

工业4.0下的企业大数据

——重新发现宝藏



这是一个数据为王的时代，

从Google公司成功预测冬季流感到大数据助力奥巴马大选连任成功，无数成功的案例不断地提升着大数据的热度。

而实际上，

企业才是大数据应用的主角。

刘士军 王兴山
王腾江◎编著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

工业 4.0 下的企业大数据

——重新发现宝藏

刘士军 王兴山 王腾江 编著

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 • BEIJING

内 容 简 介

工业4.0时代,数据成为驱动企业的强力引擎;掌握大数据分析利器,发掘企业大数据宝藏,将贯穿产业完整价值链、产品全生命周期的数据转化为价值,是企业应对明天挑战的必然选择。本书从企业大数据的基本技术形态讲起,介绍了蕴藏于企业内部的大量企业数据的构成,特点,数据采集、处理和分析方法等,全面展现了企业大数据从认知到实践环节涉及的基本问题、实现技术、参考架构,并通过300多个翔实丰富的应用案例介绍了企业大数据的成功应用。

期待本书能给迈向中国制造2025的企业家和管理者以启发,给从事相关技术开发和应用的学者、技术人员、师生以参考。

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下的企业大数据:重新发现宝藏/刘士军,王兴山,王腾江编著. —北京:电子工业出版社, 2016.1

ISBN 978-7-121-27782-5

I. ①工… II. ①刘… ②王… ③王… III. ①企业管理-数据管理 IV. ①F270.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第295940号

策划编辑:李 洁

责任编辑:苏颖杰

印 刷:三河市双峰印刷装订有限公司

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

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:21.75 字数:378千字

版 次:2016年1月第1版

印 次:2016年1月第1次印刷

印 数:4000册 定价:49.00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zltts@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

FOREWORD

进入 2012 年，大数据（big data）一词已经成为热得不能再热的“热词”，至今没有冷却的迹象。从美国大选到电影票房，从淘宝网商品推荐到高考押题，互联网上的大数据应用案例不断搅动着人们对大数据威力的想象。然而，与互联网上热闹的故事相比，企业界的管理者似乎对大数据还有些迟疑。企业家们既热切地期盼着大数据将会带来新的市场机会，又感到大数据应用玄之又玄，无从下手，而且，他们更担心大数据真的像市场宣传的那样，可能毫无征兆地颠覆自己的传统优势。

实际上，企业才是大数据时代真正的主角。工业是国家的命脉，产业是繁荣的基础。贯穿制造业完整的价值链、产品的整个生命周期，都涉及大量的数据，从产品设计到企业管理，从制造过程到售后服务，浩如烟海的数据沉淀在企业的图纸柜、经营报表、磁带机和硬盘里。而且，从工业革命时代开始，企业界就已经在积累数据，很多产业数据、工艺规程、设计图纸已经成为企业宝贵的财富。发展到数字化的今天，制造业已处于一个数据爆炸的时代，随着制造技术的进步和现代化管理理念的普及，制造企业的运营越来越依赖信息技术；互联网、物联网、云计算等新一代信息技术与通信技术向企业渗透的过程中，企业数据量也呈现暴涨的态势，以超过摩尔定律的速度在快速增长。企业大数据已经开启新的机会之门，成为许多行业弯道超越的宝贵机遇。《大数据时代》作者，现任牛津大学网络学院互联网治理与监管专业教授维克托·迈尔·舍恩伯格说：“数据已经变为了一种资源，就像黄

金和能源一样宝贵，但大数据可以进行重复利用，成为经济发展的动力，刺激经济增长。”数据，是企业真正有待发掘的宝藏。

今天的企业开始拥抱互联网，开启了“互联网+制造”的创新模式，企业获取数据的能力、数据的深度与广度都大大拓展了。用国家“863计划”先进制造领域专家、清华大学王建民教授的话说：“工业大数据就是在工业领域相关信息化应用中所产生的海量数据。”注意这里的“相关信息化应用”意味着不仅包括企业内和产业链，还包括客户、用户和互联网上的数据。工业数据的采集，将催生出新的商业模式，逐渐打破工厂的边界，促进资产的流动，在全社会范围内优化资源配置。

