

论 著

(临床研究)

基于 Web of Science 和 CNKI 数据库的废水中新冠病毒检测文献计量分析

朱逸宁, 汪雨荷, 朱 进, 王风贺

【摘要】 目的 为清晰客观了解废水中新冠病毒检测相关领域的研究现状。 **方法** 基于文献计量与图谱可视化等方法,以 Web of Science 和 CNKI 数据库中 2001–2022 年共计 390 篇中外文文献为来源,对新冠病毒在废水中检测的相关文献进行梳理分析。 **结果** ①相关研究主要集中于 2020–2022 年,即全球 COVID-19 病毒爆发后;②我国在该领域发文数量最多,处于世界领先水平,其次为美国、印度等国家;③相关领域科研团队交流强度较小,作者发文量整体不高,作者合作群较少,研究机构中,中国科学院、清华大学、东华大学、中国科学院大学等贡献较大;④高频关键词分析显示,目前关于废水中新冠病毒的检测热点主要集中在病毒的环境影响及其迁移转化。 **结论** 研究宏观角度揭示了该领域的研究现状,展示研究热点以及未来的发展趋势,为废水新冠病毒检测相关领域研究提供了文献支持。

【关键词】 废水;COVID-19;文献计量分析;可视化分析

【中图分类号】 R181.8; R974

【文献标志码】 A

【文章编号】 1672-271X(2023)01-0058-05

【DOI】 10.3969/j.issn.1672-271X.2023.01.012

Bibliometric analysis of COVID-19 detection in wastewater based on Web of Science and CNKI database

ZHU Yining¹, WANG Yuhe², ZHU Jin³, WANG Fenghe¹

(1. School of Environment, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, Jiangsu, China; 2. School of Pharmacy, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, Jiangsu, China; 3. Center for Disease Control and Prevention of Eastern Theater Command, Nanjing 210000, Jiangsu, China)

【Abstract】 Objective To understand the research status of novel Coronavirus detection in wastewater clearly and objectively.

Methods based on bibliometrics, atlas visualization and other methods, this study sorted out and analyzed the relevant literature of Novel Coronavirus detection in wastewater based on 390 Chinese and foreign literatures in Web of Science and CNKI database from 2001 to 2022. **Results** (1) Studies focused on the period 2020–2022, after the global outbreak of COVID-19 virus. (2) Among the countries in the world, China holds the highest number of publications in this field, which is in the world's leading level, followed by the United States, India and other countries. (3) The communication intensity of research teams in related fields is low, the number of authors published is not high on the whole, and there are few author cooperative groups. Among the research institutions, Chinese Academy of Sciences, Tsinghua University, Donghua University and University of Chinese Academy of Sciences have made notable contributions. (4) The consequences of high-frequency keyword analysis show that the current hot spots of novel Coronavirus detection in wastewater mainly focus on the environmental impact and migration and transformation of viruses. **Conclusion** This paper reveals the research status from a macro perspective, shows the research hotspots and the future development trend, and provides some reference

for the future research in related fields.

作者单位:210023 南京,南京师范大学环境学院(朱逸宁、王风贺);210023 南京,南京中医药大学药学院(汪雨荷);210000 南京,东部战区疾病预防控制中心(朱 进)

