

### 3.3 账款回收难企业负担重

截至6月底，机械工业应收账款总额已达到5万亿元，占全国工业应收账款总额的近三分之一，同比增长10.39%，增幅比一季度提高近10个百分点。应收账款数额大、回收难导致机械企业普遍存在资金压力，不得不通过加大借贷的方式解决资金周转问题，进而支付高额利息增加成本负担。

重点联系企业统计数据显示，上半年机械企业财务费用同比下降0.27%，而其中利息费用同比增长4.16%。

### 3.4 行业投资复苏乏力(如图8)

随着疫情防控形势逐步向好，机械工业固定资产投资有所回稳。上半年机械工业主要涉及的国民经济行业大类，通用设备、专用设备、汽车、电气机械及器材和仪器仪表制造业投资同比分别下降18%、12.7%、20.9%、17.1%和0.5%，虽较年初降幅均收窄十余个百分点，但仍有四个行业大类的投资增速处于两位数下降状态，且显著低于全国固定资产投资平均水平。民间投资复苏更为迟缓，上半年通用设备、专用设备、汽车、电气机械及器材制造业民间投资同比分别下降19.9%、14.6%、23%和18.8%。

近期专项调查显示，虽有超过六成的被调查企业反馈今年的投资计划仍将继续开展，但投资规模总体呈现缩减趋势。48%的被调查企业预计投资金额同比下降，30%的企业预计降幅超过10%，47%的企业预计投资金额同比将持平。表明下半年机械工业固定资产投资复苏动力不足。

### 3.5 外贸出口压力犹存

经历了3、4月份的回稳后，5、6月份机械工业出口并未延续回升的走势，降幅持续在7%左右水平，海外疫

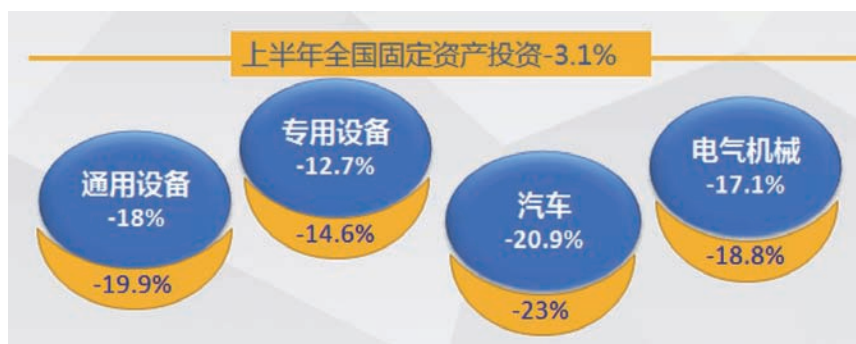


图8

情对机械行业对外贸易的影响仍在延续。近期专项调查显示，64%的被调查企业预计下半年海外订单仍将处于下降状态，21%的企业预计降幅超过20%；27%的企业预计持平；仅9%的企业预计增长。数据表明，下半年机械工业对外贸易出口仍存在较大的下行压力。

## 4 全年走势预测

展望下半年，党中央明确提出要扎实做好“六稳”工作、落实“六保”任务，各地区各部门出台了一系列保护和激发市场主体活力的政策措施，有利于宏观经济的复苏。同时随着各类投资项目的启动与配套资金的下达，交通运输、农田水利、能源等领域的建设已有效推进，直接利好于机械工业的运行与发展。但是应该看到，国内市场大循环尚未完全形成，全球疫情仍存不确定性，国际经贸形势愈发复杂，机械工业依然承受实现全年经济稳增长的巨大压力。6月机械工业运行趋势指数仅为94.28，仍处于临界值之下，表明行业下行压力显著。

对于下半年机械工业主要分行业的发展分析如下：

**汽车行业：**随着国内疫情防控形势持续好转，在国家和地方政府一系列利好政策的推动下，消费市场回暖，

汽车行业产销将持续回升；但海外疫情蔓延也加大了部分汽车零部件供应风险。预计如海外疫情在下半年能得到有效控制，全年我国汽车市场产销同比约下降10%。

**电工电器行业：**受益于国家出台的政策措施，部分火电、水电、风电和光伏等电源类项目的建设投资已启动，电网公司加大了电网投资的力度，为稳定电工电器行业的生产运行发挥积极作用。但海外疫情蔓延对国际合作的影响十分突出，项目洽谈、现场安装、物料进口、国际运输受阻最为明显。预计全年电工电器行业运行比较平稳，营业收入保持小幅增长。

