

欢迎按以下格式引用:李诗珍,雷礼.长江经济带环境规制、科技创新与产业结构升级互动关系研究[J].长江大学学报(社会科学版),2021,44(6):78-85.

长江经济带环境规制、科技创新与 产业结构升级互动关系研究

李诗珍 雷礼

(长江大学 经济与管理学院,湖北 荆州 434023)

摘要:基于长江经济带2005~2019年的面板数据,构建了PVAR模型,借助格兰杰因果检验、脉冲响应函数及方差分解分析环境规制、科技创新与产业结构升级三者的互动作用。结果表明:环境规制对科技创新具有正向促进作用且贡献率不断加强;科技创新对产业结构升级具有短期抑制作用与长期促进作用;产业结构升级对环境规制的作用正负交替,在长期内正向促进作用趋于稳定,对科技创新具有短期抑制作用与长期促进作用,且产业结构升级对环境规制与科技创新的贡献率均偏低。据此,提出了发挥环境规制正向效应、激发科技创新动力、强化产业升级质量的对策。

关键词:环境规制;科技创新;产业结构升级;互动关系

分类号:F124.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-1395(2021)06-0078-08

2014年国务院印发《关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》,明确指出推动长江经济带发展是既利当前又惠长远的重大战略决策,要着重依靠创新驱动产业转型升级和建设绿色生态廊道。2016年《长江经济带发展规划纲要》正式发布,明确了其根本的战略定位是“生态优先、绿色发展”。2016~2020年,习近平总书记先后三次组织召开长江经济带发展座谈会,提出建立健全生态环境协同保护机制、探索协同推进生态优先和绿色发展的新路子、推动长江经济带现代化经济体系建设等观点,强调要不断优化长江经济带沿江产业结构布局,推动我国经济提质增效升级。同时,为推进长江经济带环境规制、科技创新与产业结构升级效用更好发挥,相关职能部门先后出台了《长江十年禁渔计划》《长江经济带创新驱动产业转型升级方案》等方案,《长江保护法》也于2021年3月1日正式实施。

近年来,沿江地区生态环境逐步改善、科技创新

稳步前进、产业结构不断优化升级,经济发展持续向好。但是,环境规制与科技创新的关系对产业结构升级的质量效益影响深刻,两者相互促进又互为制约,存在此消彼长的背反效应。基于此,厘清长江经济带区域内各省市环境规制、科技创新与产业结构升级的作用关系,对发挥环境规制功能、推进科技创新、促进产业结构优化升级具有重要意义。

一、文献综述

(一)环境规制与科技创新

当前国内外学术界对环境规制与科技创新的作用关系尚未形成统一认识,各学者对两者作用关系秉持不同的观点,具有代表性的观点大致有以下三种:(1)波特弱假说认为,随着环境规制的不断增强,严格的环境规制会激励企业开发应用提高生产效率、减少污染排放的技术,进而充分释放环境规制对企业科技创新的补偿效应^[1~2],众多学者的研究也

收稿日期:2021-09-16

基金项目:湖北省教育厅哲学社会科学研究项目“湖北省制造业与物流业耦合协调的时空演化及融合共生路径研究”(20Y035)

第一作者简介:李诗珍(1967-),女,湖北荆州人,教授,博士,主要从事物流工程、供应链管理与产业经济研究。

通信作者:雷礼(1997-),男,湖北十堰人,主要从事产业经济研究,E-mail:1974003140@qq.com。

赞同了这一观点^[3~6]。(2)环境规制会抑制绿色技术进步。新古典理论从成本角度出发,认为在科技水平无显著进步与资源配置无明显优化的条件下,企业执行严厉的环境规制措施进一步增加了其生态环境压力与生产成本,分散企业一定资源,最终制约技术进步^[7~12]。(3)环境规制与科技创新存在非线性关系。在一定条件下,环境规制会阻碍科技创新;当某一要素发展到一定强度时,环境规制会促进科技创新^[13~15]。其中林玲等学者(2021)认为环境规制与科技创新的作用关系受到知识产权保护强度的影响,当该强度达到一定程度时,科技创新才会产生促进作用,反之则会产生抑制作用^[16]。

