

# 创新价值链视角下我国上市军工企业技术创新效率评价研究

方正起<sup>1</sup> 张宝承<sup>1</sup> 秦杰<sup>2</sup>

(1.中国人民解放军陆军勤务学院国防经济系,重庆 401331;  
2.中国人民解放军空军勤务学院研究生大队,江苏 徐州 221000)

**[摘要]** 基于创新价值链视角,以我国国防科技工业领域“十一大军工集团”所属的境内54家上市军工企业为研究样本,运用网络EBM模型对我国上市军工企业技术开发阶段、创新成果转化阶段以及整体的技术创新效率进行评价,使用全局前沿Malmquist指数模型考察军工企业技术效率在时间维度上的变动趋势,分析企业全要素生产率及其分解效率的动态演化特征。研究发现:我国上市军工企业规模经济性较高,但纯技术效率DEA失效拉低了军工企业综合技术效率水平;我国上市军工企业两阶段效率普遍偏低,技术开发与创新成果转化两阶段创新活动脱节,技术研发没有以市场需求为导向,存在技术研发成果质量不高、创新成果转化效率较低、集约研发创新型企业数量过少等一系列突出问题;纵向维度而言,企业全要素生产率的改善明显依赖于技术效率提升与技术进步,并且相比于技术效率的提升,技术进步对企业全要素生产率的影响与推动作用更大。

**[关键词]** 上市军工企业;技术创新;效率评价;网络EBM模型

**[DOI编码]** 10.13962/j.cnki.37-1486/f.2019.06.004

**[中图分类号]**F42 **[文献标识码]**A **[文章编号]**2095-3410(2019)06-0037-12

## 一、引言

随着国家创新驱动发展战略的提出,技术创新效率问题已成为我国军工企业改革与发展的核心。军工企业技术创新效率是指军工企业在技术创新活动中所实现的效能,涉及企业技术开发、创新成果转化与商业化经营生产等诸多方面,反映了军工企业在创新经济活动中各项投入与产出之间内在联系与比率关系,是企业技术创新与商业经营能力的重要体现。科学评价我国上市军工企业技术创新效率,准确把握其动态变化趋势,合理分析企业技术创新效率影响因素,对于优化军工企业创新资源配置、提高企业经营管理水平、推动军工企业公司制改革均具有重要意义。

2018年初我国十一大军工集团均已完成公司制改革,为进一步增强我国上市军工企业创新活力,提高企业技术创新效率,推动股权多元化和混合所有制改革奠定了基础。通过公司制

**[作者简介]**方正起(1966- ),男,湖北蕲春人,中国人民解放军陆军勤务学院国防经济系教授、博士生导师。主要研究方向:国防经济、军民融合。

体制改革,能够推动军工企业真正成为依法自主经营、自负盈亏的独立市场主体和创新主体。十一大军工集团所属军工企业是我国国防科技工业领域的骨干力量,多数已入围中国五百强企业名单,但与国外军工巨头相比,在技术创新水平方面仍存在巨大差距,至今仍面临不少问题和困难。潘悦等(2017)<sup>[1]</sup>认为当前我国军工行业发展过程中,军民融合合力尚未形成、自主创新能力差距较大且原始创新动力不足等问题已成为制约国防科技工业发展的主要因素。宗瑾(2017)<sup>[2]</sup>通过实证分析发现我国上市军工企业整体综合技术创新效率水平较低,规模不经济导致企业未实现技术有效提升。杨凌霄(2012)<sup>[3]</sup>通过实证分析发现,我国上市军工企业董事会治理机制与管理层激励机制未在企业技术创新过程中发挥应尽作用。韩瑞平(2004)<sup>[4]</sup>认为军工企业有效投融资机制梗塞、技术创新投入不足,尚未成为真正的创新主体。在这种情况下,准确评价我国上市军工企业技术创新效率,有助于充分了解军工企业创新发展现状,把握企业未来创新发展方向,为加快企业转型升级打下坚实基础。关于军工企业技术创新效率及其评价问题,国内外专家学者做了相关研究。Jeong等(2010)<sup>[5]</sup>运用随机前沿分析方法(SFA)分别测算了韩国军工企业民用部分与军用部分平均技术效率,发现韩国军工企业军事生产部分的技术效率要低于纯民用生产部分。Barros(2002)<sup>[6]</sup>认为提升葡萄牙国防工业竞争力,必须以提升军工领域技术效率和促进技术变革为基础。国内专家学者主要遵循两种研究思路,一是对上市军工企业技术创新效率进行准确评价;二是定量研究影响军工企业技术创新效率的重要因素。熊国经、宗瑾(2017)<sup>[7]</sup>选用单阶段DEA模型测量我国军工企业2011-2015年间的技术创新效率,得出了近五年企业技术创新效率不高、规模效率低下等结论。于志军等(2015)<sup>[8]</sup>选用SFA模型测算了安徽省内8家军工企业技术创新效率,发现企业存在技术效率较低、创新投入规模不经济等问题。张旭等(2013)<sup>[9]</sup>运用SFA模型从企业产权结构和产品市场竞争两个方面分析影响上市军工企业技术创新效率的重要因素。王柏杰、李爱文(2016)<sup>[10]</sup>运用SFA模型评价军工集团所属上市公司的技术创新效率,并进一步研究了产品差异化、股权结构变动对企业技术效率的影响。

