

人力资本对长三角城市群区域创新影响的实证研究¹

——基于空间计量经济学模型

汪彦，华钢，曾刚

【摘要】：人力资本是决定区域创新发展的内生动力。以专利授权量为衡量区域创新指标，基于 2003-2014 年长三角城市群 26 个城市面板数据，运用空间计量方法，分析了人力资本对区域创新的影响效应。研究发现，长三角城市群创新产出具有显著空间自相关性，总体呈现出东中部较高、外围较低的“核心-边缘”式空间分布格局。人力资本对区域创新具有显著的促进作用，在空间交互作用下对长三角城市群创新产生“溢出”，并具有自东向西“轴式”演化趋势。当前，长三角城市群应重视通过人力资本积累与流通，并辅以城市化建设、基础设施互通、政府干预等帮助西部城市更好地吸收东部创新高地的外部性，早日构建横贯长三角并覆盖沪苏浙皖的区域创新主轴，形成“点-轴”式创新空间格局。

【关键词】：人力资本；区域创新；空间溢出；空间计量分析；长三角城市群

【中图分类号】：F127 **【文献标识码】：**A **【文章编号】：**1001-8263 (2018) 05-0027-09

【DOI】：10.15937/j.cnki.issn1001-8263.2018.05.004

【作者简介】：汪彦，华东师范大学中国现代城市研究中心/城市与区域科学学院、国家教育宏观政策研究院博士生，上海 200062；华钢，杭州师范大学钱江学院讲师，台湾政治大学社会科学学院博士生，杭州 310016；曾刚（通信作者），华东师范大学中国现代城市研究中心/城市与区域科学学院教授、博导，上海 200062

一、引言

2016 年《长江三角洲城市群发展规划》指出，长江三角洲城市群（简称长三角城市群）是我国经济最发达和创新能力最强的区域之一。技术进步与创新是经济增长的源泉（Solow, 1957），创新能力的可持续增长是长三角城市群建设全球影响力科技创新高地、全球重要的现代服务业和先进制造业中心及世界级城市群的重要保障。因此，长三角城市群在以交通建设、信息共享、基础设施联网等为主要内容的一体化进程日益增强的背景下（范剑勇，2004），其区域创新特征与影响因素值得深入研究。20 世纪 80 年代末，自 Rrnnner 和 Lucas 等学者的开创性研究以来，经济学界逐渐掀起了一股内生经济增长理论的研究热潮，该理论认为，人力资本通过促进知识溢出与技术进步推动经济增长，人力资本是技术创新与经济增长的内生动力（Lucas, 1988；Romer, 1990；Aghion and Howitt, 1992；Grossman & Helpman, 1994），至此人力资本成为影响区域创新的重要因素。

基于内生经济模型，众多学者（Barro, 1990；Ruach, 1993；Danielson, 2014；姚先国和张海峰，2008）利用经济增长、产业发展和创新产出等数据，实证发现通过教育、培训和“干中学”产生的人力资本积累有利于一国的技术创新与全要素生产率提升。特别是在以技术创新为代表的高科技产业中，人力资本的重要性不言而喻（Moretti, 2004）。此外，专业化人力资本的积累是决定技术创新水平高低的最主要因素，即人力资本的外部性是导致区域经济增长与技术进步差异的主要原因（Lucas, 1988）。所以，人力资本对区域创新既有直接的推动效应，也有间接的外部效应。然而，在引入空间经济学后发现，人力资本

¹感谢华东师范大学城市与区域科学学院硕士研究生鲜果给与的研究帮助。

对区域技术创新的影响存在两点差异。一方面，经济全球化和区域一体化背景下，知识、人才等创新要素流动所形成的技术扩散和人力资本外部性将有助于技术落后区域的学习和模仿，形成“溢出”效应（Benhabib & Spiegel, 1994），进而有助于区域间创新水平差距的缩小。即区域人力资本水平的提升会通过马歇尔式的外部性带动其他区域人力资本水平的提升，如借助产业协同发展，有利于区域间产生人力资本的“溢出效应”（Moretti, 2004）。另一方面，区域人力资本的提升或集聚可能会伴随着其他区域人力资本等创新要素的流失；加之人才、技术和资金等创新要素倾向于流向人力资本相对充裕的地区，导致有较高人力资本积累与创新水平的地区往往具有较强的物质资本和技术的吸纳能力，所以区域人力资本水平越高越可能对周边区域创新产生越不利的“虹吸”效应（Lucas, 1990），使得落后地区长期处于技术“锁定”和低端模仿阶段，不利于区域间协同发展。

因此，人力资本对区域创新的影响不能忽视其较强的地方“根植性”与空间交互特征，即需要基于空间视角结合区域教育、科研、产业结构、公共服务、政府管制等因素开展系统性评价。故在长三角城市群携手打造世界级城市群的诉求下，为更好地实现区域创新发展，有必要从“城市”到“城市群”，就人力资本对区域创新的影响，以及各城市之间的空间交互作用开展深入研究，以更好地揭示长三角城市群创新联动的内在特征。此外，关于长三角区域创新与经济发展的已有研究基本以旧长三角城市群的 18 个城市为目标，较少涉及 2016 年国家《长江三角洲城市群发展规划》中所新增加的安徽省的 8 个城市。本研究以长三角城市群 26 个城市为研究对象，以期对长三角建设更具创新力的世界级城市群提供科学参考。

