

长三角技术多样化、外部创新合作对城市 非典型知识组合产出的影响

覃柳婷^{1, 2} 王秋玉³ 曾刚^{1, 2*}

- (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;
3. 上海社会科学院经济研究所, 上海 200020)

【摘要】:创新是国家社会经济发展的重要驱动力,非典型知识组合具备新颖性、探索性和前瞻性等特征,被认为是突破性创新的重要基础。在高质量发展的时代背景下,有效识别非典型知识组合和掌握提高非典型知识组合产出的影响因素对城市制定创新战略、提升城市创新能级和提高决策效率具有重要的现实意义。利用2000~2018年专利数据,通过z值法识别非典型知识组合,运用面板回归模型探究长三角地区技术相关多样化、技术非相关多样化与外部创新合作对城市非典型知识组合产出的影响作用。研究发现:(1)2000~2018年,长三角地区非典型知识组合主要集中在“作业&运输”“化学&冶金”和“人类生活必需”三大技术领域,且多存在于战略新兴产业之中,空间上集中分布于沪宁合杭甬“Z”型发展带上。(2)在高等级和一般等级城市中,相关多样化均有利于提高城市非典型知识组合产出;高等级城市中,非相关多样化对非典型知识组合产出影响作用不显著,一般等级城市中,非相关多样化程度与非典型知识组合产出呈现倒“U”型关系。(3)在高等级和一般等级城市中,外部创新合作与城市非典型知识组合产出均存在倒“U”型关系,非相关多样化和外部创新合作均会相互削弱对方对非典型知识组合产出的积极影响作用,二者存在显著的替代效应。

【关键词】:非典型知识组合 非相关多样化 相关多样化 外部创新合作 长三角地区

【中图分类号】:K902 **【文献标识码】**:A **【文章编号】**:1004-8227(2022)010-2122-12

DOI:10.11870/cjlyzyhj202210002

知识经济时代,创新已成为越来越多国家追求高质量发展、提升国际竞争力的重要抓手。我国“十四五”规划将“坚持创新驱动发展”放在专项部署首位,十九届六中全会强调坚持实施创新驱动发展战略,把科技自立自强作为国家发展的战略支撑。创新被视为我国社会经济发展的重要驱动力,在构建“双循环”

¹收稿日期:2021-09-18;修回日期:2022-03-07

基金项目:国家自然科学基金重点项目(42130510);国家自然科学基金青年科学基金项目(41901158);教育部人文社会科学项目(19YJC790138)

作者简介:覃柳婷(1992~),女,博士研究生,主要研究方向为经济地理与区域创新。E-mail: qlt11247@163.com

***通讯作者** E-mail:gzeng@re.ecnu.edu.cn

新发展格局、加快建设创新型国家进程中发挥着重要作用。从熊彼特^[1]对创新的解释来看,创新的本质是对现有知识元素进行有效的重新组合。Uzzi 等^[2]和 Mewes^[3]将全新的或罕见的知识组合视为非典型知识组合,认为非典型的知识组合更为激进,并具备较强的创造力,是突破性创新的重要基础。Fleming^[4]指出非典型知识组合在观察到的所有知识组合中罕见,是一种具备新颖性、探索性和前瞻性的创新。Arthur^[6]和 Verhoeven 等^[6]认为全新的知识组合可能会带来范式转变或根本性变化,有助于城市建立强大的竞争优势,这种变化表现为新市场或新产业的形成、产品性能的提高、产品成本的降低、消费者期望的改变。有效识别非典型知识组合和掌握促进城市非典型知识组合产出的影响因素对城市制定创新发展战略、提高决策效率和优化资源配置等具有重要的现实意义。

技术多样化被视为影响创新发展的重要影响因素,现有研究多集中于探讨多样化对创新产出的影响作用,技术多样化对非典型知识组合影响作用的研究仍较缺乏,其中的影响机制也尚未理清。Fontana 等^[7]研究表明非典型知识组合与跨学科关系密切,非典型知识组合更多是由不同领域知识构成,知识多样化是非典型知识组合产生的重要基础。Florida 等^[8]认为技术多样化程度较高的城市拥有更为复杂的自组织功能,存在更多跨越行业边界的知识溢出,利于新颖知识产生。彭向等^[9]研究发现同一地理空间内差异化知识越丰富,越能激发不同知识个体之间的思维碰撞,有助于创新产生。任晶等^[10]认为在知识多样化的环境中,不同技术领域间的频繁互动促进了大量创新思想的产生。

