

【论 著】

新型冠状病毒感染疫情下消毒学研究进展的
知识图谱分析邹志刚^{1,2}, 吴明松^{1,2}, 苗玉颖^{1,2}, 潘海霞^{1,2}, 申杰^{1,2}

(1 东北大学资源与土木工程学院, 辽宁沈阳 110819; 2 东北大学秦皇岛分校资源与材料学院)

摘要 目的 全面直观地呈现新型冠状病毒感染 (COVID-19) 疫情下消毒学的研究动态及进展。方法 以“COVID 19”和“disinfection”为主题词在Web of Science (WOS) 核心数据库检索2020—2022年间发表的1 126篇文献, 通过Citespace工具分析关键词突现和聚类、文献共被引、机构和网络合作网络等信息, 并绘制知识图谱。结果 COVID-19疫情期间的消毒研究主要集中于新型冠状病毒的传播特点、灭活方法、PPE再利用和医院感染控制等领域, 获得消毒研究成果较多的国家为中国和美国; 高被引论文主要来自清华大学、斯坦福大学和亚利桑那大学, 其研究内容与本机构的特点有密切关联。结论 了解COVID-19疫情下消毒学研究动态, 有助于为今后开展防控呼吸道传染病相关应用研究提供新思路。

关键词 新型冠状病毒感染; 消毒学研究; Citespace; 知识图谱

中图分类号: R181.3+2

文献标识码: A

文章编号: 1001-7658 (2023) 09-0658-06

DOI: 10.11726/j.issn.1001-7658.2023.09.007

Knowledge map analysis on the research progress of disinfection under the COVID-19 outbreak

ZOU Zhi-gang¹, WU Ming-song², MIAO Yu-ying², PAN Hai-xia¹, SHEN Jie¹

(1 Northeastern University, Shenyang Liaoning 110819; 2 Northeastern University at Qinhuangdao, China)

Abstract Objective To present the research trends and progress of disinfection under the epidemic situation of novel coronavirus infected pneumonia (COVID-19) comprehensively and intuitively. **Methods** Using “COVID-19” and “disinfection” as the subject words, 1 126 literatures published between 2020 and 2022 were searched in the core database of Web of Science (WOS). Citespace tool was used to analyze keyword bursting and clustering, literature co-citation, institutional and national cooperation networks and other information, and to draw knowledge maps. **Results** During the COVID-19 epidemic, disinfection researches mainly focused on the transmission characteristics of novel coronavirus, inactivation methods, PPE reuse, hospital infection control and other fields. Countries with more disinfection research achievements were China and the United States. The highly cited papers were mainly from Tsinghua University, Stanford University and the University of Arizona, and their research contents were closely related to their advantages. **Conclusion** Understanding researches of disinfection under COVID-19 pandemic will help provide new ideas for further application research on the prevention and control respiratory infectious diseases.

Keywords COVID-19; disinfection research; Citespace; knowledge graph

2019年底暴发的全球性新型冠状病毒感染 (COVID-19) 疫情由一种类似 SARS 的新型冠状病毒 (SARS-Cov-2) 引起。根据世界卫生组织报道, 截至

2023年4月5日, 其超强感染力导致全球超7.6亿人感染^[1], 给人们带来难以估量的经济损失, 并极大地改变了人类社会的运行方式^[2-3]。消毒是阻断疫情蔓延的重要手段, 《新型冠状病毒肺炎疫情防控指南》和各省防疫指导文件不断更新, 均对医疗机构、公共场所、重点场所不同场景下的消毒做出全面要求, 疫情防控也促进了消毒剂和消毒方法的快速发展。

Citespace 作为一款可视化文献分析软件, 可对文献进行关键词、作者、国家等聚类分析, 并得出知

〔基金项目〕 河北省教育厅2021年度高等学校科学研究项目 (ZC2021209); 中央高校基本科研业务专项资金资助 (N2023031)

