

MT 机械工程导报

Mechanical Engineering Trends

<http://www.cmes.org>

2017 年第 6 期 总第 193 期

世界智能制造模型大盘点 p01

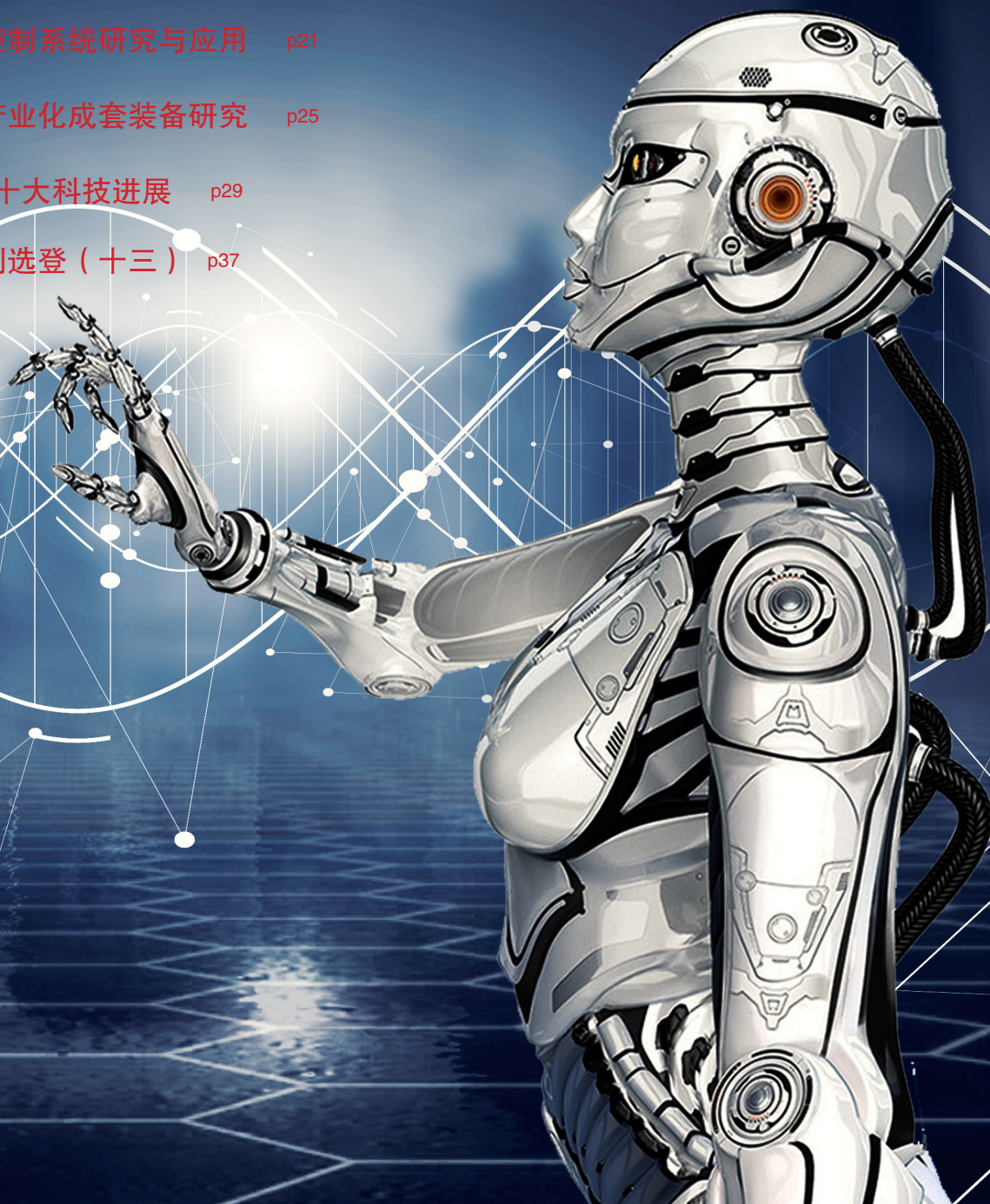
智能制造本质与变革的效益（下） p11

大型磨机智能控制系统研究与应用 p21

数控面制主食产业化成套装备研究 p25

2017 智能制造十大科技进展 p29

中国好设计案例选登（十三） p37



目录

CONTENTS



机械工程导报

MECHANICAL ENGINEERING TRENDS

1998 年创刊
2017 年第 6 期 (总第 193 期)
2017 年 12 月 28 日出版

主办: 中国机械工程学会工作总部
地址: 北京市海淀区首体南路9号
主语国际4号楼11层
邮编: 100048
电话: 010-68799036 (编辑部)
传真: 010-68799050
E-mail: zhongyg@cmes.org
网址: www.cmes.org
主编: 陈超志
责任编辑: 钟永刚
出版: 《机械工程导报》编辑部
发行: 中国机械工程学会工作总部



专家视点 EXPERT OPINION

世界智能制造模型大盘点 01



热点关注 CURRENT POINT

智能制造本质与变革的效益 (下) 11
大型磨机智能控制系统研究与应用 21
数控面制主食产业化成套装备研究 25
2017 智能制造十大科技进展 29



中国好设计 CHINA GOOD DESIGN

中国好设计案例选登 (十三) 37



学会资讯 CMES INFORMATION

创新驱动发展 建设制造强国
——2017 年中国机械工程学会年会在山东济南召开 42

世界智能制造模型大盘点



机械工业仪器仪表综合技术经济研究所 王春喜 王成城 汪烁

一、参考模型是智能制造的准星

智能制造涉及多企业、多领域、多地域信息集成、应用集成和价值集成。构建智能制造标准体系，首先需要建立智能制造参考模型，并且统一其术语定义。智能制造参考模型是一个通用模型，适用于智能制造全价值链所有合作伙伴公司的产品和服务，它将提供智能制造相关技术系统的构建、开发、集成和运行的一个框架，通过建立智能制造参考模型可以将现有标准（如工业通信、工程、建模、功能安全、信息安全、可靠性、设备集成、数字工厂等）和拟制定的新标准（如语义化描述和数据字典、互联互通、系统能效、大数据、工业互联网等）一起纳入一个新的全球制造参考体系。

在 IEC（国际电工委员会）国际标准中确定了十几种关于“参考模型”的定义，经过梳理，其中与智能制造参考模型相关的

定义包括：提供正在处理的问题空间的可视化的抽象结构，提供描述和讨论解决方案的语言，定义术语并提供旨在获得被解决问题相互理解的其他类似的帮助。

参考模型提供的是对关注问题的达成共识的、一致的、通用的模型，它以与实现（具体应用）无关的抽象的方式进行描述。通常会确定参考模型所需术语及其定义，以方便理解与交流。

智能制造参考模型建设的目标如下：

☆对智能制造概念及范围进行统一定义和描述；

☆对现有标准在智能制造中进行定位和分析，并梳理未来智能制造的标准化需求；

☆建立针对智能制造涉及的不同技术的验证平台（测试床），推进新技术的试验验证和标准制定；

☆建立不同领域、不同生命周期阶段、不同技术的应用案例，指导智能制造在企业中的应用和实现。

二、谁在局中定标准

智能制造相关国际组织如图 1 所示，其中最主要的技术组织包括 IEC/TC65（工业过程测量、控制和自动化技术委员会）、ISO/TC184（自动化系统与集成技术委员会）和 ISO/IEC/JTC1（信息技术联合技术委员会）。

IEC/TC65 主要负责工业测量、控制和自动化领域的国际标准化工作，现有 4 个分委会，涉及智能制造的工作组包括：TC65/WG10（工业信息安全）、WG16（数字工厂）、WG19（全生命周期管理）、AHG3（智能制造框架和系统架构）、JWG21（智能制造参考模型）、SC65C/WG16（工业无线）、SC65E/JWG5（企业控制）、AHG1（智能制造信息模型）等。国内对口标委会为 SAC/TC124，秘书处设在机械工业仪器仪表综合技术经济研究所。

ISO/TC184 主要负责自动化系统与集成领域的国际标准化工作，现有 4 个分委会，涉及智能

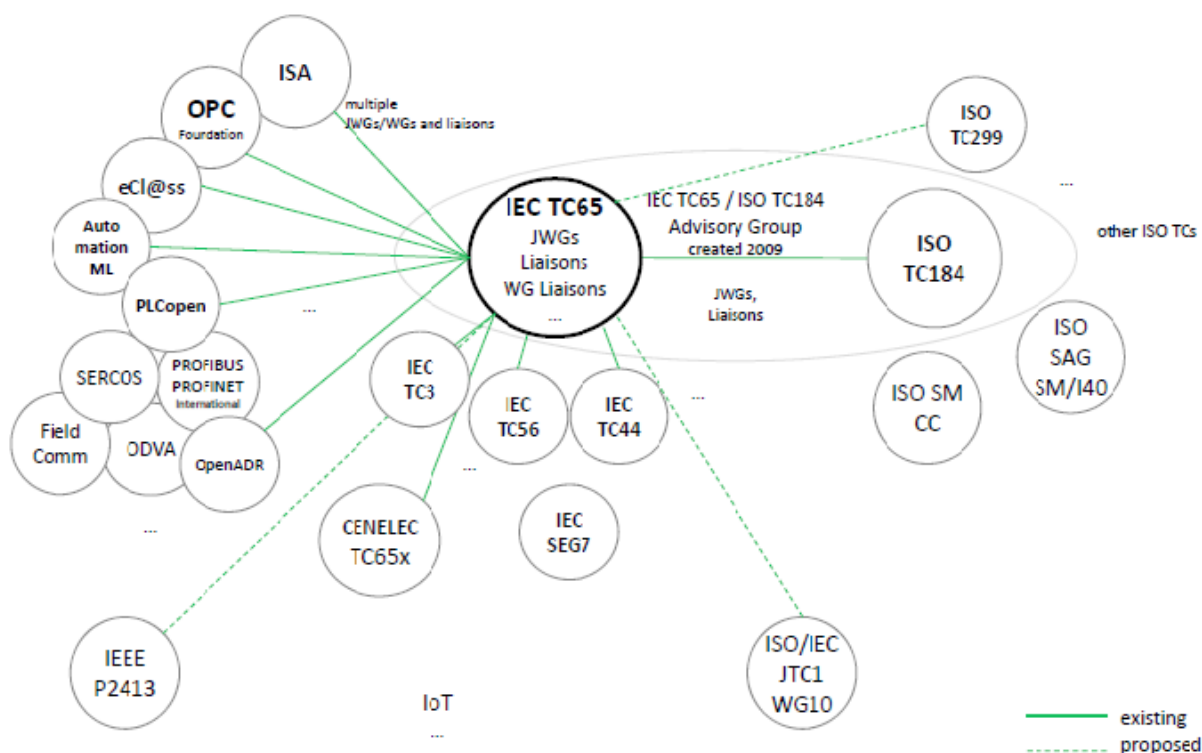


图1 智能制造相关国际组织

制造的工作组包括：SC1（物理设备控制）、SC4/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）和SC5（企业系统和自动化应用的互操作、集成和架构）等。国内对口标委会为SAC/TC159，秘书处设在北京机械工业自动化研究所。

ISO/IEC/JTC1主要负责信息技术领域的国际标准化工作，现有21个分委会，涉及智能制造的工作组包括：WG7（传感网络）、WG7（大数据）、WG10（物联网）、SC25（信息技术设备互联）、SC27（IT信息安全技术）、SC31（自

动识别和数据获取技术）、SC32（数据管理和交换）、SC38（云计算和分布式平台）、S41（物联网和相关技术）等。国内对口标委会为SAC/TC28，秘书处设在中国电子技术标准化研究院。

三、与智能制造相关的参考模型

鉴于智能制造跨技术领域的特点，IEC专门成立了IEC/SMB/SG8（智能制造/工业4.0）战略工作组，并在2016年转化为SEG7（智能制造）系统评估组，开展智能制造相关的体系架构、标准路线图、案例等方面的研究。SEG7国内技术对口单位为机械

工业仪器仪表综合技术经济研究所。

该工作组2017年年初完成了与智能制造相关的现有11种参考模型（见表1）的对比分析报告，本文根据该分析报告进行了进一步梳理、补充和分析总结。

1. 工业4.0（RAMI4.0）参考架构模型（图2）

发布组织：德国工业4.0平台

发布日期：2015年4月

应用领域：制造

特征：

☆基于CEN和CENELEC制定的智能电网架构模型（SGAM）；

☆三个维度：层级结构、生命周期和价值链、类别；

☆强调三个集成：企业内网络化制造体系纵向集成、企业间横向集成、全生命周期端到端工程数字化集成；

☆智能工厂是实现 RAMI4.0 的最小单元；

☆嵌入式智能：所有制造单元都是带有本地软件的嵌入式设备或系统、所有制造单元都具有自组织的计算和通信功能、大量部署各类传感元件实现信息的大量采集、自动化技术实现智能制造单元间的集成；

☆“智能”产品：被制造的产品具有制造过程中各阶段所必须的全部信息（标识、位置、状态、路线）；

☆“自治”制造系统：互联制造单元的自组织（自组织生产）、制造步骤根据订单情况灵活定制（自组织工艺）。

2. 智能制造生态系统 SMS (图 3)

发布组织：美国国家标准与技术研究院 NIST

发布日期：2016 年 2 月

应用领域：制造

特征：

☆三个维度：产品、制造系统、商业，每个维度表示独立的生命周期；

☆制造金字塔是其核心，三个生命周期在这里汇聚和交互；

☆强调在每个维度上制造软件的集成，这将有助于车间层的先进控制，以及工厂和企业层的优化决策；

☆三项优先考虑的变革制造技术：高级传感、控制和制造平台、虚拟化、信息化和数字化制造技术、先进材料制造；

☆八种制造范式：精益制造、柔性制造、绿色制造、数字化制造、云制造、分布式制造、智能制造、敏捷制造。

3. 工业互联网参考架构 IIRA (图 4)

发布组织：工业互联网联盟 IIC

	模型名称	制定组织
1	工业 4.0 (RAMI4.0) 参考架构模型	德国工业 4.0 平台
2	智能制造生态系统 SMS	美国国家标准与技术研究院 NIST
3	工业互联网参考架构 IIRA	工业互联网联盟 IIC
4	智能制造系统架构 IMSA	中国国家智能制造标准化总体组
5	物联网概念模型	ISO/IEC JTC1/WG10 物联网工作组
6	IEEE 物联网参考模型	IEEE P2413 物联网工作组
7	ITU 物联网参考模型	ITU-T SG20 物联网及其应用
8	物联网架构参考模型	oneM2M 物联网协议联盟
9	全局三维图	ISO/TC184 自动化系统与集成
10	智能制造标准路线图框架	法国国家制造创新网络 AIF
11	工业价值链参考架构 IVRA	日本工业价值链计划 IVI

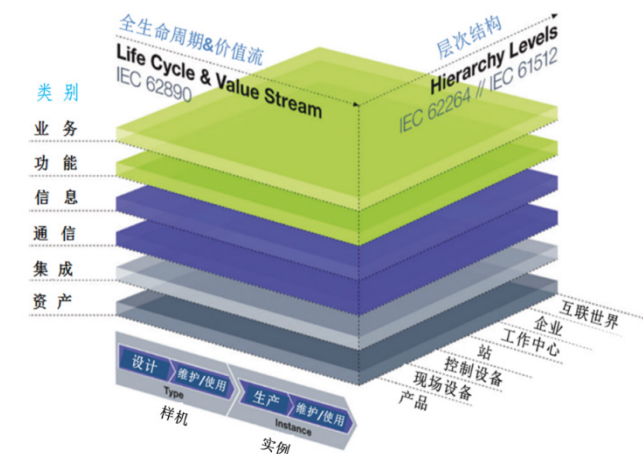


图 2 工业 4.0 (RAMI4.0) 参考架构模型

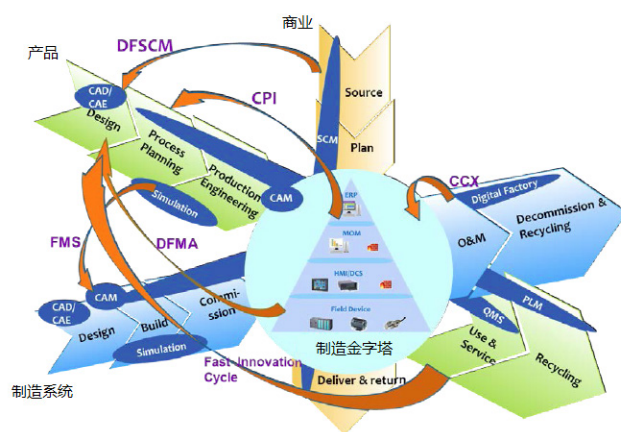


图 3 智能制造生态系统 SMS

发布日期：2017 年 1 月
(V1.8)

应用领域：能源、健康、制造、
运输、公共部门

特征：

☆按照工业互联网系统的关注点可分为四个视角：商业、使用、功能、实现；

☆功能视角表示系统功能元件间的相互关系、结构、接口、交互以及与外部的相互作用，该视角确定了五个功能域组成：商业、运营、信息、控制、应用；

☆正建立垂直领域应用案例分类表，在参考架构下体系化推进应用；

☆以工业互联网为基础，通过软件控制应用和软件定义机器的紧密联动，促进机器间、机器与控制平台间、企业上下游间的

实时连接和智能交互，最终形成以信息数据链为驱动，以模型和高级分析为核心，以开放和智能为特征的工业系统；

☆九大系统特性，包括：系统安全、信息安全、弹性（容错、自修复、自组织等）、互操作性、连接性、数据管理、高级数据分析、智能控制、动态组合。

4. 智能制造系统架构 IMSA (图 5)

