

基于库兹涅茨曲线的经济发展与环境污染研究 ——以中国和英国为例

王平, 林晓云, 周巧云, 阎虎勤

厦门国家会计学院, 福建 厦门

Email: 1143555989@qq.com

收稿日期: 2021年5月8日; 录用日期: 2021年6月9日; 发布日期: 2021年6月16日

摘要

低碳经济是各个国家所追求的发展方式, 然而其发展究竟如何还需要时间来检验。英国和中国都将低碳经济发展作为国家大事。为了对比研究英国与中国碳排放与经济的关系, 本文选取1971年~2030年的数据, 通过EKC函数分析未来走势, 并对此做出合理的分析与评价。

关键词

库兹涅茨模型, 经济发展, 环境污染

The Research Based on Kuznets Curve on the Relationship between Economic Development and Environmental Pollution —Taking China and the UK for Example

Ping Wang, Xiaoyun Lin, Qiaoyun Zhou, Huqin Yan

Xiamen National Accounting Institute, Xiamen Fujian

Email: 1143555989@qq.com

Received: May 8th, 2021; accepted: Jun. 9th, 2021; published: Jun. 16th, 2021

Abstract

The low-carbon economy is the development way that each country pursues, but it will take time to tell how it will evolve. Both Britain and China have made low-carbon economic development a

national priority. In order to compare the relationship between carbon emissions and economic development in Britain and China, this paper selects the data from 1971 to 2030, analyzes the future trend through the EKC function, and makes a reasonable analysis and evaluation.

Keywords

Kuznets Model, Economic Development, Environmental Pollution

Copyright © 2021 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

近年,随着全球经济的发展和规模的增长,大量消耗一次能源引发的环境问题日益严重。二氧化碳排放量的不断增加导致气候温暖化问题进一步加剧。多个国家有关气候变化的报告均指出,各国如果仍然以粗放的方式发展经济,那么到21世纪末全球气温将会上升 $2^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$ 。于是,越来越多的国家开始重视低碳经济的发展,低碳经济逐渐成为一种新的经济模式。英国、美国、日本等发达国家的碳总排放量自2008年起一直趋于下降,而中国则迅速上升。2012年中国碳总排放量已超过100亿吨,引起了全世界的广泛关注,也引起了我国政府的高度重视。在众多发达国家中,英国对低碳经济的发展尤为重视。2003年英国首次向全世界提出发展低碳经济,并把低碳经济看做本国能源战略最为重要的任务。2009年,英国通过《通向哥本哈根之路》的报告,再一次呼吁全球各国发展低碳经济。同年7月,《英国低碳转换计划》被正式公布,报告提出2020年英国碳总排放量相比于1990年将下降34%的目标。与此同时,英国政府制定了一系列关于商业和交通的配套改革方案,包括《英国可再生能源战略》、《低碳交通战略》和《英国低碳工业战略》等,此后低碳经济进入了一个实际操作的全新层面。由此可见,英国政府已经把推行低碳经济放在了国家的战略高度上。

2. 文献综述

库兹涅茨曲线最先是由美国著名经济学家、1971年诺贝尔经济学奖得主西蒙·库兹涅茨在1955年的美国经济协会的演讲中提出来的,用以描述经济增长与收入差距关系的曲线。关于经济增长与碳排放量相关性的研究,目前集中在传统环境库兹涅茨(EKC)曲线理论上。EKC曲线是由Panayotou (1993)、Grossman等(1995)等学者提出,研究认为一国GDP的增长会破坏生态环境;当经济水平提升到一定高度时,生态环境不再恶化,后随着国民经济的发展持续恢复,即GDP与生态环境呈倒“U”型关系[1][2]。许华、王莹(2021)研究陕西省经济发展水平和环境污染关系的EKC曲线特征,然后加入制度因素、产业结构、城镇化水平三个控制变量对EKC曲线再检验,运用GM(1,1)灰色预测模型预测2019~2024年陕西人均GDP及EKC曲线拐点时间。结果表明:1)1995~2018年陕西省经济增长和碳排放量曲线呈倒“N”型,碳排放量预计在2024年达到拐点,此时人均GDP为105,064.78元;2)加入控制变量再检验之后曲线形状仍为倒“N”型,拐点提前至2020年且人均GDP为72,402.78元[3]。巩小曼、柳疆梅、衣芳萱、刘瑞(2021)则运用碳排放系数法测算了新疆纺织服装行业1997~2017年的碳排放量和碳排放强度指标,并运用Tapio脱钩分析模型对1998~2017年行业碳排放总量与经济增长之间的关系进行分析[4]。涂红洲(2018)从区域、省级、城市尺度分析了长三角地区能源消费碳排放的变化特征,借助ArcGIS软件刻画了

