

基于知识图谱的施工安全风险可视化研究及趋势分析

游栋超¹, 朱明雄¹, 刘青杉¹, 杨国成^{2*}, 韩培锋², 陈代果²

¹中国水利水电第七工程局有限公司, 广东 深圳

²西南科技大学土木工程与建筑学院, 四川 绵阳

收稿日期: 2023年4月30日; 录用日期: 2023年5月20日; 发布日期: 2023年5月31日

摘要

为了了解施工安全风险领域的发展趋向及目前关于施工安全风险的研究现状, 以“施工安全风险”为主题词, 通过CiteSpace文献分析软件对2002~2022年CNKI中国知网搜集到的1682条文献数据进行可视化分析。研究结果表明: 1) 以吴贤国、张立茂等为中心, 相关研究人员发表了较多有关施工安全风险相关的文献。但是大部分作者都是发文量仅在1~2次, 说明虽然研究施工安全风险的研究团队较多, 作者众多, 但核心作者较少, 研究深度欠佳, 且各学者之间的合作关系也应该加强。2) 目前国内施工安全风险研究机构合作网络还不够紧密, 华中科技大学土木工程与力学学院有关施工安全风险的研究较多, 其次是中交四航局第二工程有限公司和北京市轨道交通建设管理有限公司的发文量在第二梯度, 但各个机构之间还应该加强机构之间的交流。3) 通过关键词共现图谱, 关键词频, 聚类和中心度等解剖分析, “安全管理”、“风险管理”、“安全风险”等为近20年的研究热点所在。“安全管理”、“安全风险”、“风险管理”、“施工安全”分别为中心度较高的几个关键词, 说明在施工安全风险管理中, 涉及到此类的关键词的研究较多。

关键词

CiteSpace, 施工安全风险, 知识图谱, 可视化

Visual Research and Trend Analysis of Construction Safety Risk Management Based on Knowledge Graph

Dongchao You¹, Mingxiong Zhu¹, Qingshan Liu¹, Guocheng Yang^{2*}, Peifeng Han², Daiguo Chen²

¹Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd., Shenzhen Guangdong

*通讯作者。

文章引用: 游栋超, 朱明雄, 刘青杉, 杨国成, 韩培锋, 陈代果. 基于知识图谱的施工安全风险可视化研究及趋势分析[J]. 管理科学与工程, 2023, 12(3): 448-459. DOI: 10.12677/mse.2023.123052

²School of Civil Engineering and Architecture, Southwest University of Science and Technology, Mianyang Sichuan

Received: Apr. 30th, 2023; accepted: May 20th, 2023; published: May 31st, 2023

Abstract

In order to understand the development trend in the field of construction safety risk management and the current status of research on construction safety risk management, with “construction safety risk management” as the theme word, the 1682 literature data collected by CNKI from 2002 to 2022 were visually analyzed through CiteSpace literature analysis software. The research results show that: 1) With Wu Xianguo, Zhang Limao, and so on as the center, relevant researchers have published more literature related to construction safety risk management. However, most of the authors have only published 1~2 times, indicating that although there are many research teams and authors working on construction safety risk management, there are few core authors and the research depth is poor, and the cooperation between scholars should also be strengthened. 2) At present domestic construction safety risk management research institutions cooperation network is not close enough. The School of Civil Engineering and Mechanics of Huazhong University of Science and Technology has more research on construction safety and risk management, followed by the Second Engineering Company of CCCC Fourth Harbor Engineering Co., Ltd. and Beijing Rail Transit Construction Management Co., Ltd., with the second highest volume of publications. However, there is still room for these institutions to strengthen their communication with each other. 3) Through the keyword co-occurrence map, combined with “word frequency”, “center degree”, clustering and other anatomical analysis, “safety management”, “risk management” and “safety risk” are the research hotspots in nearly 20 years. “Safety management”, “safety risk”, “risk management” and “construction safety” are respectively the top four keywords with a high degree of emphasis, indicating that there are many studies of these four keywords involved in construction safety risk management.

Keywords

CiteSpace, Construction Safety Risk Management, Mapping Knowledge Domain, Visualization

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

近些年来国家大力发展，给建筑施工企业带来了巨大的商机，建筑业的规模得到了长足的发展，取得了丰硕的成果，与此同时，也发生了大量的安全事故，给国家和人员造成了巨大的损失，建筑业也被列为了“高危行业”。减少事故的发生，保护国家财产和人民生命安全一直是党和国家的一件大事。开展风险评价是党和国家安全生产方针的必然要求，只有对所进行的建筑安装工程施工中的风险分析清楚了，从而才可能有的放矢地采取预防措施，将事故消灭在萌芽状态，也才能达到“预防为主”的要求。风险评价是现代安全管理的核心内容之一，也是公认的、国际上惯用的系统安全管理的核心内容[1] [2] [3]。

施工安全风险是研究施工的一个重要手段。安全风险就是指通过识别生产经营活动中存在的危险、有害因素，并运用定性或定量的统计分析方法确定其风险严重程度，进而确定风险控制的优先

