

技术资本的替代弹性与产出弹性估算

——以 2008 - 2013 年 A 股上市公司为样本

许秀梅

(青岛农业大学经济与管理学院, 山东 青岛 266109)

[摘要] 以 2008 - 2013 年 A 股上市公司为样本, 构建超越对数生产函数模型, 利用岭回归方法, 估算了技术资本的替代弹性及对产出的影响。结果显示, 技术资本的产出弹性约为 0.05, 远低于人力资本与物质资本, 但增长幅度为 2.2%, 高于人力与物质资本。技术资本对人力资本、物质资本的替代弹性分别为 1.005 与 1.004。另外, 企业技术资本存量不同, 技术资本的产出弹性与替代弹性有明显差异, 高技术企业的产出弹性、替代弹性均高于低技术企业。

[关键词] 技术资本; 替代弹性; 产出弹性; 岭回归
[DOI 编码] 10.13962/j.cnki.37-1486/f.2016.01.004
[中图分类号] F272.92 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 2095-3410(2016)01-0029-09

一、引言

以物联网、云计算、大数据及移动智能终端为代表的新一代信息技术给实体经济注入了无限活力, 也带来巨大商机, 充分说明推动经济发展的生产要素, 除了物质、人力资本外, 还有技术。在现实环境的推动下, 以 Ellen 和 Edward(2009, 2010)^{[1][2]} 为首的经济学家将技术上升到资本的高度, 创造性地提出并论证了技术资本(Technology Capital)命题, 认为技术资本是企业研发形成的专利、非专利技术、商标及其他重要的技术资源等, 它是一国提高创新能力、培育竞争优势以及实现可持续发展的重要推动力。认识到技术资本的重要性, 近年来我国各行业企业技术资本积累水平逐年提升, 公开披露技术资本的上市企业从 2008 年的 591 家上升到 2013 年的 1261 家, 披露内容愈加详细, 有专利、秘方、生产方法、软件、管理系统、开发支出、各种供企业使用的技术权利等, 披露价值也逐年增加。

伴随技术资本的积累, 如何有效地利用技术资本促进企业产出增长成为一个重要课题, 这在很大程度上取决于技术资本与其他生产要素如人力、物质资本之间的相互影响关系。在给定的技术水平下, 要素投入对产出的影响除与自身投入量有关外, 还与其它要素投入有关, 即生产要素之间存在替代或互补关系^[3]。如果技术与物质、人力互补, 那么物质、人力的价格上涨将会引起对技术需求的减少; 相反, 如果它们是替代关系, 反而会刺激对技术的需求。

多年来, 包含技术在内的生产要素间的替代关系及对产出的影响问题一直是国外经济领域的重要课题, 有关文献大多集中于信息技术资本, 并证实了信息技术资本、人力、物质之间具有相互替代关系, 对企业产出也有明显贡献^{[4]-[7]}。相比之下, 国内证据略显不足。李治堂(2009)^[8]曾探讨过信息技术、人力之间的互补关系, 未获得支持性证据。张之

[基金项目] 本文是山东省社会科学规划研究项目“技术资本、替代性与产出提升策略研究——以山东省高新企业为例”(项目编号: 15CGLJ43) 的阶段性成果。

[作者简介] 许秀梅(1978 -), 女, 山东青岛人, 青岛农业大学经济与管理学院副教授。主要研究方向: 技术资本与技术资本配置。

光等(2012)^[9]对此问题进一步验证,发现信息技术资本、物质及人力这三种生产要素之间成对互补且促进了经济增长。

可见,目前国内外学者仅关注到信息技术资本的替代与产出问题,对于一般意义上的技术资本的替代性与产出,现有文献尚未涉及。基于此,技术资本对企业产出的贡献有多大?技术对物质、人力的替代能力如何?技术资本的存量不同,其替代能力、产出能力是否体现出明显差异?接下来,本文通过估算技术资本的产出弹性、替代弹性来分析技术资本的替代能力以及对产出的贡献,这将有助于企业厘清技术资本的贡献能力以及与其他资本之间的相互影响关系,有针对性地制定技术资本的管理策略,且对政府针对微观层面企业制定调结构、促改革的创新驱动政策也具有一定的借鉴意义。

二、文献回顾

(一)技术资本

在不同经济时代,基于对社会实践的不同认识,众多经济学家都曾对技术资本问题进行探讨。古典经济学家亚当·斯密曾指出货币只是资本的一种形式,为提高生产效率而储备的各种改良性技术也是一种资本形态。马克思将技术视为重要的生产力因素之一。新古典创始人马歇尔讨论过技术的重要性,认为技术改良可以阻止规模报酬递减。萨缪尔森进一步强调若企业能够拥有某些特殊的生产要素,如富矿、极高的技术,即使在长期也能得到较高的报酬。可见技术作为一种资本形态得到了经济学家的普遍认可。索洛(1956)^[10]提出外生技术理论,并证实推动经济增长的主要力量不是传统的资本与劳动要素的积累速度,而是所谓的索洛剩余即技术进步。罗默(1990)^[11]认为内生技术理论证实技术和人力资本一样,都是经济增长的根本动力,并特别指出作为一种商品,技术有别于一般的竞争性物品与公共物品,它具有非竞争性与部分排他性特征。技术的非竞争性是指企业或个人在使用某技术时往往无法阻止其他人同时拥有该技术的使用权,技术复制成本很低甚至为零,易于被其他企业模仿。正因如此,企业往往会主动采取一些管理措施控制技术的外泄;技术的部分排他性则保证了技术主体从技术投资中获益。尽管对技术资本的关注由来已久,但真

