

# 高质量发展中的绿色底色：出口视角下 绿色产品渗透与路径依赖

韩 超, 岳巧钰

(东北财经大学 企业组织与产业组织研究中心, 辽宁 大连 116025)

**摘要:**绿色低碳是中国高质量发展的底色,也是中国实现增长方式转变,推动人与自然和谐发展的重要方向。然而,目前对中国绿色发展依然缺乏科学的测度,也无法了解其内在发展的底层逻辑。文章将产品绿色属性纳入技术复杂度的分析框架,基于出口产品的微观视角测度中国绿色发展水平,并分析了其在时间维度的变动趋势,进而从产品渗透以及路径依赖方面来揭示绿色发展的底层逻辑。研究发现:出口视角下,中国绿色发展呈现稳定的上升趋势;绿色产品在持续产品和新增产品两个维度的双重渗透构成了中国绿色发展的基本路径,且我国绿色渗透的主要形式为持续产品,主体为低技术产品,主要目的地为经济较发达地区,主要行业为机械电子制造业。进一步研究发现,中国绿色发展道路存在显著的路径依赖特征,且绿色路径依赖的主要影响因素为绿色技术和环境规制。根据研究结论,文章认为,未来需加大绿色产品和绿色项目的投资,同时提早做好绿色发展的技术以及路径储备,为进一步厚植高质量发展的绿色底色提供助推力。

**关键词:** 绿色发展; 产品渗透; 路径依赖; 研发创新

中图分类号: F124 文献标识码: A 文章编号: 1001-9952(2024)08-0004-16

DOI: 10.16538/j.cnki.jfe.20240614.301

## 一、问题的提出

改革开放以来,中国经济规模飞速扩大。国家统计局数据显示,中国 GDP 总量从改革开放之初的 3679 亿元飞升至 2022 年的 1210207 亿元,增长了 328 倍;人均 GDP 从 1978 年的 385 元提升到 2022 年的 85698 元,创造了经济增长奇迹。在经济高速增长的背后,“高耗能、高污染和高增长”的粗放发展模式也一直受到诟病,甚至有国际组织在 180 个国家和地区中将中国环境绩效排到第 160 位。<sup>①</sup>诚然,中国的环境质量状态存在客观的问题,《2022 中国生态环境状况公报》显示,2022 年中国 339 个地级及以上城市中,环境空气质量超标城市占比达到 37%,可吸入颗粒物(PM<sub>10</sub>)超标城市比例达 16%。但事实上,中国为控制污染排放,推动绿色高质量发展做出了不懈努力,且已取得了显著的成效。中华人民共和国生态环境部数据显示,2013—2022 年,中国 PM<sub>2.5</sub> 浓度和重污染天数分别下降了 57% 和 92%,二氧化硫排放量和氮氧化物排放量分别

收稿日期: 2024-02-07

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(72173015); 国家社会科学基金重大项目(22&ZD102); 辽宁省社会科学基金重大项目(L23ZD024)

作者简介: 韩 超(1984—),男,山东东平人,东北财经大学产业组织与企业组织研究中心教授,博士生导师;  
岳巧钰(1995—),女,河南新乡人,东北财经大学产业组织与企业组织研究中心博士研究生。

<sup>①</sup> 资料来源于耶鲁大学环境法律与政策中心和哥伦比亚大学国际地球科学信息网络中心发布的 2022 年环境绩效指数(EPI)。

下降了 85% 和 60%, 大气环境和水环境明显好转。中国一直以来都在加强污染防治工作, 尤其是党的十八大以来, 绿色低碳乃至生态文明建设的战略地位不断提高。<sup>①</sup>但因缺乏对中国绿色发展微观视角的测度, 缺乏对其内在发展逻辑进行全面科学的描述与分析, 无法科学评估中国绿色高质量发展方面取得的进步, 也无法依据微观行为规律来科学推进未来相关政策和决策。

一般而言, 绿色发展需要同时考虑环境、社会和经济目标在推动绿色发展中的重大作用 (Crespi 等, 2016)。中国社会科学院工业经济研究所课题组认为, 绿色转型不仅要体现生产效率提升, 还应体现环境影响、资源利用率、污染排放、可持续发展等指标的改善 (中国社会科学院工业经济研究所课题组, 2011)。然而, 现有研究大多基于数据包络分析法 (DEA) 从效率视角讨论绿色发展问题 (陈诗一, 2009; Oh 和 Heshmati, 2010)。也有部分研究在 DEA 基础上进行改进, 将基于松弛变量测度的方向性距离函数与 Luenberger 生产率指数结合, 据此来分析绿色全要素生产率变化 (Tone 等, 2020)。

DEA 方法的优势在于将资源消耗和环境污染等非期望产出纳入全要素生产率核算框架, 得到的绿色全要素生产率指标能够评估经济和环境之间的协调度。然而, 基于 DEA 或者随机前沿分析方法构建的测度方法面临一定局限性, 无法把握中国绿色发展中微观行为的底层逻辑。绿色全要素生产率的测度仅关注绿色发展过程中的绿色效率方面, 而忽略了绿色结构转型、产品转变以及多样化等产业发展中的行为结构特征。此外, 现有方法基于运筹学概念产生, 由此得到的指标缺乏清晰、直接的经济学内涵, 无法根据其内涵进行深入解剖, 也无法根据现实特征进行分解进而导致政策分析缺乏针对性。除绿色全要素生产率外, 目前还有学者采用环境专利、绿色技术创新、绿色增长、绿色投资、绿色金融等指标衡量一国或地区的绿色发展水平 (Yü 和 Geetha, 2017; Demir 等, 2020; Paramati 等, 2021; Hao 等, 2021)。但上述代理指标仅从单一维度进行衡量, 无法体现地区绿色发展的实质水平 (Can 等, 2021)。

那么该如何构建符合绿色发展内涵的指标来衡量中国及各地区绿色发展水平呢? 归根结底, 绿色发展的关键在于开发具有环境效益的绿色产品, 这是绿色发展最微观行为的体现。生产分割使得产品在纵向上分解出不同层次, 对应着不同的技术复杂度水平。技术复杂度体现了产品的技术含量和市场竞争能力 (Hausmann 等, 2014), 可以衡量产品间差异化程度。在这些文献基础上, 本文从出口视角出发构建绿色发展指数, 基于微观产品层面衡量和解析中国绿色发展水平。绿色发展指数综合考虑产品技术含量和绿色属性, 能反映地区生产和出口绿色先进产品的能力。本文研究发现, 出口视角下中国绿色发展呈现稳定上升趋势, 绿色产品在持续产品和新增产品两个维度的双重渗透构成了中国绿色发展的基本路径; 进一步研究发现, 中国绿色发展道路存在显著的路径依赖特征, 绿色技术和环境规制是影响我国绿色路径依赖的关键因素。

本文的边际贡献如下: 在整理绿色产品清单的基础上将绿色发展定位到产品层面, 基于出口视角综合考虑产品技术含量和绿色属性, 在此基础上构建符合绿色发展内涵的指标——绿色发展指数, 为从微观层面考察绿色发展水平和展开实证分析提供了一个基础案例; 从出口产品层面揭示了我国发展背后的绿色渗透现象和绿色路径依赖特征, 描述性地分析了绿色发展的主要驱动力, 为进一步规划绿色发展道路提供了经验参考和路径启发。

