

基于CiteSpace和VOSviewer实验室生物安全研究可视化分析

赵 知^{1,2*}, 吕美红^{1,2*}, 柳权桂³, 彭 丹^{1,2}, 木本荣^{1,2#}

¹成都中医药大学医学技术学院, 四川 成都

²川渝共建感染性疾病中西医结合诊治重庆市重点实验室, 四川 成都

³成都中医药大学药学院, 四川 成都

收稿日期: 2023年9月4日; 录用日期: 2023年10月18日; 发布日期: 2023年10月30日

摘 要

为了探讨实验室生物安全的研究现状, 了解其研究脉络, 揭示其研究热点, 预测其研究前景, 为今后的研究方向提供借鉴, 以中国知网和维普数据库为数据源, 收集自2002至2023年8月该领域相关文献, 并采用CiteSpace (6.1.R2)和VOSviewer软件进行可视化分析并绘制图谱。结果显示, 共纳入文献1308篇。并且关于实验室生物安全的文献发文量前十年一直呈上升趋势, 2012年至2023年每年发文量差别相对不高, 但出现了一些波动, 特别是2020年关于实验室生物安全文章发文量剧增。发文量最多的作者是浙江省医学科技教育发展中心的翁景清; 机构以中国疾病预防控制中心产出最多。关键词共现图谱排名居前5位的高频关键词为“生物安全”“实验室”“生物安全实验室”“实验室生物安全”“生物安全防护”。总体来说, 近21年来实验室生物安全的研究先上升后呈波动态势相对平稳, 实验室生物安全的研究发文量与当年发生的重大疫情之间存在着密切的关联。在疫情爆发的年份, 相关领域的研究往往会显著增加。目前研究领域发展前景良好, 作者合作网络初具规模。

关键词

实验室生物安全, CiteSpace, VOSviewer

Visualization and Analysis of Laboratory Biosafety Studies Based on CiteSpace and VOSviewer

Zhi Zhao^{1,2*}, Meihong Lv^{1,2*}, Quanguai Liu³, Dan Peng^{1,2}, Benrong Mu^{1,2#}

¹School of Medical Technology, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu Sichuan

*共同一作。

#通讯作者。

文章引用: 赵知, 吕美红, 柳权桂, 彭丹, 木本荣. 基于 CiteSpace 和 VOSviewer 实验室生物安全研究可视化分析[J]. 生物医学, 2023, 13(4): 401-410. DOI: 10.12677/hjbm.2023.134047

²Chongqing Key Laboratory of Sichuan-Chongqing Co-Construction for Diagnosis and Treatment of Infectious Diseases Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Chengdu Sichuan

³School of Pharmacy, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu Sichuan

Received: Sep. 4th, 2023; accepted: Oct. 18th, 2023; published: Oct. 30th, 2023

Abstract

In order to explore the current research status of laboratory biosafety, understand its research context, reveal its research hotspots, predict its research prospects, and provide reference for future research directions, relevant literature in this field was collected from China National Knowledge Infrastructure (CNKI) and VIP database from 2002 to August 2023. CiteSpace (6.1.R2) and VOSviewer software were used for visual analysis and mapping. The results showed that a total of 1308 articles were included. Moreover, the number of publications on laboratory biosafety has been on the rise for the past decade. The difference in annual publications from 2012 to 2023 is relatively small, but there have been some fluctuations, especially with a sharp increase in the number of publications on laboratory biosafety in 2020. The author with the highest number of publications is Weng Jingqing from the Zhejiang Medical Science and Technology Education Development Center; The China Center for Disease Control and Prevention has the highest output among institutions. The top 5 high-frequency keywords in the keyword co-occurrence graph are “biosafety”, “laboratory”, “biosafety laboratory”, “laboratory biosafety”, and “biosafety protection”. Overall, in the past 21 years, research on laboratory biosafety has shown a relatively stable trend of wave dynamics, with a close correlation between the number of research publications on laboratory biosafety and the major outbreaks that occurred that year. In the year of the outbreak of the epidemic, research in related fields often increases significantly. At present, the development prospects of the research field are promising, and the author’s cooperation network is taking shape.

