

BIM 技术在钢结构深化设计与施工中应用热点的知识图谱构建方法研究

周 峥¹ 邓朗妮¹ 廖 羚¹ 雷丽贞¹ 刘睿敏²

(1. 广西科技大学 土木建筑工程学院,柳州 545006; 2 广西科技大学 理学院,柳州 545006)

【摘要】为了分析钢结构领域 BIM 技术研究的热点和发展趋势,基于中国知网(CNKI)数据库 2014 年—2018 年的研究文献,以社会网络分析和多维尺度分析为方法,借助知识图谱绘制工具,从文献计量的视角分析钢结构领域 BIM 研究热点及发展。结果表明:研究文献中的关键词构成了以“BIM”和“钢结构”为中心的知识图谱网络,其密度反映出“深化设计”和“施工”是研究的两个热点并且“高层、超高层建筑”,“绿色施工”,“绿色建筑”等是研究的关联热点;通过多维尺度分析得出研究的主题是“深化设计”和“施工”这两个方面;最后以 Cite space 的时间图谱表明研究趋势正在向着装配式建筑、虚拟施工等方向细化。

【关键词】 BIM 技术; 钢结构; 知识图谱; 研究热点

【中图分类号】 TU17 **【文献标识码】** A

【版权声明】 本文被《土木工程信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录上网,未经授权严禁登载。

引言

随着我国建筑事业的快速发展,新材料、新技术日益增多,钢结构以其结构稳定、安装轻便、抗震性能好等优点而得到广泛的应用。对比传统的混凝土和砌体结构,钢结构因为自重轻特别适合建造大跨度、超高层建筑物,并且它的施工工期也相对较短,材料可以回收利用。因此,钢结构的火热程度不亚于一般的混凝土结构,而行业内对于钢结构的要求也在不断提高,对于钢结构的研究也在不断加深。当前,钢结构工程通常具有形式多样、结构复杂、工程规模大、设计难度大的特点,因此其中涵盖了大量的信息^[1]。在大量的信息交汇中,容易出现信息交流不畅,导致沟通不充分,引起工期延后,现场管理混乱的问题,同时难度复杂的深化设计问题也影响着钢结构工程。建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)这一概念在近

几年的建筑工程中十分火热^[2]。BIM 技术以其数字化和信息化的优点,极大缓解了工程项目中的信息交汇问题,协调设计和施工。此时 BIM 的出现对于钢结构工程项目的意义十分重大,BIM 的提出为建筑全生命周期面临的信息不能交汇,信息闭塞的问题带来了新的思路和方法。BIM 系统中专门针对钢结构深化的 Tekla Structures 软件也降低了深化的复杂程度,有效地提高了建筑的工业化程度。BIM 技术自从引入国内,受到了国内建筑行业的广泛持续关注,民用建筑行业率先进行了 BIM 技术的应用研究,现已扩展至市政、桥梁、铁路、公路、水电、建筑供应商、互联网、物联网等多个行业^[3]。因此 BIM 技术在钢结构工程中的研究热点是值得分析的领域,有必要采取一个全面的、科学的方法对该领域的研究热点进行剖析,为以后的研究和应用提供参考。

在传统的文献分析方法中,需要大量的数据来

【基金项目】 国家自然科学基金项目(编号: 51568008); 2018 - 2020 年度广西本科高校特色专业及实验实训教学基地(中心)建设项目(编号: 63. 广西科技大学工程管理专业); 广西高校科学技术研究项目(编号: KY2015YB164)

【作者简介】 周峥(1996 -),男,硕士研究生,主要研究方向: BIM 技术应用与研究; 邓朗妮(1977 -),女,博士、教授,主要研究方向: 结构健康监测及加固修复、BIM 技术研究与应用; 雷丽贞(1995 -),女,硕士研究生,主要研究方向: BIM 技术应用与研究。

