

国内装配式建筑研究热点与演进趋势

——基于 CiteSpace 的可视化分析

王 会¹, 方金强¹, 张 兵^{1,2}

(1. 连云港职业技术学院 建筑工程学院, 江苏 连云港 222000; 2. 上海大学 机电工程与自动化学院, 上海 200444)

摘要:为全面了解装配式建筑研究的现状,掌握装配式建筑研究的热点和前沿趋势,以 2010—2020 年 CNKI 收录的与装配式建筑研究相关的核心期刊文献为数据源,利用 CiteSpace 可视化网络工具,分别从发文时间分布、空间分布、作者合作共现以及研究热点、前沿主题等方面进行知识图谱分析。结果表明:文献统计上,国内装配式研究年发文量呈现递增态势,《建筑结构》《建筑经济》《混凝土》是发表装配式建筑文献较多的核心期刊;在研究机构和作者空间分布上,沈阳建筑大学、西安建筑科技大学和武汉理工大学等机构以及来自这些机构的高产学者共同组成了装配式建筑的核心研究力量;在研究热点上,BIM 技术、深化设计、抗震性能、建筑工业化以及 EPC 模式是现有研究的核心;装配式建筑研究演进发展历程主要分为缓慢发展和快速发展两阶段,研究前沿主要包括 BIM 技术、产业化、预制构件、模块化以及综合评价。研究成果可为装配式建筑的后续发展提供参考,也为学科领域的热点和前沿分析提供借鉴。

关键词:装配式建筑;CiteSpace;知识图谱;研究热点;可视化

中图分类号:TU741 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2022)05-0208-10

装配式建筑相对传统建筑,在施工效率、施工品质、节能环保以及可持续发展等方面具有较大优势,近年来受到建筑行业高度重视。2016—2018 年,国务院办公厅陆续发布了一系列关于大力发展装配式建筑的指导意见。在国家政策的导引下,装配式建筑已成为当前建筑产业转型升级、提质增效的方向标,在学术界也成了众多学者关注的焦点,相关的应用研究成果不断涌现。在装配式设计研究方面,马立等^[1]、吴睿骁等^[2]、滕岩等^[3]以某工程为背景,提出了装配式建筑“少规格,多组合”的设计原则,强调构件的标准化、模数化设计的重要性,归纳总结了装配式结构目前存在拆分设计深度不够、设计不合理等若干问题,为装配式结构的合理设计提供了思路和借鉴。在装配式建筑成本研究方面,李丽红等^[4]以沈阳某装配式项目为例,通过分析影响装配式与现浇式项目成本差异的因素,提出通过管理和技术措施解决成本问题。贾宏俊等^[5]运用 AHP 法分析装配式项目的成本影响因素

和成本管理问题,提出基于关键影响因素从企业角度控制成本的对策建议。在装配式建筑 BIM 应用研究方面,张红霞^[6]、董苏然等^[7]、徐照等^[8]结合具体工程案例,探讨了 BIM 技术在装配式建筑深化设计、工业化施工以及全生命周期信息化集成管理应用,通过应用 BIM 使装配式项目的设计方案得到合理优化,大大降低了施工成本,提高施工质量和施工效率。

综观现有的研究成果,有关装配式建筑的研究内容分布广泛,工程应用也创造了较高的效益,形成了较为完善的装配式理论体系并开发了诸多应用,但相关结合定性和定量的从知识图谱视角研究装配式建筑发展脉络和发展趋势的文献较少。基于此,以中国知网(CNKI)数据库为基础,检索 2010—2020 年关于装配式建筑研究的期刊文献,运用 CiteSpace 软件对文献从发文数量分布、文献作者、发文机构、期刊分布以及研究热点等方面进行可视化图谱分析,梳理了装配式建筑研究的主要内

收稿日期:2022-01-20

基金项目:国家自然科学基金(51577112);江苏省高等学校自然科学研究项目(21KJD420001);2021 年江苏省大学生创新创业训练计划项目(202111050010Y);江苏高校“青蓝工程”资助项目(苏教师函[2021]11 号)。

作者简介:王会(1982—),男,湖北天门人,连云港职业技术学院建筑工程学院,副教授,硕士,研究方向为装配式建筑、BIM 技术应用。

容和演进趋势,以期为国内装配式建筑的研究和发展提供建议。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究方法

采用文献计量学和社交网络分析方法进行研究。文献计量学是以文献为研究对象,采用统计学、文献学的方法,研究和探讨某一学术领域发展脉络、研究热点以及未来的研究趋势^[9]。社交网络知识图谱分析是描述知识资源,绘制、挖掘和分析科学知识之间相互联系的一种可视化研究方法,其有利于促进学科间深入开展合作,推动多学科融合发展^[10],有助于新知识的产生^[11]。

借助陈超美开发的 CiteSpace 可视化分析软件^[12],以 CNKI 期刊文献为基础数据,通过对装配式建筑相关文献的作者、机构、关键词等进行合作网络和共现分析,绘制一系列相关知识图谱,分析研究内容之间的联系和相互影响,可视化地直观展示装配式建筑的演进路径,探测可视化研究热点与发展趋势。

