

基于 CiteSpace 软件的地铁运营安全风险研究 文献计量分析*

苗文文¹ 王 伟^{1**} 邵志国^{1,2}

(1. 青岛理工大学管理工程学院, 266520, 青岛;

2. 同济大学可持续发展与新型城镇化智库, 200092, 上海 // 第一作者, 硕士研究生)

摘 要 地铁运营事故的发生会造成大量的人员伤亡和城市大面积交通堵塞, 因此研究地铁运营安全风险具有重要现实意义。选取中国知网数据库 2010—2019 年收录的关于我国地铁运营安全风险研究的 1 539 篇文献作为样本, 利用 CiteSpace 软件分析文献量年度分布, 以及作者、机构及高频关键词等情况, 得到相应的知识图谱, 以通过可视化的形式探究当前我国地铁运营安全风险领域的研究前沿与热点。结果表明: 当前研究多集中于 PPP(政府和社会资本合作)模式下地铁运营的全生命周期管理, 研究过程多采用层次分析法, 风险研究多针对突发事件的应急管理过程。对今后的风险研究提出建议和对策。

关键词 地铁运营; CiteSpace 软件; 安全风险; 文献计量分析
中图分类号 U298; G255

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2021.09.030

Bibliometric Analysis of Research on Metro Operation Safety Risk Based on CiteSpace

MIAO Wenwen, WANG Wei, SHAO Zhiguo

Abstract Metro operation accidents cause a large number of casualties and urban traffic congestion. Therefore, it is of great practical significance to study the safety risk of metro operation. 1539 articles from the China National Knowledge Infrastructure published between 2010 and 2019 focusing on safety risk analysis of metro operation in China are selected as samples, using CiteSpace to analyze literature volume annual distribution, authors, institutions, and high frequency keywords, thus corresponding knowledge map is obtained, and current research frontier and hot topics about the safety risk analysis of metro operation in China are visualized for investigation. The research shows that current researches mainly focus on the full life cycle management of metro operation under the PPP (public-private partnership) mode, and research process mostly fol-

lows AHP (analytic hierarchy process). Risk researches are mostly targeting the emergency management process of incidents. Suggestions and countermeasures for risk research in the future are put forward.

Key words metro operation; CiteSpace software; safety risk; bibliometric analysis

First-author's address School of Management Engineering, Qingdao University of Technology, 266520, Qingdao, China

地铁安全事故的危害性极大^[1]。2003 年 2 月 18 日, 韩国大邱市中央路地铁站发生的故意纵火事件, 共造成 198 人死亡、146 人受伤和 298 人失踪的严重后果^[2]; 2011 年 9 月 27 日, 上海轨道交通 10 号线因调度不当发生列车追尾事故, 导致轻、重伤害乘客达 270 名之多^[3]; 2016 年 1 月 26 日上班早高峰时段, 在日本东京地铁银座车站通气口处发现不明物质燃烧, 该事件导致约 6.8 万人出行困难; 2019 年 9 月, 香港地铁红磡站附近发生列车出轨事故, 造成 8 名乘客受伤, 其中 5 人送院诊治。以上案例表明, 地铁运营过程中发生安全事故会导致极其严重的后果, 不仅可能损坏大量的设施和基础设施, 还可能直接造成地铁乘客的严重伤亡, 产生巨大的政治、社会和经济影响^[4]。因此, 研究地铁运营安全问题、了解当前研究现状、预测未来研究趋势, 是当前地铁运营风险研究的重要问题^[5]。鉴于此, 本文采用 CiteSpace 软件, 以中国知网数据库 2010—2019 年收录的 1 539 篇我国城市轨道交通运营安全风险研究文献为样本, 绘制该领域研究热点知识图谱, 以可视化形式探究当前该领域的研究前

* 国家自然科学基金项目(71874123、71704162); 教育部人文社会科学研究青年基金项目(17YJC630184); 青岛市社会科学规划研究项目(QDSKL1901192)

