

碳中和背景下长江经济带碳足迹测算 ——基于省际及产业部门的实证分析

李世祥 康契瀛¹

(中国地质大学(武汉) 公共管理学院, 湖北 武汉 430074)

【摘要】: 基于中国 2017 年 31 个省份 42 个部门区域间投入产出表数据, 采用多区域投入产出法对长江经济带沿线 11 省市区域和部门间生产端和消费端碳足迹进行研究。研究表明: 2017 年全国碳足迹总量为 299×10^7 吨, 长江经济带沿线 11 省市碳足迹占全国的 30%; 11 省市对其各自省内部的依赖程度最高, 大部分的消费都源自本地区内部, 各地区生产、消费引起的碳排放占各自消费碳排放总量的 85%~95%; 上海、江苏、江西和重庆属于碳排放调出地区, 其余 7 省属于碳排放调入省份; 装备制造业、能源动力业、交通运输业和服务业是长江经济带区域碳足迹贡献占比最高的 4 个产业部门。最后对控制长江经济带沿线 11 省市碳足迹总量提出对策建议, 以期达到碳中和的要求。

【关键词】: 长江经济带 碳足迹 碳中和 投入产出法

【中图分类号】: F062.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2022)09-037-06

21 世纪是人类历史上二氧化碳排放增长幅度最快的时期, 全球变暖成为世界各国面临的重要难题。2006 年起, 中国正式超过美国成为全球最大的碳排放国, 高速增长的碳排放引起的是环境剧烈恶化, 我国正面临巨大的减排压力。2020 年 9 月 22 日, 习近平主席在第七十五届联合国大会上宣布中国二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值, 努力争取 2060 年前实现碳中和。自此, “碳达峰、碳中和”成为生态文明建设整体布局中至关重要的一环。碳足迹是一个人或团体的“碳消耗量”, 是指企业机构、活动、产品或个人通过交通运输、食品生产和消费以及各类生产过程等引起的温室气体排放的集合。区别于碳排放研究, 碳足迹的研究更偏向于对碳排放活动背后的人类行为进行分析, 还包含了在社会历史进程中生产活动产生的直接或间接的碳排放问题。如期落实碳达峰的要求, 需要将减排责任落实到每一个地区。长江经济带是我国具有国际影响力的内河经济带, 也是生态文明建设的先行示范带。覆盖自云南至上海的 11 个省市, 面积约占全国总面积的四分之一, 人口和生产总值均超过全国的 40%, 推动长江经济带发展是我国重要的区域发展战略部署, 是党中央做出的重大决策。厘清长江经济带的碳足迹对实现我国节能减排, 如期完成“碳达峰、碳中和”目标具有重要意义。本研究以长江经济带沿线 11 省市为研究区域, 采用多区域投入产出模型计算长江经济带沿线省市的碳足迹, 并对区域重点行业的碳足迹进行分析, 对不同区域不同行业之间的碳足迹关联进行探究并思考其影响因素, 为推进长江经济带高质量协同治理、推进产业优化调整、加强减排提供理论依据。

1 文献综述

¹作者简介: 李世祥, 博士, 教授, 博士研究生导师, 研究方向为资源环境经济与政策。E-mail:lishixiang@cug.edu.cn
基金项目: 湖北省社会科学基金重点项目暨省新型智库项目“坚持长江经济带生态优先、绿色发展的路径研究”(HBSK2021703)

长江经济带碳足迹的现有研究大多聚焦于长江经济带沿线省市碳排放的角度，主要从以下四个方面展开。

(1) 将碳排放的测度问题与绿色可持续发展相结合。例如李强和左静娴^[1]运用 STIRPAT 模型预测长江经济带未来的碳排放峰值，田泽等^[2]利用广义迪氏指数分解法和 STIRPAT 模型指出长江经济带区域若利用高减排模式，碳达峰时间则会提前到来，并证明了经济中增长、碳排放高减排模式是实现减排目标的最优路径。

(2) 关于碳排放量的影响因素分析，例如碳排放量与能源消费、经济增长和地区人均生产总值等因素之间的影响关系。如罗芳等^[3]基于 Tapio 脱钩模型和结构分解分析从生产端和消费端两个层面分析了长江经济带碳排放与经济增长之间的影响因素。王若梅等^[4]借助 Kaya 恒等式和 LMDI 分解方法，提出控制碳排放要综合考虑水、土、能源要素。邢红^[5]通过证明长江经济带 EKC 曲线的存在验证了长江经济带经济增长和能源利用强度是推动碳排放增加的最关键因素。

