·新药述评与论坛·

我国医药制造业创新效率研究

卜琳麟[1,2],张琪绮[1,2],苏　红[2],周　斌[1,3]
(1 中国医药工业研究总院,上海 201203;2 中国医药工业信息中心,上海 200040;
3 上海现代制药股份有限公司,上海 200040)

[摘要]　**目的**:为提升我国医药产业创新效率、促进我国医药产业高质量发展提供参考。**方法**:通过数据包络分析法(DEA)对医药制造业不变规模(CRS)以及可变规模(VRS)下的创新(技术)效率进行测算,从《中国统计年鉴》和《中国高技术产业统计年鉴》中选取2014—2018年我国28个省(自治区、直辖市)的投入、产出等相关指标数据,在此基础上基于产业集群视角进一步对比分析,探讨我国医药产业创新效率变化规律并给出相应建议。**结果和结论**:我国各地区技术创新效率发展差异大;医药制造业创新投入与产出之间不平衡,且与行业发展水平不成正比;我国创新效率主要受纯技术效率影响。通过分析发现,单纯使用DEA模型进行医药制造业创新效率评价与各地区实际情况会存在偏差,造成这种偏差可能是由于医药制造业本身的特殊性以及受到创新溢出的影响导致的。建议在用DEA评价医药制造业的创新效率时,需要结合医药制造业周期性不强、创新成果产出周期长、存在创新效率溢出等因素综合考虑,让结果更贴合实际。

[关键词]　DEA模型;医药制造;技术创新效率
[中图分类号]　R95　　[文献标志码]　A　　[文章编号]　1003－3734(2021)18－1633－05

Research on innovation efficiency of Chinese pharmaceutical industry

BU Lin-lin[1,2], ZHANG Qi-qi[1,2], SU Hong[2], ZHOU Bin[1,3]
(1 *China State Institute of Pharmaceutical Industry, Shanghai* 201203, *China*; 2 *China National Pharmaceutical Industry Information Center, Shanghai* 200040, *China*; 3 *Shanghai Modern Pharmaceutical Co., Ltd., Shanghai* 200040, *China*)

[**Abstract**]　**Objective**: To provide reference for improving the innovation efficiency of China's pharmaceutical industry and promoting high-quality development of China's pharmaceutical industry. **Methods**: Data Envelopment Analysis (DEA) was used to measure the innovation (Technology) efficiency under constant scale (CRS) and variable scale (VRS) of pharmaceutical industry. The input and output data of 28 provinces (autonomous regions and municipalities) in China from 2014 to 2018 were selected from China Statistical Yearbook and China High-tech Industry Statistical Yearbook. On this basis, further comparative analysis was conducted from the perspective of industrial cluster to explore the change law of innovation efficiency of China's pharmaceutical industry, and corresponding suggestions were given. **Results and Conclusion**: There were great differences in the development of technological innovation efficiency among different regions in China; the innovation input and output of pharmaceutical industry was unbalanced and not directly proportional to the development level of the industry; the innovation efficiency in China was mainly affected by pure technical efficiency. through the analysis, it was found that there is a deviation between the evaluation of innovation efficiency of pharmaceutical industry by using DEA model alone and the actual situation of various regions. We conjectured that the deviation may be caused by the particularities of pharmaceutical

[作者简介]　卜琳麟,女,硕士研究生,研究方向:医药产业研究。E-mail: 19921875097@163.com。
[通讯作者]　苏红,女,副研究员,硕士生导师,研究方向:医药产业研究。E-mail: suhong@pharmadl.com。周斌,男,研究员,博士生导师,研究方向:社会与管理药学。E-mail: zhoubin@sinopharm.com。

industry and the impact of innovation spillover. It is suggested that when using DEA to evaluate the innovation efficiency of pharmaceutical industry, we should consider the factors such as the weak periodicity of pharmaceutical industry, the long output cycle of innovation achievements, and the existence of innovation efficiency spillover, so as to make the results more realistic.

