

中国省际隐含碳排放空间与产业转移路径

胡雅蓓

(南京财经大学 国际经贸学院, 南京 210023)

摘要:采用省市间细分行业的投入产出和碳排放数据,构建多边贸易视角下的多区域投入产出 MRIO 模型,分析中国省际隐含碳排放空间转移和产业转移的规模与路径。结果表明:省际碳排放呈现出由中西部欠发达省市向东南部经济发达省市转移的区域空间路径,地理临近效应和产业结构互补效应构成转移主因;省际碳转移的产业路径大致沿产业链由欠发达地区上游产业向经济发达地区下游产业转移,电力、热力的生产和供应业等是碳转出的主要产业来源。

关键词:隐含碳;空间转移;产业转移;转移路径

中图分类号:F124;F127 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-980X(2019)09-0130-08

在经济发展外部环境不确定性明显增加,外贸竞争压力加剧的背景下,促进我国区域分工与合作,有效扩大省际贸易,成为中国充分释放国内市场增长潜能,增强经济内生动力的重要选择。由于产品生产和提供服务过程中产生的直接和间接碳排放隐含在贸易品中,因此省际贸易的发展在强化各地经济联系的同时,也必然扩大隐含碳排放的区域转移。二氧化碳排放转移是经济和环境变化复杂议题的结合体,对中国整体碳减排和碳排放空间格局均产生重大影响。中国是发展中大国和碳排放大国,经济增长与碳排放增长交织在一起,要完成在巴黎气候变化大会上承诺的“到 2030 年全国单位国内生产总值的二氧化碳排放比 2005 年下降 60%~65%”的整体减排目标,存在较大减排压力。将碳减排目标进行地方分解是减排目标顺利实现的关键。而对区域间贸易隐含碳转移的准确核算,则是公正合理分配各地区碳减排责任的前提和基础。

中国各省市在资源禀赋、产业布局和经济发展水平方面差异巨大,区域经济梯度差将国内各省市链接到价值链的不同环节。在国内现有产业分工体系下,通过产品和服务在省际间流动引致的隐含碳排放转移规模不容小觑。与国际贸易相比,省际贸易壁垒更小,交易更为复杂、频繁。因此,在产业分工基础上的省际贸易碳转移流量对区域碳排放量的实际影响更加重要。近年来,区域间碳排放转移的

测算及责任分担引起经济—环境领域的广泛关注,特别是对中国的区域碳转移成为研究的热点问题之一。然而,现有文献关于中国区域碳转移的研究多以空间转移为主,对区域碳转移的产业维度关注不足,未能将碳排放的空间转移和产业转移纳入一个整体分析框架。为此,基于最新的区域间投入产出表,利用 MRIO 模型,同时考察中国省际隐含碳排放的空间转移和产业转移的规模和路径,以期为国家 and 区域碳减排政策的制定及产业发展方向的选择提供科学依据和政策建议。

1 文献回顾与述评

在全球碳减排合作不断深化,碳排放责任博弈日趋激烈的过程中,国际贸易中隐含的碳排放转移成为学术界和实务界争论的焦点问题^[1]。污染天堂假说^[2]、产业漂移假说^[3]以及污染重置假说^[4]等,从发达国家污染治理成本考量的“压力”和发展中国家追求经济增长的“吸引力”等角度,揭示了碳密集型产业从发达国家转向发展中国家,以致发展中国家成为全球碳避难所的理论依据。环境投入产出分析为隐含碳转移的定量研究提供了主流分析方法。基于国内外能耗异质性等方面的不同假设,投入产出分析方法的应用经过了从简单的单区域投入产出模型(SRIO),到双边贸易视角下的隐含碳排放模型(EE-BT),再到多边贸易视角下的多区域投入产出模型

收稿日期:2019-07-24

基金项目:教育部哲学社会科学研究项目“经济新常态下我国 CO₂ 排放规模测度与区际转移研究”(15YJA790022);教育部哲学社会科学研究重大课题项目“泛 TPP 经贸规则下我国融入国际价值链分工战略研究”(16JZD019);江苏省哲学社会科学基金项目“基于长江经济带双向开放的江苏生产性服务业价值链升级研究”(15EYB001)

作者简介:胡雅蓓(1972—),女,河北保定人,南京财经大学国际经贸学院教授,博士,研究方向:产业经济与低碳经济。

(MRIO)的不断完善过程^[5-7]。相对而言,MRIO 模型区分用于中间投入和最终需求的进口品,能够涵盖供应链上生产活动所产生的间接影响,更适宜测算国际贸易引致碳排放转移的溢出效应和反馈效应^[8]。

