

我国高科技大中型制造业 R&D 效率研究

师 萍, 韩先锋

(西北大学 经济管理学院, 陕西 西安 710069)

摘 要: 利用随机前沿生产函数测算了我国高科技大中型制造业 2003—2007 年的 R&D 效率, 得到的主要结论是: 我国目前高科技产业大中型制造业 R&D 效率一直呈现稳步上升趋势, 但总体水平还比较低下, 具有很大的改善空间; 市场竞争程度与 R&D 效率存在显著的正相关; 在要素投入中, 资本投入是影响 R&D 效率的最明显因素, R&D 效率呈现较为明显的资本驱动型。

关键词: 高科技制造业; R&D 效率; 随机前沿生产函数

中图分类号: F276.44

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2010)15-0074-04

1 文献回顾

R&D 活动一直是产业组织学研究的重点, 它被视为企业垄断能力和市场势力以及产品差别化的主要来源。熊彼特^[1]认为, 在企业数量较多的产业中, 企业迫于竞争压力, 不得不进行研发以保持领先地位。在早期的研究中, 经济学家们倾向于利用市场结构、企业规模等, 来研究企业 R&D 活动的效率问题。Acs 和 Audretsch^[2]的研究表明, 市场力量与大的企业规模对企业提高 R&D 效率有促进作用, Jacob 提出配置于创新活动的资源与期望利润流量成比例, 潜在利润主要受到市场结构的影响。

Zhang 等^[3]利用中国 33 个行业 8 341 家大中型企业 1995 年的截面数据, 运用随机前沿生产函数(简称 SFA)分析了 R&D 效率问题。朱有为和徐康宁^[4]利用 1995—2004 年 13 个细分行业的面板数据, 运用 SFA 研究了中国高新技术产业的研发效率问题, 并考察了企业规模、市场结构和所有权结构等因素对企业研发效率的影响。马锦生、李凤莲^[5]认为, 市场集中度较低, 企业数量过多, 影响了企业的研发能力。柴俊武、万迪昉^[6]以西安市近 800 家企业为研究对象, 运用结构方程模型, 对企业规模与企业 R&D 投入强度的关系进行了实证分析, 认为企业规模与企业 R&D 投入强度呈倒 U 型曲线关系。当企业规模较小时, 与企业 R&D 投入强度正相关; 当企业规模较大时, 与企业 R&D 投入强度负相关。Pavitt 等认为, 较小和较大企业的研发效率比中等企业更高, 即研发效率和企业规模之间呈现 U 型关系。

在企业 R&D 效率的研究方法上, 现有研究文献主要分为两类: 一类是非参数方法; 一类是参数方法。非参数方法以数据包络分析(简称 DEA)为代表; 参数方法以 SFA 为

代表。DEA 方法是一个线性程序化的数学方法, 只需要获得投入产出的数量, 不要求提供诸如商品价格等其它信息, 也无需建立变量之间的严格的函数关系, 在多投入多产出的效率度量上具有显著优势。DEA 方法的特点是将有效的生产单位连接起来, 用分段超平面的组合也就是生产前沿面来紧紧包络全部观测点, 是一种确定性前沿方法。SFA 方法采用计量方法对前沿生产函数进行估计, 依赖于对数据的随机性假设, 有更为坚实的经济理论基础。他界定了生产函数的函数形式, 并且允许误差项中包括无效率因素, 可用来计算技术效率、规模效率、配置效率、技术进步、TFP 的变化等效率衡量指标。

非参数方法的最大缺陷是没有考虑到随机误差因素对 R&D 产出的影响, 另外也忽略了价格对效率的影响, 仅把企业 R&D 效率归结为技术效率, 而参数方法的主要不足之处在于先确定了生产函数, 因而可能导致效率的度量出现误差, 应用范围受到一定的限制。另外, 所建立生产函数是否准确、合理, 也直接影响计量的结果。不过, 在模型设定合理且采用面板数据或截面数据的情况下, SFA 方法会得到比 DEA 方法更好的估计效果。本文选用 2003—2007 年 5 年期间中国高科技大中型制造业的一组数据。由于不同时期的众多行业与企业有显著区别, 当然也会受到很大的随机误差的影响, 因此随机前沿生产函数的方法就更适合于本文的研究。

2 模型构建

Aigner, Lovell, Schmidt 和 Meeusen, vanden Broeck^[7]同时于 1977 年引进了随机前沿生产函数, 该模型可表示为:

收稿日期: 2009-09-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(70873095)

