

技术集成能力对 复杂装备产品性能提升的影响研究

贺俊 李伟 宋微

摘要: 复杂装备产品性能可以解构为建构性能、集成性能和演进性能,技术集成能力通过这三条路径来综合影响复杂装备产品性能的提升。集成商的战略整合能力是技术集成能力的核心,其通过两种途径促进复杂装备产品性能的提升:一方面,集成商对模块供应商的战略整合强化了集成商和模块供应商之间的知识交流,提升了集成商的知识水平和技术能力;另一方面,战略整合改变了集成商和模块供应商的交易关系,使得集成商和模块供应商之间的利益更加一致,即模块供应商会策略性地改变模块价格以增加集成商技术集成收益,提升其性能创新激励。提升集成商战略整合能力,推动集成商和模块供应商之间的战略整合,是促进装备产品性能提升,促进我国装备制造业转型升级、实现高质量发展的关键和核心。

关键词: 复杂装备产品; 产品性能; 纵向交易; 技术集成

DOI:10.13658/j.cnki.sar.2021.01.014

作者简介: 贺俊 经济学博士,中国社会科学院工业经济研究所企业创新研究室主任,中小企业研究中心主任、研究员、博士生导师;

李伟 经济学博士,中国社会科学院工业经济研究所助理研究员;

宋微 湖南农业大学商学院研究生。

中图分类号: C939

文献标识码: A

文章编号: 1008-1569(2020)10-0159-11

一、问题提出

复杂装备是制造业的明珠,是推动工业转型升级的重要引擎,具有系统结构复杂、知识

基金项目: 国家自然科学基金青年项目“跨国公司滥用市场支配地位的作用机理、经济效应和规制研究——基于市场势力细分的理论视角”(项目编号:71903196);中国社会科学院登峰战略企业管理优势学科建设项目;中国社会科学院青年科研启动项目“制造业高质量发展过程中竞争政策的作用机理及实现路径研究”。

① Hobday M, Rush H. “Technology Management in Complex Product Systems (CoPS) –Ten Questions Answered” *International Journal of Technology Management*, 1999, 17(6), pp. 618-638; 江鸿、吕铁《政企能力共演化与复杂产品系统集成能力提升——中国高速铁路产业技术追赶的纵向案例研究》,《管理世界》2019年第5期。

密度大、零部件集成度高、工程技术难度大等特征。^①近年来,我国装备产品制造能力和国际竞争力不断提升,但复杂装备、高端装备产品低端锁定问题仍然比较严重,复杂装备产品稳定性、故障率、精密度、耐久性等性能表现较差。^②产品性能不足已经成为我国装备制造和工业高质量发展的重要制约因素。^③如何提升复杂装备产品的性能、增强国际竞争力是未来我国装备制造业发展需要解决的重点问题,也是推动我国经济高质量发展的内在要求。

与规模化生产产品不同,复杂装备产品多为定制化生产,用户在研发生产过程中的参与度较高;与此同时,复杂装备产品架构复杂、系统耦合程度高,需要众多模块供应商、系统供应商共同参与研发制造。复杂装备产品的研发生产需要用户、制造商、供应商等多方参与集成,需要跨学科、跨专业、跨领域的知识交流和融合,这种不同主体和要素之间的交叉融合集中体现为技术集成。哈佛大学商学院教授 Iansiti 最早提出技术集成的概念,他将技术集成定义为企业对技术知识进行搜索、甄别和选择,并将这些外部知识和企业特有的知识整合,完成新产品和新工艺的开发满足市场需求的过程。^④随着产品复杂程度的提高以及市场竞争程度的日益加剧,单个企业不可能拥有产品生产的所有技术和知识,因此,技术集成活动及其背后的能力构成研究越来越受到学术界关注。^⑤Iansiti 和 West 对计算机行业和半导体行业进行研究发现,技术集成这种新兴的研发和生产组织模式是美国计算机和半导体行业重获竞争力的根本原因。^⑥张米尔和杨阿猛认为,技术集成活动有助于企业在产品系统层面上进行技术学习,提升企业产品设计能力,还可提升企业技术监测能力以及研究开发的响应。^⑦关于技术集成能力的研究,现有学者多从知识的角度展开,Iansiti 将知识分为系统知识和领域知识,其中领域知识是有关子系统、模块的技术知识;系统知识是将各个子系统整合为一个整体系统的知识,而技术集成能力是在领域知识、系统知识的基础之上,对知识进行选择 and 重构的能力。^⑧国内部分学者以复杂装备产品为研究对象,探讨了复杂装备产品技

① 林桂军、何武《全球价值链下我国装备制造业的增长特征》,《国际贸易问题》2015年第6期;李晓钟、吕培培《我国装备制造产品出口贸易潜力及贸易效率研究——基于“一带一路”国家的实证研究》,《国际贸易问题》2019年第1期。

② 黄群慧《中国工业化进程与产业政策》,《中国经济报告》2019年第1期;李世刚、李晓萍、江飞涛《收入分配与产品质量前沿》,《中国工业经济》2018年第1期。

③ Iansiti M. “Technology Integration: Managing Technological Evolution in a Complex Environment” ,*Research Policy* ,1995 , (4) pp. 521-542. Iansiti M ,Clark K. B. “Integration and Dynamic Capability: Evidence from Product Development in Automobiles and Mainframe Computers” *Industrial & Corporate Change* ,1994 ,3(3) ,pp. 557-605.

