

产业融合视角下网络基础设施的 经济结构转型效应研究

李琳,娜梅雅,宋培

(南开大学 经济学院,天津 300071)

摘要:基于产业融合视角构造多部门一般均衡模型,将网络基础设施以资本扩展型技术进步纳入模型并阐明其对经济结构转型的影响机理,指出当消费替代弹性较低、中间工业品部门的要素替代弹性高于其他中间品部门时,网络基础设施有助于推动中间工业品部门资本深化,提高货物部门的生产水平,促使服务部门的产值份额不断上升,即经济结构转型升级。进一步采用2006—2020年地级市面板数据,以“宽带中国”战略作为网络基础设施建设的政策冲击展开实证评估,研究表明:网络基础设施显著促进了经济结构转型,该结论在经过一系列稳健性检验后依旧成立;异质性分析发现,网络基础设施的经济结构转型效应在不同市场环境和城市层级下具有明显差异;机制检验发现,以资本生产率为代表的技术机制与以生产性服务业发展为代表的产业融合机制是网络基础设施推动经济结构转型的重要渠道。

关键词:网络基础设施;产业融合;经济结构转型;生产性服务业;资本生产率

中图分类号:F062.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-6049(2023)05-0001-12

一、引言与文献综述

不同阶段的经济结构都要求与之相适应的基础设施,倘若基础设施建设未能及时提档升级,经济发展将会陷入转型阵痛期。网络基础设施作为新型基础设施建设的核心中枢,对持续推动经济高质量发展具有重大意义。党的十八大以来,政府不断强调要加快建设网络强国与数字中国。截至2022年底,中国互联网宽带接入端口数达到10.71亿个,比上年末净增5320万个。网络基础设施,是以网络信息技术为支撑、以实现互联网高效应用为目标的一切基础硬件和软件的集合^[1],不仅是数字技术发展和数字经济繁荣的重要载体,更是在传统基础设施难以承载产业格局进一步优化的现实背景下,推动中国经济结构转型升级的坚实保障。根据国家统计局统计,2021年中国经济发展新动能指数比上年增长35.4%,其中网络经济指数在各项分类指数中增长最快,对总指数增长的贡献最大。由此可见,网络基础设施带来的“新机遇”并非仅在于基建本身,通过其赋能经济社会孕育而生的产业发展新态势、经济增长新动能才是更深层次的内容,如传统产业升级、新兴产业发展等。那么,网络基础设施建设能否以及如何推动中国经济结构转型升级?回答这一问题能够为中国政府加快重塑产业格局新

收稿日期:2023-05-31;修回日期:2023-09-18

基金项目:国家社会科学基金重大项目“大国经济条件下构建自主可控的现代产业体系重大问题研究”(21&ZD099);天津市研究生科研创新项目“数字技术驱动经济结构优化转型的内在机理、效应评估与政策创新”(2021YJSB037)

作者简介:李琳(1995—),女,山西太原人,南开大学经济学院博士研究生,研究方向为产业经济;娜梅雅(1997—),女,内蒙古呼和浩特人,南开大学经济学院博士研究生,研究方向为产业经济;宋培(1995—),男,江苏盐城人,南开大学经济学院博士研究生,研究方向为产业经济。

优势、转变经济增长动能提供政策启示。

已有研究对于传统基础设施尤其是交通基础设施予以了充分关注^[2-3],并发现了其能够促进要素流动,并通过规模经济、技术创新和资本劳动配置优化等方式推动经济结构升级^[4]。然而,伴随着传统产业产能过剩、资源环境污染恶化、经济增长陷入瓶颈等问题日益突出,推动经济结构转型升级不能继续依赖“铁公机”等传统基础设施建设,因此,中国基础设施投资本身也需要结构转型^[5]。作为新型基础设施的核心中枢,网络基础设施不仅能够促进技术、知识交流从而激励企业技术创新^[6],还能借助溢出效应和普惠机制实现经济发展成果的共享^[7-9]。从经济结构的角度来看,网络基础设施有助于优化生产要素的跨区域、跨产业配置,支撑数字技术在传统企业生产决策中的渗透与应用,助力数字经济成为稳增长、促发展的新动能,多方面推动经济结构转型升级^[10-12]。“宽带中国”战略作为中国推动网络基础设施建设的重要政策探索,显著推动了试点城市(城市群)的网络基础设施建设,增强了当地信息传递速率^[13],因此也成为学界用来量化评估网络基础设施对经济社会影响的重要手段之一。现有基于“宽带中国”战略的研究大多验证了网络基础设施建设对全要素生产率、创新能力、产业结构转型等^[14-17]的积极作用。此外,在新一轮科技革命和产业变革的高质量发展阶段,产业融合发展成为经济结构转型升级的重要助推器,而以信息技术、现代物流、金融、商务服务等构成的生产性服务业,正是引领物质生产部门和服务生产部门融合发展的催化剂。不同于传统基础设施建设依赖于物质生产,新型基础设施建设本身需要且能够推动5G、人工智能、大数据、区块链等新一代通用技术的行业的发展,以及需要与之密切相关的金融业和商业服务业的发展^[18],有利于打破地区间市场壁垒,促进要素流动和产业融合^[19]。

综上所述,随着数字经济成为经济高质量发展的“新动力”和“新引擎”,将网络基础设施作为研究对象的文献不断增多^[20]。但现有研究侧重于直接识别网络基础设施建设对经济活动的影响,基于产业融合视角构建一般均衡模型展开系统性理论分析的文献匮乏。因此,本文以产业融合发展为切入视角,构造多部门一般均衡模型,将网络基础设施以资本扩展型技术进步纳入模型并阐明其对经济结构转型的影响机理,并进一步采用2006—2020年地级市面板数据,以“宽带中国”战略作为网络基础设施建设的政策冲击展开实证评估。本文可能存在的边际贡献有:在研究方法上,本文采用多部门嵌套的一般均衡模型,深入分析网络基础设施推动经济结构转型的作用机理;在研究视角上,本文创新性地选取了产业融合发展视角,通过生产性服务业与其他中间品部门的联合生产特征刻画产业融合过程,深刻揭示了网络基础设施推动经济结构转型的复杂过程;在研究内容上,本文指出产业融合发展和资本生产率提升是网络基础设施推动经济结构转型的两个重要渠道,即技术机制和产业融合机制。

二、理论模型

本文参考郭凯明和黄静萍^[21]的研究,基于产业融合视角构建多部门嵌套的一般均衡模型进行理论分析,其中“产业融合”主要体现为生产性服务业作为中间品部门之一,分别与其他中间品部门结合生产得到最终品。

