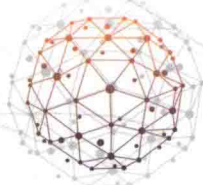


智能制造

中国视角与企业实践



INTELLIGENT MANUFACTURING

CHINESE PERSPECTIVE
AND ENTERPRISE PRACTICES

中国企业联合会

编著

清华大学出版社



智能制造

中国视角与企业实践

中国企业联合会

编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书基于中国工业实际和企业实践,在对比分析国内外企业开展智能制造现状的基础上,提出了基于中国视角的广义智能制造的观点:一是自动化、信息化和智能化“三化并举”;二是技术与管理双轮驱动;三是需求端、企业端和政府三个主体共同推进。并基于实地调研总结出了当前我国企业智能制造的三种驱动因素和三种实施模式,最后以案例报告的形式展现了众多企业的最新实践和探索。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

智能制造:中国视角与企业实践/中国企业联合会编著. —北京:清华大学出版社,2016

ISBN 978-7-302-43577-8

I. ①智… II. ①中… III. ①智能制造系统—制造业—产业发展—研究—中国 IV. ①F426.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 071415 号

责任编辑:高晓蔚

封面设计:汉风唐韵

责任校对:王荣静

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:170mm×240mm 印 张:16.25 字 数:258 千字

版 次:2016 年 4 月第 1 版 印 次:2016 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:45.00 元

产品编号:070207-01

党的十八届五中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》指出,加快建设制造强国,实施《中国制造 2025》。这是党中央从增强我国综合国力、提高国际竞争力、保障国家安全和民族复兴的战略高度作出的重大战略决策。制造业直接体现了一个国家的生产力水平,是区别发展中国家和发达国家的重要因素。制造业在我国国民经济中占有重要份额。当前,新一代信息技术、新能源、新材料、生物技术等重要领域和前沿方向的革命性突破和交叉融合,正在引发新一轮产业变革,将对全球制造业产生颠覆性的影响,并改变全球制造业的发展格局。特别是新一代信息技术与制造业的深度融合,将促进制造模式、生产组织方式和产业形态的深刻变革,智能化成为制造业发展新趋势。

智能制造是基于新一代信息技术,贯穿设计、生产、管理、服务等制造活动各个环节,具有信息深度自感知、智慧优化自决策、精准控制自执行等功能的先进制造过程、系统与模式的总称。其显著特征体现为以智能工厂为载体、以关键制造环节智能化为核心、以端到端数据流为基础、以网络互联为支撑,可有效缩短产品研制周期、降低运营成本、提高生产效率、提升产品质量、降低资源能源消耗。

以智能制造为代表的新一轮工业革命,已成为全球制造业发展的新趋势。德国率先提出工业 4.0 战略、美国启动“先进制造伙伴计划”并制定了《先进制造业国家战略计划》、法国提出

“新工业法国”、日本提出“再兴战略”、韩国提出“新增动力战略”等,其根本目的都是要打造信息化背景下制造业的国际竞争新优势。同时,欧美一些知名企业纷纷投入顶尖研发资源,如通用电气、IBM 等致力于打造全新的工业互联网,西门子、博世等致力于推进智能工厂建设。可以说,谁在智能制造领域掌控主导权,谁就会代表最先进的生产力。

制造业作为我国的支柱产业,一直保持较好的发展态势。打造具有国际竞争力的制造业,是我国提升综合国力、保障国家安全、建设世界强国的必由之路。我国虽然已成为世界制造业第一大国,但制造业大而不强的问题依然突出,在自主创新、资源能源利用效率、工业化与信息化深度融合、全球化经营等方面与先进国家相比还有较大差距,转型升级和跨越发展的任务紧迫而艰巨。2015 年 5 月,国务院印发了《中国制造 2025》,强调加快推进制造业创新发展、提质增效,促进制造业朝高端、智能、绿色、服务方向发展,培育制造业竞争新优势,实现从制造大国向制造强国转变;7 月,国务院又印发《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》,提出要加快新一代信息技术与制造技术的融合步伐,显著提升制造业产品、装备、生产、管理、服务的智能化水平。

为积极实施《中国制造 2025》、落实“互联网+”行动计划,工业和信息化部出台了一系列有效措施,特别是启动实施“智能制造试点示范专项行动”,聚焦制造关键环节,在基础条件好、需求迫切的重点地区、行业和企业中选择试点示范项目,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、智能服务六方面试点示范,大力倡导企业利用信息化、自动化技术改造和提升传统产业。此外,还部署了智能制造综合标准化体系建设、智能制造网络安全保障能力建设、智能制造中长期发展战略研究及智能制造重大工程论证等工作,以促进工业转型升级,加快制造强国建设进程。

