

EIN WEG ZU
INDUSTRIE

4.0

工业4.0

【执行版】

未来工业制造和销售的商业模式变革

【德】 马丽安·严恩 著
(Myriam Jahn)

张世佶 王喜文 译

工业4.0时代下的企业经济新模式

工业4.0的解决方案

工业4.0技术应用案例分析

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



EIN WEG ZU
INDUSTRIE
4.0

工业4.0 **【执行版】**

未来工业制造和销售的商业模式变革

【德】 马丽安·严恩 ◎著
(Myriam Jahm)

张世佶 王喜文◎译

“工业 4.0”是指利用现代化的信息技术，追求新的组织形式和协同机制。与此同时，工业 4.0 还要求将机械制造和电子技术这两门工程学科与信息学结合起来，从而拉近了“机器”与企业经济学之间的距离。本书介绍的企业经济模式（战略型生产网络中的协同）已经在实践中得到了应用，它为企业创造的经济收益也得到了证实。本书借助具体实例，形象地描述了以企业经济理论为起点，结合物联网技术和信息技术应用，最终通往工业 4.0 商业模式的道路。

Jahn, Myriam: Ein Weg zur Industrie 4.0

©Walter de Gruyter GmbH Berlin Boston. All rights reserved.

This work may not be translated or copied in whole or part without the written permission of the publisher (Walter De Gruyter GmbH, Genthiner Straße 13, 10785 Berlin, Germany).

This title is published in China by China Machine Press with license from Walter de Gruyter GmbH Berlin Boston. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macao SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书由 Walter de Gruyter GmbH Berlin Boston 授权机械工业出版社在中华人民共和国境内（不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区）出版与发行。未经许可之出口，视为违反著作权法，将受法律之制裁。

北京市版权局著作权合同登记 图字：01-2016-4760 号。

图书在版编目 (CIP) 数据

工业 4.0：执行版：未来工业制造和销售的商业模式变革/
(德) 马丽安·严恩 (Myriam Jahn) 著；张世佶，王喜文译。
—北京：机械工业出版社，2017.10
ISBN 978-7-111-58319-6

I. ①工… II. ①马… ②张… ③王… III. ①制造工业—研究 IV. ①F416.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 253798 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：坚喜斌 责任编辑：坚喜斌 王莉娜

责任校对：潘蕊 责任印制：李飞

北京汇林印务有限公司印刷

2018 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

170mm × 240mm · 18.25 印张 · 234 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-58319-6

定价：98.00 元

电话服务

服务咨询热线：(010) 88361066

读者购书热线：(010) 68326294

(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网：www.cmpbook.com

机工官博：weibo.com/cmp1952

金书网：www.golden-book.com

教育服务网：www.cmpedu.com

前 言

“工业 4.0”是指利用现代化的信息技术，追求新的组织形式和协同机制的生产模式。与此同时，工业 4.0 还要求将机械制造和电子技术这两门工程学科与信息学结合起来，从而拉近了“机器”与第四门学科，即企业经济学之间的距离。本书介绍的企业经济模式（战略型生产网络中的协同）已经在实践中得到了应用，它为企业创造的经济收益也得到了证实。本书借助具体实例，形象地描述了以企业经济理论为起点，结合电子技术和信息技术应用，最终通往工业 4.0 商业模式的道路。

目前，我们还未能从企业经济的角度对战略型生产网络中的生产实现理想的优化。一方面我们想要实现网络生产相对于制度化管理的大企业具有的灵活性优势，另一方面又想要克服市场中存在的弊端。因此，我们需要在市场和企业之间采取恰当的协同机制来对网络中的各种生产体系进行协同。与此相关的技术实施已经可以通过现有的技术实现，因为这一技术实施是“第四次工业革命”和“物联网”的组成部分。

