

# 创新型人才流动的空间结构与影响因素 ——基于高被引华人科学家履历分析

孙 康<sup>1,2</sup>, 司月芳<sup>1,2</sup>

(1. 华东师范大学中国现代城市研究中心, 上海 200062;  
2. 华东师范大学城市与区域科学学院, 上海 200241)

**摘要:** 创新型人才作为重要的生产要素, 对促进区域创新和竞争力提升具有决定性的作用。高被引科学家作为科研人员的杰出代表, 是创新型人才的重要组成部分。本文以全球高被引华人科学家为研究对象, 基于履历数据分析其流动, 特别是工作阶段的流动特征; 运用 Heckman 二阶段选择模型, 对科学家工作阶段流动的影响因素进行分析, 探究复合的人口迁移理论在高端人才流动中的适用性。研究发现: ① 高被引华人科学家的人才流动轨迹表明, 科学家的移动迁入地主要是国内外的核心城市(度中心性较高的城市)。② 高被引华人科学家工作阶段流动主要发生在中国和美国之间, 中国城市多为人才迁入地, 美国城市多为人才迁出地。③ 复合的人口迁移模型对高被引华人科学家工作阶段的区位选择解释作用明显。④ 高被引华人科学家国内外城市移动选择的影响因素不同, 科学家的国内流动受到地理距离的限制, 而迁入城市的拉力是高被引华人科学家产生跨国移动的主要原因。

**关键词:** 高被引华人科学家; 履历分析; 人才流动; Heckman 模型; 地理空间

DOI: 10.11821/dlxb202208018

## 1 引言

创新型人才是指具有良好的科技创新能力, 直接参与科技创新活动, 并为科技和社会发展做出重要贡献的人才<sup>[1]</sup>。创新型人才作为重要的生产要素, 对促进城市社会经济增长具有决定性的作用<sup>[2]</sup>。城市也通过人才流动和外界产生知识联系<sup>[3]</sup>, 高端人才的地理流动作为全球化进程的重要部分, 正影响着世界范围内的创新活动<sup>[4-5]</sup>。近年来, 无论是具有传统吸引人才优势的发达国家还是快速崛起的发展中国家都立足本国实践, 制定了吸引国际高层次人才的国家战略。党的“十九大”报告明确提出加快建设创新型国家, 要培养造就一大批具有国际水平的战略科技人才、科技领军人才、青年科技人才和高水平创新团队。然而创新型人才的动态流失、空间分布不均衡, 既是世界各国普遍存在的问题, 也是中国面临的突出问题<sup>[6]</sup>。高被引华人科学家任职于全球知名研究机构或大学, 其研究成果在“Web of Science”中被引用率排名为前 1%, 是中国保持与世界学术前沿联系的重要全球通道, 是科研人员的杰出代表, 也是创新型人才的重要组成部分。对高被引华人科学家等创新型人才进行系统深入的研究, 对中国创新型国家建设具有非常重要的战略意义<sup>[7]</sup>。

收稿日期: 2021-07-14; 修订日期: 2022-04-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(41871110) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41871110]

作者简介: 孙康(1998-), 男, 安徽安庆人, 硕士生, 研究方向为人才流动与创新网络。E-mail: 51193902009@stu.ecnu.edu.cn

通讯作者: 司月芳(1982-), 女, 河北沧州人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为中国对外直接投资、创新网络和区域经济发展。E-mail: yfsi@re.ecnu.edu.cn

关于人才流动的理论探讨最早集中在国家间人才得失研究。20世纪60年代,英国皇家学会提出的“人才流失论”<sup>[8]</sup>,指出人才从来源国永久性迁移到接收国,使得来源国的经济社会发展受损,而接收国获得收益,引发各国关于人力资本的“零和博弈”<sup>[9]</sup>。20世纪90年代后期,人力资源政策有了很大发展,从阻止人才流失转向了鼓励人才环流<sup>[10]</sup>。国外学者对人才流动展开了实证研究,将人才流动的影响归结为宏观、中观和微观三个维度,宏观维度主要从全球政治经济和文化转型展开,采用推拉模型和人口迁移模型对人才流动进行研究;中观维度关注企业流动渠道和政府管制的因素,较多采用劳动力市场结构框架进行探究;而微观维度主要研究流动者的个体决策,其迁移框架包括新古典微观迁移论、社会网络理论和新经济迁移理论等<sup>[9, 11-12]</sup>。

中国学者对人才流动的研究主要是实证研究,包括两个方面:①对人才流动的空间布局特征进行刻画,分析其分布格局的影响因素。侯纯光等基于联合国教科文组织公布的全球高等学校留学生流动数据,利用社会网络分析方法和负二项回归模型,对2001—2015年全球留学网络时空演化及其影响因素进行了研究<sup>[13]</sup>。魏浩等利用1999—2008年间全球48个国家和地区的统计数据,深入研究了不同类型国家(地区)吸引人才(留学生)的影响因素,发现教育因素和经济因素对不同类型国家的留学生产生不同的影响<sup>[14]</sup>。现阶段针对人才流动的全球研究,均从国家尺度出发,鲜有学者从世界城市的视角对人才的流动进行分析。②人才流动的区位选择研究,如杨芳娟基于中国高被引高科技人才的数据,利用履历分析对其成长流动特点进行了描述,发现主要流动路径为“国内本科—海外博士”,并分析了跨国流动对科研生产力的影响<sup>[15]</sup>。周亮等<sup>[16]</sup>、李瑞等<sup>[17]</sup>均以中国科学院院士为研究对象,对人才成长的时空规律和演化机制进行研究,对出生地、学习经历、工作经历的空间分布进行描述,发现最终工作地呈现向北京、上海等特大城市聚集的特征。刘晔等基于2005年1%的人口抽样调查数据,研究了中国跨省技术人才迁移的选择区域和影响因素,发现中国技术人才的迁移受收入差异驱动<sup>[18]</sup>。现有研究主要对人才流动区位选择的特征进行了描述,较少分析影响因素,同时针对国内流动与跨国流动的分类研究较少。全球创新人才高度聚集于发达地区或新兴工业化国家世界城市中<sup>[19]</sup>,城市尺度逐渐演变为人才流动研究的重要阵地,世界城市的相关研究为其提供了支撑。

高被引华人科学家是指中国科学家或者中国之外的但是有中国血统的科学家,是中国人才的重要储备资源。一般对科学家的履历研究将其分为学习阶段和工作阶段,其中工作阶段的最近一次移动多已获取终身制职位。数据统计显示,华人科学家在工作阶段的平均移动次数为2次,其中初次工作平均时长为6年,最近一次工作平均时长为13年,最近一次迁移,科学家受到的约束较少,也能更好的反映出城市吸引人才、留住人才的能力,因此本文选择科学家最近一次流动,即从上次工作城市到当前工作城市的流动作为工作阶段流动的主要代表。

本文主要基于高被引华人科学家的履历数据,刻画高被引华人科学家的流动轨迹的空间结构,甄别科学家的流动特征,辨析工作阶段的人才移动的影响因素。本文在理论方面将世界城市视角引入人才移动的研究,并探究人口迁移模型的适用性,具有一定的创新性。

## 2 理论框架

现有人才流动的理论主要来源于劳动力迁移理论。其中分为两个方向:①人口迁移理论主要从宏观视角出发,考虑人才迁出地和迁入地的影响因素,并在此基础上发展。

② 竞争与自由主义理论从微观视角出发,认为人才是理性的个体,会受到其预期收入和家庭因素等的影响来决定是否移动<sup>[20]</sup>。

## 2.1 人口迁移理论

Ravenstein最早从人口学角度全面研究了人口迁移的原因,在其著作《人口转移规律》中提出了人口迁移的“七大原则”<sup>[21]</sup>。20世纪50年代末,Bogue又相继在此基础上提出了系统的“推拉理论”<sup>[22]</sup>,认为在同一个地方,存在导致人才迁入和迁出的两方面原因,而人才最终的迁移和流动方向,就要看迁入和迁出各种因素中,哪种因素占主要作用。Nga Thi Thuy Ho等结合“推拉理论”和计划行为理论对290名越南“海归”进行路径分析,发现对本国职业生活的不满、逆文化冲击和归国的职业预期等影响了其再出国意愿<sup>[23]</sup>。Lee发展了人口迁移理论,建立了一个完整的分析框架,认为人口迁移的过程中包含4个方面的影响因素,即迁入地的拉力、迁出地的推力、迁移过程中所遇到的障碍和迁移者的个体特征等<sup>[24]</sup>。因此,本文主要基于人口迁移理论进行创新型人才区位选择的变量选取,主要考虑迁移者的个体特征、迁出城市和迁入城市的影响因素、迁移过程中的阻碍因素等3个方面的影响。

## 2.2 新经济迁移理论

新古典经济理论和新迁移经济学等竞争与自由主义理论<sup>[25]</sup>被引入,用来对人才流动进行分析。现有的人口迁移模型按照研究尺度可分为宏观模型和微观模型两类<sup>[26]</sup>,宏观模型如Lewis提出的二元经济模型<sup>[27]</sup>,Ranis等的修正二元经济模型<sup>[28]</sup>,Todaro模型<sup>[29]</sup>等。此类竞争与自由主义理论大多数应用于城乡之间的人口迁移分析,不适用于本文。