<sup>①</sup> 中国相继实施了一系列的监管改革:《环境空气质量标准(GB3095-2012)》增设 PM<sub>2.5</sub> 浓度限值;《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》将环境指标纳入地方官员的绩效考核体系, 改变了“单维 GDP”考核方式; 2013 年开始监测并实时发布空气质量数据, 拓宽公众获取污染信息的渠道; 出台总量控制政策、绿色信贷政策、碳交易政策、清洁能源消费政策、低碳认证等具体的环境政策, 例如《两控区酸雨和二氧化硫污染防治“十五”计划》《关于开展碳排放权交易试点工作的通知》《清洁能源消费行动计划(2018—2020 年)》等。

## 二、绿色发展的识别、测度与科学性检视

(一)绿色发展的微观基础:绿色产品。经济合作与发展组织(OECD)指出,绿色发展意味着促进经济增长的同时确保人发展所需要的资源环境(Organisation for Economic Co-operation and Development, 2011);世界银行将绿色发展定义为“高效利用自然资源的发展,最大限度地减少环境污染的清洁发展,可以实现通过环境管理有效预防自然灾害的弹性发展”(The World Bank, 2007)。实现经济效益和环境效益双赢的绿色发展,其核心在于开发和传播具有环境收益的产品和技术(Mealy 和 Teytelboym, 2022)。绿色产品能够通过降低能源消耗而减少生产带来的环境损害(Paramati 等, 2021);国际能源署(IEA)也发现,使用绿色产品能够将二氧化碳的排放量降低60%(Birol, 2013)。现实中关于绿色产品的定义也并非唯一:OECD将环境产业定义为“环境产品和服务行业是指能够衡量、防止、限制、最大程度减少或弥补对水、空气、土壤等生态系统环境损害的产品和服务活动,包括利用更清洁的技术、产品和服务以降低环境风险、减少污染和资源消耗”(Andrew, 1999);世界银行则将绿色产品定义为“与其他产品相比,生产或使用过程中造成较小环境损害的产品”(The World Bank, 2007)。用途多样化是导致绿色产品分类模糊的主要原因,同时产品的性能可能会随着技术进步发生变化,因而绿色产品的定义和范围也会进行相应修正(Sauvage, 2014)。

尽管存在困难,多个国际组织仍尝试制定了绿色产品清单。OECD整合的绿色产品清单共包含121种环境类产品(Andrew, 1999)。WTO和APEC则基于贸易视角制定了绿色产品清单:WTO依据成员国提交的产品生产过程界定该产品是否为绿色产品(WTO, 2001);APEC则将成员国同意在2015年关税税率降至5%甚至更低的环保产品定义为绿色产品(Vossenaar, 2013)。需要说明的是,由于在绿色定义、分类依据和制定目的等方面存在不同认识,上述绿色产品清单并不完全一致。鉴于国际上尚未形成统一、量化的产品绿色属性界定清单,本文将OECD、WTO和APEC现有的绿色产品清单合并形成一份包含248种产品的绿色产品清单。

(二)绿色发展的测度:产品竞争力与绿色复杂度。产品绿色化能够使经济增长摆脱对资源利用和环境破坏的过度依赖,是绿色经济发展的重要基础。出口贸易是一国与国际市场联系的重要纽带,具备比较优势的产品是出口增长的重要来源,能体现地区生产能力。将绿色产品与出口贸易结合既可以体现绿色发展,又能体现产品优势,综合反映绿色产品在全球的竞争力,揭示地区的绿色生产能力和绿色发展水平。从现有文献看,出口产品技术复杂度可以体现产品出口竞争力,而在产品技术复杂度的框架内嵌入绿色产品属性则可以测度出口视角下的绿色发展水平(Hausmann 等, 2007)。首先,根据Bender和Li(2002)等的算法测度地区 $c$ 产品 $p$ 的显示性比较优势(RCA),具体公式如下:

$$RCA_{cp} = \frac{x_{cp} / \sum_p x_{cp}}{\sum_c x_{cp} / \sum_c \sum_p x_{cp}} \quad (1)$$

其中, $p$ 表示海关HS6分位码产品, $x_{cp}$ 表示地区 $c$ 产品 $p$ 的贸易出口额。式(1)表示如果 $c$ 地区 $p$ 产品的出口额在 $c$ 地区总出口额中所占的比重不小于 $p$ 产品出口额在总出口额中的比重( $RCA_{cp} \geq 1$ ),就认为地区 $c$ 在产品 $p$ 上具有比较优势。依据式(1)对比较优势二值变量 $M_{cp}$ 赋值:

$$M_{cp} = \begin{cases} 0, & RCA_{cp} < 1 \\ 1, & RCA_{cp} \geq 1 \end{cases} \quad (2)$$

基于比较优势二值变量 $M_{cp}$ ,分别按照 $ECI_c = \sum_p M_{cp}$ 和 $PCI_p = \sum_c M_{cp}$ 得到地区 $c$ 技术复杂度和产品 $p$ 技术复杂度,并进行标准化处理。

其次,根据产品技术复杂度测度地区绿色发展水平即绿色发展指数,计算公式为:

$$GCI_c = \sum_p M_{cp} GP_p \times PCI_p \quad (3)$$

其中,  $GCI_c$  表示地区  $c$  的绿色发展指数;  $GP_p$  表示产品  $p$  是否为绿色产品;  $M_{cp} GP_p$  为二值变量, 当地区  $c$  在绿色产品  $p$  上具有比较优势时取值为 1, 否则为 0;  $PCI_p$  表示经过标准化处理的产品  $p$  的技术复杂度。<sup>①</sup>值得注意的是,  $GCI_c$  指标的测算方法是基于  $ECI_c$  的拓展, 但二者存在本质差异。  $ECI_c$  对所有具备比较优势产品的技术复杂度求和, 而  $GCI_c$  则仅对具备比较优势的绿色产品的技术复杂度求和, 即  $GCI_c$  考虑产品内含技术水平的同时还区分了产品的绿色特征。

(三) 绿色发展指数科学性: 基于一些基本事实的检验

1. 绿色发展指数与地区技术复杂度。从计算以及推演过程看, 绿色发展指数基于国际贸易研究中的技术复杂度理论, 因此绿色发展指数与地区技术复杂度应呈正向相关关系。随之而来的问题是: 绿色发展指数与地区技术复杂度是否等同? 二者间是否存在关联性? 描绘绿色发展指数和地区技术复杂度的关系图发现,<sup>②</sup>二者拟合线并非 45°, 即二者存在显著有差异的相关关系。二者的差异正是由于绿色发展指数能够同时捕获出口产品层面的技术复杂度与绿色产品信息所致。此外, 绘制绿色发展指数与各省份人均 GDP 的拟合图发现, 二者呈现显著正相关关系, 经济越发达, 生产绿色产品的能力越强。为更科学客观地解释绿色发展指数和地区技术复杂度之间的关系, 我们将绿色发展指数视作自变量, 分别将地区技术复杂度、经济发展水平(省份 GDP) 视为因变量进行回归分析。表 1 报告了回归结果, 列(2)和列(4)加入了人均 GDP、物质资本投入、人力资本和地方产业结构等一系列控制变量。结果显示, 列(2)中绿色发展指数的回归系数为 0.0227, 且在 1% 的水平上显著, 这表明绿色发展指数和地区技术复杂度之间不能划号, 但二者正相关。列(4)表明绿色发展指数与经济发展水平正相关。

