



Industrial Internet Design and Innovation towards Intelligent Enterprise

智慧企业工业互联网 平台开发与创新

彭俊松◎著



机械工业出版社
China Machine Press



Industrial Internet Platform and Innovation towards Intelligent Enterprise

智慧企业工业互联网 平台开发与创新

彭俊松◎著



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

智慧企业工业互联网平台开发与创新 / 彭俊松著. —北京: 机械工业出版社, 2019.4
(工业控制与智能制造丛书)

ISBN 978-7-111-62430-1

I. 智… II. 彭… III. 互联网络 - 应用 - 工业发展 - 研究 IV. F403-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 063608 号

智慧企业工业互联网平台开发与创新

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: 余 洁

责任校对: 殷 虹

印 刷: 北京文昌阁彩色印刷有限责任公司

版 次: 2019 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 170mm × 230mm 1/16

印 张: 17.25

书 号: ISBN 978-7-111-62430-1

定 价: 79.00 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

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 推荐序一

工业互联网驱动的数字化智能转型正进入一个新的发展阶段，从理念倡导、架构设计、先行者探索逐步扩展到产业界更广领域、更宽范围、更深程度的应用实践。然而，对于每个行业、每个企业而言，工业互联网可能仍然是一个新的意义多元的概念，也可能仍然意味着不同的理解、不同的痛点、不同的目标、不同的价值、不同的挑战。工业互联网与现有信息化系统是何关系，工业互联网与传统工业的业务流程如何有效结合，工业互联网平台如何真正发挥作用，企业如何落地实施，又如何最终实现商业价值，这仍是当前面临的突出问题。彭俊松博士此前关于工业数字化转型已有多部佳作，本书是作者的最新思考，针对当前发展热点工业互联网及工业互联网平台，从理论和实践上给出了自己的答案，如书中所指出的，“工业互联网是 IT/OT 融合下的企业新一代数字化整体架构”“工业互联网架构的特点是数字和流程混合驱动”，系统的理论阐述再加上对大量全球实践案例的深度剖析，相信本书对于我国工业互联网及其平台的发展与探索具有很好的参考和借鉴意义。

余晓辉

工业互联网产业联盟 秘书长
中国信息通信研究院 总工程师

推荐序二 Foreword

彭博士的这本新书，以深入探究的精神和多年的实践，为我们搭建了一个理解工业互联网的完整框架，并从业务和技术角度，剖析了打造智慧企业、建设工业互联网的理论和实践。中国企业正处于攻坚克难的关键期，急需深入理解领先国家的发展模式的精髓，从而在智能时代找到属于自己的真正价值。我相信各位企业家朋友能从这本书中得到耳目一新、却又合情合理、丝丝入扣的解答。

吴晓波

著名财经作家

吴晓波频道创始人

一、制造业正在进入关键指标指数级增长的年代

近年来，随着以物联网、大数据和人工智能为代表的一大批数字化技术广泛和深入的应用，制造业终于开始走出长期以来在效率、成本、质量等方面缓慢改善的历史，进入指数级增长的新时代。“工业互联网”这一诞生不久的新名词成为在制造业中综合应用这些数字化技术的整合性概念，并得到了广泛的宣传和推动。

如图 1 所示，根据凯捷（Capgemini）数字化转型研究机构在 2017 年的分析，以制造业为例，从 1990 年开始到 2017 年，凭借学习曲线效应^①和不间断的技术改进，包括信息技术的贡献在内，制造业每年在各个关键指标上提高和改善的速度，无论是总生产率、人工成本、物流与运输成本、资金与库存成本，还是质量、按时交货，均停留在千分之四到七左右的水平。

奇迹发生在接下来的五年。凯捷认为，在数字化技术的推动下，这些指标的改进速度将会有 7 ~ 13 倍的大幅增长。以总生产率这一指标为例，在 1990 年到 2017 年长达 27 年间，制造行业在这个关键指标上平均只提高了 22% 左右；但是在接下来的 5 年里，将会再提高 34%——也就是说，我们在接下来 5 年里取得的增长是过去 27 年里增长的 1.5 倍还要多。无疑，以制造业为代表的传统行业在数字化转型的推动下，即将进入一个指数级增长的年代。而毫无疑问，集众多数字化技术于一体的工业互联网就是把握这个增长机会的抓手。