二、研究方法数据来源

（一）研究方法

首先，研究先采用空间计量常用的 Momn’ s I 指数来对长三角城市群创新产出的空间自相关性进行检验。其次，采用空间滞后模型（SLM）和空间误差模型（SEM）对长三角城市群区域创新的空间交互作用进行检验。用 Anselin（1988）拉格朗日乘子（LM）检验法进行空间交互效应检验，以常用的极大似然估计法（ML）来对空间计量模型进行估计。为使估计结果更加稳健，将分别采用经过标准化后的地理邻接、地理距离和经济距离这三种空间权重矩阵对模型进行估计检验。

（二）数据来源

结合数据的可获取性，将研究对象选定为 2003-2014 年间的长三角城市群（共 26 个城市）^①。专利数据来自中国知识产权局网站，其他数据来源于《中国城市统计年鉴》《中国区域经济统计年鉴》《长江和珠江三角洲及港澳台统计年鉴》《江苏 60 年统计资料汇编》《浙江 60 年统计资料汇编》《上海统计年鉴》《浙江统计年鉴》《安徽统计年鉴》，以及部分地市统计年鉴、统计公报作为数据补充。

三、时空演化分析

（一）时间序列

国外学者们常用专利授权量来衡量区域创新的产出与能力（Jaffe, 1989; Bottazzi & Peri, 2000）。对 2010-2014 年长三角城市群的专利授权情况进行分析，由表 1 可见，苏州市、无锡市、宁波市、杭州市的每万人专利授权量位居前列，可见，长三角城市群创新产出的空间集聚现象较为明显。

表 1 长三角城市群每万人专利授权量前五名城市情况

2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
--------	--------	--------	--------	--------

城市	每万人专利授权量(项)	城市	每万人专利授权量(项)	城市	每万人专利授权量(项)	城市	每万人专利授权量(项)	城市	每万人专利授权量(项)
苏州市	72.31	苏州市	120.32	苏州市	151.71	苏州市	124.91	苏州市	82.75
无锡市	56.69	无锡市	72.81	无锡市	109.43	宁波市	100.67	宁波市	74.15
宁波市	45.24	宁波市	64.78	宁波市	102.43	无锡市	84.35	无锡市	58.56
杭州市	38.43	杭州市	42.17	杭州市	58.03	杭州市	58.76	嘉兴市	50.15
上海市	34.14	南通市	40.97	南通市	47.37	常州市	49.76	常州市	49.25

(二) 空间特征

1. 全局空间自相关检验

根据 2003-2014 年长三角城市群每万人专利授权数据, 计算得到相应的区域专利 Moran I 指数。从表 2 可见, 除 2003 年外, 所有年份 Z 值均显著大于临界值 1.96, 意味检验结果拒绝了随机分布的原假设, 即长三角城市群创新产出存在显著的空间相关性。从时间上看, 2003-2007 年间, 创新产出 Moran' s I 值为正且不断增强, 表明长三角各城市之间创新产出的空间正相关性越来越大, 即相邻城市创新产出特征相类似的空间集群形态愈加显著; 2008-2014 年期间, Moran' s I 值经历了 2 次先降后升的波动, 反映出长三角城市群创新产出的区间发散与收敛效应交替出现。

表 2 2003-2014 年长三角城市群区域创新产出的 Moran I 指数

年份	Pat (I 值)	Z 值
2003	0.138666	1.515474
2004	0.252558	2.109189
2005	0.278386	2.276754
2006	0.423718	3.258256
2007	0.426943	3.28958
2008	0.358723	2.909571
2009	0.300246	2.610308
2010	0.508909	4.00671
2011	0.408756	3.577915
2012	0.336616	2.898382
2013	0.320707	2.711492
2014	0.495208	3.807146

2. 局域空间自相关检验

为进一步探究长三角城市群区域创新产出的空间分布特征，分别选取 2003、2008 和 2014 年每万人专利授权量的截面数据，构建 LISA 集聚图。由图 1 可见，自 2003 年始，以上海为核心，创新产出的高值集聚区由上海、苏州、嘉兴三座城市，“西进”增加常州和湖州两市，逐步形成一条高水平创新“轴”，可见长三角局部地区溢出效应显著；低值集聚区大面积由安徽向苏北蔓延，形成自西向北的外围扩展趋势。

