

文章编号: 1003 - 2053(2021)09 - 1671 - 12

创新型城市试点政策与城市产学研知识流动 ——基于长三角城市群的空间 DID 模型分析

王晓红¹ 张少鹏¹ 张 奔²

(1. 哈尔滨工业大学经济与管理学院 黑龙江哈尔滨 150001;
2. 哈尔滨理工大学经济管理学院 黑龙江哈尔滨 150080)

摘 要: 文章使用 2004 - 2018 年长三角城市群 24 个城市的面板数据, 基于二元性视角采用超效率 DEA 模型分别测度了产学研知识研发效率和知识转化效率, 并基于空间 DID 模型研究创新型城市试点政策对长三角城市群产学研知识流动效率的影响机制。结果显示: (1) 长三角城市群的产学研知识研发效率均值整体高于知识转化效率均值; (2) 创新型城市试点对城市产学研知识研发效率和知识转化效率的政策效应均表现为促进作用; (3) 城市创新氛围在创新型城市试点政策对产学研知识研发效率和知识转化效率的影响机制中均发挥了部分中介效应; (4) 使用动态网络 DEA 模型重新测度城市产学研知识流动效率并再次进行空间 DID 模型回归, 其结果验证了主回归结果的稳健性。

关键词: 创新型城市试点; 产学研协同创新; 知识流动效率; 城市创新氛围; 空间 DID 模型

中图分类号: G311

文献标识码: A

DOI: 10.16192/j.cnki.1003-2053.20210325.006

创新作为引领发展的第一动力, 已经成为中国重要的发展战略。在创新驱动发展战略框架中, 产学研协同创新具有重要作用, 各地也积极响应中央政策, 相继建立了以地方政府支持为主导、以产学研协同创新为基础的区域创新体系^[1]。产学研协同创新逐渐成为区域创新发展的关键力量, 有学者提出, 产学研协同创新是通过各主体参与知识流动过程来实现产业界和高校以及科研院所之间的知识互动和资源优势互补^[2]。在产学研协同创新机制中, 高校和科研院所为知识输出端, 企业为知识输入端, 通过知识流动过程将知识有效应用于产业界创新活动的各个环节从而提升其产业创新绩效^{[3][4]}。与此同时, 产业界可以为高校和科研院所提供科研经费支持以及企业视角的研究思维与灵感, 对高校和科研院所的科研创新同样具有促进作用。因此, 提升产学研知识流动效率对各主体创新绩效、完善产学研协同创新体系具有积极影响。

城市是创新活动的基层载体, 在国家创新体系

中, 城市创新体系更是不可分割的重要组成部分^[5]。释放城市的知识创新活力是中央和地方各级政府共同的战略目标, 对产学研协同创新机制完善和创新型国家建设具有重要意义。为进一步挖掘城市创新潜力, 中国自 2008 年开始实施创新型城市试点政策, 至 2019 年, 共有 78 个城市获批纳入国家创新型城市试点名单^[6]。其中, 长江三角洲(以下简称长三角)城市群是中国创新型城市试点政策实施密集度最高的地区^[9], 先后有 19 个城市批准为创新型城市试点。因此, 本文将长三角城市群作为研究对象, 在科学评估城市产学研知识流动效率的基础上, 探究创新型城市试点对长三角城市群产学研知识流动效率的政策效应影响。由于本文研究内容涉及创新型城市试点的政策效应评估, 故而采用双重差分法(DID)研究创新型城市试点政策对城市产学研知识流动效率的影响机制。

与既有研究相比, 本文的创新性和边际贡献在于: 第一, 尽管有学者研究创新型城市试点的政策效

收稿日期: 2020 - 08 - 15; 修回日期: 2021 - 02 - 26

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71874042)

作者简介: 王晓红(1968 -), 女, 黑龙江哈尔滨人, 教授, 博士, 研究方向为产学研合作、知识管理。

张少鹏(1994 -), 男, 河北邢台人, 博士研究生, 研究方向为产学研合作与知识管理。通讯作者, E-mail: 13251610878@163.com。

张 奔(1984 -), 男, 黑龙江哈尔滨人, 讲师, 博士, 研究方向为校企合作。

应,但是大多集中在城市创新能力或城市经济发展^[8],本文基于知识流动视角建立了创新型城市建设与产学研协同创新两者之间的联系;第二,在创新型城市建设过程中,创新政策支持有利于在试点城市形成积极的城市创新氛围,进一步促进创新行为^{[6][7]}。因此,本文将城市创新氛围纳入研究框架,打破了创新型城市建设对产学研协同创新影响的“黑箱”;第三,鉴于城市之间高校、科研院所与产业界等创新主体存在空间区位下的资源竞争和创新合作现象^[9],尤其是位于相邻地区的主体更容易产生竞合关系,故而本文使用空间 DID 模型评估分析创新型城市试点对城市产学研知识流动效率的政策效应及其影响机制。

1 文献综述

创新型城市试点是在政府支持下对城市创新活动开展、城市创新能力提升的一项政策探索,不仅要求中央和地方各级政府加大对试点城市的创新资源投入,更要保障相关创新活动所需的知识要素供给,这其中离不开政府支持对产学研协同创新机制的支撑作用^[10]。在此过程中,政府不仅引导鼓励高校和科研院所积极开展知识研发活动,通过为高校和科研院所提供政策支持从而有效提升其创新绩效,进一步夯实城市的科技基础^[6],还提出了一系列激励产业创新的实践措施,有利于缓解因外部性和风险性等因素对产业创新的限制,通过促进产业界的知识成果转化应用效率提高产业创新水平^[11]。依据知识流动理论,知识流动是指知识通过相应媒介与路径在不同的知识主体之间发生运动的过程,在这个过程中,不仅实现了知识的共享和创新,也是知识主体参与方获得知识价值的重要手段^[12]。在产学研协同创新中,高校和科研院所是知识输出端,产业界是知识输入端,通过知识流动过程将知识成果有效应用于产业界创新活动的各个环节从而促进产业界发展^[4]。也就是说,创新型城市试点对城市产学研协同创新尤其是产学研知识流动在理论上存在积极影响。

