

【区域经济政策】

主要发达国家工业互联网政策的演变与启示*

李小妹

摘要:当前,人类正进入以产业变革为主体的新工业革命时代。为应对产业变革的挑战,主要发达国家以工业互联网为核心的产业竞争不断升级,竞相出台了一系列加快工业互联网发展的相关政策。研究表明,主要发达国家的工业互联网政策聚焦制造业的数字化、网络化和智能化转型,重视技术政策、标准建设和安全政策的统一,并采取供给侧和需求侧并重以及多元主体间协作的实施路径。研究主要发达国家工业互联网政策的演变趋势对我国工业互联网建设及赋能实体经济转型升级具有重要的参考价值。

关键词:发达国家;工业互联网政策;工业4.0;智能制造

中图分类号:F204 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-5766(2022)04-0032-13 **收稿日期:**2022-03-22

***基金项目:**国家社会科学基金面上项目“知识产权保护中区块链技术应用的风险识别及防范机制研究”(20BGL007);2021年度河南省软科学研究计划项目“信息化赋能视角下的区域科技创新治理研究”(212400410337)。

作者简介:李小妹,女,河南工程学院人文政法学院副教授,管理学博士(郑州 451191)。

一、引言

当前,人类正进入以产业变革为主体的新工业革命时代,使全球的经济结构和社会形态面临全方位、深层次的挑战。工业互联网作为新工业革命的基石,在赋能实体经济向数字化、网络化和智能化转型方面发挥着重要作用。工业互联网的概念最早由美国通用电气公司提出,它是通过全球工业系统与先进的计算、分析、低成本传感和互联网连接等相融合而发生的。国外学界对工业互联网缺乏系统化的专题探讨,相关的论述散见于工业4.0、工业物联网、智能制造等方面的研究、国家战略规划,以及通用公司、工业互联网联盟、世界经济论坛等组织的工作报告。现有研究表明,工业互联网也被称为工业物联网,是物联网应用于工业的一种简称;与工业互联网有较大重叠的一个概念是工业

4.0,二者尽管被语言、传统和商业文化所分离,但实质上是跨大西洋的近亲;而工业4.0就是工业物联网,通过使用信息物理系统(CPS)和互联网,实现人、机器和物体的实时、智能、水平和垂直方向的连接。此外,德国工业4.0倡议的提出和美国工业互联网联盟(后期更名为工业物联网联盟)的成立,均为发达国家推进智能制造的重要举措,而智能制造的基础就是工业物联网。国内学界对于工业互联网的认识,较高程度上受国家政策所采用概念的影响,经历了从“互联网+协同制造”到“互联网+先进制造业”,最终到“工业互联网”的变迁;认为工业互联网是工业互联的网,即工业互联网姓“工”;而工业互联网、信息物理系统、智能工厂和智能制造等则是围绕工业4.0所产生的一系列的解释和界定。综上所述,工业互联网、工业4.0、工业物联网和智能制造是一组相近的概念,其实质均是将数字世界与机器世界进行深度融合,通过人、机、物的全面互

联,构建起全要素、全产业链与全价值链连接的新型工业生产制造和服务体系,从而为全球工业带来深刻变革。

习近平总书记在党的十九大报告中指出,要“加快建设制造强国,加快发展先进制造业,推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合”。发展工业互联网,已经成为助力传统产业转型升级乃至经济社会高质量发展的重要课题。因此,有必要分析并把握主要发达国家的工业互联网政策及其演变趋势,研究其政策目标、政策内容以及政策实施情况等,为我国工业互联网建设并赋能实体经济转型升级提供可资借鉴的国际经验。

二、主要发达国家工业互联网政策的演变

发展工业互联网是全球各国推进工业经济转型发展、应对全球产业竞争的共同选择,尤其是以美国、德国、英国、日本为代表的发达国家竞相发布工业互联网发展战略,对工业互联网产业发展进行系统化和前瞻性的战略布局,积极推动工业经济和互联网融合发展。尽管不同国家的战略规划和政策措施各有侧重,但总体上呈现出以下三个演变趋势。

1.政策目标由重建产业公地转向制造业的数字化、网络化和智能化

工业4.0能够将模拟和集中式的工作流程转换为数字化和分散式的生产流程,从而重组整个生产系统,大幅度提高生产效率。因而,发达国家普遍在重振制造业的进程中出台与工业互联网相关的政策措施。

第一,重建制造业产业公地引发工业互联网建设。产业公地,即嵌入的知识和技术框架,借此能够提高专有资本和劳动力的效率、效力和生产力。2012年,美国哈佛大学商学院教授加里·皮萨诺和威利·史在其著作《制造繁荣——美国为什么需要制造业复兴》中指出,制造业复兴对于推动美国经济在全球范围内占据主导地位的创新至关重要,只有重建制造业产业公地才能积累专业知识和制造实力,重新获得竞争优势。美国在其2015年国家创新战略报告中指出,美国制造业所依赖的国内研发、工程和生产能力变得稀缺,为充分恢复产业的未来创新能力,美国的产业公地,即支撑美国制造

业实力的小企业、能力和供应链网络必须予以重建。这一论点也影响到其他发达国家,例如,英国在其发布的《制造业的未来》报告中强调,要促进研发与生产的共存,以维护和建立一个产业公地。

产业公地建设包括研发和制造基础设施、专有技术、工艺开发技能和工程能力。由于制造业的新时代以高度敏捷和网络化的企业为标志,在全球化和产业变革的背景下,产品、过程和基础设施实现了实时联网,供应、制造、维护、交付和客户服务均通过互联网连接,刚性的价值链正在转变为高度灵活的价值网络,但同时亦给企业带来重大挑战。现有的制造系统需要平行地集成到价值网络中,并与企业内部业务流程垂直连接,对整个价值链进行端到端的数字化成为必然。工业互联网、工业4.0是将智能机器、产品和生产资源纵向整合到柔性制造系统中,并将其横向整合到跨行业价值网络中的重要模式,能够将机器、控制系统与信息系统、业务流程连接起来,通过智能设备、智能系统和智能决策,实现智能化生产、网络化协同、规模化定制和服务化延伸,从而成为制造业转型升级和产业生态重塑的新引擎。因此,产业公地建设引发了工业互联网的建设热潮。

第二,制造业数字化转型成为工业互联网政策目标。发达国家所进行的产业公地建设,愈来愈集中于工业互联网所涉及的射频识别、大数据、云计算、增材制造、智能传感器、人工智能、增强现实和物联网等先进技术,目的在于将新一代信息技术(IT)与运营技术(OT)进行融合,最终实现制造业的数字化转型。