[**Key words**] DEA model; pharmaceutical industrial; technological innovation efficiency

我国医药制造业发展势头良好,在政策、资源等因素影响下,整体呈现出了较为明显的地区特征[1]。近年来,在长三角、大湾区和环渤海等地形成了比较显著的产业集群。由于医药制造业本身就是典型的创新驱动型产业,分析创新效率可以了解该地区投入与产出的关系,根据分析结果结合实际讨论出现偏差的原因,有助于完善我国医药制造业创新效率评价体系。

数据包络分析法(DEA)最早是由 Charnes 等为测度在固定规模报酬条件下的效率值提出的,后命名为 CCR 模型[2]。随后又对 CCR 模型进行延伸,发展出了规模报酬可变条件下的 BCC 模型[3]。DEA 法从各个决策单元(decision making units,DMU)的投入或产出角度,以线性规划为基础确定相对有效的生产前沿面,将各个 DMU 投影于 DEA 的生产前沿面上,通过重合度判别 DMU 是否相对有效,比照各 DMU 的偏离度来评估其相对有效性。

现有研究普遍集中于对工业、高技术产业的创新效率进行评价,以城市或地理地区为研究视角[4],从医药产业地区视角出发的研究相对较少;同时,产业创新效率作为一个较为复杂的多投入、多产出系统,投入指标和产出指标间的量纲一般相差较大,如果要完全消除各指标间的相互影响较为困难。如果采用以随机前沿分析(stochastic frontier approach,SFA)为代表的参数法,就需一一评价指标的权重,这种做法有很强的主观性,而且数据量要求高,精确度低,结论可靠性较差。而 DEA 法是以线性规划为基础的,在度量多投入、多产出体系技术创新效率上独具优势,不需要人为设定各指标的权重以及参数估计,在一定程度上避免了主观性,同时也不用确定投入产出变量之间的直观表达式,不仅可横向比较各决策单元之间的 DEA 有效性,还可以对同一决策单元以时间为轴纵向比较,能够清晰地阐明投入、产出变量之间的关系。

基于此,本研究在对文献阅读的基础上,运用 DEA 法的 CCR 和 BCC 模型对我国 28 个省(自治区、直辖市)的创新效率进行测度(青海、西藏、新疆因数据不全未列入研究),并以环渤海、长三角、大湾区(中国香港、中国澳门因数据不全未列入研究)和川渝地区为研讨主体,综合考虑劳动力、资本、土地等因素的影响,探讨我国不同医药产业地区创新效率情况以及造成创新效率不平衡的原因,以期为提升我国医药制造业地区创新能力、推进我国医药产业整体高质量发展提供参考。

1 变量选取和数据说明

1.1 变量选取 新产品的销售收入是创新成果商业化的结果,是医药制造业创新的实物产出,可以从经济角度反映创新的成果数,较为适宜作为创新产出指标。专利涵盖了很多技术方面信息,是创新的最直接结果[5],可较为客观地反映该地区的创新能力以及科技综合实力,并且可以根据研究需要在专利局等部门的网站上查到有关数据,方便测度不同国家及地区间的创新情况。因此,大多数文献都选取了专利数据作为评价技术创新效率的产出指标[6-7]。综合已有文献研究以及考虑到统计数据的可获得性,本文选取申请发明专利数以及新产品销售收入作为评估创新产出的指标。

现有文献在评价创新效率时,一般选择研发人员投入和研发经费支出 2 个指标来反映创新产出[8-9],为使效率产出指标更为完整,本文在此基础上增加了代表创新平台的有研究机构数的企业数,共同评价创新效率。

1.2 数据来源 本文以我国 28 个省(自治区、直辖市)2014—2018 年来的数据为样本,样本个数为 140 个。西藏、青海、新疆三地由于数据不齐未被考虑在内。根据地区发展战略,环渤海包括辽宁、北京、天津、河北和山东,长三角包括上海、浙江、江苏和安徽,大湾区包括广东省(考虑到中国香港、中国澳门数据难以获得),川渝地区包括四川和重庆。所选数据均来自《中国高技术产业统计年鉴》(2015—2019),由于 2018 年年鉴的缺失,所以用各指标前 3 年的平均增长率来估算 2017 年年鉴上各对应指标的数据。对所选输入输出指标进行描述性分析,如表 1 所示。

表 1 指标描述性分析

指标名称	样本数	均值	标准差	最小值	最大值
R&D 全时人员当量	176	14 442.77	39 798.61	14	395 097
R&D 经费内部支出/万元	180	354 839.74	849 887.18	784	5 808 857
有研究机构的企业数	180	202.48	500.68	1	3 310
申请专利数	180	1 292.32	3 100.33	2	21 698
新产品销售额/万元	177	3 941 611.08	9 366 546.97	335	63 670 361

2 数据处理

2.1 指标相关性分析 在用 DEA 法评价创新效率研究时,决策单元的个数通常要满足如下假设[10]。

假设 1:被评价样本地域的总数≥投入和产出指标数量之和的 2 倍;假设 2:投入变量和产出变量之间存在相关关系。

本研究评价的样本地区包括 29 个省市、4 个医药产业地区以及全国创新效率,显然满足假设 1,对假设 2 的投入产出指标间做相关性分析,以 2018 年数据为例,结果如表 2 所示。

