

多多益善还是过犹不及：企业数字化投入 与全要素生产率*

黄贻琳 蒋鹏程

摘要：本文构建包含数字化资本投入的动态一般均衡理论模型，通过理论推演发现，企业数字化投入对全要素生产率有倒U型影响。基于中国2007—2022年上市非金融企业数据的实证研究发现，企业数字化投入与全要素生产率之间存在倒U型关系，且在现阶段主要表现为正向效应。当数字化资产规模超过非数字化资产规模的0.337倍后，数字化投入会抑制企业全要素生产率的增长。数字技术创新、数字人才投入、人机协同和管理创新是企业数字化投入影响全要素生产率的重要传导机制，也是突破数字化困境的有效途径。企业数字化投入的全要素生产率效应因企业性质、行业特征、投入类型和城市数字治理水平的不同而存在显著差异，企业数字化投入关于工资和高技能劳动就业的社会福利效应也具有非线性特征。本文研究结论为优化数字化投入结构、推动企业高质量发展提供了经验证据和政策启示。

关键词：数字化投入 全要素生产率 数字化困境 倒U型关系

中图分类号：F270.3; F420 **文献标识码：**A

一、问题提出

随着以人工智能、云计算、物联网等为代表的新一代信息技术与经济社会的深度融合，数字经济逐渐成为提高经济效率和驱动经济绿色高质量发展的新动能。实现智能化发展已成为企业提高竞争力的必由之路。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》提出，利用数字化转型驱动生产、生活和治理方式的变革；《“十四五”数字经济发展规划》（国发〔2021〕29号）指出，要加快企业数字化转型升级。党的二十大报告进一步强调，加快发展数字经济，促进数字经济和实体经济深度融合。可见，数字化成为新时代促进企业全要素生产率提升、实现高质量发展的重要抓手。

*本文研究得到国家社会科学基金一般项目“人工智能的技术进步偏向效应及其对劳动收入份额的影响研究”（编号：23BJL031）的资助。本文通讯作者：蒋鹏程。

麦肯锡 2018 年开展的企业高管调查访问数据显示，高于 80% 的企业在增加数字化投资后，生产经营绩效均未得到明显改善，企业普遍陷入数字化困境^①。学术界将这一现象称为“数字化悖论”（Gebauer et al., 2020）^②。美国、日本等主要发达国家均陷入数字化困境（Brynjolfsson et al., 2019；程文，2021），中国也不例外（陈楠和蔡跃洲，2022）。引致这一困境的主要原因有三个：一是技术的滞后性会导致数字技术与生产率之间存在 U 型关系（陈楠和蔡跃洲，2022）；二是企业缺乏与数字化投入相匹配的组织变革（戚聿东和肖旭，2020），即如果企业的管理和组织能力无法与数字化投资带来的技术相匹配，那么管理成本会提升并抵消数字化投资带来的收益；三是企业没有增加与数字化投资相匹配的互补性投资（何小钢等，2019），或数字化投资会挤出互补性投资，由此恶化企业生产率和财务绩效。从中国企业的数字化实践看，根据埃森哲发布的《重塑增长：2023 埃森哲中国企业数字化转型指数》，虽然大量中国企业计划未来进一步加大数字化投入，但是大多数企业仍然集中于单一部门和业务的智能化转型，缺乏全方位的数字化转型规划，更重要的是忽视了数字人才战略的重要性^③。《重塑增长力，增长新前沿：2024 埃森哲中国企业数字化转型指数》也显示，绝大部分受访企业缺乏数字化组织能力和数字人才，导致企业陷入高数字化投入、低回报的情境^④。与此同时，部分企业受困于资金约束，陷入“不转型等死、转型找死”的困境（赵琦和钟夏洋，2024）。由于数字化管理和变革需要大量资本投入，并伴有较高的沉淀成本，增加企业数字化投入势必会挤出非数字化投资，而中国企业的数字化转型并没有实现管理模式的变革，仅停留在生产方式的变革。这意味着，在管理模式无法跟进的情境下，数字化投入会增加企业的管理成本，进一步恶化必要的生产性资本投入，对全要素生产率产生潜在的负向影响。由此引发两个值得思考的问题：一是中国企业的数字化投入与全要素生产率之间存在怎样的关系，数字化投入是“多多益善”，还是“过犹不及”？二是如果企业数字化投入并非“多多益善”，那“过犹不及”的拐点在哪里？如何确定数字化投资的最优规模及其对社会福利的影响？对上述问题的回答有助于全面厘清中国企业数字化投入的经济效应，为企业合理增加数字化投入提供理论依据和经验证据。

企业数字化实质是从“工业化管理模式”向“数字化管理模式”的变革（刘淑春等，2021），是数字技术与实体经济深度融合的重要体现。现有关于数字化投入如何影响企业全要素生产率的直接相关研究较少。杨汝岱等（2023）基于税收调查数据发现，中国上游企业的数字化投入能够提高下游企业的全要素生产率。更多的研究基于文本测度企业数字化，发现企业数字化转型能够提高全要素生产

^①资料来源：麦肯锡官网（<https://www.mckinsey.com>）。

^②“数字化悖论”起源于“索洛悖论”，指企业投资于数字化却未获得预期的收益增长。后续有学者逐渐将企业增加数字化投入后，全要素生产率和财务绩效等没有明显提升甚至出现下降的现象称为“数字化悖论”，但对这一概念的内涵存在争议。为了避免争议，本文将数字化投入越过倒 U 型曲线最大值后，对应企业全要素生产率下降的现象称为“企业数字化困境”。

^③资料来源：<https://www.accenture.cn/cn-zh/insights/strategy/china-digital-transformation-index-2023>。

^④资料来源：<https://www.accenture.cn/cn-zh/insights/strategy/china-digital-transformation-index>。

率（周冬华和万贻健，2023；李海舰和李真真，2024）。Nwankpa and Datta（2017）发现，企业数字化投资往往无法实现预期收入增加，这是因为企业数字化投资成本高、持续时间长，会导致有限资源配置失衡，对主业产生挤出效应（Wamba et al., 2017）。然而，Bai et al.（2024）发现，企业数字化投入能够发挥人力资本效应，提升企业价值。此外，还有部分文献关注了数字化投入与技术创新之间的关系，庞瑞芝和刘东阁（2022）基于中国的微观经验证据发现，数字化硬件投资对企业创新具有倒U型影响，数字化软件投资能够提高企业创新。

纵观以往的经验研究，大部分研究认为，企业数字化投入能够促进全要素生产率。但是，已有研究存在三方面不足：首先，多为经验研究，主要探讨数字化投入的线性效应，认为数字化投入应“多多益善”，忽视了潜在的“过犹不及”问题。与此同时，缺乏一个统一的理论框架来论证数字化投资与企业产出效率之间的关系，也没有厘清企业陷入数字化困境的前提条件。其次，关于数字化投入经济后果的研究也主要集中于探讨其与企业价值、企业营业收入之间的关系，鲜有文献直接论证数字化投入与企业全要素生产率之间的关系^①，亦无法直接论证中国企业是否会陷入数字化困境。最后，现有关于数字化投入经济后果影响机制的研究主要围绕融资约束、人力资本结构和企业创新等传统核心问题展开，忽视了数字化与非数字化投资之间可能存在的挤出效应。本文从数字技术创新、数字人才、人机协同和管理创新四方面揭开数字化投入与全要素生产率倒U型关系的内在机制。

有鉴于此，本文拟构建包含数字化和非数字化投入的动态一般均衡模型，从理论上揭示企业数字化投入影响全要素生产率的内在机制。本文基于企业固定资产和无形资产明细项目，筛选出企业的数字化投资，以此测度企业的数字化投入水平以反映企业真实的转型程度，利用2007—2022年上市非金融企业数据识别数字化投入对全要素生产率的影响、作用机制和异质性影响，并进一步基于职工工资和就业结构视角探究数字化投入的福利效应。本文可能的边际贡献如下：第一，鉴于现有理论研究的缺乏，本文将企业数字化投入和非数字化投入同时引入动态一般均衡理论模型，并根据要素配置中的要素禀赋结构和要素配置效率，从量和质两个层面阐释数字化投入与企业全要素生产率之间的倒U型关系。本文旨在从理论上阐述数字化困境形成的前提条件，弥补现有理论研究的不足，并提供一个理论模型框架，为分析企业最优数字化投入规模提供参考。第二，与现有实证研究关注线性关系不同，本文根据理论模型的分析框架构建中国微观企业的面板数据模型，实证检验数字化投入与企业全要素生产率之间的倒U型关系。这既为“数字化困境”的争议提供中国经验证据，也对已有线性关系研究做了重要补充。第三，与以往笼统考虑技术创新和高学历人才的机制不同，本文重点检验数字技术创新、数字人才投入、人机协同和管理创新的作用机制，并进一步识别其不同企业、行业和城市特征下的差异，阐明过度数字化投入会产生挤出效应，也会对职工工资和就业产生不同的社会福利影响，由此提出化解数字化困境的实现路径和因地制宜的政策建议，为数字中国建设和企业高质量发展的政