德国通过2006年的《德国高科技战略》、2010年的《德国2020高科技战略》和2012年的《高科技战略行动计划》等一系列政策支持新技术,特别是其教育和研究部、经济事务和能源部联合提出的工业4.0国家战略。作为2012年《高科技战略行动计划》的十个未来项目之一,工业4.0旨在通过增加数字化和产品、价值链和商业模式的互联,推动制造业的数字化发展,并在整个数字转型过程中保持德国在制造业和机械工程方面的传统优势地位。工业4.0的重点领域是通过寻求将信息物理系统等概念纳入制造业以及将物联网服务(IoTS)纳入工业过程,将信息、资源和人员聚集在一起,改善价值创造、工作组织和下游服务,提高生产过程的生产力、

效率和灵活性,促进经济增长。

与德国不同,美国从未公开宣称要实施工业互联网战略,工业互联网主要是由通用公司、工业互联网联盟等私营部门推动的。尽管如此,与工业互联网相关的政策措施仍频频出现在美国政府推进先进制造的各类战略规划中。继2011年发布《在先进制造业中赢得国内竞争优势》、2012年发布《确保美国在先进制造业中的领导地位》报告之后,2014年,美国先进制造伙伴2.0(AMP2.0)指导委员会发布了《加速美国先进制造》报告,宣称若要保持美国的制造业竞争力,必须实现制造业持续转型。2013年,美国政府启动了国家制造业创新网络(NNMI)计划,在全国建立创新中心,其中的数字制造和设计创新研究所与企业密切合作,明确提出支持企业实施工业4.0。

弹射计划是英国推动工业4.0的重要举措。其中,成立于2011年的英国高价值制造(HVM)弹射中心、数字弹射中心和卫星应用弹射中心尤为注重制造业数字化。2013年,英国政府科学办公室发布《制造业的未来》,为制造业展示了到2050年的蓝图,并确定传感器和增材制造等为关键领域,制定了技术路线图,肯定了高价值制造弹射中心在识别和支持新技术方面所发挥的关键作用。但整体来看,英国缺乏一致的工业4.0规划或政策路线图。

日本在2016年编制的第五个科学和技术基本计划中提出了“社会5.0”,以期通过充分纳入新工业革命的技术创新,创造借助新技术将网络空间和物理空间结合的“超级智能社会”。2017年,日本制定了“未来战略投资”计划,提出有效利用工业4.0。2018年日本的新版本战略,提出要加快迈进工业4.0的实施阶段,实现社会5.0,并在四个优先领域制定了旗舰项目,其中,与产业发展最相关的是建设新一代产业体系,推动中小企业和微型企业的生产力提升与变革。此外,日本经济、贸易和工业部为新的产业结构制订了详细的计划,称为“2030年未来展望”,确定了流动性、供应链、医疗保健和生活等四个优先领域,其中,供应链部分突出了智能供应链,并要求提高制造的复杂性和效率。为加快实施工业4.0,该部在2017年提出了“连接产业”(CI)的新概念,确定了制造业和机器人、工厂(基础设施)安全管理等五个重点领域。此外,日本国会于2018年6月批准了《提高生产力特别措施

法》,其中包含一个“CI税制度”,以帮助企业在数据利用等方面开展合作。

2.政策内容由技术政策为主转向技术政策与标准建设、安全政策并重

工业互联网发展初期,发达国家的政策重点集中在高速宽带、频谱扩展等数字基础设施建设,以及助力先进制造的新一代信息技术的研发上;之后,为抢占工业互联网发展话语权以及鉴于工业互联网安全问题的特殊性,逐步加大了标准建设及安全问题的政策权重。

第一,建设先进制造技术生态系统。发达国家普遍在先进通信网络、宽带接入、电网现代化、新一代信息和通信技术研究等方面加大了政策倾斜力度,推动先进制造技术生态系统建设。

(1)推进数字基础设施建设

自2010年起,美国大幅度增加可供商业使用的无线频谱,从50兆赫增至550兆赫,制订避免“频谱紧缩”的十年计划;其商务部的国家电信和信息管理局与国会、联邦通信委员会及其他政府机构密切合作,在2020年前为商业用途提供共计500兆赫的频谱;通过制订《宽带技术计划》在宽带赠款中投入40多亿美元用于网络基础设施建设,建立公共计算机中心,开展数字素养培训;2011年,根据《恢复法案》发放70多亿美元的宽带赠款和贷款,为城乡地区无线宽带网络腾出频谱;2015年3月,美国又成立了宽带委员会,扩大宽带部署与应用;制定智能电网技术标准并进行信息技术投资;出台网络和信息技术研究与发展方案,资助高速网络、新一代超级计算机、信息物理系统、软件工程和信息管理等领域研究。

德国认为快速部署5G网络将为企业在早期阶段把新的数字应用程序集成到价值链中创造必要的基础。因此,2016年秋季,德国启动5G倡议框架,出台加快5G基础设施快速发展以及将技术全面整合到增值流程中的有关措施,包括:加大网络推广力度、根据需求提供可用频率、促进电信与用户行业的合作、开展针对性和协调性研究、启动城镇5G。2017年,德国发布了《5G战略》,提出开展基础设施建设的先决条件,要在2025年实现5G连接,加紧部署光纤,以便于能够充分利用5G网络功能,推动德国成为5G网络和应用的领先市场。

为推动高速宽带的应用,欧盟在2010年《欧洲

数字议程》中制定了宽带目标。在此基础上,2016年欧盟又制定了2025年长期目标,强调促进基于“超高容量”的光纤网络,通过有线和(或)无线通信基础设施实现千兆位连接,并在其“千兆位战略”中提出了千兆连接及5G移动数据连接等战略目标。2018年6月,欧盟达成了建立欧洲电子通信代码协议,并于同年12月颁布了最终版本,大幅修订监管框架,激励对高速宽带基础设施的投资。

(2) 重视发展智能制造相关技术

近年来,先进制造业国家一直鼓励与尖端信息通信技术相关的技术研发,以实现智能制造。美国在2014年的《加速美国先进制造》报告中,确定了先进传感、控制和制造平台,可视化、信息学和数字制造,以及先进材料制造三项新兴的变革性制造技术。2015年《美国国家创新战略》提出,要建立新一代数字基础,推进高性能计算,同年7月,通过总统行政命令推进实施高性能计算的国家战略,以巩固和推动处于领先地位的计算机技术。2016年5月,美国信息物理系统公共工作组发布了信息物理系统框架,为分析和描述连接设备和系统提供了一个综合工具。2018年,美国先进制造业小组委员会(SAM)发布了《美国先进制造领先地位战略》,将开发和变革新的制造技术列为先进制造三大战略目标之首,在这一目标下确立了未来4年的5个战略分目标,主要目的就是要把握智能制造系统的未来,把智能和数字制造、先进的工业机器人、人工智能基础设施,以及制造业网络安全放在优先位置。其中,针对智能和数字制造,确立了未来4年要采取的具体行动,包括:通过在制造过程中应用大数据分析以及先进的传感和控制技术来促进制造业的数字化转型;优先支持生产设备、过程和系统的实时建模和模拟;挖掘设计、生产和性能数据;制定使智能制造组件和平台之间能够无缝集成的标准。美国国家标准和技术研究所(NIST)通过智能制造研究项目,确立了动态生产系统和快速设计产品的策略,并通过分散控制网络、数字制造和分散机器智能等三种关键技术来实现这些策略。

