引用格式：周汝赟，庄惟敏．绿色建筑与BIM技术融合研究的Citespace可视化分析[J]．工业建筑，2026，56(1)：195-201．ZHOU Ruyun，ZHUANG Weimin. Visualization of Green Building and BIM Technology Integration Research Using Citespace[J]. Industrial Construction，2026，56(1)：195-201 (in Chinese)．DOI：10.3724/j.gyjzG25121602

绿色建筑与BIM技术融合研究的Citespace可视化分析*

周汝赟[1]　庄惟敏[1,2,3]

（1. 清华大学建筑学院，北京　100084；2. 中国工程院，北京　100088；3. 清华大学建筑设计研究院，北京　100084）

摘　要　绿色建筑与BIM技术融合已成为建筑领域的重要发展趋势。现阶段在二者融合发展方向已有相当数量的研究与应用，但其相关研究的综述与发展趋势预测的系统性研究较为空白。为考察绿色建筑与BIM技术结合近10年研究热点与发展趋势，以CNKI核心期刊数据为数据来源，对2015—2024年研究数据进行分析，通过Citespace统计工具对绿色建筑与BIM技术融合研究现状、发展阶段、热点及未来演进趋势进行归纳总结，最终确定5个研究热点：绿色施工、装配式建筑、建筑设计、全生命周期和建筑节能，进一步总结为4个核心研究主题：智慧技术、低碳节能、建造施工与管理评价。基于上述分析，对技术、低碳以及施工管理体系进行合理化建议，以期为该领域的纵深研究提供系统的知识图谱参考与实践路径启示。

关键词　绿色建筑；BIM技术；Citespace；文献计量学

Visualization of Green Building and BIM Technology Integration Research Using Citespace

ZHOU Ruyun[1]　ZHUANG Weimin[1,2,3]

(1. *School of Architecture*, *Tsinghua University*, *Beijing* 100084, *China*; 2. *Chinese Academy of Engineering*, *Beijing* 100088, *China*; 3. *Architectural Design and Research Institute of Tsinghua University*, *Beijing* 100084, *China*)

Abstract: The integration with Building Information Modeling (BIM) technology has emerged as a significant development trend in the field of green building. While a considerable number of studies and applications have emerged in this interdisciplinary direction, systematic reviews and trend predictions in this field remain relatively scarce. To investigate the research hotspots and developmental trajectories of green building in combination with BIM technology over the past decade, this study analyzed research data from 2015 to 2024 sourced from CNKI core journals. With the aid of the analysis tool Citespace, this study summarized the current state, development stages, hot spots, and future evolutionary trends of the integration of green building and BIM technology. Five research hot spots were identified: green construction, prefabricated construction, architectural design, the whole-life cycle, and building energy efficiency. Furthermore, four core research themes were summarized as smart technology, low-carbon energy efficiency, construction, and management evaluation. Based on the analysis, recommendations were proposed for technical, low-carbon, and construction management systems, aiming to provide systematic knowledge mapping reference and practical pathway insights for in-depth research in this field.

Keywords: green building; BIM technology; Citespace; bibliometrics

* 国家自然科学基金重大项目(52394225)。

第一作者：周汝赟，博士，主要从事绿色建筑设计及理论研究，zhou-ry24@tsinghua.edu.cn。

通信作者：庄惟敏，教授，主要从事建筑设计及理论研究，zhuangwm@tsinghua.edu.cn。

收稿日期：2025-12-16

© 2026 工业建筑

0 引 言

全球应对气候变化的紧迫性日益增强,国内外越来越关注各行业的碳排放减少战略[1-3]。在此背景下,全球碳排放报告指出建筑行业为主要排放源之一[4]。绿色建筑的研究与实践亟需更强的技术支撑与更系统化的理论指导,以适应时代发展需求。

促进与建筑信息模型(Building Information Modeling,BIM)技术融合发展是近年来绿色建筑领域研究热点与未来发展的重要趋势[5],BIM作为建筑信息化和数字化的核心载体,有效推动了建筑低碳化和绿色化发展[6]。通过BIM技术提供精确信息模型,有助于促进绿色建筑在优化设计、提高施工效率、降低建筑能耗等多领域的研究及应用,提高绿色建筑设计的精确性和效率。与此同时,借助BIM可以更好地实现建筑全生命周期的管理和优化,进一步推动绿色建筑标准的实施和认证,从而促进绿色建筑更广泛的应用和长远发展。

