实体经济和数字经济深度融合的微观机制与生态协同

——基于TEE框架的政治经济学分析

徐　翔，李帅臻

（中央财经大学 经济学院，北京　102206）

摘　要：促进实体经济和数字经济深度融合是党的二十届三中全会部署的建设现代化产业体系、培育新质生产力的关键举措。针对经典“技术—组织—环境”（Technology-Organization-Environment，TOE）框架难以充分解释数字技术、企业激励和跨主体协同复杂互动的理论局限，本文以企业数字技术应用为分析起点，拓展构建“技术—经济—生态”（Technology-Economy-Ecosystem，TEE）框架。研究表明，实数融合不仅取决于数字技术向生产环节的渗透程度，更受制于企业成本收益约束、数据要素流通机制和多主体协同条件，其中数据要素在技术渗透、经济激励和生态协同等环节发挥核心枢纽作用。当前，数据分割、高质量训练数据供给短缺，以及数据产权与流通规则滞后，构成了实数融合进程中的关键约束。为此，中国应以发展智能经济为战略抓手，强化人工智能和数据要素的协同赋能，提升数据要素在决策支持、知识生产与溢出中的配置效率；同时，应系统性完善技术渗透、经济激励和生态协同机制，为扎实推进中国式现代化提供坚实的产业支撑。

关键词：实数融合；TEE框架；数据要素；智能经济；新质生产力

中图分类号：F062.9　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1000-176X（2026）09-0086-13

一、引　言

当前，数字技术深刻重塑生产组织和资源配置方式。从党的二十大提出促进数字经济和实体经济深度融合，到党的二十届三中全会部署健全促进实体经济和数字经济深度融合制度，再到《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》将“人工智能+”行动纳入全方位推进数字技术赋能总体部署，中国实体经济和数字经济深度融合（下文简称“实数融合”）的战略定位持续跃升。2026年，《政府工作报告》进一步提出打造智能经济新形态，强调深化数据资源开发利用和人工智能商业化规模化应用。这一系列顶层设计和政策演进表明，实数融合已从

收稿日期：2026-03-20

基金项目：国家社会科学基金重大项目“数据要素价值确定与收入分配的技术实现研究”（25&ZD093）

作者简介：徐　翔（1988-），男，安徽合肥人，教授，博士，博士生导师，主要从事数字经济研究。E-mail：xuxiang@cufe.edu.cn

李帅臻（通讯作者）（1997-），男，山东莱州人，博士研究生，主要从事数字经济研究。E-mail：lisz6778@163.com

单纯的技术应用阶段迈向以智能经济为牵引、以数据要素为核心驱动力的系统性变革新阶段，成为培育新质生产力、构建现代化产业体系的关键路径[1-2]。从马克思主义政治经济学视角看，数字技术和数据要素嵌入实体经济生产函数，引发劳动者、劳动资料、劳动对象及其结合方式的深刻变革，正是数字时代生产力跃迁的本质体现[3-5]。然而，当前中国实数融合仍面临多重结构性约束。微观上，中小企业“不会转、不敢转”的困境依然突出，表现为内生动力不足和能力短板；中观上，行业间数字化进程分化制约跨产业协同和价值共创；宏观上，数据要素流通规则滞后、关键基础设施供给错配等问题，共同阻碍了数据要素价值的充分释放和新质生产力的有效培育[2, 6-7]。既有研究虽已关注上述问题，但多停留在现象描述或单一维度归因，缺乏一个能够统摄技术渗透、经济激励和生态协同的系统性分析框架。

本文旨在构建契合中国情境的实数融合理论解释体系。经典的“技术—组织—环境”（Technology-Organization-Environment，TOE）框架虽为理解企业技术采用提供了基础视角，但其组织维度难以刻画数字时代的成本收益约束和市场激励，环境维度亦无法充分反映多主体动态博弈的复杂生态关系。基于此，本文对TOE框架进行适应性拓展：以经济维度替代组织维度，以生态维度升级环境维度，构建“技术—经济—生态”（Technology-Economy-Ecosystem，TEE）框架。该三元互构框架将数据要素置于核心枢纽位置：在技术维度，数据要素驱动算法迭代和知识积累；在经济维度，数据要素重塑生产函数并提升资源配置效率；在生态维度，数据要素贯通跨主体协同和制度安排，从而系统阐释实数融合的内在运行机制。

在此基础上，本文提出以发展智能经济作为破解现实约束、深化实数融合的关键路径。实现这一路径的核心在于数字技术和数据要素的协同赋能，该机制能够提升数据要素在决策支持、知识生产与溢出中的配置效率，从而为理解数据驱动的新质生产力发展机制提供理论支撑。

相较于既有研究，本文的边际贡献体现在三个方面。首先，理论框架创新。本文在辨析经典TOE框架适用边界的基础上，构建TEE框架，从技术渗透、经济激励和生态协同三个维度揭示实数融合的系统性运行逻辑。其次，问题识别深化。本文将现实约束归纳为数字技术向生产环节的渗透程度较低、企业成本收益约束，以及数据要素流通机制和多主体协同条件尚未成熟，并基于TEE框架进行结构化分析，实现理论逻辑与中国实践的精准对接。最后，实现路径拓展。本文从数据要素的生产属性、创新投入属性和协同媒介属性出发，阐明智能经济如何通过提升数据可用性、推动知识生产与溢出，缓解价值释放约束，为深化实数融合提供理论解释和政策启示。

二、理论框架：“技术—经济—生态”三元互构框架

实数融合的本质是一场由数字技术和数据要素驱动，从微观主体活力迸发，经由中观产业结构变迁，最终引致宏观经济范式转型的系统性变革。这一过程并非数字技术对实体经济的单向嵌入，而是二者在生产体系层面的双向互嵌和协同演化。其微观基础虽体现为企业数字技术应用和数字化转型，但理论内涵远超单一技术采用行为本身，蕴含着成本收益约束下的经济激励重构和多主体互动的生态关系重塑。遵循这一逻辑，本文以企业数字技术应用为分析起点，在TEE框架下，系统剖析实数融合的微观作用机制，揭示其核心动力生成、多重约束传导和价值创造跃升的内在逻辑。

