

需求侧视角下技术标准化 推进数字产业创新的机制与路径探索

戚聿东 朱正浩

【摘要】数字产业创新能够实现软硬件及创新参与者之间的有效联结,由此技术标准化重要性日益上升。通过数理建模、案例分析等方法,本文从需求侧视角讨论技术标准化推进数字产业技术创新的机制,结果显示:第一,技术标准化对数字产业创新具有双重效应,在新技术主导条件下能够加速新技术扩散,在旧技术主导条件下能够提高创新门槛。第二,在新旧技术并存的条件下,技术标准化水平提升有助于推动数字产业创新和抑制数字产业创新中的“过量动力”和“过量惰性”现象。我们借鉴Malerba产业创新系统分析框架,讨论了技术标准化推进数字产业创新的作用路径。在数字知识累积、创造和价值实现变化背景下,数字产业市场特征决定了竞争企业间低技术标准化与互补企业间高技术标准化共存,并通过一定技术标准化水平来平衡消费者偏好与网络效应,成为推动数字产业创新的重要路径。知识产权制度和技术标准制度协同发展,有助于提升企业从创新中获利的能力,激发产业创新动能。

【关键词】需求侧;技术标准化;数字产业创新;创新机制

【作者简介】戚聿东,北京师范大学经济与工商管理学院,E-mail:qiyudong@bnu.edu.cn;朱正浩(通信作者),南京工业职业技术大学商务贸易学院,E-mail:lotus202203@126.com。

【原文出处】《经济科学》(京),2023.4.63~84

【基金项目】本文为国家社会科学基金重大项目“技术标准与知识产权协同推进数字产业创新的机理与路径研究”(项目编号:19ZDA077)和南京工业职业技术大学引进人才科研启动基金项目“需求侧视角下技术标准化推进数字产业创新的机制与实践路径”(项目编号:2022SKYJ01)的阶段性成果。

一、引言

当前,数字产业创新已成为中国经济高质量发展核心动能,习近平总书记在十九届中共中央政治局第三十四次集体学习时指出:“数字经济具有高创新性、强渗透性、广覆盖性,不仅是新的经济增长点,而且是改造提升传统产业的支点,可以成为构建现代化经济体系的重要引擎。”技术标准是数字经济活动的核心制度安排之一,技术标准化在推进数字产业创新中发挥着基础性和引领性作用。党和国家高度重视技术标准与数字产业协同引领数字经济发展

的推进工作,2021年中共中央、国务院印发《国家标准化发展纲要》,要求“建立健全大数据与产业融合标准,推进数字产业化和产业数字化”,强调“发挥市场对团体标准的优胜劣汰作用”。数字时代突破产业创新中技术标准供给侧研究思路(张利飞,2018),从需求侧入手探索技术标准化推进数字产业创新的内在机制,已成为“新供给和新需求在新锚点上再平衡”,加快推动创新驱动发展战略的重要议题。

数字产业创新是将数据要素及生产方式引入产业创新体系,实现产业“数字颠覆”与“数字融合”的

过程(Teece, 2018)。数字颠覆是数据要素及生产方式通过颠覆式创新方式形成新产业或者新模式创新过程,数字融合是数据要素与生产方式通过与实体经济数字融合再造新产业、新业态、新模式创新过程。引入数据要素及生产方式后,网络效应成为数字产业创新的关键特征(Helfat 和 Raubitschek, 2018),而网络效应实现依赖于软硬件、平台、生产者、用户间的有效联结,由此技术标准化重要性上升。以信息通信技术(ICT)为代表的数字产业严重依赖包含复杂组件的技术系统,组件间兼容性或互操作性对企业生存至关重要。随着信息技术快速扩散和创新周期缩短,技术标准化需求增长迅猛。在数字化转型过程中,技术兼容性和来自外部ICT的异构技术流入可以促进不同技术间交互融合创新,促进传统行业数字化转型(Cabral 和 Salant, 2014)。

国际标准化组织(ISO)将技术标准定义为“具有一个或一系列强制性要求或指导功能的文件,包含技术要求和相关技术解决方案的细节”,技术标准化是技术标准形成和传播过程的集合,由不断变化的市场需求和对新技术的探索推动(Jiang 等, 2018)。学者们强调了技术兼容性在技术标准形成中的重要作用,普遍认为技术标准化的核心是技术相互兼容(Gauch 和 Blind, 2015),这是因为数字经济是一种网络经济,兼容为消费者创造巨大利益是其基本原理(夏皮罗和范里安, 2017)。数字化转型需要组件和整个系统的兼容与互操作,跨价值链和产业链的技术、设备、机器和应用程序间互操作性和兼容性是工业互联网的基础,技术标准化保证了技术协同工作。研究证实标准化可为ICT提供技术兼容性(Lerner 和 Tirole, 2015),本文遵循夏皮罗和范里安(2017)的思路,把技术标准化理解为不同技术兼容性达成的过程。

技术标准化对数字产业创新具有双重影响,一方面,技术标准化形成的路径依赖和网络外部性可能会延迟创新主体对技术环境变化的反应,产生技术锁定效应,抑制数字产业技术创新(Dolfisma 和 Leydesdorff, 2009)。另一方面,技术标准化促进了数字产业创新, Lee 和 Sohn(2018)实证表明技术标准化能够促进ICT产业的技术多样化,这是因为技术标准化可以通过数字平台促进技术多样性,例如苹果iOS

和谷歌Android OS是两种高度标准化的移动平台,独立软件开发公司利用平台提供了多样化应用程序。此外,技术标准化还通过减少技术创新过程中的资源消耗、推动不同企业的技术创新举措同步化、促进企业消化吸收先进技术知识等,提升行业整体创新效率和水平(Blind 等, 2010)。

已有关于技术标准化对创新影响的文献主要从供给视角,围绕事实标准、法定标准和联盟标准等技术标准的不同制定方式展开,每类技术标准在标准技术质量、标准传播速度、标准敏捷性方面不同(Koch 和 Blind, 2021),并根据具体情境对产业创新产生不同影响。然而,需求是技术创新和标准化的主要触发因素,事实标准和联盟标准都由市场需求驱动并基于市场过程,法定标准虽然由政府、标准化组织和利益相关者基于委员会方法协调达成,但是最终需要市场检验。从需求侧探索技术标准化问题的研究比较有限, Farrell 和 Saloner(1986)使用用户安装基础和质量来分析技术标准竞争,贝拉弗雷姆和佩泽(2015)从用户需求视角对网络商品市场企业标准化策略条件展开分析,并提出了“过量惰性”(excess inertia)和“过量动力”(excess momentum)形成的需求条件等。

本文从需求侧视角讨论技术标准化推进数字产业技术创新的机制,可能的边际贡献在于将贝拉弗雷姆和佩泽(2015)有关网络商品市场中标准与竞争的讨论扩展至数字产业创新,基于“用户价值最大化”思路,探究不同信息条件和技术条件下技术标准化与用户选择新技术决策、过量动力、过量惰性、新技术网络效应临界点估值和技术创新门槛间的关系,力图揭示技术标准化推动数字产业创新的内在机制。

二、技术标准化推进数字产业组织创新的需求侧分析

(一)基本模型设定

假设有两种技术 T_A 和 T_B ,两个用户 x 和 y ,假定用户需求无弹性,网络效应是数字产业的典型特征,参考贝拉弗雷姆和佩泽(2015)的做法,用户技术选择效用由独立技术效应和网络效应构成,效用函数模型如式(1)和式(2)所示:

$$\mu_A = \alpha_A \theta_i \varphi_A (n_A + \gamma n_B) \quad (1)$$

$$\mu_B = \alpha_B \theta_i \varphi_B (n_B + \gamma n_A) \quad (2)$$

其中, α_A 和 α_B 分别代表采用技术 T_A 和 T_B 的独立收益, T_A 代表旧技术, T_B 代表新技术, $\alpha_A, \alpha_B > 0$ 。 $\theta_i (i=1, 2)$ 代表了用户对网络效用的估值, 反映用户信息完全程度, $\theta_i \in (0, -1]$, 当 $\theta_i=1$, 意味着用户 x 和 y 知道其他用户关于两种技术的偏好, 能够充分估算网络效应价值, $\theta_i > 0$ 。 φ_A 和 φ_B 代表使用技术 T_A 和 T_B 的网络效应系数, $\varphi_A, \varphi_B > 0$ 。 n_A 和 n_B 代表了技术 T_A 和 T_B 的用户基础, $\gamma \in [0, 1]$ 指技术间兼容水平, 代表了技术标准水平, 极端情况下, $\gamma=0$ 代表标准化水平为 0, $\gamma=1$ 代表完全标准化。

(二) 完全信息模型

完全信息下, $\theta_i=1$, 用户知道其他用户关于两种技术的偏好, 有模型:

$$\mu_A = \alpha_A + \varphi_A (n_A + \gamma n_B) \quad (3)$$

$$\mu_B = \alpha_B + \varphi_B (n_B + \gamma n_A) \quad (4)$$

1. 技术标准化水平为 0 的分析

考察技术标准化为 0 情况, 假定新技术 T_B 比旧技术 T_A 有更高独立收益, 技术优势 $\Delta = \alpha_B - \alpha_A > 0$ 。两用户必须同时决定是否转到新技术, 为简化起见, 令 $n_A = n_B = 1$, 借鉴贝拉弗雷姆和佩泽(2015)对不兼容网络商品需求的分析思路, 给出协作博弈如表 1 所示。

如表 1 所示, 不难验证博弈均衡点为两用户同时采用旧技术或者新技术。当且仅当 $\alpha_A + 2\varphi_A \geq \alpha_B + \varphi_B \Leftrightarrow \Delta = \alpha_B - \alpha_A \leq 2\varphi_A - \varphi_B$, 两用户同时采用旧技术; 当且仅当 $\alpha_B + 2\varphi_B \geq \alpha_A + \varphi_A \Leftrightarrow \Delta = \alpha_B - \alpha_A \geq \varphi_A - 2\varphi_B$, 两用户同时采用新技术。帕累托占优均衡点为, 在两种均衡中, 当且仅当 $\alpha_B + 2\varphi_B > \alpha_A + 2\varphi_A \Leftrightarrow \Delta = \alpha_B - \alpha_A > 2(\varphi_A - \varphi_B)$, 新技术被选用。如图 1 所示, 轨迹 $\Delta \leq 2\varphi_A - \varphi_B$, $\Delta \geq \varphi_A - 2\varphi_B$, $\Delta > 2(\varphi_A - \varphi_B)$ 将均衡存在的参数集区域划分为四个: 区域 I 中, (A, A) 是均衡点且帕累托占优; 区域 II

中, (A, A) 和 (B, B) 是均衡点且 (A, A) 帕累托占优; 区域 III 中, (A, A) 和 (B, B) 都是均衡点, 且 (B, B) 帕累托占优; 区域 IV 中, (B, B) 是均衡点且帕累托占优。

