

分类号 \_\_\_\_\_

密级 \_\_\_\_\_

U D C \_\_\_\_\_

编号 10741



# 硕士学位论文

论文题目 绿色物流对全要素生产率的影响研究

研究生姓名: 丁立

指导教师姓名、职称: 杜斌 教授

学科、专业名称: 应用经济学 劳动经济学

研究方向: 劳动力市场与就业

提交日期: 2024年6月5日

## 独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名：丁立

签字日期：2024年6月5日

导师签名：张庆

签字日期：2024年6月5日

## 关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定，同意（选择“同意”/“不同意”）以下事项：

1. 学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；

2. 学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊（光盘版）电子杂志社”用于出版和编入 CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分內容。

学位论文作者签名：丁立

签字日期：2024年6月5日

导师签名：张庆

签字日期：2024年6月5日

# **Study on the impact of green logistics on total factor productivity**

**Candidate : Ding Li**

**Supervisor: Du Bin**

## 摘要

随着环境可承载能力和要素红利的逐渐消退，我国经济由快速增长阶段逐步转向高质量发展阶段。全要素生产率的提升，是我国迈向高质量发展的关键所在。物流业是市场资源要素流动的中介，在便利要素自由流动，实现资源优化配置，构建全国统一大市场中发挥着重要作用。但传统物流业高投入、高消耗的特点使其资源配置效率低下，降低了经济高质量发展效果。运用绿色技术，实施绿色转型，激发创新动能，是物流业高效获取和利用生产要素、信息与知识，实现知识共享和技术外溢，增强自生能力，助力全要素生产率提升的有效途径，并将进一步推动我国经济的高质量发展。因此，探讨绿色物流对全要素生产率的影响，对于引导绿色物流发展，提高全要素生产率，促进我国经济高质量发展具有重要的研究意义与现实意义。

首先，本文对相关文献进行了系统梳理，界定了绿色物流和全要素生产率的概念，整合了绿色经济发展理论、效率理论、人力资本理论、产业结构演进等相关理论，在此基础上，构建绿色物流通过人力资本效应、产业结构升级效应提高全要素生产率的作用机制，奠定了本文研究基础。其次，运用 Super-SBM 和 SBM-Malmquist 方法分别对绿色物流和全要素生产率进行测度，分析其现状及变化趋势。再次，构建双固定效应模型，利用我国 30 多个省市 2010-2020 年的面板数据，实证剖析绿色物流对全要素生产率的影响，并进行稳健性、异质性以及机制效应检验。最后，提出针对性的对策建议。

通过研究得出：（1）我国绿色物流整体效率值不高，DMU 值均未达到 1；全要素生产率呈现“W 型”变化趋势；两者均呈“东部>中部>西部”的局面。

（2）绿色物流对提升全要素生产率具有重要的促进作用。（3）绿色物流影响全要素生产率表现为区域异质性，即：绿色物流显著促进了东部地区全要素生产率的提升，对中西部地区的影响虽然为正，但没能通过显著性检验。（4）绿色物流通过促进人力资本、产业结构升级正向影响了全要素生产率。

基于此，提出以下对策建议：（1）因地制宜，制定有效提升绿色物流高水平发展的战略。（2）应用财政补贴与税收手段，加强政府干预力度。（3）整合、共享资源，促进产业结构升级。（4）加大技能培训的投入，重视人才引进。

**关键词：**绿色物流 全要素生产率 人力资本 产业结构升级

## Abstract

With the gradual fading of environmental carrying capacity and factor dividends, China's economy has gradually shifted from the stage of rapid growth to the stage of high-quality development. The improvement of total factor productivity is the key to China's high quality development. The logistics industry is the intermediary of the flow of market resources and factors, and plays an important role in facilitating the free flow of factors, realizing the optimal allocation of resources, and building a unified national market. However, the traditional logistics industry has the characteristics of high input and high consumption, which makes its resource allocation efficiency low and reduces the effect of high-quality economic development. The application of green technology, the implementation of green transformation, and the stimulation of innovation momentum are effective ways for the logistics industry to efficiently obtain and utilize production factors, information and knowledge, realize knowledge sharing and technology spillover, enhance self-generating capacity, and promote the improvement of total factor productivity, and will further promote the high-quality development of China's economy. Therefore, to explore the impact of green logistics on total factor productivity is of great research and practical significance for guiding the development of green logistics, improving total factor productivity, and promoting the high-quality development of China's economy.

First of all, this paper systematically combs relevant literature, defines the concepts of green logistics and total factor productivity, integrates green economy development theory, efficiency theory, human capital theory, industrial structure evolution and other relevant theories, and on this basis, builds the action mechanism of green logistics to improve total factor productivity through human capital effect and industrial structure upgrading effect. It lays the foundation of this research. Secondly, Super-SBM and SBM-Malmquist methods are used to measure green logistics and total factor productivity respectively, and analyze their status quo and changing trend. Thirdly, a dual fixed effect model was constructed to empirically analyze the impact of green logistics on total factor productivity using panel data from more than 30 provinces and cities in China from 2010 to 2020, and to test robustness, heterogeneity and mechanism effects. Finally, put forward the corresponding countermeasures and suggestions.

The results show that: (1) the overall efficiency of green logistics in China is not high, and DMU values are not up to 1; Total factor productivity showed a "W-shaped" trend. Both are "East > Middle > west" situation. (2) Green logistics plays an important role in promoting total factor productivity. (3) The impact of green logistics on TFP shows regional heterogeneity, that is, green logistics significantly promotes the improvement of TFP in the eastern region, while its impact on the central

and western regions is positive, but it fails to pass the significance test. (4) Green logistics positively affects total factor productivity by promoting human capital and industrial structure upgrading.

Based on this, the following countermeasures and suggestions are put forward: (1) Formulate strategies to effectively enhance the high-level development of green logistics according to local conditions. (2) Use fiscal subsidies and taxation to strengthen government intervention. (3) Integrate and share resources to promote the upgrading of industrial structure. (4) Increase investment in skill training and pay attention to talent introduction.

**Keywords:**Green logistics; Total factor productivity; Human capital; Industrial structure upgrading



# 目 录

<b>1 绪论</b> .....	<b>1</b>
1.1 研究背景 .....	1
1.2 研究意义 .....	3
1.2.1 理论意义 .....	3
1.2.2 现实意义 .....	3
1.3 国内外相关文献综述 .....	4
1.3.1 绿色物流的相关研究 .....	4
1.3.2 全要素生产率的相关研究 .....	6
1.3.3 绿色物流对全要素生产率影响的相关研究 .....	8
1.3.4 文献述评 .....	10
1.4 研究内容与方法 .....	10
1.4.1 研究内容 .....	10
1.4.2 研究方法 .....	13
1.5 可能的创新点 .....	13
<b>2 概念界定、理论基础与机制分析</b> .....	<b>15</b>
2.1 概念界定 .....	15
2.1.1 绿色物流 .....	15
2.1.2 全要素生产率 .....	16
2.2 理论基础 .....	17
2.2.1 绿色经济发展理论 .....	17
2.2.2 效率理论 .....	18
2.2.3 人力资本理论 .....	18
2.2.4 产业结构理论 .....	19
2.3 绿色物流对全要素生产率影响的机制分析 .....	20
2.3.1 人力资本效应 .....	21
2.3.2 产业结构升级效应 .....	24

<b>3 绿色物流与全要素生产率的测算及结果分析</b> .....	<b>27</b>
3.1 绿色物流综合效率测算及结果分析 .....	27
3.1.1 绿色物流综合效率测算 .....	27
3.1.2 绿色物流效率测算结果分析 .....	29
3.2 全要素生产率的测算及结果分析 .....	34
3.2.1 全要素生产率的测算 .....	34
3.2.2 全要素生产率的测算结果分析 .....	35
<b>4 绿色物流对全要素生产率影响的实证分析</b> .....	<b>43</b>
4.1 变量选取和数据说明 .....	43
4.1.1 变量选取 .....	43
4.1.2 数据说明 .....	44
4.2 模型构建与相关性检验 .....	46
4.2.1 模型构建 .....	46
4.2.2 相关性检验 .....	46
4.3 基准回归结果与分析 .....	49
4.4 稳健性检验 .....	51
4.5 异质性检验 .....	52
4.6 机制效应检验 .....	54
4.6.1 机制效应模型构建 .....	54
4.6.2 机制效应检验结果分析 .....	55
<b>5 结论与对策建议</b> .....	<b>59</b>
5.1 结论 .....	59
5.2 对策建议 .....	60
<b>参考文献</b> .....	<b>62</b>
<b>致 谢</b> .....	<b>70</b>

# 1 绪论

近年来，物流业的迅猛发展已对国民经济的快速增长起到了重要推动作用。鉴于当前社会矛盾与经济发展模式均呈现出新的变化态势，作为具备战略性、先导性和基础性的产业，顺时代之流，走绿色发展道路，也将进一步在构建国内统一大市场，高效串联与整合国内大循环中的各类要素方面发挥更为关键作用，在推动高质量发展的进程中承担更为重要的角色。因此，探究物流绿色发展对全要素生产率的提升，显得尤为必要与紧迫。首先本章通过介绍研究背景，说明本文研究的意义所在。其次，对近年来关于绿色物流和全要素生产率之间的文献进行梳理总结，说明本文研究的具体内容和所使用的研究方法。最后指出本文研究中可能存在的创新点，为本文后续研究奠定基础。

## 1.1 研究背景

凭借丰富的自然资源及低廉劳动力资源的投入，我国经济发展在过去数十年的演进中取得了诸多令人瞩目的成就。然而，自 2011 年起，随着老龄化程度的逐步加深，并在 2020 年人口出生率又创纪录地跌破千分之一。这种老龄化和少子化趋势，正逐步引发劳动力短缺问题，难以再延续过去的人口产业结构演进发展模式。粗放式发展也导致生态环境在持续恶化，需要深入探索新的发展路径，推动经济社会持续健康发展。自 2010 年以来，我国经济增长的传统引擎——资本积累与社会消费支出，其所产生的推动作用日渐式微。消费、投资、出口这三大传统动力对经济的提振作用逐渐减退，迫切需要寻找新的增长点来应对这一挑战，以确保经济持续高速发展。在新古典增长理论中有观点认为，技术进步是促进经济增长的一个重要发力点，它是生产要素投入与产出效率的直接体现，影响着全要素生产率的高低。当前，我国的全要素生产率相较于发达国家仍有较大差距，有巨大的发展潜力和提升空间。在 2021 年 3 月发布的“十四五”规划纲要中，国家明确提出将促进高质量发展作为整体战略进行统筹规划，为经济发展指出方向，揭示经济持续健康发展的动力。即通过进一步提升全要素生产率，推动产业依靠降低投入与损耗、提高利润与技术来发展，走一条利于国家长远、稳定发展的高质量发展道路。面对新时代的挑战与机遇，必须深入挖掘技术进步的潜力，不断提升全要素生产率，以实现经济的高质量

发展。从产业增加值角度来看，在同等资源要素投入的条件下，服务贸易业等第三产业相较于农业和制造业这些传统一二产业，会展现出更高的劳动生产效率，同时其物质要素需求相对较少。因此，提高第三产业在国民经济中所占的比重，将会对提升整体全要素生产率产生极为重要的显著影响。

物流业作为连接生产与消费端最主要生产性服务行业之一，发挥着重要的服务职能和保障支撑作用来为各行各业提供物流服务满足需求，畅通国民经济循环，进一步开发我国超大规模市场优势的内需消费潜力。作为“第三利润源泉”与五大基础产业之一，它既是中国经济发展的重要引擎与增长极，支撑着国民经济发展。但传统物流业的高速增长，在很大程度上依赖大量要素投入和高消耗而不利于可持续发展。2022 年物流业油品消耗量约占全社会油品消耗总量的三分之一，能源消耗量折算已经达到 23693 万吨标准煤，物流总费用与国内生产总值之比是西方现代工业国家的两倍左右（Aparicio, 2020；肖远飞，2021）。这不仅造成要素配置扭曲，引发各类生产要素过度消耗、配置效率低下，严重阻碍物流经济可持续发展，也影响着我国全要素生产率的增加值，不利于经济高质量发展。

党的二十大报告明确指出我国应加快发展方式绿色转型，发展绿色低碳产业，形成绿色低碳生产生活方式，从而推动经济高质量发展和提高全要素生产率。因此，作为中国经济重要增长极的物流业，必须顺时代时局之变，坚定地走绿色发展道路，以此支撑并推动新格局战略下的高质量发展。通过实施绿色转型发展战略，借助新兴绿色产业技术的创新驱动和产业结构的优化升级，高效地串联起生产端与消费端，有效刺激消费增长并拉动投资。这一过程中，发展绿色物流，改进并提升产业技术发展，实现全要素生产率的提升，进而达成高质量经济发展的战略目标。那么，发展绿色物流是否能够成为提升全要素生产率的强大动力？如果可以，它的作用机制又是什么呢？这是一个值得深入探讨与论证的重要议题，也是本文试图揭示的核心。

## 1.2 研究意义

### 1.2.1 理论意义

第一，关于全要素生产率提升的途径，集中考察具有要素资源配置传导功能的物流业与全要素生产率的研究正处于起步阶段，而将绿色物流与全要素生产率结合研究的又相对较少。因此本文在现有研究基础上，将绿色物流与全要素生产率联系在一起，有利于深入理解要素传导功能的绿色物流和全要素生产率的关系，拓展相关理论研究视角。

第二，本文从理论和实证两个方面验证了绿色物流影响全要素生产率的作用机制，即绿色物流通过人力资本、产业结构升级促进全要素生产率增长，这对于全面深刻理解绿色物流与全要素生产率的内在联系有重要的理论价值。

### 1.2.2 现实意义

第一，全力提高全要素生产率已成为中国经济转型、高质量发展的重要抓手。如何在经济高质量发展和绿色经济背景下对产业应用新手段、焕发新动能，对提高全要素生产率的发展至关重要。将新经济常态下的绿色赋予传统物流业这一经济增长的重要支撑领域，结合全要素生产率，综合分析绿色物流与中国全要素生产率的发展现状，论证绿色物流对全要素生产率的影响，可以更好引导绿色物流，在助力中国 2025 年基本建成供需适配、内外联通、安全高效、智慧绿色的现代物流体系的同时，积极落实国家绿色发展战略，推进国家经济高质量发展。

第二，绿色物流发展程度在不同地区处于不同的发展阶段，对全要素生产率影响也不一致，通过实证分析用数据结果客观真实了解绿色物流对全要素生产率影响的不同显著性。政府与企业可以据此因地施策，同时加强不同区域之间经验借鉴与协同发展。这对有效提升全要素生产率，推动经济高质量发展具有重要现实意义。

## 1.3 国内外相关文献综述

### 1.3.1 绿色物流的相关研究

20世纪60年代，全球范围内众多国家和国际组织积极倡导环保发展理念，环保活动如火如荼地展开，这无疑为物流行业的绿色发展注入了强劲动力。在此背景下，物流绿色发展日益受到广泛关注。本文旨在全面综述我国绿色物流的发展、影响因素以及相应的测度和评估方法，以为绿色物流的可持续发展提供理论支持和实践指导。

#### (1) 绿色物流的发展

Murphy 于1995年首次提出物流，并表明循环包装是绿色物流的一个很好的途径。之后在进入二十一世纪的全球化背景下，部分学者认为物流的绿色化发展更重要的原因是出于经济利益发展的角度。Stephen（2003）对物流系统和物理环境的复杂影响进行深入剖析，认为在物流发展进程中，与绿色环保有关的技术进步能够推动物流自身及相关行业的技术创新，在推动产业结构绿色发展的同时，还能降低污染成本，从而更好提升整个社会的效益。李羽飞（2007）认为绿色物流具有投资沉淀性、滞后性和外部性，从国家宏观发展的背景出发，提出经济效益、社会需要和技术进步三个方面，是绿色物流发展的动力机制所在。Zhang（2010）认为绿色物流理念的核心在于在资源环节厉行节约，同时在产品与消费环节坚持绿色环保原则，这不仅是循环经济的内在发展需求，更是其发展的必由之路。沈江（2012）认为物流绿色发展可以有效降低物流资源损耗，压低物流成本，促进相关第三产业的发展，进而使第三产业在国民经济中所占的比例得到显著提升。

党的十八大之后，中国学者更多在经济高质量发展与环境日益恶化的背景下，开始注重研究物流绿色化发展进程：钟聪儿（2018）认为绿色物流是指要在为消费者提供绿色产品与服务的同时，使其达到环境友好的目的。蒋鹏等（2018）认为绿色物流是利用多种技术手段来实现物流活动的规划和实施，达到环境保护的目的。Seroka（2019）在研究中归纳出绿色概念，即以合理执行物流流程为前提，将对环境造成的污染降到最低。吴爱萍（2019）认为绿色物流是以满足客户需求为主要目的，同时主动在生产过程的各个环节实现绿色化。

Song (2021) 通过对我国能源经济城市转型分析, 发现在能源城市的转型过程中将显著正向促进绿色发展。张珺 (2022) 从绿色发展角度指出, 物流业的绿色化进程对于资源使用率的提高具有重要意义, 而其在促进物流业内部结构优化的同时也具有明显的正外部性, 能够促进流通产业经济增长方式的转型, 但其外部特征也表现出一定的区域差异。武佩剑 (2022) 在对我国绿色物流发展的效率评价与路径提升方面, 实证发现绿色化转型发展之路决定着物流业高质量发展与产业转型升级。

## (2) 绿色物流发展的影响因素

研究学者更多的研究成果集中在政府、经济发展水平、技术创新方面是影响绿色物流发展的关键因素。在政府方面, 学者利用德尔菲法和决策实验室分析法 (DEMATEL) 对可能影响物流绿色发展的各主要因素加以研究, 发现我国物流行业实现绿色发展的核心要素是政府 (蒋鹏, 2018; 肖丁丁, 2019)。张晨等 (2021) 在研究苏州物流绿色发展现状时得出应政府引导出台相关政策在技术创新与人才培养等方面发挥作用, 推动物流全链条的绿色化发展。

在经济发展水平方面, 部分学者认为经济发展水平是影响物流业绿色发展重要原因, 对物流业绿色发展水平有正向影响 (ZHANG, 2020; YAO, 2021)。Syed 等 (2017) 通过运用自回归滞后法, 将 1981 年至 2016 年间的英国国民经济发展指标和环境指标作为指标评价体系研究其对英国物流绿色转型发展的影响。研究结果表明, 经济发展这一指标在较长时间跨度内对物流业绿色转型发展都可以起到正向促进作用。

在技术与创新方面, 部分学者认为理念方面的创新、研发应用中的人才与技术等方面也是影响物流业高质量发展的重要因素 (李永峰, 2021; 刘心缘, 2021)。Jara Diaz (2013) 从物流技术角度出发, 运用物流业发达的国家级数据分析其物流业运营成本, 认为物流运营成本较低将通过技术创新对区域内经济体的进行产业结构调整, 形成规模经济, 利好对经济体的影响。陈齐樑 (2017) 基于绿色物流的全链条运作环节以及逆向物流构成要素提出了中国集成化绿色供应链、物流绿色创新能力等新动能, 探索了高效率的物流绿色转型发展体系。Umar 等 (2021) 运用 PLS-SEM 对巴基斯坦 234 家制造企业进行横断

