

基于两阶段DEA模型研究我国生物制药上市企业技术创新效率[△]

郝本超^{1*}, 阮娴静^{1,2#}(1. 广东药科大学医药商学院, 广州 510006; 2. 广东省药品监管科学研究基地, 广州 510006)

中图分类号 R95 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2022)01-0007-07
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2022.01.02



摘要 目的 为促进我国生物制药企业技术创新效率的提升提供参考。方法 本研究将生物制药企业技术创新过程分解成技术开发与成果转化两个子阶段,在充分考虑子阶段间关联性的前提下构建两阶段数据包络分析(DEA)模型,并基于滞后效应对我国23家生物制药上市企业2016—2020年两阶段的技术创新效率进行评价。结果与结论 我国生物制药上市企业两阶段的技术创新效率皆处于较低水平,技术开发和成果转化阶段的综合效率均值仅为0.377、0.347。当前制约我国生物制药上市企业两阶段技术创新效率提升的主要因素是纯技术效率不足。在技术开发阶段,研发经费投入冗余和专利产出不足是导致生物制药上市企业DEA无效的主要原因;而在成果转化阶段,发明专利投入冗余则是造成生物制药上市企业DEA无效的主要原因。从区域视角来看,在技术开发阶段,东部地区生物制药上市企业的综合效率与纯技术效率均值分别为0.378、0.603,皆高于中西部地区生物制药上市企业;而在成果转化阶段,中西部地区生物制药上市企业的综合效率与纯技术效率均值分别为0.361与0.548,皆高于东部地区生物制药上市企业。据此,笔者建议生物制药企业要增强技术成果转化能力,积极优化科技资源配置,重视区域间合作交流,推动我国生物制药产业创新效率整体提升。

关键词 生物制药企业;技术创新效率;两阶段数据包络分析模型

Research on the technological innovation efficiency of Chinese listed biopharmaceutical enterprises based on the two-stage DEA model

HAO Benchao¹, RUAN Xianjing^{1,2} (1. School of Medical Business, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China; 2. Guangdong Research Base for Drug Regulatory Science, Guangzhou 510006, China)

ABSTRACT **OBJECTIVE** To provide reference for improving the technological innovation efficiency of biopharmaceutical enterprises in China. **METHODS** In this research, the technological innovation process of the biopharmaceutical enterprises was divided into two stages: the technological development and the achievement transformation. Two-stage data envelopment analysis (DEA) model was established under the premise of considering the two-stage correlation, and the two-stage technological innovation efficiency of 23 listed biopharmaceutical enterprises in China was evaluated from 2016 to 2020 on the basis of hysteresis effect. **RESULTS & CONCLUSIONS** The two-stage technological innovation efficiency of listed biopharmaceutical enterprises in China was at a relatively low level, and the average overall efficiency of the technological development stage and the achievement transformation stage were only 0.377 and 0.347. At present, the low efficiency of technology is the main factor restricting the improvement of the two-stage technological innovation efficiency of listed biopharmaceutical enterprises in China. In the technology development stage, redundant investment in R&D funds and insufficient patent output are the main reasons for the invalid DEA of listed biopharmaceutical enterprises, while in the achievement transformation stage, the redundant input of invention patents is the main reason for the invalid DEA of listed biopharmaceutical enterprises. From a regional perspective, in the technology development stage, the average overall efficiency and technical efficiency of listed biopharmaceutical enterprises in the eastern region are 0.378 and 0.603, which are higher than the central and western regions. In the stage of achievement transformation, the average values of comprehensive efficiency and technical efficiency of listed biopharmaceutical enterprises in the central and western regions are 0.361 and 0.548, which are higher than those in the eastern region. It is suggested that biopharmaceutical enterprises should enhance their ability to transform technological achievements, optimize the allocation of

[△] 基金项目:2021年度广东省教育科学规划课题(高等教育专项)(No.2021GXJK332)

* 硕士研究生。研究方向:医药企业管理。E-mail:1003743039@qq.com

通信作者:副教授,硕士生导师,博士。研究方向:技术创新、产业经济。E-mail:53156692@qq.com

scientific and technological resources, attach importance to regional cooperation and exchanges, promote the overall innovation efficiency of biopharmaceutical industry in China.

