



中国工业互联网研究院
China Academy of Industrial Internet

全球工业互联网创新发展报告

中国工业互联网研究院
2022年11月



前 言

当前，世界百年未有之大变局加速演进，新一轮科技革命和产业变革深入发展。全球主要国家积极把握数字化、网络化、智能化发展机遇，探索新技术、新业态、新模式，探寻新的增长动能和发展路径，着力巩固提升国家竞争优势。

工业互联网是第四次工业革命的重要基石，是新一代信息技术与工业经济深度融合的新型基础设施、应用模式和工业生态。自 2012 年工业互联网概念首次提出至今，全球工业互联网蓬勃发展，为工业乃至产业数字化转型提供了实现途径，展现出勃勃生机和广阔前景。尽管各国战略导向各有不同、发展路径各有特点，工业互联网已成为全球主要工业国家抢占产业竞争制高点、重塑工业体系的共同选择。

以习近平同志为核心的党中央高度重视工业互联网发展，作出了深入实施工业互联网创新发展战略的重大部署。五年来，我国工业互联网创新发展迈出坚实步伐，取得了一系列积极成果，推动工业化与信息化在更广范围、更深程度、更高水平上实现融合发展。

刚刚胜利闭幕的党的二十大科学谋划了未来五年乃至更长时期党和国家事业发展的目标任务和大政方针。党的二十大报告指出，坚持把发展经济的着力点放在实体经济上，推进新型工业化，加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、数字中国，推动制造业高端化、智能化、绿色化发展，促进数字经济和实体经济深度融合。未来五年，将是推进新型工业化，加快建设制造强国和网络强国

的关键时期，也是工业互联网从起步探索转向规模发展的重要阶段。

立足新起点、面向新征程，我们在去年发布《工业互联网创新发展成效报告（2018-2021年）》的基础上，从战略布局、网络技术、平台生态、安全保障、人才体系、产业经济等六个维度，系统回顾了全球工业互联网发展实践，形成了本报告，以期为进一步推动工业互联网创新发展提供参考和借鉴。

中国工业互联网研究院

目 录

一、主要国家数字化政策密集发布	1
(一) 美国持续推进先进制造业战略	1
(二) 欧洲不断强化数字化发展战略	3
(三) 亚太地区加速推进数字化转型	8
(四) 中国加快推动工业互联网发展	12
二、工业互联网网络技术创新活跃	16
(一) 网络技术边界不断融合破壁	16
(二) 网络技术专利布局持续深化	18
(三) 网络技术分级分业落地应用	19
三、工业互联网平台生态不断壮大	23
(一) 全球工业互联网平台态势良好	23
(二) 中国工业互联网平台快速发展	24
(三) 多元化企业丰富平台服务供给	27
四、工业互联网安全保障日益强化	31
(一) 工业互联网安全威胁倍受关注	31
(二) 工业互联网安全技术加快演进	33
(三) 企业加紧布局工业互联网安全	36
五、工业互联网人才体系加速构建	39
(一) 数字人才供给普遍吃紧	39
(二) 数字人才集聚高地形成	40
(三) 各国持续建设人才体系	41

(四) 中国加快数字人才培养	44
六、工业互联网产业经济蓬勃发展	46
(一) 工业互联网产业发展态势总体向好	46
(二) 中国工业互联网经济规模增长强劲	48

中国工业互联网研究院

一、主要国家数字化政策密集发布

近年来，新一代信息通信技术与制造业加速融合渗透，各主要国家和地区纷纷开展布局，运用工业互联网、人工智能等新兴技术推动制造业数字化转型已成普遍共识。虽然各国发布的战略和政策提法各异，但其实质都是通过深化新一代信息通信技术融合应用，促进制造业转型升级，培育国际竞争优势，抢抓数字化发展新机遇。

（一）美国持续推进先进制造业战略

发布延续性政策措施加强重点技术领域布局。聚焦“再工业化”，实施延续性战略部署。自 2012 年奥巴马政府提出“先进制造”战略以来，美国一直将制造业数字化、网络化、智能化转型作为重要方向，加紧重塑竞争优势。先后发布《美国先进制造业领导力战略》《国家人工智能战略》《关键和新兴技术国家战略》《先进制造业国家战略》等，依托其强大的基础科技和信息技术体系，着力巩固全球制造业领导地位。**加快布局重点技术领域，巩固提升制造业技术优势。**通过多元化政策手段，不断强化技术布局，确保美国始终在先进制造业保持技术领先。2022 年 2 月，美国更新《关键和新兴技术清单》，重点推进通信及网络、数据科学及存储、区块链、人机交互等领域的技术突破。2022 年 10 月，美国发布《先进制造业国家战略》，强调加强微电子、半导体、先进传感、数字孪生、机器学习、人机交互等重点领域技术研发和应用。

构建制造业创新网络。2012 年起，美国持续实施美国制造计划（原名“制造业创新网络计划”），陆续建立制造业创

新中心，广泛集聚研发和创新资源，加强政产学研合作创新，着力提高国家整体制造业创新能力。2022年10月发布的《美国制造业亮点报告》显示，美国已建成16家制造业创新中心，涵盖数字制造、智能制造、机器人、制造业网络安全等重点领域，截至2021年底成员单位超过2300家，主要研发项目700多个。**依托公私合作伙伴关系促进创新成果转化。**美国相关联邦机构与企业、科研机构开展密切合作，通过开展大规模的政府和社会资本合作项目制（PPP），加快推动先进制造技术研发与成果转化。如美国国防部（DOD）为促进科技成果转化，支持美国国防工业基地（Defense Industrial Base）建立了9个制造业创新中心。**多措并举确保中小企业深度参与创新。**美国设立了51个制造业拓展伙伴中心，帮助中小企业加快先进技术应用，着力激发中小企业创新活力。此外，在制造业创新中心领导委员会组建、成员单位构成、研发项目申请、人才培养等方面，规定中小企业数量需达到一定比例，从而提升中小企业在创新活动中的参与度和话语权。2021年，其成员单位中63%是制造企业，其中72%为中小型制造企业。

长期为发展先进制造业提供资金支持。加大对先进制造技术研发应用的支持力度。《美国创新与竞争法案》中，将人工智能、量子计算等技术列为2022财年美国研发预算优先事项，未来将对包括人工智能在内的多个领域投入1000亿美元进行研发。作为商务部下属负责技术研发和工业计划的机构，美国国家标准与技术研究院（NIST）在2022年财年

预算中，获得的研究支持较 2021 年相比增加 1.24 亿美元，达到 9.16 亿美元，并且对制造业创新网络的投资增长一倍，达到 4.42 亿美元，支持增材制造、工业 4.0 等领域技术的研发和部署。2021 年，NIST 启动“先进制造技术路线图计划”，于 2022 年 4、5 月发布两轮资助，共拨款 328 万美元支持制定 5G、6G、人工智能、量子技术、数字制造等重点领域技术路线图。发挥财政资金作用引导社会资本加大投入。美国国防部、商务部、劳工部等相关联邦机构，通过建设创新中心等方式，为先进制造业相关领域提供资金支持，撬动社会资本加大对前沿技术投入。2021 年，联邦计划资金为 16 家制造业创新中心投入 1.27 亿美元，带动产业界、学术界、其他州和联邦政府投入 3.54 亿美元，支持数字制造、智能制造、增材制造、先进机器人、新材料等前沿技术领域发展。

（二）欧洲不断强化数字化发展战略

欧盟以数字化转型强化产业竞争力。为保持数字经济领域的竞争优势，欧盟委员会将“数字化转型”作为重要抓手，相继发布推动数字化转型的系列产业政策（表 1）。**实施“工业 5.0”战略推动绿色化数字化转型。**欧盟工业战略从“4.0”迈向“5.0”阶段。2021 年 1 月，欧盟发布《工业 5.0：迈向可持续、以人为本、富有韧性的欧洲工业》，强调可持续性和以人为中心，在实现就业和增长目标的同时，为富有韧性的社会经济繁荣提供支持。战略指出，欧盟的复苏要求加快绿色化数字化双重转型，以便建立更可持续、更具韧性的社会和经济，工业是其中的主要驱动力之一。2022 年 1 月，欧盟委

员会发布《工业 5.0: 欧洲的变革愿景——面向可持续工业的管理系统改革》报告，提出欧洲工业应深度变革，以促进欧洲绿色化数字化双重转型。持续加大技术研发支持力度。欧盟持续实施有针对性的筹资计划，包括“数字欧洲计划”“连通欧盟设施计划”“地平线计划”“投资欧盟”等，对区块链技术、高性能计算技术、量子技术和人工智能等领域进行重点投资。其中，“地平线欧洲”是欧盟有史以来最大的支持研发和创新项目，计划总投资额达 955 亿欧元，明确将人工智能列入资金支持范围。持续完善安全和监管体系。通过建立基本的隐私和数据保护体系等法律框架，对数字技术的发展和應用进行持续监管。2016 年出台的《网络与信息安全指令》是欧盟首部网络安全法规。2018 年生效的《通用数据保护条例》，对互联网公司使用个人数据的行为进行规范，统一成员国的数据保护规则。2020 年出台的《数字服务法》草案为在线平台创设了强有力的透明度要求和问责机制。

表 1 欧洲主要工业互联网相关政策与战略计划

战略	发布机构	发布时间
《数字红利战略》	欧盟委员会	2009 年
《未来物联网发展战略》	欧盟委员会	2009 年 11 月
《单一数字市场战略》	欧盟委员会	2015 年 5 月
《欧洲工业数字化战略》	欧盟委员会	2016 年 4 月
《塑造欧洲的数字未来》	欧盟委员会	2020 年 2 月
《欧洲数据战略》	欧盟委员会	2020 年 2 月
《人工智能白皮书》	欧盟委员会	2020 年 2 月
《欧洲新工业战略》	欧盟委员会	2020 年 3 月
《欧洲的数字主权》	欧盟委员会	2020 年 7 月
《工业 5.0: 迈向可持续、以人为本、富有韧性的欧洲工业》	欧盟委员会	2021 年 1 月
《2030 数字罗盘: 欧洲数字十年之路》	欧盟委员会	2021 年 3 月
《工业 5.0: 欧洲的变革愿景——面向	欧盟委员会	2022 年 1 月

