

工业互联网平台赋能流程制造行业转型升级场景分析

付宇涵, 马冬妍, 唐旖浓*, 王丹, 李立伟

国家工业信息安全发展研究中心, 北京 100040

摘要 流程行业是中国工业的重要组成部分, 行业生产具备生产过程连续性强、制造执行决策过程复杂、生产单元少但可变因素多等特征, 但目前中国流程行业还普遍存在数据采集应用体系不健全、产品高端化发展与工艺水平滞后矛盾突出、能耗与安全监控覆盖不足、产业链协同水平较低等问题。梳理冶金、石化、建材等重点流程制造行业中工业互联网平台应用的典型场景和案例发现, 通过构建、应用工业互联网平台, 流程制造企业内部以数据的全面采集和自由流动有效打开生产“黑箱”, 有助于企业间高效对接制造和市场资源, 提升产业链整体价值共创水平。工业互联网平台的应用为流程行业构建集约高效生产新体系提供新工具、新引擎。

关键词 工业互联网; 流程型制造; 数字化转型; 应用场景

当前, 互联网创新发展与新工业革命处于历史交汇期, 发展工业互联网已成为当今世界各国和主要经济体工业化战略的落脚点和着力点。近年来, 中国高度重视发展工业互联网, 党中央、国务院针对工业互联网技术发展和融合应用做出系列重要指示, 相关部委纷纷出台政策。2019年10月, 习近平总书记为工业互联网全球峰会专致贺信, 强调要“持续提升工业互联网创新能力, 推动工业化与信息化在更广范围、更深程度、更高水平上实现融合发展”。2020年, 突发的新冠肺炎疫情给全球制造业带来了重创, 中国在短时间内有效抗击疫情, 恢复经济生产, 工业互联网平台在信息对接、资源整

合方面发挥了重要作用。

近年来, 中国工业互联网平台发展逐渐从概念普及走向实践深耕阶段, 为深化供给侧结构性改革、实现创新驱动提供了新路径。工业互联网平台通过制造资源的网络化泛互联、软件化弹性供给、平台化高效配置, 能够更大范围、更加精准地优化配置资源, 有效激发技术、管理、知识等高级要素的创新潜能, 降低对劳动力、土地、资本等一般性生产要素的过度依赖, 大幅提高全要素生产率, 显著增强经济发展的创造力和竞争力^[1]。

流程型制造主要通过混合、分离、成型或化学反应使原材料增值, 生产工艺过程连续性强, 流程

收稿日期: 2021-03-15; 修回日期: 2021-11-14

作者简介: 付宇涵, 工程师, 研究方向为两化融合、数字经济、企业数字化转型等, 电子信箱: fyhold@sina.com; 唐旖浓(通信作者), 工程师, 研究方向为工业互联网、工业信息安全等, 电子信箱: yntown@163.com

引用格式: 付宇涵, 马冬妍, 唐旖浓, 等. 工业互联网平台赋能流程制造行业转型升级场景分析[J]. 科技导报, 2022, 40(10): 129-136; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2022.10.013

管理规范稳定但兼具混杂性。根据主要生产运行特征,流程制造行业对生产环境要求较为苛刻,对生产设备的可靠性、生产条件的精准性、能源环保的稳定性要求高,生产作业过程中的风险管控是重中之重。

流程制造行业通过信息技术应用构建自身的核心竞争能力,经过多年探索实践,行业生产装备数字化和网络化水平以及生产过程的数控化水平较高。但目前,行业生产也面临数据采集应用体系不健全、产品高端化发展与工艺水平滞后矛盾突出、能耗与安全监控覆盖不足、产业链协同水平较低等问题。

本文综述流程制造行业特征和当前中国流程制造行业数字化转型现状,分析工业互联网平台在解决流程制造行业数字化转型面临问题方面起到的关键作用、应用场景,并通过梳理典型案例具化应用场景,为工业互联网平台推动流程制造行业数字化转型提供借鉴。

1 流程制造行业范畴及生产特征分析

根据生产特征、生产方式等的不同,制造业生产类型可以分为流程型制造和离散型制造2类:流程型制造生产过程以化学处理为主,连续不中断,主要聚焦制造业上游的原材料行业,包括石化、冶金、建材等;离散型制造生产过程以零部件的组装为主,过程可间断,包括制造业中下游的机械、汽车、电子器件、航空航天等。

