

中国大型企业工业软件应用现状及绩效提升关联分析

崔佳星,付宇涵,马冬妍,王庆瑜

国家工业信息安全发展研究中心,北京 100040

摘要 作为企业数字化转型的“软装备”,工业软件是企业推进两化融合的切入点,对企业转型突破有着关键的作用。基于两化融合服务平台(www.cspiii.com)采集的企业两化融合评估数据,定量分析了中国大型企业工业软件应用现状、成效显现等情况研究表明,中国大型企业在工业软件布局、工业云平台应用方面高于全国平均水平,有效提升了企业绩效。分析了软件应用面临的问题并提出了相应建议。

关键词 工业软件;工业云平台;产品创新

随着信息化和工业化融合在中国的飞速发展,新兴的科技技术与传统制造业的融合为大量新型应用提供了发展的平台,工业软件也开始使用前沿的各类技术,从人工智能到大数据,使其在工业制造中的各个环节起到了关键的作用。作为工业互联网体系的应用层,工业软件由于便利企业数据应用,成为众多企业的首选。据统计,2019年全球工业软件产业规模为4107亿美元,而中国工业软件产业规模为1720亿元,仅占全球产业规模的约6%^[1]。作为推动信息化建设的必要工具,工业软件一直受到政府主管部门的重视,国家出台了系列政策助推工业软件的应用推广。中国大型企业基于技术水平、基础条件、资本等优势,信息化建设相较于中小企业起步较早,各方面均走在中小企业前面,对大型企业工业软件应用的现状和成效分析能

深入了解中国各大型工业软件普及和应用,对现存的问题进行深入的剖析并给予相应的建议,与此同时对中国整体工业信息化水平提升有着重要的作用。本文基于截至2019年底的企业两化融合评估数据,定量分析了中国大型企业工业软件普及应用情况,结合实际应用数据进行大型企业工业软件引入与大型企业绩效提升关联分析,提出了存在问题及相关建议。

1 大型企业工业软件应用指标评价体系

基于国家标准《工业企业信息化和工业化融合评估规范》(GB/T 23020—2013)^[2],国家工业信息安全发展研究中心研制形成了包含近200个采集项、

收稿日期:2021-10-29;修回日期:2022-08-21

作者简介:崔佳星,工程师,研究方向为两化融合、工业互联网平台、企业数字化转型等,电子信箱:jiaxing4640@qq.com

引用格式:崔佳星,付宇涵,马冬妍,等.中国大型企业工业软件应用现状及绩效提升关联分析[J].科技导报,2023,41(2):96-104;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2023.02.011

120余项指标的通用评估指标体系^[3],在此基础上形成了大型企业工业软件应用指标评价体系。大型企业工业软件应用指标评价体系具有科学性、时效性、延展性以及可操作性等特征,聚焦用户侧,充分挖掘大型企业工业软件应用的重点和难点,评价结构能够积极帮助企业攻破工业软件应用的薄弱环节,有针对性地提高数字化转型效率。大型企业工业软件应用评价体系充分地考虑了企业工业软件应用的典型实践经验,并结合中国企业工业软件应用的现状及趋势。因此,该评价体系具有适用性及实用性,其采集到的数据可用于分析中国大型企业

工业软件应用现状及成效。

大型企业工业软件应用指标评价体系主要评价中国大型企业应用工业软件及平台的普及和应用的水平,具体包括工业软件普及率、工业应用软件(APP)应用率以及工业云平台应用率3个维度(图1)。绩效情况直观体现工业软件应用给企业带来的经济效益,通过新产品研发周期、产品质量合格率、按期交货率、库存资金周转率来衡量。