随着跨国碳转移研究的广泛开展,学者们开始关注一个国家内部各区域间的碳排放转移问题,其中又以中国国内区域间碳排放转移研究为主。现有文献主要从大经济区和省域两个层面展开对中国的研究。大经济区碳转移研究多将中国划分为东北、京津、北部沿海、东部沿海、南部沿海、中部、西北和西南八个区域,利用投入产出表核算产品(服务)及隐含的碳排放放在区域之间的流动^[9-11]。为满足当前我国减排目标分解到省的要求,部分碳转移研究进一步具体到中国的省际间研究。张友国^[12]分别应用 EEBT 和 MRIO 方法测算了中国省际间的碳排放转移,结果发现 MRIO 方法计算的碳排放乘数明显高于 EEBT 方法。宋杰鲲等^[13]利用贸易转移系数矩阵测算了中国省域间的贸易转移碳排放量,并基于世袭制、平等主义、支付能力和综合公平等原则对中国的碳排放配额进行分配。王文治^[14]测算了我国 30 个省的生产侧碳排放、消费侧碳排放和碳排放空间转移净值,并提出以商品流出的省内增加值占比作为分配因子实施碳排放责任共担的建议。

总体来看,相对于国际贸易碳转移研究而言,关于国家内部区域间碳转移研究的起步较晚,存在以下需要进一步完善之处。第一,现有文献大多聚焦碳转移的空间维度,对产业维度的关注明显不足。同时考察碳排放的空间转移和产业转移,可以清晰把握区域产业部门间碳排放转移的规律,识别碳转移的主导部门,为我国统筹协调产业结构升级和碳减排提供依据。第二,受数据限制,现有研究对中国国内隐含碳排放的测算多以八大经济区为研究对象,少数研究虽然具体到省级层面,但主要基于 2007 年的投入产出数据,具有一定的时滞性。2008 年全球金融危机以来,国际和国内经济形势充满变数,利用最新的投入产出数据对省际间贸易隐含碳进行研究有助于把握我国隐含碳转移的新趋势和新特点。由于 2012 年区域间投入产出表是目前可以得到的最新投入产出表,因此以此为基础对中国 30 个省市 30 个产业部门间的隐含碳排放的空间转移、产业转移规模和路径进行定量研究。

2 区域间隐含碳排放转移的测度模型和数据来源

2.1 区域间隐含碳排放转移的测度模型

区域间隐含碳排放转移指在经济系统中,以区

域间的产业需求和贸易分工为基础,因产品或服务(碳源)流动而形成的区域间碳转入与转出的流量关系^[15]。多区域投入产出 MRIO 模型从各区域各部门之间相互依存的技术经济联系入手,有效衔接区域与部门间错综复杂的关系,为测度最终需求诱发的区域间碳转移提供了有力的分析工具。

在一个包含 m 个地区, n 个产业部门的区域间投入产出表中,行平衡关系如下:

$$x_i^r = \sum_{s=1}^m \sum_{j=1}^n z_{ij}^{rs} + \sum_{s=1}^m y_i^s + ex_i^r. \quad (1)$$

即 r 地区 i 产业部门的总产出(x_i^r),等于该产业部门产品的中间投入($\sum_{s=1}^m \sum_{j=1}^n z_{ij}^{rs}$)、最终消费($\sum_{s=1}^m y_i^s$)和出口(ex_i^r)之和。其中: z_{ij}^{rs} 表示 s 地区 j 产业部门使用 r 地区 i 产业部门的产出用于生产本行业产品的中间投入; y_i^s 表示 s 地区最终消费或使用的 r 地区 i 产业部门生产的最终产品; ex_i^r 表示 r 地区 i 产业部门生产的用于出口的最终产品。

令 $a_{ij}^{rs} = z_{ij}^{rs} / x_j^s$ 表示 s 地区 j 产业部门对 r 地区 i 产业部门的直接消耗系数,则

$$x_i^r = \sum_{s=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij}^{rs} x_j^s + \sum_{s=1}^m y_i^s + ex_i^r. \quad (2)$$

式(2)转化为矩阵形式:

$$\mathbf{x} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{y} + \mathbf{ex}. \quad (3)$$

其中: $\mathbf{x}$ 为 $mn \times 1$ 维总产出列向量, $\mathbf{A}$ 为 $mn \times mn$ 维直接消耗系数矩阵, $\mathbf{y}$ 为 $mn \times m$ 维最终消费矩阵, $\mathbf{ex}$ 为 $mn \times 1$ 维出口列向量。

若 $\mathbf{A} \neq \mathbf{I}$, $\mathbf{I} - \mathbf{A}$ 可逆,则

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}(\mathbf{y} + \mathbf{ex}). \quad (4)$$

令 $\mathbf{L} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ 为列昂惕夫逆矩阵,其元素 l_{ij}^{rs} 刻画了 s 地区 j 产业部门为生产单位最终产品而对 r 地区 i 产业部门总产出的完全消耗。

建立碳排放与投入产出模型间联系,定义直接碳排放系数 $1 \times mn$ 维行向量 $\mathbf{e}$,其元素 $e_i^r = f_i^r / x_i^r$,即 r 地区 i 产业部门的碳排放系数 e_i^r 为单位产出的直接碳排放量。鉴于本文研究聚焦于省际贸易引起的碳转移,故在不考虑出口的情况下, r 地区对 s 地区的隐含碳转出量 C^{rs} ,即 r 地区向 s 地区提供产品和服务所引起的 r 地区的碳排放的计算方程式如下:

$$C^{rs} = \hat{\mathbf{e}}^r (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \hat{\mathbf{y}}^s. \quad (5)$$

