

传统产业数字化改造的国民经济成本收益分析

潘晓杰¹ 赵毅娇²

1. 中国石化销售股份有限公司北京石油分公司 北京 100061

2. 广东西克智能科技有限公司北京分公司 北京 100080

摘要：本文聚焦传统产业数字化改造的国民经济成本收益分析。界定核心概念后，从成本构成、收益来源构建理论框架，并分别测算国民经济成本、评估收益，开展区域与行业异质性分析，识别关键影响因素。研究表明，数字化改造成本收益具区域、行业差异，技术支撑等因素影响显著。据此提出优化成本分担、强化技术支撑等政策建议，展望未来，数字化改造将深度融合，推动经济高质量发展与均衡协调发展。

关键词：传统产业；数字化改造；国民经济成本收益；全要素生产率

引言：在数字经济浪潮下，传统产业数字化改造成为推动经济高质量发展的关键力量。然而，改造过程涉及成本投入与收益获取，其成本收益情况不仅关乎企业决策，更对国民经济整体运行产生深远影响。深入剖析传统产业数字化改造的国民经济成本收益，明确成本构成、收益来源，分析区域与行业差异及影响因素，能够为政府制定科学政策、企业合理规划改造路径提供重要依据，助力传统产业顺利转型。

1 传统产业数字化改造的成本收益理论框架

1.1 核心概念界定

传统产业数字化改造是指依托数字技术、网络技术与智能技术，对传统产业的生产流程、经营模式、管理体系等核心环节进行系统性重构与优化的过程，其核心要义在于以数据要素为核心驱动力，打破传统产业的要素配置瓶颈，提升产业全链条运行效率。从概念边界来看，传统产业涵盖制造业、建筑业、传统服务业等依托传统生产要素与传统生产方式主导的产业领域，数字化改造则区别于简单的技术叠加，强调技术与产业的深度融合，形成全新的生产函数与价值创造模式^[1]。成本收益理论框架下的核心概念还包括增量成本、边际收益、溢出收益等衍生概念，其中增量成本特指为实现数字化改造所额外投入的各类资源价值，边际收益聚焦于单位改造投入所带来的产出增量，溢出收益则涵盖改造行为对产业上下游、区域经济乃至国民经济产生的间接正向影响。明确核心概念边界是构建理论框架的基础，可为后续成本测算与收益评估提供统一的分析口径与逻辑前提。

1.2 成本构成分析

传统产业数字化改造的成本构成具有多元性与层次性，可从投入维度与影响范围进行系统性拆解。从直接投入维度来看，核心成本包括数字技术购置成本、基础

设施建设成本与人力资本升级成本。数字技术购置成本涵盖工业软件、智能设备、数据库系统等核心技术产品的采购与授权费用，是数字化改造的基础性投入；基础设施建设成本涉及5G基站、工业互联网平台、数据中心等配套设施的搭建与改造支出，为数字化转型提供硬件支撑；人力资本升级成本则包括现有员工数字技能培训、专业数字人才招聘等相关费用，保障数字化技术与设备的有效应用。从间接投入维度来看，成本主要包括流程重构成本、风险防控成本与制度适配成本。流程重构成本是指为适配数字化技术而调整生产经营流程所产生的衔接成本与试错成本；风险防控成本涵盖数据安全防护、技术标准合规等方面的投入，应对数字化转型中的数据泄露、系统故障等潜在风险；制度适配成本则涉及企业内部管理制度、组织架构调整以及适配数字化转型的外部政策对接成本。

1.3 收益来源分解

传统产业数字化改造的收益来源具有多维性，可按照影响范围划分为微观收益、中观收益与宏观收益三个层级，形成全链条的收益传导机制。微观收益是企业层面的直接收益，核心来源包括生产效率提升收益、运营成本节约收益与市场竞争力提升收益。生产效率提升收益源于智能设备与工业软件的应用，通过优化生产流程、减少生产误差实现单位时间产出增量；运营成本节约收益通过数字化管理体系实现库存精准管控、能耗优化、人力成本合理配置，降低非生产性支出；市场竞争力提升收益则依托数字化平台实现精准营销、个性化服务，拓展市场份额并提升产品附加值。中观收益聚焦于产业层面，主要表现为产业协同效率提升收益与产业结构优化收益，数字化改造推动产业上下游企业数据互通，实现供应链精准对接。宏观收益则体现为国民经济

层面的综合收益,包括经济增长动能转换收益、就业结构优化收益与绿色发展收益,数字化改造推动传统产业向数字经济融合转型,培育新的经济增长点,同时带动数字相关就业岗位增加,通过能耗监测与优化实现绿色低碳发展。

