

德国工业4.0大全

自动化技术

(原书第2版)

比吉特·沃格尔-霍伊泽尔 (Birgit Vogel-Heuser)
[德] 托马斯·保尔汉森 (Thomas Bauernhansl) 编
迈克尔·腾·洪佩尔 (Michael ten Hompel)
林松 房殿军 邢元 等译



HANDBUCH INDUSTRIE 4.0 (BD.2)
Automatisierung, 2. Auflage



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

德国工业 4.0 大全 第 2 卷: 自动化技术 (原书第 2 版) / (德) 比吉特·沃格尔-霍伊泽尔 (Birgit Vogel-Heuser) 等编; 林松等译. —北京: 机械工业出版社, 2019.4 (工业控制与智能制造丛书)

书名原文: Handbuch Industrie 4.0 (Bd.2): Automatisierung, 2.Auflage

ISBN 978-7-111-62552-0

I. 德… II. ①比… ②林… III. ①智能制造系统-制造业-研究-德国 ②自动化技术-研究 IV. F451.664

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 083640 号

本书版权登记号: 图字 01-2018-1375

Translation from the German language edition:

Handbuch Industrie 4.0 (Bd.2): Automatisierung, 2.Auflage

edited by Birgit Vogel-Heuser, Thomas Bauernhansl and Michael ten Hompel

Copyright © Springer-Verlag GmbH Deutschland 2017

This Springer imprint is published by Springer Nature

The registered company is Springer-Verlag GmbH Germany

All Rights Reserved

本书中文简体字版由 Springer 授权机械工业出版社独家出版。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

德国工业 4.0 大全 第 2 卷: 自动化技术 (原书第 2 版)

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: 赵亮宇

责任校对: 殷虹

印刷: 北京瑞德印刷有限公司

版次: 2019 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 147mm×210mm 1/32

印张: 19 (含 0.125 印张彩插)

书号: ISBN 978-7-111-62552-0

定价: 139.00 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

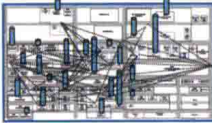
购书热线: (010) 68326294

投稿热线: (010) 88379604

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

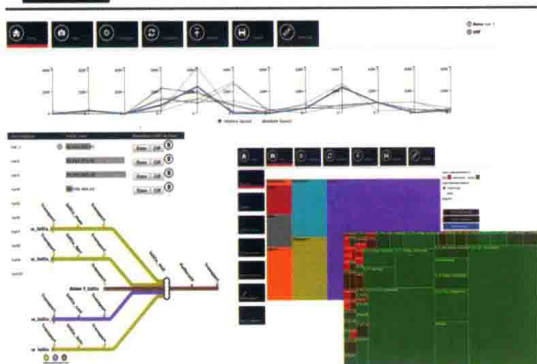


~10⁸¹⁶⁰

用于配置生产控制的
解决方案数量
(对比: 宇宙中的
原子数~10⁷⁸)



交互式网络工具代替了 PowerPoint 和 Excel, 是分析复杂生产问题并做出正确决策的绝佳工具



基于 150 台机器, 5 个优先规则, 5 个订单发布方法, 150 种生产力分配方法

图 5-5 用于支持员工理解流程的交互可视化

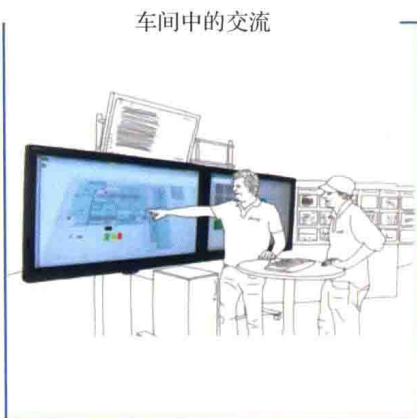
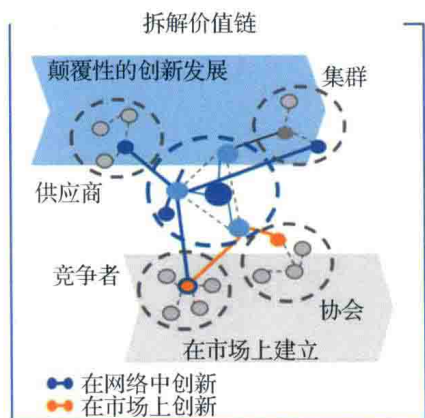


