

工业企业平台化转型的动力机制 与路径选择

王 勇 吴 双*

摘要:平台化转型是工业企业由“单一制造商”转向“制造+服务商”的关键路径,亦为推进实体经济与数字经济深度融合、培育和发展新质生产力提供了现实支撑。本文在一个两期动态的局部均衡模型中较为完整地刻画了工业互联网平台的主要特征,并在此基础上分析了工业企业平台化转型的动力机制与路径选择。研究发现,若工业企业的信息规模越大、全要素生产率越高以及所在地区的信息基础设施越完善、所在行业的生产技术越符合内生于当地要素禀赋结构的比较优势时,进行平台化转型的动机就越强。若工业企业的信息规模越大,则进行平台化转型的时机越早。若所在地区的信息基础设施越完善,则工业企业越倾向于自建平台等。此外,企业数字化水平还会通过全要素生产率对工业企业平台化转型产生间接影响。进一步研究发现,不同类型的补贴政策对于工业企业平台化转型的影响具有异质性。利用独特的微观数据集,实证部分支持了上述发现,并证实了平台化转型能够促进工业企业增长和新质生产力发展。本文的研究发现有助于推动工业互联网创新发展,对于因地制宜发展新质生产力、加快建设现代化产业体系亦具有重要的现实意义。

关键词:工业互联网 平台经济 双边市场 数据要素 新质生产力

DOI:10.13653/j.cnki.jqte.20260228.007

* 王勇,长聘副教授,北京大学新结构经济学研究院,电子邮箱:yongwang@nsd.pku.edu.cn;吴双(通讯作者),助理研究员,对外经济贸易大学国际经济贸易学院,电子邮箱:shuangwu@uibe.edu.cn。本文获得教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目(23JZD011)、教育部哲学社会科学研究重大专项项目(2023J2DZ017)和对外经济贸易大学中央高校基本科研业务费专项资金(24QD17)的资助。本文未使用AI。感谢匿名审稿专家的宝贵意见,文责自负。

一、引言

在新一轮科技革命和产业变革背景下,如何将中国过去积累的传统制造优势转化为符合新发展理念先进生产力质态,已成为中国经济高质量发展的内在要求与重要议题。在此过程中,工业互联网平台作为连接实体经济与数字经济的技术载体,被认为在重塑生产组织方式、培育和发展新质生产力方面具有关键作用。2025年3月,《政府工作报告》明确将“加快工业互联网创新发展”作为因地制宜发展新质生产力,加快建设现代化产业体系的重要举措。现实中则可以看到,随着数字化改造的深入,工业企业开始寻求更加广泛、更加深刻的转型升级,通过自建或者接入工业互联网平台(以下简称“平台化转型”)的方式采集、汇聚、分析海量数据资源^①,并通过优化配置数据、资本、劳动力等生产要素组合,从生产传统产品转向提供智能产品。如此一来,工业企业得以在满足个性化市场需求、提高生产效率的同时,构建“制造+服务”的融合业务体系,并创造增值收入、平台佣金等新的利润来源^②。遗憾的是,现有文献少有关于这一问题的研究。工业企业的平台化决策可能会受到多重异质性因素的影响,在不同阶段进行平台化转型的企业也具有差异化的特征,因此工业企业在进行平台化转型决策时需要从实际出发,因地制宜、因业制宜、因企制宜。只有充分认识工业企业平台化转型的异质性特征和动态演进路径,系统梳理可能影响工业企业平台化转型选择、转型时机和转型方式的动力机制,才能科学识别不同行业、不同地区以及不同类型工业企业最适宜的平台化路径,从而有序推动工业互联网平台在中国的规模化普及应用进程,加快工业互联网创新发展。

目前,与这一问题相关的学术研究主要集中于以下文献:第一,围绕工业互联网平台的增长问题,已有文献尝试探讨了工业互联网平台的发展规律和影响因素,例如田鸽和张勋(2022)介绍了“宽带中国”对于工业互联网发展的促进作用,王君泽等(2020)对工业互联网实施中的影响因素进行了层次结构分析等。但是囿于方法和数据上的限制,该支文献基本上以案例研究和框架分析为主,缺乏严谨的理论研究和实证分析。第二,针对微观主体的平台化选择问题(McIntyre 和 Srinivasan,

^① 例如,根据海尔集团公开披露信息,基于COSMOPlat工业互联网平台,海尔高精度地实现了包括联全要素、联网器、联全流程的“三联”,在平台化转型后利用不到两年的时间就快速聚集了3.3亿C端用户,连接了2600多万台智能终端以及各个价值环节上的生态资源,实现了海量数据要素的积累。

^② 例如,手机厂商通过推出基于苹果或者安卓平台的数据服务,将手机这一过去的通讯工具转变为娱乐和健康的智能枢纽。冰箱厂商过去只专注于保鲜功能,现在则纷纷依托智慧家居平台提供食物过期预警、自动下单订购、个人菜谱定制等数据服务。可见,从发展新质生产力的角度,如何推动工业企业平台化转型是一个值得探究的现实问题。

2017; Zhu 和 Iansiti, 2012), 大部分研究主要关注企业加入平台以后的绩效变化(余文涛和杜博涵, 2022), 也有学者注意到了平台与卖方一体化的现象, 发现卖方在选择互联网平台时, 除了接入第三方平台还可以自建平台(Haggiu 和 Yoffie, 2009), 然而相关研究往往聚焦于平台经济已经得到规模化普及应用的行业, 在以平台化为确定性前提的基础上讨论影响企业自建平台或者接入第三方平台的因素(万兴和杨晶, 2017)。王永进和戴萌(2025)的研究视角进一步拓展至产品层面, 讨论了平台化产品的中间投入, 但其关注重点偏向于中间投入的最优贸易政策。第三, 现有文献分析了数据在企业转型中的作用(吴非等, 2021), 但是研究对象基本集中于电商、金融等服务类企业(Begenau 等, 2018; 刘玉斌等, 2024), 或者研究问题聚焦于数字资产的预测分析作用(李万利等, 2022; 新夫等, 2023)以及对于消费者隐私的影响(Acemoglu 等, 2022; Jones 和 Toneti, 2020)。少数学者虽然提到了数据是一种新型要素禀赋(谢康等, 2020), 但是相关文献的研究重点集中在数据要素与其他生产要素的互补替代关系上, 而忽视了数据要素作为一种生产要素影响企业增长的直接机制。

以上文献为研究工业企业平台化转型的动力机制提供了有力借鉴, 但就本文试图达到的研究目的而言, 仍然需要进一步深入探索。为此, 本文构建了一个关于工业互联网平台与企业生产技术选择的动态模型, 讨论了决定工业企业平台化转型选择、转型时机与转型方式的影响因素。为了尽可能地为因地制宜发展工业互联网提供更多启示, 本文考虑了包括企业信息规模、全要素生产率、地区平台化成本、要素价格水平以及行业资本密集度在内的多重异质性, 研究发现信息规模越大的工业企业, 平台化转型的动机越强并且越有可能更早进行转型; 所在地区平台化成本越低的工业企业, 越有可能进行平台化转型并且越倾向于自建平台; 全要素生产率越高、所在行业生产技术越符合当地比较优势的工业企业进行平台化转型的概率越大等。本文还发现了工业企业的数字化水平决定了全要素生产率等因素影响工业企业平台化转型时机和转型方式的机制, 并进而影响传统生产力转化为新质生产力的效率。进一步地, 本文探讨了不同类型的产业政策如何影响工业企业平台化转型, 发现了补贴平台建设能够推动更多工业企业进行平台化转型并自建平台, 补贴平台运营或者平台接入时数字化水平较高的企业在平台市场中的竞争优势会更加明显, 而补贴平台升级则能够强化全要素生产率较低的工业企业利用工业互联网平台进行换道超车的动机。基于理论模型得到的假说, 本文整理了截至2022年国家工业和信息化部认定的工业互联网平台建设与应用信息^①, 在此基础上, 通过对上市工业企业进行实证分析, 前述的模型结论得到验证。

与现有文献相比, 本文可能的边际贡献在于: 第一, 研究对象层面。以往关于

^① 详见附录2。本文附录详见《数量经济技术经济研究》杂志网站, 下同。

平台经济的研究大多聚焦于消费互联网平台,鲜少有研究直接对工业互联网平台进行理论建模和经验分析,本文则将双边市场理论与异质性企业理论相结合,不仅嵌入了互联网平台的共性特征,更进一步通过数理模型较为完整地刻画了工业互联网平台有别于消费互联网平台的典型架构与关键特征。第二,研究视角层面。本文从平台的经济效应转向了平台的建构路径,关注了工业企业利用工业互联网平台加工数据要素并进行转型升级的机制,并通过讨论决定工业企业平台化转型选择、转型时机与转型方式的内在动力和客观规律,揭示了工业企业平台化转型的内在机理。第三,研究方法层面。一方面,本文通过构建一个两期动态的局部均衡模型,综合考虑了行业、地区、企业等多个层面的异质性影响,为后续研究分析工业企业平台化转型问题提供了一个相对完整的理论框架。另一方面,本文通过手工整理国家工业和信息化部对工业互联网平台的认定信息,从微观层面检验了平台化转型问题,或能为后续关于平台经济的定量研究提供方法上的参考。