上述文献为本文研究军工企业技术创新效率提供了重要参考,但是这些研究大都是基于传统数据包络分析方法(DEA)或随机前沿分析方法(SFA)开展的,将整个军工企业技术创新过程视为“黑箱”,只关注决策单元的最初投入与最终产出,忽略了企业内部技术创新运行机制和创新价值实现过程,也没有考察军工企业技术创新效率在时间维度上的变动趋势。可见这种评价方式是不合理的,难以准确评价军工企业技术创新效率。随着对企业创新价值链的深入研究,少数国内外学者开始对企业技术创新全过程进行细化和灰化,研究其内部结构和子过程运行机制。本文借鉴已有最新研究成果,对我国上市军工企业技术创新效率评价开展以下改进工作:第一,考虑到企业技术创新实现过程及创新价值链划分,基于创新要素投入导向建立网络EBM模型,打开企业技术创新“黑箱”,准确评价我国上市军工企业各阶段及全过程技术创新效率,并区分企业技术创新活动的规模有效性和技术有效性;第二,对军工企业技术开发阶段与创新成果转化阶段技术创新效率进行对比分析,绘制两阶段技术效率矩阵图,按企业技术创新模式对所有上市军工企业进行合理分类;第三,引入全局前沿Malmquist指数模型测量军工企业全要素生产率及其分解效率,揭示我国上市军工企业技术创新效率的动态变化

规律,以期政府决策和军工发展提供理论依据和科学方法。

## 二、上市军工企业技术创新效率评价原理及模型构建

### (一) 企业技术创新过程分析

企业技术创新的价值实现过程包含技术从研究到开发、再从开发到经济成果转化等一系列复杂活动。本文借鉴了 Hansen 和 Birkinshaw(2007)<sup>[11]</sup> 基于创新价值链视角的研究方法,将企业技术创新过程划分为上游的技术开发阶段与下游的创新成果转化阶段。其中,技术开发阶段是指军工企业通过投入研究资金、研发人员等初始技术研发投入到获取中间创新成果产出的过程。上游的技术开发阶段的核心任务即为技术开发(张根文等,2015<sup>[12]</sup>;冯志军、陈伟,2014<sup>[13]</sup>)。创新成果转化阶段是指企业将技术开发成果应用于生产可供市场销售的产品,实现中间创新成果商业化,形成企业经济效益的过程,是技术开发阶段的延续,也是连接技术创新成果与市场的关键环节,其核心任务是实现中间创新成果产出的市场价值。中间创新成果产出作为企业整个技术创新活动的中间产物,既是企业前期研发投入的初步成果,又是后期应用于商业生产、形成经济效益的前提,连接并推动着各子阶段相互促进、协调发展。不难看出,企业技术创新价值实现过程具有明显的两阶段链式网络特征。具体过程如图 1 所示:

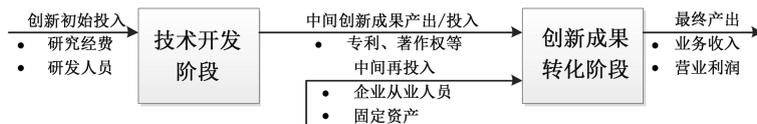


图 1 上市军工企业技术创新过程解构

### (二) 网络 EBM 模型构建

提高上市军工企业技术创新效率的首要前提是科学、客观、有效地评价其技术创新效率水平。数据包络分析(DEA)理论模型是由美国学者 Charnes 等(1978)<sup>[14]</sup>首次提出的,并命名为 CCR 模型。该模型仅仅考虑各决策单元(Decision Making Unit, DMU)的投入与产出数据,可直接构造决策单元组生产可能集的前沿面,无须设定生产函数及分布假设,在测算具有多投入与多产出特征的决策单元(DMU)技术创新效率时具备一定优势。但 CCR 模型并没有考虑规模报酬变动的问题,要进一步测得企业纯技术效率和规模效率,则需用到 BCC 模型。Banker 等(1984)<sup>[15]</sup>提出 BCC 模型。与 CCR 模型不同的是,基于规模报酬可变的 BBC 模型测量的技术效率不含规模效率成分,是企业技术创新的纯技术效率值,CCR 与 BCC 模型根据其 主要特征通常也被称为径向测算模型。为解决径向测算模型对决策单元(DMU)无效率测量没有包含松弛变量的问题,Tone(2002)<sup>[16]</sup>提出了非径向测算的 SBM(Slack Based Measure, SMB)模型。从距离函数的角度去考虑,SBM 模型中被评价决策主体的投影点是前沿面上距离最远的点,会导致所测量的效率值最小化,这是 SBM 模型的不足。鉴于 CCR、BCC 模型与 SBM 模型的不足,Tone 和 Tsutsui(2010)<sup>[17]</sup>提出了包含径向与 SBM 两类距离函数的混合模型。该模型综合考虑径向与非径向的混合距离问题,因在模型中使用了  $\varepsilon$  参数,又被称为 EBM 模型。投入导向 EBM 的线性规划具体如式(1)所示:

$$\gamma^* = \min \theta - \varepsilon_x \sum_{i=1}^m \frac{w_i^- s_i^-}{x_{i0}}$$

$$\begin{aligned} \text{s.t. } & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta x_{i0} \quad i=1,2,\dots,m; \\ & \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq y_{r0} \quad r=1,2,\dots,s; \\ & \lambda_j \geq 0; s_j \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