德国的做法总体上也是以技术为重点,将生产自动化和优化作为工业4.0的优先主题,联网和数字化等新技术是其重中之重。2014年,德国发布了《德国数字化战略2014~2017》,致力于支持德国高科技战略中所述的工业4.0和智能服务等前瞻性项

目,建立和扩展具有高度产业可移植性的研究和计划,包括自主技术、3D、大数据、云计算和微电子学等。类似于德国工业4.0,韩国贸易、工业和能源部于2014年颁布了“制造业创新3.0”战略,制定了制造业实现新飞跃的四种推进策略,确定了发展与智能制造相关的关键和代表性技术的八项战略任务,包括:CPS、物联网、云计算(云制造)、大数据、增材制造(3D打印)、传感器、节能和全息图。韩国科学、信通技术和未来规划部发起了与智能制造相关的、基于信息研究基础设施建设项目和连接智能工厂项目的研发活动,研发的关键技术主要集中在制造数据连接技术,该技术通过物联网技术来实现,并以ICT技术、CPS建模和仿真技术以及支持增强现实(AR)的可穿戴设备技术为基础。

第二,强调实现互操作性的工业互联网标准建设。标准化是实现工业物联网愿景的必要条件。如果没有互操作性,工业物联网将会损失40%的潜在价值。因此,发达国家均逐步加大在规范和标准化方面的建设,以便在现有大量不同系统之间实现互操作性。根据欧盟物联网创新联盟的统计,目前共有100多个标准化组织正就工业互联网标准化展开工作,其中,较为突出的是德国工业4.0标准化研究所和美国工业互联网联盟。

德国国家科学和工程院将标准化、劳动力组织和产品供应列为实施工业4.0的三个挑战。根据德国工业4.0标准化路线图(2.0版),最需要标准化的领域是参考模型、通信、制造技术、工业4.0中的人,以及非功能属性。为解决这一问题,德国采用了自上而下的标准化方法,通过基于对话的方式,由政府与少数创新型企业以及研究人员等共同决定标准化的总体方向,标准化活动由包括工业4.0平台在内的组织与研究人员通过密切合作开展。2016年,德国成立了工业4.0标准化研究所,旨在制定数字制造标准,并在德国国内和国际之间两个层面协调这些标准,即充当工业4.0平台成员与各种标准化组织之间的中介,促进产业和标准化组织之间的协调,并将确定的规范和标准化要求纳入工业4.0路线图。目前,开放标准已被许多德国企业视为集成工业4.0的关键要求。

美国工业互联网联盟则采取了不同的标准化建设路线。2015年6月,美国工业互联网联盟发布参考体系架构,为系统、解决方案和应用程序体系

结构的开发提供了指导,其目的是为标准化组织提供指导,而不是具体地创建标准。尽管美国工业互联网联盟并未将其自身视为一个标准化组织,但实质上,工业互联网联盟一直在与国际标准化组织——对象管理组织(OMG)进行合作,并与德国工业4.0平台、德国标准化研究所等组织签订了若干合作协议,主要目标就是确保双方独立开发的体系结构模型RAMI(工业4.0参考体系结构模型)和IIRA(工业互联网参考体系结构)的互操作性。除工业互联网联盟外,美国全见联盟(AllSeen Alliance)和开放式互联基金会(OCF)均侧重于制定行业标准,尝试并创建灵活的互操作性解决方案,其诸多战略和解决办法都得到了大力推广。

此外,欧盟的创建数字单一市场(DSM)战略依赖于各种现有的标准、指南和实践,以使关键基础设施提供商能够实现复原力,该战略将重点放在数字经济上,包括数据自由流动、责任分配、所有权、互操作性、可用性和访问等,以实现互操作性和标准化。总体来看,由于工业4.0的复杂性,因而很难建立单一的工业4.0标准,使所有相关的标准化活动在一个组织的主持下集中起来,而是需要建立一个标准化组织系统,在标准化领域开展企业、行业协会和决策者之间的国际合作。

第三,强化工业互联网网络安全及数据安全监管。传统的网络安全解决方案旨在通过采取更好的认证、更新安全补丁和云计算风险管理等行动保护基于信息技术的系统,但由于需要清楚地了解信息技术和运营技术系统之间的漏洞差异,制造组织的网络安全变得复杂。制造系统及其集成控制系统是对物理世界有直接影响的运营技术系统,无法按需更新,因此,通常不能仅通过采用新的信息技术方法来加以保护。此外,物联网创造的连通性也带来了巨大的风险和脆弱性,特别是在网络安全和数据隐私领域,物联网的日益渗透提出了迫切的政策问题。据德国国家科学和工程院的调查显示,数据安全和数据主权问题是目前工业互联网发展的关键问题,对与安全有关问题缺乏信任也是建立规范和标准的主要障碍之一,数据安全被认为是最大的威胁,甚至超过了标准化问题。

2014年美国《网络安全加强法》强调了国家标准和技术研究所的作用,包括确定和制定网络安全风险框架,供关键基础设施所有者和运营商自愿使

用,要求国家标准和技术研究所必须确定“一种优先、灵活、可重复、基于性能和成本效益的方法,包括关键基础设施所有者和运营商可能自愿采取的信息安全措施和控制,以帮助他们识别、评估和管理网络风险”。同年,美国国家标准和技术研究所发布《改善关键基础设施网络安全框架》(NIST CSF),并在2017年和2018年两次进行修订。作为政府与行业多方利益攸关方在多种情况下促进网络安全的有力模式,该框架提供了一种灵活的方法来解决网络安全问题,包括网络安全对物体、网络和人员维度的影响,适用于将信息技术、工业控制系统、信息物理系统以及物联网作为网络安全重点的各类组织。美国联邦贸易委员会启动了一个名为“从安全开始”的计划及“坚持安全”的后续计划,以保障“设计安全”原则的执行。尽管如此,由于没有国家层面的物联网战略,这些政府机构的活动之间并未得到较好的协调。而且,在法律层面上,联邦和州政府对物联网技术的商业和私人用途也几乎没有控制。为此,美国参议院于2015年3月通过了一项决议,呼吁制定物联网国家战略。2016年9月,美国众议院通过了一项类似的决议,在此基础上,美国国会审议了《发展创新和发展物联网(DIGIT)法案》。2017年8月,美国推出了《2017年物联网网络安全改进法案》,促使向联邦机构出售可穿戴设备、传感器和其他网络连接工具的企业遵守新的安全标准。2018年,美国国家和科学技术委员会发布《美国先进制造领先地位战略》,再次强调要开展深入的研究工作,制定并更新标准和指南,以便在制造系统中实施新的网络安全技术,包括用于威胁检测和处理的人工智能、用于制造信息安全的区块链以及部署在智能制造系统中的工业物联网设备;制定标准、工具和测试平台,并传播在智能制造系统中实施网络安全的指导方针,最终推动美国制造商实现更好的网络安全。