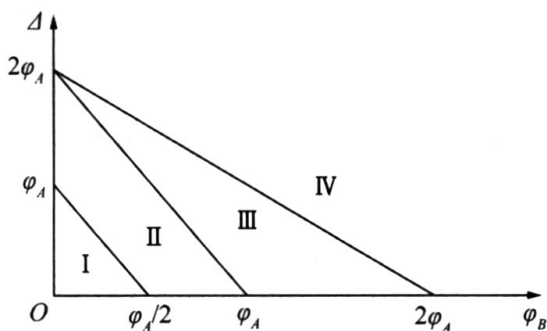


图 1 技术标准化水平为 0 时技术选择潜在协作无效

产业组织创新动力源于新旧技术独立技术收益与网络效应比较, 在技术标准化水平为 0、完全信息、一期博弈前提下, 区域 IV 揭示了当技术进步收益和新技术网络效应超过两倍的现有技术网络效应时, 同时采用新技术是帕累托最优且唯一均衡点。区域 III 存在过量惰性 (Farrell 和 Saloner, 1985), 即尽管同时采用新技术最优, 由于担心其他用户不会跟进, 仍然有用户采用旧技术, 除了 (B, B) 还存在 (A, A) 这一均衡解, 有些用户尽管知道共同采用新技术最有利, 还是选择旧技术, 出现协作无效现象。最后, 区域 II 存在过量动力问题, 即存在这样一种可能性, 虽然保留旧技术效用更高, 但是由于担心被留在旧技术上, 都选择新技术, 导致技术选择协作失败。

2. 技术标准化水平不为 0 的分析

考察技术标准化水平不为 0 情况, $1 \geq \gamma > 0$, 假定用户选择技术 T_A 和 T_B 有相同效应函数 $\mu_A = \alpha_A + \varphi_A (n_A + \gamma n_B)$ 和 $\mu_B = \alpha_B + \varphi_B (n_B + \gamma n_A)$, 假定新技术 T_B 比现有技术 T_A 有更高独立收益, $\Delta = \alpha_B - \alpha_A > 0$ 。两用户必须同时决定是否转到新技术, 令 $n_A=1$; 当至少有一个用户采用新技术时, 令 $n_B=1$; 当没有用户采用新技术时, 令

表 1

技术标准化水平为 0 的技术创新协作博弈

		用户 2	
		旧技术(A)	新技术(B)
用户 1	旧技术(A)	$\alpha_A + 2\varphi_A, \alpha_A + 2\varphi_A$	$\alpha_A + \varphi_A, \alpha_B + \varphi_B$
	新技术(B)	$\alpha_B + \varphi_B, \alpha_A + \varphi_A$	$\alpha_B + 2\varphi_B, \alpha_B + 2\varphi_B$

$n_B=0$,如表2所示。

博弈均衡点为两用户同时采用旧技术或新技术,不可能同时采用不同技术。当且仅当 $\alpha_A+2\varphi_A \geq \alpha_B+(1+\gamma)\varphi_B \Leftrightarrow \Delta \equiv \alpha_B-\alpha_A \leq 2\varphi_A-(1+\gamma)\varphi_B$,两用户同时采用旧技术;当且仅当 $\alpha_B+2(1+\gamma)\varphi_B \geq \alpha_A+(1+\gamma)\varphi_A \Leftrightarrow \Delta \equiv \alpha_B-\alpha_A \geq (1+\gamma)\varphi_A-2(1+\gamma)\varphi_B$,两用户同时采用新技术。帕累托占优均衡点为,当且仅当 $\alpha_B+2(1+\gamma)\varphi_B > \alpha_A+2\varphi_A \Leftrightarrow \Delta \equiv \alpha_B-\alpha_A > 2\varphi_A-2(1+\gamma)\varphi_B$,新技术被选用,如图2所示:

轨迹 $\Delta \leq 2\varphi_A-(1+\gamma)\varphi_B$, $\Delta \geq (1+\gamma)\varphi_A-2(1+\gamma)\varphi_B$, $\Delta > 2\varphi_A-2(1+\gamma)\varphi_B$ 将参数集划分为四个区域:区域I₁中,

(A,A)帕累托占优且是唯一均衡点;区域II₁中,(A,A)和(B,B)都是均衡点,且(A,A)帕累托占优;区域III₁中,(A,A)和(B,B)都是均衡点,且(B,B)帕累托占优;区域IV₁中,(B,B)帕累托占优且是唯一均衡点。

3. 技术标准化推进数字产业组织技术创新分析

如图3所示,虚线代表技术标准化水平为0情况下用户技术选择均衡区域的分割线,包括L1、L4和L6,实线代表技术标准化不为0情况下用户技术选择均衡区域的分割线,包括L2、L3和L5,6条分割线共将第一象限分割为A—G共7块区域。

首先分析新技术占主导地位,即(B,B)是唯一均

表2

技术标准化水平不为0的技术创新协作博弈

		用户2	
		现有技术(A)	新技术(B)
用户1	旧技术(A)	$\alpha_A+2\varphi_A, \alpha_A+2\varphi_A$	$\alpha_A+(1+\gamma)\varphi_A, \alpha_B+(1+\gamma)\varphi_B$
	新技术(B)	$\alpha_B+(1+\gamma)\varphi_B, \alpha_A+(1+\gamma)\varphi_A$	$\alpha_B+2(1+\gamma)\varphi_B, \alpha_B+2(1+\gamma)\varphi_B$

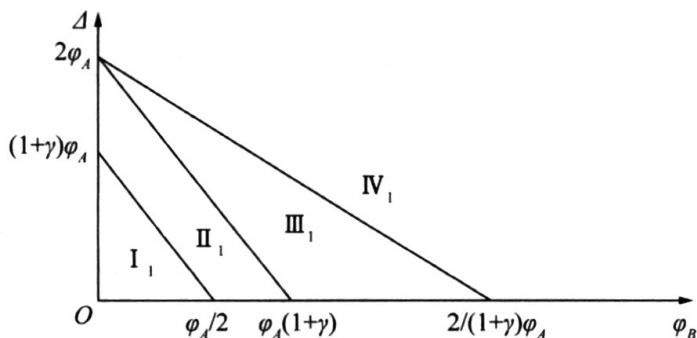


图2 技术标准化水平不为0的用户技术选择均衡区域

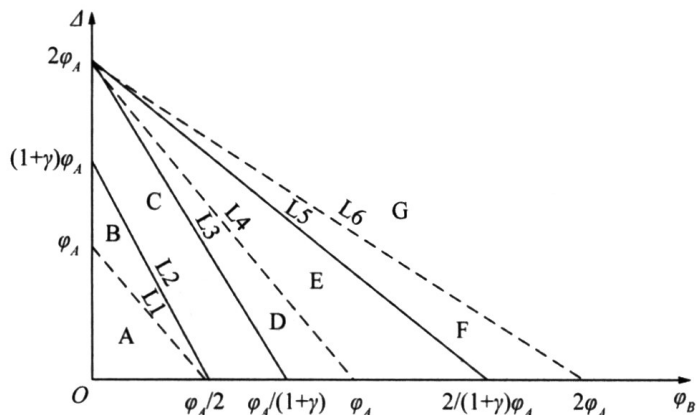


图3 技术标准化对用户技术选择的作用机制

均衡且最优解情况。技术标准化水平不为0时,表3显示两用户同时选择新技术的可能性增大了面积F,计算可得式(5):

$$S_F = 2\varphi_A^2 \times \gamma / (1 + \gamma) \quad (5)$$

易得 $\frac{\partial S_F}{\partial \varphi_A} > 0$, $\frac{\partial S_F}{\partial \gamma} > 0$, 旧技术网络效应(φ_A)与

技术标准化水平(γ)联合作用降低了用户采用新技术的边界条件,两用户同时选择新技术可能性(S_F)增大。这是因为创新边界条件是独立技术收益大于旧新技术网络效应差,新旧技术间标准化水平提升削减了网络效应差($\Delta > 2\varphi_A - (1 + \gamma)\varphi_B$),从而降低了创新边界条件。极端情况下,当 $\gamma=1$ 时,即完全技术标准化条件下, S_F 有最大值 φ_A^2 。需要指出,上述分析隐含假设是技术标准化水平与独立技术收益无关,如果技术标准化水平提升以技术进步削减为代价,则技术标准化具有双重效应,在削减网络效应差、释放产业创新动能的同时,抑制技术进步收益,产生技术锁定效应(Dolfsma 和 Leydesdorff, 2009)。

接下来我们分析旧技术占主导地位,即(A, A)是唯一均衡解且最优解情况。引入技术标准化后,两用户同时选择旧技术区域增大了面积B,表明旧有技术与新技术兼容使得旧技术用户规模得以扩大,增加了新旧技术间的网络效应差($\Delta \leq (1 + \gamma)(\varphi_A - 2\varphi_B)$),推高了两用户选择新技术的门槛,与Ulrich(1997)技术变化受制于原有技术市场规模观点一致,由此得到式(6):

$$S_B = \frac{1}{4}\varphi_A^2 \quad (6)$$

易得 $\frac{\partial S_B}{\partial \varphi_A} > 0$, 且 $\frac{\partial S_B}{\partial \gamma} > 0$, 表明旧技术网络效应越大,技术标准化水平越高,两用户同时选择新技术的门槛越高,当 $\gamma=1$ 时, S_B 有最大值 $\frac{1}{4}\varphi_A^2$ 。

命题1:在信息完全条件下,技术标准化对数字

产业创新产生双重效应。在新技术开始占主导地位(即唯一解)的前提下,旧技术网络效应与技术标准化水平联合作用,削减新旧技术网络效应差,放宽了用户选择新技术的约束条件,加速了新技术扩散。当旧技术占主导(即唯一解)的前提下,旧技术网络效应与技术标准化水平联合作用,增加了新旧技术网络效应差,提高了用户选择新技术的门槛。

我们进一步考察新旧技术是均衡解且最优解情况。数字产业创新存在过量动力问题,即尽管保留旧技术效用更高,但由于担心其他用户跟进新技术,用户都选择新技术。引入技术标准化后,均衡区域减少了B和D两块面积。旧技术占主导情况下,旧有技术与新技术兼容使得旧技术用户规模扩大,新旧技术间的网络效应差增大,推高了两用户选择新技术的门槛,形成面积B,从而避免了冲动创新的过量动力问题。当新旧技术可选且最优解是旧技术时,新旧技术兼容削减了网络效应差,相比技术标准化水平为0时,面积D部分代表新旧技术可选、最优解为新技术区域,降低了技术过量动力的可能性。总之,引入技术标准化后,两用户同时选择新技术的过量动力问题得到抑制,经计算得到式(7):

$$S_{B+D} = \frac{1}{4}\varphi_A^2 \times \frac{\gamma^2 + 5\gamma}{1 + \gamma} \quad (7)$$

