

四川职业技术学院文库·百年校庆丛书



# 智能制造的探索与实践

Zhineng Zhizao De Tansuo Yu Shijian

祝 林 编著



西南交通大学出版社

非  
外  
借

四川职业技术学院文库·百年校庆丛书

# 智能制造的探索与实践

---

Zhineng Zhizao De Tansuo Yu Shijian

祝 林 编著

西南交通大学出版社  
· 成都 ·

## 图书在版编目 (C I P) 数据

智能制造的探索与实践 / 祝林编著. —成都: 西南交通大学出版社, 2017.11

(四川职业技术学院文库. 百年校庆丛书)

ISBN 978-7-5643-5855-6

I. ①智… II. ①祝… III. ①智能制造系统—制造业—研究—中国 IV. ①F426.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 264174 号

四川职业技术学院文库·百年校庆丛书

## 智能制造的探索与实践

祝 林 编著

---

|       |                                                             |
|-------|-------------------------------------------------------------|
| 责任编辑  | 李 伟                                                         |
| 助理编辑  | 李华宇                                                         |
| 封面设计  | 曹天擎                                                         |
|       | 西南交通大学出版社                                                   |
| 出版发行  | (四川省成都市二环路北一段 111 号<br>西南交通大学创新大厦 21 楼)                     |
| 发行部电话 | 028-87600564 028-87600533                                   |
| 邮政编码  | 610031                                                      |
| 网 址   | <a href="http://www.xnjdcbs.com">http://www.xnjdcbs.com</a> |
| 印 刷   | 四川煤田地质制图印刷厂                                                 |
| 成品尺寸  | 170 mm × 240 mm                                             |
| 印 张   | 19.75                                                       |
| 字 数   | 355 千                                                       |
| 版 次   | 2017 年 11 月第 1 版                                            |
| 印 次   | 2017 年 11 月第 1 次                                            |
| 书 号   | ISBN 978-7-5643-5855-6                                      |
| 定 价   | 85.00 元                                                     |

---

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

## 前 言

制造业是国民经济和国防建设的重要基础，是立国之本、兴国之器、强国之基。没有强大的制造业，就没有国民经济的可持续发展，更不可能支撑强大的国防事业。

自国际金融危机发生以来，随着以物联网、大数据、云计算为代表的新一代信息通信技术的快速发展，以及与先进制造技术的融合创新发展，全球兴起了以智能制造为代表的新一轮产业变革，智能制造正促使我国制造业发生巨大变化。当前，我国面临全球产业重新整合的机遇期，抓住了智能制造，就抓住了工业化和信息化融合的本质，就有望在新一轮产业竞争中抢占制高点。在经济发展新常态下，要充分认识到智能制造的重要性和紧迫性。

智能制造涉及内容十分丰富，领域非常广泛，目前国内外均处在探索阶段。智能制造具有较强综合性，不仅仅是单一技术和装备的突破与应用，而且是制造技术与信息技术的深度融合与创新集成，更是发展模式的创新和转变。随着信息通信技术与先进制造技术的高速发展，我国制造业在信息化水平提升、智能制造技术突破、智能制造装备创新应用等方面已取得了积极成效，在自动化、数字化方面具备了一定的基础，以新型传感器、智能控制系统、工业机器人、自动化成套生产线为代表的智能制造装备产业体系初步形成，一批具有知识产权的重大智能制造装备实现突破。然而，现阶段我国制造业机械化、电气化、自动化、信息化并存，不同地区、不同行业、不同企业发展不平衡，发展智能制造仍然面临关键技术装备受制于人，智能制造标准、软件、网络、信息安全基础薄弱，智能制造新模式推广尚未起步，智能制造成套装备集成应用缓慢等突出问题。相比于工业发达国家，推动我国制造业智能转型，环境更加复杂，形势更加严峻，任务更加艰巨。实施智能制造是一项长期而艰巨的任务，不可能一蹴而就，需要系统推进技术与装备开发、标