顺序和风险控制措施, 以达到改善安全生产环境、减少和杜绝安全生产事故的目标而采取的措施和规定[4][5][6]。例如, 骆建军[7]等针对地铁施工对近邻建筑物的影响已成为地铁工程中的重点和难点。在施工过程中必须采取可靠措施, 并且根据建筑物的沉降及倾斜控制标准, 对地铁施工过程进行有效的管理, 严格控制地表沉降, 才不会影响邻近建筑物的安全使用。针对地铁施工对邻近建筑物的安全影响, 提出安全管理的程序、方法和内容以及建筑物的一般保护措施, 可用于指导该类工程的施工和管理, 保证该类工程的顺利进行。

目前, 国内相关学者在“施工安全风险”领域发表了一系列的相关性文章, 如熊自明, 卢浩等[8]概括总结了2010~2017年间我国大型岩土工程施工安全风险研究方面的主要进展。再例如刘迪等[9]针对装配式建筑施工存在的安全隐患, 通过对施工现场前期准备阶段、施工装运阶段、吊装就位阶段以及拼缝和修补外饰面阶段的安全风险的研究, 对影响装配式建筑安全管理的因素进行了分析。提出在“人、机、料、法、环”5个方面的控制措施, 很好地消除了施工过程可能存在的安全隐患, 可为类似工程提供借鉴。还有施庆伟, 庞永师等[10]针对建筑企业施工安全风险过程中预警决策困难等问题, 在对比分析系统动力学在预警决策应用的优势, 并以BIM信息模型提供原始真实的现场数据, 在模型假设和变量边界确定的基础上, 建立以流图为基础的施工安全风险预警仿真系统模型; 使用Vensim PLE软件对施工安全风险预测及控制优选过程进行仿真, 结果验证了当前施工风险过程, 并依据仿真结果对进入BIM模型的施工方案、人员及设备进行调整以指导施工, 提高施工安全风险效率。

可视化分析是指通过相关计量软件挖掘文本数据信息, 分析其中研究领域的热点, 进行科学计量和数字分析。指采用学术算法、简明图谱等方法, 对某一领域的知识进行方向分析, 具有知识导航的作用[11]。

2. 数据来源和分析方法

2.1. 数据来源

论文数据来源基于中国知网数据库(CNKI)以“施工安全风险”为主题, 检索区间2002年~2022年, 共检索出2177条相关文献, 检索时间为2023年2月3日, 进一步整理分类, 筛除些许重复及无关文献, 共计检索得1682条相关文献。

2.2. 分析方法

2.2.1. 分析方向

基于检索到的文献, 通过CiteSpace V对其进行分析, 由于CNKI可处理的数据源只能表达出作者及机构合作网络分析, 关键词共现分析, 本文主要通过以上各个类型的知识图谱进行展开分析, 通过分析知识图谱, 来达到了解学科内作者及机构之间的联系情况以及从关键词的共现程度判断学科目前发展趋势及热点研究方向的目的。

2.2.2. CiteSpace 软件分析

科学知识图谱是使用数据源进行引文分析的一种新的计量经济学方法, 由文献统计软件中国知网和CiteSpace下载它使用知识领域作为研究对象, 直观地揭示科学知识的结构和规律, 研究其发展过程与结构的关系国内的视觉分析为了便于理解一门学科的软件面对数万份文件这样才能找到最重要的关键信息之一, 对过去和现在的发展进行排序找到最活跃的研究前沿和发展趋势每个研究人员想知道如何快速和良好地撰写高质量的论文使用CiteSpace, 一切都合乎逻辑。

2.2.3. LLR 对数似然算法

LLR对数似然算法可以产生一定的聚类的封闭性。相似系数可以反映共现率在文本之间[12]

$$\text{Cos}(A, B) = \frac{|A \cap B|}{\sqrt{|A||B|}} (A \geq 0, B \geq 0)$$

A 和 B 分别表示关键词的出现频率和关键词的共现频率。因此, 根据三角函数定理, 当 $\text{Cos}(A, B) = 0$ 时, A 与 B 的相关度为 0, 而 $\text{Cos}(A, B) = 1$ 时, B 与 A 的关联度最大[13]。

3. 结果与分析

3.1. 文献历年发文量分析

本文以中国数据库(CNKI)为基础, 以“施工安全风险管理”为重点开展文献检索, 经过反复的文献筛选, 最终选定 2002 年 1 月至 2022 年 12 月间, 共 1682 篇文章开展本文的研究工作。下图 1 显示了从 2002 年到 2022 年与建筑施工安全风险管理相关的文献。具体数据如(图 1)所示。

