

流程型制造模式

智能制造新模式探索与案例分析

Process-based Manufacturing Mode

庞国锋 徐静 张磊

编著

华信研究院智能制造研究所

组编

非外借



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>



国之重器出版工程

制造强国建设

智能制造新模式应用系列

流程型制造模式

庞国锋 徐 静 张 磊 编著

华信研究院智能制造研究所 组编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

当前,我国积极贯彻制造强国战略,以智能制造为主攻方向推动产业技术变革和优化升级。许多企业先行先试,积极探索实施智能制造,其经验得出推进智能制造,模式的推广应用是关键。

本书针对流程型制造新模式,按照剖析原理、着眼应用、提取共性、突出个性的原则,以形成解决方案、提出落地措施为目标,从基本概念、通用架构、要素条件、案例分析、市场发展等方面,对其进行全面分析。其中,第一章为绪论,主要介绍智能制造的基本概念、系统架构和企业需求;第二章主要介绍智能制造的通用模式与实施步骤;第三章对流程型智能制造模式进行解读,包括概念、特点、面临问题、目标要求等,并着重对每一个要素条件进行分析;第四章对近年来在实施流程型智能制造新模式方面取得成效的企业案例进行分析;第五章介绍流程型企业推进智能制造的解决方案和重点设备、产品。全书以基本知识、基本理论为主,对于某些关键要素和关键环节也进行了深入的技术性剖析,力求帮助读者快速全面系统地了解、认识和掌握智能制造基本架构和流程型制造模式的实施步骤方法。

本书适合高等院校和职业院校相关专业师生、智能制造解决方案与集成商、制造企业决策与技术人员以及关心智能制造领域发展的社会人士学习。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

流程型制造模式 / 庞国锋, 徐静, 张磊编著. —北京: 电子工业出版社, 2019.4

(智能制造新模式应用系列)

ISBN 978-7-121-35699-5

I. ①流… II. ①庞… ②徐… ③张… III. ①智能制造系统 IV. ①TH166

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 272076 号

责任编辑: 管晓伟

印 刷: 固安县铭成印刷有限公司

装 订: 固安县铭成印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 720×1000 1/16 印张: 20 字数: 512 千字

版 次: 2019 年 4 月第 1 版

印 次: 2019 年 4 月第 1 次印刷

定 价: 98.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010) 88254460; guanphei@163.com。

《国之重器出版工程》 编辑委员会

编辑委员会主任：苗 圩

编辑委员会副主任：刘利华 辛国斌

编辑委员会委员：

冯长辉	梁志峰	高东升	姜子琨	许科敏
陈 因	郑立新	马向晖	高云虎	金 鑫
李 巍	李 东	高延敏	何 琼	刁石京
谢少锋	闻 库	韩 夏	赵志国	谢远生
赵永红	韩占武	刘 多	尹丽波	赵 波
卢 山	徐惠彬	赵长禄	周 玉	姚 郁
张 炜	聂 宏	付梦印	季仲华	



专家委员会委员（按姓氏笔画排列）：

于 全 中国工程院院士

王少萍 “长江学者奖励计划”特聘教授

王建民 清华大学软件学院院长

王哲荣 中国工程院院士

王 越 中国科学院院士、中国工程院院士

尤肖虎 “长江学者奖励计划”特聘教授

邓宗全 中国工程院院士

甘晓华 中国工程院院士

叶培建 中国科学院院士

朱英富 中国工程院院士

朵英贤 中国工程院院士

邬贺铨 中国工程院院士

刘大响 中国工程院院士

刘怡昕 中国工程院院士

刘韵洁 中国工程院院士

孙逢春 中国工程院院士

苏彦庆 “长江学者奖励计划”特聘教授



- 苏哲子 中国工程院院士
- 李伯虎 中国工程院院士
- 李应红 中国科学院院士
- 李新亚 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、
中国机械工业联合会副会长
- 杨德森 中国工程院院士
- 张宏科 北京交通大学下一代互联网互联设备国家
工程实验室主任
- 陆建勋 中国工程院院士
- 陆燕荪 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、
原机械工业部副部长
- 陈一坚 中国工程院院士
- 陈懋章 中国工程院院士
- 金东寒 中国工程院院士
- 周立伟 中国工程院院士
- 郑纬民 中国计算机学会原理事长
- 郑建华 中国科学院院士



