

创新型城市创新效率研究

杨莲莲

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

摘要: 本文运用基于投入导向的超效率数据包络分析 (DEA) 模型, 对 2013 年和 2014 年全国 53 个创新型试点城市的数据进行了对比, 并分析了影响创新效率的因素。结果表明, 2013 年 DEA 有效的城市有 8 个, 无效的城市有 45 个, 2014 年 DEA 有效的城市相比上一年增加了 5 个。大部分城市 DEA 无效的主要原因是规模以上工业企业 R&D 经费没有得到充分的利用。金融市场和教育程度对创新效率的提高作用显著, 尤其是教育程度。

关键词: 创新型城市; 创新效率; 超效率 DEA; 面板估计; 试点城市

中图分类号: F290 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2016.09.011

在知识经济时代, 创新在经济社会发展中发挥着越来越重要的作用。国外有关创新型城市的理论研究始于 20 世纪 90 年代^[1], 国内的相关研究起步于 21 世纪初。2005 年, 党的十六届五中全会提出把我国建设成为创新型国家, 此后, 很多城市纷纷提出要建设创新型城市。建设创新型城市是提高城市发展水平和构建和谐社会的迫切需要, 是增强城市综合实力、促进资源节约型和环境友好型社会建设的重要支撑。

国外在创新型城市的建设与实践方面已经积累了一定的经验, 相对比较成熟。国内的相关研究起步较晚, 对创新型城市的研究基本上还处于初级阶段, 与国外相比, 在理论研究和评价体系研究上还有一定的差距^[2]。

在理论研究方面, 国外的 Peter Geoffrey Hall、Charles Landry、J. Stan Metcalfe^[3-5] 等学者分别在不同时期对创新型城市进行了定义, 但是, 到目前为止, 还没有一个公认的统一的定义。在创新型城市评价指标体系方面, Richard Floridi^[6] 开发了 3T 指标, Octusto Lopez-Claros^[7] 建立了创新能力指数, 世界

经济论坛^[8] 提出了全球竞争力指数中的创新指标, 等等。这些研究对我国开展创新型城市研究工作具有指导性的意义。国内具有代表性的学者有魏江、刘怡、胡胜蓉、胡树华、牟仁艳等人^[9,10], 他们分别在创新型城市的定义、构成要素、评价指标体系等方面进行了一系列研究, 取得了一定的成果, 但是还未形成一套完善的理论体系。通过国内外的对比研究发现, 国外学者的主要研究重点是创新型城市创新系统, 而国内学者则比较注重定义和评价指标方面的研究。

目前, 我国创新型试点城市 (区) 已经有 57 个。创新型城市领域中对创新效率的研究相对来说比较少, 本文在前人研究的基础上, 运用超效率数据包络分析 (DEA) 来计算分析 2013 年、2014 年各个创新城市的创新效率, 清晰地区别出各个城市之间的差异, 进一步对 DEA 无效的城市进行松弛变量分析, 找出大部分城市 DEA 无效的主要原因, 并通过 2013 年、2014 年创新效率影响因素的对比分析, 发现了导致创新效率值偏低的主要原因。基于以上分析, 为创新型城市的建

作者简介: 杨莲莲 (1991—), 女, 在读硕士研究生, 主要研究方向为科技战略与科技政策。

收稿日期: 2016-08-16

设提供借鉴。

1 方法模型

美国运筹学家 Abraham Charnes 等^[11]人于 1978 年提出了 DEA。DEA 作为效率评价的一种有力工具,在处理多输入-多输出的有效性评价问题上具有绝对优势,可以用来研究多种方案之间的相对有效性。

传统的 DEA 虽然在对决策单元进行效率评价时可以发挥作用,但是也存在一些问题。在使用 DEA 进行有效性分析时,将大量的决策单元分为有效和无效两大类,这样容易出现大量甚至全部都是有效决策单元的情况^[12]。为了解决这个问题,Per Anersen 等^[13]在 1993 年提出了一种超效率评价模型,这种模型能够对 DEA 有效的决策单元进行排序。超效率评价模型不仅可以实现众多有效决策单元之间的评价排序,而且对无效决策单元的排序也不会产生影响^[14],更能区分出各城市之间的差异性。因此本文选取超效率模型对创新型城市的创新效率进行评价。基于投入导向的 SE-DEA 模型为^[15]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \min \theta \\ s.t. \sum_{j=1, j \neq j_0}^n x_j \lambda_j + s^+ = \theta x_0 \\ \sum_{j=1, j \neq j_0}^n y_j \lambda_j + s^- = y \\ \partial_1 \left(\sum_{j=1, j \neq j_0}^n \lambda_j + \partial_{2(-1)} \partial_3 \lambda_{n+1} \right) = \partial_1 \\ s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n, n+1 \end{array} \right.$$