城市层面碳排放的空间分异状况；利用简单环境库兹涅茨曲线和随机回归影响模型分析了碳排放与经济增长的长期拟合关系；利用脱钩弹性及其影响因子分析了碳排放与经济增长的短期相互作用，特别运用影响力评价模型对影响因子在各城市脱钩进程中的地位和作用进行研究，借助 ArcGIS 等分析软件对城市层面脱钩关系的时空演变格局进行分析[5]。

虽然在碳排放和经济发展领域，不同学者有不同的实验对象，但是很少有以发展中国家和发达国家作对比的研究，基于此，本文选取英国作为发达国家代表，中国为发展中国家代表，从不同的国情出发，对比研究碳排放与经济发展的关系。

3. 研究方法

3.1. 指标与数据来源

环境库兹涅茨曲线是库兹涅茨曲线(EKC)在环境治理分析领域的新应用，其主要关注经济发展与环境污染的关系[6]。为建立回归模型进行实证分析，本文于世界银行网站数据库选取了中国 1971~2019 年和英国 1961~2019 年的有关数据，主要数据包括人均 GDP 用作衡量经济发展的指标、人均碳排放量及人均能源消耗量代表影响环境的程度，具体描述如下表 1。由于世界银行官网未提供部分年份的人均碳排放量及人均能源消耗量有关数据，所以本文假设该期间内两国人均碳排放量及人均能源消耗量均以相同增长率稳定增加或减少。

Table 1. Environment pollution and economic indicators

表 1. 环境污染与经济指标

指标类别	指标描述
经济发展指标	人均 GDP (美元/人)
环境影响指标	人均二氧化碳排放量(kt/人)
	人均能源消耗量(kg/人)

3.2. 库兹涅茨曲线模型构建

环境库兹涅茨曲线(Environment Kuznets Curve)是表现人均 CO₂ 排放随着人均 GDP 变化而变化的二次方程模型[7]。由于碳排放是化石能源燃烧所造成的结果，所以能源库兹涅茨曲线往往与碳排放库兹涅茨曲线的峰值一致，为进行实证分析比较两类库兹涅茨曲线，本文采用二次回归多项式来表示库兹涅茨曲线方程，回归多项式如公式(1) (2)所示：

$$y_{1,t} = a_1 x_t^2 + b_1 x_t + c_1 + v_{1,t} \quad (1)$$

$$y_{2,t} = a_2 x_t^2 + b_2 x_t + c_2 + v_{2,t} \quad (2)$$

其中，变量 $y_{1,t}$ 和 $y_{2,t}$ 分别表示人均 CO₂ 排放量和人均能源消耗量，变量 x_t 表示人均实际 GDP， a_1, b_1, c_1 和 a_2, b_2, c_2 为回归多项式系数， $v_{1,t}, v_{2,t}$ 为误差项。

同时，为了预测中国和英国 2019~2030 年的人均 CO₂ 排放量和人均能源消耗量，还需要二国预测人均实际 GDP 值。本文采用切比雪夫多项式(3)预测中国和英国人均实际 GDP 值：

$$x_t = \beta_0 T_0(\tau_t) + \beta_1 T_1(\tau_t) + \beta_2 T_2(\tau_t) + \varepsilon_t \quad (3)$$

变量 $\tau_t \in [-1, 1]$ ，是由年度区间转化过来的切比雪夫多项式的时间变量。

3.2.1. 中国

得到中国人均 GDP 值的切比雪夫多项式(4)及 2020~2030 人均 GDP 预测值如表 2

$$x_t = 5326T_0(\tau_t) + 7807T_1(\tau_t) + 3771T_2(\tau_t) + \varepsilon_t \quad (4)$$

$$x_t = 1556 + 7807\tau_t + 7541\tau_t^2 + \varepsilon_t \quad (5)$$

中国人均 CO₂ 排放量与人均实际 GDP 之间的 EKC 关系模型为式(6):

$$y_{1,t} = -0.0000608764x_t^2 + 1.363x_t + 1539 + v_{1,t} \quad (6)$$

中国人均能源消耗量与人均 GDP 之间的 EKC 关系模型为式(7):

$$y_{2,t} = -0.000013321x_t^2 + 0.3564x_t + 588 + v_{1,t} \quad (7)$$

Table 2. GDP prediction data of China

表 2. 中国 GDP 预测数据

年份	GDP (美元/人)	年份	GDP (美元/人)
2020	10,011.6984	2026	13,939.3592
2021	10,622.9805	2027	14,654.6285
2022	11,251.5938	2028	15,387.2291
2023	11,897.5384	2029	16,137.1608
2024	12,560.8141	2030	16,904.4238
2025	13,241.421		

