

基于 CiteSpace 的高支模施工安全研究的文献计量学分析

李 枝^{1,2}

¹ 中冶成都勘察研究总院有限公司 四川成都

² 中国五冶集团有限公司 四川成都

【摘要】 为了全面而系统地探究高支模施工安全研究的最新进展与前沿热点，基于中国知网（CNKI）数据库，筛选 2015-2024 年收录的 450 篇期刊论文作为分析对象，通过运用 CiteSpace 软件构建知识图谱，分析了年发文量、作者、研究机构以及关键词等关键指标，从而揭示了高支模施工安全领域的研究现状与前沿趋势。结果表明：年发文量呈现出鲜明的波动性特征，其发展历程可划分为快速增长与波动下降两大阶段；在作者与机构层面，合作网络相对稀疏，协作频次较低，缺乏具有显著代表性的核心作者，研究机构以施工企业为主，中国建筑企业在该领域的研究成果丰富，占据了主导地位；研究热点主要聚焦于高支模、施工技术、建筑工程以及安全管理等方面，形成了一个涵盖“技术措施”与“安全管理”的全方位控制体系；未来研究需更加重视技术革新、具体措施实施以及管理体系优化三者的协同作用，更有效地降低事故发生率，推动行业安全水平的持续提升。

【关键词】 高支模；施工安全；CiteSpace；文献计量学；知识图谱

【收稿日期】 2025 年 1 月 16 日 **【出刊日期】** 2025 年 2 月 22 日 **【DOI】** 10.12208/j.jer.20250042

Bibliometric analysis of high-formwork construction safety research based on CiteSpace

Zhi Li^{1,2}

¹ Chengdu Surveying Geotechnical Research Institute Co., Ltd. of MCC, Chengdu, Sichuan

² China MCC5 Group Corp. Ltd., Chengdu, Sichuan

【Abstract】 To comprehensively and systematically explore the latest progress and frontier hotspots in high-formwork construction safety research, this study selected 450 journal papers indexed in the CNKI database from 2015 to 2024 as analysis objects. Through constructing knowledge maps using CiteSpace software, key indicators including annual publication volume, authors, research institutions, and keywords were analyzed, thereby revealing the research status and frontier trends in this field. The results indicate: Annual publications exhibit distinct fluctuations, with development stages divided into rapid growth and fluctuating decline phases; Regarding authors and institutions, collaboration networks remain relatively sparse with low interaction frequency, lacking prominent core authors. Research institutions are primarily construction enterprises, where Chinese construction companies demonstrate dominant contributions; Research hotspots concentrate on high-formwork systems, construction technology, building engineering, and safety management, forming a comprehensive control framework integrating "technical measures" and "safety management"; Future research should emphasize the synergy among technological innovation, practical implementation, and management system optimization to effectively reduce accident rates and promote continuous improvement in industry safety standards.

【Keywords】 High-formwork; Construction safety; CiteSpace; Bibliometrics; Knowledge map

引言

随着我国建筑行业的蓬勃发展，各类形态独特、

空间广阔且跨度巨大的建筑结构不断涌现，给其施工带来了前所未有的挑战。在这些大型建筑工程的

作者简介：李枝（1988-），本科，工程师，主要从事建筑工程施工及安全生产管理工作。

建设过程中，高支模作为不可或缺的施工手段，其应用变得日益广泛，但同时也给施工过程增添了巨大的复杂性和风险性^[1-2]。近年来，频繁发生的高支模施工安全事故，给施工人员带来了生命安全的威胁，引起了研究人员的高度警惕，其典型事故如表 1 所示。对当前高支模施工安全的研究现状进行全面总结与分析，紧跟前沿研究热点，对于提升施工技术和管理水平、降低事故发生率具有重要的意义和价值。CiteSpace 软件作为一种强大的文献计量工具，能够针对特定领域内的文献数据进行统计分析，并

以直观的知识图谱形式向研究人员展示^[3]。在工程建设领域，这一方法已得到了广泛的应用和认可^[4-5]。为了深入剖析我国高支模施工安全领域的研究动态，本研究选取 2015 年至 2024 年间中国知网（CNKI）数据库收录的相关期刊论文作为研究样本。借助 CiteSpace 软件，构建高支模施工安全研究的年发文章量、主要作者、研究机构以及关键词等核心信息