(3) 碳排放区域差异性的问题研究，这部分的研究主要侧重在碳排放的空间特征。李建豹和黄贤金^[6]通过碳排放影响因素空间面板模型的构建表明人口总量是长江经济带碳排放时空角度影响的决定因素。苑韶峰和唐奕钰^[7]基于 LandsatTM 影像，从经济贡献、生态承载以及二者耦合关系探讨了长江经济带区域土地利用碳排放的空间差异，为长江经济带区域低碳发展提供了土地方面的建议。

(4) 区域内碳排放现状及其影响因素问题。李强和左静娴^[8]采用灰色关联分析方法对长江经济带碳排放强度与产业结构之间的关系进行探究。曹俊文和曾康^[9]从时间和空间两个维度证明了第二产业是长江经济带碳排放差异的主要来源，提高第二产业利用率，促进产业升级是缓解碳排放增长的关键途径。

现阶段对碳足迹的研究方法可分为两类。一是生命周期法，是对产品进行自开始至结束的过程进行计算的方法，适用于不同尺度的碳足迹核算。二是投入产出法（IO），利用投入产出表提供的信息计算经济变化对环境产生的直接和间接的影响。根据研究方法的不同国内外学者对碳足迹的研究呈现出百花齐放的态势。例如 Gül^[10]运用投入产出模型，对土耳其可再生能源的消费政策进行分析。在国际层面，杜丽娟等^[11]构建投入产出模型对中匈贸易隐含碳进行测算并做出分析；在国家层面，索成等^[12]通过多区域投入产出模型的分析，计算京津冀及周边地区之间贸易关系隐含的二氧化硫排放。投入产出模型成为评估部门间碳足迹的主流方法。

综上所述，这些成果为本文的研究提供了基础和借鉴，然而现有研究的切入点和内容仍存在局限性。首先是对碳排放过于聚焦而忽略对碳足迹的研究，导致碳足迹方面的成果非常稀少。碳足迹相较于碳排放来说研究方向更加宏观，碳排放是碳足迹过程中的一个部分，确定碳排放量是研究碳足迹行为的第一步。其次是现有研究都将长江经济带看作一个整体进行分析研究。长江经济带各地区碳足迹之间的联动并不是简单的地理位置，还受到不同省市的地区政策、市场贸易等多方面因素影响，省域之间是一种复杂的网络化关系。将长江经济带看成一个整体进行核算分析是片面的，没有分析区域内部之间相互影响的因素，缺乏对不同区域不同行业之间碳足迹的关联度进行探索。

2 研究方法与数据来源

2.1 研究方法

投入产出法最早由美国学者里昂惕夫（Wassily Leontief）提出。多区域投入产出模型（MRIO）是展示区域间、行业部门间投入和产出平衡的经济学模型。本研究采用中国 2017 年 31 个省份（港澳台地区除外）42 个部门区域间投入产出表进行模型构建，为了研究的结果便于分析展示，根据部门行业特征和性质进行分类整合，将全国 42 个部门合并为 12 个行业，行业合并结果对照图如表 1 所示。在投入多区域投入产出模型中，存在：

$$x_i^m = \sum_{j=1}^n x_{ij}^m + Y_i^m \quad (1)$$

式中： x_i^m 表示m区域i部门的总产出； x_{ij}^m 表示m地区i部门对j部门的中间投入； Y_i^m 表示对m地区i部门产品的最终需求。

为了将其转化为经济分析模型，则需要引入直接消耗系数。直接消耗系数是用j部门的总投入 x_j 去除该产品部门生产经营中所直接消耗的i部门的货物或服务价值量 x_{ij} ，表达式为：

$$a_{ij} = x_{ij} \div x_j \quad (2)$$

式中： a_{ij} 的值介于0和1之间。将公式（2）和公式（1）相结合并展示为矩阵形式：

$$X = (I - A)^{-1} F \quad (3)$$

式中：X代表总产出矩阵， $(I - A)^{-1}$ 为里昂惕夫逆矩阵，F表示最终需求矩阵。该模型即为投入产出法的基本模型。将碳足迹研究与投入产出模型结合就需要引入直接碳排放系数，即单位产出的直接碳排放量：