正明确提出技术资本概念的是 Ellen 和 Edward^{[1][2]}。在国内,罗福凯(2014)^[12]进行过此方面的理论探索,并提出技术资本的生成过程。研发成功的技术成果只有产权清晰进一步成功商业化后才能成为技术资本,与物质、人力资本一起共同创造产出。

(二)技术资本替代弹性

自20世纪80年代以来,信息技术对经济增长的重要性日益突出。鉴于此,最初对技术资本替代能力的关注,大都围绕信息技术资本展开。Dewan 和 Chung(1997)^[4]利用超越对数生产函数以及 AES 弹性方法估计了信息技术资本的替代弹性,发现其与传统的资本、劳动之间存在净替代关系。Chen 和 Lin(2009)^[5]利用 CES 生产函数和 MES 弹性实证检验了信息技术资本与其他要素间的替代性,显示传统资本、劳动、以及信息技术资本在企业层面两两替代。Hyunbae 和 Sung(2006)^[6]也指出受信息技术价格不断下降的影响,信息技术资本对其他要素的替代已成为信息技术积累的一个重要来源。进一步,他们构建了一个模型分别选用 AES 和 MES 方法测定了要素间的替代弹性以及替代对积累的贡献程度,发现1985-1999年信息技术与其他生产要素之间替代明显,这对积累的贡献达到60%,且制造部门信息技术资本的替代程度远高于服务部门。但 Lin 和 Shao(2006)^[7]利用 CES 生产函数发现生产要素之间并不具备两两替代。立足于国内的现实环境,张之光、蔡建峰(2012)^[9]建立不变替代弹性生产函数的局部调整模型分析了国内企业信息技术资本的替代能力,发现信息技术资本不可能完全替代人力资本,其与物质资本、人力资本这三种生产要素之间成对互补,从而否定了之前学者提出的成对替代的结论。罗福凯(2014)^[12]也指明要素资本之间具有替代性,技术替代人力的程度远大于机器设备替代人力的程度,企业技术水平的高低与员工数量之间具有负向关系,但他的研究还缺乏有力的实证检验。

(三)技术资本产出弹性

生产理论主张利用生产函数估计生产要素的产出弹性,以此分析对产出的贡献,其中最常用的是道格拉斯生产函数及扩展形式。利用此类函数得到的结论开始并未支持技术对生产率的促进作用,一度掀起“生产率悖论”^{[13][14]}。后来随着数据和研究方

法的不断更新,越来越多的分析证据尽管选取数据与采用的方法有所差别,大多还是支持技术资本对生产率的促进作用。^{[4] - [7]}

梳理以上文献后发现:其一,生产要素的替代与产出弹性的估算取决于选用的函数形式及估算方法;其二,替代与产出弹性存在显著的时期特征,基于不同年度的数据得出的分析结论有明显差异。基于上述分析,接下来,本文选用 2008 - 2013 年上市公司数据,构建灵活的超越对数生产函数模型,运用岭回归来估算技术资本对物质资本、人力资本的替代弹性与产出弹性。

三、变量定义、理论分析与模型设定

(一)变量定义

1. 技术资本

Ellen 和 Edward (2009)^[1]提出技术资本由专利、非专利技术、商标及其他技术部门组成。其中专利、非专利技术得到公认,但对商标看法不一。罗福凯(2014)^[12]认为商标体现了企业的产品设计理念,应属于知识资本,并进一步指明除专利、非专利技术、重要技术部门外,技术资本还应包括系统与软件、开发支出。本文赞同以上看法,并认为供企业长期使用的各种技术权利也应作为技术资本。因此,文中的技术资本由专利、非专利技术、系统与软件、开发支出、技术研发中心及其他技术权利汇总而成。考虑到技术资本对产出影响的持续性,用历年累积的技术资本存量表示,记为 T。

2. 人力资本

现行研究中人力资本指标的选取主要集中在两大类:数量指标与价值指标。数量指标有员工总人数、员工人数等;价值指标以应付职工薪酬、高管薪酬为主。考虑到职工薪酬指标的内生性,更多人选用数量指标作为人力资本替代变量。开发人的技能、知识的主要渠道在于正规教育,人力资本由教育变量替代比较合适,并用受教育程度来反映人力资本的高低。基于此,文中选用企业在职员工的平均受教育年限作为人力资本的替代存量指标,记为 H。

3. 物质资本

现有研究选取最多的是固定资产、总资产。考虑到企业投入实际,参与生产经营的物质资本除了固定资产,存货和房地产不容忽视,特将其与存货、

固定资产一起共同构成物质资本。参照技术资本处理,选取历年累积的物质资本存量,记为 M。

4. 产出指标 R 用营业总收入表示

与其他会计指标相比,营业总收入更能够代表企业已经实现的营业产出,具有真实性、可验证性,便于不同企业间的比较。另外,参照有关研究,还选择了几个对企业收益可能产生影响的指标作为控制变量,有企业规模、企业年龄、经营风险与企业性质。相关变量定义见表 1。