准体系和工业互联网建设，需要解决好信息安全、软件和系统解决方案的提供，以及知识产权保护等关键问题。

为推进智能制造发展，工业和信息化部于 2015 年启动了“智能制造试点示范专项行动”。该专项行动坚持立足国情、统筹规划、分类施策、分布实施的方针，以企业为主体、市场为导向、应用为核心，注重发挥企业积极性，注重点面结合，注重协同推进，注重基础与环境培育，通过聚集制造关键环节，持续推进智能制造试点示范。同年，以“流程制造、离散制造、智能装备和产品、智能制造新业态新模式、智能化管理、智能服务”六个方面为重点，在基础条件好且需求迫切的重点地区、行业和企业中，遴选 46 个智能制造示范实践项目（分布 21 个省市地区，覆盖 38 个行业），这 46 个实践项目通过“先行先试”，在提高生产效率和能源利用率，降低企业运营成本和产品不良品率，缩短产品研制周期方面，取得了初步成效。例如，九江石化、西飞公司、海尔集团、红领集团、陕鼓动力、博创机械等一批企业，探索形成了流程型智能制造、网络协同开发、大规模个性化定制、远程运维服务等可复制的经验和模式，智能制造软/硬件产品安全可控水平明显提升，为推动制造业智能化转型提供了支撑，这些项目目前处于实施智能制造的起步阶段，还需要长期不断地进行探索，还有很大的持续增长空间。

本书具体详实地论述了智能制造的相关理论，在相关行业、企业、科研院所等单位的支持下，对上述 46 个试点示范项目实施情况进行了梳理、归纳，在了解一些做法和经验的基础上，为相关地区、行业、企业推进数字化、网络化、智能化制造提供一些借鉴和参考；为加快贯彻落实《中国制造 2025》总体战略部署，构建新型制造体系，推动制造业数字化、网络化、智能化发展作出一定的贡献；为在“十三五”期间同步实施数字化制造普及、智能化制造示范，重点攻克关键技术装备，夯实智能制造发展基础，培育推广智能制造新模式，推进重点领域智能制造成套装备集成应用，以推进传统制造业智能转型，为构建我国制造业竞争新优势，建设制造强国奠定扎实的基础，培育内生动力，在实践与探索智能制造发展的道路上不断前行。

本书撰写过程中，得到了作者所在单位团队、同事的大力支持，具

体写作分工为：第 1 章（祝林）、第 2 章（祝林、李继平）、第 3 章（陈德航、郑旭）、第 4 章（祝林、陈鹏）、第 5 章（祝林、任国强）、第 6 章（吴国明、李小明）。

本书的撰写得到了国内许多同行专家的鼓励、支持与帮助，同时作者参考了许多专家学者的研究成果，在此表示衷心的感谢。

智能制造技术目前仍处于发展阶段，许多理论、方法与技术还在不断地发展与完善，加之作者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请各位专家与读者给予批评和指正。

**作 者**

2017 年 8 月

# 目 录

- 1 智能制造总论... / 001
  - 1.1 智能制造的时代背景... / 002
  - 1.2 智能制造的内涵和特点... / 012
  - 1.3 智能制造的技术基础... / 024
  - 1.4 智能制造的关键环节... / 032
  - 1.5 从数字制造到智能制造发展的技术途径... / 036
  - 1.6 本章小结... / 041
- 2 智能制造系统... / 042
  - 2.1 智能制造系统架构... / 042
  - 2.2 PLM 系统... / 043
  - 2.3 制造执行系统... / 055
  - 2.4 赛博物理系统... / 079
  - 2.5 西门子的智能制造系统... / 092
  - 2.6 本章小结... / 097
- 3 智能制造装备与服务... / 098
  - 3.1 智能制造装备... / 098
  - 3.2 智能制造装备技术... / 110
  - 3.3 智能制造服务... / 118
  - 3.4 智能制造服务技术... / 125
  - 3.5 数控机床云资源设计智能服务实例... / 128
  - 3.6 本章小结... / 132
- 4 智能制造核心技术... / 133
  - 4.1 工业物联网... / 133
  - 4.2 云计算技术... / 137