④ Fixson S. K. ,Park J. K. “The Power of Integrality: Linkages between Product Architecture , Innovation , and Industry Structure” *Research Policy* ,2008 ,37(8) ,pp. 1296-1316. Jie Y. “Knowledge Integration and Innovation: Securing New Product Advantage in High Technology Industry” *Journal of High Technology Management Research* ,2005 ,16(1) ,pp.121-135. 张华胜、薛澜《技术创新管理新范式:集成创新》,《中国软科学》2002年第12期;慕玲、路风《集成创新的要素》,《中国软科学》2003年第11期;贺俊、陈小宁《集成企业与组件企业间的知识分工:一个文献综述》,《首都经济贸易大学学报》2018年第1期。

⑤ Iansiti M ,West J. “Technology Integration: Turning Great Research into Great Products” ,*Harvard Business Review* ,1997 ,75 ,pp. 69-79.

⑥ 张米尔、杨阿猛《基于技术集成的企业技术能力成长》,《研究与发展管理》2004年第6期。

⑦ Henderson R. M. ,Clark K. “Architectural Innovation: the Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms” *Administrative Science Quarterly* ,1990 ,35(1) pp. 9-30.

术集成能力的内涵和维度,以及技术集成能力对复杂装备产品创新的影响。^①例如,赵建华和焦晗认为,技术集成能力主要由产品建构能力、技术知识获取能力、技术整合能力、实验能力、技术监测能力等构成。^②郭亮等基于信息维、学习维、技术维、组织维四个维度认为,技术集成能力由技术监测能力、技术学习能力、技术系统整合能力及组织系统整合能力构成。^③总结已有文献可以发现,学者一致认为技术集成是复杂装备产品创新的重要模式。根据前文的分析,复杂装备产品创新维度主要表现在功能和性能两个方面,但当前对技术集成能力如何影响产品性能的研究较少。技术集成能力促进复杂装备产品性能提升的研究要抓住两点:一是要从产品性能构成的角度分析技术集成能力影响复杂装备产品整体性能的机理;二是要从技术集成能力的内涵入手,分析技术集成能力的构成及促进复杂装备产品性能提升的机理。基于这一理解,本文首先从复杂装备产品性能切入,通过结构化解构,将复杂装备产品性能划分为建构性能、集成性能和演进性能三个维度,进而深入探讨技术集成能力通过不同维度促进复杂装备产品性能提升的机理。紧接着,从复杂装备产品集成商和模块供应商关系视角,对技术集成能力的内涵和本质进行探索,进而研究技术集成能力促进复杂装备产品性能提升的机理。最后,提出促进我国复杂装备产品性能提升的对策建议。

二、基于性能解构视角的复杂装备产品性能提升路径

复杂装备产品性能通常包含可靠性、稳定性、安全性、环境适应性等内容。从产品研发制造流程以及性能控制的角度来看,研发、制造、交付跟踪各环节都会影响性能,最终性能的提升是各环节性能控制、改进提升综合作用的结果。本文以产品性能控制为标准,将复杂装备产品的生产划分为研发设计、试制生产和交付服务三个环节,分别对应产品建构性能、产品集成性能和产品演进性能。

(一) 技术集成能力与复杂装备产品建构性能

在研发设计环节,集成商收集并分析市场需求信息,同时对市场技术进行搜索甄别,结合市场需求特征、自身技术储备和技术能力以及市场技术供给进行产品原型设计,定义产品的路线、架构以及功能和性能参数标准。产品原型设计直接决定了产品的性能水平。从建构性能构成要素来看,产品技术路线、架构、核心技术是影响最终产品建构性能的关键因素。首先,产品技术路线决定了采用何种技术方式实现产品功能,并在一定程度上决定了产品性能,比如传统燃料汽车相比于新能源汽车而言,续航性能相对较高;其次,复杂产品架构设计(主要包括产品系统的技术参数、架构层级等)也是影响产品建构性能的重要因素,最具代表性的就是开放式架构和封闭式架构。例如,在通信设备中,目前涌现出以Open-RAN为核心的开放、白盒的开放产品架构,其初期阶段性能低于封闭式架构产品性能。再次,核心技术和零部件的突破也会影响产品性能。装备产品是典型的复杂产品系统,产品集成创新所需

① 郭亮、崔嵩、于渤《技术集成能力内涵及其维度构成的实证研究——以装备制造业企业为例》,《科学学研究》2014年第8期;刘微微、孙茹《高端装备制造业企业知识创新与技术创新耦合度测度研究》,《科学学与科学技术管理》2014年第7期。