新经济迁移理论与传统的以个人为决策主体的假设不同,该理论认为迁移决策往往以全家人收益最大化为目标。这种观点接受了人们集体行动会使预期收入最大化和风险最小化的思想。因此,迁移行为不仅仅要使迁移者个人利益最大化,而且是家庭收入来源多元化的途径,可以减轻家庭在制度不完善的社会中所面临的风险<sup>[30]</sup>。因此较多的就业机会、较多的受教育机会等也成为了人才流动过程中主要考虑的因素。

## 2.3 世界体系理论与社会网络理论

世界体系理论、社会网络理论也被应用到人才流动的研究中。世界体系理论主要从全球化视角来认识和解释人才流动问题,Wallerstein将世界国家或地区分为核心—半核心—边缘3类,核心区域拥有更好的科技、教育、经济、环境等资源,从而吸引人才集聚<sup>[31]</sup>,城市是国民经济活动的中心,也是全球网络中相互联系的节点<sup>[25]</sup>,Florida认为城市在21世纪的创造力资本主义中起着核心作用,值得更多关注<sup>[32]</sup>。同时《2019年世界知识产权报告》中也提到,科学知识和创新的形成越来越全球化,但高度集中在少数几个地区热点城市,所以城市作为全球网络中科技生产的枢纽,从城市视角对人才流动的研究也值得更多关注。人才会选择从边缘城市迁移到核心城市,因此在科学家区位选择的过程中,假设科学家会选择向核心城市移动。

社会网络理论强调以朋友、亲缘和学缘等关系为基础构建起来的社会网络对人才流动的影响,科学家需要考虑迁入地和迁出地的社会融入成本,社会网络可以降低人才流动中的成本与风险,从而吸引更多的人才流入<sup>[33]</sup>。对于高被引华人科学家来说,其学缘网络会对其流动产生影响,他们可能会更加愿意回到曾经学习过的学校或城市进行工作,同时相同的研究集群可能也会对科学家有一定的吸引力。

## 2.4 小结

人口迁移是一个复杂的过程,迁移意愿的复杂性客观上决定了迁移理论的多样性,推拉理论是被用来解释人口迁移的较为广泛的理论,人口迁移理论基于推拉模型,在迁



出地与迁入地的影响基础上,加入了迁移过程中的阻碍因素和迁移主体的个体因素,考虑较为全面,而且针对不同的迁移主体,其所受到的推力和拉力的影响都会有区别,低端劳动力可能关注的是较高的工资收入、较多的就业机会等因素,而高端人才可能更多地关注更好的研究环境、较好的生活水平、较多的受教育机会等,古恒宇等关注到了不同劳动力类型影响因素的差异,以高技能劳动力为对象进行了分析,基于地方品质和经济机会构建了流动视角下的高技能劳动力治理框架<sup>[12]</sup>,在传统竞争与自由主义理论的基础上寻求突破。现有的人口迁移模型是否适用于高端人才的区位选择研究仍需要进一步验证。

因此本文基于人口迁移理论的分析框架,考虑高被引华人科学家个体因素的同时,将宏观与微观视角相结合,参考前人研究,引入新经济迁移理论,将微观个人尺度上升到家庭尺度,同时在个人尺度的基础上引入社会网络理论,认为个体是处于联系之中的,在此基础上基于宏观视角构建了相应的指标体系,从而构建了如图1所示的分析框架,主要探究复合的人口迁移模型在高端人才流动过程中的适用性。

针对指标体系的选取,现有实证研究主要从人才分布和流动网络两个方向展开,就其测评指标而言,共同考虑的因素有教育水平因素、经济发展因素、人才政策因素、公共服务和环境质量等。人才分布的研究主要基于竞争与自由贸易理论,从人才现在所在地来考虑,考虑人才的预期收入是否会大于人才的迁移成本等因素,基于新经济迁移理论,同时需要考虑家庭的因素;流动网络的研究从人口迁移理论或者推拉理论出发考虑其来源地和目的地两个地区的影响因素,同时会考虑两地的迁移距离(表1)。

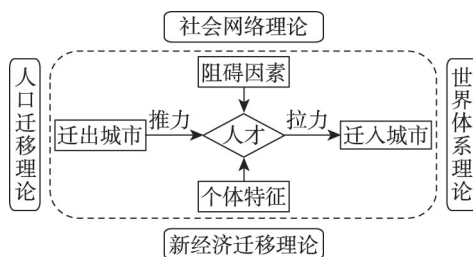


图1 人才流动理论框架

Fig. 1 Theoretical framework of talent migration

### 3 数据处理与模型构建

#### 3.1 变量选取与界定

研究变量在依据复合的人口迁移模型的同时,参考前人研究进行选择(表2)。基于世界体系理论,科学家更倾向于从边缘城市迁移到核心城市,因此选择城市的度中心性作为区位选择模型的因变量,同时其迁出城市的度中心性也会对科学家的移动造成影响。

个体特征:考虑到本文的研究对象为高被引华人科学家,均为知名的研究学者,因此其个体特征变量主要考虑其发文数量和被引用量。

迁出迁入城市因素:对于科学家的迁出城市和迁入城市的影响因素,首先参照Verginer等<sup>[34]</sup>的研究,选择其迁出城市和迁入城市的科技活跃度(论文产出)作为考量,因为研究对象为高被引华人科学家,其学习经历主要在中国,所以选择其迁出迁入城市是否是中国城市作为本文的特殊研究变量。基于新迁移经济模型,科学家移动城市的教育质量也会对科学家的移动造成影响,因此参考侯纯光等<sup>[13]</sup>和王若宇等<sup>[35]</sup>的研究,选择科学家迁出城市的教育质量,即城市包含的世界排名前500强的大学数量作为其影响因素,同时基于社会网络理论,对于高被引华人科学家来说,学缘网络也是其选择迁移的主要因素,因此其迁移城市是否包含相同的研究集群,即城市是否包含科学家所在学科排名前100的高校也会对科学家的迁移产生影响。根据制度经济地理学的相关观点,区域之间的正式和非正式联系和制度也会对区域之间的关系产生重要影响,因此城市是否

表1 人才流动测评指标

Tab. 1 Talent flow evaluation index

研究主题	对应理论	一级指标	二级指标
人才分布	新经济迁移理论	教育水平	万人高校学生数、985/211 高校数量、中学生师比、人均教育事业费
		经济发展与家庭因素	平均工资、家庭支出占收入比、失业率和住房均价、人均 GDP、二产与三产产值比重
	社会网络理论	人才政策	人均政府财政收入、引进海外高端人才资金、人均财政支出收入比
	世界体系理论	城市因素	城市等级、是否为省会/直辖市、市辖区人口密度
	消费城市理论	公共服务	每万人医院卫生院床位数、万人医生数、万人网民数、城市公路交通通达性、平均铁路客运量
		环境质量	二氧化硫排放量、绿地率、污水处理达标率、自然舒适度指数
		科研环境	R&D 经费占 GDP 比重、人均科研事业费、政府研发资金
流动网络	推拉理论/人口迁移理论	教育水平	世界大学学术排名前 500 强的大学数量、目的国高等教育生师比、目的国高等教育入学率、目的国政府对高等教育的支出占 GDP 的比率、平均受教育年限、高校在校生数量
		经济发展	目的地人均 GDP、两国人均 GDP 的差异、平均 GDP 增长率、平均收入、失业率、工资房价比
	人口迁移理论	迁移距离	迁出地和迁入地省会城市之间空间距离、目的地国与来源国的地理距离、两城市之间的地理距离
	社会网络理论	人才政策	人才落户、人才安居、人才就业指数
	世界体系理论	全球化水平	国家或地区的商品进出口总额与 GDP 的比值、各省外商直接投资占 GDP 比重
	消费城市理论	公共服务	常住人口数量、电影院数量、人均公共汽车运营数量
		环境质量	平均温差
		科技创新	人均专利授权量

处于同一个国家，就决定了其制度文化的差异，也会对人才的流动产生影响，因此选择相同国家作为研究变量。

阻碍因素：地理距离会限制行为主体的流动，同时地理距离的增加也会增加人才的迁移成本，因此选择科学家流动的两个城市之间的地理距离作为阻碍因素的代理变量。

考虑到人才流动的区位选择均考虑的是其移动年份的影响，以上变量均选择其移动当前年份的数据。对模型中变量之间是否存在多重共线性问题进行检验，发现各解释变量的方差膨胀因子（VIF）均小于 5，不存在明显的多重共线性问题。

