

粤港澳大湾区内部科研合作网络演化研究

郑佳, 姚佳彤, 熊书玲

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

摘要: 本文基于科研论文数据, 结合大湾区的科研基础条件及科研产出能力, 运用社会网络分析法构建了大湾区在区域内的科研合作网络, 通过网络密度、凝聚力、中心势、中心度等指标探究科研合作网络结构的演化特征及趋势, 并结合学科领域分布及变化情况对科研合作进行研究。研究发现, 近年来大湾区科研创新发展不断完善, 科研创新合作强度逐渐增强, 广州、深圳等核心城市对网络资源的控制作用逐渐减小, 各城市对其依赖度降低。临床医学、工程学、化学、材料科学及物理学是大湾区内部科研合作的重要领域, 近几年工程学领域的合作规模发展迅猛, 是大湾区内部科研合作最多的学科领域。

关键词: 粤港澳大湾区; 科研合作; 网络演化

中图分类号: G350.7 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2021.07.010

粤港澳大湾区是由广东省与香港、澳门特别行政区在“一国两制”背景下共同建立的跨行政区划区域。随着大湾区的深入发展, 其科技等领域的合作发展成为各界关注的重点问题。港澳地区拥有世界排名前列的高校和科研机构, 在基础科研方面具备优势, 但其高新技术企业数量相对较少, 在科技成果转化方面存在弱势, 该特征使得推动粤港澳大湾区科技合作成为区域协同发展的重点。国家层面已颁布多个政策文件为大湾区科研合作提供支撑条件: 2003年内地与香港、澳门签署的《关于建立更紧密经贸关系的安排》(CEPA)为粤港澳进行科研合作提供了有利条件; 2008年颁布的《珠江三角洲地区改革发展规划纲要(2008—2020年)》提出提高粤港产学研合作强度, 在两地联合建设创新平台以支持科技创新工作的开展; 2010年签署的《粤港合作框架协议》进一步强调开展粤港在科技领域合作的重要性, 提出加快创新高地建设进度; 2017年签署的《深化粤港澳合作 推进大湾区建设框架协议》将科技创新作为重点合作领域, 提出完善创新合作机制、模式, 将其建设为国际科技

创新中心^[1, 2]。推进粤港澳区域融合发展已发展为国家战略, 近年来的政府工作报告中也明确提出将科技创新合作作为推动粤港澳大湾区协同发展的重点之一。

科技论文是衡量区域和科研主体基础科研能力的关键指标, 基于论文进行研究能够反映出科研方面的创新^[3-5]。创新合作网络结构特征的分析包括整体网和个体网两方面, 联系强度、网络位置和路径长度等特征是目前网络结构研究的主要关注点^[6-8]。现有关于大湾区创新合作方面的研究多集中在理论层面^[9-12], 基于数据支撑的定量研究较少, 构建大湾区创新合作网络分析结构特征和演化发展的研究则更少^[13, 14]。本研究选取 Web of Science 数据库中 2005—2019 年粤港澳大湾区的科研论文数据, 对数据进行字段提取及清洗处理, 结合大湾区的科研基础及合作情况, 从社会网络结构视角对大湾区内部的科研合作网络演化特征和趋势进行研究。本研究揭示了不同时期大湾区内部的科研创新合作情况, 为完善大湾区区域创新合作研究提供理论参考和数据支撑, 丰富了大湾区创新协同发展相

第一作者简介: 郑佳(1982—), 女, 研究员, 主要研究方向为科技政策与产业发展研究。

项目来源: 中央级公益性科研院所基本科研业务专项资金项目“碳达峰与碳中和监测分析与预测研究”(ZD2021-02)。

收稿日期: 2021-03-28

关研究的思路和方向。

1 粤港澳大湾区科研合作基础条件

表1为2018年大湾区内地9市的科研投入情况。研发(R&D)经费支出是区域科技研发投入和科研创新能力的重要指标。可以看出,2018年大湾区内地9市的科研投入经费支出总数达2586亿元,R&D经费支出占GDP总量的比例达3.19%。深圳的R&D经费高达1161.93亿元,占有城市总支出的44.93%,占GDP总量的4.80%,大幅领先于大湾区内其他城市。深圳在2014年被设立为全国范围内第一个城市级的自主创新示范区,对科研创新发展的重视度和科研活跃度较高。广州R&D经费支出为600.17亿元,位居第2,但其R&D经费支出占GDP

比例仅为2.63%,在大湾区内地9市中位列第4。

9市共拥有超过3.6万家规模以上工业企业,R&D人员投入超过75万人,规上工业企业的R&D支出总计2002.18亿元,占企业主营业务收入的1.72%。其中,深圳规上工业企业的R&D支出接近其他城市经费支出之和,占主营业务收入比例达2.91%,也远高于其他城市。9市的科学技术支出总额为941.68亿元,深圳和广州的科学技术支出分别为554.98亿元和163.67亿元,远高于其他城市,占地方一般公共预算支出的12.96%和6.53%。此外,中山和珠海的科学技术支出金额虽然不大,但是占公共预算的比例较高,分别为9.37%和7.95%,高于除深圳外的其他城市,表明中山和珠海对科技创新发展的重视程度较高。