现阶段,针对绿色建筑与BIM技术融合发展应用领域的研究在国内已有一定研究基础[7],而对于我国相关研究的研究情况与趋势预测则较为空白,缺乏完善、系统的研究成果支撑。因此,本研究通过文献计量学与Citespace统计工具,以中国知网(CNKI)核心期刊为数据库,主要针对国内2015—2024年对于绿色建筑与BIM技术融合发展知识体系进行可视化分析,对研究现状、前沿热点与发展趋势进行系统化梳理与总结,为后续研究提供一定价值的科学指导与参考。

1 研究设计

1.1 数据来源

以CNKI核心期刊数据库为源,数据采集采用高级检索功能,检索式设计为:主题=(BIM技术+BIM+建筑信息模型)AND 主题=(绿色+节能+低碳+可持续)。为保证数据的时效性,以2015—2024年近10年作为研究区间(数据获取日期为2024年12月31日),对初步检索结果中的所有文献逐条进行人工手动筛选,剔除新闻、会议通知、资讯信息等弱相关文献后,最终得到3743篇有效文本数据,其中包含期刊文献3347篇,综述及其他高水平会议论文396篇。将检索结果以Refworks格式导出,导入CiteSpace 6.3.R1软件中进行数据分类处理与知识图谱可视化分析。。

1.2 研究方法

本研究采用Massafra等[8]提出的系统评价方法,结合了定量文献计量分析与定性内容分析。定量分析上采用了文献计量学分析方法,系统梳理了特定领域的学术研究现状[9-10]。运用文献计量分析技术可有效规避人工评审的主观偏差:借助CiteSpace 6.3.R1文献统计技术[11]能够对2015—2024年的有效文献数据进行系统且清晰的量化分析,并对研究的关键词频次、时序等文献计量指标进行统计。在定性分析上,通过内容分析法对文献计量分析进行补充,以降低主观偏倚,侧重于理解知识单元之间的结构关系和发展路径。研究方法既能全面覆盖研究广度,又能深入剖析其深度,有助于系统探究该领域的研究特征、热点与前沿。

2 文献分类及基础特征分析

本研究基于有效文本数据对文献数据的时序与学科分布进行数据分类,可以更好地探究BIM技术与绿色建筑融合研究的发展趋势脉络以及学科领域分布特征,为进一步深入探究该研究核心主题与热点奠定研究基础与分类依据。

2.1 时序分析

发文时序分布图展现了BIM技术与绿色建筑融合研究领域热度变化与发展趋势。图1展示了从2006年发布第1篇研究文献至2024年发表459篇的数量变化,结合整体发展趋势与实际情况,可将研究演进划分为以下3个时期:

1)“初步探索期”(2006—2009年):我国首部《公共建筑节能设计标准》于2005年7月正式实施,GB/T 50378—2006《绿色建筑评价标准》第1版于2006年发布,绿色建筑在政策主导下进入国内研究视野[12]。2)“迅速上升期”(2013—2019年):从2013年的年度发文量第1次超过100篇到2019年的451篇,发文数量以极快的趋势上升,BIM与绿色建筑研究发展进入突破期。3)“稳定增长期”(2019—2024年):研究数量在2019—2020年经历了短暂的“瓶颈期”,发文数量在2020年小幅度下降,打破了迅速增长期激增的研究热度,正式进入研究稳定期;2020—2024年保持年发文量大于400篇,并逐年稳中递进,当前仍处于热点时期。预期后续发文热度将继续稳步上升,研究强度和深度不断增加。