(二)环境规制与产业结构升级

关于环境规制与产业结构升级的关系当前研究主要集中在两方面。一是环境规制强度的提升阻碍地区产业结构升级。基于新古典理论,正式环境规制所发挥的“成本效应”表现为随着环境规制的不断加强,企业会承受更多的环保生态压力,迫使企业不得不分配一定资源在降污减排上,有限资源的非期望分配在一定程度上抑制了企业产品结构的升级,从而阻碍整个市场产业结构的优化升级。而另一种观点认为环境规制促进产业结构升级。支持“污染天堂假说”的学者们认为,随着环境规制强度的增加,部分无法承受环境成本的企业可能会向环境规制力度较小的区域转移^[17];而留下的企业在“创新补偿效应”作用下通过技术创新、共享污染治理设备等方式来提高生产效率、减少污染物排放,进而发挥环境规制的激励补偿作用,促进产业结构升级^[18~22]。还有部分学者认为非正式环境规制对产业结构升级具有“需求倒逼效应”,通过产品终端消费升级,消费者对绿色消费理念与环保意识的践行,倒逼供给端产业进行绿色生产,推动产业结构升级^[23~25]。

(三)科技创新与产业结构升级

科技创新与产业结构升级之间的作用关系已基本形成共识,普遍认为科技创新会促进产业结构升级。科技创新是产业升级的重要驱动力^[26],科技创新可推动传统产业由低生产率向高生产率环节演变,不断提高产业劳动生产率。在产业内在技术改造的基础上,通过技术引进与协同创新提升创新溢出效应,催生新的产业,提高产业链附加值,推动产业结构优化升级^[27~29]。

基于以上综述发现,关于环境规制、科技创新及产业结构升级之间关系的研究成果较为丰富,但以

往研究大多是对其中两个变量的关系进行研究,而仅有少量研究将三个变量纳入同一个系统框架中,深入探索环境规制、技术创新与产业结构升级之间的作用关系^[30~32]。而将这三者纳入同一个框架中的研究,大多在指标评价上表述不够全面,当前研究存在以下问题:(1)对于环境规制指标的评价,大多选取三废、环保投资额、环境规制相关政策文件数量等指标,较少涉及到环境规制的经济效益与生态效益,而环境规制的经济与生态效益可最直接地反映环境规制措施的影响效果。(2)对于科技创新指标的评价,最常见评价方法是选用发明专利数量,但是没有考虑到科技人员与科技市场规模对科技创新水平的影响,而这两方面因素对科技创新发展至关重要。(3)产业结构升级指标的评价基本选用某一个产业的比重来评价产业结构发展水平,这种评价方法反映的仅仅是产业间资源转移与发展重心的偏移,忽略了产业结构升级的合理内涵——劳动生产率的提高,导致评价指标有失偏颇。基于此,本文尝试在以下几方面进行改进:(1)研究视角。将环境规制、科技创新与产业结构升级统一研究,深入探究变量之间的具体作用及贡献率差异。(2)研究方法。利用熵值法从多角度对环境规制与科技创新进行评价,从产业产出与劳动生产率的综合角度对产业结构升级进行评价,切实反映产业结构升级的合理内涵。

二、研究方法 with 变量说明

(一)理论模型与研究方法

本文旨在厘清长江经济带区域内各省市环境规制、科技创新与产业结构升级的作用关系,而面板向量自回归模型(PVAR)对于分析变量之间作用关系及具体的作用效果具有十分显著的效果,因此选择面板向量自回归模型进行实证分析。

1. 模型构建

面板向量自回归模型运用的面板数据包含了多维度的数据,可以利用更多的信息来分析变量之间的动态作用关系。同时由于大量截面数据的存在,继承了截面数据和时间序列数据的优点,其结果预测的可靠性也大大增加。PVAR模型设定如下:

$$Y_{it} = \sum_{j=1}^n \alpha_j Y_{i,t-j} + \delta_i + \gamma_i + \epsilon_{it} \quad (1)$$

其中, Y_{it} 为内生变量,涉及环境规制(eri)、科技创新(sti)与产业结构升级($isui$), i 、 t 分别为区域和时间, j 为滞后期, δ_i 表示时间效应, γ_i 表示个体效

应, ϵ_{it} 表示不包含时间及个体效应的随机误差。

2. 熵值法

熵值法是一种客观赋权法, 根据各项指标观测值提供信息的大小来确定指标权重。本文使用熵值

$$\begin{cases} X_{ij}^+ = \frac{x_{ij} - \min(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})}{\max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}) - \min(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})} + 1 \\ X_{ij}^- = \frac{\max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}) - x_{ij}}{\max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}) - \min(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})} + 1 \end{cases} \quad (2)$$

