

技术创新、能源消耗与劳动者报酬的互动关系 ——基于VAR模型的实证研究

郭佳宁, 刘 干

杭州电子科技大学经济学院, 浙江 杭州

收稿日期: 2024年6月21日; 录用日期: 2024年8月1日; 发布日期: 2024年8月12日

摘 要

文章基于我国2000~2022年中国31个省级的面板数据, 建立向量自回归模型, 运用格兰杰因果检验、脉冲响应函数分析与方差分解等方法研究了技术创新、能源消耗与劳动者报酬三者之间的动态交互机制。实证结果表明: 技术创新、能源消耗与劳动者报酬三者的发展水平高度依赖自身, 同时能源消耗与劳动者报酬之间存在明显的替代效应, 而技术创新水平受到能源消耗与劳动者报酬的双重影响。

关键词

技术创新, 能源消耗, 劳动者报酬, VAR模型

The Interaction between Technological Innovation, Energy Consumption and Labor Compensation

—Empirical Research Based on VAR Model

Jianing Guo, Gan Liu

School of Economics, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou Zhejiang

Received: Jun. 21st, 2024; accepted: Aug. 1st, 2024; published: Aug. 12th, 2024

Abstract

This article is based on panel data from 31 provinces in China from 2000 to 2022, and establishes a VAR model. The dynamic interaction mechanism between technological innovation, energy consumption, and labor compensation is studied using methods such as Granger causality test, im-

pulse response function analysis, and variance decomposition. The empirical results indicate that the development level of technological innovation, energy consumption, and labor remuneration highly depends on themselves. At the same time, there is a clear substitution effect between energy consumption and labor remuneration, and the level of technological innovation is also influenced by the dual effects of energy consumption and labor remuneration.

Keywords

Technological Innovation, Energy Consumption, Labor Compensation, VAR Model

Copyright © 2024 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

技术创新、能源消耗与劳动者报酬之间存在着复杂的关系。首先,技术创新是企业竞争优势的重要来源,也是企业可持续发展的重要保障,作为全面贯彻新发展理念的根本动力和重要抓手,技术创新在我国现阶段推进经济高质量发展进程中起着重要的作用;能源则是经济发展、社会进步、人类文明前进的重要物质基础,但随着科学技术的不断发展与创新,能源生产效率不断提高,能耗资源浪费减少的同时,社会总体的能源消耗不断增加[1];劳动者报酬作为个体获取财富和实现个人发展的手段之一,对于整个社会而言,合理的报酬是促进社会稳定和经济发展的关键因素之一。

技术创新在推动能源利用效率提高的同时,也带来新的能源消耗和资源消耗问题[2]。同时,技术创新对劳动力生产力的提升和劳动力需求结构的调整也直接影响着劳动者的报酬水平[3]。因此,在追求科学技术创新的同时,我们也需要关注其带来的能源消耗和劳动力市场的变化,以实现经济可持续发展和社会公平。本文拟利用向量自回归模型来探讨三者内在的影响机制,并给出相关政策建议,促进三大领域内部水平稳定增长,推动经济高质量发展。

2. 数据来源及指标选取

2.1. 数据来源

根据对相关文献的研究,本文梳理了用于评价技术创新、能源消耗和劳动者报酬的常用指标。考虑到本文是研究时间序列的实证模型,故选取时间段为 2000~2022 年中国 31 个省级的面板数据,本文中的原始数据均来自《中国统计年鉴》,实证分析工具采用的是 RStudio 和 Python 软件。

2.2. 指标选取

2.2.1. 技术创新

技术创新指标。技术创新一般指生产技术的创新,包括开发新技术或者将已有的技术进行应用创新。根据对相关文献的整理,吴爱东(2019)选取研究试验与发展经费占 GDP 比值、专利申请授权数作为衡量技术创新的投入与产出指标[4];于明文(2023)选取 R&D 支出占 GDP 比重作为衡量技术创新水平的指标[5]。结合数据的可比较性,本文选取规模以上工业企业 R&D 经费与 GDP 的比值作为衡量技术创新水平的研发投入指标,用 TE 表示。

