

石油化工行业工业互联网发展现状分析及展望

孙思齐

(中国工业互联网研究院, 北京 100102)

摘要: 近年来, 国内外大力发展制造业转型升级, 我国颁布多项政策鼓励工业互联网在各产业及地区的发展, 目前已初具规模。基于石油化工行业目前发展的需求以及整体面临转型升级的诸多挑战, 分析了上、中、下游面临的问题, 包括上游依赖进口、中游炼化核心技术及系统能力不足、下游产品结构布局不合理等。针对上述问题, 提出了基于工业互联网发展的几点建议, 包括加强技术部署能力、数据分析能力、生态环境建设、安全防护体系。最后, 对未来工业互联网在石油化工行业的发展提出展望。

关键词: 石油化工; 工业互联网; 工业软件

中图分类号: F424

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-3750.2021.00242

Analysis and prospects of the development of the industrial Internet in the petrochemical industry

SUN Siqi

China Academy of Industrial Internet, Beijing 100102, China

Abstract: In recent years, many countries have vigorously developed the transformation and upgrading of the manufacturing industry. China has promulgated a number of policies to encourage the development of the industrial Internet in various industries and regions, and it has begun to take shape. Based on the current development needs of the petrochemical industry, and the overall transformation and upgrading challenges, the problems faced by the upstream, midstream and downstream were analyzed, including upstream reliance on imports, inadequate midstream refining and chemical core technology and system capabilities, and downstream product structure layout. Several suggestions based on the development of the industrial Internet were put forward, including underlying data analysis, core technology integration, industry ecological environment, and security protection system. Finally, the prospects and research directions for the future development of the industrial Internet in the petrochemical industry were put forward.

Key words: petrochemical industry, industrial Internet of things, industrial App

1 引言

欧美等国家在国际金融危机的冲击下, 制造业优势逐渐丧失, 失业率不断上升^[1], 多个发达国家采取了一系列措施推动制造业转型升级。德国以其强大的工业自动化基础为核心, 提出了工业 4.0 战略^[2]。美国大力发展工业互联网, 实现了“人-机-脑”三位一体的纵向融通^[3]。我国各级有关部门都高度重视工业互联网发展, 通过颁布多项政策助

力企业进行数字化转型、智能化制造, 从而赋能大、中、小企业。根据 2020 年中国工业互联网产业经济发展白皮书, 2019 年, 我国工业互联网增加值规模达 3.41 万亿元, 名义增速达 22.14%, 占 GDP 的比重为 3.44%; 2020 年, 工业互联网产业增加值规模达 3.78 万亿元, 占 GDP 的比重升高至 3.63%^[4]。我国各区域重视工业互联网产业发展, 工业互联网产业增加值占 GDP 比重均超过 3.2%, 2019 年增速均超过 18%, 如图 1、图 2 所示。据统计, 截至目

前,我国工业互联网平台已超过 100 家,工业 App 数量超过 59 万。

石油化工行业是国民经济发展的血液命脉,起到了关键支撑作用,在 2019 年,我国石油表观消费量达到了 6.96 亿吨^[5],价值近 3 000 亿美元,石化行业市场潜力及发展空间巨大。然而,在“双碳”背景下,化石能源有被逐步替代的趋势,石油化工行业正面临着前所未有的转型压力,国内外石化企业都已将“数字化转型”作为企业的重要战略之一,发展工业互联网平台成为了越来越多石化企业的必然选择,这也为企业带来巨大的效益和长远的发展。