屈贤明 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、工业和信息化部智能制造专家咨询委员会副主任

项昌乐 “长江学者奖励计划”特聘教授，中国科协书记处书记，北京理工大学党委副书记、副校长

柳百成 中国工程院院士

闻雪友 中国工程院院士

徐德民 中国工程院院士

唐长红 中国工程院院士

黄卫东 “长江学者奖励计划”特聘教授

黄先祥 中国工程院院士

黄 维 中国科学院院士、西北工业大学常务副校长

董景辰 工业和信息化部智能制造专家咨询委员会委员

焦宗夏 “长江学者奖励计划”特聘教授



前言

制造业是实体经济的主体，是国民经济的脊梁，是国家安全和人民幸福安康的物质基础，是我国经济实现创新驱动、转型升级的主战场。进入 21 世纪以来，计算机技术、信息技术、移动互联网技术、大数据技术及制造技术的融合正给制造业格局带来新变化，推动生产模式和产业形态发生重大变革，智能制造已经成为当今全球发展不可阻挡的趋势，也是工业化转型的推动力之一。习近平总书记在党的十九大报告中强调，要加快建设制造强国，加快发展先进制造业。我国制造强国战略从国家层面确立了建设制造强国的总体战略，明确提出以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，实现我国由制造大国向制造强国的转变。

智能制造是将制造技术、新兴信息技术、智能科学技术、系统工程技术及产品有关专业技术等融合运用于产品制造全系统和全生命周期（全产业链）活动，对制造全系统、全产业链活动中的人、机、物、环境、信息进行智能化的感知、互联、协同和智能处理，使制造企业的人/组织、经营管理、设备与技术（三要素）及信息流、物流、资金流、知识流、服务流（五流）集成优化，进而改善产品及其开发时间、质量、成本、服务、环境清洁和知识含量，以实现企业市场竞争能力提高的一种互联化、服务化、个性化（定制化）、柔性化、社会化的制造新模式、新技术、新手段和新生态。推进智能制造发展，可有效地缩短产品研制周期，提高生产效率，提升产品质量，



降低资源能源消耗，对深化制造业供给侧结构性改革，加快我国制造业转型升级和与“互联网+”融合发展，培育制造业竞争新优势，建设制造强国具有重要意义。

当前，我国制造强国战略和智能制造工作已进入全面部署、深入推进的新阶段。其中，自 2015 年开始的智能制造试点示范专项行动，在关键技术装备创新、智能制造标准制定、工业软件开发、企业提质增效等方面成效显著，不但全面提升了企业研发、生产、管理和服务的数字化、网络化、智能化水平，而且带动了众多新技术、新产品、新装备快速发展，形成了流程型、离散型、大规模个性化定制、网络协同和远程运维五种智能制造新模式，有力地推动了制造业供给侧结构性改革和转型升级，为实现制造强国打下了坚实基础。但是，我国现阶段仍然存在智能制造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、智能制造人才供给不足、地区/行业发展不平衡等问题，相对于美、德、日等制造业先进国家，推动我国智能制造任务仍然艰巨。为贯彻落实我国制造强国战略，牢牢把握智能制造这一主攻方向，必须把智能制造新模式推广应用作为一项长期坚持的重要任务，将重点企业在智能制造点上的突破向行业和区域的线、面延伸，不断夯实智能制造发展的基础，巩固制造业转型升级的主要路径，促进全社会共同推进智能制造。



