

长三角城市群碳排放与经济增长关系的实证研究

付梦晗¹, 宿洁¹, 周玲^{2*}

¹中央财经大学, 管理科学与工程学院, 北京

²北京师范大学, 社会发展与公共政策学院, 北京

收稿日期: 2022年6月27日; 录用日期: 2022年7月26日; 发布日期: 2022年8月3日

摘要

对城市群进行碳排放研究能够更好地了解区域间的低碳发展现状, 进而协调规划城市低碳发展和经济高质量增长。基于2000~2020年长三角城市群的碳排放和人均生产总值数据, 应用环境库兹涅茨曲线模型对碳排放与经济增长的关系进行拟合, 从城市群总体、都市圈、城市三个层面对两者的相关关系及影响因素进行定量评价与比较分析。在城市群层面人均碳排放随人均GDP呈现先增后减的关系; 五个都市圈的碳排放与经济增长关系有明显差异, 原因在于经济发展水平差距和协调治理的缺陷, 仅杭州都市圈符合环境库兹涅茨曲线; 不同城市的碳排放水平受产业结构和政策影响而不同。建议优化产业结构, 加强监管力度, 政策制定应综合考虑城市特色和区域协调。

关键词

碳排放, 长三角城市群, 都市圈, 环境库兹涅茨曲线

Empirical Study on the Relationship between Carbon Emissions and Economic Growth of Urban Agglomeration in Yangtze River Delta

Menghan Fu¹, Jie Su¹, Ling Zhou^{2*}

¹School of Management Science and Engineering, Central University of Finance and Economics, Beijing

²School of Social Development and Public Policy, Beijing Normal University, Beijing

Received: Jun. 27th, 2022; accepted: Jul. 26th, 2022; published: Aug. 3rd, 2022

*通讯作者。

Abstract

Studying the carbon emission of urban agglomeration can better understand the current situation of low-carbon development among regions, and then coordinate the planning of urban low-carbon development and high-quality economic growth. Based on the data of carbon emissions and per capita GDP of the Yangtze River Delta urban agglomeration from 2000 to 2020, the relationship between carbon emissions and economic growth was fitted by using the environmental Kuznets curve model, and the correlation and influencing factors between the two were quantitatively evaluated and compared from three levels of urban agglomeration, metropolitan circle and city. At the level of urban agglomeration, per capita carbon emissions first increase and then decrease with per capita GDP; the relationship between carbon emissions and economic growth in five metropolitan areas is obviously different, which is due to the gap of economic development level and the defects of coordinated governance. Only Hangzhou metropolitan area conforms to the environmental Kuznets curve. Different cities' carbon emission levels are affected by industrial structure and policies. Cities should optimize industrial structure, strengthen supervision, and comprehensively consider urban characteristics and regional coordination when formulating policies.

Keywords

Carbon Emission, Urban Agglomeration in Yangtze River Delta, Metropolitan Circle, Environmental Kuznets Curve

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

由二氧化碳排放引起的气候变暖问题，已成为全世界共同关注的焦点问题。中国作为世界上第一大发展中国家，经济高速发展的同时，大量的能源消耗使得其二氧化碳排放量急剧增长。根据国际能源署 (IEA) 数据，我国的二氧化碳排放量从 1997 年的 29.6 亿吨增长至 2019 年的 97.2 亿吨，增长近 3.5 倍。同时，中国自 2004 年至今，一直为世界第一大二氧化碳排放国，而在 2014 年成为世界第一大排放经济体后，中国的二氧化碳排放问题愈加凸显。为此，2020 年 9 月，习近平总书记在联合国大会上宣布中国将在 2030 年实现碳达峰、2060 年前实现碳中和的目标与决心。

在十个国家级城市群中，长江三角洲城市群是“一带一路”与长江经济带的重要交汇地带，在中国国家现代化建设大局中具有举足轻重的战略地位，是中国经济社会发展的重要引擎、长江经济带的引领者，最具有发展活力。而在经济飞速发展和人口聚集的同时，长江三角洲城市群的生态退化严重，亟需改善从而进行绿色可持续发展。在 2016 年的《长江三角洲城市群发展规划》中已经提出要调整优化能源结构和布局，加快能源利用方式变革，推动生态共建环境共治。在此背景下，对比分析长江三角洲城市群各城市碳排放量和经济增长的相关关系，探究不同城市的经济能源发展状况，进而判断低碳减排水平差异的影响因素并为我国的减排工作提出相关建议。

