

工业互联网赋能制造业服务化的转型逻辑与治理实践

黄光灿¹ 马莉莉²

(1. 西安邮电大学经济与管理学院, 陕西 西安 710061; 2. 西北大学经济管理学院, 陕西 西安 710127)

摘要: 中国已跻身制造业全球价值网络核心区, 但却面临着强竞争力与强脆弱性共存的产业链二元悖论困境, 工业互联网基础设施和制造业服务化的发展正在成为中国制造业转型升级的新发力点。在大国博弈和新技术变革的背景下, 工业互联网技术及基础设施依据自身资本特性、技术特性和数字特性为制造业服务化转型赋能, 提升制造品服务化产出和非制造品服务化产出, 并催生不同类型的服务环节独立衍生以反哺制造母体, 增加制造业企业服务价值。制造业服务化转型的目的是实现价值链升级, 工业互联网通过赋能制造业服务化来构建产业生态系统以支撑中国式现代化产业体系的发展, 改善产业链脆弱性和破解产业链二元悖论难题, 推动制造业全球价值链升级。政府在新产业兴起的过程中有必要通过差异化公共服务供给引导新型制造业现代化体系构建、新业态创新、国内国际双循环和价值观赋予, 以此完善经济治理。

关键词: 工业互联网基础设施; 制造业服务化; 产业链二元悖论; 现代化产业体系; 经济治理

一、引言

中国制造业在全球网络中的规模不断壮大, 产业成长迅速, 并跻身全球三大区域制造网络的核心位置, 但在部分关键行业的中间投入品生产仍然没有全球主导权和领导力量。因此, 中国制造业的发展目前正在技术创新和市场开拓层面进行升级路径的探索, 以突破中国制造业“强竞争力”和“强脆弱性”共存的二元悖论难题。制造业技术创新的变革可以分为产品技术创新和基础设施技术创新, 市场拓展的变革可以分为产业间融合和制造业服务化。其中对工业互联网基础设施和制造业服务化的发展是中国制造业转型升级的新发力点。2022年10月, 党的二十大报告提出“构建优质高效的服务业新体系, 推动现代服务业同先进制造业深度融合”, 也为产业融合发展和制造业服务化转型给出了新要求。

2018年中央经济工作会议第一次正式提出“新型基础设施建设”这一概念, 而工业互联网、物联网等是信息通信网络基础设施的主要内容(李晓华, 2020), 致力于以数字化、智能化形态促进产业转型升级。2023年2月, 《数字中国建设整体布局规划》指出数字中国基础设施建设的迫切性和赋能经济社会发展的重要性, 未来要切实加快数字技术创新应用和提升数字化服务水平。而工业互联网集成了新一代信息通信技术(ICT)和现代工业技术, 是一套涵盖数字化、网络化、智能化等通用目的技术(General Purpose Technology, GPT)的综合技术体系, 正在为改造提升传统产业、培育发展新兴产业、发展先进制造业提供了一套可行系统解决方案(中国电子信息产业发展研究院, 2019)。工业互联网是由新一代信息通信技术的突破创新驱动, 并以万物互联的形式应用到制造业产业的智能变革, 将是落实规划建设和推动制造业服务化转型的重要载体。工业互联网赋能制造业服务化转型的机制探讨是当下数字中国建设的一个重点理论问题, 明晰工业互联网的技术-经济特性和赋能制造业服务化的传导机制有助于推动《数字中国建设整体布局规划》的落地和政府参与数字经济治理的实践。

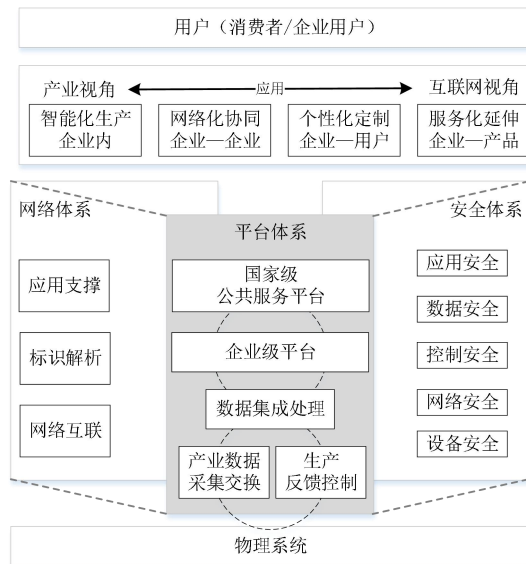
作者简介: 黄光灿, 西安邮电大学经济与管理学院讲师/特聘副教授, 世界经济博士, 研究方向: 制造业升级治理、数字贸易, 地址: 西安市雁塔区长安南路563号, 电话: 18829589903, 邮箱: hgc@xupt.edu.cn; 马莉莉, 西北大学经济管理学院教授、院长, 经济学博士(后), 研究方向: 开放经济转型, 地址: 西安市长安区学府大道1号, 电话: 18502959449, 邮箱: nihaolili@sina.com。

本文可能的边际贡献在于：（1）总结出工业互联基础设施的资本、技术和数字三种特性，推演了工业互联赋能制造业服务化转型的逻辑机制，并论证工业互联赋能不同类型制造业服务化的影响机制；（2）推导了工业互联促进服务化生态系统构建的逻辑以试图改善产业链脆弱性难题；（3）论述了政府经济治理在工业互联赋能制造业服务化转型中的必要性和角色。这些探讨将有益于丰富工业互联赋能制造业服务化转型的理论逻辑与价值链升级的治理实践，支撑数字经济时代下的中国制造业服务化转型升级。

二、文献综述

（一）工业互联赋能制造业转型升级

工业互联网是满足工业智能化发展需求，具有低时延、高可靠、广覆盖特点的关键网络基础设施，是新一代信息通信技术与先进制造业深度融合所形成的新业态和应用模式，包括以网络为基础、以平台为核心、以安全为保障的三大体系（中国电子信息产业发展研究院，2019）。工业互联以智能技术为主要支撑，以重资产、高技术门槛为主要特征，致力于降低生产成本和提高生产效率为主要目标，推动工业生产方式向数字化、网络化、智能化转型，并在创新生产方式中实现价值创造。



