

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.08.001

智能制造装备的发展现状与趋势*

傅建中

(浙江大学 机械工程学系, 浙江 杭州 310027)

摘要: 智能制造装备是先进制造技术、信息技术以及人工智能技术在制造装备上的集成和深度融合,是实现高效、高品质、节能环保和安全可靠生产的下一代制造装备。在综述了智能制造装备国内外发展现状的基础上,重点论述了智能制造装备的内涵及其发展重点,并得出结论,认为德国的“工业4.0”和美国的工业互联网装备将是智能制造装备未来的发展方向。

关键词: 智能制造装备; 工业4.0; 信息物理系统; 工业互联网

中图分类号: TH166; TH39 文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2014)08-0959-04

Development status and trend of intelligent manufacturing equipment

FU Jian-zhong

(College of Mechanical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: The intelligent manufacturing equipment (IME) is an integration of the advanced manufacturing technology, the information technology and the artificial intelligence technology. It is the next-generation manufacturing equipment, which is considered to be efficient, high-quality, energy-saving, environment friendly, safe and reliable. A state-of-the-art review on the IME both in and abroad the country was given, the essence and the development emphasis of the IME were discussed. The results show that the German “Industry 4.0” and the American industrial internet equipment is the future developing direction of the IME.

Key words: intelligent manufacturing equipment (IME); industry 4.0; cyber-physical system (CPS); industrial internet

0 引 言

智能制造装备是具有预测、感知、分析、推理、决策、控制功能的各类制造装备的统称,是在装备数控化基础上提出的一种更先进、更能提高生产效率和制造精度的装备类型。

智能制造装备是高端装备的核心,是制造装备的前沿和制造业的基础,已成为当今工业先进国家的竞争目标。作为高端装备制造业的重点发展方向和信息化与工业化深度融合的重要体现,发展智能制造装备产业对于加快制造业转型升级,提升生产效率、技术水平和产品质量,降低能源资源消耗,实现制造过程的智能化和绿色化发展具有重要意义^[1]。

本文在综述智能制造装备国内外发展现状基础

上,重点论述智能制造装备的内涵和发展重点。

1 智能制造装备发展现状

1.1 美国

美国是国际智能制造思想的发源地之一,美国政府高度重视智能制造的发展,并且已经把它作为21世纪占领世界制造技术领先地位的基石。从上世纪90年代开始,美国国家科学基金(NSF)就着重资助有关智能制造的诸项研究,项目覆盖了智能制造的绝大部分,包括制造过程中的智能决策、基于多施主(multi-agent)的智能协作求解、智能并行设计、物流传输的智能自动化等^[2]。2005年,美国国家标准与技术研究所(NIST)提出了“聪明加工系统(smart machining system, SMS)”研究计划。

收稿日期: 2014-04-18

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2013BAF05B00)

作者简介: 傅建中(1968-),男,浙江衢州人,工学博士,教授,博士生导师。主要从事先进制造技术方面的研究。E-mail: fujz@zju.edu.cn

聪明加工系统的实质是智能化,该系统的主要目标和研究内容包括:

(1) 系统动态优化。即将相关工艺过程和设备知识加以集成后进行建模,进行系统的动态性能优化;

(2) 设备特征化。即开发特征化的测量方法、模型和标准,并在运行状态下对机床性能进行测量和通信;

(3) 下一代数控系统。即与STEP-NC兼容的接口和数据格式,使基于模型的机器控制能够无缝运行;

(4) 状态监控和可靠性。即开发测量、传感和分析方法;

(5) 在加工过程中直接测量刀具磨损和工件精度的方法。

2011年,美国总统奥巴马宣布实施包括工业机器人在内的“Advanced Manufacturing Partnership Plan”(先进制造联盟计划),立即得到同日发布的“实现21世纪智能制造”新报告的积极响应。在这份由美国智能制造领导联盟(smart manufacturing leadership coalition, SMLC)公布的报告中,不但描绘了该领域未来的发展蓝图,而且确定了十大优先行动目标,意图通过采用21世纪的数字信息技术和自动化技术,加快对20世纪的工厂进行现代化改造过程,以改变以往的制造方式,借此获得经济、效率和竞争力方面的多重效益^[3]。