1.2 数据来源

为保证数据研究的时效性、准确性以及代表性,采用国内最大的中文期刊数据库 CNKI 作为文献检索来源,在高级检索框中输入主题为“装配式建筑”的关键词,设置检索的时间范围为 2010—2020 年,文献的来源选择 SCI、EI、CSSCI、CSCD 以及北大核心期刊,检索日期截止至 2021 年 10 月 6 日。共检索得到 548 篇相关文献,通过进一步筛选、数据清洗除重,除去会议论文、征稿通知、广告以及与装配式研究不相关的文献,最终得到有效文献 474 篇,见表 1。

表 1 数据收集及处理结果

数据类型	处理结果
文献数据来源	中国知网
检索词	主题=“装配式建筑”
文献来源类别	SCI、EI、CSCD、CSSCI 以及北大核心期刊
语言类别	中文
时间范围	2010—2020 年
文献检索数量	548 篇
有效文献数量	474 篇

2 基础数据时空分布

2.1 发文时间分布

运用文献计量学方法对 2010—2020 年中国知网收录的装配式建筑研究核心文献发表情况进行统计分析,结果如图 1 所示。

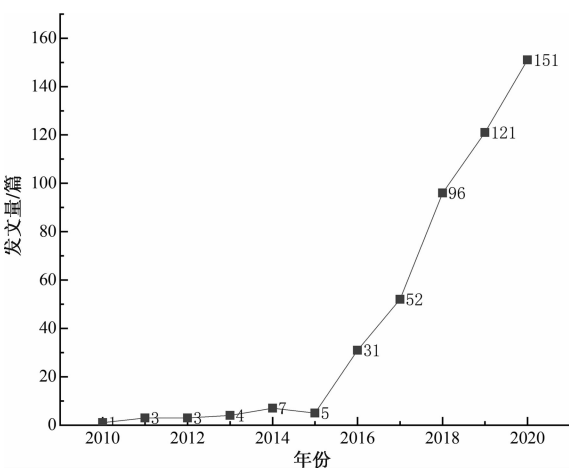


图 1 装配式建筑研究发文量时间分布

根据图 1 可知,装配式建筑应用研究成果主要分为两个阶段:缓慢发展阶段和快速发展阶段。2010—2015 年,装配式建筑研究处于缓慢发展阶段,此时间段内每年发表文献数量均少于 10 篇,其中 2014 年发表最多,为 7 篇,2010 年仅发表 1 篇;2016—2020 年,装配式建筑研究处于快速发展阶段,从 2016 年开始每年装配式建筑的核心文献发表数量呈井喷式增长,年度发文量依次为 2016 (31 篇)、2017 (52 篇)、2018 (96 篇) 和 2019 (121 篇),其中 2020 年为研究年限内发表文献最多的年份,发表数量为 151 篇,该时期内装配式研究成果发表较多的主要原因是 2016—2018 年国家针对装配式建筑的发展出台了相应法律法规和行业指导标准,如 2016 年 9 月国务院办公厅印发《关于大力发展装配式建筑的指导意见》,2017 年 3 月发布的《“十三五”装配式建筑行动方案》,以及 2018 年 6 月 1 日起实施的《装配式住宅建筑设计标准》等一系列政策文件,旨在推动装配式技术在工程设计、施工和运行维护阶段的健康稳定发展。

总体而言,由于国家政策的引导,学术界和工程界仍将开展大量的装配式应用研究,相关的文献发表数量将持续增高,直至研究相对成熟,随后进入稳定发展期。目前国内装配式建筑研究正处于发展迅猛期,研究前景广阔,还有较大发展潜力,是未来建筑行业持续关注的研究热点。

2.2 空间分布

2.2.1 发文核心作者分布

发文作者是学科领域研究的主体,其核心作者是推动学科研究发展与创新的关键力量。通过对作者及其合作网络图谱分析,可以有效识别某研究的核心作者群,并深入挖掘其合作关系,从而深层

次探讨该领域研究程度、研究现状与发展脉络。国内装配式建筑研究领域作者合作网络知识图谱如图 2 所示,共现网络节点 $N=484$,边数 $E=722$,网络密度 $Density=0.006$,说明在节点和节点连线数量较多的情况下,发文作者合作网络知识图谱密度不高。

根据普赖斯定律确定装配式研究的核心作者,并对核心作者的发文量进行统计分析^[13]。普赖斯公式为

$$m = 0.749 \times \sqrt{n_{\max}} \tag{1}$$

式中: $n_{\max}$ 为作者中发表最多的论文数; m 为核心作

者最低发文数。

通过发文作者的文献统计数据可知,发表装配式建筑文献最多的作者为陈伟,发文数量为 11 篇,计算 $m=2.484$,即发表文献数 3 篇及以上的作者为该研究领域的核心作者。经过文献计量学统计可知:核心作者共计 31 位,共发表 115 篇,而普赖斯定律认为,研究领域 50% 以上的论文应由“核心作者群体”完成,研究总文献量为 474 篇,核心作者群体发文量约占总发文数量的 24.3%,远没有达到普赖斯定律的认证标准,因此,核心作者群体还应在装配式领域继续深入拓展研究。

