

# 中国装备制造业贸易依存度、产业升级与绿色发展的动态关系

## ——基于面板数据的PVAR模型分析

谭梦卓<sup>1</sup>, 冯烽<sup>2</sup>

(1. 澳门科技大学 可持续发展研究所, 澳门 999078;

2. 中国社会科学院数量经济与技术经济研究所 大数据与经济模型研究室, 北京 100732)

**摘要:** 论文以2006—2020年中国30个省份的面板数据为样本, 构建PVAR模型, 引入脉冲响应函数, 从静态和动态视角分析三者间的相互影响。研究结果表明: (1) 贸易依存度、进口依存度、出口依存度对产业升级有短期促进的作用和长期抑制的作用, 对绿色发展有长期的抑制作用。(2) 产业升级对贸易依存度、进口依存度、出口依存度以及绿色发展有长期的抑制作用。(3) 绿色发展对贸易依存度、进口依存度、出口依存度有短期促进的作用和长期抑制的作用, 对产业升级有长期的促进作用。基于研究结论, 进而提出优化装备制造业对外贸易模式、鼓励装备制造业向高端化绿色化升级、持续深化绿色发展理念的建议。

**关键词:** 装备制造业; 贸易依存度; 产业升级; 绿色发展

**中图分类号:** F062.2; F062.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-4407(2024)08-045-08

## Research on the Dynamic Relationship among Equipment Manufacturing Industry Trade Dependence, Industrial Upgrading and Green Development: Empirical Evidence of PVAR Model Based on Panel Data

TAN Mengzhuo<sup>1</sup>, FENG Feng<sup>2</sup>

(1. The Institute for Sustainable Development, Macau University of Science and Technology, Macau 999078, China;

2. Division of Big Data and Economic Modeling, Institute of Quantitative and Technological Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China)

**Abstract:** This paper analyzes the degree of mutual influence between equipment manufacturing industry trade dependence, industrial upgrading, and green development from both a static and dynamic perspective by constructing a panel vector autoregressive (PVAR) model and employing an impulse response function based on panel data from 30 provinces in China from 2006 to 2020. The empirical results are: (1) Trade dependence, import dependence, and export dependence have short-term stimulating effects, long-term inhibiting effects on industrial upgrading, and long-term inhibiting effects on green development. (2) Industrial upgrading has a long-term inhibitory effect on trade dependence, import dependence, export dependence, and green development. (3) Green development has a short-term stimulating effect, a long-term inhibiting effect on trade dependence, import dependence and export dependence, and a long-term stimulating effect on industrial upgrading. In view of this, we propose suggestions to optimize the foreign trade model of the equipment manufacturing industry, encourage its upgrading towards high-end and green development, and continue to deepen the concept of green development.

**Key words:** equipment manufacturing; trade dependence; industrial upgrading; green development

在经济全球化背景下, 我国凭借劳动力禀赋优势, 加入世贸组织后, 我国的进出口贸易持续快速增长, 贸易依存度显著提高<sup>[2]</sup>, 2013年我国成为全球货物贸易第一大国。然而, 整体而言我国仍处于全球价值链的中低

**基金项目:** 国家社会科学基金一般项目“全球价值链视角下中国装备制造业转型升级与绿色发展耦合研究”(18BJY101); 中国社会科学院经济大数据与政策评估实验室项目(2024SYZH004); 广西哲学社会科学课题“数字经济促进广西经济绿色转型的作用机理及实现路径研究”(23FJY063)

**第一作者简介:** 谭梦卓, 博士研究生, 研究方向为区域经济、低碳经济。E-mail: moonz\_tan@163.com

**通讯作者简介:** 冯烽, 博士, 研究员, 研究方向为宏观经济分析、数量经济理论与方法。E-mail: fengfeng@cass.org.cn

端环节, 能源消耗和环境问题不断显现<sup>[1]</sup>。“十三五”期间, 绿色发展被首次写入国家五年规划, “十四五”规划进一步强调了绿色发展在我国现代化建设全局中的战略地位。这些举措体现了我国对经济发展与生态环境辩证统一关系的深刻认识, 凸显了绿色发展在实现中国特色社会主义发展中的核心战略地位<sup>[3]</sup>。党的二十大报告指出, 加快发展方式绿色转型, 加快推动产业结构、能源结构、交通运输结构等调整优化, 是实现高质量发展的关键环节。因此, 在新发展格局及全球价值链嵌入不断加深的背景下, 如何认识对外贸易、产业发展与生态环境的关系, 以及如何实现开放发展、产业优化与绿色发展的多方共赢, 成为当前亟待突破的问题。

装备制造业是实体经济的重要组成部分, 是制造业的脊梁, 体现着我国工业体系的技术实力和生产能力。改革开放以来, 我国装备制造业逐步发展成为规模庞大、门类齐全、实力雄厚的产业, 在全球价值链中的地位不断攀升<sup>[4]</sup>。我国装备制造业嵌入全球价值链带来了出口货物的增加, 但生产加工环节往往伴随着二氧化碳高排放, 成为国内能源消费的主源头<sup>[5]</sup>, 并且所获得的经济收益和就业收益, 是以高环境污染为代价<sup>[6]</sup>。鉴于此, 作为经济支柱产业的装备制造业, 其贸易依存度、产业升级与绿色发展的相互关系, 更值得深入研究。

## 1 文献综述

梳理已有的国内外文献, 关于贸易依存度、产业升级与绿色发展的相关研究主要从以下三个方面展开: 一是分析贸易依存度与产业升级的关系, 二是贸易依存度与绿色发展的关系, 三是产业升级与绿色发展的关系。

关于贸易依存度与产业升级关系的研究主要从两个方面展开, 一是单向考察贸易依存度对产业升级的影响, 研究结果大多表明对外贸易有利于产业升级<sup>[7-8]</sup>, 这主要是由于对外贸易的发展加速了生产要素在全球范围内的流动, 发达国家在产业转移的过程中促进了本国产业结构的优化升级<sup>[9]</sup>。二是探讨贸易依存度与产业升级的双向关系, 得到的主要观点为产业结构升级与贸易开放具有相互促进的互动关系, 并且具有显著区域差异<sup>[10-12]</sup>。

关于贸易依存度与绿色发展关系的相关研究, 大多数文献探讨了贸易开放对生态环境的影响, 存在着两种相反的观点。一种观点认为, 贸易开放对绿色发展有正向影响, 主要通过“竞争效应”和“溢出效应”来实现, 在“竞争效应”下会倒逼企业进行技术创新、产品更新换代, 以此提高生产效率, 减少能源消耗<sup>[13]</sup>。“溢出效应”体现在外商投资带来的先进技术, 会在本地进行外溢和传播,