Keywords

Laboratory Biosafety, CiteSpace, VOSviewer

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

传染病的全球大流行是 21 世纪人类面临的最重大的挑战之一，生物安全(biosafety)是指生物性危险因子在现代技术与应用中通过直接或间接影响可能对当今社会和人类造成的危害及对其采取的一系列防范和控制措施[1]。而生物安全实验室是应对重大传染病疫情及生物危害的重要基础设施，是生物防御能力的重要体现，也是国家安全中的重要组成部分。除此之外，生物安全对于基层研究人员来说也是十分重要的，处于一线的医学微生物学研究人员首先面对的就是生物安全实验室的安全隐患[2]。习总书记也曾在中央全面深化改革委员会第十二次会议上的讲话指出，现在社会，生物安全问题已经成为全世界、全人类面临的重大生存和发展威胁之一[3]。生物安全实验室是公共卫生科学研究，技术生产和国家生物安全的研究基础，实验室生物安全十分重要[4]。本文对 2002~2023 年国内外该领域相关文献进行定量分析与归纳总结。利用 CiteSpace, VOSviewer 两个可视化分析工具，从发文量、作者、主要发文机构及研

究热点关键词等多方面，对实验室生物安全研究的特征与趋势进行分析。

2. 数据与方法

2.1. 数据收集和处理

选择维普和知网为检索库，分别检索条件为：题名或关键词 = 实验室生物安全 AND 学科 = 医药卫生 AND (years: [2002 TO 2023])检索条件：(主题% = '实验室生物安全' or 题名% = '实验室生物安全' or title = xls ('实验室生物安全') or v_subject = xls ('实验室生物安全')) AND (年 Between ('2002', '2023'))；检索范围：期刊，选择医药卫生相关文献。排除标准：与主题无关；无完整题录信息；meta 分析、综述等二次文献及报纸、成果、会议通知、稿约等只检索学术期刊，检索得到 2002 年~2023 年(截至 2023 年 8 月)关于实验室生物安全的论文。经过 NoteExpress 查重导入文献 1308 篇，分别进行研究主体和研究热点的分析。

2.2. 分析工具

本研究首先运用 Excel 软件统计数量制作图表对文献数量和年度分布进行分析。其次采用 CiteSpace 和 VOSviewer 作为分析工具，时间跨度为 2002 年~2023 年 8 月。时间分割为一年。共有 21 个时间片段，剪切方式选择寻径剪裁、修剪切片网络和修建合并网络其余参数为默认值，依据分析内容选择作者、机构、关键词的网络节点，分别对文献进行可视化分析，并探索凸显关键词同时使用 NoteExpress 软件对纳入文献进行查重和描述性分析，了解文献的发表时间，来源分布等特征。

3. 结果

3.1. 研究发展现状

3.1.1. 发文量情况

发文量整体均呈增长态势。详见图 1。发文量在一定程度上反映了某个研究领域的发展状况[5]，为了更好地了解实验室生物安全研究领域的发展状况本文按照中文文献的发文时间先后绘制了我国实验室生物安全研究的发文量变化趋势图(图 1)可以看出 2002 年到 2023 年总体上发文量呈现稳定上升到相对平稳内部偶有波动的变化趋势。但在 2002 年之前关于实验室生物安全的研究就已经出现，只是发文量都小于 3，所以未纳入研究。

