

工业互联网平台推动下中国制造业企业两化融合发展模式探究

付宇涵, 马冬妍, 崔佳星

国家工业信息安全发展研究中心, 北京 100040

摘要 深入推进信息化和工业化融合(以下简称两化融合)是中国应对全球范围内新一代信息技术革命做出的历史抉择,是统揽建设“制造强国”和“网络强国”的总纲领。工业互联网平台在有效破解当前中国制造业两化融合发展面临的诸多问题的同时,也对其发展模式产生深远影响。基于企业实践,全面梳理当前中国推进两化融合面临的主要问题,从数据、技术、业务流程、组织结构4方面探究工业互联网平台对两化融合发展和推进模式产生的影响,为中国全面加速产业数字化转型,促进先进制造业发展提供借鉴。

关键词 两化融合;工业互联网;工业互联网平台;业务流程;组织结构

深入推进信息化和工业化融合(以下简称两化融合)是中国应对全球范围内新一代信息技术革命做出的历史抉择。目前,中国制造业两化融合整体处于自动化、数字化向网络化、智能化跨越发展阶段,当前主要任务是在基本实现自动化、数字化的基础上,以网络技术为支撑,推动企业生产、经营、管理、服务等活动和过程的集成互联和智能化,实现跨业务领域、跨企业边界的整体优化,不断催生新业态、新模式,培育形成开放、协同、共享的产业生态体系。面对中国广大制造业企业在数字化、网络化、智能化转型过程中面临的各种挑战和发展需求,工业互联网平台应运而生,在有效解决当前中

国制造业两化融合发展面临的诸多问题的同时,也对其未来发展模式产生深远影响。本文基于企业实践,在全面梳理中国推进两化融合面临的主要问题的基础上,从数据、技术、业务流程、组织结构4个方面探究工业互联网平台对中国制造业企业两化融合发展和推进模式产生的影响,为加快推进新型工业化、振兴制造业特别是先进制造业提供借鉴。通过分析发现:数据方面,工业互联网平台使数据获取更加精准、高效、全面,有效打通信息孤岛,最大化发挥数据应用价值;技术方面,工业互联网平台以网络化技术为基础实现边缘层、业务层、生态层的广泛连接,工业 SaaS(工业互联网平台应

收稿日期:2019-08-20;修回日期:2019-12-28

基金项目:国家社会科学基金重大项目(15ZDB151)

作者简介:付宇涵,工程师,研究方向为两化融合、信息化测评、数字经济等,电子信箱:fyhold@sina.com

引用格式:付宇涵,马冬妍,崔佳星.工业互联网平台推动下中国制造业企业两化融合发展模式探究[J].科技导报,2020,38(8):87-98;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2020.08.010

用层)和工业 APP(应用程序)的构建降低企业技术使用门槛;业务流程方面,基于工业互联网借助业务系统上云突破综合集成跨越困境,跨环节互联互通推动生产过程、供应链管理、经营管理等流程优化;组织结构方面,工业互联网平台可在企业内部加速 IT(信息技术)与 OT(运营技术)的融合进程,推动组织架构扁平化、柔性化发展,在企业间实现生产要素和各方资源的有效汇聚、高效流动和最优配置,构建平台化生态。

1 两化融合基本概念和发展路径

1.1 两化融合基本内涵

工业化和信息化是人类社会随着技术的发展和广泛应用而经历的两大文明进程,而“两化融合”是信息化和工业化高层次的深度结合。第二次工业革命使大多数发达国家基本实现工业化,实现了物质产品的大规模生产和消费,工业、生产性服务业逐步成为国民经济主导力量,产业结构、社会结构逐步趋于合理。20世纪中叶,以计算机为代表的信息技术逐步兴起,推动传统工业更加机械化、自动化,工业生产成本不断减少,生产效率、生产质量逐步提升。与发达国家在实现工业化的基础上再实现信息化的模式不同,新中国成立后,在工业化发展不充分、全球信息化技术发展兴起的形势下,中国开创性地提出了同步发展信息化和工业化,以工业化带动信息化,以信息化促进工业化。进入21世纪,全球信息化发展进入全面普及、深度融合、加速创新、引领转型的新阶段,物联网、云计算、大数据等信息技术在产业应用不断渗透和普及,为中国推进两化融合赋予更深的内涵、提出更高的要求。

两化融合是一项复杂的系统工程,涉及生产要素、生产方式、管理模式、产业体系及社会经济运行方式等不同层面的融合。企业是推进两化融合的基本主体,企业在信息技术不断发展的环境下,围绕其发展战略目标,推动信息技术(包括传统信息技术,以及以“云大物移智”等为代表的新一代信息技术)在生产经营管理的主要领域、主要

环节的充分有效应用,增强提升企业研发设计创新能力、生产集约化和现代管理水平、产业链协同能力等,从而促进经济发展方式转变和工业转型升级。在整个过程中,作为两化融合的4个核心要素^[1]——数据、技术、业务流程与组织结构不断相互促进和相互影响,技术的基础性作用不断发挥,带动业务流程和组织结构的优化调整,业务、管理过程产生的数据中潜在的关联和规则不断被挖掘,成为支撑企业生产、经营和决策的重要依据。

1.2 两化融合发展路径

智能制造是融合发展的主攻方向。宏观层面,从工业经济时代向数字经济时代迈进主要经历数字化、网络化、智能化3个交替演进、螺旋式上升的发展阶段,3个阶段不是独立割裂的,而是相互交织、迭代升级,通过技术融合相互促进发展的过程^[2];微观层面,企业两化融合发展实现起步建设、单项覆盖、集成提升和创新突破4个阶段的跃升^[3]。结合宏微观具体来看,数字化阶段的主要任务是推动数字技术在传统生产、经营、管理、服务等活动和过程中的应用,主要特点是“规范化”,聚焦到企业层面主要对应起步建设和单项覆盖2个发展阶段:起步建设阶段是企业数字化基础准备阶段,企业初步引入数字技术(例如信息系统等),逐步夯实两化融合发展基础设施和条件,数字技术与企业业务融合应用刚刚起步,尚不深入;单项覆盖阶段是数字技术在企业主要业务环节,例如生产、研发、销售、采购、办公等普及渗透的阶段,企业开始探索关键业务系统集成、资源优化和一体化管理模式。网络化阶段的主要任务是推动生产、经营、管理、服务等活动和过程中的集成与互联,主要作用体现为实现原有工作方式和模式跨业务领域或环节的整体优化,主要特点是“流程化”,聚焦到企业层面主要对应集成提升和创新突破2个发展阶段:集成提升阶段可以看作是企业内部实现网络化的发展阶段,企业在数字技术与单项业务全面覆盖融合的基础上,打破业务环节间的壁垒,实现互联互通基础上的资源优化配置和统一管理;创新突破阶段可以看作是企业跨越边界实现企业间的网络化发展阶段,企业在内部集成互联的基础上在利益

