

# 人力资本空间集聚与城市创新

黄金玲

**[摘要]** 人力资本空间集聚是我国人力资本分布的典型特征之一，集聚扩大了人力资本的外部性。本文从空间的角度，使用2000—2015年的人口普查、抽样调查数据和专利数据，探究人力资本空间集聚对城市创新的影响。发现大专及以上学历劳动年龄人口占比每增加1个百分点，以每万人专利申请数表征的城市创新产出会上升近54个。将高校扩招作为工具变量，进行2SLS回归，发现该影响依然显著，说明高校扩招导致城市人力资本集聚增强从而促进了创新产出。按照Getis空间过滤模型将空间效应分解为集聚效应和溢出效应后，发现大专及以上学历劳动年龄人口占比每增加1个百分点，溢出效应能够促进相邻城市的创新产出增加近90个。另外，市场化程度、户籍门槛、人口密度等因素均在不同程度上影响了城市的创新产出。因而，促进城市创新发展，不仅需要增加城市自身的人力资本积累，还需要进一步推进要素市场化配置改革，充分发挥人力资本的空间溢出效应。

**[关键词]** 人力资本集聚；空间溢出；城市创新；高校扩招

改革开放四十多年来，中国凭借后发优势，通过引进和学习国外先进技术实现了经济的快速增长。进入新时代，中国经济高质量发展的主导引擎逐渐转变为创新能力的提升和经济运行效率的提高(吴爱东和王娟，2019)。党的十九届五中全会《关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》指出，当前世界正在经历百年未有之大变局，新一轮科技革命到来、国际政治格局动态调整，新冠疫情令经济全球化进程受到冲击，在复杂多变的环境下，我国开启了全面建设社会主义现代化国家的新征程。在“十四五”时期，我国将继续坚持创新驱动发展，全面塑造发展新优势。创新将成为实现高质量发展和构建新发展格局的重要驱动力。近年来，我国的自主创新能力不断增强，2000年到2018年我国的专利申请总数增长了31.35倍，创新能力也有了显著提升。人力资本是创新的重要载体和源泉。人力资本在空间上的分布对地区创新发展有着至关重要的影响。数据表明，我国每

**[收稿日期]** 2021-03-13

**[作者简介]** 黄金玲，北京师范大学经济与工商管理学院，电子邮箱地址：hjl3013@163.com。

年有大量的流动人口,这些流动人口更倾向于流向京津冀、长三角、珠三角等都市圈,并在这些地区形成集聚(王桂新等,2012)。这种人力资本在空间上的集聚能够将人力资本的外部性放大,扩大溢出效应,从而促进创新产出。因为空间集聚能够实现共享劳动力,提供生产要素;促进分工,推动专业化形成;促进信息传播和知识溢出,产生竞争效应(Krugman, 1991)。人力资本的空间集聚具有很强的溢出效应(Moretti, 2004),尤其是高水平人才的集聚。1999年我国实行高等教育扩招政策,从1999年到2005年招生人数的增长率均超过10%<sup>①</sup>。这部分毕业生进入劳动力市场以后极大地增加了拥有大专及以上学历的人力资本规模,使得我国高水平人力资本得以迅速积累。但受限于高等院校资源的分布不均,各城市高校招生对象主要面向本地,并且毕业生倾向于留在学校所在地发展(Winters, 2011),在高校扩招政策的影响下,人力资本集聚和溢出效应在地区之间具有较强的异质性,从而影响不同地区的创新产出。

本文旨在探讨人力资本集聚和空间溢出对地区创新的影响。在实证方法上利用我国高校扩招这一外生政策冲击作为工具变量,以解决人力资本与城市创新之间的内生性问题。后文安排为:第一部分是文献综述与研究假说;第二部分描述我国人力资本和创新产出的空间分布状况;第三部分是实证分析;其后是异质性分析和稳健性检验;最后是结论与启示。

## 一、文献综述与研究假说

人力资本是创新的重要驱动力。人力资本的空间集聚具有很强的创新效应和溢出效应,这主要表现在知识和人才通过马歇尔外部性对落后地区产生正的溢出效应(Moretti, 2004)为落后地区的学习和模仿创造条件。研究显示,人力资本水平较高的地方,能够吸引更多的技术人才,那些拥有较高人力资本水平的企业家更可能雇佣高技能人才,因而创新水平也就越高(Bahar et al., 2020; Petra et al., 2014; Berry and Glaeser, 2005)。Glaeser和Saiz(2004)比较了美国1940年人均大学数量与1970—2000年间城市经济发展情况,发现大学及以上学历人口集聚度每提高10%,能够促进当地的专利数量增加约9%。Carlino和Chatterjee(2007)使用美国城市数据,发现一个城市的就业密度增加2倍,其专利数将提高20%。然而,集聚不仅带来了正向的溢出效应也存在着拥挤效应。周锐波等(2020)利用2005—2018年统计年

<sup>①</sup> 根据历年《中国教育统计年鉴》相关数据计算所得。

鉴数据探究了 285 个城市劳动力集聚对技术进步的影响,发现劳动力集聚对城市技术进步表现出显著的“拥挤效应”,外来人力资本流入也可能会削弱本地的创新效应(陈俊杰等,2020)。人力资本的空间集聚会产生虹吸效应,人才、技术、资金等流向人力资本集聚的地区,会不利于周边地区的发展(Lucas,1990)。

由此可见,人力资本集聚对区域创新的影响主要有两条路径,一是集聚效应,二是空间溢出效应。从空间的角度来看,一个地区的人力资本集聚会通过空间溢出效应影响周围地区的创新产出。马明(2016)使用面板门槛模型研究 1995—2013 年我国省级的区域创新能力,发现人力资本的跨区域溢出效应对相邻区域创新能力影响很大,且因交通基础设施的改善而增强。李晨等(2017)利用 1998—2013 年的省级面板数据,运用空间自回归方法探究空间溢出对区域创新的影响,发现人力资本对创新的影响远高于 R&D 经费支出,且创新存在显著的空间溢出效应。这说明一个地区的创新产出既受到当地人力资本水平的影响,也受到邻近地区人力资本集聚的影响,要增强区域创新能力,不仅仅要增加本地投入,还要充分吸收其他地区的有效溢出。另外,人力资本与产业结构、制度环境等因素综合作用于创新。人力资本与产业结构升级之间是相辅相成的关系,而且二者均受到制度环境的调节。倪进峰和李华(2017)用 2000—2014 年的省级数据研究发现产业集聚与人力资本和区域创新能力之间具有链式关系,其中人力资本的贡献大于产业集聚,相比于生产性服务业来说,制造业集聚与人力资本的交互作用更加显著。徐浩和冯涛(2018)用 2008—2018 年的省级面板数据研究高技术产业集聚对技术吸纳的影响,发现人力资本和制度环境是非常重要的中介和调节变量。其中,用市场化指数作为制度环境的代理变量,发现体制改革、制度变迁是发挥人力资本作用的重要影响因素。

人力资本集聚之所以会影响地区的创新产出,其机制首先是人力资本的外部性。这表现在:一方面,推动劳动技能提升。人力资本水平越高,意味着个人的受教育程度越高,具有较丰富的科学知识和较强的科技创新力,因而人力资本存量越高的地区创新能力更强(梁军和赵青,2018)。集聚意味着更多人才的流入,增加了人们面对面的交流和沟通,有利于产生创意。高水平的人力资本在空间上的集聚能够增强彼此间的学习、模仿和竞争,从而促进知识的扩散。劳动技能的提升有利于促进物质资本集聚,共同作用于创新。而且,高技能劳动力与技术之间存在互补,人力资本是技术发展的基石,人力资本的集聚有利于技术的研发,促进创新(Acemoglu,2003)。另一方面,集聚降低了劳动力市场匹配的成本。集聚使得个人与企业的匹配成本降低,