(一) 模型设定

1. 最终品生产厂商行为

货物厂商和服务厂商作为两类最终品生产厂商,将中间品作为生产要素投入分别生产货物与服务。即货物厂商通过投入中间工业品和生产性服务品生产货物,服务厂商通过投入中间服务品和生产性服务品生产服务,代表性厂商采用常替代弹性(CES)生产函数,表示如下:

$$Q_1 = [\theta_1^{1/\varepsilon_1} Y_m^{(\varepsilon_1-1)/\varepsilon_1} + (1-\theta_1)^{1/\varepsilon_1} Y_{x1}^{(\varepsilon_1-1)/\varepsilon_1}]^{\varepsilon_1/(\varepsilon_1-1)} \quad (1)$$

$$Q_2 = [\theta_2^{1/\varepsilon_2} Y_s^{(\varepsilon_2-1)/\varepsilon_2} + (1-\theta_2)^{1/\varepsilon_2} Y_{x2}^{(\varepsilon_2-1)/\varepsilon_2}]^{\varepsilon_2/(\varepsilon_2-1)} \quad (2)$$

其中, Q_1 、 Q_2 分别表示货物和服务的生产数量; Y_m 、 Y_{x1} 分别表示货物厂商使用的中间工业品和生产性服务品投入, Y_s 、 Y_{x2} 分别表示服务厂商使用的中间服务品和生产性服务品投入; θ_1 、 θ_2 分别衡量了中间工业品和中间服务品各自在最终品生产中的重要性,满足 $0 < \theta_i < 1 (i = 1, 2)$; ε_1 、 ε_2 分别衡量了

中间工业品和中间服务品与生产性服务品之间的替代弹性,满足 $\varepsilon_i \geq 0 (i = 1, 2)$ 。在完全竞争市场中,最终品厂商在最终品和中间品价格既定的前提下,通过选择最优的中间品投入实现利润最大化。

2. 中间品生产厂商行为

中间品部门包括中间工业品、中间服务品和生产性服务业三个部门(分别用 $j = m, s, x$ 表示),中间品生产厂商的生产要素投入包括资本和劳动两种,代表性厂商采用常替代弹性(CES)生产函数,表示如下:

$$Y_j = [\alpha_j^{1/\sigma_j} (DK_j)^{(\sigma_j-1)/\sigma_j} + (1 - \alpha_j)^{1/\sigma_j} L_j^{(\sigma_j-1)/\sigma_j}]^{\sigma_j/(\sigma_j-1)} \quad (3)$$

其中, $Y_j (j = m, s, x)$ 表示中间品产出; $K_j (j = m, s, x)$ 表示中间品生产厂商使用的资本投入; $L_j (j = m, s, x)$ 表示中间品生产厂商使用的劳动投入; D 表示网络基础设施建设水平,与传统基础设施建设不同,网络基础设施主要通过赋能资本并建立智能化链接实现经济运行效率的提升,因此本文将网络基础设施以资本扩展型技术进步形式引入(3)式; $\alpha_j (j = m, s, x)$ 衡量了资本和劳动在中间品生产中的重要性,满足 $0 < \alpha_i < 1 (j = m, s, x)$; $\sigma_j (j = m, s, x)$ 衡量了中间品生产中资本与劳动之间的替代弹性,满足 $\sigma_j \geq 0 (j = m, s, x)$ 。在完全竞争市场中,中间品生产厂商在资本和劳动价格既定的前提下,通过选择最优的资本和劳动投入实现利润最大化。

3. 消费者行为

需求端由一个代表性家庭刻画,家庭在资本市场提供资本获得利息收入,在劳动市场提供劳动获得工资收入,并按照效用最大化原则将收入用于货物和服务消费,代表性家庭的消费效用函数和预算约束方程分别为:

$$C = [\omega^{1/\eta} C_1^{(\eta-1)/\eta} + (1 - \omega)^{1/\eta} C_2^{(\eta-1)/\eta}]^{\eta/(\eta-1)} \quad (4)$$

$$P_1 C_1 + P_2 C_2 = rK + wL \quad (5)$$

其中, ω 衡量货物与服务在家庭消费中的重要性; η 为常替代弹性,满足 $\eta \geq 0$,衡量了货物与服务在家庭消费中的可替代性。

4. 市场出清

市场出清条件为:

$$\begin{cases} C_1 = Q_1 \\ C_2 = Q_2 \\ L = L_m + L_s + L_x \\ K = K_m + K_s + K_x \\ Y_x = Y_{x1} + Y_{x2} \end{cases} \quad (6)$$

(二) 模型优化

1. 最终品生产厂商的优化行为

货物厂商的利润最大化行为可以表示为:

$$\max \pi_1 = P_1 Q_1 - P_m Y_m - P_x Y_{x1} \quad (7)$$

在中间品市场完全竞争的情况下,根据货物厂商利润最大化的一阶条件,可得:

$$P_m = \theta_1^{1/\varepsilon_1} P_1 Q_1^{1-\varepsilon_1} Y_m^{-1/\varepsilon_1} \quad (8)$$

$$P_x = (1 - \theta_1)^{1/\varepsilon_1} P_1 Q_1^{1/\varepsilon_1} Y_{x1}^{-1/\varepsilon_1} \quad (9)$$

同理,根据服务厂商利润最大化的一阶条件,可得:

$$P_s = \theta_2^{1/\varepsilon_2} P_2 Q_2^{1-\varepsilon_2} Y_s^{-1/\varepsilon_2} \quad (10)$$

$$P_x = (1 - \theta_2)^{1/\varepsilon_2} P_2 Q_2^{1/\varepsilon_2} Y_{x2}^{-1/\varepsilon_2} \quad (11)$$

货物和服务的价格可以表示为中间品价格的复合:

$$P_1 = [\theta_1 P_m^{1-\varepsilon_1} + (1 - \theta_1) P_x^{1-\varepsilon_1}]^{1/(1-\varepsilon_1)} \quad (12)$$

$$P_2 = [\theta_2 P_s^{1-\varepsilon_2} + (1 - \theta_2) P_x^{1-\varepsilon_2}]^{1/(1-\varepsilon_2)} \quad (13)$$

2. 中间品生产厂商的优化行为

中间品生产厂商的利润最大化行为可以表示为:

$$\max \pi_j = P_j Y_j - r K_j - w L_j \quad (14)$$

在要素市场完全竞争的情况下,根据中间品生产厂商利润最大化的一阶条件,可得:

$$r = \alpha_j^{1/\sigma_j} P_j Y_j^{1/\sigma_j} D^{(\sigma_j-1)/\sigma_j} K_j^{-1/\sigma_j} \quad (15)$$

$$w = (1 - \alpha_j)^{1/\sigma_j} P_j Y_j^{1/\sigma_j} L_j^{-1/\sigma_j} \quad (16)$$

