

追溯全球价值链里的中国二氧化碳排放

孟 渤 格林·皮特斯 王 直*

摘要:中国是碳排放大国,在国际社会面临着巨大的减排压力。同时,中国也是全球价值链的重要参与者,从中受益匪浅。理清排放与价值链之间的关系,对于讨论如何科学地分担排放责任以及合理地推进国际环境治理十分重要。本文介绍了一套全新的环境核算体系,该体系基于一个完全封闭的多国投入产出模型,可分为三个框架。本文采用全球投入产出数据库中1995–2009年数据,分别举实例,以图表形式对该核算体系的三个框架进行详细解释。研究发现,通过国际贸易途径创造的GDP与不经由任何贸易途径仅在国内产业链中创造的GDP相比,环境成本更高;近年来,中国和其他发展中经济体之间的排放转移更加显著;一个国家的碳排放与该国参与价值链的程度、方式以及位置有着密切的关系。据此提出关注中国和其他发展中国家之间的隐含碳转移等问题,为全球碳减排提供了重要建议。

关键词:价值链;碳排放;隐含碳;国际贸易

一、引言

2010年,中国的GDP总额超过日本成为世界第二大经济体;同年,中国制造业总产出超过美国成为世界第一大制造业国家;2013年,中国的进出口贸易总额超过美国成为世界第一大贸易国。中国在经济上所取得的成就,不仅得益于国内的经济体制改革、制度创新,也与中国积极地参与全球价值链密不可分。与此同时,2014年中国二氧化碳排放已约占世界总量的30%^①。即便是中国的人均二氧化碳排放,2014年也已经超过欧盟的水平^②。如果把中国比作世

*孟渤,日本贸易振兴机构亚洲经济研究所(IDE-JETRO),邮政编码:2618545,电子信箱:bo_meng@ide.go.jp;格林·皮特斯,挪威国际气候环境研究中心(CICERO),邮政编码:0318,电子信箱:glen.peters@cicero.oslo.no;王直,对外经济贸易大学全球价值链研究院,邮政编码:100029,电子信箱:zhi.wangusa@icloud.com。

作者感谢清华大学产业发展与环境治理研究中心(CIDEG)的大力支持,本文也是2014年国际重大合作研究项目CIDEG-IDE/JETRO-USITC-IGLCE(2014–2015)“追溯全球价值链里的中国二氧化碳排放”的阶段性成果。感谢日本名古屋大学薛进军教授提出的宝贵意见,同时感谢匿名审稿人的建议。文责自负。

①数据来源:2015年《BP世界能源统计年鉴》。

②资料来源:英国广播公司(BBC),2014年9月21日报道内容。

界经济的重要引擎并不为过,可是这个引擎却是一个高碳高污染的排放源。这种高碳式的经济增长使中国面临着来自国内外的双重压力。另外,即使中国已经进入“新常态”,由于经济体量巨大,在碳强度不再有明显改变的情况下,中低速的GDP增长也会带来大量的排放。从国内来看,环境问题的区域性影响日益严峻。雾霾笼罩着近五分之一的国土,形成了全球最大规模的环境灾难。中国民众的关注对象也越来越转向健康安全,污染防治等许多同环境直接相关的问题。从国际层面来看,中国过快的能源消费、能源进口增长,过多的二氧化碳排放,既对全球减排带来巨大挑战,又同时影响国际能源市场价格形成,从而成为引发诸多国际摩擦的重要因素之一。

中国是碳排放大国,国际社会要求中国加大减排力度也在情理之中。但问题是:在没有理清国际分工中各种排放在生产和消费之间关系的情况下,在没有细致研究垂直专业化以及分段式生产如何影响全球价值链参与国的碳排放的情况下,我们并不能确定中国到底为谁,通过哪些价值链,净排放了多少;“共同但有区别的责任”如何在价值链上界定。而这些问题,国际社会应分析清楚,才能就环境治理达成进一步的共识。中国也有必要研究清楚,才能正确应对。如果不探究全球价值链与碳减排责任的内在联系,在国际环境治理中,既有可能损害本国利益也有可能损害贸易伙伴国的利益。这一点有必要做深入研究。

本文主要目的是介绍一套最新的环境核算体系(Meng et al., 2015),并通过实例演示该体系是如何用于系统地追溯全球价值链里的中国碳排放,中国参与价值链的程度与碳排放之间的关系,以及中国通过国际贸易创造GDP的潜在环境成本。

二、文献综述

系统地建立一套追溯全球价值链里碳排放的核算体系主要涉及到两个学术领域:全球价值链和贸易隐含碳。全球价值链作为研究全球化的一个新视角,近些年来备受关注。关于全球价值链的研究主要涉及三个领域:一个是传统的社会学领域,通过案例研究总结和分析全球价值链的概念、特征以及内在机理,为企业经营战略、商业模式选择等提供理论和实证支持。该领域的主要代表成果参见 Gereffi 等(2005);二是国际贸易领域的诸多相关研究,这是因为全球价值链与贸易和投资密不可分。正如 Baldwin(2014)所言,全球价值链是继工业革命所带来的第一次伟大的分离(生产和消费地的分离),和信息化所带来的第二次伟大分离(总部与工厂的分离)后出现的,21世纪最具代表性的新贸易方式。与此相关的学术研究涉及垂直专业化分工(Hummels et al., 2001),任务贸易(Grossman & Rossi-Hansberg, 2008; Baldwin, 2014),分段式生产(Yi, 2010),价值链与产业组织理论(Antràs & Chor, 2013)等诸多贸易学分支领域;第三个相关领域是从国民经济核算角度出发,利用投入产出模型对全球价值链进行研究,代表作包括 Johnson 和 Noguera(2012), Koopman 等(2014), Wang 等(2013b), Timmer 等(2014b)。与此同时

我们也看到以上三个领域在不同程度上出现了交叉,即以跨学科的方式对全球价值链进行研究。比如 Xing 和 Detert (2010)将关于 iPhone 的案例研究与国际贸易相结合; Antràs 等 (2012), Fally (2011, 2012)等将基于投入产出模型测算得到的厂商到消费者的距离概念与贸易学和产业组织论相结合; Ye 等 (2015)将社会学研究全球价值链时经常用到的微笑曲线概念通过投入产出模型进行了新的诠释等。另外,全球价值链不仅有其重要的学术价值,也具有重大的政策含义。因此众多国际机构也陆续发表了相关报告 (WTO-IDE, 2011; OECD-WTO-UNC-TAD, 2013; UNCTAD, 2013; OECD-WTO-World Bank, 2014; Wang et al., 2013a; Xing, 2015) 等。