其中:对角矩阵 $\hat{\mathbf{e}}^r$ 为 r 地区的直接碳排放系数,直接碳排放系数与列昂惕夫逆阵相乘得到完全碳排放系数 $\hat{\mathbf{e}}^r (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$,表示一部门为了提供一单位

最终消费产品时,所产生的全部直接碳排放和消耗中间产品的间接碳排放之和,对角矩阵 $\hat{\mathbf{y}}^s$ 表示 s 地区的最终需求。

同理, r 地区来自 s 地区的隐含碳转入量 C^{sr} ,为 r 地区使用 s 地区提供的产品与服务所引起的 s 地区的碳排放,表达式如下:

$$C^{sr} = \hat{\mathbf{e}}^s (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \hat{\mathbf{y}}^r. \quad (6)$$

r 地区对 s 地区净碳转移为隐含碳转出量与隐含碳转入量之差:

$$C_{\text{net}}^{rs} = C^{rs} - C^{sr}. \quad (7)$$

加总得到 r 地区的净碳转移总量,为 r 地区为其他所有地区提供产品和服务的隐含碳转出总量与来自其他所有地区的隐含碳转入总量之差,表达式如下:

$$C_{\text{net}}^r = \sum_{s=1, s \neq r}^m C^{rs} - \sum_{s=1, s \neq r}^m C^{sr}. \quad (8)$$

式(8)的结果若为正值,则表明 r 地区向其他地区转出了碳排放;若为负值,则表明其他地区向 r 地区转入了碳排放。

2.2 数据来源

本文实证分析数据主要包括省际间投入产出数据和分省分行业的碳排放数据。中国省际间投入产出数据以 Mi 等^[16]编制的 2012 年中国 30 个省区市 30 部门区域间投入产出表为基础。该表以 2012 年国家统计局发布的中国分省投入产出表为基础编制,数据来源可靠,且为目前可以得到的最新的中国区域间投入产出表,相对而言,更能反映经济新常态下区域间、产业间经济技术联系的新变化。同时,该表在引力模型框架下估算省际产品和服务的贸易流量,利用反映不同部门区域间竞合关系差异的部门影响系数(impact coefficients)以及同一部门在不同区域差异的部门影响指数(impact exponents)对省际贸易流量数据进行修正,提供了对各省投入产出及省际间贸易更为准确的测算。

本文估算的各省分部门的碳排放是指化石燃料在氧化燃烧过程中而产生的能源消费碳排放。依据政府间气候变化专门委员会(IPCC)的估算方法,计算公式如下:

$$CE_i = \sum_k CE_{ik} = \sum_k AD_{ik} \times NCV_k \times CC_k \times O_{ik} \times \frac{44}{12}. \quad (9)$$

其中: CE_i 指 i 部门能源消费碳排放总量,为 k 类化石燃料燃烧排放的 CO_2 量 CE_{ik} 的总和, AD_{ik} 和 O_{ik} 分别指 i 部门化石燃料 k 的消费量和碳氧化率; NCV_k 和 CC_k 分别指化石燃料 k 的平均低位发热量

和碳含量;44/12 为 CO_2 与 C 的分子量比。

各省分行业的化石燃料消费量 AD_{ik} 由 Shan 等^[17]的估算结果整理得到,本文依据 2012 年区域间投入产出表将 47 部门调整为 30 个产业部门。在确定化石燃料消费量的核算边界时,综合考虑了各省分行业的能源消费数据和水泥行业生产过程中分解产生的工艺性碳排放问题,对化工行业作为原材料的非能源使用的化石燃料部分、化石燃料使用中的非燃烧部分做了相应的扣除,并根据火力发电、热力供应以及我机船在国外和外机船在我国口岸加油等情况做了相应调整。化石燃料 k 的平均低位发热量 NCV_k 主要来自国家发改委和国家标准委提出的《综合能耗计算通则》(GB/T2589—2008),碳含量 CC_k 主要来自《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》和《省级温室气体清单编制指南》。

3 省际间隐含碳的空间转移

3.1 隐含碳转移的总量流向

根据式(8)计算省际间隐含碳排放转移,计算结果见表 1。2012 年,中国各省市间通过产品和服务贸易实现的碳转移总量占到全国碳排放总量的 42.80%。从隐含碳排放转出角度分析,按照转出量从大到小排序,依次是内蒙古、河北、河南、江苏、山西、安徽、辽宁和山东等,2012 年碳转出量排名前 8 的省市均超过 1 亿吨,合计碳转出量占全国碳转出总量的 55.80%。隐含碳转出大省主要集中在内蒙古、河北、河南以及山西等能源富集省份和江苏、山东以及辽宁等制造业大省。从隐含碳排放转入角度分析,按照转入量从大到小排序,依次是河南、江苏、广东、河北、辽宁、浙江、陕西和北京等。上述 8 省市 2012 年碳转入量均在 1.4×10^8 t 以上,合计 13.98×10^8 t,占全国碳转入总量的 45.28%。河南、河北等人口大省,江苏、广东和浙江等制造业大省成为隐含碳大量转入的主要省市。