面数据分析,结果显示工业 4.0 信息化发展对我国绿色物流发展具有积极作用,能够使运输体系运行更加高效。

### (3) 绿色物流发展水平的测度与评价

部分学者将环境影响和经济水平发展加入指标评价体系,用来对绿色物流发展水平进行测度(LIU, 2021; 李娟, 2019; 王燕, 2018; 刘承良, 2017)。杨宏伟等(2019)运用熵值法从经济水平、对生态环境释放的二氧化碳等指标体系对中国 18 个省份物流业整体发展现状进行分析。周泰(2021)根据物流与生态环境两个方面建立有序指标,研究四川省物流业与生态环境的和谐发展程度。孙磊(2021)等在对物流业绿色智慧化水平的省级层面研究时,将要素投入、服务应用以及效益等作为指标进行测度。

还有些学者在评估物流业绿色发展水平时,构建了包含创新和技术视角的相关指标来进行测度,以此尽可能全面衡量物流业在绿色发展方面的表现。

(龚雪, 2020; 陈小何, 2020; 刘明, 2021; 张鹏, 2021; 孔继利, 2021)。孟勳珺等(2022)根据动力转换、网络布局、结构优化、环境升级及成果共享五方面,采用关联系数标准偏差法,建立关于物流绿色转型发展的指标体系。林双娇等(2021)基于技术创新视角,建立运行模型、供给质量、发展效应与代价四个方面的绿色物流评价指标。张立国(2019)用熵值法从技术创新角度构建测度指标体系,分析各省物流发展水平。刘会芬(2020)深入了解五大新发展理念,同时通过因子分析方法进行实证研究,将信息共享、科技水平作为评价模型的两个公共因素对物流现状进行分析。

## 1.3.2 全要素生产率的相关研究

全要素生产率作为反映生产效率与经济增长潜力的关键指标,代表了产出增长率与投入要素增长率之间的差值。用其衡量经济增长过程中的效率变化,对于推动经济增长具有重要意义。全要素生产率的研究主要有技术进步、技术效率以及外部因素这三个方面。

### (1) 技术进步对全要素生产率的影响

根据索洛经济增长理论的研究,全要素生产率的提高主要可以归结为技术推动和要素投入拉动两大机制。其中,技术进步在提升效率中所扮演的角色尤



为关键。因此，深入探究技术进步对全要素生产率的影响，对于理解经济增长的内在机制、制定科学有效的发展策略具有重要意义。通过在包含中间投入品的生产与制造过程等方面利用技术进步来改进工艺与技能，以此达到加速生产率增长的目的，这也是现在众多学者研究的主流观点（顾乃华，2005；权力，2008；李斌，2010；高秀丽，2013；诸裕祥，2018）。陈仲常等（2019）研究所有制结构对于工业企业全要素生产率的影响，结果表明中国制造业全要素生产率的提高是由技术进步驱动。全炯振（2019）将数据包络分析法和随机前沿生产函数法相结合，测算得出 1978—2007 年中国农业全要素生产率仅提升千分之七，而且利用 DEA-Malmquist 指数法进一步分解得出技术进步是全要素生产率提升的主要来源。田刚（2019）采用 DEA-Malmquist 法对中国物流业全要素生产率演化过程中的差异性和变化趋势进行了分析，研究结果发现东部地区生产率高于中西部地区的主要原因就在于较高的技术进步水平对全要素生产率的推动作用。

### （2）技术效率对全要素生产率的影响

也有学者在证实技术进步对全要素生产率的同时，研究技术效率对全要素生产率的影响（郭庆旺，2005；颜鹏飞，2004）。贾俊雪等（2005）在测算 1979 年至 2004 年间中国各省市全要素生产率时，将全要素生产率进一步分解，探究其增长源泉，发现技术效率水平低下是导致其一直处于较低水平的最主要原因。郭庆旺等（2005）对 1979 年至 2004 年间中国全要素生产率的变化情况进行实证分析，得出要努力提高技术进步率与技术效率这两个关键点来实现全要素生产率的提升。但是部分学者在得出技术进步是要素生产率主要贡献力量的同时，发现技术效率起阻滞作用（尹朝静，2013；曹明霞，2017；吴国松，2010）。杨向阳（2006）运用非参数的 Malmquist 生产率指数进行研究，发现技术效率会阻碍中国服务业 TFP 的提高。刘秉镰等（2009）基于 DEA-Malmquist 指数模型分析了中国近 200 个主要城市在 1990—2006 年间全要素生产率水平，发现样本城市全要素生产率上升，但是技术效率对全要素生产率的增长起到的作用不是很明显，相反起到了一定的阻碍作用。

### （3）外部因素对全要素生产率的影响

还有一些学者从人力资本、收入水平、贸易投资与金融等外部因素的角度来研究对全要素生产率所产生的影响。从人力资本角度研究的有：Pietrzak（2016）发现高质量的人力资本对应更高水平的全要素生产率。纪雯雯等（2015）发现人力资本的错配将降低全要素生产率的促进作用，需要进一步扩大教育规模提升人力资本配置效率。从收入角度研究的有：Markowska（2020）通过对波兰各地区的全要素生产率进行了研究，得出社会资本是影响波兰全要素生产率增长的一个因素。Albulescu（2021）在采用组合方式对人力资本指数和全要素生产率之间的关系进行测算探究时，得出人力资本指数会对全要素生产率产生显著的边际影响。Delphin（2021）通过将众多国家收入数据汇总，分析这些国家的收入不平等会对全要素生产率产生何种影响，实验结果表明当一个国家的收入水平产生差异化表现时，该国生产率会朝着技术型变革。从贸易投资等金融角度研究的有：Noorazeela（2021）以东盟地区为例，采用动态异质面板数据，发现外商直接投资会明显正向作用于全要素生产率，起到促进作用。陈明华等（2018）在测度长江经济带全要素生产率的增长变动情况时，实证得出金融的发展可以对该区域内的全要素生产率施以正向的影响。姚耀军（2019）借助时间序列分析方法，发现外商直接投资和经济自由度显著影响全要素生产率的变动，为经济增长动因研究提供了新视角。罗娜（2020）认为外商直接投资对我国全要素生产率的提高是积极正向的。刘洪铎（2021）则运用多种实证模型，发现金融发展可以有效提高全要素生产率。宋敏等（2021）认为在金融结构处于优化调整状态来分散经济风险的同时，也会利于技术的创新与提高，提高经济发展效率，推动全要素生产率的稳增长。

### 1.3.3 绿色物流对全要素生产率影响的相关研究

目前学界直接研究绿色物流与全要素生产率关系的文献寥寥无几，更多是研究产业结构的转型升级与全要素生产率之间关系。

关于产业结构转型与全要素生产率的关系则有不同的观点。部分学者发现产业转型升级会显著正向影响全要素生产率（Akkemik, 2005; Nelson, 1999; Calderon, 2006; 于明超, 2011; 张丽, 2013）。李小平（2007）认为在1998年至2004年间，我国全要素生产率提高的原因来自内部效应而非产业结构的影

响。Bosworth (2008) 将中国与印度两种不同的经济模式进行比较, 发现中国全要素生产率提高的重要因素是产业结构的转型。张军 (2009) 指出, 过去几十年, 要素的重新配置作用于产业结构的升级, 从而在全要素生产率提升过程中起到了显著作用。Cheong (2014) 研究发现产业结构转型是中国经济效率提升的原因之一。曾国平 (2015) 运用 PVAR 模型, 选取 1979 年至 2013 年的数据作为样本, 分析中国产业发展与全要素生产率增长之间是否存在某种互动关系。研究表明, 全要素生产率变化会对产业结构调整产生重要影响, 但当产业结构调整时, 却对全要素生产率的影响较小, 表明两者具有双向互动关系。董誉文 (2017) 从全要素生产率方面指出, 我国贸易流通业的优化会最先在经济效率的变化方面体现出来, 而在持续优化过程中, 会出现技术效率转换比较低下的问题, 这将削弱其快速走向高质量发展之路的效果。单婧 (2021) 通过对粤港澳大湾区的研究, 表明产业结构转型可以促进全要素生产率的提升。

但一些学者认为产业结构的转型和升级未必能提高生产率, 否定了产业结构提高对生产率提高的影响 (Singh, 2004; Parteka, 2009; 陈勇, 2007; 余泳泽, 2016)。Fassio (2010) 深入探讨了欧盟和意大利制造业的产业结构问题, 其研究结果并不支持传统的“结构红利”观点。张学威 (2010) 通过研究发现, 安徽与长三角两个区域的产业结构升级时, 并不会显著影响这两个区域的全要素生产率的提高。De Vries (2012) 通过对国际经济现象研究时, 发现产业结构可能降低该国生产率。苏振东等 (2012) 的研究认为三次产业结构转型中, 要素流动性出现分阶段的“产业结构演进”, 这一变化能够推动全要素生产率的提升, 但要素流动会在工业内部结构演进中, 会抑制生产率的提高。朱旭强 (2016) 量化分析了苏、闽、粤三省产业结构变化对全要素生产率增长的影响, 发现第二产业比重变动显著, 而一、三产业变动对全要素生产率影响较小, 产业结构升级对全要素生产率的提升作用有限。江永红 (2018) 则指出, 2008 至 2016 年间, 我国产业结构向服务业的偏移并未提升全要素生产率, 且存在区域差异, 这主要归因于区域发展的不均衡、生产要素的低效配置以及服务化效率的低下。

### 1.3.4 文献述评

梳理已有文献发现，国内外相关学者从不同视角对绿色物流与全要素生产率做了相当丰富的研究，但是将两者结合起来考察绿色物流对全要素生产率的影响相关研究较少，更多的是从非绿色角度研究产业结构升级对全要素生产率之间的关系且存在不同观点。学者在绿色物流发展方面从原因、影响因素以及测度方法的构建与指标评价研究较为丰富，且物流业的研究成果主要集中于个别省份和相关区域经济发展带，缺乏对物流业整体视角下的分析，更无法了解绿色转型背景下中国物流业演化进程与趋势。在全要素生产率研究上，国外起步较早且研究方法众多，国内研究近年来则更多地应用非指数方法研究。从内生经济增长理论分析技术进步、技术效率对全要素生产率影响。也有学者从人力资本、贸易经济与金融等角度探究。诚然学者们已经做了大量贡献。但与此同时也存在以下不足，主要有以下两个方面。第一，绝大多数文献是基于区域或某些个别省份进行探讨，而全国层面的探讨较少，因此绿色物流以及全要素生产率之间的关系能够从全国层面进行更为细致的探索。第二，各国学者以不同国家地区为样本研究产业结构升级对生产率的影响，但得出的结论却因研究样本的不同产生不同的结果。因此本文在可借鉴的现有众多文献基础下，结合当下绿色经济、高质量发展的热点，探究物流在绿色化转型发展过程中对全要素生产率影响，同时将绿色物流对全要素生产率提升的研究进行了实证研究讨论，将进一步丰富中国绿色经济发展对全要素生产率影响的文献。

## 1.4 研究内容与方法

### 1.4.1 研究内容

本文研究内容主要包括绪论、理论、现状、实证分析、结论与对策建议五个部分。

第一章为绪论。通过介绍本文的研究背景与意义，提出研究该选题的必要性，结合现有文献对二者关系的研究，引出本文对二者关系的思考，梳理和介绍本文的研究内容及方法，最后提出本文研究可能存在的创新点。

第二章为概念界定、理论基础和机制分析。首先，界定绿色物流与全要素生产率，明确本文研究的主要对象；其次，阐述本文的理论基础。最后，阐述绿色物流对全要素生产率影响机制，说明绿色物流通过人力资本效应和产业结构升级效应来影响全要素生产率；通过作用机制的解释说明可为后文的实证分析提供理论参考。

第三章为绿色物流与全要素生产率的测算与结果分析。介绍我国绿色物流和全要素生产率的测度方法，计算全国 30 个省份 2010—2020 年绿色物流效率和 2011—2020 年全要素生产率，并进一步分析 30 个省份绿色物流和全要素生产率的演变，同时从整体、省域及区域进行测算结果分析。

第四章为实证分析。确定绿色物流对全要素生产率影响的代理变量与控制变量，其中关于控制变量指标的选取，借鉴已有研究成果选取经济发展水平、政府干预度、贸易开放度、R&D 投入强度、城市化率作为控制变量。通过多重共线性检验、F、LM、Hausman 检验，确定构建面板固定双固定效应模型研究绿色物流对全要素生产率的影响。使用基准回归模型，在总体均值回归的基础上，检验在不同地区绿色物流对全要素生产率的影响是否发生变化。选择倾向得分匹配法以检验总体结果稳健性。并将人力资本效应机制与产业结构升级效应机制作为机制变量进行机制效应检验，对两者关系的影响机制作出相应的分析，证实绿色物流的发展对全要素生产率的影响。

第五章为结论与对策建议。通过理论分析和实证分析，得出本文主要的研究结论，基于主要结论，提出对于绿色物流更好提升全要素生产率具有建设性和实践性的对策建议。

图 1.1 为本文的技术路线图。

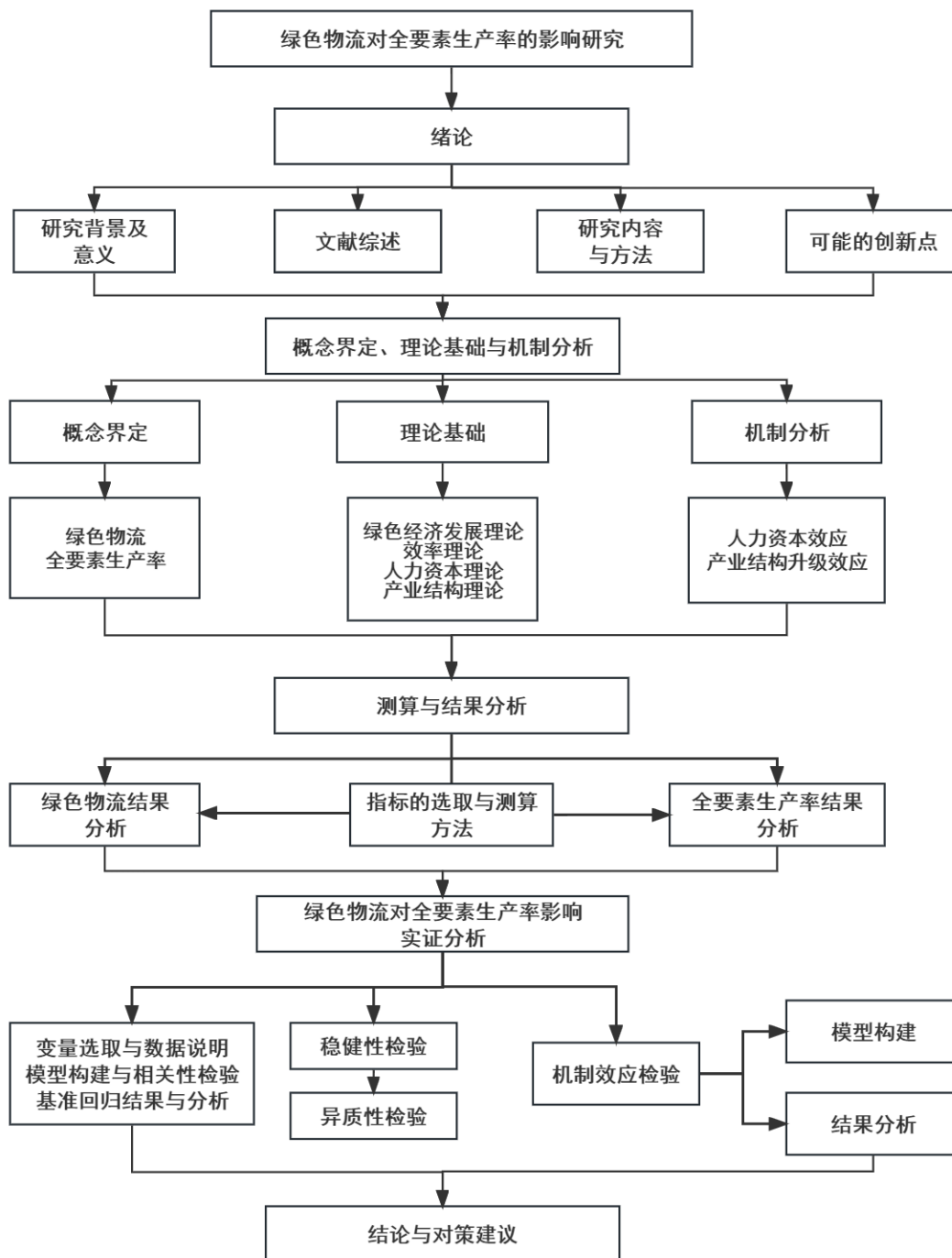


图 1.1 技术路线图

## 1.4.2 研究方法

本文使用文献分析等研究方法研究绿色物流对全要素生产率的影响，并运用 Excel、Stata 软件对数据进行处理和分析。

### (1) 文献分析法

通过电子资料、书籍、数据库、期刊等方式，搜集整理有关绿色物流和全要素生产率的含义、测算方法及其影响因素，以及绿色物流对全要素生产率的影响等文献。对此类文献进行梳理，通过对这些文献的最新进展进行总结，找出目前研究中存在的不足。

### (2) 计量经济模型法

基于数据的可获得性及可比较性，借助中国 2010—2020 年 30 个省份（除西藏外）的数据进行描述性统计分析，运用计量经济模型构建双固定效应模型，检验绿色物流对全要素生产率的影响。接着，运用倾向得分匹配法和回归分析法对稳健性和异质性进行检验，进一步增加研究可信度。最后通过构建机制效应模型对上述机制进行实证检验，得到相应研究结论。

### (3) 比较分析法

由于物流的绿色转型发展会受到城市经济发展水平、政府政策制度、地理位置等因素导致的城市区域和城市等级规模的不同，本文基于所在地区、城市规模差异性视角，通过查找数据，应用图表结合的方式，测算绿色物流发展程度与全要素生产率水平，对二者发展趋势进行了翔实分析，并对不同区域绿色物流对全要素生产率的影响程度进行比较与客观分析。归纳了东、中、西三个区域和不同层级省份绿色物流对全要素生产率变化影响的规律及发展方式，从而更好发展绿色物流，提高全要素生产率。

## 1.5 可能的创新点

第一，全要素生产率的提升是我国经济高质量发展的重要特征，绿色物流是我国实现高质量发展、构建新发展格局的重要手段，绿色物流如何影响全要素生产率却鲜有研究。基于现有研究成果，本文将绿色物流与全要素生产率结

合起来，构建人力资本效应、产业结构升级机制效应考察两者之间的关系，丰富了现有研究内容。

第二，对测度绿色物流效率的研究方法上进行了完善。现有研究关于绿色物流效率的测算还较少，且在非期望产出处理过程中，大多数学者把非期望产出作为投入变量，再利用 DEA 方法进行的研究，其结果可能有偏差。本文对研究方法进行了改进，选用可以计算非期望产出的 Super-SBM 模型，能够更准确的对带有非期望产出的绿色物流效率进行测度，使结果更加准确。