表 2 投入产出指标间的相关性

指标名称	R&D 全时人员当量	R&D 经费内部支出/万元	研究机构数
新产品销售收入	0.870[a]	0.892[a]	0.634[a]
申请专利数	0.831[a]	0.831[a]	0.675[a]

a:0.01 水平(双侧)上显著相关

2.2 计算存量 本文采取永续盘存法来核算 R&D 经费内部支出存量,计算公式为:

$$K_{it} = (1-\delta) \times K_{i(t-1)} + C_{it} \quad (1)$$

K_{it}和 $K_{i(t-1)}$分别表示第 i 地区第 t 和 $t-1$ 期的 R&D 内部资本存量;δ 为折旧率,根据吴延兵等[15]对研发资本折旧率的测算,本文 δ 取 15%;C_{it}表示第 i 地区第 t 期的实际 R&D 经费支出,假定 R&D 资本存量的增长率与 R&D 经费的增长率 g 数值一致,以 2014 年 R&D 经费内部作为基期,资本存量的估算公式可用式表示:

$$K_{i0} = C_{i0}/(g+\delta) \quad (2)$$

其中,K_{i0}为基期资本存量,C_{i0}为基期实际 R&D 经费支出,g 为资本存量的增长率。

3 实证结果

3.1 我国各地区技术创新效率发展差异大 基于上述 28 个省(直辖市、自治区)2014—2018 年的数据,利用 DEAP 2.1 软件,选用 DEA 方法的 CCR 模型,计算出我国各省份、地区的综合创新(技术)效率,详细结果如表 3 所示。我国不同省市的创新效率存在很大差异,创新效率均值大于 0.9 的省(直辖市、自治区)占比为 21.4%,黑龙江、河南等 6 地的创新效率不足 0.6。

表 3 医药产业创新效率的输出结果

省/地区	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	平均值
全国	0.666	0.824	0.841	0.765	0.818	0.783
环渤海	0.774	0.844	0.797	0.741	0.659	0.763
长三角	0.616	0.848	0.878	0.839	0.906	0.817
大湾区	0.613	0.604	0.710	0.525	0.887	0.668
川渝地区	0.520	1.000	1.000	1.000	0.823	0.869
北京	0.741	0.706	0.693	0.588	0.734	0.692
天津	1.000	1.000	1.000	0.990	0.555	0.909
河北	0.687	0.910	0.735	0.620	0.763	0.743
山西	0.710	1.000	0.441	0.335	0.776	0.652
内蒙古	0.366	0.392	0.562	0.920	0.521	0.552
辽宁	0.488	0.606	0.676	0.666	0.596	0.606
吉林	0.785	1.000	1.000	0.886	0.731	0.880
黑龙江	0.255	0.516	0.362	0.398	0.376	0.381
上海	0.820	0.946	1.000	1.000	0.927	0.939
江苏	0.584	0.838	0.784	0.770	1.000	0.795
浙江	0.494	0.747	0.728	0.747	0.698	0.683
安徽	0.565	0.860	1.000	0.837	1.000	0.852
福建	0.459	0.528	0.609	0.651	0.555	0.560
江西	0.698	0.992	1.000	1.000	1.000	0.938
山东	0.955	1.000	0.883	0.840	0.648	0.865
河南	0.332	0.483	0.529	0.479	0.568	0.478
湖北	0.944	1.000	0.941	0.873	0.818	0.915
湖南	0.810	0.929	1.000	1.000	0.808	0.909
广东	0.613	0.604	0.710	0.525	0.887	0.668
广西	0.866	1.000	0.721	0.728	0.882	0.839
海南	0.755	1.000	0.938	0.689	0.316	0.740
重庆	0.490	1.000	1.000	1.000	1.000	0.898
四川	0.549	1.000	1.000	1.000	0.646	0.839
贵州	1.000	1.000	1.000	0.696	1.000	0.939
云南	0.445	0.744	0.727	0.590	0.626	0.626
陕西	0.575	0.445	0.648	0.677	0.613	0.592
甘肃	0.218	0.473	0.458	0.532	0.540	0.444
宁夏	0.702	0.707	0.853	0.761	0.647	0.734