① 学习曲线（learning curve）效应是指在一个合理的时间段内，通过连续进行固定模式下的重复工作，工作效率将会按照一定速率递增。

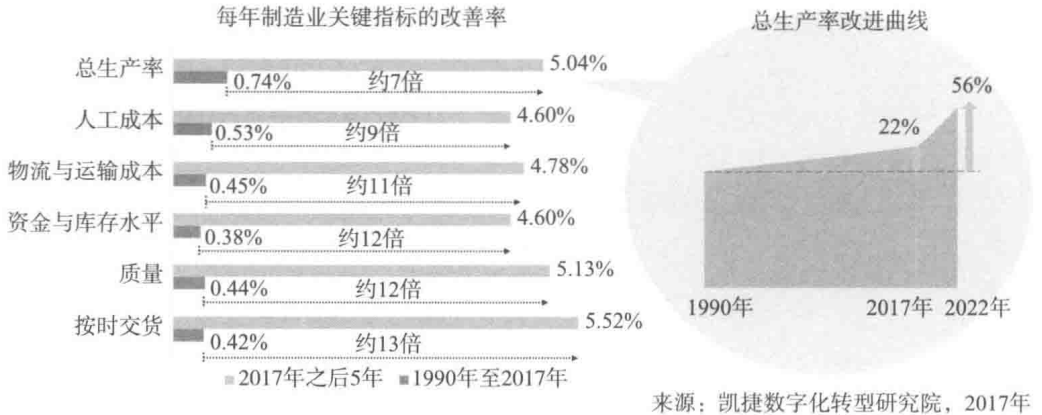


图1 传统行业即将进入指数级增长的年代

SAP认为，工业互联网从本质上来讲是“IT/OT融合的新一代企业数字化整体架构”，是对企业传统IT架构的一次彻底转变。企业打造工业互联网的过程是一个运用数字化技术对业务进行创新、对战略进行赋能的过程，将使企业的商业模式和业务流程产生巨大的变革。将工业互联网的建设与传统的信息化建设相比较，两者既有密切的联系和相似性，又在规划方法、系统架构、实施过程和价值实现等方面存在区别和不同。在当下中国企业纷纷准备或已经投身于工业互联网建设时期，我们需要不断地对工业互联网的理论、方法和技术进行深入研究，才有可能收到预期效果。

目前，市场上关于工业互联网的书籍大多数都是从宏观的角度出发，介绍为什么要打造工业互联网（Why），以及实现了工业互联网之后的前景（What）。而关于企业应如何一步步建设工业互联网（How），则少有书籍涉及。本书没有在“Why”和“What”上花费过多笔墨，而是重点关注“How”，针对中国企业在打造工业互联网时普遍面临的一些课题进行深入剖析，从业务和技术两个方面深入浅出地介绍和总结领先企业在每个课题上的理解、进展和实现手段，并结合相关案例进行详尽分析，务必使得读者掌握相关的知识和技能。

伴随着一轮又一轮新的数字化技术的诞生和推广，企业不断看到工业互联网背后强大的创新能力，从而迫不及待地希望立即使用它们。在开源技术日益流行的今天，人们很容易获得免费的软件、平台和算法，以帮助搭建自己的创新应用，并沉浸在新架构和新技术之美所带来的满足感之中。但是，人们在看到这些新技术的创新能力的同时，也常常会忽视或低估其背后存在的一些需要解决的问题。我们需要清醒地认识到，建设全新的企业数字化架构会带来一系列的技术不

确定性和挑战。我们不能寄希望于让每家制造企业都成为专业的软件企业并进行重复开发，不仅是因为这不符合社会化专业分工的集约化规律，而且因为数字化技术的引入会使得企业的工业 App 复杂度大大提高，而这两点恰巧就是商品化软件存在的价值。有鉴于此，彭博士在书中结合了 SAP 在 2017 年推出的数字化创新系统 Leonardo 以及 2018 年推出的智慧企业解决方案，希望让广大读者了解 SAP 如何将最新的数字化技术以商品化软件的方式推向市场，从而加快企业建设工业互联网的速度，同时降低建设风险。