其中, $j = m, s, x$, r 和 w 分别表示资本租金和劳动工资。

3. 消费者的优化行为

效用最大化可以表示为:

$$\frac{C_1}{C_2} = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{-\eta} \frac{\omega}{1 - \omega} \quad (17)$$

(三) 均衡分析

定义中间工业品部门、中间服务品部门使用的资本和劳动比重分别为: $x_m^k = K_m/K$, $x_m^l = L_m/L$, $x_s^k = K_s/K$, $x_s^l = L_s/L$ 。定义货物厂商使用生产性服务品的比重为: $y_x = Y_{x1}/Y_x$ 。联立公式(7)至(17)可得模型的均衡条件为:

$$\left(\frac{\omega}{1 - \omega} \right)^{1/\eta} \frac{(1 - \theta_1)^{1/\varepsilon_1}}{(1 - \theta_2)^{1/\varepsilon_2}} \frac{Q_1^{1/\varepsilon_1 - 1/\eta}}{Q_2^{1/\varepsilon_2 - 1/\eta}} = \frac{((1 - y_x)Y_x)^{-1/\varepsilon_2}}{(y_x Y_x)^{-1/\varepsilon_1}} \quad (18)$$

$$\frac{\theta_1^{1/\varepsilon_1}}{(1 - \theta_1)^{1/\varepsilon_1}} \alpha_m^{1/\sigma_m} \left(\frac{Y_m}{y_x Y_x} \right)^{1/\sigma_m} D^{(\sigma_m-1)/\sigma_m} (x_m^k K)^{-1/\sigma_m} = \frac{\theta_2^{1/\varepsilon_2}}{(1 - \theta_2)^{1/\varepsilon_2}} \left(\frac{Y_s}{(1 - y_x)Y_x} \right)^{-1/\varepsilon_2} Y_s^{1/\sigma_s} D^{(\sigma_s-1)/\sigma_s} (x_s^k K)^{-1/\sigma_s} \quad (19)$$

$$\frac{\theta_1^{1/\varepsilon_1}}{(1 - \theta_1)^{1/\varepsilon_1}} \frac{(1 - \alpha_m)^{1/\sigma_m}}{(1 - \alpha_s)^{1/\sigma_s}} \left(\frac{Y_m}{y_x Y_x} \right)^{-1/\varepsilon_1} Y_m^{1/\sigma_m} (x_m^l L)^{-1/\sigma_m} = \frac{\theta_2^{1/\varepsilon_2}}{(1 - \theta_2)^{1/\varepsilon_2}} \left(\frac{Y_s}{(1 - y_x)Y_x} \right)^{-1/\varepsilon_2} Y_s^{1/\sigma_s} (x_s^l L)^{-1/\sigma_s} \quad (20)$$

$$\frac{\theta_1^{1/\varepsilon_1}}{(1 - \theta_1)^{1/\varepsilon_1}} \alpha_m^{1/\sigma_m} \left(\frac{Y_m}{y_x Y_x} \right)^{-1/\varepsilon_1} \frac{Y_m^{1/\sigma_m}}{Y_x^{1/\sigma_x}} = D^{1/\sigma_m - 1/\sigma_x} \frac{((1 - x_m^k - x_s^k)K)^{-1/\sigma_x}}{(x_m^k K)^{-1/\sigma_m}} \quad (21)$$

$$\frac{\theta_1^{1/\varepsilon_1}}{(1 - \theta_1)^{1/\varepsilon_1}} \frac{(1 - \alpha_m)^{1/\sigma_m}}{(1 - \alpha_x)^{1/\sigma_x}} \left(\frac{Y_m}{y_x Y_x} \right)^{-1/\varepsilon_1} \frac{Y_m^{1/\sigma_m}}{Y_x^{1/\sigma_x}} = \frac{((1 - x_m^l - x_s^l)L)^{-1/\sigma_x}}{(x_m^l L)^{-1/\sigma_m}} \quad (22)$$

给定资本、劳动与其他技术参数,式(18)至式(22)共同决定了模型均衡。其中, D 刻画了网络基础设施建设水平,其提高会导致均衡解 $(x_m^k, x_m^l, x_s^k, x_s^l, y_x)$ 的变化,即经济结构转型。网络基础设施建设有助于链接资本要素,提升资本要素的智能化水平和生产效率,而不同产业部门的要素替代弹性存在显著差异,“灵活”部门将产生生产优势,如资本密集型的工业会使用资本要素替代劳动要素,借助智能化生产设备实现物质资料的高效生产,从而推动劳动要素逐渐向服务业部门包括生产性服务业转移,最终实现物质产品消费与精神产品消费兼顾的经济结构转型。

三、数值模拟

(一) 参数选取

在数值模拟之前需要确定模型参数大小,本文参数设定的原则是借鉴现有研究确定一部分参数选值,并让剩余参数在合理范围内取值,以模拟评估各类情形下网络基础设施的经济影响。本文定量模拟了30期经济运行变化,其中1期代表1年。本文借鉴 Herrendorf *et al.*^[22]、颜色等^[23]的研究,设定 $\eta = 0.5$,以表征货物与服务在家庭消费中的互补性特征;设定 $\omega = 0.5$,表征货物与服务对于家庭消费是同样重要的,后文会通过改变这一参数取值进行敏感性分析。

设定网络基础设施赋能经济发展的初始水平为1,即 $D(0) = 1$,随后以每期 $g = 5\%$ 和 10% 的进步率提高,用来刻画网络基础设施建设水平“低”与“高”两种情形;设定 $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0.5$,表征中间品在最终品生产中呈现互补特征;设定 $\theta_1 = \theta_2 = 0.5$,即不区分中间品在最终品生产中的重要性,后文将会改变这一参数进行敏感性分析;根据卓玛草^[24]的研究,相较于服务业,工业部门的要素替代弹性更

高,属于“灵活部门”,因此设定 $\sigma_m = 1.2$ 、 $\sigma_s = \sigma_x = 0.8$;郭凯明等^[18]研究表明工业部门相较于服务业部门更倾向于资本密集型,本文设定 $\alpha_m = 0.55$ 、 $\alpha_s = 0.45$,资本与劳动都是生产性服务业部门重要的要素投入,因此本文暂不考虑该产业的要素密集特征,故设定 $\alpha_x = 0.5$;为了排除资本积累和人口增长的影响,精准评估网络基础设施对经济结构转型的影响,本文设定 $K = 1$ 、 $L = 1$ 。

