

分类号 _____
U D C _____

密级 _____
编号 10741



硕士学位论文

论文题目 全球价值链嵌入对我国制造业碳排放效率
影响研究

研究生姓名: 朱 蕾

指导教师姓名、职称: 张 璐 教授

学科、专业名称: 理论经济学 世界经济

研究 方 向: 世界经济运行与协调

提 交 日 期: 2023 年 5 月 31 日

独创性声明

本人声明所提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： 朱蕾 签字日期： 2023年5月31日

导师签名： 张峪 签字日期： 2023年5月31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： 朱蕾 签字日期： 2023年5月31日

导师签名： 张峪 签字日期： 2023年5月31日

Study on the Impact of Global Value Chain Embedding on Carbon Emission Efficiency of China's Manufacturing Industry

Candidate : Zhu Lei

Supervisor: Zhang Lu

摘 要

国际贸易体系的深化使全球价值链延伸到产品生产链的许多环节,全球价值链越来越多地参与到中国的经济发展中,由此带来的资源消耗和环境破坏也亟待关注。碳排放特别是二氧化碳排放问题,涉及到全球经济、社会、生态和政治等多个领域,与碳排放相关的资源和环境问题也促使各国收紧碳排放政策。

2022年,“双碳”目标第二次被列入政府工作报告,延续了上一次报告中强调的“先立后破”的碳减排方式,重点是双碳减排工作。《巴黎协定》为中国2030年实现碳排放总量(碳峰值)和碳强度(降低60%)的减排目标做出了重大承诺。中国制造业的绿色转型关系到社会生态文明建设的核心,碳排放问题已经成为社会关注的焦点,碳排放效率综合考虑到经济和生态问题,逐渐成为衡量制造业碳排放的关键指标。目前我们正处于“双循环”的新历史格局下,融入全球价值链的国际贸易避免成为发达国家的“污染天堂”,一步步实现双碳目标,这是探索中国制造业绿色转型升级的必由之路。

本文主要是研究全球价值链嵌入对我国制造业碳排放效率的影响。首先,通过比较国内外相关文献,提出本文的研究方法。其次,将ADB数据库中的制造业数据与各种统计年鉴的数据进行匹配,通过全球价值链地位指数来衡量全球价值链的嵌入程度。综合考虑到投入、期望产出和非期望产出之间的关系,通过MAXDEA Ultra软件利用超效率SBM模型测算中国各制造业的碳排放效率。最后,基于2008-2020年中国制造业的数据,用Tobit面板数据模型测算全球价值链嵌入指标对我国制造业碳排放效率影响,并得出以下结论:

1.中国全球价值链嵌入程度对制造业碳排放效率有正向影响,说明嵌入全球价值链的越高,制造业的碳排放效率越高。除企业规模外,所有控制变量都通过了显著性检验,其中能源消费结构对碳排放效率的影响显著为负,外商投资强度和法规的影响显著为正。企业规模对碳效率的影响是正的,但不显著。

2.中国制造业全球价值链嵌入对碳排放效率的影响在行业间具有异质性。制造业按照要素密集程度分为三类,全球价值链嵌入程度对三大类行业碳排放效率的影响各不相同。

关键词: 全球价值链 碳排放效率 超效率 SBM 模型 Tobit 模型

Abstract

The deepening of the international trading system has extended global value chains to many links in the production chain of products. Global value chains are increasingly involved in China's economic development, and the resulting resource consumption and environmental damage require urgent attention. Carbon emissions, particularly carbon dioxide, cut across a wide range of global economic, social, ecological and political dimensions, and resource and environmental issues related to carbon emissions have also prompted countries to tighten their carbon policies.

In 2022, the "double carbon" target was included in the government's jobs report for the second time, continuing the "first come, first served" approach highlighted in the previous report. The Paris Agreement makes major commitments to China's 2030 emissions reduction targets for total carbon emissions (peak carbon) and carbon intensity (reduction by 60%). The green transformation of China's manufacturing industry is related to the core of social and ecological civilization. Carbon emission efficiency has become the focus of social attention. At present, we are in a new historical pattern of "double cycle". International trade integrated into global value chains should avoid becoming a "pollution paradise" for developed countries, and realize the double carbon target step by step, which is the only way to explore the green transformation and upgrading of Chinese manufacturing.

This paper mainly studies the impact of global value chain embedding on the carbon emission efficiency of China's manufacturing industry. First of all, by comparing the relevant literature at home and abroad, the research method of this paper is put forward. Secondly, manufacturing data from the ADB database are matched with data from various statistical yearbooks to measure the extent of GVC embedding through the GVC Status Index. Taking into account the relationship between inputs, expected and unintended outputs, the carbon efficiency of China's manufacturing industries was measured using the Super-Efficiency SBM model through the MAXDEA Ultra software. Finally, based on Chinese manufacturing data from 2008-2020, the Tobit panel data model was used to measure the impact of global

value chain embedding indicators on China's manufacturing carbon efficiency, and the following conclusions were reached:

1. The degree of embedding in China's global value chain has a positive impact on the carbon efficiency of manufacturing, suggesting that the higher the embedding in the global value chain, the more efficient manufacturing is. All the control variables except enterprise size passed the significance test, among which the influence of energy consumption structure on carbon emission efficiency is negative, the influence of foreign investment intensity and environmental regulations is positive. The impact of business size on carbon efficiency is positive, but not significant.

2. The impact of global value chain embedding in Chinese manufacturing on carbon efficiency is heterogeneous across industries. Manufacturing is divided into three categories according to factor intensity, and the extent to which global value chains are embedded has a different impact on the carbon efficiency of the three main sectors.

Key words: Global value chain; Carbon emission efficiency; Super efficiency SBM model; Tobit model.

目 录

| | |
|-----------------------------------|----|
| 1 引 言 | 1 |
| 1.1 研究背景及意义..... | 1 |
| 1.1.1 研究背景..... | 1 |
| 1.1.2 研究意义..... | 2 |
| 1.2 相关文献综述..... | 3 |
| 1.2.1 全球价值链嵌入度衡量的研究..... | 3 |
| 1.2.2 碳排放效率测度的研究..... | 4 |
| 1.2.3 全球价值链的嵌入与碳排放之间关系的研究..... | 5 |
| 1.2.4 文献评述..... | 6 |
| 1.3 研究思路与方法..... | 7 |
| 1.3.1 研究思路..... | 7 |
| 1.3.2 研究方法..... | 7 |
| 1.4 研究主要内容及框架结构..... | 8 |
| 1.4.1 主要内容..... | 8 |
| 1.4.2 研究框架..... | 9 |
| 1.5 创新与不足..... | 9 |
| 1.5.1 创新之处..... | 9 |
| 1.5.2 本文不足之处..... | 10 |
| 2 相关概念、理论基础及影响机制 | 11 |
| 2.1 基本概念界定..... | 11 |
| 2.1.1 全球价值链嵌入..... | 11 |
| 2.1.2 碳排放效率..... | 11 |
| 2.2 相关理论基础..... | 12 |
| 2.2.1 全球价值链理论..... | 12 |
| 2.2.2 环境库兹涅茨理论..... | 13 |
| 2.2.3 可持续发展理论..... | 14 |
| 2.2.4 低碳经济理论..... | 14 |
| 2.3 全球价值链的嵌入对中国制造业碳排放效率的影响机制..... | 15 |
| 2.3.1 技术进步效应..... | 15 |
| 2.3.2 环境规制效应..... | 16 |
| 2.3.3 制造业规模效应..... | 17 |
| 3 中国制造业全球价值链嵌入与碳排放现状 | 17 |
| 3.1 中国制造业全球价值链嵌入度现状..... | 17 |
| 3.1.1 测算指标..... | 17 |
| 3.1.2 数据来源..... | 20 |
| 3.1.3 测算结果..... | 21 |
| 3.2 我国制造业碳排放现状..... | 26 |
| 3.2.1 制造业能源消耗情况分析..... | 26 |
| 3.2.2 我国制造业碳排放情况..... | 29 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2.3 中国制造业碳排放效率现状..... | 31 |
| 4 全球价值链嵌入对我国制造业碳排放效率效率实证研究..... | 36 |
| 4.1 模型设定及变量选取..... | 36 |
| 4.1.1 模型设定..... | 36 |
| 4.2.2 控制变量的选取及数据来源..... | 37 |
| 4.2 全球价值链嵌入对我国制造业碳排放效率影响因素实证分析..... | 38 |
| 4.2.1 平稳性检验..... | 38 |
| 4.2.2 因果检验..... | 39 |
| 4.2.3 模型回归结果..... | 40 |
| 4.2.4 异质性检验..... | 41 |
| 5 结论和政策建议..... | 44 |
| 5.1 结论..... | 44 |
| 5.2 政策建议..... | 44 |
| 5.2.1 加大研发投入，市场政府共同调节..... | 45 |
| 5.2.2 完善人才培养机制，加强人才引进力度..... | 45 |
| 5.2.3 合理设计环境能源政策..... | 46 |
| 5.2.4 加快推进产业结构的调整和升级..... | 47 |
| 参考文献..... | 48 |
| 后 记..... | 53 |

1 引言

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

党的二十大报告明确提出，“我们坚持可持续发展，坚持节约优先、保护优先、自然恢复为主的方针，坚定不移走生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路。加快发展方式绿色转型，推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节。”低碳发展已经成为中国经济发展的宏观目标之一，政府也采取了各种措施来提高中国的碳排放效率。当前，人类社会正在面临着全球气候变暖这一巨大生态挑战，而全球气候变暖主要是由碳排放量飙升造成的。基于此，世界各国将注意力集中于控制碳排放量的增长，提高碳排放效率。中国自从改革开放以来对外经济贸易飞速增长，但随之而来的是中国能源消耗量和二氧化碳排放量也在增加。中国的二氧化碳排放量高居世界首位，虽然在政府的宏观调控下从 2014 年开始连续三年保持稳定或下降态势，从 2017 年开始有反弹，近些年又不断上升的态势。这又将中国推向了风口浪尖，以此为由批评中国的国家认为中国应该在恢复环境方面承担更多的责任。

当前全球价值链嵌入正发展的如火如荼，但中国的嵌入地位整体较低，有较高的提升空间。自 20 世纪 90 年代以来，全球价值链已经成为了世界经济发展的新趋势，以中间产品贸易和国际生产环节分割为特征的分工模式是国际贸易新的呈现方式。中国以其特有的人口、资源和财政的优势积极参与到全球价值链的分工过程中，努力寻求发展以适应国际市场大环境，经过这些年的不断努力，中国的众多产业已经嵌入到全球价值链的不同环节。中国不仅向在全球价值链中处于劣势地位的国家出口中间产品，还承接了在全球价值链中处于优势地位的国家的产业转移，主要负责组装和出口来自发达国家的先进设备和零部件，从而扩大了中国的出口规模和贸易利润。中国制造业长期以来一直处于全球价值链的下游，

主要从事加工和装配等简单的附加值低的制造环节。因此改变这一现状，提升中国企业在全球价值链中的嵌入地位是非常重要的。

我国在全球价值链的嵌入程度低也就导致了碳排放问题越来越突出，中国往往以“世界工厂”的身份参与到全球价值链分工过程中，以污染环境为代价承接了大部分是重污染行业的来自西方发达国家的产业转移，所以这也加剧了中国碳排放量的增长。在这一背景下许多学者开始对这一现象进行研究，他们发现中国的隐含碳出口量是大于进口量的，中国在世界贸易中属于碳净出口国家，隐含碳出口量占中国碳排放总量的三分之一。虽然中国的隐含碳进口量远远小于出口量，但其发展速度却高于隐含碳出口。随着经济全球化深入发展，发达国家为了获得更好的生存环境，其跨国公司以前后向产业关联为手段，将他们的中间制造环节，尤其是碳排放量比较高的环节转移到以中国为代表的发展中国家。尽管全球价值链嵌入能够改善中国产业技术与创新能力，继而实现制造业碳排放效率改善，但伴随着污染性企业转移，中国环境压力加剧。因此，要想使中国能够更好地实现低碳经济，也为能够在经济增长中缓解环境压力，需要改善中国经济放效率。

1.1.2 研究意义

本文的研究意义分为两部分：理论意义和实践意义。

从理论意义上讲，研究我国全球价值链嵌入程度对我国制造业碳排放的效率影响，丰富了目前已有的全球价值链研究内容，拓展了全球价值链嵌入程度与制造业碳效率关系的研究视野。能源消耗量大、碳排放量大的制造业是中国经济发展的重要基础，而目前中国的制造业陷入困境，被边缘化，面临低端化、技术封锁等技术难题。如何将制造业改造成低污染、高效能的技术密集型产业，对于节能减排和可持续发展具有重要意义。

从实际意义上讲，测算和分析中国不同制造业的全球价值链的嵌入程度和碳排放效率，有助于了解中国目前参与国际分工的水平，并明确中国制造业部门的碳排放效率现状。中国的经济一直以粗放经济为主要特征，一些企业仍然以高能耗、低效率的方式运营。中国的节能技术和低碳技术正在不断地发展和完善，但客观上仍处于落后状态。在此背景下，中国制造业的低碳化转型势在必行。制造

业向低碳发展转型需要减少制造业的碳排放量,提高中国制造业在全球价值链中的嵌入地位。因此,本文探讨了全球价值链中的嵌入对中国制造业碳排放效率的影响机制,旨在引导中国制造业有效嵌入全球价值链,为其提供政策指导,在保护环境的同时提高其碳排放效率。

1.2 相关文献综述

1.2.1 全球价值链嵌入度衡量的研究

在全球价值链研究的起步阶段,垂直专业化指数(VSS)是被用来衡量全球价值链嵌入程度的指标。垂直专业化指数最早由Hummels等人在2001年提出,并用该指数测算了不同国家的垂直专业化程度。它是指在所有出口产品中,进口中间品的价值或者出口产品的国外增加值占总价值的比重。王宇燕等(2014)在测算中国工业行业全球价值链参与度时也利用了垂直专业化指数,研究发现垂直专业化这一指数在20世纪末21世纪出总体是上升的。苏庆义(2016)以省为统计单位分析了中国出口的价值来源,并将中国出口增加值进行分解,研究结果显示本地增加值即国内增加值是增加值份额中占比最高的部分,其次是垂直专业化和从他国回流的增加值。许冬兰(2019)在测算中国工业细分行业全球价值链嵌入成都市也采用了VSS指数,并得出结论:从2000年到2015年中国工业细分行业全球价值链嵌入程度呈小幅下降趋势,垂直专业化指数相对比较简单但是他存在固有的缺点,即无法连续追踪两个以上的生产阶段,但事实上生产阶段是有许多连续小环节拼凑的,并且垂直专业化指数不能完全区分出不同国家和行业间的价值来源。

因为垂直专业化指数无法满足实际的需要,所以在其基础上进行改进的增加值贸易核算方法应运而生。Koopman, William等人(2010)将一个国家的出口分解为五个部分,构建了“GVC参与率指数”。之后, Koopman对中间产品的进口和中间产品的出口这两类不同类型的增加值进行了区分和定义,在其基础上提出了“GVC地位指数”。他认为一个国家在全球价值链中处于何种位置是由其向其他国家出口中间产品多少所决定的。也就是说一个国家在参与全球价值链

活动中向其他国家出口的中间产品越多，它在全球价值链嵌入位置就越高，出口的产品越少在全球价值链中所处的位置就越低。在此基础上，Koopman 和 Wang 等人（2012）认为一个国家的出口包括九个主要部分，这个分解是根据出口价值的最终流向进行的。在先前学者的研究基础上，王直和魏尚进等人（2015）提出了全新的视角，即用户和生产者两个不同的角度，并以这两个不同的角度为出发点定义了前向的增加值出口和后向联系的增加值出口。刘林（2015）运用面板数据，区分了我国向他国出口与进口中间产品，提出前向参与与后向参与个概念，对 GVC 地位指数的构造做出巨大贡献。在此基础上，王直和魏尚进等人（2017）继续延续了从生产者和消费者两个角度来研究，他们利用投入产出表中的系数矩阵来区分要素含量，构建了新的全球价值链参与指数，这一方法也被现在研究广泛使用。