本研究基于环境库兹涅茨曲线假说，从城市群总体、都市圈和城市三个层面自上而下地分析 2000~2020 年期间长三角城市群人均碳排放与经济增长之间的相关关系，在时间和空间上对比分析长三

角城市群低碳经济发展的基本特征和影响因素，并根据研究问题和结论提出确切的建议，以期为我国城市的绿色发展提供一定的参考依据、为政府的低碳经济政策制定提供一定的方向指引。

2. 文献综述

碳排放与经济增长之间的关系一直以来都是碳排放研究领域的热点，研究方法大致可分为定性和定量分析两类。定性研究的方法主要包括多元回归分析、相关关系检验以及环境库兹涅茨曲线；定量分析则是主要应用脱钩理论来动态分析碳排放与经济增长间的关系[1] [2] [3] [4]。其中，环境库兹涅茨曲线是研究经济增长与碳排放关系使用最普遍、争议最广泛、应用最直接的一个假说[5]。许多学者采用不同研究尺度、研究时段及控制变量选取对碳排放与经济增长之间的环境库兹涅茨曲线的存在性进行分析。Abdul Jalil, Syed F. Mahmud 表明二氧化碳与收入之间存在环境库兹涅茨曲线关系[6]。林伯强和蒋竺均通过对人均收入和人均 CO₂ 的拟合得到了倒 U 型曲线，证实了环境库兹涅茨曲线并进一步分析了影响因素[7]。还有学者认为两者并不存在倒 U 型关系特征。Abid 在分析突尼斯从 1980 年起 30 年的碳排放与 GDP 数据后认为该国碳排放与 GDP 存在协整关系，但不满足库兹涅茨条件[8]。1999 年我国学者首次对碳排放与经济增长的关系进行系统分析，认为我国人均碳排放与人均 GDP 之间不存在环境库兹涅茨曲线[9]。在低碳经济背景下胡宗义等人同样认为：我国的经济增长与环境质量之间不存在倒 U 型曲线关系[10]。

在研究尺度上，现有研究多是从国际、国家或省份角度对碳排放和经济增长关系进行分析。Narayan 等人利用 1980~2004 年 43 个发展中国家的数据研究了二氧化碳与收入之间的关系[11]。Yu Sun 等人基于库兹涅茨曲线探究中国整体的经济发展和碳排放的关系[12]。付祥将我国划分为九大经济区域进行对比研究[13]。韩梦瑶、卞勇等人通过不同的研究方法探索各省份的低碳经济特点[14] [15]。也有学者关注城市层面的碳排放，对具体某个城市进行经济与碳排放相关分析[16] [17]。总体来看，目前基于城市群对各城市的低碳经济进行关联分析的文献还比较少。叶懿安等人对长三角 16 个城市的工业碳排放进行核算，对比分析城市工业碳减排现状与发展趋势[18]。贝浩平则以京津冀地区的 13 个城市为研究对象，分析该地区能源消费碳排放和经济增长之间呈现倒 U 型曲线，并在 2029 年左右出现转折，各个城市的 EKC 曲线呈现四种状态[19]。

综上所述，环境库兹涅茨曲线在国内外碳排放和经济增长的研究中应用广泛，然而，其具体形式及适用性在不同研究中的结论并不统一。另外，针对城市群这一最高级城市空间组织形式的碳排放研究数量较少。因此，本文基于环境库兹涅茨曲线假说对长江三角洲城市群进行自上而下的实证研究，探索长三角城市群的碳排放和经济增长的相关关系，验证并分析环境库兹涅茨曲线在长三角城市群中的适用性。