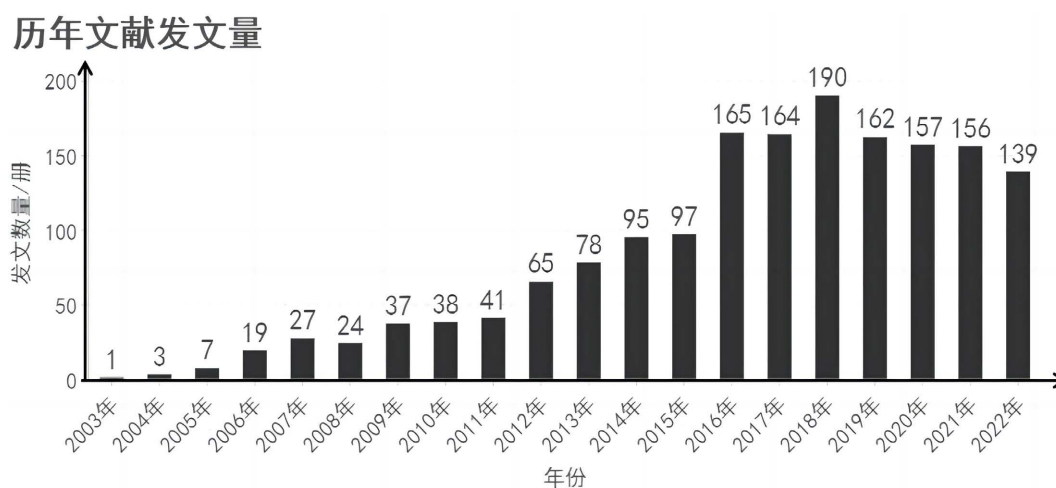


Figure 1. Quantity analysis diagram of China's construction safety risk management issued in 2002~2022
图 1. 2002~2022 年中国施工安全风险管理发文数量分析图

如图 1 所示, 施工安全风险管理研究近年来, 论文数总体呈快速上升趋势。2002~2022 年以来, 论文数总体呈上升趋势, 从图 1 可以看出, 国内关于安全风险管理的文献大致可分为三个阶段, 2002~2015 年是一个缓慢增长期, 文献量总体较小, 2015~2018 年是一个快速增长期, 关于施工安全风险管理的研究在这个阶段快速增长, 主要原因可能是这一时期我国工程量急剧增加, 工程建设问题突出, 因此, 这一时期相关文献数量迅速增加; 2018~2022 年为稳定期, 这一时期整体文献量稳定, 这表明我国施工安全风险管理的相关研究已经进入了一个稳定的发展期。

3.2. 文献作者群体分析

在下面的图 2 中, 有 478 个节点和 116 个连接, 网络密度为 0.001。在建筑安全风险管理领域, 作者合作网络的聚类关系呈现出“局部—局部”网络的形态, 其中大部分研究者联系不多, 大量学者分散。根据表 1 的分析, 吴先国和张立茂等相关研究人员发表了更多关于施工安全风险管理的文献。此外, 大多数作者只发表过一两次, 这表明有许多研究团队和作者在处理建筑安全风险管理问题, 但很少有核心作者。然而, 有些作者存在着片面的合作关系, 或者有些作者对这一课题进行了单独的研究, 并没有与其他作者合作形成一个网络。通过对图 2 的分析, 可以看出, 中国在施工安全风险管理中的合作关系初步形成了以核心作者为核心的网络合作原型, 但大多数作者处于相对分散的状态。

CiteSpace, v. 6.1.R6 (64-bit) Basic
 February 16, 2023 at 5:42:17 PM CST
 CNKI: C:\Users\85223\data for citespace\施工安全风险数据\data
 Timespan: 2003-2023 (Slice Length=1)
 Selection Criteria: g-index (k=25), LRF=3.0, L/N=10, LBY=5, e=1.0
 Network: N=478, E=116 (Density=0.001)
 Largest CC: 9 (1%)
 Nodes Labeled: 1.0%
 Pruning: Pathfinder



Figure 2. The number of papers published by authors of construction safety risk management in China from 2002 to 2022
图 2. 中国 2002~2022 年施工安全风险管理者发文量

Table 1. Statistics of authors' papers on construction safety risk management in China from 2002 to 2022
表 1. 2002~2022 年中国施工安全风险管理者发文统计

序号	发文数量/篇	作者
1	6	吴贤国
2	4	张立茂
3	3	张健
4	3	刘斌
5	3	宫培松
6	3	刘娜
7	3	夏润禾
8	2	刘伟
9	2	邵寅旭
10	2	于飞

3.3. 机构合作分析

首先,对 1682 篇文章进行视觉机制网络分析,节点类型为“节点类型 = 机构”,搜索区间为 2002~2022 年的“时间切片”,时间切片为“每片年 = 1”,阈值为 Top = 50,即每个时间段的前 50 家机构,经目