正如麦肯锡研究报告所称：“数据，已经渗透到当今每一个行业和业务职能领域，成为重要的生产因素。人们对于海量数据的挖掘和运用，预示着新一波生产率增长和消费者盈余浪潮的到来。”对于企业而言，大数据不仅指海量数据的积累，更主要的是“价值发现”，是一种以数据创造价值的新观念、新方法和新模式。

而大数据处理技术就是那根“发现”的金手指，随着大数据处理成本的降低，大数据处理技术的日渐成熟将会进一步加速企业大数据应用的进程，成为助力制造转型的有力工具。企业通过检视自身积累的或者正在产生的数据，发掘其中蕴藏的宝贵价值，用好大数据处理和分析技术，就可以做到“点数成金”，创造出新的业务模式，发现新的业务机会。

清华大学自动化系

范玉顺

前言

PREFACE

这是一个“数据为王”的时代，从 Google 公司成功预测冬季流感到大数据助力奥巴马大选连任成功，无数成功的案例不断地提升着大数据的热度。而实际上，企业才是大数据应用的主角。从工业革命时代开始，企业界就已经积累了大量的数据，从设计到经营，从制造过程到售后服务，浩如烟海的数据沉淀在企业的图纸柜、经营报表和硬盘里……在“工业 4.0”时代，制造企业的数字将会呈现爆炸式增长态势。工业企业中，生产线处于高速运转，由工业设备所产生、采集和处理的数据量远大于企业中计算机和人工产生的数据，企业数据也像互联网数据一样，以超过摩尔定律的速度在快速增长，这，才是真正的宝藏。

大数据技术正在带来一场革命。大数据意味着海量、多样、迅捷的处理需求，实时、多元、深入的分析，企业需要面对挑战，积极应对。大数据并非仅仅是指数据体量“大”，更重要的体现是数据当中的巨大价值，是一种新的思维方式。大数据时代的企业需要数据思维，数据是资产，是生产要素，就像原料、电力一样重要。大数据更是一种创新资源，它从产业结构转变、传统制造业升级、商业组织变革、“互联网+”和“大众创业，万众创新”等方面影响着经济增长方式，助推创新，驱动发展。

数据就在那里，生生不息；你用了，就能获得洞察与先知；你不用，别的企业，竞争对手也许会去用；人未动，而胜负已分。

本书全面论述了企业大数据的内涵、模式和相关技术，从企业大数据的基本技术形态讲起，展现了蕴藏在企业内部的大量企业数据的构成，特点，采集、处理和分析方法等，较为全面地介绍了企业大数据从认知到实践环节涉及的基本问题、实现技术、参考架构等，并通过 300 多个翔实的应用案例介绍了企业大数据的成功应用。

全书共分三部分十六章，第一部分，企业大数据宝藏，介绍了蕴含在企业设计、生产、管理、供应链、营销、服务等环节的大数据，以及与企业相关的外部大数据，帮助企业认知自身的大数据资源。第二部分，发掘大数据的价值，从唤醒沉睡的数据、构建统一的企业数据平台、引入企业大数据处理技术和利用大数据重构企业智慧等方面描述了企业应用大数据技术、挖掘大数据价值的方方面面，并通过精细管控、营销、采购、质量、售后、生产和人力资源管理中的大数据应用案例，进一步描述了大数据技术应用于企业的途径和成效。第三部分，大数据时代的企业，展示了服务型制造、社交商务、个性化定制等大数据时代的企业业务新模式，以及大数据催生的数据服务新业态。

本书作者来自高校和软件企业，在长期从事制造业信息化应用研发和推广中，对企业大数据的内涵与应用有着深刻的理解，积累了丰富的实践经验和案例。全文由刘士军、王腾江执笔，王兴山统稿。山东大学崔立真、潘丽、武蕾老师及魏艺、王立强和嵇存三位同学和浪潮通软公司王相成、薛雨萌等承担了大量的材料组织、校对、排版等工作。

