

中国区域经济联系研究

——基于碳排放转移和劳动力流动的分析

齐亚伟 徐志琴

摘要 中国当前面临区域经济协调发展与可持续发展的双重挑战，在碳排放合理转移的基础上，增强区域经济的关联性是实现区域经济协调发展的关键。在产业转移背景下，作者采用区域间投入产出模型测度了2002年、2007年、2010年30个省份间的碳排放和劳动力转移量，分析了碳排放空间转移与劳动力流动的关系，并将碳排放空间转移与劳动力流动规模和方向导入引力模型，对区域间的经济联系强度进行了测度。结果显示，隐含碳排放呈现由西部地区、东北部地区向中部和东部地区转移的趋势，与劳动力流动方向具有一致性，且两者都表现出空间集群特征。在碳排放转移和劳动力流动的作用下，广东、浙江、河北、北京、河南、甘肃等为中国的中心节点省份，其辐射作用形成了京津冀、长三角、泛珠三角、西北等一体化区域空间组织，其中长三角与泛珠三角经济空间组织的结构较为稳定。

关键词 区域经济联系 碳排放转移 劳动力流动 投入产出模型

[中图分类号] F061.5 [文献标识码] A [文章编号] 2095-851X (2018) 02-0068-16

一、引言

中国各地区之间的要素禀赋、主体功能、产业布局及经济发展水平都存在较大差异，区域经济梯度差为国内产业转移和要素流动提供了内在动力；反过来，产业转移

【基金项目】 国家自然科学基金项目“低碳视角下促进区域经济协调发展的要素空间联动机制研究”（批准号：71463023）；国家自然科学基金项目“基于双边环境约束的对外直接投资对母国绿色技术创新的作用机制”（批准号：71763010）；国家社会科学基金重大项目“国家创新驱动发展战略的财税支持政策”（批准号：16ZDA028）；江西省社会科学“十二五”规划项目“江西省企业‘走出去’战略的生产率效应研究”（批准号：2015YJ302）。

【作者简介】 齐亚伟（1984-），江西财经大学信息管理学院副教授、硕士生导师，邮政编码：330032；徐志琴（1992-），江西财经大学统计学院硕士研究生，本文通讯作者，邮政编码：330013。

致谢：感谢审稿专家匿名评审，当然文责自负。

与要素流动之间的内在关系又给区域经济差距带来了深远的影响。除了区域经济发展不平衡外，中国经济面临的另一个严峻问题是环境污染的日益恶化。为了积极应对全球性的气候变化挑战，中国从“十一五”开始就在量化规划目标中纳入刚性的能源强度和碳排放强度控制指标。然而，国内不同区域环境标准存在明显的差异，一些高耗能、高排放的污染产业倾向于转移到环境标准较低的地区，导致中国各区域间的碳排放转移格局也较为明显。因此，除了核算各地区直接排放的二氧化碳以外，更重要的是计算为满足其他地区消费与生产需求在本地产生的排放量，也就是隐含碳排放转移，即在考虑区域间经济联系与产业分工体系的基础上，公平和客观地划分区域生态气候责任，这为在全国尺度上协调区域间经济协调发展与经济可持续发展提供了重要的理论依据。

二、文献综述

随着全球一体化程度的加深，由产业转移和国际贸易引致的碳排放转移、碳泄漏问题开始受到学者们的关注，但重点集中在对外贸易引发的碳排放转移。Peters 等（2007）发现 1987 年之前中国出口造成的二氧化碳排放量和进口避免的二氧化碳排放量占中国总排放量的比例非常接近。Wei 等（2012）发现 2005 年之前中国出口隐含的碳排放呈不断增长趋势，但 2005 ~ 2007 年出口隐含的碳排放有所下降。Peters 和 Hertwich（2008）认为国际贸易会促使碳排放自由转移并带来碳泄漏，其中，发展中国家一般是贸易隐含碳转移的净输出方，而发达国家为净输入方，产品的生产者和消费者都应该对碳排放负责任。马晶梅和王新影（2015）采用多区域投入产出模型测算了 2000 ~ 2011 年中国与美国、日本两国的贸易隐含碳，结果表明，中国处于隐含碳的净出口方，规模效应是中国出口隐含碳增长的主要推动力量。

中国国内区域经济梯度差特征明显，在沿海产业转移的关键时期，区域间贸易也会导致碳排放转移。石敏俊等（2012）利用省际投入产出模型测算了碳排放转移，发现中国存在从能源富集区域和重化工基地分布区域向经济发达区域和产业结构不完整的欠发达区域的碳排放空间转移。孙立成等（2014）同样以投入产出表为基础，测算了中国省际区域碳排放转入和转出总量，结果表明，中国东部及中部较发达地区均具有正的净转移特征，且表现出一定的空间集群特征：东部及中部经济较为发达的地区表现为高 - 高集群模式，西部地区及中部欠发达地区表现为低 - 低集群模式。同时，成艾华和魏后凯（2013）认为产业转移导致其他转入区碳排放量增加，产业净转出区能源强度效应不断缩小、经济结构效应显现。肖雁飞等（2014）考察了区域产业转移带来的“碳排放转移”和“碳泄漏”效应，发现通过东部沿海产业转移，西北和东北地区成为碳排放转入和碳泄漏重灾区，京津和北部沿海等地区则表现出产业转移碳减排效应。潘安（2017）发现我国面临的碳泄漏主要来源于区域间贸易而非对外贸易，广东、江苏、浙江等碳排放净流出地区是碳排放从国外转移至国内的中