支撑自己的研究论点,可是当数据过于庞大,该如何分析,推演研究的方向成为了一个难题,并且复杂的数据无法让人直观地看到研究信息的发展与趋势。因此,传统的文献分析办法无法梳理大量文献,也很难直观反映文献的影响力。而知识图谱是一种通过数据挖掘、信息处理、知识计量等手段,利用可视化的图像直观地将某一学科或研究领域的前沿、发展进程和结构关系展现出来的方法^[4]。在对文献的分析中,知识图谱根据网络贡献分析和多维尺度分析两种主流的分析方法,对于某一领域文献计量进行分析,对于该领域的研究主题和前沿热点进行罗列并展示。本文以 BIM 技术在钢结构领域的研究热点分析为目的,对我国 BIM 技术在钢结构领域的文献进行数据的挖掘,通过社会网络分析和多维尺度分析方法,分析近年 BIM 技术在钢结构领域中研究的趋势和热点。

1.1 数据的来源与处理

1.1 数据来源

(1) 数据检索

本文以国内信息量最大的中文文献数据库 CNKI 进行研究,在知网期刊中输入主题 BIM 并含钢结构进行检索,在检索结果中点选检索出文献,通过知网文献管理中心可以导出不同格式的题录信息文件^[5],搜集了 2014 - 2018 年与 BIM 相关的钢结构项目文献,然后筛选出 711 篇文献,通过知网文献管理中心导出 RefWorks 格式的题录信息,作为分析的原始数据。



图1 文献题录信息导出界面

(2) 数据统计

通过筛选出的知网文献进行统计分析,从图2折线图中我们可以看出 2014 年 BIM 技术在钢结构实际应用的文献数量增长平缓,那时候 BIM 技术在中国的发展还比较平缓,而到 2015 年文献数量则持续上涨并且在 2018 年达到顶峰。这得益于住建部 2015 年 6 月发布的《关于推进建筑信息模型应用的指导意见》和 2016 年 8 月发布的《2016 - 2020 年建筑业信息化发展纲要》的文件^[6],在国家的大力扶持下,BIM 技术在钢结构中的应用越发火热,所以文献量的发表呈上升趋势。本文正是基于这种文献量的变化进行分析。

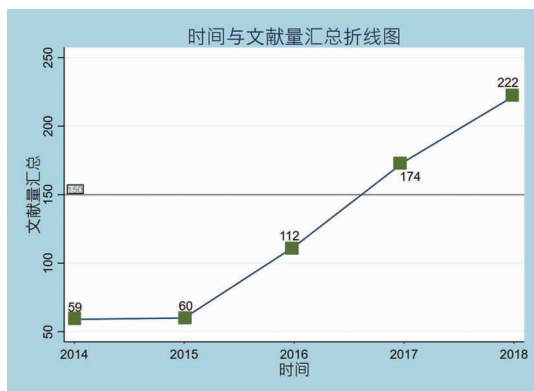


图2 2014 - 2018 年 BIM 关于钢结构应用论文发表趋势

1.2 数据预处理

本文的数据预处理过程经历以下步骤,分为两步:①合并相似关键词。对于词义一样但表达不同的词,如“BIM”将其修正为“BIM 技术”。②剔除无效关键词,如“工程项目、项目工程、实际工程”统一为“实际工程”。对所有关键词进行逐步筛选,包括去除重复文献中的关键词、删除与主题的研究差别很大的关键词。然后运用 EXCEL 软件,利用其中的排序以及数据透视图等功能,构建 BIM 技术在钢结构中应用的共词矩阵和相异矩阵,把矩阵数据分别导入三个软件当中,得出本文需要的知识图谱网络图。