〔作者简介〕 邹志刚 (1998-), 男, 湖北黄冈人, 硕士在读, 从事饮用水安全消毒技术研究。

〔通信作者〕 吴明松, E-mail: wumingsong@163.com

识图谱,从而直观地分析该领域的研究方向、热点问题与发展趋势。本文基于该方法对 2019—2022 年 Web of Science (WOS) 核心数据库收录的疫情相关消毒研究报道并进行可视化分析,通过了解 COVID-19 疫情期间消毒领域的发展动态,为今后开展应对突发呼吸道传染病消毒学研究提供指导。

1 资料与方法

在 WOS 核心数据库中,以“COVID 19”和“disinfection”为主题词对 2020—2022 年文献进行检索,经人工筛选后,使用 Citespace 5.8.R3 软件对检出文献进行知识图谱分析。内容包括 3 个方面:(1)以每年被引频次排名前 50 的文献为阈值进行文献共被引分析;(2)根据对数似然率(Log-likelihood rate, LLR)计算结果进行关键词聚类分析,并绘制时间线图;(3)依据 Country 分析得到发文量国家排名和国家合作网络图,进行机构合作网络和国家合作网络分析。

2 结果

2.1 文献共被引分析

从文献共被引分析中可以发现疫情期间对消毒学领域产生重要影响的论文,并呈现疫情下消毒学的发展和演进动态。从被引频次排名前 10 的论文(表 1)和共被引网络(图 1)可以发现研究方向主要集中于新型冠状病毒的灭活和传播控制。

认清病原的基本性质、传播生存能力是有效防控其传播的基础。Zhu^[4]和 Huang 等^[5]分别报道了新型冠状病毒结构等生物学特性和住院患者的临床特征,为了解病原传播及疫情防控提供了重要依据。Ong 等^[6]对新加坡几名早期感染患者在患病后不同时间进行监测,同时调查隔离病房环境中的

病毒污染情况并分析了环境传播途径,为阻断病毒传播提供了思路。Liu Y 等^[7]首次提出了该病毒的气溶胶传播途径,并建议探索雾化消毒方法。van Doremalen 等^[8]研究了新型冠状病毒在不同环境(气溶胶、塑料、不锈钢、铜和纸板)的表面稳定性,指出新型冠状病毒在气溶胶中能稳定存在,在不锈钢和塑料上的存活时间最长,这为疫情期间生活物品消毒提供了重点消毒范围。Chin 等^[9]系统地考察了不同温度、pH 值和表面环境(包括口罩内外层)条件下病毒的存活时间,并证实常用消毒剂的有效性。Kampf 等^[10]发现冠状病毒在无生命表面上保持传染性长达 9 d,但 0.1% 次氯酸钠可在 1 min 内显著降低物体表面上冠状病毒感染性,并将其结论应用于新型冠状病毒控制,这为消毒剂的使用和消毒方案的建立提供了重要的科学依据。

针对新型冠状病毒空气传播能力强的特点,远紫外线消毒因对人安全、便捷有效的特点在疫情期间得到较快的推广应用。Heilingloh^[11]证实了新型冠状病毒对紫外线的敏感性,在 1 048 mJ/cm² 的 UVC 照射下,载量为 5 × 10⁶ TCID₅₀/mL 的病毒在 9 min 内失活。Buonanno^[12]研究了 222 nm 远紫外线对冠状病毒的杀灭效果,发现 1.7 和 1.2 mJ/cm² 对于雾化的 229E 和 OC43 冠状病毒失活率均为 99.9%;由此结果推断,在约 3 mJ/(cm²·h)的监管暴露限值下,公共场所持续使用远紫外线 8、11、16 和 25 min,病毒灭活率分别达 90%、95%、99% 和 99.9%。另外, Liao 等^[13]比较了多种消毒方法对于熔喷布和 N95 口罩过滤,在循环高温加热或紫外线消毒 20 次或 10 次后,过滤能力仍不受影响,但蒸汽、酒精和家用漂白剂等可能会降低过滤效率。这为解决疫情暴发早期防护用品短缺等条件下防控难题提供了思路。