此外,依据创新价值链理论,创新过程基于二元性视角可以分为创新研发活动(探索)和成果转化活动(利用)两个阶段^{[13][14]}。本文认为产学研协同创新体系中知识流动效率可以就探索和利用的二元性视角分为知识研发效率和知识转化效率,其中知

识研发效率是由高校和科研院所提供人力资本、产业界提供物质资本进行研发创新活动并获得创新成果的资源配置效率,知识转化效率是高校和科研院所的科研创新成果转化为产业界发展可以应用的技术工具或手段并以此提升经营绩效的资源配置效率^{[3][15]}。借鉴以往文献对效率评价的研究方法^{[16][17]},本文采用投入导向的超效率 DEA 模型对产学研知识流动效率进行测度分析,综合考察知识流动效率的分布特征以及引发效率变化的关键因素。

创新型城市试点政策的实施不仅可以直接提升城市创新能力,还能够通过优化创新环境形成良好的城市创新氛围。一方面,政府在试点城市势必会为创新活动顺利开展而加大基础设施等方面的财政支出^[6];另一方面,政府在试点城市还会持续推进城市创新软环境的培育进程,通过探索营造积极的制度环境和文化环境为激发城市创新活力提供支撑作用^[10]。在组织创新领域,创新氛围对个体和组织创新绩效具有正向影响已经被许多学者证实^[18]。在城市载体中,城市创新氛围与城市创新水平也息息相关。基于此,有学者认为,创新型城市试点一般拥有比较浓厚的创新氛围,是城市创新体系的重要特征,并且在城市创新体系中,积极的城市创新氛围能够给所有创新主体传递出创新合作和知识共享的信号^[19]。在创新型城市试点,各创新主体在实现组织创新过程中,彼此之间会越来越相互依赖,并且城市创新氛围越积极,越有可能实现组织间知识流动^[9]。在城市产学研协同创新体系中,高校、科研院所以及产业界均是不可或缺的创新主体,彼此在科技创新活动中的依赖性较强。尤其是在创新型城市试点政策实施后,伴随城市创新氛围愈加浓厚,对产学研主体之间的创新合作行为与绩效具有促进作用,城市产学研知识流动效率得以提升,即城市创新氛围在创新型城市试点政策对产学研知识流动效率的影响机制中可能承担中介传导作用。

综上所述,本研究首先依据创新价值链的二元性视角将城市产学研知识流动效率划分为知识研发效率和知识转化效率,并采用超效率 DEA 模型测度分析产学研知识流动效率;其次,基于空间 DID 模型分析创新型城市试点对产学研知识流动效率的政策效应以及城市创新氛围的中介效应;最后,结合研究结论,为长三角城市群产学研协同创新机制进一步完善以及城市创新体系建设提供决策借鉴。

2 实证研究设计

2.1 模型设定

为有效反映创新型城市试点对城市产学研知识流动效率的空间政策效应, 本文采用空间 DID 模型进行实证分析。与此同时, 上文的文献综述部分提出城市创新氛围在创新型城市试点政策对产学研知识流动效率的影响机制中可能存在中介传导作用, 因此本研究还会采用中介效应模型进行计量验证。具体而言, 基于空间 DID 模型的中介效应检验模型设定如下:

$$re_{it} \setminus te_{it} = \sum_{it}^{NT} \rho (\delta \times \pi)_{it} re_{it} \setminus te_{it} + \beta_0 + \sum_{k=1}^K X_{it,k} \beta_k + DID_{it} \beta_{k+1} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$cia_{it} = \sum_{it}^{NT} \rho (\delta \times \pi)_{it} cia_{it} + \beta_0 + \sum_{k=1}^K X_{it,k} \beta_k + DID_{it} \beta_{k+1} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$re_{it} \setminus te_{it} = \sum_{it}^{NT} \rho (\delta \times \pi)_{it} re_{it} \setminus te_{it} + \beta_0 + \sum_{k=1}^K X_{it,k} \beta_k + DID_{it} \beta_{k+1} + cia_{it} \beta_{k+2} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式 (1) - (3) 中 re_{it} 和 te_{it} 是本文的被解释变量, 分别表示产学研知识研发效率和知识转化效率。 $i = 1, 2, \dots, N, N = 24$, 代表中国长三角城市群 24 个地级城市; $t = 1, 2, \dots, T, T = 15$, 代表创新型城市试点获批的时间阶段。 $X_{it,k}$ 表示本文选取的 k 个控制变量 $k = 1, 2, \dots, K$ 。 cia_{it} 是本文的中介变量, 表示城市创新氛围。

DID_{it} 为虚拟变量的交互项, 也就是本文需要估计的政策效应参数, 主要由样本组别和创新型城市

试点获批情况的虚拟变量的取值相乘并经过中心化处理而构成。 ξ, π 代表行标准化后的时间权重矩阵与空间权重矩阵, $\xi \times \pi$ 表示内生时空权重矩阵。其中, 空间权重矩阵的设定原则是: 若两城市在空间区位上相邻则矩阵元素为 1, 否则为 0, 并且参照范巧等^[20]的方式计算内生时空权重矩阵。 ρ 表示空间计量模型的空间相关系数; β 表示模型的回归系数; ε_{it} 表示随机误差项。

2.2 数据来源

在长三角城市群 26 个地级城市中, 先后有 19 个城市获批为创新型城市试点, 试点密集度较高且城市创新活动较为活跃。鉴于此, 本文选择长三角城市群作为研究对象, 使用数据来源于《中国城市统计年鉴》、各地级市统计年鉴、地市科技局网站以及部分地市的国民经济和社会发展统计公报, 样本期为 2004 - 2018 年。由于浙江省宁波市和江苏省泰州市缺失数据较多, 因此将这两个城市从研究样本中进行剔除, 最终总样本量为 360。为剔除价格因素影响, 本文采用以 2004 年为基期的价格指数将涉及价值形态的变量调整为相应的不变价值。此外, 对部分指标存在缺失值或奇异值的情况, 本文采用线性插补法进行数据调整补充。