表 1		变量定义	
类型	名称	符号	计量
被解释变量	营业总收入	R	营业总收入的对数
解释变量	技术资本	T	专利、非专利技术、系统与软件、开发支出、研发中心、其他六大类的汇总后取对数
	人力资本	H	(博士人数 22 + 硕士人数 19 + 大学人数 16 + 高中人数 12) ÷ 员工总数的对数
控制变量	物质资本	M	存货、投资性房地产、固定资产汇总取对数
	企业年龄	age	观测年度 - 注册年度 + 1
	风险	dol	经营杠杆
	企业性质	state	国有为 1,其他为 0
	企业规模	lnsize	在册员工总人数的自然对数

(二)理论分析

1. 产出弹性

测算生产要素对产出的贡献主要是估计要素的产出弹性。产出弹性衡量了在技术水平和投入要素价格不变的条件下,某一要素投入量的相对变动所引起的产出量的相对变动,即产出量变动的百分比与要素投入量变动的百分比的比值。若假定仅存在资本与劳动两种要素,生产函数为 $Y = AF(K, L)$, 对时间 t 求导可得到:

$$\bar{Y} = \frac{\partial F}{\partial K} \bar{K} + \frac{\partial F}{\partial L} \bar{L} + \frac{\partial F}{\partial A} \bar{A}$$

上式两边同除以 Y 得到:

$$\frac{\bar{Y}}{Y} = \frac{\partial F}{\partial K} \frac{K}{Y} \frac{\bar{K}}{K} + \frac{\partial F}{\partial L} \frac{L}{Y} \frac{\bar{L}}{L} + \frac{\partial F}{\partial A} \frac{A}{Y} \frac{\bar{A}}{A}$$

$$\alpha = \frac{\partial Y}{\partial K} \frac{K}{Y} = \frac{\partial Y/Y}{\partial K/K} = \frac{d \ln Y}{d \ln K}, \text{表示资本的产出弹}$$

$$\text{性}; \beta = \frac{\partial Y}{\partial L} \frac{L}{Y} = \frac{\partial Y/Y}{\partial L/L} = \frac{d \ln Y}{d \ln L}, \text{表示劳动的产出弹}$$

$$\text{性}; \frac{\partial F}{\partial A} \frac{A}{Y} \frac{\bar{A}}{A} \text{为全要素生产率。可见,若给出具体的}$$

生产函数形式,利用函数求导关系即可求出要素的产出弹性。

2. 替代弹性

生产要素的替代性因相对的价格变动引起。如当工资率相对于利润率上升时,生产过程中减少劳动用量,增加资本用量较为有利。Hicks(1932)^[15]在其《工资理论》一书中提出用工资率对利润率之比变动1%引起资本对劳力之比变动百分数来衡量资本与劳动之间的替代弹性,用于分析经济增长过程中资本和劳动收入份额的变化。替代性的大小用替代弹性来测量^[13]。替代弹性指资本—劳动投入比的变化率与这两种要素相对价格变化率的比值。仍以 $Y = AF(K, L)$ 为例。生产要素K和L之间的替代弹性可表示为 $\sigma = \frac{d \ln(K/L)}{d \ln(P_L/P_K)}$ 。如果该比值大于1,这两种要素为替代关系;如果小于1,为互补关系。在完全竞争的市场条件下,要素价格之比亦可表示为要素边际替代率之比 $\sigma = \frac{d \ln(K/L)}{d \ln MTRS_{KL}}$ 。此外,若存在多种生产要素,K、L要素价格的变化可能不仅会改变其相对投入,还会引起其他生产要素替代的“多米诺骨牌效应”。基于此,Allen(1938)^[16]提出AES局部替代弹性,将要素i、j之间的替代弹性定义为 $\sigma_{ij}^A = \frac{\varepsilon_{ij}}{s_j}$ 。 ε_{ij} 代表生产要素i的需求量相对于生产要素j价格变化的弹性, s_j 是生产要素j应分担的成本。Blackorby和Russell(1989)^[17]进一步提出要素替代的MES模型,将替代弹性定义为如下一个成本函数: $\sigma_{ij}^M = \frac{P_j \times c_{ij}}{c_i} - \frac{P_j \times c_{ji}}{c_j}$ 。其中, ε_{ij} 为交叉价格弹性, ε_{jj} 为要素j的自身价格弹性。

(三)模型设定

技术资本对产出的影响与其他要素投入密切相关。此种情况下,生产函数的选取很重要。道格拉斯生产函数由于假定资本与劳动的替代弹性为1,主要适用于分析生产要素对产出的影响,并不适用于分析要素之间的替代弹性。另外,CES生产函数假定要素之间替代弹性不变,这与实际不符,也不适用于替代弹性分析。而超越对数生产函数是一种包容性较强、易于估计的变弹性生产函数,具有平方反应面的函数结构,其二次平方项能有效研究生产函数中投入要素的交互影响。易估计是由于它是一个简单线性模型,可以直接采用单方程线性模型估计。

包容性是由于它被视为任何形式生产函数的近似替代。基于此,接下来本文选取超越对数生产函数对数形式,再考虑到对产出有影响的其他控制变量,如企业规模 asset、企业性质 state、经营风险 dol、企业年龄 age,最终的模型设定为:

$$\ln R_{it} = \beta_0 + \beta_t \ln T_{it} + \beta_l \ln H_{it} + \beta_m \ln M_{it} + \beta_{tt} (\ln T_{it})^2 + \beta_{hh} (\ln H_{it})^2 + \beta_{mm} (\ln M_{it})^2 + \beta_{tl} \ln T_{it} \ln H_{it} + \beta_{tm} \ln T_{it} \ln M_{it} + \beta_{lm} \ln H_{it} \ln M_{it} + \ln asset_{it} + state_{it} + dol_{it} + age_{it} + \mu_{it}$$