表 1 典型高支模施工安全事故统计表

时间	项目名称	伤亡情况	事故原因
2023 年 11 月 24 日	山西永鑫铁路专用线集运站建设项目	7 人死亡	施工安全管理缺失，模架支撑体系承载力和稳定性不足
2020 年 1 月 5 日	武汉巴登城生态休闲旅游开发项目	6 人死亡，6 人受伤	1.门楼高大模板支撑体系架体未按照施工方案要求进行搭设； 2.违反专项施工方案中采用对称浇筑的要求； 3.未按照方案中“竖向结构强度达到 50%以后，再浇水平构件”的要求； 4.架体材料送检不合格
2020 年 10 月 8 日	广东省汕尾市陆河县看守所迁建工程	8 人死亡，1 人受伤	1.直接利用外脚手架作为模板支撑体系，且该支撑体系未增设加固立杆，也没有与已经完成施工的建筑结构形成有效的拉结； 2.混凝土施工工序不当，未按要求先浇筑结构柱，待其强度达到 75%及以上后再浇筑屋面构架及挂板混凝土，且未设置防止天面构架模板支撑侧翻的可靠拉撑
2018 年 8 月 31 日	德州经济技术开发区龙溪香岸地下车库工程	6 人死亡，2 人受伤	未按国家标准进行模板施工，立杆支承点的工字钢承载力不足导致支撑体系变形过大后，人员违规操作，导致模板支架整体坍塌
2016 年 8 月 22 日	四川阆中某商业住宅工程	6 人死亡，4 人受伤	1.梁底支撑体系未进行加密处理，支撑梁板的钢管立杆顶部未使用可调托撑进行顶撑； 2.在每一步距处未满设纵横向水平拉杆； 3.架体内未按规定设置水平剪刀撑、纵向剪刀撑，横向剪刀撑数量不够且未由底到顶连续设置
2013 年 11 月 20 日	襄阳市南漳县金南漳国际大酒店新都汇酒店及附属商业用房项目	7 人死亡，5 人受伤	作业面的施工总荷载约 7.7KN/m ² ，超过高支模的实际承载力，导致高支模先从大梁比较集中、施工荷载比较大的区间坍塌

1 数据来源

以中国知网（CNKI）数据库作为文献检索平台，检索时间跨度为 2015-1-1 至 2024-12-31，共 10 年。CNKI 数据库来源类别限定仅为期刊论文，并采用了高级检索模式，以“高支模”和“施工安全”作为核心主题词进行精确匹配。经过人工校对与筛选，最终选出 450 篇相关期刊论文。这些论文被导出为 Refworks 格式，以便于后续的数据管理与分析。最终，将其导入 CiteSpace 软件中，进行深入的统计分

析与可视化处理，以期挖掘出该领域内的关键趋势、研究热点及潜在的研究方向。鉴于 CNKI 集中收录中文核心期刊，可反映国内工程实践特征，但未纳入国际文献，后续研究需结合 Web of Science、Scopus 等数据库完善。

2 研究文献特征图谱分析

2.1 年发文章量分析

发文章量作为衡量某一研究领域发展动态及学者关注度的重要指标，通过对 2015 年至 2024 年间收

集的文献数据进行年度统计分析（如图 1 所示），揭示出高支模施工安全领域的相关文献年发文量呈现出一定的波动性。尤为显著的是，该领域的文献发表量在 2019 年达到了一个高峰，共计 65 篇，成为这一时期内的最高值。

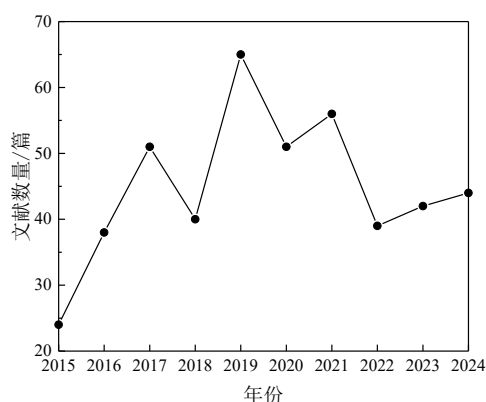


图 1 2015-2024 年年发文量统计

根据图 1 所示的高支模施工安全研究年发文量变化趋势，其发展历程可划分为两个阶段。第一阶段是 2015 年至 2019 年的快速增长期，在此期间，除了 2018 年略有波动外，年发文量总体上呈现出稳定的线性增长态势。

