

长三角城市群高技术产业集聚 空间溢出效应研究

徐丹 于渤¹

(哈尔滨工业大学 经济与管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

【摘要】: 以长三角城市群为研究对象, 利用 2010–2018 年 26 个城市面板数据, 对城市群内各城市高技术产业集聚水平进行测度, 进一步运用空间计量模型, 实证探究长三角城市群高技术产业集聚对城市创新的直接效应与空间溢出效应, 并考察城市经济发展水平与外商直接投资两个环境变量如何通过长三角城市群高技术产业集聚对城市创新产出产生直接影响, 以及在空间溢出过程中如何发挥调节效应。结果发现: 各城市创新活动存在明显正向关联; 城市高技术产业集聚对本城市创新产出具有显著直接促进作用, 而对邻近城市的空间溢出效应显著为负; 城市经济发展水平与外商直接投资在长三角城市群高技术产业集聚对城市创新的直接效应与空间溢出效应中均发挥显著调节作用。

【关键词】: 高技术产业集聚 空间溢出 城市创新

【中图分类号】: F127.5 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1001-7348(2021)06-0029-09

0 引言

在科技创新发展进程不断加快的全球背景下, 我国经济转型升级必须更加依靠创新。城市是各项创新资本的集聚地, 是产业集聚与创新的重要载体。从我国区域经济发展分化态势明显、部分区域发展面临较大困难的现实情况看, 城市群是促进区域协调发展的重要空间形态, 以城市群为核心的区域协同发展是新时期总体发展战略中不可或缺的一部分^[1]。习近平总书记在 2019 年 8 月中央财经委员会第五次会议讲话中指出, 中心城市与城市群正在成为承载发展要素的主要空间形式。近年来, 国家出台一系列城市群发展规划, 表明城市群发展逐渐成为经济发展的推动力量。因此, 提升城市群内各城市创新能力, 实现城市群内各城市联动发展, 进而提升区域整体创新能力与水平尤为重要。高技术产业是知识和技术密集型产业, 是以高端技术进行产品生产与技术研发的企业集合^[2]。高技术产业是区域创新发展的主动力, 且高技术产业在一定区域内呈现出明显集聚趋势。高技术产业集群因产品附加值高、产业辐射面广、渗透性和带动性强, 迅速成为引领城市群创新发展的增长极。由于创新具有外部性, 城市内高技术产业集聚与创新存在溢出现象^[3], 即城市群内各城市创新不仅受本地区高技术产业集聚以及本地区创新投入的影响, 同时可能受城市群内其它城市创新溢出的影响。因此, 纳入空间地理因素, 考察城市间创新溢出与高技术产业集聚的空间溢出, 对充分发挥高技术产业集聚效应, 增强城市群内各城市联动性和协同性, 进而提升城市群整体创新能力具有重要意义。

长三角城市群是全球具有影响力的科技创新高地, 也是中国最具活力的创新发展前沿阵地。长三角城市群内汇聚大量人力资本与资源, 为高技术产业快速发展提供保障。长三角地区已初步形成高技术产业带, 并形成相应的高技术产业密集区^[4]。城市

¹**作者简介:** 徐丹(1995–), 女, 黑龙江鹤岗人, 哈尔滨工业大学经济与管理学院博士研究生, 研究方向为技术经济及管理; 于渤(1960–), 男, 黑龙江哈尔滨人, 博士, 哈尔滨工业大学经济与管理学院教授、博士生导师, 研究方向为技术经济及管理。

基金项目: 国家社会科学基金重点项目(16AZD006)

群中高技术产业集聚在城市创新发展中起至关重要的作用。但长三角城市群也存在区域内发展不平衡问题，中心城市与边缘城市高技术产业发展水平和创新能力仍存在较大差异。例如，2018 年中心城市上海人均高技术产业产值达 31215.7 元，处于城市群边缘的安庆人均高技术产业产值则为 17183.9 元。上海每万人专利申请量为 62，而滁州每万人专利申请量为 34，安庆仅为 20。因此，对长三角城市群高技术产业集聚的空间溢出效应进行研究，探讨长三角城市群内各城市高技术产业集聚水平等对本城市与其它城市创新的影响机制以及城市环境变量的调节机制，对于发挥城市群中核心城市的带动作用，实现各城市协调创新发展，提升长三角城市群整体创新能力与综合实力具有重要意义。同时，可为其它城市群高技术产业集聚发展与创新培育提供借鉴和依据。

1 文献综述

产业集聚相关概念最初来源于马歇尔对产业集聚现象的研究，其将特定区域内的产业集聚定义为“产业区”，并发现产业在空间地理范围内的专业化集聚能够加速区域内知识传播^[6]。克鲁格曼^[6]进一步从空间视角研究产业集聚现象。对于产业集聚与区域创新研究，大多数学者肯定了产业集聚是创新的源泉和动力^[7]。波特^[8]、巴杰拉^[9]研究发现，产业集聚可以提升区域创新能力，产业集聚产生的知识和技术溢出对区域创新具有正向影响^[10,11]。在不同空间地理范围视阈下，梅加^[12]研究认为，产业集聚对印度地区创新产出具有显著影响；Luo 等^[13]对中国武汉制造业集聚与区域技术创新关系进行研究发现，技术创新是影响制造业集聚与空间布局的重要因素；Jo 等^[14]研究指出，韩国地区产业集聚可提升新技术企业创新效率与创新能力，进而使区域获得持续性创新绩效；Yang 等^[15]从全球价值链角度探讨发展中国家产业集聚对区域创新绩效的影响，发现产业集聚与全球价值链对区域创新绩效具有积极协同效应。国内学者大多从省域视角出发，探讨高技术产业集聚与区域创新的关系。在肯定高技术产业集聚对省际创新绩效与技术创新^[16]具有显著影响的同时，还指出这种影响存在明显区域差异^[17]与行业差异^[18]，相较于工业制造业集聚与生产性服务业集聚，高技术产业集聚更能推动区域创新体系形成^[16]。近年来，部分学者开始关注城市群产业集聚与区域创新能力的互动协调关系^[19,20]。也有学者就此得出不同的结论，例如，Blance 对欧洲 250 个地区的制造业集聚进行研究，发现该地区制造业集聚度对区域创新能力没有显著影响；熊璞和李超民^[21]基于我国省际面板数据实证分析发现，高技术产业集聚对区域技术创新存在单一门槛效应。

