

# 我国东中西部地区医药制造业技术创新效率比较\*

王素, 苏昱霖, 陈玉文

(沈阳药科大学工商管理学院, 沈阳 110016)

**摘要** 目的 比较我国东、中、西部地区医药制造业技术创新效率的差异, 并根据实证研究的结果有针对性地提出相关对策和建议。方法 运用数据包络分析( DEA) 方法对 2002—2013 年间我国东、中、西部地区医药制造业的综合效率( crste)、纯技术效率( vrste)、规模效率( scale) 进行比较。结果 三个区域均处于非 DEA 有效状态, 且中部地区技术创新资源存在严重的投入冗余和产出不足。结论 我国东部和西部地区医药制造业的技术创新效率明显高于欠发达的中部地区。

**关键词** 医药制造业; 数据包络分析; 技术创新效率

中图分类号 R95 文献标识码 C 文章编号 1004-0781(2016)11-1276-05

DOI 10.3870/j.issn.1004-0781.2016.11.031

## Comparative Study of Technical Innovation Efficiency of Pharmaceutical Manufacturing in Eastern, Central and Western Regions of China

WANG Su, SU Yulin, CHEN Yuwen (College of Business Administration, Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang 110016, China)

**ABSTRACT Objective** To compare the differences of technical innovation efficiency of pharmaceutical manufacturing in the eastern, central and western regions of China, and put forward relevant countermeasures and suggestions on the basis of empirical results. **Methods** The pharmaceutical manufacturing crste, vrste, scale were compared among the Eastern, Central and Western regions from 2002 to 2013 by DEA method. **Results** Three regions are all in a non-active DEA state and the technical innovation resources are seriously lack of input redundancy and output in central region. **Conclusion** Technical innovation efficiency of pharmaceutical manufacturing in the eastern and western regions was significantly higher than the under developed central region.

**KEY WORDS** Pharmaceutical manufacturing; DEA; Technology innovation efficiency

医药制造业具有投入高、经济效益高、知识技术密集度高、投资回报周期长等特点, 是典型的研发驱动型产业<sup>[1]</sup>。对于正处于高速发展阶段的我国医药制造业而言, 无论是资金还是人力都是稀缺资源, 如果不能有效利用创新投入资源, 不仅难以促进我国医药制造业的健康发展, 甚至会延缓其发展并且造成资源浪费。所以研究如何在创新投入有限的情况下获得高效产出, 避免资源浪费, 显得十分必要。由于自然资源、经济发展以及制度环境差异, 我国东、中、西部地区医药产业呈现阶梯状不平衡发展态势<sup>[2]</sup>。现有文献中, 基

于地区视角对医药制造业的大多是以省市为研究对象测算技术创新效率, 而以区域为对象的研究笔者较少见到。因此, 笔者根据《中国高技术产业统计年鉴》2013 年公布的数据, 运用数据包络分析( data envelopment analysis, DEA) 模型比较了我国东、中、西部医药制造业技术创新效率的差异, 进而有针对性提出了相关对策和建议。

### 1 资料与方法

**1.1 研究方法** DEA 是采用数学规划方法对若干个具有相同类型的多投入和多产出的决策单元进行效率及有效性评价, 是一种非参数、客观评价方法<sup>[3]</sup>。DEA 方法主要包括规模报酬不变的 CCR 模型和规模报酬可变的 BBC 模型。由于 CCR 模型的结果中有多个相对有效的决策单元, 所以笔者选择规模报酬可变的 BBC 模型。假设有  $n$  个决策单元, 每个决策单元有  $m$  个投入和  $s$  个产出, 单位  $(X_j, Y_j)$  第  $m$  项的投入量为  $X_{mj}$ , 第  $s$  项产出量为  $Y_{sj}$ , 建立 BBC 模型<sup>[4]</sup> 如下:  $\min [\theta - \varepsilon(e^{-T}s^- + e^T s^+)]$

收稿日期 2015-12-09 修回日期 2016-01-22

**基金项目** \* 科技部“十二五”重大新药创制国家科技重大专项资助项目(2013ZX09301305)

**作者简介** 王素(1992-), 女, 内蒙古呼伦贝尔人, 在读硕士, 主要研究方向: 药事管理。电话: 024-23986552, E-mail: 308458132@qq.com。

**通信作者** 陈玉文(1969-), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 药事管理。电话: 024-23986552, E-mail: cywyc@163.com。

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^- = \theta x_0$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^+ = y_0$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_i \geq 0, j = 1, 2, \dots, n; s^- \geq 0, s^+ \geq 0$$