人岗匹配更有利于激发人的主观能动性,从而发挥人力资本的作用。高水平人力资本集聚的地区基础设施健全,生活条件便利,文化氛围浓厚,更有利于推动整个社会创新能力的提高。此外,集聚促进分工深化、专业技能增强,从而促进创新。分工的细化能够促进不同产业在同一地区的集聚,以及产业内部的集聚,降低了技术创新扩散的交易成本,有利于知识和技术溢出效应的发挥。专业化分工能够提高劳动生产率,有利于发明与创造。

当前关于人力资本和创新的研究大多关注的依然是人力资本的集聚效应,从空间效应的角度对人力资本集聚与创新开展的研究还比较缺乏,现有研究的集聚效应中亦包含了空间溢出效应,因而需要将人力资本的空间集聚效应与溢出效应相分离,从空间相关性的角度出发全面分析人力资本集聚、空间溢出效应对城市创新产出的影响。

## 二、人力资本空间集聚与创新产出

关于创新的研究一般选择专利申请量、专利授权量、科技活动机构数量以及 R&D 经费内部支出等来刻画创新能力。专利授权量能够体现一个地区的综合创新能力,但是专利授权量存在一定的时滞性。而专利申请量更能体现地区在创新方面的速度,因此本文的创新衡量指标主要采用专利申请量。省级宏观层面的专利申请量数据来自于国家统计局,市级微观层面的企业创新数据来源于国家知识产权局。为了和人力资本数据相匹配,主要描述 2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年四个时期地区专利申请数量的分布情况。关于人力资本空间集聚的衡量指标也十分多元。其中,以存量和密度为主,包括地区的人力资本水平、人力资本结构密度(Winters, 2011; Abel and Gabe, 2011; Ciccone and Papaioannou, 2009; Ciccone, 1996; Ciccone, 2002)。还有一些研究利用指数刻画集聚,包括区位熵指数、孤立指数、差异指数等(Berry and Glaeser, 2005; Fu and Stuart, 2012; 郑玉, 2017)。根据前人文献和使用的数据,本文采用人口结构密度指标,即地区大专及以上学历受教育程度劳动人口占全国的比重来表征集聚,并将大专及以上学历受教育程度视为高技能人力资本,高中及以下视为低技能人力资本。

首先,简单测算结果表明,地区间创新产出水平差距较大。按照三大板块东中西部划分来看,创新产出水平最高的是东部地区,中部地区其次,西部地区最低。如图 1 所示,东部地区四个时期专利申请数量占比均在 70%左右,远远高于中西部地区。但从发展趋势来看,东部地区的占比在逐渐下降,中西部地区则呈现上升趋势。从增长速度来看,西部地区的增长速度十分迅

速, 2000年到2015年专利申请数量增长了22.87倍, 中部地区增长了18.69倍, 东部地区则增长了18.96倍。

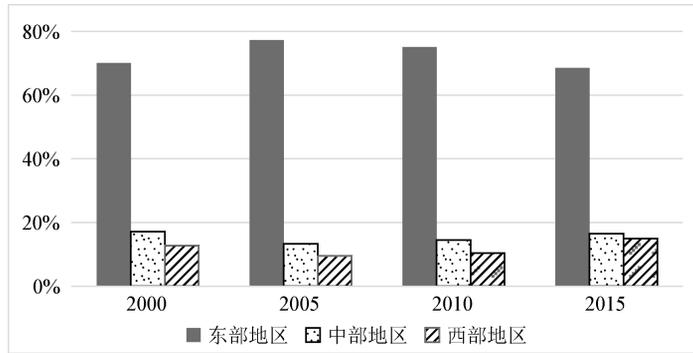


图1 分区域专利申请数量占比

其次, 为了测量人力资本的集聚度, 使用2000—2015年四期人口普查和抽样调查数据来计算高技能人力资本的差异指数与隔离指数。计算公式是:

$$\text{差异指数} = \frac{1}{2} \sum \left( \frac{hskill_i}{\sum hskill_i} - \frac{lskill_i}{\sum lskill_i} \right)$$

其中,  $hskill_i$  是城市  $i$  的高技能人口,  $lskill_i$  是城市  $i$  的低技能人口。差异指数主要用来衡量高技能人口的比例与低技能人口比例的差异, 取值是从0到1, 越接近1表示高技能与低技能越趋向于隔离, 越接近0表示隔离程度越低, 即差异指数越大则高技能人口越集聚。

$$\text{隔离指数} = \sum \left( \frac{hskill_i}{total_i} \times \frac{hskill_i}{\sum hskill_i} - \frac{\sum hskill_i}{\sum total_i} \right)$$

其中,  $total_i$  是城市  $i$  的劳动年龄总人口, 隔离指数是衡量每个高技能者周围有多少比例也是高技能人才。取值也是从0到1, 接近1代表高技能人口周围的高技能人口比例也更高, 等于1代表高技能人才完全集聚; 取0表示高技能人口周围没有高技能人群, 完全孤立。因而隔离指数越大, 高技能人口越集聚。

城市高技能人口占比的分布与变动情况, 如表1所示。城市大专及以上学历劳动年龄人口占比的均值在不断上升, 从2000年的4.44%上升到2015年的10.38%, 提升幅度较大。标准差和四分位差也都有较大提高, 这说明各城市高技能人口占比的离散程度更大了, 高技能人口在少数城市高度集聚。另外, 差异指数从2000年的0.3829上升到2005年0.4540, 之后一直下降, 到2015年为0.4291, 这说明大专及以上学历的劳动年龄人口与高中及以下

学历的劳动年龄人口的差异是先扩大后缩小的，二者的隔离程度出现了不断降低的趋势。再看隔离指数，从2000年的0.0212上升到2015年的0.0499，上升了1倍，说明平均来看，一个大专及以上学历受教育程度的高技能人才周围有4.99%的人同样也具有大专及以上学历，这反映出高技能人才的集聚度不断增强。总体看来，随着时间的推移，高技能人才的集聚程度在少数城市明显增强，同时城市内部高技能人口与低技能人口之间的隔离程度正在趋于下降。这一结论与李天健和侯景新(2015)的研究发现相一致。

表1 高技能人力资本集聚状况

年份	均值	标准差	四分位差	差异指数	隔离指数
2000	0.0444	0.0294	0.0288	0.3829	0.0212
2005	0.0644	0.0414	0.0378	0.4540	0.0358
2010	0.0926	0.0502	0.0502	0.4315	0.0395
2015	0.1038	0.0534	0.0500	0.4291	0.0499

第三，使用地区人力资本占比指标来分析人力资本与创新产出之间的关系。图2是根据2015年的1%人口抽样调查数据和国家统计局的省级三种专利申请量画出的分布图，其中横坐标为省级大专及以上学历劳动年龄人口占比，纵坐标为省级专利申请数的对数。图3为市级创新产出与人力资本密度分布。从图2可以看出，广东、上海、江苏、浙江和北京等省市创新产出水平遥遥领先，并且这些省份的人力资本密度也相对突出，而西部地区大多处