相关方之间实现业务协同和模式创新。智能化是两化融合发展的共同目标和方向,主要任务为全面推动企业内、企业间的生产、经营、管理、服务等活动和过程的智能化和协同化,主要作用体现为实现原有生产、经营、管理及服务方式和模式全方位、颠覆式变革,主要特点是“动态化”,企业实现内部集

成互联和外部协同创新的同时,不断加强人工智能技术与先进制造技术深度融合,不断催生新技术、新产品、新业态、新模式,培育形成新的产业生态体系,实现社会生产力的整体跃升。新一代智能制造将给制造业带来革命性的变化,将成为制造业未来发展的核心驱动力(图1)。

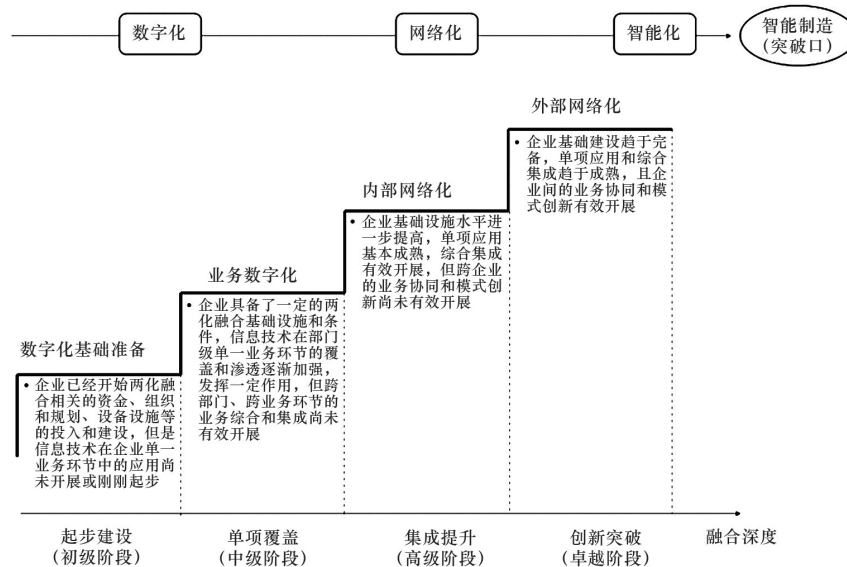


图1 制造业企业两化融合发展路径

2 制造业企业两化融合发展面临的主要共性问题

2.1 两化融合前期“投入高”难以对应“收益快”

企业推进两化融合是一个长期过程,在建设前期往往需要较高的投入,短期内难以获得明显的竞争力提升,虽然随着两化融合的持续推进,两化融合效益效能会逐步显现并持续扩大,但是很多企业,尤其是中小企业在两化融合建设前期往往投资意识薄弱,且迫于生存的压力,信息化资金投入不足。将信息化部门或项目划分为“支出型”,很难量化投入产出比,且信息化建设是一个长期过程,夯实基础、夯实与业务环节的全面覆盖和充分融合,投入后不能产生立竿见影的效果,可以说两化融合建设前期“投入高”难以对应“收益快”,影响企业信息化建设的积极性。

2.2 庞大的中小企业群体两化融合水平整体较低

中小企业在中国国民经济发展中占有重要比

重,2017年,中国规模以上工业企业数量达到37.3万家,其中中小企业占比达到97.5%^[4],相较于大型企业,受制于两化融合发展意识不强、信息化资金投入不足、缺乏足够的人才和技术积累,中小企业两化融合水平整体偏低,是影响中国两化融合平均水平的重要结构性因素。目前市场上缺乏低成本、简单适用的信息系统、软件工具,且其有效发挥作用重要支持的大量基础数据、模型等需要长期的积累和维护,这些对持续的资源投入要求很高。中小企业若要在困境中求发展,必须要运用网络化手段,增强协同水平和反应速度,借助平台的规模化聚集效应共享社会创新知识资源。

2.3 企业两化融合面临综合集成跨越困境

两化融合战略提出的“综合集成”与德国工业4.0提出的“三项集成”殊途同归,包括设计与制造集成、管控集成、产供销集成、产业链协同等内容。实现综合集成是两化融合发展的关键点和突破点,从投入产出对比看,相较单项覆盖以下阶段企业,

处于集成提升以上阶段企业的信息化投入仅高出 21.4%，即可实现全员劳动生产率高出 40.6%。但目前中国仅有 22.4% 的企业实现综合集成^[5]。具体原因一方面在于企业两化融合整体规划不足、流程管理缺位，造成跨部门、跨业务环节间的信息孤岛，带来了资源无法共享、信息资源闲置等问题；另一方面在于实现集成的关键软件供应能力不足，现有综合集成的软件系统往往与企业生产和经营管理过程紧密相关，与企业生产关键流程、状态信息和基础生产数据息息相关，需要针对企业特点做大量个性化开发，并在随后的实际生产和管理过程中不断优化，才能发挥更大作用，因此一定要以深度定制的方式持续推进。

2.4 企业在开放竞争环境下实现价值网络共创的能力有待提升

长久以来，中国企业经历了一定时期的规模化扩张和粗放式增长，传统的资源要素和组织建设观念较强，对于通过信息化手段带来的开放协作机遇准备不足。随着两化融合的深入，企业经营趋于虚拟化、边界趋于模糊化，在整个产业链或产品全生命周期维度逐步建立起新的合作分享模式和机制，从而更为有效地与企业外部相关方发生关联，将资源优势发挥到最大化。这些外部相关方包括企业的各级供应商、经销商，为企业进行生产和服务配套的中小企业，以及为企业研发设计服务的相关研究机构、分散的知识工作者等。通过应用信息技术手段，以用户需求为中心，在整个价值网络范围内优化资源配置，可以实现高度协作、成本更低、反应更快的供需对接和集成运作。因此，推动企业两化融合的整体提升，需要建立起良性运转的生态圈，不断加强资源共建共享，如此才能更好地营造出创新的环境。