2.3 变量选取

(1) 被解释变量

本文的被解释变量是基于投入导向的超效率 DEA 模型测度得来的 24 个城市在 2004 - 2018 年的产学研知识流动效率, 分别是知识研发效率 (re) 和知识转化效率 (te)。参考相关研究的指标选取^{[3][8]}, 本研究使用的城市产学研知识流动效率的评价指标体系见表 1。

表 1 城市产学研知识流动效率评价指标体系

Table 1 The evaluation index system of the efficiency of urban industry - university - research knowledge flow

一级指标	二级指标	三级指标
知识研发效率	投入指标	科研从业人员当时全量(人)
		工业企业对高校与研究机构科研支出总额(万元)
	产出指标	百万人专利申请总量(项)
		科技成果获奖总数(项)
知识转化效率	投入指标	百万人专利申请总量(项)
		科技成果获奖总数(项)
	产出指标	技术合同转让签订总数(项)
		技术市场成交项目总额(万元)

(2) 解释变量

本文的核心解释变量是创新型城市试点政策,即上述模型设定中的政策效应参数 DID。在选取其他解释变量时,本文借鉴李政等^[6]与陈强等^[21]对区域创新影响的研究成果,控制了其他有可能影响城市产学研知识流动效率的因素,主要有外商直接投资(*fdi*)、人力资本水平(*hc*)、科技人才集聚程度(*ttg*)和产业结构水平(*is*)。其中,使用城市外商及港澳台直接投资额与地区生产总值的占比衡量外商直接投资;使用高等院校在校生人数与城市总人口的占比衡量人力资本水平;使用城市科研从业人员数量与就业人员总数的占比衡量科技人才集聚程

度;使用第三产业增加值与地区生产总值的占比衡量产业结构水平。

(3) 中介变量

本文的中介变量是城市创新氛围(*cia*)。考虑到衡量城市创新氛围的指标不固定,如果只单纯选择某一个指标进行界定会产生较大的误差和歧义,因此,本文综合王默等^[8]与 Paskaleva 和 Cooper^[22]界定城市创新政策支持、创新平台建设以及创新发展能力的指标体系,建立城市创新氛围的指标体系并采用主成分分析法与功效系数法相结合的方法进行降维处理,最终以计算得到的总得分来衡量城市创新氛围变量。具体指标体系见表 2。

表 2 城市创新氛围的指标体系

Table 2 Index system of urban innovation atmosphere

一级指标	二级指标	三级指标
城市创新氛围	创新政策支持	教育支出占财政支出的比重(%)
		科技支出占财政支出的比重(%)
	创新平台建设	人才和知识产权中介服务机构的数目(个)
		科协系统科技活动数目(个)
	创新发展能力	技术引进经费支出总额(万元)
		技术改造经费支出总额(万元)

表 3 给出了各变量的描述性分析结果以及与城市产学研知识流动效率的相关性分析结果,其中相关系数 1 为各变量与知识研发效率的相关性结果、相关系数 2 为各变量与知识转化效率的相关性结

果。观察最后两列的结果不难发现,创新型城市试点政策与城市产学研知识研发效率和知识转化效率的相关系数均在 1% 的显著性水平上为正。

表 3 变量描述性分析与相关性分析结果

Table 3 Results of descriptive analysis and correlation analysis of the variables

变量	符号	均值	标准差	相关系数 1	相关系数 2
产学研知识研发效率	<i>re</i>	1.264	0.512	1	0.141**
产学研知识转化效率	<i>te</i>	0.907	0.328	0.141**	1
试点政策效应	<i>DID</i>	0.073	0.192	0.463***	0.395***
城市创新氛围	<i>cia</i>	0.458	0.212	0.217***	0.241**
外商直接投资	<i>fdi</i>	0.042	0.026	-0.263**	0.214*
人力资本水平	<i>hc</i>	0.033	0.020	0.208*	0.192**
科技人才集聚程度	<i>ttg</i>	0.068	0.114	0.185***	0.152***
产业结构水平	<i>is</i>	0.536	0.273	0.131***	0.115**

注: *、**和*** 分别表示在 10%、5% 以及 1% 的统计水平上显著。下同。

3 实证结果分析

3.1 城市产学研知识流动效率的测度结果

本研究以 24 个地级城市为决策单元,分析中国长三角城市群产学研知识流动效率的测度结果。表 4 汇报了长三角城市群整体以及 24 个城市在 2004-2018 年的产学研知识研发效率均值与产学研知识转化效率均值。

表 4 2004-2018 年长三角城市群产学研知识流动效率测度结果

Table 4 Measurement results of industry - university - research knowledge flow in the Yangtze River Delta urban agglomeration from 2004 to 2018

决策单元	知识研发效率均值	知识转化效率均值
上海市	1.46	1.07
杭州	1.38	1.32
温州	0.88	1.15
绍兴	1.25	0.87
湖州	1.20	1.19
嘉兴	1.32	1.05
金华	1.29	1.23
台州	0.98	0.75
舟山	0.85	0.84
浙江省	1.23	1.14
南京	1.42	1.22
无锡	1.30	0.95
常州	1.15	0.86
苏州	1.34	1.27
南通	0.89	1.01
盐城	1.21	0.92
扬州	1.13	1.11
镇江	0.96	0.71
江苏省	1.28	0.97
合肥	1.21	1.13
芜湖	1.06	0.95
马鞍山	1.14	1.03
铜陵	0.52	0.59
安庆	0.68	0.48
滁州	1.02	0.68
宣城	0.85	0.82
池州	0.78	0.66
安徽省	0.89	0.78
长三角城市群	1.26	0.91

具体而言,长三角城市群的产学研知识研发效率和知识转化效率均存在空间异质性。一方面,就城市产学研知识研发效率均值而言,上海市的知识研发效率最高,南京市次之,铜陵市的知识研发效率最低;就地区产学研知识研发效率均值而言,江苏省和浙江省的知识研发效率相差不大,但是均高于安徽省。另一方面,就城市产学研知识转化效率均值而言,杭州市的知识转化效率最高,苏州市次之,安庆市的知识转化效率均值最低;就地区产学研知识转化效率均值而言,浙江省的知识转化效率最高,上海市和江苏省稍次之,最差的同样是安徽省。