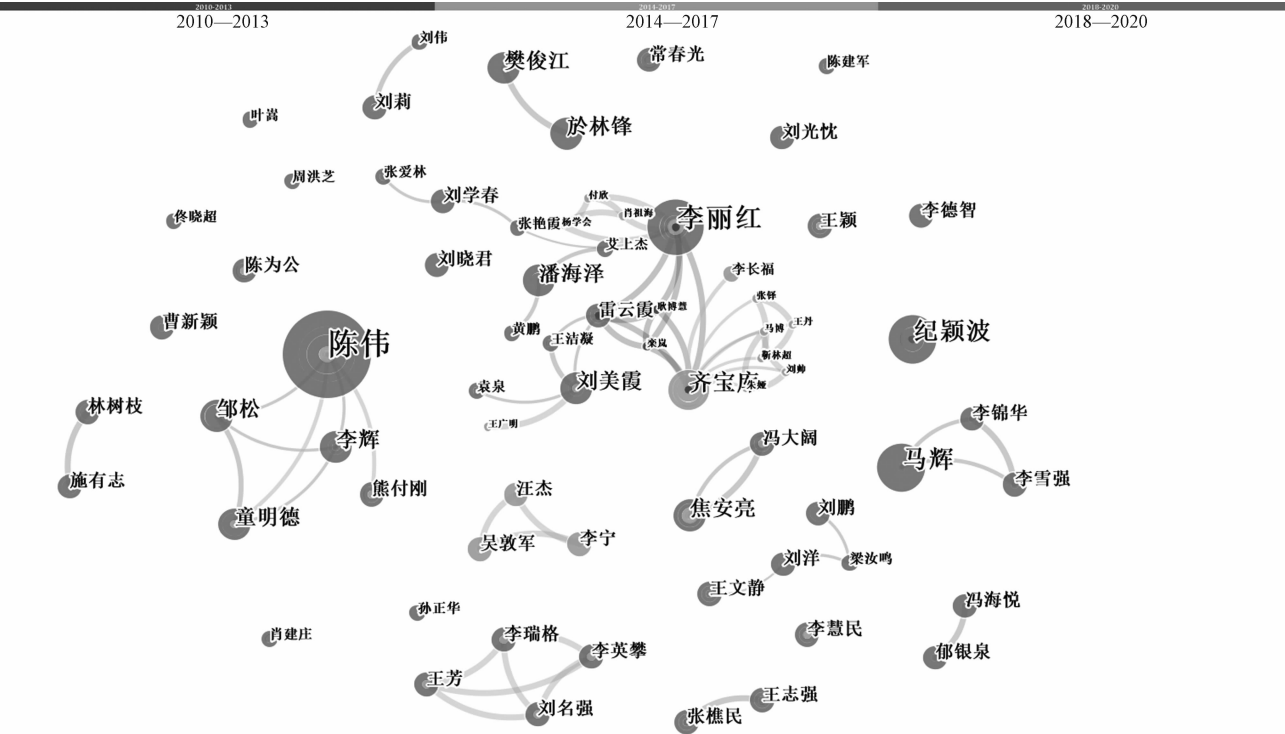


图 2 装配式建筑研究作者合作网络图谱

表 2 为共现频次前 10 名的作者,通过作者发文量和共现频次可知装配式建筑的核心研究作者发文量为陈伟(11 篇)、李丽红(7 篇)、马辉(6 篇)、纪颖波(6 篇)、齐宝库(5 篇),其次是樊俊江、潘海洋、於林锋、汪杰和王芳等,共现频次均在 3 篇以上。从文献发表年代来看,陈伟、李丽红、齐宝库等是国内较早从事该领域研究的核心学者,其中齐宝库的研究成果主要集中在 2014—2017 年,后续未有装配式成果发表。李丽红和陈伟分别从 2013 年和 2016 年开始致力于装配式建筑的研究,一直持续至今,两位学者的成果主要集中在 2018—2020 年,发表文献分别为 5 篇和 9 篇,是近年来装配式研究的主要贡献者。根据作者合作网络图谱(图 2)来看,部分文

献作者形成了 6 个相对较大的紧密合作研究团队,其中以武汉理工大学陈伟和孙翔君为核心的团队是

表 2 装配式建筑研究核心作者发文量统计与排名(Top10)

排序	作者	作者单位	发文量/篇
1	陈伟	武汉理工大学	11
2	李丽红	沈阳建筑大学	7
3	马辉	天津城建大学	6
4	纪颖波	北方工业大学	6
5	齐宝库	沈阳建筑大学	5
6	樊俊江	上海市建筑科学研究院	4
7	潘海洋	西南石油大学	4
8	於林锋	上海市建筑科学研究院	4
9	汪杰	南京长江都市建筑设计公司	3
10	王芳	中建三局	3

