

中文引用格式:周艳,常子祎,王丽,等. 我国醇基燃料研究的可视化图谱分析[J]. 中国安全科学学报, 2025, 35(10): 1-7.

英文引用格式:ZHOU Yan, CHANG Ziyi, WANG Li, et al. Visualization analysis of alcohol-based fuel research in China[J]. China Safety Science Journal, 2025, 35(10): 1-7.

我国醇基燃料研究的可视化图谱分析*

周艳¹教授,常子祎¹,王丽^{**1}讲师,任常兴²研究员

(1 天津理工大学 环境科学与安全工程学院,天津 300384;

2 应急管理部天津消防研究所,天津 300381)

中图分类号:X915.1

文献标志码:A

DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2025.10.0414

基金项目:天津市技术创新引导专项基金企业科技特派员项目(24YDTPJC00110)。

【摘要】 为明确醇基燃料的研究热点、发展趋势及事故风险特征,给醇基燃料发展指明方向,利用 CiteSpace 软件收集中国知网 1978—2024 年 3 951 篇相关期刊论文,采用文献计量和知识图谱可视化分析方法系统分析该领域的年发文量、学科分布等情况,从关键词共现、聚类及突现等方面分析研究热点。结果表明:我国醇基燃料研究经历了持续增长、波动调整和稳步发展 3 个阶段,当前受国家能源战略与技术发展推动,研究热度稳步提升;研究涉及电力、化工、汽车、动力及燃料等多领域;研究热点高度集中于甲醇燃料制备技术、燃料电池应用、甲醇燃料的动力及环境影响评估 4 大主题;现有研究显著偏重于基础物质属性与技术应用,对安全风险的系统性研究相对匮乏;在明确当前风险防控瓶颈基础上,提出未来研究应聚焦于燃料本质安全技术、全链条智能化监管体系构建以及应急处置能力提升。

【关键词】 醇基燃料; 知识图谱; CiteSpace; 安全应用; 风险防控

Visualization analysis of alcohol-based fuel research in China

ZHOU Yan¹, CHANG Ziyi¹, WANG Li¹, REN Changxing²

(1 School of Environmental Science and Safety Engineering, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China; 2 Tianjin Fire Science and Technology Research Institute of MEM, Tianjin 300381, China)

Abstract: In order to clarify the research hotspots, development trends and accident risk characteristics of alcohol-based fuels, and point out the direction for the development of alcohol-based fuels, CiteSpace software was used to collect 3 951 relevant journal papers from 1978 to 2024 in China National Knowledge Infrastructure. Bibliometrics and knowledge map visualization analysis methods were used to systematically analyze the annual publication volume and subject distribution in this field, and analyze research hotspots from keyword co-occurrence, clustering and emergence. The results show that the research on alcohol-based fuels in China has experienced three stages of continuous growth, fluctuation adjustment and steady development. At present, driven by the development of national energy strategy and technology, the research attention has been steadily improved. The research involves many fields such as electric power,

* 文章编号:1003-3033(2025)10-0001-07; 收稿日期:2025-04-15; 修稿日期:2025-07-04

** 通信作者:王丽(1982—),女,山东泰安人,博士,讲师,主要从事公共安全、应急管理等方面的研究。E-mail:safetywl@163.com。

chemical industry, automobile, power and fuel. The research hotspots are highly concentrated in the four major themes of methanol fuel preparation technology, fuel cell application, power and environmental impact assessment of methanol fuel. Existing research significantly focuses on basic material properties and technology applications, and systematic research on safety risks is relatively scarce. Therefore, this paper further clarifies the bottleneck of current risk prevention and control, and puts forward that future research should focus on fuel intrinsic safety technology, construction of intelligent supervision system of the whole chain and improvement of emergency response capacity, so as to provide theoretical reference and direction for the safe development of alcohol-based fuel.