发布组织：中国国家智能制造标准化总体组

发布日期：2015 年 12 月

应用领域：智能制造（重点十大领域）

特征：

☆三个维度组成：生命周期、系统层级和智能功能；

☆生命周期是指包含一系

列相互连接的价值创造活动的集成，不同行业有不同的生命周期；

☆相对于 RAMI4.0 系统层级维度做了简化，将产品和设备合并为设备层级；

☆生命周期维度细化为设计、生产、物流、销售和服务，但忽略了样品研制和产品生产的区别；

☆智能功能维度突出了各个层级的系统集成、数据集成、信息集成；

☆唯一地提出了标准体系架构（图 6）；

☆重点解决当前推进智能制造工作中遇到的数据集成、互联互通等基础瓶颈问题；

☆强调五种核心技术装备：高档数控机床与工业机器人、增材制造装备、智能传感与控制装

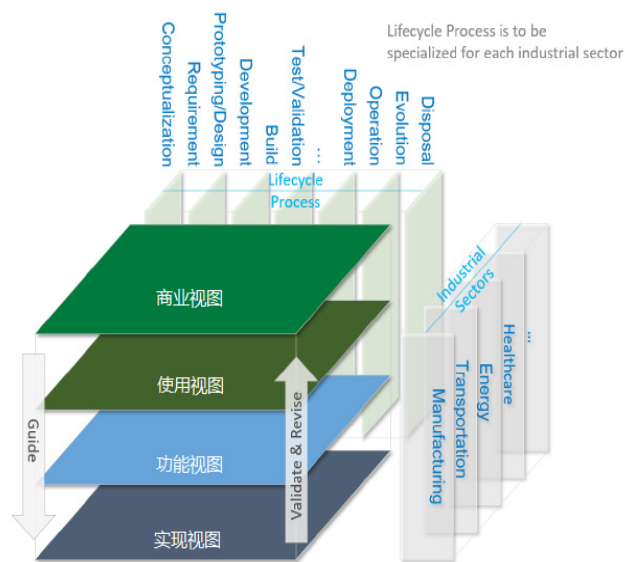


图 4 工业互联网参考架构 IIRA

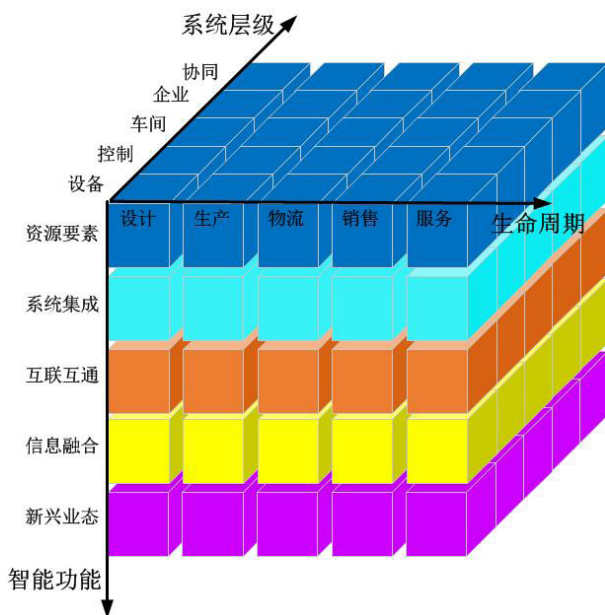


图 5 智能制造系统架构 IMSA（注：新版更新中）

☆定义了多种参考模型及其关系，如物理实体模型、领域模型、通信模型、功能模型、信息模型、完整性模型；

☆旨在协同不同参考模型以

达到相同的系统质量；

☆它使用 ISO/IEC/IEEE 42010 中规定的符号进行描述。

7. ITU 物联网参考模型(图9)

发布组织：ITU-T SG20 物联



图8 IEEE 物联网参考模型



图9 ITU 物联网参考模型

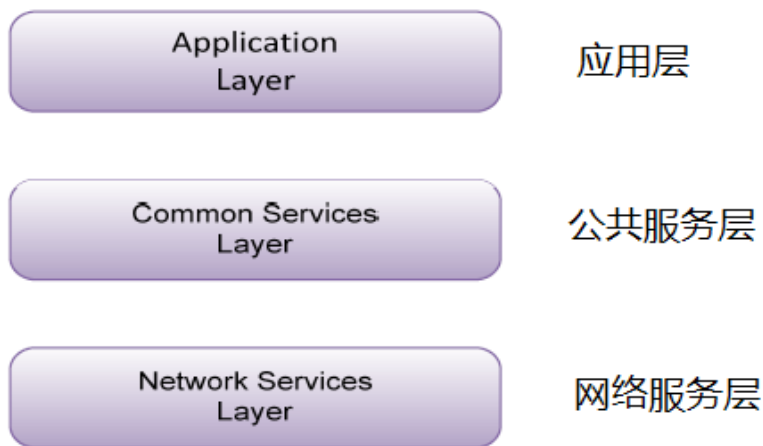


图10 oneM2M 分层模型

网及其应用

发布日期：2012年6月 (ITU-T Y. 2060)

应用领域：智能交通系统、智能电网、健康医疗(eHealth)、智能家居等

特征：

☆具有四个层次：设备层、网络层、服务支持和应用支持层、应用层；

☆具有两个跨层能力：管理能力、安全(security)能力；

☆强调三方面的互联和通信：任意物体(Any THING)、任意时刻(any TIME)和任意地点(any PLACE)。

8. 物联网架构参考模型(图10)

发布组织：oneM2M 物联网协议联盟

发布日期：2015年6月 (TS-0001-V2.2.0)

应用领域：能源、智能交通、健康医疗、公共服务、商业、智能家居等

特征：

☆包括三个层次：应用层、公共服务层、网络服务层，使用三层模型以支撑端对端的M2M服务；

☆专注于物联网应用层标准的制定，以实现各领域间的信息互通，包括：用例、接口、互操作、安全等。

9. 全局三维图(Big Picture 3D diagram)(图11)

发布组织：ISO/TC184 自动化系统与集成

发布日期：2016 年 12 月

应用领域：航空、汽车、生物技术、化学、建筑、国防、电气工程、食品、制鞋等

特征：

☆旨在使用“全局图”矩阵来识别已有标准在制造系统各层级中定位、缺失和重叠，帮助确定新标准需求；

☆由三个维度组成：角色层级（企业的层次结构）、价值链（从供应、操作、销售到客户支持的制造链）和全生命周期（标准覆盖的全生命周期的各阶段）。

10. 智能制造标准路线图框架（图 12）

发布组织：法国国家制造创新网络 AIF

发布日期：2016 年 12 月

应用领域：制造

特征：

☆旨在提供现行标准的映射和连接，例如 ISO/IEC 和实用标准，以便通过未来工厂数字模型描述行业活动（产品、生产、供应链、工业服务）；

☆框架介绍了一种分析过程：（步骤 1）给出描述标准蓝图的信息模型。（步骤 2）将现有标准填入步骤 1 中的信息模型，形成标准库。（步骤 3）根据需求过滤标准库，建立不同的图形表示，用于理解问题并做出决策。

11. 工业价值链参考架构

IVRA（图 13）

发布组织：日本工业价值链计划 IVI

发布日期：2016 年 12 月

应用领域：制造

特征：

☆智能制造单元（SMU），表示智能制造的一个自主单元。是面向工业需求的多样性和个性

化的复杂系统（SoS），通过制造单元的互联互通，极大地提高其生产力和生产效率；

☆ SMU 由三个轴组成，即资产、活动和管理视角；

☆提出建立企业间“宽松接口”标准框架（图 14）。利用宽松定义的标准，企业可根据自身实际情况，从大量模型中选择出

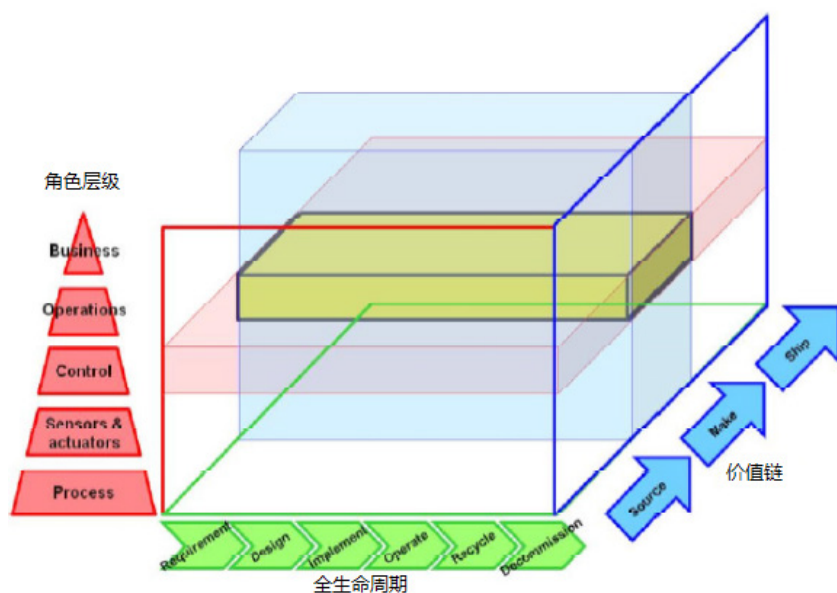


图 11 全局三维图

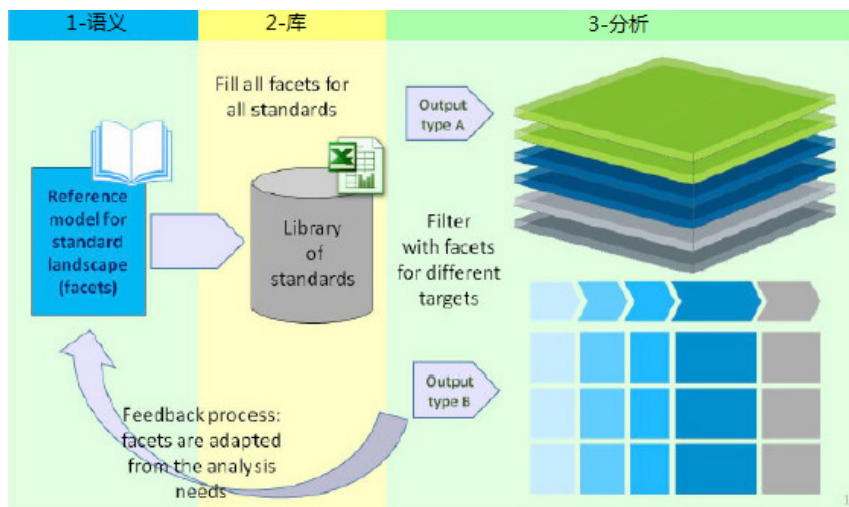


图 12 智能制造标准路线图框架

一种最为适合的模型，而不必为了遵守唯一的公共模型而过多地改变业务流程，如此可令更多的开发者和企业接受并使用参考模型，形成良性循环。

☆参考模型是宽松标准的核

心内容。参考模型构成要素及构造不能太细致也不能太笼统，应只规定问题的共通部分。通过参考模型规定内容的粒度及精度，设计不同竞争合作的界限，拥有引导企业合作共赢的力量。

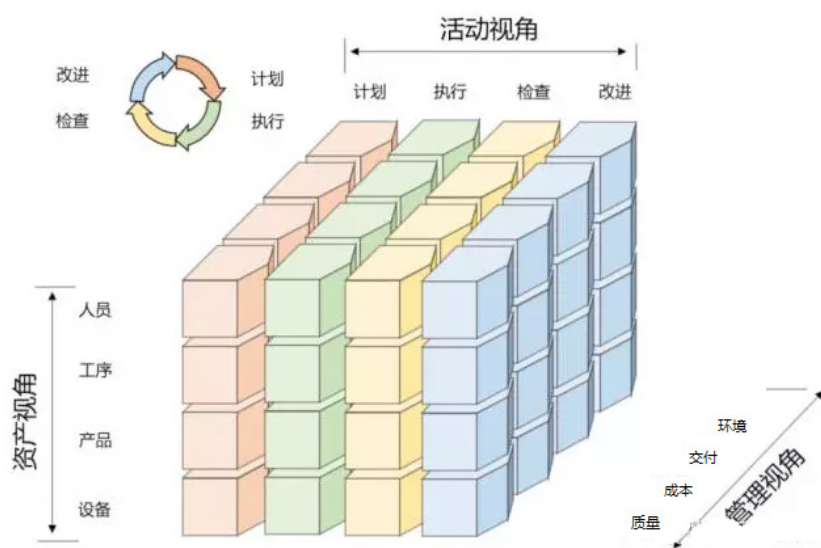


图 13 工业价值链参考架构 IVRA

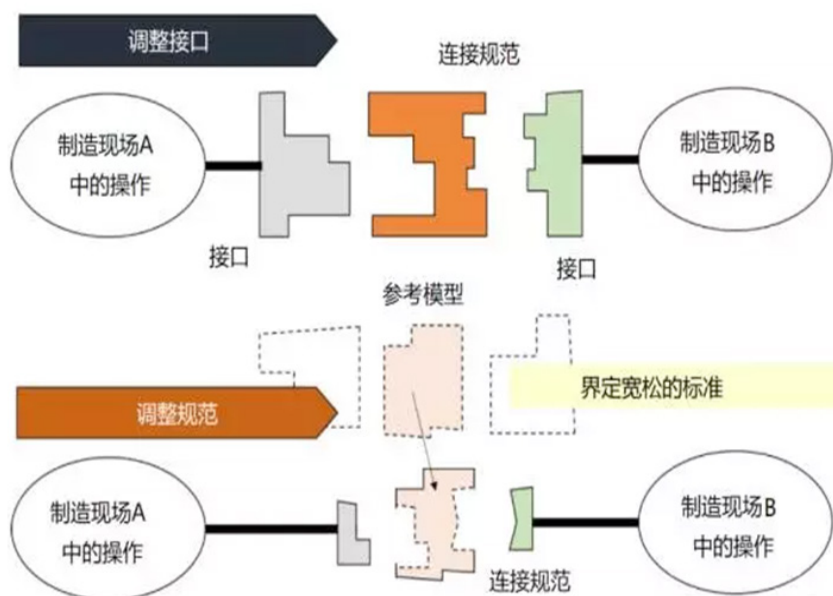


图 14 “宽松接口”标准框架

四、智能制造参考模型对比研究

以下从 4 个视角 18 个方面对上述参考模型的描述能力进行对比分析。物理方面对应 RAMI4.0 中“层次结构”（物理空间），逻辑方面对应 RAMI4.0 中“类别”（信息空间）。分析结果如表 2 所示。

综上所述，可以得出以下分析结果：

（1）国家智能制造参考模型主要面向制造业，国际组织智能制造参考模型面向多个应用领域：

☆面向制造业：德国工业 4.0、美国智能制造生态系统、中国智能制造系统架构、法国国家制造创新网络、日本工业价值链计划；

☆面向多个领域（如商业、能源、健康等）：其他参考模型。

（2）智能制造参考模型更复杂，多为三维结构；而物联网参考模型相对简单，多为二维结构：

☆ 7 个智能制造参考模型，其中 6 个是三维结构；

☆ 4 个物联网模型都是二维结构；

☆例外：法国国家制造创新网络 AIF 是二维结构，提供分析方法，不完全是参考模型。

（3）大多数模型广泛涵盖逻辑方面，部分模型涵盖物理、生命周期和综合方面，其中 4 个物联网模型基本只涵盖逻辑方

面。同时，我们认为：对于智能制造而言，生命周期方面的描述能力尤为关键。

(4) 有 4 个模型描述了“互联世界(Connected World)”能力，以表示不同企业之间的连接（例如，工厂和能源管理提供商之间、工厂和运输运营商之间），这方面能力对企业间集成和协同很重要，但目前的标准还都局限于单个企业内部。

(5) 只有 3 个模型描述了“产品”能力，以描述被制造的产品在制造过程中各阶段应具有的全部信息（标识、位置、状态、路线等），“产品”能力对生产过程智能化的实现很重要。

(6) 只有 5 个模型描述了

“安全”能力，但安全（尤其是信息安全）是智能制造企业应用必须解决的关键问题。

(7) “德国 RAMI4.0 模型”和“智能制造生态系统 SMS”对比分析：

☆ RAMI4.0 生命周期轴定义为“样机 / 实例”，但可以表示 SMS 模型中定义的产品生命周期、生产系统生命周期和供应链生命周期；

☆ 层级结构都基于相同的标准（IEC 62264-1 和 IEC 61512-1），但 RAMI4.0 增加了两个层级：产品、互联世界。

(8) “德国 RAMI4.0 模型”和“工业互联网参考架构 IIRA”对比分析：

☆ RAMI4.0 更着重于设计与

制造；而 IIRA 着重于设备管理与维护；

☆ RAMI4.0 更关注生产过程智能化和虚拟化；而 IIRA 更关注大数据和云计算；

☆ RAMI4.0 是以西门子、库卡、SAP 等公司为主导，希望从硬件打通到软件；而 IIRA 是以 GE、IBM 等公司为支持，侧重于从软件出发打通硬件；

☆ RAMI4.0 深入制造业各环节；IIRA 掌控跨领域资源与数据，如图 15 所示。

五、ISO/IEC 智能制造参考模型相关工作组

ISO/IEC 智能制造参考模型

表 2 现有参考模型分析对照表

视角	描述能力	RAMI4.0 (I4.0)	IIRA (IIC)	IMSA	NIST SMS	JTC1/WG10	IEEE P2413	oneM2M	ITU-T SG20	ISO TC184	AIF	IVI
逻辑方面	用例		×									
	商业（应用）	×	×	×					×	×	×	×
	信息	×	×	×				×		×	×	×
	通信	×	×	×				×	×	×	×	
	功能	×	×			×	×	×	×	×	×	×
	集成（网络空间）	×	×	×						×	×	×
	资产（物理空间）	×	×	×					×		×	×
	系统模型表示					×	×					×
物理方面	企业间交互（互联世界）	×		×							×	×
	生产系统的层级（ISA-95/88）	×		×	×					×	×	
	产品	×								×	×	
生命周期方面	元生命周期（样机 / 实例）	×	×	×							×	
	产品生命周期	×		×	×					×	×	
	制造系统生命周期	×		×	×					×	×	×
	供应链 / 价值链	×		×	×					×	×	×
	服务生命周期	×										×
综合方面	信息安全 / 安全 / 隐私		×	×					×		×	×
	规则 / 商业习惯										×	

