

全球价值链嵌入对制造业企业能源效率的影响及机制

林婷¹, 谌仁俊^{2,3}

(1. 南开大学经济学院, 天津, 300071;

2. 华中师范大学经济与工商管理学院, 湖北武汉, 430079;

3. 华中师范大学低碳经济与环境政策研究中心, 湖北武汉, 430079)

摘要: 利用中国工业企业数据库、中国海关进出口数据库和企业污染排放数据库跨库匹配数据, 将企业异质性特征及其所面临的技术瓶颈、制度性约束因素置于统一分析框架, 探索全球价值链嵌入对制造业企业短期与长期能源效率的影响。研究发现: 参与全球价值链能够显著提升企业能源效率, 且这一正向效应在工具变量回归以及多种稳健性检验中依然成立; 制造业企业主要通过“大市场效应”和“环保压力效应”提升能源效率, 企业嵌入全球价值链的“技术创新效应”并未显现; 全球价值链嵌入对东部地区、技术密集型行业、重污染行业以及一般贸易企业能源效率的正向效应更为突出; 短期和长期能效低下都会影响企业能源效率, 并且企业能源效率的变动主要取决于长期效率波动情况。嵌入全球价值链能够促使企业克服短期能效不足问题, 但无法助力企业突破技术瓶颈和制度性约束, 企业长期能源效率并没有得到提高。

关键词: 全球价值链嵌入; 制造业企业; 企业异质性特征; 企业能源效率

中图分类号: F206; F752

文献标识码: A

文章编号: 1672-3104(2023)03-0113-16

一、引言

改革开放以来, 我国经济迅速发展, 一跃成为世界第二大经济体。然而, 长期高投入、高能耗的粗放型发展模式使得能源供需矛盾及其所带来的环境问题日益突出, 成为制约我国经济可持续发展的瓶颈之一。2020年, 英国石油公司发布的《世界能源统计年鉴》显示, 在全球能源消费净增量中, 我国占比超过3/4。面对严峻的能源形势, 我国政府早在“十一五”规划中就明确提出单位国内生产总值能源消耗降低20%的节能目标。国家发改委和能源局印发的《能源生产和消费革命战略(2016—2030)》进一步提出2021

—2030年能源消费总量控制在60亿吨标准煤以内的发展目标。在我国经济迈向高质量发展的关键时期, 对能源的刚性需求依然存在, 以煤炭为主的能源结构很难在短时间内改变。因此, 如何提升企业能源效率是当前亟需解决的重大课题。与此同时, 经济全球化促使全球价值链在世界范围内不断延展与细化, 全球价值链分工模式逐渐成为国际分工新常态。中国凭借要素禀赋优势和长期积累的制造业优势, 已成为不可或缺的世界制造工厂。在此背景下, 研究融入全球价值链能否推动制造业企业能源效率增长, 并剖析其具体影响机制, 可以为中国“双碳”目标的实现提供理论指引^[1]。

已有大量研究从宏观和中观视角对各国、各

收稿日期: 2022-02-20; 修回日期: 2022-05-05

基金项目: 国家自然科学基金面上项目“环境规制、绿色创新方向与工业污染防治: 基于中国企业数据的研究”(72073049); 国家自然科学基金青年项目“人力资本视角下大气污染的经济代价与治理对策研究”(71703052)

作者简介: 林婷, 女, 福建泉州人, 南开大学经济学院博士研究生, 主要研究方向: 产业经济学; 谌仁俊, 男, 湖南益阳人, 华中师范大学经济与工商管理学院副教授、低碳经济与环境政策研究中心副研究员, 主要研究方向: 绿色与低碳经济, 联系邮箱: shenrenjun@yeah.net

地区以及行业能源效率进行了评估。然而,受宏、中观数据的限制,这类研究难以剖析影响能源效率的微观机理。近年来,一些学者开始尝试从微观视角对企业能源效率进行探讨,如陈钊和陈乔伊^[2]利用2001—2010年企业污染排放数据,基于企业单位能耗的工业产值测算了企业能源效率,发现即使在细分行业内企业间的能源效率差异依然很大。还有一些学者利用煤炭能源强度的倒数、企业工业产值与煤炭消耗量之比的对数来量化企业能源效率^[3-4]。但是,这些研究主要是通过总产出与能源消耗的比值来表征能源效率,忽视了劳动、资本等生产要素的影响,并且绝大多数研究都基于单一产出模式,忽视了生产过程本身多投入、多产出的技术经济特征。为克服这一缺陷,学者们不断探寻新的研究方法。以数据包络分析法(DEA)和随机前沿分析法(SFA)为代表的多要素能源效率测算方法得到广泛应用。但DEA方法无法分离随机因素的影响,而SFA方法考虑了随机因素的影响,降低了测度生产前沿时对随机误差的敏感性,且在面板数据中利用SFA方法测算效率具有更大的优势^[5]。因此,已有大量研究基于劳动、资本、能源等要素投入,利用传统SFA模型对能源效率进行了评估,但这些研究都忽视了个体不可观测特征带来的影响。由Wang和Ho^[6]提出的固定效应随机前沿模型有效解决了这一问题,使得估计结果更加可靠。随着SFA模型不断得到优化,Ahn和Sickles^[7]提出在效率分析中需要弄清长期无效项和短期无效项的差异。所谓长期无效项是指在短时间内难以改变、不随时间变化的无效率项,一般由结构问题或管理体系不当造成;而短期无效项则是指会随时间变化的无效项,问题往往能够在短期内得到解决。区分长、短期无效项十分重要,一方面,若模型中仅仅包含短期或长期无效项,无效项将和个体固定效应、随机扰动项混淆,进而使效率估算出现偏误;另一方面,长期效率和短期效率具有不同的经济含义,致力于提升长、短期效率的相应政策也有所不同^[8]。随着方法的演进,Tsionas和Kumbhakar^[9]提出了GTRE(Generalized True Random Effects)模型,其在充分考虑随机扰动、个体特征的前提下,能够同时估计长期效率

和短期效率,GTRE模型已被应用于水电、住宅、医疗、教育等领域的效率评估^[10-14]。充分考虑企业特征,厘清企业短期内能效不足以及由于技术瓶颈、制度性约束等造成的长期效率低下,是理解企业间能源效率差异的基础。但是,目前尚未有文献结合中国最全面的环境微观数据库,在考虑企业异质性特征、随机因素干扰的同时,测算企业能源效率及其长、短期效率。此外,从能源效率的影响因素来看,虽然已有研究关注到我国对外开放过程中的能源问题,并尝试从国际贸易、对外投资等视角展开分析^[15-17],但是,鲜有文献就我国嵌入全球价值链对制造业企业能源效率的影响进行探讨。事实上,全球价值链既包含产品的进出口,又涵盖以投资为媒介的对外活动,是较为复杂的一体化体系,也有待深入剖析。

基于此,本文利用2001—2011年中国工业企业数据库、中国海关进出口数据库和企业污染排放数据库匹配数据,通过距离函数处理多产出问题,并进一步结合GTRE模型对我国制造业企业长期和短期能源效率进行测算,从微观视角探究全球价值链嵌入对制造业企业能源效率的影响及其作用机理。与既有研究相比,本文的边际贡献主要体现在:① 本文首次将企业异质性特征及企业所面临的技术瓶颈、制度性因素等置于统一的分析框架内,进而分离出企业短期能源效率和长期能源效率,并利用距离函数克服了传统SFA模型处理多产出问题的局限,使得企业能源效率测算结果更为精准。② 有关全球价值链嵌入与能源效率关系的问题尚未得到足够的关注,特别是从微观企业视角探析的文献较为匮乏。本文利用企业能耗和污染数据,从我国嵌入全球价值链视角探究能源问题,为开放经济背景下的能源问题研究提供了新的视角。③ 本文较为深入地探讨了全球价值链嵌入对企业能源效率的影响机理,从不同地区、不同行业以及不同贸易方式三个维度对全球价值链嵌入的作用效果进行了异质性分析,并进一步考察了全球价值链嵌入对企业短期与长期能源效率的影响,极大地丰富了研究内容。研究结论为开放经济下我国企业有效提升能源效率提供了经验证据与政策启示。

