

基于CiteSpace的钻孔灌注桩研究热点及发展趋势可视化分析

郑超^{1*}, 谢道国¹, 刘毅¹, 朱敦星¹, 龚钰凯^{2#}, 李言昂², 韩培锋², 陈代果²

¹山东省公路桥梁集团建设有限公司, 山东 济南

²西南科技大学土木工程与建筑学院, 四川 绵阳

收稿日期: 2024年1月5日; 录用日期: 2024年3月15日; 发布日期: 2024年3月22日

摘要

钻孔灌注桩是工程当中基础工程中常见的处置方式, 为分析当前钻孔灌注桩稳定性研究领域发展趋势及研究热点, 以“钻孔灌注桩稳定性”为主题词, CNKI收集的1996年~2023年的498条文献记录, 利用CiteSpace文献分析软件对其进行可视化分析。1) 钻孔灌注桩稳定性研究领域经历了稳定-增长-稳定的发展阶段, 在早期学者对这个研究领域的关注较早, 但现在该领域的研究正在快速发展。2) 张志华, 胡永, 尤德纯, 管丽萍等学者是该领域的核心研究人员, 其发文频次均在3以上。同济大学地下建筑与工程系、华中科技大学土木工程与力学学院为领域内核心研究机构。3) “施工技术”“质量”“公路桥梁”为近几年的主要研究热点词汇, 相关学者在该领域取得了一系列的研究成果。本篇研究成果, 能够有效帮助人们进一步梳理钻孔灌注桩稳定性研究领域最近的研究目标及其现状, 同时通过追溯二十多年间的主要研究发展历程, 还可以为相关研究学者提供近年研究重点和对于未来工作发展预测的参考。

关键词

CiteSpace, 施工技术, 质量, 公路桥梁

Visual Analysis of Research Hotspot and Development Trend of Bored Pile Based on CiteSpace

Chao Zheng^{1*}, Daoguo Xie¹, Yi Liu¹, Dunxing Zhu¹, Yukai Gong^{2#}, Yan'ang Li², Peifeng Han², Daiguo Chen²

¹Shandong Highway and Bridge Group Construction Co., LTD., Jinan Shandong

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

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 郑超, 谢道国, 刘毅, 朱敦星, 龚钰凯, 李言昂, 韩培锋, 陈代果. 基于 CiteSpace 的钻孔灌注桩研究热点及发展趋势可视化分析[J]. 地球科学前沿, 2024, 14(3): 277-288. DOI: 10.12677/ag.2024.143026

Abstract

Bored pile is a common disposal method in foundation engineering. In order to analyze the development trend and research hotspot in the stability research field of bored pile at present, with the title of “stability of bored pile” as the main topic, CNKI collected 498 documents from 1996 to 2023. The visual analysis was carried out by using CiteSpace literature analysis software. 1) The research field of the stability of bored pile has experienced the development stage of stability-growth-stability. In the early stage, scholars paid attention to this research field earlier, but now the research in this field is developing rapidly. 2) Zhang Zhihua, Hu Yong, You Dechun, Guan Liping and other scholars are the core researchers in this field, and their publication frequency is above 3. The Department of Underground Architecture and Engineering of Tongji University and the School of Civil Engineering and Mechanics of Huazhong University of Science and Technology are the core research institutions in the field. 3) “Construction technology”, “quality” and “highway bridge” are the main research hot words in recent years, and relevant scholars have made a series of research results in this field. The results of this study can effectively help people to further sort out the recent research objectives and status quo in the field of borehole cast-in-place pile stability research. At the same time, by tracing the main research and development process in the past 20 years, it can also provide relevant researchers with a reference for the key research and future development prediction of this discipline in recent years.

Keywords

CiteSpace, Construction Technique, Quality, Highway Bridge

Copyright © 2024 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

伴随着社会的持续进步,人类的生活品质也在持续改善,特别是人们对生活环境提出了更多的要求,尤其是大型建筑的基础施工,对于其质量的要求更高。在一些大型建筑基础施工过程中,难免会受到环境因素的影响,对于使用技术会产生不同条件的限制,严重的话甚至会威胁到建筑的质量。而钻孔灌注桩作为典型的基础结构建设之一,广泛运用在工程建设之中。所以对于钻孔灌注桩在不同环境下对于其稳定性有不同的影响,冻土环境对于钻孔灌注桩桩身早龄期混凝土的强度发展和形成的孔结构会带来很大的不利影响[1],砂土地区下由于其砂土的粘聚力地,在砂土地区钻孔容易造成孔壁缩径,塌孔等现象[2],在沿海地区,钻孔灌注桩串孔会导致桩的充盈系数增大,会导致桩自身质量和成孔质量无法保证[3]。

目前国内相关学者在“钻孔灌注桩稳定性”领域发表了一系列的相关性的文章,如姚明鑫[4]等围绕高速公路桥梁建设中钻孔灌注桩的泥浆性能与机械展开分析,对于不同地质下钻孔灌注桩泥浆性能及钻机效率的指标探究,王亚宁[5]等以银西(银川-西安)高速铁路典型路堑高边坡支挡工程为例,对放坡、桩板式挡土墙和双排钻孔灌注桩挡土墙3种方案进行稳定性计算,对比分析其力学特征及综合效益。

黄生根[6]等提出钻孔灌注桩在压浆后的承载特性得到明显改善,离散程度明显降低,但目前对压浆后钻孔灌注桩的可靠度还缺乏系统研究。收集了122根未压浆的钻孔灌注桩和147根压浆后的钻孔灌注