有助于本地企业进行模仿和创新, 进而提升绿色全要素生产率<sup>[14-16]</sup>。另一种观点认为, 发达国家通过产业转移, 将高污染的加工产业转移到发展中国家, 使发展中国家沦为“污染避难所”, 并提出了“污染天堂”假说<sup>[17-19]</sup>。少数学者还研究了贸易开放与绿色发展的互动关系, 钟凯扬<sup>[20]</sup>基于 PVAR 模型研究对外贸易、FDI 和环境污染的动态关系, 研究结果表明对外贸易带动了环境污染, 污染排放具有较强惯性, 长期来看对贸易和 FDI 有一定抑制作用。李豫新等<sup>[21]</sup>基于 PVAR 模型分析了贸易开放、环境规制与城市生态效率的动态互动关系, 研究结果表明贸易开放能促进城市生态效率提升, 短期内生态效率的提高可能会提高污染密集型产品的生产成本, 进而对当地的进出口贸易产生负面影响, 但长期来看, 城市生态效率的提高将有利于提升区域贸易开放水平。

关于产业升级与绿色发展关系的相关研究, 大多数研究表明产业升级对绿色发展具有正向的推动作用, 主要通过改善资源配置和资源利用率来实现<sup>[22-25]</sup>。部分学者研究发现产业升级对绿色发展的影响呈现非线性。郑小强等<sup>[26]</sup>研究成渝双城经济圈产业结构升级对环境效率的影响发现, 只有技术达到一定水平的条件下, 产业结构升级才能显著改善环境效率。李鹏<sup>[27]</sup>采用 2004—2013 年中国的省际面板数据研究产业升级与环境污染之间的关系, 发现环境污染排放总量与产业升级之间存在倒“U”型曲线关系。刘金全等<sup>[28]</sup>应用 PVAR 模型对 2002—2018 年我国 30 个省份创新水平、产业结构升级情况、绿色经济发展水平的面板数据进行了分析, 结果表明产业结构升级和绿色经济发展之间存在互为因果、互相促进的关系。

综上所述, 国内外学者对贸易依存度、产业升级以及绿色发展三者之间关系的研究尚未形成统一的结论, 还存在一定的研究空间。现有研究多是将贸易依存度、产业升级作为单独变量, 探讨其对绿色发展的影响, 鲜有学者将三者纳入统一研究框架探讨其动态互动关系。在研究领域上, 多是基于省际尺度或城市尺度, 对于聚焦产业的研究较少。基于此, 本文在测度 2006—2020 年中国 30 个省份绿色发展指数的基础上, 运用 PVAR 模型探讨装备制造业贸易依存度、产业升级与绿色发展三者间的动态互动关系。

## 2 研究设计

### 2.1 数据来源

本文采用 2006—2020 年我国 30 个省份的面板数据作为研究样本, 数据来源于国研网对外贸易数据库、中国统计年鉴、各省份统计年鉴、中国工业经济统计年鉴和中国环境统计年鉴, 鉴于数据可获性, 剔除西藏及港

澳台地区的数据。另外，对于各省份少量缺失的数据，通过查阅相应省份对应年份的《国民经济与社会发展统计公报》补齐，个别数据无法获取采用插值法补齐。

## 2.2 变量的界定

### 2.2.1 贸易依存度 (FTD)

贸易依存度是指一国或地区的进出口总额占该国或地区的 GDP 比重。对于产业而言，可采用某一产业的进出口总额占该行业总产值的比重表示<sup>[29]</sup>。本文衡量装备制造业贸易依存度，具体公式如下：

$$\text{贸易依存度} = \text{装备制造业进出口总额} / \text{工业总产值} \quad (1)$$

计算装备制造业进出口总额参照盛斌<sup>[30]</sup>所整理的中国海关统计协调编码货号(HS)与中国工业行业的对应关系，把金属制品业、普通机械制造业、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、电子及通信设备制造业、仪器仪表及文化办公业对应的 HS 四位编码的进出口数据按不同省份、不同年份累加，得到各省份 2006—2020 年装备制造业进出口总额，其中美元兑换人民币的汇率以当年年度平均汇率为准。

### 2.2.2 产业升级 (UP)

衡量产业升级的指标主要有产业结构合理化和产业结构高度化等，本文借鉴傅元海等<sup>[31]</sup>的做法，采用产业结构高度化衡量各省装备制造业产业升级，公式如下：

$$\text{装备制造业产业升级} = \frac{\text{高技术产业利润总额}}{\text{中技术产业利润总额}} \quad (2)$$

根据 WIOD 数据库和 OECD 数据库对于制造业的分类，本文将装备制造业中计算机、通信和其他电子设备制造业、仪器仪表制造业、电气机械和器材制造业划分为高技术产业；将通用设备制造业、专用设备制造业、交通运输设备制造业划分为中技术产业；将金属制品业划分为低技术产业。

### 2.2.3 绿色发展 (GD)

绿色发展水平的测度主要有指标体系评价和效率测度两大类，本文参考《绿色发展指标体系》，借鉴朱帮助等<sup>[32]</sup>构建的绿色发展指数方法。本文构建省级层面的绿色发展指标体系(表 1)，具体方法构建如下。

(1) 标准化处理。为了消除数据中数量单位的差异，保证结果的可靠性，本文采用归一化对数据进行处理，具体计算公式如下：

$$\text{正向指标} : v_{ij} = \frac{v_{ij} - \min v_{ij}}{\max v_{ij} - \min v_{ij}} \quad (3)$$

$$\text{负向指标} : v_{ij} = \frac{\max v_{ij} - v_{ij}}{\max v_{ij} - \min v_{ij}} \quad (4)$$

