

细分行业生产要素 投入产出效率分析：技术资本视角

许秀梅(副教授)

(青岛农业大学经济与管理学院, 青岛 266109)

【摘要】本文从技术资本投入视角,将DEA和M指数法相结合,对2008~2013年30个行业技术、人力、物质资本要素的投入产出效率进行静态和动态分析。静态分析显示:受纯技术效率、规模效率的双重影响,各行业综合效率普遍偏低;大部分行业在要素投入上存在一定改进空间。动态分析显示:推动生产率增长的主要动力是技术进步,综合技术效率的贡献很小,相邻年度M指数呈明显曲线变动,实现可持续发展的行业为零。最后针对分析结论,提出有关建议。

【关键词】技术资本; DEA; M指数; 效率; 生产率

一、引言与文献回顾

长期以来,我国经济增长主要依靠大量的投资和资源消耗来维持,各行业投入的生产要素以廉价劳动力与能源、材料、厂房、机器等物质资本为主。受边际收益递减的影响,难以实现可持续发展。以物联网及移动智能终端为代表的新一代信息技术给实体经济环境带来全新活力,充分证明技术是推动现代经济发展的重要生产要素。在现实环境的推动下,以Ellen和Edward(2009,2010)为首的经济学家在索洛、罗默等人的研究基础上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部门等,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。自2008年以来,对外披露技术资本的上市企业越来越多,从2008年的591家上升到2013年的1261家。信息披露内容愈加丰富详细,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,披露的价值也逐年增加,这说明越来越多的企业将技术资本作为重要生产要素来看待。因此,新经济环境下,分析生产要素投入产出效率问题不能忽视技术资本投入。

围绕效率问题,近年来产生大量文献,多集中于高科技产业、地域、省际所含各类行业或特定行业下微观企业的综合经营效率、创新效率、研发效率。在高科技产业领域,方福前等(2009)、陈幼明(2014)以劳动和固定资本为投入,以总产值、新产品、专利申请数为产出,选用DEA方法分析了1999~2006年、2005~2011年高技术产业内部各行业的投入产出效率。吉生保等(2010)选取投资额、科技经费支出、R&D人员全时当量为投入,选取主营业务收入与专利申请数为产出,基于三阶段DEA模型和2008

年分省数据分析高技术产业效率。也有很多研究针对特定行业。王姗姗、屈小娥(2011)选取2003~2007年制造业28个行业样本数据,利用Malmquist指数法,以资本、劳动力和能源为投入指标,以总产值为产出指标分析全要素能源效率问题。曹文彬等(2013)以总资产、股东权益、年末职工总人数为投入,以资产负债率、速动比率、净资产收益率、流动资产周转率、净资产增长率为产出,选取DEA-Tobit模型对2005~2011年信息技术上市公司效率进行分析。陈冰等(2013)以年均总固定资产、年末在册职工人数为投入,以主营业务收入和利润总额为产出,利用DEA模型分析2002~2009年医药上市公司的效率问题。程慧平(2013)以资本和劳动作为投入,以生产总值作为产出,选取非参数DEA方法和参数SFA方法,对2001~2010年30个省级行政区信息服务业技术效率进行比较分析。除此之外,还有针对文化行业、家电行业的分析。微观企业方面,刘纯彬等(2014)运用DEA方法及Malmquist指数法,以资本、年末总资产、劳动力、劳动人数为投入指标,以主营业务收入为产出指标,分析了中国12家主要轿车生产企业2008~2012年的效率变动情况。熊婵等(2014)以研发费用、研发人员数量、广告投入、人力资源成本和管理费用为投入,以销售额和品牌资产为产出,选取DEA方法分析了2008年高科技创业企业的技术效率。近几年,随着技术研发、技术转化的热情高涨,很多人将目光转向R&D效率、高校科研机构技术转化效率研究。

现有文献体现以下特点:①研究对象两极分化,关注各省、地区、高科技产业效率以及特定行业内部企业经营效率的文献较多,基于行业的投入产出效率分析文献很少;②在投入指标方面,多集中于选取一些反映劳动力、能源、固定资产、成本、费用类指标,极少涉及技术资本指

标;③在研究方法上,大多选用DEA方法从静态层面进行分析,较少结合M指数变化,评价结果难以反映效率的变动趋势;④从时间上看,所选样本多集中于2011年以前,时间跨度小,或仅针对某一年度数据,缺乏对2008~2013年连续六年的分析;⑤进一步讲,利用DEA-M指数结合法,从技术资本投入角度分析各个行业投入产出效率问题的文献尚未发现。基于此,本文试图从技术资本视角展开,结合利用DEA-M指数,对2008~2013年各个细分行业生产要素的投入产出效率进行静态与动态的分析与评价,这对于各行业企业生产要素的优化配置有重要意义。

二、效率评价指标与研究方法

(一)效率评价指标

1. 投入指标。学术界对投入指标的选取大多忽略了技术资本。新的要素资本理论认为,投入生产经营中的生产要素有物质、人力、技术、知识、信息等资本。其中,物质资本主要由机器设备、存货等组成,人力资本包括普通人力(传统意义上的劳动)、高管人力资本。考虑到知识、信息难以量化,文中以技术资本、人力资本、物质资本作为生产要素的投入指标。

(1)技术资本。Ellen R.M.和Edward C.P.(2009)认为技术资本包括专利、非专利技术、商标、技术研发部门。罗福凯(2010)将商标划入知识资本,技术资本还应包括系统与软件、开发支出、技术使用权利。基于此,文中的技术资本由专利、非专利技术、系统与软件、开发支出、研发中心及其他技术权利组成。

