

渐进式和跨越式技术进步的差异性分析

——基于R&D经费投入和产品加工制造程度的比较研究

王 正¹, 王必好²

(1. 华中师范大学 数学与统计学学院, 武汉 430079; 2. 山东大学 应用经济学博士后流动站, 济南 250100)

摘要: 技术进步有着渐进式和跨越式两种实现方式, 分别是由R&D经费投入和产品加工制造程度深化引起的。理论分析重点是两种不同技术进步方式的驱动力量、差异化路径、增值效应及其影响程度。实证研究以全国投入产出调查中6个产业为对象, 选取R&D经费投入、中间投入和新产品产值等指标进行计量分析, 理论假设得到验证。本文研究认为, 深化产品加工制造程度推动跨越式技术进步, 技术水平快速提升, 要素配置比例持续优化, 高效集约利用要素投入。延伸技术内涵促进技术进步发生跳跃升级, 形成更大的技术进步空间。而增加R&D经费投入实现渐进式技术进步, 放缓技术进步速度, 难以保持着最优技术创新效率, 出现一定程度耗散, 其增值空间日益收窄。

关键词: R&D经费投入; 产品加工制造程度; 投入产出效率; 技术进步

中图分类号: F0624 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-980X(2020)11-0001-09

技术进步是优化要素配置、提高产品增加值、改善投入产出效率的主要源泉。技术进步表现为初级阶段升级到较高级阶段, 存在着渐进式和跨越式两种方式, 而且受到多种因素影响, 如R&D经费投入、产品加工制造程度、外部性和边干边学等。这些因素可能加快和放缓技术进步, 缩小技术距离具有较大不确定性, 不是一维线性的, 而是表现出随机变动特征。R&D经费投入和产品加工制造程度在驱动力量、缩小技术距离、新产品增值等方面形成不同作用, 是技术进步差异化路径的主要原因。

渐进式技术进步仅仅是由R&D经费投入引起的, 技术水平在同一条U型价值链曲线中连续向上递增, 整体技术水平没有出现跨越式升级。影响技术创新活动的其他因素, 如产品加工制造程度、外部性和边干边学等没有引起技术进步。现阶段技术进步都是建立在前阶段基础上, 两阶段技术进步是连续的, 技术差距相对较小, 价值增值点由U型价值链曲线底部逐步升级到中高端水平。跨越式技术进步是由产品加工制造程度、外部性、边干边学等因素变化引起的, 没有增加R&D经费投入, 技术水平跨越多个阶段, 出现跳跃式提升。U型价值链曲线整体向上移动, 加工装配、技术创造、流程设计、技术咨询等生产服务环节得到优化。跨越式技术进步能够有机整合各类创新资源, 引导技术进步出现“攀崖式”上升, 扩大要素优化配置的空间, 加工制造程度日益深化, 产出水平大幅度提高。

渐进式技术进步难以形成要素集约利用、边干边学等内生动力, 只能依靠增加R&D经费投入实现技术进步, 容易导致路径依赖, 外延扩展特征明显。投入产出效率仍然处于较低水平, 存在效率提升空间。跨越式技术进步依靠产品加工制造程度深化, 挖掘技术进步内涵与增值潜力, 技术创新要素渗透到生产过程中, 得到充分利用。技术进步内涵拓展带来更高技术创新效率, 优化投入产出比例有助于实现内生增长, 要素配置更加优化, 降低物质要素投入成本, 提高知识技能密集型要素份额。深化产品加工制造程度, 在相对较短的技术升级路径中迅速获得新技术, 提高技术进步成功概率, 加快技术成果扩散转化, 一次性缩小技术差距将会显著提高技术创新效率。跨越式技术进步不再局限于现有的产品加工制造程度, 初始技术发现、产品试制、成果转化等都有大幅度改进。中间投入达到最优比例, 产品加工制造程度加快深化, 技术差距日益缩小。跨越式技术进步能够相对减少R&D经费投入, 有效规避技术风险, 提高产品技术含量和产出水平。

收稿日期: 2019-10-30

基金项目: 中国博士后科学基金面上项目“基于贝叶斯网络的关联性技术进步预测与路径优化选择”(2017M622167); 教育部人文社会科学研究规划基金“适应性技术选择、新旧动能转换与制造业转型升级动力机制研究”(19YJA790109); 山东省自然科学基金面上项目“制造业转型升级中的适宜性技术选择与新旧动能转换研究”(ZR2019MG018)

作者简介: 王正(1999—), 男, 安徽六安人, 华中师范大学数学与统计学学院, 研究方向: 概率论及其应用, 计量经济学; 王必好(1976—), 男, 安徽六安人, 博士, 统计师, 山东大学应用经济学博士后流动站博士后, 研究方向: 创新型经济、技术经济学。

本文以技术进步差异化实现方式为研究视角,R&D经费投入带来渐进式技术进步,过程相对稳定,每阶段技术进步都是逐渐连续实现的。技术进步距离较小,优化要素配置存在较大难度,投入产出效率在阶段性技术进步中难以保持最优水平。产品加工制造程度导致跨越式技术进步,快速拓展技术进步空间,显著提高技术进步概率,提高新产品技术含量。研究重点是分析两种不同技术进步方式的内在动力、实现路径和效益目标,如何利用R&D经费投入和中间投入等要素,选择合适的技术进步方式,激发各类要素活力,优化投入产出效率。实证研究选取全国投入产出调查中6个产业研发与试验发展经费、固定资产折旧等指标,表示技术创新投入和产品加工制造程度,分析厂商技术创新产出发生的变化,并验证相关假设。