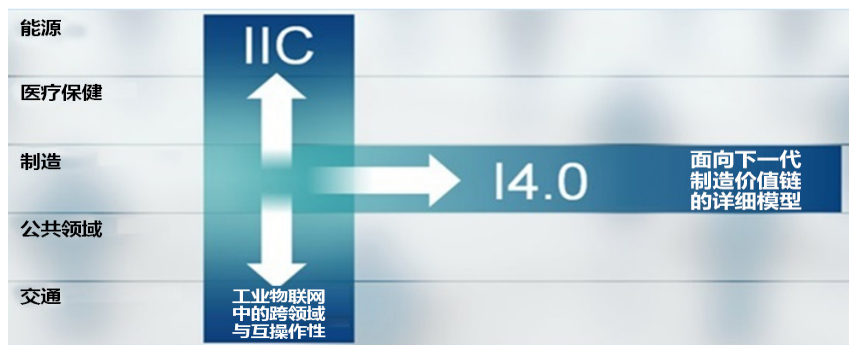


图 15 RAMI4.0 和工业互联网 IIRA 模型对比

相关工作组主要包括：IEC/TC65/WG16（数字工厂）、IEC/TC65/AHG3（智能制造框架和系统架构）、IEC/SC65E/AHG1（智能制造信息模型）、IEC/SMB/SEG7（智能制造系统评估组）、ISO/TMB/SAG（工业 4.0 战略顾问组）和 IEC/TC65/JWG21（智能制造参考模型）等。

1. IEC/SMB/SEG7（智能制造系统评估组）

2014 年 8 月，IEC/SMB（标准管理局）成立了 SG8“工业 4.0/智能制造战略工作组”，开展智能制造标准战略和标准体系研究。2016 年 6 月，该工作组转为 SEG7“智能制造系统评估组”，工作范围包括：扩展市场和商业驱动力；提供现有标准清单；加强国际合作；扩展智能制造企业内通用价值链的定义，识别相关用例，发现现有标准与企业应用的差距；确定智能制造标准化路线图、标准体系、标准化需求和符合性测试；制定用例的统一描述方法；给出下一步工作建议等。

下设三个任务组，TF1（标准）

梳理标准化现状和差距；TF2（用例）收集各领域用例及在参考模型中如何使用；TF3（模型和架构）收集各国际组织正在制定的智能制造参考模型，为制定统一参考模型做准备。

2. ISO/TMB/SAG（工业 4.0 战略顾问组）

2015 年 6 月，IEC/TMB（技术管理局）成立了 SAG“工业 4.0 战略顾问组”，开展智能制造标准战略和标准体系研究。2016 年 6 月，该工作组转为 ISO/SMCC（智能制造协调委员会），工作范围包括：工业 4.0 相关的标准化工作现状；识别新制定标准需求；TMB 行动建议；跟踪其他国家、地区、国际相关标准化活动，提出与合作组织（尤其是 IEC/SMB/SEG7）的合作机制。

3. IEC/TC65/JWG21（智能制造参考模型工作组）

ISO 和 IEC 联合成立了 IEC/TC65/JWG21（智能制造参考模型工作组）制定智能制造统一参考模型。目前已发布 IEC PAS 63088 Ed1《智能制造参考模型

工业 4.0 (RAMI4.0)》，作为制定统一参考模型的基础。2017 年 7 月 19 日～20 日在法兰克福召开首次会议。

六、总结

不同国家、不同组织已制定了不同领域/生命周期/规模/颗粒度的参考模型，需要通过消除重复交叉和阐明核心内容，将这些模型合并为统一的智能制造参考模型。

智能制造参考模型的制定应考虑以下问题：

☆基于分层控制模型经典的制造系统体系结构正在向基于分布式自组织制造服务发展的新体系结构进化和演变；

☆被制造的产品将成为真正的“生命体”，具有制造过程中各阶段所必须的全部信息（标识、位置、状态、路线），及自组织、自诊断、自恢复等能力；

☆标准和安全的参考模型不可或缺的内容，是实现系统间和企业间集成和互联互通的基础和保障；

☆根据参考模型提炼企业用例是推进智能制造落地实施的加速器。

今年我国智能制造参考模型和标准体系即将修订，应进一步对现有参考模型进行分析、消化和吸收，并结合目前 2.0、3.0 和 4.0 并存的国情开展工作。MT

智能制造本质与变革的效益（下）



美国信息技术与创新基金会 STEPHEN J. EZELL

（接上期）

发动机和飞机所产生的数据流改变了喷气式发动机制造商们所能提供的服务和支持性产品。发动机能够产生大量的信息。仅一架波音 737 飞机的发动机在飞行过程中每小时就能产生 20TB 字节的数据。从纽约飞往伦敦的航班共要飞行八个小时，而且飞机配有双发动机，这一过程中就可以产生 320TB 字节的数据。通用电气航空发动机公司全程跟踪发动机飞过的每一英里的具体状况——温度、湿度、高度、空气中的微粒（例如灰尘）。因此，当通用电气公司向航空公司——例如：阿联酋航空公司（Emirates）、德国汉莎航空公司（Lufthansa）、西南航空公司（Southwest）或美国联合航空公司（United）——的发动机维修项目投标时，能够基于合同中每台发动机的历史使用情况和经历给出报价。同样，劳斯莱斯利用物联网收集喷气式飞机发动机使用情况的实时数据，在提高

发动机运行寿命，帮助公司引入“零基础破坏”等新服务的同时最大限度地降低了运营成本。有分析表明，劳斯莱斯“按小时出售功率”的商业模式配合发动机实时监控，在 2014 年为其节省了 4 亿~6 亿美元，并将带动公司的年收入增长超过 10 亿美元。

而波音公司则利用现代飞机所产生的数据流，来检测和诊断飞行途中的潜在问题。一旦确认任何问题，飞机将通过门户网站 MyBoeingFleet.com 将相关信息传递给在下一个机场待命的航空公司维修技师。这些遍布全球的维修技师则可以随时准备好相应的零部件，以便飞机落地后可以尽快进行必要的维修。这样的智能分析能够让航空公司采取积极的维护计划，有助于了解动态情况、消除低效率、节省资金、减少等待时间。通过无缝整合来自世界各地的数据，波音公司能够帮助航空公司改进自身产品，对于乘客来说，这样可以减少航班延误情况、降低成本与潜在风险，

提高旅途可靠度。

施乐公司（Xerox）则是又一个“服务化”商业模式成功的典型案例。施乐公司将其核心的复印机和打印机业务从产品转变为服务，引入“打印管理服务”（Managed Print Services），通过该服务，施乐公司拥有并监管客户所有的复印机和打印机，依据打印页数向其收费。然而，为了实现这一点，施乐公司必须在旗下所有复印机和打印机上配备传感器（包括在感光鼓、送纸器托盘和墨盒上），只有这样才能确保运算的准确性。该服务将固定成本转为变动（更可控）成本，使施乐公司的客户也有所获益，比如宝洁公司（Proctor & Gamble）就发现他们的纸张用量减少了 40%，公司成本降低了 25%。

瑞典商用车的一流制造商斯堪尼亚汽车公司（Scania AB）也在逐步转向以服务为主的商业模式，专注于包括物流、维修和其他服务在内的车队管理服务。

事实上，斯堪尼亚汽车公司目前总收益的六分之一来源于新服务，而这些服务则都是通过车辆内置无线通信实现的。像这样的例子在其它行业中也屡见不鲜，但此处的核心观点是智能制造和智能产品携手共进。

四、智能制造的整体效益

智能制造技术的应用在企业和公司（包括企业内的多个运行机构，比如：研发和生产设施）层面以及整个行业和供应链层面带来了巨大的生产效益。这些效益积累起来便为国家带来了整体性的经济效益。

有证据显示，部分率先对智能制造技术和相关理念进行投资的制造商都已获得了巨额回报。例如，美国一家龙头汽车制造商通过大力开发物联网和数据分析能力，在2011年至2015年的5年间为企业节省了20亿美元。而在航空业中，维护效率每增加1%，整个行业每年就能节省近20亿美元。需要重申的是，正是由于信息技术系统的应用，这些效率提升才成为可能。这也解释了为什么布林约尔松（Brynjolfsson）、希特（Hitt）与金（Kim）三人调查发现，相比于公司对于其它信息通信技术的投资，以数据驱动决策的公司的产出和生产力要高出5%~6%。

然而，根据智能制造领导联盟（SMLC）的估算，仅仅在工厂（比如：车间）层面，如果能够按需高效利用各项资源和供给，结合高度优化的硬件设施和智能制造技术，将会带来以下结果：

- 整体运营效率提高10%；
- 能源效率提高25%；
- 消费品包装减少25%；
- 安全事故减少25%；
- 周期时间减少40%；
- 用水量减少40%。

此外，智能制造领导联盟对于企业采用智能制造技术，缩短产品开发周期、降低成本等方面也做了量化的评估。据估计，建模仿真成本将下降80%，而投放目标行业的产品面世速度将整体提升10倍。

综合考虑这一影响分析结果与美国广阔的工业基础，智能制造领导联盟预计智能制造能够使公司从相应的新产品和服务中获得25%的新增收入，同时给临近行业也带来25%的收入提升。智能制造领导联盟进一步预测，智能制造可拓宽中小制造企业的潜在市场，并为所有的制造商（大企业和中小企业）创造更多高技术要求的工作岗位。在此值得重申的是，制造业的工作岗位将产生巨大的就业乘数效应。在美国的经济环境中，平均每创造一个制造业的工作岗位就能为其它四个工作岗位提供支持，但如果该工作岗位属于先进制造领域，就

业乘数将增至16。正如诺斯布奇（Nosbuch）和伯纳德（Bernaden）两位专家所说，“随着工厂变得更加‘智能’和先进，就业乘数也会显著增加。在某些先进制造业部门，比如电子计算机制造业，乘数效应高达16倍，也就是说，每1个制造业工作岗位将为其它15个工作岗位提供支持。”

在更广泛的层面上，据市场情报公司国际数据公司（IDC）估计，未来四年，由数据驱动的“智能制造”将通过以下两种方式产生3710亿美元的全球净值：

1) 利用数据创造价值；2) 简化设计过程、减少工厂操作和降低供应链风险。麦肯锡全球研究院则预测会有更为显著的收益：截止2025年，世界范围内的工业物联网每年将产生高达1.8万亿美元的新增价值。

巨大的增长数字背后，我们也必须深刻认识到智能制造将如何改变制造业的本质，尤其是智能制造将缩短生产运行时长（大规模定制），提高经济效益。弹性工厂和运用IT技术优化的供应链将改变制造过程，促使某些制造商开始更多地针对个体客户需求生产定制产品，比如特定剂量的药物。正如戴尔（Dell）开创了接单生产的个人电脑革命，特斯拉也在汽车行业展示了类似的转型——允许客户通过线上指导，将所需的个性化功能导入到他们的汽车中。

事实上,在未来无论是巧克力棒、汽车、泳镜、运动鞋、助听器、假肢还是其它什么物件,科技将不断提高个性化产品的成本效益。高效生产所需规模缩小,所需的经济体量减小,这很可能产生两个重要的影响:首先,它将使小型制造商比以往更容易获得市场份额,特别是对于那些想要更加个性化的产品并且愿意支付适度价格溢价的客户。欧特克公司的坦布瑞尼认为,这将是全新模式的突破,即“创业者或企业家可以再次与大公司竞争并给市场带来创新”。

第二,智能制造,通过提高劳动生产率和降低高效生产所需的批量规模,可能会实现更多的本地化生产(即“在岸”生产)。世界经济论坛(World Economic Forum)观察指出,“通过与数字系统和数据科学、自动化和自适应过程相结合,智能制造使生产更加贴近市场和需求”。在前两次制造技术转型过程中,技术发展推动实现了区域化分散生产。采用大规模生产意味着长时间的生产运营,并且需要通过搜寻低工资区域来降低劳动成本。随着智能制造提高了劳动生产率,劳动力成本相对于总成本将减少,使处于成本边界上的制造业更容易扎根到劳动力成本较高的地区。同时,智能制造将提高生产车间所需的技能水平,这会

让那些传统低工资国家中只拥有有限技能的工人更难获得工作。最后,通过减少有效的最小生产规模(部分得益于定制化生产),智能制造能够以更为经济可行的方法将生产地点靠近客户群,这意味着需要在高收入国家进行生产制造。

的确,智能制造技术将会使具有竞争力的制造业企业越来越多地出现于高成本环境之中。例如,洛桑大学(University of Lausanne)苏珊娜·特莱维尔教授(Suzanne de Treville)开发了一种供应链分析工具,旨在帮助企业对本地制造的优势进行定价和量化分析。其分析结果更为清晰,低工资国家的竞争对手虽然能够降低成本,但这并没有看上去那么诱人。运用量化金融工具分析需求动力时,也可以免费使用特莱维尔教授研发的一款软件——成本差异边境(CDF)价格计算器,该软件能够让制造商对因交付时间增加而产生的需求波动进行定价。许多公司通过这项工具发现,因需求波动增大引起的供应链错配,增加的费用往往大于因选择离岸供应商而减少的成本,同时发现选择离岸生产并不划算。在此分析基础之上,量化分析潜在需求峰值的影响,企业应依据时间敏感度重新考虑成本分配问题。总的来说,该工具帮助制造商更好地理解波动性,从而以更有利的方式贴近市场进行生产(不要求相应补贴)。

总之,在现代制造业中,对于将创意、设计、系统开发、生产和供应链管理设在同一地区有了越来越多合理的经济学解释。这颠覆了以往将研发设计与生产阶段相隔离的旧有制造模式,比如劳动密集型产业制造商寻求更廉价的海外生产地。简言之,智能制造使美国制造商不再仅仅追求低成本、程式化的商品生产,转而开始注重提高在美国生产具有更高附加值、更高利润率零件和产品的能力。世界经济合作与发展组织于2013年发布了一份名为《互联经济体:受益于全球价值链》(Interconnected Economies: Benefitting From Global Value Chains)的报告,宣称“迄今为止,几乎没有证据证明技术变革的浪潮使得全球价值链发生转移”,但事实是,第五次技术浪潮正在迅速成熟并将对全球生产链产生重大影响。

五、相互竞争的各国如何支持智能制造

一些国家认识到了智能制造对工业未来的重要性,并已经开始实施相关政策和项目,旨在支持国内制造商对智能制造技术的研究、开发和部署。以下部分简要介绍了中国、欧盟、德国、瑞典和英国的主要智能制造战略,表1提供了战略内容摘要。

1. 中国

2015 年 5 月，中国国务院发布《中国制造 2025》（China Manufacturing 2025），该计划旨在用 10 年时间将国家建设成为“世界制造大国”，并重点提出强化智能制造能力。2016 年 3 月 31 日，中国工信部（MIIT）公布了《智能制造试点示范 2016 专项行动实施方案》，其中包括智能制造试点的详细时间表，公司将依据该方案的要求利用多种智能技术对其各项设施进行升级。该计划包括 60 个试点项目，涵盖多个中国工业部门，具体指示如下：

- 利用智能技术升级独立制造部门（如电子信息、机械、航空、航天、汽车）；

- 利用智能技术升级流程制造部门（如石油勘探、石油化工）；

- 促进集成电路、通讯产品、机械、汽车、家用电器等相关行业的“网络联合制造”；

- 利用云计算实现数字产品和其他相关行业大规模定制化。

2016 年 4 月，工信部对《智能制造试点示范 2016 专项行动实施方案》又做了补充，发布了《2016 年创新推动工业化和信息化整合专项实施方案》（Implementation Plan for 2016 Special Project on Innovatively Promoting the Integration of Industrialization and Informatization）。该计划敦促中国制造商们将下一代信息技术纳入其制造流程。该计划包括以下目标：

- 打造基于互联网的服务平台，促进创业和创新，旨在让 50% 以上的重点行业龙头企业能够使用此类平台；

- 培养一批使用云计算和行业大数据的服务平台，实现“行业云企业用户”年增长 20%。

为实现上述目标，《创新推动工业化和信息化整合》计划提出了七大优先工作流程，其中包括开始发展信息物理系统（CPS）测试与评估平台和验证测试机床，启动网络物理系统试点，并制定相关标准。

最后，为了帮助这些计划和其它项目筹措资金，2016 年 6 月，中国国家发展和改革委员会、财政部以及工业和信息化部宣布将启用一笔 30 亿美元（200 亿元人民币）的资金，用以投资先进制造部门，促进传统产业的现代化建设，以及推动高端制造业发展。这笔资金的出资方包括：中国中央财政部、国家开发投资公司以及中国工商银行。

表 1 各个国家智能制造政策 / 项目总结

国家	智能制造政策 / 项目	投入水平
奥地利	与工业 4.0 相关的研发项目	2.5 亿欧元（近 2.8 亿美元）
中国	中国制造 2025（China Manufacturing 2025 Program）；智能制造试点示范 2016 专项行动实施方案（Implementation Plan for the 2016 Intelligent Manufacturing Pilots Special Project）	该项目具体投资金额尚未可知，不过中国在“先进制造”上投资已超过 30 亿美元
欧盟	“未来工厂”（Factories of the Future）计划号召“领导部署主要的支持性和工业技术”	70 亿欧元（78 亿美元）（至 2020 年 7 年的总额）
德国	帮助工业协会、研究机构和公司创造工业 4.0 实施战略	5 亿欧元（近 5.5 亿美元）
瑞典	“智能工厂”（Smart Industries）战略	1.63 亿瑞典克朗（近 1800 万美元）用于多个支持智能制造的项目
英国	高价值制造发射中心，由 7 个先进制造技术研究所构成，其中包括制造技术中心（MTC）	1.4 亿英镑 / 2.2 亿美元（未来五年总额）
美国	至少 4 个制造业创新研究所（IMIs）：数字制造和设计技术创新研究所（DMDII）；美国制造计划（增材制造）；智能制造的清洁能源制造创新研究所；先进复合材料制造创新研究所（编者注：原文成稿于 2016 年 11 月，至 2017 年 11 月美国已有此类创新研究所 14 个）	4 个研究机构总共：公共投资 2.4 亿美元；非联邦投资 4.6 亿美元，包括私营部门财团伙伴