$$E = (e_j^m) \quad (4)$$

$$e_j^m = c_j^m \div x_j^m$$

式中：E为直接碳排放系数矩阵； e_j^m 为m地区j部门的直接碳排放系数； c_j^m 表示m地区j部门的直接碳排放量， x_j^m 表示为m地区j部门的总产出。则碳足迹C的最终表达式为：

$$C = E(I - A)^{-1} F \quad (5)$$

2.2 数据来源

由于我国地区投入产出表每五年进行一次编制，最新的年份为2017年。基于此，本文以2017年全国投入产出表为底编制了长江经济带11省市（贵州、云南、四川、重庆、湖北、湖南、江西、安徽、浙江、江苏、上海）投入产出表，数据核算内容均来自统计局发布数据。公式（4）和公式（5）中使用的二氧化碳排放数据依据为《IPCC国家温室气体排放清单指南》，核算数据来源为《中国能源统计年鉴2017》。首先整理11省市化石燃料的消费数据，根据各省市能源平衡表将能源消费量进行拆分，得出11省市不同部门的化石能源消费数据，其次根据《IPCC国家温室气体排放清单指南》提供的二氧化碳排放因子计算得出不同省市不同部门的二氧化碳排放量，再由公式（4）计算得出直接碳排放系数。

3 实证分析

3.1 长江经济带沿线11省市区域间碳足迹分析

区域部门生产活动是为了满足本地区和周边区域外地区产品和服务的消费。2017年全国碳足迹总量为 299×10^7 吨，长江经

经济带沿线 11 省市碳足迹占全国的 30%。长江经济带沿线省市内部贸易和生产消费活动是导致国内碳足迹上升的主要原因之一。基于此，本文主要分析长江经济带沿线省市碳足迹，后文提及长江经济带沿线 11 省市生产和消费端二氧化碳排放仅包含为满足长江经济带区域内部生产和消费所导致的部门产业二氧化碳的排放。

图 1 和图 2 对比了长江经济带沿线 11 省市生产和消费视角下碳足迹和区域贡献。总体来说，11 省市对其各自省市内部的依赖程度最高，大部分的碳排放都源自本地区内部，本省生产、消费引起的碳排放占各自碳排放总量的 85%~95%。如图所示：上海、江苏、江西和重庆的生产端二氧化碳排放高于消费端二氧化碳排放贡献，属于碳排放调出地区；浙江、湖北、湖南、四川、贵州和云南的消费端二氧化碳排放高于生产端二氧化碳排放贡献，属于碳排放调入地区。从图中可看出江苏的生产端碳排放明显高于消费端碳排放的贡献，证明江苏对长江经济带其他省市的支援程度较强，其内部生产端碳排放量占碳排放总量的 84%。湖南、四川、贵州和云南的消费端碳排放明显高于生产端碳排放，表明这 4 个省份对其他 7 个省市的依赖程度较高。其中，湖南对江苏的依赖程度最高，其消费端碳排放总量中有 2.95×10^6 吨来自江苏，其次是浙江、安徽和上海，消费端碳排放分别有 1.28×10^6 吨、 1.27×10^6 吨和 1.21×10^6 吨来源于这 3 个省市，4 个省份的碳排放占湖南外部消费量的 64%。重庆在区域间二氧化碳排放调出、调入基本持平。

3.2 长江经济带沿线 11 省市区域间行业碳足迹分析

区域间二氧化碳排放的转移主要是由区域内各个行业间产品贸易流通活动导致。图 3 展示了长江经济带沿线 11 省市 12 个行业间生产端和消费端碳足迹对比以及行业和区域贡献。如图所示，2017 年，能源动力业、服务业、交通运输业和装备制造业是长江经济带沿线省市二氧化碳排放的主要行业来源，分别产生了 23.29×10^7 吨、 11.57×10^7 吨、 10.30×10^7 吨和 10.16×10^7 吨的二氧化碳排放量，占区域排放总量的 27%、13%、12%和 11%。由于这些重点行业的特殊性，即为其他行业提供原材料、动力和运输支持，处于产业链的最上游，其生产端碳排放用于自身行业消费的部门非常少，大部分的碳排放是为其他行业提供中间产品所引起。从区域间的贡献来看，江苏主导了能源动力业和金属冶炼与制品制造业生产端的碳排放，分别贡献各行业生产总量的 21.6%和 35.3%，安徽对能源动力业的贡献也不容小觑，占能源动力业总量的 18.4%。湖南对装备制造业的贡献在长江经济带沿线城市中最大，占其总量的 58.3%。对交通运输业贡献较大的是上海，其二氧化碳排放占交通运输业总占比的 15.8%。贵州则是对服务业贡献较为突出，占其总量的 27.8%。

