

世界主要国家/地区面向安全的智能化制造发展战略分析*

冯瑞华¹ 姜山² 万勇^{*,1}

(1. 中国科学院武汉文献情报中心, 武汉 430071; 2. 甬江实验室, 宁波 315202)

摘要: 智能化制造是实现高危行业安全生产的重要方式,也是防范重特大事故的必然选择。世界主要国家/地区将智能制造、数字制造、工业机器人、人工智能等列为制造行业安全生产的关键技术,发布或制定了相关的智能化制造发展战略和规划,以强化高危制造行业的数字化、智能化和安全化发展。美国推出智能制造和机器人等国家战略来保障制造业安全生产;欧盟打造“以人为中心”的数字化安全制造;德国通过工业 4.0 实现智能工厂和智慧产品的安全生产;日本通过互联工业和无人化实现超智慧社会;我国在智能制造、人工智能、安全生产应急管理等领域出台了一系列支持安全生产的智能化发展规划。本文通过分析这些战略规划和措施来促进我国制造行业生产安全化和智能化发展。

关键词: 智能化制造; 安全生产; 高危行业; 机器人; 人工智能; 发展战略; 规划

DOI: 10.16507/j.issn.1006-6055.2022.11.004

Analysis of the Development Strategies of Safety-oriented Intelligent Manufacturing in Major Countries/Regions of the World*

FENG Ruihua¹ JIANG Shan² WAN Yong^{*,1}

(1. Wuhan Documentation and Information Center, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China;
2. Yongjiang Laboratory, Ningbo 315202, China)

Abstract: Intelligent manufacturing is a crucial way to achieve safe production in high-risk industries and is an inevitable choice to prevent major accidents. Major countries/regions in the world have listed intelligent manufacturing, digital manufacturing, industrial robots, and artificial intelligence as key technologies for safe production in high-risk manufacturing industries and have issued or formulated relevant intelligent manufacturing development strategies and plans to strengthen the digital, intelligent, and safety of manufacturing industry. The United States has launched national strategies such as intelligent manufacturing and robots to ensure safe production in the manufacturing industry; the European Union has created “human-centered” digital and safe manufacturing; Germany has realized the safe production of smart factories and smart products by Industry 4.0; Japan has achieved Society 5.0 through interconnected industry and unmanned technology; China has issued a series of intelligent strategies to support safe production in the fields of intelligent manufacturing, artificial intelligence, and emergency management. This paper analyzes these strategies and measures to promote production safety and intelligence in China’s manufacturing.

* 中国科学院战略性先导科技专项“高端轴承自主可控制造”(XDC04030802),中国科学院文献情报能力建设专项“材料制造领域科技态势战略研判”(E2KZ121002)

** E-mail:wany@mail.whlib.ac.cn

Keywords: Intelligent Manufacturing; Safe Production; High-risk Industries; Robots; Artificial Intelligence; Development Strategies; Plans

高危行业通常是指危险等级高、安全事故发生率高、事故造成的损失大,且在较短时间内无法完全恢复的行业。流程制造业是我国国民经济发展的重要支柱产业,关乎综合国力,也关乎国计民生,既是实现“六稳”的重要领域,也是培育新动能的主要来源。高危行业多为流程制造业,如化工、冶金等行业,其工艺流程长且复杂,从生产原料到行业装置再到行业产物,以及行业产物的使用、运输和储存都存在着危险性,一旦有事故发生,通常会对个人、企业、社会乃至国家等带来灾难性的损失^[1]。例如我国化工行业2010—2019年发生149起较大及以上事故,累计死亡768人,其中重大事故12起,死亡196人;特别重大事故1起,死亡78人^[2]。

智能化制造是实现高危行业安全生产的重要方式,是防范重特大事故的必然选择。智能化制造基于物质流网络、能量流网络、信息流网络的关联和协同集成,将物联网、大数据、云计算等信息手段与高危行业各流程环节相融合,实现信息的自我感知、智能化决策、精准过程控制、自适应等功能^[3],以机械化生产替代人工作业、以自动化控制减少人为操作、以智能化装备替代人类完成各种危险工作等,实现高危行业智能化水平的不断提升;它是新型基础设施建设的价值所在,“新基建”与高危行业转型升级相伴而行、协同共进,为社会高质量发展提供关键支撑;能实现机器换人,提高生产效率、降低生产成本、扩大企业竞争实力,是适应经济发展新常态、加快建立安全生产长效机制的必然选择。