进一步分析隐含碳排放净转移,内蒙古、山西、河北、安徽、贵州、宁夏、辽宁、福建、甘肃、河南和江苏等 11 个省市的隐含碳排放净转移为正值。这些碳排放转出大于转入的净转出省市,主要集中在我国中部和西北地区。其中,中部地区碳转出总量为 7.99×10^8 t,占全国碳转出总量的 25.88%。西北地区碳转出总量为 6.11×10^8 t,占全国碳转出总量的 19.77%。净转出省市大致可分为 2 类,一类是能源资源富集省市,包括内蒙古、山西、贵州和宁夏等。这些省市依靠煤炭等能源支持经济持续增长,高耗能产业占优势,比如隐含碳净转出排在第一位

的内蒙古,原煤产量和输出电量均居全国首位,成为全国煤炭、电力等能源产品的主要提供者,为其他地区分担了部分碳排放压力。另一类是制造业大省,包括河北、安徽、河南和江苏等。这些省市产业基础

较好,制造业占比高,比如河北钢材产量居全国首位,钢铁等高碳产品在制造过程中消耗大量能源,高碳产品的大量调出使河北等制造大省成为隐含碳排放净转出区域。

表 1 2012 年我国各省市最终使用隐含碳排放转移测算结果

省市	转出(10^6 t)	转入(10^6 t)	净碳转移(10^6 t)	省市	转出(10^6 t)	转入(10^6 t)	净碳转移(10^6 t)
北京	39.06	143.85	-104.79	河南	235.85	219.80	16.06
天津	48.08	111.01	-62.92	湖北	31.03	54.32	-23.28
河北	275.01	181.11	93.89	湖南	86.41	119.59	-33.18
山西	202.84	85.22	117.61	广东	79.47	186.46	-107.00
内蒙古	313.98	111.04	202.94	广西	55.40	80.41	-25.02
辽宁	183.87	152.81	31.05	海南	15.97	26.42	-10.44
吉林	64.93	97.44	-32.51	重庆	71.33	113.05	-41.72
黑龙江	99.48	112.21	-12.73	四川	45.22	54.83	-9.61
上海	74.59	89.97	-15.38	贵州	99.02	49.37	49.66
江苏	220.03	209.89	10.14	云南	74.69	100.68	-25.99
浙江	86.04	152.32	-66.29	陕西	94.46	152.15	-57.69
安徽	186.13	114.04	72.09	甘肃	63.25	46.10	17.15
福建	40.74	21.36	19.38	青海	5.20	12.81	-7.61
江西	56.89	77.52	-20.64	宁夏	63.13	17.52	45.61
山东	105.53	121.83	-16.31	新疆	70.57	73.08	-2.50

相对而言,广东、北京、浙江、天津、陕西、重庆等 19 个省市的净碳转移为负值。这些碳转入大于碳转出的隐含碳净转入省市,主要集中在京津地区、东部沿海和南部沿海。隐含碳净转入可分为以下三类。一是广东、浙江等经济发达省份,经济发展水平较高,需要调入大量的资源和原材料满足生产需求,对电力、钢铁和水泥等高碳产品的需求量也高。在广东、浙江本地需求引致的碳排放中由外省调入的比例分别达到 48.59% 和 47.55%。在高碳产品调入的同时,上述省份调出的则主要是低碳含量产品,由此成为隐含碳净转入区域。二是北京、天津和上海等中心城市产业结构向高附加值方向升级,去工业化的同时居民消费需求随收入水平提高逐步增加,对于隐含碳排放调入的依赖较大,在北京、上海和天津的消费性碳排放中由外省调入的碳排放占比分别高达 91.08%、69.58% 和 64.96%。三是陕西、云南、江西和青海等欠发达省市,由于产业结构失衡,输入性依赖较大,大量投资品和消费品依赖省外调入,成为隐含碳排放净调入区域。

总体来看,省际碳排放转移的研究结果反映出中部、西部欠发达省市向京津、东部沿海和南部沿海等经济发达省市碳排放转移的区域格局。经济发达省市在区际贸易活动中位于低碳利益获得方,通过区际贸易在一定程度释放了本地的碳排放压力。而欠发达省市则为发达省市分担了一定程度的碳排放责任。