《可持续工业的管理系统改革》		
《欧洲新创新议程》	欧盟委员会	2022年7月

来源：欧盟委员会，中国工业互联网研究院整理

德国发力工业 4.0 巩固制造业竞争优势。德国充分发挥政府作用，加大产业政策扶持力度，旨在推动制造业智能化发展。**制定产业政策加快智能化发展。**2013 年，德国正式推出《德国工业 4.0 战略》，将智能化作为制造业发展的战略方向，提出“构建智能工厂，实现智能制造”。随后，2016 年发布《数字战略 2025》，2018 年发布《高技术战略 2025》。2019 年发布的《德国工业 2030 战略》提出，加大对人工智能等新兴技术投入，将汽车、光学、绿色科技、3D 打印等十个工业领域列为“关键工业部门”，并强调通过税收优惠、提供廉价能源和放宽反垄断法等方式，允许形成“全国冠军”甚至“欧洲冠军”企业，以提高德国工业全球竞争力。**加强标准化推动工业 4.0 发展。**《德国工业 4.0 战略》中提出了实现工业 4.0 的八个举措，其中第一个计划就是开展标准化工作（表 2）。从 2013 年起，德国先后发布了五版《工业 4.0 标准化路线图》，希望通过主导标准化进程持续引领工业 4.0 的发展。2016 年，德国工业界与标准化领域权威机构共同宣布，正式设立“工业 4.0 标准化理事会”，提出工业 4.0 数字化产品的相关标准，并协调其在德国和全球范围内落地。**加快中小企业公共服务体系建设。**2019 年，德国机械设备制造业联合会发布《中小企业工业 4.0 实施指南》，为中小企业免费提供可操作的智能化升级技术路线，着力解决中小企业在智能化升级中“做什么”和“怎么做”的问题。德国政府联合高校院

所等，建立了 28 个中小企业 4.0 能力中心，为中小企业解决智能化升级中遇到的技术和安全问题。

表 2 德国“工业 4.0 战略”主要内容

重点	主要内容
一个核心	“智能+网络化”，即通过虚拟网络—实体物理系统（CPS），构建智能工厂，实现智能制造
双重战略	“领先的供应商战略”和“领先的市场战略”
三大集成	企业内部灵活且可重新组合的网络化制造体系纵向集成
	通过价值链及网络实现企业间横向集成
	贯穿整个价值链的端到端的工程数字化集成
八项举措	实现技术标准化和建设开放标准的参考体系
	通过建立模型来管理复杂的系统
	提供综合的工业宽带基础设施体系
	建立安全保障机制
	创新工作组织和设计方式
	重视培训和持续的职业发展
	健全规章制度
提升资源效率	

来源：中国工业互联网研究院整理

英国加快实施数字战略推动产业转型升级。英国把“数字化”摆在重要位置，积极推动制造业转型升级。**持续发布战略推动产业数字化转型。**2017 年 3 月，英国政府发布《英国数字战略》，围绕数字基础设施、数字技能、数字化转型、网络空间等领域部署七大战略，支持企业进行数字化转型提升生产效率。2017 年 11 月，英国发布《产业战略：建设适合未来的英国》白皮书，支持各行业利用人工智能和数据分析技术，促进英国经济发展和产业转型。2022 年 7 月，英国发布更新版《英国数字战略》，支持企业加强数字应用，采用前沿技术提高生产力。**支持数字技术研发创新。**2021 年 7 月，英国宣布通过国家“Made Smarter”计划提供 5300 万英镑资金，

推动建设 5 个全新的数字制造研究中心、1 个数字供应链创新中心和 37 个相关项目。2022 年更新版的《英国数字战略》提出，到 2024/25 年将公共研发支出增加到 200 亿英镑，支持发展人工智能、下一代半导体、数字孪生、量子计算。**加强新型基础设施建设投资。**《英国数字战略》指出，英国将投资超 300 亿英镑加快宽带部署，计划 2025 年实现 85% 以上千兆覆盖率，2030 年实现 99% 以上千兆覆盖率；投资 4G、5G 建设和研发，计划到 2027 年大多数人能够使用 5G 网络。实施“无线基础设施战略”，为英国无线网络的开发、部署明确战略框架。

法国稳步加大“未来工业”转型力度。法国持续推动“未来工业”计划，将现代化、数字化和生态化转型作为主要任务，共同推进制造企业转型，建设良好的工业生态系统。**加快发展数字技术。**2018 年以来，法国先后发布《人工智能战略》《5G 发展路线图》《量子技术国家战略》《云加速战略》《5G 和电信网络未来技术国家战略》，加快数字技术研发与应用。2021 年 1 月，法国总统马克龙宣布启动一项投资总额达 18 亿欧元的量子技术国家投资规划，用于未来 5 年发展量子计算机、量子传感器和量子通信等。2022 年 1 月，在法国量子技术国家投资规划框架下，法国启动全国量子计算平台，计划投资 1.7 亿欧元，旨在更好推动量子技术的应用和发展。**推动工业数字化转型。**2018 年，法国政府公布了《利用数字技术促进工业转型的方案》，提出促进工业转型的具体举措，实施加速向“未来工业”转型的行动计划，通过提供设备采购

税收优惠和补贴等方式，支持中小企业与工业部门实现数字化升级。2020年9月，法国启动经济振兴计划，投入70亿欧元资金支持数字化转型。**加强工业生态系统建设。**法国政府联合公共和私营部门，共同推进中小企业转型，支持部分地区发展为具有创新力的工业中心。为应对法国中小企业数字化程度低的问题，法国政府投入3.85亿欧元支持中小企业数字化转型，并在防疫期间持续出台税费减免、工资补贴、金融救助等政策，为中小企业纾困解难，推动中小企业数字化转型。

（三）亚太地区加速推进数字化转型

日本大力发展“互联工业”推动价值链转型。日本以完善制度规范、提供示范指导为基础，形成了各领域的行动指南和战略规划，重点在示范引导、产业安全和评估标准等方面提供支撑，为推动“互联工业”应用推广明确方向。**加强互联工业技术支撑。**持续加强半导体、人工智能、量子技术等方面的投入，以满足“互联工业”发展的技术要求。2021年6月，日本经产省首次发布《半导体数字产业战略》，提出要增加数字化投资，加强尖端逻辑半导体设计和开发，同步推进数字化和绿色技术。2022年5月，日本内阁在《制造业白皮书2022》中提出，计划招标109亿日元支持战略基础技术升级。为营造自主创新的生态系统，计划招标33.5亿日元支持研究型初创企业的启动和成长。**加强数字基础设施建设。**2019年，日本经产省启动了“后5G信息和通信系统基础增强研发项目”，截至2021年已投入1750亿日元。2022年3月，日本

经产省为应对数字化转型落后于欧美的现状，投入 22 亿日元，通过设计、验证系统框架原型和研究开发架构实施所需的配套技术，加快构建数字基础设施。**加快推动数字化转型评估和认证。**2019 年，日本经产省公布了“推进数字化转型指标体系”，构建了四大一级指标和各级细分指标，从定性和定量的角度帮助企业进行自我诊断和自我评价，引导企业进行转型规划。2020 年 11 月，日本经产省发布《数字治理守则》，按照相关法律法规要求由经产省对相关企业的数字化转型程度进行认证，打造标杆企业。截至 2021 年 12 月 31 日，已有 219 家企业获得认证。

韩国加快推动产业数字化转型。韩国立足制造业发展实际，将数字化转型作为制造业发展优先方向。**发布支持数字化转型的政策规划。**2020 年 7 月，韩国政府发布《国家新政综合规划》（“新政 1.0”），推动大数据、5G、人工智能等技术应用，加强数据、网络和人工智能（D.N.A）创新生态系统建设，促进企业、产业数字化转型。2021 年 7 月，韩国政府发布“新政 2.0”，计划到 2025 年累计投入 222 万亿韩元（约合 1.2 万亿人民币），涉及元宇宙、数字孪生、云计算、智能物联网等新兴领域，旨在推动韩国向发达国家迈进，实现国家转型升级。**加大中小企业数字化转型支持。**从 2018 年起，韩国中小企业部、产业通商资源部等九部门推动智能工厂、智能产业园建设，韩国产业银行出资 1 万亿韩元，企业银行和中小企业振兴公团各出资 5000 亿韩元，支持中小企业投资智能工厂设备，并成立 3000 亿韩元规模的智能工厂

设计建设企业基金。依托创造力经济创新中心（RCECC），推动大企业向初创企业、中小企业转移自动化生产和智能制造相关技术。**加快释放工业数据价值。**2020年8月，韩国财政部发布《基于数字的产业创新发展战略》，通过制定“数字+制造业”发展战略，将重点放在优势产业暨制造业上，提高工业数据利用率，旨在提升韩国主导产业竞争力。

新加坡以数字技术助力先进制造业发展。新加坡持续加大对技术创新的投入，推动传统制造业向先进制造业转型。**加大数字技术研发与应用。**2020年12月，新加坡出台第七轮“研究、创新、企业2025计划”（RIE2025），提出增强全球竞争优势、培养顶尖创新人才、建设创新平台三大总体目标，大力发展数字技术，强化人工智能、量子计算、5G、通信等技术领域的研究与应用。在制造业方面该计划还提出，为提升制造业竞争力，推动人工智能、机器人和自动化等技术的赋能创新，帮助企业拓展业务。2021年初，新加坡政府提出“制造业2030愿景”，推动传统制造业向先进制造业发展，致力于在2030年将新加坡打造成先进制造业的全球业务、创新与人才中心。**加速中小企业转型。**2017年3月，新加坡制定了中小企业数字化计划（SMEs Go Digital），协助中小企业加速采用数字化解决方案，使用数字技术加强网络和数据安全，加快实施国际化战略和技术创新。2021年1月，新加坡推行“Start Digital”项目，以银行和电信运营商为供给方，为中小企业提供数字化解决方案，协助本地中小企业进行协作及获取新客户。**营造良好发展环境。**2017年11月，

新加坡经济发展局联合麦肯锡发布了世界上第一个工业 4.0 工具—工业智能指数 (SIRI)，帮助企业衡量自身的工业 4.0 成熟度，评估数字化转型进程，并推动企业开展、维持并规模化应用工业 4.0 技术。

印度实施多举措促进制造业发展。为推动和促进制造业发展，印度出台系列举措。**发布产业政策推进“印度制造”。**2014 年以来，印度先后提出“印度制造 1.0”计划和“印度制造 2.0”计划，重点支持电子制造业等附加值高的产业，通过技术孵化、产业集群等方式加速制造业本地化，旨在提高制造业国际竞争力。2015 年 7 月，印度提出“数字印度”战略，强调支撑数字化转型的九大支柱，包括高速宽带、普及移动连接、公共网络接入项目、电子化服务、全面信息化、发展电子制造业、IT 就业岗位和早期示范项目等，着力提升电子制造业创新能力，通过各方协调合作摆脱进口依赖。**加大对电子制造业的产业补助。**2020 年 3 月，印度政府专门为电子制造商制定财政激励计划（改进型电子制造业集群计划），投入 376.2 亿印度卢比鼓励建立优质的基础设施、公用设施和便利设施。2020 年 4 月，印度政府推出“电子元件和半导体制造业促进计划”，以报销方式补贴 25%与厂房、机器、设备、相关设施和技术研发有关联的资本支出，旨在促进电子产品制造生态系统发展。2020 年 11 月，印度表示未来五年内投资 2 万亿卢比推进制造业促进计划 (PLI)，其中 1219.5 亿卢比推动本土电信业发展，支持 4G、5G、下一代 RAN、物联网接入设备、企业设备和无线设备的生产制造。