其中, x 和 y 表示第 j 个决策单元的输入和输出可能集, θ 表示决策单元的效率指数, $\theta \geq 1$ 说明决策单元为 DEA 有效, $\theta < 1$ 则说明决策单元为 DEA 无效^[16]。

2 指标体系和数据处理

在对创新型城市的创新效率进行评价时,首先要确定相关指标,包括投入指标和产出指标。为了保证评价结果的合理性,我们需要科学地选择评价指标,这也是效率评价工作的关键^[17]。

2.1 投入指标

创新过程的初始创新投入的常用指标是研究与开发(R&D)人员与经费^[18],结合指标选取的原则,本文选取的投入指标有全社会 R&D 经费内部支出(亿元)、全社会 R&D 人员数(人年)、财政科学技术支出、规模以上工业企业 R&D 经费内部支出(万元)。其中,全社会 R&D 经费内部支出用于衡量一个国家或地区科技活动规模以及科技投入强度,可以在一定程度上反映出一个国家或地区的可持续发展能力;全社会 R&D 人员数可以从侧面反映出投入研发活动的人力资本强度,是用于比较科技人力投入的指标。财政科学技术支出在一定程度上反映了一个城市所处的经济社会发展阶段和财政状况,也可以体现出地方政府对科技创新的重视程度;规模以上工业企业 R&D 经费内部支出用来衡量企业科技创新投入的强度。

2.2 产出指标

创新效率主要反映在专利、论文和新产品三个方面^[19],因此,本文选取的产出指标有发明专利授权数(件)、国际科技论文(篇)和高技术产业总产值(亿元),如表 1 所示。其中,发明专利授权数(件)是衡量一个城市科研产出质量和市场应用水平的综合指标;国际科技论文指标是指 SCI、EI 和 ISTP 三大检索系统所收录的我国科技人员发表的论文;高技术产业总产值是判断一个城市核心竞争力与发展潜力的重要因素。

本文的指标数据来源于国家统计局数据。为了更加清晰地对创新型城市的创新效率进行评价,本

表 1 创新型城市效率评价指标体系

指标类型	评价指标
投入指标 (X)	全社会 R&D 经费内部支出(亿元) 全社会 R&D 人员数(人年) 财政科学技术支出(万元) 规模以上工业企业 R&D 经费内部支出(万元)
产出指标 (Y)	发明专利授权数(件) 国际科技论文(篇) 高技术产业总产值(亿元)

文选取了 2013 年、2014 年全国 53 个创新型试点城市（不包括北京海淀区、天津滨海新区、上海杨浦区和重庆沙坪坝区这四个城区）的数据进行对比分析。

分别将 2013 年、2014 年的指标数据导入效率度量系统（EMS），运用基于投入导向的超效率模型进行计算，得到各个城市的创新效率值以及无效决策单元的松弛变量。

3 结果分析

3.1 创新效率分析

运用超效率 DEA 模型对我国 2013 年、2014 年 53 个创新型试点城市的指标数据进行计算，得到超效率模型下创新型试点城市的评价结果，如图 1 所示。

根据计算结果可知，2013 年 DEA 有效的城市有太原、兰州、西安、成都、秦皇岛、景德镇、海口和泰州 8 个城市，2014 年 DEA 有效的城市有兰州、西安、成都、秦皇岛、昆明、南宁、南昌、泰州、郑州、济南、萍乡、南京、哈尔滨 13 个城市。由此可以看出，一些城市在一定时期内创新 DEA 有效，但不一定在未来继续保持下去，而一些原本创新 DEA 无效的城市则可能通过不懈努力形成后发优势，最终跻身创新型城市的行列^[20]。比如，兰州、西安、成都、秦皇岛、泰州这几个城市，在 2013 年和 2014 年均是 DEA 有效的城市，并且创新效率值相差不大，说明这几个城市依然在继续稳步发展，资源配置合理，资源利用率也高。但是太原、景德镇、海口，在 2013 年是 DEA 有效的城市，而在 2014 年就成为了 DEA 无效的城市，并且太原和景德镇下降的幅度很大，说明它们没有继续保持创新资源的有效配置，造成了资源的浪费，从而丧失了竞争优势。而昆明、南宁、南昌、郑州、济南、萍乡、南京、哈尔滨这几个城市在 2013 年是 DEA 无效的城市，但在 2014 年成了 DEA 有效的城市，说明这些城市努力进行创新城市的建设，最终形成了竞争优势。但是也有一些城市的创新效率值一直很低，比如包头在 2013 年和 2014 年都是 53 个创新型城市中创新效率值最低的，说明这些城市的资源配置很不合理，造成了很大程度上的资源浪费，不具有竞争优势，需要对这些城市加大调节力度，