不同于美国制定针对具体部门的监管制度,欧盟作为信息治理的全球领导者,在网络安全和数据隐私保护方面采取了一种独特的、更全面的做法。2013年,欧盟网络安全战略引入了网络信息安全指令的目标,即通过建立网络信息安全公私平台(NIS平台),实现信息共享,汇集现有风险管理标准和最佳做法。该平台专门采用NIST CSF的核心,即将识别、保护、检测、应对和恢复作为欧盟网络安全政策

的行业标准方法。成立欧盟物联网创新联盟,旨在制定一个能够解决各种物联网安全和隐私问题的框架。2014年,欧盟资助了一个名为CIPHER的项目,深入分析欧洲私营信息系统的安全现实。此外,欧盟进行物联网治理的一个关键举措是制定《一般数据保护条例》(GDPR),这是其创建数字单一市场战略的一部分,重点是数据隐私保护,以及在可行的范围内拆除欧盟成员国之间的监管墙,走向单一的欧盟市场。监管机构将对不遵守GDPR者处以巨额罚款,最高可达企业全球收入的2%~4%。

3.政策实施由注重技术供应和政府推动转向技术与市场并重和多主体协同

工业互联网的发展不仅是技术问题,更是技术与应用叠加的问题,工业互联网只有实现产业化,才能与实体经济真正相融合,并改变产业生态。同时,产业服务提供商、工厂运营商、机械制造商和基础平台运营商由于工业互联网的发展而共同形成数字生态系统,引发多元主体间合作形式的不断涌现。因此,发达国家采用工业互联网技术供给与应用场景开发并重的双重战略,并通过广泛合作持续推动工业互联网政策的落地实施。

第一,实施供给侧与需求侧双重战略。德国工业4.0选择了双重战略,将领先供应商战略与领先市场战略相结合。一方面持续推动制定综合工业4.0战略,包括制定参考架构、规范和标准,成为智能制造技术的领先供应商;另一方面,寻求制定务实的示范解决方案,以证明工业4.0对企业的具体好处,为CPS技术和产品开发新的领先市场。同样,工业互联网联盟亦采取双管齐下的办法。一方面,持续推动开发工业系统互操作性所需的参考体系结构、框架和开放标准,同时充当交流经验和产生创新思想的论坛;另一方面,寻求通过建立示范案例和测试平台来促进创新,以便能够在实际应用中快速验证、实施创新思想和技术。

韩国政府一方面全力推进与新工业革命相关的新技术研发,另一方面着重为从工业化向技术发展转变的企业提供定制化的支持与服务。韩国科学、信息通信技术和未来规划部设立了旗舰项目支持方案(FPSP),该方案并不是一个支持技术研发的计划,而是帮助中小企业克服时间和成本上的障碍,从而创建新技术发展背景下的新商业模式,顺利进入大企业已经建立的商业生态系统。从2015

年方案启动到2017年,共支持了24个项目,部分项目还帮助企业建立开放平台,收集并处理相关数据。不仅允许企业间建立伙伴关系,而且鼓励用户参与,所有这些项目均集中在智能设备、物联网、机器人技术等领域。

第二,开展多元利益相关主体间合作。在德国,工业4.0是通过跨部门方式来实施的,旨在促进政府、学术界和企业界之间的对话,通过建立共识形成综合的工业4.0战略。德国工业4.0的政策杠杆重点是在利益相关者间建立伙伴关系,采用自上而下的方式实现政府指导与利益相关者之间的合作,实现构想的制定和实际执行。工业4.0的主要利益相关者包括政府、学术界和私营部门:政府以教育和研究部以及经济和技术部为代表;学术界代表是弗朗霍夫学会、国家科学和工程院,以及德国人工智能研究中心;私营部门由IT行业协会、机械行业协会和电子行业协会三个行业协会组成。2015年3月,德国联邦经济和能源部、联邦教育和研究部联合创建了工业4.0平台,目标主要是确保和发展德国在工业制造中的领先地位,该平台旨在通过与利益相关者的对话,形成对工业4.0的一致全面理解,拟定行动建议,并展示如何实现工业制造数字化。平台的结构化设计在产业、学术界和决策者之间架起了桥梁,促进了知识与技术创新的协调和跨行业交流。此外,在资金来源上,工业4.0的资金主要以公共来源为基础,但行业捐助也是重要的补充来源。

与工业4.0的政府背景不同,工业互联网联盟是由美国通用公司于2014年与AT&T、思科、英特尔和IBM共同成立的非营利组织,成员单位230多家,目标是在政府、产业界和学术界之间围绕工业互联网的优先事项和扶持技术进行促进和协调,推动工业互联网的全球部署与应用。联盟与政府联系的重要方式是联盟成员通过招标获得试验台赠款。工业互联网联盟所有成员紧密联合,因为“他们意识到只有分享最佳做法才能获得好处,单独行动将是昂贵的,可能会重复努力”。为确保尖端制造能力,美国政府推出了智能制造领导力联盟(SMLC),这是一个泛国家的研究和开发共同体,目前有25家公司、7所大学、8家财团和1家政府研究所参与其中。美国国家标准和技术研究所作为唯一属于美国智能制造领导力联盟的政府机构,在发

展智能制造技术方面发挥着重要作用,其发布的《改善关键基础设施网络安全框架》是政府、产业界和学术界不断合作努力的结果,该框架的出台历经8次公众研讨会、多次征求意见,以及与来自美国及世界各地许多部门等利益相关者的数千次直接互动,这种积极的多元对话是框架成功的关键因素。2014年,美国国家信息技术研究所协助召开了信息物理系统公共工作组会议,以促进关于信息物理系统的公私多方利益攸关方讨论。美国国家人工智能研发战略计划在2019年确定的8个战略优先事项,其一即为扩大公私伙伴关系,与国际伙伴、学术界、工业界和其他非联邦实体开展合作。英国弹射中心的先进技术和创新中心网络是英国创新战略的关键组成部分,这些创新中心吸纳了学术界和工业界人士共同工作。欧盟在2014年就“未来工厂”(FoF)发起了新的公私伙伴关系合同,根据地平线2020方案,计划在2014年至2020年间提供近800亿欧元的资金,整体提高欧盟的科研与创新水平。

工业互联网被视为一项集体努力的成果,因为人们相信,没有任何一项倡议本身就足以解决工业4.0的所有利益相关者的利益分配问题。根据德国国家科学和工程院的调查,产业界、学术界和行业协会都认为合作是成功实施工业4.0的基本要求,合作可以增加数据安全、商业模式等专门知识,减少开发时间,提供防止冗余解决方案。技术领域合作的优先主题集中在数据获取(传输)、联网、数据处理(分析)和接口。因此,致力于工业互联网的各类联盟之间不仅没有明显的竞争,而且与其他组织建立了各种合作关系。例如,美国工业互联网联盟、开放式互联基金会和全见联盟超过60%的成员来自北美以外;由于被美国视为重要合作者的一些德国大型软件企业和制造企业,如思爱普、博世、西门子早已大量参与工业4.0组织,因此,利用德国强大的工业基础来补充美国的互联网专业知识成为可能;2016年3月,德国工业4.0平台与美国工业互联网联盟签署合作协议,英国标准研究所(BSI)与德国标准化研究所(DIN)则在标准化领域开展合作,而部分德国企业已经加入了英国弹射中心。