KEYWORDS biopharmaceutical enterprise; technological innovation efficiency; two-stage data envelopment analysis model

现代生物技术在医药领域的连续突破,推动了生物制药行业的快速发展。生物制药是应用生物技术,如基因工程、DNA重组技术、蛋白质工程等新兴技术来研发和生产相应生物制品的过程^[1]。与传统医药相比,生物制药或生物制品具有低污染、药理活性高、毒副作用小、靶向性强等诸多优点^[2],现已成为国际新药研发最热门的领域之一。与发达国家相比,我国的生物制药行业起步较晚,虽然经过多年的发展已经颇具规模,但部分企业自主创新能力仍很薄弱,产品则主要集中在低端的仿制药和血液制品等行业,技术壁垒较低,缺乏行业竞争力^[3]。

近年来,为了扭转我国生物制药行业在国际竞争中的劣势、推动其实现跨越式发展,国家陆续出台了《促进生物产业加快发展的若干政策》《“十三五”生物技术创新专项规划》等重要文件,用以加强对生物制药行业的支持与引导。在国家政策支持下,我国生物制药产业稳步发展,据《中国高技术产业统计年鉴》数据显示,2019年我国生物药品制品产业的研发经费内部支出达到1 226 876万元,较2014年增加了87.67%;同时,2019年我国生物药品制品产业的新产品销售收入也达到了7 306 340万元,较2014年增长了72.61%^[4-5]。虽然从投入-产出的宏观数据来看,近5年时间内我国生物制药行业进步明显,但由于个体的生物制药企业研发力量薄弱、创新转化率较低,导致我国生物制药行业发展进程始终落后于西方发达国家,因此,对我国生物制药企业的技术创新效率进行合理评价是非常必要的。以往的研究多从宏观角度对我国医药制造业整体的技术创新效率进行评价,且学者们多把医药制造业的技术创新过程看成一个整体过程^[6-8],忽略了其内部的阶段特征,所得研究结论具有一定的局限性,无法深入分析生产系统非有效性的来源。基于以上问题,同时考虑到数据的可获得性,本文最终选择我国生物制药上市企业为研究对象,把生物制药企业的创新过程分解成技术开发和成果转化两个相关联的子阶段,构建两阶段数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)模型,并基于滞后效应,对我国23家生物制药上市企业的两阶段技术创新效率进行实证分析与对比评价,以期揭示当前我国生物制药企业技术创新活动中的一些重要特征与规律,为促进我国生物制药企业创新效率的提升提供参考。

1 数据来源及处理

1.1 数据来源

基于数据的可获得性,依据中国证券监督管理委员会对上市公司行业的分类,本文从医药制造业(C27)大类上市企业名录中挑选出上市时间在5年以上,且主营业务为生物药品制造或生物医药技术开发的公司为研究对象。为了消除异常样本影响,保证本研究的可代表性

与准确性,笔者还对研究样本进行了如下处理:(1)剔除近5年时间内发生过重大变更的公司;(2)剔除关键数据缺失的公司;(3)剔除其股票处于特别处理(special treatment, ST)状态的公司。最终,本文收集到23家生物制药上市公司2016—2020年的相关观测数据。本研究的财务数据与人员数据来源于上市公司年报,专利数据来源于大为Innojoy专利数据库。

1.2 滞后处理

生物制药企业技术创新效率的研究要充分考虑其创新投入与产出之间的时滞性,尹述颖等^[9]应用随机前沿函数分析方法证明了在医药企业创新活动中设定滞后期的科学性。宇文晶等^[10]则运用格兰杰因果关系检验法得出了高技术企业创新活动的整体滞后期为2年、各阶段滞后期分别为1年的结论。在借鉴以上学者结论与相关研究^[11-12]基础上,本文将生物制药企业两阶段的投入与产出间的滞后期均设置为1年,即技术开发阶段投入指标采用2016—2018年的数据,技术开发阶段产出指标即成果转化阶段投入指标采用2017—2019年的数据(成果转化阶段产出指标)采用2018—2020年的数据。基于此,本文共形成了3个测度期:第一期(2016—2018年)、第二期(2017—2019年)、第三期(2018—2020年)。

2 指标选取与模型构建

2.1 指标选取

随着学术界对创新理论研究的深入,创新过程不再被简单地视为一个单阶段投入产出过程,不少学者开始对高技术产业的技术创新过程进行细化与分解,将技术创新过程分解成技术研发和技术转化这两个子阶段^[13-14]。作为典型的高新技术行业,生物制药行业的技术创新过程也具有明显的两阶段链式过程特征,因此本文把生物制药企业的创新过程分解成技术开发和成果转化两个相关联的子阶段。