1.2 日本

日本于1990年首先提出为期10年的智能制造系统(IMS)的国际合作计划,并与美国、加拿大、澳大利亚、瑞士和欧洲自由贸易协定国在1991年开展了联合研究,其目的是为了克服柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)的局限性,把日本工厂和车间的专业技术与欧盟的精密工程技术、美国的系统技术充分地结合起来,开发出能使人 and 智能设备都不受生产操作和国界限制,且能彼此合作的高技术生产系统。

1.3 欧盟

欧盟于2010年启动了第七框架计划(FP7)的制造云项目^[4],特别是制造业强国的德国,继实施智能工厂(Smart factory)之后^[5],又启动了一个投入达2亿欧元的工业4.0(Industry 4.0)项目^[6]。德国政府2010年制定的《高技术战略2020》计划行动中,意图以未来项目“工业4.0”奠定德国在关键工业技术上的国际领先地位,并在2013年4月举行的汉诺威工业博览会上正式将此计划推出。“工业4.0”概念最初是在德国工程院、弗劳恩霍夫协会、西门子公司等德国学术界和产业界的建议和推动下形成,目前其已上升为国家级战略^[7]。

1.4 中国

我国自2009年5月《装备制造业调整和振兴规划》出台以来,国家对智能制造装备产业的政策支持

力度不断加大,2012年国家有关部委更集中出台了一系列规划和专项政策,使得我国智能制造装备产业的发展轮廓得到进一步地明晰。工业与信息化部发布了《高端装备制造业“十二五”发展规划》,同时发布了《智能制造装备产业“十二五”发展规划》子规划,明确提出到2020年将我国智能制造装备产业培育成为具有国际竞争力的先导产业。科学技术部也发布了《智能制造科技发展“十二五”专项规划》;国家发展改革委员会、财政部、工业与信息化部三部委组织实施了智能制造装备发展专项;工业与信息化部制定和发布了《智能制造装备产业“十二五”发展路线图》,该路线图明确把智能制造装备作为高端装备制造业的发展重点领域,以实现制造过程智能化为目标,以突破九大关键智能基础共性技术为支撑,其思路是:以推进八项智能测控装置与部件的研发和产业化为核心,以提升八类重大智能制造装备集成创新能力为重点,促进在国民经济六大重点领域的示范应用推广。

2 智能制造装备的内涵与发展重点

2.1 智能制造装备的内涵

智能制造装备是一种由智能机器人和人类专家共同组成的人机一体化智能系统,它在制造过程中能进行智能活动,如分析、推理、判断、构思和决策等。通过人与智能机器的合作共事,去扩大、延伸和部分地取代人类专家在制造过程中的脑力劳动。智能制造装备最终要从以人为主要决策核心的人机和谐系统向以机器为主体的自主运行方向转变。

2.2 智能制造装备的发展重点

根据工业和信息化部制定和发布的《智能制造装备产业“十二五”发展路线图》规划,智能制造装备的发展重点为:

(1) 九大关键智能基础共性技术,包括:

- ① 新型传感技术;
- ② 模块化、嵌入式控制系统设计;
- ③ 先进控制与优化技术;
- ④ 系统协同技术;
- ⑤ 故障诊断与健康维护技术;
- ⑥ 高可靠实时通信网络技术;
- ⑦ 功能安全技术;
- ⑧ 特种工艺与精密制造技术;
- ⑨ 识别技术。

(2) 八项核心智能测控装置与部件,包括:

- ① 新型传感器及其系统;
- ② 智能控制系统现场总线;

- ③ 智能仪表;
 - ④ 精密仪器;
 - ⑤ 工业机器人与专用机器人;
 - ⑥ 精密传动装置;
 - ⑦ 伺服控制机构;
 - ⑧ 液气密元件及系统。
- (3) 八类重大智能制造成套装备,包括:
- ① 石油石化智能成套设备集成;
 - ② 冶金智能成套设备集成;
 - ③ 智能化成形和加工成套设备集成;
 - ④ 自动化物流成套设备集成;
 - ⑤ 建材制造成套设备集成;
 - ⑥ 智能化食品制造生产线集成;
 - ⑦ 智能化纺织成套装备集成;
 - ⑧ 智能化印刷装备集成。
- (4) 六大重点应用示范推广领域,包括:
- ① 电力领域;
 - ② 节能环保领域;
 - ③ 农业装备领域;
 - ④ 资源开采领域;
 - ⑤ 国防军工领域;
 - ⑥ 基础设施建设领域。