一、文献综述

技术进步领域研究主要集中在偏向性要素替代、新产品加工制造以及产品技术含量等方面。关于技术要素替代研究,郑猛^[1]研究发现,提高要素替代弹性对经济增长产生积极促进作用,发展中国家较发达国家或地区的增长效应更为显著;王班班和齐绍洲^[2]认为,有偏技术要素替代效应是技术进步影响能源强度的主要渠道;孙广生等^[3]研究技术进步、投入替代率变化与效率改善,技术效率变化与技术替代对能源效率存在着影响;邢斐和张建华^[4]关注技术贸易对我国企业研发投入产生直接替代效应,通过技术溢出提升企业技术创新能力。在要素投入方面,方建国^[5]研究发现,随着劳动效率提升,三次产业内部存在技术替代劳动要素的现象。现有成果主要集中在要素替代关系、技术效率等领域,相关研究可以从技术进步实现方式这个视角,分析当前阶段技术进步与上阶段或下阶段技术进步之间替代关系,提出渐进式和跨越式技术进步两种方式,不同阶段技术替代可以进一步细化,将技术进步研究引向更深层次。

在产品技术含量和产品加工制造程度方面,Lall^[6]把产品技术含量分为若干等级,认为中等技术可以更好地反映一国技术深度;Dixit和Stiglitz^[7]认为,产品多样化程度与技术水平无关;Baldwin和Harrigan^[8]、Baldwin和Ito^[9]、Igan等^[10]研究认为,产品价格可以用于反映产品品质;杨汝岱和姚洋^[11]、杜修立和王维国^[12]、Hausmann等^[13]加权计算出口产品国家人均收入,间接反映产品技术含量;关志雄^[14]发现产品加工制造程度日益深化,附加值高的产品更多来自高收入国家;杨汝岱和姚洋^[11]还认为,以技术水平升级为支撑的出口竞争力增强具有可持续性。但是,姚洋和张晔^[15]研究发现,中国仍然处于整个产业链条的低附加值或者低技术含量的环节;魏浩^[16]研究发现,中国出口贸易产品技术水平得到显著提高。上述研究主要是从不同国家之间产品出口和贸易角度展开的,测度和评价技术创新效果具有明显宏观性,需要提高精细化水平,还可以从产业层面的要素投入角度,运用中间产品投入、研发与试验发展投入指标测算产品加工制造程度。

国内外学者在技术进步方面取得丰硕研究成果,朱琳等^[17]研究认为,中国技术进步偏向的影响因素有资本、技术要素限制以及工业化目标约束等;Schott^[18]在比较20世纪90年代欧美经济增长的技术要素贡献率与全要素生产率时,认为有必要测度两者体现式技术进步;Acemoglu等^[19]关注了开放条件下外包的技术进步效应,在很大程度上引致技能偏向型技术进步;Andersson和Ejermo^[20]研究了世界范围技术扩散和外溢,可能来自“干中学”的主动学习或者是FDI(外国直接投资)技术溢出效应,其前提都是技术和知识,而不是瞬间扩散的;Felipe^[21]认为技术进步不同于全要素生产率,前者更多体现在新资本品中。郑玉歆^[22]认为,技术进步对经济增长的作用更是具有阶段性变化规律;林毅夫和任若恩^[23]测度实物资本投资中技术进步成分,肯定中国存在体现式技术进步;赵志耘等^[24]认为,中国资本体现式技术进步是存在的。上述研究集中在技术进步要素投入领域,而没有更多聚焦技术自身动态变化及其实现方式,相关研究还可以从渐进式和跨越式技术进步实现形式、动力机制、扩散路径以及外部性等方面加以拓展。

文献综述表明,技术进步主要是通过当前阶段技术进步与上阶段或下阶段技术进步之间替代完成的,而且受到要素投入与替代、技术份额、产品加工制造程度等多种因素影响。但是,上述文献没有就阶段性技术进步之间实现方式、形成路径和效益目标等展开论述。本文在理论分析中发现,阶段性技术进步存在着渐进式和跨越式两种实现方式,其内在动力分别是R&D经费投入和产品加工制造程度深化,而且存在着差异化的发展内涵、遵循路径和增值空间,投入产出效率具有较大波动幅度。在实证研究中引入研发与试验发展经费投入、中间投入等指标,分别代表R&D经费投入和产品加工制造程度,观察渐进式与跨越式技术进步带来新产品产值变动情况,从而分析技术进步两种不同实现方式的差异化特征。

二、研究假设

(一)不同技术进步方式及其驱动力量

渐进式技术进步主要依靠持续增加 R&D 经费投入,自主研发或购买技术成果,吸纳更多技术创新要素,融入到实体形态要素中。随着技术寿命周期逐步缩短,渐进方式实现的技术成果加快淘汰落后,更新替代频率逐步增加,难以实现更加充分利用。在原材料、辅助材料、半成品生产过程中,倾向于吸纳更多技术成果,契入到产品加工制造环节中,技术创新要素得到一定程度利用。然而,渐进式技术进步具有随机变动特征,在最终产品形成之前,要素配置空间相对较小,投入产出效率不能长期保持最优状态。R&D 经费投入越多,知识形态要素必须更有效地适应物质形态要素投入需要,持续优化要素配置比例,拉动技术水平递增升级。两种不同形态要素投入是同步进行的,技术进步是以渐进方式实现的,厂商根据实体形态要素性能、变动比例与替代程度等信息吸纳技术创新要素,渐进式技术进步可以优化要素配置比例,避免要素闲置冗余和短缺。但是,渐进式技术进步使中间投入保持在相对稳定的技术水平上,产品加工制造程度难以持续深化,必然导致 R&D 经费投入利用效率较低,要素配置比例失调使产出难以达到最优水平。中间投入对技术创新要素需求波动较大,而技术创新要素的供给需要提前实现,导致部分研发成果难以及时转化,技术进步贡献受到边界制约。技术创新要素闲置浪费严重,持续增加 R&D 经费投入,即使显著提高产出水平,也不能获得最优的投入产出效率。