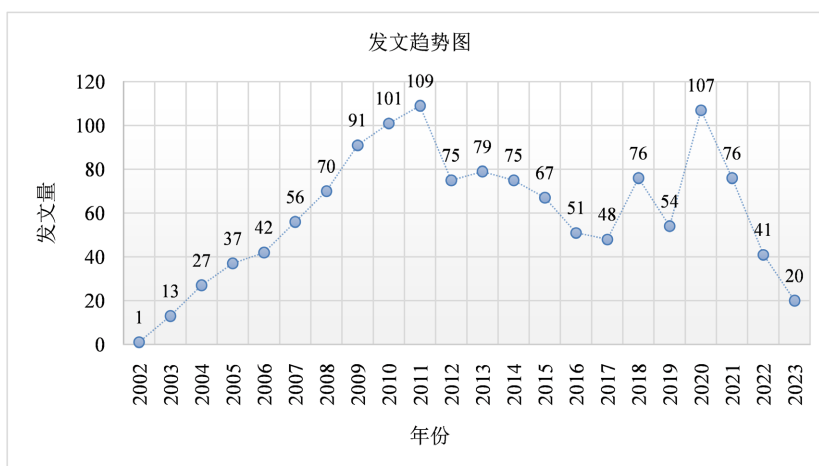


Figure 1. Trends in the number of articles issued

图 1. 发文量趋势图

美国在生物安全领域无论是理论研究还是在政策法规、行业规范制定等方面都位居世界领先地位[6],是最早提出生物安全的国家,其在 2001 年经历恐怖袭击和“炭疽邮件”事件后对生物安全及生物安全相关领域给予极高重视,实验室生物安全正式进入学者视野,在我国,2003 年非典爆发,我国政府颁布了多项法律条规,实验室生物安全开始了稳步发展。

2011 年及以后的年发文量(2020 年除外)相对于 2011 年之前的发文量变化趋势相对平稳 2002~2011 年涉及实验室生物安全研究也处于探索阶段,相应地发文量呈现出增长的态势。2011 年作为研究的重要时间节点,这一年我国正式出版了《生物实验室能力指南》,书面上明确了生物安全工作的专业性、技术性、作用和地位。2020 年发文量出现短暂上升是因为 2020 年爆发的新冠疫情检测对于生物安全的要求出台了专门的政策,使得学术界对于生物安全的讨论短暂上升。虽然 2020 年之后对于实验室生物安全的研究呈现逐年下降的趋势,但是随着世界各地新型细菌病毒微生物感染疾病的发现,实验室生物安全的研究价值仍然很高,这对于全人类的生产生活都可能产生影响。

3.1.2. 研究作者

核心作者群情况反映研究领域学术共同体发展的成熟程度。计量分析核心作者群体发文内容与频次,有利于洞察该领域发展现状与预测其发展前景与走势[7],使用 CiteSpace 得到作者发文量表,如下表(表 1)显示了发文量前十的作者,根据普赖斯定律,核心作者最低发文量计算公式为 $M = 0.749\sqrt{N_{\max}} = 0.794\sqrt{13} \approx 3$ 。计算得出研究领域发表论文 3 篇及以上的为核心作者[8],核心作者一共 74 名,该领域还没有完全形成成熟的核心作者,图中作者的名字标签越大表明该作者的发文量越多,其中浙江省医学科技教育发展中心主攻感染性疾病及传染病、预防医学与卫生学、生物学的翁景清发文量最多,共计参与发表文献 13 篇。

Table 1. Yearly graph of the number of publications by core authors

表 1. 核心作者发文量年限图

序号	发文量	首次发文年限	发文作者
1	13	2010	翁景清
2	13	2009	顾华
3	9	2004	李劲松
4	8	2018	李雪柏
5	8	2013	衣颖
6	8	2018	谷鑫
7	7	2009	武桂珍
8	7	2016	卢耀勤
9	7	2009	赵四清
10	6	2011	韩文东

利用 VOSviewer 软件绘制核心作者共现密度视图(图 2),在密度视图中,作者发文量越多,在相邻作者中的权重越高,该点的颜色就越接近黄色。观察图谱中的聚集区域,即密集连线和颜色相近的节点组成的区域。这些区域可能表示在某个特定的研究方向或领域中有较为紧密的合作网络。核心作者之间形成了以翁景清、赵四清、张宗兴、武桂珍、李雪柏、李劲松等为代表的研究团队。除了聚集的区域,观察图谱中的独立的节点。这些节点可能代表在该领域中具有一定独创性和影响力的研究者。结合发文量