简言之，中国政府已经采取了几项重大举措，并确保国家制造业能尽快采用和接纳智能制造技术和流程进行了充足的投资。弗若斯特沙利文公司（Frost and Sullivan）的分析师保罗·泰特（Paul Tate）指出：“总体而言，这一新战略《中国制造 2025》的目标是要让中国达到与其它工业化国家（比如美国 and 德国）相当的水平……加快采用数字技术和先进的生产方式。”

2. 欧盟

和中国一样，欧盟也加大了投资力度，以确保其在智能制造方面的竞争力。欧盟的“地平线 2020”项目计划在 2020 年之前拨出 170 亿欧元（约合 190 亿美元）用于“领导部署主要的支持性和工业技术”，其中就包括先进制造技术。在历时 7 年的“地平线 2020”项目（2014-2020 年）期间，欧盟委员会计划在“未来工厂”公私伙伴关系上投资 70 亿欧元（78 亿美元），为欧盟打造更智能的制造业绘制蓝图。欧盟的目标是为未来工厂清洁、高效、环保且符合社会可持续发展需要的高附加值制造技术绘制路线图。“未来工厂”项目的核心目标主要是针对以下方面展开的研究和创新努力：

- 整合和展示先进制造系统的创新技术，最终开发并采用 40 ~ 50 种全新最佳成果。

- 开发环保制造技术，降低 30% 制造能耗，减少 20% 制造浪费，减少 20% 的材料消耗。

- 制定方法扭转欧洲去工业化趋势，包括“确认 6 ~ 8 种新型高技能工作，提升工业领域留欧的信心”并“在 2020 年前将欧洲设备投资从 6% 提高到 9%”。

还应指出的是，欧洲将智能制造视为“智能专业化”欧洲战略的核心组成部分，以期加强欧盟地区在信息通信技术技能、研发能力、工业产出和基础设施方面的相对优势。换句话说，在欧洲，智能制造的发展有一定程度的区域性，这将促使欧洲区域制造集群更具有全球竞争力。而且，智能制造对欧盟的重要性也绝对不容低估：据欧盟估计，未来五年，第五波智能制造技术浪潮将为拥有 200 万家企业的行业注入新的活力、3300 万个就业机会，占欧洲经济增长的 60%，并最终推动欧盟年国内生产总值增加超过 1100 亿欧元。

3. 德国

德国所说的工业 4.0 即是指智能制造。有分析人员估计，将先进的信息通信技术应用于德国工业制造中将带动德国工业生产率提高 8%。德国政府已承诺将拨款超过 5 亿欧元（5.5 亿美元）帮助工业协会、研究机构和公司制定工业 4.0 实施战略。德国在工业 4.0 方面做了不少努力，其

成果之一就是他们已经找到了 300 多个德国制造商成功数字化生产流程的“使用案例”。当然，其中也不乏一系列推动“智能工厂”技术发展的研发工作：从嵌入式传感器系统到可以帮助操作联网机器的人工智能平台。德国总理安吉拉·默克尔直接参与推动工业 4.0 的工作，并指出“我们已经到了一个关键的时刻——数字化议程正在与工业生产相融合。”她还将不能引领智能制造技术视为对德国工业的威胁，认为“我们必须尽快展开行动，否则那些已经在数字化领域处于领先地位的人将从我们手中夺走工业生产”（这一对美国数字技术实力的暗示或许并不那么含蓄）。

众多证据表明，德国制造商们打算尽快接纳智能制造。例如，2014 年普华永道国际会计事务所（Price Waterhouse Coopers）发布报告《工业 4.0：完成第四次工业革命的机遇与挑战》

（Industrie 4.0 Chancen und Herausforderungender Vierten Industriellen Revolution），报告指出，85% 的受访德国制造商计划在未来五年内实施工业 4.0 解决方案。此外，报告还发现，从 2015 年到 2020 年，德国工业每年将在工业 4.0 应用上投资 400 亿欧元（约合 500 亿美元）。调查过程中，德国工业企业普遍表示，在该段时间内他们打算将企业收益的 3.3% 用于投资工业

4.0 解决方案，这部分投资约占其原定资本投入的 50%。该报告进一步指出，五年内，超过 80% 的德国制造商将实现价值链数字化，预计这些数字化的产品和服务每年将为德国工业增加 300 亿欧元（约合 370 亿美元）的收入。同样，最近德意志银行（Deutsche Bank）的一份报告《工业 4.0：价值创造的巨大潜力亟待被挖掘》（Industry 4.0: Huge Potential for Value Creation Waiting to Be Tapped），报告中也提到了类似的显著影响。据报告估计“由于工业 4.0 的展开，截止 2025 年，德国总增加值可能激增至 2670 亿欧元（3320 亿美元）。德国国家科学与工程院（Germany's National Academy of Science and Engineering）从更广义的角度做出了评价，称这一新的技术革命将促使德国工业生产力提高 30%。

但同时德国也表示，如果不能率先采用和实施智能制造，将给本国的制造业基础带来沉重的打击。罗兰贝格管理咨询公司（Roland Berger）与德国工业联合会（German Federation of Industries）共同发布了一份最新报告，报告总结称如果不能适应新的数字化时代，截止 2025 年，德国工业将会损失 2200 亿欧元。虽然德国最大的几个制造商大肆宣传工业 4.0，但有证据表明，要让这一观念深入德国众多的中

小型企业则需耗费更长的时间。最近一项针对 4500 个德国中小企业的调查发现，听说过“工业 4.0”的人不到 20%，真正采取相应措施的则更少了。这突显了许多国家在协助中小型企业落实智能制造技术时将会面临的挑战。然而尽管如此，德国无疑仍将成为全球智能制造革命的领导者。

4. 瑞典

2016 年 4 月，瑞典推出了新的“智能工业”战略，其中包括四大核心领域：

1. 工业 4.0：发掘数字化的潜力；
2. 可持续生产：改善工业部门可持续与资源节约型生产的能力；
3. 工业技能提升：确保工业部门所需技能的供应；
4. 瑞典试验台：在瑞典境内设立用以测试新技术的实验环境。

“智能工业”战略中的工业 4.0 部分旨在培养“瑞典工业领域内在数字化发展中处于领先地位的智能工业公司。”瑞典“智能工业”计划的实施将力求（i）刺激最有可能引领行业变革的数字技术的开发、部署和使用；（ii）无论公司规模和地理位置如何，都积极利用数字化机遇；（iii）鼓励使用新技术潜力的新业务和组织模式；（iv）满足数字革命

带来的新知识的需求；（v）调整制造业框架结构和基础设施以适应数字时代。

瑞典将投资超过 1.6 亿瑞典克朗（近 1800 万美元）支持其“智能行业”计划。其中包括瑞典创新局（Vinnova）（瑞典国家创新机构）用于瑞典制造业数字化协作项目的 6000 万瑞典克朗（650 万美元）与用于制造公司开放创新计划的 1600 万瑞典克朗（约合 170 万美元）。瑞典经济与区域发展局（Swedish Agency for Economic and Regional Growth）将进一步投资 7800 万瑞典克朗（850 万美元）用于在瑞典制造业中小企业中开展“数字化推动”试点项目。

5. 英国

未来六年，英国政府将向由七个先进制造技术研究院组成的“高价值制造发射中心”（High-Value Manufacturing Catapult）（其中包括专注于先进制造技术的制造技术中心）投资 1.4 亿英镑（2.19 亿美元）。制造技术中心与行业、学术界和其他机构展开合作，以高灵活性、低风险的合作方式，开发、证明创新型制造工艺和技术。

六、政策建议

为了确保美国在智能制造领域能够继续保持领导地位，信息

技术与创新基金会 (ITIF) 现提出以下政策建议。其中有几项是较为通用的建议,可以促进美国制造业经济的整体发展,不过通过支持美国制造业技能、技术和投资,这些政策也将推动智能制造的发展。

首先,奥巴马政府于2012年2月发布了《国家先进制造战略计划》(A National Strategic Plan for Advanced Manufacturing),开创了新格局。下一届政府应该效仿这一文件,颁布自己的国家制造战略和国家创新战略。与2012年的《国家先进制造战略计划》一样,旨在强化智能制造的政策和举措应该是报告的主要部分。

其次,奥巴马政府于2012年启动“国家制造业创新网络”(NNMI),并于2016年9月更名为“美国制造”(Manufacturing USA),这项举措在振兴美国工业方面发挥着重要的作用,同时还有助于确保美国在一系列先进制造工艺和产品技术上仍处于领先地位。

“美国制造”计划中至少有四家制造业创新研究所(IMIs)致力于智能制造相关技术和流程的研究。美国第一个制造业创新研究所“美国制造”——增材制造创新研究所于2011年正式成立,致力于帮助美国在增材制造(即3D打印)方面取得进一步发展。数字制造和设计技术创新

研究所(DMDII)鼓励美国各地的工厂部署数字制造和设计技术,使美国的工厂变得更加高效、更具有成本竞争力。先进复合材料制造创新研究所(IACMI)正在加速开发和采用先进的制造技术,旨在用低成本、高效能的方式为汽车、风力发电机和压缩气体储存设备制造高分子复合材料。而最新的制造业创新研究所——智能制造的清洁能源制造创新研究所,目前正在智能制造领导联盟的框架下与美国能源部展开合作,重点放在能够显著降低先进制造技术能源消耗的创新上,例如智能传感器、数据分析和制造控制。

目前已经开始启用的制造业创新研究所共有九个,另外还有两个正在由能源部(过程强化和重建)设立,还有两个预计将由国防部领导,还有两个由商务部牵头,重点关注具有行业指向性的挑战。本届政府任期结束前将为15个制造业创新研究所的成立铺平道路,同时长远来看这15个机构能够进一步细分为45个分支研究所。国会应与下届政府密切合作,提供资金和授权,按照原定计划建立由45个美国制造业研究所组成的全面网络。

“制造业拓展伙伴”(MEP)项目向美国中小企业制造商提供培训、技术援助和其他服务。项目中心遍布全美50个州(和波多黎各),管理588个服务点,拥

有1200多名可靠的外勤人员担任商业顾问和技术专家,可为中小型制造公司提供支持。“制造业拓展伙伴”项目和“美国制造业”计划协调发展将有助于构建关键性沟通渠道,由此把制造业创新研究所研发的新制造技术迅速传递给美国中小型制造企业。近来,两个项目又开始了全新的合作:“制造业拓展伙伴”的代表将被吸纳加入五个制造业创新研究所(包括数字制造和设计技术创新研究所),旨在为中小企业开发智能制造专项服务。然而,由于该计划是在新智能制造的清洁能源制造创新研究所成立之前所推出的,下届政府应为“制造业拓展伙伴”嵌入项目提供充足的资金,确保其在另外四个制造业创新研究所中顺利开展。

“制造业拓展伙伴”项目是联邦政府最具影响力的项目之一,为纳税人带来了显著的成果。据估计,联邦政府每投资1美元,“制造业拓展伙伴”项目可使销售额增长19美元,新客户投资增加21美元。这意味着每年新增销售额将达到22亿美元。而联邦政府每投资1978美元,“制造业拓展伙伴”项目便可创造或保留1个制造业就业机会。但如果联邦政府依据2016年《“制造业拓展伙伴”项目推进法案》(S.2779)的建议,将成本份额比例从2:1(两份非联邦政府;一份联邦政府,由美国国家标准

技术研究所（NIST）提供资金）降至 1:1，项目将会实现更好的效果。调整“制造业拓展伙伴”项目的成本份额将减少项目中心对收取服务费的依赖，从而为较难提供服务的制造商（比如规模小、地处偏远地区的新公司）提供额外服务。额外的联邦资助也将促使项目中心开发更多项目，帮助企业按比例从低到高实现增产，加快创新产品推向市场的速度。此外，降低成本份额可以让项目中心与现有客户在一些不需要明确收益流的项目上展开合作，例如将其与新技术的来源联系起来（例如制造业创新研究所、联邦实验室、大学研究），进而优化生产流程或促进新产品开发。国会应将“制造业拓展伙伴”项目的成本份额比例从 2:1（非联邦：联邦）调整为 1:1。

国会应颁布相关法律，扩大联邦资源投入，支持美国中小企业制造商围绕智能制造技术展开培训并采用智能制造技术。为落实这一理念，参议院审议通过了《2016 年能源政策现代化法案》（S. 2012），该法案中强调将采取若干重要措施，进一步确保美国智能制造业的领先地位。首先，如上所述，国会可以给出普遍适用的智能制造定义（采用参议院审核通过的 S. 2012 法案，其中所包含的定义清晰实用且包括了广泛智能制造技术），确保相关立法和行政的清晰度。第二，

S. 2012 法案将授权并指导能源部工业评估中心项目，与中小企业制造商展开更紧密的合作，帮助他们了解并采用智能制造技术。工业评估中心项目资助了全国若干大学的工程项目，为其提供免费的评估，帮助其识别显著的节能措施，提出节水和减少废物的建议以及其它能够帮助中小型企业制造商改善生产力的建议。

如果智能制造业要得到最大程度的发展，美国制造商们则需要对数字设计工具和现代化的生产和工厂设备进行投资，同时将用以互相联系的嵌入式传感器和通信技术与数字线相结合。换句话说，美国制造商们需要在新资本设备上投资。不幸的是，正如信息技术与创新基金会在《恢复美国对资本货物的投资》中所写：近几十年来，美国企业对新资本设备、软件和业务结构方面的投资明显放缓。20 世纪 80 年代此类投资平均每年增长 2.7%，20 世纪 90 年代更是每年增长 5.2%。然而，2000 到 2011 年期间，美国企业对新资本设备、软件和结构的投资每年仅增长 0.5%。此外，作为国内生产总值的一部分，美国商业投资自八十年代以来下降了愈 3%。

为了保持与其他国家的竞争优势，恢复投资增长势头以推动经济发展，信息技术与创新基金会建议国会为机械设备投资提供力度更大的税收优惠政策。具体

来说，国会应实施投资税抵免政策（ITC）：对占总投资额 75% 以上资本投资给予 35% 的抵免。投资税抵免政策的制定将参考可替代简化研究和实验税抵免政策（ASC）。根据可替代简化研究和实验税抵免政策的要求，如果一个公司前三年的平均研发费用占总投入的 50% 以上，将享有 14% 的抵免。同样，投资税抵免政策是基于过去三年在资本设备上的平均投入，占总投资额 75% 以上即可享受抵免。这一政策在未来 15 年内，每年将花费 450 亿美元。由于设备和软件投资的社会经济影响较大，因此，此类抵免只适用于这些方面的投资，不包括业务结构方面的投资。在购买设备和软件上给予抵免将降低投资的税后价格，提高国内投资水平和企业生产力。

如果国会没有选择实施投资税抵免政策，至少应允许公司从合理避税角度考虑，在第一年支付设备和软件的全部费用，而不必在之后的几年内承担折旧费用。由于企业早期拥有的资本较少，这样做其实会让企业支付更多费用。然而，由于此举相对于投资税抵免政策而言对企业账面价值影响较小，它对实打实投资的激励程度也不如投资税收抵免政策。

确保美国中小企业充分利用税收优惠政策（无论是针对研发还是新机械设备投资）也是重

要的。事实上，这也是为什么国会在 2015 年 12 月审议通过了《保护美国人免于高税的法案》（PATHAct），旨在为中小企业提供更多研发抵免政策，允许他们根据自身的就业税或替代性最低税（AMT）来申请抵免。但是，仍有很多小企业并未意识到这一法案极大地扩大了他们获得抵免的机会。因此，国会应通过《支持小型企业研发法案》，要求小型企业管理局和国税局围绕优惠政策内容进行宣传和培训，并向国会报告其进展情况。

如果美国工业要引领智能制造革命，就必须拥有一批掌握了必要技能的人才。埃森哲咨询公司（Accenture）最近的一项研究认为，80% 的美国制造业工人缺少充分利用智能制造潜力的某些必备技能。同样，德勤咨询公司（Deloitte Consulting）和制造业研究所也表示，“制造业高管称，他们很难找到拥有所需技能的人才。更令人担忧的是……未来十年，技术缺口仍将显著扩大。”在某些具体领域，甚至存在更大范围的技能短缺。例如，欧特克公司高级设计研究总监马克·戴维斯（Mark Davis）指出，缺乏合格的劳动技能阻碍了 3D 打印技术的发展。根据戴维斯所说，“与这些机器（3D 打印机）协同作业的专业技术依旧缺失……即使工厂有大量的 3D 打印机，也没有合格的人员能操作

它们。”

决策者可采取以下几个步骤帮助改善这一情况。首先，国会和行政部门应共同努力，通过推行符合标准、通行全国且获得行业认可的认证（比如由制造业技术标准委员会（MSSC）制定和获得全国制造商授权制造技能认证体系支持的认证），加强对制造业劳动力的认证。特别是劳动和教育部应与商务部一道，通过提供建立和扩展此认证体系所需的资金，确保行业认可的认证标准在全国范围内建立，以及制造业教育和培训项目的提供商都能获取此认证。

社区学校是美国当前和未来培训劳动力的重要合作伙伴。一方面，社区学校能够对求职者进行培训，使其掌握找到好工作所需的技能；同时还能帮助制造商找到优质工人以保持自身的竞争力。事实上，美国 1600 所社区学校中有一半以上（55%）能够提供制造技能专业培训。因此，国会应该加大对社区学校职业教育项目的支持，比如为帕金斯职业教育和培训项目提供更多资金支持。奥巴马政府已经为“社区学校到职场基金”申请了财政预算，旨在推动社区学校与企业合作，在一系列高速发展的领域（比如先进制造业）培训 200 万名工人，确保其能够获得业界公认认证。同时，该项基金还应用以进一步扩大社区学校的制造

业技术发展和培训项目。此外，国会还应改革《劳动力投资法》（Workforce Investment Act）体系，以便于目前投入劳动力投资委员会的资金能够进入由行业领导的地区技能联盟之中。

如果美国想要在未来的先进制造经济中取胜，就必须改变当前盛行的大学研究风气，从“为了研究和知识积累而研究”转向根据行业知识需求进行研究。特别是美国需要进一步加强产业与大学之间的研究合作，鼓励大学更多地把注意力放在培养具有必要技能的学生上，支持美国工科为主的产业。