其中 $i, j = 1, 2, \dots, n$ 。以下(3)~(7)式中的 i, j 取值相同。

(2) 计算指标权重

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (3)$$

(3) 计算指标熵值

$$e_j = -k * \sum_{i=1}^n \ln(p_{ij}) \quad (4)$$

其中 k 大于 0, \ln 为自然对数, k 与样本数 n 有关, 一般令 $k = 1/\ln(n)$ 。

(4) 计算差异系数

$$g_j = 1 - e_j \quad (5)$$

(5) 计算权重

$$W_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^n g_j} \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

法对环境规制与科技创新指数进行评价, 避免了主观赋权导致的评价偏差。熵值法具体如下:

(1) 数据平移化处理: 对数据进行平移化处理可避免求熵值时取对数无意义

(6) 计算综合得分

$$S_i = \sum_{j=1}^n W_j * P_{ij} \quad (7)$$

(二) 变量说明与数据来源

1. 变量说明

(1) 环境规制指标构建。分别从污染物排放、环保投入资源、关联指标三个角度选取 10 个指标构成环境规制指数评价指标体系。在选择三废排放量、工业污染治理完成投资与环保人力投入这些常用指标的基础上, 还选用了固体废弃物综合利用率与利用量来反映环境规制对企业生产行为的影响, 另外还选用人均 GDP、单位 GDP 能源消耗量与人工造林面积, 从侧面反映环境规制对经济效益与生态效益的影响作用。使用熵值法对其进行评价, 用 eri 表示, 具体如表 1。

表 1 环境规制综合评价指标体系

层次	指标	单位	类型
污染物排放	废水	亿吨	负向
	二氧化硫	万吨	负向
	固体废弃物	万吨	负向
环保投入资源	工业污染治理完成投资	亿元	正向
	环保人力投入	万人	正向
	固体废弃物综合利用量	万吨	正向
关联指标	固体废弃物综合利用率	%	正向
	人均 GDP	元	正向
	GDP/能源消费量	亿元/万吨	正向
	当年人工造林面积	千公顷	正向

(2) 科技创新指标构建。分别从投入资源、发展规模、专利申请三个角度选取 9 个指标构成科技创新指数评价指标。不仅只选择专利申请量来反映科技创新发展水平, 还选用了科研人员数、全时当量及经费投入情况来反映科技资源投入水平, 同时还选用科研项目数、科研新产品销售收入及技术市场成交额来反映科技市场发展规模, 从 3 个角度综合评价科技创新发展水平。使用熵值法对其进行评价, 用 sti 表示, 具体如表 2。

(3) 产业结构升级指标构建。目前, 产业结构升级的评价方法较为常见的是用第三产业产值占 GDP 的比重或三二产业产值之比来表示, 就产业升级结果而言, 产业结构由“二一三”发展至“二三一”再到“三二一”, 这反映的是产业间的资源转移与发展中心的偏移, 但是并不能完全代表产业结构升级的内涵。本文认为产业结构升级的合理内涵表现在各个产业劳动生产率的提高, 因此综合借鉴宋雯彦、刘伟等学者的方法^{[21][30]}, 以各产业劳动生产率与

产出占比的乘积来评价产业结构升级的水平,数值 越大,其产业结构升级的质量与水平就越高。同时

表 2 科技创新指数评价指标体系

层次	指标	单位	类型
投入资源	R&D 人员	人	正向
	R&D 人员全时当量	人年	正向
	R&D 经费支出	万元	正向
	新产品开发经费支出	万元	正向
发展规模	R&D 项目数	个	正向
	新产品销售收入	万元	正向
	技术市场成交额	亿元	正向
专利申请	专利受理量	项	正向
	专利批准量	项	正向

为了避免产业内高低生产率的差异对指数造成干扰,对产业产出占比进行了开平方处理。产业结构升级指数用 $isui$ 表示,具体如式(8):

$$isui = \sum_{i=1}^3 \sqrt{q_i} * p_i \quad (8)$$

其中 $i=1,2,3$, q_i 为第一、二、三产业的劳动生产率,分别用各产业产值除以该产业就业人数, p_i 为各产业产出占比,分别用各产业产值除以地区生产总值。

(二)数据来源

本文选取长江经济带 11 省(市)2005~2019 年

面板数据进行研究,数据来源于《中国统计年鉴》、《中国科技统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》及长江经济带 11 省(市)统计年鉴与统计公报。由于数据时间跨度较大,因此对数据进行了对数处理,缓解数据波动趋势偏大现象。

