

城市规模、人力资本与中国城市创新能力*

高翔

摘要：从最大化创新能力的角度来探讨中国城市的最优规模，尝试用 1997—2010 年中国地级及以上城市面板数据，以发明专利授权量作为城市创新能力的代理变量，以实证检验城市规模、人力资本对中国城市创新能力的影响。结果表明城市规模和人力资本对城市创新能力提升具有贡献作用；并且，城市规模的扩大可以强化人力资本的作用，产生知识溢出效应，同时人力资本的提升也会使城市规模增大带来的聚集经济效应更明显，二者具有相互加强互为依托的关系。但城市聚集程度的另一个度量指标就业人口密度对人均创新产出没有明显影响。

关键词：城市规模；人力资本；创新

中图分类号：F061.5 **文献标识码：**A **文章编号：**0257-5833(2015)03-0049-10

DOI:10.13644/j.cnki.cn31-1112.2015.03.006

作者简介：高翔，广东外语外贸大学会计学院讲师（广东 广州 510006）

一、引言

城市化作为经济发展的一个重要伴生现象，无论在我国学术界还是在经济政策讨论一直都是一个热点问题。然而，中国应该走一条什么样的城市化道路，应该优先发展大城市还是促进小城镇发展这些问题始终没有在学术界形成共识。本文试图回答的问题是城市化产生的聚集经济和人力资本外部性是否能对中国城市的人均创新成果产生重要贡献。城市经济学理论在解释城市的作用时指出近距离（即人口在地理空间上的集聚）可以发挥聚集经济和人力资本外部性的优势从而促进创新^①。一些实证分析利用许多国家不同时期的数据都发现一个国家的创新产出大部分集中在城市中，特别是主要的大城市中^②。如果城市化能够显著增加中国各城市的人均创新产出，那么也就意味着能够为提升整个国家的创新能力起到重要作用。

本文研究发现城市规模增大产生的聚集经济，人力资本自身及其通过城市规模扩大产生的外

收稿日期：2014-12-23

* 本文系贵州省科学技术厅、贵州财经大学软科学联合基金项目“高铁时代贵州省城市经济发展战略研究”（项目编号：黔科合 LH 字 [2014] 7253）的阶段性成果。

① Jacobs, J., *The Economy of Cities*, New York: Vintage Books, 1969. Gaspar, J. and Glaeser, E., “Information Technology and the Future of Cities”, *Journal of Urban Economics*, 43, 1998. pp. 136-156. Duranton, G. and Puga, D., “Nursery Cities: Urban Diversity, Process Innovation and the Life Cycle of Products”, *American Economic Review*, 91(5), 2001. pp. 1454-1477.

② 参见 Audretsch and Feldman (1996), Paci, R., and Usai S. (1999), Anderson et al (2005), Moretti (2010) 在美国、意大利、瑞典的发现。在本文的样本中，以 2010 年为例，发明专利授权量最多的 20 个城市占当年全部城市总量的 72.3%，而最多的 3 个城市北京、深圳、上海之和占总量的 38.0%。

部性，都能够显著地提高人均创新产出。因此从提高创新能力看中国现有城市规模仍然偏小，这与之前研究者从最大化人均产业增加值和经济增长角度得到的结论是一致的，也为户籍制度限制人口流动产生的效率损失提供了一个新证据^①。本文的可能创新之处有 3 点：（1）以在城市水平研究聚集经济和人力资本外部性对创新能力的作用，区别之前的文献主要是在省和更大区域水平上的研究；（2）从最大化创新能力而不是短期经济效率角度探讨最优城市规模；（3）将城市就业人口密度纳入了分析范围。

二、文献综述

Marshall 研究发现城市中更多的企业、劳动力及其密度能够提升生产效率和促进知识的传播，促进创新和产业增长^②。Duranton and Puga 系统归纳了解释聚集经济发生机制的微观理论模型^③。Koopmans 和 Mills 解释了企业聚集在一起可以共享大的不可分投入品^④；Becker and Murphy 和 Duranton 认为人们聚集在城市中可以促进分工并且共享分工和专业化带来的高效率^⑤；另外一些理论模型解释了聚集如何增加企业与工人匹配的可能性^⑥和匹配质量^⑦。虽然这些理论模型主要针对的是企业和劳动力，但这些理论思想和逻辑可以直接引申到创新发明活动中。从事发明创造需要购买或租赁试验器材、资料，需要寻找合作伙伴进行分工合作和信息交流，申请和交易专利需要相关法律和咨询服务，所有这一切在从业人数众多、服务业发达的大中城市都更容易实现而在小城市和农村却难以完成。另外 Ciccone and Hall 认为城市就业人口密度增加时既可以带来拥挤效应，又可以产生聚集效应促进生产的规模报酬递增，因此密度增加的净效应取决于边际拥挤效应和边际聚集效应哪个占优势^⑧。

