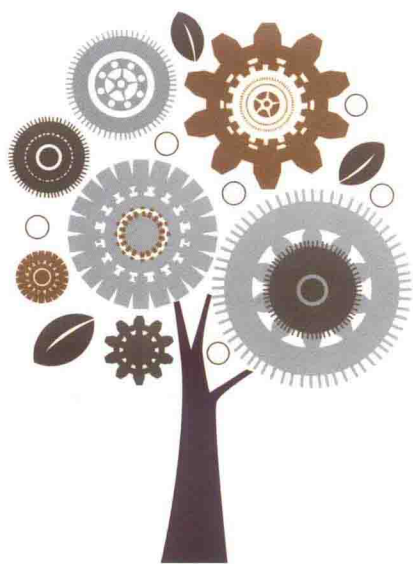




智能制造体系构建

面向中国制造2025的实施路线

胡成飞 姜勇 张旋 编著

构建企业智能制造之路，使之快速占领产业高地
打造企业核心竞争力，实现企业转型升级



机械工业出版社
China Machine Press

工业控制与智能制造丛书

智能制造体系构建

面向中国制造2025的实施路线

胡成飞 姜勇 张旋 编著



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

智能制造体系构建: 面向中国制造 2025 的实施路线 / 胡成飞, 姜勇, 张旋编著.
—北京: 机械工业出版社, 2017.5
(工业控制与智能制造丛书)

ISBN 978-7-111-56774-5

I. 智… II. ①胡… ②姜… ③张… III. 智能制造系统—制造工业—研究—中国
IV. F426.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 102675 号

智能制造体系构建 面向中国制造 2025 的实施路线

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 余洁

责任校对: 殷虹

印刷: 北京市荣盛彩色印刷有限公司

版次: 2017 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 170mm×242mm 1/16

印张: 18.25

书号: ISBN 978-7-111-56774-5

定价: 69.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88379426 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzit@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

制造业是国民经济的主体，是国家保持竞争力、经济健康运行和社会稳定的基础，是科技创新的主战场，一直受到各国政府的高度重视。特别是在国际金融危机发生后，欧美等发达国家纷纷推出“再工业化”战略，力图抢占国际竞争的制高点，把制造业的发展上升为国家战略之一，全球新一轮工业转型升级竞赛就此展开，各国都希望更多地参与全球产业分工、争夺产业链和价值链高地，因此推进了国际产业分工重塑，中国的制造业也再次迎来了历史性机遇与挑战。为了建设制造强国，2015 年我国制定了实施制造强国战略的第一个十年行动纲领——《中国制造 2025》，其中智能制造将作为新一代信息技术与制造技术深度融合的主攻方向。

智能制造是先进制造发展的最新形态，是企业实现转型升级的有力工具，为了更好地促进企业智能制造体系的推进，作者撰写了本书，以为广大读者提供一定的帮助。

本书分以下几章：

第 1 章是对智能制造的概述，目的是让企业各层级了解智能制造的背景和定义，在认识上达成一致，这是统一思想的基础。

第 2 章是对智能制造总体模型和基础模型进行整体阐述，包括企业应用系统位阶划分、传统经典管理技术应用描述、基于识别传感和设备如新管理的智能设备模型的介绍，以及对企业无人化、少人化的自动化模型和基于业务需求的企业基础网络架构进行深入描述。

第 3 章是对智能制造应用模型进行阐述，包含基于动作分析和工艺的

智能生产模型、基于 BOM 和流程的运营管理模型、基于工业大数据的智能决策模型、基于产品和服务的智能商业模型。

第 4 章介绍智能制造体系设计，主要描述智能制造实现的融合方向、智能制造体系设计原则和智能制造体系闭环生态建设。

第 5 章对智能制造体系评估系统及行动路线进行阐述。

第 6 章对智能制造项目的实施进行阐述。

第 7 章介绍如何协助企业进行智能制造项目申报。

本书从管理、技术的角度阐述智能制造体系，清晰地描绘出智能制造场景，衷心希望广大制造业管理者有所收获。鉴于时间仓促和编写人员水平有限，本书内容难免有不当或遗漏之处，诚请各位读者批评指正。

