

中间品贸易网络地位的节能效应

——来自中国工业企业的证据

杨志浩

摘要：本文借助全球双边贸易数据和中国海关数据库，测算了企业层面的中间品贸易网络中心度。结合中国工业企业数据库、污染数据库和专利数据库等，实证检验了中间品贸易网络地位对企业能源强度的影响。结果表明，提升企业中间品贸易网络地位显著降低了能源强度。本文还使用份额移动法工具变量强化了因果识别，结论稳健。机制分析发现，中间品贸易网络地位通过技术溢出、弥补国内中间品供给缺口、提供商业信贷等机制，影响了能源强度。异质性分析表明，中间品贸易网络地位主要影响了深度嵌入国际供应链、位于能源资源匮乏地区和低耗能行业企业的能源强度。拓展分析发现，中间品贸易网络地位还有助于降低污染排放强度和企业能耗总量，并产生经济效益。本文为依托全球中间品贸易网络实现节能减排目标提供了微观依据，呼应了国家实施进口扩大战略的重大意义。

关键词：中间品贸易网络；能源强度；份额移动法工具变量

[中图分类号] F742 [文献标识码] A [文章编号] 1002-4670 (2023) 4-0142-16

一、引言与文献综述

在“双碳”目标约束下，“十四五”规划提出2025年单位GDP能耗比2020年降低13.5%的节能目标^①，降低能源强度已经上升为国家战略。工业部门是中国最主要的能源消耗部门，21世纪以来工业部门能源消耗量占中国能源消耗总量的比例基本稳定在66%以上。与此同时，工业部门已经成为现阶段拉动中国经济增长的中坚力量，2021年工业增加值占国内生产总值的比重达32.6%。上述事实表明，降低工业部门能源强度是实现国家节能目标的重要抓手。

已有研究关注了工业部门中间品进口贸易的节能效应。Imbruno和Ketterer (2018)^[1]利用印度尼西亚的企业数据研究发现，在生产过程中投入进口中间品，显著降低了企业的能源强度。这一结论在使用中国（韩国高和刘田广，2021）^[2]、墨西哥（Gutierrez and Teshima，2018）^[3]和智利（Kasahara and Rodrigue，2008）^[4]

[收稿日期] 2022-11-13

[作者信息] 杨志浩：中国社会科学院工业经济研究所助理研究员，电子信箱：zhihaoyoung@126.com

① http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-01/24/content_5670202.htm

企业数据进行验证时,仍然成立。杨志浩等(2021)^[5]从贸易自由化视角切入并研究发现,中间品贸易自由化降低了中国企业的能源强度。能源消耗和污染排放密切相关,另有文献关注了工业部门中间品进口贸易的减排效应。王孝松等(2022)^[6]基于制造业数据研究证实,中间品进口替代了本国污染产品生产,有助于降低制造业污染排放总量。然而,He和Huang(2022)^[7]研究表明,中间品进口虽然促进了企业的减排投资,降低污染强度;但同时,中间品进口扩大了企业生产规模,因此反而可能会增加企业的污染排放总量。Yi等(2022)^[8]研究表明,中间品贸易自由化可能会加剧企业污染排放总量。

近年来全球中间品供给状况整体呈萎缩态势(洪俊杰等,2021)^[9]。主动扩大进口、提升中国在全球中间品贸易网络中的影响力,是应对全球中间品供给紧缩这一现实问题的战略之举。2018年以来,中国政府积极举办国际进口博览会,出台《关于扩大进口促进对外贸易平衡发展的意见》等进口扩大政策。进口扩大战略提升了中国在全球中间品贸易网络的中心地位,使用佩奇排名(PageRank)算法测算各国的中间品贸易网络中心度发现,2020年中国的贸易网络中心度相较于2018年上升了近7%,远超美国(1.8%)和德国(0.3%)等其他贸易大国。然而,现有文献鲜少探讨中间品贸易网络地位的节能效应。在新冠疫情和地缘政治危机严重冲蚀全球中间品贸易网络的背景下,考察中间品贸易网络地位对工业企业能源强度的影响机理,对实现中国节能目标的意义重大。基于上述事实,本文利用CEPII全球贸易数据库、中国工业企业数据库、污染数据库、海关数据库和专利数据库等,从企业层面考察中间品贸易网络地位对能源强度的影响,并利用份额移动法(Bartik)工具变量强化因果分析。

本文的边际贡献如下:第一,现有研究主要从企业生产投入或贸易自由化等视角考察进口中间品对企业节能的影响,但鲜少探讨中间品贸易网络地位的节能效应。本文利用PageRank算法测算了中国工业企业的中间品贸易网络中心度,率先考察了中间品贸易网络地位对工业企业能源强度的影响。第二,本文从溢出效应、替代效应和融资效应三大视角,探讨了中间品贸易网络地位影响能源强度的内在机制;特别地,在探究溢出效应时,本文创新性地检验了能源技术溢出和非能源技术溢出。第三,从供应链依赖倾向、资源赋能与资源诅咒、行业耗能水平等视角,探讨了中间品贸易网络地位对企业能源强度的异质性影响,为政府施策和企业决策提供了更加具体可行的方向。

二、理论分析

能源强度是企业生产环节的经济概念,因此本部分将从技术、中间品和资本等企业主要的生产投入要素出发,探析中间品贸易网络地位对能源强度的影响机理。

(一) 溢出效应:能源技术与非能源技术

技术溢出存在特定的约束条件,只有具备经济关联的企业之间才能够形成有效技术溢出。中间品贸易是企业国际化过程中的重要经济活动,国内企业通过进口中间品嵌入全球中间品贸易网络,与国际中间品供应商建立起经济关联。一方面,在

全球中间品贸易网络中居于中心地位的企业存在更多数量的上游合作商 (Burt, 1992)^[10], 关系网络的复杂程度更高, 企业通过商业交流获取技术溢出的可能性更大, 进而有助于实现技术溢出。另一方面, 居于中间品贸易网络中心地位的企业具有较强的买方势力 (Crook and Combs, 2007)^[11], 能够依托自身的购买力优势换取中间品供应商的部分技术转移, 促进技术溢出。