表1 2018年大湾区内地9市科研投入情况

城市	R&D经费支出(亿元)	R&D经费支出占GDP比例(%)	规上企业R&D支出(亿元)	规上企业R&D支出占主营收入比例(%)	科学技术支出(亿元)	科学技术支出占一般公共预算比例(%)	规上企业R&D人员(人)
广州	600.17	2.63	267.27	1.46	163.67	6.53	95562
深圳	1161.93	4.80	966.75	2.91	554.98	12.96	289422
珠海	92.15	3.16	82.77	1.53	45.52	7.95	30808
佛山	254.77	2.56	235.17	1.13	54.68	6.78	93256
中山	61.12	1.68	59.28	1.20	41.05	9.37	36620
东莞	236.32	2.85	221.24	1.14	39.34	5.14	111969
肇庆	22.72	1.03	22.03	0.81	6.99	2.21	12524
江门	62.63	2.16	58.35	1.40	13.28	3.51	30145
惠州	94.19	2.30	89.32	1.21	22.17	4.07	50199
合计	2586.00	3.19	2002.18	1.72	941.68	8.88	750505

数据来源:各城市2019年统计年鉴。

表2为大湾区内地9市主要科研创新主体的情况。截至2019年,大湾区内地9市共拥有高新技术企业48410家,较上年增加13.53%。深圳、广州和东莞的高新技术企业数排名前3,其中深圳的高新技术企业数量呈现较为迅猛的增长趋势,2019年较上年增加了2500多家,数量仅次于北京,位居全国第2;广州共有12174家高新技术企业,位居国内第3名,但其增长幅度与深圳的差距较大。

大湾区内地9市拥有高校148所,香港11所,澳门7所,大湾区总计共有166所高校。大湾区内的世界名校主要集中在香港,香港大学、香港中文大学、香港科技大学、香港城市大学和香港理工大学5所香港高校入围了全球100强高校。大湾区内地的世界知名高校不多,应加强与香港高校的资源流动,加大教育资源的共享程度,提升大湾区内地高校的基础科研质量。

表2 2019年大湾区内地9市主要创新主体情况

城市	高新技术企业数(家)	较上年增加比例(%)	普通高等学校数(家)
广州	12 174	4.16	82
深圳	17 000	17.81	13
珠海	2 203	7.20	10
佛山	4 873	23.40	13
中山	2 500	8.70	5
东莞	6 228	7.42	9
肇庆	544	31.72	6
江门	1 583	57.51	5
惠州	1 305	30.37	5
合计	48 410	13.53	148

数据来源：各城市2020年国民经济和社会发展统计公报。

2 粤港澳大湾区科研产出能力

2.1 科研产出情况

通过对大湾区论文数据的整理统计,得到2005—2019年科研论文产出的逐年变化趋势,如图1所示。2005—2019年间大湾区共有348 913篇科研论文产出,论文数量呈现明显的逐年增长趋势,从2005年的7 272篇增长到2019年的63 039篇,15年间论文产出数量增长近8倍。此外,科研产出增长率呈现波动趋势,年均增长率为16.83%,2017年后的增长势头较为迅猛,2019年的增长率

最高,达到35.82%。近年来,大湾区对科研发展的重视程度不断提高,投入大量资金支持科研发展,建设国家重点实验室、新型研发机构及科技企业孵化器科研平台,不断完善科研基础设施建设。

表3为大湾区内各城市的科研产出情况。各城市的科研产出数量整体上均呈现增长趋势,广州和深圳的增长幅度较大,香港虽然2005年的论文数量高于其他城市,但其近年来科研产出量增长幅度较为平稳,直到2019年才出现较大幅度的增长。大湾区各城市中,广州的科研产出量最多,其次是