(二) 基准结果

本文依据上述参数设定进行数值模拟,结果如图1所示。随着网络基础设施建设水平的提高,中间工业品部门资本不断深化、货物实际产出以及服务产出份额均呈持续上升趋势,即经济结构转型。通过对比图1中的实线和虚线发现,网络基础设施建设水平的提高将会加速经济结构转型过程。表1报告了不同情形下相关变量从第1期至第30期的变化,在基准模型中,当网络基础设施建设水平较低时($g = 5\%$),中间工业品部门的资本深化将会增加0.2326,货物实际产出将增加1.1335,服务产出份额将上升0.0468,货物价格将下降0.1786,服务价格将上涨0.1961,生产性服务业产出将增加0.9036;当网络基础设施建设水平较高时($g = 10\%$),中间工业品部门的资本深化将会增加0.3250,货物实际产出将增加3.0689,服务产出份额将上升0.1013,货物价格将下降0.3641,服务价格将上涨0.4462,生产性服务业产出将增加2.0956。

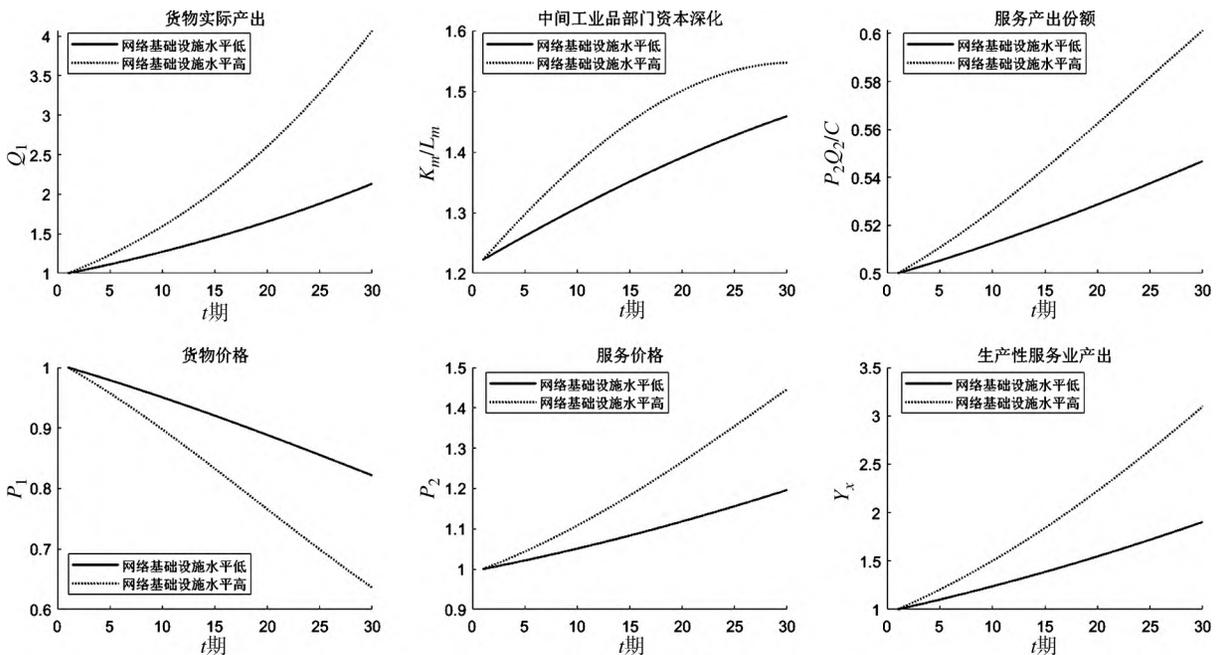


图1 基准模拟结果

上述结果的经济学解释如下:网络基础设施建设会带来资本扩展型技术进步,提高中间品部门的生产效率。然而,中间品部门会依据自身特有的技术经济特征,在产业融合生产过程中实现生产要素的优化配置。具体而言,中间工业品部门相比其他部门具有更高的要素替代弹性($\sigma_m = 1.2$),即属于“灵活部门”,且往往更具备资本密集型特征($\alpha_m = 0.55$),因此网络基础设施赋能资本作用在该部门更为突出,而更加“灵活”的优势会促使其使用资本替代劳动,这与未来“智能制造”的本质相同,剩余劳动力则会向中间服务品部门和生产性服务业部门转移。从最终品的视角来看,由于网络基础设施建设提高了各部门的生产能力,货物和服务的实际产出将持续上升,但货物部门在中间工业品智能化生产的优势下产出增长更快,即物质生产的极大化。根据货物与服务的互补型消费特征,两者间的相对价格将不断下降,最终经济结构将表现为服务产出占比的持续上升,即经济结构服务化转型。该模拟结果符合发达国家的经济发展规律,即伴随着技术进步与经济发展,经济结构最终从工业主导型向服务主导型转变。在物质愈发丰富的时代背景下,需要人类智慧、情感和创造力的服务领域并非能被

简单模拟和替代^[25],甚至人们对精神层面的需求将变得比以往更为迫切,而此类服务价格又是较为昂贵的,由此推动服务名义产出份额不断增加。综上,本文经济结构服务化转型并非简单的服务产出占比上升,而是物质生产朝着极大化方向发展,劳动力逐渐向服务部门转移,最终实现“物质生产”与“精神生产”兼顾的产业结构服务化。

表1 不同环境中网络基础设施建设对经济结构转型的影响

环境	特征参数	g (%)	货物 实际产出	中间工业品 资本深化	服务 产出份额	货物价格	服务价格	生产性服务 业产出
基准模型		5	1.133 5	0.236 8	0.046 8	-0.178 6	0.196 1	0.903 6
		10	3.068 9	0.325 0	0.101 3	-0.364 1	0.446 2	2.095 6
需求端	$\eta = 0.3$	5	1.110 6	0.197 0	0.099 1	-0.270 5	0.294 6	0.896 6
		10	2.904 1	0.213 1	0.199 3	-0.516 5	0.615 0	2.035 2
	$\omega = 0.4$	5	0.890 9	0.159 1	0.036 6	-0.153 8	0.135 2	0.789 4
		10	2.274 8	0.214 0	0.075 0	-0.296 6	0.284 6	1.756 9
供给端	$\sigma_m = 1.5$	5	1.217 8	0.391 8	0.067 1	-0.250 4	0.286 4	0.911 2
		10	3.324 3	0.422 4	0.150 3	-0.510 8	0.691 5	2.093 1
	$\theta_1 = \theta_2 = 0.6$	5	1.166 5	0.233 4	0.051 8	-0.196 3	0.217 7	0.716 3
		10	3.245 6	0.324 6	0.114 2	-0.404 7	0.509 0	1.613 7