其中  $\theta$  为综合效率,当  $\theta=1$  时,为弱 DEA 有效状态;当  $\theta=1$ ,且  $s^- = s^+ = 0$  时,为 DEA 有效状态;当  $\theta < 1$  时,为 DEA 无效状态。 $s^-$ 、 $s^+$  分别为技术创新投入冗余和产出不足。

**1.2 指标选取与数据说明** 技术创新是一个多投入和多产出的经济过程<sup>[5]</sup>,在这个过程中需要多种资源投入,因此选择合理的投入产出指标是正确使用 DEA 方法评价技术创新效率的前提。为充分体现医药制造业研发驱动的特点,笔者选取了研究与开发 (research and development, R&D) 经费内部支出 ( $X_1$ )、R&D 活动人员折合全时当量 ( $X_2$ )、技术获取和改造经费支出 ( $X_3$ )、研发机构数 ( $X_4$ ) 作为投入指标,分别代表了财力、人力和物力的投入;产出指标为专利申请数 ( $Y_1$ ) 和新产品销售收入 ( $Y_2$ ),代表了技术创新的知识产出和经济产出(表 1)。

本文东、中、西部地区医药制造业技术创新投入与产出相关的指标数据来源于 2013 年公布的《中国高技术产业统计年鉴》<sup>[6]</sup>(表 2, 3)。考虑到医药制造业研发周期长的特点,采用 FURMAN<sup>[7]</sup> 方法将专利数据和新产品销售收入数据的滞后期设为两年。即投入指

标为 2002—2011 年面板数据,产出指标为 2004—2013 年面板数据,通过建立 BBC 模型并应用 DEAP2.1 版软件对我国东、中、西部地区医药制造业的技术创新效率进行评价并比较差异。

**表 1 我国东、中、西部医药制造业技术创新效率评价指标**  
**Tab. 1 Evaluation index of innovation efficiency of pharmaceutical manufacturing technology in eastern, central and western China**

类别	指标及符号	指标说明
投入指标	R&D 经费内部支出(亿元)( $X_1$ )	
	R&D 活动人员折合全时当量(人年)( $X_2$ )	医药制造业财力、人力和物力的投入
	技术获取和改造经费支出(万元)( $X_3$ )	
	研发机构数(个)( $X_4$ )	
产出指标	专利申请数(件)( $Y_1$ )	医药制造业技术创新的
	新产品销售收入(亿元)( $Y_2$ )	知识产出和经济产出

**2 区域技术创新效率的 DEA 评价**

在规模报酬可变的情况下,DEA 效率的评价内容主要包括综合效率 (crste)、纯技术效率 (vrste) 和规模效率 (scale)  $crste = vrste \times scale$ 。3 个效率值越接近 1 证明其技术创新的资源投入得到了充分的利用。笔者运用 DEA 模型测算了我国医药制造业东、中、西部各区域 2002—2011 年的技术创新效率值,结果见表 4。

**2.1 综合效率分析** 综合效率反映了一个决策单元在特定的技术条件和投入项目下,可以获得的实际产

**表 2 2002—2013 年我国东、中、西部地区医药制造业技术创新投入相关数据**

**Tab.2 Data of innovation investment on pharmaceutical manufacturing technology in eastern, central and western China from 2002 to 2013**

