



基于 CiteSpace 的国内实验室安全领域 研究图谱分析

王建芳¹, 余红宴², 黄雷¹, 李杨阳¹

(1. 重庆三峡学院 生物与食品工程学院, 重庆 404100; 2. 重庆三峡学院 计算机科学与工程学院, 重庆 404100)

摘要: 为了解国内实验室安全领域的研究进展, 通过运用 CiteSpace 6.2.2 对来自中国知网 (CNKI) 数据库的自 1995—2022 年的 5585 篇中文期刊文献进行可视化分析, 结果表明: 在过去的 28 年里, 实验室安全领域研究经历了孕育期、萌芽期、缓慢增长期和快速增长期, 发文量和文献累计量几乎与国内实验室建设和发展历程一致; 作者与作者之间, 机构与机构之间合作不是很紧密, 研究力量还比较薄弱; 研究学者和机构以“211 工程”和“985 工程”高校居多, 并且大部分作者是从事与实验室和设备管理相关的行政岗位工作人员; 不同时期的研究热点不同, 呈现出明显的分流和层次递进, 且主要与有社会影响的安全事件相关联。

关键词: 实验室安全; CiteSpace; 可视化分析; 研究热点

中图分类号: X925; Q-338

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230579

Graph Analysis of Domestic Laboratory Safety Research Based on CiteSpace

WANG Jianfang¹, YU Hongyan², HUANG Lei¹, LI Yangyang¹

(1. College of Biology and Food Engineering, Chongqing Three Gorges University, Chongqing 404100, China;

2. College of Computer Science and Engineering, Chongqing Three Gorges University, Chongqing 404100, China)

Abstract: Infrastructure (CNKI) database from 1995 to 2022 are visualized and analyzed using CiteSpace 6.2.2 software. The results indicate that in the past 28 years, research in the field of laboratory safety has gone through a period of gestation, germination, slow growth, and rapid growth. The number of publications and literature accumulation are almost consistent with the construction and development process of domestic laboratories. The cooperation between authors and institutions is not very close, and the research force is relatively weak. The majority of researchers and institutions are “211” and “985” universities, and most of them are administrative staff involved in laboratory and equipment management; The research hotspots in different periods are different, showing obvious divergences and hierarchical progression, and mainly related to safety events with social impact.

Key words: laboratory safety; CiteSpace; visualization analysis; research highlights

近几年, 世界各地公共安全事故频发, 各种病毒性、细菌性传染疾病屡屡爆发, 实验室爆炸、病毒或有毒气体和危化品的泄露等事件也常见报端和新闻热点^[1-5]。在这些危害人类财产和生命安全的事故中有很多跟实验室安全管理有关^[6-7]。尤其是随着国家教育体制改革制度的不断深化, 一方面高校实践教学得到全面提升和

重视, 另一方面实验室安全管理问题也日渐凸显^[8-9], 不仅引起了社会的广泛关注, 同时也成为国内外学者研究的热点^[10]。鉴于此, 本文采用 CNKI 数据库数据, 借助 CiteSpace 软件对 1995—2022 年发表的关于实验室安全领域研究的中文期刊文献进行计量分析和可视化展示, 以期获得国内实验室安全领域研究的发展趋势和研

收稿日期: 2023-12-01; 修回日期: 2024-01-19

基金项目: 重庆市高等教育学会 2021—2022 年度高等教育科学研究课题 (CQGJ21B074)。

作者简介: 王建芳 (1976-), 女, 硕士, 实验师, 主要从事生物和实验室安全方面的研究。E-mail: glayertop2@163.com

163.com

究热点,从而为提升实验室安全管理策略提供参考。

1 数据来源和研究方法

1.1 数据来源

本文以国内公认的权威数据库 CNKI 作为数据来源^[11],于 2023 年 5 月 3 日以“实验室安全”为主题,以中文学术期刊为检索范围,对 1995—2022 年间的文献进行高级检索,共检索到 8 080 篇文献,经人工筛选后共计得到 5 585 篇。

1.2 研究方法

1) 普赖斯指数增长曲线分析法

本文利用普赖斯指数增长曲线^[12-13]对近二十年来关于实验室安全类年度发文量进行拟合,即 $F(t)=ae^{bt}$ ($a>0, b>0$) 表示 t 时刻的文献累计量。其中 t 为以年份为单位的时间; a 为统计的初始时刻的文献量,是常数; e 为自然对数的底; b 为时间系数,即持续增长率。

