

中国工业互联网产业创新生态系统的现状、问题及优化对策

孙 鑫¹, 张路娜¹, 刘肖肖²

(1. 中国信息通信研究院 政策与经济研究所, 北京 100191; 2. 中国科学院 科技战略咨询研究院, 北京 100190)

摘要:随着新一轮科技革命和产业变革深入推进,工业互联网已经成为世界各国政府和企业重点布局的核心领域。基于产业创新生态系统视角构建中国工业互联网产业创新生态系统的结构模型,分析构成要素、主要特征、运行机制,探讨存在的问题和优化路径。研究结果可为中国工业互联网产业创新发展提供政策参考。

关键词:工业互联网;产业创新生态系统;优化路径

中图分类号:C93 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)09-0098-07

工业互联网是第四次工业革命的重要基石,辐射带动实体产业的转型升级。工业互联网在促进中国数字科技自立自强、稳定产业链供应链、加快“双碳”目标实现等方面发挥了重要作用,已成为全球新一轮科技与产业竞争的制高点。

中国正着力推进工业互联网创新发展战略。2020 年工业互联网核心产业规模已达 9 041 亿元,产业经济增加值规模达 3.1 万亿元左右,对 GDP 增长的贡献超过 11%^[1]。然而,值得注意的是,工业互联网产业正处于快速成长的关键时期,其创新是一项复杂的系统工程,构建要素完备、良性循环的产业创新生态系统对于工业互联网产业的长期发展具有重要意义。

产业创新生态系统是新时期研究产业发展的新范式。早期,基于系统论,Malerba 提出产业创新系统^[2-3]。在运用系统论对产业创新活动进行分析的同时,Moore^[4]、Lansiti 和 Levien^[5]、Frosch 和 Gallopoulos^[6]等引入了生态学理论。2004 年,美国总统科技顾问委员会正式提出创新生态系统^[7],并逐步扩散至产业领域。同时,中国学者也对产业创新生态系统开展了相关研究。柳卸林^[8]、徐作圣等^[9]基于国外研究基础,结合中国实际进行探索,具体涉及战略性新兴产业^[10]、文化创意产业^[11]、电动汽车产业^[12]、生物医药产业^[13]等。从研究内容上,

国内外对产业创新生态系统的研究内容主要集中在基本内涵和主要特征、结构要素、模型构建、运行机制、评价分析、动态演化等方面。

然而,目前与工业互联网相关的研究主要聚焦在互联网产业创新系统^[14]、工业互联网内部集群生态系统^[15]、工业互联网生态化特征^[16]、美国工业互联网发展经验等方面,缺乏从产业创新生态系统视角对中国工业互联网发展进行整体和深入分析的相关研究。为此,本文首先分析工业互联网产业创新生态系统的构成,并结合中国工业互联网发展实际,就其中的关键角色及行为、系统特征、运行机制等进行深入研究,并提出存在问题及优化建议,对于补充和拓展产业创新生态系统理论有重要理论意义,对于有序推进中国工业互联网产业以及其他相类似的融合型产业的健康发展具有重要现实意义。

1 工业互联网产业创新生态系统的结构及特征

综合国内外研究,工业互联网产业创新生态系统是在特定时间和空间范围内,相同或相近的工业互联网相关的产业创新组织,彼此之间以及与其相关支撑环境之间密切联系、相互作用,通过知识传递、技术扩散和人才流动、资金交换等,形成具有鲜明产业特征及独特运行机制的促进工业互联网创新的复杂网络系统,如图 1 所示。

收稿日期:2022-12-07

作者简介:孙鑫(1984—),女,天津人,中国信息通信研究院政策与经济研究所,创新研究部主任,高级工程师,博士,研究方向为信息通信产业发展、创新管理、创新政策;张路娜(1988—),女,山西长治人,中国信息通信研究院政策与经济研究所,创新研究部工程师,研究方向为创新管理、创新政策;刘肖肖(1990—),女,河北沧州人,中国科学院科技战略咨询研究院,博士(后),研究方向为科技规划、决策科学。

