

创新集群微观空间结构分析

陈 强, 王瑞豪, 马军杰

(同济大学 经济与管理学院, 上海 200092)

摘要: 通过引入探索性空间数据分析方法, 聚焦上海杨浦环同济建筑设计产业集群, 对其空间形态与集聚性进行了测度。同时着眼于集群内部空间结构分析, 对创新集聚性随空间尺度与步长的变化规律进行了探索, 并基于其影响因素从水平和垂直两个维度对创新集群网络组织的空间分布规律进行了研究。结果显示: 创新集群的空间分布呈现明显的中心-外围模式, 这来自于关联效应、知识溢出和其他外部经济所构成的向心力和地租及拥挤效应所产生的离心力两种力场综合交错作用的结果。集群中以同济大学为代表的知识源所形成的“中心”, 通过知识和信息交流及制度模式创新与强化所形成的地方化特征, 使企业在交通网络结构约束下, 依据产品性质、规模和技术复杂程度的地方化适宜性进行空间决策, 是构成创新集群空间组织模式的核心机制。

关键词: 创新集群; 空间结构; 建筑设计; 空间分析; 知识溢出

中图分类号: F402

文献标志码: A

Micro-Spatial Structure of Innovation Cluster

CHEN Qiang, WANG Ruihao, MA Junjie

(School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: This paper investigated the spatial pattern and agglomeration of architectural design industry cluster in Yangpu District by introducing the methods of exploratory spatial data analysis. By analyzing the internal spatial structure of cluster, this paper explored the changes of the innovation agglomeration with the spatial scale and step width, and studied the spatial distribution of the cluster network from the horizontal and vertical dimensions respectively based on the analysis of influencing factors. It is discovered that the spatial distribution of innovation cluster displays an obvious core-periphery pattern derived from the joint effects of centripetal force consists of correlation effects, knowledge spillovers and other external economic and

centrifugal forces generated by land rent and crowdedness. Moreover, the “core” comprised of the knowledge source with Tongji University as a representative created the localized force through the exchange of knowledge and information and enhancement of institutional model. Based on the “core”, the firms make their spatial decision according to the localized suitability of product, scale and complexity of technology with traffic network structure as a constraint, which constitutes the core mechanism of spatial organization pattern of innovation clusters.

Key words: innovation cluster; spatial structure; architectural design; spatial analysis; knowledge spillover

为落实创新型国家战略, 创新型产业集群的培育已成为我国区域经济发展的重要方向之一, 与创新集群相关的议题也成为国内外研究的热点。其中地理空间作为影响经济决策与运行的战略性变量, 其组织模式或结构的优化是一种重要的“内涵式”经济增长方式。因此关于集群乃至相关产业空间问题的研究, 一直受到诸多学者的广泛关注。之前, 关于产业集群的研究大多是站在交易成本的理论视角上, 侧重于考察劳动力、运输成本以及产业关联效应所形成的经济外部性, 而进一步从企业层面对创新集群微观空间结构的研究则很少。当前, 关于集群空间问题的探索主要包括集群空间集聚性测度、集群的成因、集群的空间特征、集群的空间承载力与边界、集群主体空间相互作用机制、集群演化的空间过程和效应以及相关的模型和相关方法论研究等方面。

作为生产性服务业的现代创意设计产业则更加强调创新性、社会根植性、生产的柔性和多样性^[1], 因此, 将此类集群作为研究对象, 考察其地方化和知

收稿日期: 2014-09-14

基金项目: 国家软科学研究计划(2013GXSD005); 上海市软科学研究计划(14692100200)