② 赵建华、焦晗《装备制造业企业技术集成能力及其构成因素分析》,《中国软科学》2007年第6期。

③ 郭亮、崔嵩、于渤《技术集成能力内涵及其维度构成的实证研究——以装备制造业企业为例》,《科学学研究》2014年第8期。

的技术广度和深度都远高于一般产品,尤其是核心技术和零部件对产品性能的影响较大,“木桶效应”比较显著。

技术集成能力促进复杂装备产品性能提升的一个重要路径就是提升复杂装备产品的建构性能,主要有如下几种方式:第一,集成商对市场需求、技术搜索和匹配的能力,决定了能否制定满足需求的性能特征。复杂装备产品的性能维度多样,市场需求多元,要设计出真正满足市场需求的性能水平并非易事。除此之外,技术体系的迅速膨胀也使得可供选择的技术空间不断增大,从而也增加了集成厂商通过技术搜索满足市场潜在性能需求的难度。借鉴 Iansiti 提出的技术潜力概念,本文用“性能潜力”来刻画集成商设计出满足市场最高性能需求的能力,性能潜力越大,说明集成商建构能力越强。第二,集成商知识学习和整合能力对内外技术资源整合和高性能的产品架构设计起决定作用。系统知识和领域知识是集成商设计产品、实现集成的关键,只有掌握了足够的领域知识和系统知识产品才能充分利用市场技术资源,实现内部外资源的耦合集成,设计出高性能的技术路线和产品架构。

(二) 技术集成能力与复杂装备产品集成性能

在产品试验生产阶段,集成商基于设计好的产品架构对各子系统、模块以及零部件进行集成组装,以形成功能完整的产品。本文将复杂装备产品生产制造阶段的性能定义为集成性能。建构性能重点反映产品设计过程中的性能水平,而集成性能重点刻画产品试验生产阶段的性能水平,前者决定了产品性能潜力,后者决定了产品实际性能。集成性能的高低主要与以下两种因素有关:第一,模块(包括组件、子系统、零部件等)的质量,尤其是核心模块的质量。复杂装备产品的很多模块都是外包生产,在外包过程中,由于信息不对称、外部性等原因导致供应商和集成商对模块质量的要求存在一定的差异,模块供应商在质量和性能控制方面可能存在道德风险问题。集成商能否有效控制监测供应商模块产品质量决定了产品性能高低。第二,不同模块之间的耦合协同水平。由于复杂装备产品有数量庞大的模块耦合而成,各模块之间能否很好地耦合,集成商能否协同不同模块供应商以及集成商内部各部门的人员形成战略合力,共同提升模块耦合程度也是影响产品性能的重要因素。一方面,集成商需要具有足够的系统知识和模块知识,了解各模块在技术上的耦合协同;另一方面,集成商对模块供应商的战略整合能力也是影响模块耦合协同的重要因素,这是因为不同供应商与集成商和合作模式存在差异、利益诉求也有所不同,只有集成商对各个模块供应商进行有力的战略整合,使得模块供应商之间、供应商和集成商之间形成利益共同体才能有效协同各主体行为,产生提升产品性能的合力。

(三) 技术集成能力与复杂装备产品演进性能

与大规模生产产品不同,复杂装备产品具有交付流程繁杂、交付周期长的特征,且交付使用过程也是集成商、模块供应商以及最终用户高频交流,逐渐改善和提升产品性能的过程。本文将复杂装备产品交付过程以及交付完成后产品性能不断提升和完善的过程称为产品演进性能。技术集成能力会通过如下几种途径影响产品演进性能:首先,模块供应商研制的模式交付给集成商后,集成商需要和供应商共同进行局部测试和优化,以提升模块性能。例如一汽解放汽车有限公司大连柴油机分公司开发 CA6DF3 发动机的集成创新案例表明,在外包的专用模块交付后,该公司采用三维造型、有限元分析等先进的 CAE 技术对模块进行局部测试和优化,以使各项性能达到指标。在对交付模块性能测试提升过程中,集成商拥有的模块知识越丰富、与模块供应商知识交流越充分,对模块性能的控制和提升能力就越

强,演进性能提升程度就越大。其次,产品交付后,集成商对用户使用信息的集成能力以及对使用过程中问题解决能力也是促进复杂装备产品性能提升的重要因素。复杂装备产品交付使用以后需要集成商对使用过程中出现的问题和运行故障进行跟踪,并组织内部和外部技术人员对接用户,及时查找原因、提出解决方案。这一过程中,集成商的技术集成能力综合表现为对用户、模块供应商以及自身内部资源的整合,其整合能力越强,越能及时解决使用过程中的问题,对产品性能提升越有利。此外,复杂装备产品往往是长生命周期、多代演进产品,随着技术和需求的不断演进,复杂装备产品的子系统、模块甚至是产品架构都会全面升级换代。集成商集成能力越强,学习能力以及技术整合能力越强,促进产品升级换代、提升性能的作用就越大。

综上,技术集成能力对复杂装备产品性能提升的影响路径和机理可以用图1所示的模型表示。装备制造企业技术集成能力通过提升建构性能、集成性能和演进性能,全面促进复杂装备产品性能提升。根据前文分析,建构性能侧重于装备产品设计环节性能,集成性能侧重于集成制造环节性能,演进性能侧重生产完成后的产品性能改进。