表1 绿色发展指标体系

一级指标	二级指标	指标属性	数据来源	权重
资源利用 (权数 29.3%)	能源消费总量	负向	国家统计局	4.45%
	单位 GDP 能源消耗降低	正向	国家统计局	4.00%
	用水总量	负向	国家统计局	4.42%
	万元 GDP 用水量下降	正向	国家统计局	4.14%
	单位工业增加值用水量降低率	正向	国家统计局	3.99%
	单位 GDP 建设用地面积降低率	正向	国家统计局	3.92%
	一般工业固体废物综合利用率	正向	各省生态环境统计年鉴	4.38%
环境治理 (权数 16.5%)	化学需氧量排放总量减少	正向	国家统计局	2.85%
	氨氮排放总量减少	正向	国家统计局	2.85%
	二氧化硫排放总量减少	正向	国家统计局	2.69%
	生活垃圾无害化处理率	正向	《中国环境统计年鉴》	2.80%
	污水集中处理率	正向	国家统计局	2.51%
	环境污染治理投资占 GDP 比重	正向	《中国环境统计年鉴》	2.80%
环境质量 (权数 19.3%)	PM <sub>2.5</sub> 年度均值	负向	《中国生态环境状况公报》	6.72%
	单位耕灌溉面积化肥施用量	负向	《中国环境统计年鉴》	6.83%
	单位耕灌溉面积农药使用量	负向	《中国环境统计年鉴》	5.75%
生态保护 (权数 16.5%)	森林覆盖率	正向	国家统计局	4.15%
	森林蓄积量	正向	《中国环境统计年鉴》	3.95%
	自然保护区面积	正向	国家统计局	4.24%
	湿地总面积占国土面积比重	正向	《中国环境统计年鉴》	4.16%
增长质量 (权数 9.2%)	人均 GDP 增长率	正向	国家统计局	2.41%
	居民人均可支配收入	正向	国家统计局	2.57%
	第三产业增加值占 GDP 比重	正向	国家统计局	2.54%
	R&D 经费支出占 GDP 比重	正向	国家统计局	1.68%
绿色生活 (权数 9.2%)	建成区绿地率	正向	《中国环境统计年鉴》	3.03%
	绿色出行(城镇每万人次公共交通客运量)	正向	《中国环境统计年鉴》	3.10%
	农村卫生厕所普及率	正向	《中国环境统计年鉴》	3.07%

(2) 确定指标权重。本文采用专家赋权法和客观赋权法相结合的方法。一级指标采用《绿色发展指标体系》的专家赋权权重，二级指标先采用熵权法计算得到客观权重，再根据二级指标客观权重占一级指标权重的比例将一级指标权重重新分配到二级指标。

(3) 综合指数合成。参考巩前文等<sup>[33]</sup>、喻保华等<sup>[34]</sup>的相关研究运用加权综合评价指数法测算绿色发展指数(表 2)，具体公式如下：

$$R_{it} = \sum_{j=1}^n r_{ij} \times D_j \quad (5)$$

式中： $R_{it}$  代表第  $i$  省份  $t$  年份的绿色发展指数， $r_{ij}$  代表第  $i$  个省份第  $j$  个指标在  $t$  年份的标准化值， $D_j$  表第  $j$  个指标综合权重值， $n$  代表指标个数。

## 2.3 模型构建

面板向量自回归模型(PVAR)能够将各变量视为内生变量，无需事先设定各变量的因果关系。装备制造业的贸易依存度、产业升级与绿色发展三者有相互影响的

表2 2006—2020年30个省份绿色发展指数

省份	2006年	2008年	2010年	2012年	2014年	2016年	2018年	2020年
北京	0.579	0.571	0.577	0.615	0.624	0.668	0.648	0.618
天津	0.516	0.555	0.556	0.555	0.547	0.590	0.579	0.550
河北	0.393	0.442	0.454	0.424	0.411	0.484	0.475	0.460
上海	0.563	0.548	0.590	0.599	0.633	0.660	0.647	0.643
江苏	0.436	0.465	0.485	0.469	0.467	0.503	0.506	0.511
浙江	0.525	0.536	0.568	0.546	0.550	0.609	0.603	0.570
山东	0.414	0.452	0.455	0.456	0.458	0.480	0.469	0.444
福建	0.497	0.530	0.577	0.571	0.552	0.602	0.608	0.546
广东	0.467	0.481	0.515	0.495	0.506	0.555	0.548	0.514
海南	0.516	0.581	0.569	0.557	0.543	0.583	0.582	0.564
山西	0.406	0.478	0.497	0.463	0.449	0.490	0.505	0.487
安徽	0.393	0.439	0.482	0.472	0.482	0.519	0.532	0.481
江西	0.464	0.503	0.550	0.530	0.505	0.541	0.567	0.555
河南	0.367	0.417	0.438	0.405	0.437	0.461	0.459	0.415
湖北	0.420	0.452	0.484	0.466	0.480	0.535	0.529	0.453
湖南	0.432	0.464	0.493	0.471	0.472	0.521	0.509	0.512
青海	0.506	0.542	0.592	0.614	0.588	0.640	0.614	0.570
重庆	0.449	0.518	0.557	0.553	0.554	0.596	0.555	0.528
宁夏	0.504	0.565	0.561	0.538	0.516	0.571	0.544	0.538
云南	0.478	0.522	0.557	0.540	0.521	0.553	0.574	0.525
四川	0.480	0.527	0.533	0.511	0.517	0.557	0.573	0.534
内蒙古	0.474	0.510	0.521	0.526	0.533	0.561	0.528	0.459
贵州	0.437	0.493	0.504	0.518	0.513	0.544	0.542	0.538
陕西	0.470	0.501	0.532	0.524	0.506	0.535	0.522	0.474
甘肃	0.447	0.438	0.476	0.461	0.478	0.517	0.561	0.471
广西	0.461	0.471	0.513	0.484	0.486	0.535	0.524	0.505
新疆	0.487	0.497	0.546	0.468	0.480	0.467	0.523	0.467
辽宁	0.454	0.491	0.471	0.504	0.476	0.517	0.534	0.467
吉林	0.459	0.514	0.517	0.514	0.506	0.545	0.531	0.518
黑龙江	0.440	0.473	0.496	0.491	0.470	0.525	0.529	0.480

关系, 本文通过 PVAR 模型, 探讨装备制造业贸易依存度、产业升级与绿色发展之间的冲击效应, 并通过脉冲响应的方差分解, 得到冲击效果。设定 PVAR 模型如下:

$$y_{it} = a_{i,0} + \sum_{j=1}^p a_{i,j} y_{i,t-j} + \gamma_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

式中:  $i$  表示省份,  $t$  表示时间,  $y$  是由装备制造业贸易依存度(FTD)、产业升级(UP)和绿色发展(GD)三个内生变量构成的内向量,  $a_{i,0}$  为截距项向量,  $y_{i,t-j}$  是  $y_{it}$  的  $j$  阶滞后项,  $p$  为滞后阶数,  $a_{i,j}$  表示系数矩阵,  $\gamma_i$  为个体效应,  $\theta_t$  为时间效应,  $\varepsilon_{it}$  为随机扰动项。

### 3 实证结果与分析

#### 3.1 面板单位根检验及最优滞后阶数确定

在对 PVAR 模型进行估计之前, 需要对各面板序列进行平稳性检验以避免伪回归, 本文对数据进行 LCC 检验、IPS 检验和 Fisher ADF 检验。检验结果见表 3, 表明各变量至少在 5% 的显著水平上拒绝了“存在单位根”的原假设, 可以判断各序列是平稳序列。