其中,  $\gamma^*$  为技术创新效率最优值,  $\theta$  为技术创新效率的径向值。  $x_{ij}$  和  $y_{rj}$  表示第  $j$  个 DMU 的第  $i$  个投入与第  $r$  个产出, 下标为 0 则表示正处于测算下的 DMU,  $s_i^-$  表示第  $i$  项投入的松弛变量,  $w_i^-$  表示第  $i$  项投入指标的相对重要程度, 并且满足  $\sum_{i=1}^m w_i^- = 1$ 。  $\varepsilon_x$  是 EMB 模型计算决策单元相对效率的关键参数, 表示在效率值的计算中非径向部分的重要程度, 兼备径向  $\theta$  与非径向松弛变量  $s$  特征: 取 0 时相当于 CCR 模型; 取 1 时则转化为 SBM 模型。参数  $\varepsilon$  与  $w_i^-$  需要在 EMB 模型构建之前确定, 可根据 Tone 和 Tsutsui 提出的离散指数方法计算得出。上述单阶段 EMB 模型相比于 CCR 及 SBM 模型能够客观合理的评价决策单元技术效率, 但忽视了决策单元 R&D 活动内部结构和创新子过程的交互作用, 将企业技术创新过程抽象为“黑箱”。为此, Madjid 等(2013)<sup>[18]</sup> 提出了网络 EMB 模型, 完美解决了上述问题。本文基于 Madjid 等人的研究成果, 构建了网络 EMB 模型, 试图打开企业技术创新“黑箱”, 对企业技术创新效率进行深层次分析。网络 EMB 模型是网络 DEA 模型的一种, 其评价模型具体如式(2)所示:

$$\begin{aligned} \gamma^* &= \min \sum_{h=1}^k w_h (\theta_h - \varepsilon_x^h \sum_{i=1}^{m_h} \frac{w_i^- s_i^-}{x_{i0}^h}) \\ \text{s.t. } & \sum_{j=1}^n x_{ij}^h \lambda_j^h + s_i^{h-} = \theta_h x_{i0}^h \quad i=1,2,\dots,m_h, h=1,2,\dots,k, \\ & \sum_{j=1}^n y_{rj}^h \lambda_j^h \geq y_{r0}^h \quad r=1,2,\dots,s_h, h=1,2,\dots,k, \\ & \sum_{j=1}^n z_{f(h,h')}^{(h,h')} \lambda_j^h = \sum_{j=1}^n z_{f(h,h')}^{(h,h')} \lambda_j^{h'}, f_{(h,h')} = 1, \dots, F_{(h,h')}, \forall (h,h'), \\ & \theta_h \leq 1, h=1,2,\dots,k, \quad \lambda_j^k \geq 0, j=1,2,\dots,n, h=1,2,\dots,k, \\ & s_i^{h-} \geq 0, i=1,2,\dots,m_h, h=1,2,\dots,k, \end{aligned} \quad (2)$$

在两阶段网络 EMB 模型中, 每个决策单元 DMU<sub>j</sub> 包含  $K$  个节点, 对应的是企业技术创新过程的  $K$  个阶段。  $x_{ij}^h$  与  $y_{rj}^h$  分别表示 DMU<sub>j</sub> 的第  $h$  个节点的第  $i$  个投入和第  $r$  个产出。  $z_{f(h,h')}^{(h,h')}$  表示 DMU<sub>j</sub> 的第  $h$  节点到  $h'$  节点的中间产出变量, 下标  $f_{(h,h')}$  则表示第  $h$  节点到  $h'$  节点中间产出变量的个数 ( $f_{(h,h')} = 1, \dots, F_{(h,h')}$ )。  $w_h$  是由决策者确定的, 表示  $h$  节点的重要性程度。一个节点对应一个阶段, 本文将企业技术创新过程划分为两个阶段, 两个阶段的权重均设为 0.5, 即  $w_1 = w_2 = 0.5$ 。根据 Madjid 等的定义, 网络 EMB 模型各阶段技术创新效率为:

$$\gamma_{NEBM}^h = \theta_h - \varepsilon_x^h \sum_{i=1}^{m_h} \frac{w_i^- s_i^-}{x_{i0}^h} \quad (3)$$

### (三) 全局前沿 Malmquist 指数模型构建

企业技术创新都是一个长期、连续的过程。在这过程中, 技术效率是在发生变化的(通常技术是在不断进步)。DEA 模型可以利用各时期的截面数据测量决策主体的技术创新效率, 分析决策主体创新投入的利用状况, 但各期所测量效率值之间不具备可比性, 不能反映企业技术创新效率在时间维度上的动态变化。技术创新效率的跨期变动研究通常采用 Malmquist 指数模型。经济学家 Malmquist 最早提出 Malmquist 指数模型。Fare 和 Grosskopf(1992)<sup>[19]</sup> 整合

了 Farrell 和 Caves 等人对系统效率的评价方法,将该指数运用到 DEA 方法中,建立用来观察两个不同时期全要素生产率(TFP)和技术效率增长的 Malmquist 指数模型。全局前沿 Malmquist 指数(Global Malmquist Index, GMI)模型是由学者 Pastor 和 Lovell(2005)<sup>[20]</sup>提出的一种以所有各期 DMU 的总和作为参考集的指数计算方法,其推算公式为:

$$\begin{aligned} M_g^1(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) &= \left[ \frac{E^g(x^{t+1}, y^{t+1})}{E^g(x^t, y^t)} \right] \\ &= \left[ \frac{s^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{E^t(x^t, y^t)} \right] \times \left[ \frac{E^g(x^{t+1}, y^{t+1})}{E^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{E^t(x^t, y^t)}{E^g(x^t, y^t)} \right] \\ &= \text{TFPch} = \text{TECch}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) \times \text{TPch}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) \end{aligned} \quad (4)$$