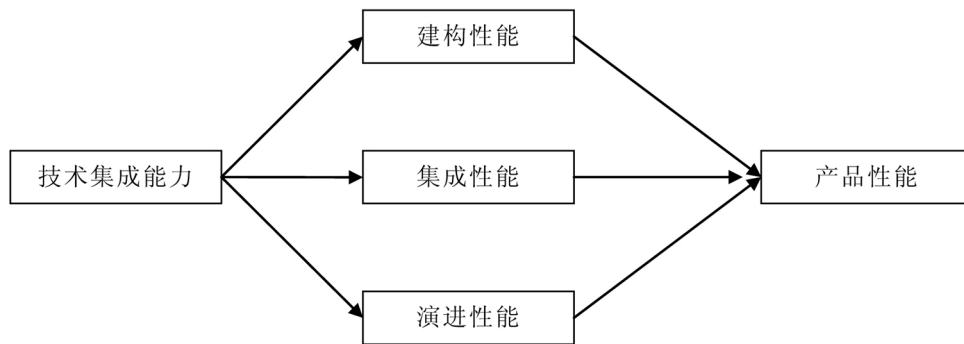


图1 技术集成能力影响产品性能提升的一般路径模型

三、技术集成能力内涵视角的复杂装备产品性能提升机理

与现有研究从知识视角研究技术集成能力不同,本部分从企业关系的视角探讨技术集成能力。技术集成本质上反映的是集成商和模块供应商之间的关系重构和整合。所以,对技术集成能力的分析要从集成商与模块供应商关系的分析入手。整体来看,集成商和模块供应商之间的关系有两种:第一是集成商和模块供应商的纵向交易关系,即模块供应商按照集成商的要求生产模块,并以自身利润最大化的价格将模块销售给集成商,集成商购买模块后进行组装集成和二次创新;第二是战略整合关系,即集成商和模块供应商超越了简单的实物交易关系,形成了较为紧密的合作和利益共同体,共同参与到集成创新中,模块供应商不仅仅定价销售实物模块,还积极分享有关模块的专用性知识(包括隐性知识和显性知识),就模块与模块、模块与架构之间的协同耦合提出相关技术方案。本文将集成商模块供应商关系从简单的纵向交易关系向战略整合关系转变的能力定义为战略整合能力。战略整合能力是关系视角下技术集成能力的本质和核心,探讨技术集成能力对复杂装备产品性能的影响就是要研究集成商的战略整合能力如何影响产品性能提升。

(一) 不同战略整合模式下集成商产品性能提升决策

为了考察战略整合能力对复杂装备产品性能的影响,本部分构建上游模块供应商,下游集成商组成的纵向关系模型。集成商通过购买供应商的模块产品集成最终装备产品。集成商有两种决策:第一,集成商提出模块产品的技术和参数要求,模块供应商按要求进行生产并销售给集成商,集成商自行进行集成或二次创新,称这种情形定义为无战略整合情形,此时集成商和模块供应商之间的关系表现为纵向交易关系;第二,集成商和模块供应商之间形成战略伙伴关系,模块供应商和集成商不仅仅进行模块交易,还积极参与到集成创新中,分享有关模块的专用性知识,就模块与模块、模块与架构之间的协同耦合提出相关技术方案,将这种模式定义为战略整合模式,此时集成商和模块供应商之间的关系表现为战略整合关系。前一种情况中集成商和模块供应商战略整合较低,说明集成商的战略整合能力较弱;后一种情况下集成商和模块供应商战略整合较高,利益高度趋同,反映了集成商具有较强的战略整合能力。下文分别用这两种情况刻画集成商战略整合能力,并探讨对产品性能的影响。

一般而言,装备产品性能都是不断迭代提升的,为了体现下游集成商装备产品初始性能的差异,借鉴 Mussa 和 Rosen 的研究,假设下游存在两家装备产品生产企业 M1 和 M2,其中 M1 生产低性能装备产品, M2 生产高性能装备产品。这里的高性能和低性能反映上了集成商初始产品性能。本文研究的重点是集成商如何在原始性能之上通过战略整合促使产品性能提升。不妨分别用 s_1 和 s_2 衡量 M1 和 M2 的装备产品性能,则 $0 < s_1 < s_2$ 。低性能企业 M1 和高性能企业 M2 都从上游模块供应商 S 处购买模块。

结合以上分析,定义如下四种战略集成情况:第一,无战略整合,在这种模式下,无论是高性能集成商还是低性能集成商与模块供应商都只存在模块交易关系,即上游企业向下游企业销售模块,下游企业购买模块后自行进行集成生产。第二,全行业战略整合,在这种模式下,集成商不仅购买上游模块供应商的模块,还都与上游模块供应商进行战略整合,形成集成创新共同体,即模块供应商和集成商形成战略整合关系。第三,低性能集成商进行战略整合,在这种模式下,高性能企业和低性能企业都购买上游企业模块,但只有低性能集成商和上游模块供应商进行战略整合,通过合作伙伴关系等共同开展模块研发和集成技术研发;高性能集成商购买模块后自身研发生产装备产品。第四,高性能集成商战略整合模式,与上一种战略整合模式类似,在这种模式下只有高性能装备产品生产商与上游模块供应商能够进行战略整合。以下分别考察四种模式下企业产品性能创新激励,通过比较静态分析探讨战略整合对装备产品性能的影响。