注:表中数值是指从第1期到第30期该变量取值的变化。

(三) 敏感性分析

为保障上述结果的可靠性,本文通过改变以下四个参数展开敏感性分析。第一,关注家庭消费中货物与服务替代弹性的影响,将基准模型中 η 的取值从0.5降为0.3;第二,关注家庭消费中货物与服务的重要性,消费升级规律表明居民对服务消费的偏好将随着经济发展不断提升,因此,本文将 ω 的取值从0.5降为0.4;第三,关注中间工业品部门的替代弹性,将基准模型中设定 $\sigma_m = 1.2$ 换为 $\sigma_m = 1.5$;第四,关注最终品生产中制造品和传统服务品的重要性,将基准模型中 $\theta_1 = \theta_2 = 0.5$ 换为 $\theta_1 = \theta_2 = 0.6$,表征中间工业品和中间服务品在货物与服务的生产中更加重要。根据表1中的敏感性分析结果可知,本文的基准模拟结果是稳健的。据此,提出本文的研究假说。

假说1:网络基础设施能够通过提高资本生产率和促进产业融合,进而推动经济结构转型。

四、实证研究设计

(一) 模型构建

本文基于2006—2020年中国地级市面板数据,将“宽带中国”城市试点政策作为准自然实验,构建多期双重差分模型(DID)展开实证分析,计量模型设定如下。

$$Etc_{it} = \alpha + \beta TreatPost_{it} + \gamma Control_{it} + \delta_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (23)$$

其中, Etc 表示经济结构转型; $TreatPost$ 表示“宽带中国”试点城市建设; $Control$ 表示控制变量集合; δ_i 表示城市固定效应; δ_t 表示年份固定效应; ε_{it} 表示随机扰动项; β 度量了经济结构转型程度在“宽带中国”试点政策冲击前后的平均差异。

(二) 变量说明

1. 被解释变量

本文的被解释变量为经济结构转型(Etc),以服务部门与货物部门的产出份额之比来衡量,即 Q_2/Q_1 。值得注意的是,这一指标虽然看似从产业份额这一数量角度来衡量结构转型,但本文关注的经济结构转型并非单纯的产业结构“服务化”,而是在产业融合视角下物质生产极大化基础上的服务名义产出占比增加,其中产业融合等作用机制会在后续实证过程中得以检验。

2. 解释变量

本文的解释变量是“宽带中国”城市试点政策的虚拟变量($TreatPost$),在城市成为试点城市的当

年及之后赋值为 1, 否则为 0。此外, 由于“宽带中国”试点城市是分批次设立的, 因此不同试点城市的虚拟变量并不完全一致。

3. 控制变量

为减少遗漏变量导致的回归误差, 本文选取以下控制变量: 经济发展水平 ($\ln AGDP$), 采用各城市实际人均地区生产总值的对数值衡量; 科技投入水平 ($Tech_Invest$), 采用各城市科技投入支出占公共财政支出的比例衡量; 教育投入水平 (Edu_Invest), 采用各城市教育投入支出占公共财政支出的比例衡量; 人均资本水平 ($\ln PerCapital$), 采用人均实际资本存量的对数值衡量^[26]。

4. 数据来源

本文选取 2006—2020 年中国 258 个地级市全市口径的面板数据展开实证研究, 数据来源于《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》、国家统计局、中国研究数据服务平台 (CNRDS)、各地区统计年鉴以及统计公报等。本文采用线性插值法补齐个别样本缺失值, 并剔除了缺失值较多的城市以及 4 个直辖市。为避免极端值的不利影响, 本文对相关变量进行缩尾处理。

五、实证结果分析

(一) 基准回归分析

表 2 报告了“宽带中国”城市试点政策对经济结构转型影响效应的回归结果。其中, 列(1)是不考虑控制变量和固定效应的回归结果, 列(2)是采用双向固定效应模型的估计结果, 列(3)和列(4)分别为列(1)和列(2)加上控制变量之后的估计结果, 且列(4)的拟合程度最高为 0.849 5, 说明随着控制变量和固定效应的加入, 模型的拟合效果逐渐增强。由列(4)可知, 网络基础设施建设对经济结构转型的影响系数为 0.028 1, 且无论何种情形下, $TreatPost$ 的回归系数均在 1% 的显著性水平下为正, 表明以“宽带中国”战略为代表的网络基础设施建设能够显著推动中国经济结构转型。在经济高质量发展阶段, 传统粗放式“铁公机”已无法适应数字经济的发展要求, 网络基础设施建设成为激活经济结构转型升级的源动力之一。

表 2 基准回归结果

变量	(1) <i>Etc</i>	(2) <i>Etc</i>	(3) <i>Etc</i>	(4) <i>Etc</i>
$TreatPost$	0.315 1*** (22.782 9)	0.042 2*** (4.358 7)	0.158 2*** (11.238 4)	0.028 1*** (2.983 3)
$\ln AGDP$			-0.120 6*** (-10.437 4)	-0.163 5*** (-5.948 8)
$Tech_Invest$			3.294 8*** (7.903 5)	-0.135 0 (-0.371 0)
Edu_Invest			-0.862 9*** (-7.232 6)	0.369 8*** (3.353 1)
$\ln PerCapital$			0.186 3*** (17.306 6)	-0.076 1*** (-4.315 4)
城市固定效应	否	是	否	是
年份固定效应	否	是	否	是
样本量	3 870	3 870	3 870	3 870
R^2	0.118 3	0.841 5	0.259 0	0.849 5

注: ***、** 和 * 分别表示在 1%、5% 和 10% 的显著性水平下显著, 括号内为 t 值。

(二) 平行趋势检验与动态效应分析

保证实验组与对照组在政策发生前具有相同的变化趋势是开展 DID 估计的前提。由于“宽带中国”试点政策具有多时点特征, 本文为各试点城市设定对应的时间虚拟变量展开平行趋势检验, 模型如下:

$$\begin{aligned}
 Etc_{it} = & \alpha + \beta_1 Before7_{it} + \beta_2 Before6_{it} + \beta_3 Before5_{it} + \beta_4 Before4_{it} + \beta_5 Before3_{it} + \beta_6 Before2_{it} + \beta_7 Before1_{it} \\
 & + \beta_8 Current_{it} + \beta_9 After1_{it} + \beta_{10} After2_{it} + \beta_{11} After3_{it} + \beta_{12} After4_{it} + \beta_{13} After5_{it} + \beta_{14} After6_{it} \\
 & + \gamma Control_{it} + \delta_i + \delta_t + \varepsilon_{it}
 \end{aligned} \tag{24}$$

其中, 试点城市在政策实施当年和后 n 年的时间虚拟变量取值为 1, 非试点城市 and 试点城市政策实施前 n 年的时间虚拟变量取值为 0。由于本文的观察期为 2006—2020 年, 而首批“宽带中国”试点年份为 2014 年, 为此, 需将部分试点城市 -8 期之前的时间归并到 -8 期, 并将这一时间的虚拟变量剔除, 以避免多重共线性。如图 2 所示, 试点发生前的相对时间虚拟变量系数均不显著, 这表明试点政策发生前, 实验组与对照组在经济结构转型上无显著差异, 即“宽带中国”试点政策通过了平行趋势检验。