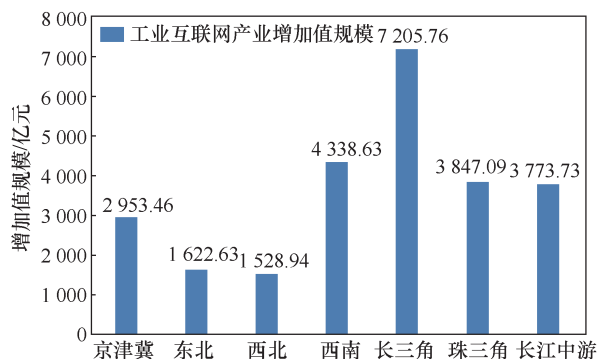
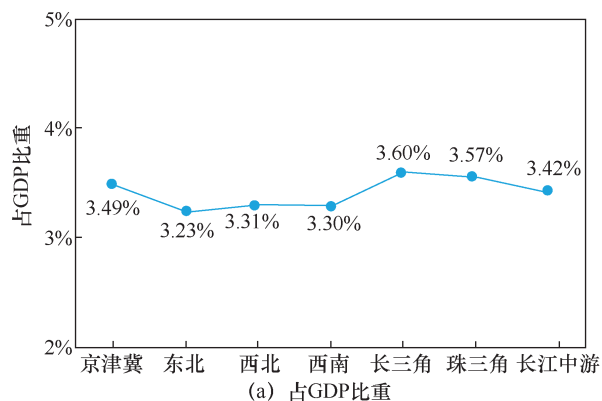
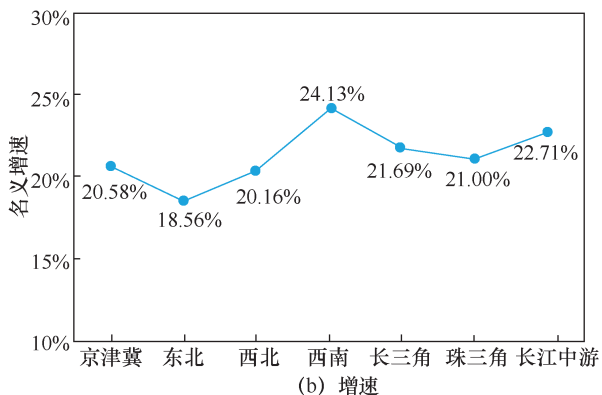


图1 2019年我国重点区域的工业互联网产业增加值规模^[4]



(a) 占GDP比重



(b) 增速

图2 2019年我国重点区域的工业互联网产业增加值规模分析^[4]

2 石油化工行业发展现状

石油化工行业通过常减压蒸馏、催化炼化、焦化重整等一系列复杂工艺手段把原油加工成为多种石油产品及化工原料^[6],如原油通过脱盐、常压、减压蒸馏、加氢催化等多种方式加工生产出石脑油、汽油、煤油、柴油、芳烃、沥青、焦炭等各种石油化工基础原料。我国建国初期面临着石油进口困难、炼油工艺落后等特点,导致无法产出合适的成品油。20世纪60年代,随着以“五朵金花”为代表的技术发展,我国炼油技术取得了重大突破。在建国初期,我国每年仅可以加工 12 万吨的原油^[7]。经过 50 多年的研究与攻坚,我国石油化工炼化生产水平取得了翻天覆地的变化。2019 年全国炼油总产能已高达 8.63 亿吨/年,炼油能力排名世界第二,但同时也面临着过剩产能提高至约 1.2 亿吨/年的问题^[8],因此我国石油化工行业整体面临转型升级的诸多挑战。

在石油化工行业的中游,也就是原料方面,我国原油依赖进口,所以石油化工成本压缩难度较大。二十一世纪以来我国经济保持增长快速趋势,我国原油开采量难以满足对石油加工产品日益增长的需求。从 2016 年到 2019 年,我国原油进口量从 38 101 万吨增长至 50 572 万吨,我国原油进口量占消费量的比重从 2016 年的 68% 升至 2019 年的 75%^[9-10],成为了最大的原油进口国,如图 3 所示。伴随着供需关系、政治战争、突发事件等各类因素,全球油价长期波动,加大了石油化工成本控制的难度。

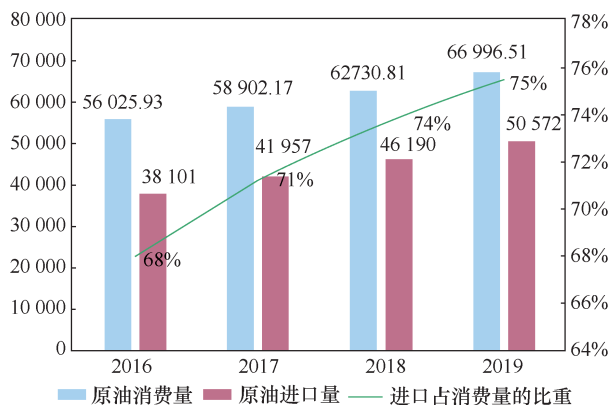


图3 2016—2019年中国原油消费、进口量及比重^[9-10]

