

# 联防联控联治机制下城市间环境协作治理网络研究

## ——基于 5 个国家级和 5 个区域性城市群的样本

韦院英 胡川<sup>1</sup>

**【摘要】**：联防联控机制是我国解决城市群内各城市间跨区域环境污染问题的关键手段。本文运用社会网络分析法，测算 2009—2019 年 5 个国家级和 5 个区域性城市群环境协作治理网络密度、中心势；构建 2019 年 5 个国家级城市群和 5 个区域性城市群的 2 模网络图。研究表明：2009—2019 年，10 个城市群内各城市间环境治理协作网络密度逐步上升，中心势整体为先上升后下降；部分城市仍处于城市群网络边缘，少数城市群内存在省际边界壁垒或跨省沟通障碍。

**【关键词】**：联防联控 城市群 环境协作治理 社会网络分析

**【中图分类号】**：F426 **【文献标识码】**：A **【文章编号】**：1009—5675(2022)06—092—07

### 一、引言

我国城市群已经初步形成了“5+9+6”空间格局。<sup>[1]</sup>城市群作为我国经济发展活力区和潜力区，贡献了八成以上的 GDP，是我国经济快速发展的主要区域，但也是环境污染的重灾区。因为大气、水等污染物具有流动属性，环境污染逐渐由单个城市内传播向周边城市扩散蔓延，城市群作为中心城市和周边城市的高度聚集区，跨区域大气污染事件、跨流域水污染事件屡屡发生。<sup>[2]</sup>加上水、大气等污染物在城市群内传播呈现同步性和区域性特征<sup>[3]</sup>，城市群日益演变为“污染群”。因此，2008 年，我国开始探索制定联防联控机制，重点解决跨区域空气和水污染问题；2010 年，跨区域大气污染问题受到国家的高度重视，我国环境部门出台大气污染防治联防联控相关指导意见，并得到了国务院的转发；2011 年，我国环境部门印发《全国环保系统规划财务工作要点》，将长三角、珠三角、京津冀、成渝等地区作为大气污染防治联防联控规划地区。至此，城市群联防联控联治协同机制在全国范围内正式开启。随后各城市群陆续出台联防联控联治协同行动方案，如珠三角城市群出台的《加强区域联防联控，改善珠三角大气质量》《绿色低碳发展 2020 愿景目标》；长三角城市群出台《大气和水污染防治协作重点任务清单》《柴油货车污染协同治理行动方案》和《长三角环境执法联动机制》；京津冀城市群出台《协同发展生态环境保护规划》《京津冀汾河西支、龙河环境污染问题联合处置协议》。针对跨区域环境污染治理问题，各行动方案落地实施效果显著，城市群内各城市间逐渐由单打独斗的方式转变为联防联控模式。

如何测算每年每个城市群内城市间的环境污染协作治理力度，是解决我国跨区域环境污染问题的关键。本文运用社会网络分析法，选取软件 Ucinet6.0，分别测算 2009—2019 年我国 5 个国家级和 5 个区域性城市群内各城市间每年的环境协作治理网络密度、中心势；并分析每个城市群 2019 年的 2 模网络图。全面研究我国 10 个城市群环境污染联防联控机制实施效果，以期为我国完善城市群内各城市间环境污染联防联控机制提供实证经验数据。

### 二、文献回顾

<sup>1</sup> **作者简介**：韦院英，暨南大学博士后流动站、广发银行博士后工作站博士研究生，广东广州，510632；胡川，中南财经政法大学教授，博士生导师，湖北武汉，430007。

“城市群”概念源于1898年英国学者埃比尼泽·霍华德出版的《明日的花园城市》，他认为城市群由一个中心城市和几个外围城市组成。国内被引用次数最多的“城市群”概念，由学者姚士谋等学者提出，认为“城市群”是由一个及以上超大城市或者特大城市共同构成的一个“集合体”，且城市间通过交通网络或者信息网络进行不同的联系。<sup>[4]</sup>Fang & Yu通过对近100年文献梳理总结，认为“城市群”指在特定地域范围内，至少1个特大城市和至少3个以上大城市构成通过基础设施网络形成空间组织紧凑、经济联系紧密的高度同城化和一体化群体。<sup>[5]</sup>

