

嘉兴市参与长三角绿色创新合作的时空演变特征及减排效应研究 ——基于社会网络分析方法

杨晓章 黄奕祥 欧净怡

(嘉兴大学经济学院)

DOI: 10.65285/QQJJGLLT.V2I3.007

摘要: 基于 1986–2022 年长三角地区绿色专利数据,运用社会网络分析和灰色关联度方法,研究嘉兴市参与长三角绿色创新合作的时空演变特征及绿色合作的减排效益。研究发现:(1)长三角绿色创新合作历经萌芽探索、规模扩张、结构调整、质量跃升四阶段,网络密度与专利质量逐步提升。(2)嘉兴市从边缘参与者成长为网络重要枢纽,协作地与策源地角色占比接近。(3)灰色关联分析显示,嘉兴作为策源地进行发明授权专利合作与减排关联度最高,技术输出对减排促进作用更明显。

关键词: 嘉兴; 长三角绿色创新合作网络; 时空演变特征; 减排效应

Spatiotemporal Evolution Characteristics and Emission Reduction Effects of Jiaxing City's Participation in Green Innovation Collaboration within the Yangtze River Delta: A Social Network Analysis Approach

Xiaozhang Yang, Yixiang Huang, Jingyi Ou

School of Economics, Jiaxing University

Abstract: Based on the green patent data of the Yangtze River Delta from 1986 to 2022, this paper adopts social network analysis and grey correlation analysis to study the spatiotemporal evolution characteristics of Jiaxing's participation in green innovation cooperation in the Yangtze River Delta and the emission reduction benefits of green cooperation. The results show that: (1) Green innovation cooperation in the Yangtze River Delta has gone through four stages: embryonic exploration, scale expansion, structural adjustment and quality improvement, with gradual growth in network density and patent quality. (2) Jiaxing has developed from a peripheral participant into an important hub of the network, and its proportion of roles as collaborative partner and innovation originator is close. (3) Grey correlation analysis demonstrates that Jiaxing, acting as an innovation originator in authorized invention patent cooperation, has the highest correlation with emission reduction, and technology output plays a more obvious promoting role in emission reduction.

Keywords: Jiaxing; Yangtze River Delta green innovation collaboration network; spatiotemporal evolution characteristics; emission reduction effect

前言

全球气候恶化的严峻形势下,环境问题已成为国际社会高度关注的焦点议题。联合国积极推动各国开展气候治理与合作,基于该背景下,中国积极响应联合国主张,提出“二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值,努力争取 2060 年前实现碳中和”的“双碳”目标,表明了中国坚定不移走绿色发展道路的决心。

长三角地区作为我国经济发展和科技创新的重要力量,承担着推动绿色发展的重要责任。随着长三角一体化发展上升为国家战略,该区域积极在绿色创新合作方面进行深入探索与实践。《长三角生态绿色一体化发展示范区产业发展规划(2021–2035 年)》明确强调了长三角生态绿色一体化发展,离不开绿色创新合作网络的构建。近年来长三角在绿色创新合作领域的投入持续加大,2022 年绿色专利数量达 25 万件以上。

嘉兴市地理位置得天独厚,地处长三角核心腹地,毗邻上海、杭州、苏州等创新资源高度集聚的城市,在长三角绿色创新合作体系中扮演着关键的承接者角色。近年来,嘉兴市积极响应国家和区域绿色发展号召,全面贯彻落实《嘉兴市生态文明建设规划(修编)(2019–2025 年)》,全方位融入长三角绿色创新合作网络,并取得一系列显著成效。

近年来,嘉兴创新成果转化进程不断加速。全社会研究与试验发展经费占 GDP 比重持续上升,区域协同创新水平在长三角的排名大幅跃升。从最初作为协作地被动参与区域创新合作,到如今在多个关键领域成为积极推动者,嘉兴市在长三角绿色创新合作中的角色正不断实现跨越与升级。深入探究嘉兴市参与长三角绿色创新合作的时空演变特征及减排效益,不仅有助于嘉兴市进一步明确自身在区域绿色发展格局中的定位,优化绿色发展战略,提升区