由于创新外部性及其空间溢出效应^[22,23,24]，学者们将空间因素引入到知识生产函数中，研究区域创新的空间溢出^[25]。Anselin & Varga^[26]、Autant-bernard & Lesage^[27]通过构建空间计量模型测度区域创新空间溢出强度，分析创新溢出的空间效应；Qiu 等^[28]探究中国海洋产业集聚机制及空间溢出效应；Mendez-ortega 等^[29]对巴塞罗那地区创意产业集聚进行研究，发现创意产业集聚产生的一系列溢出效应可以促进当地高技术水平提升；Kekezi^[30]研究指出，知识密集型产业可通过集聚产生知识溢出效应，进而促进产业创新发展。国内学者研究发现，中国省际创新产出存在空间相关性^[31,32,33]，邻近省份创新具有正向空间溢出效应，且溢出程度表现出区域差异性^[34]。与此同时，中国城市间^[35,36]、长三角地区城市间^[37]创新活动存在显著空间溢出效应。随着研究进一步深入，学者们开始关注各省高技术产业集聚对区域创新的空间溢出效应^[38,38,40]，发现我国各省高技术产业呈现集聚分布特征，并且对省域创新能力具有显著空间溢出效应。盛彦文等^[41]研究指出，我国东部沿海城市群高技术产业和集聚经济对城市群创新效率具有溢出效应。但吕承超^[39]研究指出，我国高技术产业专业化集聚并不具备显著空间溢出效应。

通过梳理国内外文献发现，首先，现有研究集中于探讨各省域范围内产业集聚与区域创新的关系，但对于高技术产业集聚发挥的创新效应尚未得出统一结论，高技术产业集聚对城市创新的空间溢出效应研究相对匮乏。其次，目前研究大多将环境因素作为控制变量，探讨其对区域创新的直接影响，区域环境因素会在一定程度上对区域创新产生直接影响。但从环境因素的调节作用视角出发，探讨其在高技术产业集聚与区域创新之间的调节效应更具价值。最后，已有文献运用空间计量方法对高技术产业集聚的空间溢出效应开展研究，但未从空间维度上探讨环境变量在高技术产业集聚与城市创新之间的空间调节作用。高技术产业集聚对特定区域内城市创新产出是否存在直接效应及空间溢出效应？环境因素能否对上述空间溢出效应产生调节作用？本文以长三角城市群为研究对象，运用空间计量方法就长三角城市群内各城市高技术产业集聚对城市创新产出影响的直接效应与空间溢出效应进行研究，并探讨相关环境因素在上述直接效应与空间溢出效应中的调节作用，研究框架如图 1 所示。本文旨在丰富区域创新及产业集聚溢出效应研究，为发挥我国城市群内各城市创新及高技术产业集聚的空间溢出效应，带动城市群创新

系统内部各城市联动发展，驱动整个城市群创新能力水平提升提供参考。

本文主要思路是从投入—产出视角结合知识生产函数，构建计量分析理论模型，进一步构建长三角城市群高技术产业集聚与创新空间溢出效应空间计量模型，并对实证结果进行解读与分析，最后得出结论和研究启示。

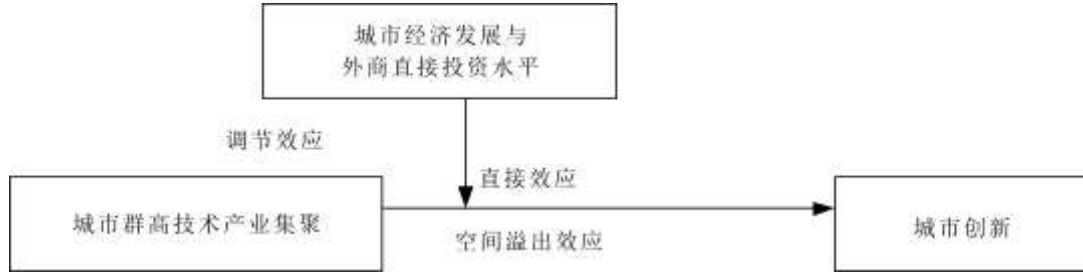


图 1 研究理论框架

2 模型设定与选择

2.1 计量模型设定

知识生产函数^[26]可对区域创新溢出及其影响因素进行有效测度与分析。本文主要研究长三角城市群高技术产业集聚以及相关环境因素对城市创新产出的空间溢出效应，这与知识生产函数的本质相契合。因此，选择知识生产函数作为研究理论模型，对长三角城市群内各城市创新以及高技术产业集聚的空间溢出效应进行实证研究具有合理性。

知识生产函数主要从投入与产出视角刻画创新产出，但城市创新产出除受创新投入的影响外，城市高技术产业的空间集聚也是其重要影响因素。据此，通过加入高技术产业集聚变量得到扩展的城市创新生产函数为：

$$Y = A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{\beta} \cdot H^{\gamma} \cdot Z^{\phi} \cdot \varepsilon \quad (1)$$

其中，Y 表示城市创新产出，A 表示常数，投入指标包括物质资本(K)与人力资本(L)投入，H 表示核心变量城市高技术产业集聚水平，Z 表示环境调节变量，本文主要考虑城市经济发展水平与外商直接投资水平。城市经济发展为创新提供基础性条件，外商直接投资体现了城市对外开放与交流程度。 α 、 β 、 γ 、 ϕ 分别为物质资本投入、人力资本投入、高技术产业集聚水平和环境调节变量的弹性系数， ε 为随机误差项。为消除各变量异方差或偏态，对各变量取自然对数并对相应变量符号进行替换，得到实证模型如下：

$$\ln \text{CINNO}_{i,t} = C + \alpha \ln \text{RD}_{i,t} + \beta \ln \text{PD}_{i,t} + \gamma \ln \text{HLQ}_{i,t} + \phi \ln \text{HLQ}_{i,t} \times \mu + \varepsilon \quad (2)$$