转地,而山西、内蒙古、河北等碳排放净流入地区则是碳排放转移链的目的地。

产业转移作为产业的空间位移,主要表现为国家或地区间投资、贸易与技术转移。产业转移一般承载着劳动力、资本和技术等要素的流动和空间动态组合与集聚,产业转移、劳动力流动与区域经济联系密切相关。引力模型是测度区域经济联系的主要方法。Bunnell等(2002)、Shen(2004)、Djankov和Freund(2002)等学者运用引力模型对城市间相互作用强度进行了研究,认为城市间经济联系强度与人口成正比,与空间距离成反比。除此之外,覃成林和熊雪如(2013)发现劳动密集型、资源密集型与技术密集型制造业的转移有明显差异,区域经济规模、区域间经济联系、产业发展阶段、要素流动以及区域经济政策等都是影响中国制造业转移差异性的因素。反过来,要素流动和产业转移是执行区域协调发展战略、实现空间结构优化的重要抓手。赵素萍等(2015)认为提升国内市场开放程度,促进产业、要素、人才、商品等在区域间自由流动,加强区域间经济联系,是促进区域协调发展的保证之一。李琳和刘莹(2014)认为在高效的区域经济协同作用中,区域之间存在频繁的要素流动,要素流动越频繁表明区域间经济联系越紧密。刘会政和王立娜(2016)认为劳动力作为重要的生产要素之一,其在区域间的流动实现了物质资本、人力资本等要素的跨区域流动,能够促进生产要素的空间优化配置,对区域经济协调发展具有举足轻重的作用。赵儒煜和刘畅(2012)通过对日本都道府的研究表明区域内劳动力流动能促进经济增长和集聚,并认为我国应积极消除劳动力流动的体制阻碍,推动区域经济增长和均衡发展。王淑娟等(2015)以新疆为研究对象,对劳动力流动对区域经济发展差距的影响进行实证分析,结果显示,劳动力流动抑制了新疆区域经济差距扩大,但劳动力流动对不同地区的经济增长效应存在差异。樊士德和姜德波(2014)基于文献研究的视角,将劳动力流动、产业转移与区域协调发展纳入同一个研究框架,分别对劳动力流动与地区差异、劳动力流动与产业转移、产业转移与区域协调发展进行了详细的理论综述,认为三者存在一定的联系。但基于实证数据及方法的限制,目前基于三者的定量研究尚不多见。

通过对相关文献进行梳理总结,可得出以下结论:一方面,已有文献从产业转移和国际贸易的角度对碳排放转移进行了较全面的研究,研究方法主要为区域间投入产出模型;另一方面,现有研究很少从劳动力、资本等微观要素空间流动的角度来分析碳排放转移。因此,在本文中作者试图从劳动力流动的角度分析要素流动与碳排放转移的关系。最后,中国面临区域经济协调发展与经济可持续发展的双重挑战,增强区域经济联系是区域经济协调发展的前提条件。关于区域经济联系的影响因素研究,大多数学者认为区域经济联系主要受到人口、城市质量和空间距离的影响:近年来学术界开始关注要素流动、产业转移等因素对区域经济联系的影响,但主要是定性分析,作者将产业转移引发的劳动力流动、碳排放转移与区域经济联系放在同一个研究框架中,定量分析劳动力流动与碳排放转移对区域经济联系的作用,以期协调我国区域经济差异下公平合理地分担碳减排责任提供依据。

三、省际碳排放转移与劳动力要素的空间流动

(一) 省际碳排放转移测度

在全球气候变化逐渐受到重视的背景下，碳减排问题也被提上各国的议程。在一个特定的经济系统中，碳排放是隐含在商品交换链中，随商品交换进行转移的。区域间商品流动的数量和种类决定了碳排放转移的结构和方向，所以在测度碳排放转移之前必须先对区域间商品流动进行系统刻画。随着当前经济全球化和国内市场一体化的发展，不同地区之间的贸易往来逐渐密切，某地区的产品除用来满足自身需求外，还可作为其他地区生产的中间产品。区域间投入产出模型利用商品和劳务流动，将各区域投入产出模型连接起来，形成跨区域的投入产出模型，用来反映区域内部各产业之间的经济联系（石敏俊等，2012）。因此，使用投入产出模型测算出区域间商品流动量，进而计算区域间碳排放转移量是可行的。

国内已有研究主要是基于投入产出模型来测算我国省际碳排放转移，但是由于我国区域间投入产出表是基于竞争型投入产出模型核算的，该模型认为进口产品和国内产品是同质的、完全竞争的，所以在进口产品相对较少的情况下可以大致估算区域间的贸易转移。然而，随着市场开放程度的加深，世界各国之间的贸易愈渐频繁，我国进口商品已占据消费商品的很大一部分。王会娟和陈锡康（2009）认为基于竞争型投入产出模型测算区域间碳排放转移可能产生很大的偏差。Su 和 Ang（2013）通过比较竞争型和非竞争型投入产出模型测算隐含碳排放之间的差异，发现竞争型模型测算结果明显高于非竞争型模型。虽然部分学者在使用竞争型投入产出模型时将进口从中间投入和最终需求中剔除，但使用的方法都是假设对各部门进口中间产品的投入比例相同，这显然是不合理的。非竞争型投入产出模型将进口从中间产品和最终需求中分离出来，认为进口产品和国内产品性能不相同，不能完全替代，能够准确地反映各区域间的贸易流量。各省份非竞争型投入产出表的基本结构如表 1 所示。

在区域间非竞争型投入产出模型中，区域间的投入产出行向平衡表示为：

$$X^R = A^{RS} X^R + F^{RS} + E^R \quad (1)$$

其中， X^R 为投入产出模型的产出列阵， A^{RS} 为中间投入系数矩阵， F^{RS} 为最终需求矩阵， E^R 为出口列阵。

由直接消耗系数矩阵的性质可知，矩阵 A 可逆，因此由式（1）得：

$$X^R = (I - A^{RS})^{-1} (F^{RS} + E^R) \quad (2)$$

其中， $(I - A^{RS})^{-1}$ 称为 Leontief 逆矩阵，表示生产单位部门产品对投入部门产品的完全需求，即某部门增加 1 单位最终产品，需要消耗本部门和其他所有部门提供的中间产品之和。

表1 非竞争型投入产出表的基本结构

投入产出			中间需求								最终需求						产出	
			省份1		...	省份n		省份1	...	省份n		出口 品						
			部门 1	..... 部门 6	.....	部门 1	..... 部门 6	.....	消费 支出	资本 总额	.....		消费 支出	资本 总额			
中间 投入	省份1	部门1	$A_{ij}^s X_j^s$								F_{ik}^{rs}						E_i^r	X_i^r
																	