目 录

第一章 绪论	1
第一节 智能制造概念特征	1
一、概念	1
二、特征	2
第二节 智能制造系统架构	3
一、定义	3
二、组成	4
三、功能	7
四、集成	8
五、关键技术	9
第三节 智能制造发展现状与企业需求	10
一、发展现状	10
二、企业需求	13
第二章 智能制造通用模式与实施步骤	15
第一节 基本模式	16
一、关键要素	17
二、运行机制	55
第二节 实施步骤	56
一、需求诊断	56
二、顶层设计	57
三、方案制订	58
四、系统推进	59



第三章 流程型制造模式解读	62
第一节 概述	62
一、概念	62
二、特点	62
三、面临的问题	63
四、目标要求	63
第二节 要素条件解析	64
一、要素条件内容	64
二、关键要素解析	64
第四章 流程型制造模式案例分析	104
第一节 宝山钢铁案例分析	104
一、企业概况	104
二、项目背景与建设目标	105
三、总体考虑与解决方案	109
四、实施内容与路径	111
五、主要成效	121
六、经验与启示	121
第二节 镇海炼化案例分析	123
一、企业概况	123
二、项目背景与建设目标	124
三、总体考虑与解决方案	125
四、实施内容与路径	129
五、主要成效	137
六、经验与启示	138
第三节 中联水泥案例分析	140
一、企业概况	140
二、项目背景与建设目标	140
三、总体考虑与解决方案	142
四、实施内容与路径	144
五、主要成效	154
六、经验与启示	154
第四节 复晟铝业案例分析	155
一、企业概况	155



二、项目背景与建设目标	156
三、总体考虑与解决方案	157
四、实施内容与路径	159
五、主要成效	174
六、经验与启示	180
第五节 九江石化案例分析	181
一、企业概况	181
二、项目背景与建设目标	182
三、总体考虑与解决方案	183
四、实施内容路径	185
五、主要成效	197
六、经验与启示	198
第六节 普利制药案例分析	200
一、企业概况	200
二、项目背景与建设目标	201
三、总体考虑与解决方案	202
四、实施内容与路径	204
五、主要成效	209
六、经验与启示	209
第七节 君乐宝案例分析	211
一、企业概况	211
二、项目背景与建设目标	211
三、总体考虑与解决方案	212
四、实施内容与路径	217
五、主要成效	227
六、经验与启示	229
第八节 娃哈哈案例分析	231
一、企业概况	231
二、项目背景与建设目标	231
三、总体考虑与解决方案	232
四、实施内容与路径	234
五、主要成效	239
六、经验与启示	239



第九节 蒙牛集团案例分析	240
一、企业概况	240
二、项目背景与建设目标	241
三、总体考虑与解决方案	242
四、实施内容与路径	244
五、主要成效	247
六、经验与启示	248
第十节 康缘药业案例分析	250
一、企业概况	250
二、项目背景与建设目标	250
三、总体考虑与解决方案	252
四、实施内容与路径	254
五、主要成效	260
六、经验与启示	261
第十一节 中天储能案例分析	261
一、企业概况	261
二、项目背景与建设目标	262
三、总体考虑与解决方案	262
四、实施内容与路径	264
五、主要成效	271
六、经验与启示	272
第五章 重点供应商与产品	273
第一节 解决方案	273
一、石化盈科	273
二、浙江中控	279
第二节 其他领域	281
一、流程工业模拟仿真软件	281
二、数据采集与监控系统	286
三、先进控制系统	291
四、流程工业 ERP 系统	295
五、流程工业 MES	302
参考文献	306



第一章

绪论

第一节 智能制造概念特征

一、概念

“智能制造”可以从制造和智能两方面进行解读。首先，制造是指对原材料进行加工或再加工，以及对零部件进行装配的过程。通常，按照生产的产品与控制的对象不同，制造分为流程制造与离散制造。根据我国现行标准 GB/T4754—2017，我国制造业包括 31 个行业，进一步又划分为约 175 个中类、530 个小类，涉及国民经济的方方面面。其次，智能是由“智慧”和“能力”两个词语构成的。从感觉到记忆再到思维这一过程，称为“智慧”，智慧的结果产生了行为和语言，将行为和语言的表达过程称为“能力”，两者合称为“智能”。因此，将感觉、记忆、回忆、思维、语言、行为的整个过程称为智能过程，它是智力和能力的表现。