“十四五”是推进国家治理体系和治理能力现

代化,实现经济行稳致远、社会安定和谐,为全面建设社会主义现代化国家开好局、起好步的关键时期。2035年是基本实现新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化以及国家治理体系和治理能力现代化,平安中国建设达到更高水平的关键节点。智能化与安全生产的高度融合,是深入贯彻落实习近平总书记安全发展理念的重要举措,是我国产业结构调整、转型升级以及纾解企业发展痛点难点的重要支撑。世界主要国家/地区将智能制造、数字制造、工业机器人、人工智能等列为制造行业安全生产的关键技术,发布或制定了相关的智能化制造发展战略和规划,强化高危制造行业的数字化、智能化和安全化发展。而我国在面向安全的智能化制造发展方面还缺乏详细的技术发展路线,新型基础设施建设滞后,基础前沿研究不足,关键技术及装备依赖进口,在人机协作、人工智能算法、工业开发软件、智能工厂运行维护模型架构等方面仍存在较多短板。深入剖析国外主要国家面向安全的智能化制造发展战略和规划,推动我国制造行业向智能化、安全化、高端化和可持续方向发展,对于提升我国高危制造行业安全生产水平、维护人民群众的生命与财产安全等具有重要意义。

1 各国/地区面向安全的智能化战略

1.1 美国:智能与机器人技术保障安全

2012年美国推出“先进制造业国家战略计划”^[4],正式将先进制造业提升为国家战略,并进一步推出“国家制造业创新网络”(Manufacturing USA)^[5,6]。这些计划利用先进生产技术平台、先进制造工艺及设计与数据基础设

施等先进数字化制造技术提高制造业数字化、智能化。

“国家制造业创新网络”已经组建了16个创新研究所(截至2022年12月),集中力量推动包括数字化制造在内的先进制造业创新发展,研究内容高度聚焦于制造业的智能化和安全化发展,如智能制造、制造与数字、制造业网络安全、可持续制造、模块化化学过程强化、再生制造、生物工业制造、增材制造、先进机器人等方向的创新研究所(表1)。清洁能源智能制造创新研究所(Clean Energy Smart Manufacturing Innovation Institute, CESMII)^[5]重点关注智能制造使能技术,大量技术内容与安全智能生产直接或间接相关,可从根本上提高生产力、精度、性能、能耗和安全性,如高级传感器、控制器、改进的实时数据分析和控制系统、高仿真建模制造等;制造与数字创新研究所(Manufacturing × Digital, M × D)^[6]聚焦智能机器人、先进分析以及网络物理安全等核心技术领域,

旨在进行数字化设计、工程和制造等技术和工艺的研发与应用,以期推动美国数字制造、安全制造、创新工艺制造的发展;网络安全制造创新研究所(Cybersecurity Manufacturing Innovation Institute, CyManII)^[7]通过开发新的网络安全技术和方法,重点解决新传感器和控制技术带来的网络漏洞,保护美国制造业。2018年美国发布“先进制造业美国领导力战略”^[8,9],提出大力发展未来智能制造体系,包括智能化与数字化制造、制造业网络安全、先进工业机器人、人工智能基础设施等,并分别提出要保证制造业网络安全、促进安全有效的人机交互、保持数据的安全性等。

美国不仅将数字化制造、智能化制造作为保障国家安全、产业安全和劳动力安全的国家重要战略,还在机器人等领域不断推出和更新国家级战略计划,在高度可靠、高度安全、高适用性的人机协作机器人技术领域投入大量资金。“机械化换人、机器人作业、自动化减人”可提高安全保障

表1 美国制造业创新网络创新研究所分布^[10]

Tab.1 Distribution of Innovation Institutes in the Manufacturing USA Network^[10]

序号	中文名称	英文简称	所在地区
1	增材制造研究所	America Makes	俄亥俄州扬斯敦
2	未来轻质材料制造研究所	LIFT	密歇根州底特律
3	制造与数字创新研究所	M × D	伊利诺伊州芝加哥
4	功率电子研究所	PowerAmerica	北卡罗来纳州罗利
5	先进复合材料制造创新研究所	IACMI	田纳西州诺克斯维尔
6	集成光子制造研究所	AIM	纽约州奥尔巴尼
7	柔性混合电子制造创新研究所	NextFlex	加利福尼亚州圣何塞
8	先进功能纤维制造创新研究所	AFFOA	马萨诸塞州剑桥市
9	清洁能源智能制造创新研究所	CESMII	加利福尼亚州洛杉矶
10	模块化化学过程强化研究所	RAPID	纽约州纽约
11	生物制药创新研究所	NIIMBL	特拉华州纽瓦克
12	先进可再生制造研究所	BioFabUSA	新罕布什尔州曼彻斯特
13	内含能降低与减排创新研究所	REMADE	纽约州罗切斯特
14	先进机器人制造创新研究所	ARM	宾夕法尼亚州匹兹堡
15	网络安全制造创新研究所	CyManII	得克萨斯州圣安东尼奥
16	国防生物工业制造创新研究所	BioMADE	明尼苏达州圣保罗

能力,特别是在危险和职业病危害严重的岗位使用机器人作业代替人工作业可减少高危行业的人员伤害。美国“机器人路线图:从互联网到机器人”^[11]探讨了机器人在未来5年、10年和15年作为关键经济促进者在制造、医疗和服务行业的使能作用,提出人机交互、多机器人管理混合控制系统等关键技术的研发将为机器代替人打下坚实基础。美国“国家机器人计划(National Robotics Initiative, NRI)”^[12]通过研发下一代机器人技术,提高机器人从零部件到系统的功能性和实用性,从而更好地辅助人类生产并形成人机互动的工作体系。“国家机器人计划2.0-无所不在的协作机器人(National Robotics Initiative 2.0: Ubiquitous Collaborative Robots, NRI-2.0)”^[13]重点关注多机器人协同,人机协同,机器人同其他设备、环境的合作,降低机器人使用门槛,以及建立整体的工作体系等多方面的内容。美国“国家机器人计划3.0:机器人集成创新(NRI-3.0)”^[14]计划支持促进机器人集成以造福人类的研究,包括人类安全和人类独立。