为此，国会应通过 2015 年《制造业大学法案》，授权并提供适当资金，围绕制造业大学这一核心内容，创建至少 20 所大学。该法案现已被纳入 2016 年 6 月参议院通过的《2017 年国防授权法案》（NDAA）之中。众议院方面，伊丽莎白·埃西（Elizabeth Etsy）和克里斯·柯林斯（Chris Collins）在参议院《制造业大学法案》立法过程中又加入了一条伴随法案——HR1441 法案。虽然众议院的《2017 年国防授权法案》中并不包含《制造业大学法案》，但政策制定者们可将其纳入“大会讨论法案”之中，并向下一届总统提交包含“制造业大学”立法内容的《国防授权法案》。

该法案将创建一个极富竞争力的大学奖励计划，并由美

国国家科学基金会(National Science Foundation)管理,旨在鼓励大学调整其工科课程项目,更多地把焦点放在制造工程上,尤其是那些与工业关系紧密的内容上。其中将包括更多工业与大学联合展开的研究项目,更多以带薪实习或其它项目形式展开包含制造业经验的学生培训,以及专注于使更多工科毕业生进入工业领域就业的博士学位项目。作为该计划的一部分,学术机构每年将从国家科学基金会获得至少 500 万美元的奖励(最多四年)。

创客中心是将制造设备和教育整合的社区中心,旨在使社区成员能够设计、制作和创造单靠个人能力和资源无法实现的产品。国会有以下几种方式可以推动创客空间在全美铺开。首先,国会应通过《2015 年国家工厂实验室网络法案》(National Fab Lab Network Act of 2015)(H.R. 1622),该法案将为一个名为“国家工厂实验室网络”(NFLN)的非营利组织制定联邦章程。该组织将保持公私合作关系,其目的在于促进创建国家级工厂实验室网络,并利用自身资源协助利益相关者进行有效运营。该网络将由本地数字制造设施组成,为社区提供先进制造工具用以学习技能、发明创造、创立公司和生产个性化产品。实验室将配备由计算机控制的机床、3D 打印机或

增材制造设备,有了这些设备,学生、业余爱好者和那些希望创建小型企业的人几乎就能制作任何东西了。此外,国会还可以注资启动一个试点项目,将创客运动和创客空间融入高中校园。这将有助于推广国防部先进研究项目局(DARPA)2012 生产试验与推广(MENTOR)项目,向高中生介绍新式设计工具并展开合作实践。

在《为什么国家需要国家物联网战略》中,信息技术与创新基金会写道,物联网其实是一个有着颠覆性转变的技术体系,可以在广泛的行业中解放创造力。因此,各国应采取相应的国家战略,确保技术发展快速、一致,消费者和企业无需面临使用障碍,私营和公营部门都可充分利用即将到来的智能设备浪潮。

关于物联网的政策建议中至少有两个与智能制造相关。首先,政府对研究和开发进行了大量投资,这为开发众多关键技术起到了决定性作用,其中包括智能手机、搜索引擎、基因组测序,当然还有互联网。物联网也应成为政府研发投入的首选内容。因此,国会应提供充足资金进行物联网研发,支持攻克相关关键性技术难题,比如改善网络安全和降低能源消耗。

其次,互联互通标准的发展对于物联网和智能制造业本身的发展而言同样至关重要。目前,

互联互通渠道尚不成熟,数据难以从设计和产品定义传至生产设备和工艺流程之中。例如,目前很难将产品定义数据从机床上的控制器传递到用以检验产品的坐标测量机上,如果机器本身来自不同的制造商(不同国家的不同制造商),那这一问题就会变得更加严峻。美国国家标准技术研究所应继续帮助制定智能制造标准,并与行业合作,鼓励围绕相关问题(比如:互联互通性、隐私和安全)制定由行业主导的自愿性标准和最佳做法。

如前所述,利用高性能的计算机辅助设计和计算机辅助工程系统执行下一代建模、仿真和设计任务是智能制造领导力的重要组成部分。这也就是为什么奥巴马政府在 2015 年 7 月发起了国家战略计算计划(NSCI)。该计划旨在制定一个协调一致的联邦战略,支持高性能计算机的研究、开发和部署,并以此构建多部门协同框架,进一步提升美国的经济竞争力,获取更多科学发现。然而要想保持美国在高性能计算领域的领导地位,必须拥有稳定、充足、可预测的资金来源。因此未来五年,国会应为国家战略计算计划和相关高性能计算计划提供每年至少 3.25 亿美元的资金支持。

从基于信息通信技术的制造设备到智能产品本身,智能制

(下转第 28 页)

大型磨机智能控制系统研究与应用



中信重工机械股份有限公司

摘要：围绕大型磨机工况检测手段、现场传感器应用、磨机变频控制方法、智能化磨机控制等核心技术开发科技攻关，研发出大型磨机智能控制技术，研制了磨机智能控制系统，解决了磨机从给矿控制、转速控制到半自磨、球磨负荷平衡等一系列磨矿难题，总体技术达到国际同类产品同等技术水平。

一、前言

矿产资源是国民经济和社会发展的重要物质基础，我国 95% 以上的能源、80% 以上的工业原材料和 70% 以上的农业生产资料都来自于矿产资源。矿产资源还为我国提供和创造出大量延伸、附加的就业机会和社会财富，矿产资源已是我国国民经济和社会发展的重要组成部分。

20 世纪后半叶，随着世界经济的迅猛发展及科学技术的飞速进步，加之高品位、易选矿产资源的逐步枯竭，资源及材料工程领域的各种学科均发生了明显的调整及变化。开采矿石的品位越来越低。以铜矿资源为例，美国的入选铜矿石的平均品位在 20 世纪 30 ~ 40 年代是 1.5%，如今仅为 0.6%，个别选矿厂处理的铜

矿石，其品位甚至低于 0.35%。据估计，品位由 1.5% 下降到 0.5%，选矿能耗将增大 1 倍，品位的进一步降低，选矿能耗的增长幅度将会更大。

难选矿的比例越来越大。随着富矿、易选矿资源的耗尽，一系列共生关系复杂、嵌布粒度细微的矿产资源的开发利用就提上了议事日程。这一问题在我国表现得尤为突出，我国的大量弱磁性铁矿因为铁矿物及伴生矿物嵌布粒度太细（小于 10 ~ 30 μm ）而无法有效分选。此种情况的出现对于磨矿设备及磨矿技术提出了更加严苛的要求。

一方面因为磨矿粒度的要求促使细磨及超细磨设备的出现和发展，另一方面因为磨矿设备的多样化及磨矿工艺在整个选矿工艺中的比重越来越大也推进了磨

矿智能控制技术的发展。磨矿细度的提高不可避免地造成磨矿成为选矿工艺中能源和资源的占用大户，磨矿控制技术也成为节能降耗的焦点。

在磨矿机械方面，随着矿山开采规模的大型化，磨机也在不断的向大型化发展。磨矿装备的大型化发展必定对于磨矿工艺控制提出了更高的要求。

国内外机构利用专家系统、模糊推理技术开发了专用的磨矿过程及选矿处理的先进控制软件，如法国 Metso Minerals Cisa 公司的 OCS software、丹麦 FLSmidth 的 ECS/FuzzyExpert、美国 KnowledgeScape 公司的 GrindingExpertTM、芬兰 Outkumpu 公司的 PROSCON ACT 等。

本项目基于中信重工多年来

在大型磨矿装备制造和磨矿工艺方面的研究经验,在磨矿整体工艺的控制技术方面取得了重大突破。围绕磨机工况检测手段、现场传感器应用、磨机变频控制方法、磨机智能化控制等核心技术开展科技攻关,研发出大型磨机智能控制技术,解决了磨机从给矿控制、转速控制到半自磨、球磨负荷平衡等一系列磨矿难题,总体达到国际同类产品同等水平。

总体技术方案如图1所示。

二、主要研究内容

大型磨机智能控制系统主要研究内容包括:开发关键参数在线测量技术,实现进料粒度、磨机负荷、衬板磨损情况等参数在

线监测;开发磨矿过程在线控制模型,提高磨矿效率;开发高压变频调速技术,实现磨矿过程的节能增效;开发磨矿过程智能控制及优化技术,适应不同矿石性质和要求,实现稳定、高效和绿色生产;提高设备作业率,减少停机时间,降低磨矿成本。

1. 开发了在线测量技术,实现进料粒度、磨机负荷、衬板磨损情况等参数的在线监测

(1) 进料粒度在线监测系统。

通过架设在给料皮带上的工业摄像头对给料皮带上的矿物进行拍照,然后通过工业以太网进行数据传输,传输至图像识别计算机后通过视觉分析软件,对照片进行灰度、边界分析、面积识别、数据统计等方法,计算给料

皮带上矿物的粒度分析。用以指导磨机运行情况的预测和分析。开发的进料粒度在线监测系统如图2所示。

(2) 磨机负荷检测系统。

通过采集磨机浮动轴承压力,再通过PLC通讯至控制服务器,通过中信重工自主开发的算法计算出磨机当前的总负荷,结合当前驱动磨机运行的变频器的功率合并计算,得出当前磨机内部的充填率和充填质量。

通过对磨机筒体上安装的振动传感器和数据采集装置,无线发送至现场接收端,接收端接入工业局域网,将数据上传至服务器。然后进行分析,得出当前磨机内部物体运动特征,如图3所示。

在磨机落料侧架设麦克风采

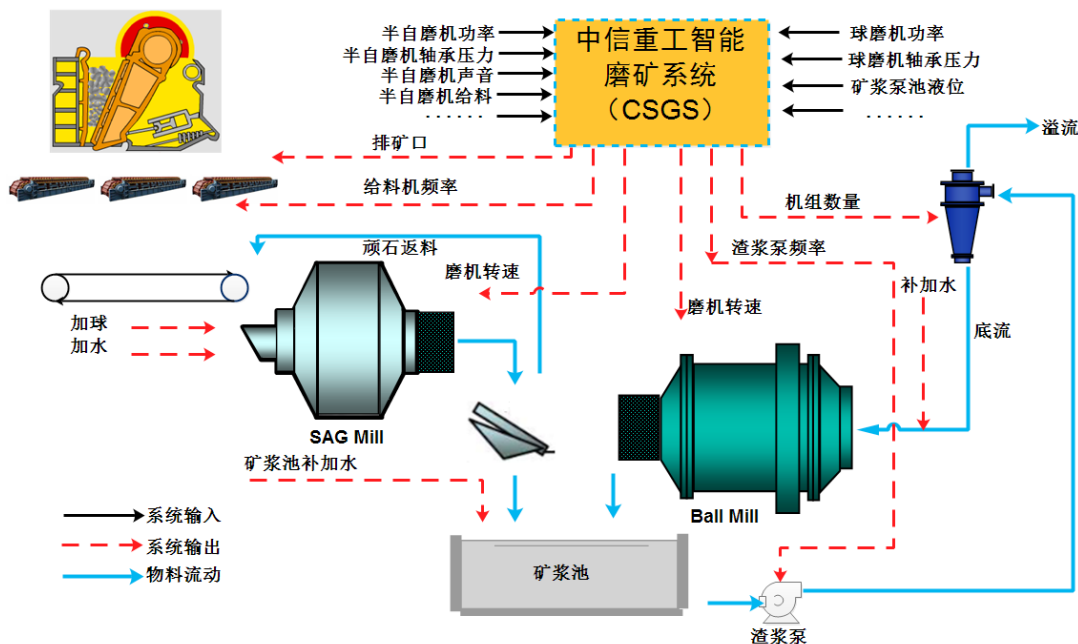


图1 磨机智能控制系统总体技术方案

集磨机运行声音（磨音），利用数据采集卡将采集到的数据通过工业局域网传递给服务器，利用磨机运行声音（磨音）软件进行分析，预判出当前磨机内部磨矿介质及矿物的冲击和磨损情况，以便对磨机工况进行调整。

2. 磨矿过程在线控制模型

利用多年来积累的大量现场工业数据建立了磨机数据库，利用模糊专家系统建立了丰富的规则库，这些数据库和规则库涵盖了不同型号的磨机。针对不同的现场工况，采用不同的模糊规则搭建的在线控制模型，能够对磨机进行适时调整，使磨机始终处于最佳工况。磨矿过程在线控制模型如图 4。

控制模型可针对不同的磨机制定和选用不同的模糊化规则，利用各种传感技术和后台算法得出磨机工况进行判断和比照，选择合适的模糊规则进行判断，输出适合当前磨机运行工况的给矿量、运行速度等参数，保证磨机始终处于高效运行状态。

3. 开发了高压变频调速技术，实现磨矿过程的节能增效

开发了针对磨机工况的专用变频器，针对磨机工艺特点研制出超转矩启动、板结检测及板结去除、双机拖动转矩平衡等功能，为磨机的工艺调节提供了一个可靠的手段。磨机专用变频器采用技术成熟的多级可控硅串联方案，具有功率大、可靠性高，



图 2 进料粒度在线监测系统

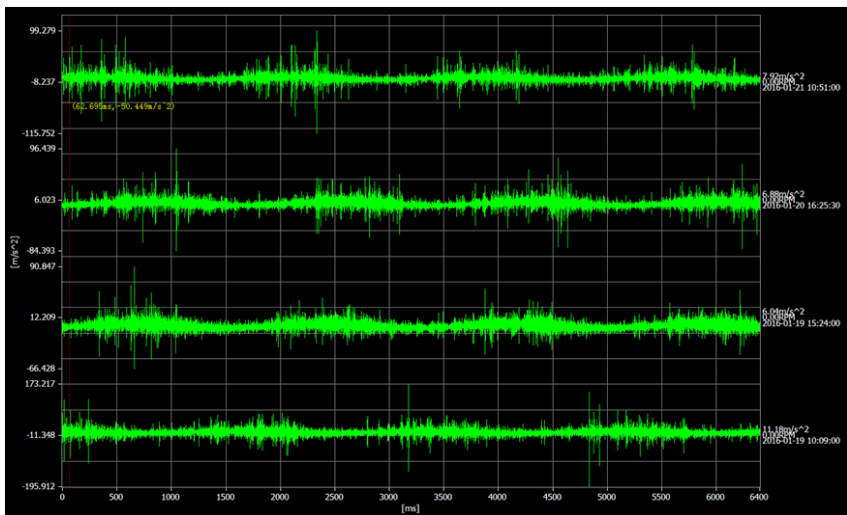


图 3 磨机筒体上的振动信号

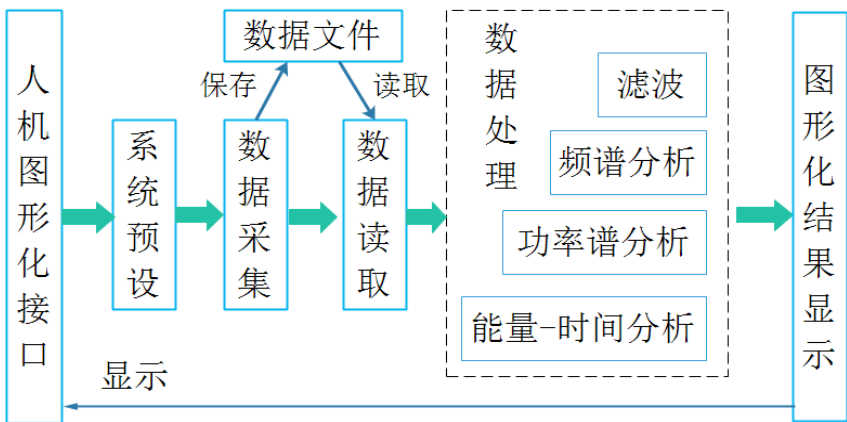


图 4 磨矿过程在线控制模型

维护成本低等优点，同时具有调节精度高、谐波含量小、功率因数高等特点，对于大型磨机等大型设备具有很高的应用价值。在调节磨机工艺适应性的同时还可以节约电能，降低选矿吨耗成本。图5为高压变频调速控制软件界面。

4. 开发了磨矿过程智能控制及优化技术，适应不同矿石性质和要求，实现稳定、高效和绿色生产

磨机智能控制系统可根据

磨机的运行状况判别当前因为采区或者采矿深度等因素造成的矿石性质变化。矿石性质的变化会引起磨矿过程参数的改变，造成磨矿过程不稳定。磨机智能控制系统可以根据磨机运行参数判断当前矿石性质，以及磨矿特点从而针对不同的矿石采用不同的配矿、给矿量及合适的磨机转速，从而提高磨矿效率和磨矿效果。图6为磨矿过程智能控制界面。

5. 提高了设备作业率，减少停机时间，降低磨矿成本



图5 高压变频调速控制软件界面

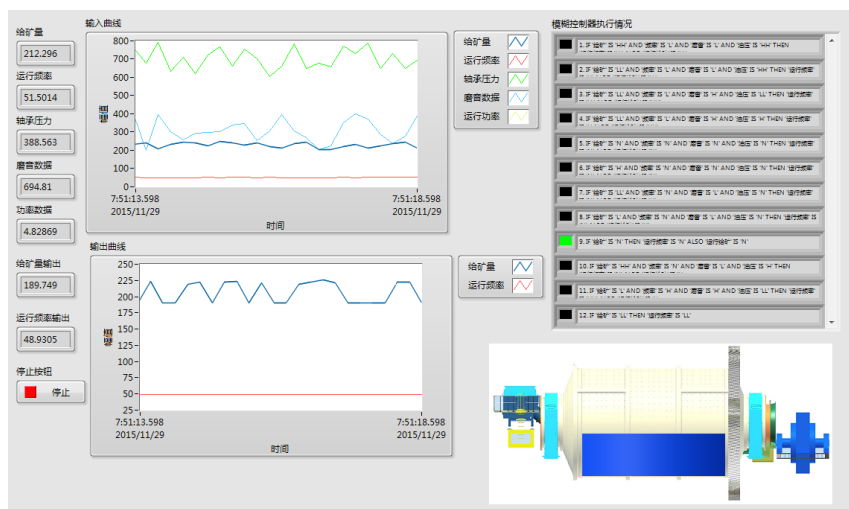


图6 磨矿过程智能控制界面

磨机智能控制系统的应用可以在保证生产处理量和选矿粒度浓度的同时尽可能地节约磨矿介质和保护衬板等磨矿耗材，延长衬板更换周期，减少衬板更换次数，从而提高磨机的作业率和减少启停次数，降低磨矿成本。同时，可以对衬板磨损量进行预测，矿山开采业主可以降低衬板库存，减少更换衬板的作业时间，提高设备作业率。