本文基于大型企业工业软件应用指标评价体系,分析中国各个大型工业软件普及和应用,对现存的问题进行深入的剖析并给予相应的建议。

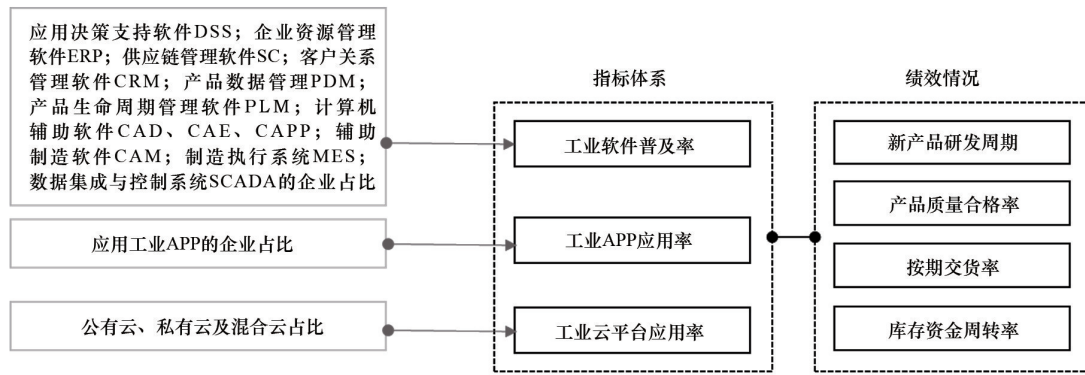


图1 大型企业工业软件应用指标评价体系

2 样本情况

2.1 样本来源

本文所采用的样本来源于两化融合服务平台(www.cspiii.com)采集的企业两化融合数据,覆盖国民经济三次产业、100余个细分行业、31个省份。企业的规模按照《统计上大中小微型企业划分办法》(国统字[2011]75号)划分,综合考虑人员规模、收入规模等情况。大型企业的定义为营业收入不少于4亿元、从业人员不少于1000人的企业。

2.2 样本描述

本文分析数据截至2019年底,大型企业的样本总数为4166个。样本的企业行业分布情况如图2所示,不同行业的样本数量相对均匀,电子、机械、交通设施设备企业数量占比较多,达到13.4%~18%,食品、纺织行业的企业数量相对较少,占比约

为7%~10%。

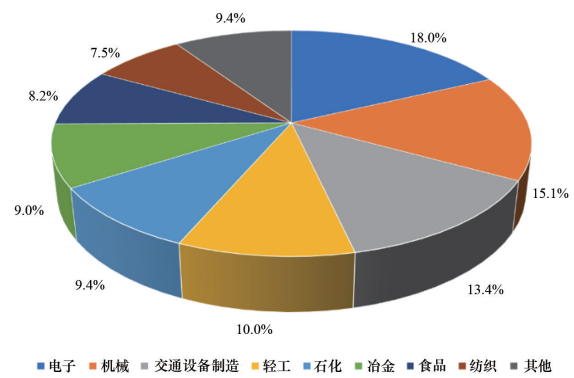


图2 大型企业样本行业分布情况

样本的企业性质分布情况如图3所示,各类型间差异相对较大,其中私营企业分布最多,达到33.3%,其次是国有企业,达到22.2%,股份制企业的占比达21.3%,其他性质企业的占比相对较少。

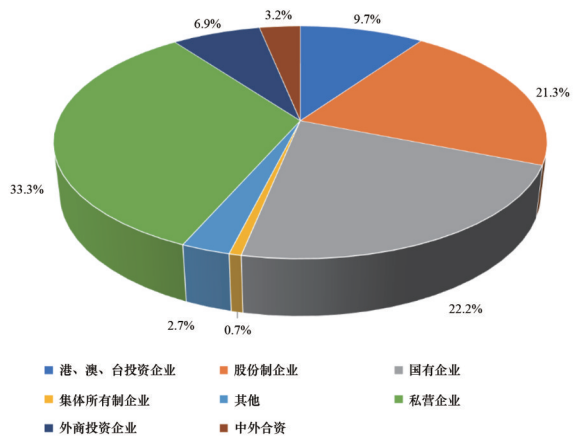


图3 大型企业样本性质分布情况

2.3 计算方式

工业软件普及率指标由应用决策支持软件DSS、企业资源管理软件ERP、供应链管理软件SCM、客户关系管理软件CRM、产品数据管理PDM、产品生命周期管理软件PLM、计算机辅助软件CAD/CAE/CAPP、辅助制造软件CAM、制造执行系统MES、数据采集与控制系统SCADA等工业软件的企业占有所有大型企业的比例计算而得；工业APP应用率，由应用了工业APP的企业占有所有大型企业的比例计算而得；工业云平台应用率，由使用公有云、私有云以及混合云的企业占有所有大型企业占比而得。大型企业工业软件应用评价体系中

涉及到的指标，均能体现中国大型企业工业软件应用的现状及成效。

新产品研发周期指从产生开发产品的设想，到成功制造出产品所经历的时间，在此周期内，产品的销售额为零；产品质量合格率表征产品质量水平，为生产产品的合格数占生产产品总数的百分比，计算公式为： $\text{生产的合格产品数} \div \text{生产产品总数} \times 100\%$ ；按期交货率评估一定时间内，下层供应商做到按时交付订单的次数占总交付订单次数的百分比，计算公式为： $\text{按时交付订单的数量} \div \text{需要交付订单的数量} \times 100\%$ ；库存资金周转率是计算单位库存资金用于供应的效率指标，计算公式为： $\text{年产品销售成本总额} \div \text{存货资金平均余额}$ 。