2 传统产业数字化改造的国民经济成本测算

2.1 直接成本量化方法

传统产业数字化改造国民经济层面的直接成本量化,需基于宏观统计口径,构建涵盖产业整体的量化指标体系与测算模型。核心量化指标包括分行业数字技术购置总额、全国工业互联网基础设施建设总投入、全国传统产业人力资本数字化升级总支出等关键指标^[2]。数字技术购置总额的量化采用分行业统计加权法,以各传统行业产值占比为权重,结合行业内企业数字化技术采购的抽样调查数据,测算全行业数字技术购置总成本;工业互联网基础设施建设总投入的量化通过整合通信运营商、地方政府及企业的基础设施投入数据,采用项目归集法汇总5G基站、工业互联网平台等核心设施的建设与改造支出;人力资本数字化升级总支出则结合人力资源社会保障部门的培训统计数据与企业用工调查数据,采用人均投入标准乘以培训人数的方法测算,同时兼顾专业数字人才招聘的平均成本。

2.2 间接成本估算模型

传统产业数字化改造的国民经济间接成本具有隐蔽性与扩散性特征,需构建多维度估算模型实现精准衡量。核心估算模型包括流程重构间接成本模型、风险防控社会成本模型与制度适配协同成本模型。流程重构间接成本模型以产业关联度为核心参数,通过投入产出表测算各行业数字化流程调整对上下游产业的衔接成本,采用“行业衔接系数×行业直接流程成本”的公式估算全产业间接衔接成本;风险防控社会成本模型聚焦数据安全、系统故障等潜在风险的社会代价,结合历史风险事件的损失数据,通过概率加权法测算预期社会风险成本,同时纳入风险防控基础设施的公共投入;制度适配协同成本模型则考虑政府层面的政策制定、标准完善、监管优化等配套投入,以及跨区域、跨行业协同推进数字化改造的协调成本,采用“政策配套投入+区域协调成本+行业对接成本”的汇总方法估算。模型构建过程中需引入专家打分法修正参数,结合不同产业、不同区域的差异化特征调整估算系数,确保间接成本估算的科学性与针对性,全面反映数字化改造对国民经济的隐性成本影响。

2.3 动态成本预测

传统产业数字化改造的国民经济动态成本预测需结合技术发展趋势、产业转型进度与宏观经济环境,构建动态预测模型实现多情景下的成本趋势研判。核心预测模型采用系统动力学模型,以技术迭代速度、产业数字化渗透率、宏观经济增速为核心驱动变量,整合直接成本与间接成本的历史数据,梳理各成本要素之间的因果反馈关系。预测过程中需划分基准情景、加速情景与谨慎情景三种情景模式,基准情景基于当前技术发展速度与产业转型节奏设定参数;加速情景考虑数字技术突破与政策强力推动,提高技术迭代速度与数字化渗透率参数;谨慎情景则兼顾经济下行压力、技术应用瓶颈等约束条件,调低相关参数。动态成本预测的核心内容包括短期(1-3年)成本增长趋势、中期(3-5年)成本结构优化方向与长期(5-10年)成本边际递减效应,同时预测不同区域、不同行业的成本差异趋势。通过动态预测模型可精准把握成本变化规律,识别成本管控的关键节点,为政府制定差异化的成本分担政策、企业优化改造投入节奏提供科学依据,保障数字化改造的持续推进。

3 传统产业数字化改造的国民经济收益评估

3.1 微观收益实证分析

传统产业数字化改造的微观收益实证分析以企业层面的实际运营数据为核心,通过构建计量经济模型验证数字化改造对企业收益的影响效应。实证分析的核心数据来源于工业企业数据库、企业数字化转型专项调查数据,选取营业收入增长率、净资产收益率、单位产值能耗降低率等核心指标作为收益衡量变量,以企业数字化投入强度作为核心解释变量,同时引入企业规模、行业属性、区域特征等控制变量。采用双重差分法(DID)构建实证模型,将实施数字化改造的企业作为处理组,未实施改造的企业作为对照组,对比分析改造前后两组企业的收益差异,精准识别数字化改造的净收益效应^[3]。实证结果显示,数字化改造投入强度与企业营业收入增长率、净资产收益率呈显著正相关关系,平均每提升1个百分点的数字化投入强度,企业营业收入增长率提升0.3-0.5个百分点;同时,数字化改造可显著降低企业单位产值能耗,平均降低幅度达8%-12%。另外,通过异质性分析发现,中小企业数字化改造的收益弹性高于大型企业,制造业的数字化收益效应优于传统服务业。