其中，CINNO 代表城市创新产出，RD 代表科技经费投入，PD 代表科研人员投入，HLQ 代表城市高技术产业集聚水平， μ 代表城市创新环境，包括 PGDP(城市经济发展水平)和 FDI(外商直接投资)。 $\ln \text{HLQ}_{i,t} \times \mu$ 表示分别加入高技术产业集聚水平与创新环境因素 μ (PGDP、FDI) 的交叉项，代表创新环境调节项，i 与 t 分别表示城市和年份。

2.2 变量选取与数据说明

(1) 被解释变量:

城市创新能力(CINNO)。研究者主要从创新投入与产出两个方面衡量城市创新能力,区域专利情况能够相对真实地反映该区域创新能力^[42]。研究者一般采用专利申请量与专利授权量衡量区域创新产出,鉴于数据可获得性、真实性与通用性,考虑到城市专利申请量受人为因素与政策因素的影响较小,更能体现长三角城市群创新产出水平,因而本文选取城市专利申请受理量代表长三角城市群各城市创新能力。

(2) 核心解释变量:

城市高技术产业集聚(HLQ)。区域创新的关键在于发展高技术产业,研究高技术产业集聚的本地创新效应与创新空间溢出效应意义重大,采用区位熵对长三角城市群高技术产业集聚水平进行测算,具体计算如下:

$$HLQ_{it} = \frac{x_{it}^j / x_{it}}{x_i^j / x_i} \quad (3)$$

其中, HLQ_{it} 代表 t 时期 i 城市高技术产业集聚水平, x_{it}^j 为 t 时期 i 城市高技术产业产值, x_{it} 为 t 时期 i 城市规上工业总产值, x_i^j 为 t 时期全国高技术产业总产值, x_i 为 t 时期全国规上工业总产值。一般来说, HLQ_{it} 的值越高,说明在 t 时期该城市高技术产业集聚水平越高。

(3) 解释变量:

科研经费投入(RD)与科研人员投入(PD)。城市创新的资金投入与人力资本投入是影响区域创新的两种要素,因而有必要加入城市科研经费投入和科研人员投入。考虑到财政科技支出是城市创新资金的主要来源,因而采用财政科技支出衡量城市创新科技经费投入。对于科研人员投入,本文选取科研、技术服务和地质勘查业从业人员作为城市科研人员投入衡量指标。

(4) 调节变量:

本研究主要探讨城市创新环境要素在长三角城市群高技术产业集聚与城市创新产出之间的调节作用。环境调节变量主要包括城市经济发展水平与外商直接投资。

城市经济发展水平(PGDP)。城市经济发展为长三角城市群高技术产业集聚与地区创新提供优良的环境基础。城市经济发展水平高,才能支撑城市创新,同时对邻近城市产生一定影响。因此,城市经济基础在城市高技术产业集聚对城市创新产出的影响过程中发挥重要调节作用。本研究采用长三角城市群内各城市人均地区生产总值衡量城市经济发展水平。

外商直接投资(FDI)。现有外商直接投资对城市创新产出及创新溢出的影响存在不同研究结论,尽管如此,长三角城市群由于城市包容性强、对外开放程度高,可以肯定各城市外商直接投资对其发展产生了影响。因此,本文将外商直接投资作为长三角城市群高技术产业集聚与城市创新产出的重要调节变量,以实际利用外商直接投资衡量。

实证分析以长三角城市群为对象,选取 2010-2018 年城市群内 26 个城市面板数据,各城市专利申请受理量数据以及其它数据来源于上海市、江苏省、浙江省以及安徽省统计年鉴以及《中国城市统计年鉴》。高技术产业集聚相关数据来源于长三角地区

各省市科技局统计文件、统计年鉴以及《中国统计年鉴》，各变量描述性统计结果见表 1。

表 1 变量描述性统计结果

变量	观测数	平均值	标准差	最小值	最大值
lnCINNO	234	9.826	1.209	6.361	11.920
lnHLQ	234	1.087	0.315	0.200	1.749
lnRD	234	2.708	1.175	0.020	5.991
lnPD	234	9.101	1.200	6.525	12.450
lnPGDP	234	11.186	0.482	9.781	12.068
lnFDI	234	2.553	1.186	-0.397	5.221

2.3 空间计量分析准备

在利用空间计量模型分析城市群高技术产业集聚与城市创新的空间溢出效应前，本文利用 Moran’ sI 指数对长三角城市群各城市创新能力空间相关性进行检验，在计算 Moran’ sI 指数前，需构建空间权重矩阵。

第一种空间权重矩阵是地理邻接矩阵，将 0-1 空间权重中的元素定义为：空间相邻时 $w_{ij}=1$, 空间不相邻时 $w_{ij}=0$ 。第二种是地理距离矩阵，以城市间地理距离倒数的平方建立地理距离矩阵。

$$w_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{d_{ij}^2} & d_{ij} \neq 0 \\ 0 & d_{ij} = 0 \end{cases} \tag{4}$$

式(4)中， d_{ij} 为长三角城市群各城市之间的地理中心距离，计算公式为：

$$d_{ij} = R \cdot \arccos(\sin x_i \sin x_j + \cos x_i \cos x_j \cos (y_j - y_i)) \tag{5}$$

式(5)中，R 代表地球半径，x 和 y 分别代表城市中心的纬度与经度。此处选用地理邻接矩阵进行长三角城市群创新产出空间自相关检验。利用 Stata15.0 软件得到 2010—2018 年长三角城市群各城市创新产出全局 Moran’ sI 指数值，如表 2 所示。