针对城市群相关研究，现有学者大多基于地理空间视角，研究我国城市群的结构体系和空间分布问题。<sup>[6][7]</sup>随着研究不断深入，国内学者开始研究城市群经济发展和生态环境问题，<sup>[8][9]</sup>并将社会网络理论引入城市群环境协作治理研究，认为“城市间环境治理网络”指以环境治理为目标的区域性城市主体协同发展网络，主要包括网络结构、网络密度、网络点中心度和网络中间中心度等。<sup>[10]</sup>因此，城市群环境协作治理是一项多元主体参与的集体行动，涉及多个组织目标，对于合作效果的衡量相较于单个组织绩效更加复杂。<sup>[11]</sup>同时，城市群区域协同治理是竞争性协同，即在不同的竞争环境下，基于地方政府之间的竞争动机，由协调者设计协同规则，建立协同平台促进地方政府间信息交换、经验分享、政策学习、联合行动等行为，从而实现区域协同治理整体绩效目标的过程。<sup>[12]</sup>而区域协作网络是嵌套在合作区内，由各利益主体的理性选择形成的一种互惠关系结构。<sup>[13]</sup>跨区域环境协作治理本质是府际间网络治理，府际间网络由地方政府之间或地方政府与其他参与者之间，为了降低潜在区域性环境风险，而形成的彼此依赖的合作关系结构。<sup>[14]</sup>

随着研究深入，学术界尝试运用社会网络分析法研究城市间环境协作治理，并选取网络结构、中心度、网络密度测量苏南示范区城市群治理网络，分析海峡西岸城市群环境合作治理过程。<sup>[15]</sup>有学者采用社会网络分析法，研究长三角城市群区域治理合作问题。<sup>[16]</sup>

综上不难发现，一是现有研究通常采用社会网络分析法研究城市间环境协作治理关系，且以国家级城市群为主，针对区域性城市群环境协作治理问题，现有研究较为缺乏；二是城市群内各城市间环境协作治理数据来源较为单一，大多为发表的论文和城市日报等，缺乏更为客观的量化数据。因此，本文首次应用文本挖掘法，量化2009—2019年5个国家级和5个区域性城市群共126个城市的生态环境局官网新闻，测算每个城市群每年的环境协作治理网络密度和中心势，弥补现有研究不足和空白。

### 三、数据来源与研究方法

#### (一) 样本确定

本文结合现实数据公开及获取情况，最终选择京津冀城、长三角城、长江中游、珠三角城、成渝5个国家级城市群和中原、山东半岛、广西北部湾、海峡两岸和江淮5个区域性城市群作为研究样本；由于我国在2008年开始探索实施联防联控机制，2009年环境合作信息披露详细，因此，本文选取的时间跨度为2009—2019年共11年。

#### (二) 数据来源及处理

本文的数据来源为10个城市群内共126个城市的生态环境局官方网站，公布与环境污染联防联控协作治理新闻内容。对数据做如下处理：第一步，关键词搜索。以联合、合作、共治、联防、联控等关键词，运用文本挖掘法，对每个城市生态环境局官网公布的每条新闻内容和标题进行抓取。第二步，数据剔除。对重复出现的新闻标题、内容进行剔除。第三步，统计每个城市群的环境协作治理情况。如在京津冀城市群内，北京生态环境局公布协作治理新闻内容中出现“石家庄”，即认定北京和石家庄存在合作。第四步，对数据进行量化。如北京与石家庄之间存在协作则取值“1”，不存在协作则取值“0”。第五步，构造二维0-1矩阵关系表。根据2009—2019年5个国家级和5个区域性城市群数据，统计每个城市群内各城市间每年的环境协作治理数据，整理成二维0-1矩阵关系表，最终构造了110个0-1矩阵表。第六步，测算数据。将数据导入Ucinet6.0统计软件，根据刘军的测算方法，计算网络密度、中心势和2-模网络等指标<sup>[17]</sup>。

