

区域经济增长与碳排放的脱钩： 基于汉江生态经济带的实证分析

康文梅 夏克郁¹

【摘要】 具有重要生态地位和独特区位优势 of 汉江生态经济带肩负着巨大的经济发展和生态保护的双重任务。本文采用 IPCC 方法测算了汉江生态经济带 2005—2019 年 13 个地级市的二氧化碳排放，并运用 Tapio 指数分析法分别从时间、空间层面总结了汉江生态经济带的碳排放与经济增长脱钩关系。研究结果表明：在汉江生态经济带整体碳强度显著下降 43.3% 的同时，汉江生态经济带整体及其包含的 13 个地级市的脱钩指数均在不断缩小，大部分地级市已属于弱脱钩状态；汉江生态经济带上游的脱钩指数一般低于中下游地区，且下降速度更快，生态经济带内上中下游及其涵盖城市之间存在不协调性、不均衡性，还未形成更紧密的协同发展格局。因此，应通过完善顶层设计、促进区域间合作、推动产业绿色发展等措施推进汉江生态经济带的建设，促进我国中西部区域协调发展。

【关键词】 汉江生态经济带 碳排放 脱钩 Tapio 指数

【中图分类号】 F062.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1006-5024(2022)05-0023-09

一、引言

汉江作为长江第一大支流，一直是连接中西部的重要纽带，是南水北调的关键水源。汉江生态经济带作为长江经济带的重要组成部分，不仅处于我国南北植物区系的过渡带和东西植物区系的交汇区域，具有重要的生态地位，而且具备独特的区位优势，是我国中西部地区的结合部，具有承南起北的枢纽功能。

2016 年 3 月，汉江生态经济带建设纳入国家“十三五”规划纲要。2016 年 12 月国家发展和改革委员会印发的《促进中部地区崛起“十三五”规划》指出，“支持汉江生态经济带建设，推进流域综合治理与绿色发展”。2018 年国家发展改革委员会发布的《汉江生态经济带发展规划》明确提出，要在 2035 年之前将汉江生态经济带打造成长江流域绿色发展先行区，汉江生态经济带的经济发展与生态保护迎来新的机遇和挑战。2021 年国家《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出要支持汉江生态经济带上下游合作联动发展。

从一系列政策的出台可以看出国家对汉江生态经济带发展的重视，表明汉江生态经济带的生态保护和经济发展双重任务及区域协调发展已经上升到国家战略层面。然而，现有研究极少关注汉江生态经济带的碳排放，经济发展与碳排放的脱钩分析及区域协调研究也存在空白。因此，探索汉江生态经济带在长期的碳排放与经济发展的关系及区域协调性具有重要意义，不仅可以为政府制定科学合理的经济低碳化发展相关政策提供数据参考，还可以为我国中西部区域协调发展提供借鉴。

作者简介：康文梅，中国社会科学院大学生生态文明研究系博士生，研究方向为可持续发展经济学、气候政策数量分析；夏克郁，中国社会科学院大学生生态文明研究系博士生，研究方向为可持续发展经济学、全球气候治理。（北京 102488）

基金项目：国家社会科学基金项目“我国参与国际气候谈判角色定位的动态分析与谈判策略研究”（项目编号：16AGJ011）；中国社会科学院创新工程项目“碳达峰、碳中和目标背景下的绿色发展战略研究”（项目编号：2021STSB01）；中国社会科学院大学（研究生院）研究生科研创新支持计划项目“欧盟碳边境调节机制对中国的影响研究”（项目编号：2022-KY-131）

二、文献综述

自工业革命以来,经济得到了长足的发展。与此同时,环境污染问题也引起了广泛的关注。为了探索经济发展与资源消耗的关系,学者们开展了大量的相关研究,以 Grossman 和 Krueger 为首的学者提出了环境库兹涅茨曲线理论^[1],认为经济增长与污染物排放在长期内呈倒 U 形曲线关系。该假说预示着持续的、积极的经济增长最终将缓解资源环境压力。但是也有学者指出,环境库兹涅茨曲线选取的指标不同,会导致曲线形状的不同,难以反映真实的经济增长与污染物排放关系^{[2][3][4]}。