表 1 绿色发展指数和地区技术复杂度关系

	地区技术复杂度		经济发展水平	
	(1)	(2)	(3)	(4)
$GCI_c$	0.0126*** (0.0027)	0.0227*** (0.0059)	0.0316*** (0.0028)	0.0138* (0.0069)
控制变量	否	是	否	是
固定效应	否	是	否	是
Observations	526	526	526	526
R-squared	0.0413	0.7269	0.1904	0.8083

注: \*、\*\* 和 \*\*\* 分别表示在 10%、5% 和 1% 水平上显著, 括号内为  $t$  值。限于篇幅, 控制变量和常数项的估计结果未予列出, 感兴趣的读者可以向作者索取。下表统同。

2. 绿色发展指数与相关变量的相关性: 污染排放与创新。绿色发展指数既体现了出口视角下的产品竞争力也体现了产品绿色水平, 因此这个指标就应该与地区环境污染负相关, 与创新能力强正相关。为此, 本文基于省份层面进行分析以验证这一问题, 具体模型设置如下:

$$\ln so_2 desity_{c,t} \text{ 或 } \ln innovation_{c,t} = \beta_0 + \beta_1 GCI_{c,t} + \beta_2 Control_{c,t} + v_t + \mu_c + \varepsilon_{c,t} \quad (4)$$

式(4)考察了绿色发展指数捕获的产品层面绿色属性能否解释地区环境绩效方面的变化。其中, 解释变量  $GCI_{c,t}$  为省份  $c$  在  $t$  年的绿色发展指数。对于地区环境绩效, 使用二氧化硫排放强

① 需要说明的是, 基于出口视角计算的绿色发展指数未考虑资源禀赋、产品结构和特有技术等地区间异质性因素, 在横向维度绝对比较上具有局限性, 因而后续仅进行纵向维度相对比较的分析。感谢审稿专家关于横向比较局限性的建设性意见。

② 限于篇幅, 绿色发展指数与地区技术复杂度、经济水平的拟合图未列出, 备索。

度( $so_2density_{c,t}$ )体现;同时产品出口竞争力选择研发投入衡量的创新能力( $innovation_{c,t}$ )来体现。 $Control_{c,t}$ 为控制变量,包括人均GDP、物质资本投入、人力资本、贸易开放度、基础设施建设、国企占比和地方产业结构。 $v_t$ 为时间固定效应, $\mu_c$ 为地区固定效应, $\varepsilon_{c,t}$ 为残差项。具体结果报告在表2中。列(1)和列(2)显示,绿色发展指数和二氧化硫排放强度代表的环境绩效负相关。列(3)和列(4)显示,绿色发展指数和创新能力存在正相关关系。可见,绿色发展指数能够在一定程度上解释地区污染排放情况和创新水平,即本文测度的绿色发展指数具备一定可靠性和解释力。

表 2 绿色发展指数解释力

	二氧化硫排放强度		研发投入	
	(1)	(2)	(3)	(4)
$GCI_c$	-0.0161*** (0.0029)	-0.0069* (0.0040)	0.0695*** (0.0060)	0.0561** (0.0183)
控制变量	否	是	否	是
固定效应	否	是	否	是
Observations	526	526	526	526
R-squared	0.0570	0.5194	0.2050	0.4577

为了尽可能探究以上相关结论的稳健性,<sup>①</sup>本文分别做了如下检验:(1)鉴于绿色发展指数的测度基准为出口产品贸易额,因而采用省份出口额替代GDP重新测度二氧化硫排放强度,使其口径尽量接近。(2)除二氧化硫外,地区污染物还包括废水、烟尘和固体废弃物等。为避免仅采用二氧化硫排放强度衡量地区污染水平的片面性,采用上述四类污染物具体数据综合计算省份污染强度。(3)排放达标率能够侧面反映省份的污染治理程度,因而采用二氧化硫排放达标率作为被解释变量进行检验。(4)采用研发强度,即研发投入和GDP的比值衡量省份创新强度。(5)专利数量从产出侧体现创新能力,因而分别采用省份申请专利数量及其与批准专利数量的总和进行估计。结果显示,绿色发展指数和地区污染程度之间呈现负相关关系,与地区创新能力之间呈正相关关系,这与基准结果一致。

### 三、中国绿色发展的特征化事实

(一)绿色产品贸易与绿色发展指数。绿色产品是国际贸易体系的重要组成部分,是构造绿色发展指数的基础。在详细描述绿色发展指数前,先观察中国绿色产品的出口情况。图1显示了根据海关出口数据测算的中国绿色产品出口贸易额及其在总出口额中所占比重的变动情况。总体上,中国绿色产品出口额及其占比呈现上升趋势。这一趋势表明,21世纪以来尤其是加入WTO后,中国出口产品发展方向整体上越来越倾向“绿色”,绿色规模得到了一定程度提升。绿色产品出口额指标忽略了产品自身的绿色技术水平,即缺乏竞争力层面的内涵。因而我们基于出口数据测算绿色发展指数,探究中国整体绿色发展水平的变动情况。图2显示,2000—2016年间中国绿色发展指数显著提高,出口产品呈现出向“绿色倾向”转变的特征。具体来看,中国绿色发展指数从2000年的5.8885上升至2016年的26.0692,增幅高达342.7138%。这表明中国出台的一系列环境政策取得了显著成效,有在不断地坚持摸索经济与环境双赢的绿色发展路径。

(二)区域绿色发展指数变动趋势。中国各地区存在较为明显的发展阶段以及资源禀赋差异,因而纵向维度演变趋势可能也存在不同。图2绘制了中国东部、中部和西部绿色发展水平

<sup>①</sup> 限于篇幅,稳健性检验具体结果未列出,备索。

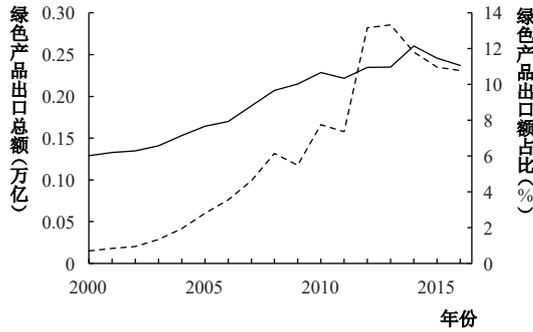


图1 绿色产品贸易变动趋势

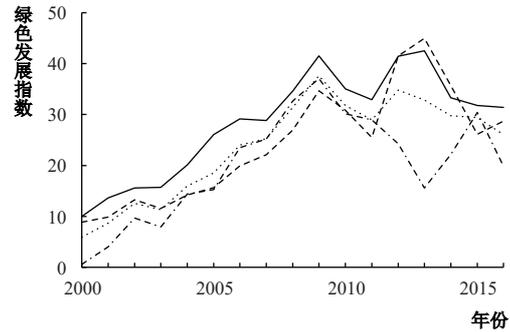


图2 绿色发展指数变动趋势

的变动趋势。观察发现, 各地区的绿色发展水平增速均较明显, 2000—2016年间东部地区绿色发展指数从0.5870上升至19.8457, 增幅为3280.8087%; 中部地区从9.9849上升至31.4418, 增幅为214.8935%; 西部地区从8.8608上升至28.7021, 增幅为223.9222%。特别地, 2010—2014年间东部地区绿色发展水平呈现下降趋势, 这可能是因为国家级承接产业转移示范区陆续成立, 助推了制造业由东部地区向中西部地区的大规模转移。