在进行具体分析之前,首先对不同性能装备产品的市场需求进行假设。假设市场上存在一单位用户,他们对装备产品性能有不同的偏好 θ ,假设 θ 分布于区间 $[\theta_-, \theta_+]$,其中 $\theta_- \geq 0$,且 θ 的密度函数为 $f(\theta)$ 。不同的密度函数 $f(\theta)$ 将导致市场上对性能的偏好不同。若 $f(\theta) = 1$ 则 θ 服从均匀分布,即偏好不同性能水平的用户数量相同;若 $f(\theta)$ 是正态分布的密度函数,则偏好中等性能的装备数量比较多。用户的规模是性能偏好差异的一个重要影响因素,一般而言,下游用户的规模越大,资金能力和市场竞争力越强,就越有激励采购高性能装备产品。假设性能偏好为 θ 的用户购买低性能装备产品获得的利益为 $U_1 = \theta s_1 - p_1$;购买高性能装备产品获得的利益为 $U_2 = \theta s_2 - p_2$ 。根据决策模型,可以计算出低性能企业 M1

和高性能企业 M2 的市场需求分别为 $q_1 = \int_{s_1}^{s_1 - p_1} f(\theta) d\theta$, $q_2 = \int_{s_1 - p_2}^{\theta_+} f(\theta) d\theta$ 。为了便于后文分

析,假设用户性能偏好呈均匀分布,且将 θ 标准化为零。由此可以得到低性能集成商的市场需求为

$$q_1(p_1, p_2; s_1, s_2) = \frac{p_2 s_1 - p_1 s_2}{s_1(s_2 - s_1)} \quad (1)$$

高性能集成商的市场需求为

$$q_2(p_2, p_1; s_2, s_1) = \frac{p_1 - p_2 - s_1 + s_2}{s_2 - s_1} \quad (2)$$

1. 无战略整合模式

在无战略整合模式下,集成商从模块供应商处购买模块,并自身进行组装,最后制定装备产品的销售价格,再将产品销售给下游用户。以上决策过程可以模型化为如下三阶段博弈:第一阶段,低性能集成商 M1 和高性能集成商 M2 自行决定装备产品性能 s_1 和 s_2 ,假设集成商投入创新成本 $C(s_i)$ 可以将装备产品性能提升到 s_i 。为了简化分析,这部分假设 $C(s_i) = \frac{1}{2}ks_i^2$,其中 k 是性能创新效率, k 越大,性能创新效率越低。第二阶段,上游模块供应商 S 决定向下游集成商销售模块的价格,假设模块供应商以价格 w_1 将模块销售给低性能装备集成商 M1,以价格 w_2 将模块销售给高性能集成商 M2。第三阶段,下游集成商利用购买的模块产品和自身的性能创新成果生产装备产品,并在市场上进行价格竞争,分别决定产品的销售价格 p_1 和 p_2 。用逆向归纳法求解博弈,可以求出在第三阶段低性能装备产品和高性能装备产品的价格分别为

$$p_1 = \frac{2s_2}{4s_2 - 1}w_1 + \frac{s_1}{4s_2 - 1}w_2 + \frac{s_1(s_2 - s_1)}{4s_2 - 1} \quad (3)$$

$$p_2 = \frac{2s_2}{4s_2 - 1}w_2 + \frac{s_2}{4s_2 - 1}w_1 + \frac{2s_2(s_2 - s_1)}{4s_2 - 1} \quad (4)$$

将(3)式和(4)式代入(1)式和(2)式,可以得到低性能装备产品和高性能装备产品的市场需求函数。

在博弈第二阶段,上游模块供应商 S 制定模块的销售价格 w_1 和 w_2 ,其决策可以表示为

$$\max_{w_i} \pi = \sum_{i=1}^2 (w_i - c) q_i \quad (5)$$

(5)式中的 c 表示模块供应商成本。将均衡的需求数量代入(5)式,结合利润最大化的一阶条件可以解得

$$w_i = \frac{c}{2} + \frac{s_i}{2} \quad (6)$$

分析(6)式可以发现 $dw_i/ds_i > 0$,由此可以得到结论 1:在无战略整合的情况下,上游模块供应商会向下游高性能集成商收取较高的模块价格,向低性能集成商收取较低的模块价格。

结论 1 表明,在集成商战略整合能力都较弱的情况下,模块供应商仅向集成商销售模块,此时模块供应商会对集成商进行价格歧视,向高性能集成商收高价,向低性能集成商收低价。对于这一结论可以从以下几个方面进行直观解释:第一,从生产成本的角度来看,高性能装备产品往往需要使用高性能的模块产品,而低性能产品只需要低性能的模块,不同性