1.2.2 中国碳排放效率测度的研究

随着全球气候变暖，以及人们对环境的要求变高碳排放效率，这一问题吸引了国内外学术界的关注。Mielnik 等人（1999）衡量碳排放效率是用每消耗一单位能源所释放的二氧化碳量为标准的。而 Sun(2005)则认为，应该用 GDP（国内生产总值）和其所产生的 CO₂ 排放量二者之间的比值来衡量，这也是国家节能减排的标准。用二者之间的比值进行衡量忽然比较简单，但 Ramanathan（2005）指出，碳排放效率并非只受单一因素来影响，在实际生产过程中，它可能受到能源消耗、产业结构以及经济发展水平多种因素的共同影响，所以用单指标来评估有些偏颇。

为了解决单一因素评估效率片面的问题，许多学者开始将数据包络分析（DEA）引入碳排放效率测算领域。碳排放作为负面产出，无法直接使用 DEA 模型所。Fare（1989）为了解决这个困难便提出可以在该模型中加入非期望产出这一概念，作为投入要素的负面不合意产出，与期望产出相对。Zofio(2001)便使用了这种包含非期望产出的的 DEA 模型分析了加入经济合作与发展组织的 34 个国家的碳排放效率；韩晶（2015）等使用 Malquist 指数法测算中国工业行业碳排放效率，得出碳排放效率东部最高，中部居中，西部最低的结论；王博（2017）通

过对中国的主要城市的工业效率进行了评估,也得出不同地区碳排放效率提升空间不一致的结论;谢晓明等人(2017)也用同样的方法研究碳排放效率提升空间不一致的问题,并且使用 Tobit 模型实证检验了影响效率的因素。赵爽等(2018)利用 DEA 模型研究了长江流域地区的碳排放效率,并对其影响途径进行了分析与检验。

为了更精确的测算效率,部分学者利用方向性距离函数(SBM)。王惠、王树桥(2015)使用非径向、非角度的 SBM 模型来测算我国各省市碳排放效率,通过数据分析发现我国碳排放效率总体程度不高。刘亦文和胡宗义(2015)也使用超效率 SBM 模型动态分析我国各省市碳排放效率以及变化特征。彭林(2019)从静态角度利用超效率 SBM 模型,利用 Malquist 指数法测算出中国各省市工业碳排放效率,并对其进行分析和预测。

1.2.3 全球价值链的嵌入与碳排放之间关系的研究

在全球价值链的嵌入与碳排放的关系方面,国内外研究主要集中在以下两个方面:

一是全球价值链嵌入对环境的影响。在目前已有的文献中关于两者之间的关系有三种不同的研究结果,分别是:全球价值链对生态环境有消极影响,有积极影响和不确定影响。关于全球价值链嵌入对生态环境的消极影响也就是“污染天堂”这一说法,邱兆义(2012)利用二十八年的连续面板数据,通过实证实验得出:两者之间存在正相关关系,他是用垂直和专业化指数来衡量全球价值链嵌入程度的,即垂直专业化指数的提升的确带来了碳排放量的增加;李可德等(2017)也认为全球价值链嵌入对环境有负面影响,而这种负面影响是通过国家间的贸易往来使碳排放量增加的;于娟娟(2017)从微观企业方面来考虑这个问题,研究了全球价值链的嵌入是怎样影响企业的污染排放强度,证实了全球价值链嵌入确实对环境存在负面影响。关于全球价值链对生态环境的积极影响,Dean 和 Lovely(2011)利用中国的整体数据进行了研究,认为参与国际分工可以减少中国对外贸易所产生的环境污染。王玉燕等(2015)分析 GVC 嵌入对技术进步的节能减排效应时使用 VSS 指数,研究发现 GVC 参与程度不断加深,技术进步对节能减

排的推动作用相应减弱,但具有一定的行业异质性特征;倪晓颀和于顺洪(2010)考虑到中国加工贸易区域分布的高度异质性,综合考察了各地区的加工贸易出口额和加工贸易在该地区出口总额中的比重,并选择这两个指标相对较高的12个省市作为样本进行研究,也得出了全球价值链中的产品贸易可以改善中国的环境质量;郭庆斌(2017)表明,全球价值链的技术溢出效应可以大大降低中国企业的碳排放量。关于全球价值链对生态环境的不确定性影响,李华政和林洁(2013),胡飞(2016)他们在各自的研究中都得出了相同的结论,他们认为,全球价值链嵌入对环境的影响可以是正向的,也可以是负向的,在实际生产过程中受到多种因素共同影响,具体产生什么样的结果取决于各种因素的强弱制约。

二是全球价值链嵌入对工业生产率的影响。在现有的研究两者之间关系的文献中,大多数都得出两种不同的结论:显著的正向作用和倒“U”型。首先是持倒“U”型观点的学者们:卢越(2017)生产率增长的关系是倒“U”型的,主要是通过市场竞争以及中间品贸易的不同途径来产生影响的;Egger(2005)支持全球价值链嵌入程度与工业生产率之间的关系是倒“U”型的,他是研究了不同的行业生产力,并分析了这些行业之间的技术外溢和相互影响得出的结论;王玉燕等人(2014)通过实证研究发现全球价值链嵌入在提高技术的同时也存在着抑制作用,所以对生产率的影响是倒“U”型。认为二者之间是显著的正向作用的研究有:Amiti和Wei(2010)使用Tobit面板数据模型分析了全球价值链对美国制造业生产率的积极影响,已经是通过什么途径产生这种积极影响的;李小平(2015),刘慧静和朱光(2019)他们都认为全球价值链嵌入是通过提高制造业出口复杂度来提高碳排放效率的;董贵才和王明霞(2016)表明,参与全球价值链可以使我国智能企业的技术水平显著提高。孙学敏(2016)认为全球价值链嵌入是通过三种机制影响企业生产率,并且通过分析认为参加全球价值链活动有利于提升生产力。

1.2.4 文献评述

通过对相关研究的梳理发现,大部分关于碳排放影响的文献都是在Grossman和Krueger提出的规模效应、结构效应和技术效应的基础上进行研究,

将制造业划分为高、中、低技术产业或在制造业的细分中对不同产业进行横向比较。随着全球化分工的推进，学者们逐渐将全球价值链与碳排放联系起来研究，但几乎所有文献都是从产业角度考虑参与全球价值链对中国经济发展和低碳经济转型的影响。

到目前为止，关于衡量全球价值链的文献分析得比较科学和细致。在研究方面，关于全球价值链嵌入对碳排放、工业生产力和环境的影响有大量的研究，然而，鲜有研究涉及全球价值链嵌入对制造业各细分行业碳排放效率影响的这一角度，而效率是经济与生态的综合考虑，更具有客观性。

1.3 研究思路与方法

1.3.1 研究思路

文章主要研究了全球价值链嵌入对于中国制造业碳排放效率的影响。文章采用理论与实证相结合的方式来分析。首先，通过对国内外相关文献的阅读和回顾，对观点进行梳理和归纳，提出了本论文的研究方法。接下来利用 ADB 投入产出数据库测算我国制造业各行业全球价值链嵌入程度，之后综合考虑要素投入、期望产出与非期望产出的关系，使用 MAXDEA Ultra 软件利用超效率 SBM 模型，对中国制造业行业的碳排放效率进行了测算。最后基于 2008-2020 年中国制造业行业数据，选取环境规制等四个制变量，使用 Tobit 面板数据模型进行实证研究，并分析产生这种结果的原因，据此提出改进的政策建议。

1.3.2 研究方法

文献分析法。本文通过对全球价值链与碳排放效率相关国内外文献的大量搜集与阅读，归纳出了不同学者对全球价值链的不同看法以及研究方法，并对目前现有的文献进行总结和评述，找出可以继续研究切入的点。之后分析了与之相关的经济理论，为本文奠定了理论基础。

定性分析法。首先，有必要对全球价值链嵌入与碳排放效率概念进行清晰界定，并且明确了本文选取的制造业类别，为接下来的测算做准备。梳理二者之间的内在逻辑关系和影响机制。

定量分析法。选取了 2008 年到 2020 年的制造业数据，利用全球价值链地位指数来衡量全球价值链嵌入程度；用超效率 SBM 模型测算不同制造业的碳排放效率；最后使用 Tobit 模型进行实证研究。

1.4 研究主要内容及框架结构

1.4.1 主要内容

本论文的研究内容大致分为一下五个部分：

第一部分为绪论。本章首先阐述研究背景及意义，此后对国内外的文献做回顾与总结。并以此为基础，提出本研究的思路与方法，概述本研究的主要内容及框架，并且提出了创新点以及存在的不足。

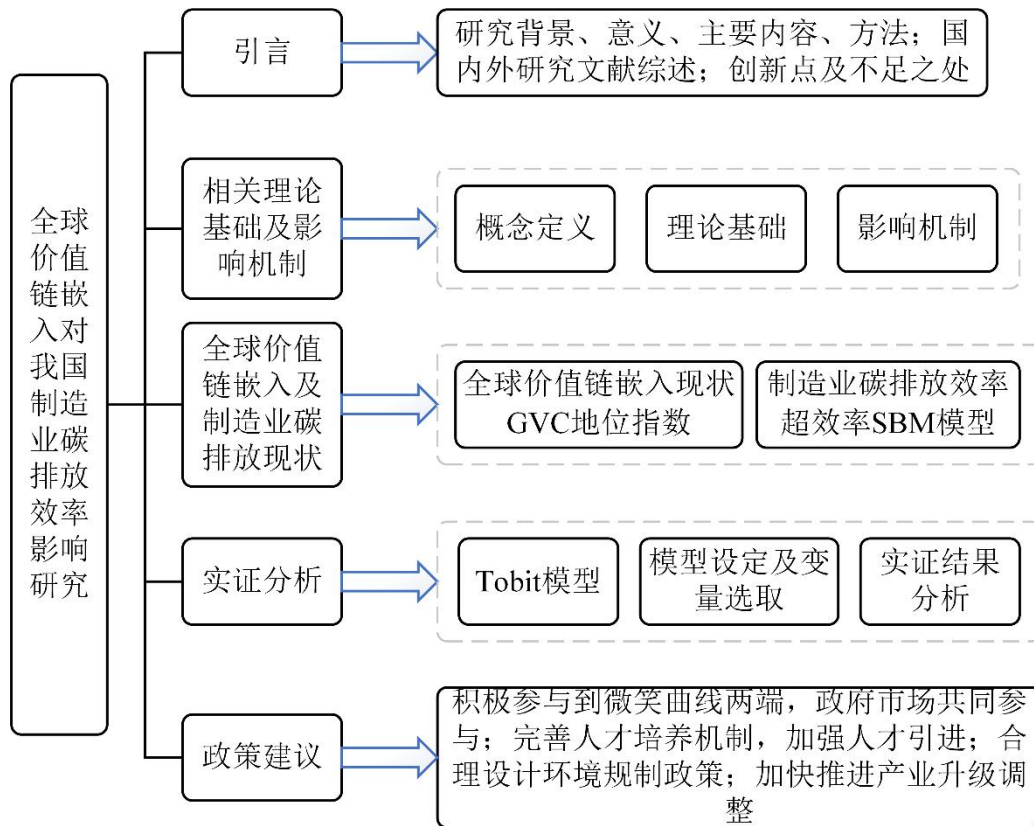
第二部分为相关概念、理论基础及其影响机制，首先对全球价值链和碳排放效率，这两个概念进行了定义，并阐述了与之相关的四个经济理论，本文研究奠定理论基础，最后通过文献总结了三大影响机制。

第三部分是对全球价值链和碳排放效率的现状进行分析。利用全球价值链地位指数，通过对增加值的分解，分析了中国制造业目前的嵌入现状；通过消耗的能源入手来计算制造业各行业二氧化碳排放情况，将其作为非期望产出与投入期望产出一起使用超效率 SBM 模型进行测算，得出制造业各行业碳排放效率情况。

第四部分是实证分析，首先介绍了使用 Tobit 模型的原因，接着对选取的控制变量进行介绍，在进行实证研究前对数据进行平稳性和因果性检验。最后，根据模型回归结果，分析可能造成的原因，并将制造业分成三大类进行异质性检验。

第五部分是结论与对策。首先对本文的研究结果进行一个归纳总结。之后就全球价值链嵌入对制造业碳排放效率影响机制出发提出相应的政策意见，为我国制造业绿色发展低碳转型，嵌入更高位置的全球价值链提供政策指导。

1.4.2 研究框架



1.5 创新与不足

1.5.1 创新之处

从数据方面，当前衡量全球价值链地位指数多采用 WIOD 数据库中投入产出表，但因其更新年份年代早，时效性较差，因此，本文使用时效性更强的 ADB（Asian Development Bank）数据库中 2008-2020 年间的制造业行业数据进行分析，并以此为基础计算了世界各国的全球价值链位置指数。由于两者的统计口径有所不同，所以原本把 ADB 数据库中的制造业大类和《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、《中国工业统计年鉴》与《中国环境统计年鉴》细分行业配套，开展了数据测算和实证分析。

从研究的角度方面，大部分文献都在研究全球价值链嵌入对碳排放、环境以及生产率的影响。在研究对碳排放的影响时主要选取碳强度指标。与单一要素测

算的碳排放强度指标相比,考虑多元投入下的实际碳排放与最优碳排放的比值的全要素碳排放效率这一指标更符合实际。本文将深入探究全球价值链嵌入对于中国制造业行业碳排放效率的影响。

1.5.2 本文不足之处

由于 WIOD 数据库的时效性较差,本文选取了 ADB 数据库的投入产出表,但是其行业分类很宽泛,将制造业分成了 14 大类,与中国各统计年鉴的统计口径不一致,在匹配的过程中,也许对应不太准确。

ADB 数据库从 2007 年开始更新,部分年份的数据缺失,所以本文选取从 2008 年到 2020 年制造业数据作为样本数据,这样就使得样本数据的时间跨度不够大。

2 相关概念、理论基础及影响机制

2.1 基本概念界定

2.1.1 全球价值链嵌入

Kaplinsky (2000) 的观点是, 价值链上的企业分属于各个国家是全球价值链的必备前提。根据参与者所在的地理范围, 全球价值链从小到大可分为地方、国家和区域价值链。Sturgeon (2001) 从组织规模、地理分布和生产主体三个全新的角度来重新定义了全球价值链。他认为, 全球价值链是一个过程, 这个过程从生产开始到消费和服务为止, 将运输和分销也包括在内, 各个环节的所有参与人员都是全球价值链的参与者。联合国工业发展组织将其定义为是一个全球生产组织网络, 是包含从获取资源到生产到销售回收的过程, 在这个过程中能够将生产活动在不同国家和地区组织起来, 并能将生产利润在全球范围内分配。工发组织看来, 全球价值链是全球企业间的网络, 它将生产、分销和回收过程联系起来, 在全球范围内实现商品或服务的价值, 从原材料的收集和运输, 到半成品和成品的生产和分配, 再到最终消费和回收。全球价值链包括所有参与生产和分配以及价值利益分配等活动的行为者和组织, 并通过自动化的业务流程以及与供应商、合作伙伴和客户的联系支撑起一个组织的产量和效率。“嵌入”一词最早由卡尔在 1944 年提出, 之后格兰诺维特 (1985) 批判继承并发展了嵌入理论, 他认为不能将宏观和微观分割讨论, 二者密不可分, 微观的经济行为一定是在宏观的社会中发生的。文章融合了不同学者对概念的界定, 界定了全球价值链嵌入是指中国制造业各行业参与全球价值链分工。

2.1.2 碳排放效率

碳排放, 在学术上是指排放到大气中的温室气体, 主要是二氧化碳的数量。效率是指使用相同的生产要素最大限度地提高所需的生产量或通过生产一定数量的所需产出, 而尽可能少使用生产要素。从投入产出的角度来看, 中国的制造

