



国家出版基金资助项目

国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION



湖北省学术著作出版专项资金资助项目

湖北省学术著作
出版专项资金
Hubei Provincial Academic Publication
Academic Publications Special Fund

数字制造科学与技术前沿研究丛书

大数据时代的 产品智能配置理论与方法

Theories and Methods of Intelligent
Product Configuration in the Era of Big Data

盛步云 萧 箐 雷 兵 著



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press



国家出版基金资助项目

湖北省学术著作出版专项资金资助项目

数字制造科学与技术前沿研究丛书

大数据时代的 产品智能配置理论与方法

盛步云 萧 箴 雷 兵 著



武汉理工大学出版社
· 武汉 ·

内 容 提 要

本书立足前沿性,注重实用性,综合探讨了大数据时代的产品智能配置理论与方法,旨在为信息化企业适应大数据时代的产品智能配置提供指导。本书首先介绍了大数据时代的背景与意义、数字制造与产品配置、大数据时代的挑战,以及基于大数据的客户需求信息的概念界定,然后阐述了客户需求信息标准化的相关模型、大数据客户需求信息挖掘、产品智能配置、规范化信息处理、人工智能的应用,最后以实例来解析上述理论和方法。

本书着眼于将理论与实践充分结合,适合机电工程领域的相关科研人员和高等院校学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

大数据时代的产品智能配置理论与方法/盛步云,萧筝,雷兵著. —武汉:武汉理工大学出版社,2018.1

(数字制造科学与技术前沿研究丛书)

ISBN 978-7-5629-5379-1

I. ①大… II. ①盛… ②萧… ③雷… III. ①产品开发-智能设计-研究 IV. ①F273.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 021654 号

项目负责人:田 高 王兆国

责 任 编 辑:李兰英

责 任 校 对:徐 环

封 面 设 计:兴和设计

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮编:430070)

<http://www.wutp.com.cn>

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:武汉中远印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:12

字 数:310 千字

版 次:2018 年 1 月第 1 版

印 次:2018 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1—1500 册

定 价:72.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

· 版权所有,盗版必究 ·

数字制造科学与技术前沿研究丛书

编审委员会

顾问：闻邦椿 徐滨士 熊有伦 赵淳生

高金吉 郭东明 雷源忠

主任委员：周祖德 丁 汉

副主任委员：黎 明 严新平 孔祥东 陈 新

王国彪 董仕节

执行副主任委员：田 高

委员(按姓氏笔画排列)：

David He	Y. Norman Zhou	丁华锋	马 辉	王德石
毛宽民	冯 定	华 林	关治洪	刘 泉
刘 强	李仁发	李学军	肖汉斌	陈德军
张 霖	范大鹏	胡业发	郝建平	陶 飞
郭顺生	蒋国璋	韩清凯	谭跃刚	蔡敢为

秘书：王汉熙

总责任编辑：王兆国

总 序

当前,中国制造 2025 和德国工业 4.0 以信息技术与制造技术深度融合为核心,以数字化、网络化、智能化为主线,将互联网+与先进制造业结合,正在兴起全球新一轮数字化制造的浪潮。发达国家特别是美、德、英、日等制造技术领先的国家,面对近年来制造业竞争力的下降,最近大力倡导“再工业化、再制造化”的战略,明确提出智能机器人、人工智能、3D 打印、数字孪生是实现数字化制造的关键技术,并希望通过这几大数字化制造技术的突破,打造数字化设计与制造的高地,巩固和提升制造业的主导权。近年来,随着我国制造业信息化的推广和深入,数字车间、数字企业和数字化服务等数字技术已成为企业技术进步的重要标志,同时也是提高企业核心竞争力的重要手段。由此可见,在知识经济时代的今天,随着第三次工业革命的深入开展,数字化制造作为新的制造技术和制造模式,同时作为第三次工业革命的一个重要标志性内容,已成为推动 21 世纪制造业向前发展的强大动力,数字化制造的相关技术已逐步融入制造产品的全生命周期,成为制造业产品全生命周期中不可缺少的驱动因素。

数字制造科学与技术是以数字制造系统的基本理论和关键技术为主要研究内容,以信息科学和系统工程科学的方法论为主要研究方法,以制造系统的优化运行为主要研究目标的一门科学。它是一门新兴的交叉学科,是在数字科学与技术、网络信息技术及其他(如自动化技术、新材料科学、管理科学和系统科学等)与制造科学与技术不断融合、发展和广泛交叉应用的基础上诞生的,也是制造企业、制造系统和制造过程不断实现数字化的必然结果。其研究内容涉及产品需求、产品设计与仿真、产品生产过程优化、产品生产装备的运行控制、产品质量管理、产品销售与维护、产品全生命周期的信息化与服务化等各个环节的数字化分析、设计与规划、运行与管理,以及产品全生命周期所依托的运行环境数字化实现。数字化制造的研究已经从一种技术性研究演变成为包含基础理论和系统技术的系统科学研究。