综合来看,在长三角城市群和三省一市内部,城市产学研知识研发效率均值均高于其知识转化效率均值,表明在 2004-2018 年间长三角城市群的产学研协同创新机制中,产学研知识转化相比知识研发仍存在效率低下的问题,高校和科研院所科技成果应用转化工作中的实践表现不佳。此外,浙江省与上海市的城市产学研知识研发效率和知识转化效率均处于最优效率;江苏省的城市产学研知识研发效率为最优效率,但是知识转化效率处于非最优效率;安徽省在长三角城市群产学研知识流动过程中处于不利位置,无论是知识研发效率还是知识转化效率均为非最优效率。这一结果反映了在长三角一体化进程中,城市产学研知识流动效率存在空间异质性,并且城市群创新协同发展有待加强。

3.2 平行趋势检验分析

使用空间 DID 模型的首要前提是在准自然实验之前,研究样本的处理组与对照组必须具备平行趋势,并且这种平行趋势不能随时间推移而发生明显改变^[23]。考虑到长三角城市群中最早进入创新型城市试点名单的城市如南京、杭州、合肥等均是在 2009 年获批,因此为检验城市产学研知识流动效率是否通过平行趋势建设,本文对长三角城市群 2009 年之前的产学研知识研发效率均值和产学研知识转化效率均值的演变趋势进行判断。如图 1 和图 2 所示,2009 年之前,尽管处理组和对照组的城市产学研知识研发效率均值和知识转化效率均值存在一定差异,但是样本组别之间的差异程度相对较为稳定,即两组的演变趋势基本是一致的。因此,可以认定在获批创新型城市试点之前,处理组和对照组的城市产学研知识流动效率通过平行趋势假设检验,满足空间 DID 模型的使用前提,也说明本研究具有较高可信度。

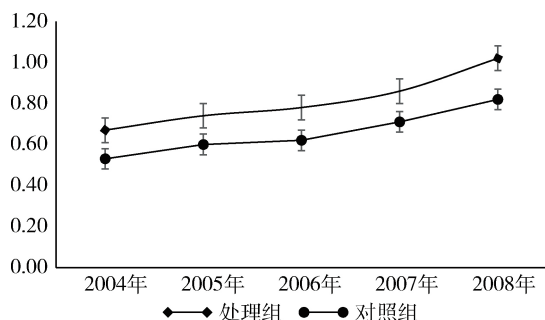


图 1 2004 - 2008 年长三角城市群产学研知识研发效率均值

Figure 1 The average value of knowledge research efficiency of industry - university - research in the Yangtze River Delta urban agglomeration from 2004 to 2008

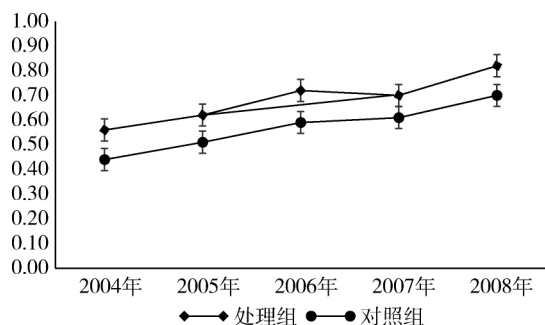


图 2 2004 - 2008 年长三角城市群产学研知识转化效率均值

Figure 2 The average value of knowledge transformation efficiency of industry - university - research in the Yangtze River Delta urban agglomeration from 2004 to 2008

3.3 回归结果分析

(1) 创新型城市试点政策对产学研知识研发效率的影响机制分析

本文使用空间 DID 模型研究创新型城市试点政策对城市产学研知识研发效率的影响机制并验证城市创新氛围在其中的中介效应,其中模型 1 和模型 3 的被解释变量是产学研知识研发效率,模型 2 的被解释变量是城市创新氛围。模型回归结果见表 5。

首先,观察表 5 的模型 1 结果,可以发现创新型城市试点的政策效应参数 DID 对长三角城市群的产学研知识研发效率存在显著正相关影响,并且通过了 1% 的显著性水平检验,表明创新型城市试点对产学研知识研发效率确有正向促进作用。其次,从表 5 的空间溢出效应结果中可以看出,模型 1 的空间相关系数显著为正,表明产学研知识研发效率

在相近区域间存在正向的空间溢出效应。进一步发现,创新型城市试点政策实施后,不仅有力提升了获批城市的产学研知识研发效率,而且使邻近未获批城市的产学研协同创新借助创新型城市试点政策的制度红利,实现了双向知识流动从而形成正向的空间溢出效应,推动了长三角城市群整体产学研知识研发效率的提升。最后,在模型 2 中,创新型城市试点的政策效应参数 DID 对城市创新氛围的影响在 5% 的统计水平上显著为正;在模型 3 中, DID 参数对城市产学研知识研发效率存在显著正向影响并且回归系数为 0.354 小于模型 1 中的系数 0.386,继续观察发现城市创新氛围对知识研发效率也具有显著促进作用。综合上述结果,初步表明城市创新氛围在创新型城市试点政策对长三角城市群产学研知识研发效率的影响机制中存在部分中介效应。为了检验模型 1 和模型 3 中 DID 参数在系数差异方面是否显著,本文还使用 SUR 估计进行系数差异检验,结果显示两个模型的 DID 参数对产学研知识研发效率的影响效力存在显著差异,即验证了城市创新氛围确实具有部分中介效应。也就是说,实施创新型城市试点政策有利于促进形成积极的城市创新氛围,进而提升城市产学研知识研发效率。

