

“十三五”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

郑树泉 宗宇伟 董文生 丁志刚
主编

工业大数据

架构与应用



上海科学技术出版社



大数据技术与应用

工业大数据：架构与应用

郑树泉 宗宇伟 董文生 丁志刚
主编

上海科学技术出版社



图书在版编目(CIP)数据

工业大数据: 架构与应用 / 郑树泉等主编. — 上海: 上海科学技术出版社, 2017.7

(大数据技术与应用)

ISBN 978-7-5478-3621-7

I. ①工… II. ①郑… III. ①制造工业—数据管理
IV. ①F407.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 134064 号

工业大数据: 架构与应用

郑树泉 宗宇伟 董文生 丁志刚 主编

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 22

字数 460 千字

2017 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-3621-7/TP·52

定价: 88.00 元

内容提要

本书共分 12 章。首先论述了智能制造与大数据的关系(第 1 章),在分析了德国工业 4.0 架构模型 RAMI4.0、美国工业互联网参考模型 IIRA、日本工业价值链参考框架 IVRA 及中国制造 2025 体系架构的基础上提出了工业大数据架构(第 2 章)。第 3 章至第 11 章分别就工业大数据架构的三个维度展开阐述。其中,第 3、第 4 和第 5 章分别就产品价值链维度三大环节(研发、生产和服务)论述了工业大数据应用,第 6、第 7 和第 8 章分别从企业纵向维度论述了智能制造的三个子系统即信息物理系统 CPS、管理信息系统 MIS 和互联网+,第 9、第 10 和第 11 章分别从 IT 价值链集成维度(业务架构、信息系统架构和技术架构)论述了工业大数据整体架构及集成技术。最后,第 12 章讨论了工业大数据安全、质量等大数据治理环节内容。

本书的主要读者是制造型企业高中层决策人员、信息化规划及实施人员、政府两化融合相关人员,以及学校相关专业的教师和学生。

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

教授,博士生导师 史一兵

丛书序

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与发展各个方面。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》《大数据质量》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

新一代信息技术与制造业的深度融合,正在引发产业的重大变革,形成新的生产方式、产业形态、商业模式和经济增长点;基于信息物理系统的智能制造正在改变传统的制造方式;网络众包、协同设计、个性化定制、精准供应链管理、产品全生命周期管理、工业云平台等正在重塑产业价值链体系。

全球产业竞争格局正在发生重大调整,工业的转型升级正成为全球经济发展新一轮的竞争焦点。从美国的“制造业回归”、德国的“工业 4.0”到日本的“工业价值链”计划,都异曲同工地表达了同样的内容:用云计算、大数据、物联网、人工智能等技术引领工业生产方式的变革,拉动工业经济的创新发展。中国制造业面临发达国家和其他发展中国家“双向挤压”的严峻挑战,必须化挑战为机遇,抢占制造业新一轮竞争制高点。为此,中国政府提出了“中国制造 2025”计划。

智能制造是经济转型升级过程中的一项重要内容,国家及各省市层面都在推出各类智能制造专项。工业大数据是智能制造的核心,然而工业大数据的应用也带来了广泛性的挑战。单从业务方面来看,工业大数据的应用还处于发展初期,具有广泛示范作用的成功案例还不多,而且构建工业大数据应用系统所需的投资都不小。更重要的是企业的决策层不仅要有明确的认识,并且要有战略性的承诺。

目前,企业面对的一个挑战是如何着手工业大数据应用的开发及推动其实施,以保证所构建的系统在投产后能产生预期的作用,收回前期的投资。

如果没有系统架构作为基础,将很难有效地应对这些技术和业务上的挑战。因此,制订系统架构是解决这些问题的第一步,也是最为基础性的一步。而且要解决不同行业之间系统的互操作性问题,不同行业之间也就必须对系统的整体架构达成共识。