作为一门新兴学科,其科学问题与关键技术包括:制造产品的数字化描述与创新设计,加工对象的物体形位空间和旋量空间的数字表示,几何计算和几何推理、加工过程多物理场的交互作用规律及其数字表示,几何约束、物理约束和产品性能约束的相容性及混合约束问题求解,制造系统中的模糊信息、不确定信息、不完整信息以及经验与技能的形式化和数字化表示,异构制造环境下的信息融合、信息集成和信息共享,制造装备与过程

的数字化智能控制、制造能力与制造全生命周期的服务优化等。本系列丛书试图从数字制造的基本理论和关键技术、数字制造计算几何学、数字制造信息学、数字制造机械动力学、数字制造可靠性基础、数字制造智能控制理论、数字制造误差理论与数据处理、数字制造资源智能管控等多个视角构成数字制造科学的完整学科体系。在此基础上,根据数字化制造技术的特点,从不同的角度介绍数字化制造的广泛应用和学术成果,包括产品数字化协同设计、机械系统数字化建模与分析、机械装置数字监测与诊断、动力学建模与应用、基于数字样机的维修技术与方法、磁悬浮转子机电耦合动力学、汽车信息物理融合系统、动力学与振动的数值模拟、压电换能器设计原理、复杂多环耦合机构构型综合及应用、大数据时代的产品智能配置理论与方法等。

围绕上述内容,以丁汉院士为代表的一批我国制造领域的教授、专家为此系列丛书的初步形成,提供了他们宝贵的经验和知识,付出了他们辛勤的劳动成果,在此谨表示最衷心的感谢!对于该丛书,经与闻邦椿、徐滨士、熊有伦、赵淳生、高金吉、郭东明和雷源忠等我国制造领域资深专家及编委会成员讨论,拟将其分为基础篇、技术篇和应用篇3个部分。上述专家和编委会成员对该系列丛书提出了许多宝贵意见,在此一并表示由衷的感谢!

数字制造科学与技术是一个内涵十分丰富、内容非常广泛的领域,而且还在不断地深化和发展之中,因此本丛书对数字制造科学的阐述只是一个初步的探索。可以预见,随着数字制造理论和方法的不断充实和发展,尤其是随着数字制造科学与技术制造企业的广泛推广和应用,本系列丛书的内容将会得到不断的充实和完善。

《数字制造科学与技术前沿研究丛书》编审委员会

前 言

德国在 2010 年提出了工业 4.0 的概念,利用网络和通信技术将工业生产制造中的数据与有用信息传送到工业生产管理与决策的过程中,旨在提升制造业的智能化水平,建立具有适应性、资源效率高及人因工程学的智慧工厂。美国 GE 公司(通用电气公司)在 2012 年进一步提出了工业互联网,将搜集到的数据传输到云端,计算分析之后产生“智慧数据”,以实现设备与人的“交互”。GE 公司认为,大数据分析和工业互联网最终将重构全球工业。我国在 2015 年结合国情,也提出了“中国制造 2025”战略,将物联网、云计算和大数据作为新工业制造的核心技术。

当前,随着互联网应用信息化的发展,制造领域、商业领域、科研领域以及社会生活中所产生的数据量都在以惊人的速度增长。近几年,我国不断推进数据的开放和共享,大数据产业有望在通信、金融、制造、医疗等重点行业率先取得突破,成为全球最重要的大数据市场。企业产品配置过程中也能够衍生出大数据,特别是产品配置过程实现智能化以后,企业信息管理系统不断存储和更新数据,它们具有海量(volume)、高速(velocity)、多样(variety)、价值(value)的 4V 特性。伴随越来越多的数据累积,量变引起质变,这些积累的数据蕴含着巨大的商业和科技价值。但是,如果没有相关模型和挖掘方法的支撑与指导,以及整合产品配置平台的能力,这些信息的价值就无法体现,企业也无法从中受益。因此,针对企业产品配置过程中衍生出的大数据,研究大数据环境下产品智能配置的理论与方法,能够帮助企业更好地服务客户、发现商机、扩大市场、提升效率。

大数据环境下产品智能配置理论与方法可以围绕产品配置信息标准化模型、客户需求信息大数据挖掘方法和基于人工智能的产品配置设计优化三方面展开研究。通过研究产品配置信息标准化模型,为产品配置信息的大数据挖掘奠定基础;针对产品配置中衍生出的大数据文件格式普遍具有非结构化、有噪声、多类型的特点,采用分布式处理架构,对海量信息进行提取、分类和评估研究,为构建企业大数据挖掘平台提供理论依据;针对客户需求不能直接作用于产品配置的问题,建立客户需求到产品模型的数学映射关系,并采用人工智能算法来研究产品族的可拓性和变异性,为产品配置设计优化提供指导。

本书的研究成果受湖北省科技支撑计划项目(2015BAA058)和湖北省自然科学基金项目(2015CFA115)资助,在此表示感谢!本书的有关研究工作得到了武汉理工大学机电工程学院薛亮、方真强、程理群同志的支持,本书的编撰和校对得到了武汉理工大学机电工程学院黄培德、邓璘、赵飞宇、舒瑶、苏佳奇、苗志民、闫志峰、卢梓扬等同志的合作和帮助,在此深表谢意!