二、理论分析

企业融入全球价值链, 将可能因大市场效应、技术创新效应、低端锁定效应、环保压力效应等影响其能源效率。

(一) 大市场效应

广泛参与全球价值链分工的制造业企业不仅拥有国内市场, 还可以通过融入海外生产网络, 进入更大的国际市场。随着目标市场的扩大, 为满足国际市场需求, 企业会不断扩大生产规模, 并且将资源集中于具有核心竞争力、占据比较优势的生产环节。随着企业生产规模的逐步扩大, 企业可以实现资源利用最大化和生产成本最小化, 进而提高企业边际利润率, 获得规模经济效益^[18]。这使得企业能够将更多的资金投入清洁生产设备购买和绿色研发创新活动中, 有利于企业能源效率的提高。此外, 我国制造业企业融入全球价值链, 面对复杂多变的国际市场大环境和更为激烈的市场竞争, 为了在国际市场上维持稳定的市场份额和地位优势, 将通过系列手段提升自身市场竞争力, 以规避来自同行业或相近企业的竞争冲击。一方面, 参与全球价值链增强了我国制造业企业的竞争意识和危机感, 巨大的竞争压力将倒逼本土企业积极改善传统生产工艺、更新落后的生产设备, 采取各种能够提高自身技术水平的措施, 从根本上增强自身核心竞争力; 另一方面, 企业为了能够从众多同质企业中脱颖而出, 其自主创新意识会提高, 将通过增加研发投入、进行研发创新等来推动产品创新, 进而巩固自身在价值链中的地位。在激烈的市场竞争下, 企业若无法及时对生产经营模式做出调整, 极有可能因为逐渐失去市场份额而被迫退出市场。因此, 全球价值链嵌入下的优胜劣汰效应使得最终存续的企业都拥有较强的适应能力和更高的技术创新水平^[19], 也具备更强的节能减排能力。

(二) 技术创新效应

企业嵌入全球价值链能够通过技术转移、技术外溢以及学习效应提高其技术创新水平。首

先, 在全球生产网络中, 发达国家往往处于主导地位, 对产品制造具有统一的标准, 为保证代工企业加工产品的质量, 发达国家经常主动将技术人员派到发展中国家, 通过人才培养、技术和工艺指导等方式加强技术交流^[20]。其次, 相比完全封闭的经济社会, 开放条件下的知识和技术传播范围广、传播速度更快。进出口商品中隐含着新概念、新技术和新标准, 随着商品的国际流动, 国际先进思想得以传播和扩散, 进而推动本土企业技术创新。再次, 本土制造业企业通过发挥学习效应也会进一步推动其技术创新水平的提高, 这主要体现在: 企业从发达国家进口高质量、多样化、高技术含量的机器设备和中间产品, 以较低成本吸收产品中的先进技术, 通过不断学习、模仿、二次创新, 能够形成进口中的学习效应, 进而实现自身技术进步。同时, 发达国家拥有充足的研发资本, 作为新技术和新产品的发源地, 控制着全球价值链的高附加值环节。我国企业将产品出口到发达国家, 这样能够接触到当地优质的企业, 学习其先进的生产工艺和组织管理模式, 进而形成出口中的学习效应。此外, 进出口企业还可以通过努力促成与价值链主导企业的联合研发来实现技术进步^[21]。随着制造业企业全球价值链参与程度的不断深入, 企业技术创新水平得到提高, 能够帮助其向能源集约化和清洁化方向发展, 改善能源结构, 降低单位产出能耗, 最终实现企业能源效率的提高和生产的低碳转型。

(三) 低端锁定效应

我国凭借资源禀赋和成本优势嵌入全球价值链, 容易被主导价值链的发达国家所“俘获”, 被迫锁定在高能耗、高污染、可替代性强的价值链低端环节, 产生“低端锁定效应”, 进而阻碍企业技术进步^[22]。具体来说, 首先, 价值链中的领导厂商会尽可能将转移的知识和技术物化在机器设备中, 其主动进行的技术转移仅仅为一般性的生产技术, 并且知识转移的范围往往也仅限于加工或组装环节。与此同时, 领导厂商还会通过强化知识产权保护等方式严控其核心技术扩散, 减少转移过程中的技术溢出, 以此遏制他国制造业企业通过学习和模仿实现技术进步。其

次,发达国家为完成能耗和污染的转移,往往将高附加值的核心研发环节留在国内,将低附加值、高能耗的加工组装环节外包给发展中国家。发展中国家由此形成的长期的代工环境,将使其制造业企业难以脱离低附加值困境,陷入“低端嵌入—产品和技术依赖—技术创新环节被架空”的恶性循环之中。最后,当代工企业逐步提高技术水平和生产能力而向价值链高端环节攀升时,领导厂商为防止代工企业对其既有垄断地位构成威胁,会通过各种方式阻碍代工企业的功能和链条升级,如设定各种限制性的参数构筑起知识门槛,通过强化品牌、专利池限制、零售市场并购以及战略隔绝等方式提高价值链高附加值环节的准入门槛,实施严格的技术转移门槛乃至技术封锁,甚至利用代工企业的可替代性触发市场低价竞争来压榨企业利润。因此,我国制造业企业在“低端锁定效应”下难以实现绿色技术进步,最终会抑制企业能源效率的提升。

(四) 环保压力效应

国际网络系统中的经济主体能够借助彼此之间的供应、采购关系传递环保诉求,使全球价值链成为传递环保标准、环保理念以及环保责任的链条。从环保标准来看,主导全球价值链的发达国家对能源使用和产品环保标准提出了更高

的要求^[23]。与此同时,随着我国参与全球价值链程度的深化,跨国公司的环保理念及环保压力也会传递给我国企业。此外,随着各国经济发展水平和人民物质生活水平的不断提高,社会公众的环保诉求也日益强烈。因此,我国制造业企业在参与全球价值链国际分工体系的过程中,将面临来自发达国家、相关企业的环保压力以及社会公众日益增长的环保诉求。在巨大的外部环保压力下,企业将采用更加清洁的能源,积极改造和升级生产线,严格把控和优化生产流程。通过引进先进生产技术、购置清洁生产设备等逐渐向低能耗的清洁生产模式转变,将清洁生产理念贯穿整个生产流程。同时,企业会更为主动地延伸和拓展低能耗、低污染的生产或创新链条,将环保压力内化为积极推进节能减排的系列行动。这会有效减少企业生产过程中资源和能源消耗,进而带来企业能源效率的提升。

根据上述分析,本文认为全球价值链嵌入对制造业企业能源效率的影响取决于多种因素的综合作用,具体影响机制如图1所示。若正向效应大于负向效应,那么全球价值链嵌入能够提高制造业企业能源效率。反之,则会降低企业能源效率。具体影响效应还有待通过实证做进一步的检验。

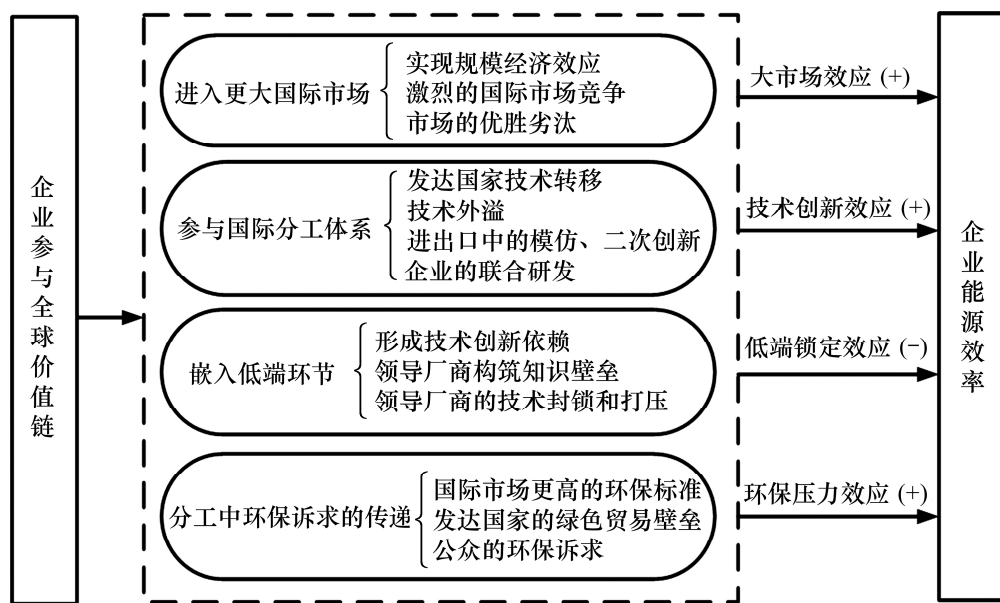


图1 全球价值链嵌入影响企业能源效率的机制

三、模型设定与数据说明

(一) 模型设定

为评估全球价值链嵌入对制造业企业能源效率的影响, 本文构建如下固定效应模型进行实证研究:

