

福建省先进制造业 R&D 投入产出效率研究

陈锦青

(福州大学 管理学院, 福州 350108)

摘要:首先对随机前沿函数的变量和形式加以确定。然后采用该函数和面板数据模型,研究了福建省先进制造业的 R&D 投入产出效率及其影响因素和收敛性。研究结果显示:R&D 人员投入、R&D 经费内部支出及新产品研发投入对新产品产值产出具有显著效应,其中 R&D 人员投入的正效应偏大;福建省高新技术产业 R&D 投入产出效率总体上居中,具有增长趋势和收敛性;九大行业样本期间的企业数量和政府资助对其 R&D 投入产出效率具有显著影响。最后针对研究中发现的问题,提出企业和政府对 R&D 发展应该采取的对策和解决措施。

关键词:R&D 投入产出;随机前沿生产函数;收敛性

中图分类号:F224.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2013)05-0074-04

科技对经济发展有很大推动作用,有助于加快经济结构调整,转变经济增长方式,是一个地区、国家提高竞争力的重要途径。随着创新型国家战略的提出,福建省高度重视科技发展,社会科技投入不断增加,带动了相关产业的发展。《国务院关于支持福建加快建设海西经济区的若干意见》明确了福建在海西建设中的主体地位,指出福建省是东部沿海地区先进制造业的重要基地。近年来,福建省先进制造业发展迅速,科技投入对先进制造业的推动作用明显。因此,有必要研究福建省先进制造业科技投入绩效。

纵观国内有关 R&D 活动效率评价的研究文献,发现目前主要集中于宏观层面的研究。利用随机前沿方法对省际行业效率进行的研究还非常有限,尤其对中国研发活动较为集中的先进制造业研发效率的研究较为缺乏;此外,在对 R&D 效率的研究过程中,有关影响生产效率的投入产出指标筛选上往往主观性和随机性比较强。鉴于此,本文运用随机前沿分析技术(Stochastic Frontier Analysis,以下简称 SFA 技术)对福建省 2002 年至 2010 年先进制造业的 R&D 投入产出效率进行实证研究,为提高 R&D 效率和政府决策提供参考。

1 研究方法 with 模型

技术效率的测量最早是由 Farrel 和 Afriat 提出来的。本文以 Battese 和 Coelli 建立的效率模型作为

生产函数模板^[1],参考胡荣华,罗玮等建立 SFA 模型时选用的变量指标^[2],建立超越对数随机前沿生产函数。最终选择 R&D 人员投入、R&D 经费内部支出、R&D 新产品开发经费作为输入指标,;而将科研成果中的新产品产值作为输出指标,即因变量。模型定义如下:

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln h_{it} + \beta_2 \ln i_{it} + \beta_3 \ln d_{it} + 0.5\beta_4 * \ln i_{it} * \ln i_{it} + 0.5\beta_5 * \ln h_{it} * \ln h_{it} + 0.5\beta_6 \ln d_{it} * \ln d_{it} + \beta_7 \ln h_{it} * \ln i_{it} + \beta_8 \ln d_{it} * \ln i_{it} + \beta_9 \ln h_{it} * \ln d_{it} + \beta_{10} t \ln i_{it} + \beta_{11} t \ln h_{it} + \beta_{12} t \ln d_{it} + \beta_{13} t + 0.5\beta_{14} t^2 + v_{it} - u_{it} \quad (1)$$

其中, $i = 1, 2, \dots, 9; t = 1, 2, \dots, 9$ 。式中, y_{it} 是第 i 个行业在第 t 年的新产品产值; h_{it} 表示 R&D 人员投入, i_{it} 表示 R&D 经费内部支出, d_{it} 表示新产品研发经费投入, t 代表技术变化的时间趋势; β 为需要估计的未知参数; v_{it} 是随机误差,服从 $N(0, \sigma_v^2)$ 的正态分布; v_{it} 与 u_{it} 相互独立; u_{it} 为非负随机变量,取截断正态分布(截去 ≤ 0 的部分),表示第 i 个行业 t 期的 R&D 投入产出无效率项。

在无效函数中,有两个变量作为影响 R&D 投入产出效率的特定变量——行业中企业数量和政府资助。其中,企业数量是用于分析 R&D 无效率与行业竞争之间的关系。Farber 进行的一项产业市场结构与 R&D 投入计量经济研究结果表明,企业只有在它们拥有足够的市场份额从而占有 R&D 的利润时,才

收稿日期:2013-03-09

基金项目:福建省软科学研究计划重点项目(2012R0102)