1.1 流程制造行业生产运行特征

流程型制造主要通过混合、分离、成型或化学反应使原材料增值,生产工艺过程连续性强,流程管理规范稳定但兼具混杂性。主要具备以下3项特点:(1)生产过程连续性强,基于生产过程的中间产品或在制品的物理状态,前后顺序相互影响,没有缓冲和中间库,对生产顺序和连续性要求非常高。(2)制造执行决策过程复杂,兼具流程和离散的过程变量,在建立反映连续过程主要物理和化学变化过程模型的基础上,需要同时对连续过程变量和离散过程变量进行管理。(3)生产单元少但可变

因素多,如原材料成分、生产配方、工艺条件等具有易变动性,保证产品的一致性成为企业一大挑战^[1]。

1.2 流程制造行业环境要求标准

流程行业对生产环境要求较为苛刻,作业过程风险管控是重中之重。主要包括以下3项要求标准:(1)对生产设备的可靠性要求高,流程制造生产活动对设备依赖较高,但生产设备多为重资产、种类繁多,维护成本较高,设备故障的诊断、预测非常重要。(2)对生产条件的精准性要求高,流程制造生产活动对温度、压力、湿度等控制精度要求较高,生产条件的不可控会导致产品质量不合格甚至是安全问题的产生。(3)对能源环保的稳定性要求高,流程制造属能源密集型产业,生产活动须确保能源供应的最佳控制和分配策略,且应重视供应链中毒害物质流转的相关问题,这对企业实现节能减排绿色生产提出更高要求。

1.3 流程制造行业经营决策模式

流程制造大多以面向库存的刚性生产为主,供应链运行模式固定,市场响应机制单一。(1)在物流管理方面,为确保连续供料,对原材料入场物流的实效性和精准性要求较高,但各控制量间相互耦合存在大量非线性关系,控制难度较大。(2)在库存管理方面,前端受产品的连续产出的影响,后端受销售市场容量固定的影响,库存管理面临较大压力,因此将库存控制在确保市场供应的同时尽力提升库存资金周转率非常重要。(3)在营销管理方面,流程制造以小品种大批量生产为主,用户基本是固定的群体或者是固定行业,市场营销渠道和模式相对单一^[1]。

2 流程制造行业数字化转型现状及需求分析

流程制造行业通过信息技术应用构建自身的核心竞争能力,经过多年探索实践,行业生产装备数字化和网络化水平以及生产过程的数控化水平较高,在质量全过程管控、设备预防性管理、能源综合管理、供应链集成等方面不断提升数字化水平。但目前,行业生产也面临着数据采集应用体系不健

全、产品高端化发展与工艺水平滞后矛盾突出、能耗与安全监控覆盖不足、产业链协同水平较低等问题。

2.1 数据依存度较高,亟须形成全面、实时、准确、共享的数据采集体系

基于生产工艺和作业环境的精细要求,数据成为流程行业打开生产制造“黑箱”的重要手段。虽然对数据依存度较高,但目前行业内数据采集和集成能力较为薄弱。在工业物联层面,亟需突破设备终端全面连接的瓶颈,虽然PLC/DCS等过程控制系统的产线覆盖率尚可,但数字化且联网的生产设备占比较少,有效的数据采集手段尚未全面覆盖产线和工序。以石化、冶金、建材等原材料行业为例,2020年中国原材料行业整体的关键工序数控化率为65.0%,但数字化生产设备联网率为49.7%(数据来源于《中国两化融合发展数据地图(2020)》)。在数据集成层面,生产过程和设备状态数据封闭在各专业系统中的情况较为普遍,不能实现自由流动和共享,基于产线能力、设备状态实现生产计划、物料需求和配送计划自动优化能力不足(图1)^[4]。

