

武汉都市圈“光芯屏端网”产业集群协同创新网络特征及规划响应

陈梦雨, 彭 翀, 张梦洁

[摘要] 基于产业链分工与合作视角, 从上、中、下游各创新主体的空间分布和协同关系两方面分析武汉都市圈“光芯屏端网”产业集群协同创新网络的结构特征。研究表明: 武汉都市圈“光芯屏端网”产业集群协同创新主体的空间分布整体呈现“核心—边缘”的圈层式集聚格局, 其中上游协同创新主体的集聚程度最为显著; 产业集群上、中、下游的协同创新网络发展不均衡, 整体网络连通度不高, 尚未形成完整稳定的结构。由此提出强化“一核”引领创新、突出“一廊”有机协同、链接节点聚核成圈、贯通产业协同闭环等规划策略, 以期提升武汉都市圈“光芯屏端网”产业集群协同创新能级提供相关参考。

[关键词] 协同创新网络; 产业链; 武汉都市圈; “光芯屏端网”产业集群

[文章编号] 1006-0022(2023)07-0032-08 **[中图分类号]** TU984 **[文献标识码]** B

[引文格式] 陈梦雨, 彭翀, 张梦洁. 武汉都市圈“光芯屏端网”产业集群协同创新网络特征及规划响应[J]. 规划师, 2023(7): 32-39.

Characteristics and Planning Response of Collaborative Innovation Network of "Optoelectronic-Chip-Screen-Terminal-Network" Industrial Cluster in Wuhan Metropolitan Area/CHEN Mengyu, PENG Chong, ZHANG Mengjie

[Abstract] Based on labor division and collaboration along the industrial chain, the characters of collaborative innovation network of "Optoelectronic-Chip-Screen-Terminal-Network" industrial cluster in Wuhan metropolitan area are analyzed from the aspects of the spatial distribution and coordination of innovation subjects along the industrial chain. The results show that the spatial distribution of innovation subjects presents a "core-periphery" concentric pattern, and upper-stream subjects have the highest degree of concentration; collaborative innovation network of upper, middle, and down streams along the industrial chain is uneven with a low degree of linkage and unstable structure. Planning strategies such as strengthening the leading role of the core for innovation, highlighting the organic coordination of corridors, linking nodes into circles, and achieving a closed-loop system for industrial collaboration are proposed. It hopes to improve the energy of collaborative innovation of "Optoelectronic-Chip-Screen-Terminal-Network" industrial cluster in Wuhan metropolitan area.

[Key words] collaborative innovation network; industrial chain; Wuhan metropolitan area; "Optoelectronic-Chip-Screen-Terminal-Network" industrial cluster

新一轮科技革命和产业变革正在重构全球创新版图、重塑全球经济结构。在此局势下, 科技创新被置于国家发展全局的核心位置, 成为驱动我国实现高质量发展的关键。与此同时, 新型智能产业与数字经济的高速发展拉近了区域间的地理距离, 区域创新突破单一主体或单一产业的范畴, 更加强调产业集群合作互助形成的更加高效的创新组织模式。产业集群是在一定区域内, 各类地理邻近的行为主体基于产业链分工合作关系形成的产业组织形态, 集群创新能力能否提升取决于区域内各创新主体是否能形成良好的协同关系, 通过协同创新

整合创新资源、提升创新效率。系统理论认为, 产业集群协同创新的核心是由企业、公共机构、政府机构、金融机构等为主体利用产业链上的异质类资源, 开展跨环节、跨区域、跨学科的正式或非正式的合作与交流所形成的网络, 创新主体之间联系的强度、关系的质量及其网络的结构是促进要素流动、加强知识互补、突破创新壁垒, 从而提升集成创新能力的关键。目前, 国内外学者从产业集群协同创新网络的内涵、演化、模式机制及影响因素等方面进行了理论与实证探讨, 研究主要集中在全行业或全产业链的协同创新

[基金项目] 国家重点研发项目 (2022YFC3800103)

[作者简介] 陈梦雨, 华中科技大学建筑与城市规划学院、湖北省城镇化工程技术研究中心硕士研究生。

彭 翀, 华中科技大学建筑与城市规划学院副院长, 湖北省城镇化工程技术研究中心教授、博士生导师。

张梦洁, 通信作者, 华中科技大学建筑与城市规划学院、湖北省城镇化工程技术研究中心助理研究员。

关系,对产业链内部上、中、下游环节以及各环节之间协同创新关系的研究较为少见。新兴产业集群本质上是基于产业链各环节重构、各主体整合与协同形成的网络组织形式,既要关注产业链单个环节内创新主体的联动关系,也要关注跨环节的协同组织关系,从而实现整个集群创新效应的最大化。

当前,全球经济活动在空间上呈现出新的布局形态,即在经济分散化的同时,各类要素趋向于空间的集聚与整合。特别是集中了我国约34%人口和54%GDP总量的都市圈,作为创新要素浓度更高、吸收能力更强的开放式创新系统,正在取代单一的城市节点,成为产业发展和创新活动开展的主要空间载体。2019年国家发展改革委下发《国家发展改革委关于加快推进战略性新兴产业集群建设有关工作的通知》,公布了第一批66个国家战略性新兴产业集群,新型智能产业作为战略性新兴产业的重要组成部分和驱动引擎,成为关注与培育的重点领域。武汉都市圈是湖北省新型智能产业发展的主阵地,聚集了集成电路、新一代信息网络、新型显示、信息技术服务等新型智能产业,入选国家战略性新兴产业集群。借此契机,湖北省提出打造全球顶尖的亿万级“光芯屏端网”产业集群。在此背景下,“光芯屏端网”产业集群如何提升协同创新能力,实现规模、质量与效益的跃迁成为重要议题。作为一种重构的融合型现代新兴产业,其产业链各环节协同创新主体的空间分布态势是怎样的?协同创新网络呈现什么样的特征与结构?产业链内外部上、中、下游的协同创新组织关系如何?回应这些问题是提升武汉都市圈“光芯屏端网”产业集群协同创新能力的关键,亟须深入研究。

