

武汉市创新城区的空间格局演化研究

路旭¹,曹静静¹,栾晓帆²

(1. 沈阳建筑大学建筑与规划学院,辽宁 沈阳 110168;2. 武汉大学城市设计学院,湖北 武汉 430072)

摘要:创新城区是城市创新活动聚集的功能性城市片区,对提升城市区域竞争能力具有重要作用。以创新网络理论为基础,运用空间自相关性分析和核密度分析对高新技术企业密集分布的武汉市进行了实证研究。首先利用核密度法分析武汉市高新技术企业在2011—2018年的分布变化,然后利用空间自相关性分析研究武汉市主城区创新网络的空间格局演化特征。研究表明,武汉市创新城区的空间分布经历了由主城区逐渐向外溢出,并从单一中心向创新走廊发展的演化过程,未来应从区域协同创新的角度统筹规划区域创新走廊和新一代创新城区。

关键词:创新城区;区域创新体系;高新技术企业;城市用地规划;武汉

中图分类号:TU984.1 **文献标志码:**A

创新城区(Innovation Districts)是以知识创造、研发设计、成果商业化为核心活动的城市功能区^[1],它是创新要素的集聚区,也是创新网络的主要空间载体。当代经济的发展动力由传统的资源禀赋驱动向创新能力驱动转型,发展模式摆脱了传统的从研发到生产的线性过程,而呈现出多要素互动的场景^[2]。创新要素主要包括企业、大学和研究院所、政府、科技和金融服务等中介机构,高新技术企业是区域创新的重要创新要素,是科技创新的骨干。在适合的环境中,多种要素互动合作,进而产生系统效应,促进创新的持续高效发生,这种具有自主创新能力的互动网络被称为创新网络(Innovation Networks)。创新网络的形成与发展对于提升区域经济竞争能力具有决定性作用,是现代城市努力规划和建设的经济基础设施。高新技术企业作为创新要素,促进创新网络的形成与运作,空间集聚不断向产学研合作模

式转变,借助城市内多种资源要素的流通,推动组织创新空间网络,形成可持续发展的创新城区。创新城区的发展带动了一些大城市成为全球科技创新中心^[3]。从国家或区域尺度上看,全球科技创新中心集中在世界大城市群(Megalopolis)地区。为提升我国城市参与全球合作和自主创新的能力,应当在城市规划的空间布局中,重点关注创新城区的空间格局。本研究以近年来创新型经济增长较快的武汉市为例,研究创新企业集群在城市内部的空间演变以及多种要素互动下的创新网络空间分布,力求深入理解创新城区的空间发展特点与趋势。

一、全球化视角下的创新城区

在全球化的今天,通过信息网络可以远程传播编码化的知识信息,支持经济活动组织与信息共享,同时,由于空间邻近和社会根植,创新要素在区域和城市内部的集中分布

有助于减少不同个体和群体之间的认知距离,促进经验分享和合作。有研究者将这种基于面对面沟通的商业生态环境优势称为“buzz”^[4],即“在相同的产业、地方或区域中同时出现的人和在一起布局的企业面对面接触产生的信息交流生态”^[5]。Doloreux^[6]认为,一个区域内部创新系统可以产生 4 种“内部基本动力”,即互动学习、知识生产、邻近性和社会根植,继而形成一个以空间邻近为支撑条件的互动机制。因此,需要网络开放式沟通与面对面实体空间沟通,与地方文化传统和认知习惯等因素有机融合。