技术包括能源技术和非能源技术 (Lee and Lee, 2013)^[12], 二者均有助于降低国内企业的能源强度。从能源技术视角来看, 以节能技术为代表的能源技术能够优化能源要素配置, 降低企业在生产过程中的非期望能源损耗, 因此能源技术溢出能够直接降低企业的能源强度 (Costa-Campia et al., 2015)^[13]。从非能源技术视角来看, 由于不同门类的技术之间存在技术关联, 非能源技术溢出对企业节能技术研发同样具有促进效应 (Rexhauser and Loschel, 2015)^[14], 从而间接降低企业的能源强度。此外, 非能源技术溢出可能促使企业的技术进步偏向于资本和劳动等非能源要素, 有偏技术进步降低了单位产能对能源要素的依赖程度, 进而降低了能源强度 (陈晓玲等, 2015)^[15]。综上所述, 中间品贸易网络地位可能通过能源技术和非能源技术溢出, 降低企业能源强度。

(二) 替代效应: 补足国内中间品供给缺口

国内企业获取中间品投入的方式主要有二: 一是依托全球中间品贸易网络进口中间品; 二是依托国内供应链获取国产中间品。中国国内供应链存在一定程度的供给缺口, 突出表现在上游行业 (或供应商) 存在技术短板 (洪俊杰等, 2021)。一个典型的案例是, 2020年美国对华为公司实施芯片断供政策, 由于国内供应链在芯片研发和生产环节存在技术短板, 因而无法弥补进口芯片缺位风险, 致使华为部分产能严重受损。国产中间品与进口中间品具有替代关系, 在国内供应链供给不足的现实背景下, 提高企业在全世界中间品贸易网络中的中心地位有助于维持相对稳定的进口中间品供给流 (Todo et al., 2015)^[16], 进而弥补国内供应链供给缺口, 保障国内企业中间品投入。

中间品是影响企业能源强度的重要因素。其一, 在要素边际报酬递减规律的约束下, 提高中间品投入有助于规避能源要素的单一投入所引致的效率损失 (Lv et al., 2017)^[17], 进而降低企业能源强度。其二, 进口中间品体现着国外生产商的前沿技术和成熟工艺, 使用进口中间品有助于改善国内企业的能源要素利用效率, 降低能源强度 (杨志浩等, 2021)。综上所述, 中间品贸易网络地位可能通过弥补国内中间品供给缺口, 降低企业能源强度。

(三) 融资效应: 改善企业商业信贷

在全球中间品贸易网络中, 中心度较高的企业通常具有良好的生产经营状况 (Kao et al., 2017)^[18], 更容易与网络中的其他企业建立和保持商业伙伴关系 (Burt, 1992), 在中间品交易市场中形成买方优势, 表现出更强的议价能力 (Crook and Combs, 2007)。良好的经营状况和占优的议价能力使得高中心度的企业在进口中间品时能够享受“先收货、迟付款”的优待 (Shi et al., 2020)^[19], 即在中间品交易时获得来自供应商的商业信贷, 改善企业的融资状况 (阳佳余,

2012)^[20]。

融资状况是影响企业能源强度的重要因素，从异质性企业视角来看，企业会根据自身发展战略将现有资金在不同战略事项上进行分配。在存在融资约束时，与节能相关的设施投资和技术研发通常被置于战略事项的末端，阻碍企业能耗技术改进 (Bagayev and Najman, 2014)^[21]。良好的融资状况有助于促进企业投资节能设施并改进节能技术 (Fleiter et al., 2012)^[22]，进而降低企业能源强度。综上所述，中间品贸易网络地位可能通过改善融资状况，降低企业的能源强度。

三、数据、模型与特征事实

(一) 数据说明

1. 数据来源

本文使用的数据主要来源于中国工业企业数据库、污染数据库、CEPII 全球双边贸易数据库、中国海关数据库和专利数据库等。中国工业企业数据库由国家统计局提供，包含工业企业的基本信息和财务状况等，例如，企业名称、法人代码、所属行业、所在地区、企业资产、负债和利润等。污染数据库由国家生态环境部发布，提供了工业企业的能源消耗和污染排放信息，例如，煤炭、天然气和石油消耗量、二氧化硫排放量等。CEPII 全球双边贸易数据库提供了商品层面的双边贸易数据，根据联合国广泛经济分类 (BEC) 标准及其与 HS 商品代码的对应法则可以识别中间品，进而获得双边中间品贸易数据。中国海关数据库来自海关总署，提供了中国企业的进出口贸易数据，包括企业名称、商品编码、贸易方式和贸易额等。专利数据库来自国家知识产权局，提供了工矿企业、科研单位和个体等主体的专利申请信息。

2. 数据处理

本文基于如下步骤匹配并获得研究数据集：第一步，借鉴 Yang 和 Hong (2021)^[23]，使用企业名称和法人代码匹配中国工业企业数据库和污染数据库，获得工业企业的能源消耗信息。第二步，使用企业名称、电话号码和邮政编码匹配中国工业企业数据库和海关数据库，获得工业企业的进口信息。第三步，借助 Lee 和 Lee (2013) 构建的能源技术词库，对专利数据库摘要实施关键词检索^①，提取能源技术相关的专利信息。在此基础上，借鉴洪俊杰等 (2021) 使用企业名称、所属地区及行业等信息，匹配中国工业企业数据库和企业专利申请数据，获得工业企业的能源技术专利申请量和非能源技术专利申请量。第四步，以工业企业数据库为媒介合并前述两两匹配的数据库，剔除职工人数不足 8 人、成立年份大于样本年份和不符合会计准则的样本，最终得到本文的回归数据集。