图 5-6 分解熟悉的结构, 以提高协作生产力

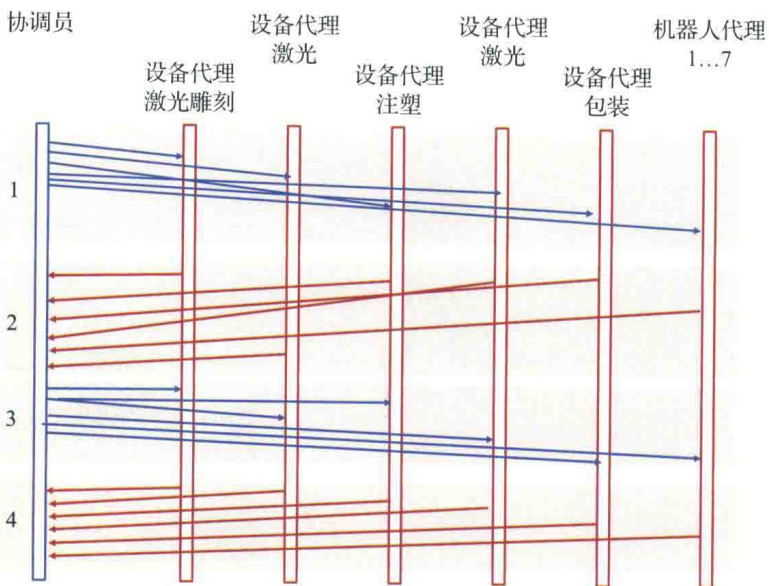


图 6-3 订单交接的市场原则



图 7-3 工程领域融合

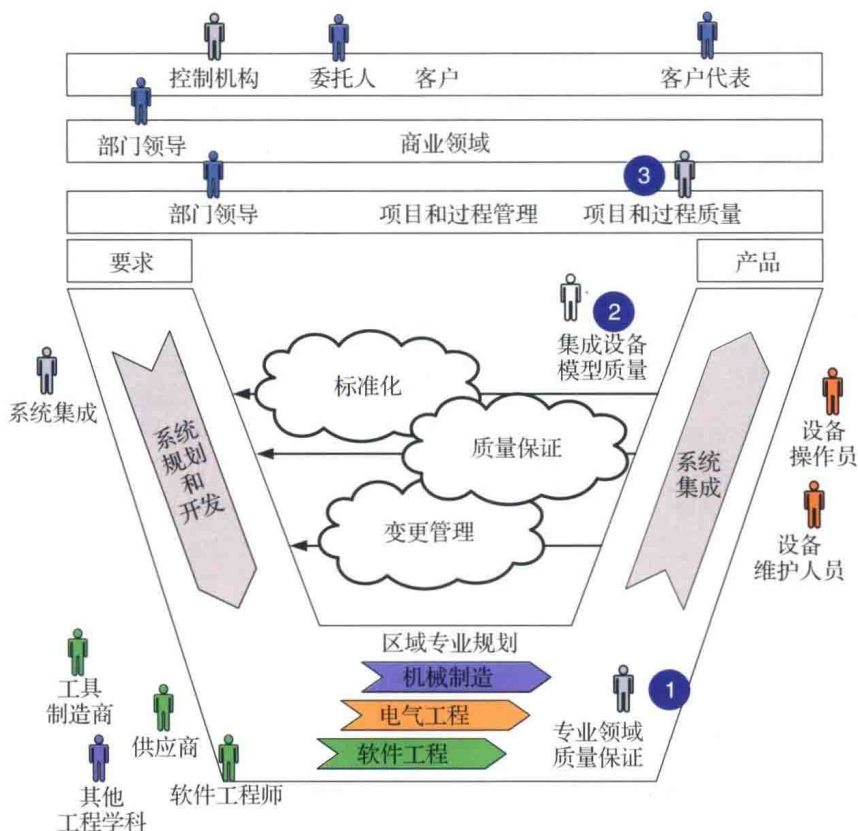


图 12-1 基于 VDI/VDE 2206 的设计模型其中融入了项目角色和对质量保证措施的需求

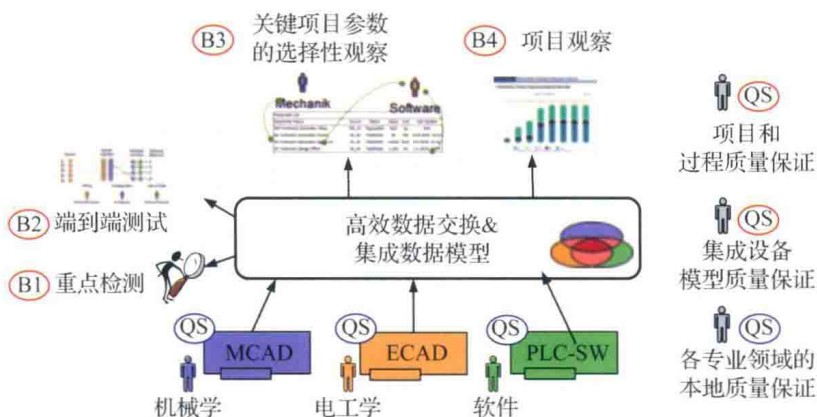