2.2.2. 能源消耗

能源消耗指标。随着经济的增长，工业化阶段初期和中期能源消耗一般呈缓慢上升趋势，当经济发展进入到后工业化阶段时，经济增长方式发生重大改变，能源消费强度开始下降。因此本文借助能源消耗与经济增长的关系，从能源消耗的增长率这一维度衡量能源消耗水平，选取能源消费增长率与 GDP 增长率的比值作为评价能源消耗水平的指标，即能源消费弹性系数，用 EN 表示。

2.2.3. 劳动者报酬

劳动者报酬指标。“十四五”规划指出：“我国在全面强化就业优先政策的同时，也将提升劳动者收入和权益保障水平等就业质量的重要指标纳入政策目标之中。”因此，本文依据中国国民经济核算体系中确定的用于衡量劳动者在货物、实物及社会保险中的报酬占地区 GDP 的比重作为衡量指标，以此来确定劳动者报酬水平，用 RE 表示。

2.3. 模型设定

结合相关文献的整理和指标的确定，技术创新、能源消耗与劳动者报酬之间相互作用、相互影响，存在内生性关系，为了厘清三者之间在推动经济高质量发展中的动态联系，本文利用向量自回归模型——VAR 进行实证研究。向量自回归模型(VAR)是一种泛理论模型，其优点在于不需要考虑各经济变量的内生性，它将模型中所有的变量都当作内生变量来处理，进而估计全部内生变量的动态关系，同时可以利用脉冲响应函数来分析随机扰动对变量系统的动态冲击。具体的量化指标见表 1。

Table 1. Technological innovation, energy consumption and quantitative indicators of labor compensation
表 1. 技术创新、能源消耗与劳动者报酬量化指标

指标名称	衡量范围	计算公式	单位
TE：研发投入强度	技术创新	R&D 经费支出/GDP 值	%
EN：能源消费弹性系数	能源消耗	能源消费增长率/GDP 增长率	%
RE：劳动者报酬比重	劳动者报酬	劳动者报酬/地区 GDP	%

根据确定的指标初步建立 VAR 模型，形式为：

$$Y_n = A_1 Y_{n-1} + A_2 Y_{n-2} + \dots + A_p Y_{n-p} + B_1 X_{n-1} + B_2 X_{n-2} + \dots + B_p X_{n-p} + C_1 Z_{n-1} + C_2 Z_{n-2} + \dots + C_p Z_{n-p} + \varepsilon_n; n=1, 2, \dots, N.$$

其中， Y_n 为 k 维内生变量向量， $A_1, A_2, \dots, A_p, B_1, B_2, \dots, B_p, C_1, C_2, \dots, C_p$ 为估计系数， $Y_{n-1}, Y_{n-2}, \dots, Y_{n-p}$ 分别表示滞后 1 期，滞后 2 期，...，滞后 p 期研发投入强度的变化率； $X_{n-1}, X_{n-2}, \dots, X_{n-p}$ 为 d 维外生变量向量，表示滞后 1 期，滞后 2 期，...，滞后 p 期能源消费弹性系数的变化率； $Z_{n-1}, Z_{n-2}, \dots, Z_{n-p}$ 分别表示滞后 1 期，滞后 2 期，...，滞后 p 期劳动者报酬比重的变化率， p 为滞后期数， N 为样本数， ε_n 为扰动向量。

3. 实证结果分析

VAR 模型最早由著名的经济学家克里斯托弗·西姆斯提出，该模型以数据统计特征为基础，根据序列中各内生变量作为所有内生变量滞后值的函数建立，用来考察多个变量之间的动态关系。本文采用 VAR 模型分析技术创新、能源消耗和劳动者报酬之间的动态关系，具体步骤及结果如下。

3.1. 序列平稳性检验

为防止“伪回归”现象对实证结果的影响，在进行 VAR 模型估计前，有必要对各内生变量的平稳性

进行单位根检验并对不平稳的变量采取一阶、二阶的差分形式保证其平稳性[6]。本文采用 ADF 检验方法验证变量的平稳性，检验结果如表 2 所示。

Table 2. Results of the ADF test
表 2. ADF 检验结果

变量	t	P	临界值		
			1%	5%	10%
TE：研发投入强度	-6.918	0.000	-3.440	-2.866	-2.569
EN：能源消费弹性系数	-2.868	0.049	-3.441	-2.866	-2.569
RE：劳动者报酬比重	-9.014	0.000	-3.440	-2.866	-2.569