结合上述分析,本文基于产业链分工与合作视角,从上、中、下游各创新主体的空间分布和协同关系两方面分析武汉都市圈“光芯屏端网”产业集群协同创新网络的结构特征,并提出相关规

划策略,从而为进一步完善区域产业协同创新体系研究、发展区域新型智能产业集群提供决策依据。

1 研究理论内涵、思路与方法

1.1 研究理论内涵

1.1.1 产业链视角下协同创新网络的内涵

FREEMAN提出协同创新的主要联结机制是企业间的创新合作关系,此后的相关研究普遍强调协同创新是基于交易成本论和资源基础论,各创新主体跨越组织边界在知识、技术、信息等多方面进行相互联系与协同合作。产业链是指相关联的企业、组织和机构按照一定的顺序和关系将原材料转化为成品,并最终交付给消费者的一种合作与协调机制,涵盖了整个生产过程,包括上游、中游和下游3个环节。产业链视角下的协同创新可分为横向延伸与纵向扩展两个维度,横向协同创新主要研究单个产业链环节内创新主体之间的互动,纵向协同创新主要研究跨越产业链上、中、下游环节的创新主体之间的密切联系。结构稳定的协同创新网络应既能横向联动单个产业链内具有互补关系的创新主体,又能纵向推动产业链各环节的跨界协同,向上延伸到原材料的上游供应商、向下拓展到产品终端的营销。

1.1.2 都市圈协同创新网络的内涵

都市圈协同创新网络是基于空间接近性和社会接近性形成创新要素浓度更高、吸收能力更强的开放式创新系统,呈现“中心—外围、多圈层、多尺度嵌套”的空间集聚与分布特征,同时具有“跨区域、多层次主体、多链条环节”的“复杂网络”关联特征。除了关注微观创新主体,都市圈协同创新还需要关注中心地区和周边地区的产业协作与互补关系,强调产业链条各环节之间的有序衔接和分工合作,进而加强区域资源整合和优势互补,共同推动产业发展和经济增长。

在明晰武汉都市圈“光芯屏端网”

产业的模块化分工、跨环节合作的特性以及相关研究成果的基础上,本文界定武汉都市圈“光芯屏端网”产业集群的协同创新网络是一个通过产业链上、中、下游各环节内异质多元的主体(包含企业、高校、科研院所等),在环节内外部建立融洽的协同关系,从而促进都市圈整体创新效应最大化的复杂动态系统。

1.2 研究思路及数据来源

在产业链环节划分方面,武汉都市圈“光芯屏端网”产业由光通信及激光、集成电路、新型显示、信息网络、智能终端等一系列细分产业共同构成。为了提高环节划分的科学性,本文参考既有的产业链分类,并依据《战略性新兴产业分类(2018)》《中国光电子器件产业技术发展路线图(2018—2022年)》《国际专利分类表(2022版)》等文件以及相关产业链图谱报告,确定产业链上、中、下游的细分行业。见图1。

各创新主体建立起分工协作与互补性联盟,其关系可能是共享资源、合作开发、技术转让等。专利的相关数据是当前创新领域使用最为广泛的考察协同关系的数据之一。联合发明专利和转让专利能进一步显示出不同创新主体之间的创新合作情况,故本文以国家知识产权局专利数据库为数据源,检索联合发明专利和转让专利数据,构建协同创新网络。因“光芯屏端网”产业上、中、下游涉及的IPC较为复杂,为了防止遗漏与重复,采用高频词汇统计方法初步确定关键词,并运用Python分析专利中的信息,进一步筛选高频关键词,以此最终确定“光芯屏端网”上、中、下游产业的专利检索表达式。考虑到专利公布的滞后期,检索时间范围截至2022年1月1日,删除缺失、重复的专利数据信息和创新主体为个人的专利数据信息,精确定武汉都市圈“光芯屏端网”产业联合发明专利与转让专利样本数据2230条。在此基础上,分别构建产业链上、中、下游环节内外的协同创新网络。同时,

提取创新主体的空间信息，将其归属到对应的行政单元上，并依据区域数据特征探讨产业链不同环节创新主体的空间分布态势，继而从空间分布和协同关系两方面分析武汉都市圈“光芯屏端网”产业集群协同创新网络的结构特征(图2)。

1.3 研究方法

运用社会网络分析方法对协同创新网络进行结构测度，以创新主体为节点，以专利联合发明与转让关系为相连边，根据协同次数赋予连边权重，构建无向的协同创新网络，选取相应指标分析网络中个体或整体的结构特征(表1)。同时，引用块模型(Block Model)明晰产业链环节内、外模块的协同创新特征，原理是将复杂网络中的节点按照其相互作用和联系归纳至更大的点集中，利用像矩阵来研究点集模块内、外的关联网络特征。