在本书编写过程中，作者曾以各种方式向清华大学王建民教授、美国佐治亚理工学院 Calton Pu 教授等专家咨询和请教。在此，向所有对本书提供过帮助的诸位专家学者一并致谢。同时，我们也对电子工业出版社为本书出版给予的大力支持，对策划编辑李洁所付出的耐心和辛勤的工作表示真挚的谢意。

本书得到了科技部创新方法工作专项（2015IM010200）课题的支持。

本书参考与借鉴了来自互联网和众多咨询公司的研究报告，这些内容大部分已经在书后的参考文献中列出，但仍难免有所遗漏，在此对所有这些文献的相关作者表示衷心感谢。

编著者

2015 年 11 月

工业 4.0 + 大数据 = 重新布局的机会 / 1

第一部分 企业大数据宝藏 / 9

第 1 章 设计大数据 / 19

- 1.1 当成吨的图纸变成数据 / 19
- 1.2 巨型风洞和工程分析数据 / 20
- 1.3 从数据中发现设计知识 / 24
- 1.4 数据驱动的设计 / 26

第 2 章 生产大数据 / 31

- 2.1 机器生成的数据 / 31
- 2.2 数字车间，从感知到智能 / 32
- 2.3 数据驱动的制造 / 37
- 2.4 设备运维数据 / 39
- 2.5 数据支持的能源管理 / 41

第 3 章 管理大数据 / 45

- 3.1 ERP 大数据 / 47
- 3.2 CRM 大数据 / 48
- 3.3 SRM 大数据 / 51
- 3.4 质量管理大数据 / 53

第4章 供应链大数据 / 57

4.1 隐藏在企业供应网络中的数据流 / 57

4.2 供应业务数据 / 58

4.3 物流数据提高配送和仓储的效能 / 59

4.4 大数据驱动的京东供应链体系 / 63

第5章 营销大数据 / 66

5.1 通过数据洞察客户需求 / 66

5.2 数据驱动的精准营销 / 68

5.3 利用数据改善用户体验 / 73

第6章 服务大数据 / 79

6.1 智能设备感知数据 / 79

6.2 数据支持的产品即服务 / 83

第7章 “外部”大数据 / 87

7.1 电子商务大数据 / 88

7.2 社交网络大数据 / 91

7.3 宏观经济大数据 / 93

7.4 上下游大数据 / 95

7.5 云中业务大数据 / 95

7.6 物联网大数据 / 96

7.7 公共大数据 / 96

7.8 未连接的大数据 / 98

第二部分 发掘大数据的价值 / 101

第8章 唤醒沉睡的数据 / 107

8.1 厚数据、快数据、慢数据 / 107

8.2 起航你的大数据之旅 / 111

8.3 唤醒数据五步走 / 114

8.4 借助商务智能软件 / 115

8.5 大数据重塑企业信息化的价值 / 118

第9章 构建统一的企业数据平台 / 125

9.1 统一企业数据平台 / 125

9.2 内外数据，兼收并蓄 / 127

9.3 连接设备数据 / 131

9.4 多源企业数据融合 / 132

第10章 企业大数据处理技术 / 136

10.1 大数据处理流程 / 137

10.2 一站式大数据平台 / 140

10.3 企业大数据分析 / 143

10.4 数据可视化 / 149

10.5 主流企业大数据处理平台介绍 / 162

第11章 大数据重构企业智慧 / 178

11.1 数据背后的因果关系 / 179

11.2 关联比因果更有价值 / 182

11.3 发现企业知识 / 193

11.4 成就更佳的商务智能 / 195

11.5 量化，精准 / 209

11.6 预见未来 / 216

11.7 引导创新 / 221

第12章 企业大数据应用案例 / 224

12.1 精细管控：大数据实现事前算赢 / 224

12.2 人才管理：大数据助力才尽其用 / 227

12.3 精准营销：大数据重构企业营销 / 231

12.4 协同采购：大数据驱动智能采购 / 241

- 12.5 量化质管：大数据确保品质专一 / 242
- 12.6 流程优化：大数据让生产八面玲珑 / 243
- 12.7 贴心售后：大数据提升服务水平 / 245
- 12.8 在线监测：大数据玩转智能机械 / 246