三、实证分析

(一)变量描述性统计、平稳性检验与滞后阶数确定

各变量描述性统计分析见表 3。

表 3 变量描述性统计分析

变量	观测值	均值	标准差	最大值	最小值
环境规制(eri)	165	0.448	0.135	0.777	0.196
技术创新(sti)	165	0.067	0.057	0.232	0.001
产业升级($isui$)	165	3.031	2.078	25.103	1.442

在 PVAR 模型建模之前,首先需要对模型进行平稳性检验,防止出现伪回归现象。使用 LLC 检

验、IPS 检验、Fisher—ADF 检验三种方法进行单位根检验,结果见表 4。

表 4 单位根检验结果

变量	LLC 检验	IPS 检验	Fisher—ADF 检验	平稳性
$\ln eri$	-6.335***	-3.960***	-4.072***	平稳
$\ln sti$	-11.228***	-3.103***	-2.538***	平稳
$\ln isui$	-3.547***	-5.201***	-2.269***	平稳

注:表中*、**、***分别表示在 10%、5%、1%显著水平下显著。下同。

由表 4 可得, $\ln eri$ 、 $\ln sti$ 、 $\ln isui$ 均通过了 LLC 检验、IPS 检验、Fisher—ADF 检验,为平稳序列,可进行估计。然后根据 AIC 准则、HQIC 准则与 SBIC 准则,选择模型的最佳滞后期为 3,如表 5。

(二)面板向量自回归分析

本文使用系统 GMM 法进行估计,具体结果如表 6。

表 5 PVAR 模型的最佳滞后期

	AIC	HQIC	SBIC
1	-0.122	0.748	-0.231
2	-0.237	0.876	0.215
3	-0.700*	0.686*	0.137*
4	-0.306	1.388	0.382
5	-0.264	1.781	0.563

表 6 参数估计结果

	AIC	HQIC	SBIC
变量	L. lneri	L. lnsti	L. lnisui
lneri	0.195 (0.097)	0.056* (0.076)	0.644 (0.027)
lnsti	0.076* (0.301)	0.882 (-0.008)	0.666 (0.040)
lnisui	0.278 (-0.149)	0.238 (0.162)	0.510 (-0.047)

注:表中 L. 表示对应变量的滞后,括号内数字表示标准差。

由表 6 可知,在环境规制方程中,科技创新滞后三期的估计系数在 10%置信水平上显著为正,表明在滞后三期内科技创新对环境规制具有正向作用;产业结构升级滞后三期的估计系数为正但不显著,

说明在短期内其对环境规制的作用尚未发挥。

在科技创新方程中,环境规制滞后三期的估计系数 10%置信水平上显著为正,表明环境规制对科技创新在滞后三期内具有正向作用;产业结构升级滞后三期的估计系数不显著,对科技创新的作用尚未显现。

在产业结构升级方程中,环境规制与科技创新对绿色经济的作用在滞后三期内都不显著。

(三)格兰杰因果检验

基于前文分析,长江经济带 11 省(市)环境规制、科技创新与产业结构升级之间存在一定作用关系。为更深入研究三者之间是否具有稳定的因果关系,本文运用格兰杰因果检验来判断。具体结果如表 7。

表 7 格兰杰因果检验结果

变量	因果关系假设	Chi2	Prob>chi2	结果
环境规制	科技创新不是环境规制的原因	2.845	0.092	拒绝原假设
	产业结构升级不是环境规制的原因	0.438	0.508	接受原假设
	两者联合起来不是环境规制的原因	8.214	0.016	拒绝原假设
科技创新	环境规制不是科技创新的原因	6.042	0.014	拒绝原假设
	产业结构升级不是科技创新的原因	0.163	0.687	接受原假设
	两者联合起来不是环境规制的原因	7.462	0.024	拒绝原假设
产业结构升级	环境规制不是产业结构升级的原因	0.027	0.869	接受原假设
	科技创新不是产业结构升级的原因	21.144	0.000	拒绝原假设
	两者联合起来不是产业结构升级的原因	52.763	0.000	拒绝原假设

如表 7 所得,环境规制与科技创新存在双向格兰杰因果关系,而科技创新是产业结构升级的单向格兰杰原因,该因果关系较为显著。表明环境规制与科技创新存在着较为稳定的双向作用关系,科技创新发展深刻地影响着环境规制的作用效果与产业结构的优化升级。

