

“十二五”国家重点图书出版规划项目

大数据技术与应用

丛书主编
朱扬勇 吴俊伟

Big Data

Technology and Application Series

张洁 秦威 鲍劲松 等
编著

制造业 大数据



上海科学技术出版社



大数据技术与应用

制造业大数据

张 洁 秦 威 鲍劲松 等
编著

上海科学技术出版社



图书在版编目(CIP)数据

制造业大数据 / 张洁等编著. —上海: 上海科学技术出版社, 2016. 4

(大数据技术与应用)

ISBN 978 - 7 - 5478 - 2952 - 3

I. ①制… II. ①张… III. ①制造工业—数据—研究
IV. ①F

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 017064 号

制造业大数据

张 洁 秦 威 鲍劲松 等 编著

上海世纪出版股份有限公司 出版
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行

200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.co

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 21.75

字数 420 千字

2016 年 4 月第 1 版 2016 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5478 - 2952 - 3/TP · 39

定价: 78.00 元

内容提要

本书着眼于大数据发展的最新动向,结合大数据技术在国内外制造业的应用现状和未来趋势,通过充分调研,全面、深刻地剖析了制造业大数据的基本概念、支撑技术,并选择典型制造行业进行大数据技术的应用实例分析。旨在为中国制造业新一轮的转型和升级提供创新、系统的解决方案和途径,为提升中国智能化制造水平提供有益参考。

全书分为 12 章。第 1 章介绍了国内外制造业现状、大数据时代的工业变革、制造业大数据与智能制造的关系等;第 2、3 章介绍了制造业大数据的基本概念和来源;第 4 章介绍了制造业大数据应用开发相关技术;第 5、6 章介绍了制造业大数据感知、通信与控制技术;第 7 章介绍了制造业大数据分析 with 挖掘技术;第 8 章介绍了制造业大数据相关的应用服务;第 9~12 章介绍了大数据技术在半导体制造业、石化制造业、航空航天制造业及船舶制造业的应用。

本书撰写基于理论与实践相结合的原则,不仅立足前沿性,而且注重实用性,因此本书内容不仅为机械工程、自动化、计算机等相关领域高校的研究生和科研人员提供理论指导和借鉴,同样可为制造企业从业人员提供生产指导,为制造业信息化、智能化的咨询和实施人员提供参考。

大数据技术与应用

学术顾问

中国工程院院士 邬江兴

中国科学院院士 梅 宏

中国科学院院士 金 力

教授, 博士生导师 温孚江

教授, 博士生导师 王晓阳

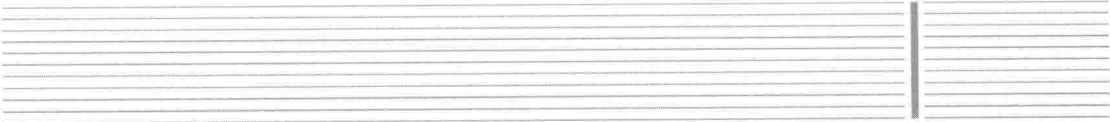
教授, 博士生导师 管海兵

教授, 博士生导师 顾君忠

教授, 博士生导师 乐嘉锦

研究员 史一兵

本书编委会



上海交通大学 张 洁

上海交通大学 秦 威

东华大学 鲍劲松

复旦大学 李敏波

上海航天设备制造总厂 程 辉

上海飞机制造有限公司 邢宏文

上海赛科石油化工有限公司 张 晨

从 书 序

我国各级政府非常重视大数据的科研和产业发展,2014年国务院政府工作报告中明确指出要“以创新支撑和引领经济结构优化升级”,并提出“设立新兴产业创业创新平台,在新一代移动通信、集成电路、大数据、先进制造、新能源、新材料等方面赶超先进,引领未来产业发展”。2015年8月31日,国务院印发了《促进大数据发展行动纲要》,明确提出将全面推进我国大数据发展和应用,加快建设数据强国。前不久,党的十八届五中全会公报提出要实施“国家大数据战略”,这是大数据第一次写入党的全会决议,标志着大数据战略正式上升为国家战略。

上海的大数据研究与发展在国内起步较早。上海市科学技术委员会于2012年开始布局,并组织力量开展大数据三年行动计划的调研和编制工作,于2013年7月12日率先发布了《上海推进大数据研究与发展三年行动计划(2013—2015年)》,又称“汇计划”,寓意“汇数据、汇技术、汇人才”和“数据‘汇’聚、百川入‘海’”的文化内涵。