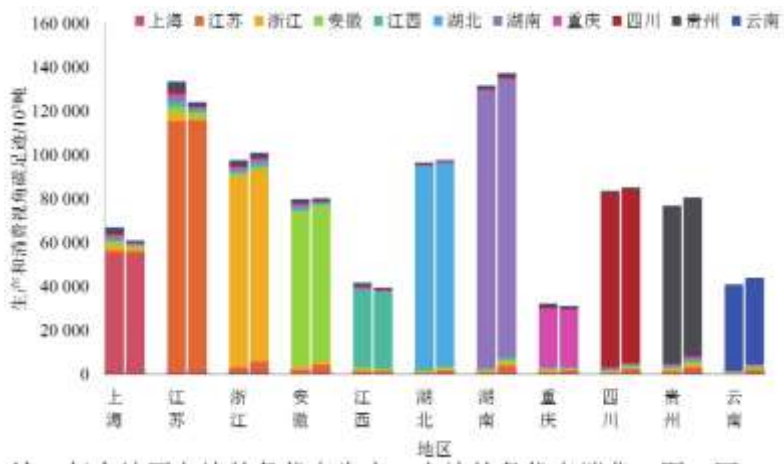


图 1 2017 年长江经济带沿线 11 省市生产和消费视角碳足迹

注：每个地区左边的条代表生产，右边的条代表消费。图 2 同。

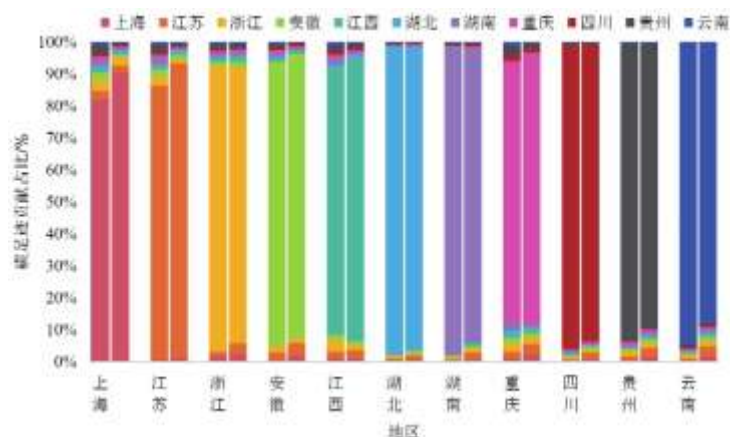
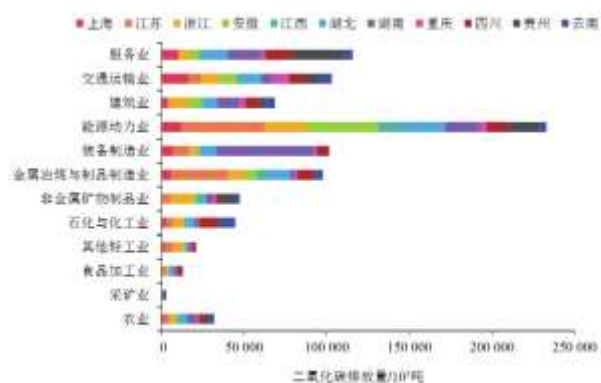
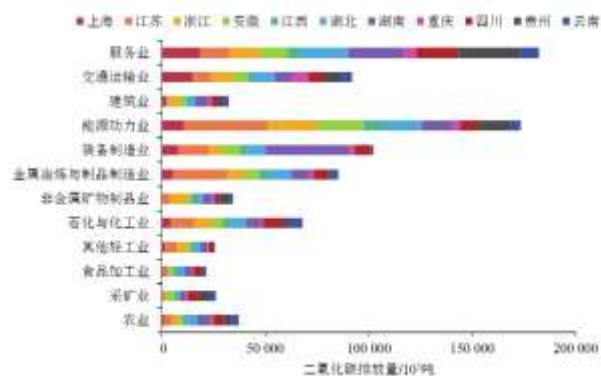