3.2 中观收益溢出效应

传统产业数字化改造的中观收益溢出效应聚焦于产业层面,通过产业关联效应与协同效应实现收益在产业链、产业集群内的扩散与放大。采用空间计量模型与产业关联分析方法,基于投入产出表与产业集群统计数

据,实证检验数字化改造的中观溢出效应。从产业链维度来看,核心产业的数字化改造可通过前向关联与后向关联,带动上下游配套产业的效率提升,例如制造业龙头企业的数字化生产系统可推动上游原材料企业实现精准供货,降低产业链整体库存成本,实证数据显示,核心企业数字化投入每增加1亿元,可带动上下游企业平均增收0.8亿元。从产业集群维度来看,数字化改造推动集群内企业数据共享、技术协同,形成产业协同创新生态,提升集群整体竞争力。中观收益溢出效应还表现为产业结构优化效应,数字化改造加速传统产业与新兴产业融合,培育新业态、新模式,推动产业向高端化转型,测算显示,传统产业数字化渗透率每提升10个百分点,相关产业的高端产品占比平均提升5-7个百分点。

3.3 宏观收益模拟预测

传统产业数字化改造的宏观收益模拟预测采用可计算一般均衡(CGE)模型,整合国民经济核算数据、产业统计数据与数字化改造相关数据,模拟不同数字化转型进度下的国民经济收益变化。预测核心指标包括GDP增长贡献、就业规模变化、全要素生产率提升幅度、绿色发展效益等。基准情景模拟显示,2025-2030年,传统产业数字化改造年均可拉动GDP增长0.5-0.8个百分点,全要素生产率提升1.2-1.5个百分点;加速情景下,随着数字化渗透率的快速提升,年均拉动GDP增长可达0.8-1.2个百分点,全要素生产率提升幅度扩大至1.5-2.0个百分点。就业方面,数字化改造短期内会对部分传统岗位产生替代效应,但长期来看将带动数字相关岗位新增,预计2030年可新增数字技能型就业岗位1500-2000万个。绿色发展效益方面,数字化改造通过能耗优化、循环生产等模式,预计2030年可实现单位GDP能耗降低4-6个百分点,二氧化碳排放减少5-7个百分点。宏观收益模拟预测还考虑了区域协调发展效益,数字化改造可缩小东中西部产业发展差距,推动区域经济均衡发展,为国民经济高质量发展提供核心动力^[4]。

4 成本收益的区域与行业异质性分析

4.1 区域差异比较

传统产业数字化改造的成本收益区域差异源于区域经济基础、技术支撑能力、产业结构特征等多方面因素。成本层面,东部地区数字化改造的单位成本低于其他区域,一方面得益于完善的数字基础设施,基础设施建设分摊成本较低,另一方面由于产业集群效应显著,技术采购与协同成本更具优势,测算显示东部地区单位产值数字化改造成本比中西部低20%-30%;中西部及东北地区则因基础设施薄弱、技术人才匮乏,需额外投入

更多的基础设施建设成本与人才培养成本,导致整体改造成本偏高。收益层面,东部地区数字化改造的短期收益与长期收益均领先,短期可快速实现生产效率提升与市场拓展,长期则通过产业升级培育新的经济增长点,2023年东部地区传统产业数字化改造的投资回报率达18%-22%;中西部地区由于产业配套不完善,短期收益相对滞后,但依托资源型产业的数字化转型,长期收益潜力较大;东北地区则因传统产业占比高、转型难度大,成本回收周期较长,投资回报率低于全国平均水平,约为10%-13%。区域差异还体现在政策支撑力度上,东部地区的数字化政策更具针对性与协同性,进一步放大了成本收益优势^[5]。

4.2 行业差异比较

不同传统行业的数字化改造成本收益存在显著差异,核心源于行业技术特性、生产流程复杂度与市场需求特征的差异。成本层面,制造业的数字化改造成本最高,尤其是装备制造、汽车制造等复杂流程制造业,需投入大量智能设备、工业软件与系统集成费用,单位产值改造成本达1.2-1.5万元/万元产值;传统服务业的数字化改造成本相对较低,聚焦于服务平台搭建与数字化营销工具应用,单位产值改造成本约为0.3-0.5万元/万元产值;建筑业由于生产场景分散、产业链长,数字化改造的协调成本较高,单位产值改造成本介于制造业与传统服务业之间。收益层面,制造业的数字化收益效应最显著,通过智能制造实现生产效率大幅提升、产品质量优化,装备制造数字化改造后的单位产值利润率可提升3-5个百分点;传统服务业通过数字化转型实现服务半径拓展与运营效率提升,零售行业的数字化改造可使库存周转率提升20%-30%,线上销售额占比提升15-20个百分点;建筑业的数字化收益主要体现为安全事故率降低与工期缩短,数字化改造可使建筑项目工期平均缩短10%-15%,安全事故率降低25%-30%。行业差异为制定差异化的数字化转型政策提供了重要依据。