通信作者:王风贺,E-mail:wangfenghe@njnu.edu.cn

【Key words】 waste water; COVID-19; bibliometric analysis; visualized analysis

0 引言

新冠疫情的大流行严重影响了全球的社会、政治及经济生活,也给人类的健康带来严重威胁^[1-3]。目前,我国新冠肺炎疫情防控形势仍然严峻复杂,奥密克戎变异株逐渐成为优势流行株。奥密克戎变异株 BF.7 传播力强、传播速度快、隐匿性强,具有更强的免疫逃逸能力,给我国疫情防控工作带来了严峻挑战。新冠患者中还存在一类无症状的感染者,感染时不会出现发烧或是其他炎症症状。如果不能快速及时地发现并采取有效的隔离管理措施,无症状感染者将有可能增加疾病传播的风险^[4]。因此,对未知来源的 COVID-19 病毒的追踪就显得尤为必要。若能对每个家庭中的潜在感染源进行检测,就可做到早发现、早隔离,但是该项工作庞大且繁杂,并受限于有限的病毒存活时间。新冠在社区传播的初始阶段,可通过在污水管网检测是否存在病毒,以降低新冠的早期传播^[5],在最大程度上降低社会成本。Kocamemi 等^[6]已在污水处理厂的活性污泥中检测出 SARS-CoV-2 RNA 的存在。

废水流行病学(wastewater-based epidemiology, WBE)是一门新兴学科,通过分析废水中的物质成分及浓度,结合人口、生活、疾病、健康等公众信息,达到预防和控制相关疾病的目的^[7]。研究表明,废水流行病学可实现废水中 SARS-CoV-2 的量化,进而预测特定区域人群的感染情况^[8],该方法已在非法药物溯源中取得良好效果^[9]。Sherchan 等^[10]比较了不同采样时间对病毒浓度的影响,结果表明,24 小时采集的混合废水,病毒浓度均值具有较高的代表性。Mao 等^[4]通过废水流行病学对新冠感染者进行预研预判,与目前使用的聚合酶链反应(PCR)核酸检测技术相比,可快速、准确地预测社区中的无症状感染者。目前检测废水中新冠病毒的 RT-qPCR 方法^[11],可对基因组 SARS-CoV-2 单位进行量化^[5]。此外,RT-ddPCR 方法也可用于检测和量化废水中的病毒^[9]。为提高定量检测的可靠性,可在废水中使用被感染的 SARS-COV-2 病毒或阳性粪便样品^[12],设置废水中 SARS-COV-2 病毒的检测限^[13]。因病毒浓度在污水管网中不断被稀释,常见的两相分离方法^[5]、沉淀法^[13]、离心法^[14]、超滤法^[14]、负电荷膜法^[8]的综合应用,可以提高废水中

SARS-CoV-2 浓度的检出限。

废水流行病学为病毒传播及疫情爆发的预研预判提供了一种新的公共卫生工具,对疫情早期预警、疾病流行的预估及疾病突发的警报提供辅助信息。鉴于废水中检测新冠病毒的可行性,本研究利用 CiteSpace 文献计量分析软件,基于 Web of Science 以及 CNKI 数据库中以“废水”、“新冠”为主题的中外文文献,从宏观角度分析了 2001-2022 年废水中新冠病毒检测领域的研究进展和研究现状,可视化展示了当前的研究热点,为该领域的研究发展提供相关文献支撑。

1 资料与方法

1.1 数据来源 本研究所选取的外文文献来源于美国科学信息研究所(Institute for Scientific Information, ISI) Web of Science(WOS)数据库中 Web of ScienceTM 核心合集,检索“主题”=(COVID-19) AND (waste water) AND “文献类型”=“article”,检索时间设置为 2001 年 1 月 1 日至 2022 年 5 月 30 日,共得到 342 条文献检索结果。将所有文献以“文本文献”格式导出,并命名为“download_XXX.txt”保存至指定文件夹待分析使用。以中国学术期刊出版总库(CNKI 总库)为本研究的中文文献来源,使用高级检索,以“新冠”和“废水”为关键词进行高级检索,时间设置为 2001 年 1 月 1 日至 2022 年 5 月 30 日,共获得检索结果 47 条。将包含文献标题、作者、摘要、关键词、参考文献的所选文献以 Refworks 格式导出并保存为“download_XXX.txt”格式文件。文献信息采集时间为 2022 年 5 月 31 日。

1.2 方法 运用 CiteSpace(6.1.R2)文献计量分析软件,对 2001-2022 年国内外发表的有关废水中新冠病毒检测文献进行了分析研究。研究内容包括发文量年度分布、发文国家、发文机构、关键词、作者群体、载文期刊及高被引论文情况。