“汇计划”围绕“发展数据产业,服务智慧城市”的指导思想,对上海大数据研究与发展做了顶层设计,包括大数据理论研究、关键技术突破、重要产品开发、公共服务平台建设、行业应用、产业模式和模式创新等大数据研究发展的各个方面。近两年来,“汇计划”针对城市交通、医疗健康、食品安全、公共安全等大型城市中的重大民生问题,逐步建立了大数据公共服务平台,惠及民生。一批新型大数据算法,特别是实时数据库、内存计算平台在国内独树一帜,有企业因此获得了数百万美元的投资。

为确保行动计划的实施,着力营造大数据创新生态,“上海大数据产业技术创新战略联盟”(以下简称“联盟”)于2013年7月成立。截至2015年8月底,联盟共有108家成员单位,既有从事各类数据应用与服务的企业,也有行业协会和专业学会、高校和科研院所、大数据技术和产品装备研发企业,更有大数据领域投资机构、产业园区、非IT

领域的的数据资源拥有单位,显现出强大的吸引力,勾勒出上海数据产业的良好生态。同时,依托复旦大学筹建成立了“上海市数据科学重点实验室”,开展数据科学和大数据理论基础研究、建设数据科学学科和开展人才培养、解决大数据发展中的基础科学问题和技术问题、开展大数据发展战略咨询等工作。

在“汇计划”引领下,由联盟、上海市数据科学重点实验室、上海产业技术研究院和上海科学技术出版社于2014年初共同策划了“大数据技术与应用”丛书。本丛书第一批已于2015年初上市,包括了《汇计划在行动》《大数据测评》《数据密集型计算和模型》《城市发展的数据逻辑》《智慧城市大数据》《金融大数据》《城市交通大数据》《医疗大数据》共八册,在业界取得了广泛的好评。今年进一步联合北京中关村大数据产业联盟共同策划本丛书第二批,包括《大数据挖掘》《制造业大数据》《航运大数据》《海洋大数据》《能源大数据》《大数据治理与服务》等。从大数据的共性技术概念、主要前沿技术研究和当前的成功应用领域等方面向读者做了阐述,作者希望把上海在大数据领域技术研究的成果和应用成功案例分享给大家,希望读者能从中获得有益启示并共同探讨。第三批的书目也已在策划、编写中,作者将与大家分享更多的技术与应用。

大数据对科学研究、经济建设、社会发展和文化生活等各个领域正在产生革命性的影响。上海希望通过“汇计划”的实施,同时也是本丛书希望带给大家一个理念:大数据所带来的变革,让公众能享受到更个性化的医疗服务、更便利的出行、更放心的食品,以及在互联网、金融等领域创造新型商业模式,让老百姓享受到科技带来的美好生活,促进经济结构调整和产业转型。

上海市科学技术委员会副主任

2015年11月

前 言

《大数据时代》一书的作者维克托·迈尔-舍恩伯格早在 2013 年就敏锐地指出，“大数据开启了一次重大的时代转型，成为人们获得新的认知、创造新的价值的源泉。与其他新技术一样，大数据也必然要经历硅谷臭名昭著的技术成熟度曲线”。一语成谶，经过两年新闻媒体和学术会议的大肆宣传之后，大数据逐渐褪去了光鲜外衣。在学术界和工业界开始进行冷静思考和应用尝试之后，刚刚过去的 2015 年才被真正认为是“大数据元年”，大数据深入渗透到社会生活各个领域，展现了无处不在的威力。

对人类社会的支柱产业——制造业而言，大数据时代的到来也形成了巨大的冲击。无论是德国工业 4.0、美国工业互联网，还是中国制造 2025，都明确指出，大数据已成为下一次工业革命中的关键技术。在 2015 年国务院发布的《促进大数据发展行动纲要》中，制造业大数据应用也被列入十大重点工程。对正处于经济发展方式快速变革关口的中国而言，如何利用大数据等新一代信息技术，推动信息化和工业化深度融合，推动大数据在研发设计、生产制造、经营管理、市场营销、售后服务等产业链各环节的应用，提升制造企业的运行效率、降低生产成本、提高产品质量，保持中国制造业的可持续发展，已经成为关乎国家发展的重大战略议题。