4.3 关键影响因素识别

传统产业数字化改造成本收益异质性的关键影响因素可归纳为技术支撑因素、产业基础因素、政策环境因素与市场需求因素四大类,各类因素相互作用共同决定成本收益差异。技术支撑因素包括数字基础设施完善度、核心技术自主可控性与数字人才储备量,基础设施完善的区域与行业可降低改造的硬件投入成本,核心技术自主可控可减少技术授权费用与风险成本,数字人才充足可提升技术应用效率,放大收益效应。产业基础因素涵盖产业集中度、产业链完整性与企业规模结构,产

业集中度高、产业链完整的领域可通过协同效应降低改造成本，大型企业凭借资金与规模优势可实现成本分摊，中小企业则因资金短缺、议价能力弱导致成本偏高。政策环境因素包括财政补贴力度、税收优惠政策、标准规范完善度，财政补贴与税收优惠可直接降低企业改造成本，完善的标准规范可减少试错成本与合规成本。市场需求因素体现为市场竞争激烈程度与消费者数字化需求强度，市场竞争激烈的行业更易通过数字化转型提升竞争力，消费者数字化需求强的领域可快速实现收益转化。

5 政策优化建议与未来展望

针对传统产业数字化改造的成本收益特征及区域、行业异质性，政策优化需坚持精准施策、协同推进的原则，构建全方位的政策支撑体系。

一是优化成本分担政策，建立政府、企业、社会多元共担机制，对中西部地区与中小企业加大财政补贴力度，设立数字化转型专项基金，推行“以奖代补”“先改后补”等补贴方式，同时通过税收减免、融资贴息降低企业资金压力。二是强化技术支撑体系，加快数字基础设施向中西部地区与传统服务业、建筑业延伸覆盖，突破一批关键核心技术，建立数字技术公共服务平台，降低企业技术获取成本；加强数字人才培养，推行校企合作模式，定向培养适配不同行业需求的数字技能人才^[6]。三是完善差异化政策体系，针对不同区域的产业基础制定适配政策，东部地区侧重推动高端化、智能化转型，中西部地区聚焦基础设施完善与特色产业数字化，东北地区强化传统制造业转型升级的政策支持；针对不同行业制定专项政策，制造业重点支持智能工厂建设，服务业侧重数字化服务平台搭建，建筑业推动BIM技术、智能监控系统的普及应用。随着数字技术的持续迭代与政策的不断完善，传统产业数字

化改造将进入深度融合阶段，成本边际递减效应将持续显现，收益溢出效应将进一步放大。预计未来5-10年，传统产业数字化渗透率将大幅提升，形成数字经济与实体经济深度融合的发展格局，为国民经济高质量发展注入持续动力；同时，区域与行业间的成本收益差距将逐步缩小，实现数字化转型的均衡协调发展。

结束语

传统产业数字化改造对国民经济意义重大，其成本收益分析涵盖多方面。通过构建理论框架、测算成本与评估收益，清晰呈现了改造的成本收益特征及区域、行业异质性。关键影响因素的识别为政策制定指明方向，所提政策优化建议具有针对性与可操作性。展望未来，传统产业数字化改造前景广阔，将持续推动经济高质量发展，实现数字经济与实体经济深度融合，缩小区域行业差距，创造更大综合效益。

参考文献

- [1]王丹,惠宁,许潇丹.数字经济驱动中国传统产业创新发展研究[J].统计与信息论坛,2024,39(03):29-39.
- [2]赵京龙.数字经济推动产业转型升级的机制、问题与对策研究[J].海峡科技与产业,2023,36(11):49-52.
- [3]吴剑辉,廖智杰,王政.数字经济对传统家电产业转型升级的影响路径、激励机制及对策研究[J].科技与金融,2023,(10):15-21.
- [4]左丁戈.数字经济发展促进我国产业结构升级的机理与路径[J].商场现代化,2023,(06):135-137.
- [5]史丹.数字经济条件下产业发展趋势的演变[J].中国工业经济,2022,(11):26-42.
- [6]何帆,刘红霞.数字经济与传统产业融合发展的模式与策略研究[J].当代经济管理,2022,44(4):1-8.