

区域贸易隐含碳排放时空变化及影响效应

——以长江经济带为例

黄和平¹ 易梦婷¹ 曹俊文² 邹艳芬³ 黄先明⁴¹

(1. 江西财经大学 经济学院/生态经济研究院, 中国江西 南昌 330013;

2. 江西财经大学 统计学院, 中国江西 南昌 330013;

3. 江西财经大学 工商管理学院, 中国江西 南昌 330032;

4. 江西财经大学 国际经贸学院, 中国江西 南昌 330013)

【摘要】:厘清长江经济带各省市的贸易隐含碳排放及其时空变化规律,对制定公平有效的碳减排方案具有重要意义。总贸易核算体系可以更加精确地测算隐含碳排放,基于此,文章运用多区域投入产出模型测算 2007、2010、2012、2015 年长江经济带 11 省市的调出隐含碳排放,并采用对数平均迪氏指数法(LMDI)对其进行影响效应分析。结果表明:(1)长江经济带总体调出隐含碳排放呈现逐步上升的趋势,各省市调出隐含碳排放大致呈现从西到东递增的趋势,且大部分省市的调出隐含碳排放量在 2007—2012 年处于上升的趋势,而在 2012—2015 年开始下降或是增速开始明显放缓。(2)分部门测算结果显示重制造业及能源工业部门的调出隐含碳排放的比重较大,且大部分部门的调出隐含碳排放呈现上升的趋势,但是从 2012 年开始,也有不少省市部门的调出隐含碳排放量开始下降,尤其是工业各部门下降趋势明显。(3)影响长江经济带调出隐含碳排放的影响因素中,规模效应始终是导致调出隐含碳排放量增加的主要因素,结构效应经历了由正效应向负效应再向正效应的转变,强度效应则经历了由负效应向正效应再向负效应的转变,各省市分部门的结果与总体结果大致相同。

【关键词】: 隐含碳 对数平均迪氏指数法(LMDI) 规模效应

【中图分类号】: X171 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1000-8462 (2021) 03-0049-09

自 21 世纪以来,全球变暖已经成为世界各国关注的热点,碳排放被公认为是引起全球变暖的重要原因。目前中国已成为世界第一大碳排放国家^[1],其碳排放量的迅猛增长引起了世界各国的关注,面临着巨大的减排压力。在《巴黎协定》中,中国承诺到 2030 年碳排放达峰。为了实现这一目标,需要将减排责任落实到各个地区。中国区域间贸易往来密切,区域间碳排放转移日

作者简介: 黄和平(1969-),男,江西吉水人,博士,教授,博士生导师,研究方向为资源环境经济与可持续发展。E-mail:hphuang2004@163.com

黄先明(1977-),男,江西南昌人,博士,教授,研究方向为国际贸易理论与政策。E-mail:jxufehxm@126.com

基金项目: 国家自然科学基金项目(41661113、71764009);国家社会科学基金项目(19BTJ009);江西省社会科学研究“十三五”规划项目(18YJ13);江西省教育厅科技项目(GJJ170341);江西财经大学校级课题(20200612215816254)

益加剧，这就需要对因区域间贸易而产生的隐含碳排放量进行合理的估算^[2]。长江经济带是我国重要的内河经济带，横跨东、中、西三大区域，覆盖 11 个省市，作为中国区域发展“三大战略”之一，不仅对中国社会经济发展起着领头羊作用，对实现中国碳减排目标同样具有重要意义^[3-4]。而能源利用与碳排放特别是其强度约束政策能够显著降低空气污染浓度，改善区域特别是城市的空气质量^[5]，合理的产业及能源结构在一定程度上能促进经济的发展和生态环境的改善^[6-7]。鉴于此，研究长江经济带各省市总体及各部门调出隐含碳排放量及其影响效应具有现实意义。

目前针对隐含碳排放的测算方法主要有两种：一是生命周期法^[8-9]，生命周期法可以深入分析产品各环节碳排放，但是数据的获取及整理复杂，因此采取这种可行性小、工作量大的研究方法的学者较少^[10]。另一种测算方法是投入产出法，前期使用的是单区域投入产出（SRIO）模型^[11-12]，该方法假设技术是同质的，没有考虑生产过程中投入的中间产品，使得计算结果与实际情况之间存在较大偏差^[13]。随着投入产出法的进一步完善，学者们开始使用多区域投入产出（MRIO）模型进行测算^[14]，该方法减少了单区域投入产出模型因为假定技术同质而产生的偏误^[13]。

随着价值链分工的深入发展，学者们开始认为与传统的贸易统计方法相比，增加值贸易统计体系的统计口径为价值增值，能更加准确地反映国家或地区参与分工的获益程度，价值增值也越来越成为分析贸易利益的重要来源之一^[15]。因此，基于增加值贸易视角，能更准确地测算区域间贸易碳排放分割情况。目前已经有部分学者将增加值贸易与碳排放结合进行相关研究并取得了一定的成果。李艳梅等测算了京津冀区域内贸易的隐含碳排放及经济收益^[15]，该核算方法是在 Koopman 等提出的总贸易流量分解方法^[16]的基础上进行的；随后 Wang 等提出了总贸易核算法^[17]，这被视为增加值贸易核算研究的关键性进展，潘安等将该方法用于对外贸易隐含碳测算研究中，分别测算了中日、中美的贸易隐含碳排放^[18-19]。

