

【城市经济研究】

# 国家中心城市科技创新溢出效应实证分析与 对策建议\*

王建国 杜雨婷

**摘要:**结合2006—2020年的面板数据,运用空间杜宾模型来研究国家中心城市的科技创新在空间上的溢出效应,结果表明:国家中心城市的科技创新显著带动了周边非中心城市经济增长,有效溢出半径达700千米,最优溢出距离在500千米处,溢出效果呈倒U型趋势。由于九大国家中心城市的科技创新水平具有明显差异性,导致科技创新的溢出效应不同,存在异质性。有效发挥国家中心城市的科技创新空间溢出效应带动周边非中心城市发展,北京、上海重点在于充分释放科技创新能量,广州、成都等关键在于与周边联动释放科技创新效应,郑州努力方向在于蓄积并提升创新势能。同时,显著扩大国家中心城市科技创新空间溢出的规模效应,还需要进一步优化国家中心城市空间布局。

**关键词:**国家中心城市;科技创新;溢出效应

中图分类号:F290 文献标识码:A 文章编号:2095-5766(2023)01-0104-13 收稿日期:2022-12-10

\*基金项目:2021年国家社会科学基金项目“中心城市引领城市群协同发展的内在机理、实现机制及综合对策研究”(21BGL250)。

**作者简介:**王建国,男,郑州大学商学院研究生导师(郑州 450002);河南省社会科学院城市与生态文明研究所所长,研究员(郑州 451464)。

杜雨婷,女,郑州大学商学院硕士生(郑州 450002)。

## 一、引言

习近平总书记在2019年8月26日的中央财经委员会第五次会议上指出,“中心城市和城市群正在成为承载发展要素的主要空间形式”。早在2005年,原中华人民共和国建设部就提出了“国家中心城市”的概念,而后中国城市规划设计研究院指出,应该在中国城镇体系的最高位置设立国家中心城市来发挥枢纽作用,从而带动其他地区经济、社会、文化等活动的全面发展,并逐步把北京、上海、天津、广州、重庆、成都、武汉、郑州、西安确定为中

九大国家中心城市。国家中心城市被国家发展和改革委员会定义为“居于国家战略要津、肩负国家使命、引领区域发展、参与国际竞争、代表国家形象的现代化大都市,既是引领全国新型城镇化建设的重要抓手,也是完善对外开放区域布局的重要举措”。国家中心城市是在直辖市与省会城市之上的新的“塔尖”,是中国城镇体系的最高层次,它集中了中国在空间、人口、资源以及政策上的主要优势,对外能代表国家参与国际竞争,推动国际政治、经济、文化和社会等方面的交流与合作,具有一定的国际影响力和竞争力,对内是中国经济活动和资源配置的中枢,是国家综合交通和信息网络的枢纽,

是科教、文化和创新中心,具备引领、辐射和集散功能。

国家中心城市作为区域发展的高地,也是科技创新的高地。在以创新为核心动力驱动高质量发展的新阶段,国家中心城市既是科技创新发生的策源地,又是科技创新溢出带动区域发展的龙头。国家中心城市聚集了大量创新资源和要素,成为创新活动的密集区,同时,持续高水平的科技创新是国家中心城市得以实现高质量发展以及综合能力全面提升的重要支撑,以科技创新推动中心城市和城市群的高质量发展,成为新时代下建立区域协调发展的新机制。习近平总书记在中国共产党第二十次全国代表大会上指出:“我们要完善科技创新体系,坚持创新在中国现代化建设全局中的核心地位,健全新型举国体制,强化国家战略科技力量,提升国家创新体系整体效能,形成具有全球竞争力的开放创新生态。”进一步明确了创新在中国战略布局中的重要地位。设立国家中心城市时需考虑备选城市的综合实力,创新能力是其中的重要因素之一,也是国家中心城市面向未来必须考虑的核心战略问题。随着中国经济发展进入新时代,面对国内外复杂的经济环境,科技创新已然成为国家中心城市在代表国家参与国际竞争中的重要武器和核心竞争力。

基于此,本文试图从中国九大中心城市与其他城市的空间结构角度出发,运用2006—2020年面板数据,探索九大国家中心城市通过其自身的科技创新对周边非中心城市的经济增长具有怎样的溢出效应,以期为国家中心城市引领区域经济增长提供有益借鉴。

## 二、文献综述

国家中心城市科技创新溢出效应实际上是典型的区域非均衡发展结果,一个国家或地区的经济发展必然存在着从一个或多个“增长中心”向其他地区传导从而实现其他地区或部门的经济增长过程,这一理论成为了西方区域经济学中研究城市群等问题的重要基础。弗里德曼认为,创新活动往往是在大城市内部优先产生并逐步向外围地区扩散的,掌握更多资源、拥有更先进的生产技艺的国家中心城市往往比非中心城市更容易产生创新,然而作为带动其他地区经济、社会、文化等方面发展的国家中心城市,其科技创新会对非中心城市产生怎样的影响

呢?以缪尔达尔(1957)和赫希曼(1958)为代表的区域非均衡增长理论用两个互相对立的效应概括了地区之间的关系。如果中心城市的经济增长导致了相邻城市产出和就业的增长,那么中心城市会对周边城市产生扩散效应;相反,如果中心城市虹吸周边地区的生产要素从而抑制其经济增长,那么中心城市对周边城市会产生回流效应。就国家中心城市而言,一方面,国家中心城市由于拥有相对周边非中心城市更丰富的经济、文化、贸易、科技等资源而带动周边地区共同发展,产生一定的扩散效应;另一方面,国家中心城市作为经济发展较为迅速,在文化、贸易、科技创新等领域具有一定优势的增长极,由于便利的交通环境等条件吸引着周边地区的人口与经济活动向中心城市集聚,会对周边的非中心城市发展产生抑制作用。一般来讲,中心城市对其他城市的影响往往是正溢出效应和负溢出效应的双重交叉叠加,统称作“溢出效应”。

学界就有很多学者对科技创新的空间溢出效应展开过详细的探讨。殷李松和贾敬全(2019)运用长江经济带的数据实证研究了科技创新规模每提升1%,则会使本省经济水平提升0.0848%,近邻省份提高0.0473%。肖仁桥(2020)等人依据空间溢出效应证实了经济高质量发展水平与科技研发阶段创新指数呈U型曲线关系。洪雪飞、李力、王俊(2021)认为省域科技创新与3E系统耦合协调发展存在显著的空间相关性集聚效应。王少鹏、苗欣茹、席增雷(2021)通过对高校的科技创新进行研究,得出高校科技创新能力的提高对区域经济发展水平有显著正向影响。谢忠局等人(2021)以2005—2019年中国31个省(区、市)面板数据为基础,证实了高校科技创新具有显著的空间溢出效应,且空间溢出效应大于直接效应。

目前中西方学者已经证实创新会在大型城市内部优先发展起来。但关于科技创新的溢出效应的研究主要集中在近邻省份之间以及高校之间,少有文献对国家中心城市科技创新的空间溢出效应问题展开研究。国家中心城市的设立初衷便是凭借自身优势带动国家经济、社会多方位发展,伴随着创新成为经济发展的重要驱动力,其在科技创新上的溢出效应俨然是一个值得关注的问题,本文拟研究的国家中心城市科技创新的空间溢出效应不仅是对现有文献的补充和拓展,同时也为政策制

定与实施提供良好建议。

### 三、国家中心城市科技创新发展现状

既有的研究已经证实了城市科技创新能够通过空间溢出影响周边地区的发展,为研究国家中心城市的科技创新溢出及其效应,需要对国家中心城市的科技创新发展现状进行评估。本文采取新建企业数量、吸引外来投资、吸引风险投资、专利授权数量、发明专利、实用新型专利、外观设计专利、商标注册数量指标,借用戴若尘(2021)等的城市创新创业指数对国家中心城市科技创新水平进行综合衡量。

