长三角地区“经济-科技-环境”领域间协同网络结构特征及优化对策

阚艳秋

（西南政法大学政治与公共管理学院，重庆 401120）

摘要：基于 2010—2022 年长三角地区“经济-科技-环境”领域间府际协作数据，运用社会网络分析与同配性系数测量方法，对领域间协同网络进行分析。研究发现：长三角领域间协同网络呈现“低成本扩展型”特征，以横向、非正式和双边协作为主；网络整体较为稳定，但演化过程中呈现“先密后疏”特征，中期协同联系增强，后期因主体扩展与协同复杂化，网络紧密度有所下降；网络结构由早期局部跨域联动逐步演化为多圈层、多主体参与的泛连接形态；网络整体具有显著同质性连接倾向，综合类主体占据主导，领域类主体间深层协同不足。基于此，应优化网络结构与连接方式，推动领域类主体更加深度参与跨领域协同。

关键词：领域间协同；协同网络；连接倾向；社会网络分析；长三角

中图分类号：F124 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)17－0160－09

从区域协调发展战略的实施到“区域发展共同体”的提出，再到进一步强调优化区域布局，表明当前进入了强调更高协同标准与需求的区域融合进程，更加关注多元主体、关系与领域的系统性协调[1]。作为中国一体化基础最成熟、综合实力最强的城市群之一[2]，长三角地区既是区域协调发展战略的重要承载区，也是推动高质量一体化发展的先行区域。随着区域一体化不断深化，城市群发展所面临的问题已不再局限于单一领域内部协作，而更多体现为经济发展、科技创新与生态环境治理等领域之间的交互耦合。尤其是在产业升级、创新驱动与绿色转型并行推进的背景下，传统分领域治理模式已难以有效回应跨领域、跨主体的复合型治理需求。领域间协同逐渐成为提升要素配置效率与推动区域可持续发展的重要方向[3]，并在持续互动中形成不同城市主体、不同功能领域相互嵌入的协同网络结构。

在长三角地区协同发展进程中，围绕经济发展、科技创新与生态环境等领域，逐渐形成了跨领域联动的协同行动体系。具体表现为，在发展模式上更加注重经济增长、科技赋能与生态保护之间的统筹协调，在产业转型过程中同步嵌入创新驱动与绿色约束，并在生态优先导向下推动科技创新与产业创新深度融合。随着不同领域协同行动的持续推进，城市间、部门间逐渐突破单一领域合作边界，形成较为稳定的跨领域互动关系，并进一步演化为具有一定形态与层级的关系。由此，突破单一领域的府际协作视角，从领域交互协同出发研究城市群领域间协同网络的结构特征与发展策略，成为理解区域一体化深化进程的重要议题。

目前，关于城市群协同发展的研究主要集中于协同运行、协作机制与领域治理等方面。研究认为，城市群是推进区域协调发展的重要空间载体[4]，人口、资本、技术等要素流动塑造了城市群协同发展的空间格局[5]。随着城市群治理复杂性提升，协同治理逐渐成为重要路径[6]，区域内部逐渐形成利益共创走廊、协同治理小组等协作机制[7-8]。相关研究从协作机制的结构特征、制度安排与行为逻辑等层面进行探讨[9]，并指出网络化治理有助于提升区域协同水平[10]。也有部分研究开始基于网络分析方法，对城市群产学协同创新网络、多层协同网络动态变化等进行分析[11-12]。与此同时，现有研究还围绕经济发展[13]、科技创新[14]、环境治理[15]等单一领域协同展开讨论，并逐渐关注不同功能领域之间的互动关系[16]。例如，伍文生等[17]通过耦合协调

收稿日期：2026-05-10

基金项目：2025 年重庆市社会科学规划博士项目(2025BS070)；2025 年重庆市教育委员会人文社会科学研究青年项目(25SKGH018)

作者简介：阚艳秋(1995—)，女，四川雅安人，博士，讲师，研究方向为城市发展与区域治理。

分析，对“科技创新-经济增长-生态环境”等复合系统的协同水平与时空演化进行了测量。

综上，现有研究为理解城市群协同发展的运行逻辑与治理特征奠定了重要基础，但仍以单领域协同或单一网络形态分析为主，对不同领域间协同关系的结构特征及其连接机制关注不足。基于此，现以长三角地区“经济-科技-环境”领域间协同为研究对象，基于府际协作数据构建领域间协同网络，分析其结构特征、连接倾向及演进规律，并探讨网络优化路径，以期为提升区域内部协同运行水平提供结构性认识与实践参考。

1 数据与方法

1.1 案例区域与领域选择

选择长三角地区作为案例区域，长三角一体化作为区域协调发展的重大战略布局，也是中国经济发展最活跃、开放程度最高、创新能力最强的区域代表[18]，能够为识别城市群领域间协同网络提供合适的区域样本。在领域选取上，聚焦于“经济-科技-环境”领域间协同。经济、科技与环境领域分别承载着高质量发展、创新引领、绿色转型等不同的领域目标，同时经济发展与科技创新强调深度融合，科技发展提供动力与基础，产业发展提供落地转化市场空间[19]，而生态环境改善又逐渐内嵌为经济活动与科技发展的基础约束[20]。正因如此，多领域是否有效协同决定了区域协调系统能否真正实现有效运转。