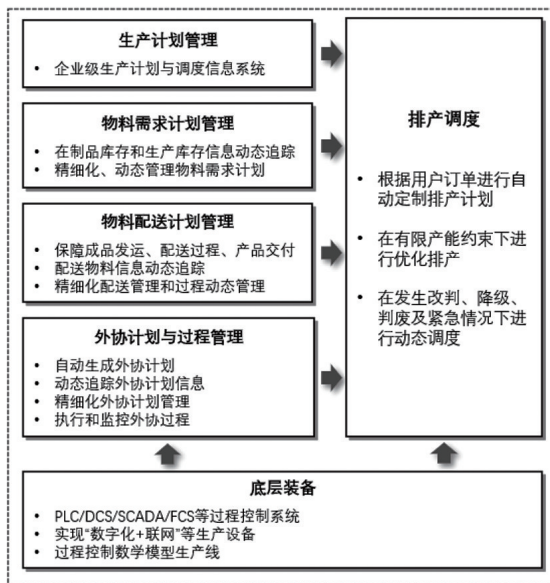


图1 数据在流程行业生产制造“黑箱”中起到的作用

2.2 产品高端化发展,亟待提升生产模型的沉淀复用和工艺过程精准控制能力

流程行业普遍面临“低端过剩、高端不足”的产

能结构化过剩问题,附加值较高的高端产品市场仍存在较大缺口,产品高端化发展需求与工艺水平滞后存在矛盾,流程企业在应对高品质产品制造、多品种生产组织等方面往往表现出适应性和灵活性不足。生产模型沉淀和复用方面,现有生产模型以机理或经验模型为主,在应对高品质产品制造、多品种生产组织等方面适应性和灵活性不足,规模化质量在线判定、设备状态预测、高级优化排产等自适应、自学习的智能决策模型鲜有应用。工艺过程控制方面,流程行业工艺过程动态仿真、工艺资源自动优化和灵活配置能力,以及通过车间调度与工艺过程的无缝衔接实现多层次生产业务实时交互、协同优化和全过程闭环管控能力均有较大提升空间(图2)^[5]。

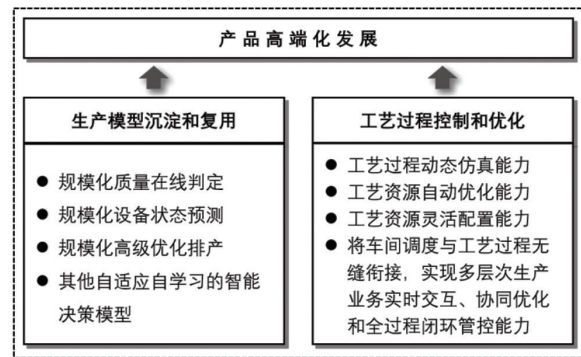


图2 流程行业实现产品高端化发展主要内容

2.3 能源密集风险高,持续加强对能源、环保、安全和设备的精细化管控

流程行业是能源密集型产业,应用信息化手段实现对能源、环保、安全等的生产环境精细化管理,确保稳定、安全生产是重中之重。能源管理方面,连续不间断的生产特征对流程制造行业能源精细化管理提出更高要求,目前在石化、钢铁企业的产能平衡等方面开展积极探索,结合能源数据在线实时监控,根据生产实绩等信息持续优化能源配置,提升能源利用效率。环保管理方面,应用信息化手段对生产过程中产生的废水、废气、废料等排放数据进行实时采集与监控,优化工艺流程,降低污染排放。安全管理方面,流程制造生产过程中存在人员、设备、环境等潜在风险点,需要加以有效监控和

集中统一管理,因此基于生产过程数据开展风险分析、预警和应急处理非常重要。设备管理方面,设备可靠性、安全性要求高,需进一步提升生产设备精细化管理能力(图3)^[6]。

