

从精益生产到智能制造

汽车 精益智能物流 系统实务

江支柱 董宝力◎编著



INTELLIGENT LOGISTICS

平准化计划—全厂同步生产指示—平准化物流拉动技术执行

丰田海外厂第一个SPS上线案例

零部件厂商的同步生产与拉动

第三方物流的柔性精益生产



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

从精益生产到智能制造

汽车精益智能物流系统实务

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，书中主要以汽车精益智能物流体系为主要内容，介绍平准化物流、物流同步拉动和台套式配送等方法，同时对发动机的精益智能生产与物流、零部件厂商的同步生产与拉动、第三方物流的柔性精益生产进行系统介绍。

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

汽车精益智能物流系统实务 / 江支柱, 董宝力编著.

—北京: 机械工业出版社, 2018.5

(从精益生产到智能制造)

ISBN 978-7-111-60471-6

I. ①汽… II. ①江… ②董… III. ①丰田汽车公司—
互联网络—应用—物流管理 IV. ①F431.364

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 159881 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·16.25 印张·231 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-60471-6

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

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com



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、自动化和智能化三化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失败的风险，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、程度更深，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 系统、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

汽车精益智能物流 // 001

- 1.1 精益智能物流 // 002
 - 1.1.1 精益智能生产物流模型 // 002
 - 1.1.2 精益智能物流的组成 // 005
 - 1.1.3 精益智能物流技术与设备 // 011
- 1.2 汽车物流概念和分类 // 014
- 1.3 汽车零部件物流模式 // 015
 - 1.3.1 汽车零部件物流的组成 // 015
 - 1.3.2 汽车零部件物流的主要运作模式 // 017
- 1.4 汽车零部件物流发展趋势 // 020
 - 1.4.1 汽车零部件物流标准化 // 020
 - 1.4.2 汽车零部件一体化物流 // 024
 - 1.4.3 汽车零部件物流智能化 // 026
- 1.5 汽车零部件精益智能物流模式 // 027
 - 1.5.1 汽车零部件精益智能物流的主要内容 // 027
 - 1.5.2 丰田汽车的零部件入厂物流方式 // 030

- 1.5.3 汽车零部件物流的拉动方式 // 033
- 1.5.4 丰田与欧美汽车零部件物流模式的比较 // 038

第2章

汽车零部件厂外物流精益技术 // 045

- 2.1 汽车零部件厂外物流模式 // 046
- 2.2 汽车零部件厂外同步拉动模式 // 052
- 2.3 零部件厂外物流技术 // 054
 - 2.3.1 物流交货的平准化模式 // 054
 - 2.3.2 循环取货与供货模式 // 061
 - 2.3.3 丰田待机场的物流管理 // 070
 - 2.3.4 基于MES系统的JIT批次拉动 // 074
 - 2.3.5 厂外顺引技术(JIS) // 076
 - 2.3.6 供应商E-看板拉动技术 // 083

第3章

汽车零部件厂内物流 // 087

- 3.1 整车厂总装上线物流模式 // 088
- 3.2 丰田式的零部件厂内物流模式 // 090
 - 3.2.1 丰田厂内物流模式 // 090
 - 3.2.2 丰田P链 // 094
- 3.3 厂内精益物流技术 // 105
 - 3.3.1 供应商生产进度同步交货 // 105
 - 3.3.2 厂内看板拉动 // 107
 - 3.3.3 中小物SPS物流 // 111
 - 3.3.4 大件厂内顺建(厂内排序)物流 // 114
- 3.4 丰田厂内物流直供化供应方式的导入 // 117