识别与拓展创新要素的空间布局与组织机制被认为是创新城区的基础。不同区位和背景的创新城区通常表现出不同的发展模式。例如,作为发展较早和最为成功的创新区域之一,美国的硅谷被认为具有细胞式生长与圈层布局的空间演化机理^[7],密集的社会网络是其发展的主要驱动因素^[8]。而后发区域日本的筑波科学城则具有相反的政府主导和规划驱动背景,包括“梯子型”道路网络和占比较高的科研教育用地等^[9]。总体而言,现有的创新城区可以被划分为多种类型,Clark 等^[10]从主导区域创新发展的主体角度将创新城区分为马歇尔式创新型城区、中心辐射型创新型城区、卫星平台式创新型城区和政府主导型创新型城区。Katz 等^[11]依据空间区位将创新城区分为“支柱核心”模式、“城市区域再造”模式、“城市化科技园区”模式。

20 世纪 90 年代以来,创新网络理论被引入我国,并应用于分析和解释我国高新技术产业园区、大学科技园、创意产业园区、地方生产集群等“新的产业空间”^[12]、“创新的空间”^[13]、“创新型城市”^[14],在区域与城市空间规划中发挥着日益重要的作用。以 2006 年《国家中长期科学和技术发展规划纲要》颁布为标志,建设“区域创新体系”、“城市创新体系”成为我国众多城市发展的重要目标,城市空间作为一种创新资源被重新认识。在城市尺度开展的创新资源分布研究日

益增多,例如,对深圳高新技术企业的空间集聚性及与产业园区布局相关性的研究^[15],对武汉市高新技术企业的空间不均衡性、集聚性的研究^[16],以及对苏州市区信息通讯企业分布特征的研究^[17]等。总体而言,由于发展历程短暂,受到政府主导和外资嵌入等因素影响深刻等原因,我国城市的创新活动大多表现为高开放度、外因主导的特点,由发展生产性产业集群向塑造知识型城区转变。

二、武汉创新城区的发展背景

纵观发展历史,武汉市的经济的发展受到远程产业链嵌入与内部功能网络发展两方面的影响。一方面,武汉得益于口岸通商的便利,在清末和民国时期成为国家级的工业中心和商贸中心。这一时期,中国在西方列强的压迫下开始参与到全球产业分工和殖民体系之中。这客观上给武汉带来了先进的产业、技术、投资甚至文化。在西方殖民资本、国家资本和民族资本的推动下,武汉凭借钢铁、纺织、食品等产业的发展成为国内最发达的工业城市。同时,现代资本主义商业网络与铁路蒸汽轮船、电话电报等先进交通通讯技术相结合,大大拓展了武汉的商业腹地,使其成为国内顶尖且具有一定国际影响力的商贸中心。另一方面,武汉从“十一五”期间开始实现 GDP 的快速增长(见表 1),5 年年均增长 14.3%,在全国各大城市 GDP 排名中由 2006 年的第 17 位跃升至 2018 年的第 9 位。同时,第二产业反超第三产业重新成为城市经济发展的主导力量。第二产业的发展动力一方面来自于沿海制造业向内地移动,推动了劳动密集和资本密集产业的发展,更为重要的是,沿海制造业企业的技术升级需求导致其向内地知识资源密集的城市布局,从而激活了武汉本地的科研高教优势与产业之间的创新协作联系,形成了具有创新活力的本地经济。武汉一直重视创新城市的发展,是高端科研资源云集的科教大城和创新型企业聚集地。本研究以武汉市现行城市总体规划划定的主城区为研究范围,对城区内

创新主体要素的空间布局及影响机制进行分析,旨在刻画城市内部创新功能网络,对于科学认识与规划创新型城市用地布局具有重要意义。

表 1 2011—2018 年武汉市三次产业增加值统计/亿元

年份	第一产业 增加值	第二产业 增加值	第三产业 增加值
2011	198.70	3 254.02	3 303.48
2012	301.21	3 869.56	3 833.05
2013	335.40	4 396.17	4 319.70
2014	350.06	4 785.66	4 933.76
2015	359.81	4 981.54	5 564.25
2016	390.62	5 227.05	6 294.94
2017	408.20	5 861.35	7 140.79
2018	362.00	6 377.75	8 107.54