		部门6																
																	
	省份n	部门1																
																	
部门6																		
进口品			IM_j^s															
增加值			V_j^s															
总投入			X_j^s															

为了将区域间投入产出表与碳排放转移联系起来，引入表示单位产出二氧化碳排放的直接碳排放系数。碳排放主要来源于化石燃料燃烧。根据《2006年IPCC国家温室气体排放清单指南》和《省级温室气体清单编制指南》中的方法，化石能源的CO₂排放因子计算如下：

$$EF_i = NCV_i \times CEF_i \times COF_i \times (44/12) \tag{3}$$

其中， EF_i 表示化石能源*i*的CO₂排放因子， NCV_i 表示化石能源*i*的平均低位发热值， CEF_i 表示化石能源*i*的单位热值当量碳排放因子， COF_i 表示化石能源*i*的碳氧化率。各种化石能源的碳排放因子如表2所示。

表2 各种化石能源的碳排放因子

能源分类	平均低位发热值 (kCal/kg 或 kCal/m ³)	单位热值当量碳排放 因子(kgC/GJ)	碳氧化率(%)	折标煤系数 (kgce/kg 或 kgce/m ³)
原煤	5000	26.4	94	0.7143
洗精煤	6300	25.4	93	0.9
其他洗煤	2497	25.4	93	0.2857
型煤	4200	33.6	90	0.6775
焦炭	6800	29.5	93	0.9714
焦炉煤气	4145	12.1	99	0.5928
其他煤气	4830	12.1	99	0.6571
其他焦化产品	9100	29.5	93	1.3000
原油	10000	20.1	98	1.4286

续表

能源分类	平均低位发热值 (kCal/kg 或 kCal/m ³)	单位热值当量碳排放 因子(kgC/GJ)	碳氧化率(%)	折标煤系数 (kgce/kg 或 kgce/m ³)
汽油	10300	18.9	98	1.4714
煤油	10300	19.6	98	1.4714
柴油	10200	20.2	98	1.4571
燃料油	10000	21.1	98	1.4286
液化石油气	12000	17.2	98	1.7143
炼厂干气	11000	18.2	98	1.5714
其他石油制品	8400	20	98	1.1
天然气	9310	15.3	99	1.33

资料来源：《2006 年 IPCC 国家温室气体排放清单指南》。

最终省域终端能源消费 CO₂ 排放量如下所示：

$$C = FC \cdot EF \cdot K \quad (4)$$

其中， C 表示二氧化碳排放量； FC 表示化石能源的消耗量； K 表示能源终端承担比率，将其设置为 1。

各省份分行业 CO₂ 直接碳排放系数为：

$$D = \frac{C}{X} \quad (5)$$

产业转移是导致碳排放转移的根本原因。若地区 R 调入的二氧化碳来自地区 S 调出的二氧化碳，这一方面来自地区 R 对地区 S 产品的最终需求导致 R 地区 CO₂ 排放增加的直接效应，另一方面来自地区 R 对其他地区产品需求增加使地区 S 的中间产品增加而导致 CO₂ 排放增加的间接效应。地区 S 对地区 R 贸易增加的 CO₂ 排放总量如下：

$$T^{RS} = D^{RS} (I - A^{RS})^{-1} F^{RS} \quad (6)$$

本文利用 2002 年 21 部门（石敏俊、张卓颖，2012）、2007 年和 2010 年 6 部门（刘卫东等，2012、2014）30 个省份的区域间投入产出表，以及对应年份的各省份能源平衡表数据，计算出这三年的省际隐含碳排放转移量。^① 2007 年和 2010 年投入产出表中的 6 个部门正好与能源消费平衡表中的部门对应，因此可以直接根据能源平衡表分行业终端能源消费计算各省份分部门的化石能源消费量。然后可以根据 IPCC 提供的各种能源碳排放因子，得到各省份分部门的碳排放量。再除以各部门总产出，即可得到直接碳排放系数。而 2002 年各省份分部门的能源消费量则需根据能源平衡表和投入产出表，基于各部门的产出占比将 6 个部门的终端能源消费量拆分到 21 个部门。需要说明的是，尽管电力、热力在生产中占比很大，但是普遍认为在生产端就已

① 注：由于数据所限，不包括香港、澳门、台湾和西藏。

测算了其产生的二氧化碳, 为避免重复计算, 其在终端消费过程中被视为零排放。因此, 本文对能源平衡表中的电力和热力终端消费产生的二氧化碳不予计算。同时, 由于建筑业不存在省际交易, 因此, 本文按照石敏俊等(2012)的做法, 不考虑建筑业部门隐含碳排放的省际转移。选取碳排放流出规模在1吨以上的省份, 及其二氧化碳流向的前3个省份, 绘制各年份的省际碳排放转移路径(见图1)。

