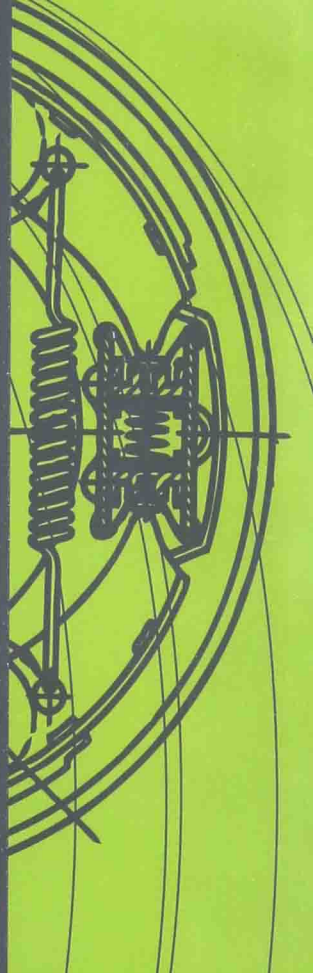


Industry 4.0

The last time the industrial revolution



工业4.0

最后一次工业革命

■ 王喜文 著

工业 4.0

最后一次工业革命

王喜文 著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

内 容 简 介

本书用通俗的语言介绍德国“工业 4.0”的背景、内涵、目标，以及最终用意——争夺国际标准主导权，全面揭开“工业 4.0”的背后秘密——抗衡美国和压制中国制造业，并描绘了未来“智能制造”的全景图。同时，结合国际、国内情况，分析我国面临“工业 4.0”的优势与劣势、机遇与挑战，从“制造”到“智造”的实现路径，并畅想中国版的“工业 4.0”。

本书可作为政府机关、科研机构、制造企业、金融投资机构在“工业 4.0”方面的参考用书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

工业 4.0：最后一次工业革命/王喜文著. —北京：电子工业出版社，2015.1
ISBN 978-7-121-25054-5

I. ①工… II. ①王… III. ①产业革命—世界—通俗读物 IV. ①F419-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 286320 号

策划编辑：李树林

责任编辑：李树林

印 刷：北京天来印务有限公司

装 订：北京天来印务有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：720×1 000 1/16 印张：10 字数：139.2 千字

版 次：2015 年 1 月第 1 版

印 次：2015 年 1 月第 1 次印刷

印 数：4 000 册 定价：38.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

序

最近，习总书记在首届世界互联网大会的贺词中指出：当今时代，以信息技术为核心的新一轮科技革命正在孕育兴起，互联网日益成为创新驱动发展的先导力量。信息技术已在深刻影响和改变人类社会，而制造业正是其应用的重要领域。互联网技术的飞速发展，给传统制造业的发展方式带来颠覆性、革命性的影响。应用信息技术，能实时感知、采集、监控生产过程中产生的大量数据，促进生产过程的无缝衔接和企业间的协同制造，实现生产系统的智能分析和决策优化，使智能制造、网络制造、柔性制造成为生产方式变革的方向。从某种程度上讲，以制造业互联网化为代表的工业互联网化正成为大家关注的焦点，并应成为工业化和信息化两化融合的前沿和重点。

就产品而言，随着信息技术在制造业领域的广泛渗透，互联网技术、人工智能、数字化技术嵌入传统产品设计，使产品逐步成为互联网化的智能终端。例如，汽车将不仅仅是嵌入了电子产品的交通工具，在未来会成为网络产品——大型可移动的智能终端，具有全新的人机交互方式，通过互联网终端把汽车改造成为一个包含硬件、软件、内容和服务的体验工具。

从制造模式看，工厂的集中生产将向网络协同生产转变。信息技术使不同环节的企业间实现信息共享，能够在全球范围内迅速发现和动态调整合作对象，整合企业间的优势资源，在研发、制造、物流、服务等各产业链环节实现全球分散化生产。这也使得传统信息技术企业有机会更多地参与到制造业创新之中，而传统制造企业则向跨界融合企业转变。企业生产从传统的以产品制造为核心转而提供具有丰富内涵的产品和服务，直至为顾客提供整体解决方案，互联网企业与制造企业、生产企业与服务企业之间的边界日益模糊。

当前，发达国家在完成工业化的基础上进入了信息化阶段，而我国工业化尚未完成即赶上了信息化浪潮，这为打造中国经济升级版提供了难得的历史机遇。要牢牢抓住这一机遇，把握产业发展主导权，就必须充分吸收和借鉴先发国家的有益经验，为我所用。