#### (一)国家中心城市之间科技创新水平的层次划分

图1与图2分别为国家中心城市创新创业指数与其在地级以上城市中的排名,自2006年中国提出要建设创新型国家以来,国家中心城市的创新指数逐年增长,到了2018年,九大国家中心城市的创新指数均超过99分(百分制),表明国家中心城市的科技创新水平均发展至较高水平。根据创新创业指数可以将国家中心城市的科技创新能力分成三组。

第一组是位于全国科技创新领先位置的北京与上海,自2006—2020年这15年中,北京和上海两大城市始终处于科技创新的龙头位置,创新创业指数领先于其他地区且始终占据着第1与第2的位置,到了2020年,上海更是凭借其遥遥领先的创新能力获得了满分的评价。

第二组是紧随其后的第二梯队的广州、成都、天津、重庆、武汉与西安,结合图1与图2可以观测到以上几个城市的创新能力自2006年以来取得了较大提升,创新指数排名存在小幅度变化但总体上相对稳定,且始终位于中国前列,也可以从侧面体现出中国科技创新能力的整体进步。

第三组是郑州,相较其他国家中心城市而言,郑州的创新水平较低,在观测年份前期与其他国家中心城市存在较大差距,尤其是2007年,创新指数排名跌至第30名,而后通过追赶减小了差距,但仍为国家中心城市中科技创新能力相对薄弱的地区。其原因主要在于以下几个方面:一是郑州的创新平台较少,尤其是国家级的创新平台较少,创新的内生动力严重不足,截至2022年10月,郑州高新

技术企业数量为3524家,排在国家中心城市的末尾,与排名第8的重庆相比,高新技术企业数量少了2508家。郑州拥有国家企业技术中心25家,同样排在国家中心城市的末端<sup>①</sup>;二是河南产业结构层次偏低,作为农业大省的河南全年总的粮食产量约1200亿斤,约占全国的十分之一,“农”字当头、产业偏重的结构,尤其是工业结构度偏低的局面并没有得到根本改变,难以形成对创新的强大拉力;三是高等教育资源相对短缺,全省只有一所“双一流”高校,整体上人口素质相对偏低,相对缺乏创新的基础支撑和良好的社会氛围。

#### (二)国家中心城市在所有地级以上城市中的科技创新地位

从图2可以看到,九大国家中心城市的科技创新水平始终处于中国地级以上城市前列,在本文所选取的256个城市数据中,国家中心城市的科技创新水平始终位居前30,郑州由于科技创新起步较低,近些年努力追赶直至2020年赶超西安成为第15名,这一进步离不开郑州的区位优势、便利的交通以及高新技术产业链条的构建。其他国家中心城市科创水平大体上呈稳步增长,排名上相对稳定,印证了科技创新会在国家中心城市等大型城市优先发展,可对其空间溢出效应展开进一步探索。

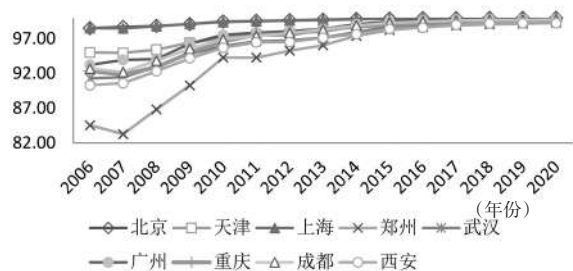


图1 国家中心城市创新创业指数

数据来源:企业预警通。

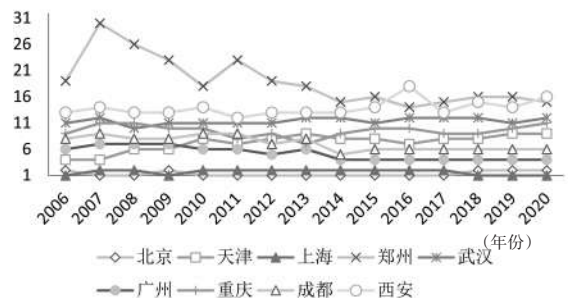


图2 国家中心城市创新指数排名

数据来源:企业预警通。



#### 四、理论分析与模型构建

对国家中心城市科技创新发展现状的考察,证实了国家中心城市的科技创新水平处于地级以上城市的领先地位,具有能够通过自身科技创新溢出带动周边非中心城市经济增长的能力。本部分将通过创新溢出的理论机制分析并构建模型,进一步研究其空间溢出效应。

##### 1. 国家中心城市创新溢出的作用机制

科技创新作为城市可持续发展的源泉日益成为推动经济社会发展的主导力量,节约生产成本并提高生产效率,从而在促进本地经济增长的同时还能对其他地区产生空间溢出效应。国家中心城市的科技创新对非中心城市的空间溢出效应的作用机制可以分为以下几个方面:一是标杆效应,国家中心城市的高水平科技创新,不仅驱动了经济社会的高质量发展,而且也为中心的周边非中心城市树立了标杆,并示范引领非中心城市争相效仿跟随,甚至在某些优势和特色方面尽可能向国家中心城市看齐,不断加快科技创新步伐,实现与国家中心城市科技协同的创新,从而促进整体科技创新水平的提升。二是外部效应,当国家中心城市大力推进科技创新促进本地经济增长的同时,还会通过与非中心城市之间的贸易往来、产业关联、金融发展等进行信息交流,专业化分工的细化使周边非中心城市的产业发展不断纳入以国家中心城市为“塔尖”的区域产业体系,从而与国家中心城市形成配套,国家中心城市的产业高级化也将带动周边非中心城市产业结构的优化升级,地区间贸易以及金融等活动的交流学习也将创新成果向非中心城市传播,从而带动了非中心城市的科技创新,从这一点上来看国家中心城市与非中心城市的科技创新依然为同向增长的关系。三是竞争效应,这一效应是指国家中心城市在地级以上城市中更具竞争力,在经济、社会、文化等方面的优越条件,能够吸引周边非中心城市的生产要素不断流入,进而在自身科技创新发展的同时抑制着非中心城市的科技创新;四是政策效应,国家中心城市设立初期政府有意识地进行政策倾斜,之后随着国家中心城市的壮大向外扩散,此时通过政府调控来促进欠发达地区的经济发展。当政策向国家中心城市倾斜以促进其发展时,

国家中心城市会抑制周边非中心城市经济增长,后期会促进周边非中心城市的经济增长。

现实中,以上几方面效应同时存在,最终形成了国家中心城市对非中心城市在科技创新方面的空间溢出效应。首先,国家中心城市科技创新的空间溢出效应分为正效应和负效应两种,当国家中心城市促进非中心城市经济增长时体现为扩散效应,此时存在正的空间溢出效应;抑制非中心城市发展时体现为虹吸效应和集聚效应,此时存在负的空间溢出效应。其次,国家中心城市空间溢出效应具有阶段性,在城市发展的初级阶段,集聚效应大于扩散效应,主要体现为负的空间溢出效应,此时国家中心城市通过吸引周边非中心城市资源来促进自身的发展,对周边非中心城市存在抑制作用;在城市发展的高级阶段,扩散效应大于集聚效应,则体现为正的空间溢出效应,此时国家中心城市通过自身的发展对周边非中心城市发挥促进作用。最后,国家中心城市的溢出效应具有空间异质性。在同一时期,不同的国家中心城市由于创新资源、创新能力、产业支撑等因素的差异,其科技创新水平有高低,可能处于不同发展阶段,其溢出效应在空间上是不同步的,科技创新实力强的国家中心城市溢出效应为正,科技创新基础相对薄弱、仍处于集聚阶段的国家中心城市溢出效应可能相反为负。此外,地理邻近性是创新溢出的重要特征(Cortinovis and Oort, 2019),国家中心城市的科技创新能够对邻近地区存在很好的溢出效应,而在超出一定范围后会随着距离的增加而递减。