^①关键词包括：煤、天然气、石油、原油、核、太阳能、光伏、生物质、风能、风力、水能、水力、海洋（能）、潮汐（能）、地热（能）、废（能）、燃料、氢（能）、液化（煤）、液化（气）、电池（能源）、电池（储能）、电池（流）、热能、储能、热泵、电源、氧化、燃烧等。其中，括号内的关键词和括号外的关键词属于“并”的关系。

(二) 模型设计

1. 模型设定

本文构造如下模型考察中间品贸易网络地位对中国工业企业能源强度的影响：

$$EI_{it} = \alpha + \beta_1 PageRank_{it} + \beta_2 X_{it} + \mu_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中， i 和 t 分别代表企业和年份。 $PageRank_{it}$ 代表企业的中间品贸易网络中心度， EI_{it} 代表能源强度， X_{it} 代表控制变量集合，通过 μ_i 识别企业固定效应，通过 μ_t 识别年份固定效应， ε_{it} 是随机扰动项。

2. 变量设置

(1) 核心解释变量：企业中间品贸易网络中心度。本文遵循如下思路测算企业层面的中间品贸易网络中心度：首先，借助 PageRank 算法测算国家—中间品层面的贸易网络中心度；其次，使用企业中间品进口额或进口种类，加权国家—中间品层面的网络中心度，获得企业层面的中间品贸易网络中心度。具体的测算过程如下。

第一步，测算国家—中间品层面的贸易网络中心度。测算方法如下：

设定全球中间品贸易网络中存在 N 个国家。在 t 期，国家 c_i 从国家 c_j 进口中间品 p ，进口贸易额为 $Value_{ij}$ 。国家 c_i 的中间品贸易网络中心度 $PageRank_{pt}^{c_i}$ 计算公式可表示为：

$$PageRank_{pt}^{c_i} = \alpha \sum_{j, j \in N} A_{i,j} (\omega(c_i, c_j) \times PageRank_{pt}^{c_j}) + A_i (1 - \alpha) \quad (2)$$

其中， $A_{i,j}$ 是识别双边贸易状态的矩阵，当国家 c_j 对国家集合 N 中的国家 c_i 存在中间品出口时，矩阵内对应的元素取值为 1，否则为 0。 α 为衰减因子。 A_i 体现国家 c_i 的中间品出口状态。 $\omega(c_i, c_j)$ 衡量的是国家 c_i 和国家 c_j 之间存在中间品贸易时，国家 c_j 的 PageRank 值向国家 c_i 转移时的权重，公式如下：

$$\omega(c_i, c_j) = Value_{ij}, i \in N / \sum_{k \in N} Value_{kj} \quad (3)$$

其中， $Value_{kj}$ 代表国家 c_j 对国家 c_k 出口中间品 p 的贸易额。

第二步，测算企业层面的中间品贸易网络中心度。基于如下公式 (4) 和公式 (5)，分别使用加权平均和简单平均的方法，计算企业中间品贸易网络中心度 $PageRank_{ft}^1$ 和 $PageRank_{ft}^2$ 。

$$PageRank_{ft}^1 = \sum_{p, p \in P} \left(\frac{Import_{fpt}}{\sum_{p, p \in P} Import_{fpt}} \times PageRank_{pt} \right) \quad (4)$$

$$PageRank_{ft}^2 = \frac{\sum_{p, p \in P} PageRank_{pt}}{M_p} \quad (5)$$

其中， P 代表企业 f 进口中间品种类的集合， $Import_{fpt}$ 代表企业 f 进口中间品 p 的金额， M_p 代表企业 f 的进口中间品种类数。

(2) 被解释变量：企业能源强度。借鉴 Yang 和 Hong (2021)，使用企业煤炭消耗量与工业总产值比值的对数衡量能源强度。

(3) 控制变量。借鉴 Yang 和 Hong (2021) 选取企业年龄、规模、资本密集度、交通基础设施水平和经济发展状况等作为控制变量。企业年龄使用样本年份与企业成立年份差值的对数衡量。企业规模使用职工人数的对数衡量。资本密集度使用固定资产与职工人数的比值衡量。交通基础设施使用省份层面的公路里程衡量。经济发展水平使用省份层面的人均 GDP 衡量。

(4) 其他变量。技术创新、能源技术创新和非能源技术创新水平分别使用企业专利申请量、能源技术专利申请量和非能源技术专利申请量的对数衡量。本文使用应付账款占总资产的比重衡量企业的商业信贷。借鉴洪俊杰等 (2021) 构造变量衡量国内中间品供给缺口：

$$Homesupply_{fdt} = \frac{1}{\sum_u \sigma_u \times Upsupply_u} \quad (6)$$

其中, d 代表企业 f 所在行业, u 代表 d 的上游行业。 σ_u 代表行业 d 和行业 u 之间的投入产出关系, 使用行业 d 消耗的来自行业 u 的中间品额占行业 d 消耗的中间品总额衡量。 $Upsupply_u$ 代表上游行业 u 的技术创新水平。 $Homesupply_{fdt}$ 值越大, 代表国内上游行业的技术创新水平越弱, 中间品供给缺口越大。

(三) 特征事实分析

1. 全球中间品贸易网络格局的动态演变

图 1 展示了各国在全球中间品贸易网络中的地位演变, 在 2000 年中国入世前, 全球中间品贸易网络呈现以美国为核心的“众星环月”格局。彼时的中国, 居于全球中间品贸易网络的边缘地带。经过入世后近二十年的开放发展, 中国在全球中间品贸易网络的中心度快速提升。2020 年时, 全球中间品贸易网络呈现中国和美国“双月相映”的格局。

