

# 山西省科技创新绩效评价研究

## ——基于 DEA 模型的动态研究

梁瑞敏, 高 鹏

(中北大学 经济与管理学院, 太原 030051)

**摘要:**科技发展程度是衡量一个国家和地区经济竞争实力和经济发展潜力的一个关键因素,对科技创新绩效进行科学合理的评价至关重要。从投入产出角度,构建了 DEA 评价方法的科技创新绩效评价指标体系;依据山西省科技创新活动十年的相关数据,获得各年份综合效率、纯技术效率以及规模效率,在此基础上并绘制了山西省科技创新绩效动态发展趋势图。结果发现,山西省科技绩效发展呈现出先降低后上升的趋势;山西省的科技绩效平均水平较高;非 DEA 有效是由于纯技术无效率和规模无效率共同作用的结果。

**关键词:**技术创新;创新绩效;DEA

**中图分类号:**F204 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2014)09-0125-05

山西是国内最为典型的煤炭资源型省份之一。建国以来累计输出煤炭 70 多亿吨,在占全国 1/60 的国土面积上生产了占全国 1/4 煤炭、3/4 的焦炭、1/17 的火电。改革开放以来,山西省经济虽然取得了巨大成就,但是,回顾三十多年来山西的发展历程,山西的经济发展依靠的是一条高投入、高消耗、高排放、低效率的粗放式经济发展的道路,这就导致了山西省的经济状况在国内整体排名靠后。现如今,山西省的煤炭资源已经面临枯竭,提高资源利用效率、推进经济发展已经迫在眉睫。

然而,经济的迅猛发展离不开科技的创新。创新是决定一个地区乃至一个国家竞争优势的源泉。在经济全球化和知识经济的大背景下,区域创新体系建设成为提升国家和地区经济社会发展水平的重要手段<sup>[1]</sup>。区域创新绩效是指区域创新系统在创新方面所取得的成绩和创新效率。

我国科技发展对经济增长带动的作用日益凸显,大力发展科技从而实现我国经济持续、稳定、健康发展是重要举措。但是,目前在技术创新资源配置方面存在问题,区域在科技发展过程中面临较大的技术风险,市场风险等客观因素。不少学者对此展开实证研究,向刚,熊觅<sup>[2]</sup>等在创新性企业创新绩效进行研究并指出:创新绩效不应该单一的指资源的投入产出效率,它应该是经济绩效、科技绩效、社会绩效和绿色环

保绩效的综合。白俊红,池仁勇<sup>[3-4]</sup>等基于系统的角度,考察了区域创新网络内部企业、高校、科研机构、地方政府、金融机构、供应商以及中介机构主体要素及其联接关系对创新效率的影响,并反应出企业与不同主体联系对创新绩效的影响存在差异,但总体来看中国当前区域创新系统网络建设并不理想;李洪波,张仁寿等<sup>[5-6]</sup>用 DEA 的方法分别对中部六省科技创新绩效和广东南沙科技自主创新绩效进行实证分析,模拟计算科技创新效率,并进行比较,分析了纯技术无效率和高效率的原因。从已有的文献可以发现,对科技创新绩效的研究成果比较丰硕,但是大部分基于产业、企业和国家层面,对于某些省份尤其是山西省的研究几乎没有。因此本文采用 DEA 方法对山西省科技绩效进行动态分析,有针对性的运用 CCR 和 BCC 模型对山西省进 10 年绩效进行动态分析和评价。

## 1 研究方法

### 1.1 DEA 方法

数据包络分析(DEA)是由著名的运筹学家 A. Charnes, W. W. Cooper 和 E. Rhode 在 1978 年以相对效率概念基础为基础发展起来的一种系统分析方法<sup>[7]</sup>。它是依据线性规划技术,用于经济定量分析的非参数方法。

每个被研究单元称为决策单元(DMU),在所有

收稿日期:2014-05-20

作者简介:梁瑞敏(1988—),女,山西阳泉人,中北大学经济与管理学院硕士生,研究方向:科技创新研究。

DMU 构成的集合,根据 DMU 的输入和输出来评价其相对有效性。DEA 特别适用于多个输入和输出的情况,而且此方法无需设立函数形式,从而避免了主观设定函数的带来的误差。