##### 2. 模型构建

国家中心城市的科技创新不仅会对本地的经济产生影响,同时也会影响着非中心城市经济水平,为了分析国家中心城市的科技创新对非中心城市经济增长的影响,本文在普通面板模型的基础上引入了空间因素,通过构建空间权重矩阵,在检验主要变量是否存在空间相关性后,需要利用多重检验选择最适合的空间计量模型。空间自回归模型(SAR)、空间杜宾模型(SDM)以及空间误差模型(SEM)是空间计量中常见的模型形式,其中SEM和SAR模型是SDM模型的简化形式。本文实证分析中主要用到了空间杜宾模型,故而将模型设定为:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 WY_{it} + \beta_2 X_{it} + \beta_3 WX_{it} + \beta_4 Z_{it} + \beta_5 WZ_{it} + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

空间自回归模型和空间误差模型是在上述模型基础上进行简化得到的。式中,用 $Y_i$ 来表示 $i$ 地区的经济水平,用人均地区生产总值的对数形式进行衡量; $X_i$ 为这一地区的科技创新水平,本文借鉴戴若尘(2021)等的城市创新创业指数进行衡量,并对这一数值进行对数处理; $\beta_2$ 表示科技创新对本地经济增长的影响; $\beta_0$ 为常数项, $\mu_i$ 和 $\nu_i$ 分别表示个体固定和时点固定效应, $\varepsilon_{it}$ 表示随机扰动项。

$Z_i$ 为控制变量,具体包含:(1)资本存量( $K$ ),由于目前中国资本存量方面的数据并未公开,故用固定资产投资进行替代,并对这一数值进行对数处理。(2)劳动力数量( $L$ ),通过城镇单位从业人员期末人口数来衡量该市劳动要素投入程度,并对这一数值进行对数处理。(3)人力资本( $H$ ),用普通本专科及以上人口与全市常住人口的比值进行表示。(4)外商投资( $Forc$ ),用实际使用外资的对数形式表示。

$W$ 为空间权重矩阵, $WX_i$ 为该解释变量的空间交互项, $\beta_3$ 表示这一空间溢出效应的大小, $\beta_1 WY_i$ 和 $\beta_5 WZ_i$ 分别为被解释变量与控制变量的空间滞后变量。由于本文主要研究国家中心城市与非中心城市之间的创新溢出效应,而普通形式的空间权重矩阵无法反映出这一关系,因而本文借鉴了覃成林、杨霞(2017)的做法,仅注重国家中心城市与非中心城市之间的空间距离,而将国家中心城市之间,及非中心城市之间的空间距离设置为0。本文设置了两种不同形式的空间权重矩阵:第一种为地理邻接空间权重矩阵,具体形式为:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & (i \text{ 与 } j \text{ 相邻}) \\ 0, & (i \text{ 与 } j \text{ 不相邻}) \end{cases}$$

式中, $w_{ij}$ 表示 $i$ 地区与 $j$ 地区之间的空间权重,当两区域地理上相邻时,空间权重取值为1,否则取值为0。第二种为地理距离权重矩阵,具体形式为:

$$w_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{d_{ij}}, & (i \neq j) \\ 0, & (i = j) \end{cases}$$

式中, $w_{ij}$ 表示 $i$ 地区与 $j$ 地区之间的空间权重,两区域之间的权重取值为地理距离的倒数。同时,由于本文将会研究国家中心城市科技创新的溢出距离,故将通过把更远距离的地区逐步引入权重矩阵中的形式来设定不同的距离阈值。

此外,由于各地区之间的空间自相关关系是空间溢出效应存在的基础,本文要探究国家中心城市

科技创新的空间溢出效应,故选择能够衡量整体空间效应的全局莫兰指数(Global Moran's I)进行检验。全局莫兰指数的公式为:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

式中, $I$ 表示全局莫兰指数(Global Moran's I); $n$ 为研究中所涉及的地级以上城市数量; $x_i$ 与 $x_j$ 分别表示 $i$ 地区与 $j$ 地区的创新水平; $\bar{x}$ 为 $n$ 个城市创新水平的平均值; $w_{ij}$ 为 $i$ 、 $j$ 两地区的空间权重。

### 3.数据说明

本文采用2006—2020年中国256个地级以上城市的面板数据,由于西藏以及港澳台等地区数据缺失并未使用。在年份方面,考虑到中国于2006年提出建设创新型国家,以及国家中心城市的概念于2005年提出并逐步确定了当前的九大国家中心城市,本文数据选取起始于2006年。创新创业指数的数据来源于北京大学开放研究数据平台,高新技术企业数量数据来源于企业预警通,其余数据均来自于各年《中国城市统计年鉴》,其中个别变量数据存在缺失值,本文通过计算当年所有地级以上城市这一变量平均值的方式进行填补。

由表1所示,根据理论假设、以往文献和数据可得性,本文选择经济水平作为被解释变量,科技创新水平为主要解释变量,同时引入了可能影响区域经济增长水平的控制变量,包括资本存量、劳动力数量、人力资本水平以及外商投资4个变量。此外,本文引入消费需求、产业升级以及外商投资作为中介变量。

数据描述与统计结果显示,各地级以上城市的经济发展状况的最大值和最小值差异较大,且其他相关变量的极差也很大,说明中国区域之间的经济发展不平衡状况严重。人力资本方面最大值与最小值相差悬殊,一方面各地区人力资本水平存在差异;另一方面随着时间的推移同一地区的人力资本水平也在大幅的提升。另外,可以看到除人力资本外所有变量的均值都是大于标准差的,且离散程度相对较小,区域经济发展呈现条件收敛。

## 五、实证结果分析

国家中心城市是在直辖市与省会城市之上的新的“塔尖”,其科技创新能力更是处于国家领先地

表1 变量描述统计

| 变量     | 符号          | 经济含义                               | 均值        | 标准差       | 最小值       | 最大值      |
|--------|-------------|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 经济水平   | <i>iGDP</i> | 人均地区生产总值(亿元)的对数形式                  | 10.47175  | 0.6816775 | 8.248598  | 12.20791 |
| 科技创新水平 | <i>INNO</i> | 城市创新创业指数的对数形式                      | 4.272238  | 0.2941056 | 2.65184   | 4.60517  |
| 资本存量   | <i>K</i>    | 固定资产(亿元)的对数形式                      | 6.801401  | 1.071291  | 1.901734  | 9.927906 |
| 劳动力数量  | <i>L</i>    | 单位从业人员(万人)的对数形式                    | 3.636347  | 0.8127368 | 1.702928  | 7.041692 |
| 人力资本   | <i>H</i>    | 普通本专科及以上人口(万人)与全市常住人口(万人)的比值的百分比形式 | 1.735201  | 2.005914  | 0.003865  | 12.76428 |
| 外商投资   | <i>Fore</i> | 实际使用外资(万美元)的对数形式                   | 9.959062  | 1.851361  | 1.098612  | 14.94127 |
| 消费需求   | <i>C</i>    | 全社会消费品零售总额(万元)的对数形式                | 6.188699  | 1.094203  | -3.73807  | 9.676117 |
| 产业升级   | <i>Upg</i>  | 第三产业增加值(万元)/第二产业增加值(万元)            | 0.9448294 | 0.521675  | 0.1310135 | 5.348173 |
| 金融发展   | <i>Fin</i>  | 人均金融机构存款总额(万元)的对数形式                | 10.42525  | 0.9447055 | 7.988458  | 13.62598 |

