

我国绿色建筑专利合作网络结构及其演化研究

蔡彬清, 郭怡

(福建理工大学 管理学院, 福建 福州 350118)

摘要: 科技创新是驱动绿色建筑发展的重要力量, 专利是科技创新成果的重要标志。以我国 1985—2021 年绿色建筑发明专利申请为研究对象, 运用统计分析和社交网络分析方法, 探究我国绿色建筑专利现状和申请人合作网络整体结构及其演化特征。研究表明: 绿色建筑发明专利申请数量持续增长, 技术布局更加广泛, 但地域分布不均; 整体专利合作网络具备“小世界”和“无标度”特性, 网络密度和合作频率较低, 但网络中心形成了两个初具规模的凝聚子群; 绿色建筑专利合作网络演化具有创新主体类型逐渐丰富、合作模式更加多元化、凝聚子群渐具规模的特征。政府应加强对绿色建筑的持续关注, 同时创新主体也要强化合作关系, 有效整合资源, 不断促进绿色建筑专利发展以及合作。

关键词: 绿色建筑专利; 专利合作; 网络结构; 网络演化; 社交网络分析

中图分类号: F426

文献标志码: A

文章编号: 2097-3853(2024)02-0134-08

Research on structure and evolution of green building patent cooperation network in China

CAI Binqing, GUO Yi

(School of Management, Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China)

Abstract: Scientific and technological innovation is an important force driving the development of green buildings, and patents are an important symbol of innovation achievements. Taking China's green building invention patent applications from 1985 to 2021 as the research object, statistical analysis and social network analysis methods were used to explore the status quo of China's green building patents and the overall structure and evolution characteristics of the applicant's cooperation network. Results show that: the number of green building invention patent applications continues to grow, and the technical layout is more extensive, but the geographical distribution is uneven; the overall patent cooperation network has the characteristics of “small world” and “scale-freeness”, and the network density and cooperation frequency are low, but the network center forms two cohesive subgroups; the evolution of the green building patent cooperation network has the characteristics of gradually enriching the types of innovation subjects, more diversified cooperation modes, and gradually expanding the scale of cohesive subgroups. The government should strengthen continuous attention to green buildings, and at the same time, the innovation subjects should also strengthen cooperation, effectively integrate resources, and continuously promote the development and cooperation of green building patents.

Keywords: green building patent; patent cooperation; network structure; network evolution; social network analysis

党的二十大报告强调, 推动绿色发展, 促进人与自然和谐共生。^[1] 绿色发展是中国式现代化的显

著特征。建筑业作为碳排放量最大的行业之一, 是实现“双碳”目标需要关注的重点行业。践行绿色

收稿日期: 2023-11-03

基金项目: 教育部人文社科基金项目(23YJA630004); 福建省财政厅科研项目(GY-S22001)

第一作者简介: 蔡彬清(1980—), 女, 福建宁德人, 教授, 博士, 研究方向: 工程经济与项目管理。

发展理念、早日实现“双碳”目标,并且推动建筑业可持续及高质量发展,大力推广绿色建筑已成为必然。^[2]2022 年住建部发布的《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》指出,突出科技创新驱动是绿色建筑发展的重要保障措施,对绿色建筑科技创新和产学研用相结合都提出了更高要求。^[3]

近年来学界对绿色建筑技术的研究主要集中在技术路径研究与技术体系应用等方面。郑媛等以“认知框架—地域环境—在地智慧—营建策略”为路径,提出了地区适宜的绿色建筑营建策略与技术路径。^[4]嵇晓雷等探究绿色建筑技术在既有建筑改造中的应用,并提出绿色建筑技术改造策略。^[5]冯国会等构建严寒地区近零能耗建筑技术体系,为辽宁省建筑节能发展提供科学依据。^[6]也有学者从技术集成角度研究其对创新绩效的影响,如杨中杰等通过问卷调查、探索性因子分析法得出影响企业绿色建筑技术集成绩效的关键影响因素,并运用结构方程模型分析了关键影响因素对技术集成绩效的作用机理。^[7]

学者对专利合作网络的研究主要集中在产学研合作网络或区域合作网络的网络特征与演化、影响因素、对创新的影响等方面。何培育等基于我国智能网联汽车产业合作申请专利数据,分析了智能网联汽车产业专利合作网络整体特性、中心性和凝聚子群,以及中心性和主要技术演化特征。^[8]程丹亚等构建了长三角区域绿色技术创新合作的本地网络与跨界网络,探究网络结构演变特征及本地—跨界网络空间联动机制。^[9]王守文等采用引力模型与社会网络分析法,研究了城市创新合作空间关联特征以及影响因素。^[10]