^①现有文献中，仅有庞瑞芝和刘东阁（2022）的研究为中国企业存在数字化困境提供了间接的经验证据；孙雪娇和范润（2023）的研究表明，数字经济会造成大企业和小企业之间的全要素生产率差距进一步扩大，其结论从侧面反映单纯考虑数字化投入与全要素生产率的线性关系存在一定缺陷。

策研究提供新思路。

二、理论分析

企业数字化是指企业依托云计算、大数据等数字技术推动企业组织管理模式、商业模式和生产运营方式等全方位的重塑和变革跃迁的过程（Siebel, 2019）。这一过程是数字技术与企业各要素、各环节全面融合的过程，实现传统模式的转型升级，进而达到降本增效、提高企业生产效率的目的。从微观视角看，数字化投入是企业为达到数字化转型目的而投入的所有资本要素，包含以工业机器人、计算机等为代表的数字化硬件设备，以及以企业智能管理系统和信息化软件为代表的数字化软件投入。

（一）理论模型构建

本文借鉴 Barro（1990）和 Barro and Sala-I-Martin（1992）建立广义生产函数的研究思路，构建包含企业数字化投入的动态一般均衡理论模型，考察企业数字化与非数字化投入的要素配置变动对资本积累和最终产出的作用机理。在数字化转型发展过程中，企业需要投入资本、人才、设备等诸多要素，如果数据要素配置不当或者相应的传统要素支撑不足，不仅可能无法释放“数字红利”，还可能抑制企业的数字化发展。这也充分说明，企业的数字化转型不可盲目推进，需要考虑数字化资本投入的有效性。为此，本文构建包含数字化投入及其资本有效性的生产函数，进一步从质和量两个层面阐释要素禀赋结构和要素配置效率变动对企业产出效率的影响。假设一个经济中的行为人是同质的，单个行为人可以代表整个经济，这个行为人具有家庭的性质，也具有厂商的性质。

1. 家庭行为。假设代表性家庭只有一个成员，且具有无限期界的生命，在 t 期的效用函数 $u[c(t)]$ 服从常相对风险规避（CRRA）效用函数，具体形式为 $u[c(t)] = [c(t)^{1-\theta} - 1] / (1-\theta)$ ，则消费者的效用在无限期界中贴现到 0 期的总效用函数为：

$$\int_0^{\infty} e^{-(\rho-n)t} \frac{c(t)^{1-\theta}}{1-\theta} dt \quad (1)$$

（1）式中： $c(t)$ 代表人均消费量， ρ 为主观贴现率， $\rho \in (0,1)$ ； θ 是相对风险系数， $\theta > 0$ ，其倒数 $1/\theta$ 表示消费的跨期替代弹性。

此外，以 $L(t)$ 表征全社会的就业人口规模，即就业总人数，其外生增长率为 n ， $\dot{L}(t)/L(t) = n$ ，假设 $L(0)=1$ ，则有 $\rho - n$ 为有效贴现率，且 $\rho > n$ 。

2. 厂商行为。企业在进行数字化转型过程中需要购买新的软件、硬件设备，进行系统升级和网络改造，这些都需要大量的资金投入。因此，本文假设企业的资本投入包含数字化投入和非数字化投入两部分，数字化资本投入主要用于购买和维护技术设备、软件和系统，以及培训员工。考虑到在降本增效模式下企业要根据数字化发展的现状合理规划团队规模、人员占比等投入，企业数字化转型既需要保持资金投入，又不能盲目投入，所以要合理控制投入，提高资金的使用效率。为此，本文将数字化投入的资本存量及其使用效率同时考虑在内，借鉴徐宝亮等（2022）的做法，构建包含数字化投入及其资本有效性的生产函数，具体形式为：

$$Y(t) = \left[\left(\frac{K_D(t)}{K(t)} \right)^\gamma K_D(t) \right]^\alpha K_N(t)^\beta L(t)^{1-\alpha-\beta} \quad (2)$$

(2) 式中： $Y(t)$ 是企业总产出； $K(t)$ 为企业总资本存量，是生产过程中非数字化投入 $K_N(t)$ 和数字化投入 $K_D(t)$ 的资本存量之和，即 $K(t) = K_D(t) + K_N(t)$ 。另外，参数 α 、 β 、 γ 的取值均介于 0 与 1 之间，且 $\alpha + \beta < 1$ 。 $K_D(t) / K(t)$ 表示数字化资本存量占企业总资本存量的比重，以此反映企业的资本配置结构状况。

本文进一步从质和量两个层面阐释要素配置结构变动对人均产出的影响。要素配置结构主要包括要素禀赋结构和要素配置效率，前者注重要素的数量，后者则关注要素的质量。为了简化分析，这里令 $\varphi(t) = K_D(t) / K(t)$ ，主要用于反映企业资本要素禀赋结构。当 $\varphi(t)$ 较小时，表明企业的数字化建设还处于较低水平，需要大量投入，因而会对非数字化生产投入产生明显的挤出效应，此时，数字化与实体经济处于融合发展初期；随着 $\varphi(t)$ 的提高，企业的数字化建设不断完善，数字化投入导致的资本要素挤占程度不断缓解，数字化与实体经济融合发展不断加深。

数字化投入的资本存量及其有效性之所以以 (2) 式的形式加入生产函数，是因为数字化投入本身是企业生产的投入要素，而代表资本要素禀赋结构的 $\varphi(t)$ ，通过数字化投入的资本存量 $K_D(t)$ 作用于企业总产出，弹性值 α 和 γ 主要反映企业数字化资本投入的配置效率。在实践中，数字化投入通过提高制造业中各个行业的经济运行效率，从而进一步放大了对制造业整体发展的影响。具体而言，当 $\varphi(t)$ 较小时，数字化投入因积累不足而使生产要素的作用因拥挤产生较大的折减，数字化投入的使用效率处于较低水平；而当 $\varphi(t)$ 较大时，数字化投入产生的挤出效应不断减弱，其对生产效率的提升效应不断显现，故其折减较小。因此，本文把 $\varphi(t)^\gamma K_D(t)$ 定义为有效数字化资本投入，其产出弹性 $\alpha \in (0, 1)$ ，有效数字化资本投入与生产资本和劳动要素并无差异，其边际产出是递减的。而参数 $\gamma \in (0, 1)$ 则反映了数字化资本投入关于总资本存量占比的弹性值。随着 $\varphi(t)$ 的提高，数字化资本投入占比带来的边际增量也是递减的。这是因为：当 $\varphi(t)$ 较小时，初始阶段的数字化设备、人才培养、软件开发等数字化建设与企业生产还处于融合发展初期，对企业生产效率的提升形成较大限制。此时，数字化资本投入的降低可以使更多的有效资本发挥作用。随着数字化投入的增加，数字化建设相对完善，数字技术与实体经济融合发展。当 $\varphi(t)$ 较大时，数字化对非数字化资本的挤出程度下降，继续提高 $\varphi(t)$ 对于有效数字化资本投入的增加也是非常有限的。

假设数字化与非数字化投入资本具有相同的折旧率 δ ，则社会总资本存量的增量方程为：

$$\dot{K}(t) = Y(t) - \delta K(t) - c(t)L(t) \quad (3)$$

令 $k(t) = K(t) / L(t)$ ， $y(t) = Y(t) / L(t)$ ，则有：

$$\dot{k}(t) = y(t) - c(t) - (\delta + n)k(t) \quad (4)$$

由于 $\varphi(t) = K_D(t) / K(t)$ ，则有 $1 - \varphi(t) = K_N(t) / K(t)$ ，将其代入 (2) 式，可得：

$$Y(t) = [\varphi(t)^\gamma \varphi(t)K(t)]^\alpha [(1-\varphi(t))K(t)]^\beta L(t)^{1-\alpha-\beta} \quad (5)$$

将(5)式两端同时除以 $L(t)$ ，则有：

$$y(t) = \varphi(t)^{(1+\gamma)\alpha} [1-\varphi(t)]^\beta k(t)^{\alpha+\beta} \quad (6)$$

(6)式中： $y(t)$ 为人均产出，即平均劳动生产率，可以非常直观地反映一个地区的生产效率，故将它作为反映地区生产率的一种衡量指标； $k(t)$ 为人均资本。