|      |                        |
|------|------------------------|
| 4.3  | 工业大数据... / 144         |
| 4.4  | 工业机器人技术... / 149       |
| 4.5  | 3D 打印技术... / 159       |
| 4.6  | 射频识别技术... / 166        |
| 4.7  | 实时定位和机器视觉技术... / 175   |
| 4.8  | 虚拟制造技术... / 179        |
| 4.9  | 人工智能技术... / 189        |
| 4.10 | 本章小结... / 197          |
| 5    | 智能制造的产业模式... / 199     |
| 5.1  | 商业思维的颠覆... / 199       |
| 5.2  | 新型价值体系... / 207        |
| 5.3  | 智能制造的产业前景... / 214     |
| 5.4  | 本章小结... / 220          |
| 6    | 智能制造的应用... / 221       |
| 6.1  | 我国企业智能制造的现状... / 221   |
| 6.2  | 中国企业智能制造的主要模式... / 228 |
| 6.3  | 我国企业智能制造的影响因素... / 240 |
| 6.4  | 智能制造的实践... / 250       |
| 6.5  | 本章小结... / 298          |

|         |       |
|---------|-------|
| 参考文献... | / 299 |
|---------|-------|

|       |       |
|-------|-------|
| 附录... | / 305 |
|-------|-------|

|      |                         |
|------|-------------------------|
| 附录 A | 智能制造相关名词术语和缩略语... / 305 |
|------|-------------------------|

|      |                         |
|------|-------------------------|
| 附录 B | 智能制造相关的国际标准化组织... / 307 |
|------|-------------------------|

# 1

## 智能制造总论

智能制造是未来制造业的发展方向，是制造过程智能化、生产模式智能化和经营模式智能化的有机统一。智能制造能够对制造过程中的各个复杂环节（包括用户需求、产品制造和服务等）进行有效管理，从而更高效地制造出符合用户需求的产品。在制造这些产品的过程中，智能化的生产线让产品能够“了解”自己的制造流程，同时深度感知制造过程中的设备状态、制造进度等，协助推进生产过程，如图 1-1 所示。