易得 $\frac{\partial S_{B+D}}{\partial \varphi_A} > 0$, $\frac{\partial S_{B+D}}{\partial \gamma} > 0$, 表明技术标准化水平越高,旧技术网络效应越高,对过量动力抑制水平越高,极端情况下,当 $\gamma=1$ 时, S_{B+D} 有最大值 $\frac{3}{4}\varphi_A^2$ 。

命题2:在信息完全条件下,当新旧技术可选且旧技术最优时,旧技术网络效应与技术标准化水平共同抑制了数字产业创新中的过量动力现象,旧技术网络效应和技术标准化水平越高,数字产业创新中的过量动力抑制效应越强。

表3 技术标准化前后用户技术选择比较

区域	均衡选择	最优选择	创新表述	均衡区域	比较结果
I I ₁	(A, A)	(A, A)	旧技术是两用户唯一均衡解且是最优解	A A+B	$S_I < S_{I_1}$
II II ₁	(A, A)、 (B, B)	(A, A)	新旧技术都是均衡解,且选择旧技术帕累托占优,产业创新存在过量动力现象	B+C+D C	$S_{II} > S_{II_1}$
III III ₁	(A, A)、 (B, B)	(B, B)	新旧技术都是均衡解,且选择新技术帕累托占优,产业创新存在过量惰性现象	E+F D+E	$S_{III} > S_{III_1}$
IV IV ₁	(B, B)	(B, B)	新技术是两用户唯一均衡解且是最优解	G F+G	$S_{IV} < S_{IV_1}$

接下来我们考察新旧技术是均衡解且最优解是新技术情况。当存在过量惰性现象时,由于担心其他用户不会跟进,用户共同采用了旧技术。技术标准化水平为0时,过量惰性问题区域面积为E+F,不为0时,过量惰性问题区域面积为D+E,可验证 $S_F - S_D > 0$ 。技术标准化有助于抑制数字产业组织创新存在的过量惰性问题,技术标准化水平提升削减了网络效应差,使面积D部分进入了新旧技术都可选、最优解为新技术的区域Ⅲ,同时降低了采纳新技术的约束条件,促进了主导技术扩散,推动面积F进入新技术为唯一解的区域Ⅳ。技术标准化对于过量惰性的抑制源于推动新技术成为主导技术的升级效应大于促使新技术成为最优选择的吸纳效应,这是由于在新旧技术更替过程中,技术网络效应递增导致,可得式(8):

$$S_{F-D} = \varphi_A^2 \times \frac{\gamma}{(1+\gamma)} \quad (8)$$

$$\text{易得 } \frac{\partial S_{F-D}}{\partial \varphi_A} = \frac{2\gamma}{1+\gamma} \times \varphi_A > 0, \quad \frac{\partial S_{F-D}}{\partial \gamma} = \varphi_A^2 / (1+\gamma)^2 >$$

0,表明旧技术网络效应和技术标准化水平越高,对过量惰性抑制效果越好,当 $\gamma=1$ 时,即完全技术标准化条件下, $S_F - S_D$ 有最大值 $\frac{1}{2}\varphi_A^2$ 。

命题3:在信息完全条件下,当新旧技术可选且新技术最优时,旧技术网络效应和技术标准化水平共同抑制了数字产业创新中的过量惰性问题,旧技术网络效应和技术标准化水平越高,数字产业创新中的过量惰性抑制效应越强。

(三)不完全信息模型

当 $\theta_i \neq 1$ 时,用户不完全知道其他用户的技术偏好,无法充分估算网络效应价值。借鉴贝拉弗雷姆和佩泽(2015)的研究思路,本文讨论两个用户、两种技术、两个时期贯序行动博弈模型。用户技术选择效用由独立技术效应和网络效应构成,根据效用函数模型:

$$\mu_A = \alpha_A \theta_i \varphi_A (n_A + \gamma n_B)$$

$$\mu_B = \alpha_B \theta_i \varphi_B (n_B + \gamma n_A)$$

其中, α_A 和 α_B 代表采用两种技术 T_A 和 T_B 的独立收益, $\alpha_A, \alpha_B > 0$ 。 $\theta_i (i=1, 2)$ 代表了用户对网络效用的估值,反映用户信息完全程度, $\theta_i \in (0, 1)$, φ_A 和 φ_B 代表使用技术 T_A 和 T_B 的网络效应系数, $\varphi_A, \varphi_B > 0$ 。 n_A 和 n_B 代表了技术 T_A 和 T_B 的用户基础, $\gamma \in [0, 1]$ 指技术间兼容水平,代表技术标准化水平。

1. 技术标准化水平为0的分析

$$\mu_A(n_A; \theta_i) = \alpha_A + \theta_i \varphi_A n_A \quad (9)$$

$$\mu_B(n_B; \theta_i) = \alpha_B + \theta_i \varphi_B n_B \quad (10)$$

T_B 是数字化水平更高的技术, T_B 对应网络效应系数(φ_B),大于 T_A 对应的网络效应系数(φ_A)。两期博弈下,用户有两次转化为新技术的机会,且不允许转化回旧技术。博弈初期, T_A 代表旧技术,其独立技术效应(α_A)大于新技术产生的独立技术效应(α_B),令 $\varphi_B = 4$, $\varphi_A = 1$, $\alpha_A = 2$, $\alpha_B = 1$,当两用户采用不同技术时,令 $n_A = n_B = 1$,当两用户同时采用新技术或旧技术时,令 $n_A = n_B = 2$,则用户效用函数可以表述如下:

$$\begin{cases} \mu_A(1; \theta_i) = 2 + \theta_i, & \text{只有x采用旧技术} \\ \mu_A(2; \theta_i) = 2 + 2\theta_i, & \text{x和y都采用旧技术} \\ \mu_B(1; \theta_i) = 1 + 4\theta_i, & \text{只有x采用新技术} \\ \mu_B(2; \theta_i) = 1 + 8\theta_i, & \text{x和y都采用新技术} \end{cases} \quad (11)$$

借鉴贝拉弗雷姆和佩泽(2015)对网络商品市场不完全信息模型的思路,本文定义一种用户从众策略, θ_i 有临界值 κ 和 μ , $0 < \kappa < \mu < 1$,当 $1 \geq \theta_i > \mu$ 时,用户在第1期转换为新技术,记为 P_1 ;当 $\kappa < \theta_i \leq \mu$ 时,用户在第1期采用旧技术,当且仅当对方在第1期采用新技术时在第2期采用新技术,记为 P_2 ;当 $0 \leq \theta_i \leq \kappa$ 时,用户两期都不转换为新技术,记为 P_3 。据此,可得博弈结果如表4所示,两期博弈结果括号内左边为用户x的技术选择,右边为用户y的技术选择,A代表旧技术,B代表新技术。

由表4可知, $\mu < \theta_i \leq 1(P_1)$ 代表采用新技术是用

表4

两用户技术选择从众博弈结果

用户x \ 用户y	$0 \leq \theta_i \leq \kappa$	$\kappa < \theta_i \leq \mu$	$\mu < \theta_i \leq 1$
$0 \leq \theta_i \leq \kappa(P_3)$	(A, A)	(A, A)	(A, B)
$\kappa < \theta_i \leq \mu(P_2)$	(A, A)	(A, A)	(B, B)
$\mu < \theta_i \leq 1(P_1)$	(B, A)	(B, B)	(B, B)

户*i*唯一解(主导技术),无论另一用户作怎样选择,用户*i*均会选择新技术。 $0 \leq \theta_i \leq \kappa(P_3)$ 代表采用旧技术是用户唯一解(主导技术),无论另一用户作怎样选择,用户*i*均会选择旧技术。 $\kappa < \theta_i \leq \mu(P_2)$ 代表采用新旧技术都是可能的均衡解,用户*i*选择新旧技术取决于另一用户的选择。定义用户*i*在不同 θ_i 区间技术选择路径的期望效用为 $E_u(P_k, \theta_i)$, $k=1, 2, 3$; $\theta_i \in (0, 1)$, 根据博弈结果,使用均匀分布类型可得:

$$E_u(P_3, \theta_i) = \mu \times \mu_A(2; \theta_i) + (1 - \mu) \times \mu_A(1; \theta_i) \quad (12)$$

$$E_u(P_2, \theta_i) = \mu \times \mu_A(2; \theta_i) + (1 - \mu) \times \mu_B(2; \theta_i) \quad (13)$$

$$E_u(P_1, \theta_i) = \kappa \times \mu_B(1; \theta_i) + (1 - \kappa) \times \mu_B(2; \theta_i) \quad (14)$$

为确定临界值 κ 和 μ ,当 $\theta_i = \kappa$ 时,必有 $E_u(P_3, \kappa) = E_u(P_2, \kappa)$,联立式(11)、式(12)、式(13),可得 $\kappa_1 = \frac{1}{7}$ 。类似地,当 $\theta_i = \mu$ 时,有 $E_u(P_2, \mu) = E_u(P_1, \mu)$,可得 $\mu_1 > \kappa_1$ 。

2. 技术标准化水平不为0的分析

有 $1 \geq \gamma > 0$, $\theta_i \in (0, 1)$,表示用户估算网络效应水平, n_A 和 n_B 代表了技术 T_A 和 T_B 的用户基础, α_A 和 α_B 分别代表采用技术 T_A 和 T_B 的独立收益, $\alpha_A, \alpha_B > 0$, φ_A 和 φ_B 代表使用技术 T_A 和 T_B 的网络效应系数, $\varphi_A, \varphi_B > 0$ 。根据效用函数模型:

$$\mu_A = \alpha_A \theta_i \varphi_A (n_A + \gamma n_B)$$

$$\mu_B = \alpha_B \theta_i \varphi_B (n_B + \gamma n_A)$$

用户有两期博弈,有两次机会决定是否采用新技术且不允许换回旧技术,用户采用从众战略,数字技术条件下,有 $\varphi_B > \varphi_A > 0$, $\alpha_A > \alpha_B > 0$,同前,当两用户采用不同技术时,令 $n_A = n_B = 1$,当两用户采用相同

技术时,令 $n_A = n_B = 2$,取 $\varphi_B = 4$, $\varphi_A = 1$, $\alpha_A = 2$, $\alpha_B = 1$,用户效用函数可表述如下:

$$\begin{cases} \mu_{A1}(1; \theta_i) = 2 + \theta_i(1 + \gamma), & \text{只有 } x \text{ 采用旧技术} \\ \mu_{A1}(2; \theta_i) = 2 + 2\theta_i, & x \text{ 和 } y \text{ 都采用旧技术} \\ \mu_{B1}(1; \theta_i) = 1 + 4\theta_i(1 + \gamma), & \text{只有 } x \text{ 采用新技术} \\ \mu_{B1}(2; \theta_i) = 1 + 8\theta_i, & x \text{ 和 } y \text{ 都采用新技术} \end{cases} \quad (15)$$