$$efficiency_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 GVC_{it} + Z' \pi + \delta_i + \varphi_j + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, 下标 i 、 j 和 t 分别表示企业、企业所在的二位数行业和年份; $efficiency_{it}$ 表示 i 企业在第 t 年的能源效率; GVC_{it} 表示 i 企业在第 t 年的全球价值链嵌入程度; Z 为企业和城市层面的控制变量; δ_i 、 φ_j 和 λ_t 分别代表企业固定效应、二位数行业固定效应以及年份固定效应。本文重点关注回归系数 α_1 , 若 α_1 显著大于 0, 表示全球价值链嵌入能够提升制造业企业能源效率; 若 α_1 小于 0, 则表明全球价值链嵌入反而降低了企业能源效率。

(二) 变量测算与说明

1. 被解释变量: 企业能源效率

企业基于要素投入生产出“好”产出即合意产出(Y)以及“坏”产出即非合意产出(B)的生产过程, 可以用技术 T 来表示:

$$T = \{(L, K, E, Y, B) : (L, K, E) \text{ 可以生产出 } (Y, B)\} \quad (2)$$

其中, L 、 K 、 E 、 Y 、 B 分别代表劳动投入、资本投入、能源投入、合意产出以及非合意产出。本文选取企业全部从业人员年平均数来表征劳动投入; 采用永续盘存法来测度投入要素中的资本存量。对于初期资本存量的计算, 主要参考 Olley 和 Pakes^[24]的做法, 利用企业在数据库中首次出现的固定资产原值表示企业初始资本存量, 以中间投入品来衡量中间投入。此外, 本文对计算中涉及的实际投资额、实际资本存量以及实际折旧额等指标均以生产价格指数进行平减; 借鉴林伯强等^[25]、谌仁俊和周双双^[26]的研究思路, 基于《中国能源统计年鉴》中各种能源折标准煤参考系数, 将企业燃料煤、原料煤、重油、柴油和洁净

燃气消费量五个指标折算成标准煤^①, 进而计算出企业能源要素投入。对于合意产出 Y , 本文采用企业总产值来表示, 以国家两种主要管控污染物即二氧化硫和化学需氧量的排放量来衡量企业非合意产出 B 。为处理多产出问题, 本文利用谢泼德距离函数 $D_E(L, K, E, Y, B)$ 来测算全要素能源效率, 设定如下:

$$D_E(L, K, E, Y, B) = \sup_{\theta} \left\{ \theta : \left(\frac{L}{\theta}, \frac{K}{\theta}, \frac{E}{\theta}, Y, B \right) \in T \right\} \quad (3)$$

为估计全要素能源效率, 本文选用文献中广泛使用的超越对数函数形式设定距离函数。同时, 本文将时间趋势项 t 纳入函数中。超越对数函数形式的距离函数设置如下:

$$D_E(X) = \exp(\alpha_0 + \sum_{n=1}^5 \alpha_n \ln(X_n) + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^5 \sum_{n=1}^5 \alpha_{mn} \ln(X_m) \ln(X_n) + \beta_0 t + \frac{1}{2} \beta_1 t^2) \quad (4)$$

其中, X 代表 L 、 K 、 E 、 Y 、 B 。假定距离函数 D_E 满足齐次性, 以能源投入进行标准化换算, 式(4)可转化为:

$$\begin{aligned} \ln D_E - \ln E = & \alpha_0 + \alpha_L \ln l + \alpha_K \ln k + \alpha_Y \ln Y + \\ & \alpha_B \ln B + \alpha_{LK} \ln l \ln k + \alpha_{LY} \ln l \ln Y + \alpha_{LB} \ln l \ln B + \\ & \alpha_{KY} \ln k \ln Y + \alpha_{KB} \ln k \ln B + \alpha_{YB} \ln Y \ln B + \\ & \alpha_{LL} (\ln l)^2 + \alpha_{KK} (\ln k)^2 + \alpha_{YY} (\ln Y)^2 + \\ & \alpha_{BB} (\ln B)^2 + \beta_0 t + \frac{1}{2} \beta_1 t^2 \end{aligned} \quad (5)$$

其中, $l=L/E$, $k=K/E$, 均表示标准化的投入, 令无效项 $u=\ln D_E$, 加入随机扰动项 v , 则有随机距离函数:

$$\begin{aligned} -\ln E = & \alpha_0 + \alpha_L \ln l + \alpha_K \ln k + \alpha_Y \ln Y + \alpha_B \ln B + \\ & \alpha_{LK} \ln l \ln k + \alpha_{LY} \ln l \ln Y + \alpha_{LB} \ln l \ln B + \\ & \alpha_{KY} \ln k \ln Y + \alpha_{KB} \ln k \ln B + \alpha_{YB} \ln Y \ln B + \\ & \alpha_{LL} (\ln l)^2 + \alpha_{KK} (\ln k)^2 + \alpha_{YY} (\ln Y)^2 + \alpha_{BB} (\ln B)^2 + \\ & \beta_0 t + \frac{1}{2} \beta_1 t^2 + v - u \end{aligned} \quad (6)$$

对式(6)距离函数的估计可利用随机前沿方法。本文借鉴 Tsionas 和 Kumbhakar^[9]提出的 GTRE 模型, 对制造业企业长、短期效率进行考察, 模型设定如式(7):

$$\begin{aligned}
-\ln E_{it} = & \alpha_0 + \alpha_L \ln l_{it} + \alpha_K \ln k_{it} + \alpha_Y \ln Y_{it} + \\
& \alpha_B \ln B_{it} + \alpha_{LK} \ln l_{it} \ln k_{it} + \alpha_{LY} \ln l_{it} \ln Y_{it} + \\
& \alpha_{LB} \ln l_{it} \ln B_{it} + \alpha_{KY} \ln k_{it} \ln Y_{it} + \alpha_{KB} \ln k_{it} \ln B_{it} + \\
& \alpha_{YB} \ln Y_{it} \ln B_{it} + \alpha_{LL} (\ln l_{it})^2 + \alpha_{KK} (\ln k_{it})^2 + \\
& \alpha_{YY} (\ln Y_{it})^2 + \alpha_{BB} (\ln B_{it})^2 + \beta_0 t + \frac{1}{2} \beta_1 t^2 + \\
& w_i + v_{it} - u_{it} - \eta_i
\end{aligned} \quad (7)$$

其中, w_i 代表企业个体特征; v_{it} 代表外部冲击; u_{it} 指随时间变化的无效项即短期无效项, 如企业非系统性的能够在短期内解决的问题; η_i 代表短时间内难以改变、不随时间变化的无效项即长期无效项, 一般是指企业由于技术瓶颈、管理不当、结构问题或其他制度性因素带来的约束, 使得企业提升效率需要一定的时间。对于组合误差的分布, 设定如下:

- (1) $w_i, v_{it}, u_{it}, \eta_i$ 是独立的随机变量;
- (2) w_i 是服从均值为 0, 方差为 σ_w^2 的正态分布, 即 $w_i \sim N(0, \sigma_w^2)$;
- (3) v_{it} 是服从均值为 0, 方差为 σ_v^2 的正态分布, 即 $v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$;
- (4) u_{it} 是服从均值为 0, 方差为 σ_u^2 的半正态分布, 即 $u_{it} \sim N^+(0, \sigma_u^2)$;
- (5) η_i 是服从均值为 0, 方差为 σ_η^2 的半正态分布, 即 $\eta_i \sim N^+(0, \sigma_\eta^2)$ 。