桩静载试验资料,结合可靠度分析方法中的确定性和不确定性分析方法,利用近似概率法的基于一次二阶矩法的验算点法(简称 JC 法)和 Monte Carlo 法对钻孔灌注桩压浆前和压浆后的可靠度指标进行了对比分析,大量的学者通过数值模拟技术对钻孔灌注桩在不同地质的稳定性、力学特征、模型实验等进行了研究,除此外还有部分学者对钻孔灌注桩的施工技术、特点等进行了部分研究。可见学科领域研究范围比较广,但各方面的研究发展趋势差异性需要进一步的深入。本文将通过 CiteSpace 软件,对以往学者研究的内容进行发文量,发展趋势进行分析。

可视化分析是指通过数据文本信息挖掘、分析领域热点、科学测量、绘图等方法,对某一领域的知识进行定向分析,具有知识导航的功能[7]。自 2006 年 CiteSpace 在中国上市以来许多学科领域采用可视化分析方法研究和分析其知识焦点。基于 CiteSpace 软件,施源[8]等人进行了可视化分析,检索了 2002~2022 年发表的 1567 篇文章,并进一步研究了光力杀菌技术论文的地域和机构分布大量的学科领域采用可视化分析的方法对其知识热点进行研究分析。本文也将基于 CiteSpace 的可视化分析对我国钻孔灌注桩在不同环境下稳定性进行详细的脉络图谱分析,探索学科领域研究的热点以及未来发展方向。

2. 数据来源及研究方法

2.1. 数据来源

为了深入了解“基于不同环境下钻孔灌注桩稳定性”的热点问题,了解到相关机构,作者以及他们之间的合作关系,发展的情况,热点话题,为了能够更加进一步了解到该领域的发展趋势。本研究数据均来自于中国知网中文期刊,以“钻孔灌注桩稳定性”为主题,检索区间为 1996 年~2023 年,检索出 513 条相关文献检索时间为 2023 年 10 月 15 日下午 15:34,进一步整理分类排除重复文献,和与钻孔无关的文献进行删除,检索得到 498 条相关文献。

2.2. 分析方法

2.2.1. 分析方向

在以检索得到 498 条文献为基础,通过 CiteSpace V 对其进行分析,因为软件无法得到 CNKI 的文献的共被引数据,关键词共现分析,本文主要将通过对相关学者合作网络与机构的相关合作网络的分析上来进行研究分析,通过分析知识图谱,明白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该学科领域目前发展情况以及热门研究方向。

2.2.2. CiteSpace 软件分析

通过知网所下载的数据源,使用 CiteSpace 文献统计应用软件,科学知识图谱是一个计量学引文研究的新方法,它的主要研究对象以知识域为主,很直观的表现出科学知识的结构特征与规律,并深刻的研究其演变历程和结构之间的关联。而 CiteSpace 是一个文献计量软件并且是以 Java 语言编写为基础,再分析可视化图谱展示在科学技术过程中所深入发现的知识结构。当前,CiteSpace 大部分用于知识图谱研究综述,研究知识领域的热点、动态、前沿和发展趋势等。这种方法一开始应用于教育、企业管理学等专业,最近几年,在各专业交叉的态势下,也已经在土木工程、医学等专业中初步开展研究。

2.2.3. LLR 对数似然算法

LLR 对数似然算法可以得出某个聚类的紧密程度。Ochiai 相似系数能表现出文本之间的共现率[8]

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

A, B 分别代表关键词的出现频次, 代表关键词的共现频率, 所以依据三角函数定理, 当 $\text{Cos}(A, B) = 0$ 时, A, B 之间关联度为 0, 当 $\text{Cos}(A, B) = 1$ 时, A, B 之间关联度为最大。