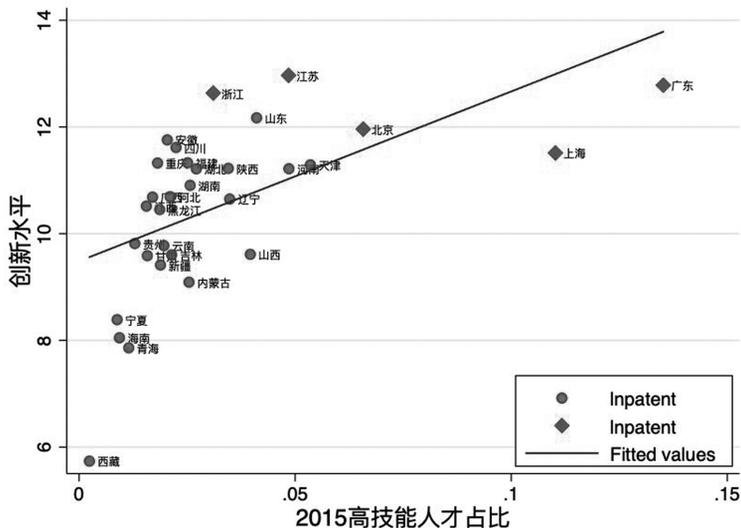


图2 省级创新产出与人力资本分布

于创新产出和人力资本密度的低值区。观察图3同样可以看出,人力资本密度较低的地区创新产出水平也相对低,可以发现人力资本集聚程度与创新产出水平具有较强的耦合性。

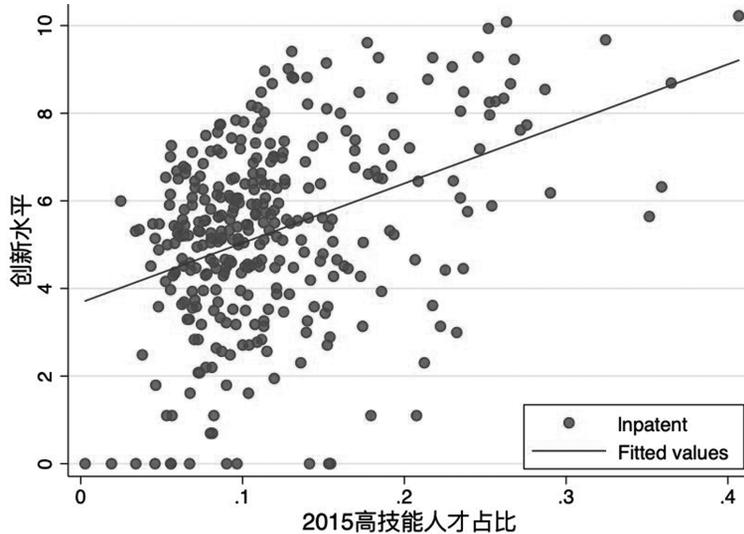


图3 市级创新产出与人力资本分布

### 三、实证研究设计

#### (一) 计量模型设定与估计方法

首先,人力资本对地区创新的影响利用生产函数展开,其基本的形式如下:

$$Y = F(X, K, u)$$

其中,  $Y$  表示创新产出;  $X$  表示投入,包括人力资本、物质资本等;  $K$  表示知识水平,  $u$  为随机误差项。由此,建立实证模型:

$$Inn_{i,t} = \alpha_0 + \beta_0 hum_{i,t} + \gamma_0 X_{i,t} + u_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$Inn_{i,t}$  为被解释变量,即  $i$  市  $t$  年的创新产出。核心解释变量  $hum_{i,t}$  为  $i$  市  $t$  年的人力资本集聚程度。 $X_{i,t}$  为其他影响地区创新的变量,  $u_i$  是个体固定效应,  $\theta_t$  为时间固定效应。 $\varepsilon_{it}$  为随机干扰项。

其次,为解决内生性问题,建立以高校扩招强度为工具变量的回归模型,根据陈斌开等(2016)的研究,将高校扩招强度按下列方法构建:

$$expand_{i,t-5} = \frac{college_{i,t-5} \times increnroll_{i,t-5}}{total_{i,t-5}} \quad (2)$$

第一阶段回归方程为：

$$hum_{i,t} = \alpha_0 + \beta_0 expand_{i,t-5} + \gamma_0 X'_{i,t} + u_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中， $expand_{i,t-5}$ 表示城市*i*在*t*-5时期的人均扩招增量，表示高校扩招强度。 $college_{i,t-5}$ 为城市*i*在*t*-5时期的普通高等院校数量， $incenroll_{i,t-5}$ 是*t*-5时期全国的普通高等院校招生人数相对于前一期的增量， $t=2005, 2010, 2015$ 。需要注意的是，2000年的扩招强度为相对于扩招政策实施前一年，即1998年的变化量， $total_{i,t-5}$ 是城市*i*在*t*-5时期人口总数。则方程(3)为第一阶段回归方程。

另外，考虑到人力资本集聚  $hum_{i,t}$  因素既包含了集聚效应也包含了空间溢出效应，因而将其分解为：

$$Inn_{i,t} = \alpha_0 + \beta_1 hum_{i,t}^* + \beta_2 hum'_{i,t} + \gamma_0 X_{i,t} + u_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中， $hum_{i,t}^*$ 为集聚效应， $hum'_{i,t}$ 为空间溢出效应。在空间经济学中，一种常用的分离空间溢出效应的方法是空间滤波法，主要目的是将空间变量分解，将空间结构随机变量分离出来，包括自回归线性算子，基于 Getis'G 的方法以及特征向量空间滤波方法(王周伟等，2017；陈得文和苗建军，2012)。该方法是 Getis 和 Ord(1992)提出的，用来衡量某一个点与其周围距离  $d$  范围内的其他点之间的空间依赖强度的统计量—— $G_i$ 。计算方法如下：

第一，计算  $G_i$ ：

$$G_i = \frac{\sum_{j=1}^n \omega_{ij} hum_j}{\sum_{j=1}^n hum_j}$$

第二，计算  $G_i$  的期望：

$$E(G_i) = \frac{\sum_{j=1}^n \omega_{ij}}{n-1}, \quad i \neq j$$

第三， $G_i$  除其期望值，即可得到过滤掉空间效应部分的比例。再用此比例乘以原始的人力资本集聚变量  $hum_i$  得到的就是过滤掉空间效应的人力资本集聚效应：

$$hum'_i = hum_i \frac{E(G_i)}{G_i} = \frac{hum_i (\sum_{j=1}^n \omega_{ij})}{(n-1)G_i}$$

最后，城市  $j$  对城市  $i$  的溢出效应为：

$$hum_i^* = \sum_{j=1}^n \omega_{ij}(d) hum'_j, \quad i \neq j$$

其中,  $w_{ij}(d)$  为空间相邻权重矩阵。

## (二)数据来源与变量选取

本文选择专利申请量作为创新能力的表征指标。专利数据是企业层面的专利数据,根据研究需要将其整理为城市层面专利数据。人力资本数据来自2000年、2005年、2010年、2015年四期的人口普查与抽样调查数据。选择人口结构密度指标来衡量集聚,即用城市大专及以上学历劳动年龄人口占全国大专及以上学历劳动年龄人口的比值来衡量(Carod, 2013)。其他人口与经济类指标包括人均GDP、人口密度、第二产业和第三产业增加值比重、实际利用外资额、地方政府科技支出等数据均来自对应年份的《中国城市统计年鉴》《中国区域建设统计年鉴》和《中国城乡建设统计年鉴》。

控制变量中,经济发展水平用人均GDP衡量,且将人均GDP通过GDP平减指数进行调整。产业结构用第三产业增加值和第二产业增加值占比来衡量。对外开放程度则用外商直接投资(FDI)实际利用额来衡量。实际利用外资额根据当年人民币兑美元的汇率进行了换算处理,以消除汇率变动带来的不稳定因素。政府支持选择地方财政的科技支出来衡量。市场化程度用规模以上外商投资企业工业产值与规模以上企业工业总产值之比表示,如表2所示。表3中各个变量的描述性统计为2000年、2005年、2010年和2015四期数据的混合截面的样本均值结果,均是城市层面数据,其中人力资本集聚指标包含大专及以上学历和本科及以上学历劳动年龄人口占比。控制变量中将人均GDP、政府财政支出和实际利用外资数取对数。