（四）中国加快推动工业互联网发展

强化顶层设计。2017年11月，《国务院关于深化互联网+先进制造业发展工业互联网的指导意见》正式发布实施，明确了工业互联网的基本概念、重大意义、总体要求、主要任务、政策举措。《中华人民共和国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》提出，要“积极稳妥发展工业互联网”“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”。《政府工作报告》连续五年对工业互联网作出部署。在国家制造强国建设领导小组下设立了工业互联网专项工作组，推动《工业互联网发展行动计划（2018-2020年）》《工业互联网创新发展行动计划（2021-2023年）》陆续发布。

完善功能体系。工业互联网以网络为基础、平台为中枢、数据为要素、安全为保障、产业为支撑、应用为牵引。工业和信息化部出台系列政策推动工业互联网各领域深化发展。**网络方面**，2018年以来先后印发《工业互联网网络建设及推广指南》《工业互联网标识管理办法》等政策文件。**平台方面**，陆续发布《工业互联网平台建设及推广指南》《工业互联网平台评价方法》。**数据方面**，先后出台《工业数据分类分级指南》《关于工业大数据发展的指导意见》《新型数据中心发展三年行动计划（2021-2023年）》等政策文件。**安全方面**，先后编制《加强工业互联网安全工作的指导意见》《工业互联网企业网络安全分类分级管理指南》《工业互联网安全标准体系》等政策和指南。全国31个省份累计出台近50

项属地工业互联网相关政策部署安全保障工作。**5G 与工业互联网融合发展方面**，印发《“5G+工业互联网”512 工程推进方案》《5G 全连接工厂建设指南》《“工业互联网+安全生产”行动计划（2021-2023 年）》。

实施财政支持。扎实推进创新发展工程。工业和信息化部联合财政部持续实施工业互联网创新发展工程，发挥财政资金引导作用，带动社会资本加大投入，支持公共服务平台建设、系统解决方案供应商培育，补齐一批关键领域产业化短板，创新水平稳步提升。截至目前，培育 200 余个公共服务平台，在试验验证、检测认证、人才实训等方面的服务能力日益增强。**加大中小企业数字化转型支持。**工业和信息化部、财政部联合印发《关于开展财政支持中小企业数字化转型试点工作的通知》，从 2022 年到 2025 年，中央财政计划分三批支持地方开展中小企业数字化转型试点，计划围绕 100 个细分行业，支持 300 个左右公共服务平台，打造 4000—6000 家“小灯塔”企业作为数字化转型样本，带动广大中小企业“看样学样”加快数字化转型步伐，促进专精特新发展。

加强示范引领。中国实施工业互联网创新发展战略以来，广大市场主体积极探索，工业互联网向各行业领域加速拓展，形成了大批具有示范带动效应的示范标杆。**试点示范成效显著。**持续组织开展工业互联网试点示范遴选工作，围绕网络化改造、标识解析、平台、安全、“5G+工业互联网”、园区等方向共遴选出 381 个试点示范项目，在全国范围内树立起工业互联网应用样板标杆。**512 工程加速推进。**实施“5G+工

业互联网”512 工程，在建项目超过 4000 个，打造了上万个 5G 应用创新案例。

优化区域布局。产业基地强化区域协同。工业互联网产业基地作为促进工业互联网产业集聚、区域发展的重要抓手，依托国家新型工业化产业示范基地建设，在上海、北京、武汉、深圳、沈阳、苏州、佛山、重庆遴选了 8 个基地。**示范区创建工作不断加速。**工业和信息化部先后复函支持长三角三省一市、广东、山东、成渝、京津冀、湖南等地创建工业互联网示范区，鼓励先行先试、改革创新，打造工业互联网创新发展高地。各地以示范区为抓手，纷纷出台相关政策文件，系统推进工业互联网基础设施建设、融合应用和生态培育。如山东省出台《山东半岛工业互联网示范区建设规划（2022-2025 年）》，扎实开展“工赋山东”行动，加快推动山东半岛工业互联网示范区建设。

地方大力支持。工业互联网已成为各地推动实体经济转型升级，打造新发展动能的重要抓手。目前，全国 30 余个省市明确对“工业互联网”方向的政策支持，并通过设立专项、建立专班等方式加大投入力度，因地制宜推动工业互联网发展，初步形成系统推进、梯次发展、优势互补的产业发展格局。如广东省以工业互联网创新应用为着力点，发布《广东省制造业数字化转型实施方案（2021—2025 年）》《广东省制造业数字化转型若干政策措施》《广东省产业集群数字化转型工程实施细则（2022 年）》等文件。江苏省把工业互联网创新工程作为战略性任务，先后出台了《江苏省加快推进

工业互联网创新发展三年行动计划（2021—2023年）》《江苏省制造业智能化改造和数字化转型三年行动计划（2022—2024年）》等文件。辽宁省把工业互联网创新发展作为助推经济高质量发展的重要力量，出台《辽宁省工业互联网创新发展三年行动计划（2021-2023年）》等政策文件，加快推动制造业数字化转型。

中国工业互联网研究院

二、工业互联网网络技术创新活跃

网络是支撑工业互联网运行的重要基础，是工业环境下人、机、物全面互联的关键基础设施，工业互联网网络连接涉及多要素、多主体间的不同技术领域，是对 IT、OT、CT 的综合集成。随着工业互联网深入发展，工业互联网网络技术边界不断融合、专利布局持续深化、应用推广分级分业推进。

（一）网络技术边界不断融合破壁

工业现场复杂环境推动组网技术融合发展。带动工业通信移动性与确定性融合。5G、TSN 等新型网络技术的工业应用及多种网络技术融合发展，适应对工业网络移动性、确定性等的新需求。5G 系统作为网桥融入到 TSN 网络中，支持 TSN 时钟同步、低抖动、预定时间转发等功能，保证 5G 网络传输的确定性。5G+TSN 兼具 TSN 确定性传输和 5G 网络移动性的特点，在未来工业应用中促进实现无线化和柔性制造。**带动固移融合的工业网络体系构建。**5G+F5G 兼具 5G 网络移动性与 F5G 在固网方面的高带宽、稳定性及减少工厂网络部署复杂度的特点，可满足在室内和复杂环境下传输带宽大、抗干扰性强需求，能够实现微秒级连接，融合 5G 网络灵活性高、移动增强、大连接的优势，构建形成优势互补、业务互促的“双千兆”网络。5G LAN 是 5G R16 重点技术方向之一，使得 5G 网络具备提供工业网络以太网通信以及局域网业务的能力，助推 5G 网络与工厂传统工业网络的融合。**带动场景融合的工业组网新模式构建。**基于网络切片、移动

边缘计算等技术，工业 5G 网络组网形成了切片虚拟专网、混合虚拟专网以及独立专网等模式。分别面向广域专网业务（如智慧园区等）、局域开放园区（如交通物流、港口码头等）、局域封闭区域（如矿井、油田等）等场景，满足工业企业实际需求，推动构建效率更高、质量更优、共享更充分的 5G 基础设施。

云网边一体加速融合智能化应用。云计算、边缘计算加速与工业互联网网络融合，大幅提升网络和云边端资源的运行效率，为工业提供计算、存储、智能化的实时网络服务，实现兼顾可靠性、灵活性、安全性的智能化应用。**推动边缘云商用进程。**随着工业互联网现场接入设备越来越丰富、设备与系统间的交互越来越频繁，边缘侧对数据分析的需求越来越高，根据 Gartner 的报告，到 2025 年，超过 75% 的数据将在边缘侧处理。5G 用户面功能 UPF 下沉，数据流量本地卸载，可将边缘计算节点灵活部署在不同的网络位置，来满足时延、带宽有不同需求的边缘计算服务。支持将网络能力开放给边缘应用，实现时延敏感型的工业控制类应用、时延容忍度较高的远程控制类应用、带宽要求较高的视频类应用等业务。具备边缘复杂计算能力的 PLC、云化 PLC 等新的 OT 终端形态不断丰富。**加速云网融合进程。**5G 核心网通过网络功能虚拟化（NFV）技术实现了云化部署，加速云网融合步伐。企业采用 NFV，将 5G 核心网的用户签约数据和策略管理、网络切片管理等功能全部软件化，部署在 X86 或 ARM 通用服务器上，通过软件定义技术、网络功能虚拟化技

术，不断推进硬件资源的数字化、虚拟化和灵活化，进一步提升了通过软件提供硬件系统功能的能力。

（二）网络技术专利布局持续深化

技术创新活跃度不断提升。据不完全统计，2013-2021年，在全球主要国家/地区专利局专利数据中，工业互联网简单合并同族专利数据申请量超过 3000 个，其中，约 70%为发明专利，专利授权比例超过 90%。从总体看，全球专利申请的年均增速持续增长，年均增速超过 20%。从主体看，洛克威尔、STRONG FORCE、西门子、东土科技等传统工控企业专利申请量位居前列，美国企业高价值专利持有比例相对较高。

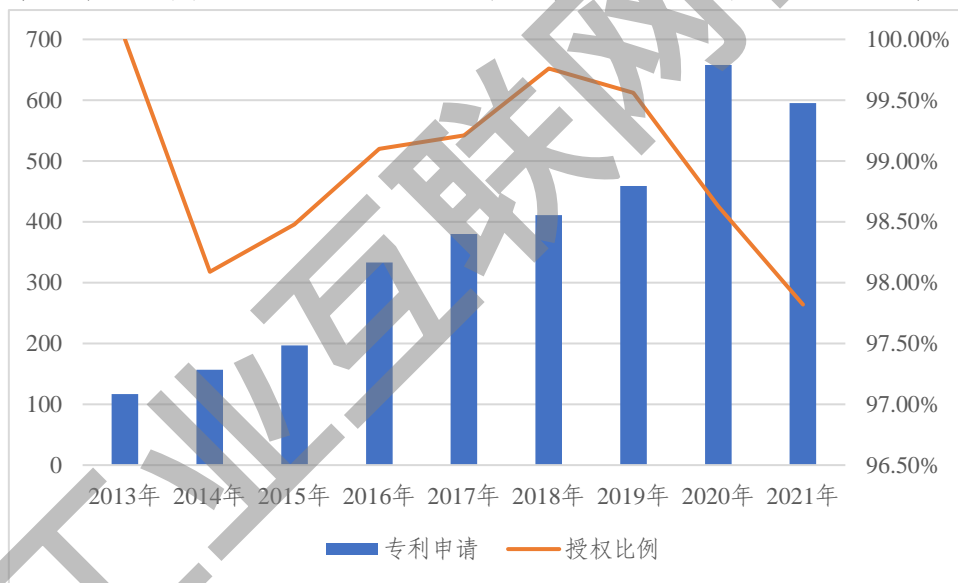


图 1 全球工业互联网相关专利申请量

数据来源：各国专利局

总体布局进一步向主要国家集中。2013-2021年，全球工业互联网的专利主要分布在中国、美国、欧洲，专利申请共计约占全球专利申请的 90%。在工业网络连接方面，美国占据专利申请的 50%以上，同时在 OPCUA、Handle、TSN、传感器、无线电、无源光网、切片技术领域具有领先优势。中