(2)物质资本。物质资本多选用固定资产、总资产来表示。考虑到经营实际,除了固定资产,存货和房地产也不容忽视。对多数企业尤其是制造业而言,存货都是重要的资本来源。此外,伴随着日益高涨的房地产开发与投资热情,投资性房地产亦成为众多企业重要的收益来源。因此,特将其与存货、固定资产一起共同作为物质资本。

(3)人力资本。人力资本指标有两大类:数量指标与价值指标。数量指标有员工总人数、年末在册员工人数;价值指标以应付职工薪酬居多。由于人力资本反映的是企业所拥有的能够为企业带来未来利益的人力价值,考虑到成本与收益的配比性,这里选取应付职工薪酬表示人力资本投入,包括普通员工薪酬及高管薪酬。

2. 产出指标。常见的产出指标有总产值、生产总值、主营业务收入、营业总收入等。本文选取最常用的营业收入作为产出。

(二)研究方法

1. DEA模型。DEA数据包络分析是被广泛用于评价具有相同类型的多投入、多产出决策单元(DMU)相对有效性的一种非参数方法,其中最常用的两个模型是CCR和BCC。假设有n个行业,令 $DMU_p (0 \leq p \leq n)$,为待评价行业编号)为决策单元,投入指标m个、产出指标s个。令

$X_p = (X_{1p}, X_{2p}, X_{mp})$ 为行业投入指标集, $Y_p = (Y_{1p}, Y_{2p}, Y_{sp})$ 为产出指标集。CCR模型求解效率问题的线性规划形式可以表示为:

$$\begin{aligned} \text{Max } z_p &= \sum_{r=1}^s u_{rp} y_{rp} \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^m v_{ip} x_{ip} &= 1 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m v_{ip} x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_{rp} y_{rj} \geq 0, 1 \leq j \leq n$$

$$v_{ip} \geq 0, u_{rp} \geq 0$$

其中,i、r分别代表投入和产出指标编号,j为行业个数(j可以取值为p); z_p 为 DMU_p 的效率值; u_{rp} 为权重,表示 y_{rp} 的相对重要性; y_{rp} 为第p个行业的r项产出指标; v_{ip} 为权重,表示 x_{ip} 的相对重要性; x_{ip} 为第p个行业的第i项投入指标。将(1)式的最优值记为 z_p^* 。式中第二项约束表示第p个行业的权重用于j个行业时需满足的条件。根据式(1)可以得到下面CCR模型的对偶形式:

$$\begin{aligned} \text{min } \theta_p \\ \text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_{ip}^- = \theta_p x_{ip}, 1 \leq i \leq m \end{aligned} \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_{ip}^+ = y_{rp}, 1 \leq r \leq s$$

$$\lambda_j \geq 0, 1 \leq j \leq n \quad s_{ip}^- \geq 0, s_{ip}^+ \geq 0$$

令(2)式最优值为 θ_p^* ,由于(1)与(2)式是原始一对偶

模型,故存在最优解 $z_p^* = \theta_p^*$ 。CCR模型是一种基于规模效率不变假设求解效率的评价模型,所得的效率也被称为技术效率或综合效率。若在(2)式的基础上加入规模可变约束 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$,即为BCC模型。BCC模型求解的效率为纯技术效率(PTE)。根据技术效率和纯技术效率的结果,得到评价规模效率的指标SE。

对于第p个行业,DEA效率可解释为:当 $\theta_p^* = 1$ 且所有 $s_{ip}^- = s_{ip}^+ = 0$ 时,行业为DEA有效,此时所获得的产出达到相对最优。当 $\theta_p^* = 1$ 且存在 $s_{ip}^- \neq 0$ 或 $s_{ip}^+ \neq 0$ 时,行业为DEA弱有效,即在该行业第i项投入指标减少 s_{ip}^- 或者第r项产出指标增加 s_{ip}^+ 时,DEA效率仍可保持相对最优;当 $\theta_p^* < 1$ 时,行业为DEA无效。针对无效行业,进一步设投入

产出集合为 (X_p, Y_p) ,记 (X_p^{\wedge}, Y_p) 为 (X_p, Y_p) 沿投入径向在最优生产前沿的投影。该投影代表当投入从 X_p 减少到 $\theta_p^* X_p$ 时,行业将变为DEA有效。基于此,(1)和(2)式亦被称为投入径向DEA模型。进一步,当投入指标减小、投入松弛移动或产出指标增加、产出松弛移动时,行业效率值 θ_p^* 不变。相比之下,由于BCC模型允许规模效率可变,更符合行业发展实际,应用性更强。

2. Malmquist 指数。Malmquist 指数是现阶段广泛使用的非参数动态效率评价方法。它的原理是依据距离函数反映决策单元全要素生产率的变动。这里的距离函数,是指生产点到生产前沿面的距离。假定规模收益不变,以 t 时期技术为参照物, t 时期生产点 (X^t, Y^t) 与当期生产前沿面之间距离为 $D^t(X^t, Y^t)$, $t+1$ 时期生产点 (X^{t+1}, Y^{t+1}) 与 t 期生产前沿面距离为 $D^t(X^{t+1}, Y^{t+1})$ 。若以 $t+1$ 时期技术为参照, $t+1$ 时期生产点 (X^{t+1}, Y^{t+1}) 与当期生产前沿面距离为 $D^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})$, t 时期的生产点 (X^t, Y^t) 与 $t+1$ 时期生产前沿面距离为 $D^{t+1}(X^t, Y^t)$ 。这里的 X^t, X^{t+1} 各代表 $t, t+1$ 期的投入向量; Y^t, Y^{t+1} 各表示 $t, t+1$ 期的产出向量; S^t, S^{t+1} 各表示 $t, t+1$ 时期生产可能集。以 t (或 $t+1$)期技术为参照,求出前后两期距离函数比值即为 Malmquist 指数:

$$M_t = \frac{D^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D^t(X^t, Y^t)} \quad M_{t+1} = \frac{D^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D^{t+1}(X^t, Y^t)}$$