1.2 数据搜集与处理

选择府际协议作为城市群领域间协同关系的衡量载体。为符合区域发展实际情况，样本范围根据2010年《长江三角洲地区区域规划》、2016年《长江三角洲城市群发展规划》以及2019年《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》等文件，将长三角划分为“2010—2015年、2016—2019年、2020—2022年”3个阶段，分别对应25、26和41个城市。将“中华数字书苑”与“百链数据库”的城市日报作为数据来源，搜集了所需城市对应年份日报的所有报道。在初步数据库建立基础上，从中提取与“经济、科技、环境”3个领域间协同行为相关的报道：①人工检索筛选出一定数量所需报道，即报道所提及的府际协议同时涵盖经济、科技和环境3个领域。例如，2021年5月常州等两区六市签订了《共建环太湖科技创新圈战略合作框架协议》，旨在发展创新型绿色经济。②从已筛选数据的标题中总结规律，梳理可通过Excel进行检索的关键词组。主要包含“上海、宁波、无锡”等与城市名称相关的词组，“协、联、牵、合、赴”等与协同行为相关的词组，“生态、环、绿、碳、经济、税、创新、科技、数”等与领域相关的词组，以及可能反映整体协同或协议文本的词组，再通过人工筛选与关键词筛选的相互验证，不断完善关键词选择。③通过关键词进行数据筛选，剔除部分不相关数据之后，再通过人工进一步完成所留相关数据的筛选、清洗与多轮校对工作。由此获得长三角地区“经济-科技-环境”领域间协同的府际协议439条，3个阶段分别为116、153、170条。

1.3 研究方法

(1)选择社会网络分析作为基础研究方法，基于UCINET软件，对长三角“经济-科技-环境”领域间协同网络进行测量。其中，网络整体特征分析包含网络的紧密程度、关联度、效率等指标，网络密度越大则表明网络内部主体间联系得越紧密，网络关联度越高、效率越低则说明网络越稳定。网络结构演进是利用UCINET的Net Draw功能对网络形态进行可视化，并配合凝聚子群与中心度测量呈现不同时期网络结构及其变化特征。

(2)对于多领域协同行为中不同领域属性主体间的实际连接倾向测量，选择Newman提出的“同配性系数”(assortativity coefficient)指标，衡量具有相同属性的节点是否更有可能连接，或者是否更有可能连接到不同属性的节点[21]。对于嵌套不同领域发展需求的复合型网络，网络同配性系数将基于领域属性进行节点分类，以此测量主体连接倾向，其计算公式为

$$r_q = \frac{\sum_{ij}(e_{ij} - a_i a_j)}{\sum_{ij}(a_i \delta_{ij} - a_i a_j)} \tag{1}$$

式中：r_q 为同配性系数；e_{ij} 为网络中连接节点 i 与节点 j 的连边数量；a_i 和 a_j 分别为节点 i 与节点 j 的属性分类；δ_{ij} 当 $i = j$ 时为1，否则为0。分子部分表示连接的节点对中节点属性差异的总和，如果节点属性越相似，总和就越大，同配性系数趋向于正数；分母部分表示基于节点属性分布预期的总和，标准化后范围在-1～1。如果接近于1，表示网络节点更有可能连接到相同属性的节点；如果接近于-1，表示网络节点更有可能连接到不同属性的节点，0.5与-0.5则可以作为连接倾向强弱标准[22]。

2 网络基础结构分析

2.1 长三角领域间协同的基础特征

为了呈现长三角“经济-科技-环境”领域间协同基本情况，表1统计了协作级别、协作机制与协作类

表1　长三角“经济-科技-环境”领域间协同概况

协同网络	协作级别			协作机制			协作类型			
	横向	纵向	纵横	正式	非正式	正式-非正式	单主体内部	双边	多边	全体
协作数量	306	40	60	113	262	64	27	269	134	9

注：协作级别统计中未纳入单主体内部协作情况。

型表现。从协作层级来看，是以横向协作为主，相同行政等级的府际协作更具有自主性和灵活性，可以充分保障领域间协作的地方自主权，并提供协作主体间平等对话的基础。此外纵向协作也占一定比例，这在带来一定纵向干预与行政压力的同时，可以为复杂的领域间协同关系的形成提供更好的政治支持，减少协作协调成本的同时缓解背弃合作与分配不公的风险[23]。纵横协作更具复杂性，面临着更高的信息成本与谈判成本，但纵向与横向交互的主体间关系也更有利于增强城市群领域间的协同深度。