基于以上分析,接下来,通过计算产出弹性及替代弹性来分析技术资本对其他要素的替代能力以及对产出的贡献。令技术资本、人力资本、物质资本的产出弹性分别为 E_T 、 E_L 、 E_M ,其计算过程如下:

$$E_T = \frac{\partial \ln R_{it}}{\partial \ln T_{it}} = \beta_t + 2\beta_{tt} \ln T_{it} + \beta_{tl} \ln L_{it} + \beta_{tm} \ln M_{it}$$

$$E_L = \frac{\partial \ln R_{it}}{\partial \ln T_{it}} = \beta_l + 2\beta_{ll} \ln T_{it} + \beta_{ll} \ln T_{it} + \beta_{ml} \ln M_{it}$$

$$E_M = \frac{\partial \ln R_{it}}{\partial \ln T_{it}} = \beta_m + 2\beta_{mm} \ln M_{it} + \beta_{ml} \ln L_{it} + \beta_{lm} \ln T_{it}$$

为进一步求解替代弹性,还需要用到边际产量MP。它代表其他条件不变时某一种投入要素增加1个单位时导致的产出量的增加量,用于描述投入要素对产出量的影响程度。以L为例, $MP_L = F(L) = \frac{\Delta TP_L}{\Delta L}$ 。如果总产量是一连续函数,边际产量则为

当 ΔL 趋近于0时 $\frac{\Delta TP_L}{\Delta L}$ 比值的极限,即 $MP_L = \lim_{\Delta L \rightarrow 0} \frac{\Delta TP_L}{\Delta L}$ 。令技术资本、人力资本、物质资本的

边际产出分别为MPT、MPL、MPM,其计算过程为:

$$MPT = \frac{\partial R_{it}}{\partial T_{it}} = \frac{\partial R/R_{it}}{\partial T/T_{it}} \times \frac{R_{it}}{T_{it}} = \frac{\partial \ln R_{it}}{\partial \ln T_{it}} \times \frac{R_{it}}{T_{it}} = E_T \times \frac{R_{it}}{T_{it}}$$

$$MPT = \frac{\partial R_{it}}{\partial L_{it}} = \frac{\partial R/R_{it}}{\partial L/L_{it}} \times \frac{R_{it}}{L_{it}} = \frac{\partial \ln R_{it}}{\partial \ln L_{it}} \times \frac{R_{it}}{L_{it}} = E_L \times \frac{R_{it}}{L_{it}}$$

$$MPT = \frac{\partial R_{it}}{\partial M_{it}} = \frac{\partial R/R_{it}}{\partial M/M_{it}} \times \frac{R_{it}}{M_{it}} = \frac{\partial \ln R_{it}}{\partial \ln M_{it}} \times \frac{R_{it}}{M_{it}} = E_M \times \frac{R_{it}}{M_{it}}$$

由于技术资本的价格数据难以搜集,本文采纳Hicks(1932)^[15]替代弹性的定义。其中,技术资本对物质资本的替代弹性可表示为: $\sigma_{tm} = \frac{d \ln(T/M)}{-d \ln(P_M/P_T)} = -\frac{d \ln(T/M)}{d \ln(MTRS_{MT})}$ 。这里的 $MTRS_{MT}$ 、 $MTRS_{LT}$ 代表了在保持产出不变的条件下,增加一单

位技术资本所能够代替的物质资本的数量,即 $MTRS_{x_1x_2} = \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1}$ 。当 $\Delta x_2 \rightarrow 0$ 时,要素的边际替代率

可以写作 $MTRS_{x_1x_2} = \lim_{\Delta x_1 \rightarrow 0} \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = \frac{dx_2}{dx_1} = -\frac{MP_{x_1}}{MP_{x_2}}$ 。由此,

$$\sigma_{tm} = -\frac{d\ln(T/M)}{-d\ln(P_M/P_T)} = \frac{d\ln(T/M)}{d\ln(\frac{MP_m}{MP_t})} = \frac{d \frac{T}{M} \frac{MP_m}{MP_t}}{d \frac{MP_m}{MP_t} \frac{T}{M}}。同$$

样,技术资本对人力资本的替代弹性也可表示为:

$$\frac{d\ln(T/L)}{d\ln(\frac{MP_L}{MP_T})} = \frac{d \frac{T}{L} \frac{MP_L}{MP_T}}{d \frac{MP_L}{MP_T} \frac{T}{L}}$$

将 MP_t 、 MP_L 、 MP_m 带入上述公式,经过整理后可以得到:

$$\begin{aligned} \sigma_{tl} &= \left[1 + \frac{-\sigma_{tl} + \sigma_{ll} \frac{E_l}{E_t}}{-E_t + E_l} \right]^{-1} \\ &= \frac{E_l^2 - E_t E_l}{E_l^2 - E_t E_l - \sigma_{tl} E_l + \sigma_{ll} E_t} \\ \sigma_{tm} &= \left[1 + \frac{-\sigma_{tm} + \sigma_{mm} \frac{E_t}{E_m}}{-E_t + E_m} \right]^{-1} \\ &= \frac{E_m^2 - E_t E_m}{E_m^2 - E_t E_m - \sigma_{tm} E_m + \sigma_{mm} E_t} \end{aligned}$$

