



# 机械制造业 智能工厂规划设计

蒋明炜 编著

阐述智能设计系统、制造业智能工厂的总体框架  
解读智能生产、智能产品、智能服务等  
给出智能工厂实施的一揽子解决方案



机械工业出版社  
China Machine Press

工业控制与智能制造丛书

# 机械制造业 智能工厂规划设计

蒋明炜 编著



## 图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造业智能工厂规划设计 / 蒋明炜编著. —北京: 机械工业出版社, 2017.6  
(工业控制与智能制造丛书)

ISBN 978-7-111-57146-9

I. 机… II. 蒋… III. 智能制造系统 - 制造业 - 研究 - 中国 IV. F426.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 123104 号

# 机械制造业智能工厂规划设计

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: 张梦玲 王 颖

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: 14.75

书 号: ISBN 978-7-111-57146-9

定 价: 59.00 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

## Foreword 写在前面

朱森第<sup>⊖</sup>

机械制造业是配套繁多、工艺精细、生产组织复杂、制造周期较长的产业，是向用户提供装备或装置的行业，也是制造业的主要组成。一个机械整机产品往往由成百上千甚至上万个零部件组装装配而成，一个零部件又要经过各种加工工艺，或经车铣磨钻等冷加工，或经铸锻焊热等热加工。从采购到加工装配再到销售，从订单到设计到零部件加工再到装配，需要环环相扣的生产调度组织。机械制造业几十年来一直都在探索如何快速响应市场、高效组织生产，也一直在寻求实现加工自动化、管理高效化的生产模式。例如独立制造岛、并行工程、网络制造、计算机集成制造、精益生产等，材料需求计划（MRP）、制造资源计划（MRP II）、企业资源计划（ERP）等，大规模批量生产、大批量定制生产、网络协同制造、云制造等，可以说从未停止过升级、创新的脚步。如今，制造企业进入了信息时代，云计算、大数据、移动互联网、人工智能等技术层出不穷，为机械制造企业实现智能制造提供了基础条件和技术工具，也对机械制造业带来了巨大的冲击。

---

⊖ 朱森第，教授级工程师，中国机械工业联合会专家委员会名誉主任，国家制造强国建设战略咨询委员会委员，国家信息化专家咨询委员会委员，国家智能制造标准化专家咨询组副组长，原机械工业部党组成员、总工程师。

机械制造企业充分认识到这一巨大变革的意义，不少企业及早谋划，在多层次、多维度上开展智能制造的实践。一时，智能制造成为制造企业的关注点和着力点。鉴于机械制造业的特点，机械制造企业实现智能制造不是一蹴而就的，需要有一定的技术积累、管理基础，尤其需要明确实现智能制造的目的和宗旨，分析推进智能制造的步骤和方法。在人们为了尽快实现制造智能化，纷纷采购工业机器人、数控机床，关注选型 ERP、MES、PLM，着力构建物流系统时，本书告诉人们，机械制造业智能工厂的建设，第一步是要做好智能工厂的规划设计，不然，会走很多弯路。作者以其几十年从事制造业信息化的经验和体会，向读者提供了机械制造业智能工厂规划设计的通则、总体框架，阐述了实现智能制造的智能设计、智能产品、智能经营、智能服务、智能生产、智能决策 6 个单元技术的现状、问题、设计目标，总体框架、主要内容、智能化的要素、集成接口等。蒋明炜先生是我国最早投身制造业信息化事业的专家之一。从 1978 年开始至今，先后组织领导了近百家企业的管理诊断与管理信息化实施工作，近 3 年研究智能制造技术和智能制造规划。本书凝结了作者对制造业整个价值链的知识和信息化的看法与经验，总结了作者在管理、技术、流程、软件的融合上的认识及成果，对机械企业顺利推进智能制造将起到促进作用。