** 通信作者

沿与热点,为提高城市轨道交通运营安全管理与保障水平提供理论支持。

1 数据获取与研究方法

本文选取中国知网全文数据库,采用高级检索方式,以发表时间——2010-01-01—2019-12-01、主题——城市轨道交通运营或含地铁运营且含安全或含风险为检索条件,获得相关文献 2 109 篇,进一步去除相关度较低的文献后最终得到有效文献 1 539 篇。本文以此为基础分析城市轨道交通运营安全风险相关文献的整体情况。

文献计量学^[6]是指借助于文献的主要作者、机构、期刊、关键词等特征和数据,采用理论统计学的方法和工具指出、评价和分析预测某一相关科学技术领域研究现状和发展趋势的一门学科,可以有效判别主要作者、文献以及它们之间相互关系。本文应用文献计量学和数据分析软件 CiteSpace 对近 10 年国内的地铁运营安全风险研究文献进行回顾与演进分析,得到该研究领域的研究热点、发展现状及其发展演化的趋势与规律,为该学科领域的发展、后续相关理论研究以及实践的应用发展提供参考和技术借鉴^[7]。

2 文献计量分析

2.1 发文数量研究

为了解当前我国学者对地铁运营安全风险的研究状况,本研究对中国知网 1995—2019 年的关于地铁运营安全风险的文献进行统计,共计 2 442 篇,根据各年份的发文数量得到 1995—2019 年国内年度文献发表(以下简称“发文”)数量统计图(见图 1)。

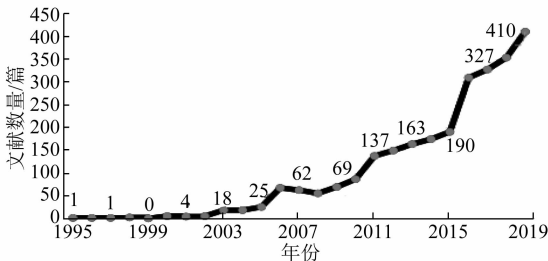


图 1 1995—2019 年国内关于地铁运营安全风险的发文量统计

统计结果表明:我国地铁运营安全风险研究文献的发表数量总体呈递增趋势;1995—2002 年,年发文数量均不高于 5 篇,数量极少;2003—2005 年,北京、上海、广州及天津等地的地铁开始进入运行

后,研究文献有所增加;2006—2010 年间,研究文献数量进一步增多,但年均数量仍低于 80 篇;2010 年后,各年度发文数量都已经有了较大幅度的增加,且发文数量呈现出逐年递增的快速发展态势。

通过对比各年度发文数量可知,2010 年之前的研究文献较少,只有 333 篇,不足文献总数的 15%。考虑到这批文献时间久远、文献中的数据已不适用于当前研究热点和演化趋势的研究,故而本文选取 2010—2019 年的 1 539 篇文献进行深入的数据分析。

2.2 核心作者分布

学术研究团队是某一学术研究领域能够深入发展的前提,核心作者则在学术研究团队中起到支柱作用。为了解不同作者的发文情况,将来源于中国知网的 1 539 篇文献导入 CiteSpace 软件进行分析。节点选择“Author”,在每个时区内前 50 个被引用次数最高的作者节点中选择出现次数不小于 2 次、共现次数不小于 1 次、相似系数不小于 0.20 的节点;选择“Pruning Sliced Network”叠加“Pruning The Merged Network”算法以及“Pathfinder”算法进行网络裁剪,得到作者共现知识图谱(见图 2)和发文量靠前的作者发文数量统计表(见表 1)。