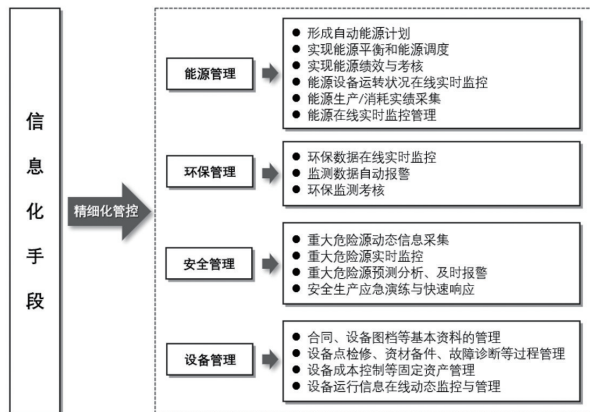


图3 流程行业信息化手段实现能源、环保、安全和设备精细化管理主要内容

2.4 产业链拓展延伸,全面提升产业链协同集聚、相关方价值共创能力

流程行业市场响应机制单一,极易形成产能过剩导致的市场恶性竞争,因此行业内以龙头企业结合自身优势,发挥集聚带动效应,逐步衍生或吸引更多相关企业集聚,构建产业集群,通过企业间的集聚效应降低综合成本,增强竞争优势,同时引导下游产业合理布局,实现互赢互利尤为迫切。但是目前,在钢铁、建材、石化等领域,企业间的合作粘性不强,协同能力有待提升,导致供给侧的生产制造环节和需求侧的用户市场之间存在信息壁垒,制造企业对市场需求的把握和响应能力仍有较大的提升空间。流程行业基于数据充分打通产供销各环节壁垒,有效集中利用资源,基于用户精准需求开发新产品,避免同质化竞争,提高产业链附加值是目前急需解决的问题(图4)。

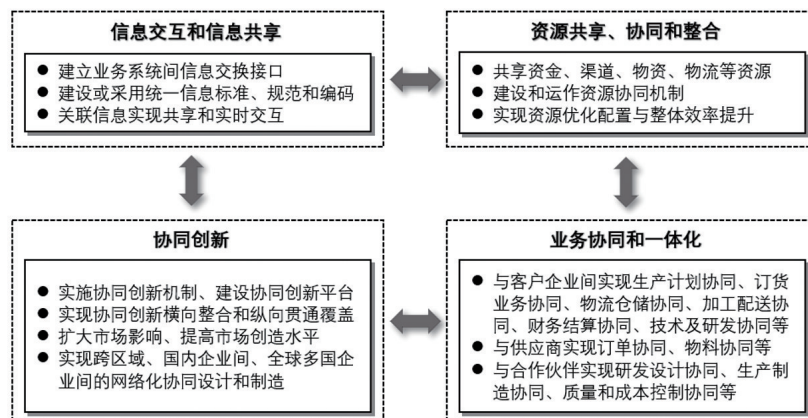


图4 流程行业产业链企业之间业务协同主要内容

3 工业互联网平台赋能流程制造业数字化转型主要场景分析

工业互联网是一种为企业服务的“生产型互联网”,它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。工业互联网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。工业互联网平台能

够有效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^[7]。

流程制造企业通过构建、应用工业互联网,企业内部以数据的全面采集和自由流动,有效打开生产“黑箱”,解决复杂制造系统不确定性和多样性问题,提升资源配置效率,提升能源、效率、安全、环保(以下简称能效安环)的精细化管理水平;企业间,

高效对接产业链上制造和市场资源,形成平台化生态。

3.1 数据采集与应用方面构建精准、高效、实时的数据采集体系,有效打通“信息孤岛”

工业互联网平台作为联接物理世界和信息世界的桥梁,能够在边缘端将设备、环境、人、信息系统等各种数据快速汇聚到云端,通过大数据建模等技术手段形成支撑优化生产过程或经营决策的有效信息,或者基于边缘计算等技术就近提供数据挖掘分析服务,更高效地优化设备运行状态和生产实绩^[8]。

1) 应用场景一:基于海量数据和微服务组件库为用户提供技术能力和业务能力支持。建立以大数据为核心的流程行业工业互联网平台,为流程行业设备管理、安全生产、运行优化、经营管理提供分析诊断、智能运维、决策支持等服务,提高工作效率和管理水平,降低经营成本,辅助科学决策和战略管理。例如华能集团工业互联网平台 AIIndustry,其平台边缘层负责采集燃气轮机、发电机、变压器等各种生产设备的数据和 MES、SIS 等控制系统数据,以及管理系统的数据库,并根据特定的传输协议,如 MQTT 等,上传到平台层^[9]。

2) 应用场景二:以大数据的思想和架构应对海量工业数据采集场景。建立覆盖产品全方位全周期管理的发电设备工业大数据应用技术平台,可以实现“数据驱动”,打造大数据采集分析、远程运维等服务型制造新模式。例如,哈电集团发电设备工业大数据应用技术平台边缘层,主要由认证服务、组态配置、信号采集、协议解析、边缘计算、数据编码、数据加密、数据传输、数据缓存、访问控制等模块构成,具有“数据采集及边缘计算一体化终端”广泛接入、边缘计算及智能变频采集等功能。