三、项目的经济和社会效益

1. 提高了大型矿用磨机的生产效率

磨矿作业生产中随机干扰因素多，过程长，滞后大，需要控制的参数多且相关性强。传统的人工调节磨矿作业方式，不仅不能充分发挥大型矿用磨机的处理能力，也不能准确保证磨矿产品的合格率。尤其是在矿石性质多变，生产作业指标波动大的复杂工业现场，磨机实现智能控制后所产生的效益是无法估量的。通过本课题的攻关，生产过程更稳定，可以将产量在原有基础上提高3%~5%。

2. 降低了处理原矿的能耗

能耗是指处理每吨矿石所消耗的电量。对一座大型矿山来说，矿石性质的变化非常大，从极软到极硬矿石的储量都占有一定的比例，在磨机的选型过程中，为了能

(下转第36页)

数控面制主食产业化成套装备研究



河南万杰智能科技股份有限公司

主食在食品结构中占据主体位置,面制主食在我国尤其北方百姓餐桌上占有重要地位,面制主食产业化装备是实现小麦从田间到餐桌转化的核心装备。本项目通过结合传统面食制作工艺,开发新型机械结构,并采用数字化控制技术,实现了面制主食的规模化、机械化、自动化生产。

一、引言

在我国大部分地区尤其北方,馒头已经深深地融入了人们的日常生活,成为多数家庭一日三餐的主食,是北方人主食体系的支柱性食品。据初步调查,以馒头为主食的居民在大中城市中大约占 87%,在县城占 94.5%,在乡村占 99.6%。据调查,河南省居民平均每人每天食用馒头 3 个(60 克/个)。从超市购买工厂化主食产品的居民占总人数的 25%,从市场购买手工作坊主食产品的占 31%,家庭制作主食的占 44%。城市居民 60% 从超市购

买主食产品,25% 从市场购买,15% 家庭制作;县城居民 56% 从超市购买主食产品,27% 从市场购买,17% 家庭制作;农村居民 5% 从超市购买主食产品,45% 从市场购买,50% 家庭制作。

近年来我国主食产业经历了工业化起步、规模化扩张、产业化发展提速等阶段,初步形成了主体多元化、原料产品规模化、主食产品多样化、产供销一体化、工艺科技化、品牌特色化的发展新格局。当前主食产业化呈现了蓬勃发展的良好态势,但与世界发达国家和地区主食产业化水平相比还有很大差距,也存在着产业化程度偏低、装备和技术落后、主食品安全有待加强、市场占有率不高等亟待解决的问题。

只有不断开发现代食品机械,改善成品的外观与内质,减轻劳动强度,提高生产效率,用工业化理念,规范、引领主食加工产品的标准化、操作的规范化、技术的现代化、组织的制度化。

万杰智能科技股份有限公司针对以上问题,通过多年的技术攻关,在面制主食机械化成型技术,数字化控制技术与机械机构集成应用等方面开展研究,开发出了自动化馒头生产线,为面制主食产业化提供了设备支撑,提高了主食产业化的生产规模、效率和品质。

二、数控面制主食产业化成套装备

1. 解决的问题

传统馒头手工制作工艺包括和面、揉面、成形和蒸制,家庭制作馒头劳动强度大、耗用时间长,不符合城镇居民对馒头消费方便快捷的需求;手工作坊一般简单配备和面机、压面机、馒头成形机和蒸笼,其特点是:产量小、服务人口少、劳动强度大、人力成本占比较高,生产条件简陋导致安全卫生性差。这种生产方式虽然满足了城镇居民方便快捷性的要求,但安全卫生性令人

担忧。

只有生产规模大、服务范围广、生产标准化、安全卫生性高的工厂化主食才能满足城镇居民的实际需求，自动化的馒头生产成套设备成为主食产业化推进的重要支撑。

自动化馒头生产线结合馒头制作工艺流程进行设计开发，包括和面机、整形输送机、连续压面机、双输送带输送机、方馒头成型机、仿生圆馒头机、圆馒头摆盘机等设备（图1），主要应用于大型主食生产企业，可用于方形馒头和圆形馒头的生产。

自动化馒头生产线的工作流程如图2所示。

2. 功能及先进性

（1）和面机。

和面是将面和水进行混合搅拌，将面和水倒进容器内，通过人手或专门的搅拌装置，将面和

水混合成粘性面团。和面的均匀程度直接决定馒头的品质，人工或传统和面机，无法保证和面的均匀性和一致性，且操作不方便、劳动强度大。本项目中和面机在传统和面机基础上进行功能创新，应用触摸屏、PLC、光电感应和流量控制等数控技术改造传统机械。通过触摸屏直观、便捷和精确地设置加面量、加水量及和面时间等参数，PLC控制各个功能组件进行规定动作，使和面机具备了遵循已设置好的工艺顺序和参数进行自主运行的功能，无需人工干预，降低了劳动强度、提高了生产效率。

（2）整形输送机。

和面机和好的面形状不规则，如果由人工进行定量分割比较困难且生产效率低，本项目整形输送机将不规则面块压成薄厚宽窄均匀的面带，通过PLC控制输送带行走设定的距离，切刀进

行自动切割来控制面量，既准确又高效。

（3）连续压面机。

传统压面机采用人工投面和折叠，操作熟练程度直接决定了效率高低和面的揉压品质，并且劳动强度大。本项目连续压面机可在触摸屏上设定压面次数，启动后设备依照预先设置的压面和折叠动作进行工作，完成设定的压面次数后，自动将面带分割成两条面带并输送到后端设备上，无需人工干预，降低了劳动强度、提高了生产效率同时能保证面的品质。

（4）双输送带输送机。

传统手工作坊压面后，用手将面带拖放到馒头成形机上，本项目双输送带输送机有并列两条输送带，当感应器感应到一条面带输送完后，控制另一条输送带自动平移并输送第二条面带，并且将两条面带进行首尾连接，避

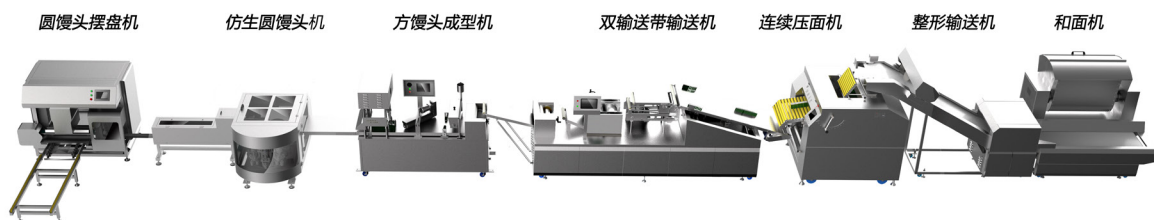


图1 自动化馒头生产线

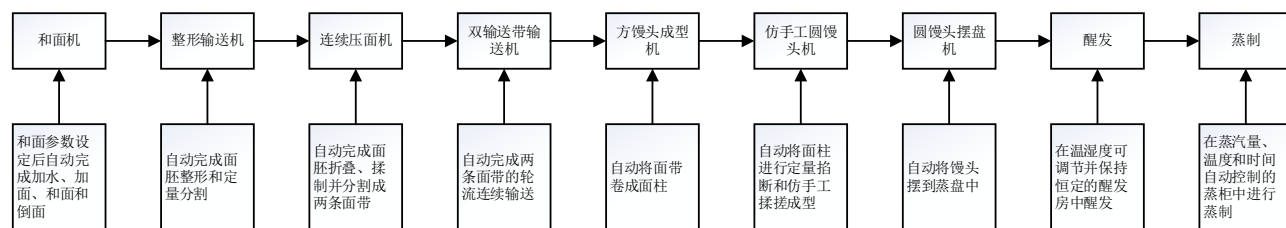


图2 自动化馒头生产线工作流程图

免人工时间控制不准确面带连接不顺畅造成的生产间断,提高了生产效率。

(5) 方馒头成形机。

手工制作馒头要将揉好的面搓成圆柱状,并用刀切成段,制作效率较低,且馒头大小控制不准确。本项目馒头成形机采用仿手工刀切原理,设置一道压辊将面压成薄厚宽窄均匀的面带,并将面带卷成粗细均匀的面柱,通过切刀有规律的上下运动将面柱切成大小重量一致的馒头,将馒头重量偏差控制在2克以内,保证了馒头的一致性,方便精确控制馒头的成本。

(6) 仿生圆馒头成形机。

传统手工作坊采用螺旋辊式圆馒头成形机,单机馒头大小固定不能调节,生产效率最高60个/分钟,生产灵活性和效率较低。本项目仿生圆馒头机,采用仿手工掐断、仿手工揉搓的方式进行馒头成形,设置8个工位连续进行馒头成形,可通过变频器控制调节馒头大小和生产效率,生产效率最高达100个/分钟,馒头大小可在50~200克之间进行调节,馒头成形圆度和表面光洁度更高。

(7) 摆盘。

传统手工作坊需要人工将馒头放置在蒸制容器内,一般需要两个人同时工作才能赶上馒头成形机速度,劳动强度大且人力成本高。本项目馒头摆盘机采用

仿手工抓取原理,成排抓取,一次能抓4~8个馒头。在触摸屏上设置馒头抓取个数、馒头单盘摆放行数和抓取速度,当馒头输送到馒头摆盘机后,由光电感应器进行馒头计数,当数量达到后机械手开始闭合抓取并将馒头放置到蒸盘中,蒸盘放满后,自动输送出去,同时后续空盘会自动输送到指定位置等待机械手放置馒头。馒头摆盘机摆盘效率高达120个/分钟,相当于两个人同时工作。

三、应用效果

自动化馒头生产线的应用将馒头生产效率较手工作坊提高了2倍,产量高达4000~6000个/小时,8小时可生产32000~48000个馒头,可满足应40000人左右的馒头需求。整条线操作只需要5个人,而手工作坊制作至少需要15个人才能完成同等产量,产能提高了3倍,同时人力成本降低了66%,目前已在全国销售200多套,主要客户包括北京海乐达、北京旗舰、石家庄家家惠和天津利达等全国重要的主食生产企业。

四、主要成果

自动化馒头生产线目前共拥有实用新型专利授权26项,另有发明专利14项已进入等待实

审提案阶段,取得多项核心技术。公司始终认为科技创新为发展的根本动力,坚持每年将不低于销售收入的5%用于产品开发。用实际行动践行“为亿万家庭主食安全而服务”的经营理念。

五、展望

2012年“国家粮食局关于进一步推进主食产业化增强口粮供应保障能力的指导意见”中指出:“到2015年,主食工业化的比例明显提高,其中面制主食工业化的比例提高到30%左右,米制主食品工业化的比例提高到20%左右;优化和改进传统主食生产工艺,加工装备自主化率达到60%以上”。《2012—2020年河南省主食产业化发展规划》的主要目标为:“到2015年,全省工业化主食实际产量和工业总产值分别达到1210万吨和1550亿元,主食产业化率由目前的15%提高到30%。到2020年,争取全省工业化主食实际产量和工业总产值分别达到3870万吨和3110亿元,主食产业化率达到60%以上。2015年12月31号,中共中央一号文件明确提出要“积极推进马铃薯主食开发”主食产业化行业进入一个全新的领域,范围进一步扩大。

国家大力推动主食产业化,构建以粮食生产基地化、主食加工工业化、营销供应社会化为主

要特征的，具有中国膳食特色的新型主食产业发展方式。用产业化运行模式，加快推进以传统蒸煮米面制品为代表的主食产业化进程，努力构建多元化、多层次的现代化主食产业体系。主食产业化发展将直接提升对食品加工机械的需求。

河南万杰智能科技股份有限公司成立于1996年，是国家高新技术企业，河南省创新型（试点）企业，专业从事面制主食机械的研发、生产和销售。拥有河南省传统面制主食机械工程技术研究中心、河南省食品机械院士工作站和河南省认定企业技术中心，自动化馒头生产线、智能鲜

湿面条机、智能包子成型机等多项产品处于行业领先地位。

目前虽然自动化馒头生产线实现了从和面到馒头摆盘过程的自动化，但工艺后端的蒸车上盘、醒发、蒸制、冷却和包装还未实现自动化，未来将实现将摆好馒头的蒸盘自动摆上蒸车—智能物流车将蒸车运进醒发房自动醒发—再将蒸车运进蒸柜进行自动蒸制—将馒头进行自动冷却—最后将馒头进行自动包装，最终实现无人化馒头生产车间，进而提升整个面制主食生产的自动化程度。

河南是小麦生产第一大省，面食消费第一大省，也是面制主

食装备研发和生产的强省，近几年来，我省主食产业化水平逐步提升，涌现出了一批具有一定规模和实力的主食加工企业。同时，主食产业科技支撑能力显著提高，主食标准体系建设开始起步。以河南农业大学、河南工业大学、河南省面制食品工程研究中心、河南省传统面制主食机械工程技术研究中心和河南省食品机械院士工作站等为核心的主食研究机构应运而生。目前河南省在面制主食和面制主食装备研发方面处于全国领先地位，未来河南将继续保持领先地位，并引领全国面制主食行业技术进步。MT

（上接第20页）

造技术将产生大量的数据。但是，为了发挥智能制造的全部潜力，企业必须实现无缝跨国数据传递。特别是目前互联网带来的增值中，75%左右仍然来自“传统”行业，比如制造业。但是，各国对跨境数据传输设立的障碍越来越多，比如对本地数据存储或使用本地数据中心处理数据都有一系列要求，此举可能会严重阻碍企业在跨国经营中部署智能制造技术的能力。因此，美国贸易官员应继续围绕贸易协定进行谈判，比如跨太平洋伙伴关系协

定（TPP）、国际服务贸易协定（TISA）和跨大西洋贸易与投资伙伴协定（TTIP），这些协定中都有相关内容提及禁止设立跨境数据流动障碍，国会应将这些条款视为这些贸易协定中最重要的部分之一。

七、总结

数字与工业的结合是第五次工业革命浪潮的本质。现代制造业从设计到制造，再到供应链管理 and 智能产品的使用，各个方面

都涉及信息技术。这些技术将从根本上改变全球制造业竞争的格局。然而，私营部门无法独自推动这一转型。纵观全球，各国都在实施智能制造战略，并进行相应的投资，以确保其制造企业（无论规模大小）能够以最优方式把握住智能制造革命的机遇。如果美国希望继续引领智能制造业经济发展，政策制定者必须实施强健、积极且协调一致的公共政策，支持美国制造业，特别是利用智能制造技术的能力。MT

2017 智能制造十大科技进展



中国科协智能制造学会联合体

2017 年,中国科协智能制造学会联合体开展“智能制造科技进展”研究,以智能化产品、智能制造技术及装备、智能化车间/工厂、智能制造基础、标准、新模式等作为维度,持续跟踪发展与应用趋势,研究分析不同行业、企业推进智能制造的实践案例,依托 13 家成员学会及其专家研究、推荐,遴选“世界智能制造十大科技进展”、“中国智

能制造十大科技进展”(简称“双十”)。

评选出的科技进展在科技和应用意义上不一定是最先进、最前沿的,主要反映了行业及专家关注的、对智能制造发展影响深刻的科技成果,旨在把握智能制造发展趋势,引导我国智能制造发展。

13 家成员学会分别为:中国机械工程学会、中国仪器仪表学

会、中国汽车工程学会、中国电工技术学会、中国电子学会、中国自动化学会、中国农业机械学会、中国人工智能学会、中国微米纳米技术学会、中国纺织工程学会、中国造船工程学会、中国宇航学会、中国光学工程学会。

在此,中国科协智能制造学会联合体对参与评选的成员学会及其专家表示衷心感谢!