3 大型企业工业软件普及应用情况

3.1 大型企业工业软件普及率普遍高出全国平均水平，生产管控类软件更为显著

横向来看，大型企业中，经营管理类软件(ERP、SCM、CRM)和产品研发类软件(PDM、PLM、CAD/CAE/CAPP)的普及率明显高于生产控制类软件(CAM、MES、SCADA)^[4]，ERP、CAD/CAE/CAPP软件普及率均超过60%，CRM、SCM、PDM等软件普及率均在40%左右，而SCADA、CAM等生产控制类软件普及率仅在30%左右(图4)。

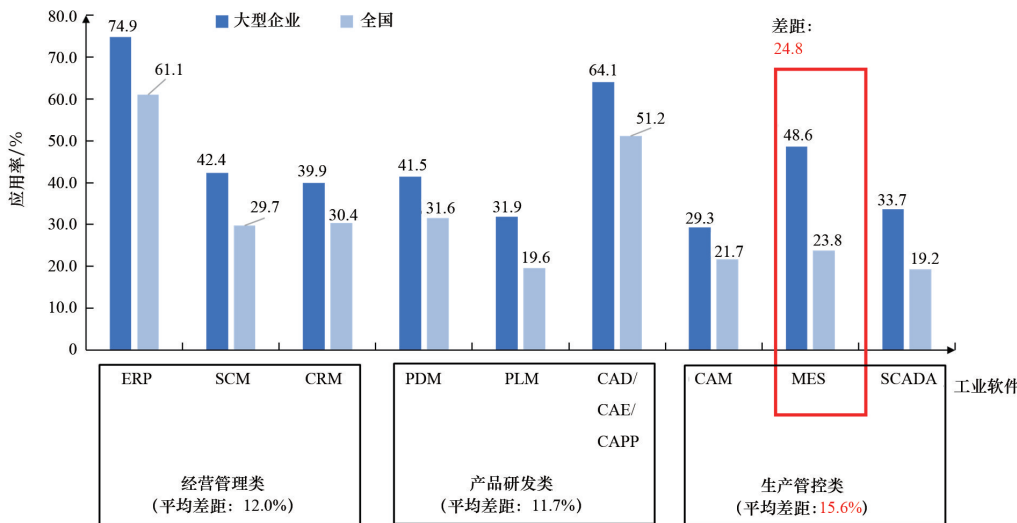


图4 大型企业主要工业软件普及应用与全国对比情况

与全国整体工业软件普及情况对比来看,大型企业的工业软件普及率普遍高于全国企业的平均水平,以经营管理类软件为例,大型企业中分别有74.9%、42.4%和39.9%的企业应用ERP、SCM、CRM,分别高出全国平均水平13.8%、12.7%和9.5%。CAM、MES、SCADA等生产管控类软件普及应用显著优于全国平均水平,尤其是MES的应用,高出全国平均水平24.8%,与中小企业差距最大。一方面,生产管控类软件与企业生产关键工艺流程、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过程中不断优化才能发挥更大作用,实施成本较高,相较于中小型企业,大型企业实施应用具有明显的资金优势;另一方面,大型企业对产品质量、生产过程管控更为重视,且产线规模较大,生产制造环节全面管控存在一定难度,MES有其施展拳脚的空间。

3.2 大型企业工业APP应用率超60%

工业APP是工业软件的新形态,是新型架构的、基于微服务的工业软件,其本质是企业知识和技术诀窍的模块化,给行业知识的应用和传递提供便利^[5]。中国大型企业工业APP应用率为64.8%,远高于全国平均水平的19.1%(图5)。从应用场景上看,研发、生产、运营、管理等场景应用较为均衡,以数据资源的封装应用最为普遍:研发设计、生产制造、运营服务、经验管理的比例相近;封装应用方面,工艺、制造、试验等数据信息资源的封装及应用高于公用产品、技术资源等的应用。工业APP来源方面,外包购买和合作开发为主要渠道,仅有28.2%的企业自行开发工业APP,作为工业互联网生态中的主力军,大型企业应基于自身行业引领优势,沉淀、复用、推广行业经验,并辐射带动中小企业实现联动创新,推动产业发展,然而目前大型企业工业APP创新能力仍有待提升。

