

中国全球价值链地位、环境规制与碳排放绩效

张慧智 孙茹峰

摘要 努力实现全球价值链地位攀升与低碳经济发展双目标是中国面临的关键问题。基于2000-2014年中国制造业行业数据,考察全球价值链地位攀升对碳排放绩效的影响与作用机制,可发现:全球价值链地位攀升有助于碳排放绩效改善,其赋能效应在不同类型、技术水平以及污染密集度的行业中存在差异性;能源利用效率与能源消费结构是全球价值链地位作用于碳排放绩效的主要路径,同时环境规制强度的提高可以进一步增强其对碳排放绩效改善的正向作用。我国制造业应全方位、多层次融入全球价值链体系,深化链条间行业的上下游合作,推动制造业内部的能源技术溢出效应转换,对不同行业进行差异化政策支持,同时地方政府也应加强适时监督,规制行业的短视行为。

关键词 全球价值链地位;碳排放绩效;能源利用效率;能源消费结构;环境规制

中图分类号 X22;F114 **文献标识码** A **文章编号** 1672-7320(2024)01-0123-13

基金项目 教育部人文社会科学重点研究基地重大项目(22JJD810035)

20世纪80年代以来,中国凭借人口红利、资源优势及政策扶持积极融入以发达国家为主导、产品内分工为特征的全球价值链体系,通过学习国际前沿知识与技术经验,实现与发达国家间国际资源和产业转移的对接,保持经济持续增长的同时也开拓了广袤的国际贸易市场^[1](P99-114)。而中国在参与全球价值链分工体系起始时,因资源禀赋与技术配置原因以“低端嵌入”方式参与国际分工合作承接的更多是高污染、高碳排放生产方式^[2](P33-43)。据国际能源署报告,我国2021年的二氧化碳排放量高达363亿吨,约占全球总量的33%。2021年,欧洲联盟率先推出全球首个“碳边境税”征收计划,并对碳排放密集型产品征纳碳关税。我国也向国际社会作出庄严承诺,“2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和”。2021年11月,中共十九届六中全会明确提出,新时代我国将坚持人与自然和谐共生的发展道路。有效改善碳绩效是实现“双碳”目标和绿色经济高质量发展的必由之路。

实际上,全球价值链体系已然成为经济全球化的主要动力,近2/3的生产均是通过全球价值链分工网络发生^[3](P65-77)。因此,各国在融入全球价值链生产体系时,其中间品序贯贸易所采用的生产类型方式会因所处地位的不同而有所差异,进而对碳排放绩效产生影响。在全球价值链体系重构与中国“双碳”承诺期临近背景下,厘清全球价值链地位与碳排放绩效的关系并完善二者相互促进的体制机制,有利于实现中国制造业全球价值链地位攀升与绿色发展的双赢局面。

一、文献综述

在经济全球化进程中,本国区域与行业的环境污染可以通过进出口贸易、对外投资等方式演变为全球性的环境污染问题^[4](P3814-3854)。基于投入产出模型研究,张友国认为进出口贸易与投资对我国的能源以及环境问题具有不利影响^[5](P16-30),而李小平和卢现祥表示国际贸易使我国工业行业的二氧化碳量减少,并未使我国成为“污染天堂”^[6](P15-26)。随着经济全球化的推进,相较于前期有关贸易隐含

碳排放流向追溯的相关研究,学者们开始从全球价值链视角考察参与全球价值链所带来的环境效应问题^[7](P84-100)。张弘媛和丁一兵通过分析中国制造业行业数据,认为全球价值链嵌入可以提升绿色全要素能源效率^[8](P13-26)。尹天宝等表示全球价值链地位攀升可以通过产业结构优化、绿色技术创新与绿色消费需求手段刺激绿色经济效率提升^[9](P17-28)。

聚焦于全球价值链地位与减排问题,王玉燕等、林汉川等和彭水军等均将减排理论纳入全球价值链理论框架中,表示参与全球价值链分工能够显著抑制碳排放量^[10](P148-162)^[11](P86-104)^[12](P168-182)。关于全球价值链影响减排的机制探讨也是从规模效应、技术效应以及生产转移效应层面加以探讨^[13](P27-39)^[14](P13-26),而忽视了全球价值链地位、能源与碳排放间三者间的关系。王玉燕等虽曾考察全球价值链与节能减排间的关系,但并未具体阐述其影响机制^[15](P65-77)。在能源约束趋紧背景下,相对于单一维度的碳排放测度而言,碳排放绩效作为将碳排放纳入全要素生产增长测算框架下所得到的全要素碳排放生产率,更能精准识别当下经济系统的可持续发展情况,这一测度方式显然更符合经济增长与绿色发展“双赢”的内在要求。

在已有研究的基础上,本文试图在以下方面有所突破:第一,摒弃以往以碳排放强度作为单一指标的衡量方式,基于投入产出要素视角,将碳排放纳入全要素生产测算框架中所得到的碳排放绩效值更精准反应绿色发展的内在要求。第二,重点考察能源消费结构与能源利用效率在全球价值链地位与碳排放绩效关系中的作用机制,以期丰富能源要素层面上的全球价值链地位的环境改善效应研究。第三,环境规制的赋能效应以及行业与技术层面的异质性分析结果,可为行业政策制定提供差异化的思路借鉴。

二、理论分析与研究假设

各制造行业地位依附自身要素构成、区位优势与政策叠加等优势沿全球价值链攀升。当全球价值链地位较低时,下游行业依赖其丰富的资源要素而承担高能耗生产任务,占据优势地位的行业也会将高碳排放、附加值低的生产任务转移至下游,导致下游行业在全球价值链中的分工地位被迫跟随并附属于上游行业。再者,下游行业的技术水平发展较低,对位于全球价值链地位较高行业的节能技术虹吸作用较弱。当全球价值链地位攀升时,国内节能技术与国外先进水平差距缩小,更容易通过先进环保技术来改善生产任务中的碳排放绩效;另外,全球价值链的上游市场对标更为严格的低碳生产标准,赋予产品“节能环保”要求,市场竞争也不单局限于数量竞争,还有更深层次的质量要求,进一步使碳排放绩效改善进入价值增值与节能生产的良性循环过程。据此,本文提出如下假设。