3 工业互联网平台简介

3.1 工业互联网平台是工业互联网应用的重要载体

中国是互联网大国，互联网与消费领域的融合已取得瞩目成就。随着物联网、大数据分析、网络数字对象标识解析等技术不断完善，制造业数字

化、网络化、智能化需求日益迫切，中国互联网逐步从“人人互联”向“人和万物互联”、从为个人服务的“消费型互联网”向为企业服务的“生产型互联网”转变。

工业互联网就是这样一种为企业服务的“生产型互联网”，它通过构建“网络”“平台”“安全”3 大功能体系，将生产制造过程中的“人”“机”“物”有效连接，全面赋能制造业企业，释放效率红利^[6]。“平台”是工业互联网应用的重要载体，基于工业互联网平台，构建形成资源富集、多方参与、合作共赢、协同演进的制造业新生态：一方面是由内向外的生态构建，基于工业互联网平台，企业生产现场实现机器之间、机器与系统、企业上下游之间实时连接与智能交互，在智能化生产的基础上催生商业模式、业态的创新，如泛在感知、实时监测、精准控制、运营优化、供应链集成、需求匹配、服务增值等；另一方面是由外及内的智能化倒逼，工业互联网平台是工业全要素链接的枢纽，基于平台实现的精准营销、个性定制、智能服务、众包众创、协同设计、协同制造、柔性制造等新模式新业态的发展也带动了企业生产组织和制造模式的智能化变革^[7]（图 2）。

3.2 工业互联网平台是工业云平台的延伸发展

工业互联网平台是工业云平台的延伸发展，工业互联网平台以传统云平台为基础，进一步发挥大数据、物联网、人工智能等技术的效能效用，将工业生产过程软件化，并实现工业机理、工业知识的灵活调用。工业互联网平台的体系架构主要包括边缘层、平台层和应用层^[8]。

1) 边缘层：数据实时高效采集和云端汇聚的基础。(1) 数据的云端汇聚，通过各类通信手段接入不同设备、系统和产品，采集、汇聚处理海量数据，实现数据向云端平台的集成；(2) 数据的边缘处理，依托协议转换技术实现多源异构数据的归一化和边缘集成。

2) 平台层：基于可扩展的开放式云操作系统实现数据价值挖掘、微服务调用、工业 APP 定制开发等。(1) 工业数据分析能力的构建，即将数据科学与工业机理深度匹配与结合，这是工业大数据实践的重点也是难点。(2) 工业知识的固化，即将技

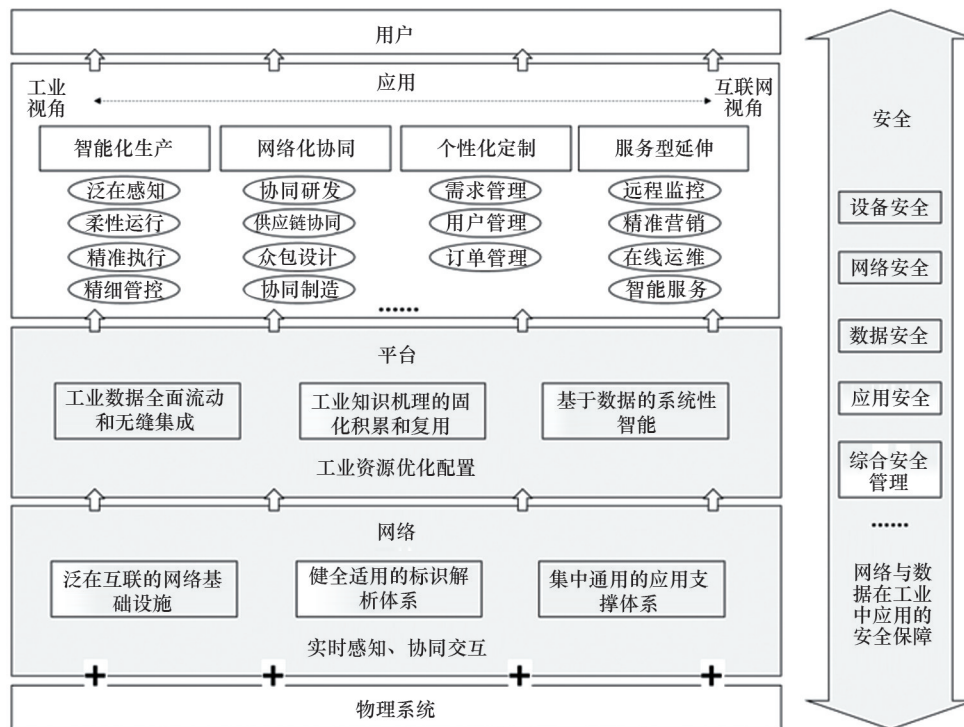


图2 工业互联网功能体系

术、知识、经验等固化为可以复用的工业微服务组件库,以供开发调用。(3) 在微服务组件基础上,借助相关开发工具,面向用户进行应用开发环境的构建和工业APP的定制。

3) 应用层:工业互联网平台最终价值的体现。在SaaS层,形成面向不同行业、不同场景应用的工业软件,是工业互联网平台的最终价值体现:(1) 提供了设计、生产、管理、服务等一系列创新性业务应用;(2) 构建良好的工业APP创新环境,使开发者基于平台数据及微服务功能实现了应用创新^[9](图3)。

3.3 工业互联网平台是企业数字化、网络化、智能化转型的重要抓手

工业互联网平台能够有效地集成海量工业设备与系统数据,实现业务与资源的智能管理,促进知识和经验的积累和传承,驱动应用和服务的开放创新,是制造业企业数字化、网络化、智能化转型的重要抓手。目前,工业互联网平台在企业研发、生产、管理决策以及企业间协同共创等方面已发挥重要作用。