资料来源：中国电子信息产业发展研究院编著，杨春立，孙会峰主编. 工业互联网创新实践[M]. 北京：电子工业出版社，2019年，第12页。

图1 中国工业互联网的三大体系

人工智能技术起初就是一种通用目的的信息通信技术（ICT），是新一代信息技术（IDC是其核心基础设施）的集成，因此具有一般ICT的基本技术-资本特征：渗透性、替代性、协同性和创造性（蔡跃洲，2018；蔡跃洲和陈楠，2019）。人工智能四项基本技术-资本特征在很大程度上决定了其影响经济增长的作用机制（蔡跃洲和陈楠，2019），同时也在很大程度上决定了其影响产业转型升级的逻辑路径，尤其是与人工智能技术最为关联的制造业。渗透性特征决定了人工智能对制造业转型升级的影响具有全局性和广泛性；而替代性特征则是将“人工智能资本”作为一种新的生产要素并对其他传统要素进行替代；协同性是从微观层面带来更多的企业投入产出效率；创造性体现在促进技术进步而提高研发效率和生产效率。数据结构与算法是人工智能技术的核心，也是工业互联技术的核心支持。工业互联与人工智能有很大重合，并具有很多人工智能携带的技术-资本特征。

工业互联正以平台经济形式加速赋能全球制造业转型升级。制造业依托工业互联技术实

现“智能产品+智能服务”一体化发展，构筑制造业与服务业深度融合的产业价值网络，“生产+服务”成为促进传统制造业转型升级的主要方向。但缺乏应用场景、“信息孤岛”和本土关键技术供给不足等是制约中国工业互联网平台发展的因素。中国实现产业高质量发展的根本目标是产业转型升级，而产业数字化转型驱动的效率提升是基本前提，产业融合是必要条件（肖旭和戚聿东，2019）。新一代信息技术的突破创新驱动万物互联的工业应用；企业数字转型加速牵引工业互联网发展；先进制造体系的智能变革为工业互联网提供广阔的发展空间；产业生态系统的整合促进工业互联网的完善。

“互联网+”在2015年得到国务院及相关部门的推动落实，明确其是一种促进经济社会发展的变革力量，加快推进互联网与制造业、人工智能等融合。工业互联网与消费互联网是互联网发展至今的两种形式，而工业互联网作为新一代信息通信技术与制造业深度融合的产物，是制造业实现数字化、网络化、智能化的关键支撑，与其他互联网形式不同的是：第一，工业互联网需要实现人、机、物、数据等各类工业生产要素和流程的实时连接与交互；第二，工业互联网紧密涉及工业生产，对网络时延、业务承载、加密安全等要求更为严格（中国电子信息产业发展研究院，2019）。鉴于此，工业互联网以物物互联、人机互联、物联网为连接载体，其兴起和发展又以5G和人工智能技术的变革而更加高效、智能。智能制造是中、美、德三国实施“再工业化”战略的关键方向，中国工程院把智能制造定义为人工智能技术与先进制造技术的深度融合，是新一轮制造业变革的核心驱动力（Zhou et al, 2019）。工业互联网是实现智能制造的关键基础设施。从制造生产实践看，工业互联网基础设施是互联网与制造业深度融合的产物，囊括了物联网形态，并以5G、人工智能技术为基础进行演进，能够实现先进制造业的智能制造方式。

（二）制造业服务化正在成为“产业融合”的新方式

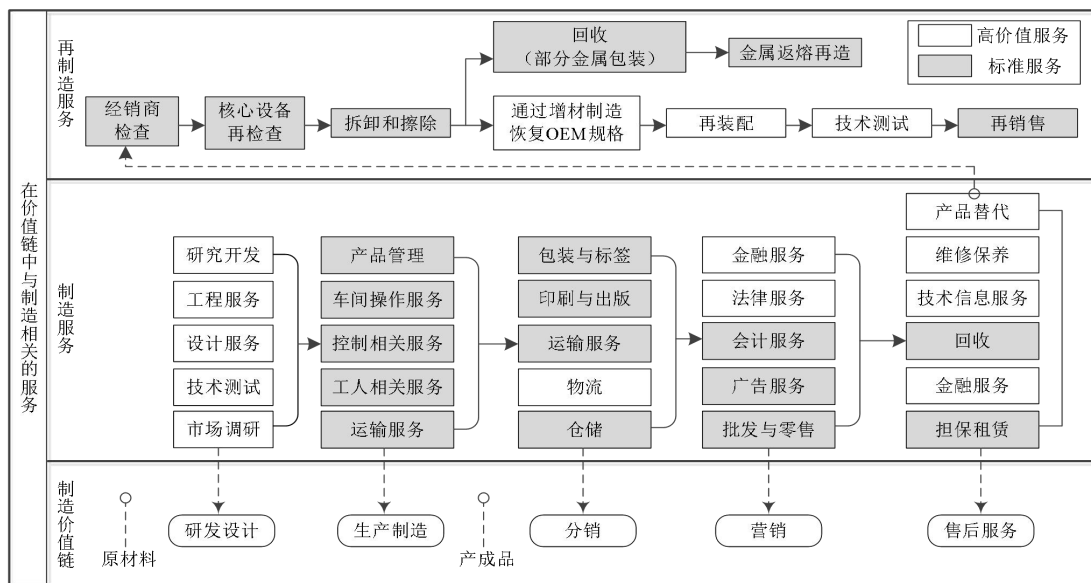
在制造业价值链不断丰富的当下，链条环节在快速被分割并固化，企图在制造业价值链上嵌入尤为困难。而制造与再制造所衍生或必需的相关服务则是制造业服务化转型的新思路 and 破题关键。制造服务化也是新时代制造业供应链架构的新特征。制造业服务化分为投入服务化（王向进等，2018；宋跃刚和张小雨，2022）和产出服务化（陈丽娴和魏作磊，2020；周念利和包雅楠，2022）。目前很多研究多是探讨制造业投入服务化，其重要表现之一即是制造业通过服务外包充分发挥自身生产优势并增加产品价值（刘维刚和倪红福，2018）。有研究表明，服务业投入约占制造业总出口的37%（Miroudot and Cadestin, 2017）。生产制造过程的服务价值投入增加，会直接带来制造业产出服务化的提升。

制造业服务化是制造业企业在内部进行的一种“产业融合”方式。按照服务化产出依托形式的不同，制造业服务化产出又可以分为制造品服务化产出和非制造品服务化产出。制造品服务化产出是指从制造产成品实现交付使用后直接产出的服务化价值，该形式的服务化产出是通过生产过程中的服务要素投入和产品质量提升来实现的。而非制造品服务化产出是指在制造产成品实现交付使用后间接依托于制造品而衍生的相关整体服务，该形式的服务化产出是通过独立的解决方案服务来实现的，其目的是完善制造品的使用价值。制造品服务化产出多是在研发设计环节和生产制造环节，取决于制造品本身；非制造品服务化产出多是在制造服务中的售后服务环节和再制造业服务环节，独立于制造品本身。