表2 变量名称

变量名称	
被解释变量	
创新产出	三种专利申请数(地区每万人专利申请数,单位:个)
核心解释变量	
人力资本集聚	16—60岁大专及以上学历非在学人口/劳动年龄总人口
控制变量	
经济发展水平	人均GDP
产业结构	第三产业增加值/第二产业增加值
对外开放程度	外商直接投资(FDI)
政府支持	财政科技支出/一般预算支出
市场化程度	外商投资企业工业产值/规模以上企业工业总产值
人口密度	人/平方公里

表3 变量描述性统计

变量名	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
每万人专利申请数	1074	1.44	5.30	0	93.36
大专及以上学历人口占比	1276	0.08	0.06	0	0.41
本科及以上学历人口占比	1276	0.03	0.03	0	0.26
人均GDP对数	1071	9.84	0.99	7.73	13.11
第三产业增加值/第二产业增加值	1089	0.88	0.43	0.10	4.04
财政科技支出占比对数	1072	8.50	2.03	3.53	16.15
FDI对数	1026	11.21	2.03	4.42	16.39
人口密度	1073	429.79	324.70	4.72	2539.29
外商投资企业工业产值/规模以上企业工业总产值	1024	0.08	0.10	0.00	0.69

## 四、实证结果

### (一)基础回归

首先对方程(1)进行估计,为控制潜在的序列相关和异方差问题,本文均采用以城市聚类的稳健标准误。如表4所示,奇数列的人力资本集聚变量为大专及以上学历劳动年龄人口占比,偶数列为本科及以上学历劳动年龄人口占比。第(1)和第(2)列为仅控制了人口密度以及时间和城市固定效应的估计结果,能够看出,人力资本集聚的系数显著为正。第(3)、(4)列控制了城市其他影响因素,人力资本集聚的回归系数依然十分显著,不过系数值有所下降。整体看来,本科及以上学历的劳动年龄人口占比的回归系数要比大专及以上学历更大。如果大专及以上学历劳动年龄人口占比增加1个百分点,那么以专利申请数为代理指标的城市创新产出会上升53.78(个/万人)。而本科及以上学历占比每增加1个百分点,则城市创新产出会上升79.68(个/万人)。

表4 基础回归

	(1)	(2)	(3)	(4)
	大专及以上	本科及以上	大专及以上	本科及以上
人力资本集聚	55.766**	86.441***	53.778***	79.677***
	(8.931)	(13.953)	(9.833)	(16.397)

	续表			
	(1)	(2)	(3)	(4)
	大专及以上	本科及以上	大专及以上	本科及以上
产业结构			1.605*** (0.592)	1.592** (0.689)
科技投入			0.906*** (0.245)	0.980*** (0.262)
FDI			-0.190** (0.095)	-0.199** (0.099)
人均GDP			-0.905 (1.023)	-0.576 (1.065)
人口密度	0.009 (0.009)	0.010 (0.009)	0.022 (0.013)	0.022* (0.013)
年份	Y	Y	Y	Y
城市	Y	Y	Y	Y
常数项	-7.242** (0.881)	-1.264*** (0.473)	13.092 (14.822)	11.777 (14.908)
N	1071	1071	989	989
R <sup>2</sup>	0.712	0.606	0.745	0.739
F	19.790	19.700	7.976	7.789

注：括号内为标准误，\*  $p < 0.1$ ，\*\*  $p < 0.05$ ，\*\*\*  $p < 0.01$ ，下同。

## (二)工具变量回归

人力资本集聚与城市创新产出之间可能存在内生性问题，一种是互为因果：地区高水平人力资本集聚有利于促进地区创新，同时，创新产出高的地区也会吸引优秀人才流入，因而二者之间可能存在互为因果的关系。另一种是遗漏变量。虽然文中已经控制了以往研究中较为常见的城市层面的控制变量，但依然很有可能遗漏了其他与创新产出相关的因素。为了解决内生性问题，需要找到合适的工具变量，同时因为本文使用的是面板数据，控制了那些不随时间变化因素的影响，因而，以往文献中常用的早期人口、气候等因素变得不再适用。根据前文，高校扩招对于地区人力资本集聚发挥着至关重要的作用，而且扩招政策是全国统一执行的，并非是创新产出高的地区才实行扩招，属于政策冲击，具备良好的外生性，因而选择高校扩招作为工具变

量。我们遵循前文对于高校扩招强度的构建方法，将城市高校扩招强度作为地区人力资本集聚的工具变量，另外，因为从开始扩招到毕业生进入劳动力市场并稳定下来需要一定的时间，故而将扩招强度滞后 10 年，进行回归。

表 5 为应用工具变量的回归结果。奇数列的解释变量为大专及以上学历劳动年龄人口占比，偶数列为本科及以上学历劳动年龄人口占比。表格上半部分是一阶段回归结果，可以看出，滞后 10 年的高校扩招强度对于地区大专和本科及以上学历劳动年龄人口比例的作用显著为正，且通过了 F 检验，说明城市高校扩招强度越大，越有利于后期城市人力资本集聚。表格的下半部分 Panel B 是使用工具变量后的结果，从第(3)、(4)列可以看出，人力资本集聚对城市创新产出的作用依然显著，城市大专及以上学历劳动年龄人口的比例每增加 1 个百分点，则城市每万人专利申请数会上升 50.81 个。本科及以上学历劳动年龄人口的比例每增加 1 个百分点，则城市每万人专利申请数会上升 65.65 个。高校扩招强度的工具变量识别出了因高校扩招导致的内生变量的处理效应，其经济含义是，高校扩招导致的城市人力资本扩张对城市创新产出的影响。因而那些高校资源丰富的地区，更能够积累丰富的人力资本，从而促进城市的创新产出。

表 5 工具变量回归

	(1)	(2)	(3)	(4)
	大专及以上	本科及以上	大专及以上	本科及以上
Panel A	因变量：大专/本科以上学历劳动人口占比			
L10. 高校扩招强度	1.710*** (0.353)	1.438*** (0.260)	1.759*** (0.327)	1.362*** (0.264)
F 检验	23.45	30.62	28.89	26.60
Panel B	因变量：城市创新产出			
人力资本集聚	56.194** (27.515)	66.838** (32.243)	50.812* (26.697)	65.648* (34.664)
产业结构			1.266 (1.478)	0.572 (1.415)
科技投入			0.685*** (0.246)	0.737*** (0.245)
FDI			0.078 (0.179)	-0.007 (0.150)
人均 GDP			-1.574 (1.686)	-1.351 (1.600)

	续表			
	(1)	(2)	(3)	(4)
	大专及以上	本科及以上	大专及以上	本科及以上
人口密度	-0.026 (0.012)	-0.025** (0.011)	-0.026** (0.012)	-0.026** (0.011)
年份	Y	Y	Y	Y
城市	Y	Y	Y	Y
N	394	394	388	388
R <sup>2</sup>	0.137	0.182	0.170	0.199
F	5.760	6.18	3.636	3.644

注：L10. 表示滞后 10 年，下同。

### (三)集聚效应与空间溢出效应分解

人力资本的空间集聚对创新产出的效应主要来自两个方面：一是人力资本在城市集聚，由集聚效应导致的创新产出的增长；二是相邻地区人力资本集聚与本地地区的空间相关性导致的空间溢出效应，从而促进了本地的创新产出。为了进一步分析人力资本集聚对城市创新产出的集聚效应和空间溢出效应，需要将人力资本进行分解，使用 G 指数进行空间过滤，对方程(4)进行估计。

