

国外智能制造标准化发展对中国航天的启示

任伟 杨晓明 林海波 孙升 霍玉倩 周静怡

(中国航天标准化研究所,北京,100071)

摘要: 国际标准化组织以及德国、美国等工业强国的智能制造标准化工作已取得大量成果和经验,其标准体系、标准制定重点领域、标准化工作模式等方面的实践为中国航天的智能制造标准化工作提供了有益参考经验。我国航天行业应大力开展航天智能制造标准体系建设,积极转化适用的国外智能制造标准,探索智能制造标准验证模式,以数字化标准作为智能制造标准的突破口,开发标准数字化应用平台及工具。

关键词: 智能制造;标准化;航天

中图分类号: Z62 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-2615(2018)S1-0056-05

Illumination for China Aerospace from Development of Smart Manufacturing Standardization

REN Wei, YANG Xiaoming, LIN Haibo, SUN Sheng, HUO Yuqian, ZHOU Jingyi

(China Astronautics Standards Institute, Beijing, 100071, China)

Abstract: A lot of success and experience on smart manufacturing standardization has been obtained by international organization for standardization and industrial power like Germany and America. The practice on standard system, standard major field, standardization work mode of smart manufacturing can provide beneficial reference experience for standardization work on smart manufacturing of China aerospace. The standard system for smart manufacturing of China aerospace industry should be designed. A lot of smart manufacturing standards abroad that are useful in China aerospace should be translated. The verification mode of smart manufacturing should be explored. Digital standards should be the main direction of smart manufacturing standards. The standard digital application platform and tools should be developed.

Key words: smart manufacturing; standardization; aerospace

当前,新一代信息技术与制造业正在融合发展,以数字化、网络化、智能化为标志的技术变革已将各行各业带入了一个新的发展阶段。为应对全球制造业格局的重大调整和深刻变化,世界各国以智能制造为突破口,相继提出了一系列新概念、新举措。2013年德国提出工业4.0战略,被称为“第四次工业革命”,意在提供德国工业的制造竞争力,在新一轮制造业变革中抢占先进^[1]。美国也提出了“先进制造伙伴计划”“工业互联网”等概念,目

的是整合在产品全生命周期中的人、数据和机器等因素,使其互联互通,构建全球开放的工业网络。后续提出的日本的“制造白皮书”,英国的“英国制造2050”,法国的“新工业法国”计划,欧盟2020战略等战略也都将智能制造列为重点建设内容。2015年5月,中国国务院颁布《中国制造2025》国家战略规划,正式将智能制造作为《中国制造2025》的主攻方向。航天行业作为“中国制造2025”明确提出的需率先实现突破的十大重点领域

收稿日期: 2018-03-23; **修订日期:** 2018-05-30

通信作者: 任伟,男,工程师, E-mail: rw19900103@126.com。

引用格式: 任伟,杨晓明,林海波,等. 国外智能制造标准化发展对中国航天的启示[J]. 南京航空航天大学学报,2018,50(S1):56-60. REN Wei, YANG Xiaoming, LIN Haibo, et al. Illumination for china aerospace from development of smart manufacturing standardization[J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2018, 50(S1): 56-60.

之一,需要大力发展航天智能制造,需要把握中国制造 2025 的有利机遇,实现航天强国建设。

智能制造具有较强综合性,是现有各类制造系统在更高层次上的整合与集成,标准化是推进智能制造发展必不可少的基础。“智能制造,标准先行”,标准化是航天发展智能制造的重要基石^[2]。德国德国标准化学会(German Institute for Standardization, DIN)先后发布了《工业 4.0 标准化路线图》(1.0 版和 2.0 版),切实推进了德国工业 4.0 的标准化工作。美国国家标准与技术研究院(National Institute of Standards and Technology, NIST)也发布了《美国智能制造标准化战略愿景报告》,明确了“三线一点”的美国智能制造标准化主体框架,提出了美国智能制造标准化发展方向。国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)和国际电工委员会(International Electrotechnical Commission, IEC)在原相关技术委员会基础上,相继成立以“数字工厂”“工业 4.0”为对象的工作组,加强相关领域标准的规划和制定。国际电信联盟(International Telecommunication Union, ITU)也积极物联网和无线电通信领域开展标准化工作。中国工业和信息化部、国家标准化管理委员会共同组织制定了《国家智能制造标准体系建设指南》,系统提出了标准体系的建设目标、体系框架和制定标准明细表。对此,航天行业也要围绕航天科研生产特色,借鉴国内外智能制造标准化成熟经验,明确航天智能制造标准化工作的重点方向,加强标准化引领,掌握国际标准主动权 and 话语权,推进航天智能制造快速发展。