二、SAP 的创新之旅与中国市场

作为全球最大的企业应用软件供应商，面对着数字化转型时代不断涌现的热点，SAP 必须对自己的产品不断进行创新。SAP 先后推出了一系列数字化产品，及时跟上了市场的热点和节拍。

近年来，中国市场的发展保持了与全球数字化创新技术高度同步的节奏和速度。中国已成为 SAP 紧跟数字化时代潮流，与客户密切合作、共同创新的重要市场。

2012 年，维克托·舍恩伯格的《大数据时代》一书的中文版发行，引发了国内的大数据热。就在 2011 年，SAP 也首次成功推出了高性能分析应用软件 HANA (High-Performance Analytic Appliance)，拿到了进入大数据市场的门票。当 2015 年“国家大数据战略”被列入十八届五中全会公报的时候，以 HANA 为核心的 SAP 大数据平台及应用已经成为市场上领先的产品。

2013 年，德国政府正式对外提出了“工业 4.0”，并积极与中国政府开展合作。2015 年，中国政府也相应地提出了“中国制造 2025”，计划用 10 年时间成为世界制造强国。2016 年，中国政府发布“智能制造发展规划（2016—2020 年）”，计划到 2020 年在传统制造业重点领域基本实现数字化制造。而在同一时间段，2012 年，SAP 成功地推出了 SAP HANA 云，进入平台即服务（Platform-as-a-Service, PaaS）领域；并在 2015 年又推出了 S/4 HANA 和 HANA 云平台物联网；2016 年，SAP 推出整合了物联网与数字化供应链的解决方案。这些产品让 SAP 在中国的智能制造领域有了坚实和领先的方案基础。

2015 年，中国政府还提出了“互联网+”（Internet Plus）行动计划，试图推动移动互联网、云计算、大数据、物联网等技术与现代制造业的结合，促进电子商务、工业互联网和互联网金融的健康发展。而在此之前的 2012 年、2013 年和 2014 年，SAP 密集地收购了 SuccessFactors、Ariba、Hybris、Concur、Fieldglass

等产品，获得了 B2C 和 B2B 的电子商务能力，并建立了全球最大的商业网络云，加上 2015 年 S/4 HANA 的诞生，使得 SAP 成为在中国全面推动“互联网+”的领先 IT 厂家。

2017 年，在中国政府提出《新一代人工智能发展规划》，以及《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》，结合实施“中国制造 2025”和“互联网+”，加快建设和发展工业互联网，促进新一代信息技术与制造业深度融合的时候，SAP 又及时推出了 SAP Leonardo，整合了物联网、大数据、人工智能、区块链、数据智能和分析等技术，定义了数字化创新系统，以迎接人工智能时代的到来和工业互联网的巨大市场空间。

进入 2018 年，在两会上，中国政府强调了运用最新的数字化技术，在建设制造强国、推动实体经济转型升级过程中发挥重要的作用。紧接着，工信部推出了《工业互联网 App 培育工程实施方案（2018—2020 年）》，推动企业基于云平台和工业 App 库开发专业化应用软件。与此同时，SAP 推出了 C/4 HANA，并在中国正式落地 S/4 HANA Cloud，为工业互联网的 App 提供丰富的来源。在同年举办的蓝宝石大会上，SAP 正式宣布了“智慧企业”（Intelligent Enterprise）战略，进一步指明了当前和未来企业的数字化发展方向。

对于 SAP 这样一个有着 40 多年历史的企业软件巨头来说，每一次新的数字化产品的推出都是一场产品创新的战役。无疑，在过去这些年，SAP 产品创新的步伐跟上了市场的脚步，这也是 SAP 超过西门子、戴姆勒、大众、宝马等企业，成为目前德国市值最高的上市公司的原因。