在控制变量中,科技人才集聚程度与产业结构水平对城市产学研知识研发效率均具有显著正向影响,而外商直接投资对城市产学研知识研发效率则存在显著负相关影响。

(2) 创新型城市试点政策对产学研知识转化效率的影响机制分析

本研究基于空间 DID 模型对创新型城市试点政策与城市产学研知识转化效率的影响关系进行实证分析并使用中介效应模型探究城市创新氛围是否在两者之间发挥传导作用。其中,模型 4 和模型 6 的被解释变量是产学研知识转化效率,模型 5 的被解释变量是城市创新氛围。模型回归结果见表 6。

首先,表 6 中模型 4 的结果显示,创新型城市试点政策对长三角城市群的产学研知识转化效率在 5% 的统计水平上具有显著正向影响,表明创新型城市试点对产学研知识转化效率的政策效应表现为促进作用。其次,模型 4 的空间相关系数显著为正,表明产学研知识转化效率在周边城市之间存在正向空间溢出效应。最后,模型 5 中创新型城市试点政策与城市创新氛围之间具有显著正相关关系,并且在模型 6 中,创新型城市试点的政策效应参数与城市

表5 创新型城市试点政策对城市产学研知识研发效率的空间计量回归结果
 Table 5 Regression results of spatial measurement of innovative city pilot policy on the knowledge research efficiency of urban industry – university – research

	模型1	模型2	模型3
变量	<i>re</i>	<i>cia</i>	<i>re</i>
<i>DID</i>	0.386*** (0.074)	0.197** (0.093)	0.354*** (0.108)
<i>cia</i>			0.164** (0.081)
<i>fdi</i>	-0.276** (0.133)	-0.175* (0.106)	-0.211* (0.135)
<i>hc</i>	0.152 (0.183)	0.119* (0.071)	0.127 (0.166)
<i>tg</i>	0.336*** (0.109)	0.231*** (0.077)	0.282*** (0.093)
<i>is</i>	0.128** (0.062)	0.105** (0.051)	0.134* (0.088)
常数项	-0.152*** (0.073)	-0.261*** (0.086)	-0.209** (0.087)
空间相关系数	0.458*** (0.136)	0.315** (0.151)	0.496*** (0.157)
样本量	360	360	360
拟合优度	0.537	0.483	0.612

注: 括号中数值为标准误差。下同。

表6 创新型城市试点政策对城市产学研知识转化效率的空间计量回归结果
 Table 6 Regression results of spatial measurement of innovative city pilot policy on the knowledge transformation efficiency of urban industry – university – research

	模型4	模型5	模型6
变量	<i>te</i>	<i>cia</i>	<i>te</i>
<i>DID</i>	0.315** (0.157)	0.197** (0.093)	0.285** (0.137)
<i>cia</i>			0.151** (0.074)
<i>fdi</i>	0.183** (0.086)	-0.175* (0.106)	0.134* (0.089)
<i>hc</i>	-0.175* (0.113)	0.119* (0.071)	-0.122* (0.086)
<i>tg</i>	0.307*** (0.094)	0.231*** (0.077)	0.248*** (0.081)
<i>is</i>	0.152*** (0.049)	0.105** (0.051)	0.138** (0.063)
常数项	-0.155*** (0.038)	-0.261*** (0.086)	-0.167*** (0.044)
空间相关系数	0.382*** (0.115)	0.315** (0.151)	0.360** (0.169)
样本量	360	360	360
拟合优度	0.581	0.483	0.626

创新氛围对城市产学研知识转化效率均在 5% 的显著性水平上存在正向影响。通过 SUR 估计,本文验证了模型 6 中 DID 参数的系数显著小于模型 4 中的系数,因此综合模型 4-6 的回归结果和 SUR 估计结果,可以证明城市创新氛围在创新型城市试点政策对长三角城市群产学研知识转化效率的影响机制中同样存在部分中介效应。

在控制变量中,外商直接投资、科技人才集聚程度与产业结构水平对城市产学研知识转化效率均具有显著正向影响,但是人力资本水平与城市产学研知识转化效率的关系则表现为显著负相关。

4 稳健性检验

4.1 基于动态网络 DEA 的城市产学研知识流动效率测度结果

由于传统 DEA 模型只涉及资源配置两端的投入与产出变量,并没有考虑以中间品形式存在的连结性因素(linking activities),且无法有效解决跨期效率变动的测度问题。因此,本文借鉴国内外学者的研究成果^{[24][25]}将网络 DEA 模型和动态 DEA 模型结合,采用动态网络 DEA 模型重新测度长三角城市群的产学研知识研发效率和知识转化效率。鉴于科研经费在产学研知识研发阶段存在滞后性与累积性,因此本文将工业企业对高校与研究机构科研支出总额作为跨期活动变量。此外,上文中提及,产学研知识转化阶段的投入指标即为知识研发阶段的产出指标,因此本文将百万人专利申请总量与科技成果获奖总数作为连结性变量。

本研究以 24 个地级城市为决策单元,基于动态网络 DEA 模型测度分析长三角城市群产学研知识流动效率。如表 7 所示,一方面,就地区产学研知识研发效率均值来看,上海市的知识研发效率最高,江苏省次之,浙江省再次,安徽省的知识研发效率最低;另一方面,就地区产学研知识转化效率均值来看,浙江省的知识转化效率最高,上海市紧随其后,再次是江苏省,最差的同样是安徽省。并且,对长三角城市群整体而言,产学研知识研发效率均值也高于知识转化效率均值。上述结果与基于超效率 DEA 模型测度的结果基本一致,满足了下面进行稳健性检验的基础。

4.2 城市产学研知识流动效率影响机制的稳健性分析结果

基于动态网络 DEA 模型测度得来的长三角城市群产学研知识流动效率,本文再次使用空间 DID 模型研究创新型城市建设对城市产学研知识流动效率的政策效应并以此展开创新型城市试点政策对城市产学研知识研发效率和知识转化效率影响机制的稳健性检验。此外,考虑到一城市的创新创业环境可以在一定程度上衡量该城市的创新氛围^[26],因此,本文还采用由北京大学企业大数据研究中心编制并测度的城市地区创新创业环境指数这一指标替代上文通过降维处理测度的城市创新氛围变量,进一步探究城市创新氛围是否在创新型城市试点政策与城市产学研知识流动效率之间发挥中介传导作用。