发达国家以研发设计、信息科技、金融法律服务化为主，而发展中国家以包装物流、运输仓储服务化为主（胡昭玲等，2017）。服务投入价值占发达国家出口额的三分之一，而发展中国家这一数据则是四分之一（Lanz and Maurer, 2017）。制造业服务化的表现包括但不限于运输仓储服务化、邮电通信服务化、金融保险服务化、研发服务化和其他商业服务化（杨玲，2015）。当更多的服务价值被投入到制造价值链中，制造的产成品增加值也会相应提升，制造企业的主营业务收入和利润总额同样增长。

在价值链中与制造相关的服务有制造服务和再制造服务，这些服务贯穿于制造业全球价

价值链各个环节，并具有不同程度的价值（Tait and Gereffi, 2016）。正如微笑曲线的价值分布，与制造相关的服务价值也是更多地集中在价值链的研发设计、营销和售后服务等环节。在由原材料向产成品过渡的生产制造环节，全部都是较低价值的标准服务，如产品管理、车间操作、控制服务、工人服务、运输服务，其服务还具有机械化、重复性、标准化特征。而工业互联或人工智能最能够切入制造业的环节就是生产制造环节，利用机器人一定程度代替并优化工人车间劳动，使用通信传感器、大数据物联平台进行产品管理和流程控制，收集、挖掘流通节点中的客户数据，匹配生产计划。工业互联将负责更多较低价值的标准服务任务，调配具有更多技术价值的人才劳动分流至高价值服务节点，提升制造业产成品的质量、数量以及增加值。除了作为投入购买的服务和企业内部自身的服务活动外，制造业企业越来越多地生产和出口服务，以补充或替代其销售的产品，其根本目的是通过向服务转变来增加更多价值并与客户建立长久的战略关系（Miroudot and Cadestin, 2017）。



资料来源：Tait, K., Gereffi, G. Remanufacturing Services in the Construction Machinery Value Chain [M/OL]. Low, P. and Pasadilla, G. *Services in Global Value Chains: Manufacturing-Related Services*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2016: 412-440.

图2 价值链中与制造相关服务的核心节点

制造业产出服务化能力由其生产制造的产品规模、质量、应用场景和未来需求等多种因素共同决定的。当制造业企业在生产产品方面不够强大时，该企业是无法进行产出服务化转型的，因为企业无法基于主营的制造产成品进行服务业态的转化输出（陈丽娟和魏作磊，2020）。当制造业企业专注于主营的制造产成品并形成“制造标准”时，实物产品将衍生出服务价值，此状态下的制造业企业将会基于制造产成品向客户提供一系列高价值的服务产品，如各种一体化解决方案。一体化解决方案是供应商提供有形产品、无形服务和其他支持商品的组合（Brax and Jonsson, 2009），是制造业产出服务化的典型形式，本质是制造和服务的共生融合（黄群慧和霍景东，2015）。

（三）制造业服务化转型正深刻影响全球价值链升级

制造业服务化转型与全球价值链攀升的相关研究较多，主要集中在二者的作用机制探讨。制造业服务化作为制造业企业发展的一个新方向和新战略，对于制造业自身国际竞争力和全球价值链分工地位有着重要影响。全球价值链有上游环节和下游环节之分，中国制造业投入服务化对价值链上游环节的攀升作用不明显，而对下游环节的攀升具有促进作用，主要

是由于制造业服务化转型可以响应服务需求、提升下游环节能级（熊彬和罗科，2023）。在数字经济时代，制造业服务化和数字化发展水平紧密相关，数字化发展水平可以强化服务贸易开放效应，从而提升制造业服务化转型（黄繁华和纪洁，2023）。但服务化转型并不容易，很多制造业企业出现了服务化困境，而数智化转型能够通过创新效应和成本效应帮助制造业企业突破（余东华和张恒瑜，2022），窦大鹏等人（2022）研究指出制造业企业与互联网深度融合可以有效提升全球价值链的分工地位。但工业互联网技术及其基础设施建设支撑企业数智化转型的中间作用机制研究尤为重要，本文将对此开展探讨。

制造业服务化促进其全球价值链升级的本质是将技术、知识、创新、数据等新型高端生产要素嵌入到价值链环节以纵向延伸价值链条并丰富投入产出效果（綦良群，2022），而企业技术创新在这个过程中起到部分中介作用。工业互联网基础设施作为一种携带技术的固定资产，势必会在制造业服务化转型中影响全球价值链升级。目前已有的研究大多集中在制造业服务化对全球价值链参与程度（刘斌等，2016）、全球价值链分工地位（杜运苏和彭冬冬，2018；吴云霞和马野驰，2020）、国际竞争力（吕云龙和吕越，2017）的影响，但这些并未涉及如何解决服务化转型困境，尚缺乏工业互联网新技术赋能下的相关研究，以梳理出如何使制造业服务化转型促进价值链升级落地的经验，而这正是本文对现有研究的一个重要拓展和创新价值。

三、工业互联网赋能制造业服务化转型的逻辑与机制

工业互联网基础设施与制造业服务化作为中国制造业转型升级的新发力点，并不是单独并行存在或推进的，而是有着直接的作用关系。工业互联网是工业互联网网络和平台的集合，作为一种携带技术创新内涵的工业基础设施，是以固定资本要素的形式参与制造业发展，具有技术-资本双重特征。制造业服务化是企业在制造范畴内为寻求市场拓展而进行的一种特殊的产业融合转型行动，也是一种生产结果，包括投入服务化和产出服务化。因此，携带技术的新型资本势必会直接影响制造业企业的服务化生产结果。

（一）制造业服务化在全球价值链演进中的发展趋势

全球价值链的传统攀升理论主要基于两个维度：技术创新和市场开拓。一般制造业的价值链环节都可以在微笑曲线上予以价值创造的表现。在价值链的上游生产环节，研发设计需要大量的技术投入，制造业企业会通过技术创新推动供给端，但自生演化耗时漫长。在价值链的下游流通环节，品牌服务为其开拓市场，并不断衍生，但还很大程度上取决于市场需求和已有的产业规模。基于价值链升级的传统演进机制，制造业企业在引入工业互联网技术及其基础设施的同时，工业互联网会赋能制造业发展，其中一个重要表现即是制造业服务化。工业互联网技术及其基础设施通过自身带有技术的资本形态赋能制造业服务化的投入和产出，表现在价值链条上即是技术服务化和市场服务化。价值链的上游生产环节主要是以技术为主导，纳入工业互联网的制造业企业将相对加大更高技术含量的服务投入以替代已有的人工投入，如生产运行的检测监控会替代人工并提升生产效率和产品质量，相对地增加了技术服务化投入。而价值链的下游流通环节主要是以市场为主导，纳入工业互联网的制造业企业将根据市场需求和产品要求输出与产品匹配的系统解决方案，在该环节部分增加了大量高质量的服务化产出，以支持产品被更好地使用和开拓更大的市场。一个完整的制造业价值链条因此实现了上游生产和下游流通的双向服务化升级。制造业内部的服务环节发展到一定程度将会衍生独立，甚至是去制造化存在。