作 者

2016 年 9 月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 背景和意义	(1)
1.2 数字制造与产品配置	(2)
1.2.1 数字制造	(2)
1.2.2 产品配置	(7)
1.3 大数据时代的挑战	(12)
1.3.1 大数据与制造业大数据时代	(12)
1.3.2 大数据与制造企业大数据现状	(13)
1.3.3 大数据处理流程	(14)
1.3.4 大数据的关键技术	(15)
1.3.5 大数据与制造企业所面临的挑战	(16)
1.3.6 大数据技术发展趋势	(18)
1.3.7 大数据产业发展重点	(19)
1.3.8 大数据未来发展建议	(19)
参考文献	(21)
2 基于大数据的客户需求信息的概念界定	(24)
2.1 大数据的概念和内涵	(24)
2.1.1 大数据概念的提出	(24)
2.1.2 大数据的特征	(24)
2.1.3 大数据挖掘流程	(25)
2.1.4 大数据的应用领域	(26)
2.2 基于 Hadoop 的大数据处理	(27)
2.2.1 HDFS 体系结构	(27)
2.2.2 HBase 分布式数据库	(28)
2.2.3 MapReduce 计算模型	(28)
2.3 互联网的客户需求信息获取框架	(29)
2.3.1 数据清理	(29)
2.3.2 用户识别	(30)
2.3.3 关键词提取	(31)
参考文献	(33)

3	标准化客户需求信息相关模型	(35)
3.1	标准化客户需求信息获取模型	(35)
3.2	标准化客户需求信息的结构和表达模型	(38)
3.2.1	标准化客户需求信息的结构模型	(39)
3.2.2	标准化客户需求信息的表达模型	(39)
3.3	标准化客户需求信息的知识库模型	(40)
3.3.1	客户需求知识表达	(40)
3.3.2	客户需求知识库模型的构建	(41)
	参考文献	(43)
4	大数据客户需求信息处理技术	(45)
4.1	大数据客户需求信息存储	(45)
4.1.1	HBase 数据存储原理	(45)
4.1.2	HBase 存储客户需求信息的整体架构	(47)
4.1.3	Hbase 中客户需求信息存储表设计	(47)
4.2	大数据客户需求信息预处理技术	(48)
4.2.1	客户需求特征属性提取	(49)
4.2.2	客户需求信息的定量标定	(49)
4.3	大数据客户需求信息数据挖掘技术	(52)
4.3.1	基于 MapReduce 的 K-Means 算法的设计与实现	(52)
4.3.2	基于 MapReduce 的 KNN 算法设计与实现	(56)
4.3.3	朴素贝叶斯分类并行算法的设计与实现	(58)
4.3.4	决策树并行分类算法	(61)
4.4	大数据客户需求信息推荐技术	(62)
4.4.1	推荐系统	(62)
4.4.2	MapReduce 推荐算法设计	(64)
	参考文献	(70)
5	产品智能配置	(72)
5.1	模块化产品配置	(72)
5.1.1	模块与产品配置	(72)
5.1.2	产品族相关概念	(73)
5.1.3	模块划分方法	(74)
5.1.4	模块模型的构建	(78)
5.2	基于 CBR 和 CSP 的产品族构建	(81)
5.2.1	基于 CSP 的产品配置方法	(81)
5.2.2	基于 CBR 的产品配置方法	(81)

5.3 基于客户需求信息的产品模块映射	(82)
5.3.1 面向产品模块配置的客户需求信息映射模型	(82)
5.3.2 面向产品模块配置的客户需求信息映射方法	(84)
5.3.3 面向产品模块配置的客户需求信息映射步骤	(86)
参考文献	(87)
6 规范化信息处理	(89)
6.1 规范化信息处理思路	(89)
6.2 智能信息处理相关理论研究	(90)
6.2.1 二元语义模型	(90)
6.2.2 规则模型	(91)
6.2.3 机器学习模型	(92)
6.3 基于人工智能的规范化信息处理	(97)
6.3.1 基于模糊集规则的规范化信息处理	(97)
6.3.2 基于分词规则的规范化信息处理	(97)
6.3.3 基于规则-机器学习的规范化信息处理	(100)
参考文献	(101)
7 基于深度学习的产品数字模型智能装配	(103)
7.1 深度学习模型	(103)
7.1.1 深度学习模型的基本思想	(103)
7.1.2 深度学习常用模型	(103)
7.2 深度置信网络	(106)
7.2.1 RBM 模型及 Sigmoid 神经元	(106)
7.2.2 DBN 模型的训练学习	(107)
7.3 面向 DBN 的装配信息模型构建	(108)
7.3.1 零部件装配几何元素分类	(108)
7.3.2 零部件分类特征信息定义	(109)
7.3.3 面向 DBN 的零部件装配信息模型	(113)
7.4 基于 DBN 的零部件分类模型库	(114)
7.4.1 DBN 分类识别模型的构建	(115)
7.4.2 典型零部件模型库的建立	(119)
7.4.3 非典型零部件模型库的建立	(120)
参考文献	(121)
8 客车企业客户需求信息管理系统	(122)
8.1 客车企业客户需求信息前台数据采集	(122)