3.2.2. 英国

得到英国人均 GDP 值的切比雪夫多项式及 2020~2030 人均 GDP 预测值如表 3, 且计算公式如式(8):

$$x_t = 27490T_0(\tau_t) + 34386T_1(\tau_t) + 4702T_2(\tau_t) + \varepsilon_t \quad (8)$$

$$x_t = 22787 + 34386\tau_t + 9404\tau_t^2 + \varepsilon_t \quad (9)$$

英国人均 CO₂ 排放量与人均 GDP 之间的 EKC 关系模型为式(10):

$$y_{1,t} = 0.000000163x_t^2 - 0.1021x_t + 11361 + v_{1,t} \quad (10)$$

英国人均能源消耗量与人均 GDP 之间的 EKC 关系模型为式(11):

$$y_{2,t} = -0.0000009654x_t^2 + 0.036x_t + 3370 + v_{1,t} \quad (11)$$

Table 3. GDP prediction data of UK

表 3. 英国 GDP 预测数据

年份	GDP (美元/人)	年份	GDP (美元/人)
2020	51,948.9959	2026	60,536.5236
2021	53,340.7448	2027	62,023.0863
2022	54,748.2959	2028	63,525.4514
2023	56,171.6494	2029	65,043.6187
2024	57,610.8052	2030	66,577.5883
2025	59,065.7632		

3.3. 数值检验

本文使用切比雪夫多项式对人均 GDP 值进行预测, 并使用库兹涅茨曲线对影响环境指标与经济发展指标进行拟合, 并得出回归系数。如表 4 所示可以看出中国与英国实际人均 GDP 与预测值相关性显著, 回归系数接近于 1, 预测值具有一定可靠性。此外, 中国与英国人均 CO₂ 排放量与人均能源消耗量两项指标与经济发展指标的回归系数能够在一定程度上证明库兹涅茨曲线的拟合程度较好。

Table 4. Indicator regression coefficient value
表 4. 指标回归系数值

指标	R^2
中国人均 GDP	0.9499
中国人均 CO ₂ 排放量	0.9545
中国人均能源消耗量	0.9655
英国人均 GDP	0.9382
英国人均 CO ₂ 排放量	0.7581
英国人均能源消耗	0.6388

3.4. 模拟结果

通过 python 根据以上函数计算, 可得中国和英国人均 CO₂ 排放量与人均能源消耗量的转折点数据和时间为表 5:

Table 5. Indicator turning point data and schedule
表 5. 指标转折点数据及时间表

指标	曲线形状	转折点 1	时间	GDP	转折点 2	时间	GDP
中国人均 CO ₂ 排放量	倒 N 型	1871.055	1985	267.1812	9167.582	2022	11,251.5938
中国人均能源消耗量	倒 N 型	657.7597	1985	267.1812	2971.441	2025	13,241.42
英国人均 CO ₂ 排放量	递减型	—	—	—	—	—	—
英国人均能源消耗量	倒 U 型	3707.95	1991	18,700.18	—	—	—

4. 拟合结果分析

4.1. 中国拟合结果分析

由拟合图 1 和图 2 可以得知, 1971 年~2030 年中国的人均 GDP 是持续上升的, 人均碳排放和人均能源消耗量呈现先缓慢上升后逐渐下降的倒“N”型趋势。结合我国国情究其原因, 有以下几点:

4.1.1. 人口红利

中国人口众多, 这也就代表消费群体大, 消费能力强, 中国市场大, 众多品牌纷纷想进入中国市场, 就是看中了中国巨大的市场潜力, 也正是这些品牌的进入, 再加上国内品牌的发展, 刺激了这一庞大消费群体的消费能力[8]; 此外, 中国人口众多也就意味着劳动力人口也相对较多, 众多劳动力创造了劳动价值。这一生产、一消费也就使得中国经济呈现出蓬勃发展的态势。