资料来源:创新数据来源于北京大学开放研究数据平台,其余数据均来自于各年《中国城市统计年鉴》。

位。基于科技创新空间溢出效应领域丰富的研究成果,近年来对国家中心城市的科技创新溢出效应的研究得到关注。本文以2006—2020年中国256个地级以上城市的面板数据为样本,实证检验国家中心城市科技创新溢出效应对周边非中心城市经济增长的影响。

### 1. 空间自相关结果

为保证本研究所选取数据的关联性,本文在进行空间分析之前首先进行了相关系数检验与共线性检验,得到各变量之间存在较强的关联性,且不存在严重的共线性问题,可以进一步展开回归分析。

为计算相应的莫兰指数,本文选择了2006—2020年城市创新指数这一数据。由于本文所涉及的年份相对较多,为观测出各区域之间莫兰指数的综合情况,特将涉及的空间权重矩阵扩大至年数倍,即可同时对所有年份的全局莫兰指数进行计算。

表2分别计算了不同空间权重矩阵下的全局莫兰指数,其中 $W_0$ 矩阵为地理距离邻接矩阵,用来计算国家中心城市与其在地理上相邻的城市之间的全局莫兰指数, $W_1-W_{11}$ 逐步引入了更远距离的城市来探究其与国家中心城市之间的空间关系,本文以200千米为起点,以每50千米为一个档位逐步扩大研究范围,分别研究国家中心城市与其相距200—700千米地区的空间关系。如表2所示,全局莫兰指数的 $P$ 值始终小于0.05,说明在整个研究范围内各区域均通过了5%的显著性检验,即各区域均表现出显著的空间自相关关系。另外,整个研究范围内的莫兰指数 $I$ 值均为正值,说明各区域的科技创新水平在空间上存在聚集的趋势,可以通过空间计量模型对其进行实证分析。

表2 不同空间权重矩阵下的全局莫兰指数

| 矩阵    | $I$ 值 | 标准差   | $z$ 值 | $p$ 值 |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 地理邻接  | 0.114 | 0.038 | 3.024 | 0.002 |
| 200千米 | 0.126 | 0.023 | 5.435 | 0.000 |
| 250千米 | 0.136 | 0.020 | 6.819 | 0.000 |
| 300千米 | 0.102 | 0.017 | 5.861 | 0.000 |
| 350千米 | 0.097 | 0.015 | 6.312 | 0.000 |
| 400千米 | 0.101 | 0.014 | 7.228 | 0.000 |
| 450千米 | 0.097 | 0.013 | 7.417 | 0.000 |
| 500千米 | 0.098 | 0.012 | 8.099 | 0.000 |
| 550千米 | 0.098 | 0.011 | 8.609 | 0.000 |
| 600千米 | 0.093 | 0.011 | 8.612 | 0.000 |
| 650千米 | 0.090 | 0.010 | 8.775 | 0.000 |
| 700千米 | 0.091 | 0.010 | 9.249 | 0.000 |

数据来源:根据2006—2020年《中国城市统计年鉴》计算得出。

### 2. 空间模型选择

在进行空间面板数据的计量分析时,需要通过检验选用最合适的空间计量模型。

(1)在选择合适的模型过程中,首先通过Hausman检验选择固定效应或者随机效应,检验结果显示, $P$ 值为0.00,显著拒绝原假设,因此应该抛弃随机效应模型,选择采用固定效应模型进行估计。

(2)利用LR检验选择个体固定、时间固定还是个体时间双向固定效应模型。检验结果显示,双固定效应模型可以退化为个体固定效应模型。

(3)选择空间计量模型的不同形式时,还需要采用LR检验及Wald检验空间杜宾模型(SDM)是否可以简化为空间误差模型和空间自回归模型。LR检验结果拒绝了SAR和SEM模型的原假设,Wald检验也显著的拒绝了原假设,因此空间杜宾模型不能简化为SAR模型或者SLM模型,故仍然采用空间



杜宾模型进行实证分析。

结合以上三种检验结果,本文实证模型采用个体固定效应的空间杜宾模型。

### 3.基准模型结果

在选择了适当的空间模型之后,本文进行了如

表3所示的回归。模型(1)为国家中心城市与其在地理上相邻接的城市之间的空间影响,模型(2)—模型(7)依次放开了区域到国家中心城市的距离,以每50千米为一个临界值,依次进行回归,以判别国家中心城市科技创新的外溢情况。

表3 基准模型估计结果

|                | (1)<br>地理邻接 $W_0$   | (2)<br>200千米 $W_1$   | (3)<br>250千米 $W_2$   | (4)<br>300千米 $W_3$   | (5)<br>350千米 $W_4$   | (6)<br>400千米 $W_5$   | (7)<br>450千米 $W_6$   |
|----------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <i>INNO</i>    | 0.568***<br>(31.14) | 0.556***<br>(30.37)  | 0.544***<br>(29.64)  | 0.512***<br>(27.87)  | 0.450***<br>(24.78)  | 0.412***<br>(22.92)  | 0.401***<br>(22.57)  |
| <i>K</i>       | 0.383***<br>(55.89) | 0.376***<br>(54.32)  | 0.367***<br>(52.56)  | 0.349***<br>(48.98)  | 0.322***<br>(45.64)  | 0.291***<br>(40.36)  | 0.279***<br>(38.17)  |
| <i>L</i>       | 0.158***<br>(12.46) | 0.153***<br>(12.15)  | 0.143***<br>(11.41)  | 0.131***<br>(10.47)  | 0.108***<br>(8.83)   | 0.087***<br>(7.26)   | 0.078***<br>(6.58)   |
| <i>H</i>       | 0.100***<br>(15.42) | 0.095***<br>(14.57)  | 0.093***<br>(14.35)  | 0.092***<br>(14.53)  | 0.083***<br>(13.41)  | 0.075***<br>(12.44)  | 0.070***<br>(11.62)  |
| <i>Forc</i>    | 0.005<br>(1.37)     | 0.004<br>(1.23)      | 0.003<br>(1.05)      | 0.003<br>(1.01)      | 0.003<br>(0.81)      | 0.005<br>(1.53)      | 0.006**<br>(2.07)    |
| $W \cdot INNO$ | 0.486***<br>(4.75)  | 0.460***<br>(5.39)   | 0.388***<br>(4.79)   | 0.326***<br>(4.06)   | 0.204***<br>(2.61)   | 0.133*<br>(1.70)     | 0.053<br>(0.66)      |
| $W \cdot K$    | -0.070**<br>(-1.98) | -0.118***<br>(-4.38) | -0.123***<br>(-4.91) | -0.101***<br>(-4.28) | -0.052**<br>(-2.29)  | -0.031<br>(-1.35)    | -0.065***<br>(-2.70) |
| $W \cdot L$    | 0.051**<br>(2.04)   | 0.045**<br>(2.49)    | 0.058***<br>(3.39)   | 0.059***<br>(3.70)   | 0.044***<br>(2.94)   | 0.073***<br>(4.74)   | 0.067***<br>(4.33)   |
| $W \cdot H$    | -0.01<br>(-0.85)    | -0.029***<br>(-3.48) | -0.021**<br>(-2.57)  | -0.032***<br>(-3.96) | -0.044***<br>(-5.50) | -0.052***<br>(-6.41) | -0.063***<br>(-7.47) |
| $W \cdot Forc$ | 0.003<br>(0.16)     | -0.032**<br>(-2.03)  | -0.047***<br>(-3.14) | -0.054***<br>(-3.98) | -0.057***<br>(-4.37) | -0.065***<br>(-4.68) | -0.043***<br>(-3.25) |
| $r^2$          | 0.135               | 0.101                | 0.088                | 0.072                | 0.085                | 0.096                | 0.109                |
| <i>N</i>       | 3840                | 3840                 | 3840                 | 3840                 | 3840                 | 3840                 | 3840                 |