年份	R&D 经费内部支出/亿元			R&D 活动人员折合全时当量/人年			技术获取和改造经费支出/万元			研发机构数/个		
	东部地区	中部地区	西部地区	东部地区	中部地区	西部地区	东部地区	中部地区	西部地区	东部地区	中部地区	西部地区
2002 年	16.97	2.84	1.83	12 858.00	3 401.00	1 962.00	534 083.0	136 953.0	58 584.0	315	116	69
2003 年	20.57	4.80	2.29	11 394.00	4 480.00	1 645.00	453 429.0	72 630.0	75 764.0	285	120	71
2004 年	20.88	4.90	2.40	8 707.50	3 147.85	2 075.37	424 486.6	171 314.2	102 189.8	345	152	90
2005 年	31.41	5.95	2.59	13 007.02	4 257.47	2 319.89	423 805.2	110 482.6	33 546.2	358	145	78
2006 年	41.52	7.24	3.83	17 805.68	4 713.55	2 871.81	324 082.7	200 299.3	72 466.6	389	180	72
2007 年	50.85	10.20	4.83	20 054.59	7 557.45	3 166.24	416 798.1	127 515.8	57 685.2	439	184	85
2008 年	58.65	13.77	6.66	25 770.89	9 429.66	4 991.10	459 315.7	137 041.0	70 009.7	462	196	88
2009 年	95.43	25.76	13.34	45 572.00	15 696.00	8 797.00	663 285.0	211 724.0	164 129.0	1 069	482	288
2010 年	90.99	20.76	10.87	38 669.00	11 977.00	4 588.00	599 638.0	124 408.0	46 244.0	584	246	99
2011 年	157.57	38.58	15.09	64 766.00	21 582.00	7 119.00	706 642.0	235 261.0	55 069.0	1 213	478	165
2012 年	204.79	37.26	27.86	67 791.00	19 918.00	11 383.00	889 428.0	204 937.0	110 551.0	1 508	538	379
2013 年	239.03	52.47	38.44	77 714.00	23 437.00	13 482.00	105 202.0	312 568.0	146 030.0	1 523	495	337

表3 2002—2013年我国东、中、西部地区医药制造业技术创新产出相关数据

Tab.3 Data of innovation output on pharmaceutical manufacturing technology in eastern, central and western China from 2002 to 2013

年份	新产品销售收入/亿元			专利申请数/件		
	东部地区	中部地区	西部地区	东部地区	中部地区	西部地区
2002年	191.90	26.16	30.80	674	169	156
2003年	219.03	41.59	43.17	823	179	303
2004年	303.18	42.27	43.27	1 096	234	366
2005年	345.50	72.08	51.79	1 828	437	443
2006年	432.04	77.36	60.51	1 610	409	364
2007年	531.00	102.21	79.48	1 924	583	549
2008年	719.68	129.39	99.84	2 731	845	341
2009年	1 033.03	333.91	225.52	5 331	2 098	1 172
2010年	1 226.74	299.74	149.05	3 624	1 465	678
2011年	1 614.96	515.11	186.98	6 716	2 950	1 449
2012年	2 022.04	491.40	280.95	8 290	2 955	2 785
2013年	2 392.68	647.55	382.72	9 843	3 325	2 798

出与最大产出之比。其比值为1时证明DEA有效,小于1时为非DEA有效,证明该决策单元的投入有不同程度浪费。

由表4可知,我国医药制造业东部地区的综合效率平均值为0.974,中部地区为0.850,西部地区为0.995,均处于非DEA有效状态。相对于效率值较低的中部地区,东、西部地区医药制造业技术创新投入产出效率则较高。东部地区2007年和2011年为非DEA有效状态,意味着有部分的投入未能有效转化为医药制造业产出,其他年份技术创新效率处于最佳状态;中部地区除了2003,2006,2008和2009年为DEA有效状态,其余年份均为非DEA有效,且技术创新效率值较低,说明技术创新的资源投入存在不同程度的浪费;西部地区虽然是技术创新资源投入最低的地区,但其只有2009年为非DEA有效,且效率值较高,其余年份均处于有效状态。

**2.2 纯技术效率分析** 纯技术效率是指在规模不变且获得最大产出的情况下,反映由于管理不当而造成的技术创新资源投入的浪费。由表4可知,2002—2011年我国医药制造业东部地区和西部地区平均纯技术效率均为1,达到了纯技术相对有效状态,这说明东西部医药制造业很大程度受规模效率的制约;相较于东西部地区,中部地区纯技术效率平均值为0.795,处于纯技术相对无效状态,说明我国医药制造业中部地区在不考虑规模影响的情况下,由于管理失误而造成技术创新投入资源浪费的程度最严重。

**2.3 规模效率分析** 规模效率反映了某一决策单元的投入规模是否在最优生产规模上进行经营<sup>[6]</sup>。其效率值=1时,表示该决策单元规模相对有效,即处于最佳投入规模状态;其效率值<1时,则为规模相对无效状态,并存在规模递增和规模递减两种情况,从而能够说明该决策单元的经营规模与投入产出之间是否相匹配。