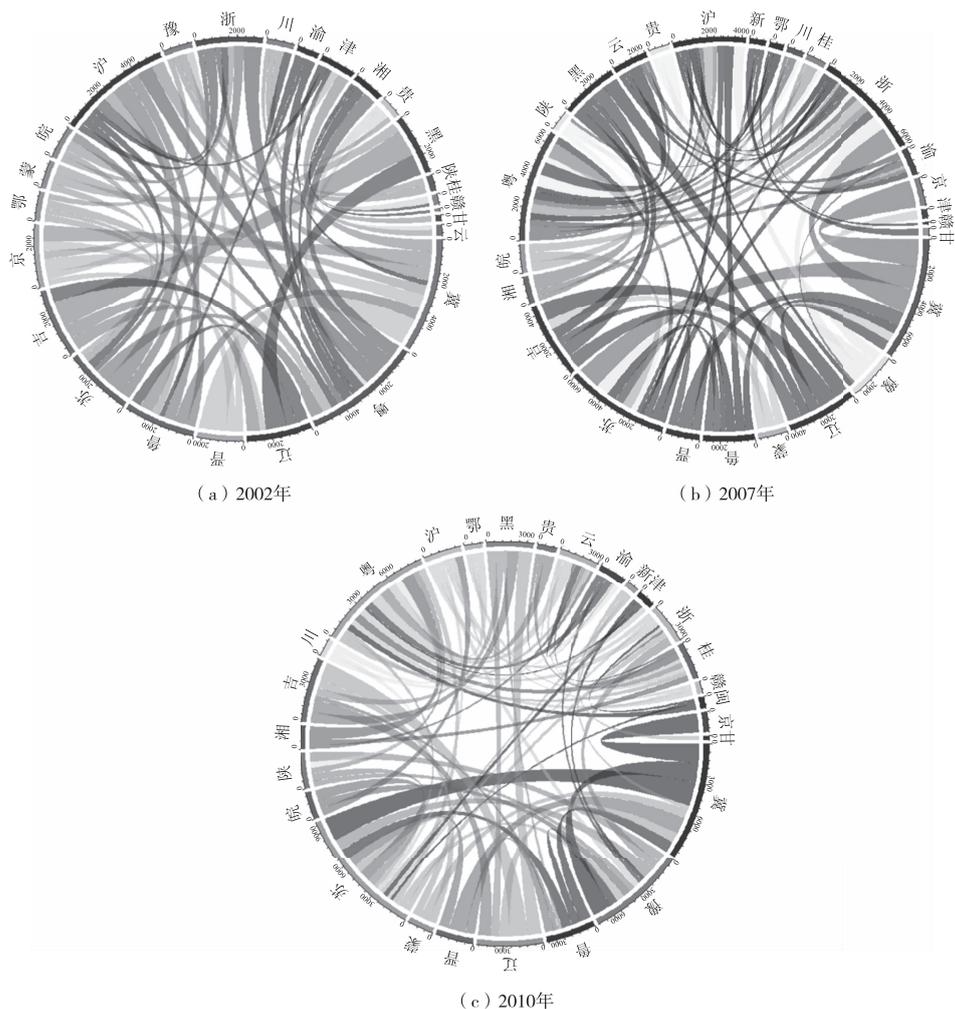


图1 中国省际碳排放转移路径(2002年、2007年、2010年)

资料来源: 作者绘制。

从图1可以看出, 2002年隐含碳排放调入较大的省份有广东、上海、河北、黑龙江、江苏、山东、浙江、北京等, 隐含碳排放调出较大的省份有河北、广东、辽宁、山西、山东、江苏、吉林、北京、内蒙古、安徽等。2007年隐含碳排放调入较

大的省份有广东、浙江、江苏、上海、河北、河南、吉林、山东、北京等，隐含碳排放调出较大的省份有河北、河南、辽宁、内蒙古、山西、山东、吉林、江苏、湖南等。2010年隐含碳排放调入较大的省份有广东、江苏、河南、河北、浙江、上海、山东、吉林等，隐含碳排放调出较大的省份有河北、河南、辽宁、山西、山东、内蒙古、山西、安徽、江苏、陕西、湖南、吉林等。隐含碳排放放在省份间的转移趋势主要是由西部地区、东北部地区向中部、东部地区转移。为了考察区域间贸易引起碳排放转移的分行业特征，本文以广东和山西作为碳排放转移的代表性地区，根据式（6）分别计算了其行业投入产出关系引起的隐含碳排放流入与流出规模，进而分析其产业结构特征与分行业碳排放转移情况的关系。

表3 2010年广东和山西分行业产出与隐含碳排放转移情况

行业	广东			山西		
	产出占比(%)	流出(Mt)	流入(Mt)	产出占比(%)	流出(Mt)	流入(Mt)
农林牧渔业	4.97	77.75	507.52	6.03	97.14	85.35
工业	46.65	3900.78	9471.83	50.62	7289.39	3797.99
建筑业	3.37	0.54	246.27	6.26	6.27	1.64
交通运输及仓储业	3.97	840.54	1523.77	7.11	383.16	374.54
批发零售业	10.10	224.18	542.02	7.56	97.07	102.37
其他服务业	30.94	215.51	1409.18	22.42	387.37	175.96

资料来源：作者计算整理。

由表3可知，广东的工业占据主导地位，批发零售业以及其他服务业占比次之，以出口为主的加工贸易发展迅猛，主要向国外或其他地区输出工业产品。与此同时，其他地区需要源源不断地向广东提供原材料或中间产品。工业是引起碳排放转移规模最高的行业，导致广东对隐含碳排放调入依赖比较大，逐渐由碳排放调出大省转变为调入大省。与广东相比，山西的工业和建筑业所占的比重虽然更高，但其采掘业发展比较成熟，煤炭等矿产资源尤其丰富，煤炭、电力等初级产品以供应国内其他地区为主，这些资源的区域间贸易不仅满足了其他地区的需求，同时还伴随着大规模的碳排放转移，导致山西逐渐由碳排放调入大省转变为调出大省。

碳排放转移存在明显的空间邻近性，省际隐含碳排放转移主要发生在较大经济区域内部省份之间，如内蒙古、北京、天津、河北之间，河南、山东、安徽、江苏之间，广东、广西、云南、贵州、福建之间。原因在于：要想实现区域经济一体化，必须立足各个省份的比较优势、立足现代产业分工要求、立足区域优势互补原则、立足合作共赢理念，以资源环境承载能力为基础、以优化区域分工和产业布局为重点，明确区域内各个省份的功能定位和发展目标。以京津冀都市圈为例，为了有序疏解北京非首都功能、解决“大城市病”，北京的一些工业企业开始有序地向河北、内蒙古转移，导致北京的二氧化碳也相应地向河北、内蒙古转移。

