

# 中国工业软件创新: 驱动机制与路径选择

朱雪忠, 胡 成

(同济大学 上海国际知识产权学院, 上海 200092)

**摘要:** 探究国产工业软件的创新驱动机制对推动中国工业软件自主创新、助推中国工业软件解决“卡脖子”难题、实现科技自立自强至关重要。通过文献分析解析出产业层面的六大创新驱动要素, 之后运用上述要素对与工业软件相关的政策文件、新闻报道、行业发展报告、期刊文献等原始资料进行编码, 并通过对比验证的方式推导建立资料间的证据链、逻辑链, 在此基础上归纳总结中国工业软件的创新驱动机制。研究发现, 中国工业软件的创新驱动机制经历了构建、瓦解与重塑 3 个阶段, 逐步从“以市场为导向”过渡到“以政策激励为导向”的创新驱动机制。研究认为, 未来短期内仍然应当以政策激励作为国产工业软件创新的动力基础, 长期来看则应当回归到以市场为导向的创新驱动机制。

**关键词:** 工业软件; 创新驱动; 驱动机制; 驱动路径

**中图分类号:** F202      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1005-0566(2022)07-0038-10

## China's Industrial Software Innovation: Driving Mechanism and Path Selection

ZHU Xuezhong, HU Cheng

(Shanghai International College of Intellectual Property, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** Exploring the innovation driving mechanism of domestic industrial software is very important to promote the independent innovation of China's industrial software, help China's industrial software to solve the “neck sticking” problem, and realize scientific and technological self-reliance. Through literature analysis, this paper analyzes the six major innovation driving factors at the industrial level, and then uses the above factors to code the policy documents, news reports, industry development reports, journal literature and other original materials related to industrial software, and deduces and establishes the evidence chain and logic chain between the materials by means of comparative verification. On this basis, the innovation driving mechanism of industrial software in China is summarized. It is found that the innovation driving mechanism of industrial software in China has experienced three stages: construction, disintegration and remodeling, and has gradually changed from “market-oriented” to “policy incentive oriented”. In the short run, policy incentives should still be the driving force for domestic industrial software innovation, while in the long run, market-oriented innovation driving mechanism should be returned.

**Key words:** industrial software; innovation; driving mechanism; path

2021 年 12 月 28 日, 工业和信息化部等 8 个部门联合印发了《“十四五”智能制造发展规划》, 旨在进一步推动中国传统制造业向信息化、数字化与智能化转型。要推动中国传统制造业向智能

收稿日期: 2021-03-09      修回日期: 2022-06-22

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(19ZDA102)。

作者简介: 朱雪忠(1962—), 男, 江西鄱阳人, 同济大学上海国际知识产权学院教授, 博士, 研究方向为知识产权管理与科技政策。通信作者: 胡成。

制造转变,这背后离不开工业软件的支持。工业软件是工业技术和知识的程序化封装,能够定义工业产品、控制生产设备、优化制造流程、变革生产方式,是现代工业的“灵魂”,同时也是推动我国由制造大国向制造强国转变、提升国家制造业竞争力的根本所在。然而,在传统制造业转型升级的过程中,一些涉及国家安全的重大科技产业项目在采购工业软件时往往面临着“国产软件不好用、国外软件不敢用”的困境。一方面,涉及国家安全的重大科技产业项目都要求相关的工业软件满足安全性、可靠性与自主性,因而国产工业软件往往是首选。但与国外工业软件相比,大部分国产工业软件的产品性能相对落后,使用国产工业软件有时无法为项目实施提供最优质的配套服务;另一方面,如果在这些涉及国家安全的重大科技产业项目中使用国外工业软件,又会面临核心技术资源泄露、关键软件技术被断供等风险。尤其是2020年6月发生的“工业软件MATLAB被禁用”事件<sup>①</sup>,这让更多中国企业意识到过度依赖国外工业软件的潜在风险。

因此,目前我国急需推动国产工业软件自主创新。一方面,可通过自主创新优化低端国产工业软件的产品性能,力争为制造业领域中涉及国家安全的重大科技产业项目提供优质的配套服务;另一方面,在与研发设计相关的高端工业软件领域,可通过自主创新突破“卡脖子”难题,积极化解由工业软件核心技术被断供所引发的产业安全风险与国家安全风险。推动工业软件自主创新的前提是理清中国工业软件创新的驱动机制,找准驱动工业软件创新的关键发力点。然而,由于与工业软件相关的微观统计数据很难获取,关于工业软件创新驱动机制的研究一直是理论研究中的难点问题。

为此,本文拟从中观层面对中国工业软件创新的驱动机制与路径选择问题展开探索性研究。首先,通过文献分析解析出产业创新驱动要素,之后依据创新驱动要素将与工业软件相关的原始资

料进行拆分、编码、重组,在此基础上对国产工业软件创新的驱动机制进行归纳,并对其未来的创新驱动路径选择展开进一步讨论。在理论层面,本文梳理了与工业软件相关的大量原始资料,并且通过对比较验证的方法在这些原始资料之间建立起了科学可信的证据链与逻辑链,在此基础上归纳出中国工业软件创新驱动机制的演进轨迹,这既为工业软件的相关理论研究提供了新的研究思路,同时也弥补了工业软件创新驱动机制的研究缺口。在实践层面,本文为国产工业软件未来的创新驱动路径选择及实现提出了对策建议,能够帮助国产工业软件在自主创新中做到有的放矢、精准发力,有利于政府进一步优化与工业软件发展相关的创新政策,在一定程度上也可为推动中国制造向智能制造安全转型、防控工业软件安全风险作出贡献。