3.均衡分析。基于以上分析，典型行为人的规划问题就是在约束条件(4)式和(6)式下使得目标函数(1)式达到最大化。为了求解最大化问题，构建现值汉密尔顿函数为^①：

$$H(c, k, \lambda) = \frac{c^{1-\theta} - 1}{1-\theta} + \lambda[\varphi^{(1+\gamma)\alpha}(1-\varphi)^\beta k^{\alpha+\beta} - c - (\delta+n)k] \quad (7)$$

(7)式中： c 为控制变量， k 为状态变量， λ 为汉密尔顿乘子。求解汉密尔顿方程最优化条件为：

$$\frac{\partial H}{\partial c} = c^{-\theta} - \lambda = 0 \quad (8)$$

$$\dot{\lambda} = -\frac{\partial H}{\partial k} + \lambda(\rho - n) = -\lambda[(\alpha + \beta)\varphi^{(1+\gamma)\alpha}(1-\varphi)^\beta k^{\alpha+\beta-1} - (\delta + \rho)] \quad (9)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e^{-(\rho-n)t} \lambda k = 0 \quad (10)$$

同时满足一阶条件(8)式和(9)式以及横截性条件(10)式是该最大化问题的最优规划解的充要条件，整理可得：

$$\frac{\dot{c}}{c} = \frac{1}{\theta} [(\alpha + \beta)\varphi^{(1+\gamma)\alpha}(1-\varphi)^\beta k^{\alpha+\beta-1} - \delta - \rho] \quad (11)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \lambda(0)k \exp\left(\int_0^t [(\delta+n) - (\alpha + \beta)\varphi^{(1+\gamma)\alpha}(1-\varphi)^\beta k^{\alpha+\beta-1}] ds\right) = 0 \quad (12)$$

当经济处于稳态时，满足 $\dot{c}/c = 0$ 和 $\dot{k}/k = 0$ 。令 c^* 、 k^* 为稳态时的人均消费和人均资本存量，则有：

$$k^* = \left[\frac{\delta + \rho}{(\alpha + \beta)\varphi^{(1+\gamma)\alpha}(1-\varphi)^\beta} \right]^{\frac{1}{\alpha+\beta-1}} \quad (13)$$

$$c^* = \varphi^{(1+\gamma)\alpha}(1-\varphi)^\beta k^{*\alpha+\beta} - (\delta+n)k^* \quad (14)$$

对(13)式关于 φ 求导数，整理可得：

^①为了简便起见，在接下来的模型推导中将省略括号中的 t 。

$$\frac{\partial k^*}{\partial \varphi} = \frac{\alpha(1+\gamma)(1-\varphi) - \beta\varphi}{(1-\alpha-\beta)\varphi(1-\varphi)} k^* \quad (15)$$

根据 (15) 式可知, 由于 $(1-\alpha-\beta)\varphi(1-\varphi)$ 和 k^* 恒大于 0, 稳态人均资本存量 k^* 与数字化资本投入占比 φ 的关系取决于 $\alpha(1+\gamma)(1-\varphi) - \beta\varphi$ 的符号。

由此, 可推出命题 1。

命题 1: 当经济处于稳态时, 若 $\varphi < \alpha(1+\gamma)/[\alpha(1+\gamma)+\beta]$, 有 $\partial k^*/\partial \varphi > 0$, 稳态人均资本存量 k^* 是数字化资本投入占比 φ 的增函数; 反之, 若 $\varphi > \alpha(1+\gamma)/[\alpha(1+\gamma)+\beta]$, 则有 $\partial k^*/\partial \varphi < 0$, k^* 是关于 φ 的减函数, 呈边际效应递减。

命题 1 蕴含的经济学含义是, 稳态时不同数字化资本投入占比 φ 有着不同的资本积累效应。当 $\varphi < \alpha(1+\gamma)/[\alpha(1+\gamma)+\beta]$ 时, 提高数字化资本投入占比可以有效缓解挤出效应, 促进全社会资本的积累, 数据要素能够发挥投资乘数效应; 反之, 当 $\varphi > \alpha(1+\gamma)/[\alpha(1+\gamma)+\beta]$ 时, 持续提高数字化资本投入占比对全社会的资本积累效应为负, 数据要素难以发挥投资乘数效应。

为了进一步考察 φ 对稳态人均产出 y 的影响, 对 (6) 式关于 φ 求导数, 可得:

$$\begin{aligned} \frac{\partial y^*}{\partial \varphi} = & \left[\alpha(1+\gamma)\varphi^{(1+\gamma)\alpha-1}(1-\varphi)^\beta - \beta\varphi^{(1+\gamma)\alpha}(1-\varphi)^{\beta-1} \right] k^{*\alpha+\beta} \\ & + (\alpha+\beta)\varphi^{(1+\gamma)\alpha}(1-\varphi)^\beta k^{*\alpha+\beta-1} \frac{\partial k^*}{\partial \varphi} \end{aligned} \quad (16)$$

接着, 将 (15) 式代入替换 (16) 式中的 $\frac{\partial k^*}{\partial \varphi}$, 整理 (16) 式可得:

$$\frac{\partial y^*}{\partial \varphi} = \frac{\varphi^{(1+\gamma)\alpha-1}(1-\varphi)^{\beta-1}}{(1-\alpha-\beta)} [\alpha(1+\gamma)(1-\varphi) - \beta\varphi] k^{*\alpha+\beta} \quad (17)$$

由 (17) 式可知, $\partial y^*/\partial \varphi$ 的符号将唯一地由 $\alpha(1+\gamma)(1-\varphi) - \beta\varphi$ 的符号决定。

通过上述分析, 可以推出命题 2。

命题 2: 当经济处于稳态时, 若 $\varphi < \alpha(1+\gamma)/[\alpha(1+\gamma)+\beta]$, 人均产出 y^* 随着数字化资本投入占比 φ 的上升而提高, 呈边际效应递增; 反之, 若 $\varphi > \alpha(1+\gamma)/[\alpha(1+\gamma)+\beta]$, 则 y^* 随着 φ 的上升而降低, 呈边际效应递减, 此时陷入数字化困境。即在动态一般均衡条件下, 稳态人均产出与数字化资本投入占比之间呈现倒 U 型关系。

命题 2 蕴含的经济学含义是, 稳态时不同数字化资本投入占比 φ 有着不同的产出规模效应。当数字化资本投入占比 φ 较小且小于特定值 $\alpha(1+\gamma)/[\alpha(1+\gamma)+\beta]$ 时, 较高的生产要素挤出程度必然大幅折减数字化资本的使用效率。因此, 随着数字化资本投入占比 φ 的提高, 数字经济与实体经济加深融合, 其对生产效益的提升作用越发显著。资本生产要素挤出程度的降低将通过有效数字化资本存量来增加社会总产出, 数据要素能够发挥产出规模效应。不过, 当数字化资本投入占比 φ 较大且超过

特定值 $\alpha(1+\gamma)/[\alpha(1+\gamma)+\beta]$ 时，提高 φ 对非数字化资本的挤出效应增加，加之有效数字化资本存量的边际报酬处于递减趋势，因此，当社会总资本既定时， φ 的提高将挤出生产资本，从而降低社会总产出水平，数据要素不能充分发挥产出规模效应，由此产生数字化困境。

由命题 1 和命题 2 可见，稳态人均资本和人均产出所对应的最优数字化资本存量占比是相同的，由数字化与非数字化资本投入的产出弹性共同决定。由 (13) 式和 (15) 式可知，稳态均衡是存在的，有必要讨论均衡点的稳定性。由 (11) 式得：

$$\dot{c} = \frac{c}{\theta} [(\alpha + \beta)\varphi^{(1+\gamma)\alpha}(1-\varphi)^\beta k^{\alpha+\beta-1} - \delta - \rho] \quad (18)$$

在 (4) 式、(5) 式和 (18) 式的基础上构建雅可比矩阵，再在稳态点 (k^*, c^*) 处取值：

$$J = \begin{pmatrix} \frac{\partial \dot{c}}{\partial c} & \frac{\partial \dot{c}}{\partial k} \\ \frac{\partial \dot{k}}{\partial c} & \frac{\partial \dot{k}}{\partial k} \end{pmatrix}_{(k^*, c^*)} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{c^*}{\theta} [(\alpha + \beta)(\alpha + \beta - 1)\varphi^{(1+\gamma)\alpha}(1-\varphi)^\beta k^{\alpha+\beta-2}] \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \quad (19)$$