第一作者: 陈 强(1969—), 男, 教授, 博士生导师, 管理学博士, 主要研究方向为国际科技合作及创新集群治理。

E-mail: chenqiang@tongji.edu.cn

通讯作者: 王瑞豪(1968—), 男, 高级工程师, 管理学博士, 主要研究方向为产业集群及区域经济。E-mail: wrh7772@163.com

识溢出在空间上的分布规律与作用机制将更具有典型性. 因此, 本文将首先对上海城市区域建筑设计产业的空间分布特征与集聚性进行概要分析, 在此基础上, 聚焦环同济建筑设计产业集群, 对其空间形态与集聚性进行测度, 着重分析集群内部企业之间水平协作与横向联系在空间上的反映, 探索创新集聚性随空间尺度与步长的变化规律. 在研究方法上, 本文将引入探索性空间数据分析方法(exploratory spatial data analysis, ESDA), 尝试对创新集群的内部空间特征进行描述, 并从空间角度深入分析地方化经济当中的集聚、知识溢出和创新等现象, 便于对集群和城市空间生长轨迹形成预测, 并为空间资源的有效配置和政府宏观调控提供决策依据. 这对于提升区域和集群发展能级具有重要的现实意义.

1 研究方法

探索性空间数据分析是一系列空间数据分析方法和技术的集合, 以空间关联测度为核心, 通过对事物或现象空间分布格局的描述与可视化, 发现空间集聚和空间异常, 揭示研究对象之间的空间相互作用机制.

1.1 空间自相关指数

空间自相关反映的是一个区域单元上的某种地理现象或某一属性值与邻近区域单元上同一现象或属性值的相关程度, 可以使用全局和局部两种不同等级的指标加以度量. Moran 指数和 Geary 比率(GR)是两个用来度量空间自相关的全局指标^[2]. 文中采用的是 Moran 指数, 定义如下:

$$I_{\text{Moran}} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (Y_i - \bar{Y})(Y_j - \bar{Y})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (1)$$

$$S^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

式中: I_{Moran} 为 Moran 指数; x_i 为区域 i 的观测值; W_{ij} 为空间权重矩阵. 空间权重矩阵的定义是空间统计学与传统统计学的重要区别之一, 是利用 ESDA 技术进行空间探索分析的前提和基础. 通常定义一个二元对称空间权重矩阵 $W_{n \times n}$ 来表达 n 个位置的空间邻近关系, 可以根据邻接标准或距离标准来度量.

1.2 核密度估计法

为定量刻画与生成研究区域内目标样本点及其相关环境因子在空间上的表面集聚程度, 本文引入了快速非参数核密度估计法(kernel density

estimation)来模拟数据的分布情况. 计算公式如下:

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{X - X_i}{h}\right) \quad (2)$$

式中: h 为控制笔记光滑性的参数, 即窗宽; K 是以训练样本点为中心堆成的单峰核函数, 本文使用的是较多采用的标准核高斯(Gaussian)函数, 即

$$K(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-0.5x^2}$$

1.3 半变异函数

地统计学在考虑样本点位置方向和彼此之间距离的基础上, 直接测定空间结构的相关性和依赖性, 研究具有一定随机性和一定结构性的各种变量的空间分布及变异规律. 地统计学的理论基础是区域化变量理论, 主要研究那些分布于空间中并显示出一定结构性和随机性的自然现象. 而协方差函数和变异函数则是以区域化变量理论为基础建立起来的地统计学的两个最基本的函数, 又称变差函数、变异矩. 在一维条件下变异函数定义为, 当空间点 x 在一维 x 轴上变化时, 区域化变量 $Z(x)$ 在点 x 和 $x+h$ 处的值 $Z(x)$ 与 $Z(x+h)$ 差的方差的一半, 为区域化变量 $Z(x)$ 在 x 轴方向上的变异函数, 记为 $\gamma(h)$, 即

$$\begin{aligned} \gamma(x, h) &= 0.5 \text{Var}[Z(x) - Z(x+h)] = \\ &= 0.5 E[Z(x) - Z(x+h)]^2 - \\ &= 0.5 \{E[Z(x)] - E[Z(x+h)]\}^2 \end{aligned} \quad (3)$$

在二阶平稳假设条件下, 对任意的 h 有

$$E[Z(x+h)] = E[Z(x)] \quad (4)$$

因此, 公式可以改写为

$$\gamma(x, h) = 0.5 E[Z(x) - Z(x+h)]^2 \quad (5)$$

本文中, 企业规模的半变异函数说明了随着样本点间距离的增大, 企业规模差异的变化情况. 考察不同方向的半变异函数, 可以了解企业规模的空间各向异性. 变异函数与协方差有几个非常重要的参数, 即基台值(sill)、变程(range)或称空间依赖范围(range of spatial dependence)、块金值(nugget)或称区域不连续性值(localized discontinuity).