可以看出该领域有相当一部分作者具有独创性，且在该领域影响力也不容忽视。

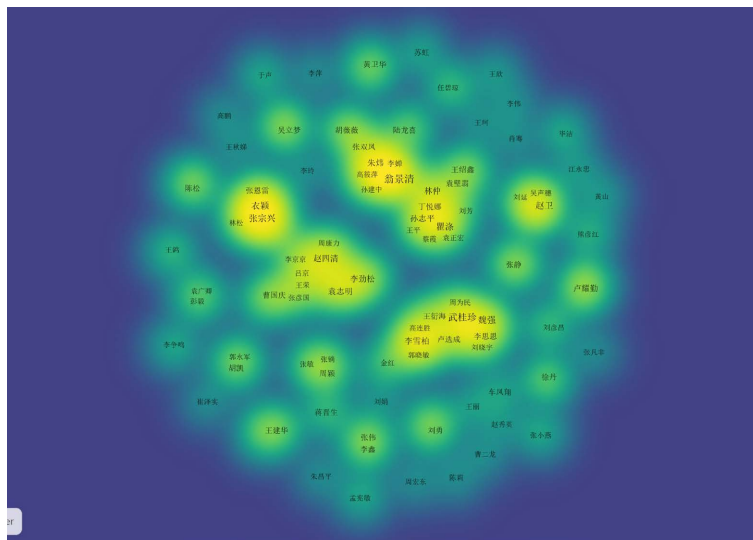


Figure 2. Author density visualization graph
图 2. 作者密度可视化图谱

3.1.3. 发文机构

对实验室生物安全的主要论文发表机构进行梳理，如图 3。发现该领域发表文献机构数为 488 他们之间连线有 176 条。图中出现以浙江省疾病预防控制中心、中国疾病预防控制中心等为中心的合作网络关系，从合作上可以看出形成了较为紧密的学术合作网络，在该领域的研究中，合作度较高。



Figure 3. Institutional co-occurrence mapping
图 3. 机构共现图谱

由表 2 可知，实验室生物安全研究发量最多的机构为中国疾病预防控制中心、浙江省疾病预防控制中心。其他在 6 篇以上的为中国疾病预防控制中心病毒病预防控制所、中国科学院武汉病毒研究所、

乌鲁木齐市疾病预防控制中心、军事医学科学院卫生装备研究所、中国疾病预防控制中心后勤运营管理中心、上海市卫生局卫生监督所、上海市疾病预防控制中心、河北省疾病预防控制中心、中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所、重庆市疾病预防控制中心、军事医学科学院微生物流行病学研究所(表 2)。这些机构在实验室安全领域都具有重大影响力。

Table 2. Chart of the number of years the agency has been issuing documents

表 2. 机构发文年限图

序号	发文量	首次发文年份	机构
1	29	2004	中国疾病预防控制中心
2	24	2004	浙江省疾病预防控制中心
3	10	2007	中国疾病预防控制中心病毒病预防控制所
4	9	2010	中国科学院武汉病毒研究所
5	8	2009	乌鲁木齐市疾病预防控制中心
6	7	2010	军事医学科学院卫生装备研究所
7	7	2018	中国疾病预防控制中心后勤运营管理中心
8	7	2005	上海市卫生局卫生监督所
9	7	2006	上海市疾病预防控制中心
10	6	2011	河北省疾病预防控制中心
11	6	2006	中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所
12	6	2008	重庆市疾病预防控制中心
13	6	2004	军事医学科学院微生物流行病学研究所
14	5	2003	中国农业科学院哈尔滨兽医研究所