## 四、测算结果

### (一) 网络密度

网络密度越大，网络中各成员之间的联系越紧密，网络密度(Density)指“实际存在关系总数”除以“理论上可能存在的最大关系总数”。如一个网络中拥有  $n$  个行动者，那么其中包含的关系总数在理论上的最大可能值是  $n(n-1)/2$ ，那么该网络的密度就是“实际存在关系总数”除以“理论上可能存在的最大关系总数”。即等于  $m/[n(n-1)/2]=2m/[n(n-1)]$ 。具体网络密度模型如下：

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n d_i(c_i)}{n(n-1)}$$

$$d_i(c_i) = \sum_{j=1}^n d_i(c_i, c_j)$$

其中  $n$  表示研究城市群网络当中的网络节点个数， $d_i(c_i, c_j)$  表示城市  $i$  与城市  $j$  之间是否存在相互联系，那么将  $d_i(c_i, c_j)$  定义为 0。总的来说，整体网络的密度越大，表明网络成员之间的联系越紧密，该网络对其中行动者的态度、行为等产生的影响就越大。<sup>[17]</sup>

网络密度大小可有效衡量每个城市群内各城市间环境协作治理紧密度，从表 1 可知，在 2009—2019 年期间，10 个城市群内各城市间环境协作治理密度呈现不同幅度的上升，表明针对跨区域环境污染问题，联防联控机制在 10 个城市群内落地实施效果显著。在 5 个国家级城市群中，在 2009 年京津冀城市群内各城市间环境协作治理密度为 0.19，排名最高；到 2019 年，珠三角城市群内城市间环境协作治理密度为 0.72，排名最高，表明在珠三角城市群内部，各城市之间的环境协作治理紧密度高于京津冀城市群。在 5 个区域性城市群中，山东半岛城市群内各城市间环境协作治理密度从 0.04 上升至 1，进步最大；不过海峡两岸城市群网络密度值上升较慢，11 年间仅从 0.29 上升至 0.46，表明海峡两岸城市群内各城市间环境协作关系较为松散。

表 1 网络密度

城市群名称	年份										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
京津冀城市群	0.19	0.18	0.35	0.29	0.47	0.38	0.49	0.53	0.60	0.67	0.56
长三角城市群	0.08	0.10	0.15	0.18	0.29	0.23	0.39	0.43	0.44	0.48	0.50

珠三角城市群	0.17	0.38	0.47	0.53	0.44	0.71	0.64	0.61	0.65	0.65	0.72
长江中游城市群	0.13	0.19	0.20	0.21	0.22	0.24	0.29	0.40	0.39	0.44	0.40
成渝城市群	0.17	0.18	0.21	0.24	0.35	0.32	0.39	0.49	0.65	0.64	0.63
江淮城市群	0.36	0.51	0.51	0.68	0.69	0.78	0.69	0.78	0.78	0.88	0.76
海峡两岸城市群	0.26	0.25	0.37	0.33	0.40	0.42	0.55	0.42	0.53	0.43	0.49
山东半岛城市群	0.04	0.07	0.04	0.11	0.32	0.46	0.89	0.86	0.82	0.93	1.00
中原城市群	0.03	0.29	0.27	0.50	0.50	0.23	0.21	0.50	0.64	0.71	0.68