如果我们将企业的结构化业务经营数据称为“小数据”，而将海量的、多维的、非结构化的企业内部和外部数据称为“大数据”，那么 SAP 已经通过历史的表现和如今的辉煌，证明了自己是“小数据”时代当之无愧的“王者”，以及“大数据”时代令人瞩目的“领跑者”。我们完全有理由相信，SAP 将会在未来的竞赛中继续保持领先。

最后，希望本书能够为那些投身于工业互联网项目的企业和人士提供一些启发和帮助。

李强

SAP 全球高级副总裁，SAP 中国总经理

2018 年 10 月

Preface 前言

近年来，工业互联网已经成为市场上一股势不可挡的潮流和趋势。大批制造企业都投入到自身的工业互联网建设和对外的工业互联网平台开发上，并将其作为提高企业竞争力、创造新的商业模式、颠覆现有市场格局的利器。一般认为，工业互联网是制造企业数字化转型的高级阶段，它是企业综合运用物联网、大数据、人工智能、商务分析和智能设备等数字化技术，对业务进行变革、对战略进行赋能的创新过程。它所建立的 IT/OT 融合的新一代企业数字化整体架构，是对企业传统 IT 架构的一场彻底转变。在这个过程中，架构的设计、路线的规划，以及方案的选择和应用，决定了工业互联网转型项目的成败，其重要性不言而喻。

结合这一出发点，本书将以全球最大的企业应用软件公司 SAP 在 2017 年发布的数字化创新系统（Digital Innovation System）——SAP Leonardo，以及 2018 年发布的智慧企业解决方案为背景，介绍制造企业在建设工业互联网过程中所需要了解和掌握的理论、方法和技术。作为全球最大的企业应用软件提供商，SAP 创新地在其提出的智慧企业一体化架构中实现了企业应用软件和工业应用软件在云端的融合，可以真正有效地帮助企业建设可落地、可进化、可扩展的工业互联网，从而实现商业模式转型和高质量发展的目标。

本书的主要内容包括如何理解和搭建企业的工业互联网数字化架构、如何在这一架构之上规划企业数字化转型的技术路线，以及制造企业如何运用工业互联网技术在数字化产品、数字化制造、数字化服务三个领域中进行转型与创新。本书内容涉及物联网、工业 4.0、大数据、数字化双胞胎、数字化主线、大规模定制、数字化供应链、分布式制造、人工智能与机器学习、预测性维护、制造向服

务转型等技术。这些内容都是目前国内企业非常关心和热门的话题，它们对工业互联网项目的成功实施发挥着非常重要的作用。

本书作者具有 12 年的商业信息化专业书籍写作历史，以及在 SAP 公司十多年的工作经验，在制造企业数字化转型领域有着丰富的积累和心得。本书可以看作 2016 年作者在机械工业出版社出版的《工业 4.0 驱动下的制造业数字化转型》一书的延续和深入。为了便于读者理解，在写作过程中，作者尽可能从业务和管理的视角展开讨论，并开辟专门的篇幅进行案例和产业的深度分析，避免堆砌技术名词，力求做到内容翔实、逻辑流畅、可读性强，对于读者具有较高的可信度和宝贵的参考价值。

本书的读者包括对工业互联网感兴趣的企业高级管理人员和业务骨干，以及在咨询公司和 IT 公司工作的相关技术人员。本书可以在推进工业互联网的项目过程中，对项目的规划、设计和实施提供借鉴。此外，本书还可以为各研究机构、高等院校和其他对工业互联网感兴趣的相关人员提供参考。

本书导读

本书一共分为五篇，共 12 章（如图 2 所示）。在章节安排上，第一篇主要介绍工业互联网的架构与规划，这是企业利用工业互联网技术、开展数字化转型的基础。第一篇包括以下两章：

- 第 1 章：工业互联网是 IT/OT 融合下的企业新一代数字化整体架构
- 第 2 章：工业互联网架构的特点是“数字和流程混合驱动”

第二篇围绕 SAP 在 2017 年推出的以达·芬奇命名的 Leonardo 平台，以及 2018 年推出的智慧企业解决方案，介绍 SAP 在面对以工业互联网为代表的数字化浪潮下，如何制定自身的产品战略，打造企业新一代的数字化整体架构，迈向智慧企业的愿景目标。第二篇包括以下三章：