二、理论模型

(一)模型设定

考察开放经济背景下,一个简单的两期动态模型($t = 1, 2$)。工业部门里的企业 i 每一期都面临着生产技术的选择,可选的生产技术有两种:一种是利用资本和劳动力生产实物产品 p 的传统技术,另一种是利用资本、劳动力和数据生产由数据服务 d 和实物产品 p 组合而成的智能产品的平台化技术。这里的平台化技术是指依托于工业互联网平台“基础设施即服务层(Infrastructure as a Service, IaaS)—平台即服务层(Platform as a Service, PaaS)—软件即服务层(Software as a Service, SaaS)”的典型架构而形成的独特技术。若企业选择继续沿用原有的传统技术,则无须支付要素成本以外其他费用。企业通过自建或者接入工业互联网平台才能获得平台化技术,并需要为之支付一笔外生给定的平台化成本。其中,自建工业互联网平台的成本由所在地区 c 的信息基础设施建设水平所决定,记为固定成本 F_c 。接入工业互联网平台的成本由外部平台的注册费用所决定,企业同时接入多个工业互联网平台时,其平台化成本为所有被接入平台的注册费用之和。如果企业在第一期就选择使用平台化技术,则第二期能够直接利用平台化技术优化生产而无须再支付任何要素成本以外的其他费用,并且此时还可以通过进一步对外开放平台实现作为双边市场的平台化收入,因此平台化转型是一种不可逆的深度转型升级。

1. 生产函数

无论选择何种技术,企业都会在每一期生产实物产品 p , y_{it}^p 表示行业 j 中的企业 i 在 t 期的实物产量,其中生产函数如下:

$$y_{it}^p = A_{it} (k_{it}^{\alpha_j} l_{it}^{1-\alpha_j})^\gamma, \forall t = 1, 2 \quad (1)$$

其中, k_{it} 为企业 i 在 t 期的固定资本, l_{it} 为企业 i 在 t 期雇佣的劳动力。 α_j 为行业 j 的资本密集度, $1 - \alpha_j$ 为劳动密集度。为了考察相同产业中异质性企业的选择, 采用 Lucas (1978) 的管理跨度 (Span of Control) 假设, 设 γ 为 $(0, 1)$ 之间的常数, 即实物产品 p 的生产技术规模报酬递减, 进而在竞争性市场均衡中, 企业的生产规模是确定有限的并且与该企业的全要素生产率正相关 (Hopenhayn, 1992)^①。为简化分析, 假设产品市场是完全竞争^②的, 相同行业内的不同企业生产同质产品, 用户可以选择消费任意企业生产的任意数量的产品。不失一般性, 将产品价格标准化为 1。

企业 i 的物质资本遵循如式 (2) 的常规动态积累方程, 其中 δ 是资本折旧率, I_{it} 是该企业 i 在第一期期末的固定资产投资量。

$$k_{i2} = (1 - \delta)k_{i1} + I_{i1} \quad (2)$$

生产流程改进: A_{it} 表示企业 i 在 t 期的全要素生产率。工业企业通过平台化后汇聚、分析并进行加工的数据要素, 其本质是一种能够提高企业生产效率的信息资产 (Farboodi 等, 2019)。依托于 PaaS 层提供的工业数据管理能力及工具, 企业能够通过数据要素的挖掘和分析, 对生产流程进行数字化管理, 识别过去导致企业生产瓶颈与产品缺陷的深层次原因, 从而提炼出更加适宜的生产方式, 实现生产技术的进步。因此, 式 (3) 假设, 工业企业的全要素生产率水平取决于数据要素的规模。平台化后, 工业企业得以汇聚、分析并加工数据要素, 在下一期的全要素生产率能够提升, 否则不变, 并且平台化企业的技术进步水平取决于数据要素的规模。如果平台型企业在第一期生产的数据要素越多, 则第二期的生产率提升越明显, 即 A_{it} 遵循如下动态过程, 其中 μ 为正的常数, 刻画数据要素对全要素生产率的边际影响^③:

$$A_{i2} = \begin{cases} A_{i1}(1 + \mu y_{i1}^d), & \text{企业在第一期进行了平台化转型} \\ A_{i1}, & \text{企业在第一期未进行平台化转型} \end{cases} \quad (3)$$

① 本文关于实物产品生产函数的设定参考了 Restuccia 和 Rogerson (2008) 关于异质性企业的经典文献, 也有主流文献提供了中国工业企业生产呈现规模报酬递减特征的定量证据 (陈林和卫平, 2009; 周亚虹等, 2012)。

② 产品市场完全竞争的假设具有现实依据。在本文的实证样本中, 各年度每个证监会二位码行业中前百家企业的平均市场集中度、赫芬达尔指数 (营业收入口径) 以及勒纳指数分别为 0.056、0.139、0.129, 说明工业部门存在激烈的市场竞争, 即本文的理论模型是小国开放经济模型 (Small Open Economy Model)。

③ 经验证据显示, 平台化转型以后工业企业的全要素生产率会得到显著提升, 具体分析可见附录表 A3 和表 A4。

其中, y_{it}^d 表示企业 i 在 t 期拥有的数据要素, 不失一般性, 假设数据要素 d 的生产函数如下:

$$y_{it}^d = a_{it} \xi_i, \quad \forall t = 1, 2 \quad (4)$$

其中, ξ_i 表示企业 i 利用工业互联网平台将信息转化为数据要素的效率, 而 a_{it} 代表企业拥有的信息规模, 两者的乘积即为工业企业所拥有的数据要素。由于工业互联网平台提供了产品监测、故障预警、远程运维、个性化交互等一系列创新性应用服务并部署于 SaaS 层, 依托于工业互联网平台, 工业企业可以汇聚、分析并加工数据要素, 从而提供符合用户个性化需求的增值服务。因此, 本文进一步假设选择平台化技术的企业还能够将数据要素加工为数据服务, 并且每一单位的数据要素能够被加工为一单位的数据服务, 即式(4)同时也是数据服务的生产函数。

因为企业的一切生产活动都能产生信息, 企业在下一期的信息规模由企业的历史信息 and 新的生产活动共同决定。需要注意的是, 信息本身会发生折旧, 但是在平台化转型以后, 由于工业互联网平台的 IaaS 层推动了人、机、料、法、环的全要素互联互通(张骁等, 2024), 能够利用虚拟化技术将海量数据进行分布式存储, 并快速识别数据中有价值的信息, 实现信息的高度整合(马永开等, 2020)。基于此, 假设企业 i 在进行平台化转型以后, 历史信息能够得到更为完整的记录与储存, 而如果没有进行平台化转型, 则历史信息的记录与储存会出现遗漏和折旧, 并令 σ 代表每单位历史信息损失的程 度。此外, 由于工业互联网平台能够打破“信息孤岛”, 促进集成共享, 进一步假设平台化转型以后, 企业还能够更为充分地利用信息, 否则会发生 η 的单位信息效率损失, 即 $\eta \in [0, 1]$, 并且当且仅当平台化转型以后 $\eta = 0$ 。平台化后, 企业会同时生产实物产品 p 和数据服务 d , 因此上述讨论意味着企业能够利用的信息规模 a_{it} 的动态演化方程如下:

$$a_{i2} = \begin{cases} a_{i1} + y_{i1}^p + y_{i1}^d, & \text{企业在第一期进行了平台化转型} \\ (1 - \eta)[(1 - \sigma)a_{i1} + y_{i1}^p], & \text{企业在第一期未进行平台化转型} \end{cases} \quad (5)$$

混合搭售: 平台化后, 工业企业可以出售由数据服务 d 和实物产品 p 组合而成的智能产品, 工业互联网平台作为双边市场可以将数据服务和实物产品进行混合搭售(Mixed-bundling)而不损害社会福利(Rochet 和 Tirole, 2006)。为了满足消费者的个性化、多样化需求, SaaS 层部署了一系列面向不同应用场景的数据服务, 消费者可以自行选择是否购买数据服务, 以及如果购买数据服务每单位实物产品搭载的数据服务数量, 即数据服务 d 和实物产品 p 独立生产、任意组合, 并且数据服务独立定价。简化起见, 假设行业 j 的数据服务都是同质的, 并且价格 P_j 外生给定。