能模块成本差异可能会导致上游模块供应商向下游企业收取不同的模块价格。出现结论 1 的另一个重要原因可能是上游模块供应商的策略性行为: 高性能装备产品的最终零售价格也较高, 企业的利润空间较大, 上游模块供应商可以收取更高的模块价格; 而低性能产品最终零售价格较低, 企业的利润空间有限, 如果上游企业商再收取过高的模块价格, 就会导致企业利润空间降低, 甚至会导致低性能集成商退出市场。具体地, 从弹性的角度来说, 高性能集成商对模块产品的需求弹性较低, 而低性能集成商对模块产品的需求弹性较高, 模块产品需求弹性的变化是由装备产品需求弹性引致的。通过计算可得

$$\frac{dq_1}{dw_1} = \frac{s_1 - 2s_2}{s_1(s_1 - s_2)(s_1 - 4s_2)}, \quad \frac{dq_2}{dw_2} = \frac{s_1 - 2s_2}{(s_1 - s_2)(s_1 - 4s_2)}$$

可以验证高性能装备产品的引致需求弹性较低。如果不考虑模块性能差异导致的价格差异, 那么结论 1 背后反映出更深层次问题: 如果上下游企业之间只存在简单的模块交易关系, 不存在战略整合, 那么上下游企业之间的交易可能会出现“鞭打快牛”的现象。在性能集成创新阶段, 集成商 i 通过投入性能创新成本提升装备产品性能, 假设决策变量是性能水平 s_i , 其决策可以表示为

$$\max_{s_i} \Pi_i = (p_i(s_i, s_{-i}) - w_i) q_i(p_i(s_i, s_{-i}), p_{-i}(s_i, s_{-i}); s_i, s_{-i}) - C(s_i) \quad (7)$$

对 (7) 式求解利润最大化的一阶条件, 并进行化简可以得到

$$\frac{\partial \Pi_i}{\partial s_i} = (p_i - w_i) \sum_{j \neq i}^{N-1} \frac{\partial q_i}{\partial p_j} \frac{\partial p_j}{\partial s_i} + (p_i - w_i) \frac{\partial q_i}{\partial s_i} - C'(s_i) \quad (8)$$

求解 (8) 式便可以求出集成商 i 的产品性能水平 s_i 。结合 (6) 式和 (8) 式可以看出, 较高的批发价格会导致高性能集成商的性能创新边际收益较低 (即 (8) 式中 $p_i - w_i$ 较小), 边际收益的降低会降低集成商的性能创新激励和装备产品的性能水平。由此可以得到推论 1: 在不存在战略整合的情况下, 市场化的模块交易会降低下游高性能集成商的性能创新激励。

2. 全行业战略整合模式

在全行业进行战略整合的模式下, 下游集成商不仅从上游模块供应商处购买模块, 更重要的是集成商和模块供应商形成利益共同体, 共同参与模块产品的研发设计过程中, 交流学习模块产品的相关知识, 从而使得上游模块产品能够更好地整合到产品架构中。从另一个角度来看, 当上下游企业进行战略整合时, 上游模块供应商的模块价格决策也会发生变化。这是因为, 在战略整合的模式下, 模块供应商与下游集成商形成了更加紧密的交易关系, 模块供应商在决策过程中要综合考虑与集成商的总利润, 其决策变为

$$\max_{w_i} \Pi = \sum_{i=1}^2 (w_i - c) q_i + \sum_{i=1}^2 (p_i - w_i) q_i \quad (9)$$

(9) 式的第一项表示模块供应商的利润, 第二项表示下游集成商的利润, 这表明在战略整合的模式下, 集成商和模块供应商之间成为更加紧密的联合体。按照上文类似的分析思路, 对 (9) 式求解利润最大化的条件可以得到 $w_1 = c - \frac{s_1}{2s_2}c + \frac{s_1}{2}$, $w_2 = c + \frac{s_1}{2}$ 。可以计算在

这种情况下, 低性能企业 M1 的边际利润 $p_1 - w_1 = \frac{s_1 - s_2}{2s_2}c < 0$ 。也就是说, 此时低性能集成商的利润为负。这不符合企业的行为模式, 在这种情况下, 低性能集成商 M1 最优的选择是制定等于自身成本模块价格的销售价格 (即 $p_1 = w_1$), 获得经济利润。预测到低性能集成商的

这种决策,高性能集成商 M2 和上游模块供应商的决策都会发生变化。此时,上游模块供应商的决策变为

$$\max_{w_i} \Pi = \sum_{i=1}^2 (w_i - c) q_i + \sum_{i=1}^2 (p_i - w_i) q_i, s.t. p_1 = w_1 \quad (10)$$

可以解得在这种情况下

$$w_1 = \frac{c}{2} + \frac{s_1}{2}, w_2 = \frac{c}{2} + \frac{s_1}{2} \quad (11)$$

通过式可以得到结论 2: 在全行业战略整合的模式下,上游模块供应商会向下游不同性能的集成商收取相同的模块价格。相比没有战略整合的模式,下游高性能集成商的模块价格降低,低性能集成商的模块价格不变。

如前文所述,战略整合可以通过集成商与模块供应商之前的知识分享和协作研发提升集成商创新能力。而结论 2 揭示了战略整合能力影响产品性能提升的另外一个重要途径: 战略整合使得集成商和模块供应商形成更加紧密的交易关系,进而改变模块交易价格,从而会对集成商的性能提升产生额外的激励。具体地,根据结论 2,在全行业战略整合的模式下,会降低高性能集成商的模块价格。结合上一节的分析,模块价格的降低会提高装备产品性能提升的收益,进而会激励高性能集成商投入更多研发资源提升装备产品性能。同理,结论 2 表明全行业战略整合不会通过模块价格对低性能集成商的性能提升产生额外激励。