第三部分 大数据时代的企业 / 249

第 13 章 大数据推进制造服务转型 / 252

- 13.1 服务型制造与制造即服务 / 252
- 13.2 从被动服务到主动服务 / 261
- 13.3 构筑服务生态系统 / 262

第 14 章 大数据助力社交商务 / 266

- 14.1 社交媒体正在改变商务 / 267
- 14.2 企业网络联通社交商务 / 275
- 14.3 大数据分析引导社交商务 / 279
- 14.4 社交商务案例 / 283

第 15 章 大数据推动个性化定制 / 288

- 15.1 C2M：从大规模生产到大规模定制，再到规模化、个性化定制 / 288
- 15.2 C2B：用户参与的创造 / 298
- 15.3 大众创业，万众创新，创客来了 / 300
- 15.4 大数据为规模化定制生产提供基础 / 302

第 16 章 大数据催生数据服务产业 / 311

- 16.1 大数据产业生态圈的雨后春笋 / 311
- 16.2 “数业有专攻”之机器数据的引擎 / 318
- 16.3 “数业有专攻”之可视化呈现 / 321
- 16.4 阿里十年数据路 / 325

后记 / 331

参考文献 / 333

工业 4.0 + 大数据 = 重新布局的机会

改革开放以来，我国制造业取得了举世瞩目的成就。2012 年，我国制造业增加值为 2.0793 万亿美元，而美国为 1.9121 万亿美元，我国成为实实在在的全球制造大国。在我国 22 个工业产品大类中，有 7 大类产量位列世界第一，其中 220 种工业品产量居世界第一。

与此同时，全球化竞争的态势也发生着变化，2008 年国际金融危机后，制造业再次成为国际竞争的焦点。德国提出了以“智能工厂”为核心的“工业 4.0”计划，通过互联互通达到持续占据制造业技术及价值链高端的目的。美国通过《2010 制造业促进法》、《国家先进制造伙伴计划》（2011 年）、《国家制造创新网络（NNMI）：初步设计》（2013 年）等，努力实现“本土发明、本土制造”，希望将最先进制造行业的研发和生产都留在美国，使美国制造业在全球经济布局和新一轮产业革命中抢占制高点。2009—2013 年，美国制造业大约增长了 20%；同时，依靠先进的制造技术，美国制造业成本显著降低，与我国的差距快速缩小。

如果要问现在工业界最关注、最热门的关键词是什么，那一定是“工业 4.0”，这是德国为应对新国际竞争趋势提出的战略。为了在新一轮工业革命中占领先机，在德国工程院、弗劳恩霍夫协会、西门子公司等德国学术界和产业界的建议和推动下，“工业 4.0”项目在 2013 年 4 月的汉诺威工业博览

会上被正式推出。这一研究项目是 2010 年 7 月德国政府颁布的《高技术战略 2020》中确定的十大未来项目之一，旨在支持工业领域新一代革命性技术的研发与创新^[1]。

前三次工业革命源于机械化、电力和信息技术。现在，将物联网和服务应用到制造业正在引发第四次工业革命。将来，企业将建立全球网络，把它们的机器、存储系统和生产设施融入到虚拟网络－实体物理系统（信息物理系统，CPS）中。在制造系统中，这些虚拟网络－实体物理系统包括智能机器、存储系统和生产设施，能够相互独立地自动交换信息、触发动作和控制。这有利于从根本上改善包括制造、工程、材料使用、供应链和生命周期管理的工业过程。