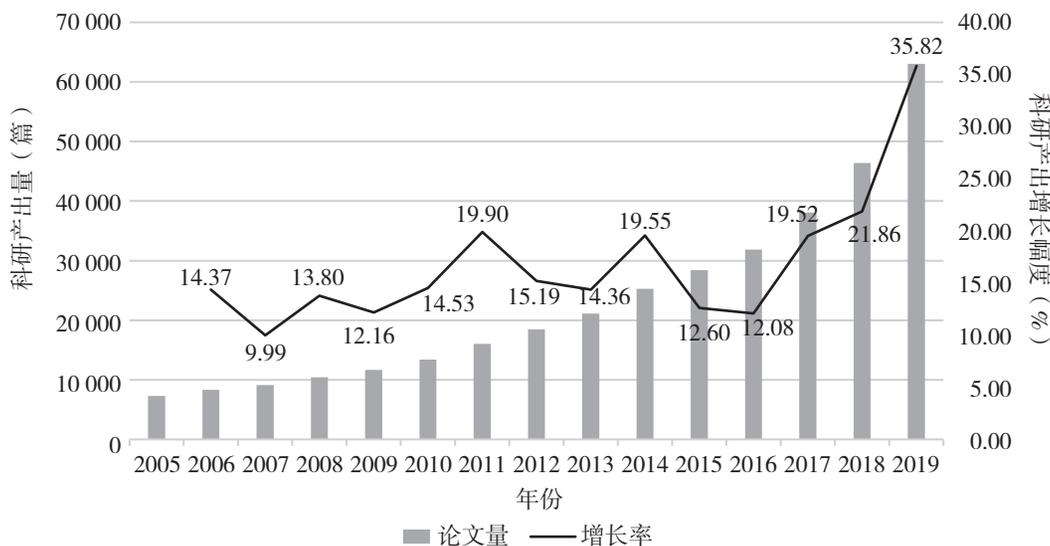


图1 大湾区2005—2019年科研论文产出情况

香港及深圳。广州、香港及深圳三座城市是大湾区科研创新发展的主力军, 在大湾区科研创新中占据核心地位。广州拥有的高校和国家重点实验室数量

最多, 香港拥有 5 所全球排名前 100 的世界知名高校, 深圳在科研创新方面的投入最多且拥有的高新技术企业数量最多。

表 3 大湾区内各城市 2005—2019 年科研产出情况

年份	论文产出量 (篇)										
	澳门	东莞	佛山	广州	惠州	江门	深圳	香港	肇庆	中山	珠海
2005	52	19	31	2 706	9	18	314	4 358	9	6	12
2006	70	31	33	3 618	8	29	495	4 345	18	10	16
2007	53	28	42	4 371	16	38	544	4 388	20	15	29
2008	83	59	56	5 207	19	32	693	4 659	20	13	43
2009	93	64	61	6 377	24	36	849	4 646	21	43	52
2010	130	89	58	7 490	39	42	1 152	5 019	28	62	51
2011	147	155	95	9 273	52	55	1 410	5 682	44	62	99
2012	236	267	115	11 019	58	60	2 001	5 813	65	68	112
2013	300	352	174	12 726	73	97	2 794	6 450	62	83	156
2014	492	373	223	14 976	109	121	3 859	6 979	53	126	237
2015	737	464	287	16 916	116	102	4 850	7 417	74	173	289
2016	905	528	369	18 876	109	141	6 210	7 940	77	174	459
2017	1 029	1 000	555	22 210	153	182	8 296	8 457	109	186	651
2018	1 127	1 060	831	26 407	169	249	11 178	9 729	126	272	929
2019	1 370	1 710	1 185	32 200	226	439	15 313	17 355	209	347	1 653

2.2 科研合作情况

通过对论文产出数据进行清洗处理, 共得到 262 023 篇合作论文, 科研合作分布情况及合作率如图 2 所示。2005—2019 年大湾区合作论文数量逐年上升, 科研合作在科研产出中占据较大的比重且呈现稳步增加的趋势, 合作率从 2005 年的 66.12% 增加到 2019 年的 79.55%。历年来的科研合作率均超过 50%, 保持着较高水平, 表明在科学研究方面, 大湾区较早地意识到了合作的重要性, 开展科研合作的积极性较高。特别是近三年, 科研产出量和科研合作量增加迅猛, 可见自大湾区的发展上升至国家战略后, 科研创新发展得到重视并不断完善, 区域科研创新合作强度逐渐增强。

将科研合作分为两个主体参与的双边合作和三个及以上主体参与的多边合作, 2005—2019 年大湾区科研论文双边及多边合作情况如图 3 所示。在合作论文中, 共有 166 187 篇为多边合作论文, 占比达 63.42%; 2007 年前科研合作中的双边合作量高于多边合作, 2007 年后至今多边科研合作数量反超双边合作。15 年间多边合作率也呈现明显的上升趋势, 多边合作率从 2005 年的 45.38% 增长到 2019 年的 71.56%, 多边合作在科研合作中的比重越来越高。这表明大湾区的科研机构不局限于与一个科研主体进行合作, 越来越重视与多城市或多机构的合作。合作主体的增加可以使得研究课题获取更广泛、全面的资源, 提高科学研究的效率和质量。