国在 5G、工业以太网专利申请具有领先优势。2021 年，我国 5G 标准必要专利声明数量位列全球首位，5G 标准必要专利声明数量占比近全球 40%。美国占全球 TSN 有效专利申请总量近 40%，位居全球第一。

（三）网络技术分级分业落地应用

网络技术演进渐次满足工业现场通信需求。工业现场应用对大带宽、低时延、广连接、高可靠的通信提出了更高要求，随着网络技术演进迭代，已能够初步满足工业现场通信需求，但同时网络技术的应用推广仍受到标准渐次导入的客观规律影响。以 5G 为例，今年 6 月 R17 标准正式冻结，标志着 5G 技术演进第一阶段圆满结束，5G 系统增强功能已具备完整的技术支撑，面向工业的应用场景将持续深化拓展。目前，工业 5G 模组、终端等主要产品基于 R15、R16 开发，支持 10 微秒同步精度、10 毫秒端到端时延、“5 个 9”可靠性和灵活的终端组管理。基于 R17 的产品开发，将针对低功耗、低成本、大连接和广覆盖应用场景，如应用轻量版的 5G NR（RedCap），能够满足 20MHz 带宽、2-150Mbps 下行速率、2-50Mbps 上行速率要求。

综合考虑技术经济因素推动场景应用。相关主体在综合考虑技术发展和经济成本双重因素的基础上，充分结合企业数字化水平及工艺流程复杂性等产业实际。按照工业网络技术性能要求“从单一到多元”、应用环节“从外围辅助到生产核心”，分级推动，逐步实现工业现场“眼手脑”的劳动力解放。L1 级，聚焦视频、高清图像等采集需求，依托 5G 高速率性

能满足实时监控、质检等工作场景，实现工业现场人眼功能的部分替代，如格力与中国联通联合打造机器视觉质检场景，单车间机器视觉每年可为企业节约人工成本 160 万元；L2 级，面向车辆、载具等远程控制需求，依托 5G 高速率、低时延性能满足无人智能物流、智能分拣等工作场景，实现工业现场人眼、手功能的部分替代，如中兴与中国电信联合开展厂区智能物流场景应用，帮助制造基地物料周转无人化，厂区内货物周转效率提升 15%；L3 级，面向机器人控制及设备故障检测等需求，依托高速率、低时延、大连接性能满足设备预测维护、工艺合规校验等工作场景，实现工业现场人眼、手、脑功能的部分替代，如南方电网与中国移动通过 5G 低延时配网差等故障检测应用，解决了传统配电自动化故障发现时间长、隔离区域大的难题；L4 级，面向设备产线、工艺环节协同以及工控设备接入，依托 5G 高速率、低时延、大连接、高可靠性能满足协同研发设计、设备协同作业等工作场景，实现工业现场人眼、手、脑功能的高度替代，如华为与中国移动，搭设柔性生产制造场景，将生产线调整时间从 2 周缩短为 2 天；L5 级，依托更高带宽、更低时延、更高精度，实现满足企业生产、运营、管理全面需求的全过程、全环节应用，实现工业现场人眼、手、脑功能的完全替代。

结合工业知识经验推动行业应用拓展。工业体量大、门类多，在行业网络应用解决方案形成过程中，针对行业特点系统发力、差异化推进。**在制造业**，针对流程行业与离散行业的实际需求，钢铁、汽车，推动现场装备网络接入、工业

网络互联互通、数据采集分析等应用，加速向工业控制场景深入，推动工艺优化。例如，江苏中天在智能化生产管控中使用工业互联网标识解析体系，依托二级节点，能够实现接口规范简单统一，定制系统无需调试，支持自我封装不再重复开发，最终实现一码全览，追根溯源、一码多识，分权管控、一码到底，协同制造；美国的大河特种钢铁厂，通过广泛分布的传感器以收集数据发送 BEAST 平台，帮助工厂在维护计划、生产线调度、物流运营和环境保护等领域取得突破性进展，致使该厂 600 人满负荷可生产三百万吨钢铁。在采矿业，推动无线网络建设、无人/少人化作业、智能巡检监测等应用，满足露天和井下不同采矿方式需求，提升采矿行业安全生产能力。例如，庞庞塔煤矿联合中国联通，打造基于独立组网的“5G+工业互联网”拓扑结构，实现运输机、皮带等设备的无人巡检，降低运输环节的人工成本，提高巡检效率，提升作业安全性；西班牙力拓集团的“未来矿山”，已经实现了少人化作业，其中自动驾驶卡车系统让其装载、运输成本下降了 15%。在电力行业，推动能效管控、智能巡检监测、辅助装配等应用，加快破解实时监控、精细化管理等方面的难点痛点。例如，国家电网与中国电信合作，在山东省青岛市开展“5G+北斗智能巡检无人机”项目，新建 5G 独立组网（SA）网络，研发 5G SA 专网的图传模块，引入北斗服务，实现无人机巡检数据安全、实时、可靠回传；西门子与华润电力合作，共同建设基于 MindSphere 混合云技术的集中监视与分析专家系统，帮助电厂降低煤耗，提高设备可

靠性，实现既满足环保要求又兼顾经济效益的双赢局面。在港口物流行业，推动设备远程操控、港区智能理货等应用，加快港口与物流协同，提升综合作业效率及数字化管理能力。例如，国家能源集团黄骅港务有限责任公司与中国联通合作，开展了“黄骅港 5G 港口”项目建设，基于 5G 专网实现敏感位置数据的边缘处理，并通过对接轻量化时空服务平台与港口业务逻辑总控系统，实现“船岸协同”的无人自动化煤料装载闭环控制，将装船时间缩短 25%，泊位利用率提升 15%，船舶满载率提升 20%；美国沃尔玛，通过实施 RFID 计划，使得有电子标签的货物补货速度比应用条形码技术的货物快三倍。

三、工业互联网平台生态不断壮大

(一) 全球工业互联网平台态势良好

全球呈现美国、欧洲、亚太地区三大集聚格局。美国发挥信息技术领先优势，建设高水平工业互联网平台。以GE、微软、亚马逊、PTC、罗克韦尔、思科、艾默生、霍尼韦尔等为代表的美国巨头企业积极布局，充分运用云计算、大数据、人工智能等信息技术，加快推动平台建设。欧洲依托制造业自动化基础，推动工业互联网平台落地发展。以西门子、ABB、博世、施耐德、SAP等为代表的德国企业，依据多年积累的先进制造业基础优势，不断加大平台投入力度、提升信息技术水平，持续拓展平台融合应用广度和深度。亚太地区基于庞大的市场需求，探索工业互联网平台发展新模式。以中国、日本、印度为代表的亚太地区，凭借巨大的转型需求和市场规模，充分发挥产业优势及行业特点，加速推进工业互联网平台建设，促进新模式应用推广。

新兴技术呈现创新突破、融合发展态势。新一代信息技术创新发展，持续巩固平台建设基础。近年来，5G、人工智能等技术的创新能力和应用水平持续提升。根据德勤报告预测，全球人工智能产业规模从2017年的6900亿美元增长至2025年的6.4万亿美元，2017-2025年复合增长率超过30%。2019年至2021年的5G标准必要专利的年度声明量超过万件，并呈现持续增长的态势。新一代信息技术与工业互联网平台加速融合，打造系列创新应用。据IDC预测，到2023年全球超50%的新建基础设施将部署在边缘。Gartner预测，到2025年

75%的企业数据将在网络边缘产生并被处理，在需求带动下工业互联网平台快速形成分布式、轻量化的部署形式。机器学习、深度学习等人工智能技术加速融入工业互联网平台，支撑质量追溯、质量控制、质量预测等平台应用创新。

产业生态合作取得积极进展。龙头企业发挥带动作用，构建合作伙伴生态圈。西门子联合SAP打造了基于开源的Cloud Foundry架构的MindSphere平台，并吸引了亚马逊、微软、埃森哲、Evosoft、源讯、Bluision等多家合作伙伴加入MindSphere生态系统。思科Jasper与AT&T、KPN、NTT、中国联通、软银等全球50多家运营商展开广泛合作，系统搭建生态系统性服务业态，业务覆盖全球160多个国家。**资本市场加强对接，支撑平台企业发展。**KINEXON提供传感器网络和边缘计算解决方案，在A轮融资中获得了1.3亿美元。知名初创公司SaaS服务提供商Uptake获4000万美元C轮融资、1.17亿美元D轮融资。传感器系统研发商Samsara Networks成立于2015年，2021年在获得3亿美元的F轮融资后，公司估值高达63亿美元。

（二）中国工业互联网平台快速发展

“综合型+特色型+专业型”平台体系加速构建。综合型双跨平台发挥引领效应，赋能路径全面多样。28个跨行业跨领域平台纵向整合行业资源、横向跨界赋能，设备接入、知识沉淀、应用开发等能力持续增强，加速构建产业生态。华为、阿里、百度等“数字底座型”平台强化数据处理优势，构建生态化发展路径。海尔、航天云网等“解决方案型”平台立足价

值创造导向，打造重点行业解决方案。用友、浪潮等“通用软件型”平台聚焦共性管理软件，实现通用产品的快速普及推广。

特色型行业和区域平台持续深耕落地，标杆案例不断涌现。

105 个特色型平台融合应用持续深化，面向重点行业加速沉淀知识经验，聚焦“块状经济”产业集聚区加速落地，规模化推动企业转型升级。在行业特色平台方面，中联重科等大型企业将自身积累的行业知识转化为平台化应用服务，通过上下游业务纽带，向行业企业推广服务。中海创等专业化行业解决方案提供商，通过将传统信息系统建设服务变革为平台化应用服务，强化行业服务范围和能力。在区域特色平台方面，地方结合区域产业特色和转型发展需要，积极引进或培育平台企业，打造一批产业共性和公共性服务，带动本地产业数字化发展。**专业型平台成为单点技术突破载体，细分领域加速创新。**28 个专业型平台已覆盖了数字孪生、工业智能、工业大数据分析、边缘计算、远程监控等多个特定领域。在工业协议解析领域，研祥智能、智能云科等企业，通过建立平台化的工业协议解析库，实现对复杂工业协议的转换解析能力。在工业大数据分析领域，清华大学、昆仑数据、星环科技等突破平台大数据分析关键技术，实现特定场景的大数据应用。在工业建模仿真领域，安世亚太、云道智造、同元软控等通过平台集成各类建模仿真工具和模型库，降低企业研发设计数字化门槛。在人工智能、区块链、数字孪生等新技术领域，旷视科技、华龙迅达等企业积极探索，推动基于平台的融合技术创新，构建“平台+新技术”创新服务能力。