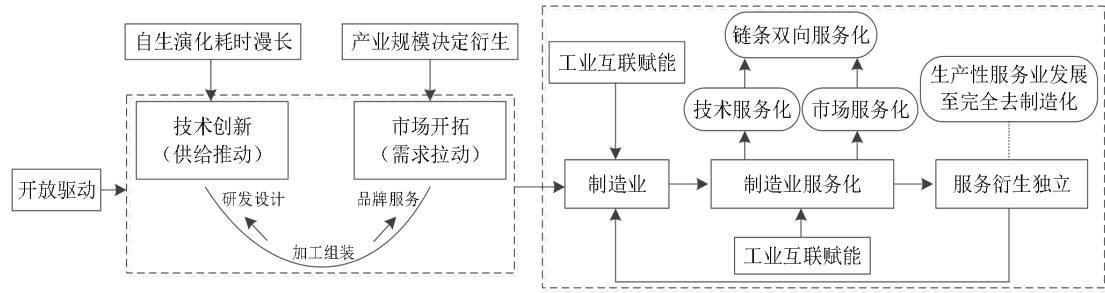


图3 开放驱动下的制造业赋能服务化演进的简要逻辑

注：作者编制。

制造业服务化本质上是制造业和服务业的“融合”。而服务业根据客户类型和任务不同可以划分为生产性服务业、消费性服务业和流通性服务业。当制造业生产内部刚开始出现服务时，生产性、消费性和流通性服务内容就已经产生，这些服务的专业化程度很低，自身的出现仅仅是服务于制造业企业所在的价值链环节，紧紧依存于制造业企业的业务流程中。而当生产性、消费性和流通性服务内容在制造业企业内部蓬勃发展后，服务业务的规模日趋庞大且体系成熟，仅仅依附于孵化的制造业母体已经无法维持发展，就会进行衍生独立，逐步实现去制造化，并以独立的服务行业形态与制造业生产销售流程相结合，形成新一阶段的制造业服务化。这一过程是制造业与服务业分离的过程，也是制造业服务化再形成的过程。生产性服务内容多以技术服务化的形式表现，而消费性服务内容则多以市场服务化的形式表现。工业互联网则在这个过程中进行赋能。

（二）工业互联网赋能制造业服务化转型的传导机制

工业互联网是促进中国制造业升级的新引擎，电子信息产业的制造业务和软件业务对工业互联网基础设施提供产业支撑。工业互联网技术及其基础设施对规模投资、低效要素投入形成替代性，并协同工业生产过程提升产出效率和产品质量，促使制造业服务化转型升级，且跻身全球价值网络核心位置。此外，工业互联网基础设施的数字特性，决定了采用工业互联网的制造业企业有条件为客户提供制造品之外的无形服务。非制造品服务化与制造品服务化共同组成了制造业服务化。那么，工业互联网赋能制造业服务化转型升级的作用机制如图4所示。

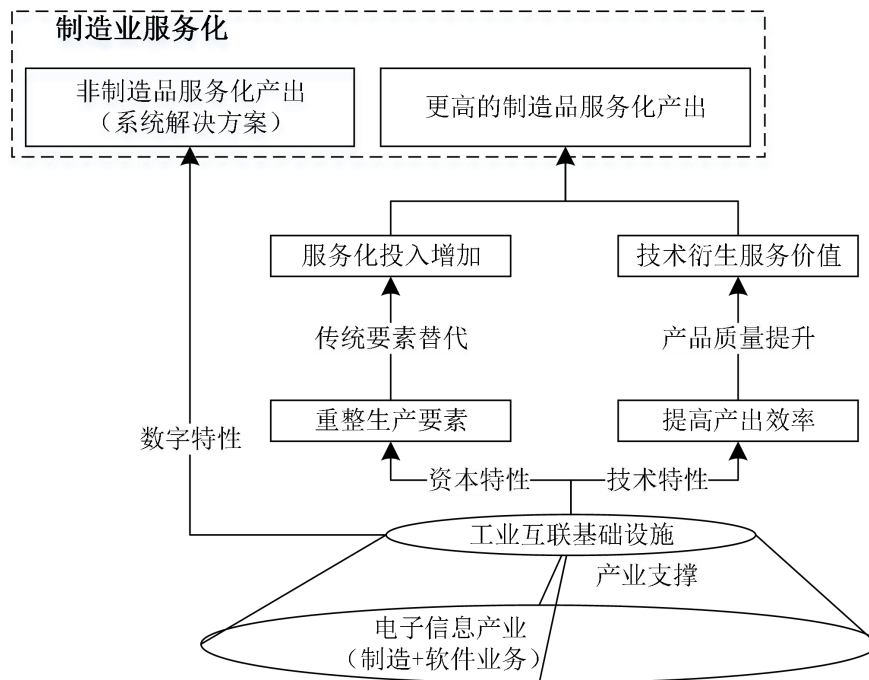


图4 工业互联网基础设施赋能制造业服务化转型升级

注：作者编制。

第一，工业互联网会对部分传统资本和劳动形成替代，相对增加服务化投入。工业互联网以新一代信息通信技术为基础，在企业内部对制造业生产过程进行数字化、网络化和智能化赋能，甚至是跨企业、跨行业实时信息共享与资源协同调配。所有生产要素的投入将得到优化，减少原材料生产成本。工业互联网为制造业带来了生产流程的创新协作与企业管理的创新变革。部分机械、重复的工人劳动被工业互联网的智能化所替代（蔡跃洲和陈楠，2019），如机器学习为一些生产流程能够实现无人智能化操作提供算法框架，这就需要更高技能的人力来介入生产过程。工业互联网平台还在非生产环节直接为行政管理工作提供数字一体化解决方案，增加技术、管理和财务服务投入，并优化管理流程，提升管理效率，最终的产出服务化价值提升也随着产品销售而实现。在规模报酬和生产边界不变的条件下，工业互联网作为一种携带技术的资本要素会挤出其他投入要素，如工人劳动、机器，并对这些传统要素形成替代（蔡跃洲和张钧南，2015）。在技术不断创新中，制造业生产过程会不断优化已投入要素的规模和配置效率，提升制造业产出水平和国际竞争力。而替代传统低效要素会显著提高制造业参与全球价值链分工的水平（戴翔和刘梦，2018），有利于获取更多的价值创造，并最终赋能制造业全球价值网络升级。