**3.2 数据来源及处理**

**3.2.1 数据来源** 创新型人才流动数据，即高被引华人科学家的履历信息采集分为以下两个过程。首先，确定高被引华人科学家名单：① 以“Web of Science”（WOS）和“Clarivate Analytics Highly Cited Researchers”为基本数据库，并根据 Thomson Reuters 发布的 2014—2015 年度 6341 位全球高被引科学家名单（<http://sciencewatch.com/grr/presenting-highly-cited-researchers>），采取一一搜寻的方式，根据姓名、个人简历、新闻报道等信息搜寻确定高被引华人科学家名单，共计 375 位；② 对采集到的高被引华人科学家进行验证，通过工作单位、发表论文等渠道进行核对，删除不符合条件的人员，最终获取 309 位高被引华人科学家的基本信息<sup>[7]</sup>。其次，采集高被引华人科学家人才流动数据：① 利用简历分析法尽可能对科学家的学士、硕士、博士及其工作经历进行全面搜集；② 并从 WOS 中，通过科学家发表论文的地址，对科学家的工作经历进行补充；③ 将高被引华人科学家的学习经历和工作经历所对应的地址信息匹配到城市，以城市为节点，以科学

表2 变量描述及预期效应  
Tab. 2 Descriptions and expected effects of factors

变量	指标	变量描述	预期效应	均值	标准差
因变量	核心城市( <i>Intcdegree</i> )	人才流动迁入城市的城市度中心性的自然对数		3.54	1.43
自变量	个体特征				
	被引用量( <i>Incitations</i> )	科学家总被引用量的自然对数	未知	3.90	2.79
	论文数量( <i>lnpapers</i> )	科学家发表论文的数量的自然对数	未知	1.78	1.07
	制度邻近( <i>samecountry</i> )	虚拟变量,科学家的迁出城市与迁入城市处于同一个国家为1,反之为0	+	0.63	0.48
	阻碍因素				
	地理距离( <i>Indistance</i> )	科学家移动迁出城市与迁入城市距离的自然对数	-	14.81	1.30
	迁出城市因素:				
	迁出城市度中心性( <i>lnocdegree</i> )	人才流动迁出城市的城市度中心性的自然对数	-	3.39	1.32
	迁出城市科技活跃度( <i>lnocsize</i> )	人才流动迁出城市的城市论文数量的自然对数	-	8.03	2.06
	迁出城市为中国城市( <i>oc_c</i> )	虚拟变量,迁出城市为中国城市为1,反之为0	-	0.30	0.46
	迁出城市大学数量( <i>ocuniversitynum</i> )	人才流动迁出城市所包含进入世界大学学术排名前500强的大学数量	-	1.70	1.82
	迁出城市研究集群( <i>ocresearchcluster</i> )	表示相同的研究集群,人才流动迁出城市是否包含科学家所在学科排名前100的高校,有则为1,反之为0	-	0.70	0.46
	迁入城市因素				
	迁入城市科技活跃度( <i>Intcsize</i> )	人才流动迁入城市的城市论文数量的自然对数	+	8.26	2.25
	迁入城市为中国城市( <i>tc_c</i> )	虚拟变量,迁入城市为中国城市为1,反之为0	+	0.36	0.48
	迁入城市大学数量( <i>tcuniversitynum</i> )	人才流动迁入城市所包含进入世界大学学术排名前500强的大学数量	+	2.14	2.24
	迁入城市研究集群( <i>tcresearchcluster</i> )	表示相同的研究集群,人才流动迁入城市是否包含科学家所在学科排名前100的高校,有则为1,反之为0	+	0.72	0.45

家的流动为边,构建科学家的流动轨迹。各影响因素数据来源于WOS网站和QS官方网站。

本文共搜索309位高被引华人科学家的学士—硕士—博士—工作信息(表3)。有7位科学家有5次及以上工作经历,有19位科学家有4次工作经历,有57位科学家有3次工作经历,有113位科学家有2次工作经历,有112位科学家只搜集到1次工作经历。309位科学家随着成长阶段的变迁,所活动城市数量也更多,总涉及234个城市,科学家在学士阶段经历的城市共有54个,在硕士阶段经历的城市累计79个,在博士阶段经历的城市累计110个,工作过的城市累计183个。本文对人数总计排名前10的城市进行分析发现,在北京市学习和工作的高被引科学家人数都居于首位。在学习阶段,中国城市除北京和香港外,其各阶段经历的人数呈现下降趋势,而新加坡呈现增加的趋势。在工作阶段,南京、上海、美国剑桥、新加坡等基本不变,北京有增加的趋势。

表3 科学家学士到工作阶段经历城市统计(前10)(人)  
Tab. 3 Descriptive statistics on the city distribution of the scientists in the bachelor to working phase (top 10)

城市/国家	学士	硕士	博士	工作1	工作2	工作3
北京	41	46	31	17	26	7
南京	28	25	10	4	4	-
合肥	21	14	4	4	6	2
上海	19	21	11	6	7	1
杭州	14	13	3	4	2	1
西安	14	11	5	3	3	1
长春	11	14	14	2	3	1
剑桥[美]	4	8	16	8	8	1
新加坡	3	3	5	13	12	3
香港	2	2	7	17	9	5

**3.2.2 数据处理方法** 本文采用履历分析方法来分析人才移动的过程。数据处理方法如图2所示, 高被引华人科学家学习阶段的流动特征基于科学家的学士—硕士—博士阶段的迁移数据进行分析; 科学家工作阶段的流动特征主要以科学家从上一次工作城市移动到现在工作城市的流动, 即其最近一次流动作为工作阶段的代表进行分析, 代表了科学家现阶段的工作选择倾向, 更加具有现实意义; 同时对高被引华人科学家最近一次流动的分类研究, 将科学家的流动分为国内—国内流动、国内—国外流动和国外—国内流动, 从而分析高被引华人科学家的出国和归国倾向。

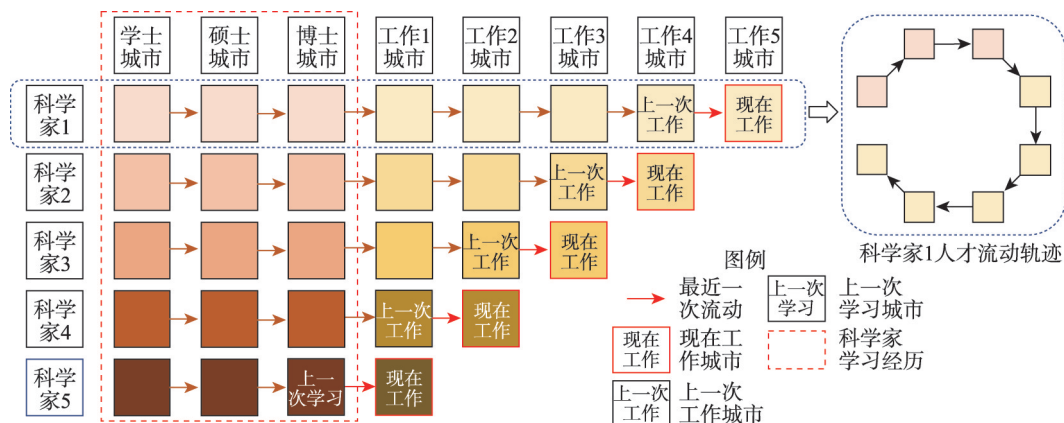


图2 高被引华人科学家人才流动数据概念图

Fig. 2 Conceptual diagram of talent flow data for highly cited Chinese scientists

本文假设科学家选择移动到核心城市, 核心城市主要通过城市的度中心性表现, 其度中心性计算如下, 科学家所经历的城市之间都会因为科学家的学习和工作而产生联系<sup>[36]</sup>, 如图3所示, 科学家1共经历了8个城市, 这8个城市之间因为科学家1的流动而产生联系, 科学家3共经历了6个城市, 这6个城市同样也会产生联系, 科学家1和科学家3都在城市A有过经历, 从而产生了新的联系, 城市A的度中心性根据城市A和其他城市的联系数量进行计算; 科学家流动城市的距离来源于百度地图经纬网站, 取两个城市政府所在位置的经纬度, 进行距离计算, 公式如下:

$$dis_{ij} = 6371004 \times \arccos((\sin(\text{radians}(\text{latitude}_i)) \times \sin(\text{radians}(\text{latitude}_j)) + \cos(\text{radians}(\text{latitude}_i)) \times \cos(\text{radians}(\text{latitude}_j)) \times \cos(\text{radians}(\text{longitude}_j - \text{longitude}_i))) \quad (1)$$

式中:  $\text{latitude}_i$  和  $\text{longitude}_i$  分别为科学家所经历城市  $i$  的纬度和经度;  $\text{latitude}_j$  和  $\text{longitude}_j$  分别为科学家所经历城市  $j$  的纬度和经度。