从协作机制看，长三角“经济-科技-环境”领域间主要采用非正式协作，其中以考察调研、走访学习、召开会议类为主，这表明城市群领域间的协同主要是采取规则性相对较弱、灵活性与自主性相对较高的互动交流方式，有助于以较低成本积累信任并拓展连接关系，但其稳定性与执行性相对有限。正式机制数量偏少，但仍接近总量的1/4，其中以府际协议、合作备忘录等为主。这表明长三角领域间协同同样依赖正式机制，可以通过强化约束与分工，为特定目标实现和主体关系协调提供保障。“正式-非正式机制”兼具灵活连接与规范约束，这为对应的协同行为提供更为完善的协作机制支撑，但这类机制是同一协同行为中的复合型机制，在具体实践中占比较少。

从协作规模看，呈现出以双边协作为主、以多边协作为辅的特征。对于城市群领域间协同而言，双边协作有助于降低交易成本并巩固双向关系，从而减少领域资产专用性带来的协作障碍，但难以充分应对领域间协同中的潜在风险[24]。多边关系在长三角领域间协同中依旧占据一定比重，相较于二元关系而言，建立多边关系之前需要进行充分的信息获取、主体协调并伴随较高的交易成本，但多边关系的领域融合更有利于领域间建立稳定的网络结构，并减少协同过程中的风险。单个主体内部协同表现为城市内部不同部门主体的领域间协作，但目前单个主体内进行领域间协同的积极性还相对较弱。全面协作出现的次数较少，一方面是因为长三角内部城市主体较多，也具有不同的圈层发展形态，另一方面是全边关系代表的是区域性目标，会面临更高的协调成本。

2.2　长三角领域间协同的网络特征

2.2.1　网络整体特征分析

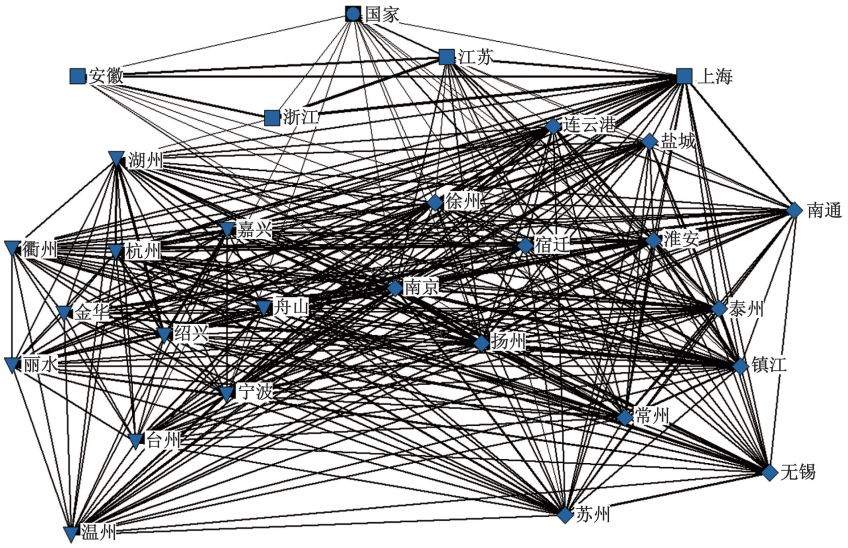
长三角“经济-科技-环境”领域间协同网络整体特征见表2，其中网络密度呈现先升后降的趋势，这表明2010年与2016年长三角阶段性规划的发布，进一步对长三角的协调发展提出了要求，带动了相关政府主体间在经济、科技与环境领域的协同意愿，领域之间的协同既可以有效回应其内部关联性，也可以促进单领域发展目标的实现。而2019年之后网络密度较低，更多城市的加入反而带来了更高的交易成本，而且协作关系的产生也需要一定信任与关系资本累积，从而在第3阶段内出现密度较低的情况。从网络关联度和网络效率来看，长三角“经济-科技-环境”领域间协同网络的稳定性较高，尤其是在第2阶段网络关联度达到1的同时网络效率达到了0。这表明这一阶段达成了非常高的联系程度，形成了相对成熟稳定的领域间协同网络，这是实现复杂政策系统中各子领域系统关联交互比较重要的基础。

表2　3个阶段长三角“经济-科技-环境”领域间协同网络整体特征

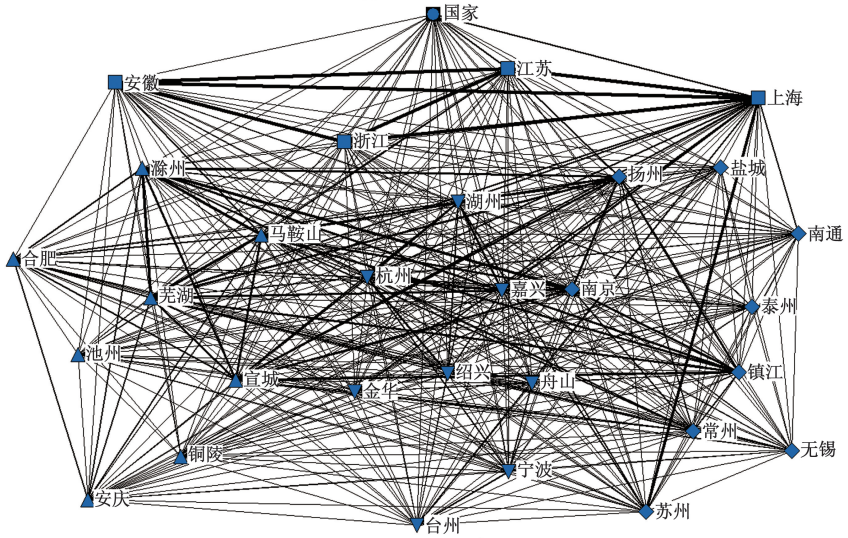
阶段划分	网络紧密程度	网络关联度	网络效率
2010—2015年	3.648	1.000	0.175
2016—2019年	3.984	1.000	0.000
2020—2022年	2.567	1.000	0.131