(二) 省际劳动力流动的测度

关于劳动力流动规模的测度问题,有学者提出以地区人口流动变化作为劳动力流动规模的衡量指标。Fujita等(2003)使用地区人口变动减去全国平均人口变动衡量人口流动,发现人口流动与制造业集聚有相当高的一致性,说明劳动力流动规模可以用地区人口净流动来衡量。林理升和王晔倩(2006)在借鉴Fujita等研究的基础上,提出在各地区总人口变动的基础上剔除掉人口自然增长的因素。令*i*地区第*t*年的人口数量为 p_{it} ,*i*地区第*t*年的人口自然增长率为 w_{it} ,则在第*t*年,*i*地区的劳动力流动规模 $LF_i(t)$ 定义如下:

$$LF_i(t) = p_{it} - p_{i,t-1}(1 + w_{it}) \quad (7)$$

其中, $LF_i(t) > 0$ 表示第*t*年劳动力流入*i*地区, $LF_i(t) < 0$ 表示第*t*年劳动力流出*i*地区。

经济联系比较密切的地区间产业转移也更频繁,产业转移必然引起各地区就业需求的变化,从而使得产业转移和产业集聚决定了劳动力要素流动,尤其是决定了其流动趋向。反过来,劳动力流动也影响产业转移的方向与趋势。近年来,中西部地区的外流劳动力逐渐由以往的“孔雀东南飞”转向就地转移为主,这一新趋势反映了劳动力比较优势在地区间的动态变化。产业转移需要顺应这一趋势,进而形成依靠廉价劳动力的外向型增长方式,同时实现发达地区的产业升级以及中西部地区的工业化和城镇化,最终缩小地区差距。也就是说,劳动力流动与产业转移互为因果、互相促进。假设劳动力要素由A地区向B地区而不是C地区流动,是因为A地区与B地区的产业关联性更强。区域间投入产出表系统全面地反映了不同区域、不同产业之间的经济关联,因此,本文将劳动力流动规模结合各地区中间产品及最终产品消耗比例进行分解,得到各地区间的劳动力流动规模。

$$LF_{ij}(t) = LF_i(t) \cdot \frac{S_{ij}(t)}{\sum_{j=1}^n S_{ij}(t)} \quad (8)$$

其中, $S_{ij}(t)$ 表示第*t*年*j*地区对*i*地区所有产品的中间消耗和最终消耗; $LF_{ij}(t) > 0$ 表示第*t*年劳动力由*j*地区流入*i*地区, $LF_{ij}(t) < 0$ 表示第*t*年劳动力由*i*地区流入*j*地区。

将由式(8)得到的劳动力流动规模进行如下处理,得到*i*、*j*两地区间的劳动力转移矩阵 TLF :

$$TLF_{ij}(t) = \begin{cases} -LF_{ji}(t), & LF_{ij}(t) < 0, LF_{ji}(t) < 0 \\ 0, & LF_{ij}(t) < 0, LF_{ji}(t) > 0 \\ LF_{ij}(t) - LF_{ji}(t), & LF_{ij}(t) > 0, LF_{ji}(t) < 0 \\ LF_{ij}(t), & LF_{ij}(t) > 0, LF_{ji}(t) > 0 \end{cases} \quad (9)$$

其中, $TLF_{ij}(t)$ 表示第 t 年由 j 地区流入 i 地区的劳动力规模。

根据 30 个省份的总人口和自然增长率, 以及对应的区域间投入产出表, 运用上述方法测算出 2002 年、2007 年和 2010 年中国省际劳动力流动规模。选取劳动力流动规模在 100 万人以上的省份, 及其劳动力流向的前 3 个省份, 绘制各年份的省际劳动力流动路径 (见图 2)。

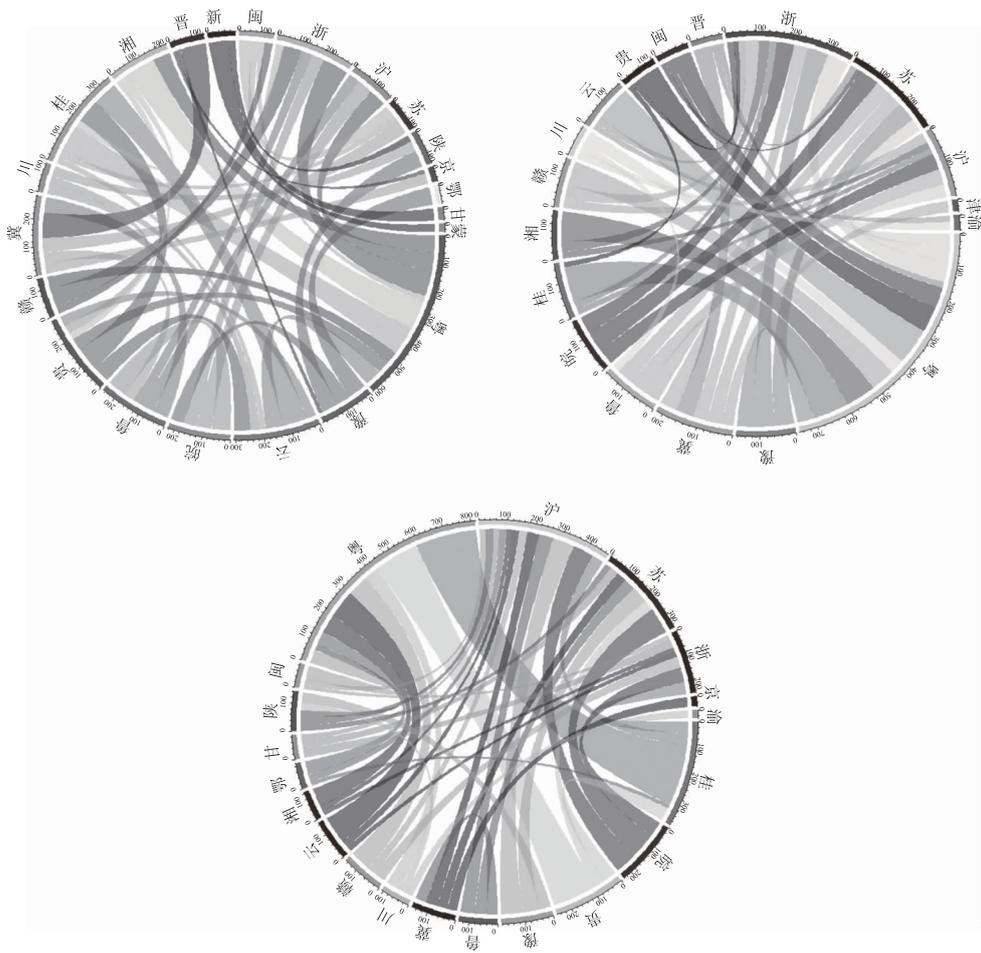


图 2 中国省际劳动力流动路径 (2002 年、2007 年、2010 年)