科研论文是科研成果及科研活动的主要表现形式,其数量和质量可以用来衡量研究机构的科研水平、工作业绩以及人才实力[9]。通过对区域合作图谱深入分析,可发现发文量较多的机构分为疾控中心和研究所两大类,其中疾控中心大部分为国内一流的疾控机构,这些机构在疾控领域具有丰富的经验和权威地位。这与它们本身科研氛围浓厚,有充足的学术资源和科研经费、对科研的重视以及科研水平较高有关。从合作度来看,图谱的单独节点较多,节点间的连线相对较多,相对于其他地方机构而言,在北京、长三角地区、新疆、重庆这几个地区内部不同机构间的合作较为密切,但从总体来讲国内研究机构之间合作的程度不足,机构间的合作大多为同一地区不同区域间合作,因而实验室生物安全领域需要加强跨区域、跨省市的合作研究。

3.2. 研究热点及发展趋势

3.2.1. 关键词共现分析

用 VOSviewer 软件制成关键词共现图进行可视化分析来讨论实验室生物安全的研究热点,取阈值 7 后,共有 97 个高频关键词。关键词出现的频次越高、字体越大,说明该关键词在网络中越重要,同时按关键词的平均年份进行颜色映射,从而分析该领域研究趋势的演变。由关键词共现图可知,“生物安全”“实验室”“生物安全实验室”“实验室生物安全”“生物安全防护”“生物安全管理”“管理”“病原微生物”“生物安全实验室”“病原微生物实验室”“临床实验室”“实验室感染”“实验室工作人

员”“实验室管理”等是 2002 年到 2023 年研究热点高频关键词。生物安全是生物安全实验室的最基本要求，实验室建设是生物安全实验室的一切基础。

整理归纳其研究热点内容主要集中于针对各种病原微生物的实验室安全管理和防护病原体两大类。实验室安全管理是研究人员对于各类实验室提出的一些现有隐患、改进措施或者对于实验室安全管理提出的一些管理规范。实验室防护病原体是指 2002 年至 2023 年间发生的一些重大传染病引起的研究人员对于实验室生物安全的研究。其中实验室安全管理尤为重要，忽视实验室的生物安全，就有可能导致实验室工作人员的感染，而后传播到社会，造成严重后果。人为不良的实验技术及实验仪器使用不当是引发实验室意外事故、损伤和操作感染的主要原因[10]，所以展开生物安全教育也十分重要。

使用 CiteSpace 对某一领域相关文献对于关键词的分析，有助于挖掘该领域的研究热点。如图 4 所示，从关键词共现来看，排名前三的节点是“生物安全”“实验室”“生物安全实验室”，说明研究以“实验室生物安全”为主干展开，实验室安全防护、实验室安全管理等是实验室生物安全的重要分支，已经形成了本学科的研究网络，有较为完整的学科体系。