（一）TOE框架下的实数融合

Tornatzky和Fleischer基于技术采用等经典理论提出TOE框架，指出技术采用受技术、组织、环境三维交互影响[8]。该框架有效综合了分散的理论视角，确立了从组织整体层面系统解析微观企业技术决策的研究范式。鉴于数字技术与传统信息通信技术之间的内在继承性，TOE框架被广泛延伸至企业数字化转型方面的研究，涵盖从早期电子数据交换到人工智能、云计算等前沿技术领域[9-10]。然而，当研究对象从单一技术采用跃升为实数融合时，TOE框架的解释力便显现出

明显的适用边界。

这种局限性来源于数字技术应用的复杂性和系统性。在技术维度，企业面对的不再是孤立的技术工具，而是由数据、算法、算力等构成的具有强互补性的“技术簇”或技术体系，TOE框架对此缺乏有效刻画；在组织维度，数字技术的嵌入不仅要求企业内部结构被动适配，更引发业务流程再造、决策机制重塑和价值链关系的深刻变革[11]；在环境维度，数字平台的崛起和数据要素的加速流动使企业所处的市场网络从静态的外部约束转化为动态的交互生态，企业既是环境的适应者，也是生态的重塑者[12]。因此，若仅考察“企业是否采用某项数字技术”，TOE框架仍具解释力。但是，实数融合的本质远超技术采用的单点突破，其要求数字技术深度嵌入生产函数，进而引发要素重组、组织演进和分工深化。在此过程中，企业后续的持续投入和协作策略深刻受制于成本收益等经济激励，以及多主体动态博弈的生态关系。若将这些复杂的经济选择和网络互动强行加入原有的组织维度或环境维度，势必掩盖实数融合的核心动力机制。这正是本文突破TOE框架局限、将其拓展为TEE三元互构框架的逻辑起点。

（二）从组织到经济：市场激励与价值实现机制

在TOE框架中，组织维度主要聚焦微观企业内部的资源禀赋、管理层结构、行政流程运转和内部组织适配性。这一设定主要以单个企业的组织边界为分析范围，并且假定企业能够通过科层体系内的行政调整或资源重新配置来适应新技术的引入。然而，当研究视角从单一数字技术采用决策拓展至系统性的实数融合时，仅停留在原有组织内部进行维度细化已难以充分解释企业推进实数融合的选择逻辑。实数融合不仅涉及数字技术进入生产环节，更触及数据要素嵌入生产函数后资源配置方式和组织形态的系统性重构。这就要求对理论框架进行相应调整，从组织内部的行政协调，转向跨越企业边界的市场激励与价值实现机制[13]。具体而言，用经济维度取代组织维度的必要性源于以下三个跨越企业边界的核心问题。

其一，实数融合动力机制的内生化解释。微观主体推进数字化转型的动力不仅受到组织适配的影响，更取决于要素相对价格、预期收益和风险等经济条件。随着数据采集和算力成本持续下降，数据要素与智能算法在替代传统劳动力和资本的同时，也与其形成互补关系。企业推进实数融合需要通过调整要素投入组合和生产方式，降低成本、提升效率并创造新的盈利机会。因此，实数融合决策需要置于跨期利润最大化的微观经济学框架内加以分析，而不能仅停留在组织行为学层面的技术接受度分析上。

其二，高资产专用性下的跨期风险和不确定性约束。实数融合要求企业进行大规模的软硬件基础设施投资，并且伴随主营业务运行逻辑的重大调整。这类投资不仅具有较强的资产专用性，还具有较高的资本沉没风险。此外，数字技术与实体业务深度融合的回报具有显著的滞后性，并且面临技术迭代带来的资产贬值风险。这些不确定性深度契合微观经济学中的跨期投融资决策、风险溢价和信息不对称等核心议题。传统的组织管理适配视角通常采用静态的方法评估技术采用效益，其对资本沉没风险下企业风险偏好和投资调整的解释力相对有限。

其三，跨主体协作网络中的契约设计和激励相容机制。实数融合重塑了企业间的协作边界，数据要素需要在产业链上下游、平台、生态伙伴之间流通。然而，由于数据要素具有非排他性、易复制性和确权困难等特征，跨主体流通可能引发“搭便车”、数据囤积或商业机密泄露等道德风险。若缺乏清晰的市场化定价机制、剩余控制权配置和激励相容的商业契约，微观主体将面临较高的交易成本，进而导致其数据共享与协作意愿降低。这些问题需要借助机制设计和契约安排加以分析，已经超出TOE框架中组织维度主要关注的内部行政协调的范围。

综上所述，与组织维度相比，经济维度将微观主体的技术选择置于更广阔的数据要素市场流通与价值创造规律之中，从而为分析实数融合提供了更坚实的微观基础。以此为基础，一个面向企业微观决策的“技术—经济”互动框架得以建立，并在理论逻辑上与Perez在宏观层面提出的

技术—经济范式[14]形成呼应。技术—经济范式的核心思想是，技术革命通过重塑生产、分配、交换等经济活动推动经济活动方式发生变化。作为新一轮技术革命在产业层面的重要表征，实数融合可以被视为技术进步与经济范式相互作用的结果，其互动与协同关系是双向的。一方面，数字技术为新经济范式的形成提供了技术条件。另一方面，企业对成本控制、市场需求、竞争压力和盈利能力的考量，反过来通过市场选择机制对技术进步的路径选择和应用方向施加约束并形成持续的需求牵引[15]。在这一牵引下，企业倾向于持续加大数字领域的研发与应用投入，从而形成技术创新与经济需求之间相互强化的正反馈机制。

（三）从环境到生态：非线性的演化特征

将组织维度拓展为经济维度提升了理论框架的内在解释力，然而其对实数融合外在影响因素的解释仍存在明显不足。经典TOE框架的环境维度虽能识别宏观压力或机遇，但难以刻画实数融合所深嵌的、由多元主体构成的复杂动态互动网络。这种局限性集中体现为三重理论张力：一是无法解释跨主体的技术与数据依赖关系，仅用宽泛的“环境”概念难以捕捉产业链上下游紧密的技术外溢和数据反馈关系[16]。二是对合作网络协同效应的解释力有限，各主体间的协同催生了网络层面的涌现效应。三是不足以刻画公共部门的主动塑造作用，政府在实数融合中并非静态的规则制定者，而是通过多维政策工具主动引导甚至直接参与实数融合进程。为克服上述局限，本文将环境维度拓展为生态维度，实现分析视角从“外生静态约束”向“内生协同演化”的根本转换。在传统TOE框架下，外部环境与企业决策彼此割裂，企业被视为单向承受压力的孤立理性主体。生态维度则强调多元主体在非线性反馈网络中的共同演化，其理论优势体现在以下三个方面。