序列检验的结果显示：基于变量研发投入强度，显著性 P 值为 0，水平上呈现显著性，拒绝原假设，该序列为平稳的时间序列；基于变量能源消费弹性系数，显著性 P 值为 0.049，水平上呈现显著性，拒绝原假设，该序列为平稳的时间序列；基于变量劳动者报酬比重，显著性 P 值为 0，水平上呈现显著性，拒绝原假设，该序列为平稳的时间序列。

3.2. 滞后阶数判断

在建立 VAR 模型之前，需要根据各统计量对模型的滞后阶数进行判断，结果见表 3。
根据判断结果，在 AIC 准则时应该以 2 阶为准，SC 准则时应该以 1 阶为准，HQIC 准则时应该以 1 阶为准，FPE 准则时应该以 2 阶为准。4 个指标值中最小值为 1 阶，因而最终以 1 阶为准构建 VAR 模型。

Table 3. The result of model lag order judgment
表 3. 模型滞后阶数判断结果

滞后阶数	logL	AIC	SC	HQIC	FPE
0	1183.019	-12.089	-12.069	-12.082	0
1	2512.198	-16.101	-16.020*	-16.070*	0
2	2520.528	-16.111*	-15.968	-16.055	0.0*
3	2524.751	-16.108	-15.903	-16.029	0
4	2526.288	-16.097	-15.830	-15.993	0
5	2524.688	-16.076	-15.747	-15.949	0
6	2524.781	-16.060	-15.670	-15.909	0
7	2523.905	-16.042	-15.589	-15.866	0
8	2522.440	-16.021	-15.506	-15.821	0
9	2522.505	-16.005	-15.427	-15.781	0
10	2521.282	-15.985	-15.345	-15.737	0
11	2528.387	-15.991	-15.288	-15.718	0

3.3. 模型建立及检验

根据上文设定的 VAR 模型得到估计结果如下表 4 所示。同时利用自回归(AR)特征根检验判定 VAR 模型的平稳性，若模型中所有特征根落在半径为 1 的单位圆中，那么模型平稳；若模型中存在特征根落

在单位圆外的情况，那么模型非平稳，可能存在其他无效的估计[7]。

Table 4. Estimation results of VAR model
表 4. VAR 模型估计结果

参数	估计量	本期 TE 水平	本期 EN 水平	本期 RE 水平
滞后 1 期 TE 水平	系数	0.881	24.120	-0.848
	标准差	0.017	19.930	0.407
	t	53.321	1.210	-2.085
滞后 1 期 EN 水平	系数	0.000	0.790	-0.001
	标准差	0.000	0.027	0.001
	t	-5.632	29.742	-2.308
滞后 1 期 RE 水平	系数	-0.003	2.570	0.839
	标准差	0.001	1.024	0.021
	t	-3.159	2.509	40.112
常数	系数	0.002	-1.838	0.078
	标准差	0.000	0.508	0.010
	t	4.773	-3.619	7.559

从上表格可知，技术创新、能源消耗和劳动者报酬之间的 VAR 模型公式如下：

$$\begin{aligned} TE &= 0.881 * L1.TE - 0.000 * L1.EN - 0.003 * L1.RE + 0.002 \\ EN &= 24.120 * L1.TE + 0.790 * L1.EN + 2.570 * L1.RE - 1.838 \\ RE &= -0.848 * L1.TE - 0.001 * L1.EN + 0.839 * L1.RE + 0.078 \end{aligned}$$

结果显示，滞后 1 期的技术创新水平对本期能源消耗具有显著正向影响，其影响系数为 24.120，数值较大，即滞后 1 期技术创新水平每升高一个单位，会导致本期能源消耗水平增长 24.120 个百分点，影响较大；滞后 1 期劳动者报酬对本期技术创新具有负向影响，对本期能源消耗具有正向影响，表现为滞后 1 期劳动者报酬水平每升高一个单位，会导致本期技术创新和能源消耗分别降低 0.003 个百分比和升高 2.570 个百分比，根据系数可知影响较小。下图是模型的 AR 特征根图。