视分析,调整为只显示4家以上的机构,得到如图3所示的施工安全风险发布机制图,并进行排序,得到表2。

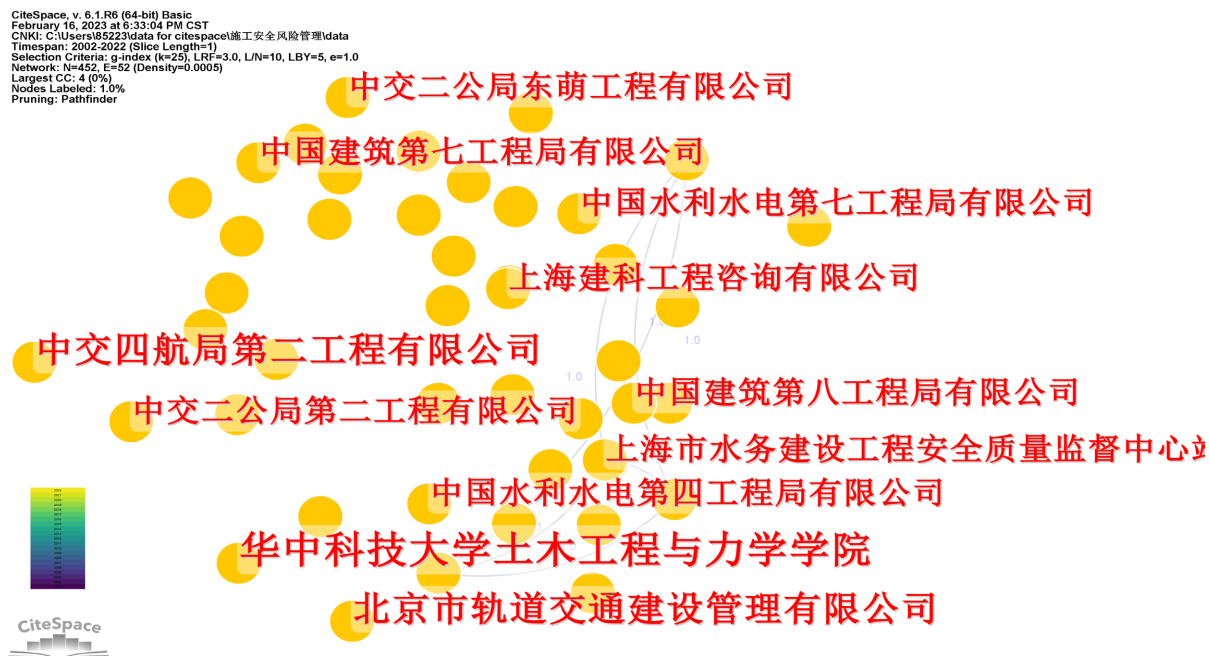


Figure 3. Atlas of China construction safety risk management organization from 2002 to 2022

图 3. 2002~2022 年中国施工安全风险发布机构图谱

Table 2. Ranking of construction safety risk management publishing agencies in China, 2002~2022

表 2. 2002~2022 年中国施工安全风险发布机构排名

序号	频次	机构
1	6	华中科技大学土木工程与力学学院
2	5	中交四航局第二工程有限公司
3	5	北京市轨道交通建设管理有限公司
4	4	中国建筑第七工程局有限公司
5	4	上海建科工程咨询有限公司
6	4	中交二公局东萌工程有限公司
7	4	中国水利水电第七工程局有限公司
8	4	中国建筑第八工程局有限公司
9	4	上海市水务建设工程安全质量监督中心站
10	4	中国水利水电第四工程局有限公司

根据图3,节点 $N = 452$, 连接线 $E = 52$, 网络密度, 命运 = 0.0005, 综合表3, 图3, 目前, 国内建筑安全风险研究机构的合作网络还不够紧密, 华中科技大学土木工程与力学学院已形成一家独大的局面, 其次, 中交四航局第二工程有限公司与北京市轨道交通建设管理有限公司可以看出, 无论在理论研究层面还是设计实践层面, 国内对建筑安全风险的研究都呈现出一种趋势, 但也需要加强组织之间的团队合作, 只有这样, 我国才能在相关建筑问题上取得突破性的发展。

3.4. 关键词分析

3.4.1. 关键词共现图谱分析

关键词的共现分析可以反映学科领域中的重要研究方向，以及学科逐年的演变和发展，也可以直接反映不同时间序列中热点领域、分析视角和研究方法的变化[14]。首先，在 CiteSpace 中的时间片为 1 a，阈值为 TopN = 50 关键词知识网络图，并且在地图中网络线的颜色第一次体现出来，所以从网络线的整体颜色变化可以了解研究领域的新旧情况，所以可以通过网络线的颜色变化来考察领域的演变。下图 4 为 2002 年至 2022 年施工安全风险管理的关键词图。