在工业 4.0 趋势下，工业的信息化水平进一步提升，尤其是“互联化”和“智能化”的提升。以制造业为例，在其转型升级中，渗透着“互联”和“智能”两个关键词，可以概括为几个方面：第一，产品智能化；第二，流程的智能化升级；第三，制造业的互联网化。随着信息物理系统的推广、智能装备和终端的普及以及各种各样传感器的使用，将会带来无所不在的感知和无所不在的连接，所有的生产装备、感知设备、联网终端，包括生产者本身都在源源不断地产生数据，这些数据将会渗透到企业运营、价值链乃至产品的整个生命周期，是工业 4.0 的新资源、新燃料。数据是区别于传统工业生产体系的本质特征，是工业 4.0 的核心。

在工业 4.0 时代，制造企业的数字将会呈现爆炸式增长态势。工业企业中生产线处于高速运转，由工业设备所产生、采集和处理的数据量远大于企业中计算机和人工产生的数据，数据类型也多是结构化数据。生产线的高速运转对数据的实时性要求也更高。因此，工业大数据应用所面临的问题和挑战并不比互联网行业的大数据应用少，某些情况下甚至更为复杂。

在 IBM 公司看来，所谓工业 4.0，其实就是大数据驱动的智能工业。IBM 公司大中华区副总裁冯国华认为，这是一场由首席执行客户（CEC）推动的，

以“D 世代企业”（大数据分析驱动型企业）的诞生与发展为标志的，以大数据、云计算、移动、社交等技术为主要驱动手段的工业革命。这里所谓的“D 世代企业”，是指那些为了更好地适应消费者的转变，需要借助大数据、云计算、社交、移动等新技术推动企业转型，从而帮助企业更好地满足消费者需求的企业。其中大数据分析的重要性尤为突出。

几乎与此同时，2011 年，美国通用电气公司（GE）在加州硅谷建立全球软件研发中心，开发工业互联网，研发内容包括工业互联网平台、应用以及数据分析，目前研发团队已经达到上千人。在 GE 公司 2012 年 11 月发布的报告《工业互联网——打破智慧与机器的边界》中预测：在美国，如果工业互联网能够使生产率每年提高 1%~1.5%，使其重回互联网革命时期的峰值水平，那么未来 20 年，它将使美国人的平均收入比当前水平提高 25%~40%；随着创新意识在全球范围的扩散，如果世界其他地区能确保实现美国生产率增长的一半，那么工业互联网在此期间会为全球 GDP 增加 10~15 万亿美元——几乎是当今美国经济的规模。在当今富有挑战性的经济环境中，即使确保实现一小部分生产力提高，也能在个人层面和整个经济层面带来极大的益处。2013 年，GE 公司宣布将在未来 3 年投入 15 亿美元开发工业互联网。2014 年，更大范围的参与者，包括 AT&T、思科（Cisco）、通用电气（GE）、IBM 和英特尔（intel）等公司在美国波士顿宣布成立工业互联网联盟（IIC），以期打破技术壁垒，为工业互联网确定和建立新基础、共同框架和标准，促进物理世界和数字世界的融合。作为一个开放性的会员组织，工业互联网联盟致力于为更好地访问大数据提供支持，有助于机构更便利地连接和优化资产、操作及数据，提高灵活性，以释放所有工业领域的商业价值，共同组成工业互联网的生态系统。

工业互联网汇集了两大革命的进步，将工业革命带来的无数机器、设备组、设施和系统网络，以及互联网革命中涌现出的计算、信息与通信系统更强大的进步结合起来。这些革命性的进步汇集发展了三大元素：智能机器、高效分析和工作中的人，这也正是工业互联网的精髓。

- **智能机器**：将世界上各种机器、设备组、设施和系统网络与先进的传感器、控制和软件应用程序相连接的新方式。
- **高级分析**：利用物理分析、预测算法、自动化以及材料科学、电气工程和其他了解机器及更大系统运转方式所需的重点学科的深厚专业知识。
- **工作中的人**：在任何时候将人相连，无论他们在工业设施、办公室、医院工作，还是在行进中，以支持更加智能的设计、运营、维护以及更高质量的服务和安全性。