同时，也有不少学者对贸易隐含碳排放的影响效应做了相关研究，主要采取两种方法：一是结构分解法（SDA）^[20-25]，该方法将贸易隐含碳的变动分解为有关独立自变量变动的和，从而能够测算出在其他因素不变的情况下，自变量变动对贸易隐含碳变动的贡献值；二是指数分解方法（IDA）^[26]，该方法将贸易隐含碳的变化分解成若干个影响因素变化的组合，并选取不同方法确定权重进行分解，来确定各个因素的影响程度大小，由于研究方法本身存在的缺陷及适用领域等问题，只有其中的对数平均迪氏指数法（LMDI）得到了广泛使用^[27-29]。

综上所述，增加值贸易和贸易隐含碳排放的交叉研究主要使用世界投入产出表从国家层面进行研究，而针对一国内部区域间的研究比较少。本文借鉴 Wang 等根据增加值被吸收的最终目的地来分解区域/产业增加值的方法^[17]，以及潘安等提出的将全球价值链和贸易隐含碳整合的概念框架^[18-19]，选定长江经济带为研究区域，研究该区域各省市的贸易隐含碳排放量，并使用 LMDI 法对其进行影响效应分析。

1 研究方法 with 数据说明

1.1 隐含碳测算方法

由 G 个地区 N 个部门构成的 MRIO 模型可以表示为：

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdots & A_{1g} \\ A_{21} & A_{22} & \cdots & A_{2g} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{g1} & A_{g2} & \cdots & A_{gg} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_g \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Y_{11} + Y_{12} + \cdots + Y_{1g} \\ Y_{21} + Y_{22} + \cdots + Y_{2g} \\ \vdots \\ Y_{g1} + Y_{g2} + \cdots + Y_{gg} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_g \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中：A_{sr} (s, r=1, ..., G 且 s≠r) 为表示不同地区生产部门间相互需求的 N×N 阶矩阵；A_{ss} 为 N×N 阶矩阵，为 s 地区内的直接消耗系数矩阵；Y_{sr} 为表示 s 地区对 r 地区的最终品调出的 N×1 阶列向量；X_s 为表示 s 地区产出的 N×1 阶列向量。

根据式（1）可得：

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_g \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & \cdots & B_{1g} \\ B_{21} & B_{22} & \cdots & B_{2g} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B_{g1} & B_{g2} & \cdots & B_{gg} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{11} + Y_{12} + \cdots + Y_{1g} \\ Y_{21} + Y_{22} + \cdots + Y_{2g} \\ \vdots \\ Y_{g1} + Y_{g2} + \cdots + Y_{gg} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中 $\begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & \cdots & B_{1g} \\ B_{21} & B_{22} & \cdots & B_{2g} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B_{g1} & B_{g2} & \cdots & B_{gg} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I - A_{11} & -A_{12} & \cdots & -A_{1g} \\ -A_{21} & I - A_{22} & \cdots & -A_{2g} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -A_{g1} & -A_{g2} & \cdots & I - A_{gg} \end{bmatrix}^{-1}$ 为经典的里昂惕夫逆矩阵。

进一步设 VA_s 为 s 地区的增加值向量（ $1 \times N$ 阶的行向量），则该地区的增加值系数向量可表示为。根据 Wang 等^[17]提出的总贸易核算方法， s 地区对 r 地区的调出 E_{sr} 可以被分解为如公式（3）所示的 16 个部分：

$$\begin{aligned} E_{sr} = & (V_s B_{ss})^T \# Y_{sr} + (V_s L_{ss})^T \# (A_{sr} B_{rr} Y_{rr}) + \\ & (V_s L_{ss})^T \# \left(A_{sr} \sum_{t \neq s, r}^G B_{rt} Y_{rt} \right) + (V_s L_{ss})^T \# \left(A_{sr} B_{rr} \sum_{t \neq s, r}^G Y_{rt} \right) + \\ & (V_s L_{ss})^T \# \left(A_{sr} \sum_{t \neq s, r}^G B_{rt} \sum_{u \neq s, r}^G B_{tu} Y_{tu} \right) + \\ & (V_s L_{ss})^T \# (A_{sr} B_{rr} Y_{rr}) + (V_s L_{ss})^T \# \left(A_{sr} \sum_{t \neq s, r}^G B_{rt} Y_{rt} \right) + \\ & (V_s L_{ss})^T \# (A_{sr} B_{rr} Y_{rr}) + (V_s L_{ss})^T \# \left(A_{sr} B_{rr} \sum_{t \neq s}^G Y_{rt} \right) + \\ & \left(V_s L_{ss} \sum_{t \neq s}^G A_{st} B_{ts} \right)^T \# (A_{sr} X_r) + (V_r B_{rs})^T \# Y_{sr} + \\ & (V_r B_{rs})^T \# (A_{sr} L_{rr} Y_{rr}) + (V_r B_{rs})^T \# (A_{sr} L_{rr} E_{rs}) + \\ & \left(\sum_{t \neq s, r}^G V_t B_{ts} \right)^T \# Y_{sr} + \left(\sum_{t \neq s, r}^G V_t B_{ts} \right)^T \# (A_{sr} L_{rr} Y_{rr}) + \\ & \left(\sum_{t \neq s, r}^G V_t B_{ts} \right)^T \# (A_{sr} L_{rr} E_{rs}) \end{aligned} \quad (3)$$