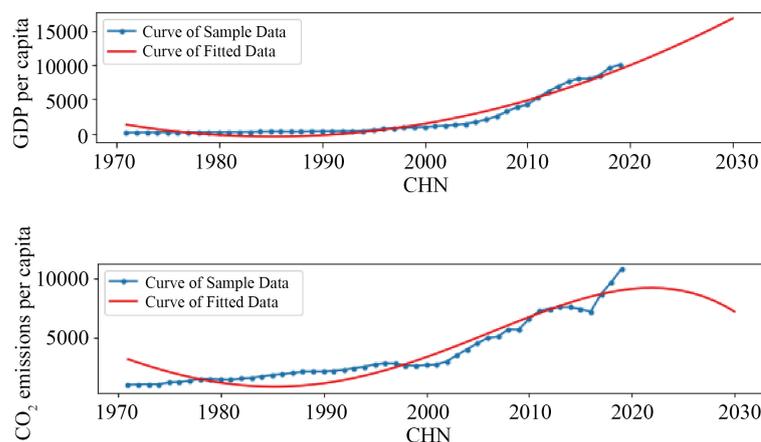


Figure 1. Per capita sulfur dioxide emissions and GDP prediction fitted
图 1. 人均 CO₂ 排放与人均 GDP 拟合图

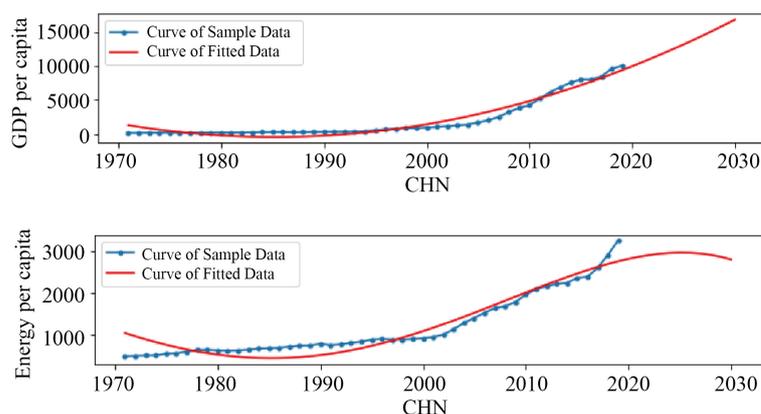


Figure 2. Per capita energy consumption and GDP prediction fitted
图 2. 人均能源消耗与人均 GDP 拟合图

4.1.2. 政策支持

在疫情的侵袭下，中国经济的增长速度跑出了史上最低的成绩，但是中国政府沉着应对这一情况，提出逐步复工复产，将防范疫情放在第一位，稳步复工复产，给予企业政策倾斜，减免小微企业的所得税，帮助企业渡过疫情难关，最后形成了疫情不反弹、经济恢复发展的良好局面；此外，中国提出了“一带一路”的政策畅想，团结中东欧国家，加深与这些国家的合作共赢，致力于打造区域间利益共同体、责任共同体和命运共同体。截止到 2019 年，参与该政策的国家与国际组织已达 100 多个，与沿线国家货物贸易额高达 3.1 万亿美元，投资累计达 511 亿美元，各国之间交流更加频繁，不仅关系更为密切，也为各国经济的发展注入了前进的动力。该政策使得中国海外市场得到了进一步开拓，使中国经济的发展又上了一个新台阶。

4.1.3. 经济结构转变

中国作为发展中国家，生产力呈现出迅猛发展的态势，经济结构也正在由过去的低端、以浪费资源和破坏环境为代价的经济转变成了高端、节能环保的经济[9]。随着经济的进一步发展，经济转型升级，经济结构逐步调整，转向更为高端的科技产业，而这种产业相较于工业制造业来说更为环保，因此，经济带来的碳排放未来会呈现出逐步下降的趋势。但是，由于正处于发展中阶段，经济正在蓬勃发展，所

需要的资源仍很多，在现阶段，中国的碳排放仍会呈现上升趋势

4.1.4. 重视环境保护

中国经济发展进入一个新的阶段，认识到之前经济发展是以破坏环境、浪费资源为代价这一问题，为了平衡经济发展与保护环境，习近平总书记提出了“绿水青山就是金山银山”的说法，这也代表了国家对保护环境逐渐重视起来，此外，诸如垃圾分类等一系列措施也表明了政策环境保护的特点；并且，随着社会经济的发展，人们思想逐渐转变，由过去的注重温饱问题到现在的着眼于思想的发展，思想素质显著得到提升，人们越来越重视对环境的保护，自主地做出节能减排的措施[10]。在国家和个人对环境保护的重视下，中国碳排放未来会呈现出一种下降趋势。