3.2　医药制造业创新投入与产出之间不平衡，且与行业发展水平不成正比　就全国范围而言，我国医药制造业创新投入与产出之间不平衡。如图 1 所示，最高值出现在 2018 年，创新效率为 0.717，仍存在 28.3% 的效率改善空间，且我国医药制造业综合创新效率上升趋势不明显，年均创新效率基本上在 0.5 ~0.72 波动。我国整体的创新效率也并不是持续增加的，2017 的创新效率出现了下降的情况，而 2018 年又达到了 5 年来的最高值。从集群角度看，4 个集群 5 年创新效率均高于全国平均值，其中川渝地区创新效率 5 年平均值最高，随后分别是长三角、环渤海和大湾区。可以看出技术创新效率与行业发展水平不成正比出现。技术创新效率是一个相对值，假设某省份技术创新产出小，但因其研发投入也小，那么其效率值就有可能高。因此，某省份的医药制造业发展水平的高低，不能说明该省份的技术创新效率的高低。

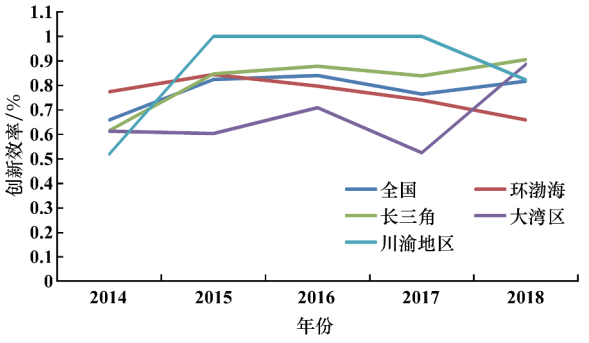


图 1　全国和各地区平均值折线图

3.3　我国创新效率主要受纯技术效率影响　采用 DEA 的 BCC 模型进行创新效率分解，分解结果如表 4。纯技术效率主要指受技术水平以及管理能力影响的效率；规模效率指主要受规模因素影响的效率[10]，例如投入规模等。全国范围内纯技术效率为 0.841，规模效率 5 年平均值达到 0.906。从上述分析可以看出，我国创新效率不高受纯技术方面的影响要比规模方面的更多。

表 4　全国及各地区医药产业地区创新效率分解

指标	地区	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	平均值
技术效率	全国	0.666	0.824	0.841	0.765	0.818	0.783
	环渤海	0.774	0.844	0.797	0.741	0.659	0.763
	长三角	0.616	0.848	0.878	0.839	0.906	0.817
	大湾区	0.613	0.604	0.710	0.525	0.887	0.668
	川渝地区	0.661	1.000	0.980	0.958	0.821	0.884
纯技术效率	全国	0.793	0.860	0.831	0.809	0.776	0.814
	环渤海	0.795	0.867	0.833	0.792	0.670	0.792
	长三角	0.935	0.993	0.972	0.980	0.980	0.972
	大湾区	0.892	0.796	0.884	0.671	0.917	0.832
	川渝地区	0.884	1.000	0.982	0.972	0.831	0.933
规模效率	全国	0.814	0.932	0.943	0.912	0.929	0.906
	环渤海	0.974	0.968	0.960	0.884	0.984	0.954
	长三角	0.669	0.855	0.900	0.854	0.924	0.840
	大湾区	0.687	0.759	0.803	0.783	0.967	0.800
	川渝地区	0.735	1.000	0.998	0.976	0.969	0.936

从集群的角度来看，环渤海、长三角、大湾区和川渝地区 5 年间纯技术效率均高于各自的综合技术效率，但均未达到有效。

环渤海和大湾区的纯技术效率分别为 0.763 和 0.668，低于各自的规模效率，说明环渤海和大湾区在规模上的提升空间有限，而提高纯技术效率才是提升综合效率的关键；长三角的规模效率（0.840）最低，说明长三角的创新效率主要受规模效率影响。川渝地区的规模效率和纯创新效率都比较高，主要是受纯技术效率影响。

4　讨论

从实证结果中可以看出：首先，在全国范围内，医药制造业存在产出和投入不平衡的情况，产出投入之比约为 0.78，并且主要是受到纯技术效率的影

响,这说明我国医药制造业总体技术水平有待提高。再者,不同地区情况各有不同。环渤海创新产出和投入比低于全国均值水平,主要受到制造业技术水平的影响;长三角创新效率为 0.817,略高于平均值,但规模效率较低;大湾区创新投入与产出不平衡情况比较严重,规模效率低是造成这种情况的主要原因;川渝地区虽然也存在投入产出不平衡的情况,但是综合创新效率是最高的,纯技术效率和规模效率都大于 0.9。这说明我们单纯使用 DEA 模型进行医药制造业创新效率评价与各地区实际情况会存在偏差。尤其是长三角,一直以来都是我国的创新活跃区。2018 年全国经费投入超过千亿元的省(市)有 6 个,长三角占得三席,分别为江苏(占 12.7%)、浙江(占 7.3%)和上海(占 6.9%)。而且长三角、环渤海以及大湾区都拥有大量高新技术企业以及百强企业,科学技术水平高于川渝地区。