2 结果

2.1 发文量年度分布统计 废水中检测 COVID-19 的相关文献均开始于新冠疫情爆发后,故发文量的时间主要分布在 2020-2022 年。在中文数据库文献中,废水中新冠病毒的检测文献主要集中在 2020 年,2020 年发文 30 篇,占全部中文文献的 62.5%。2020 年以来,新冠病毒的废水流行病学研究刚刚

起步,且发文量较少,故时间趋势不太明显。在外文数据库文献中,废水中新冠病毒检测文献数量呈上升趋势,大多研究集中在 2021 年,文献数量达到 198 篇,约占全部外文文献量的 58%。

2.2 相关文献发文国家分析 2001–2022 年废水中新冠病毒检测领域发文量前十的国家及其中介中心性依次为中国(44 篇、0.17)、美国(43 篇、0.35)、印度(39 篇、0.18)、意大利(16 篇、0.05)、加拿大(14 篇、0.06)、波兰(14 篇、0.11)、伊朗(12 篇、0.01)、西班牙(11 篇、0.03)、巴西(11 篇、0.01)、土耳其(10 篇、0.03)。见图 1。



图 1 2001–2022 年废水中新冠病毒检测的国家聚类图

由图 1 可知,国内外研究废水中新冠病毒检测的国家中,美国的中介中心性最强,达到 0.25,表明其在该领域中具有最高的影响力;我国中介中心性为 0.17,处于国家聚类图中的中心位置,在图谱中具有较好的中心性;印度、波兰等国家,在该领域的研究中也具有较高的影响力。相关文献发文国家在新冠疫情初始阶段,即 2020 年就开始了对废水中新冠病毒的检测研究,为全球的疫情防控做出了积极贡献。2001–2022 年文献发文国家显示,

中国发文量最多,论文发表数量达到 44 篇,约占全部外文文献数的 12.9%,表明我国在废水中新冠病毒检测研究中处于世界领先地位。

2.3 发文机构分析 在检测废水中新冠病毒的相关研究中,中文数据库文献发文量排序前五位的机构依次为上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司(2 篇)、中国中元国际工程有限公司(2 篇)、上海城市排水系统工程技术研究中心(2 篇)、中国市政工程中南设计研究总院有限公司(2 篇)。基于 WOS 的外文数据库文献发文量排名前五位的机构分别是中国科学院(5 篇)、清华大学(5 篇)、东华大学(4 篇)、中国科学院大学(4 篇)和印度的 Acad Sci & Innovat Res AcSIR(4 篇),表明我国在废水中检测新冠病毒领域具有领先地位。

2.4 载文期刊分析 在全部载文期刊中,引用频次最高的期刊是 Science of the Total Environment, 频次达到了 167 次,且在该领域研究的起始阶段(2020 年),就有研究者引用该期刊文献。其次引用频次较高的期刊分别为 Environmental Science & technology(111 次)、Water Research(102 次)、Environmental Pollution(75 次)、Environmental Research(73 次)。

2.5 文献共被引分析 2001–2022 年 WOS 数据库中相关领域被引频次排名前十的期刊论文见表 1。

2.6 关键词共现分析

2.6.1 中文数据库关键词共现分析 中文数据库文献中出现频次排名前十的关键词频次及其中介中心性依次为新冠肺炎(6 次、0.22)、医疗废水(6 次、0.25)、医院污水(5 次、0.08)、污水处理(5 次、0.18)、新冠病毒(4 次、0.04)、消毒(4 次、0.09)、医疗废物(3 次、0.00)、医疗污水(3 次、0.00)、疫情(3 次、0.09)、新冠疫情(3 次、0.11)。