工业企业进行平台化转型的模式并非单一的,而是可以选择自建平台或者接入第三方平台(Hagiú和Yoffie,2009)。当企业*i*选择自建平台时,平台将信息转化为数据要素的效率 ξ_i 取决于企业自身的数字化水平 ζ_i ;当企业*i*选择接入其他平台时,由于竞争性的产品市场往往伴随着平台市场的卖方多属格局(Karle等,2020)^①,企业可能会同时接入 $n_i \geq 1$ 个工业互联网平台^②,此时 ξ_i 等于所有被接入平台的数字化水平加总 $\sum_{m=1}^{n_i} \zeta_m$:

$$\xi_i = \begin{cases} \zeta_i, & \text{企业自建平台进行转型} \\ \sum_{m=1}^{n_i} \zeta_m & \text{企业接入平台进行转型} \end{cases} \quad (6)$$

2. 平台定价

倾斜定价:工业互联网平台的IaaS层、PaaS层以及SaaS层均具有良好的可扩展性,并可以通过资源池化对外部企业和用户开放相应的存储、分析和数据服务资源。因此,作为典型的双边市场,工业互联网平台还能够对外赋能。如果企业在第一期就自主搭建了工业互联网平台,则企业在实现自身产品体系升级的基础上,将会在第二期对外开放平台,实现基于双边市场属性的平台化收入^③,此时,其他企业也可以通过接入该平台将企业信息转化为数据服务,从而向用户提供由实物产品*p*和数据服务*d*组合而成的智能产品。为了实现交叉网络外部性的正反馈效应,平台厂商往往以用户规模为竞争焦点对买方用户实行单边补贴(Rochet和Tirole,2003),因此本文假设平台仅向接入的卖方企业收取费用^④。平台收取的注册费用与运营商在平台市场的竞争优势,即企业信息转化为数据要素的效率正相关,这一部分价格取决于自建平台企业*i*的数字化水平 ζ_i 。

交叉网络外部性:根据Rochet和Tirole(2003)以及Armstrong(2006),平台连接的用户数量越多,接入平台的卖方企业数量越多,每个卖方企业需要摊薄的平台建

① 截至2022年底,中国平均每个证监会二位码行业拥有3.67个被国家工信部认定的工业互联网平台,说明工业互联网平台市场可能出现了卖方多属格局。

② n_i 由企业*i*内生选择,理论上由企业*i*对于数据服务的需求以及各平台的数据服务供给能力和价格水平共同决定,其中企业*i*对于数据服务的需求等于购买*i*厂商产品的消费者对于数据服务的需求之和。

③ 例如,根据徐工集团公开披露信息,基于汉云工业互联网平台,徐工集团在实现内部转型之余,为70000余家企业提供了工业互联网数字化转型服务,是国家工业和信息化部认定的国家级跨行业跨领域工业互联网平台企业。

④ 理论上来说,平台定价存在按订阅收费和按使用收费两种策略。由于信息产品提供商往往会采用低价的订阅收费策略拓展市场(Sundararajan,2004),并且当前中国的平台市场整体以收取固定费用为主。简化起见,本文假设工业互联网平台按订阅收费,即收取注册费用。本文亦对按使用收费的定价策略进行了讨论,详见附录4。

设成本越小。因此,平台定价会随着交叉网络外部性的增强而递减(Armstrong, 2006),本文假设平台向每个接入的卖方企业收取的注册费用 f_i 是关于平台连接的用户规模的单调减函数,其中用户规模由当期的实物产量 y_{i2}^p 决定。基于上述讨论,工业企业 i 向每个接入平台的卖方企业所收取的注册费用 f_i 如下:

$$f_i = \lambda \zeta_i + \frac{F_c}{y_{i2}^p} \quad (7)$$

多归属行为: λ 为正的常数,刻画企业自身数字化水平对于其对外提供平台化服务时的议价能力。 λ 越高,则给定自身的数字化水平,企业所收取的注册费用越高。此外,当地信息基础设施建设水平越高(F_c 越低),对外提供平台化服务时所连接的用户规模越大(y_{i2}^p 越大),则单笔注册费用 f_i 就越低。基于双边市场的交叉网络外部性特征(Armstrong, 2006; Rochet 和 Tirole, 2006),自建平台的企业 i 在第二期对外提供平台化服务时,所接入的卖方企业数量受到平台连接的用户规模 y_{i2}^p 的影响,不失一般性,假设工业企业自建平台后,将在第二期共计收取 $f_i y_{i2}^p$ 的接入费用。而如前文所述,对于选择以接入工业互联网平台的方式获得平台化技术的企业 j ,可能会同时接入 $n_j \geq 1$ 个工业互联网平台,所面临的接入成本为 $\sum_{m=1}^{n_j} f_j^m$,其中 f_j^m 为企业 j 接入的第 m 个工业互联网平台对其收取的注册费用。

3. 工业企业的技术路线与优化问题

基于上述设定,企业 i 存在四种可能的动态技术路线:①第一期就自主搭建工业互联网平台并采用平台化技术,此时企业同时生产实物产品 p 和数据服务 d ,并将在第二期开放平台;②第一期使用传统技术生产实物产品 p ,第二期通过自主搭建工业互联网平台获得平台化技术;③第一期使用传统技术生产实物产品 p ,第二期通过接入外部工业互联网平台获得平台化技术;④始终使用传统技术并且仅生产实物产品 p 。面对所在地区的资本租赁价格 r_c 、劳动力价格 ω_c ,企业会因地制宜地选择最适宜的动态技术路线以最大化两期贴现利润之和。在选定技术路线后,企业会进行相应的要素配置及生产投资决策^①,以最大化两期贴现利润。

(二) 基准假设

工业企业 i 进行平台化转型选择的目标函数是 $\max\{\max\{\Pi_i^{1*}, \Pi_i^{2*}, \Pi_i^{3*}\}, \Pi_i^{4*}\}$,即企业会通过比较平台化技术路线①、②、③下的最大化两期贴现利润 Π_i^{1*} 、 Π_i^{2*} 、 Π_i^{3*} 与传统技术路线④下的最大化两期贴现利润 Π_i^{4*} 决定是否进行平台化转

^① 为了以尽量简化的两期动态局部均衡模型讨论工业企业的平台化转型问题,本文在新古典投资理论的基础上假设企业仅在第一期进行资本配置,决定租赁固定资本和雇佣劳动力的数量,并将实物产出的一部分进行投资,而在第二期企业仅进行劳动力配置。

型。只要①、②、③中任一技术路线下的最大化两期贴现利润高于技术路线④,即当 $\Delta_1 \Pi_i \equiv \max\{\Delta^{1,4} \Pi_i, \Delta^{2,4} \Pi_i, \Delta^{3,4} \Pi_i\} > 0$ 时,企业就会进行平台化转型,其中 $\Delta^{1,4} \Pi_i \equiv \Pi_i^{1*} - \Pi_i^{4*}$, $\Delta^{2,4} \Pi_i \equiv \Pi_i^{2*} - \Pi_i^{4*}$, $\Delta^{3,4} \Pi_i \equiv \Pi_i^{3*} - \Pi_i^{4*}$ 分别表示技术路线①、②、③相较于技术路线④的贴现利润差值。

假说1(工业企业平台化转型选择):初期信息规模越大、全要素生产率越高或者所在地区平台化成本越低的工业企业,越有可能进行平台化转型($\frac{\partial \Delta_1 \Pi_i}{\partial a_{i1}} \geq 0$, $\frac{\partial \Delta_1 \Pi_i}{\partial A_{i1}} > 0$, $\frac{\partial \Delta_1 \Pi_i}{\partial F_c} < 0$)。此外,工业企业的平台化倾向随着所属行业资本密集度的增加呈现先下降后上升的U型变化趋势,拐点由当地的要素禀赋结

构决定,并且资本越丰裕地区的拐点越早出现($\frac{\partial \Delta_1 \Pi_i}{\partial \alpha_j} > 0$, if $\alpha_j > \hat{\alpha}_j$; $\frac{\partial \Delta_1 \Pi_i}{\partial \alpha_j} < 0$, if $\alpha_j < \hat{\alpha}_j$),其中, $\hat{\alpha}_j \equiv \frac{r_c + \delta - 1}{r_c + \delta - 1 + \omega_c}$ 。

假说1的经济学含义是,初期信息规模 a_{i1} 越大、全要素生产率 A_{i1} 越高,企业从生产活动中积累的信息就越多,平台化后也能够提供越多数据服务,这些都使得企业越有可能通过平台化获得净利润增值($\Delta_1 \Pi_i > 0$),即转型动机越强。所在地区的平台化成本 F_c 越低,意味着企业从平台化转型中获得的相对收益越高,从而越有可能进行平台化转型。最后,给定地区的要素禀赋结构以及由禀赋结构决定的要素价格,存在一个内生的行业资本密集度阈值 $\hat{\alpha}_j$, 低于该阈值的行业被视为该地区的相对劳动密集型行业,对于这些行业而言,行业资本密集度 α_j 越高,则越偏离当地的要素禀赋比较优势,因此均衡条件下企业第一期的生产规模越小,采集的数据要素越少,企业从平台化中获得的相对利润会越低;而对于资本密集度 α_j 高于该阈值的行业,即该地区的相对资本密集型行业而言,若资本密集度 α_j 越高,由于资本相对劳动足够便宜,生产要素的总成本就越低,从而企业内生的实物生产规模就越大,信息规模提高得越快,基于平台化带来的相对利润就越高,转型动机也就越强。值得强调的是,“连接”是工业互联网平台最根本的属性,相对要素价格越有利于该企业的生产,则不仅可以提高该企业的实物产量与相应利润,还可以通过平台化转型,更加充分高效地利用本企业所掌握的数据资源,连接到更多企业的生产活动,从而越能够释放产品市场的规模优势^①和工业互联网平台的交叉网络外部性,此时平台化企业的实物产品产出和数据服务