其一，精准刻画网络外部性和系统性涌现效应。在实数融合进程中，技术外溢和数据流动打破了传统产业链的线性边界，企业全要素生产率高度内生于其与供应链、数字平台和科研院所构成的协同网络[17-18]。这种由主体间相互依赖所产生的效率特征，在网络层面呈现系统性涌现效应，是外生、可分割的静态环境理论所无法解释的。

其二，有效纳入非线性动态反馈机制。数据要素的低边际复制成本和非竞争性使微观需求变动可以通过数字平台实现即时双向反馈，激发商业、创新与数据生态内部要素的动态再配置。在这种多主体内生交互的关系中，微观主体的选择既受系统约束，也持续重塑生态边界和演进方向，深刻反映了技术创新和经济活动在时间维度上的共同演化规律。

其三，更好阐释公共部门在实数融合中的能动作用。在实数融合生态中，政府作为关键主体之一，通过产权界定、标准确立、反垄断治理和公共基础设施投资等制度供给，主动参与并塑造生态秩序。实数融合生态系统演化受到市场机制调节和公共部门治理的共同影响。由此，TEE框架对实数融合的宏观结构特征具有更强的解释力。

结合相关研究[19-20]，本文所讨论的生态维度主要包括商业生态、创新生态和数据生态。三者并非相互孤立，而是在实际运行中深度嵌入、彼此塑造：企业嵌入由供应商、客户和平台构成的商业网络，其分工方式和市场环境决定了数字技术进入生产交易环节的程度；高校、科研院所和科技企业构成的创新网络提供持续的知识与技术供给；数据的采集、加工、流通则将不同主体进一步联结起来，直接影响技术应用和价值实现。生产经营数据反哺研发环节，新技术应用重塑商业模式和数据需求，数据要素流通规则调整又重构企业合作关系。将三类生态纳入统一的分析框架，才能准确把握实数融合中跨主体协同关系的动态演变。

商业生态、创新生态和数据生态的运行是市场机制和公共治理共同塑造的结果。企业间的竞争与合作关系决定资源的具体配置方式，政府则通过基础规则、公共基础设施和安全监管等提供制度条件。随着技术成熟度和市场结构的变化，二者的作用方式动态调适。因此，考察生态维度，必须进一步关注具体制度安排如何影响数据利用效率、技术合作深度和企业价值实现，从而

为理解实数融合的深化路径提供坚实的微观—中观衔接基础。

（四）TEE框架

本文构建了分析实数融合的TEE框架，从TOE框架到TEE框架的演进逻辑如图1所示。TEE框架的核心特征在于突破了技术、经济和生态三大维度间的简单线性因果设定，确立了相互塑造、共同演化的三元互构关系。其中，技术维度提供实数融合的底层能力基础，经济维度决定实数融合的核心价值实现，生态维度构成实数融合持续演化的制度与网络条件。三者共同构成理解实数融合运行机制的基本分析单元。这一整体性、动态性的理论框架有助于深刻揭示实数融合在企业、产业、国家等不同层面的复杂机制和演化路径。

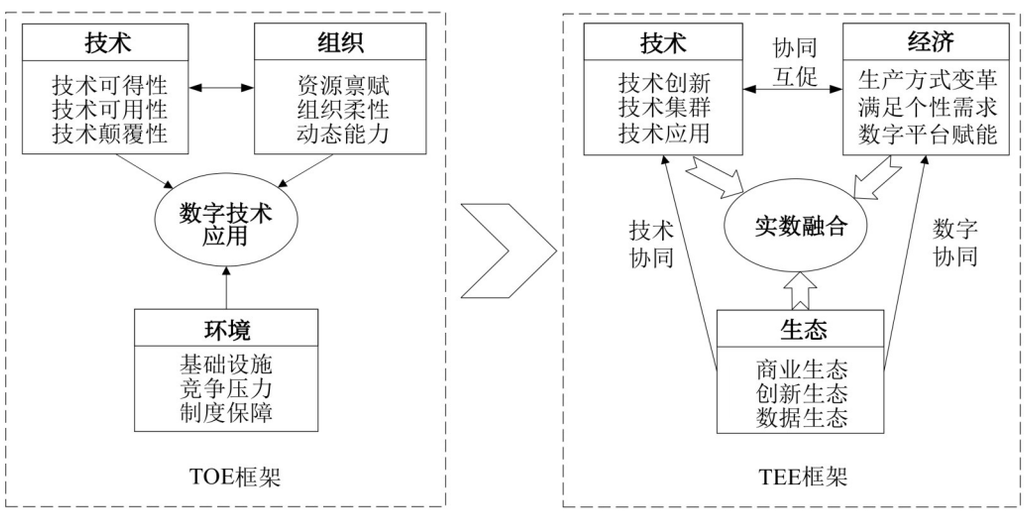


图1 从TOE框架到TEE框架的演进逻辑

TEE框架下的技术维度主要分析技术持续迭代的过程。数字技术的突破为实数融合提供了新的工具和能力条件，而数字技术的商业化应用则将数字技术成果转化为实际效益和经济收益。与传统技术采用不同，实数融合中的数字技术应用并不表现为孤立式的技术嵌入，而是表现为数字技术对研发、生产、管理、流通和服务等环节的持续渗透。数字技术的应用过程会生成新的数据资源和场景反馈，反过来为进一步的技术创新提供市场需求和数据支持。同时，数字技术集群能够促进数字技术在产业网络中扩散，进而支撑其协同应用，并通过新的场景和分工关系影响产业生态，为后续的技术创新和经济活动提供条件。

TEE框架下的经济维度主要分析实数融合中的价值创造和实现机制，从供给、需求和市场三个层面展开。在生产方式变革方面，数字技术只有转化为成本下降、效率提升、质量改善、需求响应和商业模式创新，才可能获得持续扩散的经济基础。在满足个性需求方面，在供给端，数字技术推动生产方式调整，通过对生产流程的重塑和资源配置的优化，实现全要素生产率的提升，并且与技术维度形成直接联系。在需求端，经济维度体现为对个性化、动态化需求的识别与响应；同时，需求侧的拉动力反过来又为企业的产品创新和服务升级指明方向。在数字平台赋能方面，平台提供的开放协同环境打破了传统市场的时空壁垒，重构了交易模式和竞争格局，提升了整个经济体系的资源配置效率。