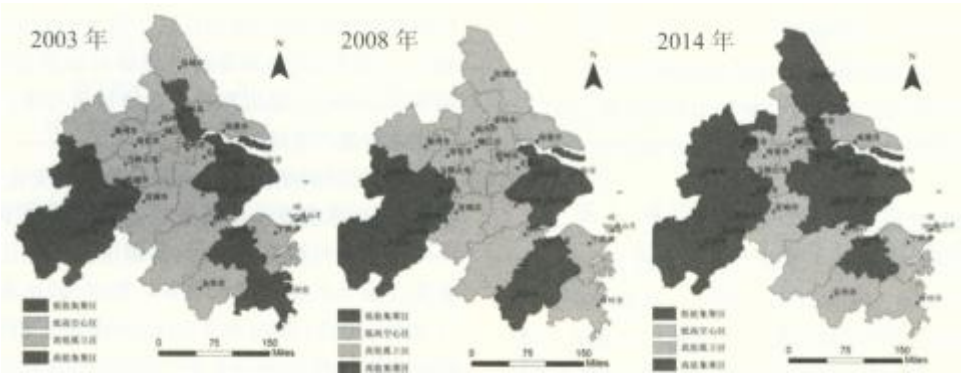


图 1 2003 年、2008 年和 2014 年 pat 的局部空间分异特征

总体而言，长三角城市群的东部和北部区域创新产出的正空间自相关效应不断增强；其创新产出的空间溢出效应呈现出“自东向西”的演化趋势；区域创新产出整体呈现出东中部较高、外围较低的“核心-边缘”空间分布格局。

3. 空间自相关性再检验

由于基于二进制算法的地理邻接空间权重矩阵简单均值化了地区间的差异，不能有效反映地区之间的空间依赖情况（李婧等, 2010），因此采用五种检验来确保上述结论的稳健性，结果表明，长三角城市群创新产出具有显著的空间自相关性（见表 3）。

表 3 基于地理空间权重矩阵的空间自相关性再检验

检验方法	样本数	统计量	临界值	概率
空间误差 (LMerro)	312	100.168	17.611	0.000
空间滞后 (LMlag)	312	476.935	6.635	0.000
似然比率 (Lratios)	312	111.070	6.635	0.000
空间自相关 (Moran' s I)	312	10.571	1.960	0.000
沃尔德 (Walds)	312	1090.8	6.635	0.000

四、空间计量分析

（一）模型设定与数据说明

由于上述人力资本对区域创新在地理空间上存在明显的相关性与溢出效应，借鉴 Pede et al.,（2007）的研究设计，将空间相关性纳入人力资本对长三角城市群创新产出的影响研究中，初步设定空间计量模型为：

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 Z_i + \rho \sum_j W_{ij} X_j + \varepsilon \tag{1}$$

其中， Y_i 为被解释变量，表示区域创新产出； X_i 为人力资本水平； Z_i 为影响区域创新产出的一组控制变量； X_j 为邻接区域人力资本水平； W_{ij} 为空间权重矩阵； ρ 反映邻接区域人力资本水平对本区域创新产出的影响系数。该模型强调的是单一的人力资本要素对区域创新产出的空间交互作用，没有将控制变量纳入考虑，进而可能对整体区域中各相邻城市间空间相关性的总体估计有偏。应对上述模型进行调整，以适应空间面板数据计量分析的要求。被解释变量 Y 用 pat 来表示，解释变量 X 用 hum 来表示，且取自然对数，故本研究将空间滞后模型（SLM）设定如下：

$$\ln pat_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln hum_{it} + \beta_2 Z_{it} + \rho \sum_j W_{ij} \ln pat_{jt} + f_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

上式中， j 城市的人力资本不仅影响该市区创新，还将作用“叠加”到 i 城市创新上，故系数 ρ 综合反映出相邻城市人力资本产生的影响力。模型中变量的空间相关效应正是通过这种不断“叠加”的方式得以估算。如果模型以外因素决定了空间相关性，则可将空间误差模型（SEM）设定为：

$$\ln pat_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln hum_{it} + \beta_2 Z_{it} + \lambda \sum_j W_{ij} \varepsilon_{jt} + \mu_{it} \quad (3)$$

变量构造如下：

1. 被解释变量与核心解释变量

（1）区域创新（ pat ）

自 20 世纪 60 年代以来，专利数（Griliches et al., 1989）、专利被引次数（Gayle, 2001）、连续缴纳年费的专利数（Cinnirella & Streb, 2017）和 R&D 投入（Griliches, 1980）等指标被用来衡量区域创新产出，可见学界尚无统一标准。在知识产权日益受到各国政府重视的背景下，专利授权量可直接反映出区域科技创新能力（苏屹等，2017），并结合数据可获得性，本研究采用每万人专利授权量来代表区域创新产出。

（2）人力资本（ hum ）

现有人力资本的量化主要基于人均受教育年限（姚先国和张海峰，2008；Barro & Lee, 2001）、高等学历人口数（沈坤荣和耿强，2001；刘和东，2011）和相关从业人员数（Muelle, 1996；孙建和齐建国，2009）这三种测量方法。苏屹等（2017）认为 R&D 人员是技术创新的主体，是最根本的创新驱动要素，结合数据可得性，本研究借鉴 Eaton 和 Kortum（1994）研究中以“科学家和工程师”作为创新产出的人力资本指标，选取《中国城市统计年鉴》中的与技术创新最为密切的“每万人科学研究、技术服务和地质勘查业人员”（简称每万人科技类人员）来代表区域创新产出的人力资本投入量。