作者简介:陈锦青(1989—),女,福建屏南人,福州大学管理学院,信息管理与信息系统硕士研究生,研究方向:商务智能与数据挖掘。

会投资于 R&D。^[3] 为了考察政府税收、补贴等政策在 R&D 中的作用,也将其作为一个特征变量纳入考察范围。最终得到 R&D 投入产出效率损失函数模型:

$$m_{it} = \sigma_0 + \sigma_1 n_{it} + \sigma_2 g_{it} + \xi_{it} \quad (2)$$

式(2)中 i 和 t 分别表示行业和时间, σ 为待估参数; ξ 表示误差项。 n_{it} 表示第 i 个行业 t 期的企业个数, g_{it} 表示第 i 个行业 t 期的政府政策。

2 R&D 投入产出效率评价

2.1 数据来源与准备

本文中福建省先进制造业科技投入与科技产出的 2002 到 2010 年的数据来源于《福建经济与社会统计年鉴》、《中国统计年鉴》、《福建省统计年鉴》。

福建省先进制造业包括石油加工、炼焦及核燃料加工业(简称为石油加工),医药制造业,化学原料及化学制品制造业(简称为化学类),通用设备制造业(简称为通用设备),专用设备制造业(简称为专用设

备),交通运输设备制造业(简称为交通运输),电气机械及器材制造业,通信设备、计算机及其他电子设备制造业(简称为通信设备),仪器仪表及文化、办公用机械制造业(简称为仪器仪表)。笔者通过对福建省先进制造业科技投入产出指标进行相关性分析,并考虑到随机前沿分析(SFA)是属于处理多输入—单输出的参数方法,最终选取相关性最突出的经济效益指标新产品产值作为 R&D 投入产出效率评价指标。

2.2 随机前沿函数估计

使用软件 FRONTIER 估计随机前沿函数,得到结果见表 1。 σ^2 和 γ 的最大似然估计值在 1% 的水平下显著,说明随机误差项 v_{it} 和技术无效误差项 u_{it} 均显著存在,须在生产函数中予以考虑; $\gamma = 0.90724122$,说明技术效率损失是非常主要的误差来源,似然比检验统计量 LR 值高度显著的结果也证实了这一点。检验结果说明,本文所构造的随机前沿模型适合于评价 R&D 投入产出效率。

表 1 随机前沿函数的估计结果

待估参数	系数	t 值	待估参数	系数	t 值
常数项	16.263 641	16.547 578(***)	tl _{ni}	0.161 712 87	2.474 178 0(***)
lnh	-1.355 752 6	-1.530 224 2(*)	tl _{nh}	-0.061 808 851	-0.790 854 65
lni	-0.581 746 97	-1.336 550 9(*)	tl _{nd}	-0.236 879 50	-4.307 340 8(***)
lnd	-0.391 843 64	-0.664 192 43	t	1.121 953 6	4.527 983 3(***)
1/2lni * lni	-0.245 893 82	-1.439 499 7(*)	1/2t * t	0.019 198 934	4.527 983 3(***)
1/2lnh * lnh	0.018 920 146	0.204 987 54	常数项	-0.097 205 263	-0.191 552 34
1/2lnd * lnd	0.177 195 96	2.374 459 7(***)	n	-0.001 807 468	-1.589 762 8(*)
lnh * lni	0.365 864 20	2.153 251 7(**)	g	-0.000 010 52	-1.231 935 5(*)
lnd * lni	-0.222 240 34	-1.686 996 6(**)	sigma-squared	0.853 408 06	3.517 673 1(***)
lnd * lni	0.064 198 946	0.321 732 01	gamma	0.907 241 22	17.550 309(***)

注:括号内的数值是 t 统计量值;“***”,“**”,“*”分别表示 $P < 0.01$, $P < 0.05$ 和 $P < 0.1$; LR 为似然比检验统计量, LR test of the one-sided error = 0.15197120E+02,符合混合卡方分布且检验显著。

计量结果表明:在 R&D 生产函数中,除新产品开发经费,R&D 人员投入二次项,R&D 人员投入和时间的交互项,R&D 人员和新产品开发费用的交互项的系数不显著外,其余 10 个变量的系数均显著。上述结果说明:①R&D 经费内部支出二次项的系数显著且为负,说明 R&D 经费内部支出和新产品产值存在倒 U 型关系;R&D 经费内部支出与时间的交互项的系数显著且为正,说明 R&D 资本随着时间推移对新产品产值的促进作用递增。②新产品开发经费二次项的系数显著且为正,说明新产品开发经费对新产品产值的边际效应呈递增趋势,而新产品开发经费随着时间推移对新产品产值的促进作用是递减的。③从直接产出弹性看,R&D 人员投入的直接产出弹

性是负数为 -1.36,但是应用全弹性公式计算出的平均弹性却为 3.580038884。这说明 R&D 人员投入对新产品产值具有正效应,应该加大技术人员的投入。④各要素投入产出弹性都不大,而且各弹性系数之和小于 1,因此 R&D 投入产出的规模报酬在 2002—2010 年间递减。