业碳排放效率可以定义为：在给定的生产要素下，尽可能地增加制造业总产出，同时尽可能地减少碳排放量。碳排放效率这一概念出现很久，但由于各执己见目前还没有一个统一明确的定。很多学者认为碳排放效率，是指以最低的能源消耗和最低的温室气体排放时限最高经济效益的过程。碳排放效率评级系统已经从单因素评估发展到了多因素评估。在早期的指标评级系统中，许多学者将碳排放与能源消耗和经济发展相结合，提出了一系列的碳效率指标，如单位 GDP 的碳排放或单位能源消耗的碳排放。与碳排放强度这一指标相对应碳排放强度越低，碳排放效率越高，反之，碳排放强度越高，碳排放效率越低，二者是对立关系。但用单一因素来评估碳排放效率有些片面，因为碳排放效率受综合因素影响。碳排放效率综合投入，期望产出和非期望产出以对一个行业的碳效率进行客观的分析。根据上述观点，为了完整和准确起见，本文从经济投入和产出的角度将碳排放视为一种经济产出。碳效率的概念有两层含义：可以作为碳排放对环境和经济的总影响的指标，以经济总产出与碳排放的比率来衡量；也可以作为一段时期内使用的生产要素对生态环境影响的指标，主要以投入产出法来衡量。数据包络法（DEA）和基于数据的距离法（SBM）是常用的分析方法。

2.2 相关理论基础

2.2.1 全球价值链理论

全球价值链概念最早可以追溯到 1985 年 Porter 提出的“企业价值链”，随后 Kogut 在 1985 年提出“增值链”，Gereffi 在 1999 年和 2001 年相继提出基于工业组织管理的“全球商品链”和“全球价值链”两个概念。“企业价值链”的概念最早是由波特于 1985 年在其《竞争优势》一书中提出的。他认为，企业价值链是从设计阶段到生产运输阶段，在到最后销售阶段创造价值的生产链。在此基础上，Porter 进一步对包括生产价值在内的价值进行了重新界定，渠道价值与购买价值三个组成部分价值体系，这三个环节分别和供应商经销商消费者挂钩。根据 Porter 的观点，一个只有整合其内部和外部的价值链，也就是企业价值链和价值体系，才能拥有更大的竞争优势，在竞争中处于有利地位；Porter 的理论是

现在使用的“全球价值链”的概念的重要基础。Kogut 则强调资源配置的优化和全球价值链的细分，并在附加值概念的基础上进一步发展了“价值链”的概念。Kogut 认为，“增值链”是企业竭尽全力的利用世界市场来获取有利于其发展的优势，使其在国际竞争中拥有不可替代的比较优势。这个概念更充分体现了价值链在垂直分工和资源配置的优势。在 1999 年提出供应商是最重要发展动力的“全球商品链”的基础上，三年后，Gereffi 进一步提出了“全球价值链”的概念，认为在全球范围内进行分工，不同的过程产生最大的价值时，研发、设计、生产、加工、运输和分销的链条是最有效的。他认为，研发、生产、加工、运输和销售之间最有效的分工是在全球范围内进行的，不同过程产生的增加值也不同，从而形成了“全球价值链”。

2.2.2 环境库兹涅茨理论

库兹涅茨曲线是美国经济学家西蒙·库兹涅茨(Simon Kuznets)于 1955 年提出的，也被称为“倒 U 型假说”。在他看来，经济发展将给社会带来两种效应，即财富积累效应和环境破坏效应。这是因为在生活水平比较落后经济刚开始发展的阶段，人们不在乎环境的破坏，比起环境更重视经济水平，生活质量，甚至愿意以破坏环境来创造更多的财富消除贫困，这就使得生态环境越来越糟。但是，伴随着经济的不断发展和人民生活水平的不断提高，人的心理也会随之发生变化，对于环境的质量也提出了更高要求。在这种情况下，政府就必须将二者兼顾改善生态环境，以前破坏环境来换取经济增长的行为就会不再存在，生态环境就会随之改善。

库兹涅茨环境曲线假说认为，在经济增长刚刚起步的时候，对生态环境的破坏强度随着人均国民收入的增加而逐渐增加。当经济增长水平不断提高到达一个点时，即使收入水平增加人们也会低对生态环境的破坏，也就是说，经济发展水平和环境破坏程度是倒“U”型的关系。

2.2.3 可持续发展理论

可持续发展理论旨在实现公平、可持续和共享的发展，既满足当代人的需求，又不损害后代人生存所需的资源，不破坏他们生活的环境。这一概念是由联合国世界与环境发展委员会在面对工业发展带来的环境问题时提出的，随着经济社会发展逐渐引起公众的关注。虽然它起源于环保主义的要求，但其现在的内涵早已不是单纯的环境保护，它已经成为经济社会发展的战略目标。这一理论主要表现为经济角度与生态角度的两方面协调统一。从经济角度看，可持续发展应尽可能减少能源消耗，实现效用和利润最大化，同时创造实际的经济效益，保证当前的经济增长速度。从生态学角度看，经济社会发展在选择和使用资源时应注意生产活动对能源和环境的影响，实现经济发展与生态环境的平衡，而不是资源与收入或环境与经济的交换。在衡量可持续发展的程度时，学者们最常使用的是环境绩效指数也就是碳排放效率来研究，要求在追求最大经济效益的同时，尽可能少地排放碳。因此，提高碳效率是实现可持续发展的。

2.2.4 低碳经济理论

低碳经济的概念在 2003 年英国能源白皮书《我们的能源未来：创造低碳经济》中首次被提出，是一种以低能源消耗、低污染和低排放为基础的经济模式。

近些年国家正在大力推动低碳经济，这有利于改善经济结构和能源生产的同时，保护环境，减少能源消耗。为了更好地发展低碳经济就必须转变思想，认识到低碳经济的重要性，不能再像经济发展初期时以牺牲环境来换取经济增长。大力开发清洁和使用清洁能源，学习先进技术进行制度和技术的创新，减少能源消耗和碳排放，实现经济增长和环境保护平衡发展。低碳经济的目标其实和可持续发展是一致的。低碳经济并不只是单纯的减少碳排放量，而是一种可持续的经济发展形势。随着全球气候变暖这一形势越来越严峻，我们需要意识到，这主要是由碳排放的急剧增加造成的。在这种时候，所有国家都需要减少碳排放，提高碳排放效率，经济要可持续发展，就必须兼顾经济发展与节能减排两方面。

2.3 全球价值链的嵌入对中国制造业碳排放效率的影响机制

新时期中国制造业的发展可谓是内忧外患，在内体现在技术水平不高，在外体现在国际竞争激烈，全球价值链分工变化等问题。在这种情况下，中国制造业必须认清形势根据现状，依靠双循环政策突破目前发展的瓶颈，实现更高质量的发展。制造业的碳减排也迎来了新的压力和新的机遇。双循环给中国制造业带来的，既是机遇，又是挑战。机遇在于中国制造业也可以抓住机会，利用国内国外两个市场，学习先进技术促进产业绿色低碳发展。挑战在于中国制造业面临的更大的碳减排压力。“碳中和”目标是双循环战略的子目标，制造业企业的碳排放生产阈值逐步收紧，碳排放成为有价值的“可交易资源”，这不仅鼓励低碳生产者继续节能生产，也将不改进生产措施的能耗高的企业从市场中淘汰。目前，中国的制造业，特别是传统制造业，还没有走出一条低技术、资源和劳动力共享的快速发展道路。在欧美国家的高科技、高附加值产业高端封锁下，缺乏研发、品牌和营销的激励机制，牢牢固定在全球价值链靠近消费的末端，严重缺乏向高科技全球价值链产业迁移的能力。制造业处于全球价值链的中低端，集高资源消耗、高碳排放和低经济技术附加值于一身，对碳排放效率和“双碳”目标没有正向贡献。接下来将基于技术进步、环境规制、规模经济这三个广泛承认的理论维度，探讨 GVC 嵌入对中国制造业碳排放效率的影响机制。

2.3.1 技术进步效应

中国制造业通过直接和间接渠道嵌入全球价值链，实现技术突破，提高碳排放率。直接渠道主要是指通过专利和技术许可的转让，直接获得发达国家的先进技术，以满足出口产品的数量和质量要求，提高企业的生产效率；间接渠道主要是指通过参与全球价值链活动，先进的信息和技术在全球价值链上流动，这样利用全球价值链参与贸易的企业就可以利用技术外溢而获益。中国制造业通过以下渠道实现技术溢出：外商直接投资（FDI）、对外直接投资（OFDI）、中间产品的进出口等。

首先，中国制造业利用劳动力、资源、环境等要素禀赋吸引 FDI，通过 FDI

产生示范效应,竞争效应、培训效应与产业关联等,得到发达国家技术溢出效应,推进自身技术发展。第二,中国制造业与海外研发机构建立或合并,提高中国制造业在国外的资本输出能力,从国外获得智力和研发资源,通过反向技术扩散提高自身的技术水平。第三,在使用这些中间产品的过程中,通过模仿、学习和二次创新,提高自身的技术水平(Gereffi and Lee, 2012);第四,中国制造业参与高度竞争的国际市场,学习先进的生产技术和管理手段,通过“干中学”、竞争和外溢效应实现技术进步。如果技术进步是碳密集型的,技术进步越快,碳排放就越高。如果技术进步是清洁或低碳技术,技术进步有助于中国制造业节能减排(Ghisetti and Quatraro, 2017)。

2.3.2 环境规制效应

随着中国制造业嵌入全球价值链的分工,环境监管标准不断提高,增加了制造业的碳生产力。由于发达国家或地区的环境法规成本增加,这些国家将部分生产和加工转移到了海外,而中国的制造业由于拥有巨大的劳动力和资源优势,承接了这些生产业务,导致国内碳排放量迅速增加。为了缓解国内污染问题,中国政府正在逐步提高环境标准,减少导致高污染和高碳排放的外国直接投资,并提高中国制造业相对煤炭的生产力。

同时,针对中国制造业的碳排放要求,外国企业正在提供相对先进的节能减排技术和高效的生产设备,以提高中国制造业的碳生产率。由于发达国家或地区对产品质量、环保、安全和风格的要求往往比中国更严格,中国的代工企业就需要通过技术升级来满足发达国家或地区的环保技术要求,改进生产工艺,提高低碳技术水平,从而间接提高了代工企业的能源生产率和绿色技术水平。此外,参与全球价值链的分工,提高了中国的人均收入,人们的生活水平也就得到相应改善。通常西方发达国家会设置绿色贸易壁垒来保护本国的环境,中国制造业为了适应这一政策就必须研发绿色生产技术。这对于中国能源利用效率的提升和环境的改善都是有益的,最终也将促进中国制造业绿色健康发展。随着中国环保法规和完善中国制造业将发挥主导作用,通过海外投资将生产过程中的能源和碳密集

型环节转移到资源和环境友好型国家，最终提高中国制造业的碳排放效率，从而减少中国制造业的碳排放。

2.3.3 制造业规模效应

我国制造业正积极参与国际贸易和全球价值链分工。在这一过程中，为了不被国际市场淘汰满足国际市场的需求，中国制造业必将学习先进技术，引进先进设备，最大限度发挥自己比较优势，扩大生产规模，实现规模经济，从而使单位生产成本降低，资源得到更合理优化的配置，获得更大的利润，进而提升了行业生产力和碳排放效率。

除此之外，制造业企业还可以进口更多的高价值的低碳中间产品来提高生产力，从而提高碳排放效率。因为随着进口的低碳中间品越来越多，中国的该行业竞争品为了不被淘汰在市场上立足就不得不改进自己的技术，从而使得整个行业的碳排放效率提高，但是规模经济对碳排放效率也存在一定的负面影响，因为中国制造业现在还处于低端锁定的状态，大部分制造业还处于加工贸易阶段，尤其是机械加工和装配的生产环节。所以这样的情况下过度的规模经济也会导致碳排放量的增加，对环境产生破坏。可见不同产业通过规模经济参与全球价值链对生产的碳排放效率有积极和消极两方面作用。

3 中国制造业全球价值链嵌入与碳排放现状

3.1 中国制造业全球价值链嵌入度现状

3.1.1 测算指标

基于上述文献综述，可以得出衡量我国制造业全球价值链嵌入程度主要有垂直专业化指数和增加值贸易分解。而垂直专业化指数仅止于生产业生产两阶段，制造业通常是由几个连续生产阶段构成的，垂直专业化指数无法精确地区分生产、转换、销售和其他复杂工序的增加值，对于处于国际分工下的各国，各部门产品的附加值无法明确区分。在对增加值贸易分解中的全球价值链地位指数方法则克

服了这个缺点，他能够准确地地区分全球价值链各个不同的分工环节，还可以对每一个过程中产品服务价值变化进行解释，同时对各国在特定产品国际贸易中的增值比例进行评估。

KPWW 贸易增加值模型是三个国家之间的模型，包括三个国家的出口，并分析了它们之间的关系。三个国家的出口分解模型如下式 3.1、3.2:

$$X = (I - A)^{-1}Y = BY \quad (3.1)$$

$$V_T = \partial \left(I - \sum_S A_{sr} \right) \quad (3.2)$$

将这个公式整理为矩阵形式表示为式 3.3:

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I - A_{11} & -A_{21} & -A_{13} \\ -A_{21} & I - A_{22} & -A_{23} \\ -A_{31} & -A_{32} & I - A_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B_{11} & B_{12} & B_{13} \\ B_{21} & B_{22} & B_{23} \\ B_{31} & B_{32} & B_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \end{pmatrix} \quad (3.3)$$

其中， X 代表的是总产出， $(I - A)^{-1}$ 是完全需求系数矩阵，简写为 B ；直接增加值的系数向量用 V 来表示， VB 表示的表示增加值的来源矩阵，是将完全需求系数矩阵与直接增加值的系数向量相乘得到的，出口增加值分解系数矩阵就是将 VB 和总出口矩阵相乘，经过该计算便可对不同要素生成的总出口结果进行分解，得到相应要素的总出口矩阵。将三国总出口作为变量，那么由三个变量所构成的总出口模型就是：

$$VBE = \begin{pmatrix} V_1B_{11}E_1 & V_1B_{12}E_2 & V_1B_{13}E_3 \\ V_2B_{21}E_1 & V_2B_{22}E_2 & V_2B_{23}E_3 \\ V_3B_{31}E_1 & V_3B_{32}E_2 & V_3B_{33}E_3 \end{pmatrix} \quad (3.4)$$

FV 为总出口矩阵各列中非对角线元素的和，它代表了一个国家总出口全部来自国外部分的增加值；将各列对角线元素求和，便得到该国总出口本国部分增加值 DV ，矩阵对应值的求和公式为式 3.5、3.6:

$$FV_r = \sum_{s \neq r} V_r B_{sr} E_r \quad (3.5)$$

$$DV_r = V_r B_{rr} E_r \quad (3.6)$$

由此，可以将一国的总出口分解为国内增加值和国外增加值，即为式 3.7:

$$E_r = DV_r + FV_r \quad (3.7)$$

Koopman 等在研究后进一步将国内增加值部分拆分，把一国总出口细分成五个部分，表达式为式 3.8:

$$\begin{aligned}
 E_r &= DV_r + FV_r \\
 &= V_r B_{rr} \sum_{s \neq r} Y_{rs} + V_r B_{rr} \sum_{s \neq r} A_{rs} X_{ss} \\
 &\quad + V_r B_{rr} \sum_{s \neq r} \sum_{t \neq r, s} A_{r,s} X_{s,t} + V_r B_{rr} \sum_{s \neq r} A_{r,s} X_{s,r} + FV_r
 \end{aligned} \tag{3.8}$$

表 3.1 一国出口分解表

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------|--------|----------|--------|----------|
| 被进口国吸收 | 被进口国用来 | 被进口国用来 | 被进口国用来 | |
| 的本国最终产 | 当做中间品生 | 生产第三国所 | 生产返销回原 | |
| 品出口中包含 | 产国内所需商 | 需产品的进口 | 产地的产品所 | 出口中所含的 |
| 的国内增加值 | 品中所含国内 | 中间品的国内 | 需要的进口中 | 国外增加值 |
| | 增加值 | 增加值 | 间品国内增加 | |
| | | | 值 | |
| 直接的出口国内增加值 | | IV 间接的出口 | 折返的出口国 | FV 出口中包含 |
| | | 国内增加值 | 内增加值 | 的国外增加值 |