域竞争力，也能为长三角地区城市乃至全国其他城市的绿色创新合作与可持续发展提供宝贵的经验借鉴与决策依据。

一、数据来源与研究设计

(一) 数据来源

关于区域合作网络的研究，现有文献多使用城市之间的联合专利作为创新合作成果的衡量指标，例如刘乃全、杨晓章（2021）等将联合专利作为城市间创新合作的衡量指标，认为城市联合专利作为创新主体之间创新合作的重要成果，能直接反映创新主体之间的创新联系，刻画网络个体的关联度。参考已有文献，本研究从国家知识产权局获取微观专利数据并与《绿色低碳技术专利分类体系》匹配得到绿色专利，将微观专利中有多个专利权人的专利视为合作专利。研究期间 1986—2022 年，涉及嘉兴市参与长三角绿色创新合作的专利数万件以上。

(二) 研究设计及方法

本研究运用社会网络分析方法通过空间可视化分析探究嘉兴市在长三角绿色创新合作网络的时空动态演进。具体来说，本研究基于绿色创新合作网络密度、系统树图、中介中间中心度分析嘉兴市作为中间城市在长三角绿色创新合作网络的地位和重要性。同时结合灰色关联度方法，量化分析嘉兴市参与长三角绿色创新合作网络的强度与碳排放量的相似性或差异性，判断其关联强度，判断合作程度对于减排的影响。

二、长三角绿色创新合作网络分析

通过对图 1 和表 1 的分析，结合趋势分解与断点检验可知，1986—2022 年长三角地区绿色创新合作呈现显著网络

化趋势，且发展具有阶段性特征。在此期间各类专利合作数量持续增长，网络密度显著提升，创新主体间的协作关系愈发紧密，具体可划分为四个阶段。

1986—2005 年为萌芽探索期，长三角绿色创新合作处于缓慢发展阶段，以波动形式实现小幅增长，年均复合增长率低于 10%，创新主体间协同效应较弱；2006—2012 年为规模扩张期，受国家清洁能源计划和区域合作政策推动，专利数量增速明显加快；2013—2016 年为结构调整期，受产业转型升级影响，绿色合作专利数量有所减少，但专利质量显著提高。绿色发明专利公开比重从 2012 年的 49.1% 上升至 2016 年的 54.3%，且数量开始超过实用新型专利数量，体现出创新合作从重数量向高质量的转变；2017—2022 年为质量跃升期，随着 2018 年长三角一体化发展上升为国家战略，区域创新共同体建设进程加速，三种类型专利数量全面大幅度提升，充分体现《长三角科技创新共同体建设发展规划》的实施效果，标志着长三角绿色创新合作进入高质量发展阶段。

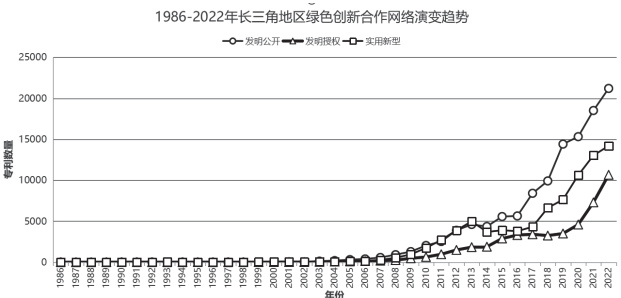


图 1 1986—2022 年长三角地区绿色创新合作网络演变趋势

表 1 1986—2022 年长三角地区绿色创新合作网络密度强度

年份	发明公开	发明授权	实用新型	年份	发明公开	发明授权	实用新型
1986	0.0061	0.0000	0.0000	2005	0.0415	0.0195	0.0171
1987	0.0032	0.0000	0.0037	2006	0.0768	0.0341	0.0146
1988	0.0006	0.0000	0.0037	2007	0.1201	0.0280	0.0451
1989	0.0000	0.0018	0.0061	2008	0.1518	0.0555	0.0939
1990	0.0018	0.003	0.0055	2009	0.2159	0.1	0.1982
1991	0.0024	0.0018	0.0085	2010	0.3750	0.1006	0.4134
1992	0.0049	0.0012	0.0079	2011	0.4299	0.1629	0.6616
1993	0.0012	0.0018	0.0122	2012	0.7049	0.3067	0.9902
1994	0.0049	0.0006	0.0104	2013	0.9488	0.3524	1.0854
1995	0.0006	0.0030	0.0030	2014	0.8488	0.3799	0.7329
1996	0.0024	0.0030	0.0018	2015	0.9323	0.6232	0.6902
1997	0.0061	0.0006	0.0012	2016	1.0378	1.0321	0.6756
1998	0.0018	0.0018	0.0098	2017	1.5756	0.6457	0.7860
1999	0.0030	0.0024	0.0091	2018	1.9518	0.6024	1.3207
2000	0.0030	0.0024	0.0098	2019	2.7323	0.7177	1.4591
2001	0.0128	0.0073	0.0055	2020	2.8543	0.9378	1.8982
2002	0.0079	0.0018	0.0061	2021	3.7970	1.4140	2.5055
2003	0.0256	0.0061	0.0195	2022	4.7671	2.1707	3.0348
2004	0.0341	0.0177	0.0177	--	--	--	--