在国内研究中，梁琦、钱学锋对城市和空间经济学中关于聚集经济的重要理论和实证文献进行了系统地梳理和总结，并且认为当前研究更加关注聚集产生的金融外部性（Pecuniary Externalities）而相对忽视了由知识外部性和信息溢出产生的技术外部性^⑨。范剑勇、李方文综述了对中国制造业空间聚集的研究成果，学者们普遍认可货币外部性^⑩对经济效率和经济增长的显著正向作用，但对技术外部性的作用未能达成共识^⑪。

另外在创新研究方面，早在 20 世纪 90 年代初我国学术界就已经关注提升自主创新能力和转

① 作者在一些学术会议中报告本文时，有学者就这一结果提出质疑，认为中国的城市规模相对于发达国家，如美国，已经相当大。但美国的“城市”概念（city）仅指一片具有自身社区管理中心的地区，不是真正的整个城市。与中国市辖区相对应的概念应该是统计和学术研究中使用的城市统计区（MSA, Metropolitan Statistical Area），按照这个概念计算的美国城市平均规模要比中国大。

② Marshall, A., *Principles of Economics*, London: Macmillan, 1890.

③ Duranton, G. and Puga, D., *Micro-Foundations of Urban Agglomeration Economies*, in Henderson V. and Thisse F. (eds.), *Handbook of Regional and Urban Economics*, Amsterdam: North-Holland, Vol. 4. 2004. pp. 2063-2117.

④ Koopmans, T. C., *Three Essays on the State of Economic Science*, New York: McGrawHill, 1957. Mills, E., “An Aggregative Model of Resource Allocation in a Metropolitan Area”, *American Economic Review Papers and Proceedings*, 57(2), 1967. pp. 197-210.

⑤ Becker, G. and Murphy, K., “The Division of Labor, Coordination Costs, and Knowledge”, *Quarterly Journal of Economics*, 107(4), 1992. pp. 1137-1160. Duranton, G., “Labor Specialization, Transport Costs, and City Size”, *Journal of Regional Science*, 38(4), 1998. pp. 553-573.

⑥ Butters, G., “Equilibrium Distributions of Sales and Advertising Prices”, *Review of Economic Studies*, 44(3), 1977. pp. 465-491. Hall, R., “Theory of the Natural Unemployment Rate and the Duration of Employment”, *Journal of Monetary Economics*, 5(2), 1979. pp. 153-169.

⑦ Helsley, R. and Strange, W., “Matching and Agglomeration Economies in a System of Cities”, *Regional Science and Urban Economics*, 20(2), 1990. pp. 189-212.

⑧ Ciccone, A. and Hall, R. E., “Productivity and the Density of Economic Activity”, *American Economic Review*, 86, 1996. pp. 54-70.

⑨ 梁琦、钱学锋：《外部性与集聚：一个文献综述》，《世界经济》2007 年第 2 期。

⑩ 货币外部性和金融外部性对应的英文名称都是“Pecuniary Externalities”，为同一概念，区别仅在于不同学者的翻译习惯。

⑪ 范剑勇、李方：《中国制造业空间集聚的影响：一个综述》，《南方经济》2011 年第 6 期。

变经济增长方式的问题,国内关于创新能力的研究主要关注了研发支出的效率和地区差别^①;外商直接投资对我国自主创新能力的影晌^②;企业的创新能力、动机和市场力量对创新的影响^③等方面。这些研究的基本结论是我国不同地区的研发能力和研发资本的效率存在巨大差别;外商直接投资对我国企业创新能力和生产率的正向溢出效应有限;我国企业重在外围和应用领域创新,缺乏核心技术创新,企业创新能力提升受限于缺乏政府有力支持和高素质创新人才。

使用省级产业水平的数据,彭向、蒋传海研究了区域内知识溢出和企业竞争对地区产业创新的影响,发现知识溢出对产业创新具有促进作用^④。这些研究成果检验和解释了人力资本、聚集经济以及知识溢出对我国省级地区创新和产业增长的影响,但是没有将分析重点放在城市水平上,没有强调城市在国家整体创新能力中的作用。城市特别是主要大城市的创新能力体现了整个国家的创新能力,城市才是创新研究中最需要关注的单位,基于城市水平数据的研究结果更有利于制订提升自主创新能力的城市和区域发展政策。