随着学者们的深入研究,发现经济增长与物质消耗的关系存在滞后性。经合组织(OECD)首次提出了脱钩理论^[5],以环境污染与 GDP 两者变化率的比值动态衡量经济增长与污染排放之间的弹性关系。许多研究者将脱钩指标进一步应用在经济增长与碳排放关系的研究上,根据研究方法的不同,主要有 OECD 脱钩指数、Tapio 脱钩指数。与 OECD 脱钩指数相比,Tapio 脱钩指数对脱钩状态的划分更为精细,能更精确地反映出不同地区及同一地区不同时段经济发展与碳排放之间的关系。^[6]

随着脱钩理论的丰富,基于国家、区域、省级及城市的研究不断增多,研究范围不断拓宽。在国家层面,王杰等^[7]基于 Tapio 脱钩和 LMDI 模型分析了金砖国家碳排放与经济增长脱钩弹性及驱动因素,研究表明:金砖国家整体上呈现由负脱钩到弱脱钩再到强脱钩的变化趋势,经济强度因素和人口因素是碳排放的主要正向驱动因素,能源强度因素则对碳排放具有抑制作用。张剑等^[8]采用 Tapio 脱钩模型定量分析了中国能源消费 CO₂ 排放与经济增长的脱钩状况,研究发现 2000—2020 年中国能源消费 CO₂ 排放与经济增长之间的脱钩状态总体以弱脱钩为主。王世进等^[9]研究了雾霾、碳排放与经济增长的脱钩协同关系,发现我国碳排放脱钩努力对雾霾脱钩存在显著负向影响,而且碳排放脱钩努力不仅对本地的雾霾脱钩产生影响,还会影响其邻近地区的雾霾脱钩程度。李振环等^[10]采用“自下而上”法和 Tapio 脱钩模型对我国旅游业碳排放脱钩水平进行了测度,发现 2010—2019 年中国旅游业碳排放脱钩演变态势较为平稳,主要处于扩张性连接状态,脱钩效应欠佳。

在区域方面,郑伯铭等^[11]分析了 2007—2017 年“一带一路”沿线省份旅游经济与碳排放脱钩态势及影响因素,研究发现 2016 年脱钩态势最优,东南区域的脱钩状态最为严峻,西南、西北以及中部区域相对较好,科技创新能力、政府政策、城市化水平以及产业结构是影响脱钩态势空间异质性的主要因素。在省级层面,陈胜涛等^[12]以江苏省为例,研究了农业 CO₂ 排放与脱钩效应,结果显示:大部分区域的 CO₂ 排放与农业经济发展之间呈现强脱钩效应;蒋添诚等^[13]在基于种植业和畜牧业 8 类碳源测算湖北省农业碳排放强度及 Tapio 脱钩弹性,结果表明:湖北省农业碳排放 2015—2018 年为强脱钩状态。在城市层面,Shan 等^[14]基于 Tapio 脱钩模型分析了中国 294 个城市经济发展与碳排放的脱钩关系,研究发现在 2005—2015 年中国 11%的城市实现了 GDP 与碳排放的强脱钩,65.6%的城市处于弱脱钩状态;禹湘等^[15]采用 Tapio 脱钩模型考察了低碳试点城市经济增长与碳排放总量变动之间的关系,并根据脱钩弹性系数的大小将低碳试点城市分为低碳成熟型、低碳成长型、低碳后发型三种。

