智能制造关键使能技术发展及应用*

李　伟[①]　海本禄[②]　易　伟[①]
①深圳国策信息服务有限公司 广东 深圳 518000 ②青岛大学商学院 山东 青岛 266071

摘　要信　0　-1　0　0　cm　1　0　0　1　219.881　-52.496　ccm　BT　100

集成国际标准的功能层级划分，最底层为“产品”层，最顶层为“互联世界”层，由此形成产品、现场设备、车间/工段、工厂、企业、互联世界五项层级。其中“互联世界”即是使用 IoT 和 IoS 连接企业、客户和供应商，形成跨企业协同制造关系，实现智能制造企业环境的最后阶段。

其三，企业物理系统功能维度。按照 IT 和通信技术常用方法，企业数字化所有方面自下而上划分为 6 个层级：(1)资产。表达物理部件和非物理部件等实体，物理部件如线性轴、机器人、传送带、可编程序控制器、金属部件、文档、档案等。非物理部件包括软件和思想。(2)集成。以计算机能够处理的方式提供资产的信息，对技术过程进行计算机辅助的控制。集成层包含与 IT 系统相链接的元件，如传感器、射频识别(RFID)读入设备、人机界面(HMI)和计算机辅助控制器等。(3)通信。用来处理通信协议，以及数据和文件的传输。具有通信标准化功能，利用统一的数据格式和预定义协议，为集成层的控制提供服务。(4)信息。将不同的可用数据一致地处理和集成为有用的信息，不仅通过服务接口提供结构化的数据，还要接收事件，并把它们转换为将在“功能层”使

(验证性)、validation(确认性)、variability(可变性)和value(价值性)等特征[10]。在制造领域,BD 可以为整个产品生命周期内的相关生产活动提供系统指导,实现流程的低成本和无故障运行,并帮助管理人员做出决策。借助 CC 技术,并通过如机器学习、预测模型等高级分析工具,分析和挖掘离线和实时数据,从巨大的数据中提取知识,使企业能够了解产品生命周期的各个阶段,可以帮助企业采取更加理性、信息充分和反应迅速的决策方式。在制造企业层级构建框架中,从机器设备和操作者生成 IoT 数据是 BD 分析的源头信息,CC 提供了 BD 分析的 IT 基础设施[11]。

2.4 计算机仿真

为了成功实施数字化制造,计算机仿真是不可或缺的强大技术工具。仿真建模通过开发复杂的多功能产品,深入了解复杂系统,并可以在实际实施之前测试新概念或系统、资源配置和新操作,从而可以在不干扰实际运行系统的情况下收集信息和知识[12]。仿真建模允许实验验证产品、过程或系统设计和配置,有助于制造业企业降低成本、缩短开发周期并提高产品质量,有效支持运营和决策。在制造系统中,仿真一直在设计评估、操作过程性能评估中发挥着重要作用。前者的应用主要包括设施布局、系统容量配置、材料处理系统、柔性制造系统和蜂窝制造系统等;后者主要包括制造运营计划和调度、实时控制、运行策略和维护操作等方面。近年来,虚拟现实(VR)技术在仿真的应用,使得制造工厂的高保真模拟——虚拟工厂(VF)成为现实;数字孪生(DT)技术将仿真扩展到所有产品生命周期阶段,实现在不同制造系统模式、流程和产品上的实验和验证[13]。

2.5 增强现实

增强现实(augmented reality, AR)是将虚拟信息放在现实中展现,并且让人和虚拟信息进行互动的技术[14],当前被广泛应用于娱乐、营销、旅游、外科、物流、制造等领域。相对传统硬件,AR 具有更大的成本优势,并提供动态实时信息,在模拟、辅助和指导制造过程中,AR 已被证明是一种有效解决问题的技术。例如在制造过程控制中,生产监测实时报告中使用 AR,通过监控 Cpk 索引来支持质量数据报告;AR 系统与质量数据分析(QDA)软件相关联以接收数据,QDA 软件生成报告并将其自动导出到 AR 应用程序中,对照关键性能指标 KPI[15]。在产品诊断维护过程中,可以通过手持显示器进行产品缺陷检查和 3D 映

程访问和云存储数据等等的日渐普及，不仅意味着越来越多的开放机会，而且潜含着越来越多的新信息安全危机。网络安全（cybersecurity，CS）是适用于工业和物联网情境，高水平信息安全的新术语，泛指保护、探测和响应网络攻击的技术[22]。IoT 必须基于制造过程中每个环节的安全通信来构建，并且确保设施之间的安全互操作性，这是实现供应链价值的基本前提。针对工业控制系统（ICS）的网络攻击会导致制造业务的瘫痪和关闭，导致企业蒙受巨额经济损失；某些潜在攻击方式，例如篡改产品设计、制造过程文件或操纵过程/产品数据等，均会延迟产品推出与投产。当前，软件定义网络（SDN）和网络功能虚拟化（NFV）技术应用可以帮助企业提高网络灵活性，快速检测和临时替换故障系统。近年来，深度防御观点日益被制造企业所接受，从技术、组织和人三重维度构建安全 ICS 多层体系，并强调系统级、网络级和工厂级的安全控制实施与更新[23]。