图2 2017年长江经济带沿线11省市生产和消费视角碳足迹贡献占比

从消费视角来看，长江经济带沿线省市服务业和能源动力业的二氧化碳排放远超其他产业，分别贡献了 18.2×10^7 吨和 17.3×10^7 吨，占区域全部门消费端碳排放总量的 20.7% 和 19.7%。服务业的消费端碳排放主要是为了满足自身行业需求和能源动力业，分别占其总量的 50.4% 和 14.9%。能源动力业的消费端碳排放大部分来源于自身内部，内部消费占其总量的 90.0%。第二排放集团是装备制造业、交通运输业、金属冶炼与制品制造业和石化与化工业。分别占 11.6%、10.4%、9.7% 和 7.7%。从区域贡献来看，江苏依然主导能源动力业和金属冶炼与制品制造业的消费端碳排放，分别贡献各行业消费总量的 23.3% 和 30.9%，并且在装备制造业、石化与化工业有较突出的贡献。湖南相较于其他产业的消费端碳排放，装备制造业消费端碳排放独占鳌头，占该部门消费端碳排放总量的 39.0%。上海相比于其他省市在交通运输业消费端碳排放贡献较高，占其总量的 16.2%，服务业则呈现“百花齐放”的态势，贵州、湖南、湖北、四川和上海的贡献较为突出，分别占其总量的 16.4%、14.6%、12.8%、11.1% 和 10.1%。



(a) 生产端分行业部门碳足迹



(b) 消费端分行业部门碳足迹

图 3 2017 年长江经济带沿线 11 省市生产端和消费端二氧化碳排放量对比及贡献

3.3 长江经济带沿线 11 省市区域间重点行业碳足迹分析

促进长江经济带沿线 11 省市产业间交流与合作是控制地区碳足迹的有效措施，也是长江经济带绿色发展的重中之重。本节以前文提及的 4 个重点行业：装备制造业、能源动力业、交通运输业和服务业为研究对象，着重解析长江经济带沿线省市行业间的贸易流通对重点行业碳足迹的影响（图 4）。

（1）装备制造业。装备制造业是为各部门进行简单生产和扩大再生产提供装备的各类制造业的总称，是工业的核心部分，是支撑国家综合国力的重要基石。图 4(a) 展示了长江经济带沿线 11 省市之间产品贸易流通引起的装备制造业二氧化碳的排放。由于装备制造业是湖南的支柱产业之一^[13]，是长江经济带乃至全国重要的工业基地，在长江经济带区域承担非常重要的支撑作用。湖南装备制造业的消费端碳足迹占全区域内碳足迹的 40.9%。第二集团则是由湖北、江苏、安徽和四川 4 个省份组成，分别占比为 10.3%、10.1%、9.4%和 8.6%。第三集团是上海和浙江，占比为 6.9%和 5.5%。江西、贵州、重庆和云南由于地理位置和资源禀赋等问题，对装备制造业消费端的贡献较少，总占比为 8.1%。