① 行业资本密集度越远离拐点,即 $|\alpha_j - \hat{\alpha}_j|$ 越大,企业生产的实物产品越多,在当地越具有产品市场的规模优势。

规模越大,转型带来的净利润增值越大,因此工业企业也就越可能进行平台化转型。

一旦决定进行平台化转型,工业企业会进一步面临何时进行平台化转型的决策。工业企业*i*决定平台化转型时机的目标函数是 $\max\{\Pi_i^{1*}, \max\{\Pi_i^{2*}, \Pi_i^{3*}\}\}$,即企业会通过比较早期平台化技术路线①下的最大化两期贴现利润 Π_i^{2*} 与晚期平台化技术路线②、③下的最大化两期贴现利润 Π_i^{2*} 、 Π_i^{3*} ,然后决定是否进行早期平台化转型。只有当技术路线①所获得的总利润同时高于技术路线②、③,即当 $\Delta_2\Pi_i \equiv \min\{\Delta^{1,2}\Pi_i, \Delta^{1,3}\Pi_i\} > 0$ 时,工业企业*i*才会进行早期平台化转型,其中 $\Delta^{1,2}\Pi_i \equiv \Pi_i^{1*} - \Pi_i^{2*}$, $\Delta^{1,3}\Pi_i \equiv \Pi_i^{1*} - \Pi_i^{3*}$ 分别表示技术路线①相较于技术路线②、③的贴现利润差值。

假说2(工业企业平台化转型时机):初期信息规模越大的工业企业,越早进行平台化转型 $\left(\frac{\partial\Delta_2\Pi_i}{\partial a_{i1}} > 0\right)$ 。

假说2的经济学直觉解释是,由于平台化企业生产数据服务的边际成本为零,当工业企业的初期信息规模 a_{i1} 越大时,进行早期平台化实现的增值服务收益越大,反之,不进行早期平台化转型导致的信息损失越多,因此工业企业会有越强的动机进行早期平台化转型。需要注意的是,全要素生产率并不会直接影响工业企业平台化转型的时机,这是因为全要素生产率越高,实物产品的生产能力越强,此时虽然对于选择自建平台的工业企业而言,越早进行平台化转型越有利于发挥双边市场的网络外部性,但是若市场上的存量平台具有明显强于企业自身的数据要素加工能力,那么全要素生产率越高的工业企业通过在第二期接入工业互联网平台,能够实现越多的数据服务增值。因此,全要素生产率并不会单调地影响工业企业的平台化转型时机。而给定贴现因子的性质^①,工业企业在第一期自建平台的成本往往会在第二期通过对外赋能被充分摊薄,地区平台化成本也不会直接影响工业企业平台化转型的时机。需要说明的是,虽然行业资本密集度及其是否符合地区比较优势对工业企业平台化转型时机的影响并不显著,但仍然可能存在门槛效应,使得当行业资本密集度高于或低于某一阈值时,即当行业高度资本密集或者劳动密集时,工业企业为了获得交叉网络外部性的正反馈效应而提早进行平台化转型。

当工业企业决定第二期开始进行平台化转型时,目标函数是 $\max\{\Pi_i^{2*}, \Pi_i^{3*}\}$,即企业*i*会比较自建平台技术路线②下的最大化两期贴现利润 Π_i^{2*} 与接入平台技术路线③下的最大化两期贴现利润 Π_i^{3*} 。当技术路线②带来的总利润高于技术路线③,即当 $\Delta_3\Pi_i \equiv \Delta^{2,3}\Pi_i \equiv \Pi_i^{2*} - \Pi_i^{3*} > 0$ 时,企业*i*会通过自建平台的方式进行转型,

① 一般情况下 $\beta > 0.5$ 。

否则会选择以接入已有平台的方式进行转型。

假说3(工业企业平台化转型方式):对于选择晚期平台化转型的企业而言,其所在地区平台化成本越低,越倾向于通过自建工业互联网平台进行转型,否则越倾向于通过接入已有平台进行转型 $\left(\frac{\partial \Delta_3 \Pi_i}{\partial F_c} < 0\right)$ 。

假说3的经济学直觉比较直观,所在地区的平台化成本 F_c 越低,工业企业自建平台进行转型的成本越低,相对收益越高,转型动机越强。该假说意味着能够以越低成本加工利用数据要素的工业企业越有可能转型成为平台运营商。需要注意的是,给定平台化转型时机,全要素生产率将不会再影响自建平台的先发优势,此时除了转型成本的影响,工业企业主要由数据服务增值能够创造的额外收益选择以何种方式进行平台化转型,这将取决于平台的数据要素加工能力与企业的全要素生产率之间的协同水平,而不是全要素生产率的单调影响。同理,此时行业资本密集度也将不再影响工业企业的平台化转型方式。此外,给定平台化转型时机,相当于给定了工业企业在第二期可以被加工为数据要素和数据服务的信息规模,初期信息规模 a_{i1} 也不再影响工业企业的平台化转型方式。

(三)从传统生产力到新质生产力

推动传统生产力转化为新质生产力,是工业企业进行平台化转型的重要目标之一。如基准假说的分析,企业在进行转型时机和转型方式的决策时,会比较在不同时机以不同方式进行平台化转型的先发优势与后发优势。特别地,对于全要素生产率为 A_{i1} 的工业企业 i ,能否获得早期自建平台的先发优势、晚期自建或者接入平台的后发优势主要取决于其对生产要素的创新性配置能力,即本文中的数字化水平 ζ_i 决定。

一方面,从平台化转型时机来看,当工业企业 i 的数字化水平越高,并且能够以高效率加工配置数据要素时,由于企业自身对数据服务供给能力较强,自建平台后对外赋能时的议价能力较强,能够较好地利用双边市场的网络外部性获得收益,因此全要素生产率 A_{i1} 越高、实物产出能力越强的企业越倾向于通过在早期平台化获得将传统生产力转化为新质生产力的先发优势(当 $\zeta_i \geq (1 - \eta) \sum_{m=1}^{n_i} \zeta_m$ 时, $\frac{\partial \Delta_2 \Pi_i}{\partial A_{i1}} > 0$)。然而,当企业数字化水平相对较低,即 $\zeta_i < (1 - \eta) \sum_{m=1}^{n_i} \zeta_m$ 时,尽管全要素生产率 A_{i1} 越高的工业企业在第一期自建平台后能够获得基于交叉网络外部性的先发优势,但是此时,若全要素生产率越高,企业通过接入平台得到的数据服务相对于自建平台得到的数据服务也会越多,即企业利用市场中的已有平台能够更好地实现生产要素的创新性配置,工业企业 i 也可能选择在第二期接入平台而获得后发优势。因此,对于数字化水平较低的工业企业,全要素生产率

A_{i1} 并不会显著影响其平台化转型时机,即通过平台化技术改造提升工业企业时,是否能够实现发展新质生产力的先发优势主要取决于工业企业对于生产要素的配置能力。

另一方面,给定平台化转型时机,从平台化转型方式来看,当企业数字化水平足够高时,工业企业*i*自身加工数据要素的能力将高于外部平台市场,此时,全要素生产率 A_{i1} 越高,企业通过自建平台得到的数据服务会越多(当 $\zeta_i > \sum_{m=1}^{n_i} \zeta_m$ 时, $\frac{\partial \Delta_3 \Pi_i}{\partial A_{i1}} > 0$),平台化收益越高。反之,当工业企业*i*的数字化水平相对较低,即 $\zeta_i < \sum_{m=1}^{n_i} \zeta_m$ 时,企业自身加工数据要素的能力低于外部平台市场,全要素生产率 A_{i1} 越高,工业企业*i*通过自建平台得到的数据服务反而会少于接入已有平台。而当 $\zeta_i = \sum_{m=1}^{n_i} \zeta_m$ 时,工业企业*i*自建平台或者接入平台的收益与全要素生产率 A_{i1} 无关。因此,工业企业的数字化水平不同,将信息转化为数据要素的效率不同,对生产要素的创新性配置能力不同,从而在给定生产力水平时,通过不同的平台化方式能够获得的后发优势不同,说明工业企业从传统生产力到新质生产力的最适宜发展路径往往内生于其数字化发展阶段所决定的生产要素创新性配置能力。