两用户技术选择从众博弈情况同表4一致,用户*i*在不同 θ_i 区间期望效用函数如式(12)、式(13)、式(14)所示。为了确定临界值 κ 和 μ ,当 $\theta_i = \kappa$ 时,必有 $E_u(P_3, \kappa) = E_u(P_2, \kappa)$,当 $\theta_i = \mu$ 时,有 $E_u(P_2, \mu) = E_u(P_1, \mu)$,计算可得:

$$\kappa_2 = \frac{1}{7 - \gamma}, \mu_2 = \frac{11 - 5\gamma}{42 - 6\gamma} > \kappa_2。$$

3. 技术标准化推进数字产业组织技术创新分析

据式(11)和式(15),用户采用新技术条件恒为:

$$\mu_B(2; \theta_i) > \mu_A(2; \theta_i), \mu_{B1}(2; \theta_i) > \mu_{A1}(2; \theta_i), \text{ 可得 } \theta_i^* > \frac{1}{6},$$

即是否采用新技术取决于企业对技术网络效应的估算水平。引入技术标准化对于企业单边“破局”采用新技术起到激励作用,技术标准化水平为0时,企业单边采用新技术条件是 $\mu_B(1; \theta_i) > \mu_A(2; \theta_i)$,可得 $\theta_i^* > \frac{1}{2}$;引入技术标准化,企业单边采用新技术条件为 $\mu_{B1}(1; \theta_i) > \mu_{A1}(2; \theta_i)$,可得 $\theta_i^{**} > \frac{1}{2 + 4\gamma}$, $1 \geq \gamma > 0$,有 $\theta_i^{**} < \theta_i^*$,引入技术标准化后,企业单边采用新技术的网络效应临界值降低。

本文进一步分析非完全信息下引入技术标准前后的博弈均衡,如图4所示。实线 P_1 、 P_2 、 P_3 分别代表技术标准化水平为0时的用户选择策略,虚线 PS_1 、

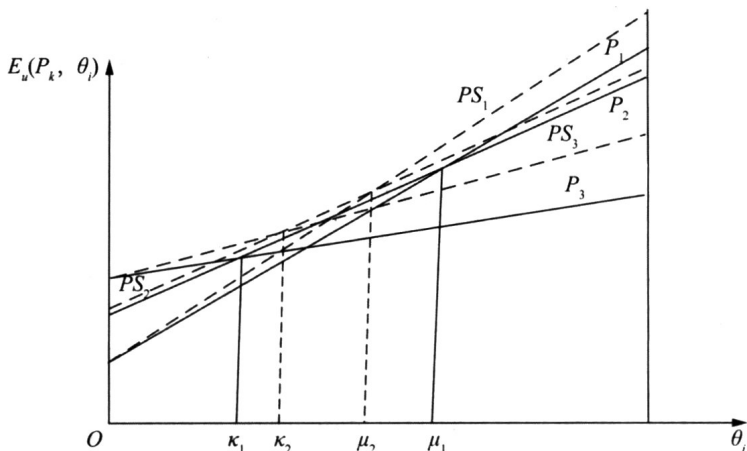


图4 非完全信息下引入技术标准前后的博弈均衡

PS_2 、 PS_3 分别代表引入技术标准化后的用户选择策略。 P_1 和 PS_1 代表用户在第1期转换为新技术; P_2 和 PS_2 代表用户在第1期不转换,当且仅当对方在第1期转化为新技术时在第2期转化; P_3 和 PS_3 代表用户两期都不转换为新技术。横坐标 θ_i 表示用户估算网络效应水平,纵坐标 $E_u(P_k, \theta_i)$ 代表技术选择路径的期望效用。曲线位置分别由式(12)、式(13)和式(14)确定。 k_1 、 μ_1 是无技术标准下的值, k_2 、 μ_2 是引进技术标准下的值。已知 $\mu_1 > k_1$,且 $\mu_2 > k_2$;又知 $k_1 = \frac{1}{7}$, $k_2 = \frac{1}{7-\gamma}$;已知 $1 \geq \gamma > 0$,则 $k_2 > k_1$ 。已得 $\mu_1 = \frac{11}{42}$, $\mu_2 = \frac{11-5\gamma}{42-6\gamma}$,则恒有 $\mu_2 < \mu_1$ 。接下来我们分别讨论 θ_i 处于不同区间时引入技术标准化对用户技术创新策略的影响。

在旧技术占主导地位(唯一解)的情况下, $0 \leq \theta_i \leq \kappa_1$, $E_u(P_3, \theta_i)$ 有最大值(见图4),用户在引入技术标准前后会采用 P_3 和 PS_3 路径,两期都采用旧技术,考察引入技术标准前后的 κ_i 值发现:第一, $k_2 = \frac{1}{7-\gamma} > k_1$,技术标准引入提高了由新旧技术兼容带来的网络效应收益预期,即 $\theta_i \varphi_A \gamma n_B$ 部分收益推高了单个用户选择新技术的门槛,与完全信息条件下情况类似。第二,易得 k 是 γ 的单调递增函数,随着技术标准化水平的提高, k 值单调递增,旧技术网络效应收益部分随之递增,最终提高了用户采用新技术的门槛。第三,当 $\gamma=1$,即完全技术标准化情况下, $k_2^{\max} = 1/6$,用户采用新技术门槛达到最高值。

当新技术占主导地位时,即 $1 \geq \theta_i > \mu_i$ 时, $E_u(P_1, \theta_i)$ 有最大值(见图4),用户在引入技术标准化前后会采用 P_1 和 PS_1 路径,即第1期采用新技术。考察引入技术标准化前后的 μ_i 值发现:第一, $\mu_1 = \frac{11}{42}$, $\mu_2 = \frac{11-5\gamma}{42-6\gamma}$,恒有 $\mu_2 < \mu_1$,技术标准引入降低了用户在第1期接受新技术的网络效应临界值条件,换言之,用户能在更低网络效应估算水平 θ_i 展开技术创新,这是由于技术标准化水平上升提高了与旧技术兼容带来的网络收益预期,即式(2)中 $\theta_i \varphi_B \gamma n_A$ 部分。第二,易得 k 是 γ 的单调递减函数,随着技术标准化水平的提高,用户在第1期选择技术创新的网络效应

估值条件不断降低。第三,当 $\gamma=1$ 时,即完全技术标准化情况下, $\mu_2^{\min} = \frac{1}{6}$,用户在第1期选择技术创新的网络效应估值条件达到最低点。

命题4:在非完全信息条件下,技术标准化引入对单个用户创新会产生双重效应,新技术开始占主导地位(唯一解)情况下,技术标准化引入带来了与旧技术兼容的额外网络效应收益预期,技术标准化水平越高,用户选择新技术的网络效应临界点估值越低,从而放宽了用户选择新技术的约束条件,加速了新技术扩散。在旧技术占主导(唯一解)的情况下,技术标准化引入增加了与新技术兼容的网络效应收益预期,技术标准化水平越高,旧技术网络效应收益预期越高,单个用户选择新技术的门槛越高。

在新旧技术都是均衡解情况下,当 $\kappa < \theta_i \leq \mu_i$ 时, $E_u(P_2, \theta_i)$ 有最大值(见图4),技术标准化引入前后会采用 P_2 和 PS_2 路径,即用户在第1期采用旧技术,当且仅当对方在第1期采用新技术时在第2期采用新技术。两次博弈下,过量动力和过量惰性问题是否存在?首先,两次博弈条件下,无论是否引入技术标准化,过量动力问题将不复存在。两用户采用新技术条件是网络效应估值超过高临界值 μ_i ,根据式(11)、式(15),两用户采用新技术条件恒为: $\mu_B(2; \theta_i) > \mu_A(2; \theta_i)$, $\mu_B(2; \theta_i) > \mu_A(2; \theta_i)$,可得 $\theta_i^* > \frac{1}{6}$,即采用新技术取决于企业对技术网络效应的估算超过临界值 μ_i 。除此之外,用户还有机会观察其他用户的选择来决定是否在第2期采用新技术,这样,用户就不用担心因其他用户跟进新技术而被留在旧技术上。表4中,两用户都选择新技术(B, B)的两种情况为: $\kappa < \theta_i \leq \mu_i$ 且 $\mu_i < \theta_i \leq 1$,或者 $\mu_i < \theta_i \leq 1$ 且 $\kappa < \theta_i \leq \mu_i$,用户在第2期博弈中选择了新技术。其次,两次博弈条件下,过量惰性问题没有消失。根据式(11),两用户采用新技术的条件为: $\mu_B(2; \theta_i) > \mu_A(2; \theta_i)$,可得 $\theta_i^* > \frac{1}{6}$,未引入技术标准的两阶段博弈中,用户选择新技术的临界值条件是 $\mu_i = \frac{11}{42} > \frac{1}{6}$,表明在 $\frac{1}{6} < \theta_i < \frac{11}{42}$ 区间内,存在技术创新的过量惰性问题。典型例子如表4中 $\kappa < \theta_i \leq \mu_i$ 且 $\kappa < \theta_i \leq \mu_i$ 时的博弈结果,两用户都“骑墙观望”,没有动力来破局创新,最终都选

择旧技术。

接下来我们讨论技术标准化是否抑制过量惰性的问题。从式(15)可得两用户都采用新技术的条件为： $\mu_{B1}(2; \theta_i) > \mu_{A1}(2; \theta_i)$ ，可得 $\theta_i^* > \frac{1}{6}$ ，引入技术标准化，用户选择新技术的临界值条件变为 $\mu_2 = \frac{11-5\gamma}{42-6\gamma}$ ，恒有 $\mu_2 < \mu_1$ ，因此，引入技术标准后过量惰性区间变窄，即 $\frac{1}{6} < \theta_i < \frac{11-5\gamma}{42-6\gamma}$ ，从图4可得到直观观察，换言之，技术标准化抑制了数字产业创新中的过量惰性问题。根据 $\mu_2 = \frac{11-5\gamma}{42-6\gamma}$ ，且 $1 \geq \gamma > 0$ ，可得 k 是 γ 的单调递减函数，随着技术标准化水平的不断提高， μ_2 值单调递减，两用户对技术创新过量惰性程度或“骑墙观望”空间持续变窄。在极端情况下，当 $\gamma=1$ 时，即完全技术标准化情况下， $\mu_2^{\min} = k_2^{\max} = \theta_i^* = \frac{1}{6}$ ， PS_1 、 PS_2 、 PS_3 三线相交于 $\theta_i^* = \frac{1}{6}$ ，过量惰性不复存在。

命题5：在非完全信息和两阶段博弈条件下，当新旧技术可选且主导技术形成前（新旧技术都为均衡解），用户有机会通过观察其他人的选择来决定是否采用新技术，因此技术创新中过量动力问题不复存在。两阶段博弈并不能消除技术创新中的过量惰性问题。技术标准化抑制了过量惰性问题，随着技术标准化水平提高，过量惰性问题抑制效应增大，完全技术标准化条件下，数字产业技术创新中的过量惰性被完全抑制。