回归结果如表 6 所示。前两列的解释变量为大专及以上学历劳动年龄人口占比，后两列解释变量为本科及以上学历劳动年龄人口占比。均根据空间过滤模型进行分解得到本地集聚效应和空间溢出效应。偶数列为了控制了其他城市层面特征后的结果。从第(2)列的结果可以看出，大专及以上学历劳动年龄人口占比每增加 1 个百分点能够促进城市每万人专利申请数提高 44.46 个，不仅如此，还能够促进周围相邻城市每万人专利申请数提高 88.61 个。本科及以上学历劳动年龄人口占比每增加 1 个百分点，能够促进城市创新产出提高 69.24(个/万人)，空间溢出效应达到 113.6(个/万人)，也就是说，如果周围城市本科及以上学历的人力资本集聚度越高，则周围相邻的城市的创新产出越高。由此证明人力资本的外部性在空间上的作用不可小觑。在控制变量中，产业结构和政府的科技投入均起到了比较显著的促进作用。

表 6 集聚效应与空间溢出效应

	大专及以上		本科及以上	
	(1)	(2)	(3)	(4)
	集聚效应	44.210*** (8.367)	44.463*** (9.038)	70.767*** (0.139)

续表

	大专及以上		本科及以上	
	(1)	(2)	(3)	(4)
空间溢出	86.623*** (13.522)	88.611*** (13.270)	114.573*** (0.225)	113.638*** (0.240)
产业结构		1.563*** (0.546)		1.882*** (0.676)
科技投入		0.873*** (0.231)		1.001*** (0.258)
FDI		-0.132 (0.088)		-0.173* (0.099)
人均GDP		-0.790 (1.017)		-0.281 (1.080)
人口密度	0.024** (0.012)	0.022* (0.013)	0.025* (0.013)	0.023* (0.013)
年份	Y	Y	Y	Y
城市	Y	Y	Y	Y
常数项	-12.253** (5.142)	-11.321 (11.794)	-11.005** (5.477)	-16.129 (12.873)
N	1063	983	1063	983
R <sup>2</sup>	0.745	0.759	0.731	0.746
F	16.542	9.154	15.813	8.056

## 五、异质性分析

### (一)人力资本与其他因素的交互

#### 1. 加入市场化程度因素

新制度经济学认为,制度激励决定了技术创新。对于处于转型发展阶段的我国来说,市场化程度对于地区创新起着非常重要的作用。1992年党的十四大提出建立社会主义市场经济体制,深化经济体制改革,扩大对外开放,国有企业和外资企业的比例远远高于民营企业(王钦和张奎,2018)。党的十七大报告提出,提高自主创新能力,建设创新型国家;党的十八大报告中又提出实施创新驱动发展战略,并出台了一系列激励创新的政策文件。党的十

九大报告指出创新是引领发展的第一动力，是建设现代化经济体系的战略支撑。改革开放 40 多年来，我国逐渐建立和健全社会主义市场经济体制，为企业创新营造了良好的制度环境。本部分加入市场化程度和人力资本集聚的交互项，市场化程度用规模以上外商投资企业工业产值与规模以上企业工业总产值之比表示。

回归结果如表 7 所示。模型(1)、(2)为基础模型，模型(3)、(4)为加入控制变量的结果。可以发现四个模型中交互项的系数均显著为正，说明市场化程度和人力资本之间存在相互作用的机制，市场化程度越成熟越有利于发挥人力资本集聚对城市创新产出的促进作用，尤其对于高水平人力资本来说更是如此。市场化程度和人力资本之间是相辅相成的关系，人力资本水平的提高能够促进知识溢出，降低制度变迁的成本，有利于体制机制改革的有效推进，释放生产要素的活力，进一步促进市场经济更加成熟和完善(赖德胜，2020)。反过来，市场经济的不断发展，为包括人力资本在内的各生产要素提供了良好的制度环境，降低了劳动力市场的分割程度，有利于人力资本的自由流动，从而促进人力资本的生产能力和配置能力的发挥，也更能激发个体的创造力，推动城市创新能力的提高。

表 7 市场化程度回归

	(1) 大专及以上	(2) 本科及以上	(3) 大专及以上	(4) 本科及以上
人力资本集聚	21.640*** (6.882)	25.942* (14.589)	17.618* (9.464)	18.322 (18.737)
人力资本 * 市场化程度	203.673*** (56.142)	312.043*** (1.018)	196.467*** (57.243)	306.353*** (1.011)
市场化程度	-12.926*** (4.781)	-5.202 (3.451)	-10.499** (5.180)	-2.780 (4.741)
产业结构			1.117* (0.604)	1.231* (0.741)
科技投入			0.867*** (0.209)	0.944*** (0.227)
FDI			-0.052 (0.086)	-0.114 (0.092)
人均 GDP			-0.581 (1.022)	-0.252 (1.072)
人口密度			0.020 (0.015)	0.021 (0.015)

续表				
	(1)	(2)	(3)	(4)
	大专及以上	本科及以上	大专及以上	本科及以上
年份	Y	Y	Y	Y
城市	Y	Y	Y	Y
常数项	-1.033*	0.061	-11.929	-14.710
	(0.556)	(0.389)	(12.347)	(13.256)
N	1020	1020	960	960
R <sup>2</sup>	0.732	0.716	0.767	0.755
F	13.811	11.503	7.524	6.453

## 2. 加入户籍制度因素

始于计划经济时期的户籍制度与人力资本要素流动息息相关，随着社会主义市场经济体制的完善，现在的户籍制度更多的是与教育、住房、医疗、社会保障等相挂钩，演化为资源分配的依据。户籍制度是影响人力资本流动的最直接因素，为了探究在户籍约束的背景下人力资本集聚对城市创新的影响，本部分将在原来模型的基础上加入人力资本集聚与户籍制度的交互项。户籍制度指标使用城市迁入人口占城市本地人口的比例来表示，城市迁入人口包括跨省迁入和同省跨市迁入。

回归结果如下。同样可以看到，交互项的系数显著为正，城市迁移人口占比每增加1个百分点，则大专及以上学历人力资本影响的城市创新产出会增加111.93个，本科及以上学历的影响则是113.97个。由此可以看出，城市户籍门槛越低，越有利于人才流入，促进人力资本在城市的积累，从而发挥人力资本的外部性，推动城市创新发展。

表8 户籍制度回归

	(1)	(2)	(3)	(4)
	大专及以上	本科及以上	大专及以上	本科及以上
人力资本集聚	15.486**	13.715	20.976***	22.934
	(6.213)	(10.634)	(7.540)	(14.287)
人力资本*户籍制度	99.680***	101.885***	111.963***	113.970***
	(9.427)	(9.357)	(18.068)	(18.252)
户籍制度	-6.672***	-6.852***	-8.004**	-8.218**
	(2.120)	(2.152)	(3.201)	(3.263)
产业结构			-0.104	0.036
			(0.413)	(0.456)

	续表			
	(1) 大专及以上	(2) 本科及以上	(3) 大专及以上	(4) 本科及以上
科技投入			0.667*** (0.184)	0.686*** (0.193)
FDI			-0.098 (0.068)	-0.107 (0.071)
人均GDP			-1.689** (0.783)	-1.431* (0.808)
人口密度			-0.012* (0.007)	-0.012 (0.007)
年份	Y	Y	Y	Y
城市	Y	Y	Y	Y
常数项	-0.573 (0.649)	0.304 (0.458)	16.316** (7.799)	14.743* (7.909)
N	1073	1073	989	989
R <sup>2</sup>	0.848	0.846	0.862	0.860
F	65.973	64.317	28.078	25.702

### 3. 非线性效应与调节效应

为进一步探讨创新与人力资本集聚和人口密度的关系，本部分选择加入人口密度与人力资本集聚的交互项，用来测量人口密度对城市创新产出的调节效应。此外，还加入了人力资本集聚的二次项，用来分析城市人力资本集聚与城市创新产出之间是否存在非线性关系。回归结果如表9所示。模型(1)和(2)为基础回归，模型(3)和(4)为控制了城市层面因素的回归。模型(3)和(4)的回归结果显示，人口密度与人力资本的交乘项系数在5%的水平下显著为正，说明随着人口密度的增加，大专及本科以上学历劳动年龄人口比重越高，城市创新产出就越高，即城市人口密度的增大，能够促进人力资本在城市集聚，从而促进城市的创新产出。