式中：“#”表示为分块矩阵点乘；上标“T”则表示为转置； $L_{ss} = (I - A_{ss})^{-1}$ 为 s 地区内的里昂惕夫逆矩阵； X_r 和 E_{rs} 分别为 r 地区的总产出和总出口向量（均为 $N \times 1$ 的列向量）。将式（3）中等号右边的 16 个部分依次设为向量 $T_1 \sim T_{16}$ ，表 1 列出了各部分的具体含义。

令 $P_i = (P_{si}) = \begin{pmatrix} P_{si} \\ x_{si} \end{pmatrix} (i = 1, \dots, N)$ 为 $1 \times N$ 阶的直接碳排放系数向量，其中 x_{si} 和 P_{si} 分别表示 s 地区 i 部门的产出及其产生的直接碳排放量，则完全碳排放系数向量可表示为：

$$f_s = p_s (I - A_{ss})^{-1} \quad (4)$$

参照潘安等的贸易隐含碳排放测算方法^[18-19]，本文根据增加值的不同来源计算贸易隐含碳排放水平，结合公式（3）的分解结果，得到总贸易核算框架下 s 地区对 r 地区的调出隐含碳排放，具体见公式（5）：

$$EC_{sr} = f_s (DVA + RDV) + f_r MVA + \sum_{t \neq s, r}^G f_t va_t \quad (5)$$

式中：va_t为 E_{sr} 中来自 t 地区的增加值向量，且有 $\sum_{t \neq s, r} va_t = OFA$ 。可见，根据调出中增加值的来源，s 地区对 r 地区调出隐含碳排放包含三部分内容：来自调出地区（s 地区）、调入地区（r 地区）及其他地区（t 地区）的碳排放。

1.2 影响效应分解模型

本文采用 LMDI 方法对影响隐含碳排放的因素进行分解，参照杜运苏等^[29]的分解方法，将隐含碳的影响因素分解为规模效应、结构效应和强度效应，则某地区调出隐含碳排放可以分解为：

$$EC = \sum_{i=1}^n E \times \frac{e_i}{E} \times \frac{q_i}{e_i} = \sum_{i=1}^n E \times S_i \times I_i \quad (6)$$

式中：EC 表示某地区贸易隐含碳调出量；E 表示 s 地区的调出总额；e_i 表示 s 地区 i 部门的调出额；q_i 表示 s 地区 i 部门的调出隐含碳的排放量；S_i 表示 s 地区 i 部门调出占总调出的份额；I_i 表示 s 地区 i 部门的调出碳排放强度。

表 1 总调出分解部分的具体含义

分解内容（增加值向量）			组成部分	具体含义
DVA	DVA_FIN	T1	被外地吸收的本地增加值	最终品出口的本地增加值
	DVA_INT	T2		被进口地区直接吸收的中间品出口
	DVA_INTREX	T3+T4+T5		被进口地区直接生产向第三方地区所吸收的中间品出口
RDV		T6+T7+T8		返回并被本地吸收的本地增加值
FVA	MVA	T11+T12	外地增加值	出口隐含的进口地区增加值
	OVA	T14+T15		出口隐含的其他地区增加值
PDC	DDC	T9+T10	纯重复计算部分	来自本地账户的纯重复计算
	FDC	T13+T16		来自外地的纯重复计算

根据 LMDI 两年间贸易隐含碳排放调出量的差值可以分解如下：

$$\Delta Q = \Delta Q^t - \Delta Q^0 = \Delta Q_{size} + \Delta Q_{str} + \Delta Q_{int} \quad (7)$$

$$\Delta Q_{size} = \sum_{i=1}^n L(q_i^t, q_i^0) \times \ln\left(\frac{E_i^t}{E_i^0}\right) \quad (8)$$

$$\Delta Q_{str} = \sum_{i=1}^n L(q_i^t, q_i^0) \times \ln\left(\frac{S_i^t}{S_i^0}\right) \quad (9)$$

$$\Delta Q_{int} = \sum_{i=1}^n L(q_i^t, q_i^0) \times \ln\left(\frac{I_i^t}{I_i^0}\right) \quad (10)$$

$$L(a, b) = \begin{cases} \frac{a - b}{\ln a - \ln b}, & a \neq b \\ a, & a = b \end{cases} \quad (11)$$

式中： ΔQ 表示两年间调出隐含碳排放量的差值； ΔQ_{size} 表示由规模效应引起的调出隐含碳排放的变化量； ΔQ_{str} 表示由结构效应引起的调出隐含碳排放的变化量； ΔQ_{int} 表示由强度效应引起的调出隐含碳排放的变化量； q_i^t 表示 i 部门 t 年的调出隐含碳排放量； q_i^0 表示 i 部门基期年的调出隐含碳排放量； E_i^t 表示 t 年的调出额； E_i^0 表示基期年的调出额； S_i^t 表示 i 部门 t 年的调出比重； S_i^0 表示 i 部门基期年的调出比重； I_i^t 表示 i 部门 t 年的调出碳排放强度； I_i^0 表示 i 部门基期年的调出碳排放强度。

1.3 数据来源及处理

本文采用 2007、2010 及 2012 年中国 30 个省份（西藏、港澳台地区除外）30 个部门和 2015 年中国 31 个省份（港澳台地区除外）42 个部门的区域间投入产出表（由于本文选取的中国区域间投入产出表在 2007、2010、2012 年不包含西藏地区，且无法获取该地区的 CO_2 排放数据，因此在测算 2015 年长江经济带各省市的调出隐含碳排放时仍不将该地区考虑入内），各年份分地区、部门的 CO_2 排放数据来源于 CEADs (www.ceads.net) 官网，并将其数据参照国民经济行业分类（GB/4754-2011）按业务内容与多区域投入产出表相匹配，同时借鉴赵玉焕^[30]及李艳梅等^[15]的方法，将投入产出表中的 30 部门合并为 7 个部门（表 2）。