表 1 2001–2022 年 WOS 数据库中废水中新冠病毒检测相关研究被引频次前十的期刊论文排序

排序	被引频次	年份	文献
1	42	2020	Ahmed W, 2020, SCI TOTAL ENVIRON, V728, P0, DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.138764
2	30	2020	Medema G, 2020, ENVIRON SCI TECH LET, V7, P511, DOI 10.1021/acs.estlett.0c00357
3	22	2020	Fadare OO, 2020, SCI TOTAL ENVIRON, V737, P0, DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.140279
4	22	2020	Zambrano-monserrate MA, 2020, SCI TOTAL ENVIRON, V728, P0, DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.138813
5	22	2020	Randazzo W, 2020, WATER RES, V181, P0, DOI 10.1016/j.watres.2020.115942
6	20	2020	Lodder W, 2020, LANCET GASTROENTEROL, V5, P533, DOI 10.1016/S2468-1253(20)30087-X
7	20	2020	Yunus AP, 2020, SCI TOTAL ENVIRON, V731, P0, DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.139012
8	19	2020	Haramoto E, 2020, SCI TOTAL ENVIRON, V737, P0, DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.140405
9	19	2020	Van DOREMALENN, 2020, NEW ENGL J MED, V382, P1564, DOI 10.1056/NEJMc2004973
10	18	2020	Aragaw TA, 2020, MAR POLLUT BULL, V159, P0, DOI 10.1016/j.marpolbul.2020.111517

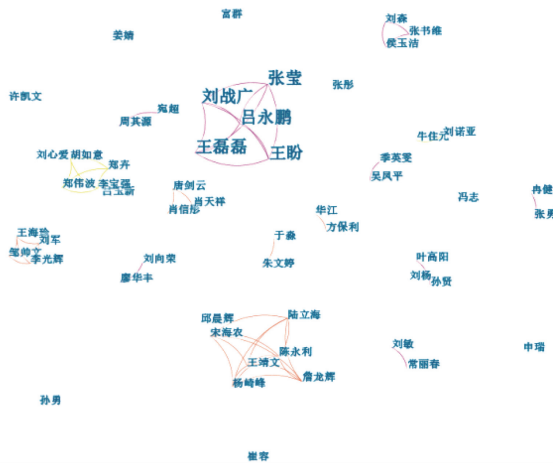


图 6 2001–2022 年废水中新冠病毒检测相关研究作者合作网络共现知识图谱 (CNKI 数据库)

2.7.2 外文数据库文献作者群体分析 外文数据库中发文量排名前五的作者及其发文量分别为 Liu Y (5 篇)、Chen B (4 篇)、Zhang Y (4 篇)、Chen Y (4 篇)、Kumar M (3 篇)。目前 WOS 数据库中相关领域已经形成了以 Chen Y 等人为核心的几个小型聚类,各研究作者合作聚类内部合作紧密,但合作团体之间较为分散,表明研究团队间合作较少。见图 7。

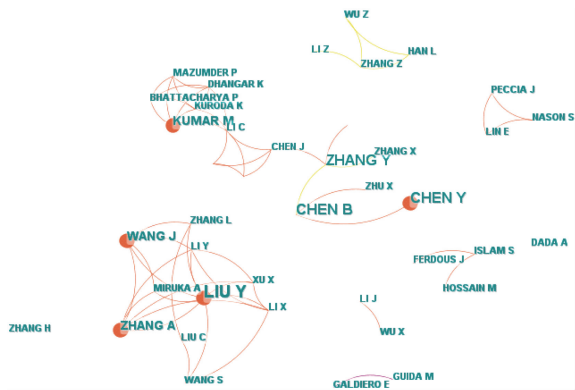


图 7 2001–2022 年废水中新冠病毒检测相关研究作者合作网络共现知识图谱 (WOS 数据库)