最大的研究团队,其次是沈阳建筑大学的李丽红和齐宝库团队,北方工业大学的纪颖波、姚福义和张祺团队,天津城建大学经济与管理学院的马辉、李锦华和李雪强团队,西南石油大学的潘海泽和重庆大学管理科学与房地产学院罗思雨团队,企业单位代表为上海市建筑科学研究院的樊俊江和於林锋团队。尽管团队内成员开展了大量合作,取得了较为丰富的成果,但由于团队之间研究的方向不同,使得相互之间的交流合作较少,缺少一些创新性研究成果。为促进装配式研究的创新以及多学科融合发展,需要各团队和各方向研究人员深入交流、

广泛开展合作。

2.2.2 发文核心机构分布分析

装配式建筑研究机构合作网络图谱如图 3 所示,共现节点数量 $N=218$,连线边数 $E=127$,网络密度 $Density=0.0054$,网络节点数量较多,但节点连线的数量和密度都较小,说明装配式建筑研究的发文机构尽管较多,但相互联系不足,合作相对较高的核心研究机构主要以沈阳建筑大学、中国建筑科学研究院、西安建筑科技大学和武汉理工大学等机构开展的合作,其他高校和科研机构的合作均较为薄弱。表 3 是发文超过 8 篇及以上的主要机构发文情况。

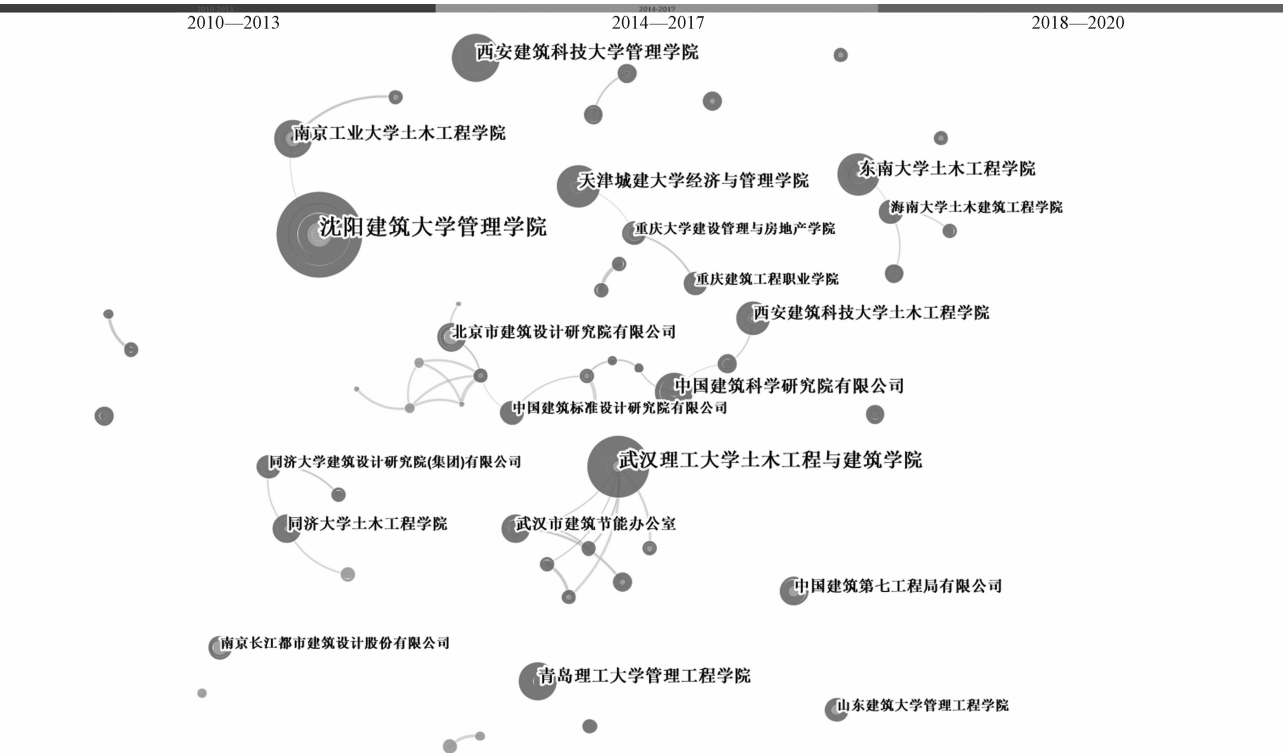


图 3 装配式建筑研究机构合作网络图谱

表 3 主要机构发文情况 (Top11)

排序	机构名称	发文量/篇	初始年份
1	沈阳建筑大学	27	2012
2	西安建筑科技大学	21	2017
3	武汉理工大学	18	2016
4	同济大学	17	2015
5	青岛理工大学	14	2017
6	重庆大学	12	2016
7	东南大学	11	2017
8	南京工业大学	10	2011
9	天津城建大学	9	2018
10	北京建筑大学	8	2016
11	中国建筑科学研究院	8	2016