深化产品加工制造程度是跨越式技术进步的主要驱动力量,显著拓宽技术进步空间,扩大技术距离可以充分利用技术创新要素,对技术进步形成牵引作用。知识形态的技术创新成果是一次性投资,可以多次反复使用,具有较强的扩散性能和调节适应性。这种内生增长动力将会引导厂商遵循技术创新投入优先的原则,表现出显著的创新要素投入偏好。这是因为技术进步需要产品加工制造程度不断深化,节约大量中间产品投入,而且提高中间产品加工制造精细化程度,逐步实现高效集约化目标。在产品加工制造程度深化过程中,集聚更多技术创新要素,技术进步可以超越多个渐进式技术进步阶段,从而形成更高层次的技术需求,路径和方向相对稳定。这种成果需求导向促进跨越式技术进步,加快知识形态要素的扩散与转化,技术性能得到充分发挥。深化产品加工制造程度更加有效地推进跨越式技术进步,知识形态要素能够迅速融入到产品加工制造环节,并且得到充分利用,在产品加工制造程度的不同阶段上会产生有差异的结果。

在产品加工制造程度第一阶段上,基础材料和初级产品经过简单加工,形成各类原材料、燃料、辅助材料以及机械设备组件。在原材料和初级产品生产中,物质形态要素是金属矿石、原油产品等直接来自于自然资源的初级产品,知识形态要素的增值效应不明显,收益不高,更新换代慢。但是,原材料和初级产品加工制造业技术进步,主要依靠基础研究成果,将会为整个产业技术进步产生乘数效应,引导创新要素和技术升级向价值链中高端顺次递延,产品附加值快速提升。在利用原材料、辅助材料、燃料制造中间产品时,即在产品加工制造程度第二阶段上,随着其深化程度逐步加大,厂商倾向于增加技术创新要素投入,逐步扩大技术创新要素在总体投入中份额,技术创新要素对实体形态要素替代率迅速提高。知识形态要素更能够适应生产工艺更新与制造流程优化,得到广泛应用,改善投入产出效率。技术创新要素在原材料深加工过程中发挥着催化、增值作用,提高原材料、辅助材料和燃料利用效率,改进设备技术功能,降低能耗,使实物要素的增值得到完全剥离,拓展产品加工制造过程中增值空间,又为技术进步开辟新的渠道。中间产品制成产成品时,产品加工制造程度处于第三阶段,产品加工制造程度迅速得到深化,技术创新要素更加高级化,大量高精尖技术应用到产品生产过程中,成为产品增值的源泉。技术增值效益还体现在减少能源消耗,提高原材料、能源利用率,优化中间产品投入与技术创新要素配置比例,加工制造新产品,拓展产品功效,改进产品性能,满足多样化消费需求。基于此,本文提出研究假设 1:

产品加工制造程度深化推动跨越式技术进步,技术水平由低级阶段快速升级为更高级阶段,显著缩小技术进步距离。增加 R&D 经费投入使技术进步以渐进方式实现的,技术进步速度逐步放缓(H1)。

(二)渐进式与跨越式技术进步的差异化分析

如果技术进步是渐进式实现的,知识形态技术可以直接转化为专利权属类技术,再投入到生产过程中,构造新的工艺工法或应用软件,最后形成标准化技术。但是,渐进式技术进步受到的影响因素较多,各阶段

技术进步能否实现跨越升级,取决于厂商持续细化分工以及不同阶段技术进步之间替代效应。渐进式技术进步中随机因素,可以通过跨越方式得到解决。知识形态的技术成果,能够突破既定技术升级路径,跨越一个或多个技术阶段,投入生产过程中,形成新工艺新工法,直接转化成为标准化实用类技术,显著改进技术功能与效果。技术跨越使厂商一次性消除多阶段技术差距,加快形成标准化技术,技术得到迅速扩散,提高技术替代率,获得更先进技术效用,将带动全产业链加工制造程度深化。

由 R&D 经费投入引起的渐进式技术进步,具有一定调节适应特性,厂商需要快速提升产品加工制造程度,契合创新要素配置需求。吸纳利用的技术创新成果是以论文、实验报告、可行性研究文献等形式存在的知识形态技术,投入到实体形态的原材料、设备、燃料等要素中,利用跨越式技术进步获得超额回报。跨越式技术进步是由产品加工制造程度、外部性以及边干边学等引起的,而与 R&D 经费投入没有直接的技术经济联系。两阶段技术进步之间差距较大,为技术水平显著跃升提供可能,从而获得较大的技术创新增值份额。厂商不断提高自动化和信息化水平,缩短技术差距,各种核心技术在跨越初次试验、中间试验,直接进入试生产阶段。

跨越式技术进步缩短研究试验周期,更加快速地抢占技术制高点,前后两阶段技术差距拉大,技术替代率迅速提升。新技术转化存在较大空间,引导厂商尽快投入产品批量试制。厂商以跨越式技术进步为主要方式,能够迅速探索、发现、吸纳原始创新成果,沿着技术跨越轨迹深化产品加工制造程度,利用新配方、新原理、新装置,获得最先进的技术标准和操作规范,避免研发试验阶段中的初始试验和中间试验,节省大量研发经费投入。跨越式技术进步通道明显缩短,外部性日渐弱化,专利权得到更加有效保护。跨越式技术进步主要是通过技术创新与其他要素优化组合,使加工制造程度更加精细化,提高各阶段新技术替代份额,加速淘汰落后技术,提高资产设备折旧率,使各类生产要素得到充分高效利用。基于此,本文提出研究假设 2:

随着产品加工制造程度深化,两阶段技术距离快速缩小,改变持续递增的渐进式技术进步方式,实现跨越式技术进步,技术要素替代率不断提高,技术要素产出份额显著增加(H2)。

(三)跨越式技术进步的增值效应

跨越式技术进步外在表现为各阶段渐进式技术进步的“合成汇总”,其内涵在于创造更多技术附加值,两阶段技术替代实现边际报酬大幅度提升。厂商在细分的技术进步阶段中可以选择更加适合生产需要的技术成果,从而实现更多技术积累,突破总体技术差距。跨越式技术进步不仅填补既有技术差距,而且在技术扩散、技术创新成功概率以及技术要素边际报酬递增等作用下,实现产出水平大幅度跃升,产生“1+1>2”效应。厂商无限细分产品加工制造程度,跨越式技术进步将会使厂商获得全部技术收益,减少技术成果外溢,各种要素足额转化为新产品,产出变化向着最高水平靠近,投入产出效率达到最优状态。