(三) 省级层面绿色发展指数变动趋势。为揭示地区绿色发展水平的变动趋势, 本文绘制了中国省级层面绿色发展指数的时间演变情况,<sup>①</sup>发现中国各省绿色发展指数总体呈现上升趋势, 增长趋势较明显的省份为甘肃、内蒙古和青海。其中, 甘肃由2000年的0.1280增长至2016年的48.2376, 总增长率高达37585.625%; 内蒙古由2000年的0.4125增长至2016年的19.0049, 总增长率为4507.2485%; 青海由2000年的1.9455增长至2016年的32.8718, 总增长率为1589.6325%。陕西和山西的绿色发展指数波动较大, 上升趋势不明显。

#### 四、绿色产品渗透: 高技术复杂度与渗透率的不断提升

中国绿色发展指数上升的背后是绿色产品在不同维度的变动, 既可能来自持续的绿色产品技术复杂度的提升, 也可能来自高技术复杂度绿色产品逐渐进入或低技术复杂度非绿色产品逐渐退出。本部分将基于出口视角重点分析绿色发展的底层逻辑及其背后的绿色产品渗透问题。

(一) 绿色渗透率的提升。环境规制压力下, 生产者更可能调整生产行为, 增加绿色产品种类和扩大绿色产品规模, 推动绿色产品不断渗透的同时减少源头污染物排放(Jaffe和Palmer, 1997; Popp, 2006)。根据海关出口数据测算2000—2016年间中国绿色产品和非绿色产品的出口额占比情况。图3显示, 绿色产品出口额在总出口额中的比重不断上升, 而非绿色产品的出口额比重则逐渐下降。这表明绿色产品出口额的增长速度高于非绿色产品。而绿色产品出口额的快速增长来自于两个方面: 原有绿色产品出口规模的扩张和新绿色产品进入国际市场。图4绘制了中国绿色产品和非绿色产品贸易额增长率变动趋势, 除2014年外, 绿色产品贸易额增长率普遍高于非绿色产品。这表明绿色产品和非绿色产品的贸易额都不断增加, 但绿色产品贸易额的增长速度明显高于非绿色产品, 中国出口存在明显的绿色渗透。

要深入揭示出口视角下我国绿色产品的渗透过程和渗透方式, 就要对不同转换行为和绿色属性下的出口产品贸易情况作进一步分析。首先, 按照各省份 $t$ 年和 $t-1$ 年的产品出口状态识别不同产品的转换类别; 其次, 在区分转换类型的基础上考虑产品绿色属性, 将出口持续产品、出

① 限于篇幅, 各省份绿色发展指数变动趋势未列出, 备索。

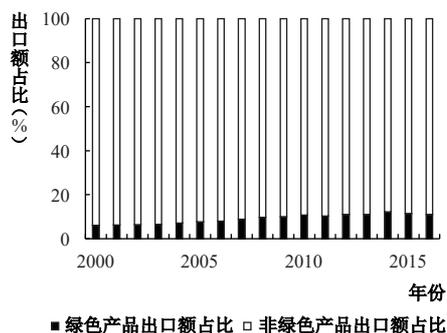


图3 产品贸易比重变动结构图

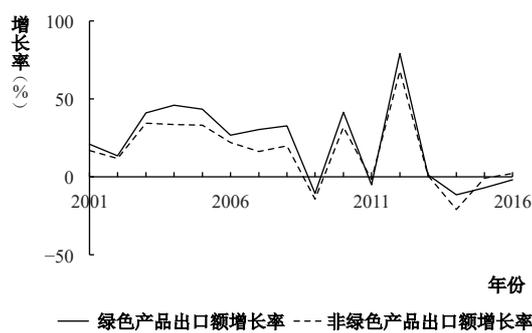


图4 产品贸易额增长率变动趋势图

口新增产品和出口退出产品进一步按照绿色产品和非绿色产品进行分解；最后，依据上述分解探究绿色产品和非绿色产品在不同出口转换类别下的出口额和占比变动情况，细致展现中国绿色产品的渗透过程。表3和表4基于产品转换类别和绿色属性统计了中国出口产品的出口额及其在不同类别出口总额中的占比分布。表3中，持续性绿色产品和新增绿色产品出口额平均每年增加0.0133和0.0005，绿色产品在出口市场上的规模逐步扩大。值得注意的是，退出产品中的非绿色产品贸易额普遍高于绿色产品，即我国为降低污染和改善环境，更可能淘汰非绿色产品。表4显示，2000—2016年间持续绿色产品出口额在持续产品出口总额中的占比呈现稳定上升趋势，由7.4549%上升至11.3014%。可见，持续绿色产品出口额的增长速度高于非绿色产品，导致持续绿色产品的占比逐渐上升，实现了绿色产品的渗透。与此同时，新增绿色产品的占比变动幅度较大，这可能是因为新增绿色产品必须满足更为严格的环保和技术要求，导致新增绿色产品的进入和渗透较为困难。此外，退出产品中，非绿色产品占比高达94.8783%，远高于绿色产品的5.1217%。这说明虽然绿色产品存在相对较高的国际市场进入门槛，但一旦实现渗透，其后续退出市场的可能性也较低，即存在渗透过程缓慢，持续时间较长的特点。值得注意的是，持续绿色产品出口额明显高于新增绿色产品，相比渗透难度大的新增绿色产品而言，持续绿色产品出口规模的扩大是实现中国绿色渗透的主要途径。

表3 出口产品贸易额变化分布(单位:万亿)

年份	持续生产产品		新增产品		退出产品	
	绿色产品	非绿色产品	绿色产品	非绿色产品	绿色产品	非绿色产品
2000-2001	0.0031	0.0373	0.0001	0.0097	0.0001	0.0078
2001-2002	0.0023	0.0302	0.0002	0.0153	0.0000	0.0135
2002-2003	0.0084	0.1034	0.0001	0.0013	0.0001	0.0006
2003-2004	0.0131	0.1347	0.0001	0.0031	0.0000	0.0008
2004-2005	0.0180	0.1791	0.0001	0.0010	0.0003	0.0020
2005-2006	0.0157	0.1572	0.0003	0.0034	0.0001	0.0012
2006-2007	0.0231	0.0746	0.0003	0.2033	0.0003	0.1345
2007-2008	0.0323	0.2023	0.0004	0.0040	0.0002	0.0028
2008-2009	-0.0142	-0.1757	0.0002	0.0031	0.0002	0.0042
2009-2010	0.0480	0.3340	0.0007	0.0038	0.0002	0.0015
2010-2011	-0.0067	0.0138	0.0001	0.0026	0.0019	0.0403
2011-2012	0.1202	0.8697	0.0044	0.0629	0.0001	0.0039
2012-2013	0.0033	0.0184	0.0002	0.0058	0.0001	0.0026

续表 3 出口产品贸易额变化分布(单位: 万亿)

年份	持续生产产品		新增产品		退出产品	
	绿色产品	非绿色产品	绿色产品	非绿色产品	绿色产品	非绿色产品
2013-2014	-0.0321	-0.4790	0.0002	0.0023	0.0007	0.0094
2014-2015	-0.0180	-0.0147	0.0004	0.0357	0.0003	0.0367
2015-2016	-0.0044	0.0230	0.0002	0.0458	0.0002	0.0291
平均	0.0133	0.0943	0.0005	0.0252	0.0003	0.0182