图 12-2 设备工程中对质量保证 (QS) 的需求

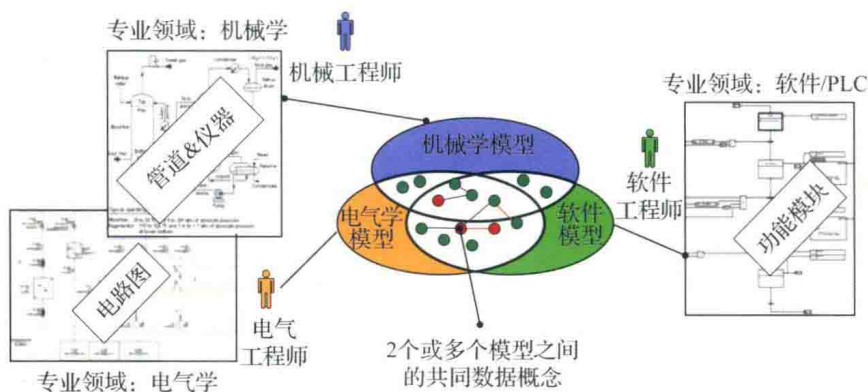


图 12-3 高效数据交换的共同概念 (Moser & Biffel, 2012)

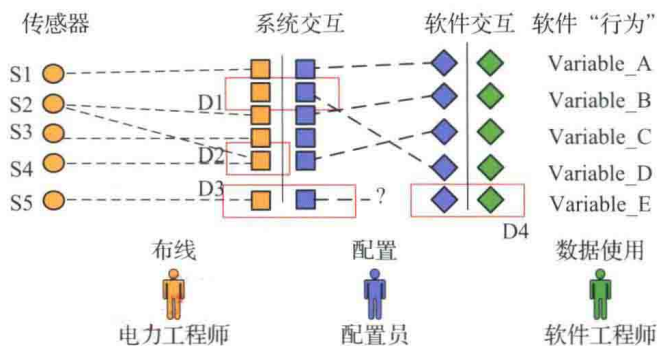


图 12-4 点对点集成测试 (Winkler & Biffel, 2012)