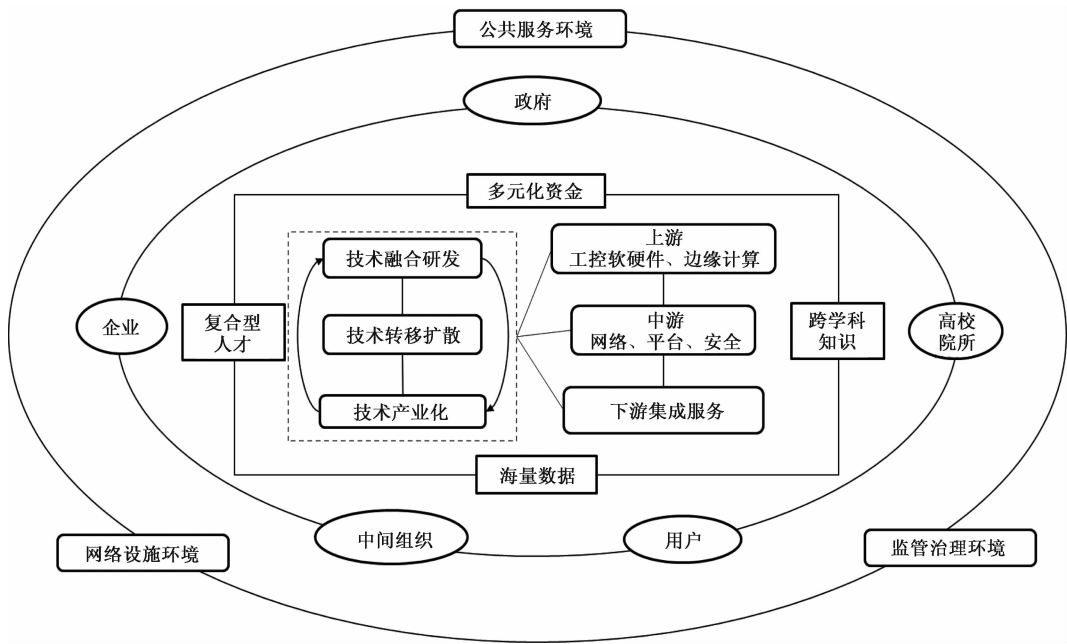


图 1 工业互联网产业创新生态系统

1.1 基本构成

1)创新种群。创新种群是指基本属性相同的创新主体集聚在一起形成的群体。其中,创新主体是指产业创新活动中最基本的单位,包括企业、政府、高校院所、中间组织、用户等。其中,企业种群是推动工业互联网发展的核心主体,中国上游的工控及边缘计算等软硬件企业相对缺乏,中游的网络、平台、安全等企业加快蓄力,下游的各类服务企业发展较快。关于高校院所种群,中国已有多家高校院所取得工业互联网领域共性技术研发突破。工业和信息化部(简称工信部)也加快支持高校设置工业互联网相关二级学科或交叉学科。政府种群则主要发挥引导和协调作用,重点提供资金支持、制定规则、加强基础设施建设等。自 2013 年起,中国就启动了针对工业互联网的宏观战略及细化政策,搭建了推动工业互联网发展的“四梁八柱”。中间组织种群旨在重点发挥桥梁和纽带作用,促进技术转移转化、公共服务体系建设等。中国工业互联网产业联盟从工业互联网顶层设计、技术研发、标准研制、应用探索、国际合作等多方面开展工作,是缔结和维系工业互联网产业创新生态系统的重要力量。用户种群是创新产品及服务的终端使用者,通过信息反馈推进产品的升级。中国工业体系类目众多,用户异质性较大,而且不同地区、不同规模的企业数字化程度差别巨大,使得用户种群具有分散性、复杂性,工业互联网发展呈现“一米宽百米

深”的特征。

2)创新要素。创新要素是激发产业创新生态系统的活力以促进其持续演化升级的关键,在工业互联网产业创新生态系统中涉及技术、人才、资金、数据等。技术要素方面,工业互联网产业是技术密集型产业,是信息技术与制造技术的深度融合,需要更多跨领域、跨学科的知识和技术。人才要素方面,中国第 5 代移动通信技术(5G)、工业智能、边缘计算、数字孪生、工业区块链等工业互联网相关领域的专利位居全球前列^[17],工业互联网技术人员培养力度也在加强,国家新发布职业中与工业互联网相关的占总数的近一半。资金要素方面,工业互联网是涉及长远经济利益的战略性新兴产业,技术复杂度高,覆盖行业广,资金需求较大。中国中央和地方政府设立财政专项资金^[18],建立产业引导基金,上百家市场化投融资机构积极布局,以多种形式拓宽工业互联网领域的融资渠道,2020 年工业互联网上市企业累计 160 家,423 家工业互联网创业企业获得融资已超过 478 亿元^[19]。数据要素方面,工业互联网产生的海量数据是开展技术研发、工艺升级、模式创新、运行监测的重要支撑,是创新的新源泉。中国正在加快建立数据资源产权、交易流通和安全保护等基础制度和标准规范。