3. 模型设定、数据与变量说明

3.1. 模型设定

环境库兹涅茨曲线表示的是环境质量随经济发展先恶化再改善的关系，主要呈现出倒 U 型形状，故拟合环境库兹涅茨曲线常用的模型是 Quadratic 模型(2 次)，即对相关数据建立如下的经济发展与碳排放之间的计量模型：

$$\text{CO}_2 = \beta_1 \text{GDP}^2 + \beta_2 \text{GDP} + \varepsilon$$

其中，CO₂ 表示人均二氧化碳排放量，作为实证分析中碳排放水平的代理指标；GDP 和 GDP² 则分别表示以当年价格计算的人均 GDP 及其平方项，人均 GDP 作为经济水平的代理指标；ε 则为随机变量。

3.2. 数据与变量说明

本文研究样本为长江三角洲城市群 26 个城市，样本的时间跨度为 2000~2020 年。表 1 为具体的城市

信息。另外,根据“一核五圈四带”的网络化空间格局,长三角城市群包含五个都市圈,分别为南京都市圈、杭州都市圈、合肥都市圈、苏锡常都市圈和宁波都市圈。南京都市圈包括南京、镇江、扬州市三市;杭州都市圈包括杭州、嘉兴、湖州、绍兴市四市;合肥都市圈包括合肥、芜湖、马鞍山市三市;苏锡常都市圈包括苏州、无锡、常州市三市;宁波都市圈包括宁波、舟山、台州市三市。

Table 1. Cities in Yangtze River delta urban agglomeration

表 1. 长江三角洲城市群包含的城市

省份	城市
上海	上海
江苏	南京、无锡、常州、苏州、南通、盐城、扬州、镇江、泰州
浙江	杭州、宁波、嘉兴、湖州、绍兴、金华、舟山、台州
安徽	合肥、芜湖、马鞍山、铜陵、安庆、滁州、池州、宣城

鉴于工业是长三角城市群目前碳排放的主要来源,研究取规模以上工业企业生产综合能源消费量计算二氧化碳排放量,以人均生产总值作为经济增长变量。同时考虑到不同年度数据的可比性,本文对二氧化碳排放量进行了人均处理。本文使用的数据来源于 2001~2021 年各城市的统计年鉴和《综合能耗计算通则 GB/T2589-2020》。

二氧化碳排放量(CO₂):由于碳排放量尚未有官方统计,因此本文参考联合国政府间气候变化专门委员会的方法计算碳排放量,即采用碳排放系数法进行测算。鉴于规模以上工业企业生产综合能源消费量是以万吨标准煤为单位,所以公式如下:

$$CO_2 = E \times Q \times \frac{44}{12} \quad (1)$$

式(1)中 CO₂ 为二氧化碳排放量;E 为规模以上工业企业生产综合能源消费量;Q 为标准煤的碳排放系数;44 与 12 分别指二氧化碳与碳的分子量。其中碳排放系数指 1 吨标准煤完全燃烧产生的“二氧化碳(CO₂)”中“碳(C)”的量,单位为吨碳/吨标煤(tc/tce)。关于标准煤的碳排放系数,国家发改委能源研究所推荐值为 0.67,日本能源经济研究所参考值为 0.68,美国能源部能源信息署参考值为 0.69,因此本文采用平均值 0.68 作为标准煤的碳排放系数进行计算。

4. 实证分析

4.1. 长三角城市群总体分析

对长三角城市群总体进行拟合回归,得到的拟合结果为

$$CO_2 = -0.1099GDP^2 + 1.844GDP + 5.926 \quad (2)$$

根据方程(2)的结果可以看出,人均收入的二次项系数为负,一次项系数为正。这说明长三角城市群总体的碳排放和经济增长关系曲线存在拐点,具有倒 U 型曲线特征,如图 1 所示。回归结果拟合优度为 0.8269,拟合效果较好,表明长三角城市群总体的人均碳排放和经济增长符合环境库兹涅茨曲线假说。根据回归系数计算,拐点为(8.389, 13.661),说明长三角地区迎来碳排放最大值时的人均 GDP 为 83,890 元,即在人均 GDP 达到 83,890 元之前人均二氧化碳排放量随人均 GDP 的增长而增长,在人均 GDP 超过 83,890 元之后,人均碳排放量随人均 GDP 的增长而下降。目前长三角城市群总体人均 GDP 已经远超 83,890 元的拐点值,人均碳排放已经越过环境库兹涅茨曲线转折点。