8.1.1	产品展示	(122)
8.1.2	智能选客车	(124)
8.2	客车企业客户需求信息知识库的构建	(125)
8.2.1	客车产品客户需求知识库的架构	(126)
8.2.2	客车产品客户需求知识库概念模型	(127)
8.2.3	客车客户需求知识库模板	(129)
8.2.4	客户需求的知识获取	(132)
8.2.5	系统开发与应用示例	(134)
8.3	客车企业客户需求信息后台数据分析	(135)
8.3.1	网站流量管理	(135)
8.3.2	商机管理	(139)
8.3.3	访问行为分析	(140)
8.4	本章小结	(142)
	参考文献	(142)
9	智能手机产品模块配置	(144)
9.1	智能手机客户需求信息的映射	(144)
9.2	智能手机产品模块的组合	(151)
	参考文献	(153)
10	汽车生产线智能装配系统	(154)
10.1	汽车生产线智能装配系统总体方案	(154)
10.2	典型零部件的智能装配	(157)
10.2.1	典型零部件的配合类型定义	(157)
10.2.2	典型零部件的配合类型判别	(158)
10.2.3	典型零部件的智能装配过程	(161)
10.2.4	典型零部件的智能装配	(167)
10.3	非典型零部件的智能装配	(168)
10.3.1	非典型零部件智能装配特征的定义与表达	(168)
10.3.2	非典型零部件的智能装配过程	(171)
10.3.3	装配方向的确认	(173)
10.3.4	非典型零部件的智能装配	(174)
	参考文献	(176)



绪论

1.1 背景和意义

当前,随着互联网应用信息化的发展,制造领域、商业领域、科研领域以及社会生活中所产生的数据量都在以惊人的速度增长。据国际数据咨询公司 IDC 的研究报告称,2011 年全世界的数据量超过 1.8 ZB,是 2006 年前的 9 倍^[1];Google 每天处理大于 20 PB 的数据^[2];欧洲生物信息学中心的基因序列数据库容量已达 5 PB^[3,4]。但是,大数据产业还处于发展初期,总体规划仍有待部署,行业标准化和规模化还未实现,核心技术的突破面临巨大的挑战^[5]。

企业资源管理信息化的完善,促使其采集、处理、存储的信息具有多类型、有噪声、实时性的大数据特征。对大数据信息的采集、处理与存储,许多学者展开了研究,特别是利用 Hadoop MapReduce 框架进行分布式处理是近年来 IT 界处理大数据问题的热点之一。文献[6]介绍了可提供高吞吐量访问应用数据的 HDFS(hadoop distributed file system,Hadoop 分布式文件系统)具有的高容错性和可部署性;文献[7]探讨了一种在高速数据流上进行大规模数据处理的方法,利用该技术来解决本地服务器数据交互和中间结果存储的技术瓶颈问题;文献[8]通过研究云制造环境下大数据挖掘任务的增长优化算法,建立了键值存储系统,减少了分布式文件系统和并行的读写执行计数和分组;文献[9]利用概念图来优化大数据管理,制定了大数据及其检索表示的优化方法;文献[10]发现空闲数据的负调节作用 and 业务流程的类型,对感知大数据的优势具有积极影响;文献[11]提出了基于大数据的自适应数据压缩算法。很多大数据处理技术往往侧重于宏观研究,即用于开发高性能的硬件处理器或者构建高效率的软件架构和算法,没有从企业产品配置所面临的客户需求信息标准化问题入手来进行深入研究。

产品智能配置的目的是促使产品配置生产方式具有较强的适应性和灵活性,缩短产品的设计和制造周期,提高设计资源利用率和降低产品族的装配和管理成本,实现产品在全生命周期中的升级、管理、维护及重用。现代企业采用模块化产品配置的生产模式,通过分析客户的需求来设计产品族模型,然后按照一定的规则将产品族划分成一系列模块,组成模块化的产品结构,并将模块实例化,以企业产品数据信息的形式存储于企业数据库。由于客户需求信息和产品配置约束的复杂性,配置生成的智能化是产品配置方法研究的重要方向,即:在综合分析产品数据信息的基础上,在客户需求信息的驱动和产品配置条件的约束下,研究通过算法对产品族内不同模块进行智能搜索和匹配。