由 (19) 式可知， $|J| < 0$ 。这意味着，在稳态时，雅可比行列式有两个符号相反的特征根，所以经济系统的稳态点 (k^*, c^*) 是稳定的。

(二) 企业数字化转型对全要素生产率的倒 U 型影响机制分析

首先，企业数字化投入能够激活企业数字技术创新活力，提高全要素生产率。数字技术是企业数字化的底层技术支撑，企业数字技术创新是影响数字化投入能否助力实现降本增效提质的关键因素（李海舰和李真真，2024）。企业数字化投入主要用于购买和维护数字技术设备、软件和系统。一方面，购买和维护数字技术设备会对现有设备和网络软件系统等进行技术改造，由此推动数字技术创新。另一方面，企业的智能机器人和软件平台等投入打破了各个部门和环节之间的“信息孤岛”，提高企业信息透明度（周冬华和万贻健，2023），降低研发活动的不确定性成本，由此促进企业增加研发活动并提高数字创新水平。

其次，企业数字人才和人机协同度的提升不仅能够将知识资本融入企业生产经营活动，产生技术扩散效应，进而提高企业创新能力，还能降低由人机不匹配引致的额外的生产和管理等成本，由此提高全要素生产率。Acemoglu and Restrepo (2020) 的任务模型发现，企业增加机器人资本会对就业规模产生创造效应和替代效应。具体而言，数字化投入通过“机器换人”等方式淘汰低技能劳动者，与之相应的是数字化机器和软件设备的运用导致数字人才的需求规模增加。此外，数字化投入通常需要与企业足够的研发投入和数字人才等互补性资源配合使用（陈楠和蔡跃洲，2022）。这说明，企业增加数字化投入时会同步增加数字人才需求量，并提升人机协同度，从而最大限度地发挥数字化投入的经济与社会效益，提高企业的全要素生产率（冯玲等，2023；黄曠琳和蒋鹏程，2023）。

最后，在企业数字化转型过程中，管理创新能够精简企业的组织结构和业务流程，由此降低企业的生产和管理成本，提高全要素生产率（李海舰和李真真，2024）。企业数字化实现了“工业化管理模式”向“数字化管理模式”的变革（刘淑春等，2021）。随着企业增加智能管理系统、信息化软件等数字化投入及应用，企业各组织部门之间的联系得以强化，从而提升了企业内部的协同能力，降低了沟通成本。与此同时，信息化方式也简化了企业的管理业务流程，推动组织结构的扁平化和网络化，提高管理效率（戚聿东和肖旭，2020）。

由此可见，企业数字化投入能够通过提高数字技术创新水平、增加数字人才投入、实现人机协同和推动管理创新，进而提高全要素生产率。然而，根据理论模型命题2的经济学含义可知，在数字化资本投入占比 φ 较大且超过特定值 $\alpha(1+\gamma)/[\alpha(1+\gamma)+\beta]$ 时，提高 φ 会引致对非数字化资本的挤出效应。即过度的数字化投入挤占了企业正常生产的其他投入要素，导致要素配置效率下降，出现规模不经济。这意味着，当企业数字化投入低于最优规模值时，增加数字化投入不仅能够促进企业数字技术创新，也能提高数字人才规模，推动人机协同和管理创新变革。当企业数字化投入高于最优规模值时，由于数字化投入的增加会挤占企业的其他生产要素，此时研发和人才投入也会随之下降，进而对数字技术创新和数字人才投入产生负向效应。与此同时，当数字化投入超过最优规模时，对其他要素投入的挤出效应导致高技能劳动力要素失位，引致人机不协同。而在过多的数字化投入下，企业面临较高的设备运营和维护成本，不仅挤出了组织管理创新所需的资源，也导致管理创新能力下降。

综上所述，本文提出命题3。

命题3：当企业数字化投入占比 φ 低于最优规模值时，数字技术创新、数字化人才投入、人机协同和管理创新能力随着数字化投入占比 φ 的上升而提高，呈边际效应递增；反之，随着 φ 的上升而降低，呈边际效应递减，从而对全要素生产率产生倒U型影响。

三、研究设计与特征化事实

（一）样本选择与数据来源

本文以2007—2022年的上市非金融企业数据作为基础数据。首先，剔除了ST、ST*企业，以及资产收益率、资产负债率等财务指标异常的样本，并进一步剔除上市时间不足3年的企业样本。其次，从企业固定资产和无形资产明细表中获取企业的数字化投入数据，并和财务数据进行合并，共得到11610个企业一年份样本。最后，为了降低异常值的影响，对所有连续变量进行首尾1%缩尾处理。文中所使用的数据，除分职业类别的员工就业数据来自锐思数据库外^①，职工工资、数字化人才、数字化投入和其余财务数据均来源于国泰安数据库^②。

（二）变量选取与说明

1.被解释变量。被解释变量为企业全要素生产率。企业人均产出本质上是衡量企业的产出效率。

^①锐思数据库官方网站：<https://www.resset.cn>。

^②国泰安数据库官方网站：<http://www.csmar.com>。

由于单一要素生产率受要素密集度的影响，无法全面准确衡量企业的生产效率，已有研究更常用企业全要素生产率来衡量企业的生产效率（余淼杰和解恩泽，2023）。本文使用LP方法测算企业全要素生产率。与黄先海和高亚兴（2023）的做法一致，本文使用经过价格处理的实际主营业务收入的自然对数值作为产出变量，使用企业员工人数的对数值作为自由变量，并采用经过固定资产投资价格指数定基处理后的实际固定资产净额对数值作为状态变量。中间投入变量则使用实际购买商品和接受劳务支付的现金的自然对数值进行衡量。

2.核心解释变量。核心解释变量为企业数字化投入。陶锋等（2023）使用企业数字化无形资产占总无形资产的比重衡量企业数字化资产投资。Bai et al.（2024）利用数字硬件和软件资产占总资产的比例作为数字投资规模。本文综合上述两种衡量方式构建企业数字化投入相对指标，具体而言：首先，在企业固定资产明细表中，根据“计算机”“微电子”“自动化”“电子设备”“智能设备”等关键词筛选出相关条目，并分年度计算企业数字化固定资产投资总额，同时根据“合计”条目计算固定资产总额。其次，在无形资产明细表中，通过“信息化”“软件”“网络平台和管理系统”等关键词筛选相关条目，计算数字化软件投资总额，并根据“合计”条目计算企业总的无形资产支出。最后，计算数字化投资占总投资的比重，用以衡量企业数字化投入水平。

3.机制变量。企业数字技术创新、数字人才、人机协同度和管理创新水平4个机制变量的具体测度方式如下：①企业数字技术创新。投入方面，使用研发投入与营业收入的比值衡量企业研发投入强度；产出方面，使用人均数字技术专利申请数衡量企业数字技术创新产出水平。②数字人才。国泰安数据库从2021年开始公布详细的数字人才投入数据，包含企业数字人才招聘发布次数（反映企业的数字人才投入意愿）和数字人才招聘数量（反映企业对数字人才的需求量）。本文分别对上述两个变量取自然对数后作为数字化人才的代理变量。③人机协同。本文参考黄贇琳和蒋鹏程（2023）、冯玲等（2023）的研究，定义人机协同为 $\sqrt{U \times V}$ 。其中， $U = 2\sqrt{diginput \times hum} / (diginput + hum)$ ， $V = 0.5 \times diginput + 0.5 \times hum$ 。diginput表示企业数字化投入，hum表示企业的人力资本水平，采用科技人员占比衡量。④管理创新。与范合君等（2023）的做法一致，采用企业高管团队是否设立首席信息官、首席技术官和首席数字官衡量企业的管理创新，当高管团队中存在上述三类职位的任意一种时，赋值为1，否则赋值为0。

4.控制变量。参照周冬华和万贻健（2023）的做法，选择反映企业财务和治理特征的控制变量。一是利用企业规模、总资产收益率、资产负债率、资本密集度、企业成长5个变量反映企业的财务特征。具体而言，企业规模采用企业实际总资产的对数值来衡量；总资产收益率使用净利润与总资产的比值来衡量；资产负债率使用负债总计与资产总计的比值来刻画；资本密集度为企业总资产与营业收入总额的比值；企业成长采用企业营收增长率来表征。二是使用企业年龄、第一大股东持股比例、两职合一和产权性质4个变量控制企业的治理特征。其中：企业年龄采用样本年份与企业成立年份的差值并取对数来刻画；当企业董事长和总经理为同一人时，两职合一变量赋值为1，否则赋值为0；当企业为国有企业时，产权性质变量赋值为1，否则赋值为0。