表 7 动态网络 DEA 模型下城市产学研知识流动效率测度结果

Table 7 The measurement results of the efficiency of urban industry - university - research knowledge flow with the dynamic network DEA model

决策单元	知识研发效率均值	知识转化效率均值
上海市	0.91	0.77
浙江省	0.71	0.81
江苏省	0.80	0.65
安徽省	0.47	0.52
长三角城市群	0.73	0.69

在表 8 中,模型 7-9 的组合是用来验证创新型城市试点对产学研知识研发效率的政策效应及其影响机制,模型 10-12 的组合是用来验证创新型城市试点对产学研知识转化效率的政策效应及其影响机制。观察回归结果可以发现,在模型 7 和模型 8 中, DID 参数分别对产学研知识研发效率和城市创新创业环境指数存在显著正向影响;在模型 9 中, DID 参数与城市创新创业环境指数同时对产学研知识研发效率具有显著促进效应,并且使用 SUR 估计也证实 DID 参数在模型 9 中的系数(0.319)与模型 7 中的系数(0.443)具有显著差异。因此,以上结果表明创新型城市试点政策的实施有利于通过促进城市创新氛围的形成和积累来提升城市产学研知识研发效率。继续观察模型 10-12 的结果,首先,在模型 10 和模型 11 中, DID 参数分别对产学研知识转化效率和城市创新创业环境指数存在显著促进作用;在模型 12 中, DID 参数和城市创新创业环境指数均与产

学研知识转化效率具有显著正相关关系, *SUR* 估计结果进一步证实 *DID* 参数在模型 12 中的系数 (0.350) 与模型 10 中的系数 (0.393) 具有显著差异。因此, 这些结果表明实施创新型城市试点政策能够推进城市创新氛围的形成和积累并以此促进产

学研知识转化效率的提升。

综合上述结果来看, 不难发现与上文中主回归分析结果基本一致, 也就是说, 主回归分析结果的稳健性得到验证。

表 8 稳健性检验结果
Table 8 Results of robustness test

	模型 7	模型 8	模型 9	模型 10	模型 11	模型 12
变量	<i>re</i>	<i>cia</i>	<i>re</i>	<i>te</i>	<i>cia</i>	<i>te</i>
<i>DID</i>	0.443** (0.218)	0.247*** (0.079)	0.319** (0.156)	0.393** (0.187)	0.247*** (0.079)	0.350* (0.203)
<i>cia</i>			0.502** (0.243)			0.174** (0.085)
<i>fdi</i>	-0.302** (0.151)	0.144* (0.91)	-0.257* (0.162)	0.225* (0.136)	0.144* (0.91)	0.147* (0.092)
<i>hc</i>	0.210* (0.131)	0.135** (0.063)	0.171 (0.148)	-0.194** (0.091)	0.135** (0.063)	-0.150** (0.069)
<i>utg</i>	0.269** (0.125)	0.222*** (0.058)	0.197** (0.088)	0.278*** (0.084)	0.222*** (0.058)	0.203** (0.100)
<i>is</i>	0.174** (0.086)	0.089* (0.044)	0.129* (0.057)	0.118** (0.052)	0.089* (0.044)	0.097*** (0.033)
常数项	-0.426*** (0.195)	-0.203** (0.101)	-0.383*** (0.168)	-0.305*** (0.064)	-0.203** (0.101)	-0.289*** (0.061)
空间相关系数	0.317*** (0.088)	0.472*** (0.149)	0.285** (0.133)	0.226** (0.102)	0.472*** (0.149)	0.299** (0.138)
样本量	360	360	360	360	360	360
拟合优度	0.606	0.721	0.449	0.525	0.721	0.576

5 结论与启示

本文在依据创新价值链理论将城市产学研知识流动效率分为知识研发效率和知识转化效率的基础上, 首先使用超效率 DEA 模型测度长三角城市群的产学研知识研发效率和知识转化效率, 然后基于空间 DID 模型研究创新型城市试点政策对城市产学研知识流动效率的影响机制以及城市创新氛围在其中的中介效应, 最后在使用动态网络 DEA 模型重新测度城市产学研知识流动效率的基础上对主回归结果进行稳健性检验。

本文的主要结论如下: (1) 总体来看, 长三角城市群的产学研知识研发效率均值要高于知识转化效

率, 并且知识研发效率和知识转化效率均存在空间异质性, 在不同城市和地区的分布特征不同。(2) 创新型城市试点对城市产学研知识流动效率的政策效应表现为促进作用, 并且在相邻城市间存在正向空间溢出效应。(3) 创新型城市试点政策对城市创新氛围存在显著正向影响, 并且城市创新氛围在创新型城市试点政策对城市产学研知识研发效率和知识转化效率的影响机制中均发挥了部分中介效应。(4) 动态网络 DEA 模型测度得到的产学研知识研发效率与知识转化效率的结果与上文基本一致, 并且在此基础上, 空间 DID 模型的回归结果也验证了主回归结果的稳健性。

根据研究结论, 本文提出以下政策启示:

第一, 当前长三角城市群在建设完善产学研协

同创新机制时应更加注重知识成果的转化进程,在保障知识研发活动顺利开展的前提下,积极促进城市的知识创新成果有效转化为产业界可以应用的技术手段或工具。与此同时,在长三角一体化进程中,政府应推动三省一市整体创新发展,尤其是要引导带动安徽省的城市产学研协同创新机制建设,提升其产学研知识流动效率,进一步完善长三角城市群的创新体系。

第二,在实施创新型城市试点政策、建设创新型城市的过程中,地方政府应聚焦产学研协同创新,建立政产学研多方参与的创新机制。此外,长三角城市群要着力推进地区联动发展,积极发挥城市创新协同效应,地方政府既要提高本地区产学研合作的积极性,促进产学研协同创新机制进一步完善,也要为城市之间产学研合作互动提供政策支持,依托政府宏观调控作用实现产学研协同创新的知识溢出效应。