(四)脉冲响应分析

运用脉冲响应函数来分析一个变量对其他变量

动态冲击所作出的反应,结果如图 1~图 3 所示。其中纵轴为响应变量的反应程度,横轴表示脉冲反应变量滞后期数,样本数据结构为 10 期滞后。

根据图 1 可知,当环境规制(lneri)对科技创新(lnsti)产生一个标准差单位的冲击后,环境规制对科技创新的作用在第 1 期为正,第 2 期为负,后期转正平稳收敛,说明环境规制对科技创新具有短暂抑制作用与长期促进作用。当环境规制对产业结构升

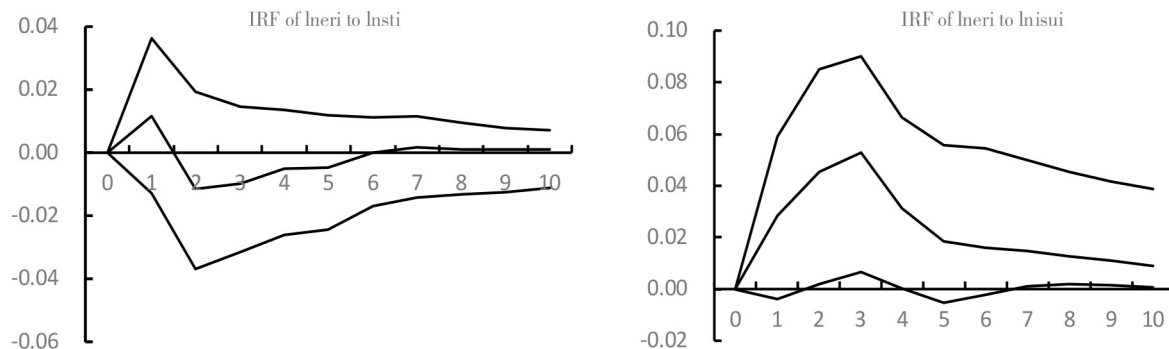


图 1 环境规制对科技创新与产业升级的脉冲响应

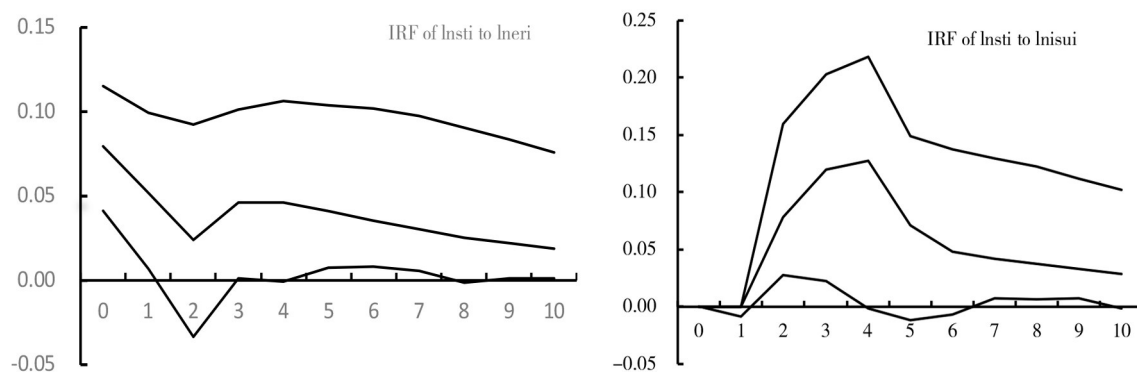


图2 科技创新对环境规制与产业升级的脉冲响应

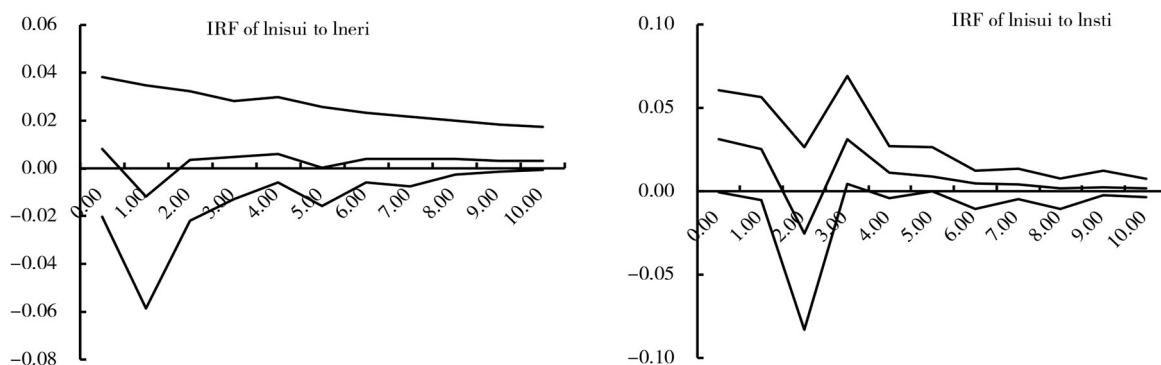


图3 产业升级对环境规制与科技创新的脉冲响应

级(lnisui)产生一个标准差单位的冲击后,其作用在1~10期95%的置信区间均为正向冲击,而后收敛趋近于0,说明环境规制对产业结构升级具有正向促进作用。

根据图2可知,当科技创新对环境规制产生一个标准差单位的冲击后,科技创新对环境规制的冲击作用在1~10期95%的置信区间均为正向冲击,后期平稳收敛,说明科技创新对环境规制具有长期正向促进作用。当科技创新对产业结构升级产生一个标准差单位的冲击后,该作用在前期迅速上升,后期平稳收敛,且该作用始终为正向冲击,说明科技创新对产业结构升级具有长期促进作用,但是该作用在后期受到边际递减效应影响。

根据图3可知,当产业结构升级对环境规制产生一个标准差单位的冲击后,该冲击作用在前6期正负交替,而后转正平稳收敛,说明产业结构升级对环境规制的作用在短期内比较复杂,长期内对环境规制的促进作用也逐渐趋于稳定。当产业结构升级对科技创新产生一个标准差单位的冲击后,该作用在第2期为负,其余期数皆为正向冲击作用,在第10期平稳收敛,说明产业结构的优化升级对科技创新具有长期正向促进作用。

(五) 方差分解

方差分解可以说明模型中各变量的变动贡献率,如表8。

由表8可得,在环境规制方程中,环境规制对自身的方差解释度很高,始终保持在98%水平以上;而科技创新与产业结构升级对环境规制的方差解释度较低,科技创新最高方差贡献率为9%,而产业结构升级最高为2%。说明了环境规制主要受自身影响,而科技创新对环境规制的长期作用逐渐发挥。