1 国外智能制造标准化现状简介

1.1 国际标准化组织智能制造标准化

当前 ISO、IEC、ITU 等国际标准化组织正在积极开展智能制造的标准化工作,并发布了大量的智能制造标准。国际标准化组织中较为活跃的智能制造相关机构主要有国际标准化组织/国际电工委员会的第一联合技术委员会(ISO/IEC JTC1)、技术产品文件委员会(ISO/TC10)、自动化系统和集成委员会(ISO/TC184)、可信性技术委员会(IEC/TC56)、工业过程测量、控制和自动化技术委员会(IEC/TC65)等常设技术委员会。国际标准化组织针对工业 4.0 和智能制造业成立了一些特别工作组。例如,ISO/IEC JTC1 成立的“智能机器特别工作组”,主要对虚拟个人助理、智能顾问和先进的全球工业系统等 3 个领域开展标准化预研工作。IEC 标准管理局(Standardization Management Board, SMB)设立了“工业 4.0 智能制造

战略工作组”,正积极开展工业 4.0 路线图规划、推动相关标准体系研究和关键技术标准制定等工作。IEC 市场战略局(Market Strategy Board, MSB)启动了“未来工厂”白皮书项目。国际电信联盟远程电信标准局(International Telecommunication Union-Telecommunication Sector, ITU-T)成立的“物联网全球标准化工作组,主要为物联网的网络和业务运营、系统和设备等方面规划和制定详细的标准。

ISO 智能制造标准化工作主要针对面向产品设计、采购、制造和运输、支持、维护、销售全过程,及其相关服务的自动化系统与集成领域,主要涉及信息系统、工业及非工业特定环境中的固定和移动机器人技术、自动化技术、控制软件技术及系统集成技术等方面的标准制定工作。IEC 主要针对有线和无线通信、工程数据交换、数字化描述、设备和系统集成、工业信息安全和功能安全、自动化能效、智能电网等领域,开展标准的研究和制定工作。而 ITU 主要聚焦在电信领域的标准化工作,意在为物联网部署开发详细的标准。

1.2 德国工业 4.0 标准化

德国工业 4.0 意在搭建一个全方位的工业智能联接系统框架,其中各种终端设备、应用软件的数据信息交换、识别、处理、维护等必然要基于一套标准化的体系。对此,2015 年德国在汉诺威工业博览会上提出了德国工业 4.0 参考架构模型^[3-4](见图 1),明确了工业 4.0 的组成部分,未来 10 年的发展路线图,并初步建立了一些顶层标准,如产品生命周期管理标准 IEC 62890,系统控制采用集成标准 IEC 62264、批量控制标准 IEC 61512 等,目的是确保在现有顶层标准的基础上制定新标准,确保各类标准与工业 4.0 的有效衔接,加强标准之间的关联性。

此外,2013 年 9 月德国标准化协会和德国电气、电子和信息技术委员会发布了《德国“工业 4.0”标准化路线图》(1.0 版),明确了参考架构模型、用

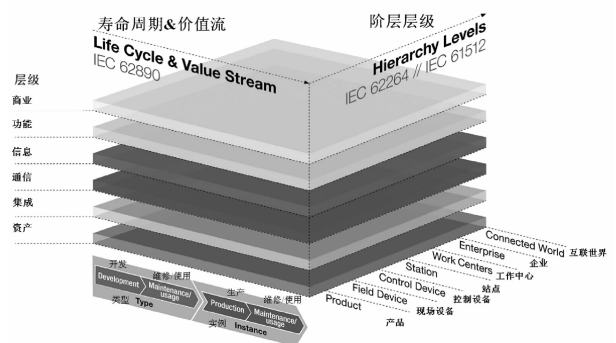


图 1 德国工业 4.0 参考架构模型

Fig. 1 Reference architecture model for Industry 4.0

例、基础、非功能属性、技术系统和流程的参考模型、仪器和控制功能的参考模型、技术和组织流程的参考模型、人类在工业 4.0 中的功能和角色的参考模型、开发流程和指标、工程、标准库、技术和解决方案等 12 个重点领域,并提出了具体标准化建议。2015 年 4 月《德国“工业 4.0”标准化路线图》(2.0 版)正式发布,将原来的 12 个重点领域分解后,根据智能制造重点技术的攻关领域,调整为基础、参考模型、用例、基本要素、非功能属性、开发与工程设计、通信、3D 打印、工业 4.0 的人力、标准化工作流程等 10 个重点标准化领域。同时,路线图(2.0 版)中还增加了标准化的创新驱动、标准和规范制定路线、技术开发阶段的标准化三部分内容,从创新驱动的角度,提出了标准化工作的意义,进一步明确了标准化机构、标准层级、标准制定路线,分析了智能传感器、物联网软件包、仪表控制、系统互操作性等领域“标准先行”的必要性。此外,路线图(2.0 版)还给出了各个领域的标准化现状和建设意见,技术重点清晰,并分享了已建立的工业 4.0 资料查询网址、数据库等。