对于上述模型的估计存在多种方法, 其中完全信息极大似然法十分复杂且耗时, 多步法则被认为存在一定偏误, 而贝叶斯估计法则对先验信息十分敏感。因此, 本文采用 Filippini 和 Greene^[27]提出的极大模拟似然估计的最新算法。与上述方法相比, 该方法通过模拟来降低计算难度, 使估算更为简便也更为精确。利用公式 $E[\exp(-u_{it})|e_i]$ 和 $E[\exp(-\eta_i)|e_i]$ 可分别得到短期效率与长期效率, 利用公式 $Overall\ efficiency_{it} = E[\exp(-u_{it})|e_i] \times E[\exp(-\eta_i)|e_i]$ 可以得到企业总的能源效率。

从表 1 测算结果可知, 企业短期效率均值为 0.887, 处于较高水平, 长期能源效率均值仅为 0.693。不论是均值还是最小值、最大值, 短期能源效率都大于长期能源效率。此外, 本研究发现, 企业总体能源效率的变动主要取决于长期效率

波动情况, 说明要提升企业总体效率必须要重视企业所面临的技术瓶颈以及制度性刚性约束等带来的能效不足问题。

表 1 企业能源效率测算结果

效率	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
短期效率	70 973	0.887	0.035	0.523	0.983
长期效率	70 973	0.693	0.119	0.403	0.903
总体效率	70 973	0.615	0.111	0.211	0.865

2. 核心解释变量: 全球价值链嵌入度

本文主要借鉴吕越等^[28]的方法来衡量企业全球价值链嵌入度, 主要做了以下工作: ①对企业一般贸易和加工贸易方式进行区分; ②将 HS 产品编码转换为 BEC 产品编码, 进而区分消费品、资本品以及中间投入; ③识别企业名称中包含“经贸”“科贸”“贸易”“进出口”和“外经”的中间贸易商, 进一步将贸易代理商问题纳入考虑; ④考虑企业使用国内原材料中含有国外产品份额的情况, 设定企业国内中间投入中有 5% 为海外附加值。具体计算公式如式(8):

$$\begin{aligned}
GVC = & \frac{\{M_A^p + X^o[M_{AM}^o/(D+X^o)]\} + 0.05\{M^T - M_A^p - [M_{AM}^o/(D+X^o)]\}}{X}
\end{aligned} \quad (8)$$

其中, GVC 代表企业全球价值链嵌入程度, 上标 o 和 p 分别表示一般贸易和加工贸易; X 和 D 分别表示企业出口以及国内市场销售; M_A^p 、 M_{AM}^o 、 M^T 分别表示企业实际加工贸易进口额、实际一般贸易中间投入进口额和企业中间投入额。 M_A^p 和 M_{AM}^o 测算公式如式(9)、式(10):

$$M_A^p = \sum_c \frac{M_c^p}{1 - m^c} \quad (9)$$

$$M_{AM}^o = \sum_d \frac{M_{md}^o}{1 - m^d} \quad (10)$$

其中, c 为加工贸易进口产品, m^c 为中间贸易商加工贸易产品的进口份额, d 为一般贸易进口的中间投入品, m^d 为中间贸易商一般贸易中间投入品的进口份额。

3. 控制变量

本文对企业层面及企业所在城市层面影响

因素进行控制。城市层面控制变量包括: 经济发展水平($\ln gdp$), 采用 2001 年 GDP 和不变价格 GDP 指数(以 2001 年为基期)推算得到的地区生产总值的对数来表示; 外商直接投资($\ln fdi$), 利用外商直接投资数额来衡量, 取对数计入方程; 环境规制水平(reg), 通过统计政府工作报告中环保、减排、绿色、生态、环境、污染、绿水、青山、能耗、能源等相关环境词汇占比来衡量; 能源禀赋($resour$), 利用采矿业从业人数占人口的比重来表示; 重工业集聚程度($heavy$), 通过重工业区位熵指数来衡量。区位熵指数的计算公式为: $heavy = (h_{it}/g_{it})/(h_t/g_t)$, 其中, h_{it} 表示城市 i 在第 t 年的重工业总产值, g_{it} 表示城市 i 在第 t 年的工业总产值, h_t 为全国第 t 年重工业总产值, g_t 为全国第 t 年工业总产值。

企业层面控制变量包括: 企业规模($\ln size$), 用企业总资产的对数来表示; 企业年龄($\ln age$), 用企业所处年份与企业开业年份差值表示, 加 1 取对数计入方程; 企业所有制($owner$), 本文将国有资本或集体资本占实收资本 50% 及以上的企业划分为国有企业, 赋值为 1, 否则为 0; 企业融资约束(rz), 利用应收账款占资产总额比重来表示; 企业资产收益率(lr), 用营业利润总额占资产总额比重来测算; 企业资本密度($\ln kp$), 利用企业固定资产除以员工总数来衡量, 取对数计入方程。

(三) 数据来源及处理

本文主要涉及企业层面和城市层面的四套数据。第一套企业进出口贸易数据主要来自 2001—2011 年中国海关进出口数据库, 本文利用其商品层面较为详细的进出口信息, 对企业全球价值链嵌入程度进行计算; 第二套企业经济指标数据主要来自国家统计局的中国工业企业数据库; 第三套企业能耗数据主要来自生态环境部的中国工业企业污染排放数据库, 该数据库报告了企业燃料煤、原料煤、重油、柴油和洁净燃气等能源消费量以及废气、废水、二氧化硫、化学需氧量等污染物排放量, 被认为是目前最权威的环境微观数据库; 第四套涉及城市层面控制变量的数据主要来自《中国城市统计年鉴》(2002—2012

年), 缺失值优先通过查找各地级市统计年鉴进行补充, 部分缺失值利用线性插值方法来填充。

为考察全球价值链嵌入对制造业企业能源效率的影响, 本文对三个微观数据库进行初步跨库匹配。首先, 借鉴 Brandt 等^[29]的处理方法, 利用企业名称、法人代码、企业地址等基本信息对中国工业企业数据库和企业污染排放数据库进行跨库匹配, 对于未能匹配上的样本, 则进一步通过关键信息的人工搜索识别等方式进行合并; 其次, 本文利用企业名称和年份对中国工业企业数据库和中国海关数据库进行匹配, 对于没能成功合并的样本则利用企业电话号码和企业所在地邮政编码信息进行识别, 进而完成三类微观数据的初步整合。在此基础上, 本文对数据进行了如下处理: ①仅保留跨库匹配成功的企业样本; ②仅保留制造业企业数据; ③剔除开业时间早于 1949 年的企业; ④剔除仅出现一次的企业; ⑤剔除从业人数少于 8 的企业; ⑥剔除工业总产值、资产总计、进出口额等关键变量缺失或异常以及其他不符合一般会计准则的企业; ⑦剔除煤炭消耗量、二氧化硫排放量以及化学需氧量排放量为负数或 0 的企业。最后, 本文根据企业所在地区行政区划代码将企业层面数据与城市层面数据进行合并, 得到研究所需的面板数据。

四、实证结果分析

(一) 基准回归结果

本文利用固定效应模型检验全球价值链嵌入是否能够提升制造业企业能源效率, 研究结论肯定了全球价值链嵌入的正向效应, 回归结果如表 2 所示。从第(1)列控制城市及企业层面影响因素, 并加入企业和年份固定效应的结果来看, 全球价值链嵌入度(GVC)的估计系数为 0.131 8, 并且在 1% 的水平上显著, 说明全球价值链嵌入对企业能源效率具有正向影响。第(2)列继续加入二位数行业固定效应后的结果显示, 全球价值链嵌入度(GVC)的估计系数依然为正值, 通过了 1% 的显著性水平检验, 并且估计系数较为稳定, 说明企业嵌入全球价值链确实能够提高其能源效率。

