



湖北省学术著作出版专项资金资助项目
智能制造与机器人理论及技术研究丛书

总主编 丁汉 孙容磊



制造大数据技术与应用

李少波◎著



ZHIZAO DASHUJU JISHU
YU YINGYONG



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



湖北省学术著作出版专项资金资助项目
智能制造与机器人理论及技术研究丛书

总主编 丁 汉 孙容磊

制造大数据技术与应用

李少波◎著



ZHIZAO DASHUJU JISHU
YU YINGYONG



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

内 容 简 介

本书围绕制造业数据的“聚、通、用”等关键问题,针对制造大数据的感知、汇聚、融合与应用等阶段开展研究。

第1章对制造大数据价值创造体系进行研究,重点阐述工业4.0的大数据环境、制造大数据从数据到信息再到价值的转化过程。第2章扼要介绍了制造大数据应用的总体架构和关键技术。第3章研究了制造大数据环境下多源冲突数据融合技术,提出了一系列相关算法。第4章研究了制造过程大数据感知与处理技术,提出了基于物联网技术的制造过程数据主动感知、基于CEP和关联模板的关键事件实时处理等方法。第5章研究了制造过程质量数据分析与控制技术、制造业质量成本控制体系,并提出了基于复杂事件处理的制造过程管控及数据应用技术。第6章研究了大数据环境下的制造业云设计技术和制造大数据云设计平台构建技术。第7章研究了制造大数据云制造服务平台构建技术。第8章介绍了制造物联数据感知与处理应用实例、电子元器件智能制造大数据应用实例、云设计与云制造大数据平台应用实例。

本书内容深入浅出,具有很强的理论与实践指导作用,可作为制造科学、机械工程、计算机科学等学科相关专业的工程技术人员、科研人员的实用工具书,也可以作为高年级本科生、研究生的课程教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

制造大数据技术与应用/李少波著. —武汉:华中科技大学出版社,2018.1

(智能制造与机器人理论及技术研究丛书)

ISBN 978-7-5680-3471-5

I. ①制… II. ①李… III. ①制造业-数据处理-研究 IV. ①F407.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第295966号

制造大数据技术与应用

Zhizao Dashuju Jishu yu Yingyong

李少波 著

策划编辑:俞道凯

责任编辑:姚同梅

封面设计:原色设计

责任校对:刘 竣

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

电话:(027)81321913

邮编:430223

录 排:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:武汉市金港彩印有限公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:22.75

字 数:412千字

版 次:2018年1月第1版第1次印刷

定 价:188.00元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究



智能制造与机器人理论及技术研究丛书

专家委员会

主任委员 熊有伦（华中科技大学）

委 员（按姓氏笔画排序）

卢秉恒（西安交通大学）	朱 荻（南京航空航天大学）	阮雪榆（上海交通大学）
杨华勇（浙江大学）	张建伟（德国汉堡大学）	邵新宇（华中科技大学）
林忠钦（上海交通大学）	蒋庄德（西安交通大学）	谭建荣（浙江大学）

顾问委员会

主任委员 李国民（佐治亚理工学院）

委 员（按姓氏笔画排序）

于海斌（中国科学院沈阳自动化研究所）	王飞跃（中国科学院自动化研究所）
王田苗（北京航空航天大学）	尹周平（华中科技大学）
甘中学（宁波市智能制造产业研究院）	史铁林（华中科技大学）
朱向阳（上海交通大学）	刘 宏（哈尔滨工业大学）
孙立宁（苏州大学）	李 斌（华中科技大学）
杨桂林（中国科学院宁波材料技术与工程研究所）	张 丹（北京交通大学）
孟 光（上海航天技术研究院）	姜忠平（美国纽约大学）
黄 田（天津大学）	黄明辉（中南大学）

编写委员会

主任委员 丁 汉（华中科技大学） 孙容磊（华中科技大学）

委 员（按姓氏笔画排序）

王成恩（东北大学）	方勇纯（南开大学）	史玉升（华中科技大学）
乔 红（中国科学院自动化研究所）	孙树栋（西北工业大学）	杜志江（哈尔滨工业大学）
张定华（西北工业大学）	张宪民（华南理工大学）	范大鹏（国防科技大学）
顾新建（浙江大学）	陶 波（华中科技大学）	韩建达（中国科学院沈阳自动化研究所）
蔺永诚（中南大学）	熊 刚（中国科学院自动化研究所）	熊振华（上海交通大学）