对于医药企业两阶段创新效率评价指标体系的构建,学者们已经有了较为深入的研究。尹述颖等^[9]将技术人员投入数和研发经费投入额作为医药企业创新活动第一阶段的投入指标,把专利申请数作为该阶段的产出指标;基于两阶段关联性,其选择第一阶段的产出指标作为第二阶段投入指标,第二阶段的产出则用主营业务收入来测度。郑义等^[15]选择研发及技术人员投入数和研发资本存量作为第一阶段的投入指标,选择发明专利申请数、实用新型专利申请数以及无形资产作为中间产出指标,用主营业务收入作为最终产出指标,以此构建两阶段创新效率评价指标体系对我国上市医药企业创新效率进行评价。杨茜^[16]对上市医药制造业企业创新效率进行评价时,第一阶段的投入指标包括研发经费投入额、技术人员数量、无形资产以及固定资产,产出则采用发明专利申请数和实用新型专利申请数进行测度;

第二阶段的投入指标除第一阶段产出指标外,还包括第一阶段投入指标共享到第二阶段的部分,产出则选择用净利润来测度。综合以上学者研究并考虑数据的可获得性,本文最终选择上市公司研发人员数量和研发经费投入额为技术开发阶段投入指标;选择专利申请数和发明专利申请数为该阶段产出指标。基于两阶段之间的内在联系,选择技术开发阶段的产出指标即专利申请数和发明专利申请数为成果转化阶段的投入指标;选择上市企业主营业务收入为该阶段的产出指标。具体指标及其说明详见表1。

表1 生物制药企业技术创新效率评价指标

阶段	投入/产出	衡量指标	指标说明
技术开发阶段	投入	研发人员数量(X_1)	报告期内企业创新活动人力资源方面投入数量
		研发经费投入额(X_2)	报告期内企业创新活动投入总值
	产出	专利申请数(Z_1)	报告期内新增国内三项专利申请数量
		发明专利申请数(Z_2)	报告期内新增国内发明专利申请数量
成果转化阶段	投入	专利申请数(Z_1)	报告期内新增国内三项专利申请数量
		发明专利申请数(Z_2)	报告期内新增国内发明专利申请数量
	产出	主营业务收入(Y_1)	报告期内主营业务总营业收入

2.2 两阶段DEA模型的构建

由著名运筹学家Charnes等^[17]提出的传统DEA法,存在将各决策单元(decision making unit, DMU)都视为“黑箱”、忽略DMU内部结构和阶段特征、只关注整体效率的缺陷,无法得出创新过程中的阶段效率以及各子阶段对整体效率的影响,因而无法深入分析系统非有效性的来源。基于以上研究并结合生物制药企业技术创新特点,本文将生物制药企业技术创新过程分解成技术开发与成果转化两个相关联的子阶段,在“规模报酬变动”的假设下,借鉴已有研究^[18-20]构建了下文中的两阶段DEA模型。基于规模报酬变动的假设下构建的两阶段DEA模型可以测算出样本企业创新过程中的各阶段综合效率、纯技术效率以及规模效率(综合效率=规模效率×纯技术效率),同时利用该模型还可以对样本企业各阶段投入和产出指标的松弛变量进行测度,深入分析造成样本企业DEA无效的主要原因。

具体的模型设定如下,假设有 $r(j=1, \dots, r)$ 个DMU,每个DMU有两个子阶段。对于第 t 期,设第 j 个DMU在技术开发阶段的创新投入为 X_j ,每个DMU有 $m(i=1, \dots, m)$ 项投入,即 $X_{jt}=(x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jm})^T$;设该阶段第 j 个DMU产出为 Z_j ,每个DMU有 $n(d=1, \dots, n)$ 项产出,即 $Z_{jd}=(z_{j1}, z_{j2}, \dots, z_{jn})^T$ 。基于两阶段关联性,技术开发阶段投入即为成果转化阶段产出 Z_{jd} ,设成果转化阶段第 j 个DMU产出为 Y_j ,每个DMU有 $p(k=1, \dots, p)$ 项产出,即 $Y_{jk}=(y_{j1}, y_{j2}, \dots, y_{jp})^T$ 。考虑到两阶段的关联性,针对技术开发阶段创新效率的测算,本研究采用投入导向的BCC模型;成果转化阶段则采取产出导向的BCC模型^[19-20],以此确保技术开发阶段的产出与成果转化阶段

的投入保持一致。技术开发阶段的创新效率评价模型如下:

$$\min \theta_1 = \frac{\sum_{i=1}^m w_i x_{ji} + \beta_1}{\sum_{d=1}^n g_d z_{jd}} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \frac{\sum_{d=1}^n g_d z_{jd}}{\sum_{i=1}^m w_i x_{ji} + \beta_1} \leq 1 (j=1, 2, \dots, r) \\ w_i \geq 1, g_d \geq 1, \beta_1 \in R \end{cases}$$