从 R&D 投入产出效率损失函数模型的估计结果来看,反映企业个数的系数值为 -0.180 746 77 E-02,说明企业个数的增加能够导致 R&D 投入产出效率的提高;政府 R&D 支出的系数值为 -0.105 207 24E-04,从中可以看出政府投入对 R&D 产出效率的影响为正,说明伴随着政府税收减免等政策的实施,其 R&D 产出效率越高。

2.3 R&D 投入产出效率

从分行业历年效率的测算结果来看,福建省高新技术产业 R&D 投入产出效率较高,效率均值都介于 0.5 到 1 之间。我们可以通过表 2 看出效率偏高的行业研发活动较为密集、研发投入比重较高。而部分行业之所以效率偏低,主要受行业投入及缺乏核心技术

的影响。每个年份效率值差异显著,甚至 2003 年医药制造业和 2007 年的石油加工行业效率值仅为 0.133 和 0.173。根据上述分析可以得出企业在部分年份对 R&D 的投入不够合理,未实现均衡产出。同时企业应该要注重提高效率,保证资源的合理利用与产业的可持续发展。

表 2 2002—2010 年样本 R&D 投入产出效率及其均值

年份 \ 行业	石油加工	化学类	医药制造	通用设备	专用设备	交通运输	电气机械及器材	通信设备	仪器仪表
2002	0.814	0.259	0.657	0.668	0.758	0.679	0.756	0.793	0.678
2003	0.609	0.465	0.133	0.743	0.710	0.517	0.855	0.863	0.575
2004	0.097	0.563	0.612	0.827	0.722	0.896	0.717	0.797	0.249
2005	0.801	0.648	0.677	0.701	0.728	0.880	0.503	0.608	0.525
2006	0.841	0.431	0.687	0.718	0.791	0.883	0.454	0.693	0.444
2007	0.173	0.501	0.772	0.824	0.777	0.907	0.673	0.811	0.739
2008	0.763	0.467	0.729	0.814	0.715	0.922	0.652	0.866	0.682
2009	0.463	0.813	0.694	0.872	0.736	0.901	0.744	0.820	0.412
2010	0.778	0.782	0.677	0.803	0.881	0.893	0.886	0.910	0.592
平均值	0.593	0.548	0.626	0.774	0.758	0.831	0.693	0.796	0.544

2.4 R&D 投入产出效率的收敛性

为了进一步分析福建省先进制造业 R&D 投入产出效率的差异性,笔者借助经济增长收敛性分析中的 β 收敛法对分行业 R&D 投入产出效率的收敛性进行简要分析。由于绝对 β 收敛和条件 β 收敛的趋势是一样的,因此我们进行绝对 β 收敛检验,对传统的绝对 β 收敛模型进行适当改进,得到如下技术效率的绝对 β 收敛模型:

$$\ln(TE_{i,t+1}/TE_{i,t}) = \alpha + \beta \ln(TE_{i,t}) + \xi_{i,t} \quad (3)$$

$TE_{i,t}$ 为技术效率; α 为截距项; β 为待估系数; $\xi_{i,t}$ 为误差项。如果 $\beta < 0$, 则表明存在收敛,说明效率变动与上一期效率负相关。这意味着: R&D 投入产出效率低的行业的增长快于 R&D 投入产出效率高

的行业;随着时间的推移, R&D 投入产出效率低的行业将趋同于 R&D 投入产出效率高的行业。用 eviews 软件进行绝对 β 收敛检验,分析样本期间各行业 R&D 投入产出效率收敛情况。根据 Hausman 检验结果决定选择固定效应模型,通过估计与检验,最终得到表 3 所示的结果。从表 3 来看,各行业 R&D 投入产出效率 β 系数均为负值,在 5% 的水平上只有三个行业是不显著的。F 值为 0,说明 R&D 投入产出效率显著收敛。但是由于构造函数过程中涉及的效率变量有限,所以 R^2 值偏小,仅为 0.491 507。结合效率值表中各行业的 R&D 投入产出效率值,可发现 R&D 投入产出效率越低的行业趋同速度越快。

表 3 R&D 投入产出效率—固定影响变系数模型

变量	系数	t 值	P 值	固定影响
常数项	-0.412 888	-6.101 98	0	
石油加工	-1.400 073	-3.765 656	0.000 4	-0.682 49
化学类	-0.711 98	-2.594 055	0.012 2	0.050 11
医药制造	-1.023 106	-2.501 542	0.015 4	-0.176 004
通用设备	-0.777 924	-2.434 369	0.018 3	0.230 248
专用设备	-1.017 937	-1.361 696	0.178 9	0.127 231
交通运输	-0.670 031	-1.848 356	0.07	0.305 308
电气机械及器材	-0.492 338	-1.237 231	0.221 4	0.225 502
通信设备	-0.597 227	-1.423 816	0.160 3	0.279 141
仪器仪表	-1.126 961	-2.882 687	0.005 6	-0.359 097