## Preface 前言

信息技术，特别是信息通信技术，催生了新一轮科技革命和产业变革，掀起了新一轮工业革命。这场革命对于制造业来讲就是要实现数字化、网络化和智能化。世界各国出台了一系列的应对规划和策略，比如德国工业4.0、美国工业互联网，中国也发布了《中国制造2025》《“互联网+”行动的指导意见》《关于深化制造业与互联网融合发展的指导意见》，以及最新的《智能制造发展规划（2016—2020）》。面对新一轮工业革命，机械制造企业必须以两化融合为主线，以创新驱动为突破，以转型升级为契机，以智能制造为主攻方向，制定企业发展战略和智能制造规划。本书为机械制造企业编制智能制造发展规划提供参考模型。

本书针对机械工业两化融合的发展现状及存在的问题，提出机械制造业智能工厂规划设计通则和总体框架。单元技术包括智能设计、智能产品、智能经营、智能服务、智能生产、智能决策6个部分，每个部分阐述了现状、问题、设计目标、总体框架、主要内容、智能化的要素、集成接口等。在大数据应用方面，结合智能决策，介绍了大数据平台结构及其在机械制造业中的应用。作者针对智能制造的若干模糊认识阐述了自己的观点，并

结合即将发布的国家标准《信息化和工业化融合管理体系 要求》《信息化和工业化融合管理体系 基础和术语》《信息化和工业化融合管理体系 实施指南》3个文件，介绍了企业如何构建信息化和工业化融合的管理体系，保证智能工厂建设顺利进行。

本书可供机械制造企业领导、首席信息官（CIO），规划和实施企业战略、两化融合、智能制造的人员阅读，也可以供两化融合服务供应商参考。

## Contents 目 录

写在前面

前言

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| <b>第 1 章 智能制造是历史发展的必然</b> ..... | 1  |
| 1.1 中国制造业面临的挑战 .....            | 1  |
| 1.2 新一轮工业革命的兴起 .....            | 2  |
| 1.2.1 德国工业 4.0 .....            | 2  |
| 1.2.2 美国工业互联网 .....             | 3  |
| 1.2.3 中国制造 2025 简介 .....        | 5  |
| 1.2.4 “互联网 +” 协同制造 .....        | 7  |
| 1.2.5 制造业与互联网融合创新 .....         | 9  |
| 1.3 智能制造是历史发展的必然产物 .....        | 9  |
| <b>第 2 章 智能工厂设计通则</b> .....     | 13 |
| 2.1 智能工厂设计流程 .....              | 13 |
| 2.2 智能工厂设计需求分析 .....            | 16 |
| 2.2.1 外部环境分析 .....              | 17 |



|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| 2.2.2 内部资源能力分析 .....              | 21        |
| 2.2.3 SWOT 分析 .....               | 26        |
| 2.3 智能工厂的方针、目标 .....              | 27        |
| 2.3.1 智能工厂设计方针 .....              | 28        |
| 2.3.2 智能工厂设计目标 .....              | 28        |
| <b>第 3 章 机械制造业智能工厂的总体框架 .....</b> | <b>31</b> |
| 3.1 智能制造的通用定义和特征 .....            | 31        |
| 3.2 机械制造业智能工厂参考模型 .....           | 35        |
| 3.3 机械制造业智能工厂总体框架 .....           | 41        |
| <b>第 4 章 智能设计 .....</b>           | <b>47</b> |
| 4.1 机械制造业研发设计信息化的现状和问题 .....      | 47        |
| 4.2 智能设计系统建设的目标 .....             | 49        |
| 4.3 研发设计系统的演进过程 .....             | 50        |
| 4.4 智能设计系统的总体框架 .....             | 52        |
| 4.5 基于专家系统的 CAD、CAE 系统建设 .....    | 53        |
| 4.5.1 设计知识库和专家系统 .....            | 53        |
| 4.5.2 基于模型定义的设计 .....             | 56        |
| 4.5.3 基于专家系统的新产品设计流程 .....        | 60        |
| 4.5.4 基于专家系统的配置（构型）设计 .....       | 61        |
| 4.5.5 基于专家系统的 CAE 工程计算 .....      | 65        |
| 4.6 基于专家系统的 CAPP、CAM 系统建设 .....   | 69        |
| 4.7 产品全生命周期管理系统建设 .....           | 73        |
| <b>第 5 章 智能产品 .....</b>           | <b>79</b> |
| 5.1 智能产品的特征 .....                 | 79        |