## (二) 中心势

中心势表示整体网络的集中趋势，越接近 1，表明该网络的集中度越高。<sup>[17]</sup>从表 2 可知，我国 10 个城市群中心势呈现不同特征，京津冀、长三角城市群虽然呈现上升—下降—上升趋势，但是波动不大，表明随着我国环境协作治理力度不断加大，北京、上海作为中心城市，在环境协作治理充分发挥核心功能作用，带动周边城市提升环境协作治理水平；珠三角、长江中游、江淮、海峡两岸、山东半岛和中原等中心势呈现上升—下降趋势，表明在这些城市群内部，中心城市在执行联防联控机制中发挥重要的资源调配作用，随着周边城市功能不断完善，核心城市聚集功能逐步缓解；成渝城市群呈现明显下降趋势，表明成渝城市群中成都和重庆作为环境协作治理的核心城市功能不断减弱，其他城市功能逐渐完善。

表 2 中心势

城市群名	年份										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	

称	2009										
京津 冀城 市群	35%	36%	64%	33%	51%	51%	41%	28%	29%	40%	51%
长三 角城 市群	27%	36%	32%	39%	56%	32%	36%	35%	39%	48%	52%
珠三 角城 市群	39%	72%	64%	56%	67%	39%	47%	50%	42%	42%	39%
长江 中游 城市 群	41%	35%	40%	61%	49%	53%	43%	50%	43%	44%	42%
成渝 城市 群	90%	88%	71%	68%	64%	74%	64%	57%	41%	42%	44%
江淮 城市 群	36%	59%	34%	41%	32%	32%	41%	32%	32%	21%	34%
海峡 两岸 城市 群	38%	18%	27%	41%	41%	32%	41%	32%	32%	21%	34%
山东 半岛 城市 群	14%	25%	13%	38%	80%	50%	23%	32%	32%	21%	13%
中原 城市 群	13%	20%	32%	41%	63%	23%	59%	39%	48%	41%	29%

### (三) 2 模网络

2 模网络指个人和组织之间的网络，即在 2 模网络图中，如果点与点之间的距离越远，表明两点之间紧密度越弱；如果点与点之间距离越近，表明两点之间紧密度越强。<sup>[17]</sup>

### 1. 京津冀城市群。

北京和天津作为中心城市，在图中距离比较接近，表明北京和天津的环境协作治理紧密度较强；石家庄和唐山在图中的距离较近，说明在京津冀城市群中石家庄和唐山的关系较为亲密且具有较大的相似性；沧州、廊坊和衡水与北京、天津和石家庄在图中距离较远，处于网络边缘，即在京津冀城市群内各城市间环境协作治理方面，沧州、廊坊和衡水与中心城市的联系紧密度较弱。

### 2. 长三角城市群。

上海和南京在图中距离最近，表明上海和南京两座中心城市环境协作治理联系较为紧密；常州、苏州和无锡距离较近，紧密度较强，并具有较大的相似性；绍兴与上海、南京在图中距离较远，表明上海和南京对绍兴的环境协作治理带动作用不强。

### 3. 珠三角城市群。

深圳、广州、东莞、珠海在图中距离较近，说明这四座城市在环境协作治理方面，关系较为紧密且具有较大的相似性；江门、惠州、佛山和肇庆处于网络边缘区域，与广州、深圳中心城市空间距离较远，表明深圳、广州在环境协作治理方面，容易忽视与江门、惠州、佛山和肇庆的协作。综合表明，珠三角城市群内各城市间环境协作治理方面，深圳和广州应当加强与江门、惠州、佛山和肇庆协作力度。