3.2 机理模型的沉淀方面有效支撑复杂工业数据分析,最大化发挥数据应用价值

工业互联网平台在边缘端强大的数据采集能力和 PaaS 层的数据建模和分析挖掘能力能够对多源、复杂、异构的工业数据进行高效整合和价值提取,开展描述性展现、规则性诊断、预测性分析等,以最大化发挥数据的应用价值。

1) 应用场景一:切实帮助企业降低成本,提升工作效率,增强管理水平。工业互联网平台通过数据“存储、整合、建模、分析”,支撑企业数据应用需求,为企业提供设备全生命周期管理、生产运行工况、经营决策提供分析诊断和决策支持服务。例如国华电力公司工业互联网平台(Smart IIP),实现了企业 IT 基础设施云化、数据集中统一分析利用、“微服务”应用的创新开发模式。平台接入各级实时、准实时生产经营数据 32 亿条,连通 4 家电厂共 10 台煤电机组,部署服务 14 个,应用 18 个,完成各类机器学习模型 20 个。

2) 应用场景二:IAP(Industrial Assets Plan,“工业资产计划”系统)方案实现智慧工厂和产能的提升。基于工业互联网平台所搭建的 IAP 方案。建材股份应用“伽利略智慧工厂”平台的 IAP,通过实施 IAP 解决方案,建立过程型 MRO,提高产线稳定性;转变原基于计划性的维修保养,降低维修维护费用;减少停产减产损失,提高稼动率,从而提高整体生产效率和产值。正式运行的 6 个月内,对比上年同期减少停产、减产 15 次,减少停产、减产损失近 1400 万元,年化减少停减产 2700 余万元。

3.3 能效安环精细管控方面形成基于能源管理数据异常的系统预判协同

基于工业互联网平台,通过能源模型和预测分析,进行各环节的消耗核算和预测,形成基于均衡消耗的关联数据。这些系统数据,能够帮助实现能源消耗所关联的耗量管理及风险预警等功能。同时,通过数据的优化分析实现基于能源管理的数据异常对生产、设备、安全等系统提供预判协同。

1) 应用场景一:开展设备资产管理、运行监测与生产过程优化。开展设备状态监测、工况优化、故障诊断和远程运维等服务,将有效提高设备能源利用效率、减少污染物排放、强化风险防范能力。例如,中化能源科技依托中化工业互联网平台,运用工业大数据及人工智能等技术,对泵机群、蒸汽轮机等装备进行故障诊断、预测报警等管理,实现每年减少 15% 的设备维护成本^[10]。

2) 应用场景二:以数据可视化为核心的 HSE 系统,提升能耗、排放与安全管理水平。以数据可

视化为核心的HSE系统,有效解决安全、健康、环保的问题。例如,为降低成本,酒钢集团基于东方国信 Cloudiip 平台,通过大数据分析计算出不同设备和系统的能源数据实现能耗管理,冶炼效率提升10%。

3.4 产业链协同集聚方面,实现各方资源的最优配置,构建平台化生态

工业互联网平台汇聚供应链各环节、产业链上下游相关方的各种要素和资源,高效对接制造和市场,形成研发制造、交易流通、市场服务等的平台化生态。

1) 应用场景一:基于数据的全供应链优化,更好地实现产销对接。工业互联网平台推动研发设计、生产制造、供应链各环节以并行的网络化组织模式开展,以实现生产效率最优化。例如,宝武集团基于宝信工业互联网平台将多属地云平台集成为一个整体的分布式平台系统,并叠加生产与经营管理数据的分析,促进多基地生产、销售等层面的协同与整合,实现整体产销能力的提升。

2) 应用场景二:构建技术、资本、服务等资源的应用生态。将产业资源向亟待需要扶持的下游企业倾斜,协助合作伙伴转变经营模式,促进产业升级,加大资金及管理的扶持力度,以交易信用为准绳,实现企业之间的良好协作。例如华峰新材料工业互联网平台涉及高端材料、绒面商品、贴面商品、终端商品、智能家居、跨境电商、跨境物流等多个位面细分领域,实现了资源池管理、个性化定制、智能合约、结算服务、供应链金融、物流服务、ERP与MES无缝集成、标识解析集成应用服务、设备监控、大数据分析等平台服务。目前,已有1000多家上下游企业入驻,15亿多元的交易额发生。