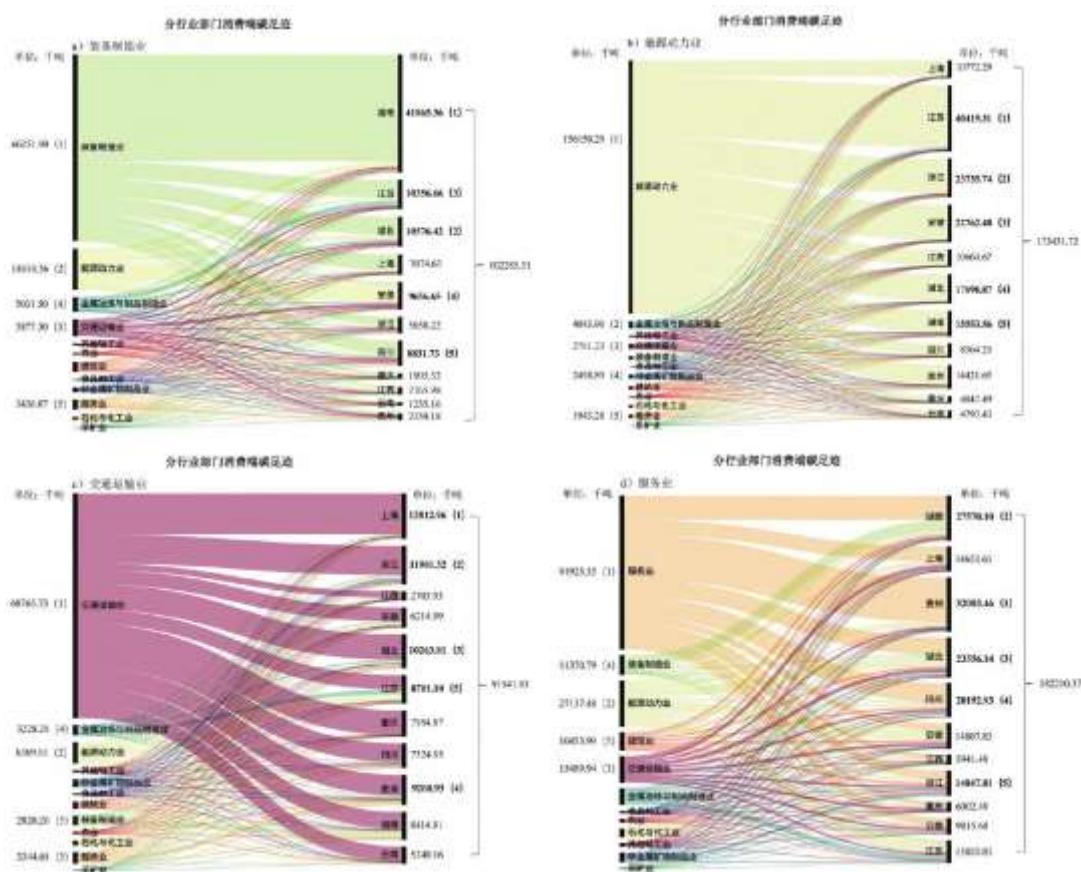


图 4 2017 年长江经济带沿线 11 省市重点行业消费端碳足迹

据核算，湖南装备制造业 5.93×10^7 吨的碳排放是由其他区域消费所引起，贡献了区域间装备制造业碳足迹的 58.3%。发达的装备制造业主要是为了满足区域内其他省市的装备制造业、能源动力业、交通运输业和金属冶炼与制品制造业的消费需求。贵州、安徽、江苏、重庆和浙江的消费引起其他省市装备制造业的碳排放远高于其区域内装备制造业的碳排放，前者分别为后者的

7.2 倍、5.6 倍、2.2 倍、2.1 倍和 1.3 倍。其中，贵州对其他区域装备制造业的碳排放贡献主要集中在能源动力业、金属冶炼与制品制造业、交通运输业和服务业的消费活动，安徽对其他省市装备制造业的碳排放贡献主要由能源动力业、建筑业和交通运输业消费活动引起。

(2) 能源动力业。能源动力业是开发利用自然界中各种能量资源及其转变为二次能源的工业生产部门。对于国民经济的发展具有十分重要的作用。图 4(b) 展示了长江经济带沿线 11 省市之间产品贸易流通引起的能源动力业二氧化碳的排放。能源动力业是我国现阶段发展的重点产业，长江经济带作为我国核心枢纽，对能源动力业的发展非常重视。然而，高速的发展离不开高排放的产生，2017 年，长江经济带沿线 11 省市间贸易引起能源动力业的碳排放为 17.3×10^7 吨。新中国成立以来，江苏能源行业以火电为主，水火电并举并适当发展核能，并在新能源汽车领域有所建树，因此成为国内能源动力业大省。江苏能源动力业的消费端碳足迹占长江经济带全区域内能源动力业消费端碳足迹的 23.3%。安徽煤炭资源较之长江经济带其他省份来说非常丰富，全省含煤面积约为 1800 平方千米，约占全省总面积的 12.9%，能源动力业消费端碳足迹占长江经济带全区域内能源动力业消费端碳足迹的 13.7%。由于地理位置和省市定位的原因，重庆和云南对能源动力业消费端碳足迹的贡献较少，总占比为 5.1%。