在此基础上，一国总出口可以表达为式 3.9:

$$E_r = DV_r + IV_r + FV_r \tag{3.9}$$

Koopman 等据此结构提出了两个不同的影响指数，即 GVC 参与指数和 GVC 地位指数，其计算公式分别为式 3.10、3.11:

$$GVC - participation = \frac{IV_r}{E_r} + \frac{FV_r}{E_r} \tag{3.10}$$

$$GVC - position = \ln \left(1 + \frac{IV_r}{E_r} \right) - \ln \left(1 + \frac{FV_r}{E_r} \right) \tag{3.11}$$

FV_r 代表出口中的国外增加值部分。对于这个公式，间接出口增加值用 IV_r 表示，指 r 国出口增加值从进口国引进中间品，另一进口国从该进口国输入再生产加工产品，在第二个进程中，其他进口国最终吸收耗用的那一部分是间接出口增加值。 E_r 为总出口。公式中的 $\frac{IV_r}{E_r}$ 表示的是前向参与程度，由间接出口增加值占总出口之比表示，这个值的大小，表示 r 国在产品出口过程中，向别的国家提供

中间品意愿倾向性的程度； $\frac{FV_r}{E_r}$ 代表后向参与程度，用国外增加值占总出口之比表示，这个值的大小，说明该国 r 依赖于非本国进口的中间产品。二者总和的大小可表明各国 r 在 GVC 分工与合作进程中的深度，其值越大说明该国全球价值参与率越高。

3.1.2 数据来源

在 UIBE 数据库中，ADB-MRIO2021 包含了 63 个国家和 35 个部门在 2008-2020 年期间的全球价值链核算指标。这些数据是研究我国制造业参与国际分工程度及全球价值链地位变化的重要信息来源。所以本文运用了王直等学者关于贸易增加值的分解方法，运用全球价值链参与率指数与地位指数分析对 2008-2020 年间我国制造业全球价值链地位。为了口径统一，将中国各统计年鉴中的行业分类与亚投行数据库中的制造业分类相结合。这些子行业被合并为 13 个制造业，作为研究对象。

收集的制造业包括：食品、饮料与烟草制品制造业，织物与纺织品制造业，皮革、皮革与鞋类制品制造业，木材、木制品与软木制品制造业，纸浆、纸制品、纸质印刷与出版制造业，焦炭、精炼石油与核燃料制造业，化学品与化学制品制造业，橡胶和塑料制造业，其他非金属矿物制造业，基本金属和加工金属制造业，机械装备制造业，电气和光学设备制造业，运输设备制造业。鉴于家具生产和其他制造业的指标的重要性不确定，暂时没有将其纳入实证分析。需要解释的释在这一部分对数据进行了一系列调整，首先是标准有变更的行业，比如 2011 年以前橡胶和塑料制品业是单独分开的 2011 年以后是合并的，所以本文将这两项合并到橡胶和塑料制品业中；有些年份汽车行业和铁路、船舶、航空航天和其他运输设备行业数据是分开统计的，本文将合并到运输设备制造业中；为了符合新行业分类标准，将 2008 年到 2011 年纺织服装、鞋、帽制造业中的细分行业制鞋业数据去除；将制鞋业数据合并到皮革、毛皮、羽毛及其制品业，这样两大类制造业统计口径便一致了。另外本文提出了文教体育用品、机械和设备修理业等数据确实比较多的行业。最终本文选取了中国制造业 24 个子行业，并将其与 ADB 数据库的制造业类别进行匹配分析。此外，因为亚投行数据库制是从 2007 年开

始提供全球连续投入产出数据,为了保证数据的连续性和一致性,本文选取 2008 年到 2020 年为研究年份。

3.1.3 测算结果

现有文献对制造业全球价值链的嵌入程度一般从全球价值链参与度指数和全球价值链地位指数两个指标共同评估。下文也是从这两个指标开始入手,进行衡量的。Koopman 认为全球价值链参与度指数是由前向参与度和后向参与度共同组成。前者衡量国内生产的商品和服务的增加值用于生产其他国家的出口的比例,后者衡量由其他国家贡献的增加值占本国出口的商品和服务的增加值的比例。前向参与度代表该行业处于全球价值链上游的程度,即前向参与度越高,该行业在全球价值链中的位置越靠近上游;后向参与度代表该行业在全球价值链下游的程度,即后向参与度越大反应了该行业处于全球价值链的下游位置。

由表可以看出,2008 年到 2013 年我国全球价值链参与程度整体上是稍微下降的,明显的标志是后项参与度较高的处于价值链下,有位置的低附加值行业出口贸易额减少,这是由于受到金融危机的冲击,国际贸易萎缩,国际贸易中商品需求量减少;2014 年到 2019 年,由于处于我国实施“十三五”规划期间,重视产业转型和升级,中国制造业很好地抓住了这个契机,并利用其实现全球价值链嵌入位置的提升,所以 2014 年到 2019 年我国制造业前项参与度指数提高。2020 年由于受新冠疫情的影响,前项参与度指数略微下降。

表 3.2 中国制造业 GVC (C3-C9) 前向参与度数据

| 年份 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2008 | 0.048 | 0.072 | 0.021 | 0.151 | 0.190 | 0.215 | 0.217 |
| 2009 | 0.048 | 0.064 | 0.015 | 0.147 | 0.177 | 0.314 | 0.212 |
| 2010 | 0.048 | 0.074 | 0.017 | 0.147 | 0.182 | 0.228 | 0.216 |
| 2011 | 0.048 | 0.076 | 0.021 | 0.155 | 0.169 | 0.245 | 0.222 |
| 2012 | 0.048 | 0.077 | 0.025 | 0.159 | 0.172 | 0.244 | 0.222 |
| 2013 | 0.048 | 0.074 | 0.017 | 0.146 | 0.182 | 0.228 | 0.216 |

| | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2014 | 0.051 | 0.072 | 0.026 | 0.165 | 0.180 | 0.249 | 0.231 |
| 2015 | 0.051 | 0.079 | 0.027 | 0.162 | 0.195 | 0.259 | 0.237 |
| 2016 | 0.050 | 0.083 | 0.029 | 0.163 | 0.170 | 0.191 | 0.243 |
| 2017 | 0.055 | 0.083 | 0.027 | 0.170 | 0.187 | 0.267 | 0.251 |
| 2018 | 0.074 | 0.107 | 0.035 | 0.191 | 0.208 | 0.289 | 0.267 |
| 2019 | 0.062 | 0.114 | 0.031 | 0.183 | 0.199 | 0.266 | 0.248 |
| 2020 | 0.064 | 0.101 | 0.034 | 0.181 | 0.196 | 0.260 | 0.259 |

数据来源：笔者根据 ADB 数据库计算得出，C3-C15 为 ADB 中制造业行业类目，下同。

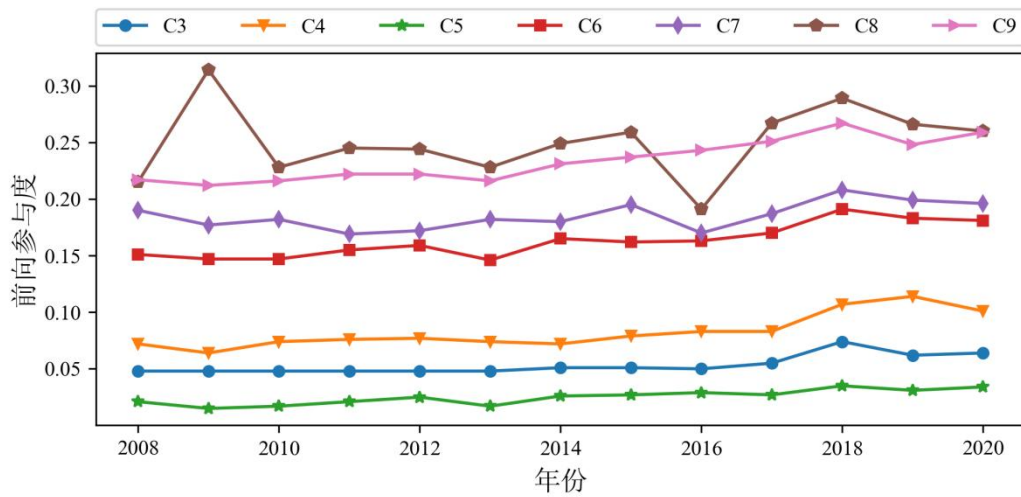


图 3.1 中国制造业 GVC (C3-C9) 前向参与度变化示意图

续表 3.2 中国制造业 GVC (C10-C15) 前向参与度数据

| 年份 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2008 | 0.178 | 0.096 | 0.230 | 0.096 | 0.105 | 0.114 |
| 2009 | 0.167 | 0.093 | 0.200 | 0.091 | 0.100 | 0.086 |
| 2010 | 0.175 | 0.097 | 0.191 | 0.096 | 0.113 | 0.091 |
| 2011 | 0.188 | 0.115 | 0.197 | 0.109 | 0.117 | 0.091 |
| 2012 | 0.189 | 0.102 | 0.183 | 0.110 | 0.114 | 0.090 |
| 2013 | 0.176 | 0.096 | 0.192 | 0.095 | 0.112 | 0.090 |
| 2014 | 0.184 | 0.113 | 0.197 | 0.109 | 0.114 | 0.112 |

| | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2015 | 0.197 | 0.101 | 0.208 | 0.118 | 0.129 | 0.124 |
| 2016 | 0.202 | 0.106 | 0.210 | 0.119 | 0.133 | 0.120 |
| 2017 | 0.208 | 0.113 | 0.214 | 0.124 | 0.139 | 0.126 |
| 2018 | 0.232 | 0.122 | 0.226 | 0.135 | 0.160 | 0.140 |
| 2019 | 0.223 | 0.119 | 0.217 | 0.125 | 0.147 | 0.134 |
| 2020 | 0.223 | 0.120 | 0.208 | 0.133 | 0.152 | 0.133 |

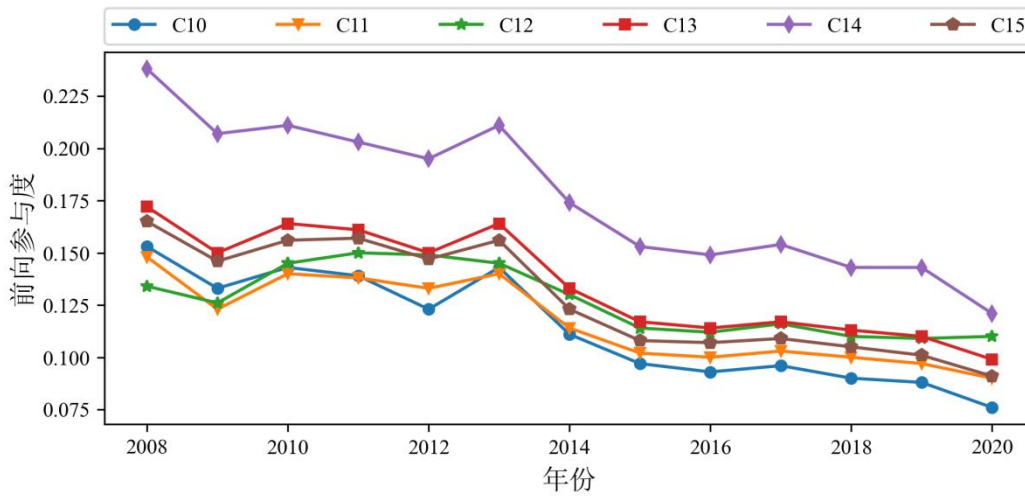


图 3.2 中国制造业 GVC (C10-C15) 前向参与度变化示意图

表 3.3 中国制造业 GVC (C3-C9) 后向参与度指数数据

| 年份 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2008 | 0.095 | 0.122 | 0.165 | 0.108 | 0.122 | 0.168 | 0.136 |
| 2009 | 0.076 | 0.099 | 0.127 | 0.088 | 0.105 | 0.119 | 0.118 |
| 2010 | 0.086 | 0.107 | 0.141 | 0.105 | 0.122 | 0.163 | 0.129 |
| 2011 | 0.089 | 0.109 | 0.136 | 0.107 | 0.126 | 0.167 | 0.129 |
| 2012 | 0.080 | 0.093 | 0.121 | 0.091 | 0.111 | 0.161 | 0.119 |
| 2013 | 0.086 | 0.107 | 0.141 | 0.104 | 0.124 | 0.162 | 0.127 |
| 2014 | 0.068 | 0.083 | 0.103 | 0.089 | 0.100 | 0.138 | 0.102 |
| 2015 | 0.059 | 0.072 | 0.090 | 0.080 | 0.086 | 0.126 | 0.091 |
| 2016 | 0.057 | 0.070 | 0.088 | 0.076 | 0.085 | 0.127 | 0.088 |

| | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2017 | 0.058 | 0.072 | 0.091 | 0.079 | 0.089 | 0.130 | 0.090 |
| 2018 | 0.057 | 0.069 | 0.089 | 0.075 | 0.084 | 0.117 | 0.085 |
| 2019 | 0.056 | 0.066 | 0.086 | 0.073 | 0.082 | 0.121 | 0.085 |
| 2020 | 0.048 | 0.055 | 0.067 | 0.068 | 0.077 | 0.118 | 0.075 |

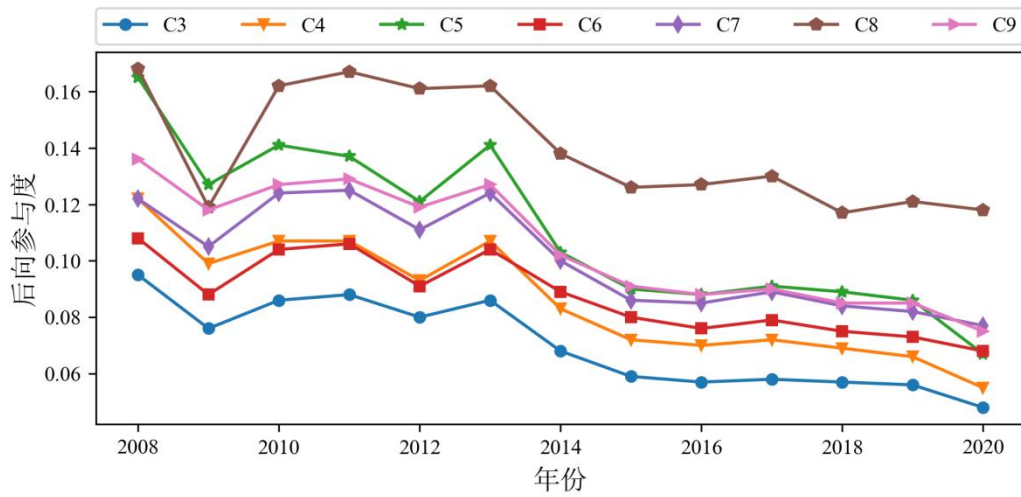


图 3.3 中国制造业 GVC (C3-C9) 后向参与度变化示意图

续表 3.3 中国制造业 GVC (C10-C15) 后向参与度指数数据

| 年份 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2008 | 0.153 | 0.148 | 0.134 | 0.172 | 0.238 | 0.165 |
| 2009 | 0.133 | 0.123 | 0.126 | 0.15 | 0.207 | 0.146 |
| 2010 | 0.143 | 0.14 | 0.145 | 0.164 | 0.211 | 0.156 |
| 2011 | 0.139 | 0.138 | 0.15 | 0.161 | 0.203 | 0.157 |
| 2012 | 0.123 | 0.133 | 0.149 | 0.15 | 0.195 | 0.147 |
| 2013 | 0.143 | 0.14 | 0.145 | 0.164 | 0.211 | 0.156 |
| 2014 | 0.111 | 0.114 | 0.13 | 0.133 | 0.174 | 0.123 |
| 2015 | 0.097 | 0.102 | 0.114 | 0.117 | 0.153 | 0.108 |
| 2016 | 0.093 | 0.1 | 0.112 | 0.114 | 0.149 | 0.107 |
| 2017 | 0.096 | 0.103 | 0.116 | 0.117 | 0.154 | 0.109 |
| 2018 | 0.09 | 0.1 | 0.11 | 0.113 | 0.143 | 0.105 |

| | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2019 | 0.088 | 0.097 | 0.109 | 0.11 | 0.143 | 0.101 |
| 2020 | 0.076 | 0.09 | 0.11 | 0.099 | 0.121 | 0.091 |