2 结果分析

2.1 长江经济带调出隐含碳排放时空变化分析

2.1.1 总体分析

表 2 部门归并结果

7 个部门	对应投入产出表中 30 个部门
农业	农林牧渔业
能源工业	煤炭开采和洗选业，石油和天然气开采业，金属矿采选业，非金属矿及其他矿采选业，石油加工、炼焦及核燃料加工业，电力、热力的生产和供应业，燃气及水的生产与供应业
轻制造业	食品制造及烟草加工业，纺织业，纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业，木材加工及家具制造业，造纸印刷及文教体育用品制造业
重制造业	化学工业，非金属矿物制品业，金属冶炼及压延加工业，金属制品业，通用、专用设备制造业，交通运输设备制造业，电气机械及器材制造业，通信设备、计算机及其他电子设备制造业，仪器仪表及文化办公用机械制造业
其他工业	其他制造业

建筑业	建筑业
服务业	交通运输及仓储业，批发零售业，住宿餐饮业，租赁和商业服务业，研究与试验发展业，其他服务业

表 3 长江经济带各省市调出隐含碳排放量

	2007		2010		2012		2015	
	碳排放($\times 10^8$ t)	比例(%)	碳排放($\times 10^8$ t)	比例(%)	碳排放($\times 10^8$ t)	比例(%)	碳排放($\times 10^8$ t)	比例(%)
上海	0.35	6.46	0.54	7.32	0.72	7.00	0.63	5.67
江苏	1.16	21.41	1.39	18.74	2.37	23.20	2.63	23.58
浙江	0.60	11.06	0.78	10.58	0.87	8.55	1.41	12.67
安徽	0.57	10.51	0.84	11.38	1.71	16.78	1.58	14.21
江西	0.17	3.13	0.31	4.17	0.53	5.15	0.77	6.95
湖北	0.56	10.29	0.77	10.40	0.31	3.02	0.67	6.02
湖南	0.48	8.90	0.62	8.36	0.96	9.39	0.85	7.65
重庆	0.23	4.18	0.37	4.97	0.78	7.67	0.54	4.88
四川	0.41	7.61	0.72	9.71	0.43	4.24	0.78	7.04
贵州	0.50	9.35	0.63	8.56	0.87	8.48	0.81	7.29
云南	0.38	7.12	0.43	5.82	0.67	6.51	0.45	4.05
总计	5.40	100.00	7.42	100.00	10.22	100.00	11.14	100.00

基于前文阐述的贸易隐含碳排放测算模型，测算出长江经济带各省市在 2007、2010、2012 和 2015 年的调出贸易隐含碳排放量（表 3）。

从表 3 可以看出：长江经济带总体调出隐含碳排放呈现出不断增长的趋势，其中 2007—2012 年为快速增长阶段，从 2007 年的 5.40×10^8 t 上升到 2012 年的 10.22×10^8 t，年均增长率为 13.61%，而 2012—2015 年增速开始放缓，从 2012 年的 10.22×10^8 t 上升至 2015 年的 11.14×10^8 t，年均增长率为 2.91%，这表明我国实施的一系列碳排放调控措施产生了显著的成效。同样从各省市的表现看，大部分省市的调出隐含碳排放量呈现出在 2007—2012 年上升而在 2012—2015 年开始下降或增速放缓的趋势。尤为突出的是江苏调出隐含碳排放量一直排在第一位，并且呈持续强化的态势，其贸易隐含碳排放占 11 省市中的占比从 2007 年的 21.41% 下降到 2010 年的 18.74%，再迅速上升到 2012 年的 23.20%，再到 2015 年的 23.58%，表现出由于社会经济发展带来的城市化进程持续加快，带来的贸易隐含碳排放也持续攀升的态势。排在第二位的安徽表现更为抢眼，其贸易隐含碳排放从 2007 年的 0.57×10^8 t 上升到 2010 年的 0.84×10^8 t，再到 2012 年的 1.72×10^8 t，5 年来增长了 2 倍，其在 11 省市中的占比也从 2007 年的 10.51% 上升到 2010 年的 11.38%，再到 2012 年的 16.80%，尽管其调出隐含碳排放量在 2015 年开始下降为 1.58×10^8 t，其在 11 省市中的占比为 14.21%，仍居第二位。浙江的调出隐含碳排放量在 2015 年居第三位，其调出隐含碳排放量从 2007 年的 0.60×10^8 t 上升到 2010 年的 0.78×10^8 t，再到 2012 年的 0.87×10^8 t，在这一时期该省调出隐含碳排放量的增速较为平缓，但是在 2015 年却迅速上升至 1.41×10^8 t，占比也从 2012 年的 8.55% 上升至 2015 年的 12.67%。江西的调出隐含碳排放情况同样值得关注，在 2007—2015 年，该省的调出隐含碳排放一直呈现上升趋势，从 2007 年的 0.17×10^8 t 增长至 2015 年的 0.77×10^8 t，年均增长率为 20.78%，其在 11 省市中的排名也从 2007、2010 年的末位上升为 2015 年的第 7 名。

为了进一步展示长江经济带各省市调出隐含碳排放量的区域特征，本文绘制了图 1 来展示长江经济带上、中、下游的调出隐含碳排放情况。从图 1 可以看出，长江经济带的下游地区调出隐含碳排放量较高，四个省市中，除上海外，其余三省的调出隐含碳排放量均处于相对较高的水平，尤其江苏省的调出隐含碳排放量一直排在第一位。调出隐含碳排放量较低的区域主要分