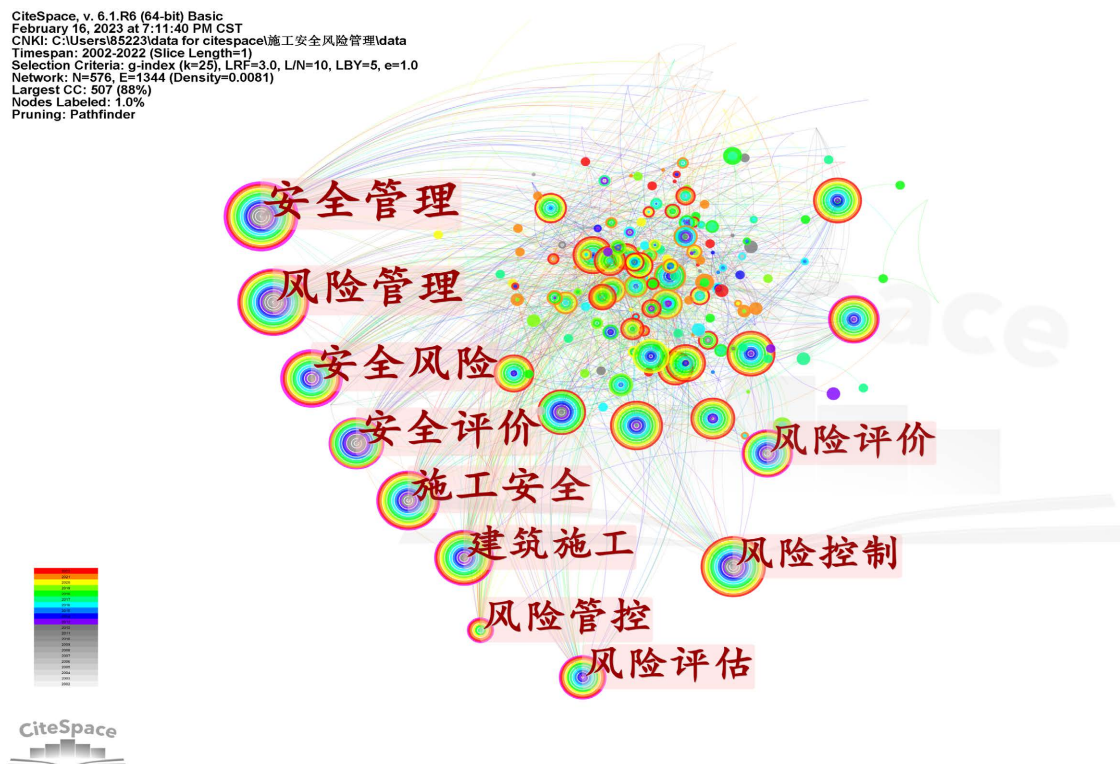


Figure 4. Keyword knowledge map for construction safety risk management in 2002~2022

图 4. 2002~2022 年施工安全风险管理的关键词知识图谱

从图 4 可以看出，从学科发展演变的角度来看，关键词节点外圈中的紫色代表该关键词中介中心最强的节点。结合图 4 中的共生关系线，如“安全管理”、“风险管理”和“安全风险”是近 20 年来的研究热点。关键词中心性(Centrality)反映了关键词与其他关键词共现的程度，显示了关键词的连接效应的大小。通过对关键词中心性的 CiteSpace 分析，可以进一步了解研究领域在整个时间过程中的关键方向。通过对关键词进行量化，使分析更加可靠，将 TopN = 10 的数据在整个时间范围内进行统计，得到表 3。

Table 3. 2002~2022 China construction safety risk management keyword center degree

表 3. 2002~2022 年中国施工安全风险管理的关键词中心度

序号	关键词	频次	中心度
1	安全管理	381	0.3
2	风险管理	354	0.19
3	安全风险	284	0.22

Continued

4	施工安全	207	0.14
5	建筑工程	135	0.06
6	风险控制	88	0.08
7	施工	80	0.06
8	管理	79	0.1
9	施工管理	72	0.09
10	建筑施工	70	0.13

结合表 3 可知,“安全管理”、“安全风险”、“风险管理”、“施工安全”分别为中心度较高的前 4 位关键词,说明在施工安全风险管理中,涉及到此 4 类的关键词的研究较多。

3.4.2. 关键词聚类 LLR 算法分析

使用 CiteSpace V 进行快速聚类,提取关键字并通过阈值进行调整,以获得如图 5 所示的知识地图。在该图中, $Q = 0.5912 > 0.3$ 的模块值(模块性)表明聚类结果是显著的,平均轮廓值(平均值)为 $S = 0.8251 > 0.7$,表明聚类结果的置信度非常高。因此,2002~2022 年建筑施工安全风险领域的研究主要是基于图 5 中的 8 个聚类模块。通过聚类结构特征,可以将学科研究划分为具体的板块来解释学科研究方向,并结合平均年数来研究学科领域的演化过程。通过平均一年可以知道 2009 年前后的早期学科发展情况,原因是在 2009 年之前,学术文献较少,说明建筑施工安全风险还没有引起学术界的足够重视,而在我国大力发展高速公路和高速铁路之后,伴随着一系列的建问题,国内学者开始对建筑施工安全风险的研究开始逐步加强。

在研究初期(2002~2009 年),国内学者开始初步探讨施工安全风险管理的实体研究,即集群 1 和集群 2;中期(2009~2011 年)主要研究施工安全风险的应用。国内学者提出了许多关键技术和理论原则,分析了建设的特点和治理的新技术,即集群 4、5、6、7、8;近期研究(2011~2022)主要是施工安全风险研究,即集群 3、9、10。整体研究发现,大部分聚类词平均出现时间较早,表明建筑施工安全风险领域的研究主要集中在 2009 年以后的几年。随着时间的推移,道路和铁路的建设量不断积累,该领域的研究得到了发展。进入稳定期,后期该领域的研究需要进一步加强。通过对主要集群词进行整理,列出了每个集群中的前三个关键字,并进行了定量分析(聚类汇总)。节点代表关键字。关键词越多, ID 值越小,研究领域越广。从表 4 可以看出,包括关键数字在内的前三位分别是施工安全、安全管理和风险管理。但在我国,施工安全风险管理的聚类度低于 0.9,说明聚类效果不够好,同质性不强,关键词之间的联系不够紧密。希望相关学者在今后的研究过程中,能够将建筑安全风险管理的各种分类有机地联系起来,进行多角度的分析。时间轴视图(Time-line)将分析和时间聚类在一起,时间顺序相同的聚类节点将安排在同一层上,不同集群之间的联系也可以清楚地显示在图中,时间线可以更直观地反映集群的时间跨度和历史进程,可以清楚地显示施工安全风险管理的演变。如图 6 所示,#1 的长度最短,从 2005 年开始,在 2004 年;#0, #3, #4, #5、#7、#2 和#6 星团自 2019 年以来没有出现,预计这两个星团发展良好,而#0、#1、#3、#3、#4、#5 和#7 将作为研究热点进行讨论和研究。