**石化通用设备行业：**上半年疫情蔓延叠加国际油价低迷影响，石油石化装备市场低迷。下半年随着油价的回归，行业运行将有所改善，但全年主要经济指标将会低于上年。

**重型矿山行业：**由于上年末企业订货情况较好，虽遭受疫情影响，但多数企业在手合同能够满足全年生产指标。下半年如没有重大疫情和贸易波动的冲击，预计全年仍会保持一定幅度的增长。

**机床行业：**当前仍处于机床行业转型升级的关键时期，市场需求也处于波动状态。二季度以来机床工具行业主要经济指标降幅已明显收窄，预

(下转25页)

# 智能制造国际标准化发展综述

来源：中国仪器仪表 发布时间：2020-8-19

## 编者按

本文以国际视角综合论述了智能制造关键概念、核心国际标准化组织的主要工作和最新进展，以及各国在智能制造标准化方面的主要举措，供读者参考。

## 1 背景

随着新一轮科技革命和产业变革的不断演进，制造业呈现出数字化、网络化、智能化的发展趋势，智能制造作为支撑变革的源动力，正在不断突破新技术、催生新业态。为了在产业变革中占领有利位置，世界主要制造业发达国家纷纷提出各自的发展规划：美国继2012年提出先进制造业国家战略计划之后，于2019年发布了“美国先进制造业领导力战略”；德国在实施工业4.0的基础上，近期又出台了“国家工业战略2030”；日本提出“机器人新战略”和“社会5.0战略”，加紧在智能制造领域进行战略布局。

在智能制造落地实施过程中，标准作为必要支撑，在协调所有相关方的信息交互、指导新产品开发、保障生产安全、建立用户信心等方面发挥着至关重要的作用。

## 2 智能制造关键概念

### 2.1 智能制造的定义

我国工业和信息化部 and 财政部于2016年印发的《智能制造发展规划（2016-2020年）》中对智能制造概念给出了定义：智能制造是基于新一代信息通信技术与先进制造技术深度融合，贯穿于设计、生产、管理、服务等制造活动的各个环节，具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等功能的新型生产方式。

IEC/TC65（工业过程测量控制和自动化技术委员会）正在制定中的 IEC TR 63283-1 《智能制造 第1部分：术语和定义》（标准草案）对智能制造给出了初步定义：智能制造是以提升制造性能为目标，通过集成化和智能化手段，综合利用网络、物理实体和人员各维度的过程和资源来生成和提供产品与服务，促进企业价值链相关环节协作的制造业。

IEC/TC65与ISO/TC184（自动化系统与集成技术委员会）联合成立的JWG21智能制造参考模型联合工作组在标准草案中对智能制造的概念进行了定义：智能制造是制造业的扩展，其特征是独立的参与方通过利用共享的标准化信息，在策略层面或者运行层面主动地或者被动地在网络体系架构中动态地进行协作，为相关组织提供附加值。

ISO/SAG（工业4.0/智能制造战略顾问组）在研究报告中对智能制造

的愿景进行了描述：智能制造引领敏捷性、实时优化、自组织价值链的实现，可以高度适应快速变化的社会技术环境。这种趋势需要适当的标准化接口和协调的业务流程来支持。

对于智能制造的定义，目前国内国外还没有统一的结论。虽然在一些国际组织中已经取得了部分共识，然而随着技术的发展，大家对智能制造的认识还在不停的变化，它的定义和内涵也在不断延伸拓展。

### 2.2 数字工厂的定义

IEC词汇库(IEV)对数字工厂给出的定义是：数字工厂是通过连续、不间断的数据管理将数字化模型、方法和工具集成在一起的综合网络（包括仿真和3D虚拟现实可视化）。IEC/TC65制定的IEC 62832《数字工厂框架》（标准草案）中给出数字工厂的定义为：生产系统的数字表示（如图1）。