跨越式技术进步比渐进式带来更大增值效应,主要有以下原因。第一,跨越式技术进步加剧技术成果扩散,在较大技术差距中实现技术进步,避免试错成本和要素无效率配置,产出水平具有倍增效应。在吸纳前沿技术成果时,有效避免要素浪费现象,新技术替代旧技术带来更多新产品产值,技术差距减少量与产出水平呈正相关关系。而渐进式技术进步引起技术变动频繁、技术差距逐步缩小,投入资源将发生一定程度耗散,形成技术溢出现象。技术创新活动日益碎片化,集约化利用程度不足,效率提升缓慢,各阶段技术进步的产量加总,难以实现规模化经营的产量水平。第二,跨越式技术进步是一次性完成的,其技术创新成功概率较高且没有阶段性技术进步局限,发明新产品的概率高于渐进式技术进步。渐进式技术进步是以连续多步、相对独立的阶段性技术进步为条件的,技术进步成功概率是相应每个阶段技术进步成功概率的乘积,技术链条中任意一次技术进步都会对整体技术进步产生制约作用。第三,跨越式技术进步能够吸纳更多的技术创新要素,并在产出贡献中占有较高份额,创新要素的边际产量逐步上升,在较大的技术差距内自动调节资源配置比例,增值空间得到明显拓宽,投入产出效率日益逼近最优水平。而渐进式技术进步在每一次创新活动中,锁定相应阶段技术与其他要素的比例,要素配置比例关系保持相对稳定,仅仅发生小幅度波动。厂商技术创新活动自我调适的区间相对窄小,从而制约了新产品产值快速上升。基于此,本文提出研究假设 3:

跨越式技术进步比渐进式拥有更大技术升级空间,较大幅度地推动技术进步,改善技术创新要素配置比例,创造更多新产品产值。渐进式技术进步导致创新收益耗散,缩小增值空间,放缓技术进步速度(H3)。

三、模型与方法

(一)产业选择及指标说明

实证研究以1990—2012年全国投入产出调查中6个产业为研究对象,比较分析R&D经费投入、产品加工制造程度在技术进步中不同作用,引入中间产品投入、新产品产值等指标,分析渐进式和跨越式技术进步之间差异化程度。6个产业及主要特征:石油和天然气开采业、非金属矿采选业2个产业是以自然资源为劳动对象,加工制造程度最低;木材加工及家具制造业、化学工业2个产业的产业链前端联接着初级产品加工和原材料产业,而后端联接着产品加工制造程度更加深化的高技术产业,这2个产业处于产业链中间位置;通信设备、计算机及其他电子设备制造业、电气机械及器材制造业2个产业为高新技术产业,处于产品加工制造程度高端环节,技术创新要素投入份额相对更高。

实证分析中被解释变量是当期各产业新产品产值 PV_{it} ,而解释变量为滞后一期、滞后二期新产品产值 PV_{it-1} 、 PV_{it-2} ,表示相应时期的技术创新活动产出水平。当期和滞后两期的产品加工制造程度由中间投入变量 II_{it} 、 II_{it-1} 、 II_{it-2} 表示,其持续深化是由外部性、边干边学等因素引起的,带来跨越式技术进步。3个时期R&D经费投入分别由 AD_{it} 、 AD_{it-1} 、 AD_{it-2} 表示,反映连续追加R&D经费投入所带来的渐进式技术进步。工具变量为滞后一期、二期固定资产折旧 DI_{it-1} 、 DI_{it-2} ,表示技术进步的变动速度,加快折旧意味着提前完成阶段性技术进步,固定资产及技术装备得到及时更新换代,技术周期迅速缩短。反之,技术进步速度缓慢,延长技术寿命周期。数据来源于《中国统计年鉴》《中国高技术产业统计年鉴》以及中经网产业数据库。

实证研究首先对数化处理各项指标,消除可能存在的异方差。序列平稳性和协整关系检验结果显示,所选变量二阶差分在1%显著性水平上都是平稳的。变量在含截距项、不含时间趋势项的条件下存在协整关系,回归结果与技术进步特征相一致。实证分析使用STATA11.1版本计量软件。

(二)产品加工制造程度的影响分析

实证研究首先运用OLS方法对6个产业产品加工制造程度变动进行计量分析,观察每个产业新产品产值与连续3个时期产品加工制造程度之间变动关系,相应的OLS计量分析模型为

$$PV_{it} = \beta_0 + \beta_1 II_{it} + \beta_2 II_{it-1} + \beta_3 II_{it-2} + \mu_{it} \quad (1)$$

其中: II_{it} 、 II_{it-1} 、 II_{it-2} 表示当期、滞后一期、滞后二期的中间投入,分别表示相应各时期产品加工制造程度; μ_{it} 表示*i*产业在*t*时期个体变动效应。实证分析结果(表1)表明,石油天然气开采业、非金属矿采选业均属于资源型和原材料产业,连续3个时期产品加工制造程度对新产品产值贡献份额保持相对稳定,分别为0.779、0.510、0.307和0.746、0.600、0.491。两个产业技术进步的初始水平较低,随着对原材料和初级产品加工制造程度深化,形成多样化的技术进步路径,技术附加值得到快速提升。初级产品和原材料供给数量大,技术水平不高,规模经营特征明显。产品加工制造程度存在着较大的深化空间,技术含量有待于进一步提高。木材加工及家具制造业、化学工业两个产业,其产品加工制造程度随着中间投入加大而快速提升,不同阶段之间技术含量及技术附加值呈现波动式上升,分别为0.934、-0.209、0.147和1.016、0.307、0.052。两个产业均以下游产业提供的原材料、初级产品为对象,中间投入份额逐步增加,产品加工制造程度持续深化,对增加新产品