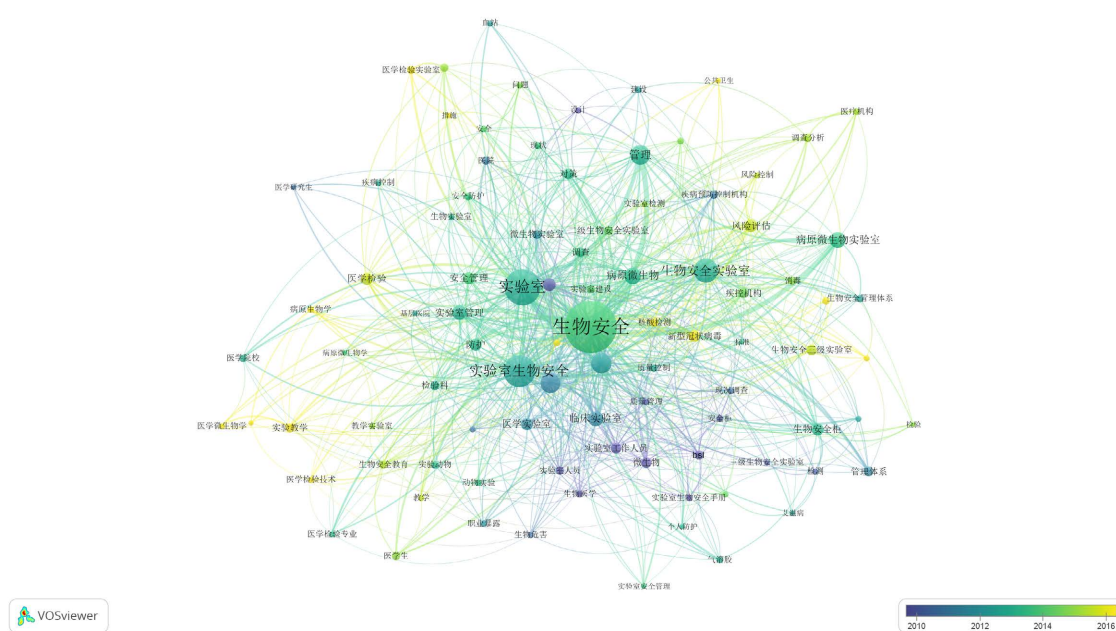


Figure 4. Vosviewer keyword co-occurrence mapping
图 4. Vosviewer 关键词共现图谱

3.2.2. 关键词聚类分析

关键词突现分析突现图谱可以展示这一研究领域的研究热点，预测研究前沿。对实验室生物安全相关文献进行突现分析，共得到 21 个有意义的突现词，结果如图 5 所示。

3.2.3. 关键词时间线分析

关键词时间线图的含义是每个聚类中包含的关键词以及他们首次出现的时间。反映了不同年份的研究进展、技术演进、历史跨度，是一种三维坐标信息谱。例如，在 2002 年到 2023 年“实验室”聚类贯穿实验室安全研究的始终，首先生物安全实验室是一切的基础，生物安全实验室设施设备性能是确保实验室生物安全的前提，实验室定期维护、检修是生物安全实验室正常运行的基本要求[11]。而“安全管理”“安全柜”“微生物”这些聚类的相关研究是从 2003 年开始出现。在 12 类的聚类中研究时间最短

的聚类是“洁净度”，时间跨度为两年，主要研究的是实验室竣工验收时洁净度检测和实验室洁净度受微小气候的影响还有彩钢板和铝型材作为主原料建设实验室对洁净度的影响。结果如图 6 所示。

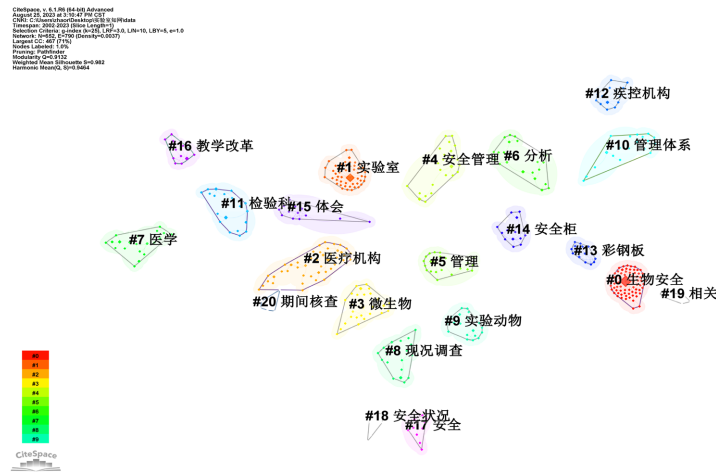


Figure 5. Keyword clustering map
图 5. 关键词聚类图谱



Figure 6. Keyword timeline mapping
图 6. 关键词时间线图

3.2.4. 关键词突现分析

关键词的爆发表明一个潜在的话题已经或正在引起研究人员在特定时期不同寻常的关注[12]。对文献的关键词进行突变分析，设置 $\gamma = 0.8$ ，最小突变年份为 1，提取被引次数最多的前 12 个关键词爆发情况，如图 7。