编者

前言

第 1 章 智能制造概述	1
1.1 智能制造的背景	1
1.1.1 国外智能制造的背景	1
1.1.2 中国制造 2025	7
1.1.3 智能制造体系建设的意义	9
1.2 智能制造定义	10
第 2 章 智能制造模型	17
2.1 智能制造模型概论	17
2.1.1 企业应用系统位阶	17
2.1.2 智能制造总体模型	26
2.2 传统经典管理技术是智能制造体系的基石	28
2.2.1 工业工程	29
2.2.2 精益生产	29
2.2.3 六西格玛	37
2.2.4 管理体系	38

2.2.5	智能管理综合体的形成	38
2.3	基于识别传感和设备如新管理的智能设备模型	38
2.3.1	智能设备的典型应用	39
2.3.2	设备如新管理	42
2.3.3	识别技术的应用	45
2.3.4	设备联网	48
2.4	少人化、无人化的自动化模型	53
2.4.1	智能存储系统	53
2.4.2	智能搬运系统	58
2.4.3	生产自动化系统	60
2.5	基于业务需求的基础网络架构	62
2.5.1	硬件基础设施	62
2.5.2	网络基础设施	64
第 3 章	智能制造应用模型	65
3.1	基于动作分析和工艺的智能生产模型	65
3.1.1	智能工序	65
3.1.2	智能产线	66
3.1.3	智能车间	67
3.1.4	智能工厂	99
3.2	基于 BOM 和流程的运营管理模型	112
3.2.1	智能研发管理	113
3.2.2	企业资源计划	120
3.2.3	供应链管理	125
3.2.4	移动 APP 管理	127
3.3	基于工业大数据的智能决策模型	129
3.4	基于产品和服务的智能商业模型	131

3.4.1 智能产品	132
3.4.2 智能服务	136
第 4 章 智能制造体系设计	141
4.1 智能制造实现的融合方向	141
4.1.1 虚拟与现实的融合	141
4.1.2 设备与设备的融合	142
4.1.3 地域 / 组织与管理的融合	142
4.1.4 作业与管理的融合	143
4.1.5 信息化与自动化的融合	144
4.1.6 产品与服务的融合	144
4.2 智能制造体系设计原则	144
4.3 智能制造体系闭环生态建设	169
4.3.1 智能制造体系闭环控制管理的目的与原则	169
4.3.2 研产供销的闭环管理	170
4.4 工业园区的智能制造体系设计	172
第 5 章 智能制造体系评估系统及行动路线	175
5.1 智能制造体系评估系统	175
5.1.1 基于智能制造能力成熟度模型评估方法	175
5.1.2 定量评估方法	182
5.2 智能制造体系行动路线	208
5.2.1 基础应用阶段	208
5.2.2 初步形成阶段	210
5.2.3 产供销集成阶段	212
5.2.4 价值链集成阶段	213
5.2.5 智能制造体系实现阶段	215

5.2.6 智能化协同与创新阶段	216
5.3 智能制造展现形式——C2M	216
5.3.1 定制平台	218
5.3.2 企业服务平台	221
第 6 章 智能制造项目的实施	223
6.1 建立智能制造推进组织	223
6.1.1 智能制造推进组织架构图	223
6.1.2 智能制造推进组织领导需具备的特质	225
6.1.3 组织人员的职责、权限	226
6.2 智能制造现状调研	229
6.2.1 现状调研	229
6.2.2 需求分析报告撰写	234
6.3 供应商的选择	246
6.3.1 供应商选择的途径	246
6.3.2 智能制造供应商需具备的基本特质	246
6.3.3 供应商选择的步骤	248
6.4 项目实施管理	250
6.4.1 项目工程过程	250
6.4.2 项目组织架构	254
6.4.3 项目进度控制	257
6.4.4 项目沟通与变更	257
6.4.5 项目质量控制	261
6.4.6 项目风险控制	262
第 7 章 智能制造项目申报指南	265
7.1 两化融合管理体系贯标	265