## 一、研究设计

### (一) 产业创新驱动要素解析

创新动力是指创新活动的驱动力,也有学者称之为“技术创新动力”或“自主创新动力”<sup>[1]</sup>。目前,学术界对企业创新的动力机制进行了深入研究,依据企业创新动力的影响因素,可将创新动力机制分为以下3类:一是单因素驱动论。这类研究认为企业创新的动力来源于某一核心要素,具有代表性的观点是技术推动论与需求拉动论<sup>[2-3]</sup>。二是双因素驱动论。这类研究认为企业创新是由两种因素共同作用所驱动,具有代表性的观点是社会需求—社会资源驱动模式与科学技术—市场需求驱动模式。社会需求—社会资源驱动模式认为,社会资源与社会需求之间的不匹配会产生矛盾,进而激发企业创新<sup>[4]</sup>。科学技术—市场需求驱动模式也称为推拉模式,认为企业创新是由科学技术推力与市场需求拉力共同驱动<sup>[5]</sup>。三是多因素驱动论。这类研究认为企业创新是由内外部多重复杂因素共同驱动<sup>[6]</sup>,具有代表性的观点包括三元驱动论(科学技术、市场需求与政策激励)与四

<sup>①</sup> 2020年5月23日,美国对华科技制裁再度升级,宣布将33家中国企业列入“实体清单”;2020年6月6日,哈尔滨工业大学和哈尔滨工程大学MATLAB软件被禁用;2020年6月11日,学生们收到了正版软件取消激活的通知。此次禁用引发中国学术界一片哗然。

元驱动论(科学技术、市场需求、政策激励与企业家精神)<sup>[7]</sup>。

本文以企业层面的四元驱动论(科学技术、市场需求、政策激励与企业家精神)为基础,并结合产业创新动力的现有研究特点对其进行改进,来解析产业层面的创新驱动要素。具体如下:①增加了创新资源这一驱动要素。创新资源包括研发人员与研发经费等,有研究表明,很多其他要素都需要通过创新资源的传递才能对产业创新活动产生驱动作用<sup>[8-9]</sup>。②增加了知识产权保护这一驱动要素。知识产权是工业软件创新成果的法律保护形式,作为重要的宏观环境,知识产权保护已经被证实是影响产业创新活动的重要因素<sup>[10-12]</sup>。最终,在产业层面形成了科学技术、市场需求、创新资源、政策激励、企业家精神与知识产权保护六大创新驱动要素。接下来,本文将依据上述六大要素,对工业软件相关的原始资料进行编码。

(二) 数据收集与整理

为收集与国产工业软件发展相关的原始资料,以“工业软件”为关键词,在各搜索引擎上搜集与工业软件发展相关的新闻报道、行业发展报告,在 CNKI 与 Web of Science 数据库检索与工业软件相关的期刊文献,在中央人民政府、工业和信息化部、科技部、财政部、国家知识产权局等政府门户网站搜集与工业软件相关的政策文件,在中国工业技术软件化产业联盟官方网站搜集与工业软件行业动态有关的资料。为确保原始资料的可靠性,通过期刊文献与新闻报道整理出我国工业软件发展的时间线,之后将这些资料与政策文件及工业软件领域的重大事件进行对比验证,通过建立证据链,强化数据资料间的相互佐证,并进行科学取舍。

为了降低数据噪音,明确表征各要素的驱动效应并深度解析其背后的逻辑关系,本文对过滤后的原始资料进行编码处理,之后为每一份编码

后的数据贴上时间标签,构建“事件发生时间—创新驱动要素”的二维分析框架(见图 1),将同一时间、同一创新要素类型的信息进行归类处理。

原始资料的编码示例如表 1 所示。值得注意的是,对原始资料编码时发现,缺乏原始资料与“企业家精神”这一要素相对应,这可能与我国工业软件的发展现状有关。目前我国工业软件整体呈现出小、散、专的特征<sup>①</sup>,国内很多工业软件企业都只专注于某一款或某一类工业软件研发,此时不同企业在业务领域、企业文化与发展战略上的