表1 基于OLS方法的产品加工制造程度分析表

变量	石油和天然气 开采业	非金属矿 采选业	木材加工及 家具制造业	化学工业	通讯设备、计算机及 其他电子设备制造业	电气机械及 器材制造业
α_0	2.043** (0.467)	2.934*** (1.375)	1.463* (1.447)	2.875** (1.069)	3.924* (0.924)	3.011*** (0.861)
II_{it}	0.779*** (0.443)	0.746** (0.905)	0.934*** (0.370)	1.016** (0.611)	1.910** (0.610)	1.970* (0.735)
II_{it-1}	0.510*** (0.573)	0.600* (0.530)	-0.209*** (0.639)	0.307** (0.611)	0.660*** (0.800)	0.702*** (0.461)
II_{it-2}	0.307** (0.953)	0.491* (0.815)	0.147*** (0.644)	0.052* (0.486)	0.492* (0.851)	0.514** (0.598)
<i>F</i>	166	207	113	196	183	174
<i>R</i> ²	0.915	0.873	0.905	0.861	0.916	0.886
产品加工制造程度	初级阶段	初级阶段	中级阶段	中级阶段	高级阶段	高级阶段

注:***、**、*分别表示在10%、5%和1%的显著性水平下是显著的;当期新产品产值与当期、滞后一期、滞后二期的中间投入关系,反映产业中间投入动态变化对技术创新产出的影响,从而反映产品加工制造程度阶段性特征;检验结果特征值表明,检验模型中各项变量之间相关关系显著,回归结果可以解释变量之间技术经济联系;括号中数据表示相应的估计标准误。

产值发挥显著拉动作用。通讯设备、计算机及其他电子设备制造业、电气机械及器材制造业 2 个产业技术集成化程度较高,产品加工制造程度均高于其他 4 个产业,带来更多的新产品产值,其贡献份额分别为 1.910、0.660、0.492 和 1.970、0.702、0.514。产品技术构成日益复杂,产品加工制造程度更加深化,技术含量高,技术进步快,扩散效应明显。

(三)模型构建及估计方法

实证分析以上述 6 个产业为对象,既包括有技术创新活动的生产厂商,又涵盖产业内研发部门,全面反映初始技术研发、技术转化、推广应用及其实现路径等情况。渐进式技术进步的 2SLS 动态面板分析模型为

$$PV_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 PV_{it-1} + \alpha_2 PV_{it-2} + \alpha_3 AD_{it} + \alpha_4 AD_{it-1} + \alpha_5 AD_{it-2} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

该模型把连续 3 期的 R&D 经费投入 AD_{it} 、 AD_{it-1} 和 AD_{it-2} 作为因变量, μ_i 、 δ_t 分别表示产业个体变动效应和时间变动效应, ε_{it} 为扰动项。从 R&D 经费投入角度,观察渐进式技术进步具有逐步递增的特征。而跨越式技术进步与 R&D 经费投入无直接联系,以中间产品投入 II_{it} 、 II_{it-1} 和 II_{it-2} 代表产品加工制造程度,分析研究跨越式技术进步状况,相应的 2SLS 方法动态面板分析模型为

$$PV_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 PV_{it-1} + \alpha_2 PV_{it-2} + \alpha_3 II_{it} + \alpha_4 II_{it-1} + \alpha_5 II_{it-2} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

但是,动态面板分析模型因变量与自变量可能存在时间趋势一致性问题,如当期新产品产值与滞后一期、滞后二期之间具有自相关关系。选取的工具变量为滞后一期、二期固定资产折旧 DI_{it-1} 、 DI_{it-2} ,如果同时具备相关性和外生性,回归结果可以使用工具变量线性组合,更加准确地反映相关关系。2SLS 分析方法的原理是对上述关系进行两次回归分析,初次回归是用模型中自变量对工具变量回归,得到相应拟合值。再次回归是因变量对该拟合值进行回归,从而得出所需要回归结果。2SLS 方法的优点是使用多个工具变量,有效解决模型中变量的内生性问题,消除变量中的衰减偏误。

实证模型分析的实质就是把内生解释变量 PV_{it-1} 、 PV_{it-2} 分解为两次回归。第一次回归是内生解释变量 PV_{it-1} 、 PV_{it-2} 对工具变量 DI_{it-1} 、 DI_{it-2} 进行回归,获得相应的拟合值 $\widehat{PV}_{it-1}$ 、 $\widehat{PV}_{it-2}$ 。第二次回归是被解释变量 PV_{it} 对 PV_{it-1} 、 PV_{it-2} 的拟合值 $\widehat{PV}_{it-1}$ 、 $\widehat{PV}_{it-2}$ 进行回归,两次回归分析结果满足一致性要求。

工具变量有效性检验结果表明,只有石油和天然气开采业、非金属矿采选业的检验统计量偏低,主要是由于 DI_{it-1} 、 DI_{it-2} 作为工具变量时,在原材料产业和资源密集型产业中的传导作用不明显,产业内设备和技术更新速度较慢,固定资产没有采用加速折旧法。但是,2SLS 回归模型均有两个以上内生解释变量,弱工具变量现象不会影响回归结果的有效性,2SLS 中工具变量线性组合能够切实提高计量分析结果的代表性。6 个产业工具变量外生性检验结果显示,在 R&D 经费投入引起渐进式技术进步中, Wu-Hausman 值、 p 值均低于跨越式技术进步的相应值,即以滞后一期、滞后二期 R&D 经费投入所带来的产出增长没有深化产品加工制造程度所带来的产出增长显著。这是因为产品加工制造程度深化,遵循内涵式发展路径,而不是依靠规模化扩张经营,新产品产值得到快速提升。特别地,通信设备、计算机及其他电子设备制造业、电气机械及器材制造业等技术密集型行业,深化产品加工制造程度与提高技术水平是同步的,能够较大幅度地提高产出水平。