3)创新生态环境。工业互联网产业创新生态系统的创新生态环境主要包括网络设施环境、公共服务环境、监管治理环境等。网络设施环境方面,

5G 等新型网络技术推动企业内网改造加力提速,高质量外网建设基本实现全国地市全覆盖,连接工业企业近 20 万家,工业互联网标识注册总量突破千亿,多层级工业互联网平台体系初步形成,国家工业互联网大数据中心“1+N”体系基本建成,安全保障能力持续提升。公共服务环境方面,中国加快建设行业测试床、联合实验室等产业公共服务平台,通过资源整合、主体联动等增强了公共服务的覆盖范围,提升中小企业的服务体验。监管治理环境方面,是指为推动工业互联网发展制定出台的监管规则、举措等。中国已经在工业大数据管理,企业网络安全分级分类防护,完善安全技术监测、安全工作机制,加强安全技术产品创新等方面系统部署。

1.2 主要特征

1) 创新主体呈现多样性和共生共享性的特征。由于工业互联网覆盖的领域范围较广,在中国已延伸至 45 个国民经济大类,参与创新的主体类型众多,多样性特征明显。同时,由于网络效应,主体间更容易实现资源的互补和共享,形成共生依赖关系,获得规模经济和范围经济的双重效益。

2) 创新活动呈现技术推动和需求拉动双重驱动的特征。工业互联网的发展依赖于多种技术的融合集成,并且基于异质性的市场需求进行技术的优化和调整,产业化链条较长,因此其创新由“技术推动”和“需求拉动”双重驱动,需要创新链和产业链深度融合。

3) 创新过程呈现用户深度参与和产品快速迭代的特征。工业互联网的应用专业性强,没有普适性发展模式,用户群体的使用成效和使用黏性更重要。因此,用户全面参与到产品与服务的创新环节中,工业互联网平台根据用户的个性化需求提供定制化产品及服务。同时基于多主体分布式合作、开源合作等多种原因驱动,工业互联网领域产品的更迭速度加速。

4) 创新成果呈现扩散快速和辐射广泛的特征。工业互联网与实体经济的各个领域相融合,对传统产业进行渗透、改造及重构。由于工业互联网平台的大规模连接能力,创新成果在生态系统内快速扩散,并形成较强的带动效应。例如,中国工业 App 总数从 2017 年萌芽,当前已快速增长至 60 万个,促进海量中小制造企业数字化转型。

5) 创新合作呈现开放性和包容性的特征。工业互联网的发展跨行业、跨地域、跨领域,面临垂直行业专业知识差异性大、工业软件协议接口不统一

等多种问题,需要不同国家加强在技术研发、标准研制、技术测试、开源社区建设等方面的合作。

6) 创新系统演化呈现自组织、自进化的特征。工业互联网产业生态系统内部种群间相互竞争与合作,并且基于平台的连接性和快速反馈性,形成优胜劣汰机制,根据实际发展效果实现动态的滚动和迭代,促进系统的持续发展。

2 中国工业互联网产业创新生态系统的运行机制

工业互联网产业创新生态系统的运行和功能实现需要解决两个问题:创新资源的优化配置和创新活动的组织协调,围绕这两点重点形成要素配置机制、协同合作机制、成果创造及扩散机制、价值共创共享机制等。

2.1 要素配置机制:政府与市场有效互补形成发展合力

为优化要素配置,中国加强市场机制与政府调控的平衡。一方面充分发挥市场在资源配置中的决定性作用,构建公平有序的市场机制,推动各类创新要素公开、公平、公正地竞争,减少垄断,放宽准入限制;另一方面政府通过完善政策体系、提供资金支持、支持基础设施建设等发挥宏观调控职能。有为政府与有效市场深入合作,促进创新要素供给及融通。例如在技术供给上,政府支持高校院所、产业联盟、龙头企业识别并研发产业共性技术,企业根据其服务领域开发针对性、个性化技术;资金供应上,中国已有近 30 个地方政府建立了工业互联网产业基金,并撬动了庞大的市场资金注入;数据流通上,企业加强内部数据的采集与管理,政府通过成立工业大数据交易中心、数据交易所等,打通工业数据供需壁垒。