|            |                         |            |
|------------|-------------------------|------------|
| 5.2        | 智能汽车 .....              | 80         |
| 5.3        | 智能机床 .....              | 84         |
| 5.4        | 智能机器人 .....             | 87         |
| <b>第6章</b> | <b>智能经营 .....</b>       | <b>91</b>  |
| 6.1        | 中国企业经营管理信息化的现状和问题 ..... | 91         |
| 6.2        | 智能经营系统的设计目标 .....       | 94         |
| 6.3        | 智能经营系统的总体框架 .....       | 95         |
| 6.4        | 智能供应链系统 .....           | 96         |
| 6.4.1      | 供应链计划与控制 .....          | 96         |
| 6.4.2      | 多品种小批量生产计划模式 .....      | 99         |
| 6.4.3      | 项目制造生产计划模式 .....        | 101        |
| 6.4.4      | 大批量生产计划模式 .....         | 107        |
| 6.4.5      | 大规模定制 .....             | 110        |
| 6.4.6      | 修理和再制造 .....            | 113        |
| 6.5        | 协同商务系统 .....            | 116        |
| 6.5.1      | 协同商务系统总体架构 .....        | 117        |
| 6.5.2      | 供应商关系管理 .....           | 118        |
| 6.5.3      | 客户关系管理 .....            | 119        |
| 6.5.4      | 企业信息门户 .....            | 120        |
| 6.5.5      | workflow 管理 .....       | 122        |
| 6.6        | 智能经营系统与其他系统的集成 .....    | 124        |
| <b>第7章</b> | <b>智能服务 .....</b>       | <b>125</b> |
| 7.1        | 制造业向服务转型存在的问题 .....     | 125        |
| 7.2        | 智能服务系统设计的目标 .....       | 126        |
| 7.3        | 在线智能服务系统的总体框架 .....     | 127        |

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| 7.3.1 通信连接服务 .....               | 127        |
| 7.3.2 在线云服务平台 .....              | 128        |
| 7.3.4 服务平台的应用 .....              | 132        |
| <b>第 8 章 智能生产 .....</b>          | <b>133</b> |
| 8.1 智能生产目前存在的问题 .....            | 133        |
| 8.2 智能生产系统的设计目标 .....            | 134        |
| 8.3 智能生产系统的总体框架 .....            | 135        |
| 8.4 智能生产系统分项描述 .....             | 136        |
| 8.4.1 智能装备与控制系统 .....            | 136        |
| 8.4.2 智能仓储和物流系统 .....            | 142        |
| 8.4.3 智能制造执行系统 .....             | 148        |
| 8.5 生产指挥系统 .....                 | 161        |
| 8.6 智能生产系统与其他系统的集成 .....         | 162        |
| <b>第 9 章 智能决策 .....</b>          | <b>163</b> |
| 9.1 大数据应用 .....                  | 163        |
| 9.1.1 大数据平台建设 .....              | 163        |
| 9.1.2 建立企业战略管控体系 .....           | 169        |
| <b>第 10 章 对智能制造的若干模糊认识 .....</b> | <b>177</b> |
| 10.1 对智能制造规划的认识 .....            | 177        |
| 10.2 评“ERP 过时论” .....            | 179        |
| 10.3 评“MRP 过时论” .....            | 183        |
| 10.4 以销售为龙头、财务为核心的实施理念 .....     | 186        |
| 10.5 几个错误的概念 .....               | 187        |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 第 11 章 智能工厂的实施 .....          | 195 |
| 11.1 建立两化融合管理体系的目的和意义 .....   | 195 |
| 11.2 两化融合管理体系的导向和原则 .....     | 197 |
| 11.3 两化融合管理体系的基本框架 .....      | 202 |
| 11.3.1 基本框架的 3 个循环 .....      | 202 |
| 11.3.2 基本框架——可持续竞争优势的需求 ..... | 204 |
| 11.3.3 基本框架——管理者职责 .....      | 205 |
| 11.3.4 基本框架——策划 .....         | 207 |
| 11.3.5 基本框架——支持 .....         | 209 |
| 11.3.6 基本框架——实施与运行 .....      | 211 |
| 11.3.7 基本框架——评测与改进 .....      | 214 |
| 11.4 两化融合管理体系贯标流程 .....       | 214 |
| 11.4.1 两化融合管理体系贯标及评定组织 .....  | 214 |
| 11.4.2 两化融合管理体系贯标及评定流程 .....  | 216 |
| 结束语 .....                     | 223 |
| 参考文献 .....                    | 224 |