2. 控制变量

（1）城市化水平（ urb ）。城市化带来的各种创新要素的集聚效应和规模效应，有助于分工细化与技术溢出，能有效降低交易成本，提升创新效率。用城镇人口占全市总人口比重来代表城市化水平。

（2）对外开放度（ $open$ ）。用进出口总额占 GDP 比重来衡量地区对外经济开放水平指标，反映出本地区参与国际市场竞争获取“干中学”能力。对外贸易有利于从外部先获取进步技术和知识，进而加速自主创新。

(3) 外商直接投资 (FDI)。外商直接投资是东道国接受国外技术外溢与技术转移的重要途径 (Aitken & Harrison, 1999), 并可以通过学习模仿、示范带动和产业关联等加速东道国的技术进步。采用外商直接投资占 GDP 总额来衡量, 使用当年年末人民币兑美元汇率换算成人民币。

(4) 基础设施 (infra)。基础设施具有极强的网络特性, 能有效促进与相连区域联系, 产生广泛的空间溢出效应 (Murmell, 1992)。故用每平方公里拥有公路里程来测度区域基础设施水平。

(5) 政府规模 (gov)。采用地方政府财政支出占 GDP 比重来表示, 该指标反映地区政府对经济活动的干预程度, 地方政府通过财政支出对区域创新产生综合影响。

(6) 产业结构 (struct)。产业结构升级将加大区域对科技自主创新、引进吸收和成果转化的需求。代表先进产业的现代服务业, 特别是其中的生产性服务业, 因其高智力、高集聚、高辐射等特性能够有效推动创新发展 (周国华等, 2008)。采用第三产业增加值与第二产业增加值之比来衡量产业结构。

(7) 经济周期 (cycle)。经济周期的变化会通过财政、货币、产业等宏观经济政策对创新活动产生影响。借鉴 Drucker (2016) 研究方法, 结合中国国家统计局数据中心有关 GDP 增速数据: 2003-2008 年年均 GDP 增速 11.32%, 2009-2014 年年均 GDP 增速 8.61%, 分别设置时间虚拟变量: 高速增长期 (2003-2008 年) 为 0, 中高速增长期 (2009-2014 年) 为 1。

(二) 结果估计

本文采用固定效应空间面板计量方法②, 使用空间滞后 (SLM) 的空间固定效应模型和空间误差 (SEM) 的空间固定效应模型③。由表 4 可见, 空间自回归系数 ρ 和空间误差回归系数 λ 均在 1% 水平上显著, 进一步说明空间因素的确在人力资本和区域创新中起到作用。因此, 表明以往有关区域创新的实证研究因为假定区域之间观察值相互独立, 而降低了估计结果的有效性, 需要通过引入空间因素对经典线性模型予以修正。此外, OLS 模型的拟合优度显著低于 SLM 模型和 SEM 模型的估计结果, 显示出 SLM 模型和 SEM 模型的优越。同时, 借鉴 Anselin 和 Rey (1991) 的蒙特卡罗实验方法, 由表 4 中拟合优度提高与 Log-L 值显示, SLM 模型比 SEM 模型的质量和解释力更高。

表 4 基于地理邻接权重矩阵的长三角城市群区域创新与人力资本空间计量结果

变量		OLS		SLM/空间固定		SEM/空间固定	
		系数	t 值	系数	Z 值	系数	Z 值
人力资本	hum	0.651*** (0.073)	8.9	0.245*** (0.089)	2.76	0.199** (0.097)	2.06
政府规模	gov	-10.283*** (1.101)	-9.34	8.76*** (1.498)	5.85	9.197*** (1.796)	5.12
对外开放度	open	1.202*** (0.112)	10.68	-0.336** (0.157)	-2.14	-0.438** (0.172)	-2.54
外商直接投资	FDI	1.534 (2.157)	0.71	-5.585*** (1.363)	-4.1	-5.309*** (1.479)	-3.59
城市化率	urb	-1.952*** (0.397)	-4.92	1.421*** (0.476)	2.98	1.657*** (0.574)	2.89
基础设施	infra	1.223*** (0.146)	8.39	0.296*** (0.094)	3.14	0.461*** (0.136)	3.38

产业结构	struct	-0.282 (0.242)	-1.17	-1.082*** (0.212)	-5.1	-0.997*** (0.28)	-3.56
经济周期	cycle	-1.94*** (0.117)	-16.57	0.319*** (0.085)	3.74	1.302*** (0.149)	8.76
空间自回归系数	ρ			0.519*** (0.044)	11.82		
空间误差回归系数	λ					0.586*** (0.055)	10.57
拟合优度	R^2	0.799		0.904		0.873	
对数似然函数值	Log-L			-109.413		-125.169	