考虑到产业链不同环节的知识异质性，利用块模型将全产业链细化为上、中、下游3个子网络。各个子网络内部的创新主体节点以及节点之间的相连边共同构成产业链环节内的协同创新网络。同时，产业链上、中、下游子网络之间的相连边刻画了跨产业链环节进行的创新协同活动，形成了上游—中游、上游—下游和中游—下游3个二分网络，这些二分网络构成了块模型，进而可以研究各环节模块之间的协同创新网络特征。

2 武汉都市圈“光芯屏端网”产业集群协同创新网络特征

2.1 产业集群协同创新主体的分布特征

2.1.1 协同创新主体协同强度排序

基于联合发明专利与转让专利的数据统计，记录协同创新活跃度排名前10的上、中、下游创新主体(表2)。总体而言，核心节点中企业主体的数量远远高于其他类型的创新主体，是壮大协同创新体系的主力军，其中“光芯屏端网”产业链覆盖了较为全面的综合性企业，如武

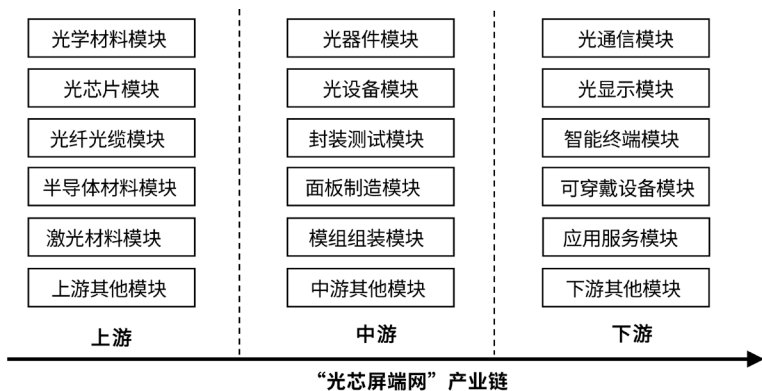


图1 武汉都市圈“光芯屏端网”产业链示意图

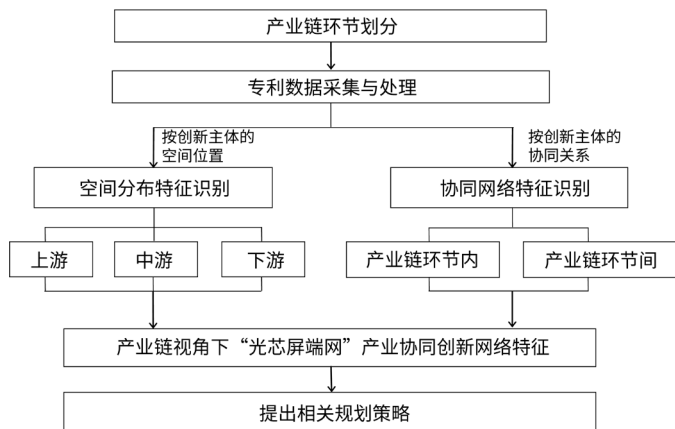


图2 武汉都市圈“光芯屏端网”产业集群协同创新网络结构特征分析图

表1 协同创新网络结构指标

序号	指标	含义	测度能力
1	网络节点数	创新主体数量	创新主体参与协同创新的规模
2	网络关系数	相连边之和	创新主体参与协同创新的强度
3	网络密度	实际连边数与最大可能连边数的比值	创新主体之间的互动紧密程度
4	平均度	各个节点的度的平均值	网络创新主体直接关联程度
5	中心势	网络的中心度	整体网络的集中程度
6	平均路径长度	节点对之间的平均最短距离	衡量网络的传输性能与效率
7	平均聚类系数	所有节点聚类系数的平均值	相邻创新个体间的合作难易程度

汉精测电子集团股份有限公司、烽火通信科技股份有限公司在上、中、下游均具有较强的协同创新意识。华中科技大学、武汉理工大学在整个产业链协同创新中的明星效应突出，凝聚现象显著，原因可能在于高校的信息资源较为丰富，具备较强的协调和控制知识、资源等创新要素流动的能力。对比上、中、下游3个阶段，上游、中游的核心节点以龙头企业为主，其中武汉精测电子集团股份有限公司与其数个分公司进行了频繁合

作，形成了集团内部的协同创新模式。下游的合作主体更加多元化，高校、研究所等创新主体明显较多，以丰富的知识资源与人才储备、完备的创新设施成为企业创新主体重要的合作对象。

2.1.2 协同创新主体的空间分布特征

武汉都市圈“光芯屏端网”协同创新主体的空间分布差异显著，整体呈现出“核心—边缘”的圈层式空间布局(图3)。具体来看，协同创新主体的核心承载区以武汉东湖高新区所在的洪山区、江夏区为

表 2 基于协同强度的创新主体排序

阶段	排序	名称	协同强度	阶段	排序	名称	协同强度	阶段	排序	名称	协同强度
上游	1	华中科技大学	67	中游	1	华中科技大学	137	下游	1	武汉理工大学	107
	2	武汉光迅科技股份有限公司	48		2	烽火通信科技股份有限公司	87		2	华中科技大学	64
	3	武汉精测电子集团股份有限公司	45		3	武汉光迅科技股份有限公司	56		3	烽火通信科技股份有限公司	55
	4	武汉光谷信息光电子创新中心有限公司	35		4	武汉光谷信息光电子创新中心有限公司	30		4	武汉大学	43
	5	武汉邮电科学研究院有限公司	29		5	武汉精测电子集团股份有限公司	29		5	武汉精测电子集团股份有限公司	36
	6	武汉天马微电子有限公司	28		6	武汉理工大学	28		6	武汉烽火网络有限责任公司	33
	7	烽火通信科技股份有限公司	27		7	武汉飞思灵微电子技术有限公司	26		7	武汉烽理光电技术有限公司	32
	8	武汉电信器件有限公司	25		8	武汉精立电子技术有限公司	25		8	武汉理工光科股份有限公司	29
	9	武汉精立电子技术有限公司	20		9	华中科技大学鄂州工业技术研究院、武汉烽火锐拓科技有限公司、武钢集团有限公司、武汉邮电科学研究院有限公司	24		9	国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司	25
	10	武汉精毅通电子技术有限公司	19		10	武汉电信器件有限公司	22		10	鸿富锦精密工业(武汉)有限公司	22