作为老牌工业强国，德国在信息化浪潮下充满危机意识，也在努力探索信息技术在传统产业中的应用。在行业协会的推动下，德国政府将“工业 4.0”上升为国家战略，冀望通过充分利用信息通信技术和信息物理系统相结合的手段，推动制造业向智能化转型。

德国的“工业 4.0”国家战略为中国提供了很好的借鉴，中国产业界、学术界对此进行了深入研究。令人欣慰的是，九三学社社员王喜文也跻身其中，并将自己的成果以专著形式加以展现，就是摆在我们面前的《工业 4.0：最后一次工业革命》。

长期以来，九三学社充分发挥人才和智力优势，就事关经济社会发展的重大问题进行调研，向中共中央提出了多项政策建议，受到党

和政府的高度重视。近年来，在加快工业转型发展和促进大数据、云计算、物联网等现代信息技术应用方面，九三学社先后提交了一系列极具价值的对策，对相关政策的研究制定和出台产生了重要的推动作用。

王喜文同志是九三学社中央科技委的委员，他长期从事工业信息化国别政策的研究，取得了丰硕的成果。在本书中，他通过对德国工业4.0 战略的研究，以及对我国制造业优势与劣势、机遇与挑战的比较，提出了中国制造业从“工业 3.0”到“工业 4.0”的产业路线图。相信他的见解，能为中国的两化融合提供一些很好的思路，供决策者参考。

作为九三学社中央副主席，我为九三学社拥有这样的青年才俊深感欣慰。同时，也期待更多的九三学社社员，发挥专业特长，认真踏实研究，以著书建言的方式参政议政，为国家经济社会发展贡献自己的智慧和力量。



2014年12月5日

前 言

从智能手机、智能手表到智能家居、智能电网，“智能”已经成为创新的代名词。工业领域为了适应新技术的高速发展，也冠以“智能”来描绘智能工厂和智能制造。于是，新一轮工业革命的呼声越来越高。美国学者杰里米·里夫金预言了“第三次工业革命”，德国政府则推出定义为“第四次工业革命”的“工业 4.0”。一时间，工业革命再次成为全球关注的最大焦点。那么，这场工业革命对我国是机遇还是挑战？我们准备好了吗？

作为制造业大国，德国 2013 年开始实施一项名为“工业 4.0”的国家战略，希望在“工业 4.0”中的各个环节应用互联网技术，将数字信息与物理现实社会之间的联系可视化，将生产工艺与管理流程全面融合。由此，实现智能工厂，并生产出智能产品。相对于传统制造业，以智能工厂为代表的未来智能制造业是一种理想状态下的生产系统，能够智能判断产品属性、生产成本、生产时间、物流管理、安全性、信赖性以及可持续性要素，从而为每位顾客进行最优化的产品定制。

“工业 4.0”在德国被认为是第四次工业革命，是德国政府《高技

术战略 2020》中的一项战略，旨在支持工业领域新一代革命性技术的研发与创新，保持德国的国际竞争力。德国总理默克尔亲自不遗余力地推动“工业 4.0”，其实还有其背后的用意。

本书旨在剖析德国“工业 4.0”的本质、核心、关键、愿景、最终用意，揭示德国“工业 4.0”背后的秘密，并从信息哲学角度探讨工业软件、大数据、信息安全对制造业的影响，描绘未来制造业与信息产业的新关系。

我们通常把工业化时代称作原子的时代，把信息化时代称作比特的时代。工业革命以动力能源改变了世界的原子结构，信息革命则以计算机和互联网技术改变世界的比特结构，并重构出一个崭新的信息空间。原子代表物质，比特代表信息。智能工厂从供应商那里采购来原材料之后，添加上工艺流程信息，配送至生产制造车间，到产品出厂时打上标签，在售后服务时实现追踪溯源。这个过程将整个生产制造的全价值链环节进行信息化的汇总管理，其制造过程本身就是一直在处理信息。所以说，“工业 4.0”消除了“信息”与“原材料”本身的差别，使得制造业与信息产业二者同义化。也就是，制造业终将是信息产业的一部分。那么，“工业 4.0”也将是最后一次工业革命。

本书完稿于 2014 年 10 月，恰系我在中国浦东干部学院参加由中央统战部组织的“民主党派中青年干部培训班”期间。由于时间匆忙，其中难免有不当之处，还请读者指出并谅解！

王喜文

2014 年 11 月 10 日

目 录

001 第一篇 带着疑问看德国“工业 4.0”

004 第一章 为何是 4.0?

008 第二章 “工业 3.0”与“工业 4.0”有哪些不同?