三、模型设定

为了在城市水平上分析城市聚集程度和人力资本对城市创新能力的影响以及这些效应之间的关系,我们使用的基本计量模型是:

$$patent_density_{it} = \alpha + \beta_1 emp_{it} + \beta_2 density_{it} + \beta_3 stu_{it} + X'_{it}\beta + A_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$$

其中*i*表示城市,*t*表示年份,*patent_density_{it}*是专利密度即每万人发明专利授权量,是模型的被解释变量;*emp_{it}*是就业人口数量,*density_{it}*是就业人口密度,是一个城市聚集程度的两个衡量指标;*stu_{it}*是每万人在校大学生数,衡量的是一个城市的平均人力资本。*X_{it}*是其他会对创新发明产生影响的控制变量,在数据部分还会对以上模型中的变量进行进一步的说明。*A_i*是城市固定效应,代表各城市不同但是在各年度间不变或变化很小的影响因素,如地理位置、行政级别、享受的开放政策等。*λ_t*是年份时间固定效应,表示依时间变化而在各城市之间变化不大的影响因素,如专利政策法律、知识产权保护意识、加入WTO,整个国家对创新发明的重视程度等。*ε_{it}*是随机干扰项,包括可能影响专利发明但又没有包括进模型的随时间变化而又在各城市之间不同的其他影响因素。

随机干扰项*ε_{it}*可能包含的因素有企业、个人和科研院所的研发支出,地方专利政策,城市产业结构等。但是现有可得数据中没有这些变量的测度或者只有近似度量,如果这些遗漏变量与主要自变量相关,OLS回归结果中这些自变量的系数估计值将会是有偏的。比如就业人口规模、密度很可能与未观测到的研发支出正相关或负相关,即主要自变量与随机干扰项相关,产生内生性问题造成估计的偏误^⑤。虽然我们在OLS回归之外加入了城市固定效应和年度固定效应,消去了地理位置、行政级别等年度间不变和国家专利政策法规等各城市之间不变的因素,从而部分地解决了遗漏变量问题。但是未观测到的人均研发和地方创新政策在各城市间和各年度间都会发生

① 李习保:《中国区域创新能力变迁的实证分析:基于创新系统的观点》,《管理世界》2007年第12期。吴玉鸣:《空间计量经济模型在省域研发与创新中的应用研究》,《数量经济技术经济研究》2006年第5期。严周铭山、龚六堂:《知识生产、创新与研发投资回报》,《经济学(季刊)》2010年第3期。

② 孙文杰、沈坤荣:《技术引进与中国企业的自主创新:基于分位数回归模型的经验研究》,《世界经济》2007年第11期。邢斐、张建华:《外商技术转移对我国自主研发的影响》,《经济研究》2009年第6期。

③ 路风、慕玲:《本土创新、能力发展和竞争优势》,《管理世界》2003年第12期。吴延兵:《企业规模、市场力量与创新:一个文献综述》,《经济研究》2007年第5期。李宏彬、李杏、姚先国、张海峰、张俊森:《企业家的创业与创新精神对中国经济增长的影响》,《经济研究》2009年第10期。

④ 彭向、蒋传海:《产业集聚、知识溢出与地区创新——基于中国工业行业的实证检验》,《经济学(季刊)》2001年第3期。

⑤ 在样本中,就业人口数量、密度和每万人在校大学生数与人均地方财政中科学支出的相关系数分别是0.123、-0.086和0.153。可以预见这些主要自变量与未观测的企业、个人科研支出的相关系数的方向是难以预期的。

变化，如果它们与城市规模和平均人力资本水平这些核心解释变量相关，仍会使估计结果产生误差。为了进一步解决内生性问题并且观察系数估计值的一致性和稳健性，我们还使用了动态面板数据模型，即在自变量中加入因变量的滞后期（本文经检验后使用的是滞后一期）。为了克服滞后因变量与随机干扰项相关带来的估计偏误问题，我们采用了常用的 GMM 估计法^①。我们在分析结果部分同时报告 OLS、城市固定效应和动态面板数据 GMM 估计的结果，以便比较各估计值和观察它们的稳健性。由于基本分析中不能完全解决核心解释变量的内生性问题，并且本文使用的人力资本的度量指标不是非常准确，稳健性分析中使用 1990 年横截面人口普查数据分析了城市规模和平均人力资本水平对人均创新成果增长率的影响。两方面的分析结果进行比较可以进一步检验分析结论的可信性。