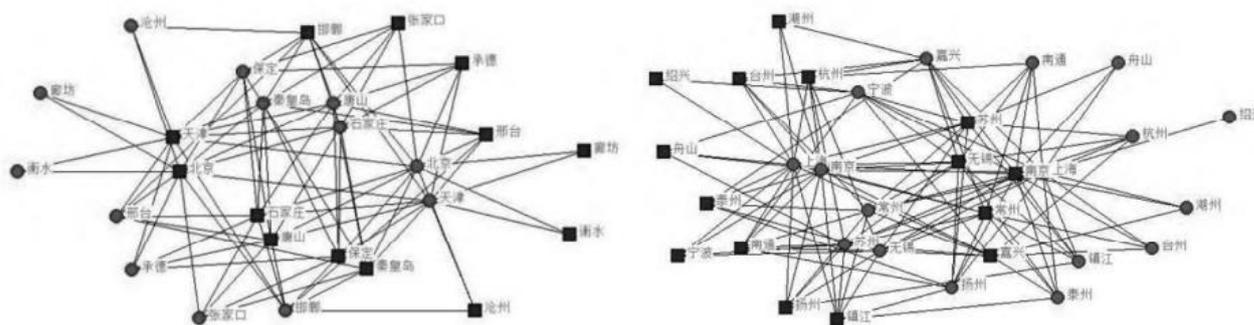


图 1 京津冀和长三角城市群 2 模网络图

### 4. 长江中游城市群。

包含城市数量最多为长江中游城市群，且涵盖多个省份。从 2 模网络图中可知，长江中游城市群呈现出以武汉、南昌和长沙为中心的聚团现象，且三个省会城市的空间距离较远，存在严重的跨省边际壁垒。其中武汉与宜昌、荆州、黄冈紧密度较强；南昌与益阳、九江和萍乡的距离较近，即紧密度较强；长沙与湘潭、株洲、岳阳和娄底紧密度较强。

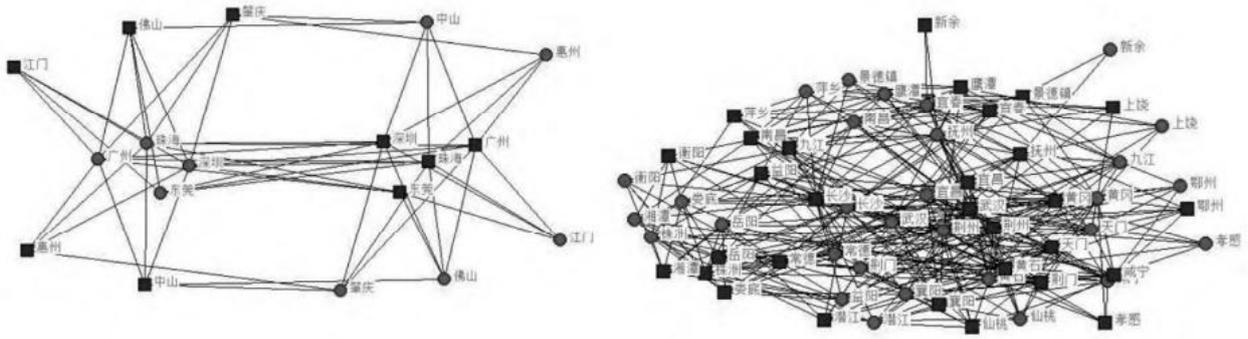


图 2 珠三角和长江中游城市群 2 模网络图

#### 5. 成渝城市群。

重庆、成都、广安、内江、德阳和绵阳在图中空间距离较近，聚成小团，表明重庆和成都作为中心城市，对广安、内江、德阳和绵阳环境治理带动力度较大；乐山和眉山空间距离较近，即两座城市的紧密度较强，相似性较大；宜宾和雅安空间距离，即两座城市的紧密度较强；自贡、达州和南充处于网络边缘，这三座城市要积极融入成渝城市群环境协作治理网络，缩小与其他城市的空间距离，提升环境协作治理水平。

#### 6. 中原城市群。

郑州与平顶山、新乡、漯河在图中空间距离较近，即郑州对这三座城市的环境协作治理带动作用较强；洛阳和许昌在图中空间距离较近，且关系紧密度较强，相似性较大。整体上，中原城市群内各城市间的二维空间距离大小差别不大。