一、世界智能制造十大科技进展

(排名不分先后)

EC-IOT 边缘计算创新工业互联网应用

入选理由:

华为 EC-IOT 边缘计算面向行业智能化挑战,实现关键技术的突破,如:千万级、可视化设备管理 SDN;实时以太网标准 TSN;平台安全性、模型驱动的智能分布式平台、开发与部署运营框架等。应用创新表现在智能制造、梯联网方案、智慧水务、智慧楼宇、智慧照明等多方面。在智能制造方面:完成网络资源、生产设备、生产工艺的智能编排,使制造过程的自感知、自决策、自执行和可预测性维护。在梯联网方案方面:通过电梯预测性维护,提高维护效率,降低维护成本,支撑电梯制造商向服务商进行转型。

关键词:边缘计算;TSN;SDN 模型驱动;分布式平台;工业互联网应用

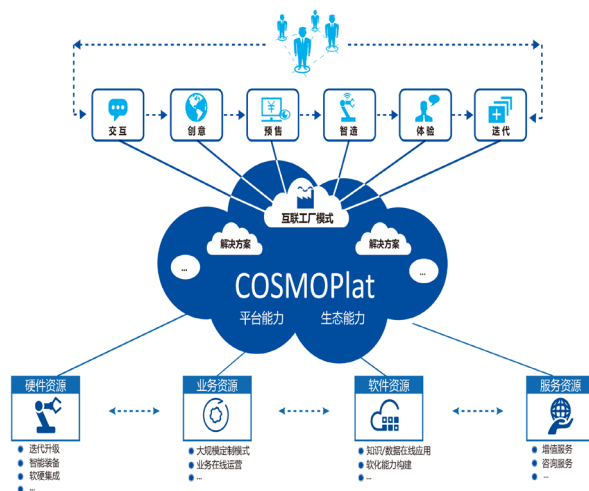


COSMOPlat 平台构建开放的共创共赢生态系统

入选理由：

COSMOPlat 平台是海尔自主研发、有用户全流程参与体验实现用户终身价值的共创共赢多边平台，构建智能制造创新能力与攸关各方价值最大化的生态系统，形成物联网范式的“世界第三极”。目前，平台聚集 3 亿多用户和 380 多万家企业，平台规模超过 2000 亿人民币，实现跨行业、跨领域的扩展与服务。

关键词：共创共赢；大规模定制；互联工厂



金属增材制造在航空发动机关键零部件制造的应用

入选理由：

GE 成功打印燃油喷嘴，将 20 个零件集成为 1 个整体式部件，大大减少开发与生产时间。与传统加工的上一代产品相比，产品重量降低 25%，耐用性超过 5 倍。3D 打印的燃油喷嘴获得欧洲航空安全局和美国联邦航空管理局 (FAA) 的认证。

关键词：燃油喷嘴；3D 打印

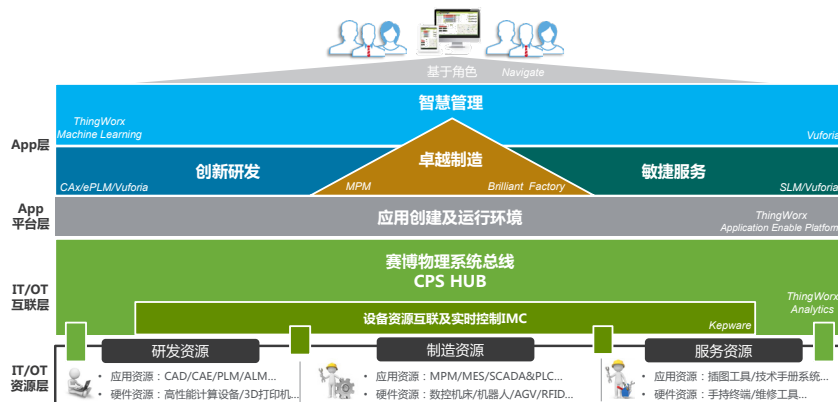


Thingworx 物联网使能技术平台构建智能制造新主线

入选理由：

PTC ThingWorx 物联网使能技术平台融合世界智能制造体系框架，结合行业最佳实践，从数字化工程、制造、服务等价值链层次，从横向供应链、纵向企业各层次，端到端价值链从创新研发、卓越制造、敏捷服务、智慧管理四个方面，为制造业企业未来业务模式的转型提供指导。

关键词：物联网；使能技术平台；智能制造新主线



3D EXPERIENCE 平台创建数字化世界

入选理由:

达索系统 3D EXPERIENCE 是开放互联、数据驱动、基于模型、虚实融合的企业业务平台。平台提供 3D 建模、内容仿真、社交协作、信息智能等方面的 300 多个 APP 应用。这些应用以数字化方式覆盖从设计、制造、营销、维护等环节。所有应用基于统一的用户界面、模型、数据库、协同方式,让不同用户都能快速的协作实现设计与生产。

关键词: 3D 体验; 智能制造; 数字化转型



智能手套实现指尖上的创新

入选理由:

博世智能手套内置多个微机电传感器,基于创新算法进行精准的手势识别和追踪,不需任何物理接触即可将数据传输到软件平台,与已存储的数据进行对比、分析后,可视化展示在笔记本电脑、智能手机等终端。智能手套在制造环节中的应用,实现全自动的数据采集、分析和帮助,在生产过程中起到防呆防错作用,进一步提升产品的质量。

关键词: 博世智能手套; 传感技术; 可穿戴设备; VR; 人机互连



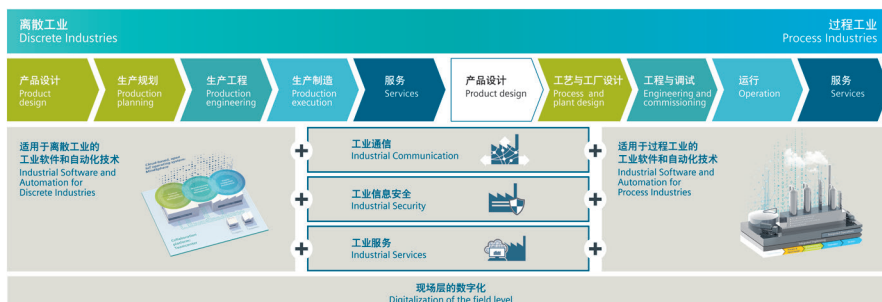
“Digital twin” 推动数字化企业发展

入选理由:

西门子 “Digital twin”

数字化企业解决方案覆盖从产品设计、生产规划、生产工程、生产执行,直到服务的全价值链的整合及数字化转型,在虚拟环境下完整真实构建整个企业的数字虚体模型,在产品研发设计和生产制造执行环节之间开成一条双向数据流,实现协同制造和柔性生产。

关键词: Digital twin; 数字化企业



e-F@ctory 精益智能工厂解决方案架构

入选理由：

三菱电机 e-F@ctory 解决方案坚持从生产现场出发，分析并梳理企业智能制造建设面临的根本性问题，采取相应措施。在产线的设计阶段，活用 IoT 及边缘计算技术，采用 MES-Interface 对数据进行收集，解决了使用 PC 采集成本较高和不稳定的缺点，并将生产现场产生的数据在现场分析，分析结果立即反馈回现场，指导现场进行改善。三菱电机 e-F@ctory 解决方案更关注解决生产实际问题。

关键词：边缘计算；产线数据

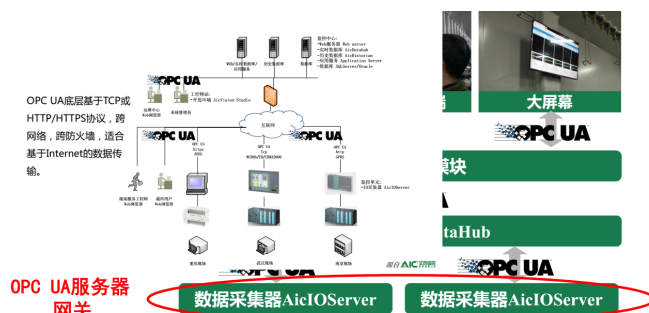


OPC UA 成为智能制造信息集成关键技术标准

入选理由：

OPC UA 实现从现场设备到企业管理各个层级的实时数据互通互联，具有跨平台、跨网络、安全性和强大的建模能力，成为面向智能制造互联互通和信息集成的重要解决方案。目前已发布《OPC 统一架构》系列国家标准 8 项（GB/T 33863.1 ~ 8-2017），正在制定国家标准 4 项，成为国家智能制造标准体系中信息技术关键技术标准。

关键词：OPC 统一架构；信息集成；互联互通；国家标准



Leonardo 数字化创新系统赋能企业业务运营

入选理由：

SAP Leonardo 数字化创新系统，将物联网、大数据、人工智能、区块链等领先技术融入云平台，智能的连接人、物与业务。不仅实现对互联万物的感知洞察，还帮助企业实现端到端的数字化业务流程，让所有技术实现集成和数字化实时运营，客户可进行快速创新，并在数字世界中重新定义业务流程及模式。在互联车辆领域、企业资产管理、全球性跨地域的工厂管理方面进行创新应用。

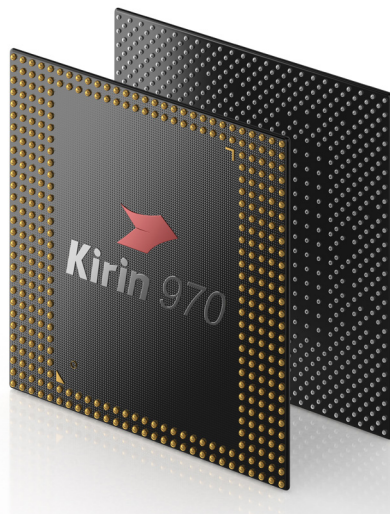
关键词：数字化创新系统；企业数字化运营



(排名不分先后)

入选理由:

关键词：人工智能；手机芯片



入选理由：

关键词：宝马智能化工厂；工业 4.0 应用；智能生产与检测；智能生产控制



入选理由:

关键词： 物联平台； 制造服务转型



集装箱装卸全自动化码头

入选理由：

青岛港自动化码头通过自主构建码头全自动化生产流程、规划设计码头平面布局、选型或设计全自动流程装备、集成测试自动化工艺流程，运用人工智能、物联网和自动化技术，研发桥吊机器人自动拆装集装箱旋锁、续航无限制AGV及所有轨道吊“一键锚定”等系统，实现了集装箱装卸生产现场数字化驱动的全过程自主（无人）化。青岛港自主的规划设计和系统性的集成创新与人工智能技术的应用，具有低成本、高质量、可个性化复制的显著优势。

关键词：集装箱运输；智能码头；无人化；AGV



Apollo 自动驾驶开放创新平台

入选理由：

百度 Apollo 面向高级别自动驾驶应用，努力攻克自动驾驶和人工智能领域的技术难题，在多传感器融合、智能感知、智能决策控制、高精度地图、模拟仿真、信息安全、智能互联、人机交互等技术方面实现突破。Apollo 自动驾驶开放创新平台向业界提供一套覆盖车辆、硬件、软件和云端服务的开放、完整、完全的自动驾驶系统级解决方案。

关键词：自动驾驶；开放平台；Apollo

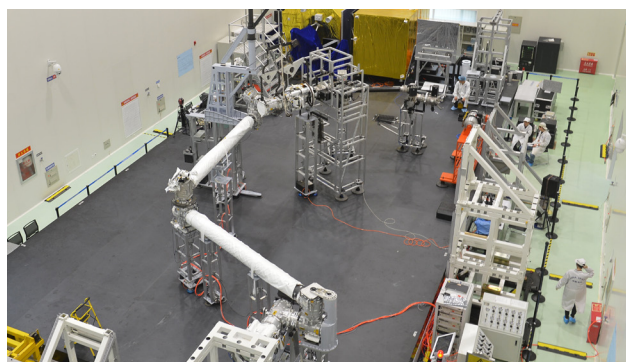


空间站机械臂在轨智能捕获与操控

入选理由：

北京空间飞行器总体设计部研发设计的空间站机械臂是我国目前智能程度高、规模与技术难度大、系统复杂的空间智能制造系统。该机械臂全长10米并可扩展到15米的多机械臂串联应用，突破了爬行操作、大柔性高精度控制、实时动力学等核心技术，形成了四项空间机器人国家标准，引领空间智能装备的“中国制造”之路。

关键词：空间站机械臂；智能；捕获；操作；在轨扩展



iDolphin 38800 吨智能示范船

入选理由:

中国船舶工业集团公司自主研制的 iDolphin (智慧海豚型) 38800 吨智能示范船构建全船智能网络系统, 实现“近零故障”和“无忧管理”的智能运行与维护系统、国内完全自主知识产权的智能航行系统、国内大型船用低速机配套的主机遥控系统等。它是通过英国劳氏船级社和中国船级社认证的智能船舶。

关键词: 智能船舶; 船舶智能化运行; 船舶智能网络系统

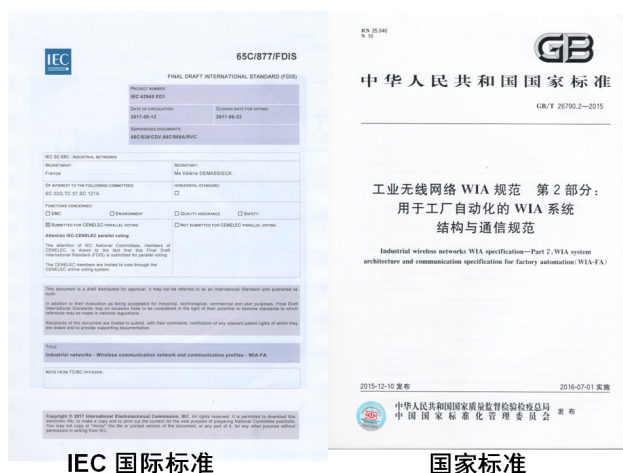


工业无线网络 WIA-FA 技术及标准

入选理由:

WIA-FA 技术及标准是面向工厂自动化高速控制应用的工业无线网络标准。WIA-FA 在高并发、抗干扰、实时性方面处于世界领先地位, 制定的国际标准 IEC 62948 和中国国家标准 GB/T 26790.2-2015, 形成工业物联网核心技术体系, 将为我国智能制造提供核心技术支撑。

关键词: 工业无线网络; 工厂自动化; 标准



IEC 国际标准

国家标准

智能化纺纱系统解决方案

入选理由:

立达智能化纺纱解决方案实现了各工序间原料、半成品、制成品自动运输, 制成品自动打包、码垛、仓储; 蛛网系统将纺织车间的信息集成分析, 指导生产管理, 实现了整个纺纱过程的自动化、连续化、数字化、信息化、智能化, 万锭用工 40-60 人, 减少到 10-15 人, 达到世界领先水平。

关键词: 智能纺纱; 蛛网管理系统

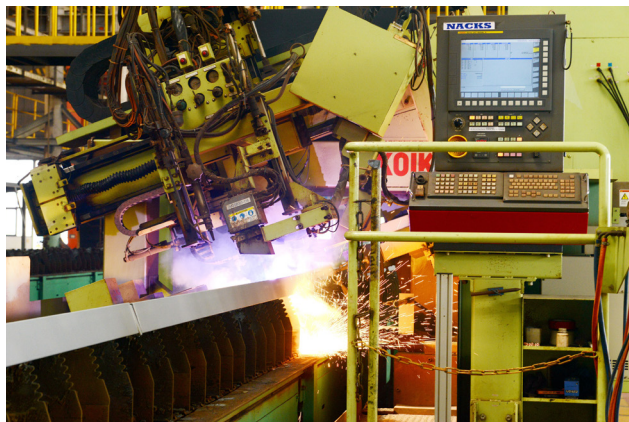


船舶制造智能化车间

入选理由：

南通中远川崎船舶制造智能化车间，以数字化精益设计为源头，集成化信息系统为支撑，精益生产和智能化装备为手段，精益管理为保障，分步推进智能制造，在自动化、智能化生产线、流水线的基础上，建设智能化车间，形成船舶智能制造模式。

关键词：造船智能装备；造船生产线 



（上接第 24 页）

达到设计的处理量，通常根据中等偏硬的部分矿石作为磨机的选型依据。所以对于相当比例的软矿石来说，磨机的规格是偏大的，这就造成了很大一部分无功消耗功率，磨机实现智能控制之后，会根据磨机运行状态对其转速进行智能调节，以达到在消耗最少功率的条件下满足产能要求。

3. 降低了处理原矿的钢耗

钢耗是指处理每吨矿石所消耗的衬板质量和钢球质量的总数。如前所述磨矿过程是典型的复杂工艺过程，受矿石性质，磨矿浓度，钢球配比，矿石粒度大小影响较大，磨机运行状态多变，以前磨机都是定速运行，介质提升能力不足，破碎效果不够和介质抛落后冲击衬板的现象长期存在，无法进行调节，造成磨矿效率降低，增加了钢球及衬板的消耗量，增加了磨矿成本。磨机实现智能控制之后可根据磨机的工作状态对磨机的给料量和转速进

行智能调节，以确保介质足够的提升高度和合适的抛落点，达到既不冲击衬板又增大磨矿效率的目的。

4. 提高了金属的回收率

在传统的磨矿作业中，产品的粒度控制都是开环，即通过设定固定的浓度和压力来确保合适的产品粒度。这种调节是滞后调节，且调节过程时间长，所以制约了金属的回收率的提高。实践证明，金属精矿品位提高 1%，则冶炼产量可以提高 2.5%，能源消耗降低 1.5%。磨机实现智能控制后，通过在线测量产品粒度实现闭环调节浓度和压力，使产品粒度始终保持均匀。

5. 打破了国外垄断

中信重工开发成功大型矿用磨机之前，国内大磨机市场基本被国外几个巨头垄断，同规格的磨机价格是中信重工同类产品的 2 ~ 3 倍，国产大磨机推向市场之后，国外公司的价格迅速缩水

到与国产磨机价格不相上下，且服务承诺大大提升。同样，目前大型矿用磨机智能控制系统依然被几个跨国公司垄断，价格都非常高，通过本课题的开发，可以打破目前这种格局，为用户节约大量投资成本。

四、展望

大型矿用磨机智能控制系统本身所具有的优势决定其本身易在大型矿业领域中推广和应用。此系统的推广应用将大大降低人工成本，提高选矿质量，降低选矿成本。同时会带动矿山企业从采至磨选等一些列产品的智能化进程。

总之，大型矿用磨机智能控制系统的研制成功是继大型矿用磨机实现国产化之后又一项标志性成果。本课题技术的推广应用，对于推进我国矿山重型装备制造业由大变强具有重要意义。 

中国好设计案例选登

(十三)

阿波斯拖拉机

一、案例背景

当前，中国农机工业已经进入新常态，行业增速放缓，低端同质化产品产能严重过剩。而低端拖拉机占全球 2/3 以上的产量，产值却不足全球的 1/5。为突破发达国家技术和市场制约，雷沃重工股份有限公司开发了雷沃阿波斯拖拉机大马力、智能化、动力换挡及电控集成等国际先进技术，实现中国制造由全球低端向中高端的转移。

二、设计创新点

1. 全球协同研发平台搭建

通过组建中、欧、日联合体研发中心，统一软硬件研发工具，构建全球协同产品开发流程，搭建 PLM 研发制造数据共享管理平台，实现研发业务全球协同。

2. 产品与制造技术创新

通过开发 4 速动力及 CVT 换挡、负载传感电控液压控制、提升系统耕深自动检测控制、作业负荷自动控制、导航与远程故障诊断，以及自动驾驶等国际先进技术，实现拖拉机智能化作业。

3. 全球化品牌升级

整合收购意大利百年农机品牌 ARBOS，设计阿波斯机罩头型，塑造阿波斯独特的品牌风格，奠定 ARBOS 品牌全球战略。

三、效果与应用

1. 优化人机工程设计，提高驾驶员操纵舒适度和驾驶体验

通过分析各个操纵机构的使用工况和使用频率，优化各个操纵按钮、手柄的空间布置，所有操纵机构都位于驾驶员最方便触及的位置（大多数操纵机构都位于驾驶员右手边位置）。

通过操纵机构传动比的合理设计使得操纵力分布在驾驶员舒适的范围内，减小长时间操作造成的疲劳，如制动踏板脚踩力度比国际品牌竞品低 20% ~ 25%，后提升操纵力度低 10% ~ 15% 等，换挡杆操纵力度低 15% ~ 20%；