3. 结果与分析

3.1. 文献历年发文量分析

利用所得 498 篇文献为基调, 从 1996 年开始分析, 对文献数量进行分析从而对学科历年发展趋势进行研究, 具体数据如(图 1)。

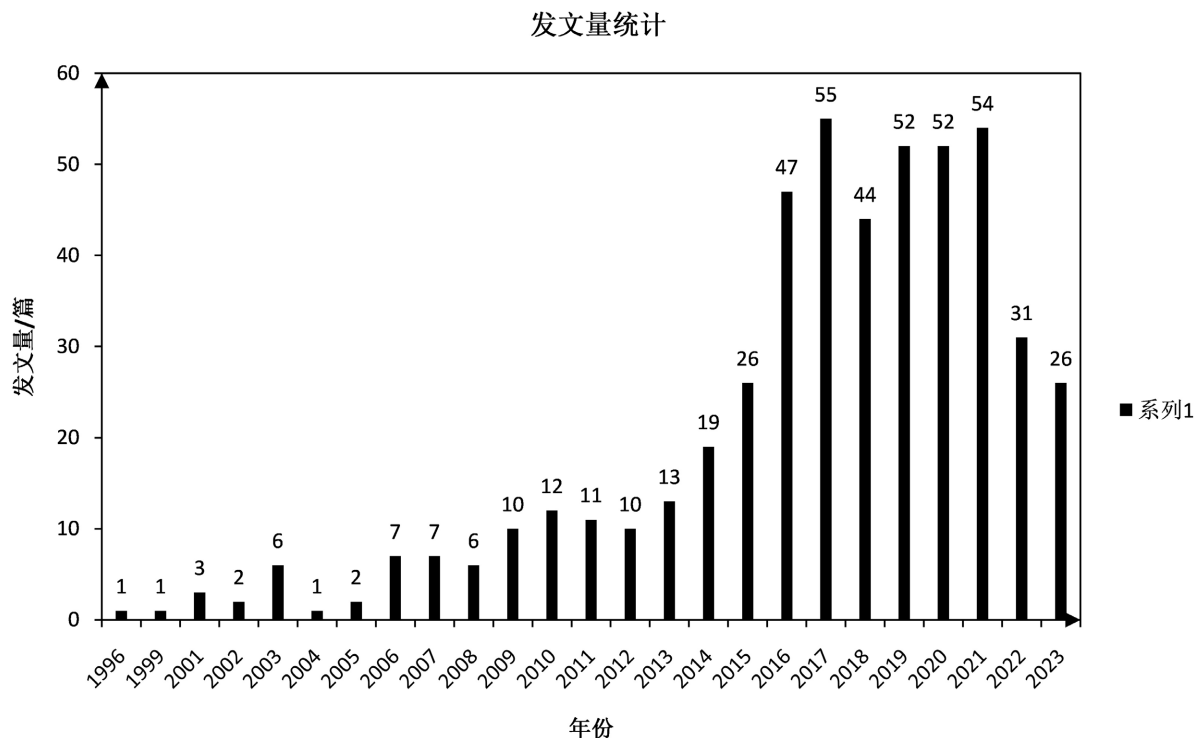


Figure 1. Analysis of the number of publications on the stability of drilled cast-in-place piles in China from 1996 to 2023
图 1. 1996~2023 年中国“钻孔灌注桩稳定性”发文数量分析图

通过可图 1 可得到我国自 1996 年~2023 年, 发文数量总体出现上升趋势, 其中 2017 年为最多, 整张图表大约可以分为三个阶段, 1996 年~2013 年低速增长期, 2013 年~2017 年高速增长期, 2017 年~2023 年发展稳定期. 其中第一阶段 1996 年~2013 年缓慢增长时期, 文献数量整体较少, 说明此阶段钻孔灌注桩稳定性的重视程度不太高, 第二阶段 2013 年~2017 年, 发文量出现了显著提升, 伴随着国家基础设施建设的深入发展, 相关学者推进了钻孔灌注桩稳定性的研究同时随着钻孔灌注桩在不同环境下的运用, 会带来很多问题. 第三阶段 2017 年~2023 年, 此阶段内发文量逐步稳定, 对于钻孔灌注桩稳定性成因机制等的研究以趋于成熟自此出现了大量更为深刻的研究性文献, 2021 年到 2023 年发文量出现了下滑的趋势, 说明钻孔灌注桩的研究趋于成熟。

3.2. 文献作者群体分析

从 CNKI 下载的数据经 CiteSpace V 进行可视化分析为了分析钻孔灌注桩稳定性研究领域的相关学者发文量及其之间的学术联系, 图 2 中节点越大文献发表量越多, 连线则是作者群体之前存在的合作连接关系. 图 2 中, 共计有节点 383 个, 连接 149 个, 网络密度为 0.002, 在钻孔灌注桩稳定性学科领域中,

作者合作网络聚类关系呈“局部”网络状，大部分研究学者是以小团体在一起研究。整体呈分散趋势，没有形成较大的研究合作团体。例如比较明显几个是以张志华学者为代表，以丁力升和王文明和王自强为核心的团队。研究学者都很多，但发文量都不太高，最高的发文量是张志华，管丽萍，胡永等也仅有3篇，分别占整体发文量0.58%。虽然研究学者居多，但大部分研究学者发表一篇后，后续就没有继续发表了，未形成较大的合作团体，大部分研究学者占整体发文量0.19%，如表1所示。这也从侧面反映出钻孔灌注桩稳定性研究领域研究者众多，但研究者之间相互合作联系少。这也可能反应出不同地区的研究学者对自己所处地区的环境研究较多，这也是可能导致未形成较大研究团体的一个原因。