三、创新要素数据与研究方法

1. 研究区域与数据

选取武汉市主城区为研究区域。根据《武汉市城市总体规划(2009—2020 年)》,武汉市的地域圈层被划分为 3 个层次:武汉市域、都市发展区、主城区。根据前期样本调查,武汉市高新技术企业 2011 年主要分布在主城区范围以内,而随着时间的推移有向主城区以外溢出的趋势,因此,研究范围选定在武汉市域,同时将主城区范围作为判定产业由城市中心向周边区域外溢的参考边界(见图 1)。

研究数据包含高新技术企业、创新平台、科研机构、创新中介服务等 4 类创新功能要素,内容包括对象名称、概况信息和地理位置。其中,高新技术企业数据来源于湖北省公示的历年高新技术企业认定结果,对高新技术企业进行筛选,剔除不详坐标企业,获得 2011 年企业 150 条,2015 年企业 647 条,2018 年企业 1 099 条,有效数据共 1 896 条,根据商务部办公厅公布的信息,国家重点支持的高新技术领域有 8 个(见表 2)。另外,通过高德地图爬取与筛选,最终获得产业园与孵化器数据 407 条,高校和科研院所数据 1 550 条,中介服务机构数据 580 条。通过高德地图获取地理坐标,进行纠偏后,导入 ArcGIS 作为主要研究数据。

表 2 2018 年各领域高新技术企业统计值

高新技术领域	高新技术企业数量/个	占比/%
电子信息技术	485	44.13
生物与新医药技术	111	10.10
航空航天技术	8	0.73
新材料技术	47	4.28
高技术服务业	155	14.10
新能源及节能技术	42	3.82
资源与环境技术	64	5.82
高新技术改造传统产业	187	17.00

2. 空间自相关分析

采用 Moran's I 指数为核心指标的空间自相关分析法来研究各类创新要素的集聚特征。如果空间变量在一点上的取值与邻近点取值变化趋势相同,则被称为空间正相关,反之,则为空间负相关。考虑到武汉市主城区的用地功能布局受到人为规划因素的影响较多,近似呈连续梯度分布,故选用 Moran's I 指数进行分析。基于 ArcGIS 工具,对特定空间范围内的 4 类要素进行计算,判断各类要素的空间聚集特性。使 4 个类型点分布在 365 个大小相等的蜂窝网格中,均匀地反映研究区域范围内点数据的分布情况(见图 2)。在面临接的空间关系概念下,对相邻六边形内点的分布进行判断与计算,得出不同类型空间数据的 Moran's I 指数。