注:\*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$ 。

数据来源:根据2006—2020年《中国统计年鉴》计算得出。

如表3所示,城市的创新水平能够显著影响本地的经济增长,某一地区的创新能力越强,越能促进本地的经济快速发展。变量  $W \cdot INNO$  为自变量的空间滞后项,从表3可以看出,这一解释变量在400千米以内均显著为正,表明国家中心城市的科技创新不仅仅在本地区产生积极的正向影响,还会对周边非中心城市产生正向的影响,这种影响可达到400千米,而在450千米处不再显著。控制变量方面,固定资本、劳动力人口与人力资本均对本地的经济增长存在正向影响。劳动力人口的空间滞后项显著为正,表明国家中心城市的劳动力在空间上也存在外溢现象。固定资本、人力资本与外商投资的空间交互项系数多显著为负,表明国家中心城市发展会吸附周边城市的投资与人力资本,为自身

发展集聚力量。

此外,解释变量创新水平的空间滞后项虽能体现出国家中心城市的创新在空间上存在外溢,但是这一变量忽视了相邻区域之间的反馈效应,  $W \cdot INNO$  的估计值并不等于变量所产生的空间溢出效应,因此,本文采用 LeSage 等人提出的偏微分方法与直接效应和间接效应的概念,间接效应也就是本文所要研究的空间溢出效应,从而修正了空间溢出效应的估计系数的误差。

表4为国家中心城市的科技创新空间杜宾模型的直接效应、间接效应和总效应的估计结果。从直接效应来看,创新对于经济增长的影响在各研究区域内均显著为正,说明创新的增加能够促进该区域地区生产总值的增加,即科技创新能够促进区域经

表4 空间杜宾模型的直接效应与间接效应分解

|                | 直接效应                | 间接效应               | 总效应                 |
|----------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| 地理邻接 $W_0$     | 0.574***<br>(29.91) | 0.132***<br>(5.07) | 0.706***<br>(19.29) |
| 200千米 $W_1$    | 0.566***<br>(29.10) | 0.371***<br>(6.20) | 0.937***<br>(13.48) |
| 250千米 $W_2$    | 0.554***<br>(28.37) | 0.453***<br>(5.98) | 1.007***<br>(11.81) |
| 300千米 $W_3$    | 0.522***<br>(26.73) | 0.531***<br>(5.60) | 1.053***<br>(10.11) |
| 350千米 $W_4$    | 0.460***<br>(23.69) | 0.520***<br>(4.55) | 0.979***<br>(7.93)  |
| 400千米 $W_5$    | 0.420***<br>(21.83) | 0.513***<br>(3.81) | 0.933***<br>(6.47)  |
| 450千米 $W_6$    | 0.407***<br>(21.46) | 0.483***<br>(3.05) | 0.890***<br>(5.31)  |
| 500千米 $W_7$    | 0.401***<br>(21.18) | 0.582***<br>(3.65) | 0.982***<br>(5.84)  |
| 550千米 $W_8$    | 0.374***<br>(20.19) | 0.452***<br>(2.84) | 0.826***<br>(4.92)  |
| 600千米 $W_9$    | 0.341***<br>(18.42) | 0.323**<br>(2.07)  | 0.664***<br>(4.02)  |
| 650千米 $W_{10}$ | 0.334***<br>(18.07) | 0.357**<br>(2.16)  | 0.691***<br>(3.97)  |
| 700千米 $W_{11}$ | 0.322***<br>(17.6)  | 0.285*<br>(1.73)   | 0.607***<br>(3.50)  |

注:\*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$

数据来源:根据2006—2020年《中国统计年鉴》计算得出。

经济增长。从间接效应来看,国家中心城市的科技创新能够对非中心城市的经济增长存在显著的正向影响,即空间溢出效应为正。这种空间溢出效应在550千米以内,在1%的水平上显著为正,在600—650千米内,在5%的水平上显著为正,在700千米处,在10%的水平上显著为正,而在750千米处不再显著,因此未在表4中体现。这与前面所述的科技创新的空间滞后项可外溢至400千米存在差异,间接效应弥补了空间滞后项所忽视的反馈效应的问题,更为准确地反映出国家中心城市的空间溢出效应,受到反馈效应的影响,国家中心城市的空间溢出效应的溢出半径达700千米。

从系数来看,国家中心城市科技创新的溢出效果呈先增大后减小的趋势,系数增加至300千米处开始有小幅度的波动,直至500千米处达到峰值,之后随着距离的增加而减少,整体上呈现出倒U型的溢出趋势,最优溢出半径在500千米处。

从数值上看,国家中心城市创新的直接效应与

间接效应的系数相差不大,部分间接效应的系数甚至大于直接效应的系数,这说明国家中心城市的科技创新溢出效应极强,对非中心城市经济增长的影响甚至可以与对本地经济增长的影响相匹敌。

#### 4. 稳健性检验

为检验模型结果的稳健性,本文将核心解释变量创新创业指数替换为与之高度相关的另一变量,本文选取在测算各城市创新创业指数时所使用的各城市专利授权数量得分并取其的对数形式进行模型估计,并将模型效应进行分解,结果如表5所示。表5结果显示,将核心变量更换之后,专利授权数量对本地仍然存在显著的正向影响,主模型、空间滞后项以及间接效应的系数均显著为正。总体来说,更换核心解释变量后,其结果和原模型结果高度一致,模型较为稳健。

表5 稳健性检验

|             | 主模型                 | WX                 | 直接效应                | 间接效应               | 总效应                 |
|-------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| 地理邻接 $W_0$  | 0.896***<br>(35.37) | 0.650***<br>(4.88) | 0.905***<br>(33.92) | 0.187***<br>(5.32) | 1.092***<br>(21.82) |
| 200千米 $W_1$ | 0.878***<br>(34.93) | 0.530***<br>(4.72) | 0.893***<br>(33.44) | 0.490***<br>(5.94) | 1.382***<br>(14.55) |
| 250千米 $W_2$ | 0.863***<br>(34.26) | 0.416***<br>(3.88) | 0.878***<br>(32.74) | 0.593***<br>(5.62) | 1.471***<br>(12.48) |
| 300千米 $W_3$ | 0.822***<br>(32.43) | 0.381***<br>(3.66) | 0.837***<br>(31.04) | 0.753***<br>(5.70) | 1.591***<br>(11.01) |
| 350千米 $W_4$ | 0.735***<br>(28.93) | 0.268***<br>(2.66) | 0.749***<br>(27.67) | 0.805***<br>(5.08) | 1.555***<br>(9.08)  |
| 400千米 $W_5$ | 0.678***<br>(26.81) | 0.185*<br>(1.84)   | 0.692***<br>(25.58) | 0.838***<br>(4.44) | 1.529***<br>(7.59)  |

注:\*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$

数据来源:根据2006—2020年《中国统计年鉴》计算得出。

#### 5. 异质性检验

前文分析了九大国家中心城市的科技创新对周边非中心城市共同的影响,得到了国家中心城市科技创新对非中心城市经济增长的溢出效应溢出半径为700千米,最优溢出半径为500千米,但九大国家中心城市处在不同地理位置,也各在不同的领域取得领先地位,九个国家中心城市科技创新的溢出效应也存在差异,为此,本文对九个国家中心城市科技创新的溢出效应展开分析。由于国家中心城市科技创新的溢出效应呈倒U型趋势,系数在500千米处最大而后逐渐减小,因而本文选取距离较近的200千米与系数最大的500千米两个距离矩阵研究不同国家中心城市的科创溢出。