本文根据 AIC、BIC 与 HQIC 原则确定模型的最优滞后阶数。表 4 结果显示, 在滞后 3 阶时, AIC 和 HQIC 拥有最小值, 根据 AIC、BIC、HQIC 的最小化原则, PVAR 模型最优滞后阶数为 3 阶。

表3 面板数据单位根检验

变量	LLC 检验	IPS 检验	Fisher ADF	结论
FTD	-5.394***	-3.053***	10.287***	平稳
UP	-11.158***	-3.292***	4.844***	平稳
GD	-4.495***	-5.465***	11.581***	平稳

注: 上角标 \*\*\*, \*\*, \* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平下显著。

表4 模型的最优滞后阶数

模型滞后阶数	AIC	BIC	HQIC
1	3.553	4.560	3.952
2	0.103	1.269*	0.567
3	-0.072*	1.275	0.465*
4	-0.025	1.530	0.597

注: 上角标 \* 表示数据该列最小值。

#### 3.2 GMM模型估计

基于上述单位根检验和最优滞后阶数结果, 本文将装备制造业贸易依存度、产业升级与绿色发展作为 PVAR 模型内生变量, 通过广义矩估计(GMM)得到结果见表 5 所示。

表5 装备制造业贸易依存度、产业升级与绿色发展的GMM估计结果

变量	$h\_FTD$	$h\_UP$	$h\_GD$
$h\_FTD L1$	0.551** (2.52)	25.34(1.20)	0.002(0.05)
$h\_UP L1$	-0.000(-1.24)	-0.026(-0.10)	-0.000(-0.62)
$h\_GD L1$	0.126(1.18)	39.77(1.00)	0.287*** (3.68)
$h\_FTD L2$	0.110(0.87)	8.55(0.76)	-0.020(-1.01)
$h\_UP L2$	-0.001* (-1.90)	0.219(0.98)	-0.000* (-1.92)
$h\_GD L2$	0.048(0.38)	57.837(1.42)	0.058(1.06)
$h\_FTD L3$	-0.014(-0.22)	13.541(1.09)	-0.034* (-1.89)
$h\_UP L3$	0.000(1.38)	0.237*** (5.63)	0.000(0.11)
$h\_GD L3$	0.048(0.95)	5.314(0.33)	0.250*** (4.88)

注: L1、L2、L3 分别表示滞后 1 期、滞后 2 期、滞后 3 期; 括号内为 Z 值; 上角标 \*、\*\* 和 \*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 的水平下显著。

(1) 以贸易依存度为被解释变量, 滞后 1 期的贸易依存度对自身的影响在 5% 的水平下显著并且系数为 0.551, 滞后 2 期的装备制造业产业升级对贸易依存度的影响在 10% 水平下显著, 系数为 -0.001。这说明产业升级对贸易依存度的影响存在一定的时滞效应。

(2) 以产业升级为被解释变量, 滞后 3 期的产业升级对自身的影响在 1% 的水平下显著, 并且系数为 0.237。这说明装备制造业产业升级与自身的相关性较大, 存在较长的时滞效应。

(3) 以绿色发展为被解释变量, 滞后 1 期和滞后 3 期的绿色发展对自身的影响均在 1% 的水平下显著, 系数均为正。滞后 2 期的产业升级对绿色发展在 10% 的显著水平下显著, 系数为负, 滞后 3 期的贸易依存度对绿色发展在 10% 的显著水平下显著, 系数为 -0.034。这表明装备制造业贸易依存度与产业升级对绿色发展具有滞后效应。

#### 3.3 脉冲响应分析

脉冲响应测度分析模型可以更直观地刻画变量之间

的动态交互关系，本文采用蒙特卡罗的方法，模拟 500 次，得到每个误差项的冲击对各变量 0 至 12 期的脉冲响应函数结果，如图 1 所示。

(1)贸易依存度。当自身受到一个单位的外生冲击时，对贸易依存度的影响在第 0 期达到最大正值，随后逐渐递减，在第 6 期之后逐渐趋向于 0。表明贸易依存度对自身的发展具有持续正向影响。当产业升级受到一个单位的外生冲击时，对贸易依存度的影响呈现负响应，在第 2 期达到最低值，随后逐渐回升呈收敛态势，这表明装备制造业产业升级持续减弱了贸易依存度，很可能产业升级带来了高成本，在一定程度上影响进出口贸易。当绿色发展受到一个单位的外生冲击时，在第 0 期至第 7 期为正响应，并在第 2 期达到最大值，在第 8 期之后变为负响应。这表明绿色发展前期会提升装备制造业的贸易依存度，后期会减弱，这很可能在绿色转型前期，需要依赖一些国外先进绿色装备和技术，进而对贸易有一定的依赖，后期通过消化吸收再创新，逐渐减弱这种需求。

(2)产业升级。当自身受到一个单位的外生冲击时，对产业升级的影响在第 0 期的影响达到最大值且为正，随后下降，最后呈收敛态势。当贸易依存度受到一个单位的外生冲击时，在第 0 期至第 8 期为正响应，并且第 3 期达到最大值，随后逐渐减弱，在第 8 期之后为负响应。这表明贸易依存度的冲击在短期内对装备制造业产业升

级有促进作用，很可能是由于国际市场竞争激烈，装备制造业企业迫切需要在技术、产品上升级来适应国际市场。当绿色发展受到一个单位的外生冲击时，产生“先增后降”的正向影响，在第 2 期达到最大值。这表明绿色发展促进装备制造业产业升级的短期效应更明显，主要是由于短期内公众对绿色产品需求增加以及生态文明社会的制度体系约束，引导企业要向绿色生产转型升级。

(3)绿色发展。当自身受到一个单位的外生冲击时，对绿色发展的影响在第 0 期的影响达到最大值，随后波动下降，但仍保持着正向影响。当贸易依存度受到一个单位的外生冲击时，在第 1 期之后呈现负响应，并且逐渐增大，在第 3 期达到低谷值，随后逐渐回升，但仍保持着负向影响。这表明装备制造业在短期的生产、加工贸易产品很可能仍是以牺牲环境为代价，但随着时间的推移，这种对绿色发展的压力逐渐减弱，意味着装备制造业的绿色转型、升级需进一步提升。