作者简介: 师萍(1949-), 女, 陕西西安人, 西北大学经济管理学院教授、博士生导师, 研究方向为技术经济及管理、财务管理; 韩先锋(1984-), 男, 陕西商洛人, 西北大学经济管理学院硕士研究生, 研究方向为技术经济及管理。

$$Y = f(X)\exp(v - u) \quad (1)$$

其中, v 代表影响生产活动的随机因素, 一般假设它是独立同分布(i.i.d)的正态随机变量, 具有 0 均值和不变方差; $f(X)\exp(v)$ 代表随机前沿生产函数; u (非负)代表生产效率或管理效率, 一般假设它是独立同分布的半正态随机变量或指数随机变量, 且独立于 v 。

假设生产函数取 C-D 形式, 则有:

$$\ln y_i = b_0 + \sum_n b_n \ln X_{ni} + V_i - U_i \quad i=1,2,L,I \quad (2)$$

在上述 v 和 u 的假设下, 用 U_i 表示技术无效率的影响, 则有:

$$U_i = d_0 + d_1 z_i + W_i \quad (3)$$

其中, d 表示待估向量, z_i 表示与生产期间的技术无效率相关联的解释变量向量, 并假设 W_i 服从截尾正态分布 $N(0, s^2)$ 。使用最大似然法(ML)或调整最小二乘法(MOLS)估计参数和误差项 $V_i - U_i$, 进而得到技术效率为:

$$TE_i = E(-U_i) = E(-z_i d - W_i) \quad (4)$$

新产品的销售收入是一种容易测量的显性 R&D 指标, 而企业进行 R&D 投入的目的也在于对现有产品进行改进或研制新产品, 因此本文采用新产品销售收入为产出指标, R&D 资本投入和 R&D 人员投入为 R&D 生产函数的投入指标。利用随机前沿生产函数构建高科技大中型制造业 R&D 效率评价模型为:

$$\ln Y_{it} = s + a \ln RDK_{it} + b \ln RDL_{it} + V_{it} - U_{it} \quad (5)$$

其中, 下标 i 和 t 分别表示行业和时间, Y 、 RDK 和 RDL 分别表示新产品销售收入、研发资本和研发人员, s 表示待估常数项, a 和 b 分别代表 R&D 资本和 R&D 人员的产出弹性, $V_{it} - U_{it}$ 代表方程的随机误差项, 具有复合结构。其中 V_{it} 指经济系统不可控因素产生的误差, 假定其服从正态分布 $N(0, s_v^2)$, 且独立于 U_{it} 。 U_{it} 为非负随机变量, 用来考察研发活动中的技术无效率, 假定其服从截尾正态分布 $N(M_{it}, s_u^2)$ 。 $e^{-M_{it}}$ 表示行业 i 在 t 时期研发活动的技术效率, M_{it} 越大表明技术效率越低, 也即技术无效率程度越高, 意味着投入等量的 R&D 资本和 R&D 人员能够获得的新产品销售收入越少。我们重点考虑行业中企业数量、时间两个变量对企业 R&D 效率的影响, 则无效率函数设定为:

$$M_{it} = d_0 + d_1 T + d_2 FIRMS_{it} + W_{it} \quad (6)$$

其中, d_0 为待定常数项, d_1 表示 R&D 效率变化的时间趋势系数, 符号为正表示技术效率递减, 反之亦然。 d_2 分别代表行业中企业数量对研发活动技术无效率的影响系数, W_{it} 是回归方程的随机误差项, 假定其服从正态分布 $N(0, s_w^2)$ 。

判断上述设定的模型是否合理, 需考虑式(5)随机误差中技术无效率的比重, 即考虑 $g = s_u^2 / (s_v^2 + s_u^2)$ ($0 \leq g \leq 1$) 中 g 的变化。当 g 越接近于 1, 越能说明随机前沿生产函数的误差主要来源于随机变量 U_{it} 。此时, 采用 SFA 方法对生产函数的估计也就越合适。

本文采用了《中国统计年鉴》(2004—2008)五大产业、13 类二级细分行业的高科技大中型制造业的面板数据。这五大类产业分别是医药制造行业、航天航空器制造行业、

电子及通讯设备制造行业、电子计算机及办公设备制造行业、医疗器械及仪器仪表制造行业; 13 类二级细分行业的高科技大中型制造业有化学药品原药制造业、化学药品制剂制造业、生物生化制品制造业、通信设备制造业、广播电视设备制造业、电子器件制造业、电子元件制造业、家用视听设备制造业、其它电子设备制造业、电子计算机整机制造业、电子计算机外部设备制造业、医疗仪器设备及器械制造业、仪器仪表制造业。以上选择剔除了位于高度垄断的航空航天器制造业、雷达及配套设备制造业的数据。