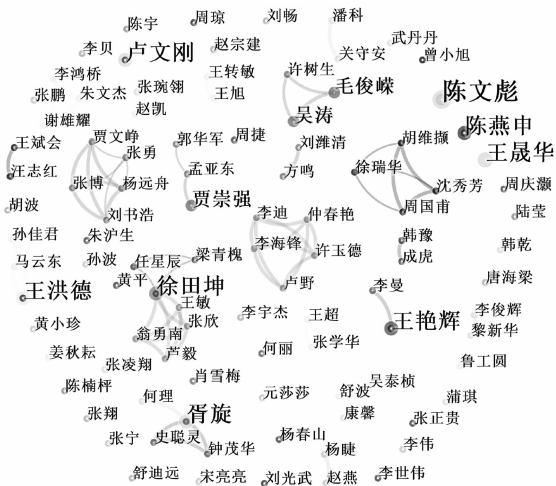


图 2 2010—2019 年地铁运营安全风险类文献发文量靠前的作者共现知识图谱

表 1 2010—2019 年地铁运营安全风险类文献的

作者发文数量统计表				单位:篇	
作者	发文数量	作者	发文数量	作者	发文数量
陈文彪	5	徐田坤	4	毛俊嵘	3
陈燕申	4	王洪德	4	贾崇强	3
卢文刚	4	王艳辉	4	吴涛	3
王晟华	4	胥旋	4	周庆灏	2

表 1 列举了发文数量靠前的 12 位作者,其中发文数量最多的作者为陈文彪,发文数量为 5 篇,另外还有许多作者发文数量都在 2 篇及以下,说明地铁运营安全风险领域中个人研究较分散。

图 2 中,节点数量代表作者数量,节点越大说明该作者发文数量越多;链路数量代表作者间的合作关系,链路越粗说明作者间合作关系越紧密。图 2 中作者节点较多,但作者间连线较少,说明作者在文献合作上缺乏交流。但是存在 4 个 3 人以上的合作关系,其中以徐田坤为中心,与王敏、芦毅、张欣、翁勇南、任星辰及梁青槐组成的研究团体最为显著,其对应节点之间连线多且线条粗,说明该研究团体中作者合作交流频繁,团体成员之间有较强的合作关系。

2.3 核心研究机构分布

研究某学术领域的核心机构有利于快速找到“科研主阵地”。设置 CiteSpace 参数:节点选择“Institution”,其他参数设置不变。得到研究机构发文数量统计表(见表 2)和共现知识图谱(见图 3)。

表 2 2010—2019 年地铁运营安全风险类文献的研究机构的发文数量统计表

研究机构	发文数量/篇
天津市地下铁道运营有限公司	30
南京地铁运营有限责任公司	27
广州地铁集团有限公司	18
广州地铁集团有限公司运营事业总部	15
天津滨海快速交通发展有限公司	12
深圳市地铁集团有限公司	10
西安市地下铁道有限责任公司运营分公司	10
北京市地铁运营有限公司	10
成都地铁运营有限公司	10
北京交通大学交通运输学院	10
深圳市地铁集团有限公司运营总部	9
广州市地下铁道总公司	8
上海申通地铁集团有限公司	7
重庆市轨道交通(集团)有限公司	6
西南交通大学交通运输与物流学院	6
北京交通大学轨道交通控制与安全国家重点实验室	5
东南大学土木工程学院	5
南宁轨道交通集团有限责任公司	5

由表 2 可知,发文数量最多的机构是天津市地下铁道运营有限公司(30 篇)。根据普赖斯定律^[8],核心作者(机构)的认证式为 $M \approx 0.749 \sqrt{N_{\max}}$,其中, M 表示核心机构文献发表量最低数, N_{\max} 表示文献发表量最多的机构发文数量。将 $N_{\max} = 30$ 篇带入上述公式得到 $M \approx 4.10$ 篇,即发文数量 ≥ 5 篇