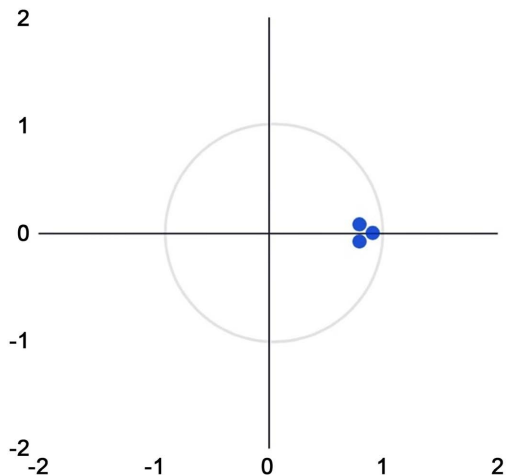


Figure 1. Map of AR feature roots
图 1. AR 特征根图

图 1 展示了 VAR 模型中的 AR 特征根图，图中显示所有的点都位于单位圆内，由此可判断本文建立的 VAR 模型是稳定的，因此可以进一步做脉冲响应函数分析和方差分解。

3.4. 格兰杰因果检验

为检验技术创新、能源消耗与劳动者报酬水平之间的因果关系，即技术创新、能源消耗与劳动者报酬水平之间是否能够相互预测，需要进行格兰杰因果检验。若拒绝原假设，则认为前者为后者的格兰杰原因，即存在因果关系，反之则不是[8]。

本文格兰杰因果检验关系结果如表 5 所示。

Table 5. Granger causality test results
表 5. 格兰杰因果检验结果

原假设 H ₀	F 值	P 值	结论
“能源消费弹性系数”不是“研发投入强度”的格兰杰原因	11.818	0.000	拒绝
“研发投入强度”不是“能源消费弹性系数”的格兰杰原因	1.462	0.233	接受
“劳动者报酬比重”不是“研发投入强度”的格兰杰原因	3.247	0.040	拒绝
“研发投入强度”不是“劳动者报酬比重”的格兰杰原因	1.791	0.168	接受
“劳动者报酬比重”不是“能源消费弹性系数”的格兰杰原因	3.741	0.024	拒绝
“能源消费弹性系数”不是“劳动者报酬比重”的格兰杰原因	3.782	0.021	拒绝

根据格兰杰因果检验结果可知：针对“能源消费弹性系数不是研发投入强度的格兰杰原因”，P 值 $0.000 < 0.01$ ，因而拒绝原假设，意味着能源消费弹性系数可以引起研发投入强度变化；针对“劳动者报酬比重不是研发投入强度的格兰杰原因”，P 值 $0.040 < 0.05$ ，因而拒绝原假设，意味着劳动者报酬比重可以引起研发投入强度变化；针对“劳动者报酬比重不是能源消费弹性系数的格兰杰原因”，P 值 $0.024 < 0.05$ ，因而拒绝原假设，意味着劳动者报酬比重可以引起能源消费弹性系数变化。针对“能源消费弹性系数不是劳动者报酬比重的格兰杰原因”，P 值 $0.021 < 0.05$ ，因而拒绝原假设，意味着能源消费弹性系数可以引起劳动者报酬的变化。其余格兰杰原因的检验均不显著。

总结可知，能源消费弹性系数与劳动者报酬比重之间存在双向格兰杰因果关系，且二者之间存在明显的替代效应，即能源消耗水平与劳动者报酬之间可以相互预测，而研发投入强度的变化受能源消费弹性系数与劳动者报酬比重的双重影响。

3.5. 脉冲响应函数

脉冲响应函数能够反映一个变量在受到其他变量一个单位冲击后的反应程度和持续时间[9]。本文采用脉冲响应函数对技术创新水平、能源消耗与劳动者报酬进行脉冲响应分析。下图为三者的脉冲响应结果，其中横坐标表示滞后期数，纵坐标表示冲击响应。

图 2 分别为能源消费弹性系数对研发投入强度、劳动者报酬比重对研发投入强度、劳动者报酬比重对能源消费弹性系数、能源消费弹性系数对劳动者报酬的脉冲响应函数图。四个图的横坐标都代表着所作的脉冲响应的响应期数，纵坐标表示的是模型中一个内生变量受到冲击后所产生响应程度，蓝实线表示脉冲响应的曲线，黄实线与绿实线则指 95%的置信区间，具体内容解释如下：

