



Working Paper No. 201512

September 11, 2015

苏庆义

mathe_sqy@163.com

中国出口引致的污染气体排放及其影响因素*

内容提要：本文基于 WIOD 数据库的非竞争型投入产出表和环境账户研究中国出口引致的 8 种污染气体排放量问题。结果表明，1995-2011 年，中国出口引致的污染气体排放总量增长 2.23 倍，且这一增长主要发生于 2002-2007 年期间。2011 年中国单位出口排放量相比 1995 年下降 43.72%。从 2002 年开始，中国对美国单位出口排放量小于中国整体出口单位排放量。SDA 分解表明，排放技术的改善是促成中国单位出口排放量下降的最重要因素，而投入技术效应却是阻碍因素，出口结构效应对中国单位出口排放量的影响有限。其政策含义是，未来在继续通过改进排放技术改善中国贸易质量的同时，应该注重改善投入技术，并且着力通过改善贸易结构来降低单位出口排放量。

关键词：污染气体排放；WIOD 数据库；贸易质量；结构分解分析

The Pollution Gases Embodied in China's Export and Their Driving

Factors——Studies based on World Input Output Database

Abstract: This article studies eight kinds of pollution gases embodied in China's export using National Input Output Tables and Environmental Accounts in World Input Output Database. The results show that, the total amount of pollution gases embodied in China's export increase 223 percent during the period 1995 and 2011, and the increase mainly occurs during 2002 and 2007. Comparing with the year of 1995, the amount of polluting gases embodied in one unit export decreases by 43.72 percent. The amount of pollution gas embodied in one unit export to USA has been less than it embodied in one unit overall export since 2002. Structural decomposition analysis

* 苏庆义，中国社会科学院世界经济与政治研究所副研究员。本文已发表于《国际贸易问题》2015 年第 9 期。本文写作得到国家自然科学基金应急管理项目“APEC 地区贸易增加值核算及相关政策研究”总课题（71441012）、中国社会科学院世经政所重点课题“全球价值链背景下中国国际分工地位现状及提升对策研究”、海关总署综合统计司委托课题“中国对外贸易质量研究”的支持。



reveals that, improvement of emission technology is the most important factor leading to the decrease of the amount of polluting gases embodied in one unit export, the input-output technology is a hindering factor, and the effect of export structure is very limited. The policy implications are that China should improve trade quality not only through improving emission technology, but also should through improving input-output technology and export structure.

Keywords: Emissions of pollution gases; World Input Output Database; Trade quality; Structural decomposition analysis



一、引言

气候变化和环境污染切实关系到人类的生存和健康，已经成为世界各国普遍关注的全球性焦点问题。1988年，世界气象组织和联合国环境规划署联合建立了应对气候变化的政府间机构——联合国政府间气候变化专门委员会（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）。IPCC专门评估气候变化事项。《联合国气候变化框架公约》（简称《公约》）于1992年签署通过，并于1994年正式生效。从1995年开始，每年举行一次《公约》缔约方大会（简称“联合国气候变化大会”），至今已举行20届。如果说气候变化还是关系到未来子孙的长期性问题，环境污染则是直接关系到当代人健康的迫切问题。环境污染同样引起各国重视。

具体到中国而言，中国政府越来越重视应对气候变化和治理环境污染。改革开放后，中国经历了长达30多年的高速增长，但与此同时，资源环境约束也越来越强。如近两年，中国多地遭遇持续的重雾霾天气，严重影响人们的身体健康。为此，中国政府推出一系列举措确保“绿色发展、循环发展、低碳发展”。如2009年11月26日，中国正式对外宣布控制温室气体排放的行动目标，决定到2020年单位国内生产总值（GDP）二氧化碳排放比2005年下降40%-45%。2013年11月，中国在第19届联合国气候变化大会正式发布《国家适应气候变化战略》。这是中国第一部专门针对适应气候变化方面的战略规划。应对气候变化和治理环境污染还是党的十八大报告提出的“大力推进生态文明建设”的一部分。《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》则提出要“用制度保护生态环境”。

气候变化和环境污染具有很强的复杂性和广泛性，无论在自然科学领域还是社会科学领域都能找到环境与自身学科的交叉研究点。对于经济学家而言，环境与贸易是一个重要的研究主题。由于国际贸易涉及到产业（产品）在国际范围内的生产分工，而不同的产业排放污染气体的多少和污染环境的程度不同，国际贸易将对环境产生影响。反过来，由于不同国家对环境的监管程度不同，或许会影响产业的国际分工从而影响国际贸易结构。因此，环境与贸易是彼此相互影响的关系。

本文基于欧盟开发的世界投入产出数据库（WIOD）重点研究中国对外贸易对环境污染带来的实际影响。具体研究问题包括：（1）中国出口引致的污染气体排放总量有多少？在产业、国别层面



上是如何表现的？（2）中国单位出口引致的污染气体排放量（贸易质量）有何种变化趋势？¹在产业、国别层面上又是如何变化的？（3）影响中国单位出口排放变动的因素有哪些？这些因素又在多大程度上推动了中国单位出口排放量的变动？