表 1 疫情期间 WOS 收录消毒相关被引频次排名前 10 论文

序号	频次	作者	年份	标题	期刊
1	171	van Doremalen N	2020	Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1	The New England Journal of Medicine
2	110	Kampf G	2020	Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents	Journal of Hospital Infection
3	77	Chin AWH	2020	Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions	The Lancet Microbe
4	66	Ong SWX	2020	Air, surface environmental, and personal protective equipment contamination by Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) from a symptomatic Patient	JAMA Network
5	53	Liu Y	2020	Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals	Nature
6	48	Zhu N	2020	A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019	The New England Journal of Medicine
7	37	Buonanno M	2020	Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses	Scientific Reports
7	35	Huang CL	2020	Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China	The Lancet
9	33	Liao L	2020	Can N95 respirators be reused after disinfection? How many times?	ACS Nano
10	33	Heilingloh CS	2020	Susceptibility of SARS-CoV-2 to UV irradiation	American Journal of Infection Control

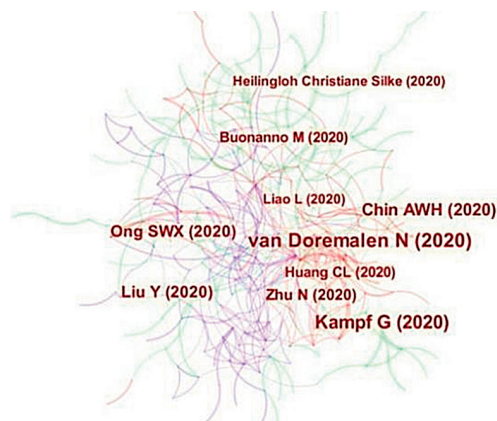


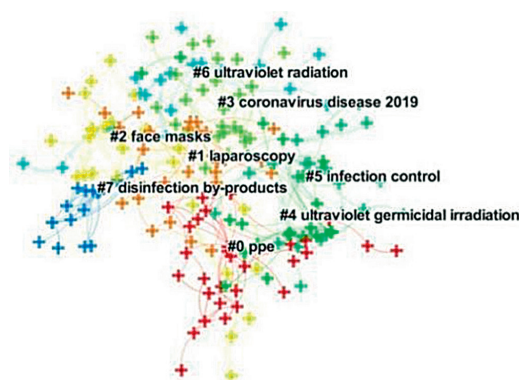
图1 共被引文献网络图谱

2.2 关键词聚类分析

目标文献出现频次排名前 10 关键词列于表 2。目标文献关键词聚类分析获得 8 个聚类,绘制的时间线图见图 2。该图谱 $Q=0.6365$ 、 $S=0.8445$,表明显著性和可信度较高。聚类分析得出的主要结论如下:(1)由于资源紧张,口罩、面罩等个人防护用品循环使用的消毒方法是本次疫情出现的新问题^[13]。(2)疫情条件下医疗场所的感染风险最高,特别是传统的开放手术方法感染隐患极大,而采用腹腔镜微创手术能够有效降低感染概率。(3)2019 年新型冠状病毒肺炎(coronavirus disease 2019)为本研究检索所用的关键词同义词。(4)紫外线作为一种便捷有效且无副产物的消毒方法,在疫情期间被广泛应用,特别是催生了新型的远紫外线消毒技术和装备。(5)感染控制是消毒的最主要目的,也是消毒方法基础和使用依据。(6)新型冠状病毒感染疫情期间使用的大量消毒剂也导致了环境污染,产生了次生的消毒副产物问题;因此,疫情后对于疫情期间的防控方案和消毒剂的使用指南,应进一步从安全、环保的角度优化,明确各种方案和产品的适用性,避免过量滥用。

表2 频次排名前 10 位的文献关键词

序号	频次	关键词
1	88	inactivation
2	83	disinfection
3	63	transmission
4	57	coronavirus
5	53	COVID 19
5	53	virus
7	32	impact
7	32	infection control
9	31	surface
10	28	outbreak



