

从精益生产到智能制造

# 汽车 智能生产执行 系统实务

江支柱 董宝力◎编著



## MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM

从技术、理念、管理、组织深入剖析从精益到智能的路径  
囊括冲压—焊装—涂装—总装多车型柔性混线平准化生产  
融合在丰田、日产汽车企业超过20年精益生产实践经验

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



从精益生产到智能制造

# 汽车智能生产执行系统实务

江支柱 董宝力 编著



机械工业出版社

汽车行业正逐步从大批量生产向多品种、小批量的柔性生产过渡。本书为“从精益生产到智能制造”丛书中的一册，书中以丰田生产模式和智能制造为背景，以智能生产执行系统（MES）为核心，从汽车生产计划、四大工艺（冲压、焊装、涂装、总装）等方面，详细介绍MES的业务功能设计与应用案例。

本书可供高校工业工程、物流、自动化、企业管理等相关专业学生学习，也可供汽车企业生产管理与信息化管理人员，以及智能制造相关领域的技术人员参考。

## 图书在版编目（CIP）数据

汽车智能生产执行系统实务 / 江支柱，董宝力编著.

—北京：机械工业出版社，2018.3

（从精益生产到智能制造）

ISBN 978-7-111-60462-4

I. ①汽… II. ①江… ②董… III. ①丰田汽车公司

—汽车—智能制造系统 IV. ①F431.364

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第159895号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）

策划编辑：赵海青 责任编辑：赵海青

责任校对：王欣 责任印制：孙炜

天津翔远印刷有限公司印刷

2018年8月第1版第1次印刷

180mm×250mm·16.75印张·290千字

0001—3000册

标准书号：ISBN 978-7-111-60462-4

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

电话服务

服务咨询热线：010-88361066

读者购书热线：010-68326294

010-88379203

网络服务

机工官网：[www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

机工官博：[weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

金书网：[www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

教育服务网：[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

封面无防伪标均为盗版



### 江支柱

---

精益生产专家，高级职业经理人，浙江理工大学硕士生导师。在汽车集团企业任职27年，长期从事精益智能生产与物流系统的规划推动。曾任丰田合资厂制造部经理、日产合资厂协理以及东风裕隆、富士康集团、友嘉集团等公司高管。担任精益资深顾问十余年，辅导杭州长安福特、郑州宇通客车、可成集团等多家大型企业开展精益生产导入与物流规划。

✉ [jiangplus@qq.com](mailto:jiangplus@qq.com)



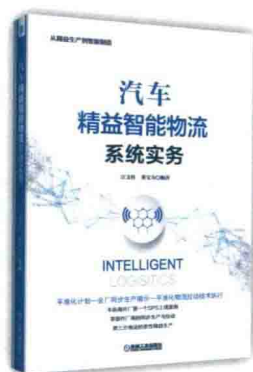
### 董宝力

---

浙江大学工业工程博士，浙江理工大学工业工程系副教授，主要从事精益生产、制造业信息化、物流与供应链管理等领域研究。主持和参与各类科研项目30余项，发表论文60余篇，为长安民生物流、顶新集团、味全食品、友嘉集团、泰瑞机器等企业提供精益生产、物流规划、ERP/MES/WMS实施等方面的辅导、咨询和规划。

✉ [tydbl@zstu.edu.cn](mailto:tydbl@zstu.edu.cn)

◎从精益生产到智能制造◎



电话服务

服务咨询热线: 010-88361066

读者购书热线: 010-68326294

010-88379203

网络服务

机工官网: [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

机工官博: [weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

金书网: [www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

教育服务网: [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

封面无防伪标均为盗版

为中华崛起传播智慧

地址:北京市百万庄大街22号

邮政编码:100037

策划编辑◎赵海青

投稿信箱◎13744491@qq.com

封面设计◎MXK DESIGN STUDIO  
Q:1785628429

试读结束: 需要全本请在线购买:

w

封面设计◎MXK DESIGN STUDIO



随着中国制造业的转型升级，新兴技术的不断推动，制造企业对精益生产与智能制造的需求日益强烈。不少企业纷纷聚焦于精益生产与智能制造的企业应用。但是，无论是精益生产，还是智能制造，都是一项长期、复杂的系统工程，要求实施企业需要具有一定的基础和方法。