企业创新产出是创新投入和全要素生产率增加共同作用的结果。全局前沿 Malmquist 指数模型(4)测量的是企业 t 期至 t+1 期间全要素生产率(TFP)变动程度。若 GMI 大于 1,表示全要素生产率水平提高,反之则相反。GMI 还可分解为两个方面的变动:一是两个时期内被评价决策主体技术效率的变化,反映了其对生产前沿面的追赶程度,被称为技术效率指数(Technical Efficiency Change Index, TEC);二是两个时期内被评价决策主体技术水平的变化,反映了其生产前沿面的变动情况,被称为技术进步指数(Technological Change Index, TC)。若 TEC 指数值大于 1,表示企业技术效率得到改善,反之则相反;若 TC 指数值大于 1,表示企业技术水平得到了提高,实现了技术进步,反之则相反;当 TEC、TC 指数值都为 1 时,表示企业技术效率及技术水平均保持不变。

#### (四)评价指标体系

企业技术开发涉及知识生产、技术进步,研究门槛较高,没有大量科研经费与研发人力投入是无法实现的,本文将 R&D 人员数量、R&D 投入作为企业技术开发阶段投入指标。技术开发阶段产出变量,也即企业技术创新中间产出,主要表现为技术开发的直接成果,常见形式有专利、著作权等其他无形资产。因为专利由申请至授权存在两年左右的时间差,不能准确衡量企业本年度技术开发成果,所以本文选择企业专利申请量作为第一阶段中间产出指标。专利申请量难以全面反映企业技术开发成果,所以还需考虑非专利性产出,这也与王柏杰、李爱文(2016)<sup>[10]</sup>的观点一致。对于非专利性技术创新中间产出,本文选取企业无形资产增加额作为技术开发阶段产出变量。在创新成果转化阶段初期仅仅投入专利等无形资产还不够,还需要投入企业的人力与物力才能保障科技创新成果成功投入商业化经营生产、创造利润,因此本文选取企业从业人员数量与固定资产总值作为创新成果转化阶段商业化投入指标。新产品销售收入是衡量企业创新成果转化产出的最佳指标,由于军工企业保密等原因,大多数上市军工企业年度财务报表不予公布这项财务数据,所以本文放弃这项指标的使用。企业开展技术创新活动所带来经营业绩的提升可以由主营业务收入及营业利润总额增长充分体现,所以本文选择主营业务收入和营业利润增长额作为企业创新成果转化阶段商业化产出指标。综上构建以下评价指标体系,如表 1 所示。

### 三、上市军工企业技术创新效率评价实证分析

#### (一)数据来源

表1 技术创新投入与产出指标体系

目标层	一级指标	二级指标
技术开发阶段	R&D 直接投入	$X_1^1$ R&D 投入(万元)
		$X_2^1$ R&D 人员全时当量(人/年)
	R&D 中间产出	$Z_1^{(1,2)}$ 专利申请量(项)
		$Z_2^{(1,2)}$ 无形资产增加额(万元)
创新成果转化阶段	商业化投入	$X_1^2$ 从业人员全时当量(人/年)
		$X_2^2$ 固定资产总值(万元)
	商业化产出	$Y_1^2$ 主营业务收入(万元)
		$Y_2^2$ 营业利润增长额(万元)

截至 2018 年 12 月,国防科技工业领域十一大军工集团下属上市军工企业共有 108 家,其中在香港和国外上市的军工企业有 21 家。考虑到各项财务数据适宜性与可得性,本文剔除 21 家在香港和国外上市的企业以及 33 家数据未公开或者缺失的企业,最终选定在沪、深证券交易所上市的 54 家军工企业为研究样本,并选择 2013 至 2017 年间所有相关数据,所有原始数据均来自国泰安金融数据库以及国家知识产权局专利检索数据库。

## (二)整体效率分析

本文使用网络 EBM 模型,运用 MaxDEA 8 软件,分别测算了 54 个上市军工企业 2013-2017 年各年度综合技术创新效率(TE)、纯技术效率(PTE)以及规模效率(SE)。数据经过整理,见表 2。