3.4.3. 研究主题演进与研究前沿分析

CiteSpace 软件的突发检测功能可以检测到在某个时间突然被广泛使用的关键词。在关键词涌现分析中,根据本研究 20 年前的研究情况,将突发词的最短持续时间设定为 3 年。默认设置下,共获得 8 个突词。对新兴关键词的强度、发生年份、结束年份、持续时间进行了整理,见图 7。从图 7 可以看出,建

CiteSpace, v. 6.1.R6 (64-bit) Basic
 February 17, 2023 at 3:43:09 PM CST
 CNKI: C:\Users\185223\data for citespace\施工安全风险管理\data
 Timespan: 2002-2022 (Slice Length=1)
 Selection Criteria: g-index (k=25), LRF=3.0, L/N=10, LBY=5, e=1.0
 Network: N=576, E=1344 (Density=0.0081)
 Largest CC: 507 (88%)
 Nodes Labeled: 1.0%
 Pruning: Pathfinder
 Modularity Q=0.5912
 Weighted Mean Silhouette S=0.8251
 Harmonic Mean(Q, S)=0.6889

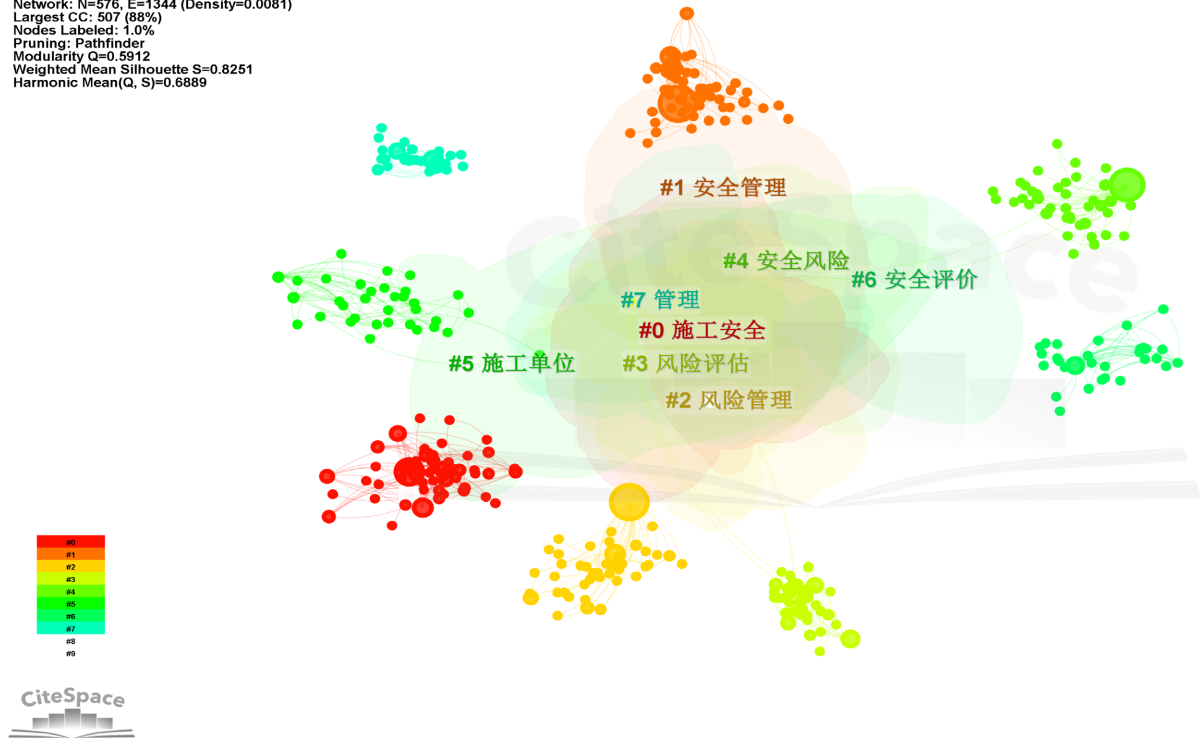


Figure 5. 2002~2022 China construction safety risk management cluster knowledge map
图 5. 2002~2022 中国施工安全风险管理聚类知识图谱

Table 4. Analysis of construction safety risk management in China from 2002 to 2022
表 4. 2002~2022 中国施工安全风险管理分析详表

聚类号	节点数	紧密程度	平均年份	TOP terms (重要关键词)
#0 施工安全	66	0.765	2014	(16.05)机电安装; (14.72)高层建筑; (14.1)机电; (13.66)管理措施; (13)配网工程
#1 安全管理	62	0.789	2014	(17.92)风险防范; (12)安全意识; (10.78)建筑施工; (10.34)机械; (10.34)地铁盾构
#2 风险管理	45	0.738	2011	(15.23)安全事故; (12.92)基建安全; (12.87)公路工程; (11.34)机电安装; (11.17)工程项目
#3 安全评估	45	0.788	2013	(13.49)风险评估; (12.92)典型风险; (12)工程管理; (11.17)评估; (10.75)高速公路
#4 安全风险	42	0.792	2015	(16)土建施工; (15.23)地铁建设; (15)铁路施工; (15)地下工程; (15)技术管理
#5 施工管理	34	0.933	2014	(12.24)施工单位; (10.25)作业人员; (10)分包单位; (10)建设工程安全; (6.83)安全管理人员
#6 安全评价	30	0.93	2011	(10.34)安全评价; (10)动态管理; (10)熵权法; (8.41)评价; (7.28)危险
#7 管理	30	0.758	2014	(10)改进对策; (7.04)管理; (7.04)风险; (6.92)安装; (6.83)水利施工