### 2.3 数字孪生的定义

IEC/TC65/JWG21在标准草案中给出的定义是：在一个统一信息架构下，通过建立物理个体和虚拟实体的数字表示，将相互分离的元素进行关联，提供整体生命周期的综合视图（如图2）。

## 3 智能制造核心国际标准化组织

### 3.1 IEC/SyC SM 智能制造系统委员会

鉴于智能制造跨技术领域的

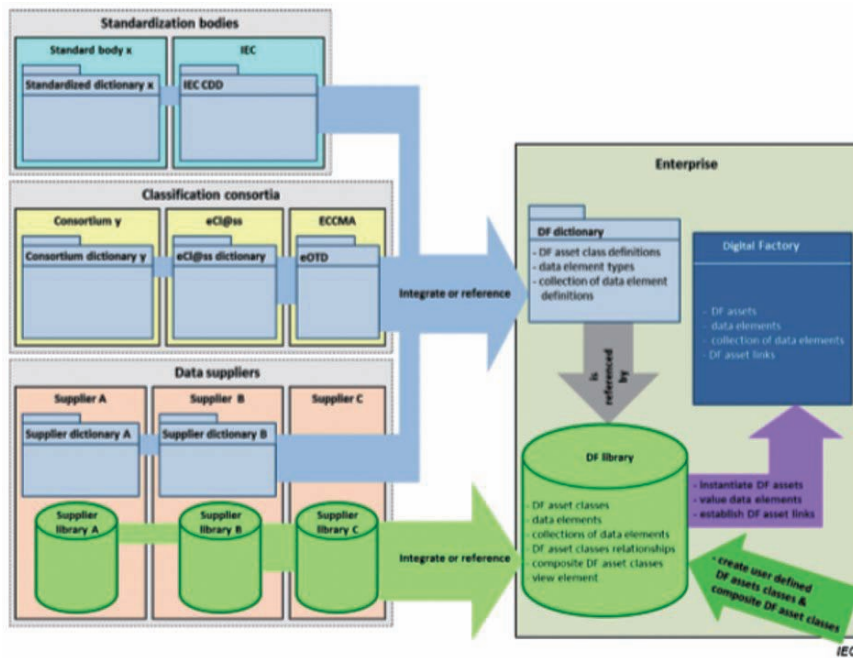


图1 数字工厂框架

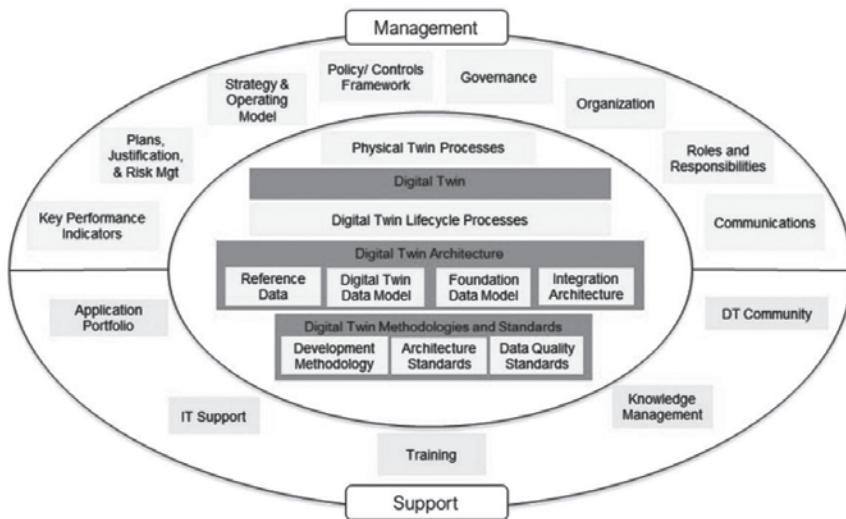


图2 数字孪生范围

特点，国际电工委员会标准管理局（IEC/SMB）在2014年8月专门成立了IEC/SMB/SG8“工业4.0/智能制造战略工作组”，开展智能制造相关的标准体系架构研究工作。2016年该战略工作组改为SEG7“智能制造系统评估组”，开展智能制造相关的参考模型、体系架构、术语和定义、标准路线图、用例等方面的研究。