1.3 美国智能制造标准化

2011 年 6 月美国智能制造领导联盟(Smart Manufacturing Leadership Coalition, SMLC)发表了《实施 21 世纪智能制造》报告,指出智能制造是先进智能系统强化应用、新产品快速制造、产品需求动态响应以及工业生产和供应链网络实时优化的制造模式,并提供了智能制造企业框架^[5-6]。2016 年美国国家标准与技术研究院发布了《智能制造系统标准化愿景》报告,从产品、生产系统和商业(业务)这三个维度对美国的智能制造系统标准进行了识别,提出了未来标准制定的重点领域。

产品维度从产品设计阶段到产品的退役阶段,重点涉及产品设计、工艺设计、生产工程、使用和维护、回收等阶段的信息流和控制标准。生产维度主要涉及生产设施的设计、构建、调试、运营和维护、报废和回收等阶段标准,关注的是整个生产设施及其系统的设计、部署、运行和退役。商业维度主要涉及企业采购、制造、退回等业务阶段标准,着眼于供应商和客户的交互功能。而位于三个维度交汇中心的制造金字塔,是美国智能制造生态系统的核心,产品生命周期、生产周期和商业周期的标准在这里交互。

美国 NIST 指出,智能制造实现的是从机器到工厂、再从工厂到企业系统之间的信息集成,其中标准是至关重要的^[7-8]。为此,美国 NIST 提出智能制造标准制定的优先领域,涉及智能制造系统的参考模型架构、物联网用于制造的参考模型架构、

制造服务模型、机器间通信、信息管理系统集成、云制造、制造可持续性、制造信息安全等领域。

美国的另一个智能制造相关的重要概念是“工业互联网”,由通用电气于 2012 年提出,最终目标是在产品生命周期的整个价值链中将人、数据和机器连接起来,形成开放的全球化工业网络。2014 年 3 月,美国通用电气、英特尔、思科、国际商业机器公司(International Business Machines Corporation, IBM)和美国电话电报公司(American Telephone & Telegraph, AT & T)五家企业共同成立了工业互联网联盟(Industrial Internet Consortium, IIC),旨在通过制定通用标准打破技术壁垒,实现各个企业设备之间的数据共享,更好地促进数字世界和物理世界的融合。IIC 积极推进与国际标准化组织的协作,通过向相关标准化组织反馈标准需求,加快了工业互联网标准研制和全球标准化协作。

从对国外智能制造的标准化现状来看,德国、美国等工业强国早已认识到标准化工作是智能制造发展的重要基石,并将标准放到引领制造业发展的高度上,通过制定智能制造体系和明确标准化工作,以促进智能制造标准制定工作。“智能制造,标准先行”已成共识。各国各行各业在激烈的国际化竞争中都认识到,面对不断涌现的新技术、新产品,倘若没有先进标准的引导,最终都难以走出低水平竞争的泥潭。

2 对航天智能制造标准化工作的启示

德国、美国等制造强国的制造业水平领先于我国,其智能制造技术和标准也有一定的超前性和引导性,同时以信息化、互联互通为核心的智能制造标准本身就具有较强的通用性。因此,国外智能制造标准化策略和制定的智能制造标准,对航天智能制造标准化工作具有较强的借鉴意义。国外智能制造标准化发展情况对中国航天的启示主要有:

(1) 加强航天智能制造标准化的顶层规划。从德国、美国的标准化战略来看,都是先行策划标准体系,制定顶层通用标准,目的是系统识别标准化需求,确保各项标准之间的协调性、匹配性,满足多个智能标准的综合效应需求。同时,建设航天智能制造标准体系应是一个循序渐进的过程,应首先解决共性、顶层标准缺失问题,再查漏补缺,分领域、分层次完善各专项标准,逐步解决无标可依、无标可用的现象。

(2) 航天智能制造标准应当紧密结合航天产品特点 and 制造模式,不能照搬国家和其他行业。从美

国和德国的智能制造的系统架构及标准化战略与规划看,两者是有一定差别的,都是根据自身的工业基础来构建相应的标准化工作^[9]。航天产品具有多品种、小批量、质量高等显著特点,只有针对航天科研生产特点开展标准化工作,才能有效借鉴国内外智能制造标准化经验,支撑航天智能制造能力长足进步。