4.2. 英国拟合结果分析

拟合图3和图4表现出1961~2030年英国人均GDP呈现上升趋势，人均碳排放则呈现出递减趋势，人均能源消耗量呈现倒“U”型趋势。造成这种现象的原因由以下几点：

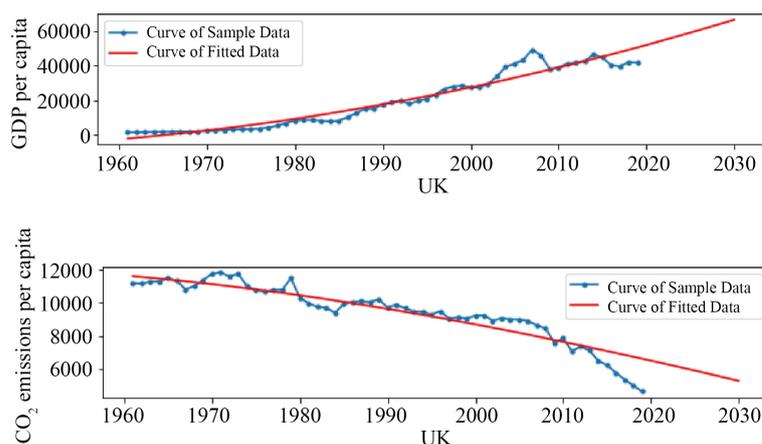


Figure 3. Per capita sulfur dioxide emissions and GDP prediction fitted

图3. 人均CO₂排放与人均GDP拟合图

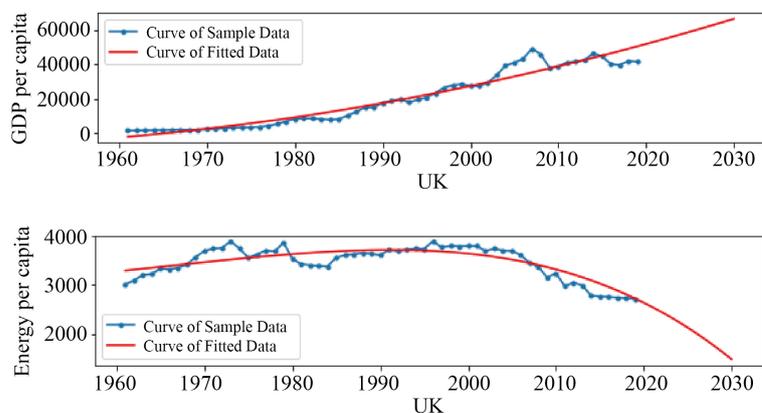


Figure 4. Per capita energy consumption and GDP prediction fitted

图4. 人均能源消耗与人均GDP拟合图

4.2.1. 政策调整

英国政府积极推行改革开放升级政策，将经济发展上升为国家战略，积极引入外来资金，英国政府

通过一系列政策吸引了大量的国外投资者。例如在推行财政与货币的宏观调控政策的同时，打破了原有的经济保护政策，以自由贸易注意立场宣扬开放性市场，仅一年时间，英国一共引进了 1559 个外资项目，吸引外资 445 亿英镑，为英国创造了 17 万个就业岗位，也进一步推进了英国经济的进一步发展；并且英国还调整了本国的税收政策，所得税由 28% 下降到 20%，提高了小额投资免税限额，同时免除了现金与股票收入的利息税，进一步刺激了经济的发展。

4.2.2. 产业创新

英国政府在进行宏观调控的同时，充分发挥了自身的产业优势。英国政府构建了以人民币业务为主导的西方金融中心，通过发行伊斯兰债券构建了伊斯兰金融体系，提高了本国的国际竞争力。在欧盟成员国经济整体下滑的形势下进一步巩固了伦敦金融中心的地位，同时吸引了大量的流动资金，这些流动资金是推动英国经济增长的重要因素之一。英国政府通过多种金融手段鼓励企业发展，包括企业财务伙伴政策、国家贷款担保政策、风险投资协会等，英国政府的这些政策帮助小型公司获得了欧洲基金，提升了出口公司的信用额度。英国经济以服务业为主，政府通过调控手段鼓励服务业的内部平衡，让服务业带动其他行业的经济增长，英国成为了仅次于美国的第二大服务业出口国，英国政府充分挖掘创新产业化能力，一方面以现有的科技创新体系满足国家层面的战略发展需求，另一方面加快科研成果的产业化。产业的创新升级也加快了英国经济的发展。