1.2 模型选择

DEA 方法中包括很多种模型,但最常用的两种模型分别是 CCR 和 BCC 模型。CCR 是测量综合技术效率的模型,综合技术效率(technology efficient, TE)是用来测度区域生存前沿即规模报酬不变的生产前沿上的最佳投入与实际投入的比率。规模报酬不变是指在生存过程中,当投入量以等比例增加或减少时,产出量也以等比例增加或减少。当 TE=1 时,表明投入与产出已经达到相对最佳效率状态。当 TE<1 时,该决策单元为 DEA 无效,表明决策单元是非技术有效或者规模有效。BCC 模型是测量纯技术效率的模型,纯技术效率( pure technology efficiency, PTE)是测度决策单元在规模报酬可变的生产前沿上的最佳投入与实际投入的比率。当 PTE=1 时,决策单元是纯技术有效的,能有效的利用资源,资源配置能实现相对优化,使投入产出的配置比较适当;当 PTE<1 时,决策单元是纯技术无效率的,表明经营管理方面、资源的利用上还可能存在较大的无效率,使投入产出配置不当。由 CCR 模型计算出的效率值除以 BCC 模型计算的纯技术效率值,就可得到各决策单位的规模效率值。规模效率( scale efficiency, SE)是测度当规模报酬可变时,生产前沿面与规模报酬不变时的生产前沿面的距离,它说明了由于不能在不变规模报酬下生产而造成的无效程度。当 SE=1,则该决策单元规模有效率,如果规模收益不变,此时达到最大产出规模点;当 SE <1,此时,该决策单元为规模无效,表明需要通过调整规模因素以改进其非效率的状态。

本文选择 CCR 模型和 BCC 两种模型分别计算山西省科技创新的综合技术效率和纯技术效率指数,再通过计算得出规模效率,从而对山西省科技创新现状作出分析。

1.3 决策单元的确定

有效的运用 DEA 方法的关键在于恰当地选择同构型 DMU 作为评价对象。根据同构型 DMU 的要求,本文选择山西省 2002—2011 年,以每一年作为一个单独的 DMU,动态的比较近年来山西省的创新绩效情况。

1.4 指标的选取

对创新绩效进行科学的评价,是提高创新系统创

新绩效的基础<sup>[8]</sup>。而设计一个系统的、科学的、具可操作性和可拓展性的评价指标体系,是正确评价区域创新系统创新绩效的前提<sup>[9]</sup>。本文将依据科学性、完整性、可比性、实用性、可操作性原则,建立山西省科技创新绩效的评价指标体系。

一个完整的区域创新系统应该是一个投入和产出的系统,因此,根据以上原则,本文将从区域创新投入和创新产出两个方面来构建指标体系。在国内外已有的文献中,常用来作为主要创新资源投入的指标有:R&D 经费投入总量、R&D 经费占总支出的比重、科技创新基金、科技创新基金/财政支出比重、年末科学技术人员、R&D 全时当量、R&D 人员比例、GDP 等。但是有很多学者选取的指标有很强的相关性,比如匡爱民<sup>[10]</sup>构建的投入指标包括科技活动人员、R&D 人员、科学家工程师等,从而使得结果不真实,考虑到上文所说的指标建立的原则,本位选取了三项投入指标,三项产出指标,具体说明如表 1 所示。

表 1 投入产出指标

| 一级评价指标     | 二级评价指标 | 三级指标       |
|------------|--------|------------|
| 科技创新绩效评价指标 | 投入指标   | 人均实际 GDP   |
|            |        | R&D 内部支出   |
|            |        | R&D 人员全时当量 |
|            | 产出指标   | 专利授权量      |
|            |        | 技术市场成交合同额  |
|            |        | 国外期刊收录论文数  |

2 实证分析

2.1 数据来源

本文选取的数据均来自于中国统计年鉴(2001—2012 年)和山西省统计年鉴(2001—2012 年),共收集了山西省 12 年的 3 项投入指标和 3 项产出指标。由于投入和产出存在一定的时滞,本文参考前人经验,选取一年的时滞,即,本文选择投入指标 2001—2010 年的数值,而产出指标则选择 2002 年到 2011 年的值。并且 GDP 是经标准化计算之后,得出的以 1952 年为基年的实际人均 GDP。具体情况如表 2 所示。

2.2 相关性检验

对创新绩效进行合理的测度和评价之前,首先要确保投入指标和产出指标间具有较强的相关性,此时得出的效率才有较强的分析意义,因此,在进行数据处理分析之前,先对指标进行相关性分析是必须而且必要的。本文先用 spss17 软件对数据进行相关性检验,得出相关性矩阵,结果如表 3 所示。