四、数据分析

本文使用的专利数据来自于中国专利信息网按地址检索的结果，其他变量来自历年《中国城市统计年鉴》，另外稳健性分析部分使用的 1990 年人口普查数据来自中国国家统计局和美国明尼苏达大学人口研究中心 IPUM 数据系列。本文的研究对象是中国地级及以上城市，如未加特别说明，变量的统计口径是各市的市辖区，不包括下辖的县城和农村地区。

使用专利数量作为衡量创新成果的指标是创新研究中的常用方法之一，Griliches 系统总结了使用专利来研究创新和其他相关问题的文献^②。依照创新水平从高到低的顺序，中国专利分为发明专利、实用新型专利和外观设计专利，并且每年每种专利都有申请量和授权量两个指标。在基本分析中，本文使用的是创新水平最高的发明专利授权量作为创新能力的衡量标准。在时间方面，考虑到创新发明的时间（假定为 1 年）和申请受理的时间（一般为 1—2 年），本文回归方程中控制变量均为滞后 3 期的数据。

本文将第二、三产业单位从业人数与个体及私营从业人数相加得到总就业人数，用来衡量城市的经济规模。而就业密度是就业人数与建成区面积之比。另外使用每万人在校大学生数来间接度量一个城市的人力资本水平。为了验证这种做法的可靠性以及检验可能的估计偏误，本文利用 1990 年人口普查数据计算了每个城市拥有大专以上学历人员占总人口的比例来度量每个城市的人均人力资本水平并进行了稳健性分析，其结果与使用每万人在校大学生数的基本分析是一致的。

在其他控制变量中我们采用地方财政中的科学支出来反映一个城市的研发投入状况。电信业务量和互联网用户数反映了城市的现代通信技术发展状况。外商直接投资有可能对本土企业技术创新产生溢出效应^③，我们用外资和港澳台资企业工业总产值来反映这种溢出作用。城市文化娱乐生活设施和其他优越性（urban amenities）可以吸引更多的优秀人才或者直接促进创新，我们采用人均道路面积，绿地面积作为其代理变量。不同行业的人均创新产出有显著差别，各地区的主导产业也不同，但总体而言制造业仍是中国最重要、就业人数最多的行业，同时也是产生专利的重要行业。所以制造业从业人员占全部从业人员的比例可以部分控制城市产业结构不同对创新发明的影响。

需要说明的是，本文所使用的自变量不是全部都包含 1994—2007 年的观测值，部分控制变

① 动态面板数据模型及其中 GMM 估计法的应用在 Arellano and Bond(1991), Arellano and Bover(1995) 及 Blundell and Bond(1998) 中有详细介绍。Arellano, M., and Bond, S., "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations", *Review of Economic Studies*, 58(2), 1991. pp. 277-297. Arellano, M., and Bover, O., "Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error Components Models", *Journal of Econometrics*, 68(1), 1995. pp. 29-51. Blundell, R. and Bond, S., "Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models", *Journal of Econometrics*, 87(1), 1998. pp. 115-143.

② Griliches, Z., "Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey", *Journal of Economic Literature*, 28, 1990. pp. 1661-1707.

③ 邢斐、张建华：《外商技术转移对我国自主研发的影响》，《经济研究》2009 年第 6 期。

量是后续年份才陆续开始统计的,但所有变量的数据都包含了2001—2007年时间段。另外我国于2000年对《中华人民共和国专利法》进行了第二次修订,2001年加入WTO,这些事件都有可能对专利发明产生重要影响。基于以上原因,除了使用1997—2010年总样本外,我们还用2004—2010年子样本进行了相应的分析,以比较结果的变化和稳健性,各变量的描述统计结果见表1^①。