3. 高性能集成商战略整合模式

在高性能集成商战略整合的模式下,上游模块供应商同时向下游高性能集成商和低性能集成商提供模块产品。与此同时,高性能集成商对模块供应商进行战略整合。此时模块供应商的模块价格决策可以表示为

$$\max_{w_i} \Pi = \sum_{i=1}^2 (w_i - c) q_i + (p_2 - w_2) q_2 \quad (12)$$

利用与上文类似的求解方法可以得到

$$w_1 = \frac{c}{2} + \frac{s_1}{2}, w_2 = \left(\frac{3}{4} - \frac{s_1}{4s_2} \right) c + \frac{s_1}{2} \quad (13)$$

由于 $s_2 > s_1$, 所以 $\left(\frac{3}{4} - \frac{s_1}{4s_2} \right) c + \frac{s_1}{2} < \frac{c}{2} + \frac{s_1}{2}$ 。由此可以得到结论 3: 在高性能集成商进行战略整合的模式下,高性能集成商的模块价格小于无战略整合模式下的模块价格;低性能集成商模块价格不变。

同上文分析类似,在高性能集成商进行战略整合的情况下,战略整合会通过降低高性能企业的模块价格对其产生额外的产品性能提升激励;但是模块供应商不会降低低性能企业的模块价格,进而也不会对其性能提升产生额外激励。这是因为高性能集成商进行战略整合时,模块供应商与其形成了更加紧密的关系,此时降低模块价格可以增强高性能集成商产品在市场中的竞争力,从而也有利于模块供应商总体利润的提升。

4. 低性能集成商战略整合模式

在低性能集成商战略整合模式下,上游模块供应商与下游低性能集成商 M1 进行战略整合,同时向高性能集成商和低性能集成商提供模块。在模块产品价格决策阶段,上游模块供应商的决策可以表示为

$$\max_{w_i} \Pi = \sum_{i=1}^2 (w_i - c) q_i + (p_1 - w_1) q_1 \quad (14)$$

通过求解可以得到

$$w_1 = \left(1 - \frac{s_1}{2s_2}\right) c + \frac{s_1}{4} + \frac{s_1^2}{4s_2}, w_2 = \frac{c}{2} + \frac{s_2}{2} \quad (15)$$

结论4:在低性能集成商进行战略整合的模式下,高性能集成商模块价格不变。低性能集成商的模块价格变化与其初始性能水平有关,若初始性能水平较高($2c < s_1 < s_2$),低性能集成商战略整合会降低其模块价格;若初始性能水平较低($0 < s_1 < 2c$),低性能集成商模块价格不变。结论4表明,当低性能集成商进行战略整合时,模块产品价格是否会降低取决于低性能集成商原始性能水平。若低性能集成商原始性能水平较高,则模块产品价格会降低,进而为低性能集成商提供额外的性能提升激励;若低性能集成商原始性能水平较低,则模块价格不会变化。出现这一结论的原因在于:如果模块供应商降低低性能集成商的模块价格,则会对高性能集成商造成不利的影响,从而也会影响高性能集成商对模块供应商的产品需求。这样模块供应商就需要进行平衡,当低性能集成商初始性能水平较高时,其市场需求较高,降低其模块价格带来的收益大于从高性能集成商处的收益损失,所以模块供应商有激励降低模块价格。反之,则收益小于损失,模块供应商不会降低低性能集成商的模块价格,在这种情况下,即使低性能集成商进行战略整合也不会产生额外的产品性能提升激励。

(二) 战略整合能力影响装备产品性能提升的机理总结

总结以上分析可以发现,战略整合能力会通过两种途径影响产品性能提升:第一,战略整合能力的增强可以提升集成商的专业性知识,增强其架构创新和集成创新能力,进而提升产品性能,本文称这种作用途径为战略整合能力的“直接效应”。第二,战略整合会改变集成商与模块供应商之间的关系,使得二者之间的联系更加紧密、利益诉求更加统一,从而会改变模块供应商的价格策略;模块产品的价格变化会通过影响集成商的性能创新收益来改变其性能提升激励。本文称这种机理为战略整合能力的“间接效应”。不同战略整合模式下,战略整合能力间接效应的作用是不同的,具体参见表1。

表1 不同模式下战略整合能力影响装备产品性能提升的途径

战略整合模式	直接效应		间接效应	
	低性能集成商	高性能集成商	低性能集成商	高性能集成商
无战略整合模式	×	×	×	×
全行业战略整合模式	√	√	×	√
高性能集成商集成模式	√	√	×	√
低性能集成商集成模式	√	√	√或×	×