7.1.1	体系建立阶段	265
7.1.2	体系实施阶段	268
7.1.3	体系评定准备	268
7.1.4	体系评定阶段	268
7.1.5	体系持续改进阶段	270
7.2	智能制造试点示范项目申报	270
7.2.1	离散型智能制造模式	270
7.2.2	流程型智能制造模式	274
7.2.3	网络协同制造模式	275
7.2.4	大规模个性化定制模式	276
7.2.5	远程运维服务模式	277
参考文献		279

智能制造概述

1.1 智能制造的背景

1.1.1 国外智能制造的背景

1. 德国——工业 4.0

德国制造业在全球是最具有竞争力的行业之一，特别是在装备制造领域，拥有专业、创新的工业科技产品、科研开发管理，以及复杂工业过程的管理体系；在信息技术方面，其以嵌入式系统和自动化为代表的技术处于世界领先水平。以制造“+互联网”技术为基础，德国在 2013 年 4 月正式推出“工业 4.0”的概念，其核心是通过 CPS（Cyber-Physical System）将生产过程中的供应、制造、销售信息进行数据化、智能化，达到快速、有效、个体化的产品供应，目的是提高德国工业竞争力，以在新一轮工业革命中占领先机。工业 4.0 已经上升为国家战略之一。工业 4.0 的内涵是基本模式由集中式控制向分散式增强型控制转变，建立一个高度灵活的个体化、数字化的产品与服务的生产模式，进行产业链分工重组。图 1-1 为德国工业发展历程。

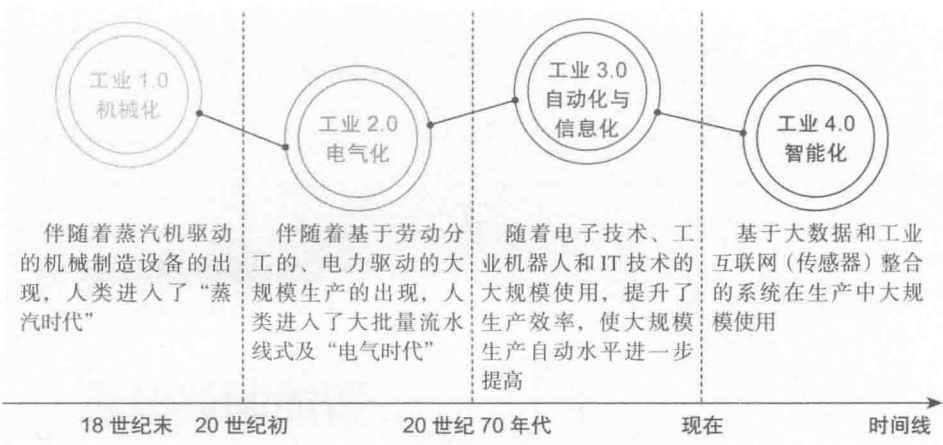


图 1-1 德国工业发展历程

工业 4.0 的显著特征是：以建立智能工厂、智能生产体系、智能物流为主题，通过价值链实现横向集成，通过网络化制造系统实现纵向集成，通过信息和物理融合实现工程端到端的集成。工业 4.0 提出了八大计划：

- 1) 标准化和参考架构。
- 2) 为工业建立宽带基础设施，同时，这套宽带网络必须满足工控网络的各项性能指标。
- 3) 安全和保障：包括物理安全、功能安全、信息安全三个方面。对于信息安全应该理性化认识，否则将会浪费更多成本，且仍达不到信息安全的要求。
- 4) 管理复杂系统。
- 5) 工作的组织和设计。
- 6) 培训和持续的专业发展。
- 7) 监管框架。
- 8) 资源利用效率。

2. 美国——先进制造业国家战略计划

美国依靠其强大的互联网能力，提出以“互联网+”制造为基础的再工业化之路。在 2011 年提出“先进制造业伙伴关系”（Advanced Manufacturing Partnership, AMP）——AMP 2.0，以期通过政府、高校、企业的合作来强化美国的制造业，在 2012 年 2 月正式发布《先进制造业国