2) 核心作者综合指数分析法

根据普赖斯定律筛选出核心作者候选人,核心作者候选人有两个指标,一个是发文量(最低发文量 $MP=0.749\sqrt{N_{P_{MAX}}}$,其中 $N_{P_{MAX}}$ 为发文量最多的作者的论文数),一个是被引量(最低被引量 $MC=0.749\sqrt{N_{C_{MAX}}}$,其中 $N_{C_{MAX}}$ 为作者发文被引频次累计最高的次数)。然后运用综合指数法对候选人进行测评,选出最终的核心作者进行分析。综合指数采用文献 [15] 的方法,发文量指数等于核心作者候选人发文量除以核心作者候选人平均发文量;被引量指数等于核心作者候选人被引量除以核心作者候选人平均被引量^[13-15]。

综合指数为:

$$Z_i = \left(\frac{x_i}{\bar{x}} \times 100\right) \times 0.5 + \left(\frac{y_i}{\bar{y}} \times 100\right) \times 0.5 \quad (1)$$

式中: Z_i 为综合指数, x_i 为核心作者候选人发文量, \bar{x} 为核心作者候选人发文量平均值, y_i 为核心作者候选人论文被引量, \bar{y} 为核心作者候选人论文被引量平均值。

3) 利用 CiteSpace 6.2.2 的可视化功能^[16],以年为单位进行时间切片(time slicing),选择节点类型(node types)为作者(author)、机构(institution)和关键词(keyword),对跨度为 1995—2022 年的文

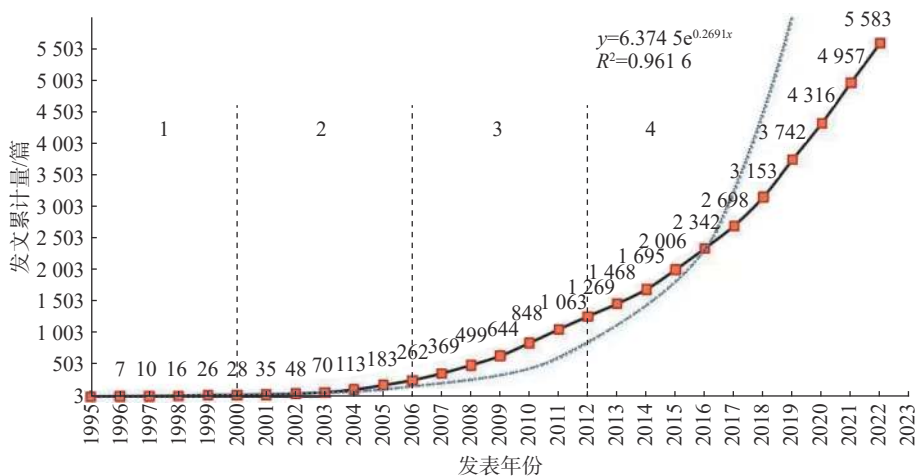
献数据进行作者、机构和关键词的网络共现图谱分析和突现强度探测。

2 结果与分析

2.1 发文量时间分布和研究趋势

将从知网数据库中以 Refworks 格式导出的 5 585 条数据即施引文献导入 Citespac 6.2.2 软件,将 CNKI 数据格式转换成 Conversion(3.0)数据格式,再通过 Wos(Web of science)进行数据转换、去重,最后得到共计 5 583 篇文献,以及 1995—2022 年各年累计发文量数据。