### 3.4 方差分解分析

根据方差分解结果(表 6)，装备制造业贸易依存度、产业升级与绿色发展均主要依赖于自身发展，但三者之间互有一定的解释力。具体特征：①绿色发展对贸易依存度和产业升级的贡献率有所提升，尤其是在产业升级中，由第 5 期的 0.058，提升到 15 期的 0.084，表明装备制造业不管在对外贸易还是产业升级上都要朝着绿色制

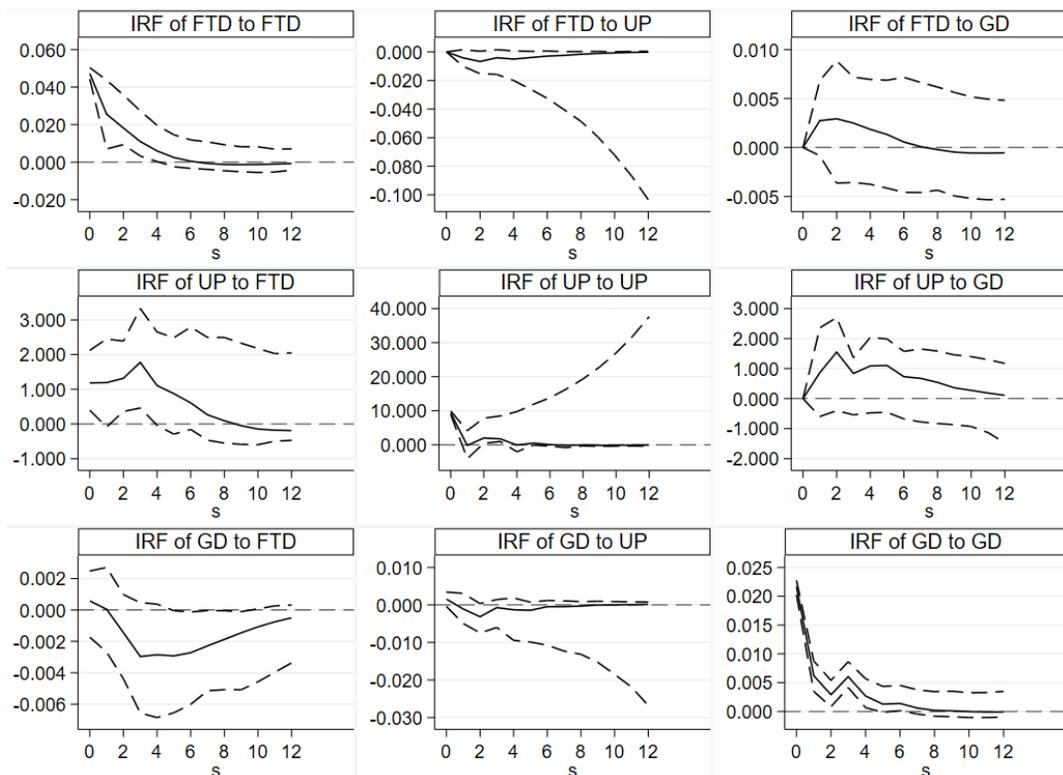


图1 装备制造业贸易依存度、产业升级与绿色发展脉冲图

造的目标迈进；②产业升级与贸易依存度对绿色发展的贡献率有所提升，这充分表明装备制造业融入国际市场、进行产业升级，从长期上有利于绿色发展；③贸易依存度对产业升级的贡献率也有提升，表明长期参与国际贸易、融入全球价值链，有利于装备制造业的产业升级。

表6 方差分解结果表

变量	预测期	FTD	UP	GD
FTD	5	0.999	0.000	0.001
	10	0.997	0.000	0.003
	15	0.997	0.000	0.003
	20	0.997	0.000	0.003
UP	5	0.037	0.905	0.058
	10	0.039	0.879	0.083
	15	0.039	0.877	0.084
	20	0.039	0.877	0.084
GD	5	0.069	0.017	0.914
	10	0.092	0.022	0.886
	15	0.095	0.023	0.882
	20	0.096	0.023	0.881

## 4 进一步讨论

考虑到贸易依存度指标是进出口贸易总额与工业总产值的比，不能单独反映进口或出口的情况，为此，本文分别从进口依存度和出口依存度进行讨论分析。

### 4.1 进口依存度

进口依存度指标(FTD<sub>IM</sub>)采用装备制造业进口总额与工业总产值之比来衡量。首先，分别对进口依存度、产业升级与绿色发展变量的数据进行平稳性检验，在 5% 的置信水平下，均通过 LCC 检验、IPS 检验和 Fisher ADF 检验。其次，根据 AIC、BIC 与 HQIC 原则，确定模型的最优滞后阶数为 3 阶。最后，进行脉冲响应分析(图 2)和方差分解(表 7)。

将脉冲图 2 与图 1 对比发现，进口依存度受到绿色发展冲击时的正响应持续时间更短，以及产业升级受到进口依存度冲击时的正响应有双峰值。

进口依存度受到绿色发展的外生冲击时，先由 0 逐渐上升，在第 1 期达到最大值，随后逐渐下降，并在第 4 期变为负向影响，这表明绿色发展在较短时期内对装备制造业的进口依存度有正向影响，但从长期来看会削弱装备制造业的进口依存度。这很可能在短期绿色发展会增加企业对绿色先进技术、产品的需求，进而会增加进口，但长期下来，这种绿色技术、产品可以在国内被模仿和创新，会逐渐减少进口依赖。

产业升级受到进口依存度的外生冲击时，会先产生正向影响，在第 1~3 期时波动上升，之后逐渐下降，在第 8 期之后变为负向影响，这表明在短期内进口依存度会对装备制造业产业升级有明显的推动作用，这种推

动作用呈现波动上升，但长期来看，进口依存度会对装备制造业产业升级产生负向影响。这很可能进口引进了先进技术，在短期上会进行技术传播和溢出，有助于产业升级，但长期来看，进口的依赖会产生“低端锁定”效应，会不利于产业升级。

根据方差分解结果(表 7)，装备制造业进口依存度、产业升级与绿色发展均主要依赖于自身发展，提升幅度较大的有进口依存度对绿色发展的贡献，从预测期第 5 期的 0.051 到第 15 期的 0.097；产业升级对进口依存度的贡献，从第 5 期的 0.039 提升到第 10 期的 0.049。这表明绿色发展在之后的贸易中会成为重要因素之一，装备制造业的产业升级也与进口贸易密不可分。

表7 基于进口依存度的方差分解结果

变量	预测期	FTD <sub>IM</sub>	UP	GD
FTD <sub>IM</sub>	5	0.955	0.039	0.006
	10	0.942	0.049	0.009
	15	0.941	0.049	0.010
	20	0.941	0.049	0.010
UP	5	0.105	0.826	0.068
	10	0.109	0.800	0.091
	15	0.111	0.789	0.091
	20	0.111	0.789	0.091
GD	5	0.051	0.047	0.902
	10	0.095	0.005	0.854
	15	0.097	0.050	0.853
	20	0.097	0.050	0.853