图 1 阿波斯拖拉机优化人机工程设计

标配高品质座椅，充分考虑人体的自然生理曲线，对驾驶员提供最大程度的接触面积和均衡受力，并可选匹配气悬浮豪华座椅。

可调式转向管柱，驾驶员可根据身材调节方向盘位置，前后角度可调 $\pm 12^\circ$ ，伸缩距离可调 $\pm 40\text{mm}$ 。

超大角度前方视野，尤其对前方装载类操作具备明显优于其它品牌（现有机型视野角度为 11.3° ，标杆车型 CNH 为 23° ，阿波斯为 26.7° ）。

2. 采用平面组成式变速箱

阿波斯拖拉机采用两速 / 三速动力换挡技术，可在不中断动力传递的情况下换挡，提高了作业效率，降低了拖拉机的油耗。用户点按按钮即可在高挡和低挡之间切换，换挡平顺、降低了驾驶劳动强度。

3. 智能化及与机具匹配

雷沃阿波斯是目前国内最大的农业装备制造企业。可提供土地整理、耕整、播种、田间管理、收获、秸秆处理和粮食烘干各作

业环节的全套机械设备，是国内唯一可提供农业全程机械化解方案的自主品牌。产品可支持高端农机具：依次进入牧草机械、烘干机械、耕整机械、播种机械和植保机械，形成全系列高端农机具业务，填补国内中高端农机具空白。

4. 无人驾驶

通过与导航自动作业系统匹配，可实现自动导航和无人驾驶两种工作模式。标准配置的导航自动作业系统可达到直线导航控制精度： $<5\text{cm}$ ；转向角控制精度： 0.5° ；自动对行精度： $\pm 2.5\text{cm}$ ；自主差分基站作用范围：最大 30km （空旷环境），从而实现更加精准的对行和控制，这将为用户提供更宽广的选择，用于不同作业需要。在任何土地状况下，准确地操控机器的转向，主要用于起垄、播种等作业，起到走直线的效果，并能充分优化机器效率，减轻操作员疲劳，大大延长驾驶员的作业时间，提高作业量。

自动导航系统用于播种作业

时，机手驾驶水平不受严格限制，节省机手薪酬支出 60%；不受光线、昼夜的限制，速度快，提高作业效率至少 20%；解决了“播行不直，接行不准”的瓶颈制约，使棉花的采净率提高 $2\% \sim 3\%$ ，每亩增加收入 $60 \sim 90$ 元；用于播种作业，使土地利用效率至少提高 $0.5\% \sim 1\%$ 。

自动导航系统，优化农业生产的投入，大大减少农机具往复线的重叠，节省时间、燃料、种子、肥料等各项农业生产成本，提高整地、播种、收获机具的工作效率，从而提高机械投资收益。

5. 经济性

该产品相比竞争对手作业档位速度更分布合理，顺位换挡，档位选择更加明确。

最小转弯半径 P5000 更小， 4.76 米，田间转弯掉头更灵活，作业效率更高。

进口 Mita 半分置式液压提升器，力调节、位调节、力位综合调节、机具地头快速提升，下降速度和灵敏度自动调节，操作简便、自动化程度高、劳动强度低。

$5 \sim 12\text{km/h}$ 的主要田间作业速度区间，有一次插花换挡，作业效率、操纵方便性高。

采用两、三速电液控制动力换挡技术，作业档位速度分布合理，顺序换挡，智能识别作业工况（速度）自动选择最佳换挡时机，点按按钮即可在高挡和低挡

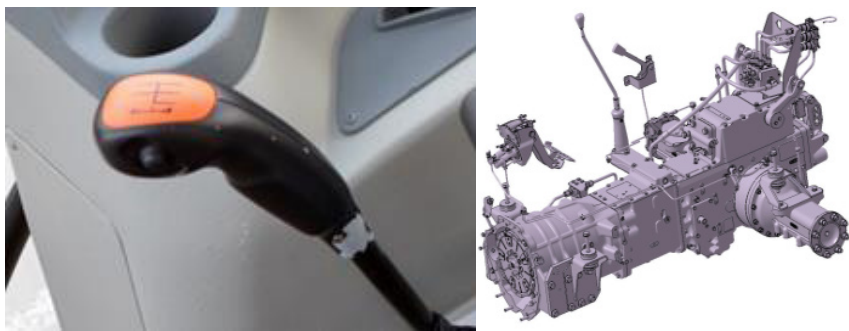


图 2 采用平面组成式变速箱

之间切换，换挡平顺、降低了驾驶劳动强度，可在不中断动力传递的情况下换挡，提高作业效率，降低拖拉机的油耗。

匹配科勒发动机，油耗低（油耗相对其他国产品牌低 15% ~ 18%）。

阿波斯智能动力换挡拖拉机聚焦全球 2300 亿元中高端市场，通过创新设计，产品达到世

界先进水平，产品利润率由现有 5% ~ 15% 的提升至 30% ~ 60%。2015 年，该系列产品获得德国汉诺威“2015 年度拖拉机银奖”。好设计大赛银奖的获得，是对我们企业长期以来坚持自主研发、致力于自身产品品牌特征建立、提升品牌价值工作的一种肯定，是雷沃重工产品进入企业创造时代的一个有力例证。



曲轴柔性、精密、高效磨削加工

一、案例背景

传统的曲轴加工生产线，工序分散、设备多、效率低、精度差、只适合单品种曲轴生产。北京第二机床厂有限公司开发的以随动式磨削技术为核心的成套装备及随动式磨削技术、超高速磨削和复合抛光技术，实现了多轴颈一次装夹加工。

了曲轴多轴颈一次装夹加工，将传统的曲轴磨削的 7 道工序、9 台机床优化为 4 道工序、4 台机床，满足了多品种曲轴柔性加工、快速换型生产，缩短了工艺流程。如图 1 所示。

2. 窄砂轮随动切纵式磨削技术

开发出的窄砂轮随动切纵式磨削技术，满足了特殊汽油机、大型柴油机以及船舶曲轴的应用，原理如图 2 所示。解决了主轴颈和连杆颈的宽度不一、圆弧连接、宽度较大的曲轴磨削的工艺难题，实现了各类曲轴加工，减少了磨削面烧伤，解决了不同

二、设计创新点

1. 曲轴短流程磨削工艺优化

基于随动式非圆磨削原理，采用双砂轮架同步驱动技术、CBN 砂轮超高速随动磨削技术及复合抛光技术，北京第二机床厂有限公司开发了工件智能识别系统、无编程专家软件系统，实现

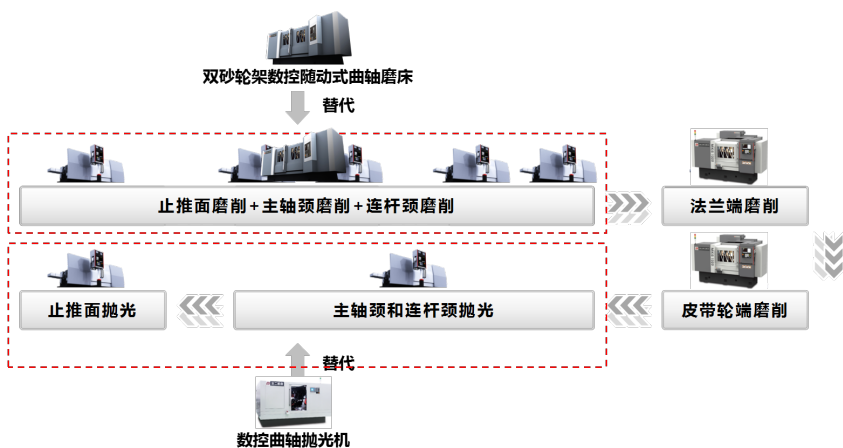


图 1 曲轴短流程磨削工艺优化示意图

品种曲轴换型需要换砂轮的难题，提高了砂轮适用性、降低了砂轮成本、拓宽了加工对象、进一步提升了柔性，产品换型调整更为简单，减少了设备与刀具投资。

三、效果与应用

已成功应用于汽车、船舶、内燃机、军工、工业机器人、空调冰箱压缩机等不同行业，如图3所示。近年来已为汽车等行业提供了30余条生产线的成套设备，缓解了发达国家对我国的技术制约，迫使进口成套装备降价，为我国内燃机、汽车、船舶、军工、工业机器人等行业节省了设备投资。

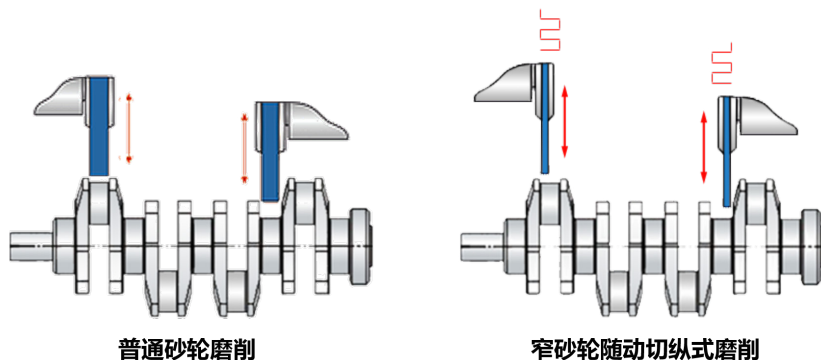


图2 窄砂轮随动切纵式磨削原理图



图3 应用范围举例

高性能铜铝复合材料连铸直接成形

一、案例背景

针对传统铜包铝复合材料生产流程长、生产效率低、成本高等问题，北京科技大学发明了铜包铝复合材料连铸直接成形及产品加工成形技术与工艺。其工艺特点就是将两种不同熔点的材料同时复合浇铸在一起，进行连铸、

轧制，具有短流程、高效率、节能降耗、复合界面达到冶金结合等特点，可有效缓解我国铜资源紧缺问题，实现良好经济效益。

二、设计创新点

1. 设计实现铜铝连铸复合成

形

通过将铜和铝两种金属熔化后，注入同一复合装置进行连续铸造（如图1所示），实现包覆材料连铸直接复合成形、复合界面达到完全冶金结合。这种技术与装备提高了连铸复合坯料和加工产品的成分、组织和性能均匀性与一致性，提高了铜包铝产品成形加工性能和产品应用时的机

加工性能，提高了产品质量的均匀性与一致性。

2. 设计实现关键工艺及装备

采用连铸复合坯料，通过轧制、拉拔、退火不同的工艺优化组合以及变形和加工过程控制，分别用于生产高性能复合扁排、扁线和圆线产品（如图2）的3种短流程高效加工工艺。突破产业化系列关键技术，开发了规模产业化系统集成工艺与成套装备技术，包括高效、稳定连铸生产关键技术，高效成形加工生产关键技术，扁排退火关键技术，以及连铸、轧制、退火等专用关键装备。

三、效果与应用

项目成果转让4家企业应用，已建成4条生产线，共生产复合扁排2万吨，利税超过12亿元。项目产品可实现节铜65%~80%，推广应用对于缓解我国铜资源紧缺、确保资源安全，具有重要意义。MT

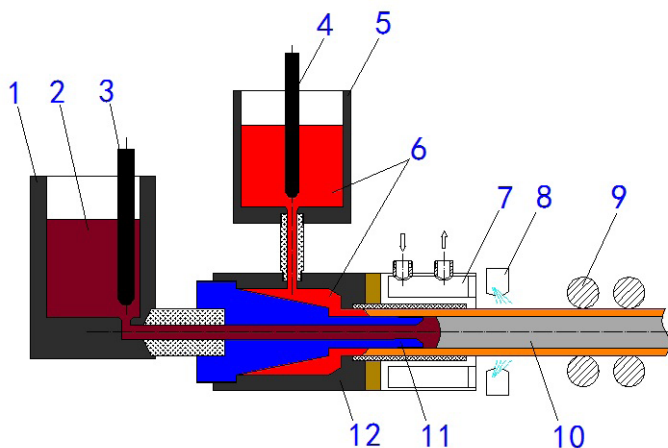


图1 连铸复合原理图
2—铝 6—铜 10—复合棒坯



图2 连铸铜包铝棒坯及扁排产品

创新驱动发展 建设制造强国

——2017 年中国机械工程学会年会在山东济南召开

2017 年 11 月 13-14 日，2017 年中国机械工程学会年会在山东济南隆重召开。本届年会以“创新驱动发展 建设制造强国”为主题，精彩的主旨报告及丰富多彩的专题活动吸引了来自全国各地 1000 余名机械科技工作者参加。

11 月 14 日上午，在济南南

郊宾馆蓝色大厅举行了隆重的年会开幕式、颁奖典礼和主旨报告会。中国机械工程学会理事长李培根院士，山东省经济和信息化委员会副巡视员张忠军，山东省科协党组成员、副主席于洪文出席开幕式并致辞。出席会议的还有中国机械工业联合会执行副会长杨学桐，中国机械工程学会监

事长宋天虎，常务副理事长张彦敏，副理事长郭东明院士，副理事长兼秘书长陆大明，齐鲁工业大学（山东省科学院）党委书记王英龙，山东机械工程学会理事长林江海，中国机械工程学会荣誉会员、上银科技股份有限公司董事长卓永财，以及来自全国各地的科技工作者及获奖者代表。



年会现场



中国机械工程学会常务副理事长张彦敏主持开幕式



颁发 2017 年度中国机械工业科学技术奖特等奖



颁发 2017 年度中国机械工业科学技术奖一等奖

开幕式及颁奖典礼由中国机械工程学会常务副理事长张彦敏主持，李培根理事长等领导和嘉宾颁发了 2017 年度中国机械工业科学技术奖、第七届上银优秀机械博士论文奖、第七届绿色制造科学技术进步奖、2017 年中国大学生机械工程创新创业大赛最佳创新创业奖和 2017 年度中国机械工程学会科技奖。

开幕式及颁奖仪式后，举行了主旨报告会。主旨报告会由中国机械工程学会常务理事、中国



中国机械工程学会理事长李培根院士致辞



山东省经信委副巡视员张忠军致辞



山东省科协党组成员、副主席于洪文致辞

工程院院士杨华勇主持。

中国科学院自动化研究所王飞跃教授做了题为《平行制造：新时代智能制造的换道超车之路》的报告。报告首先讨论新时代智能技术对社会经济体系的变革性影响，以及对制造技术的革命性冲击。报告认为，新一代的制造系统必须完成从“大定律、小数据”的牛顿生产向“大数据、小定律”默顿制造的范式转移，集制造的描述智能、预测智能、引导智能为一体，从工业互联网转向工业物联网，实现知识自动化和平行智能制造；从基于 CPS 的工业 4.0 提升到基于 CPSS 的智能产业工业 5.0，创立智能制造的新直道，实施换道平行超车，最终迈向按需制造绿色生产的社会制造体系。

中国机械工程学会常务理事兼机器人分会主任委员、华中科技大学教授、中国科学院院士丁汉做了题为《共融机器人》的报告。报告分析了国际机器人研究前沿与发展趋势，指出新一代机器人是能够与作业环境、人和其它机器人之间自然交互，自主适应复杂动态环境和协同作业任务的共融机器人。共融机器人的特征是：具有刚一柔一软耦合的柔顺灵巧结构，能够保证与人 and 环境交互时的顺应性；具有多模态感知与认知功能，能够精确理解作业环境和人的行为意图；具有分布自主与群体协作能力，能够



李培根理事长和卓永财董事长共同颁发第七届上银优秀机械博士论文奖



颁发第七届绿色制造科学技术进步奖



李培根理事长颁发 2017 年中国大学生机械工程创新创业大赛最佳创新创业奖



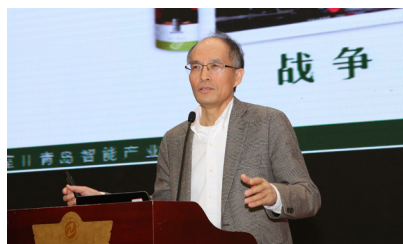
李培根理事长颁发中国机械工程学会青年科技成就奖



李培根理事长向黄田教授颁发中国机械工程学会科技成就奖



杨华勇院士主持主旨报告会



王飞跃教授作报告



丁汉院士作报告



郭东明院士作报告

实现多机器人在结构和功能上的互补互助。报告总结了共融机器人在结构、传感和控制方面面临的挑战、科学问题和主要研究内容,并展望共融机器人在高端制造、医疗康复、国防安全等领域的应用前景。

中国机械工程学会副理事长兼生产工程分会主任委员、大连理工大学校长、中国工程院院士郭东明做了题为《高性能精密制造的发展》的报告。报告认为高性能零件的性能与零件的几何精度、结构、材料等多因素密切相关,往往呈非线性甚至相互耦合关系,采用传统工艺进行加工制造十分困难,难以满足该类零件的精密(含超精密)制造要求。报告从高性能零件的需求和应用出发,提出并阐明了高性能零件的特点、分类及各自内涵,并针对七类高性能零件,介绍了加工制造技术的研究现状、存在的难点和核心问题,解决途径和发展趋势。

2017年年会还举办了制造业绿色发展高峰论坛暨绿色制造科技成果交流会、中国机械工程学会青年论坛上银优博论文交流会、第七届上银优秀机械博士论文颁奖典礼、“电液控制技术智能化及创新应用”学术报告会、《机械工程学报》首届高影响力论文评选暨2018年重点刊登方向发布会等丰富多彩的专题活动。

年会期间,与会代表还参观了济南二机床集团有限公司。MT

2018 移师广东(东莞)

MEET AGAIN IN GUANGDONG (DONGGUAN)

BEW2018

第23届北京·埃森焊接与切割展览会

THE 23rd BEIJING ESSEN WELDING & CUTTING FAIR

珠三角经济发展提速

Accelerated Economic Development of Pearl River Delta

东南亚市场开拓活跃

Active Market Exploration in Southeast Asia

“一带一路”东风强劲

Strong Wind of “Belt and Road”

微信二维码



关注我们的微信公众号，
可获取更多展会信息。

北京/BEIJING

上海
SHANGHAI

广东(东莞)
GUANGDONG (DONGGUAN)



2018年5月8-11日

广东现代国际展览中心

May 8-11, 2018

GD Modern International Exhibition Centre



www.beijing-essen-welding.com

www.埃森焊接展.com