2015—2024年处于研究热度从“迅速上升期”到“稳定增长期”的发展阶段,不仅研究程度相对成

熟且更具有代表性，也能够反映出不同时期演变特征，可更好地进行研究发展趋势及未来预测，因而针对近 10 年的数据研究情况进行系统分析具有重要指导价值与意义。

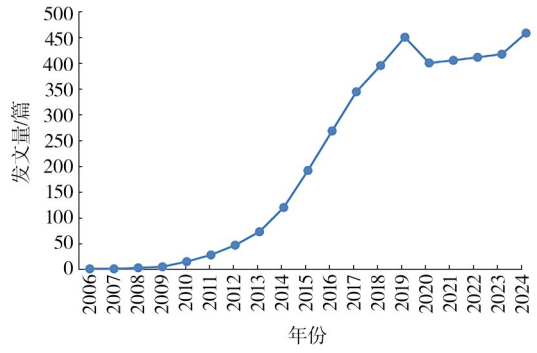


图 1　国内绿色建筑与 BIM 技术融合研究文献数量及趋势时序分布

Fig. 1　Number and trend of publications on green building and BIM technology integration in China over time

2.2　主要学科分布

基于 2015—2024 年有效研究数据进行学科分布分析，BIM 技术与绿色建筑融合发展研究呈现出多学科、跨领域、重技术的基本特征（图 2）。其中，2188 篇的文献来源于建筑科学与工程，占比 58.46%，作为研究基础在学科分布中占据最大比重；993 篇基于计算机软件与计算机应用学科的研究，占比 26.53%，说明除建筑学科本身外，“计算机技术”对于绿色建筑与 BIM 技术融合发展发挥着最为关键的指导作用；此外，291 篇文献来自工业经济，占比 7.77%，体现出绿色建筑与 BIM 技术融合发展的经济价值；其余 271 篇文献来源于其他学科，占比 7.24%，它与以上 3 个学科共同组成了研究领域学科架构。

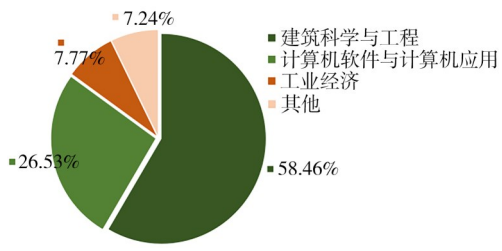


图 2　绿色建筑与 BIM 技术融合领域研究学科分布

Fig. 2　Research discipline distribution in the field of green building and BIM technology integration

3　基于 Citespace 的热点知识图谱分析

3.1　关键词共现热点分析

在文献计量分析中，关键词共现知识图谱可以有效展现特定时间段的研究热点和核心信息。在本研究共现分析中，网络共包括 584 个关键词节点，2283 条连线，网络密度为 0.0134。经去掉检索词汇“BIM”“建筑信息模型”及“绿色建筑”后，筛选高频关键词节点得到共现关键词热点知识图谱（图 3）。



图 3　高频关键词知识图谱（2015—2024 年）

Fig. 3　Knowledge Map of High-Frequency Keywords (2015-2024)

由图 3 可知：“绿色施工”与“装配式建筑”构成了网络中最大的两个节点，表明二者是近 10 年最核心的研究热点。进一步结合文献分析发现，“绿色施工”的研究脉络已从早期的节能技术应用，向智慧工地管理与全过程绩效评价拓展[12-13]；而“装配式建筑”虽在后期才开始凸显，却快速与钢结构[14]、低碳与碳排放[15]、绿色施工[16-17]、智能建造[18-19]、住宅设计[20]等研究领域形成紧密聚类，反映了政策驱动下，研究焦点正向工业化建造与数字化赋能交叉领域加速迁移。装配式建筑研究领域自 2022 年起研究趋势飞速增长，短期内已成为最核心绿色建筑和 BIM 技术融合的新兴发展对象。

表 1 为高频词和高中心度词 Top10，可见，在绿色建筑与 BIM 技术融合发展研究领域中，高频共现词和高中心度关键词的排序高度一致，排名前 5 的关键词，包括绿色施工、装配式建筑、建筑设计、全生命周期及建筑节能，其内容和排序完全吻合，排名 6~10 中，共同出现的关键词有可持续发展、智慧工地；因而可以推断出以上 7 个节点为 2015—2024 年国内绿色建筑与 BIM 技术融合发展研究领域最为核心且热度最高的主要关键词。此外，碳排放和智慧建造则是与发展现状高度相关的研究领域。