注: #0 personal protective equipment. 个人防护装备; #1 laparoscopy. 腹腔镜检查; #2 face masks. 口罩; #3 coronavirus disease 2019. 2019 年新型冠状病毒肺炎; #4 ultraviolet germicidal irradiation. 紫外线杀菌; #5 infection control. 感染控制; #6 ultraviolet radiation. 紫外线; #7 disinfection by-products. 消毒副产物。

图2 关键词聚类图

2.3 主要发文国家和机构

使用 Citespace 软件对检索到的 1 126 篇文献进行 Country 分析,得到发文量国家排名和国家合作网络图。其中,美国 189 篇,中国 177 篇,分别占总发文量的 16.7% 和 15.7%。意大利、加拿大、英国和西班牙等国家对新型冠状病毒感染疫情下的消毒策略和技术也有一定的研究(表 3)。这些国家和地区间的合作较为密切(图 3)。

表3 发文量排名前 10 的国家

序号	国家 / 地区	发文量	构成比 (%)
1	美国	189	16.79
2	中国	177	15.72
3	意大利	50	4.44
4	加拿大	42	3.73
4	英格兰	42	3.73
6	西班牙	38	3.37
7	印度	31	2.75
8	澳大利亚	29	2.58
9	韩国	27	2.40
10	德国	25	2.22
10	巴西	25	2.22



注: USA. 美国; PEOPLES R CHINA. 中国; ITALY. 意大利; CANADA. 加拿大; ENGLAND. 英格兰; SPAIN. 西班牙; AUSTRALIA. 澳大利亚; SOUTH KOREA. 韩国; GERMANY. 德国; BRAZIL. 巴西。

图3 国家(地区)合作网络

对文献的发表机构进行分析表明,高被引论文均来自高校,中国科学院、清华大学和浙江大学位于发文量前3(表4和图4),医疗机构发表论文数较少。中国科学院^[14-18]在疫情期间开发了大量的物理消毒设备、化学消毒设备和技术。清华大学^[19-24]依托雄厚的环境学科背景,对水消毒的效果及废水消毒副产物进行了相关研究。浙江大学^[25-30]作为三者中唯一含有医学院的高校,其研究成果在环境消毒现场应用中得到了充分的验证。

表4 被引频次排名前10的发文机构

序号	机构	发文量	占比(%)
1	中国科学院	17	1.51
2	清华大学	16	1.42
3	浙江大学	10	0.89
4	多伦多大学	9	0.80
4	亚利桑那大学	9	0.80
6	圣保罗大学	8	0.71
6	武汉大学	8	0.71
8	华中科技大学	7	0.62
9	哥伦比亚大学	6	0.53
10	普渡大学	6	0.53



注: Chinese Acad Sci. 中国科学院; Tsinghua Univ. 清华大学; Zhejiang Univ. 浙江大学; Univ Toronto. 多伦多大学; Univ Arizona. 亚利桑那大学; Univ Sao Paulo. 圣保罗大学; Wuhan Univ. 武汉大学; Huazhong Univ Sci & Technol. 华中科技大学; Columbia Univ. 哥伦比亚大学; Purdue Univ. 普渡大学。

图4 机构合作网络

多伦多大学、亚利桑那大学、圣保罗大学、武汉大学和华中科技大学等国内外知名科研机构和院校亦有不少的论文发表。其中,多伦多大学^[31-34]拥有北美最好的医学院,其研究内容与临床应用密切相关;亚利桑那大学^[35-40]的主要研究方向为病毒灭活和医疗器械消毒;华中科技大学和武汉大学位于受疫情冲击最为严重的武汉市,其科研团队^[41-53]发表多项有关患者的临床特征、医疗废弃物的处理、医院内传播风险分析及应对 COVID-19 等调查研究报道。