在动态效应方面, 如表 3 所示, 政策冲击对经济结构转型的影响存在一定的滞后效应, 在当期及第一

期有一定程度的正向影响后,大约需要经过三到四期的积累,才能持续显著地推动经济结构转型。其原因可能在于:一是,“宽带中国”战略在不同阶段的实施目标存在差异,其对经济社会产生大范围影响需要各阶段建设工作的共同支撑;二是,宽带网络在促进经济发展的过程中可能存在一定的临界值,具有规模效应。无论是网络基础设施为各中间品部门带来资本扩展型技术,还是推动生产要素等资源在产业间及地区间优化配置,这些改变都不太可能在短时间内完成。值得注意的是,网络基础设施在建设初期会显著推动经济结构转型,这是基础设施建设投资对经济活动产生的直接影响。由于基础设施建设投资能直接带动相关产业如新兴产业的发展,因此,在“宽带中国”战略实施的当期就能够在一定程度上推动经济结构转型,但该效应持续的时间不长,而从第四期开始,网络基础设施建设对经济活动的深层次影响逐渐显现,这是通用目的技术赋能其他产业发展而发挥出来的结构转型效应,具有范围大、规模广、影响时间长的特点。因此,网络基础设施建设既可以从短期发挥投资带动经济发展与结构转型的优势,又能够从长期赋能各大产业改造升级,从更深层次上重塑产业格局,实现增长动能转换。

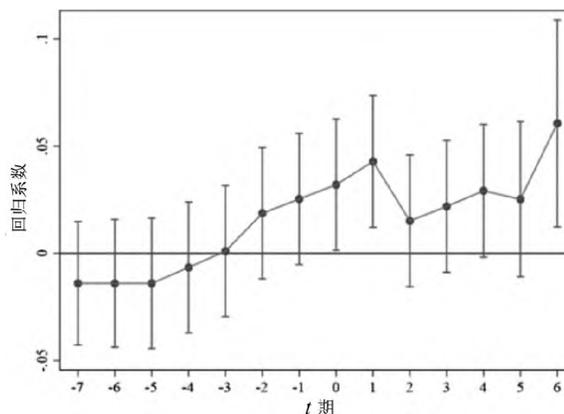


图2 平行趋势检验

表3 动态效应分析

变量	<i>Etc</i>	变量	<i>Etc</i>	变量	<i>Etc</i>	变量	<i>Etc</i>
<i>Before7</i>	-0.013 9 (-0.798 1)	<i>Before3</i>	0.001 1 (0.058 0)	<i>After1</i>	0.042 9** (2.299 6)	<i>After5</i>	0.025 3 (1.148 7)
<i>Before6</i>	-0.013 9 (-0.770 4)	<i>Before2</i>	0.018 7 (1.008 2)	<i>After2</i>	0.015 2 (0.812 5)	<i>After6</i>	0.060 6** (2.067 4)
<i>Before5</i>	-0.013 9 (-0.754 5)	<i>Before1</i>	0.025 4 (1.363 8)	<i>After3</i>	0.021 9 (1.173 0)	R^2	0.670 2
<i>Before4</i>	-0.006 5 (-0.352 6)	<i>Current</i>	0.032 0* (1.719 5)	<i>After4</i>	0.029 2 (1.551 9)	控制变量	是
						双向固定效应	是
						样本量	3 870

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为*t*值。

(三) 稳健性检验

1. 多时点 PSM - DID^[27]方法

由于“宽带中国”战略与严格意义上的自然实验仍有区别,仍可能存在选择性偏差。接下来,将经济发展水平、科技投入水平、教育投入水平和人均资本水平设定为匹配变量,采用多时点 PSM-DID 模型进行稳健性检验。表4的列(1)和列(2)分别报告了两种 PSM-DID 的估计结果,表明“宽带中国”城市试点政策对经济结构转型的促进效应是稳健的。

2. 排除其他政策影响的方法

在本文考察期内,可能有一些其他政策也会对经济结构产生影响。据此,本文在式(23)的基础上,依次加入国家创新型城市试点和智慧城市试点政策的年份虚拟变量,考察 *TreatPost* 的系数是否依旧显著。国家创新型城市试点从2008年到2017年分批次扩大范围,因此本文采用多时点 DID 模型方法纳入智慧城市试点的虚拟变量(*Inno_Policy*)。虽然智慧城市试点也分为多个批次,但本文参考石大千等^[28]的做法,仅将2012年智慧城市首批试点政策(*Smart_Policy*)作为一个准自然实验进行分析。结果如表4的列(3)和列(4)所示。在考虑这两项试点政策后,“宽带中国”战略的虚拟变量系数结果不变,说明本文的研究结论较为稳健。

表 4 稳健性检验

变量	(1) 截面 PSM	(2) 逐年 PSM	(3) 排除其他政策的影响 1	(4) 排除其他政策的影响 2
<i>TreatPost</i>	0.028 0*** (3.169 3)	0.028 4*** (3.163 9)	0.024 9*** (2.626 5)	0.025 8*** (2.758 8)
<i>Smart_Policy</i>			0.040 6*** (3.956 1)	
<i>Inno_Policy</i>				0.031 2*** (2.697 1)
控制变量	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
R ²	0.669 3	0.673 1	0.850 0	0.849 8
样本量	3 851	3 720	3 870	3 870

注：***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著，括号内为t值。

3. 安慰剂检验方法

本文参考 Ferrara *et al.* [29] 的方法,采用间接安慰剂检验。具体是将“宽带中国”的试点 *TreatPost* 变得随机,产生一个错误的估计 β^* ,再将这个过程重复 500 次,并刻画出它们的分布图。检验发现, β^* 集中分布在0值附近,服从正态分布,且基准回归系数0.0308明显属于异常值,t值集中分布在零值附近,仅有少量估计结果的t值超过基准回归结果时的t值2.9833,说明安慰剂检验是成立的。

(四) 异质性检验

1. 市场化水平异质性分析

本文根据王小鲁等[30]测算的2013年中国各省份“市场中介组织的发育和法律制度环境排序”,将城市区分为高、中、低三个等级,估计结果分别见表5的列(1)至列(3)。市场中介组织具有优化资源配置的功能,搭配良好的法律制度环境,能为产业发展提供公平合理的竞争环境。因此,如表5的列(3)所示,在高等级的市场化水平下,网络基础设施能够以0.0651的影响系数,在1%的水平下显著推动经济结构转型。然而,不完善的市场中介组织和法律制度环境会通过增加制度性交易成本、提高市场进入壁垒、降低知识产权保护力度等方式阻碍市场活力,如表5的列(1)和列(2)所示,在低等级和中等级的市场化水平下,网络基础设施建设尚未对经济结构转型带来显著的促进作用。