3 智能制造装备发展趋势

当前,智能制造装备的发展趋势以德国的“工业4.0”和美国的工业互联网装备最为清晰。

3.1 德国“工业4.0”

德国“工业4.0”通过充分利用信息物理系统(CPS),实现由集中式控制向分散式增强型控制的基本模式转变,目标是建立高度灵活的个性化和数字化的产品与服务的生产模式,推动现有制造业向智能化方向转型。CPS是一个综合计算、网络和物理环境的多维复杂系统,通过3C(Computation、Communication、Control)技术的有机融合与深度协作,实现制造装备系

统的实时感知、动态控制和信息服务。CPS实现计算、通信与物理系统的一体化设计,可使系统更加可靠、高效、实时协同。德国电气电子和信息技术协会于2013年发布了德国首个“工业4.0”标准化路线图,以加强德国作为技术经济强国的核心竞争力,确保德国制造的未来^[8-9]。

“工业4.0”项目主要分为两大主题:

(1) 智能工厂。重点研究智能化生产系统及过程,以及网络化分布式生产设施的实现(工业4.0智能工厂如图1所示);

(2) 智能生产。主要涉及整个企业的生产物流管理、人机互动以及3D技术在工业生产过程中的应用等。当前,“工业4.0”已开展的研发项目如表1所示。

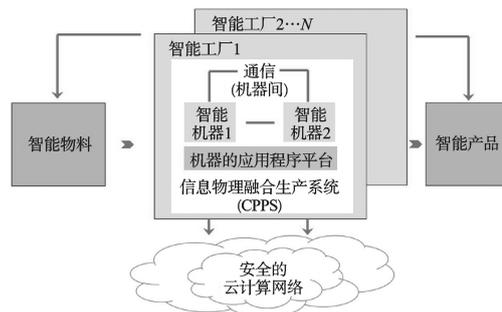


图1 工业4.0智能工厂

3.2 美国工业互联网装备

2013年,美国通用电气公司(GE)发表了《工业互联网-打破智慧与机器的边界》报告^[10]。该报告提出了工业互联网(Industrial Internet)的概念。工业化创造了无数的机器、设施和系统网络,而工业互联网则是指让这些机器和先进的传感器、控制和软件应用相连接,以提高制造业的生产效率、减少资源消耗。

工业互联网装备将整合两大革命性转变的优势:

- (1) 工业革命。伴随着工业革命,出现了无数台机器、设备、机组和工作站;
- (2) 强大的网络革命;
- (3) 在网络化的影响下,计算、信息与通讯系统应运而生并不断发展。

表1 德国工业4.0主要研究项目

| 研究项目及网址 | 主要研究内容 | 实施期间 | 负责部门 | 预算/欧元 | 参与机构数量 |
|--|---------------------------------|---------------------|--------------|---------|---------------|
| Cypros http://www.projekt-cypros.de/ | 智能工厂相关的信息物理融合系统(CPS)的运用方式、工具的开发 | 2012年9月~ 2015年9月 | 德国教育 与研究部 | 约560万 | 21 |
| Kapaflexy http://www.kapaflexy.de/ | 自律生产系统 | 2012年9月~ 2015年9月 | 德国教育 与研究部 | 约270万 | 10 |
| Prosense http://www.prosense.info | 基于人工智能系统与智能传感器的生产管理 | 2012年9月~ 2015年9月 | 德国教育 与研究部 | 约308万 | 9 |
| Autonomic http://www.autonmik.de/de/1003.php | 自律控制系统 | 2013年~ 2017年 | 德国经济 技术部 | 约4 000万 | 10-14 (未定) |

伴随着这样的发展,3种元素逐渐融合,诞生了工业互联网装备,工业互联网要素图如图2所示。

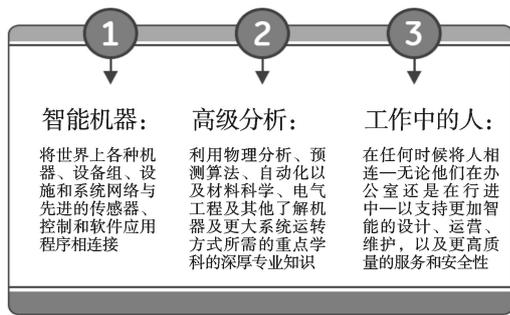


图2 工业互联网的关键元素

(1) 智能机器。以崭新的方法将现实世界中的机器、设备、团队和网络通过先进的传感器、控制器和软件应用程序连接起来;