3 讨论

本研究通过 Citespace 软件对 2020—2022 年 Web of Science 中以“COVID-19”和“disinfection”作为主题词所检索到的 1 126 篇文献进行文献共被引、关键词聚类、机构和网络合作分析,结果表明学术界对于疫情的反应非常迅速。2020 年科研人员及时完成了关于病毒存活和传播的相关性质及常见消毒剂的有效性研究,为制订疫情防控方案提供了依据。此类研究也应作为今后疫情发生时研究的优先项或资助重点。疫情防控促进了消毒技术和设备的发展,例如 222 nm 远紫外线消毒^[12]和二氧化氯缓释剂、空气消毒机等多种空气消毒方式^[28]已被用于防疫任务。

在疫情突发时防护用品常供给不足,需总结疫情中个人防护用品的消毒方法和经验,为今后疫情的特殊情况应用参考。建议对新出现的带有消毒功能的个人防护用品产品(如带缓释消毒剂的口罩,抑菌纤维材料制成的口罩、防护服等)的安全性和合规性进行评价,提出特殊条件下的个人防护用品消毒复用使用指南。

此外,面对医疗机构、方舱医院、高风险地区等特殊情况下无法避免的人机共存、人剂共存的状况,为降低环境病毒载量,“带人消毒”的问题不能回避,也不能“一刀切”;同时,也应重视消毒副产物和耐药性等问题,避免消毒带来的负面效应。建议基于本次疫情中的案例和评价结果,进一步完善和发展现有的标准与指南,使之更加科学精准地指导消毒工作。

疫情期间消毒相关的成果很多,新的消毒设备和材料多来自中国科学院和清华大学、哈尔滨工业大学等工科院校,这体现了消毒学多学科、多专业交叉的特点,但这些高校院所和医疗机构间的合作较少,疫情期间的研究多以效果评估和实验观察等应用研究为主。因此基于疫情间相近的研究方向,可建立优势互补的特色研究集群,在疫情防控常态化之后不断跟踪病毒变化,并系统开展消毒剂的耐药性、腐蚀性、安全性等研究时间较长的基础问题,为今后的生物安全事件做好理论和技术储备。尽管疫情期间很多期刊都采用了快速报道流程,例如《新英格兰医学杂志》疫情相关论文从提交到发表的时间仅需 48 h,但一线的医疗机构人员在疫情下的防疫和诊疗工作过重,还是难有时间和精力去撰写论文和投稿,因此希望医疗系统和出版机构能提供更直接更快速的经验交流途径,例如可以通过特殊增刊的方式发表来自一线通讯或简报。