1.2 欧盟:未来工厂数字化安全制造

欧盟将智能制造、机器人、人工智能视为实现欧洲工业复兴和经济复苏的“关键使能技术”,以相关技术为基础,致力于打造具备长期增长潜力的欧洲数字经济和数字社会,力图保持欧盟在未来工业、经济竞争中的领先地位。在智能制造领域,欧盟的重点发展方向包括智能工厂、数字工厂、未来工厂、虚拟工厂、智能制造创新工艺、自适应和智能制造系统、可持续制造、高生产率制造等。

“地平线2020”(Horizon 2020)对智能制造的研究与应用进行支持^[15],其中最典型的是“未来工厂”计划^[16],重点研究领域有智能制造(包括智能工厂、数字工厂和虚拟工厂),可持续制造,落实安全产业政策、内部安全策略和网络安全战略,建立安全的信息共享和新型的保护模式等。该计划关注了6个优先研究领域(图1):面向智能制造的创新工艺;以智能机器人和智能机床为代表的自适应和智能制造系统;数字化、虚拟化和资源高效利用的智能化工厂运行;智能企业及供应链;智能制造中的人与工厂的新定位;基于服务的智能制造

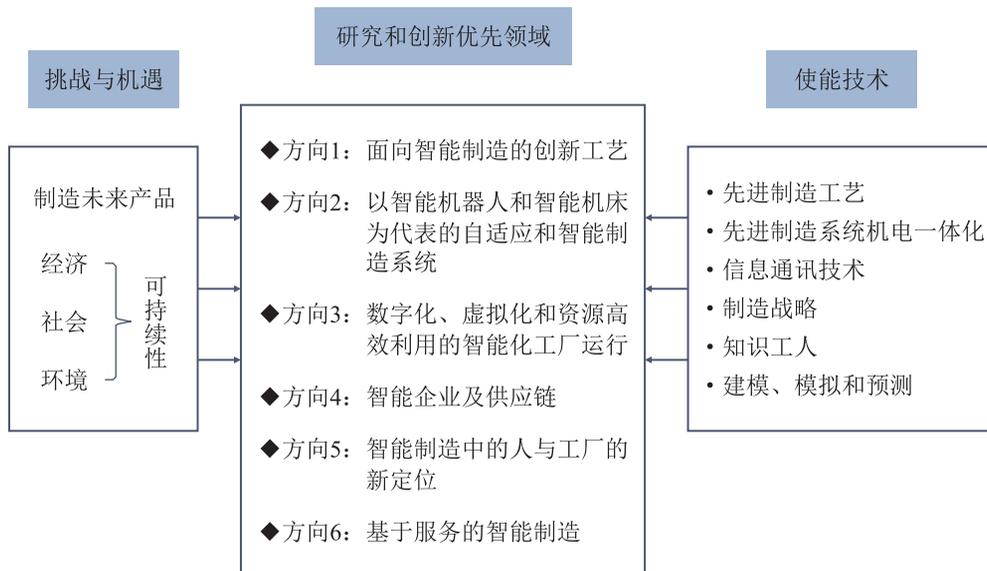


图1 “未来工厂”计划研究优先领域

Fig.1 Research and Innovation Priorities of Factories of the Future

智能制造中的人与工厂的新定位;基于服务的智能制造。“地平线欧洲”^[17]计划实施方案提出建立包容性的安全社会,为安全从业人员、基础设施运营人员等提供创新方法和技术,研究生产制造产业方式以防止产生新的安全风险并降低现有风险,打击对安全产生影响的虚假信息,解决当前网络安全威胁、预测未来需求和维持竞争性行业的技术,建立欧洲网络安全能力网络和能力中心。

2020年,欧盟发布“欧洲新工业战略”^[18],旨在帮助欧洲工业向数字化转型,提升其全球竞争力和战略自主性。该战略提出了欧洲将在2030年及以后要实现的三大愿景和三大策略,其中一大愿景是要打造欧洲的数字化未来。欧盟“塑造欧洲数字未来”战略,开发“以人为本”的人工智能技术^[19],构建兼具安全性和竞争性的数字经济,改善欧洲预测和危机管理能力,建立一个高度发达并可信的人工智能产业政策环境,提高整个欧盟的网络安全水平。欧盟“以人为中心的未来工厂白皮书”^[20]也提出“以人为中心”,以增强现实/虚拟现实操作员、机械外骨骼操作员、社交和协作操作员等安全化的智能工业机器人来代替人工,利用传感器监视人机协作区域,识别障碍物和人,从而使机器人的行为更加安全,以确保未来工厂的安全化运行和管理。