然而,技术多样化对创新产出未必一定是积极的影响作用,可能存在消极的影响作用,二者间也可能是非线性关系。宋艳双等^[11]认为知识技术范围过广会提高整合成本和不确定性风险,成为创新发展的桎梏。孙瑜康等^[12]研究发现城市技术多样化程度与创新水平呈现显著的倒“U”型关系,当多样化处于合理范围内会促进知识溢出和创新增长,而当多样化水平过高时,不再利于城市创新增长。Sampson 等^[13]指出技术多样化与创新之间存在非线性关系,适度的技术多样化更有利于创新产生。此外,探讨技术多样化对不同类型城市非典型知识组合产出和创新发展的影响作用的研究也逐渐涌现。李勇辉等^[14]基于生产性服务业研究指出多样化集聚会抑制经济发达城市的创新发展,对欠发达城市创新则不存在显著直接影响。Berkes 等^[15]在探究非典型知识组合地理分布时发现非典型知识组合在高人口密度城市中更为普遍,高人口密度城市知识丰富多样、知识交流更为频繁,促进了非典型知识组合的产生。Mewes^[3]研究发现非典型知识组合更集中在人口规模较大的城市,大城市产业类型丰富、知识类型多样利于非典型知识组合的产生。综合来看,探讨技术多样化对非典型知识组合产出影响作用的研究相对缺乏,仅存的少量研究也将多样化本身视为一个黑箱,停留在探究技术多样化对非典型知识组合产出影响作用,鲜有研究通过细化技术多样化并基于城市差异来深入研究技术多样化与非典型知识组合产出之间的关系。Frenken 等^[16]于 2007 年将多样化划分为相关多样化与非相关多样化,这为分析技术多样化对非典型知识组合产出的影响提作用供了更细化和深入的视角。现有研究多集中在探究产业部门相关与非相关多样化对城市出口韧性、新产业兴起等的影响作用^[17, 18]。但随着对多样化讨论的深入,对技术知识层面的相关与非相关多样化的研究开始涌现^[19, 20]。根据 Frenken 等^[16]学者的观点,技术层面上,相关多样化是指知识技术间存在技术联系或者功能互补的多样化,非相关多样化则是与相关多样化相对而言。高旻昱等^[19]认为技术相关多样化利于创新主体分享共通知识,形成地理邻近与知识结构邻近的叠加效应,从而推动创新发展,由于不同类型知识存在认知距离,非相关多样化与创新间呈倒“U”型关系。王俊松^[21]研究指出城市创新受益于具有相关性或互补性的多样化部门带来的知识溢出,相关多样化而不是非相关多样化促进了城市创新发展。Tavassoli 等^[22]利用瑞典专利数据研究发现区域内相关多样化水平与区域创新力显著正相关,而非相关多样化的影响效果不显著。Castaldi 等^[16]发现技术非相关多样化显著增加了突破性创新的数量,非相关多样化促进跨学科交流,利于打破路径锁定、激发突破性创新。Boschma 等^[23]指出在原来没有关联的知识领域建立全新的联系利于突破性创新产生,不同属性的知识交融能够促进知识的集成创新。总的来看,技术相关多样化与非相关多样化对创新的影响作用仍存在学术争议,非相关多样化多被视为突破性创新的重要影响因素,因而将技术多样化划分为相关多样化与非相关多样化,并基于地方差异开展研究能加深技术多样化对非典型知识

组合产出的影响机制的认识。

区域知识基础理论重视探讨区域知识溢出和知识创新的路径,逐渐成为区域创新研究的重要分支,但现有多数研究隐含地假设创新源于本地知识库,忽视了外部知识和外部创新合作的影响作用^[24, 25]。关系经济地理学拓展了知识来源的空间范围,强调获取不同空间尺度知识的重要性。Miguelez 等指出城市间创新合作是一种正式且稳定的关系,是城市外部创新联系的主要形式之一,能够有效传递缄默知识和维持城市与外界的学习互动^[26, 27]。Bathelt 等^[28]指出城市内部知识不断进行重组,将会导致知识冗余和陷入低端锁定,外部联系可以为本地生产系统带来新的思想,及时引入外部知识是破除城市低端锁定的重要因素。Wuchty 等^[29]认为城市与拥有共同目标的外部合作伙伴共享知识和信息能降低开发新产品的复杂性,从而提高创新效率。Glückler^[30]认为外部创新合作促使异质性知识流入城市,增加城市知识多样化,利于提高城市绩效。然而,也有学者认为外部创新合作对创新发展可能存在消极影响作用。宓泽锋等^[31]指出远距离创新合作虽带来更多异质性知识,也会使得本地网络的嵌入性降低,导致机会成本升高,过度的远距离创新合作对创新绩效产生负向影响。Hottenrott 等^[32]研究指出城市内部创新主体获取远距离知识时,需考虑自身吸收能力、寻找创新合作伙伴和维持关系的成本,这些因素可能会抑制外部创新合作对创新的积极作用。外部创新合作是城市创新发展的重要影响因素,其影响作用也仍未理清,在探究城市非典型知识组合产出的影响因素时,将城市外部创新合作这一影响因素纳入考虑能更好揭示推动非典型知识组合发展的背后机理。此外,Nooteboom 等^[33]学者认为创新主体有可能难以同时兼顾和利用认知距离较远的知识和地理距离较远的知识。非相关多样化程度越高意味着城市内部存在大量的异质性知识,要重组大量不相关知识存在一定难度,也需要一定的认知整合能力^[34]。而外部创新合作中获得的知识往往与城市本地知识库存在一定的认知邻近性和技术邻近性,但地理距离较远,获取成本较高^[33]。非相关多样化与外部创新合作的互动关系可能对非典型知识组合产出产生影响作用,探究非典型知识组合产出影响因素时应将其纳入考虑。

综合来看,相关多样化、非相关多样化和外部创新合作对城市非典型知识组合产出影响的直接经验研究还相当匮乏,技术多样化和外部创新合作如何作用于城市非典型知识组合也尚未知晓。因此,本文借鉴Frenken 等^[16]的做法,将技术多样化区分为相关多样化和非相关多样化,并纳入外部创新合作这一重要影响因素,探究它们对城市非典型知识组合产出的影响作用,同时注重结合不同类型城市进行分析,进一步打开多样化影响效应的黑箱,深化对知识溢出机制的认识,理清城市非典型知识组合产出的关键影响因素,为高质量发展背景下城市提升创新能级、制定创新发展战略提供有益参考。长三角地区是我国创新要素空间流动最频繁和创新能力最强的地区之一,城市内部知识资源丰富多样,并存在较为频繁的外部创新合作,是探究非典型知识组合产出影响因素的良好区域,故将长三角地区作为研究区域。

1 数据来源与研究方法

1.1 指标选取和数据来源

1.1.1 被解释变量

被解释变量为城市非典型知识组合数量,参照 Mewes 等学者的做法,使用发明专利作为挖掘非典型知识组合的基础数据^[3]。专利中的 IPC 分类码被视为技术知识元素的有效代理,当多个分类码共现于同一专利时,不同知识元素间存在多种两两组合关系。发明专利是科学发明的主要载体,不仅记录了新技术成果和创新主体信息,还具备较高的科技含量和创新实用价值^[35]。本文研究的时间段为 2000~2018 年,专利数据来自国家知识产权局(<https://www.cnipa.gov.cn/>),通过采集最终获得 2000~2018 年长三角地区 2757191 条发明专利。