参 考 文 献

- [1] World Health Organization. Coronavirus disease (COVID-19) pandemic[EB/OL]. (2023-04-05) [2023-04-05]. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>.
- [2] Hirose R, Ikegaya H, Naito Y, *et al.* Survival of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and influenza virus on human skin: importance of hand hygiene in coronavirus disease 2019 (COVID-19) [J]. *Clin Infect Dis*, 2021, 73(11): e4329-e4335.
- [3] Chatterjee S, Murallidharan JS, Agrawal A, *et al.* A review on coronavirus survival on impermeable and porous surfaces [J]. *Sadhana-Acad P Eng S*, 2022, 47(1): 1-13.
- [4] Zhu N, Zhang D, Wang W, *et al.* A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019 [J]. *New Engl J Med*, 2020, 382(8): 727-733.
- [5] Huang C, Wang Y, Li X, *et al.* Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China [J]. *Lancet*, 2020, 395(10223): 497-506.
- [6] Ong SWX, Tan YK, Chia PY, *et al.* Air, surface environmental, and personal protective equipment contamination by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) from a symptomatic patient [J]. *Jama-J Am Med Assoc*, 2020, 323(16): 1610-1612.
- [7] Liu Y, Ning Z, Chen Y, *et al.* Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals [J]. *Nature*, 2020, 582(7813): 557-560.
- [8] van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, *et al.* Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1 [J]. *New Engl J Med*, 2020, 382(16): 1564-1567.
- [9] Chin AWH, Chu JTS, Perera MRA, *et al.* Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions [J]. *Lancet Microbe*, 2020, 1(1): e10.
- [10] Kampf G, Todt D, Pfaender S, *et al.* Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents [J]. *J Hosp Infect*, 2020, 104(3): 246-251.
- [11] Heilingloh CS, Aufderhorst UW, Schipper L, *et al.* Susceptibility of SARS-CoV-2 to UV irradiation [J]. *Am J Infect Control*, 2020, 48(10): 1273-1275.
- [12] Buonanno M, Welch D, Shuryak I, *et al.* Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses[J/OL]. *Sci Rep-Uk*, 2020, 10(1): 10285.
- [13] Liao L, Xiao W, Zhao M, *et al.* Can N95 respirators be reused after disinfection? How many times? [J]. *ACS Nano*, 2020, 14(5): 6348-6356.
- [14] Chen Z, Bai F, Jonas S J, *et al.* Cold atmospheric plasma for addressing the COVID - 19 pandemic [J]. *Plasma Process Polym*, 2022, 19(9): 2200012.
- [15] Li Z, Jiang G, Wang Y, *et al.* Detecting residual chemical disinfectant using an atomic Co-N-x-C anchored neuronal-like carbon catalyst modified amperometric sensor [J]. *Environ Sci-Nano*, 2022, 9(5): 1759-1769.
- [16] Wang Q, Zhao Y, Wang Y, *et al.* Enhanced viral inactivation by combined ultraviolet light and heat [J]. *Laser Phys Lett*, 2022, 19(4): 045602.
- [17] Liu Y, Shao Y, Wang L, *et al.* Inactivation of porcine epidemic diarrhea virus with electron beam irradiation under cold chain conditions [J]. *Environ Technol Inno*, 2022, 26: 102715.
- [18] Zhang D, Zhang X, MA R, *et al.* Ultra-fast and onsite interrogation of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) in waters via surface enhanced raman scattering (SERS) [J]. *Water Res*, 2021, 200: 117243.
- [19] Cui H, Zhu X, Zhu Y, *et al.* Ecotoxicological effects of DBPs on freshwater phytoplankton communities in co-culture systems [J]. *J Hazard Mater*, 2022, 421: 126679.
- [20] Zhang D, Ling H, Huang X, *et al.* Potential spreading risks and disinfection challenges of medical wastewater by the presence of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) viral RNA in septic tanks of fangcang hospital [J]. *Sci Total Environ*, 2020, 741: 140445.
- [21] Wang HB, WU YH, Luo LW, *et al.* Risks, characteristics, and control strategies of disinfection-residual-bacteria (DRB) from the perspective of microbial community structure [J]. *Water Res*, 2021, 204: 117606.
- [22] Wang L, Zhang X, Chen S, *et al.* Spatial variation of dissolved organic nitrogen in Wuhan surface waters: Correlation with the occurrence of disinfection byproducts during the COVID-19 pandemic [J]. *Water Res*, 2021, 198: 117138.
- [23] Zhang T, XU Q, Shi YL, *et al.* Study on the influence of operational and management processes of a water reclamation plant since COVID-19 situation [J]. *Environ Pollut*, 2021, 285: 117257.
- [24] Cui H, Chen B, Jiang Y, *et al.* Toxicity of 17 disinfection by-products to different trophic levels of aquatic organisms: Ecological risks and mechanisms [J]. *Environ Sci Technol*, 2021, 55(15): 10534-10541.
- [25] Qing G, Hua-fen W, Ying F, *et al.* Analysis of an improved workflow of endoscope reprocessing for bedside endoscopic diagnosis and treatment on COVID-19 patients [J]. *J Zhejiang Univ-Sc B*, 2020, 21(5): 416-422.
- [26] XU J, XU X, Sun K S, *et al.* Changes in residents' hygiene awareness and behaviors in public toilets before and during the COVID-19 pandemic in Hangzhou, China: A two-round cross-sectional study [J]. *Bmc Public Health*, 2022, 22(1): 1690.
- [27] Wang J, Zheng F, YU Z, *et al.* Dissolved organic nitrogen derived from wastewater denitrification: Composition and nitrogenous disinfection byproduct formation [J]. *J Hazard Mater*, 2022, 440: 129775.
- [28] Lou J, Wang W, LU H, *et al.* Increased disinfection byproducts in the air resulting from intensified disinfection during the COVID-19 pandemic [J]. *J Hazard Mater*, 2021, 418: 126249.
- [29] Zhang W, Dong T, AI J, *et al.* Mechanistic insights into the generation and control of Cl-DBPs during wastewater sludge chlorination disinfection process [J]. *Environ Int*, 2022, 167: 107389.
- [30] Wang J, Feng H, Zhang S, *et al.* SARS-CoV-2 RNA detection of hospital isolation wards hygiene monitoring during the Coronavirus Disease 2019 outbreak in a Chinese hospital [J]. *Int J Infect Dis*, 2020, 94: 103-106.