1) 产品全生命周期维度。工业互联网平台可以将价值链各个环节的数据进行全面汇聚与集成,包括产品研发设计、生产制造、产品后市场、服务应用等环节,以全生命周期可追溯为基础,在设计环节实现可制造性预测,在生产环节实现制造工艺、生产流程的优化,并通过生产与使用数据的反馈改进产品设计进行创新迭代,在使用环节实现健康管理等,例如产品设计反馈、制造工艺优化、生产流程优化、产品远程维护、产品溯源等。

2) 企业管理维度。借助工业互联网平台可打通生产现场数据、企业管理数据和供应链数据,提升决策效率,实现更加精准与透明的企业管理,例如供应链管理优化、生产管控一体化、企业决策管理等。

3) 价值链维度。工业互联网平台可实现制造企业与外部用户需求、创新资源、生产能力的全面对接,推动研发设计、生产制造、供应链各环节从传统的串行模式转为并行组织模式,并实现各方资源的统一调度、协同优化和最优配置,例如协同制造、制造能力交易、个性化定制、产融结合等(图4)。

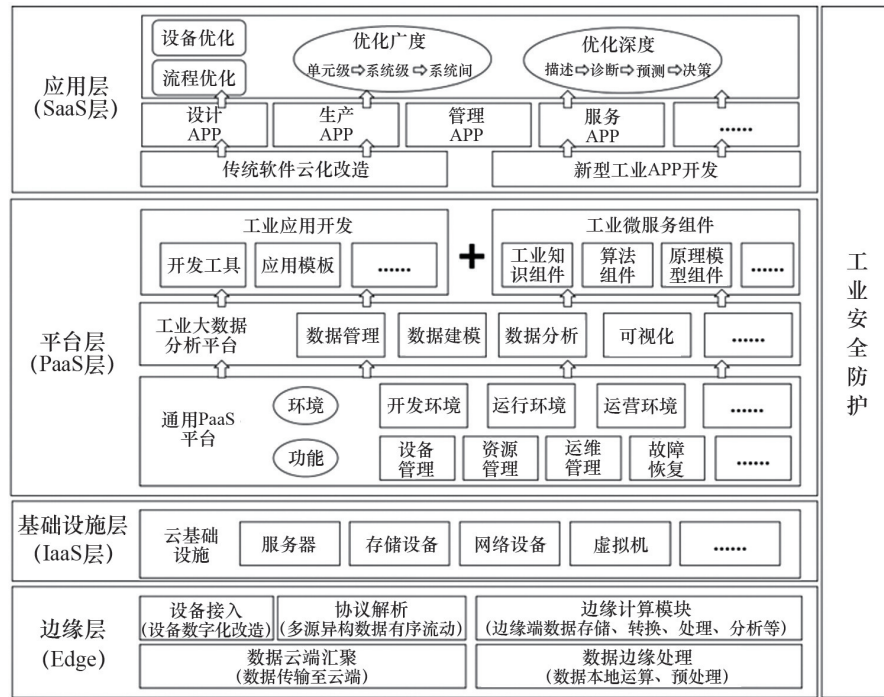


图3 工业互联网平台体系架构

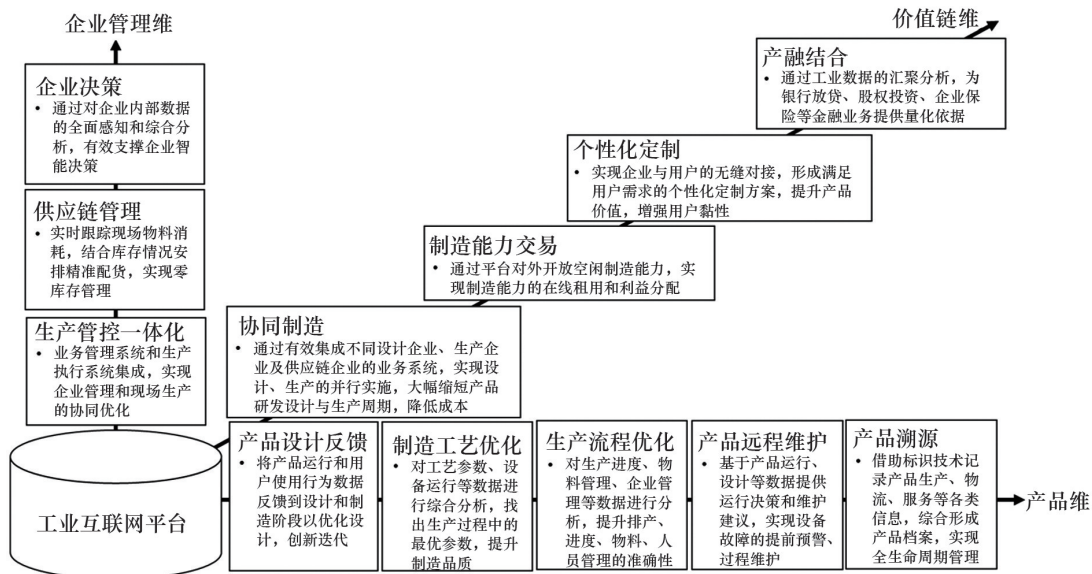


图4 工业互联网平台主要应用场景

4 工业互联网平台推动下制造业企业两化融合发展模式

两化融合大体上可以分为数字化、网络化和智能化3个互相交织但又相对独立的阶段,无论两化

融合发展到哪个阶段,数据、技术、业务流程与组织结构4个核心要素不会发生变化。工业互联网平台的应用所带来的巨大网络效应,将加速制造业两化融合进程,最终实现智能化发展。在工业互联网平台的驱动下,企业两化融合核心4要素的发展模

式也在发生变革:(1) 数据方面,工业互联网平台使数据获取更加精准、高效、全面,有效打通“信息孤岛”,最大化发挥数据应用价值;(2) 技术方面,工业互联网平台以网络化技术为基础实现广泛连接,工业 SaaS 和工业 APP 的构建降低企业技术使用门槛;(3) 业务流程方面,基于工业互联网借助业务系统上云突破系统集成跨越困境,跨环节互联互通推动生产制造过程、供应链管理、经营管理等流程优化;(4) 组织结构方面,工业互联网平台在企业内部加速 IT 与 OT 的融合进程,推动组织结构扁平化、柔性化发展,在企业间提升资本、工具技术、创意等生产要素和资源的汇聚、配置和共享效率,平台生态正在形成。