TEE框架下的生态维度主要分析为技术创新和经济活动提供的基础性制度和设施环境，是前两个维度得以高效运转的保障。商业生态是经济活动的直接载体，以多元主体协同构成的柔性供应链和多元化消费场景为支撑，紧密承接经济维度中供需两端的变化。创新生态聚焦技术源泉的拓展和成果的产业化，尤其在人工智能等前沿技术快速迭代的背景下，关注企业能否突破传统研发边界，联合高校、科研机构及产业链伙伴，协同推进研发、试验和应用。数据生态则侧重于数

据要素的价值释放，关注生产经营中沉淀的数据能否被持续利用，以及跨主体流通时的规则界定。事实上，商业活动源源不断地生成数据，而研发与技术应用又持续催生新的数据需求，这使得创新生态与数据生态在底层逻辑上深度耦合、双向赋能。

技术、经济和生态三个维度之间的关系也由此形成。企业是否采用一项技术，最终决策依据是该技术能否解决实际问题并带来可以识别的收益；已经形成的需求和收益又会影响下一阶段的研发投入。同时，技术应用越深入，企业越需要同外部主体交换数据、知识和服务，原有的合作方式和制度安排也可能随之调整。概言之，技术、经济和生态并非三条平行演进的独立轨迹，而是微观主体在持续采用和深化应用数字技术的过程中，通过“技术渗透—经济激励—生态协同”的闭环产生深度耦合。TEE框架的理论旨归正是揭示这种三元互构机制如何驱动实数融合由浅入深、由点及面地系统性展开。

TEE框架与系统论等理论视角具有一定联系。Bertalanffy认为，技术、经济和生态共同构成一个动态演化的整体，各维度之间的联系会影响整体运行状态[21]。据此，实数融合可以理解为技术能力、经济活动和生态条件在持续互动中不断调整的过程。这种系统论视角的分析进一步确证了TEE框架的合理性：实数融合绝非单一技术维度的线性突进，而是技术子系统、经济子系统和生态子系统在开放环境中通过物质、能量和信息（数据）交换，实现从低级有序向高级有序跃升的复杂演化过程。

（五）TEE框架的政治经济学阐释

实数融合本质上是数字时代生产方式的系统性变革。TEE框架所确立的技术、经济和生态三元互构逻辑，在微观与中观层面深刻契合了生产力与生产关系的矛盾运动规律，从而为其奠定了扎实的政治经济学学理基础。

在TEE框架中，技术维度与经济维度的协同构成了发展新质生产力的核心引擎。从生产力要素构成看，数字技术集群作为新型劳动资料，极大提升了各部门的信息处理和生产控制能力；数据要素作为新型劳动对象，呈现非竞争性和无限复用性等迥异于传统要素的特征；而微观主体在经济维度的跨期投资和最优决策推动了具备数字素养的新型劳动者与新型生产资料实现更优结合。这种技术能力基础性供给与经济价值实质性创造的统一，实现了实数融合生态系统内技术基础与资源配置效率的有机结合，深刻诠释了新质生产力“高科技、高效能、高质量”的核心特质。

与此相对应，生态维度则构成了与新质生产力相适应的新型生产关系的制度内核。生态维度所涵盖的数据确权机制、跨主体协同规则和收益分配契约，直接对应政治经济学中关于生产资料所有制、生产中人与人的关系，以及产品分配方式的三大命题。数据要素从原始的物理记录转化为现实的生产力，必须依赖生态维度中市场化流通体系的完善和公共部门制度供给的强化。这一转化的实质是通过对数据资产流转、剩余控制权和激励机制的界定，确立适应数字经济发展的新型产权结构和协作规则，从而形成与新质生产力相适应的新型生产关系。

进一步地，TEE框架三大维度的互构过程生动演绎了生产力与生产关系之间的辩证统一规律。一方面，技术进步和经济回报的持续发展要求组织方式和产业协作关系作出相应调整，并且需要更加开放、协同的数据与商业生态予以支持，这体现了生产力对生产关系的决定性作用。另一方面，生态维度中数据产权制度的完善和激励相容契约的达成，有助于减少数据要素流通中的制度性摩擦，降低交易成本，从而促进技术创新和提升全要素生产率，这彰显了新型生产关系对新质生产力的巨大反作用。反之，若生态维度的制度供给滞后，则会形成“数据孤岛”和协同壁垒，成为制约实数融合深化的结构性约束。

综上所述，TEE框架深蕴政治经济学的基本原理，在微观和中观层面具体刻画了数字时代生产力变革与生产关系重塑之间的动态互构规律，为理解实数融合的政治经济学逻辑提供了兼具理

论厚度和时代特征的分析范式。

三、TEE框架下实数融合的现实困境

区别于数字技术在局部环节的工具性嵌入及其带来的边际效率改进，实数融合是指数字技术和数据要素深入实体经济运行全链条，并且在技术创新、产业创新、企业组织创新及生态系统层面引发系统性重构的变革。在这一过程中，数字技术和数据要素嵌入实体经济生产函数，与劳动力、资本、知识等要素重新组合，进而改变生产方式、组织形态和价值创造模式[5]。

从现实基础看，中国在实数融合领域已经达到较大规模。据中国信息通信研究院测算，2024年，中国数字经济规模达到59.2万亿元，占GDP比重为43.8%，已成为支撑宏观经济增长和全要素生产率提升的关键引擎。然而，从结构特征看，中国实数融合整体水平仍然偏低且分化明显，区域间差异日益扩大，融合等级以勉强融合和初级融合为主[22]。产业间呈现“三次产业>二次产业>一次产业”的非均衡特征。2023年，三次产业数字经济渗透率分别为10.78%、25.03%和45.63%。这说明，在实体经济中，数字技术、数据要素与生产过程之间尚未充分融合。当前，实数融合的主要矛盾已从初期的“规模扩张与表层连接”，转向数字技术和数据要素能否真正嵌入实体经济核心环节的“深度重构”。