在科技创新方程中,环境规制与产业结构升级对科技创新的方差贡献率较低,环境规制对科技创新的方差贡献率呈现稳步增长的趋势,从第1期的2%增长至第10期的10.2%,而产业结构升级对科技创新的方差贡献率最高为0.5%。科技创新对自身的方差解释度较高,一直保持在89%以上的水平。表明科技创新的发展主要受到自身的影响,环境规制对科技创新发展逐渐开始发挥作用,产业结构升级对科技创新的驱动作用尚不显著。

在产业结构升级方程中,产业结构升级对自身的方差解释度较高,一直保持在94%以上的水平。而环境规制与科技创新对产业结构升级的方差贡献率较普遍较低,分别为1.3%与4.4%。表明产业结

表 8 方差分解结果

变量	变量贡献率			
	S	lneri	lnsti	lnisui
lneri	1	1.000	0.000	0.000
	2	1.000	0.000	0.000
	3	0.991	0.009	0.000
	4	0.990	0.008	0.002
	5	0.990	0.008	0.002
	6	0.991	0.008	0.002
	7	0.990	0.008	0.002
	8	0.990	0.008	0.002
	9	0.990	0.008	0.002
	10	0.989	0.008	0.002
lnsti	1	0.002	0.998	0.000
	2	0.003	0.997	0.000
	3	0.003	0.995	0.002
	4	0.020	0.976	0.004
	5	0.038	0.957	0.005
	6	0.056	0.939	0.005
	7	0.071	0.924	0.005
	8	0.085	0.910	0.005
	9	0.094	0.901	0.005
	10	0.102	0.893	0.005
lnisui	1	0.000	0.020	0.980
	2	0.004	0.021	0.975
	3	0.012	0.022	0.966
	4	0.012	0.038	0.950
	5	0.013	0.039	0.948
	6	0.012	0.043	0.945
	7	0.013	0.043	0.944
	8	0.013	0.044	0.943
	9	0.013	0.044	0.943
	10	0.013	0.044	0.943