- [31] Kaur H, Gupta H, Dadlani H, *et al.* Delaying intraoral radiographs during the COVID-19 pandemic: A conundrum [J]. Biomed Res Int, 2022, 2022: 8432856.
- [32] Daeschler SC, Manson N, Joachim K, *et al.* Effect of moist heat reprocessing of N95 respirators on SARS-CoV-2 inactivation and respirator function [J]. Can Med Assoc J, 2020, 192(41): e1189-e1197.
- [33] Korobelnik JF, Loewenstein A, Eldem B, *et al.* Guidance for anti-VEGF intravitreal injections during the COVID-19 pandemic [J]. Graef Arch Clin Exp, 2020, 258(6): 1149-1156.
- [34] Rios P, Radhakrishnan A, Williams C, *et al.* Preventing the transmission of COVID-19 and other coronaviruses in older adults aged 60 years and above living in long-term care: a rapid review [J]. Syst Rev-London, 2020, 9(1): 218.
- [35] Moka E, Paladini A, Rekatsina M, *et al.* Best practice in cardiac anesthesia during the COVID-19 pandemic: Practical recommendations [J]. Best Prac Res-CI Ana, 2020, 34(3): 569-582.
- [36] Bennet D, Harris AF, Lacombe J, *et al.* Evaluation of supercritical CO₂ sterilization efficacy for sanitizing personal protective equipment from the coronavirus SARS-CoV-2 [J]. Sci Total Environ, 2021, 780: 146519.
- [37] MA B, Linden YS, Gundy PM, *et al.* Inactivation of coronaviruses and phage phi6 from irradiation across UVC wavelengths [J]. Environ Sci Tech Let, 2021, 8(5): 425-430.
- [38] Wilson AM, Jones RM, Lerma VL, *et al.* Respirators, face masks, and their risk reductions via multiple transmission routes for first responders within an ambulance [J]. J Occup Environ Hyg, 2021, 18(7): 345-360.
- [39] Ji RC, Peng GL, Xu ZW, *et al.* Thermoelectric air disinfection system [J]. Acta Phys Sin-Ch Ed, 2022, 71(16): 168401.
- [40] Ma B, Gundy PM, Gerba CP, *et al.* UV inactivation of SARS-CoV-2 across the UVC spectrum: KrCl* excimer, mercury-vapor, and light-emitting-diode (LED) Sources [J]. Appl Environ Microbiol, 2021, 87(22): e0153221.
- [41] Liu Y, Ning Z, Chen Y, *et al.* Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals [J]. Nature, 2020, 582(7813): 557-560.
- [42] Chu J, Yang N, Wei Y, *et al.* Clinical characteristics of 54 medical staff with COVID-19: a retrospective study in a single center in Wuhan, China [J]. J Med Virol, 2020, 92(7): 807-813.
- [43] Yu Q, Xu P, Gan H, *et al.* Comprehensive gastroenterology endoscopy unit workflow and infection prevention during the COVID-19 pandemic: experience with 159 cases in Wuhan, China [J]. Digest Endosc, 2021, 33(1): 195-202.
- [44] Li G, Li M, Peng S, *et al.* Current status and influential factors for family health management during quarantine: a latent category analysis [J]. Plos One, 2022, 17(4): e0265406.
- [45] Wu S, Wang Y, Jing X, *et al.* Environmental contamination by SARS-CoV-2 in a designated hospital for coronavirus disease 2019 [J]. Am J Infect Control, 2020, 48(8): 910-914.
- [46] Meng L, MA B, Cheng Y, *et al.* Epidemiological investigation of OHCWs with COVID-19 [J]. J Dent Res, 2020, 99(13): 1444-1452.
- [47] Wu D, Fang D, Wang R, *et al.* Management of pregnancy during the COVID-19 pandemic [J]. Glob Chall, 2021, 5(2): 2000052.
- [48] Ran L, Tan X, Zhang Y. Precise community-based public health management: crucial experience responding to COVID-19 in Wuhan, China [J]. Risk Manag Healthc P, 2022, 15: 171-178.
- [49] Zhou Y, Zeng Y, Chen C. Presence of SARS-CoV-2 RNA in isolation ward environment 28 days after exposure [J]. Int J Infect Dis, 2020, 97: 258-259.
- [50] Zhao Y, Xiang C, Wang S, *et al.* Radiology department strategies to protect radiologic technologists against COVID19: Experience from Wuhan [J]. Eur J Radiol, 2020, 127: 108996.
- [51] Wei W, Zheng D, Lei Y, *et al.* Radiotherapy workflow and protection procedures during the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak: experience of the Hubei cancer hospital in Wuhan, China [J]. Radiother Oncol, 2020, 148: 203-210.
- [52] Liu L, Shi Y, Fei X, *et al.* Stressors and coping strategies of medical staff in the COVID-19 pandemic in Wuhan [J]. Int J Ment Health Pr, 2021, 23(3): 319-330.
- [53] Wang Y, Qiao F, Zhou F, *et al.* Surface distribution of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 in Leishenshan hospital in China [J]. Indoor Built Environ, 2022, 31(5): 1193-1201.