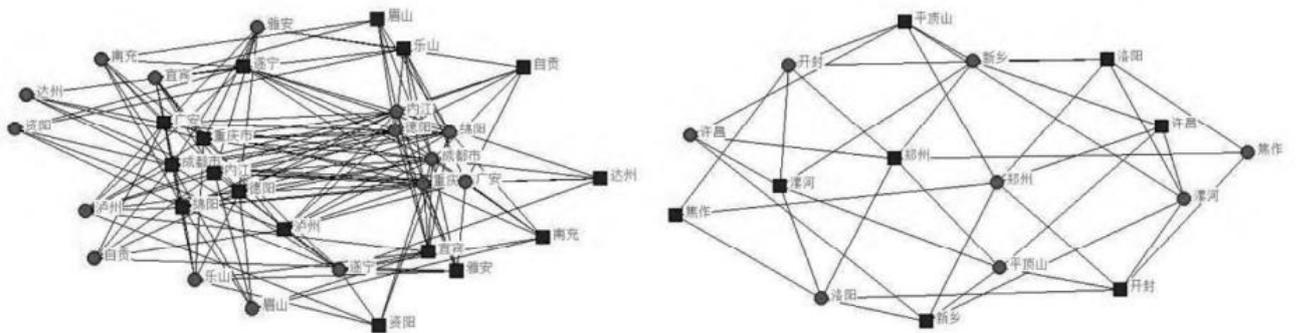


图 3 成渝和中原城市群 2 模网络图

#### 7. 山东半岛城市群。

济南和烟台两个中心城市在图中空间距离最近，关系紧密度较强，相似性较大，即济南和烟台的环境协作治理水平较高；日照、威海和东营在图中空间距离较近，即这三座城市的环境协作治理较多；青岛、淄博和潍坊关系紧密度较高。整体上，济南作为省会城市，与其他城市图中空间距离较远；青岛与其他城市紧密度较强，说明在山东半岛城市群环境协作治理方面，青岛处于中心地位。

#### 8. 江淮城市群。

合肥作为中心城市与蚌埠、池州和芜湖在图中空间距离较近，即这四座城市环境协作治理关系紧密度较强；宣城和铜陵在图中空间距离近，关系较为亲密；马鞍山、安庆和淮南环境合作治理关系较为亲密；滁州与其他城市在图中空间距离较远，处于网络边缘，说明滁州与其他城市环境协作治理紧密度不高。因此，江淮城市群在构建区域协作治理体系时，应该注重加强对滁州环境协作治理的带动作用。

### 9. 海峡两岸城市群。

厦门、福州、宁德和莆田在图里空间距离较近，表明这四座城市环境协作治理关系较为紧密；汕尾和漳州在图中空间距离较近，说明这两座城市的相似性较大；温州隶属浙江省，在海峡两岸城市群中，与其他城市的环境合作治理的关系紧密度不强，协作力度不大，海峡两岸城市群存在跨省际协作壁垒。因此，应加大与温州、泉州、潮州和揭阳等跨省城市的协作力度。

### 10. 广西北部湾城市群。

南宁、防城港和北海在图中空间距离较近，即三座城市具有较大的相似性；玉林、钦州和崇左在图中空间距离上较远，即三座城市的关系紧密度较低、相似性较小。因此，广西北部湾城市群作为我国沿海开放的交汇地区，在提升环境协作治理力度时，应加强对玉林、钦州和崇左的带动作用。