在能源消费弹性系数对研发投入强度发起冲击后，对其冲击的影响一直为负向，表现为从第 1 期到第 5 期波动幅度逐渐增大，在第 5 期达到负向冲击最大值；劳动者报酬对研发投入强度的冲击表现为从

第 1 期到第 6 期逐渐增大, 在第 6 期达到正向冲击最大值, 后逐渐减小; 劳动者报酬对能源消费弹性系数的冲击影响表现一直为负向, 从第 1 期到第 8 期的负向影响逐渐增大, 随着滞后期数的增加, 冲击影响逐渐减小; 能源消费弹性系数对劳动者报酬的冲击影响表现一直为负向, 在第 5 期时负向影响达到最大值, 后逐渐减小。

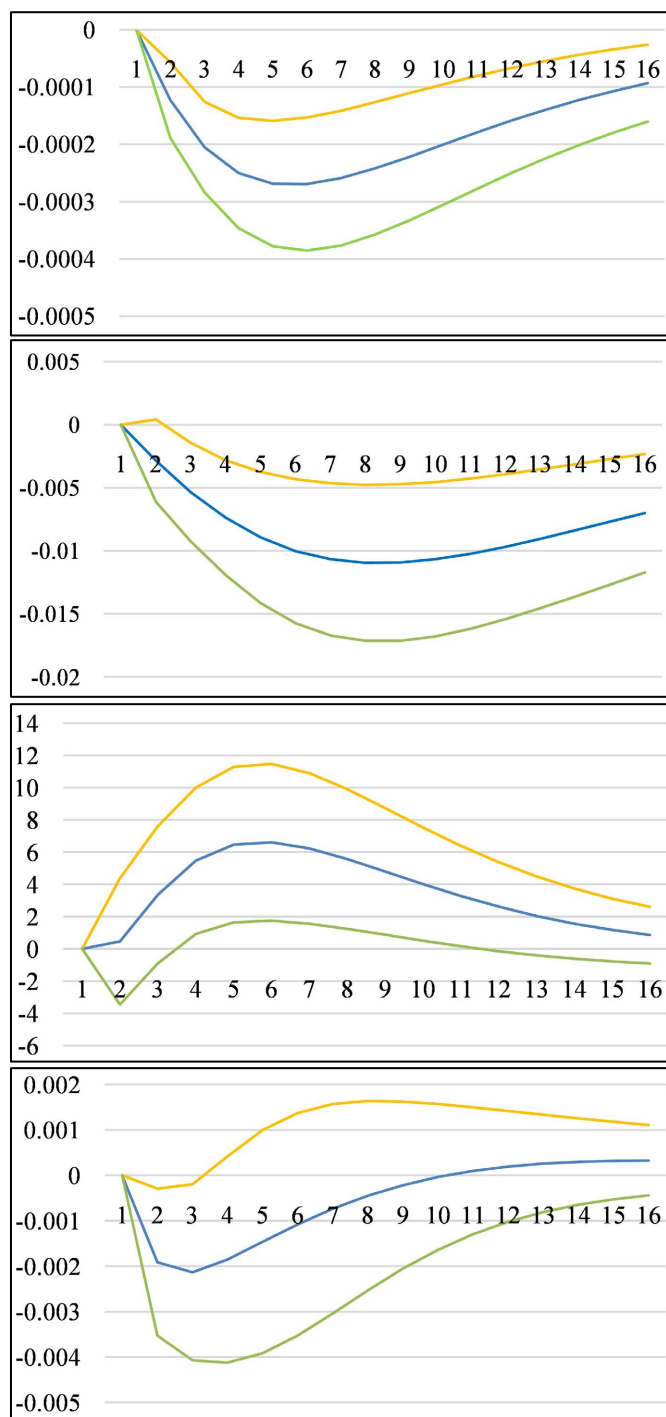


Figure 2. Graph of impulse response function

图 2. 脉冲响应函数图

3.6. 方差分解结果

方差分解方法反映模型中各变量冲击对模型内生变量的相对重要性。本文采用方差分解方法分析不同滞后期数研发投入强度、能源消费弹性系数与劳动者报酬比重的相互影响程度，结果如下表 6~8 所示。

