

 **Fraunhofer**
IAO

独家授权

本书由参与德国联邦工业 4.0 国家战略规划的
Fraunhofer 劳动经济与组织研究所独家授权

**学习
工业 4.0
权威版本**

工业 4.0 实践手册

[德] 迪特·斯帕特 主编 周军 译

奥利弗·甘萨尔 斯特凡·格尔拉赫 莫里兹·海摩尔乐
托比亚斯·克劳瑟 塞巴斯提安·氏伦德



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

 Fraunhofer

IAO

独家授权

工业 4.0 实践手册

[德] 迪特·斯帕特 主编 周军 译

奥利弗·甘萨尔 斯特凡·格尔拉赫 莫里兹·海摩尔乐
托比亚斯·克劳瑟 塞巴斯提安·氏伦德

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

工业4.0实践手册 / (德)斯帕特主编;周军译. —北京:北京理工大学出版社, 2015.9
ISBN 978-7-5682-0982-3

I. ①工… II. ①斯… ②周… III. ①制造业—研究—德国 IV. ①F451.664

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第176703号

北京市版权局著作权合同登记号 图字 01-2015-3083 号

©Fraunhofer IAO, Stuttgart 2013

The original edition is published under the title: Produktionsarbeit der Zukunft –
Industrie 4.0

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京旭丰源印刷技术有限公司

开 本 / 787毫米 × 1092毫米 1/16

印 张 / 13.25

字 数 / 240千字

版 次 / 2015年9月第1版 2015年9月第1次印刷

定 价 / 89.00元

责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 张慧峰

责任校对 / 孟祥敬

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换



前言

到目前为止，德国一直雄踞世界工业强国的地位。工业生产关系到国民的富裕、就业和我们的未来。即使处于生产转移到低工资国家的时代，德国的工业地位仍因其灵活应对、高品质的产品和稳健的工业生产而得以继续保持，亮点行业尤其如此，比如机械设备制造、电子技术和汽车制造。

近年来，德国这些重点行业的生产规模得以精简，提高了灵活应对的能力，因此在生产率和及时供货方面取得了巨大成绩。目前，工业生产面临一场新的变革。在工业4.0的响亮口号号召下，信息通信技术将全方位地进入人类的生活，所有东西、服务和数据将连成一个网络，从而使得实时生产成为可能。随着自主物体（自主物体是自身有一个电子编号，且装配有感应器的物体〔可以是产品，可以是包装，抑或是运输载体〕。在整个物流链条内，它能自主地调配生产资料 and 工具、设计运行路线，直至出库运至销售点。它能随时存储自身和外部的数据，定时发给IT系

统，供其进行分析之用）、移动通信和实时传感器的出现，分散式控制和程序特别设计等新型行为随之出现，快速并灵活地对客户要求做出响应，以及在批量小、产品种类丰富的情况下保持生产经济性的能力亦随之提高，从而再次提高了竞争能力，出现了客户参与的新商业形式。这样看来，众人谈及的“第四次工业革命”即将呼之欲出。

但有一点是绝对肯定的，那就是在一座全过程被虚拟化和信息化的未来工厂中，生产工人依然处于中心地位。我们高素质的员工负责排除被扫描出来的缺陷，而这种缺陷会一直存在。高素质的员工拥有多年评估和解决紧急状况的经验，作为劳动力，他们将其创造性和灵活性融入工作流程中去。与此同时，新技术和新辅助工具为员工提供了迄今为止无法想象的发挥空间。他们的能力被有效地运用，单调且令人疲劳的工作量将减少。

德国的制造业现在面临着决定性的变革，而这项变革我们可以自己参与设计。在设计过程当中，我们可以充分利用工业4.0的技术，进一步完善精益生产的概念，有效地挖掘员工的潜能。

迄今共有661个企业和21位闻名遐迩的工业4.0的专家踊跃参加到本书的研究中来，这证明该课题得到了社会广泛的关注。同时我们认为，工业4.0依然很模糊，缺乏能实证其具体好处的例

证。本书正是要改变这个状况。我们的目标是充分认识新技术的可能性，利用良好的时机来积极塑造德国工业生产的未来。

让我们开始干吧！

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Späth', written in a cursive style.