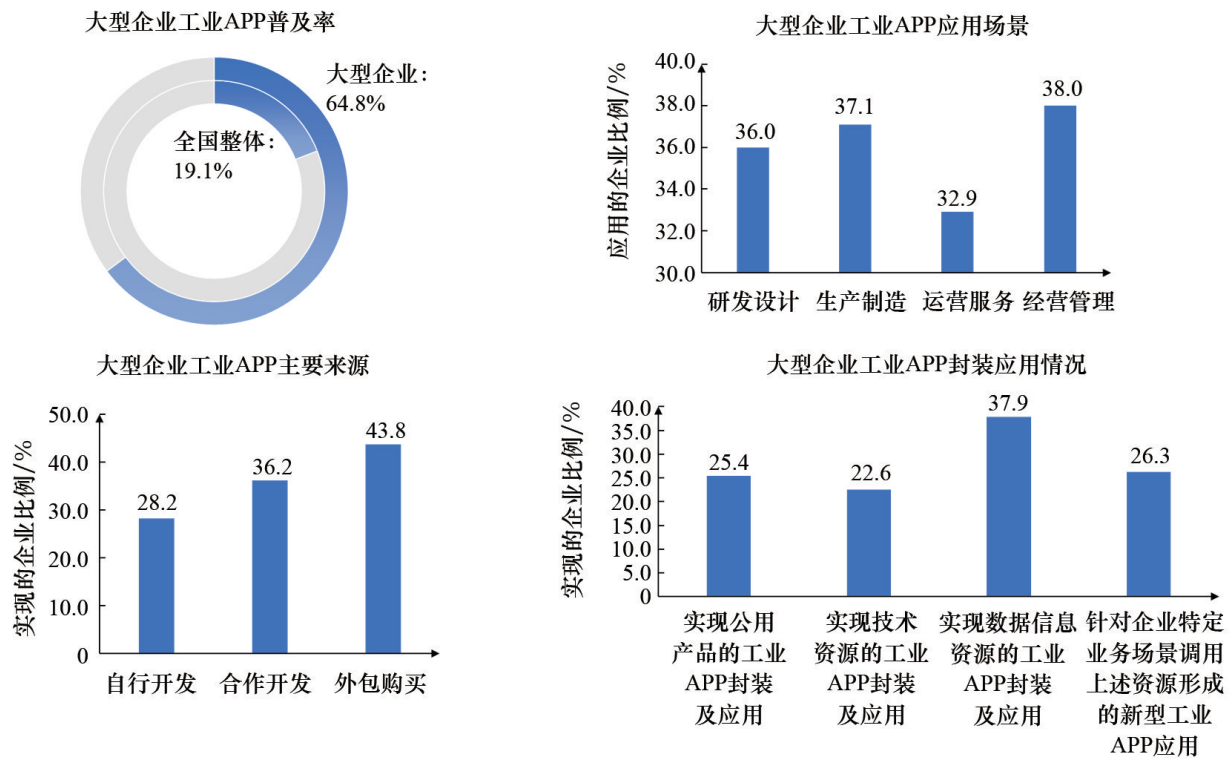


图5 大型企业工业APP普及应用情况

4 大型企业上云用云情况

4.1 大型企业工业云平台应用率达 58.9%，以私有云为主要方式

工业云以公共服务平台为载体,是网络化制造服务的新模式,可完成制造供需的高质高效对接^[6]。近年来,中国深入实施“工业云创新行动计划”,持续探索工业云创新应用路径,大型制造企业业务系统云化步伐不断加快,工业云平台服务内容和服务模式逐步完善。目前,大型企业工业云平台应用率为 58.9%,高于全国平均水平 14.5%(图 6)。从公有

云、私有云和混合云的选择来看,大型企业更倾向于自建私有云,应用比例为 23.1%,高于应用公有云的比例(19.4%),且已有 16.3%的企业使用混合云,相对公有云平台,私有云平台可实现对数据管理系统的更多控制。在服务应用方面,私有云主要是基于私有云平台对企业相关数据实现存储和管理,公有云主要集中在租用公有云存储服务、云计算服务等相关方面。虽然大型企业云平台应用率高于全国平均水平,但应用方向上以数据存储较多,在云上信息系统部署、软件定制等方面仍有提升空间。