Keywords: alcohol-based fuel; knowledge map; CiteSpace; safety & secure application; risk prevention and control

0 引言

醇基燃料是以醇类物质为主体配制的燃料总称。因其本身含氧,易于完全燃烧,而且硫含量极低,充分燃烧后产物主要为二氧化碳和水,是仅次于氢气的清洁燃料之一^[1]。然而,由于其闪点低、易燃易爆等危险特性,导致相关安全事故呈上升趋势,风险防控成为行业发展的关键瓶颈。

对此,学界开展了一系列研究。凌青青^[2]和李乐^[3]等分析了醇基燃料应用现状,指出醇基燃料相关标准滞后于技术发展,是制约产业发展的瓶颈;王芳^[4]通过调研贵阳市乌当区发现,醇基液体燃料生产过程不规范、产品技术质量不过关是导致事故发生的重要原因,在经营运输环节存在无序分装、未采取防火、防静电措施、安全意识薄弱等问题。银赛红^[5]分析了醇基燃料的安全应用风险,总结出本质安全设计不到位、现场操作不规范等问题,并提出了相应对策。这些研究虽揭示了特定领域或区域的局部问题,但未全面且准确地反映出涵盖醇基燃料全周期、全行业的整体脉络和发展趋势。

为深入探讨醇基燃料领域的演变历程和前沿动态,笔者拟利用 CiteSpace 软件系统梳理与分析近年来中国知网收录的相关文献,借助可视化分析方法系统揭示醇基燃料研究的现状、热点和前沿趋势,以期促进该领域的安全发展和实践应用。

1 醇基燃料文献数据与研究方法

1.1 醇基燃料相关文献

所有醇基燃料中,甲醇燃料应用最为广泛,最具代表性。聚焦我国醇基燃料的使用和发展,以中国知网为数据源,以醇基燃料或甲醇燃料为主题词进行检索,获得截至 2024 年 12 月共发表文献

3 951 篇。通过人工筛选剔除资讯、简介等非研究类文献后,获取有效中文期刊文献 3 686 篇,作为基础数据。

1.2 CiteSpace 可视化研究方法

采用 CiteSpace 软件^[6]进行可视化分析,生成作者、关键词等方面的知识图谱来形象地呈现有关醇基燃料研究的演变特征,探索前沿热点和未来趋势。

2 醇基燃料研究现状分析

2.1 醇基燃料研究发展阶段分析

发文量的年度变化体现了其总体研究发展历程和进展,反映出该领域研究被关注的程度,截至 2024 年醇基燃料领域发文量如图 1 所示。

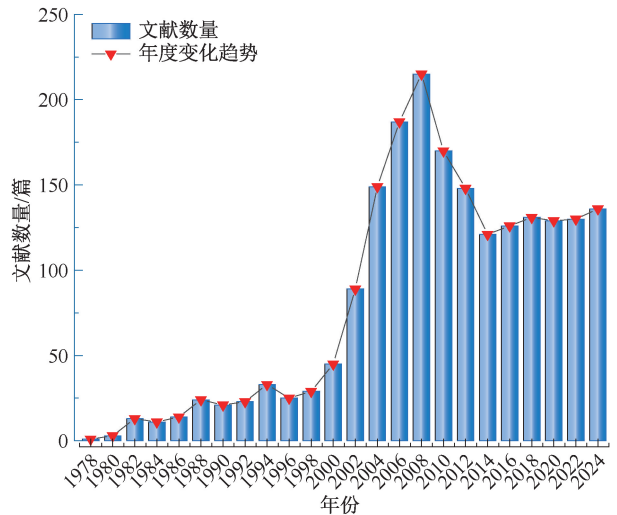


图 1 相关文献时间与数量分布

Fig. 1 Distribution map of time and quantity of relative literatures

分析发现,关于醇基燃料的研究始于 1978 年,整体呈增长趋势,大致分成 3 个阶段。

1) 第 1 阶段:持续增长阶段(1978—2009 年)。

燃料电池、混合动力及绿色制备技术,成为电力工业低碳转型的关键媒介;其次是无机化工方向占比20.33%,化学方向占比15.21%,有机化工方面占比7.65%,主要由于醇类属于有机物,其中涉及有机合成反应、催化剂设计、工艺流程及产品纯化等技术,为燃料质量提升和安全应用提供了理论及技术支持;在汽车、动力、燃料和船舶领域,醇基燃料的研究相对较少,表明醇基燃料在这些行业的应用尚属新兴阶段,技术探索和应用研究亟待深化加强,以推动其普及发展。

A pie chart illustrating the distribution of R&D funding across different industries. The largest portion is for the 'Electricity Industry' (电力工业), followed by 'Inorganic Chemistry' (无机化工), 'Chemistry' (化学), 'Organic Chemistry' (有机化工), 'Industrial Economics' (工业经济), 'Automotive Industry' (汽车工业), 'Power Engineering' (动力工程), 'Material Science' (材料科学), 'Fuel Chemistry' (燃料化工), and 'Ship Engineering' (船舶工程).