关于贸易隐含碳研究也有大量的学术积累 (Tukker & Dietzenbacher, 2013)。尤其是利用多地区投入产出模型测算隐含碳的研究颇受关注 (Peters, 2008; Peters & Hertwich, 2008; Hertwich & Peters, 2009; Kanemoto et al., 2012; Meng et al., 2013 等)。这些关于贸易隐含碳的研究与目前的全球价值链核算框架研究 (Johnson & Noguera, 2012; Koopman et al., 2014; Timmer et al., 2014b) 无论从理念还是方法论上有很多相似之处。然而,关注价值链与环境的相互作用,并系统地将价值链核算与隐含碳核算相结合的研究甚少。Meng 等 (2015) 在借鉴 Koopman 等 (2014)、Wang 等 (2013) 以及大量贸易隐含碳研究成果的基础上,提出了一套系统地追溯全球价值链里碳排放的核算体系。该体系的特点如下:第一,可以从价值链上游追溯碳排放如何被下游的国家及产业部门所吸收。这种核算方法与国民经济核算体系里的产业增加值概念完全匹配。第二,该体系可以追溯位于价值链下游的最终产品生产会引发上游国家及产业部门多少碳排放。这种核算方法则与全球价值链研究中的产品案例分析很接近。第三,该体系可以按照贸易流的方向科学地追溯出口产品里的隐含碳,从而将传统的生产法和消费法计算碳排放的框架与国际贸易有机地结合在一起。其结果可以系统地测算全球价值链里谁在生产贸易品和排放,生产了多少,谁消费这些贸易品和排放,消费了多少。该核算体系为我们测算全球价值链里每创造一个单位 GDP 的潜在环境成本提供了理论依据。

三、追溯全球价值链里的二氧化碳排放:核算体系介绍

本文介绍的核算体系 (Meng et al., 2015) 是基于一个完全封闭的多国投入产出模型,可分为三个框架。第一个框架是根据 Leontief (1936) 的产业前方连锁 (Forward-industrial-linkage) 定义,即任何一个国家的某个产业在创造 GDP 时所产生的碳排放会被隐含在其产业链下游的各行业,通过复杂的国际和产业间交易后用来满足本国或国外的最终需求。就像中国的电力行业的碳排放会隐含在中国的电子产品里^①,最终被国内或国外消费。在满足本国最终需求时,

^①因为电子产品在生产过程中需要电力投入,这是直接路径;电子产品生产用到的零部件在生产过程中也会使用电力,这是间接路径

大部分排放是不经过任何贸易环节,只通过国内产业链实现的,还有一部分需要通过国际贸易得以实现。比如中国的电力行业的碳排放可能先隐含在金属部件里出口给了日本用于加工数码相机,该数码相机又被出口给中国的消费者。其结果就是这部分中国电力行业的碳排放经过国际贸易后最终用来满足了中国的需求。本国的碳排放放在满足国外需求时有三条路径,分别可以通过最终产品贸易、中间产品贸易和经由第三国的中间产品贸易实现。比如中国电力行业的碳排放隐含在中国生产的手机里直接出口给国外消费者属于第一条路径;中国电力行业的碳排放还可能先隐含在金属半成品里出口给国外用于加工最终产品并在该国被消费就属于第二条路径;中国电力行业的碳排放要是隐含在金属半成品里先出口给贸易伙伴国,该国在将其加工为最终产品出口给第三国消费就属于第三条路径。以上核算框架可以帮助我们价值链的上游向下游方向追溯中国某个行业的碳排放究竟是通过哪条价值链满足了哪国的最终需求,由此可以用来界定谁为谁排放了多少二氧化碳。

第二个核算框架基于 Leontief(1936)的产业后方连锁(Backward-industrial-linkage)概念,用于追溯一个国家在生产最终产品时是如何通过价值链诱发自身以及其他上游国家和行业的碳排放。例如,中国在生产小轿车的过程中需要大量的中间产品投入。这些中间投入品在生产过程中又会诱发其他中间品的生产。这些中间品可能来自国内也可能来自国外,从而诱发相应的国内外碳排放,而排放源可以来自不同的能源产品(煤,石油,天然气等)。

第三个框架利用 Koopman 等(2014)提出的按增加值分解总贸易流量的方法来追溯贸易隐含碳。贸易品(包括中间品和最终品)的生产过程中会带来本国的碳排放也会带来外国的碳排放。就像中国出口的手机里有很多零部件来自日本和韩国,日本和韩国在生产这些零部件时会有碳排放,其结果就是中国的出口里会隐含其他国家的碳排放。因此出口隐含碳可以通过八条价值链路径实现。以中国为贸易品生产国,美国为贸易伙伴国举例,这八条路径可被分别解释为:中国出口给美国的最终品里隐含的中国碳排放;中国的碳排放隐含在中间品里被美国进口后用来生产满足自身最终需求的产品;中国的碳排放隐含在中间品里被美国进口后用于生产中间品又出口给第三国;中国的碳排放隐含在中间品里被美国用于生产中间品后出口给第三国用于生产最终品再出口给中国(相当于中国的再进口)。以上四条路径都是用来追溯中国的碳排放。以下的四条路径分别用来追溯国外的碳排放如何隐含在中国出口给美国的产品里:美国的碳排放隐含在中间品里被中国用来生产最终产品又出口给美国(相当于美国的再进口);美国的碳排放隐含在给中国的中间品出口里,中国用该产品进一步加工成中间品出口给美国用于生产美国自身需求的最终品(也相当于美国的再进口);所有第三国(除了中国和美国以外)的碳排放隐含在出口到中国的中间品里被用来生产最终品出口给美国;所有第三国的碳排放隐含在出口到中国的中间品里,被中国用来进一步加工中间品出口给美国,用于生产美国自身所需的最终品。由于垂直专业化,

分段式生产方式的发展,跨国重复的中间品贸易增速很快,从而使得全球价值链日益复杂多样。以上的核算方法可以清晰地展示谁为谁通过哪条价值链生产贸易品创造了GDP的同时排放了多少二氧化碳。这为我们更好地理解一个国家参与全球价值链的程度及位置与二氧化碳排放之间的关系提供了科学依据。

四、追溯全球价值链里的二氧化碳排放:应用实例介绍

(一)分核算框架的基本应用实例

1.第一个核算框架

根据上文介绍的三个框架,我们利用WIOD,也就是全球投入产出数据库(Timmer et al., 2014a)分别从国家、国家间以及产业或产品层面对其应用作举例说明(主要以2009年为例)。图1以世界两个最大的排放国,中国和美国为例,依照第一个框架来回答谁为谁通过何种价值链排放了多少的问题。