2.2 协同合作机制:工业互联网产业联盟等中间组织联结带动多元主体

工业互联网产业创新生态系统中的种群间存在着复杂的联系,基于其广泛的融合性、交互性,不同创新主体间的联结机制对于产业发展尤其重要,其中行业中间组织发挥了关键型枢纽作用。在工业和信息化部指导下,工业互联网产业联盟成立,会员从 2016 年的不到 500 家发展到当前的 2 000 余家,设立了 15+15+X 个工作组,覆盖 16 个行业,并通过联盟会议、案例征集、联盟赛事、共同制定技术标准、主题展会等方式紧密联结了行业的国内外企业、高校院所、社会团体等。工业互联网产业联盟还形成了高效的联结机制,如制订遴

选规则,对企业、科研机构等与工业互联网相关的实验室进行授牌,支持引导其针对产业界亟须解决的共性问题开展技术研究,并对实验室进行动态评估,同时推进测试床探索,服务于中小企业发展,打通了技术供需方对接渠道。

2.3 成果创造及扩散机制:全链条协作、央地协同

1)多主体合作打通创新全链条。通过工业互联网产业联盟,工业互联网领域的不同创新主体建立了紧密的合作网络,形成了相对完善的从技术研发到商业化的创新链条。一是强化技术研发,中国信息通信研究院、中科院自动化所、华为等多主体联合开展工业互联网关键技术研究,工业互联网产业联盟设置工业互联网创新中心在柔性生产、数字孪生、工业智能、5G+等方面加快布局;二是推进技术转移转化,技术标准和测试验证是创新成果快速进入市场的关键,中国信息通信研究院、三大运营商、海尔、华为、中兴通讯等联合搭建技术和标准交流平台,建立标准体系,开展标准研制,工业互联网产业联盟成立了专门的测试床组,并且组织开展测试床评选、关键技术及标准试验验证,为产业提供测试环境和实践探索参考;三是推进技术成果商业化,工业互联网产业联盟成立了需求组,针对工业互联网不同场景梳理共性需求,并对需求进行分级、分类,组建了垂直行业组,组织开展垂直行业架构研究,推动技术、产品在垂直行业的应用部署,还设立了上海、广东、重庆、江苏、贵州、湖北等分联盟,推动重点地区的工业互联网应用。

2)中央与地方协同推动新技术推广扩散。中央政府和地方政府形成高效联动,促进工业互联网新技术、新模式的推广应用。中央政府加强引导,例如国务院出台《深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》等纲领性文件,工信部联合多部门出台落地性指导文件,成立工业互联网专项工作组,配置工业互联网发展资金,推进工业互联网试点示范项目和产业示范基地。地方政府一方面出台细化的配套政策,加大资金支持和组织协调,例如广东设置了专门的工业互联网引导资金,安徽由省牵头成立工业互联网创新发展专项工作组。另一方面结合区域发展阶段与资源禀赋,推动形成不同的工业互联网发展特色。例如在北京、上海等技术资源丰富的地区,重点强化工业互联网共性技术的研发和向全国的输出辐射;山西、内蒙古等能源丰富的地区,主要是服务于能源业等特色行业数字化和绿色化转型;广东、江苏、福建等工业

发达的地区,主要是率先推进工业互联网在典型产业集群及园区的示范应用。

2.4 价值共创共享机制:发力需求端重点促进中小企业

工业互联网产业创新生态系统良好运行的根本在于不同主体之间合作形成可行的价值共同创造、分享机制,平台企业获得经济利益和生态主导权,中小企业提高效率,高校院所实现技术转化,政府推进经济转型,实现技术价值、经济价值、社会价值等的平衡。当前中国工业互联网以大型企业探索为主,中小企业由于成本高、路径依赖、利益缺乏保障、跨链合作利益分配不清等因素,“上网”动力不足,主动应用意愿低。中国针对中小企业对于新技术的应用水平较低,中低端产业应用水平不足等关键问题,重点从需求侧着手,提高中小企业的技术吸收能力和转化应用能力,通过设立中小企业数字化转型赋能中心、加强上云补贴、推广示范案例、强化技术培训等多种方式调动广大中小企业的上云积极性和长期获益性。