Industry	Approximate Percentage
电力工业 (Electricity Industry)	35%
无机化工 (Inorganic Chemistry)	20%
化学 (Chemistry)	15%
有机化工 (Organic Chemistry)	10%
工业经济 (Industrial Economics)	8%
汽车工业 (Automotive Industry)	5%
动力工程 (Power Engineering)	4%
材料科学 (Material Science)	3%
燃料化工 (Fuel Chemistry)	2%
船舶工程 (Ship Engineering)	1%

Fig. 2 Distribution of research literature disciplines

2.3.1 作者合作分析

The network graph displays a large number of interconnected nodes, each representing an individual. The nodes are arranged in a circular pattern, with edges connecting them to form a complex web of relationships. The edges vary in thickness, suggesting different types or strengths of connections. The overall structure shows a highly interconnected community with many overlapping clusters and paths.

图3 醇基燃料研究作者共现分析

Fig. 3 Co-authorship analysis in field of alcohol-based fuel

由图 3 可知:该领域研究人员较为丰富,而且部分作者之间连线数量较多,已经形成以姚春德(50

篇)、陆天虹(43 篇)、孙公权(39 篇)、辛勤(35 篇)和邢巍(24 篇)等为中心的小规模合作团队以及其他合作联系。但网络密度较低,说明该领域的作者合作网络整体上还存在进一步加强的空间。根据普赖斯定律^[9],可知该领域研究核心作者或者机构的最低发文量 $M_{\min}$ 为:

$$M_{\min} = 0.749 \times \sqrt{M_{\max}} \quad (1)$$

式中: $M_{\min}$ 为该领域核心作者或机构的最低发文量; $M_{\max}$ 为该领域发文量最高的作者或机构发文量。

另外,核心作者或机构的发文总量要达到该研究领域发文总量的 50% 以上方能形成该领域的核心作者群或机构群^[10]。统计分析关于醇基燃料文献的发文作者特征可知:以第一作者发文且发文量最高的为姚春德,其发文量 $M_{\max}$ 为 50 篇,代入式(1)计算得出核心作者最低发文量 $M_{\min}$ 为 5.296 篇,即发文 6 篇及以上的作者为核心作者。由此统计得到醇基燃料相关研究核心作者共有 65 位,发表文献数量共计 773 篇,约占全部论文数量的 20.97%,占比小于 50%,所以我国醇基燃料相关研究尚未形成严格意义上的核心作者群。

2.3.2 机构合作分析

在 CiteSpace 生成的知识图谱中,节点半径的大小代表机构的出现频次;连线粗细则表示机构之间合作关系的强度^[11]。机构合作分析知识图谱如图 4 所示。



图 4 醇基燃料研究机构共现分析

Fig.4 Co-occurrence of alcohol-based fuel research institutes

发文量靠前的机构有天津大学内燃机燃烧学国家重点实验室(74 篇)、中国科学院大连化学物理研究所(46 篇)、清华大学核能与新能源技术研究院(23 篇)等。但大部分研究机构之间连线较少,合作不够紧密,多数处于孤立状态。

根据上述普赖斯定律,统计该领域发文机构得出,发文量最多的机构的发文量为 74 篇,即 $M_{\max}$ 为 74,带入式(1)得出 $M_{\min}$ 为 6.44 篇,即发表 7 篇以上的机构为核心机构,经统计,发表 7 篇以上的机构发表的论文数量一共 407 篇,占该领域总文献数量的 11.04%,占比小于 50%,即我国醇基燃料相关研究尚未形成严格意义上的核心机构群。建议各机构深化合作纽带,通过多元化渠道促进跨区域、跨领域、跨机构合作,共同推进醇基燃料研究的广度与深度。