表2 全球价值链嵌入与企业能源效率的
基准回归结果

变量	(1)	(2)
	<i>efficiency</i>	<i>efficiency</i>
<i>GVC</i>	0.131 8*** (0.046 6)	0.131 6*** (0.046 3)
城市控制变量	是	是
企业控制变量	是	是
企业固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
二位数行业固定效应	否	是
Within R^2	0.212 4	0.212 5
<i>N</i>	70 973	70 973

注：括号中为聚类到企业层面的标准误；*、**、***分别表示在10%、5%、1%的水平上显著；Within R^2 表示组内的判定系数

(二) 内生性讨论

企业全球价值链嵌入度可能不是严格外生的，本文试图通过寻找工具变量来克服内生性问题。借鉴 Faccio 等^[30]的构造方法，通过构建同省份其他企业全球价值链嵌入度均值以及同城市其他企业全球价值链嵌入度均值分别作为工具变量进行检验。采用两阶段最小二乘法(2SLS)的估计结果如表3第(1)一(2)列所示。从 Kleibergen-Paap rk LM 以及 Kleibergen-Paap Wald rk F 统计量来看，拒绝了“工具变量识别不足”

表3 内生性讨论结果

变量	(1)	(2)
	<i>efficiency</i>	<i>efficiency</i>
<i>GVC</i>	1.177 3*** (0.313 4)	0.821 3*** (0.267 5)
城市控制变量	是	是
企业控制变量	是	是
企业固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
二位数行业固定效应	是	是
KP rk LM	658.563	784.667
KP rk Wald F	775.965	1 018.917
<i>N</i>	70 973	70 973

注：括号中为聚类到企业层面的标准误；*、**、***分别表示在10%、5%、1%的水平上显著

及“弱工具变量”的原假设，说明工具变量选取合理。全球价值链嵌入度(*GVC*)的估计系数都为正数，并且都通过了1%的显著性水平检验。上述结果说明考虑潜在内生性后本文结论仍然十分稳健，全球价值链嵌入能够显著提升制造业企业的能源效率。

(三) 稳健性检验

1. 全球价值链嵌入的重新测算

基于不同测算方法估计核心解释变量可能对估计结果造成影响。因此，除了利用公式(8)的计算方法外，本文也放宽了约束条件，采用文献中较为经典的三种测算方法对企业全球价值链嵌入度进行重新估计。其一为 Upward 等^[31]的计算方法；其二是在 Upward 等^[31]方法的基础上进一步考虑 BEC 商品分类；其三是在 Upward 等^[31]方法的基础上同时将 BEC 商品分类和贸易代理商问题纳入考虑。表4第(1)一(3)列分别汇报了以不同企业全球价值链嵌入度作为代理变量的实证结果，估计系数在1%的显著性水平上为正，说明制造业企业嵌入全球价值链的程度越深，企业能源效率也越高，研究结论并未发生改变。

2. 极端值及异常值的处理

极端值及异常值也可能对估计结果造成干扰。本文参考裴平和傅顺^[32]的做法，对数据进行1%和99%的缩尾处理，利用前述方法重新进行估计。表4第(4)列结果显示，*GVC*嵌入度的估计系数仍然为正值，并且在1%的水平上显著。考虑到中国工业企业数据库在2010年存在数据质量问题，本文删除2010年的企业数据后重新进行回归，结果如表4第(5)列所示，本文的核心结论并未发生改变，进一步证明本文基准回归结果是可靠的。

3. 考虑交叉固定效应

在基准回归分析中，本文主要纳入了企业、年份以及二位数行业固定效应来控制不可观测特征的影响，没有将企业所在行业随时间变化特征纳入考虑，并且相对二位数行业而言，企业所在三位数细分行业的差异可能更为明显。因此，本文在控制了城市、企业层面影响因素的基础

上, 纳入二位数行业与年份的交互固定效应和三位数行业固定效应, 结果汇报在表 4 第(6)列, 企业嵌入全球价值链对其能源效率的正向促进效应仍然成立。

表 4 稳健性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	重新量化 <i>GVC</i>	重新量化 <i>GVC</i>	重新量化 <i>GVC</i>	处理 极端值	删除部分 样本	控制其他 固定效应
<i>GVC</i>	0.190 1*** (0.048 1)	0.181 8*** (0.045 6)	0.157 1*** (0.048 8)	0.120 4*** (0.044 9)	0.116 3** (0.051 5)	0.142 6*** (0.046 9)
城市控制变量	是	是	是	是	是	是
企业控制变量	是	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	否
二位数行业固定效应	是	是	是	是	是	否
三位数行业固定效应	否	否	否	否	否	是
二位数行业×年份交互固定效应	否	否	否	否	否	是
Within R^2	0.212 6	0.212 6	0.212 5	0.211 6	0.227 7	0.211 3
<i>N</i>	70 973	70 973	70 973	70 973	62 524	70 973

注: 括号中为聚类到企业层面的标准误; *, **, ***分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著; Within R^2 表示组内的判定系数

五、影响机制检验与拓展性分析

(一) 影响机制检验

由基准回归结果可知, 全球价值链嵌入显著提高了制造业企业能源效率, 那么全球价值链嵌入的正向效应是通过何种机制实现的? 对具体影响机制的探究有助于深入了解全球价值链嵌入与企业能源效率之间的内在联系。本文借鉴魏浩等^[33]的做法, 利用两步法进行影响机制检验: 第一步检验全球价值链嵌入对机制变量的影响; 第二步则验证机制变量对企业能源效率的影响。具体模型设置如下:

$$M_{it} = \beta_0 + \beta_1 GVC_{it} + Z' \pi + \delta_i + \varphi_j + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (11)$$

$$efficiency_{it} = \tau_0 + \tau_1 M_{it} + Z' \pi + \delta_i + \varphi_j + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

其中, M_{it} 为机制变量, 其他变量如前文基准模型设定, 这里主要关注 β_1 和 τ_1 的估计系数。

根据前文理论分析, 制造业企业参与全球价值链可能通过大市场效应、技术创新效应以及环

保压力效应使得自身能源效率得到提升, 可能通过低端锁定效应使得能源效率反而下降。因此, 接下来将从这四个方面剖析全球价值链嵌入影响制造业企业能源效率的机制。

对大市场效应的机制考察, 本文借鉴郑妍妍等^[34]的做法, 利用企业的实际销售值减去实际营业利润得到企业成本(*cost*), 估计结果汇报在表 5 第(1)一(2)列。全球价值链嵌入度(*GVC*)的估计系数为负值, 并且通过了 1%的显著性水平检验, 说明制造业企业参与全球价值链国际分工体系能够降低企业成本。企业成本(*cost*)的估计系数也为负值, 在 5%的水平上显著, 这意味着企业成本的降低能够推动企业能源效率的提升。另外, 参考孔令文等^[35]的做法, 以企业毛利率水平为基础构建企业层面的竞争程度指标(*marcop*), 该指标值越大, 说明企业所面临的竞争压力越大。从表 5 第(3)一(4)列估计结果来看, 全球价值链嵌入度(*GVC*)的估计系数为 0.224 6, 通过了 1%的显著性水平检验, 说明制造业企业参与全球价值链国际分工体系将面临更激烈的市场竞争。企业市场竞争程度(*marcop*)的估计系数也为正数,

在 1%的水平上显著,这说明市场竞争程度越高越能够提升企业能源效率。上述结果说明企业嵌入全球价值链能够获得规模经济效益,并且激烈

的国际市场竞争能够倒逼企业改善传统生产工艺,不断提升自身竞争力,进而推动企业能源效率的提高,即大市场效应是重要作用路径之一。

表 5 大市场效应检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>ln cost</i>	<i>efficiency</i>	<i>marcop</i>	<i>efficiency</i>
<i>GVC</i>	-0.024 5*** (0.005 3)		0.224 6*** (0.014 9)	
<i>ln cost</i>		-0.081 7** (0.038 4)		
<i>marcop</i>				0.069 5*** (0.024 4)
城市控制变量	是	是	是	是
企业控制变量	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
二位数行业固定效应	是	是	是	是
Within <i>R</i> ²	0.047 0	0.212 4	0.061 0	0.228 3
<i>N</i>	70 973	70 973	70 973	70 973

注: 括号中为聚类到企业层面的标准误; *、**、***分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著; Within *R*²表示组内的判定系数