迪特·斯帕特

内容摘要

在过去几年中，爆发了自“二战”结束后最大的经济危机，之后经济又快速回升，这证明工业生产是德国保持稳定竞争力的基石。多变的市场、全球运作的新市场参与方、快速变化的销售市场、客户对定制产品的需求和精简的生产流程，都要求我们的生产流程和参与生产的员工更加灵活、反应能力更强，同时还要保持高水平的生产率和质量。

新的形势会给最新的技术发展（比如灵活的低成本自动化和移动装置以及社交媒体的使用，包括在生产领域使用这些东西）带来利好。在这个大背景下，人们不禁会问将来的制造业是什么样子的。

德国弗劳恩霍夫劳动经济和组织研究所在本书中对以下主导性问题进行了研究：

※德国的生产性企业对制造业的发展有什么样的期待？

※应用新技术（如在生产中应用移动装置、网络物理系统和社交媒体）会为成功的制造业带来哪些解决方案？

※用工灵活性的大趋势会给制造业带来什么样的影响？

《工业4.0实践手册》针对的读者均来自生产性企业和技术性

强的行业，特别是管理人员、专业人才、咨询顾问，以及对未来德国制造业感兴趣并有意参与这个过程的人。

本书的宗旨

本书为积极参与第四次工业革命的人创造了一个工作依据，也为给走向工业4.0的企业提供了一份支持。为此，我们特别分析了未来的生产要求以及德国工业生产的未来面貌，以求让德国工业在全球市场成功地站住脚，让企业有能力快速抓住工业4.0带来的机会应对未来可能出现的挑战，进一步确保并加强德国工业生产的地位。