四、样本、数据与估计方法

(一) 样本与数据

本文中分析数据主要来自 2008 - 2013 年 A 股上市公司财务报告及附注项目。其中,技术资本根据财务报告附注中的无形资产明细项目逐个分类整理;物质资本根据固定资产、存货、投资性房地产汇总得到;营业总收入来自利润表;员工人数、员工受教育年限、企业年龄、性质来自财务报告中的企业基本情况说明。以上数据均从国泰安数据库中搜集。根据研究惯例,利用以下标准对样本进行筛选:剔除金融类上市企业;考虑到样本期间为 2008 - 2013 年,剔除成立年限小于 6 的样本;剔除技术资本、人力资本、物质资本为零的样本;剔除相关数据缺失的样本;剔除存在 ST 记录的公司;为规避异常值,对所有变量在 1% 和 99% 水平进行 Winsorize 处理。最后共得到 167 个企业 5 年数据,共计 835 个样本。

另外,上述存量数据在分析前还需进行平减处理以剔除价格因素的影响。考虑到技术资本是各类材料、原料、固定性投资、人力的综合作用,用工业生产原料购进价格指数、固定资产投资价格指数以及居民消费物价指数的简单加权平均值来构建技术资本价格平滑指数。存货价格指数选取工业生产者出厂价格指数和购进价格指数的简单平均数,投资性房地产、固定资产分别选取房价指数,固定资产投资价格指数。物质资本按照存货、投资性房地产及固定资产的加权平均价格指数进行平减,权重为相应存量比例。营业总收入选取居民消费价格指数。以上价格平减均以 2008 年为基期。

(二) 估计方法

由于技术、人力与物质资本之间存在明显的多重共线性,选择恰当的分析方法非常重要。经初步回归,发现各变量的方差膨胀因子(VIF)远大于 10,多重共线性严重。为消除多重共线性的影响,文中采用岭回归分析。岭回归是一种有偏的估计方法,经常用于共线性的数据分析,通过损失部分信息为代价来寻求回归系数,更符合实际的回归过程。它对病态数据的耐受性远强于最小二乘。根据岭迹图 1,各解释变量系数在岭迹为 0.10 时趋于稳定。此时,方差膨胀因子 VIF 也通过了显著性检验。因此文中选取 $K = 0.1$ 进行岭回归。

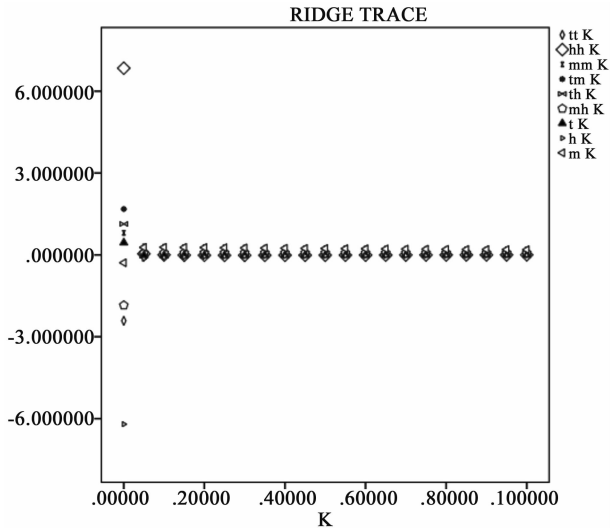


图 1 岭迹图

五、实证分析

接下来,应用 SPSS 软件包对模型一进行岭估计。为稳健起见,另外给出最小二乘的估计结果,见

表2。表2显示,岭回归的F值62.785,R2达到0.948,模型拟合较好,各自变量VIF值远小于5,不存在严重多重共线性。相比之下,最小二乘回归的F值为59.38,R2为0.419,模型拟合情况一般,且各自变量VIF值远高于10,多重共线性严重。因此,接下来的弹性估计仅依赖岭回归的估计结果。

表2 模型回归结果					
岭回归估计结果			最小二乘回归结果		
	回归系数	标准化回归系数	VIF值	系数	VIF
tt	0.006 *	0.002	1.453	0.011	66.8
hh	0.008 ***	0.035	0.978	0.017 **	80.5
mm	0.05 ***	0.204	2.532	-0.08 **	245.1
tm	0.03 ***	0.08	1.621	0.01 *	201.6
th	0.006 **	0.021	1.202	0.09	74.81
mh	0.02 ***	0.103	0.882	0.05 *	2536
t	0.01 *	0.012	1.034	0.72 *	66.31
h	0.04 **	0.01	1.921	-1.70 ***	62.31
m	0.24 ***	0.21	1.203	3.05 ***	1320.58
lnasset	0.18 ***	0.24	2.021	1.66 ***	65.32
state	0.08 *	0.030	0.745	0.08	3.43
age	0.07 *	0.020	0.523	0.06 *	1.46
dol	-0.05 *	-0.03	0.922	-0.02	1.71
截距项	11.53 ***	0	0.456	2.22	
F	62.78 ***			59.38	
R2	0.95			0.519	

岭估计显示各自变量回归系数均达到了10%的显著水平,对企业产出均具有明显促进作用。其中,与m有关的各自变量系数相对较大,其次是h变量,t变量系数最小,初步反映出在产出能力方面,大部分企业仍以物质资本与人力资本为主,技术资本作用相对偏弱。下面,进一步根据产出弹性比较分析。