为了方便计算,令 $t=1/\sum_{d=1}^n g_d z_{jd}$, $tw_i = \omega_i$, $tg_d = \lambda_d$, $t\beta_1 = \eta_1$;依据Charnes-Cooper变换对公式(1)进行简化处理,得到公式(2):

$$\min \theta_1 = \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ji} + \eta_1 \quad (2)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{d=1}^n \lambda_d z_{jd} - \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ji} + \eta_1 \leq 0 (j=1, 2, \dots, r) \\ \sum_{d=1}^n \lambda_d z_{jd} = 1 \end{cases}$$

成果转化阶段的创新效率评价模型如下:

$$\max \theta_2 = \frac{\sum_{k=1}^p u_k y_{jk} - \beta_2}{\sum_{d=1}^n g_d z_{jd}} \quad (3)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \frac{\sum_{k=1}^p u_k y_{jk} - \beta_2}{\sum_{d=1}^n g_d z_{jd}} \leq 1 (j=1, 2, \dots, r) \\ u_k \geq 0, g_d \geq 0, \beta_2 \in R \end{cases}$$

令 $t=1/\sum_{d=1}^n g_d z_{jd}$, $tu_k = \mu_k$, $tg_d = \lambda_d$, $t\beta_2 = \eta_2$;再根据Charnes-Cooper变换对公式(3)进行转换,得到公式(4):

$$\max \theta_2 = \sum_{k=1}^p \mu_k y_{jk} - \eta_2 \quad (4)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{k=1}^p \mu_k y_{jk} - \sum_{d=1}^n \lambda_d z_{jd} + \eta_2 \leq 0 (j=1, 2, \dots, r) \\ \sum_{d=1}^n \lambda_d z_{jd} = 1 \end{cases}$$

各式中, w_i 为技术开发阶段投入指标的权重系数; g_d 为技术开发阶段产出指标和成果转化阶段投入指标的权重系数; u_k 为成果转化阶段产出指标的权重系数; ω_i 为经转换后的技术开发阶段投入指标的权重系数; λ_d 为经转换后的技术开发阶段产出指标和成果转化阶段投入指标的权重系数; μ_k 为经转换后的成果转化阶段产出指标的权重系数; β_1 、 β_2 为两个不受约束的实变量; η_1 、 η_2 是由 β_1 、 β_2 经转换后不受约束的一维实变量,分别反映公式(2)与公式(4)中第 j 个DMU的规模报酬特征(当 $\eta_1=0$ 、 $\eta_2=0$ 时,DMU处于最佳生产规模状态,规模报酬不变;

而当 $\eta_1 \neq 0, \eta_2 \neq 0$ 时,则表明DMU处于规模报酬递增或递减状态)。

3 实证分析

本研究采用两阶段DEA模型,将纳入的23个样本企业三期共计69个DMU的两阶段投入-产出数据分别运用DEAP 2.1软件进行测算,得到各DMU分阶段的综合效率、纯技术效率和规模效率,结果详见表2、表3。

表2 23家上市公司技术开发阶段的创新效率评价

公司简称	第一期				第二期				第三期			
	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模效应	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模效应	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模效应
美康生物	0.368	0.476	0.773	irs	0.278	0.357	0.778	irs	0.104	0.229	0.455	irs
安科生物	0.060	0.219	0.272	irs	0.091	0.209	0.438	irs	0.163	0.209	0.778	irs
千红制药	0.240	0.495	0.485	irs	0.146	0.444	0.328	irs	0.182	0.433	0.420	irs
博雅生物	0.768	0.866	0.887	irs	0.952	1.000	0.952	irs	0.744	0.803	0.926	irs
东诚药业	0.234	0.490	0.478	irs	0.206	0.568	0.364	irs	0.555	0.634	0.875	irs
科华生物	0.453	0.742	0.611	irs	0.242	0.471	0.514	irs	0.734	0.763	0.961	irs
上海莱士	0.180	0.558	0.322	irs	0.111	0.469	0.236	irs	0.317	0.601	0.527	irs
舒泰神	0.364	0.472	0.773	irs	0.259	0.417	0.621	irs	0.048	0.282	0.172	irs
赛升药业	0.324	0.814	0.398	irs	0.263	0.761	0.345	irs	0.070	0.798	0.088	irs
九强生物	0.086	0.957	0.090	irs	0.544	0.709	0.768	irs	0.721	0.795	0.907	irs
利德曼	0.159	0.817	0.195	irs	0.842	1.000	0.842	irs	0.420	0.646	0.649	irs
达安基因	0.063	0.479	0.131	irs	0.526	0.693	0.759	irs	1.000	1.000	1.000	-
溢多利	0.309	0.367	0.842	irs	0.207	0.280	0.737	irs	0.136	0.227	0.598	irs
万孚生物	0.885	0.931	0.951	irs	1.000	1.000	1.000	-	0.857	1.000	0.857	drs
常山药业	0.216	0.629	0.343	irs	0.270	0.696	0.387	irs	0.095	0.362	0.262	irs
瑞普生物	0.562	0.608	0.925	irs	0.381	0.429	0.888	irs	0.324	0.382	0.849	irs
华兰生物	0.579	0.614	0.944	irs	0.291	0.347	0.839	irs	0.192	0.231	0.831	irs
普莱柯	0.587	0.678	0.866	irs	0.511	0.598	0.855	irs	0.238	0.337	0.705	irs
通化东宝	0.090	0.236	0.380	irs	0.122	0.218	0.557	irs	0.116	0.183	0.632	irs
东宝生物	0.653	1.000	0.653	irs	0.283	0.985	0.288	irs	0.266	0.944	0.282	irs
迈克生物	1.000	1.000	1.000	-	0.800	0.801	0.998	irs	0.344	0.368	0.932	irs
沃森生物	0.063	0.319	0.197	irs	0.040	0.309	0.131	irs	0.094	0.479	0.197	irs
翰宇药业	0.377	0.475	0.794	irs	0.854	0.878	0.973	irs	0.473	0.485	0.974	irs