智能制造的主体是企业。近年来,我国许多企业着力推进局部智能化改造,积极推进从自动化、信息化向智能化过渡,逐步探索出单点模式、车间模式、工厂模式和辅助决策模式、简单决策模式和复杂决策模式等多

维度的智能制造的发展模式。但从整体上看,企业对智能制造的认知还存在较大差异,智能化改造技术配套能力和管理能力严重不足,大规模智能化改造尚需时日。当前,如何正确认识和理解智能制造、应该采用什么样的战略和路径推进智能制造,仍然是中国企业亟待解决的问题。

在工业和信息化部的支持下,中国企业联合会于2015年初与清华大学、中国科学院等单位合作,设立了《企业智能制造进展和趋势研究》课题。课题组在系统研究国外企业智能制造和实地调研国内企业智能制造实践的基础上,提出了我国企业智能制造的理论内涵,概括了当前我国企业智能制造所处的发展阶段、主要模式和影响因素,并提出了进一步推进智能制造的相关建议。

为更好推动中国企业推进智能制造,我们以课题研究报告和案例分析为基础,编辑出版了《智能制造:中国视角与企业实践》一书。希望以此来引导广大企业正确理解智能制造的理论和国内外发展趋势,宣传优秀企业在推进智能制造方面的有效做法和成功经验。同时,吸引更多企业、专家更加关注智能制造的发展问题,为推动我国制造业由大变强献计献策。

中国企业联合会常务副会长兼理事长
工业和信息化部两化融合管理体系工作领导小组副组长

李德成

第一篇 理 论 篇

第一章 智能制造的兴起 /3

第一节 从全球范围看智能制造的产生 /3

第二节 中国制造业转型升级呼唤智能创造 /6

第三节 个性化消费时代的来临为智能制造发展
提供了广阔空间 /7

第二章 中国企业智能制造“三论” /9

第一节 广义智能制造论 /9

第二节 系统管理论 /15

第三节 战略路径论 /19

第三章 中国企业智能制造的现状 /24

第一节 调研情况 /24

第二节 中国企业智能制造发展阶段判断 /27

第三节 中国企业智能制造需求、动力和能力
判断 /30

第四章 中国企业智能制造的主要模式 /34

第一节 基于智能广度的三类模式 /34

- 第二节 基于智能深度的三类模式 /38
- 第三节 基于驱动力的三类智能制造模式 /41
- 第四节 对智能制造模式的讨论 /47

第五章 中国企业智能制造的影响因素 /49

- 第一节 内部关键影响因素 /49
- 第二节 外部关键影响因素 /56

第六章 面向政府的企业智能制造对策建议 /63

- 第一节 逐层递进和并行推动的战略路径 /63
- 第二节 打破隔离、促进合作的制度设计 /63
- 第三节 增强智能制造关键共性技术的供给 /64
- 第四节 加大对智能制造的资金支持力度 /64
- 第五节 强化智能制造的人才支撑 /65
- 第六节 强化智能制造意识和能力培养的教育培训 /66
- 第七节 加快培育智能制造需求市场 /66
- 第八节 积极支持专业化的智能制造第三方评估 /67
- 第九节 加强智能制造国际合作交流 /67

第七章 面向企业的智能制造对策建议 /68

- 第一节 重新认识需求：确立智能制造思维范式 /68
- 第二节 重构管理体系：构建智能制造管理范式 /69
- 第三节 构建智能制造创新生态体系 /69
- 第四节 跟随模仿与本土化创新战略并重 /70
- 第五节 加强员工队伍建设 /70

第二篇 实 践 篇

第八章 国外企业智能制造案例 /75

- 第一节 库卡：全球汽车工业机器人领域巨头 /75
- 第二节 ABB：欧洲的工业机器人巨头 /77
- 第三节 施耐德电气：智能化能源革命 /79
- 第四节 西门子：全球智能制造与数字化企业平台技术
提供商 /80
- 第五节 宝马汽车：智能工厂解决方案 /83
- 第六节 通用电气：工业互联网的先行者 /85
- 第七节 思科：智能网制造业解决方案 /88
- 第八节 IBM：智慧工厂解决方案 /90
- 第九节 Intel：65 纳米制程的晶圆智慧工厂 /92
- 第十节 丰田：全球模范工厂 /93
- 第十一节 本田、佳能、电装等日企：智能制造之路 /96

第九章 国内企业智能制造案例 /98

- 第一节 吉林通用：基于内制式生产的智能制造 /98
- 第二节 青山工业公司：以信息化、网络化、自动化、智能化支撑的精准物流管理 /101
- 第三节 安庆石化：大型炼化工程项目与信息化平台同步建设 /112
- 第四节 青岛红领：基于智能化的大规模定制 /120
- 第五节 胜利油田：特大型复杂油田智能化开采 /135
- 第六节 江苏电力：离散型数字化车间建设 /166