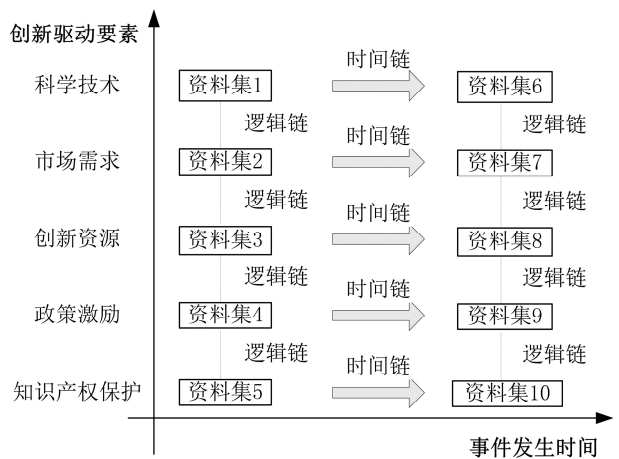


图 1 事件发生时间—创新驱动要素二维分析框架

表 1 原始资料编码示例

产业创新驱动要素	原始资料示例
科学技术	伴随着昂贵的 IBM 大型机、VAX 小型机、Apolo 工作站的引入,上面附带的某些 CG、CAD 软件,这样工业软件算是崭露头角。最早能引进这些昂贵计算机硬件有实力的研究所或高校,也就由此开始了模仿和开发工业软件的征程 <sup>②</sup>
市场需求	2013 年“棱镜门”事件爆发后,国产软件迎来了春天,自主品牌软件企业加速崛起 <sup>[13]</sup>
创新资源	培育建设一批特色化示范性软件学院,探索具有中国特色的软件人才产教融合培养路径,培养满足产业发展需求的特色化软件人才 <sup>③</sup>
政策激励	2011 年 4 月,工信部与科技部等部门联合印发《关于加快推进信息化与工业化深度融合的若干意见》,来推动工业软件发展 <sup>④</sup>
知识产权保护	强化知识产权保护,进一步打击企业和个人使用盗版软件,封堵盗版软件源头,加强对提供盗版软件下载网站的查处力度 <sup>[14]</sup>

① 依据《中国经济时报》对“走向智能研究院执行院长”赵敏的采访整理所得。

② 参见:林雪萍. 中国工业软件失落的三十年,这里的黎明静悄悄. <https://www.huxiu.com/article/257250.html>.

③ 教育部办公厅、工业和信息化部办公厅.《特色化示范性软件学院建设指南(试行)》。

④ 工业和信息化部、科学技术部、财政部、商务部、国有资产监督管理委员会.《关于加快推进信息化与工业化深度融合的若干意见》。

差异很大,所以个别企业内部的企业家很难对其他企业或整个产业产生重大影响。依据原始资料梳理结果,本文将主要研究除“企业家精神”之外的其他五类创新驱动要素。

## 二、中国工业软件创新驱动机制的动态演进

对原始资料进行编码后可知,2001年中国加入世界贸易组织(WTO)以及2009年中国全面推进工业化与信息化融合(两化融合)这两大事件对中国工业软件的自主创新活动产生了深远影响。以这两次事件为临界点,可将中国工业软件的创新历程分为以下3个阶段。

(一) 起步上升阶段: 推拉模式、政策激励的协同驱动

中国工业软件的创新活动起源于20世纪80年代,当时国外先进的工业软件技术传入国内,随即引起了国内制造业生产方式的根本性变革,同时也创造了与工业软件相关的大量市场需求。当时国内属于工业软件的“蓝海市场”,市场竞争小、需求大且利润可观,因而众多国内企业纷纷加入到工业软件研发的行列中。在这一阶段,科学技术推力与市场需求拉力(推拉模式)共同构成了国产工业软件创新的原始驱动力。

良性的市场环境给国产工业软件企业带来了创新的信心与动力。然而,空有信心与动力并不够,如何才能获取足够的研发资金去真正实施创新?这是摆在国产工业软件企业面前的另一道“难题”。与一般的IT软件相比,工业软件的技术复杂度更高、对可靠性能的要求更强、硬件条件开销也更大,这些特点导致了工业软件的研发成本要远远高于一般的IT软件。在20世纪80年代,我国的金融市场并不发达<sup>①</sup>,企业无法通过上市等途径进行融资。因此,研发经费短缺成为了当时国产工业软件企业开展创新活动所面临的共同难题。

为了发展中国高技术,鼓励更多国内企业投身工业软件研发,1986年国务院批准了《高技术研究发展计划纲要》(“863”计划),并在自动化领域

设立了智能机器人和CIMS(计算机集成制造系统)两个主题,而工业软件则是CIMS主题的重要组成部分。“863”计划的CIMS主题当时扶持了一大批与工业软件研发相关的项目,符合项目要求的企业能够直接获得政府的资金援助,这极大地缓解了国产工业软件企业研发资金紧缺的压力。

在这一阶段,市场是产业创新的主导力量,科学技术推力与市场需求拉力(推拉模式)是国产工业软件创新的原始驱动力,而政府的政策支持有效缓解了企业的研发资金压力。在科技推力、市场拉力(推拉模式)与政策激励的协同驱动下,我国工业软件开启了引进消化吸收再创新的起步阶段。

(二) 过渡阶段: 市场需求驱动减弱、创新资源供给不足

第一阶段在推拉模式与政策激励的协同驱动下,我国工业软件的发展已经“初见成效”。但好景不长,随着中国加入世界贸易组织,内外部的创新环境发生剧变,我国工业软件的创新活动也受到了强烈冲击。

首先,市场竞争环境发生剧变,国产工业软件的市场需求空间被大幅度挤占,市场需求的原始驱动效应开始减弱。在第一阶段,国内工业软件市场属于“蓝海市场”,竞争程度小且利润可观。但随着2001年中国加入世界贸易组织,大量国外的工业软件产品涌入中国市场。为了抢占中国市场,国外企业通过并购的形式快速扩大企业规模。如CAD领域著名软件企业法国达索公司先后收购了3D软件组件开发商Spatial公司、全球产品全生命周期(PLM)解决方案的杰出供应商Matrix One公司、流程自动化领域的市场领导者Engineous Software公司等,迅速形成了集团研发模式,占领我国市场<sup>②</sup>。