从表 3 结果可以看出,投入变量和产出变量间的

相关系数均大于 0.9,这表明投入指标和产出指标相关性很显著。因此本文选择的投入变量对产出变量

有较大的贡献,可以用来进行绩效评价分析,并且得出的结果有很强的可信度。

表 2 山西 1999—2011 年科技创新绩效评价指标数据

| 年限   | 人均实际<br>GDP | R&D 内部支出<br>/万元 | 人员当量<br>/人·年 | 专利授权量 | 成交合同额<br>/万元 | 国外期刊收录<br>论文数 |
|------|-------------|-----------------|--------------|-------|--------------|---------------|
| 2001 | 4 204.652   | 108 238         | 16 152       |       |              |               |
| 2002 | 4 746.372   | 144 131         | 17 183       | 934   | 39 014       | 626           |
| 2003 | 5 452.116   | 158 256         | 18 483       | 1 175 | 32 251       | 1 029         |
| 2004 | 6 282.676   | 233 570         | 18 504       | 1 189 | 59 960       | 889           |
| 2005 | 7 130.752   | 262 814         | 27 438       | 1 220 | 47 980       | 923           |
| 2006 | 8 043.556   | 363 388         | 38 767       | 1 421 | 59 213       | 1 401         |
| 2007 | 9 322.456   | 492 506         | 36 864       | 1 992 | 82 677       | 1 423         |
| 2008 | 10 114.852  | 625 574         | 43 986       | 2 279 | 128 425      | 2 371         |
| 2009 | 10 661.096  | 808 563         | 47 772       | 3 327 | 162 068      | 2 053         |
| 2010 | 12 142.88   | 898 835         | 46 297       | 4 752 | 184 911      | 2 555         |
| 2011 |             |                 |              | 4 974 | 224 825      | 2 637         |

表 3 Inter-Item Correlation Matrix

|               | 人均<br>GDP | R&D 内部<br>支出 | R&D 人员<br>全时当量 |
|---------------|-----------|--------------|----------------|
| 专利授权量         | 0.919     | 0.984        | 0.908          |
| 成交合同额         | 0.971     | 0.988        | 0.936          |
| 国外期刊<br>收录论文数 | 0.972     | 0.951        | 0.942          |

2.3 实证分析

我们将所获取的山西省 2001—2011 年的科技创新活动投入、产出的面板数据,通过 DEAP2.1 软件,对十年的绩效分两步进行分析研究,第一步,用 CCR 模型测量各年的综合技术效率(TE),进行比较分析。第二步,用 BCC 模型得出每年的纯技术效率(PTE),再用公式 TE/PTE 计算出规模效率值(SE)。分别对每年的纯技术效率和规模效率进行分析,并进行动态评价。

2.3.1 综合技术效率(TE)

首先,在 DEAP1.2 软件中,选择 CCR 模型,将山西省 12 年数据用 DEA 软件处理,得出各年的综合技术效率值如表 4 所示。

表 4 2002—2011 年 TE 值

| 时间 | 2002  | 2003  | 2004  | 2005  | 2006  |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| TE | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.837 | 0.887 |
| 时间 | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  |
| TE | 0.850 | 1.000 | 0.978 | 1.000 | 1.000 |

从表 4 发现,就综合技术效率而言,达到 DEA 有效的年份分别为 2002、2003、2004、2008、2010、

2011 六年。他们不仅是技术有效,而且是规模有效的,这表明在这些年份,山西省技术创新绩效评价较好,资源配置能力和资源使用能力都比较高。DEA 无效的年份中,除 2005 年以外都达到了 0.85,这表明,总的来看,近几年山西省的科技绩效处于中高水平,基本实现了对投入资源的高效使用和配置。

2.3.2 纯技术效率(PTE)和规模效率(SE)

通过对山西省综合效率分析,发现近年来山西省科技绩效大部分是 DEA 有效的,但是 2005、2006、2007、2009 年没有达到 DEA 有效,为了更深一层探索 DEA 无效的原因,我们继续将 10 年数据用 BCC 模型进行处理得出纯技术效率,并用综合效率除以纯技术效率得出规模效率值。具体情况如表 5 所示。

表 5 2002—2011 年 PTE 以及 SE 值

| 时间   | TE    | PTE   | SE    | 规模收益 |
|------|-------|-------|-------|------|
| 2002 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 不变   |
| 2003 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 不变   |
| 2004 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 不变   |
| 2005 | 0.837 | 0.958 | 0.847 | 递增   |
| 2006 | 0.887 | 0.934 | 0.941 | 递减   |
| 2007 | 0.850 | 0.901 | 0.943 | 递减   |
| 2008 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 不变   |
| 2009 | 0.978 | 0.992 | 0.986 | 递减   |
| 2010 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 不变   |
| 2011 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 不变   |
| 均值   | 0.955 | 0.979 | 0.974 |      |