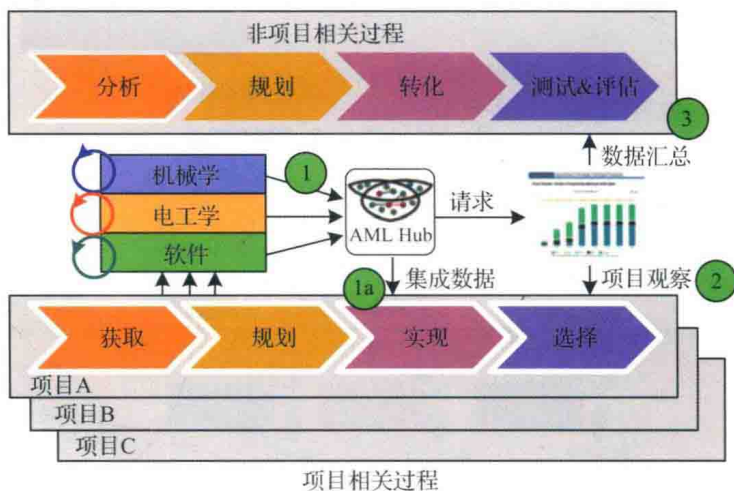


图 12-8 基于 VDI 3695 的改进过程 (VDI/VDE 3695, 2010, 2014)

.. 译 者 序 ..

为了抓住历史机遇，应对全球现代化工业技术发展的挑战，我国在 2015 年提出了实施中国制造强国战略的第一个十年行动纲领：中国制造 2025 (Made in China 2025)。为了便于从未来愿景、战略目标、发展理念、科研创新、核心技术以及工业应用等方面与德国工业 4.0 对标，受德国同事、原书作者的指定，中德工业技术研究院组织翻译了这套“德国工业 4.0 大全 第 1~4 卷”，希望对实施中国制造 2025 提供“他山之石”，这也是原书作者对我们的极大信任和期待。

这套“德国工业 4.0 大全 第 1~4 卷”，分为“智能生产技术”“自动化技术”“智能物流技术”和“技术应用”，系统、详细地介绍了德国工业 4.0 的最新成果和进展。本书为第 2 卷，围绕着自动化功能、原理和结构，从元件设计到系统集成，详细介绍了工业自动化技术在德国工业 4.0 中的地位、作用和实施情况。

本书的翻译是在中德工业技术研究院和中德智能技术博士研究院的鼎力支持下，由同济大学中德学院机械学部德国 CONTACT 基金教席（开发方法与产品可靠性方向）林松教授、德国 JUNGHEINRICH 基金教席（技术物流方向）房殿军教授和天津大学机械工程学院邢元副教授承担。参加本书初稿翻译的人员（按姓氏拼音字母排序）还有陈泽华、郭紫薇、牛梦格、秦念对、孙衡、宋泽芸、

叶婷婷、杨怀志、袁佩瑶、朱旭，在此对翻译组全体人员的辛勤劳动和不懈努力表示衷心感谢。

本书的原书中出现了大量的新概念，尽管译者与原作者对其在语义上做了大量的沟通，但由于目前尚无对应的中文专业术语，中文版中难免出现术语不够精准之处，再加之时间仓促，在行文流畅方面还存在一定的不足，敬请广大读者谅解。

译者：林松教授 同济大学中德学院

房殿军教授 同济大学中德学院

邢元副教授 天津大学机械工程学院

2019年3月

.. 前 言 ..

2014年本套“德国工业4.0大全 第1~4卷”的第1版出版，名为《Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik》(Bauernhansl, ten Hompel, Vogel-Heuser)，在工业4.0领域的专业文献上迈出了重要的一步。但是，我们清楚地认识到，书的内容一直保持不变不符合当前技术快速发展的要求。因此，我们决定从第2版开始把第1版分为4卷，以建立德国工业4.0的框架。工业4.0如今在世界范围内被广泛讨论并付诸实践。本套书由一篇篇独立的关于工业4.0在生产、物流和自动化领域中的课题文献组成。

第2版不仅对第1版的内容进行了修订，还在以下方面增加了许多新的内容：

- ❑ 价值生成的数字化
- ❑ 工业4.0中的自动化应用场景
- ❑ 信息物理系统的运行
- ❑ 工业4.0中的工程应用
- ❑ 自动化中的纵向和横向集成
- ❑ 工业4.0中的数据挖掘和数据分析及其法律问题
- ❑ 工业4.0中的人与机器之间的相互作用
- ❑ 作为信息物理系统一部分的智能电荷载体