2 基于知识图谱的研究热点分析

2.1 中心度网络图谱分析

根据上一节所提到的数据处理步骤,将关键词的共现矩阵导入 UCINET 软件中得出关键词可视化知识图谱。

(1) 点度中心度网络图谱分析

点度中心度是一个点与其它点直接连接的总和,一个节点越大就说明其所占据的中心度越高,与之关联的词也就越多。从图 3 中可以看出每一个蓝色方块节点就代表一个高频关键词,节点间通过相互关联的线段连接,线宽表示两点间的关联性大小。通过关键词可视化知识图谱我们可以看出,BIM 技术在钢结构深化设计和施工中的应用热点主要集中在 Tekla、三维模型、施工管理、虚拟施工等方面。“Tekla”与普通的“钢结构节点”、“安装”、“三维模型”等相互连接的同时还通过“幕墙”与“三维扫描”、“超高层”、“绿色建筑”等节点相互连接。针对钢结构深化设计的 BIM 软件 Tekla 不仅可以运用于普通的钢结构建筑,对于一些超高层建筑,利用三维激光扫描实际模型和理论模型进行比较^[7],更改过模型后再对钢结构复杂的幕墙节点进行二次深化,可以避免因为误差导致的成本增加,这样降低成本,减少能耗实现了绿色超高层建筑。“施工”与“施工管理”、“施工模拟”、“超高层建筑”、“全生命周期”等节点连接。在高层和超高层建筑中运用 BIM 技术和绿色施工技术,在建筑全生命周期内,通过三维建模判断建筑性能的优劣性,整合最优模型,提高设计效率^[8]。在施工方面 BIM 技术对于高层、超高层建筑施工现场总体规划,划分施工区域,加强施工管理,高层建筑施工中机电板线较为密集,通过 BIM 技术的施工模拟和碰撞检查,优化管线,增加施工效率,实现施工材料的合理化,达到绿色施工。因此,利用 BIM 技术发展钢结构领域内的高层、超高层绿色建筑,通过虚拟施工,碰撞检测,提高施工效率,加强施工管理是钢结构深化设计和施工应用热点的关联热点,也是 BIM 技术在钢结构中应用的新兴热点。

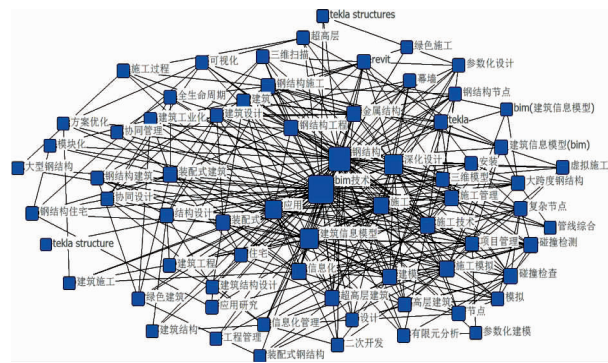


图 3 点度中心度共现网络图谱

2.2 中心度密度计算分析

(1) 点度中心度分析

点度中心度测算的是节点在图谱中存在的重要程度^[8]。从表 1 中可以看出“BIM 技术”的点度中心性密度为 66,是关键词中最高,说明“BIM 技术”是整个网络知识图中的核心,而“钢结构”,“深化设计”和“建筑信息模型”也均处于领导地位,在该网络中的地位较高,是钢结构领域 BIM 研究的热点,受到大多数学者的普遍关注。表中“绿色建筑”和“装配式建筑”大于平均中心度,是钢结构深化设计的关联热点,关于装配式绿色钢结构建筑为当前的研究热点。

表 1 部分关键词点度中心度数据

		1 Degree	2 NrmDegree	3 Share
1	BIM 技术	66.000	97.059	0.085
2	钢结构	50.000	73.529	0.064
5	深化设计	33.000	48.529	0.042
4	绿色建筑	26.000	36.264	0.033
2	金属结构	14.000	20.588	0.018
7	装配式结构	14.000	20.588	0.018

表 2 部分关键词中间中心度数据

		1 Betweenness	2 nBetweenness
1	BIM 技术	929.433	40.800
2	钢结构	369.831	16.235
4	建筑信息模型	111.267	4.884
5	深化设计	104.640	4.593
15	钢结构施工	20.426	0.897
7	装配式建筑	18.128	0.796

(2) 中间中心度分析

从表 2 中可以看出“BIM 技术”的中间中心度最大,表明该点处于核心地位,而“钢结构”、“深化设计”、“建筑信息模型”的中间中心度数值较大,是 BIM 应用研究技术的研究基础与研究热点。这些中间中心度较高的关键词,表明了他们有比较高的控制水平,意味着在钢结构领域中探索 BIM 技术的研究热点问题中,这些词充当了重要的媒介。一般情形下,若某节点的点度中心度数值较高,那么它的中间中心度数值也较高,因此在共现网络中,这些核心关键词较为明显^[8-9]。对比点度中心度,这些关键词依旧是核心,是钢结构领域 BIM 研究的热点。