从技术维度看，数字技术向生产环节渗透不足的现实困境本质上是数字基础设施快速发展与行业深层应用能力滞后形成的结构性错配。具体而言，截至2025年底，中国5G基站数达483.8万个、工业互联网覆盖41个工业大类，虽标志着“硬连接”“浅层数字化”基础初步夯实，却也凸显出全流程智能化“深度智改”的缺口，技术难点由此从“能否接入”转向“能否转化”。场景是实现数字技术供给与实体经济需求之间有效连接的重要载体。实体产业场景通常具有行业知识密集、工艺流程复杂、设备系统异构和复制推广难度高等特征。因此，技术维度的核心约束在于新型生产工具能否嵌入具体生产过程：工业数据能否沉淀为高质量行业数据集？数字平台能否积累可复用的行业模型？算法系统能否适配复杂生产场景？工业软件能否支撑研发设计、生产制造等关键环节的协同优化？这些“软能力”的重大缺失已成为技术转化为现实生产力的关键瓶颈[23]。

从经济维度看，实数融合中的企业成本收益约束仍然突出。尽管宏观测算显示数字化具有显著的降本增效潜力，但在微观推进过程中，多数企业仍面临转型需求不明确、路径不清晰、解决方案不成熟等问题。实数融合通常意味着企业需要进行软硬件购置、组织流程再造等高资产专用性前期投入，并且承担相应的时间成本，而收益具有显著的滞后性和不确定性[24]。同时，数据安全与治理、组织变革阻力等新的风险也可能随之产生。由此，如何识别具有盈利潜力的应用场景，并且形成清晰、可持续的投入产出机制，跨越“转型死亡谷”，仍是影响实数融合微观主体意愿的重要因素。

从生态维度看，数据要素流通机制和多主体协同条件尚未成熟，这成为制约实数融合的深层制度梗阻。《全国数据资源调查报告（2025年）》显示，2025年，全国年度数据生产总量达52.26ZB，但跨主体流通极不充分。样本企业中有数据购买行为的仅占11.65%，且高度集中于头部平台企业。由此可见，当前的问题不只是数据资源规模不足，更在于数据权责、授权运营、跨主体共享、价格形成、交易规则和安全治理等基础性制度安排仍需完善。若数据要素难以在政府部门、平台企业、产业链上下游，以及创新主体之间实现有序流通，算法训练、场景开发和价值创造的效率都将受到严重影响。

TEE框架为识别实数融合的现实困境提供了系统的分析工具，也为讨论上述约束的缓解路径提供了基础。数据要素同时嵌入技术渗透、经济激励和生态协同过程，是连接TEE框架三个维度的核心枢纽。面向智能经济新形态，进一步破局实数融合的关键在于全面提升数据要素的开发

利用水平：在技术维度，行业大模型、知识库和智能工具有助于降低复杂场景下技术应用的门槛；在经济维度，智能算法能够提升信息处理和场景识别能力，为企业投资决策和资源配置提供精准支持；在生态维度，可信数据空间、隐私计算等技术可在一定程度上降低跨主体数据利用中的安全与信任成本。

四、由数生智：以数据要素打通实数融合的现实路径

实数融合的深化取决于TEE框架中技术、经济和生态三个维度的数据要素供给及其相互作用。数据要素作为贯穿全局的核心枢纽，深度连接技术渗透、经济激励和生态协同。数据要素既能作为新型生产要素进入经济活动，也能够为技术迭代和创新提供信息支撑[15]。数据要素在不同主体间的流动和使用，并将技术、经济两个维度与商业生态、创新生态、数据生态紧密联系起来[25-26]。

（一）TEE框架中的数据要素

在技术维度，数据要素的持续流通形成了驱动技术迭代的创新反馈闭环。企业在生产经营中不断沉淀设备运行、产品质量、用户需求和供应链等数据要素，这些数据要素经过深度挖掘和分析后，不仅能精准识别原有生产流程中隐蔽的效率损耗，更能为后续技术演进提供实证依据。人工智能的跃升式发展进一步提升了企业处理大规模非结构化数据的能力。以新能源汽车为例，智能驾驶系统高度依赖真实道路条件下采集的图像、视频和车辆运行数据进行模型训练。数据要素积累越充分，企业越有可能发现算法在长尾场景下的不足。车辆、电池和底盘等环节产生的数据也反哺相关技术改进。这里的数据既是模型训练所需的核心投入品，也记录了技术实际使用后的效果反馈，形成了“数据驱动—算法优化—技术迭代”的正向循环。

在经济维度，数据要素发挥优化资源配置和重塑要素组合的乘数效应。数据要素进入生产经营环节后，其经济作用深刻表现为企业能够据此调整原有的资源配置。在产品制造环节，设备状态、工艺参数和质量检测等方面的数据可以用于柔性安排生产、预测性判断设备维护时间和排查质量问题；在供应链环节，借助数字技术，企业将库存、生产计划和交付信息结合起来，可以大幅减轻各环节间的信息迟滞效应和“牛鞭”效应。数据要素本身并不直接创造全部新增价值，而是帮助企业提升识别生产状态和协调不同投入的能力。数据要素由此深刻改变了劳动力、资本和技术的组合方式，也影响了企业调整生产的时机和空间布局，实现了从经验决策向数据驱动决策的范式转换。

在生态维度，数据要素是维系跨主体协同和重塑制度安排的关键媒介。一是在商业生态中，数据要素的流通有助于提升企业、供应商、消费者之间的信息匹配效率，降低交易成本。二是在创新生态中，数据要素为研发活动提供来自市场和生产现场的真实反馈，缩短创新周期。三是在数据生态中，数据要素的权责界定、流通与治理机制决定了分散的数据能否转化为可利用、可复用的生产性资源。新能源汽车产业中的数据要素流通推动了更广泛的跨主体协作。在此过程中，数据要素的流通打破了传统产业的物理边界，重构了生态网络的价值分配格局。

需要指出的是，生态维度中数据要素作用的发挥，离不开政府与市场关系的有效协调，这也是构建数据要素基础制度体系的核心要义[27]。市场机制能够通过价格发现、市场竞争和场景开发，推动数据要素向生产率提升潜力较大和商业价值较高的领域配置，是数据要素价值实现的重要动力。但是，由于数据要素具有非竞争性、外部性、低成本复制和安全敏感性等特征，仅依靠市场自发交易难以解决权属界定、收益分配、隐私保护和公共数据开放等市场失灵问题。政府需要通过基础制度供给、标准体系建设、安全监管和反垄断治理，为数据要素流通提供秩序和边界。数据要素作为关键要素的TEE框架如图2所示。