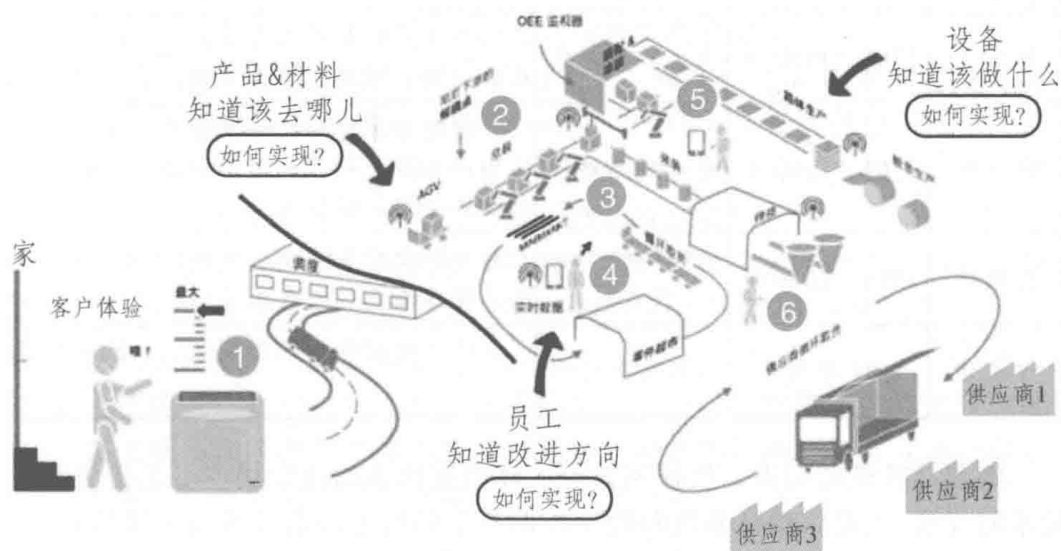


图 1-1 智能化工厂

要实现智能制造，必须让用户、机器和资源相互之间能自然地进行沟通和协作。因而智能制造不仅会成为未来制造业的核心，也将带来传统价值链和商业模式的深刻变革。

1.1 智能制造的时代背景

当前，全球制造业正在发生新革命。随着德国工业 4.0(第四次工业革命)概念的提出，物联网、工业互联网、大数据、云计算等技术的不断创新发展，以及信息技术、通信技术与制造业领域的技术融合，新一轮技术革命正在以前所未有的广度和深度，推动着制造业生产方式和发展模式的变革。

1.1.1 制造业的发展

1. 制造业的发展历程

制造业是国民经济的基础工业，是影响国家发展水平的决定因素之一。自瓦特发明蒸汽机以来，制造业已经历了机械化、电气化、自动化三次技术革命，每一次技术革命都有着显著的特点。其发展历程如表 1-1 所示。

表 1-1 制造业发展历程

| 发展阶段 | 年份          | 里程碑      | 主要成果                                         |
|------|-------------|----------|----------------------------------------------|
| 机械化  | 1760—1860 年 | 水力和蒸汽机   | 机器生产代替手工劳动，社会经济基础从农业向以机械制造为主的工业转移            |
| 电气化  | 1861—1950 年 | 电力和电动机   | 采用电力驱动的大规模生产，产品零部件生产与装配环节的成功分离，开创了产品批量生产的新模式 |
| 自动化  | 1951—2010 年 | 电子技术和计算机 | 电子计算机与信息技术的广泛应用，使得机器逐渐代替人类作业                 |
| 智能化  | 2011 年至今    | 网络和智能化   | 智能化实现制造的智能化、个性化和集成化                          |

随着计算机的问世，机械制造业大体沿着两条路线发展：一是传统制造技术的发展,二是借助计算机和数字控制科学的智能制造技术与系统的发展。20 世纪以来，自动化制造的发展大体是每十年上一个台阶：20 世纪五六十年代的“明星”是硬件数控( Hard NC ), 70 年代以后则是计算机数据控制( CNC )蓬勃发展，80 年代世界范围的柔性自动化热潮兴起，同时计算机集成制造开始出现，但由于技术局限等原因，并未大规模应用于当时的实际工业生产。

如今，人类社会的制造业已从机械化全面迈向智能化、个性化，“私人定制”式工业生产将成为最新一次技术革命的主要标志。

## 2. 智能制造的产生

20 世纪 80 年代以来,传统制造技术得到了不同程度的发展,但日益先进的计算机控制技术和制造技术,使得传统的设计和管理方法已无法有效解决现代制造系统中存在的很多问题。这促使研究人员、设计人员和管理人员需要不断学习、掌握并研究全新的产品、工艺和系统,然后利用各学科最新研究成果,借助现代的工具和方法,在传统制造技术、计算机技术与科学、人工智能等技术进一步融合的基础上,开发出了一种新型的制造技术与系统,即智能制造技术(Intelligent Manufacturing Technology, IMT)与智能制造系统(Intelligent Manufacturing System, IMS)。

20 世纪 90 年代以后,世界各国竞相大力发展 IMT 和 IMS 的深层次原因有以下几个:

(1) 集成化离不开智能化,制造系统是一个复杂的大系统,系统中多年积累的生产经验,生产过程中的人机交互,都必须使用智能装备(如智能机器人等)才能实现。而脱离了智能化,集成化也就不能完美实现。

(2) 智能化机器较为灵活。智能化既可应用于系统,也可应用于单机。单机可发展一种智能,也可发展多种智能。无论在系统中或单机上,智能化均可工作,不像集成制造系统那样,必须全系统集成才可工作。

(3) 智能化的经济效益较高。相比之下,现有的计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)少则投资数千万元,多则投资数亿元乃至数十亿元,很少有企业能承担得起。而且, CIMS 维护费用高昂,投入运行还得废弃原有的设备,自然难以推广。