梳理国内外学者研究成果,可发现对绿色建筑创新合作的研究较少,已有的合作网络研究也主要聚焦于新兴行业,缺少对建筑业等传统行业的关注。因此本文以绿色建筑发明专利申请为研究对象,衡量绿色建筑科技创新水平^[11],深入挖掘相关专利在数量、类型、地域、技术等方面的分布情况以及专利合作网络结构和网络演化特征,进而提出促进绿色建筑专利发展以及专利合作的建议。

本文利用 Patentics 专利数据库,对 1985—2021 年间中国发明专利申请数据进行分析,将“绿色建筑”作为关键词,检索式为:R/绿色建筑 and APD/1985—2021 and REL/60 and NA/1,检索 1985—2021 年间申请的与绿色建筑相关度大于

60%的发明专利,检索时间为 2022 年 9 月 11 日,共检索到 20 531 件,其中单独申请专利 18 839 件,合作申请专利 1 692 件。

一、绿色建筑专利分布状况

(一) 专利申请趋势分析

1985—2021 年我国绿色建筑专利年度申请量如图 1 所示,可知此阶段我国绿色建筑领域专利申请经历了由专利申请量较少且增长缓慢到大幅增长的变化过程。根据专利技术生命周期理论^[12],此阶段可以分为萌芽期(1985—2005)和发展期(2006—2021)两个阶段。2012—2017 年间专利申请数量急剧增长,这期间国家集中出台了大量相关政策,如 2013 年《绿色建筑行动方案》,2014 年《国家新型城镇化规划(2014—2020 年)》,都将发展绿色建筑作为绿色城市建设重点。由于发明专利从申请到公开需要 18 个月,2020 年以后还存在未公开的专利,因此 2020—2021 年专利申请数据仅供参考。

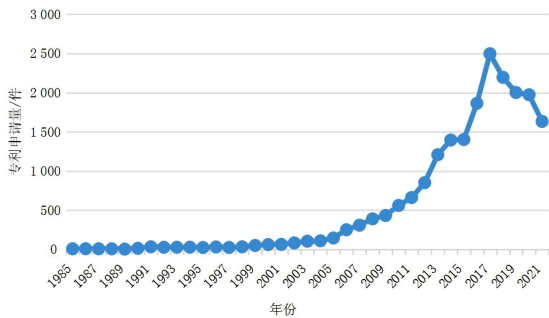


图 1 绿色建筑专利年度申请量分布
Fig.1 Annual distribution of green building patent applications

(二) 区域发展格局分析

从绿色建筑发明专利申请区域情况来看,江苏、北京、上海等省市绿色建筑领域发明专利申请量居全国前十,是我国绿色建筑领域专利技术研发的主要区域。这一定程度上与其经济发展水平较高、人口多、建筑市场需求大的特点有关。^[13]各省市发明专利申请总量存在明显差异的同时,驳回、撤回、公开等各省市的专利法律状态构成也值得关注,如图 2 所示。经计算,专利数据中驳回或撤回、公开、授权的专利申请量分别占专利申请总量的 49.75%、29.19%、21.07%(国外申请人申请专利不计入在内)。以此为平均水平,上述三个比例全部优于全国平均水平的省市只有 8 个,申

请量前十省市中仅有 4 个省市达到平均水平。可见我国各省市绿色建筑专利申请质量仍然有待提高。

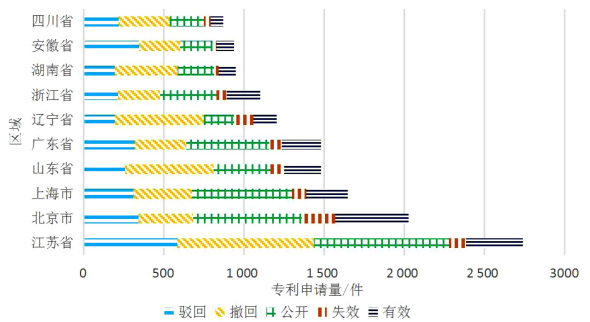


图 2 绿色建筑发明专利申请量居前十的省市

Fig.2 Top 10 provinces and cities in terms of green building invention patent applications