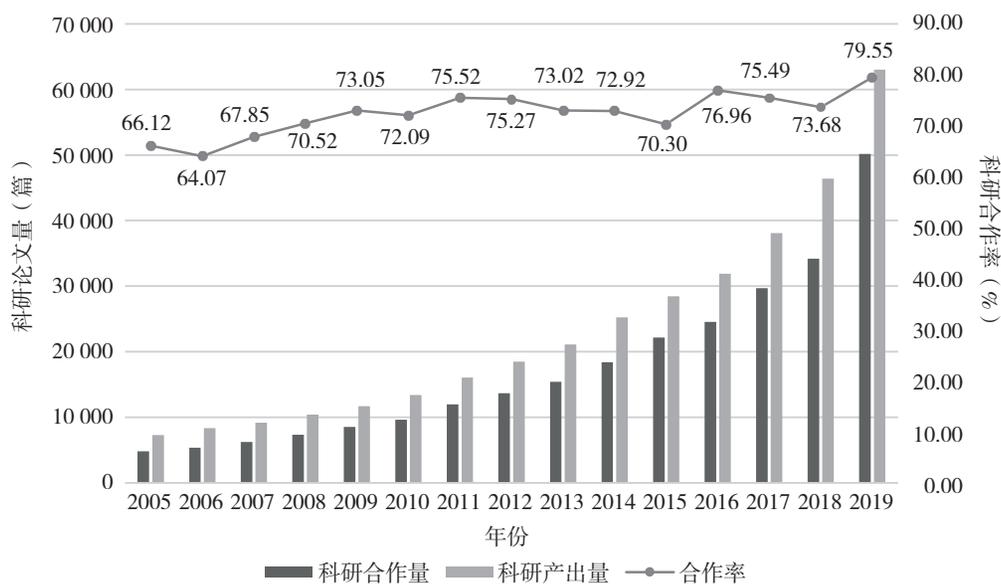


图2 粤港澳大湾区2005—2019年科研合作情况

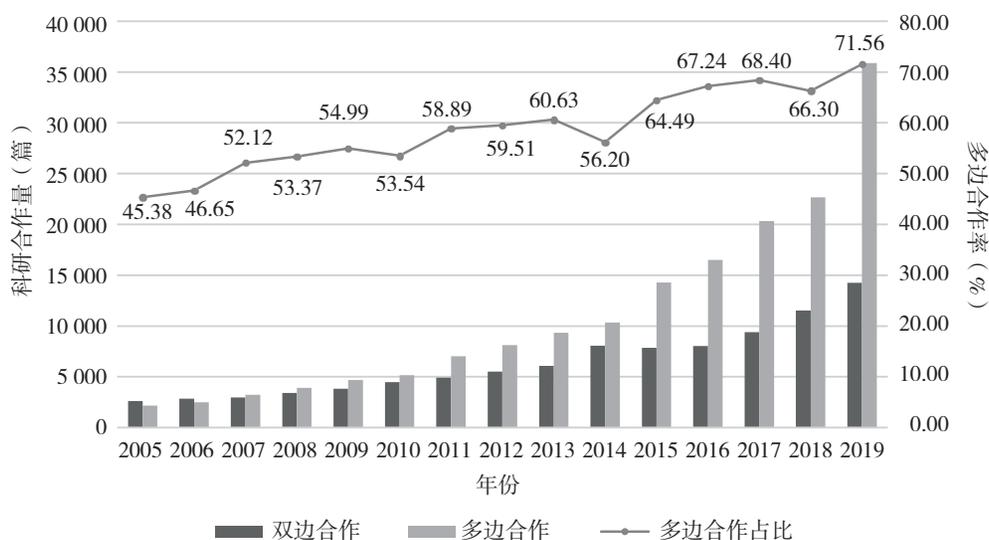


图3 粤港澳大湾区双边合作及多边合作情况

3 粤港澳大湾区内部科研合作演化研究

3.1 大湾区内部科研合作整体情况

从所有合作数据中提取出大湾区内11座城市参与的合作数据进行统计分析,得到2005—2019年大湾区内部合作论文共126 912篇,占合作论文总量的48.44%。区域内合作论文数量逐年变化趋势如图4所示。从数量上看,区域内部合作论文量随时间的推进逐年增加,从2005年的2 040篇增加至2019年的16 318篇,增长了近7倍;从区域合作率上看,区域合作论文占合作论文总量的比例呈

现波动变化,2005—2015年间区域合作率整体上呈现增长趋势,2015年后区域合作率出现下降趋势,由2015年的54.19%下降至2019年的46.43%,该阶段内大湾区科研合作总量增加显著、增速较快,且区域外科研合作量逐渐增加,导致区域内合作率呈现下降趋势。

3.2 合作网络结构演化特征

基于论文合作数据,以区域内11座城市为研究对象,构建2005—2019年区域内部科研合作矩阵,计算得出各年份的区域创新合作网络的拓扑结构指标,如表4所示。2005—2019年间,区域内

部科研合作网络规模均为 11, 大湾区内各城市均与区域内其他城市存在合作关系, 说明湾区内各城市比较重视科研合作, 参与区域科研合作的积极性较高。

从网络边数和网络密度上看, 合作网络边数从 2005 年的 28 增加至 2019 年的 104, 增加了近 3 倍。网络密度整体上呈现明显增长趋势, 除 2006 年、

2010 年、2014 年及 2018 年外, 网络密度均比上年有所增加, 15 年间由 2005 年的 0.254 5 增长至 2019 年的 0.945 5。2019 年区域内实际存在的合作关系占理论上最大关系数的 94.55%, 区域内城市大部分存在两两合作关系, 各城市的合作联系增多, 城市间的影响程度逐渐增强, 合作网络趋于紧密。