目前不同层级的碳排放与经济发展之间的脱钩关系已经有大量的研究,为中国低碳城市研究奠定了较好的基础。但是,对于典型区域的研究仍然不够充分,特别是具有重要生态地位和独特区位优势의汉江生态经济带。对于汉江生态经济带的研究,现有文献主要测度了其绿色水平^[16,17]、生态状况^[18]、产业生态化与生态产业化耦合协调度^[19]等。这些研究表明:汉江生态经济带的绿色发展水平、生态文明水平均在不断提高。但是,流域内不同城市之间仍然存在不均衡。然而,现有文献目前缺乏对汉江生态经济带长期的碳排放测算,经济发展与碳排放的脱钩分析及区域协调研究也存在空白。因此,本文首先测算了汉江生态经济带在 2005—2019 年的二氧化碳排放数据,然后采用 Tapio 指数测度了碳排放与经济增长脱钩关系,不仅分析了碳排放与脱钩指数的时空演变特征,还从上游和中下游分析了区域间的脱钩关系,以期制定科学合理的经济低碳化发展相关政策措施提供数据参考,为我国中西部区域协调发展提供借鉴。

三、测算模型

(一) 碳排放的核算

鉴于与能源相关的二氧化碳排放在温室气体中占比较大，而且该部分碳排放核算对于获取相关数据相对困难的城市来说较容易，所以本文仅核算城市与能源相关的二氧化碳排放。目前，现有研究主要以能源消费量和碳排放系数来核算碳排放。考虑到城市碳排放核算相关数据的统计基础，本文采用将能源折算成标准煤的方法测算汉江生态经济带与能源相关的二氧化碳排放数据，具体核算方法如下：

$$CE_i = GDP_i * EI_i * K \quad (1)$$

式（1）中， CE_i 为城市 i 与能源相关的二氧化碳排放，单位为万吨； GDP_i 为城市 i 地区生产总值，单位为亿元； EI_i 为城市 i 地区生产总值的单位能源消耗量，单位为吨标准煤/万元； K 为标煤折算二氧化碳系数。

（二）脱钩指数的核算

现有研究中脱钩指数的核算主要参考 Tapio 的方法。此方法通过衡量两个变量之间的弹性关系来判断脱钩状态。本文也采用该方法，具体核算方法如式（2）所示。Tapio 指数将脱钩状态细化为 8 种，其中强脱钩属于最理想的脱钩状态，而强负脱钩则属于最差的脱钩状态。

$$EC_i^{t-j,t} = \% \Delta CE_i / \% GDP_i \quad (2)$$

式（2）中， EC_i 为城市 i 在时间 $t-j$ 与 t 的脱钩指数； $\% \Delta CE_i$ 为城市 i 在时间 $t-j$ 与 t 的与能源相关的二氧化碳排放变化率； $\% GDP_i$ 为城市 i 在时间 $t-j$ 与 t 的地区生产总值变化率。

四、数据来源与处理

根据 2018 年 11 月国家发展和改革委员会发布的《汉江生态经济带发展规划》，汉江生态经济带的范围包括湖北省、河南省和陕西省的 13 个地级市，分别为湖北省的武汉市、十堰市、襄阳市、荆门市、孝感市、随州市，陕西省的汉中市、安康市、商洛市，河南省的洛阳市、三门峡市、南阳市、驻马店市。考虑到结果的准确性和可对比性，本文选择汉江生态经济带范围内的 13 个地级市作为研究对象。

基于数据的可获取性，本文选取的研究时段为 2005—2019 年，其中以 2005 年为研究初始年份，是由于能源强度指标从“十一五”开始正式公布。研究所需数据包括每个城市的地区生产总值的单位能源消耗量、地区生产总值、人口、GDP 指数均来自各省区市统计年鉴，标煤折算二氧化碳系数参考张金萍等^[20]。此外，本文涉及价格的变量全部以 2005 年为基年实行价格平减，以消除价格的影响（本文选取的人口数据为常住人口）。

五、结果分析

（一）汉江生态经济带的碳排放变化趋势

1. 碳强度变趋势

2005—2019 年汉江生态经济带的碳强度整体呈现下降趋势，由 2005 年的 3.81 吨/万元下降到 2019 年的 2.17 吨/万元（以 2005 年不变价计算，下同），下降了 43.30%。可以发现，2005—2019 年汉江生态经济带的碳强度呈现增长和下降的两阶段变化