年度论文发表数量和文献累计量在一定程度上能反映某研究领域的发展情况和方向。关于实验室安全的论文发表量如图 1 所示,几乎和中国高校实验室发展和建设历程是一致的。1995 年之前,是中国高校实验室建设的起步时期^[17],中文期刊检索到的关于实验室安全相关的论文几乎为 0。1995—1999 年即图 1 中的孕育期,是我国高校招生并轨和招生规模扩大阶段,高校实验室建设规模也在不断增加^[18],关于实验室安全的论文发表逐年增加。2000—2005 年即图 1 中的萌芽期,是中国高等教育进入深化改革的新阶段,我国高等教育发展重心也由规模扩展向质量提高全面转移^[19],除了增加实践教学课程设置外,各类科研项目也加大了投入,高校实验室建设开始步入高速发展的轨道^[20],这一时期发表的关于实验室安全的研究论文累计高达 262 篇。到 2006 年,国家再次提出必须坚定不移地实施科教兴国战略和人才强国战略,应用型人才培养被再次提出和重视,实践教学成了高校教育改革深化的主题。在这个背景下,企业与高校合作逐渐发展成为一种趋势,社会化的科研机构实验室也发展起来。这个阶段即图 1 中的缓慢增长期,这一时期年平均发表的论文达到了 168 篇,发表论文累计量达到 1 269 篇。2012 年之后,除了高校实验室安全问题之外,社会化实验室、校企合作实验室等的安全问题已经广泛引起了社会关注,所以 2012 年之后实验室安全相关研究达到快速增长期。2016 年之后,几乎每天有一篇关于实验室安全的论文发表,而且从图 1 的累计量曲线来看仍处于抬头趋势,并没有减速的倾向。



1—孕育期；2—萌芽期；3—缓慢增长期；4—快速增长期。

图 1 1995—2022 年“实验室安全”相关文献累计量年度分布图

2.2 研究力量及载体分析

2.2.1 核心作者

根据普赖斯定律筛选出核心作者候选人 41 位，再根据综合指数排名选出前 16 位作为核心作者，如表 1 所示。核心作者综合指数排名体现了作者和其所在机构在某领域的研究能力。综合指数第一的是张志强，来自北京大学实验室与设备管理部。综合指数第二、发文量第一的是阳富强，来自福州大学环境与安全工程学院。从排名前 16 核心作者的载体机构来看，除了曹国庆

所在的中国建筑科学研究院有限公司不是高校或机构，其余都是，其中来自高校的作者占比 87.5%，说明高校更关注实验室安全领域的研究，这和近几年高校频繁出现实验室安全事故有关。在这些以高校为载体的研究机构中，除了仇念文、张彦茹、牛焕双和王国田所在机构为一般重点高校之外，其余都为教育部重点建设的“211 工程”或“985 工程”高校，占比 62.5%。并且除了刘浴辉和李秀珍之外大部分作者是与实验室和设备管理相关的行政岗位工作人员。

表 1 综合指数前 16 的核心作者分析

作者	发文量/篇	被引频次/次	综合指数	作者机构	职务
张志强	7	342	267.2697	北京大学实验室与设备管理部	环境保护办公室主任
阳富强	17	150	238.7390	福州大学环境与安全工程学院	教授/博导
冯建跃	8	58	104.7578	浙江大学实验室与设备管理处	处长
刘浴辉	6	236	194.6345	中国地质大学(武汉)材料与化学学院	正高级实验师/研究员
彭华松	9	176	184.6283	上海交通大学实验室安全与环保中心	副主任
李恩敬	5	206	167.8229	北京大学实验室与设备管理部	实验室安全办公室主任
王羽	10	115	156.5723	吉林大学实验室管理处	副处长/高级工程师
范强锐	4	189	148.8495	北京理工大学生命学院实验室设备处	技安环保科科长
仇念文	4	136	116.8936	山东农业大学教务处	科长
张彦茹	10	44	113.7635	天津师范大学国有资产管理处	研究实习员
李秀珍	4	129	112.6730	北京理工大学生命学院	工程师
阮俊	4	126	110.8642	浙江大学实验室与设备管理处	副处长
牛焕双	4	125	110.2613	首都师范大学化学系科研管理办	讲师
曹国庆	8	58	104.7578	中国建筑科学研究院有限公司	研究员
王国田	7	65	100.2550	扬州大学实验室与设备管理	高级实验师
顾华	8	37	92.0960	浙江省医学科技教育发展中心	研究员

2.2.2 作者合作关系与研究能力

作者合作共现图谱不仅可以展示作者之间的合作关系，以及作者之间的合作程度，还可以看

出该团队的研究能力和持续性。所以作者的合作关系、发文量可以共同展示一个作者或团队的研究能力。排名前 20 的作者发文数量如表 2 所示。

作者合作共现图谱如图2所示,图谱中的年轮节点大小表示发文频次多少,节点越大发文频次越高;连线粗线表示节点之间的紧密程度,即作者之间的合作程度;节点和连线的颜色表示发文年份,与左下角的图标颜色对应的年份一致,红色标示的节点表示该作者在对应的年份具有突发性。