### 3.3 模型构建

本文为探究高被引华人科学家的区位选择的影响因素, 主要分析复合的人口迁移模型在高端人才流动中的适用性, 同时对科学家的国内移动意愿和出国归国的意愿进行分

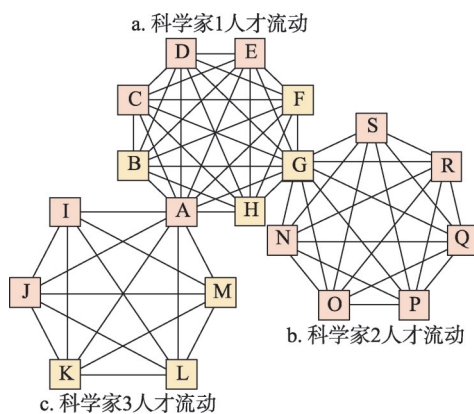


图3 城市度中心性计算概念图

Fig. 3 Calculation method of city degree centrality



析, 因此首先使用 Heckman 二阶段选择模型对科学家的移动意愿和移动选择进行研究, 再借助 Probit 回归对科学的国内/跨国移动意愿进行分类分析。

**3.3.1 Heckman 二阶段选择模型** Heckman 二阶段选择模型主要用于解决样本选择偏差问题<sup>[37]</sup>, 因为部分科学家有在同一个城市选择工作的倾向, 有 54 名科学家未移动, 从而出现样本选择偏差问题, 为更好的对模型进行预测, 本文选择 Heckman 二阶段选择模型对科学家的移动意愿和移动选择进行研究。模型分为两步: ① 用 Probit 模型 (模型 1) 对科学家的移动意愿进行回归, 得到逆米尔斯比率 (IMR) (方程(3)); ② 把逆米尔斯比率加入到最大似然估计 (方程(4)), 对流动网络中的城市度中心性的影响因素进行分析, 即什么因素影响科学家选择核心城市的问题。Heckman 选择模型指出选择方程至少包括一个不在最大似然估计方程的外生变量, 本文加入了人才环流 (*circulation*) 和其他人的移动 (*othersmove*) 两个变量, 即是否发生过人才环流和该城市是否有其他高被引华人科学家发生过移动, 人才环流代表科学家是否回到过原来学习的城市工作, 基于社会网络理论, 其原来学习过的城市会有一定的学缘网络关系, 因此会影响科学家的移动; 其他人的移动可能会对科学家的移动意愿产生影响, 但是不会对科学家的迁入城市选择带来影响。

$$\begin{aligned} Move = & \gamma_1 \ln citations + \gamma_2 \ln papers + \gamma_3 \ln ocdegree \times \ln citations + \gamma_4 circulation + \\ & \gamma_5 othersmove + \gamma_6 \ln ocdegree + \gamma_7 \ln ocsz + \gamma_8 oc\_c + \gamma_9 ocuniversitynum + \\ & \gamma_{10} ocresearchcluster + \varepsilon \end{aligned} \quad (2)$$

式中: *Move* 表示科学家的移动意愿, 即科学家有移动为 1, 反之为 0;  $\ln ocdegree \times \ln citations$  为科学家的迁出城市度中心性和科学家的被引用量的交互项; *circulation* 表示科学家回到了其学习过的城市工作为 1, 反之为 0; *othersmove* 表示科学家的迁出城市是否有其他的科学家产生了移动, 如果有为 1, 反之为 0。

$$IMR = \frac{\phi(Move_i \gamma)}{\Phi(Move_i \gamma)} \quad (3)$$

式中:  $\phi(\cdot)$  表示正态分布的概率密度函数;  $\Phi(\cdot)$  表示正态分布的累积分布函数。

$$\begin{aligned} \ln tcdegree = & \beta_1 \ln citations + \beta_2 \ln papers + \beta_3 samecountry + \beta_4 \ln ocdegree \times \\ & \ln citations + \beta_5 \ln distance + \beta_6 \ln ocdegree + \beta_7 \ln ocsz + \beta_8 oc\_c + \\ & \beta_9 ocuniversitynum + \beta_{10} ocresearchcluster + \beta_{11} \ln tcsize + \beta_{12} tc\_c + \\ & \beta_{13} tcuniversitynum + \beta_{14} tcresearchcluster + \beta_{15} IMR + \varepsilon \end{aligned} \quad (4)$$

**3.3.2 Probit 模型** 高被引华人科学家作为中国创新型人才的储备资源, 其归国意愿、出国意愿和国内流动的影响因素值得探究。本文使用 Probit 回归模型对科学家是否在国内移动、是否是国内到国外的移动和国外到国内的移动的影响因素进行回归分析, 因为科学的分类研究选择的是国内到国内、国内到国外和国外到国内, 因此不存在制度邻近对其移动的影响, 所以删除了 *samecountry* 变量, 因此模型设定如下:

$$\begin{aligned} Selection_i = & \theta_1 \ln citations + \theta_2 \ln papers + \theta_3 \ln ocdegree \times \ln citations + \theta_4 \ln distance + \\ & \theta_5 \ln ocdegree + \theta_6 \ln ocsz + \theta_7 ocuniversitynum + \theta_8 ocresearchcluster + \\ & \theta_9 \ln tcdegree + \theta_{10} \ln tcsize + \theta_{11} tcuniversitynum + \theta_{12} tcresearchcluster + \varepsilon \end{aligned} \quad (5)$$

式中: *Selection<sub>i</sub>* 指科学家的选择; *Selection<sub>1</sub>* 为科学家是否在国内移动, 在最近一次工作的移动是发生在国内城市间记为 1, 反之为 0; *Selection<sub>2</sub>* 为科学家的移动是否是国内到国外的移动, 在最近一次工作的移动是从国内城市移动到国外城市间记为 1, 反之为 0; *Selection<sub>3</sub>* 为科学家的移动是否是国外到国内的移动, 在最近一次工作的移动是从国外城市移动到国内城市间记为 1, 反之为 0。



4 高被引华人科学家人才流动轨迹空间结构

4.1 高被引华人科学家学习阶段流动特征

高被引华人科学家作为重要的创新型人才，其学习经历备受瞩目，对其学习经历进行研究，有助于理解其成长路径，为后续流动选择提供解释的可能。本文对高被引华人科学家的流动轨迹进行统计，制作了高被引华人科学家流动迁入—迁出表（表4）。学士—硕士阶段，节点间的联系较少，科学家的流动较少。从科学家流动迁入—迁出表4中可以看出，科学家在学士—硕士阶段的流动轨迹中，主要是在中国城市之间发生流动，多数高被引学者学士阶段和硕士阶段在同一个地方进修，有61.57%的高被引华人科学家学士和硕士阶段在同一个城市进修，未发生城市间的流动。除同一个城市之间的流动外，不同城市之间流动的迁入地，主要是北京、上海、南京、剑桥[美]等国内外核心城市。如医学领域的杨学贤教授和化学领域的黄春辉教授学士—硕士阶段均位于北京大学，没有发生学习地点的变动，一方面由于上述科学家大多在本科阶段就在中国顶尖学府学习，在同一学校继续深造即可得到国内最优质的资源、无需进行学习地点的变动；另一方面经过本科阶段的学习，他们对本科学校的各类资源已经相当熟悉，留校继续深造可以极大地提升其科研效率。此外，在同一个国家移动的科学家有227位，其中在中国国内发生移动的有207位。

硕士—博士阶段，节点的数量有所增加，科学家的分布范围更广。与学士—硕士阶段相比，澳大利亚的部分城市和新加坡均产生了人才输入的流动，作为新的人才流入地。硕士—博士阶段，在同一城市进修的科学家人数在下降，占科学家总数的32.87%。国内外不同城市之间的流动也有所变化，北京、长春、南京、上海、帕罗奥多、剑桥[美]等城市成为主要的流入地。从高被引华人科学家学习经历来分析发现，科学家的分布随着阶段的发展，呈现扩散趋势，高被引华人科学家学士学位大多数在国内获得，硕士和博士都有选择国外的趋势。包括冯新亮教授、陈关荣教授等在内的科学家在国内接受了本科和硕士阶段的教育后，为更好的紧跟科技潮流、接触学科前沿，大多选择在博士阶段前往欧美发达国家继续深造，学成后再返回国内继续在各自领域展开深入的研究。其学习阶段的流动，除大多数在同一个城市流动外，其不同城市之间流动的主要迁入地是上海、纽约、剑桥[美]等国内外核心城市，丰富的教育资源对科学家更有吸引力。高被引华人科学家作为国家创新型人才战略储备，其学习过程倾向于选择国外发达国家的城市，更多的接触世界前沿的知识，这也为其成为高被引科学家奠定了基础。

表4 高被引华人科学家学习阶段迁入—迁出表(前20)  
Tab. 4 Mobility characteristics of highly cited Chinese scientists in their education stages (Top 20)

流动方向	学士—硕士 迁移人数(人)	硕士—博士 迁移人数(人)	总人数 (人)
北京—北京	29	15	44
南京—南京	20	4	24
长春—长春	10	12	22
合肥—合肥	12	3	15
上海—上海	9	6	15
杭州—杭州	10	3	13
西安—西安	9	4	13
哈尔滨—哈尔滨	7	4	11
剑桥[美]—剑桥[美]	4	4	8
新竹—新竹	5	1	6
大连—大连	4	2	6
广州—广州	4	2	6
武汉—武汉	3	3	6
新加坡—新加坡	3	2	5
南京—北京	3	2	5
台北—台北	3	1	4
兰州—兰州	3	1	4
天津—天津	3	1	4
南京—上海	2	2	4
北京—纽约	2	2	4
合肥—剑桥[美]	0	4	4