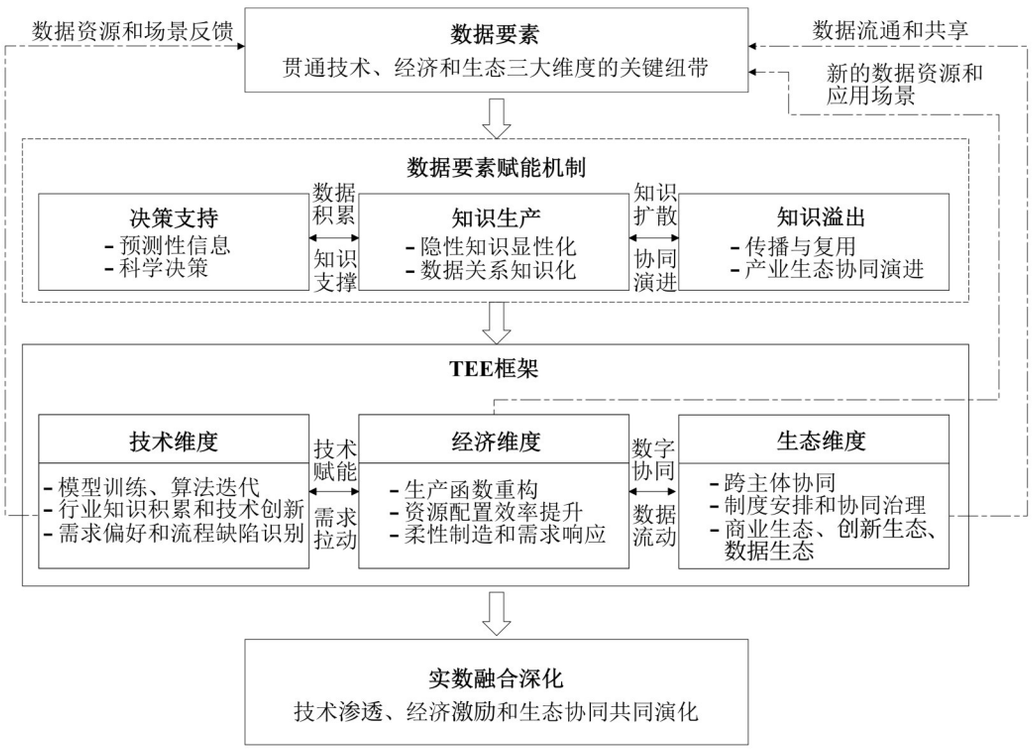


图2 数据要素作为关键要素的TEE框架

注：图中实线表示数据要素赋能机制与TEE维度之间的作用逻辑，双向箭头表示机制或维度之间的互动，虚线箭头表示数据要素在技术、经济和生态维度中的回流方向。

（二）数据要素的赋能机制与关键约束

数据要素本身并不会自动提升生产率，其价值实现有赖于从原始记录向决策知识的有效转化。企业首先要能够获取与生产经营有关的数据，并有能力把这些数据转化为可供决策使用的信息。既有研究表明，数据要素的充分利用能够降低企业面临的不确定性[28]。在具体生产过程中，这种作用往往很直接：设备连续运行产生的数据可以帮助企业判断异常状态，质量检测数据可以用于定位产品缺陷出现的环节。随着同一类数据要素不断积累，企业还可以比较不同时期和不同生产条件下的结果，原来依赖经验作出的判断因而能够被检验和修正，推动隐性经验向显性知识跃迁[15]。人工智能进一步扩大了数据要素的使用范围，重塑了知识生产的底层逻辑。过去难以直接处理的文本、图像和其他非结构化信息，在人工智能的帮助下，可以被纳入实证分析和知识生产过程。数据要素与专业技术人员的既有知识结合后，一部分经验能够被重新整理和表达，新的数据关系也可能转化为可供生产和研发使用的知识[29-30]。这些知识还可以借助数字网络在企业内部及不同主体之间传播，从而影响创新扩散的速度[20]。因此，数据要素在实数融合中的作用并不限于辅助某一次决策，数据要素还会影响知识如何形成，以及形成后的知识如何被其他主体使用，从而构成了数字时代知识创造与扩散的新范式。

（三）制约实数融合深化的关键约束

其一，数据分割。现实中，大量数据仍分散在不同部门、不同系统和不同企业之间，形成了物理与逻辑层面的多重壁垒。即使企业已经积累了很多数据，但由于统计口径不一致、关键字段缺失、记录标准不同，或者数据本身存在较大误差，导致跨主体、跨系统的数据难以有效整合与比对。对于需要跨部门、跨企业协同判断的问题，这种分割状态使得简单增加数据量未必能够改

善决策，甚至可能因“数据噪声”加剧认知偏差。因此，与扩大数据规模相比，如何打破“数据孤岛”、实现数据的互联互通与标准化对接，往往是企业面临的更现实的问题。

其二，高质量训练数据供给短缺。在知识生产中，高质量训练数据仍是重要约束。近年来，中国高质量数据集建设明显提速，截至2026年8月，全国已建成高质量数据集超过12.6万个。但是，从实际使用看，面向行业知识、多模态信息和真实交互等场景，能够直接用于模型训练和评测的数据供给仍不充分，结构性缺口依然存在。同时，现有数据在标注精度、领域覆盖度和时效性等方面也难以满足大模型深度训练的需求。低质、同质化数据占比偏高，进一步加剧了高质量训练数据的相对短缺程度。由此，知识生产能力的提升不仅取决于数据规模扩张，更取决于数据质量、行业适配程度，以及算力、算法和软件等配套条件，呈现典型的“木桶效应”和系统耦合特征。

其三，数据产权与流通规则滞后。数据要素流通的顺畅度还受到权责界定、价格形成、收益分配和安全合规等因素影响，本质上是生产关系适应生产力发展的制度调适过程。近年来，随着数据产权制度、公共数据授权运营机制不断完善，以及相关基础设施加快建设，数据要素流通条件已有所改善，但现行规则体系仍落后于数据要素市场化实践的发展速度。不同主体在数据要素使用范围、责任承担和收益分配等方面仍存在分歧，且缺乏统一、可操作的实施细则和法律适用标准。企业对商业秘密、个人信息保护及其后续使用风险的顾虑，也会影响数据共享意愿。因此，要提升数据要素的流通效率和复用率，还需要进一步明确权责边界，完善价格形成、收益分配和安全治理机制，构建激励相容的数据要素市场化配置体系。