irs:规模收益递增;-:规模收益不变;drs:规模收益递减

3.1 总体分析

3.1.1 综合效率分析 综合效率反映的是含有规模效应时的技术效率^[19],其计算公式为:综合效率=规模效率×纯技术效率。当综合效率=1.0时,DMU处于DEA有效状态,且为规模和技术同时有效。本文借鉴王新红等^[20]学者的划分标准将样本企业的综合效率值划分为4个区间(表4)。从表4的结果来看:(1)在技术开发阶段,有3个DMU综合效率值达到1.0,处于DEA有效状态,这仅占DMU总数的4.35%;而有55个DMU综合效率低于0.6,占DMU总数的79.71%。这表明大部分生物制药上市企业在技术开发阶段的综合效率都处于较低下的水平。(2)在成果转化阶段,有3个DMU处于DEA有效状态,占DMU总数的4.35%;在非DEA有效的DMU中,有81.16%的DMU综合效率低于0.6。因此,与技术开发阶段相似,大部分样本企业在成果转化阶段的综合效率也处在较低水平。由以上分析可看出,我国生物制药上市企业在技术开发与成果转化两阶段

的综合效率都处于较低水平,有较大的提升空间。

表3 23家上市公司成果转化阶段的创新效率评价

公司简称	第一期				第二期				第三期			
	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模效应	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模效应	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模效应
美康生物	0.395	0.726	0.544	drs	0.313	0.758	0.413	drs	0.524	0.735	0.712	drs
安科生物	0.324	0.352	0.919	drs	0.190	0.267	0.712	drs	0.099	0.205	0.481	drs
千红制药	0.302	0.424	0.712	drs	0.510	0.572	0.892	drs	0.381	0.535	0.712	drs
博雅生物	0.456	0.460	0.990	irs	0.713	0.947	0.752	drs	1.000	1.000	1.000	-
东诚药业	0.424	0.701	0.605	drs	0.679	0.953	0.712	drs	0.285	0.674	0.422	drs
科华生物	0.322	0.425	0.758	drs	0.861	0.902	0.955	drs	0.463	0.897	0.516	drs
上海莱士	0.679	0.690	0.984	drs	1.000	1.000	1.000	-	0.520	0.772	0.673	drs
舒泰神	0.082	0.198	0.413	drs	0.160	0.210	0.764	drs	0.320	0.362	0.883	irs
赛升药业	0.358	0.462	0.777	drs	0.461	0.461	1.000	-	1.000	1.000	1.000	-
九强生物	0.707	0.707	1.000	-	0.095	0.197	0.481	drs	0.049	0.168	0.289	drs
利德曼	0.485	0.549	0.883	irs	0.042	0.112	0.369	drs	0.069	0.129	0.533	drs
达安基因	0.674	0.734	0.919	drs	0.059	0.214	0.273	drs	0.174	1.000	0.174	drs
溢多利	0.129	0.365	0.353	drs	0.227	0.514	0.443	drs	0.348	0.575	0.605	drs
万孚生物	0.142	0.326	0.436	drs	0.078	0.398	0.196	drs	0.083	0.531	0.156	drs
常山药业	0.378	0.530	0.712	drs	0.353	0.592	0.596	drs	0.717	0.804	0.892	drs
瑞普生物	0.063	0.231	0.273	drs	0.095	0.290	0.328	drs	0.151	0.428	0.353	drs
华兰生物	0.148	0.619	0.239	drs	0.350	0.734	0.477	drs	0.540	1.000	0.540	drs
普莱柯	0.039	0.120	0.328	drs	0.051	0.135	0.376	drs	0.120	0.249	0.481	drs
通化东宝	0.812	0.911	0.892	drs	0.691	0.889	0.777	drs	0.435	0.816	0.533	drs
东宝生物	0.122	0.150	0.813	drs	0.369	0.418	0.883	irs	0.204	0.222	0.919	drs
迈克生物	0.064	0.498	0.128	drs	0.080	0.598	0.134	drs	0.185	0.712	0.260	drs
沃森生物	0.264	0.296	0.892	drs	0.504	0.548	0.919	drs	0.892	1.000	0.892	drs
翰宇药业	0.115	0.295	0.389	drs	0.021	0.115	0.186	drs	0.028	0.136	0.202	drs