借鉴 Uzzi 和 Mewes 等学者的做法,通过计算 z 值识别非典型知识组合。首先,基于专利数据整理出知识技术组合,将观察到的技术组合出现频率与其随机共现频率进行比较,生成每个知识组合的 z 值^[2, 3]。由于统计的是技术类别的组合关系,因而只统计至少含有两个技术类别的专利。 z 值能度量给定的任何技术组合是非典型(新颖)的还是典型(常规)的。 z 值为正表示知识组合在观察数据中出现的次数比随机共现多,说明知识组合是相对常见或传统的。 z 值为负表示知识组合在观察数据中出现的频率低于预期,表明知识组合是相对非典型或是新的配对。然后筛选出 z 值为负值的知识组合,将其认定为非典型知识组合,将非典型知识组合归属至城市层面。最后,统计长三角地区各城市拥有的非典型知识组合总数量,也就是被解释变量。 z 值计算方法如下^[36]:

$$Z_{u,v} = \frac{O_{u,v} - E_{u,v}}{\sigma_{u,v}} \quad (1)$$

式中: $O_{u,v}$ 为技术类别 u 和技术类别 v 共同出现的次数; $E_{u,v}$ 为随机出现的技术 u 和 v 的统计期望; $\sigma_{u,v}$ 为标准偏差。两个技术类别共同出现的随机期望 $E_{u,v}$ 公式为:

$$E_{u,v} = \frac{n_u n_v}{N} \quad (2)$$

式中: n_u 和 n_v 分别是技术类别 u 和技术类别 v 的数量; N 是所有技术类别总数量。 $\sigma_{u,v}$ 公式为:

$$\sigma_{u,v}^2 = E_{u,v} \left(1 - \frac{n_u}{N} \right) \left(\frac{N - n_v}{N - 1} \right) \quad (3)$$

1.1.2 解释变量

核心解释变量分别为技术相关多样化、技术非相关多样化、外部创新合作以及非相关多样化与外部创新合作的交互项。参照 Castaldi 和 Hall 等学者的做法,使用技术分类在不同聚合级别上的熵值来衡量技术相关多样化和非相关多样化^[16, 37]。国际专利分类码(IPC)将专利技术领域分为部、大类、小类、大组、小组 5 个不同层级。专利 IPC 部分类包括固定建筑物(A 部)、作业&运输(B 部)、纺织&造纸(C 部)、人类生活需要(D 部)、机械工程(E 部)、物理(F 部)、化学&冶金(G 部)、电学(H 部)8 个部,它们之间技术壁垒较高,不易实现知识溢出。因而技术非相关多样化(UV)可通过 IPC 部分类的专利分布熵来衡量,计算公式为:

$$UV_{i,t} = - \sum_{k=1}^K P_{k,i,t} \ln \left(\frac{1}{P_{k,i,t}} \right) \quad (4)$$

式中: $P_{k,i,t}$ 为城市 i 在 t 年部层级 k 类专利占该城市当年专利总数的占比,如果专利含有两个或两个以上的分类,在每类中都计入;UV 指数数值越大,表示城市技术多样化水平越高。

由于 IPC 分类中二位数分类(大类)技术之间的相关性较低(如衣帽类与医药类同属于 A 部),因而一般采用三位数分类(小类)衡量相关多样化(RV)。依据 Theil 等提出的熵值分解公式,相关多样化(RV)使用三

位数分类熵值与二位数分类熵值的组间差异来表示，计算公式为^[38]：

$$RV_{i,t} = \sum_{m=1}^M P_{m,i,t} \ln\left(\frac{1}{P_{m,i,t}}\right) - \sum_{n=1}^N P_{n,i,t} \ln\left(\frac{1}{P_{n,i,t}}\right) \quad (5)$$

式中： $P_{m,i,t}$ 和 $P_{n,i,t}$ 分别城市 i 在 t 年大类层级中 m 类专利占该城市当年专利总数的占比和小类层级中 n 类专利占该城市当年专利总数的占比； RV 指数数值越高，各个技术领域的专利分布越均衡，表示城市内相关知识技术领域的份额就越高。

根据 Miguelez 等^[26] 和 DeNoni 等^[39] 的划分，将城市外部创新合作界定为跨越城市行政边界的城市之间的创新合作。本文中城市外部创新合作是指城市与国内其他城市进行创新合作的总次数。城市外部创新合作数量基于联合发明专利申请数据来统计，联合申请专利是指由多个主体联合申请的专利。Hagedoorn 等^[40] 认为联合申请专利是最直接体现知识共享与创新合作的数据。联合发明专利申请数据来自国家知识产权局 (<https://www.cnipa.gov.cn/>)，对采集到的数据进行整理过程中，申请者仅保留组织机构主体，每个专利确保最少有两位申请者，然后将申请者整理为两两合作形式。借助百度地图和天眼查等确定申请者隶属城市，删除含有与港澳台、国外合作的专利，最终筛选出 2000~2018 年长三角地区各城市的联合发明专利申请专利，共得到 151128 条，最后统计长三角地区各城市外部创新合作次数。

1.1.3 控制变量

控制变量根据柯布一道格拉斯知识生产函数选取，主要包括政府科研经费投入、科研人员投入、城市经济基础、产业结构优化程度和信息发达程度五个变量，分别使用政府科技财政支出、每百万人科技人员数量、人均地区生产总值、第三产业增加值占 GDP 比值和每万人互联网接入用户数来表征，数据来自 2001~2019 年的《中国城市统计年鉴》。

1.2 模型构建

为测度技术多样化和外部联系对城市非典型知识组合产出的影响，选用面板回归模型进行分析，基础模型构建如下：

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 RV_{it} + \beta_2 UV_{it} + \beta_3 UV_{it}^2 + \beta_4 Copatent_{it} + \beta_5 Copatent_{it}^2 + \beta_6 UV_{it} * Copatent_{it} + \beta_7 Gov_{it} + \beta_8 Hum_{it} + \beta_9 perGDP_{it} + \beta_{10} Internet_{it} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