在这一阶段，随着我国工程建设量的迅猛增长和工程结构形式的日益多样化，高支模施工技术得到了快速发展，相应地，关于高支模施工安全的研究文献数量也迅速增加。第二阶段则是从 2020 年至 2024 年的波动下降期，在这一阶段，由于我国基础设施建设逐渐趋于饱和，工程项目数量有所减少，导致高支模施工安全研究的发文数量出现了波动，并且总体上呈现出下降趋势。

2.2 发文作者分析

普赖斯定律数学模型是一种用于识别并界定某一研究领域的核心作者的有效工具（基于其发表文章的数量作为衡量标准）^[6]，其具体的计算公式为：

$$m = 0.749 N_{\max} / 2 \quad (1)$$

式中： m 为领域中核心作者发文量的临界判别值，篇； $N_{\max}$ 为发文量最高作者的文献数量，篇。

经过数据统计分析，在高支模施工安全领域的数据库中确定了发文量最多的 9 位作者，各自发表了 2 篇文章，据此设定 $N_{\max}$ （最大发文量）为 2。应

用普赖斯定律数学模型计算后得出 m 值为 0.749。根据这一结果，界定发文量达到或超过 1 篇的学者均属于该领域的核心作者范畴。然而，这一界定标准显示出该领域作者群的分散性，缺乏具有显著代表性的核心作者。

进一步地，生成了研究作者的共线知识图谱（见图 2）。在此图谱中，节点代表作者，其大小直观反映了各作者的发文数量；而连接线则象征着不同作者间的学术合作关系。观察图 2 可以发现，图谱包含 295 个作者节点（ $N=295$ ），其间仅有 106 条合作连线（ $E=106$ ），网络密度值低至 0.0024（ $Density=0.0024$ ）。这一数据清晰地揭示了作者间联系的稀疏现状，提示该领域的学术交流与合作尚待加强，以期促进更多的研究成果产出。尽管合作网络稀疏，但发文量最高的作者刘楹梁（中建三局集团）聚焦高支模承载力研究，其成果被引量达 29 次，提示个体研究深度对领域发展的推动作用。