- 第 3 章：基于数字化“双模”理论打造工业互联网
- 第 4 章：迈向工业互联网的 SAP 产品理念
- 第 5 章：工业互联网的愿景目标——智慧企业

后三篇主要围绕着具体的工业互联网实践，从数字化产品、数字化工厂和数字化服务三个方面，具体介绍如何利用工业互联网进行数字化转型与创新的原理、方法和案例。后面这三篇文章的命名均遵循“从 xx 到 xx 的创新”的方式，

可以让读者清楚地了解创新的来龙去脉。这里讲述的七大创新在企业的数字化转型实践中都是十分重要的课题，非常值得深入地进行研究，七大创新具体如下：

- 第 6 章：数字化双胞胎从面向资产向面向生态网络协同的创新
- 第 7 章：从传统的基于 PLM 的文档管理向端到端数字化主线的创新
- 第 8 章：从大规模制造向大规模定制的创新
- 第 9 章：从传统的线型供应链向数字化网状供应链的创新
- 第 10 章：从集中式制造到分布式制造的创新
- 第 11 章：从被动式维修向基于机器学习的大数据预测性维修的创新
- 第 12 章：从以制造为中心向以服务为中心的创新

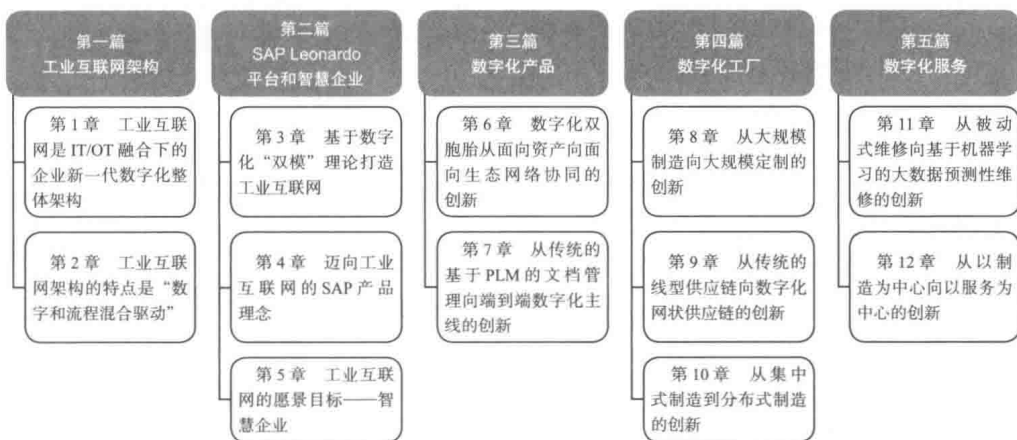


图 2 全书核心章节一览

后记将结合 SAP 近些年来在业务和产品上的转型，以“从最佳业务实践到联合创新工厂”为名，探讨 SAP 市场策略的转变。

建议读者在拿到新书之后，尽可能从头开始逐篇阅读，从而对工业互联网的创新技术，以及 SAP Leonardo 以及智慧企业解决方案的设计精髓，有一个通盘而系统的了解。

现在，让我们一同开启工业互联网的创新之旅吧！

目 录 Contents

推荐序一	
推荐序二	
序	
前言	
第一篇 工业互联网架构	
第 1 章 工业互联网是 IT/OT 融合下的企业新一代数字化整体架构	2
1.1 方兴未艾的工业互联网市场	2
1.2 为什么工业互联网平台遍地开花，而工业 4.0 平台寥寥无几?	5
1.3 工业互联网是新一代企业数字化整体架构	8
1.4 新架构的特点是支持业务从“流程驱动”转向“数字和流程混合驱动”	13
1.5 小结	14
第 2 章 工业互联网架构的特点是“数字和流程混合驱动”	15
2.1 工业 4.0 的实施路径和成熟度	16
2.1.1 工业 4.0 的价值体现	16
2.1.2 工业 4.0 的成熟度模型	18
2.2 工业 3.0 时代面向“流程驱动”的工业金字塔的形成和解体	22
2.2.1 工业 3.0 阶段一：“计算机化”——覆盖产品部分生命周期	22
2.2.2 工业 3.0 阶段二：“连接”——产品生命周期的全覆盖	23
2.2.3 工业 3.0 的巅峰——IT/OT 集成的制造金字塔架构	25
2.2.4 进入工业 4.0 时代之后的工业金字塔解体	27