式中： Y_{it} 表示非典型知识组合产出； RV_{it} 为技术相关多样化； UV_{it} 为技术非相关多样化； UV_{it}^2 是非相关多样化的平方项； $Copatent_{it}$ 为城市外部创新合作次数； $Copatent_{it}^2$ 为城市创新合作次数的平方项； $UV_{it} * Copatent_{it}$ 是非相关多样化与外部创新合作的交互项； Gov_{it} 为政府科研经费投入； Hum_{it} 为科技人员投入； $perGDP_{it}$ 为城市经济基础； $Indust_{it}$ 为产业结构优化程度； $Internet_{it}$ 为信息发达程度； ε_{it} 为随机误差项； β 为变量的参数； i 为城市； t 为年份。

2 非典型知识组合、技术多样化与外部创新合作变化特征

2.1 非典型知识组合发展变化特征

2.1.1 时序发展特征

2000~2018年,长三角地区非典型知识组合种类由29个增长至10609个,组合总数量由49个增长至33952个,呈现逐年递增的态势(图1)。2000~2010年,长三角地区非典型知识组合产出处于缓慢增长状态,2011~2018年,非典型知识组合产出每年以较大幅度增长,尤以2015年后增长最为迅速,意味着长三角地区新颖知识不断增多,知识复杂多样化趋势明显。2000~2018年,出现频次较多的非典型知识组合包括A61K&G01N、A61P&G01N、B01D&G01N、G01N&G06F、C08L&H01L、A61P&A23K、C08K&C09D、B01D&B32B和A01G&B01D等,主要是医学医药与测试材料、材料与信息处理识别、高分子材料与电气元件等不同领域知识结合形成知识组合以及机床制造、材料涂料等单一技术领域内部形成知识组合,说明非典型知识组合不仅出现在单一技术领域内,还可能由不同学科知识技术结合而成。从IPC中部层分类看,非典型知识组合中由不同技术领域结合而成的知识组合占比逐渐增高,由2000年的66%增长至2018年的84%,表明多样化、多领域知识利于新颖知识组合的产生。

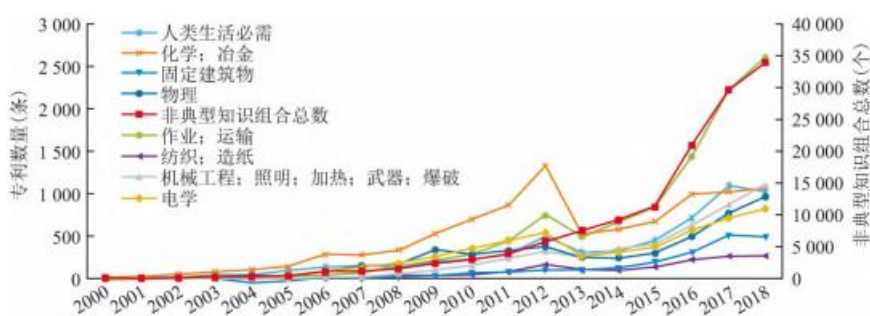


图1 2000~2018年长三角地区不同技术领域非典型知识组合变化情况

通过统计存在非典型知识组合的专利,发现八类技术领域专利中均存在非典型知识组合,各类技术领域专利数量均处于波动增长且差异明显(图1)。总的来看,2000~2018年,“作业&运输”、“化学&冶金”和“人类生活必需”三个技术领域专利占比最高,分别为23%、22%和13%,”纺织&造纸”技术领域专利最少,为0.03%。

此外,还发现非典型知识组合多出现在战略新兴产业中。“作业&运输”领域专利数量在2016~2018年现高水平跳跃式增长,这是因为伴随长三角地区新能源汽车产业快速发展和汽车全产业链完善,汽车及零部件领域技术类型更加多样化,非典型知识组合数量急剧增加。“化学&冶金”领域专利数量波动快速增长,非典型知识技术组合多集中在新材料战略新兴产业。“纺织&造纸”等传统产业技术领域非典型知识组合较少,创新步伐相对缓慢。

2.1.2 非典型知识组合时空分异特征

长三角地区城市非典型知识组合数量差异明显,主要分布于沪宁合杭甬“Z”型发展带上,与长三角城市的发展水平和综合实力基本吻合。非典型知识组合空间分布格局直观反映了长三角地区知识重组活跃和新颖知识密集的地域。由图2看出,上海和苏州是长三角地区非典型知识组合产出的核心,二者非典型知识组合数量最多。上海非典型知识组合多集中在装备制造业、电子信息和生物医药3个领域,苏州则集中

在新材料、汽车和生物医药等领域。次核心主要以南京、杭州、合肥、宁波和芜湖为主，非典型知识组合多出现在各城市高新技术产业和战略新兴产业中。2010~2018 年，芜湖非典型知识组合数量不断大幅度增加，至 2018 年成功进入次级核心层级，这与芜湖近年加大力度优化创新环境、扶持高新技术企业等推进科技创新的战略举措密不可分。总体上，长三角地区城市非典型知识组合集中分布在沪宁合杭甬“Z”型发展带上，省会城市或综合实力较强的城市成为了核心，其余城市较为边缘，围绕沪宁合杭甬“Z”型发展带呈低值环状分布。