表6 国家中心城市科技创新溢出的差异性

|    | 200千米               |                     |                     | 500千米               |                      |                     |
|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
|    | 直接效应                | 间接效应                | 总效应                 | 直接效应                | 间接效应                 | 总效应                 |
| 北京 | 0.571***<br>(29.36) | 0.152***<br>(3.07)  | 0.723***<br>(12.38) | 0.565***<br>(29.81) | 1.418***<br>(7.66)   | 1.982***<br>(10.43) |
| 天津 | 0.556***<br>(29.67) | 0.011<br>(0.90)     | 0.567***<br>(24.84) | 0.544***<br>(29.27) | 0.021<br>(0.33)      | 0.565***<br>(8.56)  |
| 上海 | 0.571***<br>(29.41) | 0.078<br>(0.88)     | 0.649***<br>(6.82)  | 0.579***<br>(30.15) | 0.538*<br>(1.86)     | 1.118***<br>(3.77)  |
| 郑州 | 0.550***<br>(28.77) | -0.180**<br>(-2.31) | 0.370***<br>(4.40)  | 0.531***<br>(27.49) | -0.911***<br>(-3.42) | -0.38<br>(-1.40)    |
| 武汉 | 0.562***<br>(29.47) | 0.143***<br>(2.81)  | 0.705***<br>(12.02) | 0.559***<br>(28.95) | 1.244***<br>(3.53)   | 1.803***<br>(5.03)  |
| 广州 | 0.557***<br>(29.48) | 0.042<br>(0.88)     | 0.599***<br>(11.18) | 0.551***<br>(29.38) | 0.006<br>(0.05)      | 0.557***<br>(4.30)  |
| 重庆 | 0.561***<br>(29.49) | 0.046***<br>(2.58)  | 0.607***<br>(21.29) | 0.533***<br>(27.38) | 0.355***<br>(2.86)   | 0.888***<br>(6.83)  |
| 成都 | 0.553***<br>(29.31) | 0.014<br>(0.54)     | 0.567***<br>(16.82) | 0.532***<br>(27.84) | 0.01<br>(0.22)       | 0.542***<br>(10.99) |
| 西安 | 0.554***<br>(29.19) | 0.018*<br>(1.80)    | 0.572***<br>(25.17) | 0.518***<br>(26.97) | 0.129**<br>(2.34)    | 0.646***<br>(10.69) |

注:\*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$ 。

数据来源:根据2006—2020年《中国统计年鉴》计算得出。

表6显示了不同国家中心城市科技创新对附近200千米与500千米处的经济增长的影响。从直接效应方面看,各地的直接效应均显著为正,且系数差异不大,均在0.5—0.6以内上下浮动,表明不同国家中心城市的科技创新能够显著促进本地的经济增长,且在不同中心城市促进效果相对稳定。从间接效应方面看,北京、武汉、重庆、西安四地的科技创新效应对周边非中心城市的溢出效应显著,4个城市通过自身的科技创新显著促进了周边非中心城市的增长。上海的科技创新对200千米内的城市影响不显著,但在500千米处的溢出效应显著为正,表明上海作为中国的超一线城市在科技创新方面的影响力在更大的范围内更能产生直观的感受,仅关注其邻近地区无法得到更全面的信息,同时也进一步印证了溢出效应的倒U型趋势,溢出效应先增大后减小。反观郑州的间接效应,其系数显著为负,表明郑州市的科技创新对周边非中心城市的增长存在负的空间溢出效应。大型城市在发展初期需大量吸收周边地区的生产要素,在促进自身发展的同时会对周边地区产生抑制效应,也正是国家中心城市的集聚效应。郑州市本身的科技创新水平较低,目前正处于创新集聚阶段,其自身的经济发展仍需吸收周边非中心城市的人力资本

与创新要素。此外,天津、广州与成都的科技创新溢出效应并不显著,其中北京与天津、成都与重庆在地理上邻近且处于同一城市群,地理上邻近的两大国家中心城市其科技创新会共同作用于周边的非中心城市,产生叠加效应。表7分别考虑了北京与天津以及重庆与成都对周边非中心城市的共同作用,间接效应表明空间溢出效应存在且显著为正,两大国家中心城市共同作用下科技创新的扩散效应大于集聚效应,能够促进周边非中心城市的增长。

由此可见,国家中心城市的科技创新溢出效应在不同城市有所不同,前文根据九大国家中心城市的科技创新能力将其分为三组,然而其在科技创新

表7 邻近的国家中心城市共同溢出效应

|      | 200千米               |                     | 500千米               |                     |
|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|      | 北京、天津               | 重庆、成都               | 北京、天津               | 重庆、成都               |
| 直接效应 | 0.559***<br>(29.76) | 0.557***<br>(29.26) | 0.553***<br>(29.68) | 0.533***<br>(27.39) |
| 间接效应 | 0.056***<br>(3.88)  | 0.080***<br>(2.97)  | 0.164**<br>(2.50)   | 0.270***<br>(2.94)  |
| 总效应  | 0.615***<br>(24.7)  | 0.637***<br>(17.55) | 0.717***<br>(10.25) | 0.803***<br>(8.17)  |

注:\*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$ 。

数据来源:根据2006—2020年《中国统计年鉴》计算得出。

上的溢出效应的差异却并不是按照这一分组进行的。首先同为中国科技创新的领先城市的北京与上海在科技创新溢出上的差异明显,北京能够很好地发挥其扩散效应,促进周边非中心城市的增长,而上海虽然也在500千米处存在正的溢出效应,但与北京相比溢出效果并不明显;位于第二梯队的广州、成都、天津、重庆、武汉与西安几个城市中,武汉、重庆、西安对非中心城市存在正向的溢出效应,天津和成都分别与北京和重庆共同作用于周边非中心城市,从而产生溢出效应,而广州的溢出效应并不显著;位于第三梯队的郑州尚处于集聚阶段,存在负的空间溢出效应。可见上海与广州科技创新的溢出效应与其自身的科技创新水平并不一致,根据国家中心城市所处地理位置可以发现,上海与广州两地分别位于长三角、珠三角区域,其空间结构呈多中心特征,邻近城市如杭州、深圳等,其科技创新能力也很强大,尤其是深圳的科技创新能力不亚于广州,杭州某些方面如数字技术也不次于上海,使得上海和广州与杭州和深圳科技创新向外溢出的势能差相对较小,向外溢出会受到杭州和深圳的溢出“冲撞”,辐射速度相对较缓,辐射距离也相对较近;反观单中心结构的国家中心城市周边紧密围绕的城市整体发展水平较低,更有利于科技创新的外溢。即使国家中心城市的科技创新溢出效应在不同城市有所不同,整体上仍属于促进经济增长的状态和趋势。

#### 6. 进一步讨论:中介效应

进一步讨论国家中心城市科技创新向外溢出的途径,国家中心城市科技创新的发展必然影响当地与周边非中心城市的消费需求、产业结构以及资金运转。第一,科技创新能够通过刺激消费拉动经济增长。科技创新能够提供更高级、更能满足消费者需求的产品,产品的智能化、实用化能够推动消费需求的个性化、差异化,促进产品多样化发展,区域之间的贸易交流能够影响到区域产品和知识的生产,进而在产业关联层面上带动经济增长。第二,科技创新能够促进产业结构优化升级从而为经济持续稳定增长和高质量发展提供有力支撑。专业化分工使得国家中心城市的产业与周边城市形成密切的关联,国家中心城市的产业发展离不开周边非中心城市产业的配合,科技创新有助于生产要素向经营状况更好、生产效率更高的地区和产业流

动,推动新兴产业的发展以及产业结构的调整,最终促进产业高级化,其产业高级化也将带动周边非中心城市产业结构的优化升级。第三,科技创新能够推动金融发展,以促进经济水平的提升。科技创新成果的推广需依靠金融发展的支持,科技创新的主体也需通过金融服务来提供资金支持,提高资本配置效率和资金的流转速度,间接影响经济发展。

因此,本文考虑从消费需求、产业升级和金融发展这三个方面研究科技创新对经济增长的影响机制。构建如下经济模型:

$$Y_{it} = \theta_0 + \theta_1 X_{it} + \theta_2 Z_{it} + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$Med_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 X_{it} + \alpha_2 Z_{it} + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$Y_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 X_{it} + \gamma_2 Med_{it} + \gamma_3 Z_{it} + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