欧盟为加强制造业工厂、民事安全和救援服务等领域应用型机器人的开发和应用,提升机器人的安全可靠应用,推出了民用机器人研究与创新计划^[21],重点发展具有自学习自适应能力、安全可靠的自治机器人。“机器人技术多年路线图”^[22]提出发展人-机交互安全技术,如高度可靠的设计、安全自觉行动规划等技术,关注制造业人员工作安全问题和操作员人机交互安全能力,制定安全防护自主配置策略,研发提供安全感知

和安全驱动的部件和系统,研究工业机器人基于传感器、安全功能支持以及安全行为、工作空间中移动操纵的被动和主动安全保障,以及安全的数据信息感知能力等。

1.3 德国:工业4.0智能智慧安全生产

德国是最先提出“工业4.0”的国家^[23],具有高度的前瞻性。德国通过安全的工业4.0智能制造模式、规避风险的自主系统、安全可靠的无人操作系统、人机交互安全技术等,实现制造业尤其是智能工厂、智慧产品的安全生产。

“工业4.0”通过信息物理系统网络实现人、设备与产品的实时连通、相互识别和有效交流,从而构建一个高度灵活的安全化、个性化、数字化的智能制造模式;并将信息通讯技术和工业生产制造技术相融合,实现设备、产品、人与工厂之间的集成和合作,重视智能工厂、智慧生产和智能产品。“工业4.0安全指南”提出关于制造工业安全的基本原则,如设计安全可靠的组件和模块,设计早期预警和控制方式等。

德国“工业战略2030”^[24]提出最重要的突破性创新是数字化技术,特别是人工智能技术,在工业生产中应用互联网数字化技术已逐渐成为标配,用于实现生产制造、销售供应等信息的智慧化和数据化;还提出德国将继续扩大在关键工业领域的全球领先地位,包括钢铁及铜铝工业、化工产业、设备和机械制造等。

德国政府创新政策咨询委员会建议发展自主系统,在危险环境(例如救援、有毒废料清除现场)中使用自主系统,以降低对人类的危害,并取得仅依靠人类无法实现的重大进展。重点研究与自主系统相关的机遇和风险;提高机器学习的能力,提高人工智能方法在现实场景中的稳定性,掌握自动系统的决策过程;调整数据保护和信息技术安

全领域的规定,保护数字化智能基础设施以及机器、交通工具、机器人免受网络威胁。

德国“联邦政府人工智能战略”^[25]强调人工智能技术的重要性,争取在机器人等人工智能技术方面占据领先地位,以保障德国未来竞争力。该战略体现出德国特色:聚焦弱人工智能,与工业4.0体系对接与融合,致力于提升国家创新竞争力,注重法律规范和伦理问题。德国将人工智能的重点集中在人机交互、机器人自主学习、可穿戴、大数据分析、计算机视觉、语义技术、高性能技术以及信息物理系统等方面。

1.4 日本:互联工业超智慧社会

日本政府非常重视智能制造、人工智能、机器人、物联网、大数据等技术,近年来大力推进“互联工业”^[26]、工业价值链计划^[27]的发展(图2),以解决不同企业间的“互联制造”问题,助力日本超智慧社会的实现。日本将新一代工业机器人、人工智能技术、大数据、物联网等用于高危制造行业、救灾过程等,强化安全生产措施,感知和预测生产设备故障,普及自动化、无人化,使生产过程中的事故大幅下降,伤亡人数不断减少。

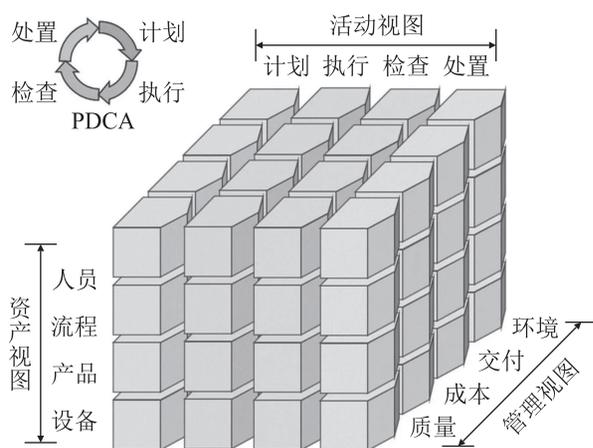


图2 工业价值链参考架构

Fig.2 Industrial Value Chain Reference Architecture

日本发布的“机器人新战略”^[28]指出,在劳动

密集型制造业中积极引入工业机器人,提高装配过程中的机器人使用率,通过IT来提高机器人的技术水平,在基础建设检查中使用机器人实现基础设施维护和管理的高效化;利用机器人迅速掌握受灾状况,在暴雨、泥石流等灾害的救灾过程中使用机器人,减少人员伤害;发展“人机协调”技术、机器人之间以及与网络之间的联网技术等。2015年,日本新能源产业技术综合开发机构启动新一代机器人核心技术研发^[29],开展机器人的安全技术、风险与安全评估方法等共通性基础技术研发,提高产业制造竞争力;研发用于新一代机器人的智能感知与识别技术、驱动与控制技术、机器人自主动作技术等,使现有机器人技术体系应用到安全、能源、材料等创新领域。