表 5 异质性检验结果

变量	(1) 市场化水平低	(2) 市场化水平中	(3) 市场化水平高	(4) 外围城市	(5) 中心城市
<i>TreatPost</i>	0.031 0 (1.479 2)	-0.000 7 (-0.047 3)	0.065 1*** (4.488 0)	-0.003 1 (-0.325 3)	0.061 2** (2.242 2)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是
R ²	0.859 1	0.862 4	0.842 8	0.661 8	0.793 6
样本量	1 080	1 470	1 320	3 420	450

注：***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著，括号内为t值。

2. 城市层级异质性分析

城市间层级对网络基础设施建设发挥经济结构转型效应是否具有显著影响?中心城市通常在对应的城镇群体中发挥着在经济、社会、文化等多种方面的主导作用,具有一定影响力和控制力。相比中心城市,外围城市在吸引要素流入与优化资源配置方面处于劣势的地位,使得网络基础设施所带来的技术效应、产业融合效应受限,难以发挥促进经济结构转型的积极效应。本文参考赵涛等[31]的研

究,将副省级城市和省会城市作为中心城市,其他地级市作为外围城市展开分组回归。根据表5的列(4)和列(5)的结果,外围城市网络基础设施对经济结构转型的促进效应并不显著,而中心城市的网络基础设施建设能以0.0612的影响系数在1%的水平下显著推动经济结构转型。

(五) 机制检验

前文理论分析指出,网络基础设施影响经济结构转型的机制主要包括两种:一是网络基础设施自身带来的技术效应,即通过资本扩展型技术进步推动经济结构转型;二是产业融合机制,即通过助推生产性服务业发展,促进产业融合互动,从而推动经济结构转型。对此,本文采用中介效应模型对上述两种作用机制展开实证检验。

1. 技术机制

与传统基础设施建设不同,网络基础设施主要通过赋能资本并建立智能化链接实现经济运行的效率提升,促使资本的边际产出大幅提升,体现为资本扩展型技术进步,如采用先进的智能设备、开发和应用智能制造管理系统等。因此,本文将社会资本生产率(*Capp*)作为技术机制的中介变量,采用实际地区生产总值与实际社会资本存量的比值衡量,其中实际社会资本存量使用永续盘存法测算得到。表6的列(1)和列(2)报告了技术机制的检验结果,可以发现,网络基础设施建设显著提高了社会资本生产率,并且社会资本生产率的提高有助于推动经济结构转型。这表明社会资本生产率是网络基础设施推动经济结构转型的重要渠道。

2. 产业融合机制

产业融合是网络基础设施推动经济结构转型的重要渠道。由于生产性服务业是产业融合发展的催化剂,在生产性服务业越发达的地区,产业融合发展水平往往也越高。因此,本文将产业融合水平(*Indust_Convergence*)作为产业融合机制的中介变量,采用各城市生产性服务业就业人数占总就业人数之比来衡量^①。表6的列(3)和列(4)

表6 机制检验结果

变量	(1) <i>Capp</i>	(2) <i>Etc</i>	(3) <i>Indust_Convergence</i>	(4) <i>Etc</i>
<i>TreatPost</i>	0.0038** (2.1871)	0.0284*** (3.0483)	0.0030** (1.9994)	0.0268*** (2.8503)
<i>Capp</i>		0.8194*** (10.2246)		
<i>Indust_Convergence</i>				0.4391*** (3.5115)
控制变量	控制	控制	控制	控制
固定效应	是	是	是	是
R ²	0.8915	0.8528	0.8176	0.8502
样本量	3870	3870	3870	3870

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为*t*值。

报告了产业融合机制的检验结果,可以发现,网络基础设施建设有利于推动产业融合发展,而产业融合水平的提升有助于推动经济结构转型。这表明产业融合发展是网络基础设施推动经济结构转型的重要渠道。综上,机制检验表明以社会资本生产率为代表的技术机制与以生产性服务业人数占比为代表的产业融合机制,均是网络基础设施推动经济结构转型升级的关键渠道。

六、结论与启示

作为数字经济发展的底层支撑,网络基础设施相比传统基础设施有着愈发重要的战略性意义。本文基于产业融合视角构造多部门一般均衡模型,将网络基础设施以资本扩展型技术进步纳入模型并阐明其对经济结构转型的影响机理,指出当消费替代弹性较低、中间工业品部门的要素替代弹性高于其他中间品部门时,网络基础设施有助于推动中间工业品部门资本深化,提高货物部门的生产水平,促使服务部门的产值份额不断上升。本文进一步采用2006—2020年地级市面板数据,以“宽带中国”战略作为网络基础设施建设的政策冲击展开实证评估。研究表明:网络基础设施显著促进了经济结构转型,该结论在

^①生产性服务业包括以下:信息传输、计算机服务和软件业,科学研究、技术服务和地质勘查业,交通运输、仓储和邮政业,金融业,房地产业,租赁和商务服务业。

经过一系列稳健性检验后依旧成立;经异质性分析发现,网络基础设施的经济结构转型效应在不同市场环境和城市层级下呈现明显差异;经机制检验发现,以资本生产率为代表的技术机制与以生产性服务业发展为代表的产业融合机制是网络基础设施推动经济结构转型的重要渠道。

结合本文的研究结论,未来要充分释放网络基础设施对经济结构转型的积极影响,应从以下几方面着手:(1)推动数字技术研发从应用型向基础型转变,完善以网络基础设施为核心的新型基础设施布局。一是,要加强数字关键技术的自主研发,推动数字技术向核心研发业务流程深入拓展,以5G、千兆光网为代表加快高水平、高质量的场景应用与产业融合创新,为数字化、智能化发展打造坚实的底层支撑;二是,要积极调动各地对网络基础设施建设的投入热情,改善建设中存在的“重硬件、轻软件”现象,避免造成硬件使用率低下、资源浪费而软件信息服务方面薄弱与滞后的局面,并坚持优化提升、适度超前的原则,统筹新型基础设施整体布局,实现互联互通与共建共享。(2)持续优化服务业内部结构,发挥产业融合在经济结构转型中的积极作用。借助数字经济发展机遇,缓解高端制造业和生产性服务业占比不高的结构性矛盾,避免以割裂、孤立的视角看待产业发展,各地区需要依据产业间的经济技术关联有侧重地搭建良性互动的产业生态,从区域、行业等多方面推动产业融合发展,以制造业转型升级的市场需求为导向拉动生产性服务业高质量发展,推动经济结构向“两个70%”的服务经济转型升级。(3)坚持完善市场化制度环境,充分激发网络基础设施建设在地理位置欠佳地区的经济结构转型效应。以市场为导向优化资源配置,保障生产要素跨行业、跨区域自由流动,同时须谨防“数字鸿沟”带来的区域发展不平等与收入差距扩大,应健全欠发达地区的资本市场、完善户籍制度,规划好当地的未来发展路径,真正做到“吸引人”“留人”和“用人”,为顺畅当地产业互动、经济结构转型提供制度环境保障。