第4章

SPS 物流规划与应用实例 // 121

- 4.1 SPS 导入缘起 // 122
 - 4.1.1 丰田海外工厂第一个台套化供应导入 // 122
 - 4.1.2 多车型混线生产物流系统 // 123
 - 4.1.3 KD 件大物/中小物 SPS 开箱物流模式 // 125
 - 4.1.4 小型商用车生产线 SPS 的导入 // 126
 - 4.1.5 SPS 对象零件与 BOM 设定 // 129
 - 4.1.6 SPS - BOM 的车型代码转换 // 131
 - 4.1.7 SPS 供应区序列看板指示 // 135
- 4.2 SPS 对生产与物流的改变 // 136
- 4.3 总装车间的 SPS 规划 // 140
 - 4.3.1 总装车间的 SPS 布局设计 // 140
 - 4.3.2 SPS 区设置模式 // 144
 - 4.3.3 SPS 区的料架布局设计 // 145
 - 4.3.4 总装车间 SPS 应用案例 // 148
- 4.4 总装 SPS 物流运作流程 // 154
 - 4.4.1 SPS 物流的作业流程 // 154
 - 4.4.2 SPS 区零件拣配方式 // 156
 - 4.4.3 SPS 物流规划的步骤 // 159



第5章

发动机智能生产与同步物流系统规划 // 163

- 5.1 发动机的制造工艺 // 164
- 5.2 发动机车间的 MES // 165
- 5.3 总装 MES 对发动机车间装配线同步生产指示 // 169
 - 5.3.1 发动机同步生产计划 // 171
 - 5.3.2 发动机车间对总装的成品同步交货指示 // 173
- 5.4 发动机组装的 SPS 应用案例 // 174



第6章

汽车座椅智能生产与同步物流系统规划 // 179

- 6.1 汽车座椅的生产工艺 // 180
- 6.2 汽车座椅的 MES // 183
- 6.3 汽车座椅生产厂的精益物流 // 190
 - 6.3.1 座椅厂 JIT 同步拉动生产模式 // 190
 - 6.3.2 汽车座椅装配线 SPS 料盒式配送模式 // 192
 - 6.3.3 汽车座椅顺引物流模式 // 194



第7章

第三方物流的精益智能物流系统规划 // 199

- 7.1 第三方物流 // 200
 - 7.1.1 什么是第三方物流 // 200
 - 7.1.2 第三方物流仓储业务 // 202
 - 7.1.3 第三方物流的信息系统架构与功能 // 205
- 7.2 第三方物流精益智能生产系统规划案例 // 209
 - 7.2.1 业务需求分析 // 209
 - 7.2.2 中储同步拉动流程设计 // 211
 - 7.2.3 中储智能仓储与物流系统规划 // 218
 - 7.2.4 中储智能物流管理系统 // 225
- 7.3 中储轮胎智能排序配送系统规划案例 // 229
 - 7.3.1 轮胎排序配送需求分析 // 229
 - 7.3.2 轮胎排序配送物流模式分析 // 230
 - 7.3.3 轮胎智能柔性排序配送系统规划 // 232

参考文献 // 248



第 1 章 汽车精益智能物流

1.1

精益智能物流

1.1.1 精益智能生产物流模型

1. 精益物流

以汽车产业为例，随着市场的成熟以及竞争的激烈，汽车制造企业面临的一个主要挑战是如何降低生产成本。降低采购成本是汽车制造企业首先考虑的手段。这种方式属于从供应链下游向上游的成本转移，供应链的总成本本质上并未明显下降。同时，采购成本受到众多不确定性因素的影响，刚性会越来越强。因此，在众多的降本增效途径中，降低物流成本日益受到企业的青睐。

从物流成本在汽车总成本中所占的比例来讲，国内外汽车制造企业之间存在巨大差别。有数据显示，欧美汽车制造企业的物流成本占销售额的比例是8%左右，日本汽车制造企业甚至可以达到5%，而我国汽车制造企业普遍在15%以上。物流成本的巨大差异，反映了国内汽车制造企业在物流管理方面的粗放经营，同时也说明物流是汽车制造企业真正的第三利润源。