(四)政府补贴下的工业企业平台化转型

本文的理论模型为研究工业互联网平台问题提供了一般性的框架,可用于比较分析不同类型的补贴政策对于工业企业平台化转型的影响。假设政府面临四种不同的补贴方式:一是补贴平台建设,即 $F'_c = (1 - \tau_c)F_c$,政府为当地工业企业自建平台补贴份额为 τ_c 的固定成本;二是补贴平台运营,即 $f'_i = \lambda \zeta_i + \frac{\theta F_c}{y_{i2}^p} - \vartheta_c$,通过政府采购降低企业*i*对外开放平台时的定价,此时平台向每个接入的卖方厂商收取的注册费用减少 ϑ_c ;三是补贴平台接入,即 $\sum_{m=1}^{n_i} f_i^{m'} = \sum_{m=1}^{n_i} f_i^m - n_i \vartheta_c$,企业*i*每接入一个平台,政府将提供金额为 ϑ_c 的补贴;四是补贴平台升级,即 $\zeta_{i2} = (1 + \rho_c)\zeta_i$,政府对工业互联网平台升级提供技术和资源支持,平台运营商的数字化水平将以 ρ_c 的比例进行提升。

将上述设定分别代入模型框架,可以初步得到以下发现:补贴平台建设不影响基准假说,但是会推动更多工业企业进行平台化转型并且自建平台;补贴平台运营或者平台接入会作用于已有平台对于工业企业平台化转型的影响。特别地,当政府对于平台运营或者平台接入进行全额采购,即 $\vartheta_c = f_i$ 或者 $\vartheta_c = f_i^m$ 时,已有平台的数据服务供给能力将会对未平台化企业的转型方式产生影响,这意味着工业互联网平台的双边市场特征被进一步放大;最后,当政府能够为工业互联网平台升级提供充分支持时,工业企业的平台化转型方式会发生明显变化,并

且全要素生产率越高的企业越倾向于通过自建工业互联网平台化向平台运营商转型^①。

三、实证检验

(一) 计量模型

在理论模型中,工业企业进行平台化决策的依据是对相对贴现利润的预期。假说1关注影响工业企业平台化转型的动力机制,即令 $\Delta_1 \Pi_i \geq 0$ 的因素。因此,在

针对假说1的实证检验中,本文构建了平台化指标 $D_{ijc,t} = \begin{cases} 1, & \Delta_1 \Pi_i \geq 0 \\ 0, & \Delta_1 \Pi_i < 0 \end{cases}$,并将 $\Delta_1 \Pi_i$

关于各解释变量的表达式进行对数线性化转化,从而得到检验工业企业平台化转型选择的式(8)。其中,下标*i*代表企业,下标*j*代表证监会二类行业,下标*c*代表省份。 $F_{c,t-l}^{-1}$ 表示地区平台化成本的倒数,用当地信息基础设施水平衡量,信息基础设施越好,该地区工业企业进行平台化转型的成本相应越低。由于假说1中,行业资本密集度的拐点存在着地区异质性,直接利用总体样本进行检验缺乏经济学意义,本文关注行业资本密集度和地区相对资本价格的交乘项 $CI_{j,t-l} \times \frac{r_{c,t-l}}{\omega_{c,t-l}}$,以衡量行

业技术是否符合当地比较优势,从该交乘项的系数和符号可以判断当所属行业越符合当地比较优势时工业企业平台化转型的倾向。 X_{t-l} 表示实证检验中涉及的可能会对估计结果产生影响的相关控制变量,包括出现在理论模型中的基础特征变量企业数字化水平、行业相对价格、交乘项的原项行业资本密集度和地区相对资本价格,还包括企业性质、上市时间与净资产收益率、行业勒纳指数以及地区人均生产总值等控制变量,同时控制企业效应 Φ_i 和年份效应 Φ_t ,以控制企业自身不随时间变化的特征以及发展阶段特征可能带来的影响。由于仅能观测到工业企业实际完成平台化转型的情况而无法观测到具体的决策时点,模型中所有解释变量和控制变量都进行滞后*l*期处理。如果假说1成立,则预计通过式(8)估计得到的 $\delta_1 - \delta_3$ 显著为正, δ_4 显著为负:

$$D_{ijc,t} = \delta_1 a_{ijc,t-l} + \delta_2 A_{ijc,t-l} + \delta_3 F_{c,t-l}^{-1} + \delta_4 CI_{j,t-l} \times \frac{r_{c,t-l}}{\omega_{c,t-l}} + \eta X_{t-l} + \Phi_i + \Phi_t + e_{ijc,t} \quad (8)$$

同理,针对命题2,构建早期平台化的虚拟变量 $E_{ijc,t} = \begin{cases} 1, & \Delta_2 \Pi_i \geq 0 \\ 0, & \Delta_2 \Pi_i < 0 \end{cases}$,并将 $\Delta_2 \Pi_i$

关于关键解释变量的表达式进行对数线性化转化,同样控制式(8)中的相关控制变量,以及地区信息基础设施 $F_{c,t-l}^{-1}$ 和企业全要素生产率 $A_{ijc,t-l}$,并加入固定企业效应 Φ_i 和年份效应 Φ_t ,则得到检验工业企业平台化转型时机的式(9)。如果假说2成立,则预计 λ_1 显著为正:

^① 限于文章篇幅和研究目标此处不展开讨论,详见附录6。

$$E_{ijc,t} = \lambda_1 a_{ijc,t-l} + \eta X_{t-l} + \Phi_i + \Phi_t + e_{ijc,t} \quad (9)$$

最后,考虑到样本规模可能存在的限制,针对假说3,本文进一步加入了未平台化样本,构建了自建平台的虚拟变量 $S_{ijc,t} = \begin{cases} 1, & \Delta_3 \Pi_i \geq 0 \\ 0, & \Delta_3 \Pi_i < 0 \text{ 或 } \Delta_1 \Pi_i < 0 \end{cases}$,当工业企业以自建平台的方式进行平台化转型时 $S_{ijc,t} = 1$,以接入平台的方式进行平台化转型或者未进行平台化转型均赋值为0,并将 $\Delta_3 \Pi_i$ 关于关键解释变量的表达式进行对数线性化转化,同样控制(8)中的相关控制变量,以及企业信息规模 $a_{ijc,t-l}$ 和全要素生产率 $A_{ijc,t-l}$,并加入固定企业效应 Φ_i 和年份效应 Φ_t ,则得到检验工业企业平台化转型方式的式(10)。如果假说3成立,则预计 γ_1 显著为正:

$$S_{ijc,t} = \gamma_1 F_{c,t-l}^{-1} + \eta X_{t-l} + \Phi_i + \Phi_t + e_{ijc,t} \quad (10)$$

(二)数据来源与指标说明

工业互联网平台是新一轮科技革命和产业变革的产物,迄今为止仅经历了十余年的发展^①,国内外尚未构建起成熟的量化评价指标体系,统计数据也相对缺失。对此,本文以上市工业企业为样本,以2018~2022年期间国家工业和信息化部认定为标准,作为识别企业平台化转型情况 $D_{ijc,t}$ 的依据。转型时机 $E_{ijc,t}$ 则根据国务院《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》,将截至2020年底完成认定的企业视为早期平台化企业^②。此外,针对相关专项,工业和信息化部均明确了具体的认定方向或者企业类型,从而可以识别出企业进行平台化转型的方式 $S_{ijc,t}$,包括自建型平台化企业和接入型平台化企业两种。其中,自建型平台化企业为工业企业自运营、与服务商或第三方联合运营工业互联网平台的企业,即被工业互联网专项或者工业互联网相关专项中的平台方向认定,或者作为服务商被认定的企业;未被认定为自建型平台化企业,但是在工业互联网平台应用、APP、解决方案等相关专项被认定的,视为接入型平台化企业^③。

本文的解释变量包括企业信息规模、全要素生产率、地区平台化成本以及行业比较优势。本文对于信息规模的构建如下:一是在数字化转型以前,由于企业既无法存储信息也无法利用信息,此时企业的信息规模为零;二是在数字化转型以后平台化转型以前,企业无法存储信息,但是通过数字化工具能够在一定程度上

① 2013年,美国通用电气(GE)推出世界上第一个工业互联网平台 Predix。

② 文件明确指出2018~2020年为中国工业互联网发展的起步阶段:“其中,在2018~2020年三年起步阶段,初步建成低时延、高可靠、广覆盖的工业互联网网络基础设施,初步构建工业互联网标识解析体系,初步形成各有侧重、协同集聚发展的工业互联网平台体系,初步建立工业互联网安全保障体系。”