假设1:全球价值链地位攀升能够促进制造业行业碳排放绩效改善。

全球价值链地位攀升有助于提升能源利用效率,进而对碳排放绩效产生影响。第一,全球价值链地位攀升的“出口学习效应”使制造行业能够及时了解到国际市场环境信息与先进绿色技术标准,通过管理经验交流等渠道掌握更多的低能耗生产技术,淘汰高能耗、高污染性生产任务,通过降低运作过程能源使用的强度提高能源利用效率。第二,全球价值链地位分工网络所具备的低碳技术创新要素流动是能源利用效率的重要推动力,应用低碳技术能改进现有工艺和生产流程,推动相同等份能源要素投入带来更多的产出。同时,全球价值链地位提升也可以通过链条端技术溢出效应使制造行业获取低碳创新要素,为碳排放绩效改善提供技术保障。第三,基于一体化生产体系对最终产品质量与能源含量的把控,上游制造业行业与其它参与主体合作生产时会提供必要支持与鼓励,通过高端绿色技术援助加强全球价值链上下游国家的产业合作与技术合作,引领各行业生产技术向节能方向转型,进一步提高技术改变过程中的能源利用效率。据此,本文提出如下基本假设。

假设2:全球价值链地位攀升通过提高能源利用效率改善制造业行业碳排放绩效。

全球价值链地位攀升使市场竞争内涵发生转变,并且通过社会效益与环境效益两个层面作用于能源消费结构。第一,在全球价值链地位攀升过程中,同一发展水平的制造行业为规避链条上的横向竞

争,会主动改变生产任务中的能源要素投入比例,通过降低煤炭等能源消费量、优化能源消费结构来提高生产环节的清洁性,进而增强行业的低碳竞争力。能源消费结构变化大幅改善了运作过程中的能源损耗与环境污染问题,也发挥了提升行业竞争能力和社会效益的节能属性。第二,严格的碳排放把控市场会随着全球价值链地位的攀升而出现。高规制的碳排放把控市场环境下,制造行业努力调整生产过程中的能源使用方式,实现由非清洁型能源消费向清洁型能源消费方向转变,通过优化原有能源消费结构、提高动态竞争力来适应高规制市场环境。动态竞争力的提高也会在环境层面上更加敦促行业在技术研发过程中转变清洁型能源结构。据此,本文提出如下基本假设。

假设3:全球价值链地位攀升通过优化能源消费结构改善制造业行业碳排放绩效。

从行业能耗生产模式与碳排技术选择层面来看,制造业对市场环境规制强度的反应是全球价值链地位攀升过程中的主要体现。“波特假说”认为环境规制强度的“创新补偿效应”通过改变生产模式与技术方式提高行业及产品竞争力。这一情况主要表现为,全球价值链地位低的行业往往处于环境规制强度较低的市场环境;而采用绿色技术手段来运作生产任务的行业往往处于环境规制强的市场环境。高环境规制强度改变行业现有的税收与补贴政策,激发企业进行绿色技术创新,避免在全球分工生产网络中承担高能耗任务时所带来的碳排放强度增加。同时,环境规制通过改变行业生产要素的相对价格来调整产业结构,产业结构调整改善了行业资源配置能力,进一步增加了中国制造业参与全球价值链地位攀升的环境治理效应。低环境规制强度下的制造业行业在承担高碳排生产任务时只能以现有的技术模式加以应对,不利于碳排放绩效的改善。基于上述分析,环境规制通过资源再配置与绿色技术溢出增强全球价值链地位参与过程中的碳排放绩效改善能力。据此,本文提出如下基本假设。

假设4:环境规制强化了全球价值链地位对制造业行业碳排放绩效改善的赋能作用。

三、模型、变量与数据

为实证检验全球价值链地位攀升对碳排放绩效的影响,本文构建全球价值链地位影响碳排放绩效的计量模型,并对变量选取、数据处理与来源进行详细说明。

(一) 计量模型设定

针对假设1,为检验全球价值链地位攀升对碳排放绩效的影响,建立方程(1)。

$$cmcp_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 gvc_{it} + \sum \alpha_j X_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中*i*和*t*分别表示行业与时间,*cmcp_{it}*为碳排放绩效指数;*gvc_{it}*为全球价值链地位指数,*X_{it}*为控制变量,包括要素禀赋结构(*endow*)、研发水平(*research*)、外商直接投资(*investment*)和行业发展水平(*development*)*ε_{it}*为随机扰动项,*μ_i*为行业固定效应,*γ_t*为时间固定效应。

(二) 变量说明与指标选取

1. 被解释变量。关于衡量碳排放绩效指标,学界较常使用的是能源强度、CO₂排放强度与碳化指数等指标^[16](P2316-2330)^[17](P281-308)^[18](P912-923)。Ramanathan 基于整体考虑提出“全要素思想”用于绩效评价指数^[19](P99-127)。

为得到碳排放绩效指数,本文选取数据包括分析(DEA)中的非前沿生产函数来衡量关于二氧化碳排放相关要素。Fare 等学者基于DEA-Malmquist指数法来度量全要素生产率^[20](P79-116)。如方程(2)所示,其中(*y^t*, *x^t*)和(*y^{t+1}*, *x^{t+1}*)分别表示*t*时期与*t+1*时期的产出和投入,*D₀^t*、*D₀^{t+1}*为谢泼德产出距离函数。距离函数未能将CO₂排放纳入分析,结合Tyteca提出的环境绩效评价方法,得出以CO₂为导向的距离函数^[17](P281-308)。如方程(3)所示。

$$mi = \sqrt{\frac{D_0^{t+1}(y^t, x^t)}{D_0^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} \times \frac{D_0^t(y^t, x^t)}{D_0^t(y^{t+1}, x^{t+1})}} \quad (2)$$

$$D_c(K,L,E,Y,C) = \sup \left\{ \delta \left(K,L,E,Y, \frac{c}{\delta} \right) \in P(K,L,E) \right\} \quad (3)$$