选择不同时期技术作为参照,得到的指数也不同,为避免随意选择时期而导致差异,借鉴 Fisher 理想指数构造过程,取 t 到 $t+1$ 时期 Malmquist 指数的几何平均值来衡量生产率变化:

$$M_{t,t+1} = \sqrt{\frac{D^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D^t(X^t, Y^t)} \times \frac{D^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D^{t+1}(X^t, Y^t)}}$$

通过等价变换, Malmquist 指数可进一步分解为技术效率变化指数 (effch)、技术进步指数 (techch)。技术效率变化指数 (effch) 又可分解为纯技术效率指数 (pech)、规模效率指数 (sech) 两部分。

$$M_{t,t+1} = \frac{D^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D^t(X^t, Y^t)} \times \sqrt{\frac{D^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})} \times \frac{D^t(X^t, Y^t)}{D^{t+1}(X^t, Y^t)}}$$

$$= \frac{D^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D^t(X^t, Y^t)}_{VRS} \times \frac{SE^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{SE^t(X^t, Y^t)} \times$$

$$\sqrt{\frac{D^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})} \times \frac{D^t(X^t, Y^t)}{D^{t+1}(X^t, Y^t)}}$$

如上所示, $M = \text{effch} \times \text{techch} = \text{pech} \times \text{sech} \times \text{techch}$ 。等式右边三项分别代表纯技术效率变化、规模效率变化和技术进步变动。 $M > 1$ 代表 t 到 $t+1$ 时期全要素生产率提高; $M = 1$ 代表 t 到 $t+1$ 时期全要素生产率不变; $M < 1$ 代表 t 到 $t+1$ 时期全要素生产率下降。

三、样本选择与数据来源

为分析需要,笔者从国泰安数据库中搜集 2008~2013 年 A 股上市公司相关财务数据。技术资本根据财务报告附注中“无形资产”项目中披露的各种专利、非专利技术、软件、开发支出、技术使用权等明细手工逐个分类整理,应付职工薪酬、营业总收入、物质资本数据来自资产负债表和利润表。获取数据后,参照 2008 年上市公司行业分类指引整理归类、汇总,最终得到 30 个行业投入、产出指标数据。以上数据进行分析前均进行价格平减处理。其中,信息技术行业 4 个、采选业 3 个,其余均为制造业,见表 1。表中显示,不同行业之间各要素资本存量差异较大,致使营业总收入的行业差距也较明显。以上指标差异是否也带来行业经营效率的差异有待进一步分析。

表 1 2008~2013 年大类行业样本投入产出指标及数据

单位:万元

行业	指标描述	营业总收入	技术资本	人力资本	实物资本
交通运输设备制造业	最大值	110 625 099.1	1 230 269.7	941 400.7	3 915 0763.2
	最小值	30 677 040.3	367 758.9	265 202.6	9 027 858.4
	均值	80 479 577.7	792 795.7	642 471.4	26 170 538.7
石油和天然气开采业	最大值	452 556 229.0	1 627 884.4	843 345.0	156 828 208.5
	最小值	145 210 100.0	1 17 400.0	79 672.9	49 852 000.0
	均值	282 014 107.2	434 168.3	389 957.9	98 489 574.3
医药制造业	最大值	28 153 902.9	416 196.3	198 418.5	14 821 632.9
	最小值	10 881 564.0	115 983.5	138 633.0	6 470 275.1
	均值	18 347 810.1	240 204.2	177 536.9	9 641 080.4
通讯及相关设备制造业	最大值	21 822 697.9	399 684.8	267 706.0	4 811 837.9
	最小值	7 531 249.5	98 859.5	126 096.2	2 560 768.2
	均值	12 005 031.2	237 552.1	190 741.4	3 486 831.0
电器机械及器材制造业	最大值	54 875 051.9	323 677.1	317 360.7	19 372 378.2
	最小值	19 415 522.4	93 591.5	162 747.4	5 647 149.2
	均值	37 061 294.8	213 526.3	250 164.3	13 455 497.3
计算机应用服务业	最大值	11 469 300.9	346 559.7	102 697.0	3 551 962.1
	最小值	2 039 085.9	46 678.4	28 699.0	781 976.5
	均值	5 636 745.2	184 720.6	66 694.9	1 961 025.6
化学原料及化学制品制造业	最大值	50 365 944.6	244 659.2	201 272.5	29 520 287.6
	最小值	15 212 491.6	138 822.9	128 604.3	10 712 483.7
	均值	28 428 402.2	178 716.1	160 783.8	17 712 054.4