特征。第一阶段：2005—2010 年的增长期，该阶段汉江生态经济带的碳强度整体表现为上升趋势，不过增量不大，由 2005 年的 3.81 吨/万元增加到最高值 4.29 吨/万元，再下降到 2009 年的 3.71 吨/万元，最后上升到 2010 年的 3.86 吨/万元。第二阶段：2010—2019 年的下降期，该阶段汉江生态经济带的碳强度整体表现为显著下降趋势，由 2010 年的 3.86 吨/万元下降到 2019 年的 2.17 吨/万元，下降了 43.78%。整体来看，2005—2019 年汉江生态经济带的碳强度呈下降趋势（见图 1）。



图 1 2005-2019 年汉江生态经济带的碳强度变化趋势

2. 人均碳排放变化趋势

总体而言，2005-2019 年汉江生态经济带的人均碳排放显著增加，由最初的 4.19 吨/人增加到 2019 年的 9.76 吨/人，增长了 1.3 倍，年均增速高达 6.23%（见图 2）。对汉江生态经济带覆盖的 13 个地级市人均碳排放进行横向对比（见图 3），汉江生态经济带内部人均碳排放存在显著的时空异质性。

（1）人均碳排放最大的城市一直是武汉市，2019 年达到了 19.60 吨/人，约为 2005 年的 2.20 倍，最小的一直是商洛市，2019 年为 2.99 吨/人，约为 2005 年的 2.42 倍，而且极差由 2005 年的 7.66 吨显著扩大到 2019 年的 16.62 吨，人均碳排放增加的同时区域差异越来越显著。与此同时，武汉市和商洛市作为汉江生态经济带人均 GDP 最高、最低城市，2005—2019 年，武汉市人均 GDP（以 2005 年不变价计算，下同）从 2.62 万元增长至 8.83 万元，商洛市人均 GDP 从 0.46 万元增至 1.89 万元，经济差距同样在显著扩张，经济增长在一定程度上是以碳排放剧增为代价。

（2）对汉江生态经济带覆盖的地级市人均碳排放进行纵向对比，每个地级市的人均碳排放均在增加，不过增加幅度存在差距。其中增加最大的是襄阳市，由 2005 年的 5.10 吨/人增加到 2019 年的 15.45 吨/人，增长了两倍多；增加最小的是南阳市，仅由 2005 年的 2.99 吨/人增加到 2019 年的 3.51 吨/人。襄阳市、南阳市在人均 GDP 增速上分别排名第 4 和第 12，虽然 2005、2019 年两市的人均 GDP 相差并不明显，但是在人均碳排放上出现了显著时空差异，这意味着经济增长不仅促进了碳排放剧增，而且这种环境代价也由于各地方经济体量、发展模式的不同而造成了不均质特征。