其中, K 表示资本, L 表示劳动力, E 表示投入能源, Y 表示期望产出, C 表示非期望产出。为了更进一步测算碳排放绩效指标, 借鉴 Zhou 的方法, 基于 CO₂ 导向的距离函数构建 Malmquist CO₂ 排放绩效指数^[21] (P194-201)。

$$MCPI_i(t,t+1) = \sqrt{\frac{D_i^t(K^t, L^t, E^t, Y^t, C^t)}{D_i^t(K^{t+1}, L^{t+1}, E^{t+1}, Y^{t+1}, C^{t+1})} \times \frac{D_i^{t+1}(K^t, L^t, E^t, Y^t, C^t)}{D_i^{t+1}(K^{t+1}, L^{t+1}, E^{t+1}, Y^{t+1}, C^{t+1})}} \quad (4)$$

$$EFFCH(t,t+1) = \frac{D_i^t(K^t, L^t, E^t, Y^t, C^t)}{D_i^{t+1}(K^{t+1}, L^{t+1}, E^{t+1}, Y^{t+1}, C^{t+1})} \quad (5)$$

$$TECHCH(t,t+1) = \sqrt{\frac{D_i^{t+1}(K^{t+1}, L^{t+1}, E^{t+1}, Y^{t+1}, C^{t+1})}{D_i^t(K^{t+1}, L^{t+1}, E^{t+1}, Y^{t+1}, C^{t+1})} \times \frac{D_i^{t+1}(K^t, L^t, E^t, Y^t, C^t)}{D_i^t(K^t, L^t, E^t, Y^t, C^t)}} \quad (6)$$

通过对方程(4)的进一步分解, 可以将 Malmquist CO₂ 绩效指数进一步分解为技术效率指数 EFFCH 与技术进步指数 TECHCH, 如方程(5)与(6)所示, 当技术效率或进步指数大于 1, 则碳排放绩效得以改善, 反之引致绩效降低。

2. 解释变量。文章采用 Koopman 的做法, 从国家与部门的双层面视角考察中国制造业全球价值链地位指数^[22](P19-58)。测算方法如下:

$$gvc = \ln \left(1 + \frac{IV}{E} \right) - \ln \left(1 + \frac{FV}{E} \right) \quad (7)$$

全球价值链地位指标所蕴含的思想是衡量一经济体特定产业作为中间品出口方与进口方的重要程度。由公式(7)可知, gvc 值大小取决于国内产业增加值 IV、国外增加值 FV 及总出口 E 三要素。若一国处于上游行业, 则该国家作为中间品出口方来参与国际生产, 其国内产业增加值占总出口的比重较大, 即方程(7)中前者分子越高; 若一国处于下游行业, 则该国家的国外增加值占总出口的比重较大, 即方程(7)中后者分子越高。

3. 控制变量。控制变量包括研发水平、外商直接投资、行业发展水平与要素禀赋结构四个变量。研发水平(research)由制造业 R&D 人员数表示, 为使数据口径一致, 个别年份采用规上行业 R&D 人数来代替。一般而言, 研发水平在一定程度上反映了行业技术创新能力, 研发水平越大越有利于低碳技术创新, 越能改善碳排放绩效; 外商直接投资(investment)用各行业实际的外商投资金额来表征。外商投资水平反映了行业获得外部融资的难易程度, 数值越大, 行业融资能力越强, 用于研发资金越多, 更有利于低碳技术开发; 行业发展水平(development)用制造业各行业工业增加值减去税金总额来表征。行业发展水平数据侧面衡量了行业在产业转型时的成本大小; 要素禀赋结构(endow)的衡量方式借鉴白俊红和余雪微的研究思路, 用资本存量与行业人数之比衡量来表征^[23](P144-159)。要素禀赋结构侧面反映了行业产业结构, 而不同的产业结构意味着碳排放能力也会有所不同。

4. 中介变量。在上述中介效应模型中, 选取了能源利用效率与能源消费结构两个为中介变量。其中, 测算能源利用效率(Ee)时借鉴张少华和陈浪男的思路, 选取行业能源消费总量与行业工业增加值之比表征^[24](P102-111)。考虑到能源消费结构(Ec)主要指的是行业生产过程中某种能源的使用占比总能源使用, 因此参考王林辉等的观点, 选取煤炭消费与能源消费总量之比为能源消费结构^[25](P75-87), 用(Ec)表示。

(三) 数据处理及来源

1. 数据处理。测算碳排放绩效所需要的中间数据处理如下: 对 2000-2014 年的各行业资本存量以永续盘存法为评估手段进行估计得到行业资本 K^[26](P735-776)。通过剔除价格影响后的制造业生产者出

厂价格及固定资产累计折旧差分的方式获得的固定资产折旧与营业利润相加得到资本要素报酬 rK ；各行业年平均从业人数代表劳动力投入 L ；各行业能源消费总量代表能源投入 E ；各行业工业总产值加上应交增值税再减掉工业增加值得到期望产出；本文将 CO_2 排放量视为非期望产出，参考杨晓军的研究，选取煤炭、石油与天然气三种细分能源为测量 CO_2 排放量的基准能源^[27](P32-37)。根据 IPCC 所公布的下述方程进行测算。

$$C_j = \sum_{i=1}^3 C_{ij} = \sum_{i=1}^3 E_{ij} \times NCV_i \times CEF_i \times COF_i \times \frac{44}{12} \quad (8)$$

其中， C_j 表示中国制造业 j 行业的 CO_2 排放量， i 分别表示原煤、石油与天然气， E_{ij} 表示制造业各行业的能源消耗实物量， NCV_i 表示平均低位发热量， CEF_i 表示不同能源的碳排放系数， COF_i 为不同能源的 CO_2 氧化因子。根据上述公式可以得到原煤、石油与天然气的 CO_2 排放系数分别为 2.763、2.145 与 1.642，同时利用折标系数将能源消费总量折算为标准煤表示。

由于 WIOD 在 2016 年发布的数据与中国国民经济行业分类未能直接对应，本文需要对样本数据进行统一行业口径的处理。依据《国民经济行业分类(GB/T 4754-2017)》和 ISIC Rev4.0 对两种不同分类标准的制造业行业进行对应匹配，最终得到合并后的制造业行业。便于后文的异质性分析，在此将制造业按技术与行业类别进行分类，如表 1 所示。