4.1 数据:构建集约高效的数据采集和分析体系

1) 工业互联网平台使得数据获取更加精准、高效、全面。工业经济时代实现了物质产品的大规模生产和消费,而数字经济时代数据成为驱动经济社会发展的新生产要素,工业大数据的及时性、完整性、开发利用水平,以及数据流、物质流和资金流集成协同能力,决定着制造资源优化配置的效率和水平,引领生产方式和产业模式变革方向。数据采集是工业互联网平台的基础,基于泛在感知技术高效、实时采集物理世界的各方(包括多源设备、异构系统、运营环境、人等)数据,并将边缘端的数据快速汇聚到云端,通过工业大数据建模等手段有效挖掘价值信息,以实现企业对生产制造和经营管理过程的智能优化和科学决策,为工业技术、知识和经验的显性化、复用化,以及形成为制造业应用各类工业 APP 奠定基础。

2) 工业互联网平台有效打通“数据孤岛”。传统的 IT 架构以实现管理自动化为目的,受限于整体规划不足和工业软件集成水平,跨部门、跨业务环节间“数据孤岛”现象较为严重,影响了资源共享和工作协同。工业互联网平台面向设备、系统、产品构建精准、高效、实时的数据采集体系,依托协议转换技术和边缘计算技术等实现多源异构数据的归一化和集成,最终实现生产现场数据、业务经营数据、产品全生命周期数据等的汇聚,形成统一的数据湖,有效消除“数据孤岛”^[10]。

3) 工业互联网平台大幅提升数据管理、分析能力,最大化发挥数据应用价值。工业互联网平台的重点在于“工业”,物理世界的数据采集与汇聚必须与工业机理有效结合,才能构建“工业”大数据的管理、分析能力,包括数据聚合与处理、数据存储、数据整合、批量分析等,实现数据价值的深度挖掘^[11]。同时,随着数据分析方法与工业机理知识的加速融合,对复杂工业数据的挖掘不断深入,数据分析方式从以可视化为主的描述性分析转变为基于规则的诊断性分析、基于挖掘建模的预测性分析和基于深度学习的指导性分析,数据的价值发挥度不断提升,从边缘获取的生产现场数据、业务系统数据和产品数据经过分析、建模最终再次作用于装备、系统和产品,逐步构建起“状态感知-实时分析-科学决策-精准执行”的闭环智能,有效推动设备、系统、产品智能化^[12](图 5)。

4.2 技术:实现边缘层、业务层、生态层广泛连接

1) 工业互联网平台的应用重点推动的是网络化技术的应用,实现有效“连接”是当前阶段技术实施重点。例如工业互联网平台中“工业”是重点,“互联网”是支撑,包括物联网、互联网等网络化技术,支撑着工业全系统的互联互通。促进工业数据的充分流动和无缝集成,在此基础上形成 3 个层面的有效“连接”:在边缘层面向机器和设备的“连接”、在业务层面向生产运营过程的“连接”和在生态层面向相关主体的“连接”。对于边缘层机器和设备的“连接”,核心是通过实现机器、设备的在线互联,对生产现场数据(例如设备操作数据、环境数据、质量数据等)进行分析计算,实现对生产状态的实时感知,并以此为基础指导生产设备、物料、排产等的动态优化和及时调整,提升生产设备的智能化和柔性化水平;对于业务层面向生产运营过程的“连接”,核心是对过程控制系统数据,例如可编程逻辑控制系统(PLC)、分散控制系统(DCS)、计算机数字化精密机械加工控制机床(CNC)、分布式数控系统(DNC)等产生的作业模型、过程监控数据,制造执行系统数据,例如作业计划和命令数据、物料跟踪和生产实绩数据等,以及信息系统数据,例如销售、采购、客户、质量、能源、安全、财务等数据进

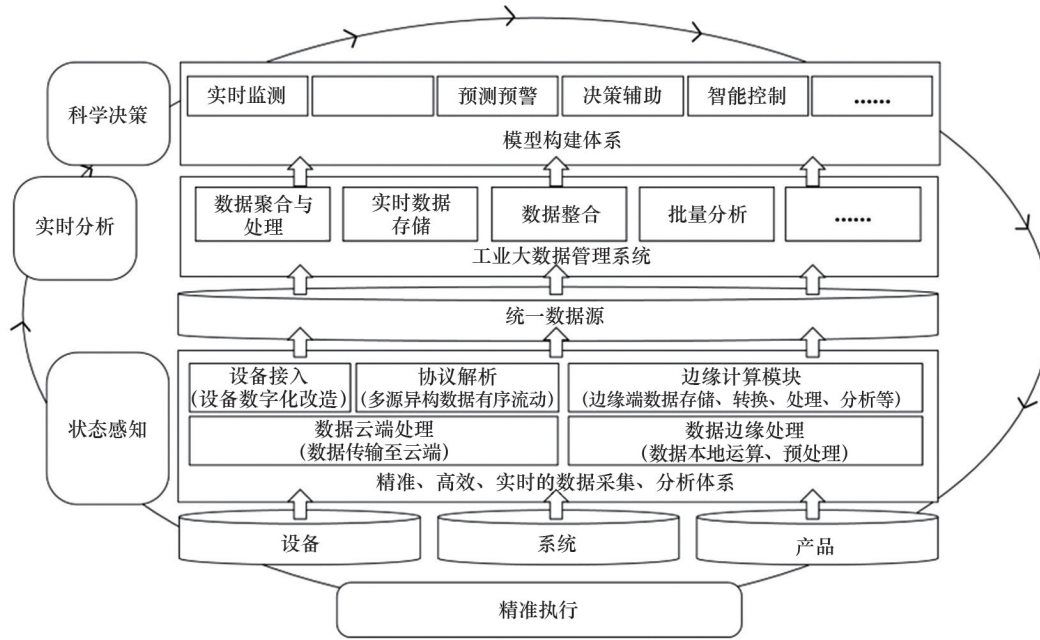


图5 工业互联网平台数据采集、分析体系

行集成处理和建模分析,实现生产制造和运营管
理过程的资源最优配置和全局动态优化调整,提升生
产过程的智能化水平;对于生态层面向相关主体的
“连接”,核心是对需求侧的用户使用、消费数据等
和供给侧的供应链数据、产品服务数据等进行集成
分析和挖掘,形成产业链上下游企业间资源组织、
配置和商业活动的创新,激发网络化协同研制、服
务型制造、个性化定制、平台化运营等模式和业态
的涌现(图6)。