点。另外,表中“钢结构施工”和“装配式建筑”的中间中心度相差不多,说明两个关键词之间联系紧密,装配式钢结构建筑的施工是关注的热点。对于装配式建筑的施工也因往绿色施工方向发展。

(3)接近中心度分析

某一节点的接近中心度数据的值越小代表控制别的节点的能力越强,“BIM 技术”的接近中心度最小,最容易到网络中所有关键词节点并且处于核心地位。其中“钢结构”、“深化设计”、“绿色建筑”等关键词接近中心度都小于平均接近中心度。表明这些关键词与网络图中其它关键词关联较为紧密,反映了 BIM 在钢结构领域研究热点。装配式建筑符合绿色建筑的理念,因而对于装配式建筑的研究一直是一个行业热点。

表 3 部分关键词接近中心度数据

		1 Farness	2 nCloseness
1	BIM 技术	70.000	97.143
2	钢结构	86.000	79.070
5	深化设计	103.000	66.019
4	绿色建筑	103.000	66.019
7	装配式建筑	122.000	55.735
15	钢结构施工	122.000	55.738

根据以上对部分关键词三种中心度的数据纵向对比得出。BIM 在钢结构领域研究的热点依旧是围绕深化设计和施工,但随着市场和建筑业发展的要求,装配式高层建筑、绿色施工技术在钢结构高层建筑中的应用,这些细化的关键词是关联的热点,也是 BIM 技术在钢结构深化设计和施工领域的新热点。

3 基于图谱的研究主题与趋势分析

3.1 研究主题分析

为了更加有效地展现 BIM 技术在钢结构中的研究热点和研究内容,本文还采用了多维尺度分析,利用了数据挖掘软件 SPSS 22.0 软件,并且在软件中的度量模型中选择了可以直观表示研究主题的欧几里德距离模型,反映关键词线性拟合散点图(图 4)。从图 4 中高频关键词区域聚集分布的态势可以看出研究的发展主题是以一条全生命周期的主线来发展并且不断分散细化出新的研究,并没有各自聚成一类。通过局部集中的各个关键词以及

他们的关联可以知道当前 BIM 技术在钢结构中研究的主题为:利用 Tekla 软件进行深化设计和施工阶段的模拟、协同管理。首先对于深化设计,现在的钢结构建筑、超高层、装配式建筑都需要利用 BIM 技术对其进行深化设计的建模,但钢结构深化设计的复杂和难度,使得技术人员需要熟练掌握 Tekla 软件根据不同的工程进行深化设计,对于深化设计的研究一直是主要的研究方向和热点。其次在钢结构施工中,协同管理、虚拟施工、项目管理、工程管理、碰撞检查等等,这些问题一直是钢结构施工现场解决不好的问题,导致施工现场的混乱,施工效率低下。因此 BIM 技术在钢结构领域的另一个研究主题和热点是施工模拟和施工管理的绿色施工技术。该技术未来将会更好地服务于施工项目管理各个阶段,从单纯的施工管理、施工模拟到全寿命周期的应用。