三、企业案例与技术标准化作用机制讨论

企业是数字产业创新主体，本文采用嵌入式案例研究方法，将数字产业创新中技术标准作用机制作为一个整体案例，将不同命题相关案例嵌套在整体案例中。案例选择标准包括：第一，案例企业背景产业必须是数字产业；第二，案例能够说明对应命题；第三，应包括成功例子和失败例子。

（一）金山办公软件WPS“重生”案例

数字技术产品收益包括两个部分，一是独立技术收益，即消费者从耐用性、可靠性、产品特性收获的价值，独立于网络规模；二是网络收益，即消费者通过兼容性与他人交流能力、互补产品选择以及通

过重复使用和学习获得的效率（Schilling, 1998）。数字技术使用者重视兼容性，因为兼容其他技术的大网络比小网络能够提供更多的网络收益。在一种新技术占主导地位的情况下，主动选择与之兼容以缩小网络效应差距是成功实施技术创新的可行路径，金山办公软件WPS的“重生”提供了典型案例。

办公软件是典型数字网络商品，消费者使用办公软件的收益包括：一是独立技术收益，如某款办公软件占用空间小，运行速度快等；二是网络外部收益，更多人使用时它对用户更有价值。1994年，金山操作系统WPS 1.0已经占领了全国90%的中文软件办公市场；1995年，随着个人电脑在国内销量快速增长，微软操作系统自带的Office办公软件迅速成为主导软件；至2000年，微软占领了国内中文办公软件99%的市场，金山WPS市场占有率下降到不足1%。相比微软Office，WPS的低用户安装基础使得其网络收益与竞争对手差距巨大。金山办公时任CEO雷军在2002年做出了重大策略调整，重写WPS已有的500万行代码，实现与微软Office的深度兼容。2005年WPS 2005实现了对微软Office深度兼容，3个月后WPS个人版下载量突破3800万，2006年WPS占国内办公软件市场份额超20%（程璐等，2021）。金山办公WPS“重生”案例中，Office办公软件已成为主导软件，金山办公放弃了14年技术积累，重写代码实施重大创新，目的是实现与市场主导的微软Office深度兼容（即 γ 值由0趋向1），收获 $\phi_A \gamma n_B$ 部分的外部效应，缩小了与微软Office的网络效应差距，用户选择WPS的约束条件放宽，WPS不断投入创新，凭借其占用空间小、运行功能全等独立技术效应逐渐赢回市场。金山办公之后推出了WPS Office英文版、WPS 2013、WPS 6.0 for Android、WPS Office 维哈柯文版等新版本，2021年WPS在Windows客户端覆盖率达62%（杨洁，2021）。金山办公软件WPS“重生”案例部分验证了命题1，当一种新技术占据市场主导地位后，可以通过提升技术兼容性来削减新旧技术间的网络效应差，从而放宽用户选择新技术的约束条件，加速新技术扩散。

（二）GE Predix 工业互联网平台案例

企业被新技术独立收益前景所吸引，往往会低

估使用数字技术产生网络外部性发挥作用需要的条件,采用新技术后,“搁浅”或“孤立”的外部性使得企业创新投资过于急切,产生了过量动力现象。美国通用电气公司(GE)Predix平台提供了一个典型例子。GE于2012年首次提出工业互联网概念,推出数字化工业平台Predix,将各类工业数据按照统一标准进行规范化梳理,提供随时调取和分析的能力。Predix平台发展基础来自将数字技术与GE航空、能源、医疗和交通等结合多产业制造的优势,在数字场景应用架构和设计上处于领先地位,独立技术收益优势明显。推出Predix平台前,GE已经实现了企业内部数字化,拥有和供应商、下游用户间强技术网络基础(φ_A),成功关键在于Predix平台能否迅速提升跨产业的技术标准化水平(提升 γ 值)。GE为此做出了巨大努力,包括将软件和IT职能部门合并成立新业务部门GE Digital,以加速组织数字化转型;与微软Azure云平台合作成立了工业互联网联盟(IIC);与苹果公司合作,将业务从个人电脑和人机交互界面向移动终端扩展等,试图推动与主要制造业公司平台共享机制(范灵,2018)。

然而,巨大投入并未带来预期回报,GE业绩在2017年出现大幅下降,股价暴跌40%以上,CEO杰夫·伊梅尔特(Jeffrey Immelt)辞职。2018年,新任CEO约翰·弗兰纳里(John Flannery)售卖Predix平台,并将GE工业互联网转型限制在企业主要业务范围之内。GE Predix平台失败是由于企业在数字产业创新中投资过于急切,网络外部性“搁浅”而产生过量动力的典型例子,失败的直接原因在于难以提升跨产业技术标准化水平:第一,由于GE Predix工业互联网涉及的制造业行业分类和专有技术过于复杂,难以实现统一技术标准;第二,缺乏主要跨国制造业企业共享。GE与世界主要制造商如ABB、西门子、施耐德等大公司构成直接竞争关系,西门子等跨国公司难以相信GE Predix平台的中立性,更倾向于自建数字平台,比如西门子在2016年推出基于云的开放式物联网操作系统MindSphere。GE Predix平台试图把产品概念、设计、工程、制造、供应链、分销和服务通过云技术和工业物联网结合在一起,对已有分散生产方式进行改进;而其面临的困难是提升与其

他用户技术兼容水平变得不易和昂贵,数据搜集和分享不足导致低标准化水平,网络外部效应难以发挥,使得平台已有创新投入显得过于急迫,即产生了过量动力现象。由此,GE Predix平台案例与命题2相一致,低技术标准化水平会产生数字产业创新中过量动力现象。

(三)诺基亚Symbian操作系统失败案例

数字产业技术网络由使用相兼容技术的用户共同构成。使用某项技术获取的效用既取决于技术品质,也取决于使用兼容技术的其他用户规模大小。然而在位企业可能不情愿进行技术创新或者转换,从而产生过量惰性现象,因为即使用户共同创新可能提升整体效用,每个用户也希望对方先切换而缺乏率先破局的动机,技术创新可能具有迟滞。诺基亚Symbian操作系统的失败就是一个典型案例。

21世纪初,诺基亚Symbian系统是世界上较高效、较省电的移动操作系统之一。随着苹果公司推出革命性的iPhone智能手机,手机消费市场从“功能机”转向“智能机”,Symbian系统标准化水平低下、应用程序缺乏、生态系统碎片化、用户友好性差等问题被放大。Lamberg等(2021)指出软件平台模块化对智能手机竞争至关重要,模块化使得谷歌公司提供的Android操作系统后来居上,吸引了越来越多的生产者、运营商、软件提供商和用户,产生了巨大间接网络效应。模块化的基础是技术标准化即软硬件间相互兼容。Lamberf等(2021)指出,Symbian操作系统核心架构不是模块化的,每个软件版本和硬件支持的性能紧密结合,并产生了几十种不同版本,版本间并不兼容。两类操作系统本质区别在于:Symbian生态系统由硬件制造商和运营商主导驱动,特定软件仅与特定设备兼容。而Android系统则由应用程序和服务开发商主导。Android是一个开放源代码的移动系统,实现了操作系统、中间件、用户使用界面深度兼容,便于手机厂商、移动运营商、软件开发商和用户的自由定制与创新。这种区别决定了在Symbian OS上开发应用程序要比在iOS或Android上困难得多,因为开发者必须与已有硬件版本兼容,而开发者(尤其是专业软件开发商和软件热爱者)很难确定未来新硬件版本在多大程度上与已有软件兼容,由此

加重了观望心态,产生了过量惰性问题。Android系统的高度标准化则大大抑制了类似问题,因为应用程序开发者不必担心类似问题而观望。

大量分析指出Symbian系统失败是企业技术发展中的领导力僵化、路径依赖等问题造成的(Giachetti和Marchi, 2017),近期研究指出诺基亚管理层对产品差异化的信仰导致了其操作系统的失败(Vecchiato, 2020)。某种意义上,管理层对产品差异化的信仰使得诺基亚硬软件间以及不同版本操作系统间的低标准化水平长期存在,创新者观望心态浓厚,严重打击了企业扩大网络协作的努力。2012年3月,诺基亚应用程序和内容商店提供超过10万个应用程序,每天吸引超过1300万次的下载,但同时iOS应用商店和Google Play商店提供数百万个应用程序,每天吸引数十亿次下载(Lamberg等, 2021),技术标准化水平低影响了诺基亚建立一个有吸引力的商业生态系统。而高度标准化的Android或iOS系统,能够抑制过量惰性问题,吸引越来越多创新参与者,网络效应不断扩大,形成了日益丰富的创新生态环境。案例与命题3和命题5表述趋同,技术标准化水平提升抑制了数字产业创新中的过量惰性问题。

(四) NEC-DOS与DOS/VC个人操作系统竞争案例

数字产业技术创新门槛取决于技术进步预期的独立收益和网络收益间权衡。网络收益取决于用户基础和技术标准化水平。NEC-DOS与DOS/VC个人操作系统在日本市场的竞争给出了一个典型事例。1992年NEC公司生产的PC-98系列个人电脑占全日本PC市场的六成,操作系统为NEC-DOS,不能与主要竞争对手IBM的DOS/V系统兼容,1992年IBM公司个人电脑仅占日本市场的8%。为改变不利局面,IBM公司及技术同盟苹果公司、佳能公司和日立公司在1991年开发出日英双语操作系统DOS/V,该系统与IBM公司个人电脑广泛使用的Windows操作系统兼容,而后者也于1993年推出日文版Windows操作系统(弗朗斯曼, 2022)。NEC电脑提供了远远多于IBM电脑的日文软件,从而提供了更高的独立技术收益,但是,由于IBM与Windows(日文)操作系统的兼容,NEC在软件技术方面的领先并不足以抵消IBM公司与Windows操作系统兼容而获得的额外网

络收益。NEC发现,通过提供更多日文软件保持领先地位的门槛大大提高了,原有技术创新水平不能持续维持产业领域内的竞争地位。三年内IBM电脑的DOS/V系统在日本PC市场占有率从1992年的8%上升到20%,同期NEC-DOS的市场占有率下降了7%(弗朗斯曼, 2022)。消费者转向IBM公司是因为IBM标准化水平提高降低了用户转换成本,用户不用担心使用IBM电脑后可能存在的“锁定效应”,此外兼容带来基础用户扩大,实现了网络收益。案例表明,产业内技术标准化水平提升推高了产业技术创新门槛,由此验证了命题1和命题4的部分内容。

我们进一步讨论标准化水平推动行业技术创新条件。当用户知道其他用户技术偏好并能够充分估算网络效应时($\theta_i=1$),根据式(3)、式(4)可得新技术采用的门槛条件为式(16):

$$(\alpha_B - \alpha_A) > (\varphi_A n_A - \varphi_B n_B) + \gamma(\varphi_A n_B - \varphi_B n_A) \quad (16)$$