表 1 为所有变量的描述性统计结果。根据表 1 可知，不同企业的数字化投入差距极大。

表 1 变量的描述性统计结果

变量		观测值	均值	标准差	最大值	最小值
被解释变量	企业全要素生产率	11610	17.1007	1.0570	21.3075	14.1859
核心解释变量	企业数字化投入	11610	0.0876	0.1230	0.9474	0.0002
机制变量	研发投入强度	9542	0.0496	0.0513	0.5667	0
	人均数字技术专利申请数（项）	11609	0.0032	0.0116	0.3645	0
	数字人才招聘数量（人）	415	313.1783	2583.3150	49154	1
	数字人才招聘发布次数（次）	415	73.5205	192.2102	2254	1
	人机协同	10435	0.4146	0.1324	0.9307	0
	管理创新	10865	0.0048	0.0690	1	0
控制变量	企业规模（企业总资产，元）	11610	7.40e+09	1.59e+10	1.89e+11	1.85e+08
	总资产收益率	11610	0.0531	0.0411	0.2357	0.0011
	资产负债率	11610	0.4135	0.1973	0.9994	0.0113
	资本密集度	11610	2.2269	1.5713	20.9899	0.3475
	企业成长	11610	0.2283	0.5766	23.2396	-0.6080
	企业年龄（岁）	11610	19.3907	6.3357	65	3
	第一大股东持股比例（%）	11610	34.5894	15.2171	99	4.1500
	两职合一	11610	0.2951	0.4561	1	0
产权性质	11610	0.3482	0.4764	1	0	

注：数字人才招聘发布次数、数字人才招聘数量、企业规模和企业年龄在后文回归时进行取对数处理。

（三）模型设定

为了验证命题 2 的可信度和准确性，本文构建如下计量模型：

$$tfp_{it} = \zeta_0 + \zeta_1 diginput_{it} + \zeta_2 diginput_{it}^2 + \zeta_3 X_{it} + \phi_i + \tau_t + \xi_{jt} + \omega_{ct} + \varepsilon_{it} \quad (20)$$

(20) 式中： tfp_{it} 为企业全要素生产率， $diginput_{it}$ 为公司 i 在第 t 年的数字化投入程度， X_{it} 为控制变量集合； ε_{it} 表示随机扰动项； ϕ_i 和 τ_t 分别为企业和年份固定效应； ξ_{jt} 为行业—时间的固定效应，用以控制行业层面随时间变化的因素； ω_{ct} 则是控制了企业所在城市—时间的固定效应，用以吸收企业所在城市随时间变化的因素（如城市经济发展水平、市场化水平、制度环境等）。

为了识别企业数字化投入影响全要素生产率的作用路径，对命题 3 加以验证，本文构建如下模型进行机制检验：

$$M_{it} = \zeta_0 + \zeta_1 diginput_{it} + \zeta_2 diginput_{it}^2 + \zeta_3 X_{it} + \phi_i + \tau_t + \xi_{jt} + \omega_{ct} + \varepsilon_{it} \quad (21)$$

(21) 式中， M 代表 4 个机制变量，分别是企业数字技术创新、数字人才、人机协同和管理创新，其余变量同 (20) 式。

四、模型估计结果与分析

（一）基准估计结果

表2展示了基于(20)式的估计结果。其中，(1)列为不加入固定效应的估计结果，(2)~(4)列为同时加入企业、年份、行业—时间和城市—时间固定效应的估计结果。在不同控制变量和固定效应的模型设定下，数字化投入的一次项均显著为正，二次项均显著为负，意味着企业数字化投入与全要素生产率之间存在显著的倒U型关系。上述估计结果的经济含义为：当数字化资产规模超过非数字化资产规模的0.337倍^①后，数字化投资会对企业全要素生产率产生负向效应，企业陷入数字化困境。目前，一共有177个样本（占比1.52%）越过对称轴，主要分布于电子计算机制造业、软件和信息技术服务业，以及计算机、通信和其他电子设备制造业等高技术行业，这符合中国企业数字化实践的现实情境。

表2 基准回归结果

变量	企业全要素生产率							
	(1)		(2)		(3)		(4)	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
企业数字化投入一次项	0.8902***	0.0667	1.0563***	0.3367	0.6503***	0.1508	0.6389***	0.1485
企业数字化投入二次项	-0.5942***	0.1062	-0.7884**	0.4011	-0.5515***	0.1798	-0.5584***	0.1814
企业规模	0.7024***	0.0033			0.6723***	0.0162	0.6705***	0.0162
总资产收益率	0.7928***	0.0931			1.4640***	0.1206	1.4960***	0.1195
资产负债率	0.4723***	0.0219			0.1968***	0.0494	0.2074***	0.0487
资本密集度	-0.2659***	0.0022			-0.2596***	0.0089	-0.2600***	0.0089
企业成长	0.0481***	0.0059			0.0417***	0.0088	0.0420***	0.0087
企业年龄	0.0574***	0.0101					-0.0798	0.0810
第一大股东持股比例	0.0009***	0.0002					-0.0027***	0.0009
两职合一	-0.0192**	0.0077					0.0071	0.0109
产权性质	0.0177**	0.0080					0.0376	0.0284
企业固定效应	不控制		控制		控制		控制	
年份固定效应	不控制		控制		控制		控制	
行业—时间固定效应	不控制		控制		控制		控制	
城市—时间固定效应	不控制		控制		控制		控制	
常数项	1.8755***	0.0689	17.0504***	0.0236	2.8320***	0.3435	3.1780***	0.3913
观测值	11610		9931		9931		9931	
R ²	0.8852		0.9208		0.9827		0.9829	

注：**和***分别表示5%和1%的显著性水平，标准误为聚类在企业层面的稳健标准误。

（二）内生性处理

上文的估计结果可能会面临内生性问题的挑战。首先，遗漏变量可能导致内生性问题。虽然在(20)

^①基于表2(4)列可计算出拐点值为0.5721，故数字化投入与非数字化投入的最优比例为0.5721/0.4279≈1.337。

式中控制了行业一时间和城市一时间固定效应，但是企业的全要素生产率可能会受到城市层面随时间变化的行业特征的影响。对于这一问题，在（20）式的基础上加入城市一行业一时间的高维固定效应，以缓解遗漏变量的影响。结果如表3（1）列所示，数字化投入的一次项显著为正，二次项显著为负，与基准回归结果一致，表明基准模型不存在严重的遗漏变量问题。

其次，全要素生产率较高的企业可能更倾向于增加数字化投入以实现全面转型，存在由反向因果导致的内生性问题。（20）式同时包含了数字化投入的一次项和二次项，故需要寻找两个工具变量。一方面，借鉴肖土盛等（2022）的做法，采用同一省份内其他企业的数字化投入程度的均值作为工具变量。另一方面，参照杨金玉等（2022）的研究思路，采用异方差工具变量法，并以按照省份一年份计算的数字化投入均值与本企业数字化投入差值的三次方作为另一个工具变量。第一阶段的估计结果表明工具变量与数字化投入之间存在相关关系，且通过弱工具变量和工具变量识别不足检验。表3（2）列展示了利用IV-2SLS估计的第二阶段的回归结果，数字化投入的一次项显著为正，二次项显著为负，数字化投入与企业全要素生产率之间存在倒U型关系。这表明，在经过内生性处理后，基准估计结论依旧成立。

表3 内生性检验结果

变量	企业全要素生产率			
	(1)		(2)	
	系数	标准误	系数	标准误
企业数字化投入一次项	0.6140***	0.1627	0.8468***	0.3130
企业数字化投入二次项	-0.4997**	0.1934	-0.7383**	0.3272
控制变量	控制		控制	
常数项	2.8003***	0.4906		
Kleibergen-Paap rk LM			93.9210***	
Cragg-Donald Wald F			599.9100	
观测值	7317		9931	
R ²	0.9862		0.7856	

注：①**和***分别表示5%和1%的显著性水平，标准误为聚类在企业层面的稳健标准误。②回归中控制了企业、年份、行业一时间和城市一时间4类固定效应。

（三）稳健性检验

为了进一步提升文章研究结论的可信度，本文从更换核心解释变量、替换被解释变量测度方式、更换样本和更改聚类层级等多个方面进行稳健性检验^①。

1.更改数字化投入测度方式。本文分别利用经行业和城市数字化投入均值调整后的企业数字化投入作为核心解释变量。该指标反映了企业数字化投入在行业和城市内的相对水平。更改数字化投入测度方式后，数字化投入对企业全要素生产率影响的估计结论与基准估计一致。

^①限于篇幅，稳健性检验结果未在此展示，感兴趣者可在中国知网和《中国农村经济》网站查看本文附录。

2. 替换被解释变量。首先，以前文测算的企业全要素生产率的自然对数作为被解释变量，估计结论未改变。其次，分别使用 OLS、GMM 和 FE 方法测度的全要素生产率作为被解释变量，估计结果显示，数字化投入一次项显著为正，二次项显著为负，意味着替换被解释变量后，基准结论依旧成立。