其次,知识产权保护环境发生改变,导致国产工业软件出现了结构性需求不足,市场需求的原始驱动效应被进一步被削弱。2006年4月,国家版权局等9个部委联合发布《关于推进企业使用

<sup>①</sup> 中国股市于1989年开始试点,1990年12月深圳证券交易所试营业和上海证券交易所成立。

<sup>②</sup> 参见:赛迪智库.《中国工业软件产业白皮书(2019)》。

正版软件工作的实施方案》，随后全国各地掀起了一场“企业软件正版化”运动，工业软件的使用成本也随即被拉高。强化知识产权保护虽然有助于扩大工业软件的整体市场需求量，但由于当时部分国产工业软件的客户忠诚度较低，所以很多国产工业软件的客户由于产品价格被大幅度拉高而选择放弃使用。反倒是国外工业软件凭借其在产品性能与客户忠诚度方面的优势，并没有受到实质性的负面影响<sup>[15-16]</sup>。最终导致国产工业软件出现结构性需求不足的问题。也即，工业软件的整体市场需求量虽然因为强化知识产权保护而有所增加，但国产工业软件市场的增长幅度远远小于国外工业软件，国产工业软件的市场占比进一步被压缩。

最后，产业内部资源配置结构发生改变，导致工业软件领域的创新人才大量流失，创新资源供给不足成为制约国产工业软件创新的“致命”短板。加入 WTO 让中国的互联网发展迎来了第二次浪潮，同时也带动了一大批 IT 软件企业的发展。IT 软件与工业软件虽然都属于软件产业下的细分领域，但二者还是存在很大不同。一方面，工业软件开发的技术门槛高、研发周期长且研发迭代速度慢。而 IT 软件大多偏向于市场应用，其开发难度相对较低，实现盈利的时间周期相对较短。另一方面，工业软件研发需要既懂工业技术又懂软件开发的复合型人才，其进入门槛更高。相比而言，IT 软件具有短平快的特点，对研发人员的要求也相对较低。正是由于 IT 软件的进入门槛较低、收益见效快且发展势头良好，不少工业软件的研发人员都纷纷转型到 IT 软件领域。这种产业内部的创新资源流动使国产工业软件出现了巨大的人才缺口，而研发人员是产业创新的核心力量，存在人才缺口的国产工业软件也随之陷入创新困境。

在这一阶段，市场竞争与知识产权保护环境的剧烈变化导致国产工业软件的市场需求空间被大幅度挤占，市场需求的原始驱动效应不断减弱；

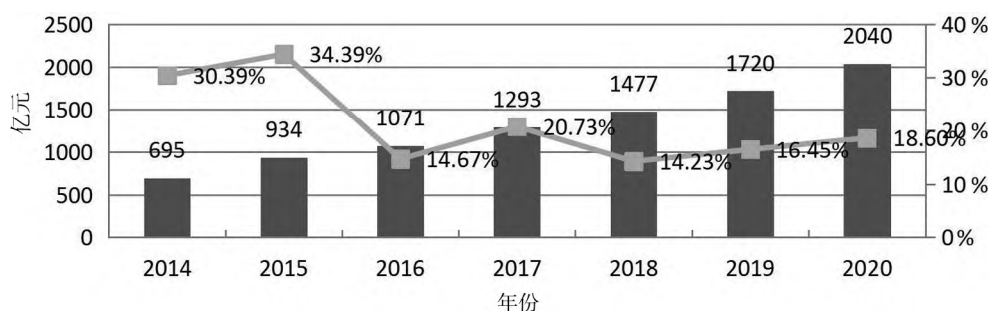
IT 软件的快速崛起导致工业软件领域出现大规模的研发人员流失现象，国产工业软件的创新资源供给出现巨大缺口。在外部市场需求持续减弱、内部创新资源供给不足的情况下，国产工业软件也进入了“由盛转衰”的过渡阶段，不少国产工业软件企业被迫退出市场。在 21 世纪的前 10 年，国产工业软件的平均市场占有率由原来的 25% 急剧萎缩到不足 5%<sup>①</sup>。

(三) 再起步阶段：政策激励驱动市场需求、保障创新资源供给

2009 年之后，政府出台了系列创新激励政策，这些政策为国产工业软件创造了大量市场需求，同时也在一定程度上缓解了产业创新资源供给不足的问题，国产工业软件随之迎来了再起步阶段。

2009 年信息化与工业化融合(两化融合)工作拉开序幕。两化融合背后离不开工业软件的支持，随后政府便围绕两化融合与工业软件发展出台了系列政策文件。如 2011 年 4 月，工业和信息化部与科技部等部门联合印发《关于加快推进信息化与工业化深度融合的若干意见》，其中明确指出要积极培育工业软件，提高国产工业软件的市场竞争力。围绕制造业的数字化与智能化国务院所发布的《关于深化制造业与互联网融合发展的指导意见》、工业和信息化部与财政部联合发布的《智能制造发展规划(2016—2020 年)》、工业和信息化部发布的《工业互联网发展行动计划(2018—2020 年)》等系列政策文件也都指出，要积极推动国产工业软件发展。在系列政策利好的推动下，国产工业软件在航空航天、电子、汽车等领域都迎来了极大的市场需求空间。据赛迪智库发布的研究报告《中国工业软件发展白皮书(2019)》显示，近年来中国的工业软件市场一直处于高速增长状态(见图 2)。外部市场需求增加直接提升了国产工业软件的整体增长速度，不少国产工业软件也迎来了发展的“黄金期”。在个别领域，一些具有自主知识产权的国产工业软件(如中望 CAD、浩辰 CAD 等)也开始打破国外工业软件的垄断，崭露头角。