第七节 运城高速：实现前后台实时联动的智能化服务
/173

第八节 佛山供电局：客户导向的智能化配电故障抢修
服务 /197

第九节 试点示范企业：智能制造平台案例 /206

第十节 试点示范企业：消费品智能制造案例 /210

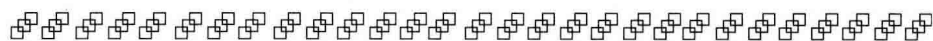
第十一节 试点示范企业：工业品智能制造案例 /219

第十二节 试点示范企业：智能服务案例 /243

后记 /248

第一篇

理 论 篇



智能制造的兴起

国际金融危机以来,全球进入新一轮竞争优势形成期。工业成为这一轮全球竞争的制高点。面对新一代信息通信技术和工业技术整合革新的浪潮,世界各国都在抓紧进行战略布局,德国提出了工业 4.0,美国提出了“先进制造伙伴计划”,日本发布了《机器人新战略》,中国加紧推进两化深度融合,并在去年发布了《中国制造 2025》战略。这些战略的核心都是利用新一代信息通信技术提升本国工业的智能化水平,进而提升工业在国际市场的竞争力。可以说,智能制造已成为世界制造业发展的重要趋势。

第一节 从全球范围看智能制造的产生

一、智能制造是制造技术与信息技术、人工智能技术深度融合的产物

从发展历程看,全球制造业经历了手工制作、福特生产、自动化和集成化制造、敏捷制造等阶段。就制造自动化而言,大致每 10 年上一个台阶:20 世纪 50~60 年代是单机数控;70 年代以后则是数控机床及由它们组成的自动化岛;80 年代出现了世界性的柔性自动化热潮。与此同时,由于传统设计方法和管理手段不能有效迅速地解决现代制造系统中出现的新问题,又出现了计算机集成制造(CIMS)。2000 年后,信息技术、

网络技术、人工智能技术的快速发展和广泛渗透,为传统制造业提供了新的发展机遇。人们通过集成计算机技术、信息技术、人工智能技术与制造技术,发展出新一代的制造技术与系统,这便是智能制造技术与智能制造系统,统称“智能制造”。

二、智能制造成为世界主要国家提振实体经济、打造国际竞争新优势的战略举措

国际金融危机以来,世界经济竞争格局正在发生深刻变化,实体经济的战略意义再次凸显。发达经济体纷纷提出“再工业化”战略,推出一系列重振制造业的重大举措,力图重塑在知识技术密集型高端制造业中的竞争优势。美国大力推动以“工业互联网”和“新一代机器人”为特征的智能制造战略布局,2011年正式启动包括工业机器人在内的“先进制造伙伴计划”,2012年又出台“先进制造业国家战略计划”,提出通过加强研究和试验税收减免、扩大和优化政府投资、建设智能制造技术平台以加快智能制造的技术创新,设立美国制造业创新网络,并先后设立增材制造创新研究院和数字化制造与设计创新研究院。德国通过政府、弗劳恩霍夫研究所和各州政府合作投资数控机床、制造和工程自动化行业应用制造研究。2013年开始实施工业4.0计划,旨在通过充分利用通信技术和网络空间虚拟系统、信息物理融合系统相结合的手段,建立一个高度灵活的个性化和数字化的产品与服务生产模式,进一步提振制造业竞争力。英国提出“高价值制造战略”,成立英国机器人和自控系统网络,旨在统筹规划机器人技术方面的学术和科研核心资源,促进院校、科研机构与企业展开合作,加速前沿技术的实用化,重构制造业价值链。日本早在20世纪90年代初提出“智能制造系统国际合作计划”,投资1500亿日元进行智能制造系统的研究和实验,2015年发布《机器人新战略》,提出成为世界机器人创新基地和世界第一个机器人应用国的目标。

三、跨国公司和新兴企业成为推动智能制造加速发展的重要力量

GE 推出 Predix 工业互联网操作系统,以此为基础构建面向具体行业的解决方案和工业 APP 为企业生产提供服务,形成以 GE 为中心的制造业生态。西门子正在推进智能化战略转型,力争到 2025 年转型成为掌握数字制造、工艺管理关键技术的工业软件为核心竞争力的智能制造企业。谷歌公司 2013 年收购了 8 家与机器人有关的公司,2014 年又陆续收购人工智能公司 DeepMind 和智能家居公司 Nest,智能制造成为谷歌新的业务领域。SAP 积极研发智能生产解决方案,利用软件控制实现 ERP、流水线、机器人、监控设备等各环节的数据对接,推动实现柔性制造。传统制造企业为适应环境变化,也大力投资智能制造实现改造升级。例如,富士康启动实施了“百万机器人”计划,其 2015 年规划提出在未来 3 年内用自动化设备、机器人替代七成左右的人力劳动。