2 上海市建筑设计产业的发展现状

2.1 上海建筑设计产业发展现状

依据《国民经济行业分类与代码(GB/T4754—2002)》标准, 本文对第一次(2004年)和第二次(2008年)经济普查数据(简称一普、二普)进行了梳理, 总结了上海建筑设计产业规模以上企业的发展现状与特点, 见表1.

表1 一普、二普规模以上企业发展状况比较

Tab.1 Enterprise development above designated size from 1st and 2nd economic census

开业时间	一普			二普			二普数值减一普数值		
	法人企业/家	从业人员/人	营业收入/万元	法人企业/家	从业人员/人	营业收入/万元	法人企业/家	从业人员/人	营业收入/万元
1949~1979	23	8 508	235 438	18	10 329	1 051 771	-5	1 821	816 333
1980~1989	72	3 668	90 115	48	3 178	132 044	-24	-490	41 928
1990~1999	572	28 362	657 907	486	32 221	835 786	-86	3 859	177 879
2000 至普查登记	2 073	25 385	459 242	2 821	44 963	1 528 553	748	19 578	1 069 311
合计	2 740	65 923	1 442 702	3 373	90 691	3 548 154	633	24 768	2 105 452

注:计算时未填开业年份和营业收入的企业已被剔除。

与第一次经济普查相比,第二次普查中建筑设计产业,不论从企业数量,还是企业规模和营业收入等各方面均得到了极大的增长和提高。一普时,上海市建筑设计产业总量为2 740家,到二普时增加到3 373家,其中工程管理服务、工程勘察设计和规划管理企业分别为1 232家、2 065家、76家,各占36.7%、60.5%和2.7%,总量增长了23.1%,年均增幅为5.8%;从业人员相应地从一普的65 923人增长到二普的90 691人,增长37.6%,年均增幅达9.4%;而三项指标中,增长最快的还是营业收入,一普时总计1 442 702万元,到二普时达到3 548 154万元,增长了145.9%,年均增长高达36.5%。企业营业收入的快速增长,一方面是企业数量的增长和规模的扩大而产生的;另一方面,根据伊查克·爱迪思(Ichak Adizes)的企业生命周期理论,企业发展一般经历诞生期、成长期、成熟期和衰退期4个阶段,因此20世纪90年代中后期创立的企业,到二普时大部分进入成长期甚至成熟期,盈利能力大大增强,导致二普调查时企业营业收入大幅增长。

2.2 上海建筑设计产业的空间分布特征

本文从数量方面对上海规模以上建筑设计企业的空间分布进行了考察。从图1中可以看出,全局自相关分析显示 Moran 指数为0.292 5,说明上海市建筑设计产业在全局上具有明显的空间依赖和空间自相关性。图右边部分则采用核密度估计法确定了空间集聚的位置与范围。可以看出上海建筑设计企业区域分布规律明显,主要集中在中心城区,地域范围西、北、南部以内环线为界,东部以黄浦江为界,再加浦东新区以陆家嘴为中心的黄浦江沿岸地区,呈现出明显的中心-外围模式。其中集聚中心又可分为3个区域:一是围绕内环线、黄浦江、苏州河形成规模最大的、功能最齐全的浦西中心城区建筑设计产业集聚区;二是北部以同济大学为依托的杨浦建筑设计产业集聚区;三是东部以陆家嘴商业区为中心形

成陆家嘴建筑设计产业集聚区。此外,从图中可以看出,杨浦建筑设计企业分布区具有更为均匀和密集的圈层结构,说明在这一空间尺度上,企业在该空间的分布上具有各向同性,并且企业的集聚度更高。