续表 1

行业	指标描述	营业总收入	技术资本	人力资本	实物资本
专用设备制造业	最大值	36 089 875.6	288 316.4	380 527.0	20 642 326.9
	最小值	10 252 117.1	61 213.3	153 553.0	5 050 506.6
	均值	24 082 940.2	168 570.9	237 650.6	12 795 748.9
普通机械制造业	最大值	26 280 986.4	234 322.9	200 167.3	15 387 827.0
	最小值	10 425 182.1	80 348.1	148 257.8	5 424 123.5
	均值	15 748 761.8	151 163.2	181 798.0	9 169 082.1
有色金属采选业	最大值	8 039 427.1	288 465.7	40 565.5	2 880 404.1
	最小值	483 683.3	10 966.7	29 756.6	337 586.3
	均值	3 970 442.7	134 382.6	34 299.2	1 711 910.1
样本总体	最大值	452 556 229.0	1 627 884.4	941 400.7	156 828 208.5
	最小值	26 735.6	61.7	406.5	25 179.6
	总均值	17 328 802.9	92 157.0	87 830.2	7 599 271.8

注：因篇幅有限，仅列出技术资本排名前十的行业。

四、DEA 静态分析与评价

(一) 综合效率分析

笔者运用 DEAP2.1 软件，利用 30 个行业样本投入产出指标数据，基于投入导向，选取 BCC 模型和多阶段算法，得到各行业 2008~2013 年的效率评价结果，见表 2。

表 2 行业效率分析评价结果

行业类型	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模收益
食品加工业	1	1	1	-
食品制造业	0.748	0.885	0.846	irs
饮料制造业	0.503	0.519	0.97	irs
纺织业	0.263	0.556	0.473	irs
服装及其他纤维制品制造业	0.644	1	0.644	irs
木材加工及竹、藤、棕、草制品业	1	1	1	-
化学原料及化学制品制造业	0.625	1	0.625	drs
化学纤维制造业	0.35	0.451	0.777	irs
塑料制造业	0.687	0.828	0.831	irs
电子元器件制造业	0.387	0.395	0.979	irs
日用电子器具制造业	0.84	0.867	0.969	drs
其他电子设备制造业	0.549	0.681	0.806	irs
非金属矿物制品业	0.675	0.678	0.996	drs
黑色金属冶炼压延加工业	0.882	0.908	0.972	irs
有色金属冶炼压延加工业	0.68	0.8	0.85	irs
金属制品业	0.671	0.672	0.998	drs
普通机械制造业	0.615	0.618	0.995	drs
专用设备制造业	0.64	0.645	0.992	drs
交通运输设备制造业	0.907	1	0.907	drs
电器机械及器材制造业	1	1	1	-
仪器仪表及文化、办公用机械制造业	0.613	1	0.613	irs
医药制造业	0.647	1	0.647	drs

续表 2

行业类型	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模收益
生物制品业	0.294	0.381	0.771	irs
通信及相关设备制造业	0.818	0.82	0.997	drs
计算机及相关设备制造业	0.869	0.89	0.977	irs
通讯服务业	0.446	1	0.446	irs
计算机应用服务业	0.879	0.925	0.951	irs
煤炭采选业	1	1	1	-
石油和天然气开采业	1	1	1	-
有色金属采选业	0.426	0.601	0.708	drs
平均值	0.689	0.804	0.858	

表 2 显示，受纯技术效率、规模效率的双重影响，各行业综合效率整体偏低，平均为 0.689。规模效率平均为 0.858，高于纯技术效率 0.804，说明纯技术效率的影响更大一些。具体看，煤炭采选、石油天然气开采、电器机械及器材制造、木材加工、食品加工业综合效率最高达到 1，同时实现了技术有效和规模有效。其他依次为交通运输设备制造业、黑色金属冶炼、计算机应用服务、计算机设备制造、日用电子器具制造、通讯及相关设备制造业。纺织行业最低，仅为 0.263。为便于进一步分析，根据行业效率值进一步分类，得到表 3。发现综合效率为 1 的行业有 5 个，占行业总数的 16.7%。综合效率在 0.8 以上的行业共有 11 个，占 36.7%。有 4 个行业较差。总体上，有 60% 的行业综合效率低于 0.8。整体上，信息技术行业、采选行业综合效率优于各个制造业。在制造业内部，效率相对较高的集中在食品加工与制造、交通运输设备、家用电器、黑色金属冶炼行业，其他行业多低于 0.7。

表 3 行业综合效率分类结果

综合效率	1	0.8~1	0.4~0.8	0.2~0.4	0.2 以下
评价	好	较好	一般	较差	差
行业数量(个)	5	6	15	4	0
累计	5	11	24	30	30
比重(%)	16.7	20	50	13.3	0
累计	16.7	36.7	86.7	100	100

进一步利用 DEA 有效性判别原则，发现达到 DEA 有效的仅 5 个，占 17%。仅技术有效或规模有效的行业有 6 个，占 20%，全部为技术有效规模无效。规模无效是造成弱 DEA 的主要原因。此外非 DEA 有效的行业有 19 个，占 63%。总体上超过 80% 的行业存在不同程度的改进空间。其中，饮料制造、化学纤维制造、电子元器件及其他电子设备、塑料制造、非金属矿物、金属制品、普通及专用设备制造、生物制品、有色金属采选、纺织行业重点需关注技术效率的提高。在规模效率方面，食品制造、服装及其他纤维制品制造、化学原料及化学制品制造、仪器仪表及文化办公用机械制造、医药制造、通讯服务、交通运输、纺织

等行业较低。在规模收益方面,不变的有5个,占16.7%,即达到了规模有效,处于最佳规模收益点。递增的有15个,占50%。还有33.3%的行业处于递减状态。这表明50%的行业在要素投入方面存在一定的改进空间,增加适量投入会带来更高比例的产出,规模效率偏低主要是投入过少造成的。