三、嘉兴市参与长三角绿色创新合作网络的时空特征分析

表 2 为 1986–2022 年嘉兴市参与长三角绿色创新合作专利数量表，分析表 2 可得，嘉兴市参与长三角地区绿色创新合作网络的发展状况与长三角整体几乎一致。从整体趋势来看，嘉兴市作为协作地和策源地的绿色创新合作专利数量在萌芽探索期都处于相对较低的水平，增长较缓慢，这与长三角绿色创新合作网络发展初期合作机制还不够完善有关。2006 年之后，嘉兴市作为协作地与策源地的绿色创新合作专利数量都开始有较明显的增长，直到 2022 年发明公开、发明授权和实用新型专利数量分别达到了 976、

364 和 754，实现了巨大突破。可以发现，嘉兴市以协作地和策源地身份参与长三角绿色创新合作网络的差别并不明显，占比分别为 54.46% 和 45.54%，差距仅有 8.92%，这表明嘉兴市的发展水平和创新能力同样能支持其作为策源地主导长三角绿色创新合作，但其更倾向于作为杭州市、上海市的绿色创新合作网络中的协作地获得技术溢出效益。在三种专利类型中，发明授权专利由于其申请的难度最大，占比仅有 13.98%，发明公开专利和实用新型专利达到了 46.54% 和 39.48%，表明嘉兴市更倾向于进行更具有创新性的发明公开专利合作。

表 2 1986–2022 年嘉兴市参与长三角绿色创新合作专利数量

年份	发明公开			发明授权			实用新型		
	协作地	策源地	总量	协作地	策源地	总量	协作地	策源地	总量
1986	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1987	1	0	1	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1990	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	0	0	2	2
1993	2	2	4	0	0	0	0	1	1
1994	1	2	3	0	0	0	1	1	2
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	1	1	2
2005	7	2	9	0	0	0	1	0	1
2006	1	0	1	3	2	5	0	0	0
2007	6	7	13	4	0	4	0	0	0
2008	11	5	16	1	0	1	4	1	5
2009	11	9	20	5	6	11	4	3	7
2010	18	10	28	8	7	15	24	11	35
2011	32	24	56	14	5	19	19	20	39
2012	41	8	49	16	10	26	44	19	63
2013	43	32	75	22	14	36	53	28	81
2014	50	39	89	16	10	26	42	54	96
2015	74	51	125	37	24	61	84	87	171
2016	64	65	129	47	24	71	82	72	154
2017	127	143	270	38	29	67	97	94	191
2018	157	180	337	48	38	86	126	107	233
2019	242	258	500	36	27	63	211	189	400
2020	334	271	605	78	69	147	288	227	515
2021	401	307	708	109	95	204	363	289	652
2022	553	423	976	180	184	364	414	340	754

Figure 1 consists of two network diagrams. The left diagram shows the relationships between cities in Jiangsu Province and neighboring provinces. The right diagram shows the relationships between cities within Jiangsu Province. Nodes represent cities, and lines represent relationships.

Left Diagram (Relationships with Neighboring Provinces):