(一)技术资本产出弹性

根据表2的估计结果及前述有关弹性公式,求出技术资本产出弹性(为便于比较,另给出人力资本、物质资本弹性,以下同),见表3。从均值看,技术资本的产出弹性为0.05,说明技术资本投入每增加1%,营业总收入平均提升0.05%。与之相比,人力资本、物质资本产出弹性分别为0.105和0.56,说明投入每增加1%,营业总收入将分别提升10.5%和56%,大于技术资本,反映出我国各行业上市公司的资本配置仍以物质资本与人力资本为主,技术资本存量相对较小,且整体质量还有待提升。

但从增幅看,自2008年以来技术资本的产出弹性增加了2.2%,而人力资本、物质资本的产出弹性分别增加1.34%和1.2%,明显低于技术资本增幅。

可见,这些年,伴随技术资本的积累,尽管现阶段上市公司的技术资本产出弹性远小于物质资本与人力资本,但其增长幅度最大,增长趋势较好。

表3 产出弹性与替代弹性			
年度	Et	El	Em
2008	0.0517	0.1051	0.5574
2009	0.0520	0.1054	0.5587
2010	0.0522	0.1059	0.5606
2011	0.0523	0.1059	0.5613
2012	0.0524	0.1058	0.5619
2013	0.0528	0.1065	0.5641
均值	0.05	0.1055	0.5612
增幅(%)	2.20	1.34	1.20

为详细了解相邻年份产出弹性的变动情况,下面给出产出弹性的变动趋势,见图2。图2中除明显看出物质资本、人力资本的产出弹性高于技术资本外,整体上,各类资本的产出弹性年度变动均不明显。这说明2008以来我国上市公司技术、人力与物质资本的产出能力不同年度间变化不大,其中人力与物质资本呈微幅下降趋势,但技术资本呈微幅上升趋势。随着技术资本积累的增加,这种趋势可能还将持续。

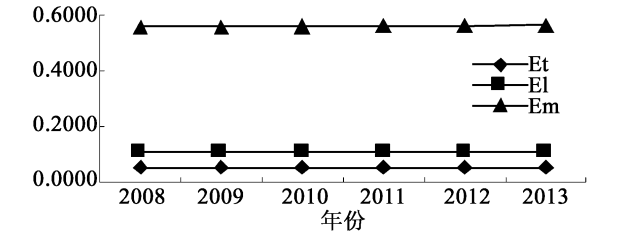


图2 产出弹性变动趋势

(二)技术资本的替代弹性分析

根据前述的计算公式以及模型估计结果,进一步求出技术资本对人力资本、物质资本的替代弹性 σ_{il} 和 σ_{lm} ,见表4(为便于比较分析,另给出 σ_{ml})。表4显示,从均值看, σ_{il} 和 σ_{lm} 分别为1.005和1.004,这说明现阶段上市公司技术资本对人力资本的替代能力略高于技术资本对物质资本的替代能力,这验证了罗福凯(2014)^[12]的分析结论。另外, σ_{ml} 为1.0039,这与 σ_{lm} 持平,从侧面反映出上市公司的技术资本的整体质量偏弱。此外,从增幅看,2008-2013年 σ_{il} 、 σ_{ml} 、 σ_{lm} 均下降了0.01%,技术及其他资本的替代弹性出现同幅下降,替代能力减弱。

为进一步了解相邻年度替代弹性的变动情况,另给出图3。图3除进一步验证了 σ_{il} 大于 σ_{ml} 、 σ_{lm}

表 4 替代弹性估计结果

	σ_{il}	σ_{ml}	σ_{im}
2008	1.00435	1.00397	1.00397
2009	1.00433	1.00395	1.00396
2010	1.00431	1.00393	1.00394
2011	1.00430	1.00394	1.00394
2012	1.00450	1.00395	1.00393
2013	1.00436	1.00392	1.00391
均值	1.005	1.00394	1.004
增幅(%)	-0.01	-0.01	-0.01

外, σ_{il} 、 σ_{ml} 、 σ_{im} 均呈现缓慢的下降趋势。其中, σ_{il} 、 σ_{im} 持续下降, 尤其 2012 - 2013 年下降明显。相比之下, ml 呈现出降—增—降的曲线变动。由此可见, 自 2008 年以来, 我国上市公司技术资本与其他资本之间整体上表现为较明显的替代关系, 企业可能更多地出于降低成本动机来配置技术及其他资本之间的比例, 导致技术资本内在创新性能不足, 在很大程度上影响到企业产出的持续增长。由此, 技术资本的替代性很可能是导致其产出弹性偏小的一个重要原因。

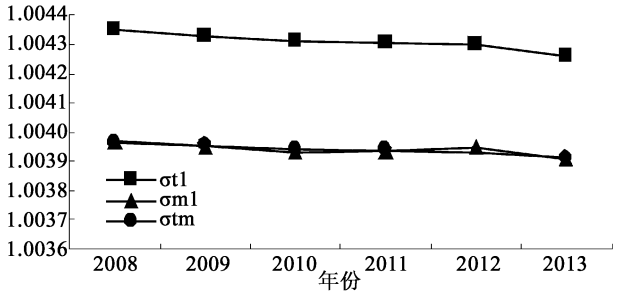


图 3 替代弹性变动趋势

(三) 进一步分析

技术资本的产出及替代能力是否会随着技术资本配置量的不同而体现出有规律的差异性, 还需做进一步分析, 这将有助于企业的技术资本投资与管理决策。接下来, 对 2008 - 2013 年样本企业的技术资本存量排序, 并按照中位数进一步分类, 技术资本存量居上中位的作为高技术企业, 反之作为低技术企业, 据此分类估算产出及替代弹性, 见图 4 至图 6。