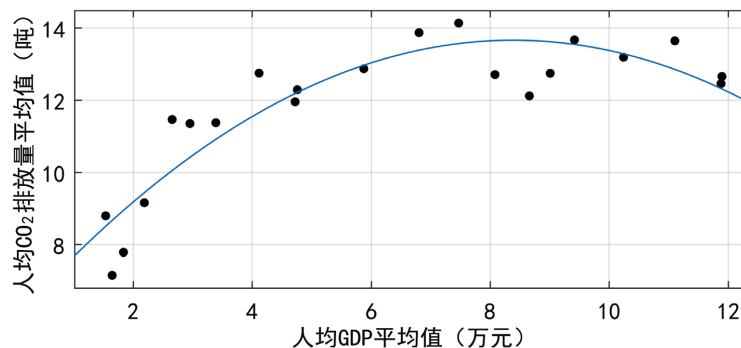


Figure 1. Fitting curve of per capita carbon emissions and per capita GDP in Yangtze River Delta urban agglomeration
图 1. 长三角城市群人均碳排放和人均 GDP 拟合曲线

长三角城市群人均碳排放的环境库兹涅茨曲线可以由产业结构升级优化来解释。长三角地区的三大产业在这 20 年经历了漫长的调整,如图 2 所示。起初随着我国工业化的进程加快,长三角地区第二产业产值占比稳步上升,于 2004 年达到 53.25% 的顶峰,并保持产值贡献最多至 2013 年。在这期间,工业作为主导经济部门使得生产总值增加的同时消耗了更多能源,环境压力逐渐增大,因此碳排放水平呈上升趋势。2014 年至今,随着我国经济发展进入“新常态”,长三角地区产业结构调整明显加快,第三产业消费需求逐步成为拉动经济增长的主体,同时工业产业结构中高新技术产业和先进制造业比重也明显上升,2020 年长三角三省一市三大产业增加值占比占比为 4.08%: 39.47%: 56.44%。可见工业进入成熟阶段后,企业从高耗能重污染产业向低耗能环保型产业转变,服务业在国民经济中占比增加,经济增长对环境的压力减轻,因此人均碳排放随经济增长而下降。

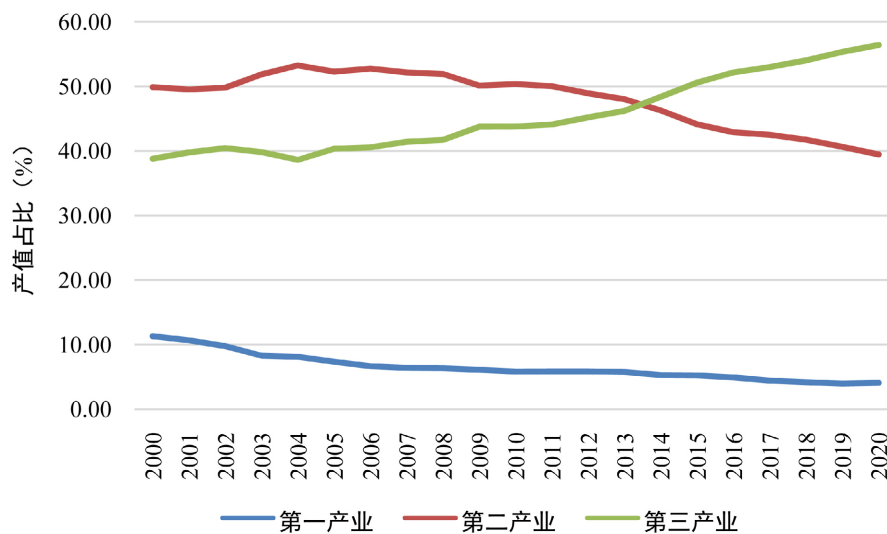


Figure 2. Proportion of added value of three industries in Yangtze River Delta from 2000 to 2020
图 2. 2000~2020 年长三角地区三次产业增加值占比