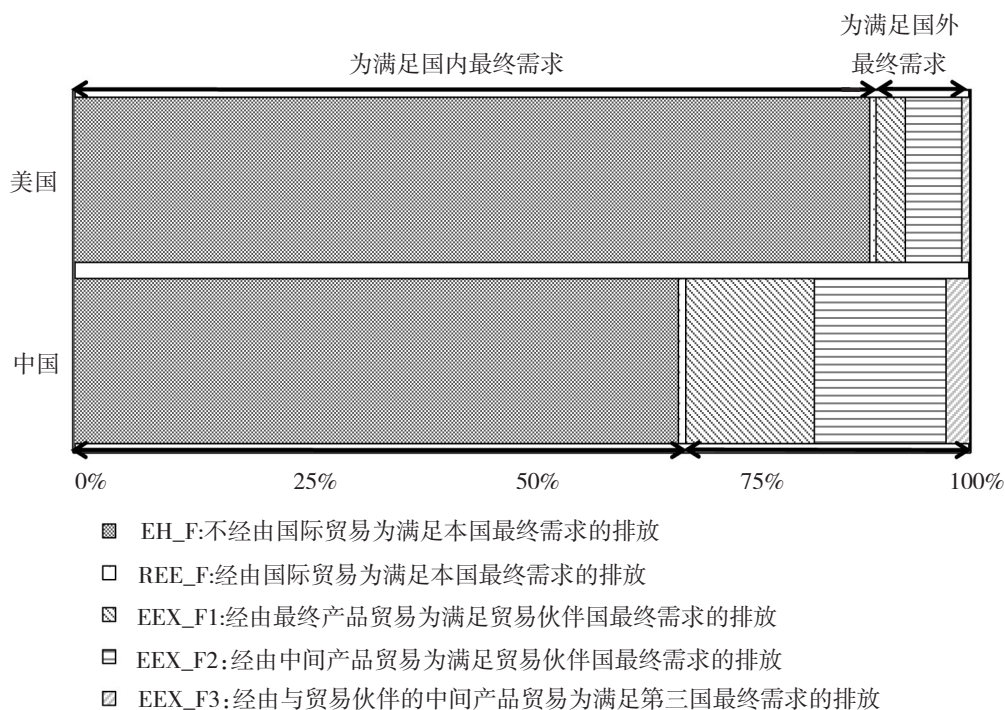


图1 2009年在国家层面从价值链上游追溯碳排放

一个国家的总排放首先可以分为两个部分:为满足国内最终需求的排放,为满足国外最终需求的排放。很明显,无论中国还是美国其排放主要是为了满足国内最终需求(EH_F+REE_F)。这部分排放又可通过两条价值链路径实现。第一条路径是不经由任何贸易环节只为

满足自身最终需求的排放(EH_F)。另一条途径是一个国家的排放经由国际贸易环节,但还是为了满足自身最终需求的排放(REE_F)。比如中国生产的金属半成品被出口给日本用来生产汽车部件,该部件又被出口给中国用来生产汽车,该汽车最终被中国消费者购买和使用。在这个过程中,中国金属半成品生产过程中的排放就是隐含在中国出口产品里经由国际贸易后,为满足中国最终需求的排放。从图1可以看出这部分排放占总排放的比例非常小,但从概念上讲却非常重要。因为有了这部分,我们就可以从全球价值链的角度将EH_F定义为“完全自我责任排放”。也就是说,只有与贸易有关的部分才需要在国家间区分生产者和消费者责任。就满足自身最终需求的排放这部分而言,可以很明显地看出中美之间的区别。换言之,中国约30%的排放是为了满足国外的最终需求($EEX_F = EEX_F1 + EEX_F2 + EEX_F3$)。这主要是基于以下两个事实:第一,中国加入世贸组织后,出口增长迅速。这不仅为中国带来了GDP的增长同时也增加了中国的排放;第二,每生产一个单位的GDP,中国所要付出的排放代价远高于发达国家(Davis & Caldiera, 2010)。另外,为满足国外最终需求的排放又可通过三条价值链路径实现:最终产品贸易(EEX_F1)、与贸易伙伴国的中间产品贸易(EEX_F2)、经由第三国的中间产品贸易(EEX_F3)。比较中美之间各条路径的份额可以看出,中国通过最终产品贸易的排放份额占比较美国多,美国通过中间产品贸易的排放份额占比较中国多。这与一个国家在全球价值链的参与程度和位置有密切的关系。中国通过出口最终产品参与全球价值链的程度较美国高,美国通过出口技术含量和复杂程度高的中间产品参与全球价值链的程度较中国高。

以上我们在国家层面对第一个框架进行了举例说明。该框架也可推广到国家间和产业层面。图2展示了中国、墨西哥和波兰的金属制品业碳排放是如何通过不同的价值链路径满足美国的最终需求。

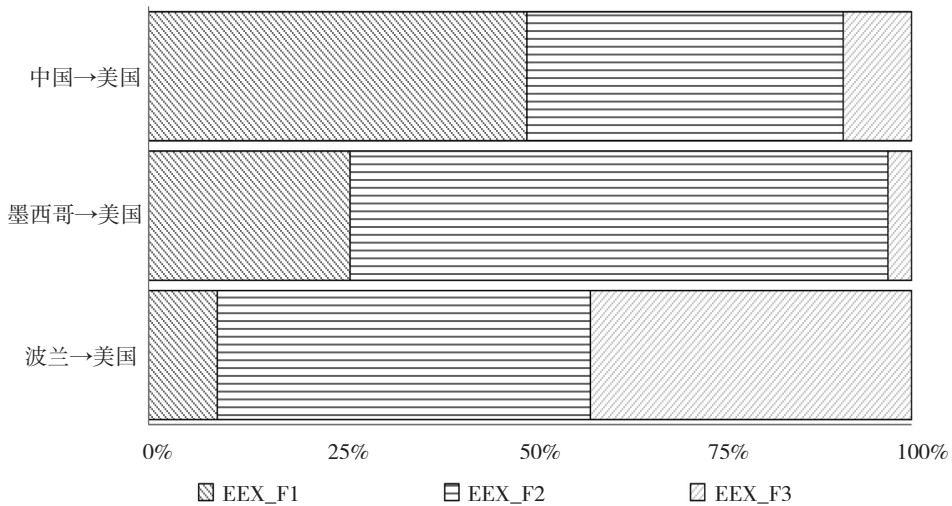


图2 以金属制品业为例,2009年国家间从价值链上游追溯碳排放

很明显,中国金属制品业的排放主要通过和美国的最终产品贸易路径实现,墨西哥则大部分是通过和美国的中间产品贸易实现,波兰有相当一部分是通过经由第三国的中间产品贸易实现。以上结果主要是由于各国参与全球价值链的方式、程度以及所处的位置不同。中国的金属制品业排放大多隐含在中国的最终产品里出口给美国,这主要是由于中国仍处于全球价值链的相对中低端,技术含量低的最终产品对美国的出口占比较大。与此同时,我们也可以看到中国金属制品业排放也有相当一部分隐含在中国的中间产品里出口到美国。这主要是由于中国在参与全球价值链的过程中不断提升自身的技术含量,尤其是机电等中间产品的出口份额的不断增加所致。与中国形成明显对比的是墨西哥,墨西哥与美国的贸易中,汽车零部件的占比较大,也就是说墨西哥位于美国汽车价值链的上游,以提供中间产品的方式参与价值链。而汽车零部件使用很多金属产品,由此会带来较多的墨西哥金属制品业的碳排放。波兰的情况与前两者有明显的区别。波兰金属制品业的排放中有大约40%左右不是直接隐含在中间产品里出口给美国,而是经由第三国实现的。一个很明显的例子就是波兰加入欧盟后加强了与德国的贸易联系,已成为德国汽车价值链里重要的上游供应商。因此,出口给美国的德国汽车里会隐含较多的波兰金属制品业排放也就不难理解了。