表 4 出口产品贸易额占比分布(%)

年份	持续生产产品		新增产品		退出产品	
	绿色产品	非绿色产品	绿色产品	非绿色产品	绿色产品	非绿色产品
2000-2001	7.4549	92.5451	1.3569	98.6431	1.2583	98.7417
2001-2002	6.5486	93.4514	1.1460	98.8540	0.2046	99.7954
2002-2003	6.5877	93.4123	3.9197	96.0803	18.1067	81.8933
2003-2004	7.1653	92.8347	3.7292	96.2708	4.0101	95.9899
2004-2005	7.6464	92.3536	12.6627	87.3373	11.2467	88.7533
2005-2006	7.9227	92.0773	9.1468	90.8532	5.4146	94.5854
2006-2007	10.7178	89.2822	0.1526	99.8474	0.2188	99.7812
2007-2008	9.6649	90.3351	8.0905	91.9095	8.2742	91.7258
2008-2009	10.0369	89.9631	6.3877	93.6123	4.5913	95.4087
2009-2010	10.6549	89.3451	16.4560	83.5440	9.4194	90.5806
2010-2011	10.3521	89.6479	4.9614	95.0386	4.4926	95.5074
2011-2012	11.0660	88.9340	6.5917	93.4083	2.3038	97.6962
2012-2013	10.9911	89.0089	3.4276	96.5724	4.1705	95.8295
2013-2014	12.1446	87.8554	8.7401	91.2599	6.9359	93.0641
2014-2015	11.6532	88.3468	1.0376	98.9624	0.7426	99.2574
2015-2016	11.3014	88.6986	0.4274	99.5726	0.5568	99.4432
平均	9.4943	90.5057	5.5146	94.4854	5.1217	94.8783

以上分析表明,我国绿色产品出口额及占比不断增加,呈现绿色渗透特征。绿色产品渗透主要通过两个路径实现:持续性绿色产品出口规模扩张和新绿色产品进入。其中,持续性绿色产品出口规模扩张是主要方式,新增绿色产品的渗透具有速度慢、持续时间长的特点。

(二)绿色产品渗透中技术复杂度的提高。绿色产品渗透过程中发生的技术复杂度变动决定了中国绿色发展水平的变化,本文接下来揭示绿色产品在渗透过程如何实现技术复杂度的提升,以最终实现绿色发展水平提高。表 5 报告了出口产品在转换行为和绿色属性分解下的技术复杂度分布,发现绿色产品的技术复杂度普遍高于非绿色产品。具体来看,新进入的绿色产品技术复杂度为 6.2067,比非绿色产品平均高 0.7897;而退出市场的非绿色产品技术复杂度仅为 5.2628。可见,绿色产品渗透过程中新绿色产品的进入和非绿色产品的退出均能促进技术复杂度的提升,最终实现中国总体绿色发展指数的上升。此外,持续绿色产品的技术复杂度水平大大高于持续非绿色产品。结合表 6,持续出口的绿色产品技术复杂度增长率为 1.9548%,而非绿色产品的增长率仅为 1.2779%,中国持续出口的绿色产品技术复杂度增长速度明显高于非绿色产品。可见,绿色渗透过程中持续绿色产品出口规模的扩大带来了技术复杂度的大幅度增长,这也是中国绿色发展指数提升的重要途径之一。

表 5 出口产品技术复杂度分布

年份	绿色产品		非绿色产品		新增产品		退出产品	
	t-1年	t年	t-1年	t年	绿色产品	非绿色产品	绿色产品	非绿色产品
2000-2001	5.6317	5.8409	5.9912	6.0615	5.4509	5.3654	5.0238	5.3143
2001-2002	5.8318	6.1224	6.0960	6.2990	5.7213	5.2218	5.3061	5.0160
2002-2003	6.1202	6.2559	6.2115	6.4021	5.4623	5.2931	5.5747	5.1134
2003-2004	6.2308	6.3654	6.3545	6.3256	5.9359	5.2098	5.3965	5.2924
2004-2005	6.3731	6.4236	6.2977	6.2626	5.7077	5.2476	5.8119	5.1633
2005-2006	6.4193	6.6301	6.2299	6.2677	6.0118	5.2687	5.4611	5.1067
2006-2007	6.6404	6.6992	6.2949	6.2239	5.9163	5.1054	5.6998	5.2859
2007-2008	6.7133	6.9696	6.1891	6.0945	6.3067	5.1429	5.5067	5.1770
2008-2009	6.9559	7.6556	6.0907	6.6284	6.5936	5.4176	6.2500	5.1336
2009-2010	7.6247	7.4294	6.5916	6.6810	6.6848	5.3921	6.5314	5.3736
2010-2011	7.3998	7.0535	6.6876	6.2693	7.1442	5.6014	6.1408	5.2213
2011-2012	7.0474	7.9838	6.2711	7.0950	7.4914	6.2840	5.8618	4.9132
2012-2013	7.9851	8.1216	7.0956	7.5001	6.3486	5.7207	6.2500	5.2537
2013-2014	7.5092	6.7666	8.0780	7.4744	5.9360	5.1844	6.0174	6.0174
2014-2015	7.4845	7.0964	6.8069	6.3156	5.9422	5.0943	6.5248	5.7890
2015-2016	7.0722	7.5527	6.2653	7.0783	6.6527	6.1223	5.7663	5.0339
平均	6.8150	6.9354	6.4720	6.5612	6.2067	5.4170	5.8202	5.2628

表 6 出口产品技术复杂度增长率分布(%)

年份	绿色产品		非绿色产品		新增产品		退出产品	
	t-1年	t年	t-1年	t年	绿色产品	非绿色产品	绿色产品	非绿色产品
2000-2001	-	-	-	-	-	-	-	-
2001-2002	3.5531	4.8203	1.7494	3.9181	4.9613	-2.6759	5.6186	-5.6139
2002-2003	4.9458	2.1797	1.8953	1.6379	-4.5275	1.3649	5.0632	1.9427
2003-2004	1.8082	1.7500	2.3016	-1.1952	8.6703	-1.5745	-3.1977	3.4993
2004-2005	2.2835	0.9149	-0.8938	-0.9959	-3.8436	0.7256	7.6984	-2.4392
2005-2006	0.7248	3.2143	-1.0772	0.0812	5.3274	0.4028	-6.0369	-1.0954
2006-2007	3.4437	1.0419	1.0445	-0.6987	-1.5882	-3.0996	4.3717	3.5098
2007-2008	1.0974	4.0372	-1.6814	-2.0794	6.5983	0.7342	-3.3872	-2.0610
2008-2009	3.6147	9.8425	-1.5906	8.7608	4.5495	5.3423	13.4973	-0.8387
2009-2010	9.6150	-2.9546	8.2245	0.7929	1.3830	-0.4718	4.5016	4.6749
2010-2011	-2.9506	-5.0602	1.4566	-6.1615	6.8722	3.8821	-5.9790	-2.8338
2011-2012	-4.7623	13.1891	-6.2275	13.1693	4.8596	12.1855	-4.5443	-5.9013
2012-2013	13.3064	1.7267	13.1468	5.7108	-15.2540	-8.9635	6.6227	6.9320
2013-2014	-5.9598	-16.6837	13.8457	-0.3436	-6.4997	-9.3746	-3.7209	14.5362
2014-2015	-0.3289	4.8734	-15.7358	-15.5038	0.1053	-1.7371	8.4321	-3.7957
2015-2016	-5.5095	6.4300	-7.9560	12.0763	11.9555	20.1787	-11.6253	-13.0448
平均	1.6588	1.9548	0.5668	1.2779	1.5713	1.1279	1.1543	-0.1686