在石油化工行业的中游,也就是石化装置方面,我国石化行业面临大而不强的问题。尽管 2019 年炼

油总产能已高达 8.63 亿吨/年^[11]，但生成高附加值产品能力不高，装置管理、工艺管理数字化程度不够高，没有形成对装置、工艺等的高效利用。核心控制系统、优化平台高度依赖进口。人工智能、大数据、云计算、物联网等信息技术没有在装置上得到充分应用。同时炼厂炼油产品需求变化倒逼炼厂降低炼油成本，企业正在向炼化一体化方向转型，这将进一步加大中小型炼厂的生存压力。为应对这一挑战，各省市颁发各项政策，如山东省《关于加快七大高耗能行业高质量发展的实施方案》指出了具体目标，对石油炼化行业提出了发展规划，到 2022 年和 2025 年，分两步实现 300 万吨及以下和 500 万吨及以下的炼油产能整合转移^[12]。此外在石油炼制和石油化工环节，会产生 SO₂、NO_x、VOCs、PAHs、工业废水、废催化剂和废吸附剂等污染物，相关污染物的控制和监测手段还有待提高。

在石油化工行业的下游，也就是石化产品方面，在电动革命和低碳革命的推动下，作为炼油行业主要产品，成品油的需求将达到峰值，据中石化经济技术研究院统计和预测，我国柴油需求已在 2016 年达到峰值，汽油和煤油的需求也紧随其后，即将于 2025 年、2045 年分别达到峰值^[13]。基于此，很多炼油企业提出由生产炼油产品向生产化工基础产品转型的技术转型路线，由于羊群效应，化工基础产品三烯、三苯的市场也即将出现部分饱和现象。

综合来看，当前我国石油化工行业的发展中，上、中、下游均面临严峻的挑战及危机，主要包括上游原油成本不可控、中游装置效率及国产化水平不高、下游产品结构和产业布局不合理等问题。随着国际市场竞争加剧，环保监管日益严格，石油化工行业为了满足新政策和新形势下的新要求，企业亟须通过新一代信息技术手段，实现降本增效、上、下游产业链整合、智慧决策等新型企业战略。据相关机构估测，现阶段的工业互联网技术已在石化产业产生积极效果，针对上游成本不可控问题，工业互联网可以帮助减少物耗成本 4%，减少人员成本 20%；针对中游装置效率不高问题，工业互联网可以实现降低安全事件率 14.5%，减少排产时间 30%；针对下游产业结构布局问题，工业互联网可以达到需求预测准确率大于 75%，提升事件响应率 10%^[14]。随着工业互联网应用范围拓展和技术水平

不断提高，将对推动石化行业转型发展产生更为深远作用。因此，中石油、中石化、中海油等国内大型石油化工企业，在近期也将“数字化转型”摆上战略高度，发展工业互联网已成为石油化工行业的重要战略选择。

3 工业互联网在石油化工行业应用现状

“工业互联网”的概念最早由 GE (General Electric) 公司提出，将劳动、土地、资本、信息等生产要素与各环节贯通互联，运用新一代信息技术手段的纵向支撑，同时融合人的意愿，实现人、机、物各生产要素间的全面协同^[15]。工业互联网主要由网络、平台、安全三大体系构成，基于以上体系，本文提出了石油化工行业的工业互联网框架及边界，如图 4 所示。

石油化工行业工业互联网框架主要由网络和设备层、边缘层、IaaS 层、平台层（工业 PaaS）、应用层（工业 SaaS）以及石油化工企业解决方案组成。网络和设备层主要提供传感环境、网络等基础保障保障，包括传感器、控制器、工业级芯片、智能机床、工业机器人、工业以太网等，代表企业有思科、中兴、华为、通信运营商等。边缘层主要提供设备接入、协议解析、边缘数据处理等，代表企业有中国移动、华为、树根互联等。IaaS 层主要通过虚拟化技术将网络、计算、存储等资源集合在一起，虚拟化为资源池，支撑上层平台服务和工业应用的运行，从而实现资源充分利用。基于虚拟化、分布式存储、并行计算、负载调度等技术，实现网络、计算、存储等计算机资源的池化管理，根据需求进行弹性分配，并确保资源使用的安全与隔离，为用户提供云基础设施服务，代表企业有浪潮、阿里云等。平台层，也称为工业 PaaS 层，由通用服务平台、协同技术平台、信息交易平台、工具集成平台组成，其中通用服务平台包括开发工具、服务接入、资源调度、统一运营运维；协同技术平台包括面向石油化工行业的大数据分析、物联网、机器学习、GIS 服务等；信息交易平台主要包括工厂模型、交易预测、生产检测、机理模型在线交易及弹性使用；工具集成平台主要包括可视化分析、开发者中心。应用层，也称为工业 SaaS 层，面向石油化工行业，为企业提供炼油技术分析、工艺远程诊断、设备远程诊断等能力和服务，包括设计类、仿真类、生产类、管理类等行业级 App，同时通过微