企业产品配置信息主要包括客户需求、产品模型、约束规则和实例,具有海量(volume)、高速(velocity)、多样(variety)、价值(value)的 4V 特性^[12]。这些也是大数据的特征。伴随越来越多的数据累积,量变引起质变,这些积累的数据蕴含着巨大的商业和科技价值。但是,如

果没有相关模型和挖掘方法的支撑与指导,以及整合产品配置平台的能力,这些信息的价值就无法体现,企业也无法从中受益。所以,研究大数据时代的产品智能配置理论与方法,能够帮助企业从大数据信息中挖掘潜在有效的知识,从宏观角度抽象数据,来支持企业实现产品智能配置。在经济全球化和激烈的市场竞争环境下,要提高制造企业的竞争力,开展基于大数据挖掘分析技术的产品智能配置方法研究,不仅能够缩短产品的开发周期和降低开发成本,而且可以相应地提高产品开发质量和企业研发能力,对企业的市场竞争力和经济效益具有重要的理论意义和实际应用价值。

鉴于上述分析,本书提出大数据客户需求信息挖掘方法,将客户需求信息处理成具有结构性、独立性、明确性和价值性的标准化信息;通过研究模块化产品配置中模块的数学模型,构建标准化客户需求信息和标准化产品数据信息的数学模型及其映射算法;提出基于深度学习模型的产品数字模型智能装配方法,为产品智能配置优化提供有效指导。

1.2 数字制造与产品配置

1.2.1 数字制造

1.2.1.1 数字制造的概念

所谓数字制造^[13],指的是在虚拟现实、计算机网络、快速原型、数据库和多媒体等支撑技术的支持下,根据用户的需求,迅速收集资源信息,对产品信息、工艺信息和资源信息进行分析、规划和重组,实现对产品设计和功能的仿真以及原型制造,进而快速生产出达到用户要求性能的产品的整个制造过程。也就是说,数字制造实际上就是在对制造过程进行数字化的描述而建立起的数字空间中完成产品的制造过程。

数字计算机诞生可以追溯到 20 世纪 40 年代末,计算机出现不久就被用于制造控制和机床加工,将之前依靠人工或模板产生的加工过程进行信息数字化处理,然后以此来控制加工过程中的空间位置、角度参量以及运动速度等机械量。这些机械物理量可以用数值来表示,可以由工具测量获得,也可以加以控制,这便是最初的数字控制机床。随着计算机和新型网络技术的发展,基于智能计算机系统和通信网络技术的数字化制造技术日益成熟,为现代制造系统的并行操作、分布式控制、虚拟化互操作、远程监测与控制等重要进程提供了可能的解决方案^[14]。制造市场的多样化以及信息通信技术和人工智能控制等高新技术的迅速发展推动了数字制造业的深刻革命,使制造活动和制造领域的深度和广度都得到了前所未有的扩展,制造过程中信息的表示、处理、传输和识别也发生了深刻的变化。在这样的背景下,制造网络化和数字化逐渐成为产品生命周期中不可缺少的驱动力,数字制造的基本概念和理论得到了研究和发展。

数字制造使用产品制造信息数字化、定量表述、数字存储、处理以及控制的方法来对制造产品甚至制造企业的运作进行全局优化。数字制造是以制造过程的知识处理和信息融合为基础、以制造产品的数字化建模和仿真优化过程为特征,在虚拟化现场装备、计算机网络技术、快速原型建模抽象、数据库管理等技术的支撑下,对制造过程中的产品信息、工艺信息和资源信息进行在线分析和实时规划,完成产品设计功能的仿真和产品原型制造的建模,进而生产出达到用户要求的产品的整个制造过程。另外,数字制造就是在对制造过程进行数字化描述的基

础上,建立起制造数字空间并完成产品的制造过程。

数字制造不仅仅局限于对产品制造信息的数字化,它是对整个制造全过程的数字化,即用数字化的技术和方法来处理产业过程中的各种制造信息,用数字化的技术和方法来解决产业过程中的制造问题,用数字化的设备和途径来加工数字化了的产品的制造。从数字制造的定义可以看出,将数字技术的思想和方法融入制造过程的所有环节并贯穿整个制造系统是数字制造的基本原理。根据更广泛的定义,只要用到了数字技术的系统,如网络制造、虚拟制造等,都可以被看作数字制造的子系统。由此可见,数字制造的关键技术是动态变化着的,它会随着数字化技术和信息处理技术的发展而变化,是最新的数字信息技术在产品制造业上的体现和发展。