模式创新、行业转型、区域升级等融合应用加速渗透。平台赋能模式业态创新活跃。工业互联网平台将数字技术与行业特有的知识、经验、需求相结合，加速工业机理模型的汇聚沉淀，催生出平台化设计、智能化制造、网络化协同、个性化定制、服务化延伸、数字化管理六大新模式。截至 2022 年第二季度，开展网络化协同和服务型制造的企业比例分别达到了 39.5%和 30.1%，有效促进实体经济降本、提质、增效发展。如基于“长征云”建立的企业安全生产监管的综合管理平台，实现各类危险点、危险设备实时监控，帮助工业企业及时发现危险点事故风险、降低事故危害、由事后调查处置向事前预防转变，提升安全生产保障能力。平台赋能重点行业转型升级。近年来，工业互联网平台加速向重点行业、重点领域拓展延伸，有效支撑产业转型升级和高质量发展。在重点行业，工业互联网平台为企业提供基于行业的数字化转型解决方案，促进工业互联网行业应用的推广普及。如树根在装备制造业打造厂内数字化应用到厂外现场服务的解决方案，面向钢铁行业提供能源管控、铁运管理、安全管理等解决方案。在重点领域，平台对“双碳”、安全生产、产业链供应链的支撑服务能力不断强化。如海澜智云的工业互联网平台基于生产数据和智能分析，构建化工工艺、能源消耗等优化算法模型，使华昌化工厂区年节电 3000 万千瓦时，减少二氧化碳排放 2.66 万吨。平台赋能区域协同发展。“平台+园区”“平台+基地”“平台+集群”等创新发展模式加速落地，平台赋能区域经济数字化转型路径日益清晰。产业集中度较高

的地区，通过行业龙头企业引领，系统带动产业链上下游企业数字化转型，实现产业链上下游、大中小企业协同发展。如广东揭东日用塑料品产业集群，依托工业互联网平台打造“中央工厂”制造模式，推动中小微企业协同创新，实现生产成本降低 25%、质量提升 15%。产业集中度较低的地区，通过公共服务企业牵头，整合产业生态资源，着力提高中小企业数字化水平，探索区域协同创新模式。如常州天正牵头建设长三角区域一体化工业互联网特色服务平台，为区域中小企业提供数据管理、平台建设、人员培训和政策推广等全过程公共服务，帮助近 1000 家企业上云上平台，研发工业机理模型 80 多项。

（三）多元化企业丰富平台服务供给

制造业企业依托行业经验推动建立全新产业生态。三菱电机发挥产业优势，构建生态促进转型。三菱电机结合自身在工厂积累的生产管控优势，提出了聚焦生产现场智能化的 e-F@ctory 理念，旨在打通生产数据，利用数据和数字技术提高业务管理的复杂性和提高生产力。为支撑这一理念，三菱电机构建了 e-F@ctory 联盟和 EdgeCross 边缘计算联盟，吸引了大量软硬件厂商的参与。**海尔卡奥斯专注生态赋能，实现国际标准突破。**海尔卡奥斯 COSMOPlat 以大规模定制模式为核心，打造科技、产品、数据、生态相结合的赋能体系；发布“黑海战略”，构建一个以增值分享为核心机制，由生态伙伴共同进化的商业生态系统，并将重心放在平台赋能能力；牵头制定《工业自动化应用的工业互联网系统功能架构》生

态标准，国际标准化工作取得重要突破。**树根互联以设备互联切入，深入挖掘数据价值。**根云作为跨行业跨领域工业互联网平台，在设备上云、边缘计算、工业模型构建、低代码平台、业务流程自动化、工业大数据处理、新型工业 APP 开发等方面都进行了新技术突破及新产品研发。

ICT企业依托数字技术优势强化融合应用。微软下沉技术至应用终端，积极发展设备商合作伙伴。微软凭借其技术开发能力、服务拓展性以及体系开放性开发工业互联网平台，并不断丰富远程设备监控、预测性维护、工厂联网与可视化等功能。2019年10月，微软发布边缘云平台 Azure IoT Edge，并与 AT&T 合作将人工智能训练及推理场景下沉到网络边缘。2022年2月，微软与美国参数技术公司 PTC 宣布合作，将微软 Azure IoT 和 PTC 的 ThingWorx 工业创新平台结合起来，加快制造业企业在物联网领域的数字化转型。**亚马逊深化云技术服务，加强工业物联网平台布局。**亚马逊在 AWS（亚马逊网络服务公司）的物联网服务基础上，建立了工业物联网平台，接连推出 Amazon Monitron、AWS Panorama 等五种工业物联网产品服务，分别用于监测关键设备的故障和拓展计算机视觉至边缘等，将云连接到边缘并利用机器学习实现智能制造，打造未来的智能工厂。**百度发挥 AI 技术优势，加速打造工业智能应用。**百度开物工业互联网平台以工业智能 PaaS 层为核心，开放生态沉淀模型和 APP，加速技术落地转化，助力区域产业实现数字化、智能化升级。截至 2022 年 6 月，百度已与超过 22 个行业的 300 多家标杆企业建立合作，为超

过18万家工业企业提供服务。华为构建开放创新生态，推动**数字基础建设**。华为云的工业互联网平台FusionPlant以“基础设施即服务、技术即服务、经验即服务”为核心，积极发展工业互联网生态伙伴，协助客户搭建生态体系。

工业软硬件企业深化数字业务集成。西门子积极打造**业务集成，扩展数字化布局**。西门子作为电气工程的领先企业，通过持续并购，逐渐扩展数字化业务领域，完善数字化领域体系布局。西门子将“电气化、自动化、数字化”作为三大业务核心，重点突出数字化的战略地位和目标，在深化工业软件业务的同时，逐步横向拓展数字化解决方案领域。**SAP 依托软件优势，提升产品灵活性和敏捷性。**SAP 作为商业软件公司，依托自身强大的软件优势，赋能工业互联网平台的发展。SAP 提出“Industry 4.0 Now”战略，强调利用工业物联网和工业互联网等技术，让企业的供应链和制造流程更具灵活性和敏捷性，构建包括智能产品、智能工厂、智能资产，强化员工的智慧企业框架。**施耐德电气持续发展工业软件和工业自动化。**作为全球顶级电气企业，施耐德电气通过并购的方式，在工业软件和工业自动化两个领域持续发力，扩大自身业务领域。施耐德电气推出的 EcoStruxure 物联网平台，推动企业从互联互通的产品到区域控制，再到应用、分析与服务各个层面的数字化转型。**蓝卓注重技术自主可控，加速应用开发落地。**蓝卓推出的 supOS 工业操作系统以智能工厂为核心切入点，自下而上生长的工业互联网平台。蓝卓探索的平台+APPs 模式以及行业 aPaaS+SaaS 模式，为工业企业提

供了一条大规模复制、低成本推广、便捷化使用的最佳数字化转型路径。**用友整合客户资源，加强生态圈构建。**用友作为全国领先的企业云服务和软件提供商，依托 34 年的企业服务经验和 230 万家工业企业/园区场景优势，开发了精智工业互联网平台，致力于打造软硬一体的智能制造产业生态。

中国工业互联网研究院

四、工业互联网安全保障日益强化

（一）工业互联网安全威胁倍受关注

当前，全球各国不断重视并持续升级工业互联网安全防护体系，但针对工业互联网的攻击威胁不断加剧，全球工业互联网安全发展仍面临巨大挑战。

工控设备网络攻击日益频繁。随着工业互联网加快发展，工业设备由机械化向智能化转变，由孤岛式运转向开放式联网转变，导致工控设备暴露面增大、工业环境攻击的针对性显著增强。此外，Telnet、FTP、HTTP、RPC 等服务存在大量漏洞，通过漏洞可以成功获取系统管理员权限甚至完全控制设备，进一步加剧了工控设备的攻击威胁。由于一些软硬件漏洞的存在，一些冷门工控设备的潜在攻击威胁也不容忽视。例如，2020 年，至少 17 款西门子工业交换机存在高危漏洞，黑客利用这些漏洞可远程窃取敏感信息，直接控制甚至随意破坏这些设备。2022 年 3 月，美国罗克韦尔自动化公司的 PLC 和工程工作站软件中曝出 2 个零日漏洞，攻击者可以利用这些漏洞向工控系统注入恶意代码并秘密修改自动化流程。

工控系统普遍缺乏安全设计。随着 IT 与 OT 的融合发展，工控系统网络逐步由封闭转向开放，导致威胁暴露面持续扩大。同时，由于工控系统普遍缺乏安全设计，常用的工业协议为保证稳定性牺牲了部分安全性，且长期存在安全配置基线无加固、恶意代码防范能力弱等问题，致使工控系统在面临网络攻击时不堪一击，从而导致生产系统瘫痪、关键

基础设施损毁等威胁影响。例如，2022年1月，德国主要石油储存公司 Oiltanking GmbH Group 遭到网络攻击，导致油罐公司装卸系统全面瘫痪，能源供应受限。

内外网互通带来的安全隐患突出。远程运维具有**潜在安全隐患**，设备供应商可能贪图便利，私自连接 WIFI 和 VPN 进行设备远程运维，从而造成生产内网暴露在外网的风险。**内部违规操作可能带来安全隐患**，工作人员在无意识情况下，将染毒的 U 盘或光盘插在工业主机上，致使工业企业生产内网染毒。**无孔不入的黑客攻击仍是潜在隐患**，黑客可利用扫描工具或远程管理软件漏洞通过互联网渗透进入到生产内网，或通过摄像头漏洞控制视频服务器间接进入生产网络，再植入病毒伺机实施网络攻击。**数据安全威胁持续增加**，随着数据体量不断增大、种类不断增多，且通常需要在工厂内外网之间共享数据，从而导致工业数据面临非授权访问、数据篡改、数据泄露、用户隐私泄露等安全威胁。例如，2022年7月，中欧天然气管道公司 Creos Luxembourg S.A.遭勒索病毒攻击，导致系统中 150GB 数据失窃，涵盖合同、协议、护照、账单等 18 万个文件。

新型攻击威胁层出不穷。由于防火墙设备大多基于黑名单机制，且病毒库更新慢，以静态防护为主，对于新型的安全威胁难识别、动态的安全威胁难防范，纵使工业联网边界部署了防火墙等安全设备，仍持续受到勒索病毒等高级威胁的攻击挑战。例如，2021年5月，油气输送管道运营商 Colonial Pipeline 遭到勒索软件定向攻击，致使管道运营停摆多日。此