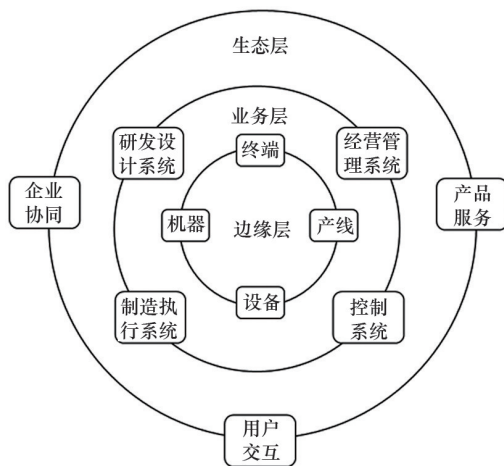


图6 工业互联网平台3个层面实现有效“连接”

2) 工业互联网平台在SaaS层,通过构建面向
各行业、各应用场景的工业APP,使得工业知识显
性化,有效降低企业技术使用门槛,大规模信息系
统、生产设备购置被灵活、按需的信息化建设和运
营服务的订阅制所替代。工业APP通过将行业工
业技术结构化、数字化和模型化,可以建立各种
工业技术之间的有序关联,形成覆盖工业产品研发、
生产和运维全过程的完整知识图谱,有效实现了工
业知识的显性化、复用化,通过以工业APP为载体
的知识与以工业APP驱动的智能硬件相结合,打造
形成智能化的制造体系。目前,工业APP的主要应
用场景覆盖研发设计、生产制造、运营服务、经营
管理等多方面,用户通过对工业APP的调用实现对
特定资源的优化配置,实现对工业知识的复用和推
广,这降低了企业技术的使用门槛,大规模信息系
统、生产设备购置被灵活、按需的信息化建设和运
营服务的订阅制所替代,支持制造业智能研发、智
能生产和智能服务^[13]。

4.3 业务流程:推动生产过程、供应链管理、经营 管理等流程优化

1) 基于工业互联网,借助业务系统上云(流程
上云)突破综合集成跨越困境,实现生产过程、供应

链管理、经营管理流程的优化。如前文所述,目前中国有超过80%的企业面临综合集成跨越困境,而有效实现集成是使两化融合效能效益凸显的重要前提。企业实现综合集成,一种是按部就班的方式,即按照业务环节先数字化、再通过接口打通业务系统间壁垒实现互联互通;另一种是借助工业互联网平台“跳跃式”发展,即企业通过业务上云,实现生产现场与企业运营管理、资源调度的协同统一,解决系统内部的互联互通问题,进而以流程为牵引打通部门、环节间的壁垒,实现生产制造过程、经营管理过程及供应链各环节等的流程优化。具体而言,对于生产制造过程流程的优化,主要包括

研发设计、工艺设计、质量控制、库存管理、能源管理、排产、物流、现场调度等流程的打通与优化,基于此以实现生产管控一体化、研发制造一体化等;供应链管理流程的优化,主要包括采购管理、销售管理、配送管理、生产管理、库存管理等流程的打通与优化,基于此实现供应链协同运营、供应链环节精细化管控等;企业经营管理流程优化,主要是基于对企业资源、业务数据以及外部市场数据等充分采集和获取的基础上实现综合智能决策、财务与业务集成、资源集中管控与调度、一体化高效经营管控、战略闭环管控等^[14](图7)。

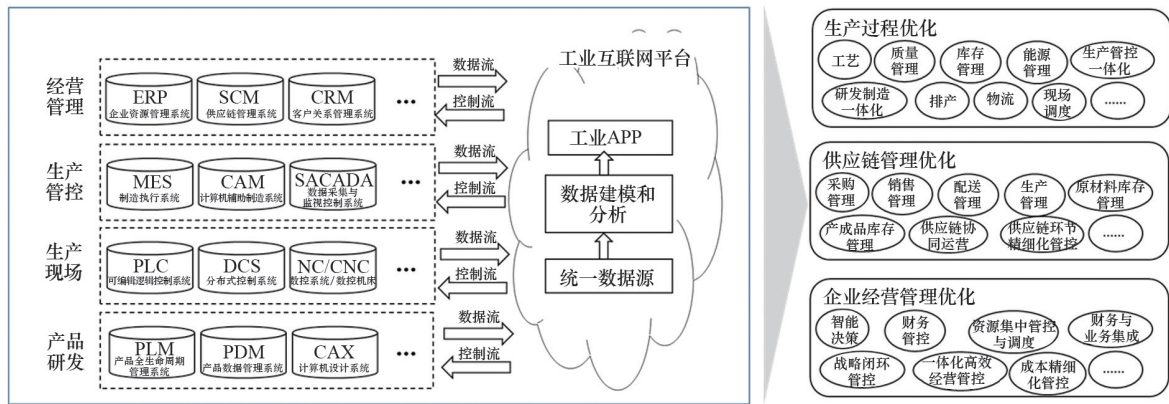


图7 业务系统上云突破综合集成跨越困境

2) 工业互联网平台对企业流程优化的影响,还体现在数据科学与工业机理的加速融合有效支撑复杂工业数据分析,重点为企业研发、生产环节的复杂流程的优化创造了条件。工业互联网平台构建基于海量数据采集、汇聚、分析的服务体系,不仅仅是针对数据的分析体系,更重要的是在数据汇聚、分析过程中加速了与工业机理知识的有效融合。无论是工业大数据分析技术还是工业互联网平台,是工业发展的一个工具、一条路径,是两化深度融合的一项内容,最终服务的对象是工业企业,因此工业机理、工业知识的封装、固化和复用是最终目的。对于工业企业,研发和生产环节的复杂程度相对较高,受到设备、控制软件、底层网络设施等众多因素的影响,且不同行业差异性较大,通用的成熟解决方案较少,因此一直是企业数字化、网络