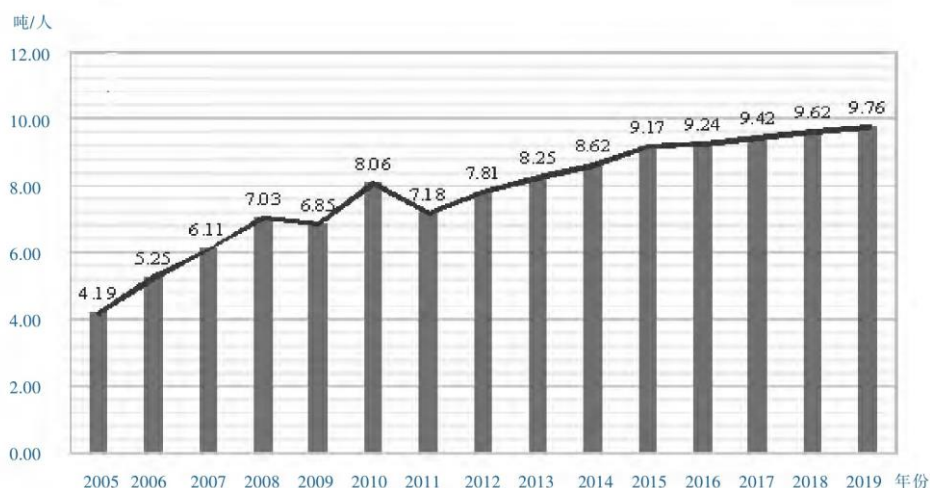


图 2 2005—2019 年汉江生态经济带的人均碳排放

（二）汉江生态经济带的脱钩指数变化趋势

1. 脱钩指数的整体变化趋势

2006—2019 年汉江生态经济带整体的及其包含的 13 个地级市各自的脱钩指数不断缩小，目前大部分已属于弱脱钩状态。从 2006—2019 年每年的脱钩指数变化趋势来看，汉江生态经济带的脱钩指数不断缩小，由 2006 年的 1.86（即扩张性负脱钩）显著下降为 2019 年的 0.24（即弱脱钩），意味着汉江生态经济带的降碳减排措施已经取得了显著成效，使得碳排放增长速度明显慢于经济增长速度。汉江生态经济带所包含的 13 个地级市中，其中武汉、十堰、襄阳、荆门、商洛、洛阳、三门峡、南阳、驻马店 9 个城市的脱钩指数虽然有波动，但是整体呈不断下降趋势，分别由 2006 年的 1.06、1.43、2.00、2.15、0.89、2.98、3.46、2.57、2.45 下降到 2019 年的 0.52、0.35、0.34、0.54、0.08、-0.49、-1.61、0.21、0.42；而孝感、随州、汉中、安康 4 个城市的脱钩指数不断波动但整体变化不大，分别由 2006 年的 1.08、1.09、0.66、0.67 下降到 2019 年的 0.84、0.57、-0.37、0.46。从中可以发现，汉中、三门峡目前已经属于最理想的脱钩状态，即随着经济的正增长，碳排放实现达峰且呈逐渐下降趋势，但是并未呈现长期稳定的强脱钩状态。

2. 脱钩指数的区域变化趋势

为了更好地分析汉江生态经济带不同区域脱钩指数的变化情况，本文参考杨笑^[21]的研究，将汉江生态经济带分为上游地区和中下游地区，前者包括洛阳、三门峡、汉中、安康、商洛、十堰 6 市，后者包括南阳、驻马店、武汉、襄阳、荆门、孝感、随州 7 市，进而核算了上游地区和中下游地区的脱钩指数（见图 4）。