从表4中可以看出,2002—2011年间我国医药制造业东、西部地区的规模效率平均值分别为0.974和0.995,处于规模相对无效状态,由此东西部地区综合效率的无效状态基本上源于规模效率的影响。其中东部地区2007年和2011年的纯技术效率都为1,规模效率分别为0.887和0.850,规模报酬均递减,说明规模和投入、产出不相匹配,需要减少投入规模;西部地区2009年的纯技术效率为1,规模效率0.949,规模报酬递增,说明规模和投入、产出不相匹配,需要增加投入规模。我国中部地区医药制造业的规模效率的平均值为0.946,且在2002—2011年间呈波动式变化,整体效率值较低,处于规模相对无效状态,其综合效率的无效状态同时来源于纯技术相对无效和规模相对无效(图1)。

**2.4 非DEA有效的投影分析** 非DEA有效的投影分析是通过对技术创新投入产出项的调整将DEA无效的决策单元转变为DEA有效的状态。表4中的松弛变量S1+、S2+代表两个产出指标(专利申请数、新产品销售收入)的不足,其数值表明应该增加的技术创新产出量;S1-、S2-、S3-和S4-分别代表4个投入指标(R&D经费内部支出、R&D活动人员折合当量、技术获取和技术改造支出和研发机构数)的冗余,其数值表明应该减少的技术创新投入量,从而达到DEA有效状态。

由表4可知,2002—2011年我国医药制造业东、西部地区不存在投入冗余和产出不足的情况,而处于非DEA有效的中部地区2002,2004,2005,2010,2011年投入与产出则是一种不平衡状态。2002年专利申请数不足量为9 998.9件,新产品销售收入不足量为132万元,R&D经费内部支出冗余为10 113万元,R&D活动人员折合当量冗余为1 439人年,技术获取和技术改造支出冗余为78 369万元,研发机构冗余47个,造成了技术创新投入的浪费;2004,2005,2010年的新产品销售收入不足量分别为11.48,35.2,495.4万元,R&D经费内部支出冗余分别为16 694.6,19 151.9,2 026万元,R&D活动人员折合当量冗余分别为771.9,1 399.5,3 270人年,技术获取和技术改造支出冗余分别为54 515,57 286.7,11 275.3万元,研发机构冗余分别为50.4,52.9,88.4个;2011年医药制造业中部地区的技术

表 4 我国东、中、西部医药制造业技术创新效率的测算结果

Tab.4 Measuring results of innovation efficiency on pharmaceutical manufacturing technology in eastern, central and western China

区域与 年份	综合 效率	纯技术 效率	规模 效率	规模 报酬	松弛变量					
					S1+	S2+	S1-	S2-	S3-	S4-
东部地区										
2002 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2003 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2004 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2005 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2006 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2007 年	0.887	1	0.887	递减	0	0	0	0	0	0
2008 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2009 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2010 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2011 年	0.850	1	0.850	递减	0	0	0	0	0	0
平均	0.974	1	0.974							
中部地区										
2002 年	0.629	0.644	0.977	递增	9 998.9	132	-10 113	-1 439	-78 369	-47
2003 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2004 年	0.728	0.755	0.965	递增	0	11.5	-16 694.6	-771.9	-54 515.0	-50.4
2005 年	0.673	0.678	0.992	递减	0	35.2	-19 151.9	-1 399.5	-57 286.7	-52.9
2006 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2007 年	0.848	1	0.848	递减	0	0	0	0	0	0
2008 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2009 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2010 年	0.916	0.990	0.925	递减	0	495.4	-2 026.0	-3 269.6	-11 275.3	-88.4
2011 年	0.662	0.878	0.754	递减	0	401.2	-47 171.5	-6 867.5	-94 342.0	-174.9
平均	0.850	0.795	0.946							
西部地区										
2002 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2003 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2004 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2005 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2006 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2007 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2008 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2009 年	0.949	1	0.949	递增	0	0	0	0	0	0
2010 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
2011 年	1	1	1	不变	0	0	0	0	0	0
平均	0.995	1	0.995							

创新效率若要达到 DEA 有效状态,就要减少 R&D 经费内部支出 47 171.5 万元,减少 R&D 活动人员折合当量 6 867.5 人年,减少技术获取和技术改造支出 94 342 万元,减少研发机构数 174.9 个或者增加新产品销售收入 401.2 万元(图 1)。