3.2　关键词聚类分析

使用 Citespace 的默认算法——对数似然比（LLR）对关键词进行类别划分并对标签进行检验提取，对不同知识领域进行梳理分类。在聚类分析检测中，准确度与可靠性的标准一般分别为网络模块

表1　高频词和高中心度词Top10(2015—2024)
Table 1　Top 10 high-frequency and high-centrality keywords (2015-2024)

高频词			高中心度词		
频次	中心性	关键词	频次	中心性	关键词
271	0.21	绿色施工	271	0.21	绿色施工
191	0.18	装配式建筑	191	0.18	装配式建筑
128	0.07	建筑设计	128	0.07	建筑设计
83	0.06	全生命周期	83	0.06	全生命周期
78	0.05	建筑节能	78	0.05	建筑节能
78	0.03	可持续发展	70	0.05	节能设计
70	0.05	节能设计	49	0.04	碳排放
61	0.02	施工管理	36	0.04	智能建造
56	0.03	绿色建筑	78	0.03	可持续发展
41	0.03	智慧工地	41	0.03	智慧工地

性Q>0.3,网络剪影度S>0.5。本网络的Q值为0.3792>0.3,S值为0.7328>0.5,证明该聚类分析图谱具有显著的明确性和高信服度,详见图4、图5。图中,编号#0~#10表示集群由多到少。

本分析网络涵盖11个主题聚类,将1#BIM技术和3#绿色建筑作为检索词本身除去后,对于集群排名前5的聚类进行分析。其中热度最高研究聚类的是0#装配式建筑,代表性文献包括51篇聚类,研究方向主要体现出在成本控制、绿色施工以及系统管理优化的优势[21]。聚类2#为建筑节能,代表文献39篇,研究方向主要包括建筑节能设计改造、建筑绿色节能施工、建筑能耗以及光热减排等;聚类4#为可持续发展,研究方向主要包括建筑工程、绿色施工以及节能,当前主要研究及应用对象为住宅建筑;聚类5#为绿色施工,代表文献29篇,当前主要涉及信息化与管理方向研究,主要研究及应用对象为公共建筑;聚类6#为新技术,主要应用于绿色建筑评价、应用分析以及传统民居设计改造等场景。

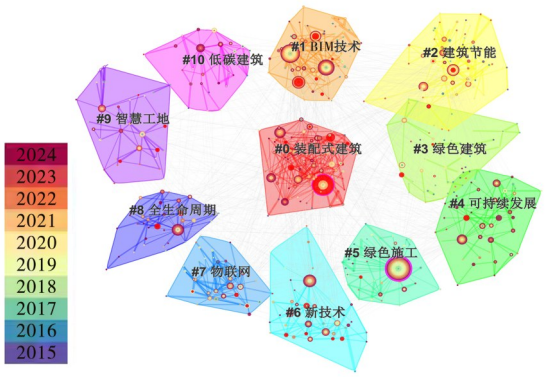


图4　关键词聚类知识图谱(2015—2024年)
Fig. 4　Knowledge map of keyword clustering (2015-2024)