提高其投入产出比。同时，政府部门也要完善相关政策，努力营造创新环境。

3.2 松弛变量分析

良好的基础创新环境可以提升城市的整体创新能力，松弛变量的过剩量分析，对于我们发现使用过剩的设施指标量有很大帮助^[21]。松弛变量的各项解都为 0 的决策单元为 DEA 有效单元，其各项资源配置都已经达到了最优，不需要再对其进行调控。而决策单元的 DEA 无效，说明其资源配置至少有一项不合理，需要对投入要素或产出要素进行调节，使其各项都达到最优解。本文选取的是基于投入导向的超效率 DEA 模型，所以只对 DEA 无效的决策单元的投入要素进行分析，即在产出量不变的情况下，分析需要减少的投入量。

对比 2013 年和 2014 年的冗余量结果可知，这两年在非 DEA 有效的城市中，全社会 R&D 经费内部支出和全社会 R&D 人员数只有在少数几个城市中有过剩现象，说明这两项投入在城市建设中的有效利用程度相对来说比较好，投入产出比值较高，在资源配置上比较合理，只需要进行微调即可。

研发经费和研发人员数量是衡量一个国家创新能力的重要指标之一，目前我国已成为仅次于美国的世界第二研发经费投入国家，从这方面来看，我国在创新型城市建设中具有很好的发展前景。2013 年存在财政科学技术支出利用不合理的城市非常多，但是在 2014 年有所改观。说明创新型城市建设已经逐步引起了政府的重视，并且在政府的大力支持下得到了改善。而规模以上工业企业 R&D 经费内部支出这项指标在 2013 年和 2014 年的松弛变量值都很高，且没有很大的改观。说明这项投入在创新型城市建设中没有得到充分利用，造成了资源的严重浪费，需要进行重新优化配置，以提高整体效率。数据显示，规模以上工业企业 R&D 经费内部支出一直在逐步增长，但是只有对支出结构、支出形式等加以优化，才能发挥支出资金的最大效益。所以，在城市建设中，不能只追求投入的最大化，还要注重资源配置的最优化。