2.第二个核算框架

以上,我们利用第一个核算框架,展示了如何在全球价值链里,从上游向下游去追溯一个国家或一个国家的某个行业的碳排放是如何被他国最终需求所吸收的。下面我们利用第二个核算框架,也分别从国家、国家间和产品层面分析如何在全球价值链里从下游向上游方向追溯排放。图3分别以德国和中国为例,展示这两国在生产最终产品时所诱发的整个价值链里的排放是如何分布的。

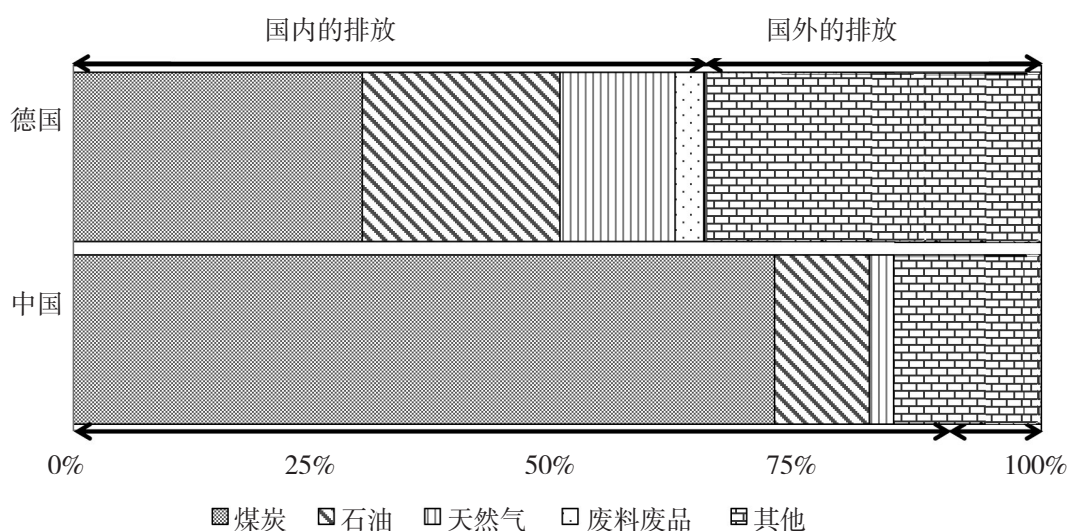


图3 2009年在国家层面从价值链下游追溯碳排放

从前文对第二个核算框架的解释可知,在最终产品的生产过程中会直接或间接地用到国产或进口的中间产品,由此既可能诱发本国排放,也可能诱发外国的排放。从图3可知,不论德国还是中国,在生产最终产品的过程中大部分排放留在了国内。这主要是由于这两个国家体量较大,产业部门相对齐全,用来支持最终产品价值链的大部分中间产品都可在国内采购。但从份额上看,德国的最终产品生产所诱发的排放里有大约30%会发生在国外,而中国的这一比例约为10%。这一现象可从以下几个方面解释:第一,德国与中国相比体量较小,价值链的上游采购有相当一部分需依赖其他国家;第二,德国国内的环境约束较强,因此高碳的中间产品生产可能转移到国外,或通过进口替代来实现;第三,德国国内碳强度与东欧或第三世界国家相比明显较低,因此即便大部分中间产品采购来自国内,少量来自国外的中间产品进口也会诱发上游国家较多的排放。值得注意的是,从引起排放的能源品种看,两国有明显的区别。留在中国国内的排放绝大多数是由于煤炭燃烧造成的,而留在德国的排放来自非煤炭能源的比重相对较高。

第二个核算框架也可在国家(地区)间和产品层面展示。图4以汽车为例,展示了这种最终产品分别在中国和德国生产时所诱发的价值链上游国家(地区)碳排放的情况。

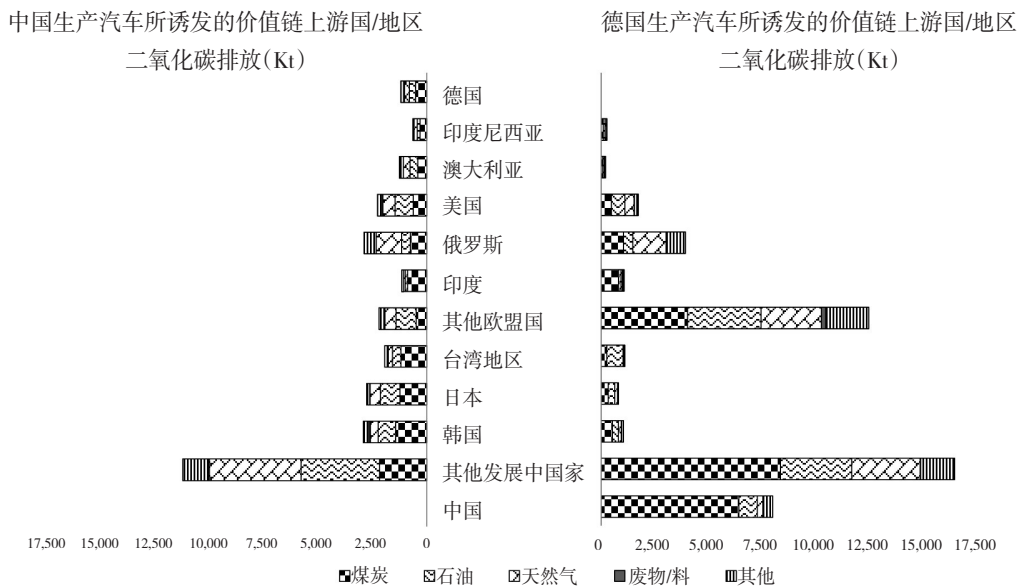


图4 以汽车产品为例,2009年国家(地区)间从价值链下游追溯碳排放

2009年中国已经成为世界最大的汽车生产国,虽然在汽车生产过程中很多中间品的供应来自国内市场,仍然有相当一部分中间品要直接或间接地依赖进口,由此会诱发国外碳排放,尤其是在碳强度较高的发展中国家和能源依存度较高的新兴工业国家,如俄罗斯。另外,以技术含量较高的中间品出口来参与中国汽车价值链的东亚国家和地区(韩国、日本以及台湾

地区)以及美国也会受到较大影响。与中国相比,德国的汽车生产会诱发更多的国外碳排放,主要发生在其他发展中国家、其他欧洲国家以及中国。这种诱发效果既包括德国从中国直接进口中间品用于汽车生产所带来的中国碳排放,也包括通过各种间接路径带来的中国碳排放。比如德国从波兰进口的中间品在波兰生产时需要来自中国的中间品,从而间接地诱发中国的排放。和其他参与德国汽车价值链的国家(地区)相比,中国主要的排放源是煤炭。因此,如果高度依赖煤炭的能源结构不改变,中国参与全球价值链的二氧化碳排放成本便很难降下来。