### 4.2 出口依存度

出口依存度指标(FTD<sub>EX</sub>)采用装备制造业出口总额与工业总产值之比来衡量。首先，分别对出口依存度、产业升级与绿色发展变量的数据进行平稳性检验，在 5% 的置信水平下，均通过 LCC 检验、IPS 检验和 Fisher ADF 检验，表明数据平稳。其次，根据 AIC、BIC 与 HQIC 原则，确定模型的最优滞后阶数为 3 阶。最后，进行脉冲响应分析(图 3)和方差分解(表 8)。

将脉冲图 3 与图 1 对比发现，产业升级受到出口依存度的外生冲击时的正响应既有波谷也有波峰，以及绿色发展受到出口依存度冲击时的负响应有平稳时段。

产业升级受到出口依存度的外生冲击时，在 0~1 期时逐渐下降，随后逐渐上升，并在第 3 期达到峰值，之后随着时间增加逐渐下降。这表明出口依存度对产业升级的影响短期内波动上升，从长期来看对产业升级的推动作用逐渐减弱。这很可能是在早期为了满足国际市场的新需求，装备制造业企业不断推出新产品或升级现有产品，以推动出口增长。但长期上，装备制造业在高端装备制造领域面临关键核心技术受制于人的问题，出口产品竞争力不强，限制了产业升级的步伐。

绿色发展受到出口依存度的外生冲击时，冲击呈现

负向影响，先逐渐下降到第3期，随后在第3期至第5期保持水平，之后逐渐上升。这表明出口依存度对绿色发展有负向影响，并且这种负向影响在短期渐渐增加，在达到最大值后会保持不变一段时间，之后这种负向影响