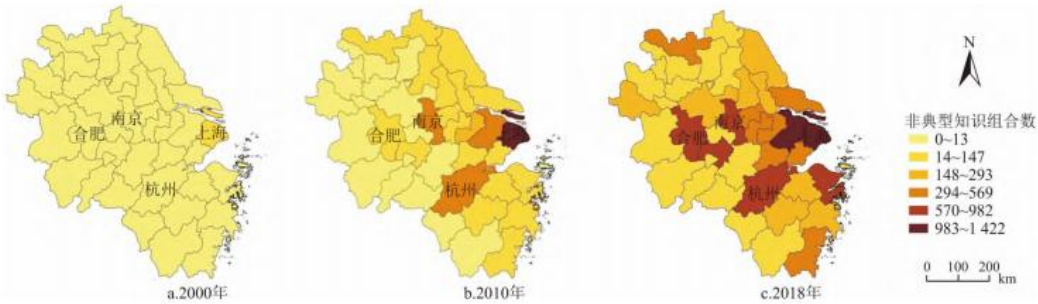


图 2 2000~2018 年长三角地区城市非典型知识产出空间分布图

2.2 技术多样化与外部创新合作的变化特征

从总体趋势来看，长三角地区各城市技术相关和非相关多样化水平均不断提高，各城市相关多样化水平差距不断缩小，非相关多样化水平差距也有所减小(图 3)。2000~2018 年，上海技术相关与非相关多样化水平提高速度最快，至 2018 年，相关和非相关多样化指数分别为 1.88 和 1.33，处于较高水平。2000~2018 年，江苏和浙江各城市的相关与非相关多样化水平大致相当，安徽各城市相关与非相关多样化增长速度相对缓慢，但也存在较大幅度提高。通过统计发现，2000~2018 年，长三角地区各城市外部创新合作数量日益增加，说明发明创新与科学研究方面的合作变得日益重要。其中，上海、南京、苏州、杭州和合肥外部创新合作总次数一直保持领先地位。从创新主体类型来看，长三角地区有多种类型的创新主体进行外部创新合作，外部创新合作最为活跃的创新主体是企业，其次是高校，然后是科研机构，最后为其他类型创新主体。2018 年，长三角地区进行外部创新合作的创新主体中，企业、高校、科研机构和其他类型创新主体占比分别为 85.46%、6.65%、6.14%和 1.75%。

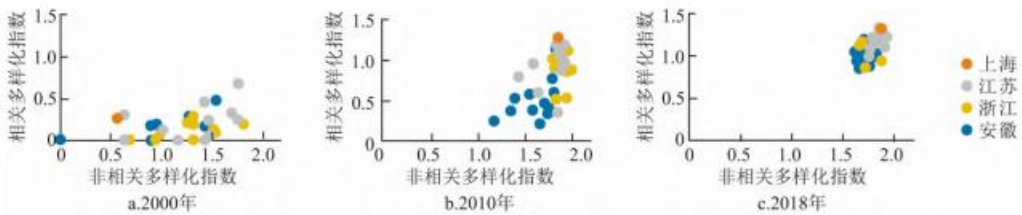


图 3 2000~2018 年长三角地区城市技术相关多样化指数和非相关多样化指数变化情况

3 实证结果分析

3.1 基准回归结果分析

对样本数据进行相关性分析发现解释变量间相关性均低于 0.7，各解释变量方差膨胀因子(VIF 值)均小于 10，变量间不存在多重共线性。对模型的设定形式进行 Hausman 检验，检验值为 36.95，P 值为 0，故采

用固定效应模型,以缓解遗漏变量导致的内生性。依据回归方程(6),借助 Stata13.5 对全样本进行回归模型估计,采用逐步回归,使结果更加稳健。各模型的拟合度均超过 0.6,表明模型估计结果具有较强的解释力。回归结果如表 1 所示,最终解释以模型 5 为准,模型 6 和模型 7 为稳健性检验结果。

模型 5 中,技术相关多样化系数为 3.2635,在 1%水平上显著,说明相关多样化对城市非典型知识组合产出具有显著的积极影响,相关多样化水平每提高 1%,城市非典型知识组合产出增加 3.2635%。相关多样化保证了城市内部创新主体间合适的认知距离,使得创新主体既有能力从其他创新主体学习到新知识,又不至于陷入过于专业化带来的认知锁定。非相关多样化系数为 4.6312,其平方项系数为 -1.7262 ,均在 1%水平上显著,表明非相关多样化对非典型知识组合产出存在非线性影响,二者存在倒“U”型关系。适量的非相关多样化促进非典型知识组合产出,但超过一定值后非相关多样化对非典型知识组合产出的影响由正向转为负向。非相关多样化提高了城市内不同领域的技术间交流互动和知识溢出的可能性,利于打破“技术隔离”,提高非典型知识组合产出^[41]。若城市内集合大量不相关领域知识,创新主体间整体认知邻近性降低,整合知识难度增加,阻碍了非典型知识组合产生,即过量的非相关多样化对非典型知识组合产出有负向影响。

外部创新合作系数为 0.0034,其平方的系数为 $-1.91e-08$,系数分别在 5%和 10%水平上显著,表明外部创新合作与非典型知识组合产出存在倒“U”型关系(模型 5)。适量的外部创新合作推动了非典型知识组合的产生,这是因为城市借助创新合作结网的方式在外部找到非典型知识组合所需的补充知识,甚至能获取和储备前沿技术,进而突破了地方化知识资源的限制。然而,当外部创新合作过多,吸收和转化外部获取的知识时间变长,且城市继续维持合作关系和寻找新伙伴的成本变得太高,从而阻碍了非典型知识组合的产出。模型 5 中,非相关多样化与外部创新合作的系数均为正显著,但二者的交互项系数为 -0.0043 ,在 5%的水平上显著,说明在推动非典型知识组合产生和发展过程中,外部创新合作和非相关多样化相互削弱对方对非典型知识组合产出的积极影响作用,二者存在替代关系。表明在成本和资源有限的情况下,城市往往难以同时对大量不相关知识和远距离知识进行有效重组,因而二者存在此消彼长的关系。

控制变量中,城市经济基础、信息发达程度和产业结构优化程度系数均为正显著,表明这三个因素能促长三角地区城市非典型知识组合产出,它们分别为非典型知识组合产生提供了经济实力保障、获取信息时效性和丰富的知识基础。科研人员对非典型知识组合产出存在显著负向效应,长三角地区科技人员数量较多,但可能多集中在同一知识领域,不利于横向拓展多技术领域来促进非典型知识组合产生。政府科研经费投入对非典型知识组合产出的影响不显著,可能是因为城市科技财政支出主要用于城市基础科学研究,对新颖的非典型知识组合并未起到直接作用。

为保障回归结果的可信性,一是将被解释变量非典型知识组合滞后一年进行稳健性检验,结果模型 6 所示,解释变量显著性变化甚微,说明结果稳健。二是通过缩小样本量进行稳健性检验,选取“十五计划”至“十二五规划”(2001—2015 年)时间段子样本数据进行检验。结果如表明模型 7 所示,解释变量显著性变化不大,表明回归结果稳定,结论可信。此外,根据上文分析的长三角地区非典型技术组合产出随时间发展变化特征,对 2000~2010 和 2011~2018 年两个发展阶段进行回归估计,发现核心变量的显著性均未发生明显变化。究其原因,可能是相关和非相关多样化、外部创新合作与城市非典型知识组合产出发展趋势较为一致。