2.3 发文机构分析

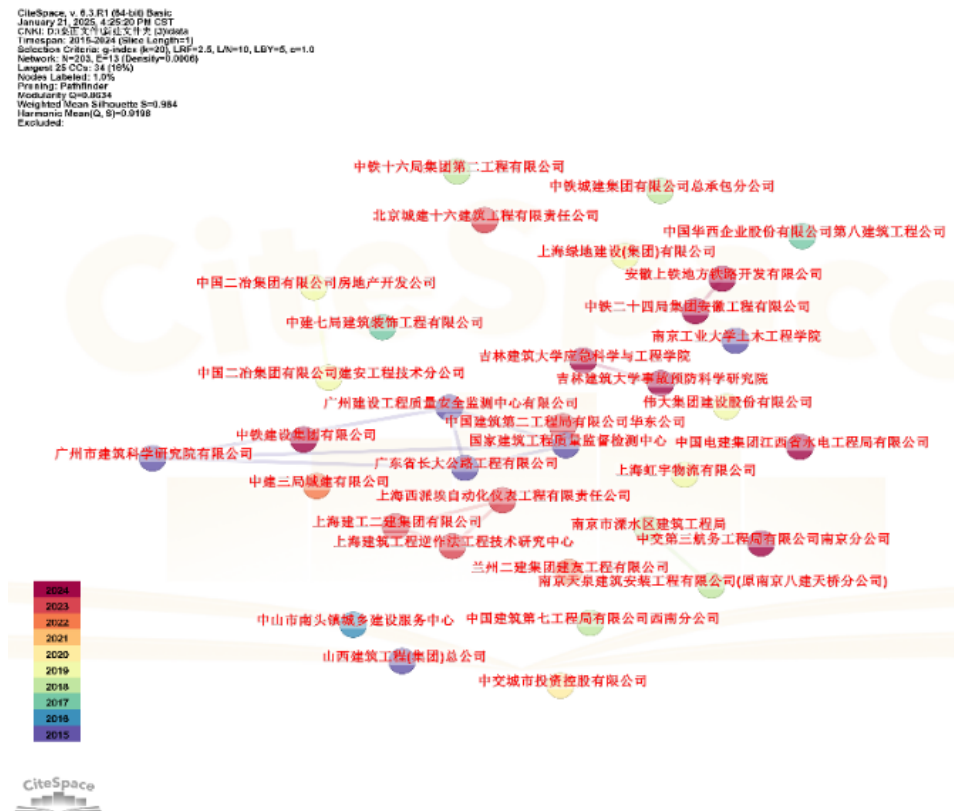
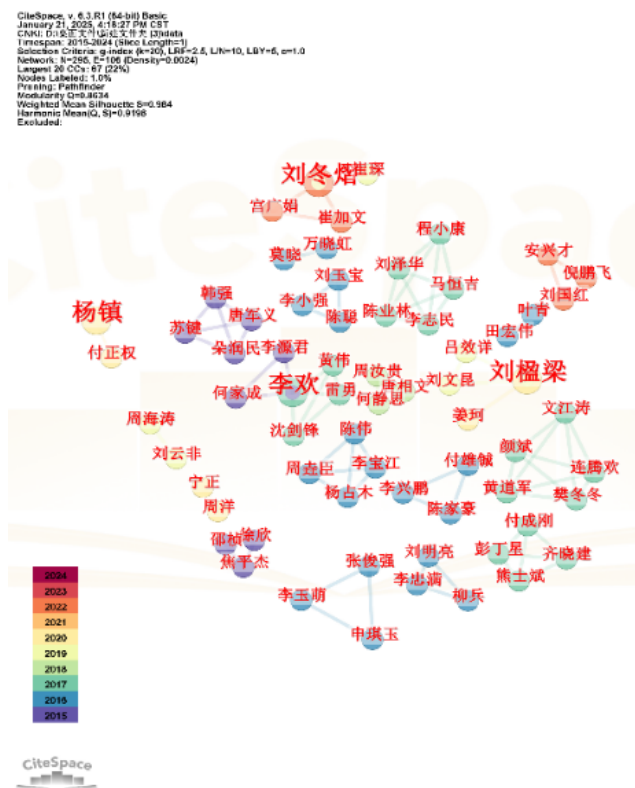
图 3 展示了高支模施工安全研究领域内 450 篇期刊论文的研究机构合作网络图谱。

从图 3 中可以观察到：在该研究领域内，施工企业占据了研究机构的主导地位。在发文机构的合作关系图谱中，尽管存在 203 个节点（ $N=203$ ），但彼此间的连接仅有 13 条（ $E=13$ ），导致网络密度极低，仅为 0.0006（ $Density=0.0006$ ）。这一数据与作者合作网络相比，显示出研究机构间的连接显著匮乏，网络密度极低，暗示各研究机构主要局限于企业内部进行研究，鲜有跨机构的协作行为。因此，未来在该领域的研究中，各施工企业若能加强彼此间的合作，甚至携手科研实力强劲的高校和科研院所，将有望极大地推动高支模施工技术的快速发展，并确保施工安全的显著提升。此外，值得注意的是，中国建筑第二工程局与中国建筑第七工程局的发文量位居前列，这充分彰显了中国建筑企业在中国建筑行业中的领军地位。

3 研究热点和趋势

3.1 研究热点

通过文献计量分析，能够以客观且定量的方式精准识别出某一特定领域的研究热点，从而协助研究人员准确把握当前的主流研究内容，并洞察未来的研究方向与发展趋势。



3.1.1 关键词共现

关键词作为论文研究内容的极度凝练，高度概括了一篇论文的研究焦点、内容及采用的方法^[7]，对其进行共现分析有助于学者精准捕捉某一领域的前沿趋势与热点。以关键词作为分析节点，绘制高支模施工安全领域的关键词共现图谱（见图 4）。该图谱囊括了 269 个节点，通过 325 条连接线相互关联，展现出 0.009 的网络密度。观察图 4，发现高支模（242 次）、施工技术（109 次）、建筑工程（81 次）、土建工程（33 次）、应用（29 次）、安全管理（29 次）等关键词占据了出现频次的前列。尤为突出的是，“高支模”关键词拥有最大的年轮面积，频次高达 242 次。