可以看出，2010—2018 年长三角城市群各城市创新产出全局 Moran’ sI 指数均显著为正，呈现显著正空间自相关性，表明长三角城市群内各城市创新活动并不是孤立存在的，区域内某一城市创新会受邻近城市的显著影响，初步表明长三角城市群各城市创新存在空间溢出。因此，需在空间维度下，运用空间计量模型就长三角城市群高技术产业集聚对城市创新产出的影响进行研究。

表 2 长三角城市群创新产出 Moran’ sI 指数

年份	Moran's I 指数	Z 值	P 值
2010	0.226**	2.089	0.037
2011	0.271***	2.445	0.014
2012	0.253**	2.302	0.021
2013	0.220**	2.042	0.041
2014	0.258**	2.347	0.019
2015	0.181*	1.890	0.059
2016	0.158*	1.699	0.089
2017	0.199*	1.888	0.059
2018	0.195*	1.858	0.063

注：*、**和***分别代表在 10%、5%和 1%水平下通过显著性检验，下同

2.4 空间计量模型设定与模型形式选择

前文利用空间自相关分析发现，各城市创新产出存在显著空间自相关性，因而初步考虑使用空间计量模型开展实证研究。根据式(2)的实证模型，引入空间效应，构建空间滞后模型(SAR)。

$$\ln CINNO_{it} = \rho w_{ij} \ln CINNO_{it} + \alpha \ln HLQ_{it} + \beta_1 \ln RD_{it} + \beta_2 \ln PD_{it} + \varphi \ln HLQ_{i,t-1} \times \mu + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

ρ 代表被解释变量城市创新的空间自回归系数，反映被解释变量的空间溢出效应。 w_{ij} 代表邻接权重矩阵， α 代表核心解释变量高技术产业集聚水平的弹性系数， β_1 、 β_2 代表其它影响因素的弹性系数，其余符号解释与式(2)相同。构建空间误差模型(SEM)如下：

$$\ln CINNO_{it} = \alpha \ln HLQ_{it} + \beta_1 \ln RD_{it} + \beta_2 \ln PD_{it} + \varphi \ln HLQ_{i,t-1} \times \mu + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

$$\varepsilon_{it} = \lambda w_{ij} + \mu_{it} \quad (8)$$

式(8)中， λ 代表空间误差的自相关系数。进一步构建空间杜宾模型(SDM)，同时纳入因变量和自变量的空间滞后项为：

$$\begin{aligned} \ln CINNO_{it} = & \rho w_{ij} \ln CINNO_{it} + \alpha \ln HLQ_{it} + \beta_1 \ln \\ & RD_{it} + \beta_2 \ln PD_{it} + \varphi \ln HLQ_{it} \times \mu + \gamma_1 w_{ij} \ln HLQ_{it} + \\ & \gamma_2 w_{ij} \ln RD_{it} + \gamma_3 w_{ij} \ln PD_{it} + \varphi_1 \ln HLQ_{it} \times \mu + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (9)$$

式(9)中, ρ 代表长三角城市群创新产出的空间回归系数, γ_1 代表核心解释变量高技术产业集聚的空间回归系数, 反映高技术产业集聚的空间溢出, γ_2 、 γ_3 代表其它影响因素的空间回归系数, ϕ_1 代表环境调节变量的空间回归系数。

对于选用何种形式的空间计量模型, 要对空间效应存在形式进行检验。首先, 通过 LM 检验(拉格朗日乘数检验)对空间效应形式进行检验^[43], 结果见表 3。LMlag 与 Robust LM lag 统计量均在 1%的水平下显著, 说明存在被解释变量的空间滞后项。LM error 与 Robust LM error 统计量均在 1%的水平下显著, 说明存在误差项的空间滞后项。由此表明, 选择空间杜宾模型^[44]分析高技术产业集聚对城市创新产出的本地影响与空间溢出效应较为合适。接下来, 开展 Wald 检验和 LR 检验, 进一步说明选择 SDM 的适宜性, 结果见表 3。空间滞后模型和空间误差模型的 Wald 与 LR 检验均在 1%的水平下显著, 可以认为 SDM 不能简化为 SAR 与 SEM, 说明选择 SDM 更为适宜^[45]。结合上述分析, 本文选择空间杜宾模型(SDM)对长三角城市群高技术产业集聚空间溢出效应开展实证研究。

表 3 LM、Wald 及 LR 检验结果

检验	统计量	P 值
LMlag	82.250	0.000
RobustLMlag	20.165	0.000
LMerror	290.872	0.000
RobustLMerror	228.787	0.000
WaldTest(SAR)	50.278	0.000
LRTest(SAR)	45.253	0.000
WaldTest(SEM)	83.954	0.000
LRTest(SEM)	57.320	0.000

3 实证结果与分析

3.1 SDM 估计结果与讨论

首先对两种形式下(固定效应与随机效应)的空间杜宾模型进行估计, 此部分模型估计主要考虑核心解释变量高技术产业集聚对城市创新产出的直接效应与空间溢出效应, 因而未加入环境调节变量。Hausman 检验结果表明, 应选择固定效应模型对长三角城市群中各城市高技术产业集聚的空间溢出效应进行分析。空间个体固定效应模型估计结果显示:

(1) 长三角城市群中各城市创新产出空间溢出系数在 5%的显著性水平下为 0.196, 本城市创新产出增加 1%, 邻近城市创新产出

增加 0.196%。表明长三角城市群中地理邻近城市间创新活动具有显著正向空间相关性。其原因在于：鉴于地理位置的邻近性，创新资源与人力资本在邻近城市间流动更加自由，创新合作更加频繁，促使各城市创新产生空间上的正向溢出效应。但是空间溢出系数并不高，可能是由于长三角城市群内边缘城市自身创新能力与水平不高，而创新能力较强的中心城市对边缘城市的溢出与带动效应是一个循序渐进的过程。因此，现阶段长三角城市群各城市之间的创新活动具有正向空间溢出效应，但溢出程度不高，长三角城市群要充分重视提升边缘城市的创新能力，补足其创新短板，充分发挥中心城市和省会城市的辐射带动效应。