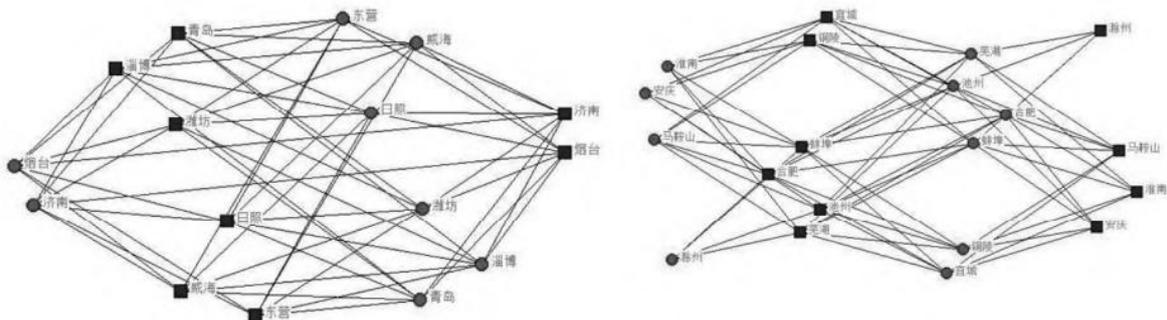


图 4 山东半岛和江淮城市群 2 模网络图

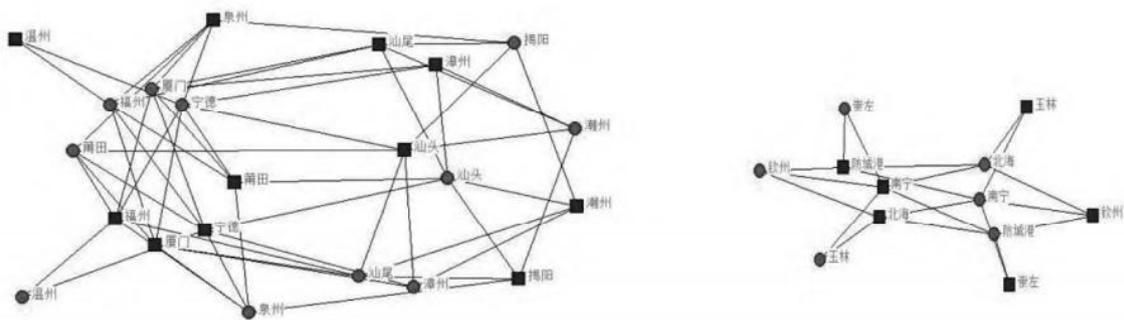


图 5 广西北部湾和海峡两岸城市群 2 模网络图

上述研究发现，随着我国城市环境污染联防联控机制的落实和实施，整体上，虽然各城市群内各城市间环境协作治理关系更加紧密，但是仍存在诸多问题，总体表现为三方面：一是城市群内存在跨城市环境协作治理，主要以省内城市为主。如 2018 年环境治理网络密度较高的城市群，均为以省内协作治理为主，包括广西北部湾、山东半岛、中原、江淮和珠三角城市群。相反，需要跨省协作治理的城市群，其环境治理网络密度普遍较低，包括长江中游和海峡两岸城市群；二是容易忽视与省外城市的环境协作。如在海峡两岸城市群中的温州市，在 2 模网络中与城市群内的福州、厦门等核心城市距离最远，表明温州市处于

网络的边缘地区。表明城市群内的城市容易忽视与其他省份城市进行协作治理；三是城市群中省会城市之间的环境协作关系较为松散。如武汉、长沙和南昌三个跨省城市关系不紧密，表明长江中游城市群尚未形成跨省份环境协作机制。

## 五、结论与对策建议

第一，城市群内各城市间环境协作治理关系变得紧密，但长江中游城市群和海峡两岸城市群环境协作治理关系较为松散。10个城市群内各城市间环境协作治理网络密度呈现不同幅度上升，说明我国建立的环境协作治理成本共担机制及邻近区域联合执法法等联防联控机制效果明显。2019年，长江中游城市群和海峡两岸城市群的网络密度分别为0.4和0.49，表明两个城市群环境协作治理关系较为松散，特别是长江中游城市群作为长江经济带的重要生态屏障，对长江流域乃至全国生态安全具有重大战略意义。因此建议长江中游城市群内武汉、长沙和南昌三个核心城市加强环境协作治理。