在以作者为网络节点类型(node types)的图谱里,包含了440个节点(nodes)和434条连线(links),各参数信息如图2左上角所示,图谱网络密度(density)为0.0045,此网络密度处于较低水平,说明国内研究实验室安全领域的作者合作关系不是很紧密,大部分作者都处于独立研究状态,没有团队。所以建议国内学者们能尽快建立起紧密的合作团队,保持持续的研究力量。图谱里显示有较好合作关系的团队有阳富强团队、曹国庆团队、王羽团队、刘伟团队、赵卫团队、艾德生和黄开胜组成的团队,以及由宁信、虞俊超、张锐和王满意组成的团队。其中团队关系发展最大的是以冯建跃和张志强为联系建立起来的团队,此团队从2011年开始发文,一直持续到2022年,发文数最多的是冯建跃,达到19篇。

由宁信、虞俊超和王满意组成的团队,三人都是核心作者,发文时间主要集中在2019—2022年期间,是一个很年轻的团队。而阳富强的团队,发文章量最高的都是阳富强,他在核心作者里综合指数排名第二。王羽团队对发文数量贡献最大的

是王羽和刘艳。发文比较早的有曹国庆团队,从2015—2022年,该团队发文最多的是曹国庆。综合整个图谱的网络关系来看,国内学者在实验室安全领域的研究力量还是很薄弱的,需要更多的力量加入,更需要建立紧密的团队合作关系,才能保持良好、持续的研究力量。

表2 排名前20的作者发文数量表

作者	发文数量/篇
冯建跃	19
阳富强	16
曹国庆	16
张伟	16
李恩敬	14
黄开胜	14
艾德生	14
王晓艳	14
刘艳	14
刘伟	13
张志强	12
宁信	12
翁景清	12
张锐	12
王满意	12
彭华松	12
虞俊超	12
王羽	11
刘雪蕾	11
张彦茹	10

节点=440个,连线=434条,网络密度=0.0045,
标记节点:1.0%

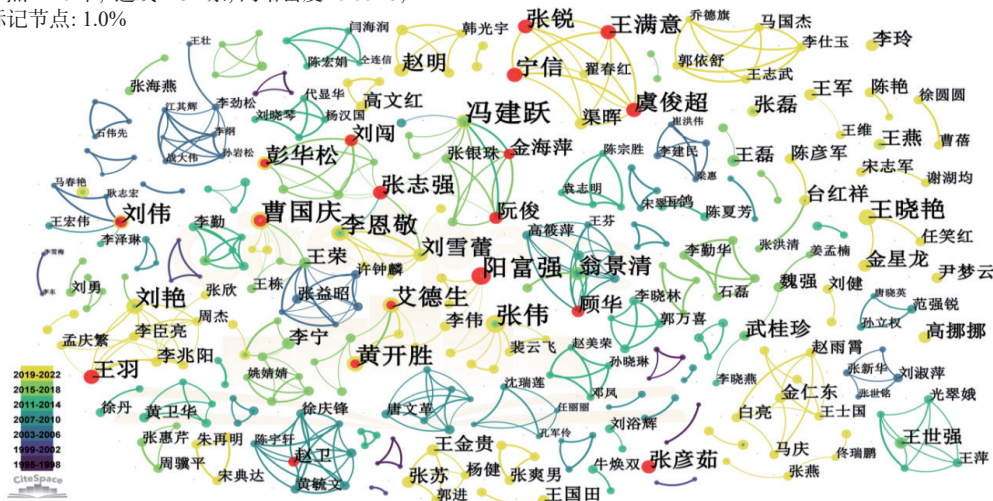


图2 作者合作共现图谱

2.2.3 机构合作关系与研究能力

学者所在的科研机构是研究力量的载体,

相对作者来说,它是宏观上的研究主体,分析研究机构之间的合作关系能更好地了解研究

领域的空间分布情况。本次机构合作共现图谱是以机构为节点类型 (node types)。如图 3 所示, 北京大学实验室与设备管理部发文数量最多, 在该领域发文比较早的是中国疾病预防控制中心, 从 2004 年开始就有成员在该领域发文。从图 3 左上角的参数信息还可以看到, 此图谱包含 489 个节点数 (nodes), 112 条连线 (links), 网络密度