的机构可认证为核心机构。由表 2 可得,发文量 ≥ 5 的核心机构有 18 个,共发表论文 203 篇。

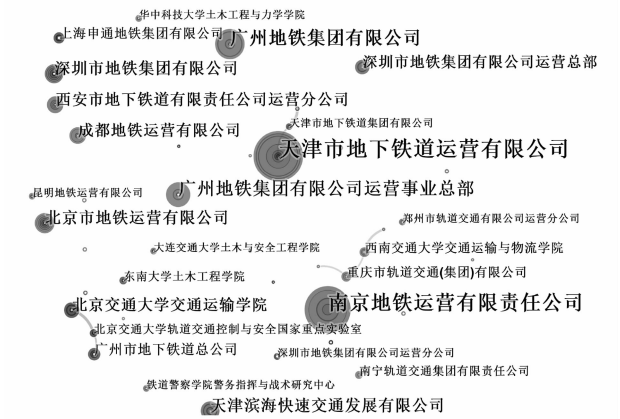


图 3 2010—2019 年地铁运营安全风险类文献的研究机构共现知识图谱

由图 3 可知,文献发表数量居前 9 位的机构分别是表 2 中的前 9 个机构,这些机构组成了中国地铁运营安全风险研究的中坚力量。根据我国地铁的发展历史可发现,2010 年运营地铁的城市主要也是北京、广州、天津和深圳等。这些机构均为地铁运营企业,这也说明地铁在运营过程中所产生的突发事件及风险引起了各运营企业的重视。同时,在高校方面有北京交通大学、西南交通大学、东南大学和华中科技大学,发文较多的多为交通学院或者土木工程学院,这体现高校及其下属学院能够充分利用其专业性,密切联系实际工程,真正解决实际问题。

3 热点分析

关键词是学术论文极为重要的组成部分,是研究者高度概括一篇文章的主旨分析得出的。通过分析、研究关键词共现科学知识图谱,可以快速、客观、准确地找到某一领域的科学研究发展热点。将某个研究领域在一定时间段内所被提及的数量较多且其内在联系较强的一个专题关键词看作是该领域研究的热点和代表,可以充分了解该研究领域目前最前沿、最重要且最具发展潜力的部分。本研究基于数据分析软件 CiteSpace 构建了地铁运营风险研究关键词共现知识图谱,以进行更深入、系统的分析。在数据分析软件 CiteSpace 中,节点选择“Keyword”,共现次数选择为不少于 3 次,其余设置不变,得到关键词共现知识图谱(见图 4)和关键词频率排序表(见表 3)。采用 LLR 对数似然率算法^[9]进行聚类分析,同时用

关键词分别命名各类别。

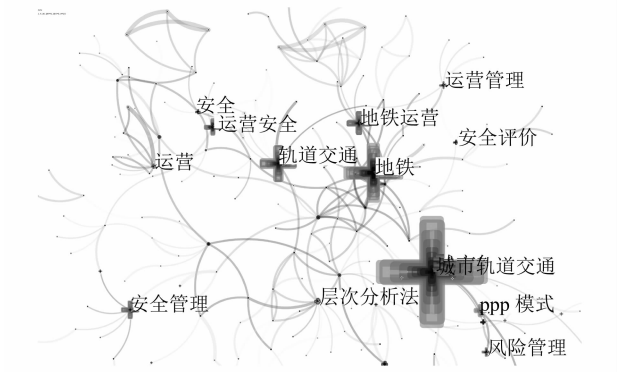


图 4 2010—2019 年地铁运营安全风险类文献的关键词共现知识图谱

表 3 2010—2019 年地铁运营安全风险类文献的

关键词频率排序表				单位:次
关键词	数量	关键词	数量	
城市轨道交通	411	风险评价	32	
地铁	219	应急管理	31	
轨道交通	153	指标体系	29	
地铁运营	103	地铁车站	26	
安全管理	93	风险评估	25	
运营安全	84	网络化运营	25	
运营管理	48	安全评估	25	
风险管理	46	对策	22	
PPP 模式	46	PPP	18	
运营	42	影响因素 17		
安全管理	37	风险分担	16	
层次分析法	35	风险	16	
安全评价	34	安全运营	15	
突发事件	33	措施	15	