紧随其后的是“施工技术”关键词，频次为 109 次，其年轮面积位居第二，指示出学者们的研究主要聚焦于高支模的施工技术，该技术对于增进施工效率、确保施工质量、提升施工安全、节省资源成本以及驱动行业发展等方面均展现出不可或缺的价值。此外，“建筑工程”这一关键词的出现，揭示了高支模研究在房屋建筑领域的广泛应用。为了更精确地描绘关键词之间的关联及其在网络中的重要地位，本研究特地将共现频次超过 11 的关键词的共现频次及其中心性数据整理于表 2 中。其中，关键词的中心性指标反映了该关键词在共现网络中作为连接节点的能力大小，即其作为信息桥梁或枢纽的强弱程度。

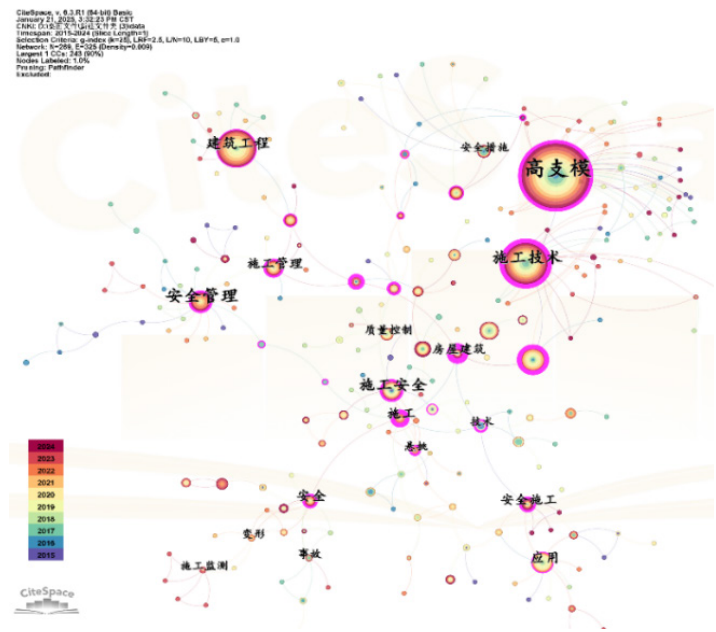


图 4 关键词共现网络图谱

表 2 关键词共现频次与中心性统计

序号	关键词	共现频次	中心性
1	高支模	242	0.53
2	施工技术	109	0.71
3	建筑工程	81	0.14
4	土建工程	33	0.67
5	应用	29	0.11
6	安全管理	29	0.29
7	施工	17	0.79
8	施工安全	16	0.39
9	土建施工	16	0.01
10	房建工程	14	0.06
11	施工管理	13	0.24
12	质量控制	11	0.08
13	施工工艺	11	0.12
14	安全措施	11	0.08