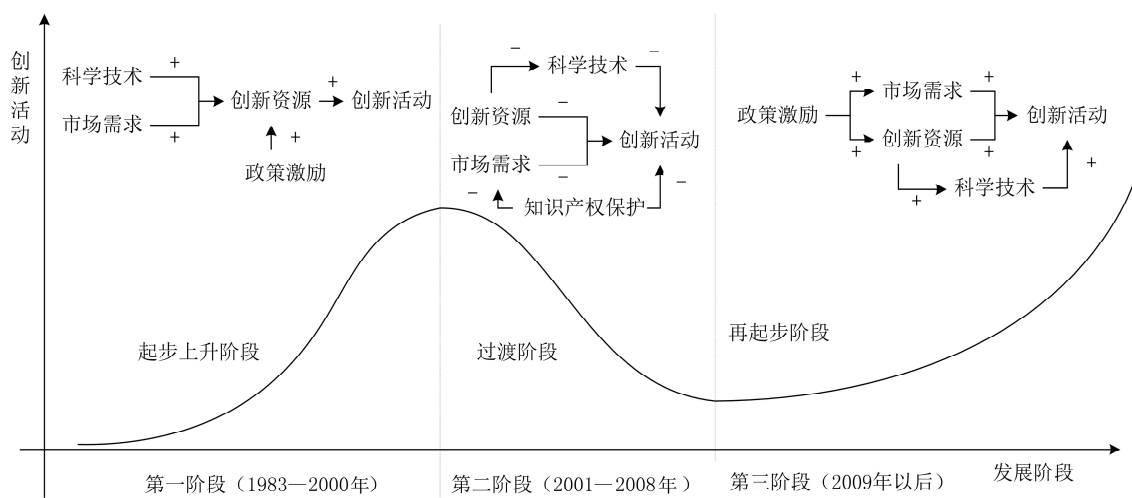
① 参见：王健君等. 工业软件之忧. 《瞭望》2019 年第 47 期。

图2 中国工业软件市场规模<sup>①</sup>

除了为国产工业软件创造市场需求外,政府的政策激励也有利于补齐国产工业软件的创新资源短板。例如在研发经费方面,为了缓解国产工业软件企业的资金压力,2011年1月28日,国务院印发了《进一步鼓励软件产业和集成电路产业发展的若干政策》。其中,在财税政策方面规定,对符合条件的软件企业和集成电路设计企业从事软件开发与测试、信息系统集成、咨询和运营维护、集成电路设计等业务,免征营业税;在投融资政策方面规定,对符合条件的集成电路企业技术进步和技术改造项目,中央预算内投资给予适当支持。2012年4月20日,财政部与国家税务总局印发了《关于进一步鼓励软件产业和集成电路产业发展企业所得税政策的通知》,指出要对国家鼓励的集成电路设计、装备、材料、封装、测试企业和

软件企业给予所得税减免优惠,并且该政策在2015年、2016年、2018年与2020年又得到了多次完善。这些财税政策与投融资政策能够帮助企业减轻税务负担、拓宽融资渠道,在一定程度上对国产工业软件企业的研发经费短缺压力起到了缓解作用。

从创新驱动机制看,国产工业软件的发展可以分为3个阶段(见图3)。第一阶段是推拉模式与政策激励的协同驱动。在这一阶段,科学技术与市场需求是国产工业软件创新的主导力量,而政府的政策激励主要为国产工业软件发展提供必需的创新资源,二者形成协同作用。在第二阶段,市场竞争环境与知识产权保护环境改变导致市场需求的原始驱动效应减弱,产业内部的资源流动导致创新资源供给不足,国产工业软件原有的创

图3 中国工业软件创新驱动机制演进历程<sup>②</sup>

① 参见:赛迪智库.《中国工业软件产业白皮书(2019)》。

② “+”表示驱动效应增强,“-”表示驱动效应减弱。

新驱动机制开始瓦解。在第三阶段,以政府为主导的产业创新驱动机制开始逐步形成。在这一阶段,政策激励成为产业创新的重要动力基础,能够为国产工业软件创造市场需求、恢复外部市场需求的驱动效应,同时也能够为国产工业软件发展提供必要的创新资源、补齐产业创新资源短板。从纵向时间线看,国产工业软件的创新驱动机制经历了构建、瓦解与重塑 3 个阶段,整个产业发展也由以市场为主导的创新驱动体系逐步过渡到以政府为主导的创新驱动体系。那么在今后的发展中,国产工业软件的创新驱动机制是否还需要做出调整,其未来的创新驱动路径又该如何选择?接下来本文将展开进一步讨论。