注:PPP——政府与社会资本合作。

3.1 关键词频次分析

相似于核心作者分布分析所得到的作者共现知识图谱,关键词共现知识图谱中的节点、节点大小及连线,分别表示着关键词、关键词出现频次以及关键词之间的共现关系。

综合图 4 和表 3 可以看出,我国地铁运营安全风险研究重点集中于 PPP 项目,说明对 PPP 项目的研究已经不再仅限于城市轨道交通建设阶段,而更加注重 PPP 项目全生命周期安全及风险发现和治理^[10]。还有一个非常显著的关键词为层次分析法^[11],该关键词的高频出现说明了在风险研究的过程中,大量的学者都应用层次分析法,将应急风险研究的对象作为一个风险分析系统,按照定量分解、比较判断、综合判断以及思维分析等方式进行有效决策。相比于一般的定量风险分析方法,该风

险分析方法更加侧重于定性的风险分析和判断,从而能够有效解决许多使用传统的最优化风险分析技术无法得到有效解决的实际风险管理问题。另外,应急管理及对策也是值得注意的关键词,说明学者多会在文中选择一些特殊的社会背景或者环境,如发生火灾、恐怖袭击等突发事件,分析引发风险的因素并针对其相关的风险因素给出相应的对策和建议,使之更加具有理论和实践意义。

3.2 关键词时序分析

通过 CiteSpace 的时区图,可以进一步了解我国地铁运营安全风险研究的演化历程,本文规定时间间隔为一年,得到地铁运营安全风险关键词时序图谱(见表 4)。

表 4 2010—2019 年地铁运营安全风险类文献的

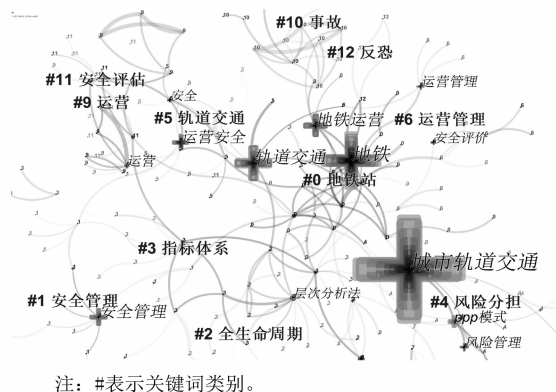
关键词时序图谱		
突现起止年份	突现率/%	突现关键词
2010—2013	4.23	地铁
2010—2013	3.62	运营安全
2011—2012	3.33	突发事件
2011—2012	2.43	应急管理
2012—2015	4.29	网络化运营
2012—2013	5.87	指标体系
2013—2014	2.79	风险管理
2013—2015	4.54	安全
2013—2015	3.11	运营
2016—2017	3.42	网络化
2016—2017	2.41	地铁隧道
2016—2017	3.04	地铁运营安全
2017—2019	5.62	PPP 模式

由表 4 可见,地铁运营安全风险问题研究从 2010 年以来一直持续不断,由地铁、运营安全的分别研究到风险管理,再到现在的地铁运营安全,从始至终,都是研究的重点。需要格外注意的是,近年来新出现了 PPP 模式、网络化,对于地铁隧道的安全性^[12]的关注也出现了增多,尤其是针对 PPP 模式下的地铁运营安全风险研究更是重中之重。

3.3 关键词聚类分析

通过对关键词的聚类分析,得到关键词聚类知识图谱(见图 5)。其将关键词划分为 12 大类别,对聚类所含关键词进行归纳整理,得到的研究热点有全生命周期、PPP 项目、突发事件及其应急管理、安全评估及管理,说明我国地铁运营安全风险研究的重点在于突发事件下对地铁运营过程中安全风险的评估、应急预测及管理;经过 10 年的发展,大量 PPP 模式下建成的地铁投入运营^[13],研究者更加注