本书有幸得到杜伊斯堡—埃森大学生产与工业信息管理学院施特凡·册勒维斯基（Stephan Zelewski）教授的支持与指导才能够得以完成。在此，我要特别向他和旦姆施塔特大学信息学院的拉尔夫·麦尔（Ralf Mayer）教授表示由衷的感谢，感谢他们以极大的耐心和专业精神为本书提供了宝贵的建议。我还要对凯泽斯劳滕大学的生产经济学教授汉斯·科斯滕（Hans Corsten）表示衷心的感谢，他对本书的出版给予了大力支持。

我在易福门企业集团（ifm）中进行调研时得到了很多员工和管理层领导的支持，调研工作才得以顺利进行。尽管我不能在此尽述当中的细节，但我还是要对所有给予我帮助与支持的人表示深深的谢意，正因为有了他们提供

的丰富的想法和详尽的背景信息和介绍，才产生了书中真实的应用案例。在此尤其值得感谢的是易福门有限责任公司的总经理伯恩德·博尔策恩（Bernd Boolzen）先生、ifm datalink gmbh 副总经理安德烈斯·盖茨（Andreas Geitz）先生，以及黎夫·斯多克曼（Lieve Stockmann）博士和诺伯特·克诺恩（Norbert Knorren）博士。最后，我要感谢我的先生和两个孩子，感谢他们对我的工作给予了极大的包容和支持。

杜塞尔多夫

马丽安·严恩

前言

第 1 章

生产网络和工业 4.0 / 001

1.1 对于企业经济的必要性：对于实践的重要性 / 002

1.2 企业经济、电子和信息技术方面的解决方案 / 004

1.3 迈向工业 4.0 过程中的实用性科学目标 / 006

第 2 章

协同任务以及对象 / 007

2.1 协同任务即生产计划和生产控制 / 010

2.1.1 以带有可追溯性的企业经济效率为目标 / 010

2.1.2 连续的生产计划和生产控制 / 017

2.1.3 分散的生产计划和生产控制 / 023

2.1.4 PPS 中协同任务的目标实现 / 036

2.2 协同对象——战略型的生产网络 / 038

2.2.1 网络概念 / 039

2.2.2 作为重要网络类型的战略网络 / 049

2.2.3 开展合作的功能领域——生产 / 056

2.2.4 战略型生产网络的特征 / 058

2.3 形成高效管理的协同 / 060

第3章



对于高效物流协同的要求 / 063

- 3.1 独特的协同因素 / 065
- 3.2 对混合协同形式提出的要求 / 067
 - 3.2.1 阶层化的控制因素 / 072
 - 3.2.2 市场化的效率因素 / 075
 - 3.2.3 目标设定与控制, 招标与成果分配 / 079
- 3.3 对协同媒介 IOS 提出的要求 / 080
 - 3.3.1 应用—分享 / 081
 - 3.3.2 作为通用数据库的数据—分享 / 082
 - 3.3.3 应用—沟通 / 082
 - 3.3.4 通用数据库和作为 IOS 的应用—沟通 / 084
- 3.4 对 IOS 中的协同机制提出的要求 / 085
 - 3.4.1 通用数据库中的标准化的目标值和控制值 / 085
 - 3.4.2 混合的应用—分享 / 092
- 3.5 对协同机制进行的总结 / 102

第4章



遍及全网的 PPS 协同机制 / 105

- 4.1 通用数据库 / 106
 - 4.1.1 作为目标值的供货灵活性和供货成本 / 107
 - 4.1.2 时间参数作为控制值 / 114
 - 4.1.3 目标值和控制值的汇总 / 127
 - 4.1.4 有关通用数据库的总结 / 140
- 4.2 应用—沟通 / 142
 - 4.2.1 生产流程计划 / 143
 - 4.2.2 利用价格来进行的生产需求计划和生产需求控制 / 167
 - 4.2.3 关于应用—沟通的总结 / 177
- 4.3 将协同机制作为工业 4.0 的解决方案 / 178

