

基于新冠状肺炎疫情下对空气进行杀菌消毒的技术分析

林毅荣, 宋滔滔, 沈泽清, 陈天康, 李茂德

同济大学浙江学院建筑系, 浙江 嘉兴
Email: 1084960601@qq.com

收稿日期: 2021年3月4日; 录用日期: 2021年4月6日; 发布日期: 2021年4月15日

摘要

新冠状肺炎的主要传播途径是呼吸和接触。新冠状肺炎的病原体或菌落群可以随飞沫扩散, 也可以附着在空气中的悬浮物上。由于其较强的生存力及繁殖力, 极易通过空气快速引起大面积扩散和爆发。本文通过研究资料汇总和分析对比几种空气消毒杀菌技术, 研究新冠状肺炎的病原体或菌落群在空中的杀灭技术特点, 提出一种采用高温空气消毒杀菌的新技术设计, 为空气中新冠状肺炎的防治和杀灭装置的研发提供参考依据。

关键词

新冠状肺炎, 防治, 消毒杀菌, 高温空气

Technical Analysis of Air Sterilization Based on the COVID-19 Epidemic

Yirong Lin, Taotao Song, Zeqing Shen, Tiankang Chen, Maode Li

Department of Architecture, Tongji Zhejiang College, Jiaxing Zhejiang
Email: 1084960601@qq.com

Received: Mar. 4th, 2021; accepted: Apr. 6th, 2021; published: Apr. 15th, 2021

Abstract

The main ways of transmission of COVID-19 are through breathing and contact. The pathogen or colony of COVID-19 can spread in droplets or attach to airborne particles. Because of its strong viability and fertility, it is extremely easy to quickly cause a large area of diffusion and outbreak

文章引用: 林毅荣, 宋滔滔, 沈泽清, 陈天康, 李茂德. 基于新冠状肺炎疫情下对空气进行杀菌消毒的技术分析[J]. 环境保护前沿, 2021, 11(2): 232-242. DOI: 10.12677/aep.2021.112024

through the air. In this paper, by summarizing and analyzing several air disinfection and sterilization technologies, the characteristics of COVID-19 pathogens or bacterial colonies in the air were studied, and a new technical design of high temperature air disinfection and sterilization was proposed, which provides a reference for the prevention and treatment of new coronavirus in the air and the development of sterilization devices.

Keywords

New Coronavirus Pneumonia, Prevention, Disinfection and Sterilization, High Temperature Air

Copyright © 2021 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. 研究背景

世界卫生组织将新型冠状病毒命名为 COVID-19。研究表明，新型冠状病毒主要通过空气来传播。目前人们主要采用配戴医用口罩和喷洒消毒雾剂的方法，来防护新冠状肺炎在空气中的传播。

有文献资料表明[1]，新型冠状病毒在干燥的环境中的存活时间只有 48 小时。在空气中 2 小时以后，它的活性就明显下降。但在光滑的物体表面可存活数小时。如果温度、湿度合适，它可存活数天，甚至可存活达 5 天。例如 20 摄氏度的环境，湿度为 40%，这种条件极其适合新冠病毒生存。由大量研究可知，飞沫传播和接触传播是新冠肺炎的主要传播途径。人体中呼吸产生的新冠肺炎病原体或菌落体通过空气漂浮或附着，与悬浮物进行繁殖和扩散。我国武汉采用空间隔离控制加治疗的成功案例和国外不隔离加治疗的大面积扩散的失控结果，充分说明传播过程中空气传播占据主导作用。

本文针对已有报道和应用的几种常见杀灭技术，分析其特点，提出一种采用高温空气消毒杀菌的新技术设计，为空气中新冠肺炎的防治和杀灭装置的研发提供参考依据。

2. 新冠肺炎的特性及防治措施

2.1. 新冠肺炎的特性

新型冠状病毒是具有包膜的正链单股 RNA 病毒[2]，可感染包括人类在内的多种动物，引起呼吸道、肠道、肝脏和神经系统疾病。目前人们对新型冠状病毒致病机制的认识有限[3]。