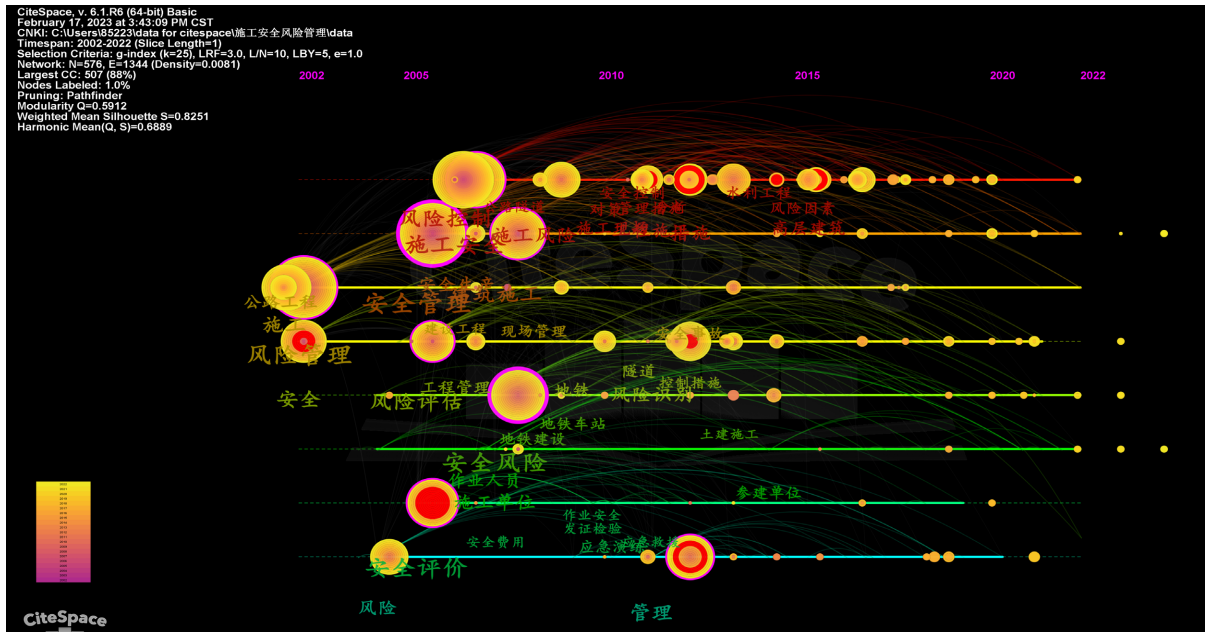


Figure 6. Time clustering map of construction safety risk management from 2002 to 2022

图 6. 2002~2022 年施工安全风险时间聚类图谱

Top 8 Keywords with the Strongest Citation Bursts

Keywords	Year	Strength	Begin	End	2002 - 2022
风险评价	2002	5.54	2002	2010	
施工企业	2002	3.85	2002	2013	
安全评价	2005	14.11	2005	2015	
风险识别	2011	4.17	2011	2014	
高层房屋	2014	4.83	2016	2018	
管理	2011	3.87	2017	2019	
隧道工程	2015	3.82	2018	2022	
风险管控	2014	8.02	2020	2022	

Figure 7. 2002~2022 China construction safety risk management cluster knowledge map

图 7. 2002~2022 中国施工安全风险聚类知识图谱

筑企业的风险评价持续时间最长,说明国内学者长期关注企业实体和评价体系,例如胡梦泽等[15]结合施工企业财务风险的现状与特点,依据《中央企业全面风险管理指引》对财务风险的定义和财务风险管理流程的要求,运用功效系数模型和风险坐标图法,基于 13 家土木工程建筑行业典型企业的对比数据,研究财务风险识别、评价、预警分析、防控措施,识别出了 23 种施工企业面临的主要财务风险,提出了施工企业财务风险识别的 6 大类 20 项财务指标,并以 F 公司为例,评估了该公司的财务风险现状,为施工企业加强财务风险防控提出了建议。应国柱[16]等鉴于模糊综合评判法的独特优势,通过分析辨识合肥地铁 1 号线施工典型风险源,建立充分体现上述施工环境特点的风险指标体系,利用修正的模糊层次分析法确定各层指标权重;确立五级风险划分标准;引用一种符合地铁施工风险评估特点的非线性模糊算子,建立修正的模糊综合评价模型,对合肥地铁 1 号线施工风险进行评估定级。在近几年时间内风险管控是研究的热点方向。究其原因,我国早年建筑技术不够完善,依赖国外先进设备,在近年来我国大力发展

工程,这就不得不需要我们攻克施工安全风险管理的难题,所以有关施工安全风险应运而生[17][18][19]。而安全评价的突现强度最强,说明在近几年是国内的研究热点方向。