Top 12 Keywords with the Strongest Citation Bursts

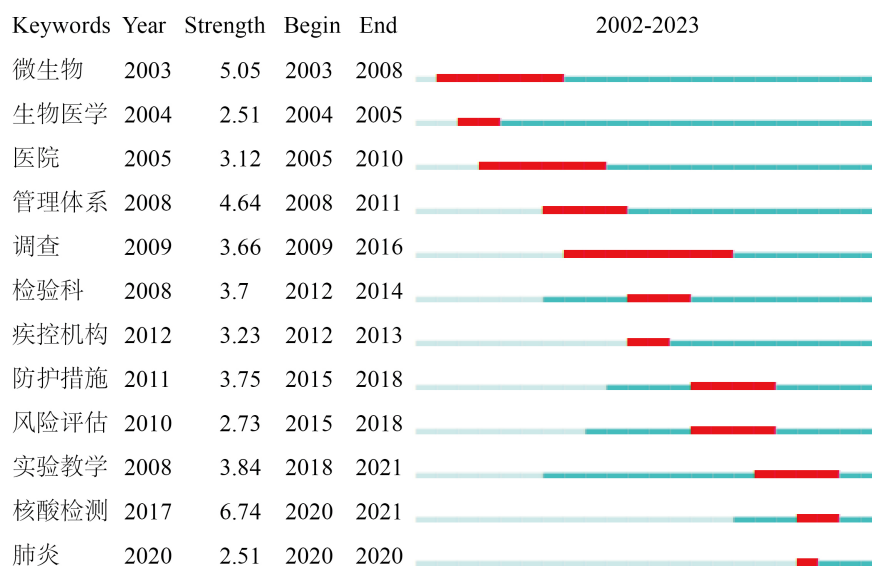


Figure 7. CiteSpace-based list of 12 emergent words

图 7. 基于 CiteSpace 的 12 个突现词列表

关键词突现强度最高的核酸检测为 6.74，时间跨度为 2020 到 2021。这是因为公元 2019 年 12 月末，一种由新型冠状病毒(COVID-19)引起的以肺炎为主要表现的传染性疾病开始在全球蔓延，并很快被世界卫生组织认定为全球大流行疾病。为了应对新冠肺炎大流行，各国采取了各种预防措施，以遏制病毒传播，减轻其附带的经济损失。新冠肺炎常态化管控期间核酸检测是发现新病例的重要手段[13]。强度排名前二的关键词分别是微生物，2003 年防控 SARS 的战斗中，虽然最终我们取得了胜利，但也充分暴露了我国的此类实验室应对高风险传染病的能力十分薄弱，在实验室生物安全管理方面存在重大隐患。因此，SARS 过后，病原微生物实验室的生物安全管理工作引起了党和政府的高度重视[14]。重大疫情发生时，政府和国际组织高度关注，激发了学术界对生物安全领域的研究兴趣，研究发文量往往会增加，研究热点会发生变化。

这些关键词代表了 2002 年至 2023 年实验室生物安全研究领域的几大重要方面而受到广泛关注并且成为了极具影响力的研究热点。但图中并不能预测出未来几年研究热点，说明对于实验室生物安全的研究需要开拓新的技术分支。

4. 讨论与结论

实验室生物安全的研究发文量与当年发生的重大疫情之间存在着密切的关联。在疫情爆发的年份，相关领域的研究发文数量往往会显著增加。这是因为疫情引发了对生物安全的广泛关注，促使许多科学家和研究机构投入更多资源来研究和探索预防和控制疫情的方法。所以这一领域出现的机构团队合作密切，团队联系相对紧密，即使在所有作者中独立创作的作者占了大部分，但是独立创作的作者本身的影响力也很大。

重大疫情的发生也可能引起政府和国际组织的关注，并导致对实验室生物安全的监管和管理措施的加强。近十年来我国生物安全实验室建设快速发展，实验室管理体制逐步完善，提升了我国应对突发公共卫生事件的能力[4]。比如在关键词突现图谱(图 7)中关键词突现强度最大的核酸检测与 2020 年新冠疫

情暴发有直接关系。而在前文发文量分析中我们也提到过非典暴发年份的发文量也存在显著上升走势，故而从一定程度上讲重大疫情的发生激发了学术界对生物安全领域的研究兴趣，从而推动了相关研究的发展。