新冠肺炎主要症状：新冠病毒肺炎潜伏期为 1 到 14 天，多数患者潜伏期为 3 到 7 天。

起病急病程演变为：重症病例多在 1 周后出现呼吸困难和(或)低氧血症。

常见发病年龄多为 40~60 岁，其临床表现为，出现发热(重型、危重型可为中低热，甚至无发热)；乏力；干咳；鼻塞、流涕、咽痛；腹泻；轻型可无肺炎表现。重症患者特点为出现呼吸衰竭，出现休克，并发其他器官功能衰竭。轻型患者居多，重型进展快，初期无发热症状，胃肠道症状少，可见到无临床症状病例[4]。

2.2. 常用灭活的理化因素及措施

2.2.1. 物理因素

温度：多数病毒耐冷不耐热；pH：多数病毒在 pH 5~9 时稳定，强碱或强酸条件下可以被灭活；射

线：X 射线、 γ 射线和紫外线可灭活病毒。

2.2.2. 化学因素

脂溶剂：乙醚、氯仿等能使病毒的包膜破坏，病毒失去吸附能力而灭活；化学消毒剂：常用的有苯酚、乙醇等。

2.2.3. 防扩散传播措施

对于新冠病毒、病菌，医疗机构常用物理方法、化学方法、以及生物杀菌法。其中物理方法包括热力学法和电磁波法，化学方法包括浸泡法、擦拭法、喷雾法和熏蒸法。生物杀菌法利用生物裂解致病菌去裂解进行杀灭。

A. 空气净化器净化

光触媒、负离子、净离子群净化技术能够很好去除病毒、游浮霉菌、细菌、苯、氨、过敏原等。重滤网功能吸附粉尘、强力除甲醛、异味、吸附油烟、二手烟等。

加湿净化功能释放出更接近自然界的纯净水分子，更有利于人体健康，无二次污染。能够保湿肌肤，营造无菌无味新空气。并且同时提高净化效率与效果。

B. 消毒剂的喷雾与熏蒸消毒

常用空气喷雾与熏蒸消毒的化学消毒剂有：含氯消毒剂、过氧乙酸、戊二醛、二氧化氯等。用化学消毒剂消毒空气特别是密闭熏蒸消毒时，人不能滞留在室内。以喷雾法或加热法使用戊二醛来消毒空气的效果基本是一样的，相对湿度以 80%~90%为宜，用药量为 250~500 mg/m³，作用 30 分钟。喷雾可用 1%~2% 的浓度，加热熏蒸则可用浓度稍高的溶液。二氧化氯活化消毒液亦是优良而无害的环境消毒剂，喷雾消毒浓度为 200~500 ppm，作用 15~30 分钟。其除消毒功效外，还有除臭作用。

C. 通风换气与保持室内洁净

定时开窗通风换气是降低室内微生物密度的有效方法。在室内空气与外界流通的状况下，在最初 30 分钟内微生物可减少 77.3%~79.3%，75 分钟内可减少 96.4%~99.5%，140 分钟后则基本查不到细菌，说明通风换气是十分简便且行之有效的净化室内空气的方法。

2.3. 医疗措施

2.3.1. 抗病毒治疗

目前尚无有效的特异性抗病毒治疗，目前可选择的抗病毒药物包括洛匹那韦、利托那韦、利巴韦林，瑞德西韦可能是未来有效的药物。瑞德西韦[5]其在体外和动物模型中已证明其 SARS-CoV 和 MERS-CoV 具有良好的抑制作用，该药物可能是针对 2019-nCoV 的有效治疗药物。磷酸氯喹具有抗冠状病毒活性，可以试用，但须注意其副作用和其他药物的相互作用[6]。

按照《国家食品药品监督管理局药品特别审批程序》(局令第 21 号)，国家药品监督管理局先后批准了注射用瑞德西韦、BDB-001 注射液、法维拉韦片、注射用美珀珠单抗等 15 个治疗新型冠状病毒肺炎药物的临床试验[7]。