注：***、**、*分别表示在 1%、5%和 10%水平上显著。

ρ 和 λ 均显著为正，且小于 1④，说明长三角城市群区域创新存在正向空间依赖性，人力资本对区域创新具有显著的空间溢出效应，即一地区人力资本水平的提升对相邻地区创新产出具有显著正向促进作用。从 SLM 和 SEM 模型的总体估计结果上看，各自变量估计系数方向与大小差别不大，反映模型设置的稳健性。从 SLM 模型估计结果看（见表 5），人力资本（hum）回归系数在 1%显著水平下显著且为正，说明作为知识创新和技术进步载体的人力资本确实是创新产出的重要推力，即在其他条件不变的情况下，每万人科研类人员占比提升 1%，将使每万人专利授权量增长提升 0.25%，验证了 Pedeeatat.，（2007）有关人力资本对技术创新具有直接推动和空间溢出效应的研究结论，也为 Lucas（1988）和 Romer（1990）为代表的内在增长理论提供了中国长三角区域的经验证据。

表 5 基于地理距离权重矩阵的长三角城市群区域创新与人力资本空间计量结果

变量		SLM/空间固定		SEM/空间固定	
		系数	Z 值	系数	Z 值
人力资本	lnhum	0.175** (0.085)	2.07	0.083 (0.091)	0.91
政府规模	gov	6.582*** (1.439)	4.57	5.317*** (1.553)	3.42
对外开放度	open	-0.425*** (0.149)	-2.85	-0.497*** (0.151)	-3.29
外商直接投资	FDI	-4.662*** (1.299)	-3.59	-3.395*** (1.321)	-2.57
城市化率	urb	1.258*** (0.453)	2.78	1.311*** (0.479)	2.74
基础设施	infra	0.101 (0.092)	1.11	-0.010 (0.143)	-0.07
产业结构	struct	-1.472*** (0.204)	-7.2	-1.861*** (0.241)	-7.7
经济周期	cycle	0.044 (0.086)	0.52	1.586*** (0.271)	5.86
空间自回归系数	ρ	0.748*** (0.047)	15.79		
空间误差回归系数	λ			0.861*** (0.031)	28.15

拟合优度	R ²	0.906		0.808	
对数似然函数值	Log-L	-90.409		-93.169	

注：***、**、*分别表示在 1%、5%和 10%水平上显著。

对于控制变量而言，政府规模（gcw）和基础设施水平（infra）变量在 1%水平上统计显著，反映出地方政府扩大财政支出和加大基础设施建设对长三角城市群创新产出的积极效应，即使在市场经济相对完善的长三角城市群中，政府在推动区域创新发展有着不可替代的作用。同时，公共基础设施产生的广泛溢出效应，能有效降低交易成本，从而加速资本、劳动力和知识等要素的流动与扩散，成为创新产出的有力支撑。城市化率（urb）能有效促进区域创新水平的提升，与魏下海（2010）和时慧娜（2013）研究一致，城市成为技术创新扩散、人才与产业高度集聚的天然场所，城市化有利于人力资本积累，并为人力资本溢出提供条件。作为获取外部技术溢出重要途径的外商直接投资（FDI）与区域创新显著负相关，充分显示出 FDI 对长三角城市群的技术创新产生了严重的“挤出效应”，这与国内外学者（Haddad and Harrison, 2004；贺灿飞、潘峰华，2006）的研究结论一致，表明 FDI 是一把“双刃剑”，FDI 的不同类型和内外资企业的不同初始技术差等带来不同的溢出效应，要防范东道国本土企业可能会被跨国公司排挤出市场，以及在“市场换技术”的政策导向下，本土企业被外资并购所引起的自主研发能力的降低。对外开依存度（open）对长三角城市群创新产出的抑制效应，表明作为中国乃至全球重要制造业基地之一的长三角城市群区域仍处于全球技术创新中心的“非核心区”，面向国际市场的“外向型”经济发展模式不利于本土创新。产业结构（struct）对创新的显著负相关表明，长三角服务业整体还处于低附加值阶段，以知识密集型为特征的现代服务业尚未健全，第二产业仍然是专利产出的主体。这与周彩虹（2009）的长三角城市群在国际分工体系中仍被固化和锁定在制造加工环节，充当着生产者的角色的结论相吻合。最后，具有时间效应的虚拟变量经济周期（cycle）的回归结果表明，与经济高速增长长期相比，区域创新产出在中高速增长长期内表现的更好；从时间上看，2008 年开始的国际金融危机及之后的中国经济增速回落与“换挡”对长三角区域创新的“倒逼”效应已经显现，实证结果符合张晓强（2010）、许德友和梁琦（2010）研究结论。

（三）稳健性检验

从表 5、表 6 中的拟合优度与 Log-L 值可见，SLM 模型均较 SEM 模型更优，以及空间自回归系数 ρ 均在 0.1%水平上显著正，再次验证人力资本对区域创新存在空间溢出效应。