以上分析说明, 相对低技术复杂度的非绿色产品而言, 绿色产品具备更先进更高级的生产技术(Poncet 和 De Waldemar, 2013)。绿色产品渗透主要通过两种途径促进我国出口视角下绿色发展指数的提升: 一是高技术复杂度绿色产品的进入和低技术复杂度非绿色产品的退出; 二是持续绿色产品技术复杂度的大幅度提高。

(三)绿色渗透动态特征。为进一步探讨我国绿色产品在渗透过程中的事实特征,我们分别从渗透产品、渗透目的地和渗透行业三个方面展开对比分析。<sup>①</sup>

1. 绿色渗透仍以低技术复杂度绿色产品为主。为明晰何种产品在绿色渗透中发挥作用,本文依据产品技术复杂度中间值将绿色产品分为低技术复杂度和高技术复杂度两个类别,并比较不同技术复杂度水平下绿色产品在渗透过程中的差异。对比不同技术复杂度水平绿色产品的贸易额变动情况,发现在持续绿色产品渗透中,低技术复杂度产品的出口额远高于高技术复杂度产品,分别为0.0601和0.0784,即该渗透方式主要为低技术复杂度产品;在新增绿色产品渗透中,低技术复杂度产品的出口额也高于高技术复杂度产品,该渗透路径的主体也为低技术复杂度产品。可见,我国绿色发展背后的绿色渗透主要是通过低技术复杂度绿色产品实现的。近年来,尽管高技术复杂度绿色产品的出口额有所增加,但渗透程度依然远低于低技术复杂度绿色产品,高技术复杂度绿色产品的研发、生产和销售任重而道远。

2. 绿色渗透目的地主要为经济较发达地区。测算我国绿色产品在不同目的地的出口额,发现绿色产品出口前十分别为中国香港、美国、日本、韩国、德国、中国台湾、印度、越南、英国和荷兰,除印度和越南外,其余经济体经济均较发达。将出口目的地按照是否加入经济合作与发展组织(OECD)或者“一带一路”进行分类,并计算出口总额可以发现,绿色产品出口至OECD国家的金额远高于非OECD国家;绿色产品出口至非“一带一路”沿线国家的金额远高于“一带一路”沿线国家。可见,我国绿色渗透目的地主要为经济发展水平较高的国家和地区。这可能是由于经济发达时的环境意识更强、环保标准更高,对绿色产品的需求也更大。

3. 绿色渗透行业主要为我国的机械电子制造业。按照产品所属行业计算的绿色产品出口额,发现36个细分行业中绿色产品出口前五的行业分别为:电子及通信设备制造业、电子机械及器材制造业、服装及其他纤维制品制造业、普通机械制造业以及仪器仪表及文化办公用机械,除服装及其他纤维制品制造业外,其余均属于机械电子制造大类。而排名后五的行业分别为饮料制造业、有色金属矿采选业、烟草加工业、黑色金属矿采选业、煤气的生产和供应业,除饮料制造业外,其余均为资源类加工业。可见,我国绿色渗透程度较高的行业为机械电子制造业,而绿色渗透较低的行业为资源类加工业。

此外,我们还将细分行业划分为资源类加工业、轻纺工业和机械电子制造业三大类,<sup>②</sup>并分析其绿色渗透的差异状况。本文发现机械电子制造业的绿色渗透程度最高,其次为轻纺工业,最后为资源类加工业。这与上文结论一致。

## 五、高质量发展中的绿色路径依赖

绿色发展指数(GCI)揭示了出口视角下中国绿色发展水平的变动趋势,但无法反映绿色发展过程中的推动力量,以及这一过程中的演进模式。绿色发展是否存在显著的路径依赖?一般而言,各个省份更倾向生产与原有绿色产品关联度较高的新绿色产品,以便充分利用自身的绿色生产技术、基础设施和专业知识。本部分将探索各地区发展过程中的路径依赖问题。

(一)绿色发展演变:是否具有路径依赖特征。表7报告了地区绿色发展指数与其未来一期至五期的回归结果,发现未来绿色发展指数和当期绿色发展水平正相关,这说明地区现有的绿

<sup>①</sup> 限于篇幅,绿色渗透动态特征相关图表未列出,备索。

<sup>②</sup> 资源加工业包括化工、煤炭、化学纤维、橡胶、塑料和有色金属等相关行业;轻纺工业包括食品、饮料、烟草加工、服装、纺织、皮革、木材加工和家具印刷等相关行业;机械电子设备包括电子通信设备、仪器仪表、交通运输工具和机床专用设备等相关行业。

色生产技术、知识储备和基础设施在一定程度上决定了未来绿色发展方向，地区绿色演变可能存在路径依赖性。地区产生新绿色产品时受制于认知邻近，更倾向于以自身已掌握的知识为原点展开邻域搜索与学习，形成与现有绿色产品存在较强技术关联的新绿色产品(Martin 和 Sunley, 2006; Martin 和 Sunley, 2017)。中国绿色发展的巨大进步并非一蹴而就，演化也是如此，是慢慢积累而实现绿色水平的提升。绿色发展具体的路径依赖过程有赖于基于产品层面进行深入挖掘。

表 7 路径依赖验证

	一期(1)	二期(2)	三期(3)	四期(4)	五期(5)
$GCI_t$	0.6870*** (0.0437)	0.5650*** (0.0621)	0.4881*** (0.0716)	0.4504*** (0.0859)	0.3806*** (0.1178)
控制变量	是	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是	是
Observations	495	464	433	402	371
R-squared	0.7338	0.6354	0.5957	0.5532	0.5121

我们首先定义新优势产品为在  $t$  期出口中不具备比较优势，而在  $t+5$  期具备比较优势的产品，然后采用新优势产品与地区已有产品的关联度来衡量各地区路径依赖程度(Coniglio 等, 2021)。表 8 报告了中国 2000—2011 年路径依赖以及绿色路径依赖程度变动情况。<sup>①</sup>平均来看，最新成为具有比较优势的产品与原有产品之间的关联度为 0.5543，即各地区出口的优势产品并非无中生有，而与原有出口产品相关，产品之间具有较高的依赖程度。绿色产品的依赖程度略高于所有产品，为 0.5554，这表明绿色产品生产具有更高层次的路径依赖。一般而言，绿色产品需要更高水平的生产技术，相比技术复杂度较低的非绿色产品更难形成突破性技术创新，只能依赖自身已掌握的技术知识进行重组，形成渐进式创新，开发出与现有绿色产品使用相似知识或技术的新绿色产品(Solheim 等, 2018)。

表 8 绿色发展路径依赖的年度变动

年份	新进入产品数量	关联度	绿色新进入产品数量	关联度
2000	4 261	0.5555	295	0.5511
2001	4 782	0.5538	344	0.5558
2002	4 345	0.5557	328	0.5509
2003	4 230	0.5557	358	0.5534
2004	4 941	0.5554	405	0.5550
2005	5 009	0.5526	388	0.5590
2006	4 506	0.5528	292	0.5578
2007	5 424	0.5517	390	0.5594
2008	5 551	0.5520	397	0.5530
2009	4 182	0.5541	320	0.5540
2010	3 828	0.5568	304	0.5601
2011	4 453	0.5554	319	0.5546
平均	4 626	0.5543	345	0.5554