3 结论与建议

本文利用随机前沿函数法对福建省先进制造业 R&D 投入产出效率进行了研究,同时检验了 2002—2010 年效率及其影响因素和收敛性。通过研究得出结论:

1)R&D 人员投入对新产品产值的整体影响为正;R&D 经费内部支出和新产品产值存在倒 U 型关系,随着时间推移对新产品产值的促进作用是递增的,然而新产品开发经费的促进作用却是递减的;样本期间各行业投入对新产品产值的贡献存在时间趋势。

2)政府补贴及税收政策对 R&D 投入产出效率的影响是正的,意味着政府在先进制造业研发活动中提供的优惠政策将刺激企业增加对 R&D 的支出,但这种促进效果与政府对企业的资助率的关系呈“倒 U 型”曲线。

3)从效率损失函数的变量系数影响程度上看,企业数量的弹性系数为 $-0.180\ 746\ 77E-02$,从影响方向上来说,市场竞争对研发效率呈现正相关的关系。这意味着先进制造业中竞争越充分的行业更注重研发效率的提高。目前,福建省先进制造业的市场集中度偏低,要想在高端技术领域取得成就仍然要借助于较大规模的企业。

4)福建省先进制造业 R&D 投入产出效率相对居中、亟待提高。分行业样本期间效率值呈上升趋势,表明其研发状况在日趋改善,对资源的利用效率正在逐步提高。但行业间发展不均衡。

5)对福建省先进制造业各行业样本期间数据进行收敛检验,得出结论是样本的 R&D 投入产出效率基本上都具有显著的收敛性,并且当行业效率越高时,趋同速度则越慢。

基于上述研究结论,本文针对福建省先进制造业发展分别从企业和政府角度提出不同建议:

对于企业而言,一方面应加大 R&D 人员投入、R&D 经费内部支出以及新产品研发投入。通过提高

R&D 人员中科学家和工程师的比重,完善用人制度和激励机制来推动新产品的研发。另一方面由于研发活动风险性高、融资困难,中小企业应该拓宽融资渠道,吸收债务性资金。同时可以进行创新资源配置和产业链整合,不断壮大规模,提升联合攻关能力。

对于政府部门而言,参与技术创新活动,应集中做到以下三点:

第一、调整政府作用方式,建立政府科技投入增长机制。完善政府科技投入相配套的政策,建立多元化的科技投入体系,拓宽科技资金筹集渠道,强化政府科技投入的带动效应。

第二、加强政府科技投入引导和示范作用,实现科技经费合理配置。政府应以地方产业结构调整、升级的战略目标为依据确定重点行业和发展项目。在优化研发资源的基础上,加大 R&D 投入。

第三、扩大先进制造业规模,发挥国有企业优势。政府应在扶植本土企业发展的同时,适当的建立产业进入和退出壁垒,培育合理的竞争性市场环境。此外应充分利用大型国有企业的研发力量,推动先进制造业 R&D 效率的提升。

参考文献

- [1] BATTESE G E, COELLI T J. A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data[J]. Empirical Economics, 1995(2):325—332.
- [2] 胡荣华,罗玮. R&D 投入产出效率研究—以南京为例[J]. 科技与经济, 2012(1): 77—81.
- [3] 闫冰,冯根福. 基于随机前沿生产函数的中国工业 R&D 效率分析[J]. 当代经济科学, 2005(6):14—18.
- [4] 张东红,殷龙,仲健心. 政府研发投入对企业研发投入的互补与替代效应研究[J]. 科技进步与对策, 2009(17):7—9.
- [5] 于立,王铁. 我国工业企业技术效率的比较分析应用随机前沿生产函数进行的比较[J]. 科技与管理, 2007(4):41—43.
- [6] 王志平. 生产效率的区域特征与生产率增长的分解基于主成分分析与随机前沿超越对数生产函数的方法[J]. 数量经济技术经济研究, 2010(1):33—43.

Study on R & D Input-Output Efficiency of Advanced Manufacturing in Fujian Province

CHEN Jin-qing

(School of Management, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: Firstly, this paper determines the variables and form of the stochastic frontier function. Then it studies the R&D Input-Output efficiency, influencing factors and convergence by the approach and the panel data model. The empirical result shows as follows: R&D capital input, R&D labor input and new product research and development investment have significant effects on new product output value and the effect of R&D labor input is larger; the R & D input-output efficiency of advanced manufacturing in Fujian province centers on the whole and takes on a increasing trend and the convergence; the number of firms and government funding of its R & D has a significant effect on the R & D input and output efficiency within nine industries during the sample period. Finally, the study found the countermeasures and solutions, which the corporate and government should take in the development of R & D.

Key words: R&D efficiency; stochastic frontier production; convergence