四、更加灵巧化、模块化、服务化是智能制造发展的重要方向

互联网、物联网、大数据等新一代信息技术成为智能制造发展的动力引擎,智能制造装备也将呈现模块化、开源化和个性化的发展趋势。随着人工智能技术、新材料技术以及信息存储、传输和处理技术的快速发展,工业机器人逐渐呈现出智能化发展态势。装配传感器和具备人工智能的机器人能够自动识别环境的变化;机器人将更有效地接入网络,组成更大的生产系统,多台机器人协同实现一套生产解决方案成为可能。以工业机器人为代表的智能制造装备应用日趋广泛,2013 年机器人销售量同比增长 12%,达到 17.8 万台,在 2008 年到 2013 年之间,机器人年均销售增长为 9.5%。3D 打印技术有可能改变未来的产品的设计、销售和交付用户的方式,使大规模定制和简单的设计成为可能,使制造业实现随时、随地、按不同需要进行生产。信息技术的应用缩短了满足客户订单的时间,

提升了生产效率,使得全球范围的供应链管理更具效率。智能服务模式日趋形成,企业通过嵌入式软件、无线连接和在线服务的启用整合成新的“智能”服务业模式,制造业与服务业之间的界限日益模糊。

第二节 中国制造业转型升级呼唤智能创造

发展智能制造符合我国制造业发展的内在要求,是适应和引领新常态、推动供给侧结构性改革、重塑我国制造业新优势、实现产业转型升级的必然选择。

一、智能制造是提高我国劳动生产率的重要路径

我国制造业面临来自发达国家加速重振制造业与发展中国家以更低生产成本承接国际产业转移的“双重”挤压。在当前我国人口数量红利逐渐消失、要素成本快速上升、产能过剩日益严重的条件下,继续走过去那种依靠扩大规模、外延式发展的路子已经难以为继,必须将关注点转到劳动生产率的提升上来。千方百计地提高劳动生产率,应成为今后相当长一段时期内我国制造业保持竞争优势的重中之重。要提高劳动生产率,主要的途径是信息技术和制造业的深度融合,促进装备和产品的智能化,通过信息技术改造和优化制造业全流程,提高企业生产效率和经济效益。

二、智能制造是推进我国制造业高端化的重要方式

尽管我国制造业规模世界第一,但真正高端的产品却不多。最近一段时间出现的中国游客到日本疯买马桶盖、电饭煲的现象,其实就是中国制造产品无法满足高端个性化需求的体现。总的来说,我国制造业技术创新能力尚弱,关键智能制造技术及核心基础部件主要依赖进口;产业规模小,产业组织结构小、散、弱,缺乏具有国际竞争力的骨干企业;产业基础薄弱,高档和特种传感器、智能仪器仪表、自动控制系统、高档数控系统、机器人市场份额低。航空航天、高速铁路、新能源等新兴产业发展,工

程机械、冶金、石化、轨道交通等传统产业的转型升级和发展需要大量新型传感技术、仪器仪表和控制系统。智能制造不仅可以改造提升生产制造水平、提高生产质量和效率,优化组织结构和业务流程、提高管理效率,实现产品全生命周期管理、延伸产业链条、发展新型业态,而且可以带动自主可控的重大智能装备、新一代信息技术产业发展,有利于产业结构向中高端迈进,打造制造业竞争新优势,实现跨越式发展。

三、智能制造是破解能源资源和环境制约,实现制造业可持续发展的有力手段

智能化在提高专业化分工与协作配套,促进生产要素的有效集聚和优化配置,降低成本以及节约社会资源、能源等方面具有重要作用。2009年,国务院确定2020年我国控制温室气体排放的行动目标为:2020年我国单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降40%~45%。实现该目标并解决我国制造业当前存在的问题,迫切需要智能制造技术和装备,通过应用更节能环保的先进装备和智能优化技术,有助于解决我国生产制造过程的节能减排问题。

第三节 个性化消费时代的来临为智能制造发展提供了广阔空间

我国已进入消费需求持续增长、消费结构加快升级、消费拉动经济作用明显增强的重要阶段。传统消费提质升级、新兴消费蓬勃兴起,个性化多样化消费需求持续涌现,为智能制造发展提供了巨大空间。

一、智能制造是适应消费个性化的重要生产方式

在工业2.0、3.0时代,所谓市场导向、按需求生产,并未真正实现;在一定意义上,是生产商生产出“自己认为”是消费者需要的产品,实际上也是最有利于其获利的产品,并“强加”给消费者,表面上是消费者自主选