国内有关生物安全实验室最主要的标准为 GB19489-2008、GB50346-2011 [15]，至今为止已经超过了 10 年，而这十年间这一研究领域的发展高歌猛进，多个机构在这期间紧急出台了多部建设标准，所以现目前实验室生物安全的研究可以向建设全国通用生物安全实验室执行标准出发，及时总结经验结合国内外标准和国内地区差异，建立更为完善、有针对性专业的生物安全实验室标准规范体系，形成特色与体系化，以支撑国家生物安全防护和建设[16]。

总体而言，实验室生物安全的研究发文量和关键词突变与当年发生的重大疫情之间存在着紧密的联系，疫情的爆发促进了该领域的研究繁荣和发展。建设实验室生物安全完善体系可以作为以后的一个研究方向。

参考文献

- [1] 汤文庭, 李赫, 唐奇. 高校传染病实验室生物安全管理现状与对策研究[J]. 中国动物传染病学报, 2022, 30(2): 233-236.
- [2] 柏银兰, 张芳琳, 路延之, 等. 提升医学微生物学研究人员生物安全意识的管理与探讨[J]. 医学动物防制, 2023, 39(10): 1011-1017.
- [3] 《习近平生态文明思想学习纲要》摘编(十) [J]. 林业与生态, 2023(7): 4-5.
- [4] 曹国庆, 吕京, 胡竹萍. WHO《实验室生物安全手册》发展历程及其启示[J]. 暖通空调, 2023, 53(6): 1-5+95.
- [5] 梁慧刚, 袁志明. 实施国家高级别生物安全实验室规划提高生物安全平台保障能力[J]. 中国科学院院刊, 2020, 35(9): 1116-1122.
- [6] 裴杰. 实验室生物安全发展现状分析[J]. 实验室研究与探索, 2019(9): 289-292.
- [7] 汪爱珠, 马燕, 项铸, 郭惠芬, 杨掬娟. 21 世纪以来我国教师教育研究的文献计量分析[J]. 数字教育, 2022, 8(3): 19-25.
- [8] 王海, 王诗华. 1992-2016 年国内知识服务研究脉络分析[J]. 知识管理论坛, 2016(6): 407-414.
- [9] Zhang, X.M., Zhang, X., Luo, X., et al. (2017) Knowledge Map-Ping Visualization Analysis of the Military Health and Medicine Papers Published in the Web of Science over the Past 10 Years. *Military Medical Research*, 4, Article No: 23. <https://doi.org/10.1186/s40779-017-0131-8>
- [10] 李红花, 李英信, 李芳芳, 朱华野, 孟繁平. 加强医学微生物学实验室生物安全管理[J]. 现代预防医学, 2008, 35(1): 76-78.
- [11] 陈方圆, 党宇, 袁艺荣, 等. 基于生物安全风险评估的实验室运行维护关键控制点探讨[J]. 暖通空调, 2023, 53(3): 37-41, 53.
- [12] Li, X., Wu, P., Shen, G.Q., et al. (2017) Mapping the Knowledge Domains of Building Information Modeling (BIM): A Bibliometric Approach. *Automation in Construction*, 84, 195-206. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.09.011>
- [13] 陈丽娟, 吴艳芳, 邓丽花, 王建春. 新冠肺炎常态化管控期间优质护理在内分泌科患者核酸检测中的应用效果[J]. 护理实践与研究, 2022, 19(7): 1026-1029.
- [14] 贺磊, 李金平, 佟光来. 我区动物病原微生物实验室生物安全管理体系的建立与意义[J]. 新疆畜牧业, 2007, 22(5): 42-43.
- [15] 王燕芹, 赵四清, 宋冬林, 等. 非人灵长类动物生物安全三级实验室关键防护设备通风设计探讨[J]. 暖通空调, 2023, 53(3): 20-24. <https://doi.org/10.19991/j.hvac1971.2023.03.04>
- [16] 曹国庆, 吕京, 胡竹萍. 美国《微生物和生物医学实验室生物安全》发展历程及其启示[J]. 暖通空调, 2023, 53(6): 6-11.