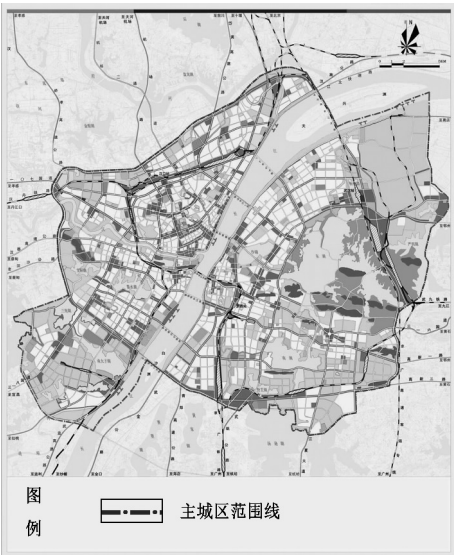


图 1 武汉市主城区范围

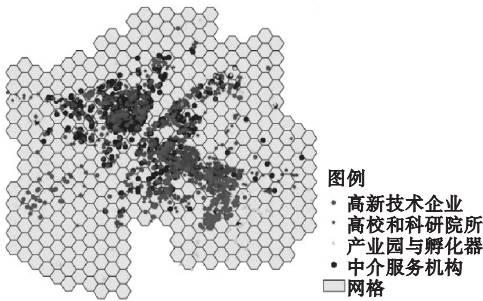


图 2 创新要素数据网格内分布

Moran's I 值范围在 $(-1, 1)$, Moran's I 指数为正,表示空间关系正相关,数值越大,反映的空间相关性越强,反之,空间差异越大。Moran's I 指数为 0 时,空间关系表现为随机分布。计算结果中的 P 值为所观测的空间模式中随机分布的概率, P 值越小,所测得的空间随机分布的概率越小。计算结果中的 Z 得分为标准差的倍数, Z 得分和 P 值都与正态分布相关且分布在两端。结果越趋近于两端,则说明空间模式是随机过程产生的概率越小。

3. 核密度分析

核密度分析模型是空间要素数据集聚程度可视化研究的常用模型^[18]。以 ArcGIS 的密度分析作为研究工具,模拟出各类要素之间进行当面互动与功能协作的可能性,最终得出创新网络格局。采用标准差分级法研究兴趣点密度,计算每个输出栅格像元周围的 POI 点元素的密度,若用颜色梯度来表示,颜

色越暖的区域,核密度值越大。利用数据标准差可以分级显示要素属性值与平均值之间的差异。在 ArcGIS 中计算平均值和标准差,将使用与标准差成比例的等值范围创建分类间隔,最后根据差异形成边界。

计算式为

$$D(x_i, y_i) = \frac{1}{ur} \sum_{i=1}^u k\left(\frac{a}{r}\right)$$

式中: $D(x_i, y_i)$ 为空间位置 (x_i, y_i) 处的核密度值; r 为距离衰减阈值; u 为与位置 (x_i, y_i) 的距离小于等于 r 的要素点数; k 为空间权重函数; d 为当前要素点与 (x_i, y_i) 两点之间的欧式距离。

四、武汉创新网络空间演化格局

1. 高新技术企业空间分布演化

通过对 3 个年份的武汉市高新技术企业的分布情况进行核密度分析,可以看出 2011—2018 年高新技术企业数量逐年增多,分布范围由东湖高新区单一极核逐渐拓展到横贯中心城区的创新走廊,并在郊区逐渐形成若干次要发展带与小增长极。2011 年在局部片区分布点状中低密度区,2015 年出现中高密度集聚区和低密度发展轴,2018 年表现为高密度值的中心集聚区域扩大,并在主城区东部中国光谷和南湖西侧形成高密度值空间节点(见图 3)。

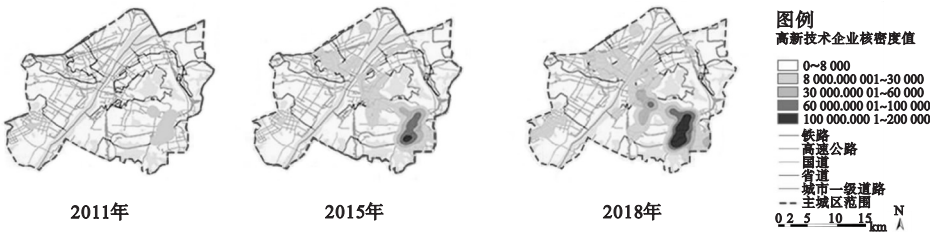


图 3 高新技术企业密度分析

(1)2011 年的高新技术企业整体呈散点状、中低密度分布。较大范围的区域分布在东湖高新区的光谷中心,集中分布在关山大道和三环路的南北侧以及光谷大道东西两侧。小范围的空间集聚点主要分布在中国光谷,武汉中小企业城,东风大道以南、四环线

以北的科技园和工业园,湖北经济学院周边产业园和武汉工程大学及周边区域。

(2)2015 年的高新技术企业表现出 1 个高密度核心、3 个中低密度核心、1 条企业发展带的分布趋势。2011 年的中低密度聚集区演变为高密度核心区,分布在华中科技大学