本文的创新之处在于：（1）现有文献一般仅仅分析中国出口带来的单一污染气体排放，如 CO_2 或者 SO_2 ，但我们知道污染气体不仅是这两类，还包括其他致酸性和形成臭氧层的气体。本文将 8 种污染气体合并起来进行研究，更加全面深入地认识中国出口引致的污染气体排放问题。（2）现有文献仅研究了中国出口带来的污染气体排放总量，忽视了单位出口引致的污染气体排放量，即贸易质量问题。在中国出口快速扩张的时期，污染气体排放总量将不可避免地增加。很显然，不能简单地通过控制出口规模来控制污染气体排放总量，更为有效的方法是通过降低单位出口排放来抑制污染气体排放总量的增加。（3）本文还运用结构分解分析（Structural Decomposition Analysis, SDA）方法研究了中国单位出口排放变动背后的推动因素，有利于认识影响中国贸易质量变动的因素，从而找出改善贸易质量的政策着力点。

上述研究的政策价值在于有助于认识中国外贸带来的空气污染程度，更重要的是，在分析影响中国贸易质量驱动因素之后，有利于通过出台相关政策使得中国外贸走上绿色低碳可持续发展之路。

本文余下结构分为五节：第二节简要评述已有相关文献；第三节是测算及分解方法；第四节介绍数据来源；第五节分析测算及分解结果；第六节总结全文并给出相关政策建议。

二、文献综述

在研究贸易对环境的影响时，可以从一般均衡分析或者投入产出框架的角度进行研究。一般均衡的视角主要是一种事前分析，即假设贸易发生某种变动，环境会如何变化？这种视角有利于我们认识将要发生的情形，即贸易将会对环境产生何种影响。该种视角的分析方法主要有可计算一般均衡模型（CGE）、基于 HOV 模型或者引力模型的计量分析等。基于投入产出视角的分析则研究贸易对环境带来的实际影响，是一种事后分析。本文主要定位于评估中国对外贸易对环境带来的实际影响，因此适合采用投入产出分析。我们主要介绍基于投入产出模型研究贸易对环境影响的代表性文

¹ 本文的贸易质量是相对贸易总量而言的，是指贸易的效能，即单位出口带来的福利改善或者福利损失。如对于就业而言，单位出口带来的就业越多则贸易质量越好。而对于污染气体排放量而言，单位出口带来的污染排放越低，则贸易质量越好。



献。

在运用投入产出框架研究贸易对环境的影响时，可以根据关注的环境变量将文献区分为贸易隐含能源的测度、贸易引致的 CO₂ 排放、贸易引致的其他污染物排放等。由于文献众多，下面仅介绍少数代表性文献。

由于能源的消耗会产生污染物，和环境有直接的关系，许多文献研究了中国或外国出口隐含的能源消耗。国内代表性的文献如陈迎等（2008）较早使用投入产出分析法研究了 2002-2006 年中国外贸的内涵能源，谢建国和姜珮珊（2014）在考虑了中间品贸易后测算了 1995 年、2000 年、2005 年中国外贸的内涵能源。Liu 等（2010）则测算了中日贸易隐含的能源。国外有些文献也测算了其他国家外贸的内涵能源，如 Machado 等（2001）测算了巴西对外贸易隐含的能源、Wiedmann（2009）测算了英国外贸隐含的能源。这些文献都是总量层面的分析。对于国内其它文献以及国际上其他外贸内涵能源的研究，谢建国和姜珮珊（2014）做了较为详细的梳理，本文不再赘述。

由于 CO₂ 是最重要的温室气体，众多文献测算了外贸隐含的碳排放。测算中国外贸隐含碳量的代表性文献如张友国（2010）基于中国的非竞争型投入产出表估算了 1987-2007 年中国贸易含碳量及其产业分布和国别流向，马涛（2012）进一步区分贸易方式，测算了加工贸易出口和非加工贸易出口中的贸易含碳量。Muñoz 和 Steininger（2010）测算了奥地利基于消费的 CO₂ 排放量，Peters 和 Hertwich（2008）测算了 2001 年 87 个国家的外贸含碳量。也有少数文献计算了贸易引致的其他污染物排放量，如彭水军和刘安平（2010）基于中国的投入产出表测算了 1997-2005 年外贸引致的污染物排放，其中的污染物包括 SO₂、工业烟尘、工业粉尘、工业废水中化学需氧量。

上述文献主要是总量层面的分析，较少关注单位出口的环境影响，本文是对此缺憾的改进。另外，现有文献对污染物排放的考察主要还是集中于 CO₂，较少关注其他污染物，但是很显然，影响空气质量的污染物包括很多种，不仅是温室气体，还包括致酸性气体和形成臭氧层的气体，本文综合考虑 8 种污染气体的排放，能更清楚地认识外贸对环境的影响。虽然有部分文献运用 SDA 方法分析了中国外贸隐含能源或污染物排放的推动因素，但主要是总量层面的分析，并没有考虑单位出口的环境影响，本文的研究也能对此有所弥补。

三、测算及分解方法



(一) 出口引致污染气体排放的测算方法

假设中国的产业种类数为 N ，出口向量是 \mathbf{E} ，中间投入产出系数矩阵是 \mathbf{A} ，污染气体直接排放系数向量是 \mathbf{G} 。其中， \mathbf{E} 是 $N \times 1$ 的矩阵，它的元素是各产业的出口额； \mathbf{A} 是一个 $N \times N$ 的矩阵，其中的元素 A_{ij} 表示为生产 1 单位产品 j 需要投入的产品 i ； \mathbf{G} 是 $1 \times N$ 的矩阵，它的元素是 1 单位各产业产出直接排放的污染气体量。在不考虑中间品贸易的情形下，本国出口产品完全由投入的国内中间品生产，本国因出口而产生的污染气体排放量 g 是：

$$g = \mathbf{G} \times (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \times \mathbf{E} \quad (1)$$