3.2 隐含碳转移的具体路径

根据式(7)计算两两省市间的隐含碳转移,进一步分析隐含碳的省际间具体转移路径如下。

一是地理临近效应引致的经济区内转移路径。表现为京津冀及周边地区之间,东三省之间、长三角地区省市之间的大规模碳转移路径。以京津冀及周边地区的北京、天津、内蒙古、河北和山西的碳转移路径为例。如图 1a 所示,2012 年北京的贸易隐含碳排放转入主要来自内蒙古(0.29×10^8 t)、河北(0.23×10^8 t)和山西(0.13×10^8 t)3 个周边省市,三地合计为北京提供隐含碳转入的 45.01%。天津的隐含碳转入主要来自内蒙古(0.16×10^8 t)和河北(0.13×10^8 t),两地合计为天津提供隐含碳转入的 26.04%。从经济—环境共生发展角度看,区域经济的关联强度与碳排放转移规模具有一致性。随着区域经济一体化的快速推进,隐含在商品交换链中的碳排放转移规模也会随之不断扩大。由于省际贸易等经济关联更多地发生在临近周边省市之间,相应的大规模碳转移路径也以经济区内临近省市为主,具有显著的地理临近效应。

二是产业结构互补效应引致的碳转移路径。表现为江苏来自安徽、河北和河南的隐含碳转入,浙江来自河北、河南、内蒙古和安徽的隐含碳转入,山东来自山西、内蒙古的隐含碳转入。安徽的隐含碳转出主要转向江苏、江西和湖北,贵州的隐含碳转出主要转向重庆、广东和云南等。上述省市间产业结构

互补性强,合作空间大,隐含碳转移规模显著。以江苏省为例,如图 1b 所示,2012 年江苏来自安徽、河北、河南和内蒙古的隐含碳转入分别为 0.25×10^8 t、 0.23×10^8 t、 0.23×10^8 t 和 0.18×10^8 t,合计占江苏隐含碳转入的 42.40%。同时,江苏也向上述

省市转出了大量的隐含碳,分别为 0.14×10^8 t、 0.17×10^8 t、 0.22×10^8 t 和 0.13×10^8 t,合计占江苏隐含碳转出的 30.55%。大规模的碳转入转出一定程度上正是由江苏与上述省市间产业互补性决定的。

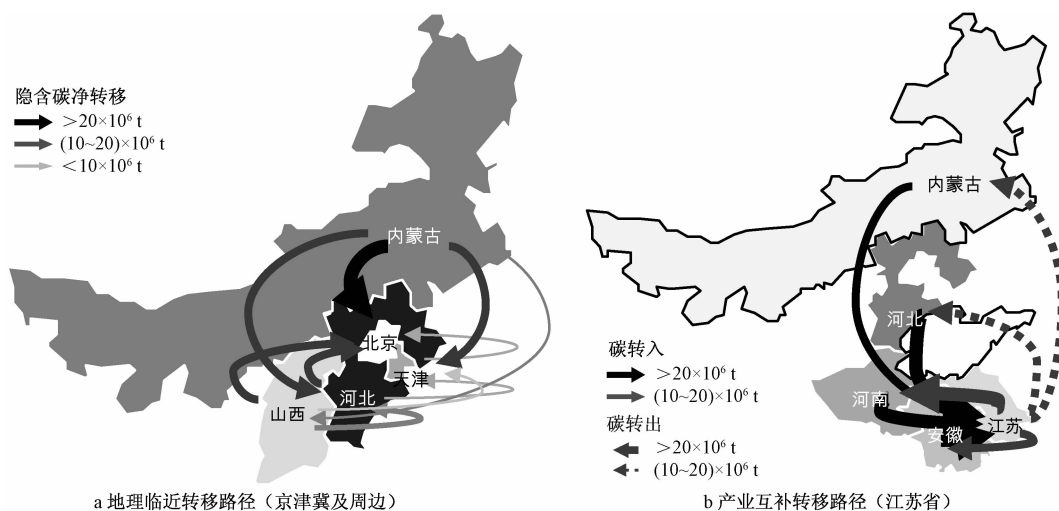


图 1 省际间隐含碳转移路径示例

4 省际间隐含碳的产业转移

从区域产业关联的角度分析,产业的区域性分工和专业化生产推动了区际贸易的发展,从而在地区间形成以产业为组带的投入产出的密切关系。 r 地区 i 产业部门提供最终使用时,会因为区域间产业溢出一反馈效应产生对 s 地区 j 产业部门产品或服务的直接消耗和间接消耗,区域间产业溢出一反馈效应必然伴随着环境溢出一反馈效应^[18],进而带来 r 地区 i 产业部门来自 s 地区 j 产业部门的隐含碳转入。因此,从产业转移入手进一步研究省际间隐含碳转移,可以发现区域间产业部门碳排放转入和转出的主要规律,识别碳转移的主导部门,有助于明确各地区各产业部门的碳减排责任,并据此提出相应的产业发展政策和产业结构调整对策,以实现在保持合理省际分工协作和贸易交流的同时,最大限度减少碳排放转移。根据式(5)和式(6)分别测算我国 30 个省市 30 个产业部门间的贸易隐含碳转出和碳转入的数据,进一步研究投入产出关系引致的省市之间分行业碳转移现状和特征。

4.1 省际间碳转移的主导产业部门

分析我国 30 个产业部门省际间贸易的隐含碳转移总量可见(图 2),隐含碳转移量较大的产业部门主要包括电力、热力的生产和供应业(D22)、金属冶炼及压延加工业(D14)、非金属矿物制造业(D13)、交通运输、仓储和邮政业(D25)、煤炭采选业