Table 6. Variance decomposition results of R&D investment intensity
表 6. 研发投入强度方差分解结果

阶数	标准差	研发投入强度(%)	能源消费弹性系数(%)	劳动者报酬比重(%)
1	0.002	100.000	0.000	0.000
2	0.003	98.858	0.917	0.225
3	0.004	96.844	2.432	0.724
4	0.004	94.520	4.032	1.448
5	0.004	92.192	5.472	2.336
6	0.005	90.013	6.665	3.322
7	0.005	88.049	7.605	4.346
8	0.005	86.326	8.317	5.357
9	0.005	84.840	8.843	6.317
10	0.005	83.579	9.222	7.200

Table 7. Variance decomposition of energy consumption elasticity coefficient
表 7. 能源消费弹性系数方差分解结果

阶数	标准差	研发投入强度(%)	能源消费弹性系数(%)	劳动者报酬比重(%)
1	2.709	5.589	94.411	0.000
2	3.539	6.523	93.473	0.005
3	3.913	6.333	93.461	0.205
4	4.093	6.011	93.309	0.680
5	4.184	5.772	92.920	1.309
6	4.233	5.641	92.408	1.951
7	4.261	5.595	91.890	2.515
8	4.279	5.600	91.435	2.965
9	4.289	5.631	91.072	3.296
10	4.296	5.671	90.801	3.528

Table 8. Variance decomposition of the proportion of labor compensation
表 8. 劳动者报酬比重方差分解结果

阶数	标准差	研发投入强度(%)	能源消费弹性系数(%)	劳动者报酬比重(%)
1	0.055	7.017	1.983	91.000
2	0.077	5.567	3.690	90.743
3	0.088	4.894	4.554	90.551
4	0.095	4.480	5.001	90.519

续表

5	0.099	4.206	5.227	90.567
6	0.101	4.028	5.332	90.641
7	0.102	3.921	5.368	90.711
8	0.103	3.866	5.368	90.765
9	0.104	3.847	5.353	90.800
10	0.104	3.851	5.332	90.817

根据方差分解结果显示，研发投入强度、能源消费弹性系数与劳动者报酬比重的自身冲击对其发展都占据了重要因素，但不同变量也存在明显的差异。

第一，研发投入强度贡献度分解。该变量在第 1 期来自自身的方差贡献率为 100%，到第 10 期时，自身的贡献率下降为 83.579%，来自能源消费弹性系数和劳动者报酬的比重分别为 9.222%和 7.200%，说明能源消费弹性系数及劳动者报酬比重的变化能引起研发投入强度的变动，这与上文格兰杰因果检验的结果相符。第二，能源消费弹性系数贡献度分解。该变量在第 1 期至第 10 期来自自身的方差贡献度均达到了 90%以上，说明能源消费弹性系数的提高主要依靠自身消费水平的积累。第三，劳动者报酬比重贡献度分解。劳动者报酬比重在滞后第 1 期至第 10 期来自自身的方差贡献度均大于 90%以上，说明劳动者报酬比重的提高依靠的是劳动者自身努力的结果。

4. 总结与建议

4.1. 研究结论

本文选取衡量技术创新、能源消耗与劳动者报酬的相关指标，结合相关省级面板数据，建立 VAR 模型以研究三者之间相互影响的联系。根据模型结果显示，衡量能源消耗与劳动者报酬的能源消费弹性系数与劳动者报酬比重之间存在双向格兰杰因果关系；根据方差分解结果及三大变量贡献度的百分比显示，研发投入强度、能源消费弹性系数与劳动者报酬比重的自身冲击对其发展都占据了重要因素，而代表技术创新水平的研发投入强度受到能源消费弹性系数与劳动者报酬比重的双重影响，这也意味着，技术创新水平的提升受到能源消耗与劳动者报酬变化的影响。

4.2. 对策建议

当前，全球经济面临着深刻变革，技术创新、能源消耗与劳动者报酬在各自领域都成为制约经济发展的关键因素。本文根据实证模型的研究结论，结合我国经济发展的实际情况提出以下几项建议：