化、智能化转型的重点和难点。基于工业互联网平台,随着数据分析方法与工业机理知识的融合深入,基于精确建模、高效分析、实时优化的数字孪生快速发展,实现对工业对象和工业流程的全面洞察:在设计环节,通过建立虚实映射、实时监控、智能诊断、协同优化的数字孪生,实现工业实体设计和工艺流程的仿真及优化管理,尤其在机械装备、水电、能源等多个行业具有广泛的应用需求和前景。在生产环节,以实际生产数据的实时感知为基础,一方面通过分析产品质量、成本、能耗、效率、成材率等关键指标与工艺、设备参数之间的关系,优化产品设计和工艺流程;另一方面通过建立生产过程的仿真模型,优化生产流程,根据客户订单、生产线、库存、设备等数据预测市场和订单,进而优化库存和生产计划、排程等流程。

4.4 组织结构:加速IT与OT融合、平台化生态构建

1) 在企业内部,工业互联网大大加速了IT和OT融合的过程,推动企业架构扁平化、柔性化、网状化和分权化发展,CIO(首席信息官)和信息部门的职责得到有效扩充。工业互联网平台加速IT与OT的融合。传统意义上,IT主要负责主要围绕端到端的业务流程,通过计算分析实现业务的最优管理,例如规划、路径优化等应用场景;OT则主要通过工业设备的控制实现生产制造现场的可控可知,例如逻辑、机器人、CNC等。在智能化生产的场景下,需要IT与OT的有效融合和高度协同,以实现底层装备层、过程控制层、制造执行层、经营管理层各个层级间的数据公开和透明,并通过实时数据感知和控制整个生产制造过程,以数据为新驱动实现产品质量和成本的有效控制,以及生产交付能力的优化^[15]。工业互联网的目标是重构企业传统IT架构,打通IT与OT系统,一方面从最底层实现数据统一采集,消除数据孤岛,实现数据融合;另一方面从最上层应用层基于数据建模和分析构建的工业APP实现对生产现场、管理层和执行层的业务融合。IT与OT融合,本质是技术架构的融合,但管理架构也要随之变化,从层级明确、分工固化的“科层制”变得更加扁平化、柔性化、网状化和分权化,高度集中的决策中心组织逐步转变为分散的多中心决策组织,最大限度地实现技术上的功能集成、管理上的职能协同,打破传统的职能型组织结构壁垒,建立全新的基于业务流程的组织结构,更好地

为用户创造价值,快速响应市场动态变化,提高可持续发展的能力。从管理者层面看,CIO是推动IT与OT融合的关键,CIO要从单纯领导IT业务部门的角色转换到领导企业所有技术过程、信息过程和业务过程的角色;从部门层面看,信息化部门要承担更重要、更顶层的部门职责,统筹考虑IT与设备自动化,将IT下沉到生产业务,为工厂、车间和基础设施提供服务^[16](图8)。

2) 企业间实现生产要素和各方资源的有效汇聚、高效流动和最优配置,构建平台化生态。生产制造环节一直是工业企业关注焦点,也是两化融合能够发挥作用的重点领域。工业互联网平台以工业企业的制造环节为核心,辐射供应链前后端环节以及产业链上下游企业,进行生产要素的高效整合、生产过程和市场动态的实时监控,进而构建包含供给侧各相关方的协作分工、资源配置,以及供给侧和需求侧之间的交易流通、服务保障活动的平台化生态。工业互联网平台生态系统覆盖广泛,既包括供给侧的国民经济全行业各类企业,也包括需求侧的产品和服务最终用户,传统的物理世界中具有地理集聚特征的组织形态向数字世界中网络空间集聚特征转变,传统研发设计、生产制造、供应链和产业链各环节单一串行的组织模式向并行协同转变,各类生产要素、资金、创意思维的有效汇聚、高效流动和最优配置使得产出效能效率被大幅提升,推动个性化定制、协同制造、产融结合、制造能力交易新模式、新业态的繁荣与发展^[17](图9)。