(density) 为 0.0009, 说明机构合作关系仍然处于一个较低水平, 大部分科研机构之间没有合作关系。再从机构发文数量来看, 如表 3 所示, 最高的是北京大学实验室与设备管理部, 共 28 篇; 排名第二的是中国疾病预防控制中心, 共 26 篇; 排名第三的是浙江大学实验室与设备管理处, 共 23 篇。

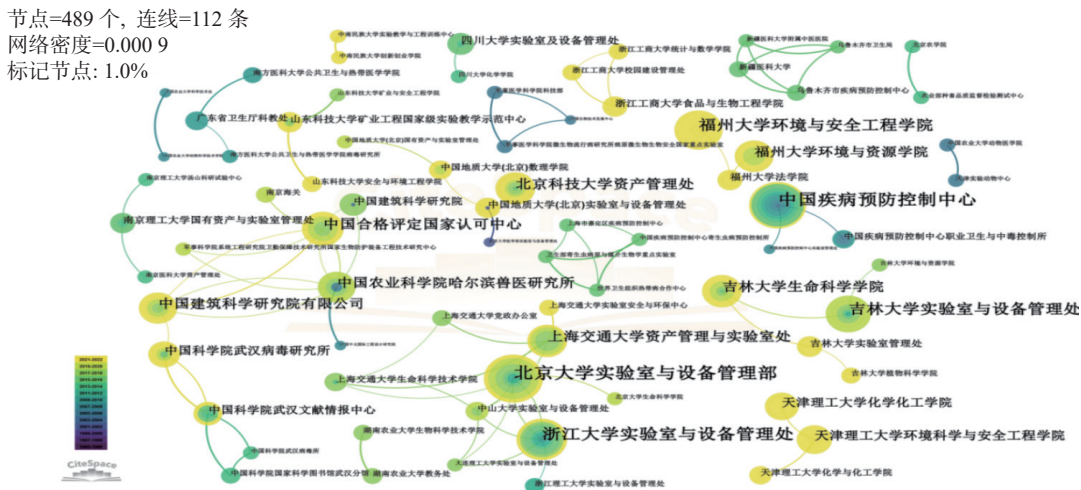


图 3 机构合作共现图谱

表 3 排名前 9 的机构发文数量表

机构	发文数量/篇
北京大学实验室与设备管理部	28
中国疾病预防控制中心	26
浙江大学实验室与设备管理处	23
福州大学环境与安全工程学院	18
吉林大学实验室与设备管理处	17
南开大学实验室设备处	15
扬州大学实验室与设备管理处	15
中国合格评定国家认可中心	14
浙江省疾病预防控制中心	14

2.3 研究热点和前沿分析

关键词在一定程度上能反映研究领域的研究

热点和学术前沿。在聚类信息表里, 按聚类名称和关键词信息, 提取并归纳不同时期的主题词集群。表中的聚类大小表示每个聚类所含文献数量; 聚类的同质性表示聚类成员的相似性; 平均年份表示聚类中引用文献的新老程度, 年份越靠近现今的为当前研究热点, 主题词是该聚类中的主要热点词。本文中对实验室安全领域的研究热点和前沿分析主要是通过对不同时期关键词共现网络结果进行聚类, 然后按照聚类名称和关键词信息提取和归纳出不同时期的主题词集群, 以此探讨实验室安全领域的研究热点和前沿。不同时期的关键词聚类信息分别如表 4~表 6 所示。

表 4 孕育萌芽期的关键词聚类信息表

主题词集群	聚类名称	聚类大小	聚类的同质性	平均年份	主题词
生物安全管理	#0 安全	31	0.997	2002	安全; 管理; 实验室; 安全管理; 生物安全
	#1 生物安全	25	0.951	2002	生物安全; 微生物; 生物安全实验室; 二级屏障; 安全
	#2 安全管理	15	0.951	2002	安全管理; 对策; 计算机实验室; 事故类型; 安全
	#3 安全柜	15	0.978	2003	安全柜; 实验室; 实验室生物安全; 消毒液; 传染源
化学药品的安全管理	#4 化学药品	14	0.958	1998	化学药品; 实验室安全; 高校实验室; 火灾事故; 安全使用