布在上游地区，需要注意的是其中的贵州省以及四川省部分年份的排放量处于相对较高的水平。中游地区的调出隐含碳排放量则大多居于中间水平，除江西在 2007、2010、2012 年以及湖北在 2012 年的调出隐含碳排放量处于较低水平。由此可见，长江经济带调出隐含碳排放分布不均衡，大致呈现从西到东递增的趋势，位于长江经济带下游地区的省市经济发展状况较好，但是由于其主要是以工业化发展为主，意味着需要消耗大量的能源，这就导致其在发展经济的同时也带来了相较其他地区更多的碳排放量。

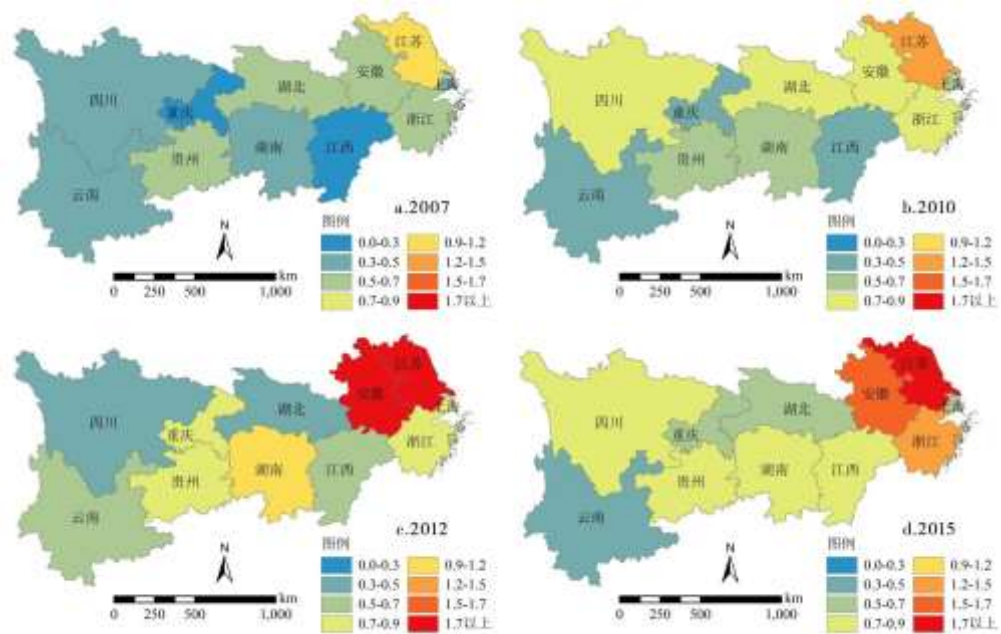


图 1 长江经济带各省市调出隐含碳排放(单位: 10^8t)

2.1.2 分部门分析

按照表 2 的部门划分方法，可以测算出长江经济带 11 省市分部门调出隐含碳排放量（图 2），从图 2 可以看出，工业部门是长江经济带各省市调出隐含碳排放量的主要来源，该部门的调出隐含碳排放量占比最大时高达 96.55%，为 2012 年湖北省的数据，调出隐含碳排放量为 $0.30 \times 10^8\text{t}$ ，最小为 42.58%，为 2015 年浙江省的数据，具体排放量为 $0.60 \times 10^8\text{t}$ ，其中大部分省市又是以来自能源工业和重制造业的调出隐含碳排放量为主。对于上海市来说，服务业也是调出隐含碳排放占比相对较大的一个部门，该部门调出隐含碳排放量从 2007 年的 $0.12 \times 10^8\text{t}$ （占比 33.82%）上升到 2010 年的 $0.25 \times 10^8\text{t}$ （占比 46.08%），再到 2012 年的 $0.33 \times 10^8\text{t}$ （占比 46.17%），2015 年稍有下降，为 $0.26 \times 10^8\text{t}$ （占比 41.20%），接近该市调出隐含碳排放一半的水平。同样值得一提的是大部分省市建筑业部门的调出隐含碳排放量占比在 2015 年明显增加。而从各省市分部门的趋势来看，大部分省市各部门的调出隐含碳排放量变化趋势与总体变化趋势基本保持一致，即各部门的调出隐含碳排放量呈现上升趋势，但是从 2012 年开始，也有不少省市部门的调出隐含碳排放量开始下降，尤其是工业的各部門下降趋势明显。

2.2 长江经济带调出贸易隐含碳排放量影响效应分解

为了探究长江经济带调出贸易隐含碳排放的主要影响因素，本文使用 LMDI 分解法将影响长江经济带调出隐含碳排放的影响因素分解为规模效应（ ΔQ_{size} ）、结构效应（ ΔQ_{str} ）和强度效应（ ΔQ_{int} ），同样从整体和分部门两个层面进行分析。