资料来源：作者绘制。

从图 2 可以看出, 2002 年劳动力流出较大的省份为广东、河南、云南、安徽、贵州、山东、江西等, 劳动力流入较大的省份有广东、浙江、上海、江苏、广西、河北等。2007 年劳动力流出较大的省份为广东、河南、河北、山东、安徽、广西、湖南、

江西等,劳动力流入较大的省份有广东、浙江、江苏、上海、河北等。2010年劳动力流出较大的省份有广西、安徽、贵州、河南、山东、河北、四川等,劳动力流入较大的省份有广东、上海、江苏、浙江、北京等。从净流入的角度发现,上海、江苏、浙江、广东、天津、北京等一直是劳动力源源不断流入的地区,而四川、贵州、安徽、江西、河南等一直是重要的劳动力输出省份。山西由劳动力流出大省逐渐转变为流入大省,广西、河北、湖北等省份由劳动力流入省份逐渐向劳动力流出省份转变。总体来看,省域间的劳动力流动趋势主要由广西、安徽、贵州、四川等欠发达地区向发达地区或制造业、重工业成熟的地区转移,由西北、西南、东北部地区向长三角、泛珠三角等东部沿海地区及中部地区转移。此外,劳动力流动也存在明显的空间邻近性,省域劳动力主要向邻近省份转移。

(三) 碳排放转移与劳动力流动的协调性

从图1和图2可以看出,碳排放转移和劳动力流动路径有很多相似之处,碳排放转入与劳动力要素流入的集聚点基本一致,为明确要素流动与碳排放转移之间是否存在相关关系,本文尝试使用空间错位指数测度二者之间的联系。空间错位指数是对具有相关性因素在空间分布上的不完全匹配程度的加总(李名升等,2013),此处用来分析碳排放净转入与劳动力净流入的一致性是有意义的尝试,具体测算公式如下:

$$SDI = \frac{1}{2 \sum_{i=1}^n NC_i} \cdot \sum_{i=1}^n \left| \left(\frac{NL_i}{\sum_{i=1}^n NL_i} \cdot \sum_{i=1}^n NC_i - NC_i \right) \right| \quad (10)$$

其中, NC_i 表示第*i*个省份碳排放净转入量, NL_i 表示第*i*个省份劳动力净流入量; SDI 表示碳排放净转入与劳动力净流入的空间错配指数,其值越大表示空间不匹配程度越大, $SDI=0$ 表示碳排放净转入与劳动力净流入完全一致,不存在空间错配。

运用上述方法计算得到2010年碳排放净转入与劳动力净流入的空间错配指数为0.16,二者之间存在一定的空间错配,但是错配并不明显,且其相关系数为0.83,表明二者之间存在比较强的相关性。结合图1和图2,本文认为碳排放转移与劳动力要素流动方向是一致的,具有以下共同特点:(1)北京、上海、天津等中心城市的碳排放转入量和劳动力要素流入量都比较大,而广东、江苏、山东、浙江等制造业规模较大的省份除对隐含碳排放调入依赖较大外,对劳动力要素流入的依赖也比较大;(2)云南、贵州、河北等地区资源比较富集,主要向外调出煤炭等初级产品,碳排放转移给其他省份,但由于其工业、服务业等并不十分发达,就业机会相对较少,这些省份的劳动力也表现出向其他省份转移的趋势;(3)碳排放转移和劳动力要素转移都具有空间邻近性。

四、碳排放转移与劳动力流动对区域经济联系的作用

区域经济联系是以生产要素流动、产业分工合作为基本内容,以交通运输网络和通信设施等为支撑的经济实体间的相互作用与关联。区域间贸易往来、要素流动、产业转

移、技术合作等关系，将各个地区有机地联系起来。目前，区域经济联系常用牛顿力学的引力模型进行测度（赵雪雁等，2011；尹鹏等，2014），引力模型的常用形式为：

$$F_{ij} = \frac{\sqrt{P_i G_i} \sqrt{P_j G_j}}{D_{ij}^2} \quad (11)$$

其中， F_{ij} 表示*i*地区与*j*地区之间的经济联系量， P_i 、 G_i 分别表示*i*地区的年末人口数和地区生产总值， D_{ij} 表示*i*地区与*j*地区之间的空间距离或时间距离。

然而，这种传统的引力模型假定所有的相互联系的地区没有产业分工、要素流动等作用形成的差异。实际上，地区间经济规模、贸易往来、产业转移、要素流动等的差异对区域间经济联系强度具有一定的影响，因此有必要对传统的引力模型进行修正。碳排放转移是隐含在商品交易中的碳排放，随商品流通链在地区间进行转移。省际碳排放转移在一定程度上能反映区域经济联系的强度。劳动力流动通过两方面与区域经济联系发生作用。一方面，产业转移加强了区域之间的经济联系，区域经济联系反过来促进产业转移，而产业转移涉及劳动力、商品、资金、技术等生产要素的跨地区流动；另一方面，劳动力流动的根本动因是经济主体追逐利益最大化，但是劳动力的空间流动受到开放程度、交通基础设施及拥挤成本等很多因素的影响，存在流动壁垒。影响区域经济联系的因素也会影响要素转移。因此，劳动力要素流动与区域经济联系也有千丝万缕的关联。本文在传统引力模型的基础上，引入省际碳排放转移量和要素扩散流强度，同时运用各省份间最短时间距离，得到如下修正模型：

$$F_{ij} = k_{ij} \cdot \frac{fs_i \cdot fs_j}{T_{ij}^2} \quad (12)$$

$$fs_i = \sqrt[n]{a_{i1} a_{i2} \cdots a_{in}} \quad (13)$$

其中， F_{ij} 表示*i*省份与*j*省份之间的经济联系量； fs_i 表示*i*省份的发展水平指数； a_{in} 表示*i*省份第*n*个经济发展指标，这里选取各省份生产总值及年末人口数两个因素； k_{ij} 表示影响区域经济联系的引力系数，受到省份发展水平的影响，同时考虑到城市和城市间的经济联系强度的不同，这里用 $k_{ij} = \sqrt{(TC_{ij} + TC_{ji}) \cdot (TLF_{ij} + TLF_{ji})}$ 代替，其中 TC_{ij} 表示省际碳排放转移量， TLF_{ij} 表示省际劳动力要素转移量； T_{ij} 表示*i*省份与*j*省份之间的最短旅行距离。目前，铁路运输仍是我国省际最主要的交通运输方式，因此，本文基于铁路客运网络对省际经济联系进行研究。各省份间的最短旅行时间和发车班次数据来源于2010年石开网络科技有限公司推出的石开旅行时刻表。在此说明：铁路网络系统包括高铁、动车和普快等运输工具；如果两中心城市间有直达列车，则选择所有旅行时间中最短者作为最短旅行时间，以及选取所有列车班次次数；如果两中心城市之间没有直达列车，选择通过中转站可以到达目标城市的旅行时间之和的最短者，不考虑中途候车时间，以及将中转过程中列车班次的最小者作为列车班次次数。