表5 缓慢增长期的关键词聚类信息表

主题词集群	聚类名称	聚类大小	聚类的同质性	平均年份	主题词
生物医学实验室的安全与管理	#0 生物安全	38	0.866	2008	生物安全; 管理体系; 安全管理; 调查; 安全
	#3 安全教育	33	0.706	2008	安全教育; 安全; 生物安全; 作用; 仪器设备
	#5 安全防护	18	0.966	2009	安全防护; 医院; 检验科; 二级医院; 质量控制
	#7 微生物	10	0.999	2008	微生物; 生物安全防护; 个人防护用品; 安全操作规程; 医学媒介
高校实验室的安全与管理	#1 安全管理	36	0.771	2008	安全管理; 安全培训; 安全技术; 化学实验室; 安全
	#2 高校	33	0.869	2008	高校; 实验室; 安全隐患; 生物安全; 信息安全
	#6 剧毒品	11	0.930	2008	剧毒品; 化学试剂; 学药品; 指示剂; 善后处理
	#10 实验教学	5	0.996	2008	实验教学; 电化教育; 医学化学; 安全录像; 切断电源
	#11 废弃物	5	0.993	2010	废弃物; 灭菌; 安全管理体系; 可靠性; 和谐校园
动物实验室的安全与管理	#4 管理	26	0.702	2007	管理; 安全管理; 化学品; 建设; 实验动物
	#9 加拿大	9	0.995	2008	加拿大; 动物外来病; 兽医管理; 动物健康; 牛病毒性腹泻病
网络信息的安全与管理	#8 对策	9	0.951	2009	对策; 网络安全; 问题; 安全问题; P2P流量控制
	#12 SQL Server 数据库	5	0.998	2008	SQL Serve; 安全策略; 数据库; 实验室管理; 实验室

表6 快速增长期的关键词聚类信息表

主题词集群	聚类名称	聚类大小	聚类的同质性	平均年份	主题词
生物实验室的安全与管理	#0 管理	63	0.761	2014	管理; 安全; 生物安全; 安全管理; 建设
	#1 安全管理	56	0.565	2016	安全管理; 管理; 生物安全; 安全; 安全问题
	#2 实验室	56	0.616	2015	实验室; 高职院校; 危险源; 教育; 调查
	#10 设备安全	5	0.977	2022	设备安全; 人身安全; 信息管理; 射频识别; 水电气安全
实验教学的安全意识与教育	#3 安全教育	54	0.700	2017	安全教育; 管理制度; 实验室安全; 安全文化; 安全防护
	#4 安全意识	52	0.742	2015	安全意识; 实验教学; 安全隐患; 风险评估; 实验安全
实验室安全管理体系与对策	#5 对策	45	0.610	2016	对策; 问题; 高校; 现状; 管理现状
	#7 管理体系	30	0.683	2015	管理体系; 环境保护; 管理对策; 实验室安全; 安全管理
	#9 质量控制	24	0.899	2015	质量控制; 输血检验; 输血安全; 血型实验室; 农产品
实验室网络与信息安全	#6 物联网	42	0.818	2016	物联网; 应急预案; 危化品; 应急管理; 分析
	#8 网络安全	28	0.829	2015	网络安全; 医学院校; 安全风险; 信息安全; 互联网+

1) 孕育萌芽期(1995—2005年)

在聚类信息表里, 孕育萌芽期的5个聚类归纳成两个主题词集群, 即生物安全管理和化学药品安全管理, 说明生物安全管理和化学药品的安全管理是这个时期的研究热点。从平均年份上看, 化学药品是学者们最早关注的热点, 平均年份在1998年, 而这个时期也正是清华大学铊中毒事件引起社会广泛关注的时候。到2003年后, 研究热点就主要集中在生物安全上, 这可能与二十一世纪初生物学的“人类基因组计划”催动的系统生物学的兴起有关, 将生物学推到了一个前所未有的蓬勃发展的时代^[21]。同时, 或许2002年世界范围内爆发的传染性非典型肺炎事件, 也是生物安全成为这个时代的研究热点原因之一。

2) 缓慢增长期(2006—2011年)

这个时期是世界范围内有关生物安全事故频发的时期, 如2001年发生在美国疾控中心下属高级实验室因实验人员操作失误引起的被感染汉坦病毒的实验鼠咬伤事件^[22]; 2003年发生在中国台湾和内地的SARS病毒交叉感染和泄露事件^[22]; 2004年发生在俄罗斯国家病毒实验室的埃博拉病毒针头刺伤事件^[22]; 2011年发生在东北农业大学的布鲁氏菌感染事件等^[23]。从表5中的主题词集群可以看到, 这个时期生物安全正是学者们的研究热点, 与当时高频率发生的生物安全事故具有一致性。另外, 高校实验室、动物实验室、医学实验室和计算机实验室的网络信息安全等, 已经作为独立分支成为了学者们的研究热