数据要素作用的发挥并不取决于某一环节的单独改善。数据质量、技术能力和流通规则需要同步推进，并与“人工智能+”应用结合起来，使已有的数字化基础能够更多转化为实际的智能化应用和生产经营效果。唯有实现技术赋能、经济激励、生态协同的动态匹配，才能真正释放数据要素对实数融合的乘数效应。

（四）以智能经济激活数据要素潜能

2026年，《政府工作报告》提出打造智能经济新形态，并明确要求深化拓展“人工智能+”，强调深化数据资源开发利用和人工智能商业化规模化应用，建设高质量数据集。“十五五”规划纲要进一步把全面实施“人工智能+”行动与促进实体经济和数字经济深度融合作为数智技术赋能的重要部署。这标志着中国数字经济发展已从“数据驱动”迈向“智能引领”的新阶段。在这一背景下，智能经济可以理解为人工智能在数据资源、数字基础设施和产业场景支撑下形成的新型经济活动形态，其本质是以算法为核心驱动力、以高质量数据为关键投入品、以产业场景为价值实现载体的新质生产力的集中体现。由此，智能经济为破解实数融合深层约束提供了新的技术条件和范式转换契机。

在决策支持机制上，隐私计算、可信数据空间等技术可以在不直接汇聚全部原始数据的条件下支持跨主体联合分析，降低数据共享中的安全与合规成本。对于真实数据不足或隐私约束较强的场景，合成数据可以补充训练和测试样本，但其质量和适用性仍需要通过真实场景验证。因此，智能化工具的作用主要在于扩大可用数据范围、提升信息处理效率，并不能替代数据标准、质量管理和安全治理。这意味着智能经济并未消除数据要素的基础性制度需求，反而对“技术—制度”协同适配提出了更高要求。

在知识生产机制上，大模型预训练、检索增强等技术正在改变企业获取和利用知识的方式，推动知识生产从人力密集型向人机协同型范式跃迁。通用基础模型可以承担一部分通用能力开发成本，行业企业结合专业数据、知识库和业务流程进行适配，从而减少重复开发并降低部分技术应用的难度。对于科研活动而言，人工智能可以用于文献检索、数据处理、模拟计算和实验设计，扩大可处理的信息范围并缩短部分研发环节的时间。这类效率的提升程度仍取决于高质量数

据、算力、算法和专业人员的判断，不能简单等同于知识生产成本持续递减。智能经济重塑了知识生产的要素组合方式，但并未改变知识创造对高质量输入和人类认知能力的根本依赖。

在知识溢出机制上，可信数据空间、区块链存证、隐私计算和智能合约等技术和服务可以降低跨主体数据要素流通中的验证、授权和履约成本，为更细颗粒度的使用控制和收益分配提供技术条件。但是，技术工具不能替代数据权责、授权、定价和责任规则。只有在基础制度、市场规则和技术支撑相互配合的条件下，数据要素才能在安全可控的前提下扩大流通和复用范围。这揭示了智能经济时代知识溢出的双重约束：技术降低了交易摩擦，但制度决定了价值分配的合法性和可持续性。唯有实现技术赋能与制度规制的动态平衡，方能真正释放智能经济对实数融合的乘数效应。

五、政策建议

实数融合是建设现代化产业体系、培育新质生产力的关键举措。针对经典技术采用框架难以充分解释经济激励和多主体协同的问题，本文构建TEE框架，将技术渗透、经济激励和生态协同纳入统一分析视域。为促进实数融合，相关部门应在TEE框架下加强三方面政策的统筹衔接，推动从“单点突破”向“系统耦合”跃升。

第一，以真实产业场景为牵引，提升数字技术在生产经营核心环节的应用能力，夯实实数融合的技术底座。围绕制造业、现代物流、新能源等重点领域，支持企业、科研机构和数字技术服务商加强协作，将工业机理、工艺数据与人工智能深度结合，推进高质量行业数据集、行业模型和关键软件建设，提升数字技术对研发设计、生产制造、质量检测和运维管理等环节的适配能力。针对中小企业前期投入高、试错成本高等问题，相关部门应结合设备更新、技术改造和中小企业数智化转型等政策，降低技术应用的难度和使用成本。发挥“链主”企业、大型平台和专业服务商的带动作用，提供模块化、可复制的解决方案，并加强产业链上下游的数据和业务协同，形成“技术供给—场景验证—生态推广”的正向循环。

第二，以数据要素价值释放为主线，完善高质量数据供给和可信流通机制，激活实数融合的核心动能。健全数据要素基础制度，推进重点行业数据标准、接口规范、质量评价和高质量数据集建设，完善公共数据授权运营、企业数据开发利用和个人数据合规利用机制。结合全国一体化数据市场和国家数据基础设施建设，发展可信数据空间、隐私计算等技术和服务，降低跨主体数据要素流通中的信任与合规成本。同时，应进一步完善数据权责、价格形成、收益分配和安全治理规则，使技术工具、市场机制和基础制度相互配合，在保障数据安全和主体权益的前提下，扩大数据开发利用规模，构建激励相容的数据要素市场化配置体系。

第三，强化组织和人才支撑，提升企业持续吸收和应用智能技术的能力，筑牢实数融合的微观基础。企业应根据业务特点优化内部流程和跨部门协同机制，使数据、技术和业务部门能够共同参与数字化、智能化项目的设计和实施。有条件的企业可以结合实际设置首席数据官等管理岗位，明确数据管理、人工智能应用与安全合规责任。高等教育和科研机构应加强人工智能、数据科学和行业知识的交叉培养，职业教育和企业培训则应更加贴近一线岗位需要，提升劳动者对数字工具和智能技术的应用能力。同时，应完善转岗培训、就业服务和社会保障等配套安排，帮助劳动者适应技术进步带来的岗位和技能结构变化，实现技术红利与人力资本升级的动态匹配。

参考文献：

[1] 洪银兴，任保平.数字经济与实体经济深度融合的内涵和途径[J].中国工业经济，2023(2)：5-16.

[2] 丁述磊，刘翠花，李建奇.数实融合的理论机制、模式选择与推进方略[J].改革，2024(1)：51-68.