式中, $Med_{it}$ 表示中介变量,具体包含:(1)消费需求( $C$ ),用全社会消费品零售总额进行衡量,并对这一数值进行对数处理。(2)产业升级( $Upg$ ),用第三产业增加值与第二产业增加值的比值进行表示。(3)金融发展( $Fin$ ),用金融机构总存款数与区域人口数的比值来衡量这一变量,并取其对数形式。其他变量与前文一致。

通过中介效应检验影响机制需以下几个步骤:第一步,运用公式(3)检验科技创新对经济增长的影响是否显著,前文已经证实这一结果的显著性;第二步,运用公式(4)检验中介效应对科技创新的影响是否显著,若 $\alpha_1$ 显著,则进行下一步骤;第三步,将中介效应与科技创新共同加入模型中,检验模型系数的大小与显著性。若 $\gamma_1$ 与 $\gamma_2$ 均显著,且 $\gamma_1 < \theta_1$ ,则表明存在部分中介效应;若 $\gamma_1$ 不显著而 $\gamma_2$ 显著,则表明存在完全中介效应。

表8分别显示了以上中介效应模型的结果。模型(1)为科技创新对经济增长的影响结果,科技创新的系数为0.556,且在1%的水平上显著为正;模型(2)、模型(4)与模型(6)分别为科技创新对中介效应消费需求、产业升级与金融发展的影响进行回归分析,均得出科技创新对其有正向影响的结论。模型(3)、模型(5)与模型(7)分别将消费需求、产业升级与金融发展和科技创新一起引入模型中,结果表明,以上三种中介变量均能够促进经济水平的发展。由模型(2)与模型(3)可见,科技创新能够通过刺激消费需求进而提升经济水平,中介效应为0.198。模型(4)与模型(5)表明了科技创新对产业升级的影响在

1%的水平上显著为正,系数为0.395,产业升级对经济增长同样存在着显著的正向影响,存在0.026的中介效应。在模型(6)与模型(7)中,科技创新对金融发展的影响系数为1.052,金融发展对经济增长的影

响系数为0.183。由此可见,科技创新能够通过消费需求、产业升级与金融发展三个维度影响经济的发展,国家中心城市的科技创新可凭此向外溢出,以促进周边非中心城市的经济增长。

表8 科技创新对经济增长的影响机制

|                | (1)                 | (2)                 | (3)                 | (4)                  | (5)                 | (6)                  | (7)                 |
|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
|                | <i>iGDP</i>         | <i>C</i>            | <i>iGDP</i>         | <i>Upg</i>           | <i>iGDP</i>         | <i>Fin</i>           | <i>iGDP</i>         |
| <i>INNO</i>    | 0.556***<br>(15.04) | 0.778***<br>(13.61) | 0.358***<br>(5.74)  | 0.395***<br>(10.75)  | 0.530***<br>(14.98) | 1.052***<br>(17.53)  | 0.364***<br>(13.27) |
| <i>C</i>       | —                   | —                   | 0.254***<br>(3.84)  | —                    | —                   | —                    | —                   |
| <i>Upg</i>     | —                   | —                   | —                   | —                    | 0.066***<br>(4.68)  | —                    | —                   |
| <i>Fin</i>     | —                   | —                   | —                   | —                    | —                   | —                    | 0.183***<br>(19.57) |
| <i>K</i>       | 0.394***<br>(23.06) | 0.451***<br>(21.69) | 0.280***<br>(8.35)  | 0.053***<br>(4.18)   | 0.391***<br>(22.92) | 0.357***<br>(15.93)  | 0.329***<br>(20.28) |
| <i>L</i>       | 0.178***<br>(10.38) | 0.249***<br>(10.45) | 0.115***<br>(5.16)  | -0.021<br>(-0.86)    | 0.180***<br>(10.34) | 0.170***<br>(5.68)   | 0.147***<br>(9.37)  |
| <i>H</i>       | 0.104***<br>(11.02) | 0.114***<br>(9.64)  | 0.075***<br>(7.40)  | 0.141***<br>(7.59)   | 0.095***<br>(10.38) | 0.206***<br>(10.06)  | 0.067***<br>(9.62)  |
| <i>Forc</i>    | 0.006<br>(1.21)     | -0.01<br>(-1.14)    | 0.009*<br>(1.79)    | -0.073***<br>(-9.36) | 0.011**<br>(2.11)   | -0.077***<br>(-8.51) | 0.020***<br>(4.34)  |
| <i>cons</i>    | 3.900***<br>(24.00) | -0.373*<br>(-1.68)  | 3.994***<br>(30.48) | 2.148***<br>(7.45)   | 3.759***<br>(22.93) | 3.790***<br>(12.93)  | 3.208***<br>(21.00) |
| <i>R2</i>      | 0.942               | 0.934               | 0.952               | 0.743                | 0.942               | 0.834                | 0.952               |
| <i>N</i>       | 3840                | 3840                | 3840                | 3840                 | 3840                | 3840                 | 3840                |
| Sobel <i>Z</i> |                     |                     | 0.198               |                      | 0.026               |                      | 0.192               |

注:\*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$

数据来源:根据2006—2020年《中国统计年鉴》计算得出。

### 7. 结论

本文运用2006—2020年中国256个城市的面板数据,运用空间杜宾模型对国家中心城市的科技创新在空间上的溢出情况进行考察。实证结果表明:(1)国家中心城市的科技创新存在显著的空间溢出效应,能够对周边非中心城市的经济增长产生促进作用,在经过更换核心解释变量后这一结果仍然稳健。(2)控制变量方面,国家中心城市发展会吸附周边城市的生产要素,来为自身发展集聚力量。(3)在2006—2020年国家中心城市的科技创新最远外溢半径为700千米,溢出效果在500千米处达到最优,呈倒U型趋势。(4)九大国家中心城市科技创新的溢出效应不尽相同,其中北京、武汉、重庆、西安溢出效应显著;上海在500千米处存在显著的溢出效应,天津与北京以及重庆与成都在地理上邻

近,会对周边非中心城市产生共同的溢出效应;郑州市由于自身科技创新起步较晚,目前仍处于集聚周边非中心城市创新要素的阶段,呈现出负的空间溢出效应。(5)进一步讨论科技创新外溢,以实现经济增长的影响机制,国家中心城市科技创新可以通过消费需求、产业升级以及金融发展来促进经济的增长。

### 六、对策建议

综合上述实证研究和数据分析,顺应中国经济社会高质量发展的新形势新趋势,立足中国九大国家中心城市的空间分布和科技创新水平的实际状况,就如何更好地发挥国家中心城市的科技创新溢出效应带动周边非中心城市发展,以及进一步优化



国家中心空间布局以显著增强国家中心城市科技创新的规模溢出效应带动全国整体加快发展提出如下对策建议。

第一,以释放科技创新能量为重点,扩大科技创新空间溢出效应。北京、上海位居中国国家中心城市科技创新体系的最高层次,拥有最为丰富、最为高端的科技资源,同时也具有最大规模、最高层次的科技创新成果,未来,北京和上海要以释放科技创新能量为重点,最大化发挥科技创新的空间溢出效应,带动区域实现高质量发展。早在2014年国家提出要疏解北京非首都核心功能,推进京津冀协同发展,为北京扩散科技创新成果提供了良好机遇。下一步北京要通过实施京津冀协同发展的战略,以及雄安新区建设的重大平台和载体,一方面,更好地把科技创新外溢和产业向外转移结合起来;另一方面,把更多的科技创新成果转化为产业在周边地区落地,推动周边地区创新能力提升和产业转型升级。