考虑到技术创新效应与低端锁定效应都可以理解为企业嵌入全球价值链后通过技术水平的变化影响能源效率,因此,本文使用企业技术创新水平综合考察这两个机制。具体地,采用以下三个指标来量化企业技术创新水平:其一,企业绿色技术进步水平(*tech*),借鉴邵朝对等^[36]的处理方法,使用方向性距离函数和全域 Malmquist-Luenberger 指数分解企业绿色全要素生产率得到;其二,新产品产值(*newout*);其三,企业专利申请数量(*zl*)。企业专利申请的数据主要来源于国家知识产权局公布的中国专利数据库。需要说明的是,由于部分企业专利申请数量和新产品产值为零值,因此在具体回归时,本文对这两个指标进行了加 1 取对数的处理。估计结果分别汇报在表 6 第(1)一(3)列,全球价值链参与度(*GVC*)的估计系数虽然都为正数,但是估计结果都不具有统计显著性,说明企业嵌入全球价值链并未明显提高其技术创新水平。企业参与全球价值链并没有

产生预期的技术创新效应,这可能和我国制造业企业长期被迫锁定在高能耗、高污染的价值链低端环节,无法实现价值链攀升有关。在低端锁定效应下企业难以实现绿色技术进步,进而抑制了企业能源效率的提升。

对环保压力效应的机制考察,限于数据可得性,无法直接构建企业环保意愿指标。为此,参考米明金程和赵忠秀^[37]的研究,利用企业洁净燃气消费在煤炭与洁净燃气消费总和中的比重来表征企业能源结构。该指标越大,说明企业能源消费越发清洁化、多元化,以此侧面反映企业生产行为,进而考察企业在全球价值链国际分工体系中的环保压力效应。从表 6 第(4)一(5)列估计结果来看,估计系数均为正数并且分别通过了 5%和 1%的显著性水平检验,说明企业在环保压力下的系列清洁化行为能够为企业能源效率的提升助力,企业嵌入全球价值链的环保压力效应存在,这与本文的理论预期相符。

表 6 技术效应、低端锁定效应和环保压力效应检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>tech</i>	$\ln(\text{newout}+1)$	$\ln(\text{zl}+1)$	<i>estruct</i>	<i>efficiency</i>
<i>GVC</i>	0.019 9 (0.025 9)	0.037 7 (0.030 1)	0.138 5 (0.119 7)	0.082 9** (0.040 4)	
<i>estruct</i>					0.205 4*** (0.007 5)
城市控制变量	是	是	是	是	是
企业控制变量	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是
二位数行业固定效应	是	是	是	是	是
Within R^2	0.047 0	0.212 4	0.061 0	0.228 3	0.244 9
<i>N</i>	70 973	70 973	70 973	70 973	70 973

注: 括号中为聚类到企业层面的标准误; *, **, ***分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著; Within R^2 表示组内的判定系数

(二) 异质性分析

1. 基于区域特征的分析

本文按照企业所在省份将样本划分为东部和中西部地区分别进行考察。从表 7 回归结果来看, 在东部地区样本中, 全球价值链嵌入度的估计系数为 0.150 1 且在 1%的水平上显著, 说明全球价值链嵌入对企业能源效率具有正向效应。在中西部地区样本中, 全球价值链嵌入度的估计系数仅为 0.019 7, 并且该系数不具有统计显著性。本文认为造成地区间结果差异的可能原因在于: 相比中西部地区, 东部地区经济发展水平较高,

在科技创新实力、基础设施建设、制度环境等方面都具有明显优势。东部地区能够吸引更为优质的外商投资, 对国外先进技术的吸收和学习能力也更强。因此, 东部地区更有机会嵌入更高的价值链环节, 而中西部地区主要嵌入高能耗、低附加值的生产环节, 这会导致本地企业能耗的增加, 不利于企业能源效率的提升。

2. 基于行业特征的分析

不同要素密集度行业所承担的国际分工不同, 在参与全球价值链时会有不同的表现。本文借鉴江静等^[38]的划分方法, 将企业所在行业划分为劳动密集型、资本密集型和技术密集型行业^②。从表 8 第(1)一(3)列回归结果可知, 不论是在劳动密集型、资本密集型还是技术密集型行业中, 参与全球价值链国际分工体系均有利于推动企业能源效率增长, 并且该效应在技术密集型行业中更加凸显。这可能因为技术含量高的工序通常由技术丰裕的行业来完成, 技术密集型行业更有机会嵌入低能耗、高附加值的价值链高端环节。同时, 技术密集型行业本身具备较强的技术创新动力和能力, 具有更高的人力资本, 对国外先进技术、经验的学习和吸收能力也更强。在与全球价值链领导厂商交流合作的过程中, 企业可以更为快速地汲取有价值的信息、技巧和相关经验, 有利于推动技术进步, 进而带来能源效率的提高。

表 7 全球价值链嵌入对不同区域特征企业能源效率的影响

变量	(1)	(2)
	东部	中西部
<i>GVC</i>	0.1501*** (0.0513)	0.0197 (0.1032)
城市控制变量	是	是
企业控制变量	是	是
企业固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
二位数行业固定效应	否	是
Within R^2	0.2195	0.1809
<i>N</i>	60047	10926

注: 括号中为聚类到企业层面的标准误; *, **, ***分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著; Within R^2 表示组内的判定系数

表 8 全球价值链嵌入对不同行业特征企业能源效率的影响

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	劳动密集型	资本密集型	技术密集型	重污染	轻度和中度污染
<i>GVC</i>	0.124 9*	0.132 6*	0.180 6**	0.331 1***	0.101 9**
	(0.072 9)	(0.078 8)	(0.091 2)	(0.115 2)	(0.049 0)
城市控制变量	是	是	是	是	是
企业控制变量	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是
二位数行业固定效应	是	是	是	是	是
Within <i>R</i> ²	0.223 8	0.190 7	0.224 8	0.201 2	0.217 3
<i>N</i>	21 756	23 610	25 607	23 591	47 382

注：括号中为聚类到企业层面的标准误；*、**、***分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著；Within *R*² 表示组内的判定系数

进一步考虑企业所在行业污染密集度的差异，本文借鉴李玲和陶锋^[39]的分类方法，根据计算出的各行业污染排放强度将制造业划分为重污染行业、轻度和中度污染行业，分样本回归结果报告在表 8 第(4)一(5)列。估计结果表明，重污染行业、轻度和中度污染行业参与全球价值链均会提高其能源效率，这与基于总样本得到的研究结论相一致。进一步地，通过对比估计系数，可以发现，重污染行业参与全球价值链国际分工体系所带来的能源效率增长效应更强，其原因可能在于：与轻度及中度污染行业相比，重污染行业本身具有更大的节能减排空间，并且在嵌入全球价值链过程中将面临更大的外部环保压力。参与全球价值链提高了重污染行业的准入要求，倒逼重污染行业不断进行技术革新，朝着清洁化方向发展，进而推动重污染行业能源效率的提高。

3. 基于贸易方式的分析

为进一步考察不同贸易方式企业嵌入全球价值链的不同效应，本文按照企业主要贸易方式将企业划分为一般贸易企业和加工贸易企业。表 9 估计结果显示，无论是一般贸易企业还是加工贸易企业，参与全球价值链国际分工体系均会显著提高企业的能源效率，并且一般贸易企业嵌入全球价值链的能源效率增长效应更强。这在一定程度上说明我国加工贸易企业在全价值链国际分工中存在被动性，更多地嵌入价值链中的加工组装环节，在全价值链中处于较低位置。加

工贸易企业只是简单地进行接单生产，长期形成的代工环境使得企业无法自主设计与制造，更有可能陷入“低端锁定”困境，不利于企业提高能源效率。

表 9 全球价值链嵌入对不同贸易方式企业能源效率的影响

变量	(1)	(2)
	一般贸易	加工贸易
<i>GVC</i>	0.142 7**	0.119 9**
	(0.072 7)	(0.058 0)
城市控制变量	是	是
企业控制变量	是	是
企业固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
二位数行业固定效应	否	是
Within <i>R</i> ²	0.210 9	0.214 9
<i>N</i>	38 861	32 112