表 1 2000~2018 年相关多样化、非相关多样化与外部创新合作对非典型知识组合产出影响的回归结果

解释变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6	模型 7
RV		2.9881***	3.2837***	3.3344***	3.2635***	2.7725***	3.1273***
UV			5.4636***	5.4072***	4.6312***	3.4471***	3.3553**
UV ²			-2.0494***	-2.0254***	-1.7262***	-1.1926***	-1.1733**
Copatent				0.0002*	0.0034**	0.0027**	0.0084***
Copatent ²				-2.31e-08**	-1.91e-08*	-7.89e-09*	-1.12e-07**
UViCopatent					-0.0043**	-0.0014**	-0.0113***
Gov	-1.12e-07	-1.50e-07	-6.43e-08	-3.37e-08	8.08e-08	-1.16e-07	3.13e-07**
Hum,	-0.9216**	-1.1515***	-1.1816***	-1.2241***	-1.0181***	-0.3713*	-0.2975*
perGDP	2.06e-05**	9.77e-06***	1.09-05***	9.54e-06***	1.20e-05***	9.60e-06***	8.17e-06***
Internet	0.0094**	0.0075***	0.0058**	0.0057**	0.0056**	0.0072***	0.0071***
Indust	0.0806**	0.0527***	0.0468**	0.0451***	0.0448**	0.0408**	0.0287**
常数项	-4.3223**	-4.3979***	-7.5817***	-7.4757***	-7.0323***	-6.0676***	-5.6606***

注:***、**和*分别表示在 1%、5%和 10%的水平上显著。

3.2 城市异质性分析

上文实证研究表明城市技术多样化和外部创新合作对城市非典型知识组合产出存在不同的影响作用,但长三角地区不同城市的经济基础、人口规模和技术水平等要素禀赋存在较大差异,不同类型城市中,技术多样化和外部创新合作可能会对非典型知识组合产出具有不同的影响。在中国的政治经济体制当中,城市要素禀赋差异往往与行政等级高度相关。因此,本文与 Mewes 和 Berkes 等外国学者从人口规模或人口密度指标划分城市不同,结合我国国情,从城市等级角度出发,根据不同等级开展不同类型城市分析^[3, 15]。参考刘瑞明等学者的做法,将省会城市、副省级城市以及“较大的市”划入高等级城市,其他城市为一般等级城市,高等级城市包括上海、南京、无锡、苏州、杭州、宁波和合肥^[42]。总体上看,划分的高等级城市在行政等级、经济水平、创新能力和人口规模等方面比一般等级城市水平要更高。表 2 模型 1 和模型 3 分别为高等级城市和一般等级城市城市的分样本回归结果,模型 2 和模型 4 为稳健性检验结果。

表 2 城市异质性分析结果

解释变量	高等级城市		一般等级城市	
	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4
RV	4.1272**	3.7413**	2.9645**	2.4139**
UV	-3.3294	-2.9995	5.0710**	3.6219**
UV2	0.7095	0.7734	-1.7314**	-1.1138**
Copatent	0.0033*	0.0022*	0.0062*	0.0102**
Copatent2	-2.46e-08*	-1.41e-08*	-5.58e-07*	-9.79e-07**
UViCopatent	-0.0017*	-0.0012*	-0.0031*	-0.0052**
Gov	9.95e-08	-1.81e-08	2.53e-06***	3.31e-06***
Hum,	-0.3706	-7.38e-07	-1.4286**	-1.4772**
perGDP	5.84e-06**	5.60e-06**	1.34e-05**	8.10e-06**
Internet	0.0035	0.0033	0.0055**	0.0077**
Indust	0.0389**	0.0348*	0.0270**	0.0293***

常数项	-1.7533	-1.9107	-6.6761**	-5.7454***
-----	---------	---------	-----------	------------

表 2 显示, 长三角地区高等级城市和一般等级城市非典型知识组合产出的影响因素存在一定差异。模型 1 显示, 高等级城市中, 相关多样化系数为 4.1272, 在 1%水平上显著, 非相关多样化系数不显著, 说明相关多样化对高等级城市非典型知识组合产出有明显促进作用, 非相关多样化无明显影响作用, 与全样本实证回归结果有所差异。这可能是由于等级较高的城市优势产业多样且突出, 更注重利用相关知识进行知识重组以获取更快速、更低成本的创新。模型 3 显示, 一般等级城市中, 相关多样化系数显著为正, 说明相关多样化对城市非典型知识组合产出推动作用显著, 非相关多样化系数为 5.071, 其平方项系数为 -1.7314, 均在 1%水平上显著, 说明非相关多样化与城市非典型知识组合产出呈现“倒 U 型”关系。相比高等级城市, 一般等级城市本地知识资源贫乏, 适量相关和非相关多样化对城市非典型知识组合产出均起到推动作用。高等级城市外部创新合作、外部创新合作与非相关多样化相互关系对非典型知识组合产出影响作用与一般等级城市相似, 并且也与全样本回归结果相似。此外, 一般等级城市中, 政府科技经费投入和信息发达程度系数为正显著, 而高等级城市的不显著, 说明政府支持科技创新的资金和城市信息化水平对一般等级城市非典型知识组合产出起到促进作用, 对高等级城市无明显影响作用。将被解释变量滞后一年进行稳健性检验, 结果如模型 2 和模型 4 所示, 高等级和一般等级城市中各解释变量显著性变化较小, 说明回归结果稳定可信。

4 结论与启示

随着新一轮技术和产业革命的兴起, 城市间的创新竞争日趋激烈, 亟需开展新技术的研发与创造以获取竞争优势。熊彼特认为创新源于知识的重组, 新颖的、非典型的知识组合对起到革命性的突破性创新十分重要, 因而有必要理清提高非典型知识组合产出的核心影响因素。本文利用 2000~2018 年长三角地区城市发明专利数据, 探究技术相关多样化、技术非相关多样化和外部创新合作对城市非典型知识组合产出的影响, 得到以下结论:

(1) 2000~2018 年, 长三角地区非典型知识组合数量逐年递增, 主要集中于“作业&运输”、“化学&冶金”和“人类生活必需”三大技术领域, 且多存在于战略新兴产业之中。从更细的技术领域来看, 非典型知识组合主要是医学医药与测试材料、材料与信息处理识别、高分子材料与电气元件等不同领域知识结合形成的知识组合以及机床制造、材料涂料等单一技术领域内部形成的知识组合。非典型知识组合主要分布在沪宁合杭甬“Z”型发展带上。

(2) 长三角地区技术相关和非相关多样化水平均有幅度大提高。不论在高等级还是一般等级城市中, 相关多样化对城市非典型知识组合产出均有积极的影响作用, 与 Hidalgo 等^[43]提出的相关性原则一致, 应该经得起未来在其他地区的实证检验。总体上, 长三角地区非相关多样化与城市非典型知识组合产出间呈现倒“U”型关系, 与非相关多样化对一般创新影响作用相似^[19]。但通过异质性分析发现, 非相关多样化对城市非典型知识组合产出的影响还具有一定的城市异质性, 高等级城市中, 非相关多样化对非典型知识组合产出无明显影响作用, 一般等级城市中, 非相关多样化与非典型知识组合产出间呈现倒“U”型关系。

本文将技术多样化区分为相关多样化和非相关多样化, 探讨其对城市非典型知识组合产出的影响, 并进行城市异质性分析, 深化了 Mewes^[3]和 Berkes 等^[15]关于技术多样化对非典型知识组合产出的影响研究, 也进一步打开了多样性对创新影响效应的黑箱。

(3) 长三角地区各城市外部创新合作数量日益增多, 外部创新合作与城市非典型知识组合产出总体呈倒“U”型, 即适度的外部创新合作利于提高城市非典型知识组合的产出, 过量的外部创新合作不利于提高城

市非典型知识组合产出,在高等级和一般等级城市中此结论均成立。这说明开放式创新背景下,外部知识资源和外部创新合作对促进城市创新发展至关重要,支持了 Bathelt 等^[28]、Glückler 等^[30]强调外部创新合作对地方创新起到积极作用的观点,结论还发现只有适量的外部创新合作才能更好促进创新发展,使现有相关研究结论得以扩展。非相关多样化和外部创新合作相互削弱对方对非典型知识组合产出的积极影响,二者存在替代关系,这与 Nooteboom 等^[33]学者的观点一致,此结论在高等级和一般等级城市中均成立,一定程度上丰富了学界关于非相关多样化与外部创新相互关系对创新发展影响的讨论。

结合研究结论得到如下建议:一是保持非典型知识组合在“作业&运输”、“化学&冶金”和“人类生活必需”三大技术领域中的优势,统一制定长三角地区新材料产业、新能源汽车产业等新兴产业发展总体规划以促进非典型知识组合产出,实现更高水平的创新。二是了解城市内部技术结构,关注技术间的相互联系,立足于本地知识技术基础和相关资源,推动与城市技术关联的技术门类发展,引导相关性产业的发展,为知识基础相似的创新主体提供更便捷的沟通与合作平台,为知识溢出营造良好的环境。三是长三角地区高等级和一般等级城市均可聚焦自身优势产业,提高技术相关多样化水平以促进创新发展。一般等级城市可引导创新主体在基础较弱的技术领域开展研发活动,走出创新“舒适区”,适量发展多个门类的技术促进非相关多样化水平提高,但需加以控制,以免技术类型和方向过于分散。四是引导城市间开展技术联合攻关,加强城市外部创新合作,保持企业在外部创新合作中的优势,加大城市与外部高校、科研机构创新合作强度,搭建信息传播与合作的平台,为跨行政区创新合作提供资金支持,降低城市获取远距离知识成本。

本文对技术多样化、外部创新合作与城市非典型知识组合产出的关系进行探讨,完善了学界对于城市非典型知识组合发展演化背后动力机制的认识,具有一定的理论和现实意义。由于数据限制,本文仅基于专利数据衡量外部创新合作展开讨论,存在一定的局限性,未来的研究可增加城市间联合研发项目或者其他正式或非正式的创新合作数据进行对比分析。此外,仍有几方面有待进一步讨论:一是比较分析不同知识基础产业类型中非典型知识组合发展变化特征与影响因素,二是理清中国非典型知识组合类型和空间分布格局,三是探究非典型知识组合与城市经济增长间的关系。

参考文献:

- [1] SCHUMPETER J A. The theory of economic development [M]. Harvard University Press, Cambridge, MA, 1934: 87—95.
- [2] UZZI B, MUKHERJEE S, STRINGER M, et al. Atypical combinations and scientific impact [J]. Science, 2013, 342(6157) : 468—472..
- [3] MEWES L. Scaling of atypical knowledge combinations in American metropolitan areas from 1836 to 2010 [J]. Economic Geography, 2019, 95(4) , 341—361.
- [4] FLEMING L. Recombinant uncertainty in technological search [J]. Management Science, 2001, 47 (1) : 117—32.
- [5] ARTHUR W B. The structure of invention [J]. Research Policy, 2007, 36(2) : 274—287.
- [6] VERHOEVEN D, BAKKER J, VEUGELERS R. Measuring technological novelty with patent based indicators [J]. Research Policy, 2016, 45(3) : 707—723.