第三,地方政府在实施创新型城市试点政策进程中应促进形成积极的城市创新氛围,从提供创新政策支持、推动创新平台建设以及提高创新发展能力三方面入手,通过营造良好的城市创新氛围来促进产学研知识流动效率提升。

参考文献:

- [1] 陈子韬,孟凡蓉,王焕. 科技人力资源对科技创新绩效的影响: 基于企业和高校机构的比较[J]. 科学学与科学技术管理, 2017, 38(9): 173-180. Chen Z T, Meng F R, Wang Huan. The impact of scientific and technological human resources on the performance of scientific and technological innovation: Based on the comparison between enterprises and institutions of higher learning[J]. Science of Science and Management of Science and Technology, 2017, 38(9): 173-180.
- [2] 王晓红,张奔. 校企合作与高校科研绩效: 高校类型的调节作用[J]. 科研管理, 2018, 39(2): 135-142. Wang X H, Zhang B. University-industry cooperation and university scientific research performance: The moderating role of university types[J]. Scientific Research Management, 2018, 39(2): 135-142.
- [3] 王晓红,张少鹏,张奔. 校企知识流动效率测度及影响因素分析——基于空间面板 Tobit 模型的实证研究[J]. 科技进步与对策, 2020, 37(20): 107-115. Wang X H, Zhang S P, Zhang B. The efficiency measurement of university-industry knowledge flow and the analysis of its influencing factors: An empirical study based on the spatial panel Tobit model[J]. Progress in Science and Technology, 2020, 37(20): 107-115.
- [4] Dalmarco G, Hulsink W, Zawislak P A. New perspectives on university-industry relations: An analysis of the knowledge flow within two sectors and two countries[J]. Technology Analysis & Strategic Management, 2019, 31(5): 1314-1326.
- [5] 刘红光,刘科伟,张继飞. 国外推进自主创新的政策模式及其对我国建设创新型城市的启示[J]. 科学学与科学技术管理, 2006(11): 16-21. Liu H G, Liu K W, Zhang J F. Foreign policy models for promoting independent innovation and their enlightenment to the construction of innovative cities in my country[J]. Science of Science and Management of Science and Technology, 2006(11): 16-21.
- [6] 李政,杨思莹. 创新型城市试点提升城市创新水平了吗? [J]. 经济学动态, 2019(8): 70-85. Li Z, Yang S Y. Has the innovative city pilot project improved the level of urban innovation? [J]. Economic Trends, 2019(8): 70-85.
- [7] 王保乾,罗伟峰. 国家创新型城市创新绩效评估——以长三角地区为例[J]. 城市问题, 2018(1): 34-40. Wang B Q, Luo W F. Evaluation of innovation performance of national innovative cities: Taking the Yangtze River Delta as an example[J]. Urban Issues, 2018(1): 34-40.
- [8] 王默,魏先彪,彭小宝,等. 国家创新型城市效率评价研究——基于两阶段 DEA 模型[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2018, 20(6): 65-74. Wang M, Wei X B, Peng X B, et al. Research on the efficiency evaluation of national innovative cities——Based on the two-stage DEA model[J]. Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition), 2018, 20(6): 65-74.
- [9] 梁琦,李建成,夏添,等. 知识交流合作的溢出与邻近效应——来自长三角城市群的经验证据[J]. 吉林大学社会科学学报, 2019, 59(2): 41-51, 219-220. Liang Q, Li J C, Xia T, et al. Spatial spillover and proximity effects of knowledge exchange and cooperation: Empirical evidence from the Yangtze River Delta urban agglomeration[J]. Journal of Social Sciences of Jilin University, 2019, 59(2): 41-51, 219-220.
- [10] 白俊红,卞元超. 政府支持是否促进了产学研协同创新[J]. 统计研究, 2015, 32(11): 43-50. Bai J H, Bian Y C. Does government support promote collaborative innovation of industry, university and research[J]. Statistical Research, 2015, 32(11): 43-50.