注：括号中为聚类到企业层面的标准误；*、**、***分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著；Within *R*² 表示组内的判定系数

(三) 对企业长、短期能源效率的进一步探讨

前文测算结果表明企业短期和长期能效不足都会对其总体能源效率造成影响，并且企业整体能源效率的变动主要取决于长期效率波动情况。为探究企业参与全球价值链能否推动其克服短期能效不足，能否突破技术瓶颈和制度约束来实现长期能效的提升，本文进一步分析全球价值

链嵌入对企业短期、长期能源效率的影响, 结果如表 10 所示。从第(1)列回归结果来看, 全球价值链嵌入(*GVC*)的估计系数为 0.196 5, 并且在 1% 的水平上显著, 说明企业嵌入全球价值链能够帮助企业克服短期能效不足问题, 从而提升企业短期能源效率。由于长期无效项代表企业短时间内难以克服的问题, 对于同一个企业而言, 长期无效项相同, 在样本期内估算得到的长期能源效率也相同。因此, 本文主要控制了企业和城市层面影响因素的均值, 估计结果如表 10 第(2)列所示。企业参与全球价值链无法帮助其克服技术瓶颈和制度性约束, 长期能源效率提升效果并不明显。

为避免横截面数据所带来的估计偏误, 本文

借鉴王兵和颜鹏飞^[40]的处理方法, 创新性地利用序列 DEA 方法对企业长期能源效率进行重新估算, 即基于公式(7)采用第 1 至 $t-1$ 期样本测算出企业第 $t-1$ 年的长期能源效率; 利用第 1 至 t 期样本估计企业第 t 年的长期能源效率。考虑到估计长期能源效率需要一定的样本量, 本文从 2004 年开始对企业长期能源效率进行逐年估算, 以此得到 2004—2011 年企业的长期能源效率并进行回归, 结果见表 10 第(3)列。全球价值链嵌入度(*GVC*)的估计系数依然不显著, 说明制造业企业嵌入全球价值链确实无法帮助企业克服技术瓶颈和制度性约束问题, 企业长期能源效率没有得到进一步提升。这和前文提出的企业并未通过技术创新效应推动其能源效率提高的结论相一致。

表 10 全球价值链嵌入对企业短期能源效率和长期能源效率的影响

变量	(1)	(2)	(3)
	短期效率	长期效率(横截面数据)	长期效率(序列思想)
<i>GVC</i>	0.196 5*** (0.069 0)	0.352 6 (0.219 9)	0.010 5 (0.049 3)
城市控制变量	是	是	是
企业控制变量	是	是	是
企业固定效应	是	否	是
年份固定效应	是	否	是
二位数行业固定效应	是	否	是
Within R^2	0.206 8	0.508 2	0.175 1
<i>N</i>	70 973	11 777	53 391

注: 括号中为聚类到企业层面的标准误; *, **, ***分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著; 第(2)列控制变量分别为城市和企业层面的均值; Within R^2 表示组内的判定系数

六、主要结论与启示

本文利用 2001—2011 年中国工业企业数据库、中国海关进出口数据库和企业污染排放数据库跨库匹配数据, 首次创新性地将企业异质性特征及其所面临的技术瓶颈、制度性因素等全部纳入能源效率测算模型, 从而分离出企业短期能源效率和长期能源效率。基于此, 本文考察了全球价值链嵌入对制造业企业能源效率的影响, 研究表明:

第一, 制造业企业参与全球价值链能够显著提升企业能源效率, 且这一结论在进行工具变量回归、替换核心解释变量、处理极端值和异常值、考虑交叉固定效应后依然成立。就其内在机制而言, 制造业企业参与全球价值链国际分工体系可以获得规模经济效益, 能够降低企业成本。此外, 国际市场所带来的环保压力也会倒逼企业更为主动地进行清洁生产和节能减排, 进而推动企业能源效率增长。本文证实了制造业企业嵌入全球价值链的“大市场效应”和“环保压力效应”传导机制的存在, 而企业嵌入全球价值链

的“技术创新效应”并未显现。

第二,全球价值链嵌入对企业能源效率的影响效应在不同地区、不同行业及不同贸易方式的企业间分别存在差异。东部地区更有机会嵌入更高端的价值链环节,参与全球价值链能够提高其能源效率,而在中西部地区,该效应暂未显现。从行业特征来看,一是相比劳动和资本密集型行业,技术密集型行业嵌入全球价值链的能源效率增长效应更为凸显;二是轻度和中度污染行业、重污染行业参与全球价值链对其能源效率都有积极影响,并且对重污染行业的影响更大,这与重污染行业参与全球价值链提高了其准入标准,将面临更大的外部环保压力,进而倒逼重污染行业不断进行技术革新,朝着清洁化方向发展有关。从贸易方式特征来看,一般贸易企业参与全球价值链的能源效率增长效应要强于加工贸易企业。

第三,制造业企业嵌入全球价值链能够推动企业克服短期内的能效不足问题,但无法帮助企业突破技术瓶颈和制度性约束问题,企业长期能源效率并没有得到提升。

本文研究中国企业嵌入全球价值链对其能源效率的影响,得到了以下三方面的政策启示:

第一,研究发现企业嵌入全球价值链在整体层面会显著提升其能源效率,这说明高水平开放是提高企业能源效率、实现“双碳”目标的重要途径。

第二,研究发现企业嵌入全球价值链虽然会通过“大市场效应”和“环保压力效应”提高能源效率,但是“技术创新效应”并未显现,长期能源效率也没有得到提升,因此,为实现高水平开放与绿色低碳的双赢发展,还需要充分激发企业研发活力,突破“低端锁定”困局,增强参与全球价值链的广度和深度。

第三,研究发现企业嵌入全球价值链的能源效率效应,在不同地区、不同行业、不同类型企业之间存在显著差异,为确保“双碳”目标实现,需要对不同地区、不同行业、不同类型企业进行精准施策,实现中国企业的更高水平开放。

注释:

- ① 因为2000年缺失企业柴油、洁净燃气消费量数据,2012年缺失企业燃料煤、原料煤、重油、柴油和洁净燃气消费量数据,所以本文将样本期设定在2001—2011年。
- ② 劳动密集型行业包括纺织业(17),皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业(19),纺织服装、鞋、帽制造业(18),木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业(20),橡胶制品业(29),塑料制品业(30),烟草制品业(16),造纸及纸制品业(22),家具制造业(21),文教体育用品制造业(24),印刷业和记录媒介的复制(23),食品制造业(14),饮料制造业(15),农副食品加工业(13)等。将黑色金属冶炼及压延加工业(32),非金属矿物制品业(31),金属制品业(34),有色金属冶炼及压延加工业(33),仪器仪表及文化、办公用机械制造业(41),专用设备制造业(36),石油加工、炼焦及核燃料加工业(25),通用设备制造业(35)等归为资本密集型行业。技术密集型行业则包括通信设备、计算机及其他电子设备制造业(40),电气机械及器材制造业(39),交通运输设备制造业(37),化学纤维制造业(28),化学原料及化学制品制造业(26),医药制造业(27)等。

参考文献:

- [1] 兰天,夏晓艳.全球价值链下的中欧制造业贸易隐含碳研究[J].中南大学学报(社会科学版),2020(4):111-123.
- [2] 陈钊,陈乔伊.中国企业能源利用效率:异质性、影响因素及政策含义[J].中国工业经济,2019(12):78-95.
- [3] 周倩玲,方时姣.地区能源禀赋、企业异质性和能源效率——基于微观全行业企业样本数据的实证分析[J].经济科学,2019(2):66-78.
- [4] 杨志浩,马妍妍,杨超.进口中间品供给冲击对中国工业企业能源利用效率的影响研究[J].中国地质大学学报(社会科学版),2021,21(1):54-69.
- [5] COELLI T J, RAO D S P, O'DONNELL C J, et al. An introduction to efficiency and productivity analysis[M]. New York: Springer Science & Business Media, 2005.
- [6] WANG H J, HO C W. Estimating fixed-effect panel stochastic frontier models by model transformation[J]. Journal of Econometrics, 2010, 157(2): 286-296.
- [7] AHN S C, SICKLES R C. Estimation of long-run inefficiency levels: A dynamic frontier approach[J]. Econometric Reviews, 2000, 19(4): 461-492.
- [8] LAI H P, KUMBHAKAR S C. Panel data stochastic