(2) 核心解释变量高技术产业集聚对本城市创新具有显著正向影响，城市高技术产业集聚水平提升 1%，本地创新产出增加 0.524%，表明高技术产业是推动城市创新发展的主干力量，可通过高技术产业集聚形成竞合效应与学习示范效应，促进本地区创新活动，提升本地区创新能力。

对于高技术产业集聚的空间溢出效应，高技术产业集聚的空间滞后项系数表示空间溢出大小，本城市高技术产业集聚水平提升 1%，邻近城市创新产出反而减少 0.372%，表明长三角城市群内某一城市高技术产业集聚对邻近城市创新具有显著负向空间溢出效应，高技术产业集聚所体现的空间溢出效果为抑制。原因可能在于：其一，长三角城市群内各城市高技术产业发展与集聚水平存在较大差异。例如，杭州高技术产业集聚水平较高，但与其相邻的绍兴和金华高技术产业集聚水平较低。合肥、芜湖高技术产业集聚水平较高，而安庆高技术产业集聚水平较低。这表明高技术产业在长三角部分城市内集中度较高，导致上述城市对邻近城市各种创新资源的虹吸效应要高于对后者的正向溢出效应，进而造成长三角城市群高技术产业集聚的负向溢出；其二，高技术产业在长三角城市群内发展水平较高、创新活力较强的城市集聚，可能导致在某些城市过度集聚，而过度集聚不仅会降低城市自身创新产出，甚至会产生负向空间溢出效应，阻碍邻近城市创新；其三，本文主要研究高技术产业专业化集聚空间溢出效应，不同高技术产业间存在众多经济技术联系，会形成高技术产业多样化集聚。因此，长三角城市群高技术产业集聚的正向空间溢出可能更多来源于高技术产业的多样化集聚。

(3) 在其它影响因素中，城市科技经费投入对本城市创新产出具有显著正向影响，表明科技经费要素投入增加可提升本城市创新能力。因为只有创新资金投入水平不断提升，为城市创新发展提供基础性支撑，各城市才有能力和动力促进高技术产业集聚与城市创新，实现城市创新能力提升。同时，城市创新经费投入会对邻近城市创新产出产生正向空间溢出。原因在于，较高的创新经费投入水平在促进本城市创新产出的同时，也为城市间创新合作以及区域创新网络构建提供雄厚的物质基础，进而带动邻近城市创新能力提升。

城市科研人员投入对城市创新产出的影响系数在 1% 的显著性水平下为 -0.182，但并不代表长三角城市群内城市科研人员投入对本城市创新产出具有反向作用。原因之一可能是，由于科研人员的异质性，长三角城市群内各城市科研人员整体水平与素质不高，创新活动需要更高素质的核心人员，而非科研人员的低效聚集^[37]。原因之二可能是，许多高端人才会流入长三角城市群内经济相对发达的城市，对邻近城市产生虹吸效应，导致人才流动未能发挥出互通共享效应。原因之三可能是，近年来，超大型城市人才严重流失带来的负向影响显著，虽然长三角城市群中许多城市出台了高端科研人才引进政策，但短期内不足以有效调整长三角城市群当前科研人员人才结构。城市科技人员投入的空间滞后系数没有通过显著性检验，说明目前长三角城市群中城市科技人员投入对邻近城市创新产出的空间溢出效应微弱。但高素质创新型科研人员必然会提升长三角城市群各城市创新产出，只是目前来看其影响程度不足。

由于空间杜宾模型的解释变量所对应的回归系数包括空间溢出效应和反馈效应，需利用分解效应（直接效应、间接效应与总效应）进一步反映高技术产业集聚对城市创新产出的影响。长三角城市群内城市高技术产业集聚和其它影响因素对本城市创新的影响即为直接效应，本城市高技术产业集聚和其它影响因素对邻近城市创新产出的影响即为间接效应（空间溢出效应），进一步效应分解结果如表 4 所示。

表 4 SDM 效应分解结果

变量	直接效应	间接效应	总效应
lnHLQ	0.515***	-0.327*	0.187
	(4.790)	(-1.690)	(1.030)
lnRD	0.290***	0.737***	1.026***
	(3.770)	(8.350)	(15.440)
lnPD	-0.176***	-0.045	-0.221*
	(-2.770)	(-0.390)	(-1.840)

长三角城市群内各城市高技术产业集聚对本地与邻近城市创新均具有显著影响，但影响方向与强度存在差异。高技术产业集聚的直接效应显著为正，高技术产业集聚水平每提升 1%，本城市创新产出将增加 0.515%，高技术产业集聚产生的规模经济和范围经济效应使得企业间交流更加频繁，合作网络更加复杂与紧密，并降低了知识交流成本，促使企业在竞争与合作中产生创新溢出，促进本地区创新发展。高技术产业集聚的间接效应（空间溢出效应）显著为负，本地高技术产业集聚水平每提升 1%，邻近城市创新产出减少 0.328%。同时，长三角城市群高技术产业集聚的直接效应系数高于间接效应系数，说明高技术产业集聚的空间溢出效应小于高技术产业集聚的本地创新效应。

城市科研经费投入对本地和相邻城市创新均具有显著促进作用。城市科研经费投入每增加 1%，本地区创新产出增加 0.290%，邻近城市创新产出增加 0.737%，表明本地区经费投入不仅可以提升本地区创新能力，而且能够产生正的空间溢出效应，进而提升周边城市创新能力。城市科技经费的间接效应大于直接效应，表明科技经费投入对相邻城市创新的推动作用较大。科研人员投入对本地区创新的直接效应显著为负，而间接效应不显著，这可能与城市内科研人员基数较小且流动性较强有关。