友嘉集团作为全球最大汽车整厂自动化生产设备供货商和全球第三大机床制造集团，自 20 世纪初开始导入精益生产体系，目前也在向智能制造方向迈进。在精益体系持续导入的基础上，友嘉集团着力构建以“精益生产 + 智能工厂”为核心的智能制造建设，建立精益化、数字化、智能化工厂。在导入的过程中，通过不断学习与实践，感悟精益生产与智能制造的本质，充分意识到精益理念与智能制造基础是智能工厂导入的关键，二者密不可分。

智能制造是以信息化、自动化和智能化三合一的一个渐进过程，其中生产过程的合理化与标准化是前提。就企业生产管理而言，组织、流程与系统是最主要的三个元素，是企业成功的关键。组织、流程与系统三者可以形象地比喻为：组织是器官，流程是血液，系统是神经。企业只有通过不断内外兼修，才能不断提升生产管理水平。

生产组织的层次粒度包括行业、联盟、供应链、企业、车间、班组等。对智能制造而言，组织聚焦于数字化车间。数字化车间将信息、网络、自动化、现代管理与制造技术相结合，从而实现面向敏捷、柔性生产。生产执行系统（MES）是数字化车间的核心，通过 MES 实现生产过程的数字化、透明化与

智能化。

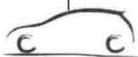
流程是生产业务和组织运作的主线与固化结果。流程外化表现为体系与标准。而对流程的优化主要是基于精益的思想，从品质、成本、效率、交期等方面展开。流程的合理化与标准化是智能制造的基础，决定了智能制造的实施效果。

对智能制造而言，系统包括两个层面的含义。首先，系统是实现组织正常流程运作的外化产物。智能制造需要根据企业的具体情况，思考如何搭建与企业现状与未来发展相匹配的各种加工设备、自动化系统、信息系统、物流系统等。其次，智能制造涉及大量系统建设，企业应该从自身需求出发，整体性方面思考智能制造的内容、主次和系统间的集成，做到量力而行和循序渐进。

本丛书作者江支柱先生作为丰田生产方式的资深实践专家，长期从事于汽车行业、机械行业、电子行业的精益生产体系导入与相关系统规划，也曾作为友嘉集团的制造长，在集团推行友嘉新生产方式（FNPS）。本丛书作为一本精益生产与智能制造相结合的实务性书籍，对汽车行业车间级的生产执行系统、生产与物流的精益手法以及系统间的整合集成等内容进行系统、深入研究，书中包含了大量的实务方法与企业应用案例。对目前智能制造热潮而言，本丛书的出版恰逢其时。希望本丛书能够对中国制造业水平提升起到一定的帮助作用。

友嘉集团副总裁





随着新一代信息通信技术与先进制造技术的深度融合，全球兴起以智能制造为代表的新一轮产业变革，多品种、小批量的精益柔性生产和以数字化、网络化、智能化为特征的智能制造成为制造业未来发展方向。

丰田生产方式是工业工程与日式生产管理文化结合的产物。精益生产在丰田生产方式基础上，逐步完善并得到普遍推广。精益生产有别于大批量生产，更着眼于多品种、小批量生产背景下的理念创新和方法实践，如平准化计划、流程化生产与看板拉动等的核心运作方式。同时，精益生产另一特点是低成本与人的主观参与，如多能工、自働化等。精益生产体现了效率兼顾成本、生产融合物流、人员产线柔性等生产哲理。

智能制造包括智能生产系统与智能物流系统。通过二者的导入，制造企业实现对各种生产资源要素的组织决策、运作管理与生产执行，达成质量、交期、成本的综合最优。智能生产是一种信息化与自动化高度融合，信息流和物流高效运作的复杂生产系统。

由于智能制造导入需要巨大的人力、物力、智力与财力。为了降低实施与应用的成功风险，企业在智能生产导入时需要结合自身需求与基础，以先进的精益生产管理理念为主轴，变革生产管理思想，优化生产业务流程，健全生产管理体系，数据量化分析与决策，做好系统性的前瞻顶层设计与业务基础规范。在管理模式优化基础上，采用自动化和信息化技术，实现对现有生产模式的创新和生产系统的优化。