数字制造的内涵,是随着智能制造技术、信息处理技术、监测控制技术、光机电一体化技术等高新技术产业的发展而不断发展的^[15]。制造系统中的信息分析问题是数字制造要解决的基本问题,制造信息的传输和处理贯穿于整个制造过程。制造信息中的知识获取、信息表达、信息传输、存储分析等问题,均涉及数字制造产业的关键技术。数字制造系统及其本质的分析方法需要新的制造信息学研究提供技术支撑,制造技术的下一个重要发展方向将是信息和知识的制造。现代制造技术的发展重点是提高制造系统的信息处理能力,目前数字制造的各项技术在国内被广泛地研究。

数字制造与传统制造的本质区别在于,数字制造力图依据离散的、系统的、动力学的、非线性的和时变的观点来系统研究制造工艺、装备、技术、组织、管理、营销和控制等一系列问题^[16]。数字制造的本质是将制造的连续物理现象,模糊的不确定现象,制造过程的物理量和伴随制造过程而出现和产生的几何量,企业环境,个人的知识、经验和能力离散化,进而实现数字化。离散化和数字化的过程,将涉及一系列理论基础问题,其中,计算制造学是最核心理论基础^[16]。

1.2.1.2 数字制造与数字化工厂

根据世界银行数据库和联合国统计数据库的数据,2011年我国制造业增加值为1.9009万亿美元(现价),美国为1.8805万亿美元(现价);2012年我国制造业增加值为2.0793万亿美元(现价),美国为1.9121万亿美元(现价)。2013年我国生产的发电设备占全球的60%,造船完工量为全球的41%,汽车产量为全球的25%,机床产量占全球的比重为38%^[17]。以上这些数据表明,我国世界制造大国地位确定无疑。但是,我国制造业的现状却是无可辩驳的大而不强。面对进一步加大的资源压力、环境压力、成本压力,以及市场竞争激烈、利润空间压缩和用户需求提高,我国制造业的唯一出路是转型升级成为制造强国。中国工程院在编写《中国制造2025》时,调研了世界主要国家制造业发展的状况,在大量数据分析的基础上,按照规模发展、质量效益、结构优化和持续发展4项一级指标,以及18项二级指标构成的制造强国评价指标体系,计算出制造强国综合指数,把这些国家划分成3个方队。第一方队是制造业居于全球绝对领先地位的美国,第二方队是德国和日本,第三方队有英国、法国、韩国、中国等。中国制造业目前发展不平衡,没有总体完成工业2.0(大规模制造机械化)和工业3.0(工业自动化),就需要面对工业4.0(工业自动化和信息化深度融合)的形势。因此,中国工业制造的发展,不像西方发达国家走的是工业2.0、工业3.0,进而工业4.0的串行发展的道路,而应该走工业2.0、工业3.0和工业4.0并行发展的道路。从现在起到2025年,属于中国制造2025阶段,中国制造在此阶段争取进入第二方队。再经过10年发展到2035年,中国制造争取进入第二方

队的前沿。然后再经过 15 年到 2050 年,中国制造争取挺进全球制造的第一方队^[18]。

要实现上述的规划,中国制造首先需要努力完成四个转变:由要素驱动向创新驱动转变,由低成本竞争向质量效益竞争转变,由资源消耗大、污染物排放多的粗放制造向绿色制造转变,由生产型制造向服务型制造转变。而完成这些转变需要采用的方法恰恰是工业 3.0 和工业 4.0 已经选择的和正在选择的方法^[19],即:信息技术和制造技术及工业自动化技术的深度融合,用精益制造管理取代粗放型制造管理,由产业集群取代产业集聚,从而完成由生产低端产品向制造高端装备的过渡。

习近平在视察河南的中铁盾构制造厂时指出,装备制造业是制造业的脊梁。这深刻地揭示了制造业转型升级,首先要抓紧装备制造业的转型升级。装备制造业依靠什么来转型升级呢?唯有借助于智能制造。我国实施智能制造的路径在于:抓准方向,把握趋势;结合国情,分层推进;夯实基础,统筹协调。具体地说,就是在总体上按照两化(自动化、网络化)深度融合,数字化、智能化的方向在制造业的全行业加以推进;在重点行业(如高端装备制造业)和基础好的行业(如石化)中,则可以根据实际情况以两化深度融合为中心,找准自动化和网络化的短板,迅速填平补齐,同时重点进行数字化和智能化推进。

智能化的前提是自动化和数字化,包括控制系统的数字化、工业网络的数字化、测量和执行手段的数字化,也就是工业自动化所有环节的全面数字化。从概念上说,数字化工厂涵盖产品设计、工艺设计、虚拟仿真、生产管理、制造数据管理^[20]。德国工程师协会对数字化工厂的定义包括下述三个方面:

(1) 数字化工厂是由数字化模型、方法和工具构成的综合网络,包含仿真和 3D/虚拟现实可视化,通过连续无中断的数据管理集成在一起。

(2) 数字化工厂是一种新型生产组织方式,以产品全生命周期的相关数据为基础,在计算机虚拟环境中对整个生产过程进行仿真、评估和优化,并进一步扩展到整个产品生命周期。