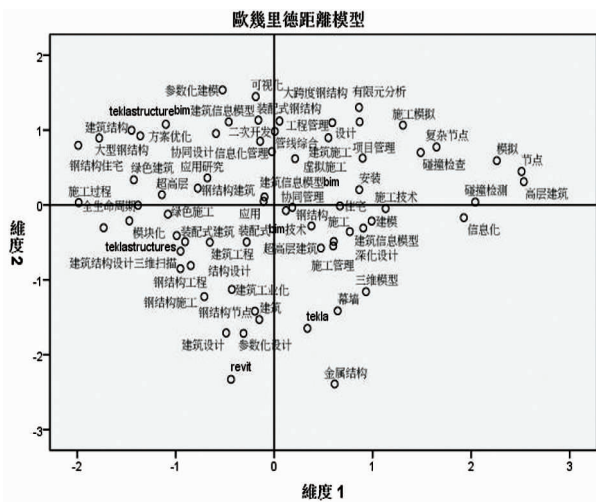


图 4 多维尺度分析结果

3.2 研究趋势分析

通过 Citespace 可以绘制 BIM 技术在钢结构中研究关键词网络,以一年作为时间分区,选择 Time Zone 的视图模式,我们不仅可以清晰地看出研究的历年发展趋势和发展前沿热点,还能直观地观察到不同的研究阶段关键的不同特征。利用 Citespace 得到的 2014 - 2018 年 BIM 技术在钢结构领域研究的关键词时间趋势图(图 5),并结合 2014 - 2018 年 BIM 关于钢结构应用论文发表趋势图(图 2),可以看出 BIM 技术在钢结构领域中研究的演化进程,呈现出一个不断上升、不断细化的过程。具体可以分为两个阶段:

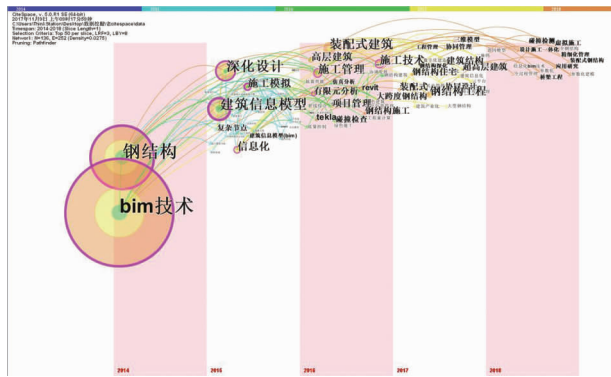


图5 2014—2018年BIM技术在钢结构领域研究的关键词时间趋势图

(1) 初步发展阶段

从2014年到2015年BIM技术在钢结构领域中的研究已经与实际问题相结合,研究的主题围绕着钢结构的深化设计和钢结构的施工两个方面,在这两方面的周围也有一些其他相关的研究比如:复杂节点设计、建模、信息化模型。这些问题的研究是BIM技术在钢结构领域研究的初步展开阶段。

(2) 细化发展阶段

随着建筑工业现代化进程的加快,对于数字化、信息化的要求越来越高,BIM技术也不再仅仅应用于传统的钢结构建筑,从2016年到2018年的关键词研究不难看出,对于深化设计方面的研究开始不再只是以传统的钢结构为对象,装配式建筑、高层和超高层建筑、大跨度钢结构、桥梁工程等成为研究的前沿。而对于施工方面的研究,已经不再拘泥于施工模拟而是转向了数字信息化的项目协同管理、绿色施工、设计施工一体化等方面。这一阶段性的转变也显示了研究主题的细化发展,其更具有综合性。而对于BIM技术在钢结构领域研究未来的发展而言,未来的BIM技术会在钢结构领域继续细化,研究分支会越来越广,应用程度会逐步加深。

4 结论

本文以中国知网2014—2018年钢结构领域BIM研究文献为基础数据,结合网络共现分析方法和多维尺度分析方法,利用知识图谱软件UCINET、SPSS、Citespace三个软件进行绘制关键词网络图、密度数据计算以及从网络图中关键词的节点大小和相互之间的连线,密度数据的大小和占比,逐步

分析出图和表之间的共性特点和非共性特点。对于多维尺度分析中的散点图和研究时间趋势图得出BIM技术在钢结构领域的研究主题不断细化,并且放慢了发展速度转为高质量发展,结果表明:

(1) 钢结构领域BIM技术的研究热点与引言部分提及的钢结构工程自身存在的深化设计困难和施工管理混乱、信息闭塞问题息息相关,因此深化设计和施工管理这两个方面,成为BIM技术在钢结构领域研究的热点。