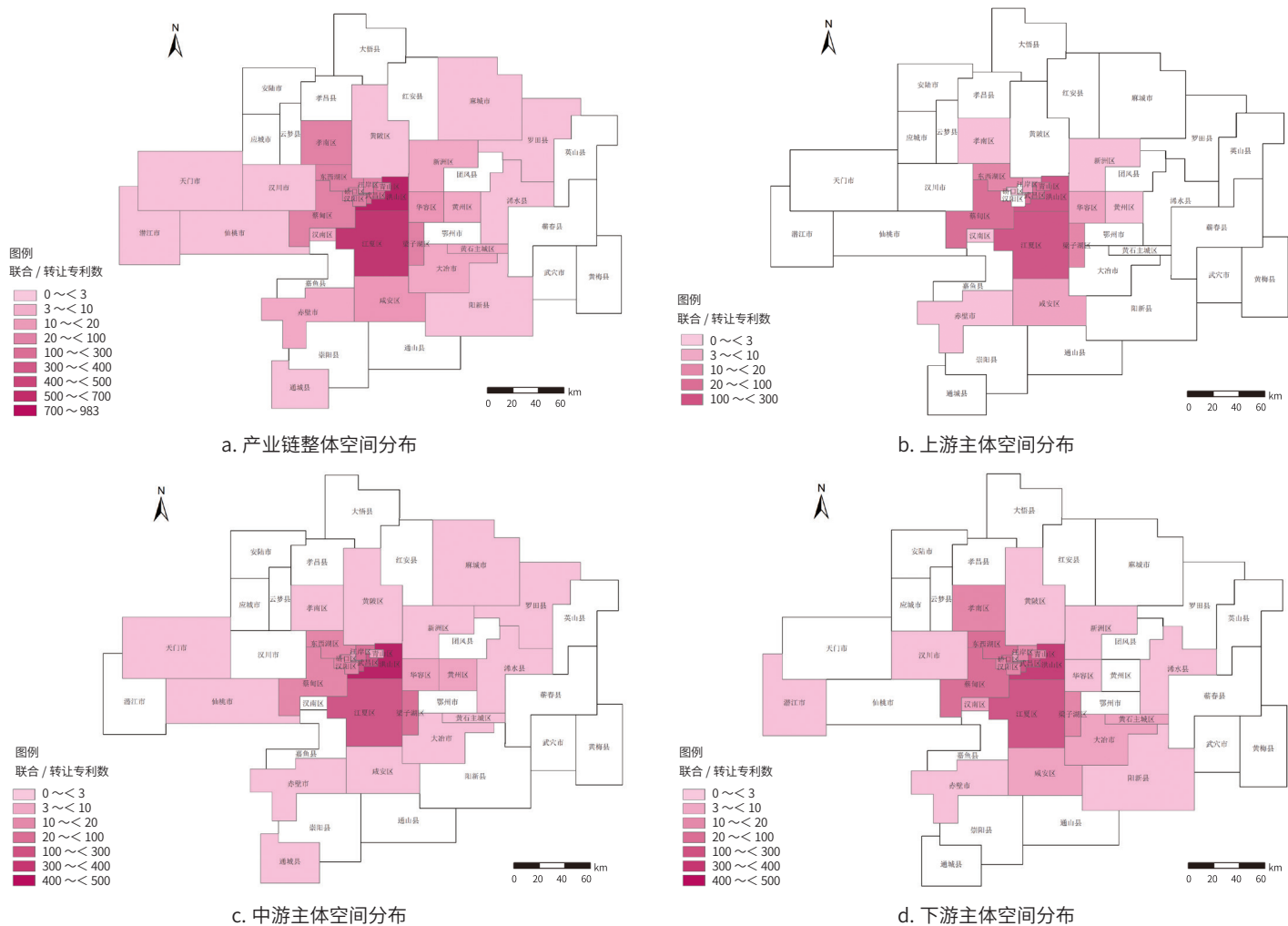


图 3 武汉都市圈“光芯屏端网”产业集群协同创新主体的空间分布示意图

主。在提出形成亿万级“光芯屏端网”产业集群之前，东湖高新区已经发展成为光纤光缆、光电器件、光通信技术、激光设备等产业的生产基地与研发基地，其雄厚的发展基础再叠加区域内的高校优势学科，促使洪山区的极核现象极为显著，协同创新次数高达983次。东、西部外围地区协同创新主体的数量逐渐减少，特别是安陆、孝昌、大悟、黄梅、武穴、蕲春等外围地区，协同创新主体极少甚至出现缺失的情况，原因可能在于这些地区的市场规模较小、创新资源较少，致使相关企业、科研院所数量较少，从而导致协同创新活动较少发生。此外，位于光谷科技创新大走廊光电子信息产业带的鄂州市、团风县出现协同创新的“内部塌陷”现象，这给串联“武鄂黄黄咸”重点园区和重要创新平台带来较大挑战。对比上、中、下游协同创新主体的空间分布可以发现，上游的空间集聚程度最大，其较高的技术门槛和专业性促使创新资源集中投入，国家信息光电子创新中心、光纤通信技术和网络国家重点实验室等众多创新平台与上游龙头企业均集聚在光谷；中游、下游协同创新主体空间溢出效应相对显著，创新融通性较强，说明“光芯屏端网”产业链中、下游的创新合作与交流更具有跨越性和多层次性，容易产生空间溢出效应。