第二，工业互联网会显著提升制造业产业的生产率和产品质量。工业互联网基础设施的数字化、网络化、智能化在参与制造业生产，会协同制造过程，降低生产成本和产品不良率，提高制造业的生产率并使产品拥有更高的品质（何帆和刘红霞，2019）。该生产率提高的过程带有技术创新改变制造业生产边界的效应，因此，工业互联网的应用将提高同等要素投入下的制造业原有产出水平。这一生产边界的增长归因于工业互联网资本和技术的双重投入。在制造业生产函数中，技术要素和资本要素重构，并同时影响其他生产要素共同作用生产函数，使制造业形成新的更高的生产能力。产品质量的提升也使得自身价值增加，这部分价值来源于技术变革带来的服务化价值，而非传统要素的直接投入带来的。成长后的制造业生产能力和更好的产品质量赋予最终产出以更多的国内增加值，并直接表现出更高的全球价值网络地位。

第三，工业互联网为制造业企业非制造品服务化产出提供条件。工业互联网基础设施以电子信息产业为基础，电子信息产业的发展水平和集聚规模直接决定了制造业生产的工业互联网基础设施的应用水平和普及程度，而数字化、网络化特征也决定了工业互联网基础设施本身带有明显的数字特性。制造业企业有更多的条件为客户提供依托制造品而衍生的独立服务，这部分纯服务产出即为非制造品服务化产出，可以相对于制造品单独实现价值，如系统解决方案。制造业企业提供非制造品服务是为了相关制造品能够为客户实现更多价值，而该过程本身就为制造业企业提供了更多的服务化产出。

综上所述，工业互联网对其他传统生产要素形成替代效应，是由于工业互联网的资本特性在起作用，并未改变生产边界；而工业互联网提升制造业产业生产率和产品质量的促进效应，则是由于工业互联网的技术特性在起作用，直接改变生产边界。技术-资本的双重特性是工业互联网作为一种新的生产要素的特殊之处，其数字特性还为制造业企业非制造品服务化产出提供条件，工业互联网终将优化制造业企业的要素配置结构和生产能力，并重新定义服务化投入与产出。

（三）工业互联网赋能不同类型制造业服务化转型的影响机制

制造品服务化产出和非制造品服务化产出把制造业服务化按照产出形态分为两大类，工业互联网赋能制造业服务化转型的传导机制也有所差异。除此之外，工业互联网对制造业生产性服务化、制造业消费性服务化和制造业流通性服务化也有着异质性的赋能影响。

第一，工业互联网以新型基础设施的资本特性和技术特性为制造业服务化赋能生产力量。工业互联网作为新型基础设施，具有典型的资本特性，以生产要素的形式参与制造业生产过程。在这个过程中，工业互联网赋能制造业革新生产环节、优化生产流程，加速生产性服务内容在制造业的生产环节衍生、发展。新出现的生产性服务内容在初始阶段主要是服务于母体制造业的内部生产环节，还不具有独立服务整个行业的规模和能力。工业互联网凭借自身的资本特性和技术特性以重整生产要素的投入结构并提高生产效率，将加速生产性服务内容的扩张，随着生产性服务内容与制造业生产环节协同成长后，生产性服务内容会最终脱离制造环节母体成为生产性服务业，并反哺整个制造业行业，实现后一阶段的制造业服务化转型。制造业服务化被工业互联网加速推进且赋予更有效率的生产能力。

第二，工业互联网以数字特性为制造业消费性服务化和流通性服务化带来便利。当消费性服务业和流通性服务业独立衍生后，反哺制造业并与其融合，就带来了制造业消费性服务化和流通性服务化，这些服务化大多出现在制造业价值链的下游环节。数字特性使工业互联网基础设施区别于其他传统生产要素。数字化、智能化的消费需求场景在工业互联网的赋能下被创造，服务于制造业价值链流通环节的服务流程因数字信息技术的应用而更加便利和高效。工业互联网正是由于其数字特性，为制造业企业非制造品服务化产出提供条件，也为消费性服务化和流通性服务化的实现提供了数字便利。

第三，工业互联网为制造业服务化生态系统赋能。当制造业服务化逐渐成为制造业企业满足客户需求和增强市场竞争力的发展趋势，其自身的生态系统构建就越发重要。制造业服务化生态系统根据参与者的多元化可以将其分为生产性合作伙伴、流通性合作伙伴、下游客户以及终端消费者四大利益攸关方，四大利益攸关方基本构成了制造业服务化的生态系统主体。工业互联网依靠自身的资本特性、技术特性和数字特性将生产性服务供应商、流通性服务供应商赋能为合作伙伴，并使制造业产出带有更多服务价值。在客户端，工业互联网通过数字技术和基础设施建设将下游客户、最终消费者与制造业企业智慧化地联接在一起，加速且有效地赋能整个服务化生态系统主体的融合。这有利于中国现代化产业体系的持续打造。

四、工业互联网赋能制造业服务化转型在价值链升级中的作用

制造业价值链的升级面临着被发达国家和领导型跨国公司“低端锁定”的困境，而根本在于制造业自身产业链、供应链和产业体系的脆弱性。因此，制造业价值链的升级必须面对脆弱性的克服，让工业互联网在赋能制造业服务化转型的过程中加强自我产业体系的建设。

（一）产业链二元悖论与制造业价值链升级

纵观世界经济发展历程，一国具有国际竞争力和影响力的强势产业很难具有完全的自主可控能力，也即是一国产业国际竞争力的强势和这个国家对该产业链的自主可控难以兼得。这就是产业链二元悖论，这一现象都曾普遍出现在美国、英国、德国、日本等多个国家的开放发展进程中。产业链二元悖论的关键问题在于产业链的竞争影响力和发展脆弱性共存，其根本原因是产品内分工在国际范围内的深入发展使得越来越多的国家或企业从事制造业价值链的某一具体环节，分工的细化很可能使大部分深入参与国际分工的国家无法有效把控所在链条的关键环节，从而造成产业链的脆弱性（徐奇渊等，2022）。当遇到产业链核心环节或主导链条发展国家的产业贸易制裁，这个被针对的国家产业链就会出现极大的负面影响。破解产业链二元悖论难题的关键在于兼得强势的国际竞争力和自主可控的产业链体系，而焦点在于如何使制造业的产业链自主可控程度大幅增加。那么，中国制造业就必须构建起符合中国式的现代化产业生态体系，以对抗脆弱性的影响。

制造业全球价值链的升级有两种基本方向，一是通过制造产业聚集形成规模效应而做大产业体系，另一是通过先进的技术和经验把控价值链核心环节以实现高附加值国内生产和低附加值全球外包。前者是后者的必要条件和必经之路，属于一种“横向升级”，表现为巨大