当两种技术彼此独立时($\gamma=0$),独立技术收益($\alpha_B - \alpha_A$)至少需要能够补偿因采纳新技术而带来的网络收益损失($\varphi_A n_A - \varphi_B n_B$)。标准化水平提升(γ 上升)带来创新门槛提高的条件是 $\varphi_A n_B > \varphi_B n_A$,即 $n_B/n_A > \varphi_B/\varphi_A$,表示新旧技术用户基础之比大于新旧技术网络效应之比。拓展命题1,在信息完全条件下,当新旧技术用户基础之比大于新旧技术网络效应之比时,技术标准化水平越高,数字产业技术创新门槛越高。当信息不完全($1 > \theta_i > 0$)时,采纳新技术带来的网络收益 $\theta_i(\varphi_B n_B - \varphi_A n_A)$ 至少能够补偿独立技术收益损失($\alpha_B - \alpha_A$)。标准化水平上升带来创新门槛提高的条件是 $n_B/n_A < \varphi_B/\varphi_A$ 且 θ_i 不变或递增,由此拓展命题4。在非完全信息条件下,当新旧技术用户基础之比小于新旧技术网络效应之比时,引入技术标准化提升了用户网络效应估计水平,从而提高了数字产业创新门槛。

(五) 北方电信和NEC公司进入数字交换机市场案例

考察公式(2)等号右边第二项,假定存在一个企业单边采用新技术的网络收益临界值 φ^* ,引入技术标准化(γ)产生了额外网络收益 $\theta_i \varphi_B \gamma n_A$,在网络收益临界值 φ^* 不变情况下,企业愿意采用新技术的网络

效应临界点估值 θ^* 降低,其他条件不变,技术标准化水平越高,额外网络收益 $\theta\varphi_B\gamma n_A$ 越大,企业愿意采用新技术的网络效应临界点估值 θ^* 越低。加拿大北方电信公司(以下简称“北方电信”)和NEC公司进入数字交换机市场提供了示例。^①

北方电信和NEC公司案例中,两种技术均可选,未来走势并不完全清晰(非完全信息),数字技术独立收益在当时小于旧技术($\alpha_A > \alpha_B$),且不同企业对新技术网络效应估计(θ_i)不同,数字技术用户基础很小,但是主要厂商认为大规模集成电路时代到来将极大促进数字交换机的网络效应提升($\varphi_B > \varphi_A$),符合我们对数字产业非完全信息展开分析的假定。北方电信DMS10和NEC公司NEAX-61数字交换机的技术方向是兼容于现有模拟线路(引入 γ),用于联通传统线路和数字交换机的BORSCHT电路成本大幅下降,意味着新产品以低成本分享传统技术市场并产生额外网络收益 $\theta\varphi_B\gamma n_A$,从而提升了北方电信和NEC公司对新技术市场的乐观估计,加速了将数字交换机推向市场。随着技术标准化的引入,原来网络效应估值(θ_i)下不愿意(NEC)或者不确定(北方电信)将新技术产品商业化的企业采用了新技术。案例证实了命题4的部分内容,即在非完全信息条件下,数字企业对技术网络效应的估算水平影响了新技术采用决

策。技术标准化提升带来了与旧技术兼容的额外网络收益预期,用户选择新技术的网络效应临界点估值降低,从而放宽了用户选择新技术的约束条件,加速了新技术扩散。

(六)数字产业创新中的技术标准化作用机制

从需求侧看,数字产业创新收益分为用户独立技术收益(如图5纵轴所示)和网络效应收益(如图5横轴所示),过分偏向于任何一种收益的创新行为都难以持久,例如GE Predix的失败在某种程度上就源于低网络效应收益,而金山办公的成功与注意平衡两种收益关系有关。不妨将企业在两种收益间平衡看作围绕曲线OA振荡上行的过程,假定该产业产品有最大技术收益 $T_{\max}$ 和最大网络效应收益 $N_{\max}$,则必有愿意采用新技术的网络效应临界点估值 θ^* ,如OB和OC所示。

技术标准化在推动企业进入四边形OCAB所示的创新区域中扮演了多重角色:金山WPS“重生”案例展示了技术兼容性提升是产生网络效应收益的路径,如命题1所示。Predix工业互联网平台失败源于GE公司未获得足够参与者来产生强网络效应,从而产生了产业创新的过量动力现象。Symbian系统的失败源于硬件驱动的软件创新模式,软硬件间技术标准化水平低,由此带来技术创新过量惰性现象。

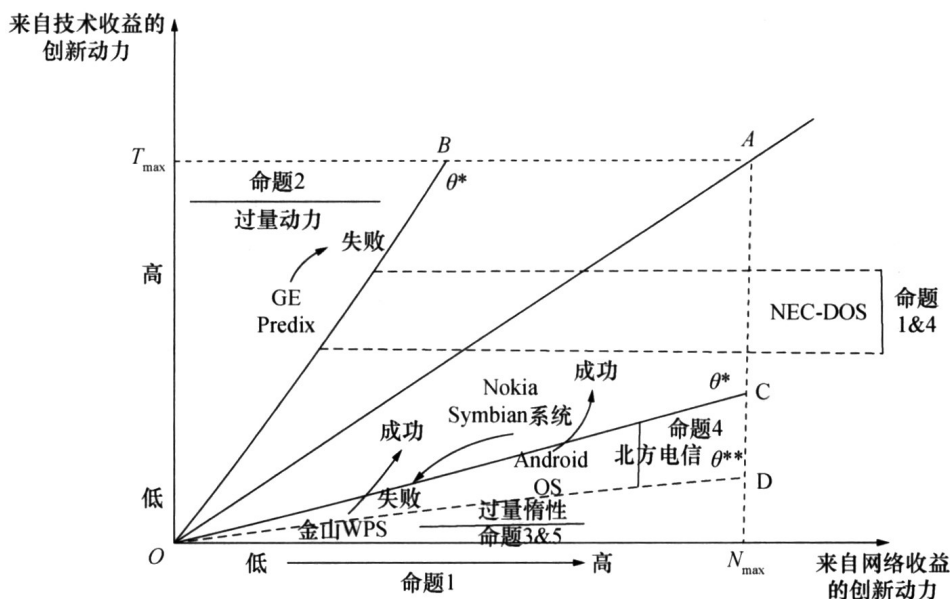


图5 数字产业创新中的技术标准作用

技术标准化引入降低了企业愿意采用新技术的网络效应临界点估值,从而激发了企业创新动力,北方电信 DMS-10 和 NEC 公司 NEAX-61 数字交换机案例展示了这一点。最后,随着技术标准化水平提高,数字产业技术创新门槛也随之升高,如命题 1 和命题 4 所示,更高技术创新门槛可能激发颠覆式创新。

四、数字产业条件下技术标准化的作用路径

数理建模和案例分析从需求侧出发,依据数字产业“用户价值”实现思路,围绕创新主体—企业,分析了技术标准化推动产业技术创新的机制。企业创新不是产业创新的全部,本文还借鉴马雷尔巴(Malerba, 2002)产业创新系统分析框架,从知识性质、创新网络与市场特征、制度三个方面进一步讨论数字产业条件下技术标准化的作用路径,如图 6 所示。

(一)数字知识属性与技术标准化

数字经济下知识属性发生了巨大变化。第一,

知识累积速度和范围发生剧变,颠覆性技术大量涌现。创新能力是知识积累的结果,而知识积累特征关系到行业创新水平。支撑底层数字技术知识积累的共同关键物理基础是集成电路芯片,随着集成电路芯片加速发展并赋能智能制造、电子商务、智慧物流等关键行业,知识累积呈现三大特征:一是知识加速度累积发展;二是产业知识累积范围扩大,产业“跨界现象”屡见不鲜;三是人工智能、量子信息等颠覆性技术大量涌现,通常会打破旧有范式设计概念,可能与主流产品不兼容。第二,知识创造和价值实现方式发生变化。信息和数据的边际收益递增来自知识重复使用和网络效应。知识重复利用是指数据、软件、设计等能以较低的成本无限再利用,从而产生巨大规模经济。网络效应指随着更多用户连接到某个平台,额外单元价值会增加。第三,参考卡洛塔·佩雷斯(Carlota Perez)对技术革命浪潮的解释,当前中国数字技术—经济范式正处于由导入期向拓展

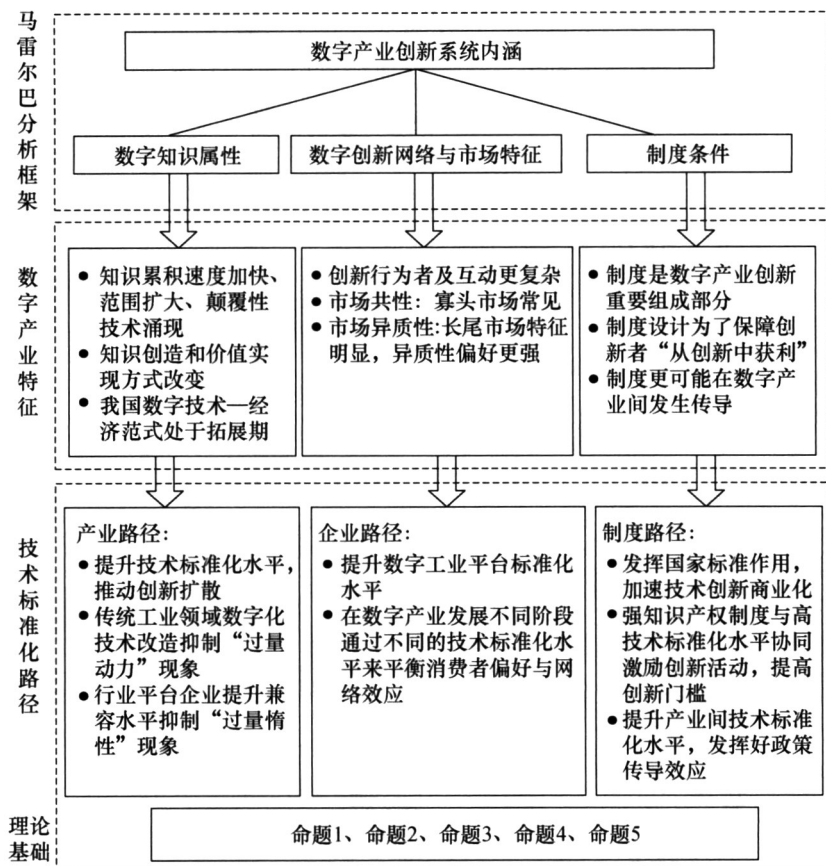


图6 数字产业特征与技术标准化作用路径

期转变的关键阶段,Fu(2022)指出中国制造业数字化技术水平指数从2001年的0.286上升到2014年的0.359,数字化技术对中国制造业升级的影响系数为0.129。数字技术赋能经济正从消费互联网向产业互联网和数字经济平台发展。