其中，2014 年的冗余量结果中，乌鲁木齐的投入指标虽然已经达到最优，但是由于这个城市规模太小，规模效率太低，所以导致 DEA 无效。

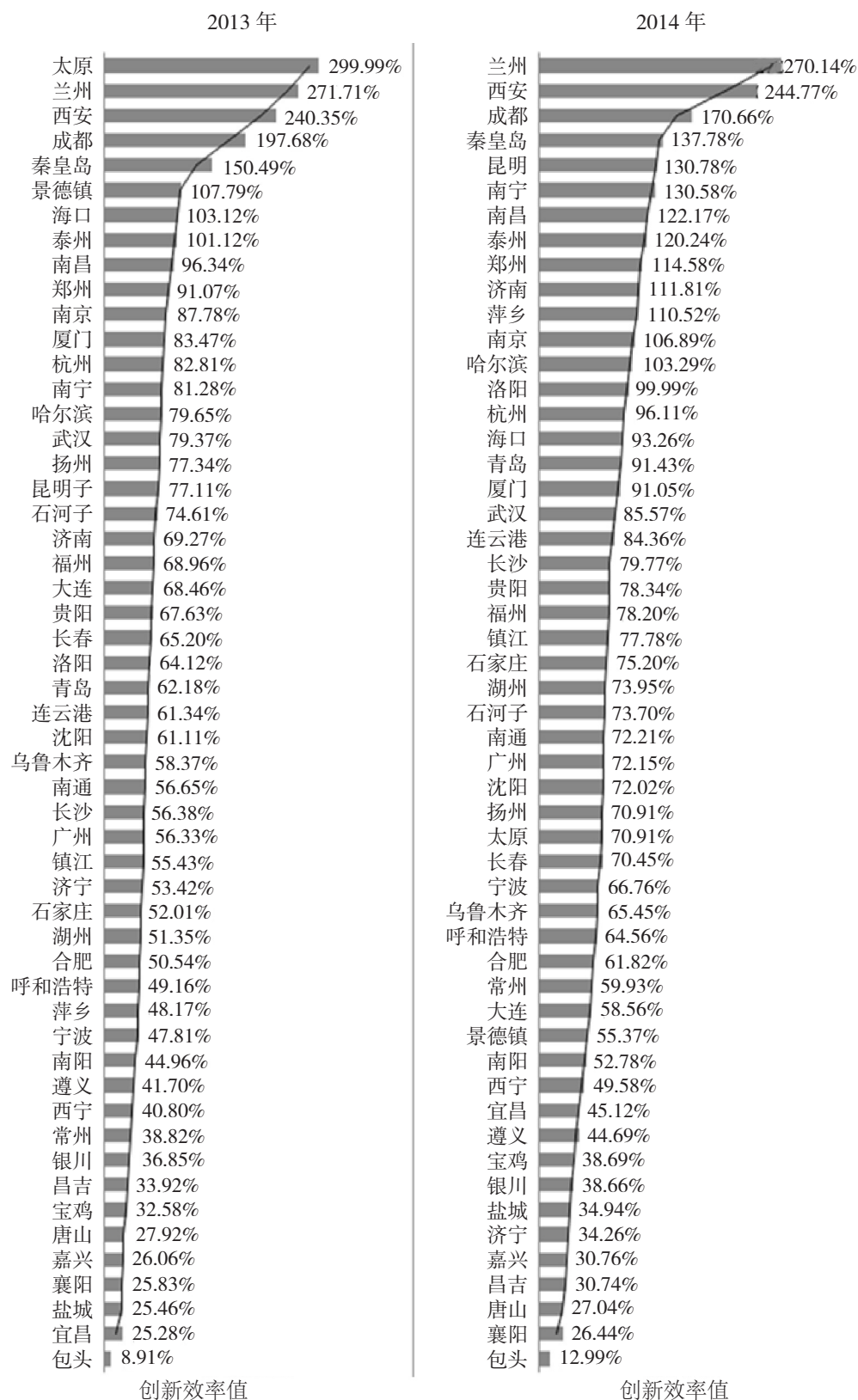


图 1 创新城市评价结果

3.3 影响因素分析

通过对创新型试点城市的创新效率进行分析，对其 DEA 是否有效进行了评估。DEA 有效的城市说明其资源配置合理，具有竞争优势。而 DEA 无效的城市，需要对其加大调节力度。通过对 DEA 无效城市的影响因素分析，可以发现造成效率低的主要原因，从而提高这些城市的竞争优势。

3.3.1 指标选取

对影响城市创新效率的因素进行初步分析发现，金融市场情况是影响一个城市的竞争力强弱的关键因素，城市的基础设施以及对外开放程度可以反映出这个城市的经济状况，此外，城市的教育程度可以体现出城市居民的文化知识水平以及城市居民的收入情况。基于科学性、可操作性、独立性和针对性的原则^[22]，本文选取了有关创新效率影响因素分析的四个具有代表性的指标，分别是年末金融机构人民币各项贷款余额（万元）、互联网宽带接入用户数（万户）、当年实际使用外资金额（万美元）、每万人在校大学生数（人），分别用来反映城市的金融市场情况、基础设施情况、对外开放程度和教育程度，从中找出影响城市创新效率的关键因素。

3.3.2 数据处理和回归分析

本文的指标数据来源于 2014 和 2015 年的《中

国城市统计年鉴》，样本数据截面单元较多，样本容量为 53，但是时间较短，仅有 2013 年和 2014 年，参数的变化主要集中在横截面。为了对 2013 年、2014 年创新效率的影响因素进行对比研究，本文利用计量经济学分析预测工具 Eviews 软件，将创新效率值设为因变量，用 k 表示，金融市场、基础设施、对外开放程度、教育程度设为自变量，分别用 m 、 n 、 x 、 y 来表示，进行面板估计。估计结果如表 2 和表 3 所示。