4.2. 长三角城市群的五大都市圈分析

对长三角城市群五大都市圈各自计算均值进行拟合得到的拟合结果如表 2 所示。除合肥都市圈外的四个都市圈的拟合结果的二次项系数均为负,一次项系数为正,曲线呈倒 U 型。合肥都市圈的人均 GDP 二次项系数为正,一次项则为负,说明是开口向上的 U 型曲线。对比分析模型拟合优度 R^2 。模型拟合最

为理想的是杭州都市圈，其 R^2 达到 0.9354，大于 0.8，可见杭州都市圈的碳排放水平和经济发展符合环境库兹涅茨曲线假说，并且已经越过曲线拐点，现在的人均碳排放量随人均 GDP 的增长而减少。其次为宁波都市圈，拟合优度为 0.6661，根据拟合曲线系数计算拐点为(16.79, 27.74)，可知宁波都市圈的碳排放还没有到达拐点，目前随经济增长而上升。其余都市圈的拟合优度均小于 0.5，拟合效果不理想，说明不符合简单的碳排放和经济增长的库兹涅茨曲线。

Table 2. Fitting results of environmental Kuznets curve in five metropolitan areas

表 2. 五大都市圈的环境库兹涅茨曲线拟合结果

都市圈	β_1	β_2	ε	R^2
南京都市圈	-0.0813	1.28	10.67	0.3541
杭州都市圈	-0.1156	2.203	-0.1448	0.9354
合肥都市圈	0.0225	-0.0810	11.58	0.4614
苏锡常都市圈	-0.1601	3.182	6.551	0.4177
宁波都市圈	-0.0648	2.176	9.473	0.6661

五大都市圈的碳排放与经济增长的相关关系存在明显差异，其原因之一在于经济发展水平不同。对比合肥都市圈和其他都市圈，合肥都市圈整体经济发展水平不高，圈内平均人均 GDP 刚达 10 万元，其余都市圈都已经超过或接近 15 万元。苏锡常都市圈和宁波都市圈受到上海这一核心城市的辐射发展速度较快，南京都市圈和杭州都市圈则依托南京和杭州经济发展水平不同，环境需求不同：经济增长初期，高质量的环境被视为奢侈品，被经济增长所替代，合肥都市圈仍处于这个阶段；而当收入到达一定高度时，人们对环境质量的需求提高，低碳经济盛行。

另一个主要原因是都市圈的协同治理存在不足。不同的都市圈一体化发展模式不同：合肥都市圈、宁波都市圈目前已经形成了以中心城市和次中心城市为核心的都市圈；南京都市圈和杭州都市圈中心城市首位度较大，属于超大中心城市辐射带动发展模式；苏锡常都市圈属于都市圈双中心模式，一体化发展程度最高[20]。不同的发展模式也反映了协同治理的不足：顶层规划与协同治理实践的空间矛盾突出；行政壁垒无法有效破解导致都市圈社会空间疏离；地域文化认同不足引致心理空间分化[21]。这对都市圈内的低碳经济发展及资源综合利用造成了极大的阻碍。

4.3. 长三角城市群的城市分析

南京、杭州、合肥是长江三角洲城市群的副中心，又是省会城市，在发展分析中具有代表性，因此对这三个城市进行回归分析。通过对单个城市的碳排放分析，可以发现南京、杭州、合肥这三个城市与总体有着明显差异。如图 3~5 所示，三个城市的碳排放量具有阶段性特征，明显分为两个阶段，但三个城市的各阶段变化有所不同。南京和杭州的平滑拟合曲线及折线图都存在急剧下降的过程。南京在 2013 年之前呈上升趋势，从 2000 年的 18.0249 显著增长，2012 年达到顶点 35.5893，在 2013 年急剧下降之后呈先增后减的趋势，且第二阶段的数值整体低于第一阶段。从图 3 可看出，杭州在 2017 年之前维持在 19 上下基本保持不变，2017 年下降至 7.4828 后呈下降趋势。而合肥的碳排放情况与南京、杭州存在明显不同。由图 4 可知合肥的人均碳排放数值上低于南京和杭州，最大值是 7.8752，在趋势上则呈现两阶段增长：2014 年之前曲线斜率大，碳排放增长较快；经过 2014 年的微弱下降之后仍呈上升趋势，但斜率较小，增长较慢。