学科技园及周边区域,并向北延伸形成中高密度分布片区。中低密度核心主要分布在新高大道与光谷七路交叉处的中国光谷,在工业园和光谷生物城出现微弱的中低密度核心。长江东的雄楚大街西侧以长青路和青年路为主表现出横向带状发展趋势,南北沿珞狮路表现出纵向带状发展趋势。

(3)2018 年的高新技术企业在空间上的分布表现为大范围的高密度核心区和 3 个高密度节点,形成明显的创新走廊发展格局,并同时出现了远郊区的多中心化。2015 年的高密度核心演变为向北延伸的带状核心区,中密度核心演变为高密度核心,横向的带状格局进一步强化发展,跨江联系在一起,有沿

汉江向西发展的趋势,并呈现出 4 条纵向发展走廊。东湖高新区的高密度核心片区沿大学园路和关山大道从科技园延伸至华中科技大学,东西分别覆盖到光谷大道和民族大道。

2. 创新网络的空间分布现状

高新技术企业是创新价值的实现者,因此是区域创新体系最核心的主体要素,然而从创新网络的视角来看,各创新要素共同作为构成要素来推动协同创新。各类要素的全局空间自相关 Moran's I 指数(见表 3)显示,武汉市的创新网络空间分布呈现出较为强烈的空间集聚特征。Z 得分均大于 2.58,说明各类创新因素之间具有强烈的空间相关性,倾向于有组织的集聚分布。

表 3 各类因素数据及 Moran's I 指数

创新要素	POI 个数	百分比/%	莫兰指数	P 值	Z 得分
高新技术企业	725	22.22	0.503 919	<0.01	17.310 240
产业园和孵化器	407	12.48	0.421 047	<0.01	14.307 079
高校和科研院所	1 550	47.52	0.448 132	<0.01	17.261 424
中介服务机构	580	17.78	0.566 739	<0.01	20.210 333

4 类因素数据 Moran's I 指数均大于 0,空间关系呈正相关,蜂窝网格内倾向于在空间上相邻。其中,高新技术企业、中介服务机构、高校和科研院所的 Moran's I 指数比产业园及孵化基地高,在武汉市创新要素的空间布局中表现出更高的集聚性,武汉市主城区内数量众多的科研机构及中介服务机构的集中分布对高新技术企业的集聚产生了较强的促进效应。P 值均小于 0.01,表明该结果的可能性均大于 99%,因此,随机产生此聚类模式的可能性小于 1%。

五、武汉创新城区空间演化机制

1. 创新走廊的演化形成

武汉创新城区的空间分布经历了逐渐由主城区向外溢出,并从单一中心向创新走廊发展的演化过程。武汉市的高新技术企业从 2011 年开始在东湖高新区形成较为密集的初始增长极,到 2015 年形成以东湖高新区为核心向外辐射的多个次增长极与企业集聚带,直至 2018 年形成较为明显的创新走廊发展格局,并在主城区以外主要向东南和西南

方向发展。这一空间发展趋势与武汉市高等院校、科研院所、产业园区、孵化平台等重要机构的分布情况相一致。空间邻近有利于多种要素形成协同创新的发展模式,进一步通过相互协调、相互合作来不断提升区域整体的创新能力与氛围。

2. 科技和产业主导的空间组织

武汉创新城区形成以高校与科研机构为源头动力、以产业园区和产业集群为主导力量的功能组织机制。从创新网络的角度看,创新城区的形成和演化以企业、大学和研究院所、政府 3 种要素为起点^[19]。对武汉而言,高校和科研院所与高新技术企业之间的空间关联性最强,是武汉创新城区发展的基础优势。东湖高新区作为高技术企业发展最早的集聚区,也是在毗邻武汉大学等高水平研究机构的优势下发展起来的。与国内其他创新型城市相比,如果说上海创新城区的发展是凭借良好的产业基础与科技资源禀赋,在政府的强势引导下形成的,而深圳以市场为导向、产业化为目的、企业为主体实现快速发展^[20],那么武汉的创新城区发展则是在华