面向数字知识属性新特点,技术标准化推动数字产业创新路径有三条:第一,技术标准化推动数字产业创新扩散。随着知识累积速度和范围发生剧变,知识“跨界”现象持续涌现,数字技术知识创造方式和价值实现随之改变,规模经济、网络效应和创新价值实现依靠软硬件、平台、生产者、用户和创新者间的有效联结。若想实现产业内外大规模、通用化的普及互联网,就需要使不同工业体系、平台体系和技术部类之间具有可靠的链接特性,超高速率和几何级增长的连接密度是万物互联的基础保障(戚聿东和徐凯歌,2021),如命题1所述,在数字技术占主导地位情势下,提升技术标准化水平有利于突破产业间“信息孤岛”,破除生产端数字技术与实体经济“两张皮”现象,推动数字产业创新扩散。第二,在传统工业领域,通过技术改造提升专用技术数字化水平有利于对数字技术投入过量动力的抑制,如命题2所述。中国正处于佩雷斯所说的新技术导入期的投资“狂热”阶段,对数字技术相关产业密集投资产生了大量过热投资和失败投资。提升传统行业专业技术与数字化技术的兼容水平有利于抑制投资决策冲动,推动金融资本和产业资本向数字技术产业革命“展开期”协同阶段过渡。第三,面向颠覆性技术涌现,数字平台企业需要快速提升与互补性技术和产品的兼容水平,以维护产品间接网络效应的竞争优势。比如,Android OS与软件供应商高水平兼容有助于消减创新互补者对高转换成本和技术锁定的担心,抑制创新中的过量惰性,如命题3和命题5所示。此外,行业领先企业通过高水平技术兼容和庞大安装基础获取了网络效应收益,后期颠覆者需要依靠更高技术和产品效能来改变市场格局,如命题1所示。

(二)数字产业创新网络、市场特征与技术标准化

首先,从创新网络看,行为者及关系复杂性构成了数字产业创新的重要特征。与传统经济相比,数

字创新行为者更为复杂,涵盖了最终用户甚至跨界企业。数字技术被用来实现企业与业务合作伙伴、供应商、分销商和用户的连接,随着用户对生产过程的深度参与,数字技术下创新相关者交互关系愈加复杂(戚聿东和朱正浩,2022)。Malerba等(2007)指出边缘市场或者实验用户为数字产业新技术发展提供可能性;Adams等(2013)实证发现半导体产业中间用户创新规模在绝对值和相对值上比其他产业更高。平台是提供标准、接口和规则的软硬件组合,更复杂的创新行为者及关联使得工业数字平台不断涌现,使平台参与者能够进行交互。

其次,从市场特征看,第一,竞争企业间低技术标准化与互补企业间高技术标准化共存。数字市场往往以寡头或者寡头竞争形式出现,寡头企业为了维持已有市场地位不倾向于和竞争对手技术兼容、分享客户基础,例如iOS与Android OS之间不兼容。寡头企业通过不兼容专有标准形成高进入壁垒,标准拥有者在提供配套产品和服务方面比新进入者享有外部网络优势。同时,寡头企业倾向于打造高技术兼容性操作平台,以极大降低平台互补者进入壁垒,激发互补者创新活动。GE Predix未能形成跨产业的高技术兼容性平台,Symbian系统缺乏技术兼容平台,从而产生了创新过量惰性(如命题3所述)。第二,数字市场异质性特征更强。这是由于数字市场上消费者能够获取的商品信息愈加丰富,使得不同商品维度划分更为精细,消费者类型划分更加准确,从而商品个性化定位成为可能,并通过互联网和其他数字技术准确捕捉市场上的尾端需求,形成长尾市场,而长尾市场存在意味着多技术标准可能共存。异质性偏好强的市场不倾向于提升技术标准化水平,因为统一技术标准意味着必须牺牲一部分偏好,多类型偏好和偏好间更大差异使多个标准更有可能共存(Lopatka和Page,1995)。此外,强议价能力的客户不倾向于提升标准化水平,客户更乐意厂商为自身定制专有技术标准以最大化消费者剩余。例如,阿里巴巴公司在基础设施云化案例中,为小鹏汽车上云定制的标准是车载闪电立方+升读学习的高性能计算存储解决方案,为上海汽车乘用车定制的标准是仿真计算混合云。

最后,技术标准化推动数字产业创新的企业路径主要有两条:第一,以数字工业平台标准化推动数字产业创新。通过提升数字工业平台通信和网络协议以及数据格式等关键领域兼容水平,克服工业资产与数据异构性,充分发挥好数字工业平台“集成中间件”的角色,通过为第三方提供具有标准化接口和边界资源的稳定核心来提供数据和技术支持,架构工业资产数据和应用程序间的桥梁,为数字企业创新提供基础设施和引擎,加速数字技术创新扩散。第二,在数字市场环境发展的不同阶段,以不同标准化水平来平衡消费者偏好与网络效应,推动数字产业创新。根据 Adner 和 Levinthal(2001)的思路,市场环境形成初期,产业创新动力来自产品性能与成本比,企业可以提升兼容性水平吸引互补者进入,以降低交易成本、交易时间和产品成本。当市场环境走向繁荣,数字产业创新动力来自产品性能的提升,技术标准化水平进一步提升,平台创新生态逐步繁荣,互补产品和服务越来越丰富(如命题3所述),不同平台创新生态间展开竞争并逐步形成一个或几个主导技术标准。当市场环境走向衰退,数字产业创新动力来自成本不变情形下产品性能的提升,或者产品性能不变情况下的成本下降,企业推高技术标准化水平,趋向完全兼容水平,进一步降低交易成本和丰富互补性产品服务。同时,新技术开始涌现,新技术通过低兼容性水平下大幅度提升技术效能完成“代际技术变革”(如命题1所述),当新一代技术为消费者创造重要价值而又不与前几代技术产生不连续性(不兼容性)时,就会出现这种“进化力量”(Sheremata, 2004)。由此,技术标准化与市场环境变化紧密关联,推动了数字产业可持续性创新。

(三)制度条件与技术标准化

政府支持是创新系统建设的重要保障(李政和杨思莹,2018),制度是数字产业创新重要组成部分,在产业发展的不同阶段均能起到积极作用。例如,中国台湾地区对研发和出口的政策支持对其半导体产业创新至关重要,印度宽松的知识产权制度为其软件企业初期创新能力发展提供了机会。数字化技术在不同产业的广泛融合,能够产生巨大的技术和组织后果,产业界限被不断打破、模糊,比如智能手

机兼具通话、社交、个人电脑、影视、音乐和游戏等诸多功能。另外,数字产品的竞争力不仅来源于独立的产品和系统性能,还来自标准化水平。数字产业主要是“复合产品”产业,产品拥有大量专利要素,单一数字化企业难以提供所有技术和产品内容,高度标准化的平台运营成为数字产业发展的重要组织特征。制度设计目标是保障创新者“从创新中获利”的能力(Teece, 2007, 2018),包括企业拥有、容易获得或开发互补技术,生产、营销及商业化的能力,以及保护新产品或新工艺难以被复制的独占性机制,以激励产业持续创新。由于数字创新的“跨界”特征,制度可能在数字产业间发生传导效应,产业间技术标准化水平能够正向调节制度在产业间的传导效应。Malerba 等(2008)通过高度标准化的计算机和半导体行业共同演化的历史友好模式,考察了反垄断、公共采购、信息传播等公共政策对两个垂直相关行业在不确定技术和市场环境中共同演化的影响,表明了政策后果可能会从一个行业蔓延到另一个行业。

面对制度条件的新特点,技术标准化推动数字产业创新的制度路径主要有三条:第一,集聚政府部门、企业、科研机构与院校、行业与消费者组织等多个创新主体智慧,发挥国家标准作用,满足数字经济发展中基础通用、标准配套、行业引领的技术要求,降低不同产业间技术兼容成本及企业获取互补性资源的交易成本,提升关键数字资产的互补能力,加速技术商业化和扩散。第二,知识产权制度与高技术标准化水平协同提升企业创新能力。强知识产权制度有利于防止创新成果被快速复制,并能够放大网络效应造成的进入壁垒。然而,对于数字产业发展至关重要的通用技术和使能技术,由于价值实现途径有限、未来价值不确定、难以商业化等原因,难以通过强知识产权实现创新独占。知识产权制度与高技术标准化水平协同,有利于提升在位数字企业从创新中获益的能力,从而激励其持续创新,同时也能提高挑战者创新门槛,如命题1和命题4所述。第三,提升产业间标准化水平,发挥好政策传导效应。产业间标准化程度越高,政策传导过程中的损失越小。计算机和半导体行业的演化历史说明,针对特定行业的政策会通过产品市场、企业边界变化以及

知识和技术的相互依存关系,引发相关行业创新条件的重大变化,从而推动创新扩散。

五、结论与展望

数字产业创新逐渐成为中国经济高质量发展的核心动能,技术标准化在推进数字产业创新中发挥着基础性和引领性的作用。在国家提出了“实现标准供给由政府主导向政府与市场并重转变”的总体目标下,本文从需求侧入手,探索技术标准化推进数字产业创新的内在机制和作用路径,取得如下研究结论及启示。第一,技术标准化的重要路径之一是市场需求推动的技术间兼容性达成,本文通过数理建模分析了需求侧下技术标准化推进数字产业创新的机制,并形成了若干命题。在信息完全条件下,技术标准化对数字产业创新产生双重效应。在新技术占主导地位的前提下,技术标准化水平提升加速了新技术扩散,在旧技术占主导的前提下,技术标准化水平提升推高了用户选择新技术的门槛。当新旧技术可选时,技术标准化水平越高,数字产业创新中的过量动力和过量惰性抑制效应越强。在非完全信息和两阶段博弈条件下,技术标准化引入对单个用户创新会产生双重效应:在新技术占主导地位的情况下,技术标准化水平提升能够加速新技术扩散;在旧技术占主导的情况下,技术标准化水平越高,单个用户选择新技术的门槛越高。两阶段博弈并不能消除技术创新中的过量惰性抑制效应,随着技术标准化水平提高,过量惰性抑制效应增大。第二,案例分析表明,技术标准化在新旧技术主导情形下推动数字企业创新时扮演了多重角色。技术兼容性或互用性提升是产生网络效应收益的创新动力,高估数字平台的标准化能力可能产生产业创新过量动力的问题,低技术标准化水平可能加重创新者的“观望”心态;在新技术主导下,标准化水平提升降低了企业愿意采用新技术的网络效应临界点估值,推动了创新扩散,在旧技术主导下则抬升了用户采纳新技术的门槛。第三,本文分别从产业、企业和制度视角讨论了技术标准化推动数字产业创新的作用路径。首先,从产业路径看,在数字技术主导的情况下,需要提升产业技术标准化水平,加速创新扩散。在传统工业领域,需要通过技术改造提升专用技术数字化