其中， $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} = \mathbf{B}$ 是里昂惕夫逆矩阵。

但是，在全球价值链分工背景下，各国之间存在中间品贸易，本国的中间投入产品既包括本国产品也包括进口品。此时，应将中间投入系数矩阵 \mathbf{A} 区分为两部分：国内投入产出系数矩阵 \mathbf{A}^d 和国外投入产出系数矩阵 \mathbf{A}^m ，并存在以下恒等式： $\mathbf{A} = \mathbf{A}^d + \mathbf{A}^m$ 。本国生产出口品排放的污染气体应该仅仅是投入本国中间品排放的污染气体，而进口中间品的排放是在国外。如果再继续使用公式 (1) 计算污染气体排放量，则会高估出口品带来的污染气体排放量，尤其是对中国这种加工贸易比重较高的国家而言。因此，计算污染气体排放量的公式也相应变为：

$$g = \mathbf{G} \times (\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1} \times \mathbf{E} \quad (2)$$

公式 (2) 计算的是中国对世界出口带来的污染气体排放总量。如果中国对国家 c 的出口向量是 \mathbf{E}^c ，则由中国对该国出口产生的污染气体排放量是：

$$g^c = \mathbf{G} \times (\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1} \times \mathbf{E}^c \quad (3)$$

各产业出口带来的污染气体排放向量 \mathbf{G}^t 则由以下公式计算：

$$\mathbf{G}^t = \left[\mathbf{G} \times (\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1} \right]^T \# \mathbf{E} \quad (4)$$

其中， $\left[\mathbf{G} \times (\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1} \right]^T$ 是 $N \times 1$ 的向量，是 $\mathbf{G} \times (\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1}$ 的转置。“#”表示两个矩阵对应元素相乘得到新的矩阵。

上述讨论的是总量层面的计算，如果从单位出口产生的污染排放量来考虑，即贸易质量，则假设中国的总出口额是 e ，中国对国家 c 的出口额是 e^c ，那么中国单位出口产生的污染气体排放量是：

$$g^u = \mathbf{G} \times (\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1} \times (\mathbf{E}/e) \quad (5)$$

中国对国家 c 单位出口产生的污染气体排放量是：



$$g^{cu} = \mathbf{G} \times (\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1} \times (\mathbf{E}^c/e^c) \quad (6)$$

最后，我们实际上在前面已经计算出各产业单位出口的排放向量是：

$$\mathbf{G}^u = \mathbf{G} \times (\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1} \quad (7)$$

(二) 单位出口污染气体排放变动的推动因素

无论是现有研究的结果还是直觉均告诉我们，中国出口引致的总污染气体排放的增加主要是由中国出口规模扩张导致的。在出口规模仍旧不断扩张的情形下，降低单位出口排放就显得尤为重要，能有效抑制总排放量。虽然贸易规模扩张引致总排放量增加，但是单位出口引致的污染气体排放量的降低意味着中国贸易质量的改善。但是，对于单位出口引致的污染气体排放量变动的推动因素，现有研究较少关注，也就无法了解如何降低单位出口排放。下面，我们基于 SDA 方法对影响单位出口排放的因素进行分解。

根据公式 (5)，影响单位出口污染气体排放量 g^u 的因素包括三个：排放技术 \mathbf{G} 、投入产出技术 $(\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1}$ 、出口结构 \mathbf{E}/e 。根据 SDA 方法，在运用 SDA 方法来分解这三个因素对 g^u 变动的贡献度时，有 6 种分解方法。显然，将所有分解方法都表达出来是比较困难的。为此，现有文献提出多种分解方法作为全分解的近似解，其中最为简便且最为常用的方法是两极分解法（刘瑞翔和安同良，2011）。这也是本文将要采用的方法。

假设基期是 t_0 ，目标期是 t_1 ，则 g^u 的变动为：

$$\Delta g^u = \mathbf{G}_{t_1} \times (\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1}_{t_1} \times (\mathbf{E}/e)_{t_1} - \mathbf{G}_{t_0} \times (\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1}_{t_0} \times (\mathbf{E}/e)_{t_0} \quad (8)$$

根据两极分解法，排放技术、投入产出技术、出口结构对此变动的贡献额分别是：

$$EG = \frac{1}{2}(\Delta \mathbf{G}) \left[(\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1}_{t_1} \times (\mathbf{E}/e)_{t_1} + (\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1}_{t_0} \times (\mathbf{E}/e)_{t_0} \right] \quad (9)$$

$$EA = \frac{1}{2} \left[\mathbf{G}_{t_0} \times (\Delta(\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1}) \times (\mathbf{E}/e)_{t_1} + \mathbf{G}_{t_1} \times (\Delta(\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1}) \times (\mathbf{E}/e)_{t_0} \right] \quad (10)$$

$$EE = \frac{1}{2} \left[\mathbf{G}_{t_0} \times (\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1}_{t_0} + \mathbf{G}_{t_1} \times (\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1}_{t_1} \right] (\Delta(\mathbf{E}/e)) \quad (11)$$