构升级的发展受自身影响较大,而环境规制与科技创新对产业结构的优化升级的作用正在显现,但是作用较小。

四、结论与建议

本文基于长江经济带 11 省(市)数据,构建面板向量自回归模型(PVAR)深入探索环境规制、科技创新与产业升级三者之间的作用关系。研究表明,短期内环境规制、科技创新与产业结构升级三者之间的关系比较复杂,在不同滞后期变量之间的影响作用也相互不同,长期内三者会逐步形成良性互动、相互促进的关系。本文的结论及建议如下:

(一)结论

1. 环境规制对科技创新具有正向促进作用且贡

献率不断加强,对产业结构升级具有促进作用,且环境规制与科技创新存在双向格兰杰因果关系。

2. 科技创新对环境规制与产业结构升级具有显著正向促进作用,科技创新对产业结构升级的驱动作用存在边际递减效应,科技创新与产业结构升级存在较为显著的格兰杰因果关系。

3. 产业结构升级对环境规制的作用在短期内正负作用交替上升,在长期正向作用趋于稳定,对科技创新具有短期抑制作用与长期正向作用,但产业结构升级对环境规制与科技创新的贡献率都偏低。

(二)建议

1. 发挥环境规制正向效应。基于各地实际发展情况,制定因地制宜、符合发展规律的环境规制政策措施,从供求两端充分发挥环境规制对科技创新与产业结构升级的“正推作用”与“倒逼效应”,夯实环境规制的发展实效。

2. 激发科技创新动力。加大科技投入,优化科技创新环境和体系,形成以企业为主体、市场为导向的科技投入体系。最大程度激发科技创新对环境规制正向驱动作用,缩短科技创新对产业结构升级促进效用的滞后期。

3. 强化产业升级质量。发挥产业结构升级的促进作用。要合理分配市场资源要素,缓和市场波动负面效应,为高消耗、高污染、低效率的粗放型企业提供一定缓冲阶梯,促进产业结构升级发展效能与环境规制正推效力双向联动。从供给端加快科技创新发展步伐,实施产业改造和转型升级计划,加快新旧动能转化,大力推进传统产业技术改造和产业创新能力建设。

参考文献:

- [1]Porter M. E. ,Linde C. Towards a new conception of the environment competitiveness relationship[J]. Journal of Economics Perspectives,1995(4).
- [2]Jaffe A. B. ,Palmer K. Environmental regulation and innovation A panel data study [J]. Review of Economics and Statistics,1997(4) .
- [3]Brunnermeier S. B. ,Cohen M. A. Determinants of environmental innovation in US manufacturing industries [J] . Journal of Environmental Economics and Management,2003(2).
- [4]孔繁彬,原毅军. 环境规制、环境研发与绿色技术进步[J]. 运筹与管理,2019(2).
- [5]王娟茹,张渝. 环境规制、绿色技术创新意愿与绿色技术创新行为[J]. 科学学研究,2018(2).
- [6]赵丽娟,张玉喜,潘方卉. 政府 R&D 投入、环境规制与农业科技创新效率[J]. 科研管理,2019(2).
- [7]Jorgenson D. W. ,Wilcoxon P. J. Environmental regulation and US economic growth[J]. RAND Journal of Economics,1990(2).
- [8]Barbera, A. J. ,McConnell V. D. The impact of environmental