经计算得出 2013 年和 2014 年的 R-Squared 值分别为 0.758 和 0.822，说明这两个模型均为有效模型。2013 年，基础设施和对外开放程度这两个指标都没有通过显著性检验，所以基础设施、对外开放程度对创新效率的正向作用并不显著。金融市场和教育程度对创新效率的提高具有正向作用，它们每提高一个百分点，会分别使创新效率提高 4.36E-09% 和 0.001 435%，说明金融市场的扩大以及教育程度的提高对创新效率的改善具有明显的影响。其中，教育程度对创新效率的影响比金融市场大，说明教育程度是提高创新效率的最重要因素。2014 年，除了教育程度之外，其他指标对创新效率的作用都不显著。教育程度对创新效率的提高具有正向作用，每提高一个百分点，会使创新效

表 2 2013 年对面板数据的估计结果

变量	系数	标准误差	T 统计量	概率
金融市场 (m)	4.36E-09	2.31E-09	1.887 810	0.0 650
基础设施 (n)	5.25E-06	4.30E-06	1.220 904	0.2 280
对外开放程度 (x)	-1.39E-08	4.31E-07	-0.032 225	0.9 744
教育程度 (y)	0.001 435	0.000 361	3.978 650	0.0 002

表 3 2014 年对面板数据的估计结果

变量	系数	标准误差	T 统计量	概率
金融市场 (m)	-3.07E-10	2.91E-09	-0.105 490	0.9 164
基础设施 (n)	0.000 789	0.000 837	0.942 646	0.3 505
对外开放程度 (x)	2.43E-07	3.99E-07	0.608 747	0.5 455
教育程度 (y)	0.001 040	0.000 228	4.560 499	0.0 000

率提高 0.001 040%，由此可知，可以通过提高教育程度来提高整体国民素质，进而提高城市创新效率。

通过两年的对比分析可知，2013 年，金融市场和教育程度是影响创新效率的重要因素，并且对创新效率的提高具有正向作用。2014 年，金融市场不再是影响创新效率的重要因素，而教育程度对创新效率的影响也有所下降。可见，教育程度的提高对创新效率的改善具有很重要的影响。

4 结论

本文选取了全社会 R&D 经费内部支出、全社会 R&D 人员数、财政科学技术支出、规模以上工业企业 R&D 经费内部支出这四个投入指标，以及发明专利授权数、国际科技论文、高技术产业总产值这三个产出指标，运用超效率 DEA 模型，对 2013 年、2014 年全国 53 个创新型试点城市的创新效率进行对比分析。结果表明，优化创新资源配置是形成创新型城市并继续保持稳步发展的关键。一些原本创新 DEA 有效的试点城市如果不注重持续优化创新资源配置，就会失去城市竞争优势，进而停滞不前甚至后退；而一些原本不被看好的城市经过自身的不懈努力，可能会赶超其他城市，最终发展成为创新 DEA 有效的城市。

此后，又进一步对 DEA 无效的城市进行松弛变量分析。由于本文采用的是基于投入导向的超效率 DEA 模型，所以只对 DEA 无效的城市投入要素进行评价。由计算结果可知，对于全社会 R&D 经费内部支出和全社会 R&D 人员数，只有少数几个城市出现了利用不充分的现象，说明这两项指标在城市建设中有效利用程度相对来说比较好，资源配置也比较合理；财政科学技术支出这项指标在政府的支持下正在逐步得到改善；而规模以上工业企业 R&D 经费内部支出在两年内均没有实现最优配置，很大程度上造成了资源浪费，应采取相应措施逐步提高投入产出比，从而提高整体效率。

通过对 2013 年、2014 年创新效率的影响因素进行对比分析，发现基础设施和对外开放程度在这两年里对创新效率的影响不显著，教育程度对创新

效率的提高具有正向作用，金融市场在 2013 年对创新效率的提高具有正向作用，而在 2014 年影响不显著。因此可以制定相关政策提高教育程度，从而在一定程度上提高城市创新效率。■