- Central Node: 嘉兴市 (Jiaxing City)
- Nodes connected to 嘉兴市: 绍兴市 (Shaoxing City), 宁波市 (Ningbo City), 温州市 (Wenzhou City), 台州市 (Taizhou City), 金华市 (Jinhua City), 衢州市 (Quzhou City), 丽水市 (Lishui City), 温州市 (Wenzhou City), 台州市 (Taizhou City), 金华市 (Jinhua City), 衢州市 (Quzhou City), 丽水市 (Lishui City), 绍兴市 (Shaoxing City), 宁波市 (Ningbo City).
- Nodes connected to 绍兴市: 绍兴市 (Shaoxing City), 宁波市 (Ningbo City), 温州市 (Wenzhou City), 台州市 (Taizhou City), 金华市 (Jinhua City), 衢州市 (Quzhou City), 丽水市 (Lishui City).
- Nodes connected to 宁波市: 宁波市 (Ningbo City), 绍兴市 (Shaoxing City), 温州市 (Wenzhou City), 台州市 (Taizhou City), 金华市 (Jinhua City), 衢州市 (Quzhou City), 丽水市 (Lishui City).
- Nodes connected to 温州市: 温州市 (Wenzhou City), 绍兴市 (Shaoxing City), 宁波市 (Ningbo City), 台州市 (Taizhou City), 金华市 (Jinhua City), 衢州市 (Quzhou City), 丽水市 (Lishui City).
- Nodes connected to 台州市: 台州市 (Taizhou City), 绍兴市 (Shaoxing City), 宁波市 (Ningbo City), 温州市 (Wenzhou City), 金华市 (Jinhua City), 衢州市 (Quzhou City), 丽水市 (Lishui City).
- Nodes connected to 金华市: 金华市 (Jinhua City), 绍兴市 (Shaoxing City), 宁波市 (Ningbo City), 温州市 (Wenzhou City), 台州市 (Taizhou City), 衢州市 (Quzhou City), 丽水市 (Lishui City).
- Nodes connected to 衢州市: 衢州市 (Quzhou City), 绍兴市 (Shaoxing City), 宁波市 (Ningbo City), 温州市 (Wenzhou City), 台州市 (Taizhou City), 金华市 (Jinhua City), 丽水市 (Lishui City).
- Nodes connected to 丽水市: 丽水市 (Lishui City), 绍兴市 (Shaoxing City), 宁波市 (Ningbo City), 温州市 (Wenzhou City), 台州市 (Taizhou City), 金华市 (Jinhua City), 衢州市 (Quzhou City).

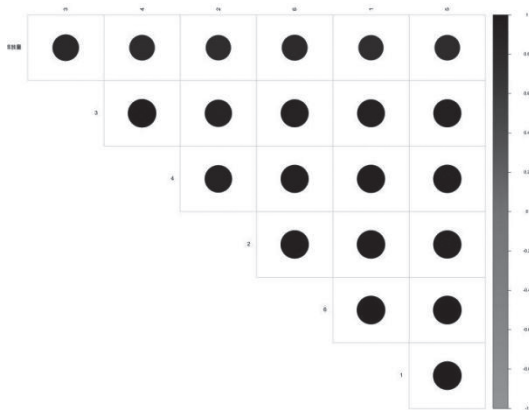
Right Diagram (Relationships within Jiangsu Province):

- Central Node: 嘉兴市 (Jiaxing City)
- Nodes connected to 嘉兴市: 绍兴市 (Shaoxing City), 宁波市 (Ningbo City), 温州市 (Wenzhou City), 台州市 (Taizhou City), 金华市 (Jinhua City), 衢州市 (Quzhou City), 丽水市 (Lishui City), 绍兴市 (Shaoxing City), 宁波市 (Ningbo City), 温州市 (Wenzhou City), 台州市 (Taizhou City), 金华市 (Jinhua City), 衢州市 (Quzhou City), 丽水市 (Lishui City).
- Nodes connected to 绍兴市: 绍兴市 (Shaoxing City), 宁波市 (Ningbo City), 温州市 (Wenzhou City), 台州市 (Taizhou City), 金华市 (Jinhua City), 衢州市 (Quzhou City), 丽水市 (Lishui City).
- Nodes connected to 宁波市: 宁波市 (Ningbo City), 绍兴市 (Shaoxing City), 温州市 (Wenzhou City), 台州市 (Taizhou City), 金华市 (Jinhua City), 衢州市 (Quzhou City), 丽水市 (Lishui City).
- Nodes connected to 温州市: 温州市 (Wenzhou City), 绍兴市 (Shaoxing City), 宁波市 (Ningbo City), 台州市 (Taizhou City), 金华市 (Jinhua City), 衢州市 (Quzhou City), 丽水市 (Lishui City).
- Nodes connected to 台州市: 台州市 (Taizhou City), 绍兴市 (Shaoxing City), 宁波市 (Ningbo City), 温州市 (Wenzhou City), 金华市 (Jinhua City), 衢州市 (Quzhou City), 丽水市 (Lishui City).
- Nodes connected to 金华市: 金华市 (Jinhua City), 绍兴市 (Shaoxing City), 宁波市 (Ningbo City), 温州市 (Wenzhou City), 台州市 (Taizhou City), 衢州市 (Quzhou City), 丽水市 (Lishui City).
- Nodes connected to 衢州市: 衢州市 (Quzhou City), 绍兴市 (Shaoxing City), 宁波市 (Ningbo City), 温州市 (Wenzhou City), 台州市 (Taizhou City), 金华市 (Jinhua City), 丽水市 (Lishui City).
- Nodes connected to 丽水市: 丽水市 (Lishui City), 绍兴市 (Shaoxing City), 宁波市 (Ningbo City), 温州市 (Wenzhou City), 台州市 (Taizhou City), 金华市 (Jinhua City), 衢州市 (Quzhou City).