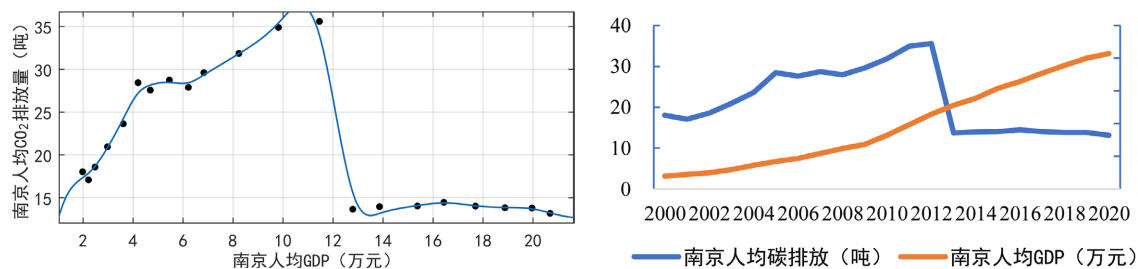


Figure 3. Fitting curve and line chart of per capita carbon emissions and per capita GDP in Nanjing

图 3. 南京人均碳排放和人均 GDP 拟合曲线及折线图

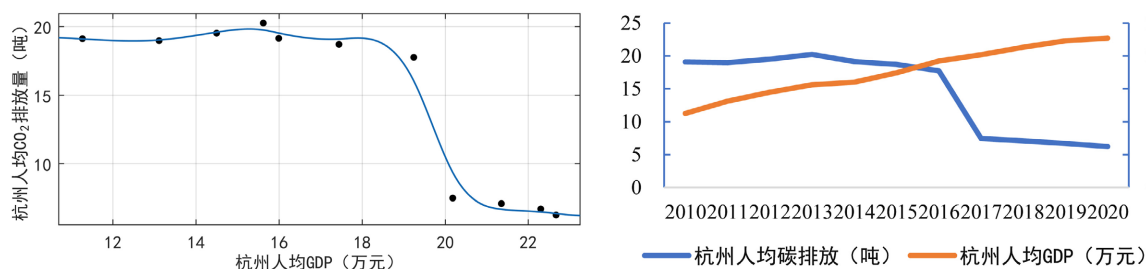


Figure 4. Fitting curve and line chart of per capita carbon emissions and per capita GDP in Hangzhou

图 4. 杭州人均碳排放和人均 GDP 拟合曲线及折线图

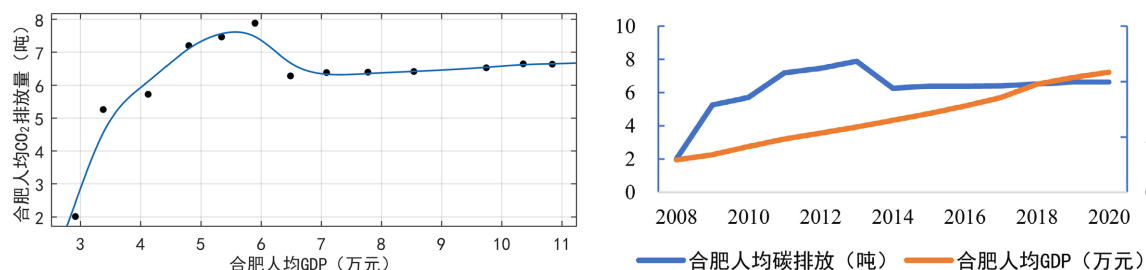


Figure 5. Fitting curve and line chart of per capita carbon emissions and per capita GDP in Hefei