参考文献：

- [1] 魏达志. 国家创新型城市的行为主体与国际视野——关于深圳作为全国首个创建国家创新型城市试点的思考[J]. 特区经济, 2008, 235(8): 12.
- [2] 杨冬梅, 赵黎明, 闫凌州, 等. 创新型城市: 概念模型与发展模式[J]. 科学学与科学技术管理, 2006, 27(8): 97-101.
- [3] Hall Peter Geoffrey. Cities in Civilization[M]. New York: Pantheon Books, 1998: 27-69.
- [4] Landry Charles. The Creative City: A Toolkit for Urban Innovators [M]. Earthscan, 2008: 3-11.
- [5] Metcalfe J Stan. Technology systems and technology policy in an evolutionary framework[J]. Cambridge Journal of Economics, 1995, 19(1): 25-46.
- [6] Florida Richard. The Rise of the Creative Class: and How it's Transforming Work, Leisure, Community and Everyday Life[M]. Basic Books, 2002: 249-267.
- [7] Lopez-Claros Octusto. The Innovation for Development Report 2010—2011: Innovation As a Driver of Productivity and Economic Growth[M]. Palgrave Macmillan, 2010: 21-67.
- [8] Schwab K. The Global Competitiveness Report 2013 2014[R]. Geneva, Switzerland, 2013.
- [9] 魏江, 刘怡, 胡胜蓉, 等. 基于主成分分析法的创新型城市评价研究[J]. 湖南大学学报(社会科学版), 2009, 23(3): 53-58.
- [10] 胡树华, 牟仁艳. 创新型城市的概念、构成要素及发展战略[J]. 经济纵横, 2006(8): 61-63.
- [11] Charnes Abraham, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision-making units[J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6): 429-444.
- [12] 邓英芝, 解百臣. 资源开发企业的效率评估研究[J]. 科技情报开发与经济, 2007, 17(27): 180-181.
- [13] Anersen P, Petersen N C. A procedure for ranking efficient unit in data envelopment analysis[J]. Management Science, 1993(10): 1 261-1 264.

- [14] 李恒吉, 陈兴鹏, 许新宇, 等. 基于超效率 DEA 的甘肃省城市效率演变特征 [J]. 兰州大学学报 (自然科学版), 2012, 48 (5): 35-40.
- [15] 吴文江. 用超效率综合 DEA 模型来研究 DEA 有效性 [J]. 数学的实践与认识, 2012, 42 (4): 158-165.
- [16] 周晶晶, 吴思慧, 沈能, 等. 超效率视角下的我国创新型城市效率评价——以长三角地区为例 [J]. 科技管理研究, 2015 (16): 68-71, 82.
- [17] 罗艳. 基于 DEA 方法的指标选取和环境效率评价研究 [D]. 中国科学技术大学, 2012.
- [18] 陈凯华, 高霞, 官建成, 等. 创新型城市创新投资效率的测度理论与方法研究 [A]. 第十二届全国科技评价学术研讨会论文集 [C]. 2012: 194-207.
- [19] 宋河发, 穆荣平, 任中保, 等. 国家创新型城市评价指标体系研究 [J]. 中国科技论坛, 2010 (3): 20-25.
- [20] 闫凌州, 杨冬梅. 国外创新型城市的建设实践综述 [C]. 2006 中国科协年会, 2006: 169-172.
- [21] 代明, 张晓鹏. 基于 DEA 的中国创新型城市创新绩效分析 [J]. 科技管理研究, 2011, 31 (6): 6-8, 5.
- [22] 张子龙, 逯承鹏, 陈兴鹏, 等. 中国城市环境绩效及其影响因素分析: 基于超效率 DEA 模型和面板回归分析 [J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29 (6): 1-7.

Research on Innovation Efficiency of Innovative City

YANG Lian-lian

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: This paper analyzes the data of the China's 53 innovative pilot cities in 2013 and 2014 with the super efficiency DEA method, as well as the factors that affect the efficiency of innovation. The results show that in 2013, there were 8 DEA effective cities and 45 invalid cities; and DEA effective cities increased by 5 in 2014 compared to the previous year. The main reason why DEA invalidated in most of the cities is that there is a serious excess of R&D funds in the industrial enterprises above designated size, and the resources are not fully utilized. Financial market and educational level have a significant effect on the improvement of innovation efficiency, especially the latter one.

Key words: innovative city; innovation efficiency; super efficiency DEA; panel estimate; pilot cities

作者声明

尊敬的读者:

本人文章《俄罗斯科学院改革的主要内容及改革效果预判》已刊登在《全球科技经济瞭望》2016 年第 7 期 (P37~42), 由于个人疏忽, 其中 39 页表 1 漏写参考文献, 现补充如下:

任真. 俄罗斯科学院科研机构的重组改革新进展 [EB/OL]. (2015-08)[2016-5-25]. <http://www.casaid.cn/achievement/monitor-bulletin/achievement-detail.html?id=2581d1c1-63cf-4974-8b50-5455ccd9033b>.

特此声明。

作者: 张丽娟