此外,区域发展差异还需衡量各省市技术布局情况。江苏、广东、北京三地绿色建筑发明专利涉及的国际专利分类(IPC)小类多于 100 个,种类最多。专利申请主要省份共同侧重的技术领域有装配式建筑、绿色建材、能源转换等。北京和上海分别在空气调节(F24F)、电数字数据处理(G06F)领域各有侧重。

(三) 技术布局分析

为了解绿色建筑领域技术发展情况,根据 IPC 小类分组,统计专利申请量前十的主要技术类别^[14],如表 1 所示。绿色建筑发明专利申请量前十的技术主要涉及装配式建筑、建筑物装修、建筑材料、能源转化、建筑物绿色生态、空气调节、墙体保温、BIM 等领域。

表 1 绿色建筑发明专利申请 IPC 分布情况(申请量前十)

Tab.1 IPC distribution of green building invention patent applications (Top 10 applications)

序号	IPC 小类	数量	序号	IPC 小类	数量
1	E04B	11 303	6	E04D	1 884
2	E04C	4 013	7	C04B	1 482
3	E04G	2 852	8	B28B	783
4	E04F	2 556	9	E02D	765
5	E04H	2 360	10	E06B	601

注:部分专利技术涉及两个或两个以上 IPC 分类。

将专利技术分类的主题词与 2019 年《绿色建筑评价标准》评价指标体系进行匹配,发现现有绿色建筑专利技术更侧重于“安全耐久”“健康舒适”“资源节约”“环境宜居”指标,“生活便利”指

标涉及较少,其中“健康舒适”指标下更注重“室内空气品质”,对“水质、声环境与光环境、室内热湿环境”关注较少。综合技术类别分布情况来看,目前我国绿色建筑专利技术集中度仍然较高,多集中于装配式建筑和绿色建材研究,但是近年来已有以《绿色建筑评价标准》为导向、呈现多领域全面发展的趋势。

二、我国绿色建筑专利合作基本情况

(一) 绿色建筑专利合作政策分析

近年来我国提出实施创新驱动发展战略,强调科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑,必须将之摆在国家发展全局的核心位置。^[15]国家相关部门和地方政府出台了系列促进绿色建筑技术创新和创新合作的相关政策。2021 年,中共中央办公厅、国务院办公厅发布《关于推动城乡建设绿色发展的意见》,建议“建立科技项目成果库和公开制度,鼓励科研院所、企业等主体融通创新、利益共享,促进科技成果转化”^[16]。2022 年,住建部《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》提出构建市场导向的建筑节能与绿色建筑技术创新体系,加速建筑节能与绿色建筑科技创新成果转化,推进产学研用相结合,打造协同创新平台。^[3]

在国家级政策指导下,一些省市制定了本地区融通创新和协同创新政策。如广东省、上海市、青岛市制定了区域绿色建筑发展规划,强调推动产学研合作交流,加强数字化技术与绿色建筑的创新融合。这些政策和规划为绿色建筑专利合作创造了良好的政策环境。

(二) 绿色建筑合作专利数量分析

本文研究的绿色建筑专利数据中,合作申请专利 1 692 件,占数据总量的 8.24%。1985—2021 年绿色建筑合作发明专利申请专利数量不断增长,但是合作申请专利占比呈波动稳定状态^[17],并未有持续上升趋势,具体如图 3 所示。2012 年后合作申请专利占比波动幅度降低,2018 年、2021 年合作专利比例出现上涨态势。^[16]整体来看,有 21 个年份绿色建筑合作申请专利占比处于 5%~10% 之间,且年均合作专利占比为 9.72%,绿色建筑专利合作创新规模仍有较大提升空间。

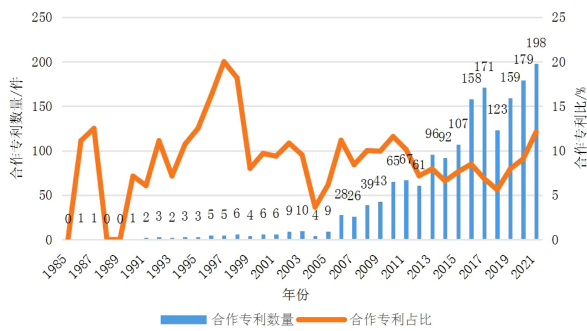


图 3 绿色建筑合作专利数量及占比

Fig.3 Number and proportion of green building cooperative patents

(三) 各类申请人合作参与度分析

笔者对各类型申请人合作研发参与度(各类申请人参与合作专利数量与总合作专利数量之比)进行统计,结果表明:企业合作参与度最高,为 71.13%;个人合作参与度次之,为 35.20%;高校与科研院所合作参与度相当,分别为 14.92%和 14.78%。对于合作研发,企业具有更高的积极性,企业需要在实践中运用更加先进、环保的技术,以达到绿色建筑审核标准,同时实现技术积累以提升企业竞争力。个人可以更加灵活地加入到合作研发中,因此在专利合作中参与度较高。高校和科研院所可能由于重研发轻转化、合作研发激励不足、科研成果转化机制障碍等,在由企业为主要发起方的产学研用合作模式中参与度较低。