表 1 制造业行业匹配与行业分类

行业名称	WIOD	中国行业分类	行业类别	技术类别
基本药物及药物制剂制造业	C12	27	技术密集型	高技术水平
计算机、电子产品、光学产品制造业	C17	39	技术密集型	
化学品及化学制品制造业	C11	26、28	技术密集型	
电力设备制造业	C18	38	技术密集型	
未分类的机械和设备制造业	C19	34、35	资本密集型	
汽车制造业	C20	36	技术密集型	中低技术水平
其他运输设备制造业	C21	37	技术密集型	
焦炭和精炼石油产品	C10	25	资本密集型	
其他非金属矿制品制造业	C14	30	资本密集型	
基本金属制造业	C15	31、32	资本密集型	
金属制品	C16	33	资本密集型	
食品、饮料及烟草制造业	C05	13、14、15、16	劳动密集型	
纺织、服装及皮革制造业	C06	17、18、19	劳动密集型	
木材、木材制品及软木制造业	C07	20	劳动密集型	
造纸及纸品业	C08	22	劳动密集型	
印刷、记录媒介复制业	C09	23	劳动密集型	
橡胶和塑料制品制造业	C13	29	劳动密集型	
家具及其他制造业	C22	21、24、40	技术密集型	

注：本表根据 WIOD2016 数据库与国家统计局关于国民经济行业分类(GB/T 4754-2017)的相关信息整理所得。

2. 数据来源。本文的研究样本为中国制造业 2000-2014 年度的行业数据。测算碳排放绩效所需的资本、劳动、期望产出与非期望产出四个控制变量，以及能源利用效率与能源消费结构两个中介变量的相关数据均来源于《中国工业经济统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国能源统计年鉴》与《中国统计年鉴》，测算全球价值链地位所需的数据来自 WIOD 数据库。

四、计量结果分析

本章节首先考察了全球价值链地位与碳排放绩效的关系，其次进行一系列的稳健性与内生性检验

和异质性分析,最后考察了能源利用效率与消费结构的作用机制。

(一)基准回归

本文首先对样本面板数据进行了相关性分析,通过计算 *VIF* 值发现变量间不存在严格的相关性关系,在对面板数据进行多重共线性问题分析后,进行了 Hausman、F 值与 BP 检验,检验结果使本文选择双向固定效应模型进行实证分析。表 2 的列(1)-(5)报告了全球价值链地位对碳排放绩效的基准回归结果。由表 2 中的列(1)结果可知,全球价值链地位 *gvc* 系数为正,表明全球价值链地位攀升能够改善碳排放绩效。在逐步加入要素禀赋、研发水平、外商投资与行业发展控制变量后,全球价值链地位指数依旧为正,初步验证全球价值链地位攀升能够促使碳排放绩效改善,验证假说一。列(5)回归结果显示,变量 *gvc* 的估计系数为 0.1036,说明全球价值链地位每提升 1%,将会提高碳排放绩效改善能力 0.1036%。

表 2 基准回归结果(全样本)

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>cmcpi</i>	<i>cmcpi</i>	<i>cmcpi</i>	<i>cmcpi</i>	<i>cmcpi</i>
<i>gvc</i>	0.0967** (2.17)	0.0972** (2.32)	0.0906** (2.26)	0.1110* (1.79)	0.1036** (2.51)
<i>endow</i>		-0.0416 (-0.54)	-0.0338 (-0.42)	-0.0283 (-0.40)	-0.0362 (-0.46)
<i>research</i>			0.0208** (2.17)	0.0230** (2.35)	0.0258** (2.48)
<i>investment</i>				0.0655 (1.41)	0.0741* (2.04)
<i>development</i>					-0.0680** (-2.24)
常数项	1.0459*** (76.83)	0.9106*** (3.58)	0.8899*** (3.36)	1.0521*** (4.10)	1.0799*** (3.89)
时间固定效应	是	是	是	是	是
行业固定效应	是	是	是	是	是
观测值	270	270	270	270	270
R^2	0.526	0.526	0.535	0.539	0.557

注:括号中数据为 t 统计值;***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的显著性水平上显著(下表同)。

(二)稳健性分析

为确保全球价值链地位攀升对碳排放绩效影响的准确性,下文采用替换模型法、平滑样本、替换被解释变量与替换解释变量四种方式进行稳健性检验。

1. 模型替换。在基准回归时,虽然 Hausman 和 F 检验选择了固定效应模型,但是 BP 检验结果认为随机效应是合理的,因此将固定效应模型替换为随机效应模型,再次对基准回归进行分析。结果如表 3 列(1)所示,*gvc* 系数为 0.00649,表明替换模型后全球价值链地位对碳排放绩效的改善能力依旧稳健。

2. 平滑样本。考虑样本期间宏观经济波动的影响,参照尹天宝的做法取各变量三年移动平均值再次进行回归^[9](P17-28)。回归结果如表 3 列(2)所示,结果显示结论依旧稳健。

3. 替换被解释变量。在全球价值链地位影响碳排放绩效回归中,我们选取包含 CO₂ 排放量的 Malmquist 指数作为碳排放绩效指标。在此,借鉴陈诗一做法,用全要素碳排放生产率增长与各行业生产总值增长之比表征碳排放绩效^[28](P32-44)。用该指标纳入模型(1)中重新考察全球价值链地位对

表3 各类稳健性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	模型替换	平滑样本	被解释变量替换	解释变量替换	
<i>gvc</i>	0.0649** (1.99)	0.2391*** (3.76)	0.5277*** (4.06)	1.3365** (2.67)	0.4791** (2.83)
常数项	0.9238*** (20.59)	1.1988*** (5.62)	1.3514*** (3.23)	4.8971*** (9.18)	1.4299*** (4.62)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	否	是	是	是	是
行业固定效应	否	是	是	是	是
观测值	270	216	270	270	270
R^2	0.110	0.461	0.100	0.618	0.447