## 智能制造是历史发展的必然

### 1.1 中国制造业面临的挑战

中国已成为全球制造业第一大国。世界上 500 种主要工业品中，中国有 220 种产品的产量位居世界第一。钢铁、煤炭产品占全球产量的一半，水泥占世界产量的 60%，化纤、船舶、汽车、家电等产品全球产量第一。载人航天、探月、深潜等产品跃身居世界前列。可以自豪地说，我们已取得了举世瞩目的成就。

但是我国工业自主创新能力不强。一些关键装备、核心部件和关键技术依赖进口，自主品牌缺乏，也缺少具有国际竞争力的大企业和大集团。在国际产业链的分工中我国还处于价值链的低端，如一部苹果手机在中国工厂组装，中国工厂只分得 1.8% 的利润，而苹果公司一个零件不造却获得 58.5% 的利润，这说明产品的高附加值部分被发达国家把持。另外，中国粗钢、水泥、煤炭产量居世界第一，但 GDP 只占全球的 15.5%。2012 年，中国能源消费量达到 36 亿吨标煤，投资、消费、出口比例失衡，要想按照

现有模式完成中国的工业化进程，显然不现实。长期以来，我国的工业发展过度依靠投资拉动，“十一五”期间投资年均增长 25.5%，2013 年固定资产投资 42.7 万亿，投资对经济增长的贡献率高达 50.4%，这造成能源原材料价格上涨、地方负债增加、部分行业产能过剩严重，使得发展的风险和隐患突出。随着土地、劳动力、原材料、燃料动力等要素成本全面、快速上升，中国传统的比较优势将逐步削弱，亟待形成新的竞争优势。受近 40 年计划经济的影响，中国面向市场的采购、销售模式改变了，但是企业内部的管理模式、流程、制度、生产制造技术与新一轮工业革命还很不匹配。两化融合还有很长的路要走。设计智能化、产品智能化、管理现代化、决策科学化、制造自动化 / 智能化 / 网络化与发达国家相比还有差距。我们必须抓住新一轮工业革命的契机，推行智能制造，实现跨越式的发展。

## 1.2 新一轮工业革命的兴起

关于新一轮工业革命，国外有许多计划和文章。如美国的学者杰里米·里夫金发布了专著《第三次工业革命》，内容涉及以蒸汽机为代表的第一次工业革命，以内燃机为代表的第二次工业革命，以可再生能源为代表的第三次工业革命。新一轮工业革命包括德国工业 4.0、美国工业互联网等。

### 1.2.1 德国工业 4.0

德国认为，第一次工业革命是 18 世纪 60 年代至 19 世纪中期掀起的通过水力和蒸汽机实现的工厂机械化；第二次工业革命是 19 世纪后半期至 20 世纪初的电力广泛应用；第三次工业革命是 20 世纪后半期出现的应用电子、信息技术，它们进一步提高了生产自动化水平；今天提出的第四次工业革命则是以信息物理融合系统为特征的新的工业革命。

德国工业 4.0 概念包含由集中式控制向分散式增强型控制的基本模式转变，目标是建立一个高度灵活的个性化和数字化的产品与服务的生产模式。在这种模式中，传统的行业界限将消失，随之将产生各种新的活动领域和合作形式。创造新价值的过程正在发生改变，产业链分工将被重组。德国学术界和产业界认为，工业 4.0 概念是以智能制造为主导的第四次工业革命，或革命性的生产方法。该战略旨在通过充分利用信息通信技术和网络空间虚拟系统——信息物理系统（Cyber-Physical System, CPS）相结合的手段，将制造业向智能化转型。