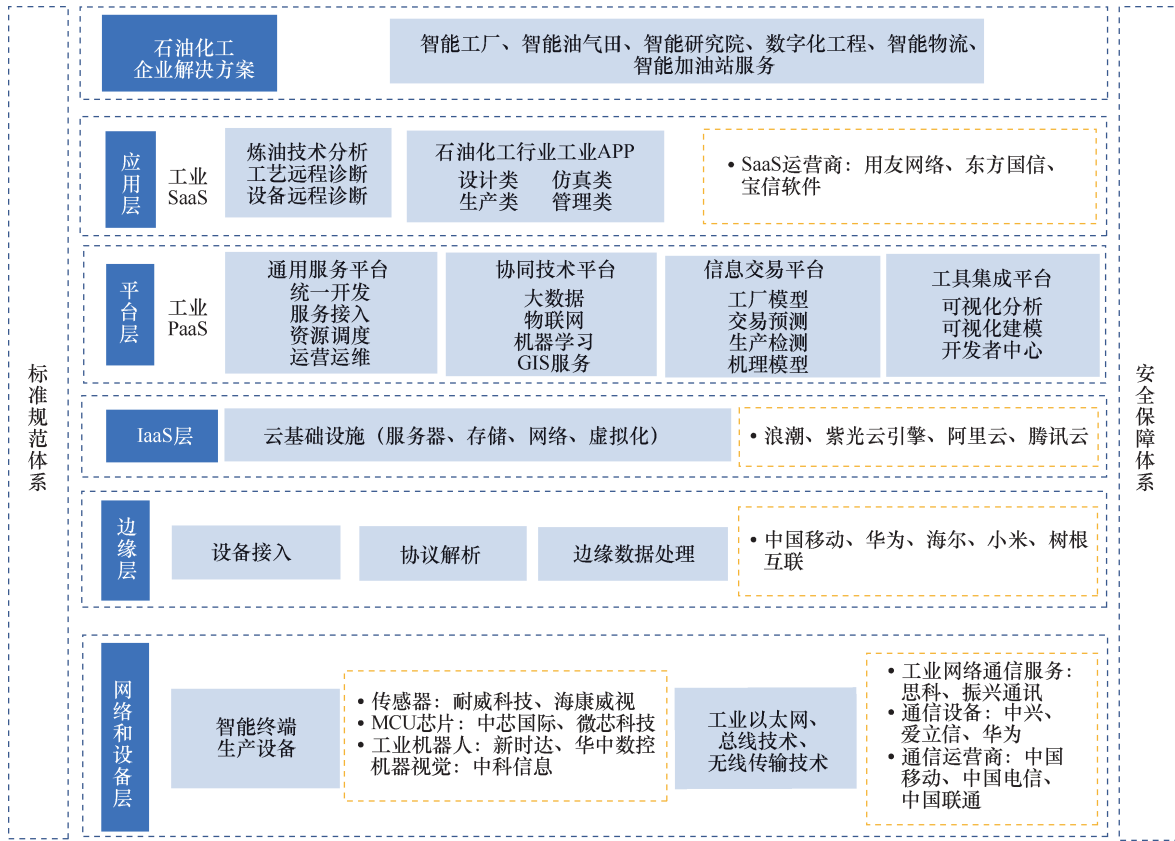


图 4 石油化工行业工业互联网框架

服务组件等支持企业上层应用。最终面向石油化工企业形成一批行业级解决方案，包括智能工厂、智能油气田、智能研究院、数字化工程、智能物流、智能加油站服务等。

埃森哲与世界经济论坛发布《数字化转型倡议：油气行业白皮书》，预计在 2016 年到 2025 年的十年间，通过运用数字化手段可以带动石油化工及天然气行业 1.58 万亿美元的经济增加值。