南地区产业梯度转移和技术研发合作的大环境下,将城市的知识资源逐步转化为创新产业资源的过程。

3. 区域协同创新的发展趋势

武汉市目前的高技术企业分布已经超出主城区范围,脱离传统高校集聚区、产业园区等空间节点的引导,在郊区呈现若干带状放射的趋势,亟需新的空间节点和区域来引导其发展。对比我国其他区域,2016 年以来东南沿海地区相继提出建设区域创新走廊的战略,如杭州市提出建设“城西科创大走廊”,广东省提出建设广深科技创新走廊,武汉市需要从区域协同创新的角度,在城市乃至都市圈尺度统筹规划创新走廊,为创新资源聚集提供更优蓄水池。更应结合自身发展特点,创造性地借鉴其他地区先进做法,规划建设武汉的创新走廊。

4. 高层次互动的创新网络

创新网络要素的高层次互动需要通过创新投资与市场服务来推动原始创新,从而呈现出高端服务业与科技研发、知识服务、媒体科技在大城市集聚的新场景。例如,位于美国纽约曼哈顿下城区到特里贝卡区等地由移动信息技术企业群聚集形成的“硅巷”,催生了以广告、新媒体、金融科技等领域为主的新创公司,从而成为孵化区域乃至国家高新技术企业的“干细胞”。而从空间关联性的角度看,武汉市创新网络的发展还处于传统产业和科技研发结合为主的发展阶段,资本和服务在未来有更为巨大的引领空间。武汉市应当在城市核心区建设有利于资本要素和生产者服务业互动的新一代创新城区,在长江新城地区布局武汉未来的创新投资中心、科学中心、高品质生活区。

六、结 语

本研究以 2011 年以来湖北省认定的高新技术企业名单为主要数据,结合目前武汉市产业园与孵化器、高校和科研院所、中介服务机构等创新要素的区位数据,运用核密度分析法与空间自相关分析,分别研究武汉创

新城区的空间分布格局演化。武汉创新城区内的创新要素逐渐突破城区边界,向创新走廊过渡,创新能力不断提升。在这一演变中,高新技术企业的集聚是强大支撑,产业园区及其包含的政策支持因素成为引领科技发展的主导力量,而中介服务机构、空间环境等市场性因素的空间引导作用相对较弱。武汉应在保护现有创新城区良好环境氛围的基础上科学规划区域高端节点和创新走廊,实现区域协同创新。但创新走廊的形成需要强大的资本与市场条件,需实现高层次的区域创新网络建设。

我国沿海制造业地区的产业梯度转移与技术升级需求导致企业与内地知识资源密集的武汉、成都、合肥、西安等城市建立了更为密切的合作网络,为这些城市和我国整体区域经济发展提供了新契机。在这一过程中,城市内部创新城区的布局研究虽然处于次级空间尺度,但对于城市创新经济的稳定发展仍具有至关重要的影响。

参考文献:

[1] 李海波,李苗苗,汝绪伟. 创新城区:区域创新驱动集聚发展的新空间载体[J]. 经济与管理评论,2018,34(1):141-149.

[2] COOKEP. The new wave of regional innovation networks: analysis, characteristics and strategy [J]. Small business economics, 1996, 8(2): 159-171.

[3] 杜德斌,段德忠. 全球科技创新中心的空间分布、发展类型及演化趋势[J]. 上海城市规划, 2015(1):76-81.

[4] BATHELT H, TURI P. Local, global and virtual buzz: the importance of face-to-face contact in economic interaction and possibilities to go beyond[J]. Geoforum, 2011, 42(5):520-529.

[5] BATHELT H, MALMBERG A, MASKELL P. Clusters and knowledge: local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation [J]. Progress in human geography, 2002, 28(1):31-56.

[6] DOLOREUX D. What we should know about regional systems of innovation[J]. Technology

in society,2002,24(3):243 – 263.