通过图 3 和表 3 分析可知,发文机构主要集中在国内的高等院校及其二级组织,成果较多的高校

主要为沈阳建筑大学(27 篇)、西安建筑科技大学(21 篇)、武汉理工大学(18 篇),其中南京工业大学和沈阳建筑大学是国内较早开始装配式研究的高校代表,分别于 2011 年和 2012 年开始该领域研究,且研究一直持续至今;而企业、研究院所发文机构方面,只有中国建筑科学研究院发文 8 篇,位列 11 位。个别大型企业和研究所虽有参与,但参与的企业数量较少,研究应用不多。在校企合作方面,武汉理工大学和武汉市建筑节能办公室、中建三局,以及西安建筑科技大学和中国建筑科学研究院开展了较为紧密的交流合作。同时部分高校之间也进行了合作交流,如沈阳建筑大学与南京工业大学,重庆大学与天津城建大学开展大量的合作研

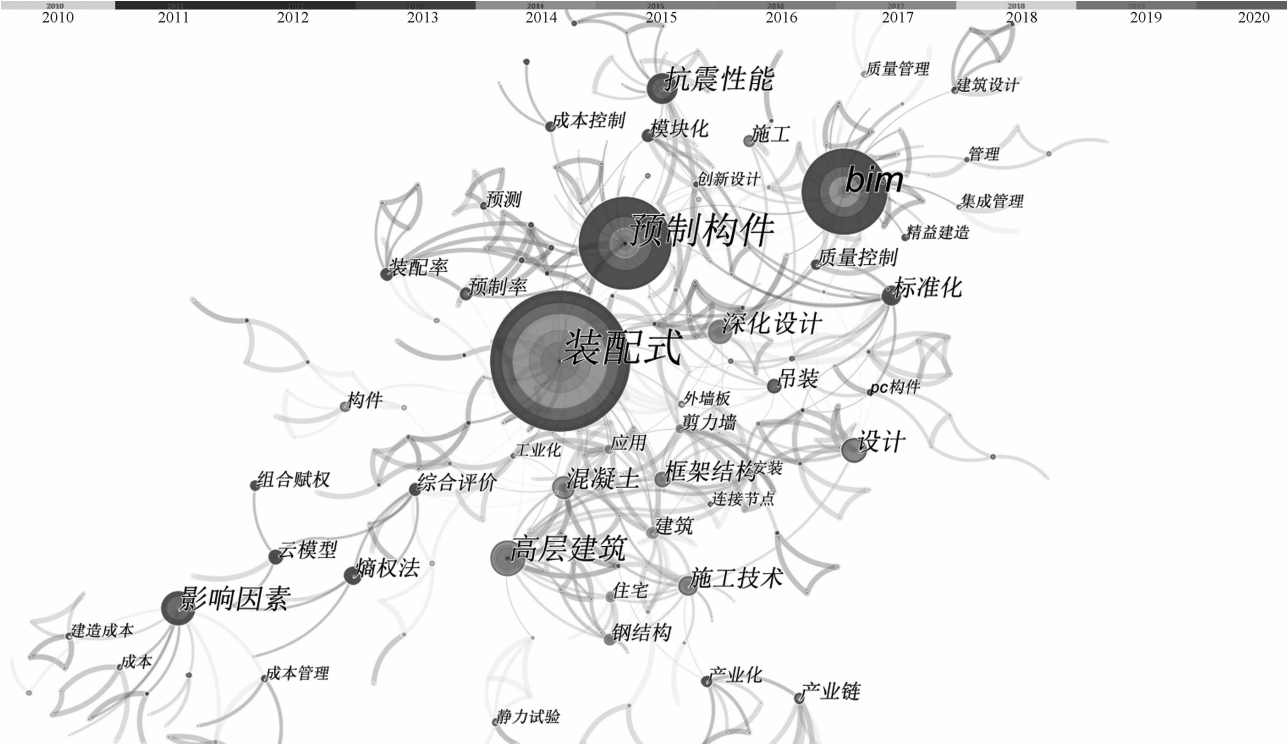


图 5 装配式建筑关键词共献网络图

表 4 装配式建筑研究高频关键词 (Top30)

序号	关键词	频次	中心性	序号	关键词	频次	中心性
1	装配式建筑	305	0.69	16	预制装配式	7	0.09
2	装配式	43	0.20	17	EPC 模式	6	0.01
3	预制构件	30	0.44	18	混凝土建筑	6	0.02
4	BIM	27	0.20	19	熵权法	6	0.03
5	建筑工业化	20	0.17	20	标准化	6	0.05
6	建筑信息模型	14	0.14	21	设计	6	0.03
7	BIM 技术	14	0.05	22	施工技术	6	0.01
8	高层建筑	12	0.08	23	混凝土结构	5	0.03
9	影响因素	11	0.12	24	建筑	5	0.01
10	抗震性能	10	0.03	25	云模型	5	0.04
11	深化设计	8	0.03	26	剪力墙	4	0.03
12	混凝土	8	0.17	27	产业化	4	0.01
13	层次分析法	8	0.07	28	应用	4	0.03
14	装配式钢结构	7	0.01	29	装配式住宅	4	0.01
15	装配式结构	7	0.05	30	演化博弈	4	0.03

在关键词共现分析的基础上,采用 LLR 算法对关键词图谱进行聚类分析,得到聚类图谱,如图 6 所示。图谱中聚类的关键参数 Modularity Q 值为 0.744 6>0.3,表明聚类具有显著性,Mean Silhouette 值为 0.919 4>0.5,网络同质性较好,聚类匹配程度较好,即整个聚类的组成结构较为显著且聚类高效合理。