表2 2013-2017 年上市军工企业技术创新整体效率评价结果

DMU	TE	PTE	SE	DMU	TE	PTE	SE
ST 嘉陵	0.43	0.56	0.78	乐凯胶片	0.48	0.53	0.91
保变电气	0.30	0.33	0.91	利达光电	0.44	0.52	0.85
北方导航	0.30	0.35	0.86	凌云股份	0.23	0.25	0.94
北方股份	0.62	0.69	0.88	内蒙一机	0.30	0.39	0.76
北化股份	0.44	0.52	0.84	南京熊猫	0.24	0.25	0.94
彩虹股份	0.40	0.70	0.57	上海贝岭	0.97	0.98	0.98
长安汽车	0.35	0.98	0.36	深科技	0.24	0.30	0.81
长春一东	0.70	0.82	0.86	深桑达 A	0.90	0.92	0.98
成飞集成	0.26	0.33	0.81	深天马 A	0.16	0.19	0.90
凤凰光学	0.56	0.83	0.69	四创电子	0.35	0.37	0.94
贵航股份	0.19	0.21	0.88	太极股份	0.48	0.54	0.89
海康威视	0.29	0.58	0.51	卫士通	0.38	0.40	0.96
航天长峰	0.84	0.94	0.89	西仪股份	0.57	0.69	0.83
航天晨光	0.31	0.35	0.91	中船防务	0.32	0.39	0.88
航天电器	0.23	0.26	0.91	中国长城	0.40	0.74	0.60
航天电子	0.16	0.18	0.86	中国动力	0.33	0.43	0.76
航天动力	0.36	0.44	0.81	中国软件	0.13	0.15	0.89
航天科技	0.29	0.31	0.92	中国卫星	0.28	0.33	0.87
航天通信	0.27	0.35	0.81	中国重工	0.22	0.44	0.62
航天信息	0.28	0.48	0.60	中航电测	0.31	0.34	0.90
洪都航空	0.20	0.40	0.60	中航电子	0.11	0.11	0.94
华东电脑	0.57	0.59	0.97	中航飞机	0.18	0.24	0.80
华东科技	0.29	0.37	0.74	中航光电	0.12	0.16	0.80
华锦股份	0.64	0.82	0.80	中航三鑫	0.30	0.41	0.75
江铃汽车	0.36	0.44	0.82	中航沈飞	0.43	0.59	0.70
杰赛科技	0.22	0.25	0.88	中核科技	0.67	0.81	0.83
晋西车轴	0.55	0.66	0.83	中原特钢	0.26	0.32	0.81
总体均值	0.37	0.47	0.82	标准差	0.19	0.23	0.13

表 2 中 54 家上市军工企业 3 项效率值(2013-2017 年效率均值)反映的是五年间我国上市军工企业技术创新整体效率情况。从企业综合技术创新效率来看,我国上市军工企业效率整体水平较低且差异较大,绝大多数企业技术效率处于严重失效状态,总体效率均值仅为 0.37。深桑达 A 与上海贝岭技术创新效率一直处于领先地位,效率均值为 0.90、0.97;中国软件与中航电子效率则远离生产前沿面,效率均值仅为 0.13、0.12。从企业纯技术效率来看,我国上市军工企业纯技术创新效率整体仍处于较低水平,总体效率均值为 0.47。长安汽车与上海贝岭纯技术效率处于生产前沿水平,效率均值均为 0.98;中国软件与中航电子纯技术效率则远离生产前沿面,效率均值仅为 0.11、0.15。从企业技术创新规模效率来看,五年间我国上市军工企业规模效率较高,绝大多数企业效率值超过 0.8,基本实现规模经济性。观察表 2 数据不难发现,我国上市军工企业综合技术创新效率 DEA 失效主要是由纯技术效率低下导致的,规模无效率不是其 DEA 失效主要来源。我国上市军工企业经过重组、改制后,已具有较高水平的规模经济性,但综合技术创新效率及纯技术效率水平不高,企业研发经费与研发人力等创新要素投入在现有技术条件下没有得到充分利用,技术储备不足、创新效率低下。

### (三)子阶段效率分析

科学评价我国上市军工企业技术创新效率,仅进行整体效率分析还不够全面,还需要综合考虑企业技术开发与创新成果转化两个子阶段的效率,各子阶段效率值的高低,最终都会影响企业整体技术效率水平。子阶段各项效率值(各年度 54 家上市军工企业效率均值)详见表 3 所示。

表 3 2013-2017 年上市军工企业技术创新各阶段效率评价结果

Year	技术开发阶段			创新成果转化阶段		
	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE
2013	0.38	0.46	0.83	0.53	0.57	0.93
2014	0.19	0.43	0.44	0.51	0.55	0.93
2015	0.30	0.44	0.68	0.41	0.49	0.84
2016	0.30	0.39	0.77	0.44	0.53	0.83
2017	0.27	0.37	0.73	0.39	0.50	0.78
均值	0.29	0.42	0.69	0.46	0.53	0.86

2013-2017 年我国上市军工企业创新成果转化阶段综合技术创新效率普遍高于技术开发阶段。其中技术开发阶段 TE 位于区间[0.19,0.38],创新成果转化阶段 TE 位于区间[0.39,0.53],过去五年间企业创新成果转化阶段 TE 要比技术开发阶段高出约 59%。此外,企业创新成果转化阶段也具有较高的纯技术效率及规模经济性,其 PTE 及 SE 要比技术开发阶段分别高出 26%、25%。经对比不难发现,过去五年时间我国上市军工企业强调企业技术创新的潜在商业价值,坚持直接面向市场的创新成果转化活动,在技术创新成果转化领域已实现突破,创新成果转化效率整体处于一个较高的水平。同时我国上市军工企业两阶段技术效率差异明显,企业技术开发阶段与创新成果转化阶段严重脱节,企业技术开发活动偏离了以解决企业实际技术问题、满足市场需求的导向,严重拖累了整体技术效率。所以企业一味强调增加创新投入,却不改善自身技术研发效率,是难以提升企业整体技术创新能力与市场竞争力。

2013-2017 年我国上市军工企业技术开发阶段效率与创新成果转化阶段效率综合技术创

新效率均值分别为0.29、0.46。本文以技术开发阶段综合技术效率为横坐标轴,以创新成果转化阶段综合技术效率为纵坐标轴,构建做直角坐标系。以各阶段综合技术创新效率均值为分割点,把各子阶段技术效率划分为“高效率”和“低效率”两类,最终将坐标系第一象限分割为四部分。根据各企业子阶段技术效率测算结果,绘制出军工企业两阶段技术创新效率的二维分布图,对当前我国上市军工企业技术创新发展模式进行合理分析,如图2所示。