本书作者近年来围绕制造业大数据的概念、方法、技术和应用，进行了广泛而深入的研究，主持了国家自然科学基金重点项目、航天先进制造技术研究联合基金等多个科研项目。在这些项目的支持下，对制造业大数据的基本概念和资源进行了梳理，对制造业大数据的感知、通信、处理和平台技术，以及建模、分析方法和决策服务开展了探索，并对大数据在典型制造行业的应用做了初步尝试。本书对这些成果进行了系统全面的总结，希望为寻求如何利用大数据提升制造业智能化水平的读者提供借鉴和参考。

本书的研究工作得到了国家自然科学基金重点项目“大数据驱动的智能车间的运

行分析与决策方法的研究”(No. 51435009)和航天先进制造技术研究联合基金“基于大数据的运载火箭总装系统智能优化调度理论与方法”(No. U1537110)的资助。同时,华中科技大学的李培根院士对本书的撰写提出了不少建设性的意见,在此表示感谢。

本书由张洁、秦威负责统稿和定稿工作。具体编写分工如下:第1、2、4、5、6、9章由张洁、秦威组织编写,第3、7、8章由李敏波组织编写,第10章由张晨组织编写,第11章由程辉、邢宏文组织编写,第12章由鲍劲松组织编写。此外,研究生杨俊刚、吕佑龙、汪俊亮、倪明安等承担了大量的素材收集和整理工作,付出了大量心血,对他们表示由衷的感谢。

大数据的相关理论和方法还处在迅速发展的阶段,在制造业的应用已经引起越来越多的科研和工程人员的关注。由于作者的水平和能力有限,书中的缺点和错误在所难免,在此欢迎广大读者批评指正。在书稿完成过程中参考了大量的文献,作者在书中尽可能予以标注,有疏忽未标注的,也敬请谅解。

作 者

目录

第1章 制造业的大数据时代	1
• 1.1 新一轮的制造业发展战略	3
1.1.1 德国工业 4.0	3
1.1.2 美国工业互联网	5
1.1.3 中国制造 2025	7
1.1.4 三者特征对比分析	12
• 1.2 大数据时代的制造变革	13
1.2.1 技术发展与制造方式变革的关系	13
1.2.2 大数据带来的机遇	15
1.2.3 大数据对制造模式的影响	16
• 1.3 制造业大数据与智能制造	21
1.3.1 智能制造特征与技术体系	22
1.3.2 智能制造支撑技术	24
1.3.3 大数据的价值和意义	30
• 1.4 大数据在工业应用中面临的挑战	35
参考文献	37

第2章 制造业大数据的基本概念	39
• 2.1 制造业大数据的定义	40
• 2.2 制造业大数据的特征	41
• 2.3 制造业大数据的分类	42
2.3.1 制造业大数据的不同来源	42
2.3.2 制造业大数据的不同结构	43
2.3.3 制造业大数据的不同维度	43
• 2.4 制造业大数据的描述	44
2.4.1 制造过程元数据模型	45
2.4.2 制造过程数据本体模型	47
2.4.3 制造元数据集成体系结构	51
• 2.5 制造业大数据的生命周期	56
参考文献	59
第3章 制造业大数据资源	61
• 3.1 大数据对制造企业信息化的影响	62
3.1.1 大数据促进企业信息系统基础架构建设	62
3.1.2 大数据推动企业信息系统迈向大融合	64
• 3.2 产品设计数据资源	66
• 3.3 产品制造数据资源	68
3.3.1 车间层数据资源	68
3.3.2 设备层数据资源	73
• 3.4 产品运行维护数据资源	77
• 3.5 企业运营管理数据资源	78
3.5.1 市场数据资源	79
3.5.2 销售数据资源	79
3.5.3 财务数据资源	81

• 3.6 供应链数据资源	86
3.6.1 供应链数据来源及案例分析	86
3.6.2 仓储与在制品库存数据资源分析	86
参考文献	87
第4章 制造业大数据基础平台技术	89
• 4.1 制造业大数据平台架构	90
4.1.1 概述	90
4.1.2 制造业大数据架构的三个平台	91
4.1.3 制造业大数据架构的七个层次	92
• 4.2 制造业大数据平台网络与硬件配置需求	99
4.2.1 网络需求	99
4.2.2 硬件需求	100
• 4.3 制造业大数据基础平台关键技术	103
4.3.1 分布式资源管理技术	103
4.3.2 多维数据仓库技术	106
4.3.3 流数据处理技术	111
4.3.4 并行计算与内存计算技术	113
4.3.5 数据可视化技术	117
• 4.4 制造业大数据平台商用产品	118
4.4.1 国外制造业大数据平台及应用案例	118
4.4.2 国内制造业大数据平台及应用案例	121
4.4.3 制造业大数据平台产品的比较	123
参考文献	124
第5章 制造业大数据感知技术	127
• 5.1 制造业大数据与物联网	128