全球知名石油化工企业大力发展先进技术，与传统产业深度融合，实现以边缘层设备物联为基础，嵌入工业模型与机理，通过大数据、物联网平台支撑上层石油化工软件应用的工业互联网体系。石油巨头 BP 公司通过一系列数字化转型举措，将边端传感器数据与模型分析相结合以优化产量，实现降本增效并收获数十亿美元；通过数字孪生技术，模拟生产设备在虚拟空间的映射，反映相对应实体的全生命周期过程，到 2018 年 BP 基准产量每天提高了 19 000 桶；同时 BP 公司研究的检修机器人采用了履带式结构，定位损害及腐蚀的区域并进行维修，降低人员维护成本的同时

提高了安全性。挪威国家石油公司按计划在 4 年内，投资建设多个数字化中心，通过数据分析和数据共享驱动商业化进程并支撑管理决策，比如与微软合作创建了 Omnia 数据平台，整合了公司多个业务系统数据，实现了基于平台的预测性维护和生产优化，使得员工可以对运营数据、油井数据等便捷地进行访问。荷兰皇家壳牌与微软公司合作实现了油气现场生产作业安全管理、设备预测性维护等领域人工智能的应用，目前壳牌已经使用了 47 个人工智能应用程序，实现生产优化，提高了效率并减少排放。埃克森美孚基于过去几十年在行业内的累积，打造了一套数字化、智能化的工业互联感知体系，通过边端采集数据以及数据分析算法，对其分散在世界范围内的炼厂和化工厂、石油流量等多源异构数据和信息进行监测，打造了数字平台和在线油液监测系统服务，实现对上游生产活动的改善。

目前，我国工业互联网在石油化工领域已经有了初步的发展应用。以少部分大型石油化工企业为典型应用，已逐步建成了企业级工业互联网平台。

这些大型企业具有较完备的基础设施可实现设备互联互通,同时具备良好的信息化、数字化建设能力与资源。我国以中石化、中石油、中海油为主的多元石油化工企业持续推进工业互联网建设,目前已经呈现群雄并起的局面。其中,比较出众的是中国石化盈科公司,作为国内石油化工行业工业互联网领域的龙头企业,石化盈科深耕于企业信息化、智能化转型升级,最新发布的石油化工工业互联网平台 ProMace3.0,实现了新一代信息通信技术与石化行业在工业机理层面、业务拓展层面、管理决策层面的全面融合^[16]。通过工业物联网、工业数字化、工业大数据、人工智能四大核心引擎,打造技术中台、数据中台、业务中台三大中台,实现工业云管控、集中集成、安全防护等 7 项平台解决方案。未来石化盈科将进一步完善边缘侧数据互联互通以及数据治理、数据安全防护等技术,通过数据挖掘深入分析数据价值和规律,以此带动整个技术产品和服务的创新,并不断拓展市场。中国石油目前正着手创建工业互联网平台,以面向石油石化行业的开发环境为基础,通过大数据存储、接入、整合及分析,融合工业技术原理、行业知识、专家经验、生产工艺,实现仿真设计、工艺优化、设备运行优化等专业领域应用。中国海油也正加快推进油田无人平台、岸电电源、智慧零售等“工业互联网+智能制造”的发展模式^[17],通过工业互联网保持公司核心竞争力并提高盈利能力。

在新形势下,工业互联网在石油化工行业的发展中仍面临一些问题与挑战。一是企业技术整合能力还存在提升空间,由于石油化工行业上下游产业链较长且技术壁垒较高,自主可控的工业互联网行业平台软件和面向关键领域的化工软件成为了两化融合中亟待解决的问题之一,2019 年我国工业软件市场规模为 1 680 亿元,仅占全球总量的 5.73%^[18]。在工业机理模型构建、数据挖掘、数据标识解析等方面仍需进一步提升技术能力,同时仍然缺乏石油化工与信息技术复合型人才。二是数据应用分析能力尚且不足,虽然石油化工行业已具备一定信息化基础,大部分企业已具备生产系统、运营管理系统等信息化系统,但不同系统的数据规范与口径存在差异,数据孤岛成为了一种普遍现象。数据采集困难、数据标准缺失、数据融合不足、数据分析薄弱等一系列问题有待解决。三是行业安全规范体系仍待建立,主要包括工业互联网平台安全

以及石油化工行业生产安全。工业互联网的安全体系和标准还没有融入石化行业,未来需要通过设备安全、控制安全、网络安全、平台安全、数据安全以及应用安全赋能行业生产安全、人员安全、原材料安全。四是产业生态环境融通还要加强,需要集中社会多方力量,持续发展石油化工行业工业互联网。目前仍然缺乏面向细分领域共性问题的行业整体解决方案,企业级平台只能点状解决特定场景的特定问题,大部分中小企业还缺乏创新探索能力。