对于 R&D 资本投入项, 本文采用了高科技大中型制造业 R&D 经费支出数额(万元); 对于 R&D 人员投入项, 采用了 R&D 折合全时人员数值(人/年); 对于新产品销售收入采用年鉴提供的面板数据。对以上所有变量均取自然对数。

3 评价结果

利用 Frontier 4.1 软件, 使用极大似然估计检验模型可获得各项参数(见表 1)。

表 1 回归结果

诊断项目		系数	标准差	t 检验值
前沿生产函数	s	0.560	0.132	0.424
	a	0.722	0.172	0.419
	b	0.193	0.173	0.111
技术无效率函数	d_0	10.725	1.233	9.651
	d_1	0.142	0.026	2.326
	d_2	-0.652	0.712	-6.113
	d^0	0.376	0.232	0.162
	r	0.991	0.647	0.123
其它诊断信息	单边 LR 检验		0.484	
	样本数		65	
	年数		5	
	横截面数量		13	

由回归结果可知, $g=0.991$, 非常接近 1, 表明无效率因素 U_{it} 是随机的, 且 LR 统计检验在 5% 的水平下是显著的, 所以采用的随机前沿模型对生产函数估计就很合适, 即对分行业面板数据使用随机前沿生产函数是应该的, 模型是可以接受的。从检验结果来看, 几乎都较好地通过了变量的显著性检验, 模型拟合度较为理想。具体分析如下:

3.1 R&D 投入要素与产出弹性

从 R&D 资本和 R&D 人员两要素的产出弹性看, $a = 0.722$, $b = 0.193$, 即 R&D 资本投入增长 1%, 可带来新产品销售收入增长 0.772 个百分点; R&D 人员投入增长 1%, 新销售收入增长 0.193 个百分点。由此可以看出我国高科技大中型制造业 R&D 资本产出弹性高于 R&D 人员产出弹性。因此可以断定, 在我国高科技大中型工业企业新产品的销售收入增长中, R&D 资本投入占据主要地位。与 zhang 等对中国整个工业企业的研究结果($a = 0.394$, $b = 0.297$)相比, R&D 资本投入对新产品的销售收入有更为明显的促进作用; 与整个工业行业相比, 我国高科技大中型制造业已经有相对较高的 R&D 效率水平。但与西方发达国家相比, R&D 效率还明显偏低, 我国高科技大中型制造业 R&D 效率变化呈现较为明显的资本驱动型。

3.2 各行业不同年份 R&D 效率比较

从回归结果来看,中国高科技大中型制造业总体 R&D 效率还比较低,平均 R&D 效率仅为 0.347,还有 60% 以上的改进余地。按年度来看,从 2003 年的 0.337 已经变为 2007 年的 0.357,一直呈现增长趋势,但增长幅度还是比较小。笔者认为 R&D 效率之所以增长缓慢,原因在于 R&D 资金投入和人员投入比例不够合理以及资金使用效率

较低。高科技大中型制造业 R&D 活动技术效率状况如表 2 所示。由我国高科技大中型制造业 R&D 活动不同年份技术效率值统计结果可知,13 类细分行业大中型制造业总体 R&D 效率呈现稳步上升趋势,各行业的大中型制造业不同年度 R&D 效率也呈现上升趋势。从不同类型制造业 R&D 技术效率值比较来看,各类制造业 R&D 效率排名稳定,R&D 效率增幅平稳。其中,电子计算机外部制造业、电子

表 2 我国高科技大中型制造业 R&D 技术效率值

制造业类型	2003		2004		2005		2006		2007	
	技术效率值	排名	技术效率值	排名	技术效率值	排名	技术效率值	排名	技术效率值	排名
化学药品原药	0.218	7	0.223	7	0.229	7	0.235	7	0.240	7
化学药品制剂	0.205	9	0.210	9	0.215	9	0.221	9	0.227	9
生物生化制品	0.138	12	0.143	12	0.147	12	0.152	12	0.157	12
通信设备	0.357	4	0.363	4	0.369	4	0.375	4	0.381	4
广播电视设备	0.118	13	0.122	13	0.127	13	0.131	13	0.136	13
电子器件	0.320	5	0.327	5	0.333	5	0.339	5	0.345	5
电子元件	0.229	6	0.235	6	0.240	6	0.246	6	0.252	6
家用视听设备	0.684	3	0.689	3	0.693	3	0.697	3	0.701	3
其它电子设备	0.170	10	0.175	10	0.1840	10	0.185	10	0.191	10
电子计算机整机	0.768	2	0.770	2	0.773	2	0.777	2	0.780	2
电子计算机外部设备	0.821	1	0.824	1	0.826	1	0.829	1	0.832	1
医疗仪器设备及器械	0.150	11	0.155	11	0.160	11	0.165	11	0.170	11
仪器仪表	0.207	8	0.213	8	0.219	8	0.224	8	0.230	8
总体均值	0.337		0.342		0.347		0.352		0.357	