外，随着 5G/SDN、卫星通信等新技术的不断应用，针对工业领域的各类新型攻击威胁挑战将日益增加。例如，2022 年 3 月，由于欧洲卫星通信因网络攻击中断，致使中欧和东欧近 6000 台风力发电机组失去远程控制。

（二）工业互联网安全技术加快演进

当前，随着全球工业互联网快速发展，网络安全威胁正在加速向工业领域蔓延，勒索病毒攻击、数据泄露等安全事件频发，对全球经济社会运行和国家安全造成不良影响。对此，各国愈加重视工业互联网安全，积极推进工业互联网安全的技术研发与应用。

通用性技术正在逐步落地应用。目前，在工业互联网中，针对工业网络、设备终端、控制应用、数据安全等方面的监测感知、威胁防护、处置恢复等通用性安全技术正在逐步普及应用。**在监测感知方面**，工业互联网资产测绘技术在网络空间资源测绘技术的基础上，通过设备 IP 地址与地理空间的映射关系，可进一步实现资产地图绘制。例如，2021 年 7 月，中国发布的《网络安全产业高质量发展三年行动计划（2021-2023 年）（征求意见稿）》指出，深入开展网络安全资产测绘、监测预警、检测评估、信息共享，健全基于网络侧的木马病毒、移动恶意程序和高级威胁行为等异常行为安全监测与处置手段。工业互联网态势感知技术，主要聚焦于工业资产状态、安全漏洞态势、异常行为威胁的监测，同时，可对资产开展自动化安全扫描，支持 IDS 检测、DDoS 攻击、APT 攻击等威胁感知。例如，2021 年 6 月，美国国土安全部网络

安全与基础设施安全局（CISA）征集研究人员及企业对 5G 与物联网态势感知系统（5i SAS）的开发意见，旨在通过这套系统增强现有平台的态势感知能力。在威胁防护方面，身份认证和访问控制技术以最小特权原则分配账户权限，严格控制关键设备、系统和平台的访问和操作。白名单技术通过设置白名单允许可信设备接入、可信内容通过等，提供具有实时性、效用性的安全防护。工业主机防护技术对工控系统及临时接入的设备采取病毒查杀等安全防御措施。远程访问防护技术同时对远程访问及操作过程进行安全审计并留存日志，便于威胁隐患的排查分析溯源。工业安全运营技术基于大数据融合分析等方法，将被动监测转为主动研判，针对可能发生的攻击行为提前做好分析研判和响应对策。在处置恢复方面，灾难备份及恢复根据不同业务类型和需求，对工业数据、业务等进行一份或者多份拷贝，以保证受攻击后能够让工业设备、系统、网络等快速恢复到正常运转状态。溯源分析通过工业互联网攻击事件特征，采集攻击过程中的流量、行为，对攻击载荷进行动静态分析和同源关联分析，追溯实际攻击来源。

前沿性技术正在积极布局。未来，围绕工业互联网的网络攻防对抗将持续升级，新型安全威胁将不断涌现，传统安全防御技术将难以抵御新型安全威胁。因此，内生安全、零信任、人工智能、区块链、边缘计算安全等新理念、新技术将逐步应用至工业互联网安全架构中。**内生安全将成为工业互联网安全防护的核心重点。**在工业领域，专用工业协议在

设计之初，为了保证功能实现与实时性要求，在安全性和稳定性间做了取舍，导致安全性普遍较弱。因此，做好安全防护的关键切入点在于内生安全能力的提升，即完善安全设计，提高自身免疫力。**零信任架构将与工业互联网安全架构融合应用。**零信任架构遵循“从不信任、总是验证”的核心原则，始终验证用户的身份、设备的合法性及权限，并制定和实施严格的访问控制和身份管理策略，在区域边界设置满足相应安全要求的技术隔离与细粒度的访问控制措施，限制访问成员所需的资源，以实现业务的安全访问。2021年2月，美国国防信息系统局（DISA）发布了《（美）国防部零信任参考结构》明确美国国防部（DoD）下一代的网络安全架构基于零信任原则、以数据为中心进行建设。**人工智能技术加速运用于工业互联网安全防护。**工业互联网安全防护逐渐从被动防御转向主动防御，从静态防御转向动态防御，以抵御不断演变升级的安全威胁。人工智能技术加速与工业联网安全防护技术深度融合，从而实现对工业互联网安全威胁的智能化监测预警、自动化评估研判和集中化实时响应。例如，2021年，美国国防高级研究计划局支持开发了网络安全相关项目，其中，人工智能方向的项目包括大规模网络狩猎（1820万美元）、主动社会工程防御（1075万美元）等。**区块链在工业互联网安全框架中的应用前景广阔。**区块链通过加解密授权、零知识证明等密码学技术，可有效保障工业互联网中的设备运行数据、生产数据等各类重要信息的可靠性和完整性，实现数据防篡改、防破坏等安全保护。同时，区块链可对工业互联

网流量、行为等进行可信记录，结合威胁情报关联分析，有助于实现攻击事件的快速溯源和应急响应。**边缘计算安全逐渐成为工业互联网安全的关注焦点。**工业互联网边缘计算安全将主要聚焦边缘终端、网络、数据、应用等的安全防护，包括用户身份认证、资源访问控制、网络域隔离、敏感数据监测、数据安全存储、5G 应用安全、应用 APP 加固、应用监控与审计等方面。

（三）企业加紧布局工业互联网安全

随着全球工业互联网安全需求的不断增长，各国纷纷出台工业互联网安全产业相关政策，企业积极布局工业互联网安全生产领域。

美国相关企业开始深入布局工业互联网安全。关键行业、关键基础设施网络安全保护日益强化。例如，网络解决方案供应商思科（Cisco）公司，在收购工控系统安全企业 Sentryo SAS 后，逐步深入工业互联网安全领域，为能源、制造、石油、天然气、运输等关键行业提供防火墙、身份服务引擎、安全端点和 SOAR 等安全威胁防御手段和安全防护解决方案。风险暴露管理公司 Tenable，专注于保护工控系统网络免受安全威胁，主要为能源、水利、交通、油气等行业提供工业网络安全套件，实现安全监测、异常检测和设备完整性检查等功能。网络安全企业 Palo Alto Networks 以零信任为主要原则，面向水利、电力、天然气等关键基础设施，结合下一代网络安全平台提供工业互联网安全解决方案。**工控安全受到广泛关注。**例如，自动化网络安全领域企业 ForeScout，在物

联网安全和网络访问控制领域持续领先，深入 OT 环境安全，为全球许多超大型公用事业机构、政府和关键基础设施提供网络安全解决方案。网络安全解决方案服务商 Fortinet 提供工控安全整体解决方案，覆盖防火墙加固，工业互联网特定威胁检测、协调和响应、零信任架构应用等，将安全控制扩展到工业环境，实现 IT/OT 全局安全。

中国网络安全企业推动工业互联网安全体系化建设。网络安全龙头企业引领行业发展。随着中国数字化转型加速，360、奇安信、绿盟等国内知名安全厂商纷纷进入工业互联网安全领域，提供工控安全防护产品、安全咨询、安全管理等各类服务。例如，奇安信基于内生安全理论构建工业互联网安全产品体系和解决方案，应用于能源电力、轨道交通、智能制造、钢铁、水务等行业。在龙头企业引领下，工业互联网网络安全市场规模逐渐扩大。2021 年，中国网络安全市场规模约为 614 亿元，同比增长率为 15.4%，近三年保持增长态势¹。IDC 发布的《2022 年 V2 全球网络安全支出指南》预测，2026 年中国网络安全 IT 支出规模将达到 318.6 亿美元，年复合增长率约为 21.2%，增速位列全球第一。**细分领域企业加速深耕。**各类企业利用自身优势，不断挖掘工业互联网安全市场潜能。天融信面向电力、石油、轨道交通、冶金、煤炭、机械制造等行业，提供工业互联网平台、工业数据安全、工业互联网标识解析系统安全解决方案。观安信息在数据安全、工业互联网安全等核心方向重点布局，主要为电力、

¹ 数据来源：《2022 年中国网络安全市场与企业竞争力分析》

医疗、金融、交通等关键行业用户提供安全技术服务支撑。威努特主要为电力、轨道交通、石油石化、市政、智能制造等行业提供安全解决方案，现已获得多个央企、国资及政府基金总金额超 10 亿元的战略入股。珞安科技以工控安全为核心领域，围绕教育实训、工业现场防御、应急响应等方面，为工业企业工控系统安全防护提供技术、产品和解决方案，并于 2022 年 C 轮融资中获得超 5 亿的战略投资。

德国、英国、以色列等国相关企业高度重视工业领域网络安全。例如，德国西门子公司很早就意识到在推进数字化的过程中，网络信息安全必不可少，其成立的西门子网络防御中心（CDC）旨在保护西门子及其客户免受病毒、恶意软件、知识产权盗窃以及其他形式的网络威胁。德国 Rhebo 为能源、水利等行业提供实时监控等网络安全服务，保证工控系统、关键物联网设备等的安全性和稳定性。英国电信（BT）2022 年重新启动了在全球范围内扩大网络安全业务的计划。在最近的一次行业分析师活动中，推出名为 Eagle-i 的主动式、集成网络安全平台以及随附的管理服务。以色列 OT 安全厂商 Claroty 主营业务是工控网络安全，注重于通过技术解决数字化转型的安全风险防范问题，2022 年 3 月完成 4 亿美元 E 轮融资，施耐德电气等企业领投。

五、工业互联网人才体系加速构建

当前，数字经济正在成为引领经济复苏的重要力量，新技术、新业态、新模式不断涌现，由数字化转型带来的工业互联网领域人才需求持续提升。培养专业技能交叉融合、高素质、创新型的工业互联网人才，已成为实现产业数字化转型的重要途径和构建数字化人才优势的战略选择。

（一）数字人才供给普遍吃紧

当前，在数字经济蓬勃发展的背景下，全球各国普遍面临的数字人才短缺问题，成为制约工业互联网等数字经济领域发展的关键因素。

美国制造业及人工智能领域人才不足。2021年德勤和美国制造协会制造人才研究指出，除非采取相关措施，到2030年，美国制造业预计将有210万个职位空缺。2021年美国人工智能国家安全委员会发布的《最终报告》认为，美国在人工智能领域的人才培养和全民数字素养培育等方面准备不足，将对产业竞争和国家安全造成不利影响。**欧盟数字技能人才储备不足。**截至2019年，欧洲共有780万名信息通信技术（ICT）专家，超过70%企业报告由于缺乏拥有足够的数字技能员工，导致投资推迟²。年龄在16-74岁之间的欧洲人中，具备基本数字技能的人仅有54%；2020年，55%的欧盟企业反映在填补信息通信技术专业人才缺口方面存在困难³。**中国工业互联网人才供给不足。**预计2023年，中国工