四、实证结果分析

实证分析中,两个原材料产业是石油和天然气开采业、非金属矿采选业,处于产业链中间位置的两个产业为木材加工及家具制造业、化学工业,两个高新技术产业是通讯设备、计算机及其他电子设备制造业、电气机械及器材制造业。计量分析结果(表 2)表明,6 个产业滞后二期、滞后一期和当期间产品投入对新产品产值的贡献是逐期增加的,分别为 0.275、0.412、0.592、0.301、0.398、0.601、0.475、0.600、0.992、0.368、0.510、0.870、0.568、0.710、1.270 和 0.554、0.872、1.424。产品加工制造程度对新产品产出水平贡献是逐期增加的,原材料产业各期贡献份额均低于初级产品加工业和高技术产业。在滞后二期的产品加工制造程度上,这种贡献份额均在 0.2~0.6 之间波动,原材料和初级产品具有较大的升值空间,厂商需要激发技术研发活力,逐步摆脱技术进步封闭循环和简单模仿。跨越式技术进步化解技术低端锁定,克服技术创新的路径依赖而促进技术研发和转化,新产品产值持续增加。产品加工制造程度滞后一期,贡献额度明显提高,但原材料等传统产业增长幅度均低于高技术产业。跨越式技术进步可以使创新厂商识别有效的知识来源,主动进行链接,吸收、扩散和创造知识,打破原有的大口径、粗放式技术引进方式,有选择地吸纳和引用知识密集型的高技术,其产出水平将会大幅度提高。在跨越式技术进步中,当期产品加工制造程度对新产品产值贡献迅速加大,

“边学习边创造”成为技术进步的重要动力,在较大技术差距中寻找适宜的技术进步途径。较大差距技术进步有利于专业化分工,技术进步将在升级过程中衍生出大量新的专业化生产部门,技术研发、扩散、吸收、转化、再研发呈现出一维线性变化方向。技术创新切口小,分工细,市场渗透力更强,为高精尖技术提供了转化通道。这一结论与H1、H2观点一致。对于传统资源型产业,如石油和天然气开采业、非金属矿采选业,增加中间投入,深化产品加工制造程度,带来了较为显著的跨越式技术进步,产出水平相应提高,伴随着产业升级,逐步抵消了R&D经费投入,渐进式技术进步存在着被跨越式技术进步替代的趋势。

表2还显示出渐进式技术进步的计量结果,6个代表性产业滞后二期、滞后一期和当期R&D经费投入对新产品产值贡献分别为0.766、0.930、1.257、0.535、0.909、1.127、0.424、0.600、0.719、0.412、0.594、0.658、0.454、0.772、0.824和0.396、0.711、0.817。原材料产业、初级产品加工业具有明显的资本密集特征,资本支出对新产品产值贡献大于高技术产业。渐进式技术进步产生溢出效应,持续多阶段技术进步将与物质形态要素投入相融合。资本、劳动等要素具有边际产出递减的特征,会拉动技术进步的边际产出递减,各期投入大幅度增加,资本依赖程度高,产出不明显。渐进式技术进步使技术壁垒逐步降低直至消失,引起厂商之间技术创新均衡发展,促进其他厂商跟踪、模仿到期的专利技术。小部分厂商技术创新活动使新产品产值得到迅速提高,而大多数厂商处于跟踪模仿地位,产出增长滞后,增值效应不明显。渐进式技术进步不仅是在产业内部完成,而且会由于其他产业具备相类似技术进步路径,超前完成了技术进步。这种技术进步难以较快缩小技术差距,带动全产业链技术进步还需要持续开展技术研发与试验。只有在其他厂商持续吸纳技术创新要素的基础上,技术模仿、转化和应用范围得到扩大,带动整个产业技术进步,提高全产业链产出水平。结果验证H3是正确的。

表2 运用2SLS方法的渐进式技术进步与跨越式技术进步的产出效应分析表

变量	石油和天然气开采业		非金属矿采选业		木材加工及家具制造业		化学工业		通讯设备、计算机及其他电子设备制造业		电气机械及器材制造业	
	渐进式	跨越式	渐进式	跨越式	渐进式	跨越式	渐进式	跨越式	渐进式	跨越式	渐进式	跨越式
α_0	1.260** (0.809)	1.483* (0.922)	1.401*** (2.512)	2.260 (0.809)	1.483** (0.922)	2.401 (2.512)	2.201 (2.596)	2.910* (1.702)	0.648*** (1.935)	2.201 (2.596)	0.910 (1.702)	1.648*** (1.935)
PV_{it-1}	0.416* (0.163)	0.714** (0.209)	0.542** (0.283)	0.916*** (0.163)	-0.214* (0.209)	0.542 (0.283)	0.218** (0.417)	0.934 (0.281)	0.215*** (0.648)	0.918 (0.417)	0.334*** (0.281)	0.715** (0.648)
PV_{it-2}	0.605*** (0.072)	0.695** (0.710)	0.559** (0.469)	0.705*** (0.072)	0.395* (0.710)	0.559 (0.469)	0.396*** (0.078)	0.819 (0.642)	0.104** (0.720)	0.696*** (0.078)	0.119 (0.642)	0.604 (0.720)
AD_{it}	1.257*** (0.070)	—	1.127 (0.051)	—	0.719** (0.275)	—	0.658* (0.462)	—	0.824*** (0.391)	—	0.817** (0.520)	—
AD_{it-1}	0.930** (0.093)	—	0.909** (0.474)	—	0.600* (0.104)	—	0.594** (0.576)	—	0.772* (0.507)	—	0.711* (0.291)	—
AD_{it-2}	0.766** (0.118)	—	0.535* (0.596)	—	0.424** (0.091)	—	0.412*** (0.358)	—	0.454** (0.379)	—	0.396* (0.415)	—
II_{it}	—	0.592 (0.275)	—	0.601*** (0.070)	—	0.992 (0.142)	—	0.870*** (0.077)	—	1.270*** (0.077)	—	1.424 (0.391)
II_{it-1}	—	0.412 (0.104)	—	0.398*** (0.093)	—	0.600 (0.615)	—	0.510** (0.433)	—	0.710* (0.433)	—	0.872** (0.507)
II_{it-2}	—	0.275*** (0.091)	—	0.301 (0.118)	—	0.475** (0.615)	—	0.368 (0.433)	—	0.568** (0.433)	—	0.554 (0.379)
DI_{it-1}	0.401*** (0.316)	0.815 (0.417)	0.411 (0.568)	0.814 (0.024)	0.307*** (0.321)	0.810 (0.564)	0.376 (0.624)	0.812** (0.865)	0.401* (0.342)	0.815 (0.512)	0.392 (0.436)	0.921*** (0.746)
DI_{it-2}	0.365*** (0.278)	0.753 (0.542)	0.327*** (0.727)	0.633 (0.019)	0.275 (0.463)	0.727 (0.526)	0.526*** (0.521)	0.720* (0.365)	0.511 (0.723)	0.787*** (0.415)	0.305 (0.700)	0.835 (0.281)
Wu-Hausman 检验值	1.936 0.723	1.872 0.547	0.152 0.140	1.936 0.723	1.872 0.547	0.152 0.140	0.480 0.017	1.306 0.853	1.745 0.414	0.480 0.017	1.306 0.853	1.745 0.414
最小特征值检 验结果	27.593	25.481	39.502	27.593	25.481	39.502	42.116	10.461	9.235	42.116	10.461	9.235
Wald- $\chi^2(5)$	90.53	72.41	66.34	90.53	72.41	66.34	81.40	57.44	68.05	81.40	57.44	68.05
R^2	0.948	0.955	0.951	0.948	0.955	0.951	0.967	0.941	0.971	0.967	0.941	0.971