目前，国际和国内尚没有关于智能制造的准确概念，但工信部组织专家给出了一个比较全面的描述性定义：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。

从该定义可以看出，智能制造是制造技术与数字技术、智能技术及新一代信息技术的融合，需要具备信息感知、优化决策、执行控制的能力，目标是缩短产品研制周期、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。因此，智能制造对我国工业转型升级和国民经济持续发展有重要作用。

二、特征

广义而论，智能制造是一个大概念，也是一个不断演进的大系统，本质上是先进制造技术与新一代信息技术不断深度融合的产物。自 20 世纪 90 年代智能制造提出开始，智能制造经历了长期实践演化过程，出现了精益制造、柔性制造、并行制造、敏捷制造、数字化制造、计算机集成制造、网络化制造、云制造、智能化制造等不同类型，但归纳起来，任何一种类型的智能制造，都具备数字化、网络化和智能化制造三个最基本的特征。

1. 数字化

(1) 产品数字化：使用 CDD（通用数据字典）建立产品全生命周期数据集成和共享平台；使用 PDM 管理产品相关信息（包括零件、结构、配置、文档、CAD 文件等），使用 PLM 进行产品全生命周期管理（产品全生命周期的信息创建、管理、分发和应用的一系列应用解决方案）；使用 CAD 和 CAE 进行产品设计和产品仿真评估。

(2) 生产工艺数字化：使用 CAPP 通过数值计算、逻辑判断和推理等功能来制定和仿真零部件机械加工工艺过程，使用 CAM 进行生产设备管理控制和操作过程。

2. 网络化

(1) 生产现场的智能装备互联互通：通过现场总线（如 PROFIBUS、CC-Link、Modbus 等）、工业以太网（如 PROFINET、CC-Link IE、Ethernet/IP、EtherCAT、POWERLINK、EPA 等）、工业无线网（如 WIA-PA、WIA-F、WirelessHART、ISA 100.11a 等）以及移动网（如 2G、3G、4G，以及未来的 5G 网络）等方式实现。

(2) 工业控制（自动化）网络与生产管理（信息）网络集成：通过 OPC UA、Web Services 等技术实现。

(3) 工厂网络与互联网集成：通过大数据应用和工业云服务实现企业互联、产品远程维护等智能服务。



3. 智能化

(1) 智能生产：面向定制化设计，支持多品种小批量生产模式，通过使用智能化的生产管理系统与智能装备，实现生产过程全生命周期的智能化管理，以及状态自感知、实时分析、自主决策、自我配置、精准执行的自组织生产。

(2) 智能产品：一方面，产品本身的智能化提升，如提供友好的人机交互、语言识别、数据分析等智能功能；另一方面，生产过程中的每个产品和零部件是可标识、可跟踪的，甚至产品了解自己被制造的细节以及将被如何使用。

(3) 智能服务：利用互联网、云计算、大数据分析等新技术，提供远程检测诊断、运营维护、技术支持等售后智能服务。

数字化、网络化、智能化是保证智能制造实现“两提升、三降低”经济目标的有效手段。数字化确保产品从设计到制造的一致性，并且在制样前对产品的结构、功能、性能乃至生产工艺都进行仿真验证，极大地节约了开发成本和缩短了开发周期。网络化通过信息横纵向集成实现研究、设计、生产和销售各种资源的动态配置以及产品全程跟踪检测，实现个性化定制与柔性生产，同时提高了产品质量。智能化将人工智能融入设计、感知、决策、执行、服务等产品全生命周期，提高生产效率和产品核心竞争力。