表1 描述统计结果

变量名	样本容量	平均值	标准差	最小值	最大值
发明专利授权量(个,1997—2010)	3085	176.677	1031.848	0	28793
就业人数(万人,1994—2007)	3085	39.845	65.051	1.830	837.691
就业人口密度(万人/平方公里,1994—2007)	3085	0.576	0.403	0.024	4.425
每万人在校大学生(人,1994—2007)	3085	740.544	822.719	0	5797.565
每万人图书馆藏量(册,1994—2007)	3085	21.369	24.137	0	811.870
人均科学支出(元,1994—2007)	3085	59.693	108.867	0	1708.434
人均教育支出(元,1994—2007)	3085	839.532	771.667	6.732	6610.827
制造业比重(2001—2007)	1398	0.198	0.106	0.008	0.606
人均外资企业产值(元,2001—2007)	1398	14943.75	30613.14	0	325797.3
人均港澳台企业产值(元,2001—2007)	1398	9753.207	27182.47	0	479952.4
每万人互联网用户(户,2001—2007)	1398	3758.17	2850.581	0	22829.58
人均电信业务量(元,2001—2007)	1398	4055.851	4414.427	0	62838.79
人均绿地面积(平方米,2001—2007)	1398	28.493	48.211	0.230	1172.95
人均道路铺装面积(米,2001—2007)	1398	7.418	5.201	0.020	64.000
大专以上文凭人员比例(1990)	199	0.047	0.026	0.009	0.158

注:其中人均绿地面积和人均道路铺装面积直接来自历年《中国城市统计年鉴》,是按户籍人口计算的平均值,其他平均值是作者按样本中就业人数计算的。

五、分析结果

(一) 城市创新中的聚集经济效应

在理论上城市就业人数及其密度的增加可以共享大型公共设施,有利于劳动力市场工人和职位之间的匹配,促进“隐性”知识的传播和交流。但是过高的人口密度会使拥挤和其他负面效应凸显,不利于经济发展和创新发明。表2报告了基本模型回归结果,OLS回归结果中就业人口数对专利密度(每万人发明专利授权量)有显著的正向影响,并且就业人口的二次项也显著为正,说明在更大的城市,这种正面作用更明显。在控制变量中,每个城市的人均科学支出对人均创新产出有显著的促进作用,人均科学支出每增加10%可以提升人均创新产出0.3%—1%,而人均教育支出与人均创新产出之间的关系相对更小,只在GMM估计结果中存在显著的正相关关系,另外人均图书馆藏量增加10%可以使人均创新产出增加0.5%—0.8%,这种正向关系也是符合预期的结果。2001年及之后的《中国城市统计年鉴》统计了更多指标,从而允许我们加入更多控制变量更好地解决遗漏变量问题,表2第四到第六列的结果显示制造业比重与人均创新产出的关系在不同模型中存在显著差异,可能的原因是不同行业之间创新能力的差异与城市规模没

^① 该描述统计结果是模型估计中实际用到的样本的统计结果,由于部分城市和年份的变量存在缺失值,这个样本量会比按城市数乘以年份数计算出的理论最大样本量小。

有必然关系。港澳台企业能够明显提高所在城市的创新能力，而外资企业的贡献较小。最后，我们还发现互联网、电信和道路铺装面积都对城市创新能力有一定的促进作用，人均绿地面积与城市人均创新产出不存在显著的关系。

如前文所说，因为有一些会对专利发现产生重要作用的变量因为数据的可得性没有加入到模型，OLS 回归结果可能是偏误的。本文的模型没有控制个人、企业和科研院所的研发投入，也没有控制无法观测的就业人口内在能力的大小。一般而言，在大型城市特别是省会和直辖市，人均研发支出会比中小城市多。另一方面，对于学历和其他可观测能力相似的人，内在能力更强的人更会选择在大城市中工作生活寻求更好的发展机会。这些因素都会导致就业人口规模和随机干扰项正相关，从而使其系数估计值向上偏误，而面板数据固定效应和动态面板数据方法可以很好的解决或至少大大减少这种偏误问题。