图 4 至图 6 显示, 整体上, 高技术企业的 σ_{Et} 、 σ_{il} 、 σ_{im} 均明显高于低技术企业, 这说明技术资本存量越大, 其产出弹性、替代弹性越强。具体看, 随着各年度技术资本存量的变化, 高低技术企业呈现出了不同的弹性变化趋势。2008 年和 2009 年, 高技术企业的 σ_{Et} 、 σ_{il} 、 σ_{im} 明显高于低技术企业。2010 年出现转折, 低技术企业的 σ_{Et} 、 σ_{il} 、 σ_{im} 超过了高技

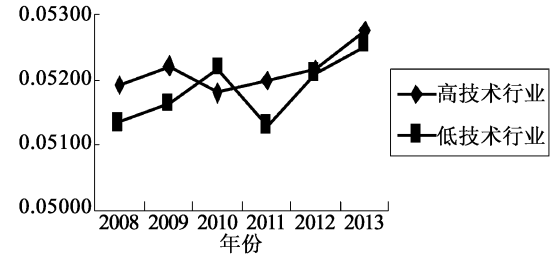


图 4 高、低技术企业 σ_{Et} 变动趋势

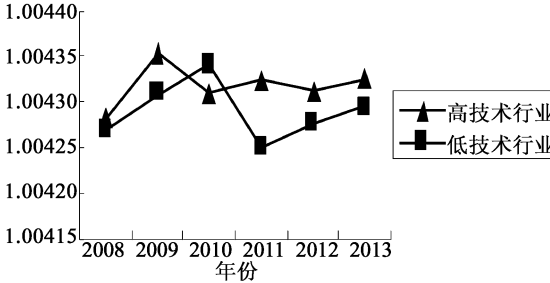


图 5 高、低技术企业 σ_{il} 变动趋势

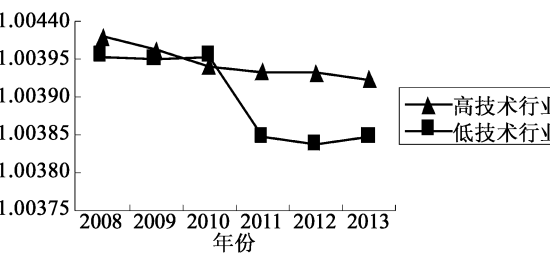


图 6 高、低技术企业 σ_{im} 变动趋势

术企业, 这主要受到该年度高低技术企业技术资本存量波动的影响。到 2011 年, 低技术企业的 σ_{Et} 、 σ_{il} 、 σ_{im} 开始出现明显回落, 而高技术企业的各项指标变动幅度不大, 且仍保持明显优势。

另外, 值得注意的是, 2010 年是个重要的分水岭。之前, 高低技术企业的 σ_{Et} 、 σ_{il} 差距较为明显, σ_{im} 的差距较小; 但之后出现相反的变动趋势, σ_{Et} 、 σ_{il} 的差距开始逐步缩小, 尤以 σ_{Et} 、 σ_{il} 突出, 至 2013 年几乎持平, 但 σ_{im} 的差距却明显变大。一方面, 这与不同样本组的技术资本存量波动有关; 另一方面, 也反映出了资本异质性差异的变化。新的要素资本理论认为, 资本的异质性越强, 越难以被替代。一定程度上, 高低技术企业技术资本的弹性差异主要受其存量差异与资本异质差异的共同影响。2011 年之前, 物质资本的地位较突出, 相比之下, 企业间的人力资本的质量差异不明显, 技术资本创新性较低, 异质性不突出; 技术资本量高的企业, 更易于替代人力。随着转型升级力度的加大, 企业物质资本投入

明显降低,创新性较高的技术资本、高质量人力资本受到普遍重视,这降低了技术对人力的替代能力,但提升了对物质资本的替代能力。综上分析,随着技术资本存量的变动,高低技术企业技术资本的产出弹性、替代弹性呈现出了一定的变动规律。

六、分析结论与建议

对于技术资本的替代性与产出问题,现有研究仅集中于信息技术资本,且仅围绕替代或产出弹性分开讨论,虽然不少文献已经证实了信息技术资本的替代能力及对产出的积极影响,却并未深究这种关系是否可扩大适用于一般意义上的技术资本。研究技术资本的产出弹性以及对人力资本、物质资本的替代弹性是本文区别于前人研究的主要贡献。文中得到的主要结论如下:(1)从产出弹性看,2008—2013年我国上市公司技术资本的平均产出弹性为0.05,低于人力资本和物质资本,但其增长幅度达到2.2%,超过人力资本与物质资本。(2)从替代弹性看,2008—2013年上市公司技术资本对人力资本的平均替代弹性为1.00431,大于物质资本对人力资本的替代弹性1.00394。另外,技术资本对物质资本的替代弹性亦为1.00394,与物质资本对人力资本的替代基本持平。(3)企业技术资本存量不同,技术资本的产出弹性与替代弹性差异明显,高技术企业的产出弹性、替代弹性明显高于低技术企业。