014 第三章 “工业 4.0”具体能实现什么?

021 第四章 “工业 4.0”能带来哪些改变?

027 第五章 “工业 4.0”能产生多大价值?

031 第二篇 “工业 4.0”的科学发展观

033 第六章 本质是基于“信息物理系统”实现“智能工厂”

044 第七章 核心是动态配置的生产方式

049 第八章 关键是信息技术应用

053 第九章 愿景是解决能源消费等社会问题

058 第十章 最终用意是标准化

067 第三篇 “工业 4.0”背后的秘密

069 第十一章 美、德的制造业回归现象

072 第十二章 以电子商务模式区分美、德制造业

- 076 第十三章 “工业 4.0” 抗衡美国
- 079 第十四章 “工业 4.0” 压制中国制造业

083 第四篇 中国版“工业 4.0”畅想

- 085 第十五章 中国制造业的优势与劣势
- 090 第十六章 中国制造业的机遇与挑战
- 101 第十七章 从“制造”到“智造”的升级
- 109 第十八章 中国制造业从“工业 3.0”到“工业 4.0”的产业路线图

127 第五篇 对未来制造业的探讨

- 129 第十九章 工业软件充斥整个制造业
- 132 第二十章 大数据驱动制造业迈向智能化
- 140 第二十一章 网络信息安全同样影响工厂
- 142 第二十二章 制造业将成为信息产业的一部分

第一篇 带着疑问看德国“工业 4.0”

第一章 为何是 4.0?

第二章 “工业 3.0”与“工业 4.0”有哪些不同?

第三章 “工业 4.0”具体能实现什么?

第四章 “工业 4.0”能带来哪些改变?

第五章 “工业 4.0”能产生多大价值?

2009 至 2012 年欧洲深陷债务危机，德国经济却一枝独秀，依然坚挺。德国经济增长的动力来自其基础产业——制造业所维持的国际竞争力。对于德国而言，制造业是传统的经济增长动力，制造业的发展是德国工业增长的不可或缺的因素，基于这一共识，德国政府倾力推动进一步的技术创新，其关键词是“工业 4.0”。

德国在 2010 年公布的《高科技战略 2020》中，提出了一系列促进制造业发展的创新政策。为使该战略得到具体落实，2012 年德国政府公布题为“十大未来项目”的跨政府部门的联合行动计划，并决定在 2012 至 2015 年间向十大项目资助 84 亿欧元。被称为“工业 4.0”的未来项目，与能源供给结构调整、可持续发展等项目同步公布。“工业 4.0”未来项目，主要通过深度应用信息技术，总体掌控从消费需求到生产制造的所有过程，由此实现高效生产管理。

毫无疑问，德国是全球制造业中最具竞争力的国家之一。在制造业技术方面的创新、研发和生产，以及在日益复杂的生产制造业务管理方面的流程化，使得德国制造业遥遥领先。德国在拥有强大的机械和装备制造业的基础上，凭借在嵌入式系统和自动化领域所累积的极高技术水平，为其工业奠定了全球领军地位。也正因为如此，作为全球工业实力最为强劲的国家之一，德国在新时代的技术发展趋势下，为进一步增强国际竞争力而提出了“工业4.0”战略，旨在支持工业领域新一代革命性技术的研发与创新，保持德国的国际竞争力。

“工业4.0”还有一大特点，就是德国总理默克尔亲自不遗余力地推动。2014年7月6日至8日，德国总理默克尔在其任期内第七次访问中国，并且带来了“工业4.0”工作组的众多成员到工业和信息化部座谈，使得“工业4.0”受到我国产业界的空前重视。

第一章 为何是 4.0?

制造业大国——德国推出“工业 4.0”的国家战略之后，得到了全世界的广泛关注，也受到了行业内的广泛评议。德国希望借助于“工业 4.0”，在生产制造的各个环节应用信息技术，将信息技术与物理现实社会之间的联系可视化，将生产工艺与管理流程全面融合。由此，通过智能制造，生产出智能产品，形成智能工厂。

那么为何是 4.0 呢？

首先让我们回顾一下前几次工业革命的主要特征（图 1-1）。

◆ 工业革命 1.0

18 世纪末期始于英国的第一次工业革命，19 世纪中叶结束。这次工业革命的结果是机械生产代替了手工劳动，经济社会从以农业、手工业为基础转型到了以工业以及机械制造带动经济发展的模式。