2018年9月转为IEC/SyC SM“智能制造系统委员会”，负责智能制造标准化的顶层设计和统筹协调，制定智能制造标准全局图，分析市场和行业需求，识别、收集和研发智能制造用例，分析新技术在智能制造中的作用和标准需求等。目前下设WG1“用例和IT工具”、WG2“智能制造术语”、WG3“智能制造成果（架构、用例和

模型)的导航索引工具”、CAG“主席顾问组”，以及由IEC/SyC SM和ISO/SMCC共同成立的OF1“智能制造标准图”工作组，梳理智能制造相关国际标准和术语。

### 3.2 IEC/TC65工业测量控制和自动化技术委员会

IEC/TC65从2012年开始数字工厂国际标准的研制工作，是开展智能制造国际化的核心技术组织。下设TC65/WG23“智能制造框架和概念”、与ISO/TC184联合成立JWG21“智能制造参考模型”、SC65E/AHG1“智能制造信息模型”等智能制造专题工作组，以及TC65/WG16“数字工厂”、TC65/WG24“工业应用资产管理壳”、SC65E/WG12“预测性维护”等智能制造支撑技术工作组。下设4个分委员会：SC65A（系统方面）、SC65B（测量和控制设备）、SC65C（工业网络）和SC65E（企业系统中的设备和集成），共有60个工作组，已制定近400项工业自动化国际标准，特别是智能制造参考架构模型、数字工厂、系统集成、测控装置、通信网络、能效、功能安全、工业信息安全等国际标准已成为国际公认的智能制

### 3.3 ISO/TMB/SMCC 智能制造协调委员会

为了更好的协调ISO在智能制造领域的国际化工作，2015年ISO/TMB（技术管理局）成立了ISO/TMB/SAG“工业4.0/智能制造”战略顾问组，开展工业4.0/智能制造标准战略研究，下设3个子任务组：AHG1标准梳理、AHG2参考模型、AHG3未来标准化需求。2017年，转为ISO/TMB/SMCC“智能制造协调委员会”。主

要工作之一是编写智能制造用例，其目的是展示如何结合不同的技术、资源和领域，例如物联网如何满足供应链、人工智能和装备的需求，应提供用于测试的场景，以易于理解的用例形式组织相关内容，而不是创建一个全面的列表。SMCC将于2020年12月结束新延续的两年工作期，目前需要在结束前向TMB提交报告。

### 3.4 ISO/TC184自动化系统与集成技术委员会

ISO/TC184是ISO在智能制造领域最重要的技术委员会，其工作范围是信息系统、自动化和控制系统，以及集成技术。下设3个分委员会：SC1“物理设备控制”、SC4“工业数据”、SC5“企业系统和自动化应用的互操作、集成和体系结构”。TC184/SC4工业数据分委会中有若干智能制造相关工作组，例如AG1数字化制造、WG2产品特征和库、JWG8制造过程和管理信息、WG12产品数据表示和交换模型及资源、WG13工业数据质量等。SC5的研究内容涉及制造运行管理、制造环境和能效评估方法、企业控制系统集成、工业化和信息化融合评估等重要标准。

### 3.5 ISO/IEC JTC1 信息技术技术委员会

ISO/IEC JTC1工作内容主要包括：传感网络、大数据、物联网、云计算、IT信息安全等。其中SC41“物联网”分委会主要开展物联网架构、物联网互操作、物联网应用方面的标准化工作，SC42“人工智能”分委会下设WG1基础标准、WG2大数据、WG3可信度、WG4用例、WG5人工智能系统的计算方法和计算特性等5个工作组。2014年4月，ISO/IEC JTC1/SWG3规划特别工作组成立了智能机器专题

组，计划从虚拟个人助理、智能顾问和先进的全球工业系统等三个领域开展技术趋势及标准化研究，其中先进的全球工业系统源于“工业4.0”战略。

### 3.6 ITU

国际电信联盟（ITU）主要设置三个部门，即无线电通信部门（ITU-R）、标准化部门（ITU-T）和电信发展部门（ITU-D）。ITU-T成立了未来网络（与云）研究组（ITU-T SG13）和物联网及其应用研究组（ITU-T SG20），将智能制造的标准化作为重点工作内容。为了对新兴技术做出更快的响应，ITU还在研究组内设立智能制造相关技术的焦点组，包括“人工智能和其他新兴技术的环境效率”焦点组（FG-AI3EE）、“面向包括5G的未来网络的机器学习”焦点组（FG-ML5G）和“网络量子信息技术”焦点组（FG-QIT4N）。代表性成果为ITU-T Y.4003《智能制造在工业互联网语境中的概述》。