网络的平均距离、凝聚力指数可分别从不同方

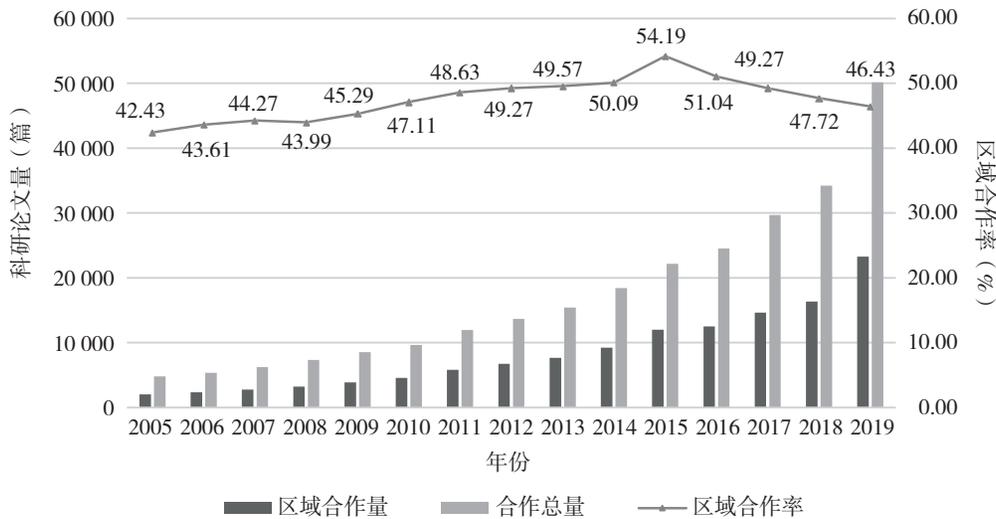


图 4 大湾区区域内部科研合作情况

表 4 大湾区区域科研合作网络指标

年份	网络规模	网络边数	网络密度	平均距离	凝聚力	度数中心势 (%)	中间中心势 (%)
2005	11	28	0.254 5	1.818	0.615	11.85	70.67
2006	11	26	0.236 4	1.945	0.588	12.26	69.11
2007	11	38	0.345 5	1.655	0.673	12.64	68.59
2008	11	46	0.418 2	1.582	0.709	13.88	50.74
2009	11	48	0.436 4	1.564	0.718	13.23	48.52
2010	11	40	0.363 6	1.673	0.676	13.59	45.56
2011	11	54	0.490 9	1.509	0.745	14.95	24.74
2012	11	56	0.509 1	1.491	0.755	15.78	20.89
2013	11	80	0.727 3	1.273	0.864	17.29	7.83
2014	11	74	0.672 7	1.327	0.836	18.08	9.20
2015	11	80	0.727 3	1.273	0.864	20.63	5.51
2016	11	82	0.745 5	1.255	0.873	22.47	5.16
2017	11	80	0.888 9	1.111	0.944	25.06	0.88
2018	11	88	0.800 0	1.200	0.900	23.58	6.84
2019	11	104	0.945 5	1.055	0.973	27.70	0.29

向刻画网络节点间的可达程度和集聚程度。区域内科研合作网络的可达程度及聚集程度均明显增加,平均距离从2005年的1.818减少至2019年的1.055,城市间进行合作的难度降低,开展合作更加便捷。网络凝聚力从2005年的0.615增加至2019年的0.973,凝聚力表现较好,各城市间的科研合作联系趋于紧密,城市间的合作障碍减少。

本文选用度数中心势和中间中心势两个指标揭示科研合作网络的一致性。网络的度数中心势呈现整体上升趋势,各城市在区域内部合作网络中的地位差异略有增加,网络的集中程度越来越高。2005—2019年,中间中心势的下降幅度较大,从2005年的70.67%下降至2019年的0.29%,合作网络由最初的部分城市承担关键的中介作用演变为大部分城市间均存在直接联系,核心城市对网络整体的控制作用减弱。

3.3 各城市节点特征演化

本文选取度数中心度、接近中心度和中间中心度指标对大湾区内11座城市在区域内部科研合作网络中的所处位置及重要程度进行研究。表5和表6为2005—2007、2008—2010、2011—2013、2014—2016、2017—2019年五个阶段大湾区内各城市中心度的变化情况。

度数中心度用来揭示网络中某节点与其他节

点间的关系强度,其值越高表示网络中与该节点存在直接联系的节点数量越多,该节点在网络中处于比较重要的位置。由表5可以看出,广州在各阶段的度数中心度都为100.00,与网络中所有成员都存在科研合作关系,处于合作网络中绝对核心的位置。2017—2019年各城市的度数中心度较2005—2007年均有所提高,除佛山、惠州和江门外,其他城市度数中心度均达到100.00,各城市间科研合作程度逐渐提高,大湾区内部科研合作网络的联系强度不断增强。对比各城市每个阶段内的度数中心度,广州、香港始终位于前两位,其次为深圳和澳门,澳门的度数中心度由2005—2007年的20.00增加至2008—2010年的90.00,增加程度较大,该期间澳门与较多城市开展了科研合作工作。此外,肇庆、江门、惠州和中山的度数中心度变化也较大,这些城市近年来提高对区域创新合作的重视程度,与其他城市积极建立合作,目前已与区域内大部分城市存在合作关系。

接近中心度表示网络节点的独立程度,越核心的节点在传递信息的过程中对其他节点的依赖程度越低,即某节点的接近中心度越高,该点越不受其他节点的限制,具有较高的独立能力。表6表示各城市在不同阶段的接近中心度变化情况,通过各阶段均值可以看出大湾区内各城市的

表5 区域内部合作网络节点度数中心度

城市	2005—2007年	2008—2010年	2011—2013年	2014—2016年	2017—2019年
广州	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
深圳	50.00	90.00	90.00	100.00	100.00
香港	70.00	90.00	100.00	100.00	100.00
澳门	20.00	90.00	100.00	100.00	100.00
珠海	40.00	50.00	80.00	100.00	100.00
中山	20.00	40.00	60.00	90.00	100.00
佛山	40.00	50.00	80.00	80.00	80.00
东莞	40.00	50.00	80.00	80.00	100.00
惠州	20.00	50.00	60.00	90.00	90.00
肇庆	20.00	30.00	50.00	90.00	100.00
江门	20.00	60.00	60.00	60.00	90.00
均值	40.00	63.64	78.18	90.00	96.36