③ 附录2中列明了本文用以认定工业企业平台化转型情况的相关专项。

利用最近一期的信息,并且由理论模型可知,信息规模与当期产出正相关(在基准回归中假设该相关系数等于0.5);三是在平台化转型以后,企业既能够存储信息,也能够充分地利用信息,因此信息规模等于平台化以来的累积产出规模。由于企业层面的产出规模无法准确得到,基准回归中使用企业营业收入对产出规模进行代理。全要素生产率遵循常规做法利用最小二乘法估计得到,相关数据均来自于国泰安中国经济金融研究数据库提供的上市企业财务报表^①。进一步地,本文利用国家统计局提供的各省信息化、平台化发展指标构建了反映地区信息基础设施建设情况的综合变量。^②最后,本文构建了行业资本密集度与地区相对资本价格的交乘项以反映行业生产技术的比较优势,其中行业资本密集度为行业上市企业固定资产总额与行业上市企业员工人数的比重,相对资本价格为地区资本价格与地区劳动力价格的比重^③。

为了尽量全面地厘清工业企业平台化转型的动力机制,相较于常见的单一核心解释变量的实证范式,本文加入了企业、地区、行业等多个层面的若干解释变量。对此,本文观察了上述解释变量之间的Pearson相关系数矩阵,发现解释变量之间相关系数的绝对值都在0.3以内,说明不存在严重的多重共线性问题。此外,基于理论模型的设定,本文在实证检验中控制了企业数字化水平、地区相对资本价格、行业资本密集度以及行业价格水平等特征变量。根据研究目的以及样本数据的特点,本文还进一步控制了是否为国有企业、企业净资产收益率、企业上市时间、行业竞争情况^④、地区人均生产总值等企业、行业以及地区层面的特征变量。

① 在此基础上,本文检验了工业企业平台化转型以后全要素生产率和信息规模的动态效应,揭示了平台化转型如何推动工业企业提质增效,从而为理论模型的关键设定提供了现实依据。限于文章篇幅,正文不展开讨论。详见附录表A3和附录表A4。

② 即通过标准化处理对每百家企业拥有的网站数量、所在地区的每百人使用计算机数量、域名数量、光缆线路程度、互联网宽带用户接入数量、互联网宽带接入端口数量等反映地区信息基础设施建设情况的指标,以及嵌入式系统软件收入、有电商交易活动的企业比重等反映地区平台经济活跃度的指标去除量纲,在此基础上运用主成分分析法估算出各指标的权重,构建出反映地区平台化成本的综合指标,该指标数值越大,表明地区平台化成本越低。

③ 其中地区资本价格以规模以上工业企业财务费用与地区规模以上工业企业负债总计之比衡量,地区劳动力价格为地区城镇单位就业人员平均工资,相关数据均来源于国家统计局。

④ 根据Karle等(2020),产品市场的竞争情况决定了平台市场的竞争格局,因此实证部分加入行业勒纳指数以控制市场竞争对工业平台化转型的影响。

四、结果讨论

(一)回归结果

本文以国家工业和信息化部认定作为判断工业企业平台化转型情况的依据,这意味着企业的平台化历程包括了“平台化决策—投资建设—申报专项—国家认定”等阶段,因此基准回归里对所有解释变量和控制变量进行了滞后两期处理以更好地处理潜在的内生性问题。表1给出了式(8)的回归结果,第(1)列仅加入了关键解释变量以及企业数字化水平、地区相对资本价格、行业资本密集度、行业价格水平等理论模型中的特征变量,结果显示无论在方向和显著性上,各关键解释变量对于工业企业平台化转型的影响均符合假说1预期。在进一步控制了企业层面、行业层面以及地区层面的控制变量后,结果也依然稳健。上述结果支持了假说1的结论,说明平台化转型往往发生在具有较大规模和较高全要素生产率的领先企业,并且当企业所在地区的信息基础设施越完备、越发达时,工业企业会有更强的动机进行平台化转型。特别地,当行业技术越符合当地的比较优势时,工业企业进行平台化转型的概率越大,说明最适宜的平台化选择内生于地区的要素禀赋结构。

表1 假说1基准回归

变量	(1)	(2)	(3)
	平台化转型选择		
企业信息规模	0.002** (0.001)	0.008*** (0.002)	0.008*** (0.002)
企业全要素生产率	0.013** (0.006)	0.012* (0.006)	0.012** (0.006)
地区信息基础设施	0.063*** (0.013)	0.060*** (0.014)	0.062*** (0.014)
行业资本密集度×地区相对资本价格	-0.085* (0.047)	-0.116* (0.060)	-0.109* (0.059)
模型特征变量	是	是	是
企业特征变量	否	是	是
控制变量	否	否	是
调整 R ² 值	0.478	0.492	0.492
样本量	7629	7276	7275

注: *、**、***分别表示在10%、5%、1%的水平上显著,括号内为异方差稳健标准误。

随着中国工业互联网平台的发展进程从试点示范阶段转向规模化普及应用阶段,平台化企业的特征可能也出现了系统性的动态变化。对此,本文进一步围绕假说2检验了决定工业企业平台化转型时机的重要因素。表2给出了式(9)的回归结果。正如模型预期,列(1)中,企业信息规模显著影响了工业企业的平台化转型时机,在逐步加入企业特征变量以及行业、地区控制变量以后,结果依然稳健,当工业企业的信息规模每增加一个单位,早期平台化的概率将提高3.4%,说明信息规模越大的龙头企业在工业互联网平台的发展进程中发挥了关键的引领示范作用,支持了假说2的结论^①。

表2 假说2基准回归

变量	(1)	(2)	(3)
		早期平台化	
企业信息规模	0.004*	0.033***	0.034***
	(0.002)	(0.007)	(0.007)
模型特征变量	是	是	是
企业特征变量	否	是	是
控制变量	否	否	是
调整R ² 值	0.365	0.387	0.388
样本量	5609	5323	5323

注:此处的模型特征变量不仅包括企业数字化水平、地区相对资本价格、行业资本密集度以及行业价格水平,还进一步控制了企业全要素生产率和当地信息基础水平。其余同表1。

平台化转型并非只有一种模式,当工业互联网平台发展到一定阶段后,将会对外赋能,为其他接入平台的工业企业提供数据服务。因此,本文进一步对工业企业平台化转型的方式进行了检验。表3为式(10)的回归结果,如列(3)所示,工业企业所在地区的信息基础设施在1%的显著性水平上对企业自建平台产生了正向影

^① 理论部分指出了工业企业的平台化转型时机可能存在着门槛效应,本文对此也进行了检验。结果显示,行业资本密集度本身并不影响平台化转型时机,但是在前15%的资本高度密集行业内,随着行业资本密集度的提升,工业企业进行早期平台化转型的动机也将增强。这可能是由于资本高度密集行业一般为航空航天、轨道交通等先进装备制造行业,在产业链中具有较强的生态组织能力,能够在工业互联网发展中发挥引领示范效应。详见附录表A5。

响。上述结果初步支持了假说3,说明自主搭建工业互联网平台的往往是当地信息基础设施较好的工业企业。考虑到自建型平台化工业企业、接入型平台化工业企业和未平台化工业企业之间可能存在的系统性差异,进一步在列(4)构建了转型方式的数值变量进行比较分析,将工业企业按照自建平台、接入平台和未平台化三种情形分别赋值为2、1、0,即假设自建平台是更为高阶的转型方式、接入平台次之,结果显示当地信息基础设施越完善的工业企业越倾向于采用更高阶的技术路线,从而进一步支持了假说3的结论^①。

表3 假说3基准回归

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
		转型方式 (虚拟变量)		转型方式 (数值变量)
地区信息基础设施	0.055*** (0.012)	0.052*** (0.013)	0.051*** (0.013)	0.115*** (0.026)
模型特征变量	是	是	是	是
企业特征变量	否	是	是	是
控制变量	否	否	是	是
调整R ² 值	0.482	0.495	0.495	0.501
样本量	7629	7276	7275	7275

注:列(1)至列(2)的样本为截至样本末期已经完成平台化的企业,列(3)至列(6)的样本为加入了截至样本末期尚未完成平台化的企业。此处的模型特征变量不仅包括企业数字化水平、地区相对资本价格、行业资本密集度以及行业价格水平,还进一步控制了企业全要素生产率和企业信息规模。其余同表1。

(二)稳健性检验

基准回归对所有解释变量和控制变量进行了滞后两期处理。由于企业实际的平台化周期难以观测,本文进一步利用解释变量和控制变量的一期滞后项和三期滞后项对基准假说进行了重新检验。结果显示,无论滞后期数,企业信息规模始终显著作用于工业企业的平台化转型选择和转型时机,地区信息基础设施水平对

^① 若严格对应理论模型,假说3试图厘清的是“已经试图或完成平台化转型”的工业企业会如何在自建平台和接入平台中进行选择,为此,附表A6进一步基于平台化样本,重新检验了假说3,结果与表3一致,当工业企业所在地区的信息基础设施越完善时,越有可能通过自建工业互联网平台进行转型;反之,越倾向于通过接入工业互联网平台的方式进行平台化转型。限于文章篇幅,正文未汇报上述结果,详见附录表A6。