作者简介



▶ **李少波** 男, 1973年11月生, 中共党员, 工学博士, 教授(专业技术二级), 现任贵州大学机械工程学院院长、物联网产业发展研究中心主任。贵州大学机械工程学科博士生导师, 中国科学院大学计算机软件与理论专业兼职博士生导师, 长期从事智能制造、大数据、“互联网+”产业的研究。教育部新世纪优秀人才, 贵州省省管专家、享受政府特殊津贴专家, 贵州省高层次创新型人才(百层次)、贵州省优秀青年科技人才, 贵州省制造业信息化专家组组长。已发表论文170余篇, 其中SCI/EI收录70余篇; 出版专著2部, 译著1部; 获颁软件著作权登记证书17项, 获发明专利9项。主持包括国家863计划项目、国家科技支撑计划项目、国家自然科学基金项目和教育部、工信部及贵州省科技项目在内的项目共30余个。获省部级科技进步二等奖2次、三等奖3次, 获贵阳市科技进步特等奖1次、二等奖2次。



总序

近年来,“智能制造+共融机器人”特别引人瞩目,呈现出“万物感知、万物互联、万物智能”的时代特征。智能制造与共融机器人产业将成为优先发展的战略性新兴产业,也是中国制造 2049 创新驱动发展的巨大引擎。值得注意的是,智能汽车与无人机、水下机器人等一起所形成的规模宏大的共融机器人产业,将是今后 30 年各国争夺的战略高地,并将对世界经济发展、社会进步、战争形态产生重大影响。与之相关的制造科学和机器人学属于综合性学科,是联系和涵盖物质科学、信息科学、生命科学的大科学。与其他工程科学、技术科学一样,它也是将认识世界和改造世界融合为一体的大科学。20 世纪中叶,《Cybernetics》与《Engineering Cybernetics》等专著的发表开创了工程科学的新纪元。21 世纪以来,制造科学、机器人学和人工智能等领域异常活跃,影响深远,是“智能制造+共融机器人”原始创新的源泉。

华中科技大学出版社紧跟时代潮流,瞄准智能制造和机器人的科技前沿,组织策划了本套“智能制造与机器人理论及技术研究丛书”。丛书涉及的内容十分广泛,热烈欢迎专家、教授从不同的视野、不同的角度、不同的领域著书立说。选题要点包括但不限于:智能制造的各个环节,如研究、开发、设计、加工、成型和装配等;智能制造的各个学科领域,如智能控制、智能感知、智能装备、智能系统、智能物流和智能自动化等;各类机器人,如工业机器人、服务机器人、极端机器人、海陆空机器人、仿生/类生/拟人机器人、软体机器人和微纳机器人等的发展和应用;与机器人学有关的机构学与力学、机动性与操作性、运动规划与运动控制、智能驾驶与智能网联、人机交互与人机共融等;人工智能、认知科学、大数据、云制造、车联网、物联网和互联网等。

本套丛书将成为有关领域专家、学者学术交流与合作的平台,青年科学家茁壮成长的园地,科学家展示研究成果的国际舞台。华中科技大学出版社将与



施普林格(Springer)出版社等国际学术出版机构一起,针对本套丛书进行全球联合出版发行,同时该社也与有关国际学术会议、国际学术期刊建立了密切联系,为提升本套丛书的学术水平和实用价值,扩大丛书的国际影响营造了良好的学术生态环境。

近年来,各界人士、高校师生、各领域专家和科技工作者对智能制造和机器人的热情与日俱增。这套丛书将成为有关领域专家、学者、高校师生与工程技术人员之间的纽带,增强作者、编者与读者之间的联系,加快发现知识、传授知识、增长知识和更新知识的进程,为经济建设、社会进步、科技发展做出贡献。

最后,衷心感谢为本套丛书做出贡献的作者、编者和读者,感谢他们为创新驱动发展增添正能量、聚集正能量、发挥正能量。感谢华中科技大学出版社相关人员在组织、策划过程中的辛勤劳动。