[3] 周文，李雪艳.加快形成与新质生产力相适应的新型生产关系：理论逻辑与现实路径[J].政治经济学评论，

2024,15(4):84-99.
[4] 韩文龙,俞佳琦,张瑞生.新科技革命与数字经济的政治经济学研究[J].政治经济学评论,2024,15(2):115-137.
[5] 谢丹夏,魏文石,李尧.数据与算力经济:一个数字经济的一般均衡理论[J].管理世界,2026,42(3):37-56.
[6] 陈雨露.数字经济与实体经济融合发展的理论探索[J].经济研究,2023,58(9):22-30.
[7] 杨继东,高秋男,刘守英.数字经济、数字产品空间与实数融合发展——基于技术关联与比较优势耦合协调视角[J].中国工业经济,2025(3):78-96.
[8] Tornatzky L, Fleischer M. The processes of technological innovation[M]. Lexington: Lexington Books, 1990: 152-154.
[9] Kuan K K, Chau P Y. A perception-based model for EDI adoption in small businesses using a technology-organization-environment framework[J]. Information & Management, 2001, 38(8): 507-521.
[10] Chatterjee S, Rana N P, Dwivedi Y K, et al. Understanding AI adoption in manufacturing and production firms using an integrated TAM-TOE model[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2021, 170: 120880.
[11] Lyytinen K, Yoo Y, Boland R J Jr. Digital product innovation within four classes of innovation networks[J]. Information Systems Journal, 2016, 26(1): 47-75.
[12] Tirole J. Competition and the industrial challenge for the digital age[J]. Annual Review of Economics, 2023, 15(1): 573-605.
[13] 王琳,陈志军,刘锡禄.实数融合:传统制造企业与数字企业价值共创的案例研究[J].中国工业经济,2025(3):174-192.
[14] Perez C. Technological revolutions and techno-economic paradigms[J]. Cambridge Journal of Economics, 2010, 34(1): 185-202.
[15] 徐翔,李帅臻,李涛.数据要素赋能新质生产力形成:逻辑、机理与路径[J].经济社会体制比较,2024(6):41-50.
[16] 陶锋,王欣然,徐扬,等.数字化转型、产业链供应链韧性与企业生产率[J].中国工业经济,2023(5):118-136.
[17] Holland J H. Complex adaptive systems[J]. Daedalus, 1992, 121(1): 17-30.
[18] Adner R. Ecosystem as structure: an actionable construct for strategy[J]. Journal of Management, 2017, 43(1): 39-58.
[19] 黄阳华.基于多场景的数字经济微观理论及其应用[J].中国社会科学,2023(2):4-24+204.
[20] 江小涓,宫建霞,李秋甫.数据、数据关系与数字时代的创新范式[J].中国社会科学,2024(9):185-203+208.
[21] Bertalanffy L V. General system theory: foundations, development, applications[M]. New York: George Braziller, 1968: 55-56.
[22] 张帅,吴珍玮,陆朝阳,等.中国省域数字经济与实体经济融合的演变特征及驱动因素[J].经济地理,2022,42(7):22-32.
[23] 夏杰长,张雅俊.场景驱动实体经济和数字技术深度融合:内在机理与实施路径[J].暨南学报(哲学社会科学版),2025,47(2):122-136.
[24] 何德旭,张昊,刘蕴霆.新型实体企业促进数实融合提升发展质量[J].中国工业经济,2024(2):5-21.
[25] 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.
[26] Jones C I, Tonetti C. Nonrivalry and the economics of data[J]. The American Economic Review, 2020, 110(9): 2819-2858.
[27] 李三希,黄卓.数字经济与高质量发展:机制与证据[J].经济学(季刊),2022,22(5):1699-1716.
[28] Veldkamp L, Chung C. Data and the aggregate economy[J]. Journal of Economic Literature, 2024, 62(2): 458-484.
[29] Cong Lin, Xie Danxia, Zhang Longtian. Knowledge accumulation, privacy, and growth in a data economy[J]. Management Science, 2021, 67(10): 6480-6492.
[30] Abis S, Veldkamp L. The changing economics of knowledge production[J]. The Review of Financial Studies, 2024, 37(1): 89-118.

Micro-Level Mechanisms and Ecosystem Coordination in the Deep Integration of the Real Economy and the Digital Economy: A Political Economy Analysis Based on the TEE Framework

XU Xiang, LI Shuaizhen

(School of Economics, Central University of Finance and Economics, Beijing 102206, China)

Summary: Deep integration of the real economy and the digital economy has become an important path for fostering new quality productive forces and improving the modern industrial system. As artificial intelligence (AI) applications and the development and use of data factors accelerate, the central practical issue has shifted from whether digital technologies can enter firms to whether they can be embedded in core activities such as R&D, production, management, and services, and whether such adoption can generate economic returns and cross-actor coordination.

The classic technology-organization-environment (TOE) framework provides a useful basis for explaining firms' technology adoption, but it is less suited to capturing cost-benefit constraints, cross-organizational data flows, and networked coordination in the digital era. Taking firms' adoption of digital technologies as the micro-level starting point and drawing on political economy, this study extends the TOE framework into a technology-economy-ecosystem (TEE) framework. The technology dimension concerns technological iteration and scenario-specific application; the economy dimension focuses on costs and returns and value realization; and the ecosystem dimension captures interactions among multiple actors and the relevant institutional conditions.

The framework is then used to identify the main constraints on China's current process of real-digital integration. In the technology dimension, the key constraint has moved from basic infrastructure access to deep industry application: Data, algorithms, computing power, and industrial software must be adapted to specific production scenarios. In the economy dimension, firms still face high upfront investment, delayed returns, and uncertainty associated with rapid technological iteration, which can weaken incentives for sustained digital investment. In the ecosystem dimension, rapid growth in data resources coexists with insufficient circulation across organizations. Only 11.65% of sampled firms purchased data in 2025, while arrangements concerning data rights and responsibilities, price formation, benefit sharing, and security governance remain incomplete. These constraints show why expansion in digital infrastructure and data volume alone does not automatically produce deep integration.

This paper's analytical contribution lies in extending the question of firm-level digital adoption beyond the adoption of individual technologies toward the co-evolution of technological capabilities, economic value, and ecosystem conditions, and in incorporating data factors and the intelligent economy into a unified framework. This provides a basis for further theoretical and empirical examination of the interaction between productive force transformation and adjustments in production relations in the digital era.

Key words: integration of the real economy and the digital economy; TEE framework; data factors; intelligent economy; new quality productive forces

（责任编辑：邓　菁）（校对：尚培培）

[DOI]10.19654/j.cnki.cjwtyj.2026.09.006

[引用格式]徐翔，李帅臻．实体经济和数字经济深度融合的微观机制与生态协同——基于TEE框架的政治经济学分析[J]．财经问题研究，2026(9)：86-98.