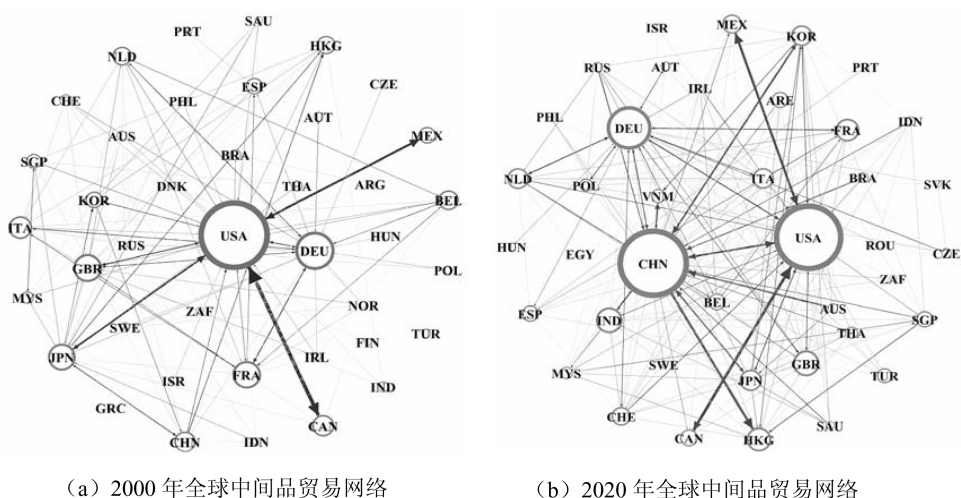


图 1 全球中间品贸易网络格局的动态演变

注: USA 代表美国, CHN 代表中国, DEU 代表德国。

2. 中国中间品贸易网络中心度的动态发展

图2展示了中国中间品贸易网络中心度指标的动态发展情况。亚洲金融危机爆发后，中国的中间品贸易网络中心度一路走低。2001年12月中国加入世贸组织，大幅降低了中间品进口关税壁垒。2002年，中国的中间品贸易网络中心度止跌回升。由此可见，入世是中国贸易网络中心度发展演变的重要转折点。2008年金融危机爆发时，中国的中间品贸易网络中心度出现短暂下跌，但次年便迅速反弹，之后总体呈上升态势。

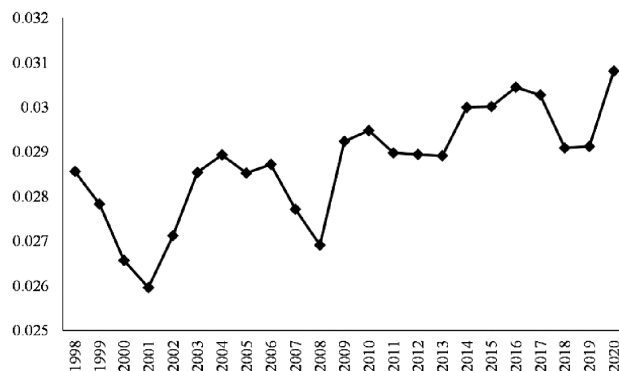


图2 中国中间品贸易网络中心度的动态发展

3. 中间品贸易网络中心度与能源强度的相关性分析

为了初步考察中间品贸易网络中心度是否会影晌企业的能源强度，图3展示了二者之间的相关关系。结果发现，拟合线从左上方方向右下方倾斜，即斜率为负。这意味着，中间品贸易网络中心度与能源强度之间存在明显的负相关关系。在本文的后续部分，将使用因果推断法对二者之间的关系进行更为严格的计量检验。

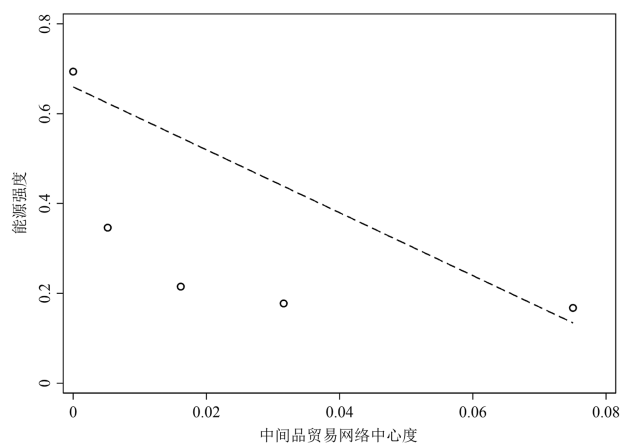


图3 相关性分析

注：相关性分析图使用企业层面的微观数据绘制而来。由于样本点过多，因此绘制分仓散点图予以展示。

四、实证结果分析

(一) 基准回归分析

表1汇报了本文的基准回归结果，第(1)列仅控制了企业固定效应，发现中间品贸易网络中心度系数显著为负，这意味着提高中间品贸易网络地位有助于降低工业企业的能源强度。第(2)列继续引入年份固定效应，第(3)列和第(4)列进一步控制企业特征因素和外部经济环境，中间品贸易网络中心度的系数值始终为负，并在1%水平上显著。回归结果具有明显的经济学含义，以第(4)列为例，中间品贸易网络中心度指标每上升0.1个单位，企业的能源强度平均降低约3%。此外，本文从替换变量测度指标、考虑企业进入退出、考虑行业和地区层面随时变特征因素等方面开展了大量稳健性检验，结论稳健^①。

表1 基准回归结果

变量	能源强度	能源强度	能源强度	能源强度
	(1)	(2)	(3)	(4)
中间品贸易网络中心度	-0.3072*** (0.0632)	-0.3203*** (0.0625)	-0.3294*** (0.0625)	-0.2989*** (0.0623)
企业年龄			0.0073*** (0.0024)	0.0066*** (0.0024)
企业规模			0.0130*** (0.0029)	0.0135*** (0.0029)
资本密集度			-0.0052*** (0.0010)	-0.0045*** (0.0010)
交通基础设施				-0.0467*** (0.0069)
经济发展水平				-0.1634*** (0.0156)
企业固定效应	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	不控制	控制	控制	控制
常数项	0.6187*** (0.0004)	0.6924*** (0.0032)	0.6117*** (0.0167)	2.5929*** (0.1518)
观察值	377 475	377 475	377 475	377 158
R ²	0.0001	0.0261	0.0266	0.0280