注:***、**、*分别表示在10%、5%和1%显著性水平下是显著的;2SLS回归方法选取当期和滞后一期R&D经费支出作为工具变量;工具变量的有效性检验既包括Wu-Hausman检验值,又包括对应的 p 值;Wald- $\chi^2(5)$ 中的5为GMM估计方法的因变量个数,而2SLS估计方法的因变量和工具变量个数相应为7;括号中数据表示相应的估计标准误。

2SLS回归结果还显示,在上述6个产业中,跨越式技术进步的新产品产值持续上升,明显高于渐进式技术进步的新产品产值,这种差距在高技术产业表现更为明显。而在原材料产业、初级产品加工制造业,两种

不同技术进步方式带来的产出波动变化相对集中,说明这些产业同时面临着资本和技术要素的双重需求,要素边际产出的上升空间相对狭小。而高技术产业主要依靠知识形态要素投入,而且可以多次反复利用,又不增加创新要素投入成本,为深化产品加工制造程度提供优质要素,一次投入连续收益,实现高效集约增长。形成这种区别的主要原因是不同产业间产品加工制造程度差异。原材料和初级产品产业的产品加工制造程度深化不明显,从相对简单的技术创新活动开始,加快完成低端技术积累,引进或研发高端技术嵌入简单制造活动中,包括深加工、精密铸造、人机互动等高端技术。低端技术能够整体嵌入生产过程中,得到快速推广普及,技术差距逐步缩小,R&D经费投入在产出中贡献份额是持续上升的。产品加工制造程度升级到更高阶段,知识来源较为成熟稳定,知识形态的技术成果逐步由碎片化朝着系统化、集成化方向发展,在要素配置的关键节点上得到充分利用。期间,跨越式技术进步具有不确定性,风险较大,形成多种要素配置方案,也能带来较高的技术创新产出。技术成果不仅能在现有升级轨道上实现转化,而且拓宽创新要素的推广应用空间,还可以优化要素配置。同时,跨越式技术进步也为持续深化产品加工制造程度提供更大空间,新的技术进步过程比较复杂,不是简单依靠知识形态技术嵌入生产过程中,而是逐步积累形成深厚的技术基础,根据产业升级的技术需求,再衍生出新的知识形态技术,较大幅度地增加产出水平。跨越式技术进步在产业层面发挥着不可替代的作用,使新技术创造和转化更加具有适应性,避免渐进式技术进步中“节点对节点”式的技术进步,加快技术更新速度,提高创新产出水平。H3得到证明。

深化产品加工制造程度的初始阶段上,跨越式技术进步使技术创新要素整体融入生产过程中,在转化推广环节激活对技术性能的需求,增强技术成果调节适应性,引导厂商自主开展技术研发和成果转化。产品加工制造程度持续深化后,高技术产业在关键核心技术推动下,走边缘技术转化的道路,改进技术路径设计,提高智能化程度,避免产品市场结构同化和价格恶性竞争,更加有针对性地提高技术创新效率,在技术创新基础上不仅显著增加新产品产量,而且实现产品品质提升和性能优化。H3是正确的。

五、结论

随着创新型经济持续发展,技术进步路径及其实现方式成为生产实践部门和理论研究部门关注的重点。本文在国内外相关文献综述的基础上,通过研究R&D经费投入与渐进式技术进步、产品加工制造程度与跨越式技术进步之间的内在联系,揭示两种不同技术进步方式的驱动力量、形成路径、产出效率,以及与中间投入、新产品产量之间差异化变动特征。本文以1990—2012年全国投入产出调查中6个产业为研究对象,开展计量分析,并验证相关结论。

研究得出的结论是,深化产品加工制造程度可以推动跨越式技术进步,技术水平快速提升,而增加R&D经费投入只能引导技术进步以渐进方式实现,技术进步速度平稳放缓。加工制造环节上中间投入持续加大,知识形态的技术创新要素得到高效利用,优化要素配置比例,产出份额显著增加。这种内涵式发展促进技术进步发生跳跃升级,获得更大的技术进步空间。渐进式技术进步使产出水平偏离最优的投入产出比例,出现一定程度耗散,降低技术创新效率,增值空间日益收窄。