立足于国内的现实环境,本文的结论对技术主导型企业如何利用技术资本推动企业持续产出增长具有重大的现实意义。通过本文的研究,发现现阶段企业的技术资本产出弹性较低,且替代性明显。因此,企业一方面需要考虑如何通过加大技术资本配置量来提高其产出弹性,另一方面,还要考虑采取有效措施调整技术资本与其他资本之间的替代关系,使之逐渐向互补关系转移,以便更有力地促进产出增长。基于此,提出如下建议:首先,企业应加大配置技术资本。技术资本的来源渠道有很多,自主技术创新应成为主要渠道,这还需依靠高质量的技术型人力资本来完成。再考虑到技术对人力的替代性,企业应在降低普通入力的同时,提高技术研发人员、技术高管、熟练技术工人等技术型人力资本的数量,这样既促进了自主技术资本的积累,也改善了技术与人力之间的相互影响关系,提高技术资本对产

出的贡献。另外,技术的来源渠道也需拓宽,吸收技术投资、获得技术许可权、技术使用权、合作研发、技术购买、技术抵押等也应成为重要补充。

进一步,企业还需优化技术资本内部结构,来改善与其他资本之间的替代关系。长期以来,多数企业技术资本配置质量不高,以办公系统与软件、技术使用权等为主,主要靠外购取得,自主专利、非专利技术比重偏低。再加上物质、人力资本也多以低成本劳动力、廉价材料、资源为主,致使资本之间更易于实现相互替代,对产出的持续作用力有限。要从根本上提高技术资本对产出的贡献,除了调增配置量,还需提高技术资本中的专利、非专利技术、开发支出占比,适当降低办公系统软件、技术使用权比重。此外,辅以调增人力资本中的高素质人力比重,物质资本中的节能环保、可持续型资源与材料的比重,只有这样才能够抑制资本之间的替代性,增强互补性及对产出的正效应。

参考文献:

- [1]Ellen R. M., Edward C. P. Openness, Technology Capital and Development[J]. Journal of Economic Theory, 2009, (144):2454—2476.
- [2]Ellen R. M., Edward C. P. Technology Capital and the US Current Account[J]. American Economic Review, 2010, (100):1493—1522.
- [3]董会忠,闫秀霞,陶建格.中国钢铁工业能源—资本—劳动替代关系研究[J].科研管理,2012,(08):120—127.
- [4]Dewan S., Chung M. The Substitution of Information Technology for Other Factors of Production: A Firm Level Analysis[J]. Management Science, 1997, 43(12):1660—1675.
- [5]Chen Y. H., Lin W. T. Analyzing the Relationships Between Information Technology, Inputs Substitution and National Characteristics Based on CES Stochastic Frontier Production Models[J]. International Journal of Production Economics, 2009, 120(2):552—569.
- [6]Hyunbae C., Sung B. M. Substitutability and Accumulation of Information Technology Capital in United State Industries[J]. Southern Economic Journal, 2006, 72(4):1002—1015.
- [7]Lin W. T., Shao B. M. Assessing the Input Effect on Productive Efficiency in Production Systems: the Value of Information Technology Capital[J]. International Journal of Produc-

tion Research,2006,44 (9):1799 – 1819.

[8]李治堂. 基于互补性理论的信息技术投资绩效研究[J]. 科研管理,2009,(01):8 – 13.

[9]张之光,蔡建峰. 信息技术资本、替代性与中国经济增长——基于局部调整模型的分析[J]. 数量经济技术经济研究,2012,(09):72 – 81.

[10]Solow Robert Merton. A Contribution to the Theory of Economic Growth[J]. Quarterly Journal of Economics,1956,70 (1):65 – 94.

[11]Rome P. M. Endogenous Technological Change[J]. Journal of Political Economy,1990,98(5):71 – 102.

[12]罗福凯. 论技术资本:社会经济的第四种资本[J]. 山东大学学报(哲学社会科学版),2014,(01):63 – 73.

[13]Hitt L. M. , Brynjolfsson E. Productivity, Business Profitability, and Consumer Surplus; Three Different Measures of Information Technology Value[J]. MIS Quarterly,1996,20(2):121 – 142.

[14]Brynjolfsson E, Hitt L. M. Computing Productivity: Firm Level Evidence[J]. Review of Economics & Statistics, 2003,85 (4):793 – 808.

[15]Hicks, John R. Theory of Wages[M]. London: Macmillan,1932.

[16]Allen R. G. Mathematical Analysis for Economists[M]. London: Macmillan,1938.

[17]Blackorby C. R. , Roben R. Will the Real Elasticity of Substitution Please Stand Up[J]. American Economic Review, 1989,79:882 – 888.

(责任编辑:宋 敏)

Estimate of the Substitution and Output Elasticity of Technology Capital
——Taking 2008 – 2013 A – share Listed Corporations as Samples

XU Xiumei

(School of Economics and Management, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

Abstract: Taking 2008 – 2013 listed corporations as a sample, constructing a trans – log production function model, and using ridge regression method, this paper estimates the technology capital’s substitution and output elasticity. The results show that the output elasticity of technology capital is 0.05, much lower than human capital and material capital. But its growth rate is 2.2%, higher than human capital and material capital. The substitution elasticity of technology capital for human capital and physical capital is 1.05 and 1.04 respectively. Furthermore, if the enterprise’s technology capital stock is different, the difference in the elasticity of output and substitution is obvious. The output and substitution elasticity of high – tech enterprises are obviously higher than those of low – tech enterprises.

Key Words: Technology capital; Substitution elasticity; Output elasticity; Ridge regression