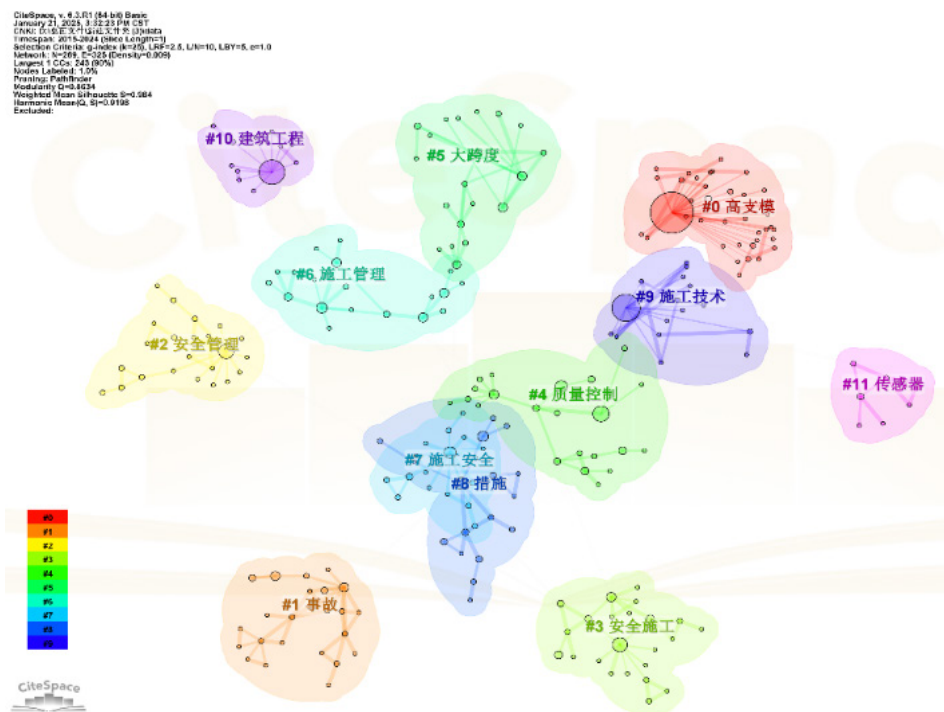


图5 关键词聚类网络图谱

通过分析关键词的中心性,发现“施工”、“施工技术”、“土建工程”、“高支模”、“施工安全”、“安全管理”以及“施工管理”等关键词在中心性排名中位居前列,且其中心性值均超越了0.1的阈值。在2015至2024年间,上述关键词成为了热议议题,综合涵盖了施工项目中至关重要的技术、安全以及管理等核心职能领域。

3.1.2 关键词聚类

聚类分析是一种根据特定特征将不同关键词进行分类统计的方法,在识别和研究领域的热点问题方面得到了广泛应用^[8]。在 CiteSpace 软件中,采用 K 聚类法,并结合 LLR (对数似然率) 算法对关键词进行了深入的聚类分析,从而绘制出了关于“高支模施工安全”的关键词聚类图谱(见图5)。为了更直观地展示聚类结果,还对其进行了量化处理,并将具体结果列在了表3中。

根据图5所示,本次聚类分析的关键指标聚类模块值(Q)高达0.8634,而聚类平均轮廓值(S)也达到了0.984。参照 CiteSpace 的帮助手册,当Q值大于0.3时,意味着聚类图谱网络具有明显的结构特征;S值超过0.5则表明聚类图谱的构建是合理的;而当S值大于0.7时,聚类结果的可信度极高。

在本研究中,Q值和S值分别远超0.3和0.7的阈值,充分证明了聚类效果的优越性和可信度。

从聚类结果来看,高支模施工安全领域形成了12个明确的聚类群体,分别为0#高支模、1#事故、2#安全管理、3#安全施工、4#质量控制、5#大跨度、6#施工管理、7#施工安全、8#措施、9#施工技术、10#建筑工程、11#传感器。其中,“事故”聚类揭示了通过研究安全事故本身特征来深入探索高支模施工的设计、管理及预防措施,是预防安全事故发生的有效途径。

除了与安全直接相关的聚类如“安全管理”、“安全施工”和“施工安全”外,“质量控制”和“施工管理”也被紧密地与施工安全相联系,凸显了它们在确保施工安全过程中的重要作用。此外,“措施”和“施工技术”聚类则聚焦于高支模施工安全的预防手段和处置方法,为提升施工安全性提供了实践指导。值得注意的是,“传感器”聚类的出现,表明实时监测技术在高支模施工过程中的运用,是预防安全事故、保障施工安全的有效技术创新^[9]。这一发现不仅强调了技术创新在提升施工安全水平中的重要性,也为未来施工安全管理的智能化、精细化发展提供了新的思路。

表 3 关键词聚类指标表

数据库	关键词	聚类大小	LLR
CNKI	高支模	37	15.36
	事故	23	13.66
	安全管理	23	20.52
	安全施工	23	18.13
	质量控制	22	24.41
	大跨度	20	17.91
	施工管理	19	22.8
	施工安全	17	22.98
	措施	17	18.16
	施工技术	16	49.92
	建筑工程	12	50.38
	传感器	7	18.06

3.2 研究发展趋势

突现关键词是指那些在特定时间段内共现频次急剧上升的研究议题，能够反映出某一领域研究热点的变迁，是揭示该领域研究前沿动态和发展趋势的重要指标^[10]。为了深入探究这些热点变化，借助 CiteSpace 软件的 Burstness 功能进行了关键词突现分析，并成功绘制出如图 6 所示的关键词突现图。在图 6 中出现了“安全措施”、“技术”、“土木工程”、“土建施工”、“质量控制”、“工程监理”、“安全管理”以及“高层建筑”这八个突现关键词。