(收稿日期:2023-03-15)

(上接第 657 页)

- [5] 谈书勤. 海港口岸闸口快速消毒设备对集装箱空箱的消毒效果评价 [D]. 广东广州: 南方医科大学, 2013.
- [6] 孙立新, 丁永昭, 王童玉, 等. 集装箱表面消毒效果现场评价研究 [J]. 中国国境卫生检疫杂志, 2013, 36(3): 185-187.
- [7] 兰湛华. 两种过氧乙酸消毒方法对集装箱消毒效果的比较 [J]. 中国消毒学杂志, 2017, 34(5): 473-474.
- [8] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 现场消毒评价标准: WS/T 797—2022 [S]. 2022.
- [9] 查慧敏, 张笑微, 王钰达, 等. 雾炮作业对城市大气颗粒物浓度的消减效果环境科学与技术 [J]. 2020, 43(1): 121-129.
- [10] 陈云, 张亮, 黎志. 煤坪降尘用雾炮机降噪装置的研究与应用 [J]. 煤炭技术, 2021, 40(7): 140-142.
- [11] 李强. 多功能抑尘车雾炮结构的设计与研究 [D]. 甘肃兰州: 兰州交通大学, 2022.
- [12] 王博. 一种新型消毒机器人的消毒效果评价 [J]. 中国消毒学杂志, 2022, 39(12): 951-952.
- [13] 吴一凡, 李文豪, 艾乐乐, 等. 一种光触媒消毒机对物体表面和室内空气消毒效果观察 [J]. 中国消毒学杂志, 2022, 39(8): 564-565.
- [14] 崔瑛, 李骁飞, 程盼盼, 等. 一种手持式高能深紫外消毒枪的杀菌性能评价 [J]. 中国消毒学杂志, 2022, 39(10): 730-732.
- [15] 陈志坤, 石椿丽, 柯巍峰. 一种新型温控雾化法对集装箱消毒的效果评价 [J]. 口岸卫生控制, 2020, 25(6): 26-28.

(收稿日期:2023-03-15)