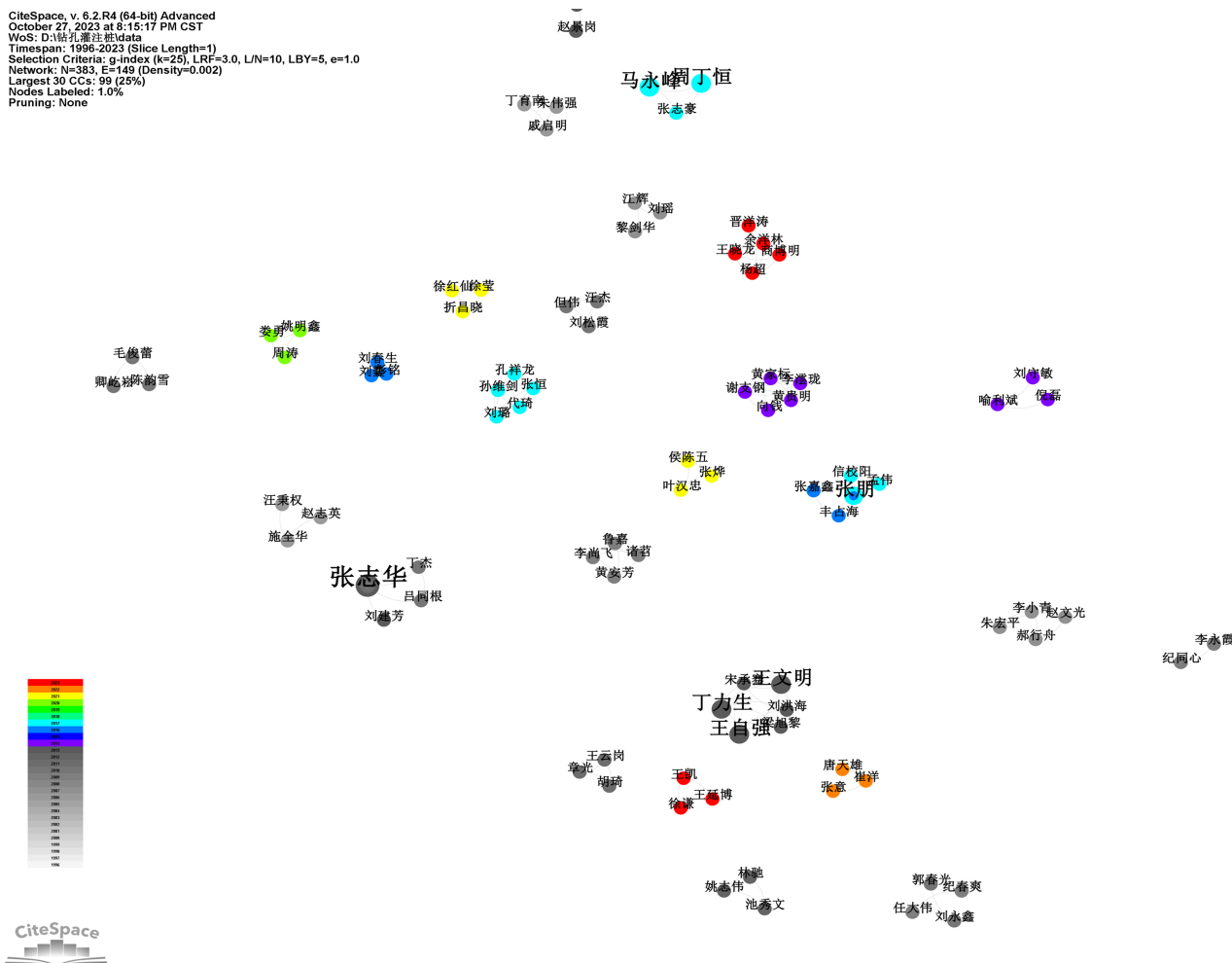


Figure 2. The number of articles published by authors on “Stability of Bored Pile” in China from 1996 to 2023
图 2. 中国 1996~2023 年“钻孔灌注桩稳定性”作者发文量

Table 1. Author’s article statistics on the stability of drilled cast-in-place piles in China from 1965 to 2023

表 1. 1965~2023 年中国“钻孔灌注桩稳定性”作者发文统计

序号	发文数量/篇	作者
1	3	张志华
2	3	管丽萍
3	3	胡永

续表

4	3	尤德纯
5	2	冯玉国
6	2	唐红梅
7	2	刘平
8	2	丁力升
9	2	王文明
10	2	王自强

3.3. 机构合作分析

从检索得到的 498 条文献中进行可视化机构网络分析，节点类型为“Node Types = Institution”，时区选择为 1996~2023 年，时间切片定为一年，阈值选择为五十，即每 1 年的文章排名前 50 的机构。可视化统计分析完成后，调整至仅提供了总发文量 ≥ 2 以上的研究机构，得到钻孔灌注桩发文机构图谱如图 3 所显示，又再次调整了排序得出表 2。

经过 CiteSpace 软件对所获文章进行作者发文量统计，可以从中发现学者文献发表与学科研究之间相关联系。图 3 中，作者发文数量用“N”来表示，发文量越多则节点越大，节点之间的连线用“E”，代表了文章作者之间的合作连接关系。在图 2 中，共有节点 331 个，连接 43 条，网络密度为 0.0008。当前国内钻孔灌注桩稳定性研究机构合作网络较为松散，虽然发表文章的机构众多，但最多同济大学地下建筑与工程系也只发表了 4 篇，其他大部分机构也只发表了一篇。与作者分析相近的是研究机构众多但各自分散单独研究，建议各研究机构应加强相互之间的相互合作联系。

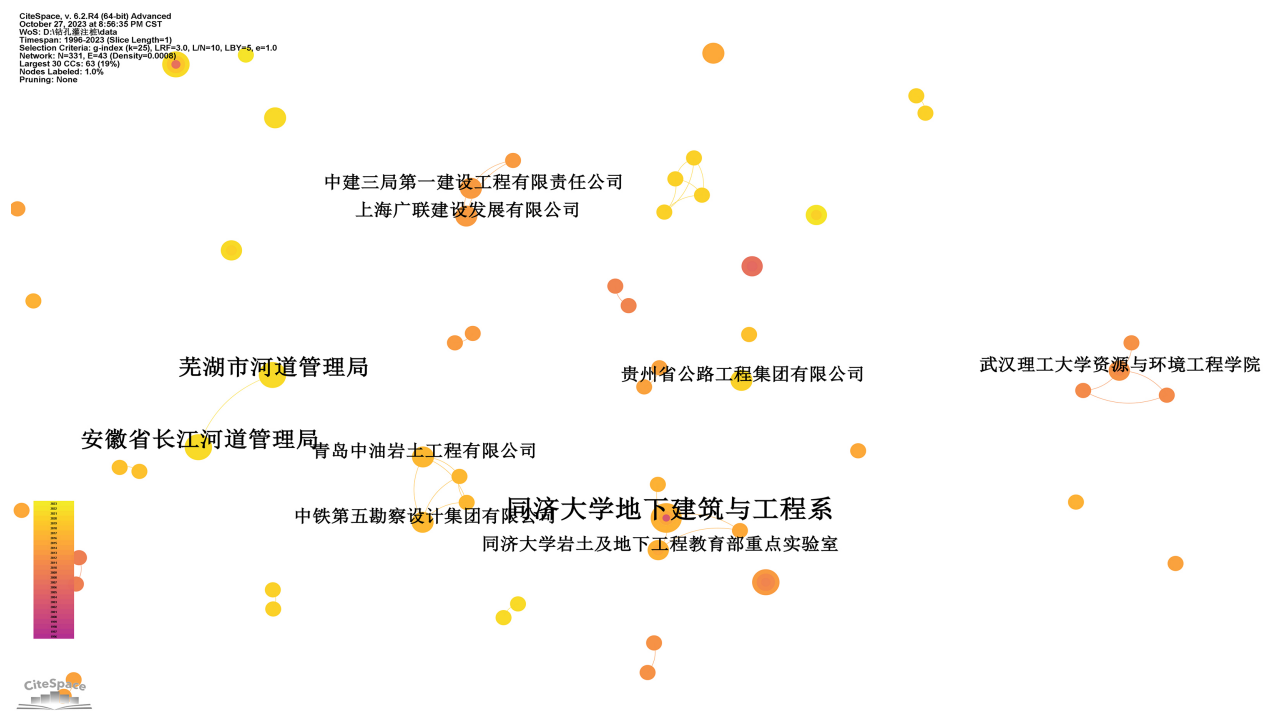


Figure 3. Atlas of publishing institutions for the stability of drilled cast-in-place piles in China from 1996 to 2023
图 3. 1996~2023 年中国钻孔灌注桩稳定性发文机构图谱