本文创新点在于,探索R&D经费投入、产品加工制造程度是如何形成渐进式和跨越式技术进步方式的,分析两种不同技术进步方式差异化路径形成和产出变动情况。扩大中间投入规模与深化产品加工制造程度,导致技术进步不是以某一特定方式实现的,其产出水平和绩效情况具有较大不确定性。本文的理论贡献是揭示渐进式与跨越式技术进步之间的区别,主要集中在驱动力量、缩小技术距离、知识获取方式等方面,剖析知识形态要素向实体形态要素渗透时的不同效果。技术进步在产出环节中作用就是大幅度增加新产品产值,两种不同技术进步方式的驱动力量是增加R&D经费投入和深化产品加工制造程度。两者拉动技术进步的作用方式和效果存在显著差异,导致技术进步的各种影响因素关联性发生较大变化,产生不同的作用程度。研究成果有利于引导生产厂商确立技术创新活动目标,不仅仅是减少要素投入,而且需要获得最大产出水平,最终是要实现集约高效发展,提高技术创新绩效。相关研究还可以从技术创新要素效用边界、技术进步随机过程、扩大学习效应等方面进行探索。

参考文献

- [1] 郑猛.有偏技术进步下要素替代增长效应研究[J].数量经济技术经济研究,2016,33(11):94-110.
- [2] 王班班,齐绍洲.有偏技术进步、要素替代与中国工业能源强度[J].经济研究,2014,49(2):115-127.
- [3] 孙广生,黄祎,田海峰,等.全要素生产率、投入替代与地区间的能源效率[J].经济研究,2012,47(9):99-112.

- [4] 邢斐, 张建华. 外商技术转移、创新激励与东道国引资政策——走自主创新道路, 我们能依靠外国技术吗?[J]. 财经研究, 2008(11): 122-133.
- [5] 方建国. 技术创新、劳动力就业与产业模式选择: 假说、框架和检验[J]. 技术经济, 2012, 31(8): 33-42.
- [6] LALL S. The technological structure and performance of developing country manufactured exports, 1985-98 [J]. Oxford Development Studies, 2000, 28(3): 337-369.
- [7] DIXIT A K, STIGLITZ J E. Monopolistic competition and optimum product diversity[J]. The American Economic Review, 1977, 67(3): 297-308.
- [8] BALDWIN R, HARRIGAN J. Zeros, quality and space: Trade theory and trade evidence[J]. American Economic Journal: Microeconomics, 2011, 3(2): 60-88.
- [9] BALDWIN R E, ITO T. Quality competition versus price competition goods: An empirical classification[J]. Journal of Economic Integration, 2011, 26(1): 110-135.
- [10] IGAN D, FABRIZIO S, MODY A. The dynamics of product quality and international competitiveness [M]. Washington: International Monetary Fund, 2007: 94-106.
- [11] 杨汝岱, 姚洋. 有限赶超与经济增长[J]. 经济研究, 2008(8): 29-41, 64.
- [12] 杜修立, 王维国. 中国出口贸易的技术结构及其变迁: 1980—2003[J]. 经济研究, 2007(7): 137-151.
- [13] HAUSMANN R, HWANG J, RODRIK D. What you export matters[J]. Journal of Economic Growth, 2007, 12(1): 1-5.
- [14] 关志雄. 从美国市场看“中国制造”的实力——以信息技术产品为中心[J]. 国际经济评论, 2002(4): 5-12.
- [15] 姚洋, 张晔. 中国出口品国内技术含量升级的动态研究——来自全国及江苏省、广东省的证据[J]. 中国社会科学, 2008(2): 67-82, 205-206.
- [16] 魏浩. 中国进口商品技术结构的测算及其国际比较[J]. 统计研究, 2014, 31(12): 54-60.
- [17] 朱琳, 汪波, 徐波. 中国技术进步偏向性的测算与分析[J]. 技术经济, 2016, 35(11): 73-78, 96.
- [18] SCHOTT P K. The relative sophistication of Chinese exports[J]. Economic Policy, 2008, 23(53): 6-9.
- [19] ACEMOGLU D, AUTOR D, DORN D, et al. Import competition and the great US employment sag of the 2000s[J]. Journal of Labor Economics, 2016, 34(S1): S141-S198.
- [20] ANDERSSON M, EJERMO O. How does accessibility to knowledge sources affect the innovativeness of corporations evidence from Sweden[J]. The Annals of Regional Science, 2005, 39(4): 741-765.
- [21] FELIPE J. Total factor productivity growth in East Asia: A critical survey[J] The Journal of Development Studies, 1999, 35(4): 1-41.
- [22] 郑玉歆. 全要素生产率的测算及其增长的规律——由东亚增长模式的争论谈起[J]. 数量经济技术经济研究, 1998(10): 28-34.
- [23] 林毅夫, 任若恩. 东亚经济增长模式相关争论的再探讨[J]. 经济研究, 2007(8): 4-12, 57.
- [24] 赵志耘, 吕冰洋, 郭庆旺, 等. 资本积累与技术进步的动态融合: 中国经济增长的一个典型事实[J]. 经济研究, 2007(11): 18-31.

The Difference Analysis of the Step-by-step and the Great Leap Technology Progress: According the Comparative Research on the R&D Expenditure and the Degree of the Product Processing and Manufacture

Wang Zheng¹, Wang Bihao²

(1. School of Mathematics and Statistics of Central China Normal University, Wuhan 430079, China;

2. Applied Economics Post-doctor Station of Shandong University, Jinan 250100, China)

Abstract: The technology progress has two running ways, one is the step-by-step technology progress, another is the great leap technology progress, caused from the R&D expenditure and the degree of the product processing and manufacture respectively. The main of the theory analysis is the driving forces, differentiate route and value-added effect, etc. The empirical research studies 6 industries as content from the China I-O Survey, selects the R&D expenditure, the intermediate input and the new product value to put-forward econometric analysis, the theory hypothesis has been tested. The results show as follows. The degree of the product processing and manufacture promotes the great leap technology progress, technology advances rapidly, the rate of the factor allocation optimizes continually, the factor input has been used extensively with efficiency, the expand of the technology intensive would make the technology advance with great leap, forming great technology progress space. Increasing the R&D expenditure causes the step-by-step technology progress, slows down the technology progress velocity, can not keep the optimization of the technology innovation productivity, but happen much dissipation, the space of the extra-value becomes smaller and smaller.

Keywords: R&D expenditure; the degree of the product processing and manufacture; input-output productivity; technology progress