排放技术、投入产出技术、出口结构三种效应的总额是 g^u 的变动，即：

$$\Delta g^u = EG + EA + EE \quad (12)$$

这三种效应的贡献度则是它们占 Δg^u 的百分比。由此，我们完成对单位出口排放变动因素的分解。



四、数据来源

本文使用的数据均来自于欧盟开发的 WIOD 数据库，该数据库包含 35 个产业（表 1），既有农业、工业也有服务业。包含的经济体则是 40 个，包括欧盟 27 个国家和 13 个非欧盟经济体，另外还包括世界其他国家（Rest of the World, RoW）这一项。时间是 1995-2011 年的连续年份。下面介绍本文使用数据的构造过程。

表 1 产业及其代码

代码	产业名称	代码	产业名称
1	农林牧渔业	19	汽车和摩托车销售及维修；燃料零售
2	采掘业	20	批发贸易、经纪贸易（汽车和摩托车除外）
3	食品、饮料和烟草	21	零售业（汽车和摩托车除外），家用物品维修
4	纺织、纺织品	22	餐饮业
5	皮革及鞋类制品	23	内陆运输
6	木材及其制品	24	水运业
7	纸浆、纸张、纸制品、印刷和出版	25	空运业
8	焦炭、炼油产品及核燃料	26	其他辅助运输活动，旅行社活动
9	化学制品	27	邮电通讯
10	橡胶和塑料制品	28	金融业
11	其他非金属矿物制品	29	不动产行业
12	基本金属和金属制品	30	机械设备租赁及相关商业活动
13	其他机械和设备	31	公共管理和国防，社会基本保障
14	电气和光学设备	32	教育
15	交通设备	33	卫生和社会工作
16	其他制造业，再生产品	34	其他社区，社会及个人服务业
17	电力、燃气及水的供应	35	家庭服务业
18	建筑业		

（一）污染气体直接排放系数向量 G

WIOD 数据库的环境账户（Environmental Accounts）有中国各产业污染气体排放量的数据，包含的污染气体有 8 种。这些气体会导致全球气候变暖、存在致酸性或者形成臭氧层。污染气体种类及其危害列于表 2 中。



表 2 污染气体种类及其危害

污染气体	气候变暖	致酸性	形成臭氧层
CO ₂	√		
CH ₄	√		√
N ₂ O	√		
CO			√
NMVOG			√
NO _x		√	√
SO _x		√	
NH ₃		√	

污染气体排放的单位是吨，我们将这 8 种污染气体排放量加总获得总的污染气体排放量，然后和 WIOD 数据库的国家非竞争型投入产出表（NIOT）中的各产业产出数据结合起来计算得出 **G**。环境账户的年份范围是 1995-2009 年，而 NIOT 的年份范围是 1995-2011 年，我们假设 2010 年和 2011 年的污染排放技术和 2009 年相同。

（二）**A^d**、**E** 和 **E^c**

A^d根据 NIOT 的非竞争型投入产出表计算得出，仅考虑国内投入部分。**E** 也来自于 NIOT 的出口部分。**E^c**则根据 WIOD 数据库的世界投入产出表（WIOT）汇总得出，由于中国贸易伙伴众多，本文仅以中国最大的贸易伙伴美国为例进行国别分析。

五、测算及分解结果

（一）中国出口引致的污染气体排放：总量分析

1. 总量层面

1995-2011 年，中国出口引致的污染气体排放总量增长迅速；相比 1995 年，2011 年排放总量增加 2.23 倍；这一增长主要发生于 2002 年至 2007 年期间。其中，1995-2001 年，每年的排放量较为稳定，在 6 亿吨左右。从 2002 年中国加入世界贸易组织（WTO）开始直到 2008 年，污染气体排放总量增长迅速，从 2001 年的 6.24 亿吨增加到 2008 年的 18.61 亿吨，年均增长 16.89%。2009 年，由于全球金融危机冲击导致中国出口下降，中国出口引致污染气体排放总量也相应下降，降幅达 16.71%。2010 年和 2011 年，污染气体排放总量又开始增加，分别增长 20.17% 和 7.55%。