2.2.2　网络结构阶段演进

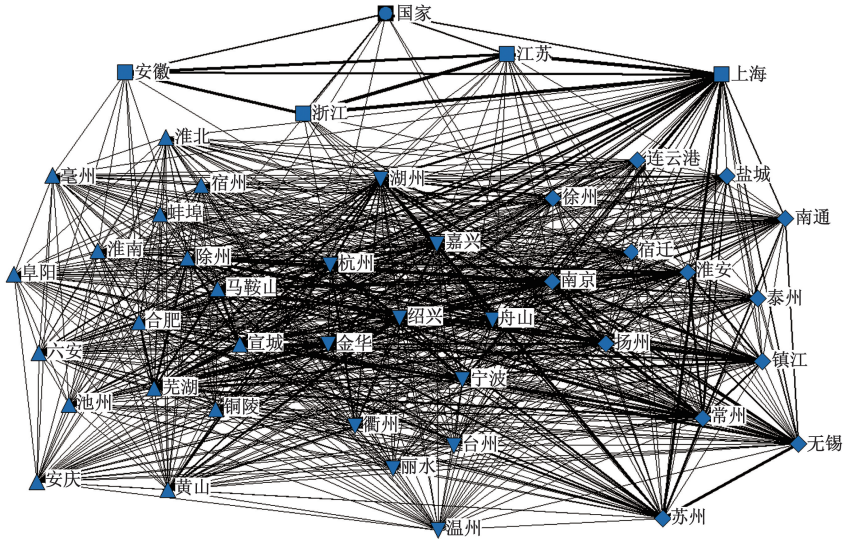
作为复杂政策系统中的关键子系统，经济、科技和环境之间是有机整合与协调发展的整体，实现各领域间的有序协同是推进城市群高质量发展和缓解功能向集体行动困境的重中之重。通过UCINET计算了长三角相关主体在3个阶段领域间协同的凝聚子群信息与主体中心度，并通过NetDraw绘制了如图1所示的网络图。在2010—2015年发展阶段中，形成了7个凝聚子群，其中一个是该阶段规划中的25个城市。在一个具有多重



(a) 2010—2015年



(b) 2016—2019年



(c) 2020—2022年

圆形为代表国家的主体；正方形为省级主体；正三角为安徽省内主体；倒三角为浙江省内主体；菱形为江苏省内主体；线条越粗表示协同连接越紧密

图 1　3 个阶段长三角“经济-科技-环境”领域阶段性协同网络图

目标与多元关系的协同场景中，并非只包含划定的16个核心城市，这说明长三角对3大领域间协同必要性的重视。从图1(a)可以看出，网络在该阶段连接丰富，上海、南京、无锡等城市同时具有较高连接性与中介性，承担了跨领域协同的关键枢纽功能，并形成了较为密切的跨省域协同关系；浙江省内城市主体已嵌入协同网络，但中介性整体偏低。

2016—2019年，网络密度进一步提升，表明这一阶段节点连接程度进一步加深，网络较为稳健，并形成囊括所有主体的单一子群。从图1(a)、图1(b)可见，加入安徽省主体后实现了更为丰富的协同连接，合肥、芜湖等城市连接性明显增强，但主体间中间中心度普遍下降，说明跨领域互动不再依赖少数核心枢纽，而逐渐转向多主体并行推进的分散化协作形态。这也符合新主体进入网络后合作对象扩展的行动逻辑。随着国家层面作用增强，三省一市内部协同更为丰富，对于“共同谋划长三角一体化发展大文章”而言是重要基础。此外，以南京都市圈为代表的重要圈层实现了领域间融合发展的充分协同，这种以点带面、以圈带群的方式既可以发挥一定的先行示范作用，也能减少主体间建立连接的交易成本，还可以为领域间目标融合与协调发展提供支撑。

2020—2022年，协同网络形成了10个凝聚子群，其中一个包含规划中的41个城市，体现了协同网络的泛连接特征。图1(c)显示，上海仍保持网络核心地位，南京、杭州、苏州等城市的中介性明显增强，逐渐成为跨领域协同的关键桥梁；与此同时，合肥、芜湖等安徽省内城市的中间中心度同步提升，反映其在新能源汽车、新一代信息技术与绿色产业融合过程中开始承担跨领域要素联通功能。围绕“双城记”“同城化”“都市圈”“一体化”等不同圈层，以及“对口帮扶”“山海协作”“跨省投资”等多种合作方式，区域内逐渐形成更加多元的领域间协同格局。