3 醇基燃料研究热点

3.1 醇基燃料研究关键词共现分析

关键词共现分析是指通过分析文献中关键词出现次数及连接强度来揭示领域研究热点及趋势^[12]。利用 Citespace 生成醇基燃料关键词共现知识图谱,如图 5 所示。图 5 中节点数量 $N=186$ 、连线数量 $E=562$ 、网络密度 $D=0.0327$,其中,节点数量表示关键词总数,连线数量表示关键词间连接次数,网络密度反映了实际连线数与最大可能连线数的比值。图中圆圈大小表示关键词出现频率的高低。



图 5 关键词共现知识图谱

Fig.5 Knowledge map of keywords co-occurrence

划分高、低频关键词的临界次数计算公式为^[13]:

$$T = \frac{-1 + \sqrt{(1 + 8I)}}{2} \quad (2)$$

式中: T 为临界次数,即高频词出现的最低次数; I 为关键词个数。

图 5 中,关键词个数为 186,代入式(2)计算得到 T 值为 18.79,表明高频关键词最低次数为 19。即当某关键词出现频次 >19 时,为高频关键词;反之,为低频关键词。由此得出醇基燃料研究领域高频关键词表,见表 1。

表 1 醇基燃料研究领域高频关键词

Table 1 High frequency keyword table in field of alcohol-based fuel research					
关键词	频次	关键词	频次	关键词	频次
甲醇	616	醇基燃料	43	代用燃料	28
燃料电池	290	汽油	41	发动机	28
甲醇燃料	116	甲醇渗透	39	柴油	27
催化剂	102	燃料	38	氧还原	25
甲醇氧化	84	内燃机	38	数值模拟	25
柴油机	76	应用	36	制氢	24
排放	74	替代燃料	35	膜电极	23
甲醇汽油	73	电催化	32	乙醇	23
电催化剂	71	燃烧	31	汽车	22
二甲醚	57	混合燃料	30		

3.2 醇基燃料研究关键词聚类分析

关键词聚类分析是指通过统计学的聚类方法将共现关键词简化为数目相对较少的关键词聚类^[14]。通过 CiteSpace 软件可视化分析醇基燃料文献,获取模块值 Q 来衡量聚类网络的稳定性;同时获取平均轮廓值 S 来表示聚类内部结点的相似度。 Q 值 > 0.3,表示聚类效果显著; S 值在 0~1 取值,当 S 值在 0.5 以上,一般认为聚类是合理的,在 0.7 及以上时,认为聚类是高效率且令人信服的^[15]。采用 CiteSpace 软件中的对数似然比算法聚类分析关键词,生成聚类分析表(表 2)。软件已识别出 6 个聚类,其模块值 $Q=0.435\ 2(>0.3)$,说明聚类板块是显著的。聚类平均轮廓值 $S=0.789\ 8(>0.7)$,说明聚类模块是合理且令人信服的。通过聚类结果发现,当前针对醇基燃料的研究主要围绕以下 4 个方面。

表 2 关键词聚类分析

Table 2 Keyword clustering analysis					
序号	聚类名称	聚类轮廓	S 值	年份	高频关键词
1	甲醇	43	0.623	2009	甲醇;醇基燃料;催化剂;替代燃料;制氢
2	燃料电池	39	0.898	2006	燃料电池;甲醇氧化;直接甲醇燃料电池;氧还原;膜电极
3	甲醇燃料	29	0.852	2005	甲醇燃料;甲醇汽油;汽油;甲醇汽车;内燃机;发动机
4	排放	24	0.824	2004	排放;燃料电池;燃烧;排放性
5	柴油机	18	0.763	2007	柴油机;乙醇;甲醇柴油;动力性
6	外特性	5	0.947	2020	外特性;油耗;醇氢燃料;温度