4.2.3. 减少煤炭用量

随着英国经济的逐步发展，对环境的重视程度逐渐加强，能源消费结构得到进一步调整，转向更为清洁的风能、太阳能等清洁能源的使用，对煤炭的使用量逐渐减少，截止到 2018 年，英国主要能源消耗中煤炭仅占 5.3%，此外，英国政府承诺在 2025 年前将逐步关闭所有燃煤发电站，种种原因使得英国碳排放逐步减少，并且在未来一段时间内也将呈现下降趋势。

5. 总结

本文利用中国 1971~2030 年和英国 1961~2030 年的相关数据，包括人均 GDP 值、人均 CO₂ 排放量及人均能源消耗量，通过环境库兹涅茨曲线分析碳排放与经济发展的关系。中国的人均能源消耗量、人均 CO₂ 排放量与人均 GDP 值的拟合曲线形状均为倒“N”型，这主要是因为中国尚处于发展中国家，人口红利和政策的大力支持使得经济高速发展，同时所需的发展资源较多。但随着经济结构的进一步升级和人们对环境保护重视程度的增加，未来中国的碳排放会逐步减少。英国的人均 GDP 仍呈上扬趋势，这得益于英国政府的政策调整和产业创新，而人均 CO₂ 排放量的拟合曲线形状为递减型，其拟合曲线形状为倒“U”型，这主要得益于英国政府对煤炭使用减少，转而使用清洁能源。

虽然未来 GDP 值与能源、碳排放的关系走势还会受多种因素影响，但是无论如何，低碳经济都是未来发展的大势所趋，各国要兼顾经济发展与环境保护。所以，国家还需要落实相关法律，研发清洁能源，加快产业调整，以促进中国经济健康长远地发展。

致 谢

感谢厦门国家会计学院阎虎勤老师在《Python 财务数据分析》课程上的讲解使得学生们受益匪浅，老师严谨的治学态度，精益求精的工作作风，深深地激励着学生们。在论文的撰写过程中，阎老师始终给予悉心的指导和不懈的支持，学生们在此真诚地向老师表示感谢。

基金项目

本论文得到了厦门国家会计学院“云顶课题：Python 财务数据分析”项目和大米(厦门)科技股份有

限公司的支持。

参考文献

- [1] Panayotou, T. (1993) Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development. ILO Working Papers, International Labour Organization, Geneva, 4.
- [2] Grossman, G.M. and Krueger, A.B. (1995) Economic Growth and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, **110**, 353-377. <https://doi.org/10.2307/2118443>
- [3] 许华, 王莹. EKC 视角下陕西经济增长与碳排放量实证研究[J]. 调研世界, 2021(1): 54-59.
- [4] 巩小曼, 柳疆梅, 衣芳萱, 刘瑞. 新疆纺织服装行业碳排放与经济增长的关系研究[J]. 丝绸, 2021, 58(2): 79-84.
- [5] 屠红洲. 长三角地区能源消费碳排放与经济增长关系的实证研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2018.
- [6] 李家玉, 陈东景. 中介效应视角下环境规制对环境库茨涅兹曲线的影响研究[J]. 青岛大学学报(自然科学版), 2021, 34(1): 87-95.
- [7] 王国梁, 王远帆. 我国经济增长能摆脱环境污染困境吗?——基于 EKC 理论的浙江工业污染治理绩效研究[J]. 杭州电子科技大学学报(社会科学版), 2021, 17(1): 37-43.
- [8] 辛晓华, 吕拉昌. 中国主要城市技术创新影响环境污染的空间分异与机理[J]. 地理科学, 2021, 41(1): 129-139.
- [9] 赵娜娜, 王志宝, 李鸿梅. 中国能耗模式演变及其对经济发展的影响[J]. 资源科学, 2021, 43(1): 122-133.
- [10] 杨姣, 董晔. 基于 EKC 理论的干旱区典型城市经济增长与工业污染的耦合关系研究——以乌鲁木齐市为例[J/OL]. 内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版), 2021: 1-7. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/15.1049.N.20210425.1011.008.html>, 2021-04-25.