### 3.7 其它标准组织

IEEE标准协会（IEEE Standard Association, IEEE-SA）是世界领先的标准制定机构，隶属于美国电器工程师学会（IEEE），其标准制定内容涵盖信息技术、通信、电力和能源等多个领域。IEEE标准协会已经制定了900多个现行工业标准，同时还有500多项标准正在制定过程中。目前，IEEE-SA在智能制造领域制定的重点标准包括：IEEE 802.3《工业以太网网络架构》、IEEE 802.1《时间敏感网络（TSN）》、IEEE P2671《智能制造基于机器视觉的在线检测通用要求》、IEEE P2672《大规模个性化定制通用要求规范》和IEEE P2806《智能工厂物理实体的数字化表征》。

美国工业互联网联盟（IIC）成立于2014年3月，致力于构建涵盖工业界、ICT界和其他相关方的产业生态，推动传感、连接、大数据分析在工业领域的标准化。为加快工业互联网产业推广，IIC加快了推动工业互联网相关体系架构研究，并增强了与区域和国际组织间的协作。

目前，在ISO、IEC、ITU等国际组织都在开展智能制造相关工作，其中协调功能最强的IEC/SyC SM和ISO/SMCC，而ISO/SMCC只有协调作用，IEC/SyC SM除了协调还可以制定智能制造顶层指南或核心标准（如术语、用例模板等）。在技术委员会层面，IEC/TC65和ISO/TC184都非常活跃，然而不管在ISO还是在IEC，以智能制造冠以工作组名称的，目前仅存在于IEC/TC65，可以看出IEC/TC65的重要位置。

## 4 智能制造核心国际标准

智能制造领域现行的国际标准包括智能制造参考模型、术语、用例等基础标准，以及数字工厂、语义和数据字典、安全与保障、能效、系统集成、现场总线等支撑技术，见表1。从表中数据可以看出，其中67%的标准（含系列标准）来自于IEC/TC65（如表1）。

## 5 各国智能制造标准化现状

### 5.1 德国

为促进工业4.0的各利益相关方达成共识，德国工业协会BITKOM、VDMA和ZVEI，以及DIN和DKE等标准组织于2016年成立了工业4.0标准化理事会（SCI4.0）。作为与工业4.0相关的所有标准化事宜的联络点，SCI 4.0负责组织标准化活动，把德国的利益



表1 智能制造现行核心国际标准

技术领域	标准编号	名称	所属标委会	当前状态
参考模型	IEC PAS 63088	智能制造工业4.0参考架构模型 (RAMI4.0)	IEC TC65	发布
	PNW 65-815	智能制造的统一参考模型	IEC TC65和 ESO TC184	NP
术语/用例	IEC 63283	智能制造 第1部分: 术语和定义、第2部分: 用例、第3部分: 信息安全建议	IEC TC65	CD
标准图	ISO/IEC TR63306-1	智能制造标准图	IEC/SyCSM	发布
数字工厂	IEC TS 62832-1	数字工厂架构 第1部分通过原则、第2部分模型元素、第3部分生产系统全生命周期管理的数字工厂应用	IEC TC65	CDV
语义和数据字典	IEC 61987 系列标准	工业过程测量和控制过程设备目录中的数据结构和元素	IEC TC65	发布
	IEC 61360系列标准	电气元器件标准数据元素类型和相关分类模式	IEC TC3	发布
	ISO 13584-42	工业自动化系统与集成零件库第42部分; 描述方法学: 构造零件系列的方法	ISO TC184	发布
	ISO 22745	主数据的开放技术词典及应用	ISO TC184	发布
	ISO/IEC Guide77-1	产品属性和分类规范导则	ISO/TMB	发布
	IEC 62683	低压开关设备和控制装置信息交换用产品数据和性能	IEC TC17B	发布
	ISO 10303	产品数据表示和交换	ISO/TEC JTC1	发布
	ISO 29002	特征数据交换	ISO/IEC JTC1	发布
ISO 20534	全球生产网络配置的语义模型	ISO/IEC JTC1	发布	
安全与保障	IEC 61508系统标准	电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全	IEC TC65	发布
	IEC 61511系列标准	过程工业领域安全仪表系统的功能安全	IEC TC65	发布
	IEC 62443系列标准	工业通信网络 网络和系统安全	IEC TC65	发布9项
	IEC TR63069	功能安全和信息安全的协调框架	IEC TC65	发布
	IEC TS 63164系列标准	工业自动化设备和系统的可靠性	IEC TC65	发布
	IEC 62439系列标准	高可用性自动化网络	IEC TC65	发布
	IEC 61010系列标准	测量、控制和实验室用电气设备的安全要求	IEC TC65	发布
	IEC 62890	工业过程测量和控制系统和组件的全生命周期管理	IEC TC65	发布
	ISO/IEC 2700x系列标准	信息技术信息安全技术信息安全管理要求	ISO/IEC JTC1	发布
	IEC 62061	机械安全与安全有关的电气、电子和可编程电子控制系统的功能安全	IEC TC44	发布
	IEC 63325	工业自动化控制系统安全一体化生命周期要求	IEC TC65	发布
ISO 8000	数据质量	ISO TC184	发布	
能效	IEC TR 62837	自动化系统中的能效	IEC TC65	发布
	ISO/IEC 20140	自动化系统和集成能效评价及制造系统的其它环境影响因素	IEC TC65 ISO TC184	发布