表 2 基本模型估计结果

因变量：每万人发明专利授权量	1997—2010 年			2004—2010 年		
	OLS	固定效应	GMM	OLS	固定效应	GMM
就业人数	0.346 *** (4.21)	0.435 ** (2.82)	1.411 *** (5.45)	-0.041 (-0.35)	-0.150 (-0.61)	1.060 * (2.72)
就业人数的平方	0.023 * (2.02)	-0.007 (-0.35)	-0.020 (-0.53)	0.064 *** (4.05)	0.048 (1.46)	-0.017 (-0.31)
就业人数密度	-0.317 ** (-2.85)	-0.274 * (-2.11)	-1.024 *** (-4.35)	-0.155 (-0.78)	-0.196 (-0.74)	-0.136 (-0.36)
就业人数密度的平方	0.050 (1.46)	0.004 (0.12)	0.215 ** (3.17)	0.012 (0.15)	0.118 (1.31)	0.197 (1.65)
每万人在校大学生数	0.224 *** (13.77)	-0.008 (-0.28)	0.324 *** (8.30)	0.228 *** (9.54)	-0.076 (-1.46)	0.284 *** (4.16)
人均科学支出	0.100 *** (6.82)	0.032 * (1.89)	0.084 *** (4.62)	0.038 * (1.75)	0.038 (1.37)	0.061 ** (2.38)
人均教育支出	-0.002 (-0.06)	0.001 (0.04)	0.273 *** (5.96)	0.017 (0.33)	-0.036 (-0.55)	0.322 *** (4.02)
人均图书馆藏量	0.079 *** (4.04)	0.050 ** (1.98)	0.068 (1.62)	0.082 *** (2.92)	-0.022 (-0.58)	-0.030 (-0.51)
制造业比重				0.759 *** (3.57)	-0.356 (-0.92)	-1.354 ** (-2.44)
人均港澳台企业产值				0.030 ** (2.21)	0.041 ** (2.11)	0.079 *** (2.87)
人均外资企业产值				-0.005 (-0.35)	-0.025 (-1.22)	0.072 ** (2.53)
每万人互联网用户				0.090 *** (3.15)	0.024 (0.81)	0.008 (0.24)
人均电信业务量				0.072 ** (2.40)	0.043 (1.37)	0.058 (1.43)

续表

因变量：每万人发明专利授权量	1997—2010 年			2004—2010 年		
	OLS	固定效应	GMM	OLS	固定效应	GMM
人均绿地面积				-0.048 (-1.58)	-0.004 (-0.10)	0.094 (1.51)
人均道路铺装面积				0.033 *** (7.69)	0.013 ** (2.11)	0.007 (0.78)
滞后因变量			0.217 *** (7.17)			0.102 * (1.99)
R-square	0.621	0.563		0.603	0.395	
年度虚拟变量	有	有	无	有	有	无
样本容量	3085	3085	2503	1398	1398	1044

注：括号内为 t 统计值；*，**，*** 分别表示在 5%，1% 和 0.1% 水平上显著。

与理论预期相一致，面板数据模型中就业人口二次项的系数估计值不再显著，说明就业人数所产生的正面聚集经济效应不存在递增的作用，而是在不同规模城市间都是线性的。就业人数增加 10%，每万人发明专利授权量增加 4.35%—14.11%。2004—2010 年子样本中加入了更多的控制变量^①，就业人数的系数估计值有所下降，但依然是基本为正的。

除了就业人口规模，衡量城市聚集程度的另一个常用指标是就业人口密度，本文发现在中国城市中就业人口密度与每万人发明专利授权量基本上呈现出一个线性的关系。在 1997—2010 年样本中就业人口密度的系数估计值是显著为负的，每平方公里就业人数增加 1000 人会使每万人发明专利授权量减少 2.74%—3.17%。但是在 2004—2010 年样本中就业人口密度不再具有负面影响。在我们的数据中，1994—2000 年所有地级及以上城市就业人口密度平均值是每平方公里 7776 人，而 2001—2007 年这个数值降为 3992 人。从促进创新发明角度看，现有中国城市人口密度总体处于较合适的水平，这一结果在不同估计方法下都是稳健和一致的。

表 3 1997—2010 年总样本加入交互项估计结果

因变量：每万人发明专利授权量	OLS	固定效应	GMM	OLS	固定效应	GMM
就业人数	0.095 (1.03)	0.048 (0.42)	0.786 *** (5.45)	0.505 *** (27.10)	0.386 *** (6.19)	1.160 *** (13.78)
就业人数密度	-0.101 (-1.93)	-0.206 *** (-3.47)	-0.300 ** (-2.71)	-0.043 (-0.33)	-0.244 * (-2.08)	-0.298 (-1.10)
每万人在校大学生数	0.027 (0.58)	-0.153 ** (-2.95)	0.185 (1.78)	0.237 *** (10.88)	-0.005 (-0.15)	0.361 *** (8.40)
每万人在校大学生数 * 就业人数	0.062 *** (4.46)	0.052 *** (3.44)	0.059 (1.77)			

① 因为部分控制变量 2000 年后才开始统计，各控制变量观测值的时间范围见表 1，所有自变量都取的是滞后 3 期的观测值。

续表

因变量：每万人发明专利授权量						
	OLS	固定效应	GMM	OLS	固定效应	GMM
每万人在校大学生数* 就业人数密度				-0.028 (-1.00)	-0.005 (-0.18)	-0.016 (-0.27)
滞后因变量			0.226*** (7.44)			0.220*** (7.23)
R-square	0.623	0.574		0.620	0.564	
年度虚拟变量	有	有	无	有	有	无
样本容量	3085	3085	2503	3085	3085	2503