3 中国工业互联网产业创新生态系统存在的挑战与问题

3.1 创新要素的供给尚需加强

1)全球领先型创新主体培育不足。从企业主体上看,中国集聚了海尔卡奥斯、航天云网、东方国信、树根互联等上百家工业互联网龙头企业,这些企业发挥引领作用,开发新产品,探索新商业模式,赋能带动国内中小企业数字化转型。然而,总体来看,中国尚且缺乏整合工控系统、通信协议、生产装备、执行系统、管理工具、专业软件、平台建设等各类资源的产业巨头,面临陷入“低端锁定”困局、丧失标准制订权等多重风险。此外,从创新能力看,产业链中下游的企业发展较快,然而上游企业创新能力不足,上下游协同创新也有待加强。

2)高端创新要素供给及流通性不足。中国工业互联网人才存在总量不足、结构缺口、质量不高等问题。人才队伍缺失导致技术积累不足。一是底层核心技术基础薄弱,研发设计、制造工艺、智能决策等高端工业软件,工控系统、工业传感器等缺乏;二是技术融合存在难点,多种接入技术,多种网络架构融合存在阻碍。中国专利产出尤其是发明专利产出较美国还有一定差距,美国和中国的工业互联网相关专利在全球分别占40%和30%左右。此外,中国工业数据流通共享面临的难度较大,例如,95%以上的高端PLC和工业网络协议被国外厂

商垄断,工业数据采集能力薄弱,而且应用场景异质性强,生产系统软硬件协议不统一,“数据孤岛”现象普遍,数据互通壁垒高。此外,工业数据要素市场尚未形成,相关制度、规则亟须加强。

3.2 创新主体间的合作机制有待拓展

创新主体间的合作机制包括企业之间进行技术合作、共建产业联盟,企业与高校院所之间进行技术合作、人才交流与联合培养等。就工业互联网的发展而言,需要重点强化三方面的合作关系。

1)政府与市场之间的合作关系。工业互联网产业进入实践深耕阶段,根据技术扩散理论,需要政府从培育战略利基市场转向完善产业配套体系,广泛撬动市场力量。强化政府供给面政策的稳定以及需求面、环境面政策的增补,并且加强行业中间组织的建设,发挥协调作用,共同引领带动市场主体的活力提升是工业互联网发展的重要路径。

2)高校院所与企业的合作关系。工业互联网创新由技术和需求双重驱动,尤其要结合企业实际,强调问题导向。推进高校院所与企业之间的深度对接,从技术转让、委托开发等单一的、偶发式合作转为常态化、长效化合作,对于提升核心技术、关键产品、解决方案的供给能力至关重要。

3)平台企业与中小企业的合作关系。当前,各类工业互联网平台多处于投入期,未进行深度服务开发,尤其是数字化设计仿真、数字化工艺与制造辅助等与工业机理深度融合的平台应用开发不足,也未形成成熟稳定的商业模式。增强深度服务开发,“因产建网”,促进广大中小企业上云上平台是增强平台影响力的关键。增进平台企业与中小企业的合作关系,平台企业提升通用、专业服务能力,获得规模经济和范围经济双重效应,中小企业在实现基础的降低成本之外,也能实现价值创造模式的升级是未来工业互联网发展的核心议题。

3.3 监管治理环境需重点完善

在创新生态环境建设上,中国网络设施环境和公共服务环境升级较快,未来需要强化监管治理环境的完善。

1)行业监管需提前部署。随着工业互联网的深入发展,未来也将产生类似于消费互联网领域的数据垄断、排他性交易、掠夺式定价等平台垄断行为,以及工业数据泄露等潜在问题,需要加强引导和规制,保障工业互联网平台的半公共属性,稳定有序推进实体经济的数字化转型。

2)风险防控有待加强。海量的工业企业上云

上网,形成了庞大的企业信息池,也带来较大的信息安全、功能安全与物理安全隐患,影响主体多、范围广、程度深,需要通过监测预警、应急响应、检测评估、功能测试等手段加强风险防控。中国亟待完善工业互联网领域的许可准入、互联设备入网许可等监管政策,信息安全防护指南等政策规范,互联互通、安全测试、质量评价等方面的通用标准和规范,相应的管理及服务体系也亟待构建。