注：***、**和*分别代表在1%、5%和10%水平上显著，括号内为在企业层面聚类调整的稳健标准误。下同。

(二) 内生性分析

现有研究大多使用贸易网络指标的滞后项作为贸易网络的工具变量，或者使用行业和地区等更高维度的贸易网络指标均值作为企业贸易网络的工具变量。然而，

^①篇幅所限，结果未予列出，可登陆对外经济贸易大学学术刊物部网站“刊文补充数据查询”栏目查阅和下载。

滞后项和更高维度的指标均值可能难以满足工具变量的外生性要求，降低了因果识别的准确度（Gormley and Matsa, 2014^[24]；Bellemare et al., 2015^[25]）。有鉴于此，本文借鉴 Kasahara 和 Li（2020）^[26] 构造 Bartik 工具变量 $Bartik_{ft}^{IV}$ ，变量的构造方法如下：

$$Bartik_{ft}^{IV} = \sum_{p, p \in P} \left\{ \frac{Import_{fp_{t_0}}}{\sum_{p, p \in P} Import_{fp_{t_0}}} \times (1 + Rate_{t_0, t}) \times PageRank_{p_{t_0}} \right\} \quad (7)$$

其中， P 代表企业 f 在 t_0 期（即基期，对应于本文的 2000 年）的进口中间品种类， $Import_{fp_{t_0}}$ 代表企业 f 在基期进口中间品 p 的金额。 $PageRank_{p_{t_0}}$ 是基期中间品 p 的网络中心度， $Rate_{t_0, t}$ 代表相较于 t_0 期， t 期时中国全部进口中间品的网络中心度变动率。一方面，由于式（7）中唯一的随时变变量 $Rate_{t_0, t}$ 是全国层面的时序变动率，对所有企业的影响一致。同时，式（7）中其他项均为常数。因此，在控制企业固定效应和年份固定效应后，工具变量 $Bartik_{ft}^{IV}$ 满足外生性要求。另一方面， $Bartik_{ft}^{IV}$ 实际上相当于 $PageRank_{ft}^1$ 的预测值，二者具有明显的相关性。综上， $Bartik_{ft}^{IV}$ 变量满足工具变量的外生性和相关性要求。表 2 汇报了工具变量估计的回归结果，第二阶段结果表明，使用工具变量缓解内生性问题后，中间品贸易网络地位仍然显著降低了中国工业企业的能源强度。第一阶段结果表明，工具变量系数值显著，相关性成立；F 统计量为 13.1，高于经验值 10，因此存在弱工具变量问题的可能性很小。

表 2 工具变量估计

变量	两阶段最小二乘估计	
	第一阶段	第二阶段
	中间品贸易网络中心度	能源强度
中间品贸易网络中心度		-15.3557*** (4.4685)
工具变量	-0.4461*** (0.1231)	
F 统计量	13.1	
控制变量	控制	控制
年份固定效应	控制	控制
企业固定效应	控制	控制
观察值	320 062	320 062

注：两阶段最小二乘估计中的 R^2 不具有实际意义，未予汇报。根据式（7）所示的 Bartik IV 构造思路，使用进口额构造的加权份额需要固定在 t_0 期，对应于本文的样本时间即 2000 年，因此工具变量估计所用样本的时间跨度为 2001—2009 年。

（三）机制分析

1. 溢出效应：能源技术与非能源技术

本部分检验企业技术创新的机制作用，由于技术创新活动需要一定的时间，因

此本部分将技术创新水平置前一期。表3第(1)列的结果表明,中间品贸易网络地位促进了企业技术创新。技术包括能源技术和非能源技术,第(2)列考察了中间品贸易网络地位对能源技术创新的影响。结果表明,中间品贸易网络地位提升了企业能源技术创新。能源技术创新降低生产的非期望能源损耗,有助于直接降低能源强度(Costa-Campia et al., 2015)。第(3)列检验发现,中间品贸易网络地位对非能源技术创新同样存在促进效应。由于不同类型的技术之间存在关联性,非能源技术创新同样有助于促进能源技术创新,并间接降低能源强度(Rexhauser and Loschel, 2015)。不仅如此,非能源技术创新促使企业的技术进步偏向于非能源要素,能够降低生产环节对能源要素的依赖程度,进而降低能源强度(陈晓玲等, 2015)。因此,中间品贸易网络地位可能通过技术溢出效应,降低能源强度。

2. 替代效应: 弥补国内供给缺口

由于存在技术短板,国内供应链表现出一定程度供给乏力的问题(洪俊杰等, 2021)。表3第(4)列检验了国内中间品供给缺口对企业能源强度的影响,结果发现,国内中间品供给不足显著提升了企业的能源强度。国内中间品与进口中间品存在替代关系,提高企业的中间品贸易网络中心度保障了进口中间品供给稳定(ToDo et al., 2015),进而弥补了国内中间品供给缺口,降低了能源强度。为了检验这一逻辑,第(5)列引入“国内供给缺口”与“中间品贸易网络中心度”变量的交互项,结果表明,随着中间品贸易网络地位的提升,国内中间品供给缺口对能源强度的加剧效应有所减弱。因此,中间品贸易网络地位可能通过弥补国内中间品供给缺口,降低能源强度。

表3 机制检验

Panel A 变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	技术创新	能源技术创新	非能源技术创新	能源强度	能源强度	商业信贷
中间品贸易网络中心度	0.3358 *** (0.0980)	0.0383 *** (0.0133)	0.2957 *** (0.0967)		0.2555 *** (0.0811)	0.0584 ** (0.0239)
中间品贸易网络中心度× 国内中间品供给缺口					-8.1059 *** (1.1556)	
国内中间品供给缺口				0.6138 *** (0.0377)	0.6311 *** (0.0378)	
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	-0.5450 *** (0.1815)	0.0018 (0.0254)	-0.7437 *** (0.1771)	2.5161 *** (0.1624)	2.4090 *** (0.1633)	0.1111 * (0.0651)
观察值	253 010	253 010	253 010	344 845	344 845	266 835
R ²	0.0155	0.0020	0.0139	0.0330	0.0336	0.0025