于工业企业的平台化转型选择和转型方式仍具有明显的促进作用。此外,滞后一期时,全要素生产率仍然在1%的显著性水平上促进了工业企业平台化转型。整体而言,滞后期数的选择对于本文结论的影响不大,基准回归的估计结果较为稳健^①。

本文通过引入解释变量和控制变量的滞后项缓解了严格外生性假设的问题。但是正如本文在理论模型中的假设,估计结果中可能还混杂了企业平台化后带来的提质增效效应。为了排除这一问题的干扰,在样本中剔除了上一年度已经完成平台化的企业。结果显示,信息规模越大以及所在地区信息基础设施越完善的企业越有可能进行平台化转型,信息规模越大的企业会越早进行平台化转型,所在地区信息基础设施越完善的企业越倾向于自建平台等。由于剔除已转型样本会导致对回归结果的低估,从显著性来看,全要素生产率以及行业技术是否符合比较优势对于平台化选择的影响减弱,但是在系数方向上仍符合模型预测,说明剔除已转型样本后的估计结果依旧稳健。通过加入双向固定效应并控制可能影响工业企业平台化转型的变量,本文在很大程度上解决了遗漏变量问题,但依然可能遗漏某些影响工业企业平台化转型的重要变量。为此,本文进一步控制了企业存续时间、行业从业规模、地区教育经费投入比重等可能对工业企业平台化转型造成影响的未观测变量,结果仍稳健地支持了基准假说,说明遗漏可观测变量并不影响本文的主要结论^②。

本文进一步讨论了可能影响基准结论的测量误差问题。基准回归里以国家专项认定为依据识别工业企业的平台化转型情况,并在此基础上构建了平台化选择、平台化时机和平台化方式等虚拟变量作为被解释变量,然而利用这一方法测度平台化转型的准确度在很大程度上依赖于工业企业自身的申报选择,即本文无法直接排除已经完成平台化转型的工业企业因为未进行申报而未予以认定的可能性,同时也可能存在工业企业在更早以前就完成了平台化转型,但直到2018年国家启动工业互联网相关专项才被认定的情形。考虑到上述问题,通过上市企业年报和官网中的相关文本判断平台化情况,在此基础上重新对三个基准假说进行检验的结果仍然符合模型预期^③。

为了提升关键解释变量测度的准确性,本文使用了企业的主营业务收入和经济增加值代理产出规模,并在此基础上重新测度了企业的信息规模,回归结果仍然稳健地支持了基准回归中的主要结论^④。此外,考虑到企业性质可能对工业企业平台化转型带来的影响,本文进一步检验了是否为国有企业对于工业企业平台化转

① 限于文章篇幅,正文未汇报上述结果,详见附录表A7的第(1)列和第(2)列。

② 限于文章篇幅,正文未汇报上述结果,详见附录表A7的第(3)列和第(4)列。

③ 限于文章篇幅,正文未汇报上述结果,详见附录表A8。

④ 限于文章篇幅,正文未汇报上述结果,详见附录表A9。

型选择、转型时机和转型方式的影响,结果均不显著,说明企业性质并不是影响工业企业平台化转型的关键因素,理论模型中遗漏该因素并不会影响本文的主要结论^①。本文的实证发现有效地证明了工业企业平台化转型受到多重异质性因素的影响,支持了理论部分的主要结论。

(三)拓展分析

理论模型围绕从传统生产力到新质生产力的发展路径以及政府补贴下的工业企业平台化转型展开了若干拓展讨论,本文对相关结果也进行了初步的检验。由于从传统生产力到新质生产力的最适宜路径内生于工业企业加工数据要素,并对生产要素进行创新性配置的效率,本文进一步检验了企业的生产能力如何与数字化水平协同作用于工业企业的平台化转型决策^②。结果表明,随着企业数字化水平的提升,全要素生产率越高的工业企业会越早地进行平台化转型,并且在转型方式上也更偏向于自建平台,从而支持了前文结论。

通过手动整理31个省份(自治区、直辖市)针对工业互联网相关专项的配套补贴情况,本文构建了补贴平台建设、补贴平台运营或平台接入以及补贴平台升级的虚拟变量,并在此基础上进一步对前文第二部分第(四)小节关于政府补贴的理论分析进行了实证检验^③。结果显示,补贴平台建设以后,相应省份的工业企业有更大概率进行平台化转型并且自建工业互联网平台。当已有平台的数据服务能力和运营能力越弱时,尚未进行平台化转型的企业越有可能在平台市场中获得比较优势,从而更有动机自建工业互联网平台。而补贴平台升级以后,全要素生产率越高的工业企业越有可能自建平台,说明聚焦于工业互联网平台效能升级的政策措施能够更为有效地推动实体经济和数字经济深度融合,从而上述结果证明本文构建的理论模型对于预测政策效应也具有稳健性。

五、结论与政策启示

本文结合工业互联网平台的典型架构,构建了一个围绕工业企业生产技术选择的两期动态模型,分析了可能影响工业企业平台化转型选择、转型时机和转型方式的多重异质性因素,从中探讨了利用平台化转型推动工业企业培育和发展新质生产力的最适宜路径。本文进一步发现,不同类型的政府补贴在工业互联网发展进程中发挥的作用也具有异质性。本文还通过归集整理工业和信息化部认定信息,构建了上市工业企业的微观转型数据集,并在此基础上

① 限于文章篇幅,正文未汇报上述结果,详见附录表A10。此外,为了避免企业性质的影响被企业固定效应所吸收,表A8放松了基准回归中的双向固定效应。

② 限于文章篇幅,正文未汇报上述结果,详见附录表A11。

③ 限于文章篇幅,正文未汇报上述结果,详见附录表A12。

上对理论模型的主要发现进行了实证检验,为企业、行业和地区层面的多重异质性如何影响工业企业平台化转型提供了经验证据,支持了模型部分的主要结论。

本文的上述研究发现对推动工业互联网平台在中国的规模化普及应用、因地制宜发展新质生产力具有重要的政策启示。

第一,工业企业平台化转型的最适宜路径内生于地区发展阶段,各地的发展阶段不同,具有比较优势的行业和技术也会有所差异。因此,各级政府在制定推动工业互联网平台发展应用的政策时,需要避免照搬其他地区模板或者对所有行业、所有企业进行“一刀切”,而应当遵从当地要素禀赋结构所决定的比较优势,从地区的实际发展阶段出发,结合地区比较优势,因地制宜、分类指导,制定本地区工业互联网平台发展的个性化路径。此外,由于不同地区具有比较优势的生产技术往往存在差异,地方政府还应当为各行业制定差异化、特色化的发展路线和普及目标,有选择地推动工业企业使用平台化技术进行改造提升。例如,可以重点支持符合当地比较优势的行业进行平台化转型等,而对于偏离本地要素禀赋结构的行业则不能盲目地鼓励平台化转型,而应以鼓励行业采取更适宜的生产技术为重点。

第二,各地政府应该加强信息基础设施建设,提升地区数字化整体发展水平。通过改善本地的资源禀赋、产业基础、科研条件,降低本地工业企业进行平台化转型的交易成本,并通过鼓励数据要素市场化配置,营造公平竞争环境等制度体系建设,消除市场扭曲,“因势利导”地推动工业企业有序开展平台化转型。此外,在厘清本地企业需求、合理规划平台化转型目标的基础上,各地政府可以适度地对工业互联网平台的建设事宜进行引导和调控,针对具体的平台化转型目标采取有针对性的产业政策或者补贴措施等。例如,对于希望构建本地工业互联网生态、发展当地工业互联网产业的地区,当地政府在制定产业政策时,需要重点强化本地工业互联网平台的双边市场特征,因而可以通过补贴平台运营或平台接入促进更多的工业企业进行平台化转型,而若旨在加快推动实体经济和数字经济深度融合,则可以重点补贴平台升级。但是无论制定何种补贴措施,都需要有明确的、可量化的标准,避免政策实施过程中“骗补”等寻租现象的出现。

第三,推动工业互联网平台的规模化普及应用、加快工业互联网创新发展需要充分结合工业企业自身的转型条件,即应当因企制宜,不能“搞一种模式”。从地方政府的角度,既需要避免所有制歧视,普惠支持工业企业平台化转型,也应当重点鼓励规模较大的领先企业率先进行平台化转型以发挥示范带动作用,同时支持这些有条件率先转型的工业企业充分发挥工业互联网平台的赋能机制,搭建双边市场对外赋能,将工业互联网平台面向本地区甚至其他地区的不具备自建平台条

件但具有转型动机的工业企业开放。在工业互联网平台市场的建设进程中,还需要综合评估工业企业的生产能力和数字化水平,对存量平台扩张和增量平台建设进行充分平衡。同时也应当注意,并非所有工业企业都适合利用平台化技术转型升级,对于小微企业或者生产率较为落后的工业企业,盲目地进行平台化转型会造成资源错配,各地政府在现阶段应引导这类企业以加快精益化、数字化改造为重点积累数据要素,循序渐进地提升生产要素配置水平,进而培育和发展新质生产力。