4.2 高被引华人科学家工作阶段流动特征

影响科学家学习阶段和工作阶段区位选择的因素不尽相同，学习阶段更多考虑的是学校属性，而工作阶段更多受到迁出迁入城市的影响。将高被引华人科学家工作阶段流动数据导入 Gephi，构建工作阶段流动网络，设置为有向网络。网络密度为 0.008，平均聚类系数为 0.039，网络的平均度为 1.413，网络较为松散，集聚程度较低。由表 5 可以看出，高被引华人科学家工作阶段流动的前 10 个城市主要是中国城市和美国城市，度中心性度较高的为北京、香港、剑桥[美]、帕罗奥多、新加坡等国内外核心城市/国家。入度最高的城市是北京，而出度最高的城市为剑桥[美]。城市入度和出度的差表示科学家流入最多的城市，最大的为北京，大部分美国城市的出度较高，城市入度和出度的差多为负数，证明主要的美国城市对高被引华人科学家的吸引力有所不足，高被引华人科学家更愿意回到北京、香港等国内核心城市。可见，科学家的工作阶段流动呈现归国趋势，同时愿意回到核心城市。部分科学家在国外学习或工作期间已经取得了丰硕的科研成果和一定的社会地位，但由于对家国情怀、城市舒适度、未来发展等各类因素的考量，纷纷融入了归国的浪潮。

表 5 高被引华人科学家工作阶段流动网络城市节点分析(前 10)

Tab. 5 Node characteristics of the mobility network of highly cited Chinese scientists in their working stage (Top 10)						
城市/国家	入度	出度	入度出度差值	度中心性	接近中心度	中间中心度
北京	26	10	16	36	0.363	0.11
香港	14	6	8	20	0.232	0.041
新加坡	11	4	7	15	1.000	0.007
圣路易斯	7	1	6	8	0.400	0.014
剑桥[美]	6	12	-6	18	0.367	0.028
帕罗奥多	6	11	-5	17	0.388	0.076
伯克利	6	8	-2	14	0.321	0.025
上海	5	6	-1	11	0.276	0.01
洛杉矶	5	5	0	10	0.311	0.019
西雅图	4	9	-5	13	0.274	0.016

高被引华人科学家工作阶段迁入—迁出如表 6 所示。由表 6 可以看出，科学家的国家内部流动主要发生在中国内部和美国内部，中国的人才国内流动有 67 人，美国的高被引华人科学家的流动更加密集，共有 111 位科学家在美国内部发生了移动。科学家的跨国流动紧随世界前沿，主要发生在中国和美国之间，中国和美国是人才流动的重要枢纽<sup>[1]</sup>。

4.3 高被引华人科学家工作阶段国内/跨国流动特征分类

本文探究了高被引华人科学家的国内外城市的移动选择，高被引华人科学家在国内的流动情况如图 4 所示，高被引华人科学家有 41 位科学家发生了城市间的移动。科学家国内移动主要是发生在中国东部，北京作为中国首都都是人才流动的主要迁入地，有 16 位科学家流入到北京，上海到北京流动的人才最多，有 6 位科学家。上海、长春、香港、西安、合肥是主要的流出城市（图 4a）。

从国内到国外的移动是一个科学家的扩散过程，共有 25 位高被引华人科学家发生了国内到国外的移动，北京是最主要的迁出城市，有 8 位科学家从北京去往世界各地，包括美国、英国和沙特阿拉伯的部分城市。国内流动到国外的科学家流动，两城市之间绝大多数只涉及 1 位科学家的移动，只有北京到吉达有 2 位科学家的流动（图 4b）。

高被引华人科学家国外到国内的移动，有 51 位科学家回到了国内，在发生移动的科学家中，占比为 20%（图 4c）。科学家回国有集聚的趋势，主要集中在国内的核心城市，

表 6 高被引华人科学家工作阶段迁入—迁出表(前 20)

Tab. 6 Mobility characteristics of highly cited Chinese scientists in the working stage (Top 20)

国内/跨国流动	上一次工作 所在国家	当前工作 所在国家	人数(人)	国内/跨国流动	上一次工作 所在国家	当前工作 所在国家	人数(人)
国内流动	美国	美国	111	跨国流动	美国	新加坡	5
	中国	中国	67		日本	中国	5
	加拿大	加拿大	5		加拿大	中国	4
	英国	英国	5		美国	加拿大	4
	澳大利亚	澳大利亚	4		中国	日本	4
	新加坡	新加坡	2		澳大利亚	中国	3
	德国	德国	1		英国	中国	3
跨国流动	美国	中国	26		中国	沙特阿拉伯	3
	中国	美国	11		加拿大	美国	2
	德国	中国	5		加拿大	新加坡	2
	加拿大	新加坡	2				

主要的流入城市是北京和香港，其次是南京、杭州等省会城市。大多数国外到国内的科学家流动，都只涉及 1 位科学家，只有吉达—北京、伯克利—北京、新加坡—成都三处移动涉及 2 位科学家。创新型人才的工作地的首要选择还是较为发达的城市和地区，发达的城市和地区拥有更好的科研基础设施，重点高校和研究机构均分布于此，同时也会有更加便利的生活环境，为其进行研究提供了后续保障。

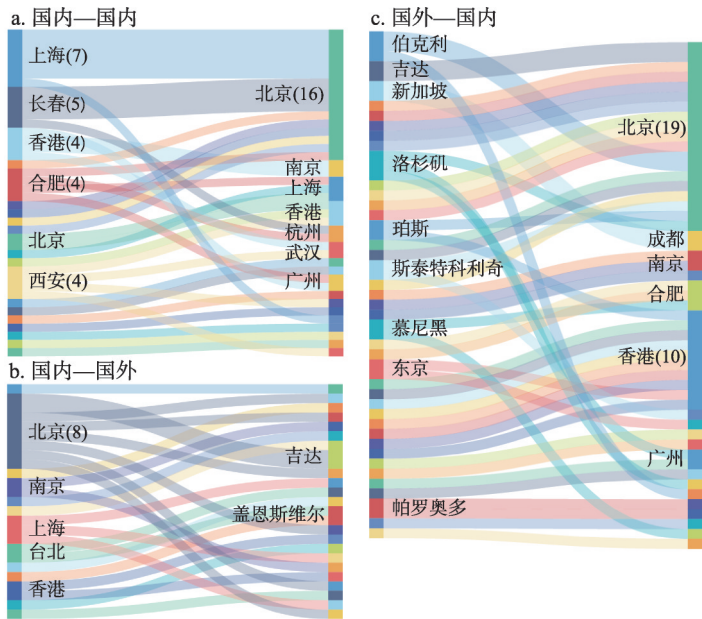


图 4 高被引华人科学家工作阶段流动人数分类统计

Fig. 4 Classification characteristics of the flow of highly cited Chinese scientists in the working stage

5 高被引华人科学家工作阶段流动影响因素

5.1 高被引华人科学家工作阶段移动选择倾向

Heckman 二阶段选择模型（表 7）第一阶段显示了科学家的移动意愿，从移动意愿回归部分来看，IMR 指数不显著，证明科学家移动的自选择问题并不明显。科学家总被引

表 7 Heckman 二阶段选择模型回归结果  
Tab. 7 Regression results of Heckman's two-stage selection model

指标	OLS	Heckman
	lntcdegree	lntcdegree
lncitations	0.0546 <sup>*</sup> (0.0277)	0.0634 <sup>**</sup> (0.0285)
lnpapers	-0.0232 (0.0680)	-0.0315 (0.0619)
samecountry	0.195 (0.153)	0.191 (0.144)
lnocdegree×lncitations	-5.74e-05 (0.000122)	-6.26e-05 (0.000111)
lndistance	0.100 <sup>**</sup> (0.0495)	0.0992 <sup>*</sup> (0.0537)
lnocdegree	0.131 (0.0831)	0.135 <sup>*</sup> (0.0763)
lnocsize	-0.0457 <sup>*</sup> (0.0248)	-0.0454 <sup>*</sup> (0.0266)
oc_c	-0.131 (0.154)	-0.163 (0.165)
ocuniversitynum	0.00699 (0.0359)	0.00632 (0.0389)
ocresearchcluster	-0.315 <sup>***</sup> (0.155)	-0.313 <sup>**</sup> (0.156)
lntcsize	0.0769 <sup>***</sup> (0.0217)	0.0783 <sup>***</sup> (0.0232)
tc_c	1.342 <sup>***</sup> (0.168)	1.342 <sup>***</sup> (0.133)
tcuniversitynum	0.155 <sup>***</sup> (0.0485)	0.155 <sup>***</sup> (0.0312)
tcresearchcluster	1.290 <sup>***</sup> (0.158)	1.294 <sup>***</sup> (0.131)
Constant	-0.421 (0.786)	-0.492 (0.884)
move		
lncitations		0.155 <sup>***</sup> (0.0493)
lnpapers		-0.120 (0.120)
lnocdegree×lncitations		-4.09e-05 (0.000194)
circulation		0.911 <sup>***</sup> (0.281)
lnocdegree		-0.275 <sup>*</sup> (0.159)
lnocsize		-0.0145 (0.0474)
oc_c		-0.270 (0.255)
ocuniversitynum		-0.0624 (0.0778)
ocresearchcluster		0.183 (0.298)
IMR		0.185 (0.319)
Constant		1.039 <sup>**</sup> (0.478)
Observations		309
R <sup>2</sup>	0.724	