三、绿色建筑专利合作网络情况分析

(一) 绿色建筑专利合作网络整体特征分析

1. 专利合作网络构建

为进一步分析申请人合作情况,本文运用 Gephi 软件构建专利申请人合作网络。Gephi 是一个网络分析领域的数据可视化软件,可提供中心性分析、凝聚子群分析、小世界网络分析等复杂网络分析功能,在网络探索方面具有较强的互动性和较高的效率,可视化功能强大。^[18]合作网络由节点和边构成,节点代表各申请人,边代表节点之间的合作关系。节点大小代表节点度的大小,节点度越大,该节点在网络中就更加重要。边的粗细代表边的权重值的大小,边的权重值越大,表示边所连接的两个节点之间合作次数越多。^[19]

运用 Gephi 软件,计算合作网络的平均度、网络直径、平均路径长度、模块化等指标。运用 Fruchterman Reingold 布局调整网络可视化展示,绿色建筑专利申请人合作网络如图 4 所示,该合作网络拥有 2 171 个节点和 2 085 条边。

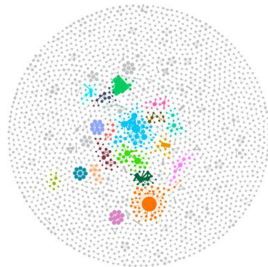


图 4 绿色建筑专利申请人合作网络

Fig.4 Cooperation network of green building patent applicants

2. 合作网络特征分析

通过 Gephi 软件计算专利合作整体网络结构指标,可知网络密度为 0.001,平均度为 1.921,可见我国绿色建筑专利合作网络整体较为松散,大部分申请人只与一位或两位申请人存在直接合作关系,信息流通性差。平均聚类系数为 0.826,说明虽然整体合作网络密度较小,但局部仍然存在聚集效应,如以国家电网有限公司、贵州大学等申请人为核心形成的合作子网。平均路径长度为 3.601,即每个申请人经过 3~4 个申请人就可以与其他申请人进行合作,平均路径长度越小,意味着更高效的合作联系和信息交换。

小世界效应是指网络具有较大的平均聚类系数和较小的平均路径长度^[20],一般判定标准为平均路径长度小于 10 且聚类系数大于 0.1^[21],也可用小世界熵数(平均聚类系数与平均路径长度之比)进行量化^[22]。经计算可得,我国绿色建筑专利合作网络平均度为 1.921,平均加权度为 2.861,网络密度为 0.001,平均聚类系数 0.826,平均路径长度 3.523,小世界熵数 0.234,可见我国绿色建筑产业专利合作网络具有显著的小世界特征。

无标度网络的特征是节点度分布呈幂律分布形式。^[23]我国绿色建筑专利合作网络中只有一个节点的度值为 46,该节点度值最大,4%的节点度值处于 6~20 之间,40%的节点度值处于 2~5 之间,56%的节点度值仅为 1,只有少数节点度值较高,度值分布符合幂律分布,说明我国绿色建筑专利合作网络属于无标度网络。进入专利合作网络

的申请人往往倾向于选择网络中资源更多、实力更强的主体进行合作,这进一步加强了网络的无标度特征,同时也证明了无标度网络的特性——择优连接性。

(二) 凝聚子群分析

网络中部分节点连接紧密、形成次级团体时,这样的团体被称为凝聚子群。^[24]利用 Gephi 软件中的模块化和 MCL 聚类算法探测整体网络的凝聚子群,发现 718 个子群,大部分子群规模为 2~5 个节点。结合图 4 可知,这些小规模子群边权较低且合作紧密性不足。