3. 采用子样本进行估计。第一，由于信息传输、软件和信息技术服务业是数字经济的核心产业，其数字化投入水平必然高于其他行业，为了避免基准估计结果因该行业的异常数据而产生偏差，本文剔除该行业的样本后重新估计（20）式。结果表明，企业数字化投入对全要素生产率仍存在显著的倒 U 型影响。第二，根据企业数字化投入的均值趋势，2020 年的数字化投入平均水平出现异常，本文进一步剔除 2020 年的样本重新估计（20）式，结果与基准估计一致。

4. 包含财务指标异常的样本。由于初期高额数字化投入的企业可能会出现 ROA 偏低、资产负债率过高等现象，基准估计中将此类财务数据异常的样本剔除，可能会导致样本选择偏误问题。为此，本文保留 ROA、资产负债率等财务数据异常的样本后，重新估计企业数字化投入对全要素生产率的影响。结果与基准估计一致，倒 U 型关系依然显著。

5. 更换聚类层级。为了进一步缓解模型扰动项的集群相关问题，本文分别尝试将标准误聚类到城市、省级和企业一年份层面，以排除由城市、省级和企业一年份序列相关性导致的估计偏误问题。结果显示，无论聚类到哪个层级，数字化投入一次项都显著为正，二次项都显著为负。

上述估计结果说明，企业数字化投入和全要素生产率之间的倒 U 型关系是稳健的。

五、机制检验、异质性与社会福利分析

（一）传导路径验证

表 4 报告了机制检验的估计结果。从（1）列看，数字化投入对人均数字技术专利申请数存在显著的倒 U 型影响。从（2）列看，数字化投入对研发强度也产生了先促进后抑制的影响。上述结果意味着，随着数字化投入的增加，过度的数字化投入不仅会直接挤占其他生产性投入，也会提高企业与数字化转型相关的管理和运营成本，继而挤出研发投入和抑制数字技术创新。（3）列和（4）列的估计结果表明，企业数字化投入对数字人才招聘数量、数字人才招聘发布次数均产生显著的倒 U 型影响。

表 4 机制检验结果

变量	(1) 人均数字技术 专利申请数	(2) 研发投入强度	(3) 数字人才 招聘数量	(4) 数字人才招聘 发布次数	(5) 人机协同	(6) 管理创新
企业数字化投入一次项	0.0126** (0.0062)	0.0624** (0.0265)	8.5304*** (2.3948)	5.7870*** (1.7534)	1.2640*** (0.0322)	0.0956** (0.0436)
企业数字化投入二次项	-0.0175* (0.0100)	-0.0789** (0.0332)	-9.5795*** (3.1847)	-7.2175*** (2.4838)	-0.8627*** (0.0451)	-0.1279** (0.0583)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	0.0153 (0.0183)	0.0618 (0.0494)	-8.7055*** (2.8783)	-6.8181*** (2.3055)	0.0902* (0.0474)	-0.2032*** (0.0758)

表 4 (续)

观测值	9930	8101	415	415	8800	9398
R ²	0.7063	0.9009	0.4790	0.5035	0.9546	0.6229

注：①由于国泰安数据库中的数字化人才数据是从 2021 年 10 月开始公布的，样本期内只包含 2022 年这一年的完整数据。因此，(3) 列和 (4) 列是截面估计，并手动加入行业和城市固定效应。②*、**和***分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平，括号内数字为聚类在企业层面的稳健标准误。③回归中控制了企业、年份、行业—时间和城市—时间 4 类固定效应。

当面临流动性约束时，企业往往会选择减少劳动力投入以缓解流动性约束，因此，随着数字化投入的过度增加，企业可能降低对数字人才的投入意愿及实际雇佣人数。上述结果表明，数字化投入会导致互补性资源配置失位，即挤出数字人才投入和研发投入，印证了前文理论模型的推演。这也初步说明，企业数字化投入越过最大值后，会引致人机不匹配，进而抑制全要素生产率增长。根据表 4 (5) 列和 (6) 列的估计结果，数字化投入对人机协同和企业管理创新均存在倒 U 型影响。这意味着，过度的数字化投入可能会引发人机不协同和组织创新管理失位，从而使企业陷入转型阵痛期。

(二) 异质性分析

为了识别数字化投入对全要素生产率的复杂性影响，剖析不同横截面特征下数字化投入的最优状态，本文从企业特征、行业特征、数字化投入类型和城市数字化治理情景等方面展开异质性分析^①。

1. 企业特征异质性。一方面，非国有企业面临的市场竞争压力较大，为获取竞争优势，可能会加快数字化转型，增加数字化投入。但是，过多的数字化投入会挤出其他必要的生产性投入，由此导致全要素生产率损失。另一方面，与非国有企业相比，国有企业在资金、规模和政策支持方面具有显著优势。这表明，国有企业在数字化转型过程中拥有充足的资金支持，能够大量投入数字化建设而不挤占其他生产性投入。因此，本文预测数字化投入在国有企业主要以正向效应为主，并根据企业产权性质分组以验证这一推论。估计结果表明，在非国有企业组中，企业数字化投入的一次项显著为正，二次项显著为负，说明数字化投入与企业全要素生产率之间存在显著的倒 U 型关系。而在国有企业组中，企业数字化投入的一次项显著为正但二次项不显著，说明数字化投入对国有企业全要素生产率存在显著的正向影响。

企业数字化转型进程存在规模效应，企业规模是数字化投入发挥经济效应的重要因素。大规模企业往往会加大数字化投入以实现转型升级，但是，中国企业普遍不具有全面转型的管理意识和组织能力，在管理组织数字化、数据处理能力和线上线下协同化等方面都存在不足。因此，大企业往往会在数字化转型后期陷入数字化投入与数字人才及组织管理流程不协调、转型成本高等困境。小规模企业作为行业跟随者，会模仿大企业的投资行为，但其投入力度会低于大企业，甚至部分小企业因为转型成本高而降低数字化投入，故尚未陷入数字化困境。根据行业一年份计算企业资产的均值，将大于中位值的样本企业定义为大企业，其余样本企业定义为小规模企业。按照企业规模分组的估计结果表明，在小规模企业样本中，数字化投入的一次项显著为正但二次项不显著，说明数字化投入对企业全要素

^①限于篇幅，异质性估计结果未在此展示，感兴趣者可在[中国知网](#)和[《中国农村经济》](#)网站查看本文附录。

生产率存在积极影响。这与刘淑春等（2021）的发现相似。在大规模企业样本中，数字化投入的一次项显著为正，二次项显著性为负，意味着数字化投入与企业全要素生产率的倒 U 型关系成立。

2.行业特征异质性。首先，高技术行业普遍重视科技研发和人才建设，能够与数字化投入形成人才协同、技术协同，进而充分发挥数字化投入的产出效应，然而，过度数字化资产投入可能在一定程度上挤占研发和数字人才资源，最终抑制全要素生产率的提升。非高技术行业数字化投入较低，仍处于将数字化投入与职能部门简单叠加的阶段，对企业内部管理组织和数字人才协同的要求较低，从而避免了过度投入引致的数字化困境问题。为了加以验证，借鉴王玉泽等（2019）的做法，本文把样本划分为高技术行业和非高技术行业进行分组回归。回归结果表明，在高技术行业中，企业数字化投入对全要素生产率产生显著的倒 U 型影响，但只有 4.81% 的样本越过最大值，因此，现阶段仍以正向促进效应为主。而在非高技术行业中，数字化投入的一次项显著为正但二次项不显著，说明非高技术行业企业尚未陷入数字化困境。其次，在中国各产业数字化转型进程中，相比制造业，服务业的数字化转型周期更短。本文对制造业和服务业子样本进行了估计。在制造业样本中，数字化投入对全要素生产率产生倒 U 型影响，只有 0.65% 的样本位于曲线右侧；在服务业样本中，数字化投入对全要素生产率同样具有倒 U 型影响，有 3.09% 的样本位于曲线右侧。近年来，数字经济与服务业的融合程度明显高于制造业。以金融、运输、科技为代表的生产性服务业大多为资本、技术密集型行业，其数字化资本与技术投入较多，因此更易陷入数字化困境。

3.数字化投入类型异质性差异。在数字经济时代，数字治理能力是企业进行智能化决策的基础保障。企业必须升级资源规划信息系统，并加大对软件等数字化无形资产的投入，但现实情况是企业的固定资产投资远高于无形资产投资。为了识别企业数字化投入结构对全要素生产率的差异性影响，用企业数字化硬件投资占固定资产总额的比重作为硬件投入的代理变量，利用数字化软件投资占无形资产总额的比重量数字化软件投入。企业数字化投入结构异质性的估计结果表明：企业数字化硬件投入与全要素生产率之间存在显著的倒 U 型关系，有 1.6% 的样本越过了最高点，可见，大多数企业增加数字化硬件投入能够有效促进全要素生产率提升；企业数字化软件投入的影响则不显著，这与企业普遍不重视数字化软件投入密切相关。