加入二次项的回归结果显示，一次项显著为正，二次项显著为负，说明人力资本集聚与城市创新产出之间可能存在“倒U型”关系，即人力资本集聚所产生的知识溢出效应与规模经济会在初始阶段发挥较强的正外部性作用，促进城市的创新；但是当人力资本集聚的程度超过了一定限度时，就会导致拥挤效应产生，从而不利于城市创新产出。因为城市资源是有限的，人力资本集聚程度过高时，会使得城市资源的人均占有量下降，交通拥堵、环境舒

适度和公共基础设施享有率下降，这些都会影响城市对创新人才的吸引。

表9 非线性效应与调节效应

	(1) 大专及以上	(2) 本科及以上	(3) 大专及以上	(4) 本科及以上
人力资本集聚	34.066* (20.006)	69.993* (36.860)	50.232* (26.267)	84.946* (46.407)
人力资本集聚*人口密度	0.047** (0.021)	0.080* (0.042)	0.051** (0.024)	0.093** (0.044)
人力资本集聚平方项	-32.154 (45.317)	-227.850 (179.122)	-93.679* (50.094)	-382.786** (185.828)
人口密度	-0.001 (0.011)	0.004 (0.009)	0.011 (0.018)	0.013 (0.017)
产业结构			1.812** (0.746)	1.877** (0.786)
科技投入			0.869*** (0.219)	0.988*** (0.241)
FDI			-0.156* (0.086)	-0.153* (0.087)
人均GDP			-0.770 (0.985)	-0.683 (1.014)
年份	Y	Y	Y	Y
城市	Y	Y	Y	Y
常数项	-2.507 (5.026)	-3.167 (4.036)	-8.188 (13.661)	-9.301 (13.763)
N	1071	1071	989	989
R <sup>2</sup>	0.724	0.720	0.754	0.750
F	9.739	8.671	9.082	8.875

## (二)分区域回归

我国地域辽阔，东中西部地区之间资源分布、经济发展、人口分布等均存在较大差异，为了进一步探究人力资本集聚对城市创新产出在区域上的不同影响，有必要按照区域划分进行回归。结果如表10所示，前三列为加入人力资本集聚二次项的回归结果，后三列为集聚效应与空间效应分解的结果。从前三列可以看出，对于东部地区来说人力资本的一次项和二次项均十分显著，且一次项回归系数为正，二次项的回归系数为负。说明东部地区人力资本集聚与城市创新产出呈现“倒U型”曲线的关系。中部地区一次项回归系数

不显著,但是二次项系数显著为正,说明在中部地区人力资本集聚与城市创新产出并不存在“倒U型”关系,而西部地区加入二次项之后系数变得不再显著,这说明在中部地区和西部地区对人力资本的需求依然十分迫切。

从后三列的回归结果可以看出,人力资本对城市创新产出的集聚和空间效应在东中西部均较为显著。东部地区的集聚效应和空间溢出效应都最高,其次是中部地区,最后是西部地区。空间溢出效应表明,越靠近人力资本集聚程度高的地区,越有利于本地的创新发展。

表10 分区域回归

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	东部	中部	西部	东部	中部	西部
人力资本集聚	148.073*** (35.764)	-0.848 (11.965)	1.222 (4.946)			
人力资本集聚平方项	-199.535** (92.909)	70.259** (34.907)	23.535 (14.745)			
集聚效应				50.760*** (17.572)	21.223*** (7.511)	9.113** (3.554)
溢出效应				110.738*** (24.542)	31.765*** (11.622)	11.645* (6.625)
产业结构	2.367 (1.872)	0.009 (0.391)	0.138 (0.177)	1.651 (1.472)	0.138 (0.398)	0.266 (0.179)
科技投入	1.286*** (0.478)	0.852*** (0.294)	0.016 (0.066)	1.248*** (0.433)	0.815*** (0.282)	0.048 (0.076)
FDI	0.112 (0.353)	-0.003 (0.062)	-0.012 (0.033)	0.063 (0.360)	-0.009 (0.066)	-0.009 (0.034)
人均GDP	-0.022 (2.327)	0.230 (0.618)	-0.279 (0.215)	0.054 (2.378)	0.177 (0.627)	-0.405* (0.234)
人口密度	0.041*** (0.008)	-0.012*** (0.004)	0.004 (0.006)	0.039*** (0.006)	-0.011** (0.004)	0.005 (0.006)
年份	Y	Y	Y	Y	Y	Y
城市	Y	Y	Y	Y	Y	Y
常数项	-46.925* (24.386)	-4.073 (6.082)	1.235 (3.022)	-38.794* (22.976)	-4.707 (6.163)	1.567 (3.159)
N	347	387	228	341	387	228
R <sup>2</sup>	0.794	0.678	0.697	0.797	0.673	0.691
F	15.449	4.316	1.804	21.394	2.619	2.707

## 六、稳健性检验

### (一) 去除直辖市

我国各省市行政单位层级较多,而且北京、天津、上海和重庆等四个直辖市因为政策红利、历史积累等因素使得经济发展水平远高于其他的地市,为了检验上述回归结果的稳健性,本部分将去除四个直辖市样本进行回归,回归结果如下。前两列为人力资本集聚对城市创新的普通面板数据回归,后两列则是对人力资本集聚进行分解后的回归。可以看出,人力资本集聚对城市创新产出的影响依然显著为正,而且和表3基础回归结果相差无几。同样,对于集聚效应和空间效应的分解结果也和前文的回归结果十分接近,由此说明人力资本集聚以及空间溢出效应对于城市创新产出的作用确实明显,而且也证明了回归结果的稳健性和可靠性。

表 11 去除直辖市回归

	(1) 大专及以上	(2) 本科及以上	(3) 大专及以上	(4) 本科及以上
人力资本集聚	53.332*** (10.083)	79.722*** (17.512)		
集聚效应			43.496*** (9.229)	69.328*** (17.249)
溢出效应			91.283*** (13.484)	116.080*** (24.672)
产业结构	1.623** (0.696)	1.752** (0.772)	1.437** (0.637)	2.089*** (0.765)
科技投入	0.997*** (0.247)	1.075*** (0.266)	0.941*** (0.237)	1.095*** (0.262)
FDI	-0.198** (0.094)	-0.204** (0.099)	-0.141 (0.088)	-0.180* (0.099)
人均GDP	-0.901 (1.046)	-0.528 (1.082)	-0.865 (1.049)	-0.204 (1.099)
人口密度	0.022 (0.013)	0.022* (0.014)	0.022* (0.013)	0.023* (0.013)
常数项	-11.290 (12.504)	-13.863 (13.056)	-10.637 (12.392)	-17.579 (13.263)

	续表			
	(1)	(2)	(3)	(4)
	大专及以上	本科及以上	大专及以上	本科及以上
N	975	975	969	969
R <sup>2</sup>	0.743	0.736	0.758	0.744
F	6.152	5.827	7.986	6.381

## (二)使用专利授权量

为了检验创新结果的稳健性,本部分将三种专利授权量作为被解释变量进入回归。回归结果如下表。依然可以看出,人力资本集聚以及集聚效应与溢出效应的系数十分显著,且本科及以上人力资本集聚对创新的正向影响更高,这和前文的结论一致,再次证明了上文回归结果的稳健性。