-:规模收益不变;drs:规模收益递减;irs:规模收益递增

表4 样本企业的综合效率分布

区间	技术开发阶段		成果转化阶段	
	DMU个数	占比/%	DMU个数	占比/%
1.0	3	4.35	3	4.35
0.8~<1.0	6	8.70	3	4.35
0.6~<0.8	5	7.25	7	10.14
0~<0.6	55	79.71	56	81.16

3.1.2 纯技术效率分析 样本企业的纯技术效率分布如表5所示。从表5的结果来看:(1)在技术开发阶段,共有7个DMU的技术水平相对较佳,纯技术效率达到1.0,处于技术有效状态,这仅占DMU总数10.14%;在62个非技术有效的DMU中,有37个DMU的纯技术效率低于0.6,占DMU总数的53.62%。这说明我国生物制药上市企业在技术开发阶段的纯技术效率总体较低,有较大的提升空间。(2)在成果转化阶段,处于技术有效状态的DMU比例仅为8.70%,低于技术开发阶段;而纯技术效率低于0.6的DMU比例为62.32%,高于技术开发阶段。由此可以看出,我国生物制药企业在技术开发阶段的纯技术效率要略优于成果转化阶段。

表5 样本企业的纯技术效率分布

区间	技术开发阶段		成果转化阶段	
	DMU个数	占比/%	DMU个数	占比/%
1.0	7	10.14	6	8.70
0.8~<1.0	10	14.49	8	11.59
0.6~<0.8	15	21.74	12	17.39
0~<0.6	37	53.62	43	62.32

3.1.3 规模效率分析 样本企业的规模效率分布如表6所示。综合上述结果与表6的结果可以看出:(1)在技术开发阶段,共有3个DMU的规模效率达到1.0,处于规模有效状态,这仅占DMU总数的4.35%,但规模效率在(0.8~<1.0)区间的DMU占比为31.88%,这表明有相当部分样本企业的规模效率已接近生产前沿面,这是一个好的信号;结合表2、表3可知,在未达到规模有效状态的DMU中,处于规模递增的占比为98.48%,处于规模递减的占比为1.52%。(2)在成果转化阶段,处于规模有效状态的DMU占比为7.25%,高于技术开发阶段,但规模效率在(0.8~<1.0)区间的DMU占比仅为23.19%,低于技术开发阶段;结合表2、表3可知,在未达到规模有效状态的DMU中,处于规模递增的占比仅为6.25%,处于规模递减的占比为93.75%。

表6 样本企业的规模效率分布

区间	技术开发阶段		成果转化阶段	
	DMU个数	占比/%	DMU个数	占比/%
1.0	3	4.35	5	7.25
0.8~<1.0	22	31.88	16	23.19
0.6~<0.8	14	20.29	14	20.29
0~<0.6	30	43.48	34	49.28

由以上分析可知,在技术开发阶段,样本企业多处于规模效益递增状态,因此在此阶段企业可以通过增加创新要素投入来促进创新效率的提升;而在成果转化阶段,样本企业多处于规模效益递减状态,在此阶段企业增加要素投入并不会促进创新效率的提升,反而会造成企业资源的浪费。

3.2 样本企业技术创新效率均值分析

为了更加科学准确地对我国生物制药上市企业两阶段的技术创新效率进行分析,本研究将23家样本企业连续三期的两阶段创新效率值进行了平均化处理,结果如图1所示。从图1可知,在技术开发与成果转化阶段,样本企业技术创新效率总体较低,综合效率均值皆不足0.4,但相比之下,样本企业在技术开发阶段的技术创新效率要优于成果转化阶段,因此,成果转化效率低下是我国生物制药企业的主要短板。此外,样本企业两阶段的规模效率均值皆高于0.6,处于中等偏上的水准,优于样本企业的纯技术效率水平。由此可知,相对于规模效率,提高我国生物制药企业技术创新效率的关键在于纯技术效率的提升。