从纯技术效率来看,除 2005、2006、2007、2009 这四年以外,其他年份山西省都达到了纯技术有效,但

是总的来看,近10年纯技术效率的均值为0.979,说明山西省整体在既定的资源投入情况下,产出能力较高,管理水平较高,浪费较少。

从规模效率和规模收益来看,2005年山西省规模效率低而且处在规模报酬递增阶段,表示适当加大投入量,产量将会按更大的比例增加。其余三年,2006、2007和2009年规模报酬普遍较低而且均处在规模报酬递减阶段。这说明这三年间山西省的生产规模结构不合理,导致其规模效率相对较低。而出现这一状况的原因可能是,山西省2005年加大了科技投入,而企业和机构内部的结构还未做出相应的调整来适应大规模的投入,从而导致了规模效率递减的现象。

总的来看,造成这四年综合效率低的原因是生产规模结果不合理和投入资源没有得到有效使用综合作用的结果。

### 2.3.3 山西省科技创新绩效动态分析

基于表5的结论,图1描述了近10年来山西省科技创新绩效的动态变化。

X轴表示时间,Y轴分别表示三种效率值。

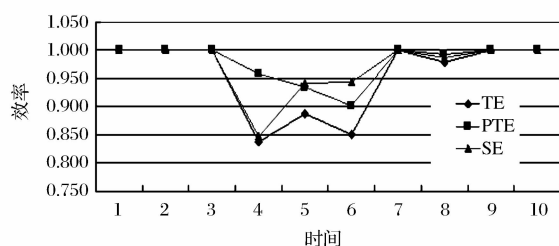


图1 山西省科技创新绩效动态图

首先,整体来看,综合技术效率、纯技术效率、规模效率呈现先递减再增加的态势,这说明,虽然2005年到2007年山西省出现了综合效率低的情况,但经过优化资源配置,以及调整生产规模,已经在2010年和2011年实现了综合效率最大化。具体来看综合效率较小的4年中,2005年的综合效率较小,造成这一结果的原因主要是由于纯技术效率低,也就是说,2005年主要是由于资源没有合理使用而使得综合效率不高。2006和2008年的总格效率低是由技术无效率和规模无效率均衡影响的结果。而2007年的综合效率低则是主要由于规模效率低而引起的。换句话说,2007年山西省生产规模结构不合理直接导致了综合效率低下。

## 3 结论与政策

通过对山西省近10年投入产出绩效进行综合分

析和分类评价,可知:①总的来说,近10年来,大部分年限,在山西省既定的资源投入下,基本产出实现了最大化,而且管理水平较高,资源投入浪费现象不明显。②具体来讲,个别年限山西省规模收益递减。这是由于山西省某些地方仍然存在生产规模结构的不合理,从而导致规模效率不高。③从近10年发展趋势来看,山西省科技创新绩效呈现先下降后上升的趋势。而且除了其中四年是DEA无效单元以外,其他单元整体绩效水平较高。总的来看,总体上呈现良好的发展趋势。特别是从2004年到2011年整体绩效水平不断攀升。针对山西省科技创新问题,从投入和产出两个方面给出如下政策建议:

一是合理利用科技人才,完善用人机制。科技人员发展是提高区域科技发展水平的一个重要因素。近年来山西省对人才尤其是科技人才不重视,造成人才流失,是致使科技绩效不能够实现最大化的重要原因之一。为了更好地实现山西省科技更好的发展,必须建立合理的用人机制。通过提供优厚的待遇、广阔的发展空间以及良好的培训机会等途径留住人才。一方面想法设法留住现有的科技人才,另一方面尽量吸引外部人才的加入。吸收、留住人才的同时做到人尽其才,使得人才得到充分的利用,发挥他们的价值。

二是加大研究和开发投入的同时,合理有效地利用。从计算结果可以看出所有的非有效DEA决策单元都存在资源利用效率的问题。而且山西省在2005年整体上加大了科技投入力度,而企业和机构并没有迅速的调整内部结构来适应大规模的投入,致使大量投入的资源没有得到有效利用,而存在浪费现象。为了合理有效利用资源,一方面企业和机构要增强预算的科学性,另一方面相关部门要严格监督,提高资源使用的有效性,尽可能避免资源的浪费和其他途径的流失。