- regulations on industry productivity: Direct and indirect effects [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 1990 (1).
- [9] Walley N., Whitehead B. It's not easy being green [J]. Harvard Business Review, 1994 (3).
- [10] 张海玲. 技术距离、环境规制与企业创新 [J]. 中南财经政法大学学报, 2019 (2).
- [11] 沈坤荣, 金刚, 方娴. 环境规制引起了污染就近转移吗? [J]. 经济研究, 2017 (5).
- [12] 李胜兰, 申晨, 林沛娜. 环境规制与地区经济增长效应分析——基于中国省级面板数据的实证检验 [J]. 财经论丛, 2014 (6).
- [13] 林春艳, 宫晓蕙, 孔凡超. 环境规制与绿色技术进步: 促进还是抑制——基于空间效应视角 [J]. 宏观经济研究, 2019 (11).
- [14] 姚小剑, 何珊, 杨光磊. 强维度下的环境规制对绿色技术进步的影响 [J]. 统计与决策, 2018 (6).
- [15] 陈超凡, 韩晶, 毛渊龙. 环境规制、行业异质性与中国工业绿色增长——基于全要素生产率视角的非线性检验 [J]. 山西财经大学学报, 2018 (3).
- [16] 高志刚, 尤济红. 环境规制强度与中国全要素能源效率研究 [J]. 经济社会体制比较, 2015 (6).
- [17] 林玲, 赵子健, 曹聪丽. 环境规制与大气科技创新——以 SO₂ 排放量控制技术为例 [J]. 科研管理, 2018 (12).
- [18] 原毅军, 谢荣辉. 环境规制的产业结构调整效应研究——基于中国省际面板数据的实证检验 [J]. 中国工业经济, 2014 (8).
- [19] 韩晶, 陈超凡, 冯科. 环境规制促进产业升级了吗? ——基于产业技术复杂度的视角 [J]. 北京师范大学学报 (社会科学版), 2014 (1).
- [20] 李晓英. FDI、环境规制与产业结构优化——基于空间计量模型的实证 [J]. 当代经济科学, 2018 (2).
- [21] 宋雯彦, 韩卫辉. 环境规制、对外直接投资和产业结构升级——兼论异质性环境规制的门槛效应 [J]. 当代经济科学, 2021 (2).
- [22] 黄震, 王玮, 尹涛涛. 科技创新、环境规制与经济发展的空间效应研究——以长江经济带为例 [J]. 华中师范大学学报 (自然科学版), 2020 (4).
- [23] 陆菁. 国际环境规制与倒逼型产业技术升级 [J]. 国际贸易问题, 2007 (7).
- [24] 马骏, 王改芹. 环境规制对产业结构升级的影响——基于中国沿海城市系统广义矩估计的实证分析 [J]. 科技管理研究, 2019 (9).
- [25] 李鹏升, 陈艳莹. 环境规制、企业议价能力和绿色全要素生产率 [J]. 财贸经济, 2019 (11).
- [26] 陶长琪, 周璇. 要素集聚下技术创新与产业结构优化升级的非线性和溢出效应研究 [J]. 当代财经, 2016 (1).
- [27] 江三良, 纪苗. 技术创新影响产业结构的空间传导路径分析 [J]. 科技管理研究, 2019 (13).
- [28] 郭利锋, 闫树熙, 张玥. 陕西省新型城镇化和科技创新对产业结构升级的影响 [J]. 数学的实践与认识, 2021 (24).
- [29] 贾洪文, 张伍涛, 盘业哲. 科技创新、产业结构升级与经济高质量发展 [J]. 上海经济研究, 2021 (5).
- [30] 王春枝, 赵剑钊. 环境规制、区域创新效率与产业结构升级: 计量检验 [J]. 财经理论研究, 2021 (5).
- [31] 郑晓舟, 郭晗, 卢山冰. 环境规制协同、技术创新与城市群产业结构升级——基于中国十大城市群的实证分析 [J]. 广东财经大学学报, 2021 (3).
- [32] 刘晓雯, 刘程军. 双重环境规制、技术创新与产业结构升级: 空间效应视角 [J]. 现代管理科学, 2021 (6).
- 特约编辑 吴爱军
责任编辑 刘玉成 E-mail: 770533213@qq.com

Study on the Interaction Among Environmental Regulation, Scientific and Technological Innovation and Industrial Structure Upgrading in the Yangtze River Economic Belt

Li Shizhen Lei Li

(School of Economics and Management, Yangtze University, Jingzhou 434023, Hubei)

Abstract: Based on the panel data of the Yangtze River Economic Belt from 2005 to 2019, the PVAR model was constructed to analyze the interaction among environmental regulation, scientific and technological innovation and industrial structure upgrading by using Granger causality test, impulse response function and variance decomposition. The results show that environmental regulation plays a positive role in promoting scientific and technological innovation and contributes more to it. Scientific and technological innovation can inhibit the upgrading of industrial structure in the short term and promote it in the long term. The effect of industrial structure upgrading on environmental regulation is positive and negative alternately, and the positive promoting effect tends to be stable in the long run, and has short-term inhibiting effect and long-term promoting effect on scientific and technological innovation. Moreover, the contribution rate of industrial structure upgrading to environmental regulation and scientific and technological innovation is low. Accordingly, the countermeasures have been put forward to exert the positive effect of environmental regulation, stimulate the power of scientific and technological innovation, and strengthen the quality of industrial upgrading.

Key words: environmental regulation; scientific and technological innovation; upgrading of industrial structure; interaction