表12 专利授权量回归

	(1)	(2)	(3)	(4)
	大专及以上	本科及以上	大专及以上	本科及以上
人力资本集聚	49.807*** (9.038)	75.821*** (15.803)		
集聚效应			38.848*** (8.478)	61.708*** (15.715)
溢出效应			91.563*** (12.308)	126.113*** (20.352)
产业结构	1.647*** (0.579)	1.588** (0.682)	1.524*** (0.502)	1.782*** (0.644)
科技投入	0.845*** (0.208)	0.915*** (0.217)	0.794*** (0.181)	0.926*** (0.202)
FDI	-0.166* (0.086)	-0.172* (0.090)	-0.095 (0.079)	-0.129 (0.087)
人均GDP	-1.457* (0.863)	-1.194 (0.901)	-1.358 (0.827)	-0.890 (0.888)
人口密度	0.022* (0.012)	0.023* (0.012)	0.023* (0.012)	0.024* (0.012)
常数项	-5.193 (9.753)	-6.553 (10.258)	-5.262 (9.261)	-9.996 (10.365)

续表				
	(1)	(2)	(3)	(4)
	大专及以上	本科及以上	大专及以上	本科及以上
N	989	989	983	983
R <sup>2</sup>	0.718	0.711	0.746	0.729
F	9.660	8.662	10.555	8.774

### (三) 空间杜宾模型回归

一个地区的创新产出不仅受到本地区人力资本水平的影响,还可能会受到相邻地区人力资本水平溢出效应的影响。基于此选择建立空间杜宾模型,该模型能够根据空间效应作用的范围和对象的不同,将空间计量模型中自变量对因变量的影响分为直接效应、间接效应(空间溢出效应)和总效应,以此来识别地区人力资本空间集聚对创新产出的集聚效应和溢出效应。由于*i*城市的人力资本集聚会受到*j*城市人力资本集聚水平的影响,模型设定如下:

$$Inn_{it} = \beta_0 + \rho W_{ij} Inn_{it} + \beta_1 hum_{it} + \delta W_{ij} hum_{jt} + \gamma X_{it} + \eta W_{ij} X_{jt} + u_{it} \quad (5)$$

其中, $Inn_{it}$ 是观测单位*i*在时间*t*上的被解释变量,也就是城市*i*的创新产出, $i=1, \dots, N, t=2000, 2005, 2010, 2015$ ;  $\rho$ 是空间自回归系数,反映了空间邻近城市创新产出对于本城市创新产出的影响程度。 $hum_{it}$ 是本地人力资本集聚对创新产出的影响; $W_{ij}$ 是空间权重矩阵*W*的第*i*和*j*个元素。 $W_{ij} hum_{jt}$ 是邻近区域人力资本集聚程度, $\delta$ 则反映了邻近城市的人力资本集聚程度对本地创新的影响; $X_{it}$ 为影响本地城市创新产出的控制变量, $X_{jt}$ 为邻近地区影响本地创新的控制变量。 $u_{it}$ 是误差项。

因为知识和教育具有空间溢出效应,空间权重矩阵的选择十分重要,人力资本的分布很可能受地缘关系影响,因而,我们选择二元毗邻矩阵:

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

回归结果如下表。前三列为大专及以上学历人力资本集聚对城市创新产出的影响,(4)–(6)列为本科及以上人力资本集聚对城市创新产出的影响。可以看出,人力资本集聚的系数显著为正。以大专及以上学历组为例,直接效应即人力资本的本地集聚每增加1个百分点,则城市创新产出会上升43.55(个/万人)(前文为44.46),间接效应显示了相邻地区大专及以上学历劳动年龄人口占比每增加1个百分点,则本地城市的创新产出会上升83.66(个/万人)(前文为88.61),再次证明了人力资本集聚对城市创新产出的空间溢出效应的稳健性。此外,空间自回归系数 $\rho$ 显著为正,表明城市的创新产出之间也存在空间相

关性,如果相邻地区城市的创新产出较高,能力较强,则有利于促进本地区的创新发展。

表 13 空间杜宾模型回归

	大专及以上			本科及以上		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	直接效应	间接效应	总效应	直接效应	间接效应	总效应
人力资本集聚	43.554*** (9.837)	83.662** (35.040)	127.216*** (39.653)	65.669*** (15.294)	101.082 (63.994)	166.751** (69.367)
产业结构	0.653 (0.635)	-0.409 (1.719)	0.243 (1.733)	0.664 (0.499)	1.123 (2.068)	1.787 (2.010)
科技投入	0.467*** (0.170)	-0.177 (0.407)	0.290 (0.372)	0.458** (0.182)	-0.084 (0.411)	0.374 (0.388)
FDI	-0.027 (0.098)	-0.289 (0.472)	-0.316 (0.495)	-0.049 (0.107)	-0.389 (0.536)	-0.439 (0.575)
人均 GDP	-1.696*** (0.571)	-2.591 (2.278)	-4.287* (2.200)	-1.404*** (0.536)	-1.090 (2.340)	-2.495 (2.234)
人口密度	0.023* (0.013)	0.022 (0.018)	0.045* (0.024)	0.022* (0.013)	0.024 (0.020)	0.046* (0.025)
$\rho$	0.538*** (0.052)			0.564*** (0.050)		
N	844			844		
R <sup>2</sup>	0.078			0.084		
Log-likelihood	-1457.777			-1457.777		

## 七、结论与启示

本文使用 2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年的人口普查与全国 1% 人口抽样调查的样本数据,并且收集对应年份的城市专利数据,分析了人力资本集聚和空间溢出对城市创新产出的影响。

首先,基础面板回归模型表明,如果大专及以上学历劳动年龄人口占比增加 1 个百分点,那么城市专利申请数会上升 53.78(个/万人);本科及以上占比每增加 1 个百分点,则会上升 79.68(个/万人)。为了解决城市人力资本集聚与城市创新产出之间可能存在内生性问题,将高校扩招强度作为地区人力资本集聚的工具变量进行 2SLS 回归,发现人力资本集聚对城市创新产出的作用依然十分显著,城市大专及以上学历劳动年龄人口的比例每增加 1 个百分

点,则城市创新产出会上升 50.81(个/万人);本科及以上学历的比例每增加 1 个百分点,则城市创新产出会上升 65.65(个/万人)。这说明了高校扩招导致的城市人力资本扩张对城市创新产出的影响。那些高校资源丰富的地区,受益于高校扩招政策,能够积累更丰富的人力资本,从而促进城市的创新产出。

其次,人力资本对创新产出的效应包括集聚效应和溢出效应。研究发现大专及以上学历劳动年龄人口占比每增加 1 个百分点,能够促进城市创新产出提高 44.46(个/万人),溢出效应表明人力资本集聚可以促进周围相邻城市的创新产出提高 88.61(个/万人);本科及以上学历劳动年龄人口占比每增加 1 个百分点,能够促进城市创新产出提高 69.24(个/万人),空间溢出效应达到 113.6(个/万人),由此验证了人力资本集聚的空间溢出效应显著存在,本地创新产出受到相邻地区人力资本空间集聚溢出效应正向影响。

第三,异质性分析结果表明,市场化程度越高越有利于发挥人力资本集聚对城市创新产出的促进作用,尤其是高水平人力资本更是如此。市场化程度和人力资本之间是相辅相成的,人力资本水平的提高能够促进知识溢出,推动体制机制改革,进而促进市场经济的成熟。而市场经济的发展降低了劳动力市场的分割程度,也为人力资本提供了良好的发展环境,从而有利于人力资本的生产能力和配置能力的发挥,推动城市创新发展。户籍制度与人力资本的交互作用表明,城市户籍门槛的降低能够促进人力资本的流入,从而提高城市创新产出。城市人口密度与人力资本的交互回归显示随着城市人口密度的增大,人力资本在城市的集聚程度会上升,有利于促进城市的创新产出。加入人力资本集聚的平方项以后,发现二次项系数为正,说明人力资本集聚所产生的知识溢出效应与规模经济会在初始阶段发挥较强的正外部性作用,促进城市的创新。但是当人力资本集聚的程度超过了城市的承载力时,也会导致拥挤效应产生。