(4) 人员减少。雇员白领化使得经验丰富的机械工人和技术人员日益缺乏,但产品制造技术却越来越复杂,因而必须使用人工智能和知识工程技术解决现代化企业的产品加工问题。

(5) 依靠生产管理和生产自动化提高生产率。人工智能与计算机管理的结合,使之前不懂计算机的人也能通过视觉、对话等智能交互方式进行科学化的生产管理,有效提高了生产率。

## 3. 我国制造业的困局

过去,我国制造业利用低廉的劳动力成本、丰富的原材料供应等优势,成了“世界工厂”。经过三十多年的发展,我国制造业的产能得到了空前提升,我国也成为制造大国。但是近年来,由于工人工资水平上涨、人民币升值等因素的影响,我国制造的成本优势在不断丧失。

与此同时,随着我国经济的发展,我国进入物质富足的时代,人们开始

关注商品的质量、性能或品牌，而非价格。商品的定价不再取决于成本，而取决于消费者心理上对其价值的认同。以降低产品质量、用户体验和服务水准来换取价格优势的做法，越来越没有生存空间。不仅如此，在高端产品方面，我国制造仍以代工、加工为主，真正拥有核心技术与自主知识产权的产品不多，处于价值链的底端，利润率较低。

综上所述，我国制造业急需一场革命性的转型升级。

### 1.1.2 国内外智能制造的国家战略及应用现状

#### 1. 德国工业 4.0

德国“工业 4.0”是由德国产、学、研各界共同制定，以提高德国工业竞争力为主要目的的战略。在全球信息技术领域中，德国强大的机械和装备制造业占据了显著地位。为了支持工业领域新一代革命性技术的研发与创新，德国政府在 2013 年 4 月举办的汉诺威工业博览会上正式推出《德国工业 4.0 战略计划实施建议》。该计划对全球工业未来的发展趋势进行了探索性研究和清晰描述，为德国预测未来 10~20 年的工业生产方式提供了依据，因此引起了全世界科学界、产业界和工程界的关注。目前，“工业 4.0”已经上升为德国的国家战略，成为德国面向 2020 年高科技战略的十大目标之一。

德国“工业 4.0”将对传统制造业产生深远的影响。德国“工业 4.0”把信息技术与智慧技术进行结合，比传统制造业多了一些新的能力，它可以扩展到配送物流、售后维修等其他领域。在此基础上，德国“工业 4.0”会给传统制造业带来更多的发展机会，把更具个性化的服务带入市场。德国“工业 4.0”战略，本质就是以机械化、自动化和信息化为基础，建立智能化的新型生产模式与产业结构。

德国“工业 4.0”规划，简单可以概括为“一个核心”“两重战略”和“三大集成”。

##### (1) 一个核心。

“工业 4.0”的核心是“智能+网络化”，即通过赛博物理系统，构建智能工厂，实现智能制造的目的。赛博物理系统（CPS）建立在信息和通信技术（ICT）高速发展的基础上：① 通过大量部署各类传感元件实现信息的大量采集；② 将 IT 控件小型化与自主化，然后将其嵌入各类制造设备中，从而实现设备的智能化；③ 依托日新月异的通信技术达到数据的高速与无差错传输；④ 无论后台的控制设备，还是在前端嵌入制造设备的 IT 控件，都可以通过人工开发的软件系统进行数据处理与指令发送，从而达到生产过程的智

能化,以及方便人工实时控制的目的。

### (2) 两重战略。

基于 CPS,“工业 4.0”通过采用双重战略来增强德国制造业的竞争力:一是“领先的供应商战略”,关注生产领域,要求德国的装备制造厂商必须遵循“工业 4.0”的理念,将先进的技术、完善的解决方案与传统的生产技术相结合,生产出具备“智能”与乐于“交流”的生产设备;二是“领先的市场战略”,强调整个德国国内制造业市场的有效整合,构建遍布德国不同地区,涉及所有行业,涵盖各类大、中、小企业的高速互联网络是实现这一战略的关键。在此基础上,生产工艺可以重新定义与进一步细化,从而实现更为专业化的生产,提高德国制造业的生产效率。