## 2 概念界定、理论基础与机制分析

### 2.1 概念界定

本文研究的目的在于探究绿色物流对全要素生产率的影响，以及绿色物流能否通过人力资本、产业结构升级效应影响全要素生产率。因此，需要厘清绿色物流和全要素生产率这两者的概念。

#### 2.1.1 绿色物流

近年来，我国服务业在经济结构中的占比显著上升。物流业作为一种涉及行业多、地域广的复合型服务业。面对全球经贸合作加速推进的浪潮下，在国际贸易中的地位日益提升，成为国家经济发展中的重要一环。作为串联生产端与消费端的中介，在促进经济发展的同时，会消耗更多的能源与资源，这将对生态系统产生不利的影响。物流行业如何从粗放型发展模式向可持续发展模式转型，是物流行业亟待解决的新课题。在此背景下，特别是在 2020 年 9 月国家明确提出“双碳”目标之后，物流绿色转型概念应运而生，它以循环经济为基础，契合了绿色生产与流通方式，通过利用先进的技术和理念，在物流作业过程中尽可能减少对环境造成的危害。在物流资源得到充分利用的同时，还提升了流通产业可持续发展效能，从而实现从企业到社会再到环境多方面的互惠共赢。绿色化转型发展既是物流行业可持续发展的必然选择，也是全球走向低碳经济发展的必由之路。

在一些发达国家和地区，绿色物流的概念已深入人心，催生并实践了一系列创新性理念，如绿色供应链、逆向物流等。1979 年，“物流”这个概念第一次引进中国，在物流业绿色发展方面与发达国家相比仍存在明显差距。借鉴发达国家与地区的经验，由于物流包括运输、仓储、装卸搬运、包装、信息处理等方面，推动物流业的绿色化发展应考虑到以上所有环节，在作业过程中减少环境污染达到对环境的绿色化，同时合理利用物流资源以求得可持续发展，这是物流业的一种新形式。具体涉及仓储绿色化、运输绿色化、逆向物流过程绿色化等七个方面。

综上所述，绿色物流主要涵盖了物流资源节约和充分利用及防止在物流运营中产生过度的负外部性。具有以下两个特征：（1）绿色物流可以通过先进的物流技术对产业链条的资源进行优化配置与整合资源配置，达到资源节约与能源消耗下降的目的。（2）绿色物流通过系统科学地对全域运输方式与路径规划，积极采用新能源设备，将其造成的环境污染降到最低。

### 2.1.2 全要素生产率

由美国经济学家罗伯特·索罗（Robert M. Solow）提出的索罗余值是全要素生产率最早的代表性研究成果，其计算公式为 $\varphi=Y-\alpha K-\beta L$ ，其中Y、K、L分别代表产出、资本与劳动增长率， $\alpha$ 、 $\beta$ 则表示资本与劳动的产出与投入弹性， $\varphi$ 代表索罗余值。作为一种衡量指标，旨在突出实物生产要素中超出投入增长率的那部分生产率，也被广义理解为对技术进步的贡献能力度量。

为了更深入探究全要素生产率的提升路径，学者们对技术效率和技术进步进行了更细致地剖析。技术效率的提升，不仅涉及纯技术效率的增进，还涵盖规模效率的优化。纯技术效率的提升，往往源于人力资本水平的提升、生产管理模式的改进以及生产经验的累积，这些都极大地推动了生产效率的提升。而规模效率则主要体现在通过优化企业规模、提升资源配置效率，进而实现经济效益的最大化。与此同时，技术进步的增长同样重要。它不仅包括技术水平的整体提升，还涉及新技术的应用与推广。技术进步的增长，一方面通过技术革新和改造，提高了生产效率；另一方面，通过新技术、新工艺的引进，推动了产业的升级与转型。此外，规模技术进步也是一个不可忽视的方面，它主要体现在通过组建和提升大规模企业来推动技术进步，这进一步提升了整体的技术水平和生产效率。

这种对全要素生产率的细致分解与赋予经济含义，不仅深化了本文对全要素生产率构成和影响因素的理解，更为绿色物流政策的制定提供了可参考的决策依据。使得本文能够更准确地识别并探究提升全要素生产率的具体因素，为制定和实施相关政策以提高全要素生产率奠定了坚实的基础。

## 2.2 理论基础

### 2.2.1 绿色经济发展理论

经济发展离不开经济增长，经济增长又是经济发展的核心。绿色经济发展学是一门专注于调和生态系统与经济系统和谐共生的学科，其宗旨在于揭示生态经济系统的运作机理。这一学科体现了多学科的交叉与融合，致力于在环境可承受范围内，探寻如何最大化地维持经济增长，同时确保两大系统之间的平衡与和谐。其核心关注点在于可持续发展，通过资源、环境等子系统的有效结合，构建一套综合性的判断标准，用以评估区域生态经济效益的发展态势。

不同于传统的经济增长理论，绿色经济发展理论是一种新的发展模式。在充分考虑生产率、资本以及技术进步等多种因素对经济增长的基础上，强调资源使用和生态环境的重要性，并将这两者同时纳入经济增长理论研究。具体表现在：首先，绿色经济发展理论强调应反思传统经济发展方式对资源消耗和环境污染的忽视。绿色经济增长理论认为经济发展方式应该更多地追求质量的提升，经济发展不能只是简单数量堆叠的粗放式方式，应该是集约式的，即保持低能耗、高生产和发展稳定的准则。其次，绿色经济发展理论强调经济发展要同时保障生态环境经济增长。绿色经济发展理论将生态环境和经济增长放在同等重要的位置，认为二者是一体两面的，在资源利用、环境保护中实现经济增长，在经济增长中实现资源高效利用、减少环境污染。强调经济发展要立足当下，更要放眼长远，人与自然和谐共处才是经济发展的终极目标。也就是说，需要科学架构来确保人与自然关系和谐，通过对区域环境进行有效管理，降低风险发生。本文对物流绿色发展进行研究，目的在于不仅要关注物流业的经济效益，更要注重其生态效益，确保物流活动在推动经济发展的同时，不会对生态环境造成破坏。即通过绿色物流发展，实现经济效益与生态效益的双赢，推动物流业的可持续发展。因此，绿色经济发展理论为本文在评价物流业效率时提供了重要的理论支撑。

### 2.2.2 效率理论

谈到效率理论的根基，“帕累托效率”无疑是那块不可或缺的基石。而在亚当·斯密的《国富论》中，指出为了资源的充分利用，需要构建一个完全竞争的市场环境，让社会资源在其中自由流动与配置，从而积累财富。新古典经济学继而深化了这一思想，提出了“帕累托最优”的概念，它描绘了一个市场达到最佳状态、资源配置效率达到顶点的理想图景，该市场被誉为“帕累托最优”市场。

从根本上说，效率就是投入与产出之间的比例游戏，它犹如一面镜子，反映出生产过程中投入要素的有效减少或产出成果的有效增加。Farrell 基于对生产理论的细致研究，创新性地提出了全要素生产效率的概念，为效率的精准测量开辟出一条崭新路径。将生产效率细致地分为技术效率与配置效率两部分。技术效率是关注在特定投入条件下，如何引导生产单元最大化产出或最小化投入；而配置效率则专注于在既定的生产水平下，如何以最优的比例安排投入要素。通过深入研究与精确测算这两种效率，能够更准确地评估生产单元的效率水平，为企业和组织的优化决策提供有力的支持。

### 2.2.3 人力资本理论

人力资本理论，起源于科技迅猛发展的二十世纪五六十年代，当时现实生活中的经济增长现象日趋复杂。古典经济学理论，尤其是强调物质资本主导作用的观点，已难以应对，无法给出满意解释。在此背景下，舒尔茨、贝克尔、明塞尔等人，将研究重心转向了人力资本领域，从而催生了现代人力资本理论的诞生与发展。该理论的核心在于，它强调了知识、技能等无形资本在经济增长中的重要作用。这突破了传统经济学对物质资本的过度依赖，提出了人力资本作为经济增长和创新的核心要素的新观点。即人力资本在很大程度上决定了国家或地区的创新水平，而扩大人力资本储备则是提升经济体生产率的重要途径。因此，通过加大对人力资本的投入，如教育、培训等方面，可以有效提升劳动力的生产效率和创新能力，进而推动经济的持续健康发展。

在绿色物流领域，人力资本理论具有深远的指导意义。首先，绿色物流的发展离不开具备高素质、环保意识和专业技能的物流从业人员。而通过加大人力资本投资，提升物流人员的绿色意识和专业能力，可以推动绿色物流的创新和实践，实现物流行业的绿色发展。其次，人力资本的提升有助于优化物流资源配置，提高物流效率，降低能源消耗和环境污染，从而推动绿色物流的可持续发展。最后，人力资本理论还关注个体劳动者的差异性和独特性，发展绿色物流可以关注从业人员的特点和需求，制定个性化的培训和发展计划，以充分发挥他们的潜力和优势，为绿色物流的发展贡献智慧和力量。

## 2.2.4 产业结构理论

产业结构理论研究的是不同产业之间的相互关系、发展变化及其对整体经济的影响。该理论旨在揭示产业结构的演变规律、动力机制以及优化路径，具体代表有两个，即配第-克拉克定理和马克思的产业结构理论。

### (1) 配第-克拉克定理

威廉·配第在他的经典之作《政治算术》中，不仅将英法荷等国的产业结构进行了深入的剖析，更捕捉到了各产业间收入差距的微妙变化。他发现，这种差距仿佛一个无形的指挥棒，引导着劳动力向着收入更高的产业流动，进而形成了配第定理——产业间收入的相对差异，吸引着劳动力源源不断地流动。

克拉克则巧妙地将费希尔的三次产业分类法与配第的理论相融合，进一步提出了配第-克拉克定理，为探究产业结构的发展变化提供新思路。他深入剖析了各产业劳动力分布的差异，进一步揭示产业结构演进的神秘面纱。克拉克细致描绘了劳动力从第一产业向第二、第三产业转移的动态过程，展现了产业结构演进的规律。他进一步指出，产业结构演进的背后，其实隐藏着两大动力源泉：需求收入弹性的差异和技术进步的差异。从需求的角度看，随着收入的增加，人们对高品质、享受型消费品的需求日益旺盛，这就像是为第二、第三产业的市场开拓打开了一扇大门。而从技术的角度看，第二、第三产业往往拥有更为先进和快速的技术进步，这使得它们如同脱缰的野马，在经济发展的道路上奔腾疾驰，进一步吸引了劳动力的涌入。简而言之，配第和克拉克的理论就像一把钥匙，为本文打开了理解产业结构与劳动力流动之间复杂关系的大门，

也看到了需求和技术进步在推动经济发展中的重要作用。

## (2) 马克思的产业结构理论

在马克思博大精深的理论架构中，正是因为劳动生产率的提升才加快了产业结构演进的进程。这一核心要素与发展绿色物流以提升全要素生产率的目标紧密相连，形成了相互促进、共同发展的逻辑关系。

马克思强调的劳动生产率的提升，得益于工人技能的熟练和科学的进步，更在于生产要素向生产效率更高的产业部门的流动。而绿色物流的发展正是这一流动过程的重要体现。通过推动绿色物流，可以优化资源配置，提高资源利用效率，降低环境污染，进而提升劳动生产率和全要素生产率。同时，马克思关于市场机制在产业结构演进中作用的论述，为绿色物流的发展提供了理论支持。市场机制通过竞争和供求关系，推动企业在追求超额剩余价值的过程中不断创新生产技术和管理模式。这种创新效应在绿色物流领域同样显著，企业通过采用环保技术和设备，提高物流效率，降低运营成本，从而实现了劳动生产率的提升和全要素生产率的提高。值得注意的是，传统产业部门的资本有机构成提升也为绿色物流的发展提供了契机。随着科技进步和劳动生产率的提高，传统产业部门在转型升级的过程中，对绿色物流的需求日益增加。这种需求推动了绿色物流技术的不断创新和应用，进一步提升了劳动生产率和全要素生产率。

综上，马克思产业结构理论与发展绿色物流促进全要素生产率提高之间存在紧密的逻辑联系。劳动生产率的提升是推动产业结构演进的核心要素，而绿色物流的发展则是实现这一提升的重要途径。通过加强两者之间的融合，可以更好地推动产业结构优化升级，实现经济的可持续发展和全要素生产率的提升。这种融合不仅有助于深化对马克思产业结构理论的理解，更为身处复杂多变的经济局势发展绿色物流产业提供了有力的理论支撑和实践指导。

## 2.3 绿色物流对全要素生产率影响的机制分析

绿色物流是以环境保护作为核心理念，并贯穿于物流配送、仓储等各个环节，是物流业高质量发展的重要一环。通过进一步优化配送技术、更新机械设备、提升服务水平等多种措施，形成绿色低碳循环发展的流通体系，显著降低

能源消耗和碳排放。在实现环境保护与“双碳”目标的同时，也进一步促进了经济发展，实现高质量发展和环境保护的双赢。绿色物流对全要素生产率的影响可以从投入产出角度分析。在投入方面，对绿色物流来讲，首先，其更加注重基础设施共享，包括硬环境如设施设备和软环境如制度规范的，这有助于降低物流基础设施成本，在缩短货物位移时间的基础上提高物流活动效率（王琴梅，2023）。这种共享促进了物流业各环节的协同作业，减少了交易成本，进而从整体上降低物流活动的运作成本。其次，从产业结构理论来看，绿色物流不仅优化了自身产业结构，还促进了与其相关产业间的结构优化。在产业层面，绿色物流整合了生产要素，将稀缺资源配置到更有效率的产业中，减少无效投入（王翔宇，2023）。最后，绿色物流的技术创新和推广应用极大地提高了物流业的产出水平，进而带动了社会其他生产环节的加速循环和整个社会产出速率的增加。这种发展方式能够降低区域生产成本，提高区域产出水平。从产出方面来看，绿色物流通过开放合作，促进了技术扩散和生产要素、半成品及产成品的快速流动，拓宽了原材料来源地和产成品消费市场，推动了分工和产业链升级，从而提升相互开放合作地区的产出水平和利润空间。综上所述，绿色物流通过降低投入、增加产出对全要素生产率产生直接促进效应（王琴梅，2023）。

### 2.3.1 人力资本效应

#### （1）绿色物流催生对人力资本的更多需求

第一，传统物流业具有劳动密集型的产业属性，生产效率和产业附加值都不高，对产业所属的劳动力准入门槛也较低。而物流业绿色化发展则具有知识和技术密集的外向型和增值型服务特点，其核心工作是立足于科学技术对物流系统进行改进和创新。在强化环境保护的同时，对物联网、大数据、云计算、新能源以及环保材料技术进行更深度的开发应用，提升物流增值服务与竞争力。具体而言，在社会物流层面，致力于构建以互联网为核心的物流基础架构，促进企业与政府间物流信息平台的互联互通，进而提升信息传输的效率与精准度。在运输环节，积极探索并建立以新能源、环保型汽车等为代表的绿色物流系统，同时加大力度研发和引入更为先进、环保、节能的自动化物流装备，推动物流

行业的绿色化发展。在仓库管理方面，充分利用传感器、激光扫描仪等高科技手段，大幅提升仓库的管理效率与精准度，实现仓库运营智能化与高效化。这些技术手段开发应用都是依赖高层次人才参与，尤其是全面复合型人才，对物流资源充分调动，实现物资的优化配置，加速物流业绿色化发展（刘辉，2023）。因此人力资本作为知识和高技能的人才所有者，他们可以使先进的运营技术和管理经验应用于物流系统的多环节作业，将整个物流系统的功能提升到新的阶段，加速物流行业的绿色发展。物流的绿色发展是一个复杂而长期的跨越过程，需要人力资源的不断支持和保障，从而催生出对具有相关技能知识的从业劳动者的更多需求。

第二，如果离开人力资本，即使拥有丰富的物质和资金，物流系统中的各个环节也不会得到最有效的利用。物流系统本就是一个人和机器相互作用的系统，只有人发出了正确有效的指令，系统才能得到正常地运转。各个要素发挥各自作用的大小取决于人的主观能动性发挥程度。人力资本的有效参与，可以提高物流系统的系统功能。绿色物流相较于传统现代物流的优势，主要体现在其在维持基本要素稳定的基础上，通过要素的重新组合，构建出更为合理且优化的系统结构（Agyabeng, 2021）。人力资本充当了改善物流系统结构的催化剂角色。因此在绿色物流中人力资本要素处于核心地位，是整合物流绿色化转型系统中各要素的关键，更是物流系统绿色转型是否有效的决定性要素。

## （2）人力资本对全要素生产率的影响

根据舒尔茨的现代人力资源理论，人力资本是指劳动者所具备的知识文化水平、技术技能水平、工作能力及身体健康状况的综合体现，其价值总和不仅代表了劳动者的价值创造能力，更是推动经济发展的核心力量。随着人力资本结构向高素质化方向升级，对产业战略的实施产生了深远的影响。特别是在绿色物流过程中，人力资本的提升显著促进了全要素生产率的增长，其关键原因有以下三个方面：

第一，人力资本具备强大的技术开发能力，能够借助深化技术手段有效提升全要素生产率。劳动者作为社会生产力的主体，在科技作为第一生产力的今天，人与科技紧密结合催生出人力资本这一新的动力源。劳动者所掌握的知识与其创造的价值成正比，拥有科学技术的劳动者在生产过程中能够创造出远超



简单体力劳动者的价值。当生产和环保受到内部技术限制时，高水平的人力资本能够突破这些限制，运用自身所具备的知识与技术能力对所在行业的发展进行更多的原创性技术开发，在创造出更多具有需求适配性的产成品的同时，通过技术的改革创新与积累进一步前进发展，建立起技术成熟稳定和具有前瞻性的技术体系（王翔宇，2023）。因此，在努力提升人力资本水平的过程里，产业技术创新性开发的速度也会同步加快，从而倒逼企业高效生产而将落后产能淘汰掉，将生产率提升到新的水平。

第二，人力资本具备高效的协作能力，通过对资源的优化配置来提升全要素生产率。随着工业时代的持续发展，各行各业加大了对自动化机械的投入，这种大工业机器作为一种辅助性生产工具，与劳动者紧密结合。由于每台机器根据产业属性不同具有不同特色，为了使工作被高效执行，劳动者需要与机器实现社会化深度融合，主动调整其劳动内容。而这一转变对从业劳动者的准入提出更高要求，劳动者需要利用所具备的知识与技能来更加灵活调配资源，从而最大限度地发挥与机器的协作效能（王文静，2014；王苏，2021）。劳动者的知识与技能归属于人力资本范畴，当人力资本的素质得以提升时，劳动者便能更加游刃有余地应对复杂的技术和机器操作，成为高技术企业蓬勃发展的中坚力量。这一变革不仅能够促进资本、能源等生产要素更加顺畅流动，使其从低效部门流向附加值更高的新兴产业，更实现了资源的优化配置和高效利用，大幅减少资源浪费，从而推动产业全要素生产率水平的整体提高。

第三，人力资本具有高度的学习能力，通过提升规模效益来推动全要素生产率的生长。劳动者在制造产品和提供服务的过程中展现出显著的“干中学”效应，这种效应在企业生产和物质资本积累中能够发挥关键作用，有效提高生产效率，实现规模效益的增强。尤其对于那些具备更高水平的人力资本劳动者，其所从事的是一个生产更为复杂、技术更为尖端的职业。因此，他们不仅能为企业创造更大的剩余价值，而且在工作中通过不断地学习所获得的知识和技能提升也更为显著（郭晓旭，2024）。随着人力资本水平的不断提升，劳动者在劳动过程中展现出的“干中学”效应也越发显著，这使得企业的规模效益有可能实现成倍增长。由此，企业在通过扩大生产规模不断追求利润的过程中，一