3.2 不同空间权重矩阵的稳健性检验

为了检验上述估计结果的稳健性，利用不同空间权重矩阵进行模型估计。对比基于地理邻接矩阵与地理距离矩阵的估计结果可以发现：①两种空间权重矩阵下，长三角城市群内各城市创新产出的空间溢出效应（ ρ ）系数显著为正，与基于邻接权重矩阵的估计结果是一致的，表明长三角城市群内各城市创新存在正向空间溢出效应的结论具有稳健性；②核心解释变量高技术产业集聚对城市创新的直接影响显著为正，高技术产业集聚的空间滞后系数符号方向在两种空间权重下是一致的；③城市科技经费投入、科研人员投入对城市创新的直接影响系数符号与显著性是一致的，两者空间滞后系数的符号方向与显著性也保持一致。由以上对比分析可以看出，基于地理邻接矩阵与地理距离矩阵的估计结果基本一致，表明本文对长三角城市群高技术产业集聚的本地创新效应与空间溢出效应的估计结果具有较强的稳健性。

3.3 长三角城市群创新环境的调节效应

城市创新与高技术产业集聚都是在特定城市创新环境中产生并形成的，因此，长三角城市群内各城市创新环境会对高技术产业集聚与城市创新产出之间的关系产生一定影响。在上述分析的基础上，纳入城市经济发展水平与外商直接投资两个创新环境变量，考察二者在长三角城市群高技术产业集聚与城市创新产出之间的调节效应，反映到空间杜宾模型中，即分别加入高技术产业集聚变量与城市经济发展水平变量、城市外商直接投资变量的交互项，估计结果如表 5 所示。

表 5 环境变量调节效应检验结果

PGDP 的调节效应			FDI 的调节效应	
变量	回归系数		变量	回归系数
lnHLQ	5.619***	lnHLQ		0.431***
	(3.440)			(3.940)
lnPGDP	0.712***	lnFDI		-0.002
	(3.250)			(-0.050)
lnHLQ×lnPGDP	-0.466***	lnHLQ×lnFDI		-0.020
	(-3.180)			(-0.340)
lnRD	0.335***	lnRD		0.274***
	(4.120)			(3.330)
lnPD	-0.128**	lnPD		-0.388**
	(-2.010)			(-2.200)
w • lnHLQ	-12.548***	w • lnHLQ		-0.988***
	(-3.050)			(-2.920)
w • lnPGDP	-1.964***	w • lnFDI		0.481***
	(-4.560)			(3.380)
w • lnHLQ×lnPGDP	1.093***	w • lnHLQ×lnFDI		0.235*
	(2.940)			(1.660)
w • lnRD	0.716***	w • lnRD		0.480***
	(5.090)			(4.370)
w • lnPD	-0.074	w • lnPD		0.154
	(-0.720)			(1.460)
rho	0.273***	rho		0.072
	(3.400)			(0.820)
Within-R-sq	0.796	Within-R-sq		0.805
Log-likelihood	27.286	Log-likelihood		24.792

(1)城市经济发展水平对本城市创新产出具有显著促进作用,人均GDP每增加1%,本地区创新产出增加0.712%。城市经济发展水平在高技术产业集聚对本城市创新产出的直接影响过程中发挥显著负向调节作用,调节项(lnHLQ×lnPGDP)系数在1%的显著

性水平下为-0.466。也就是说，长三角城市群城市经济发展水平提升，反而会削弱高技术产业集聚对城市创新的正向影响。原因在于，城市经济发展水平不断提升，城市发展活力不断增强，高技术产业集聚水平不断提升，可能导致高技术产业过度集聚与低效集聚。关注高技术产业规模扩张而忽略效率提升，可能导致各企业间资源掠夺与过度竞争，破坏城市高技术产业集群的“生态平衡”。同时，某一高技术产业过度集聚可能会阻碍高技术产业多样化发展。

城市经济发展水平对邻近城市创新产生的空间溢出效应显著为负，本城市经济发展水平每提升1%会使邻近城市创新产出减少1.964%。城市经济发展水平在高技术产业集聚对邻近城市创新产生的溢出效应中发挥显著正向调节作用，调节项($w \cdot \ln HLQ \times \ln PGDP$)系数在1%的显著性水平下为1.093。长三角城市群城市经济发展水平在高技术产业集聚对邻近城市创新产生的负向空间溢出效应中发挥显著正向调节作用，表明本城市经济发展水平提升可以削弱本地高技术产业集聚对邻近城市创新的负向影响。原因在于，经济发展水平较高的城市虽然会产生虹吸效应，能够吸引更多创新资源，但也可能造成城市高技术产业过度集聚，使得部分高技术产业向邻近城市转移与集聚。高技术产业转移带来资源与人才流动，促进邻近城市经济发展水平与创新能力提升，从而削弱并中和来自其它城市高技术产业集聚的负向溢出。

(2) 长三角城市群各城市外商直接投资对本地创新产出具有微弱负向影响，但这种影响是不显著的。其原因是外商企业的技术和资源封锁^[46]，可能对城市中高技术企业产生逆向挤出作用。外商直接投资在高技术产业集聚对本地创新产生的正向影响过程中无显著调节效应。但外商直接投资对邻近城市创新具有显著正向空间溢出效应，同时其在长三角城市群本地高技术产业集聚对邻近城市创新产生的负向空间溢出影响过程中发挥积极且显著的调节作用，调节项($w \cdot \ln HLQ \times \ln FDI$)系数在10%的显著性水平下为0.235。这表明本地城市外商直接投资水平提升可以削弱本地高技术产业集聚对邻近城市创新的负向影响。原因在于，外商直接投资会为邻近城市带来大量资本和先进技术，通过示范效应、产业关联、技术合作等促进邻近城市创新并削弱本地高技术产业集聚对邻近城市创新的负向空间溢出效应。

4 结语

4.1 结论

本文以长三角城市群中26个城市为研究对象，运用空间计量模型对长三角各城市高技术产业集聚对城市创新的直接效应与空间溢出效应进行检验，并探讨城市经济发展水平与外商投资水平两个环境变量在其中发挥的调节作用，得到以下主要结论：