表 6 区域内部合作网络节点接近中心度

城市	2005—2007 年	2008—2010 年	2011—2013 年	2014—2016 年	2017—2019 年
广州	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
深圳	66.667	90.909	90.000	100.000	100.000
香港	76.923	90.909	100.000	100.000	100.000
澳门	55.556	66.667	50.000	83.333	100.000
珠海	62.500	66.667	80.000	100.000	100.000
中山	55.556	62.500	60.000	90.909	100.000
佛山	62.500	66.667	80.000	83.333	100.000
东莞	62.500	66.667	90.000	90.909	100.000
惠州	55.556	66.667	60.000	90.909	90.909
肇庆	55.556	58.824	60.000	90.909	100.000
江门	55.556	71.429	60.000	71.429	90.909
均值	64.443	73.446	75.454	91.066	98.347

接近中心度逐渐提高。创新资源在区域内流动使各城市间可以更通畅地进行科研合作, 各城市对核心城市的依赖度减小。广州和香港在科研合作上对其他城市的依赖程度较低, 始终处于网络的中心位置。2005—2010 年间, 除广州、深圳和香港外, 大湾区内其他城市的接近中心度均低于平均值, 该阶段大部分城市进行科研合作还需依赖中心城市。2014 年后, 各城市接近中心度增幅较大且各城市间的差距逐渐减小, 大部分城市的接近中心度高于平均值。2017—2019 年, 除惠州和江门外, 其他城市接近中心度均达到 100.000, 大多数城市进行科研合作不受其他城市的影响; 惠州和江门由于自身科研能力较弱、科研投入较少, 对网络中资源的掌握程度还较低, 对其他城市有一定的依赖性。

节点对网络资源的控制能力可通过中间中心度指标量化, 若一个节点在多条关系中都担任桥梁的作用, 则认为该点具有较高的中间中心度。从表 7 来看, 在中间中心度方面, 2014 年前大湾区的科研合作网络主要通过广州和香港实现连接, 尤其在 2005—2007 年阶段, 广州和香港在网络中充当桥梁的次数分别为 51.481 和 15.556, 广州在多条合作路径中都起到了中介作用。随着区域协同发展的推动, 各阶段中间中心度均值及各城市中间中心度均呈现下降趋势, 广州和香港的中介作用逐

渐减弱。2017—2019 年除惠州和江门外其他城市都在网络中起到中介作用, 但中间中心度较低, 仅为 0.247, 说明各城市对合作路径的控制作用趋于一致, 且多数城市能与其他城市直接进行交流, 对中心城市的依赖性较小。

3.4 科研合作学科领域分布

学科是科学研究发展中的基本要素及重要指标, 研究合作的学科领域分布对探究科研合作的特性和规律有重要意义^[15]。将大湾区参与的科研合作论文按其所属学科领域进行拆分归类, 得到大湾区内各城市间科研合作的学科领域整体分布情况, 如图 5 所示。大湾区内部的科研合作主要集中在临床医学、工程学和化学领域, 这三个学科领域的科研合作论文量占合作论文总量的 37.68%; 其次为材料科学领域, 与前三个领域的合作论文量存在较大差距; 人文艺术和空间科学领域的合作论文较少, 合作论文量分别仅有 139 篇和 672 篇。在医学方面, 广东拥有较多的医学资源, 港澳的基础研究能力较强, 大湾区在临床医学领域的科研合作推动全球医学研究发展。

图 6 为 2005—2019 年大湾区内部科研合作涉及的各学科领域论文数量变动情况, 圆点大小代表各学科领域的合作论文数量。除临床医学、工程学、化学、材料科学和物理学外, 其他学科在 2011 年前的合作论文数量较少。从整体情况来看, 各学科

表 7 区域内部合作网络节点中间中心度

城市	2005—2007 年	2008—2010 年	2011—2013 年	2014—2016 年	2017—2019 年
广州	51.481	16.296	7.630	2.185	0.247
深圳	2.593	13.333	4.222	2.185	0.247
香港	15.556	10.000	7.630	2.185	0.247
澳门	0.000	1.111	0.000	0.278	0.247
珠海	0.741	0.556	2.333	2.185	0.247
中山	0.000	0.370	1.000	1.463	0.247
佛山	0.741	0.556	2.333	0.278	0.247
东莞	2.222	1.111	4.519	0.556	0.247
惠州	0.000	0.556	0.000	1.463	0.000
肇庆	0.000	0.370	0.444	0.556	0.247
江门	0.000	4.630	1.000	0.000	0.000
均值	6.667	4.444	2.828	1.212	0.202