的产业体系规模和基于规模的强大国际竞争力，后者属于一种深化的“纵向升级”，表现为强势的产业链可控能力与全球采购能力。二者都可以实现制造业全球价值链升级，但升级基础完全不同。中国必须基于自身开放发展所积累的规模基础，制定“横向”转“纵向”、兼具“纵向”的升级路径。而工业互联网赋能制造业服务化转型通过资本、技术和数字特性提升制造业产出附加值，其本质是高投入和更高产出的生产循环，这一赋能过程会创造出更有效的产业融合形态，直接促进现代化产业体系加快构建。因此，制造业全球价值链的升级不仅仅是国际竞争力和影响力的提升，更是自主可控性的重新把控，这就需要一种系统构建思想来开放发展制造业。

（二）工业互联网改善产业链脆弱性难题的服务化生态系统逻辑

改善产业链脆弱性是破解产业链二元悖论难题的切入点，构建中国式现代化产业生态体系是制造业必须面对的一个重要课题。而在现代化产业生态体系的构建过程中，工业互联网将通过赋能制造业服务化生态系统来加快整合产业链上下游及其合作伙伴的商业关系。工业互联网依靠自身基础设施建设的资本特性、技术特性、数字特性，把产业链上更多的利益攸关方进行数字化、智能化的强效联接，赋能制造业服务化生态系统不断扩张、成长。制造业自身的不断发展将会要求有更多的服务化环节渗透支撑制造业持续向前，而工业互联网将加快促进服务化环节与制造业母体进行融合，并强化其成为一个更加复杂的现代化产业体系。完善的现代化产业体系作为一个既可以自循环又可以外循环的完整系统，自然就拥有了对抗产业链脆弱性的内在基础。制造业企业在工业互联网改善产业链脆弱性难题的服务化生态系统构建中，需要充分尊重价值链升级的基本规律。价值链升级是工业互联网赋能制造业服务化转型的一个结果或是目的。制造业企业深度挖掘所处的价值链环节，不断细化分工，通过技术创新、模式创新不断向价值链的关键核心环节延伸并最终控制，在关键的核心环节延展新的链条，并基于此进行制造业服务化生态系统的扩张。

五、工业互联网赋能制造业服务化转型中的治理角色

市场机制下工业互联网赋能制造业服务化转型升级耗时漫长，政府对其加强治理可以弥补自发缺陷。此外，在面对产业链二元悖论的难题时，工业互联网虽然可以赋能制造业服务化来构建现代化产业体系以改善产业链脆弱性，但在价值链升级的初期，仅依靠市场机制将会使这一作用机制显得发散、无力，导致制造业服务化转型和产业体系“野蛮生长”，全球价值链升级的方向会被迫选择横向升级或纵向升级的其中之一，导致无法通过工业互联网赋能制造业服务化转型而使制造业兼备“强竞争力”与“强自主可控性”。因此，政府经济治理在工业互联网赋能制造业服务化转型中的角色就很重要。

（一）新技术变革下的经济治理必要性

新技术变革把全世界带入到新一轮的技术爆发时代。科学技术是一把双刃剑，技术推动了全球生活水准和福祉的普遍进步，但也会对社会发展产生了诸多负面影响，如新技术创造下的财富集中到少数人手中、劳动力错配甚至被滥用、环境被污染破坏等等。更为直接的负面的影响甚至会直接摧毁孕育新技术产生的产业母体。新一代信息通信技术与制造业深度融合是当下新技术的切实发展，其本身具有政治性，因为新技术是通过社会机制开发出来的解决方案、产品和举措（克劳斯·施瓦布和尼古拉斯·戴维斯，2018）。工业互联网赋能制造业服务化转型升级必然会融入工业生产和社会生活，政府和所有参与者有责任考虑其社会价值观与新技术的关系。

为技术赋予价值观是新技术变革下经济治理的重要内容。此外，新兴技术和新兴产业及业态依靠市场规律自发演化的速度、质量和规模都不尽人意，特别是在百年未有之大变局下中国追赶超越的时代背景中，政府通过补贴等政策可以提升制造业企业服务化绩效（刘畅和马永军，2019）。制造业企业的市场主体力量是逐利、短视、发散的，具有明显的缺陷性。

政府超越企业层面，具有公信力、统筹力和时代战略合力，能够通过提供公共服务和创新机制体制来有效引导新兴技术、产业和业态服务于社会经济朝着一个未来、可期、共识、科学的方向发展。

（二）中、美、德未来制造业发展战略

中、美、德三国制造业发展战略均以推动先进制造业为目标，并注重工业互联基础设施建设。但三国实施战略的行动路径有所差别：中国聚焦于制造业结构、质量和水平的宏观愿景，美国鼓励创新并应用新信息技术进行制造业格局的系统性重塑，而德国突出以新工业网络化、智能化为特征的微观生产模式。其差异的根本原因在于三国目前的制造业发展水平不同，也即所具备的已有优势不同。中国制造业的发展离不开政府经济治理的公共服务供给，政府引导下的制造业发展也更加注重行业结构、产品质量、产业水平；美国信息服务业与高端制造业强大，传统制造空心严重，希望在具有优势的新一代信息技术领域深耕与制造业的融合，“由外向内”实现工业互联网革命并重塑工业格局；德国则是在机械自动化和高端装备制造方面领先，希望赋能生产流程并实现“由内向外”的生产模式升级。尽管有所差异，但在推动战略实施的过程中，三国都有着共同的路径核心——工业互联基础设施的建设。中国在微观企业层面积极对接德国工业 4.0 智能化生产模式变革的“硬”制造合作，又在宏观产业间融合层面学习美国“软”服务推动下的工业互联网革命应用。此外，中国经济发展的实践经验表明，一个更为明显的经济治理优势是中国所独有具备的：政府为制造业高质量转型升级提供定制化、差异化的国际公共服务以加速产业的自然演化进程。因此，技术变革、产业融合和经济治理是中国制造业在全球价值链升级中的三个推动维度（黄光灿，2021）。

（三）经济治理在工业互联赋能制造业服务化中的价值

第一，经济治理为工业互联技术新变革赋予价值观，收敛技术推动经济发展的作用路径，使其聚焦于赋能制造业生产，更好地服务经济发展和世界繁荣。技术在研发和应用时都在表达社会的诉求，因此所有技术都具有政治性（克劳斯·施瓦布和尼古拉斯·戴维斯，2018）。工业互联技术与制造业生产系统相互塑造，现在的制造业生产系统是过往技术文明的产物，而工业互联技术又是我们最新创造的成果。第二，经济治理加速推动工业互联赋能制造业服务化的新技术落地，为市场主体打造需求场景，促进现代化制造业生产消费网络及其体系的构建，加强中国制造业国际竞争力，提升其在全球价值链中的核心地位。第三，新时代的全球经济治理需要中国制造业的参与，中国政府为其提供国际和国内公共服务，进行战略性顶层设计，输出中国工业互联赋能制造业服务化转型路径的方案与经验，为全球产业格局重塑贡献中国力量。在制造业全球价值链中，制造业企业自身基本无法形成全球治理合力，政府应为率先应用工业互联技术的制造业企业在“走出去”时提供公共服务，进行产业层面的战略设计倾斜。能够输出中国制造产业标准的企业一定是制造业服务化转型较为领先的市场主体，它们能够获取更多的附加值，并以自身“产品服务”作为全球标准。因此，一个国家越是有更多“标准输出”的制造业企业，越是能够在全球价值链中展现全球经济治理的能力。