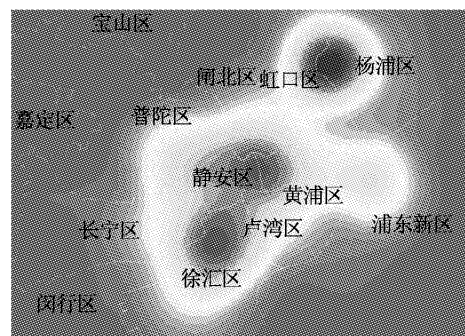
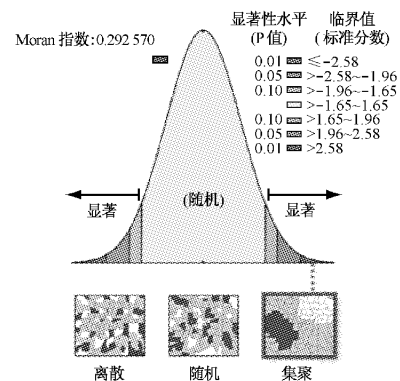


图1 上海建筑设计产业企业数量密度图

Fig.1 Density of architectural design enterprises in Shanghai

为深入考察创新集群的微观空间结构特征,本文选择将杨浦环同济建筑设计产业集群作为分析对象,以期揭示经济空间变量的随机性与结构性,探索集群空间资源的配置规律。

3 杨浦区建筑设计产业集群微观空间结构的实证分析

通过收集两次杨浦区经济普查数据信息,并且

以1:10 000的全要素城市地形图为空间框架,结合GIS软件(ArcMap9.3),通过地址分解、地理编码以及人工数字化等方式,将14 192家企业全部成图,构建了杨浦区环同济创新集群空间数据库。在此基础上,根据《国民经济行业分类与代码(GB/T4754—2002)》,结合手工方式,对主设计企业及其上下游企业以及支撑企业进行了筛选。经分析发现,创新集群作为促进技术创新的经济组织模式,其内部协作与横向联系是构成集群竞争力的关键要素,这种联系反映在不同空间尺度上,其微观结构存在复杂性和自组织性,其中创新的集聚性也会随着空间尺度与步长而变化。

3.1 水平效应分析

环同济建筑设计产业集群企业主要涉及建筑设计、规划设计、结构设计、景观设计、市政公用设计、室内设计、工业设计等多个领域。此外,在横向协作方面,这一区域的产业配套比较完善,业务涉及效果表现、咨询性技术服务支持、资质合作认定、工程监理与项目管理、工程性业务平行分包、IT、施工检测等方面,其中效果图制作、模型制作、多媒体制作公司与建筑设计业之间具有明显的空间相关性^[3-4]。

利用GIS软件的可视化统计分析,可以发现环同济建筑设计产业集群的水平效应主要表现为以下几个方面:① 根据对企业营业收入和从业人口数据进行空间分析所得到的结果可以非常直观地看到,

环同济建筑设计企业在空间上表现出了强烈的空间异质特征和自相关性。其中集聚主要发生在同济大学周边以及复旦大学附近。② 根据核密度估计法所形成的空间集聚度分析,同济大学建筑设计研究院、同济城市规划设计研究院、上海市政工程设计研究总院、上海邮电设计院等较大规模的设计企业和单位,对整个杨浦区设计企业的加权分布重心具有决定性的影响。此外,在赤峰路周边还分布着大量的小企业。据统计,集群内人数少于20人的小企业比例为82.83%,而其主营收入占有所有设计企业的比例为15.98%。③ 图2中的标准差椭圆描绘了“环同济”建筑设计业的分布集聚趋势和方向。据空间统计分析,两个标准差椭圆分别涵盖了68%以及95%的设计企业。椭圆的长轴即集群的分布方向与同济-复旦大学的空间分布方位平行。同时,围绕集群重心,企业沿道路向外呈放射状延伸,构成集群的空间网络体系。④ 根据半变异函数分析,块金值(nugget)与基台值(sill)比值为0.475,这意味着集群内企业的空间变异特征由随机因素所引起的比例占47.5%。而偏基台值(partial Sill)与基台值(sill)比值为0.525,则说明由结构变异所引起的空间变异占52.5%,这表明当前集群内企业的空间分布在很大程度上是由环境、交通、地租等确定性因素所引起的,而一些如政策、人为等随机因素所起的作用相对较小。