2.2.1 总体分析

长江经济带各省市 2007—2010、2010—2012 及 2012—2015 年总体调出隐含碳排放影响效应分解结果见表 4。2007—2010 年，长江经济带各省市的调出隐含碳排放量呈现增长趋势，规模效应是推动其调出隐含碳排放增加的主要因素，强度效应则对其起着削减的作用，结构效应对大部分省市起着增加调出隐含碳排放的作用，但是相对规模效应与强度效应其影响程度较小；2010—2012 年，对于大部分省市来讲，调出隐含碳排放量依旧不断增加，规模效应仍是推动其调出隐含碳排放量增加的主要因素，但是结构效应由上一阶段的正效应转变为负效应，强度效应则由负效应转变为了正效应；2012—2015 年，江苏、浙江、江西、湖北、四川等地的调出隐含碳排放量依旧增加，其他地区的调出隐含碳排放量开始下降，其中规模效应仍然表现为正效应，大部分地区的结构效应为正效应，但是其影响程度相对规模效应来说较小，强度效应则表现为负效应。由此可以看出，在不同地区、时间段，规模效应始终是导致调出隐含碳排放量增加的主要因素，三个时间段内，结构效应和强度效应对于调出隐含碳排放量的影响情况发生了较大的变化，但是这两种效应在前两个时期中对调出隐含碳排放量的贡献相对较小，因此在这两个时期的调出隐含碳排放量仍然呈现上升趋势，在 2012—2015 年，强度效应的负效应作用明显增强，也就导致了大部分省市的调出隐含碳排放量开始出现下降或是增速明显放缓的情况。

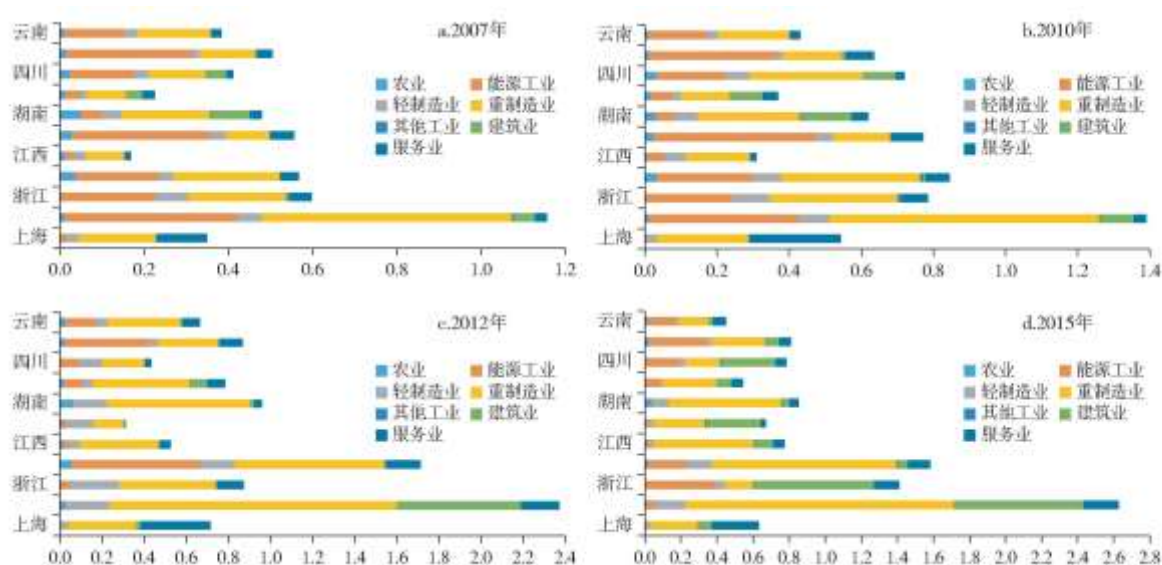


图 2 长江经济带各省市分部门调出贸易隐含碳排放(单位:10⁸t)

表 4 长江经济带各省市调出隐含碳排放变化影响效应分解(单位:10⁸t)

	2007—2010				2010—2012				2012—2015			
	ΔQ_{size}	ΔQ_{str}	ΔQ_{int}	ΔQ	ΔQ_{size}	ΔQ_{str}	ΔQ_{int}	ΔQ	ΔQ_{size}	ΔQ_{str}	ΔQ_{int}	ΔQ
上海	0.15	0.04	-0.00	0.19	0.36	-0.00	-0.18	0.17	0.12	0.01	-0.21	-0.08
江苏	0.52	-0.14	-0.14	0.23	1.06	-0.28	0.20	0.98	0.70	0.06	-0.50	0.26
浙江	0.28	-0.04	-0.06	0.19	0.20	-0.26	0.15	0.09	0.20	0.55	-0.21	0.54
安徽	0.40	0.02	-0.15	0.28	0.80	0.02	0.05	0.87	0.44	-0.22	-0.35	-0.13
江西	0.21	0.02	-0.10	0.14	0.08	0.04	0.09	0.22	0.24	0.09	-0.08	0.25
湖北	0.41	0.07	-0.27	0.22	-0.11	-0.43	0.08	-0.46	0.29	0.25	-0.18	0.36
湖南	0.32	0.02	-0.19	0.14	0.30	-0.04	0.08	0.34	0.13	0.11	-0.35	-0.11
重庆	0.17	0.02	-0.05	0.14	0.35	-0.02	0.08	0.42	0.05	0.04	-0.33	-0.24
四川	0.35	0.03	-0.08	0.31	-0.14	-0.21	0.06	-0.29	0.28	0.21	-0.14	0.35

贵州	0.26	-0.04	-0.10	0.13	0.21	-0.09	0.11	0.23	0.40	-0.06	-0.39	-0.05
云南	0.12	-0.01	-0.06	0.05	0.17	-0.11	0.18	0.23	0.06	0.01	-0.28	-0.21