第5章



工业4.0在电子产业中的应用 / 181

- 5.1 易福门 (ifm) 企业集团中的框架条件 / 183
- 5.2 有关 CPPS 的说明和分析 / 193
 - 5.2.1 借助 RFID 来实现的产品跟踪的硬件解决方案 / 194
 - 5.2.2 工业4.0协同机制的软件功能 / 211
 - 5.2.3 工业4.0应用的成本效益分析 / 224
- 5.3 样例调试及任务执行 / 239
 - 5.3.1 硬件方案: 范例设备, RFID 接口和识读设备 / 240
 - 5.3.2 线路记录仪软件的解决方案 / 250
- 5.4 测试与融合 / 261
 - 5.4.1 软件与硬件测试 / 261
 - 5.4.2 硬件与软件的整合 / 265
 - 5.4.3 数据框架和安全 / 269

第6章



工业4.0-协同——今天与明天 / 275

- 6.1 工业4.0应用机制的应用 / 276
 - 6.1.1 生产之外的应用 / 276
 - 6.1.2 在不同网络形式中的应用 / 277
- 6.2 带有工业4.0协同的新的商业模式 / 278
 - 6.2.1 已有商业模式中有所改进的协同 / 278
 - 6.2.2 战略上的可能性——新的工业4.0商业模式 / 279

第 1 章

生产网络和工业 4.0

工业 4.0（执行版）

未来工业制造和销售的商业模式变革

“以新兴技术，尤其是以通信技术和计算机技术为基础，工业 4.0 通过利用网络中各方智能化协作实现了更优化的、更具协作性的价值创造（更智能的服务和生产流程）。”

灵活可变的生产网络是工业 4.0 所包含的一个基本理念。这样的生产网络可以帮助我们实现更好的管理效果，即更短的交货周期、更少的库存、更精准的交付时间以及更高的生产效率。只有在协同生产计划和生产控制（PPS）系统之间实现跨网协作才能进一步完善网络各方参与者之间的相互协同，从而保证生产网络相对于单纯市场以及单个企业所具备的优势。

随着近些年来信息技术的不断发展，网络各方参与者之间协同性的实现也具备了相当的技术基础。人们期待在网络化生产中爆发出巨大的潜力和“第四次工业革命”，而在这一过程中形成的不同于以往的生产流程和服务方式也将创造全新的商业模式。本书将会让您了解到实现各方协同对于企业经济的必要性、大量的技术实施范例以及这一全新的商业模式所具备的潜能，简而言之：带您走近工业 4.0。

1.1 对于企业经济的必要性：对于实践的重要性

如今，生产型企业不仅是国民经济中较少受市场状况影响的重要组成部分，而且还在德国国民生产总值中占到四分之一强。这为德国的生产网络奠定了良好的基础，也使得这一网络比以市场为导向或者以政府订单为导向的企业具备强大的自身优势。我们一方面要力图保证网络化生产相对于等级化

管理的生产企业具备的灵活性优势，另一方面还要尽量避免市场化生产中由于供求突变造成的不良后果，这就必须在参与网络的各企业间实现差异化协同。这也是伴随工业4.0产生的亟待研究的领域：

“以新兴技术，尤其是以通信技术和计算机技术为基础，工业4.0通过利用网络中各方智能化协作实现了更优化的、更具协作性的价值创造（更智能的服务和生产流程）。”

工业4.0的作用主要体现在协同性的提升上。人们已经意识到在工业生产过程中进行更高效的、跨企业的协作的必要性，但是这种协作的规模还远远不够。据调查，企业和供应商之间已经开始进行PPS数据交流，这种数据交流规模尚小，但呈现上升趋势。内外部的客户和供应商之间已经在PPS体系中建立起点对点的相互关联。但是这种点对点的关联还处于孤立状态，还没有形成基于生产网络的整体目标，所以还需要进一步从统筹融合的角度出发去解决PPS任务的相互协同。这种协同性与企业生产网络的目标越吻合，发展这种协同机制带来的收效就越大。