架构是对不同行业的诉求作归纳分析,辨认其关键的共性并进行抽象及提升。一个通用的参考架构不仅能够为解决不同产业所共有的挑战提供共同的基础,还能够在跨产业的生态系统中实现知识和经验的共享,采用可重用的技术和系统构建模块。一个广阔跨产业的生态系统将刺激更多的技术创新,降低技术成本,加快工业大数据系统的实施。

本书共分 12 章。第 1 章首先论述了智能制造与大数据的关系;第 2 章在分析了德国工业 4.0 架构模型 RAMI4.0、美国工业互联网参考模型 IIRA、日本工业价值链参考框架 IVRA 及中国制造 2025 体系架构的基础上提出了工业大数据架构;第 3~5 章分别在产品价值链维度三大环节(研发、生产和服务)论述了工业大数据应用;第 6~8 章分别从企业纵向维度论述了智能制造的三个子系统,即信息物理系统 CPS、管理信息系统 MIS 和互联网+;第 9~11 章分别从 IT 价值链集成维度(业务架构、信息系统架构和

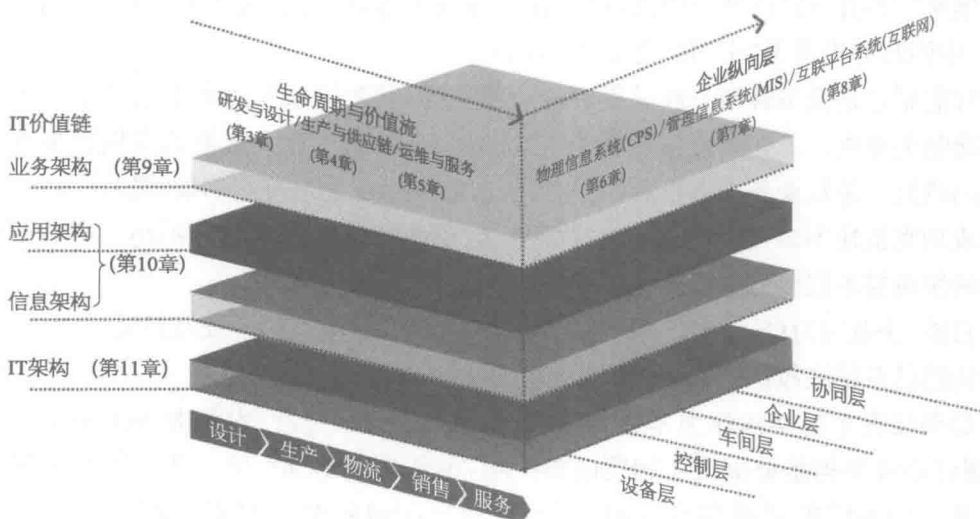


图 工业大数据架构与本书章节的对应关系

技术架构)论述了工业大数据整体架构及集成技术;第12章讨论了工业大数据安全、质量等大数据治理环节内容。

本书的主要特点有:

(1) 基于成熟的相关理论及国外成熟的相关架构。

(2) 目前CPS、工业互联网、互联网+、大规模个性化定制、大数据、工业云等概念比较多,本书基于工业大数据参考架构这个模型组织全书内容,为大家梳理出一个清晰的脉络。

(3) 本书使用了大量的架构图表(100多幅)。

(4) 本书每章都有大量案例(共50个以上)支撑各章的核心观点。

各章的作者分别是:第1章:郑树泉,宗宇伟;第2章:郑树泉;第3章:王倩;第4章:王倩,丁志刚;第5章:武智霞;第6章:武智霞,丁志刚;第7章:王倩,董文生;第8章:覃海焕,郑树泉;第9章:徐侃,郑树泉;第10章:徐侃;第11章:覃海焕,董文生;第12章:武智霞,郑树泉,宗宇伟。郑树泉负责本书的整体内容策划及编写组织工作。李索远承担了本书文字录入、图表制作及版本管理工作。