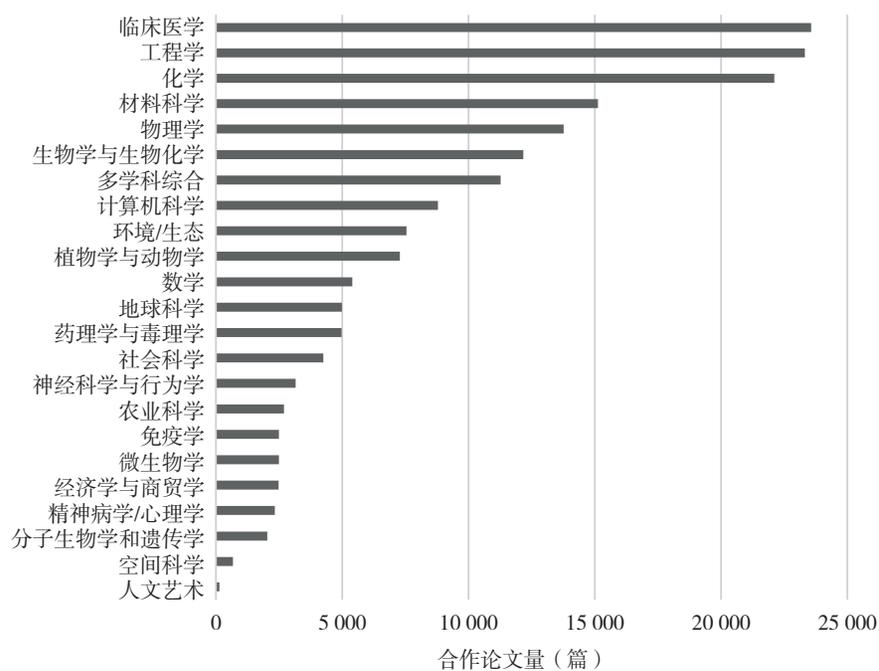


图 5 大湾区区域内部科研合作学科领域分布情况

领域的合作论文量呈现增长趋势，2015 年前的增长幅度较小，2015 年后部分学科领域出现爆发式增长趋势，在工程学、材料科学、化学和临床医学领域上表现明显。其中，工程学领域增长速度最快，2015 年前其合作论文量低于临床医学和化学领域，2015 年后快速增长，尤其在 2017 年后大幅增长，

该领域合作论文量超过化学和临床医学，成为大湾区内部科研合作最多的学科领域。

4 结论与建议

(1) 大湾区区域内各城市的研发投入经费和创新主体数量存在一定差距，部分城市的科研投入

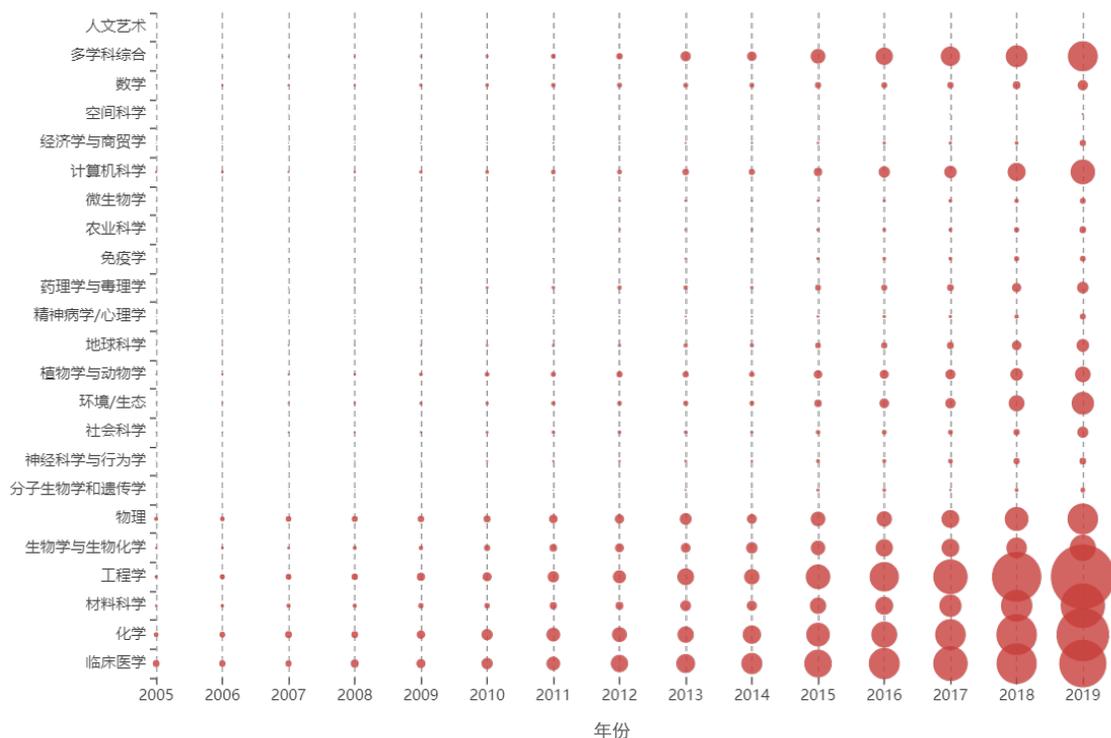


图6 大湾区内部科研合作学科领域变动情况

及科研主体数量较少, 导致自主科研能力偏弱。建议大湾区充分发挥政府推动和引导作用, 注重区域内科研资金投入均衡分布, 引导和推动在科研基础落后的城市中建立实验室、技术中心等创新主体, 并提供相应的资金支持和基础设施建设。