1) 强化研发投入、加强技术成果转化

科技创新作为推动我国共同富裕的重要支撑，政府和企业应增加对相关技术的研发与投入，推动关键核心技术的突破，建立健全科研项目管理机制，确保研发经费有效利用的同时，加强与国际先进科研机构的合作，引进对企业有用的先进技术和管理经验；技术的投入也需要依靠成果的产出，因此建立科技成果转移转化平台势在必行，政府及相关部门在推动产学研用合作的同时应加强科技成果评估与鉴定工作，确保技术创新成果保质保量。

2) 优化能源消耗结构、推广绿色生产技术应用

“碳达峰”与“碳中和”目标的提出，推动了绿色低碳循环发展经济体系的建立，促进了产业结构的优化和转型升级，在这一目标的实现中，能源消耗起着重要的作用。为实现双碳目标，需要调整产业结构，提高能源强度较小的服务业和轻工业比重，优化能源结构，提高零碳及低碳的可再生能源和清洁

能源的消费比重, 同时建立能源消耗监管体系, 这不仅有助于减少碳排放, 还为企业带来了新的发展机遇, 激发了企业创新动力, 推动了绿色技术的研发和应用。

3) 提升劳动者技能水平、合理分配劳动报酬

劳动者作为构成生产力诸多因素中起主导作用的因素, 是直接体现为劳动资料的使用者和创造者, 对一个国家一个民族的发展至关重要, 因此, 在推进经济高质量发展的同时有必要对劳动者加强职业教育和技能培训, 提高劳动者素质和技能水平的同时, 加大对技能人才的引进力度, 吸引更多优秀人才投入到技术创新的队伍中。另外, 企业应建立健全劳动者报酬分配机制, 确保劳动者报酬与经济增长同步提高, 实现经济、社会和环境的协调发展的同时, 为构建创新型国家和绿色生态社会奠定坚实基础。

4.3. 不足与展望

1) 首先, 本文的局限性在于数据采用的是省级面板数据, 对于地市级的数据暂未展开分析, 后期笔者会进一步采集和分析地市级的数据进行比较分析, 以此来探讨不同经济体之间的相似性与差异性。其次, 后期笔者会提供更多的图表和示例来说明 VAR 模型的工作原理和分析过程, 简化和明确方法论的描述, 进一步强调方法选择的理论基础和实证分析的关键步骤, 增强文章的逻辑性和可读性。

2) 笔者后期会加强本文的文献综述部分, 探究相关研究领域的最新进展和核心争议, 对比分析国内外、各地区不同研究的发现, 讨论本研究在现有文献中的定位和贡献, 并深入探讨 VAR 模型研究结果的理论和实践意义, 结合经济学理论对实证结果进行深入分析, 探讨背后隐藏的经济机制和现象。

参考文献

- [1] 陆杉, 李雯. 技术创新对能源利用效率影响的空间效应与机制——基于中国 278 个地级以上城市的面板数据[J]. 中南大学学报(社会科学版), 2024, 30(2): 101-113.
- [2] 侯贵生, 侯莹. 环境规制、技术创新与能源消耗关系的实证分析[J]. 科技管理研究, 2021, 41(20): 216-223.
- [3] 郑延智, 黄顺春. 劳动者报酬、收入分配与居民消费——基于江西省的实证研究[J]. 地方财政研究, 2012(8): 16-20+34.
- [4] 吴爱东, 王娟. 技术创新, 还是结构升级效率?——推动高质量发展的主导动能分析[J]. 科技管理研究, 2019, 39(14): 210-217.
- [5] 于明文. 技术创新、服务业结构优化与居民消费升级的互动关系——基于 VAR 模型的实证分析[J]. 商业经济研究, 2023(9): 48-52.
- [6] 左秀霞. 带高次趋势项的 ADF 单位根检验[J]. 数量经济技术经济研究, 2019, 36(1): 152-169.
- [7] 付莲莲, 喻龙敏, 赵金霞. 疫情对生猪价格影响的 VAR 模型分析[J]. 河南农业大学学报, 2022, 56(2): 331-340.
- [8] 曹永福. 格兰杰因果性检验评述[J]. 数量经济技术经济研究, 2006, 23(1): 155-160.
- [9] 郑妍妍. 脉冲响应函数理论及其在宏观经济中的应用[D]: [博士学位论文]. 天津: 南开大学, 2010.