1) 醇基燃料的基础物质制备。聚类 0 号聚焦甲醇的基础研究,致力于多元化原料、优化催化剂和反应条件等。甲醇的制备经历了煤气、天然气或页岩气制甲醇和生物质制甲醇,目前提出的绿色甲醇产业,主要通过电解水制氢产生氢气再将二氧化碳加氢进行热催化反应来合成甲醇,这种方法不仅过程零污染零排放,还能实现碳的捕集和利用^[16],因此甲醇还被称为液态阳光。

2) 甲醇燃料电池的生产应用。聚类 1 号探讨燃料电池(特别是甲醇燃料电池)的生产应用。甲醇燃料电池直接使用甲醇溶液或蒸汽为燃料供能,无需燃料重整制氢,具备低温快速启动、洁净环保以及结构简单等优势。由于其能量密度高、运行时间长等特点,正逐渐成为氢燃料电池的优秀替代者。

3) 甲醇燃料的动力应用。聚类 2 号甲醇燃料和聚类 4 号柴油机主要关注甲醇在传统动力设备中的应用情况,改进了现有能源的利用方式。当前甲醇汽车技术已趋成熟,国家连续出台措施推动发展,其技术标准体系基本建立^[17],另外全国航运业也正在大力推进甲醇动力船的应用。

4) 醇基燃料的性能表现和环境影响。聚类 3 号排放,主要研究甲醇在燃烧、燃料电池等各类应用中的污染排放问题;聚类 5 号外特性,从性能参数角度衡量甲醇在燃料电池和柴油机应用中的效能表现,为评估应用效果提供依据。

现有醇基燃料研究覆盖了从制备、应用到性能与环境影响的完整链条。然而,安全应用作为影响其推广的关键因素,其风险防控机制等研究的薄弱使得该体系的完整性与现实指导性不足。

4 醇基燃料的事故防控对策

分析 3.1 及 3.2 节的研究热点可知:当前研究主要集中于醇基燃料应用技术,而对其安全应用风险的研究则相对匮乏。醇基燃料(尤其是甲醇燃料)在全生命周期各个环节均存在特定事故风险,且现实中已发生多起典型事故案例,见表 3。

这些事故案例揭示了醇基燃料的显著风险特性及潜在危害。深入剖析发现其风险防控体系存在以下瓶颈:①全链条标准规范缺失。现行《醇基液体燃料》(GB16663—1996)仅规定了产品基础指标,未规定其他关键环节,导致操作无统一标准可循。②监管机制存在盲区。危险化学品安全监管职责分散于多部门,安全责任边界不清,监管存在盲区。③安全意识薄弱。从业人员对醇基燃料的风险特

表 3 醇基燃料事故案例
Table 3 Accidents involved alcohol-based fuel

事故名称	人员伤亡	基本情况
2022 年吉林长春“9·28”重大爆炸燃烧事故 ^[18]	17 人死亡, 3 人受伤	2022 年 9 月 28 日, 吉林长春某餐厅在进行“气改油”(使用醇基燃料替代燃气)改造过程中, 无证人员违规在存放醇基燃料的塑料油箱旁动火焊接, 焊接产生的高温引燃了泄漏的醇基燃料蒸气与液化石油气形成的混合气体, 从而引发爆炸燃烧
2023 年钦州兴通“10·22”槽罐车侧翻事故 ^[19]	1 人轻微伤	2023 年 10 月 22 日, 钦州兴通运输有限公司一辆运输含甲醇汽油的槽罐车在沈海高速恩平段发生侧翻。事故造成直接经济损失 28.37 万元。调查发现涉事企业存在安全管理缺失、运单造假等违规问题
2024 年重庆忠县“11·3”非法经营爆燃事故 ^[20]	1 人死亡, 1 人受伤	2024 年 11 月 3 日, 重庆忠县发生一起爆燃事故。事故系非法经营者在未取得危化品经营资质的情况下, 违规在存放醇基燃料的库房内动火焊接。焊接产生的高温电弧引爆了库房内残留的醇基燃料蒸气