### 三、中国工业软件创新驱动路径选择

#### (一) 短期路径:以政策激励为创新动力基础

本文认为:在短期内,国产工业软件应当继续维持现有的创新驱动机制,以政策激励作为产业创新的动力基础,在宏观上改善产业的外部循环、扩大市场需求,在微观上优化产业内部的资源配置结构、补齐创新资源短板。

第一,国产工业软件自发的市场需求依然不足。国产工业软件在第二阶段经历了 8 年左右的衰退期,在前期知识与技术积累方面,国产工业软件与国外相比确实存在一定差距。目前我国很多领域都是由国外工业软件占据着垄断或主导地位,国产工业软件在认可度与市场占有量等方面仍然处于劣势地位。如在 CAD 领域,法国达索公司、美国 PTC 公司与 Autodesk 公司、德国西门子公司等占据了国内 95% 以上的市场;在 EDA 领域,美国 Synopsys、Cadence 和德国 Mentor Graphics 3 家公司处于市场垄断地位,这 3 家企业占据了全球市场份额的 60% 以上,占国内市场份额的 95% 以上,而国产 EDA 企业的市场份额则不足 5%<sup>①</sup>。

第二,国产工业软件创新人才仍然存在巨大缺口,仅依靠市场力量很难在短期内完全补齐创新人才短板。一方面,我国存在 IT 软件人才多、工

业软件人才少的现象。目前我国高校培养的软件人才多以 IT 软件方向为主,专门针对工业软件研发的创新人才还远远不足。根据人力资源社会保障部的数据分析预测,2020 年智能制造领域的人才需求量为 750 万人,而人才缺口则达到 300 万人,到 2025 年的人才缺口预计达到 50%<sup>②</sup>。另一方面,在工业软件内部,创新人才分布也存在不均衡。目前我国从事信息管理与嵌入式软件的创新人才相对更多,但涉及更复杂工业流程的研发设计类软件的创新人才相对较少。而与建模和仿真相关的研发设计类软件是整个工业软件最核心的领域,也是目前我国对外依赖最严重的工业软件类型<sup>[17]</sup>。但遗憾的是,目前我国在该领域的创新人才储备量还远远不足。

分析可知,在市场需求方面,国产工业软件与国外工业软件还存在相当大的差距。在创新资源方面,国产工业软件巨大的创新人才缺口也很难通过市场途径快速恢复。因此,在短期内仍然需要借助政府的产业创新激励政策来推动国产工业软件创新,建议采取如下的政策激励措施。

第一,针对国产工业软件自发性市场需求不足的问题,可制定激励政策倡导国内的政府部门、高校、科研院所、企业在涉及国家安全的重要领域优先采购国产工业软件,以扩大国产工业软件的外部市场需求。近年来发生的“华为 EDA 被禁用”“MATLAB 被禁用”等产业安全事件,都为我国工业软件的安全问题敲响了警钟,也让我国认识到在一些涉及国家安全的重要领域,实现工业软件国产化的必要性和紧迫性<sup>[18]</sup>。因此,在这些重要领域,优先采购国产工业软件不仅可以解决其外部市场需求不足的问题,同时也能够有效防范产业安全与信息安全风险<sup>[19]</sup>。对政府部门而言,应当在涉及国家安全的重大项目(如国家重大科技产业项目)采购中优先考虑国产工业软件;对高校与科研院所而言,可在教学与科研工作中扩大

① 参见:赛迪智库.《中国工业软件产业白皮书(2019)》。

② 参见:刘玲玲.“智能制造工程技术人员”新职业发布,人才缺口 300 万. 新浪财经, <https://t.cj.sina.com.cn/articles/view/6192937794/17120bb42020019m88?from=tech>.

国产工业软件的使用比例,以破除国外工业软件利用高额产品转换成本所建立的竞争壁垒,逐步实现工业软件国产化替代;对制造业企业(尤其是国有企业)而言,在开展信息化工作时应当鼓励研发具备自主知识产权的国产工业软件。

第二,针对国产工业软件创新资源供给不足的问题,应当加大政策扶持力度,争取尽快补齐国产工业软件的创新资源短板。在研发经费方面,政府应当进一步加大对国产工业软件企业研发经费的补贴力度。需要注意的是,由于我国工业软件尚未形成良性的产业创新生态,如果贸然对工业软件企业提供直接的资金补助,有可能引发企业过度依赖政府补贴、企业“骗取”政府补贴、扼杀企业自主创新能力等负面问题。所以在增加补贴力度的同时政府更应该关注到补助资金的配置与组织问题,使政府补贴能够切实有效地推动我国工业软件创新。具体而言,在补贴原则方面,政府资金应该更多发挥导向带动作用,而不是主导。政府补贴的主要目的是帮助企业提升其自主创新能力,切忌让企业对政府补贴产生过度依赖。此外,政府补贴还应该与市场发展规律相契合,不能扰乱市场秩序,政府在提供补贴的同时要严格监管部分企业可能存在的“骗补”行为。在补贴形式上,可以依据实际需求采取专项发展基金、直接补助、贷款贴息、税收减免等多元化的补贴形式。在政府资金与产业界协同方面,可依据使用功能、技术类别等标准将工业软件细分为多个小领域,然后优先补贴各个细分领域的领先企业。因为一味地补贴综合型大企业可能会助长其形成行业垄断,反而不利于中小企业发展。在政府资金与学术界协同方面,可针对我国工业软件基础研究薄弱的问题,在重要的基础研究领域由政府依托财政资金设立相关科研项目,借助国内高校及科研院所所在基础研究方面的优势,对影响我国工业软件发展的基础技术难题展开攻关。在政府资金与用户协同方面,可参照新能源汽车领域“政府补贴私人购买新能源车”的做法,对购买国产工业软件的用户提供一定程度的政府补贴,以提升国产工业软件的市场需求。