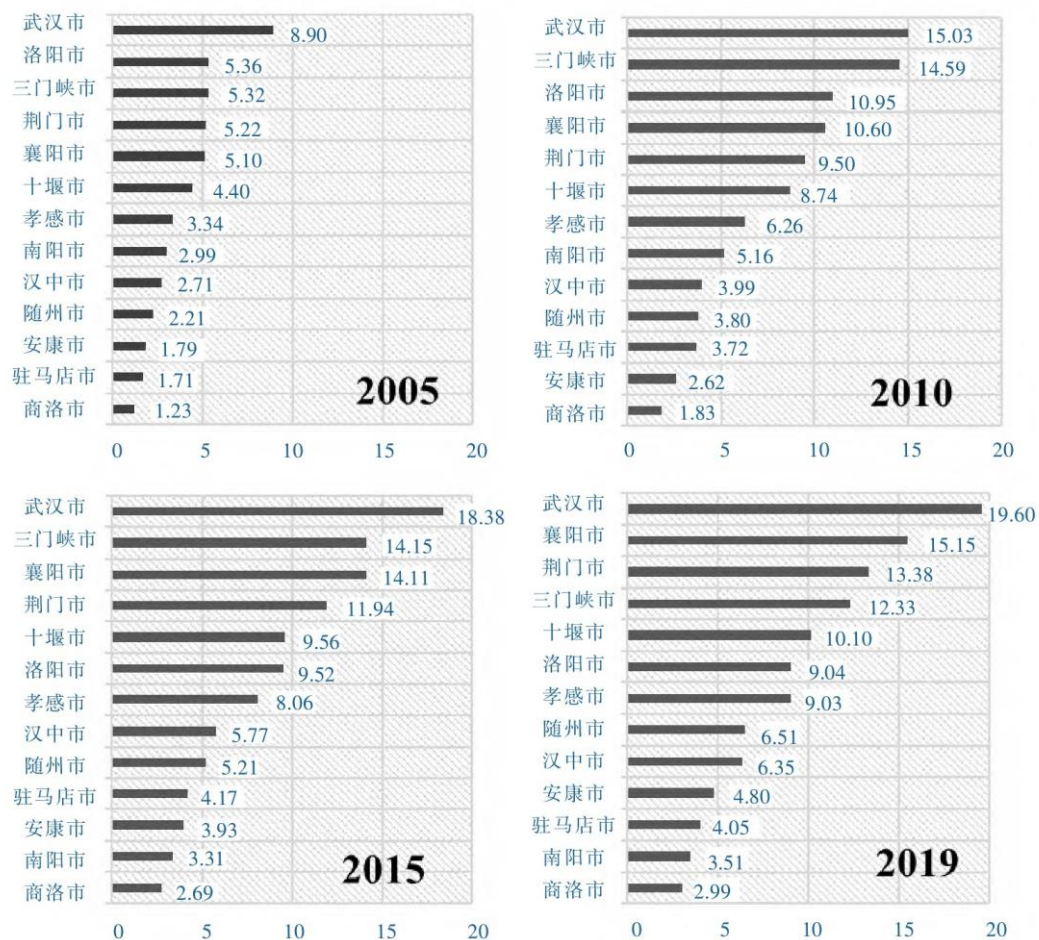


图 3 汉江生态经济带覆盖地级市的人均碳排放（部分）（单位：吨）

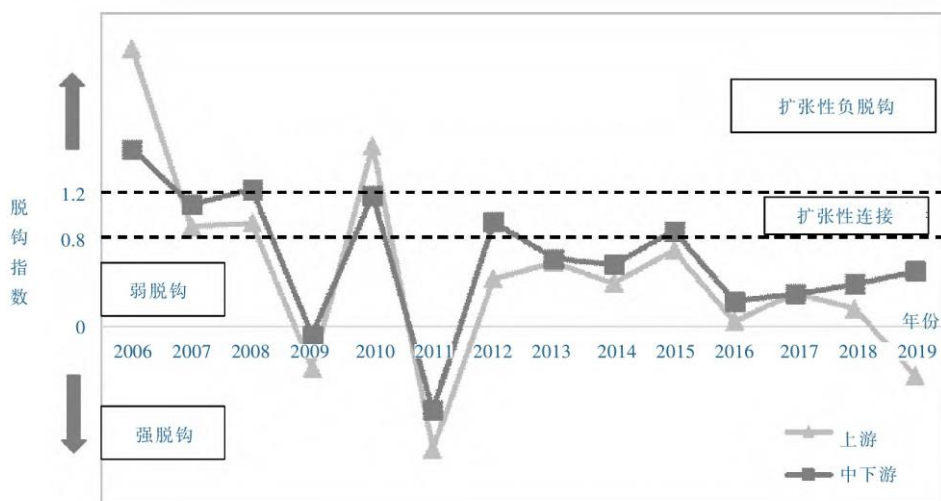


图 4 2006—2019 年汉江生态经济带的区域脱钩指数发展趋势

整体来看,2006-2019年汉江生态经济带的上游和中下游地区的脱钩指数整体呈现下降趋势,上游地区由2.49下降到-0.44,目前已经实现强脱钩,但还未呈现稳定持续的强脱钩状态;中下游地区由1.59的扩张性负脱钩状态下降到0.50的弱脱钩状态。对比上游地区和中下游地区,可以发现上游地区的脱钩指数整体低于中下游地区,而且从2012年以来一直处于弱脱钩状态,甚至在2019年实现了碳排放与经济增长的强脱钩,而中下游地区则一直处于弱脱钩状态。中下游的经济相比上游更为强劲,但是在脱钩状态上区域表现截然相反,这意味着汉江经济带存在着区域发展与环境不平衡问题,值得引起注意。