2016年,日本科学技术白皮书^[30]提出未来超智慧社会情景,通过设计系统预算成本和评估风险,运用3D模拟系统遴选最佳规划方案,借助传感器、无人机将工程进展实时传送给管理系统,运用机器人承担重体力、高精度的作业;以人工智能和机器人等技术改进生产,让人们不必从事危险的体力劳动、部分脑力劳动交由智能系统高效完成,令未来制造业都离不开大数据、人工智能、物联网等技术。2017年,日本学术振兴会发布“人工智能产业化路线图”^[31],提出确立无人工厂、无人农场技术,通过人工智能预测生产设备故障;实现人员和货物运输配送的无人化,机器人的多技能化和协调工作;普及自动化、无人化,“将人为原因的死亡事故降至零”。

2017年,经济产业省宣布“互联工业”计划^[26],强调通过各种关联,创造有新附加值的产业社会,包括物与物、人与机器、人与技术、公司与公司、人与人、生产者和消费者;重点发展自动驾驶/出行服务、制造/机器人、工厂基础设施安全、生物

材料/材料和智慧生活等5个优先领域;聚焦实现人与机器/系统交互的新型数字化社会、通过合作与协调解决互联工业问题、积极推动适应数字技术的人力资源开发等3个主要核心。

2019年,日本出台“人工智能战略2019”^[32],指出发展人工智能技术必须确立“以人为中心”的原则,利用人工智能分析气候、地震、火山、海啸、地壳运动等相关数据,提前预测异常气候变化及各类自然灾害;构建具备较强灾害应对能力的资源管理系统;利用人工智能进行图像分析,掌握人车流动情况,并研发交通事故自动检测与预测系统。

2020年,日本发布“统合创新战略2020”^[33],提出推进数字化转型,构建富有韧性的经济结构;运用人工智能、超算等新技术,加快推进数字化转型,以便在控制风险的同时提高生产效率;提高经济社会的韧性,以确保供应链稳定,强化对经济安全的保障能力,在网络安全、防灾等领域建立新型智库功能机制。

2021年,日本发布“第六期科学技术与创新基本计划”^[34],提出建设韧性社会,确保安全舒适的生活和可持续发展;将网络空间与物理空间相结合,构建良性循环的社会,使任何人都能随时随地方便、安全地使用大数据和人工智能;明确将人工智能技术、安全舒适生活作为发展重点。

1.5 中国:两化融合赋能安全生产

我国工业和信息化部、应急管理部等多个国家部门发布了多项智能制造、安全生产应急管理方面的发展规划,赋能制造业的智能化、安全化发展。

《“十四五”信息化和工业化深度融合发展规划》^[35]提出着力加快新一代信息技术与制造业深度融合,2025年全国两化融合发展指数达到105;

推动装备制造、绿色制造、安全生产等重点行业领域数字化转型,构建制造企业数字化转型能力体系;推动智能制造单元、数字化车间、智能工厂建设;加强企业间业务互联和数据互通,实现网络化协同设计、生产和服务;完善工业互联网平台体系和应用,提升工业互联网平台安全防护能力。

《“十四五”智能制造发展规划》^[36]提出构建虚实融合、安全高效、绿色低碳的智能制造,推动制造业实现数字化转型、网络化协同、智能化变革,实现智能化的安全生产。重点突破关键核心技术,包括智能感知、建模仿真、人机协作、网络协同等基础技术和共性技术;加速系统集成技术开发,包括制造装备信息模型、生产过程数据集成平台、多源信息交互和全链条协同优化等。打造智能场景、智能车间、智能工厂和智慧供应链,构建智能制造系统,培育智能制造新模式,建设智能制造示范工厂。推动传统产业生产过程智能化改造升级,提升产业集群智能化水平。推进智能制造装备创新发展,攻克四类智能制造装备研发。

应急管理部等发布的《关于加快安全产业发展的指导意见》^[37]提出推动物联网、大数据、人工智能等技术在安全生产领域的广泛应用;用智能化、信息化手段提升企业本质安全水平及工控安全、数据安全能力;支持预测预警、监测监控、本质安全工艺和装备等关键技术的研发;鼓励企业建设数字化车间、智能化工厂,提升本质安全和污染治理水平。

2 国外智能化制造特点和规律分析

2.1 从国家战略高度制定智能制造战略

美国通过“先进制造业国家制造计划”将先进制造业上升到国家战略层面,设立“国家制造业创新网络”,组建若干国家级制造业创新研究所,

并启动“国家机器人计划”“人工智能倡议”等,从国家层面确立了智能制造、机器人、人工智能的战略框架,并投入巨资研发以确保美国在该领域的领先地位。欧盟的“地平线 2020”“地平线欧洲”“欧洲新工业战略”等都是从欧洲战略高度层面打造智能化、数字化的制造工业。德国将“工业 4.0”列入德国科技战略重要领域之一,通过“国家工业战略 2030”“联邦政府人工智能战略”等确立了智能制造、人工智能的战略布局和领先地位。日本“互联工业”、工业价值链计划、人工智能战略等从国家战略高度布局智能制造、人工智能、机器人等,助力日本实现超智慧社会。