第二，城市群中心势呈现上升一下降趋势，但长江中游城市群、长三角城市群和江淮城市群中心势变化不明显。整体上我国10个城市群中心势变化明显，如珠三角城市群、成渝城市群、山东半岛城市群和中原城市群，表明城市群内各城市间形成紧密环境协作治理初期，需要城市群内两到三个中心城市发挥资源调配作用，带动其他城市提升环境协作治理水平，待其他城市功能逐步完善后，中心城市资源调配协调等核心功能得到有效缓解。但有少数城市群内中心城市作用发挥不明显，如长江中游城市群、长三角城市群和江淮城市群，建议三个城市群内中心城市，发挥核心功能作用，提高资源调配能力。

第三，跨省城市群要打破省际边界壁垒。对2019年5个国家级和5个区域性城市群的2模网络研究发现，廊坊、衡水、沧州、绍兴、新余、惠州、江门、焦作、钦州、玉林、温州、滁州分别处于网络边缘；武汉、长沙、南昌三座跨省城市间环境协作治理关系不紧密。因此，处于网络边缘的城市要积极融入城市群环境治理网络，存在跨省协作的城市群要努力打破省际边界壁垒，推动城市群环境协作治理模式落地落实。

## 参考文献

- [1] 方创琳, 鲍超, 马海涛. 中国城市群发展报告[M]. 北京: 科学出版社, 2016:1-10.
- [2] 杨妍, 孙涛. 跨区域环境治理与地方政府合作机制研究[J]. 中国行政管理, 2009(1):66-69.
- [3] 马晓明, 易志斌. 网络治理: 区域环境污染治理的路径选择[J]. 南京社会科学, 2009(7):69-72.
- [4] 姚士谋, 陈振光, 朱英明. 中国城市群[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2009:1-2.
- [5] FANG C, YU D. Urban agglomeration: An evolving concept of an emerging phenomenon[J]. Landscape and Urban Planning, 2017(162):126-136.
- [6] 韩增林, 刘天宝. 中国地级以上城市城市化质量特征及空间差异[J]. 地理研究, 2009(6):1508-1515.
- [7] 方创琳, 周成虎, 顾朝林, 等. 特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径[J]. 地理学报, 2016(4):531-550.
- [8] 宋建波, 武春友. 城市化与生态环境协调发展评价研究: 以长江三角洲城市群为例[J]. 中国软科学, 2010(2):78-87.
- [9] 付丽娜, 陈晓红, 冷智花. 基于超效率DEA模型的城市群生态效率研究: 以长株潭“3+5”城市群为例[J]. 中国人口·资源与环境, 2013(4):169-175.

- 
- [10] 马捷, 锁利铭. 城市间环境治理合作: 行动、网络及其演变: 基于长三角 30 个城市的府际协议数据分析[J]. 中国行政管理, 2019(9):41-49.
- [11] 母睿, 贾俊婷, 李鹏. 城市群环境合作效果的影响因素研究: 基于 13 个案例的模糊集定性比较分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2019(8):12-19.
- [12] 王路昊, 林海龙, 锁利铭. 城市群合作治理中的多重嵌入性问题及其影响: 以苏南国家自主创新示范区为例[J]. 城市问题, 2020(1):6-13.
- [13] 马捷, 锁利铭, 陈斌. 从合作区到区域合作网络: 结构、路径与演进: 来自“9+2”合作区 191 项府际协议的网络分析[J]. 中国软科学, 2014(12):79-92.
- [14] 锁利铭, 阚艳秋. 大气污染政府间协同治理组织的结构要素与网络特征[J]. 北京行政学院学报, 2019(4):9-19.
- [15] 金季威, 母睿. 地方政府间环保合作机制研究: 以海峡西岸城市群为例[J]. 中国环境管理, 2019(2):62-68.
- [16] 李响, 严广乐. 区域公共治理合作网络实证分析: 以长三角城市群为例[J]. 城市问题, 2013(5):77-83.
- [17] 刘军. 整体网络分析[M]. 上海: 上海人民出版社, 2019:136-169.