以上结论证明了人力资本集聚和空间溢出效应对城市创新产出的重要影响。高校扩招增加了城市人力资本的密度,从而促进了城市的创新产出。未来经济增长的新动能将转向创新驱动,构建“更有效率、更高质量、更加公平、更可持续、更为安全”的新发展格局,离不开创新驱动的发展战略,而要促进创新发展,提高创新能力,缩小地区间的发展差距,不仅需要提高城市自身的人力资本密度,还需要充分利用相邻地区人力资本的空间溢出效应(赖德胜等,2020)。需要进一步深化要素市场化配置改革,打破人力资本市场分割;完善社会主义市场经济体制,建立健全现代化经济体系,促进各市场要素活力竞相迸发;改革户籍制度,降低人才合理流动的门槛,充分发挥人力

资本的空间溢出效应。

### [参考文献]

- 陈得文、苗建军, 2012:《人力资本集聚、空间溢出与区域经济增长——基于空间过滤模型分析》,《产业经济研究》第4期。
- 陈俊杰、钟昌标, 2020:《高级人力资本跨省流动、要素多样化集聚与城市技术创新》,《江西社会科学》第11期。
- 赖德胜、苏丽锋, 2020:《人力资本理论对中国劳动力市场研究的贡献》,《北京大学教育评论》第1期。
- 赖德胜、苏丽锋、李长安等, 2020:《2020中国劳动力市场发展报告》,北京:北京师范大学出版社。
- 李晨、覃成林、任建辉, 2017:《空间溢出、邻近性与区域创新》,《中国科技论坛》第1期。
- 李婧、谭清美、白俊红, 2010:《中国区域创新生产的空间计量分析——基于静态与动态空间面板模型的实证研究》,《管理世界》第7期。
- 李天健、侯景新, 2015:《中国人力资本的空间集聚与分布差异》,《世界经济文汇》第3期。
- 梁军、赵青, 2018:《教育人力资本及其溢出效应对中国科技创新的影响研究——基于省际面板数据的经验分析》,《上海大学学报(社会科学版)》第6期。
- 马明, 2016:《我国相邻区域人力资本与区域创新能力的非线性关系研究》,《技术经济与管理研究》第10期。
- 倪进峰、李华, 2017:《产业集聚、人力资本与区域创新——基于异质产业集聚与协同集聚视角的实证研究》,《经济问题探索》第12期。
- 孙瑜康、孙铁山、席强敏, 2017:《北京市创新集聚的影响因素及其空间溢出效应》,《地理研究》第12期。
- 王桂新、潘泽瀚、陆燕秋, 2012:《中国省际人口迁移区域模式变化及其影响因素——基于2000和2010年人口普查资料的分析》,《中国人口科学》第5期。
- 王钦、张奎, 2018:《中国工业企业技术创新40年:制度环境与企业行为的共同演进》,《经济管理》第11期。
- 王周伟、崔百胜、张元庆, 2017:《空间计量经济学——现代模型与方法》,北京:北京大学出版社。
- 吴爱东、王娟, 2019:《技术创新,还是结构升级效率?——推动高质量发展的主导动能分析》,《科技管理研究》第14期。
- 徐浩、冯涛, 2018:《制度环境优化有助于推动技术创新吗?——基于中国省际动态空间面板的经验分析》,《财经研究》第4期。
- 郑玉, 2017:《人力资本集聚、空间溢出与产业结构转型升级——基于空间过滤模型的区

- 域对比分析》，《经济问题探索》第12期。
- 周锐波、胡耀宗、石思文，2020：《要素集聚对我国城市技术进步的影响分析——基于OLS模型与门槛模型的实证研究》，《工业技术经济》第2期。
- Abel, J. R. and T. M. Gabe, 2011, “Human Capital and Economic Activity in Urban America”, *Regional Studies*, 45(8): 1079–1090.
- Acemoglu, D., 2003, “Patterns of Skill Premia”, *The Review of Economic Studies*, 70(2): 199–230.
- Bahar, D., C. Prithwiraj and R. Hillel., 2020, “Migrant Inventors and the Technological Advantage of Nations”, *Research Policy*, 49(9): 103947.
- Berry, C. R. and E. L. Glaeser, 2005, “The Divergence of Human Capital Levels across Cities”, *Papers in Regional Science*, 84(3): 407–444.
- Carlino, G. A., S. Chatterjee and R. M. Hunt, 2007, “Urban Density and Rate of Inventions”, *Journal of Urban Economics*, 61(3): 389–419.
- Carod, A. and M. Josep, 2013, “Location Determinants of New Firms: Does Skill Level of Human Capital Really Matter?”, *Growth and Change*, 44(1): 118–148.
- Ciccone, A., 2002, “Agglomeration Effects in Europe”, *European Economic Review*, 46(2): 213–227.
- Ciccone, A. and E. Papaioannou, 2009, “Human Capital, the Structure of Production and Growth”, *The Review of Economics and Statistics*, 91(1): 66–82.
- Ciccone, A. and R. E. Hall, 1996, “Productivity and the Density of Economic Activity”, *American Economic Review*, 86(1): 54–70.
- Edward, L. G. and A. Saiz, 2004, “The Rise of the Skilled City”, *Brookings-Wharton Papers on Urban Affairs*, (1): 47–105.
- Fu, Y. and S. A. Gabriel, 2012, “Labor Migration, Human Capital Agglomeration and Regional Development in China”, *Regional Science and Urban Economics*, 42(3): 473–484.
- Krugman, P., 1991, “Increasing Returns and Economic Geography”, *Journal of Political Economy*, 99(3): 483–499.
- Lucas, R. E., 1990, “Why Doesn’t Capital Flow from Rich to Poor Countries?”, *American Economic Review*, 80(2): 92–96.
- Moretti, E., 2004, “Estimating the Social Return to Higher Education: Evidence from Longitudinal and Repeated Cross-sectional Data”, *Journal of Econometrics*, 121(1): 175–212.
- Moser, P., A. Voena and F. Waldinger, 2014, “German Jewish Emigres and US Invention”, *American Economic Review*, 104(10): 3222–3255.
- Winters, J. V., 2011, “Why Are Smart Cities Growing? Who Moves and Who Stays?”, *Journal of Regional Science*, 51(2): 253–270.

## Human Capital Spatial Agglomeration and Urban Innovation

HUANG Jin-ling

(Business School, Beijing Normal University)

**Abstract:** The spatial agglomeration of human capital is one of the typical characteristics of human capital flow in China, which expands the externality of human capital. From the perspective of spatial agglomeration, this paper uses 2000—2015 population census data, sample survey data and patent data to explore the impact of spatial agglomeration of human capital on urban innovation. We found that 1 percentage point increase in the working-age population with a college degree or above, the number of patent applications per 10,000 people in a city increases by nearly 54. Taking higher education enrollment expansion as an instrumental variable, 2SLS regression shows that this effect is still significant. It indicates that university enrollment expansion leads to the enhancement of urban human capital agglomeration and thus promotes innovation output. According to the Getis spatial filtering model, the spatial effect is divided into agglomeration effect and spillover effect. It is found that a 1 percentage point increase in the proportion of working-age population with college degree or above can increase the number of patent applications per 10,000 people in the city by more than 40, and the spillover effect can increase by nearly 90. In addition, the degree of marketization, household registration threshold, population density and other factors all affect the urban innovation output to different degrees. To promote urban innovation, it is necessary not only to improve the density of human capital, but also to further deepen the market-oriented allocation reform of factors and give full play to the spatial spillover effect of human capital.

**Key words:** human capital agglomeration; spatial spillover; urban innovation; higher education enrollment

(责任编辑: 孟大虎 责任校对: 孟大虎 孙志军)