4 工业互联网在石油化工行业应用展望

工业互联网不仅是石油化工行业数字化转型和创新发展的助推器,更是石油化工行业与工业互联网融合的新挑战。不断完善建设工业互联网网络、平台、安全体系,可以显著提升石油化工行业创新能力和效率,赋能行业新发展,助力实现制造强国目标,具有重要而现实的意义。《智能制造八大投资热点市场规模预测》报告显示,2020 年石油化工行业在智能制造领域发展处于领先地位,未来这一领域的转型升级,有望带动千亿级别的市场规模。基于目前工业互联网在石油化工行业的发展现状,未来这一领域在核心技术、数据分析、行业生态、安全体系方面的发展空间仍然十分广阔。

一是加强核心技术创新。促进石油化工和工业互联网的技术融合,打造化工与信息化的复合型人才培训体系,以化工技术、数据资源、算法应用等为核心,实现在交叉领域的系统性突破。加快石油化工行业 App 开发利用,针对共性问题形成面向石油化工的行业解决方案。通过建立炼化装置运行状态监测平台、远程故障诊断模型、设备预测性维护模型,延长装置使用寿命节约维护成本;通过建立炼化工艺流程模拟优化模型、延迟焦化模型、裂化重整模型等,提高石油炼化生产效率;通过建立原油供应链均衡协调模型、成本和风险分析模型、生产计划和管理调度模型等,实现上、下、游产业链协同;通过建立危险监测和预警模型,火灾爆炸现场诊断模型、应急管理调度模型等,实现科学安全管理构建。比如,燕山石化通过建立模型,对炼化装置流量控制阀进行模型预警和分析,实现预测性维护,据预测可以降低无效维修 50%以上,创造直接经济效益近 5 000 万元^[18]。

二是加强底层数据分析。基于企业已部署的各类设备,形成面向石油化工行业的数据标准、指标体系、数据治理方法和工具,通过深入挖掘数据价值实现企业数据的资产化、服务化、业务化。主要方法包括围绕组织、设备、资产、供应商、客户等管理对象制定多元数据采集、存储、融合、应用规范;提高边缘数据采集能力,利用多种采集手段,打通石油开采、运输、炼化、销售全链条的数据通道,实现对设备、人员、管理的全面感知;通过机器学习和深度学习算法,提升设备、生产、管理的自动化水平,赋能企业生产经营管理。比如,中油工业互联网平台通过机器学习和知识图谱技术,将设备历史故障、维修信息、工况数据,与故障诊断知识库等进行分析,结合专家诊断和远程维修指导,预计可以实现50%以上的设备故障问题远程解决^[18]。

三是固化安全体系防线。构建从控制安全、基础设施安全到应用安全的石化行业工业互联网安全体系和标准规范^[19]。如在边缘侧研发制造智能传感器,实现生产设备安全生命周期的实时监测、远程故障诊断和预测性防护措施;开发自主可控的仪表系统,实现面向工艺过程、仪表参数、泄露监测等数据的在线监测;打造工业仿真模拟软件,实现针对火灾、爆炸、泄漏、腐蚀等危险场景的模拟演练预警。逐渐完善面向石油化工企业、工控安全集成商、平台建设企业的工业互联网安全技术标准体系,同时落实“工业互联网+安全生产”,积极引导面向石化领域的工业互联网安全技术研发、成果转化和产品服务创新,提升安全技术的支撑保障,为发展保安全,以安全促发展。比如中国石化通过生产安全监控、管道智能巡检等基于工业互联网平台的安全生产建设,发现并消除了1800多项生产安全问题,巡检识别率提高70%以上^[18]。

四是构建行业生态环境。加强石油化工行业与工业互联网产业的通力合作,实现交叉领域的通力合作。通过多种方式推进行业生态构建,以政府为牵引制定相关产业政策,同时以石油化工联盟、创新中心、产业集群等多种合作形式,在人才培养、重点项目研发、创新示范应用等方面,培育出行业级工业互联网体系环境。在区域、行业、企业各维度,点、线、面、体多层次发挥各自优势,促进石化行业工业互联网创新应用。