体化经营策略的实施不仅有助于降低生产成本、提高资源利用率，还能有效减少资源损耗，最终提升全要素生产率。

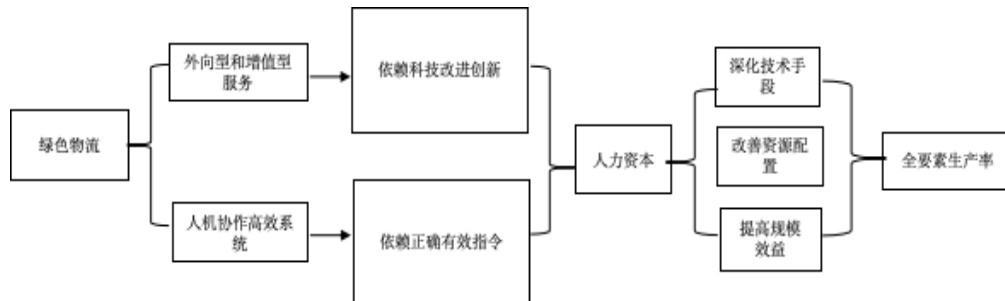


图 2.1 人力资本效应分析流程图

### 2.3.2 产业结构升级效应

#### (1) 绿色物流与产业结构升级

物流业的显著特点在于其跨行业、跨部门、跨地区的特性，拥有强大的产业联动效应和经济渗透力。它所配送至最终用户的商品种类繁多，涵盖农产品、工业产品、进出口商品，乃至社会物流领域内的再生资源产品，也包括公众生活中需要物流服务的各类物品。这些产品几乎覆盖了第一，第二、第三产业的所有产品。因此，物流业若选择绿色发展道路，其绿色物流策略不仅会推动主体行业及相关辅助行业的迅猛成长，更将有效促进产业结构的优化升级。原因有以下两个方面：

第一，绿色物流在经济领域中展现了强大的渗透力。按照国际通用的产业划分标准，物流业作为第三产业的重要领域，通过融合新兴科技技术与产业，并改进组织管理理念，实现绿色创新的跨越式发展。这一综合性产业依托物流网络信息技术，将运输、供应、仓储等行业职能有效融合，推动了产业的绿色化进步。同时，绿色物流的发展也带动了包装业、电信服务业、代理业等相关产业的快速发展，成为第三产业中新的经济增长点。随着国家对绿色经济和双碳目标的战略部署，一系列政策支持正助力产业转型。绿色物流在资源环境要素市场化配置体系中发挥着关键作用，为物流业的上下游绿色低碳产业及节能降碳技术研发提供了有力支持。这种发展不仅促进了金融、保险、商业等第三

产业的繁荣，而且通过物流业的发展，不仅推动了第三产业产值的扩大，更带动了关联产业发展，提升了第三产业在经济中的比重，优化了产业结构。

第二，作为生产性服务业的物流业，其绿色转型发展对与之相关的其他产业绿色经济发展具有显著的带动作用（Song, 2021）。从第一产业和第二产业的角度来看，物流基础设施如工具、设备等，既是这些产业的产品，又是物流产业的重要组成部分，为其他产业提供服务。绿色物流通过其外部经济效益，引导第一产业和第二产业中的相关行业采纳绿色物流理念，改进经营观念，优化业务流程和组织结构，实现更高效、经济的运作模式，进而推动产业内部结构的优化和升级。

对于第二产业，物流活动涵盖了原材料端的购买到最终产品的输出整个过程。尽管这些物流活动与企业核心生产活动没有直接的技术联系，但其服务与被服务的关系却至关重要。长期以来，第二产业的物流功能与企业核心生产功能混合，导致物流组织形式落后，物流成本高昂。绿色物流通过运用绿色信息技术手段，优化物流资源，深化分工，提升服务能力。同时与第二产业特别是制造业实现联动发展，以低成本、高效的方式满足第二产业的物流需求。这有助于第二产业降低物流成本，改善生产组织形式，提升核心竞争力，间接推动先进制造业在第二产业中的比重增加，进而实现整体产业结构的升级。

对于第一产业，农产品等具有保鲜性差、季节性强等特性，对物流提出了更高要求。绿色物流通过强化信息处理能力，运用绿色技术手段赋能传统农业生产，利用大数据优化运输路线和仓储位置，降低物流成本，提高农产品流通速度和质量安全。这有助于增强农产品的市场竞争力，提升农业产业素质，推动农业产业结构向更高水平发展，促进整体产业结构的升级。

## （2）产业结构升级与全要素生产率

第一，产业结构升级通过资源在各产业间的优化再配置，显著提升整体生产效率。资源流动不仅丰富了产业产出，更在无形中塑造了产业间效率差异。在追求经济均衡增长的过程中，这种效率差异普遍存在。当生产要素从低效率行业流向高效率行业时，资源的再配置功能如催化剂般为经济增长注入新活力（李博，2022）。钱纳里称之为“总配置效应”，强调其对全要素生产率的提升作用。同时，“产业结构理论”也指出，产业结构动态调整促进生产要素向

高效行业流动，加速总生产率和经济增长。因此，产业结构升级的要素重置效应对全要素生产率水平产生深远积极影响。

第二，产业结构升级通过增强规模效率，显著提升了全要素生产率。亚当·斯密在《国富论》中提出的“分工”思想，被学术界视为推动产业结构演进的关键。随着经济发展，产业划分日趋精细，新兴专业化部门不断涌现，催生了新技术和新设备的需求。各部门通过提升生产环节的专业化水平，减少无效要素投入，实现利润最大化。产业结构升级的本质在于分工深化和生产环节裂变，新部门的不断涌现以及中间产品和生产工具需求的增加，都进一步促进了专业化分工的加强。各生产环节为追求更高的效率和更低的交易成本，不断推动产业技术的创新，进而提升了产业的规模效率，最终带动了全要素生产率的显著提升（单婧，2021）。

第三，产业结构升级通过深化高技术开发，显著推动了全要素生产率的提升。在升级过程中，高附加值、高技术含量产业的比重逐步增加，这些产业不仅自身发展迅速，还通过与其他产业的紧密联系，产生了技术溢出效应，提升了整个经济体系的技术效率。新知识和技术通过共享平台、人员交流等途径迅速传播至关联企业。受益于技术溢出效应的企业，能够迅速吸收并应用先进工艺和技术，进一步提升本产业的技术水平和效率（Acemoglu, 2008），从而推动全要素生产率的提升。这一过程不仅促进了企业的技术创新和产业升级，也为整个经济的持续健康发展注入了新的活力。

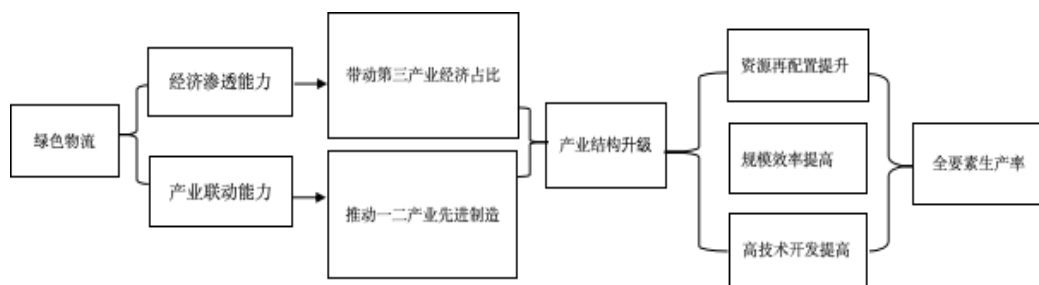


图 2.2 产业结构升级效应分析流程图

### 3 绿色物流与全要素生产率的测算及结果分析

在此章中，根据物流行业发展的现实情况，选取了投入与产出指标，提出衡量绿色物流效率的方法。首先运用非期望产出 Super-SBM 模型测算全国 30 个多个地区绿色物流效率，其次通过 SBM-Malmquist 模型对各个地区全要素生产率来计算分解，对各时期 TFP 变动的动态状况进行分析，以显示各时期 TFP 的差异及变化趋势。在评估流程中，选用了非期望产出的 Super-SBM 模型，精确地量化了全国 30 多个地区的绿色物流效率。最后，借助 SBM-Malmquist 模型，对各地区全要素生产率进行了细化的计算和分解。通过深入分析不同时期 TFP 的动态变化，得出各时期 TFP 的差异性及其演变趋势。

#### 3.1 绿色物流综合效率测算及结果分析

##### 3.1.1 绿色物流综合效率测算

###### (1) 测算模型的选择

传统的 DEA 模型在评估决策单元效率时，通常假设投入和产出之间保持恒定比例，这种简化模型在评估投入或产出松弛问题时可能导致效率的高估，无法真实反映 DMU 的实际情况。为了解决这一问题，Tone (2001) 提出了非径向、非角度的 SBM 模型，该模型突破了传统 DEA 模型的限制，允许投入和产出以不同比例变动，从而更准确地反映实际 DMU 效率值。然而，尽管 SBM 模型在理论上有所突破，但它在实际应用中并未充分考虑非期望产出，如二氧化碳排放、固体废弃物等。这些非期望产出是绿色生产过程中不可避免的副产品，对 DMU 的效率评价具有重要影响。因此，为了更全面、准确地评估 DMU 的效率，必须同时考虑投入、期望产出和非期望产出三个因素。Tone (2003) 又通过引入向量组  $(X, Y, Z)$ ，在 SBM 模型的基础上表示非期望产出模型，向量组内的字母分别表示投入、期望产出和非期望产出，从而能够更全面地反映 DMU 的实际生产情况。遗憾的是，非期望产出 SBM 模型在应用中仍存在局限性，当多个 DMU 同时被判定为有效时，该模型无法对它们进行详细比较和排序。为了克服这一局限，Super-SBM 模型应运而生。该模型具备对有效决策单元 DMU 效率值进行精

细化比较的能力提供了一种对比不同样本效率值高低的方法，而对于无效决策单元，其测算结果与标准效率模型中的结果则保持一致，从而确保了对不同决策单元效率的准确评估。

综上所述，非期望产出 Super-SBM 模型在评估决策单元效率时具有显著优势。它不仅能够更全面地反映 DMU 的实际生产情况，还能够对有效 DMU 进行更深入的区分和比较。在追求绿色发展的背景下，该模型为企业制定科学的决策提供了有力支持，有助于推动可持续发展目标的实现。本文参考学者成刚

(2014) 的研究方法，利用带有非期望产出的 Super-SBM 模型来评估 DMU ( $X_k, Y_k, Z_k$ ) 的效率值。公式如下所示：

$$\begin{aligned} \min \rho &= \frac{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^{a-}}{x_{ik}}}{1 - \frac{1}{q_1 + q_2} \left( \sum_{r=1}^{q_1} \frac{s_r^+}{y_{rk}} + \sum_{t=1}^{q_2} \frac{s_t^{b-}}{z_{tk}} \right)} \\ \text{s.t. } &\sum_{j=0, j \neq k}^n x_{ij} \lambda_j - s_i^{a-} \leq x_{ik} \\ &\sum_{j=0, j \neq k}^n y_{rj} \lambda_j + s_r^+ \leq y_{rk} \\ &\sum_{j=0, j \neq k}^n z_{tj} \lambda_j - s_t^{b-} \leq z_{tk} \left( 1 - \frac{1}{q_1 + q_2} \left( \sum_{r=1}^{q_1} \frac{s_r^+}{y_{rk}} + \sum_{t=1}^{q_2} \frac{s_t^{b-}}{z_{tk}} \right) \right) > 0 \\ &\lambda, s^-, s^+ \geq 0 \\ &i=1, 2, \dots, m; r=1, 2, \dots, q_1; t=1, 2, \dots, q_2 \quad (j \neq k) \end{aligned}$$

$\rho$  是所计算出的效率值，用于表示效率高低和是否有效，其数值小于 1 时，DMU 处于无效状态；相反当其值大于等于 1 时，DMU 则处于有效状态，且  $\rho$  值越大，其代表的效率越高。

## (2) 数据指标的选取及来源

经过对相关文献的详尽梳理，发现投入产出指标在变量选择中起到了至关重要的作用。在借鉴前文对绿色物流测度与评价的国内外相关研究的梳理基础上，借鉴刘习平 (2021) 的做法选用劳动、资本、能源三个指标作为二级指标表示投入变量，同时结合绿色物流的发展特性，将二氧化碳排放量作为非期望产出指标。将能源投入与二氧化碳的排放量作为反映绿色物流的核心指标。以期能够更加精准地评估绿色物流效率。具体指标体系的选取及其描述详见下表 3.1 和表 3.2。

表 3.1 绿色物流效率测算指标

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标
投入指标	劳动投入	从业人员	万人
	资本投入	固定资产投资	亿元
	能源投入	能源消费总量	万吨标准煤
期望产出指标		物流业增加值	亿元
		客运周转量	亿人公里
		货物周转量	亿吨公里
非期望产出指标	环境负荷	二氧化碳排放量	万吨

表3.2 绿色物流效率测算指标描述性统计表

	Variable	Obs	Mean	Std	Min	Max
	物流业固定资产投资	330	1469.269	1103.255	100.3	5706.52
投入	职工人数	330	21.04	12.423	2.559	64.173
	能源投入	330	1094.498	657.406	112.645	3549.374
产出	物流业增加值	330	1108.152	804.242	61.26	3636.1
	综合周转量	330	3178.439	2894.143	252.31	16454.779
非期望产出	CO <sub>2</sub> 排放量	330	719.77	420.313	70.038	2357.046

由于部分物流业的相关数据获取难度较大，因此，本文选用了来自《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》和《中国物流统计年鉴》等权威统计资料中从 2010 年到 2021 年的数据。

### 3.1.2 绿色物流效率测算结果分析

本文通过非期望产出的 Super-SBM 模型测算了绿色物流综合效率水平，并将其作为本文核心解释变量进行研究，若该省份的综合效率值大于等于 1，则

表明该省份处于有效状态，该值越大，则效率越高。

### (1) 我国绿色物流效率的整体分析

为全面、客观评价全国 30 个省份的绿色物流效率，将 2010 到 2020 年绿色转型效率值分别计算出来，更能展示物流业在全国背景下的物流绿色发展真实状况。我国 2010—2020 年 30 个省（市）的物流业绿色综合效率值整理后如下表 3.3 所示：

表 3.3 绿色物流效率值

地区	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	均值
北京	0.141	0.247	0.197	0.264	0.208	1.075	0.221	0.170	0.138	0.138	0.125	0.266
天津	0.297	1.215	1.071	0.715	0.718	0.614	0.652	1.004	1.033	0.771	0.821	0.810
河北	0.303	1.136	1.215	1.033	0.221	0.515	1.247	1.362	0.262	1.182	1.446	0.902
山西	0.301	0.305	0.376	0.400	0.399	0.425	0.464	1.075	1.006	0.753	0.827	0.576
内蒙古	0.405	0.443	0.513	0.545	0.501	0.461	0.543	0.501	1.007	0.806	0.197	0.538
辽宁	0.435	0.504	0.613	0.602	0.562	1.027	0.501	1.055	1.150	1.193	0.486	0.739
吉林	0.261	0.734	0.360	0.395	0.325	0.297	0.315	0.293	0.329	0.315	0.307	0.357
上海	1.140	1.217	1.037	0.295	0.800	0.788	1.061	1.122	1.165	1.235	0.261	0.920
江苏	0.307	1.037	1.041	1.047	0.642	0.576	0.593	0.547	0.588	0.552	0.261	0.654
浙江	0.546	0.552	0.619	0.652	0.599	0.615	0.638	0.247	0.138	0.268	0.232	0.464
安徽	1.004	0.788	1.075	1.169	1.139	0.552	1.065	1.014	1.012	0.820	0.734	0.943
福建	0.388	0.388	0.488	0.506	0.502	0.568	0.638	0.574	0.466	0.520	0.742	0.525
江西	0.452	0.486	0.677	0.821	0.534	0.526	0.546	0.574	0.742	0.610	0.530	0.591
山东	1.041	0.742	0.656	0.521	0.512	0.510	0.562	0.496	0.541	0.533	0.519	0.603
河南	0.577	0.553	0.717	0.684	0.551	0.496	0.555	0.476	0.622	0.596	0.504	0.576
湖北	0.303	1.136	0.368	0.378	0.359	0.366	0.342	0.306	0.418	0.412	0.340	0.430
湖南	0.371	0.384	0.527	0.520	0.475	0.446	0.462	0.416	0.422	0.333	0.280	0.421
广东	0.307	0.346	0.501	0.455	0.515	0.512	0.737	0.691	0.662	0.589	0.519	0.530
广西	0.312	0.356	0.416	0.441	0.380	0.409	0.426	0.377	0.372	0.319	0.298	0.373
海南	0.298	0.420	0.482	0.268	0.412	0.338	0.319	0.283	0.306	0.521	0.656	0.391
重庆	0.295	0.455	0.348	0.320	0.301	0.293	0.323	0.285	0.312	0.322	0.277	0.321
四川	0.197	1.446	0.244	0.264	0.239	0.276	0.274	0.232	0.221	0.218	0.190	0.346
贵州	0.318	0.327	0.441	0.438	0.401	0.403	0.420	0.381	0.269	0.258	0.229	0.353
云南	0.115	0.447	0.159	0.158	0.133	0.145	0.142	0.120	0.230	0.209	0.186	0.186
陕西	0.265	0.270	0.353	0.378	0.353	0.319	0.366	0.320	0.370	0.355	0.344	0.336



续表 3.3 绿色物流效率值

地区	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	均值
甘肃	0.439	0.447	0.536	0.387	0.322	0.329	0.304	0.296	0.368	0.347	0.279	0.369
青海	0.241	0.248	0.256	0.205	0.197	0.198	0.193	0.155	0.172	0.178	0.154	0.200
宁夏	0.588	0.800	1.004	0.711	0.466	0.453	0.432	0.367	0.357	0.429	0.418	0.548
新疆	0.248	0.254	0.305	0.310	0.281	0.260	0.305	0.217	0.309	0.340	0.215	0.277

数据来源：根据 Super-SBM 测算结果整理得到

经过详细的测算分析，我发现全国三十个省份的绿色物流效率值均未达到 1 的标准，这显示出所有决策单元（DMU）在效率层面均存在不足。具体而言，这些省份的物流业在资源投入配置方面呈现出明显的低效率状态，投入冗余现象较为普遍，且投入要素的利用水平未能稳定保持在生产的最优前沿面上，因此未能实现理想的产出规模。

与前沿物流业的发展相比，我国在发展绿色物流方面仍有较大的提升空间。为了更准确地评估各省份在绿色物流发展方面的差异和潜力，本文利用 Super-SBM 模型对 DMU 效率值进行了深入的排序分析。这一方法不仅凸显了 Super-SBM 模型在效率评价中的优势，也提供了有针对性地改进方向。整体来看，我国物流业绿色发展水平仍然偏低，迫切需要采取切实有效的措施来扭转这一趋势。通过优化资源配置、提高投入产出效率、推动技术创新等方式，可以逐步提升物流业的绿色综合效率，推动其实现更加可持续地发展。