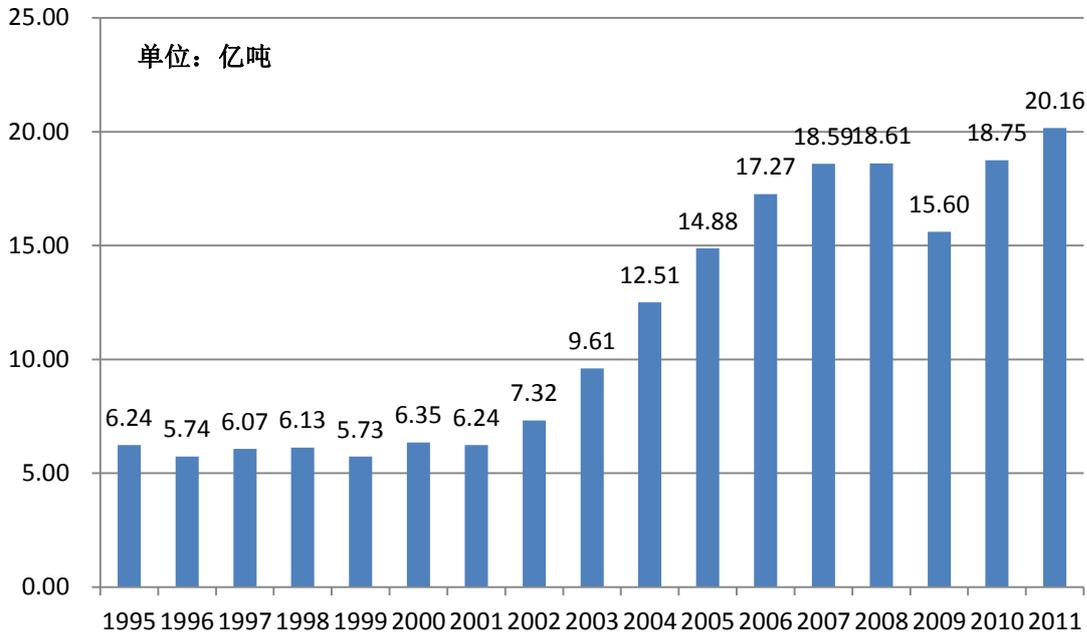


图 1 中国出口引致的污染气体排放总量

2. 产业层面

前述已指出，本文使用数据包含 35 个产业，其中有三个产业由于不排放污染气体或者出口额为 0，没有出口引致的污染气体排放，因此不考虑这三个产业。这三个产业均是服务业：（1）汽车和摩托车销售及维修，燃料零售；（2）不动产行业；（3）家庭服务业。

图 2 列出 1995 年、2000 年、2005 年、2011 年中国各产业出口引致的污染气体排放量。从中可以看出，基本上所有的产业污染排放量都在逐年增加。污染气体排放量较大的产业是制造业部门，农业和服务业排放量均较小。制造业部门中排放量最大的产业是电气和光学设备，其次是基本金属和金属制品、纺织和纺织品、化学制品、其他机械和设备等产业。制造业部门排放量最小的产业有木材及其制品，纸浆、纸张、纸制品、印刷和出版，焦炭、炼油产品及核燃料等产业。服务业部门排放量最小的产业有金融业，公共管理和国防、社会基本保障，教育，卫生和社会工作等产业；服务业部门排放量较大的产业有水运业、空运业、机械设备租赁及相关商业活动等产业。

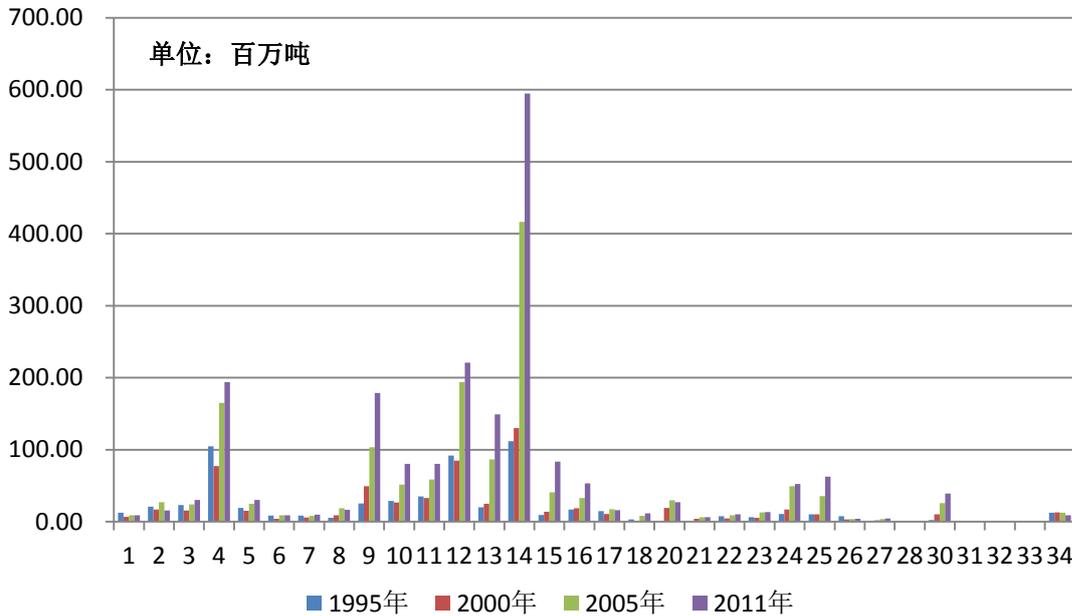


图 2 各产业出口引致的污染气体排放量

3. 国别层面

虽然 WIOD 数据库有 40 个经济体，中国有 39 个贸易伙伴，但是我们以中国最大的贸易伙伴美国为例进行国别层面的分析（图 3）。从中可以看出，中国对美国出口引致的污染排放量的变化趋势和中国出口引致的污染排放总量的变化趋势基本一致，1995-2011 年增长迅速，并且增长主要发生于 2002-2007 年期间。从 1998 年开始，中国对美国出口引致的排放量占中国出口总的排放量的比重稳步下降，从 1998 年的 28.50% 下降到 2011 年的 19.12%。这与中国对美国出口额占中国总出口的比重是一致的。所不同的是，1995-2001 年，污染气体排放比重和出口比重是一致的，从 2002 年开始，排放比重开始小于出口比重，说明中国对美国单位出口产生的排放量要小于中国整体单位出口产生的排放量。