逐渐减少。很可能装备制造业的出口还是以代加工为主，附加值低，生产加工环节伴随着高污染，但是这种污染是短期现象。从长期来看，出口依存度对绿色发展的压力是会减少。

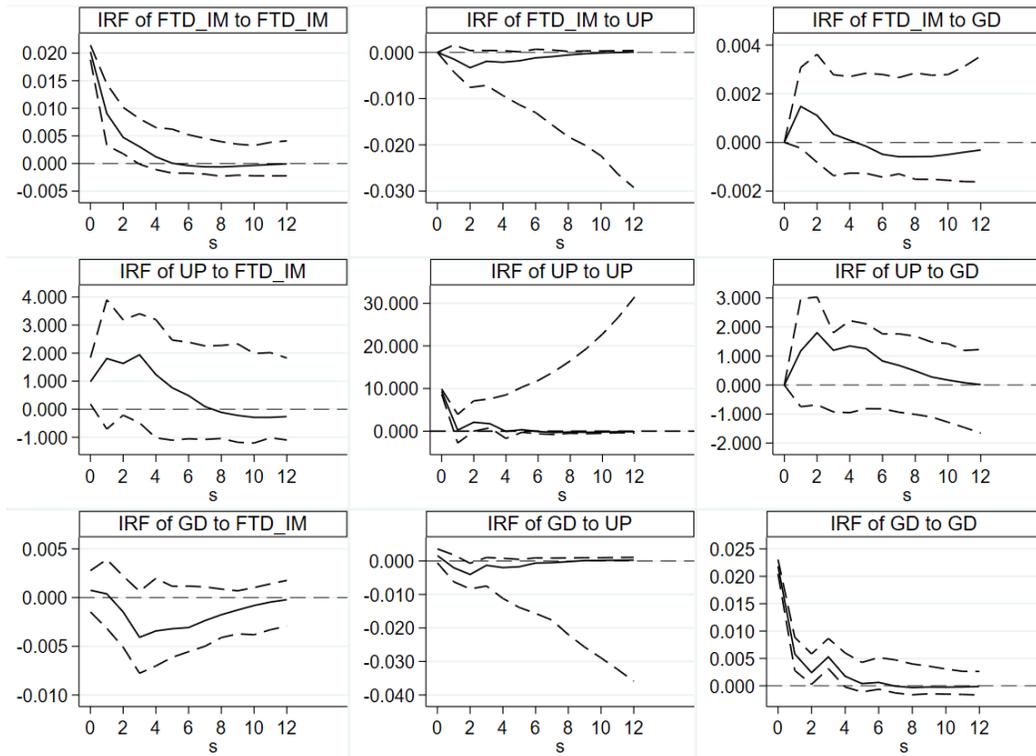


图2 装备制造业进口依存度、产业升级与绿色发展脉冲图

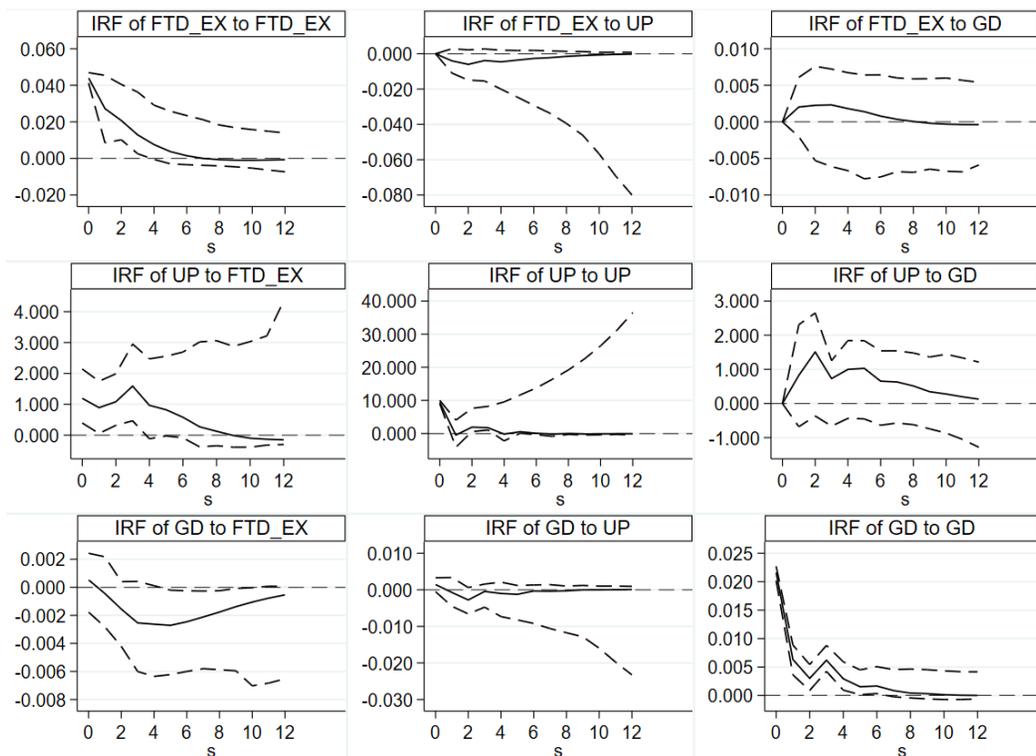


图3 装备制造业出口依存度、产业升级与绿色发展脉冲图

由表8可知,装备制造业出口依存度、产业升级与绿色发展均主要依赖于自身发展,变化幅度较大的有出口依存度对绿色发展的贡献,从预测第5期的0.028到第15期的0.066,绿色发展对产业升级的贡献,从预测第5期的0.042到第15期的0.062。这表明之后装备制造业出口依存度、产业升级都将朝着绿色发展的方向前进。

表8 基于出口依存度的方差分解结果

变量	预测期	FTD_EX	UP	GD
FTD_EX	5	0.969	0.026	0.005
	10	0.961	0.033	0.006
	15	0.960	0.034	0.006
	20	0.960	0.034	0.006
UP	5	0.064	0.895	0.042
	10	0.071	0.868	0.061
	15	0.072	0.866	0.062
	20	0.072	0.866	0.062
GD	5	0.028	0.019	0.953
	10	0.063	0.021	0.916
	15	0.066	0.021	0.913
	20	0.066	0.021	0.912

## 5 结论与对策建议

### 5.1 结论

本文讨论了装备制造业贸易依存度、产业升级与绿色发展的作用机制,并利用中国省际面板数据构建PVAR模型进行了实证分析,得出主要结论如下。

(1)贸易依存度、进口依存度、出口依存度对产业升级有短期的促进作用和长期的抑制作用;贸易依存度、进口依存度对绿色发展有长期的抑制作用,且呈现倒“U”型,先逐渐增加到最高值,随后逐渐下降;出口依存度对绿色发展也有长期的抑制作用,但这种抑制作用是先增加,随后维持一段时间,再逐渐减小。这充分说明装备制造业目前的对外贸易仍以粗放型为主,但这种进出口贸易在短期上有利于我国装备制造业的升级。

(2)产业升级对贸易依存度、进口依存度、出口依存度以及绿色发展有长期的抑制作用。这说明装备制造业向高端、绿色装备制造业的升级不够充分,并且由于产业升级的成本增加,不利于进出口贸易。

(3)绿色发展对贸易依存度、进口依存度、出口依存度有短期的促进用和长期的抑制作用,其中对进口依存度的促进作用时间最短;对产业升级有长期的促进作用。这说明装备制造业朝着绿色化升级是必要的,同时绿色发展可能在短期会扩大一定的需求,有利于进出口贸易。

### 5.2 对策建议

(1)优化装备制造业的对外贸易模式。鼓励我国装备制造业进行技术创新,突破“卡脖子”技术,提高附加价值,努力往全球价值链的高端跃进。

(2)鼓励装备制造业向高端化、绿色化升级。装备制造业目前产业升级不够充分,要加大研发投入、强化人才支持、完善政策体系,疏通绿色装备的研发、应用和扩散的堵点,同时要引导研发—工程化—产业化协同发力,推动高端装备制造业快速发展。

(3)持续深化绿色发展理念。要加快构建装备制造业科技含量高、能源消耗低,环境污染少的绿色生产体系,同时要突破行政区域的边界,形成产业链上下游联动机制,共同推进绿色发展。

### 参考文献:

[1] 吕廷方, 崔兴华. 中国全球价值链嵌入与生态环境的耦合协调机制分析[J]. 宏观经济研究, 2020(1): 112-123.

[2] 李杰. 贸易依存度与通货膨胀的关系研究: 基于ARDL模型的边界检验分析[J]. 中国物价, 2022(4): 32-36.

[3] 李昕, 曹洪军. 习近平生态文明思想的核心构成及其时代特征[J]. 宏观经济研究, 2019(6): 5-15.

[4] 王晓玲, 韩平. 数字经济与装备制造业融合发展研究: 以东北地区为例[J]. 技术经济与管理研究, 2022(5): 105-110.

[5] 王英, 刘婷. 中国对外直接投资驱动装备制造业全球价值链低碳升级的路径研究[J]. 国际商务(对外经济贸易大学学报), 2022(1): 103-118.

[6] 余娟娟. 全球价值链嵌入影响了企业排污强度吗: 基于PSM匹配及倍差法的微观分析[J]. 国际贸易问题, 2017(12): 59-69.

[7] 傅强, 黎秀秀. 贸易开放度、产业结构升级与经济增长[J]. 工业技术经济, 2014, 33(3): 115-120.

[8] 孙晓华, 王昀. 对外贸易结构带动了产业结构升级吗?: 基于半对数模型和结构效应的实证检验[J]. 世界经济研究, 2013(1): 15-21.

[9] KRUGMAN P. The narrow moving band, the Dutch disease, and the competitive consequences of Mrs. Thatcher: Notes on trade in the presence of dynamic scale economies [J]. Journal of Development Economics, 1987, 27(1-2): 41-55.

[10] 石峰, 吴振顺, 余博. 产业结构升级与贸易开放动态响应的区域异质性: 基于2000—2013年省级面板数据的PVAR分析[J]. 软科学, 2018, 32(1): 16-20.

[11] 付德申, 孔令乾. 贸易开放、产业结构升级与经济增长[J]. 商业研究, 2016(8): 25-32.

[12] 颜冬, 陈能军. 金融发展、贸易开放与产业升级之间的关系研究: 基于中国1999—2014年的经验数据考察[J]. 经济问题探索, 2016(8): 36-43.

[13] 齐英瑛, 邓翔, 任崇强. 贸易开放、环境规制与城市绿色发展效率: 来自中国2010—2018年282个城市的证据[J]. 经济问题探索, 2022(5): 145-160.

[14] KEE H L. Local intermediate inputs and the shared supplier spillovers of foreign direct investment [J]. Journal of Development Economics, 2015, 112: 56-71.

[15] 齐绍洲, 徐佳. 贸易开放对“一带一路”沿线国家绿色全要素生产率的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(4): 134-144.