4 中国工业互联网产业创新生态系统优化路径

结合中国工业互联网产业创新生态系统的基本现状,中国未来可从技术到应用系统部署,突出重点,构建创新发展生态。

4.1 集聚产业创新主体,加强主体间联结性

1)构建以企业为核心的创新联合体。加强综合型工业互联网解决方案供应商的培养,支持领军企业牵头成立创新联合体,深化产学研合作,联合承担更多的国家级科技项目、基础性研发项目,不断提高技术创新能力,持续加强对供应链的整合能力,打造世界级工业互联网龙头企业。支持企业与高校、科研机构联合加强工业以太网、工业机理模型等领域的专利前瞻布局,并进一步提高海外专利的布局范围和规模。支持企业、产业联盟等围绕工业互联网设备、网络、平台等方面发展需求,加快开展技术标准的国际化和国际标准的国内转化,提升技术创新能力和指导能力。

2)充分发挥工业互联网产业联盟的作用。支持工业互联网产业联盟加快创新中心、模拟与验证实验室、前瞻性行业测试床、标准研制推广等方面的建设,发挥中间枢纽作用,加强科研界、产业界的互动联系,加快新技术的推广应用。

3)加强政府与企业之间的深入合作。加强试点示范,帮助工业互联网企业开拓需求场景。发挥国有企业、龙头企业的引领带动作用,先行探索行业上云场景,逐步向中小企业推广行业经验。利用基础性解决方案平台、行业性解决方案平台的信息和经验积累,帮助企业创新和拓展需求场景,融通垂直行业应用。发挥政府牵头、引导作用,以国有企业、龙头企业、产业联盟为抓手,利用政府隐性“担保”效应,解决行业间、企业间合作信任危机。

4.2 配置产业创新要素,提升要素适配性

1)加强关键核心技术攻关。支持企业、高校院所、技术转移机构等联合申请建设工业互联网领域的国家实验室、国家工程研究中心、国家技术创新

中心等创新载体,打造支撑工业互联网高水平创新的重要底座。聚焦工业互联网发展短板,加快推进工业控制系统及高端工业软件、关键装备及材料等底层技术、共性技术、组合式技术等研发。

2)加强复合型人才队伍建设。结合工业互联网的行业特征,加强与数字化环境相适应的人才培养,尤其是既具备垂直行业知识,又精通软硬件技术的复合型人才。强化校企联动、产教融合,加强工业互联网实训教育,构建多层次的人才体系。

3)拓展渠道促进资金来源多元化。加大并优化财政资金支持,针对标识解析体系、网络安全等细化领域,针对工业互联网底层“卡脖子”技术,加大财政资金支持力度。调整资金支持方式,一方面加强面向结果的后补助,提高资金使用效率,另一方面设立竞争性研发项目,推广“揭榜挂帅”,支持企业、高校院所等不同创新主体参与研发。促进产融结合,推动金融机构加强对工业互联网领域的信贷支持;支持设立工业互联网领域产业投资基金和创业投资基金;支持工业互联网企业上市融资;支持符合条件的工业互联网企业发行企业债券等各种债务融资工具融资,发展契合工业互联网企业需求特点的金融产品。

4)加快工业数据的互联互通。加快形成工业数据要素市场,完善工业数据开放、流动、安全规则与标准,推动工业协议的统一,以法律规则确立工业数据开发、流动和安全基本原则,划定数据开发、流动和安全的红线。不断建立健全数据跨境流动监管机制。

4.3 优化产业创新环境,增强公共服务精准性

1)完善相关法律法规。加快制定完善工业互联网领域新技术新业态相关的知识产权政策法规和管理体系、监管治理体系、安全防控体系,为产业发展提供良好的保障。

2)降低中小企业“上网”成本和难度。针对中小企业集中多面施策,解决中小企业上云过程中的资金投入不足、技术经验匮乏、管理转型困难等主客观问题。一是推广服务券,采用后补助方式降低企业上云费用;二是构建数字化转型的公共服务体系,支持成立中小企业数字化转型服务中心、新模式体验中心等,提供协同研发、测试验证、数据利用、咨询评估、体验等系统化服务;三是利用行业中间组织,探索建立行业性、区域性工业互联网解决方案测试场地、设备、平台等资源共享机制,降低解决方案交付成本,让中小企业“买”得起、“用”得起