2.2 产业集群协同创新主体网络的协同关系特征

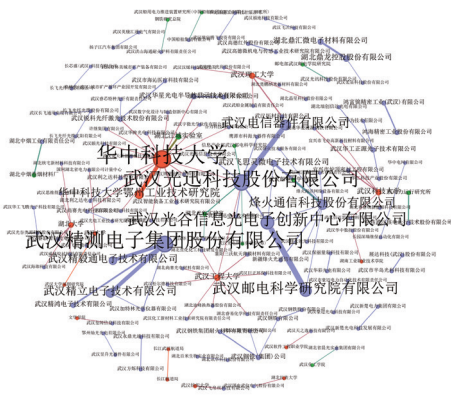
“光芯屏端网”产业链构成复杂，基于联合发明专利与转让专利数据，运用 Gephi 软件绘制“光芯屏端网”产业链上、中、下游子网络以及上游—中游、上游—下游、中游—下游的协同创新二分网络，并运用 Ucinet 软件进行网络特征识别。节点越大说明协同创新主体的数量越多，连边越粗说明节点间的协同创新频率越高，即协同关系越稳固。见图4。

2.2.1 上、中、下游子网络内拓扑结构特征

整体来看，上、中、下游子网络内拓扑结构特征呈现出产业链上游协同创新网络结构简单，中游、下游相对复杂的不均衡分布状态。这表明武汉都市圈“光芯屏端网”产业链在光学材料、光芯片、光组件等上游模块的协同创新活动较少，以独立创新为主，协同创新主要集中在光设备、模组组装、封装测试等中游模块和智能终端、应用服务等下游模块，但中、下游网络结构依旧较为松散，一对一的孤立连接较多，且协同创新活动的协同双方多为隶属关系，为总部与旗下子公司或子公司之间的协同创新，网络整体连通度不高。此外，以企业为核心的协同创新关系更加稳固，高校的协同创新主体则更加丰富。

对比分析产业链上、中、下游协同创新网络来看可以发现：产业链上游协同创新主体相对较少，但龙头企业的引领创新效果最为明显，且形成了较为稳固的协同创新模式，如武汉光迅科技股份有限公司与武汉电信器件有限公司、武汉光谷信息光电子创新中心有限公司与武汉邮电科学研究院有限公司等，此外武汉精测电子集团股份有限公司和其子公司开展了较为活跃的协同创新活动。但较为成熟的企业，如长飞光纤光缆股份有限公司，创新行为多以独立创新为主，知识技术创新活力尚未完全释放。在产业链中游的协同创新网络中，华中科技大学、烽火通信科技股份有限公司的核心作用均较为显著，二者均形成了较为突出的“创新圈”，在共享技术、资源、人才等方面与其他高校、研究机构和企业形成了紧密的联盟。产业链下游的协同创新网络结构最为复杂，高校的创新引领作用最为凸显，武汉理工大学、华中科技大学、武汉大学等成为该网络的核心节点。企业之间多为弱关系连接，知识溢出效应并不明显，不利于技术融合和协同创新集聚群体的产生。

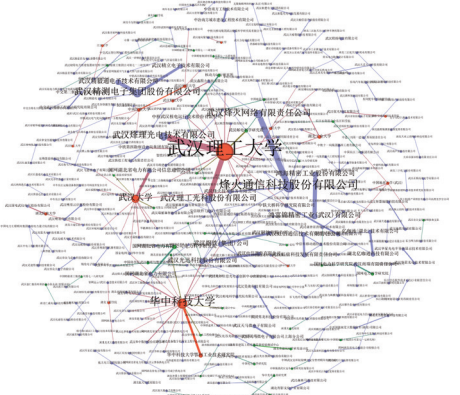
为进一步分析武汉都市圈“光芯屏端网”产业链协同创新效果，对协同创新网络结构指标进行测度(表3)。都市圈产业链上游的创新网络规模最小，但



a. 都市圈内部上游协同创新网络



b. 都市圈内部中游协同创新网络



c. 都市圈内部下游协同创新网络

图4 武汉都市圈“光芯屏端网”产业集群协同创新网络示意图

其网络密度与表征“核心—边缘”程度的中心势均高于中、下游，表明上游协同创新网络整体的连通性与核心主体带动创新能力最强，节点之间的凝聚力和知识流动的效率最高。相比而言，中、下游因加入了合作效用较低的弱联结关系，扩大了网络规模，但并未建立起与规模相匹配的主体协同关系，导致整体的网络连通度降低。中游的平均聚类系数最高，创新传播的速度最慢，影响节点间的知识资源流动。下游协同创新的网络密度、中心度、中心势均最低，且平均路径长度最长，协同创新的节点间联结效用低，表明网络中创新主体的资源获取、能力提升等存在不足。整体而言，目前武汉都市圈“光芯屏端网”产业链在横向协同创新联系上仍处于较低水平，网络结构仍较为松散，协同关系有待进一步加强。