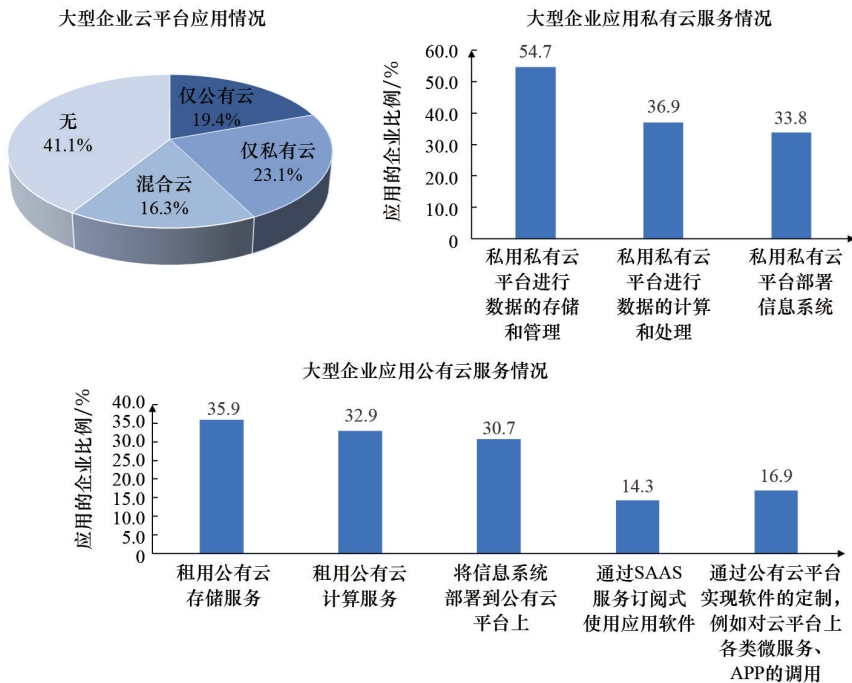


图6 大型企业工业云平台应用情况

4.2 大型企业对工业系统云端部署态度保守,信息安全或成最主要原因

目前,企业应用云服务的方向正逐渐从数据存储、计算,开始向信息系统云端迁移、软件云端订阅等方面转移发展,通过云服务提升制造企业IT资源管理效率,实现更均衡、更优化的管理^[7];同时,云服务的按需付费也将制造企业信息化投入由固定成本转变为可变的运营成本;有效解决了大部分制

造企业由于运维困难带来的阻碍^[8]。通过对系统上云,即应用云服务并实现主要软件系统云端部署的分析发现,大型企业对工业系统云端部署的态度较为保守,大多系统的上云比例低于全国平均水平,尤其是财务管理系统,低于全国平均水平 8.8%(图 7),信息安全成为大型企业使用上云软件的主要顾虑,云上集中大量的企业生产运营数据,对云服务提供商和应用企业的安全建设提出了更高要求^[9]。