- 大学学报(自然科学), 2023, 37(4): 270-276.
- [16] 武晓婷, 张恪渝. 数字经济产业与制造业融合测度: 基于投入产出视角[J]. 中国流通经济, 2021, 35(11): 89-98.
- [17] 张帆, 施震凯, 武戈. 数字经济与环境规制对绿色全要素生产率的影响[J]. 南京社会科学, 2022(6): 12-20.
- [18] 熊豪. 数字经济对长江经济带工业绿色全要素生产率的影响研究[D]. 重庆: 重庆工商大学, 2023.
- [19] 张圆. 城市数字经济对绿色全要素生产率的空间效应研究: 理论机理与实证检验[J]. 经济体制改革, 2022(4): 43-50.
- [20] WANG J L, XU C Q, ZHANG J, et al. Big data analytics for intelligent manufacturing systems: A review [J]. Journal of Manufacturing Systems, 2022, 62: 738-752.
- [21] 李占风, 粟文元. 数字经济对绿色全要素生产率的影响研究[J]. 西安财经大学学报, 2023, 36(6): 58-69.
- [22] 王宏伟, 董康. 数据要素对企业发展的影响: 基于云计算行业197家上市公司实证分析[J]. 东岳论丛, 2022, 43(3): 161-173.
- [23] 林毅夫. 新结构经济学: 重构发展经济学的框架[J]. 经济学(季刊), 2011, 10(1): 1-32.
- [24] 李海舰, 赵丽. 数据成为生产要素: 特征、机制与价值形态演进[J]. 上海经济研究, 2021(8): 48-59.
- [25] 白永秀, 宋丽婷. 数据商品及其二因素、劳动二重性的政治经济学分析[J]. 经济纵横, 2022(2): 27-34.
- [26] 刘文革, 贾卫萍. 偏向性技术进步、要素配置与经济增长[J]. 管理现代化, 2023(1): 7-18.
- [27] 宋雅兵, 朱进东. 数字经济、要素禀赋结构升级与共同富裕[J]. 统计与决策, 2024, 40(1): 17-22.
- [28] 张皓辰, 王歆, 林毅夫. 要素禀赋结构与早期工业建设的长期影响[J]. 经济学(季刊), 2023, 23(4): 1319-1335.
- [29] 苏杭, 郑磊, 牟逸飞. 要素禀赋与中国制造业产业升级: 基于WIOD和中国工业企业数据库的分析[J]. 管理世界, 2017(4): 70-79.
- [30] 李治国, 王杰. 数字经济发展、数据要素配置与制造业生产率提升[J]. 经济学家, 2021(10): 41-50.
- [31] 王德祥. 数字经济背景下数据要素对制造业高质量发展的影响研究[J]. 宏观经济研究, 2022(9): 51-63.
- [32] BOND S R. Dynamic panel data models: A guide to micro data methods and practice [J]. Portuguese Economic Journal, 2022, 1(2): 141-162.
- [33] 刘伟江, 杜明泽, 白玥. 环境规制对绿色全要素生产率的影响: 基于技术进步偏向视角的研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(3): 95-107.
- [34] BOKUSHEVA R, KUMBHAKAR S C, LEHMANN B. The effect of environmental regulations on Swiss farm productivity [J]. International Journal of Production Economics, 2012, 136(1): 93-101.
- [35] 王钰, 唐要家. 人工智能应用如何影响企业创新宽度? [J]. 财经问题研究, 2024(2): 38-50.

(责任编辑: 冯胜军)

(上接52页)

- [16] 张伟科, 葛尧. 对外直接投资对绿色全要素生产率的空间效应影响[J]. 中国管理科学, 2021, 29(4): 26-35.
- [17] HAO Y, DENG Y X, LU Z N, et al. Is environmental regulation effective in China? Evidence from city-level panel data [J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 188: 966-976.
- [18] 苏振东, 周玮庆. 外商直接投资对中国环境的影响与区域差异: 基于省际面板数据和动态面板数据模型的异质性分析[J]. 世界经济研究, 2010(6): 63-67.
- [19] 戴嵘, 曹建华. 碳排放规制、国际产业转移与污染避难所效应: 基于45个发达及发展中国家面板数据的经验研究[J]. 经济问题探索, 2015(11): 145-151.
- [20] 钟凯扬. 对外贸易、FDI与环境污染的动态关系: 基于PVAR模型的研究[J]. 生态经济, 2016, 32(12): 58-64.
- [21] 李豫新, 曹梦渊. 贸易开放、环境规制与城市生态效率: 基于黄河流域城市面板数据的实证[J]. 统计与决策, 2023(3): 164-169.
- [22] 刘赢时, 田银华, 罗迎. 产业结构升级、能源效率与绿色全要素生产率[J]. 财经理论与实践, 2018, 39(1): 118-126.
- [23] 冯志军, 杨朝均, 康鑫. 绿色创新与工业企业绿色增长: 基于广东的实证研究[J]. 科技管理研究, 2017, 37(20): 230-235.
- [24] JIN B, LI G. Green economic growth from a developmental perspective [J]. China Finance and Economic Review, 2013, 1(1): 4.
- [25] HUANG Y, LI L, YU Y T. Does urban cluster promote the increase of urban eco-efficiency? Evidence from Chinese cities [J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 197: 957-971.
- [26] 郑小强, 蒲泱竹. 成渝双城经济圈产业结构升级与环境效率: 基于非动态面板门槛模型[J]. 软科学, 2021, 35(11): 58-64.
- [27] 李鹏. 产业结构调整与环境污染之间存在倒U型曲线关系吗?[J]. 经济问题探索, 2015(12): 56-67.
- [28] 刘金全, 魏阙. 创新、产业结构升级与绿色经济发展的关联效应研究[J]. 工业技术经济, 2020, 39(11): 28-34.
- [29] 杨水利, 杨祎. 产业对外依存度对价值增值影响的实证研究[J]. 运筹与管理, 2019, 28(10): 184-191.
- [30] 盛斌. 中国对外贸易政策的政治经济分析[M]. 上海: 上海人民出版社, 2002.
- [31] 傅元海, 叶祥松, 王展祥. 制造业结构优化的技术进步路径选择: 基于动态面板的经验分析[J]. 中国工业经济, 2014(9): 78-90.
- [32] 朱帮助, 张梦凡. 绿色发展评价指标体系构建与实证[J]. 统计与决策, 2019, 35(17): 36-39.
- [33] 巩前文, 李学敏. 农业绿色发展指数构建与测度: 2005—2018年[J]. 改革, 2020(1): 133-145.
- [34] 喻保华, 王肖杨, 宋春晓, 等. 中国农业绿色发展时空演化及耦合协调研究[J]. 生态经济, 2023, 39(5): 132-139.

(责任编辑: 张海艳)