2.3	工业 4.0 和工业互联网时代 基于 IT/OT 融合的 CPS ... 30	3.5	深度分析：工业互联网在 汽车零部件行业中的应用 展望 58
2.3.1	从工业 3.0 的控制论 走向工业 4.0 的 CPS ... 30	3.5.1	汽车零部件行业面临的 挑战 58
2.3.2	CPS 的定义 31	3.5.2	基于数字化技术的挖潜 和创新是汽车零部件行 业的两大对策 62
2.3.3	基于 CPS 理论建立新的 企业数字化架构 33	3.6	小结 68
2.3.4	基于 CPS 的 CPPS 40		
2.4	小结 44		
第二篇 SAP Leonardo 平台和 智慧企业		第 4 章 迈向工业互联网的 SAP 产品理念 69	
第 3 章 基于数字化“双模” 理论打造工业互联网 ... 46		4.1	物联网时代企业创造价值的 新价值链 69
3.1	数字化时代下的市场趋势 ... 46	4.2	第一步：“互联”到“数据” ——从互联的万物中采集和 存储海量数据 72
3.2	客户和咨询公司对商业软件 的新要求 47	4.3	第二步：“数据”到“洞察” ——从海量数据中知晓机会 和风险所在 74
3.2.1	来自客户的新要求 47	4.4	第三步：“洞察”到“行动” ——推动业务流程前进，将 洞察转变为行动 78
3.2.2	咨询公司给出的 新概念 48	4.5	第四步：“行动”到“效果” ——创造出新的商业价值和 生态系统的优势 80
3.3	SAP 2020 年的产品战略 目标和实现 51	4.6	打造迈向工业互联网的 SAP 产品开发与布局 81
3.3.1	SAP 2020 年的产品战略 目标 51	4.7	深度案例分析：SAP 帮 助瑞士最大的汽车经销商 AMAG 集团实现基于 OBD 的车联网平台 82
3.3.2	基于四条主线实现 SAP 2020 年的产品 战略目标 52		
3.3.3	SAP Leonardo 简介 54		
3.4	基于“数字化核心 + 数字化 创新系统”的 SAP 双模产 品体系 57		

4.7.1	AMAG 简介	82		
4.7.2	第一步：打造自身的 一体化业务系统	83		
4.7.3	第二步：打造线上的 OBD 业务	85		
4.8	小结	89		
第 5 章 工业互联网的愿景 目标——智慧企业				
5.1	智慧企业的商业驱动力来自 新的商业模式对生产和运营 效率的渴求	90		
5.2	什么是智慧企业	95		
5.2.1	智慧企业的定义	95		
5.2.2	人工智能与机器学习 技术	96		
5.3	智慧企业是智能技术支持 下的事件驱动的企业	98		
5.4	智慧企业是对企业应用软件 的智能化改造	102		
5.5	基于智慧企业解决方案 打造工业互联网	105		
5.6	深度分析：BSH 从“家庭 连接”入手，打造“数字和 流程混合驱动”的数据管理 基础	107		
5.6.1	BSH 简介	107		
5.6.2	项目背景	108		
5.6.3	BSH Home Connect	108		
5.7	小结	110		
			第三篇 数字化产品	
			第 6 章 数字化双胞胎从面向 资产向面向生态网络 协同的创新	
6.1	什么是数字化双胞胎	113		
6.2	传统的面向资产安全与 性能的数字化双胞胎	115		
6.2.1	数字化双胞胎的起源： 军事和航天航空	116		
6.2.2	面向资产密集型企业的 数字化双胞胎	117		
6.3	面向新的商业模式的数字化 双胞胎网络	118		
6.3.1	从数字化双胞胎到 数字化双胞胎网络	118		
6.3.2	产品个性化和业务的 协同化推动了数字化 双胞胎网络的发展	120		
6.3.3	数字化双胞胎网络的 成熟度模型	122		
6.4	数字化双胞胎网络的基础 ——SAP 资产智能网络方 案介绍	125		
6.5	深度案例分析：SAP 帮助 维斯塔斯建立数字化双胞胎， 推动服务转型	127		
6.5.1	公司介绍	127		
6.5.2	维斯塔斯的数字化 战略	128		