(续表)

技术领域	标准编号	名称	所属标委会	当前状态
智能装备	IEC TR 63082-1	智能设备管理第1部分：概念和术语	IEC TC65	发布
	IEC 61298 系列标准	过程测量和控制装置通用性能评定方法和程序	IEC TC65	发布
	IEC 61131 系列标准	可编程控制器	IEC TC65	发布
	ISO/TR 6132	工业自动化系统数控机床操作命令和数据格式	ISO TC184	发布
	ISO/IEC 29182	信息技术传感器网络参考架构	ISO/IEC JTC1	发布
	IEC 63270	预测性维护	IEC TC65	NP
	ISO/IEC/IEEE 21450	信息技术智能传感器接口和执行机构	ISO/IEC JTC1	发布
系统集成	IECPAS 63178	智能制造服务平台制造资源接入集成要求	IEC TC65	发布
	IEC 62453 系列标准	现场设备工具 (FDT) 接口规范	IEC TC65	发布
	IEC 62769 系列标准	现场设备集成 (FDI)	IEC TC65	发布
	IEC 62541 系列标准	OPC统一架构	IEC TC65	发布
	IEC 62264 系列标准	企业控制系统集成	IEC TC65	发布
	IEC 62714 系列标准	自动化标识语言	IEC TC65	发布
	IEC 61804 系列标准	过程控制用功能模块 (FB) 和电子设备描述语言 (EDDL)	IEC TC65	发布
	IEC PAS 63178	智能制造服务平台制造资源接入集成要求	IEC TC65	发布
	ISO 15926	流程工厂的全生命周期数据的集成	ISO TC184	发布
	ISO 22400	制造运行管理的关键性能指标	ISO TC184	发布
工业通信	IEC 61158 系列标准	工业通信网络现场总线规范	IEC TC65	发布
	IEC 61784 系列标准	工业通信网络行规	IEC TC65	发布
	IEC 62601	工业通信网络无线通信网络和通信行规WIA-PA	IEC TC65	发布
	IEC 62948	工业通信网络无线通信网络和通信行规WIA-FA	IEC TC65	发布
	IEC 62591	工业通信网络无线通信网络和通信行规无线HART	IEC TC65	发布
	IEC 62734	工业通信网络无线通信网络和通信行规ISA100.11a	IEC TC65	发布
	IEC 60802	工业自动化的时间敏感网络行规TSN	IEC TC65	CD

相关方聚集在一起。德国工业自动化领域的特点是拥有多家全球知名企业和数量庞大的中小企业。全球标准化是德国标准化战略的一个关键要素。为此，德国标准化组织DIN和DKE制定了《德国标准化路线图4.0》，第4版已于2020年7月发布。

## 5.2 美国

美国依托工业互联网联盟(IIC)、国家标准与技术研究院(NIST)等机构，在智能制造国际标准化活动中开展了大量领跑工作。美国所提出的智能制造参考模型标准为“智能制造生态系统SMS”和“工业