总体来看，协同网络运行态势良好，但仍需关注两点：①3大领域是城市群发展中的重要内容，通常会共同出现在同一协同行为中，其实际协同程度还需进行具体分析；②虽然协同内容为领域间的协调与融合，但网络的可持续性还需要剖析协同主体属性及其连接倾向。

3　网络主体连接倾向分析

3.1　构建网络主体连接倾向测量基础数据

为进一步识别区域协调系统中领域间协同主体间的真实连接倾向，在前述长三角“经济-科技-环境”协同网络数据基础上，筛选市级横向协作数据，同时纳入“多城市协作中政府部门主体与非政府主体”“单城市的市级多部门主体”“单城市市级部门主体与其他非政府主体”等协作行为，以保障相关网络主体类型的丰富性与完整性。其中，纳入“非政府主体”的原因是：①部分领域间协同行为中确实包含了非政府主体，但数据筛选不涉及纯非政府主体之间的协作；②网络主体连接倾向测量需要细化主体分类，纳入非政府主体有助于更准确识别不同主体属性的差异，进而更精确地判断主体连接倾向。但对非政府主体的识别以有明确名称的主体为主，不包含含糊表达的主体，如“近十个高等院校参与”等。最终数据见表3。

领域作为地方政府职责分工的实践场域[25]，主体分类主要依据是其职能职责及在协作行为中的功能定位。例如，南京市发展和改革委员会，其主要职能涉及经济、环境等领域，但其核心职能与经济相关，则定义为经济领域主体；浙江清华长三角研究院是科技创新和“八八战略”在创新强省、人才强省方面的重大战略举措，将其界定为科技领域主体；南京市生态环境局界定为环境领域主体，因其核心职能与生态优化、污染防治等相关。此外，当涉及教育、文化等非核心关注对象时，统一划分为其他领域主体；市委、市政府、人大、政协作为整个城市领导型、统筹型、决策型以及监督型主体，不能直接对应特定领域属性或者领域间综合协同，统一定义为“综合类主体”。基于此，长三角领域间协同网络主体分类见表4。

长三角“经济-科技-环境”领域间协同网络的主体概况见表5，综合类与经济领域主体居多，而且到了中后期综合类主体占比逐渐超过总量一半，这说

表3　3个阶段长三角“经济-科技-环境”领域间协同网络数据筛选概况

筛选后协同网络	协作数量(参与主体量)		
	2010—2015年	2016—2019年	2020—2022年
经济-科技-环境	83(73)	98(124)	119(125)

表4　长三角“经济-科技-环境”领域间协同网络主体分类

主体类型	政府主体示例	非政府主体示例
综合类主体	市委、市政府、政协、人大	—
经济领域主体	发展改革委、财政局等	产业协会等
科技领域主体	科技局、大数据管理局等	技术研究所等
环境领域主体	生态环境局、水利局等	环境能源所等
其他领域主体	农业农村局、教育局等	工会等

注：不同城市职能部门名称存在一定差异，以上仅为简称示例。

表 5　3 个阶段长三角“经济-科技-环境”领域间协同主体概况

主体类型	主体数量		
	2010—2015 年	2016—2019 年	2020—2022 年
综合类主体	35	57	73
经济领域主体	21	22	27
科技领域主体	2	18	10
环境领域主体	8	13	6
其他领域主体	7	14	9

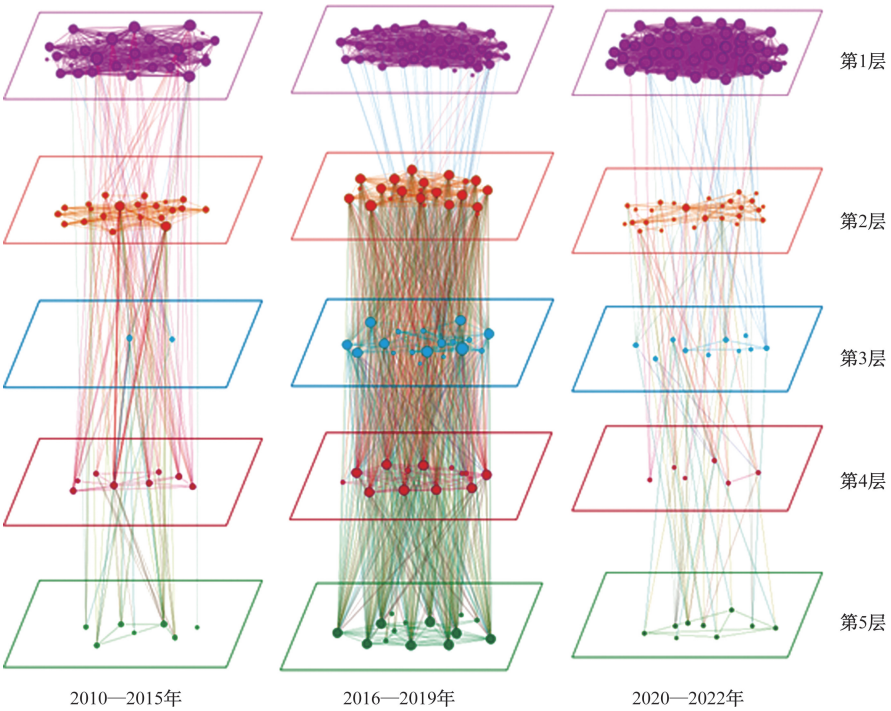
明其参与性较高，但这可能会造成网络实际的执行力度不够，如停留在政府间调研走访、协议签订等环节。经济领域主体数量的涨幅不大，但在 3 个领域中数量最多，一定程度上说明经济领域主体在推动领域间协同中的积极性与重要性。