Table 2. Ranking of publishing institutions on “Stability of Drilled Pile” in China from 1996 to 2023**表 2.** 1996~2023 年中国 “钻孔灌注桩稳定性” 发文机构排名

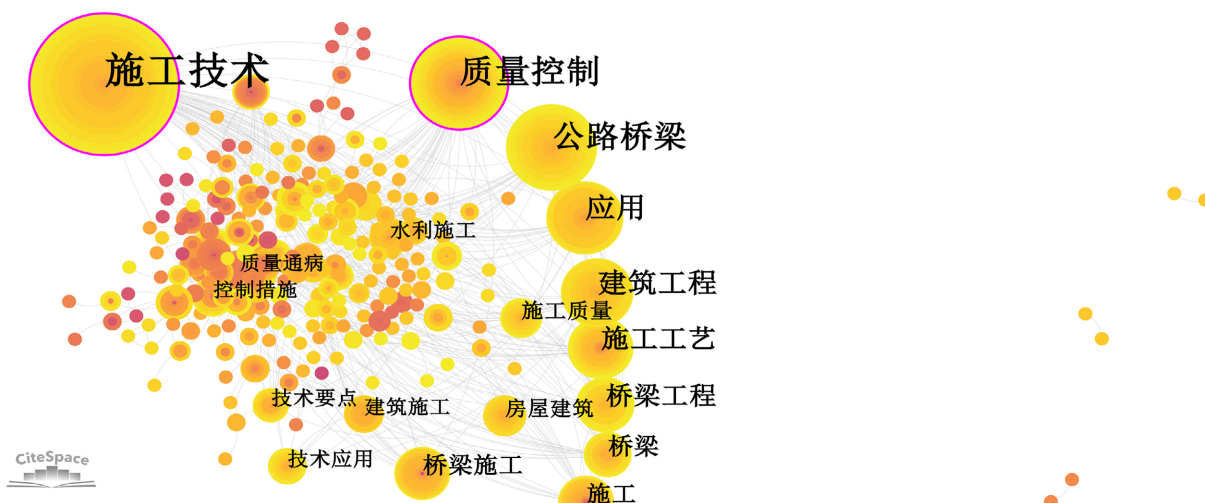
序号	频次	机构
1	4	同济大学地下建筑与工程系
2	3	芜湖市河道管理局
3	3	江苏通州基础工程有限公司
4	3	山西路桥第二工程有限公司
5	3	安徽省长江河道管理局
6	2	青岛中油岩土工程有限公司
7	2	华中科技大学土木工程与力学学院
8	2	武汉理工大学资源与环境工程学院

3.4. 关键词分析

3.4.1. 关键词共现图谱分析

通常一篇论文中的关键字往往彼此存在着联系，合理运用关键字共现研究能够反映学术领域中主要的研究方向，不能能够分析逐年的热点领域和发展趋势，还可以快速的反映不同时间内的学术变迁、研究观点和研究方式的不同[9]，第一步，为了得出关键词共线网络图谱，在软件 CiteSpace 的运用中将时间切片定为 1a，阈值 Top N = 五十，关键词出现频率是图谱中的节点大小。节点越大，频率越高。图中连接线颜色呈现出关键词首次共同被引用的时间。想要了解研究领域的情况可以从图中看网络线的颜色变化。所以这样就可以通过网络线颜色的变化来考察领域的演进。图 4 中给出了 1996 年~2023 年钻孔灌注桩稳定性的关键词图谱。

CiteSpace v. 5.2.R4 (64-bit) Advanced
October 28, 2023 at 6:26:21 PM CST
WoS: D:\钻孔灌注桩\data
Timespan: 1996-2023 (Slice Length=1)
Selection Criteria: g-index (k=25), LRF=3.0, L/N=10, LBY=5, e=1.0
Network: N=333, E=594 (Density=0.0107)
Largest CCs: 320 (96%)
Nodes Labeled: 1.0%
Pruning: None
Modularity Q=0.8815
Weighted Mean Silhouette S=0.9146
Harmonic Mean(Q, S)=0.781

**Figure 4.** 1996~2023 keyword knowledge graph for stability of drilled grouting piles**图 4.** 1996~2023 年钻孔灌注桩稳定性关键词知识图谱

假如图中节点外圈出现紫色，从学科发展的领域分析则说明该节点的中介中心性最强。结合图中节点间连接线，可看出“施工技术”、“质量控制”“公路桥梁”“应用”等为进二十二年研究热点所在。通过量化关键词，使研究分析更加可靠，取 TopN=8 的数据，在全部时间范围内进行统计得到表 3。

Table 3. Keyword centrality of “stability of drilled cast-in-place piles” in China from 1965 to 2023

表 3. 1965~2023 年中国“钻孔灌注桩稳定性”关键词中心度

序号	关键词	频次	中心度
1	施工技术	123	0.38
2	质量控制	57	0.29
3	公路桥梁	47	0.10
4	应用	33	0.06
5	建筑工程	30	0.04
6	桥梁工程	21	0.09
7	施工质量	12	0.07
8	房屋建筑	11	0.07