(3) 数字化工厂主要解决产品设计和产品制造之间的鸿沟问题,实现产品生命周期中的设计、制造、装配、物流等各个方面的功能,减小设计到生产制造之间的不确定性,在虚拟环境下将生产制造过程压缩和提前,并对其进行评估与检验,从而缩短产品设计到生产转化的时间,并且提高产品的可靠性与成功率。

总而言之,数字化工厂是利用数字化技术,集成产品设计、制造工艺、生产管理、企业管理、销售和供应链等各方面人员的知识、智慧和经验,进行产品设计、生产、管理、销售、服务的现代化工厂模式。这种模式特别依赖于网络(互联网、物联网)技术,从而实时获取工厂内外相关数据和信息,有效优化生产组织的全部活动,使生产效率、物流运转效率、资源利用效率达到最大化,对环境影响最小,充分发挥从业人员能动性。

2006 年美国 ARC 总结了以制造为中心的数字制造、以设计为中心的数字制造和以管理为中心的数字制造^[21],并考虑了原材料及能源供应和产品的销售供应,提出用工程技术、生产制造和供应链这三个维度来描述工厂的全部功能和活动,如图 1-1 所示。图中 ERP 指企业资源计划,CPM 指关键路径法,PLM/S 指产品生命周期管理/服务,PLM/D 指产品生命周期管理/设计。通过建立描述这三个维度的信息模型,利用合适的软件就能够完整表达围绕产品设计、技术支持、生产制造以及原材料供应、销售和市场相关的所有环节的功能和活动。理想的数字化工厂应该包括以下技术:相关描述和表达能够得到实时数据的支持,以及下达指令指导所有环节的活动;通过三个维度之间的交互实现全面优化;在市场营销方面、能源优化利用储

存方面引入智能商务和智能能源管理。换一种表达方式,我们可以把数字化工厂看作是实现了产品的数字化设计、产品的数字化制造、经营业务过程和制造过程的数字化管理,以及系统集成优化的过程。如何在现有技术的基础上发展数字化工厂,为了实现数字化智能工厂还需要开发哪些技术,制定哪些规范,都有待研究。

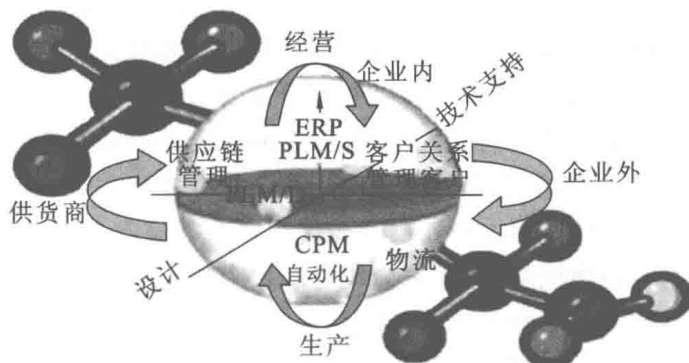


图 1-1 数字化工厂模型用三个维度来描述

德国提出工业 4.0 发展策略,美国提出工业互联网的概念,这些都表明工业生产中信息物理系统融入生产系统,将为新的工业革命奠定信息基础和开辟新的空间。生产制造系统采用联网的嵌入式系统、物联网和基于 WEB 的服务,清晰地描绘了工业工程技术、自动化技术与 IT 技术相互融合和渗透的途径,也指明了实现数字化工厂的总体框架。由图 1-2 可以看出,在典型的工厂控制系统和管理系统信息集成的三层架构的基础上,充分利用正在迅速发展的物联网技术和服务网技术,与生产计划、物流、能源和经营相关的 ERP、SCM(供应链管理)、CRM(客户关系管理)、QMS(质量管理体系)等,与产品设计、技术相关的 PLM 处在最上层,与服务网紧紧相连。与制造生产设备和生产线控制、调度、排产等相关的 PCS(过程控制系统)、MES(制造执行系统)功能通过 CPS 物理信息系统实现,这一层与工业物联网紧紧相连。从制成品形成和产品生命周期服务的维度来说,数字化工厂还需要和具有智能的原材料供应及智能产品的售后服务这些环节进行实时互连互通的信息交换。而具有智能的原材料供应和智能产品的售后服务,还具有充分利用服务网和物联网的功能。