水平,抑制可能出现的对数字技术投入的过量动力;行业数字平台企业需要快速提升与互补性技术和产品的兼容水平,抑制创新中过量惰性抑制问题,后期颠覆者需要依靠更高的技术和产品效能改变市场格局。其次,从企业路径看,需要以数字工业平台标准化水平提升为抓手,推动数字产业创新。面对数字市场特性,在数字市场环境发展的不同阶段需要以不同的技术标准化水平来平衡消费者偏好与网络效应,推动数字产业创新。最后,从制度路径看,需要集聚多个创新主体智慧,发挥国家标准作用,加速技术商业化和扩散,并通过知识产权制度与高技术标准化水平协同提升企业创新能力。

本文从需求侧视角探索了技术标准化推进数字产业创新机制,但若干问题有待进一步解决:第一,本文重点回答了技术标准化为什么能驱动数字产业创新的核心问题,但并未全面回应“如何能”的关切,未来研究还需要就“如何能”问题展开探索。第二,本文网络效应基于技术兼容性展开,然而,决定网络效应水平的因素除了技术兼容性,还有用户学习成本、使用习惯和用户间传染效应等多个方面,未来研究还需要综合上述因素展开探索。第三,本文从需求侧视角切入研究,未来还需要将用户需求与标准供给视角结合进行探索。第四,本文阐述了技术标准化对数字产业创新的促进效应,但是技术标准化也可能引发更强的创新垄断和技术锁定效应,对数字产业创新产生消极影响。另外,本文未对如何平衡技术标准化对数字产业创新的双重效应进行深入探讨,这是未来研究值得关注的重点问题。

作者感谢匿名审稿人和编辑部在本文写作过程中提出的宝贵意见,文责自负。

注释:

①因篇幅所限,本文省略了加拿大北方电信和NEC公司进入数字交换机市场的案例,感兴趣的读者可在《经济科学》官网论文页面“附录与扩展”栏目下载。

参考文献:

[1] 保罗·贝拉弗雷姆、马丁·佩泽:《产业组织:市场和策

略》[M],陈宏民、胥莉译,格致出版社,2015年,第475-531页。

[2]程璐、邓攀:《金山办公绝地求生》[J],《中国企业家》2021年第10期,第36-39页。

[3]范灵:《GE公司的数字化转型》[J],《航空动力》2018年第3期,第13-15页。

[4]卡尔·夏皮罗、哈尔·R.范里安:《信息规则:网络经济的策略指导》[M],孟昭莉、牛露晴译,中国人民大学出版社,2017年,第187页。

[5]李政、杨思莹:《创新活动中的政府支持悖论:理论分析与实证检验》[J],《经济科学》2018年第2期,第88-100页。

[6]马丁·弗朗斯曼:《赢在创新:日本计算机与通信业成长之路》[M],李纪珍、吴凡译,东方出版中心,2022年,第295-297页。

[7]戚聿东、徐凯歌:《后摩尔时代数字经济的创新方向》[J],《北京大学学报(哲学社会科学版)》2021年第6期,第138-146页。

[8]戚聿东、朱正浩:《Malerba产业创新系统理论述评及中国情境下的研究展望》[J],《当代经济科学》2022年第1期,第39-54页。

[9]习近平:《不断做强做优做大我国数字经济》[J],《求是》2022年第2期,第4-6页。

[10]杨洁:《金山办公CEO章庆元:赋能大型组织办公数字化转型》[N],《中国证券报》2021年12月28日A06版。

[11]张利飞:《技术标准联盟形成对产业经济效益的影响机制——基于闪联联盟与3C产业的实证研究》[J],《中国科技论坛》2018年第12期,第87-95页。

[12]Adams, P., Fontana, R., Malerba, F., 2013, "The Magnitude of Innovation by Demand in a Sectoral System: The Role of Industrial Users in Semiconductors" [J], Research Policy, Vol. 42, No. 1: 1-14.

[13]Adner, R., Levinthal, D., 2001, "Demand Heterogeneity and Technology Evolution: Implications for Product and Process Innovation" [J], Management Science, Vol. 47, No. 5: 611-628.

[14]Blind, K., Gauch, S., Hawkins, R., 2010, "How Stakeholders View the Impacts of International ICT Standards" [J], Telecommunications Policy, Vol. 34, No. 3: 162-174.

[15]Cabral, L., Salant, D., 2014, "Evolving Technologies and Standards Regulation" [J], International Journal of Industrial Organization, Vol. 36: 48-56.

[16]Dolfsma, W., Leydesdorff, L., 2009, "Lock-in and Break-out from Technological Trajectories: Modeling and Policy Implications" [J], Technological Forecasting & Social Change, Vol. 76, No. 7: 932-941.

[17]Farrell, J., Saloner, G., 1985, "Standardization, Compatibility, and Innovation" [J], The RAND Journal of Economics, Vol. 16, No. 1: 70-83.

[18]Farrell, J., Saloner, G., 1986, "Installed Base and Compatibility: Innovation, Product Preannouncements, and Predation" [J], The American Economic Review, Vol. 76, No. 5: 940-955.

[19]Fu, Q., 2022, "How Does Digital Technology Affect Manufacturing Upgrading? Theory and Evidence from China" [J], PLoS One, Vol. 17, No. 5: E0267299.

[20]Gauch, S., Blind, K., 2015, "Technological Convergence and the Absorptive Capacity of Standardization" [J], Technological Forecasting & Social Change, Vol. 91, No. 2: 236-249.

[21]Giachetti, C., Marchi, G., 2017, "Successive Changes in Leadership in the Worldwide Mobile Phone Industry: The Role of Windows of Opportunity and Firms' Competitive Action" [J], Research Policy, Vol. 46, No. 2: 352-364.

[22]Helfat, C. E., Raubitschek, R. S., 2018, "Dynamic and Integrative Capabilities for Profiting from Innovation in Digital Platform-based Ecosystems" [J], Research Policy, Vol. 47, No. 8: 1391-1399.

[23]Jiang, H., Zhao, S., Zhang, Z., Yi, Y., 2018, "Exploring the Mechanism of Technology Standardization and Innovation Using the Solidification Theory of Binary Eutectic Alloy" [J], Technological Forecasting & Social Change, Vol. 135: 217-228.

[24]Koch, C., Blind, K., 2021, "Towards Agile Standardization: Testbeds in Support of Standardization for the IIoT" [J], IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 68, No. 1: 59-74.

[25]Lamberg, J., Lubinait è, S., Ojala, J., Tikkanen, H., 2021, "The Curse of Agility: The Nokia Corporation and the Loss of Market Dominance in Mobile Phones, 2003-2013" [J], Business History, Vol. 63, No. 4: 574-605.

[26]Lee, W. S., Sohn, S. Y., 2018, "Effects of Standardization on the Evolution of Information and Communications Technology" [J], Technological Forecasting and Social Change, Vol. 132: 308-317.

[27]Lerner, J., Tirole, J., 2015, "Standard-Essential Patents" [J], The Journal of Political Economy, Vol. 123, No. 3: 547-586.

[28]Lopatka, J., Page, W., 1995, "Microsoft, Monopolization, and Network Externalities: Some Uses and Abuses of Economic Theory in Antitrust Decision Making" [J], Antitrust Bulletin, Vol. 40, No. 2: 317-370.

[29]Malerba, F., 2002, "Sectoral Systems of Innovation and Production" [J], Research Policy, Vol. 31, No. 2: 247-264.

[30]Malerba, F., Nelson, R., Orsenigo, L., Winter, S., 2007, "Demand, Innovation, and the Dynamics of Market Structure: The Role of Experimental Users and Diverse Preferences"[J], *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 17, No. 4: 371–399.

[31]Malerba, F., Nelson, R., Orsenigo, L., Winter, S., 2008, "Public Policies and Changing Boundaries of Firms in a 'History-Friendly' Model of the Co-evolution of the Computer and Semiconductor Industries"[J], *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 67, No. 2: 355–380.

[32]Schilling, M. A., 1998, "Technological Lockout: An Integrative Model of the Economic and Strategic Factors Driving Technology Success and Failure"[J], *The Academy of Management Review*, Vol. 23, No. 2: 267–284.

[33]Sheremata, W., 2004, "Competing Through Innovation in Network Markets: Strategies for Challengers"[J], *The Academy of*

Management Review, Vol. 29, No. 3: 359–377.

[34]Teece, D. J., 2007, "Explicating Dynamic Capabilities: The Nature and Microfoundations of (sustainable) Enterprise Performance"[J], *Strategic Management Journal*, Vol. 28, No. 13: 1319–1350.

[35]Teece, D. J., 2018, "Profiting from Innovation in the Digital Economy: Enabling Technologies, Standards, and Licensing Models in the Wireless World"[J], *Research Policy*, Vol. 47, No. 8: 1367–1387.

[36]Ulrich, W., 1997, "Lock-in' vs. 'Critical Masses': Industrial Change under Network Externalities"[J], *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 15, No. 6: 753–773.

[37]Vecchiato, R., 2020, "Analogical Reasoning, Cognition, and the Response to Technological Change: Lessons from Mobile Communication"[J], *Research Policy*, Vol. 49, No. 5: 103958.

Mechanism and Path of Technology Standardization in Promoting Digital Sectoral Innovation from the Perspective of Demand Side

Qi Yudong Zhu Zhenghao

Abstract: The realization of digital sectoral innovation relies on the effective connection between software and hardware and innovation agents, so technology standardization plays an increasingly important role in promoting digital innovation. Using methods of mathematical modeling and case analysis, we discuss the mechanism of technology standardization in promoting technological innovation in digital sectors from the perspective of demand side. Our findings are as follows: technology standardization has dual effects on digital sectoral innovation. In the dominance of new technology, technology standardization can accelerate the speed of technology diffusion, while in the dominance of old technology, technology standardization may improve the adopt threshold of new technology. Meanwhile, under the condition of the old and the new technology co-existing, a high level of technology standardization may help inhibit excessive momentum or excessive inertia in digital sectoral innovation. Following Franco Malerba's sectoral systems of innovation, we further discuss the path of how technology standardization promotes digital sectoral innovation. Against the background of fast changes in the accumulation, creation and value realization of digital knowledge, technology standardization plays a critical role in promoting digital sectoral innovation, and restraining excessive momentum of traditional industrial transformation. The characteristics of the digital market determine the coexistence of a low level of technology standardization among competing enterprises and a high level of technology standardization among complementary actors. Balancing consumer preferences and network effects through a certain level of technology standardization has become an important path to promote digital industry innovation. The coordinated development of the intellectual property system and the technical standard system will help improve the profitability of enterprises and stimulates the momentum of sectoral innovation.

Key words: demand side; technology standardization; digital sectoral innovation; innovation mechanism