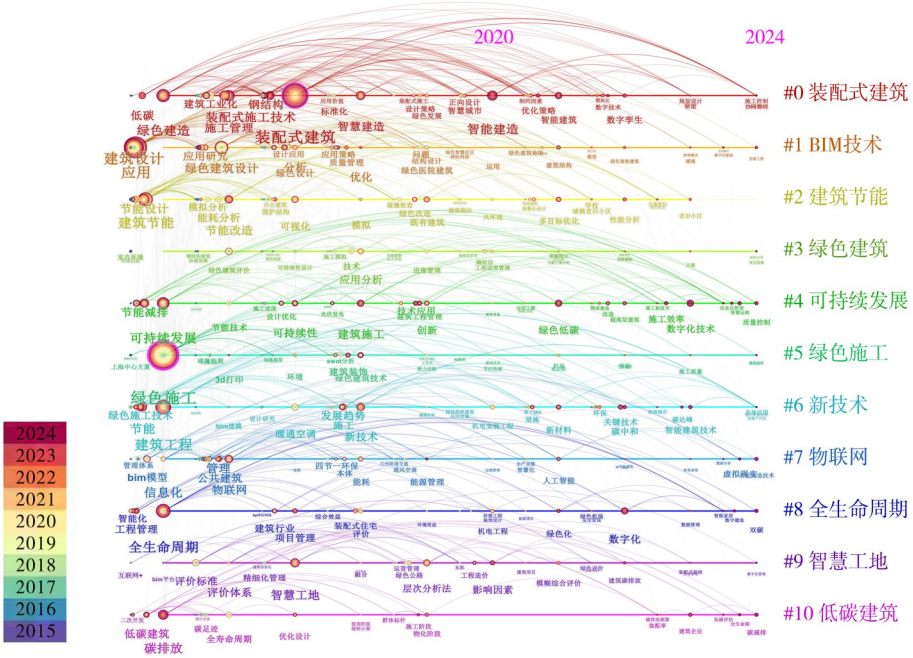


图5　关键词聚类时间线知识图谱(2015—2024)
Fig. 5　Timeline knowledge map of keyword clustering (2015-2024)

根据11个主题聚类特征及主要关键词,结合表2可进一步归纳总结为4个核心主题:智慧技术、低碳节能、建造施工与管理评价;同时,核心主题均具有向全生命周期研究分布的发展趋势特征:

1)智慧技术:包括智慧化、数字化、信息化等主题特征;BIM技术参与改善绿色层次分析、能耗评估、运营管理、建筑环境监测和智能建筑建设等方面,以及应用区块链、大数据、物联网、云计算等新型数字化手段[22];特别是近几年随着计算机的迅猛发展,建筑运行维护阶段的BIM与物联网等新技术在一体化方面的研究逐步增多[23]。

2)低碳节能:早期在研究建筑节能设计方法时,更多地关注建筑设计阶段的节能设计和优化设计,探索各专业建筑能耗模拟软件的BIM资料接口开发与应用[24],为全面贯彻绿色建筑的整个过程参数化设计做铺垫;BIM技术在绿色建筑中起到协同设计性作用,使其逐步应用于对建筑的绿色分析、能耗分析和节能改造中,并在结构设计、性能分析等方面得到了深入应用[25]。

3)建造施工:从时间顺序上可知,相对于绿色设计,绿色施工的研究进度比绿色设计晚。随着逐步推进设计施工一体化,后续的研究集中在整个绿色建筑施工过程,研究节能减排技术和项目管理等技术的提升[26]。当前,建造施工同样也强调数字化和智能化的技术支撑[27]。

4)管理评价:当前在管理模式上强调知识与信息化转变,主要研究对象包括工程项目管理体系、绩效评价体系、运维管控后评估等。在管理评价中,BIM技术应用不仅关注建筑的最终状态,还涵盖了建筑的设计、施工、运营和维护等全生命周期,评价过程更加高效和系统化,减少了评价过程中的人力、物力投入,提高了评价的准确性和可靠性[28]。

表2　关键词聚类信息集群

Table 2　Keyword cluster information

聚类编号	文章数量/篇	轮廓值	聚类名称	标签(主要关键词)
0	51	0.656	装配式建筑	施工管理、绿色建造、装配式、施工技术
1	44	0.646	BIM技术	建筑设计、设计应用
2	39	0.785	建筑节能	节能设计、节能改造、建筑能耗
3	34	0.778	绿色建筑	节能减排、建筑施工、成本控制
4	30	0.791	可持续发展	建筑工程、节能、绿色施工技术、住宅建筑
5	29	0.827	绿色施工	信息化、公共建筑、管理
6	26	0.692	新技术	绿色建筑评价、应用分析、传统民居
7	25	0.698	物联网	绿色施工、绿色建筑技术、建筑装饰、3D打印、SWOT分析
8	22	0.799	全生命周期	项目周期、工程管理、数字化、智能化
9	22	0.831	智慧工地	评价体系、评价标准、层次分析法、影响因素
10	19	0.908	低碳建筑	碳排放、全寿命周期、优化设计、碳足迹

3.3　关键词突现与前沿分析

显著突发性关键词知识图谱的可视化分析对研究热点及前沿领域探究具有重要指导意义。突现关键词信息Top15如图6所示。可知:突现强度最高的关键词为智能建造,持续时间为2022—2024年,突现值(strength)为8.97,显著高于其他关键词的突现值。智能化已成为最具热度的近期研究方向,根据其趋势来看,未来将持续引领绿色建筑与BIM技术融合发展。