精益物流是以精益生产思想为指导，通过实现物流活动的精益全方位运作，提高生产效率，降低生产成本。精益生产的核心是追求零库存，并围绕此

目标发展了一系列具体的管理技术，逐渐形成一套独具特色的生产经营管理及物流体系。其核心思想包括：

①强调物流的平准化和同步化，追求零库存，要求上一道工序加工完的零件可以立即进入下一道工序。

②使用看板进行物料供给的指示，由看板传递下工序向上工序的零件需求信息。看板的形式多样，关键在于能够传递信息。

③生产节拍保证生产中的物流平准。即对每一道工序来说，保证对后一道工序零件供应的准时化。

④由于采用拉动式生产，生产过程中的计划调度实质上是由各个生产单元间进行制订与协调，在形式上不采用集中计划。

2. 智能物流

智能物流是利用条形码、射频识别技术、传感器、全球定位系统等先进的物联网技术，通过信息处理和网络通信技术平台，将货物运输、仓储、配送、包装、装卸等传统物流活动与智能化系统运作管理相结合，实现一种自动化、信息化、智能化、透明化的物流运作模式。智能物流强调物流过程的数据智慧化、网络协同化和决策智慧化。智能物流在功能上需要实现货物、数量、地点、质量、时间、价格上的六个正确，在技术上要实现物品识别、地点跟踪、物品溯源、物品监控、实时响应等。

智能物流的主要功能包括：

(1) 实时感知功能

物流系统是一个实时更新的系统。运用各种先进技术获取运输、仓储、包装、装卸搬运、流通加工、配送、信息服务等物流环节的各种物流信息，使各方能准确掌握和感知货物、车辆和仓库等信息。

(2) 数据共享功能

将物流过程中采集得到的信息通过网络传输到数据中心，利用数据库技术

和数据关联分析技术进行数据归档，实现数据的标准化与结构化。在此基础上，智能物流可以实现物流各个环节的相互联系与数据共享。

(3) 分析决策功能

针对具体物流问题和物流数据，建立数据分析模型，模型的迭代分析具有自我完善能力。通过对物流作业活动中的要素能力、资源配置、瓶颈环节进行优化分析，提出最合理有效的解决方案。同时，可以对物流活动中的潜在风险与问题进行预测分析，使决策更加准确、科学。

3. 精益智能物流

精益智能物流模式强调以智能化、精益化管理为核心，结合各类信息系统和物流新技术，围绕制造企业的投入、转换、产出等主要物流环节，构建跨时空、跨地域、信息集成、物物相连的智能物流系统，实现全产业链、产品全生命周期的存储、配送、回收的物流一体化运作。精益智能物流模式如图 1-1 所示。

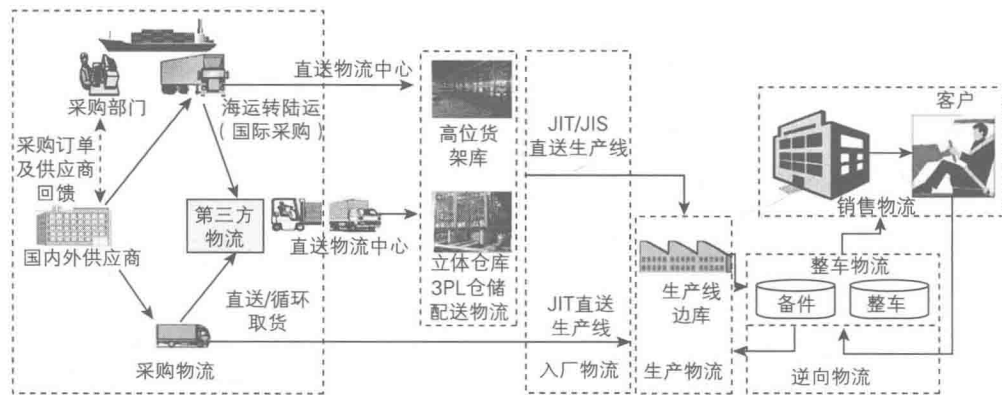


图 1-1 精益智能物流模式

其中，投入是指零部件的采购供应物流；转换是指企业内部生产材料、零部件、在制品、成品等的物流配送；产出是指整车物流和售后服务物流，以及产品召回、废弃物回收等逆向物流。因此，该模式集成采购供应物流、生产物