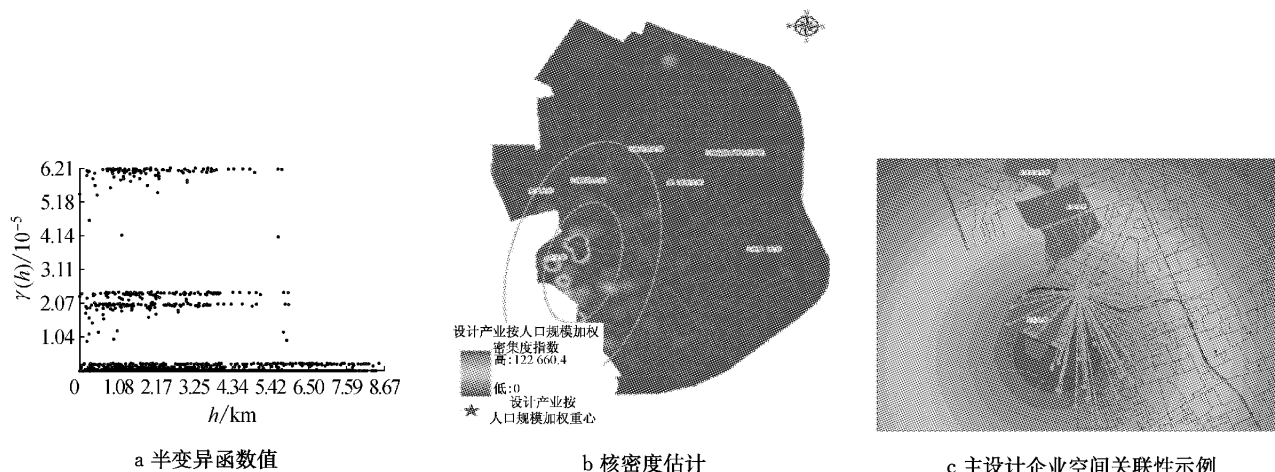


图2 集群建筑设计企业的微观空间结构图

Fig.2 Microcosmic space structure of cluster architectural design enterprises

3.2 垂直效应分析

集群内企业除邮电设计主要集中在邮电设计院、业务相对比较独立外,其他几个产业都呈现出明显的链条结构,且相互间关联也较紧密。前向关联企业主要涉及前期策划、可行性研究、设计招投标代理

等方面,后向关联企业主要有施工图审查、造价咨询、施工招投标代理、施工、负责交付后维护等方面的企业。整个产业链贯穿了从可行性研究、总体规划、概预算、概念方案、建筑设计、施工图绘制与审核、施工总承包、工程管理、物业管理等方面的业务。

通过分析,可以看出环同济建筑设计产业集群的垂直效应主要表现为以下几点:① 根据对从业人数加权的半变异分析发现,集群上下游企业的规模空间分布规律明显:首先,产业链上下游企业的全局空间自相关性显著;此外,从正交协方差分析图上可以看到,除集群核心区域外,大部分呈现空间离散状态,少数存在局部空间集聚现象;根据半变异函数分析,企业在不同方向上的结构特征存在差异,带状异向性明显,其中结构变异大于随机变异,说明企业规模分布受确定性因素的影响更大. ② 根据图 3 正交协方差分析,主设计产业与产业链上下游企业的规模交叉相关性并不对称,具有明显的西北-东南方向性. 观察正交协方差云图能够发现,相关系数最高值仍然出现在集群重心靠国康路附近,而随着空间步长增大,相关系数呈现稳定的各向同性. 这意味着,在微观尺度上,集群最核心区密集分布着不同规模

的上下游企业,而这些企业在空间上,与附近主设计企业的规模差异呈圈层状逐渐向外增大,这说明规模相关系数在各个空间方向上具有一定的周期性,而这种稳定性和周期性在距离集群重心约 2.3 km 附近减弱和消失. ③ 从表 2 和图 4 中可以看出,在距集群重心约 2 km 范围内聚集了大约 56.3% 的企业,其中规模较大的上下游企业主要集中在工程咨询、监理与项目管理领域,其余多为中小企业,分布在效果表现、前期策划、工程咨询与管理、咨询性技术服务支持、工程性业务分包、施工与检测等领域. 从空间角度来看,这一区域的产业链比较完整. 从图中可以看出,规模相关系数在超过一定距离(4 km 左右)后,已经开始表现出偶然性,这意味着空间相关性的作用已经不存在了,此时的集群空间结构来自于非系统过程作用的结果.