智能制造是中国制造由大到强的一种路径选择。在中国制造业现有工业化基础整体不强、管理短板明显的大背景下，“智能制造，精益先行”的理念对智能制造的导入尤为重要。精益生产体系作为智能制造实施的重要基础和前提，其生产理念与方法体系对智能制造不可或缺。

本丛书首先从技术、理念、管理、组织等方面对精益生产与智能制造进行了分析，从智能生产的生产和物流两大核心业务对精益智能生产模式进行了系统性思考与整体性规划，全面介绍相关使能技术。

汽车行业是一个产品多样化、技术密集型、设备自动化、生产柔性化和复杂供应链的生产系统。大批量生产、丰田生产方式、柔性生产系统等先进生产模式均最早应用于汽车行业，精益生产与智能制造在汽车行业应用范围更广、程序更深，因此，汽车行业可以视为制造业未来发展的风向标。本丛书以汽车行业的典型生产过程与物流模式为对象，系统介绍了汽车行业生产执行系统与精益物流系统的相关理论、框架以及实践案例，从系统层面对其业务流程、功能架构与实务案例进行详细阐述。

本丛书融合智能制造技术与精益生产管理理念，为智能制造与精益生产的落地开花提供了一种可行的导入模式。不同企业的目标、愿景和基础存在差异，因此智能制造的实现路径是多样的。作为一名精益生产与智能制造的研究者和实践者，一方面希望百花齐放，但同时也更希望找到一条适合中国制造业的普适性路径。智能制造的中国之路任重而道远，希望借助本丛书，广大读者一起努力思考与实践。

浙江工业大学工业工程与物流系教授





当前，面向用户个性化需求的柔性生产与快速响应成为制造业的发展趋势，同时也成为传统制造企业生产体系与供应链的一个重大挑战，制造企业需要思考与建立与之相适应的生产模式与实现方式。

精益生产（Lean Production, LP）源自日本的丰田生产方式（Toyota Production System, TPS），作为丰田制胜的法宝，精益生产在全球被广泛运用。精益生产的原则和实践可以概括为快速应变与制造，按需求拉动生产，供应链精益，达成质量、成本、速度三者均衡。随着工业自动化、生产信息化、物联网、人工智能等新兴技术的发展与应用，智能制造已经成为制造业转型升级的重要战略。智能制造通过流程与设备互连，建立数字化车间平台，连接人、机、料。精益生产注重流程优化与效率提升，而智能生产着重于互联、敏捷与柔性。二者本质是相互融合的。在工业化与信息化的融合过程中，只有精益生产的人才、数据、流程的体系建立后，智能制造的导入才能顺利。

精益智能生产涉及自动化与信息化建设、品质保证与过程控制、物流与供应链管理等众多内容。当前随着智能制造的兴起，部分企业在导入智能制造时，在整体规划、基础搭建、实施方法等环节存在一定的认知与实现误区。因此，编写一套系统性介绍基于精益思想的智能生产系统规划书籍显得十分重要。

汽车行业作为模块化设计、并行工程、大批量定制、精益生产、柔性生产系统等先进生产模式的先行者，其在精益智能生产的应用实践上具有一定的代

表性和趋势性。本丛书分为两册，分别为《汽车智能生产执行系统实务》《汽车精益智能物流系统实务》，主要是以汽车整车厂为对象，以精益生产的平准化与一个流等为核心内容，系统介绍了汽车行业精益智能生产执行系统（Manufacturing Executive System, MES）及其物流的实务规划技法与实践案例。对多车型柔性混线平准化生产、整车厂MES、丰田平准化物流的开展和应用予以详细说明。

本丛书作者之一在日产公司及丰田合资公司任职27年，对日产NPS和丰田TPS进行了长期研究与创新实践。在丰田合资公司整合导入大/中/小货车与大客车底盘多车型混线一个流生产及其物流系统，提出中小物一个流台套式（Set Parts Supply, SPS）供应方式和大物小批量排序同步供应方式。2003年负责在丰田海外整车厂第一个建立基于SPS零件供应的小型商用车与乘用车混线生产模式，成为丰田海外整车厂的SPS创新示范基地。此外，还曾负责杭州东风裕隆（原纳智捷）、杭州长安福特、杭州友高叉车等企业的生产物流与供应链整体规划，将精益生产与智能制造的整合理念应用于上述企业。