² 数据来源：《2030 数字指南针：数字十年的欧洲之路》

³ 数据来源：《2022 年数字经济与社会指数》

业互联网人才缺口将达 195.2 万⁴，当前工业互联网相关岗位规范化程度较低，人才供需匹配度不高；人才培养面临实训环境缺乏、产教融合不足等诸多困难。

（二）数字人才集聚高地形成

数字人才既包括传统信息通信技术（ICT）专业人才，还包括与 ICT 技术协同、具备数字技能与素养的复合型人才。当前全球数字人才呈现以下特点。

地域分布方面，亚太、北美、欧洲地区是全球数字人才集聚地。从国别看，北美地区，数字人才主要集中在美国和加拿大；在欧洲地区，德国、比利时、丹麦对数字人才具有较强的吸引力，在亚太地区，中国、新加坡、印度数字人才较为集中⁵。**从城市群看**，全球数字人才集中区域有波士顿—华盛顿城市群、旧金山湾区、英国—爱尔兰城市群、亚太区的班加罗尔，数字人才规模依次为 600 余万（占比 23.8%-31.3%）、170 余万（占比 32.6%）、150 余万（占比 21.9%-31.3%）、140 余万（占比 36.6%）。近年来，中国京津冀、长三角和粤港澳三大城市群数字人才规模增长快速，但数字人才占比相对较低，均在 20%以下⁶。**从城市看**，截至 2020 年底，全球数字人才吸引力排名前五城市分别为上海、多伦多、柏林、温哥华、都柏林。

行业分布方面，欧洲和北美地区数字人才主要分布于传

⁴ 数据来源：《2022 年工业互联网产业人才需求预测》

⁵ 数据来源：《全球数字人才发展年度报告（2021）》

⁶ 数据来源：《数字经济时代的创新城市 and 城市群发展研究报告》

统行业，亚太地区数字人才主要分布于 ICT 行业⁷。从整体看，欧美地区数字人才在金融、公司服务、消费品、制造等传统行业比例更高，其中欧洲地区在公司服务业数字人才占比排名第一，北美地区在各行业中数字人才占比相对均衡；亚太地区软件与 IT 服务业数字人才占比更高。从城市看，洛杉矶、纽约、香港、阿联酋等城市的传统行业数字人才比例超过 80%，班加罗尔、杭州、北京的 ICT 行业数字人才占比超 40%。

典型实践方面，“灯塔工厂”数字技术人才多毕业于电子与通信工程专业，具有丰富的行业工程实践经验。从学历背景看，52.4% “灯塔工厂”数字人才具有硕士及以上学历，排名前三毕业专业为电子与通信工程、工商管理、机械工程。从工作能力和经验看，61.6% “灯塔工厂”数字人才拥有十年以上工作经验，来自信息技术与服务、制药、电信、消费品、汽车等行业，人才数量排名前三岗位依次为软件工程师、解决方案架构师、系统集成工程师⁸。

（三）各国持续建设人才体系

当前，全球正处于抢抓数字人才的关键期，世界各国针对自身情况全面谋划、系统施策，积极培育具备数字技能与素养的复合型人才，构建本国的数字人才体系，保障数字经济的持续健康发展。

⁷ 传统行业包括制造、金融、消费品和公司服务，ICT 行业包括软件与 IT 服务和计算机网络与硬件

⁸ 数据来源：《中国智能制造技术人才洞察》

美国加强人才储备，扩大先进制造业人才队伍规模。美国国家制造业创新网络建立的创新研究所及其成员联合国内教育机构，共同制定了先进制造技术的相关课程，显著提升了先进制造业从业人员的知识与技能，为制造业数字化转型储备必要的专业人才。2022 发布的《先进制造业国家战略》提出，“扩大和丰富先进制造业人才库”“发展、扩大和促进先进制造业教育和培训”“加强雇主和教育组织之间的联系”三大目标，强调美国必须增加制造业的劳动力，通过灵活的教育和培训系统发展工人技能。美国“数字制造与设计”创新研究所（DMDII）与全球第三大人力资源服务公司万宝盛华集团（Manpower Group）合作开发了制造业数字化转型所需的人才框架，框架中确立了 165 个数字化人才角色，包括数字设计专家、数字制造 IT 系统分析师和数字产品经理等类别。2022 年 10 月发布的《美国制造业亮点报告》显示，依托制造业创新研究所，2021 年共发展和培训先进制造业劳动力 9 万多人。

欧盟重视人才数字技能，强调“技能和再技能”。2014 年至 2020 年期间，欧盟分别通过欧洲社会基金、欧洲地区发展基金和“伊拉斯谟+”项目投入总额约 260 亿欧元，用于数字人才培养相关的设备升级、课程与平台开发以及师资培训等。成员国也纷纷加大投入，以奥地利为例，其连续四年投入 16 亿欧元，实施“数字技术进课堂”项目，推广计算机编程、人工智能等课程，以帮助“每一位学生在数字化世界生活和学习”。2021 年 3 月，欧盟委员会发布的《2030 数字指

南针：《欧洲数字十年之路》提出，开发高性能数字教育生态系统、建立有效的人才引进和人才联系政策，到 2030 年，欧盟境内至少 80% 的成年人应具备基本的数字技能，完成 2000 万名在职的信息通信技术专家培育。

德国提升全民数字技能，着力培养国际数字专家。2021 年 1 月德国政府发布《联邦政府数据战略》，将“提高数字能力并打造数字文化”作为四大行动领域之一，计划积极开展以下工作：建立数据自决的合格社会；提高教育培训中的数字能力；提升企业在经济领域中的数字能力；提升民间社会组织的数字能力。2017 年至 2021 年，德国联邦教育与研究部委托实施职业教育能力测评“ASCOT+”倡议，探究基于数字技术的职业教育能力测量与评价工具。以人工智能为例，德国于 2019 年增资 5 亿欧元，促进人工智能领域的全面发展，其中，约 2.3 亿欧元用于促进人工智能科研成果向实际使用转化；超过 1.9 亿欧元用于支持科研，促进青年科研人才队伍建设。

日本提出“数字田园都市构想”，大力培养核心领域人才。2022 年 6 月，日本政府发布了“数字田园都市构想”，计划在 2026 年底前培养 230 万精通数字技术的人才，预计培养的数字人才包括精通 IT 的经营专家、负责信息分析的数据科学家等高能力人才。日本“创新战略 2019”提出到 2025 年，全国所有高等教育阶段的大学和高专学生（每年大约 50 万毕业生），无论文科理科，将数理、数字科学和人工智能相关内容加入教育课程计划，实现所有大学的所有学科 AI、

数理、数字科学教育必修化，高等教育阶段毕业生全员掌握初级标准的数理、数字科学和人工智能基础。2022年4月，日本政府发布的《人工智能战略2022》将数理学科、数据科学、AI教育作为“社会5.0时代”的基础教育内容。

（四）中国加快数字人才培养

人才标准体系初步确立。2021年9月，人社部、工信部联合发布《工业互联网工程技术人员国家职业技能标准》，从规划设计、工程实施、运行维护等维度对工业互联网工程技术人员的专业能力进行界定⁹。**人才培养体系与评价机制逐步完善。**2021年10月，人社部印发《专业技术人员知识更新工程数字技术工程师培育项目实施办法》，提出围绕人工智能、工业互联网等数字技术技能领域，培育壮大高水平数字技术工程师队伍。2021年，工信部中小企业经营管理领军人才培训工作，增设“工业互联网方向高级研修班”，提升工业互联网中小企业经营发展能力和领导力。

工业互联网学科专业建设持续优化。职业教育层面，2021年3月，教育部印发《职业教育专业目录（2021年）》增设4个工业互联网新专业，截至2022年9月，全国共有108所高职院校完成新专业设置备案工作，其中“工业互联网技术”专业83个，“工业互联网应用”专业79个。2021年12月，全国工业和信息化职业教育教学指导委员会下设工业互联网职业教育教学指导分委员会，面向工业互联网行业相关专业开展职业教育教学指导工作。2022年9月，教育

⁹ 标准开发基于2020年3月人社部发布的新职业“工业互联网工程技术人员（编号-02-10-13）”

部发布新版《职业教育专业简介》，指导院校制定人才培养方案、更新课程体系、加快专业数字化升级改造。普通高等教育层面，本科和研究生教育尚未开设工业互联网专业，教育部鼓励支持有条件的高校在有关一级学科下自主设置工业互联网相关二级学科或交叉学科。院校积极采取设立研究院、研究中心等方式培养复合型人才。

工业互联网产教融合深入推进，中国工业互联网人才供需匹配得到有效提升。学科专业匹配方面，据中国工业互联网研究院测算，中国三类教育层级的工业互联网核心专业类与工业互联网核心职业匹配率得到有效提升，分别为 80.2%、64.4%、71.4%¹⁰。政产学研合作方面，通过地方政府搭台、优秀企业支持、科研机构指导、高等院校对接方式，推进工业互联网产业学院等建设。据统计，截至 2021 年底，政产学研合作在江苏、广东、山东、四川等地建设近 20 所工业互联网产业学院¹¹。

¹⁰ 数据来源：中国工业互联网研究院《工业互联网人才白皮书（2020 年）》
《工业互联网人才白皮书（2022 年）》

¹¹ 数据来源：中国工业互联网研究院《工业互联网产业人才需求预测报告（2021 年）》

六、工业互联网产业经济蓬勃发展

（一）工业互联网产业发展态势总体向好

经济规模稳步增长。2021年，受全球经济发展低迷影响，全球59个工业国家工业互联网经济规模增速总体放缓，与2020年水平基本保持一致，产业增加值规模达到3.73万亿美元。2015年以来，年均增速接近6%，为推动全球经济发展贡献了重要力量。**美中日德等工业大国领跑全球。**在全球59个工业国家中，美中日德四国工业互联网产业增加值规模已超过总规模的一半。2021年，美国工业互联网产业增加值规模位于全球首位，高达8855.01亿美元，中国工业互联网产业增加值规模全球第二，达到6485.92亿美元，日本、德国位列第三和第四位，产业增加值规模分别为2853.17亿美元、2227.77亿美元，中国成为少数正增长的国家之一。

联盟持续助力产业发展。美国工业物联网联盟（IIC）战略导向转为物联网技术。美国工业物联网联盟由美国工业互联网联盟在2021年8月31日更名而来。更名后，联盟的主要变化包括：一是变更联盟成员，GE、IBM、思科、英特尔和AT&T等公司陆续退出，目前核心成员由华为、普渡大学（工程学院）和微软等主体构成；二是转变联盟使命，从“专注于发展工业互联网市场”转变为“通过加速采用可信赖的物联网，为组织、行业和社会提供变革性的商业价值”；三是改变应用领域及目标，现在联盟更加关注技术在制造、能源、公用事业、医疗等垂直领域的融合应用；四是扩充聚焦领域，数字化转型工作组的覆盖范围进一步扩大，并增加了特殊兴趣