3.第三个核算框架

为了更好地诠释一个国家在全球价值链的参与程度、位置与其二氧化碳排放之间的关系,我们有必要介绍第三个核算框架。图5以日本和中国为例,展示了隐含在两国总出口里的排放是如何通过不同的价值链途径得以实现,是为创造本国还是国外GDP所付出的。

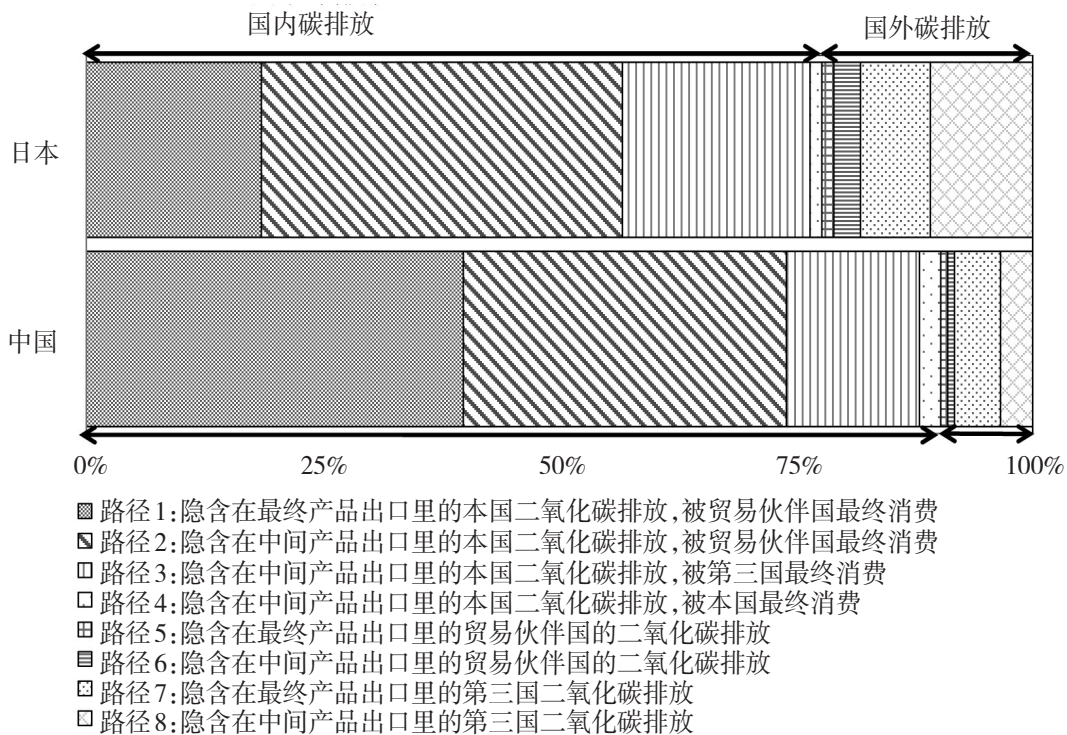


图5 2009年从国家层面追溯总出口里的碳排放

首先,隐含在总出口里的排放可分为国内排放和国外排放。由图5可以看出,中国隐含在总出口里的国内排放占比较大。这主要是由于出口产品生产过程中,以及该产品直接和间接投入的国内中间产品的生产过程的碳强度较日本高(虽然中国每生产一个单位的出口产品所需的进口中间产品价值占比较大)。从价值链路径看,中国隐含在出口里的国内排放主要是通过与合作国的最终产品贸易实现,而日本主要是通过与合作伙伴国的中间产品出口实

现。另外,隐含在日本出口里的排放,大约有20%是为了满足贸易伙伴国的最终需求,但该排放却发生在第三国。这主要是由于日本出口产品使用了较多或高碳的第三国的中间产品所致。

以上框架也可拓展到国家间和产品层面。图6分别展示了德国、墨西哥和中国出口给美国的电子产品隐含碳是通过何种价值链途径实现的。很明显,德国和墨西哥类似,隐含在其电子产品出口里的排放主要来自国外而非国内,中国则相反。我们通过计算出口增加值可以知道,这三个国家的电子产品出口里的外国增加值占比分别为24%、53%和32%。德国的这一占比最低,但单位出口诱发外国的排放占比却和墨西哥一样高,主要原因是德国出口给美国的电子产品生产过程中直接和间接地使用了大量高碳的第三国中间产品(路径7和8),而墨西哥其出口产品生产需要较多的外国中间品。中国出口给美国的电子产品所诱发的排放有约80%留在了国内,主要原因还是电子相关的国内上游供应商碳强度较高。电子产品生产过程中产生的排放并不多,尤其是从事加工贸易,但其上游的金属、化工以及电力行业的排放却不可忽视。这也是本文介绍的核算框架的优势所在,它可以在整个价值链上系统地追溯价值以及排放的产生、转移和吸收。

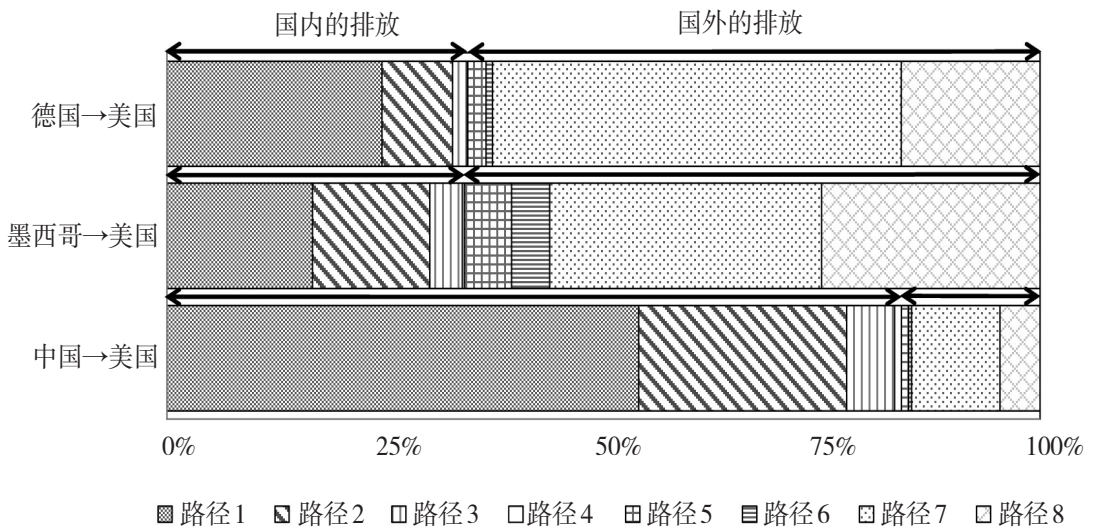


图6 以电子产品为例,2009年国家间追溯总出口里的碳排放

(二)全球价值链里的潜在环境成本、碳排放和碳排放转移

如前所述,第一个核算框架与国民经济核算中的产业GDP是完全对应的。因此本文可以通过计算增加值贸易和隐含碳贸易的比值来测算各种价值链路径上每创造一个单位的GDP所需要付出的潜在环境成本。我们就主要的G20国家进行了计算并将结果展示在图7里。