3.2　基于分类主体连接的多层网络可视化

提取网络所涉及的具体行动主体后，通过 Gephi 软件绘制了基于主体分类与协同连接的多层网络图（图 2）。2010—2015 年，综合类主体中有较多节点中心度较高，经济领域主体中也有个别网络地位较高，但其他 3 类领域的连接程度较弱。与此同时，综合类与经济领域主体内部连接较为密集，科技、环境及其他领域内部连接相对稀疏。其中虽然科技类主体只有两个（南京市科技局、IBM-中国云计算中心），但深度参与到领域间协同中，但整体跨层连接总体少于层内连接，不过核心的“经济-科技-环境”领域间出现了连接强度较高的“四边关系”。由此，第 1 阶段表现为以综合类主体为核心驱动、同质性连接倾向更为明显的网络连接形态。

2016—2019 年，网络主体作用相对均衡。综合类主体仍保持最高的内部连接密度，同时领域类主体子网络内部连接有所增强。跨层连接中，综合类主体的跨层连接有所减少，而且主要是与科技领域主体之间通过校地合作形式建立协同关系。此外，可以看出，领域类主体间形成了较为丰富的异质性协作连接，尤其是表现在核心领域主体之间，但是否存在较强的异质性连接倾向还需要结合具体数据测量。因此，第 2 阶段表现为多元主体联合发力、兼具同质性与异质性连接倾向的网络连接形态。

2020—2022 年，高中心度节点都集中于综合类主体，经济领域主体数量虽持续增长，但其中心性下降，其他类型主体数量与参与深度同步降低。从层内连接来看，综合类主体内部连接密度持续提升，经济领域主体内部连接相对丰富，其他主体内部尚未实现较全的连接，甚至存在内部孤立节点。跨层连接较第 2 阶段明显减少，主要表现为综合类主体与科技、环境领域之间的有限互动。据此，第 3



第 1 层为综合类主体；第 2 层为经济领域主体；第 3 层为科技领域主体；第 4 层为环境领域主体；第 5 层为其他领域主体；圆形大小代表节点度数大小；连线粗细代表连接强度

图 2　3 个阶段长三角“经济-科技-环境”领域间协同的多层网络图

阶段表现为综合类主体占据绝对核心地位、同质性连接倾向相对突出的网络连接形态。

整体来看，在多领域融合发展的初期阶段，协同主要依赖综合类主体，并辅以领域类主体参与以打开融合局面。随后，综合类主体与领域类主体出现一定分离，不同领域主体之间的同质性与异质性连接同步增强，表明以领域交互为核心的主体协同逐步优化。但在综合类主体塑造了强核心地位的第3阶段，领域类主体的同质性与异质性连接都不断减少，网络发展甚至比第1阶段更加依赖于综合类主体，这并非强调纵深融合的良性发展方向。

3.3 基于主体连接倾向的网络特征测量

多层网络图呈现了不同属性节点间的连接形态，而主体间连接倾向还需结合同配性系数测量结果加以判断。在数据筛选基础上，将3个阶段协作行为数据转换为矩阵数据以备分析，并对不同类型主体进行赋值区分，然后基于R语言“igraph程序包”中的“assortativity_nominal”函数处理数据，结果见表6。

第3阶段的协同网络同配性系数为0.691 5(接近于1)，表明网络中不同类型主体具有高度同质性连接倾向。针对核心领域主体之间同配性系数为0.218 1，虽然比整体网络的同配性系数小，但依旧是代表同质性连接倾向的正向数值。从阶段性变化来看，整体网络的同配性系数从0.634 0下降到0.502 4，之后又提升至0.691 5，表现为主体间的强同质性连接倾向；而核心领域主体之间同配性系数变化趋势与整体网络一致，从0.140 1下降到0.029 7，之后又上升到0.218 1，表现为主体间的弱同质性连接倾向。虽然第2阶段出现了核心领域主体之间相对均衡的连接状态，但这并不能改变综合类主体对网络的实际控制。即使两类同配性系数出现了数值波动，但实际变化幅度较小，整体上看网络主体同质性连接倾向越来越高，表明长三角领域间协同网络是以同类别主体间协同为主去推进领域间的复合协同目标，形成的实际上是较为疏离的网络结构，并且是以政府等综合类主体协作为主推动领域间协同的局面，更应该重视其中伴随的疏离结构风险[26]。