六、工业互联赋能制造业服务化转型与价值链升级的中国方案

中国制造业的未来在于“国内垂直整合、国际水平分工”。中国在过去依靠国际垂直分工，利用充足廉价的劳动力和初级原材料，承接了全球价值链上的低价值制造环节，受益于全球化带来的发展。但随着中国制造业试图摆脱“低端锁定”的同时，发达国家对中国制造业发展所需的关键中间品投入进行规锁和扼制，无法摆脱当今不适合中国进一步发展的国际垂直分工束缚，强竞争力与强脆弱性共存的产业链二元悖论是制造业价值链升级的主要困境。基于中国制造业转型升级的国内路径和全球战略，制造业服务化是增加中国制造业高附加值创造和提升国际竞争力与地位的必由之路。而新一代信息通信技术变革下的工业互联赋能制造业服务化转型。工业互联赋能制造业服务化转型与价值链升级的行动应从以下五个

大的方面落实。

（一）制造业企业加大工业互联网基础设施投入

连续流程制造企业注重生产工序的规模和监控,可率先应用工业互联网基础设施赋能企业生产,重整制造企业生产要素投入结构,相对增加服务投入,同时使流程制造更加智能化、自动化、品质化,制造出更高质量和更低不良率的产品,如制药、化工、有色金属等。尽管复杂模块制造企业的生产过程更为“碎片化”,但工业互联网基础设施依然可以基于数据驱动高效配置企业制造,优化产出效率,并为复杂模块产品提供配套的一体化解决方案奠定数字平台,提升制造业企业产出中的服务价值,如汽车、飞机、电子设备、电气设备、机械设备等。政府应为中国领导型制造业企业和工业互联网平台提供商搭建交流合作的平台,促进制造业企业与工业互联网平台厂商的业务往来,通过财政优惠政策率先在本地领导型制造业企业中进行试点发展,引导各类制造业企业探索适合自身的工业互联网模式和应用。

（二）政府加快引导新型制造业现代化体系演进

政府应加快通过工业互联网赋能制造业服务化来构建新型制造业现代化体系,在空间布局和运作流程中强化现代制造业的聚集和融合。电子信息产业作为工业互联网赋能制造业服务化转型的产业基础,在国内的规模化聚集尤为重要。电子信息制造业与软件业务要在结构、规模、关联上协调,匹配制造业与软件业,能够实现工业互联网硬件设备在国内进行系统软件调配。电子信息产业本区域网络化网络的形成将衍生工业互联网平台及其技术,并通过产业内制造业和软件业企业的结构优化匹配,创新高质量的制造业服务化生态体系的国内循环机制。中国制造业的开放发展所取得的优势依靠人口红利和规模效应,相较于发达国家工业升级的赛博机制,中国的制造业转型更应把握产业网络所形成的规模效应,在做大的同时尽可能地减少其脆弱性。而减少脆弱性的关键在于构建稳固的现代化产业体系。作为产业融合的典型路径,工业互联网赋能制造业服务化的推进将会加强制造业和生产性服务业、消费性服务业与流通性服务业的联接融合,使其紧密投入产出关系,打造一种新型制造业现代化体系,以完整的制造产业体系对抗产业链脆弱性和发达国家实施的产业贸易制裁。

（三）制造业尽快转向“制造+服务”的双产出业态

“制造+服务”双产出是业态发展新趋势。制造业服务化是制造业内部“两产融合”的发展趋势,其本质决定了“制造+服务”的双产出业态。制造业不仅要实现制造品的价值,还要产出与制造品配套的高端服务以更好地实现制造品价值。工业互联网基础设施建设及其技术创新为赋能制造业服务化双产出提供条件。基于工业互联网赋能制造业服务化转型而建立的新型制造业现代化生态体系为“制造+服务”双产出业态的转向提供必要的市场和技术环境。制造业产业链将因此变得具有影响力且稳固,制造业整体将“自然而然”地转向“制造+服务”双产出业态,提升制造产出自身的附加值,以寻求全球价值链的升级。政府在市场转向的过程中可通过税收补贴政策,为制造业企业制定“制造+服务”的营收结构标准,引导制造业企业服务化业务转型。

（四）国家应统筹国内垂直整合与国际水平分工

政府与企业合力促进工业互联网相关产业的全链条集群,形成以国内为主导、覆盖亚太周边的全球性区域网络。政府应切实做好招商引资,完善针对电子信息产业和工业互联网提供商的优惠政策,垂直整合各环节,使工业互联网基础设施的硬件设备研制、数据算法开发、平台建设和软件设计等能够在国内完成,有效凸显中国制造业全球地位。人才、技术、资本的国际流动为开放地区带来巨大的发展效应。垂直分工在国内进行,水平分工与全球合作,政府应根据制造业发展水平和阶段合适地引进同层次领先的国家、企业来华开展水平合作,全面参与中国主导的工业互联网建设与制造业服务化转型的各个领域与环节。统筹国内垂直整合与国际水平分工,是为了在国内构建稳固的新型制造业现代化体系并在国际层面持续表现强势的竞争力,这有利于形成以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局,逐

步把“强竞争力”与“强脆弱性”共存的产业链二元悖论困境改善为“强竞争力”与“强自主可控性”兼备的产业生态体系。

（五）政府和企业为工业互联网赋能制造业服务化赋予价值观

新技术具有政治性和价值观，新技术嵌入的产业也同样具有，且应致力于国家发展和谋求全人类福祉。为新技术、新产业、新业态赋予价值观，不是束缚其发展，而是更好地造福人类社会。政府应为高质量制造业发展战略制定顶层设计方案，重点研究并分列出工业互联网赋能制造业发展的“负面清单”，如涉及到的企业恶性竞争、劳动力滥用、环境污染、数据威胁、信息泄漏、投资风险等条款，对新事物“底线”进行严格清晰的界定，给产业和市场以最大可能的发展空间和创新环境。赋予价值观，保证政治正确和全球价值共识是前提，工业互联网赋能制造业服务化转型的细节由市场和技术来主导。