图 5. 合肥人均碳排放和人均 GDP 拟合曲线及折线图

这三个城市的曲线差异是由不同的产业结构和政府政策造成的。在产业结构上，南京和杭州经历了先工业化再去工业化的过程，第二产业占比先增后降，都已处于工业化的中后期，逐步确立服务经济的主导地位。而合肥作为安徽地区的代表则仍是第二产业比重最高，处于工业化中期，目前工业产值在持续上升。从主导产业来看，南京的汽车、钢铁、石化新材料、电子信息为四大支柱产业；杭州的数字经济、文化创意、金融服务、旅游休闲、健康、高端装备、时尚产业为该市“1+6”产业；合肥则承接产业转移，以装备制造、汽车、家用电器、新型平板显示、食品及农副产品加工等主导产业。因此南京和杭州都从上升或不变的趋势变为下降趋势，而合肥在两个阶段都呈上升趋势。在政策上，2013年南京出台了一系列铁腕“控煤”举措，迈入“煤炭消费总量控制城市”的行列，控制能源消费总量。并因亚青会的举办对电力、钢铁等高能耗行业企业实施了限产或停产。杭州于2016年编制《杭州市产业结构调整能效目录(2016年版)》，制定相关的限额准入值，围绕能源双控目标进行高耗能行业整治及落后产能淘汰。这就解释了南京和杭州曲线的急剧下降。

5. 结论

基于2000~2020年长三角城市群的数据，本文应用环境库兹涅茨曲线先后拟合了长三角城市群26个

城市和五大都市圈的经济增长与人均碳排放水平的关系,并进一步对南京、杭州、合肥三个城市进行具体分析,通过时序和空间的对比探究城市绿色发展的影响因素,得到如下结论:1)长三角城市群总体人均碳排放与经济增长存在倒U型关系且已经越过环境库兹涅茨曲线拐点,说明经济发展对能源的依赖逐渐减弱,低碳经济发展前景可观。2)长三角城市群的五个都市圈的碳排放和经济增长相关关系存在较大差异,仅有杭州都市圈较好地符合环境库兹涅茨曲线。一方面是因为经济发展水平导致的环境需求不同,另一方面则在于都市圈的协同治理有待提升。3)在城市层面,不同城市的碳排放水平有所差异,受到产业结构和政府政策的影响。总体来看长三角城市群目前处于经济发展和环境改善时期。基于上述分析,本研究对于我国城市的绿色发展给出如下政策建议:

一是优化产业结构。产业结构优化不是仅发展第三产业,而是要根据城市自身的产业基础和经济结构,推进生产制造业与服务业融合发展。处于工业化中后期及以后的城市可以发展高新技术,实施产业转移,推动产业向现代服务业转变。处于工业化中期及以前的城市应当继续推进工业化进程,发展战略性新兴产业,培育新的经济增长点;引进先进的管理经验,进行传统产业绿色低碳改造,引导高能耗、高污染的企业开发清洁生产的工艺,淘汰高耗能高排放低附加值的生产能力。

二是加强监管力度。发挥政府环境保护的主导地位。“用最严格制度最严密法治保护生态环境”,政府要加强环境执法和监管的力度。同时,环保部门应当制定污染的排放标准,限制特定污染的排放,严格实行绿色税制,通过环境保护税“多排多缴、少排少缴、不排不缴”来鼓励企业研发和使用减排、净化设备。

三是因地制宜制定和实行绿色发展政策,提升协同治理水平。各城市的资源禀赋、生产力发展阶段、技术水平都不尽相同,因此我国城市的绿色发展政策不能“一刀切”,政策制定应当考虑城市的基本条件。上海强调高效有序和国际化;苏州注重经济效益;杭州灵活创新、数字经济发达;合肥注重制度建设,重视文化积淀。另外,城市群的一体化发展还要求加强区域的统筹和协调工作,打破区域治理存在的壁垒,制定协调性的区域环境治理政策,并明确群内各城市的发展定位与层次,深化产业分工与协作,共同推动绿色低碳发展。