结合表 3 可知，“施工技术”、“质量控制”、“桥梁工程”、“房屋建筑”分别为中心度较高的前 4 位关键词，说明在土木工程学科中，联系到此 4 类的关键词的研究较多。

3.4.2. 关键词聚类 LLR 算法分析

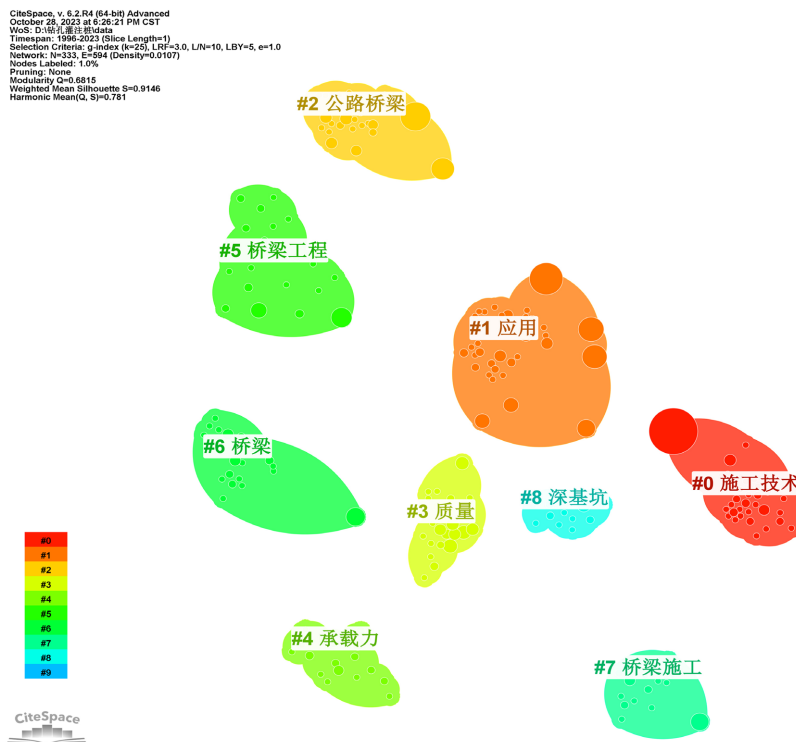


Figure 5. 1996~2023 clustering knowledge graph of Chinese bored pile
图 5. 1996~2023 中国钻孔灌注桩聚类知识图谱

利用 CiteSpace 聚类分析, 并以 LLR 对数似然算法(Log-Likelihood Ratio)为基础, 以此来研究钻孔灌注桩稳定性热点研究结构紧密程度, 分析研究热点。运用 CiteSpace V 利用快速聚类方法, 得到关键词, 通过阈值调整, 得到图 5 所示的知识图谱。该图中, 该图中, 模块值(Modularity)为 $Q = 0.7261 > 0.3$ 说明聚类结果显著, 平均轮廓值(Mean)为 $S = 0.8935 > 0.7$, 说明聚类结果的可信度是非常高的[10] 图 4 中, $Q = 0.8449 > 0.3$, 体现出聚类结果良好, 平均轮廓值为 $0.9526 > 0.7$, 体现出该聚类结果有较高的可信度。根据图 5, 1996~2023 钻孔灌注桩稳定性学科研究可以分为图中 9 大聚类模块展开, 然后结合聚类节点平均年份, 就可以从图中体现出聚类内的学科演化过程。

在研究初期(1996~2000 年), 桥梁工程领域研究主要聚焦在对施工技术研究以及运用方面上, 即聚类 #0, #1, #5, 研究中期(2000 年~2018 年)在对公路桥梁, 以及桥梁施工及其施工技术的进一步更深入的研究, 即聚类#0, #2, #7, 近期研究(2019-)主要集在钻孔灌注桩质量, 以及施工技术。在研究中可以发现, 大部分的时间聚类平均年份为 2008~2014 年, 与 08 年国家大力发展基建工程的大开展吻合, 随着时间推进, 说明国内钻孔灌注桩领域学科研究伴着现实工程所遇到的问题, 不断深化拓展。

时间线图不但清晰地展示研究主题和集群的联系, 而且还揭示了主题在特定的时期内的变化。我们的实验使用了集群作为横坐标, 年代作为纵坐标, 每个关键字的首次出现的日期是确定的, 两个关键字的节点用直线相连, 这意味着两个关键字有共享的联系。

从图 6 所示, 大部分聚类强度接近, #1 强度最低, 跨度为 2015~2023 年, 2015 年之前#1 就没有出现。其次为#2, 在 2010 年往前#2 也再从未出现。#0、#6、#7、#8、#6 聚类代表的研究时间跨度最长。#0、#1、#2、#3、#4、#5、#6、#8 等聚类都将持续作为研究热点进行探讨和研究。在最近几年都比较活跃。如表 4 所示钻孔灌注桩聚类分析详表, 表现出了每个聚类里面的重要关键词。