最大的子群为以贵州大学、中国建筑第四工程局有限公司等若干节点为核心的合作创新子网,包含了 61 个创新主体,并与周围三个规模较大的子网相连通。与其他子网相比,该子群节点连通性更好、合作紧密度更高。可视化结果如图 5 所示,该子群中多个高校成为核心节点,可见在绿色建筑专利合作研发方面,高校掌握了更多信息,成为诸多创新主体合作的桥梁。子群中不乏实力强劲且在网络中地位重要的企业与高校建立了合作关系,产学研合作关系密切,但科研院所中心性普遍偏低,处于子网“边缘”位置。

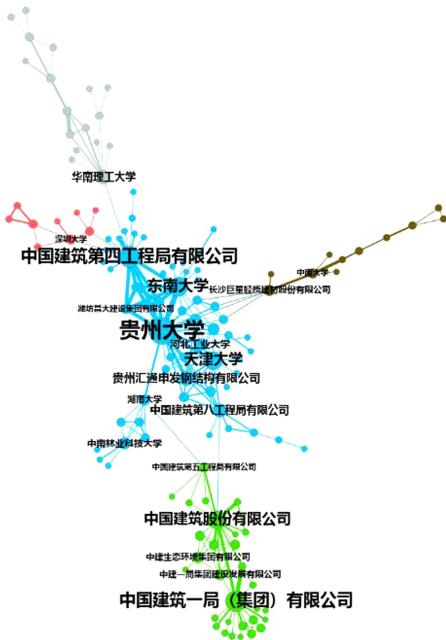


图 5 合作创新子网一

Fig.5 Collaborative innovation subnet 1

规模第二的凝聚子群,网络中没有合作关系十分紧密的节点对。相较于子网一,子网二联通度不高,合作尚不成熟。子群中心节点是国家电

网有限公司,其他节点大部分为国网各地分公司、当地能源企业或科研院所,除中国地质大学(北京)外,各高校未有加入此合作网络。

四、绿色建筑专利合作网络演化分析

(一) 合作网络演化特征分析

根据图 3 中 1985—2021 年合作专利数量增长趋势,将绿色建筑专利合作发展过程大致分为三个阶段^[25]: (1) 萌芽期(1985—2005),这一阶段国内绿色建筑合作专利数量较少,增长缓慢; (2) 第一成长期(2006—2012),2006 年后绿色建筑合作专利数量明显增多,并且持续上涨,直到 2012 年有所回落; (3) 第二成长期(2013—2021),该阶段年均合作专利数量达 142 件,呈现新一轮增长态势。

利用 Gephi 软件绘制我国绿色建筑专利三个发展阶段的专利合作网络图,并计算各阶段网络特征指标,结果如表 2 所示。可知各阶段人均专利申请数量不断增加,申请人合作研发效率有所提升,专利合作网络规模快速扩大,不断有新的申请人进入合作网络并建立合作关系。然而网络边数增长速度不及节点数增长速度,申请人激增的同时没有建立相应的合作关系,导致第二阶段以及第三阶段合作网络密度低于第一阶段。三个阶段专利合作网络平均聚类系数较大,平均路径长度较短,都具备小世界网络特性。

表 2 我国绿色建筑专利合作网络各阶段指标值

Tab.2 Index values of each stage of China's green building patent cooperation network

指标	1985—2005	2006—2012	2013—2021
专利数量	80	329	1 283
人均专利数量	0.394	0.649	0.856
节点	203	570	1 498
边	261	487	1 370
平均度	2.571	1.709	1.829
平均加权重	2.631	2.193	2.954
网络密度	0.013	0.003	0.001
平均聚类系数	0.99	0.887	0.796
平均路径长度	1.004	1.356	2.489
小世界熵数	0.986	0.654	0.320

我国绿色建筑产业各阶段专利合作网络度分布如图 6 所示。随着网络规模扩大,后加入的申请人容易围绕现有合作网络中节点度高的申请人形成子网,导致节点度值差距进一步增大,无标度

网络特征逐渐明显,第二成长期无标度网络特征尤为显著。

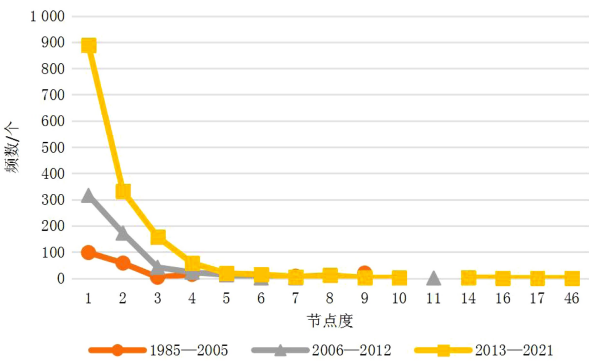


图 6 我国绿色建筑产业各阶段专利合作网络度分布
Fig.6 Distribution of patent cooperation network at different stages of China's green building industry