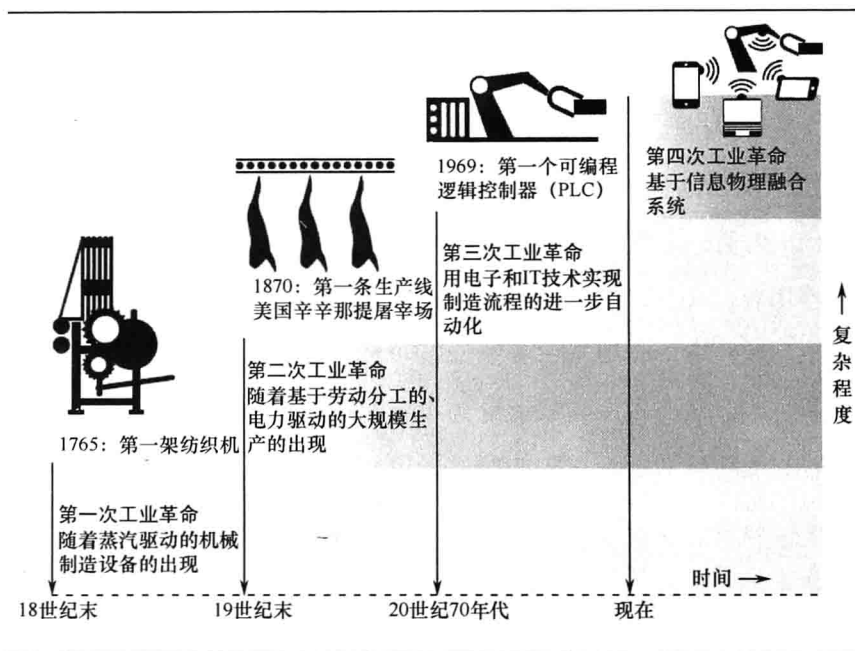


图 1-1 人类经历的四次工业革命主要特征

资料来源：《德国工业 4.0 最终报告》（作者改译）

◆ 工业革命 2.0

第二次工业领域大变革发生在 19 世纪末期，形成生产线生产的阶段。通过零部件生产与产品装配的成功分离，开创了产品批量生产的新模式。

◆ 工业革命 3.0

第二次工业革命在生产过程中产生的高度自动化，引发了第三次工业革命，它始于 20 世纪 70 年代并一直延续到现在。电子与信息技术的广泛应用，使得制造过程不断实现自动化，机械设备开始替代人类作业。

◆ 工业革命 4.0

未来 10 年，第四次工业革命将步入“分散化”生产的新时代。“工业 4.0”通过决定生产制造过程等的网络技术，实现智能制造，进行实时管理。智能制造中的生产设备具有感知、分析、决策、控制等功能，是先进的制造技术、信息技术的集成和深度融合。在智能生产过程中，传感器、智能诊断和管理系统通过网络互联，使得由单一、分散的程序控制上升到综合智能控制，从而制造工艺能够根据制造环境和制造过程的变化，进行实时优化，提升产品的质量和生产效率。

“工业 4.0”的最初概念是在 2011 年德国举办的“汉诺威工业博览会 2011”上被提出的。两年后的“汉诺威工业博览会 2013”中发布了“工业 4.0”工作组最终报告——《保障德国制造业的未来——关于实施工业 4.0 战略的建议》。“工业 4.0”在德国被认为是机械化（第 1 次）、电气应用（第 2 次）、自动化（第 3 次）之后的第 4 次工业革命。

德国“工业 4.0”与美国第三次工业革命的共同点是都基于互联网。互联网技术带给我们许多创新和意想不到，互联网思维也深深影响着制造业的产品设计与推广。可以说，互联网技术影响了人类社会，并对社会发展起了很大的推动作用，是当今社会面临的各种变革的最大根源。美国提出的第三次工业革命实质上是将互联网技术应用到新能源领域，将新能源资源的分散化、分布式配置，结合互联网技术实现能源的按需供给和双向买卖，产生智能电网，带动第三次工业革命。它本质上是推动互联网技术在新能源领域的深度应用，是新能源与互联网相融合的新一次工业革命。

在德国，“工业 4.0”的概念被认为是以智能制造为主导的第四次工业革命，旨在通过深度应用信息技术和网络物理系统等技术手段，将制造业向智能化转型。与美国的第三次工业革命说法不同，德国“工业 4.0”认为，在制造业领域，将各种资源、信息、物品和人融合在一起，相互联网的众多“信息物理系统（Cyber-Physical System, CPS）”形成了“工业 4.0”。CPS 包括智能设备、数据存储系统和生产制造业务流程管理，从生产原材料采购到产品出厂，整个生产制造和物流管理过程，都基于信息技术实现数字化、可视化的智能制造。