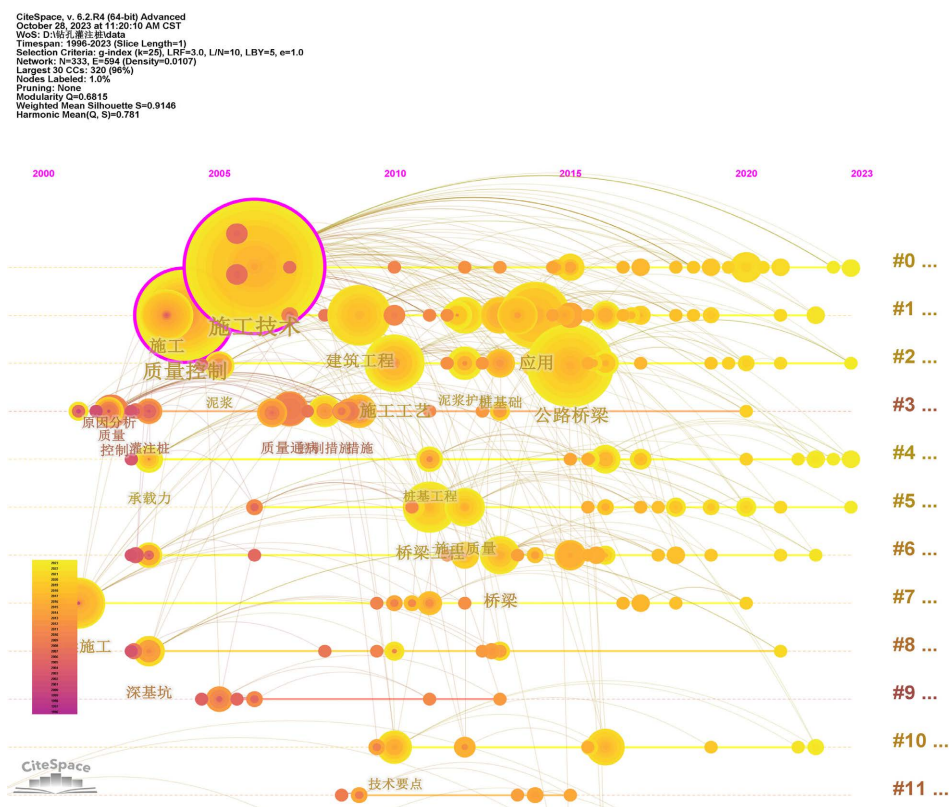


Figure 6. Clustering map of the timeline for drilled cast-in-place piles in China from 1996 to 2023
图 6. 1996~2023 年中国钻孔灌注桩时间线聚类图谱

Table 4. Detailed table of cluster analysis of Chinese bored pile from 1996 to 2023
表 4. 1996~2023 中国钻孔灌注桩聚类分析详表

聚类号	节点数	紧密程度	平均年份	TOP terms (重要关键词)
#0 施工技术	86	0.852	2017	护筒 24.77; 钻孔平台(15.28); 路桥工程(10.55)
#1 应用	46	0.819	2017	应用 17.28; 质量控制 14.87; 卵石 11.94
#2 公路桥梁	43	0.872	2015	质量 16.84; 成因 15.14; 原因 11.2
#3 质量	39	0.865	2014	承载力 23.41; 岩溶地区 12.92; 桩基工程 10.51
#4 承载力	36	0.875	2013	孔壁稳定 28.88; 施工质量 12.56; 检测 9.12
#5 桥梁工程	35	0.862	2010	桥梁 25.59; 混凝土 17.8; 公路 17.8,
#6 桥梁	31	0.918	2006	桥梁施工 18.76; 坍孔 12.11; 冲击钻 6.69
#7 桥梁施工	23	0.966	2013	深基坑 16.66; 井点降水 10.99; 基坑工程 7.99,
#8 深基坑	45	0.825	2014	井点降水 18.55; 土钉喷锚 15.32; 孔径变化 12.23 孔径变化

3.4.3. 研究主题演进与前沿分析

在 CiteSpace 中，节点类型选择关键词，利用 Burst detection 的特点是可以进行突发性检测，检测得到突然某个时间大量涌现的关键词。运用对这些关键字的迅速分析，我们把其持续的时长定义为 2 年，通过搜索，我们最终找到了 9 个相应的关键字。从图 7 中可以了解到，“控制”一词的持续时间最长，证明在很长一段时间内钻孔灌注桩稳定性研究领域重点在控制上面。而自 2018 年后，研究关键词转变为“建筑工程”、“路桥施工”“公路桥梁”其中“农村公路”这些关键词都持续到了现在，说明新近十余年的研究热点除建筑工程外，集中在路桥施工的研究上。例如许鹏[11]以蒲都高速公路桥梁施工为背景，结合本行业及相关行业的理论、规范和标准，详细分析了公路桥梁施工中的桩基、混凝土浇筑、桥台施工、箱梁施工等技术，研究成果可应用于大量的公路桥梁施工工程。蒋向军[12]基于某沿海高速铁路采用管桩 + 桩帽加固路桥过渡段深厚软土路基，建立土 - 路基 - 桥台 - 桩基的三维有限元模型，对高铁路基加固后的桥台及台后过渡段路基的变形特性进行分析，并与实测值对比分析。结果表明：采用管桩和桩帽组成的新型结构对路基进行加固，可较好地控制桥台和路基的沉降，缩短沉降稳定时间。可用于无砟轨道路基软土地基加固。

Top 9 Keywords with the Strongest Citation Bursts

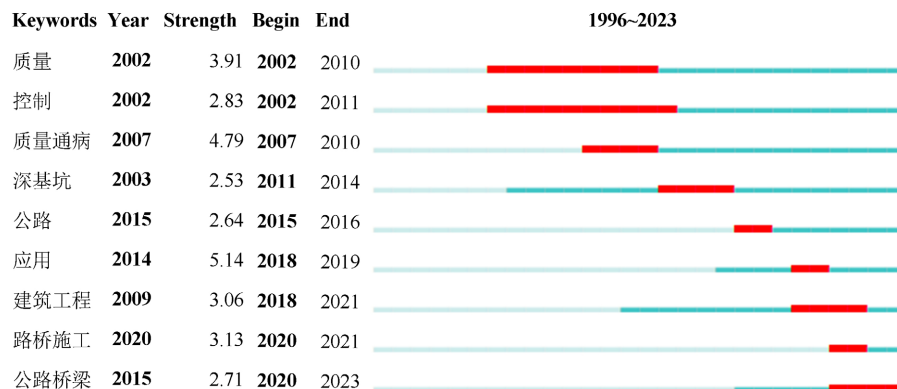


Figure 7. Keywords for “stability of drilled cast-in-place piles” in China from 1996 to 2023
图 7. 1996~2023 年中国 “钻孔灌注桩稳定性” 突现关键词