(2) 在科研产出层面, 大湾区论文产出数量表现出显著的增加趋势, 2017年后数量增长势头迅猛, 广州、香港及深圳是大湾区科研产出的主力军; 在科研合作层面, 大湾区历年科研合作率均高于50%且呈现稳步提升趋势, 对三个及以上主体的多边合作重视程度增加。大湾区内部科研合作量逐年增加, 2015年后大湾区合作总量的增加显著导致区域内部合作的占比相对降低。

(3) 在科研合作网络层面, 大湾区科研合作网络边数在15年间增加了近3倍, 整体网的网络密度明显增加, 区域内部科研合作网络趋于紧密。广州和香港始终处于合作网络核心位置, 与多数城市直接进行合作; 但随着时间递进和区域持续发展, 各城市接近中心度增加, 大多数城市逐渐摆脱对核心城市的依赖, 能直接与其他城市进行科研合作和资源流通, 广州和香港对各城市的控制能力逐

渐弱化。

(4) 在科研合作领域分布层面, 大湾区内部科研合作分布最多的学科领域为临床医学, 近年来工程学学科合作规模增长迅速, 大湾区内部对工程学领域科研合作的关注度越来越高。建议大湾区科研创新政策在继续保持重视基础学科领域的基础上, 提高对应用型学科领域的重视程度, 对科研合作产出较少的学科领域提供相应的科研资金支持, 同时鼓励创新主体进行跨领域的科研合作, 推动科研合作领域均衡发展。■

参考文献:

- [1] 梁经伟, 毛艳华, 李彦. 论文合著视角下粤港科技合作的演变特征研究[J]. 现代情报, 2018, 38(12): 164-171.
- [2] 中创产业研究院, 广东材料谷. 2019年粤港澳大湾区创新发展能力研究[J]. 科技与金融, 2019(7): 65-75.
- [3] 周小林, 任孝平, 张志辉, 等. 中国国际科研合作现状分析与启示——基于文献计量分析的视角[J]. 情报工程, 2019, 5(3): 86-98.
- [4] 马凤, 武夷山. 中国科技期刊研究界科研合作动机及

- 相关问题研究[J]. 科技管理研究, 2009, 29(8): 572-575.
- [5] 张菊, 方永才, 刘艳阳. 分析SCI论文探讨合作研究对提高高校科研水平的作用[J]. 科技进步与对策, 2005, 22(2): 132-134.
- [6] 李健. 我国协作研发网络的演化过程与结构特征研究——基于R&D国际化视角[J]. 科学学与科学技术管理, 2013, 34(9): 27-36.
- [7] 刘凤朝, 姜滨滨. 中国区域科研合作网络结构对绩效作用效果分析——以燃料电池领域为例[J]. 科学学与科学技术管理, 2012, 33(1): 109-115.
- [8] 傅利平, 周小明, 罗月丰. 知识溢出与产学研合作创新网络的耦合机制研究[J]. 科学学研究, 2013, 31(10): 1541-1547.
- [9] 段昭霞. “邻近性”对区域科技创新合作的影响——以珠三角为例[D]. 成都: 电子科技大学, 2018.
- [10] 拓晓瑞, 商惠敏, 陈相. 粤港科技合作的发展历程与成效研究[J]. 科技管理研究, 2016, 36(12): 77-82.
- [11] 曾志敏. 打造全球科技创新高地: 粤港澳大湾区融合发展的战略思路与路线图[J]. 城市观察, 2018, 54(2): 5-19.
- [12] 辜胜阻, 曹冬梅, 杨崑. 构建粤港澳大湾区创新生态系统的战略思考[J]. 中国软科学, 2018(4): 1-9.
- [13] 刘佳, 蔡盼心, 王方方. 粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络结构演化及影响因素研究[J]. 技术经济, 2020, 39(5): 68-78.
- [14] 许培源, 吴贵华. 粤港澳大湾区知识创新网络的空间演化——兼论深圳科技创新中心地位[J]. 中国软科学, 2019(5): 68-79.
- [15] 丁思嘉. 985高校与中科院科研合作趋势的科学计量学研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2014.

Research on the Evolution of Internal Scientific Research Cooperation Network in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

ZHENG Jia, YAO Jia-tong, XIONG Shu-ling

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: Based on the data on scientific research papers, combined with the basic conditions and output capacity of scientific research in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area, this paper constructed the scientific research cooperation network in the Greater Bay Area utilizing social network analysis method, explored the evolution characteristics and trends of scientific research cooperation network structure through network density, cohesion, center potential, centrality and other indicators, and analyzed the scientific research cooperation combined with the distribution and changes of disciplines. It is found that in recent years, the development of scientific research and innovation in the Greater Bay Area has been continuously improved, the cooperation intensity of scientific research and innovation has been gradually enhanced, the control role of core cities such as Guangzhou and Shenzhen on network resources has gradually decreased, and the dependence of each city on it has decreased. Clinical medicine, engineering, chemistry, materials science and physics are the important fields of scientific research cooperation in the Greater Bay Area. In recent years, the scale of cooperation in engineering field has developed rapidly, which is the subject field with the most scientific research cooperation within the Greater Bay Area.

Keywords: Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area; scientific research cooperation; network evolution