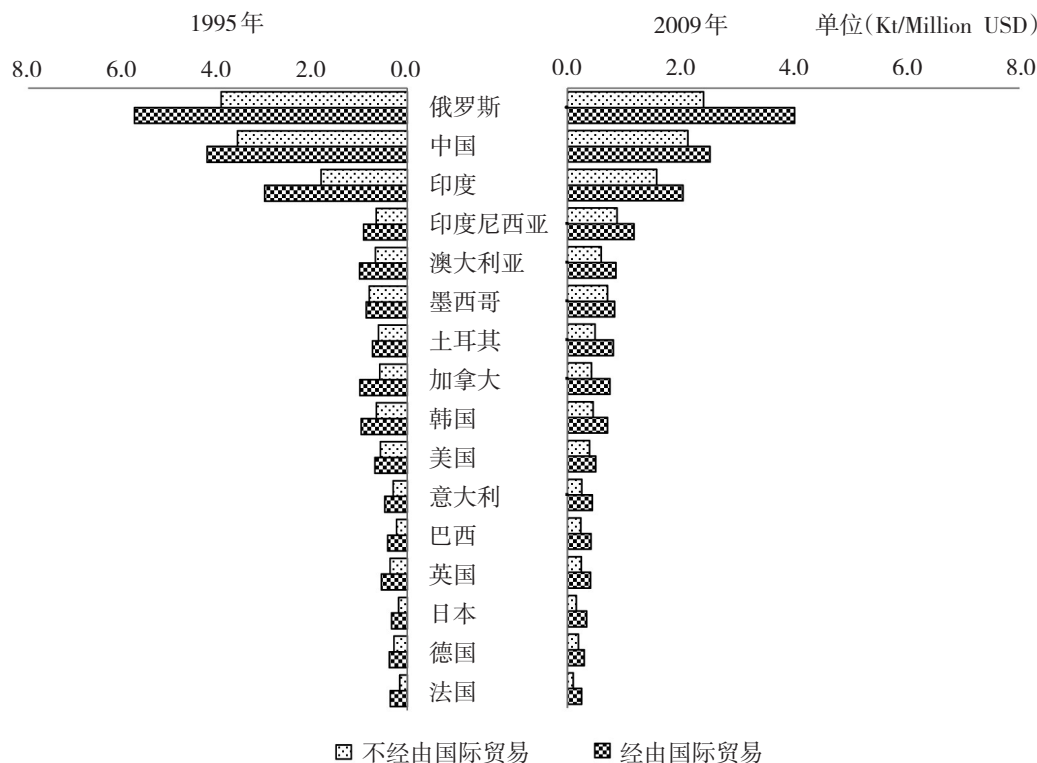


图7 通过不同价值链路径实现GDP的环境成本

为了简便起见,我们将价值链路径分为经由国际贸易和不由国际贸易两部分,并对GDP按不变价进行了调整。由图7可知,对于大多数G20国家而言,通过国际贸易获取一个单位的GDP比只通过国内产业链实现GDP付出的环境成本(单位GDP二氧化碳排放量)要高很多。虽然2009年的碳强度由于技术进步和环境规制等因素比1995年有了很大改善,但通过国际贸易实现GDP的途径相对高碳的这一事实没有改变。其背后的因素影响是多元的,首先和贸易品的结构相关,例如与自产自销的国内品相比,贸易品里服务类占比较低(服务类碳强度一般都较低);另外,也与发达国家和发展中国家之间由于环境约束强弱有别而带来的碳泄露有关,例如发达国家从环境约束弱的发展中国家进口高碳中间产品或通过FDI将高碳生产部门移到海外;加之随着垂直专业化贸易和分段式生产方式的发展,很多国家,尤其是发展中国家不必建立一整套价值链,而只需专注于自身有比较优势的部门或生产环节也可积极参与全球价值链,其结果就是跨国多次重复运输的中间品贸易量增加,由此带来的运输部门的排放也是一个因素。