三、我国工业互联网政策趋势

我国工业互联网的发展伴随着国家关于两化

融合、数字化转型、智能制造和工业互联网战略举措的制定与实施。相应地,国家层面出台了各类相关的政策措施,建立起工业互联网政策体系的基本架构,工业互联网建设步伐逐步加快,目前产业规模已迈过万亿元大关。总体来看,我国工业互联网政策呈现以下趋势。

1.以政府为主导的工业互联网战略规划日趋完备

政府在我国工业互联网发展进程中,始终扮演着主导者角色,这也是我国工业互联网政策架构的理论基础和基本出发点。中央政府对于发展工业互联网的规划思路始终以“为制造业转型升级赋能”为核心,自上而下进行顶层设计,政策关注点从工业互联网平台逐步扩展至工业互联网全领域。例如,自2018年起,发展工业互联网连续五年被写入我国《政府工作报告》。2018年首次提出发展工业互联网平台;2019年提出打造工业互联网平台,拓展智能+,为制造业转型升级赋能;2020年明确要大力发展工业互联网,推进智能制造;2021年提出发展工业互联网,搭建更多共性技术研发平台,提升中小微企业创新能力和专业化水平;2022年提出要加快发展工业互联网,培育壮大集成电路、人工智能等数字产业,提升关键软硬件技术创新和供给能力。

中央部委密集出台工业互联网领域重点政策(见表1),凸显了政府在工业互联网发展中的强劲主导作用。自2018年起,工业和信息化部出台每3年为一个周期的《工业互联网创新发展行动计划》,标志着我国工业互联网发展进入深层次发展阶段。其中,2021年发布的《工业互联网创新发展行动计划(2021—2023年)》,全面深入地对工业互联网创新发展进行了部署,相比上一个3年期计划,新的行动计划增加了数据汇聚赋能行动、技术能力提升行动和产业协同发展行动等内容,凸显了对工业互联网各领域更全面的覆盖。以工信部为主导、19个中央部委共同组成的工业互联网专项工作组,围绕工业互联网创新发展行动计划,逐年制订《工业互联网专项工作组工作计划》,明确目标,分解任务,为工业互联网的发展进行了较为完备的规划设计。此外,以工信部所属信息通信研究院为理事长单位的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、测试床、产业实践和国际合作等多方面开展工作,亦为政府提供了决策支持。

表1 我国工业互联网领域重点政策

颁布时间	政策名称	颁布部门	重点内容
2017.11	《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》	国务院	确定工业互联网发展323行动,即打造网络、平台、安全三大体系,推进大型企业集成创新和中小企业应用普及两类应用,构筑产业、生态、国际化三大支撑等7项任务
2018.4	《工业互联网APP培育工程实施方案(2018—2020年)》	工信部	从4个方向规划工业互联网APP培育重点。从培育基础、规模、质量和应用生态等方面确定发展目标。提出夯实工业技术软件化基础、推动工业APP向平台汇聚、加快工业APP应用创新、提升工业APP发展质量4大主要任务
2018.5	《工业互联网创新发展行动计划(2018—2020年)》	工信部	到2020年年底,初步建成工业互联网基础设施和产业体系,初步构建工业互联网标识解析体系和安全保障体系。具体包括建成5个左右标识解析国家顶级节点、遴选10个左右跨行业跨领域平台、推动30万家以上工业企业上云、培育超过30万个工业APP等内容
2018.7	《工业互联网平台建设及推广指南》	工信部	结合工业互联网建设及推广工程要求,提出平台发展目标。确定制定标准、培育平台、推广平台、建设生态和加强管理的主要任务
2018.7	《工业互联网平台评价方法》	工信部	按照从“基础共性”到“特定行业、特定区域、特定领域”再到“跨行业跨领域”平台能力要求逐步递增的基本思路,构建五大类17个能力评价要求
2018.12	《工业互联网网络建设及推广指南》	工信部	细化工业企业建网络用网络、建标识用标识的总体目标、实施路径和工作重点,有针对性地解决企业建网用网、建标识用标识的突出问题。到2020年,形成相对完善的工业互联网网络顶层设计,初步建成工业互联网基础设施和技术产业体系
2019.7	《加强工业互联网安全工作的指导意见》	工信部等10部门	在制度机制、技术手段、产业发展方面确定主要任务,到2025年,基本建立起较为完备可靠的工业互联网安全保障体系
2019.11	《“5G+工业互联网”512工程推进方案》	工信部	面向2022年提出了“5G+工业互联网”的发展目标和建设措施。5个产业公共服务平台、内网建设改造覆盖10个重点行业,形成20个典型工业应用场景
2019.11	《国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》	国务院	实施“上云用数赋智”行动,推动数据赋能全产业链协同转型。在重点行业和区域建设若干国际水准的工业互联网平台和数字化转型促进中心
2019.11	《关于推动先进制造业和现代服务业深度融合发展的实施意见》	发展和改革委员会等15部门	加快工业互联网创新应用。深入实施工业互联网创新发展战略,加快构建标识解析、安全保障体系,发展面向重点行业和区域的工业互联网平台
2020.3	《关于推动工业互联网加快发展的通知》	工信部	加快新型基础设施建设,促进企业上云上平台,加快健全安全保障体系,深入实施512工程
2020.12	《工业互联网标识管理办法》	工信部	促进工业互联网标识解析体系健康有序发展,规范工业互联网标识服务
2021.1	《工业互联网创新发展行动计划(2021—2023年)》	工信部	提出5方面、11项重点行动和10大重点工程,着力解决工业互联网发展中的深层次难点、痛点问题,推动产业数字化,带动数字产业化
2021.4	《“十四五”智能制造发展规划》	工信部等8部门	加快建设工业互联网安全技术监测服务体系;加快工业互联网、物联网、5G、千兆光网等新型网络基础设施规模化部署,鼓励企业开展内外网升级改造。支持大型集团企业、工业园区建立各具特色的工业互联网平台;建成具有行业和区域影响力的工业互联网平台
2021.5	《工业互联网和物联网无线电频率使用指南(2021年版)》	工信部	确定依法使用、协调发展、鼓励创新的频率使用原则,强调充分发挥5G技术和产业优势的重要性。分类梳理和分析无线电频率、无线电台(站)、无线电发射设备使用所遵守的国家无线电管理有关要求
2021.11	《工业互联网综合标准化体系建设指南(2021版)》	工信部、国家标准委	明确工业互联网标准体系建设目标及内容,建成统一、融合、开放的工业互联网标准体系
2021.12	《工业互联网安全标准体系(2021年)》	工信部	包括分类分级安全防护、安全管理、安全应用服务等3个类别、16个细分领域以及76个具体方向,为切实发挥标准规范引领作用,加快建立网络安全分类分级管理制度,强化工业互联网企业安全防护能力