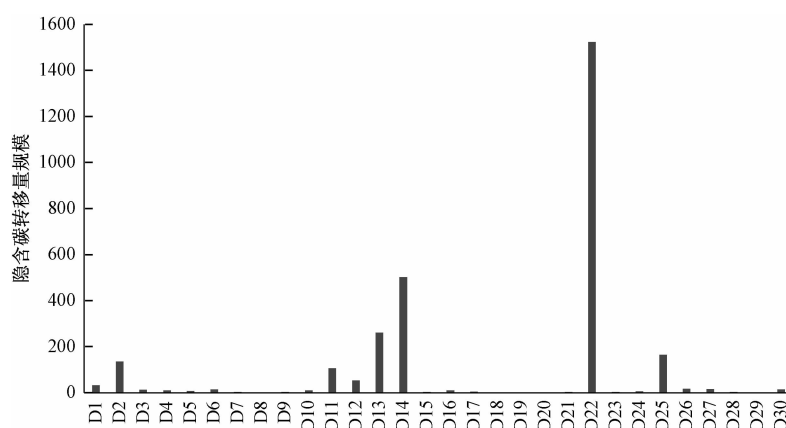
(D2)、石油、炼焦产品及核燃料加工业(D11)等部门。这些部门成为我国碳排放溢出效应的主导部门,上述 6 个部门的省际碳转移量之和占到全部产业部门省际碳转移总量的 92.01%。

上述碳转移主导部门均属于碳密集型行业,具有显著的资源密集型特征。其中,电力、热力的生产和供应业是生产支撑部门,为所有部门提供生产所需能源,在参与其他部门的生产过程导致了较高比重的碳转移,甚至占到全行业碳转移的 52.05%。从区域产业协调发展实现碳减排的政策引导来看,提高电力、热力的生产和供应业等行业技术水平,降低碳排放强度,高碳资源型产业部门应成为政策关注的重点。

4.2 省际间隐含碳转移的产业路径分析

进一步分析我国 30 个省市 30 个产业具体的隐含碳排放转移量,按照碳转移量的规模归纳出如下六条主要产业碳转移路径(图 3)。

一是以电力、热力的生产和供应业(D22)向建筑业(D24)的碳转移路径。作为电力、煤炭等能源资源输出大省,内蒙古、山西、河南、安徽和河北等省份的电力、热力的生产和供应业向全国大部分地区的建筑业转出了隐含碳,碳转出量分别为 70.55×10^8 t、 39.16×10^8 t、 36.63×10^8 t、 30.50×10^8 t 和 23.96×10^8 t。相对而言,贵州的电力、热力的生产和供应业碳转移主要流向东南和西南地区的建筑业,甘肃、宁夏的碳转移主要流向西部地区的建筑业。



产业部门代码及其含义如下：农林牧渔业(D1)；煤炭采选业(D2)；石油和天然气开采业(D3)；金属矿采选业(D4)；非金属矿及其他矿采选业(D5)；食品制造及烟草加工业(D6)；纺织业(D7)；纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业(D8)；木材加工及家具制造业(D9)；造纸印刷及文教体育用品制造业(D10)；石油、炼焦产品及核燃料加工业(D11)；化学工业(D12)；非金属矿物制造业(D13)；金属冶炼及压延加工业(D14)；金属制品业(D15)；通用、专用设备制造业(D16)；交通运输设备制造业(D17)；电气机械及器材制造业(D18)；通信设备、计算机及其他电子设备制造业(D19)；仪器仪表及文化办公用机械制造业(D20)；其他制造业(D21)；电力、热力的生产和供应业(D22)；燃气、水的生产和供应业(D23)；建筑业(D24)；交通运输、仓储和邮政业(D25)；批发和零售业(D26)；住宿和餐饮业(D27)；租赁和商务服务业(D28)；科学研究与技术服务业(D29)；其他服务业(D30)

图2 我国30个产业部门省际间贸易的隐含碳转移量

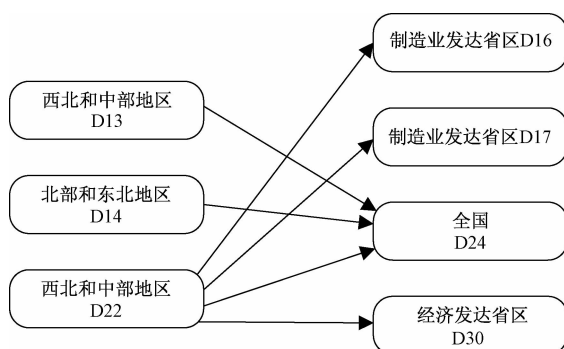


图3 我国省际产业部门间隐含碳转移主要路径

二是金属冶炼及压延加工业(D14)向建筑业(D24)的碳转移路径。其中最突出的是作为钢铁大省,河北的金属冶炼及压延加工业向北京(7.06×10^8 t)、浙江(5.15×10^8 t)、山西(2.80×10^8 t)、陕西(2.40×10^8 t)、安徽(2.12×10^8 t)和天津(1.80×10^8 t)等省建筑业的碳转出。此外,辽宁的金属冶炼及压延加工业主要向吉林、黑龙江和浙江等省份的建筑业转出了碳排放。