路径依赖可能与地区发展阶段、政策助推有关，我们比较了各省级地区新优势产品以及新优势绿色产品的关联度。<sup>②</sup>研究发现，大部分省份路径依赖和绿色路径依赖呈现上升趋势。

① 受测算方法约束，对新优势产品的识别需要未来 5 年的对照数据，因而只能计算得到 2011 年以及以前的路径依赖程度。

② 限于篇幅，省级层面的绿色发展路径依赖未列出，备索。

(二)路径依赖演变特征<sup>①</sup>

1. 中部和西部地区路径依赖和绿色路径依赖呈现上升趋势,东部地区路径依赖和绿色路径依赖上升趋势不明显。观察不同区域的路径依赖和绿色路径依赖随时间的变动趋势可以发现,2000—2011年间中部和西部地区路径依赖和绿色路径依赖整体上呈现上升趋势,其中中部地区绿色路径依赖由0.5444上升至0.5535,增长率为1.6716%;西部地区绿色路径依赖由0.5311上升至0.5434,增长率为2.3159%。其原因可能在于,中部和西部地区在西部大开发、中部崛起等区域政策的引导下更倾向于加强原有优势产业的发展力度,充分利用已有资源禀赋和生产技术实现经济快速发展,地区路径依赖程度也逐渐上升。

2. 绿色技术水平高的省份,其路径依赖和绿色路径依赖程度也较高。我们采用绿色专利数量衡量各省绿色技术水平的高低,并按照中位数将省份划分为低绿色技术和高绿色技术两类,探究其在路径依赖和绿色路径依赖上的差异。研究发现,高绿色技术地区的路径依赖和绿色路径依赖程度均高于低绿色技术地区。高绿色技术地区凭借自身积累起来的绿色技术占据绿色生产优势地位,在绿色发展的环境下更可能延续、改进原有绿色技术,放大原有优势,在高路径依赖状态下实现绿色发展的良性循环。

3. 环境规制将强化绿色路径依赖。我们采取污染治理投资额衡量省份环境规制程度,并按照中位数将省份划分为低环境规制和高环境规制两类,进行对比分析发现,当环境规制压力增强时,地区的路径依赖和绿色路径依赖程度明显提升,尤其是绿色路径依赖,回归结果也证实了这一点。<sup>②</sup>环境规制压力下,地区将最大程度发挥已有绿色知识和技术储备的积极作用,促进地区未来绿色发展。此外,高环境规制地区的绿色路径依赖程度呈现稳定增长趋势,低环境规制地区的绿色路径依赖程度则波动幅度较大,这说明环境规制在一定程度上放大了省份的绿色路径依赖程度。

(三)绿色路径依赖:是否与技术相关。除环境规制外,绿色技术水平也可能影响路径依赖程度。上文结果也表明,我国省份路径依赖和绿色路径依赖程度与绿色技术水平息息相关。那么,我国路径依赖是否为技术性路径依赖呢?我们首先采用省份—产品层面的数据进行验证,<sup>③</sup>发现产品技术复杂度越高,其路径依赖程度和绿色路径依赖越高,说明路径依赖与技术紧密相关。地区要想在未来出口高技术水平的绿色产品,现阶段就需具备一定的绿色知识、技术和生产能力。为进一步验证我国绿色路径依赖是否为技术性绿色路径依赖,我们分析省份当期绿色技术水平与未来五期绿色发展指数之间的关系。表9显示,绿色技术不仅对当期绿色发展指数发挥了促进作用,还影响未来绿色发展水平,即地区绿色发展水平受到以往绿色技术水平的影响,存在一定程度的技术性绿色路径依赖。

表9 技术性路径依赖验证

	一期(1)	二期(2)	三期(3)	四期(4)	五期(5)
绿色技术	4.9868*** (1.3445)	4.8915*** (1.3757)	4.5896*** (1.3979)	4.6130*** (1.5278)	5.0168*** (1.5546)
控制变量	是	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是	是
Observations	485	454	423	392	361
R-squared	0.4667	0.4493	0.4288	0.4080	0.4200

① 限于篇幅,路径依赖演变特征相关图表未列出,备索。  
 ② 限于篇幅,省份层面路径依赖影响因素估计结果未列出,备索。  
 ③ 限于篇幅,省份—产品层面估计结果未列出,备索。

(四)路径依赖与创新协同作用的示意性分析。尽管数据呈现的结果表明,中国存在显著的绿色发展路径依赖特征,但依然有一些因素会对绿色发展产生重要作用。那么,除了路径依赖程度外,绿色发展水平还会受到何种因素影响呢?理论上讲,发展一方面依赖于惯性的发展路径,另一方面也与创新以及干预政策有关。作为一个示意性的分析,<sup>①</sup>我们尝试概略性解释创新在绿色发展中的作用。表 10 显示,路径依赖与绿色发展指数显著正相关,即路径依赖度高的地区能更充分利用自身原有的绿色生产能力、技术和基础设施实现绿色产品渗透,提升绿色发展水平;研发投入与绿色发展指数显著正相关,说明生产过程中的技术创新能够促进工艺和产品绿色化革新,助推中国绿色发展水平提升。列(3)和列(4)中交互项系数显著为正,表明路径依赖和研发创新对绿色发展水平具有协同促进作用,研发投入能引致当地生产技术和出口产品的绿色化革新,这一绿色生产能力的提升又将通过路径依赖间接促进绿色发展。

表 10 绿色发展水平推动力检验

	绿色发展指数			
	(1)	(2)	(3)	(4)
路径依赖	5.5692*** (0.9269)	6.6885*** (1.1576)		
研发投入	1.6934*** (0.3768)	1.7516*** (0.3369)		
路径依赖×研发投入			0.0436*** (0.0075)	0.0422*** (0.0075)
控制变量	否	是	否	是
固定效应	是	是	是	是
Observations	526	526	526	526
R-squared	0.5149	0.5815	0.4568	0.5082

## 六、主要结论与启示

实现经济和环境双赢的绿色发展是中国转变增长方式,促进人与自然和谐发展的必然选择。然而,现有中国绿色发展测度缺乏从微观视角的认识,缺乏内在发展的底层逻辑,无法科学评估绿色高质量发展的实质进步和动态趋势。文章将产品绿色属性纳入技术复杂度的分析框架来构建绿色发展指数指标,从出口微观产品层面衡量中国绿色发展水平,进而从绿色产品渗透和路径依赖视角解析绿色发展的底层逻辑。研究发现,2000—2016 年间中国绿色发展呈现稳定上升趋势,出口产品向绿色方向延伸。产品渗透分析表明,绿色产品在持续产品和新增产品两个维度的双重渗透构成了中国绿色发展的基本路径,且持续产品是绿色渗透的主要方式,低技术产品为绿色渗透的主要产品,绿色渗透的主要目的地是经济发达的国家和地区,机械电子制造业为绿色渗透的主要行业。进一步研究发现,中国绿色发展道路存在显著路径依赖特征,绿色技术和环境规制是影响绿色路径依赖的关键因素。