接下来我们用图8来展示全球价值链参与度与其出口隐含碳之间的关系。

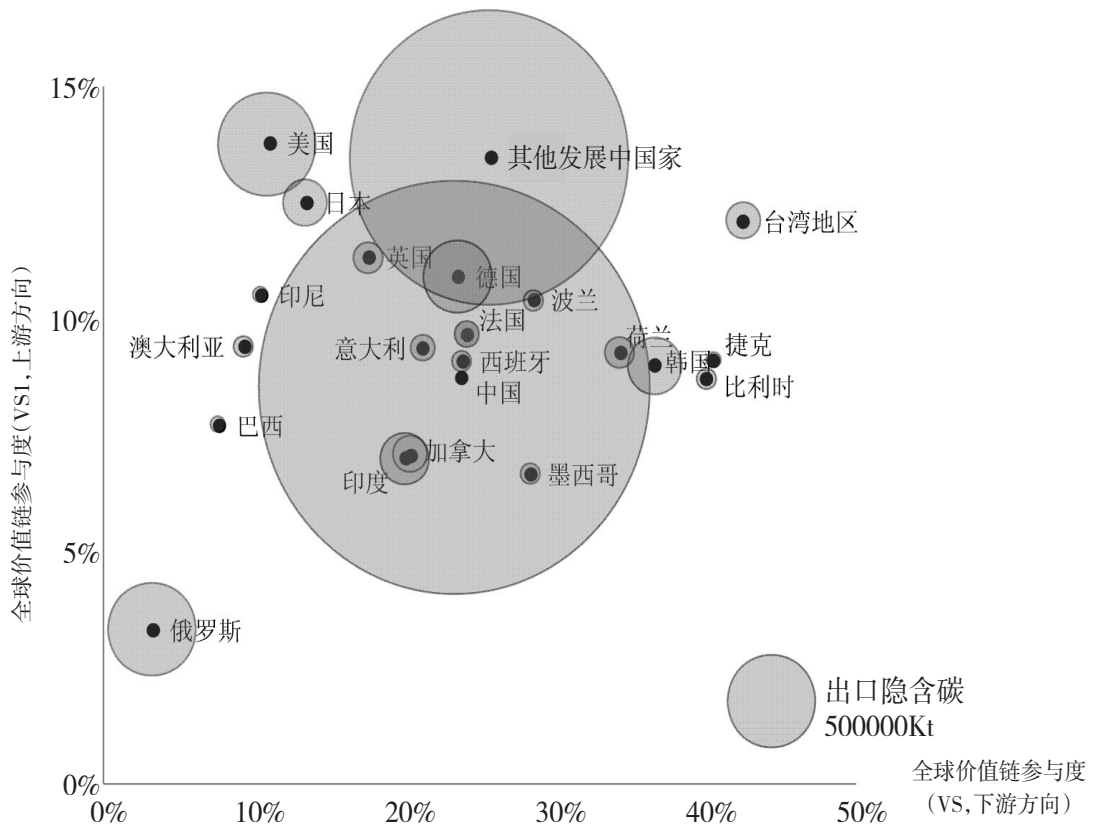


图8 全球价值链参与程度与出口隐含碳

图中的横竖轴分别表示从下游方向和从上游方向的价值链参与度,基本等同于Hummels等(2001)界定的垂直专业化分工的VS和VS1比率的概念。而与各国或地区参与价值链位置相对应的圆圈大小表示该国或地区出口产品里的隐含碳排放。VS比率越大说明出口里隐含他国或地区中间品的比率越高,这种情况一般常见于通过加工贸易参与价值链的发展中国家(地区)或开放程度较大的小经济体。VS1比率越大说明出口品里继续被下游国家或地区用来加工出口品的比率越高,这种情况一般常见于发达国家(地区)或能源类初级产品出口国(地区)。从图8可以看出,中国的价值链参与度无论从上游还是下游方向与很多欧洲国家处于同一位置,但出口品里却有大量的隐含碳。这主要是由于中国碳强度太高(2009年约为美国的5.5倍,日本的11倍),出口规模也很大。其他发展中国家的出口隐含碳约为中国的70%,其原因和中国的情况类似。但其他发展中国家参与全球价值链的VS1程度要比中国高很多,原因在于这些国家大多是初级产品供应国。

最后,我们将全世界分为八大区域,通过表1分别展示了1995年和2009年的区域间隐含碳贸易结构。

表 1 主要经济体之间的隐含碳贸易 (单位:%)

1995年	巴西	中国	印度	日本	俄罗斯	美国	欧盟	其他	总计
巴西		0.01	0.01	0.06	0.01	0.13	0.20	0.25	0.66
中国	0.13		0.20	3.19	0.18	4.93	4.29	5.47	18.39
印度	0.02	0.05		0.50	0.06	0.75	1.05	1.07	3.52
日本	0.03	0.23	0.04		0.02	0.93	0.66	2.63	4.55
俄罗斯	0.08	0.40	0.19	0.78		1.09	8.02	2.93	13.47
美国	0.28	0.33	0.10	1.71	0.10		3.11	7.85	13.47
欧盟	0.33	0.42	0.25	1.11	0.80	3.15		8.69	14.74
其他	0.73	1.52	0.70	5.65	0.55	11.08	10.98		31.19
总计	1.60	2.96	1.48	13.00	1.72	22.06	28.29	28.89	100.00
2009年	巴西	中国	印度	日本	俄罗斯	美国	欧盟	其他	总计
巴西		0.11	0.01	0.03	0.01	0.11	0.18	0.32	0.78
中国	0.50		1.12	2.64	0.77	7.54	7.72	15.14	35.44
印度	0.05	0.39		0.13	0.07	0.85	1.01	1.71	4.21
日本	0.04	0.68	0.05		0.05	0.49	0.47	1.78	3.55
俄罗斯	0.10	0.78	0.13	0.31		0.74	3.53	3.06	8.64
美国	0.15	0.78	0.13	0.43	0.08		1.75	4.58	7.88
欧盟	0.23	1.07	0.20	0.37	0.43	1.75		6.67	10.72
其他	0.68	5.27	1.74	2.98	0.59	7.92	9.61		28.78
总计	1.74	9.07	3.38	6.89	1.99	19.40	24.27	33.26	100.00

我们将一个国家为满足自身最终需求的排放部分扣除,计算了国家间隐含碳贸易在全世界隐含碳贸易的占比。横向看是表侧国家的隐含碳出口,纵向看是表头国家的隐含碳进口。比如1995年表里中国的横行和美国的纵列相交处为4.93,其含义是中国在1995年通过全球价值链为满足美国的最终需求排放的二氧化碳(即中国给美国的二氧化碳出口)占全世界二氧化碳总出口的4.95%。通过两年的结构对比,有以下几点发现:横向看,1995年金砖国家之外的所有发展中国家,即表中的“其他”区域是最大的隐含二氧化碳出口方(占世界二氧化碳出口总量的31.19%),其出口主要是用以满足发达国家的最终需求(美国11.08%,欧盟10.98%,日本5.65%)。中国是仅次于“其他”区域的二氧化碳出口方(占世界二氧化碳出口总量的18.39%),其出口流向主要是“其他”区域(5.47%)、美国(4.93%)、欧盟(4.29%)和日本(3.19%)。之所以流向“其他”区域的占比最大,主要是由于“其他”区域所包含的经济体的最终需求通过全球价值链会诱发较多的中国碳排放。这不仅与“其他”经济体对中国产最终品的需求规模有关,还与中国的碳强度偏高有关。而且,“其他”区域即使不直接消费中国产的最终产品,也可能带来中国的碳排放。比如中国电力部门的二氧化碳排放隐含在金属半成品里出口给日本,又被用于生产精密仪器再出口给“其他”经济体用来消费;纵向看,“其他”区域、欧盟、美国和日本分别是

最主要的二氧化碳进口方。这主要是由于其最终需求规模大且隐含碳贸易伙伴国碳强度高;对比1995年和2009年,基本的进出口流向变化不大,但区域间隐含碳贸易占比却发生了很大变化,尤其是中国与“其他”发展中经济体之间的相互作用更加显著。例如,2009年中国成为最大的出口方,中国对美国、欧盟的二氧化碳出口占比分别增长了1.5和1.8倍,对日本的出口占比不增反降了17%。与此同时,中国对“其他”区域的出口增长了约2.8倍。更值得关注的是中国从“其他”区域的二氧化碳进口占比由1.52%增至5.27%,成为超过日本的二氧化碳进口国。目前为止,很多文献强调发达国家与发展中国家之间的隐含碳转移问题。本文发现随着中国和更多的发展中国家参与全球价值链,他们之间的隐含碳转移问题更值得关注,因为二者同为《京都议定书》的非Annex B国家,其环境约束都相对薄弱。

五、结论

本文介绍了如何系统地在全球价值链框架下科学地追溯碳排放的新方法(Meng et al., 2015)。该方法基于全球投入产出模型,系统地给出了在国家、产业、产品层面以及国家(地区)间、产业间追溯碳排放的发生、转移和消费的完整度量。其主要特点是可以从价值链上下游两个方向追溯碳排放的同时,系统地将贸易流与隐含碳概念相结合,为在复杂的价值链中界定谁生产贸易品和碳排放,谁消费贸易品和碳排放提供科学依据。通过一些实际应用本文有以下几点发现:

(1)通过国际贸易途径创造的GDP与不经由任何贸易途径仅在国内产业链中创造的GDP相比环境成本高。这一结论与国家间环境约束差异导致的碳泄露以及垂直专业化以及分段式生产方式带来的中间品多次跨国重复运输有关。

(2)中国和其他发展中国家间的隐含碳贸易已经超过全球隐含碳贸易总量的20%。这两个经济体都不是《京都议定书》Annex B成员国,环境约束较弱,他们之间的碳泄露如果不能得到很好的控制,全球的减排压力会更加严峻。

(3)一个国家的碳排放与该国参与价值链的程度、方式以及位置有着密切的关系。发展中国家参与全球价值链时如何摆脱高碳制约并实现产业升级将是一个很值得深入研究的问题。

参考文献:

- [1] Antràs,P., D.Chor, T.Fally, and R.Hillberry. Measuring the Upstreamness of Production and Trade Flows[J]. American Economic Review, 2012, 102(3): 412-16.
- [2] Antràs,P. and D.Chor. Organizing the Global Value Chain[J]. Econometrica, 2013, 81(6): 2127-2204.
- [3] Baldwin,R. Trade and Industrialisation after Globalisation's 2nd Unbundling: How Building and Joining a Supply Chain are Different and Why it Matters[R]. 2014.
- [4] Davis,S.J. and K.Caldeira. Consumption-based Accounting of CO₂ Emissions[J]. PNAS, 2010, 107(12):

5687–5692.