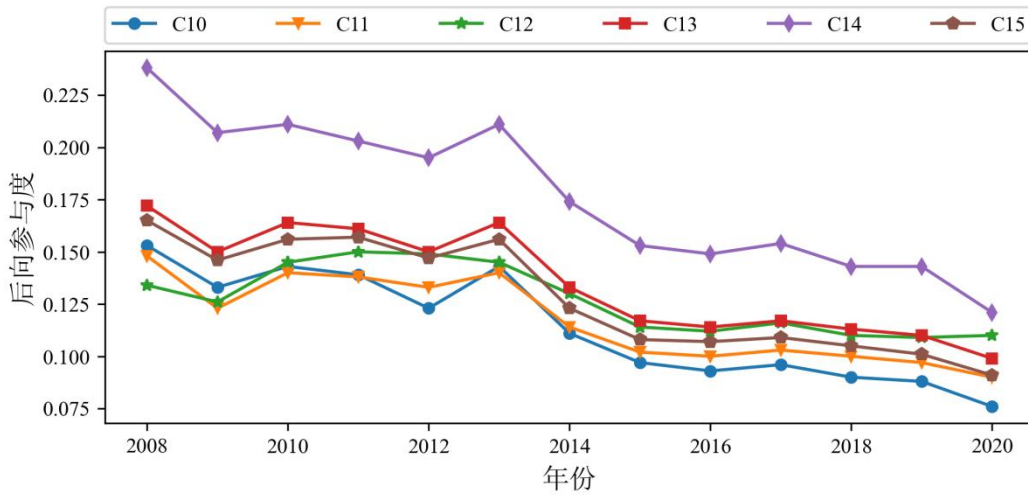
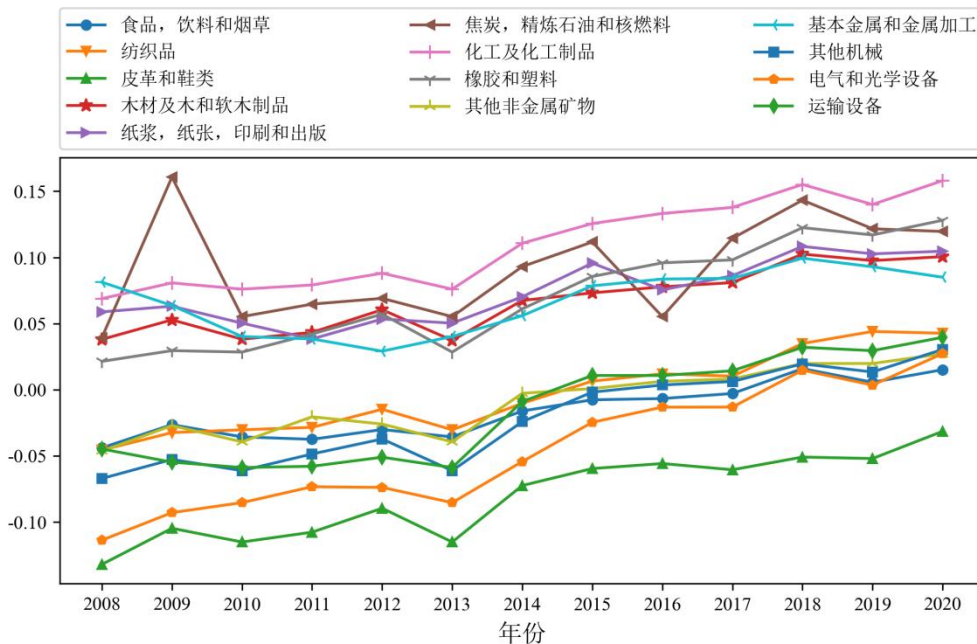


图 3.4 中国制造业 GVC (C10-C15) 后向参与度变化示意图

如图 1 所示，中国制造业在全球价值链位置具有显著的行业异质性。如果按制造要素的类型来观察子行业，中国制造业如劳动密集型的纺织品和皮革 (C4)，食品、饮料和烟草 (C3) 以及高科技附加值的电子和光学产品 (C14) 的全球价值链嵌入指数相较而言偏低，说明目前低端锁定比较严重，仍处于比较艰难的发展困境中。中国制造业中能源型产业 (如 C7 纸张生产)，它在全球价值链上具有较高的地位，总体上处于 GVC 的中间位置。仔细思考可以发现我国三大类制造业在参与全球下列分工中存在着不同的特点。在我国所有制造业中最早参与到全球价值链分工活动中的是劳动密集型行业，由于中国有丰富的劳动力资源禀赋，所以劳动密集型行业嵌入价值链的程度比较高，但是由于这类行业技术要求和附加值不高，所以在国际竞争中并没有独特竞争优势。相比之下资本密集型行业，如造纸和基本金属生产和加工制造业，他们主要是以提供原材料和加工初级产品的角色参与到全球价值链分工，这些行业在全球价值链中的“高位运行”就导致了对不可再生资源的大量消耗和无法弥补的生态破坏。对于技术密集型产业如电子和光学制造业多年来呈现出小幅上涨的趋势，但普遍还处于下游位置。我国的高新技术产业长期以来面临来自发达国家的高端技术封锁，无法接触到核心技术，

被困在全球价值链的下游。总的来说中国制造业资本密集型产业的全球价值链强弱程度要高于劳动密集型产业和技术密集型产业。



数据来源: 由 ADB 数据库整理计算得来。

图 3.5 我国制造业全球价值链变化趋势

3.2 我国制造业碳排放现状

3.2.1 制造业能源消耗情况分析

2000 年到 2020 年中国等能源消费总量不断上升, 消费的标准煤从 2000 年的 130296 万吨增加到 2020 年的 498314 万吨标准煤, 增长了近四倍, 制造业能源消费总量也在以 5% 左右的平均速度增长。我国制造业能源消费总量占能源消费总量的 50% 以上, 说明了制造业节能减排提高碳排放效率对我国整体减少碳排放具有重要重要, 制造业仍是绿色低碳发展需要改造的重点。

能源是制造业发展必不可少非常重要的因素。制造业占中国能源消费总量的一半以上, 消费的标准煤从 2000 年的 69516 万吨增加到 2020 年的 27965.1 万吨。制造业能耗总量基本呈上升趋势, 但由于近年来国家节能减排政策的出台, 2015 年、2016 年制造业能耗逐步下降, 能耗增速也在逐渐下降。

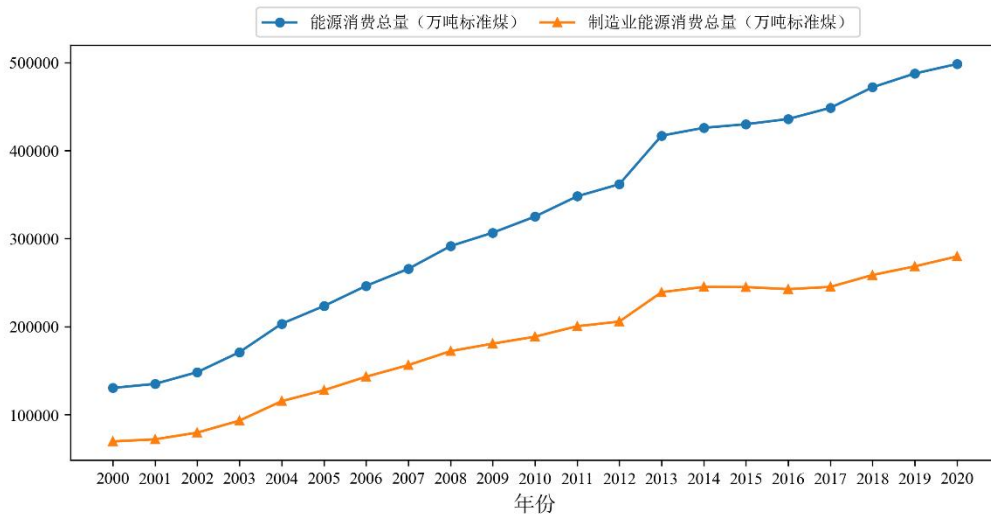
表 3.4 2000-2020 年我国制造业总体能源消费情况 单位：（万吨标准煤）

| 年份 | 能源消费总量 | 制造业能源消费总量 | 制造业能源消费总量 增长速度 (%) |
|------|-----------|-----------|-----------------------|
| 2000 | 130296.88 | 69516.52 | |
| 2001 | 134914.75 | 71958.22 | 3.5 |
| 2002 | 148221.13 | 79532.95 | 10.5 |
| 2003 | 170942.58 | 93163.87 | 17.1 |
| 2004 | 203227.02 | 115261.44 | 23.7 |
| 2005 | 223319.30 | 127683.89 | 10.8 |
| 2006 | 246270.15 | 143051.47 | 12.0 |
| 2007 | 265582.99 | 156218.80 | 9.2 |
| 2008 | 291448.29 | 172106.52 | 10.2 |
| 2009 | 306647.15 | 180595.97 | 4.9 |
| 2010 | 324939.15 | 188497.85 | 4.4 |
| 2011 | 348001.66 | 200403.37 | 6.3 |
| 2012 | 361732.01 | 205667.69 | 2.6 |
| 2013 | 416913.02 | 239053.40 | 1.0 |
| 2014 | 425806.07 | 245051.39 | 2.5 |
| 2015 | 429905.10 | 244919.56 | -0.6 |
| 2016 | 435818.63 | 242514.87 | -1 |
| 2017 | 448529.14 | 245139.54 | 0.9 |
| 2018 | 471925.00 | 258604.00 | 5.5 |
| 2019 | 487488.00 | 268426.00 | 3.8 |
| 2020 | 498314.00 | 279651.00 | 4.2 |

资料来源：笔者由《中国能源统计年鉴 1998-2022 年》整理计算得出。

能源是制造业发展必不可少非常重要的因素。制造业能源消耗占中国能源消费总量的一半以上，消费的标准煤从 2000 年的 69516 万吨增加到 2020 年的

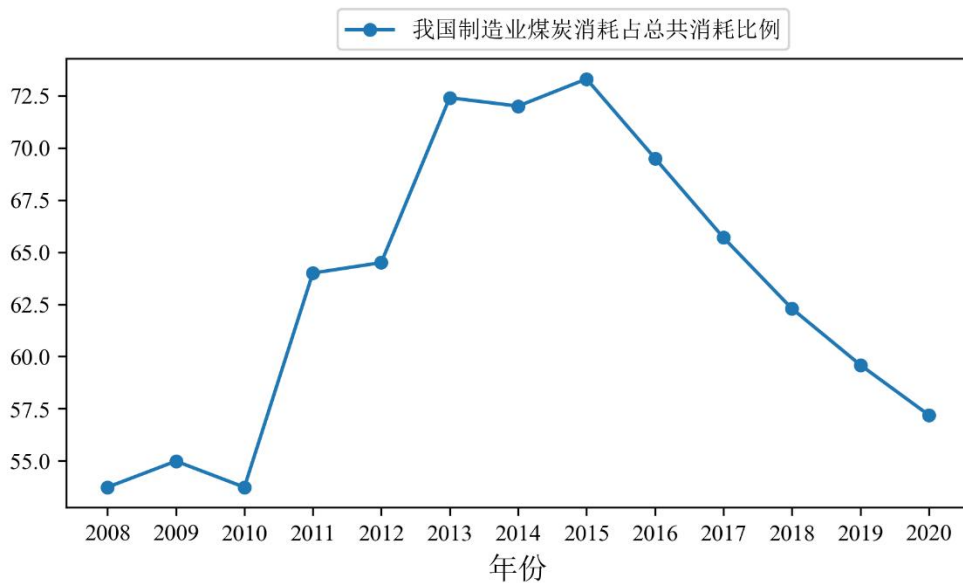
27965.1 万吨。制造业能耗总量基本呈上升趋势，但由于近年来国家节能减排政策的出台，2015 年、2016 年制造业能耗逐步下降，能耗增速也在逐渐下降。



资料来源：《中国统计年鉴 1998-2022》

图 3.6 2000-2020 年我国能源消费及制造业能源消费总量图

中国的能源禀赋结构的特点是“富煤、贫油、少气”，与此对应地，煤炭是我国能源中消耗最多的，“高碳化”也始终伴随着中国产业的发展。2008-2020 年我国制造业煤炭能源消费占比情况如图 3.6 所示。中国制造业的能源消费严重依赖煤炭，占比最高超过 70%，最低也在 50% 以上，近些年虽有下降态势，但也超过 55%，高占比持续存在。天然气等清洁能源碳排放量低，但目前对清洁能源了解和使用不充分，所以接下来中国应加大对清洁能源的开发和使用。



资料来源：《中国能源统计年鉴（2006-2020）》数据计算得出

图 3.7 我国制造业煤炭消耗占总消耗比例

如图 3.7 所示，中国的能源消耗还是以煤炭为主，这种格局并没有改变，所以我国的碳排放量还是很高。但是由于中国目前对清洁能源的利用不是很充分，所以这种以煤炭为主的单一的能源消费结构还将继续存在。在短期内无法改变能源消费结构的情况下，中国制造业企业必须提高自己的低碳技术，加强研发投入来提高碳排放效率以及能源使用效率，提高资源的利用率。

3.2.2 我国制造业碳排放情况

本部分的二氧化碳排放量计算和分析是接下来的碳排放效率测量的基础。本文利用公式 3.12，也就是将各种能源消耗量折算成标准煤数量乘以该种能源二氧化碳排放系数，来测算二氧化碳排放量，计算出 2008 年至 2020 年中国制造业整体和各行业的二氧化碳排放量。本文选用《中国能源统计年鉴》中的煤炭、焦炭和其他八种主要燃料作为能源来源，能源消费实物量与该能源折算标准煤系数的乘积为折算的标准煤消费量，折算标准煤系数和二氧化碳排放系数见表 3.7。具体计算公式如下：

$$CO_2 = \sum_{i=1}^n E_i \omega_i C_i \quad (3.12)$$

其中， E_i ， ω_i 和 C_i 分别表示第 i 种能源的实物消费量、折算标准煤系数和二氧化碳排放系数。

表 3.5 各种能源折算标准煤系数与二氧化碳排放系数

| 能源 | 折算标准煤系数 (kg 标煤/kg 或 m ³) | 二氧化碳排放系数 (t/t 标准煤) |
|----|---|-----------------------|
| 煤炭 | 0.714 | 2.774 |
| 焦炭 | 0.971 | 3.134 |
| 原油 | 1.429 | 2.150 |
| 汽油 | 1.471 | 2.032 |
| 煤油 | 1.471 | 2.097 |

| | | |
|-----|-------|-------|
| 柴油 | 1.457 | 2.173 |
| 燃料油 | 1.429 | 2.270 |
| 天然气 | 1.215 | 1.645 |