2.3.2. 糖皮质激素

糖皮质激素治疗应严格掌握适应证及用法用量，警惕并发症出现，主要适应证为肺内病变恶化进展[4]。

2.3.3. 抗菌药物

往往用于继发细菌或真菌感染时，避免盲目使用[4]。

2.3.4. 其他治疗

恢复期血清治疗、心理治疗、中医药治疗等。

目前一般治疗方案为卧床休息，维持水电解质平衡加 ECMO，再加上呼吸机(鼻高流量)，其他无确认有效抗病毒治疗方案[4]。

2.4. 其他防控措施

居住的病房可以考虑使用循环风空气消毒或次氯酸动态喷雾消毒。院内缓冲间建议使用紫外线或者次氯酸钠进行消毒，每次不少于 30 min。密闭空间可考虑使用 3%过氧化氢消毒溶液，按 20 ml/m³进行气溶胶喷雾，作用 1 h 后进行自然同通风。负压病房送风系统依据《医院负压隔离病房环境控制要求》GB/T35428-2017 进行消毒。消毒示意图[8]见图 1。

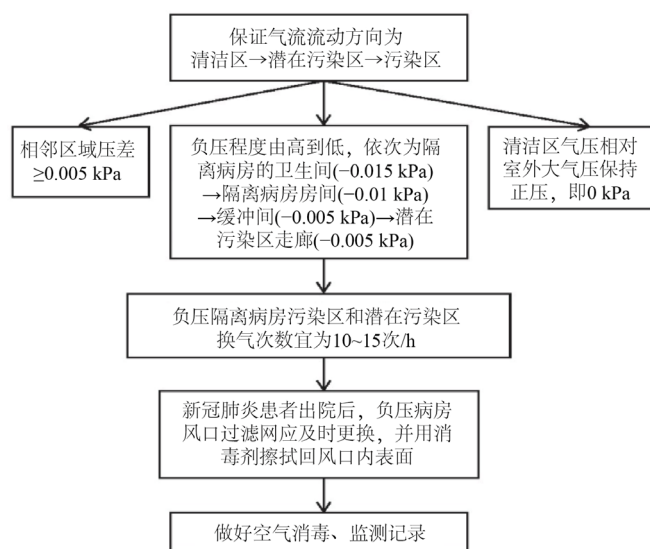


Figure 1. Disinfection diagram of air supply system in negative pressure ward [8]

图 1. 负压病房送风系统消毒示意图[8]

新冠肺炎下医院发热门诊的防控管理措施为：预检分诊，将无阳性特征人员分流至普通急诊就诊，阳性特征人员分流至发热门诊就诊[10]。

遵循发热门诊改建原则，打开室内机械通风，形成相应负压环境，保证通风及空气流向由洁到污。设置合理病区，满足三区两通道布局，改造专用路径，保证污染区、半污染区、洁净区三区的独立。保证中央空调为独立基础的全新风或分机盘管式水系统中央空调，若不能达到上述要求，需关闭中央空调。对环境物表进行消毒，在患者离开后，进行终末消毒。医务人员及相关工作人员须佩戴个人防护用品[11]。

2.5. 空调系统

建议在对确诊或疑似病例居住或活动的房间进行空气消毒后，打开所有门窗，并最大程度地打开空调系统进行空气交换，维持至少 30 min。过滤器和过滤网建议使用 2000 mg/L 的有效氯消毒剂喷洒至湿润，维持 30 min 后，拆下并使用 2000 mg/L 的有效氯消毒剂喷洒消毒。供风设备和送风管路装置建议使用 2000 mg/L 的有效氯消毒剂喷雾或擦拭消毒。空调箱建议使用 0.5% 过氧乙酸溶液喷洒后维持 1 h，消毒过程中封闭机箱，消毒工作完成后及时通风，时间不少于 30 min，1 次/d [8]。新冠感染危重症患者定点收治医院病区感染区的大致结构如图 2 所示[9]。