为进一步研究绿色建筑专利合作中创新个体的演化进程,利用 Gephi 软件计算各阶段节点的点度中心性、中介中心性和调和中心性,并选择每个阶段点度中心度前十的节点作为核心节点,分析其变化。节点“中心性”用来衡量网络中节点的重要程度,点度中心性反映了与该节点有合作关系的节点数量;中介中心性反映了节点经过节点对最短路径的次數;调和中心性是接近中心性算法的变体,反映了节点与其他节点的平均最短距离,距离越小,调和中心性越大,紧密度越高。各阶段节点中心性描述性统计见表 3。

表 3 各阶段专利合作网络节点中心性描述性统计
Tab.3 Descriptive statistics of node centrality in each stage of patent cooperation network

时期	指标	点度中心性	中介中心性	调和中心性
萌芽期 (1985—2005)	最大值	9	1	1
	最小值	1	0	0.75
	均值	2.571	0.005	0.998
	方差	6.315	0.005	0.001
第一成长期 (2006—2012)	最大值	11	71.17	1
	最小值	1	0	0.40
	均值	1.709	0.41	0.95
	方差	1.170	13.756	0.014
第二成长期 (2013—2021)	最大值	46	1 281.50	1
	最小值	1	0	0.21
	均值	1.829	5.68	0.86
	方差	3.504	3 207.551	0.048

(二) 萌芽期合作网络分析

萌芽期专利合作频率不高,网络稀疏,节点间连接不畅。这一时期共有合作申请专利 80 件,其中 73 件由 2~3 位申请人合作完成。该阶段专利申请以个人合作为主,存在三个规模较大的个人合作团队,团队节点的点度中心性虽高,但均为团队内直接联系,不存在桥节点。同时也出现了少量产学研合作,如清华同方股份有限公司和清华大学,中国建筑材料科学研究院、中冶集团建筑研究总院和山东鸿泰建设集团有限公司等。

(三) 第一成长期合作网络分析

第一成长期专利合作网络如图 7 所示。相较于萌芽期,网络成员大幅增加,合作频次小幅上涨,平均边权(节点对平均合作次数)增长到 1.283,而网络密度和平均加权度小幅下降至 0.003 和 2.193,网络更加稀疏且不连通的节点数目增多。网络内部围绕个别核心创新主体形成了凝聚子群,如以贵州大学、上海市建工设计研究总院有限公司等为中心的合作子网。贵州大学中介中心性最高(71.17),其次为湖南大学(44)、上海市建工设计研究总院有限公司(16),这三位申请人在第一成长期专利合作网络中起到重要的桥梁作用,是信息传递的中介。

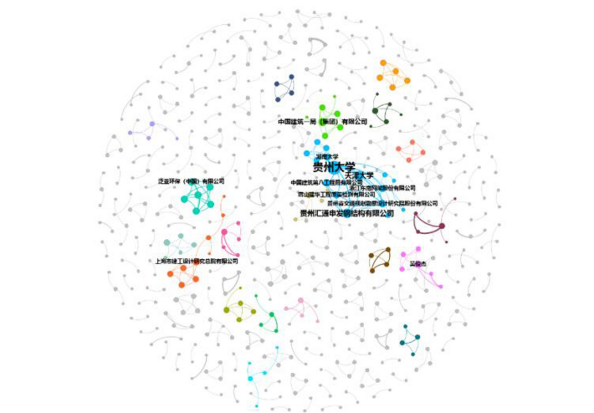


图 7 2006—2012 年我国绿色建筑专利合作网络
Fig.7 China's green building patent cooperation network from 2006 to 2012

(四) 第二成长期合作网络分析

第二成长期专利合作网络如图 8 所示。较上一时期,节点数量激增,平均聚类系数降低,网络密度持续下降,节点连接更为分散,聚集效应不强。平均边权为 1.615,合作频率依旧较低。平均路径长度变大,节点间需要经过更多的申请人才能取得合作,信息传递速度放慢。该阶段核心子

网数量增多,规模变大,中心创新主体的中介中心性普遍提高。这一时期,国家电网有限公司节点中心性最高,具有极大的资源优势 and 影响力。贵州大学合作创新子网呈现多点核心、合作紧密的态势。团队中除了贵州大学,中国建筑第四工程局有限公司、东南大学、天津大学也都是子网中具有优势地位的节点。