三是电力、热力的生产和供应业(D22)向其他服务业(D30)的碳转移路径。主要表现为内蒙古、山西、安徽和贵州等省份的电力、热力的生产和供应业向北京、天津、山东、湖北和广东等经济相对发达省市的其他服务业转出了隐含碳。例如,内蒙古、山西向北京其他服务业的碳转移分别为 6.09×10^8 t 和 3.57×10^8 t,向山东其他服务业的碳转移分别为

2.02×10^8 t 和 1.82×10^8 t,内蒙古向天津其他服务业的碳转移 1.82×10^8 t 等。

四是非金属矿物制造业(D13)向建筑业(D24)的碳转移路径。规模较大的包括河南的非金属矿物制造业向陕西(1.44×10^8 t)、湖南(1.22×10^8 t)、云南(0.91×10^8 t)、上海(0.87×10^8 t)和新疆(0.74×10^8 t)等省建筑业的碳转出。内蒙古的非金属矿物制造业向北京(2.44×10^8 t)、天津(1.69×10^8 t)等省建筑业的碳转出。

五是电力、热力的生产和供应业(D22)向通用、专用设备制造业(D16)的碳转移路径。主要表现为山西、内蒙古等省份的电力、热力的生产和供应业向山东(2.66×10^8 t、 3.22×10^8 t)、河北(2.43×10^8 t、 1.98×10^8 t)、辽宁(1.02×10^8 t、 2.35×10^8 t)、江苏(0.88×10^8 t、 2.64×10^8 t)以及河南(1.01×10^8 t、 2.68×10^8 t)等制造业发达省市的通用、专用设备制造业转出了隐含碳。

六是电力、热力的生产和供应业(D22)向交通运输设备制造业(D17)的碳转移路径。主要表现为内蒙古等省份的电力、热力的生产和供应业向河北(3.41×10^8 t)、山东(2.06×10^8 t)、江苏(1.18×10^8 t)、河南(1.18×10^8 t)、辽宁(1.16×10^8 t)和湖北(0.68×10^8 t)等省市的交通运输设备制造业转出了隐含碳。

总之,省际间碳排放转移的产业路径大致呈现出沿着产业链由欠发达地区上游产业向经济发达地区

下游产业转移的特点。西北和中部地区的电力、热力的生产和供应业(D22)和非金属矿物制造业(D13),北部沿海和东北地区的金属冶炼及压延加工业(D14)是碳排放转出的主要来源,建筑业(D24)、经济相对发达省市的其他服务业(D30)以及制造业发达省市的通用、专用设备制造业(D16)和交通运输设备制造业(D17)是碳排放转入的主要产业。

5 结论与政策建议

本文基于省际间投入产出数据及细分行业的碳排放数据,利用多区域投入产出 MRIO 模型,分析了中国省际隐含碳排放的空间转移和产业转移的规模和路径。本研究的主要结论和相应政策建议如下。

第一,充分考虑碳排放空间转移因素,合理分配省市减排责任。2012 年,中国通过省际贸易实现的碳转移量超过全国碳排放总量的 40%,存在着从中部、西部能源资源富集的欠发达省市向东部沿海经济发达省市的碳排放空间转移。为解决区域间减排压力转嫁带来的整体减排效果抵消的问题,我国在减排责任的省际分解时,应从各省市在全国经济分工体系中的角色与定位出发,适当减轻碳排放净转出的欠发达地区因经济增长带来的减排压力。

第二,加大上游高碳产业技术进步,提高产业链碳排放效率。我国省际间碳排放沿着产业链上游向下游转移,中西部地区的电力、热力的生产和供应业等高碳化的资源密集型产业是我国碳排放溢出效应的主导部门。因此,应当着力通过与市场需求对接的技术创新、设备节能改造以及淘汰落后产能等方式,提升产业链的能源效率与低碳技术水平。同时,充分利用全国碳排放交易市场的活跃性,积极探索低碳发展新途径。

第三,强化下游产业碳排放标准,合理控制产业间碳排放转移。从产业间碳转移路径来看,建筑业和其他服务业是碳排放转入的主要产业部门。建筑业是国民经济的支柱产业,服务业是调整产业结构的重要抓手,在经济—环境协调发展中,不仅要考虑两个产业直接引起的碳排放量,更要注意其间接推动的碳排放量。要科学分析各省市以建筑业、服务业为代表的下游产业的碳排放转出和转入变化的主要规律,强化下游产业碳排放标准,以达到节能减排的预期效果。