参考文献:

- [1]张涛,李均超.网络基础设施、包容性绿色增长与地区差距——基于双重机器学习的因果推断[J].数量经济技术经济研究,2023,40(4):113-135.
- [2]颜银根,倪鹏飞,刘学良.高铁开通、地区特定要素与边缘地区的发展[J].中国工业经济,2020,389(8):118-136.
- [3]蔡宏波,钟超,韩金睿.交通基础设施升级与污染型企业选址[J].中国工业经济,2021,403(10):136-155.
- [4]邓慧慧,杨露鑫,潘雪婷.高铁开通能否助力产业结构升级:事实与机制[J].财经研究,2020,46(6):34-48.
- [5]郭凯明,王藤桥.基础设施投资对产业结构转型和生产率提高的影响[J].世界经济,2019,42(11):51-73.
- [6]薛成,孟庆玺,何贤杰.网络基础设施建设与企业技术知识扩散——来自“宽带中国”战略的准自然实验[J].财经研究,2020,46(4):48-62.
- [7]STIROH K J. Information technology and the US productivity revival: what do the industry data say? [J]. American economic review, 2002, 92(5): 1559-1576.
- [8]郑世林,周黎安,何维达.电信基础设施与中国经济增长[J].经济研究,2014,49(5):77-90.
- [9]郭家堂,骆品亮.互联网对中国全要素生产率有促进作用吗? [J].管理世界,2016,277(10):34-49.
- [10]FORMAN C, GOLDFARB A, GREENSTEIN S. How did location affect adoption of the commercial internet? Global village vs. urban leadership[J]. Journal of urban economics, 2005, 58(3): 389-420.
- [11]OLINER S D, SICHEL D E, STIROH K J. Explaining a productive decade[J]. Journal of policy modeling, 2008, 30(4): 633-673.
- [12]石大千,李格,刘建江.信息化冲击、交易成本与企业TFP——基于国家智慧城市建设的自然实验[J].财贸经济,2020,41(3):117-130.
- [13]李增福,云锋.网络基础设施建设与企业会计稳健性——基于“宽带中国”战略的准自然实验研究[J].外国经济与管理,2023,45(1):104-120.
- [14]刘传明,马青山.网络基础设施建设对全要素生产率增长的影响研究——基于“宽带中国”试点政策的准自然实验[J].中国人口科学,2020,198(3):75-88+127-128.
- [15]张杰,白铠瑞,毕钰.互联网基础设施、创新驱动与中国区域不平衡——从宏观到微观的证据链[J].数量经济技术

- 经济研究,2023,40(1):46-65.
- [16] 种照辉,高志红,覃成林. 网络基础设施建设与城市间合作创新——“宽带中国”试点及其推广的证据[J]. 财经研究,2022,48(3):79-93.
- [17] 袁航,夏杰长. 数字基础设施建设对中国服务业结构升级的影响研究[J]. 经济纵横,2022,439(6):85-95.
- [18] 郭凯明,潘珊,颜色. 新型基础设施投资与产业结构转型升级[J]. 中国工业经济,2020,384(3):63-80.
- [19] 牛子恒,崔宝玉. 网络基础设施建设与劳动力配置扭曲——来自“宽带中国”战略的准自然实验[J]. 统计研究,2022,39(10):133-148.
- [20] 孙伟增,郭冬梅. 信息基础设施建设对企业劳动力需求的影响:需求规模、结构变化及影响路径[J]. 中国工业经济,2021,404(11):78-96.
- [21] 郭凯明,黄静萍. 劳动生产率提高、产业融合深化与生产性服务业发展[J]. 财贸经济,2020,41(11):112-125.
- [22] HERRENDORF B, ROGERSON R, VALENTINYI A. Two perspectives on preferences and structural transformation[J]. *American economic review*, 2013, 103(7): 2752-2789.
- [23] 颜色,郭凯明,杭静. 中国人口红利与产业结构转型[J]. 管理世界,2022,38(4):15-33.
- [24] 卓玛草. 异质性要素替代弹性与中国产业结构变迁——兼论新发展格局稳增长的来源[J]. 经济科学,2022,252(6):22-38.
- [25] 宋培,白雪洁,李琳. 数字化赋能、要素替代与产业结构转型[J]. 山西财经大学学报,2023,45(1):69-84.
- [26] 张军,吴桂英,张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算:1952—2000[J]. 经济研究,2004(10):35-44.
- [27] 范合君,何思锦. 讨论前置制度与国有企业全要素生产率——来自准自然实验的证据[J]. 河南师范大学学报(哲学社会科学版),2023,50(3):69-75.
- [28] 石大千,丁海,卫平,等. 智慧城市建设能否降低环境污染[J]. 中国工业经济,2018,363(6):117-135.
- [29] FERRARA E L, CHONG A, DURYE S. Soap operas and fertility: evidence from Brazil[J]. *American economic journal; applied economics*, 2012, 4(4): 1-31.
- [30] 王小鲁,樊纲,胡李鹏. 中国分省份市场化指数报告(2021)[M]. 北京:社会科学文献出版社,2021.
- [31] 赵涛,张智,梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展——来自中国城市的经验证据[J]. 管理世界,2020,36(10):65-76.

(责任编辑:刘淑浩;英文校对:谈书墨)

The Economic Structural Transformation Effect of Network Infrastructure from the Perspective of Industrial Integration

LI Lin, NA Meiya, SONG Pei

(School of Economics, Nankai University, Tianjin 300071, China)

Abstract: Based on the perspective of industrial convergence, this paper constructs a multi-sector general equilibrium theory model, incorporates network infrastructure into the model with capital expansion technology progress, and clarifies its impact mechanism on economic structural transformation, promoting the continuous increase in the share of output value in the service sector, namely the transformation and upgrading of economic structure. Using the panel data of prefecture-level cities from 2006 to 2020, and taking the Broadband China Strategy as the policy impact of network infrastructure construction, this research shows that network infrastructure has significantly promoted the transformation of economic structure; this conclusion remains valid after a series of robustness tests. Heterogeneity analysis reveals that the economic structure transformation effect of network infrastructure differs significantly according to different city levels and market environments. Mechanism testing shows that technological mechanisms represented by capital productivity and industrial integration mechanisms represented by the development of productive service industries are important channels for network infrastructure to promote economic structural transformation.

Key words: network infrastructure; industrial integration; economic structural transformation; producer services; capital productivity