点, 学者们对实验室安全领域的研究已经开始有明确的分化, 研究范围既广泛又集中, 既有学科分化, 也有学科交叉, 实验室安全问题呈现更加复杂化。

3) 快速增长期(2012—2022 年)

在聚类信息表里, 快速发展期的 11 个聚类被归纳和提取出了 4 个主题词集群, 可以看到生物方面的实验室安全问题一直是学者们的研究热点。但是在与高校有关的实验室安全问题上, 学者们不再局限于实验室的管理上, 而是在实验教学过程控制的决策上, 说明学者们对实验室安全管理问题的研究已经逐步系统化和层次化, 让实验室安全问题成为一项更具实践意义的科学研究。但是从平均年份来看, 学者们的热点研究主要集中在 2012—2017 年间, 离现今最近的只有聚类#10 设备安全。说明学者们对实验室安全问题的研究已经出现疲软状态, 有些后劲不足。

2.4 热点的发展和演变趋势分析

关键词的突现性探测可以发现某个时间段里关键词的兴衰情况。本文通过对不同时期的关键词进行突现性探测以了解实验室安全领域研究的发展和演变趋势, 如表 7 所示。

1) 孕育萌芽期

对关键词进行突现性探测, 发现安全是这个时期突现强度最高的词, 且强度值只有 2.85。并且从突现年份来看, 3 个突现词都是出现在 2000—2001 年, 其他年份里没有突现词。

2) 缓慢增长期

对这个时期的关键词进行突现性探测, 发现微生物、安全措施、环保和消防安全是这个时期突现强度较高的几个词, 但强度值都不是很高, 说明这个时期学者们对实验室安全领域的关注范围更加广泛, 但不是很集中, 呈分散状态。

3) 快速增长期

这个时期的突现词很多, 有 14 个, 其中突现强度最大的是生物安全, 强度值达到 11.06, 突现强度最小的词是化学, 也达到了 2.53。平均突现强度值为 4.25, 说明这个时期有关实验室安全问题的关注领域扩大, 关注度加强, 除了之前的研究热点生物安全、化学药品和高等学校之外, 医学检验、输血安全、输血检验等医学实验方面的安全问题也成为学者们的研究前沿和热点。其次, 还有防护措施、安全检查、质量控制和环境保护等环路方面的安全问题也被学者们广泛关注。

表 7 不同时期的关键词突现性探测结果

时期	关键词	突现强度	突现年份	关键词共现时间线条
孕育萌芽期(1995—2005年)	安全	2.85	2000—2001	
	实验室	1.24	2000—2001	
	管理	1.22	2000—2001	
缓慢增长期(2006—2011年)	微生物	1.51	2007—2008	
	安全措施	1.38	2006—2008	
	环保	1.35	2009—2011	
	消防安全	1.27	2008—2009	
快速增长期(2012—2022年)	生物安全	11.06	2012—2015	
	质量控制	6.59	2016—2019	
	安全检查	4.56	2018—2021	
	防护	4.32	2012—2015	
	环境保护	4.17	2014—2017	
	防护措施	3.82	2013—2019	
	维护	3.61	2015—2019	
	高等学校	3.57	2012—2015	
	医学检验	3.56	2014—2015	
	化学药品	3.15	2014—2017	
	输血安全	2.90	2016—2019	
	输血检验	2.89	2014—2019	
	安全制度	2.71	2020—2022	
	化学	2.53	2016—2017	

3 结束语

通过可视化分析得到以下4个结论。

1) 从年发文量来看,实验室安全领域的研究大致经历了4个阶段,这4个阶段几乎与国内实验室建设与发展阶段同步,无论是高校、科研机构,还是企业等实验室的安全问题都是伴随着实验室的发展而产生的。

2) 从研究作者和机构合作方面看,国内无论是学者还是机构合作都还处于一个较低水平,大部分还处于单打独斗的状态,没有建立起长久紧密的合作关系,研究力量也很薄弱。核心作者主要集中在一些“985”和“211”高校里,且大部分都从事与实验室相关的工作,研究机构也主要是各高校的实验室和设备管理处,教学单位或者其他的科研机构和团体很少参与,说明实验室的安全问题还没有引起广泛的关注。