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

用量对科学家的移动具有显著的正向影响，表明论文被引用数量越多的科学家更倾向于移动，而科学家的论文产出数量不显著，证明科学家产出的质量比数量更加重要。科学家存在人才环流的变量对科学家的移动有正向影响，证明在学习阶段所处城市具有工作经历的科学家，移动的可能性更高。此外，迁出城市有其他科学家进行移动会对科学家的移动倾向产生显著的正向影响，若迁出城市科学家纷纷选择到新的城市工作或学习，一方面科学家会接收到这些科学家的相关信息，并对目前的工作和学习环境进行衡量，另一方面受从众心理的影响，科学家往往也会做出迁移的决定。迁出城市度中心性的系数显著为负，即处于核心城市的科学家移动的可能性较低，在科学家移动意愿阶段，从回归结果来看，科学家是否考虑移动主要受到其个体特征的变量的影响，较少受到迁出城市的变量的影响。

Heckman 二阶段选择模型的第二阶段显示了科学家的移动选择，研究结果表明，复合的人口迁移模型对高端人才流动的区位选择的解释较为明显，科学家的个体因素——



被引用情况会对迁入城市的度中心性产生正向影响, 证明被引用数量更高的科学家更倾向于选择核心城市。在科学家的流动中, 高被引华人科学家关注到了网络流动带来的溢出效应, 即其处于核心城市中, 更有可能获得更好的资源, 带来更多的产出。

同时, 迁出城市与迁入城市的影响因素也对科学家的区位选择产生作用, 迁出城市的城市度中心性也呈现正相关关系, 在度中心性较高的城市学习或工作的科学家会接触到更多的工作和学习机会。而迁出城市的论文数量和迁出城市的研究集群则会对迁入城市的度中心性产生负向影响, 迁出城市的科研资源越丰富, 科学家向外移动的可能性越小, 因为迁出城市重点领域的研究往往依托于高被引科学家, 会对科学家产生粘滞性, 阻碍其向外移动。迁入城市的拉力作用明显, 迁入城市论文发表数量会对科学家选择核心城市产生显著的正向影响, 迁入城市科研资源越丰富, 这类城市往往都处于核心位置, 科学家也更倾向于在上述城市工作。与此同时, 迁入城市是中国城市、拥有世界前500强高校和具有较高的研究集群均会对科学家选择度中心性较高的核心城市产生显著的正向影响, 相比于外籍科学家, 华人科学家对中国城市有更大的依赖性, 中国的核心城市拥有更为丰富的资源, 拥有排名靠前的大学和强劲的专业, 科学家也就更倾向于选择这类城市。作为科学家移动过程中的阻碍因素, 即迁出城市与迁入城市的距离系数显著为正, 表明迁出城市和迁入城市距离越远, 科学家则越倾向于选择核心城市进行迁移, 而不会选择度中心性较低的中小型城市。

OLS模型是对Heckman二阶段选择模型的稳健性检验, 科学家被引用数量、迁入城市的发文数量、迁入城市为中国城市、迁入城市的所拥有的世界排名前500的大学数量、迁入城市是否拥有相同的研究集群均正向显著, 而迁出城市的发文数量和是否拥有相同的研究集群均负向显著, 证明Heckman二阶段回归模型结果稳健。

## 5.2 高被引华人科学家工作阶段国内/跨国移动意愿分类

Probit模型回归结果如表8所示, 模型1反映了高被引华人科学家是否在国内移动的情况, 其论文产出呈现正相关关系, 而科学家迁出城市的度中心性和其被引用量的交互项呈现负相关关系, 证明国内产出高的科学家移动可能性较高, 但是位于国内的核心城

表8 Probit回归模型回归结果  
Tab. 8 Regression results of Probit regression model

指标	模型1	模型2	模型3
	国内—国内	国内—国外	国外—国内
<i>Incitations</i>	-0.0940 (0.0842)	-0.0567 (0.117)	0.0285 (0.0682)
<i>lnpapers</i>	0.301* (0.159)	0.287 (0.246)	0.0505 (0.187)
<i>lnocdegree</i> × <i>Incitations</i>	-0.000870* (0.000447)	7.52e-05 (0.000994)	-0.000633 (0.000457)
<i>lndistance</i>	-1.024*** (0.161)	1.456*** (0.293)	1.411*** (0.183)
<i>lnocdegree</i>	1.389*** (0.324)	1.812*** (0.504)	-0.360* (0.189)
<i>lnocsize</i>	-0.0349 (0.0755)	0.0916 (0.118)	0.133* (0.0782)
<i>ocuniversitynum</i>	0.101 (0.102)	0.446*** (0.114)	-0.0733 (0.116)
<i>ocresearchcluster</i>	-2.589*** (0.641)	-4.487*** (0.994)	0.470 (0.382)
<i>lntcdegree</i>	1.032*** (0.285)	-1.149*** (0.286)	1.246*** (0.245)
<i>lntcsize</i>	-0.0643 (0.0662)	0.688*** (0.260)	-0.119** (0.0562)
<i>tcuniversitynum</i>	0.223* (0.119)	-0.0167 (0.182)	0.209*** (0.0613)
<i>tcresearchcluster</i>	-2.645*** (0.642)	-0.283 (0.588)	-2.944*** (0.729)
Constant	8.363*** (2.045)	-32.08*** (6.461)	-25.39*** (3.116)
Observations	255	255	255

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

市的高被引科学家不愿意移动,产出质量高的科学家,往往工作已经趋于稳定,不愿意移动,而年轻的有持续生产力的科学家,更倾向于移动到核心城市,以便获得更多的资源。地理距离呈现负相关关系,证明科学家的国内流动受到地理距离的限制,反之即地理邻近性对科学家的国内流动有正向影响,地理距离越近,越有可能产生移动。分析其迁出城市的影响因素,发现与迁出城市的度中心性呈现正相关关系,表明国内的核心城市的科学家更有移动的可能。迁出城市是否拥有科学家的研究集群呈现负相关关系,科学家相同的研究集群显示了地区的粘滞性,高被引华人科学家是其所在领域的知名学者,相同的研究集群主要是以该科学家为核心的研究团队,所以位于相同研究集群的地区的科学家不愿意移动。对迁入城市的影响因素进行分析,发现迁入城市的度中心对国内的科学家的移动有正向的影响,体现了核心城市的吸引力。迁入城市所拥有世界排名前500高校的数量与科学家的移动也呈现正相关关系,证明了迁入城市的教育质量提供了更多的拉力,因为有80.6%的科学家的现阶段工作单位在大学,并且位于知名院校,因此世界排名前500的高校有可能是其理想的工作单位。迁入城市拥有相同的研究集群呈现负相关关系,因为相同的研究集群,为专业世界排名前100的高校,和科学家的研究呈现竞争关系,因此会阻碍科学家的移动。

模型2回归了高被引华人科学家是否选择从国内城市向国外城市移动,地理距离呈现了正相关关系,这个和全球城市分布有关,高被引华人科学家大多数选择去美国、欧洲等离中国地理距离较远的城市,紧跟世界科技发展前沿;对其迁出城市的影响因素进行分析,迁出城市的度中心性、迁出城市拥有的世界排名前500高校的数量对科学家的移动有正向影响,证明位于国内教育质量好的地区也更倾向于移动到国外,相同的研究集群呈现负相关关系。而迁入城市的影响因素与国内移动有所不同,迁入城市的度中心性呈现负相关关系,而城市发文数量呈现正相关关系,这主要因为世界城市研究,城市难以统一标准,国外有很多城市拥有较好的教育资源,较高的科研产出,比如美国的剑桥市,拥有麻省理工学院和哈佛大学两所世界顶尖院校,但是其为美国的一个中等城镇,不属于大都市区和世界城市的范围,因此高被引华人科学家的国内到国外的流动,更多的受到城市科研实力(论文产出数量)的影响。

模型3显示了高被引华人科学家是否选择从国外城市移动到国内城市,地理距离呈现正相关关系,因为科学家的回国也是一个跨国的过程,距离较远,因此呈现正相关关系,迁出城市的度中心性呈现负相关关系,证明位于国外核心城市的科学家回国的可能性较小。科学家国内迁入城市的度中心性呈现正相关关系,证明科学家回国后仍然会留在国内的核心城市,迁入城市拥有世界排名前500的大学数量呈现正相关关系,相同的研究集群呈现负相关关系。

## 6 结论与讨论

### 6.1 结论

本文从流空间视角,基于2014—2015年全球高被引华人科学家简历数据,通过履历分析法,对创新型人才的空间流动进行研究,并利用Heckman二阶段选择模型对高被引华人科学家工作阶段流动的影响因素进行分析,主要探究科学家的个体因素对其区位选择的影响。研究发现:

(1) 根据高被引华人科学家的人才流动轨迹发现,科学家的移动迁入地主要是国内外的核心城市(度中心性较高的城市)。随着科学家学习经历的积累,科学家的流动呈现扩散趋势;工作阶段流动主要发生在中国和美国之间,中国城市多为人才迁入地,美国

城市为人才迁出地,在工作阶段,科学家更愿意选择回到国内核心城市。

(2)复合的人口迁移模型对高被引华人科学家工作阶段的区位选择解释作用明显。引用越高的科学家移动意愿更强烈,高被引华人科学家主要选择向核心城市移动,科学家的移动意愿更多的受到其个体特征的影响,而科学家的移动选择,在控制了科学家的个体特征后,发现迁入城市的拉力作用显著。

(3)高被引华人科学家的国内/跨国移动意愿的影响因素不同。科学家的国内/跨国移动中其个体特征因素的影响均不明显,科学家的国内移动更多受到地理距离和迁入城市的拉力的影响;国内到国外的移动,是一个科学家的扩散过程,地理距离已不具备阻碍作用,科学家的出国主要受到城市的科研实力因素等拉力的影响;对于高被引华人科学家的归国行为,科学家更倾向于回到国内接近世界前沿水平的城市,其迁入城市拉力作用明显,而迁出城市不具备推力作用。

## 6.2 讨论

本文对人才流动的学术探讨具有一定的启示意义。高被引华人科学家作为高端人才的代表,其移动与人口迁移研究不同,往往更加受到其迁入地的拉力影响,被引用数量更高的科学家更倾向于选择核心城市。同时针对人才国内/跨国流动视角进行了分类研究,针对高被引华人科学家的国内移动、国内—国外移动、国外—国内移动等进行了研究,分析其影响因素的不同及人口迁移模型的解释作用,试图在传统的人才流动研究上寻求突破。研究发现其国内/跨国分类研究中科学家的个体特征均不显著,国内移动迁出地的推力作用不明显,迁入地的拉力作用明显,地理距离呈现显著负向效应。但是跨国移动中地理距离的阻碍作用不明显,科学家的国内—国外移动,迁出城市粘滞性较大,迁入城市的拉力作用较为明显;科学家的国外—国内移动,迁入城市的拉力作用明显,会选择国内核心城市。分类研究中,复合的人口迁移模型在科学家的国内移动中适用性更高,对于其跨国移动,阻碍因素作用不明显。因此在此预测人口迁移模型更加适合同一区域(全球或者某一国家)内的人才移动研究,推拉模型更加适合跨国移动的研究。

高端人才是区域发展的重要资源,其流动机制的发展会促进地区人才争夺的态势,深入了解人才集聚与流动的规律,有助于城市制定更加合理的人才政策<sup>[38]</sup>。北京和上海作为中国最大的两个城市,其人才吸引能力有所差异,北京表现出了超强的人才吸引能力,人才输出多,作为首都也是与世界接轨的桥梁;上海作为中国的国际化大都市,之前研究认为上海是劳动力的主要流入地,而在本文的研究中却成为了人才输出地,人才输出到北京和其他国外城市。因此根据以上研究结论提出以下的政策建议:①针对北京等人才流入城市,应该保持其城市吸引力,从城市的科研实力如城市的论文产出和世界前五百强大学数量等因素入手,维持高端院校及科研院所的建设,为人才提供合适的科研平台,以保持对人才的吸引力;②上海作为主要的人才流失城市,在提升科研实力的基础上,应加强基础教育,加大自身人才培养力度,以达到人才环流的目的。③针对国内的其他省会城市,应该在提升自己科研实力的同时,结合城市发展需要,如果希望发展某一产业或领域,可以集中精力建设相应的研究集群,从而为人才提供有吸引力的平台。

本文仍存在以下几点不足:①本文关注了高被引华人科学家的移动选择倾向,选择了个体因素与城市因素两个层面,但由于是全球城市研究,城市层面因素选取囿于数据获取困难有所欠缺,未来可以更多的考虑城市经济能力和教育资源等因素的影响;②对人才个体选择倾向有所考虑,但是还是基于回归来对其选择倾向进行计算,不一定符合人才在现实中的选择情况,故未来可以考虑结合访谈数据或开展更多的案例研究,对人才流动的选择倾向进行分析;③开展微观人才选址研究的另一大阻碍是遗漏变量的问题,如家庭因素、职业预期等均会对人才的流动产生影响,新迁移经济理论认为有3种



家庭效应影响着人口的迁移决策, 分别是“风险转移”“经济约束”和“相对贫困”<sup>[39]</sup>。本文的研究对象为高被引华人科学家, 均获得了高级职称, 证明其工作有保障, 且本文分析的是工作阶段的最近一次流动, 田瑞强等研究表明科学家的工作经历降低了生存风险<sup>[40]</sup>, 科学家的最近一次流动更多的反映了科学家的自主选择权利, 不需要考虑其生存等问题带来的影响, 而且由于各地的人才吸引政策, 均为科学家的生存提供了保障, 因此家庭效应所带来的阻碍作用较小。但是本文尚未进行实证分析, 未来研究将会对科学家的问卷调查与访谈的形式, 分析这些变量的影响。

## 参考文献(References)

- [1] Wang Guangmin, Lin Zeyan. Typical features and training policy recommendations on innovational science and technology geniuses. *Science & Technology Progress and Policy*, 2008, 25(7): 186-189. [王广民, 林泽炎. 创新型科技人才的典型特质及培育政策建议: 基于 84 名创新型科技人才的实证分析. *科技进步与对策*, 2008, 25(7): 186-189.]
- [2] Lucas R. On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 1988, 22(1): 3-42.
- [3] Ma Haitao. Triangle model of Chinese returnees: A tentative method for city networks based on talent flows. *Geographical Research*, 2017, 36(1): 161-170. [马海涛. 基于人才流动的城市网络关系构建. *地理研究*, 2017, 36(1): 161-170.]
- [4] Huang Haigang. From brain drain to brain circulation: Paradigm shift of talent mobility. *Journal of Higher Education*, 2017, 38(1): 90-97, 104. [黄海刚. 从人才流失到人才环流: 国际高水平人才流动的转换. *高等教育研究*, 2017, 38(1): 90-97, 104.]
- [5] Florida R. The flight of the creative class: The new global competition for talent. *Liberal Education*, 2006, 92(3): 22-29.
- [6] Cui Dan, Li Guoping, Wu Dianting, et al. Spatio-temporal patterns evolution and impact mechanism of the agglomeration of creative talents in China. *Economic Geography*, 2020, 40(9): 1-14. [崔丹, 李国平, 吴殿廷, 等. 中国创新型人才集聚的时空格局演变与影响机理. *经济地理*, 2020, 40(9): 1-14.]
- [7] Si Yuefang, Sun Kang, Zhu Yiwen, et al. Spatial structure and influencing factors of knowledge network of highly cited Chinese scientists. *Geographical Research*, 2020, 39(12): 2731-2742. [司月芳, 孙康, 朱贻文, 等. 高被引华人科学家知识网络的空间结构及影响因素. *地理研究*, 2020, 39(12): 2731-2742.]
- [8] Koser K, Salt J. The geography of highly skilled international migration. *International Journal of Population Geography*, 1997, 3(4): 285-303.
- [9] Liu Ye, Shen Jianfa, Liu Yuqi. Transnational mobility of the highly skilled: A review. *Human Geography*, 2013, 28(2): 7-12. [刘晔, 沈建法, 刘于琪. 西方高端人才跨国流动研究述评. *人文地理*, 2013, 28(2): 7-12.]
- [10] Ramos A M G. New orientation of human resources policies in science and technology (S&T): From brain drain to brain circulation and talent recruitment policies. *Papeles De Población*, 2014, 20(82): 113-135.
- [11] Aref S, Zagheni E, West J. The demography of the peripatetic researcher: Evidence on highly mobile scholars from the web of science. *Lecture Notes in Computer Science*, 2019: 50-65.
- [12] Gu Hengyu, Shen Tiyan. Spatial evolution characteristics and driving forces of Chinese highly educated talents. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(2): 326-340. [古恒宇, 沈体雁. 中国高学历人才的空间演化特征及驱动因素. *地理学报*, 2021, 76(2): 326-340.]
- [13] Hou Chunguang, Du Debin, Liu Chengliang, et al. Spatio-temporal evolution and factors influencing international student mobility networks in the world. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(4): 681-694. [侯纯光, 杜德斌, 刘承良, 等. 全球留学生留学网络时空演化及其影响因素. *地理学报*, 2020, 75(4): 681-694.]
- [14] Wei Hao, Wang Chen, Mao Risheng. An empirical analysis of international talent flow and its influencing factors. *Management World*, 2012(1): 33-45. [魏浩, 王宸, 毛日昇. 国际间人才流动及其影响因素的实证分析. *管理世界*, 2012(1): 33-45.]
- [15] Yang F J, Liang Z, Xue L. An analysis on characteristics and impacts of Chinese highly cited researchers' transnational mobility//2018 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology. Honolulu: IEEE, 2018: 1-8.
- [16] Zhou Liang, Zhang Ya. The spatial distribution and flow trends of Chinese top academic talents: Based on the case study of academicians of Chinese Academy of Sciences. *Geographical Research*, 2019, 38(7): 1749-1763. [周亮, 张亚. 中国顶尖学术型人才空间分布特征及其流动趋势: 以中国科学院院士为例. *地理研究*, 2019, 38(7): 1749-1763.]
- [17] Li Rui, Wu Dianting, Bao Jie, et al. Evolution of temporal and spatial pattern and driving mechanisms of agglomerative