5.1.1	物联网概述	128
5.1.2	物联网助力企业大数据	129
5.1.3	工业互联网概述	130
<hr/>		
• 5.2	智能传感器技术	132
5.2.1	智能传感器的定义	132
5.2.2	智能传感器的应用现状	132
5.2.3	智能传感器标准体系	133
<hr/>		
• 5.3	制造资源标识技术	135
• 5.4	无线射频识别技术	136
5.4.1	无线射频识别技术简介	136
5.4.2	RFID 中间件技术	139
5.4.3	RFID 技术在制造业大数据感知中的应用	141
<hr/>		
• 5.5	二维码技术	143
5.5.1	常见二维码介绍	143
5.5.2	二维码的技术特点	145
5.5.3	二维码技术在制造业大数据感知中的应用	146
<hr/>		
• 5.6	其他制造业大数据感知技术	147
5.6.1	多传感器信息融合技术	147
5.6.2	iGPS 技术	148
	参考文献	149
<hr/>		
第6章	制造业大数据通信与控制网络技术	151
<hr/>		
• 6.1	工业现场总线通信技术	152
6.1.1	现场总线技术的特点及优点	153
6.1.2	典型现场总线技术	154
6.1.3	大数据时代现场总线技术展望与发展趋势	157
<hr/>		
• 6.2	工业现场以太网通信技术	158

6.2.1	工业以太网的技术优势	158
6.2.2	工业以太网的发展趋势	159
<hr/>		
• 6.3	工业现场无线网络通信技术	160
6.3.1	无线传感器网络通信技术	160
6.3.2	无线局域网通信技术	162
6.3.3	蓝牙通信技术	162
6.3.4	工业无线网络通信技术的发展趋势	163
<hr/>		
• 6.4	OPC 技术	164
6.4.1	OPC 经典技术	164
6.4.2	OPCUA 技术	167
<hr/>		
• 6.5	DNC 控制技术	168
6.5.1	DNC 技术的控制结构	168
6.5.2	典型的 DNC 功能结构	169
6.5.3	DNC 技术的优点	174
<hr/>		
• 6.6	DCS 控制技术	175
6.6.1	DCS 控制站	175
6.6.2	DCS 操作站	177
6.6.3	DCS 数据通信及网络	178
<hr/>		
• 6.7	大数据时代下车间联网通信与控制方案	179
6.7.1	大数据时代的工业互联网络方案	180
6.7.2	大数据时代的工业互联网络中 OPC 技术应用	181
6.7.3	大数据时代的工业互联网络中 DNC 技术应用	181
6.7.4	大数据时代的工业互联网络中 DCS 技术应用	182
	参考文献	182
<hr/>		
第7章	制造业大数据分析 with 挖掘技术	185
<hr/>		
• 7.1	制造业大数据检索与查询技术	186

7.1.1	生产数据的多种维度	186
7.1.2	多维数据索引技术	187
7.1.3	时态数据索引技术	188
<hr/>		
• 7.2	制造业大数据分类与聚类技术	189
7.2.1	制造业大数据的分类	189
7.2.2	制造业大数据的聚类	194
<hr/>		
• 7.3	制造业大数据时序数据模式挖掘技术	196
7.3.1	时序数据相似性挖掘	196
7.3.2	时序数据规则挖掘	197
7.3.3	制造业时序数据趋势挖掘	198
7.3.4	制造业离群时序数据挖掘	198
<hr/>		
• 7.4	其他大数据分析挖掘技术	198
7.4.1	非结构化数据处理与分析技术	198
7.4.2	多源数据融合处理技术	199
7.4.3	大数据关联关系分析技术	199
	参考文献	205
<hr/>		
第8章	制造业大数据应用服务	207
<hr/>		
• 8.1	产品设计服务	208
8.1.1	个性化定制	208
8.1.2	众包	211
<hr/>		
• 8.2	制造过程服务	213
8.2.1	制造资源的实时监控	213
8.2.2	生产任务动态调度	216
8.2.3	物料优化配送	217
8.2.4	产品质量控制	217
8.2.5	生产运行可视化	220
8.2.6	生产过程数据统计分析可视化	221