图1显示，市场对短期人力的灵活性需求正在不断上升。由此可以看出，未来企业为了保持竞争力，在人力资源方面需要新的解决方案。

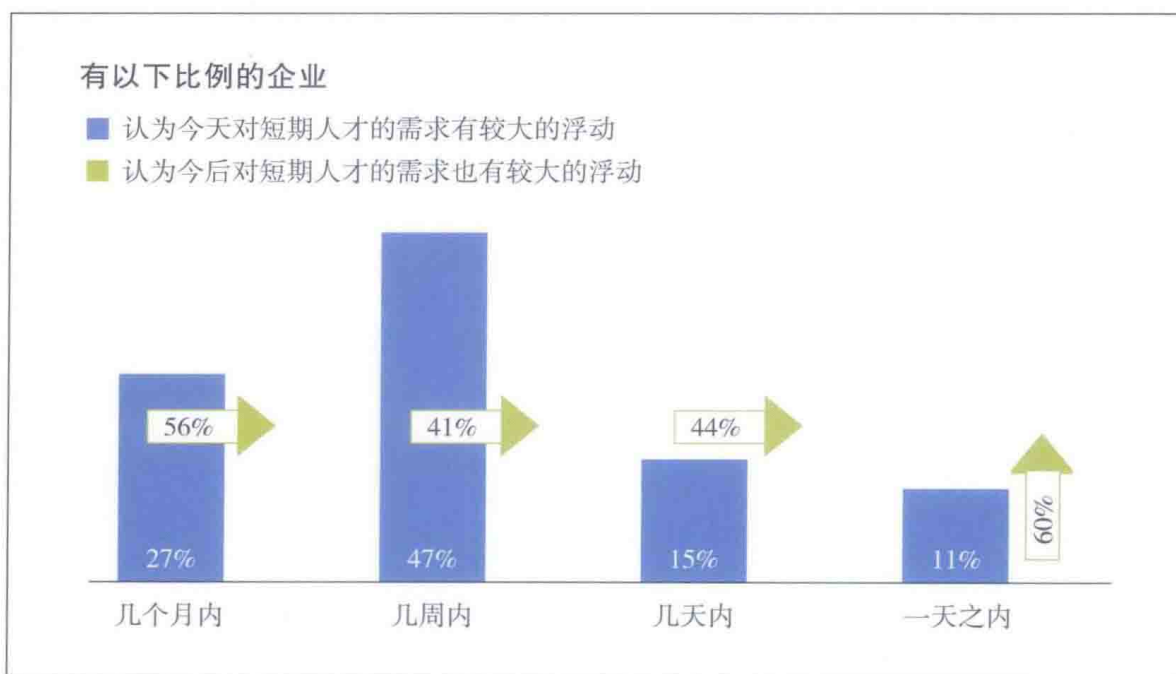


图1 对人才的浮动需求，在今天对许多企业来说早已成为常态。将来企业在这方面面临的挑战会愈发激烈，因为随着市场的变化，对人才需求的浮动会越来越大

研究方法

本书基于两份问卷。首先，661家企业参与了一个邮递和网上问卷的联合调查活动。四分之三的被访对象为公司总经理、生产部经理和车间主任，还有德国工业界的21位著名专家，他们是创新型生产企业和高科技企业的管理人员、各个生产领域和工业4.0中的首席科学家以及协会和工会的代表性人物。

结果

本书综合企业和市场对未来生产的期待，得到一些主要结论：

※小批量生产的自动化成为可能，但人力劳动依然是生产的一个重要组成部分；

※灵活性依然是德国工业生产的一个关键因素——未来的反应时间比今天更加短暂；

※在未来，灵活性的组织要有针对性和系统性，泛泛意义上的灵活性已经行不通了；

※工业4.0比单纯的CPS联网的内涵要大得多，包括通过人和物的智能数据收取、数据存储和数据配送；

※分散式控制机制将会增加，能完全自主，且更加分散化，在可预见的将来不会出现能自我控制的物体（原则为分散式控制，而非集中控制。在组织结构中，存在有多个分散的系统。它们能够单独做出决策，自我决定物流的路线，因为整个大系统太复杂，集中决策会影响分系统决策的正确性和单独性。但分系统之间也有数据交流和通信，以协调它们之间的步骤）；

※在设计智能生产设备时，要考虑人身安全和数据安全事宜；

※传统意义上的生产工人和科技员工的工作将进一步融合，生产

工人会越来越地参与产品研发的过程；

※为完成短期不可计划的工作，员工需要接受岗位培训。

小结

上述结论反映了理论界和实践部门的预期态度，我们可以将其作为建议和讨论的依据，目标在于可持续性地推动并加强德国工业生产的竞争能力。德国弗劳恩霍夫劳动经济和组织研究所组织编写的这本书对未来的成功转型和未来企业实现新工作环境作出了贡献。

参与途径

德国弗劳恩霍夫劳动经济和组织研究所于2013年夏天启动了“制造业4.0创新网络”。在这个网络中，工业企业和科研合作伙伴共同致力于回答关于德国未来制造业形式等问题，并找出解决方案。图2清楚地表明创新网络的原则，那就是给企业一个为未来“工业4.0”创建应用场景和实验单独案例的平台。分析的重点是如何在整个生产周期中灵活利用生产资源、设备和模具。

德国弗劳恩霍夫劳动经济和组织研究所提供的“工业4.0未来实验室”，可以帮助生产企业按照工业4.0原则来实验应用案例。

请参与到未来制造业的设计当中！



图2 在创新网络中积极塑造制造业的未来 —— 制造业4.0创新网络

注：IDEE 创意
 EFFIZIENZ 效率
 PLAN 计划
 ERFOLG 成功

KREATIV 创造性
 TEAMWORK 团队精神
 LÖSUNG 解决方案

目录

我们的起点

1 本书的起始状况	1
1.1 工业生产对经济地位的稳定和提升至关重要	1
1.2 今天的制造业处于自动化和整体生产体系之间	4
1.3 经济发展和挑战	6
1.4 未来的制造业——工业4.0	11