(3)智能制造,标准先行。航天智能制造有别于传统制造,强调互联和协同,其数据模型、数据接口、信息网络、生产布局、协同操作等关键要素需要在数字化车间建设及产品生产前进行统一和规范,因此需要优先编制一部分智能制造标准,才能有效指导数字化车间建设和航天产品智能制造过程。这里标准不再是固有成熟经验的总结,而是协同工作的提前约定,标准和智能制造技术应不分先后,相互迭代,快速完善。

(4)当前航天智能制造标准还主要体现为数字化标准。数字化是智能化的基础,数字化制造是实现智能制造不可逾越的重要阶段。从国内外智能制造所处的阶段来看,部分德美企业已在进入智能制造阶段,而我国航天企业更多的依然还在走向数字化阶段^[10]。近年来,航天行业各单位积极推进数字化制造单元、数字化生产线、数字化车间等基础设施建设,基于三维模型的设计与制造集成、数字化仿真等技术手段在产品研制中得到了实际应用,具备了较好的数字化基础和丰富的实践经验。因此先从解决数字化制造标准入手,解决当前急需问题的同时,也为智能制造标准体系建设奠定了基础。

(5)航天智能制造标准化需要不断创新标准化工作模式。德国工业 4.0 的标准化路线图不仅局限于标准制定领域,还包括总体架构、使用案例、开发、标准库、技术和解决方案等内容,标准化工作涉及领域相当宽泛^[11-12]。智能制造标准的验证工作是检验标准质量、提高标准实用性的重要手段,可为标准应用提供直接参考,缩短标准广泛应用的磨合期。此外,智能制造的基础是数字化,而传统标准还停留在纸质中,限制了标准文本内容在智能制造中的实施应用,需要创新,将标准数字化,构建标准数字化平台。

3 对航天智能制造标准化工作的建议

当前航天智能制造标准化工作迫在眉睫,建议从下列 5 个方面开展工作:

(1)抓紧构建航天智能制造标准体系。由于航天是设计牵引型的行业,必须从标准出发,针对科

研生产需求,紧密联系航天型号研制与标准体系构成,加强航天智能制造标准化需求的顶层规划,并结合航天各单位组织架构逐级落地实施。在航天智能制造标准化路线图的制定和实施过程中,应充分借鉴德国、美国等制造强国的标准化战略,对接“中国制造 2025”、两化融合和航天强国战略,重点围绕航天智能制造相关规划,开展智能制造标准化需求识别与分析,做好与现行的各级各类标准体系的衔接,完成标准体系规划以及重点领域标准制定的工作方案。

(2)加强对国外先进智能制造标准采标研究工作。对于标准的选用,应当采用开放兼容的策略。航天企业一般偏向于智能制造设备的工程应用,而这些智能制造设备在出厂时都会一定程度符合国际标准中的常用通信地要求。因此,在国内外工业自动化已经有相当基础且以工业 4.0 和工业互联网为代表的浪潮席卷全球,工业大数据、工业云、基于模型的系统工程概念等已经炙手可热并且已经在现实社会中实践应用的情况下,航天完全应该采取开放的策略,积极采用和转化国际标准,为己所用。例如,一些国际上通用的信息基础标准和通信协议已在国外企业的产品中取得了良好的应用效果,尤其是智能制造装备的相关标准,通常是国际和国外已经有大量的经过实践检验十分成熟的标准,有些标准甚至已经被封装到十分成熟的工业装备产品中。对于这种情况,我们应当在标准体系建设时对大量的标准进行适用性分析,能为我所用的标准,都要纳入到体系中去。在实际的技术改造、科研生产过程中,都应当最大限度的采用国际标准或国际认可的国外和区域组织标准。

(3)开展对先行的智能制造标准验证的研究与布局。标准验证,是标准制定过程中的一项重要工作。当前航天行业的智能化水平相对仍然较低,一旦智能制造标准发布,需要更换大量的制造装备,进行非常繁杂的科研生产模式改造,资金投入较大。在智能制造相关标准发布以前,利用航天现有生产线或车间,搭建虚拟演示和试验验证平台,对标准技术内容进行演示和验证,可进一步提升标准的实用性和可操作性。

(4)加快开展一批急需的数字化标准编制。智能制造标准的制定,应当采用急用先行,逐步完善的策略。当前,航天制造多处于“数字化制造”的阶段,因此数字化设计、数字化仿真、数字化制造等一系列技术和管理标准,以及数字化车间、数字化工厂建设中所涉及的标准是当前标准制定的重点领域。同时,必须依托数字化基础较好的型号产品以及智能化水平相对较高或者需求较为迫切的企业,