2.2.2 分部门分析

长江经济带各省市在 2007—2010、2010—2012、2012—2015 年三个时期的分部门调出隐含碳排放影响效应分解结果如图 3 所示，规模效应对于大部分省市部门的调出隐含碳的效应为正，结构效应在 2007—2010 和 2012—2015 年对大部分省市部门的调出隐含碳排放的效应为正，在 2010—2012 年对大部分省市部门的影响为负效应，强度效应在这三个时期则经历了由负效应向正效应再向负效应的转变。将之与总体分析结果相比较可以看出，各省市分部门的分解结果与总体分析结果大致相同，部分省市中的部门的分解结果与总体结果存在一定的差异，但是由于该部门在各省市中占比相对较少，并没有对整体结果产生太大的影响。

3 结论与讨论

本文基于总贸易核算体系测算了长江经济带 11 省市 2007、2010、2012 及 2015 年的总体、分部门的调出隐含碳排放量，并使用 LMDI 方法对其进行影响效应分析，主要得到以下结论：

第一，长江经济带总体调出隐含碳排放呈现逐步上升的趋势，各省市调出隐含碳排放大致呈现从西到东递增的趋势，并且其中大部分省市的调出隐含碳排放量在 2007—2012 年呈现上升趋势，而在 2012—2015 年大部分省市的调出隐含碳排放量开始下降或是增速开始明显放缓。

第二，分部门结果则显示工业部门的调出隐含碳排放量比值较大，其中大部分省市又是以来自能源工业和重制造业的调出隐含碳排放量为主，同时可以看出大部分省市各部门的调出隐含碳排放呈现上升的趋势，但是从 2012 年开始，也有不少省市部门的调出隐含碳排放量开始下降，尤其是工业各部门下降趋势明显。

第三，借助 LMDI 分解法，将影响长江经济带调出隐含碳排放的影响因素分解为规模效应、结构效应和强度效应，其中规模效应始终是导致调出隐含碳排放量增加的主要因素，结构效应经历了由正效应向负效应再向正效应的转变，强度效应则与之相反，经历了由负效应向正效应再向负效应的转变，各省市分部门的结果与总体结果大致相同。

本文将总贸易核算体系和贸易隐含碳排放整合用于测算长江经济带各省市的调出隐含碳排放量，相较于传统的核算方法，能够更为准确地测算该区域各地的调出隐含碳排放量情况，这是本文创新之处，但同时本文也可能存在以下的不足：(1) 分析贸易隐含碳排放因素的方法众多，本文只采用了其中的 LMDI 分解方法，并没有将本文的结果与其他分析方法进行对比分析；(2) 由于数据的可获得性，本文只对 2007、2010、2012 及 2015 年四年的数据进行分析，数据的时效性有待提高，并且本文选用的中国区域间投入产出表及 CO₂ 排放数据包含的地区以及部门的划分存在差异，使得本文的测算结果可能会存在一定的误差。

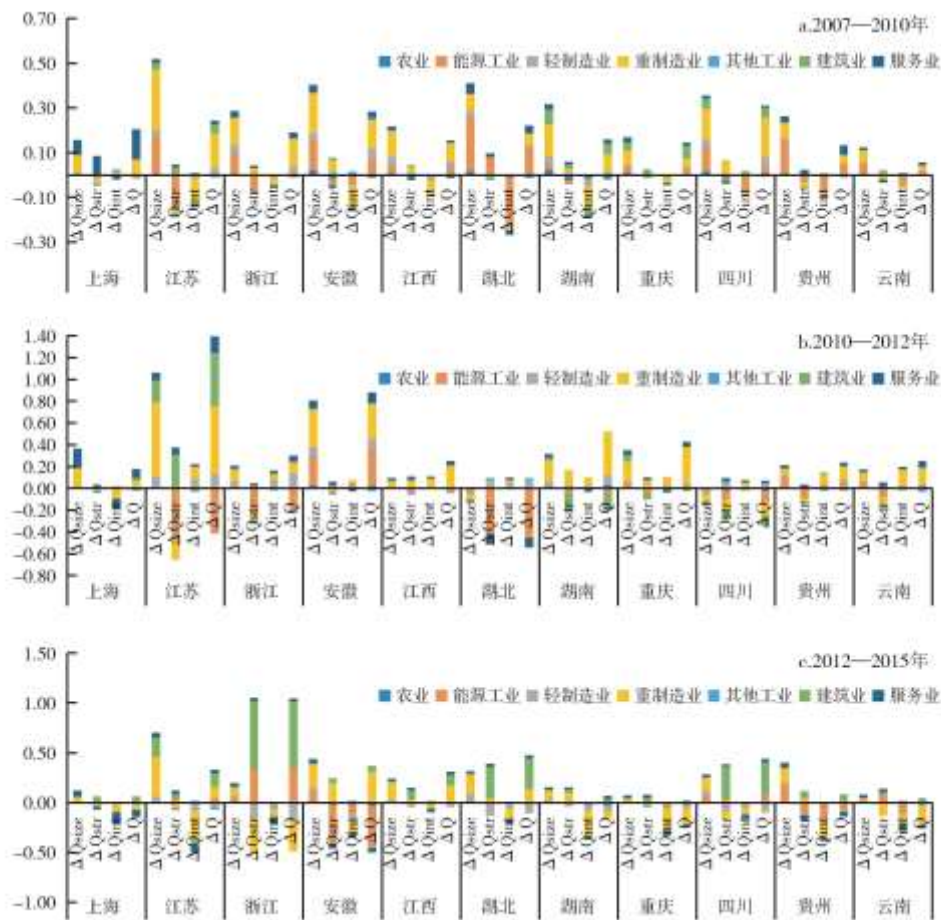


图3 长江经济带各省市分部门调出隐含碳排放变化影响效应分解(单位: $\times 10^8 \text{t}$)