- [11] 黎文靖, 郝曼妮. 实质性创新还是策略性创新? ——宏观产业政策对微观企业创新的影响[J]. 经济研究, 2016, 51(4): 60-73. Li W J, Zheng M N. Substantial innovation or strategic innovation——The impact of macro-industrial policies on micro-enterprise innovation[J]. Economic Research, 2016, 51(4): 60-73.
- [12] 张宝生, 王晓红. 虚拟科技创新团队知识流动意愿影响因素实证研究——基于知识网络分析框架[J]. 研究与发展管理, 2012, 24(2): 1-9, 57, 126. Zhang B S, Wang X H. An Empirical study on the influencing factors of knowledge flow willingness of virtual technology innovation teams——Based on the framework of knowledge network analysis[J]. Research and Development Management, 2012, 24(2): 1-9, 57, 126.
- [13] 范德成, 李盛楠. 考虑空间效应的高技术产业技术创新效率研究[J]. 科学学研究, 2018, 36(5): 901-912. Fan D C, Li S N. Research on technological innovation efficiency of high-tech industry considering spatial effects[J]. Studies in Science of Science, 2018, 36(5): 901-912.
- [14] 王栋, 赵志宏. 金融科技发展对区域创新绩效的作用研究[J]. 科学学研究, 2019, 37(1): 45-56. Wang D, Zhao Z H. Research on the effect of financial technology development on regional innovation performance[J]. Research in Science of Science, 2019, 37(1): 45-56.
- [15] Zhang B, Wang X. Empirical study on influence of university-industry collaboration on research performance and moderating effect of social capital: Evidence from engineering academics in China[J]. Scientometrics, 2017, 113(4): 1-21.
- [16] 王晓珍, 蒋子浩. 我国高校创新效率及环境分析: 价值类型视角[J]. 科研管理, 2019, 40(10): 25-36. Wang X Z, Jiang Z H. Analysis of the innovation efficiency and environment of Chinese universities: the perspective of value types[J]. Scientific Research Management, 2019, 40(10): 25-36.
- [17] 吴卫红, 杨婷, 张爱美. 高校创新要素集聚对区域创新效率的溢出效应[J]. 科技进步与对策, 2018, 35(11): 46-51. Wu W H, Yang T, Zhang A M. The spillover effect of the agglomeration of university innovation elements on regional innovation efficiency[J]. Science and Technology Progress and Policy, 2018, 35(11): 46-51.
- [18] Hammond M M, Neff N L, Farr J L, et al. Predictors of individual-level innovation at work: A meta-analysis[J]. Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts, 2011, 5(1): 90-105.
- [19] 许治, 陈丽玉. 国家级创新型城市创新能力的动态演进——基于技术成就指数的研究[J]. 管理评论, 2016, 28(10): 58-66. Xu Z, Chen L Y. The dynamic evolution of the innovation capability of national innovative cities: A research based on the technical achievement index[J]. Management Review, 2016, 28(10): 58-66.
- [20] 范巧, 吴丽娜. 国家级新区对属地省份经济增长影响效应评估[J]. 城市问题, 2018(4): 48-58. Fan Q, Wu L N. Evaluation of the effect of national new districts on the economic growth of territorial provinces[J]. Urban Issues, 2018(4): 48-58.
- [21] 陈强, 颜婷, 刘笑. 科技创新人力资源集聚对区域创新能力的影响[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2017, 45(11): 1722-1730. Chen Q, Yan T, Liu X. The impact of the agglomeration of scientific and technological innovation human resources on regional innovation capabilities[J]. Journal of Tongji University (Natural Science Edition), 2017, 45(11): 1722-1730.
- [22] Paskaleva K, Cooper I. Open innovation evaluation for Internet-enabled services in smart cities[J]. Technovation, 2014, 9(7): 871-887.
- [23] 孟庆玺, 尹兴强, 白俊. 产业政策扶持激励了企业创新吗? ——基于“五年规划”变更的自然实验[J]. 南方经济, 2016(12): 1-25. Meng Q X, Yin X Q, Bai J. Does industrial policy support encourage enterprise innovation——A natural experiment based on changes in the "Five-Year Plan" [J]. Southern Economy, 2016(12): 1-25.
- [24] Tone K, Tsutsui M. Dynamic DEA with network structure: A slacks-based measure approach[J]. Omega, 2014(42): 124-131.
- [25] 白雪洁, 李爽. 基于动态网络SBM模型的中国高技术产业创新效率[J]. 中国科技论坛, 2016(5): 39-45. Bai X J, Li S. The innovation efficiency of China's high-tech industry based on the dynamic network SBM model[J]. Forum on China Science and Technology, 2016(5): 39-45.
- [26] 胡树华, 喻信东, 解佳龙, 等. 创新密集区创新创业环境评估研究[J]. 科学管理研究, 2015, 33(5): 10-12, 38. Hu S H, Yu X D, Xie J L, et al. Evaluation of innovation and entrepreneurship environment in innovation-intensive areas[J]. Scientific Management Research, 2015, 33(5): 10-12, 38.

**Innovative city pilot policy and the knowledge flow of urban
industry – university – research**
——**Spatial difference – in – difference analysis based on
Yangtze River Delta urban agglomeration**

WANG Xiao – hong¹, ZHANG Shao – peng¹, ZHANG Ben²

(1. School of Management, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China;

2. School of Economics and Management, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China)

Abstract: Based on the innovation value chain theory, this paper divides the efficiency of urban industry – university – research knowledge flow into knowledge research efficiency and knowledge transformation efficiency. The super – efficiency DEA model is used to measure the efficiency of industry – university – research knowledge research and knowledge transformation in the Yangtze River Delta urban agglomeration. On the basis of the spatial DID model to study the impact mechanism of innovative city pilot policy on the efficiency of urban industry – university – research knowledge flow and the mediating effect of urban innovation atmosphere, the dynamic network DEA model is used to re – measure the efficiency of urban industry – university – research knowledge flow, and the regression results are tested for robustness. The main conclusions of this paper are as follows: (1) Generally speaking, the average value of knowledge research efficiency of industry – university – research in the Yangtze River Delta urban agglomeration is higher than knowledge transformation efficiency, and there is spatial heterogeneity in both. And the distribution characteristics of the regions are different. (2) The policy effect of innovative city pilots on the efficiency of urban industry – university – research knowledge flow is promoted, and there is a positive spatial spillover effect between neighboring cities. (3) The innovative city pilot policy has a significant positive impact on the urban innovation atmosphere, and urban innovation atmosphere plays a partial mediating effect in the influence mechanism of innovative city pilot policy on the efficiency of urban industry – university – research knowledge research and the efficiency of knowledge transformation. (4) The results of industry – university – research knowledge research efficiency and knowledge transformation efficiency measured by the dynamic network DEA model are basically consistent with the above, and on this basis, the regression results of the spatial DID model also verify the robustness of the main regression results. Based on the research conclusions, this article proposes the following policy implications. First, the current Yangtze River Delta urban agglomeration should pay more attention to the transformation process of knowledge achievements when constructing and improving the industry – university – research cooperative innovation mechanism. At the same time, in the integration process of the Yangtze River Delta, the government should promote the overall innovation and development of three provinces and one city, especially to guide and drive the construction of an urban industry – university – research collaborative innovation mechanism in Anhui Province, promote the efficiency of its industry – university – research knowledge flow, and further improve the innovation system of Yangtze River Delta urban agglomerations. Second, in the process of implementing pilot policy for innovative cities, local governments should focus on the industry – university – research collaborative innovation, and establish an innovation mechanism involving multi – party of government – industry – university – research. In addition, the Yangtze River Delta urban agglomeration should also concentrate on promoting the development of regional linkages, and actively leverage the synergy of urban innovation. Third, local governments should promote the formation of a positive urban innovation atmosphere in the process of implementing innovative city pilot policy, starting from the three aspects of providing innovation policy support, promoting innovation platform construction, and improving innovation development capabilities. Through this way, the efficiency of urban industry – university – research knowledge flow can be improved.

Key words: innovative city pilot; collaborative innovation of industry – university – research; knowledge flow efficiency; urban innovation atmosphere; spatial DID model