经过对全国各省市绿色物流综合效率均值分布情况的深入剖析，本文发现在 2010 至 2020 年间，安徽省表现尤为出色，其绿色物流效率位居全国之首，上海市和河北省紧随其后，分别占据第二和第三的位置。这些地区物流行业的绿色效率平均值均显著超过 0.9，接近“有效”状态，充分展现了它们在物流行业中的“绿色”和“低碳”特色。这一显著成就的取得，主要得益于它们位于东部或接近东部发达区域，这部分区域不仅具有相对合理的资源配置体系，而且相关产业园区的配套建设与发展也显著发挥出产业集聚效应，为物流行业绿色发展进一步提供了有力支撑。值得注意的是，虽然山东、宁夏、四川、湖北及北京等地在某一时期曾短暂达到 DEA 有效状态，但多数年份仍未能保持这一水平。这表明这些地区在绿色物流发展方面仍需持续努力，不断提升自身的

绿色发展水平。相比之下，安徽、上海和河北等地在 2015 年至 2020 年间多次达到有效状态，显示出较好的绿色物流发展基础和潜力。山西、天津等地虽然有效状态次数较少，但整体趋势向好发展，未来有望在绿色物流发展方面取得更大突破。

然而，我国不同省份之间绿色物流发展程度存在显著差异。例如，云南省的绿色物流效率仅为 0.115，远低于上海市的 1.14，凸显了西部欠发达地区在物流绿色发展方面的挑战。同时，大多数西部省市的物流绿色发展效率普遍偏低，平均仅达到 0.5 左右，显示出在提升整个物流行业绿色发展水平方面，仍存在巨大的提升空间。此外，同一省份在不同年度的绿色物流效率也存在显著波动。以天津市为例，其绿色物流效率在不同年份间呈现出较大差异，部分年份未能实现 DEA 有效性，而其他年份则处于行业前沿。这一现象表明，各地区在推动物流行业绿色发展方面仍面临诸多挑战和不确定性。

为推动我国物流行业的绿色、低碳发展，各地区需结合自身实际，制定针对性的发展策略。一方面，应优化资源配置结构，提升产业集聚效应，通过加强产业协同和资源整合，提高物流行业的整体效率。另一方面，应加强跨地区合作与交流，共同推动物流行业的绿色发展。通过分享经验、互通有无，促进各地区在绿色物流发展方面的共同进步。

## (2) 分地区绿色物流效率比较分析

物流业作为一个多环节、多功能的复合型产业，其业务范围涉及上下游产业链条的货运配送服务和仓储管理等多环节。而这些业务环节又十分依赖各作业区所处地理位置的基础设施建设、产业结构特征以及人力资源配置等多种因素的共同影响。由于这些因素在不同地区间存在显著的差异，导致我国三大地区的物流业发展水平并不均衡，特别是在绿色物流方面，其发展水平呈现出较大的差异性。

为了深入剖析这种差异性，本文对各地区物流业的绿色综合效率进行了详细的比较分析。通过整理相关数据，本文得以清晰地看到各地区在绿色物流发展方面的实际状况。这一比较不仅有助于深入理解各地区物流业的发展特点，更为我国绿色物流发展的提质增效提供了重要的思路。各地区物流业在绿色综合效率方面的具体表现已详细归纳于表 3.4 中，以供深入分析与比较。

表 3.4 2010—2020 年我国分地区绿色物流效率值

地区	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	均值
东部	0.473	0.709	0.720	0.578	0.517	0.649	0.652	0.686	0.586	0.682	0.552	0.619
中部	0.441	0.580	0.556	0.593	0.511	0.421	0.502	0.550	0.598	0.523	0.455	0.521
西部	0.311	0.499	0.416	0.378	0.325	0.322	0.339	0.296	0.362	0.344	0.253	0.350

数据来源：根据 Super-SBM 计算整理得到

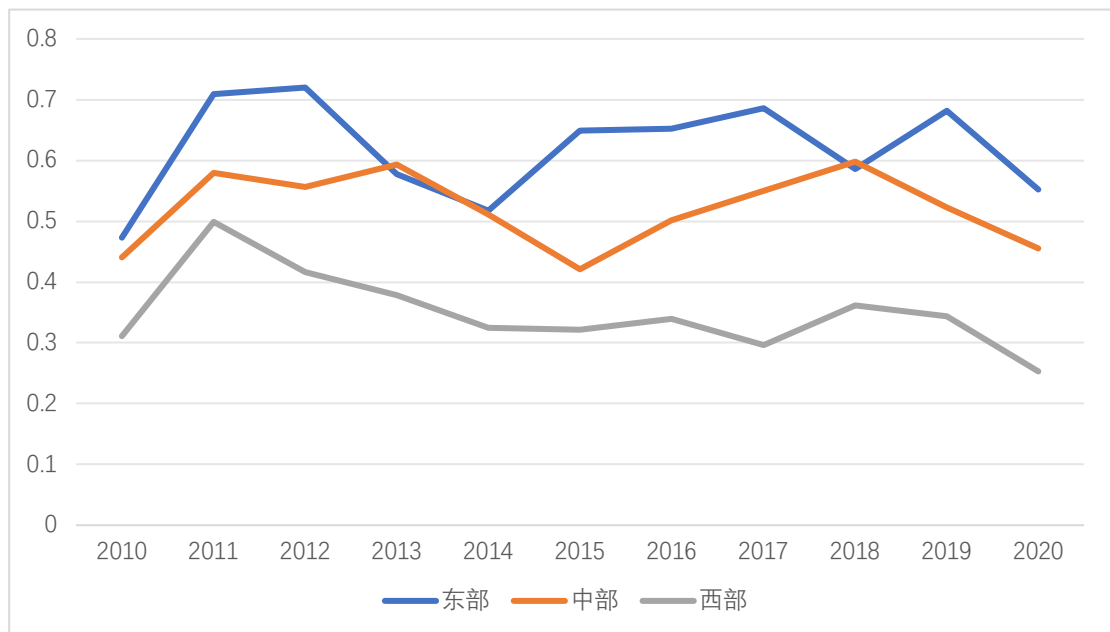


图 3.1 2010—2021 年分地区物流业绿色综合效率趋势图

通过深入剖析表 3.4 与图 3.1 所呈现的数据，本文发现：2010 至 2020 年间，我国三大地区在绿色物流效率方面存在显著的区域差异，呈现出“东部领先、中部居中、西部滞后”的明显格局。这一发现与学者李朋林、李妍等人的研究结果相吻合。具体而言，东部地区的物流业绿色效率水平最为突出，其效率均值达到了 0.619；相比之下，中部地区的效率值为 0.521，而西部地区的效率值则最低，仅为 0.350。

这种差异可能源于各地区所处的地理区位具有不同经济发展特点，比如能源消费结构以及和物流业相关的产业科技创新能力等。例如，东部地区倚靠其发达的交通网、更加便利的对外贸易通道以及强大的人才资源储备等良好的发

展条件，在绿色物流效率方面一直领跑全国，对提升我国整体绿色物流水平起到了重要的引领示范作用，尤其可以给予中西部地区物流业绿色发展良好的经验借鉴。比如结合自身发展特点与优势，从政策法规和产业激励政策入手为物流业的绿色发展提供绿色通道，从人才教育方面引入技术资源来强化信息技术水平和产业智能化水平，补齐短板，推动物流业加快向绿色可持续方向发展。

## 3.2 全要素生产率的测算及结果分析

### 3.2.1 全要素生产率的测算

#### (1) 模型选择

本文选用了 SBM-Malmquist 模型作为测算工具。首先，利用 SBM 模型对全要素生产率进行了精确的测算，以此为基础，进一步通过 Malmquist 模型对两个不同时点的技术效率变化情况进行对比分析，从而动态地衡量产业的技术进步。Malmquist 指数的运用，能够利用面板数据对各测算单元的效率变化趋势进行展示。该指数不仅能够反映静态的效率水平，更能够揭示出效率的动态变化过程，因此能够更全面地展现出企业的效率变动情况。本文使用 SBM 计算的效率值套用 M 指数计算公式来计算 ML 指数，如下列公式所示：

$$ML_c^{t+1} = MLEC_c * MLTC_c$$

$$ML_c^{t+1}(x^t, y^t, z^t, x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1}) = \left[ \frac{E_c^t(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})}{E_c^t(x^t, y^t, z^t)} * \frac{E_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})}{E_c^{t+1}(x^t, y^t, z^t)} \right]^{1/2}$$

$$EC_c = \frac{E_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})}{E_c^t(x^t, y^t, z^t)}$$

$$TC_c = \left[ \frac{E_c^t(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})}{E_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})} * \frac{E_c^t(x^t, y^t, z^t)}{E_c^{t+1}(x^t, y^t, z^t)} \right]^{1/2}$$

#### (2) 指标选取、描述及数据来源

经过前文对相应文献的归纳总结，在全要素生产率的测度上借鉴选用两个二级投入指标和一个一级产出指标来计算。在充分借鉴已有研究的基础上，并考虑到全要素生产率的独特性质，本文借鉴夏永红（2023）的做法，特别选取了资本与劳动力两大方面的指标作为投入变量，同时以各省份实际生产总值为产出指标。详细的指标选取情况如下表 3.5 所示。

表 3.5 全要素生产率测算指标

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标
投入	劳动力投入	从业人数	万人
	资本投入	资本存量	亿元
产出	经济产出	实际生产总值	亿元

根据指标的选取，对选取的数据进一步做了描述性统计，统计结果如下表 3.6 所示。

表3.6 全要素生产率投入产出指标描述性统计表

	Variable	Obs	Mean	Std.	Min	Max
投入	资本存量	330	70944.325	58550.937	1431.429	294184.72
	社会总就业人数	330	2701.763	1769.733	279	7150.25
产出	地区生产总值	330	23836.904	20108.896	1144.18	111151.6

本文相关数据主要来自《中国城市统计年鉴》和各地级市统计等年鉴，其中产出数值中的各地区生产总值，以 2010 年为基期，对数据做了平减处理，这里采用了国家统计局公布的各个省份的平减指数，作为各地区生产总值的平减指数计算。对于投入指标中资本存量的计算，借鉴单豪杰（2008）的研究方法，在计算过程中将各个省的固定资产折旧率设为 10.96% 并且使用永续盘存法计算资本存量，同样以 2010 年为基期的资本存量。

### 3.2.2 全要素生产率的测算结果分析

本文针对全国 30 个省份的全要素生产率进行测量，全要素生产率值（ML）若大于 1，则表明该省份的全要素生产率呈增长态势；反之，若 ML 指数值小于 1，则揭示出全要素生产率呈现下滑趋势。为深化理解，本文进一步将全要素生产率分解为技术效率（EC）和技术进步（TC），二者关系为  $ML=EC*TC$ 。当 TC 大

于 1 时，反映出技术效率的显著提升，意味着生产技术水平的进步；而低于基准值则表明技术进步的步伐有所放缓甚至出现倒退。同样地，EC 值大于 1 时，表明企业的技术效率获得提升；若低于该值，则技术效率有所下降。技术效率是衡量在既定投入条件下，各决策单元所能达到的最大产出能力的指标，它直观反映了资源配置的优化程度以及节约情况。

为了进一步揭示全要素生产率的作用机理，本文又将其划分为纯技术效率、规模效率，进一步细化研究。纯技术效率代表着资源利用的有效性，体现了管理效率对全要素生产率的深刻影响；而规模效率则重点关注发展规模对全要素生产率的推动作用，揭示规模效应对生产效率的积极贡献。通过对全要素生产率的这一细致划分，能够更加清晰地揭示其背后的驱动因素。表 3.7 详细展示了相关测量结果，为后续研究提供了有力的数据支撑。

表 3.7 中国全要素生产率指数及其指数分解表

时间	EC 技术效率	TC 技术进步	PEC 纯技术效率	SEC 规模效率	ML 全要素生产率
2011	1.052	1.093	1.009	1.049	1.150
2012	1.040	1.026	1.003	1.039	1.067
2013	1.008	1.043	0.986	1.022	1.051
2014	1.005	1.038	0.992	1.013	1.043
2015	0.982	1.051	1.005	0.977	1.032
2016	0.996	1.059	1.002	0.994	1.055
2017	1.014	1.083	1.004	1.010	1.098
2018	1.025	1.075	1.013	1.012	1.102
2019	1.006	1.075	1.019	0.990	1.082
2020	1.094	1.044	1.094	1.015	1.142
均值	1.022	1.059	1.013	1.012	1.082

数据来源：根据整理计算所得

分析表 3.7 可知, 在 2011 至 2020 年间, 全要素生产率值均保持大于 1 的水平。其中, 有 5 年的 ML 指数超过均值 1.082, 占比达到总体年份的 50%。全要素生产率的指数分解中, 其均值是 1.082, 意味着年平均增长率为 8.2%。而表中关于技术效率数值测算结果中, 变化指数为 1.022, 大于 1, 显示出年均 2.2% 的增长趋势。尽管 2015 年和 2016 年的技术效率指数略低于 1, 但整体趋势依然向上, 这表明我国在资本投入、经营成本控制及管理费用投入等方面的管理效率整体表现尚可。

另一方面, 技术进步指数的均值为 1.059, 同样大于 1, 意味着年均上升约 6%。这反映了我国在技术研发和应用方面的持续努力, 有效推动了技术进步。值得注意的是, 技术进步指数与技术效率变化指数的几何平均值之间存在 3.7% 的差距。进一步对技术效率进行分解, 发现纯技术效率和规模效率两个变量均在 1 左右波动。在考察期内, 它们的平均值相当接近, 分别为 1.013 和 1.012。这表明纯技术效率在提升技术效率方面相较于规模效率略胜一筹。因此, 在未来的发展中, 应继续加强技术管理和规模优化, 以实现更高效的技术进步和生产力的提升。

深入分析表 3.7 数据, 从纵向趋势来看, 2011 至 2015 年以及 2017 至 2019 年期间, 全要素生产率呈现出波动式下降态势。这一趋势的背后, 主要源于 2008 年全球经济危机的深远影响。这场危机不仅给全球经济带来了巨大冲击, 也对我国全要素生产率的积极提升构成了制约。面对经济下滑、外来务工人员大规模回流等严峻挑战, 我国政府于 2010 年末实施了约 4 万亿人民币的经济刺激措施。该策略确实在拉动社会整体投资、稳定经济方面取得了显著成效。然而, 国家过度干预经济导致资源配置效率降低, 市场自我调控能力减弱, 进而影响了这两个时期内的全要素生产率。

然而, 自 2015 年至 2017 年以及 2019 年至 2020 年, 全要素生产率呈现出明显的上升趋势。这一转变得益于我国经济进入新常态, 对生产技术革新和科技研发的重视程度和投入力度不断加大。产业规模持续扩张, 产业结构优化升级成为关键任务, 低效企业得到淘汰, 资源配置效率得到显著提升。不仅增强了我国在全球科技领域的竞争力, 也对全要素生产率产生了积极的推动作用, 进一步夯实了经济发展的基础。

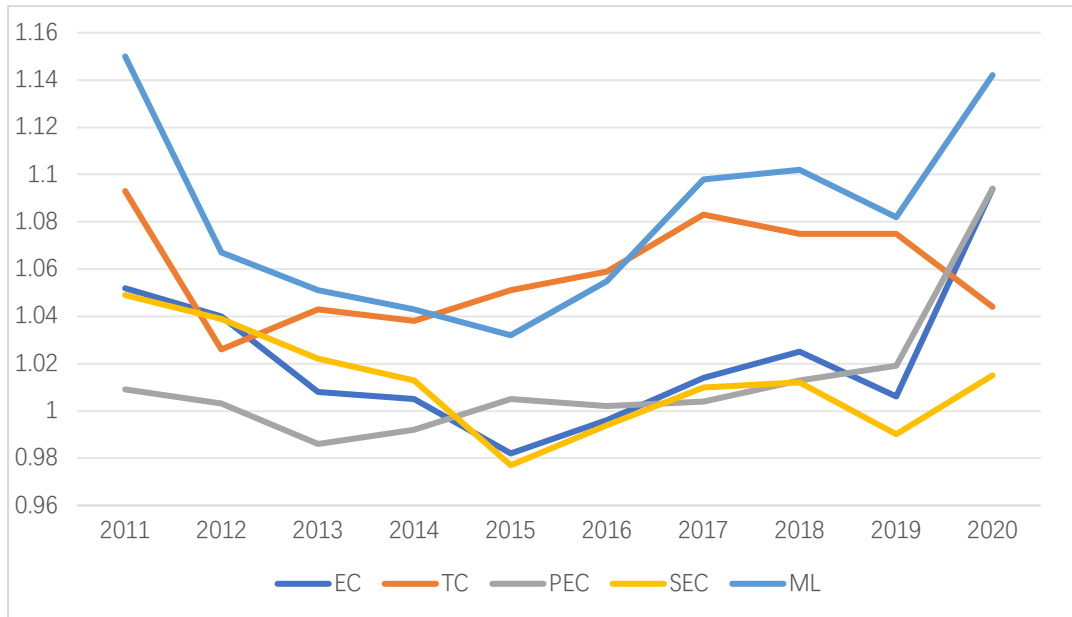


图 3.2 中国全要素生产率及其分解的变化

为了进一步深入剖析全国全要素生产率的演变规律及其背后的核心驱动力，本文进行了详尽的分析。本文特别绘制了图 3.2，旨在揭示 2011—2020 年期间全国 30 个省份全要素生产率的变动及其分解趋势。从图 3.2 中可以清晰看出，这一时期的全要素生产率呈现出“W”型的波动变化，表现为波动式增长。进一步分解发现，技术效率的波动情况与全要素生产率的总体变动趋势大致吻合，这凸显了提升技术效率对于推动全要素生产率增长的关键性。

结合表 3.7 中的指数变化分解数据，可以观察到，2011—2015 年期间，技术进步和技术效率的变化指数共同下滑，从而抑制了全要素生产率的增长。然而，在 2015—2017 年，两者均有所提升，共同推动了全要素生产率的增长。但值得注意的是，在 2017 至 2020 年期间，尽管技术进步呈现出下滑态势，但得益于技术效率的显著增强，全要素生产率呈现出增长态势。

综上，技术效率变化指数在影响全要素生产率变化中占据主导地位，相比之下，技术进步指数的影响则较小。这意味着，我国在提升全要素生产率的过程中，应重点关注技术效率的改进，同时加强技术创新和引进力度，以实现更高的生产效率。这一结论与戴宇践和罗雨森（2023）对我国全要素生产率变化指数及其分解项的研究结果相吻合，进一步证实了技术效率在推动全要素生产率增长中的核心地位。