(2) 高级分析。使用基于物理的分析法、预测算法、自动化和材料科学,电气工程及其他关键学科的深厚专业知识来理解机器与大型系统的运作方式;

(3) 工作人员。建立员工之间的实时连接,连接各种工作场所的人员,以支持更为智能的设计、操作、维护以及高质量的服务与安全保障。

通过将这些元素融合起来,将制造装备与高级计算、分析、感应技术、互联网的连接融合,形成了工业互联网装备。

工业互联网的数据循环如图3所示。

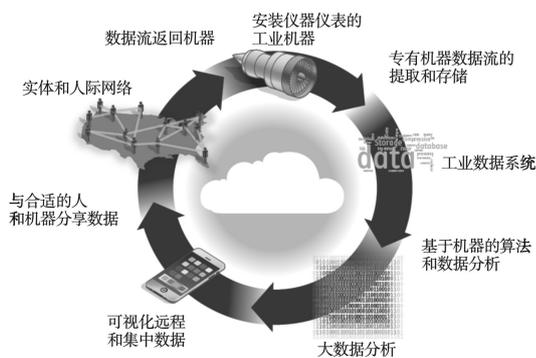


图3 工业互联网的数据循环

工业互联网装备的应用如图4所示。

4 结束语

智能制造装备集制造、信息和人工智能技术于一身,是未来高端装备制造业的重点发展方向。各国政

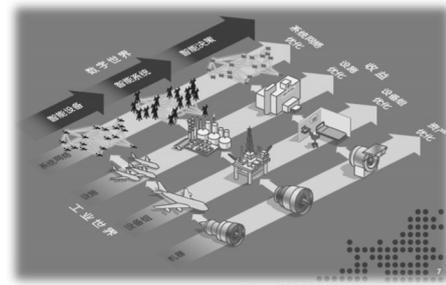


图4 工业互联网装备的应用

府高度重视智能制造装备的研发和应用,美、日、欧已有一系列的研究成果和部分产品面世,德国的“工业4.0”项目也积极地推动了制造业向智能化的转型。我国政府也充分认识到智能制造装备的重要战略地位,已出台政策推动智能制造装备的产业化水平提升。

可以预见,未来智能制造装备在引领制造业低碳、节能、高效发展上的作用将进一步得到显现;同时,行业也将在工业机器人、智能机床和基础制造装备、智能仪器仪表、三维打印装备、新型传感器、自动化成套生产线等重点领域形成快速发展与突破。

参考文献(References):

- [1] 中国机械工程学会. 中国机械工程技术路线图[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2011.
- [2] GUO Qing-lin, ZHANG Ming. An agent-oriented approach to resolve scheduling optimization in intelligent manufacturing [J]. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2010(26): 39-45.
- [3] 罗克韦尔自动化. 奥巴马总统的先进制造联盟计划得到今日最新发布报告的支持[EB/OL]. [2011-07-24]. http://cn.rockwellautomation.com/news/2011/07_24.html.
- [4] Manu Cloud [EB/OL]. [2014-03-01]. <http://www.manucloud-project.eu/>.
- [5] JAMES T. Smart factories [J]. *Engineering and Technology*, 2012, 7(6): 64-67.
- [6] 宋慧欣. “工业4.0”制造业未来之路[J]. 自动化博览, 2013(10): 26-27.
- [7] 何瑾. 智能制造装备业万亿市场蓝图初现[J]. 科技智囊, 2013(8): 38-40.
- [8] 杜品圣. 智能工厂—德国推进工业4.0战略的第一步(上) [J]. 自动化博览, 2014(1): 22-25.
- [9] 杜品圣. 智能工厂—德国推进工业4.0战略的第一步(下) [J]. 自动化博览, 2014(1): 50-55.
- [10] EVANS P C, ANNUNZIATA M. 工业互联网—打破智慧与机器的边界[R]. 2013.

[编辑:罗向阳]

本文引用格式:

傅建中. 智能制造装备的发展现状与趋势[J]. 机电工程, 2014, 31(8): 959-962.

FU Jian-zhong. Development status and trend of intelligent manufacturing equipment [J]. *Journal of Mechanical & Electrical Engineering*, 2014, 31(8): 959-962.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>