2.2 明确未来重点发展方向

美国通过信息化技术提升美国制造业的数字化、智能化水平,重点发展智能与数字制造技术、智能机器、物联网、实时数据分析和控制系统、信息物理系统和系统集成、先进工业机器人、核心人工智能技术、人工智能基础设施、制造业的网络安全等;欧盟将智能制造、机器人、人工智能视为实现欧洲工业复兴和经济复苏的“关键使能技术”,重点发展方向包括智能工厂、数字工厂、未来工厂、虚拟工厂、智能制造创新工艺、自适应和智能制造系统、可持续制造、高生产率制造、工业机器人、人工智能等;德国将信息和通信技术与生产制造技术深度融合,实现产品、设备、人和组织之间的无缝集成及合作,重视智能工厂、智慧生产、智能产品;日本未来的重点发展方向包括智能制造、人工智能、机器人、物联网、大数据等。

2.3 注重面向安全的技术发展和布局

美国将数字化制造、智能化制造作为保障国家安全、产业安全和劳动力安全的重要措施,发展高度可靠、高度安全、高适用性的人机协作机器人技术,通过智能化减少对人工的依赖,从而降低制

造业生产成本,提升本国制造业竞争能力,同时带来更安全、可靠的生产环境;欧盟通过布局安全、智能和高效的机器人技术、自适应智能制造系统、以人为本的未来工厂等,来减少高危制造行业的风险和事故,确保制造工业的无人化、安全化、智能化发展;日本强化安全生产措施,普及自动化、无人化技术,通过人工智能来预测生产设备故障,进而大幅降低生产事故。

2.4 关注智能制造网络安全

美国通过建立网络安全制造创新研究所、发布制造业网络安全路线图、开发网络安全技术来保护制造业;欧盟实施安全产业政策、网络安全战略等,建立欧洲网络安全能力网络和中心,确保高危制造行业的网络安全;德国提出要保护数字化智能基础设施等免受网络威胁;日本强调安全地使用大数据和人工智能,构建良性循环社会。

3 对我国的启示与建议

“十四五”是推进国家治理体系和治理能力现代化,实现经济行稳致远、社会安定和谐的关键时期。当前制造行业智能化发展面临着诸多有利条件和发展机遇,开展智能化安全研究将推进两化融合向深度和广度发展,为我国制造行业向信息化、安全化、高端化和可持续发展做出历史性贡献。实现生产各个环节、经营管理等过程的智能化和安全化运行,以智能技术装备改善高危行业作业环境,将危险环境作业人员风险降至最低,既可以赢得自身发展主动,又能为其他行业安全发展提供经验借鉴。为此,提出针对我国制造行业安全生产的智能化发展建议。

3.1 强化国家顶层规划和设计

智能制造体系需要站在全局高度,做好顶层

规划设计,制定制造行业智能化基础理论、关键技术、重要装备、人才培养的技术路线目标和实现途径。建议设立智能化国家科技重大专项,将其列入“十四五”国家科技攻关计划,保证资金长期持续投入。加快推进行业智能化标准体系建设,指导和引领行业向数字化、智能化、安全化、绿色化方向发展。面向中小企业制定更具操作性的智能化升级技术与标准指南,提供更丰富、更具体的指导性工具。

3.2 建设智能化新型基础设施

高危行业智能化是新型基础设施建设的价值所在。高危行业智能化需要将新型信息化技术与高危行业深度融合,通过提升智能化能力、网络化能力和数字化能力,实现作业运营全过程数据贯通、资源全要素网络协同和活动全场景智能应用。在这一过程中,需要加大新型基础设施建设投入,促进工业互联网、5G、人工智能、数据中心加速发展。“新基建”服务于数字化转型,与高危行业转型升级相伴而行、协同共进,为高质量发展提供关键支撑。

3.3 探索前沿理论和关键技术

探索研究事故溯源与风险管控理论、本质安全设计理论、智能体自主安全控制理论等科学前沿问题,为行业安全生产重大需求提供理论基础,为揭示相关科学机理、推动原始创新提供源动力。加强关键共性技术创新,突破一批关键共性技术,如导航与定位技术、目标识别与跟踪技术、关键设备故障智能监测预警技术、智能优化决策与控制一体化技术、多尺度工厂统一建模技术等,为安全、高效、创新的高危行业智能化发展解决方案提供关键技术支撑。着力加快新一代信息技术与制造业深度融合,构建数据驱动、人机协同、跨界融合的智能制造业,推进流程工业全链条全系统智