2024年仍处于热点期的关键词,包括建筑施工、管理、智能建造、低碳、数字化、装配式建筑和碳中和,因此,双碳、智能数字技术以及装配式建筑将成为未来BIM技术与绿色建筑融合发展研究最主要的3个发展方向,同时也会逐步深化绿色建筑管控体系的研究进程;其中出现最晚的突现关键词为碳中和,可见BIM技术与绿色建筑研究应用也深受政策性影响[29]。

除此之外,突现持续时间最长的关键词为建筑节能设计,持续时间为2015—2019年,表明其为当前低碳及碳中和相关领域发展奠定了一定的基础。

3.4　关键词时区图与演进分析

通过关键词时区图认知图谱可以对研究热点词及其演进进行直观分析。由图7可知:绿色施工、建筑设计、建筑工程装配式建筑等关键词一直长期保持较高热度,而近年来智慧技术的数字化、信息化以及双碳目标则成为新兴研究的主要方向,所受主要影响因素为政策与技术。

值得注意的是,在2024年的热点研究中,质量控制已成为新兴的热议话题,除应用开发外,存量

Top 15 Keywords with the Strongest Citation Bursts

Keywords	Year	Strength	Begin	End	2015–2024
建筑节能	2015	5.6	2015	2018	
建筑节能设计	2015	5.32	2015	2019	
能耗分析	2016	4.23	2016	2018	
绿色建筑设计	2016	7.04	2017	2019	
技术	2018	3.91	2018	2020	
暖通空调	2017	4.19	2020	2021	
机电安装工程	2020	3.35	2020	2021	
建筑施工	2018	3.7	2021	2024	
多目标优化	2021	3.34	2021	2022	
管理	2016	3.28	2021	2024	
智能建造	2020	8.97	2022	2024	
低碳	2015	6.39	2022	2024	
数字化	2022	4.88	2022	2024	
装配式建筑	2017	4.85	2022	2024	
碳中和	2022	3.25	2022	2024	

图6 突现关键词信息Top15(2015—2024年)

Fig. 6 Top 15 keywords with the strongest citation bursts (2015–2024)

时代中对于绿色建筑的管控引起较大关注,并成为BIM技术与绿色建筑融合发展的潜力研究方向。

4 总结与展望

4.1 结 论

基于CNKI筛选对国内绿色建筑与BIM技术融合进行综述与归纳,得出以下结论:

1)发展脉络与特征:研究发展趋势经历了“初步探索期”(2006—2009年)、“迅速上升期”(2013—2019年)和“稳定增长期”(2019—2024年)3个发展阶段,学科分别呈现多学科、跨领域、重技术的基本特点。

2)核心主题:分类总结为智慧技术、低碳节能、建造施工与管理评价,且核心主题均具有向全生命周期研究分布的发展趋势特征。

3)研究热点:当前BIM技术与绿色建筑融合研究以装配式建筑及绿色施工为近10年最主要的研究热点,同时装配式建筑、智能化与数字化、绿色施工管理成为近年来主要的新兴研究热点。

4.2 展 望

绿色建筑研究趋势将逐渐在低碳领域协同BIM技术的数字化及智能化全生命周期融合发展,因此在此提出3点展望:

1)继续以装配式建筑为主要研究对象,进一步深化住宅建筑、公共建筑等建筑类型的施工应用场景研究;2)进一步融合绿色建筑全生命周期发展,基于BIM技术对绿色建筑管控评价体系做进一步研究深化;3)结合数字化与智能化的发展趋势,将智能技术融入低碳技术进一步推动BIM技术与绿色建筑融合发展,为研究深化提供重要的数据与技术支持。