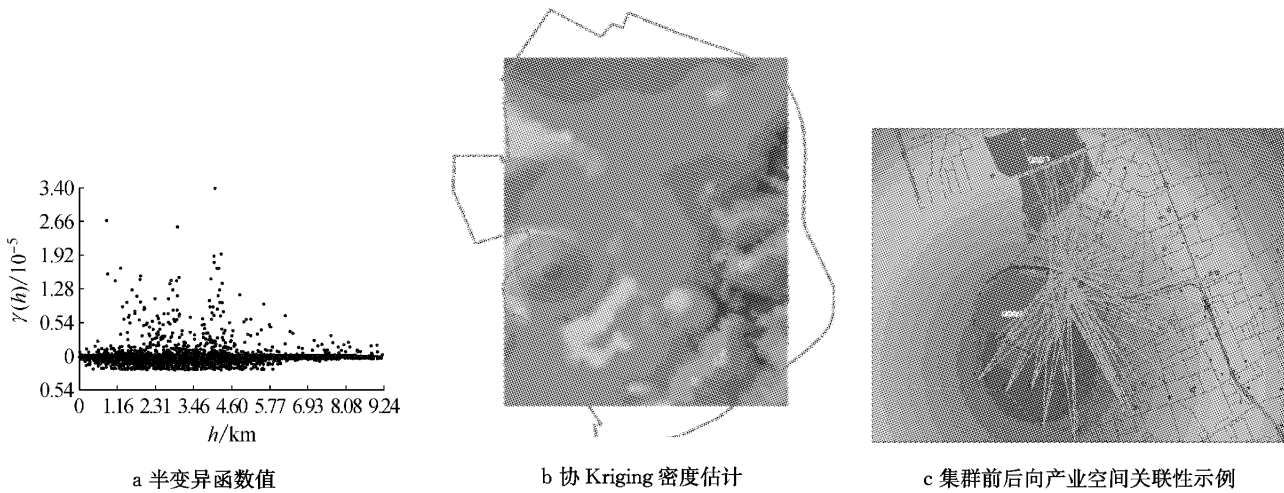


图 3 集群产业链正交协方差空间结构图

Fig.3 Orthogonal space covariance structure of cluster industry chain

表 2 产业链上下游企业空间分异特征

Tab.2 Spatial differentiation characteristics of industrial chain upstream and downstream enterprises

距离/km	企业 总数/家	大企业		中小企业		
		>100 人	种类	50~100 人	<50 人	种类
≤1	139	9	工程咨询、监理与 项目管理	3	127	工程咨询、监理与项目管理、效果表现、前期策划、施工与检测、工程性业务分包
>1~2	101	4	工程咨询与管理	3	94	效果表现、前期策划、工程咨询与管理、咨询性技术服务支持、工程性业务分包、施工与检测等
>2~3	38	0		1	37	工程监理、效果表现、咨询性技术服务支持
>3~4	85	6	工程监理与项目 管理	1	78	工程监理与项目管理、效果表现、咨询性技术服务支持
>4	63	1	工程咨询	4	58	咨询性技术服务支持、工程监理