### (3) 三大集成。

具体实施中需要三大集成的支撑:① 关注产品的生产过程,力求在智能工厂内通过联网建成生产的纵向集成;② 关注产品整个生命周期的不同阶段,包括设计与开发、安排生产计划、管控生产过程以及产品的售后维护等,实现各个阶段之间的信息共享,从而达成工程数字化集成;③ 关注全社会价值网络的实现,从产品的研究、开发与应用拓展至建立标准化策略、提高社会分工合作的有效性、探索新的商业模式以及考虑社会的可持续发展等,从而达成德国制造业的横向集成。

ICT 技术的不断发展,为“三大集成”的可实现性提供了保证。相关的技术包括:

① 机器对机器(Machine to Machine, M2M)技术,用于终端设备之间的数据交换。M2M 技术的发展,使得制造设备之间能够主动地进行通信,配合预先安装在制造设备内部的嵌入式软/硬件系统实现生产过程的智能化。

② 物联网技术的应用范围超越了单纯的机器对机器的互联,将整个社会的人与物连接成一个巨大的网络。按照国际电信联盟(International Telecommunication Union, ITU)的解释,这是一个无处不在与时刻开启的普适网络社会。知名的信息技术研究和分析公司——高德纳咨询公司预计,至 2020 年加入物联网的终端设备将达到 260 亿台,是 2009 年 9 亿台的约 30 倍。

③ 各类应用软件包括实现企业系统化管理的企业资源计划(ERP)、产品生命周期管理(PLM)、供应链管理(SCM)、系统生命周期管理(System Lifecycle Management, SysLM)等。这些系统将在“工业 4.0”中进一步发挥协同作用,成为企业进行智能化生产和管理的利器。

## 2. 美国国家先进制造战略规划

2012年2月22日,美国国家科学技术委员会发布《国家先进制造战略规划》,该战略规划基于总统科学技术顾问委员会在2011年6月发布的《确保美国先进制造领导地位》白皮书,响应了《美国竞争再授权法案》的相关精神,用于指导联邦政府支持先进制造研究开发的各项计划和行动。在该战略规划中,先进制造是指运用和调度信息、自动装置、计算、软件、传感、网络,以及运用基于物理、化学和生物学等众多学科而实现的新材料和新功能,如纳米技术、化学和生物学的一系列活动,包括制造现有产品的新方法和制造由新型先进技术催生的新产品两个方面。先进制造能够提供高质量的就业岗位,是出口的重要来源和技术创新的关键源泉,也为军方、情报界和国土安全机构提供必需品和装备。

该规划分析了美国先进制造业的生产模式和趋势,揭示了联邦政府制定加快先进制造业发展所面临的机遇及维护其健康发展所面临的挑战。通过规划一个强大的创新政策,缩小研发与先进制造业创新应用间的差距,解决技术全生命周期中的问题。

2014年10月27日,美国先进制造业联盟指导委员会发布《振兴美国先进制造业》报告2.0版,指出加快创新、保证人才输送管道、改善商业环境是振兴美国制造业的三大支柱。特别是在促进创新方面,将在增加美国竞争力的新型制造技术领域增加大量投资。国防部、能源部、农业部及航空航天总局等政府部门将向报告所建议的复合材料、生物材料等先进材料、制造业所需先进传感器及数字制造业方面加大投资,总额超过3亿美元。以政府提供先进设备、部门与科研机构/高校联动、设立联合技术测试平台等方式促进创新发展。

从2011年6月至今,在美国政府一系列措施下逐渐振兴了美国的先进制造业,已经建成了4个先进制造业的研究所,还有4个在筹建中。政府向社区大学投资近10亿美元,为先进制造业培养合格的工人;同时,也扩大对于新兴、交叉性学科应用性研究的投入。政府还采取新的措施对退伍军人进行更合理的分配,包括向先进制造业分配合格的人才。最近五年,美国制造业已经增加了70万个就业岗位。