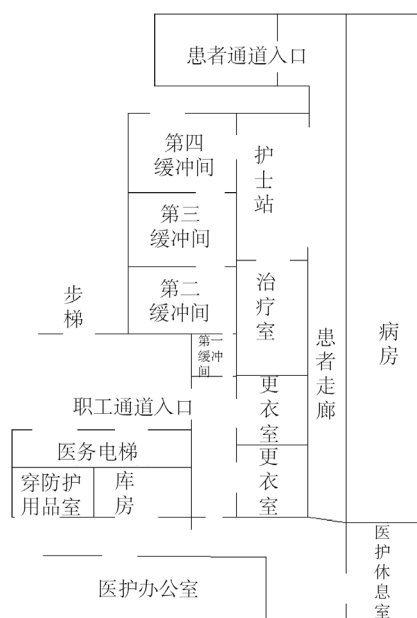


Figure 2. Schematic diagram of isolation air conditioning system [9]

图 2. 隔离防治空调系统示意图[9]

3. 空气中传播过程的杀灭技术

3.1. 几种常用杀灭技术

目前空气过滤主要分为以下几种过滤：利用过滤网；利用吸附剂；利用紫外线杀菌；利用臭氧杀菌；利用光触媒发出等离子杀菌等方法。例如，空调中的过滤网需定期更换，不同的空调更换的时间有所差异，短则一月，长则一季度。如空气中存在病菌，在过滤网上堆积易致感冒，甚至重感。当吸附达到饱和不再具有吸附能力时，需要定期更换过滤材料，如不更换，其所吸附的甲醛、细菌等将随时被释放出来成为隐形炸弹。用吸附剂(化学试剂)进行过滤，过滤病菌会产生废弃物试剂(二次污染)，更换耗时且耗力。物理吸附法(采用活性炭、HEPA)物理过滤(吸附)法只能暂时吸附一定的污染物，温度、风速升高到一定程度的时，所吸附的污染物就可能游离出来，再次进入呼吸空间中。

3.1.1. 除尘法

静电式除尘利用电极的异性相吸、同性相斥的原理吸附空气中的污染物。静电式净化除尘可降低空气中菌粉尘颗粒的含量，对尘埃有效。但缺少针对体积微小的细菌，只能将菌体集中在滤芯外表面，无法彻底杀除，需定期清洁电极板(图 3)。

3.1.2. 光触媒

光触媒(Photocatalyst)是光(Photo = Light) + 触媒(催化剂) (catalyst)的合成词。光触媒是一种以纳米级二氧化钛(TiO_2)为代表的具有光催化功能的光半导体材料的总称，是当前国际上治理室内环境污染的理想材料。目前的光触媒产品，最好含有紫外光源，与微生物颗粒和有害气体接触才可发挥作用。光触媒要求颗粒越小越好，二氧化钛颗粒最好在 10 纳米以下。我国生产的光触媒空气消毒器用于医院空气的消毒 [12]，溶液喷涂于医院物体表面和空气，进行清洁。其失活后的再生及膜的牢固性仍是技术难题。与化学消毒剂相比较光触媒对微生物作用很弱。因此，污染程度高时，目前较难达到规定消毒效果。