四、灰色关联度分析

Year	Carbon Emissions (10,000 tons)
2000	2200
2001	2200
2002	2300
2003	2500
2004	2700
2005	2900
2006	2700
2007	2800
2008	3000
2009	3100
2010	3300
2011	3300
2012	3300
2013	3400
2014	3600
2015	4100
2016	4300
2017	4200
2018	4000
2019	4200
2020	4000
2021	4700

为探究嘉兴市参与长三角地区绿色创新合作对于减少碳排放量的影响,选取发明公开、实用新型、发明专利三种专利的出度和入度作为自变量。出度即嘉兴市作为策源地参与合作,入度即嘉兴市作为协作地参与合作。碳排放总量作为因变量衡量减排效益。由于数据量小,无法使用计量模型进行分析,故采用灰色关联度方法进行分析,得出如下图6和表4。



序号	类型	自变量	灰色关联度
1	发明公开	出度	0.95618
2		入度	0.88864
3	发明授权	出度	0.968796
4		入度	0.964465
5	实用新型	出度	0.846644
6		入度	0.836112

结论:

根据上述研究结论,本文建议:第一,强化嘉兴市在长三角绿色创新合作网络中的枢纽地位。依托临近上海、杭州等核心城市的地理优势,进一步加强与上海、杭州在高新绿色技术领域的合作,主动承接核心城市的绿色技术溢出,同时发挥自身作为策源地的创新潜力,形成“核心城市研发—嘉兴转化—辐射周边”的网络体系。同时进一步深化与江苏、安徽等省份城市的合作,加强与苏州、合肥等创新活跃城市的绿色创新合作,共同构建跨省份的绿色创新合作网络,提升嘉兴市在长三角绿色创新合作中的跨省份影响力。

第二，提升绿色创新合作的专利质量。鉴于发明专利授权出度与碳减排的关联度最高，嘉兴市应重点扶持发明专利合作，鼓励企业、高校和科研机构开展高层次绿色技术创新，提高发明专利合作在绿色创新合作中的占比。同时不应忽视实用新型专利的基础作用，形成发明专利、发明专利和实用新型专利协同发展的格局。

第三, 强化绿色创新合作的减排导向与政策支持。基于灰色关联度分析结果, 将碳排放指标纳入嘉兴市绿色创新合作的评估体系, 引导创新主体在合作过程中更加注重减排效益。结合长三角一体化发展战略, 积极响应《长三

角生态绿色一体化发展示范区产业发展规划（2021-2035年）》，制定针对性政策支持嘉兴市与长三角其他地区的绿色创新合作。

参考文献：

[1] 孙铁山. 中国三大城市群集聚空间结构演化与地区经济增长 [J]. 经济地理, 2016, 36(05): 63-70.

[2] 马海涛, 王柯文. 城市技术创新与合作对绿色发展的影响研究——以长江经济带三大城市群为例 [J]. 地理研究, 2022, 41(12): 3287-3304.

[3] 张可云, 邓仲良. 形成区域协调发展新格局的重点与难点 [J]. 国家治理, 2021(31): 11-14.

[4] 刘乃全, 杨晓章. 长三角区域科技协同创新发展研究——基于区域间论文和专利合作 [J]. 华中师范大学学报 (自然科学版), 2021, 55(05): 767-779.

作者简介：杨晓章（1990年11月—）、男、汉族、河北邯郸人、讲师、经济学博士、嘉兴大学经济学院、研究方向：数字经济与创新网络。

基金项目：本文为教育部人文社会科学研究青年基金项目“数字经济时代下城市群协同创新的动力机制与政策优化研究”（编号：23YJC790173）的阶段性成果。