3) 从研究热点和趋势看,生物安全一直是学者们的研究热点。另外由于生物学科的分化,生物与化学、生物与医学等学科的交叉发展,使得实验室安全问题变得既有分化和细化,又有更多综合和合作,所以现代化实验室安全问题比以往任何时期都更加复杂化。

4) 计算机实验室的网络信息安全也将是未来实验室安全领域研究的热点之一。

参考文献

- [1] 赵庆双,闻星火,李明. 加强安全教育是保障高校实验室安全的关键[J]. 实验技术与管理, 2007, 24(9): 8-11.
- [2] 阮代铤,周骏宏. 高校化学实验室安全管理探析[J]. 实验科学与技术, 2022, 20(6): 156-160.
- [3] 王茂鑫,张平清,王小宁,等. 高校实验室安全“三全四有六体系”管理的探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(10): 319-321.
- [4] 许钟麟,王清勤. 生物安全实验室与生物安全柜[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
- [5] 周菲,彭军,刘春,等. 高校实验室废弃化学药品分类及处理处置方法[J]. 实验室科学, 2019, 22(1): 214-217.
- [6] 聂百胜,吴若宇,柳先锋,等. 高校实验室安全管理模式分析与本质安全化信息系统建设[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(12): 309-313.
- [7] 陈慧珍,乔薇,叶燕媚,等. 高校化学实验室废液回收管
- 理存在的问题与对策[J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(8): 456-459.
- [8] 温光浩,周勤,程蕾. 强化实验室安全管理,提升实验室管理水平[J]. 实验技术与管理, 2009, 26(4): 153-157.
- [9] 王建芳,梅莉芳,覃露,等. 高校实验教学安全管理体系的建构内容研究[J]. 实验室科学, 2022, 25(4): 182-184.
- [10] 孙小琪,杨晓新. 高等院校实验研究的现状和热点: 基于中文核心期刊论文的知识图谱分析[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(6): 255-260.
- [11] 孙小雅,潘丽娜,陈春兰,等. 国内外实验室安全管理体系的研究现状和热点: 基于中英文期刊文献的知识图谱分析[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(10): 313-318.
- [12] 龚舒野. 基于h指数和hm指数的《情报科学》核心作者分析[J]. 情报科学, 2013, 31(1): 82-85.
- [13] 吴雅华,王伟耀,张增可,等. 基于Cite Space分析植物功能性状对气候变化的响应研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2022, 28(1): 254-266.
- [14] 胡臻,龙兴跃. 基于普赖斯定律与综合指数法的核心作者和扩展核心作者分析: 以《四川图书馆学报》为例[J]. 四川图书馆学报, 2016(3): 74-76.
- [15] 钟文娟. 基于普赖斯定律与综合指数法的核心作者测评: 以《图书馆建设》为例[J]. 科技管理研究, 2012, 32(2): 57-60.
- [16] 张妮,王婧媛. 基于CiteSpace的知识图谱国内外研究热点分析与趋势展望[J]. 情报资料工作, 2017(3): 33-41.
- [17] 王涛,戴均. 改革开放30年来大学生价值观变迁的轨迹及其规律研究[J]. 高等教育研究, 2009, 30(10): 6-13.
- [18] 何晓阳,蔡一林. 高校实验室发展的历程与研究[J]. 实验室研究与探索, 2007, 26(11): 126-129.
- [19] 吕春座. 扩招以来我国普通高校招生结构变化轨迹及特点[J]. 教育与考试, 2010(4): 45-49.
- [20] 董蕾. 中国高校实验室建设发展之路: 北京大学实验室与设备管理部副部长王兴邦访谈[J]. 中国现代教育装备, 2005, (1): 21-24.
- [21] 吴家睿. 21世纪生物医学的三个主要发展趋势[J]. 生命科学, 2022, 34(11): 1327-1335.
- [22] 章欣,刁天喜,王敏. 美国高等生物安全实验室事故及其应对措施[J]. 人民军医, 2016, 59(6): 555-557.
- [23] 陈永杰. 生物实验中意外事故成因与预防对策: 由“东北农业大学师生感染布鲁氏菌”事件引发的思考[J]. 潍坊高等职业教育, 2011(3): 68-70.

编辑 葛晋