5 结束语

本文从石油化工行业发展现状入手,分析了石油化工领域发展工业互联网的重要意义,详细讨论了国内外工业互联网平台建设、技术发展、应用现状以及存在的问题。基于以上问题,对石油化工领域工业互联网发展提出了在数据分析、核心技术、生态环境、安全体系方面的几点建议。利用工业互联网先进信息技术优势加快工艺装备的升级换代,提升产品档次、降低能源和原材料消耗、提高质量。不过,我国工业互联网的发展仍处于初始阶段,面向垂直行业细分领域的工业互联网仍缺乏通用的平台应用,未来在石油化工各环节开发行业级、企业级工业互联网平台,实现平台全面互联互通、自主可控。

参考文献:

- [1] 吕光辉. 基于OCA指数法的东亚货币合作的路径探析[D]. 贵阳: 贵州财经大学, 2014.
LV G H. An analysis of the path of East Asian monetary cooperation based on OCA index method[D]. Guiyang: Guizhou University of Finance and Economics, 2014.
- [2] 贺正楚, 潘红玉. 德国“工业4.0”与“中国制造2025”[J]. 长沙理工大学学报(社会科学版), 2015, 30(3):104-111.
HE Z C, PAN H Y. Germany “Industry 4.0” and “Made in China 2025”[J]. Journal of Changsha University of Science and Technology (Social Science), 2015, 30(3): 104-111.
- [3] 闫敏, 张令奇, 陈爱玉. 美国工业互联网发展启示[J]. 中国金融, 2016(3): 80-81.
YAN M, ZHANG L Q, CHEN A Y. The enlightenment of the development of the industrial Internet in the United States[J]. China Finance, 2016(3): 80-81.
- [4] 张通. “云、数、智”为制造业插上智慧双翼[J]. 中国工业和信息化, 2020(9): 26-30.
ZHANG T. “Cloud, data, intelligence” inserted the wings of wisdom for the manufacturing industry[J]. China Industry & Information Technology, 2020(9): 26-30.
- [5] 中国石油和化学工业联合会. 2019年中国石油和化学工业经济运行报告[J]. 现代化工, 2020, 40(3): 230-232.
China Petroleum and Chemical Industry Federation. China petroleum and chemical industry economic operations report 2019[J]. Modern Chemical Industry, 2020, 40(3): 230-232.
- [6] DAUSCH M, GOLDFARB H, GARDNER M, et al. Knowledge management system and methods for crude oil refining[J]. Free Patents Online, 2005.
- [7] 许帆婷, 刘倩. 炼油工业: 从“五朵金花”到锦绣满园: 访中国科学院院士陈俊武[J]. 中国石化, 2019(9): 18-22.
XU F T, LIU Q. Oil refining industry: from “five golden flowers” to splendid garden: an interview with Chen Junwu, academician of the Chinese Academy of Sciences[J]. Sinopec Monthly, 2019(9): 18-22.