六、结论与建议

(一) 结论

汉江生态经济带作为具有重要生态地位和独特区位优势的地区,肩负着艰巨的经济发展和生态保护的双重任务。本文先测算了汉江生态经济带在2005-2019年的二氧化碳排放数据,然后采用Tapio指数测度了碳排放与经济增长脱钩关系,不仅分析了碳排放与脱钩指数的时空演变特征,而且按上游和中下游分析了区域间的脱钩关系。结论如下:

1. 汉江生态经济带的碳强度整体呈现下降趋势,由2005年的3.81吨/万元下降到2019年的2.17吨/万元(以2005年不变价计算,下同),下降了43.30%。

2. 汉江生态经济带的人均碳排放逐渐增加,由最初的4.19吨/人增加到2019年的9.76吨/人,在所涵盖的13个地级市中,武汉市的人均碳排放最高,商洛市最低,在2019年分别为19.60吨/人、2.99吨/人。总体而言,汉江生态经济带内部人均碳排放存在显著的时空异质性,内部城市之间的环境代价由于各地方经济体量、发展模式的不同而具有差异性。

3. 汉江生态经济带整体及包含的13个地级市的脱钩指数不断缩小,目前大部分已属于弱脱钩状态。

4. 汉江生态经济带的上游和中下游地区的脱钩指数整体呈现下降趋势,目前上游处于强脱钩状态,中下游地区处于弱脱钩状态,其中上游的脱钩指数一般低于中下游地区,且下降更快速。中下游的经济相比上游更为强劲,但是在脱钩状态上区域表现截然相反,这意味着汉江经济带存在区域性发展与环境保护不平衡的问题,值得引起注意。

(二) 建议

为了推进汉江生态经济带的建设,促进我国中西部区域协调发展,本文根据以上研究结论,提出如下建议:

1. 完善汉江生态经济带顶层设计,打造长江流域绿色低碳发展先行区。汉江生态经济带作为拥有我国重要的生态地位的经济带,肩负生态环境保护和经济发展的双重重任。汉江生态经济带在2005—2019年取得了碳强度持续下降的减排成果,无疑是对汉江生态经济带的潜力肯定。生态经济带建设是一个系统、全面、长期的工程,涉及经济、社会、环境等多个复杂领域,容易出现经济、社会、环境目标之间相互冲突和区域发展不协调等问题,需要因地制宜,制定差异化规划,避免“一刀切”,防止效果偏离目标的现象出现,促进经济-社会-环境子系统协调优化,打造绿色低碳发展先行区,贡献双碳目标下的区域发展智慧经验。

2. 贯彻生态优先、绿色低碳发展的汉江生态经济带发展理念。提升民生福祉是发展的本质目标,生态环境与经济发展并不冲突,良好的生态环境是永续福祉。汉江生态经济带内部人均碳排放存在显著的时空异质性,所涵盖城市之间的环境代价由于各地方经济体量、发展模式的不同也具有差异性,经济增长与碳排放并非完全是线性关系,经济体量小也并不意味着碳排放低,经济发展快也并不一定需要付出高昂的环境代价。因此,要牢固树立践行绿水青山就是金山银山的理念,坚持生态优先,形成绿色低碳的汉江生态经济带产业结构、生产方式、生活方式。

3. 促进区域协同, 焕发汉江生态经济带绿色低碳经济竞争力。汉江生态经济带不论是上中下游还是所涵盖的地级市之间, 在经济发展与碳排放脱钩中都仍然存在着区域间的不协调性、不均衡性。汉江生态经济带上游地区产业发展相对滞后, 传统农业比重偏高, 亟需发展。但是上游作为生态环境较为优质、碳排放强脱钩地区, 生态潜力巨大, 因此, 应该充分重视生态经济软实力, 探索环境保护与经济发展协同之路。中下游发展强劲, 应该加强促进中下游产业结构布局优化, 通过绿色金融手段引导资金流向低碳高产出的产业, 淘汰落后产能, 鼓励低碳创新技术研发, 提升绿色低碳效率, 激发低碳经济竞争力, 转换中部地区经济高质量发展动力。加强上游城市的辐射带动作用, 提高区域间的规模效应及溢出效应, 促进人口、资本、自然资源等要素合理配置, 上中下游区域联动, 进而提升汉江生态经济带整体绿色低碳经济发展水平, 抓住碳达峰碳中和机遇期, 为中部地区崛起贡献强劲动力源泉。