能化,实现智能化的安全生产。

3.4 推进智能化发展试点工作

打造面向安全的智能制造示范项目和示范基地,鼓励民营企业、中小企业合理运用物联网、大数据、云计算、人工智能等信息技术手段,与制造流程的设计、运行、管理类、服务等环节融合,推广智能制造新模式,帮助企业强化运用智能制造,提高安全生产系数、降低事故损失、提升企业竞争力相关意识,鼓励企业根据实际情况合理加强安全生产投入,提高本质安全化技术投入占比,合理改变安全管理方式,实现投入比与安全比的科学匹配。鼓励企业开展智能制造、“机器换人”、自动化成套装备改造试点、技术装备升级等各种投资改造试点示范工作。

3.5 构建人工智能安全生产体系

构建网络、平台、安全三大功能体系,集中突破一批关键软硬件产品与解决方案。重点发展人工智能、大数据、互联网、物联网等技术在安全生产领域的应用,利用信息化、智能化提升企业本质安全水平及工控安全,对重点行业企业的风险和隐患进行智能监控和大数据监控,推动人工智能在企业安全风险监测预警中的应用。建设人工智能工业互联网平台,开发安全生产模型库、工具集和工业APP,聚焦行业设计安全、生产安全、服务安全等关键环节,推动生产工艺、监测工具等工业基础能力迭代优化,提升行业本质安全水平。

参考文献

- [1]付迪,贺阿红. 高危行业生产安全事故原因与预防策略[J]. 化工管理,2021(25):105-106.
- [2]万婧,容振乾,赵远飞,等. 2010—2019年我国化工行业较大以上生产安全事故统计分析及其启示[J]. 工业安全与环保,2021,47(5):59-63.

- [3] 柴天佑, 刘强, 丁进良, 等. 工业互联网驱动的流程工业智能优化制造新模式研究展望[J]. 中国科学: 技术科学, 2022, 52(1):14-25.
- [4] National Science and Technology Council. A National Strategic Plan for Advanced Manufacturing [EB/OL]. (2012-02) [2022-06-15]. http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/iam_advancedmanufacturing_strategicplan_2012.pdf.
- [5] Manufacturing USA. Advanced Manufacturing Technology Leadership [EB/OL]. [2022-06-15]. <https://www.manufacturingusa.com/key-initatives/advanced-manufacturing-technology-leadership>.
- [6] 万勇, 黄健. 美英两国制造业协同网络建设比较分析及其启示[J]. 世界科技研究与发展, 2020, 42(6):623-632.
- [5] The Smart Manufacturing Institute. CESMII Enabling Technologies [EB/OL]. [2022-06-15]. <https://www.cesmii.org/technology-enabling-tech/>.
- [6] Manufacturing x Digital. Focus Areas [EB/OL]. [2022-06-15]. <https://www.mxdusa.org/focus-areas/>.
- [7] Department of Energy. Department of Energy Selects the University of Texas-San Antonio to Lead Cybersecurity Manufacturing Innovation Institute [EB/OL]. (2020-05-20) [2022-06-15]. <https://www.energy.gov/articles/department-energy-selects-university-texas-san-antonio-lead-cybersecurity-manufacturing>.
- [8] The Subcommittee on Advanced Manufacturing. Strategy for American Leadership in Advanced Manufacturing [EB/OL]. (2018-10) [2022-06-15]. <https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2018/10/Advanced-Manufacturing-Strategic-Plan-2018.pdf>.
- [9] 韩文艳, 熊永兰, 张志强. 21世纪以来美国制造业演变特点及其启示[J]. 世界科技研究与发展, 2022, 44(1):108-127.
- [10] Manufacturing USA. Manufacturing USA® Brand [EB/OL]. [2022-06-15]. <https://www.manufacturingusa.com/pages/manufacturing-usa-brand>.
- [11] Computing Community Consortium. A Roadmap for US Robotics from Internet to Robotics 2020 Edition [EB/OL]. (2020-09-09) [2022-06-15]. <https://cra.org/ccc/wp-content/uploads/sites/2/2020/10/roadmap-2020.pdf>.
- [12] National Science Foundation. National Robotics Initiative (NRI) [EB/OL]. [2022-06-15]. <https://www.nsf.gov/pubs/2011/nsf11553/nsf11553.htm>.
- [13] National Science Foundation. National Robotics Initiative 2.0: Ubiquitous Collaborative Robots (NRI-2.0) [EB/OL]. [2022-06-15]. <https://www.nsf.gov/pubs/2019/nsf19536/nsf19536.htm>.
- [14] National Science Foundation. National Robotics Initiative 3.0: Innovations in Integration of Robotics (NRI-3.0) [EB/OL]. [2022-06-15]. <https://beta.nsf.gov/funding/opportunities/national-robotics-initiative-30-innovations-integration-robotics-nri-30>.
- [15] European Commission. Horizon2020 – The EU Framework Programme for Research and Innovation [EB/OL]. [2022-06-15]. <https://trimis.ec.europa.eu/programme/horizon2020-eu-framework-programme-research-and-innovation>.
- [16] European Factories of the Future Research Association. Factories of the Future: Multi-annual roadmap for the contractual PPP under Horizon 2020 [EB/OL]. [2022-06-15]. https://www.effra.eu/sites/default/files/factories_of_the_future_2020_roadmap.pdf.
- [17] European Commission. The First Horizon Europe Strategic Plan (2021-2024) [EB/OL]. [2022-06-15]. <https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon>