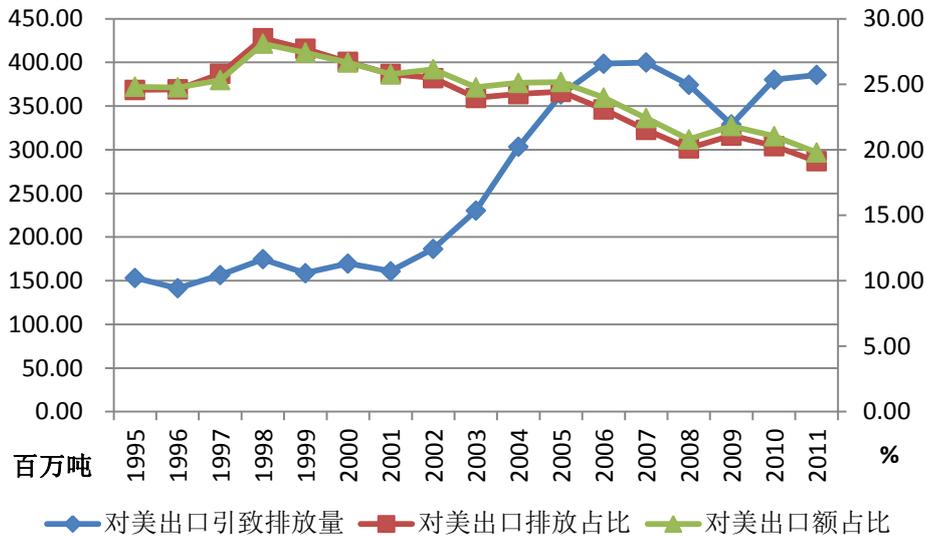


图3 中国对美国出口排放及其占比

(二) 中国出口引致的污染气体排放：质量分析

1. 总分析和国别层面

图4列出了中国整体单位出口排放量和中国对美国单位出口排放量的变动。可以看出，1995-2002年，中国单位出口排放量呈稳步下降趋势；2002-2004年，有轻微上升；2004-2011年，中国单位出口排放量缓慢下降。2011年单位出口排放量相比1995年下降43.72%。这说明，中国在中国加入WTO之前，贸易质量是不断改善的，在这期间，中国出口额虽然稳步增长，但排放总量并没有明显的提升，质量的改善有效地抑制了出口引致污染排放总量的提升。在中国加入WTO之后，中国出口引致污染排放总量的快速增长一方面固然是由于出口规模的快速扩张，但另一方面，中国贸易质量并没有继续起到抑制出口排放总量快速增长的作用。由此可见贸易质量的重要性。

中国对美国单位出口排放量和中国整体单位出口排放量变动趋势是一致的。所不同的是，从2002年开始，中国对美国单位出口排放量小于中国整体单位出口排放量。2011年中国对美国单位出口排放量相比1995年下降45.10%，略高于中国整体单位出口排放量下降幅度。这说明中国在加入WTO之后，中国对美国的出口结构中，相对“清洁”的产品占得比重相对要高一些，对美国出口的产品相比中国的总出口更加“清洁”。因此，从出口引致的污染气体排放的角度来看，中国对美国的出口结构相对总出口要更加优化。

从上述分析可以看出，贸易质量的分析至关重要，以贸易对环境的影响角度来看，中国的贸易



质量是在不断改善的。中国贸易质量的改善主要发生在加入 WTO 之前：1995-2001 年，贸易质量改善的幅度较大；2002-2011 年，贸易质量改善的幅度较小。

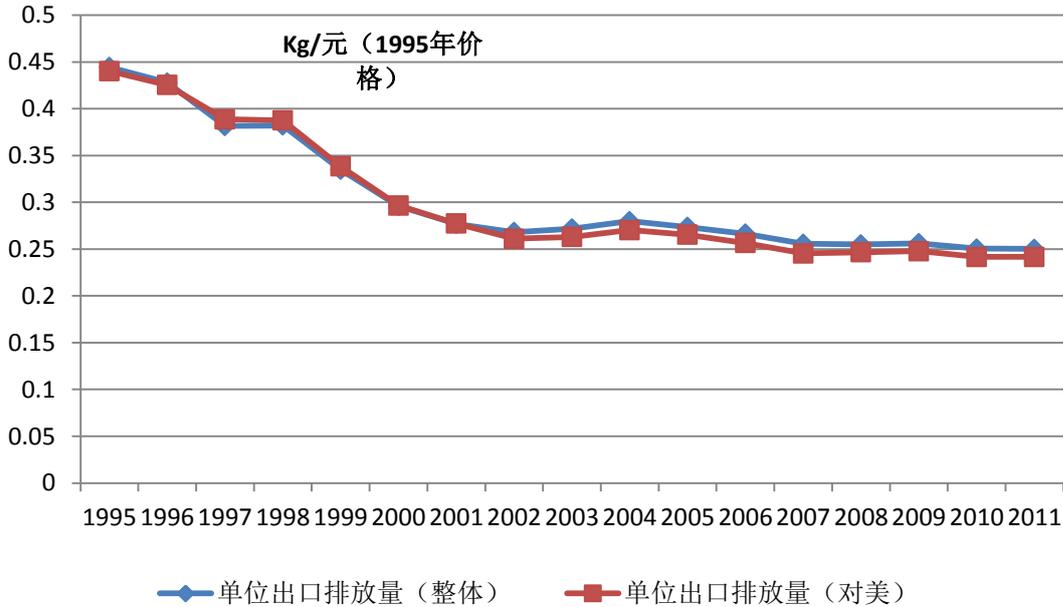


图 4 中国单位出口排放量

2. 产业层面

从图 5 可以看出，各产业单位出口排放量均呈下降趋势。如果考虑单位出口排放量，制造业并没有明显比农业和服务业排放高，这不同于各产业排放总量。单位出口排放量最高的产业是工业部门的电力、燃气及水的供应，其次是其他非金属矿物制品。制造业部门中单位出口排放量最小的是皮革及鞋类制品，食品、饮料和烟草，纺织和纺织品这三个产业。服务业部门单位排放量最高的是水运业和空运业，单位排放量最低的是金融业。因此，从降低出口引致污染的角度来讲，在短期内无法提升贸易质量的前提下，出口结构优化的方向应该是着力发展服务业，提升服务业出口比重，这与中国提出的出口结构优化方向是一致的。²