- 工业 4.0 中的物料搬运技术
- 具有工业 4.0 功能的工业卡车
- 工业 4.0 系统中的混合服务
- 工业 4.0 中的物流系统的传感器和执行器
- 工业 4.0 中的物流系统的管理

为了实现内容上的全面扩展，我们组织了来自科学界和工业界的众多专家作为撰写团队，从科研和实践的角度来准备主题内容，就像对第 1 版所做的那样。我们只有从科研和实践的角度来阐述、讨论和解决问题，才能得出我们的观点，展现出迈向工业 4.0 愿景的迁移路径。随着科学技术的发展，已呈现出许多成功的应用案例。从这个意义上讲，本套书可以作为研究人员、制造业从业人员和学生的参考书，而对于所有想从事这些令人兴奋的课题研究的读者，本套书也会有所帮助。

感谢所有的作者、出版商、编辑团队和所有为本套书做出贡献的人。特别感谢 Springer 出版社的 Sigrid Cuneus 以及我们的同事 Andreas Bildstein 和 Sascha Feldhorst，他们持续不懈的组织和协调工作，奠定了将浩繁的技术积累转化为本书的基础。

Birgit Vogel-Heuser

Thomas Bauernhansl

MichaeltenHompel

2016 年 4 月

译者序

前言

第一篇 工业 4.0 的应用场景

第 1 章 工业 4.0 的实际应用 2

- 1.1 工业生产中的物联网 2
- 1.2 减少工厂中媒介中断的技术范例 4
- 1.3 应用实例 7
- 1.4 评价与展望 20
- 1.5 总结 26
- 1.6 参考文献 27

第 2 章 基于代理的互联智能生产设备的动态重构 29

- 2.1 工业 4.0 示例: MyJoghurt 29
- 2.2 不同场景及随之而来的挑战 31
- 2.3 范例的结构和基本流程 36
- 2.4 示范工厂的基于代理的连接方式 37
- 2.5 参考文献 40

第3章 在基于机器人的工厂中集成多样化控制系统的应用实例 …… 42

- 3.1 引言 …… 42
- 3.2 编程 …… 44
- 3.3 传感器和执行器的通信和集成 …… 48
- 3.4 总结 …… 53
- 3.5 参考文献 …… 54

第4章 工业4.0中“即插即生成”的应用案例 …… 56

- 4.1 工业4.0对自动化的影响 …… 56
- 4.2 工业控制过程的“即插即生成” …… 59
- 4.3 工业实时网络的“即插即生成” …… 63
- 4.4 总结 …… 66
- 4.5 参考文献 …… 67

第二篇 信息物理系统的运行

第5章 通过信息物理系统提高协作生产率 …… 70

- 5.1 引言 …… 70
- 5.2 生产控制中的挑战 …… 71
- 5.3 信息物理系统中的协作生产率 …… 73
- 5.4 工业4.0的管理方法 …… 74
- 5.5 应用案例 …… 82
- 5.6 参考文献 …… 86

第6章 面向代理的移动机器人将现有异构自动化生产系统连接至工业4.0系统 …… 88

- 6.1 动机 …… 88

- 6.2 生产 - 运输一体化的概念 91
- 6.3 示范机器人集成代理网络的实施 100
- 6.4 机器人集成代理网络示范的评价 102
- 6.5 总结与展望 108
- 6.6 参考文献 110

第 7 章 高性能自动化使信息技术和生产相结合 111

- 7.1 分类 111
- 7.2 对未来生产的要求 112
- 7.3 对未来自动化技术的要求 113
- 7.4 工业 4.0 的必要前提 113
- 7.5 高性能自动化 115
- 7.6 通信——世界与个人计算机相遇 125
- 7.7 工业 4.0 必要元素——加工步骤和流程的本体学和分类学 128
- 7.8 工业 4.0 环境下的多样化标准 133
- 7.9 总结 134
- 7.10 参考文献 135