(1) 长三角城市群各城市创新具有显著正向空间关联。从两种空间权重矩阵下空间计量模型估计结果看，长三角城市群内各城市间创新活动的正向空间溢出效应具备稳健性。

(2) 核心解释变量高技术产业集聚对本地区创新产出具有显著正向影响，并对邻近城市创新产出具有显著负向空间溢出效应。其它影响因素中，科研经费投入的直接效应、间接效应与总效应均显著为正；科研人员投入的直接效应与总效应显著为负，其间接效应不显著。

(3) 长三角城市群城市经济发展水平在高技术产业集聚对城市创新产生的影响过程中发挥负向调节效应，在高技术产业集聚对城市创新产生的空间溢出效应中发挥正向调节作用；长三角城市群外商直接投资水平仅在高技术产业集聚对城市创新产生的空间溢出效应中发挥正向调节作用。

4.2 启示

(1) 长三角城市群是一个共同体，应充分挖掘与利用各城市创新活动的空间溢出效应。研究结果表明，长三角城市群中某一城市创新不仅与本地区创新投入密切相关，还受邻近城市创新溢出效应的影响。长三角城市群内各城市创新能力存在差异，各

城市发展不平衡。因此，应重视各城市邻近性，充分发挥创新空间溢出效应，突破各城市行政区划，加强各城市间创新合作，构建城市创新合作网络。充分发挥中心城市的辐射与溢出作用，尤其应充分发挥整个长三角城市群的中心城市——上海的辐射与高技术产业集聚溢出效应，利用政策优势和地理邻近优势，在以上海为中心的大都市圈内实现城市间创新联动发展，进而以圈层力量带动周边后发城市发展。同时，重视区域性创新中心如南京、杭州、宁波、合肥等城市对各自圈层内城市的创新溢出与辐射带动作用，提升边缘城市创新能力与水平，形成长三角城市群各城市协同创新格局。

(2) 高技术产业集聚是提升长三角城市群创新水平的重要变量。要在合理范围内提升长三角城市群各城市高技术产业集聚水平，发挥高技术产业对本地区创新的核心作用。长三角城市群各城市高技术产业集聚水平参差不齐，上海、杭州、芜湖、合肥等城市高技术产业集中度较高，而邻近的绍兴、金华、安庆等城市高技术产业集聚水平较低。因此，长三角城市群各城市要根据自身实际情况培育与发展高技术产业集群，充分发挥自身区位优势，适度提升本城市高技术产业集聚水平，促进本地区发展。例如，上海高技术产业与服务业发达，应积极发挥生产性服务业对高技术制造业的产业链延伸功能；江苏省制造业发达，应充分发该省城市高技术制造业集聚优势；浙江省数字经济领先，应积极促进数字产业集聚，发展民营经济；安徽省发展后劲足，腹地广阔，制造业特色鲜明，应充分发挥自身优势，强化高技术制造业集聚优势。同时，各省市应重视高技术产业高质量集聚，而不应一味地追求城市高技术产业集聚规模，高技术产业过度集聚反而会阻碍其正向空间溢出。长三角城市群内各城市应积极推进与邻近城市高技术产业关联及整合，培育城市特色高技术产业集群，避免无效集聚。完善城市高技术产业链空间布局，更好地发挥长三角城市群高技术产业集聚的空间溢出效应，推进长三角城市群高技术产业聚集发展新格局形成，从而实现高技术产业集聚与长三角城市群创新生态系统耦合协调发展。

(3) 科技投入与创新环境在长三角城市群高技术产业集聚发挥本地创新效应和创新空间溢出效应的过程中具有重要影响。首先，长三角城市群应加大科研经费投入力度，提升知识密集型人才核心能力与素质，调整科研人力资本结构，实施合理的人才战略，依托高强度研发和高素质人才提升自身创新能力。其次，长三角城市群应不断缩小各城市经济发展水平差距，注重区域经济协调发展，为城市创新与高技术产业集聚提供坚实的经济基础。最后，长三角城市群内各城市应充分利用体制优势，以开放包容的态度吸引外商直接投资，引进高端技术。同时，提升自身对高端技术的学习吸收能力，破除技术低端锁定，跨越技术模仿的鸿沟，提升高技术产业附加值，进而提升区域创新能力。

4.3 不足与展望

本研究存在以下不足之处：①重点关注长三角城市群高技术产业专业化集聚对城市创新产生的本地效应与空间溢出效应，未来可继续探讨多种高技术产业集聚方式下本地创新效应与空间溢出效应；②主要研究高技术产业集聚对城市创新产生的线性空间溢出效应，未来可继续探讨长三角城市群高技术产业集聚对区域创新产生的非线性空间溢出模式。

参考文献:

- [1]李星.城市群创新能力的空间差异研究[J].经济体制改革,2020,38(1):66-72.
- [2]李海超,王美东.高技术产业对城市群经济增长的带动作用研究[J].科学学研究,2019,37(6):1006-1012,1021.
- [3]魏新颖,王宏伟,徐海龙.高技术产业技术创新的空间关联与溢出效应[J].经济问题探索,2019,40(10):155-164.
- [4]傅利平,周小明,罗月丰.知识溢出与产学研合作创新网络的耦合机制研究[J].科学学研究,2013,31(10):1541-1547.
- [5]MARSHALL A.Principles of economics [M].London:Macmillan,1920.