[7] 陈鑫,沈高洁,杜凤姣. 基于科技创新视角的美国硅谷地区空间布局与规划管控研究[J]. 上海城市规划,2015(2):21 – 27.

[8] ROBERTSON. Regional advantage:culture and competition in silicon valley and route 128;by AnnaLee Saxenian. Cambridge, MA: Harvard university press, 1994 [J]. The Journal of economic history,2009,55(1):198 – 199.

[9] 汤临佳,李翱,池仁勇. 创新走廊:空间集聚下协同创新的新范式[J]. 自然辩证法研究,2017,33(1):31 – 37.

[10] CLARK J, HUANG H. A typology of “innovation districts”: what it means for regional resilience [J]. Cambridge journal of regions, economy and society, 2010, 3 (1): 121 – 137.

[11] KATZ B, WAGNER J. The rise of innovation districts: a new geography of innovation in America[EB/OL]. [2020 – 06 – 22]. [https://www.brookings.edu/wpcontent/uploads/2016/07/Innovation Districts1](https://www.brookings.edu/wpcontent/uploads/2016/07/Innovation%20Districts1).

[12] 曹蓉,郭应龙,杨培峰. 新产业空间视角下创意产业园之新空间观念的建构[J]. 规划师,2019,35(7):64 – 68.

[13] 段德忠,杜德斌,刘承良. 上海和北京城市创新空间结构的时空演化模式[J]. 地理学报,2015,70(12):1911 – 1925.

[14] 卢超,尤建新,郑海鳌. 创新驱动发展的城市建设路径:以上海创新型城市建设为例[J]. 科技进步与对策,2016,33(23):25 – 31.

[15] 刘青,李贵才,全德,等. 基于 ESDA 的深圳市高新技术企业空间格局及影响因素[J]. 经济地理,2011,31(6):926 – 933.

[16] 吴素春. 科技资源密集型城市高新技术企业空间分布研究:以武汉市为例[J]. 湖北社会科学,2016(3):74 – 82.

[17] 袁丰,魏也华,陈雯,等. 苏州市区信息通讯企业空间集聚与新企业选址[J]. 地理学报,2010,65(2):153 – 163.

[18] 周垠,张诚,崔铭,等. 基于空间句法和 POI 信息的城市商业网点布局研究:以成都市龙泉驿区为例[J]. 四川建筑,2014(6):15 – 18.

[19] 刘青. 基于区域创新体系的珠江三角洲区域城镇化空间研究[D]. 北京:北京大学,2012.

[20] 尤建新,卢超,郑海鳌,等. 创新型城市建设模式分析:以上海和深圳为例[J]. 中国软科学,2011(7):82 – 92.

Research on Spatial Pattern Evolution of Innovative Urban Areas in Wuhan

LU Xu¹, CAO Jingjing¹, LUAN Xiaofan²

(1. School of Architecture and Urban Planning, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China; 2. School of Urban Design, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: The innovation city is a functional urban area where innovation activities gather in the city, and it plays an important role in enhancing the competitiveness of the city’s region. Based on the innovation network theory, this paper uses spatial autocorrelation analysis and kernel density analysis to conduct an empirical study on Wuhan, where high – tech enterprises are densely distributed. First, the kernel density method is used to analyze the distribution changes of high – tech enterprises in Wuhan from 2011 to 2018, and then the spatial autocorrelation is used to study the spatial pattern evolution characteristics of the innovation network in the main urban area of Wuhan. Studies have shown that the spatial distribution of Wuhan Innovation City has gradually evolved from the main urban area, and from a single center to an innovation corridor. In the future, the regional innovation corridor and the new generation of innovation urban areas should be planned from the perspective of regional collaborative innovation.

Key words: innovation urban area; regional innovation system; high – tech enterprises; urban land planning; Wuhan

(责任编辑:高旭 英文审校:林昊)