碳排放绩效的检验结果。如列(3)结果显示, *gvc* 系数符号保持不变, 表明在更换核心解释变量后, 结果依旧准确。

4. 替换解释变量。Fally 指出, 上游度通过衡量行业生产与最终需求间的阶段数, 可以反映该行业全球价值链地位^[29]。参考其思路, 本文定义上游度为全球价值链地位指数, 如方程(9)所示。

$$U_{li} = 1 + \sum_{j=1}^N \frac{d_{ij} Y_j}{Y_i} U_{lj} \quad (9)$$

其中, Y_j 表示 j 部门的总产值, d_{ij} 表示 j 部门生产一单位价值产品所需要的 i 部门产品价值。将该指标重新纳入模型(1)中进行检验, 结果如表3列(4)所示。同时, 位于全球价值链上游地位的国家通常聚焦于产品研发与设计等高附加值生产, 其产品出口复杂度较高; 反之全球价值链下游地位国家的出口复杂度较低。因此, 基于贸易结构反映生产结构逻辑, 参考 Hausman 等的研究, 再次定义出口复杂度为全球价值链地位指数^[30](P1-25)。如方程(10)所示。

$$gvc = \sum_j \frac{VX_{j,i} / \sum_j VX_{j,i}}{\sum_i (VX_{j,i} / \sum_j VX_{j,i})} Y_i \quad (10)$$

其中 $VX_{j,i}$ 表示 i 国 j 行业的贸易出口增加值, Y_i 表示 i 国人均收入, 用人均 GDP 表示, 将出口复杂度作为全球价值链地位指标纳入模型(1)中, 考量全球价值链地位攀升对碳排放绩效的改善效果, 检验结果如表3列(5)所示, 结果显示核心结论依旧成立。

(三) 内生性处理

本小节从联立因果的内生性克服、遗漏解释变量的内生性解决与自选择偏误的内生性处理三个方面入手, 解决全球价值链地位对碳排放绩效影响时可能存在的内生性问题。

1. 联立因果的内生性克服。位于全球价值链不同地位的行业可以采用环境规制等手段改善行业间的碳排放绩效, 同时碳排放绩效又决定了各行业贸易间的比较优势, 进而对全球价值链地位产生影响。为避免双向因果关系引致的内生性问题, 引入全球价值链地位滞后一期作为工具变量, 进一步使用工具变量法与系统广义矩估计法再次进行估计, 结果如表4列(1)与列(2)所示。由 sargan 可以知道, 一阶滞后变量的选择是有效的, 同时 AR(2) 的 p 值表明模型残差项不存在二阶序列相关, *gvc* 系数也表明在处理因果关系后所引致的内生性问题后, 全球价值链地位攀升对制造业碳排放绩效的改善作用依旧显著。

2. 遗漏解释变量的内生性解决。基准回归中所采取的双向固定效应模型虽然可以避免部分遗漏变量所带来的内生性问题, 但是研究仍有必要重点考察遗漏变量所带来的内生性问题, 一方面现有碳排放绩效研究仍处于萌芽探索期, 该阶段认知的局限性易导致模型出现遗漏变量问题; 另一方面基准研究中

表 4 各类内生性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	IV	GMM	创新要素	贸易环境	PSM-DID
	联立因果的内生性		遗漏变量的内生性		自选择偏误的内生性
<i>gvc</i>	0.2568** (2.17)	0.2964** (2.81)	0.1574** (2.67)	0.2149** (2.53)	1.1391*** (4.17)
<i>innovation</i>			0.2254** (2.59)		
<i>open</i>				1.2984*** (3.67)	
常数项	1.0496*** (3.38)	1.2538*** (3.49)	1.5163*** (3.69)	0.7056*** (10.64)	0.2951*** (6.13)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
AR(2)		0.588			
<i>Sargan</i>		0.639			
时间固定效应	是	是	是	是	是
行业固定效应	是	是	是	是	是
观测值	252	252	270	270	270
R^2	0.641	0.577	0.540	0.611	0.672

虽然控制了行业差异变化,但考虑到碳排放绩效的创新要素与贸易环境因素影响较大,参考蔡礼辉等的研究,引入技术创新与贸易开放度再次进行估计^[12](P86-104)。结果如表 4 列(3)与列(4)所示,再控制创新要素与贸易环境因素后,基准回归结论依旧成立。

3. 自选择偏误的内生性处理。在考察全球价值链地位与碳排放绩效关系时,GVC 行业与非 GVC 行业间可能存在碳排放绩效差异,因此,GVC 行业可能存在“自我选择”效应,即能够明显改善碳排放绩效的行业才选择主动促进全球价值链地位攀升。为缓解自选择性偏误带来的内生性问题,采用倾向匹配得分法(PSM)对基准回归再次进行分析。首先,以全球价值链地位作为处理变量,将高于样本行业全球价值链地位的平均值作为实验组,低于全球价值链地位平均值的行业设置为控制组,将控制变量作为协变量,利用最近邻匹配法进行得分匹配。其次,对匹配效果进行平衡性检验,平衡性检验结果如表 5 所示。匹配后,各变量标准化偏差绝对值在 10% 以内,P 值大于 0.05 表明匹配效果较好,且匹配后变量在组间是均衡的。最后,利用经过 PSM 匹配后的样本对基准回归再次进行估计,结果如表 4 列(5)所示,说明在解决了自选择偏误带来的内生性问题后,基准回归的结论仍然被支持。

表 5 PSM 平衡性检验结果

变量	样本	均值		标准化偏差(%)	t-test	
		Treated	Control		t	p> t
<i>endow</i>	匹配前	3.611	3.463	24.5	2.03	0.044
	匹配后	3.592	3.566	4.3	0.31	0.760
<i>research</i>	匹配前	3.285	3.648	-25.2	-2.07	0.039
	匹配后	3.366	3.169	11.7	1.12	0.262
<i>investment</i>	匹配前	2.473	2.742	-55.4	-4.55	0.000
	匹配后	2.506	2.475	6.5	0.56	0.573
<i>development</i>	匹配前	3.189	3.276	-19.9	-1.63	0.004
	匹配后	3.195	3.210	-3.5	-0.25	0.800

(四) 异质性分析

从上文计量结果可知,全球价值链地位对碳排放绩效的影响是显著存在的,但是中国制造业内部在行业类型、污染密集程度、技术水平上有较大区别,因此全球价值链地位攀升的改善作用可能对于不同行业类型、污染密集程度、技术水平而言也存在区别,为此作以下分析。