4 工业互联网平台赋能流程制造业数字化转型发展建议

通过分析工业互联网平台赋能流程制造业数字化转型主要场景,即“工业互联网平台的赋能表现和效果”,从应用实例的经验总结出以下建议,即“如何更好地赋能”(图5)。

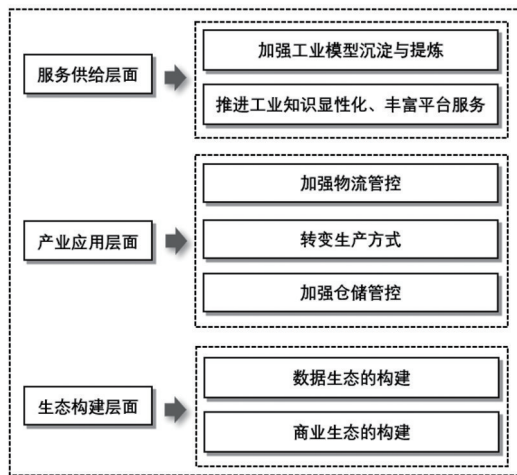


图5 工业互联网平台赋能流程制造业数字化转型发展建议

4.1 服务供给层面,着力提升平台企业对行业机理模型的积累、分析与显性化能力

在机理模型沉淀的应用场景中,工业互联网平台能够对多源、复杂、异构的工业数据进行高效整合和价值提取,开展描述性展现、规则性诊断、预测性分析等,以最大化发挥数据的应用价值。建议鼓励工业互联网平台企业下沉到具体行业、具体场景,加强技术攻关、丰富平台服务。

1) 加强工业模型沉淀与提炼。引导平台企业与行业龙头企业加强合作,着力推动物理、化学、机械、控制等多学科知识与大数据、机器学习、人工智能等智能化分析技术的有机融合,以核心工艺为基础,在先进控制算法、生产控制系统等方面加强技术攻关,形成覆盖核心工艺、关键技术、设备系统的自主研发和迭代优化能力^[11]。

2) 推进工业知识显性化、丰富平台服务。鼓励平台企业面向高价值设备资产管理、生产环节原料配比与参数控制、能效安环精细化管控、产业链协同等场景,面向行业生产经营痛点深耕解决方案,并逐步实现跨领域工业知识获取、融合与转化,不断拓展平台业务覆盖范围^[12]。

4.2 产业应用层面,支撑构建敏捷、安全、稳定的制造业供应链体系

流程行业大多为原材料、能源行业,位于制造链条的前端环节,因此有效控制其生产节奏和产能

供给对维护整个制造业供应链安全和稳定至关重要。建议流程制造企业充分发挥工业互联网平台要素资源汇聚共享的作用,积极转变生产经营模式,为构建敏捷、安全、稳定的制造业供应链体系做好支撑。

1) 转变生产方式。转变传统“以产定销”的模式为“以销定产”,以订单需求拉动组织生产,合理安排订单集批节奏,优化库存、产能、物流等最优限制,实现按需即时生产,有效控制交付精度、交货周期、库存成本。

2) 加强物流管控。加强对重点客户的物流服务精细化管控,构建覆盖原材料入场、仓储、产成品入库和销售发货、在途运输、到货签收等全流程的智能化、自动化的物流体系,基于产品、市场、环境等多方数据,实现物流资源的智能调度和最优匹配。

3) 加强仓储管控。紧密结合下游客户的物料需求、采购计划、生产实绩等关键信息,开展库存的动态监控,通过协同实现准时制供应和零库存管理;并通过移动互联将供应链库存变化和多级预警及应对建议智能推送至相关方,构建库存信息的多级预警响应机制。

4.3 生态构建层面,基于平台实现数据的汇聚整合和开放共享,推动企业融通发展

在产业链协同集聚的应用场景中,工业互联网平台汇聚供应链各环节、产业链上下游相关方的各种要素和资源,高效对接制造和市场,形成研发制造、交易流通、市场服务等的平台化生态。建议企业以工业互联网平台为载体,从实际业务为出发点,全面汇聚数据资源,深度激发数据赋能效用,以数据为驱动推进商业模式的创新和发展,构建以大企业带动中小企业的价值网络共创生态。