-
- [6]克鲁格曼. 发展、地理学与经济理论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2000:33-68.
- [7]PORTER M.Clusters and the new economics of competition[J].Harvard Business Review,1998,76(6) :77-90.
- [8]PORTER M.The competitive advantage of nations[M].New York:The Free Press,1990.
- [9]BAGELLA M,BECCHETTI L.Geographical agglomeration in R&D games:theoretical analysis and empirical evidence[M]. New York:Physica-Verlag HD,2000.
- [10]STORPE M, VENABLES A J. Buzz:face-to-face contact and the urban economy[J]. Journal of economic geography, 2004 (4) :351-370.
- [11]CARLINO G A, CHATTERJEE S, HUNT R M. Urban density and the rate of invention[J]. Journal of Urban Economics, 2007, 61(3) :389-419.
- [12]MEGHA, MUKIM. Dose agglomeration boost innovation?an econometric evaluation[J]. Spatial Economic Analysis, 2012, 7(3) :357-380.
- [13]LUO L, ZHENG Z, LUO J, et al. Spatial agglomeration of manufacturing in the wuhan metropolitan area:an analysis of sectoral patterns and determinants[J]. Sustainability, 2020, 12(19) :8005.
- [14]JO Y, CHUNG W Y, LEE D. The capability-enhancing role of government-driven industrial districts for new technology-based firms in South Korea[J]. Asia & The Pacific Policy Studies, 2020, 7(3) :306-321.
- [15]YANG N, HONG J, WANG H, et al. Global value chain, industrial agglomeration and innovation performance in developing countries:insights from China's manufacturing industries[J]. Technology Analysis & Strategic Management, 2020. 32(11) :1307-1321.
- [16]洪群联, 辜胜阻. 产业集聚结构特征及其对区域创新绩效的影响——基于中国高技术产业数据的实证研究[J]. 社会科学战线, 2016, 39(1) :51-57.
- [17]柳卸林, 杨博旭. 多元化还是专业化?产业集聚对区域创新绩效的影响机制研究[J]. 中国软科学, 2020, 35(9) :141-161.
- [18]张昕, 李廉水. 制造业聚集、知识溢出与区域创新绩效——以我国医药、电子及通讯设备制造业为例的实证研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2007, 24(8) :36-44, 90.
- [19]李国凤. 产业集聚与区域创新能力耦合协调发展研究[J]. 统计与决策, 2018, 34(8) :145-148.
- [20]谢露露. 产业集聚和创新激励提升了区域创新效率吗——来自长三角城市群的经验研究[J]. 经济学家, 2019, 31(8) :102-112.
- [21]熊璞, 李超民. 高技术产业集聚对区域创新的影响: 促进还是阻碍[J]. 金融与经济, 2020, 41(1) :58-64.

-
- [22]ARROW K J.The economic implication of learning by doing[J].Review of Economics and Statistics,1962,29(3):155-173.
- [23]ROMER P M.Increasing returns and long-run growth[J].Journal of Political Economy,1986,94(5):1002-1037.
- [24]LUCAS R.On the mechanics of economic development[J].Journal of Monetary Economics,1989,22(1):3-42.
- [25]JAFPE A B.Real effects of academic research [J].The American Economic Review,1989,79(5):957-970.
- [26]ANSELIN L,VARGA A.Local geographic spillovers between university research and high technology innovations [J].Journal of Urban Economics,1997,42(5):422-448.
- [27]AUTANT-BEMARD C,LESAGE J.Quantifying knowledge spillovers using spatial econometric tools[J].Journal of Regional Science,2011,51(3):471-496.
- [28]QIU F,LIU YQ.Mechanism of cooperative agglomeration of marine industry and spatial spillover effect[J].Journal of Coastal Research,2020,115(SI):178-180.
- [29]CARLES MÉNDEZ-ORTEGA, ARAUZO-CAROD J M.Do software and video game firms share location patterns across cities?evidence from Barcelona,Lyon and Hamburg[J].The Annals of Regional Science,2020,64(3):641-666.
- [30]KEKEZI O,KLAESSON J.Agglomeration and innovation of knowledge intensive business services[J].Industry and Innovation,2020,27(5):538-561.
- [31]方远平, 谢蔓. 创新要素的空间分布及其对区域创新产出的影响——基于中国省域的 ESDA-GWR 分析[J]. 经济地理, 2012, 32(9):10-16.
- [32]程叶青, 王哲野, 马靖. 中国区域创新的时空动态分析[J]. 地理学报, 2014, 69(12):1779-1789.
- [33]杨凡, 杜德斌, 林晓. 中国省域创新产出的空间格局与空间溢出效应研究[J]. 软科学, 2016, 30(10):6-10, 30.
- [34]焦敬娟, 王姣娥, 程珂. 中国区域创新能力空间演化及其空间溢出效应[J]. 经济地理, 2017, 37(9):11-18.
- [35]何舜辉, 杜德斌, 焦美琪, 等. 中国地级以上城市创新能力的时空格局演变及影响因素分析[J]. 地理科学, 2017, 37(7):1014-1022.
- [36]易高峰, 刘成. 江苏省城市创新能力的地区差异及影响因素分析[J]. 经济地理, 2018, 38(10):155-162.
- [37]王承云, 孙飞翔. 长三角城市创新空间的集聚与溢出效应[J]. 地理研究, 2017, 36(6):1042-1052.
- [38]张涵. 多维邻近下高技术产业集聚的空间溢出与区域创新研究[J]. 经济体制改革, 2019, 37(6):68-74.
- [38]吕承超, 商圆月. 高技术产业集聚模式与创新产出的时空效应研究[J]. 管理科学, 2017, 30(2):64-79.

-
- [40]邱士雷,王子龙,杨琬琨,等.高技术产业创新能力的空间集聚效应分析[J].研究与发展管理,2018,30(6):128-137.
- [41]盛彦文,骆华松,宋金平,等.中国东部沿海五大城市群创新效率、影响因素及空间溢出效应[J].地理研究,2020,39(2):257-271.
- [42]ACS Z J, ANSELIN L, VARGA A. Patents and innovation counts as measures of regional production of new knowledge [J]. Research Policy, 2002, 31(7):1069-1085.
- [43]ANSELIN L, BERA A K, FLORAX R, et al. Simple diagnostic tests for spatial dependence[J]. Regional Science & Urban Economics, 1996, 26(1):77-104.
- [44]FISCHER M M, GETIS A, SCOTT L M, et al. Handbook of applied spatial analysis[M]. Berlin:Springer, 2010.
- [45]程开明,章雅婷.中国城市创新空间溢出效应测度及分解[J].科研管理,2018,39(12):86-94.
- [46]马野青,林宝玉.在华FDI的知识溢出效应——基于专利授权数量的实证分析[J].世界经济研究,2007,26(5):20-25, 86.