1. 基于行业类型的异质性分析。考虑到不同类型行业下的全球价值链地位可能对碳排放绩效水平产生不同影响,本文基于OECD分类标准将中国制造业按照资源要素集中度分为劳动、资本与技术密集型行业,对基准回归进一步考察,回归结果如表6所示,其中列(1)-(3)分别为三种类型行业下全球价值链地位对碳排放绩效的影响结果。结果显示:全球价值链地位攀升对技术密集型行业的碳排放绩效改善效果最明显,资本密集型行业次之,劳动密集型行业最后。原因可能在于劳动密集型行业多数为竞争能力较弱行业,长期低端锁定于价值链低端,难以对发达国家节能技术进行模仿,依照路径依赖效应而继续依靠自身素养禀赋优势来承担高碳排放型生产。反之,资本与技术密集型行业多数承担价值链前端生产任务,具有较强的技术研发与资金使用能力,容易通过价值链攀升过程中低碳技术溢出效应来模仿发达国家的节能技术,提升碳排放绩效能力。

表6 异质性分析结果

分组标准	按行业类型划分			按污染密集度划分		按技术水平划分	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	劳动	资本	技术	污染	非污染	中低技术	高技术
<i>gvc</i>	0.1429*** (4.98)	0.2400*** (4.23)	0.4988*** (8.08)	0.1321* (2.30)	0.1506* (2.14)	0.1294*** (3.48)	0.6267*** (3.74)
常数	0.8389** (2.74)	3.1328** (3.20)	0.9354*** (4.14)	0.6778 (1.25)	1.2638*** (3.38)	0.9594*** (3.19)	0.4427** (2.80)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	90	75	105	60	210	195	75
时间固定效应	是	是	是	是	是	是	是
行业固定效应	是	是	是	是	是	是	是
R^2	0.744	0.522	0.616	0.806	0.480	0.535	0.272

2. 基于污染密集度的异质性分析。全球价值链分工体系下,后发国家的环境规制水平低,发达国家会将高污染性、低附加值生产任务转移至发展中国家,使污染密集度高的行业更容易“锁定”于价值链后端,导致碳排放强度增大。因此,相比于非污染密集度行业而言,污染密集度高的行业下,全球价值链地位的参与不利于碳排放改善。依据现有研究,将污染治理成本大于1.8%的行业视为污染密集型行业,同时按此标准对中国制造业行业分类,得出c7-c9、c11与c12为污染密集型行业,其余为非污染密集型行业。将行业按污染密集度分组后进行回归,结果如表6所示。其中,列(4)(5)分别为污染密集型行业与非污染密集型行业下全球价值链地位对碳排放绩效的影响,报告显示全球价值链地位攀升对碳排放绩效的改善效果在非污染密集型行业下更为明显。

3. 基于技术水平的异质性分析。不同技术水平在技术模仿与技术创新等方面存在差异,赋予制造业行业攀升过程中的比较优势亦不同。因此本文按技术水平将制造业分为高技术与中低技术水平并分组回归,结果如表6所示。结果显示,相比于中低技术水平行业而言,全球价值链地位攀升对碳排放绩效的改善效果在高技术水平下更为明显,产生该结果的原因可能是中低技术水平企业引进高端技术受限,依靠较强研发实力与学习能力去突破发达国家封锁限制的周期较长,实现产业结构转型升级的初期成本较大,致使全球价值链地位攀升对改善碳排放绩效能力较弱。反之,高技术行业下技术创新与模仿能力较高,容易通过前向深度嵌入全球价值链突破发达国家的封锁和限制、实现规模经济并减少内嵌于成

本的平均产出能源消耗、促进环保技术创新。

(五)机制分析

理论分析表明,全球价值链地位攀升可能通过能源利用效率与能源结构改变促进制造业碳排放绩效改善,同时环境规制在一定程度可以强化全球价值链地位对碳排放绩效改善的赋能作用。因此,本部分将从提高能源利用效率、优化能源结构改善与强化环境规制赋能角度来验证全球价值链地位攀升对制造业碳排放绩效改善的影响。

1.能源利用效率的机制检验。全球价值链地位攀升改变了制造业以劳动和资本等传统要素投入为核心的生产方式,有效缓解能源要素的稀缺性约束。从要素耦合视角来看,全球价值链地位攀升可以增加要素耦合的协调性,其本质是全方位实现异质性生产要素与包含绿色技术在内的技术创新的作用互构,通过链条行业间的技术溢出效应促进当前高耗能、高污染的生产模式转换,进而提高能源利用效率。因此,本文将围绕全球价值链地位攀升在一定程度上促进能源利用效率提升进而促进制造业碳排放绩效改善的影响机制展开研究。参考蔡庆丰和刘昊^[31](P127-139)做法,构建如下回归模型:

$$cmcpi_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 gvc_{it} + \gamma_2 Ee_{it} + \gamma_3 Ee_{it} gvc_{it} + \sum \gamma_j X_{it} + \mu_i + \gamma_t + e_{it} \quad (11)$$

其中, Ee_{it} 表示能源利用效率,即制造业行业*i*在*t*年的能源利用率, $Ee_{it} gvc_{it}$ 表示全球价值链地位与能源利用效率的交互项,其交互项系数为 γ_3 。通过对模型(11)进行回归,回归结果如表7所示,结果显示全球价值链地位与能源利用效率的交互项系数为负,表明全球价值链地位攀升能够降低行业单位产值下的能源消耗量,进而通过提高能源利用效率改善制造业行业的碳排放绩效。

2.能源消费结构的机制检验。全球价值链地位攀升的低碳技术创新要素引入会倒逼制造业行业间改善现有生产任务中的能源要素投入,实现生产流程的绿色化与低碳化。同时,一方面,全球价值链地

表7 全球价值链地位对碳排放绩效的机制分析

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>cmcpi</i>	<i>cmcpi</i>	<i>cmcpi</i>	<i>cmcpi</i>	<i>cmcpi</i>	<i>cmcpi</i>
<i>gvc</i>	0.1346** (2.69)	0.1039** (2.40)	0.0904*** (3.74)	0.8565** (2.81)	0.0957** (2.66)	0.1208* (1.89)
<i>gvcEe</i>	-0.0924* (-2.15)		-0.0458** (-2.73)			
<i>Ee</i>	-0.0779** (-2.57)		-0.0885*** (-3.91)			
<i>gvcEc</i>		-0.9712** (-2.62)		-1.1432** (-2.58)		
<i>Ec</i>		-0.0737* (-1.63)		-0.0971*** (-3.71)		
<i>gvcEr</i>					0.1086** (2.41)	0.1147** (2.60)
常数值	1.1581** (2.53)	0.1764*** (3.61)	0.9651** (2.47)	0.7387 (1.70)	0.9982*** (3.49)	1.1412*** (4.01)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	否	否	是	是	否	是
行业固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	270	270	270	270	270	270
R^2	0.472	0.619	0.581	0.521	0.535	0.539