## 3. 日本物联网升级制造模式

伴随德国工业4.0时代的到来,传统制造业强国——日本也开始发力。日本选择了机器人作为突破口。日本机器人的实力因在工业领域的普及而受到全球的认可。目前,日本仍然保持工业机器人产量、安装数量世界第一的

地位。2012年,日本机器人产值约为3400亿日元,占全球市场份额的50%,安装数量(存量)约30万台,占全球市场份额的23%。而且,机器人的主要零部件,包括机器人精密减速机、伺服电动机、重力传感器等,占据90%以上的全球市场份额。

日本政府于2015年1月23日公布了《机器人新战略》,首先列举了欧美与中国的技术赶超,互联网企业向传统机器人产业的涉足,给机器人产业环境带来了剧变。这些变化,将使机器人开始应用大数据实现自律化,使机器人之间实现网络化,物联网时代也将随之真正到来。

2015年5月,日本机器人革命促进会正式成立,标志着“日本机器人新战略”迈出了第一步。最初,“日本机器人新战略”主要有两大目的,即“扩大机器人应用领域”与“加快新一代机器人技术研发”。而近年来,德国的工业4.0、美国的工业互联网等相继涌现,加速了以新一代信息技术为主线的制造创新趋势。日本政府也积极跟进,决定在日本机器人革命促进会下设物联网升级制造模式工作组。2015年7月中旬,物联网升级制造模式工作组召开了第一次大会。除了三菱电机、日立制作所等工业控制设备厂商之外,富士通、NEC等IT企业,三菱重工、川崎重工、IHI、日立造船、丰田汽车、日产汽车、本田汽车等工业企业、贸易集团以及智库等制造业相关的77家代表企业参会。此外,还有15个商协会等社会组织参与了大会。

物联网升级制造模式工作组的目标主要是,跟踪全球制造业发展趋势的科技情报,通过政府与民营企业的同心协力合作,实现物联网技术对日本制造业的变革。具体而言,主要有如下四点:①梳理物联网升级新制造模式的示范案例;②探讨标准化模式,提供参考信息;③调研物联网和赛博物理系统在智能工厂中的应用潜力;④在政府与德国、美国等有关国际机构协商合作之际,提供参考决策。该工作组以后将每月开展一次活动,形成物联网升级制造模式的通用架构,为未来制造业的国际合作做好准备。

#### 4. 中国制造2025

为了实现由制造大国向制造强国转变,国务院于2015年5月8日公布了强化高端制造业的国家战略规划“中国制造2025”。“中国制造2025”要求坚持走中国特色新型工业化道路,以促进制造业创新发展为主题,以提质增效为中心,以加快新一代信息技术与制造业深度融合为主线,以推进智能制造为主攻方向,以满足经济社会发展和国防建设对重大技术装备的需求为目标,强化工业基础能力,提高综合集成水平,完善多层次多类型人才培养体系,促进产业转型升级,培育有中国特色的制造文化,实现制造业由大变强的历

史跨越。简而言之,“中国制造 2025”的核心是智能制造。

“中国制造 2025”的战略目标是立足国情,立足现实,力争通过“三步走”实现制造强国的战略目标。第一步:力争用十年时间,迈入制造强国行列。第二步:到 2035 年,我国制造业整体达到世界制造强国阵营中等水平。第三步:中华人民共和国成立一百年时,制造业大国地位更加巩固,综合实力进入世界制造强国前列。制造业主要领域具有创新引领能力和明显竞争优势,建成全球领先的技术体系和产业体系。

“中国制造 2025”将分类开展流程制造、离散制造、智能装备和产品、智能制造新业态新模式、智能化管理、智能服务六大重点行动。

第一,针对生产过程(包括流程制造、离散制造)的智能化,特别是生产方式的现代化、智能化。在以智能工厂为代表的流程制造、以数字化车间为代表的离散制造方面分别进行试点示范项目。其中,在流程制造领域,重点推进石化、化工、冶金、建材、纺织、食品等行业,示范推广智能工厂或数字矿山运用;在离散制造领域,重点推进机械、汽车、航空、船舶、轻工、家用电器及电子信息等行业。