1) 数据生态的构建。业务上,依托产销、储运协同,研发、制造协同,远程运维等模式创新,引导以大型企业辐射带动整个行业内关于供应链、产品全生命周期、经营管控等维度的关键数据的整合、汇聚和共享,深化产供销平衡和精细化管控,以及物流、信息流、资金流的统一。技术上,引导服务商结合业务需求加强工业数字化引擎、集中集成组

件、工业物联网等核心模块解决方案的研制与应用推广,以支撑各类数据的横向、纵向和端对端的高度集成。

2) 商业生态的构建。基于工业互联网平台提升产业链相关方价值共创能力,加强网络化协同研制、大规模个性化定制、产品全生命周期追溯等商业模式创新,推动制造企业、供应商、配套厂商、客户等上下游之间的无缝对接与资源共享,推动大中小企业融通发展,推动资源能力的跨时间、跨空间的融合互补,提升产业协同效率^[13]。

参考文献 (References)

- [1] 庄存波, 刘检华, 隋秀峰, 等. 工业互联网推动离散制造业转型升级的发展现状、技术体系及应用挑战[J]. 计算机集成制造系统, 2019, 25(12): 3061-3069.
- [2] 中国电子技术标准化研究院, 深圳华制智能制造技术有限公司, 东北大学. 流程型智能制造白皮书[R]. 2019.
- [3] 李成严. 连续流程型企业供应链管理[J]. 物流科技, 2004(3): 27-29.
- [4] 国家工业信息安全发展研究中心. 中国两化融合发展数据地图(2020)[EB/OL]. (2020-10-23)[2020-11-21]. <http://cspiii.com/pgzd/gzsd/jd/>.
- [5] 檀大水. 基于需求特性分类的流程型企业供应管理模式与方法研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2009.
- [6] 霍尼韦尔(中国)有限公司智能制造研究院. 流程工业智能工厂白皮书——从洞察到成果[R]. 2019.
- [7] 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.
- [8] 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[R]. 2018.
- [9] 本刊编辑部. 太极 TECO 工业互联网平台助力流程型企业业务升级[J]. 中国信息化, 2018(8): 30-31.
- [10] 钱锋. 人工智能赋能流程制造[J]. 科技导报, 2020, 38(22): 1.
- [11] 桂卫华, 曾朝晖, 陈晓方, 等. 知识驱动的流程工业智能制造[J]. 中国科学: 信息科学, 2020, 50(9): 1345-1360.
- [12] 陈军君, 黄伟, 徐恒. 流程制造业如何借鉴工业 4.0 转型升级? [N]. 中国经济时报, 2016-06-02(8).
- [13] 中华人民共和国工业和信息化部, 发展改革委, 财政部, 等. 促进大中小企业融通发展三年行动计划[Z]. 2018.

Scenario analysis of transformation and upgrading of process manufacturing industry based on industrial Internet platform

FU Yuhan, MA Dongyan, TANG Yinong*, WANG Dan, LI Liwei

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

Abstract The process industry is an important part of China's industry. The industrial production has the characteristics of the strong production process continuity, the complex process in manufacturing, execution and decision, few production units but a large number of variable factors and so on. There are problems in China's process industry, such as the imperfect data collection application system, the lagging behind of the high-end product development and the process level, the insufficient monitoring coverage in the energy consumption and the safety, and the low coordination level of the industry chain. This paper analyzes the typical scenes and cases of the applications of the industrial Internet platform in the key process manufacturing industries, such as the metallurgy and the petrochemical and building materials, and it is shown that the process manufacturing enterprises can effectively open the "black box" of the production with the comprehensive data collection and the free flow with construction and application of the industrial Internet platform to efficiently connect the manufacturing and market resources between the enterprises, which improves the overall value co-creation level of the industry chain. In addition, the application of the industrial Internet platform provides new tools and engines for the process industry to build a new system of the intensive and efficient production.

Keywords industrial Internet; process manufacturing; digital transformation; application scenario ●



(责任编辑 徐丽娇)