结合以上分析,食品制造、纺织、服装及其他纤维制品制造、化学纤维制造、电子元器件制造、有色金属冶炼、仪器仪表及文化办公用机械制造、生物制品、通讯服务等行业扩大要素投入规模可以提高规模效率。以通讯服务业为例,2013年该行业所含有效企业家数仅为3家,远低于计算机应用服务、计算机及相关设备制造业,通讯及相关设备制造业分别含有82、13、44家,这也是导致规模效率乃至综合效率差异的主要原因。因此,要提高通讯服务业的规模与综合效率,必须扩大该行业资本的投入规模。相比之下,化学原料及化学制品制造、金属制品、医药制造、通信及相关设备制造、有色金属采选行业,需降低投入规模并调整资本间的投入结构,使要素资本存量处于规模收益不变点,才能获得最佳规模效率。此外,对于达到DEA有效的煤炭采选、石油天然气开采、电器机械及器材制造、木材加工、食品加工行业,规模效率已处于最佳点,只需维持目前的投入规模即可。

(二) 投影分析

投影分析有助于进一步探究非DEA有效行业的投入冗余和产出不足,找出导致行业非DEA有效和效率偏低的根本原因,提出效率改进的目标与方案,上述投影结果如表4所示。

表4显示出行业样本产出情况良好。接下来,主要分析各行业的投入冗余情况。19个非DEA有效行业中,均存在不同程度的技术资本、人力资本、物质资本投入冗余。从冗余程度看,冗余量最大的是物质资本,其次为人力资本,技术资本最小。这说明物质与人力冗余是导致行业要素冗余的主要原因。细分行业看,食品制造业、饮料制造业、纺织业、化学纤维制造业、塑料制造业、日用电子器具制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼压延加工业、

表4 非DEA有效行业投影分析结果 单位:万元

行业类型	投入冗余			产出不足
	技术资本	人力资本	实物资本	营业总收入
食品加工业				
食品制造业	568.4(7) ↓	17 747.6(24) ↓	134 769.5(4.3) ↓	
饮料制造业	6 216.9(13.1) ↓	19 789.6(33.9) ↓	1 186 751.9(20.6) ↓	
纺织业	2 155.9(39.6) ↓	10 055.2(40.5) ↓	232 444.9(15) ↓	
服装及其他纤维制品制造业				
木材加工及竹、藤、棕、草制品业				
化学原料及化学制品制造业				
化学纤维制造业	3 936.2(27.5) ↓	7 383.3(57.8) ↓	500 801.6(15.4) ↓	
塑料制造业	780.3(7) ↓	1 277.6(12.8) ↓	142 092.9(9.2) ↓	
电子元器件制造业	35 742.4(13.2) ↓	35 392.6(32.7) ↓	1 741 349.6(17.4) ↓	
日用电子器具制造业	3 652.7(3.0) ↓	11 182.3(10.7) ↓	250 942.2(4.0) ↓	
其他电子设备制造业	7 132.2(9.2) ↓	2 184.4(9.3) ↓	110 180.6(5.9) ↓	
非金属矿物制品业	4 157.7(10.5) ↓	5 381.6(8.5) ↓	1 376 458.4(10.6) ↓	
黑色金属冶炼压延加工业	2 413.9(10.7) ↓	30 614.4(41.5) ↓	2 953 056.9(7.1) ↓	
有色金属冶炼压延加工业	1 719.3(3.5) ↓	9 210.9(19.6) ↓	622 242.9(5.5) ↓	
金属制品业	7 268.1(10.7) ↓	33 928.6(35.2) ↓	839 623.9(17.4) ↓	
普通机械制造业	38 227.1(16.3) ↓	79 503.1(42) ↓	2 073 705.2(13.5) ↓	
专用设备制造业	21 730.7(7.5) ↓	58 666.1(24.6) ↓	1 792 927.7(8.7) ↓	
交通运输设备制造业				
电器机械及器材制造业				
仪器仪表及文化、办公用机械制造业				
医药制造业				
生物制品业	12 078.7(16.5) ↓	5 894.8(40.2) ↓	336 321.5(28) ↓	
通信及相关设备制造业	75 948.3(19.0) ↓	112 294.4(74.3) ↓	486 138.4(10.1) ↓	
计算机及相关设备制造业	46 010.8(36.7) ↓	3 782.2(7) ↓	123 259.5(4.2) ↓	
通讯服务业				
计算机应用服务业	42 376.3(12.2) ↓	6 810.3(6.6) ↓	58 697.9(1.7) ↓	
煤炭采选业				
石油和天然气开采业				
有色金属采选业	7 406.7(44.1) ↓	28 714.6(96.5) ↓	134 556.8(4.7) ↓	

注:()里是以2013年末资本存量为基数的改进百分比,↓代表下调,↑代表上调。

有色金属冶炼压延加工业、金属制品业、普通机械制造业、专用设备制造业、通信及相关设备制造业和有色金属采选业的投入冗余主要为物质资本和人力资本;而电子元器件制造业、其他电子设备制造业、生物制品业、计算机及相关设备制造业、计算机应用服务业的投入冗余主要为人力资本和技术资本。需要指明的是,这里的各要素冗余是在行业现有投入规模下的相对冗余,而非绝对冗余。相对冗余量过多意味着其余要素配置量过少,导致各要素配置比例不合理,进而影响到规模与技术效率。基于此,结合技术效率、规模效率与规模收益情况,需对各行