第 8 章 以基于 PC 的控制技术作为智能网络化生产系统的基础 138

- 8.1 生产技术的变迁 138
- 8.2 基于 PC 的控制技术 140
- 8.3 网络化智慧工厂 141
- 8.4 高性能控制技术 146
- 8.5 科学自动化——it's OWL-ScAut 149
- 8.6 普遍的一体化工程 152
- 8.7 总结 157
- 8.8 参考文献 158

第三篇 工业 4.0 中的工程理念

第 9 章 Clip X：控制柜生产的工业化之路 160

- 9.1 概述 160
- 9.2 控制柜制造过程中的过程链 163
- 9.3 工业 4.0 背景下的控制柜制造 167
- 9.4 实践实例 171
- 9.5 总结 175
- 9.6 参考文献 176

第 10 章 面向设备模型工程的集成平台需求和解决方案 178

- 10.1 引言 178
- 10.2 应用 181
- 10.3 对于不间断模型和连续工具链的需求 185
- 10.4 独立于制造商的集成平台 AML Hub 188
- 10.5 解决方案的比较 192
- 10.6 流程支持 196
- 10.7 总结与展望 198
- 10.8 参考文献 199

第 11 章 自动化标记语言概述 202

- 11.1 引言 203
- 11.2 被涵盖的设计流程及其设计数据 206
- 11.3 应用实例 212
- 11.4 AutomationML 的基本架构 213
- 11.5 系统拓扑和系统元素的建模 216
- 11.6 集成对象语义 225

- 11.7 几何学和运动学 …… 228
- 11.8 行为建模 …… 231
- 11.9 网络建模 …… 235
- 11.10 集成额外的外部信息 …… 244
- 11.11 应用流程 …… 244
- 11.12 总结 …… 247
- 11.13 参考文献 …… 247

第 12 章 工业生产系统的异构和分布式开发环境中的质量保证 …… 250

- 12.1 引言 …… 250
- 12.2 项目角色和要求 …… 254
- 12.3 综合数据模型和数据 …… 256
- 12.4 集中检查和集成测试 …… 258
- 12.5 观察关键过程和项目参数 …… 260
- 12.6 产品监控项目和质量管理 …… 264
- 12.7 总结 …… 266
- 12.8 展望 …… 267
- 12.9 参考文献 …… 268

第 13 章 工业 4.0 组件中自动化装置的集成 …… 270

- 13.1 引言 …… 270
- 13.2 I40 组件 …… 273
- 13.3 AT 设备的模型 …… 274
- 13.4 AT 设备的设备说明 …… 277
- 13.5 应用案例 …… 281
- 13.6 总结 …… 282
- 13.7 参考文献 …… 283

第 14 章 语义网对工业 4.0 工程的贡献 …… 284

- 14.1 引言 …… 284
- 14.2 语义网简介 …… 286
- 14.3 分析框架 …… 288
- 14.4 在工业场景中使用语义网技术 …… 293
- 14.5 语义网技术的局限性 …… 300
- 14.6 总结 …… 301
- 14.7 致谢 …… 302
- 14.8 参考文献 …… 302

第 15 章 诊断异构工程数据的不一致性 …… 305

- 15.1 引言 …… 305
- 15.2 应用实例 …… 307
- 15.3 不一致性管理的要求 …… 308
- 15.4 研究现状 …… 310
- 15.5 不一致性诊断的概念 …… 316
- 15.6 未来工作的结果和研究主题的讨论 …… 320
- 15.7 参考文献 …… 322

第 16 章 通过接口技术实现制造业中的数据集成 …… 325

- 16.1 引言 …… 325
- 16.2 接口快速标准化的灵活方式 …… 327
- 16.3 使用 PLT 实例来阐释灵活标准化方法的使用 …… 329
- 16.4 以模块集成为例的标准化 …… 331
- 16.5 工业 4.0 环境中的数据集成应用案例 …… 334
- 16.6 参考文献 …… 337