德国工业 4.0 提出了八项行动计划。第一，标准化和参考架构是实现纵向、横向和端到端三项集成的基础；第二，在 CPS 环境下实现整个价值链的复杂管理；第三，利用宽带互联网基础设施提供可靠、安全的通信；第四，为生产安全、信息安全提供保障；第五，智能工厂改变了人们的角色、内容、流程和环境，需要进行工作组织的再设计；第六，培训和持续的专业发展，提升工人的工作技能；第七，监管框架及新的制造环境，需要新的法律、准则的支持；第八，不断提高资源利用率和工作效率。工业 4.0 提供了充分的灵活性和柔性的制造环境，从而可以为客户提供个性化的产品和服务，在大数据的支持下再进行优化，提高了资源的利用率和系统的效率，创造出在高工资条件下企业仍然具有竞争能力。

### 1.2.2 美国工业互联网

美国通用电气公司（GE）在 2012 年秋天提出工业互联网（Industrial Internet）的概念。2014 年 4 月，在美国波士顿，由 AT&T、思科、通用电气、IBM 和英特尔宣布成立工业互联网联盟（IIC），以期打破技术壁垒，促进物理世界和数字世界的融合。同年 6 月，联盟成员已发展到 50 个。2014 年 10 月 9 日，通用电气宣布：其 40 款工业互联网产品为公司增加超过 10

亿美元的收入，涵盖石油 / 天然气平台监测管理、航空发动机在线监测和优化管理、铁路机车效率分析、医院管理系统、提升风电机组电力输出、电力公司配电系统优化、医疗云影像技术等一系列提升管理效率、降低运营成本的软件产品。GE 公司开发的 Predix 工业大数据与分析平台已开放给第三方用户和软件商，实现了与软件开发商和解决方案提供商的产品的对接。

工业互联网是继工业革命、互联网革命之后的第三场革命，也是全球工业系统与高级计算、分析、感知技术以及互联网连接融合的结果。它通过智能机器间的连接最终实现人机连接，结合软件和大数据分析，重构全球工业，激发生产力，让世界变得更美好、更快速、更安全、更清洁且更经济。

### 1. 工业互联网的三要素

- **智能机器**：以崭新的方法将现实世界中的机器、设备、团队和网络通过先进的传感器、控制器和软件应用程序连接起来。
- **高级分析**：使用基于物理的分析法、预测算法、自动化和材料科学、电气工程及其他关键学科的深厚专业知识，来理解机器与大型系统的运作方式。
- **工作人员**：建立员工之间的实时连接，连接各种工作场所的人员，以支持更为智能的设计、操作、维护，以及提供高质量的服务与安全保障。

GE 公司认为，机器自身的潜能已经发挥到了极致，只有通过智能机器、智能系统、智能决策，才能实现企业资产、设备、机群、网络的优化，为企业创造新的价值。他们预测如果通过上述的优化，航空、电力行业将减少 1% 的燃料消耗，石油天然气行业将减少 1% 的成本，铁路、医疗行业



将提高1%的系统运行效率，那么到2025年，全球的GDP可提高15万亿美元；通过数据进行决策，企业的生产力可以高出5~6个百分点。

## 2. 工业互联网的催化剂和推动力

- **设备智能化**：向设备加入传感器和进行智能化改造，使其具有接入互联网并传输数据的能力。
- **高级分析方法**：可使来自不同设备制造商的相似资产或不同资产的数据实现深度融合的新数据标准，能使数据更快地转换成信息资产，并为集成和分析做准备等。
- **系统平台**：在技术标准和协议之上，新的系统平台能使资源管理系统在共享框架或结构之上建立具体应用。供应商、设备制造商和消费者之间的新关系可以在这个平台上得到持续维护。
- **作业流程**：充分整合信息到决策的流程，以便创新业务实践，用以监控机械数据质量的流程，协调各资源管理系统安排的先进法律程序等。
- **基础设施**：工业互联网需要一个适宜的主干网。数据中心、宽带网络都是信息通信技术基础设施的一部分，它们需要进一步发展，并用以连接行业、地域之间不同的机器、系统和网络。

### 1.2.3 中国制造2025简介

2015年5月8日我国国务院印发了《中国制造2025》的通知，并强调，制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基，并提出了发展目标、指导思想、基本方针、战略任务和重点领域等。

#### 1. 发展目标

我国计划到2025年迈入世界制造强国行列，到2035年达到世界强国