三是改革落后的科研行政管理体制,加强地区间的技术交流。完善技术创新体系就要激励和保护科技产业发展的积极性,政府要为科技进步提供服务,保证科技进步的利益传导机制畅通。制定实现鼓励产业科技创新、用先进技术改造和发展科技产业的财政税收政策,促进科技整体水平的提高。改革和完善科研管理体制,使其高效、有力,实现以政府为主导,促进产、学、研各方建立良性互动合作的市场机制,着眼创新动力的焕发,加强创新资源的重组,完善创新体系,加快技术梯度转移承接者向科技创新者的转变。创新高新技术产业“园区集聚”发展模式,提升园区“创新源”、“辐射源”功能,带动高新技术产业快速

发展。

本文的不足之处:①由于指标的不可得性,本文选取指标时存在一定的局限,使得指标的覆盖面不够广,例如投入的机构数也应考虑为投入变量。在今后的研究中可以考虑丰富现有的指标体系,使得指标体系更加完善。②本文选用 DEA 方法来测量绩效值,测得的只是近十年来相比较为有效的单元,只是一个相对值。换言之,跟别的省份相比,是否实现低投入高产出还有待商榷。此后的研究中可以拓宽方法的选择和应用。

参考文献

[1] 张仁寿,黄小军,郑传芳,胡亦武. 基于 DEA 方法的区域科技自主创新绩效评价实证研究——以广东南沙为例[J]. 科技管理研究,2012(9):9—14.  
[2] 向刚,熊觅,等. 创新型企业持续创新绩效评价研究[J]. 科

技进步与对策,2011(4):119—123.  
[3] 白俊红,江可申,等. 应用随机前沿模型评测中国区域研发创新效率[J]. 管理世界,2009(10):51—60.  
[4] 池仁勇. 区域中小企业创新网络的结点联结及其效率评价研究[J]. 管理世界,2007(1):105—121.  
[5] 李红波,翟益群. 基于 DEA 方法的中部六省科技创新绩效分析[J]. 科技和产业,2010(4):74—76.  
[6] 宋东林,魏宝明. 高新技术产业技术创新绩效评价研究——以江苏省为例[J]. 技术经济与管理研究,2012(9):34—37.  
[7] 魏权龄. 数据包络分析[M]. 北京:科学出版社,2004:20—26.  
[8] 中国科技发展战略研究小组. 中国区域创新能力报告 2003 [M]. 北京:经济管理出版社,2004:26—57.  
[9] 李琳. 产业集群—高薪区竞争之力之源泉[M]. 长沙:湖南师范大学出版社,2006:3—14.  
[10] 匡爱民. 基于数据包络法的我国区域创新绩效地区差异动态分析[J]. 江西社会科学,2010(6):71—74.

Study on Technological Innovation Performance Evaluation in Shanxi Province

——Dynamic study based on DEA model

LIANG Rui-min, GAO Peng

(College of Economics and Management,North University of China,Taiyuan 030051,China)

**Abstract:** The science and technology development level is a key factor to measure the strength and economic development potential of economic and competition of a country or region. It is crucial to evaluation of the performance of scientific and technological innovation scientifically and reasonably. The article constructs the science and technology innovation performance evaluation index system of DEA evaluation method from the perspective of input-output. Based on the related data of scientific and technological innovation activities in Shanxi province, obtain the comprehensive efficiency, pure technical efficiency and scale efficiency for each year and draw the trend graph of performance dynamic technology innovation development. Results showed that, the science and technology achievement development presents the first decreased and then increased; science and technology performance average level is higher and the non DEA effective is due to pure technical inefficiency and scale inefficiency interaction efficiency results.

**Key words:** technological innovation;innovation performance;DEA

(上接第 87 页)

[10] 关伟,马进. 我国股票市场与 GDP 关系的实证分析[J]. 经济理论与经济管理,2006(6):36—39.  
[11] 鲁万波. 用参数和非参数 GARCH 模型的预测能力比较[J]. 统计与决策,2006(12):19—21.

The Research between Shanghai Composite Index and GDP Volatility Based on GARCH Model

BU Le-le, YAO Zuo-wen

(School of Fianance and Management,Anhui Agriculture University,Hefei 230036,China)

**Abstract:** The relationship between China's macro economy and stock market has entered the stage of weak correlation, through the study on the volatility of the them, including ADF test, ARCH effect test, GARCH model analysis and Granger test, results show that, China's macro economy and stock market show non normality, stock market volatility does not exist ARCH effect macroeconomic volatility exist ARCH effect and GARCH (1,1) is most suitable for the description of the wave. Forecast the macroeconomic and the composite index of Shanghai Stock Exchange and mutual benefit.

**Key words:** The Shanghai Composite Index;GDP;GARCH model