参考文献

- [1] ZHANG Z, ZHAO Y, SU B, et al. Embodied carbon in China's foreign trade: an online SCI-E and SSCI based literature review[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, 68: 492-510.
- [2] COPELAND B R, TAYLOR M S. North-south trade and the environment [J]. *Quarterly Journal of Economics*, 1994, 109(3): 755-787.
- [3] TOBEY J. The effects of domestic environmental policies on patterns of world trade: an empirical test [J]. *Kyklos*, 1990, 43(2): 191-209.
- [4] LIDDLE B. Free trade and the environment-development system [J]. *Ecological Economics*, 2001, 39: 21-36.
- [5] MUNKSGAARD J, PEDERSEN K A. CO₂ accounts for open economies: producer or consumer responsibility? [J]. *Energy Policy*, 2001, 29(4): 327-334.
- [6] PETERS G P, HERTWICH E G. CO₂ embodied in international trade with implications for global climate policy [J]. *Environmental Science & Technology*, 2008, 42: 1401-1407.
- [7] 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(6): 54-58.
- [8] SU B, ANG B W. Multi-region input-output analysis of CO₂ emissions embodied in trade: the feedback effects [J]. *Ecological Economics*, 2011, 71: 42-53.
- [9] 姚亮, 刘晶茹. 中国八大区域间碳排放转移研究[J]. *中国人口资源与环境*, 2010(12): 16-19.
- [10] 廖双红, 肖雁飞. 污染产业区域间转移与中部地区碳转移空间特征及启示[J]. *经济地理*, 2017(2): 132-140.
- [11] ZHOU D, ZHOU X, XU Q, et al. Regional embodied carbon emissions and their transfer characteristics in China [J]. *Structural Change and Economic Dynamics*, 2018, 46: 180-193.
- [12] 张友国. 中国区域间碳排放转移: EEBT 与 MRIO 方法的比较[J]. *重庆理工大学学报(社会科学)*, 2016(7): 17-27.
- [13] 宋杰鲲, 牛丹平, 曹子建, 等. 中国省域碳排放测算及配额分配[J]. *技术经济*, 2016, 36(11): 79-87.
- [14] 王文治. 中国省域间碳排放的转移测度与责任分担[J]. *环境经济研究*, 2018(1): 19-36.
- [15] 杜培林, 王爱国. 全球碳转移格局与中国中转地位: 基于网络治理的实证分析[J]. *世界经济研究*, 2018(7): 95-107.
- [16] MI Z, MENG J, GREEN F, et al. China's "exported carbon" peak: patterns, drivers, and implications[J]. *Geophysical Research Letters*, 2018, 45(9): 4309-4318.
- [17] SHAN Y, GUAN D, ZHENG H, et al. China CO₂ emission accounts 1997-2015 [J]. *Scientific Data*, 2018, 5: 170201.
- [18] 张友国. 京津冀市场一体化进程及其碳排放影响[J]. *中国地质大学学报(社会科学版)*, 2017(1): 65-75.

[1] ZHANG Z, ZHAO Y, SU B, et al. Embodied carbon in

Spatial and Industrial Transfer Pathways of Embodied CO₂ Emissions in Chinese Provinces

Hu Yabei

(School of International Economics & Trade, Nanjing University of Finance & Economics, Nanjing 210023, China)

Abstract: Using China interregional input-output table and carbon emission data, this paper applies the multi-regional input-output MRIO model to analyze the scale and pathways of spatial and industrial transfer of carbon emissions in Chinese provinces. The results show that: interprovincial carbon emissions present a spatial pathway shifting from the central and western underdeveloped provinces to the east and south developed provinces, caused by the geographical proximity effect and the complementary effect of the industrial structure. The industrial pathways of interprovincial carbon transfer are characterized by the transfer of upstream industries in underdeveloped areas to downstream industries in developed areas along industrial chains. The main industrial sources of carbon emissions are the electric power, heating power production and supply industry etc.

Keywords: embodied CO₂; spatial transfer; industrial transfer; transfer pathways

(上接第 104 页)

Research on Regional Innovation Performance under Chinese Decentralization: An Analysis from the Perspective of Resource Acquisition and Allocation

Zhou Pinglu, Xing Xiaoqiang

(Business School, University of International Business and Economics, Beijing 100029, China)

Abstract: This paper holds that fiscal autonomy, as a valuable, scarce, non-imitative and organizational financial resource, is the source of good regional innovation performance for local governments based on the resource-based theory. Using panel data of China's provinces (autonomous regions, municipalities directly under the central government) from 2007 to 2016, this paper empirically tests the impact of fiscal decentralization on regional innovation performance. The results show that: (1) fiscal decentralization has a significant positive impact on regional innovation performance, and the results are still stable after considering the heterogeneity of fiscal decentralization or innovation performance, innovation intensity, endogenous and other issues. (2) when local governments use expenditure autonomy to achieve good regional innovation performance, there is a problem of "soft constraint", that is, income decentralization has a constraint effect on the relationship between expenditure decentralization and regional innovation performance, but it is not significant. The possible reason is the "public pool" effect and innovation lock-in effect of transfer payment of the central government.

Keywords: fiscal decentralization; revenue decentralization; expenditure decentralization; regional innovation performance; financial resources