资料来源:根据中央政府网站及工业和信息化部、发展和改革委员会等中央部委网站整理汇总。

2.以技术体系设计为重点的政策措施更加清晰

国家层面对工业互联网助力制造业高质量发展高度重视,政策措施逐步从工业互联网发展宏观战略架构的规划转向微观技术体系设计的引导,政策重点日趋集中到工业互联网基础创新能力等深层次问题并更具有针对性,表明我国工业互联网的发展正在由概念框架走向落地实践阶段。

早期的工业互联网政策侧重于工业互联网架构的整体规划。例如,2015年7月,国务院《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》首次提出要研究工业互联网网络架构体系,引导工业互联网基础共性标准、关键技术标准的研制及推广,但尚处于“研究”“引导”工业互联网发展的阶段,并未涉及具体规划,可视为是一种战略导向。2017年11月,国务院出台了被称为我国工业互联网发展纲领性文件的《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》,明确工业与互联网融合的长期发展思路,确定了工业互联网发展323行动,即打造网络、平台、安全三大体系。此后,国家层面所出台的政策,均将工业互联网网络、平台、安全的体系架构作为重要政策议题,系统规划工业互联网的发展着力点、目标和具体任务。随着工业互联网架构体系建设的逐步完善,政策举措开始倾向于工业互联网发展的重点技术领域。例如,仅2018年就密集出台了关于工业互联网APP、工业互联网平台及网络的建设及推广、工业互联网安全等的多项政策文件,围绕评测、试点和推广等工作提出指导意见。此外,关于工业互联网的标准建设和应用也逐步纳入政策议程。例如,工业和信息化部信息技术发展司推动起草的5项工业互联网平台国家标准于2021年获批立项,标志着我国工业互联网政策愈加致力于实现工业互联网产业规范化与标准化的政策目标。

尽管当前我国工业互联网发展与发达国家基本同步启动,但在云计算能力、工业互联网内容以及未来的商业模式等方面还存在一定差距,工业互联网关键技术供给能力较弱,工业互联网产业的标准体系、监测体系和评估体系有待完善。工业互联网领域重点政策中规划类政策居多,规范类政策偏少,且政策协同度不高。因此,急需通过研究工业互联网政策的国际演变趋势,结合我国工业互联网发展实践,探寻克服发展短板的路径,真正实现工

业互联网的高质量发展。

四、主要发达国家工业互联网政策演变对我国的启示

通过对工业互联网政策国际演变趋势的研究,基于我国工业互联网政策及建设现状,可得到如下启示。

1.加强工业互联网建设战略规划,聚焦智能制造

有研究表明,缺乏数字战略是推动工业互联网建设、赋能制造业转型升级的最突出的障碍。因此,如何根据我国工业互联网产业发展实际,进一步加强、协调战略规划,加速推进智能制造,是当前我国工业互联网发展的重中之重。

第一,完善工业互联网政策。要健全工业互联网相关法律法规;增加工业互联网产业规范类政策比重,政策导向要从整体兼顾向细节聚焦转变,不断提高政策精准度,围绕标准、评测、试点和推广等出台规范性的政策意见;要整合财税、金融、人才等政策力量,有针对性地研究制定工业互联网发展的配套支持政策,建构以规划型政策、规范类政策和支持类政策为基本架构的政策体系,为加快推进工业互联网产业发展奠定制度基础。

第二,加强国家政策与地方政策的协同性。目前,在国家政策引导下,27个省(区、市)发布了地方工业互联网发展的政策文件。国家政策主要是统筹协调工业互联网发展的全局性工作,确定工业互联网发展的重大规划、重大工程专项和重要工作安排。地方层面,应当以国家政策为指引,加快推进工业互联网建设,按照网络、平台、安全等细分方向因地制宜制定细化和落实的具体政策措施。例如,根据区域产业基础和优势,配合国家编制工业互联网发展计划;依托国家工业互联网试点示范项目,确定发展具体目标及重点任务;结合产业特色推动“区域经济+产业平台”协同发展;积极开展部署企业上云、平台建设、技术改造和安全保障,加速传统产业数字化转型。

第三,引导企业确立数字战略,推进智能制造。随着技术革命和产业变革的到来,制造业数字化与智能化已成为主导产业的核心增长点,将数据视为生产要素、以数据分析与赋能为依托的生产经

营方式成为必然。要注重导向型工业互联网政策的制定,一方面,促使企业从传统的工业化思维向工业互联网战略思维转变、向信息化与工业化融合思维转变,引导企业确立数字战略,主动将新一代信息技术与解决方案融入企业价值链中,增强数字化转型内生动力;另一方面,引导企业树立共生理念、系统思维和生态思维,重新审视市场、用户、产品、管理方式和商业模式,将信息化提升和数字化转型的需求嵌入工业互联网平台,有效解决组织、流程、技术和人力资源等方面的转型问题,推动技术进步,提升整体效能,推进智能制造。

2. 建设工业互联网产业供给体系,丰富应用场景

工业互联网为制造业转型升级提供了技术支撑和发展机遇,要逐步健全工业互联网产业供给体系,提高工业互联网资源供给能力,丰富工业互联网应用场景,助推企业转型升级。

第一,提升工业互联网基础设施能力,加快网络及平台建设。积极探索升级建设制造业企业工业互联网内外网络的新路径和新模式,推动5G+工业互联网落地实施;建设工业互联网大数据中心,结合边缘计算、云计算和区块链的发展,提升网络服务能力;加快国家标识解析体系建设和规模化应用;打破行业性、区域性和经营性壁垒,支持电信企业、通信设备企业和大型制造企业开展跨领域技术攻关和产业化合作,面向重点行业和重点领域,建设一批具有区域和行业影响力的工业互联网平台,培育壮大工业互联网解决方案提供商和应用服务商。

第二,发挥标准在工业互联网产业体系构建中的顶层设计和引领规范作用。标准是推动工业互联网产业发展的重要保障,要在工业互联网关键技术领域抢占话语权,用标准引领信息化与制造业的融合。总体来讲,通过政府主导的方式,我国在工业互联网的网络、平台、安全三个层级的标准上均实现了突破。下一步,要重点在数据格式、标准工业互联网词汇表和互操作性等领域实现标准化,总结行业内工业互联网应用可复制、可推广的解决方案,在此基础上,寻求构建共性问题的标准化解决框架,带动整个制造业形成新的竞争优势,打通产业链壁垒,实现价值链全面提升。