6.5.3	与 SAP 合作的数字化 双胞胎网络	128
6.6	小结	132
第 7 章 从传统的基于 PLM 的 文档管理向端到端数字 化主线的创新		
7.1	传统的 PLM 在数字转型 时代的扩展	134
7.2	基于模型的系统工程的 发展	135
7.2.1	PLM 面临的挑战	135
7.2.2	基于 MBSE 的方法	136
7.3	支持产品全生命周期的 数字化主线	137
7.3.1	数字化主线的概念	137
7.3.2	建立打通产品全生命 周期的实时研发	139
7.3.3	产品全生命周期的 BOM 总线	142
7.4	深度案例分析: SAP 帮助 凯撒压缩机实现“智能空气 战略”	145
7.4.1	公司介绍	145
7.4.2	运营商业模式的 诞生	146
7.4.3	新商业模式的实现	148
7.4.4	围绕产品全生命周期的 智能空气战略	150
7.4.5	对客户的收益	153
7.5	小结	154

第四篇 数字化工厂

第 8 章 从大规模制造向大规模 定制的创新		156
8.1	大规模定制的定义和 特点	156
8.2	从工业 1.0 下的手工定制到 工业 4.0 下的大规模定制 2.0	158
8.2.1	大规模定制的过去和 未来	158
8.2.2	大规模定制的实现 原理	159
8.3	模块化生产 / 矩阵式生产 ——工业 4.0 下的大规模 定制技术	162
8.3.1	第一代和第二代数字化 工厂的有限定制能力	162
8.3.2	真正体现工业 4.0 实力 的第三代数字化工厂	164
8.4	深度案例分析: 美国哈雷 - 戴维森摩托车公司的大规模 定制生产重生之路	169
8.4.1	公司简介	169
8.4.2	战略转型之旅	169
8.4.3	哈雷摩托从互联营销、 智能制造到售后服务的 全价值链创新	173
8.5	小结	178

第 9 章 从传统的线型供应链 向数字化网状供应链 的创新	179	第 10 章 从集中式制造到分布 式制造的创新	198
9.1 以一为单位的数字化网状 供应链	180	10.1 3D 打印技术正在快速走向 成熟	198
9.1.1 数字化供应链从线型 向网状的演进	180	10.2 从传统的集中式制造到 基于 3D 打印的分布式 制造	199
9.1.2 数字化网状供应链是企 业打造差异化战略的核 心武器	181	10.3 面向分布式制造的 SAP 制造网络解决方案	200
9.1.3 实现数字化网状供应 链的关键是“以一为 单位”	183	10.3.1 满足独特和变化需求 的制造业	200
9.2 支撑数字化网状供应链的 核心技术	185	10.3.2 无延迟交货	201
9.2.1 数字化业务计划——将 供应链转型为需求驱动 业务计划的网络	186	10.3.3 最大化交付能力和 最小化响应时间	202
9.2.2 数字化物流与订单 执行	187	10.3.4 从快速原型到快速 生产	202
9.3 深度案例分析：微软硬件 部门打造需求驱动的数字 化供应链	190	10.3.5 实现重要的商业 收益	203
9.3.1 公司简介	190	10.4 深度案例分析：售后配件 的 3D 打印与 Krones 的 实践	205
9.3.2 项目背景	191	10.4.1 当前的售后配件业务 存在挑战	205
9.3.3 阶段一：互联	193	10.4.2 3D 打印是有望解 决配件困境的重要 手段	205
9.3.4 阶段二：预测	194	10.4.3 Krones 的售后配件 实践	206
9.3.5 阶段三：认知	194	10.5 小结	207
9.3.6 SAP 在微软数字化供应 链转型中的作用	195		
9.4 小结	196		