家战略计划》，计划描述了全球先进制造业的发展趋势及美国制造业面临的挑战，明确了三大原则，即能够应对市场变化和有利于长期经济投资的创新政策、建设制造商共享的知识资产和有形设施的产业公地、优化联邦政府和机构的投资。同时也提出了实施美国先进制造业战略的五大目标：

- 1) 加快中小企业投资。
- 2) 提高劳动力技能。
- 3) 建立健全伙伴关系。
- 4) 调整优化政府投资。
- 5) 加大研发投资力度，实现再工业化之路。

美国在2016年2月发布的《国家制造创新网络计划》(National Network for Manufacturing Innovation Program, NNMI 计划)中描述了该计划的历史和现状，以及各个制造创新机构的详细情况，并提出4个战略计划目标：

【目标一】提升美国制造的竞争力

子目标 1：支持更多美国本土制造产品的生产。

子目标 2：培育美国在先进制造研究、创新与技术上的领导地位。

图 1-2 所示为制造竞争力驱动因素，黑体表明 NNMI 计划正加强的驱动力。

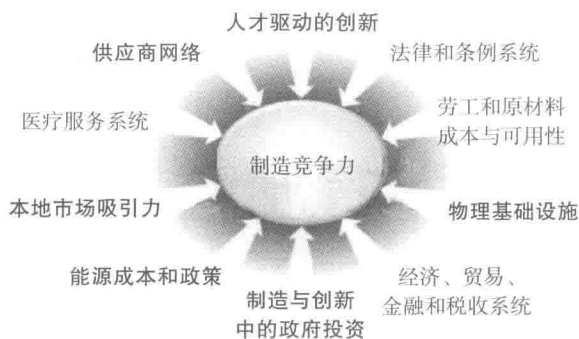


图 1-2 制造竞争力驱动因素

【目标二】促进创新技术向规模化、经济和高绩效的本土制造能力转化

子目标 1：让美国制造商能够使用经验证的制造能力和资本密集型的基础设施。

子目标 2：促进用于解决先进制造挑战的最佳实践的共享与书面化。

子目标 3：促进支持美国先进制造的标准与服务的发展。

图 1-3 为向美国工业界转化先进制造能力——制造成熟度等级（MRL）。

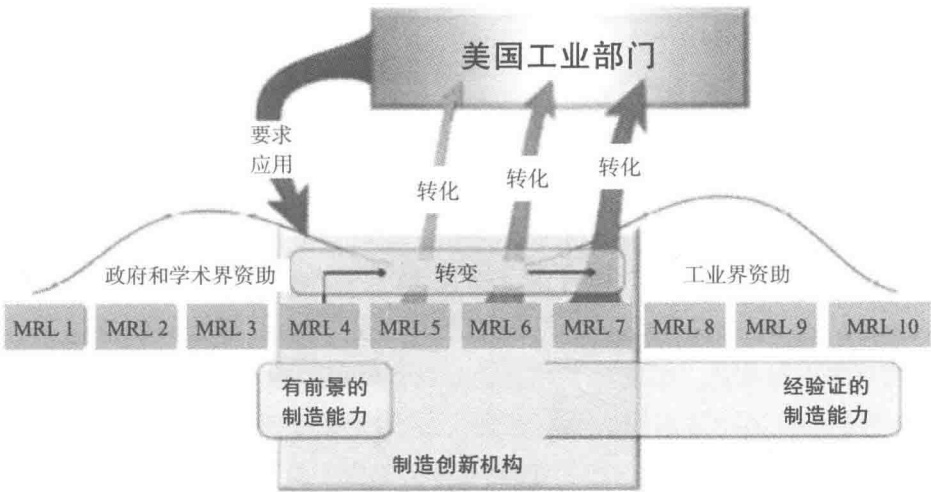


图 1-3 制造成熟度等级

【目标三】加速先进制造劳动力的发展

子目标 1：为科学、技术、工程等相关工作培养未来工人。

子目标 2：支持、扩展与交流相关的中等和高等教育途径，包括资格鉴定与认证。

子目标 3：支持州、地方教育和培训的课程体系与先进制造技能组合要求的协调。

子目标 4：先进知识工人——研究人员和工程师。

子目标 5：确认下一代工人所需的能力。

图 1-4 为支持公－私合作劳动力发展伙伴关系图。

【目标四】支持和帮助制造创新机构稳定、可持续发展的商业模式

图 1-5 为制造创新机构生态系统图。

计划的输入来自国家制造创新网络各个利益相关方的反馈与建议，它表达了国防部、能源部等计划参与部门和波音、洛马、GE 等工业领袖对该计划未来至少三年该如何发展的共识。《NNMI 计划》识别了实现这些目标的方法和手段，以及评价该计划的标准。