- frontier model with determinants of persistent and transient inefficiency[J]. *European Journal of Operational Research*, 2018, 271(2): 746–755.
- [9] TSIONAS E G, KUMBHAKAR S C. Firm heterogeneity, persistent and transient technical inefficiency: A generalized true random effects model[J]. *Journal of Applied Econometrics*, 2014, 29(1): 110–132.
- [10] FILIPPINI M, GEISSMANN T, GREENE W H. Persistent and transient cost efficiency—An application to the Swiss hydropower sector[J]. *Journal of Productivity Analysis*, 2018, 49(1): 65–77.
- [11] ALBERINI A, FILIPPINI M. Transient and persistent energy efficiency in the US residential sector: Evidence from household-level data[J]. *Energy Efficiency*, 2018, 11(3): 589–601.
- [12] COLOMBI R, MARTINI G, VITTADINI G. Determinants of transient and persistent hospital efficiency: The case of Italy[J]. *Health Economics*, 2017, 26(Supp2): 5–22.
- [13] TITUS M A. Examining degree production and financial context at public master's colleges and universities in the United States: A distance function approach[J]. *Tertiary Education and Management*, 2020, 26(2): 215–231.
- [14] ADOM P K, AMAKYE K, ABROKWA K K, et al. Estimate of transient and persistent energy efficiency in Africa: A stochastic frontier approach[J]. *Energy Conversion and Management*, 2018, 166: 556–568.
- [15] 吕小明, 康继军. 中国制造业对外开放与能源效率的非线性关系研究[J]. *经济经纬*, 2016, 33(1): 84–89.
- [16] BASHIR M A, SHENG B, DOĞAN B, et al. Export product diversification and energy efficiency: Empirical evidence from OECD countries[J]. *Structural Change and Economic Dynamics*, 2020, 55: 232–243.
- [17] WEI Z X, HAN B T, PAN X Z, et al. Effects of diversified openness channels on the total-factor energy efficiency in China's manufacturing sub-sectors: Evidence from trade and FDI spillovers[J]. *Energy Economics*, 2020, 90: 104836.
- [18] 罗安琪. 中国制造业全球价值链嵌入程度对全要素生产率的影响研究[D]. 南京: 南京大学, 2017.
- [19] 李小平, 丁好婕, 肖唯楚. 全球价值链嵌入对出口产品质量的影响——基于中国城市数据的分析[J]. *财经问题研究*, 2021(2): 89–98.
- [20] 潘辉, 唐海燕, 张会清. 参与全球价值链分工如何影响制造业技术升级?——基于 GVC 分工对制造业技术升级影响机制的理论分析[J]. *经济体制改革*, 2020(6): 115–122.
- [21] 孙学敏, 王杰. 全球价值链嵌入的“生产率效应”——基于中国微观企业数据的实证研究[J]. *国际贸易问题*, 2016(3): 3–14.
- [22] 苏丹妮. 全球价值链嵌入如何影响中国企业环境绩效[J]. *南开经济研究*, 2020(5): 66–86.
- [23] 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(8): 60–72.
- [24] OLLEY S G, PAKES A. The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry[J]. *Econometrica*, 1996, 64(6): 1263–1297.
- [25] 林伯强, 王喜枝, 杜之利. 环境规制对中国工业能源效率的影响——基于微观企业数据的实证研究[J]. *厦门大学学报(哲学社会科学版)*, 2021(4): 30–42.
- [26] 湛仁俊, 周双双. 节能目标政策与区域协调发展: 来自中国企业的证据[J]. *世界经济*, 2022(7): 205–232.
- [27] FILIPPINI M, GREENE W. Persistent and transient productive inefficiency: A maximum simulated likelihood approach[J]. *Journal of Productivity Analysis*, 2016, 45(2): 187–196.
- [28] 吕越, 罗伟, 刘斌. 异质性企业与全球价值链嵌入: 基于效率和融资的视角[J]. *世界经济*, 2015, 38(8): 29–55.
- [29] BRANDT L, VAN BIESEBROECK J, ZHANG Y F. Creative accounting or creative destruction? Firm-level productivity growth in Chinese manufacturing[J]. *Journal of development economics*, 2012, 97(2): 339–351.
- [30] FACCIO M, MARCHICA M T, MURA R. Large shareholder diversification and corporate risk-taking[J]. *The Review of Financial Studies*, 2011, 24(11): 3601–3641.
- [31] UPWARD R, WANG Z, ZHENG J H. Weighing China's export basket: The domestic content and technology intensity of Chinese exports[J]. *Journal of Comparative Economics*, 2013, 41(2): 527–543.
- [32] 裴平, 傅顺. 互联网金融发展对商业银行流动性的影响——来自中国 15 家上市银行的经验证据[J]. *经济学家*, 2020(12): 80–87.
- [33] 魏浩, 李翀, 赵春明. 中间品进口的来源地结构与中国企业生产率[J]. *世界经济*, 2017, 40(6): 48–71.
- [34] 郑妍妍, 郭瑞琪, 李磊. 贸易与中国企业的创新质量——来自企业专利质量的证据[J]. *国际商务(对外经*

- 济贸易大学学报), 2021(6): 1-17.
- [35] 孔令文, 徐长生, 易鸣. 市场竞争程度、需求规模与企业技术创新——基于中国工业企业微观数据的研究[J]. 管理评论, 2022, 34(1): 118-129.
- [36] 邵朝对, 苏丹妮, 杨琦. 外资进入对东道国本土企业的环境效应: 来自中国的证据[J]. 世界经济, 2021, 44(3): 32-60.
- [37] 米明金程, 赵忠秀. 产业集聚与企业出口碳脱钩[J]. 国际贸易问题, 2022(9): 17-34.
- [38] 江静, 刘志彪, 于明超. 生产者服务业发展与制造业效率提升: 基于地区和行业面板数据的经验分析[J]. 世界经济, 2007(8): 52-62.
- [39] 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[J]. 中国工业经济, 2012(5): 70-82.
- [40] 王兵, 颜鹏飞. 技术效率、技术进步与东亚经济增长——基于 APEC 视角的实证分析[J]. 经济研究, 2007(5): 91-103.

The effect and mechanism of global value chain embeddedness on energy efficiency of manufacturing enterprises

LIN Ting¹, SHEN Renjun^{2,3}

(1. School of Economics, Nankai University, Tianjin 300071, China;

2. School of Economics and Business Administration, Central China Normal University, Wuhan 430079, China;

3. Research Center of Low-carbon Economy and Environmental Policies, Central China Normal University, Wuhan 430079, China)

Abstract: By employing the matching data of China's industrial enterprise database, customs database and corporate pollution emission database, and by placing enterprise heterogeneous characteristics, technical bottlenecks and institutional constraints in a unified analysis framework, this paper examines the impact of global value chain embeddedness on the short-term and long-term energy efficiency of manufacturing enterprises. The research finds that participating in global value chains can significantly improve the overall energy efficiency of enterprises, and this positive effect is still valid in instrumental variable regression and a variety of robustness test; that manufacturing enterprises improve energy efficiency mainly through the "big market effect" and "environmental pressure effect", but the "technological innovation effect" of enterprises embedded in the global value chain has not appeared; that the positive effect of global value chain embeddedness on the energy efficiency of the eastern region, technology-intensive industries, heavy pollution industry and general trading enterprises is more prominent; and that short-term and long-term low energy efficiency will affect the overall energy efficiency, and changes in enterprise energy efficiency mainly depend on long-term efficiency fluctuations. Global value chain embeddedness can promote enterprises to overcome short-term energy efficiency deficiencies, but cannot help enterprises break through technical bottlenecks and institutional constraints. Therefore, enterprises have not improved their long-term energy efficiency.

Key Words: global value chain embeddedness; manufacturing enterprises; characteristics enterprise heterogeneity; enterprise energy efficiency

[编辑: 何彩章]