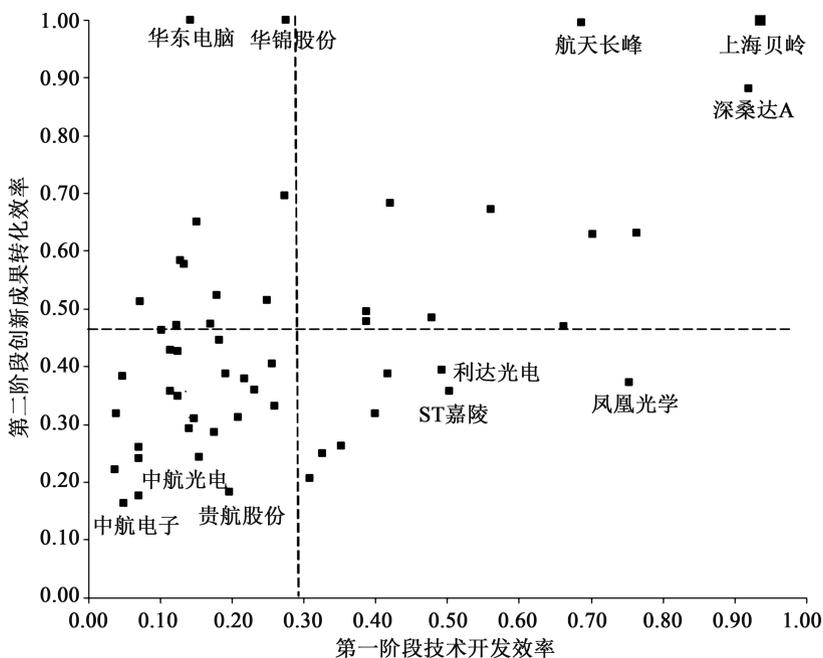


图2 两阶段技术创新效率矩阵图

根据各军工企业在技术创新不同阶段的表现,以各阶段技术效率均值为分割点,按企业技术创新模式将所有军工企业划分为四类。

**A类军工企业——粗放型研发创新模式。**以贵航股份(0.20、0.18)、中航电子(0.05、0.16)、中航光电(0.07、0.18)为代表的军工企业属于这一类型。粗放型研发创新企业创新创业环境和科技资源配置较差,表现为企业研发资金与人员分散投入,没有考虑单个企业或者项目的投入强度,严重影响了企业创新成果产出的质量与效率,创新成果转化阶段技术效率较低,不注重技术创新成果的市场价值实现。

**B类军工企业——高技术开发效率、低创新成果转化效率。**以凤凰光学(0.75、0.37)、利达光电(0.49、0.39)、ST嘉陵(0.50、0.36)为代表的企业属于这一类型。这一类企业在技术开发阶段具有较高技术效率,其创新基础能力较强、科技资源配置较优,具有明显的技术开发优势,但在创新成果转化方面存在劣势。技术开发效率较高,创新成果转化效率却严重低下,这说明企业具有一定的技术积累,但科技成果转化及产业化机制不健全,经过技术开发阶段获得的专利和其他非专利产出不能转化为现实生产力,造成了企业创新资源浪费。

**C类军工企业——技术开发低效、创新成果转化效率高。**以华东电脑(0.14、1.00)、华锦股份(0.28、1.00)为代表的军工企业属于这一类型。这类企业创新成果转化效率较高,技术

开发效率低下。在创新成果转化阶段具有优势,在技术开发方面存在短板,其创新活动处于产业链的低层次,基本没有涉及产业核心技术开发和大规模系统性技术集成。如何提高企业技术创新效率、增加技术积累,越过“专利池”等障碍,逐步实现技术创新的超越,是这类军工企业面临的现实问题。

D类军工企业——集约型研发创新模式。以上海贝岭(0.94、1.00)、深桑达A(0.92、0.88)、航天长峰(0.69、1.00)为代表的军工企业属于这一类型。这类企业各阶段技术效率较高,企业内要素资源配置及成果转化机制运行良好,在基础研究、成果转化、生产营销等方面具有良好的发展基础和广阔的市场前景。

当前我国集约研发创新型军工企业数量过少,仅占总数的20.4%,绝大多数企业处于粗放式创新模式。当前上市军工企业研发投入强度的提升的确带动了创新产出的增加,但创新产出的可用率较低、技术含量差,大幅增加的创新产出却没有同等程度上推动企业转型发展与经济效益提升,所以导致我国集约研发创新型军工企业数量过少。

#### (四)全局前沿 Malmquist 指数及分解的动态分析

全局参比 Malmquist 指数(GMI)可分解为技术创新效率指数(TEC)和技术进步指数(TC)。其中,技术效率指数(TEC)衡量的是T至T+1期被评价决策主体与生产前沿面的距离;技术进步指数(TC)衡量的是T至T+1期间生产前沿面的移动情况。对于技术效率提升可以理解为企业技术创新向生产前沿面最高效率地逼近;技术进步则代表着企业技术创新资源利用与配置方式的转变,具体体现为生产前沿面的移动情况。本文运用MaxDEA 8软件,对2013-2017年我国上市军工企业技术创新投入与产出的面板数据进行指数分析,得到军工企业技术创新的全局前沿 Malmquist 指数及其分解指数变化趋势,如图3所示。