第二节 智能制造系统架构

一、定义

智能制造系统 (Intelligent Manufacturing System, IMS) 是一种由智能机器和人类专家共同组成的人机一体化系统。它是基于智能制造技术，综合应用神经网络、遗传算法等人工智能技术、智能制造机器、代理技术、材料技术、现代管理技术、信息技术、自动化技术和系统工程理论与方法，所形成的网络集成的、高度自动化的一种制造系统。智能制造系统是智能技术集成应用的环境，也是实现智能制造和展现智能制造模式的载体，通过使用智能化的生产管理系统和智能装备来实现生产过程的智能化。

从系统实现过程的角度，一方面，智能制造系统通过将智能化的生产



管理系统 [包括工厂/车间业务与生产管理软件、监控软件、ERP (企业资源计划) 、MES (制造执行系统) 、PLM (产品全生命周期管理) /PDM (产品数据管理) 、SCADA (数据采集与监视控制系统) 等] 与网络化的智能装备 (包括高档数控机床与机器人、增材制造装备、智能传感与控制装备、智能检测与装配装备、智能物流与仓储装备等) 集成起来并进行交互, 来实现智能化、网络化分布式管理, 进而实现企业业务流程与工艺流程的协同, 生产智能产品; 另一方面, 智能制造系统不仅关注产品全生命周期管理, 而且扩展到供应链、订单、资产等全生命周期管理 (见图 1-1), 是一个覆盖更宽泛领域和技术的“超级”系统工程。

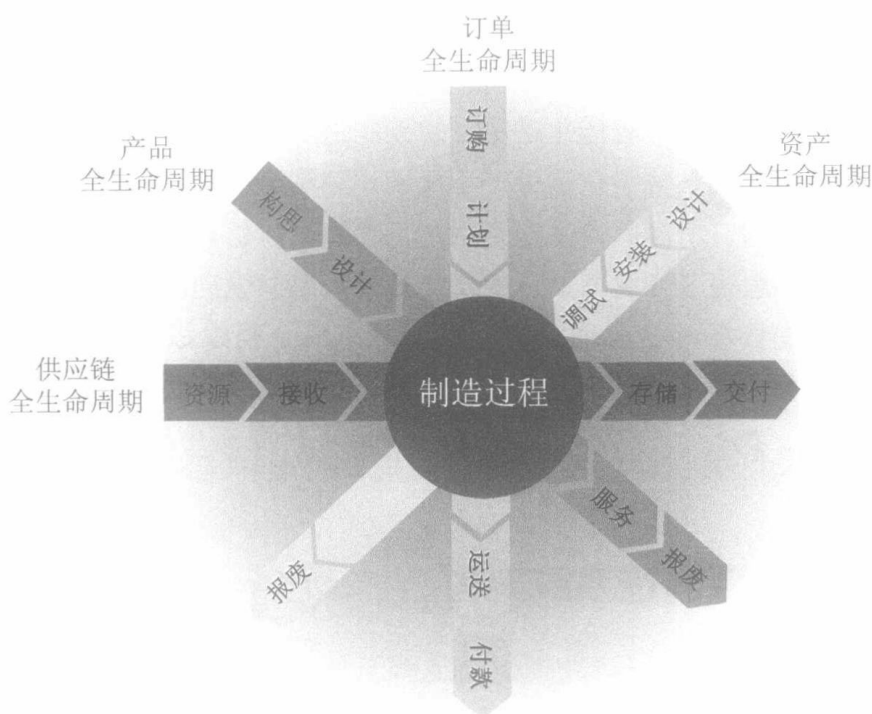


图 1-1 智能制造全生命周期管理

二、组成

为实现智能制造系统, 应规范智能制造系统的整体架构。所谓智能制造系统架构, 是指一个通用的制造体系模型, 其作用是为智能制造的技术系统提供构建、开发、集成和运行的框架; 其目标是指导以产品全生命周期管理形成价值链主线的企业, 实现研发、生产、服务的智能化, 通过企业