计算机整机制造业、家用视听设备制造业3类制造业R&D效率最高,广播电视设备制造业、生物生化制品制造业、医疗仪器设备及器械制造业3类制造业R&D效率最低。从整个产业来看,电子及通讯设备制造业R&D效率最高,医药制造业R&D效率最低。

为了更加鲜明反映R&D资本投入和人员投入随年度变化对新产品销售收入的影响,下面对2007年投入和产出数据分别和2006该数据作纵向比较,结果见表3。

从表3可以看出,电子计算机整机制造业新产品销售收入有所下滑,原因可能是由于R&D资金投入下降明显,而生物生化制品制造业、电子计算机外部设备制造业、医疗仪器设备及器械制造业3类制造业新产品销售收入明显上升,尤其是电子计算机外部设备制造业,其R&D资本投入不过是5.273%,R&D人员投入还减少了8.092%,而新产品销售收入增加值Y的增幅达到63.651%。

表 3 2007 年与 2006 年 R&D 投入和产出对比分析(%)

制造业类型	Y变化	L变化	K变化
化学药品原药	24.280	15.782	18.226
化学药品制剂	10.340	28.775	22.215
生物生化制品	114.608	62.309	80.619
通信设备	65.910	54.174	19.647
广播电视设备	88.312	66.045	5.582
电子器件	56.864	30.800	10.242
电子元件	59.418	7.082	23.957
家用视听设备	6.415	55.375	7.154
其它电子设备	75.527	10.670	66.355
电子计算机整机	-14.198	14.650	-19.160
电子计算机外部设备	63.651	-8.092	5.273
医疗仪器设备及器械	105.343	47.889	39.600
仪器仪表	53.628	28.087	50.039

3.3 R&D 特定变量对 R&D 效率的影响

在技术无效率函数中,行业中时间系数为正,说明该变量对 R&D 效率没有起到积极作用。企业数量系数显著为负,说明该变量对 R&D 效率有明显的促进作用。结果表明,2003—2007 年 5 年间,高科技大中型制造业技术无效率程度有不断增强的趋势,这说明中国企业的产出仍主要依赖于人力和资本的投入。以行业内企业数量为竞争强度指标,考察我国高科技大中型制造业 R&D 效率,发现行业内企业数量与企业 R&D 效率呈明显的正比关系,高科技大中型制造业的市场竞争性越强,越有助于刺激 R&D 效率的提升,这与大部分研究结论是一致的。

4 结语

上述分析表明,我国目前高科技大中型制造业 R&D 效率水平还比较低,平均效率仅为 0.347,还有很大的改善空间。在 R&D 资本投入和人员投入两个要素中,资本投入是对新产品销售收入贡献最大的产出因素,也是影响 R&D 效率的最明显因素,R&D 效率呈现出较为明显的资本驱动型。在五大高科技产业中,电子及通讯设备制造业 R&D 效率最高,医药制造业 R&D 效率最低。在 13 类不同行业中,电子计算机外部制造业、电子计算机整机制造业、家用视听设备制造业 3 类制造业 R&D 效率最高,广播电视设备制造业,生物生化制品制造业、医疗仪器设备及器械制造业 3 类制造业 R&D 效率最低。这说明我国高科技大中型制造业 R&D 较高效率仍然以电子通讯类制造业为主。这些大中型制造业虽然 R&D 效率都不高,但均呈现稳步、缓慢增长趋势,尤其是电子计算机外部设备制造业、电子计算

机整制造业、家用视听设备制造业 5 年来一直具有较高 R&D 效率, 并且 R&D 效率一直稳步提升。由于这些行业的企业产品社会需求较大, 企业发展速度迅猛, 其必将成为我国高科技大中型制造业 R&D 效率改善的排头兵。