工业互联网;四是结合中小企业具体类型,支持平台企业提供分阶段、针对性的专业化服务。

3)强化开源治理。工业互联网生态下,更多的基础软件、工业软件、新兴平台软件基于开源。应用开源模式构建工业软件协同创新生态,加快建设开源社区,加速孵化工业软件开源项目。发挥开源基金会等专业组织牵头引领作用,完善开源治理机制和治理规则。

参考文献

- [1] 中国信息通信研究院. 工业互联网产业经济发展报告[R]. 北京:中国信息通信研究院,2020.
- [2] MALERBA F. Secroral systems of innovation and production[J]. Research Policy,2002(32):247-264.
- [3] MALERBA F. The Oxford innovation Handbook;Secroral systems of innovation[M]. New York:Oxford University Press,2005:380-406.
- [4] MOORE J F. Predators and prey:a new ecology of competition[J]. Harvard Business Review,1993,71(3):75-86.
- [5] LANSITI M, LEVIEN R. Strategy as ecology[J]. Harvard Business Review,2004(3):68-78.
- [6] FROSCH R A, GALLOPOULOS N E. Strategies for manufacturing[J]. Scientific American,1989,261(4):601-602.
- [7] PCAST. Sustaining the nation's innovation ecosystems: information technology manufacturing and competitiveness[R]. Washington:President's Council of Advisors on Science and Technology,2004.
- [8] 柳卸林. 21 世纪的中国技术创新系统[M]. 北京:北京大学出版社,2000:233-248.
- [9] 徐作圣,许友耕,郑志强,等. 国家创新系统与竞争力:台湾集成电路产业之实证[J]. 经济情势暨评论季刊,2000(3):25-28.
- [10] 吴绍波,顾新. 战略性新兴产业创新生态系统协同创新的治理模式选择研究[J]. 研究与发展管理,2014(1):13-21.
- [11] 王霞,李雪,郭兵. 基于 SD 模型的文化产业创新生态系统优化研究:以上海市为例[J]. 科技进步与对策,2014,31(24):64-70.
- [12] 陈衍泰,孟媛媛,张露嘉,等. 产业创新生态系统的价值创造和获取机制分析:基于中国电动汽车的跨案例分析[J]. 科研管理,2015,36(S1):68-75.
- [13] 单蒙蒙,尤建新,邵鲁宁. 产业创新生态系统的协同演化与优化模式:基于张江生物医药产业的案例研究[J]. 上海管理科学,2017,39(3):1-7.
- [14] 罗文. 互联网产业创新系统及其运行机制[J]. 北京理工大学学报(社会科学版),2015,17(1):62-69.
- [15] 左文明,丘心心. 工业互联网产业集群生态系统构建:基于文本挖掘的质性研究[J]. 科技进步与对策,2022,39(5):83-93.

[16] 苏楠,陈志. 工业互联网产业创新生态化特征与对策研究[J]. 经济研究导刊,2018(6):33-35,71.

[17] 中国信息通信研究院. 工业互联网创新技术专利态势白皮书[R]. 北京:中国信息通信研究院,2021.

[18] 工业互联网产业联盟. 中国工业互联网发展成效评估报告[R]. 北京:中国信息通信研究院,2021.

[19] 工业互联网产业联盟. 中国工业互联网投融资报告[R]. 北京:中国信息通信研究院,2021.

The Current Situation, Problems and Optimization Countermeasures of China’s Industrial Internet Industrial Innovation Ecosystem

SUN Xin¹, ZHANG Luna¹, LIU Xiaoxiao²

(1. Institute for Policy and Economic Research,China Academy of Information and Communications Technology,Beijing 100191,China;
2. Institutes of Science and Development,Chinese Academy of Sciences,Beijing 100190,China)

Abstract: As a new round of scientific and technological revolution and industrial transformation promoting deeply, the industrial Internet has become the core area of the key layout of governments and enterprises around the world. From the perspective of industrial innovation ecosystem, the structure model of Chinese industrial Internet industry innovation ecosystem is constructed, the constituent elements, main features, operating mechanism are analyzed, and the existing problems and optimization countermeasures are discussed, aiming at providing policy reference for the development of Chinese industrial Internet industry innovation.

Keywords: industrial internet; industrial innovation ecosystem; optimal path