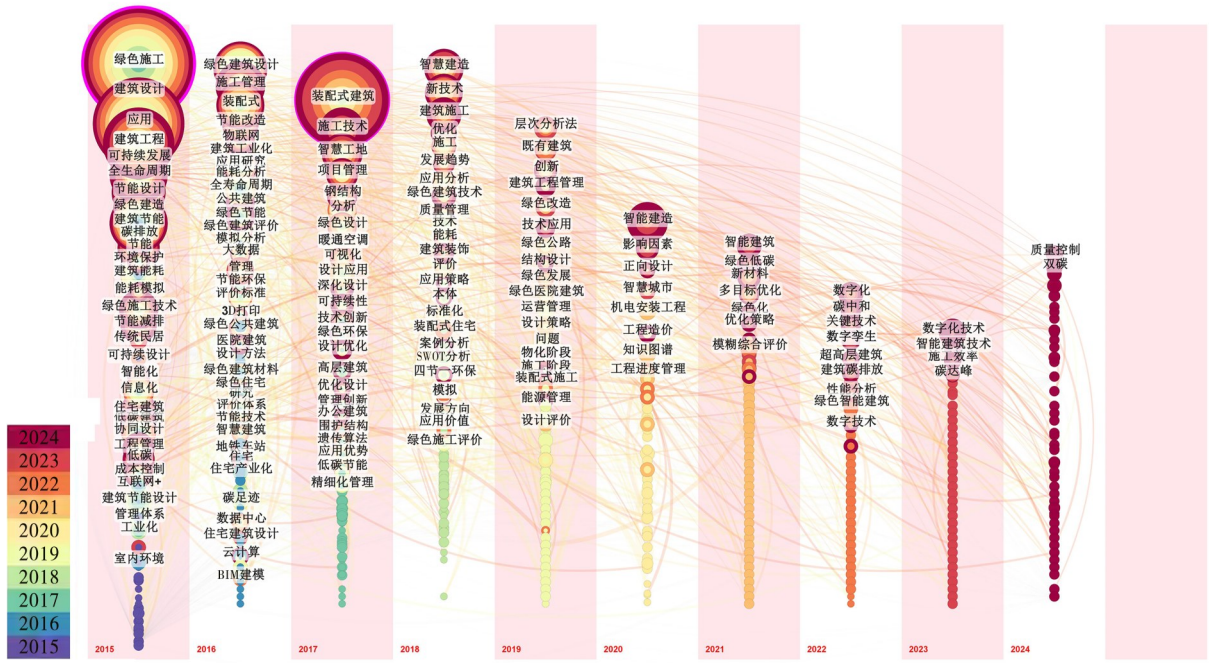


图7 关键词时区图知识图谱(2015—2024年)

Fig. 7 Knowledge map with keyword timezone view (2015–2024)

未来，BIM技术应基于装配式建筑的发展基础，进一步通过标准体系打通数据流、智能技术赋能决策等新兴技术联动；BIM 技术将从辅助工具升级为支撑绿色建筑从“策划—设计—施工—管理评价”的全生命周期低碳化、智能化的核心引擎，最终加速绿色建筑行业“双碳”目标的实现。

参　考　文　献

[1] JAHANGER Q K, LOUIS J, TREJO D, et al. Potential influencing factors related to digitalization of construction-phase information management by project owners[J]. Journal of Management in Engineering, 2021, 37(3): 04021010.

[2] RAZZAQ A, SHARIF A, NAJMI A, et al. Dynamic and causality interrelationships from municipal solid waste recycling to economic growth, carbon emissions and energy efficiency using a novel bootstrapping autoregressive distributed lag[J]. Resources Conservation and Recycling, 2021, 166: 105372.

[3] SALZANO A, CASCONE S, ZITIELLO E P, et al. HVAC system performance in educational facilities: a case study on the integration of digital twin technology and IoT sensors for predictive maintenance[J/OL]. Journal of Architectural Engineering, 2025, 31(1). https://doi.org/10.1061/JAEIED.AEENG-1855.

[4] GUMERMAN E, KOOMEY J G, BROWN M A. Strategies for cost-effective carbon reductions: a sensitivity analysis of alternative scenarios[J]. Energy Policy, 2001, 29(14): 1313-1323.

[5] ANSAN M K, CHEN X, YANG H X, et al. A review and outlook for integrated BIM application in green building assessment [J]. Sustainable Cities and Society, 2019, 48: 101576.

[6] 郭源，蒋黎晅. 基于CiteSpace的绿色建筑研究热点与前沿分析[J]. 工业建筑，2023，53(增刊2)：156-160.