业资本的投入情况做出改进。

对于规模收益递增,效率有待改进行业,相应调增相对冗余最少的要素存量,对于规模收益递减且规模效率有待改进行业则相应调减相对冗余最大的要素存量。对于下列非DEA有效行业,食品制造业、饮料制造业、纺织业、化学纤维制造业、塑料制造业、日用电子器具制造业、黑色金属冶炼压延加工业、有色金属冶炼压延加工业,需调增技术资本投入量,重点调增专利、非专利技术;对于电子元器件制造业、其他电子设备制造业、生物制品业、计算机及相关设备制造业、计算机应用服务业需调增物质资本存量,如及时进行更新改造,引进高技术水平机器;对于金属制品业、非金属矿物制品业、普通机械制造业、专用设备制造业、通信及相关设备制造业、有色金属采选业需降低人力存量。此外,对于各投入指标相对冗余为零但达到弱DEA有效的行业如医药制造业、交通运输设备制造业、化学原料及化学制品制造业,规模效率不高且规模收益递减,说明技术效率已达最优,但规模已超过最佳规模点,需适量同比例降低各要素投入量至最佳规模点。同样,对于仪器仪表及文化办公用机械制造业、通讯服务业应适量同比调增要素投入量至最佳规模点。

五、Malmquist 指数的动态分析

为了更准确地测评各行业综合效率的变动趋势,下面结合 Malmquist 指数方法进一步分析各行业生产率水平的动态变化,见表5。

(一)平均 Malmquist 指数分解

2008~2013年,30个行业平均生产率增长达到5%。其中,综合技术效率下降1%,技术进步率提高6%。整体上,推动生产率增长的主要动力是技术进步,这与王姗姗(2011)的研究结论相吻合。进一步分析综合技术效率的两个组成部分——纯技术效率和规模效率后发现,纯技术效率平均下降2%,规模效率平均增长1%,可见影响综合技术效率下降的主要因素是纯技术效率,进一步验证了前面的静态分析结果。

具体看,各制造行业整体增长较好,平均M指数>1的行业有16个,占70%。分解结果显示,实现技术进步的有19个,占83%。而实现综合效率提升的仅有7个,仅占30%。其中,纯技术效率提升的行业有8个,占35%。规模效率提升的行业有12个,占52%。阻碍制造业TFP增长的主要因子是纯技术效率的下降,其中也有个别例外。饮料制造业、纺织业、生物制品业、黑色金属冶炼压延加工业、金属制品业平均TFP增长较突出,除黑色金属冶炼外,其他几个行业综合效率、技术进步、纯技术效率、规模效率都实现了增长,尤其是纯技术效率。相比之下,食品加工、服装及其他纤维制品制造、木材加工、专用及交通运输设备制造业下滑较明显,且受纯技术效率下降影响较大。以上各制造行业技术资本存量都不突出,综合技术效率和生

产率差距根本上是纯技术效率差异引起的。此外,还有一些技术资本存量相对较高的制造行业如化学原料及化学制品制造业、医药制造业、电子元器件制造业、日用电子器具制造业、普通机械制造业,受纯技术效率下降影响,综合效率、生产率增长也不突出。

表5 行业平均M指数与分解(2008~2013年)

行业	综合技术效率	技术进步	纯技术效率	规模效率	M指数
制造业					
食品加工业	0.84	0.99	0.84	0.99	0.83
食品制造业	1.06	0.99	1.03	1.03	1.05
饮料制造业	1.15	1.05	1.14	1.01	1.21
纺织业	1.31	1.04	1.12	1.16	1.36
服装及其他纤维制品制造业	0.93	0.94	0.86	1.09	0.87
木材加工及竹、藤、棕、草制品业	0.73	1.06	0.91	0.81	0.77
化学原料及化学制品制造业	0.97	1.10	0.88	1.10	1.06
化学纤维制造业	0.90	1.10	1.02	0.88	0.98
塑料制造业	0.98	1.08	0.98	0.99	1.06
电子元器件制造业	0.94	1.10	0.94	1.00	1.03
日用电子器具制造业	0.96	1.05	0.95	1.01	1.01
其他电子设备制造业	0.88	1.08	0.89	0.98	0.95
非金属矿物制品业	0.90	1.17	0.91	0.99	1.06
黑色金属冶炼压延加工业	0.93	1.20	0.94	0.99	1.12
有色金属冶炼压延加工业	0.95	1.09	0.92	1.03	1.04
金属制品业	1.08	1.04	1.08	1.00	1.13
普通机械制造业	0.96	1.04	0.97	0.99	1.00
专用设备制造业	0.95	1.03	0.96	0.99	0.98
交通运输设备制造业	0.95	1.04	0.99	0.96	0.99
电器机械及器材制造业	0.97	1.04	1.00	0.97	1.01
仪器仪表及文化、办公用机械制造业	1.10	0.99	1.00	1.10	1.09
医药制造业	1.00	1.03	0.94	1.06	1.03
生物制品业	1.14	1.02	1.12	1.01	1.17
信息技术业					
通信及相关设备制造业	1.02	1.10	1.04	0.98	1.12
计算机及相关设备制造业	1.03	1.13	1.02	1.01	1.16
通讯服务业	1.11	1.00	1.00	1.11	1.11
计算机应用服务业	1.00	1.03	1.00	1.00	1.03
采选业					
煤炭采选业	1.00	1.09	1.00	1.00	1.09
石油和天然气开采业	1.00	1.26	1.00	1.00	1.26
有色金属采选业	1.11	1.06	1.04	1.06	1.18
均值	0.99	1.06	0.98	1.01	1.05