参考文献：

- [1] 蔡跃洲,陈楠.新技术革命下人工智能与高质量增长、高质量就业[J].数量经济技术经济研究,2019,36(5).
- [2] 蔡跃洲,张钧南.信息通信技术对中国经济增长的替代效应与渗透效应[J].经济研究,2015,50(12).
- [3] 蔡跃洲.数字经济的增加值及贡献度测算:历史沿革、理论基础与方法框架[J].求是学刊,2018,45(5).
- [4] 陈丽娴,魏作磊.制造业企业产出服务化有利于出口吗——基于 Heckman 模型的 PSM-DID 分析[J].国际经贸探索,2020,36(05).
- [5] 戴翔,刘梦.人才何以成为红利——源于价值链跃升的证据[J].中国工业经济,2018,(4).
- [6] 窦大鹏,匡增杰.制造业服务化与全球价值链位置提升——基于制造业企业的分析[J].国际商务研究,2022,13(01).
- [7] 杜运苏,彭冬冬.制造业服务化与全球增加值贸易网络地位提升——基于 2000—2014 年世界投入产出表[J].财贸经济,2018,39(02).
- [8] 何帆,刘红霞.数字经济视角下实体企业数字化变革的业绩提升效应评估[J].改革,2019(4).
- [9] 徐奇渊,东艳,等.全球产业链重塑——中国的选择[M].北京:中国人民大学出版社,2022.
- [10] 胡昭玲,夏秋,孙广宇.制造业服务化、技术创新与产业结构转型升级——基于 WIOD 跨国面板数据的实证研究[J].国际经贸探索,2017,33(12).
- [11] 黄繁华,纪洁.服务贸易自由化、行业数字发展水平与制造业服务化转型:基于制造业微观企业数据的实证研究[J].世界经济研究,2023, 347(01).
- [12] 黄光灿.中国制造业在全球价值网络中的升级与治理研究[D].西北大学,2021.
- [13] 黄群慧,霍景东.产业融合与制造业服务化:基于一体化解决方案的多案例研究[J].财贸经济,2015(2).
- [14] 克劳斯·施瓦布,尼古拉斯·戴维斯.第四次工业革命行动路线图:打造创新型社会[M].世界经济论坛北京代表处译.北京:中信集团出版社,2018.
- [15] 李晓华.面向智慧社会的“新基建”及其政策取向[J].改革,2020(5).
- [16] 刘斌,魏倩,吕越,祝坤福.制造业服务化与价值链升级[J].经济研究,2016,51(03).
- [17] 刘畅,马永军.制造业服务化、政府补贴与企业绩效[J].技术经济,2019,38(12).
- [18] 刘维刚,倪红福.制造业投入服务化与企业技术进步:效应及作用机制[J].财贸经济,2018,39(8).
- [19] 吕云龙,吕越.制造业出口服务化与国际竞争力——基于增加值贸易的视角[J].国际贸易问题,2017(05).

- [20] 慕良群,刘晶磊,吴佳莹.服务化对先进制造业全球价值链升级的影响机制——基于企业二元能力视角的研究[J].中国软科学,2022,No.376(04).
- [21] 宋跃刚,张小雨.中国制造业企业投入服务化对环境绩效的影响研究[J].世界经济研究,2022(12).
- [22] 王向进,杨来科,钱志权.制造业服务化、高端化升级与碳减排[J].国际经贸探索,2018,34(07).
- [23] 吴云霞,马野驰.制造业投入服务化对价值链升级的影响——基于参与度和分工地位的双重视角[J].商业研究,2020,514(02).
- [24] 肖旭,戚聿东.产业数字化转型的价值维度与理论逻辑[J].改革,2019(08).
- [25] 熊彬,罗科.中国制造业投入服务化与价值链功能攀升——基于内向绿地投资视角[J].国际贸易问题,2023,482(02).
- [26] 杨玲.生产性服务进口贸易促进制造业服务化效应研究[J].数量经济技术经济研究,2015,32(5).
- [27] 余东华,张恒瑜.制造业企业如何通过数智化转型突破“服务化困境”?[J].甘肃社会科学,2022,261(06).
- [28] 中国电子信息产业发展研究院编著,杨春立,孙会峰主编.工业互联网创新实践[M].北京:电子工业出版社,2019.
- [29] 周念利,包雅楠.数字服务贸易壁垒对制造业产出服务化水平的影响——基于中国上市公司微观数据的经验研究[J].亚太经济,2022(03).
- [30] Brax, S. A., Jonsson, K. Developing Integrated Solution Offerings for Remote Diagnostics: A Comparative Case Study of Two Manufacturers[J]. International Journal of Operations & Production Management,2009,29(5).
- [31] Lanz, R., Maurer, A. Services and Global Value Chains-Some Evidence on Servitization of Manufacturing and Services Networks [R]. WTO Working Paper No.ERSD-2015-03, 2015.
- [32] Miroudot, S., Cadestin, C. Services in Global Value Chains: From Inputs to Value-Creating Activities [R]. OECD Trade Policy Papers No. 197, OECD Publishing,2017.
- [33] Tait, K., Gereffi, G. Remanufacturing Services in the Construction Machinery Value Chain [M/OL]. Low, P. and Pasadilla, G. Services in Global Value Chains: Manufacturing-Related Services. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.,2016.
- [34] Zhou, Ji, et al. Human-Cyber-Physical System (HCPs) in the Context of New-Generation Intelligent Manufacturing [J]. Engineering,2019,5(4).

The Transformation Logic and Governance Practice of Industrial Interconnection Empowering the Servitization of Manufacturing

HUANG Guang-can¹ Ma Li-li²

(1. School of Economics and Management, Xi'an University of Posts and Telecommunications, Xi'an, 710061; 2. School of Economics and Management, Northwest University, 710127)

Abstract: China has entered the core area of manufacturing global value network, but it is facing the dilemma of the dual paradox of strong competitiveness and strong fragility in the industrial chain. The development of industrial interconnection infrastructure and manufacturing servitization is becoming the new power point of the transformation and upgrading of China's manufacturing. Under the background of the game between big countries and the new technological reform, the industrial interconnection technology and infrastructure, based on its

own capital characteristics, technical characteristics and digital characteristics, empower the servitization transformation of manufacturing, and improve the service output of manufacturing products and non-manufacturing, which increases the service value of manufacturing enterprises. The purpose of servitization transformation of manufacturing is to realize the upgrading of value chain. Industrial interconnection builds industrial ecosystem by enabling servitization of manufacturing industry to support the development of Chinese-style modern industrial system, improve the vulnerability of industrial chain and solve the binary paradox of industrial chain, and promote the upgrading of global value chain of manufacturing industry. In the process of the rise of new industries, it is necessary for the government to guide construction of modern system for new manufacturing, new format innovation, domestic and international dual circulation and value endowing through differentiated public service supply, so as to improve economic governance.

Key words: Industrial Interconnection Infrastructure; Manufacturing Servitization; Dual Paradox of Industrial Chain; Modern Industrial System; Economic Governance