开展标准的制定工作。

(5)开发标准数字化应用平台及工具。纸质文本型和便携式文档格式(Portable document format,PDF)的标准都难以满足航天科研生产中便捷使用的标准需求,标准的载体和形态不发生变化的话,其与航天产品的研发、设计、生产、维护以及企业的经营管理“两张皮”的现象只会越发严重。从美国波音公司大力推进其“标准数字化”的实践来看,在迎接航天智能制造时代到来的同时,标准本身的数字化及相关应用工具的开发也是一项十分重要的工作,比如开发企业中央标准数据库、产品标准向导、产品标准综合管理门户等。

4 结束语

全球制造业格局重大调整推动航天智能制造发展。而标准是实现数据互联互通、协调统一的桥梁和平台,是信息系统、生产制造系统、自动化系统协同互动的必要条件,是实现航天智能制造的重要基石。我国航天制造在面对全球智能制造发展的新形势、新机遇和新挑战中,需要标准先行,以标准为牵引,从顶层谋划,系统梳理现行有效各级各类标准,厘清航天智能制造标准化需求,构建我国航天智能制造标准体系,以便科学有序地开展智能制造标准化工作,拓展标准化工作领域,掌握主动权和话语权,助力航天智能制造不断发展。

参考文献:

- [1] 刘琦,梁丹,陈金存,等. 德国“工业 4.0”对中国航天制造业转型升级的启示与借鉴[J]. 航天制造技术, 2016,2(4):47-49.
LIU Qi, LIANG Dan, CHEN Jincun, et al. Revelation of German “Industry 4.0” to development of China aerospace manufacturing industry[J]. Aerospace Manufacturing Technology, 2016,2(4):47-49.
- [2] 王媛媛. 智能制造领域研究现状及未来趋势分析[J]. 工业经济论坛, 2016,5(3):530-537.
WANG Yuanyuan. Analysis on present situation and future trend of intelligent manufacturing industry research[J]. Industrial Economy Review, 2016, 5(3): 530-537.
- [3] 李金华. 德国“工业 4.0”背景下中国制造强国的六大行动路径[J]. 南京社会科学, 2016,1:8-16.
LI Jinhua. The six paths of China’s manufacturing power under the background of Germany “Industrial 4.0” [J]. Social Sciences in Nanjing, 2016,1:8-16.
- [4] MENRAD K. Innovations in the food industry in Germany[M]. Research Policy, 2004(33):845-878.
- [5] 孙京,刘金山,赵长喜. 航天智能制造的思考与展望[J]. 航天器环境工程, 2015,6(32):577-582.
SUN Jing, LIU Jinshan, ZHAO Changxi. A retrospective and prospective review of aerospace smart manufacturing [J]. Spacecraft Environment Engineering, 2015, 6(32):577-582.
- [6] RUGMAN A M. Fast forward: Improving Canada’s international competitiveness[M]. Toronto, Ontario: Kodak Canada Inc,1991.
- [7] 胡晓瑞. 标准形式的时代创新[J]. 工程建设标准化, 2017,7:62-65.
HU Xiaorui. Forms of standard and amendment of the standardization law[J]. Standardization of Engineering Construction, 2017,7: 62-65.
- [8] PORTER M E. Competitive advantage of nations: Creating and sustaining superior performance [M]. New York, USA: The Free Press, 2011.
- [9] 廖世宾,赵春柳,徐志强,等. 智能化与精密超精密制造[J]. 导航与控制, 2015,14(1):2-7.
LIAO Shibin, ZHAO Chunliu, XU Zhiqiang, et al. Intelligent manufacturing along with precision and ultra precision machining[J]. Navigation and Control, 2015, 14(1):2-7.
- [10] 李铁钢. 数字化设计和制造标准研究[J]. 企业技术开发, 2013,32(4):38-39.
LI Tiegang. Research on the standardization for digital design and manufacturing[J]. Technological Development of Enterprise, 2013, 32(4):38-39.
- [11] 杨志和. 智能制造云服务平台的设计与实现[J]. 上海电机学院学报, 2016,19(6):338-343.
YANG Zhihe. Design and implementation of a cloud service platform for intelligent manufacturing [J]. Journal of Shanghai Dianji University, 2016,19(6): 338-343.
- [12] 李欣茹,黄军英. 典型国家制造业发展战略措施及对我国的启示[J]. 全球科技经济瞭望, 2017,32(5):7-13.
LI Xinru, HUANG Junying. Strategic measures of typical countries in manufacturing development and implications for china [J]. Global Science, Technology and Economy Outlook, 2017, 32(5):7-13.