参考文献:

- [1]Grossman G M,Krueger A B..Economic Growth and the Environment[J].NBER Working Papers,1995,110(2):353-377.
- [2]钟茂初, 张学刚. 环境库兹涅茨曲线理论及研究的批评综论[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, (2):62-67.
- [3]于峰. 环境库兹涅茨曲线研究回顾与评析[J]. 经济问题探索, 2006, (8):4-12.
- [4]赵云君, 文启湘. 环境库兹涅茨曲线及其在我国的修正[J]. 经济学家, 2004, (5):69-75.
- [5]OECD..Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth[EB/OL].<http://www.oilis.oecd.org/olis/2002doc.nsf/Link To/sg-sd,2002-05-16>.
- [6]孙耀华, 李忠民. 中国各省区经济发展与碳排放脱钩关系研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, (5):87-92.
- [7]王杰, 李治国, 谷继建. 金砖国家碳排放与经济增长脱钩弹性及驱动因素——基于 Tapio 脱钩和 LMDI 模型的分析[J]. 世界地理研究, 2021, (3):501-508.
- [8]张剑, 刘景洋, 董莉, 等. 中国能源消费 CO₂ 排放的影响因素及情景分析[J]. 环境工程技术学报, 2022, (2):1-11.
- [9]王世进, 姬桂荣, 仇方道. 雾霾、碳排放与经济增长的脱钩协同关系研究[J]. 软科学, 2022, (2):1-15.
- [10]李振环, 冯学钢, 王亚玲. 中国旅游业碳排放脱钩效应测度与时空格局演变[J]. 统计与决策, 2021, (22):46-51.
- [11]郑伯铭, 张宣, 明庆忠. “一带一路”沿线省份旅游经济与碳排放脱钩态势及影响因素研究[J]. 生态经济, 2021, (11):136-143.
- [12]陈胜涛, 张开华, 张岳武. 农业碳排放绩效的测量与脱钩效应[J]. 统计与决策, 2021, (22):85-88.
- [13]蒋添诚, 胡纯, 王巧稚, 等. 湖北省农业碳排放时空特征及脱钩研究[J]. 环境污染与防治, 2021, (11):1476-1480.
- [14]Shan Y L,Fang S,Cai B F,et al.Chinese Cities Exhibit Varying Degrees of Decoupling of Economic Growth and CO₂ E-missions between 2005 and 2015[J].One Earth,2021,4(1):124-134.

-
- [15]禹湘, 陈楠, 李曼琪. 中国低碳试点城市的碳排放特征与碳减排路径研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, (7):1-9.
- [16]方永恒, 赵雨萌. 汉江生态经济带绿色发展水平测度研究[J]. 环境科学与技术, 2020, (12):228-236.
- [17]王礼刚, 吴传清. 汉江生态经济带主要城市绿色发展水平测度与提升路径[J]. 湖北经济学院学报, 2018, (4):5-13+125.
- [18]李超锋. 汉江生态经济带生态状况及时空演变[J]. 中南民族大学学报(人文社会科学版), 2020, (5):146-150.
- [19]王礼刚. 汉江生态经济带产业生态化与生态产业化耦合协调发展研究[J]. 长江流域资源与环境, 2022, (2):1-17.
- [20]张金萍, 秦耀辰, 张艳, 等. 城市 CO₂ 排放结构与低碳水平测度——以京津沪渝为例[J]. 地理科学, 2010, (6):874-879.
- [21]杨笑. 汉江生态经济带区域发展差异及影响因素研究[D]. 武汉: 湖北省社会科学院, 2020.