生产网络甚至伴随着PPS系统协同的目标得以产生，恰恰说明我们需要这样一个体系。这一生产网络具备一个非常关键的，同时也是在发展协同机制过程中不容忽视的特征，那就是这种协同产生于市场和企业之间。

随着技术的不断发展，这种目标明确的、产生于企业内部甚至跨企业的协同才被视为可能，而且从供货时间等方面考虑，这种协同性还具有不可低估的潜力。跨企业的协作以及显著提高的供应效率其实正是工业4.0应用的核心内容。

不同于迄今已有的文献，本书并未将主要强调组织间信息系统（IOS）的技术开发作为PPS系统协同在特定生产网络中应用的基础来加以分析，而是从企业经济方面的相关因素入手，在此基础之上才可能谈及技术方面的实施应用：

“相反，人们担心单方面的机械化和自动化会带来新的、甚至更

严重的问题……就像企业内部的相互依存关系一样，企业之间的依赖性也会对整体经济产生重大影响……”

最早开发 PPS 协同机制立足于企业经济理论方面的考量，因此可以保障高效性。今后待开发的数据库以及跨网络的生产规划所需要的沟通完全适用于所有相关的特定网络，即具有普遍适用性。

不过只有当这种协同工具像它所需要的数据一样，在实践中能以合理的成本被获取到，它才是真正的好工具。在实际应用中，我们确实发现，获取这些数据的成本并不超出我们所预期的理论上的效率提升。以电子和信息技术的共同发展为基础，工业 4.0 技术上的可行性以及应用上的广泛性终于得到了有力的证明。

具有个体识别、智能产品和附加服务的一种全新的商业模式也随之产生，这一模式能为客户创造附加价值，并为企业带来长期竞争优势。关于工业 4.0 的重要性问题及其能对资源有限的中小企业有何益处的问题也由此找到了理想的答案。

1.2 企业经济、电子和信息技术方面的解决方案

- 目标在于

- ◇ 借助企业管理建立起普遍适用的、用于信息交换的协同机制，这一机制可以在整个生产网络内确保生产的优化，并同时保留生产网络相对于企业内部流程和市场所具有的优势。
- ◇ 借助电子技术和信息技术为工业 4.0 的应用找到有效的解决方案：工业 4.0 的优势将通过现有技术的巧妙结合得以体现。

- 这一协同过程的基本构成要素已经存在，我们将在第 2 章对其进行阐述：

- ◇ PPS 系统的协同任务一方面包括我们力图实现的目标，另一方面也包括我们为实现目标而执行的行动。

- ◇ 作为协同对象的生产网络包含了所有参与其中的资源以及参与者本身。

基于任务和对象间的相互依赖关系，我们将在第3章中谈及对待开发的协同机制提出的要求，以保证能够利用现有资源和生产网络中企业的自身条件，结合PPS系统操作实现既定的目标。

在第4章中我们将把涵盖全网的协同机制作为普遍适用的企业管理解决方案加以介绍，这一方案的目的在于实现企业网络的生产优化。

第5章我们还将给出在电气工业中的应用实例，来证明借助电子和通信工程技术，我们所研发的协同机制完全能够得以应用，并且也为客户创造了附加值。这一附加值不仅保障了机制的经济性，同时也为工业4.0带来的革命奠定了重要基础。