3. 融资效应：改善企业商业信贷

表3第(6)列检验了中间品贸易网络地位对企业商业信贷的影响,结果印证了理论分析:中间品贸易网络地位显著提升了企业的商业信贷规模。商业信贷是企业融资的重要方式(阳佳余,2012),融资状况的改善有助于促进企业节能投资,激励企业改进节能技术(Fleiter et al., 2012),进而降低企业能源强度。因此,中间品贸易网络地位可能通过融资效应,降低能源强度。

(四) 异质性分析

1. 供应链依赖倾向

随着企业对国内供应链依赖程度的不断加深,在国际市场上的中间品贸易网络中心度对企业能源强度的抑制效应可能有所减弱。为了检验这一逻辑,本文借鉴洪俊杰等(2021)测算了企业对国内供应链的依赖程度。表4的第(1)列结果表明,企业对国内供应链的依赖程度越高,中间品贸易网络中心度产生的节能效应越弱。

2. 资源赋能与资源诅咒

地区的资源禀赋异质性,可能影响中间品贸易网络地位的节能效应。一方面,中间品贸易网络中心度越高,企业可投入的进口中间品越多。然而,在边际报酬递减规律约束下,中间品边际产出随着中间品投入数量增加而下降,此时如要实现更高的产出效率,需加大能源要素投入。能源供给充沛的地区能够满足中间品要素扩张引致的能源要素需求增加,形成“资源赋能”效应,并提高要素的产出效率,降低企业能源强度。另一方面,能源供给充沛的地区通常具有较低的能源要素价格,并促使企业加大能源要素投入。在一定的要素替代弹性下,过度的能源要素供给挤出了进口中间品等其他要素投入,形成“资源诅咒”效应,并降低中间品贸易网络地位的节能效应。本文根据煤炭基础储量的中位数,将样本划分为资源充沛区和资源匮乏区^①,并实证检验中间品贸易网络地位对不同资源禀赋地区的企业能源强度的影响。表4第(2)列和第(3)列结果表明,在“资源诅咒”效应的主导下,中间品贸易网络地位降低了资源匮乏地区企业的能源强度,但对资源充沛地区企业的能源强度未见显著影响。

3. 行业耗能水平

低耗能行业的企业对能源的依赖度低,能源要素易被其他中间品取代;相反,高耗能行业的企业严重依赖能源要素投入,能源要素与其他中间品替代弹性较小,进口中间品难以代替能源要素(韩国高和刘田广,2021)。本文根据国家发展改革委关于高耗能行业的界定,将企业所处行业划分为高耗能行业与低耗能行业。第(4)列和第(5)列结果表明,中间品贸易网络地位降低了低耗能行业企业的能源强度,但对高耗能行业企业的能源强度未见显著影响。

^①煤炭资源充沛地区包括山西、内蒙古、陕西、贵州、新疆、河南、安徽、云南、山东、黑龙江、河北、宁夏、甘肃、四川和辽宁,其余省份为煤炭资源匮乏地区。

表4 异质性分析

Panel A 变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	全样本	资源充沛区	资源匮乏区	高耗能行业	低耗能行业
中间品贸易网络中心度	-2.0088 *** (0.6360)	-0.1664 (0.1353)	-0.3233 *** (0.0637)	-0.1908 (0.1904)	-0.2948 *** (0.0572)
中间品贸易网络中心度× 国内供应链依赖度	1.9473 *** (0.7204)				
国内供应链依赖度	0.3830 *** (0.0621)				
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	2.1793 *** (0.1608)	1.2683 *** (0.2527)	3.1195 *** (0.2012)	4.1506 *** (0.3176)	1.4171 *** (0.1618)
观察值	377 124	177 920	199 238	125 230	251 928
R ²	0.0284	0.0346	0.0231	0.0513	0.0165

五、拓展分析

(一) 拓展分析 I: 减排目标

理论上,提高中间品贸易网络中心度降低了企业单位产出的能源要素投入,而能源投入是导致污染排放的主要原因。因此,中间品贸易网络地位的提高可能进一步降低企业污染排放强度。本部分使用二氧化硫排放量与工业总产值比值的对数衡量企业污染排放强度。表5的第(1)列结果表明,中间品贸易网络地位显著降低了企业的污染排放强度。表5第(2)列至第(5)列分别使用烟尘、粉尘、污水和化学需氧量代替二氧化硫,重新测度企业污染排放强度,结论稳健。表5第(6)列 Bartik 工具变量进行两阶段最小二乘估计缓解内生性问题,结论稳健。

表5 拓展分析 I: 减排目标

Panel A 变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	二氧化硫	烟尘	粉尘	污水	化学需氧量	二氧化硫
中间品贸易网络中心度	-0.8026 *** (0.1330)	-0.6981 *** (0.1294)	-0.1865 ** (0.0776)	-0.6371 *** (0.1832)	-0.5224 *** (0.1316)	-15.9945 *** (6.0258)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	3.868 *** (0.2930)	7.0384 *** (0.3680)	2.0232 *** (0.3146)	1.7135 *** (0.4271)	0.7732 ** (0.3076)	— —
观察值	377 158	377 158	377 158	343 393	377 158	320 062
R ²	0.0365	0.0275	0.0071	0.0100	0.0097	—

(二) 拓展分析 II: 经济效益

技术升级是提高企业生产率和利润率的重要驱动因素,因此本文推论:提高中间品贸易网络中心度将改善企业的生产经营绩效,释放经济效益。本部分使用工业总产值与职工人数的比值计算企业的生产率,使用企业营业利润与主营业务收入的比值测度企业的利润率,进而从生产率和利润率双重视角,考察中间品贸易网络地位的经济效益。考虑到企业生产率和利润率的改善需要一定时限,因此本部分将中间品贸易网络中心度滞后一期。表6的第(1)列和第(2)列分别检验了中间品贸易网络中心度对生产率和利润率的影响,结果表明,提升中间品贸易网络中心度显著提高了企业的生产率和利润率。为了缓解潜在的内生性偏误,第(3)列和第(4)列借助 Bartik 工具变量进行两阶段最小二乘估计,结论稳健。