感谢上海产业技术研究院工业大数据研究小组多年来的研究和应用实践为本书的写作积累了大量的素材和案例。

感谢全国信息安全标准化技术委员会大数据标准工作组及《工业大数据白皮书》编写组成员对本书写作的支持。

本书的写作过程中得到了星环信息科技(上海)有限公司陈晓勇、北京数码大方科技股份有限公司齐建军、苏州罗想软件股份有限公司陈勇、南京优倍电气有限公司董健、用友网络科技股份有限公司上海分公司曹晖、上海宝信软件股份有限公司欧阳树生、中国电子技术标准化研究院王典威等智能制造、工业云和大数据等领域专家的帮助,他们为本书的写作提供了宝贵的建议和案例材料,在此一并表示感谢。

工业大数据是一个跨学科和跨界的领域,也在不断改进和演化中。本书付印之际,

作者诚惶诚恐,虽然智能制造、工业互联网、工业大数据等技术和应用如火如荼,然而国内工业大数据架构研究及应用还刚刚开始,本书的理论模型和应用实践方面难免会有一些偏颇。欢迎读者对不足之处批评指正,希望分享体会和经验,推进工业大数据在智能制造和智能服务等领域的应用。

作者

2017年5月

工业大数据技术及应用正在成为提升制造业生产力、竞争力、创新力的关键要素，是驱动产品、生产过程、管理、服务、新业态新模式等智能化的重要基础。本书全面、系统梳理了工业大数据相关领域和概念，基于成熟 IT 架构理论和大量应用案例，深度分析并从多个维度提出工业大数据通用架构，具有一定创新性，为进一步推动工业大数据平台、数据处理、数据管理等理论研究和实际应用提供了很好的参考和指导作用。

全国信标委大数据工作组工业大数据国家标准专题组组长 齐建军
北京数码大方科技股份有限公司工业云事业部副总经理

邵子曰：“日以迟为进，月以疾为退，日月一会而加半日减半日，是以为闰余也。”中国古人以数据作为时间的记载；今人，以数据作为科技的基石，推动技术的发展。承上启下，都离不开数据的积累和孕育。

上海作为中国现代工业的发源地，其工业化发展正处于智能制造 4.0 的前期，面临一个赶超西方现代工业的起点，其发展非常依赖于工业大数据的采集、分析和挖掘，《工业大数据：架构与应用》恰逢其时，为读者开启了一个工业数据利用的方便之门，可以帮助企业界对企业内的数据进行整理、归类、治理，同时书中介绍了很多企业构建大数据典型应用的案例，为现代企业大数据建设提供了非常好的借鉴意义。不失为一本企业 IT 部门管理者和架构师需要好好研读的好书。

星环信息科技(上海)有限公司技术总监 陈晓勇

数据技术的快速发展，采集、传输、储存、加工、运用，构建出新的工业生态。新工业以不可阻挡的力量出现并茁壮成长，影响着社会的发展和进步。无论是机器、人，还是各种设施，在完成传统意义的工作之外，同时生产着相应的信息数据。数据的应用，正在改变生产生活社会的方方面面。学会驾驭数据工业是个人成长、企业发展、社会进步的基础保障。

工业 4.0 产业联盟秘书长 杜玉河

如何以规模化制造的成本和效率生产个性化定制的产品？如何使制造过程信息透明化、生产协同化、效率最大化？如何实现全产业链的信息整合，使工业运营系统变得更加强壮而又有柔性？

答案是企业必须要形成自己的智能制造和大数据体系，但第一步是要构建系统架构，这是最基础的一步，也是非常关键的一步。《工业大数据：架构与应用》详细分析如何构建系统架构，为智能制造系统和大数据奠定基础，是中国企业真正走上智能制造之旅的一盏

指明灯。

苏州罗想软件股份有限公司总经理 陈勇

互联网和计算机技术的快速发展,颠覆了传统思维,改变了人们的生活方式,使我们的生活更加多姿多彩。我们正生活在信息化的时代,本书的理论模型及应用实践将对我国的工业大数据架构及应用提供一个很好的新思维。