性认知不足, 违规操作现象普遍。

鉴于上述问题, 提出醇基燃料事故风险防控对策: ①燃料本质安全技术突破^[5]。研发高闪点、低毒性的醇基燃料替代品以降低易燃易爆风险, 开发相关智能储存设备, 并研究燃料添加剂或改性技术以提升性能。②全链条智能化监管体系构建^[21]。制定餐饮场所醇基燃料储存标准, 建立运输车辆资质认证体系及专用防泄漏运输容器; 利用物联网实时监控运输; 完善跨部门数据共享与全链条追溯平台。③制定专项应急预案并明确跨部门协同流程; 研发高效灭火剂与专用吸附材料; 定期跨部门联合演练以提升专业技能。

5 结 论

1) 醇基燃料研究在持续增长阶段后, 由于其固有的风险特性, 又经历了波动调整阶段, 目前处于稳

步发展期。受国家宏观策略指引和相关技术的发展影响, 其研究热度正在稳步提升。但该领域的研究尚未形成核心作者及机构群, 未来应通过多元化渠道促进跨区域、跨领域、跨机构合作。

2) 醇基燃料涉及行业众多, 包括电力、化工、汽车、动力、燃料及船舶等, 研究核心聚焦于燃料制备、电池应用、动力应用和性能影响等, 形成了从基础制备到实际应用的多维度研究体系, 表明了醇基燃料在新型替代能源中的重要地位。

3) 当前研究过度聚焦醇基燃料应用技术而忽视了安全应用风险。事故频发暴露出醇基燃料从生产到终端使用的系统性风险, 文中揭示了当前风险防控瓶颈, 指出未来仍须通过突破本质安全设计、构建全链条智能化监管体系及提升应急处置能力等形成风险防控体系, 以保障产业健康发展。

参 考 文 献

[1] 潘季荣, 高华伟, 解东来, 等. 醇基燃料的应用现状和发展建议[J]. 煤气与热力, 2019, 39(6): 25-27, 46.
PAN Jirong, GAO Huawei, XIE Donglai, et al. Gas source and processing utilization application status and development suggestions of alcohol-based fuels[J]. Gas and Heat, 2019, 39(6): 25-27, 46.

[2] 凌青青, 钟卉菲, 徐铮. 醇基燃料的发展与应用[J]. 浙江化工, 2023, 54(7): 5-10.
LING Qingqing, ZHONG Huifei, XU Zheng. Development and application of alcohol-based fuels[J]. Zhejiang Chemical Industry, 2023, 54(7): 5-10.

[3] 李乐, 解东来, 罗浩. 醇基燃料的应用分析[C]. 中国燃气运营与安全研讨会(第九届)暨中国土木工程学会燃气分会 2018 年学术年会论文集(上), 2018: 472-480.

[4] 王芳. 加强醇基液体燃料安全管理的调研分析: 以贵阳市乌当区为例[J]. 云南化工, 2024, 51(10): 186-188.
WANG Fang. Investigation and analysis on strengthening safety management of alcohol-based liquid fuel-take Wudang district of Guiyang city as an example[J]. Yunnan Chemical Technology, 2024, 51(10): 186-188.

[5] 银赛红. 醇基液体燃料安全防控和消防救援对策研究[J]. 中国应急救援, 2023(5): 30-34.

[6] 李杰, 陈超美. CiteSpace 科技文本挖掘及可视化(第 3 版)[M]. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2022: 220-223.

LI Jie, CHEN Chaomei. Text mining and visualization in scientific literature: third edition[M]. Beijing: Capital University of Economics and Business Press, 2022: 1-10.

[7] 云小鹏. 基于 CNKI 和 CiteSpace 的应急管理研究进展与展望[J]. 中国安全科学学报, 2022, 32(8): 185-193.
YUN Xiaopeng. Research progress and prospect of emergency management based on CNKI and CiteSpace[J]. China Safety Science Journal, 2022, 32(8): 185-193.

[8] 胡泽文, 孙建军, 武夷山. 国内知识图谱应用研究综述[J]. 图书情报工作, 2013, 57(3): 131-137, 84.
HU Zewen, SUN Jianjun, WU Yishan. Research review on application of knowledge mapping in China[J]. Library and Information Service, 2013, 57(3): 131-137, 84.