资料来源：《中国能源统计年鉴（2020）》

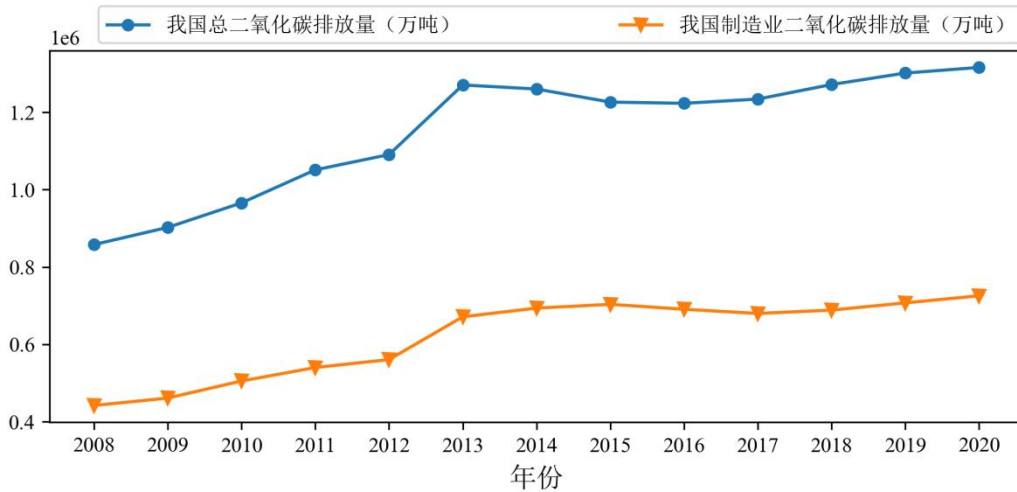


图 3.8 2008-2020 年我国总体及制造业二氧化碳排放量

由图 3.8 可知，我国制造业二氧化碳排放量占总排放量的比例与能源消耗量占总能源消耗的比例如出一辙。这十二年间制造业二氧化碳排放量从 441621 万吨增长到 725468 万吨，是 2008 年的 1.64 倍。也更加印证了我国要改变碳排放量高居不下这一现状，必须从制造业入手。

表 3.6 2020 年我国各制造业二氧化碳排放量

单位：万吨

| 行业种类 | 数量 |
|-------------------|--------|
| 食品、饮料与烟草制品制造业 | 8068 |
| 织物与纺织品制造业 | 1521 |
| 皮革、皮革与鞋类制品制造业 | 131 |
| 木材、木制品与软木制品制造业 | 200 |
| 纸浆、纸制品、纸质印刷与出版制造业 | 7659 |
| 焦炭、精炼石油与核燃料制造业 | 315345 |
| 化学与化学制品制造业 | 77361 |

| | |
|--------------|--------|
| 橡胶和塑料制造业 | 692 |
| 其他非金属矿物制造业 | 57242 |
| 基本金属和加工金属制造业 | 218473 |
| 机械装备制造业 | 1656 |
| 电气和光学设备制造业 | 965 |
| 运输设备制造业 | 743 |

资料来源:由《中国能源统计年鉴 2022》整理得出

表 3.8 为 2020 年中国 13 大类制造业二氧化碳排放量,其中碳排放量最高的是四个行业是:焦炭、精炼石油和核燃料制造业(315345 万吨);基本金属和加工金属制造业(218473 万吨);化学和化学制品制造业(77361 万吨);其他非金属矿物制造业(57242 万吨)。通过以上数据分析,可以看出中国的技术密集型企业 and 劳动密集型企业的碳排放量比较低。将碳排放量较高的行业和致《中国制造 2025》中迫切需要绿色转型的行业高度一致。表明中国制造业的绿色转型目前与制造业中的高污染、高碳产业相一致。也就是说,中国迫切需要绿色转型的行业和制造业中碳排放量高环境污染性强的行业是一致的。所以资源密集型行业是我国制造业整体提高碳排放效率,降低碳排放量的关键所在,也是我国实现经济低碳绿色发展必须要突破的瓶颈。

3.2.3 中国制造业碳排放效率现状

目前,DEA 模型被许多国内学者用来测算和分析碳效率,它可以用来衡量多个投入和产出指标的效率,而无需事先对数据进行加权或量化。传统的 DEA 模型有两种形式:规模报酬不变模型(CCR-DEA)和规模报酬可变模型(BCC-DEA)。这两种模型的缺点是假设所有的数据都是同比例增加或减少的,这明显不符合现实,而且没有考虑松弛变量的影响,会影响结果的准确性。2002 年, Tone 提出超效率 SBM-DEA 模型,这个模型解决了传统 DEA 模型的缺点,没有假设所有要素同比例增加或减少,这样可以减少偏差。并且超效率 DEA 方法相结合, Andersen 提出超效率 SBM 模型。该模型具有以下优势:可为实现各

决策单元间数据可比性进而提升实证结果准确性。通过对相近产业中其他方面研究方法的借鉴和总结，文中采用考虑包含非期望产出，也就是碳排放量的超效率 SBM 模型，对我国制造业各个产业碳排放效率进行了测度。其模型可表示为式 3.13、3.14：

$$\rho = \min \frac{1 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{s_i^-}{x_{ik}}}{1 - \frac{1}{q} \sum_{r=1}^q \frac{s_r^+}{y_{rk}}} \quad (3.13)$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{j=1}^m x_{ij} \lambda_j - s_i^- x_{ik}, j \neq k \\ \sum_{j=1}^m y_{rj} \lambda_j + s_r^+ \leq y_{rk}, j \neq k \\ \lambda, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \\ i = 1, 2, \dots, rr, r = 1, 2, \dots, q, j = 1, 2, \dots, m (j \neq k) \end{cases} \quad (3.14)$$

ρ 表示的是中国制造业行业碳排放效率值， n 表示投入指标的数量，在本文中取值为 3， q 表示产出指标的数量，本文中取值为 2， x_{ik} 代表第 k 个决策单元的第 i 项投入， y_{rk} 也是同理， s_i^- 、 s_r^+ 分别代表投入、产出的松弛量， λ 表示权重向量。当 $\rho \geq 1$ 时，表示决策单元有效。当 $\rho < 1$ 时，表示决策单元无效，出现了效率浪费的情况，在此情况下，需要进一步去优化投入产出要素指标的选取。

超效率 SBM 模型需要考虑三个方面，首先是投入要素，选取资本、劳动力和能源消耗作为三个投入要素，产出方面选择行业总产值为期望产出，碳排放量为非期望产出。这些指标定义如下：

(1) 资本投入：资本在生产过程中是必不可少的。在本文中，使用固定资产净值作为资本投入的衡量指标，并使用工业生产者出厂价格指数将其转换为 2008 年不变价格。各行业的固定资产净值来自历年的《中国工业统计年鉴》。

(2) 劳动投入：劳动力对生产的重要性是不言而喻的，本文用年平均从业人数来衡量制造业行业的劳动力投入。需要特别说明的是，由于统计年鉴中没有 2012 年的数据，所以 2012 年数据是通过线性插值法填补的。年均从业人数的数据来自历年的《中国工业统计年鉴》。

(3) 能源投入：能源在生产过程中起了重要作用。将制造业各行业能源消耗量折算为标准煤来表示用来衡量能源投入，行业能源消费数据来自于历年的《中国能源统计年鉴》。

(4) 期望产出：制造业中产生的符合预期的产出是期望产出。在《中国统计年鉴》中，近年来呈现出以主营业务收入取代总产值，统计主营业务收入，不计算总产值的特点。这是因为主营业务收入是反映一个国家或地区经济发展水平和综合实力的重要指标之一。因此，本文顺应趋势选取主营业务收入为期望产出。为了使不同年份数据可纵向比较，主营业务收入乘以各部门工业品出厂价格指数，把各年度主营业务收入换算成不变价格，基期是 2008 年。各部门工业品出厂价格指数及主营业务收入数据来源于历年《中国统计年鉴》。

(5) 非期望产出：生产活动的不符合预期的产出是非期望产出。在本文中非期望产出就是二氧化碳排放量。二氧化碳排量的数据是由第三章计算得出。

本文使用超效率 SBM 模型，利用 Maxdea 软件处理以上数据，测算出我国 2008-2020 年 13 个制造业大类行业的碳排放效率值，如表所示。

表 3.7 2008-2014 年中国制造业行业碳排放量效率

| 行业种类 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 食品、饮料与烟草制品制造业 | 0.4157 | 0.2625 | 0.4471 | 0.488 | 0.4751 | 1.0711 | 1.0075 |
| 织物与纺织制品制造业 | 1.3295 | 0.2154 | 0.1114 | 0.2685 | 0.3887 | 0.345 | 0.3957 |
| 皮革、皮革与鞋类制品制造业 | 1.1248 | 1.0727 | 0.6901 | 1.076 | 1.4271 | 1.0715 | 0.5045 |
| 木材、木制品与软木制品制造业 | 0.3867 | 0.2541 | 0.4487 | 0.6366 | 0.489 | 0.3965 | 0.4899 |
| 纸浆、纸制品、纸质印刷与出版制造业 | 0.2823 | 0.1545 | 0.3137 | 0.2886 | 0.3303 | 0.2226 | 0.2995 |
| 焦炭、精炼石油与核燃料制造业 | 1.5035 | 1.2148 | 1.5172 | 1.4648 | 1.4454 | 1.3092 | 1.4685 |
| 化学品与化学制品制造业 | 0.5215 | 0.2044 | 0.3149 | 0.3707 | 0.6449 | 0.2762 | 0.589 |
| 橡胶和塑料制造业 | 0.2572 | 0.2269 | 0.4106 | 0.1663 | 0.4244 | 1.0314 | 0.4293 |

| | | | | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 其他非金属矿物制造业 | 0.2273 | 0.1497 | 0.2789 | 0.4023 | 0.3138 | 0.1858 | 0.2901 |
| 基本金属和加工金属制造业 | 1.1234 | 0.2407 | 1.1863 | 1.0846 | 1.0404 | 0.307 | 1.0117 |
| 机械装备制造业 | 0.5411 | 0.3119 | 0.5343 | 0.141 | 0.5765 | 0.5088 | 0.4879 |
| 电气和光学设备制造业 | 1.2822 | 0.2938 | 1.3502 | 0.0565 | 1.3011 | 1.3738 | 1.3485 |
| 运输设备制造业 | 1.0361 | 1.5024 | 1.1181 | 1.3489 | 1.1149 | 1.2717 | 1.1007 |

续表 3.7 2015-2020 年中国制造业行业碳排放量效率表

| 行业种类 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 均值 |
|-------------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 食品、饮料与烟草制品制造业 | 1.0355 | 10.2774 | 0.5471 | 0.0564 | 0.552 | 1.0519 | 0.6683 |
| 织物与纺织品制造业 | 0.3962 | 0.3294 | 0.3628 | 0.4206 | 0.3588 | 0.3419 | 0.4049 |
| 皮革、皮革与鞋类制品制造业 | 1.1312 | 1.3218 | 1.0679 | 1.0576 | 1.0721 | 1.1266 | 1.0572 |
| 木材、木制品与软木制品制造业 | 0.4719 | 0.4619 | 0.5535 | 1.1291 | 1.0358 | 1.0742 | 0.6021 |
| 纸浆、纸制品、纸质印刷与出版制造业 | 0.3494 | 0.2268 | 0.3914 | 0.3789 | 0.2584 | 0.3966 | 0.2995 |
| 焦炭、精炼石油与核燃料制造业 | 1.4655 | 1.1006 | 1.6924 | 1.0792 | 1.1084 | 1.5329 | 1.3771 |
| 化学品与化学制品制造业 | 1.0091 | 0.3346 | 0.1398 | 0.2081 | 1.3374 | 0.3628 | 0.4856 |
| 橡胶和塑料制造业 | 0.4454 | 0.3492 | 0.3792 | 0.1574 | 0.3203 | 0.426 | 0.3864 |
| 其他非金属矿物制造业 | 0.3369 | 0.1776 | 0.2605 | 0.1877 | 0.2617 | 0.004 | 0.2366 |
| 基本金属和加工金属制造业 | 0.6976 | 0.2282 | 0.3479 | 0.2368 | 0.1505 | 0.4359 | 0.6224 |
| 机械装备制造业 | 0.571 | 0.4647 | 0.5295 | 0.5458 | 0.5115 | 0.4391 | 0.4741 |
| 电气和光学设备制造业 | 1.244 | 1.2181 | 1.5293 | 0.0749 | 1.0393 | 1.2117 | 1.0249 |
| 运输设备制造业 | 1.0847 | 1.3407 | 1.185 | 1.2174 | 1.5048 | 1.095 | 1.2246 |

数据来源：由 MAXDEA Ultra7.6 软件测算得出

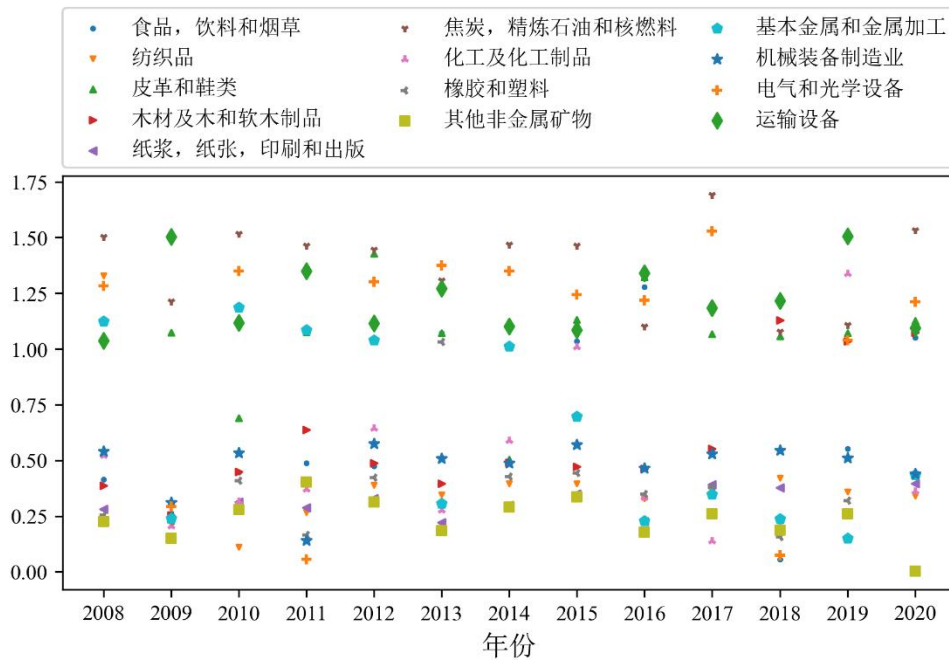


图 3.9 2008-2020 年中国制造业行业碳排放量效率变化趋势

总的来说,从 2008 年到 2020 年,中国制造业行业的整体碳排放效率是波动上升的,从数值上看,皮革、皮革和制鞋制造业,焦炭、精炼石油与核燃料制造业,电气和光学设备制造业以及交通运输设备制造业的碳排放效率较高,而纸浆、纸制品、纸质印刷和造纸业、橡胶和塑料制造业以及其他非金属矿物生产业的碳排放效率则处于较低水平。大多数行业的碳排放效率在稳步提高,但也有少数行业碳排放效率低,所以为了整体的效果,政府必须要给予他们更多的关注和政策倾斜,激发他们进行创新的积极性,这样才能提高中国制造业的整体碳效率。

综上所述,制造业各行业之间的碳排放效率并不是一样的,它们各有不同的特点,碳排放效率近些年提升的幅度比较小,中国在制造业碳减排方面还大有可为。

4 全球价值链嵌入对我国制造业碳排放效率效率实证研究

通过上文中的研究发现我国目前行业间碳排放效率存在明显异质性。通过上文的分析，我们可以看到中国制造业目前碳减排任务艰巨但又势在必行。所以本文接下来将对影响碳排放效率的各种因素进行实证分析。