与制造业相比,信息技术行业生产率均实现增长,最高达16%。除了通讯及相关设备制造业平均规模效率下降2%以外,M指数、综合效率指数、技术进步指数、纯技术效

率指数、规模效率指数均超过1,但推动生产率增长的主要动力有别。通讯及相关设备制造业、计算机及相关设备制造业生产率增长主要是技术进步推动所致,规模效率作用很弱。通讯服务行业,6年的技术进步与纯技术效率不变,生产率增长完全是规模效率提高所致。计算机应用服务业的技术进步是生产率增长的主要推动力。

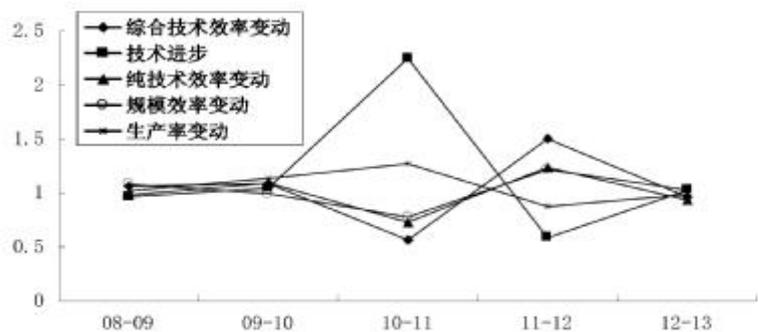
(二)Malmquist 指数的变化趋势分析

运用DEAP软件计算得到行业样本相邻年度的Malmquist指数,见表6。2008~2013年间,M指数均大于1,实现可持续发展的行业为零。相邻两期中,2008~2009年度平均生产率实现小幅增长2.2%。2009~2010年是重要分水岭,生产率平均增长13.6%,可能政府4万亿投资计划起到很大的作用。增长较明显的行业集中在制造行业,M指数>1的行业比上一年增加了8个,如纺织业、化学原料及化学制品制造、化学纤维制造、塑料制造、电子元器件制造、日用电子器具、其他电子设备制造、金属制品、有色金属冶炼加工、普通机械制造、电器机械及器材制造等,服装业、生物制品业、木材加工业受经济冲击较大,下跌明显。2010~2011年,行业生产率平均增长27.3%。除个别行业日用电子器具、其他电子设备、普通机械行业下降较大外,饮料制造、木材加工、塑料制造、电子元器件、非金属矿物制品、黑色金属冶炼压延加工、计算机及相关设备制造等均有大幅增加。到了2011~2012年,各行业生产率普遍下降,M指数超过1的行业仅有12个,占40%,甚至低于2008年,生产率平均下降12.2%。下降明显的行业有服装、木材、电子元器件、非金属矿物、各类机械制造、医药生物以及各信息技术行业。2012~2013年各行业普遍好转,生产率大幅上扬,有24个行业M指数大于1,占总体80%,平均增长13.6%。增长最明显的是纺织、化学化纤、金属制品、通讯服务等行业。

为进一步分析各年度推动M指数增长的深层原因,将M指数分解为技术进步、综合技术效率、纯技术效率和规模效率变动,得到右图。图中显示生产率的变化分为三个阶段:2008~2011年、2011~2012年、2012~2013年,走了一个先缓慢上升、后急速下降,经过调整后开始回升的路线。

表 6 行业 2008~2013 年动态 M 指数

行 业	2008~2009	2009~2010	2010~2011	2011~2012	2012~2013
食品加工业	0.898	0.947	1.177	1.094	0.947
食品制造业	1.144	1.013	1.036	0.949	1.013
饮料制造业	1.256	0.782	2.85	1.264	0.782
纺织业	0.95	1.669	1.335	1.079	1.669
服装及其他纤维制品制造业	1.824	1.16	1.125	0.48	1.16
木材加工及竹、藤、棕、草制品业	0.848	0.635	1.12	0.885	0.635
化学原料及化学制品制造业	0.848	1.219	1.181	1.056	1.219
化学纤维制造业	1.264	1.778	1.186	1.141	1.778
塑料制造业	0.9	1.083	1.257	1.033	1.083
电子元器件制造业	0.861	1.12	8.796	0.14	1.12
日用电子器具制造业	0.8	1.234	0.724	1.248	1.234
其他电子设备制造业	0.892	1.535	0.295	2.039	1.535
非金属矿物制品业	1.197	1.353	3.818	0.162	1.353
黑色金属冶炼压延加工业	1.018	0.959	2.293	0.962	0.959
有色金属冶炼压延加工业	0.502	1.285	1.191	1.351	1.285
金属制品业	0.589	1.542	1.026	0.922	1.542
普通机械制造业	0.831	1.288	0.891	0.94	1.288
专用设备制造业	1.172	1.079	1.057	0.756	1.079
交通运输设备制造业	1.005	1.119	0.928	0.947	1.119
电器机械及器材制造业	0.779	1.104	1.181	0.936	1.104
仪器仪表及文化、办公用机械制造业	0.9	1.09	0.864	1.34	1.09
医药制造业	1.2	1.057	1.05	0.933	1.057
生物制品业	4.016	1.037	0.999	0.835	1.037
通信及相关设备制造业	1.206	1.027	0.95	0.898	1.027
计算机及相关设备制造业	1.044	1.04	1.669	0.891	1.04
通讯服务业	1.025	1.688	1.433	0.422	1.688
计算机应用服务业	0.945	1.337	1.043	0.908	1.337
煤炭采选业	1.05	0.881	1.157	0.569	0.881
石油和天然气开采业	0.759	0.896	2.502	1.904	0.896
有色金属采选业	1.482	0.993	1.059	1.784	0.993
均值	1.022	1.136	1.273	0.878	1.136
M>1	16	24	24	12	24
比重(%)	53	80	80	40	80