华中科技大学教授
中国科学院院士

2017年9月



前言

2008年9月美国《自然》杂志发表了一份以“大数据”为主题的专刊,专门讨论与未来的数据处理相关的一系列技术问题和挑战,其中就提出了“Big Data”的概念。2013年4月,德国“工业4.0”工作组发表《保障德国制造业的未来:关于实施工业4.0战略的建议》,主张把一切机器、物品、人、服务、建筑连接起来,每个对象都通过嵌入的信息物理系统不断地产生数据、采集数据、分析数据,形成一个基于大数据的智能系统。德国“工业4.0战略”推出后,全世界无数商业领袖都开始重新布局企业发展战略,加大数据业务的投资,寻求数据驱动的增长机遇。

2015年5月,国务院印发《中国制造2025》,提出要按照“四个全面”战略布局要求,实施制造强国战略。《中国制造2025》是我国实施制造强国战略第一个十年的行动纲领,它指出了中国制造业的升级方向——工业4.0:“互联网+”制造业,其突出特点是“互联网+”,是“信息化与工业化深度融合”、“智能制造”。2015年8月,国务院正式发布《促进大数据发展行动纲要》,明确提出将全面推进我国大数据发展和应用,加快建设数据强国。2015年10月,党的十八届五中全会公报提出要实施国家大数据战略,大数据发展正式上升为国家战略。

制造大数据是指制造业通过网络化、数字化、物联化形成的海量异构制造数据资产汇聚,通过数据驱动的制造行业数据资源分析与应用,可为制造业设计、生产、经营、管理全过程提供大数据支撑与服务,促进创新链、供应链、产业链的形成与优化,为制造业转型升级、宏观决策、智慧制造提供支撑。当前制造业处于数据爆炸的时代,车间的产品数据,流通阶段的运营数据,客户、厂商和合作者之间的价值链数据,市场的舆情数据,行业竞争对手的数据,国家政策信息等,以及PDM、MES、ERP、CRM、SCM、CAD、CAM、CAE、CAPP等软件和RFID射频识别、物联网、传感器、电子标签、互联网+等技术在制造业的广泛应



用,促进了制造模式的创新,形成了制造大数据汇聚。

大数据发展面临着前所未有的机遇,同时也面临着诸多挑战。发展大数据面临一系列的关键共性问题,如数据的“聚、通、用”问题,数据的安全问题,产业的发展问题,关键技术的突破与应用问题,人才的保障问题等,这些问题是我国大数据发展的关键、瓶颈、共性问题,需要引起高度重视,并通过创新解决。在制造业信息化、“两化深度融合”策略的推进与发展过程中,制造业积累了大量的、有用的数据资源,但数据资源的条块分割导致信息不能有效地得到融合、共享与应用。如何实现数据的融合、共享、分析、应用是当前面临的,亟待解决的关键问题。在大数据发展理念,数据的“聚、通、用”等方面贵州已走在全国的前列,取得了一系列的先行成果和先行优势。

本书围绕制造业数据的“聚、通、用”等关键问题,针对制造大数据的感知、汇聚、融合到应用等阶段开展研究。重点研究了制造大数据价值创造体系、制造大数据应用的总体架构和关键技术、制造大数据环境下多源冲突数据融合、制造过程数据感知与处理、制造过程质量数据分析及控制、制造大数据云设计、制造大数据云制造等。

本书由贵州大学李少波教授撰写。感谢中国航天科技集团公司、中国航天科工集团第二研究院、第十研究院有关专家、领导的帮助。感谢贵州大学智能制造创新团队的杨旭东教授、胡建军教授、尹宏副教授等所做的许多工作,感谢姚雪梅、璩晶磊、陈伟兴、吕健、王继奎、孟伟、魏宏静等博士提供的基础素材及为本书所做的许多工作,感谢书中参考文献作者的辛勤劳动。

限于作者的水平,书中难免有疏漏与不足之处,殷切希望广大读者批评指正。

李少波

2017年9月



目录

第 1 章 制造大数据价值创造体系	/1
1.1 工业 4.0 的大数据环境	/1
1.1.1 工业 4.0 简介	/1
1.1.2 大数据最新发展趋势	/3
1.1.3 工业 4.0 时代下的大数据分析	/8
1.2 制造大数据和互联网大数据	/14
1.2.1 制造大数据	/14
1.2.2 互联网大数据	/18
1.3 从数据到信息再到价值的转化过程	/23
1.3.1 数据与信息价值的关系	/23
1.3.2 数据与信息价值的转化	/24
本章参考文献	/31
第 2 章 制造大数据总体架构和关键技术	/35
2.1 制造大数据应用的总体架构	/35
2.2 大数据获取技术	/37
2.2.1 数据采集	/37
2.2.2 数据传输	/38
2.2.3 数据预处理	/40
2.3 大数据存储技术	/42
2.3.1 存储基础设施	/42
2.3.2 数据管理框架	/43
2.4 大数据高级分析技术	/48
2.4.1 数据挖掘	/48
2.4.2 统计分析	/50
2.4.3 结构化数据分析	/50