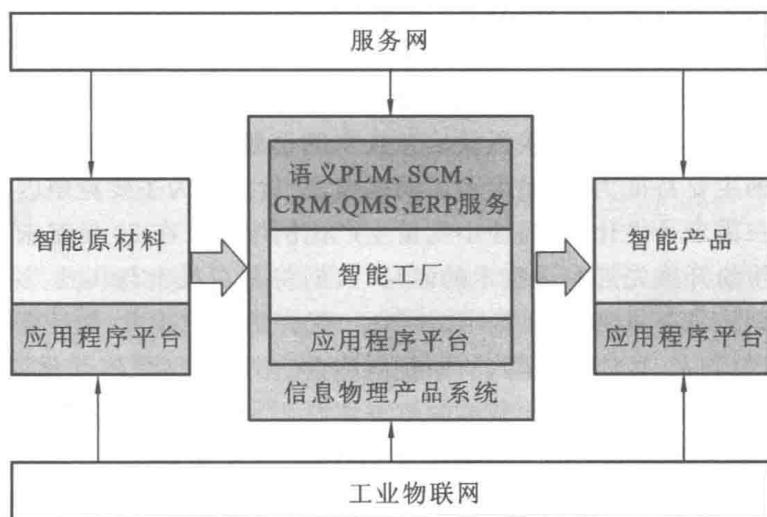


图 1-2 实现数字化工厂的整体框架

1.2.1.3 数字制造的发展现状与存在的问题

我国所具有的巨大的市场需求、强大的产业基础和完善的制造业体系,以及网络通信技术的迅速普及和两化融合的不断深入,为我国数字制造的发展提供了良好条件。广泛应用快速成型技术、基于模型的产品定义(MBD)、基于模型的检验(MBI)、企业资源计划(ERP)与CAD/PDM/CAPP等技术,建立数字化生产中心,通过信息技术控制生产流程,整合各生产工序,推进决策控制系统(DCS)、制造执行系统建设,制造企业逐步向设计、生产、管理和经营一体化迈进。但对比来看,我国数字化制造发展中仍暴露出一些问题。

一是自主创新能力不足。目前,我国制造业自主创新能力仍然比较薄弱,处于国际分工和国际产业价值链中低端^[22]。制造业核心技术和关键设备自主化率较低,核心专利技术较少,而美、日拥有专利占世界专利总量的90%左右。由于缺少拥有自主知识产权的核心技术,我国制造业存在产业技术空心化危险,这也成为我国制造业转型升级和国际化的瓶颈。

二是核心软件与关键设备依赖进口。我国制造业技术装备特别是高端装备主要依赖于进口。在我国每年8万多亿元的固定资产投资中,有70%是用于购置设备,而其中又有60%依赖于进口。我国缺乏具有自主知识产权的数字制造技术,并且自主品牌核心软件和关键设备也主要依赖进口。目前,具备MBD能力的CAD和数字制造软件的采购价格受制于国外公司,这也是数字化制造在我国难以广泛应用的主要原因之一。

三是数字制造技术体系不健全。在实际应用中,基于3D的设计率并不高,缺乏多学科综合设计能力和数字化设计的标准体系。设计制造一体化的应用研究尚需加强,各学科都没有实现整机级别的设计制造一体化应用。生产计划管理、物资管理和工艺管理等各企业数字化管理软件互不兼容。无行业限制的数字化产品设计、制造和管理平台,涉及多家企业的系统管理多为人工交互,效率低下。企业信息化基础建设主要侧重于解决局部矛盾,系统性和总体规划不够,造成了“信息孤岛”现象,局部效率与整体效率不相协调,数据的一致性难以保证。

1.2.1.4 数字制造的战略意义和政策意义

制造业是国民经济的基础产业。制造业生产消费类产品满足日常生活需求,为农业与公共工程提供工程设施,为产业部门提供生产设备,为第三产业提供技术装备与服务设施,为科学研究部门提供科研设备和仪器,为医疗、环保部门提供诊断、治疗、检查和治理设备,为国防提供武器和装备,为交通运输部门提供汽车、船舶和飞机及相关道路、机场、港口。制造技术的水平和制造业的实力也反映一个国家的生产力水平和国防能力,决定着国家的经济竞争力和综合国力的强弱,决定一个国家的产品质量、竞争能力,也决定人民的生活水平。

随着全球经济一体化进程的加快以及信息技术的迅猛发展,现代制造企业环境发生了重大的变化,其变化的主要特征为:产品生命周期缩短,交货期成为主要竞争因素,大市场和大竞争已基本形成,用户需求个性化,多品种小批量生产比例增大。在20世纪末,世界各国制造业为取得竞争优势,纷纷开展先进制造技术的研究,人们将制造技术与飞速发展的信息技术、自动化技术、现代管理技术有机融合,逐渐形成了新一代先进制造技术,如计算机集成制造、敏捷制造、并行工程、虚拟制造、智能制造等,从而使制造业进入信息化、生动化、智能化、敏捷化的历史新时期。下面是我国企业数字化制造的政策建议:

(1) 加强顶层设计,制定数字化制造总体规划

一是充分发挥我国的制度优势,成立数字化制造发展委员会,制定我国数字化制造总体发展规划,建立促进数字化制造发展的长效机制。二是扩大“数控一代机械产品创新应用示范工

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com