据核算，能源动力业大省江苏 4.05×10^7 吨的碳排放是由其他区域消费所引起的，贡献了区域间能源动力碳足迹的 26.0%。因此可以看出，江苏能源动力业生产端的碳排放主要是为其消费端提供需求。对其他省市而言，安徽、湖北、四川和湖南的生产端碳排放量远大于消费端，前者为后者的 1.9 倍、1.5 倍、1.4 倍和 1.4 倍。4 个省份对其他省市能源动力业的贡献主要由金属冶炼与制品制造业、装备制造业、非金属矿物制品业和服务业消费活动引起。

(3) 交通运输业。长江全长 6387 千米，是世界第三长河，是货运量位居全球内河第一的“黄金水道”，也是贯穿东、中、西部的水路交通大通道，在流域综合运输体系中具有重要地位。图 4(c) 展示了长江经济带沿线 11 省市之间产品贸易流通引起的交通运输业二氧化碳的排放。交通运输业不仅是国民经济的基础产业，而且是关联度极高的产业，不仅实现着商品跨地域流动，而且承担着协调产业布局、带动经济落后地区发展、带动上下游产业发展的任务。2017 年，长江经济带沿线 11 省市间贸易引起交通运输业的碳排放为 9.2×10^7 吨。由于交通运输业的特性，除其自身内部的依赖外，对能源动力业和服务业的依赖程度较高，其消费端碳足迹对交通运输业消费端总碳足迹占比分别为 7.0% 和 3.6%。

上海港是我国内陆地区最大的枢纽港之一，具有顶级规模的综合交通运输网络，运输方式多样，主要分为公路运输、铁路运输、水路运输、航空运输以及轨道运输 5 种运输方式。上海港拥有 35 个客运站和 1611 条长途班线，使得运输的货物能轻松抵达国内 14 个省市下辖的 660 个区域。浙江则是以海上客运为主，2019 年，交通运输部确定浙江为第一批交通强国建设试点地区。湖北以内河航道和航空运输为主，其省会武汉市更是自古以来有“九省通衢”的名号，武汉天河机场是华中地区规模最大、功能最齐全的现代化航空机场。这 3 个省市的交通运输业碳足迹占长江经济带全区域内交通运输业消费端碳足迹的 39.1%。

交通运输业的碳足迹贡献主要是由能源动力业、服务业、金属冶炼与制品制造业和装备制造业的消费活动引起。由于上海、浙江和江苏位于沿海地区，地理位置优势突出，对交通运输业的消费端碳排放贡献较高。其余省市地理位置优势不明显，交通运输业碳足迹贡献差异并不是很大。江西四面环山、交通闭塞、铁路线较之其他省份较少、公路质量差、内河货运发展与现阶段流量不匹配，导致江西交通运输业碳足迹消费占比低下。

长江经济带沿线 11 省市中，仅有江苏和湖南两省在交通运输业方面消费端碳足迹高于生产端碳足迹，证明区域内交通运输业的总碳足迹是调出的，区域内交通运输业对其他产业的发展起正向作用。

(4) 服务业。服务业也叫第三产业，指从事服务产品的生产部门和企业的集合，是经济发展到一定阶段的必然产物。2019 年，服务业成为我国最大的产业，是推动中国经济增长最重要的动力。图 4(d) 展示了长江经济带沿线 11 省市之间产品贸易流通引起的服务业二氧化碳的排放。2017 年，长江经济带沿线 11 省市间贸易引起服务业的碳排放为 18.22×10^7 吨。由于服务业与其他产业之间存在高关联性，其自身消费端碳足迹仅占总量的 50.4%，对其他产业的依赖程度较高。长江经济带服务业经济增长走势

与碳排放增长走势大体保持一致，其中，上海金融业综合水平处于领先地位，江苏、浙江、湖北服务业发展潜力较大^[14]。

从地区视角出发，贵州服务业消费端碳足迹的占比最高，为 17.6%，并且对其他产业的依赖程度不高，仅为贵州服务业消费端碳足迹的 6.5%。旅游业是湖南经济发展的重要引擎，湖南服务业消费端占全区域服务业消费端碳足迹的 15.1%。然而湖南服务业对其他部门的依赖程度与自身服务业消费的依赖程度近于持平，其中，装备制造业对服务业消费端碳足迹的贡献为 24.1%。江苏服务业消费端碳足迹对其他产业的依赖程度最高，其他部门消费活动引起的碳足迹贡献占江苏服务业消费端碳足迹总量的 94.7%。