对于造成创新效率偏差的原因,笔者认为可能是由于医药制造业本身的特殊性导致的,还有可能是受到创新溢出的影响,主要有以下几个方面。

医药制造业作为知识密集型产业,涉及的技术多、领域广。研究表明,我国医药上市公司当前的研发投入强度与企业成长性成正相关,创新支出费用对企业的绩效具有促进作用,虽然企业的研发投入对成长性的影响存在着短期效应,但是企业的研发投入是需要长久进行的[12]。这也就表明了对医药产业的创新投入并不存在“过多”的问题,这种投入可能短期得不到回报,但作为一个资本密集型的高技术产业,增加投入是有意义的。

医药产品的创新产出周期与其他产业相比较长,通常要用 12 ~ 15 年的时间并投入数百亿美元才能将一个新药从试验室走入市场,所以创新成果不会在短时间内出现。另一方面,医药行业内部,药品和医疗器械各自的研发周期都不一样,所以投入和产出之间的时间是具有很大的不一致性。由于 DEA 是通过创新投入和产出评价创新效率的,仅考虑了当下的创新成果,所以长三角、大湾区以及京津冀的 DEA 创新效率低并不一定代表实际情况,有可能是创新成果还未产出,成果会在一段时间后体现。

医药制造业存在创新溢出效应。空间实证分析得到长三角等地区创新效率低,提示这些地区对其他地区存在创新溢出效应和创新成果溢出效应。创新溢出是技术领先者非自愿地提供技术给受让者,而技术领先者未能收取相应回报;创新成果溢出是指在当地进行创新投入后,创新成果在其他地区产出[11]。以长三角为例,其医药企业在外地建立分公司,通过和当地企业的联络以及劳动力的交换,当地企业也会逐渐吸收长三角企业部分先进的技术以及管理方法,从而提升自己的创新能力并产出创新成果,但这种创新成果在用 DEA 进行计算时会被列入当地的创新效率中,导致长三角企业的创新效率下降。另一方面,很多实力强的企业都会扩大自己的经营范围,在国内外建立子公司,这样就导致产出成果不止在公司注册地,有些产出成果会在其他地区甚至国外,这些影响 DEA 模型并未考虑到,所以造成了创新效率的偏差。

DEA 作为评价创新效率的常用方法,虽然具有可对多指标体系的投入和产出进行综合系统测量,以精确的数据为基础进行评价,避免主观随意性,使评价及其结果更加客观可信的优势。但由于医药制造业的特殊性,在用 DEA 评价医药制造业的创新效率时,需要结合医药制造业周期性不强、创新成果产出周期长、存在创新效率溢出等因素综合考虑,才能让结果更加准确。

[参 考 文 献]

[1] 陆云力. 医药产业地区竞争力提升策略研究[J]. 新商务周刊, 2018(20):191.

[2] CHARNES A,COOPER WW, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. *Eur J Operat Res*,1978,2(6):429 - 444.

[3] 石忠国. 生物技术产业地区竞争力评价与培育策略[R]. 2012.

[4] 霍艳飞,石晟怡,王广平,等. 我国医药制造业技术创新效率研究——基于 DEA 模型的 Malmquist 指数分析[J]. 中国新药杂志,2016,25(7):728 - 732.

[5] FRANCO M, LUIGI O. Schumpeterian patterns of innovation [J]. *Camb J Econ*,1995,19(1):47 - 65.

[6] 李小欢. 我国医药制造业技术创新绩效研究[R]. 2016.

[7] 张婷,卢岩,陈娟,等. 我国生物医药领域技术创新态势研究[J]. 中国新药杂志,2020,29(22):2521 - 2527.

[8] 徐俐颖,翁坤玲,蒋丹,等. 基于三阶段 DEA 的我国医药产业创新效率评价研究[J]. 中国药房,2019,(16):1921 - 1926.

[9] 石晟怡,柯朝静,吴晓明. 我国国有医药企业创新效率及发展绩效分析[J]. 中国新药杂志,2020,29(10):1081 - 1086.

[10] 徐凯, 孙利华. 基于三阶段 DEA 模型的中国生物医药产业园区效率评价[J]. 中国新药杂志, 2019, 28(6):646 - 650.

[11] 富敬垚, 章雁. 对我国医药行业研发投入的思考[J]. 北方经贸, 2019(2):141 - 143.

[12] 许月楠. 医药制造业地区创新效率差异及影响因素研究[R]. 2019.

编辑:王宇梅/接受日期:2021 - 03 - 30