表 3.8 全国各省的全要素生产率及其分解

地区	EC 技术效率	TC 技术进步	PEC 纯技术效率	SEC 规模效率	ML 全要素生产率
北京	1.058	1.063	1.059	1.000	1.124
天津	1.037	1.095	1.021	1.010	1.133
河北	1.001	1.061	1.000	1.001	1.062
山西	0.998	1.060	0.983	1.019	1.058
内蒙古	0.996	1.040	0.996	1.000	1.035
辽宁	1.044	1.066	1.037	1.007	1.113
吉林	0.996	1.064	0.953	1.045	1.059
黑龙江	0.996	1.044	1.072	0.973	1.040
上海	1.043	1.230	1.028	1.016	1.282
江苏	1.032	1.081	1.011	1.021	1.119
浙江	1.064	1.060	1.053	1.013	1.128
安徽	1.021	1.033	1.029	0.993	1.053
福建	1.059	1.069	1.034	1.022	1.130
江西	1.041	1.062	1.036	1.008	1.105
山东	1.020	1.065	1.022	0.998	1.086
河南	0.997	1.013	0.976	1.022	1.009
湖北	1.044	1.065	1.048	0.996	1.112
湖南	0.990	1.064	0.976	1.015	1.053
广东	1.049	1.060	1.053	0.996	1.112
广西	1.021	1.033	1.029	0.993	1.053
海南	1.020	1.039	0.994	1.027	1.060
重庆	1.037	1.066	1.034	1.003	1.105
四川	1.031	1.058	1.031	0.999	1.091

续表 3.8 全国各省的全要素生产率及其分解

地区	EC	TC	PEC	SEC	ML
	技术效率	技术进步	纯技术效率	规模效率	全要素生产率
贵州	1.008	1.017	1.004	1.004	1.024
云南	0.989	1.033	0.982	1.010	1.021
陕西	1.034	1.053	1.040	0.995	1.088
甘肃	1.024	1.063	1.002	1.021	1.088
青海	1.023	1.019	0.988	1.036	1.042
宁夏	1.019	1.035	0.951	1.088	1.055
新疆	0.985	1.068	0.972	1.015	1.052
均值	1.022	1.059	1.013	1.012	1.082

数据来源：根据整理计算得到

本文详细研究分析了各省全要素生产率及其分解项，以此来探究剖析我国全要素生产率差异所在。根据表 3.8 的数据分析所得，2011 年至 2020 年期间，在我国各省市的全要素生产率中，地处我国东部的上海、天津和福建位列前三，其全要素生产率均超越了国家平均值 1.082。在技术进步的对比中，本文发现绝大多数省市的技术进步表现均优于全国平均水平 1.059，其中上海和天津更是遥遥领先。与技术进步、纯技术效率、规模效率各指标相比较，各省的技术效率值则显得较为稳定，普遍集中在 0.9 至 1.1 的区间内。值得注意的是，有 22 个省市的技术效率值超过了 1，显示出相对较高的技术效率，且其波动程度相较于技术进步要小。特别值得一提的是，江浙地区的技术效率表现尤为突出，如浙江在全国技术效率排名中位居榜首，而新疆、云南等地区的数值则相对较低。由此可见，全国各省市的全要素生产率及其组成部分呈现出一定的差异性和地域性特征。东部地区的部分省份在全要素生产率和科技进步水平上表现出色，而技术效率则在不同省份之间呈现出相对平稳的态势。

表 3.9 东、中、西区域全要素生产率表

地区	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	均值
东部	1.192	1.092	1.087	1.070	1.073	1.088	1.122	1.131	1.108	1.208	1.117
中部	1.151	1.059	1.032	1.018	0.999	1.022	1.078	1.078	1.073	1.101	1.061
西部	1.108	1.045	1.026	1.032	1.010	1.041	1.080	1.087	1.049	1.093	1.057
全国	1.150	1.065	1.048	1.040	1.027	1.050	1.094	1.099	1.076	1.134	1.078

数据来源：根据整理计算得到

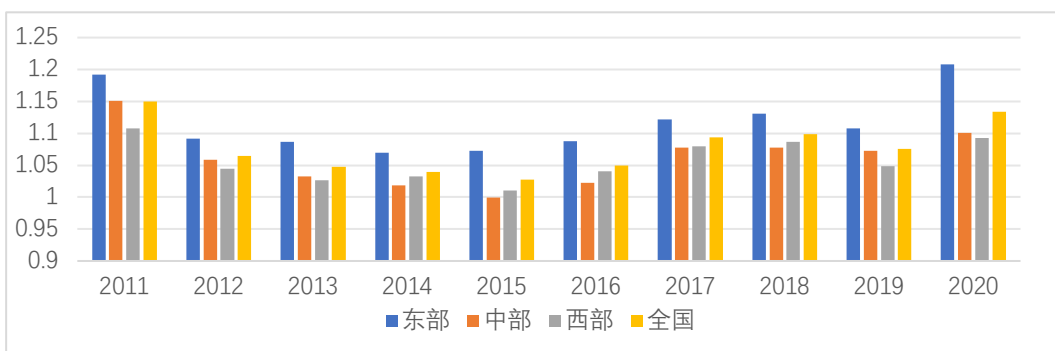


图 3.3 我国东、中、西、东北地区及全国平均 TFP 值

经过对表 3.9 详细数据的深入剖析和图 3.3 的直观呈现，可以清晰地观察到，自 2011 年至 2020 年，中国的东部、中部、西部以及全国整体的全要素生产率均展现出一种相似的增长趋势，即在波动中持续稳步上升。然而，这种增长趋势并非均衡分布，而是呈现出显著的地域性差异。例如，经济发达的地区如北京，其全要素生产率始终保持在一个较高的水平，而一些相对欠发达的地区则呈现出较低的全要素生产率。在对比不同区域的增长情况时，可以明显看到东部地区的全要素生产率表现尤为亮眼。在 2011 年至 2020 年间，东部地区的全要素生产率平均水平高达 1.117，这一数值显著超越了中部地区的 1.061 和西部地区的 1.057。这一数据差异清晰地揭示了中国经济发展水平的区域性不平衡。

值得一提的是，在这十年间，东部地区的全要素生产率不仅实现了稳步上升，其均值更是增长了 1.6%，从 2011 年的 1.192 提升至 2020 年的 1.208，且始终维持在国家平均水平之上。东部地区，包含诸如北京等经济发达城市，其

全要素生产率的提升不仅彰显了这些城市的经济增长效率，更为全国经济发展注入了强劲动力。这一成果的取得，离不开国家政策的精准导向。国家始终坚持推进东部地区优先发展为战略核心，并在区域经济布局上进行了精心安排。为了进一步激发东部地区的发展活力，国家还设立了国家综合性配套改革试点，如将深圳打造成为具有中国特色的先行示范区，并树立为高质量发展的标杆城市。东部地区在引领科技创新、推动国家治理现代化等方面肩负着重要使命，其快速发展对于全国经济的稳步提升具有举足轻重的意义。由此可见，中国全要素生产率的增长呈现出显著的地域性差异，而东部地区凭借其卓越的经济基础和政策支持，在推动全国经济发展中发挥着至关重要的作用。

在观察期内，中部地区的平均全要素生产率呈现出一种波动中稳步增长的态势。虽然其变化幅度相较于全国整体水平略低，但从整体发展趋势来看，中部地区的全要素生产率水平是在逐步向好的。中部地区拥有得天独厚的地理位置和丰富的资源禀赋，同时也具备一定的产业基础。然而，长期以来，中部地区的产业结构偏重，经济联系紧密度和融合度不够，这在一定程度上制约了其全要素生产率的提升。

在 2011 年至 2020 年的观察期内，西部地区的平均全要素生产率（TFP）为 1.057，略逊于全国平均水平 1.078。然而，令人欣喜的是，在 2011—2012 年和 2020 年这两个关键时间节点，西部地区的 TFP 表现甚至超越了全国平均水平，这一显著进步离不开国家对西部地区的战略扶持。西部地区涵盖内蒙古、重庆、四川、广西、贵州、云南、西藏（因数据缺失，本文暂未纳入计算）、陕西、甘肃、青海、宁夏及新疆等地，其全要素生产率波动显著，各城市经济发展水平参差不齐。其中，川渝地区的服务业与旅游业发展势头强劲，成为区域经济增长的重要引擎。然而，云南、贵州、新疆等地区经济增长相对缓慢，部分地区生产技术的不足，制约了整体经济的增长速度。为了促进西部地区的全面发展，需要进一步挖掘各城市的比较优势，因地制宜地制定经济发展策略。这包括加强基础设施建设、优化产业结构、提升科技创新能力、推动区域合作等方面。通过精准施策，可以有效解决制约西部地区经济发展的关键问题，进一步提升其全要素生产率水平。这不仅有助于缩小西部地区与东部、中部地区的经济发展差距，还能推动整个国家经济的协调发展。

## 4 绿色物流对全要素生产率影响的实证分析

为进一步探究绿色物流对全要素生产率的影响的程度如何？本章在第二章理论基础与机制分析的基础上，运用计量模型实证考察绿色物流对全要素生产率的影响。本章的主要内容为：首先，利用 F、LM、Hausman 方法选择确定构建双固定效应模型，实证分析绿色物流对全要素生产率的影响。其次，以提高基本结论可靠性为目的，通过倾向得分匹配法（PSM）来进行稳健性检验。再次，在基准回归结果的基础上，将 30 个省份分为东中西部进行异质性检验。最后，构建机制效应模型实证考察绿色物流通过人力资本效应、产业结构升级效应来提高全要素生产率的机制。

### 4.1 变量选取、数据说明

#### 4.1.1 变量选取

##### （1）被解释变量

全要素生产率（Y）。本文参考已有研究的主流做法，采用 SBM-Malmquist 模型，主要借鉴刘习平（2021）的做法，来测算全国全要素生产率，具体测算方法在上文已经详细阐述，在此不再详述。

##### （2）核心解释变量

绿色物流（X）。本文借鉴夏永红（2023）的做法，构建投入、产出指标来测算绿色物流效率，具体测算方法同样在上文已经详细阐述，在此不再详述。

##### （3）控制变量

贸易开放度（OPEN）。本文借鉴毛其淋（2011）的做法，以进出口总额与各省份生产总值之比作为贸易开放度的度量指标。一方面持续扩大对外开放，推进国际市场布局，可以在加快贸易发展的同时，吸收国外的研发成果，改进我国产品质量，更新技术追求，提升我国要素生产率，促进内外贸易一体化。另一方面，对外开放有助于拓展发展空间，学习引进国外先进企业的高端科研技术和运营管理经验，为我国获得更多推动产业结构升级所需的资金、技术、消费需求、管理经验等各种资源来提升全要素生产率。

经济发展水平（GDP）。本文借鉴戴丽君（2020）的做法，采用各省份 GDP 占全国 GDP 的比重作为衡量经济发展水平的指标。在经济发展水平较高的城市，其强大的经济实力往往能够吸引更多的人才流入。人才不仅为城市带来了丰富的知识和经验，还通过他们的创新能力和专业技能，推动了全要素生产率的提升。

研发投入强度（RD）。本文借鉴王琴梅（2023）的做法，采用各省份 R&D 经费占各省份 GDP 的比重来衡量研发投入强度，反映各地区的科技实力和核心竞争力。该占比越大，说明在科技方面投入越大，有机会带来更多的创新成果产出，当地科技发展水平也越高，企业就有更多机会采用更先进的技术和设备，通过优化资源配置提升资源有效利用率，从而减少资源消耗和污染产出，促进全要素生产率的提升。

城镇化率（CITY）。本文借鉴吴昊（2017）的做法，采用年末城镇人口比重来衡量城镇化水平。随着城市化水平的不断提升，人口集聚效应逐渐凸显，吸引了大量专业型人才涌入城市，为城市的经济发展注入了新的活力，有力推动地区经济增长，为产业发展提供了强大的动力。同时，随着城市化的深入推进，产业结构也得以进一步优化，行业生产率得到显著提升。因此，城镇化率的提升不仅是城市化进程的重要标志，也是推动经济高质量发展的重要途径。

政府干预度（GOV）。本文借鉴原静（2022）的做法，以政府财政支出占地区生产总值的比重来衡量。通常情况下，随着政府干预的增强，政府财政支出也会相应增加。政府在推动绿色物流发展方面，通过加大财政投入，给予物流企业补贴及税收减免等优惠政策，能够有效激发企业对于技术研发和设备更新升级的参与度。这种积极参与不仅有助于提升企业的竞争力，更能推动全要素生产率的提升，促进经济的可持续发展。然而，值得注意的是，政府扩权过大也可能对企业发展产生不利影响。过度的政府干预可能导致市场机制的扭曲，降低资源配置效率，进而抑制生产率的提升，甚至可能引发经济紧缩。

#### 4.1.2 数据说明

基于数据的可获得性，本文选取 2010—2020 年中国 30 个省份的面板数据为研究初始样本，并将数值缺失较为严重的西藏剔除。本文选取的有关控制变

量的数据来源于 CNRDS 数据库, EPS 数据库、《中国统计年鉴》、《中国劳动统计年鉴》及各个省份的统计年鉴。对上文模型中所涉及的变量进行描述性统计分析, 具体的结果如下表 4.1 所示。

表 4.1 描述性统计表

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Y	330	1.075	0.084	0.851	1.627
X	330	0.494	0.283	0.115	1.446
OPEN	330	0.28	0.3	0.008	1.464
GDP	330	0.033	0.026	0.003	0.111
RD	330	0.016	0.011	0.003	0.064
CITY	330	58.36	12.534	33.81	89.6
GOV	330	0.247	0.103	0.106	0.643
EDU	330	0.071	0.026	0.016	0.154
STRUCT	330	1.082	0.456	0.554	3.952

由 4.1 可知, 被解释变量全要素生产率 Y 的均值为 1.075, 标准差为 0.084, 最小值为 0.851, 最大值为 1.627。说明所选样本中各省市之间全要素生产率水平存在较大差距, 对全要素生产率的提升还有很大进步空间。解释变量绿色物流综合效率 X 的最小值为 0.115, 最大值为 1.446, 同样说明各省市的绿色物流存在较为严重的差距, 表明现阶段各地区改革绿色物流的必要性与紧迫性。其均值为 0.494, 标准差为 0.283, 则表明绿色物流存在一定波动。在机制变量中, 人力资本水平 (EDU) 呈现出显著的差异性。具体而言, 其最小值达到 0.016, 而最大值为 0.154。这一数据波动范围反映出各省之间在人力资本水平方面存在着较大的差距。同时均值为 0.071, 标准差则为 0.026, 表明人力资本水平的巨大波动性与不平衡性。机制变量产业结构升级 (STRUCT) 的均值为 1.082,

标准差为 0.456，最小值为 0.554，最大值为 3.952，表明各省产业结构对全要素生产率的作用力有巨大差距。

## 4.2 模型构建与相关性检验

### 4.2.1 模型构建

根据现有研究成果，结合上述分析，本文构建了面板双固定效应模型作为考察绿色物流对全要素生产率影响的基准计量模型：

$$Y_{it} = \gamma_1 X_{it} + \gamma_2 OPEN_{it} + \gamma_3 GDP_{it} + \gamma_4 RD_{it} + \gamma_5 CITY_{it} + \gamma_6 GOV_{it} + \alpha_0 + \lambda_t + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Y 作为模型中被解释变量表示全要素生产率，X 则作为核心解释变量表示绿色物流的综合效率，其他变量均为控制变量， $\gamma$  为回归系数， $\varepsilon$  为随机扰动项， $\alpha_0$  为常数项， $\lambda$  为时间固定效应， $\mu$  为个体固定效应。系数  $\gamma_1$ 、 $\gamma_2$ 、 $\gamma_3$ 、 $\gamma_4$ 、 $\gamma_5$ 、 $\gamma_6$  是本文关注的重点，反映绿色物流对全要素生产率的影响。

### 4.2.2 相关性检验

为了确保基准回归模型的准确性和可靠性，要求各解释变量之间不存在共线性。为此，本文首先对涉及的变量进行了 Person 相关性检验以及多重共线性检验，具体检验结果分别展示在下表 4.2 和表 4.3 中。从表 4.2 中，可以清晰地看到，所有变量间的相关性均处于较低水平，不存在强相关性，使各解释变量在解释模型时保持相对独立性，进一步地，表 4.3 呈现了多重共线性的检验结果。通过计算解释变量的方差膨胀因子值，发现最大的 VIF 值为 3.540，这一数值远低于通常认为的多重共线性阈值 10。因此，本文断定解释变量之间不存在多重共线性问题。最后进一步进行了 F 检验、LM 检验以及 Hausman 检验，旨在检验方程回归的适配性并这些检验结果汇总在表 4.4 中，通过这些检验结果的分析，得到所建立的回归模型是合适的，并且能够有效揭示变量之间的关系。

#### (1) 相关性检验

表 4.2 相关性检验表

Variables	(Y)	(X)	(OPEN)	(GDP)	(RD)	(CITY)	(GOV)
-----------	-----	-----	--------	-------	------	--------	-------



续表 4.2 相关性检验表

Variables	(Y)	(X)	(OPEN)	(GDP)	(RD)	(CITY)	(GOV)
Y	1.000						
X	0.177***	1.000					
OPEN	-0.062	0.214***	1.000				
GDP	0.117**	0.211***	0.462***	1.000			
RD	0.024	0.144***	0.752***	0.409***	1.000		
CITY	0.004	0.231***	0.771***	0.254***	0.778***	1.000	
GOV	-0.107*	-0.339***	-0.407***	-0.673***	-0.404***	-0.319***	1.000

注：\*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$ ；分别表示置信水平为 1%、5%、10%，下同。

根据表 4.2 的相关性检验表结果，所有变量之间的相关系数均低于 0.8，这一结果表明这些变量间存在多重共线性关系的可能性相对较小。特别地，观察解释变量绿色物流综合效率 X 与被解释变量全要素生产率 Y 之间的关系，发现它们之间的相关系数为正，具体数值为 0.177。这一正相关性在 1% 的显著性水平下得到了验证，表明这两个变量之间存在显著的正相关关系。同时，相关性分析仅是一对一地对变量进行相关性系数分析，并未将其他变量纳入考量。因此，尽管得到了初步的变量间相关关系判断，但要全面了解影响被解释变量全要素生产率 Y 的因素，仍需结合后续模型回归结果进行更深入分析。

#### (2) 多重共线性检验

为了避免各变量间存在多重共线性关系，从而导致实验分析的回归结果有误，本文采用方差膨胀因子法 (VIF) 对此进行检验，根据多重共线性检验结果可知，一般情况下 VIF 值在 10 以下，表明变量间没有多重共线性问题。而表 4.3 中所有变量的 VIF 值都是小于 4 的，就表明变量之间不存在多重共线性关系的问题，可将所有变量加入模型进行实证分析。

表 4.3 多重共线性检验

Variable	VIF	1/VIF
CITY	3.540	0.283
OPEN	3.280	0.305
RD	3.190	0.314
GDP	2.140	0.468
GOV	2.050	0.488
X	1.180	0.850
Mean	2.560	

## (3) 面板回归检验

F、LM、Hausman 检验是为了确定方程回归适配的模型。在检验的结果中，若 P 值大于 0.1，表明接受原假设，反之则为拒绝原假设。F 检验的原假设为混合效应比固定效应更合适，通过 F 检验可知，其相对应的 p 值为 0，小于 0.01，F 检验的结果说明拒绝原假设，固定效应模型相比较混合效应更加合适。LM 检验的原假设是混合效应比随机效应更合适，根据 LM 检验结果可知， $P < 0.1$ ，拒绝原假设，相对于混合效应，随机效应更加合适。Hausman 检验的原假设是随机效应比固定效应更合适，通过 Hausman 检验可知，其统计量为 16.44，p 值为 0.0116，表明拒绝原假设，固定效应相比于随机效应更为合适。综上所述，选取面板固定效应作为本文的回归模型。