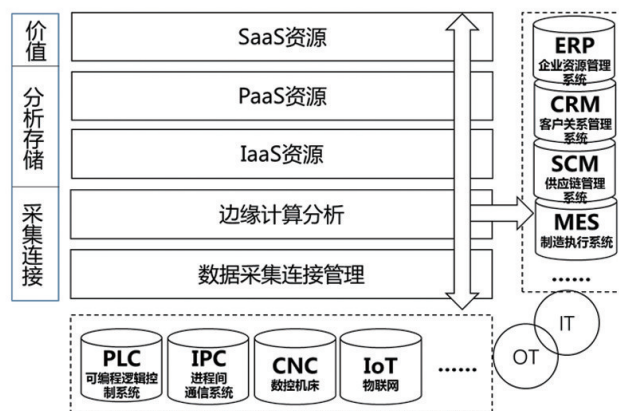


图8 工业互联网平台推动IT与OT融合

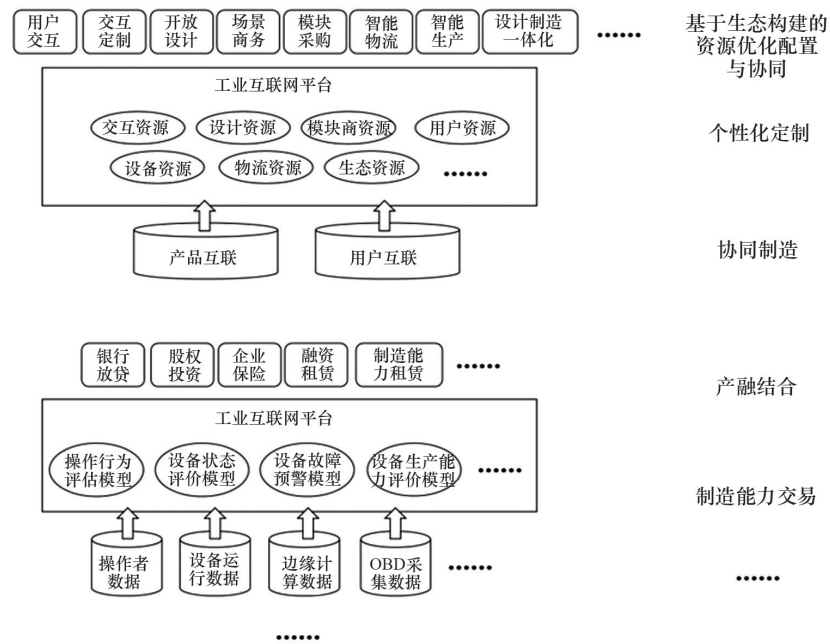


图9 工业互联网平台推动实现基于生态构建的资源优化配置与协同

5 结论

工业互联网平台对企业数据、技术、业务流程、组织结构产生了深远影响,在破解企业两化融合发展面临的难题凸显了重要作用。

1) 工业互联网平台契合企业“按需”“轻量”的数字化转型需求。数字经济时代新技术迭代速度不断加快、企业面临的内部和外部环境更加复杂多变,企业越来越倾向于更加灵活的数字化转型投入策略,投资型的信息化建设逐步向消费型的信息化应用转变,工业互联网平台汇聚丰富资源与服务,构建工业APP应用生态,契合企业“按需”“轻量”的数字化转型需求。

2) 工业互联网平台有效赋能中小企业两化融合发展。工业互联网平台使得中小企业借助平台的规模化聚集效应共享社会创新知识资源,基于开放价值生态探索更加灵活、更富创造力、价值回报更高的创新发展道路;同时,中国中小微企业数量巨大,大规模的市场应用能够推动技术、产业在快速迭代中不断完善,逐步推动平台从探索到成熟的螺旋上升的发展模式,形成自循环良性市场生态。

3) 工业互联网平台推动中国两化融合发展综

合集成跨越加速实现。基于工业互联网平台,企业两化融合“起步建设-单项覆盖-集成提升-创新突破”的4阶段的“渐进式”发展被工业互联网平台裹挟至“快车道”,新型数字化建设策略和工业知识的沉淀、复用及传播模式助推企业快速跨越综合集成困境。

4) 工业互联网平台实现生产要素和各方资源的有效汇聚、高效流动和最优配置,平台化生态的构建重塑企业分工格局。工业互联网平台推动企业突破物理世界的地域、组织、机制的界限,实现工具、人才、技术、资金等的高效整合,培育个性化定制、网络化协同研制、服务型制造、供应链精准管理、产业链金融等新模式新业态,加快制造强国和网络强国建设等方面的作用将日益凸显。

参考文献 (References)

- [1] 工业和信息化部. GB/T 23000—2017 信息化和工业化融合管理体系基础和术语[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [2] 周济. 走向新一代智能制造[J]. 中国科技产业, 2018(6): 20-23.
- [3] 工业和信息化部. GB/T23020—2013 工业企业信息化和

- 工业化融合评估规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [4] 国家统计局. 中国统计年鉴(2018)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2018.
- [5] 两化融合服务联盟. 中国两化融合发展数据地图(2018) [EB/OL]. (2018-06-01)[2018-10-23]. <http://cspiii.com/pgzd/gzsd/jcd/>.
- [6] 工业和信息化部, 国家标准化管理委员会. 工业互联网综合标准化体系建设指南[Z]. (2019-1-25)[2019-12-25]. <http://www.mit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1652930/n3757016/c6667001/part/6667027.pdf>.
- [7] 李广乾. 工业互联网平台制造业下一个主攻方向[J]. 中国信息化, 2017(5): 14-17.
- [8] Guth J, Breitenbücher U, Falkenthal M, et al. A detailed analysis of IoT platform architectures: Concepts, similarities, and differences[M]. Singapore: Springer, 2018: 81-101.
- [9] 工业互联网产业联盟. 工业互联网平台白皮书(2017) [EB/OL]. (2017-12-01)[2018-10-23]. <http://www.aii-alliance.org/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=23&id=186>.
- [10] 工业互联网产业联盟. 中国工业大数据技术与应用白皮书[EB/OL]. (2017-07-03)[2018-10-23]. <http://www.aii-alliance.org/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=23&id=142>.
- [11] Li J Q, Yu F R, Deng G, et al. Industrial internet: A survey on the enabling technologies, applications, and challenges[J]. IEEE Communications Surveys&tutorials, 2017, 19(3): 1504-1526.
- [12] 工业互联网产业联盟. 工业互联网体系架构(版本 1.0) [EB/OL]. (2017-02-08)[2018-10-23]. <http://www.aii-alliance.org/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=23&id=24>.
- [13] 中国工业技术软件化产业联盟. 工业互联网发展 APP 白皮书(2018)[EB/OL]. (2018-06-29)[2018-10-23]. <http://www.ctoutiao.com/792679.html>.
- [14] 工业互联网产业联盟. 垂直行业工业互联网实施架构白皮书(讨论稿)[EB/OL]. (2018-02-06)[2018-10-23]. <http://www.aii-alliance.org/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=23&id=320>.
- [15] Thor O. 首席信息官是 IT 和 OT 融合的关键[J]. 计算机世界, 2017(6): 1-2.
- [16] 肖维荣. 工业 4.0 的哲学观[J]. 自动化博览, 2017(9): 24-26.
- [17] 田洪川, 刘钊, 金永花. 加快工业互联网平台布局深化制造业与互联网融合发展[J]. 现代电信科技, 2017(6): 10-12.

The development mode of integrating industrialization and informatization of China's manufacturing enterprises on the industrial internet platform

FU Yuhan, MA Dongyan, CUI Jiaying

China Industrial Control Systems Cyber Emergency Response Team, Beijing 100040, China

Abstract The Integration of Industrialization and Informatization (III) is a historic choice of China in response to the new generation information technology revolution in the global scope, and also is a general guideline of building the nation into a major manufacturing power and cyber power. The industrial internet platform not only effectively solves many problems faced by the development of China's manufacturing industry's III, but also has a comprehensive, deep-seated and revolutionary impact on its future development model. This paper reviews a large number of enterprise practices, the main problems of promoting III in China, and the impact of the industrial internet platform on the development and promotion mode of III concerning the data, the technology, the business process and the organization structure. This paper provides references for speeding up the development of new industrialization and revitalizing advanced manufacturing industry.

Keywords integration of industrialization and informatization; industrial internet; industrial internet platform; business process; organization structure ●



(责任编辑 徐丽娇)