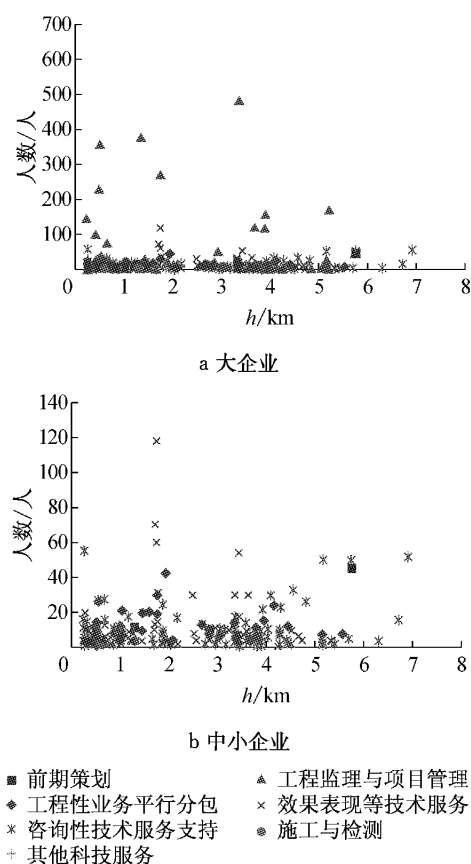


图4 产业链上下游企业微观空间结构图

Fig.4 Microcosmic space structure of industrial chain upstream and downstream enterprises

4 结语

通过以上研究可以发现,杨浦环同济建筑设计产业集群具有较强的产业关联性和技术创新能力,循环累积因果效应显著;同时,在网络化和地方化作用下,集群产业链上下游企业已经形成了明显的中心-外围模式。而关于其空间生长动力,新经济地理学当中有关空间集聚向心力与离心力的系统描述,依然是解释空间分析结果的重要理论依据。集群中各要素的经济关系在空间上的投影,亦是离心力和向心力两种力场综合交错作用的结果。本研究对于知识密集型服务业产业集群的培育和空间载体的建设具有一定的借鉴意义。

(1) 以同济大学为代表的知名高校所形成的“中心”,是集群向心力的重要收敛点和离心力的发散地,其所产生的强烈辐射效应形成了集群目前的空间形态和微观结构。这种以大学为集群交流的枢纽和中心,是形成相互信任和地方化的基础,为集群

的形成提供了社会资本初始存量^[5];另一方面,长期学术积累和在全国各地优秀的建筑与城市规划设计造就了同济、复旦等高校在该领域的高知名度,并为集群提供了知识创新的动力源泉,科研机构与企业之间的良好互动局面,也使更多的企业开始向这里汇聚,并积累了丰厚的人力资源和全方位的人才体系。集群向心力的逐渐强大,在循环累积因果效应作用下,无论是主设计企业还是产业链前后向关联企业,其加权重心均分布在同济大学校内,并在空间上表现出了一定程度的各向同性和空间自相关性。

(2) 创新集群发展的内生动力来自于知识溢出,而其影响和扩散的强度取决于其本地化能力。环同济创新集群的知识源首先来自于高校,由于智力源的相近以及集群内企业之间的设计分包和专业化分工所带来的相互合作,形成了企业共同学习的环境氛围和较为充分、真实的信息环境。

(3) 集群水平效应和企业网络组织的发展是形成集群社会资本增量的关键因子。另一方面,上下游产业资源的逐渐丰富也是集群向心力的重要决定因素。集群之间的联系来自于企业之间的学习和投入-产出关系,包括面对面的交流、电话、电子邮件以及在生产、转包、服务、销售和财务方面的联系。在“中心”有效影响范围内,产业链上下游企业存在着空间自相关性和周期性,并与主设计企业的规模分布具有交叉相关性。此外,企业性质和规模、技术复杂性、道路分布是影响企业空间决策的关键因子。

(4) 无论是从数量还是从规模上看,集群内企业的异质性和空间自相关性从“中心”向外呈周期性递减,并在靠近五角场附近出现洼地。根据经验可知,地租成本曲面的分布应以五角场商业区为核心沿交通干道向外递减,并在很大程度上受土地利用强度与交通可达性的影响,因此对于创新集群来说,地租也是其离心力形成机制当中的重要因子。另一方面,集群内企业的办公空间和生存环境正在变得拥挤,集群企业出于对生活和工作品味的追求,开始向集群边缘和外部迁移。改善集群得以持续发展的生态环境,完善集群科技创新服务体系 and 平台建设,已成为当前集群治理的重中之重。

(5) 由于数据资料获取的困难以及研究区域的局限性,本文无法从时间序列维度对集群的演变过程进行定量分析,这也造成关于空间特征影响因素评价和集群演化的空间过程及其动力机制分析仍显不足,有待未来在理论和实践层面实现突破。

(下转第 1288 页)