2.4.4	文本分析	/50
2.4.5	Web 数据分析	/51
2.4.6	多媒体数据分析	/52
2.4.7	社交网络数据分析	/52
2.4.8	移动数据分析	/53
2.5	大数据可视化技术	/54
2.5.1	大数据可视化的基本概念	/54
2.5.2	大数据可视化的基础理论	/56
2.5.3	面向大数据的主流可视化技术	/60
2.6	当前的大数据系统	/61
2.6.1	Google 大数据系统	/61
2.6.2	海尔大数据精准营销系统	/67
2.6.3	腾讯大数据系统	/72
2.6.4	大数据系统面临的挑战	/76
本章参考文献		/77
第 3 章	制造大数据多源数据融合	/82
3.1	制造大数据的来源与特性	/82
3.1.1	制造大数据的来源	/82
3.1.2	制造大数据的特点	/83
3.1.3	制造大数据实时采集融合	/84
3.1.4	制造大数据实时采集融合面临的挑战	/85
3.2	多源冲突数据融合技术的发展现状	/87
3.2.1	冲突数据检测问题的研究现状	/88
3.2.2	冲突数据真值发现问题的研究现状	/89
3.3	数据源敏感的 XML 数据相似度度量方法	/93
3.3.1	TF-IDF 模型	/93
3.3.2	相关概念	/93
3.3.3	数据源敏感度	/94
3.3.4	数据源敏感的 XML 数据相似度函数	/94
3.3.5	XML 数据相似度度量实验	/95
3.4	基于包含度理论的 XML 冲突对象检测算法	/97
3.4.1	相关概念	/98
3.4.2	构造实体对象	/99
3.4.3	IDT-DXDA 算法	/100

- 3.4.4 IDT-DXDA 算法实验 /103
- 3.5 基于可信度模型的冲突主数据检测算法 /105
 - 3.5.1 相关概念 /106
 - 3.5.2 主数据冲突记录检测算法模型 /107
 - 3.5.3 FCDR 算法 /108
 - 3.5.4 实验 /109
- 3.6 基于模糊偏序关系支持度模型的真值发现算法 /111
 - 3.6.1 相关概念 /112
 - 3.6.2 模糊偏序关系支持度计算模型 /114
 - 3.6.3 FA-SDCM 算法 /116
 - 3.6.4 FA-SDCM 算法实验 /118
- 3.7 基于真值发现的冲突数据源质量评价算法 /123
 - 3.7.1 相关概念 /123
 - 3.7.2 数据源质量评价模型 /125
 - 3.7.3 TFDQ 算法 /125
 - 3.7.4 TFDQ 算法实验 /127
- 3.8 多源冲突数据融合研究成果在企业数据资源管理中的应用 /129
 - 3.8.1 项目介绍 /129
 - 3.8.2 项目总体架构 /130
 - 3.8.3 多源冲突数据融合研究成果在大型企业数据管理平台中的应用 /133

本章参考文献 /134

第4章 制造过程大数据感知与处理 /144

- 4.1 国内外研究现状简介 /144
- 4.2 制造过程数据分析与管理 /146
 - 4.2.1 制造数据描述及特性分析 /146
 - 4.2.2 制造过程数据管理体系 /148
- 4.3 制造过程数据主动感知与处理技术实现 /149
 - 4.3.1 制造物联事件主动感知与处理实现阶段 /149
 - 4.3.2 制造物联事件主动感知模型 /150
 - 4.3.3 制造物联事件主动感知与处理技术架构 /151
- 4.4 基于物联网技术的制造过程数据主动感知方法 /153
 - 4.4.1 传感网络优化配置及感知系统设计 /153
 - 4.4.2 感知数据的加工处理及标准化封装 /156