图1.1介绍了本书的结构。笔者力图通过此书将工业4.0这条大道全面而科学地呈现出来。

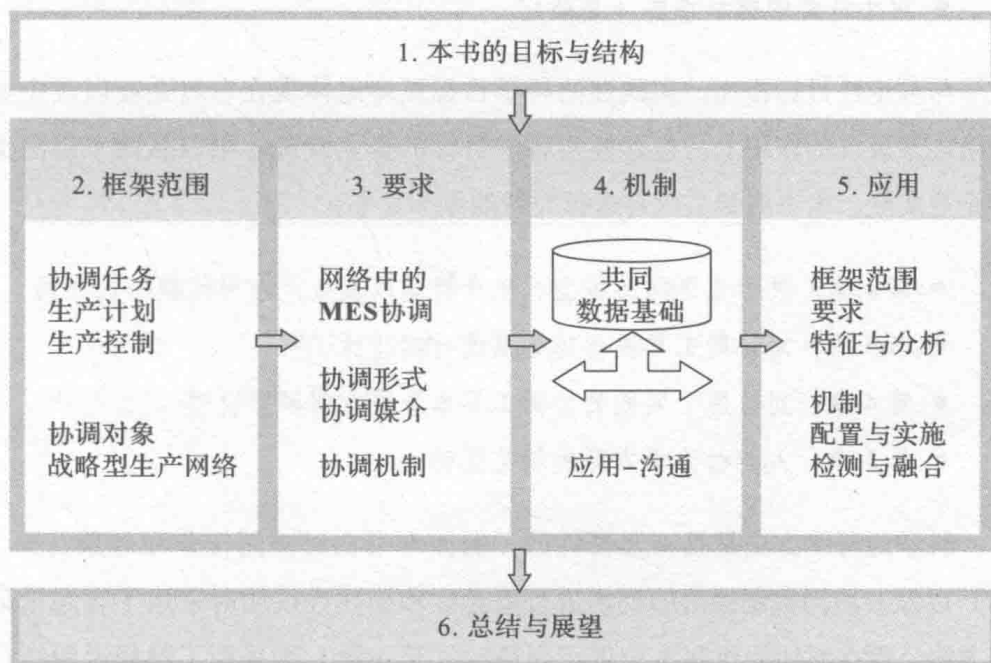


图 1.1 本书的结构

来源：作者。

1.3 迈向工业4.0过程中的实用性科学目标

本书遵循务实的科学目标，即力求勾画出工业4.0的轮廓。所以从根本上采用以设计为导向的方法理念，旨在为实践提供一个实用的设计模式。本书始终遵循的原则如下：

- 用科学的方法阐述问题的重要性
- 与关注技术和管理的受众进行沟通
- 考虑应用该方法时的严谨性
- 开发过程即是寻找解决方案的过程（规范与分析）
- 开发创新型模型（原型）
- 对研发的评估（测试）
- 对于认知的推动作用（总结）

与理论性目标相比，实践性的科学目标更多地体现在它对企业以及企业网络构架设计的作用上。包含务实科学目标的企业管理学可以从四个层面支持企业实践，本书对相关内容进行介绍的章节如下：

- 第2章：关于重要网络类型、生产计划以及生产控制的概念性说明
- 第3章：对协同工具提出的要求进行描述性说明
- 第4章：对可用于实践的协同工具本身进行解释性说明
- 第5章：人类行为学方面的相关说明

科学的写作方法是具有互补性的，例如本书在对协同任务和对象（第2章）以及对协同机制提出的要求进行概念性和描述性说明时采用了客观论证的方法，而在对协同机制本身进行介绍时（第4章）则采用了解释说明结合形式分析的方法，从而为人类行为学方面的阐述，即就这一协同机制的定量实证研究（第5章）奠定了基础。

第2章

协同任务以及对象

工业 4.0（执行版）

未来工业制造和销售的商业模式变革

“合理的行动要以既定目标为指向，即要具备明确的意图。……没有目标……人们根本无法判断是否实现了行为优化，因为事先没有对优化进行定义。”