第三,建设一体化工业互联网安全监测防控体

系。工业互联网数据种类繁多、保护需求多样。与传统互联网安全和工控安全相比,工业互联网安全具有安全场景丰富、网络安全与生产安全交织等特征,因此,影响范围更广、复杂程度和风险系数更高。目前,我国已经在安全框架与标准体系制定、技术产品研发等方面取得积极进展。下一步,要进一步健全从硬件到软件、从应用到数据的安全管理制度机制,建立并完善工业互联网企业、平台及工业APP的安全信息检查检测及通报处置机制;推动安全技术能力建设,建设完善国家、省、企业工业互联网三级技术保障体系;强化安全技术手段,提高安全监测、风险评估、处置技术等安全防护能力,为确保设备安全、控制安全、网络安全、应用安全和数据安全提供多样化解决方案;开展网络安全技术攻关,加快关键核心安全技术的研发与应用。

第四,积极探索工业互联网应用场景。应用探索与推广是工业互联网技术创新与产业合作的动力之源,是工业互联网赋能制造业落地深耕的关键环节。我国工业体系完备,应用场景需求多元,要加快建设面向企业的工业互联网公共服务平台,结合企业的生产经营特征提供工业APP、工业云等服务,在服务平台与企业之间建立供需对接渠道,使企业能够以简单快捷、成本较低的方式接入工业互联网。建设由行业主管部门牵头、企业或科研机构参与的具有行业特色的应用示范平台,探索不同应用场景的具体实现,向企业推广成功的应用模式,鼓励引导企业上云上平台,助推企业转型升级。

3. 构建工业互联网产业生态体系,实现跨界合作

工业互联网作为支撑工业化和信息化深度融合的关键综合信息基础设施,技术性高、前瞻性强,唯有通过跨界合作才能实现融合创新,而融合创新需要业界更高层次的协同,因此,在工业互联网技术领域、培训和专业发展、研究和开发、商业模式、获得风险资本和人才培养等方面的跨界合作成为工业互联网发展常态,这也是发达国家推进工业互联网的共同特点。由于工业互联网跨界融合具有知识难度大、细分市场专业性要求高等特征,因此,必须加快构建深度关联、跨界融合、开放创新、合作共赢的工业互联网产业生态体系。

第一,加强政产学研用协同合作。以政府为主导,围绕工业互联网技术研发、产业服务、人才培

养,广泛开展政府、产业、学术界等所有利益相关者间的合作。建立健全中央政府部门与地方政府间的部省会商与联动机制,在核心技术研发、重大项目实施、产业示范项目、扩大推广等方面开展合作;成立多方参与的工业互联网产学研合作联盟,共同推进技术研发、标准制定、产业合作、商业模式创新、人才培养和国际交流;出台相关引导政策,培育一批工业互联网相关系统解决方案提供商和应用服务商;为工业企业和互联网安全企业的跨界合作、解决方案企业与需求企业的供需对接搭建桥梁、做好服务。

第二,推动互联网企业与工业企业深入合作。制定工业互联网技术产业链图谱,围绕技术短板开展协同攻关;做实各类制造业创新中心、融合型产业联盟、开源社区等平台,将互联网企业的技术优势、市场优势、资源优势与制造企业的行业经验与专业经验紧密结合,产出一批工业互联网创新解决方案和高价值工业APP;促进工业互联网产业生态融通发展,引导龙头企业开放产业资源,构建高质量公共数据资源池,助力产业资源精确对接和有效流动,推动大中小型企业之间的创新资源和创新能力共享,实现协同发展。

第三,广泛开展国际合作。工业互联网的发展需要有与关键行动者建立联系的平台,同时避免孤立的思维和行为。目前,我国工业互联网产业联盟已与美国工业互联网联盟、欧盟物联网创新联盟等签订了战略合作协议,与发达国家的产业组织在技术创新、标准对接等方面开展了深度合作。下一步,要继续完善多元、多边、多层次的国际合作交流机制,加强与发达国家之间的对话,定期沟通工业互联网发展情况及在法律、政策、国际治理等方面的诉求与举措;充分发挥工业互联网产业联盟等行业组织的桥梁纽带作用,推动与发达国家产业组织在工业互联网参考体系架构、标准化、测试床、安全、产业推广等方面开展深度协同合作。

五、结语

工业互联网构建了数据驱动、智能优化的新工业范式,催生了诸多新模式和新业态。为了适应这一范式的转变,应对产业变革与挑战,发达国家以工业互联网为核心,在工业互联网政策的目标、内

容以及实施路径上实行了一系列新的举措,不断提升其产业竞争优势。目前,我国工业互联网已从概念倡导阶段进入实践深耕阶段。因此,研究发达国家工业互联网政策的演变与实施,注重工业互联网政策聚焦制造业的数字化、网络化和智能化转型,重视技术政策、标准建设和安全政策的统一,采取供给侧和需求侧并重以及多元主体间协作的实施路径,对推进我国工业互联网建设、加快工业互联网赋能实体经济转型升级、有效开展国际合作并参与国际竞争均具有重要的借鉴意义。

参考文献

- [1]高柏,朱兰.从“世界工厂”到工业互联网强国:打造智能制造时代的竞争优势[J].改革,2020(6).
- [2]傅荣校.工业互联网发展的多维度观察:基于概念簇、战略、政策工具视角[J].人民论坛·学术前沿,2020(13).
- [3]李春梅.“工业4.0”对经济发展的影响及作用效果:基于德国行业面板数据的实证分析[J].科技管理研究,2019(14).
- [4]胡晶.工业互联网、工业4.0和“两化”深度融合的比较研究[J].学术交流,2015(1).
- [5]中国工业互联网发展的政策、路径及推进:专访工业和信息化部信息技术发展司副司长王建伟[J].卫星与网络,2021(10).
- [6]World Economic Forum.Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services [EB/OL]. (2015-01-22) [2021-01-15].https://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_IndustrialInternet_Report2015.pdf.
- [7]MAPI. The Internet of Things: Industrie 4.0 vs. the Industrial Internet[EB/OL].(2015-07-23)[2021-01-15].<https://mapifoundation.org/research/2015/7/23/the-internet-of-things-industrie-40-vs-the-industrial-internet>.
- [8]Arnold C, Voigt K-I. Determinants of Industrial Internet of Things Adoption in German Manufacturing Companies[J]. International Journal of Innovation and Technology Management,2019,16(6).
- [9]O'Donovan P, Leahy K, Bruton K, et al.. An Industrial Big Data Pipeline for Data-Driven Analytics Maintenance Applications in Large-Scale Smart Manufacturing Facilities[J].Journal of Big Data,2015,25(2).
- [10]Sisinni E, Saifullah A, Han S, et al.. Industrial Internet of Things: Challenges, Opportunities, and Directions[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics,2018,14(11).