4 结论与政策建议

从研究结果来看，引起长江经济带沿线 11 个省市各类生产碳排放的重要来源是产品贸易流通。因此，以产品贸易流通高质量化、高端化、精细化来管理生产碳排放为切入点，应进一步加快长江经济带沿线省市之间的产业合作，提高区域内整体产业结构的升级。同时，为鼓励区域间先进生产和污染控制技术的共享化，实现生产排放整体降低，应制定相关的激励政策。

(1) 以基础设施建设为基础。由前文研究可知，当前，长江经济带仍处于东中西部发展不均衡的状态，尤其是区域间的基础设施仍存在较大差距。基础设施建设具有扩大总体内需、促进产业转型升级、释放区域潜在需求的作用，多年来一直是我国地方政府维持经济活力的主要方式。科学有效地利用好基础设施结构优化带来的乘数效应，以长江水道为依托，推进航空、铁路的建设，打造立体化的交通结构。进一步推进省域之间基础设施的互联互通，打造高质量一体化的现代交通运输体系，将有力推动新时代发展格局的形成。

(2) 以产业合理布局为骨架。长江经济带现阶段产业融合水平整体偏低，整体碳足迹更依赖于产业内部的生产和消费。我国应针对这一现状，加快长江经济带战略推进的速度，促进长江经济带沿线省市产业布局合理化，促进产业之间相互融合的速率，优化碳排放的输入和输出方向。此外，应发挥下游的增长极作用，带动中上游产业的融合发展。

(3) 以绿色发展为总抓手。以绿色发展、协调区域利益为导向，适度增加公共产品投入力度和政府生态环境保护力度，构建长江经济带上游以预防性协同发展为主、中游以保护性协同发展为主、下游以治理为目标的协同发展为主的绿色发展政策。逐步建立长江经济带上中下游的碳补偿方法，构建长江经济带沿线省市碳排放治理成果共享机制。

参考文献:

- [1]李强,左静娴.基于 STIRPAT 模型的长江经济带碳排放峰值预测研究[J].东北农业大学学报(社会科学版),2017(5):53-58.
- [2]田泽,张宏阳,纽文婕.长江经济带碳排放峰值预测与减排策略[J].资源与产业,2021(1):97-105.
- [3]罗芳,郭艺,魏文栋.长江经济带碳排放与经济增长的脱钩关系——基于生产侧和消费侧视角[J].中国环境科学,2020(3):1364-1373.
- [4]王若梅,马海良,王锦.基于水-土要素匹配视角的农业碳排放时空分异及影响因素——以长江经济带为例[J].资源科学,2019(8):1450-1461.
- [5]邢红.长江经济带能源消费碳排放的多变量驱动因素研究——基于扩展 STIRPAT 模型[J].资源开发与市场,2020(4):337-343.

-
- [6] 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(10):1665-1671.
- [7] 苑韶峰, 唐奕钰. 低碳视角下长江经济带土地利用碳排放的空间分异[J]. 经济地理, 2019(2):190-198.
- [8] 李强, 左静娴. 长江经济带碳排放强度与产业结构的灰色关联分析[J]. 长春理工大学学报(社会科学版), 2018(1):77-84.
- [9] 曹俊文, 曾康. 基于 LMDI 和 M-R 分解模型的长江经济带碳排放驱动效应研究[J]. 环境污染与防治, 2019(8):992-998.
- [10] Gül O H. Renewable energy consumption policy in Turkey:An energy extended input-output analysis[J]. Renewable Energy, 2021, 175:783-796.
- [11] 杜丽娟, 马靖森, 郎鹏, 等. 中匈贸易隐含碳测算与对策分析[J]. 华北理工大学学报(社会科学版), 2021(3):130-136.
- [12] 索成, 赵红艳, 王鑫, 等. 京津冀及周边地区区域贸易隐含二氧化硫排放[J]. 环境科学学报, 2019(11):3916-3923.
- [13] 马美英, 易春. 湖南装备制造业绿色发展研究[J]. 中南林业科技大学学报(社会科学版), 2020(1):27-31.
- [14] 吴传清, 高坤. 长江经济带城市创新发展指数研究[J]. 长江大学学报(社会科学版), 2019(5):41-49.