高科技大中型制造业是我国工业的重要力量, 对经济增长有强大的推动作用, 要提高国家自主创新能力和国际竞争能力, 就必须进一步提高我国高科技大中型制造业的 R&D 效率, 减少人力、财力资源的浪费。鉴此, 笔者提出建议如下:

(1) 进一步加大高科技大中型制造业 R&D 投入。由于我国高科技大中型制造业 R&D 效率随 R&D 资本投入的增加而缓慢提高, 因此, 在较长一段时间内, 高科技大中型制造业类企业应该进一步加大 R&D 资本投入力度, 不断改善其 R&D 效率, 增强其 R&D 活动的能力。

(2) 加强政府对高科技大中型制造业 R&D 活动投入的引导。政府的科技投入和投向对其它渠道的投入有重要的导向作用, 会引起高科技大中型制造业类企业的积极响应, 因此, 要进一步加大政府 R&D 投入, 政府 R&D 投入增长率应稳步提高; 同时, 政府、企业应建立良好的 R&D 投入互动机制, 营造有利于企业独立进行 R&D 活动的导向性环境, 形成鼓励企业加强自主创新的气氛。

(3) 合理分配 R&D 资金和人员的投入数量及比例。企业应根据自身产业和市场需求情况以及我国目前高科技大中型制造业 R&D 效率主要是资本导向型的客观现实, 合理配置 R&D 资本和人员比重, 争取用同样的资源投入取得更高的投资回报; 企业也要不断加大 R&D 资本和人员投入在总销售收入和企业员工中的总体比例。

(4) 为企业 R&D 活动营造良好的外部筹资环境。放宽企业向金融机构贷款的条件, 也可在政策上吸引金融风险机构和外资参与企业 R&D 活动, 弥补企业自身 R&D 活动资金的不足。一方面支持 R&D 效率较高企业扩大企业规模, 为企业带来更多的 R&D 经费来源, 鼓励其走自主创新的道

路, 提高其核心竞争力; 另一方面, 扶植 R&D 效率较低的企业提高 R&D 效率能力, 促使其积极引进国内外先进技术来改善 R&D 低效率的现状。

(5) 培育和改善竞争性市场环境。合理的竞争性市场环境有利于高科技大中型制造业 R&D 效率的提高, 政府可给这类制造业企业提供合理的政策支持, 在发展大中型企业的同时, 积极支持小型企业的成长与壮大, 也可适度引导外商投资企业进入竞争市场, 促进我国高科技大中型制造业 R&D 效率的提高。

参考文献:

- [1] [美] 熊彼特. 经济发展理论: 对于利润、资本、信贷、利息和经济周期的考察 [M]. 北京: 商务印书馆, 1990.
- [2] ACS, Z J, AUDRETSCH D B. Innovation market structure and firm size [J]. *review of economics and statistics*, 1987, 69(4): 567-74.
- [3] ZHANG ANMING, ZHANG YIMIN, AND ZHAO RONALD. A study of the r&d efficiency and productivity of chinese firms [J]. *Journal of Comparative Economics*, 2003, 31.
- [4] 朱有为, 徐康宁. 中国高技术产业研发效率的实证研究 [J]. *中国工业经济*, 2006(11): 3-4.
- [5] 马锦生, 李凤莲. 我国企业技术创新的产业组织障碍分析与对策研究 [J]. *哈尔滨商业大学学报: 社会科学版*, 2003(2): 101-1101.
- [6] 柴俊武, 万迪昉. 企业规模与 R&D 投入强度关系的实证分析 [J]. *科学学研究*, 2003(2): 58-621.
- [7] AIGNER D J, LOVELL, K, AND SCHMIDT P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models [J]. *Journal of Econometric*, 1977, 6: 21-37.

(责任编辑: 赵贤瑶)

Research on R&D Efficiency of High-tech Large and Medium-sized Manufacturing in China

Shi Ping, Han Xianfeng

(School of Economics and Management, Northwest University, Xi'an 710069, China)

Abstract: The stochastic frontier production function estimates the R&D Efficiency of large and medium-sized high-tech manufacturing industry in 2003-2007 in China. There are three main conclusions. R&D efficiency of large and medium-sized high-tech manufacturing in China has shown a steady upward trend, but the overall level is still relatively low, which has large room for improvement. Between the degree of market competition and the efficiency of R&D, there is a significant positive correlation. Among factor inputs, it is the capital inputs that affect the efficiency of R&D mostly, and R&D is becoming capital-driven.

Key Words: High-Tech Manufacturing; R&D Efficiency; Stochastic Frontier Production Function