本文以2010年为例,分别运用未修正的引力模型和引入碳排放转移、劳动力流动的修正模型,计算得到各省份间的经济联系强度(见图3)。同时,为检验修正模型的正确性,用各省会城市间的铁路列车发车班次对计算结果进行检验。选取与其他省份经济联系强度排名前10位的省份及列车发车班次次数前10位的省份,结果显示,二者相同的比例达到75%,说明利用碳排放转移和劳动力流动对引力模型进行修正可以更合理地描述区域经济联系强度。

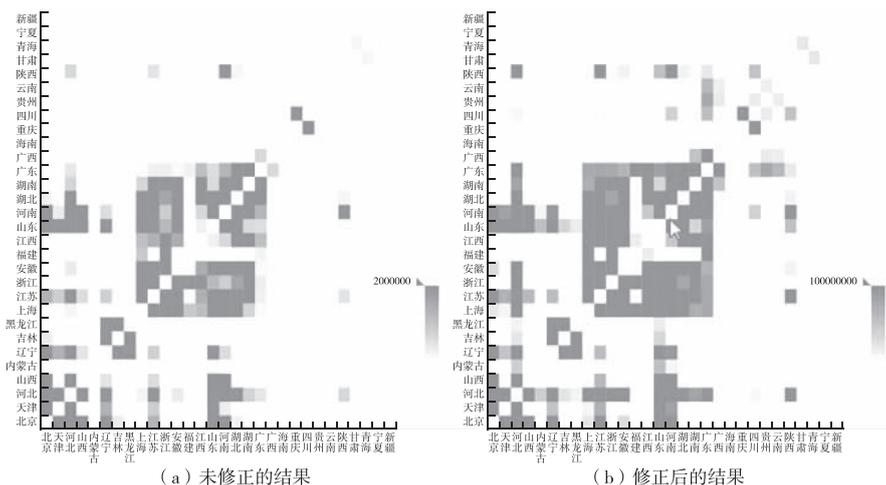


图3 2010年中国区域经济联系强度

资料来源:作者绘制。

从图3可知,广东、浙江、河北、北京、河南、甘肃等省份为中国的中心节点省份,与其他省份的经济联系较为密切,湖北、上海、山东、山西、陕西、宁夏是与以上中心省份关联最为密切的次级中心省份。其中,北京、天津、河北、山西、山东等省份组成一个一体化区域空间组织,可称之为京津冀经济空间组织;上海、浙江、江苏、安徽、江西、福建等省份组成长三角经济空间组织;广东、广西、湖北、湖南、海南、云南、贵州等省份组成泛珠三角经济空间组织;辽宁、吉林、黑龙江等省份组成东北经济空间组织;甘肃、青海、宁夏等省份组成西北经济空间组织。京津冀、长三角、泛珠三角等经济空间组织在中心和次中心省份的辐射下内部结构较为稳定和成熟,区域经济一体化效应明显。中部地区则以湖北、河南、山西等省份为中心不断向外延伸,尤其是长三角和泛珠三角经济空间组织已将大部分中部省份包含在内,江西、福建等省份就地理位置而言属于泛珠三角区域,但与浙江联系紧密,表明长三角与泛珠三角经济空间组织有相互融合的趋势。东北和西北经济空间组织的规模较小。同时,隐含碳转移和劳动力流动较大的省份间经济联系也较紧密,说明在经济联系越强的省份间更应协调分配碳排放责任。

五、结论

实现区域协调发展，推行绿色低碳循环发展新方式是经济新常态的主要特征，而增强区域经济的关联性是实现低碳视角下区域经济协调发展的关键。通过分析要素流动与碳排放转移对区域经济联系的作用，有利于协调我国区域经济差异，公平合理地分担碳减排责任。

本文在产业转移背景下通过考虑碳排放转移与劳动力流动的相互作用，运用修正的引力模型分析碳排放转移与劳动力流动对区域经济联系的作用。首先，采用区域间投入产出模型测度了2002年、2007年、2010年30个省份间的碳排放转移量，发现隐含碳排放呈现由西部地区、东北部地区向中部、东部地区转移的趋势；其次，测度了2002年、2007年、2010年30个省份间的劳动力流动规模和流向，结果显示，劳动力主要由西北、西南、东北部等欠发达地区向长三角、泛珠三角等东部沿海发达地区或制造业、重工业成熟的地区转移，碳排放转移和要素流动方向具有一致性，且两者都表现出空间集群特征；最后，引入碳排放转移和劳动力流动改进引力模型，对区域经济联系强度进行测度发现，东部、中部地区相对西部地区的省际经济联系更紧密，经济发展水平决定了经济联系强度，隐含碳排放和劳动力流动性较强的省份间经济联系也越紧密，广东、浙江、河北、北京、河南、甘肃等省份为中国的中心节点省份，在其辐射作用下存在京津冀、长三角、泛珠三角、西北等一体化区域空间组织，在广东、浙江、福建、江西等省份的辐射与关联作用下，长三角与泛珠三角经济空间组织的结构较为稳定。