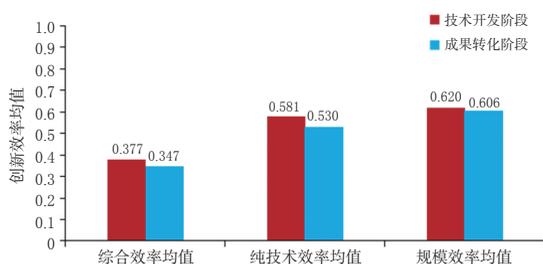


图1 样本企业两阶段创新效率均值对比

3.3 样本企业松弛变量优化分析

本研究利用上文构建的两阶段DEA模型,对各DMU技术开发与成果转化阶段投入与产出指标的松弛变量进行测度,以期找出造成样本企业DEA无效的主要原因。由于篇幅限制,本文未列出具体的测度结果,所有关键数据都会在下文中进行叙述。

对所测得的松弛变量结果进行分析可以发现:(1)在技术开发阶段,有47.83%的DMU存在研发经费投入冗余问题,这说明部分生物制药企业对科技经费的使用和配置存在问题,并没有充分发挥科技经费的使用效益;有33.33%的DMU存在发明专利产出不足的问题,有50.71%的DMU存在三项专利(包括实用新型、发明、外观专利)总体产出不足的问题。(2)在成果转化阶段,有46.38%的DMU存在发明专利投入冗余问题,有15.94%的DMU存在三项专利总体投入冗余问题,在此阶段并没有DMU存在产出不足的问题,这表明投入冗余是造成样本企业在成果转化阶段创新效率低下的主要原因。(3)依据松弛变量测定结果,笔者还发现部分企业展现出“在技术开发阶段存在专利成果产出不足,而在成果转化阶段却又存在专利投入冗余”的现象。王辉等^[19]在对我国高校两阶段科技创新效率进行实证研究时也得到过类似结论。笔者认为造成此种现象的原因是部分生物制药企业盲目布局热点领域,忽略了社会与市场的实际需求,造成企业在第一阶段产出的部分技术成果在第二阶段无转化意义;同时企业在技术开发阶段产出的技术成果与自身的转化能力不匹配,企业并没足够能力将技术成果转化为经济效益也是原因之一。

3.4 样本企业区域创新效率分析

由于中西部地区上市的生物制药企业较少,为了保证数据的可比性,笔者把注册地隶属于中部与西部地区的样本企业看作一个整体,与经济和技术更为发达的东部地区样本企业的技术创新效率进行对比,结果如表7所示。从表7可知:(1)在技术开发阶段,东部地区生物制药上市企业的综合效率与纯技术效率皆高于中西部地区企业,这表明东部地区生物制药上市企业有着更强的自主创新和研发能力,这与两区域间的人才储备、科技和经济发展水平等差距有关。(2)在成果转化阶段,中西部地区生物制药上市企业的综合效率与纯技术效率则高于东部地区企业。陈莹文等^[21]在对我国高技术产业创新效率进行测度时也得出过类似结论,其认为造成中西部地区高技术产业第二阶段创新效率高于东部地区的原因是:东部地区竞争激烈,使得部分人才开始流入中西部地区,同时中部崛起与西部大开发政策也给中西部地区企业带来了快速发展与赶超的契机。对于此现象,笔者认为中西部生物制药上市企业在技术开发阶段产出的技术成果较少,因此,在成果转化阶段技术成

果的投入量要远低于东部企业,这使其存在更少的投入冗余问题,所以在成果转化阶段有着更高的创新效率。

表7 区域间创新效率对比

地区	企业数	技术开发阶段			成果转化阶段		
		综合效率	纯技术效率	规模效率	综合效率	纯技术效率	规模效率
中西部	8	0.375	0.540	0.648	0.361	0.548	0.639
东部	15	0.378	0.603	0.605	0.340	0.520	0.589

4 讨论与建议

综合以上实证结果,本文得到以下结论:(1)我国生物制药上市企业两阶段的技术创新效率皆处于较低水平,技术开发和成果转化阶段的综合效率均值仅为0.377与0.347,但相比之下,企业在技术开发阶段的创新效率要高于成果转化阶段,因此,技术成果转化效率低下是我国生物制药企业的主要短板。(2)考察期内,在技术开发与成果转化两阶段中,样本企业的规模效率均值皆高于纯技术效率均值,因此,相较于规模效率,纯技术效率低下是制约我国生物制药上市企业两阶段技术创新效率提升的主要因素。(3)在技术开发阶段,研发经费投入冗余和专利产出不足是导致生物制药上市企业在该阶段DEA无效的主要原因;而在成果转化阶段,发明专利投入冗余是导致生物制药上市企业在该阶段DEA无效的主要原因。(4)从区域视角来看,在技术开发阶段,东部地区生物制药上市企业的综合效率与纯技术效率皆高于中西部地区企业,这表明东部地区生物制药上市企业有着更强的自主创新能力和研发能力;而在成果转化阶段,中西部地区生物制药上市企业的综合效率与纯技术效率皆高于东部地区企业,这表明中西部生物制药上市企业更加注重技术成果的转化,对技术成果的利用率更高。根据以上实证研究结论,为提高我国生物制药企业的技术创新效率,笔者提出以下建议。