2.2.2 上、中、下游子系统网络间拓扑结构特征

武汉都市圈“光芯屏端网”产业链跨环节协同发展不均衡，贯上、中、下游各环节的全产业链协同创新相对缺失，产业链协同创新网络尚未形成完整稳定的结构。具体而言，上游—中游、中游—下游二分网络具有相对较高的网络密度，表明产业链相近环节的协同关

系较为显著，发生产业链合作和技术转移的活动较为频繁。上游—中游最为显著，“光芯屏端网”产业链上游主要涉及的光芯片、光学材料和光学元件等，与中游涉及的光电子模块、光器件模块等系统的研发和生产存在较为密切的技术交流与信息共享；上游和下游的相连边数量较少，二分网络密度较低，创新主体之间缺乏技术交流与合作，原因在于差异化的需求、较高的技术壁垒、有限的创新资源等限制了合作空间，但上游和下游之间存在一定的弱关系，是搜索知识资源信息的基础，有利于未来开展探索式协同创新（表4，图5）。

3 武汉都市圈“光芯屏端网”产业集群协同创新的规划响应

根据“光芯屏端网”产业集群协同创新网络现状特征分析结果，武汉都市圈应构建“极核+廊道+创新圈”协同发展格局，强化核心带动辐射作用和跨区域发展廊道的引领作用，通过完善“核心—协同—辐射”协同创新路径，建立以中心带动周边、以大带小、由强带弱的协同创新发展格局，通过布局重大技术研发平台、重点科学研究平台和科技基础设施补齐短板，提升源头型研发和创

新能力。

3.1 强化“一核”引领创新，带动能级整体提升

武汉都市圈应以东湖高新区为核心承载区，以光谷科学岛为重点创新源，突出高新区创新引擎和枢纽地位，打造创新驱动核心；充分发挥现有创新创业资源集聚优势，进一步提升优势产业规模和能级，优化创新创业生态环境和提高配套服务水平，发挥高端引领和辐射带动作用。

3.2 突出“一廊”有机协同，加快创新要素流动

作为承载亿万级“光芯屏端网”产业集群发展的主要功能性空间实体，光谷科技创新大走廊顺应“武鄂黄黄咸”城镇连绵带沿江拓展方向，经历了30年的发展，逐步形成由点到面、一路向东、“廊道+节点”区域一体化发展空间格局。但目前“光芯屏端网”产业集群创新关联仍以行政主体内部协同为主，联合发明专利仅占专利授权总量的4%，而跨越行政单元的联合发明专利占联合发明专利的总量不足10%，因此强化对流与辐射、推动区域高效分工协作是提升武汉都市圈“光芯屏端网”产业链创新网络

表3 产业链上、中、下游子系统内网络拓扑结构指标测度

环节	网络节点数	网络关系数	网络密度	平均度	中心度 /%	中心势 /%	平均路径长度	平均聚类系数
上游	180	155	0.028 2	1.533	1.105	7.94	3.222	0.190
中游	368	277	0.009 9	1.529	1.185	6.02	4.599	0.231
下游	382	274	0.008 8	1.440	0.694	3.92	5.157	0.128

表4 产业链上、中、下游子系统间网络拓扑结构指标测度

二分网络	网络节点数	网络关系数	网络密度	中心度 /%	平均聚类系数
上游—中游	222	115	0.061 2	0	0.23
中游—下游	206	93	0.043 5	0	0.36
下游—上游	180	52	0.018 4	0	0.14

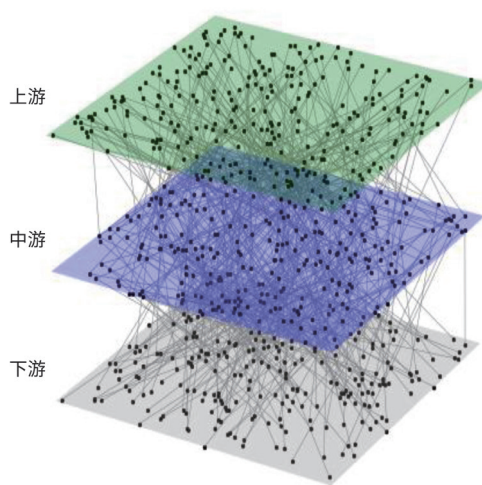


图5 产业链上、中、下游子系统间网络拓扑结构指标测度示意图

结构稳定性的重要途径。依托光谷科技创新大走廊串联武汉东湖高新区、黄石大冶湖高新区、黄冈高新区、咸宁高新区、葛店经开区、黄石经开区等重点园区和重要创新平台，引导创新要素集聚，促进沿线区域节点合作，加快创新要素在圈内优化配置，形成要素自由流动、链条紧密互动的创新共同体。此外，支持多种形式建设专业园区，鼓励“飞地经济”，深化跨区域产业协作，促进区域开放融合发展。

3.3 链接节点聚核成圈，提升创新网络韧性

武汉都市圈“光芯屏端网”产业依托产业发展基础，叠加本地知名高校、科研机构等科创优势，已经形成创新高校驱动型、龙头企业带动型、企业协同共生型等3种组织模式的雏形（图6）。