参考文献

- 成艾华、魏后凯（2013）：《促进区域产业有序转移与协调发展的碳减排目标设计》，《中国人口·资源与环境》第1期，第55~62页。
- 樊士德、姜德波（2014）：《劳动力流动、产业转移与区域协调发展——基于文献研究的视角》，《产业经济研究》第4期，第103~110页。
- 李琳、刘莹（2014）：《中国区域经济协同发展的驱动因素——基于哈肯模型的分阶段实证研究》，《地理研究》第9期，第1603~1616页。
- 李名升、张建辉、罗海江等（2013）：《经济发展与污染排放的空间错位分析》，《生态环境学报》第9期，第1620~1624页。
- 林理升、王晔倩（2006）：《运输成本、劳动力流动与制造业区域分布》，《经济研究》第3期，第115~125页。
- 刘会政、王立娜（2016）：《劳动力流动对京津冀区域经济发展差距的影响》，《人口与经济》第2期，第10~20页。
- 刘卫东、陈杰、唐志鹏等（2012）：《中国2007年30省市区区域间投入产出表编制理论与实践》，北京：中国统计出版社。
- 刘卫东、唐志鹏、陈杰等（2014）：《2010年中国30省市区区域间投入产出表》，北京：中国

统计出版社。

马晶梅、王新影(2015):《发达国家是否向发展中国家转移了碳排放》,《经济学家》第6期,第95~102页。

潘安(2017):《对外贸易、区域间贸易与碳排放转移——基于中国地区投入产出表的研究》,《财经研究》第11期,第57~69页。

覃成林、熊雪如(2013):《我国制造业产业转移动态演变及特征分析——基于相对净流量指标的测度》,《产业经济研究》第1期,第12~21页。

石敏俊、王妍、张卓颖等(2012):《中国各省区碳足迹与碳排放空间转移》,《地理学报》第10期,第1327~1338页。

石敏俊、张卓颖(2012):《中国省区间投入产出模型与省区间经济联系》,北京:科学出版社。

孙立成、程发新、李群(2014):《区域碳排放空间转移特征及其经济溢出效应》,《中国人口·资源与环境》第8期,第17~23页。

王淑娟、王笏旭、李豫新(2015):《劳动力流动对区域经济发展差距的影响研究——以新疆为例》,《人口与经济》第1期,第72~80页。

王会娟、陈锡康(2009):《扩展的非竞争型能源投入占用产出模型》,《系统科学与数学》第11期,第1447~1456页。

肖雁飞、万子捷、刘红光(2014):《我国区域产业转移中“碳排放转移”及“碳泄漏”实证研究——基于2002年、2007年区域间投入产出模型的分析》,《财经研究》第2期,第75~84页。

尹鹏、李诚固、陈才(2014):《东北地区省际城市可达性及经济联系强度》,《经济地理》第6期,第68~74页。

赵儒煜、刘畅(2012):《日本都道府县劳动力流动与区域经济集聚》,《人口学刊》第2期,第32~42页。

赵素萍、葛明、林玲(2015):《区域经济的空间联系:基于中国的投入产出分析》,《经济问题探索》第4期,第94~101页。

赵雪雁、江进德、张丽等(2011):《皖江城市带城市经济联系与中心城市辐射范围分析》,《经济地理》第2期,第218~223页。

Bunnell, T., P. A. Barter and S. Morshidi (2002), "Kuala Lumpur Metropolitan Area: A Globalizing City-Region", *Cities*, 19 (5), pp. 357-370.

Djankov, S. and C. Freund (2002), "Trade Flows in the Former Soviet Union, 1987 to 1996", *Journal of Comparative Economics*, 30 (1), pp. 76-90.

Fujita, M., J. V. Henderson and Y. Kanemoto, et al. (2003), "Spatial Distribution of Economic Activities in Japan and China", *Handbook of Urban and Regional Economics*, 4 (2), pp. 49-95.

Peters, G. P. and E. G. Hertwich (2008), "CO₂ Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy", *Environmental Science & Technology*, 42 (5), pp. 116-128.

Peters, G. P., C. L. Weber and D. Guan, et al. (2007), "China's Growing CO₂ Emissions-A Race Between Increasing Consumption and Efficiency Gains", *Environmental Science & Technology*, 41 (17), pp. 5939-5944.

Shen, G. Q. (2004), "Reverse-Fitting the Gravity Model to Inter-city Airline Passenger Flows by An Algebraic Simplification", *Journal of Transport Geography*, 12 (3), pp. 219 – 234.

Su, B. and B. W. Ang (2013), "Input-Output Analysis of CO₂ Emissions Embodied in Trade: Competitive Versus Non-Competitive Imports", *Energy Policy*, 56 (2), pp. 83 – 87.

Wei, C. , J. Ni and L. Du (2012), "Regional Allocation of Carbon Dioxide Abatement in China", *China Economic Review*, 23 (3), pp. 552 – 565.

Research on Regional Economic Ties in China: Based on Carbon Emissions Transfer and Labor Mobility

QI Ya-wei¹ XU Zhi-qin²

(1. School of Information Technology, Jiangxi University of Finance & Economics, Nanchang 330032, China; 2. School of Statistics, Jiangxi University of Finance & Economics, Nanchang 330013, China)

Abstract: China is facing the dual challenge of coordinated development of regional economy and sustainable development. Strengthening regional economic relevance is the key to realize coordination development of regional economy on the basis of reasonable carbon transfer. Under the background of industry transfer, this paper uses the provincial input-output model to measure the carbon transfer and labor mobility between 30 provinces and cities in 2002, 2007, 2010, and analyzes the relationship between carbon emissions spatial transfer and labor mobility. The scale and direction of carbon spatial transfer and labor mobility are incorporated into gravity model to measure the strength of regional economic ties. Results show that the implicit carbon emissions transfer from the western and northeast region to central and eastern regions, consistent with labor mobility, and both show the feature of spatial cluster; Under the action of carbon transfer and labor mobility, Guangdong, Zhejiang, Hebei, Beijing, Henan, Gansu become the node provinces and cities in China, and through their radiation effect, there are spatial organizations of regional integration, such as Beijing-tianjin-hebei, Yangtze river delta, pan-pearl river delta, northwest, etc. The structures of the Yangtze River Delta and the Pan-Pearl River Delta spatial organization are relatively stable.

Key Words: regional economic ties; carbon emissions transfer; labor mobility; input-output model

责任编辑：张莹