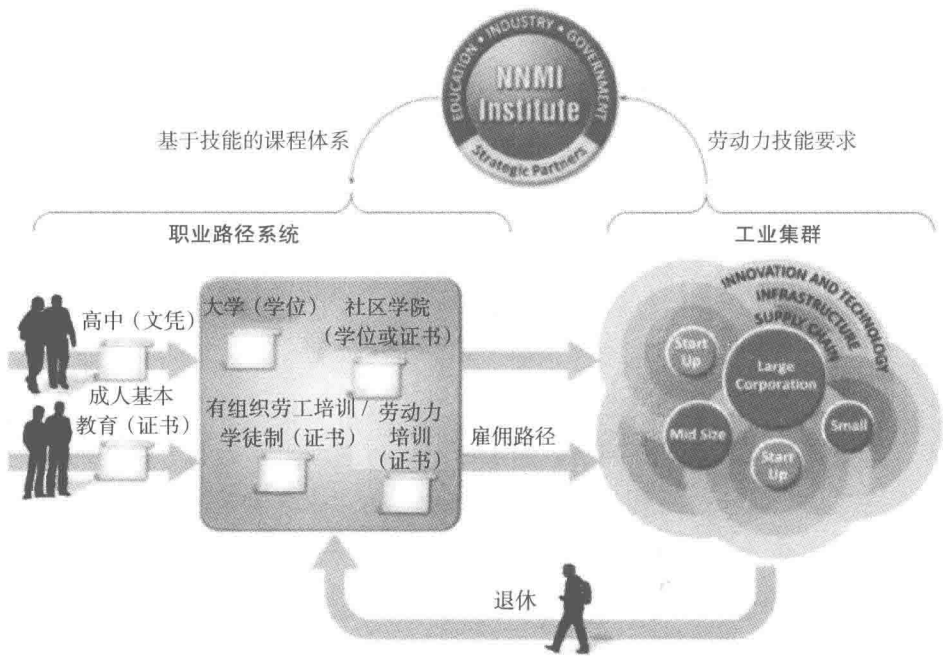


图 1-4 支持公 – 私合作劳动力发展伙伴关系

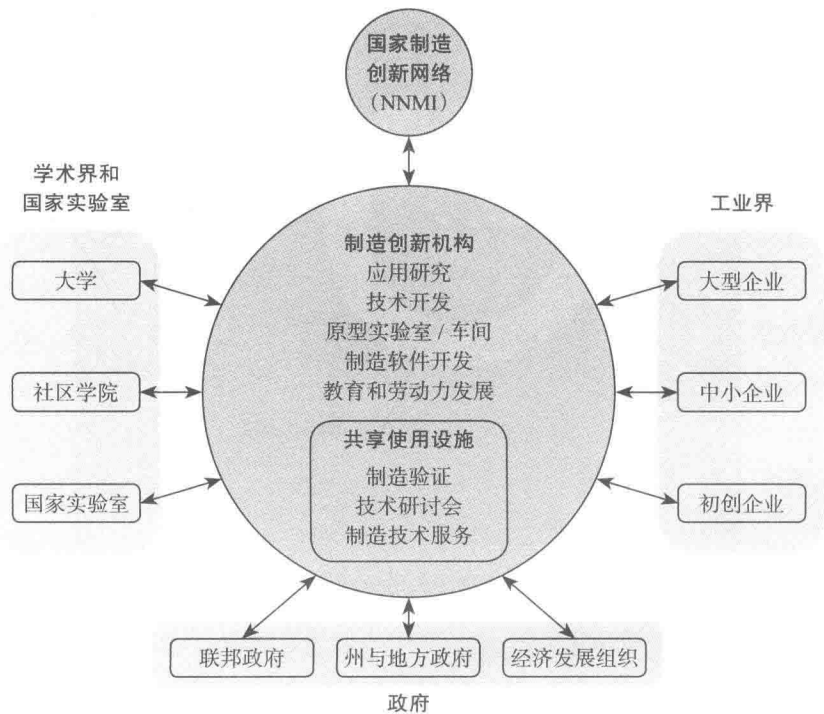


图 1-5 制造创新机构生态系统

3. 法国——新工业法国

2013 年 9 月法国推出了《新工业法国》10 年中长期的战略规划，展现了法国工业转型升级的决心，旨在通过创新重造工业实力，使法国工业重新回到世界工业的第一阵营。其以解决能源、数字革命和经济生活为目的，并提出了 34 项具体计划。

2015 年 5 月，法国政府对《新工业法国》计划进行了大幅调整。调整后的法国“再工业化”总体布局为“一个核心，九大支点”。一个核心，即“未来工业”，主要内容是实现工业生产向数字制造、智能制造转型，以生产工具的转型升级带动商业模式变革。九大支点包括大数据经济、环保汽车、新资源开发、现代化物流、新型医药、可持续发展城市、物联网、宽带网络与信息安全、智能电网。图 1-6 为《新工业法国》的一个核心及九大支点。



图 1-6 《新工业法国》的一个核心及九大支点

4. 英国——英国工业 2050 战略

2013 年 10 月英国政府科技办公室推出了《英国工业 2050 战略》，其

中制定了到 2050 年的未来制造业发展战略。《英国工业 2050 战略》就是定位于 2050 年英国制造业发展的一项长期战略研究,通过分析制造业面临的问题和挑战,提出英国制造业发展与复苏的政策。报告展望了 2050 年制造业的发展状况,并据此分析英国制造业的机遇和挑战。