² 2015 年 2 月，国务院印发《关于加快发展服务贸易的若干意见》，首次全面系统地提出服务贸易发展的战略目标 and 主要任务，并对加快发展服务贸易做出全面部署。

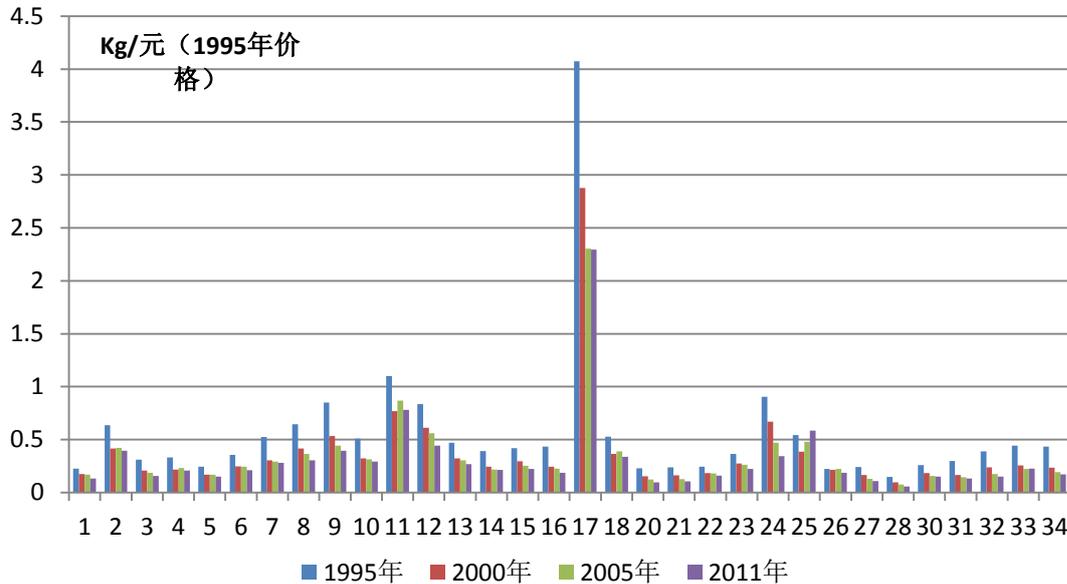


图 5 各产业单位出口排放量

(三) 中国单位出口引致污染气体排放变动的 SDA 分解结果

根据公式 (9)、(10)、(11) 可以计算出排放技术、投入技术、出口结构三种效应对中国单位出口排放变动的的影响，并计算它们的贡献度 (表 3)。根据图 4 可知，我们可以将 1995-2011 年分为三个时间段：1995-2002 年、2002-2004 年、2004-2011 年。下面分别对其进行分析。

表 3 中国单位出口引致污染气体排放变动的 SDA 分解

	1995-2002	2002-2004	2004-2011
总变动	-0.1765	0.0118	-0.0297
排放技术效应 (EG)	-0.1892 (107.20%)	-0.0451 (-382.20%)	-0.0536 (180.47%)
投入技术效应 (EA)	0.0167 (-9.46%)	0.0511 (433.05%)	0.0242 (-81.48%)
出口结构效应 (EE)	-0.0040 (2.27%)	0.0059 (50%)	-0.0003 (1.01%)

注：由于测算误差，三种效应之和不一定完全等于总变动；括号中为各种效应对总变动的贡献度。单位：kg/元 (1995 年不变价)。

1995-2002 年，单位出口排放下降 0.1765 kg/元。这种下降主要是由排放技术效应促进的，出口



结构效应的促进程度很小。投入技术效应并没有促进单位出口排放下降，反而阻碍了单位出口排放的下降。

2002-2004年，单位出口排放上升 0.0118 kg/元。这种上升主要是由投入技术效应造成的，出口结构效应也是单位出口排放上升的原因之一。在这一阶段，虽然排放技术效应仍然是促进单位出口排放下降的因素，但是仍不足以抵挡投入技术效应和出口结构效应造成的单位出口排放上升。

2004-2011年，单位出口排放下降 0.0297 kg/元，下降的程度小于 1995-2002年。这种下降主要是由排放技术效应促成的。投入技术效应仍然是促进单位出口排放上升的因素。出口结构效应的影响微不足道。

综上所述，排放技术的改善是促成中国单位出口排放量下降的重要因素，而投入技术效应却造成了单位出口排放的上升，说明投入技术并没有改善。出口结构效应对中国单位出口排放量的影响有限。这似乎与我们的直觉相悖，一般认为中国的生产率在不断进步（投入基数效应），出口结构也在不断优化（出口结构效应），但本文的研究表明，从环境视角的贸易质量而言，生产率和出口结构并没有引起贸易质量的改善。相反，贸易质量的改善主要源于污染气体排放技术的改善。因此，未来应更加重视投入技术和出口结构的改善。