关键词图谱聚类共形成较为显著的 13 个模块,有装配式建筑(#0)、BIM(#1)、设计(#2)、预制构件(#3)、建筑工业化(#4)、装配式混凝土结构

(#5)、装配式(#6)、建筑信息模型(#7)、综合评价(#8)、生产调度(#9)、问卷调查(#10)、施工绿色度(#11)、支持向量机(#12),各聚类内部的平均轮廓值 S 在 0.826~0.973,值接近 1,表明聚类效果较好。根据关键词共现和聚类标签所研究的内容归纳分析,装配式建筑研究的热点主要包括以下 4 个方面的内容。

1)信息化技术应用。由于装配式建筑的设计、加工生产以及施工安装精细化程度要求较高,使得全过程的信息管理显示出较高的重要性,信息化技



图 6 装配式建筑研究关键词聚类图谱

术在装配式领域的应用关注度越来越高。张健等^[17]归纳了信息化技术在装配式建筑中的应用情况和应用价值,构建了基于信息化平台的装配式结构集成体系,分层推进信息化大数据、BIM 技术在装配式建筑中的应用。大数据、BIM 技术、物联网等信息化技术的应用,使得装配式建筑的结构设计更加高效合理,施工精细化更高,从而提高了各参建方的信息交互效率,实现装配式建筑项目的智能化管理和智慧建造。

2)深化设计和预制构件。在装配式项目中,深化设计至关重要,其整合了设计和生产施工信息,具有承上启下的作用。传统的设计图纸信息未能充分表达装配式项目精细化生产和施工需求。为此,近年来有关装配式项目的深化设计研究日趋重视,也是专家学者研究的热点。靳鸣等^[18]提出深化设计具有精细化、协同性等特点,以成都某装配式项目为案例引入 BIM 技术,分析 BIM 在深化设计中的应用难点,通过标准制定、软件平台开发解决应用难题,创造了较大的应用价值。李伟等^[19]以沈阳某住宅项目为例,提出了 BIM 技术在构件的预留预埋、钢筋排布、节点连接和安装模拟等深化设计中的应用,从而提高了装配式项目的设计精度、施工质量和施工效率。就这一类研究内容分析,研究热点主要集中在预制构件的深化设计、优化设计、

设计施工一体化以及和 BIM 信息化技术深度融合应用方面。

3)建筑工业化和 EPC 模式。现阶段国家大力推动建筑工业化,通过现代化的制造、运输、安装和科学管理的生产方式,实现建筑行业转型升级,提高建造效率。装配式项目在实施过程中,具有全过程信息化集成度较高的特征,较契合工程总承包模式(EPC),因此推行 EPC 模式,有利于全面发挥装配式建筑的建造优势。杨阿慧等^[20]认为装配式构件的工业化生产是装配式建筑建造的关键环节,通过对预制构件的生产工艺、加工参数、作业流程的系统分析,有助于完善生产系统,合理设计生产流水线,极大地提高了装配式建筑的建造效率。纪颖波等^[21]从企业角度出发,应用 ROI 考核体系构建了装配式建筑 EPC 模式的经济效益计算模型,为装配式建筑实施 EPC 管理模式产生的经济效益提供依据。

4)项目管理和综合评价。由于装配式建筑建造的一体化程度要求较高,对项目的管理提出了更高的要求,国内不少学者在施工管理和装配项目的综合评价方面也开展了相关研究。冯晓科^[22]分析了 BIM 在装配式项目施工管理方面的作用,通过 BIM 技术优化施工工序、进度计划和场地布置,借助 RFID 技术对装配预制构件进行信息化跟踪管