目前，创新高校驱动型协同发展模式、龙头企业带动型协同发展模式属于单核发展阶段，虽然有利于形成强大的内聚力和协同力，但是这种模式过分依赖于某个核心创新主体，网络韧性较低，抗风险性和适应性较差，一旦核心主体出现战略错误或陷入危机，整个产业集群创新网络可能出现瘫痪。对于创新高校驱动型协同发展模式，未来应结合现有创新基础与优势，增强科技创新策源功能，围绕华中科技大学、武汉大学、武汉理工大学等具有专业优势的高校，集中布局一批大科学装置和高水平实验室，形成“创新圈”共同疏通基础研究、应用研究和产业化双向链接的快车道，在高精智尖的技术领域取得突破，实现产业能级跃迁。对于龙头企业带动型协同发展模式，考虑到龙头企业拥有较强的技术、资源和渠道优势，未来应在政策上和空间上鼓励龙头企业与各大、中、小企业建立联合实验室、技术中心等机构，为其他企业和高校提供研发设备和场地，通过产业创新圈的构建，促进外部创新资源的获取和内部知识的共享，从而实现共赢。对于企业协同共生型协

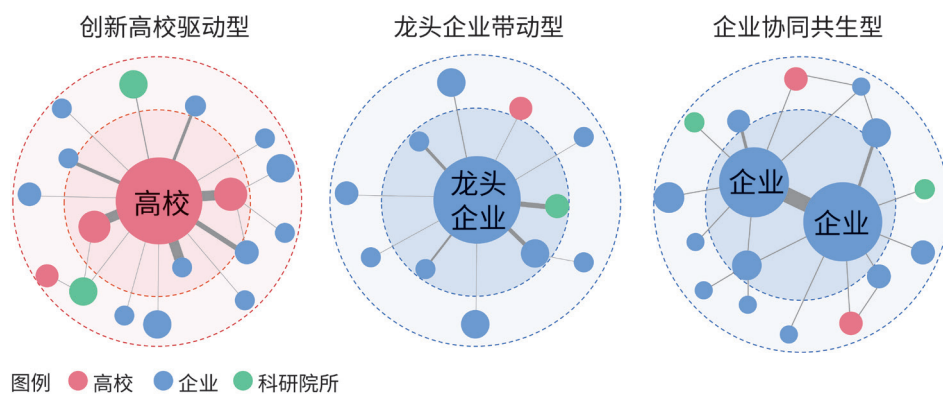


图6 协同组织模式示意图

同发展模式，目前多为总部与旗下子公司或子公司之间的协同创新，这在一定程度上反映了“光芯屏端网”企业具有较为明显的企业内部协同意识，龙头企业也应加强与众多小型企业建立协同关系的力度，促进各方信息共享、技术升级和资源整合。

3.4 贯通产业协同闭环，布局源头创新基地

产业在发展过程中会存在一定的创新不平衡性和资源倾斜性，从武汉都市圈“光芯屏端网”产业链看，上游的协同创新主体较少，中游、下游的协同创新主体丰富。此外，上游—下游协同创新的通道较为闭塞，这与上游技术协同创新门槛高于中、下游存在一定的关系，阻碍了创新链、产业链各环节的深度融合。

2022年4月，经报国务院审核同意，科技部、国家发展改革委联合批复武汉具有全国影响力的科技创新中心建设总体部署，聚焦打造世界科学前沿领域和新兴产业技术创新、全球科技创新要素“汇聚地”的战略使命。面向国家战略需求，瞄准目前“光芯屏端网”产业源头创新能力不足的短板，武汉都市圈应加快建设、集中布局源头创新平台与基地，具体策略包括统筹高校院所及大型企业的科研力量，对标国家实验室建设东湖实验室，预留足够的战略留白空间，支持与产业相关的重点院校和科研单位谋划建设若干湖北实验室；建设东湖科

学中心等研发机构与创新平台，引进一批国际化的高端科研平台，加强与国内外知名研究大学和科研机构开展产学研合作；按照“一次规划、弹性管理、宁缺毋滥”的原则，布局若干重大科技基础设施，加大新型基础设施建设及产业应用场景构建力度。

4 结束语

本文基于产业链分工与合作视角，从上、中、下游各创新主体的空间分布和协同关系两方面分析武汉都市圈“光芯屏端网”产业集群协同创新网络的结构特征，并提出相关规划策略。研究结果显示：武汉都市圈“光芯屏端网”产业集群协同创新主体整体的空间分布差异显著，呈现“核心—边缘”的圈层式空间布局，产业链上游的空间集聚程度最高，中游和下游协同创新主体空间溢出效应较为显著；上游协同创新网络结构简单而稳定，形成了龙头企业带动型、企业协同共生型的混合协同创新模式，中游、下游协同创新网络结构较为松散，创新高校驱动型协同发展模式较为突出；产业链跨环节协同发展不均衡，贯穿上、中、下游各环节的全产业链协同创新相对缺失。整体而言，协同创新网络尚未形成完整稳定的结构。由此，提出相关规划策略：一是强化“一核”引领创新，带动能级整体提升；二是突出“一廊”有机协同，加快创新要素流动；三是链

接节点聚核成圈,提升创新网络韧性;
四是贯通产业协同闭环,布局源头创新基地。

本文的局限性在于:一是仅对产业集群协同创新网络特征及结构特征进行探索性分析,关于协同运行机制等相关问题尚有待深入研究;二是专利数据搜集、产业链环节归类困难,特定区域的单个案例研究结论存在一定的局限性;三是仅针对都市圈区域内部协同创新进行分析,实际上理想的都市圈协同创新是内部与外部嵌套的网络结构,既能产生本地“蜂鸣”,增强创新主体之间的面对面交流,又能通过强化外部区域之间的协作联系网络,更加有目的性和规范化地进行全球知识吸收与学习。未来将利用多源数据与多案例分析针对以上局限开展补充研究。□