- 4.4.3 数据关联分析及匹配运算 /156
- 4.4.4 感知数据的传送及应用 /157
- 4.5 制造物联车间数据管理模型及表达 /158
 - 4.5.1 制造物联车间数据模型分析 /158
 - 4.5.2 基于对象封装的 Express 车间数据管理建模 /159
 - 4.5.3 基于 XML 的制造物联车间数据模型表达 /162
 - 4.5.4 制造物联车间 XML 数据模型的一般表达 /167
- 4.6 基于 XML 的制造过程复杂事件数据模型描述 /168
 - 4.6.1 制造物联复杂事件结构模型建立 /168
 - 4.6.2 基于 XML 的面向特色食品生产过程的事件描述语言 /169
 - 4.6.3 基于 XEDL 的特色食品生产过程事件模型描述案例及对比分析 /173
- 4.7 制造过程数据流事件分解和处理 /175
 - 4.7.1 数据流事件模型 /175
 - 4.7.2 数据流事件系统构造 /177
 - 4.7.3 数据流事件公式化 /178
 - 4.7.4 分解算法 /179
 - 4.7.5 数据流事件处理框架的设计 /181
- 4.8 基于 CEP 和关联模板的关键事件实时处理 /184
 - 4.8.1 基于 CEP 的模板匹配式事件关联方案 /184
 - 4.8.2 基于关联模板的制造过程关键事件实时处理 /189
- 本章参考文献 /193

第 5 章 制造过程质量数据分析与控制 /196

- 5.1 制造业质量管理发展概述 /196
 - 5.1.1 质量的概念及管理理论 /196
 - 5.1.2 质量管理的意义 /200
 - 5.1.3 质量管理的发展阶段 /201
 - 5.1.4 制造管理的内涵及需求 /204
- 5.2 制造业质量控制技术的发展现状 /206
 - 5.2.1 制造过程质量控制研究现状 /206
 - 5.2.2 制造过程质量预测研究现状 /208
- 5.3 CEP 技术 /208
 - 5.3.1 CEP 技术应用于制造过程管控的意义 /208
 - 5.3.2 CEP 关键技术及典型 CEP 应用 /209

- 5.4 基于 CEP 的制造过程管控 /213
 - 5.4.1 基于 CEP 的制造物联数据管控 /213
 - 5.4.2 CEP 在物流物联网中的应用 /217
 - 5.4.3 CEP 技术在分布式系统故障定位中的应用 /218
 - 5.4.4 CEP 技术在产品质量预测中的应用 /221
 - 5.4.5 CEP 在产品质量成本控制中的应用 /225

本章参考文献 /230

第 6 章 制造大数据云设计 /233

- 6.1 云设计概述 /234
 - 6.1.1 云设计的基本概念 /234
 - 6.1.2 云设计系统的特征及云设计体系架构 /235
 - 6.1.3 云设计的研究现状 /237
- 6.2 制造大数据云设计关键技术 /239
 - 6.2.1 云设计的技术体系 /239
 - 6.2.2 云设计典型关键技术 /240
- 6.3 制造大数据云设计平台 /242
 - 6.3.1 产品设计过程建模 /242
 - 6.3.2 云设计平台组成 /243
 - 6.3.3 云设计服务 /245
 - 6.3.4 基于语义 Web 的云平台关键技术 /247

本章参考文献 /254

第 7 章 制造大数据云制造 /257

- 7.1 云制造服务模式 /259
 - 7.1.1 云制造服务 /259
 - 7.1.2 Web 服务协商框架 /261
- 7.2 平台服务交易模型 /263
 - 7.2.1 服务交易过程 /264
 - 7.2.2 服务平台目标 /265
- 7.3 基于本体的智能服务协商框架 /265
 - 7.3.1 服务协商框架 /266
 - 7.3.2 基于本体的知识共享 /266
 - 7.3.3 服务合约 /267
- 7.4 双边多议题协商流程 /267
 - 7.4.1 多议题协商问题表示 /269