注：括号内为 t 统计值；*，**，*** 分别表示在 5%，1% 和 0.1% 水平上显著。

(二) 人力资本与城市创新能力

人力资本包括劳动力拥有的各种知识和技能，对创新发明具有重要的贡献作用，在理论上人均人力资本高的城市创新能力越强，人均创新成果越多。如前文所述，由于数据的可得性问题，在地级以上城市水平上我们使用每万人在校大学生数来测度一个城市的人力资本水平。本文的分析结果支持了人力资本促进创新发明的理论预期，从表 2 的 OLS 和 GMM 估计结果中可以看出每万人在校大学生数增加 10%，每万人发明专利授权量增加 2.24%—3.24%。但是在两个样本的固定效应模型结果中，人力资本的作用并不明显。对此我们认为，首先每万人在校大学生这个变量对人均创新至少不会有负面影响。另外为了验证正向结果的可靠性并且解决人力资本度量不准确的问题，后文的稳健性分析中我们使用 1990 年人口普查数据做相应的分析，其中使用拥有大专及以上文凭人员占总人口的比例这个变量来更准确的度量人力资本水平，结果显示人力资本对 1990—2010 年专利增长率具有明显的促进作用。

表 4 2004—2010 年子样本加入交互项估计结果

因变量：每万人发明专利授权量						
	OLS	固定效应	GMM	OLS	固定效应	GMM
就业人数	-0.386* (-2.37)	-0.381 (-1.41)	-0.259 (-0.59)	0.425*** (15.27)	0.111 (0.86)	0.888*** (5.75)
就业人数密度	0.019 (0.19)	0.146 (0.99)	0.478* (2.37)	-0.305 (-0.71)	0.204 (0.37)	0.670 (0.90)
每万人在校大学生数	-0.147 (-1.91)	-0.289* (-2.51)	-0.197 (-1.04)	0.210*** (5.46)	-0.074 (-1.15)	0.313*** (3.75)
每万人在校大学生数*就业人数	0.117*** (5.08)	0.079* (2.03)	0.170** (2.73)			
每万人在校大学生数*就业人数密度				0.037 (0.50)	-0.017 (-0.18)	-0.050 (-0.39)
滞后因变量			0.133** (2.58)			0.100 (1.96)
R-square	0.606	0.412		0.598	0.345	
年度虚拟变量	有	有	无	有	有	无
样本容量	1398	1398	1044	1398	1398	1044

注：括号内为 t 统计值；*，**，*** 分别表示在 5%，1% 和 0.1% 水平上显著。

(三) 聚集经济和人力资本的相互作用

为了检验人力资本外部性的发生途径,本文在基本模型基础上又加入了就业人口数和就业人口密度与每万人在校大学生数的交互项来观察聚集经济和人力资本的相互作用,结果表 3 和表 4 中报告,表 3 是 1997—2010 年总样本的结果而表 4 是 2004—2010 年子样本回归结果。首先从两个表的前三列我们可以发现在加入交互项后就业人口数和每万人在校大学生数的系数估计值都明显减少,并且除了 1997—2010 年 GMM 估计结果中就业人数的系数估计值外,这两个变量的其他系数估计值都不显著或者显著为负。这些稳健的结果说明聚集经济和人力资本对创新能力的贡献作用是互为依托的,每个因素发挥作用都要以另一个因素为条件,缺一不可。如果城市的规模太小,即使拥有很高的人均人力资本水平也不能很好的发挥作用促进发明创新;另一方面如果不重视人力资本水平的提高而单纯在人口数量上扩大城市规模也不能产生良好的聚集经济效应。但在就业人口密度方面,两个表的后三列结果显示所有估计模型中都没有显示出就业人口密度与人力资本之间有明显的关系。这表明在我国城市中人力资本的外部性主要体现在更大的地理范围上,而不局限于近距离范围内^①。