- [7] FONTANA M, IORI M, MONTobbio F, et al. New and atypical combinations: An assessment of novelty and inter disciplinary [J]. Research Policy, 2020, 49: 1—28.
- [8] FLORIDA R, ADLER P, MELLANDER C. The city as innovation machine [J]. Regional Studies, 2017, 51 (1) , 86—96.
- [9] 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 [J]. 经济学, 2011, 10(3):913—934.
- [10] 任晶, 杨青山. 产业多样化与城市增长的理论及实证研究 [J]. 地理科学, 2008, 28(5):631—635.
- [11] 宋艳双, 刘人境. 知识阈值对组织学习绩效的影响研究 [J]. 管理科学, 2016, 29(4):94—103.
- [12] 孙瑜康, 李国平, 席强敏. 知识结构、城市异质性与创新水平提升 [J]. 经济管理, 2021, 43(5):60—74.
- [13] SAMPSON R. R&D alliances and firm performance: The impact of technological diversity and alliance organization on innovation [J]. Academy of Management Journal, 2007, 50 (2) : 364—386.
- [14] 李勇辉, 沈波澜, 胡舜, 等. 生产性服务业集聚空间效应与城市技术创新——基于长江经济带108个城市面板数据的实证分析 [J]. 经济地理, 2021, 41(11):65—76.
- [15] BERKES E, GAETANI R. The geography of unconventional innovation [J]. The Economic Journal, 2020, 131 (5) : 1466—1514.
- [16] FRENKEN K, VANOORT F, VERBURG T. Related variety, unrelated variety and regional economic growth [J]. Regional Studies, 2007, 41(5) : 685—697.
- [17] 贺灿飞, 陈韬. 外部需求冲击、相关多样化与出口韧性 [J]. 中国工业经济, 2019(7):61—80.
- [18] 宓泽锋, 曾刚. 本地知识基础对新兴产业知识流动的影响——以中国燃料电池产业为例 [J]. 地理学报, 2021, 76(4):1006—1018.
- [19] 高旻昱, 曾刚. 相关多样化、非相关多样化与区域创新产出——以长三角地区为例 [J]. 人文地理学, 2020, 175(5):103—110.
- [20] CASTALDI C, FRENKEN K, LOS B. Related variety, unrelated variety and technological breakthroughs: An analysis of US state-level patenting [J]. Regional Studies, 2015, 49(5) , 767—781.
- [21] 王俊松. 相关性多样化、内外资联系与城市创新能力 [J]. 南方经济, 2015, 12:55—70.

[22] TAVASSOLI S, CARBONARA N. The role of knowledge variety and intensity for regional innovation [J]. *Small Business Economics*, 2014, 43(2) : 493—509.

[23] BOSCHMA R, BALLAND P A, KOGLER D F. Relatedness and technological change in cities: The rise and fall of technological knowledge in US metropolitan areas from 1981 to 2010 [J]. *Industrial and Corporate Change*, 2015, 24(1) : 223 —250.

[24] 周锐波, 邱奕锋, 胡耀宗. 中国城市创新网络演化特征及多维邻近性机制 [J]. *经济地理*, 2021, 41(5):1—10.

[25] SAM A, REINHILDE V. Technology familiarity, recombinant novelty, and breakthrough invention [J] *Industrial and Corporate Change*, 2014, 24(6) : 1215—1246.

[26] MIGUELEZ E, MORENO R. Relatedness, external linkages and regional innovation in Europe [J]. *Regional Studies*, 2018, 52(5) , 688—701.

[27] 苏灿, 曾刚, 叶雷, 等. 长三角地区跨区域合作创新对区域多样化的影响研究 [J]. *长江流域资源与环境*, 2021, 30(3):535—543.

[28] BATHELT H, MALMBERG A, MASKELL P. Clusters and knowledge: Local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation [J]. *Progress in Human Geography*, 2004, 28(1) : 31—56.

[29] WUCHTY S, JONES B F, UZZI B. The increasing dominance of teams in production of knowledge [J]. *Science*, 2007, 316(5827) : 1036—1039.

[30] GICKLER J. Economic geography and the evolution of networks [J]. *Journal of Economic Geography*, 2007, 7 (5) :619—634.

[31] 宓泽锋, 尚勇敏, 徐维祥, 等. 长三角创新产学研合作与企业创新绩效:尺度与效应 [J] *地理研究*, 2022, 41(3):647—662.

[32] HOTTENROTT H, LOPES-BENTO C. R&D partnerships and innovation performance: Can there be too much of a good thing? [J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2016, 33(6) , 773—794.

[33] NOOTEBOOM B, VAN HAVERBEKE W, DUYSTERS G, et al. Optimal cognitive distance and absorptive capacity [J]. *Research Policy*, 2007, 36(7) : 1016—1034.

[34] DE Y L, HEIMERIKS G, ALKEMADE F. Recombinant invention in solar photovoltaic technology: Can geographical proximity bridge technological distance? [J]. *Regional Studies*, 2020, 55(4) : 605—616.

[35] ANNE L J. WAL T. Cluster emergence and network evolution:A longitudinal analysis of

the inventor network in sophia-antipolis [J]. *Regional Studies*, 2013, 47(5) : 651—668.

[36] TEECE D J, RUMEL T R, DOSI G, et. al. Understanding corporate coherence [J]. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 1994, 23 (1) , 1—30.

[37] HALL B, TRAJTENBERG M, JAFFE A B. The NBER patent citation data file: Lessons, insights and methodological tools [M]. Massachusetts: MIT Press, 2002: 403—459.

[38] BARTHOLOMEW D J, THEIL H. Statistical decomposition analysis with application in the social and administrative sciences [J]. *Journal of the Royal Statistical Society*, 1973, 136(3) : 462.

[39] DE NONI I, ORSI L, BELUSSI F. The role of collaborative networks in supporting the innovation performances of lagging-behind European regions [J]. *Research Policy*, 2018, 47 (1) : 1—13.

[40] HAGEDOORN J, CLOODT M. Measuring innovative performance: Is there an advantage in using multiple indicators? [J]. *Research Policy*, 2003, 32(8) : 1365—1379.

[41] 郑江淮, 冉征. 走出创新“舒适区”:地区技术多样化的动态性及其增长效应 [J]. *中国工业经济*, 2021(5):19—37.

[42] 刘瑞明, 赵仁杰. 国家高新区推动了地区经济发展吗?基于双重差分方法的验证 [J]. *管理世界*, 2015, 263(8):30—38.

[43] HIDALGO C A, HAUSMANN R. The building blocks of economic complexity [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2009, 106 (26) :10570—10575.