3 结语

智能制造范式的核心是使生产制造系统更加灵活和协作，其基础是先进自动化技术和 ICT 技术。当前，智能制造进程不断推进，本文所分析概括的九项关键使能技术是企业智能制造模式开展的技术推动力。工业环境中，单项使能技术影响有限，但协同实施将对产业影响巨大，开启未来无限可能。所有关键使能技术的应用必须确保安全性，网络安全技术的进步将为企业智能制造保驾护航。

参 考 文 献

[1]康佳立. 从工业 4.0 到社会 5.0——以德日两国相关发展战略的比较为例[J].科技管理研究，2019(4)：19-24.

[2]ZVEI. The reference architectural model industrie 4.0 (RAMI 4.0) [R/OL]. 2015-01-04[2019-05-01].https://www.zvei.org/en/subjects/industrie-4-0/the-reference-architectural-model-industrie-40-rami-40.

[3]Alcácer V, Cruz-machado V. Scanning the industry 4.0: a literature review on technologies for manufacturing systems [J]. Engineering Science and Technology, an International Journal, 2019, in press, https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.01.006.

[4]Trappey A J C, Trappey C V, Govindarajan U H, et al. A review of essential standards and patent landscapes for the internet of things: a key enabler for Industry 4.0 [J]. Advanced Engineering Informatics, 2017, 33: 208-229.

[5]中国电子技术标准研究院.工业物联网白皮书(2017 版)[R/OL]. (2017-09-13) [2019-05-01]. http://www.cesi.cn/201709/2919.html.

[6]LI S, XU L D, ZHAO S. 5G internet of things: a survey [J]. Journal of Industrial Information Integration, 2018, 10: 1-9.

[7]中国信息通信研究院.云计算发展白皮书(2018) [R/OL]. 2018-08-01[2019-05-01]. http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/201808/t20180813_181718.htm.

[8]郭朝先，胡雨朦. 中外云计算产业发展形势与比较[J].经济与管理，2019(2)：86-92.

[9]Alqaryouti O, Siyam N. Serverless computing and scheduling tasks on cloud: a review [J]. American Scientific Research Journal for Engineering Technology and Sciences, 2018, 40(1): 235-247.

[10]Gandomi A, Haider M. Beyond the hype: big data concepts, methods, and analytics [J]. International Journal of Information Management, 2015, 35 (2): 137-144.

[11]Tao F, Qi Q, Liu A, et al. Data-driven smart manufacturing [J]. Journal of Manufacturing Systems, 2018, 48: 157-169.

[12]Mourtais D, Papakostas N, Mavrilios D, et al. The role of simulation in digital manufacturing: applications and outlook [J]. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2015, 28(1): 3-24.

[13]Cedeno J M V, Papinniemi J, Hannola L, et al. Developing smart services by internet of things in manufacturing business [J]. LogForum, 2018,14(1): 59-71.

[14]侯颖，许威威.增强现实技术综述[J].计算机测量与控制，2017，25(2)：1-7.

[15]Segovia D, Mendoza M, Mendoza E, et al. Augmented reality as a tool for production and quality monitoring [J]. Procedia Computer Science, 2015, 75: 291-300.

[16]肖承翔，李海斌.增材制造技术与标准化最新进展[J].信息技术与标准化，2015(6)：27-29.

[17]Kim H, Lin Y, Tseng T L B. A review on quality control in additive manufacturing [J]. Rapid Prototyping Journal, 2018, 24 (3): 645-669.

[18] Wang X V, Wang L, Gordes R. Interoperability in cloud manufacturing: a case study on private cloud structure for SMEs [J]. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2017, 31 (7): 653-663.

[19]Wang S, Wan J, Li D, et al. Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook [J]. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2016, 12(4): 1-10.

[20] Ben-ariARI M, Mondada F. Robots and their application [J]. Elements of Robotics, 2018(1):1-20.

[21] Hassan M, Liu D. Simultaneous area partitioning and allocation for complete coverage by multiple autonomous industrial robots [J]. Autonomous Robots, 2017, 41(8): 1609-1628.

[22]Elhabashy A E, Wells L J, Camelio A, et al. A cyber-physical attack taxonomy for production systems: a quality control perspective [J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 2018(2): 1-16.

[23]Jasen C, Jeschke S. Mitigating risks of digitalization through managed industrial security services [J]. AI & SOCIETY, 2018, 33(2):163-173.

第一作者：李伟，男，1981 年生，博士，经济师，深圳国策信息服务有限公司董事长，研究方向为技术创新战略与政策，已发表论文 15 篇。

（编辑　高　扬）

（收稿日期：2019-05-27）

文章编号 20200408
如果您想发表对本文的看法 请将文章编号填入读者意见调查表中的相应位置

C 199 202 China A ad c Jo r al lec ro i P li s l h ed / w . k.