- [8] 刘朝全, 姜学峰. 2018 年国内外油气行业发展报告[R]. 北京: 石油工业出版社, 2019.
LIU C Q, JIANG X F. Development report of 2018 domestic and foreign oil and gas industry[R]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2019.
- [9] 国家统计局. 中华人民共和国 2016 年国民经济和社会发展统计公报[R]. 2017.
National Bureau of Statistics. Statistical bulletin of the people's Republic of China on national economic and social development in 2016[R]. 2017.
- [10] 国家统计局. 中华人民共和国 2019 年国民经济和社会发展统计公报[J]. 中国统计, 2020(3): 8-22.
National Bureau of Statistics. Statistical bulletin of the People's Republic of China on national economic and social development in 2019[J]. China Statistics, 2020(3): 8-22.
- [11] 刘朝全, 姜学峰. 2019 年国内外油气行业发展报告[R]. 北京: 石油工业出版社, 2020.
LIU C Q, JIANG X F. Development report of 2019 domestic and foreign oil and gas industry[R]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2020.
- [12] 山东 7 大高耗能行业转型升级目标出炉[J]. 中国有色金属, 2018(23): 24.
Transformation and upgrading objectives of seven high energy consuming industries in Shandong[J]. China Nonferrous Metals, 2018(23): 24.
- [13] 石油蓝皮书 中国石油产业发展报告(2018)[J]. 经济学动态, 2018, 687(5): 2.
Petroleum blue book China petroleum industry development report (2018)[J]. Economic perspectives, 2018, 687(5): 2.
- [14] 国泰君安证券. 万物互联智能制造:新基建-工业互联网产业链梳理[R]. 2020.
Guotai Junan Securities. Interconnected intelligent manufacturing: industrial chain sorting of new infrastructures-industrial Internet[R]. 2020.
- [15] ABRAMOVIĆ M, GÖBEL J C, NEGES M. Smart engineering as enabler for the 4th industrial revolution[M]. Integrated Systems: Innovations and Applications. Cham: Springer International Publishing, 2015: 163-170.
- [16] 文晓. 石化盈科: 自主可控工业互联网平台 ProMACE[J]. 自动化博览, 2019, 36(3): 28-29.
WEN X. PCITC: independent and controllable industrial Internet platform ProMACE[J]. Automation Panorama, 2019, 36(3): 28-29.
- [17] 本刊编辑部. 数字化助力 石化行业迎变革[J]. 中国石油和化工经济分析, 2019(11): 50-51.
Editorial Office of Economic Analysis of China Petroleum and Chemical Industry. Digitalization helps the petrochemical industry transform[J]. Economic Analysis of China Petroleum and Chemical Industry, 2019(11): 50-51.
- [18] 中国电子信息产业发展研究院. 工业互联网平台赋能重点行业数字化转型方法论白皮书[R]. 2020(4): 10-15.
China Center for Information Industry Development. Industrial Internet platform empowers key industries' digital transformation methodology[R]. 2020(4): 10-15.
- [19] 郭琦. 工业软件: “制造强国”的最大短板[J]. 中国中小企业, 2019(11): 70-71.
GUO Q. Industrial software: the biggest short board of “manufacturing power”[J]. China Small & Medium Enterprises, 2019(11): 70-71.
- [20] 刘晓曼, 靳文京, 李南. 美国工业互联网安全推进情况及对我国的启示[J]. 信息通信技术与政策, 2019(8): 81-84.
LIU X M, JIN W J, LI N. The advancement of American industrial Internet security and its enlightenment to China[J]. Information and Communications Technology and Policy, 2019(8): 81-84.

[作者简介]



孙思齐 (1993-), 女, 现就职于中国工业互联网研究院, 主要研究方向为工业互联网和人工智能等。

高级顾问

国际电信联盟秘书长

赵厚麟

中国科学院院士

李 未 姚建铨 朱中梁 陈国良 吴培亨 何积丰 吴一戎
徐宗本 梅 宏 王 巍 吕 建 郝 跃 陆建华 房建成
黄 如 毛军发 王金龙

中国工程院院士

倪光南 孙 玉 薛禹胜 邬贺铨 贲 德 邬江兴 柴天佑
刘韵洁 戴 浩 于 全 吴曼青 段宝岩 王广基 何 友
费爱国 桂卫华 余少华 姜会林 钱 锋 樊邦奎 张 平

第二届编辑委员会

主任委员：尹 浩

常务副主任委员：朱洪波

副主任委员：

刘海涛 马华东 杨 旻 刘明亮 宋 彤 刘华鲁

委 员：（按姓氏笔画排序）

丁大志 丁进良 丁恩杰 于季弘 马建国 王文博 王永建
王汝言 王红刚 王承祥 王新兵 仇洪冰 卢光跃 田 野
冯 伟 兰巨龙 吕卫锋 朱 艳 朱 琦 乔 辉 任保全
全 智 刘 飞 刘 云 刘元安 孙 怡 孙玲玲 阳春华
李 剑 李建东 李宣东 李德识 杨 健 杨龙祥 吴 怡
吴启晖 冷甦鹏 汪一鸣 沙学军 沈连丰 宋令阳 迟 楠
张 杰 张 彦 张云勇 张文生 张在琛 张治中 张钦宇
张海君 张海霞 张朝阳 张登银 陈 岚 陈 钟 陈山枝
陈仪香 陈后金 陈前斌 范九伦 范平志 林金朝 易东山
金 石 金 海 於志文 赵小强 赵军辉 胡清阳 胡瑞敏
钟章队 施 毅 姜 斌 钱 毅 徐煜华 郭 庆 郭贵生
高 跃 高飞飞 陶小峰 陶梅霞 曹 汛 盛 敏 崔曙光
隆克平 葛俊祥 葛晓虎 程崇虎 詹 杰 潘 炜

助力我国科技期刊建设
激发科学共同体能量