4.1 模型设定及变量选取

4.1.1 模型设定

数据的回归分析中，可能出现由于变量取值有限，这时用最小二乘的方法回归，所得结果在较大概率上存在着偏和不一致性，所以应该用另一种方法的回归分析。由于 Tobit 回归可以解决因变量取值受限而导致的误差问题，所以本文将作为一种新的方法应用于碳排放效率预测中。Tobit 回归模型是托宾根据最大似然估计原理提出的限制性变量回归模型，它是一种截取回归模型，因变量在满足一定约束条件下值。通过对模型中自变量和控制变量之间关系的讨论可以看出，控制了自变量的大小之后就可以直接用 Tobit 模型计算出回归系数，从而实现了对因变量的精确拟合。由于以上所测碳排放效率值，当各项值均大于 0 为约束条件，因此，该部分运用 Tobit 回归模型对我国制造业碳排放效率影响因素进行了研究。通过计算各地区碳排放量和工业总产值等相关指标，并将其代入到所构建的模型中，从而得出相应结论。标准的 Tobit 回归模型如式 4.1:

$$\begin{cases} y_i = \beta^T x_i + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n \text{ 其中 } \varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2) \\ y^* \leq 0 \text{ 时, } y_i = 0 \\ y^* \geq 0 \text{ 时, } y_i = y^* \end{cases} \quad (4.1)$$

x_i 表示解释变量、 y_i 是被解释变量和 β^T 是参数向量， ε_i 是服从正态分布随机误差项。 x_i 取实际观测值， y_i 取值方式受限：当 $y^* \geq 0$ 时， y_i 取实际观测值，当 $y^* \leq 0$ 时， y_i 取值为 0。

综合上文对于 GVC 和碳强度作用机制的理论框架构建，借鉴杨骞和刘华学者对于制造业碳排放多因素影响理论选取本研究的控制变量，具体计量分析模型如式 4.2:

$$PER = \partial_0 + \partial_1 GVC_P_{it} + \partial_2 Z_{it} + \mu_i + \beta_i + \varepsilon_{it} \quad (4.2)$$

其中， i 表示行业， t 表示研究的年份， μ_i 表示制造业各行业个体效应， β 表示时间效应， ε_{it} 表示其他扰动项。本文的核心自变量是全球价值链的地位指数（GVC-position），因变量是制造业碳排放效率（PER），其他影响碳排放效率的变量设置为控制变量 Z ， Z 包括能源消费结构（STR），环境规制（ER），企业规模（CS），外商投资力度（FIP）。

4.2.2 控制变量的选取及数据来源

（1）能源结构（STR）。我国能源结构以煤为主，因此，研究优化我国能源消费结构对于减少碳排放量至关重要。在能源消费总量不变的情况下时，降低煤炭占能源消费比例，可提高二氧化碳排放效率。文中用各行业煤炭消费量在能源消费总量中的比重表示能源消费结构，原始数据来源于历年的《中国能源统计年鉴》。

（2）环境规制（ER）。本文以规模以上工业企业主营业务收入与能源消耗总量之比来衡量该指标，参考 Kheder（2008）等人和曲晨耀（2017）的观点，这一比例的上升，意味着环境规制变得更严格。在短期内，环境规制带来了成本负担，由于制造企业对污染治理有一定资金投入，竞争力降低和碳排放效率降低；长期来看环境规制会促进经济发展，使其生产规模扩大，生产率提高，最终促使碳排放量减少。但从长远来看，环境规制反映了行业治理污染、对节能减排技术的研发和创新进行投入，激励其不断创新，开发和更高效的技术和设备，并为后续革新提供补偿，从而提高竞争力，进而促进碳排放效率。

（3）公司规模（CS）。在计算时考虑了行业间的差异对企业规模影响程度。本研究选取产业中员工人数占企业单位数之比，来衡量规模的大小。这一数值能够体现出企业进行研究以及技术开发与引进的能力，企业规模越大进行碳排放效率的改善的可能性以及能力就越强；但是另一方面大型企业的管理层次也很多，组织结构臃肿等，将导致决策效率不高，内部协调成本居高不下，将妨碍碳效率从而。

(4) 外商投资强度 (FIP) 外商投资对碳排放效率的影响主要体现在两个方面。一方面, 外资和企业的引入可以加快技术创新和生产效率的提高, 从而提升制造业部门的碳排放效率。另一方面, 引进外资也会带来污染型企业的进入, 给中国环境造成了负面影响, 进而减少制造业碳排放效率。文章以中国制造业外商资本与实收资本之比作为中国制造业外商投资强度的度量指标。外商资本与实收资本的数据都来自历年的《中国统计年鉴》。

表 4.1 描述性统计

| 变量名 | 变量 | 平均数 | 标准差 | 最大值 | 最小值 | 样本数据 |
|----------|-------|--------|--------|---------|--------|------|
| 全球价值链嵌入度 | GVC-P | 0.022 | 0.065 | 0.161 | -0.131 | 169 |
| 碳排放效率 | PER | 0.682 | 0.448 | 1.692 | 0.004 | 169 |
| 能源消费结构 | STR | 0.533 | 0.507 | 2.475 | 0.005 | 169 |
| 环境规制 | ER | 9.965 | 11.797 | 90.438 | 0.291 | 169 |
| 企业规模 | CS | 50.940 | 32.590 | 266.396 | 15.940 | 169 |
| 外商资本 | FIP | 0.149 | 0.079 | 0.374 | 0.025 | 169 |

4.2 全球价值链嵌入对我国制造业碳排放效率影响因素实证分析

4.2.1 平稳性检验

按照常规程序, 在利用面板数据进行实证分析之前, 需要考察数据的稳定性。这其中一步重要的步骤就是通过构建模型来确定变量间的相关性和协整关系。李子奈注意到某些非平稳经济时间序列通常也有这种倾向, 但是这些时间序列可能并没有直接的联系。在此背景下, 对于这类数据的直接回归甚至 R^2 也是非常高的, 亦无实际意义, 就有虚假回归, 又叫伪回归。如果采用单位根检验法, 则可以有效地发现那些无明显趋势性特征的数据序列, 从而为进一步研究提供基础。

所以单位根检验分为 3 类：有趋势和截距的检验，只有截距的检验，以及两者都没有的检验。对于这三种检验方法，不同学者给出了各自适用条件及优缺点为确保回归结果有效，本文实证回归之前采用了相同单位根检验方法 LLC，若在验证拒绝有单位根原假设时，那我们就说这个序列很平稳，相反，则不平稳。从表 4-2 的结果可以看出，本文中各变量的样本数据都通过了平稳性检验。

表 4.2 平稳性检验表

| 变量 | 差分 阶数 | P | 平稳性 | 变量 | 差分 阶数 | P | 平稳性 |
|-------------|----------|----------|-----|----------|----------|----------|-----|
| 碳排放效率 | 0 | 0.832 | | 环境规 制 | 0 | 0.244 | |
| | 1 | 0.000*** | 平稳 | | 1 | 0.000*** | 平稳 |
| | 2 | 0.000*** | | | 2 | 0.000*** | |
| 全球价值链 嵌入 | 0 | 0.235 | | 企业规 模 | 0 | 0.217 | |
| | 1 | 0.112 | 平稳 | | 1 | 0.735 | 平稳 |
| | 2 | 0.000*** | | | 2 | 0.000*** | |
| 能源消耗结 构 | 0 | 0.79 | | 外商资 本 | 0 | 0.015** | |
| | 1 | 0.613 | 平稳 | | 1 | 0.003*** | 平稳 |
| | 2 | 0.000*** | | | 2 | 0.000*** | |

注：***、**、*分别代表 1%、5%、10%的显著性水平

4.2.2 因果检验

回归结果如表 4.3，基于变量全球价值链嵌入与碳排放效率，显著性 P 值为 0.000***，呈现显著性，拒绝原假设，制造业全球价值链嵌入可以引起碳排放效率变化。基于变量碳排放效率与全球价值链嵌入，显著性 P 值为 0.555，不呈现显著性，不能拒绝原假设，碳排放效率不可以引起全球价值链嵌入变化，说明我国全球价值链嵌入与制造业碳排放效率之间是单向因果关系。

表 4.3 因果检验表

| 配对样本 | | F | P |
|-------|-------|-------|----------|
| 嵌入 | 碳排放效率 | 8.897 | 0.000*** |
| 碳排放效率 | 嵌入 | 0.591 | 0.555 |

注：***、**、*分别代表 1%、5%、10%的显著性水平

4.2.3 模型回归结果

表 4.4 模型回归结果

| 种类 | 碳排放效率 | Std值 |
|-------|----------|----------|
| 嵌入 | 1.437** | (2.448) |
| 能源结构 | -0.135* | (-1.928) |
| 外商资本 | 1.849*** | (3.903) |
| 规模 | 0.001 | (0.567) |
| 环境规制 | 0.015*** | (4.406) |
| _cons | 0.335** | (2.555) |
| 行业分类 | 0.150*** | (9.192) |
| N | 169 | |

注：***、**、*分别代表 1%、5%、10%的显著性水平

中国的全球价值链嵌入程度对制造业的碳排放效率有正向影响,说明全球价值链的嵌入程度越深,制造业的碳排放效率越高。产生这一结果的主要原因是,我国技术水平较低,只能实现初级产品的加工,一般都是粗加工,无法在全球价值链中占据较高的地位,同时由于节能减排技术相对落后,能源利用率低,无法有效降低制造过程中的碳排放量。与此同时,低碳经济对全球价值链的发展产生重要的影响,这就对参与全球价值链分工的的制造业碳排放要求变得更加严格,中国的低碳经济发展较为缓慢,技术薄弱转型困难,为了使中国更好地融入全球价值链,减少对国家碳排放的影响,中国制造业必须提高资源利用效率,减少对

能源资源，尤其是煤炭的依赖，完善产业结构，建立健全分工和合作机制，更好地融入全球价值链低碳经济体系。

中国制造业的能源消耗结构（STR）和碳排放效率之间呈现出显著的负相关关系。这一结果与许源等人的研究结果一致。与清洁能源相比，煤炭在燃烧的过程中释放出更多的二氧化碳，所以在能源总量不变的情况下，减少煤炭消费在能源消费总量中的比重肯定会提高二氧化碳的排放效率。

外商投资强度（FIP）对中国制造业的碳排放效率的影响是显著的正向作用。外国投资者对全球价值链活动的投资能够通过加快技术升级，改善资源配置等途径降低碳排放，它所产生的正面效果要比负面效果大得多。

企业规模（CS）对制造业的碳排放效率有正向但不显著的影响，可能是因为中国制造业企业还没有达到最佳规模。

环境规制（PER）的影响系数通过了显著性检验，说明中国制造业的环境监管会对制造业的碳排放效率产生促进作用。因此，所以应该加强环境规制宣传和落实的力度。

4.2.4 异质性检验

制造业的各个细分行业，全球价值链嵌入地位与碳排放效率两个维度均具有明显异质性，以确保实证结果稳健，具有实际意义，因此，借鉴陈丰龙（2012）等人的做法，我们根据要素的密集程度，把这 13 类制造业划分为 3 个密集性行业，也就是劳动密集型行业、资本密集型与技术密集型产业，并就此再次作了实证分析,行业划分参见表 4.5：

表 4.5 行业划分

| 行业 | 具体行业 |
|---------|----------------|
| 劳动密集型行业 | 食品、饮料与烟草制品制造业 |
| | 织物与纺织品 |
| | 皮革、皮革与鞋类制品 |
| | 木材、木制品与软木制品 |
| | 橡胶和塑料 |
| 资本密集型行业 | 纸浆、纸制品、纸质印刷与出版 |

| | |
|---------|-------------|
| | 焦炭、精炼石油与核燃料 |
| | 其他非金属矿物 |
| | 基本金属和加工金属 |
| 技术密集型行业 | 化学品与化学制品 |
| | 机械装备 |
| | 电气和光学设备 |
| | 运输设备 |

表 4.6 分行业检验表

| 行业类型 | 劳动密集型行业 | 资本密集型行业 | 技术密集型行业 |
|-------|----------------------|---------------------|---------------------|
| 嵌入 | -2.195** (-2.534) | 5.293*** (4.501) | 1.235 (1.056) |
| 能源结构 | -0.114 (-0.755) | 0.000 (0.000) | 0.848** (2.624) |
| 外商资本 | 0.617 (0.812) | 3.307*** (3.202) | 1.474 (1.405) |
| 规模 | 0.007*** (3.075) | 0.000 (0.318) | 0.001 (0.233) |
| 环境规制 | 0.027*** (5.058) | -0.002 (-0.466) | 0.045*** (7.977) |
| _cons | -0.012 (-0.074) | -0.069 (-0.254) | -0.300 (-0.899) |
| 行业分类 | 0.066*** (5.701) | 0.146*** (5.099) | 0.068*** (5.099) |
| N | 65 | 52 | 52 |

全球价值链嵌入对这三大类行业碳排放效率的影响是不相同的,对劳动密集型行业是显著的负相关,对资本密集型行业是显著的正相关,对技术密集型行业作用是正向的,但是为通过显著性检验。原因可能在于劳动密集型行业都是通过简单的加工组装环节嵌入全球价值链,虽然全球价值链地位提升一定程度改变了出口结构,但是并不能改变“低端锁定”的状态。随着制造业全球全球价值链嵌

入地位稳步提升，劳动密集型产业因其嵌入时间较早，已经在全球价值链攀升的过程中也取得了一定的成果，接下来中国的劳动密集型企业必须要加强自己的品牌创新研发能力，提高自己的产品附加值，否则即使全球价值链地位提升，也不会带来实际效益，反而可能随着生产规模的扩大，浪费更多资源，导致碳排放量增加。

资源密集型产业以大量的资源为基础，虽然其技术含量较高，产品附加值也比较高，但是他碳排放量也大，资源密集型行业不断提升技术，提高全球价值链嵌入地位，对绿色转型有积极作用。

技术密集型行业受国外封锁中国高技术行业的冲击。发达国家牢牢把控了核心技术，并且对尝试寻求技术进步，向高端攀升的发展中国家进行遏制性打压，使得中国技术密集型行业无法接触到行业顶尖技术，使中国的制造业处于全球价值链的底层，使其无法通过全球价值链嵌入来提高低碳技术创新水平。

5 结论和政策建议

5.1 结论

从总体研究结论来看，中国全球价值链嵌入度总体呈现下降趋势，还在全球价值链中居于下游位置，我国制造业行业的碳排放效率逐渐提高，但是各个产业嵌入度与嵌入地位变化趋势不尽一致。在此基础上，进一步采用面板数据模型实证检验了影响碳排放效率变化的关键因素及其作用机理。通过现状分析，结合理论基础，研究认为，碳排放影响因素包括经济规模、技术进步与全球价值链参与度，环境规制等。

由 Tobit 模型回归结果可得，整体上，全球价值链嵌入显著正向影响我国制造业碳排放效率。说明嵌入全球价值链确实能够推动我国制造业行业碳排放效率提高，产生的正面效果要比负面效果多得多。我国制造业能源消耗结构与碳排放效率呈显著负相关关系，当能源消费总量恒定时，降低煤炭占能源消费比例，必然增加二氧化碳排放效率。技术进步率的增加会降低碳排放效率。外商投资强度对我国制造业碳排放效率有显著正向影响。外商直接投资与技术进步率存在显著正相关关系。企业规模对于制造业碳排放效率具有积极作用，但是并不显著。产业集聚度与制造业的碳排放绩效呈现显著的正相关的关系。环境规制影响系数通过了显著性检验，说明中国制造业的环境监管对制造业碳排放效率具有促进作用。

从三大类行业来看，全球价值链嵌入对于三大类产业碳排放效率产生了不同影响。与劳动密集型行业呈显著的负相关，和资本密集型行业呈显著正相关，在技术密集型产业中发挥作用为正向，但是没有经过显著性检验。

5.2 政策建议

中国是世界上最大的发展中国家，中国的经济社会稳定对世界来说举足轻重，目前所面临的环境破坏、碳排放量大且效率低的问题，我们必须要用发展的眼光在经济发展过程中来解决。如何在保持经济稳定发展的同时提高碳排放效率是需要关注的重点。本文从全球价值链嵌入的角度探讨了这两者之间的关系，并从影

响机制出发，根据以上研究结果提出相应的政策建议。

5.2.1 加大研发投入，市场政府共同调节

首先，中国各制造业行业应该加大研发投入，通过技术进步效应来改变自己的盈利模式，由以往的靠数量取胜转变为靠质量站稳脚跟。同时加强自己的自主创新能力，在激烈的社会竞争中，形成自己无可替代的竞争优势。要充分发挥市场竞争优势，生产规模不断扩大，产生规模效应，做到要素合理配置，从而促进企业整体生产力的提高，促进碳排放效率的提高。