表 6 基于经济距离权重矩阵的长三角城市群区域创新与人力资本空间计量结果

变量		SLM/空间固定		SEM/空间固定	
		系数	Z 值	系数	Z 值
人力资本	lnhum	0.242** (0.097)	2.5	0.205** (0.098)	2.1
政府规模	gov	9.761*** (1.635)	5.97	11.601*** (1.860)	6.24
对外开放度	open	-0.436*** (0.170)	-2.56	-0.499*** (0.177)	-2.82
外商直接投资	FDI	-6.438*** (1.474)	-4.37	-5.991*** (1.448)	-4.14
城市化率	urb	1.441*** (0.517)	2.79	1.540*** (0.480)	3.2
基础设施	infra	0.364*** (0.104)	3.52	0.361** (0.148)	2.45
产业结构	struct	-1.22***	-5.25	-1.590***	-6.08

		(0.232)		(0.262)	
经济周期	cycle	0.458*** (0.092)	4.96	1.275*** (0.141)	9.06
空间自回归系数	ρ	0.411*** (0.049)	8.41		
空间误差回归系数	λ			0.535*** (0.060)	8.95
拟合优度	R^2	0.891		0.87	
对数似然函数值	Log-L	-130.97		-133.106	

注：***、**、*分别表示在 1%、5%和 10%水平上显著。

第一，分别比较三种地理权重矩阵下计量模型的 ρ 值表明，人力资本对区域创新的溢出效应受地理空间距离的影响最强，即 Marshall (1890, 1961) 地理邻近更有利于知识、技术和信息的传播，并在地理空间单元上表现出创新产业集群的极化发展后再辐射周边的扩散效应。其中，地理距离的空间溢出效应要大于地理邻接的空间效应，这是因为：一方面，在区域一体化与东部地区产业向中西部梯度转移背景下，一定空间距离下的跨区合作和产业结构差异性对创新活动更有吸引力，更能产生地区间的协作效应；另一方面，表 6 中 ρ 显著为正，说明创新活动的空间交互作用更容易在经济水平相近的地区间产生，揭示出长三角城市群内的创新合作要注意地区间人力资本、技术水平、产业结构等方面的差异性。

第二，空间误差回归系数 λ 在表 4、5 和 6 中均显著为正，表明一个地区创新产出的随机误差还会对周围地区的创新产出产生溢出。由于 SEM 模型主要反映的是残差项的空间自相关，如政府管制、市场壁垒、资本收益率、技术水平等模型设定之外的因素可能对周围城市创新产出形成空间溢出效应。结合上文中长三角城市群区域创新的时空演化特征，带来的启示是，市场分割不仅限制了创新要素的自由流动，还导致了资源配置的低效，这是导致地区创新水平长期滞后的重要因素。故要加速长三角区域一体化进程，逐步消除市场壁垒、行政壁垒，充分释放人力资本和创新活动的外部效应。

第三，在稳健性分析中，一方面，经典 OLS 模型显示，人力资本对创新产出增长的影响系数为 0.651，而考虑不同空间权重矩阵的计量模型显示，人力资本对创新产出增长的影响系数范围为 0.175-0.245，显然，没有考虑空间效应使得 OLS 模型高估了人力资本对区域创新的产出弹性，以科研人员为代表的人力资本对创新产出具有显著促进作用的结论非常稳健；另一方面，由表 4、5 和表 6 的空间自回归系数显著为正可知，区域创新产出的平均外溢效应 P 为 0.559，而人力资本直接的产出弹性平均值为 0.221。根据胡鞍钢和刘生龙（2014）的算法，人力资本对创新产出的直接影响效应和空间溢出效应之和泰勒公式展开为：

$$\beta_1 + \beta_1 \rho + \beta_1 \rho^2 + \beta_1 \rho^3 + \dots \quad (11)$$

由（11）式，可以估算出人力资本的外溢效应为：

$$\beta_1 \sum_{i=1}^{\infty} \lambda^i = \frac{\beta_1 \lambda}{1 - \lambda} = \frac{0.221 \times 0.559}{1 - 0.559} = 0.280 \quad (12)$$

这意味着 2003-2014 年，长三角城市群人力资本存量每增加 1 个百分点，由人力资本外部性所产生的创新产出增长 0.28 个百分点，而由人力资本直接导致的创新产出增长为 0.221 个百分点，说明人力资本积累及其溢出是长三角城市群区域创新的重要推力，不容忽视。