4. 结论与展望

本文以 CNKI 数据库为基础,对 1996~2023 年间国内钻孔灌注桩稳定性的研究论文进行了知识图谱的分析,从研究论文的历年所发文献数量,研究机构,著作和关键词等方面文献资料进行分析并详尽介绍大致各个方面发展情况,可以得出以下几点结论:

1) 1996~2023 年钻孔灌注桩稳定性研究领域的历年发文数量体现出阶段式发展的状况并且各阶段内起伏变化较大,最大发文数量在 2017 年。在 2015 年之后,随着基础工程大力发展,发文量逐渐增多,随着国家发展的区域越来越多,面对所处的不同区域的环境不同,钻孔灌注桩的稳定性研究就会更加地深入,学科前期以丁力升,王自强,王文明为核心的研究团队为钻孔灌注桩稳定性早期的成因探索及措施研究做出了贡献,中后期形成了张志华等为核心的研究团队及一些单独进行研究的学者等更侧重于大直径钻孔灌注桩施工技术。

2) 在钻孔灌注桩研究领域中,同济大学地下建筑与工程系为最多,但也仅为 4 篇,其次是华中科技大学土木工程与力学学院,目前国内钻孔灌注桩研究机构已形成较成熟的合作网络,可以看出无论是理论研究层面还是设计实践层面,国内对钻孔灌注桩领域的研究呈现出一个百花齐放的态势,美中不足的是各个机构还需加强团队之间的合作。由此可以看出领域内有很多机构发表研究,但大多数均为一篇,领域内各机构相互合作较少而且近年来的研究方向也不够深入。

3) 关键词方面,通过关键词图谱及共现分析和聚类分析,研究重点集中在“施工技术”“质量”“公路桥梁”等关键词。同时“施工技术”“桥梁”等等持续到现在为研究热点。施工技术和质量控制是该学科研究较为深入的两个方面,我们需要留意以后学科的研究过程中,需要重点关注这两方面。

4) 伴随着国家发展越来越快,各个行业都得到迅猛的发展,都在响应国家“中国速度”的计划,同时我们也要抓紧中国的好质量。目前国内学者对于该领域比较重视,既说明了对于不同环境的钻孔灌注桩的稳定性研究还不够深入,还说明了对于施工技术的研究还有待更加深入。

5) 相关的学者主要通过数值模拟技术分析钻孔灌注桩的运动特征及其力学机制,在随着国家大力发展基础建设之后,钻孔灌注桩研究数量集中爆发,主要原因是不同环境条件下进行钻孔灌注桩施工会导致钻孔灌注桩发生一系列稳定性问题,例如断桩,塌孔,缩径等一系列问题,引起国内外学者的重视,而最近两年该领域的研究热度有所减弱,一方面说明钻孔灌注桩稳定性变好,另一方面说明该领域需要进一步深入研究和探索。本文能够为读者提供该领域的钻孔灌注桩基于不同环境下稳定性的综述。为该领域以后做出一点贡献。

对于未来的研究,各个机构的研究合作需加强,希望相关机构能够加强对该领域的研究。随着国家建设发展,对于未来钻孔灌注桩基于不同环境的运用将会是研究的热点领域。

基金项目

山东省公路桥梁建设集团有限公司巴中市恩阳区古镇文治山片区综合建设项目 2023 年科技项目经费资助。

参考文献

- [1] 侯鑫,杨斌,陈继,等.多年冻土区钻孔灌注桩基础早期热稳定性研究现状与展望[J].冰川冻土,2020,42(4):1202-1212.
- [2] 陈维超,杨伟军.砂土地区钻孔桩孔壁稳定性与评价方法研究[J].中外公路,2020,40(4):1-6.
<https://doi.org/10.14048/j.issn.1671-2579.2020.04.001>
- [3] 彭可傲.钻孔灌注桩质量问题及串孔机理分析[J].山西建筑,2023,49(17):115-120.
<https://doi.org/10.13719/j.cnki.1009-6825.2023.17.030>

- [4] 姚明鑫, 娄勇, 周涛. 不同地质下钻孔灌注桩泥浆性能及钻机效率的指标探究[J]. 公路, 2020, 65(6): 33-36.
- [5] 王亚宁. 双排钻孔灌注桩挡土墙在黄土高边坡中的应用效益分析[J]. 铁道建筑, 2019, 59(3): 84-87.
- [6] 黄生根, 沈佳虹, 李萌. 钻孔灌注桩压浆后承载性能的可靠度分析[J]. 岩土力学, 2019, 40(5): 1977-1982.
<https://doi.org/10.16285/j.rsm.2018.0332>
- [7] 韩增林, 李彬, 张坤领, 李璇. 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.
- [8] 刘则渊, 王贤文. 生态经济学研究前沿及其演进的可视化分析[J]. 西南林学院学报, 2008, 28(4): 3-11.
- [9] 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.
- [10] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 胡志刚, 王贤文. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究, 2015, 33(2): 242-253.
- [11] 许鹏. 路桥施工技术和质量控制策略探讨[J]. 建筑机械, 2022(7): 45-49+4.
<https://doi.org/10.14189/j.cnki.cm1981.2022.07.002>
- [12] 蒋向军. 软土地区高速铁路路桥过渡段管桩与桩帽加固施工研究[J]. 路基工程, 2023(1): 159-164.
<https://doi.org/10.13379/j.issn.1003-8825.202209011>