[7] CAO Y, KAMARUZZAMAN S N, AZIZ N M. Green building construction: a systematic review of BIM utilization[J]. Buildings, 2022, 12(8): 1205.

[8] MASSAFRA A, JABI W, GULLI R. Topological BIM for building performance management[J]. Automation in Construction, 2024, 166: 105628.

[9] ALDAWOUD A, HUSEIN L A, MUSHTAHA E S. Electrochromic glazing with nanocoating integration impact on building energy efficiency: bibliometric analysis (1983-2023)[J]. Energy and Buildings, 2025, 330: 115300.

[10] YI Y, LIU J, LAVAGNOLO M C., et al. Evaluating the carbon emission reduction in construction and demolition waste management in China[J]. Energy and Buildings, 2024, 324: 114932.

[11] 张永成，刘傲寒，钟波涛. 基于 CiteSpace 工具的《建筑经济》研究文献计量分析[J1. 建筑经济，2020，41(增刊 1)：50-55.

[12] 李张苗，洪竞科，孙占琦，等. 绿色建筑视角下施工阶段 BIM 技术应用价值主体要素分析[J]. 住宅与房地产，2024(35)：78-82.

[13] 张永清. 基于BIM的装配式绿色建筑施工全过程智能化管理技术研究[J]. 建筑施工，2024，46(8)：1353-1357.

[14] 戴修成，黄伟达，何静旋等. BIM 技术在超高层建筑的精细化管理应用[J]. 工业建筑，2023，53(增刊2)：780-782.

[15] 谭晓东，吴晓雯，阳柯. 基于BIM技术的绿色建筑性能分析研究[J]. 工业建筑，2023，53(增刊2)：89-90.

[16] 陈贵涛. 基于BIM和本体的建筑运维管理研究[J]. 工业建筑，2018，48(2)：29-34.

[17] 赵钦，田庆，刘云贺，等. 绿色建筑评价新标准下BIM技术在施工管理中的应用研究[J]. 西安理工大学学报，2017，33(2)：211-219.

[18] 李鑫生，郑七振，吴露方，等. 基于建筑信息模型和 Unity WebGL的施工信息智能化监测系统关键技术的研究[J]. 工业建筑，2022，52(2)：186-195.

[19] 张璋，周新旺，龙承柱. 基于建筑企业数字化转型的BIM技术应用效果研究[J]. 工业建筑，2023，53(增刊1)：768-773.

[20] 罗辉. 住宅建筑中绿色建筑技术应用研究[J]. 新城建科技，2024，33(12)：55-57.

[21] 林水莲. 关于BIM技术对装配式建筑未来发展趋势价值研究[J]. 住宅与房地产，2024(32)：81-83.

[22] 张晨，张路争. 基于BIM+IoT技术的建筑园区智慧低碳优化管理及平台应用[J]. 资源节约与环保，2024(11)：56-59.

[23] 李宗春，刘易卓. 低碳转型BIM技术助力项目全过程数字化应用[J]. 中国建设信息化，2024(20)：43-45.

[24] 孙红三，吴如宏，燕达. 建筑能耗模拟软件的BIM数据接口开发与应用[J]. 建筑科学，2013，29(12)：11-15.

[25] 石振武，王 畅. 基于 BIM-云物元模型的公路绿色服务区预评价[J1. 土木工程与管理学报，2020，37(4)：32-38.

[26] 张秦，先海军，文祥，等. 精益建造、数字建造、绿色低碳模式下 BIM 技术在施工阶段的应用与实践[C]//中国图学学会. 2024第十三届“龙图杯”全国BIM大赛获奖工程应用文集，2024：15.

[27] 杨龙龙，王 会，丁海燕. 基于 BIM 技术的绿色公共建筑虚拟现实系统设计研究[J]. 现代电子技术，2020，43(6)：137-139.

[28] 胡振中，彭 阳，田佩龙. 基于BIM的运维管理研究与应用综述[J]. 图学学报，2015，36(5)：802-810.

[29] 李世萍，李岳岩，陈静，等. “全过程零碳建筑”的演进趋势与设计方法重构研究[J/OL]. 世界建筑，2025[2025-10-15]. https://doi.org/10.16414/j.wa.20250704.001.