表 4.4 面板回归检验

检验方法	统计量	P 值
F 检验	6.18	0.0000
LM 检验	116.43	0.0000
Hausman 检验	16.44	0.0116

### 4.3 基准回归结果与分析

为了研究核心解释变量绿色物流综合效率  $X$  对被解释变量全要素生产率  $Y$  的影响, 本文构建了两个回归模型, 一个是在未加入控制变量, 一个是加入所有的控制变量进去, 从而验证在不同的变量情况下, 绿色物流综合效率  $X$  对被解释变量全要素生产率  $Y$  的影响是否有差异及结果是否稳健。结果如表 4.5 所示。

表 4.5 基准回归结果

VARIABLES	(1)	(2)
	Y	Y
X	0.069*** (4.119)	0.070*** (4.270)
OPEN		0.083 (1.292)
GDP		6.220*** (2.906)
RD		3.245 (1.507)
CITY		-0.009*** (-2.901)
GOV		0.411** (2.444)
Constant	0.972*** (79.166)	1.081*** (6.561)
Observations	330	330

续表 4.5 基准回归结果

VARIABLES	(1)	(2)
	Y	Y
R-squared	0.428	0.468
Number of id	30	30
ID	YES	YES
YEAR	YES	YES
F	19.63	15.61

注：括号内为t检验，\*\*\*p<0.01, \*\*p<0.05, \*p<0.1

在未加入控制变量的时候，该模型的拟合优度  $R^2$  值为 0.428 绿色物流综合效率 X 对被解释变量全要素生产率 Y 的影响为正显著，且在 1% 的显著性水平下通过检验，系数为 0.069，表明绿色物流综合效率 X 每增加 1%，则被解释变量全要素生产率 Y 就会相应地提高 0.069%。

在加入控制变量之后，该模型的整体拟合优度  $R^2$  值为 0.468，比未加入控制变量的拟合优度值大，表明该模型的整体拟合情况更好。绿色物流综合效率 X 对被解释变量全要素生产率 Y 的影响仍然为正相显著，其影响系数值为 0.07，且在 1% 的显著性水平下通过检验。表明绿色物流综合效率 X 每增加 1%，则被解释变量全要素生产率 Y 就会相应地提高 0.07%。

从控制变量来看，GDP 和 GOV 对被解释变量全要素生产率 Y 的影响为正显著，且显著性水平分别为 1% 和 5%，影响系数分别为 6.220 和 0.411。表明随着经济发展水平和政府干预程度越高，则越能够促进全要素生产率 Y 的提高。控制变量 CITY 对被解释变量全要素生产率 Y 的影响为负显著，影响系数为 -0.009。随着该变量的增长，被解释变量全要素生产率 Y 则呈现出一个降低的趋势。而控制变量 RD 和 OPEN 对被解释变量全要素生产率 Y 的影响为正，但是都没能通过显著性检验，影响系数分别为 3.245 和 0.083。

#### 4.4 稳健性检验

为增强研究结论的可靠性，采用了倾向得分匹配法以通过检验。这种方法能够显著减轻因样本选择偏误所引发的内生性问题。具体来说，首先依据解释变量  $X$  的平均水平对样本进行分组，划分为处理组和控制组。当样本的  $X$  值超过平均水平时，归为处理组，标记为 1；反之，若低于平均水平，则归为控制组，标记为 0。接下来，构建逻辑变量，并将这些主要影响因素作为协变量纳入 logit 回归模型中。通过这一步骤，能够实现 1:1 最邻近距离匹配，从而确保处理组和控制组在关键变量上具有相似分布。这样做可以有效减少潜在的偏误，使得研究结果更加准确和可靠。

表 4.6 倾向得分匹配法 (PSM) 后模型回归结果

VARIABLES	(1)	(2)
	Y	Y
X	0.063***	0.074***
	(3.038)	(3.301)
OPEN		0.056
		(0.453)
GDP		6.294*
		(1.688)
RD		-1.494
		(-0.353)
CITY		-0.004
		(-0.616)
GOV		0.039
		(0.118)

续表 4.6 倾向得分匹配法 (PSM) 后模型回归结果

VARIABLES	(1)	(2)
	Y	Y
Constant	0.996***	0.938***
	(56.930)	(2.924)
Observations	132	132
R-squared	0.513	0.532
Number of id	29	29
ID	YES	YES
YEAR	YES	YES
F	8.815	6.193

注：括号内为t检验，\*\*\*p<0.01, \*\*p<0.05, \*p<0.1

将PSM后的数据进行模型回归，从表4.6的结果可知，绿色物流的综合效率X对全要素生产率Y有正向的影响，其相关系数为0.074，可以通过1%的显著性检验，该结果与前文主回归的结论是一致的，表明能够通过稳健性检验，前文的结论是可信的。

## 4.5 异质性检验

我国经济发展长期存在不均衡的问题，东西差距依然较大。绿色物流效率、全要素生产率也存在明显的差异性，绿色物流效率对全要素生产率的影响是否存在区域差异性呢？本文将整体样本中我国30个省市按照东、中、西部进行划分，省份划分类别同第三章全要素生产率分析。对三个区域分别进行回归，以研究在不同的区域中，绿色物流综合效率(X)对全要素生产率(Y)的影响差异性，结果如表4.7所示。

表 4.7 异质性检验

VARIABLES	(东部)	(中部)	(西部)
	Y	Y	Y
X	0.078*** (2.636)	0.051 (1.533)	0.018 (0.741)
OPEN	0.211 (1.603)	0.010 (0.034)	0.075 (0.765)
GDP	7.254* (1.727)	14.016*** (3.048)	8.250* (1.700)
RD	3.026 (0.615)	-14.612*** (-2.728)	-2.736 (-0.985)
CITY	-0.013** (-2.114)	0.020** (2.219)	-0.007 (-1.524)
GOV	0.489 (0.927)	0.834*** (2.708)	0.299 (1.485)
Constant	1.145*** (2.887)	-0.401 (-0.930)	1.102*** (4.623)
Observations	121	88	121
R-squared	0.389	0.726	0.658
Number of id	11	8	11
ID	YES	YES	YES

注：括号内为t值，\*\*\*p<0.01, \*\*p<0.05, \*p<0.1

根据表4.7所呈现的数据，本文可以得出以下结论：在东部地区，绿色物流综合效率X对全要素生产率Y展现出了正向且显著的影响，具体的影响系数达到

了0.078。这一结果在1%的显著性水平下得到了验证，与之前的分析结论相吻合。这意味着，在东部地区，当绿色物流综合效率X提升1%时，全要素生产率Y将相应提升0.078%。然而，当转向中部地区时，情况有所不同。虽然绿色物流综合效率X对全要素生产率Y的影响方向仍为正向，其影响系数值为0.051，但这种影响并未通过显著性检验。这表明，在中部地区，绿色物流综合效率X对全要素生产率Y的积极影响并未在统计意义上得到支持。同样的趋势也出现在西部地区。在西部，绿色物流综合效率X对全要素生产率Y的影响同样为正，影响系数值为0.018，但同样未能通过显著性检验。

综上所述，绿色物流综合效率X对全要素生产率Y的影响呈现出区域异质性。在东部地区，这种影响显著且为正；但在中西部地区，尽管影响方向为正，但由于未能通过显著性检验，其影响并未得到统计上的支持。这表明，不同地区在绿色物流效率提升对全要素生产率的影响方面可能存在不同的机制或制约因素，需要进一步深入研究。

## 4.6 机制效应检验

前文实证分析检验了绿色物流对全要素生产率的影响，发现绿色物流显著促进了全要素生产率的提升。那么绿色物流如何影响全要素生产率呢？根据前文第二章的理论分析，绿色物流对全要素生产率通过人力资本效应、产业结构升级效应促进全要素生产率提升。本文借鉴刘李青原和陈世来（2022）等机制检验的做法，仅实证考察绿色物流对人力资本、产业结构升级的影响。

### 4.6.1 机制效应模型构建

$$Y_{it} = \gamma_1 X_{it} + \gamma_2 OPEN_{it} + \gamma_3 GDP_{it} + \gamma_4 RD_{it} + \gamma_5 CITY_{it} + \gamma_6 GOV_{it} + a_0 + \lambda_t + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$M_{it} = \gamma_1 X_{it} + \gamma_2 OPEN_{it} + \gamma_3 GDP_{it} + \gamma_4 RD_{it} + \gamma_5 CITY_{it} + \gamma_6 GOV_{it} + a_0 + \lambda_t + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$Y_{it} = \gamma_1 X_{it} + \gamma_2 M_{it} + \gamma_3 OPEN_{it} + \gamma_4 GDP_{it} + \gamma_5 RD_{it} + \gamma_6 CITY_{it} + \gamma_7 GOV_{it} + a_0 + \lambda_t + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

为深入研究机制变量M即人力资本水平（EDU）和产业结构升级（STRUCT）是否在绿色物流综合效率X对全要素生产率Y的影响中存在机制作用，本文构建了机制效应三步法进行检验，第一步为研究X对全要素生产率Y的影响，第二步为研究绿色物流综合效率X对机制变量M的影响，第三步为研究绿色物流



综合效率  $X$  通过影响  $M$  来影响全要素生产率  $Y$ 。 $\gamma$  为回归系数， $\varepsilon$  为随机扰动项， $\alpha_0$  为常数项， $\lambda$  为时间固定效应， $\mu$  为个体固定效应。

#### 4.6.2 机制效应检验结果分析

##### (1) 人力资本机制效应

为了研究变量人力资本水平 (EDU) 是否在绿色物流综合效率  $X$  对全要素生产率  $Y$  的影响中存在机制作用，本文构建了相应的机制效应模型进行检验。

表 4.8 人力资本机制效应检验结果

VARIABLES	(1)	(2)	(3)
	Y	EDU	Y
X	0.070*** (4.270)	0.010** (2.110)	0.066*** (4.006)
EDU			0.405** (2.054)
OPEN	0.083 (1.292)	-0.038** (-1.976)	0.098 (1.529)
GDP	6.220*** (2.906)	-2.816*** (-4.396)	7.360*** (3.346)
RD	3.245 (1.507)	1.309** (2.031)	2.715 (1.259)
CITY	-0.009*** (-2.901)	0.000 (0.355)	-0.009*** (-2.960)
GOV	0.411** (2.444)	-0.001 (-0.013)	0.412** (2.460)

续表 4.8 人力资本机制效应检验结果

VARIABLES	(1)	(2)	(3)
	Y	EDU	Y
Constant	1.081*** (6.561)	0.158*** (3.201)	1.017*** (6.099)
Observations	330	330	330
R-squared	0.468	0.327	0.476
Number of id	30	30	30
ID	YES	YES	YES
YEAR	YES	YES	YES
F	15.61	8.643	15.11

注：括号内为t检验，\*\*\*p<0.01，\*\*p<0.05，\*p<0.1

从表4.8可知，（1）列结果已经在前文的基准回归分析过，此处不再赘述。（2）列的结果为研究绿色物流综合效率X对人力资本水平的影响，影响系数值为0.010，且能够在5%的显著性水平下通过检验，表明绿色物流综合效率X对人力资本水平是正向的促进作用，绿色物流综合效率X每提高1%，则人力资本水平就会相应地提高0.01%。从（3）列所呈现的数据结果来看，变量人力资本水平（EDU）对全要素生产率Y具有显著的正向影响。其影响系数值为0.405，这一结果在5%的显著性水平下得到了验证。这表明，当人力资本水平EDU每提升1%时，全要素生产率Y将相应提高0.405%。因此，优化和提升人力资本水平是提升全要素生产率的重要途径之一。

综上所述，人力资本水平在绿色物流综合效率 X 对全要素生产率 Y 的影响中起到机制作用，且为部分机制作用，绿色物流综合效率 X 通过提高人力资本水平来促进全要素生产率 Y 的机制路径是显著存在的。

#### （2）产业结构升级机制效应分析

为了研究机制变量产业结构升级（STRUCT）是否在绿色物流综合效率 X 对

全要素生产率  $Y$  的影响中存在机制作用，本文通过相应的机制效应模型构建对其进行检验，结果如表 4.9 所示。

表 4.9 产业结构升级机制效应分析结果

VARIABLES	(1)	(2)	(3)
	Y	STRUCT	Y
X	0.070*** (4.270)	0.248*** (3.279)	0.063*** (3.807)
STRUCT			0.028** (2.158)
OPEN	0.083 (1.292)	1.040*** (3.519)	0.054 (0.831)
GDP	6.220*** (2.906)	-8.925 (-0.906)	6.466*** (3.036)
RD	3.245 (1.507)	32.389*** (3.267)	2.350 (1.078)
CITY	-0.009*** (-2.901)	0.038** (2.592)	-0.010*** (-3.213)
GOV	0.411** (2.444)	3.307*** (4.269)	0.320* (1.855)
Constant	1.081*** (6.561)	-2.409*** (-3.177)	1.147*** (6.889)
Observations	330	330	330
R-squared	0.468	0.461	0.477
Number of id	30	30	30

续表 4.9 产业结构升级机制效应分析结果

	(1)	(2)	(3)
VARIABLES	Y	STRUCT	Y
ID	YES	YES	YES
YEAR	YES	YES	YES
F	15.61	15.17	15.16

注：括号内为t检验，\*\*\*p<0.01, \*\*p<0.05, \*p<0.1

从表 4.9 中的 (2) 列结果可知，绿色物流综合效率 X 对产业结构升级 STRUCT 的影响为正，影响系数值为 0.248，且在 1% 的显著性水平下通过检验，表明绿色物流综合效率 X 对产业结构升级是正向的促进作用，绿色物流综合效率 X 每提高 1%，则产业结构升级就会相应地提高 0.248%。在 (3) 列的结果可知，产业结构升级对全要素生产率 Y 的影响为正显著作用，影响系数为 0.028，且在 5% 的显著性水平下通过检验，表明产业结构升级 STRUCT 对全要素生产率 Y 是正向的带动作用，产业结构升级每提高 1%，则全要素生产率 Y 就会相应的提高 0.028%。

综上所述，产业结构升级在绿色物流综合效率 X 对全要素生产率 Y 的影响中存在机制作用，绿色物流综合效率 X 利用提高产业结构升级的方式来提高全要素生产率 Y 的机制作用是显著的。

## 5 结论与对策建议

### 5.1 结论

本文以绿色物流对全要素生产率影响为主题，在系统梳理绿色物流和全要素生产率的文献基础上，借鉴相关理论，构建绿色物流影响全要素生产率的人力资本效应和产业结构升级效应。之后测度分析了我国绿色物流和全要素生产率的现状与变化趋势。在实证分析中，本文采用 2010 至 2020 年我国 30 个省市的面板数据，构建双固定效应模型，实证探究绿色物流对全要素生产率的影响。最终得到如下结论：

第一，我国绿色物流效率值整体水平较低。以绿色物流作为解释变量，利用非期望产出 Super-SBM 模型对我国 2010—2020 年（除西藏外）30 个省市的绿色物流发展水平进行测度，发现我国绿色物流效率值均小于 1，未达到有效状态。分区域来看，我国三大地区绿色物流效率存在明显的区域差异，呈现“东部>中部>西部”的格局。

第二，我国全要素生产率水平呈波动状态。通过 SBM-Malmquist 指数模型测算了全要素生产率及分指标变化情况。发现我国全要素生产率在 2011—2020 年间呈现“W 型”变化趋势。同时，各区域间存在明显差距，东部地区全要素生产率水平最高，西部最低，中部介于二者之间。

第三，绿色物流对全要素生产率影响的效应显著且为正向影响。通过构建面板双固定效应模型的基准回归结果发现，绿色物流对全要素生产率存在显著正向影响。采用了倾向得分匹配法（PSM）进行稳健性检验，显示发现绿色物流对全要素生产率的影响依旧为正显著作用，表明结论稳健可信。

第四，绿色物流对全要素生产率的影响存在地区异质性。本文将整体样本划分为东部、中部和西部三个地区进行分组回归。从结果可知，绿色物流对全要素生产率的影响存在地区异质性，且在东部地区显著为正，在中西部地区的影响虽然为正，但未能通过显著性检验。

第五，绿色物流通过人力资本和产业结构升级影响全要素生产率。作用机制和实证分析表明，人力资本和产业结构升级在绿色物流对全要素生产率的影响中具有重要作用。

## 5.2 对策建议

基于上述结论，可以得到绿色物流能够促进全要素生产率提升，且存在区域差异性。由此，本文提出以下几点建议：

第一，因地制宜，制定有效提升绿色物流水平的发展战略。目前我国绿色物流发展水平整体较低，政府应加大绿色物流的关注力度，尤其对新疆、青海、云南等绿色物流水平较低的省市地区，要加强对资源利用率、污染排放等方面的重视。同时，各地区应重视结合本地区自身的区域发展现状，采用适应本地区产业升级的相应政策，逐渐缩小东、中、西三个地区之间的发展差距。东部地区要进一步鼓励符合技术研发条件的物流业进行技术革新，发展节能降耗技术，同时继续引入先进的管理模式不断提高行业组织运营效率。中部地区需积极推动传统物流产业的绿色化、信息化、高效化和集约化转型进程，确保绿色物流产业得到持续、稳健发展。这一转型不仅有助于提升物流行业的整体效率和环境友好性，还能促进中部城市经济的可持续发展。对于西部地区而言，制定绿色物流相关基础设施的发展方案显得尤为重要。通过合理布局绿色化产业集群和智能仓储分拣中心，打造现代高效化的物流体系，推动西部城市的绿色物流产业发展。这不仅有助于缩小地区发展差距，还能为西部城市的经济发展注入新的活力。

第二，应用财政补贴与税收手段，加强政府干预力度。实证结果显示政府干预度对地区全要素生产率的提升具有显著的正向促进作用。一方面，政府可以通过财政补贴加大对绿色化转型物流业及其相关产业的财政金融支持力度，为产业升级提供资金支持，引进高科技技术，不断促进全要素生产率的提高；另一方面，政府要依靠税收环节通过征税加大污染环境的税收惩罚力度，对地区高能耗产业加强监督管理，推动其主动技术改进与创新，实现产业的绿色转型升级，有效提升全要素生产率。

第三，整合、共享资源，促进产业结构升级。实证结果已明确表明，产业结构升级对全要素生产率具有显著的促进作用。因此，各地区在制定产业政策时，应结合国内人力资本的实际状况，进行科学合理地规划。通过人力资本在三类产业间的合理配置，充分发挥人力资本的作用，有序规划第一产业、第二产业和第三产业的发展比重，促进产业结构的优化升级，进而转变经济增长方

式。同时，应充分利用现有的大数据平台，实现信息资源的整合与共享。通过推动行业间的联合发展，或形成跨区域的产业联盟，实现资源在各地区的自由流动。这不仅有助于降低行业内部及行业间的交易成本，减少能耗损失，还能推动各区域物流产业向高产值、低耗能的绿色方向发展，进而提升整个行业的生产效率。综上所述，通过整合与共享资源，结合人力资本的优化配置，能够促进产业结构的升级，实现经济增长方式的转变，推动物流产业的绿色化、高效化发展。