企业数字化转型会依赖所处城市的数字基础设施建设。政府数字化投入为企业数字化转型提供了外部环境保障，当企业所处城市的数字化投入程度较高时，企业往往会更加积极地投入数字化资产。因此，首先计算 2007—2019 年 284 个城市光缆密度的均值，然后根据中位值将前 142 个城市定义为政府高数字化投入组，最后与基准估计数据进行匹配。政府数字化投入异质性的估计结果显示：在政府低数字化投入组中，企业数字化投入的估计系数不显著；而在政府高数字化投入组中，企业数字化投入对全要素生产率产生倒 U 型影响。可见，政府的数字化投入尤其是数字基础设施建设，为企业数字化转型提供了基础条件。

4.城市数字治理的异质性。推进政府数字化转型是促进国家治理现代化的必由之路，中国政府积极利用数字化技术和工具提升城市治理效能。一方面，数字政府的建设能够优化当地的数字基础设施建设，将大数据、云计算等数字技术运用到民生服务之中，优化政企关系，推动企业加大数字化投入。

另一方面，数字政府建设通过数据开放降低了企业的信息获取成本，进而降低对生产性资本的挤出（彭远怀，2023），以此促进企业增加数字化投入。

城市治理数字化经历了“智慧城市建设”到“城市智能化管理”的转变。首先，根据中国智慧城市试点政策，本文将样本划分为试点城市和非试点城市两个子样本。其次，“城市智能化管理”是数字技术在经济、社会、公共服务的全方位应用，实现数据开放、各主体利益协同，与国家级信息惠民试点城市建设的主体内容相一致，因此，本文根据企业所在城市是否是国家级信息惠民试点城市进行分组估计。城市数字治理的异质性估计结果显示：在智慧城市样本中，企业数字化投入对全要素生产率产生倒U型影响；而在非智慧城市样本中，数字化投入的影响不显著。在信息惠民试点城市中，企业数字化投入与全要素生产率之间存在显著的倒U型关系；在非信息惠民试点样本中，企业数字化投入对全要素生产率存在正向影响。

（三）社会福利分析

本文从职工工资和就业结构两方面检验企业数字化投入对社会福利的影响。首先，将经过通胀调整后的“支付给职工以及为职工支付的现金”数据，除以员工人数后计算其自然对数，以此衡量职工平均工资；使用高管薪酬水平和普通员工薪酬水平的比值刻画企业内部薪酬差距。其次，根据赵烁等（2020）、肖土盛等（2022）的研究，分别从员工的学历水平和职业类别两个维度衡量企业劳动力结构。一方面，使用企业本科及以上学历员工占比衡量企业劳动力高级化。另一方面，根据锐思数据库提供的企业分职业类别的就业信息，将员工划分为科技、生产、财务、市场销售与推广、职员五类，并分别统计每类员工的总数。随后，计算这五类职业的员工数占总员工数的比重，以此构建五类职业的就业结构。表5展示了数字化投入对职工平均工资和就业结构影响的估计结果。

表5（1）列的结果表明，企业数字化投入对职工平均工资产生倒U型影响。（2）列和（3）列的结果表明，数字化投入对高管和普通员工的平均工资同样产生倒U型影响。（4）列的估计结果表明，企业数字化投入对薪酬差距的影响并不显著。可能的原因在于，过多的数字化投入挤出全要素生产率，导致员工和高管分享的经济租金均减少，因此对薪酬差距的影响不明显。（5）列的估计结果表明，数字化投入对人力资本结构也产生倒U型影响。（6）列的估计结果表明，数字化投入对科技人员占比同样存在先促进后抑制的影响。这一结论也佐证了表4中数字化投入对数字人才和人机协同机制的估计结果。一方面，过度的数字化投入会挤出高技能劳动者投入；另一方面，由于企业不重视数字人才战略，可能存在企业将人才投入转化为数字资本投入的现象，由此进一步加剧企业人机不匹配。（7）~（10）列中，数字化投入的一次项和二次项估计结果均不显著，表明企业数字化投入对生产人员、财务人员、市场人员和职员的就业结构影响并不显著。

表5 数字化投入对工资和就业结构调整影响的估计结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	职工平均工资	高管平均薪酬	员工平均薪酬	薪酬差距	本科以上学历
企业数字化投入一次项	0.4259*	0.3420*	0.4317**	-0.0770	0.2116***
	(0.2342)	(0.2059)	(0.2187)	(1.4776)	(0.0730)

表 5 (续)

	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	科技人员	生产人员	财务人员	市场人员	职员
企业数字化投入二次项	-0.6961** (0.3282)	-0.6199*** (0.2211)	-0.6763** (0.2992)	-0.8302 (1.6769)	-0.3059*** (0.0763)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	9.9357*** (0.5485)	8.6440*** (0.4740)	9.4066*** (0.5220)	-15.0372*** (4.6645)	0.1817 (0.1566)
观测值	9931	9556	9556	9556	8314
R ²	0.8324	0.8702	0.8555	0.8081	0.8840
数字化投入一次项	0.2374*** (0.0840)	-0.0316 (0.2088)	0.0198 (0.0173)	0.0464 (0.0648)	0.0230 (0.1011)
数字化投入二次项	-0.2181* (0.1144)	0.0961 (0.1668)	-0.0143 (0.0172)	-0.0239 (0.0649)	-0.1222 (0.1227)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	0.0201 (0.1634)	0.2501 (0.2534)	0.0995*** (0.0365)	0.4236** (0.1661)	-0.0083 (0.2170)
观测值	8800	8003	8299	8187	7889
R ²	0.8525	0.7345	0.8013	0.8886	0.6788

注：*、**和***分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平，括号内数字为聚类在企业层面的稳健标准误，回归中控制了企业、年份、行业—时间和城市—时间 4 类固定效应。

六、结论与政策启示

随着数字经济与实体经济的融合程度不断加深，企业积极加大数字化投入成为增强市场竞争力和实现提效增质的重要途径。尽管社会普遍认同数字化技术运用会带来积极的社会经济效应，但是也有部分研究开始质疑数字化投入是否会导致企业陷入数字化困境。在数字经济时代，厘清数字化投入的最优结构，助力企业摆脱数字化困境，对于促进企业高质量发展和推动数字经济健康有序发展具有重要的意义。本文首先构建包含企业数字化投入规模及其有效性的动态一般均衡理论模型阐述企业数字化投入与产出效率之间的倒 U 型关系，其次利用 2007—2022 年中国非金融上市企业数据，识别数字化投入对全要素生产率的非线性影响、作用机制和横截面特征的差异性。实证研究发现：第一，企业数字化投入与全要素生产率之间存在显著的倒 U 型关系，当数字化资产规模超过非数字化资产规模的 0.337 倍后，数字化投入会抑制企业全要素生产率，现阶段数字化投入主要发挥促进作用。第二，数字技术创新、数字化人才、人机协同和数字化管理创新构成了企业数字化投入对全要素生产率产生倒 U 型影响的重要机制。第三，企业数字化投入对全要素生产率的倒 U 型影响只在非国有企业、大规模企业、高技术行业以及位于光缆密度高、数字化治理能力强的城市中的企业中成立；相比制造业企业，更多的服务业企业样本目前位于倒 U 型曲线右侧；数字化硬件投入对全要素生产率产生倒 U 型影响，