第三,在研发人员方面,政府应当进一步完善人才奖励机制,加快工业软件人才队伍建设。在当前互联网蓬勃发展的环境下,工业软件的研发人员面临着被互联网行业高薪吸引的虹吸效应,因而研发人员短缺是国内工业软件企业的普遍问题,而且在与研发设计相关的基础国产工业软件领域,研发人员紧缺的现象更严重。因此,若要在短期内迅速提升国产工业软件研发人员的储备量,需要政府全面强化工业软件人才的奖励力度,同时在与研发设计相关的基础工业软件领域,还应当有所侧重,实施更高的人才奖励标准。因为基础工业软件是所有应用软件发展的基础,也是目前我国对外依赖最严重的领域,通过强化人才奖励机制提升该领域的创新人才数量对强化工业软件基础科学研究、实现核心技术突破、摆脱国外技术依赖至关重要。

(二) 长期路径: 构建以市场为导向的产业创新驱动机制

政策激励虽然在短期内可能奏效,但也会显著增加政府的财政负担,所以不宜长期使用。从长期来看,国产工业软件还是应当回归到以企业为主体、市场为导向的创新驱动机制,而政府则应当从创新驱动主导者向创新驱动引导者的角色进行转变。为构建以市场为导向的产业创新驱动机制,特提出如下建议。

第一,建立“良性知识产权保护”+“产学研用”的产业生态,在扩大国产工业软件市场需求的同时解决其结构性需求不足的问题。长期以来,盗版软件一直是影响国产工业软件市场需求的重要因素。因此,高校、企业与科研院所等工业软件的使用者应当自觉营造良性的知识产权保护环境,抵制并打击盗版软件,以扩大正版国产工业软件的市场需求。但仅有良性的知识产权保护环境还不够。由第二阶段的创新驱动历史经验可知,当国产工业软件与国外工业软件的整体实力(产品性能与客户忠诚度)悬殊时,强知识产权保护可能会导致国产工业软件出现结构性需求不足的问题。因此,国产工业软件企业还需要凭借其在挖掘市场需求、收集用户反馈、提供定制化服务等方



面的本土化优势<sup>[20]</sup>,构建“产学研用”于一体的产业生态体系,在市场应用中加速迭代与优化,缩小与国外工业软件的差距。

第二,以学科发展与学院建设为依托,建立工业软件专业化人才培养机制。在学科发展方面,2020年12月30日,国务院学位委员会、教育部正式发布关于设立“交叉学科”门类的通知,并将“集成电路科学与工程”和“国家安全学”设立为交叉学科门类下的一级学科。工业软件研发需要信息技术、工业技术与企业管理等多学科交叉的知识,未来国内高校及科研院所可以尝试依托“交叉学科”的发展趋势,进一步提升工业软件的学科地位,甚至是建立专门针对工业软件复合型人才培养的学科体系。在学院建设方面,2022年3月,教育部办公厅、工业和信息化部办公厅正式印发《关于公布首批特色化示范性软件学院名单的通知》,公布了首批33所特色化示范性软件学院建设名单,这是我国培养特色化软件人才的重要探索。未来相关学院应该根据国产工业软件发展的现实困境,建立专门针对工业软件的人才培养体系,从根源上解决国产工业软件的人才供给问题。

第三,完善知识产权质押融资机制,缓解国产工业软件企业的研发资金压力。工业软件研发企业大多属于科技型企业,因此,这些企业可以利用自身“重科技、轻资产”的特点,积极开展知识产权质押融资工作,帮助其脱离融资困境。对政府而言,应当主动搭建服务于国产工业软件企业的知识产权质押融资平台,引导商业银行、担保公司、再担保公司、保险公司等多元主体参与到国产工业软件企业的知识产权质押融资业务中,共同分担风险;对银行而言,在对工业软件企业进行贷款授信审核时,应当考虑到工业软件研发周期长、收益见效慢的特点,更多参考工业软件企业的技术创新能力(如专利、软件著作权等)与创新成长性指标,为真正有科技创新实力或成长性良好的中小型国产工业软件企业提供贷款;对企业而言,应当积极提升知识产权的质量,力争在知识产权价值评估中获取更高的市场估值,以降低银行的坏账风险、顺利促成知识产权质押融资。

#### 四、结论与展望

工业软件是中国制造业向信息化、数字化与智能化转型升级的核心支撑,工业软件若被禁用,那么整个中国制造业就被卡住了脖子。因此,理清国产工业软件的创新驱动机制并通过自主创新攻克核心技术,是保障中国制造业自立自强的重要途径。本文搜集了与工业软件相关的政策文件、新闻报道、期刊文献、行业发展报告等原始资料,之后用产业创新驱动要素对这些原始资料进行编码,并通过对比验证的方式构建了原始资料间的逻辑链,在此基础上对中国工业软件创新驱动机制的演进历程及其未来的创新驱动路径选择展开了探索性研究,得出以下结论。