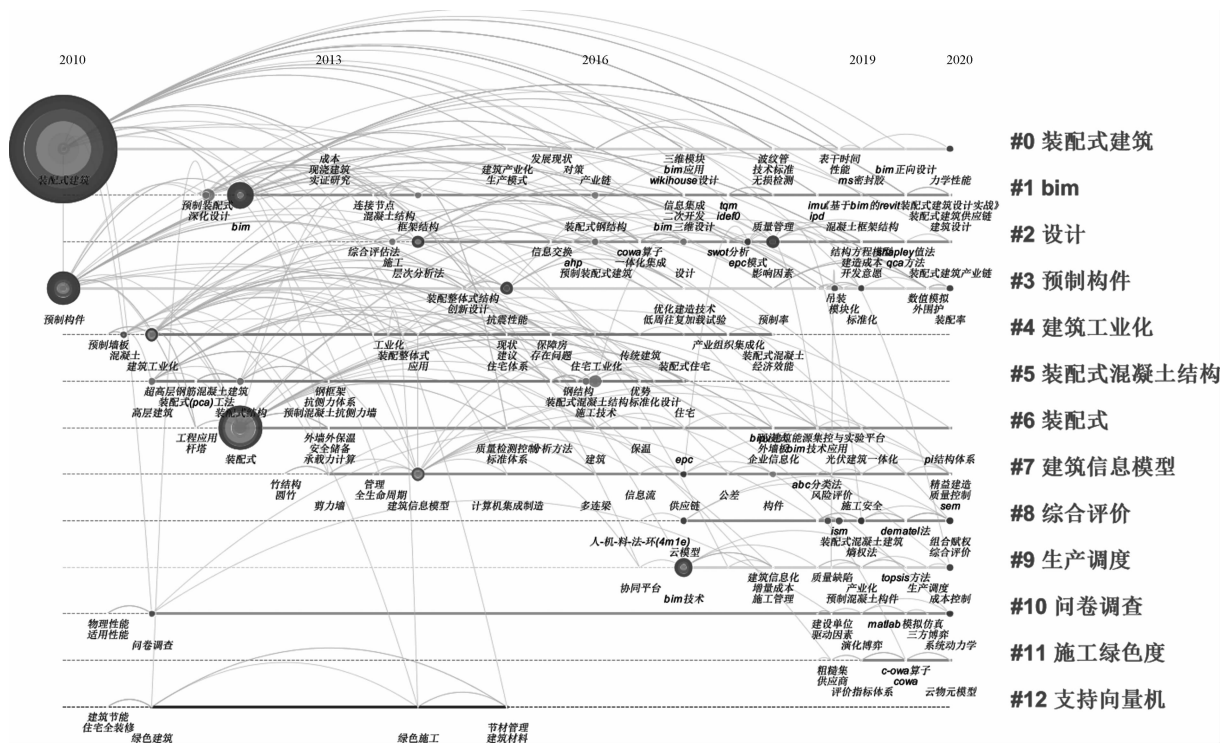


图 8 关键词共现聚类的时间轴视图

及文献分析,深化设计、施工技术、施工管理、成本控制、结构抗震和建筑材料为装配式建筑的主要研究领域。

2)从研究团队及科研机构看,陈伟、李丽红、马辉、纪颖波和齐宝库等学者研究成果较多,已形成了 6 个较大的紧密合作研究团队,但跨团队之间的合作并不显著。其中高校中武汉理工大学的陈伟和孙翔君为核心研究团队是最大的团队,企业中有代表性是上海市建筑科学研究所的樊俊江和於林锋团队,但团队之间缺乏广泛交流和深入开展合作。主要研究机构中,以中国建筑科学研究院、沈阳建筑大学、西安建筑科技大学和武汉理工大学等机构开展的合作相对较高,其他机构合作程度均较浅,研究力量分布不均衡。

3)通过关键词共现图谱与词频统计分析得出,研究热点除了“装配式建筑”装配式“预制构件”等紧密相关的关键词外,高频词还包括“BIM 技术”“建筑工业化”“建筑信息模型”等,现阶段研究热点主要集中在深化设计、抗震性能以及工程总承包 EPC 模式等研究内容。根据聚类分析共形成较为显著 13 个模块,分析归纳整理得出装配式建筑研究主要包括信息化技术、深化设计与预制构件、建筑工业化与 EPC 模式、施工管理与综合评价等四大方面的内容。

4)通过突现词和时间线图谱分析可知,近 10 年装配式建筑研究演进方向分为 13 个领域,主要发展历程为发展缓慢阶段(2010—2015 年)、快速发展阶段(2016—2020 年)。根据突现词分析,了解了装配式建筑的研究历程中的突现主题及其转换,也探测到近期的研究前沿问题是 BIM 技术、产业化、预制构件、模块化以及综合评价。

综合上述研究可知,国内装配式建筑研究正处于快速发展阶段,未来将有较大的创新发展研究空间,后续的装配式研究建议从以下 3 个方面进行关注:一是对预制构件的混凝土材料性能改良及其规律研究;二是关于装配式建筑抗震性能、绿色节能与可持续耐久性等实证性研究;三是从装配式建筑的全过程、全阶段以及全寿命周期视角进行协同性研究。

参考文献

[1] 马立,周典,贾建东. 西安交通大学人居学院科研楼装配式建筑设计优化[J]. 工业建筑,2019,49(4):200-205,179.

[2] 吴睿骁,王磊,刘士英,等. 装配式建筑设计中若干问题讨论[J]. 建筑结构,2019,49(S1):878-880.

[3] 滕岩,王艳艳,李志光,等. 装配式混凝土建筑水平构件的深化设计及应用[J]. 建筑技术,2017,48(10):1085-1087.

[4] 李丽红,肖祖海,付欣,等. 装配整体式建筑土建工程成本分析[J]. 建筑经济,2014,35(11):63-67.

[5] 贾宏俊,许云萍. 基于 AHP 的装配式建筑成本管理研究[J]. 建筑经济,2018,39(7):79-83.

[6] 张红霞. 装配式住宅全生命周期经济性分析[D]. 泰安:山东农业大学,2013.

[7] 董苏然,许晓文,付素娟. BIM 技术在装配式建筑设计中的应用实践[J]. 建设科技,2017(3):37-39.

[8] 徐照,占鑫奎,张星. BIM 技术在装配式建筑预制构件生产阶段的应用[J]. 图学学报,2018,39(6):1148-1155.