本丛书由汽车行业精益生产专家江支柱先生与浙江理工大学工业工程系董宝力博士合作编写。同时，浙江理工大学研究生陈正丰、刘彩霞、吕再生、陈广胜等同学做了大量资料收集、整理与初稿编写工作。在本丛书的编写过程中，得到了相关汽车公司的大力支持，采用了丰田等汽车企业导入精益生产与智能制造的应用案例，在此一并表示感谢！

本丛书主要围绕精益生产与智能制造的系统规划与实践应用，适合于汽车行业、机械制造装配业等离散制造业从事生产、物流与资讯等管理人员、大中专院校相关专业的师生。由于水平有限，在编写过程中难免存在不足之处，衷心期待各位读者、汽车同业批评指正，以便再版时予以修正。

作者



丛书序一  
丛书序二  
前 言



## 第 1 章 精益智能制造 // 1

- 1.1 制造业的机遇与挑战 // 2
  - 1.1.1 技术与服务创新 // 2
  - 1.1.2 智能化定制生产 // 3
  - 1.1.3 运营管理模式创新 // 4
  - 1.1.4 信息与制造深度融合 // 5
- 1.2 生产管理的先进理念 // 6
  - 1.2.1 高品质的保证 // 6
  - 1.2.2 供应链协同 // 9
  - 1.2.3 柔性生产 // 10
  - 1.2.4 并行工程 // 12
  - 1.2.5 精益生产 // 13
- 1.3 生产自动化与信息化融合 // 16
  - 1.3.1 生产自动化 // 16
  - 1.3.2 生产信息化 // 19
  - 1.3.3 智能制造 // 23
- 1.4 精益生产是智能制造的基础 // 30
  - 1.4.1 精益生产与智能制造的融合 // 30
  - 1.4.2 信息化与精益生产方式密不可分 // 39
  - 1.4.3 对中国制造的启示 // 43

## 1.5 精益智能生产的核心系统——MES // 44

### 1.5.1 MES 信息模型 // 44

### 1.5.2 MES 功能模型 // 47

### 1.5.3 MES 的内涵 // 50

## 第 2 章

## 汽车精益智能生产系统 // 53

### 2.1 汽车制造的信息化与自动化 // 54

#### 2.1.1 汽车生产模式的发展 // 54

#### 2.1.2 汽车生产自动化与信息化技术 // 56

### 2.2 汽车生产信息系统 // 61

#### 2.2.1 整车制造的整体生产流程分析 // 61

#### 2.2.2 汽车生产信息系统整体模型 // 66

#### 2.2.3 汽车整车厂的 ERP 系统模型 // 68

#### 2.2.4 汽车整车厂的 MES 模型 // 70

### 2.3 汽车 MES 架构 // 73

#### 2.3.1 车间级 MES 架构 // 73

#### 2.3.2 工厂级 MES 架构 // 76

#### 2.3.3 MES 流程分析 // 77

#### 2.3.4 MES 的功能 // 80

### 2.4 MES 在 TPS 中的应用 // 102

#### 2.4.1 丰田 ALC 系统 // 102

#### 2.4.2 丰田 ALC 系统的组成 // 105

### 2.5 MES 在国内整车厂的应用 // 107

## 第 3 章

## 汽车生产与物流计划 // 109

### 3.1 整车厂生产计划体系 // 110

#### 3.1.1 整车厂多层次计划体系 // 111

#### 3.1.2 汽车生产计划的编制逻辑 // 115

- 3.1.3 整车厂生产计划平准化 // 122
- 3.1.4 生产计划系统 // 127
- 3.2 ERP 计划模式 // 132
- 3.3 MES 的车间作业计划 // 135
  - 3.3.1 车间计划管理 // 137
  - 3.3.2 冲压车间生产计划 // 138
  - 3.3.3 焊装车间生产计划 // 140
  - 3.3.4 涂装车间生产计划 // 143
  - 3.3.5 总装车间生产计划 // 144
  - 3.3.6 生产同步物流计划 // 146
  - 3.3.7 计划排产约束分析 // 149
  - 3.3.8 MES 车间计划下达方式 // 151