中文数据库相较于外文数据库的作者图谱,作者群体更为分散。表明中文文献研究者团队合作基本只存在于团队内部,未来还需加强团队间的交流与合作。

3 结语与展望

在生活废水中检测新冠病毒及其生物标识物,相对于特定区域内的全民核酸检测,具有显著的社会效益和经济效益,目前该技术理论可行,国内外也开展了一定程度的技术验证,并取得一定的成效。但是,若废水中检测新冠病毒作为后疫情时代

废水日常测试的一项指标,在技术层面还有许多难题需要破解,亟需在保证检测精度的前提下提高检测速度,以快制快、以快制胜,跑赢病毒传播速度,以实现精准防控。此外,还需要国内外相关团队协作创新,尽快发展颠覆性的快速检测技术原理、技术方法,为国内外新冠病毒检测提供技术支持,最大限度保护人民群众的生命安全和身体健康,最大限度减少疫情对于国家整体经济社会发展的影响。

【参考文献】

- [1] Asante LA, Mills RO. Exploring the socio-economic impact of COVID-19 pandemic in marketplaces in urban ghana[J]. *Africa Spectrum*, 2020, 55(2): 170-181.
- [2] Hasannia E, Mohammadzadeh F, Tavakolizadeh M, et al. Assessment of the anxiety level and trust in information resources among iranian health-care workers during the pandemic of coronavirus disease 2019[J]. *Asian J Soc Health Behav*, 2021, 4: 163-168.
- [3] Rad M, Fakhri A, Stein L, et al. Health-care staff beliefs and coronavirus disease 2019 vaccinations: a cross-sectional study from iran[J]. *Asian J Soc Health Behav*, 2022, 5: 40-46.
- [4] Mao K, Zhang H, Yang Z. Can a Paper-Based Device Trace COVID-19 Sources with Wastewater-Based Epidemiology? [J] *Environ Sci Technol*, 2020, 54(7): 3733-3735.
- [5] Cervantes-Avilés P, Moreno-Andrade I, Carrillo-Reyes J. Approaches applied to detect SARS-CoV-2 in wastewater and perspectives post-COVID-19 [J]. *J Water Process Eng*, 2021, 40: 101947.
- [6] Kocameci BA, Kurt H, Sait A, et al. SARS-cov-2 detection in istanbul wastewater treatment plant sludges[J]. *J Environ Chem Eng*, 2021, 9(5): 106296.
- [7] Thomas KV, Reid MJ. What else can the analysis of sewage for urinary biomarkers reveal about communities? [J] *Environ Sci Technol*, 2011, 45(18): 7611-7612.
- [8] Ahmed W, Angel N, Edson J, et al. First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community [J]. *Sci Total Environ*, 2020, 728: 138764.
- [9] Yang Z, Kasprzyk-Hordern B, Frost CG, et al. Community sewage sensors for monitoring public health [J]. *Environ Sci Technol*, 2015, 49(10): 5845-5846.
- [10] Sherchan SP, Shahin S, Ward LM, et al. First detection of SARS-CoV-2 RNA in wastewater in North America: a study in Louisiana [J]. *Sci Total Environ*, 2020, 743: 140621.
- [11] Corman VM, Landt O, Kaiser M, et al. Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR [J]. *Eurosurveillance*, 2020, 25(3): 23-30.
- [12] Gonzalez R, Curtis K, Bivins A, et al. COVID-19 surveillance in southeastern virginia using wastewater-based epidemiology [J]. *Water Res*, 2020, 186: 116296.
- [13] Randazzo W, Truchado P, Cuevas-Ferrando E, et al. SARS-CoV-2 RNA in wastewater anticipated COVID-19 occurrence in a low prevalence area [J]. *Water Res*, 2020, 181: 115942.
- [14] Ye Y, Ellenberg RM, Graham KE, et al. Survivability, partitioning, and recovery of enveloped viruses in untreated municipal wastewater [J]. *Environ Sci Technol*, 2016, 50(10): 5077-5085.

(收稿日期:2022-6-30; 修回日期:2022-10-29)

(责任编辑:刘玉巧; 英文编辑:吕铮烽)