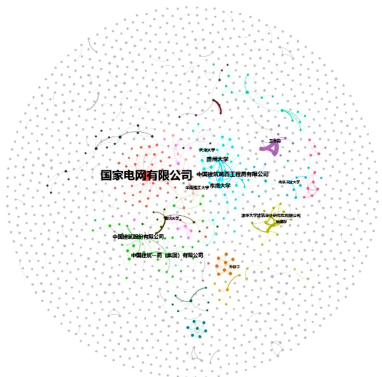


图 8 2013—2021 年我国绿色建筑专利合作网络
Fig.8 China's green building patent cooperation network
from 2013 to 2021

五、结论及建议

本文基于社会网络法分析法,以绿色建筑专利整体发展情况为背景,从整体网络拓扑结构、小世界特性、无标度网络、凝聚子群、中心性等方面对绿色建筑专利合作网络结构特征和演化进行研究,得出以下结论并提出建议。

(一) 结论

第一,从专利整体发展情况看,我国绿色建筑发明专利申请量逐年增长;专利地域分布存在较大差异,江苏省在专利申请数量及专利技术布局广度上都处于领先地位。各省市申请专利授权比例低,大量申请专利不能通过审查且受到法律保护,容易造成资源浪费。专利技术布局上,目前我国绿色建筑专利技术集中度较高,多集中于装配式建筑和绿色建材研究,各个创新主体已开始关注能源转化、建筑物绿色生态、空气调节、墙体保温、BIM 等领域,并取得了一定成果,这一变化符合最新的《绿色建筑评价标准》。

第二,从专利合作网络整体特征看,我国绿色建筑合作专利申请量整体呈上涨趋势,但合作比例呈波动状态,合作创新规模仍有较大提升空间。目前形成的专利合作网络密度极低,大部分节点

间连接关系以弱连接为主,合作频率不高。整体合作网络具有小世界网络和无标度网络的特性。多数创新主体只有一到两位合作人,只有部分创新主体聚集形成了较为紧密的凝聚子群。以贵州大学和中国建筑第四工程局有限公司为核心、以国家电网有限公司为核心等大规模子群中,部分企业会采取产学研合作模式,与高校、科研院所进行资源交换、优势互补,进行合作研发。

第三,从专利合作网络演化特征看,经过漫长的萌芽期后,我国绿色建筑专利合作网络规模不断扩大,密度逐渐降低且一直处于低水平,逐步出现具有一定规模的凝聚子群,从个人合作向企业间合作以及产学研合作模式转变。除了传统建筑企业,以国家电网有限公司为首的能源企业也加入到了绿色建筑合作网络中,丰富了绿色建筑专利研究主题,扩展了绿色建筑专利技术布局。

(二) 建议

我国绿色建筑仍然处于发展阶段,专利合作网络处于初级阶段,需要进一步优化,基于上述分析和结论,提出以下促进我国绿色建筑专利合作的建议。

第一,从政府角度,政府应该持续关注绿色建筑发展情况,并在其中发挥重要推动作用。首先,从研发资金、平台以及法律法规上对绿色建筑研发和成果转化提供政策支持。如部分省份已经建立了建筑企业技术中心信息化平台,把绿色建筑专利申请数量纳入评审指标,促使企业提高自身专利研发或向外寻求专利合作的积极性。其次,鼓励并支持加大产学研用合作力度。目前形成的合作网络中,针对高校和科研院所参与度较低且科研院所边缘化的问题,应当鼓励高校与科研院所以市场为导向,构建产学研用密切交流合作平台,完善产学研用合作机制。再次,专利申请数量较少的地区需重点培育本地区合作网络的核心创新主体和关键节点,带动当地绿色建筑专利发展。最后,各地政府应因地制宜,更有侧重地推动区域绿色建筑专利技术研发,如北方城市可以更注重节能供暖技术研究,南方城市更注重改善建筑物热性能技术研究等。

第二,从创新主体角度,首先要强化现有合作关系,提升合作频率,其次要突破现有网络合作关系束缚,与网络外节点进行合作,增加网络密度和连通性。在合作对象选择上,可以关注网络中的

核心节点,如国家电网有限公司、中国建筑第四工程局有限公司、贵州大学、东南大学、清华大学建筑设计研究院有限公司等。在关注核心节点的同时,也要打破行业壁垒,鼓励建筑行业创新主体与其他行业如能源行业、信息行业等创新主体强强联合,有效整合资源,实现绿色建筑专利技术突破,快速推动专利技术成果更好更快地应用于绿色建筑实践。

参考文献:

[1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告(2022年10月16日)[M]. 北京:人民出版社,2022:47.