而数字化软件投入的影响不显著。第四，企业数字化投入对企业员工平均工资、高管和普通员工平均薪酬、本科及以上学历员工占比和科技人员占比也存在倒U型影响。

本文的研究结论可以为企业实现最优数字化投入以推动企业高质量发展提供重要启示，也为中小企业合理分配数字化与非数字化投入提供政策启示。首先，企业要优化数字化投入预算结构，做好数字化转型的顶层设计。现阶段，数字化投入对全要素生产率的影响以正向作用为主。对于数字化投入不足的企业，需要进一步加大数字化投入，实现与实体经济的深度融合。但是，需要合理分配数字化投入和非数字化投入的比重，充分考虑数字化资本投入使用的有效性。对于数字化投入已经较高的企业，需要实现企业管理组织、经营方式和生产方式等全方位的数字化协同转型。针对目前中小企业普遍存在的数字化前期投入成本高、后期投入不足的问题，一是需要政府部门为中小企业数字化改造提供资金和技术支持，避免出现不敢转、不能转和不会转的困境；二是要引导企业根据自身经营规模、要素配置结构等实际情况合理进行数字化投入，避免盲目且低效率数字化投资。其次，不同类型、行业和地区的企业需要制定个性化的转型方案。对于大规模企业和非国有企业，虽然数字化投入是强化竞争力的关键举措，但是要避免盲目地增加相关投入。应该在稳定现有投入量的情况下，深化数字化管理体系变革，重视数字人才建设，实现数字化投入的协同发展，避免陷入数字化困境。对于国有企业和小规模企业，由于当前数字化投入较低，未来应进一步增加投入，以更充分地激发数字化的经济红利。对于高技术行业的企业，现阶段的重点是优化数字化投入结构，增加研发投入和管理运营投入，以匹配数字化转型所需的软件、平台和组织架构升级。对于地处数字治理水平较高城市的企业，应该进一步提升数据的共享、使用和处理能力，以最大化实现政府和企业数字化治理联动。最后，充分重视数字人才战略，吸引更多的数字人才进入。数字技术创新和数字人才是释放数字化投入经济红利的重要渠道。政府应该积极实施数字人才引进政策，并在高校试点开展数字人才培养，提高本地数字人才的供给规模。与此同时，企业要增加内部的教育和培训支出，积极开展数字化技能培训。更为重要的是，企业应该合理分配各项资金投入比例，增加研发和数字化软件投入，提高创新产出效率，以此实现数字技术创新能力的提升，为推动企业高质量发展提供保障。

参考文献

- 1.陈楠、蔡跃洲，2022：《人工智能、承接能力与中国经济增长——新“索洛悖论”和基于AI专利的实证分析》，《经济学动态》第11期，第39-57页。
- 2.程文，2021：《人工智能、索洛悖论与高质量发展：通用目的技术扩散的视角》，《经济研究》第10期，第22-38页。
- 3.范合君、吴婷、何思锦，2023：《企业数字化的产业链联动效应研究》，《中国工业经济》第3期，第115-132页。
- 4.何小钢、梁权熙、王善骞，2019：《信息技术、劳动力结构与企业生产率——破解“信息技术生产率悖论”之谜》，《管理世界》第9期，第65-80页。
- 5.冯玲、袁帆、刘小逸，2023：《工业机器人与企业创新——来自中国制造业企业的证据》，《经济学（季刊）》第4期，第1264-1282页。

- 6.黄先海、高亚兴, 2023: 《数实产业技术融合与企业全要素生产率——基于中国企业专利信息的研究》, 《中国工业经济》第11期, 第118-136页。
- 7.黄毓琳、蒋鹏程, 2023: 《数字低碳之路: 工业机器人与城市工业碳排放》, 《财经研究》第10期, 第34-48页。
- 8.李海舰、李真真, 2024: 《数字化转型对企业高质量发展和高速增长的影响——基于“质量变革、效率变革、动力变革”视角的检验》, 《中国农村经济》第4期, 第120-140页。
- 9.刘淑春、闫津臣、张思雪、林汉川, 2021: 《企业管理数字化变革能提升投入产出效率吗》, 《管理世界》第5期, 第170-190页。
- 10.庞瑞芝、刘东阁, 2022: 《数字化与创新之悖论: 数字化是否促进了企业创新——基于开放式创新理论的解释》, 《南方经济》第9期, 第97-117页。
- 11.彭远怀, 2023: 《政府数据开放的价值创造作用: 企业全要素生产率视角》, 《数量经济技术经济研究》第9期, 第50-70页。
- 12.戚聿东、肖旭, 2020: 《数字经济时代的企业管理变革》, 《管理世界》第6期, 第135-152页。
- 13.孙雪娇、范润, 2023: 《数字经济对大中小企业全要素生产率影响的鸿沟效应》, 《经济管理》第8期, 第45-64页。
- 14.陶锋、王欣然、徐扬、朱盼, 2023: 《数字化转型、产业链供应链韧性与企业生产率》, 《中国工业经济》第5期, 第118-136页。
- 15.王玉泽、罗能生、刘文彬, 2019: 《什么样的杠杆率有利于企业创新》, 《中国工业经济》第3期, 第138-155页。
- 16.肖土盛、孙瑞琦、袁淳、孙健, 2022: 《企业数字化转型、人力资本结构调整与劳动收入份额》, 《管理世界》第12期, 第220-237页。
- 17.徐宝亮、刘震、邓宏图, 2022: 《基础设施资本与经济增长——“倒U型”理论的经济逻辑与中国经验证据》, 《南开经济研究》第3期, 第21-40页。
- 18.杨金玉、彭秋萍、葛震霆, 2022: 《数字化转型的客户传染效应——供应商创新视角》, 《中国工业经济》第8期, 第156-174页。
- 19.杨汝岱、李艳、孟珊珊, 2023: 《企业数字化发展、全要素生产率与产业链溢出效应》, 《经济研究》第11期, 第44-61页。
- 20.余淼杰、解恩泽, 2023: 《企业全要素生产率估计及在国际贸易研究中的应用》, 《经济学(季刊)》第3期, 第819-840页。
- 21.赵琦、钟夏洋, 2024: 《金融制度改革与中小企业数字化转型——来自新三板分层制度的证据》, 《数量经济技术经济研究》第10期, 第131-149页。
- 22.赵烁、施新政、陆瑶、刘心悦, 2020: 《兼并收购可以促进劳动力结构优化升级吗?》, 《金融研究》第10期, 第150-169页。
- 23.周冬华、万贻健, 2023: 《企业数字化能提升企业全要素生产率吗?》, 《统计研究》第12期, 第106-118页。
- 24.Acemoglu, D., and P. Restrepo, 2020, “Robots and Jobs: Evidence From US Labor Markets”, *Journal of Political Economy*, 128(6): 2188-2244.
- 25.Bai, F., M. Shang, Y. Huang., and D. Liu, 2024, “Digital Investment, Intellectual Capital and Enterprise Value: Evidence from China”, *Journal of Intellectual Capital*, 25(1): 210-232.

- 26.Barro, R. J., 1990, "Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth" , *Journal of Political Economy*, 98(5): S103-S125.
- 27.Barro, R. J., and X. Sala-I-Martin, 1992, "Public Finance in Models of Economic Growth", *The Review of Economic Studies*, 59(4): 645-661.
- 28.Brynjolfsson, E., D. Rock, and C. Syverson, 2019, "Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox", *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*, Vol. 23: 23-60.
- 29.Gebauer, H., E. Fleisch, C. Lamprecht, and F. Wortmann, 2020, "Growth Paths for Overcoming the Digitalization Paradox", *Business Horizons*, 63(3): 313-323.
- 30.Nwankpa, J. K., and P. Datta, 2017, "Balancing Exploration and Exploitation of IT Resources: The Influence of Digital Business Intensity on Perceived Organizational Performance", *European Journal of Information Systems*, 26(5): 469-488.
- 31.Siebel, T. M., 2019, *Digital Transformation: Survive and Thrive in an Era of Mass Extinction*. New York: RosettaBooks Press, 1-227.
- 32.Wamba, S. F., A. Gunasekaran, S. Akter, S. J. F. Ren, R. Dubey, and S. J. Childe, 2017, "Big Data Analytics and Firm Performance: Effects of Dynamic Capabilities", *Journal of Business Research*, Vol. 70: 356-365.

(作者单位：上海财经大学财经研究所)

(责任编辑：小林)

Is More Always Better? The Impact of Enterprise Digital Investment on Total Factor Productivity

HUANG Zelin JIANG Pengcheng

Absrtact: This paper constructs a dynamic general equilibrium theoretical model including digital capital investment, and theoretically deduces the inverted U-shaped relationship between digital investment and total factor productivity (TFP). Based on the empirical study of China's listed non-financial enterprises from 2007 to 2022, we find that there is an inverted U-shaped relationship between enterprise digital investment and TFP, and the positive effect is mainly at this stage. When the scale of digital assets exceeds 0.337 times that of non-digital assets, digital investment inhibits the growth of enterprise TFP. Digital technology innovation, digital talents investment, human-machine collaboration, and management innovation are important transmission mechanisms for enterprises' digital input to affect TFP, and they are also effective ways to break through the digital dilemma. The TFP effect of enterprise digital input is significantly heterogeneous due to the differences of enterprise nature, industry characteristics, input types, and urban digital governance level, and its social welfare effect on wages and high-skilled labor employment is also non-linear. This paper provides empirical evidence and policy implications for optimizing the structure of digital investment and promoting high-quality development of enterprises.

Keywords: Digital Input; Total Factor Productivity; Digital Dilemma; Inverted U-shape Relationship