报告的主要观点是科技改变生产、信息通信技术、新材料等科技将在未来与产品和生产网络融合,极大改变产品的设计、制造、提供,甚至使用方式。报告认为,未来制造业的主要趋势是个性化的低成本产品需求增大、生产重新分配和制造价值链的数字化。制造业不再是“制造后销售”,而是转变为“服务+再制造(以生产为中心的价值链)”,这将对制造业的生产过程和技术、制造地点、供应链、人才,甚至文化产生重大影响。

5. 印度——印度制造业国家战略

2004 年 5 月,辛格政府宣誓就职后,提出设立国家制造业竞争委员会,以加强和维持食品加工、纺织服装等制造业的发展。该委员会还在 2005 年发布了《印度制造业国家战略》白皮书,称印度每年需要在农业以外创造 700 万至 800 万个就业岗位,劳动密集型的制造业是唯一能实现如此多就业机会的来源。

1.1.2 中国制造 2025

我国在十六大就提出“以信息化带动工业化,以工业化促进信息化”,十七大提出“大力推进信息化与工业化融合”,十八大提出“促进工业化、信息化、城镇化、农业现代化同步发展”,通过产业转型升级实现跳跃式发展,包括工业化与信息化的融合发展,管理现代化与管理信息化同步发展,在技术上实现快速换代升级等。

我国主动应对新一轮科技革命和产业变革,在 2015 年出台《中国制造 2025》,这是我国实施制造强国战略的第一个十年行动纲领。

《中国制造 2025》提出,坚持“创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化、人才为本”的基本方针,坚持“市场主导、政府引导,立足当前、着眼长远,整体推进、重点突破,自主发展、开放合作”的基本原则,通