上海市轻工科技协会秘书长 徐关麟
高级工程师

《工业大数据:架构与应用》一书从大数据的视角揭示了智能制造的实质,将目前热门的概念:工业4.0、互联网+、CPS、工业大数据等有机地贯通起来,为读者梳理出来一个生动的故事,无论是作为科研工作者、企业家,或者是教育工作者,都可以从中找到感兴趣的看点。本书非常适合工业工程和信息系统专业的学生作为专业学习的参考书籍,将工业大数据的技术及应用融入课堂,是对现有教学内容的重要补充,也是高等教育发展的必然趋势。

上海第二工业大学工业工程系主任,教授,博士 杨敬辉

目 录



第1章 绪论	1
• 1.1 智能制造及技术体系	4
1.1.1 智能制造的定义	4
1.1.2 智能制造的目标	5
1.1.3 智能制造的技术体系	6
• 1.2 工业大数据的战略作用	8
1.2.1 大数据与企业核心能力	9
1.2.2 大数据与价值链	11
1.2.3 大数据与制造模式	13
• 1.3 工业大数据定义、特征	18
1.3.1 工业大数据定义	18
1.3.2 工业大数据特征	19
• 1.4 工业大数据战略、实现路径及实施流程	19
1.4.1 不同类型的业务战略	19
1.4.2 工业大数据价值实现路径	21
1.4.3 工业大数据实施流程	23
参考文献	25

第2章 工业大数据架构	27
• 2.1 德国工业 4.0 参考架构	30
2.1.1 背景	30
2.1.2 RAMI4.0 模型	30
2.1.3 功能层	31
2.1.4 生命周期与价值流	33
2.1.5 企业纵向层	33
2.1.6 工业 4.0 组件	34
• 2.2 美国工业互联网参考架构	37
2.2.1 背景	37
2.2.2 工业互联网架构基本概念	38
2.2.3 业务视角	39
2.2.4 应用视角	39
2.2.5 功能视角	40
2.2.6 实施视角	42
• 2.3 日本工业价值链参考架构	43
2.3.1 背景	43
2.3.2 IVRA 模式	44
2.3.3 智能制造单元	46
• 2.4 中国制造 2025 参考架构	47
2.4.1 背景	47
2.4.2 智能制造系统架构	47
2.4.3 智能制造标准体系结构	49
• 2.5 工业大数据参考架构	50
2.5.1 生命周期与价值流	51
2.5.2 企业纵向层级	52
2.5.3 IT 价值链	55
参考文献	58
第3章 研发大数据	59
• 3.1 研发大数据的类型	61

• 3.2 研发大数据的应用	62
3.2.1 基于模型的研发设计	62
3.2.2 基于仿真的研发设计	65
3.2.3 基于产品生命周期的设计	67
3.2.4 融合消费者反馈的设计	69
• 3.3 研发大数据的创新	71
3.3.1 产品创新研发的消费者驱动模式	71
3.3.2 产品创新的技术驱动模式	71
3.3.3 用数据让竞争创新透明化	72
• 3.4 研发大数据服务技术平台	74
参考文献	76

第4章 生产大数据 77

• 4.1 企业资源管理 (ERP)	79
4.1.1 ERP 简介	79
4.1.2 ERP 体系	79
4.1.3 融合大数据的 ERP 实施	80
• 4.2 企业制造执行系统 (MES)	81
4.2.1 MES 简介	81
4.2.2 MES 体系	82
4.2.3 结合大数据的 MES 应用	84
• 4.3 客户关系管理 (CRM)	87
4.3.1 CRM 简介	87
4.3.2 运用大数据的 CRM 营销	88
• 4.4 供应链管理 (SCM)	90
4.4.1 SCM 简介	90
4.4.2 基于大数据的 SCM 优化	91
4.4.3 大数据时代下的 SCM 变革	92
参考文献	96