小组、可信度、边缘计算三个工作组，各个工作组更加聚焦于特定垂直领域；五是完善体系架构，主要包括商业战略和创新框架（BSIF）、工业互联网参考架构（IIRA）、工业互联网安全框架（IISF）、工业互联网连接框架（IICF）、工业物联网分析框架（IIAF）等。**德国工业4.0平台持续完善组织架构。**德国工业4.0平台由德国机械及制造商协会等机构在2013年4月设立，是“工业数字化”生态系统的中心枢纽。2018年，工业4.0平台完成组织结构精简，形成了从上到下、从下到上的三元治理结构，即从顶层的工业4.0平台到中间的标准化委员会和面向企业的实验室网络，并建设六个工作组，包括第一工作组WG1，负责内容包括参考架构、标准和规范，主席来自ABB；第二工作组的主题为技术与应用场景，主席来自菲尼克斯；第三工作组覆盖范围为互联系统的安全性，主席来自博世公司；第四工作组负责法律框架，主席来自蒂森克虏伯；第五工作组负责就业、教育与培训，主席来自德国金属工业协会；第六工作组是工业4.0的数字化商业模式。截至2021年底，平台已发布80个测试床、206个应用案例和67个咨询服务机构，共有来自150多个组织的350多个主体参与平台工作。**日本工业价值链促进会（IVI）持续推进智能工厂建设。**日本工业价值链促进会目前有包括三菱电机、富士通、东芝、日立、丰田等日本制造企业、设备厂商、系统集成企业等在内的738名成员，旨在推动“智能工厂”建设，促进企业间实现互联互通。此外，IVI积极开展国际合作，分别与美国IIC、德国工业4.0平台、中国AII建立联络函关系，聚焦标

准制定、共享先进经验，实现优势互补与合作。2018年3月，IVI发布了《日本互联工业价值链战略实施框架》，提出新一代工业价值链参考架构IVRA-Next。2019年，IVI发布了《互联产业开放框架》，旨在基于“通过企业互联、生产互联、价值链互联开拓新的未来”这一理念而开发的产品和服务，支持各类应用场景，实现包括制造技术经验在内的数据等知识资产管理和数据资源深度合作。

（二）中国工业互联网经济规模增长强劲

工业互联网产业增加值规模持续扩大。2018年-2021年，中国工业互联网产业增加值由2.79万亿元增加至2021年的4.10万亿元，工业互联网产业增加值占GDP比重由3.03%增加至3.58%。2021年，中国工业互联网产业发展仍保持强劲增速，名义增速达14.53%。由于2022年多地区散发疫情，地区与行业增速均放缓，工业互联网产业发展增速将有小幅回落，预计2022年中国工业互联网增加值规模将达到4.45万亿元，名义增速约为8.67%，整体延续平稳发展态势。

工业互联网直接产业正处在迅速扩张阶段。2021年，中国工业互联网直接（核心）产业增加值规模为1.17万亿元，名义增速为16.07%。其中，平台、网络、数据、安全四大产业增加值规模分别达到4534.38亿元、3829.35亿元、2146.12亿元、1165.36亿元，增速均超10%。

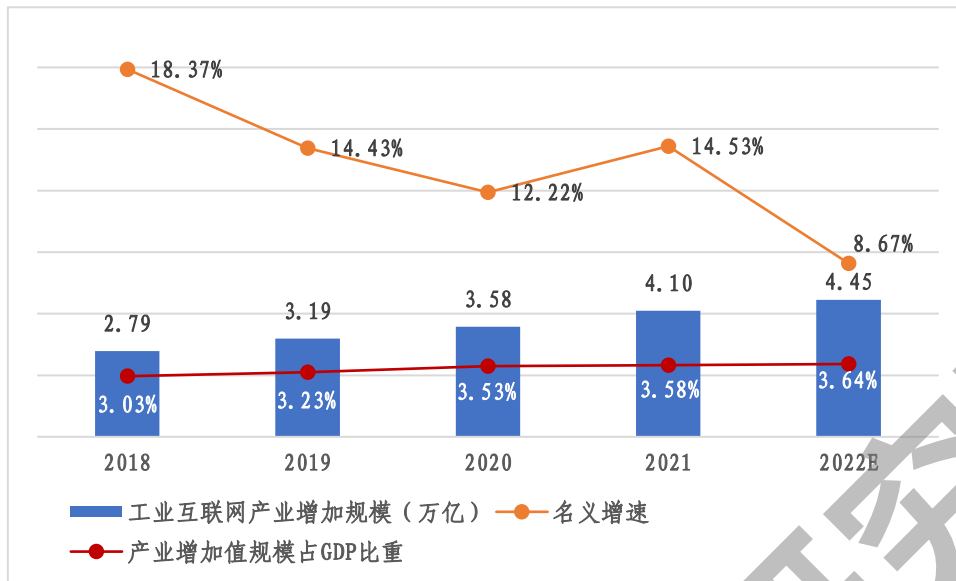


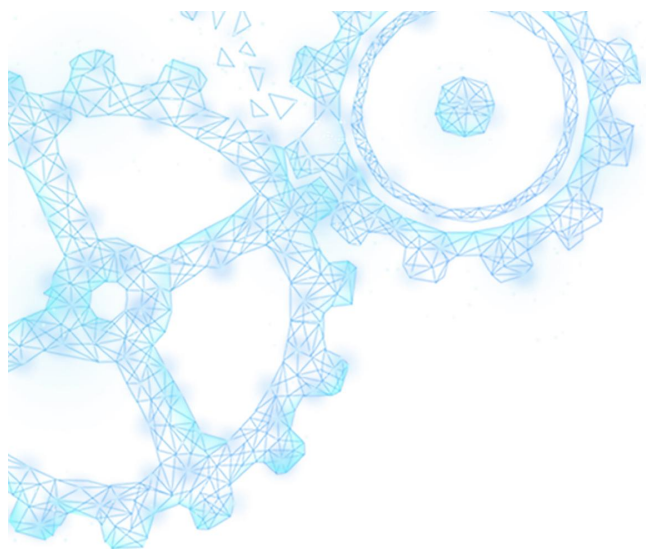
图 2 中国工业互联网产业增加值规模、增速及占 GDP 比重

工业互联网加速推动产业转型升级。2021年，工业互联网带动第一产业、第二产业、第三产业的增加值规模分别为0.057万亿元、2.05万亿元、1.99万亿元，名义增速分别为6.48%、16.29%、13.02%，工业互联网带动各行业的增加值规模稳中有升，增势强劲。其中，工业互联网对第二产业的赋能作用持续显现，渗透速度较快；工业互联网对第三产业的带动作用不断增强。预计2022年，工业互联网带动一、二、三产的增加值规模将分别达到0.062万亿元、2.19万亿元、2.20万亿元。

工业互联网产业创新载体持续优化。工业互联网平台创新合作中心持续推动产学研用协同发展。2021年，在工业和信息化部指导下，中国工业互联网研究院联合相关部属事业单位、科研院所、工业互联网平台企业共同发起成立工业互联网平台创新合作中心（简称“创新合作中心”），主要承担双跨平台评估、标准制定、资源汇聚等工作，秉持“开放合作，

成果共享，创新引领，服务社会”的产学研创新合作模式，促进平台企业交流合作、推进成果汇聚共享和复用，助力平台间数据互联互通，提升平台供给服务水平，深化行业融合应用。创新合作中心常设机构包括指导委员会、主任联席会、专家委员会和秘书处，秘书处设在中国工业互联网研究院。目前，创新合作中心集聚全国“双跨”平台、特色专业型平台、省级重点平台超过950家，覆盖全国30个省份，助力“综合型+特色型+专业型”工业互联网平台体系建设。已成立17个技术组，瞄准工业互联网平台领域“急需紧缺”，从理论研究、产品创新、标准研制等方面，全面推动工业互联网技术发展，推进成果产出。截至目前，创新合作中心成员单位数量已增加至800家。在标杆推广方面，发布《工业数据空间场景案例集》，推进编制《工业互联网赋能产业链供应链优秀案例集》《“工业互联网平台+双碳”案例集》等。在成果汇聚方面，2021年以来，创新合作中心联合双跨平台企业，打造工业互联网资源汇聚平台，截至2022年7月，汇聚成果总数已达21.5万余项。在产业活动方面，打造了赋能深度行活动品牌，通过交流分享园区、行业和企业数字化转型实践与平台企业赋能成果，加快经验模式的复制推广。工业互联网产业联盟不断夯实工业互联网创新发展基础。2016年，由工业、信息通信业、互联网等领域百余家单位共同发起成立。联盟着力聚集产业生态各方力量，联合开展工业互联网技术、标准和产业研究，共同探索工业互联网的新模式和新机制，推进技术、产业与应用研发，开展试点示范，广泛开展国际合作，形成全球化

的合作平台。联盟重点承担工业互联网总体、需求、网络、平台、安全、产业、应用等架构及技术研究；工业互联网标准规范前期研究及标准化推进；工业互联网测试验证等，推动技术产品及应用创新；工业互联网的试点示范，推动相关设备和应用的认证工作；工业互联网国际国内交流与合作。目前，联盟成员数量超过2300家，依托各工作组和特设组，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、国际合作等多方面开展工作。工业互联网产业联盟通过指导委员会和理事会协同管理联盟事宜，设立“15+20”组织架构，即15个工作组和20个特设组，由联盟主要成员单位代表担任主席和副主席，同时还设16个垂直行业领域，6个分联盟。在标准发布方面，联盟已发布《工业互联网标准体系框架》《工业互联网平台 通用要求》《工业互联网 安全总体要求》标准44项，正在制定的标准122项。在成果产出方面，联盟已发布《工业互联网体系架构（版本1.0）》《工业互联网标准体系（版本3.0）》等一系列研究成果，遴选出66个测试床和200余个优秀应用案例和解决方案。在产业活动方面，联盟积极参与国内外各类大型活动，主办工业互联网峰会、中国工业互联网大会、工业互联网高峰论坛、专题研讨会、主题沙龙、大赛、成果展览等活动。加强联盟与IIC、工业4.0平台、IVI、AIOTI、MulteFire联盟、中国通信标准化协会、边缘计算联盟、人工智能产业发展联盟、5G推进组等国内外相关组织的沟通、交流与合作，联合开展技术研究、标准研制、测试床等工作。



中国工业互联网研究院

CAII+ 中国工业互联网研究院
China Academy of Industrial Internet

地址：北京市朝阳区利泽西街6号院2号楼

电话：010-87901016

传真：010-87901154

网址：www.china-ail.com