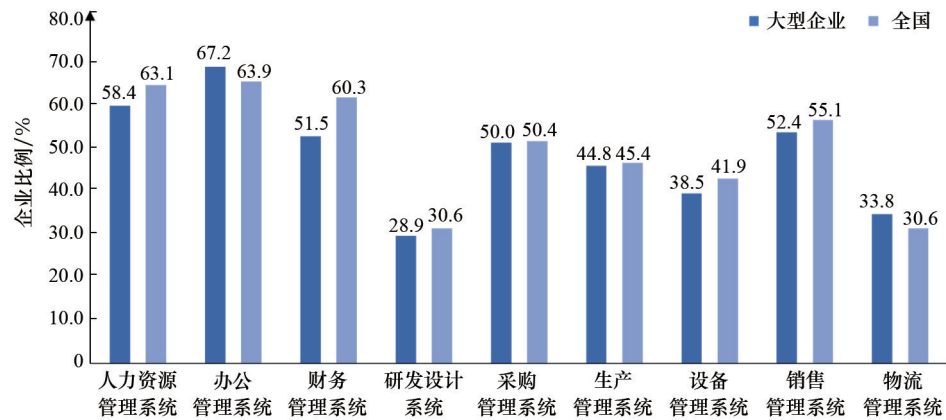


图7 大型企业业务系统上云情况

5 工业软件应用助力大型企业绩效提升情况

5.1 研发仿真类、产品管理类软件引入能够有效缩短企业创新周期,提高创新能力

产品研发创新能力是企业可持续发展的核心源动力。CAD/CAE/CAPP以及CAM等产品研发和辅助制造类软件的应用,能够创新产品的研发设计手段,提高产品研发设计的效率、大幅降低产品研发成本、不断缩短产品研发周期,促进产品迭代和创新,促进企业向高质量、高技术含量、高附加值的产品研发制造转型;PDM/PLM等产品管理类软件的引入与应用,能够帮助企业实现产品全生命周期一体化管控,有助于变革研发组织模式,优化新产品研发设计流程,缩短产品设计验证过程,扩大新产品供给,快速响应市场多样性需求。与尚未引入研发仿真类和产品管理类软件的大型企业相比,应用了研发仿真类软件(CAX)的大型企业新产品研发周期短4.5%,由平均240.7 d变为平均230.2 d;在此基础上,同时应用了产品管理类软件(PDM/PLM)的企业新产品研发周期变为平均221.5 d(图8)。研发仿真类、产品管理类软件有效缩短了新产品的研发周期,提高了企业的创新能力。

5.2 经营管理类、研发仿真类软件引入能有效提升产品质量和市场响应速度,提升企业市场竞争力

随着中国制造业转型升级,产品质量合格率、

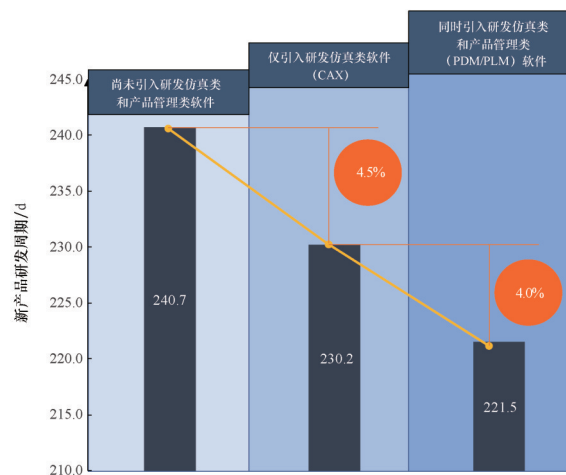


图8 大型企业工业软件引入与新产品研发周期关联分析

按期交货率等客户体验相关的指标越来越受到企业的重视。ERP、SCM可对物流、人流、财流、信息流集成一体化管理,对产品质量进行全方位的有效控制,实现灵活的生产调度,帮助企业缩短交货期,实现差异化生产,从而提高产品质量,提升市场响应速度;CAX、PDM/PLM的引入可对生产过程实现规划、设计、管理和控制,通过提前模拟、仿真、数控加工、质量检验、调试等,避免人为失误造成的延误和损失,很大程度提高产品质量合格率及按期交货率。相较于未引入ERP、CAX、SCM、PDM/PLM的企业,引入了以上软件的大型企业产品质量合格率提高0.4%~0.7%,按期交货率提高0.2%~1.2%。ERP的应用通过质量检查等程序,很大程度上提升了大型企业产品质量合格率,产品质量合理率提高