[参考文献]

- [1] 苏屹,曹铮.京津冀区域协同创新网络演化及影响因素研究[J].科研管理,2023(3):43-55.
- [2] 白俊红,蒋伏心.协同创新、空间关联与区域创新绩效[J].经济研究,2015(7):174-187.
- [3] 赵佩佩,刘彦,杨驹.杭州创新空间集聚规律与布局模式研究[J].规划师,2021(5):67-73.
- [4] 张路蓬,薛澜,周源,等.战略性新兴产业创新网络的演化机理分析:基于中国2000—2015年新能源汽车产业的实证[J].科学学研究,2018(6):1027-1035.
- [5] 王宏起,杨仲基,武建龙,等.战略性新兴产业核心能力形成机理研究[J].科研管理,2018(2):143-151.
- [6] 康雨薇,张玲,杨晓春,等.深圳市产业创新类城市更新对创新主体的培育水平研究[J].规划师,2021(24):13-20.
- [7] 郭燕青,何地.“主体—技术”协同视角下的战略性新兴产业创新网络分类研究:以新能源汽车产业为例[J].工业技术经济,2017(4):146-152.
- [8] 谭宇文,袁宇昕,张翔.基于创新网络理论的宁波甬江科创走廊规划探讨[J].规划师,2020(3):79-85.
- [9] 刘晓畅.改革开放以来中国城乡规划高等院校协同创新网络研究[J].规划师,2020(11):81-85.
- [10] LIU Weiwei, YANG Jianing. The Evolutionary Game Theoretic Analysis for Sustainable Cooperation Relationship of Collaborative Innovation Network in Strategic Emerging Industries[J]. Sustainability, 2018(12):4585.
- [11] 解学梅.都市圈协同创新机理研究:基于协同学的区域创新观[J].科学技术哲学研究,2011(1):95-99.
- [12] 陈劲,阳银娟.协同创新的理论基础与内涵[J].科学学研究,2012(2):161-164.
- [13] 刘国巍,邵云飞.产业链创新视角下战略性新兴产业合作网络演化及协同测度:以新能源汽车产业为例[J].科学与科学技术管理,2020(8):43-62.
- [14] 李柏洲,王雪,薛璐琦,等.战略性新兴产业创新网络形成机理研究[J].科研管理,2022(3):173-182.
- [15] 黄菁菁.产学研协同创新效率及其影响因素研究[J].软科学,2017(5):38-42.
- [16] 曹霞,李传云,林超然.基于新能源汽车的专利合作网络演化研究[J].科研管理,2019(8):179-188.
- [17] 岳中刚.战略性新兴产业技术链与产业链协同发展研究[J].科学与科学技术管理,2014(2):154-161.
- [18] 解学梅.协同创新效应运行机理研究:一个都市圈视角[J].科学学研究,2013(12):1907-1920.
- [19] FREEMAN C. Networks of Innovators: A Synthesis of Research Issues[J]. Research Policy, 1991(5):499-514.
- [20] 赵增耀,章小波,沈能.区域协同创新效率的多维溢出效应[J].中国工业经济,2015(1):32-44.
- [21] 刘贵富,赵英才.产业链:内涵、特性及其表现形式[J].财经理论与实践,2006(3):114-117.
- [22] 李少星,顾朝林.长江三角洲产业链地域分工的实证研究:以汽车制造产业为例[J].地理研究,2010(12):2132-2142.
- [23] 张敬文,李一卿,陈建.战略性新兴产业产业集群创新网络协同创新绩效实证研究[J].宏观经济研究,2018(9):109-122.
- [24] 贡兆恒,潘锡杨,夏保华.创新型都市圈协同创新体系理论框架研究[J].城市发展研究,2016(1):34-39.
- [25] 陆军,毛文峰,聂伟.都市圈协同创新的空间演化特征、发展机制与实施路径[J].经济体制改革,2020(6):43-49.
- [26] 沈婷,刘松龄,廖远涛,等.基于“创新圈”的东莞城市创新空间布局模式构建[J].规划师,2022(3):95-102.
- [27] 曾刚,耿成轩,翁曼.京津冀战略性新兴产业集聚对区域经济增长的空间溢出效应研究[J].技术经济,2021(2):56-64.
- [28] 卢明华,李国平,杨小兵.从产业链角度论中国电子信息产业发展[J].中国科技论坛,2004(4):18-22.
- [29] 陈玲,薛澜.中国高技术产业在国际分工中的地位及产业升级:以集成电路产业为例[J].中国软科学,2010(6):36-46.
- [30] 赵建吉,曾刚.创新的空间测度:数据与指标[J].经济地理,2009(8):1250-1255.
- [31] 王黎莹,池仁勇.专利合作网络研究前沿探析与展望[J].科学学研究,2015(1):55-61,145.
- [32] 段德忠,杜德斌,谌颖,等.中国城市创新网络的时空复杂性及生长机制研究[J].地理科学,2018(11):1759-1768.
- [33] 刘军.整体网分析:UCINET软件实用指南[M].上海:格致出版社,2009.
- [34] 柴变芳,于剑,贾彩燕,等.一种基于随机块模型的快速广义社区发现算法[J].软件学报,2013(11):2699-2709.
- [35] WHITE H C, BOORMAN S A, RONALD L Breiger. Social Structure from Multiple Networks. I. Blockmodels of Roles and Positions[J]. Bettencourt, 1976(4):730-780.

[收稿日期]2023-05-15