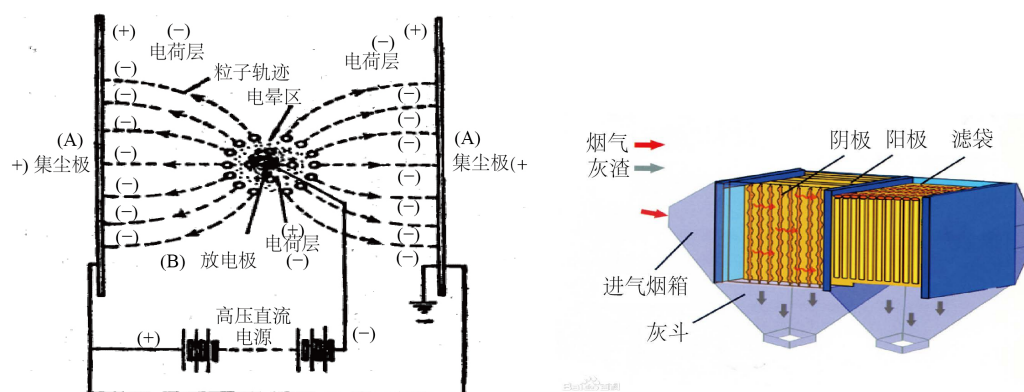


Figure 3. Schematic diagram of electrostatic precipitator
图 3. 静电除尘示意图

3.1.3. 紫外线

紫外线利用其高能短波长破坏病毒和细菌生成化合反应，利用适当波长能破坏微生物机体细胞中的 DNA 或 RNA 的分子结构，造成生长性细胞死亡或再生性细胞死亡，使病原体失活达到净化空气目的[13]。紫外线直接照射消毒空气时，需确保空气保持 40%~70% 的相对湿度，如空气中的相对湿度过高或含灰尘颗粒过高，均对紫外线消毒效果有影响(图 4)。但空气紫外线照射杀菌需要持续 2 秒以上的接触才能实现效果，对空气净化器中流动的气体杀菌效果不明显(表 1)。

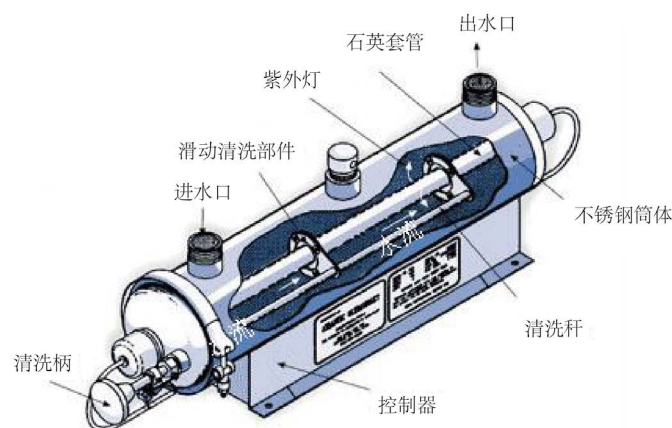


Figure 4. Ultraviolet sterilization schematic diagram
图 4. 紫外线杀菌原理图

Table 1. Sterilization efficiency of ultraviolet technology on common bacteria and viruses (ultraviolet radiation intensity 30 mJ/cm²)

表 1. 紫外线技术对常见细菌病毒的杀菌效率(紫外线辐射强度 30 mJ/cm²)

种类	名称	100% 杀灭需要时间	种类	名称	100% 杀灭需要时间
细菌类	炭疽杆菌	0.30 s	病毒类	流感病毒	0.23 s
	破伤风杆菌	0.33 s		噬菌胞病毒	0.20 s
	痢疾杆菌	0.15 s		轮状病毒	0.52 s
	大肠杆菌	0.36 s		乙肝病毒	0.73 s
	沙门氏菌	0.51 s		爱柯病毒	0.73 s
	志贺氏菌	0.28 s	水藻类	蓝绿藻	10~20 s

Continued

霉菌孢子	曲霉素	0.73~8.80 s	线虫卵	3.4 s
	大粪真菌	8.0 s	草履虫族	7.3 s
	毛霉菌组	0.23~4.67 s	原生动物类	4~6.7 s
	黑曲霉	6.67 s		

据报道, SARS 病毒, 56℃加热 90 分钟、75℃加热 30 分钟能够灭活病毒。紫外线照射 60 分钟可杀死病毒。根据卫健委报告, 新冠病毒不耐高温, 56 度 30 分钟可使病毒灭活。

3.1.4. 臭氧净化法

臭氧消毒利用臭氧的强氧化性对空气中的致病菌进行杀除(图 5), 但剩余臭氧会排出空气净化器对人体造成伤害。臭氧浓度达到 0.1 PPM 以上, 臭氧就会起到杀菌、除异味的作用。达到 0.15 PPM 后, 臭氧本身就会发出浓烈的恶臭, 且其使用环境不能超过 30℃, 否则可能致癌。苛刻的使用条件限制了其在民用环境中的普及使用。