7.4.2	协商协议	/270
7.4.3	协商策略	/270
7.4.4	效用评估与协商决策	/271
7.5	云制造服务平台	/271
7.5.1	云制造服务平台体系结构	/271
7.5.2	云制造服务平台功能	/273
7.5.3	服务交易应用效果	/274
7.6	云制造服务平台案例	/275
7.6.1	工业云总体结构	/275
7.6.2	工业云应用服务体系	/279
7.6.3	工业云大数据规划与增值服务	/280
	本章参考文献	/283
第8章	制造大数据应用实例	/285
8.1	制造物联数据感知与处理应用实例	/285
8.1.1	制造物联数据应用规划	/285
8.1.2	制造物联数据感知与处理应用系统	/286
8.1.3	应用实现	/301
8.2	电子元器件智能制造大数据应用实例	/305
8.2.1	技术框架	/305
8.2.2	产品数字化设计与数据管理	/308
8.2.3	产品数据协同管理	/311
8.2.4	多源数据融合与集成应用	/314
8.3	制造大数据云设计与云制造实例	/319
8.3.1	SKB-CAPD 系统功能定位与框架设计	/319
8.3.2	SKB-CAPD 系统服务模式与技术实现	/325
8.3.3	SKB-CAPD 系统的功能模块与实现	/328
8.3.4	SKB-CAPD 系统应用成果展示	/337
	参考文献	/342



第 1 章

制造大数据价值创造体系

1.1 工业 4.0 的大数据环境

1.1.1 工业 4.0 简介

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^[1]。“工业 4.0”这一概念于 2011 年 4 月在德国举办的汉诺威工业博览会上被首次提出,成形于 2013 年 4 月德国“工业 4.0”工作组发表的名为《保障德国制造业的未来:关于实施“工业 4.0”战略的建议》的报告,进而于 2013 年 12 月 19 日由德国电气电子和信息技术协会细化为“工业 4.0”标准化路线图^[2]。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。之所以称为“工业 4.0”,是因为德国认为迄今为止人类已经经历了三次工业革命:18 世纪末引入机械制造设备的“工业 1.0”;20 世纪初以电气化为基础导入大规模生产方式的“工业 2.0”;始于 20 世纪 70 年代,建立在 IT 技术和信息化之上的“工业 3.0”^[3]。而支撑“工业 4.0”的则是物联网技术的兴起和制造业服务化倾向。“工业 4.0”实质上是德国版的发达国家“再工业化”战略,是德国 2006 年提出的《德国高技术战略》和 2010 年《德国高技术创新战略 2020》的升级版^[4]。在全球制造业竞争加剧的背景下,德国尽管因其强大的制造业传统而表现较好,但依然能感受到产业空心化和传统制造业向外转移的威胁,因而未雨绸缪地提出了这一工业升级的战略^[5,6]。德国“工业 4.0”的内容可以简单概括为一个核心、两重战略、三大集成和八项举措^[7,8]。

1) 一个核心

“工业 4.0”的核心是“智能+网络化”,即通过信息物理系统(cyber-physical system, CPS)构建智能工厂,实现智能制造的目的。CPS 建立在信息和通信技术高速发展的基础上。通过大量部署各类传感器元件实现信息的大量采集,使



IT 控件小型化与自主化,然后将其嵌入各类制造设备,从而实现设备的智能化,依托日新月异的通信技术达到数据的高速与无差错传输。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”,要求德国的装备制造商必须遵循“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,为德国的制造业增添活力,实现“德国制造”质的飞跃。该战略注重吸引中小企业的参与,希望它们不仅能成为“智能生产”的使用者,也能化身为“智能生产”设备的供应者。

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。通过这一网络,德国的各类企业能实现快速的信息共享,最终实现有效的分工合作。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。除了生产以外,商业企业也能与生产单位无缝衔接,进一步拉近德国制造企业与国内市场以及世界市场之间的距离。

3) 三大集成

“工业 4.0”在具体实施中需要三大集成的支撑。关注产品的生产过程,力求在智能工厂内通过联网实现生产的纵向集成;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售后维护等,实现各个不同阶段之间的信息共享,从而达成工程数字化集成;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。

4) 八项举措

(1) 实现技术标准化和开放的标准参考体系。这主要是出于联网和集成的需要,没有标准显然无法达成信息的互换,而开放的标准参考体系,包括公开完整的技术说明等资料,有助于促进网络的迅速普及与社会各方的参与。

(2) 建立模型来管理复杂的系统。“工业 4.0”的跨学科、多企协同和异地合作等特性,对整个系统的管理提出了很高的要求。只有事先建立并不断完善管理模型,才能充分发挥“工业 4.0”的功效。