图3(a)显示了企业整体效率变化趋势。全局前沿 Malmquist 指数也即企业全要素生产率呈“N”字形变化,增长持续性较差。从企业全要素生产率改变的角度来看,2013-2014年企业TC指数小于1,生产前沿面出现下移,进而导致企业全要素生产率下降;2014-2015年企业TC与TEC指数均大于1,受技术进步影响,企业全要素生产率出现提升;2015-2016年企业TEC指数小于1,表示企业远离生产前沿面,技术创新效率出现下降,拉低了企业全要素生产率;2016-2017年在技术效率提升与技术进步共同作用下,企业全要素生产率出现提升。分析图3(b)、(c)可知,在企业技术开发阶段,全要素生产率变化相对平稳,除2014-2015年TC指数小于1外,其他各年份TC指数值均大于1,企业技术水平稳定上升,在此期间全要素生产率与技术进步指数同时保持增长态势,几乎没有受到TEC指数增减变动的影响。在企业创新成果转化阶段,企业全要素生产率增减变动基本与TEC指数、TC指数变动保持一致,当TEC指数与TC指数都大于1时,MI指数也大于1,企业全要素生产率出现提升;当TEC指数与TC指数皆小于1时,MI指数也小于1,企业全要素生产率出现下降。综上所述,无论是企业整体效率还是分阶段效率,企业全要素生产率的改善明显依赖于技术效率提升与技术进步的共同推动作用,并且相比于技术效率的提升,技术进步对企业全要素生产率的影响更大。

#### 四、对策建议

本文运用网络EBM模型和全局前沿 Malmquist 指数模型实证测算2013-2017年间我国上

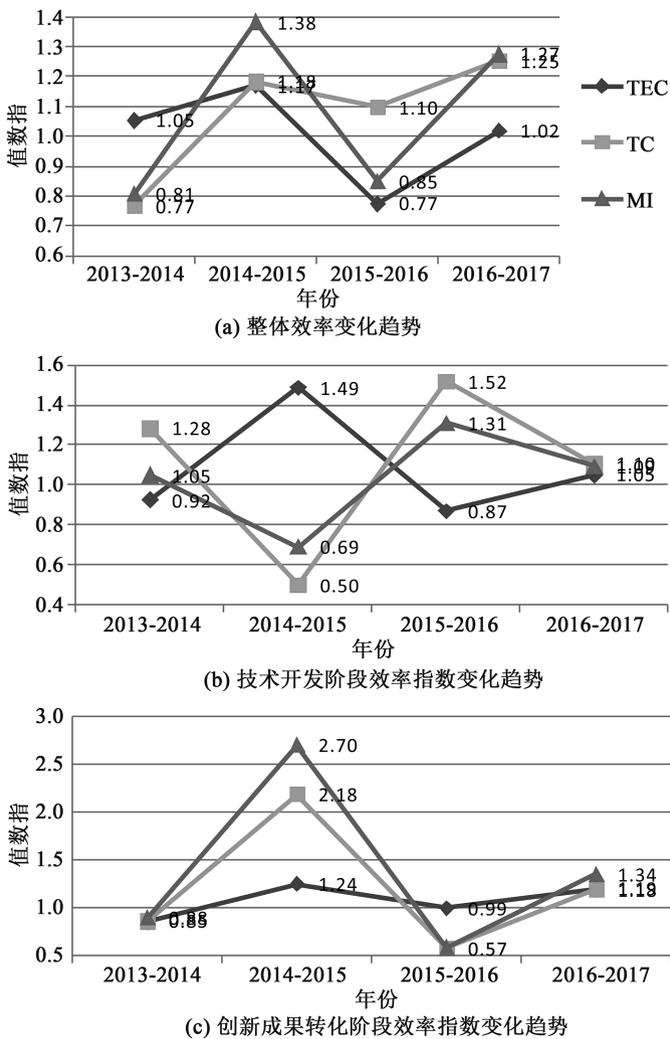


图3 全局前沿 Malmquist 指数及其分解指数变化趋势

市军工企业技术创新效率,实现了对我国上市军工企业技术创新效率评价方法的改进。根据上述实证分析,本文从三个方面提出相关对策建议:

第一,我国上市军工企业技术创新活动具有良好的规模经济性,但纯技术效率失效拉低了企业综合技术效率水平。从企业短期发展视角上看,加强应用研究与创新成果商业化转化会给企业带来较高的创新成果转化率与市场份额,带动企业规模和竞争力不断提升,但这种竞争优势是难以长时间保持的。我国军工企业应积极开展基础性研究工作,合理调动企业各项创新资源投入到基础研究与技术开发领域,把实现技术积累与核心技术突破作为企业长期发展战略。进一步提高企业规模经济性与纯技术效率,努力实现企业“增加研发投入—创新成果高效转化—竞争力、盈利能力提升—增加研发投入”良性循环。

第二,在现代科学技术飞速发展的冲击下,创新越来越以科学为基础。创新成果转化速度加快,产品复杂性提高,要求军工企业技术研发应同企业生产、市场需要紧密结合,构建技术开发阶段与成果转化阶段双向沟通互动机制,提高技术创新成果质量、改善创新成果转化效率,

通过市场机制驱动企业创新,打破传统军工企业“高研发投入、低质量创新产出,低创新成果转化”的粗放式发展格局,做好企业技术开发与创新成果市场价值转化的衔接。

第三,通过全局前沿 Malmquist 指数分析发现,我国上市军工企业全要素生产率的改善明显依赖于技术效率提升与技术进步,并且相比于技术创新效率的提升,技术进步对企业全要素生产率增长贡献更大,所以应适时地改进企业管理模式、推动企业制度创新、加快企业技术创新资源利用与配置方式的转变,为企业技术水平提升创造良好创新环境。此外,军工企业全要素生产率的提升必将经过一个缓慢过程,需要长时间技术积累与关键核心技术突破,各级政府须发挥技术创新引导和服务功能,企业应尊重技术创新规律,加强生产经验的积累,培育工匠精神,努力跨过依托成本优势维持竞争力的阶段,利用技术创新推动企业转型重塑。