参考文献:

- [1]王安静, 孟渤, 冯宗宪, 等. 增加值贸易视角下的中国区域间碳排放转移研究[J]. 西安交通大学学报: 社会科学版, 2020, 40(2): 85-94.
- [2]黄蕊, 王铮, 钟章奇, 等. 区域贸易隐含碳排放和 SO_2 排放的投入产出分析——以江苏为例[J]. 自然资源学报, 2017, 32(5): 854-863.
- [3]黄国华, 刘传江, 赵晓梦. 长江经济带碳排放现状及未来碳减排[J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(4): 638-644.
- [4]李建豹, 黄贤金. 基于空间面板模型的碳排放影响因素分析——以长江经济带为例[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(10): 1665-1671.
- [5]李毅, 胡宗义, 刘亦文, 等. 碳强度约束政策对中国城市空气质量的影响[J]. 经济地理, 2019, 39(8): 21-28.
- [6]关伟, 金一. 中国能源利用、经济增长演进对生态环境的脉冲响应[J]. 经济地理, 2020, 40(2): 31-40.

-
- [7]黄和平, 乔学忠, 张瑾, 等. 绿色发展背景下区域旅游业碳排放时空分异与影响因素研究——以长江经济带为例[J]. 经济地理, 2019, 39(11):214-224.
- [8]刘强, 庄幸, 姜克隽, 等. 中国出口贸易中的载能量及碳排放量分析[J]. 中国工业经济, 2008(8):46-55.
- [9]Weber C L, Matthews H S. Quantifying the global and distributional aspects of American household carbon footprint[J]. Ecological Economics, 2008, 66(2-3):379-391.
- [10]袁欢. 我国制造业贸易隐含碳测算及其影响因素分析[D]. 重庆: 重庆工商大学, 2019.
- [11]齐晔, 李惠民, 徐明. 中国进出口贸易中的隐含碳估算[J]. 中国人口·资源与环境, 2008(3):8-13.
- [12]Sánchez-Chóliz J, Duarte R. CO₂ emissions embodied in international trade: evidence for Spain[J]. Energy Policy, 2004, 32(18):1999-2005.
- [13]鲁倩倩. 多区域贸易隐含碳的时序分析及碳排放责任分担比较——基于 MRIO 模型视角[J]. 价值工程, 2017, 36(18):7-12.
- [14]Andrew R M, Peters G P. A multi-region input-output table based on the global trade analysis project database (GTAPMRIO) [J]. Economic Systems Research, 2013, 25(1):99-121.
- [15]李艳梅, 牛苗苗, 张红丽. 京津冀区域内增加值贸易的经济收益和隐含碳排放比较[J]. 资源科学, 2019, 41(9):1619-1629.
- [16]Koopman R, Wang Z, Wei S. Tracing value-added and double counting in gross exports[R]. National Bureau of Economic Research, Inc, 2012.
- [17]Wang Z, Wei S, Zhu K. Quantifying international production sharing at the bilateral and sector levels[R]. National Bureau of Economic Research, Inc, 2013.
- [18]潘安, 吴肖丽. 全球价值链分工下的中日贸易隐含碳排放研究[J]. 现代日本经济, 2018, 37(2):40-52.
- [19]潘安. 全球价值链视角下的中美贸易隐含碳研究[J]. 统计研究, 2018, 35(1):53-64.
- [20]杨果, 叶家柏. 中国真的承担了更少的碳减排任务吗? [J]. 管理世界, 2018, 34(11):176-177.
- [21]钱志权, 杨来科. 东亚垂直分工对中国对外贸易隐含碳的影响研究——基于 MRIO-SDA 方法跨期比较[J]. 资源科学, 2016, 38(9):1801-1809.
- [22]江洪. 金砖国家对外贸易隐含碳的测算与比较——基于投入产出模型和结构分解的实证分析[J]. 资源科学, 2016, 38(12):2326-2337.
- [23]Zhao Y, Wang S, Zhang Z, et al. Driving factors of carbon emissions embodied in China-US trade: a structural

decomposition analysis[J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 131:678-689.

[24] Wu R, Geng Y, Dong H, et al. Changes of CO₂ emissions embodied in China-Japan trade: drivers and implications[J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 112:4151-4158.

[25] Xu Y, Dietzenbacher E. A structural decomposition analysis of the emissions embodied in trade[J]. Ecological Economics, 2014, 101:10-20.

[26] 郭朝先. 中国碳排放因素分解: 基于 LMDI 分解技术[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(12):4-9.

[27] 张根能, 吕磊磊, 董伟婷. 中国进出口贸易隐含碳影响因素分解——考虑技术异质性的研究[J]. 生态经济, 2017, 33(9): 14-20.

[28] 丁玉梅, 廖程胜, 吴贤荣, 等. 中国农产品贸易隐含碳排放测度与时空分析[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2017(1):44-54.

[29] 杜运苏, 孙辉煌. 中国出口贸易隐含碳排放增长因素分析: 基于 LMDI[J]. 世界经济研究, 2012(11):44-49.

[30] 赵玉焕, 王淞. 基于技术异质性的中日贸易隐含碳测算及分析[J]. 北京理工大学学报: 社会科学版, 2014, 16(1):12-18.