[9] 宗淑萍. 基于普赖斯定律和综合指数法的核心著者测评: 以《中国科技期刊研究》为例[J]. 中国科技期刊研究, 2016, 27(12): 1 310-1 314.
ZONG Shuping. Evaluation of core authors based on Price law and the comprehensive index method: a case study of Chinese Journal of Scientific and Technical Periodicals[J]. Chinese Journal of Scientific and Technical Periodicals, 2016, 27(12): 1 310-1 314.

[10] 黄微, 张晓君. 基于知识图谱的我国网络舆情研究进展可视化分析[J]. 情报科学, 2016, 34(6): 87-92.
HUANG Wei, ZHANG Xiaojun. Visual analysis of network public opinion research progress in China based on mapping knowledge domain[J]. Information Science, 2016, 34(6): 87-92.

[11] WANG Xinjin, ZHANG Yan, ZHANG Jun, et al. Progress in urban metabolism research and hotspot analysis based on CiteSpace analysis-ScienceDirect[J]. Journal of Cleaner Production, 2020: DOI:10. 1016/j. jclepro. 2020. 125224.

[12] 陈孝慈, 谭章禄, 马琳, 等. 可视化安全管理知识图谱分析[J]. 中国安全科学学报, 2017, 27(4): 13-18.
CHEN Xiaoci, TAN Zhanglu, MA Lin, et al. Knowledge map analysis of visual safety management[J]. China Safety Science Journal, 2017, 27(4): 13-18.

[13] 于海淼, 徐泽鹏, 张硕, 等. 煤矿工人职业健康研究进展的知识图谱分析[J]. 中国安全科学学报, 2024, 34(3): 230-236.
YU Haimiao, XU Zepeng, ZHANG Shuo, et al. Knowledge graph analysis of research progress in occupational health of coal miners[J]. China Safety Science Journal, 2024, 34(3): 230-236.

[14] 陈行, 杨启明. 我国能源安全研究的回顾与展望: 基于 CiteSpace 的可视化分析[J]. 贵州师范学院学报, 2024, 40(6): 19-28.
CHEN Hang, YANG Qiming. Review and prospect of energy security research in China: visual analysis based on the CiteSpace[J]. Journal of Guizhou Education University, 2024, 40(6): 19-28.

[15] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究, 2015, 33(2): 242-253.
CHEN Yue, CHEN Chaomei, LIU Zeyuan, et al. The methodology function of CiteSpace mapping knowledge domains[J]. Studies in Science of Science, 2015, 33(2): 242-253.

[16] 王梦川, 洪子鑫, 李峰, 等. 绿色甲醇产业发展现状及前景分析[J]. 国际石油经济, 2024, 32(5): 78-84.
WANG Mengchuan, HONG Zixin, LI Feng, et al. Green methanol industry development status and prospect analysis[J]. International Petroleum Economics, 2024, 32(5): 78-84.

[17] 祁志敏, 石红, 祝月艳. 中国甲醇汽车产业发展现状分析及推广建议[J]. 时代汽车, 2023(21): 4-6.
QI Zhimin, SHI Hong, ZHU Yueyan. Analysis of the development status of China's methanol automobile industry and promotion suggestions[J]. Auto Time, 2023(21): 4-6.

[18] 吉林省长春市“9·28”重大火灾事故[EB/OL]. (2022-10-10). <https://ajj.hanzhong.gov.cn/ajj/tzgg/202211/ab9abb779d7544babd6d1204e3b9da4c.shtml>.

[19] 恩平市“10·22”沈海高速槽罐车侧翻事故调查报告[EB/OL]. (2024-01-30). https://www.enping.gov.cn/jmepsyjj/gkmlpt/content/3/3026/post_3026578.html#3910.

[20] 重庆忠县忠州街道“11·3”一般爆燃事故调查报告[EB/OL]. (2024-12-31). https://yj.cq.gov.cn/zwgk_230/fdzdgknr/jdjc11/202412/t20241231_14034709.html.

[21] 肖永平. 醇基液体燃料全链条安全监管存在的问题与对策研究[J]. 中国应急管理, 2025(1): 81-83.

作者简介: 周艳 (1967—), 女, 天津人, 硕士, 教授, 硕士生导师, 主要从事安全管理、安全理论科学等方面的研究。E-mail: 13502001510@126.com。