五、结论与讨论

综上所述：（1）2003-2014 年，长三角城市群创新产出的空间集聚特征不断加强，内部创新能力不均衡现象显著，总体呈现出东中部较高外围较低的“核心-边缘”式的空间分布格局。创新产出高值区由早期的上海市、苏州市、嘉兴市“西进”至常州市和湖州两市，逐渐构成一条自东向西的高水平创新轴，以此演化趋势可见，当前要高度重视安徽东部城市加快融入长三角创新发展，特别是发挥芜湖市、马鞍山市和宣城市的区位优势，主动承接好东部区域的科技创新溢出与产业梯度转移，从加快人力资本、知识信息、基础设施等创新要素的互通共享着手，配以城市化、产业分工、创新平台建设等，尽快形成横贯长三角并覆盖沪苏浙皖的区域创新主轴，构筑“点-轴”式长三角城市群创新空间格局。（2）研究表明，人力资本除了直接推动区域创新产出外，还能够通过溢出效应推动长三角城市群的整体创新，而非相关研究争议中的“虹吸效应”或“模仿效应”，表明区域一体化进程下，产业转移、知识传播、技术扩散和劳动力流动对提升长三角区域创新水平具有积极作用。（3）在控制了城市化率、基础设施等变量的情况下，通过空间计量模型发现，FDI、对外贸易对区域创新产生了显著的“挤出”效应，说明既有“市场换技术”政策的不可持续性，长三角区域创新的视角需要由依赖国外转向自主创新，转向依靠本地人力资本积累、城市化和区域一体化等内生式发展模式；此外，研究表明，要高度重视地方政府在提升长三角区域创新水平中的积极作用，可通过财政引导、制度配套、平台搭建等政府干预来优化区域创新发展的环境，进一步释放创新要素在区内自由流动的活力。（4）通过 3 种地理权重矩阵的比较显示，地理临近效应的改善对提升长三角城市群创新溢出效应的影响最大，可见快速便捷、一体化的交通网络对长三角区域创新的协同发展具有重要助推效应。

尽管本研究从理论和实证上证明了人力资本促进区域创新的直接和间接的双重作用，但这并不意味着在科技人才培养方面的投入越大越好。因为实际上人力资本对区域创新的溢出效应，还受到区域发展阶段、政府规制、技术选择等因素的影响，这有待于进一步的研究。

注：

①本文计划针对 2000 年以来的长三角城市群 26 个城市进行研究，由于部分地市年度统计数据缺失，以及未披露，故选择研究时间为：2003-2014 年（数据查询截止时间为 2017 年 8 月）；长三角 26 个城市分别为：上海市、南京市、苏州市、无锡市、常州市、南通市、扬州市、镇江市、泰州市、盐城市、杭州市、宁波市、嘉兴市、湖州市、绍兴市、台州市、舟山市、金华市、合肥市、芜湖市、马鞍山市、滁州市、宣城市、铜陵市、池州市、安庆市。

②建立个体固定效应模型，通过显著性水平为 0.01 的 F 检验（F 值：25.89）和 Huasman 检验（chi2：88.69）。

③本研究模型内已经控制了具有较强时间效应的经济周期虚拟变量，无需再采用时间固定效应，故本研究只报告了地区固定效应模型。

④基于空间计量理论的假设前提，如果系数超过 1，则表示模型不再稳定。

[参考文献]：

[1]Solow R M. Technical change and the aggregate production function. The review of Economics and Statistics, 1957, 39 (3) : 312-320.

[2]Lucas R E. On the mechanics of economic development . Journal of monetary economics , 1988 , 22 (1) : 3-42.

[3]Romer P M. Human capital and growth: theory and evidence. Carnegie - Rochester conference series on public policy. North -Holland, 1990, 32: 251-286.

-
- [4]Aghion P, Howitt P. A Model of Growth Through Creative Destruction. *Econometrica*, 1992, 60 (2) : 323-351 .
- [5]Grossman G M, Helpman E. Endogenous Innovation in the Theory of Growth. *Journal of Economic Perspectives*, 1994, 8 (1) : 23-44.
- [6]Barro R J. Economic Growth in a Cross Section of Countries . *Quarterly Journal of Economics*, 1991, 106 (2) : 407-443 .
- [7]Rauch J E. Productivity gains from geographic concentration of human capital : evidence from the cities. *Journal of urban economics*, 1993, 34 (3) : 380-400 .
- [8]Danielson A. Perspectives on Human Capital Initiatives . *Management , Valuation, and Risk for Human Capital and Human Assets*. Palgrave Macmillan US Press, 2014 .
- [9]Lucas R E. Why Doesn't Capital Flow from Rich to Poor Countries? *American Economic Review*, 1990, 80 (2) : 92-96 .
- [10]Moretti E. Workers' education, spillovers, and productivity: evidence from plant-level production functions . *The American Economic Review*, 2004, 94 (3) : 656-690.
- [11]Benhabib J, Spiegel M M. The role of human capital in economic development evidence from aggregate cross-country data . *Journal of Monetary Economics*, 1994, 34 (2) : 143-173.
- [12]Anselin L. *Spatial econometrics: methods and models* . Dord-drecht: Kluwer Academic Publishers, 1988.
- [13]Jaffe A B. Real Effects of Academic Research. *American Economic Review*, 1989, 79 (5) : 957 -970.
- [14]Bottazzi L, Peri G. Innovation And Spillovers: Evidence From European Regions. *Cesifo Working Paper*, 2000 (10) .
- [15]Pede V O, Florax R J G M, Groot H L F D. Technological Leadership, Human Capital and Economic Growth: A Spatial Econometric Analysis for U. S. Counties, 1969-2003 . *Annales Deconomie Et De Statistique*, 2007 (87/88) : 103-124.
- [16]Griliches Z, Nordhaus W D, Scherer F M. Patents: Recent Trends and Puzzles. *Brookings Papers on Economic Activity Microeconomics*, 1989 (2) : 291 -330.
- [17]Gayle P G. Market concentration and innovation : New empirical evidence on the Schumpeterian hypothesis. *University of Colorado at Boulder*: unpublished paper, 2001.
- [18]Cinnirella F, Streb J. The role of human capital and innovation in economic development: evidence from post - Malthusian Prussia . *Journal of Economic Growth*, 2017, 22 (2) : 193-227 .
- [19]Griliches Z. R&D and Productivity Slowdown . *NBER Working Paper*, 1980.