表6 拓展分析 II: 经济效益

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	生产率	利润率	生产率	利润率
中间品贸易网络中心度 (滞后一期)	0.2639*** (0.0944)	0.0338* (0.0187)	17.7461*** (6.2953)	3.4077*** (1.2166)
控制变量	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
常数项	-2.7076*** (0.2189)	-0.4478*** (0.0543)	—	—
观察值	253 010	252 638	212 613	212 359
R ²	0.0414	0.0108	—	—

(三) 拓展分析 III: 能耗总控目标

理论上,一方面,中间品贸易网络地位存在节能效应,降低了工业企业的能源强度,在产能一定的条件下,节能效应有助于降低企业能耗总量;另一方面,在利润最大化的激励下,中间品贸易网络地位可能促使企业增大要素投入、扩大生产规模,进而增加企业能耗总量。表7的第(1)列检验了中间品贸易网络地位对企业中间投入规模的影响,第(2)列和第(3)列检验了中间品贸易网络地位对企业产出规模的影响,其中,第(1)列使用企业中间投入额的对数衡量中间投入规模,第(2)列使用工业总产值(对数)衡量产出规模,第(3)列进一步使用工业增加值(对数)衡量产出规模。结果表明,提升中间品贸易网络中心度显著提高了企业的生产投入和产出规模。中间品贸易网络地位的节能效应和企业增产引致的耗能效应孰高孰低?表7的第(4)列研究表明,中间品贸易网络中心度系数值在10%水平上显著为负。这意味着在节能效应的主导下,中间品贸易网络地位显著降低了企业能耗总量。使用 Bartik 工具变量进行两阶段最小二乘估计(见第(5)列),结论稳健。综上所述,总体而言,提升企业的中间品贸易网络地位有助于降低能耗总量。

表7 拓展分析 III: 能耗总控目标

Panel A 变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	中间投入额	工业总产值	工业增加值	能耗总量	能耗总量
中间品贸易网络中心度	1.5304 *** (0.1148)	1.2205 *** (0.1602)	1.5276 *** (0.1595)	-0.7739 * (0.4070)	-23.46 * (13.4045)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	1.8623 *** (0.2745)	1.9591 *** (0.3106)	0.3366 (0.4069)	6.0012 *** (0.7913)	— —
观察值	282 660	377 158	239 764	383 044	325 449
R ²	0.2964	0.1194	0.2447	0.0136	—

六、结论和启示

中间品贸易网络是国际间要素流动的主要载体。然而,围绕如何实现“十四五”节能目标问题,现有文献鲜少探究全球中间品贸易网络地位对实现节能目标的重要作用。本文利用2000—2009年中国工业企业数据库、污染数据库、海关数据库和专利数据库等,在构造企业层面的中间品贸易网络中心度指标基础上,率先考察了中间品贸易网络地位的节能效应。研究发现:(1)2000年中国在全球中间品贸易网络中居于边缘地带,但经历二十余年的开放发展,2020年中国已经跃升至网络核心地带。在此背景下,中国企业的中间品贸易网络中心度大幅增长。进一步的实证分析表明,提升企业的中间品贸易网络地位显著降低了能源强度。使用Bartik工具变量强化因果,结论稳健。(2)机制分析发现,中间品贸易网络地位通过能源与非能源技术溢出、弥补国内供应链供给缺口、改善企业商业信贷等方式,影响企业能源强度。(3)异质性分析表明,中间品贸易网络地位主要影响深度嵌入国际供应链、位于能源资源匮乏地区或低耗能行业企业的能源强度。(4)拓展分析发现,提高中间品贸易网络地位有助于降低企业的污染排放和能源消耗总量,并提高企业的经济效益。

基于如上结论,提出本文的政策启示:(1)嵌入全球中间品贸易网络是利用国际循环实现中国企业绿色发展的重要路径。面对全球供应链供给紧缩的现实困境,政府应积极推动进口扩大战略。依托中国国际进口博览会和自由贸易区(港)等开放平台,培育国内企业在全中国中间品贸易网络的中心地位,在高水平对外开放中实现中国企业绿色化和节能化发展。(2)由于技术溢出、补足国内供给缺口和改善商业信贷等方面是中间品贸易网络地位释放节能效应的重要渠道,因此一是应强化国内企业的技术吸收能力,畅通技术要素流通渠道;二是应加快评估国内供应链短板,通过科技自立自强提升国内供应链供给能力和供给弹性;三是打造良好的信用体系,支撑商业信贷系统持续健康运转。(3)企业应在充分评估安全性基础

上,重视对国际供应链的嵌入力度,释放国际供应链的效率优势;资源充沛地区的企业应主动规避“资源诅咒”效应,坚持效率优先的长期发展目标;高耗能行业企业应竭力避免对能源要素的过度依赖,科学合理配置生产要素投入。(4)如何兼顾环境保护和经济发展,是各界始终关注的重要问题。中间品贸易网络地位兼具减排效应和经济效益,从高水平开放视角为解决如何兼顾环境保护和经济发展这一问题给出了破解之策。

[参考文献]