## 第 4 章

### 焊装车间 MES // 155

- 4.1 焊装车间工艺流程与业务需求分析 // 156
  - 4.1.1 汽车焊装自动化生产线 // 156
  - 4.1.2 焊装车间自动化控制系统架构 // 161
  - 4.1.3 焊装车间 MES 需求分析 // 163
- 4.2 焊装车间 MES 设计 // 164
  - 4.2.1 焊装车间 MES 架构 // 164
  - 4.2.2 焊装车间 MES 功能组成 // 166
- 4.3 焊装车间精益物流模式 // 172
  - 4.3.1 焊装物流计划策略 // 172
  - 4.3.2 焊装物料配送计划系统流程 // 174



## 第 5 章

### 涂装车间 MES // 177

- 5.1 涂装车间工艺流程与业务需求分析 // 178
  - 5.1.1 汽车涂装生产工艺流程分析 // 178
  - 5.1.2 涂装自动化生产系统 // 180

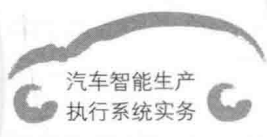
- 5.1.3 涂装车间 MES 需求 // 181
- 5.2 涂装车间 MES 设计 // 182
  - 5.2.1 涂装车间 MES 整体功能 // 182
  - 5.2.2 涂装数据采集与应用 // 185
  - 5.2.3 车体自动识别系统(AVI) // 188
  - 5.2.4 生产过程监控系统(PMC) // 201

## 第 6 章

### 总装车间 MES // 207

- 6.1 汽车总装工艺 // 208
  - 6.1.1 汽车总装工艺流程 // 208
  - 6.1.2 汽车总装柔性化生产 // 209
- 6.2 总装 ALC 生产控制系统 // 211
  - 6.2.1 ALC 系统结构与功能 // 211
  - 6.2.2 ALC 系统功能 // 212
  - 6.2.3 ALC 数据采集流程 // 214
  - 6.2.4 CCR 管控系统 // 218
  - 6.2.5 空车身存储区(PBS)管控系统 // 219
  - 6.2.6 总装落后车管控 // 224
- 6.3 总装物流同步指示系统 // 225
  - 6.3.1 总装物流同步拉动原理 // 225
  - 6.3.2 ALC 物流同步指示的位差设定 // 228
  - 6.3.3 总装同步生产指示应用案例 // 236
  - 6.3.4 周边大物供应商同步供应 // 240
- 6.4 Andon 系统 // 243
  - 6.4.1 Andon 与精益生产 // 243
  - 6.4.2 Andon 的主要功能类型 // 244
  - 6.4.3 总装 Andon 系统 // 249

### 参考文献 // 253



# 第1章 精益智能制造





## 1.1

### 制造业的机遇与挑战

在经济全球化与国际产业分工的格局中，中国制造业的工业化与再工业化历程短，基础薄弱，长期处于整个产业链的中低端。面对产业、市场、资源、环境和成本等多重内外压力，依靠资源要素投入和规模扩张的传统粗放经济增长方式难以为继，产品创新、技术创新、管理创新和模式创新成为制造业可持续发展与转型升级的重要途径。

#### 1.1.1 技术与服务创新

满足用户需求是企业经营的永恒话题。随着用户需求日趋个性化与品质化，全球化市场与差异化竞争，产品生命周期不断缩短，产品具有高度技术化与服务化、个性化与大众化并存发展的趋势。制造业正逐步从单纯提供产品向提供产品全生命周期价值链服务转变。这种转变主要体现为以产品为中心向以用户为中心转变，从数量扩张向品质提升转变，生产型制造向服务型制造转变。

产品主要通过技术驱动来实现产品价值与服务创新，即提高产品附加值及其全要素生产率。在新产品研发过程中，采用模块化、模型化和软件化的理念，将工业技术体系的隐性知识和经验进行固化，借助计算机仿真和知识工程等手段进行产品创新设计。