六、结论及政策含义

本文测算了中国出口引致的污染气体排放总量，并在产业和国别层面上进行了分析。随后，本文也考察了中国的贸易质量，即单位出口引致的污染气体排放量。最后，本文运用 SDA 方法研究了单位出口引致污染物排放量变动背后的推动因素。结果表明：

(1) 1995-2011年，中国出口引致的污染气体排放总量增长 2.23 倍，且这一增长主要发生于 2002 年至 2007 年期间。基本上所有的产业出口引致的污染排放量都在逐年增加。污染气体排放量较大的产业是制造业部门，农业和服务业排放量均较小。制造业部门中排放量最大的产业是电气和光学设备；排放量最小的产业有木材及其制品，纸浆、纸张、纸制品、印刷和出版，焦炭、炼油产品及核燃料等产业。服务业部门排放量最小的产业有金融业，公共管理和国防、社会基本保障，教育，卫生和社会工作等产业；排放量较大的产业有水运业、空运业、机械设备租赁及相关商业活动等产业。中国对美国出口引致的污染排放量的变化趋势和中国出口引致的污染排放总量的变化趋势



基本一致，从 1998 年开始，中国对美国出口引致的排放量占中国出口总的排放量的比重稳步下降。

(2) 1995-2002 年，中国单位出口排放量呈稳步下降趋势；2002-2004 年，又有轻微上升；2004-2011 年，中国单位出口排放量缓慢下降。2011 年单位出口排放量相比 1995 年下降 43.72%。各产业单位出口排放量均呈下降趋势。从 2002 年开始，中国对美国单位出口排放量小于中国整体出口单位排放量。如果考虑单位出口排放量，制造业并没有明显比农业和服务业排放高。单位出口排放量最高的产业是工业部门的电力、燃气及水的供应，其次是其他非金属矿物制品。制造业部门中单位出口排放量最小的是皮革及鞋类制品，食品、饮料和烟草，纺织和纺织品这三个产业。服务业部门单位排放量最高的是水运业和空运业，单位排放量最低的是金融业。

(3) SDA 分解结果表明，排放技术的改善是促成中国单位出口排放量下降的最重要因素，而投入技术效应却造成了单位出口排放的上升，说明投入技术并没有改善。出口结构效应对中国单位出口排放量的影响有限。

上述研究结论的政策含义是很明显的。不同产业的单位出口排放量是不同的，通过出口结构调整来改善中国的贸易质量拥有巨大的潜力，但是从研究结果来看，出口结构效应并没有起到改善中国贸易质量的作用。而投入技术效应却阻碍了中国贸易质量的改善。因此，未来在继续通过排放技术改善中国贸易质量的同时，应该注重改善投入技术，并且着力通过改善贸易结构来降低单位出口排放量。



参考文献

陈迎、潘家华、谢来辉，(2008)“中国外贸进出口商品中的内涵能源及其政策含义”，《经济研究》第7期。

刘瑞翔、安同良，(2011)“中国经济增长的动力来源与转换展望——基于最终需求角度的分析”，《经济研究》第7期。

马涛，(2012)“垂直分工下中国对外贸易中的内涵 CO₂ 及其结构研究”，《世界经济》第10期。

彭水军、刘安平，(2010)“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”，《世界经济》第5期。

谢建国、姜珮珊，(2014)“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”，《经济学》(季刊)第13卷第4期。

张友国，(2010)“中国贸易含碳量及其影响因素——基于(进口)非竞争型投入-产出表的分析”，《经济学》(季刊)第9卷第4期。

Liu X., M. Ishikawa, C. Wang, Y. Dong et al., (2010) "Analysis of CO₂ Emissions Embodied in Japan-China Trade," *Energy Policy*, 38 (3): 1510-1518.

Machado G., R. Schaeffer and E. Worrell, (2001) "Energy and Carbon Embodied in the International Trade Brazil: an Input-output Approach," *Ecological Economics*, 39 (3): 409-424.

Muñoz P. and K. W. Steininger, (2010) "Austria's CO₂ Responsibility and the Carbon Content of its International Trade," *Ecological Economics*, 69 (10): 2003-2019.

Peters G. P. and E. G. Hertwich, (2008) "CO₂ Embodied in International Trade with Applications for Global Climate Policy," *Environmental Science and Technology*, 42 (5): 1401-1407.

Wiedmann T., (2009) "A First Empirical Comparison of Energy Footprints Embodied in Trade—MRIO versus PLUM," *Ecological Economics*, 68 (7): 1975-1990.

IGI 简介：国际问题研究系列(Inside Global Issues)是由中国社会科学院世界经济与政治研究所国际贸易研究室组织和发布的。该系列涉及的研究领域主要为国际经济与贸易；主要成员包括余永定研究员、宋泓研究员、姚枝仲研究员、倪月菊研究员、田丰研究员、东艳研究员、李春顶副研究员、高凌云副研究员、马涛副研究员、张琳博士和苏庆义副研究员。

声明：本报告为非成熟稿件，仅供内部讨论。报告版权为中国社会科学院世界经济与政治研究所国际贸易研究室所有，未经许可，不得以任何形式翻版、复制、上网和刊登。本报告仅代表作者的个人观点，并不代表所在单位的观点。

欢迎通过扫描下面的二维码订阅和关注我们的微信公众平台(微信号:iwep_ite, 名称:IWEP 国际经济贸易研究)