0.7%,与此同时,按期交货率的提升最为明显,提高了1.1%(图9)。ERP、SCM等经营管理类软件,CAX、PDM/PLM等研发仿真类软件的应用,均有效

了提升企业的产品质量合格率和按期交货率,提升企业市场竞争力。

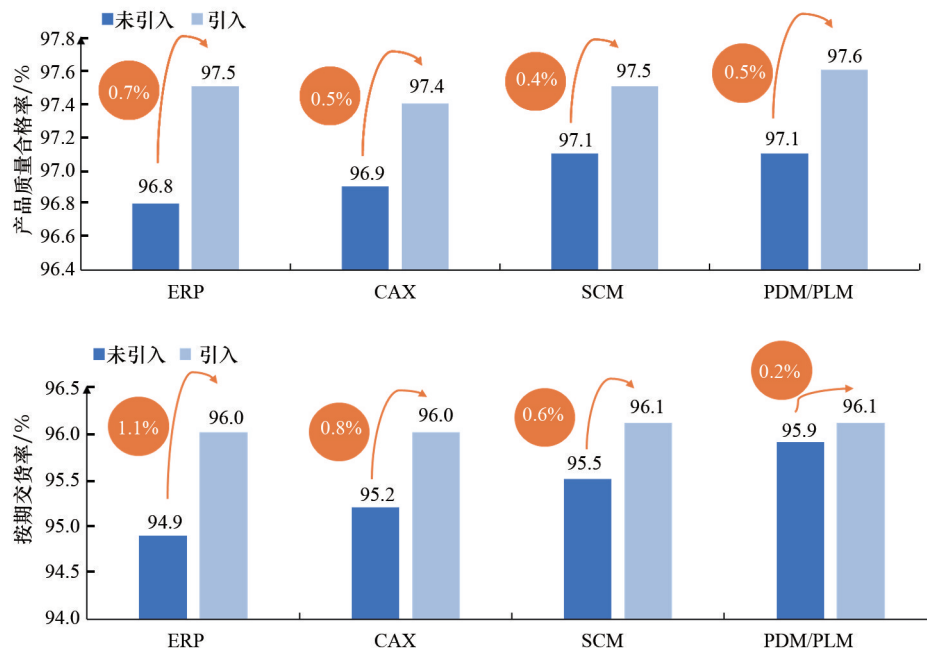


图9 大型企业工业软件引入与产品质量合格率、按期交货率关联分析

5.3 经营管理类、供应链管理类软件能有效提升企业库存资金周转效率,提升企业经营绩效

库存资金周转率的提高有助于企业降低库存持有成本、提升资金的使用效率,二者均是企业经营的关键绩效指标。ERP能够实现产品的集中统一调度,减少库存,缩短流程周期,从而有效提高发货供货能力;SCM能够实现供应链集成运作水平的提升,有助于企业开展定制化生产、精准采购与配

送等生产模式,优化企业柔性化生产的能力,从而显著提升企业库存资金周转率。引入了ERP的大型企业,库存资金周转率比未引入企业高1.7%。SCM的引入对库存资金周转率的提升更加明显,引入了SCM的大型企业,库存资金周转率比未引入企业高12.6%(图10)。ERP等经营管理类软件、SCM等供应链管理类软件的应用,有效提升了企业的库存资金周转率,提升了企业的经营绩效。

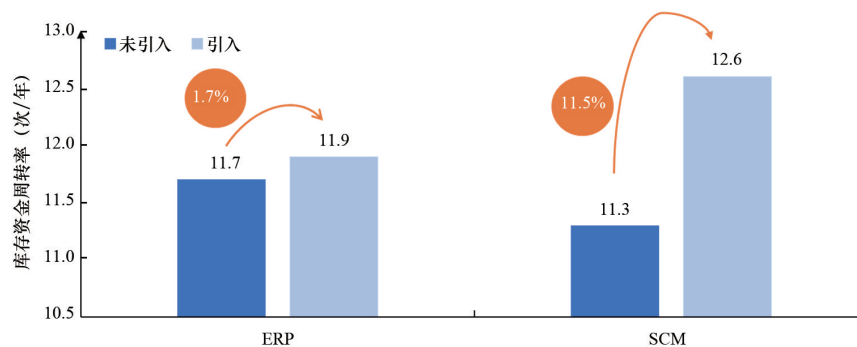


图10 大型企业工业软件引入与库存资金周转率关联分析

6 存在的问题及建议

6.1 示范引领效应不明显,建议发挥大型企业在研发供给和应用推广中的能动作用

大型企业信息化建设起步较早,基础信息资源、人才保障、资金投入等方面优势明显,在工业软件研发、布局和应用方面走在中小企业前面,但是通过产业链上下游对中小企业的辐射带动尚不明显。建议大型企业在工业软件生态系统中充分发挥行业引领和辐射带动作用,推动工业软件研发供给和应用推广:一是加强工业模型沉淀与提炼,与工业软件供应商合作,加强行业知识的积累沉淀,推进与新一代信息技术的融合,构建开放共享的数据、模型、工具资源池,加快工业技术、知识的软件化沉淀和管理。二是在具体技术攻关发挥能动作用,例如面向CPS的智能产品系统建模与仿真技术领域,联合攻关打通相关专项单点技术和资源(软件、硬件研发与工业应用联动),强化应用迭代。三是加强工业知识的外向输出,能够在适应自身制造流程和业务模式的需要的前提下搭建平台工具,联合构建开放共享的数据、模型、工具资源池,加快工业技术、知识的软件化沉淀和管理,加强行业经验的外向输出。

6.2 工业APP应用创新能力不足,建议提升大型企业工业APP创新能力

目前,大型企业工业APP应用来源主要是外包购买和合作开发,不足三成的企业自行开发工业APP,创新能力较低。建议大型企业:一是推动工业知识库的建设。围绕产品设计、制造、服务等各生产周期,以及工业数据采集、传输、处理、分析等各数据周期提炼专业工业知识,进行软件化、模块化,并封装成可重复使用的标准模块。二是引导构建工业APP行业标准体系。加快研制工业APP接口、协议、数据、质量、安全等重点标准,推动行业建立共识,引导和规范工业APP培育。三是拓宽与高校、科研院所等加强人才培养合作。建立复合型人才培养基地,建设国家级高水平工业APP规划、开发、评测的专家团队,提升产业人才供给能力。