表6 3个阶段长三角“经济-科技-环境”领域间协同网络主体连接倾向

类型	同配性系数		
	2010—2015年	2016—2019年	2020—2022年
整体网络	0.634 0	0.502 4	0.691 5
“经济-科技-环境”主体	0.140 1	0.029 7	0.218 1

进一步来看，领域类主体深层协同不足并非单纯由网络结构演化导致，而与区域协同中的治理逻辑密切相关。一方面，长三角领域间协同仍主要依赖政府等综合类主体进行统筹推动，其在资源配置、政策协调与行动组织中的主导地位，使领域类主体更多以任务嵌入方式参与协同，尚未形成稳定的自主联结机制。另一方面，当前领域间协同以横向协作、非正式机制与双边关系为主，虽有助于以较低成本积累信任并快速建立连接，但其稳定性与制度约束相对有限，导致跨领域协同更多停留于阶段性合作与关系性互动层面，难以进一步演化为稳定的异质性协同网络。此外，经济发展、科技创新与生态环境治理之间在目标导向、利益诉求与行动周期上存在一定差异，导致领域主体更倾向于围绕自身功能开展同质性合作，而跨领域协同往往停留于项目联动或阶段性合作层面。

4 结论及对策

4.1 结论

(1)长三角领域间协同表现为“低成本扩展型”，以横向协作为主，非正式机制多于正式机制，双边协作占主导，体现出对灵活互动与关系积累的依赖，但在领域融合中的约束力与执行力相对有限。

(2)领域间协同网络整体稳定，但呈现阶段性“先密后疏”的演变特征。中期网络密度明显提升，后期随着主体增加与协作复杂性上升，网络紧密程度回落，反映出扩张过程中受到交易成本与关系资本的约束。

(3)领域间协同网络整体呈现由局部跨域联动向广泛多圈层协同演进的结构特征。早期网络以跨省域协同为主，连接较为紧密；中期随着协同范围扩大，网络逐渐形成覆盖更多主体的整体性结构；后期则进一步演化为多圈层、多类型主体共同参与的泛连接网络，体现出长三角领域间协同由局部联动向广泛嵌入、由单层协同向多层协同的发展趋势。

(4)领域间协同网络呈现明显的同质性连接倾向，领域间连接在数量与强度上均较为有限，形成综合类政府推动、领域类主体参与不足的协同结构，存在潜在“结构性疏离”风险。

4.2 对策

(1)强化核心城市与关键枢纽的领域间牵引作用，构建稳定的多极协同结构。依托上海在区域一

体化与制度创新中的核心地位，以及南京、杭州、合肥等桥梁型城市在科技创新与产业转型中的枢纽功能，引导其在经济、科技与环境领域间承担跨域整合角色，通过联合行动计划、协同项目清单等方式，将其由“高连接节点”转化为“领域间组织者”，带动边缘城市嵌入领域间协同网络。

(2)优化协作机制组合方式，提高领域间协同的制度稳定性。在继续发挥非正式机制灵活优势的基础上，适度提升正式机制在领域间协同中的比重，通过建立领域间专项协议、协同评估制度与责任分工框架，将松散型互动逐步转化为可持续的制度化协作。同时，在多边与全体协作中引入分阶段推进与差异化参与机制，降低多主体协同的协调成本，防止因复杂性上升而削弱领域间协同的深度与效率。

(3)推动领域类主体由“同质协作”向“异质协作”深化。在保持综合类主体协调功能的同时，应有意识地引导经济、科技与环境领域主体之间建立稳定合作关系，如围绕绿色产业、低碳技术与数字治理等交叉议题，推动发改部门、科技部门与生态环境部门之间形成常态化联合机制，通过项目共建、平台共用与信息共享，增强领域间协同的实际执行力，避免协同关系停留在调研走访与协议签订层面。

参考文献

[1] 麻玉琦，张蔚文. 面向区域治理的府际合作网络及动态演变：以长三角城市群为例[J]. 城市发展研究，2024，31(7)：1-9.

[2] 张启正，代首寒，龚斌磊. 区域一体化政策、行政区划属性与跨区域投资：以长三角一体化发展战略为例[J]. 浙江社会科学，2026(1)：4-19，156.

[3] 鹿晨昱，李恒吉，蒙鹏，等. 中国城市可持续发展目标实现进展、空间测度及影响机制[J]. 地理研究，2025，44(10)：2643-2663.

[4] 张学良，王耀辉，韩慧敏. 新时代以来区域协调发展的成效、趋势与展望[J]. 财经研究，2024，50(12)：4-18.

[5] 沈路，钞小静. 多元要素流动对城市群高质量发展的影响：以长株潭城市群为例[J]. 科技进步与对策，2023，40(3)：30-40.