基于上述研究结论,本文提出如下建议:(1)充分发挥现有绿色发展优势,推动绿色高质量发展。我国可以利用绿色演变存在路径依赖的特点,放大现有绿色发展优势,提升当前绿色产品的生产规模和生产技术,促进工业结构朝着“绿色化”的方向发展,推动我国绿色高质量发展。(2)重视绿色技术尤其是核心技术发展,提早做好绿色发展的技术和路径储备。本文发现,我国绿色渗透的主体为绿色低技术产品,绿色高技术产品的渗透率相对较低。这说明,我国绿色技术创新能力仍较为薄弱,核心技术知识积累有限,限制了绿色高技术产品开发和绿色发展

<sup>①</sup> 关于创新以及政策干预对绿色发展的影响,将是一个系统的研究课题,无法在本文中进行分析,有待于未来进行更为系统的探索。此处仅提供一个示意性的描述性分析。

进步。及早累积绿色技术尤其是核心技术的相关知识、提高绿色创新水平和加快高技术绿色产品开发,积极构建绿色高技术产品的比较优势,才能在未来的绿色保卫战中取得胜利。

需要说明的是,受数据可得性限制,对于近几年(尤其是2019年以来)中国经济社会发展发生的变化,本文尚未充分分析。此外,由于缺乏国内产品销售数据尤其是产品结构方面的信息,本文主要聚焦时间维度的动态比较,而无法准确进行地区间的横向比较。随着后续数据信息尤其是国内销售市场数据的披露更新,我们将结合近年变化和国内产品特征来完善补充相关指标,进行进一步探索。尽管如此,作为一项探索性研究,相信本文可以发挥“抛砖引玉”的作用,为深入推动中国绿色发展的理论分析与实践应用发挥一定的积极作用。

#### 主要参考文献:

- [1]陈诗一. 能源消耗、二氧化碳排放与中国工业的可持续发展[J]. *经济研究*, 2009, (4): 41-55.
- [2]中国社会科学院工业经济研究所课题组. 中国工业绿色转型研究[J]. *中国工业经济*, 2011, (4): 5-14.
- [3]Albino V, Balice A, Dangelico R M. Environmental strategies and green product development: An overview on sustainability-driven companies[J]. *Business Strategy and the Environment*, 2009, 18(2): 83-96.
- [4]Andrew D. Future liberalisation of trade in environmental goods and services: Ensuring environmental protection as well as economic benefits[M]. Paris: OECD, 1999.
- [5]Bender S, Li K W. The changing trade and revealed comparative advantages of Asian and Latin American manufacture exports[R]. SSRN Working Paper No. 303259, 2002.
- [6]Birol F. World Energy Outlook Special Report 2013: Redrawing the Energy-Climate Map[R]. Paris: IEA, 2013.
- [7]Boschma R. Relatedness as driver of regional diversification: A research agenda[J]. *Regional Studies*, 2017, 51(3): 351-364.
- [8]Can M, Jebli M B, Brussaers J. Exploring the impact of trading Green Technology Products on the environment: Introducing the Green Openness Index[R]. SSRN Working Paper No. 3804046, 2021.
- [9]Coniglio N D, Vurchio D, Cantore N, et al. On the evolution of comparative advantage: Path-dependent versus path-defying changes[J]. *Journal of International Economics*, 2021, 133: 103522.
- [10]Crespi F, Mazzanti M, Managi S. Green growth, eco-innovation and sustainable transitions[J]. *Environmental Economics and Policy Studies*, 2016, 18(2): 137-141.
- [11]Demir C, Cergibozan R, Ari A. Environmental dimension of innovation: Time series evidence from Turkey[J]. *Environment, Development and Sustainability*, 2020, 22(3): 2497-2516.
- [12]Fracascia L, Giannoccaro I, Albino V. Green product development: What does the country product space imply?[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 170: 1076-1088.
- [13]Hao L N, Umar M, Khan Z, et al. Green growth and low carbon emission in G7 countries: How critical the network of environmental taxes, renewable energy and human capital is?[J]. *Science of the Total Environment*, 2021, 752: 141853.
- [14]Hausmann R, Hidalgo C A, Bustos S, et al. The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity[M]. Cambridge: MIT Press, 2014.
- [15]Hausmann R, Hwang J, Rodrik D. What you export matters[J]. *Journal of Economic Growth*, 2007, 12(1): 1-25.
- [16]Jaffe A B, Palmer K. Environmental regulation and innovation: A panel data study[J]. *The Review of Economics and Statistics*, 1997, 79(4): 610-619.
- [17]Martin R, Sunley P. Path dependence and regional economic evolution[J]. *Journal of Economic Geography*, 2006, 6(4): 395-437.

- [17]Mealy P, Teytelboym A. Economic complexity and the green economy[J]. *Research Policy*, 2022, 51(8): 103948.
- [18]Oh D H, Heshmati A. A sequential Malmquist–Luenberger productivity index: Environmentally sensitive productivity growth considering the progressive nature of technology[J]. *Energy Economics*, 2010, 32(6): 1345–1355.
- [19]Organisation for Economic Co-operation and Development. Towards green growth[R]. Paris: OECD, 2011.
- [20]Paramati S R, Mo D, Huang R X. The role of financial deepening and green technology on carbon emissions: Evidence from major OECD economies[J]. *Finance Research Letters*, 2021, 41: 101794.
- [21]Poncet S, De Waldemar F S. Export upgrading and growth: the prerequisite of domestic embeddedness[J]. *World Development*, 2013, 51(11): 104–118.
- [22]Popp D. International innovation and diffusion of air pollution control technologies: The effects of NO<sub>x</sub> and SO<sub>2</sub> regulation in the US, Japan, and Germany[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2006, 51(1): 46–71.
- [23]Sauvage J. The stringency of environmental regulations and trade in environmental goods[R]. OECD Trade and Environment Working Papers 2014/03, 2014.
- [24]Solheim M C, Boschma R, Herstad S. Related variety, unrelated variety and the novelty content of firm innovation in urban and non-urban locations[R]. Utrecht University, Department of Human Geography and Spatial Planning, Group Economic Geography, 2018.
- [25]The World Bank. International trade and climate change: Economic, legal, and institutional perspectives[M]. Washington: The World Bank, 2007.
- [26]Tone K, Toloo M, Izadikhah M. A modified slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. *European Journal of Operational Research*, 2020, 287(2): 560–571.
- [27]Vossenaar R. The APEC list of environmental goods[R]. Geneva: International Centre for Trade and Sustainable Development, 2013.
- [28]Yii K J, Geetha C. The nexus between technology innovation and CO<sub>2</sub> emissions in Malaysia: Evidence from granger causality test[J]. *Energy Procedia*, 2017, 105: 3118–3124.

## Green Background in China’s High-quality Development: Green Product Penetration and Path Dependence from the Perspective of Export

Han Chao, Yue Qiaoyu

*(Center for Industrial and Business Organization, Dongbei University of Finance and Economics,  
Dalian 116025, China)*

**Summary:** Behind the rapid economic growth in China, the extensive development mode of “high energy-consumption, high pollution, and high growth” has always been criticized. In fact, China has made unremitting efforts to control pollution emissions and promote green and high-quality development, and has achieved very remarkable results. However, due to the lack of measurement on China’s green development from a micro perspective, and the lack of comprehensive analysis of its internal logic, it is impossible to scientifically evaluate the progress made in green high-quality development, and promote the scientific decision-making of future policies according to micro behavior laws.

(下转第 78 页)