6.3 系统建设与实际管理脱节,建议提升大型企业工业软件与实际业务的融合度

相比于中小型企业,大型企业的组织架构和业务流程更为细致和复杂,造成大型企业在部署、应用工业软件时出现系统建设和实际业务管理“两张皮”,甚至只建设,但后期不应用的现象。同时,一些行业由于人工经验依赖性强、产业链上下游软件互通性差等原因,企业应用工业软件的意愿不强。建议大型企业:一是以流程化为驱动,做好软件的顶层架构和实施方案设计。厘清所涉及业务活动的范围与边界,加强跨业务环节之间的流程梳理,做好软件部署的顶层架构设计,以流程为牵引优化业务流程中断、分散等问题,打通不同业务线之间的壁垒,创设扁平化的组织模式;二是注重软件应用过程中的持续优化。成功且优秀的软件系统是企业经过长期的运维优化得到的,做到有用且好用需要企业长期持续的投入、维护、优化,企业需在软件的运维优化上长期投入培养相关的人员,最终将系统变成企业信息化系统不可分割的一部分。

7 结论

在两化融合的高速发展时代,工业软件成为将传统工业信息化的关键部分。中国大型企业工业软件普及率普遍高于,优于中小型企业,相比较下更具有代表性、普遍性。分析中国大型企业工业软件的应用现状及其效能,可以为中国工业信息化的发展路径提供借鉴。本文通过数据分析发现,大型企业工业软件普及率普遍高出全国平均水平约10%,工业APP应用数量过半,但主要以数据资源的封装应用为主,缺乏创新能力。工业云为企业提供了更高效便捷的制造服务模式,通过不断地创新和信息安全建设的完善,可以使网络化工业软件得到进一步的推进。大型企业以私有云为主要方式应用工业云平台,但是对工业系统云端部署态度保守。通过对3大类软件的效能分析,经营管理类、产品研发类和生产管理类都能为企业从不同方面提升效能。我们应当充分发挥大型企业在工业软

件研发供给和应用推广中的能动作用,提升大型企业工业 APP 创新能力,提升大型企业工业软件与实际业务的融合度,更好地提升工业软件在中国新型制造体系中的作用。

参考文献 (References)

- [1] 中国工业软件产业白皮书(2020)[R]. 北京: 中国工业技术软件化产业联盟, 2021.
- [2] 工业和信息化部. 工业企业信息化和工业化融合评估规范 GB/T23020—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013: 1-45.
- [3] 周剑, 李君, 邱君降, 等. 两化融合通用参考架构与标准体系[J]. 计算机集成制造系统, 2019(10): 2433-2445.
- [4] 柴雯, 李君, 马冬妍. 从工业 4.0 评估视角看中国两化融合发展[J]. 科技管理研究, 2018, 38(22): 193-199.
- [5] 工业 APP 白皮书(2020)[R]. 北京: 工业互联网产业联盟, 2020.
- [6] 付宇涵, 马冬妍, 董豪, 等. 信息化促进制造业高质量发展现状及主要问题[J]. 中国科技信息, 2020(10): 102-103, 105.
- [7] 柴雯, 马冬妍, 许雅丽, 等. 工业企业云化发展评价及对策研究[J]. 企业管理, 2020(3): 116-119.
- [8] 马冬妍, 江鸿震, 付宇涵. 工业企业云化指数构建及评估实证研究[J]. 制造业自动化, 2018, 40(6): 107-112.
- [9] 朱伟. 网络安全趋势杂谈[J]. 计算机安全, 2013(4): 83-85.

Analysis of application status and performance of effectiveness EPR industrial software in large enterprises in China

CUI Jiaying, FU Yuhan, MA Dongyan, WANG Qingyu

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

Abstract As the "soft equipment" for the digital transformation of enterprises, industrial software is the entry point for enterprises to promote the integration of informatization and industrialization, and plays a key role in the breakthrough of enterprise transformation. Based on the evaluation data of enterprise informatization and industrialization integration collected by the China service platform of informatization and industrialization integration (www.cspiii.com), this paper quantitatively analyzes the application status and performance of industrial software in China's large enterprises. The application of industrial software and industrial cloud platform in large enterprises is higher than the national average, which effectively improves the performance of enterprises. The paper also summarizes the problems faced by software applications and puts forward corresponding suggestions, providing reference for the development of the industrial software industry and enterprise applications.

Keywords industrial software; industrial cloud platform; product innovation ●



(责任编辑 徐丽娇)