第二,针对产品的智能化,体现在以信息技术深度嵌入为代表的智能装备和产品试点示范。把芯片、传感器、仪表、软件系统等智能化产品嵌入到智能装备中去,使得产品具备动态存储、感知和通信能力,实现产品的可追溯、可识别、可定位。在包括高端芯片、新型传感器、机器人等在内的行业中,进行智能装备和产品的集成应用项目。

第三,针对制造业中的新业态新模式予以智能化,即工业互联网方向。在以个性化定制、网络协同开发、电子商务为代表的智能制造新业态新模式下推行试点示范。比如,在家用电器、汽车等与消费相关的行业,开展个性化定制试点;在钢铁、食品、稀土等行业开展电子商务及产品信息追溯试点示范。

第四,针对管理的智能化。在物流信息化、能源管理智慧化上推进智能化管理试点,从而将信息技术与现代管理理念融入企业管理。

第五,针对服务的智能化。以在线监测、远程诊断、云服务为代表的智能服务试点示范。服务的智能化,既体现为企业如何高效、准确、及时挖掘客户的潜在需求并实时响应,也体现为产品交付后对产品实现线上线下服务,实现产品的全生命周期管理。

上述五个方面,纵向来看,贯穿于制造业生产的全周期;横向来看,基本囊括了中国制造业中的传统和优势项目;综合来看,重大智能装备及与新业态新模式相关的偏服务化制造业将是重点。

### 5. 智能制造国内外发展差异和启示

对比中德美日四国可以看出,德国基于其强大的工业基础,自下而上积极推动工业 4.0 战略,希望通过新一代信息技术在制造业中的应用,保卫其制造业的优势地位;而美国则基于其领先的互联网创新能力,强调软件、网络和数据,注重互联互通和互操作,自上而下打造工业互联网,期望重新夺回制造业霸主的地位。日本则基于其机器人及主要零部件在全球的实力,依托互联网企业使机器人应用大数据、物联网,使机器人之间实现网络化。

而我国工业正处于由大变强、转型升级的关键时期,不同规模、行业和区域的企业水平差异巨大,应基于我国工业的实际情况,借鉴别国经验,制定出适合我国国情的标准化战略。德国和美国对我国的启示可以归纳为:

(1) 各国均瞄准广泛互联的工业网络、贯穿产品全生命周期的信息数据链和具备感知、控制与联网功能的智能装备等重点技术领域。

(2) 各国均注重结合本国优势,战略重点略有差异又相互学习借鉴。美国近期的行动更加注重对“硬制造”的部署,德国也更加关注互联网所带来的产业生态系统和新模式。

(3) 各国均强调建立创新基础设施,推动统一标准的制定,为智能制造的发展提供保障。

### 1.1.3 企业智能制造应用现状

近年来,发达国家针对智能制造投入了巨大的研发资金,在一些重要装备与产品制造企业取得了较好的应用,代表性应用如下:

#### 1. 西门子安贝格工厂智能制造应用

西门子安贝格电子制造工厂是目前业界公认最为接近工业 4.0 概念雏形的工厂,堪称高效的数字奇迹。据加特纳行业研究公司(Gartner Industry Research)对该工厂开展的调查显示,安贝格工厂生产定制流程涉及每年 5 万余种产品逾 16 亿个部件,每 100 万件产品中次品只有大约 15 件,庞大生产线的可靠性达到 99.9988%,追溯性更是高达 100%。安贝格工厂参考工业 4.0 标准模型,首次搭建了一个包含横向与纵向信息技术融合的完整框架,涵盖工业 4.0 关键技术要素,还包括产品的生命周期及生产周期,最大限度实现生产全自动化、个性化、弹性化、自我优化和提高生产资源效率、降低生产成本的全新生产方式。

(1) 智能整合技术。安贝格工厂通过智能制造将 PLM、制造执行系统