位中的各制造业行业依靠现有的比较优势配置到相应的生产环节,通过使用其他行业中的能源与劳动要素来改变能源消费结构;另一方面,在委托产业链上其他行业进行代工生产较低级的工业与产品升级的过程中,也能够对现有的能源产业结构作出优化调整。因此,我们认为全球价值链地位攀升在一定程度上能优化能源消费结构进而促进制造业碳排放绩效改善。据此,构建如下回归模型:

$$cmcp_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 gvc_{it} + \gamma_2 Ec_{it} + \gamma_3 Ec_{it} gvc_{it} + \sum \gamma_j X_{it} + \mu_i + \gamma_t + e_{it} \quad (12)$$

其中, Ec_{it} 表示能源消费结构,即制造业行业 i 在 t 年的能源消费结构, $Ec_{it} gvc_{it}$ 表示全球价值链地位与能源消费结构的交互项,其交互项系数为 γ_3 。通过对模型(12)进行回归,回归结果如表7所示,结果显示全球价值链地位与能源消费结构的交互项系数表明全球价值链地位攀升会通过优化能源消费结构改善制造业行业的碳排放绩效。

3. 环境规制的调节效应检验。上述分析表明,环境规制会强化全球价值链地位攀升对碳排放绩效改善的赋能作用。为检验环境规制为全球价值链地位对碳排放绩效影响的调节效果,构建如下模型(13)。

$$cmcp_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 gvc_{it} + \alpha_1 gvc_{it} Er_{it} + \sum \alpha_j X_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

其中, $cmcp_{it}$ 表示碳排放绩效, gvc_{it} 表示全球价值链地位, Er_{it} 表示调节变量环境规制, X_{it} 控制变量, ε_{it} 为随机扰动项, μ_i 为行业固定效应, γ_t 为时间固定效应。关于环境规制测度方式,较为常规的为政府颁布的环境法律法规、政策数量、排污费收入与投资成本与企业生产总值之比等来方式。考虑到本文所选取的为中国制造业面板数据,不同行业的碳排放程度不同。因此参考李玲和陶峰^[32](P70-82)做法,采用综合指标法加以度量。其中一级层和二级层的选取分别为废水、废气和废固;废水排放达标率,工业二氧化硫去除率与固体废弃物综合利用率。具体计算环境规制的方式如下:首先将二级层无量纲化;其次赋予不同行业的污染权重;最后根据单项指标的标准化与权重值计算环境规制强度。

双向固定效应模型分析后,检验结果如表7所示。表7中报告了以环境规制为调节变量的模型估计结果,列(5)(6)对应模型(13),其中列(5)为仅行业固定效应结果,列(6)为双向固定效应结果。结果显示,全球价值链地位与环境规制的交互项对碳排放绩效的作用显著,即环境规制能够增强全球价值链地位对碳排放绩效的赋能作用。

五、研究结论与政策建议

本文从全球价值链地位视角探讨全球价值链地位攀升对中国制造业碳排放绩效的影响,研究结论如下:第一,中国制造业全球价值链地位攀升能够改善碳排放绩效,经不同方式的稳健性检验后,该结论依旧成立。第二,在解决双向因果、遗漏变量缺失与自选择偏误所引致的内生性问题后,发现全球价值链地位可以通过提升能源利用效率与优化能源消费结构促进制造业行业的碳排放绩效改善。一方面,参与全球价值链网络分工过程时,中国制造业行业更易获得包含低碳创新要素流动的技术溢出效应,为提高价值链上制造业行业的能源利用效率提供有力支撑。另一方面,处于全球价值链分工地位高水平的国家更易因严格的环境规制对链条其他行业产生能源结构改善的倒逼作用,同时,链条间同一发展水平行业间也会主动调整能源投入组合来有效规避竞争,两者均会改善碳排放绩效。同时,环境规制可以增强全球价值链地位对碳排放绩效的赋能效果。第三,资本与技术密集型、高技术水平以及非污染密集度行业表现与总样本类似。

根据上述结论,我们的政策建议是:第一,实现全球价值链地位攀升与碳排放绩效改善是构建新发展格局和改善生态环境治理的主要路径。因此,中国制造业应在原有的对外开放格局下,以“一带一路”建设与加入区域全面经济伙伴关系协定(RCEP)等为重点,构建全方位与多层次的发展格局,以积极姿态融入全球价值链分工体系,充分发挥碳排放绩效的改善能力。第二,提高能源利用效率与优化能源消

费结构是全球价值链地位攀升过程中改善碳排放绩效的两种间接机制。因此,政府可以通过加大财政金融的扶持力度、制定偏向型政策,鼓励制造业进行产业结构升级,在提升全球价值链地位的同时实现国家碳减排。同时,政府也应积极引导制造业参与全球价值链地位竞争以学习链条前端行业的生产模式与低碳技术研发,鼓励制造业向全球价值链分工体系中的高环保标准靠近,不断优化能源投入组合与提升能源利用效率,降低碳排放强度,提升行业中的产业低碳竞争力。第三,劳动密集型行业与中低技术水平行业在全球价值链地位攀升过程中存在转换成本高、周期长等问题,政府应该加大资金支持,实现资金与该行业的良好对接,打造中国制造业竞争新优势。进一步,政府在鼓励各制造业参与经济一体化进程的同时,也应重点扶持全球价值链地位下游行业,提高其技术吸收与转化能力,敦促下游行业沿全球价值链地位攀升,通过吸收与模仿上游行业的绿色技术创新要素来改善自身行业的碳排放绩效,以促进行业的长期绿色发展。第四,充分发挥环境规制的赋能效果。中央政府应做好环境政策的顶层设计,加强对地方政府以及行业的适时监督,纠正地方政府为过度追求经济发展而产生的系列短视行为。