2008~2013年生产率变动情况图

由上图可知,第一阶段增长较缓慢,尤其2008~2010年年均增幅仅为7.9%。在此期间,技术进步指数大幅增长,2011年达到顶峰,但各生产要素的综合技术效率却持续下降,尤其是2009~2011年大幅下滑,主要由于纯技术效率和规模效率的双重下降。其中纯技术效率下降的影响超过了规模效率下降。这和静态分析的结果相吻合,说明推动第一阶段生产率增长的主要原因是技术进步,抵消了综合效率尤其是纯技术效率下降的影响,生产率仅实现小幅增长。在第二阶段,纯技术效率、规模效率均有所提高,综合效率指数快速回升,但最终未抵住技术进步指数下滑的影响,致使生产率大幅下滑。因此技术进步指数下滑是导致该阶段生产率下降的主要原因。到了第三阶段,技术进步指数开始回升,尽管纯技术效率指数、规模效率变动、综合效率变动指数均下滑,但技术进步的影响更大,推动生产率指数小幅上扬。

六、结论与建议

(一)结论

本文结合采用DEA和M指数法,对2008~2013年30个行业样本的技术资本、物质资本、人力资本三大要素的投入产出效率进行了静态和动态的综合分析,得到如下主要结论:静态综合效率分析表明,受纯技术效率、规模效率双重影响,行业整体综合效率偏低,平均为0.689。其中规模效率为0.858,高于纯技术效率0.804,两者共同拉低综合效率。投影分析表明,行业产出情况良好,但存在不同程度的投入冗余。冗余量最大的是物质资本,其次为人力资本,技术资本最小。平均Malmquist指数动态分析表明,2008~2013年,推动生产率增长的主要动力是技术进步。影响综合技术效率下降的主要因素是纯技术效率。这与静态分析吻合;Malmquist指数变化趋势表明2008~2013年间,M指数均大于1,实现可持续发展的行业为零。相邻两期M指数变化可分三个阶段,2008~2011年、2011~2012年、2012~2013年,呈现出先缓慢上升、后快速下降,经过调整后再次缓缓上升的变动趋势。

(二)建议

为全面提升各行业生产要素的投入产出技术效率,从政府、行业和企业三个层面,提出以下有关建议:

1. 政府层面。为全面提升行业技术水平,需加大技术研发、转化与应用方面的政策支持与引导力度。首先,营造公平、充分竞争的市场环境。其次,针对行业特点,有重点、有目的地制定一些促进行业间技术、人力及物质资本有序高效流动的相关政策。

2. 行业层面。成立专门的行业技术服务组织,积极贯彻执行政府有关引导政策,搭建行业内部技术研发、转化、应用交流服务平台,任务就是及时获取外部技术信息,整合行业技术资源,联合企业搞合作技术研发,促进技术资本在同行企业间流动,解决企业所面临的各种技术难

题,促进要素效率提升。此外,各行业之间也需多开展交流合作,以便将最新的科技成果及时应用到不同行业。

3. 企业层面。认清所在行业的技术实力与发展趋势,结合长期发展战略,通过自主研发、同行合作、行业间合作等途径全面推进技术升级。内部管理制度方面,重视引进、培育高水平技术人员,制定科学高效的经费使用办法与评价体系,动态追踪各类资本的投入量,合理把握企业的最佳规模收益。此外,各类资本的内部结构也需优化,提高专利尤其是发明专利、非专利技术等的比重,降低各种技术使用权、外购技术软件的比重,通过培训等方式提高人力资本的技术水平,及时淘汰落后机器、办公用品等,促进实物资本的升级换代。

主要参考文献

- 吴敬琏.增长模式与技术进步[J].科技潮,2005(10).
- Ellen R. McGrattan& Edward C. Prescott. Technology capital and the US current account[J]. American Economic Review,2010(100).
- 方福前,张平.我国高技术产业的投入产出效率分析[J].中国软科学,2009(7).
- 陈幼明.基于DEA的我国高技术产业效率评价——以大中型企业为例[J].开发研究,2014(5).
- 王姗姗,屈小娥.技术进步、技术效率与制造业全要素能源效率[J].山西财经大学学报,2011(2).
- 曹文彬,付亭.基于DEA-Tobit模型的IT行业上市公司经营绩效的实证研究[J].经济问题,2013(6).
- 陈冰,吉生保.中国医药行业上市公司的绩效评价及影响因素——基于面板数据的DEA-Tobit实证研究[J].中央财经大学学报,2013(8).
- 程慧平.基于DEA和SFA方法的信息服务业技术效率研究[J].科学学与科学技术管理,2013(4).
- 郭淑芬,郝言慧,王艳芬.文化产业上市公司绩效评价——基于超效率DEA和Malmquist指数[J].经济问题,2014(2).
- 刘纯彬,李叶妍,鹿媛媛.基于DEA模型的汽车制造业生产效率分析——以天津市西青区为例[J].现代管理科学,2014(1).
- 熊婵等.基于DEA方法的中国高科技创业企业运营效率研究[J].管理科学,2014(2).
- 姜南.专利密集型产业的R&D绩效评价研究——基于DEA-Malmquist指数法的检验[J].科学学与科学技术管理,2014(3).
- 【基金项目】**山东省高等学校人文社会科学研究项目“山东省装备制造业技术资本配置与价值驱动研究”(项目编号:J15WB100);青岛农业大学人文社科基金项目“技术资本配置对企业价值的影响研究”(项目编号:1114Y03)