[6] YI H，SUO L，SHEN R，et al. Regional governance and institutional collective action for environmental sustainability[J]. Public Administration Review，2018，78(4)：556-566.

[7] 叶志鹏，丁佳虹. 跨区域协同发展的利益共创模式探析：兼论地方政府“为发展而协同”何以可能[J]. 南京大学学报(哲学·人文科学·社会科学)，2025，62(5)：34-46，161-162.

[8] 吴旭红，胡月，宁超. 府际不协同的逻辑：组织结构、主体间关系与跨域治理行动策略：基于扬子江城市群大气污染联防联控机制的考察[J]. 公共管理学报，2025，22(4)：129-145，175.

[9] 锁利铭，阚艳秋，涂易梅. 从“府际合作”走向“制度性集体行动”：协作性区域治理的研究述评[J]. 公共管理与政策评论，2018，7(3)：83-96.

[10] 孙久文，蒋治. 新发展格局下区域协调发展的战略骨架与路径构想[J]. 中共中央党校(国家行政学院)学报，2022，26(4)：78-87.

[11] 马静娴. 粤港澳大湾区产学协同创新网络结构特征及优化对策[J]. 科技和产业，2024，24(22)：230-240.

[12] 王海花，孙芹，杜梅，等. 长三角城市群协同创新网络演化及形成机制研究：依存型多层网络视角[J]. 科技进步与对策，2020，37(9)：69-78.

[13] 种照辉，张伟丽，李小建. 城市群经济发展质量及影响因素研究：基于多维网络的视角[J]. 统计与决策，2023，39(3)：131-135.

[14] 冉宇豪，黄宸，刘卫星. 长三角城际科技合作网络如何驱动创新绩效：基于预算投入和财政压力的机制分析[J]. 科技管理研究，2025，45(5)：67-75.

[15] 邢会，孙语泽，霍晓谦. 创新与环境政策叠加对城市减污降碳协同的影响研究[J]. 软科学，2025，39(8)：77-84.

[16] SHRESTHA M K，FEIOCK R C. Governing US metropolitan areas：self-organizing and multiplex service networks[J]. American Politics Research，2009，37(5)：801-823.

[17] 伍文生，胡艳，朱晓莉. 长江经济带科技创新、经济发展与生态环境的耦合协调及时空演化[J]. 统计与决策，2024，40(23)：132-137.

[18] 严翔，邹晨，钱昕怡. 长三角城际生态绿色发展的空间关联网络演变及驱动因素[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版)，2023，25(6)：120-131.

[19] 袁航. 科技创新与产业创新深度融合：内在逻辑、现实困境与提升路径[J]. 理论学刊，2025(6)：23-31.

[20] 段新，戴胜利，廖凯诚. 区域科技创新、经济发展与生态环境的协调发展研究：基于省级面板数据的实证分析[J]. 科技管理研究，2020，40(1)：89-100.

[21] NEWMAN M E J. Assortative mixing in networks[J]. Physical Review Letters，2002，89(20)：208701.

[22] NEWMAN M E J. Mixing patterns innetworks[J]. Physical Review E，2003，67(2)：026126.

[23] FEIOCK R C. The institutional collective action framework[J]. Policy Studies Journal，2013，41(3)：397-425.

[24] ANDREW S A，CARR J B. Mitigating uncertainty and risk in planning for regional preparedness：the role of bonding and bridgingrelationships[J]. Urban Studies，2013，50(4)：709-724.

[25] 夏书章. 行政管理学[M]. 广州：中山大学出版社，2018.

[26] 锁利铭. 作为复杂系统的共同体：生成逻辑、疏离风险与长期治理[J]. 天津社会科学，2023(1)：104-113.

Structural Characteristics and Development Strategies of Cross-domain Collaborative Network among Economy, Science and Technology, and Environment in Yangtze River Delta

KAN Yanqiu

(School of Politics and Public Administration, Southwest University of Political Science and Law, Chongqing 401120, China)

Abstract: Based on intergovernmental cooperation data on the "economy-science and technology-environment" domains in the Yangtze River Delta from 2010 to 2022, social network analysis and assortativity coefficient methods were employed to analyze the cross-domain collaborative network. It is found that the network is characterized by a "low-cost expansion" pattern, driven primarily by horizontal, informal, and bilateral cooperation. Overall, the network remains relatively stable; however, an evolution of "first densification then loosening" is observed: connectivity is intensified in the middle stage, while network density is reduced in the later stage due to the expansion of participating actors and increasing coordination complexity. Structurally, the network is transformed from localized cross-domain linkages into a multi-layered, broadly connected configuration involving diverse actors. In addition, a strong tendency toward homophilous connections is demonstrated, with integrated actors playing a dominant role, while deeper collaboration among domain-specific actors remains insufficient. Accordingly, network structure and connection patterns should be optimized, and more in-depth participation of domain-specific actors in cross-domain collaboration should be promoted.

Keywords: cross-domain collaboration; collaborative network; connection tendency; social network analysis; Yangtze River Delta