参考文献

- [1] 许冬兰,韩婧彤. 双环流价值链嵌入对低碳全要素生产率的影响效应研究. 中国地质大学学报(社会科学版), 2022,22(1).
- [2] 高运胜,朱佳纯,代蕊. 全球价值链嵌入与制造企业加成率. 贵州财经大学学报,2021,(4).
- [3] 谢锐,陈湘杰,朱帮助. 价值链分工网络中心国经济增长的全球包容性研究. 管理世界,2020,(12).
- [4] J. S. Shapiro, R. Walker. Why Is Pollution from US Manufacturing Declining? The Roles of Environmental Regulation Productivity and Trade. *American Economic Review*, 2018, 108(12).
- [5] 张友国. 中国贸易增长的能源环境代价. 数量经济技术经济研究,2009,26(1).
- [6] 李小平,卢现祥. 国际贸易、污染产业转移和中国工业CO₂排放. 经济研究,2010,45(1).
- [7] 乔小勇,李泽怡,相楠. 中间品贸易隐含碳排放流向追溯及多区域投入产出数据库对比——基于WIOD、Eora、EXIO-BASE数据的研究. 财贸经济,2018,39(1).
- [8] 张弘媛,丁一兵. 全球价值链嵌入与绿色全要素能源效率——来自中国制造业的证据. 浙江社会科学,2022,(2).
- [9] 尹天宝,赵红岩,仲颖佳. 全球价值链嵌入对中国绿色经济效率的影响研究. 当代财经,2023,(1).
- [10] 王玉燕,林汉川. 全球价值链嵌入能提升工业转型升级效果吗——基于中国工业面板数据的实证检验. 国际贸易问题,2015,(11).
- [11] 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. 国际贸易问题, 2020,(4).
- [12] 彭水军,张文城,孙传旺. 中国生产侧和消费侧碳排放量测算及影响因素研究. 经济研究,2015,(1).
- [13] 师博,任保平. 产业集聚会改进能源效率么? 中国经济问题,2019,(1).
- [14] 李颖,徐小峰,郑越. 环境规制强度对中国工业全要素能源效率的影响——基于2003-2016年30省域面板数据的实证研究. 管理评论,2019,(12).
- [15] 王玉燕,李一凡,闫舒婷. 全球价值链嵌入能提升技术进步的节能减排效应吗? ——基于中国工业面板数据的实证检验. 经济问题,2017,(9).
- [16] 邓荣荣,张翱翔. 中国城市数字金融发展对碳排放绩效的影响及机理. 资源科学,2021,(11).
- [17] D. Tyteca. On the Measurement of the Environmental Performance of Firms-A Literature Review and a Productive Efficiency Perspective. *Journal of Environmental Management*, 1996, 46(3).
- [18] R. Palatnik, M. Shechter. Assessing the Economic Impacts of Climate Change Using a CGE Model with Decentralized Market Instruments. *Journal of Siberian Federal University Humanities Science*, 2010, 6(3).
- [19] R. Ramanathan. Combining Indicators of Energy Consumption and CO₂ Emissions: Across-country Comparison. *International Journal of Global Energy Issues*, 2002, 17(3).
- [20] R. Fare, E. Grifell-Tatje, S. Grosskopf. Biased Technical Change and Malmquist Productivity Index. *The Scandinavian Journal of Economics*, 1997, 97(1).

- [21] P. Zhou, B. W. Ang, J. Y. Han. Total Factor Carbon Emission Performance: A Malmquist Index Analysis. *Energy Economics*, 2010, 32(1).
- [22] R. Koopman, W. Powers, Z. Wang. Give Credit Where Credit is Due: Tracing Value Added in Global Production Chains. *National Bureau of Economic Research, Working Paper*, 2010.
- [23] 白俊红, 余雪微. 全球价值链嵌入对节能减排的影响: 理论与实证. *财贸经济*, 2022, 43(6).
- [24] 张少华, 陈浪南. 经济全球化对我国能源利用效率影响的实证研究——基于中国行业面板数据. *经济科学*, 2009, (1).
- [25] 王林辉, 杨洒洒, 刘备. 技术进步能源偏向性、能源消费结构与中国能源强度. *东北师大学报(哲学社会科学版)*, 2022, (1).
- [26] 陈诗一. 中国工业分行业统计数据估算: 1980-2008. *经济学(季刊)*, 2011, (3).
- [27] 杨晓军, 陈浩. 中国城镇化对二氧化碳排放的影响效应: 基于省级面板数据的经验分析. *中国地质大学学报(社会科学版)*, 2013, (1).
- [28] 陈诗一. 中国各地区低碳经济转型进程评估. *经济研究*, 2012, (8).
- [29] T. Fally. On the Fragmentation of Production in the US. *University of Colorado Working Paper*, 2011.
- [30] R. Hausman, J. Hwang, D. Rodrik. What you Export Matters. *American Economic Growth*, 2007, (1).
- [31] 蔡庆丰, 刘昊. 乐观情绪、商服地块溢价率与企业金融化. *武汉大学学报(哲学社会科学版)*, 2023, (2).
- [32] 李玲, 陶锋. 中国制造业最优环境规制强度的选择——基于绿色全要素生产率的视角. *中国工业经济*, 2012, (5).

China's Global Value Chain Position, Environmental Regulation And Carbon Emission Performance

Zhang Huizhi, Sun Rufeng (Jilin University)

Abstract Striving to achieve the dual goals of status elevation in global value chain and low-carbon economic development is a key issue China needs to address. Based on the data of China's manufacturing industry from 2000 to 2014, this paper examines the impact of status elevation in global value chain on carbon emission performance and its mechanism. Status elevation in global value chain is found conducive to improved carbon emission performance, and its empowerment effect varies among industries of different types, technological levels, and pollution intensity, working mainly through energy efficiency and energy consumption structure. Intensified environmental regulation can further enhance its positive effect on improved carbon emission performance. China's manufacturing industries should pursue an all-round and multi-tiered integration into the global value chain by driving the coordinated development of upstream and downstream industries within the chain, and promoting the transformation of energy technology spillovers within the manufacturing industries. Moreover, local governments should provide differentiated policy support to different industries and strengthen due supervision to prevent short-sighted practices of industries.

Key words status in global value chain; carbon emission performance; energy efficiency; energy consumption structure; environmental regulation

-
- 作者简介 张慧智, 吉林大学东北亚学院教授; 吉林 长春 130012;
孙茹峰, 吉林大学东北亚学院博士研究生。
- 责任编辑 杨 敏