- [11] Raj A, Dwivedi G, Sharma A, et al. Barriers to the Adoption of Industry 4.0 Technologies in the Manufacturing Sector: An Inter-Country Comparative Perspective [J]. *International Journal of Production Economics*, 2020, 224.
- [12] Government Office for Science. The Future of Manufacturing: A New Era of Opportunity and Challenge for the UK Summary Report [EB/OL]. (2013-10-29) [2021-01-19]. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/255923/13-810-future-manufacturing-summary-report.pdf.
- [13] National Economic Council and Office of Science and Technology Policy. A Strategy for American Innovation [EB/OL]. (2015-10-21) [2021-01-23]. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/strategy_for_american_innovation_october_2015.pdf.
- [14] Kagermann H, Anderl R, Gausemeier J, et al. Industrie 4.0 in a Global Context: Strategies for Cooperating with International Partners [EB/OL]. (2016-11-23) [2021-01-23]. <https://en.acatech.de/publication/industrie-4-0-in-a-global-context-strategies-for-cooperating-with-international-partners/>.
- [15] European Commission. Germany: Industrie 4.0 [EB/OL]. (2020-06) [2021-02-07]. https://ati.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-06/DTM_Industrie%204.0_DE.pdf.
- [16] Kinoshita M. Japan on the New Industrial Revolution: Direction and its Global Implication for Inclusive and Sustainable Industrial Development [EB/OL]. (2019-03) [2021-02-07]. <http://www.pp.u-tokyo.ac.jp/wp-content/uploads/2016/02/51178026.pdf>.
- [17] National Economic Council, Council of Economic Advisers, and Office of Science and Technology Policy. A Strategy for American Innovation Securing Our Economic Growth and Prosperity [EB/OL]. (2011-12) [2021-03-12]. <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/uploads/InnovationStrategy.pdf>.
- [18] The Federal Government. 5G Strategy for Germany [EB/OL]. (2017-09-14) [2021-03-20]. https://bmdv.bund.de/SharedDocs/EN/publications/5g-strategy-for-germany.pdf?__blob=publicationFile.
- [19] Briglauer W, Stocker V, Whalley J. Public Policy Targets in EU Broadband Markets: the Role of Technological Neutrality [J]. *Telecommunications Policy*, 2020, 44(5).
- [20] Executive Office of the President, President's Council of Advisors on Science and Technology. Accelerating U.S. Advanced Manufacturing [EB/OL]. (2014-10-27) [2021-03-20]. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/amp20_report_final.pdf.
- [21] Lee G. What Roles Should the Government Play in Fostering the Advancement of the Internet of Things? [J]. *Telecommunications Policy*, 2019, 43(5).
- [22] Subcommittee on Advanced Manufacturing Committee on Technology of the National Science & Technology Council. Strategy for American Leadership in Advanced Manufacturing [EB/OL]. (2018-10-05) [2021-04-12]. <https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2018/10/Advanced-Manufacturing-Strategic-Plan-2018.pdf>.
- [23] Kang H S, Lee J Y, Choi S, et al. Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions [J]. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 2016, 3(1).
- [24] The Federal Government. Digital Agenda 2014-2017 [EB/OL]. (2014-08) [2021-04-23]. https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/EN/publikationen/2014/digital-agenda.pdf?__blob=publicationFile.
- [25] Shackelford, S J. Smart Factories, Dumb Policy? Managing Cybersecurity and Data Privacy Risks in the Industrial Internet of Things [J]. *The Minnesota Journal of Law, Science & Technology*, 2019, 21(1).
- [26] Crawford D, Sherman J. Gaps in United States Federal Government IoT Security and Privacy Policies [J]. *Journal of Cyber Policy*, 2018, 3(2).
- [27] National Institute of Standards and Technology. Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity [EB/OL]. (2018-04-16) [2021-05-20]. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/CSWP/NIST.CSWP.04162018.pdf>.
- [28] Yang H, Kim S Y, Yim S. A Case Study of the Korean Government's Preparation for the Fourth Industrial Revolution: Public Program to Support Business Model Innovation [J]. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2019, 5(35).
- [29] Liao Y, Deschamps F, Loures E R, et al. Past, Present and Future of Industry 4.0-A Systematic Literature Review and Research Agenda Proposal [J]. *International Journal of Production Research*, 2017, 55(12).

Evolution of Industrial Internet Policy in Main Developed Countries and its Enlightenment to China

Li Xiaomei

Abstract: At present, human beings are entering the era of new industrial revolution taken the industrial revolution as the principal part. In response to the challenge of industrial revolution, major developed countries have continuously upgraded their industrial competition with the industrial internet as the core, and have formulated a series of related policies to accelerate the development of industrial internet. The research shows that the industrial internet policy of major developed countries focuses on the digital, networked and intelligent transformation of manufacturing industry, attaches importance to the unification of technology policy, standard construction and security policy, and adopts the implementation path of both reforming supply-side and demand-side and multi-agent cooperation. The research on the evolution trend of Industrial Internet policy in major developed countries has the important reference value for the construction of Industrial Internet and the empowerment of transformation and upgrading of real economy in China.

Key Words: Developed Countries; Industrial Internet Policy; Industry 4.0; Smart Manufacturing

(责任编辑:柳 阳)

· 会 讯 ·

首期“中国北部湾30人论坛”在广西钦州召开

2022年4月27日上午,由中国区域经济学会北部湾发展专业委员会、北部湾大学主办,北部湾大学钦州发展研究院承办,广西民族大学经济学院、湛江科技学院北部湾发展研究中心协办的首期“中国北部湾30人论坛”在广西钦州顺利召开。线下主会场设在北部湾大学钦州发展研究院,多位专家学者通过腾讯会议参与主题交流研讨。

本期论坛主题为习近平向海经济思想的理论与实践,主要议题有:习近平总书记关于发展向海经济的重要论述;向海经济的内涵、范围、特征及其基本理论体系;新时代全面推动向海经济发展的重点领域与任务;推进中国北部湾及西部向海经济带构建与建设;新格局背景下北部湾城市群升级版——北部湾向海新区规划与建设。在论坛第一阶段,中国社会科学院工业经济研究所研究员、中国区域经济学会副会长兼秘书长陈耀,中央民族大学经济学院教授、中国区域经济学会少数民族地区经济专业委员会常务副主任冯彦明,河南省社会科学院研究员、中国区域经济学会常务理事任晓莉,北部湾大学教授、钦州发展研究院常务副院长、中国区域经济学会北部湾发展专业委员会常务副主任傅远佳,广西民族大学经济学院院长、教授胡超,湛江科技学院北部湾发展研究中心主任何为民等6位专家学者围绕向海经济的理论、机遇、困境及对策等各抒己见。在论坛第二阶段,北部湾大学经管学院教授朱念、北部湾大学副教授黄桂媛、北部湾大学经济管理学院副教授施梅超、北部湾大学副教授庞子冰4位专家学者,围绕计量经济学在向海经济研究中的应用、广西向海经济的发展等话题交流分享。

本期论坛各项议程圆满完成,参会专家对相关主题提出了诸多新颖的前沿观点,得到了广大专家学者们的好评,对进一步推动向海经济的理论研究和应用研究将会产生深刻影响。通过这次论坛,与会人员对习近平向海经济思想有了更深层次的理解,并表示将继续深化理论研究与实践探索,为大力发展向海经济贡献一份力量。

(文 锐)