- growth of senior science talents: A case study of academicians of CAS. *Progress in Geography*, 2013, 32(7): 1123-1138. [李瑞, 吴殿廷, 鲍捷, 等. 高级科学人才集聚成长的时空格局演化及其驱动机制: 基于中国科学院院士的典型分析. *地理科学进展*, 2013, 32(7): 1123-1138.]
- [18] Liu Y, Shen J F. Jobs or amenities? Location choices of interprovincial skilled migrants in China, 2000- 2005. *Population, Space and Place*, 2014, 20(7): 592-605.
- [19] Jiang Yanpeng, Wang Xijing, Ma Renfeng. Theoretical exploration of innovative talent agglomeration: From the perspective of city selection of global talent flow. *Scientia Geographica Sinica*, 2021, 41(10): 1802-1811. [姜炎鹏, 王鑫静, 马仁锋. 创新人才集聚的理论探索: 全球人才流动的城市选择视角. *地理科学*, 2021, 41(10): 1802-1811.]
- [20] Wang Y Q, Luo H, Shi Y Y. Complex network analysis for international talent mobility based on bibliometrics. *International Journal of Innovation Science*, 2019, 11(3): 419-435.
- [21] Ravenstein E G. The laws of migration. *Journal of the Royal Statistical Society*, 1889, 52(2): 241-305.
- [22] Bogue D J. *Internal Migration*. Chicago: University of Chicago Press, 1959: 486-509.
- [23] Ho N T T, Seet P S, Jones J. Understanding re-expatriation intentions among overseas returnees: An emerging economy perspective. *The International Journal of Human Resource Management*, 2016, 27(17): 1938-1966.
- [24] Lee E S. A theory of migration. *Demography*, 1966, 3(1): 47-57.
- [25] Hou Chunguang, Du Debin, Duan Dezhong, et al. The evolution of the network structure of talent mobility in countries or regions along the "Belt and Road". *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(11): 1711-1718. [侯纯光, 杜德斌, 段德忠, 等. "一带一路"沿线国家或地区人才流动网络结构演化. *地理科学*, 2019, 39(11): 1711-1718.]
- [26] Gu Hengyu, Shen Tiyan, Liu Ziliang, et al. Driving mechanism of interprovincial population migration flows in China based on spatial filtering. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(2): 222-237. [古恒宇, 沈体雁, 刘子亮, 等. 基于空间滤波方法的中国省际人口迁移驱动因素. *地理学报*, 2019, 74(2): 222-237.]
- [27] Lewis W A. Economic development with unlimited supplies of labour. *Models of Development*, 1954: 400-449.
- [28] Ranis G, Fei J C H. A theory of economic development. *The American Economic Review*, 1961, 51(4): 533-565.
- [29] Todaro M P. A model of labor migration and urban unemployment in less developed countries. *The American Economic Review*, 1969, 59(1): 138-148.
- [30] Stark O. Research on rural-to-urban migration in LDCs: The confusion frontier and why we should pause to rethink afresh. *World Development*, 1982, 10(1): 63-70.
- [31] Zhang Kangzhi, Zhang Tong. The concept of core-periphery in the world-system analysis. *Journal of Renmin University of China*, 2015, 29(2): 80-89. [张康之, 张桐. "世界体系论"的"中心—边缘"概念考察. *中国人民大学学报*, 2015, 29(2): 80-89.]
- [32] Florida R. Cities and the creative class. *City & Community*, 2003, 2(1): 3-19.
- [33] Gao Yanhui, Liu Kewei, Zhang Xiaolu. Theory schools of labor migration and perspectives from geography. *Human Geography*, 2008, 23(5): 112-118. [高岩辉, 刘科伟, 张晓露. 劳动力转移的理论流派与地理学的视角. *人文地理*, 2008, 23(5): 112-118.]
- [34] Verginer L, Riccaboni M. Talent goes to global cities: The world network of scientists' mobility. *Research Policy*, 2021, 50(1): 104127. DOI: 10.1016/j.respol.2020.104127.
- [35] Wang Ruoyu, Huang Xu, Xue Desheng, et al. Spatio-temporal change of faculty members of higher education institute and its influential factors in China in 2005-2015. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(8): 1199-1207. [王若宇, 黄旭, 薛德升, 等. 2005—2015年中国高校科研人才的时空变化及影响因素分析. *地理科学*, 2019, 39(8): 1199-1207.]
- [36] Shi Wentian. Research on the space flow and scientific cooperation of Chinese scientists based on analyses of CAS and CAE academicians [D]. Shanghai: East China Normal University, 2020. [史文天. 中国科学家的空间流动与科研合作研究: 基于两院院士的分析[D]. 上海: 华东师范大学, 2020.]
- [37] Liu Bin, Wei Qian, Lv Yue, et al. Servitization of manufacturing and value chain upgrading. *Economic Research Journal*, 2016, 51(3): 151-162. [刘斌, 魏倩, 吕越, 等. 制造业服务化与价值链升级. *经济研究*, 2016, 51(3): 151-162.]
- [38] Wu Rongwei, Wang Ruoyu, Liu Ye, et al. Spatial pattern and determinants of highly educated talents in China, 2000-2015. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(11): 1822-1830. [武荣伟, 王若宇, 刘晔, 等. 2000—2015年中国高学历人才分布格局及其影响机制. *地理科学*, 2020, 40(11): 1822-1830.]
- [39] Stark O, Bloom D E. The new economics of labor migration. *The American Economic Review*, 1985, 75(2): 173-178.
- [40] Tian Ruiqiang, Yao Changqing, Yuan Junpeng, et al. Using the curriculum vitae for career trajectories research of top Chinese overseas talents: The perspective of survival hazard analysis. *China Soft Science*, 2013(10): 59-67. [田瑞强, 姚长青, 袁军鹏, 等. 基于履历信息的海外华人高层次人才成长研究: 生存风险视角. *中国软科学*, 2013(10): 59-67.]

# The geographical structure and influencing factors of talent mobility: The resume analysis of highly cited Chinese scientists

SUN Kang<sup>1,2</sup>, SI Yuefang<sup>1,2</sup>

(1. The Center for Modern Chinese City Studies, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

2. School of Urban and Regional Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

**Abstract:** As an important innovation resource, top world talents play a vital role in promoting regional innovation and competitiveness. Among all kinds of top world talents, highly cited scientists, whose achievements are highly original and subversive, form a crucial scientific and technological force determining the direction of future scientific development. The geographical structure and influencing factors of their immigration are important and are being investigated within the field of geography. According to previous studies, different population types have different location choices. Despite existing research on the mobility of the general labor force, the question of which model is suitable for the movement of highly cited scientists has not yet been settled. This paper integrates the world city theory into population mobility studies and investigates the mobility of highly cited Chinese scientists. We compiled the list of highly cited Chinese scientists based on the 2014-2015 global list of highly cited scientists on the Web of Science as well as a background and resume information search. We proceeded with the research in the following ways: We firstly constructed a composite talent migration theory on the basis of the population migration theory in order to explore which factors affect scientists' location choice in their working periods; we secondly described their mobility characteristics during their education and working periods, including a detailed analysis of domestic and transnational migration during the working period; we thirdly applied the Heckman two-stage selection model to explore the applicability of compound population migration theory in high-end talent flow; and we finally conducted a classification study from the perspective of domestic/transnational mobility of talents and used the Probit regression model to explore the influencing factors of scientists' willingness to return to China or go abroad along with the factors that influence scientists' domestic mobility. The main conclusions can be drawn as follows: (1) The talent flow trajectory of highly cited Chinese scientists showed that the target places of scientists are mainly core cities (measured by degree centrality) at home and abroad. (2) The transnational flow direction of highly cited Chinese scientists in the working stage is mainly from American cities to Chinese cities. (3) The composite population migration model has an obvious role in explaining the location selection of highly cited Chinese scientists in their working stage. Scientists mainly choose to move to core cities and their willingness to move is largely affected by their individual characteristics. (4) The factors influencing the choice of movement of highly cited Chinese scientists at home and abroad are different. The domestic mobility of scientists is limited by geographical distance, and highly cited Chinese scientists' transnational movement is mainly affected by the pull of the destination cities. We demonstrated that the composite population migration model was more suitable for the study of talents' movement inside the region (globally or within a country), while the push-pull model was more suitable for transnational movement.

**Keywords:** highly cited Chinese scientists; resume analysis; talent mobility; Heckman model