注:√表示存在的影响途径,×表示不存在的影响途径。

从表1中可以看出,当高性能集成商进行战略整合时,战略整合能力会通过模块产品价格产生间接效应,降低高性能集成商的模块价格,进而产生产品性能提升的额外激励。当低性能企业进战略整合时,战略整合能力是否会产生间接效应取决于低性能集成商的初始性能水平,如果低性能集成商初始产能水平相对较高,则会产生战略整合的间接效应,降低低性能集成商的模块价格,从而激励低性能集成商进行性能创新;反之,则不会。如果高性能集成商和低性能集成商同时进行战略整合,只会在高性能集成商的战略整合过程中产生间

接效应。也就是说,只会降低高性能集成商的模块价格,对高性能集成商的性能提升产生额外激励。从以上分析中可以看出,高性能集成商具有战略整合优势,这种优势一方面体现在战略整合能力方面,另一方面体现在战略整合的间接效应方面,即战略整合可以改变模块产品的价格策略,使得高性能集成商获得更低的模块价格,激励高性能集成商更多的投入研发资源提升产品性能。

四、结论及政策启示

针对复杂装备产品性能提升问题,本文首先从解构产品性能入手,研究了技术集成能力影响复杂装备产品性能提升的一般路径。紧接着,将研究重点聚焦到技术集成能力的构成上,从集成商和模块供应商关系的视角将技术集成能力特化为战略整合能力,具体探讨了战略整合能力影响产品性能提升的具体机理。研究表明:首先,复杂装备产品性能可以解构为建构性能、集成性能和演进性能,技术集成能力通过这三种性能来综合影响复杂装备产品性能的提升。其次,从战略整合能力对复杂装备产品性能提升的影响来看,战略整合会通过直接效应和间接效应对复杂装备性能提升产生影响。本文的政策含义在于:

第一,鼓励装备行业内领先企业进行战略整合。研究发现战略整合的间接效应也是提升复杂装备产品性能的重要影响因素,但是这种效应的发挥往往与战略整合模式有关。对不同战略整合模式的研究表明,在行业内高性能、领先型集成商进行战略整合时,战略整合的间接效应更容易出现。所以,从这一角度来说,应该鼓励行业内高性能集成商、领先企业进行战略整合。

第二,完善“首台套”等政策支撑,激发下游用户对装备产品的需求。复杂装备产品技术含量高,生产成本低,价格较为昂贵,下游企业用户的数量也较为有限。用户需求的限制在一定程度上抑制了复杂装备产品的性能创新激励。为了破解这种困局,政府应该发挥政策支撑作用,完善“首台套”等用户补贴政策,增强复杂装备产品市场需求。

第三,加大对行业共性技术研发的支持力度。企业自身创新能力也是影响装备产品性能提升的重要因素,而这种能力的培养往往与企业的技术积累、行业关键技术和共性技术的供给有关。我国企业创新水平不高的一个重要因素就是共性技术研发不足。由于共性技术研发具有外部性的特征,所以政府要充分发挥在共性技术研发中的作用,加大对复杂装备产品共性技术研发的支持,建立复杂装备产品共性技术研究院,搭建共性技术研发平台,创新共性技术研发和管理体制。

(责任编辑:徐淑云)

The Gold Content of GDP , Wealth Creation Ability of Provincial–Level Governments and Regional Economic Disparities

Ren Baoping/Zhang Qian

The ratio of fiscal revenue to GDP represents the gold content of GDP , and different provincial–level governments have different wealth creation ability , which generates the gap of regional economic growth. The gold content of GDP and the wealth creation ability of provincial–level governments are the key factors affecting the coordinated development of regions. The wealth creation ability of provincial–level governments has an effect on the coordinated development of regions through the narrowing of regional gap , the rationalization of regional division of labor and the common growth of regional economy. This paper explores the path of regional wealth creation from the perspective of the power of government to drive and control the economy and makes an empirical analysis on the spatial layout features and dynamic evolution law of the wealth creation ability of provincial–level governments in China by using the data from 1999 to 2019 and taking the gold content of GDP as a representative indicator of the wealth creation ability of regional governments. The research results show that the coordinated development of regions needs the support of the wealth creation ability of regional governments. Raising taxes or land prices increases government wealth in the short term , but undermines the long–term development; we should promote high–quality development of regional economy by regarding the long–term development of regional economy as the starting point and taking the reasonable performance of government functions as the key point to promote regional coordination.

A Study of Influence of Technology Integration Capability on Performance Improvement of Complex Equipment Products

He Jun/Li Wei/Song Wei

The performance of complex equipment products can be decomposed into construction performance , integration performance and evolution performance. Technology integration capability comprehensively influences the performance improvement of complex equipment products through these three paths. The core of technology integration capability is strategic integration capability of integrators , which promotes the performance improvement of complex equipment products in two ways: on the one hand , integrators' strategic integration of module suppliers strengthens the knowledge exchange between integrators and module suppliers and enhances the technical knowledge and ability of integrators to improve the performance; on the other hand , strategic integration changes the transaction relationship between integrators and module suppliers , making their interests become more common. Module suppliers will strategically adjust module prices to increase technology integration revenue for integrators and improve their performance innovation incentives. Improving strategic integration capability of integrators , giving impetus to strategic integration between integrators and module suppliers and promoting the performance improvement of complex equipment products are the key and core of transforming and upgrading China's equipment manufacturing industry and realizing high–quality development of manufacturing industry.