[2] 张凯,陆玉梅,陆海曙. 双碳目标背景下我国绿色建筑高质量发展对策研究[J]. 建筑经济,2022,43(3):14-20.

[3] 住房和城乡建设部关于印发“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划的通知[EB/OL]. (2022-03-01)[2023-11-08]. https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/zhengce/zhengcefilelib/202203/20220311_765109.html.

[4] 郑媛,裘知,王竹. 基于江南“气候-地貌”特征的绿色建筑营建策略与技术路径研究[J]. 建筑学报,2022(S1):11-17.

[5] 嵇晓雷,杨国平. 绿色建筑技术在既有建筑改造中的应用研究[J]. 现代城市研究,2020,35(8):104-107.

[6] 冯国会,徐小龙,吴珊,等. 近零能耗建筑技术体系在严寒地区的实践研究[J]. 建筑科学,2017,33(6):15-20.

[7] 杨中杰,张飞涟,刘尚,等. 企业绿色建筑技术集成创新作用机理实证研究[J]. 铁道科学与工程学报,2020,17(6):1603-1610.

[8] 何培育,刘艳文. 我国智能网联汽车产业专利合作网络结构及演化研究[J]. 世界科技研究与发展,2022,44(5):678-690.

[9] 程丹亚,曾刚. 本地—跨界视角下长三角区域绿色技术创新网络结构特征研究[J]. 人文地理,2023,38(5):79-87.

[10] 王守文,赵敏,章杰嘉,等. 长三角城市群科技创新合作的空间关联网络特征及影响因素分析[J]. 统计与决策,2023,39(9):91-96.

[11] 贾俊生,伦晓波,林树. 金融发展、微观企业创新产出与经济增长:基于上市公司专利视角的实证分析[J]. 金融研究,2017(1):99-113.

[12] 李春燕. 基于专利信息分析的技术生命周期判断方法[J]. 现代情报,2012,32(2):98-101.

[13] 范丽娜. 中国内地专利的空间分布及其影响因素分析[J]. 北京师范大学学报(社会科学版),2005(2):138-145.

[14] 华连连,张涛嘉,王建国,等. 我国生态修复专利产业布局与技术创新演化研究[J]. 科学管理研究,2021,39(5):79-86.

[15] 中共中央 国务院印发《国家创新驱动发展战略纲要》[EB/OL]. (2016-05-19)[2023-11-22]. https://www.gov.cn/zhengce/2016-05/19/content_5074812.htm.

[16] 中共中央办公厅 国务院办公厅印发《关于推动城乡建设绿色发展的意见》[EB/OL]. (2021-10-21)[2023-11-28]. https://www.gov.cn/zhengce/2021-10/21/content_5644083.htm.

[17] 游达明,刘诗. 深圳产学研专利合作网络演化分析及启示[J]. 科技管理研究,2022,42(17):166-172.

[18] 梁辰,徐健. 社会网络可视化的技术方法与工具研究[J]. 现代图书情报技术,2012(5):7-15.

[19] 方锦清,汪小帆,郑志刚,等. 一门崭新的交叉科学:网络科学(上)[J]. 物理学进展,2007,27(3):239-343.

[20] ALBERT R, BARABÁSI A L. Statistical mechanics of complex networks[J]. Reviews of Modern Physics,2002,74(1):47-97.

[21] VALVERDE S, CANCHO R F, SOLÉ R V. Scale-free networks from optimal design[J]. Europhysics Letters (EPL),2002,60(4):512-517.

[22] 张古鹏. 小世界创新网络动态演化及其效应研究[J]. 管理科学学报,2015,18(6):15-29.

[23] 周涛,柏文洁,汪秉宏,等. 复杂网络研究概述[J]. 物理,2005,34(1):31-36.

[24] 朱庆华,李亮. 社会网络分析法及其在情报学中的应用[J]. 情报理论与实践,2008,31(2):179-183,174.

[25] 刘明信,李丹丹,李荣,等. 专利视阈下产业技术创新合作网络演化分析:以肿瘤疫苗为例[J]. 图书情报工作,2022,66(9):117-127.

(责任编辑:王圆圆)