(四) 稳健性分析

为了进一步验证结果的稳健性以及解决人力资本度量不准确的问题,我们还使用 1990 年人口普查数据做了进一步的分析。普查数据包含常住人口数据和每个人的教育程度,从而允许我们更准确的测度每个城市的人口规模和人均人力资本水平,按照文献中常用的方法之一,我们使用拥有大专及以上学历的人员占总人口的比例这个变量来度量每个城市的人均人力资本水平。在这部分的分析中我们使用 1990—2010 年 20 年间各城市发明专利授权量的增长率作为因变量,主要自变量是 1990 年发明专利授权量、人口数和全部人口中拥有大专及以上学历人员所占比例,它们分别代表的是 1990 年起始创新能力,聚集程度和人力资本水平。与经济增长文献中发现的收敛趋势类似,1990 年初始的发明专利授权量的系数估计值显著为负,说明各城市发明专利授权量的增长也显示出收敛的趋势。在聚集经济和人力资本方面,在其他条件相似的情况下 1990 年人口每增加 10%,发明专利授权量增长率提高 0.13%;而人口中拥有大专及以上学历人员比例增加 1 个百分点可以使发明专利增长率提高 0.34 个百分点。在加入人口数和大专文凭比例的交互项后,其系数估计值也显著为正,表明人力资本可以产生明显的外部性即知识溢出作用。这些结果都与前文分析结果相符合,在一定程度上再次验证了所得结果的可靠性^②,限于篇幅也不再详细报告这部分稳健性分析的具体结果。

六、结论和政策讨论

国内创新研究已经越来越多地注意到空间聚集效应和知识溢出对创新发明的促进作用,但现有文献缺乏对于创新发明的最重要载体——城市的分析。本文以中国地级及以上城市为分析对象,实证检验了城市规模、人口密度和人力资本对人均创新产出的影响。本文的主要结论有以下几点:

(一) 城市人口规模增大产生的聚集经济效应能够显著地提高城市的创新能力,具体表现在人均发明专利授权量的增加。在大城市更容易购买到专业的器械设备,更容易找到拥有不同专长的人员共同合作,更容易获得专利申请过程中的法律和咨询服务等,所有这一切都对创新发明起到重要的促进作用。城市特别是大城市之所以能够成为创新的中心,不但是因为人口规模大,更重要的原因是人均创新产出多,创新能力强,所以创新成果集中在大中城市中。

① 这个范围可以是整个城市,或者小于整个城市但大于美国的 5 英里内,但基于现有的我国城市水平地理数据,我们无法精确地回答这个问题。

② 由于 1990 年 260 个可以与现有数据匹配的市级及以上城市中,有 61 个城市发明专利授权量为 0,不能计算出这些城市 20 年间的增长率,所以实际使用的样本容量是 199。

(二) 每个城市的人力资本水平对创新能力的提高也具有重要作用。人力资本泛指人们拥有的各种知识和能力,人力资本可以通过教育、培训等各种正式或非正式的方式来获取和提升。作为一项知识密集型活动,创新发明对人力资本的依赖性很高,拥有各种专业知识和技能并且具有创新意识的人才提升城市创新能力的基础。

(三) 城市人口规模增大产生的聚集经济效应与城市人力资本之间具有互相促进的关系。聚集经济能够增强知识溢出,也即人力资本外部性,从而提升人均创新产出,同时人力资本提高也可以放大聚集经济的效应。这些发现也支持了新经济增长理论中对经济增长过程人力资本外部性的强调。

(四) 就业人口密度对创新发明没有显著影响,与人力资本也没有明显的交互作用。说明从最大化创新能力角度看现有中国城市人口密度水平适中。聚集经济的来源是城市人口的增加而不是人口密度的增加,更高的人口密度产生的边际聚集效应已经被边际拥挤效应抵消。

中国各级政府不断强调提升自主创新能力推动产业结构转型使经济增长方式由粗放型转变为集约型,同时无论在理论界还是政策实践中城镇化都被提升到前所未有的高度。本文的政策启示是城镇化所产生的聚集效应可以显著提升城市的人均创新产出,对于致力于提升本地创新能力的各级政府而言,关注城镇化建设,提升城镇化率,改善城镇基础设施能够更有效地发挥聚集经济效应的作用。同时政府应平衡研发投入、教育支出和吸引人才方面的投资,以期能够更有效地提升本地人力资本水平,使得人力资本与聚集经济相结合推动自主创新能力的提升。

(责任编辑:晓亮)

Urban Sizes, Human Capital and Innovative Capacities of China Cities

Gao Xiang

Abstract: This paper discusses the optimal scales of China cities that can maximize innovative capacities. Using panel data of China prefectural level cities, we examine the effects of city scales and human capital on innovative capacities of China cities. The results indicate that there are significant contributions of city scales and human capital on urban innovative capacities. What's more, increase of city scales can enhance the effects of human capital and higher human capital level also improves the contribution of city scales. But the other measure of agglomeration, employment density, has no significant effects on innovation.

Keywords: Urban Sizes; Human Capital; Innovation