(2) BIM技术在钢结构中的研究主题是以全生命周期这一目标为主线,向着深化设计和施工局部集中,并且围绕着这两方面问题不断细化出新的研究,钢结构的高层、超高层装配式建筑符合绿色建筑理念。BIM技术与绿色施工技术的结合应用在钢结构施工中,有效地降低建筑的投入和支出,减少施工中能量耗损,实现绿色建筑和绿色施工。

(3) BIM技术在钢结构中的研究趋势从2014~2015年开始的深化设计和施工逐步发展到适应工程要求的不同形式的钢结构建筑深化设计和协同管理的施工现场研究。反映出这一研究在不断地出现分支,在交叉的分支研究中逐步完善BIM技术在钢结构领域的框架内容。

(4) 本文也证实了通过知识图谱是可以对研究热点以及发展趋势进行分析的。

希望通过本次研究,能够在钢结构实际工程中能更加有针对性地运用BIM技术解决实际中的难题,并且对BIM技术在钢结构领域的研究能够提供一些参考,理清思路。

参考文献

- [1] 彭轶群. 基于BIM技术的钢结构工程深化设计应用探究[J]. 价值工程, 2019, 38(26): 192-195.
- [2] 王婷, 谢兆旭. 基于4本英文核心期刊2004~2014年BIM文献分析[J]. 工程管理学报, 2016, 30(1): 37-42.
- [3] 初士立, 夏绵丽, 封明明, 等. 基于BIM技术的岩土工程三维地质模型创建方法研究[J/OL]. 隧道建设(中英文): 1-6[2019-09-18]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/41.1448.U.20190911.1106.008.html>.
- [4] 陈密, 朱记伟. 基于知识图谱的我国项目管理研究热点与演进趋势[J]. 工程管理学报, 2016, 30(3): 105-109.
- [5] 邓朗妮, 赖世锦, 兀婷, 等. 基于数据挖掘技术的BIM学术热点与学术趋势分析方法研究[J]. 土木建筑工

- 程信息技术, 2019(6): 1-10.
- [6] 林佳瑞, 张建平. 我国 BIM 政策发展现状综述及其文本分析[J]. 施工技术, 2018, 47(6): 73-78.
- [7] 孙彦军, 刘富亚, 张明宇, 等. 阳光保险金融中心工程 BIM 技术应用[J]. 土木工程信息技术, 2019, 11(5): 76-84.
- [8] 李骁. 绿色 BIM 在国内建筑全生命周期应用前景分析[J]. 土木工程信息技术, 2012, 4(2): 52-57.
- [9] 袁宁, 胡庆国, 何忠明. 基于知识图谱的工程项目管理领域 BIM 研究热点分析[J]. 长沙理工大学学报(自然科学版), 2018, 15(1): 72-78.
- [10] 冯立杰, 贾依帛, 岳俊举, 等. 知识图谱视角下精益研究现状与发展趋势[J]. 中国科技论坛, 2017(1): 109-115 + 128.

Research on Construction Method of Knowledge Map for Application Hotspot of BIM Technology in Detailed Design and Construction of Steel Structure

Zhou Zheng¹, Deng Langni¹, Liao Ling¹, Lei Lizhen¹, Liu Ruimin²

- (1. *School of Civil Engineering and Architecture, Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou 545006, China;*
2. *Science College, Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou 545006, China*)

Abstract: In order to analyze the research hotspot and development trend of the BIM technology in the field of steel structure, this paper studies the research literature of CNKI database from 2014 to 2018, and analyzes the research hotspot and the development of BIM in the field of steel structure from the perspective of literature measurement by applying the method of social network analysis and multi-dimensional scale analysis with the aid of knowledge mapping tools. The results show that the key words in the research literature constitute the knowledge map network centered on "BIM" and "Steel Structure", and that the key word density reflects that the "Detailed Design" and "Construction" are two hot spots in the research with other related research hotspots including "High-Rise and Super-High-Rise Buildings", "Green Construction" and "Green Buildings". The multidimensional scale analysis concludes that the research topics are "Detailed Design" and "Construction". At last, the time map of CiteSpace shows that the research trend is in progress towards the prefabricated buildings and virtual construction.

Key Words: BIM Technology; Steel Structure; Knowledge Map; Research Hotspots