- [1] IMBRUNO M, KETTERER T D. Energy Efficiency Gains from Importing Intermediate Inputs: Firm-level Evidence from Indonesia [J]. *Journal of Development Economics*, 2018, 135: 117-141.
- [2] 韩国高, 刘田广. 中间品进口、制度环境与中国企业能源强度 [J]. *经济科学*, 2021 (3): 44-56.
- [3] GUTIERREZ E, TESHIMA K. Abatement Expenditures, Technology Choice, and Environmental Performance: Evidence from Firm Responses to Import Competition in Mexico [J]. *Journal of Development Economics*, 2018, 133: 264-274.
- [4] KASAHARA H, RODRIGUE J. Does the Use of Imported Intermediates Increase Productivity? Plant-level Evidence [J]. *Journal of Development Economics*, 2008, 87 (1): 106-118.
- [5] 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.
- [6] 王孝松, 田思远, 李功. 贸易开放、环境规制与污染——来自中国制造业的经验证据 [J]. *统计研究*, 2022, 39 (5): 79-92.
- [7] HE L Y, HUANG G. Are China's Trade Interests Overestimated? Evidence from Firms' Importing Behavior and Pollution Emissions [J]. *China Economic Review*, 2022, 71: 101738.
- [8] YI Y Y, YU X X, SUN X T. Will the Liberalization of Intermediate Trade Restrain Corporate Pollution Emissions? Empirical Evidence from Chinese Micro-enterprises [J]. *Applied Economics*, 2022, 54 (30): 3521-3536.
- [9] 洪俊杰, 杨志浩, 商辉. 国际供应链供给冲击与中国“稳外资”目标——外商资本追加视角 [J]. *经济科学*, 2021 (6): 5-20.
- [10] BURT R S. *Structural Holes: The Social Structure of Competition* [M]. Cambridge, Harvard University Press: 1992.
- [11] CROOK T R, COMBS J G. Sources and Consequences of Bargaining Power in Supply Chains [J]. *Journal of Operations Management*, 2007, 25 (2): 546-555.
- [12] LEE K, LEE K. Patterns of Technological Innovation and Evolution in the Energy Sector: A Patent-based Approach [J]. *Energy Policy*, 2013, 59: 415-432.
- [13] COSTA-CAMPIA M T, GARCIA-QUEVEDO J, SEGARRA A. Energy Efficiency Determinants: An Empirical Analysis of Spanish Innovative Firms [J]. *Energy Policy*, 2015, 83: 229-239.
- [14] REXHAUSER S, LOSCHEL A. Invention in Energy Technologies: Comparing Energy Efficiency and Renewable Energy Inventions at the Firm Level [J]. *Energy Policy*, 2015, 83: 206-217.
- [15] 陈晓玲, 徐舒, 连玉君. 要素替代弹性、有偏技术进步对我国工业能源强度的影响 [J]. *数量经济技术经济研究*, 2015, 32 (3): 58-76.
- [16] TODO Y, NAKAJIMA K, MATOUS P. How Do Supply Chain Networks Affect the Resilience of Firms to Natural Disasters? Evidence from the Great East Japan Earthquake [J]. *Journal of Regional Science*, 2015, 55 (2): 209-229.
- [17] LV K J, YU A Y, BIAN Y W. Regional Energy Efficiency and its Determinants in China during 2001-2010: A Slacks-based Measure and Spatial Econometric Analysis [J]. *Journal of Productivity Analysis*, 2017, 47: 65-81.

- [18] KAO T, SIMPSON N C, SHAO B B, et al. Relating Supply Network Structure to Productive Efficiency: A Multi-stage Empirical Investigation [J]. *European Journal of Operational Research*, 2017, 259 (2): 469-485.
- [19] SHI J Y, YANG J H, LI Y X. Does Supply Network Location Affect Corporate Investment Efficiency [J]. *Research in International Business and Finance*, 2020, 51: 101107.
- [20] 阳佳余. 融资约束与企业出口行为: 基于工业企业数据的经验研究 [J]. *经济学 (季刊)*, 2012, 11 (4): 1503-1524.
- [21] BAGAYEV I, NAJMAN B. Money to Fill the Gap? Local Financial Development and Energy Intensity in Europe and Central Asia [R]. MPRA Working Paper, 2014, No. 55193.
- [22] FLEITER T, SCHLEICH J, RAVIVANPONG P. Adoption of Energy-efficiency Measures in SMEs: An Empirical Analysis based on Energy Audit Data from Germany [J]. *Energy Policy*, 2012, 51: 863-875.
- [23] YANG Z H, HONG J J. Trade Policy Uncertainty and Energy Intensity: Evidence from Chinese Industrial Firms [J]. *Energy Economics*, 2021, 103: 105606.
- [24] GORMLEY T A, MATSA D A. Common Errors: How to (and not to) Control for Unobserved Heterogeneity [J]. *Review of Financial Studies*, 2014, 27 (2): 617-661.
- [25] BELLEMARE M F, MASAKI T, PEPINSKY T B. Lagged Explanatory Variables and the Estimation of Causal Effect [J]. *Journal of Politics*, 2015, 3: 949-963.
- [26] KASAHARA H, LI B. Grain Exports and the Causes of China's Great Famine, 1959-1961: County-level Evidence [J]. *Journal of Development Economics*, 2020, 146: 102513.

The Energy-saving Effect of Intermediate Trade Network Status —Evidence from Chinese Industrial Firms

YANG Zhihao

Abstract: This paper measures the firm-level centrality of the intermediate trade network using global bilateral trade data and the China Customs Statistics database. Then, it empirically tests the impact of intermediate trade network status on a firm's energy intensity by combining China's industrial enterprise, pollution, and patent databases. The results show that improving the status of the intermediate trade network significantly reduces a firm's energy intensity. Also, shift-share instrumental variable is used to strengthen causal identification and make the result robust. Mechanism analysis reveals that the intermediate trade network status affects energy intensity through channels such as technology spillovers, strengthening the weak links in the domestic supply chain, and commercial credit supply. Heterogeneity analysis demonstrates that the intermediate trade network status mainly affects the energy intensity of firms deeply embedded in the international supply chain, located in energy deficient areas and low energy consumption industries. Finally, expanding analysis shows that the intermediate trade network status also able to reduce pollution emission intensity and total energy consumption of firms to generate economic benefits. This paper provides micro-economic evidence for achieving energy conservation and emission reduction based on the global intermediate trade network and points out the significance of China's import expansion strategy.

Keywords: Intermediate Trade Network; Energy Intensity; Shift-share Instrumental Variables

(责任编辑 白光)