参考文献

- [1]陈林,朱卫平.边际报酬递减规律是客观存在的吗——来自上市公司面板数据的实证检验[J].中国工业经济,2009,(6):46~56.
- [2]李万利,潘文东,袁凯彬.企业数字化转型与中国实体经济发展[J].数量经济技术经济研究,2022,(9):5~25.
- [3]刘玉斌,张贵娟,徐洪海.数据规模、数据范围与平台企业绩效——基于数字平台并购视角[J].数量经济技术经济研究,2024,(3):131~152.
- [4]马永开,李仕明,潘景铭.工业互联网之价值共创模式[J].管理世界,2020,(8):211~222.
- [5]田鸽,张勋.数字经济、非农就业与社会分工[J].管理世界,2022,(5):72~84+311.
- [6]万兴,杨晶.互联网平台选择、纵向一体化与企业绩效[J].中国工业经济,2017,(7):156~174.
- [7]王君泽,宋小炯,杜洪涛.基于解释结构模型的中国工业互联网实施影响因素研究[J].中国软科学,2020,(6):30~41.
- [8]王永进,戴萌萌.平台化产品中间投入的最优贸易政策[J].数量经济技术经济研究,2025,(9):94~114.
- [9]吴非,胡慧芷,林慧妍,等.企业数字化转型与资本市场表现——来自股票流动性的经验证据[J].管理世界,2021,(7):130~144+10.
- [10]谢康,夏正豪,肖静华.大数据成为现实生产要素的企业实现机制:产品创新视角[J].中国工业经济,2020,(5):42~60.
- [11]新夫,周宁,杜晓荣,等.数字资产的价值相关性——基于中国上市公司App活跃度的经验发现[J].中国经济学,2023,(2):73~108+354~356.
- [12]余文涛,杜博涵.电商平台应用与制造业企业全要素生产率——来自A股上市公司的经验证据[J].中国经济学,2022,(2):207~233+320~322.
- [13]张骁,刘润喆,吴小龙,等.元赋能:工业互联网平台驱动企业商业模式创新能力构建研究[J].管理世界,2024,(7):26~46+83.
- [14]周亚虹,贺小丹,沈瑶.中国工业企业自主创新的影响因素和产出绩效研究[J].经济

研究,2012,(5):107~119.

[15] Acemoglu D., Makhdoumi A., Malekian A., Ozdaglar A., 2022, *Too Much Data: Prices and Inefficiencies in Data Markets* [J], *American Economic Journal: Microeconomics*, 14 (4), 218~256.

[16] Armstrong M., 2006, *Competition in Two-Sided Markets* [J], *The RAND Journal of Economics*, 37 (3), 668~691.

[17] Begenau J., Farboodi M., Veldkamp L., 2018, *Big Data in Finance and the Growth of Large Firms* [J], *Journal of Monetary Economics*, 97 (1), 71~87.

[18] Farboodi M., Mihet R., Philippon T., Veldkamp L., 2019, *Big Data and Firm Dynamics* [J], *AEA Papers and Proceedings*, 109 (1), 38~42.

[19] Hagiu A., Yoffie D.B., 2009, *What's Your Google Strategy* [J], *Harvard Business Review*, 87 (4), 74~81.

[20] Hopenhayn H.A., 1992, *Entry, Exit, and Firm Dynamics in Long Run Equilibrium* [J], *Econometrica*, 60 (5), 1127~1150.

[21] Jones C.I., Tonetti C., 2020, *Nonrivalry and the Economics of Data* [J], *American Economic Review*, 110 (9), 2819~2858.

[22] Karle H., Peitz M., Reisinger M., 2020, *Segmentation versus Agglomeration: Competition Between Platforms with Competitive Sellers* [J], *Journal of Political Economy*, 128 (6), 2329~2374.

[23] Lucas R.E., 1978, *On the Size Distribution of Business Firms* [J], *The Bell Journal of Economics*, 9 (2), 508~523.

[24] McIntyre D.P., Srinivasan A., 2017, *Networks, Platforms, and Strategy: Emerging Views and Next Steps* [J], *Strategic Management Journal*, 38 (1), 141~160.

[25] Restuccia D., Rogerson R., 2008, *Policy Distortions and Aggregate Productivity with Heterogeneous Establishments* [J], *Review of Economic Dynamics*, 11 (4), 707~720.

[26] Rochet J.C., Tirole J., 2003, *Platform Competition in Two-sided Markets* [J], *Journal of the European Economic Association*, 1 (4), 990~1029.

[27] Rochet J.C., Tirole J., 2006, *Two-sided Markets: A Progress Report* [J], *The RAND Journal of Economics*, 37 (3), 645~667.

[28] Sundararajan A., 2004, *Nonlinear Pricing of Information Goods* [J], *Management Science*, 50 (12), 1660~1673.

[29] Zhu F., Iansiti M., 2012, *Entry into Platform-based Markets* [J], *Strategic Management Journal*, 33 (1), 88~106.

The Dynamic Mechanism of Adopting Industrial IoT Platforms

WANG Yong¹ WU Shuang²

(1. Institute of New Structural Economics, Peking University;

2. School of International Trade and Economics, University
of International Business and Economics)

Summary: Platform-based transformation (PBT) is a critical pathway for industrial enterprises to evolve from “standalone manufacturers” into integrated “manufacturing-plus-service providers,” and it offers a promising avenue for fostering new quality productive forces through the deep integration of digital and real economies. Building on the canonical three-layer architecture of industrial internet platforms—infrastructure as a Service, Platform as a Service, and Software as a Service—this study develops a two-period dynamic partial equilibrium model that jointly examines platform adoption and firms’ production technology choices. The model explicitly incorporates multiple sources of heterogeneity, including firm-level information scale and total factor productivity (TFP), regional platformization costs and factor prices, and industry-level capital intensity. Based on this, we analyze the driving mechanisms and strategic pathways of industrial enterprises’ PBT, identifying key determinants of their adoption decisions, timing, and implementation modes (e.g., building proprietary platforms versus joining existing ones).

The theoretical analysis generates several clear and testable predictions. First, industrial firms with a large information scale—reflecting richer data resources and stronger information-processing capabilities—exhibit stronger incentives to pursue PBT and are more likely to do so at an earlier stage. Second, firms in regions with lower platformization costs face fewer barriers to transformation, making them more likely to engage in platform-based activities and, in particular, more inclined to build proprietary platforms rather than rely solely on external platforms. Third, firms with higher TFP, as well as those operating in industries whose production technologies are better aligned with local comparative advantage, have a higher probability of undertaking PBT, as they are better positioned to internalize the productivity gains generated by platform technologies.

A key contribution of the model lies in highlighting the central role of firms’ digitalization levels. The analysis indicates that digitalization fundamentally shapes the mechanisms through which productivity-related factors, such as TFP, affect firms’ transformation timing and modes. Thus, digitalization acts as a critical mediating factor

that determines how effectively traditional productive forces can be converted into new quality productive forces. Firms with high digitalization levels are better able to leverage industrial Internet platforms to reorganize production processes, enhance efficiency, and generate new value-added services, thereby accelerating the transition toward high-quality growth.

The study further extends the theoretical framework to examine the role of industrial policies in influencing PBT. By distinguishing among different types of policy interventions, the analysis yields nuanced insights. Subsidies for platform construction lower entry barriers and fixed costs, thereby encouraging a large number of industrial firms to engage in PBT and build proprietary platforms. Subsidies for platform operation or platform access tend to amplify competitive advantages in platform markets, particularly for firms with relatively high digitalization levels, as they are better equipped to exploit operational and network benefits. In contrast, subsidies for platform upgrading strengthen the incentives of firms with relatively low TFP to utilize industrial Internet platforms as a means of “leapfrogging,” enabling them to overcome existing productivity disadvantages and pursue alternative development trajectories.

Building on three core hypotheses derived from the theoretical model—transformation choices, transformation timing, and transformation modes—this study constructs a unique firm-level dataset by compiling information on industrial Internet platform construction and application officially recognized by China’s Ministry of Industry and Information Technology up to 2022. This rich micro-level dataset allows for a rigorous empirical examination of theoretical predictions. The empirical results provide strong support for the model’s key implications and further demonstrate that PBT significantly promotes industrial firm growth and the development of new quality productive forces.

This study contributes to a deeper understanding of the micro-foundations of industrial digital transformation. Its findings offer actionable insights for policymakers aiming to promote the large-scale deployment and effective utilization of industrial internet platforms, accelerate innovation in the industrial internet, and critically tailor the development of new quality productive forces to local conditions, thereby supporting the accelerated construction of a modern, resilient, and high-quality industrial system.

Keywords: Industrial IoT; Platform Economy; Two-sided Market; Data Endowment; New Quality Productive Forces

JEL Classification: L15; M21; O33

(责任编辑:李兆辰;数据编辑:沐 华)