(1) 中国工业软件的创新驱动机制经历了构建、瓦解与重塑3个阶段。在第一阶段,推拉模式(科学技术推力与市场需求拉力)与政策激励协同驱动国产工业软件创新,其中外部市场需求发挥着主导驱动作用,以市场为导向的产业创新驱动机制开始形成;第二阶段,在市场竞争环境与知识产权保护环境等多种因素的作用下,外部市场需求对国产工业软件创新的驱动效应开始减弱,以市场为导向的产业创新驱动机制逐步瓦解;第三阶段,政府的政策激励开始发挥主导作用,帮助国产工业软件扩大市场需求、保障创新资源供给,以政策激励为动力基础的产业创新驱动机制开始形成。

(2) 关于国产工业软件未来的创新驱动路径选择问题。由于目前国产工业软件还存在自发性市场需求不足、创新人才极度短缺等问题,因而短期内仍然需要将政策激励作为产业创新的动力基础:一方面,通过政府采购等途径扩大国产工业软件的市场需求;另一方面,政府部门可通过加大补贴并优化资源配置效率、制定工业软件人才奖励政策等途径帮助国产工业软件企业补齐创新资源短板。从长期来看,国产工业软件应当回归到以市场为导向的产业创新驱动机制,可建立“良性知识产权保护”+“产学研用”的产业生态,以解决国产工业软件市场需求不足的问题;可建立工业软件专业化人才培养机制,从根源上解决工业软件

创新人才短缺的问题;可进一步完善知识产权质押融资机制,帮助广大中小型国产工业软件企业解决研发资金不足的问题。

工业软件的创新问题是实务中的关注焦点,但同时也是理论研究中的难点。本文选择了与工业软件相关的大量资料,通过对比较验证的方式建立了科学可信的证据链与逻辑链,从中观层面对中国工业软件的创新驱动机制与路径选择问题展开了探索性研究。展望未来,还可以进一步深入国产工业软件企业进行调研,获取更多一手资料,从微观层面对国产工业软件的创新问题展开更深层次的研究。

#### 参考文献:

- [1]杨丽丽,李华,贾鑫龙.本土制造业“隐形冠军”自主创新动力机制研究——基于模糊集的定性比较分析[J].科技进步与对策,2021,38(13):82-89.
- [2]CARACA J, LUNDVALL B A, MENDONCA S. The changing role of science in the innovation process: from queen to cinderella? [J]. Technological forecasting & social change, 2009,76(6):861-867.
- [3]GENG Y. Market demand, green product innovation, and firm performance: evidence from Vietnam motorcycle industry [J]. Journal of cleaner production, 2013(40):101-107.
- [4]斋藤优,李公焯.技术创新与世界经济[J].国际经济评论,1990(3):3-12.
- [5]GIBBONS M, JOHNSTON R. The roles of science in technological innovation [J]. Research policy, 1974,3(3):220-242.
- [6]李廉水,张芊芊,王常凯.中国制造业科技创新能力驱动因素研究[J].科研管理,2015,36(10):169-176.
- [7]杜楠,王大本,邢明强.科技型中小企业技术创新驱动因素作用机理[J].经济与管理,2018,32(2):81-88.
- [8]SUNG B. Do government subsidies promote firm-level innovation? evidence from the Korean renewable energy technology industry [J]. Energy policy, 2019(132):1333-1344.
- [9]ZHANG X J. The impact of government R&D subsidies on enterprise technology innovation: based on evidence from Chinese listed companies [J]. American journal of industrial and business management, 2019,9(3):720-742.
- [10]SIMON E. Innovation and intellectual property protection: the software industry perspective [J]. Columbia journal of world business, 1996,31(1):30-37.
- [11]SMITH B L, MANN S O. Innovation and intellectual property protection in the software industry: an emerging role for patents? [J]. The university of chicago law review, 2004,71(1):241-264.
- [12]DUKROK S, DONG-HYUN O. The role of software intellectual property rights in strengthening industry performance: evidence from South Korea [J]. Technological forecasting and social change, 2015(92):140-154.
- [13]谭章禄,陈晓.我国软件产业国产化发展战略研究[J].技术经济与管理研究,2016(8):104-108.
- [14]董豪,邓昌义.以多元化投入促进自主工业软件发展[J].中国科技论坛,2020(9):13-15.
- [15]吴汉洪,王申.转换成本视角下互联网企业的创新竞争策略[J].经济理论与经济管理,2019(3):4-17.
- [16]李先国,段祥昆.转换成本、顾客满意与顾客忠诚:基于移动通信客户行为的研究[J].中国软科学,2011(4):154-160.
- [17]徐建伟.推进产业深度融合发展增强装备制造业核心竞争力[J].宏观经济管理,2019(11):35-41.
- [18]赵治纲.深化科技体制机制改革提升产业链总体竞争力[J].中国行政管理,2020(11):154-156.
- [19]田丹,赵杨.从服务创新到基础软件创新:中国软件企业技术能力成长范式研究[J].中国软科学,2014(5):129-140.
- [20]田丹.软件产业开放式创新的模式研究[J].管理世界,2013(6):182-183.

(本文责编:王延芳)