重在全生命周期管理^[14]的各个阶段进行安全风险研究,对于运营阶段的研究也进一步增加。



注: #表示关键词类别。

图5 2010—2019年地铁运营安全风险类文献的关键词聚类知识图谱

4 结论与建议

本文研究以中国知网数据库 2010—2019 年收录的 1 539 篇我国地铁运营安全风险研究文献为样本,利用 CiteSpace 软件绘制出我国地铁运营安全风险研究热点的知识图谱。通过文献量年度分布,发现我国对于地铁运营安全风险的研究正呈快速增长的态势;通过对发文作者和机构进行研究,发现我国当前的地铁运营安全风险研究主要集中于个人和运营企业,作者、机构分布相对分散,合作相对较少,缺乏沟通协作;通过对高频关键词进行分析,利用知识图谱以可视化的形式找到了当前我国地铁运营安全风险领域的研究前沿与热点。结果表明:当前研究多集中于 PPP 模式下地铁运营的全生命周期管理,研究过程多采用层次分析法,风险研究多针对突发事件的应急管理。

未来对地铁运营安全风险的研究重点也会在上述基础上继续进行,同时存在需要突破的两个方面:一是能够有更多样的研究方法应用于地铁运营安全风险研究,尤其是更侧重于定量研究的方法,以弥补层次分析法定量数据少的缺点;二是加大企业与高校之间的相互合作,使理论与实际相结合,

进一步推动城市轨道交通运营安全进步,减少安全风险发生。

参考文献

- [1] 宋震,蒲琪,陈伽申.法、澳、美三国现代有轨电车运营事故统计与分析[J].城市轨道交通研究,2019(3): 67.
- [2] 静元,杨玉成.地铁火灾成因分析及防范措施探讨[J].消防科学与技术,2016(8): 1174.
- [3] 袁竞峰,李启明,贾若愚,等.城市地铁网络系统运行脆弱性分析[J].中国安全科学学报,2012(5): 92.
- [4] 卢文刚,田恬,舒迪远.非传统安全视角下的城市地铁系统脆弱性应急治理——以广州城市地铁系统突发事件为例[J].行政论坛,2016(3): 103.
- [5] 孙来平,洪海珠,施聪,等.城市轨道交通运行安全、运营安全和信息化安全的矛盾与统一[J].城市轨道交通研究,2019(6): 15.
- [6] 刘海燕,李琳,李雪蓉.《系统工程理论与实践》1981—2015 年文献计量分析[J].系统工程理论与实践,2017(3): 805.
- [7] 魏峰,贝玉莲,刘宇.基于 CSSCI 文献计量分析的国内心理契约研究知识图谱与研究热点评述[J].管理学报,2017(9): 1414.
- [8] 姚雪,徐川平,李杰,等.基于普赖斯定律和二八定律及在线投稿系统构建某科技期刊核心作者用户库[J].编辑学报,2017(1): 64.
- [9] HU Z, CHEN F, WEN M, et al. Low-complexity LLR calculation for OFDM with index modulation[J]. IEEE Wireless Communications Letters, 2018, 7(4): 618.
- [10] 苏汝劫,胡富捷.基础设施 PPP 项目定量 VIM 评价方法研究——以北京地铁四号线为例[J].宏观经济研究,2017(5): 74.
- [11] 张炳江.层次分析法及其应用案例[M].北京:电子工业出版社,2014.
- [12] IZADI T, MEHRABIAN M A, ABOUALI O, et al. 3-D numerical analysis of train-induced flow inside four ventilated underground subway stations and connecting tunnels[J]. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2019, 193: 103974.
- [13] 武树礼.城市轨道交通建设引入 PPP 模式研究——以北京地铁四号线为例[J].新视野,2014(6): 47.
- [14] 潘建杰,董鑫汇,王凯华,等.地铁运营资产的全寿命周期管理[J].都市快轨交通,2017(1): 119.

(收稿日期:2020-05-26)

勘误声明

我刊 2021 年第 8 期第 19 页图 9 中的“广西省”应为“广西壮族自治区”。特此勘误,并向广大作者和读者致歉。

《城市轨道交通研究》编辑部

2021 年 8 月 19 日