第四，加大技能培训的投入，重视人才引进。应加大对教育和技能培训的投入，并高度重视人才的引进工作。教育水平在人才体系建设中扮演着重要角色。因此，政府必须增加对教育和技能培训的经费投入，以加强人才的培养和引进，从而提升人力资本的整体水平。具体来说，一方面，需要设立专业化的院校和培训机构，并开设相关课程，有针对性地培养现代人才，以满足社会发展的需求。同时，也应加强对现有劳动力的技能培训，提升他们的专业素养和劳动技能，以适应产业结构调整的需要。另一方面，还应积极引进国际人才，借鉴国际先进经验，为我国现代经济的高质量发展提供坚实的人才保障。在实施人才引进政策时，还应考虑到不同地区的实际情况，采取差异化的策略。对于东部城市，应利用其现有的经济发展优势和优越的地理位置，大力推动人才引进工程，提高绿色化技术人才的待遇，并放宽人才落户的限制，以吸引更多优秀人才前来发展。而对于中西部地区，政府应发挥主导作用，加大专业人才引进的力度，并适时完善社会保障体系，从政策、资金和人才三个维度提供全方位的保障和支持，以促进人才的跨地区流动，为人才流动创造更好的条件。通过这些措施，可以最大限度地发挥科技型人才对产业高效发展的推动作用，有效提升全要素生产率，推动我国经济实现更高质量的发展。

## 参考文献

- [1] Acemoglu D. Introduction to modern economic growth[M]. Princeton university press, 2008.
- [2] Agyabeng-Mensah Y, Tang L. The relationship among green human capital, green logistics practices, green competitiveness, social performance and financial performance[J]. Journal of Manufacturing Technology Management, 2021, 32(7): 1377-1398.
- [3] Battese G E, Coelli T J. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data[J]. Empirical economics, 1995, 20: 325-332.
- [4] Che Zhang L. Human capital, technology adoption and firm performance: Impacts of China's higher education expansion in the late 1990s[J]. The Economic Journal, 2018, 128(614): 2282-2320.
- [5] Chen Y, Puttitanun. Intellectual property rights and innovation in development countries[J]. Journal of development economics, 2005, 78(2): 474-493.
- [6] Estache A, de la Fe B Trujillo. Sources of efficiency gains in port reform: A DEA decomposition of a Malmquist TFP index for Mexico[J]. Utilities policy, 2004, 12(4): 221-230.
- [7] Frantzen D. R&D, human capital and international technology spillovers: a cross-country analysis[J]. Scandinavian Journal of Economics, 2000, 02(1): 57-75.
- [8] Geissdoerfer M, Savaget P, Bocken N M P, et al. The Circular Economy—A new sustainability paradigm?[J]. Journal of cleaner production, 2017, 143: 757-768.
- [9] Horii R, Iwaisako T. Economic growth with imperfect protection of intellectual property rights[J]. Journal of Economics, 2007, 90: 45-85.
- [10] Mariano E B, Gobbo Jr J A, de Castro Camioto F, et al. Carbon dioxide emissions and logistics performance: a composite index proposal[J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 163: 166-178.
- [11] Markovits-Somogyi R, Bokor Z. Assessing the logistics efficiency of European countries by using the DEA-PC methodology[J]. Transport, 2014, 29(2): 137-145.



- [12] Cherchye L, De Rock B, Hennebel V. Coordination efficiency in multi-output settings: a DEA approach[J]. *Annals of Operations Research*, 2017, 250: 205-233.
- [13] Sbihi A, Eglese R W. Combinatorial optimization and green logistics[J]. *Annals of Operations Research*, 2010, 175: 159-175.
- [14] Seroka-Stolka O, Ociepa-Kubicka A. Green logistics and circular economy[J]. *Transportation Research Procedia*, 2019, 39: 471-479.
- [15] Song Y. Research on industrial transformation and upgrading based on low-carbon economic environment[J]. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2021, 30(6A): 6988-6995.
- [16] Song X, Huang X, Qing T. Intellectual property rights protection and quality upgrading: Evidence from China[J]. *Economic Modelling*, 2021, 103: 1-9.
- [17] Thompson M. Social capital, innovation and economic growth[J]. *Journal of behavioral and experimental economics*, 2018, 73: 46-52.
- [18] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. *European journal of operational research*, 2001, 130(3): 498-509.
- [19] Wu Y. Is China's economic growth sustainable? A productivity analysis[J]. *China Economic Review*, 2000, 11(3): 278-296.
- [20] Wei Z, Hao R. The role of human capital in China's total factor productivity growth: A cross-Province analysis[J]. *The Development Economies*, 2011, 49(1): 1-35.
- [21] Zheng L, Zhang J. Research on green logistics system based on circular economy[J]. *Asian Social Science*, 2010, 6(11): 116.
- [22] Zofio J L. Malmquist productivity index decompositions: a unifying framework[J]. *Applied economics*, 2007, 39(18): 2371-2387.
- [23] 白璐璐, 班曦文. 中国经济转型中多因素制约下的绿色物流发展[J]. *现代商业*, 2018(12): 98-99.
- [24] 包振山, 徐振宇, 谢安. 技术创新、产业结构升级与流通业发展[J]. *统计与决策*, 2022, 38(05): 101-105.
- [25] 蔡昉. 中国经济增长如何转向全要素生产率驱动型[J]. *中国社会科学*, 2013(1): 56-71.

- [26] 陈鼻楠. 我国产业结构服务化对全要素生产率的影响研究[D]. 安徽大学, 2019.
- [27] 陈明华, 张晓萌, 仲崇阳等. 长江经济带全要素生产率增长的地区差异及影响因素[J]. 经济社会体制比较, 2018, (02): 162-172.
- [28] 陈宇峰, 章武滨. 中国区域商贸流通效率的演进趋势与影响因素[J]. 产业经济研究, 2015(1): 53-60.
- [29] 曹明霞, 高珊. 全要素生产率视角下中国农业发展的时空演变及问题探析[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(32).
- [30] 单婧, 张文闻. 高质量发展下粤港澳大湾区产业结构转换和全要素生产率[J]. 经济问题探索, 2021(12): 178-190.
- [31] 戴宇践, 罗雨森. 中国物流业绿色全要素生产率增长的收敛性分析[J]. 生态经济, 2023, 39(02): 68-77.
- [32] 戴丽君. 流通产业集聚对我国全要素生产率提升影响的实证研究[J]. 商业经济研究, 2020(21): 5-8.
- [33] 冯杰, 张世秋. 基于 DEA 方法的我国省际绿色全要素生产率评估——不同模型选择的差异性探析[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2017, 53(01): 151-159.
- [34] 郭庆旺, 贾俊雪. 中国全要素生产率的估算: 1979—2004[J]. 经济研究, 2005, (06): 51-60.
- [35] 高安刚, 覃波. 知识型人力资本、价值链低端生产与广西全要素生产率关系研究[J]. 科技和产业, 2018, 18(08): 99-104.
- [36] 高聪聪. 基于 DEA 全要素生产率测度及影响因素分析——以我国六大高耗能行业为例[J]. 浙江万里学院学报, 2017, 30(04): 7-12.
- [37] 高洪玮, 吴滨. 长江经济带高铁开通对制造业绿色转型的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(08): 118-127.
- [38] 郭晓旭, 张娆. 人力资本结构演进对绿色全要素生产率增长影响效应的实证检验[J]. 统计与决策, 2024, 40(04): 85-90.
- [39] 胡雪萍, 乐冬. 环境规制促进了农业全要素生产率提升吗?[J]. 江汉论坛, 2022(11): 42-51.

- [40] 姜辉. 城乡融合视域下传统物流业的绿色转型[J]. 江苏商论, 2021(01):50-52+55.
- [41] 江永红, 陈鼻楠. 产业结构服务化对全要素生产率增速的影响机理[J]. 改革, 2018, (05):87-96.
- [42] 孔继利. 物流业高质量发展指标体系研究[J]. 物流研究, 2021, (03):36-49.
- [43] 李兰, 徐超毅. 绿色金融与物流绿色转型耦合协调研究——以长江经济带为例[J]. 六盘水师范学院学报, 2022, 34(06):1-13.
- [44] 李天霞. 中部地区物流业绿色效率评价及提升策略研究[D]. 桂林电子科技大学, 2023.
- [45] 李莎. 产业结构优化升级对绿色全要素生产率的影响研究[J]. 价格理论与实践, 2021, (04):67-70+170.
- [46] 李晚春. 基于 DEA 模型的物流产业绿色全要素生产率评价研究[J]. 营销界, 2020(21):63-64.
- [47] 李博, 秦欢, 孙威. 产业转型升级与绿色全要素生产率提升的互动关系——基于中国 116 个地级资源型城市的实证研究[J]. 自然资源学报, 2022, 37(01):186-199.
- [48] 李阳阳. 环境规制对中国经济高质量发展的影响研究[D]. 吉林大学, 2023.
- [49] 罗娜. 流通业 FDI 对服务业生产率的影响[J]. 商业经济研究, 2020, (01):23-26.
- [50] 吕世宇. “双碳”视角下绿色物流对区域经济的影响研究[D]. 山西财经大学, 2023.
- [51] 刘华军, 李超, 彭莹, 贾文星. 中国绿色全要素生产率增长的空间不平衡及其成因解析[J]. 财经理论与实践, 2018, 39(05):116-121.
- [52] 刘战豫, 孙夏令. 中国物流业绿色全要素生产率的时空演化及动因分析[J]. 软科学, 2018(4):77-81.
- [53] 刘习平, 金心悦. 物流业绿色全要素生产率测度及其影响因素分析——基于湖北省的实证研究[J]. 湖北经济学院学报, 2021, 19(01):104-112.
- [54] 刘明. 物流业与制造业协同集聚对经济高质量发展的影响——基于 283 个地级以上城市的实证分析[J]. 中国流通经济, 2021, 35(09):22-31.

- [55] 兰焯. 中国城市全要素生产率测度与分析[D]. 河南财经政法大学, 2023.
- [56] 鲁薇. 加快物流行业绿色转型[J]. 北京观察, 2022(07):49.
- [57] 鲁志国, 詹江. 中国制造业全要素生产率测算与分布动态分析[J]. 统计与决策, 2019, 35(12):132-135.
- [58] 雷晓丽. 数字金融、技术创新与流通产业绿色全要素生产率[J]. 商业经济研究, 2022(22):15-18.
- [59] 梁彦希, 王渊, 王玉. 绿色与高效能否兼容? 双元环境政策与企业全要素生产率——基于企业绿色创新行为与清洁生产的链式中介[J]. 管理现代化, 2023, 43(06):155-166.
- [60] 林伟芬. 环境规制、产业升级与城市绿色全要素生产率提升[D]. 广东外语外贸大学, 2020.
- [61] 廖龙静. 安徽省产业结构优化对全要素生产率的影响研究[D]. 安徽财经大学, 2020.
- [62] 毛其淋, 盛斌. 对外经济开放、区域市场整合与全要素生产率[J]. 经济学(季刊), 2012, 11(01):181-210.
- [63] 孟劭珺, 王应明, 叶菲菲. 我国物流业高质量发展水平测度与空间分布特征研究[J]. 工业技术经济, 2022, 41(04):103-110.
- [64] 仇什. 统一市场建设、产业转型升级与城市高质量发展——基于京津冀协同发展视角的实证研究[J]. 云南财经大学学报, 2022, 38(12):16-32.
- [65] 史丹, 李鹏, 许明. 产业结构转型升级与经济高质量发展[J]. 福建论坛(人文社会科学版), 2020, (09):108-118.
- [66] 孙忠娟, 冯佳林, 王赐之. 智能化转型影响企业全要素生产率的门槛效应研究[J]. 工业技术经济, 2023, 42(09):86-91.
- [67] 孙金岭, 朱沛宇. 基于 SBM-Malmquist-Tobit 的“一带一路”重点省份绿色经济效率评价及影响因素分析[J]. 科技管理研究, 2019(2):230-237.
- [68] 孙京虎. 跨境电商发展、新技术促进与中国全要素生产率增长[J]. 商业经济研究, 2023(16):131-135.
- [69] 沈江, 张婷. 物流业发展对中部地区产业结构状况的影响分析[J]. 统计与决策, 2012, (05):147-150.

- [70]施行之. 推进物流业绿色化转型[J]. 浙江经济, 2018(06):40.
- [71]尚银斐, 初铭畅, 张晓芬. 辽宁省物流业绿色发展水平测度[J]. 辽宁工业大学学报(自然科学版), 2022, 42(04):264-269.
- [72]陶怡. 我国经济增长转型升级的对策思考[J]. 商场现代化, 2023(24):135-137.
- [73]田泽, 斯洪诚, 任阳军等. “双碳”目标下三大流域产业转型升级与绿色全要素生产率提升[J]. 当代经济研究, 2023(04):100-114.
- [74]魏翔, 石爱虎. 影响服务业全要素生产率的知识经济因素分析[J]. 厦门理工学院学报, 2017, 25(04):57-64.
- [75]王燊, 程云鹤. 长江经济带物流业绿色绩效测度及其影响因素分析[J]. 黑龙江工业学院学报(综合版), 2018(8):87-92.
- [76]王文静, 刘彤, 李盛基. 人力资本对我国全要素生产率增长作用的空间计量研究[J]. 经济与管理, 2014, 28(02):22-28.
- [77]吴昊. 中国城市劳动生产率影响因素研究——基于 286 个城市数据面板分析[J]. 经济经纬, 2017, 34(01):14-19.
- [78]王翔宇, 郁润心. 环境规制、绿色技术创新与全要素生产率[J]. 内蒙古科技与经济, 2023(04):44-48+66.
- [79]王苏. 人力资本对全要素生产率的影响研究[D]. 天津财经大学, 2021.
- [80]王光栋, 饶和庆. 中部地区全要素生产率增长及省际差异——基于 DEA 的实证分析[J]. 科技管理研究, 2009, 29(12):178-180.
- [81]王守丽, 罗敏. 物流行业绿色化转型存在的问题与研究对策[J]. 物流科技, 2023, 46(15):70-71.
- [82]王海兵. 人力资本、物质资本与中国全要素生产率[D]. 山东大学, 2015.
- [83]王玲, 严伟. “双碳”目标背景下绿色物流发展路径研究[J]. 辽宁行政学院学报, 2023(03):40-45.
- [84]王筠, 赵丹青. 国内外绿色物流发展现状及对我国的启示[J]. 物流技术, 2018, 37(02):20-25.
- [85]王健, 梁红艳. 中国物流业全要素生产率的影响因素及其收敛性分析[J]. 福州大学学报(哲学社会科学版), 2013, 27(03):16-24.

- [86]王琴梅,罗瑞. 物流业高质量发展对区域全要素生产率的影响研究——来自中国 264 个城市的证据[J]. 软科学, 2023, 37(01):58-68.
- [87]王晓东,谢莉娟. 社会再生产中的流通职能与劳动价值论[J]. 中国社会科学, 2020(06):72-93+206.
- [88]武佩剑,薛建涛,朱岚岚. 中国绿色物流效率评价与提升路径研究[J]. 安徽理工大学学报(社会科学版), 2022, 24(06):10-21.
- [89]吴新慧. 中国流通业全要素生产率测算及其趋同效应检验[J]. 统计与决策, 2023, 39(16):96-100.
- [90]徐秀红. 环保投入对全要素生产率的影响研究[D]. 山西财经大学, 2023.
- [91]夏永红. 中国城市全要素生产率变化测度与收敛性检验研究[J]. 技术经济与管理研究, 2023(11):94-99.
- [92]薛钢,陈思霞,蔡璐. 城镇化与全要素生产率差异:公共支出政策的作用[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(03):50-55.
- [93]肖远飞,周萍萍. 数字经济、产业升级与高质量发展——基于中介效应和面板门槛效应实证研究[J]. 重庆理工大学学报(社会科学), 2021, 35(03):68-80.
- [94]杨帆. 我国沿海地区物流业绿色全要素生产率及影响因素研究[D]. 天津理工大学, 2023.
- [95]杨涛,何小洲. 推动现代物流绿色低碳转型发展[J]. 群众, 2022(12):19-20.
- [96]余秀文. 纳入人力资本的中国绿色全要素生产率测度与分析[D]. 浙江工商大学, 2023.
- [97]余泳泽,刘冉,杨晓章. 我国产业结构升级对全要素生产率的影响研究[J]. 产经评论, 2016, 7(04):45-58.
- [98]原静. 产业结构、创新型人力资本与绿色全要素生产率[D]. 山西财经大学, 2022.
- [99]张美莎,邸勍,冯涛. 异质性研发、市场化程度与全要素生产率[J]. 科技进步与政策, 2023(09):1-10.
- [100]张彦彦,胡善成. 垂直专业化、创新与绿色全要素生产率——基于制造业行业的经验证据[J]. 中国科技论坛, 2022(11):104-113+124.

- [101]张丽, 佟亮. 新疆产业结构演进对全要素生产率增长的效应分析[J]. 新疆社会科学, 2013, (05):29-33.
- [102]周祎庆, 聂元昆. 中国绿色全要素生产率动态测算与区域特征分解[J]. 统计与决策, 2022, 38(20):37-42.
- [103]周泰. 低碳视角下区域物流与生态环境协调发展研究[J]. 统计与信息论坛, 2021, 36(06):62-72.
- [104]张珺, 邹乔. “双碳”目标视角下绿色物流对流通业高质量发展的影响[J]. 商业经济研究, 2022(05):113-116.
- [105]张丽峰. 基于 DEA 模型的全要素碳生产率与影响因素研究[J]. 工业技术经济, 2013, 32(03):142-149.
- [106]张宙材. 经济高质量发展背景下中国绿色全要素生产率变化研究[J]. 价格理论与实践, 2023(08):1-5.
- [107]朱旭强, 王志华. 产业结构升级对全要素生产率变动的贡献研究——以苏、粤、闽 1978~2013 年的面板数据为例[J]. 预测, 2016, 35(06):75-80.
- [108]赵俐杰. 中国服务业全球价值链嵌入的生产率效应研究[D]. 山西财经大学, 2019.
- [109]赵文杰. 产业结构视角下东西部地区全要素生产率测度[J]. 中国农业会计, 2022(10):32-34.
- [110]赵嘉, 秦宏. 现代物流业对区域经济发展贡献率研究——以山东省为例[J]. 山东社会科学, 2012(07):166-169.

## 致 谢

时间很快，我的论文也即将完成，也预示着也快告别熟悉的校园，结束这三年研究生生活了。在这三年里，我收获的不仅仅是知识，更是一次次的磨砺与成长。我想这三年的点点滴滴也将是我日后踏入工作、迈上新的人生征程中的一段宝贵经历。作为一个年纪较大的老学生，我很感谢我的导师——杜老师，在学习、生活中给予我很多帮助，在我撰写论文过程中，也总是耐心地给我讲解和给我思路，帮我解决遇到的很多问题，也正是在他的指导下，我才能克服自己学术上的不足，较为顺利的完成这篇论文。在生活里他总是会给我很多为人处世的经验。很感谢您，也祝愿您在科研工作繁忙的保持身体健康。

同时，我也要感谢在我背后默默支持我的家人，感谢爸妈养育，感谢邓安莉的日常贴心照顾与陪伴，你们更是我不断前进的动力源泉。