#### 参考文献:

- [1] 潘悦,周振,张于喆.军民融合视角下我国军工行业发展态势及对策建议[J].经济纵横,2017,(03):74-82.
- [2] 宗瑾.我国上市军工企业技术效率的测度及影响因素研究[D].南昌:南昌大学,2017.
- [3] 杨凌霄.我国军工企业治理结构与技术创新关系研究[J].科技进步与对策,2012,(04):70-74.
- [4] 韩瑞平.军工企业技术创新机制探索[J].中国核工业,2004,(02):37-40.
- [5] Jeong K I, Lee J D, Lee C O. Profitability gains of Korean defense firms technological progress or cost shifting? [J]. Asian Journal of Technology Innovation, 2010, 18 (2): 219-239.
- [6] Barros C.P. Small countries and the consolidation of the european defense industry: Portugal as a case study [J]. Defense and Peace Economics, 2002, 13(04):311-319.
- [7] 熊国经,宗瑾.基于 DEA-Tobit 模型的我国上市军工企业技术效率研究[J].科技管理研究,2017,(19):59-63.
- [8] 于志军,杨昌辉,彭张林,等.安徽省军工企业技术创新效率评价研究[J].科技管理研究,2015,(20):62-66.
- [9] 张旭,侯乃聪,李存金.军民融合的微观视角下国防科技工业企业技术效率研究——基于 SFA 方法的上市企业实证分析[J].经济体制改革,2013,(03):96-100.
- [10] 王柏杰,李爱文.军民融合企业效率测算及影响因素分析——来自我国“十大军工集团”上市公司的证据[J].科技管理研究,2016,(23):67-73.
- [11] Hansen M T, Birkinshaw J. The innovation value chain [J]. Harvard Business Review, 2007, 85(6):121-130.
- [12] 张根文,李双双,曾行运.基于价值链视角对技术创新效率两阶段分析——以节能环保上市公司为例[J].工业技术经济,2015,(08):108-116.
- [13] 冯志军,陈伟.中国高技术产业研发创新效率研究——基于资源约束型两阶段 DEA 模型的新视角[J].系统工程理论与实践,2014,(05):1202-1212.
- [14] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. European Journal of Operational Research, 1978, (2):429-444.
- [15] Banker R D, Charnes A, Cooper W W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis [J]. Management Science, 1984, 30(9): 1078-1092.
- [16] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis [J]. European Journal of Operational Research, 2002, 143(1):32-41.

- [17]Tone K,Tsutsui M. An epsilon-based measure of efficiency in DEA—A third pole of technical efficiency [J]. *European Journal of Operational Research*,2010,207(3):1554-1563.
- [18]Madjid, Hadi Mirzagolabari, Seyed M M, et al. A new network epsilon-based DEA model for supply chain performance evaluation [J]. *Computers & Industrial Engineering*,2013, (66):501-513.
- [19]Fare R, Grosskopf S, Lindgren B, et al. Productivity changes in Swedish pharmacies 1980-1989: A non-parametric Malmquist approach [J]. *Journal of Productivity Analysis*,1992,3(1):85-101.
- [20]Pastor J T, Lovell C A K. A global Malmquist productivity index [J]. *Economics Letters*,2005,88(2):266-271.

(责任编辑:刘 军)

## Evaluation of Technological Innovation Efficiency of Listed Military Enterprises in China from the Perspective of Innovation Value Chain

FANG Zhengqi<sup>1</sup>, ZHANG Baocheng<sup>1</sup>, QIN Jie<sup>2</sup>

(1. Department of Defense Economics, Army Logistical College of PLA, Chongqing 401331, China;

2. Postgraduate Brigade, Air Force Logistical College of PLA, Xuzhou 221000, China)

**Abstract:** Based on the innovation value chain perspective, taking 54 listed military industrial enterprises as samples which belong to "11 largest military industrial groups" of the national defense science and technology industry, the network EBM model is used to evaluate the technology development stage, innovation achievement transformation stage and overall technology innovation efficiency of listed military enterprises in China, and the global frontier Malmquist index model is used to investigate the variation trend of technical efficiency in time dimension of military enterprises and analyze the dynamic evolution characteristics of total factor productivity and its decomposition efficiency. Research finds: The scale economy of China's listed military enterprises is higher, but the pure technical efficiency DEA (DEA) failure reduces their comprehensive technical efficiency level; The two-stage efficiency of listed military industrial enterprises is generally low, the two-stage innovation activities of technology development and innovation achievements transformation are disjointed, the technology research and development are not market demand-oriented, and there are a series of outstanding problems such as low quality of technology research and development achievements, low innovation achievements transformation efficiency, and few intensive research and development innovative enterprises; In the vertical dimension, the improvement of enterprises' total factor productivity is obviously dependent on the improvement of technical efficiency and technical progress, and compared with the improvement of technical efficiency, technical progress has a greater impact and promotion effect on enterprises' total factor productivity.

**Key Words:** Listed military enterprises; Technology innovation; Efficiency evaluation; Network EBM model