-
- [20]Barro R J, Lee J W. International data on educational attainment: updates and implications . Oxford Economic papers, 2001, 53 (3) : 541-563 .
- [21]Mueller D C. Patents, research and development, and the measurement of inventive activity . The Journal of Industrial E-conomics, 1966, 15 (1) : 26-37.
- [22]Eaton J, Kortum S. International patenting and technology diffusion . Social Science Electronic Publishing, 1994 .
- [23]Aitken B J, Harrison A E. Do Domestic Firms Benefit fromDirect Foreign Investment? Evidence from Venezuela. American Economic Review, 1999 , 89 (3) : 605-618 .
- [24]Drucker J. Reconsidering the Regional Economic Development Impacts of Higher Education Institutions in the United States. Regional Studies, 2016 (7) : 1-18 .
- [25]Anselin L, Rey S.Properties of Tests for Spatial Dependence in Linear Regression Models .Geographical Analysis, 1991, 23 (2) : 112 -131 .
- [26]Munnell AH. Policy Watch : Infrastructure Investment and E-conomic Growth. Journal of Economic Perspectives, 1992, 6 (4) : 189-198 .
- [27]Haddad M, Harrison A. Are there positive spillovers from direct foreign investment? Evidence from panel data for Morocco. Journal of Development Economics, 2004, 42 (1) : 51-74.
- [28]Marshall A. Principles of Economics: An Introductory Volume, 9th edn, London: Macmillan Press, 1890, 1961 .
- [29]范剑勇: 《长三角一体化、地区专业化与制造业空间转移》, 《管理世界》2004 年第 11 期。
- [30]姚先国、张海峰: 《教育、人力资本与地区经济差异》, 《经济研究》2008 年第 5 期。
- [31]吴延兵: 《R&D 存量、知识函数与生产效率》, 《经济学: 季刊》2006 年第 3 期。
- [32]卢方元、靳丹丹: 《我国 R&D 投入对经济增长的影响——基于面板数据的实证分析》, 《中国工业经济》2011 年第 3 期。
- [33]苏屹、安晓丽、王心焕、雷家骑: 《人力资本投入对区域创新绩效的影响研究——基于知识产权保护制度门限回归》, 《科学学研究》2017 年第 5 期。
- [34]李婧、谭清美、白俊红: 《中国区域创新生产能空间计量分析——基于静态与动态空间面板模型的实证研究》, 《管理世界》2010 年第 7 期。
- [35]沈坤荣、耿强: 《外国直接投资、技术外溢与内生经济增长——中国数据的计量检验与实证分析》, 《中国社会科学》2001 年第 5 期。

[36]刘和东：《区域创新溢出效应的实证研究——基于超越知识生产函数的动态面板模型分析》，《科学学研究》2011年第7期。

[37]孙建、齐建国：《人力资本门槛与中国区域创新收敛性研究》，《科研管理》2009年第6期。

[38]周国华、张慧、张妍：《我国创新链中的生产性服务业创新问题研究》，《技术经济》2008年第7期。

[39]魏下海：《基础设施、空间溢出与区域经济增长》，《经济评论》2010年第4期。

[40]时慧娜：《城市化、人口集中与人力资本溢出——基于中国快速城市化进程的分析》，《经济地理》2013年第10期。

[41]贺灿飞、潘峰华：《溢出效应还是挤出效应——对北京市制造业外商直接投资的实证分析》，《中国软科学》2006年第7期。

[42]周彩红：《基于脉冲响应和方差分解的技术创新贡献分析——以长三角制造业为例》，《科学决策》2009年第2期。

[43]张晓强：《以自主创新应对金融危机以新兴产业增强经济动力》，《宏观经济管理》2010年第2期。

[44]许德友、梁琦：《金融危机、技术性贸易壁垒与出口国企业技术创新》，《世界经济研究》2010年第14期。

[45]胡鞍钢、刘生龙：《交通运输、经济增长及溢出效应——基于中国省际数据空间经济计量的结果》，《中国工业经济》2009年第5期。