[9] 张妮,王婧媛. 基于 CiteSpace 的知识图谱国内外研究热点分析与趋势展望[J]. 情报资料工作,2017(3):33-41.

[10] 陈悦,陈超美,刘则渊,等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究,2015,33(2):242-253.

[11] 柴彦. 基于共词聚类分析方法的知识管理国内研究综评[J]. 情报科学,2015,33(4):149-153.

[12] 郭晓剑,胡欢. 基于 CiteSpace 的我国建筑信息化知识图谱构建和分析[J]. 土木工程与管理学报,2020,37(6):44-51.

[13] 苏义坤,曹丽斐,张智博,等. 我国装配式建筑领域研究综述及发展态势分析[J]. 建筑技术,2018,49(12):1248-1256.

[14] 王传林. 基于文献计量学法的 BIM 热点与趋势研究[J]. 土木建筑工程信息技术,2020,12(5):14-19.

[15] 韦海民,贺广学. 基于 CNKI 的地下综合管廊研究文献计量分析[J]. 土木工程与管理学报,2019,36(5):81-89.

[16] 高成,赵学鑫,高世昌,等. BIM 技术在中国建筑工程施工中的应用研究[J]. 钢结构,2016,31(6):88-91.

[17] 张健,陶丰桦,苏涛永. 基于 BIM 技术的装配式建筑集成体系研究[J]. 建筑科学,2018,34(1):97-102,129.

[18] 靳鸣,方长建,李春蝶. BIM 技术在装配式建筑深化设计中的应用研究[J]. 施工技术,2017,46(16):53-57.

[19] 李伟,程琳,何晓宇. BIM 技术在装配式混凝土结构深化设计中的应用[J]. 土木建筑工程信息技术,2020,12(4):1-9.

[20] 杨阿慧,尹静,徐畅,等. 装配式混凝土结构工业化生产系统规划与仿真[J]. 混凝土,2020(11):108-111.

[21] 纪颖波,姚福义,张祺,等. 装配式建筑设计采购施工总承包企业信息化经济效益计算模型[J]. 科技管理研究,2018,38(8):231-237.

[22] 冯晓科. BIM 技术在装配式建筑施工管理中的应用研究[J]. 建筑结构,2018,48(S1):663-668.

[23] 陈伟,付杰,熊付刚,等. 装配式建筑工程施工安全灰色聚类测评模型[J]. 中国安全科学学报,2016,26(11):70-75.

[24] 王秋红,郭凤娟. 房屋建筑装配式混凝土结构的经济分析[J]. 混凝土,2018(4):125-129,133.

[25] 周颂文,庞博,潘玉华,等. 基于 BIM 期刊文献的研究热点与趋势演化分析[J]. 土木建筑工程信息技术,2020,12(3):8-15.

[26] 罗海艳,颜军,蒋连接. 基于 BIM 的建筑装配式钢结构抗震性能检测系统设计[J]. 现代电子技术,2018,41(19):108-112.

[27] 陈磊,李红霞. 中国煤矿安全评价知识图谱:基于 CiteSpace V 的可视化分析[J]. 科学技术与工程,2020,20(28):11678-11684.

[28] 邓伟,夏正洪. 基于科学知识图谱的应急救援研究可视化分析[J]. 科学技术与工程,2020,20(19):7573-7578.

[29] 赖华辉,侯铁,钟祖良,等. 基于知识图谱的国内 IFC 研究综述[J]. 土木工程与管理学报,2020,37(3):96-102.

Domestic Prefabricated Building Research Hotspot and Evolution Trend:

Visual analysis based on CiteSpace

WANG Hui¹, FANG Jinqiang¹, ZHANG Bing^{1,2}

(1. School of Civil Engineering, Lianyungang Technical College, Lianyungang Jiangsu 222000, China;
2. School of Mechatronic Engineering and Automation, Shanghai University, Shanghai 200444, China)

Abstract: In order to fully understand the status quo of research on prefabricated buildings, and the hotspots and frontier trends of research on prefabricated buildings are grasped, taking the core journal documents related to the research of prefabricated buildings collected by CNKI from 2010 to 2020 as the data source, and using CiteSpace visualization network tools, the knowledge graph analysis is carried out from the aspects of time distribution, space cooperation, author cooperation, hotspots, and cutting-edge topics. The results show that: in terms of literature statistics, the annual volume of prefabricated research has shown an increasing trend. *Building structure*, *building economics*, and *concrete* are the core journals that publish more prefabricated building literature. In terms of research institutions and authors, Shenyang Jianzhu University, Xi'an University of Architecture and Technology, Wuhan University of Technology and other institutions, as well as highly productive scholars from these institutions, form the core research force of prefabricated buildings. In terms of research hotspots, BIM technology, deepening design, seismic performance, building industrialization and EPC mode are the core of existing research. The evolution and development process of prefabricated building research is mainly divided into two stages: slow development and rapid development. The frontiers of research mainly include BIM technology, industrialization, prefabricated components, modularization and comprehensive evaluation. The research results can provide reference for the development of prefabricated buildings, it also provides reference for the hotspots and frontier analysis in the subject field.

Keywords: prefabricated building; CiteSpace; knowledge graph; research hotspot; visualization