基金项目

国家重点研发计划项目(2018YFC0809900)。

国家社科基金重大项目《统筹发展和安全理念下建设“更高水平的平安中国”测评的理论、方法与指标体系研究》(批准号:21ZDA112)。

参考文献

- [1] Ozcan, B. (2013) The Nexus Between Carbon Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Middle East Countries: A Panel Data Analysis. *Energy Policy*, **62**, 1138-1147. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.016>
- [2] Heidari, H., Katircioğlu, S.T. and Saeidpour, L. (2015) Economic Growth, CO₂ Emissions, and Energy Consumption in the Five ASEAN Countries. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, **64**, 785-791. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.07.081>
- [3] 董碧滢. 碳排放、产业结构与经济增长关系研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 东北财经大学, 2019.
- [4] Wu, D. and Ji, C. (2021) Study on the Correlation Analysis of Energy Consumption in Economic Industries and Evaluation of Carbon Emission Decoupling in Beijing-Tianjin-Hebei Region. *1st International Symposium on Innovative Management and Economics (ISIME 2021)*, Moscow, 2-3 June 2021, 174-188.
- [5] 余东华, 张明志. “异质性难题”化解与碳排放 EKC 再检验——基于门限回归的国别分组研究[J]. *中国工业经济*, 2016(7): 57-73.
- [6] Jalil, A. and Mahmud, S.F. (2009) Environment Kuznets Curve for CO₂ Emissions: A Cointegration Analysis for China. *Energy Policy*, **37**, 5167-5172. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.07.044>

- [7] 林伯强, 蒋竺均. 中国二氧化碳的环境库兹涅茨曲线预测及影响因素分析[J]. 管理世界, 2009(4): 27-36.
- [8] Abid, M. (2015) The Close Relationship between Informal Economic Growth and Carbon Emissions in Tunisia since 1980: The (Ir)relevance of Structural Breaks. *Sustainable Cities and Society*, **15**, 11-21. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2014.11.001>
- [9] 徐玉高, 郭元, 吴宗鑫. 经济发展, 碳排放和经济演化[J]. 环境科学进展, 1999(2): 55-65.
- [10] 胡宗义, 刘亦文, 唐李伟. 低碳经济背景下碳排放的库兹涅茨曲线研究[J]. 统计研究, 2013, 30(2): 73-79.
- [11] Narayan, P.K. and Narayan, S. (2010) Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth: Panel Data Evidence from Developing Countries. *Energy Policy*, **38**, 661-666. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.005>
- [12] Sun, Y., Li, M., Zhang, M. *et al.* (2021). A Study on China's Economic Growth, Green Energy Technology, and Carbon Emissions Based on the Kuznets Curve (EKC). *Environmental Science and Pollution Research*, **28**, 7200-7211. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11019-0>
- [13] 付祥. 中国区域产业低碳化发展的对策分析[J]. 东方企业文化, 2011(23): 66.
- [14] 韩梦瑶, 刘卫东, 谢漪甜, 等. 中国省域碳排放的区域差异及脱钩趋势演变[J]. 资源科学, 2021, 43(4): 710-721.
- [15] 卞勇, 匡耀求, 黄宁生. 我国各地区发展低碳经济的差异性分析[C]//中国可持续发展研究会. 2010 中国可持续发展论坛 2010 年专刊(一). 2010: 140-144.
- [16] 王莉雯, 卫亚星. 沈阳市经济发展演变与碳排放效应研究[J]. 自然资源学报, 2014, 29(1): 27-38.
- [17] 王瑛, 何艳芬. 西部地区中心城市碳排放与经济发展关系研究——以西安市为例[J]. 生态科学, 2019, 38(4): 217-224.
- [18] 叶懿安, 朱继业, 李升峰, 等. 长三角城市工业碳排放及其经济增长关联性分析[J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(3): 257-262.
- [19] 贝浩平. 京津冀能源碳排放与区域经济增长关联性分析[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津财经大学, 2017.
- [20] 李红波. 长三角一体化背景下合肥都市圈发展比较研究[J]. 中阿科技论坛(中英文), 2022(1): 23-26.
- [21] 蔡华玲. 长三角都市圈协同发展的空间困境与治理进路[J]. 江淮论坛, 2022(1): 80-85.