其次，企业应该积极参与到微笑曲线的两端高附加值的环节，在这一过程中，既需要市场经济体制，看不见的手发挥调节作用，还需要政府的推动作用。我国新兴产业赶上了第三次工业革命时期的发展浪潮，方兴未艾，因此相比较其他产业这些行业和发达国家相比较差距不大，政府应加大对上述行业的政策倾斜与扶持力度，鼓励此类企业进行节能减排技术的自主创新和研发，从而使这些企业在参与全球价值链更高环节有更多的作为，进而通过技术外溢来带动其他的行业。

第三，我国应该延长本国产业链，通过近些年的不断努力，国内价值链的增值环节越来越长，但相较于发达国家来说还仍然不够。延长国内产业链可以使众多行业从国际分工中获取更大的利益，所以政府应该加大相关产业基础设施投资力度，使得价值链上的一些环节能够留在国内，并实现价值增值。

5.2.2 完善人才培养机制，加强人才引进力度

应该完善人才培养机制加大教育投入，明确社会所缺的人才类型，在义务教育阶段有意识的培养这些特性。为人才搭建公平公开透明的竞争平台，制定奖励政策，吸引更多的人才贡献出自己的力量，同时也要用好人才，让有能力有才华的人在保持热情和信心的同时，把剩余的精力投入到工作中。通常所说的企业家精神，对企业的发展具有重要作用。也就是说，这些企业家，他们凭藉自身出众的能力和独到的视野直接影响到企业的发展，所以加强对这类人才的培训也具有重要意义，要通过培训将该领域前沿技术和思想带给他们。还有对科技创新至关重要的科研型人才，他们大多在高校或研究所工作，所以应该加大高校科研投

入，促进产学研相结合，多措并举助力科研成果向现实成果的顺利转化，运用科技创新全面提高制造业的碳排放效率。

我们不仅需要在国内培养所需人才，还需要引进人才。我国从改革开放以来才放开了人才引进政策，但相较于其他发达国家力度还是不够，并没有给予足够的重视。以美国为例，他们对人才引进给予高度重视，不仅给予优厚的报酬，还解决衣食住行等配套基础设施，所以我国可以学习发达国家的做法，重视引进人才，在给予人才丰厚的报酬的同时也要提高社会认可度，给予其社会地位。要知道，一个专业的领军人才对整个行业的影响都是举足轻重的。最后应该在全社会形成尊重知识，尊重人才的氛围，这样才能使溢出的知识更好的被利用。

5.2.3 合理设计环境能源政策

根据波特假说可知，环境规制政策不仅有利于减少碳排放，还有利于实现经济稳定发展，更有利于鼓励企业进行自主创新。所以政府如果希望企业进行自主创新，就应该完善相关制度出台监管政策，让企业在政策的迫使下寻找创新的方法，研究更清洁环保的技术。

但在设计环境规制政策时，也不是毫无规章，我们需要考虑以下几个方面，首先尽可能减少行政命令，更多的利用市场力量，行政迫使容易激起逆反心理，利用市场这只看不见的手发挥调节作用，顺势而为，当然也需要政府政策的引导，其次在制定好政策以后，不可能所有的企业都会遵守，此时应加强监管，同时也要对相对较小，处于劣势的企业提供技术支持，让他们能够朝着政策方向发展。第三培养自治意识，不能完全依靠政策压迫，推进新机制的发展，设定合理的奖励政策，让企业在减少碳排放的时候获得额外的收益，激发主动性，从而实现低碳经济转型。

在制定能源政策时，要充分考虑到我国现实情况，我国能源消耗主要以煤炭为主，降低煤炭使用也不是一个短期就能完成的工作。因此，在减少煤炭使用量的同时，还应不断强化清洁能源开发与利用，增加清洁能源占能源消费的份额，改善能源消费结构。其次可以对不同的能源征收不同的税率，出于获取更大利益的心态，企业也会更多的使用清洁能源减少碳的使用效率，这对企业使用能源方

面起了很好的引导作用。第三加大对能源相关科技的投入力度,提高能源利用率,并切实的在全国范围内推进。最后可以在行业内对先进企业创新给予肯定,形成鼓励创新竞争创新的氛围,激发企业主动性。

5.2.4 加快推进产业结构的调整和升级

制造业是我国碳排放的大头,制造业在我国三大产业中占据主导地位,所以实现产业结构调整是迫在眉睫的。首先政府必须进一步完善产业政策,促进低碳产品的生产,对目前已有的高污染的企业进行规劝,限制其市场活动,并且用先进技术改造落后产业,若没有积极成效,则需要市场发展淘汰这些企业。其次,政府应该加强对低碳产业的支持,鼓励发展清洁能源,促进制造业整体绿色发展。要改变行业结构,那么提高高碳排放量的行业的准入门槛也是一个必要措施,增加进入难度,以降低碳排放量。

要改变行业结构,就必须大力推动服务业的发展。服务业在促进经济发展的同时,还可以增加就业岗位,互联网、金融等服务业对环境几乎没有破坏性,顺应了时代发展的潮流,所以我们政府应该大力支持和推动服务业的发展。为服务业的健康蓬勃发展提供政策支持和保障。尽量增加第三产业比重,推进产业结构现代化并适时调整内部结构。

参考文献

- [1] GEREFFI G.A Commodity Chains Framework for Analyzing Global Industries [J]. Institute of Development Studies.1999,8(12):1-9.
- [2] Sturgeon T J. Modular production networks: a new American model of industrial organization[J]. Industrial & Corporate Change, 2002, 11(3):451-496.
- [3] Kaplinsky, R. Globalisation and Unequalisation: What Can Be Learned from Value Chain Analysis?[J]. Journal of Development Studies, 2000, 37(2):117-146.
- [4] Hemmels,D.,Ishii,J.,Yi Kei Mu.The Nature and Growth of Vertical Specialization in World Trade [J].Journal of International Economics,2001,(54):75-96.
- [5] Upward R, Wang Z, Zheng J. Weighing China's export basket: The domestic content and technology intensity of Chinese exports[J]. Journal of Comparative Economics, 2013, 41(2):527-543.
- [6] Arik Levinson,M. Scott Taylor. Unmasking the Pollution Haven Effect[J]. International Economic Review,2008,49(1).
- [7] David Hummels,Jun Ishii,Kei-Mu Yi. The nature and growth of vertical specialization in world trade[J]. Journal of International Economics,2001,54(1): 75-96.
- [8] Robert Koopman, William M. Powers, Zhi Wang, et al. Give Credit Where Credit is Due:Tracing Value Added in Global Production Chains[J]. Nber Working Papers, 2010:5-14.
- [9] Robert Koopman,Zhi Wang,Shang-Jin Wei. Estimating domestic content in exports when processing trade is pervasive[J]. Journal of Development Economics,2012,99(1).
- [10] Wang Z, Wei S J, Yu X, et al. Measures of Participation in Global Value Chains and Global Business Cycles[J]. Social ence Electronic Publishing, 2017: 8-17.
- [11]张辉.全球价值链理论与我国产业发展研究[J].中国工业经济, 2004 (5) :38-46.
- [12]查日升.中国参与全球经济治理模式研究——基于全球价值链治理视角[J].宏观经济研究, 2015(5):9-17.

- [13]许晖,许守任,王睿智.嵌入全球价值链的企业国际化转型及创新路径——基于六家外贸企业的跨案例研究[J].科学学研究, 2014, 32 (1) :73-83.
- [14]张辉.全球价值链动力机制与产业发展策略[J].中国工业经济, 2006 (1) :40-48.
- [15]乔小勇,王耕,李泽怡.全球价值链国内外研究回顾——基于 SCI/SSCI/CSSCI 文献的分析[J].亚太经济,2017(1):116-126.
- [16]许南,李建军.国际金融危机与中国加工贸易转型升级分析——基于全球生产网络视角[J].财贸经济, 2010(4):98-106.
- [17]王克岭,罗斌,吴东,等.全球价值链治理模式演进的影响因素研究[J].产业经济研究, 2013(4):14-20.
- [18]张明志,李敏.国际垂直专业化分工下的中国制造业产业升级及实证分析[J].国际贸易问题, 2011(1):118-128.
- [19]刘磊.国际垂直专业化分工与中国制造业产业升级——基于 16 个行业净附加值比重的分析[J]. 经济经纬, 2014, 31(2):63-67.
- [20]张杰,陈志远,刘元春.中国出口国内附加值的测算与变化机制[J].经济研究, 2013(10):124-137.
- [21]褚国栋.环境规制对碳排放绩效的影响研究[D].湖北大学,2018:12-13.
- [22]魏荣.碳排放权交易对工业碳排放绩效的影响研究[D].成都理工大学,2019:1-3.
- [23]厉以宁.持续推进供给侧结构性改革[J].中国流通经济,2017,31(01):3-8.
- [24]彭支伟,张伯伟.中国国际分工收益的演变及其决定因素分解[J].中国工业经济,2018(06):62-80.
- [25]王振国,张亚斌,单敬,黄跃.中国嵌入全球价值链位置及变动研究[J].数量经济技术经济研究,2019,36(10):77-95.
- [26]唐宜红,张鹏杨.中国企业嵌入全球生产链的位置及变动机制研究[J].管理世界,2018,34(05):28-46.
- [27]李艳梅,牛苗苗.承接国际产业转移对中国碳排放影响的研究[J].现代化工,2019,39(01):7-11.
- [28]傅元海,陈丽珊.不同技术引进方式对我国经济增长效率的影响[J].当代财

- 经,2016(11):14-22.
- [29]闫云凤,黄灿.全球价值链下我国碳排放的追踪与溯源——基于增加值贸易的研究[J].大连理工大学学报(社会科学版),2015,36(03):21-27.
- [30]谢会强.全球价值链嵌入对中国碳排放及其生产率的影响研究[D].重庆大学,2018:1-2.
- [31]王玉燕,林汉川,吕臣.全球价值链嵌入的技术进步效应——来自中国工业面板数据的经验研究[J].中国工业经济,2014(09):65-77.
- [32]苏庆义.中国省级出口的增加值分解及其应用[J].经济研究,2016,51(01):84-98+113.
- [33]许冬兰,于发辉,张敏.全球价值链嵌入能否提升中国工业的低碳全要素生产率[J].世界经济研究,2019(08):60-72+135.
- [34]王直,魏尚进,祝坤福.总贸易核算法:官方贸易统计与全球价值链的度量[J].中国社会科学,2015(09):108-127+205-206.
- [35]刘琳.中国参与全球价值链的测度与分析——基于附加值贸易的考察[J].世界经济研究,2015(06):71-83+128.
- [36]蔡礼辉,张朕,朱磊.全球价值链嵌入与二氧化碳排放——来自中国工业面板数据的经验研究[J].国际贸易问题.2020,(04):86-104.
- [37]薛智涛.基于 STIRPAT 模型中国制造业碳排放影响因素分析[D].山西大学,2018.
- [38]陈诗一.能源消耗、二氧化碳排放与中国工业的可持续发展[J].经济研究,2009(4):41—55.
- [39]刘亦文,胡宗义.中国碳排放效率区域差异性研究——基于三阶段 DEA 模型和超效率 DFA 模型的分析[J].山西财经大学学报,2015,(02):23—34.
- [40]王玉燕,王建秀,阎俊爱.全球价值链嵌入的节能减排双重效应——来自中国工业面板数据的经验研究[J].中国软科学,2015(08):148-162.
- [41]黄海霞,张治河.基于 DEA 模型的我国战略性新兴产业科技资源配置效率研究[J].中国软科学,2015(01):150-159.
- [42]郭梦雅.基于超效率 DEA 的广东省物流效率研究[D].深圳大学,2017:24-37.

- [43]冯新宇. 基于 SBM 模型与 ML 指数的建筑业碳排放效率及其影响因素研究[D].长安大学,2018:9-13
- [44]Tone K. 2002. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis[J]. *European Journal of Operational Research*, 143(01):32-41.
- [45]Per Andersen,Niels Christian Petersen. A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis[J]. *Management Science*,1993,39(10):1261-1264.
- [46]曲晨瑶. 中国制造业行业碳排放效率及其影响因素[J]. *科技管理研究*, 2017(8): 60-68.
- [47]李科. 福建省工业 CO₂ 排放效率评价研究[J]. *环境科学与管理*, 2017(7): 32-37.
- [48]王志诚. 我国工业碳排放效率的行业差异及影响因素研究[D]. 江苏大学, 2015.
- [49]宋艳. 工业碳效率评价及影响因素研究[D]. 山东财经大学, 2017.
- [50]刘会政,朱光.全球价值链嵌入对中国装备制造业出口技术复杂度的影响——基于进口中间品异质性的研究[J].*国际贸易问题*,2019(08):80-94.
- [51]Kaplinsky, Raphael.2000. “Globalisation and unequalisation: What can be learned from value chain analysis?”, *Journal of Development Studies*, 372:117-146.
- [52]Timothy J. Sturgeon. How Do We Define Value Chains and Production Networks?[J]. *IDS Bulletin*,2001,32(3):9-18.
- [53]张建玲.生产型企业生态经济效率评价研究[D].中南学,2008:21-32.
- [54]王玲.环境效率测度的比较研究[D].重庆大学,2014:59-71.
- [55]李锴, 齐绍洲 . 贸易开放、经济增长与中国二氧化碳排放 [J] . *经济研究*, 2011, 46 (11) : 60 — 72 +102.
- [56]孟渤, 高宇 . 全球价值链、中国经济增长与碳排放 [M] . 北京: 社会科学文献出版社, 2017. 6 (1) : 1—2.
- [57]潘雄锋,舒涛,徐大伟.中国制造业碳排放强度变动及其因素分解[J].*中国人口·资源与环境*,2011,21 (5) :101-105.

- [58]马晓明,孙璐,胡广晓,计军平.中国制造业碳排放因素分解——基于制造业内部结构变化的研究[J].现代管理科学,2016(10):64-66.
- [59]邵帅,张曦,赵兴荣.中国制造业碳排放的经验分解与达峰路径——广义迪氏指数分解和动态情景分析[J].中国工业经济,2017(03):44-63.
- [60]余燕春,韩晓丹.中国对外贸易与生态环境协调度研究——基于全球价值链的视角[J].财贸经济,2010(11):102-107.

后 记

岁月不居，时节如流，二十余年的求学生涯即将画上句号。回首二十余载寒窗，有不舍，有遗憾，但更多的是感恩。幸有诸位师友鞭策与帮助，故在此对各位师友致谢，不胜感激。

首先想感谢的是我的导师张璐老师，在三年的研究生生活中给了我莫大的关怀和鼓励。遇到困难时的暖心安慰，论文瓶颈时的专业指导，给足自由的同时也用专业知识引领我们走上学术科研的道路。让我在未来也想成为一个像您一样的人。加入您的师门是我研究生做的最正确的选择，感谢师姐同门师弟师妹们在学习和生活上的帮助。

同时也想感谢成长道路上遇到的朋友同窗，一直都感觉很幸运，遇到的好朋友都是像天使一样温暖，温暖着不善言辞又敏感的我。感谢难过时的开解与陪伴，感谢在论文写作时陪我找思路一起改格式，在和好朋友相处过程中收获了满满的爱和力量，爱自有天意，相信遇到的每个人都是上天赐的礼物。

最后最想感谢我的家人，感谢我的父母二十几年来倾尽所有的培养我和弟弟让我们可以站在他们的肩膀上看这个美妙的世界，同时能支持我们做的任何和决定，做最坚固的靠山。感谢我的弟弟，无论是小时候互相陪伴一起长大还是长大后给予我力量和信心，都让我坚信，弟弟是父母送给我最好的礼物。下面的话想说给自己，新的开始希望你可以继续做自己，有点奇怪也没关系，要保持初心，要勇敢一点，前路漫漫亦灿灿，总有一天会发现轻舟已过万重山。

忘记背后，努力面前，向着标杆直跑。