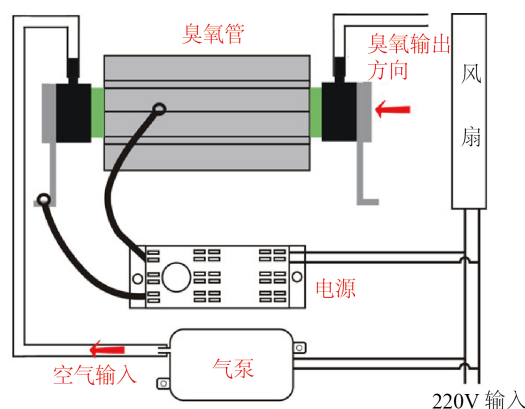


Figure 5. Ozone sterilization schematic diagram
图 5. 臭氧杀菌原理图

3.1.5. 杀菌酶

杀菌酶空气消毒对细菌和病毒具有显著的蛋白特异性, 无法大范围精准地长期使用。杀菌酶技术已应用在空调器技术中, 在空调的进气口, 设置含有杀菌酶的过滤网格, 从而达到杀菌酶消毒过滤的作用, 其可运用于分体空调以及中央空调中。与使用化学试剂的原理相同, 进行反应, 杀灭病毒。所以定期需要人工更换, 并产生二次废物。

3.1.6. 负氧离子净化法

负氧离子又称单极离子流技术, 是一种带负电荷的空气离子。其生成的负离子流, 吸附空气中带正电荷的悬浮颗粒物, 使颗粒物聚积变重, 致其脱离气溶状态而沉降, 从而净化清新空气。负离子对于直径介于 0.001~100 微米的颗粒物均有沉降效果, 但对于小于等于 2.5 微米(PM 2.5)的细颗粒物效果不佳, 只有活性高的小粒径负氧离子才有明显效果。负离子空气净化器利用空气弥漫性使房间充满负离子实现降尘除尘, 给人清新的感觉。但其寿命短, 不洁空气会使其浓度降低, 对污染物不起作用, 作用空间范围有限。

3.1.7. 超声波杀菌

超声波杀菌是利用超声空化效应进行消毒杀菌的水处理技术。在一定功率的超声波辐射作用下,水溶液发生超声空化效应,使得水分子裂解为 OH·、H· 等自由基,从而氧化水中的有机物,并进入细菌体内,达到杀菌消毒功效。超声空化效应与臭氧技术联合使用具有能耗低的特点,在水处理中有应用潜力。但超声波杀菌效果与杀菌时间会趋于一个饱和值,且受介质温升的影响。对其它的声化学反应也如此。因此一般的杀菌时间都定在 10 min 内。单独使用超声空化效应进行消毒处理能耗大、不经济,因而一般用于小规模消毒处理。

3.1.8. 活性炭

活性炭是用木屑、褐煤等含碳物质为原料,经碳化和活化制成。利用其物理性质及化学性质:吸附、氧化、还原等一系列性质,可对污染物进行有效的吸附。活性炭的净化效果与孔径大小有关,当孔径大小接近颗粒物直径时净化作用最明显,活性炭吸附能力和吸附速度是衡量吸附过程的主要指标。吸附能力的大小是用吸附量来衡量的,吸附速度决定了吸附剂与污水的接触时间。活性炭可作水处理的二次处理,属于深度处理环节。具有较好的吸附作用,可有效除污,过滤性能良好。但存在成本较高的问题[14]。

3.1.9. 加湿净化

空气加湿净化器,将杀菌剂滴加到溶液中再通超声波雾化器实现雾化扩散,但多项研究表明这种净化技术会引发特定人群的哮喘、加湿性肺炎等症状。另外,利用含氯制剂和过氧乙酸等消毒药剂也可实现空气的消毒杀菌,但产生的气味会使人不适,且很少用于小型空气净化消毒设备中。

3.1.10. 技术对比

上述各种杀菌方法各有优劣,杀菌的方式主要分有大两类,一是过滤吸附。其适用于空气净化器、汽车滤芯、空调中。疫情下,医疗场所中央空调的 Hepa 高效过滤网是过滤空气中病菌的重要媒介,过滤吸附是当下采用较多的杀菌过滤方式。其优点是过滤性能比较高效,病毒会被吸附。缺点为这种方式具有过滤功能,但杀菌功能较弱,如不定期人工更换将产生恶性循环,且成本较高,更换环节提高了危险性。吸附过滤的技术特点可见,其不适用杀灭危险的病菌中。

