、羽毛及其制品和制 鞋业	0.028265884	9.3439E-05	3609.530436	776.074356	2833.45608	0.570181888
木材加工及木、竹、藤、棕、草 制品业	0.005844392	0.00014531	1160.631743	175.0922791	985.5394641	0.658527119
家具制造业	0.020619871	6.37429E-05	1796.295261	299.4592573	1496.836004	0.356841089
造纸及纸制品业	0.004324758	0.000488707	2888.485178	196.0436971	2692.441481	0.763171762
印刷业和记录媒介的复制	0.001045582	0.000108585	155.163377	22.09171273	133.0716642	0.341012086
文教体育用品制造业	0.035541226	0.000129194	6275.314136	1385.143931	4890.170205	0.487600581
石油加工、炼焦及核燃料加工业	0.008593542	<b>0.001272673</b>	14946.82907	1961.191147	12985.63792	0.804522094
<b>化学原料及化学制品制造业</b>	<b>0.036733811</b>	<b>0.001375956</b>	<b>69076.54886</b>	<b>11899.39825</b>	<b>57177.15061</b>	1.585329671
医药制造业	0.008570057	0.00015653	1833.327475	265.709664	1567.617811	0.511267696
化学纤维制造业	0.002769438	0.000211306	799.7685927	89.74750316	710.0210895	0.508992101

行业分类	出口额 (万元)	完全碳排放强度 (万吨/万元)	出口的国内碳排放(万 吨)	进口中间品减少的国 内碳排放(万吨)	出口净国内碳排放量 (万吨)	影响力系数
橡胶和塑料制品业	0.024261152	0.000385855	12793.68684	2780.691309	10012.99553	0.822079685
非金属矿物制品业	0.019561496	<b>0.001131055</b>	<b>30237.48755</b>	3267.677954	<b>26969.8096</b>	1.234878776
黑色金属冶炼及铸延加工业	0.022427424	<b>0.001408982</b>	<b>43186.18294</b>	<b>6904.915843</b>	<b>36281.2671</b>	2.076576717
有色金属冶炼及压延加工业	0.010186935	<b>0.000706685</b>	9838.510176	2059.024181	7779.485995	1.473862456
金属制品业	0.03137694	0.000484414	20772.41953	<b>3708.977682</b>	17063.44185	0.92263484
通用设备制造业	<b>0.051639268</b>	0.000436282	<b>30789.83365</b>	<b>8107.358676</b>	<b>22682.47497</b>	1.065505937
专用设备制造业	0.026270323	0.000314925	11306.61991	3048.218714	8258.401193	0.801609313
交通运输设备制造业	<b>0.042754496</b>	0.000556061	<b>32491.06531</b>	<b>9876.648023</b>	<b>22614.41729</b>	1.508574941
电气机械及器材制造业	<b>0.078485168</b>	0.00056726	<b>60845.66903</b>	<b>17382.98639</b>	<b>43462.68264</b>	1.350528329
通信设备、计算机及其他电子设 备制造业	<b>0.220166504</b>	0.000396762	<b>119382.715</b>	<b>59153.23724</b>	<b>60229.47778</b>	1.18998887
仪器仪表制造业	0.012925523	4.47527E-05	790.5462527	273.0323647	517.513888	0.215676342
其他制造业	0.003609501	0.000190647	940.453545	30.55308575	909.9004593	0.135896173
废弃资源综合利用业	0.00035044	1.59547E-05	7.641203173	1.299978738	6.341224435	0.076646549
金属制品、机械和设备修理业	0	1.59929E-05	0	0	0	0.028888057
电力、煤气及水生产和供应业	0.00056935	<b>0.003902605</b>	3036.6463	110.3695438	2926.276757	1.346007916
建筑业	0.005656304	<b>0.001742614</b>	13470.82002	2277.453821	11193.3662	3.027587969
交通运输、仓储和邮政业	<b>0.041668245</b>	<b>0.00062841</b>	<b>35785.58877</b>	<b>6537.587182</b>	<b>29248.00159</b>	1.117608904
批发、零售业和住宿、餐饮业	<b>0.090283226</b>	0.000311069	<b>38381.72195</b>	<b>6589.417955</b>	<b>31792.304</b>	0.995997969
其他行业	<b>0.047523272</b>	<b>0.001324022</b>	<b>85992.70536</b>	<b>18215.7556</b>	<b>67776.94976</b>	5.102039961

产业关联