- [5] Fally,T. On the Fragmentation of Production in the US[R]. 2011.
- [6] Fally,T. Production Staging: Measurement and Facts[R]. 2012.
- [7] Gereffi, G., J.Humphrey, and T.J. Sturgeon. The Governance of Global Value Chains[J]. *Review of International Political Economy*, 2005, 12(12): 78–104.
- [8] Grossman,G. M., and E.Rossi–Hansberg. Trading Tasks: A Simple Theory of Offshoring[J]. *The American Economic Review*, 2008, 98(5): 1978–1997.
- [9] Hertwich,E.G. and G.P.Peters. Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade–linked Analysis[J]. *Environmental Science and Technology*, 2009, 43(16): 6414–6420.
- [10] Hummels,D., J.Ishii, and K.M.Yi. The Nature and Growth of Vertical Specialization in World Trade[J]. *Journal of International Economics*, 2001, 54 (1): 75–96.
- [11] Johnson,R. and G.Noguera. Accounting for Intermediates: Production Sharing and Trade in Value Added[J]. *Journal of International Economics*, 2012, 86(2): 224–236.
- [12] Kanemoto,K., M.Lenzen, G.P.Peters, D.Moran, and A.Geschke. Frameworks for Comparing Emissions Associated with Production, Consumption, and International Trade[J]. *Environmental Science and Technology*, 2012, 46(1): 172–179.
- [13] Koopman,R., Z.Wang, and S.J.Wei. Tracing Value–added and Double Counting in Gross Exports[J]. *American Economic Review*, 2014, 104(2): 459–494.
- [14] Leontief,W. Quantitative Input and Output Relations in the Economic System of the United States[J]. *The Review of Economic and Statistics*, 1936, 18(13): 105–125.
- [15] Meng,B., J.J.Xue, K.S.Feng, D.B.Guan, and X.Fu. China's Inter–regional Spillover of Carbon Emissions and Domestic Supply Chains[J]. *Energy Policy*, 2013, 61(05): 1305–1321.
- [16] Meng,B., G.P.Peters, and Z.Wang. Tracing Greenhouse Gas Emissions in Global Value Chains[R]. 2015.
- [17] OECD, WTO, and World Bank Group. Global Value Chains: Challenges, Opportunities, and Implications for Policy[R]. 2014.
- [18] OECD, WTO, and UNCTAD. Implications of Global Value Chains for Trade, Investment Development and Jobs [R]. 2013.
- [19] Peters,G.P. From Production–based to Consumption–based National Emission Inventories[J]. *Ecological Economics*, 2008, 65(1): 13–23.
- [20] Peters,G.P. and E.G.Hertwich. CO₂ Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy[J]. *Environmental Science and Technology*, 2008, 42(5): 1401–1407.
- [21] Timmer,M.P., E.Dietzenbacher, B.Los, R.Stehrer, and G.J.De Vries. The World Input–Output Database (WIOD): Contents, Concepts and Applications[R]. 2014a.
- [22] Timmer,M.P., A.A.Erumban, B.Los, R.Stehrer, and G.J.De Vries. Slicing up Global Value Chains[J]. *Journal of Economic Perspectives*, 2014b, 28(2): 99–118.
- [23] Tukker,A. and E.Dietzenbacher. Global Multiregional Input–Output Frameworks: An Introduction and Outlook [J]. *Economic Systems Research*, 2013, 25(1): 1–19.
- [24] UNCTAD. Global Value Chains: Investment and Trade for Development[M]. New York: United Nations, 2013.
- [25] Wang,Z., A.Mattoo, and S.J.Wei. Trade in Value–Added: Developing New Measures of Cross–Border Trade [R]. 2013a.
- [26] Wang,Z., S.J.Wei, and K.Zhu. Quantifying International Production Sharing at the Bilateral and Sector Levels [R]. 2013b.

- [27] WTO-IDE. Trade Patterns and Global Value Chains in East Asia: From Trade to Goods to Trade in Tasks[R]. 2011.
- [28] Xing, Y. Uncovering Value Added in Trade: New Approaches to Analyzing Global Value Chains[M]. Singapore: World Scientific Publishing, 2015.
- [29] Xing, Y. and H. Detert. How the iPhone Widens the United States Trade Deficit with the People's Republic of China[R]. 2010.
- [30] Ye, M., B. Meng., and S. J. Wei. Measuring Smile Curves in Global Value Chains[R]. 2015.
- [31] Yi, K. M. Can Multistage Production Explain the Home Bias in Trade? [J]. The American Economic Review, 2010, 100(1): 364-393.

Tracing China's CO₂ Emissions in Global Value Chains

Meng Bo^a, Glen Peters^b and Wang Zhi^c

(a: Institute of Developing Economies-Japan External Trade Organization; b: Center for International Climate and Environmental Research in Oslo; c: University of International Business and Economics-Research Institute for Global Value Chains)

Abstract: China is the largest emitter of carbon emissions in the world, thus is facing enormous pressure to reduce emissions. At the same time, China is also one of the largest beneficiaries due to her active participation in global value chains. Understanding the relationship between carbon emissions and global value chain is crucial for both discussing the so-called "carbon leakage" through international trade and a political consensus about responsibility sharing between developed and developing economies. This paper unifies and extends existing emissions trade related measures, quantifies their relationships, and further combines them with trade in value-added and GVC-based measures in recent literature into one consistent accounting framework. Applying this accounting framework to the World Input-Output Database, this paper shows that the environmental cost for generating one unit GDP in domestic production networks is lower than that through international trade for both developed and developing countries; a country's pattern and level of emissions is crucially subject to its position and the extent of its participation, directly or indirectly, in GVCs through international trade; the carbon emission transfer between China and other developing countries has exceeded all bilateral emission trade between any developed economy blocks and China. This could be a great concern when talking about climate change strategy since both China and most developing countries are Non-Annex B economies in Kyoto Protocol and have relatively weak environmental regulations.

Keywords: Value Chain; CO₂ Emissions; Embodied Emissions; International Trade

JEL Classification: E01, E16, F1, F14, F18, Q5, Q54, Q56

(责任编辑:朱静静)