### 3 结论

我国医药制造业东、中、西部地区技术创新的投入

近年来均呈快速增长态势,主要差距表现为东部地区好于中西部地区。通过对我国医药制造业 3 个区域技术创新投入和产出情况的比较,发现由于东部地区具有良好的经济条件和地理环境等优势,其 R&D 活动和技术消化吸收的投入与产出均高于中西部地区,相应的,较高的技术创新产出又将推动技术创新活动的开展。

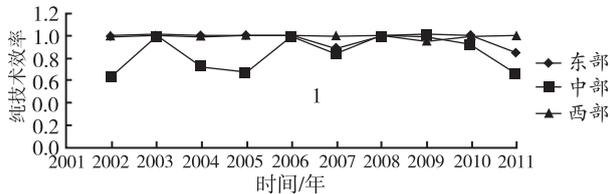


图1 我国东、中、西部地区医药制造业技术创新效率的差异与整体趋势

Fig.1 Differences and the overall trend of innovation efficiency on pharmaceutical manufacturing technology in eastern, central and western China

我国医药制造业东部和西部地区的技术创新效率明显高于欠发达的中部地区。通过 DEA 方法评价 3 大区域技术创新水平,发现东部地区已经具备医药产业规模较大、技术领先等优势,其综合效率值较高;但由于西部地区近年来的快速发展和其拥有独特的中药资源,其综合效率值甚至高于东部地区,同时东、西部地区的无效率部分全部来源于规模相对无效率;而相较于创新水平较高的东西部地区,中部地区的技术创新综合效率值则较低,其无效率部分受纯技术相对无效率和规模相对无效率的综合影响。

我国医药制造业中部地区存在严重的投入冗余和产出不足的情况。DEA 测算结果显示,并未发现东部地区和西部地区存在技术创新投入冗余和产出不足的情况,而中部地区在 2002—2011 年间则有较多年份处于投入冗余和产出不足的状态,这说明该区域对技术创新资源的利用效率较低,未能有效地转化为技术创新产出,造成了人力、财力、物力的浪费。

#### 4 对策与建议

##### 4.1 东部地区应借助区位优势,积极探索新的创新点

我国东部地区应积极探索诸如 3D 打印等新概念利用到药品的研发和生产过程中,将“互联网+”概念应用到传统医药行业的创新发展中,以继续提高医药制造业创新效率,充分发挥东部地区的引领示范与带头作用。

##### 4.2 中部地区应着重加强对医药制造业的人力投入

知识是第一生产力,知识是科学技术和创新的根基,人才又是知识的主要载体。因此,中部地区在保障现有资金投入与政策支持不变的同时,应加强高水平知识型人力的投入,这将是提高我国中部地区医药制造业创新效率,减少投入冗余和产出不足的关键。

4.3 加强对西部医药制造业持续的招商引资、技术支持和政策倾斜 西部地区虽然在地理位置、气候环境方面不占优势,但一方面西部地区自然资源丰富,在道地药材生产、传统药品生产研发方面具有得天独厚的优势。另一方面,作为“一带一路”战略中“丝绸之路经济带”的桥头堡,西部地区在新经济形势下将成为新的战略重心,该地区医药制造业的发展潜力将受到国内外的广泛关注。因此,西部地区应紧紧把握上述两点自身优势,加大在国内外的招商引资力度,引进先进技术,同时各级政府要在政策方面加大扶持力度,以提高西部区域 R&D 投入与产出的整体能力,进而提升西部地区医药制造业的创新效率。

#### 参考文献

- [1] 刘强,陈玉文.我国 3 种登记注册类型医药制造企业研发投入与产出情况比较[J].中国药房,2015,26(1):1-4.
- [2] 樊维.我国东、中、西部地区 R&D 投资活动及效率的比较研究[D].西安:西安科技大学,2011:2-3.
- [3] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. Eur J Operational Res, 1978, 2(6):429-444.
- [4] 李红波,张元鑫,张克宾.东西部地区建筑业的投入产出比较分析[J].江西科学,2014,32(5):715-719.
- [5] 刘琳琳.我国医药制造业技术创新效率研究[D].杭州:杭州电子科技大学,2011:5-6.
- [6] 国家统计局,国家发展与改革委员会,科学技术部.中国高技术产业统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2013:36-37.
- [7] FURMAN J L, PORTER M E, STERN S. The determinants of national innovative capacity [J]. Res Policy, 2002, 31(6):899-933.