“工业互联网是以信息化手段作为支撑，落脚点在资产优化和运营优化，进而带来成本降低、效率提升和产能转型。”GE 公司中国软件业务总经理杨涛解释道：“工业 4.0 关注的是生产制造领域，而工业互联网更关注制造企业的整体生态链。”她极力强调了二者的不同。因此，连接是基础，优化才是工业互联网的根本，这恰恰需要依靠工业互联网概念中反复强调的“数据”与“数据分析”。

GE 公司在 2012 年率先明确提出了“工业大数据”的概念。在其名为《工业大数据的兴起》的白皮书中指出：“伴随着日益增加的先进装置和设备，大量在线的操作数据汹涌而来。有远见的企业正在利用这些数据进行卓越运营和预测分析，以创造竞争优势，加速企业的增长。”但是，对于构建分散处理型系统应用环境的制造业来说，无论在复杂性还是在所需的专业技术方面，企业所面临的许多情况都超出了传统制造业的对应能力。也就是说，要让企业真正用好工业大数据，并不是一件容易的事情，需要技术的进步与推动。

与此同时，其他工业化国家也不甘示弱，2014 年 2 月 24 日，日本国土交通省成立了由信息系统公司和日本汽车工业协会等业界团体、学术专家构成的委员会，确定实现大数据实用化的课题和对策，系统构建所需经费将纳入 2015 年度预算概算要求基准。规定在 2020 年之前，日本政府和汽车厂商拥有的汽车相关数据集中上传至互联网，政府授予访问权限的运营商将有权阅览。

2014 年，日本船舶技术研究协会也开始进行关于“应用船舶大数据，提高海洋产业国际经济力”的研发项目。

面对德国、美国、日本等制造强国雄心勃勃的新工业革命战略，一份中国版的工业发展战略——“中国制造 2025 行动计划”也已经重磅推出，并在 2015 年“两会”期间得到广泛的讨论。实际上，2013 年 1 月中国工程院联合工信部、国家质检总局牵头实施的“制造强国战略研究”重大项目，到 2014 年 1 月升格为由工信部牵头，会同国家发改委、科技部、财政部、质检总局、工程院等 20 多个国务院有关部门，组织 50 多名院士、100 多位专家来编制《中国制造 2025》规划。短短 1 年时间内，在国家战略需求的驱动下，中国在从制造大国向制造强国的迈进之路上陡然加速。在本书接近完稿之时，《中国制造 2025》于 2015 年 5 月 8 日正式发布，从这份承载着中国制造转型升级和跨越发展的希望，作为我国实施制造强国战略第一个十年的行动纲领的重要文件中，我们可以看到一条清晰的未来数字化企业的发展脉络——以加快新一代信息技术与制造业深度融合为主线，以推进智能制造为主攻方向。

将《中国制造 2025》上升为国家战略高度后，制造业技术创新将在以下几方面进行：传统工业在信息化创新环境中，不断优化创新流程、创新手段和创新模式，在既有的技术路线上不断演进；新型传感器、集成电路、人工智能、移动互联、大数据在信息技术创新体系中不断演进创新，并为新技术在其他行业的不断融合渗透奠定技术基础；传统工业与信息技术的融合发展，既包括 CPS、智能工厂整体解决方案等一系列综合集成技术，也包括集成工业软硬件的各种嵌入式系统、虚拟制造、工业应用电子等单项技术突破。

实际上，中国与德国、美国所处的工业化阶段有很大差别，客观地讲，在技术和管理理念上还有很大的差距。但是，中国制造也有其独特之处：第一，中国是全世界唯一拥有联合国产业分类中全部工业门类的国家，在多个现代经济支柱性产业当中，规模也是名列世界前茅的，但发展水平不均衡；第二，中国有世界上最大、增长最快的消费市场；第三，中国已经初步形成了发达的移动互联网经济。中国移动互联网产业的快速崛起是过去 10 年来世界经济中