按照企业经济的理论，当各个参与者之间，本书中即指网络内企业之间，存在相互关联的关系时（见表 2.1），就需要在相互依存的行动中采取协同，从而帮助实现整体目标。

表 2.1 有关协同的定义及其必要性的隐含条件

参考文献	对协同的定义	有必要采取协同的前提条件
Kosiol, 1976, 第 76 页	组织中的集中规范原则	缺乏规范 有待完善
Thompson, 1967, 第 55 页	在相互依存的关系中，集中有效的行动来自于协同	相互依存
Simon, 1976, 第 103、139 页及以下数页	把某个个体或团体的行为与其他个体或团体联系起来，程序性与实质性协同	缺乏规范 有待完善
Gaitanides, 1983, 159 页及以下数页	对工作或者任务分工中各个相关部门、任务、流程之间的合作进行的管理	相互依存 缺乏规范 有待完善
Malone/Crowston, 1990, 第 358 页、361 页	对行为之间的相关性进行管理，以实现既定目标	相互依存 缺乏规范 有待完善
Kieser/Kuhicek, 1992, 第 95 页	使组织中个体的成就向组织目标看齐，分工的结果	相互依存 缺乏规范 有待完善

(续)

参考文献	对协同的定义	有必要采取协同的前提条件
Laux, 1992, 第 2308 页	对多个不同决定的调整, 以使相关行为迈向共同目标	· 缺乏规范 · 有待完善
Weber, 1995, 第 34 页; Weber J. 1998A, 第 223 页	对各个相互关联却又各自独立的行为进行调整, 协同需求是专业分工的结果	缺乏规范 有待完善
Frese, 2000, 第 39 页	对个体行为进行调整, 使其迈向统一目标, 专业分工的结果	相互依存 不存在等级制

来源: Gebauer, 1996, 第 19 页及之后数页; Alt, 1997, 第 59 页及下页。

从企业管理方面, 要为担负企业网络 (作为参与者和资源) 中的 PPS 任务 (PPS 目标和 PPS 操作) 的协同机制制定怎样的要求, 取决于协同过程以及它们之间的相关性 (图 2.1)。

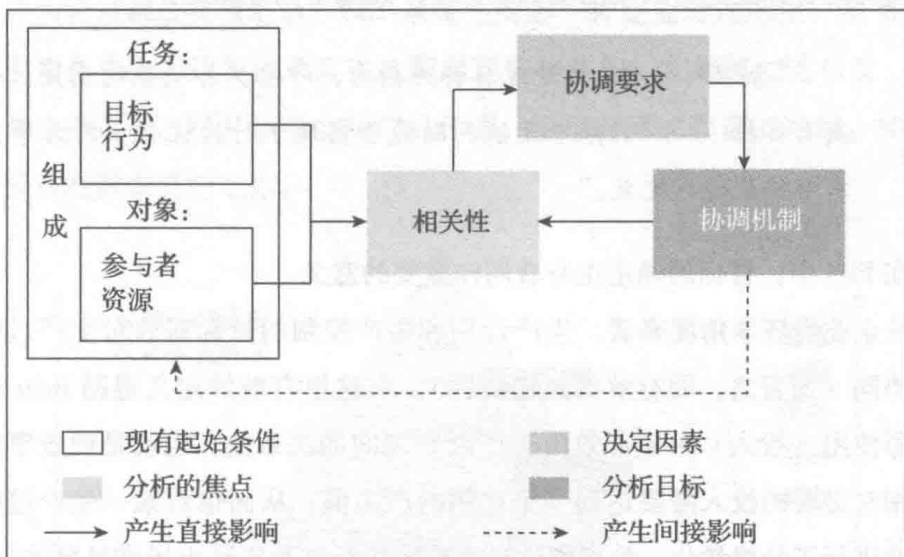


图 2.1 协同任务与协同对象之间的相互依存关系

来源: Gebauer, 1996, 第 26 页。

本书将在下文中对协同任务 PPS 和协同对象网络进行阐述。从中读者不难看出, PPS 虽然在企业内部有所涉及, 但完成情况却不尽如人意 (参见第