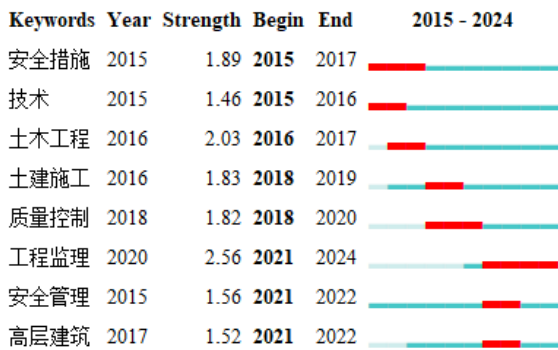


图 6 关键词突现图

由图 6 可知，在 2015-2020 年出现“安全措施”、“技术”、“土木工程”以及“土建施工”等突现词，表明该时段内的研究重心主要集中在土建高支模施工的技术手段与相应措施上。这些研究很可能聚焦于如何优化施工技术、提升施工效率，并探索有效

的安全保障措施，以确保施工过程的顺利进行。然而，进入 2020 年之后，突显的关键词发生了转变，主要包括“工程监理”和“安全管理”。这一变化反映出，在技术相对成熟稳定之后，管理人员的关注焦点开始转向施工管理层面，他们更加注重通过科学的管理手段来有效预防安全事故的发生。这种转变不仅体现了对施工安全管理的深入重视，也彰显了施工管理在保障工程质量和安全方面所扮演的重要角色。此外，关键词“高层建筑”的突显，则进一步揭示了工程建设领域的发展趋势，即向着更高层次、更大规模的方向发展。这不仅对施工技术提出了更高要求，同时也对施工管理和安全措施提出了新的挑战，促使相关领域的研究和实践不断向前推进。

4 结论

(1) 年发文量呈现出一定的波动性，其发展历程可划分为快速增长期与波动下降期两大阶段。

(2) 研究作者和机构关系网络稀疏，合作较少，缺乏具有显著代表性的核心作者，同时研究机构以施工企业为主，中国建筑企业在该领域的研究成果丰富，占据了主导地位。

(3) 研究热点主要聚焦于高支模、施工技术、建筑工程以及安全管理等方面，形成了一个涵盖“技术措施”与“安全管理”的全方位控制体系。

(4) 未来研究需更加重视技术革新、具体措施实施以及管理体系优化三者的协同作用，更有效地降低事故发生率，推动行业安全水平的持续提升。

(5) 需深化智能监测技术（如物联网传感器、AI 预警系统）与高支模施工的融合应用，推动安全管理从被动响应向主动预防转型。

参考文献

- [1] 高欣, 何舰, 兰春光, 等. 斜撑布设方案对高支模抗倒塌性能的影响[J]. 吉林大学学报(工学版), 2024, 54(06): 1657-1664.
- [2] HUANG H, PENG Z, HOU J, et al. Study on the ultimate load-bearing capacity of disc buckle tall formwork support considering uncertain factors[J]. Buildings, 2024, 14(3): 14030828.
- [3] CHEN X, TIAN W, FANG H. Bibliometric analysis of natural language processing using CiteSpace and

- VOSviewer[J]. Natural Language Processing Journal, 2025, 10: 100123.
- [4] ZHANG Y L, HE H N, KHANDELWAL M, et al. Knowledge mapping of research progress in blast-induced ground vibration from 1990 to 2022 using CiteSpace-based scientometric analysis[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2023, 30(47): 103534-103555.
- [5] DAI J, MA F, FU Z, et al. Integrated and holistic knowledge map of phase change materials for pavement: A scientometric analysis and bibliometric review[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 2024, 11(6): 1317-1339.
- [6] 熊回香, 叶佳鑫, 丁玲, 等. 基于改进的 h 指数的学者评价研究[J]. 情报学报, 2019, 38(10): 1022-1029.
- [7] 周立君, 孙萍. 从检索行为谈地质学论文关键词编校中的常见问题[J]. 编辑学报, 2023, 35(05): 522-526.
- [8] 戴林林, 苏晋, 寇菲菲, 等. 基于 CiteSpace 软件分析的太赫兹超材料器件研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2024, 44(04): 910-917.
- [9] 董金凤. 考虑节点半刚性盘扣式支模架稳定承载力理论与试验研究[D]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2022.
- [10] 肖鹏飞, 安璐, 吴德东. 基于文献计量学分析的全球生物质炭研究进展[J]. 农业工程学报, 2020, 36(18): 292-300.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