- europe/strategic-plan_en.
- [18] European Commission. Making Europe's Businesses Future-ready: A New Industrial Strategy for a Globally Competitive, Green and Digital Europe [EB/OL]. (2020-03-10)[2022-06-15]. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_416.
- [19] European Commission. Artificial Intelligence [EB/OL]. [2022-06-15]. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/artificial-intelligence>.
- [20] European Factories of the Future Research Association [EB/OL]. [2022-06-15]. ACE Factories White Paper. <https://www.effa.eu/news/ace-factories-white-paper>.
- [21] eu-ROBOTICS. About SPARC [EB/OL]. [2022-06-15]. <https://old.eu-robotics.net/sparc/sparc/about-sparc/index.html>.
- [22] eu-ROBOTICS. Robotics 2020 Multi-annual Roadmap [EB/OL]. [2022-06-15]. https://old.eu-robotics.net/cms/upload/topic_groups/H2020_Robotics_Multi-Annual_Roadmap_ICT-2017B.pdf.
- [23] Plattform Industrie 4.0. What is Industrie 4.0? [EB/OL]. [2022-06-15]. <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html>.
- [24] Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. National Industrial Strategy 2030: Strategic Guidelines for a German and European Industrial Policy [EB/OL]. [2022-06-15]. https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Publikationen/Industry/national-industry-strategy-2030.pdf?__blob=publicationFile&v=1.
- [25] The Federal Government. Artificial Intelligence Strategy of the German Federal Government [EB/OL]. (2018-11-16)[2022-06-15]. https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Publikation/strategie-kuenstliche-intelligenz-der-bundesregierung.pdf?__blob=publicationFile&v=3.
- [26] 日本经济产业省. Connected Industries [EB/OL]. [2022-06-15]. https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/connected_industries/index.html.
- [27] Industrial Value Chain Initiative. The Concept of IVI [EB/OL]. [2022-06-15]. <https://iv-i.org/en/thinking/>.
- [28] 日本经济产业省. ロボット新戦略(Japan's Robot Strategy) [EB/OL]. [2022-06-15]. https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/seizou/robot_competition/pdf/001_s02_00.pdf.
- [29] 日本新能源产业技术综合开发机构. 革新的ロボット要素技術の研究開発に新たに着手 [EB/OL]. [2022-06-15]. https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100415.html.
- [30] 日本文部科学省. 平成28年版科学技術白書 [EB/OL]. [2022-06-15]. https://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11293659/www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa201601/detail/1371168.htm.
- [31] 日本内阁府. 人工知能の研究開発目標と産業化のロードマップの検討状況 [EB/OL]. [2022-06-15]. <https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/juyoukadai/system/9kai/siryos5.pdf>.
- [32] 日本内阁府. AI戦略2019 [EB/OL]. [2022-06-15]. <https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/aistratagy2019.pdf>.
- [33] 日本内阁府. 統合イノベーション戦略2020 [EB/OL]. (2020-07-17)[2022-06-15]. https://www8.cao.go.jp/cstp/togo2020_honbun.pdf.
- [34] 日本内阁府: 第6期科学技術イノベーション基本計画 [EB/OL]. [2022-06-15]. <https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/6honbun.pdf>.
- [35] 工业和信息化部. “十四五”信息化和工业化

深度融合发展规划[EB/OL]. (2021-11-17)
[2022-10-14]. <http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-12/01/5655208/files/c09d992d37384268a73a201ef284909e.pdf>.

[36]工业和信息化部,等.“十四五”智能制造发展规划[EB/OL]. (2021-12-21)[2022-10-14].
<http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-12/28/5664996/files/a22270cdb0504e518a7630fa318dbcd8.pdf>.

[37]应急管理部. 工业和信息化部 应急管理部 财政部 科技部关于加快安全产业发展的指导意见[EB/OL]. [2022-06-15]. https://www.mem.gov.cn/gk/zfxxgkpt/fdzdgknr/202012/t20201207_373957.shtml.

作者贡献说明

冯瑞华:负责资料调研,文章撰写、修改等;

姜山:参与美国、欧盟相关资料调研;

万勇:参与启示与建议部分。

作者简介



冯瑞华:副研究员;参与了科技强国科技发展战略与规划研究、国家科学技术前沿报告、国家重点实验室建设等多项战略情报和新材料学科情报研究工作,发表期刊论文和专著 50 余篇(部);主要研究方向:先进制造和新材料学科领域战略情报研究。



万勇:博士,副研究员;中国科学院青年创新促进会会员;主持或参与了中国科学院战略性科技先导专项、工程院咨询研究、中国科学院文献情报能力建设、文献中心“一三五”建设等多项项目课题;在各类期刊上发表文章 20 余篇;主要研究方向:先进制造与新材料领域战略情报研究。