2 本书的宗旨和构思

15

2.1 本书的宗旨	15
2.2 本书的构思	16

我们是怎么做的？

3 研究方法	19
3.1 对企业管理人员的问卷调查	20
3.2 对专家的面访	25

4 参与调查的专家简介	27
4.1 来自经济界的专家及其观点	27
4.2 来自协会的专家及其观点	29
4.3 来自科技界的专家及其观点	31

我们过去的认识

5 最重要的认识：灵活的工作方式确保了德国工业生产强国的地位	33
5.1 德国工业生产——今天是顶尖的，明天也是	34
5.2 对生产的要求不断上升	36
5.3 未来生产方式的雏形已经触手可及	37
5.4 新技术带来的可能性能改变未来的生产	39
5.5 人力劳动依然是提高生产率的关键因素	41
5.6 工业4.0：进化式的推进，革命性的效果	44

即将实现的未来

6 未来的劳动——人与自动化	47
6.1 全自动化在许多市场会水土不服	49
6.2 利用人的能力，给人以支持	51

7 联网和移动通信——巨大的潜力	55
7.1 生产联网的出现提供了新的可能性	55
7.2 在工作环境中使用移动通信技术的重要性将会增加	56
7.3 社交媒体运用于生产中的潜力还没有穷尽	59
7.4 移动辅助装置帮助人的新途径	62
7.5 数据记录成本更少，记录质量更好	65
8 未来的制造业——灵活性是一张王牌	69
8.1 灵活的制造业：今天很重要，明天是王牌	70
8.2 多变的市场和以员工为导向使得灵活性成为关键因素	73
8.3 现在的灵活性手段当前尚能做出快速反应，但到未来就不够用了	78
8.4 未来制造业的灵活性还要适应更快的速度	85
8.5 最佳实践案例之斯图加特机场：用工灵活性给企业和员工均带来好处	89
8.6 灵活性的提高导致成本的增加，降低成本要靠生产工人的直接参与	91
8.7 员工素质是未来灵活用工的关键	93
8.8 提高灵活性会产生成本，需要补偿	95
8.9 灵活用工的社会地位必须得到积极的构造	96

9 生产控制4.0——实时数据让生产变得更加精干、更加分散	99
9.1 在未来，生产控制面临着巨大的挑战	99
9.2 “透明”的展望	102
9.3 对“分散控制和辅助系统”的展望	106
9.4 对“自主和自我管理”的展望	110
9.5 控制的任务依然由人来承担	113
9.6 工业4.0不等于CIM2.0	114
9.7 生产4.0也能精简	116
9.8 最新的企业资源规划（ERP）系统还不足以成熟 到搞工业4.0	118
10 今后，制造业和科研的融合将更加重要	123
10.1 启动程序能够以新的方式得到辅助	125
10.2 将来，协调成本会上升	126
10.3 经验回流的速度更快	128
11 工业4.0——重新思考制造业	133
11.1 工业4.0还没有被企业接受	133
11.2 在未来的联网中，物与人将更加紧密	135
11.3 工业4.0是应对未来挑战的解决方法	137

11.4	在完全实施之前，许多因素已经到位了	139
11.5	关于工业4.0来临的时间节点，人们众说纷纭	141
11.6	工业4.0是德国工业生产的机遇	143
11.7	逐步转型	144
11.8	新的挑战需要新的素质	146
11.9	未来的人力工作是怎样的？更好还是更坏？与想象不一样！	152
11.10	人在工业4.0中起着决定性的作用	155

等待我们的是什么？

12	本书成果概述	159
13	关于未来生产的论断	163
14	迈向未来制造业的下几步	165

附录

	我们是谁？	167
	我们要感谢的人	172
	我们的调查方式	177
	引用著作来源	182