4.1 增强生物制药企业技术成果转化能力,促进科技与市场的结合

企业的技术创新成果最终都要以产品的形式流入市场,才能真正实现其价值。从本文研究结果来看,对于我国生物制药企业而言,技术成果转化效率低下是制约其整体技术创新效率提升的主要短板,所以努力提升企业技术成果转化能力不仅能为企业带来更多的经济效益,还是提升生物制药企业整体创新效率的有效途径。为此,生物制药企业要建立专门的人才队伍并制订科学的技术成果转化评价指标体系,使企业的技术成果转化流程更加标准化和高效化。同时,生物制药企业要重视对生物医药市场和技术成果本身市场价值的分析,积极推动科技与市场相结合,加速我国生物制药产业的科技进步。

4.2 优化生物制药企业科技资源配置,避免科技资源浪费

从本文研究结果来看,部分样本企业在研发经费投入方面存在冗余,这表明我国生物制药企业的创新资源并没有得到合理配置。对此,相关企业应根据自身能力

与实际发展的需求,合理配置投入要素,杜绝盲目增加投入的行为,切实提高企业创新资源的利用率。生物制药企业可通过优化创新资源的配置、科学协调各投入要素间的比例来实现自身创新效率的提升,进而使得企业投入的创新资源最大程度地产出为技术创新成果。

4.3 重视地区间合作,促进区域间创新资源流动

由于经济和科技发展水平的差距,以及企业所处的金融与政策环境的不同,中西部地区生物制药企业与东部地区生物制药企业在知识存量与技术水平上存在明显的差距,这使得两区域间企业的技术创新效率存在明显的分异现象。本研究结果显示,东部地区生物制药企业在技术开发阶段的创新效率要明显高于西部地区企业,且研发经费的投入冗余问题更为严重。对此,两区域间可通过跨区域合作,将东部地区的创新投入冗余转移到中西部,以此弥补中西部地区创新资源的不足,同时也可提高创新资源的整体利用率;东部地区还应充分发挥自身知识溢出和人才众多的优势,努力推动相关产业与专业人才向中西部地区的转移与输送,以此带动我国生物制药产业创新效率整体提升。

参考文献

- [1] 赵炎,栗铮.我国生物制药企业联盟的发展现状分析[J].科研管理,2017,38(S1):223-229.
- [2] 谢华玲,陈芳,CYNTHIA L,等.全球生物制药领域研发态势分析[J].中国生物工程杂志,2019,39(5):1-10.
- [3] 李秀梅,杨培龙.我国生物制药产业的发展现状及优势[J].中国药业,2016,25(18):8-11.
- [4] 国家统计局社会科技和文化产业统计司.中国高技术产业统计年鉴:2020[M].北京:中国统计出版社,2020:83.
- [5] 国家统计局,国家发展和改革委员会科学技术部.中国高技术产业统计年鉴:2015[M].北京:中国统计出版社,2015:79.
- [6] 茅宁莹,张帅英,褚淑贞.基于DEA方法的我国医药制造业技术创新效率的实证研究[J].中国药房,2012,23(5):391-394.
- [7] 苏健,邢丽,赵临.我国医药制造业创新效率评价研究:基于数据包络分析的马奎斯特指数[J].卫生软科学,2020,34(6):24-27,36.
- [8] 赖木蓝,徐娜,葛夫莲,等.基于数据包络分析模型的我国2007—2016年医药制造业技术创新效率研究[J].医药导报,2020,39(11):1576-1587.
- [9] 尹述颖,陈立泰.基于两阶段SFA模型的中国医药企业技术创新效率研究[J].软科学,2016,30(5):54-58.
- [10] 宇文晶,马丽华,李海霞.基于两阶段串联DEA的区域高技术产业创新效率及影响因素研究[J].研究与发展管理,2015,27(3):137-146.
- [11] 杨佳伟,王美强,李丹.基于共享投入两阶段DEA模型的中国省际高技术产业研发创新效率评价[J].科技管理研究,2017,37(3):84-90.

(下转第18页)