互联网参考架构IIRA”，其特点是充分发挥所擅长的软件和互联网的优势，围绕制造系统，从软件出发打通硬件，掌控跨领域资源与数据，实现各领域的技术生态应用。2016年2月份，NIST发布了《智能制造系统现行标准体系》的报告，总结了未来美国智能制

造系统将依赖的标准体系。

### 5.3 日本

日本工业价值链促进会 (IVI) 是一个由制造业企业、设备厂商、系统集成企业等发起的组织,旨在推动“智能工厂”的实现。针对需要深入研究的领域,IVI成立了相应的先进研究小组委员会 (ASG),形成例如物联网应用、欧洲工业5G趋势、日本战略研究、仿真与硬件的相互补充等标准化研究成果。

机器人革命和工业物联网倡议 (RRI) 是致力于智能制造系统的开发和标准化的工业联盟。在互联产业的五大焦点中,RRI被公认为日本“制造与机器人”的领先组织。RRI还承担了IEC/SyC SM的日本委员会秘书处,建立了多方面的国际合作关系,包括与德国工业4.0平台的合作,双方标准化专家共同发布了多份智能制造应用场景报告。

### 5.4 法国

未来工业联盟 (AIF) 是法国推进智能制造标准化的主要组织之一,在国家层面组织和协调促进法国工业现代化转型的倡议、项目和工作。AIF认为标准化是支持和传播创新的一种方式,参与标准化工作可以提高国家技术水平。AIF确定的具有标准研制优先战略重点包括:协作机器人系统、增材制造、数字孪生以及多材料组装。

### 5.5 中国

我国在工信部、国标委、科技部等部门的支持下,持续推进智能制造工作,取得了一系列成果。目前,我国初步建成国家智能制造标准体系,截至2019年底已发布智能制造国家标准232项,完成国标立项135项,形成标准草案500余项。

在国际标准化方面,我国参与智能制造国际标准化质量水平不断提高。机械工业仪器仪表综合技术经济研究所作为IEC/TC65和IEC/SyC SM的国内技术对口单位,共组织97名中国专家参与了IEC/TC65的52个工作组,承担了多个重要工作组召集人,牵头制定32项国际标准,其中已发布17项,积极将我国智能制造技术成果转化成为国际标准。

此外,我国积极拓展双边、多边合作,例如成立了中德智能制造/工业4.0标准化工作组、中法现代产业合作伙伴等,加深了与有关国家的合作共识,为推动智能制造国际标准化营造协调一致的国际氛围。

## 6 结束语

在多方力量的不懈努力下,我国智能制造有关经验和研究成果在国际标准化舞台上扮演了重要角色,为智能制造国际标准发展贡献了“中国智慧”。我们将继续积极支持智能制造

国际标准化活动,组织相关专家单位共同参与协同一致,不断完善国际标准体系和治理结构,更好发挥标准在国际贸易和全球治理中的作用,做出中国贡献。7

### 作者简介

丁露,博士,机械工业仪器仪表综合技术经济研究所标准与检测中心副主任,教授级高级工程师。现任工业通信(现场总线)及系统分技术委员会 (SAC/TC124/SC4) 秘书长,科技部中德智能制造科技合作工作组秘书。主要从事测控系统、工业通信、可靠性等智能制造核心技术标准化和研究工作。长期负责国际标准化工作,担任IEC/SyC SM/WG1智能制造用例工作组召集人、IEC/TC65/WG22自动化设备及系统可靠性工作组召集人。2012年获IEC专家最高荣誉奖“IEC 1906奖”,2018年获“中国标准创新贡献奖”优秀青年奖。

汪烁,机械工业仪器仪表综合技术经济研究所标准与检测中心国际标准化专员,主要从事工业测控、自动化、智能制造等领域的技术研究及标准化工作。担任IEC/TC65/WG24工业应用的资产管理壳、IEC/SC65E/WG10智能设备管理、IEC/SC65B/PT61987-24公共数据字典等工作组中国专家。2019年代表中国青年专家成功当选全球仅3名的“IEC青年专家领袖”。2018年作为第1完成人荣获中国机械工业科学技术二等奖。