上海科技创新溢出虽然受到杭州、南京等地创新溢出的冲撞,并不代表其不具备科技创新溢出能力,在这种情况下,上海应转变创新思路,转引进消化再创新为自主创新,建立健全重大技术攻关项目的形成和组织实施机制;转独立创新为协同创新,协同长三角地区科技创新知识创造与要素集散。

第二,以产业、消费、金融为载体不断释放空间溢出效应。广州、成都、天津、重庆、武汉与西安处于中国国家中心城市科技创新水平的第二梯队,也是城市最多的梯队,科技创新能力虽不是最强的,却也具有一定的优势,加大力度促进这一部分城市科技创新向外溢出能够带动更大范围区域的发展,从而更加有效发挥国家中心城市整体对中国经济增长的促进作用。为此,一要立足中心城市与周边城市产业级差相对较小的实际,加快科技创新成果的空间外溢,促进区域产业一体化协同发展;再一个着力点在于依据区域资源禀赋与产业基础,通过科技创新成果外溢,促进一、二、三次产业融合发展,逐步形成以现代农业为基础、先进制造业为主体、高水平服务业为支撑的产业发展新格局。二是立足于人民群众追求美好生活需要,以及区域消费水平的差异,通过科技创新外溢,带动产品的多样化和高级化生产,满足消费者多样化需求,刺激消费需求,促进消费升级,并逐步形成以科技创新外

溢为媒介的区域消费与生产互促共进、交互升级的良性循环格局。三是要特别注重解决创新进程中融资难、资金投入不足的问题,鼓励金融机构积极开发适合高新技术企业发展规律的金融产品和服务,创新多元化融资渠道,以消费升级、产业联动、金融服务推动科技创新不断溢出,通过加强第二梯队国家中心城市科技创新与经济增长之间的纽带连结,促进科技创新空间溢出效应最大化,变科技创新“中间力量”为“中坚力量”。

第三,以优化环境、夯实基础、突出特色为着力点,显著提升科技创新溢出势能。国家中心城市发挥科技创新空间溢出效应带动周边区域发展,取决于其科技创新水平和创新势能的高低,对于科技创新水平相对较低的国家中心城市,比如位居第三梯队的郑州来讲,仍需吸收周边地区的创新要素以促进自身发展,具有负的空间溢出效应,抑制周边地区的经济增长,这种抑制作用会随着郑州市科技创新发展到一定阶段后,集聚的创新会向外扩散,从而转变为对周边地区发展的促进作用。因而需要采取综合措施,大幅提高科技创新能力、创新水平和创新势能,否则是很难释放科技创新带动能量的。为此,一要优化创新环境,深刻认识高质量发展新阶段创新驱动的决定性作用,构建支持科技创新的法律制度和政策体系,出台具有创新性的支撑措施和实施方案,大力广泛宣传创新驱动的重大意义,为科技创新营造良好的社会氛围。二要加大对科技创新的资金支持力度,显著提高R&D比重,着力打造科技创新平台,大力推进政产学研结合,夯实科技创新基础。

第四,以提升中国科技创新整体水平为目标优化国家中心城市空间布局。国家中心城市科技创新向外溢出,最优溢出距离在500千米处,溢出半径为700千米,然而700千米外的地区并未受到国家中心城市科技创新的影响或影响很小,从而形成了国家中心城市科技创新辐射的“真空”地带,只能通过自身或周边地区的科技创新来为自身的经济增长积蓄力量,而科技创新在大型城市更容易集聚,因而远离国家中心城市的地区科技创新会处于劣势。随着国家中心城市建设的不断加快,这样不仅会逐步拉大区域之间的差距,而且会从整体上降低国家中心城市科技创新溢出的规模效益,为此,结合国家中心城市所处地理位置和整体空间格局,建

议在中国东北和西部地区选取相对发达的城市,至少增设2个新的国家中心城市,以优化国家中心城市空间布局,完善中国的城镇体系,同时优化国家资源配置,实现国家中心城市相对均衡发展,更好发展科技创新溢出带动作用,在以新增设国家中心城市为突破口,加快东北和西部地区科技能力和经济发展显著提升的同时,促进整个国家的高质量发展。

第五,以创新驱动为引领,夯实非国家中心城市承接科技创新溢出效应的基础。非国家中心城市要牢固树立科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力的理念,明确其在与国家中心城市合作中的产业定位,通过贸易与金融渗透,引导其合理利用国家中心城市的创新成果。首先,进一步完善非中心城市的人才培养与引入制度,大力支持高等教育发展,培养高素质人才,以便更好地承接国家中心城市溢出的创新技术与知识成果。其次,非国家中心城市要紧紧围绕国家中心城市的产业关联、创新方向和技术特点,通过建立科技成果转移中心、中试基地,以及配套产业园区等,承接国家中心城市的科技创新外溢,并实现项目化、产业化落地。最后,构建完善的产业配套体系和政策保障,通过调整优化产业结构,以便更加有利于国家中心城市科技创新成果的植入;同时,进一步完善相关法规制度和政策措施,为承接国家中心城市科技创新外溢保驾护航。

## 注释

①该数据来源于企业预警通。

## 参考文献

- [1]Perroux F. Economic Space: Theory and Applications[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1950,64(1).
- [2]Friedman J R. Regional Development Policy: A Case Study of Venezuela[M]. Cambridge: MIT Press, 1966.
- [3]Myrdal G. Economic Theory and Under-Developed Regions[M]. London: Duckworth, 1957.
- [4]Hirschman A. The Strategy of Economic Developed[M]. New Haven: Yale University Press, 1958.
- [5]Duranton G, Puga D. Nursery Cities: Urban Diversity, Process Innovation, and the Life Cycle of Products[J]. American Economic Review, 2001,91(5).
- [6]殷李松,贾敬全.长江经济带科技创新对经济增长的空间溢出效应检验[J].统计与决策,2019,35(16).
- [7]肖仁桥,沈路,钱丽.新时代科技创新对中国经济高质量发展的影响[J].科技进步与对策,2020,37(4).
- [8]洪雪飞,李力,王俊.创新驱动对经济、能源与环境协调发展的空间溢出效应:基于省域面板数据与空间杜宾模型的研究[J].管理评论,2021,33(4).
- [9]王少鹏,苗欣茹,席增雷.高校科技创新、空间溢出与区域经济发展[J].技术经济,2021,40(4).
- [10]谢忠局,马亚东,杨正东.中国高校科技创新对区域经济发展的影响效应研究:基于空间溢出效应视角的分析[J].价格理论与实践,2021(4).

## Empirical Analysis and Countermeasures of Spillover Effects of Scientific and Technological Innovation in National Central Cities

Wang Jianguo Du Yuting

**Abstract:** Combined with the panel data from 2006 to 2020, the spatial Dubin model is used to study the spatial spillover effect of scientific and technological innovation in national central cities. The results show that the scientific and technological innovation in national central cities has significantly driven the economic growth of peripheral non central cities. The effective spillover radius is 700 kilometers, the optimal spillover distance is 500 kilometers, and the spillover effect shows an inverted U-shaped trend. Because the scientific and technological innovation levels of the nine national central cities are obviously different, the spillover effects of scientific and technological innovation are different and heterogeneous. Effectively exert the space spillover effect of scientific and technological innovation of national central cities to drive the development of peripheral non central cities. Beijing and Shanghai focus on fully releasing the energy of scientific and technological innovation. Guangzhou and Chengdu focus on jointly releasing the effect of scientific and technological innovation with their neighbors. Zhengzhou aims to accumulate and enhance the potential energy of innovation. At the same time, it is necessary to further optimize the spatial layout of national central cities to significantly expand the scale effect of scientific and technological innovation space spillover.

**Key Words:** National Central City; Scientific and Technological Innovation; Overflow Effect

(责任编辑:平 萍)