4. 结论与展望

基于中国知网数据库,对 2002~2022 年施工安全风险管理的文献进行了知识图结构分析,从文献数量、文献作者群、机构合作、关键词等方面进行了阐述。具体而言,可以得出以下结论。

1) 目前,国内建筑施工安全风险研究方向与往年相比取得了长足进展。这不仅反映在文章的数量上。建筑施工安全风险领域的作者合作网络是本地和本地网络之间的集群关系。大多数科学家分散。相关研究人员,以吴先国和张立茂为重点发表了更多关于建筑安全风险管理的文献,但大多数作者只发表过一两次,为了解释,尽管有很多研究团队和作者,但核心作者的研究深度很少。相关学者之间的合作也需要加强。

2) 通过机构之间的合作体现出,相关机构的合作网络还不够紧密,华中科技大学土木工程学院和力学学院形成了一家独大的局面,其次是中交四航局第二工程有限公司和北京市轨道交通建设管理有限公司。但机构之间仍需加强团队之间的合作,才能在有关施工安全风险上取得突破性进展。

3) 结合关键词共现图,结合重点词语、关键词中心性、聚类分析,“安全管理”、“风险管理”、“安全风险”是近 20 年来的研究热点。“安全管理”、“安全风险”、“风险管理”和“施工安全”分别是重视程度最高的前四个关键词,表明这四个关键词涉及施工安全风险的研究较多。

基金项目

中国水利水电第七工程局有限公司 2022 年科技项目经费资助。

参考文献

- [1] 刘文,赵挺生,张亚静,陈昱锟,周炜. 地铁盾构施工安全风险规律分析与对策[J]. 中国安全科学学报, 2017, 27(10): 130-136.
- [2] 李雄. 探讨高层房屋建筑工程施工安全管理[J]. 四川建材, 2014, 40(6): 178-179.
- [3] 黄兴,韩伟威,陈赟. 高速公路桥梁施工安全评估及控制[J]. 公路与汽运, 2013(6): 210-214.
- [4] 翟志刚. 北京地铁施工阶段安全风险技术管理[J]. 施工技术, 2011, 40(24): 86-88.
- [5] 洪小波. 论建筑工程施工项目安全风险控制与管理决策[J]. 现代商贸工业, 2007, 19(5): 31-32.
- [6] 王卓甫,沈志刚. 工程项目突发事件应急管理初探[J]. 四川水力发电, 2006, 25(2): 91-94, 105.
- [7] 熊自明,卢浩,王明洋,钱七虎,戎晓力. 我国大型岩土工程施工安全风险研究进展[J]. 岩土力学, 2018, 39(10): 3703-3716. <https://doi.org/10.16285/j.rsm.2017.2138>
- [8] 刘迪. 装配式混凝土建筑的安全施工管理[J]. 建筑施工, 2016, 38(7): 991-992. <https://doi.org/10.14144/j.cnki.jzsg.2016.07.059>
- [9] 施庆伟,庞永师,蒋雨含. 基于系统动力学和 BIM 的建筑施工安全风险预警决策模型仿真[J]. 土木工程与管理学报, 2016, 33(2): 83-89. <https://doi.org/10.13579/j.cnki.2095-0985.2016.02.015>
- [10] 骆建军,张顶立,王梦恕,张成平. 地铁施工对邻近建筑物安全风险管理[J]. 岩土力学, 2007(7): 1477-1482. <https://doi.org/10.16285/j.rsm.2007.07.036>
- [11] 韩增林,李彬,张坤领,等. 基于 CiteSpace 中国海洋经济研究的知识图谱分析[J]. 地理科学, 2016, 36(5): 643-652.
- [12] 张富程,高凯,姜茂敏,等. 医疗卫生领域人工智能的研究热点及发展趋势研究[J]. 中国医疗管理科学, 2020, 10(4): 45-51.
- [13] 王萍,刘涛,杜萍,等. 2000-2017 年中国灾害风险研究的知识图谱分析[J]. 自然灾害学报, 2019, 28(4): 169-177.
- [14] 李杰,陈超美. CiteSpace: 科技文本挖掘及可视化[M]. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2016.

-
- [15] 胡梦泽, 田淑阳, 邢如其. 施工企业财务风险评估与控制剖析[J]. 财会月刊, 2017(7): 24-30.
<https://doi.org/10.19641/j.cnki.42-1290/f.2017.07.005>
- [16] 应国柱, 汪鹏程, 朱大勇, 雷先顺, 秦榛. 基于模糊综合评价模型的地铁施工风险评估[J]. 地下空间与工程学报, 2016, 12(2): 539-545.
- [17] 姚浩, 陈超逸, 宋丹妮. 基于复杂网络的超高层建筑施工安全风险耦合评估方法[J]. 安全与环境学报, 2021, 21(3): 957-968. <https://doi.org/10.13637/j.issn.1009-6094.2021.0209>
- [18] 钟蒙繁, 罗振华, 彭川格, 刘羽姿, 王晶, 杨俊, 解维, 彭杰霖. 装配式建筑施工安全与风险管理研究综述[J]. 科技资讯, 2017, 15(33): 66-67.
- [19] 夏世龙. 高层房屋建筑工程施工安全风险[J]. 管理观察, 2014(5): 33, 35.