还有一类方法是利用化学方法或物理方法进行杀菌。其适用于工业生产过滤,空调,小规模消毒处理中。利用化学试剂会产生二次废物。反应后的污染物,可能随着气流进入室内。其局限为杀灭危险的病菌中增加人工环节,不够安全便捷。

3.2. 高温空气杀灭技术

高温杀灭病菌技术分为干热灭菌法和湿热灭菌法。原理主要是利用高温使微生物细胞内的蛋白质凝固变性而达到灭菌的目的。如干热灭菌,其包括:焚烧、烧灼法、干烤法、微波消毒灭菌法、红外线灭菌法。通过脱水干燥和大分子变性来实现。一般细菌繁殖体在干燥状态下,80℃~100℃经一小时即可被杀死。如湿热灭菌法(高压蒸汽灭菌),菌体受热时,环境和细胞内含水量越大蛋白质凝固越快,方法是将待灭菌的物品放在一个密闭的加压灭菌锅内,通过加热,使锅炉隔套间的水沸腾而产生蒸汽。蒸汽增压,从而使沸点增高,高于 100℃ 的温度导致菌体蛋白质变性,从而达到灭菌的目的。加热杀菌法具有无污染,杀菌效果好的特点。食品加工由于卫生和杀菌效果上的要求,通常使用加热杀菌法。

鉴于前述各种方法的比较,针对杀灭新冠肺炎病毒的特殊要求,本文提出一种通过电热高温空气病菌杀灭方法,配合其它杀菌方法进行辅助实现高效病菌杀灭效率,具有对人体无害、安全环保的特点。

利用物理方法,进行直接高效的杀菌。不同的物理方式杀菌,适用于不同条件下。本次实验须寻求一种,适合杀灭流动气体中病毒的物理方法。杀灭新冠肺炎病毒首先必须保证其杀菌方式的高效性、安

全性。可理解为通过物理方法瞬间杀灭病毒，并不产生存在隐患的二次污染。

基本原理：利用高温使细菌的蛋白质组成变性，从而失去活性，达到杀菌的目的。通过电加热高温杀菌方式，使气流通过电热丝所在的高温环境。气流通过混合停留区，随后到达热回收阶段，使用直板式换热器进行热回收。最后散热，常温排出。本文设计的高温空气杀灭病菌原理图以及装置结构示意图如图 6。

如图 7，该装置系统中设计了热回收，避免了热量的损失。风机设置于加热段前端，常温的工作环境能保证风机的使用寿命。系统运行过程中可将大量废热回收再利用，作为初级热源。利用电加热，热能循环利用，减少维修，提高经济性，且无其他物质的二次污染。

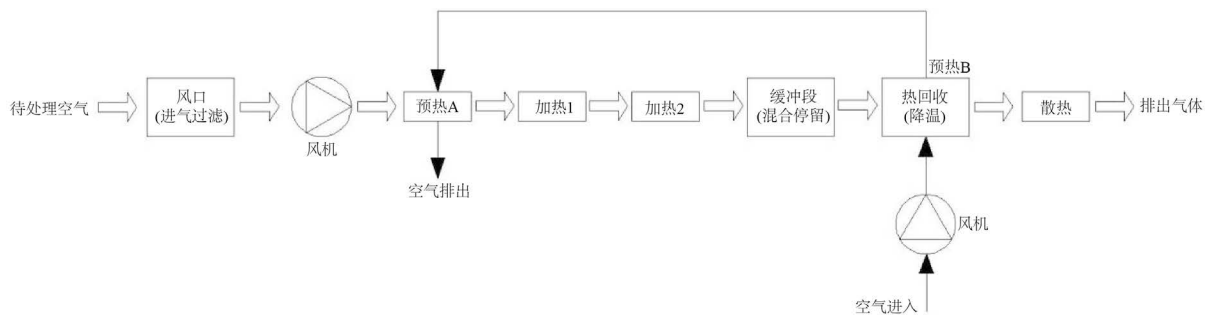


Figure 6. High temperature air sterilization schematic diagram
图 6. 高温空气杀菌原理图

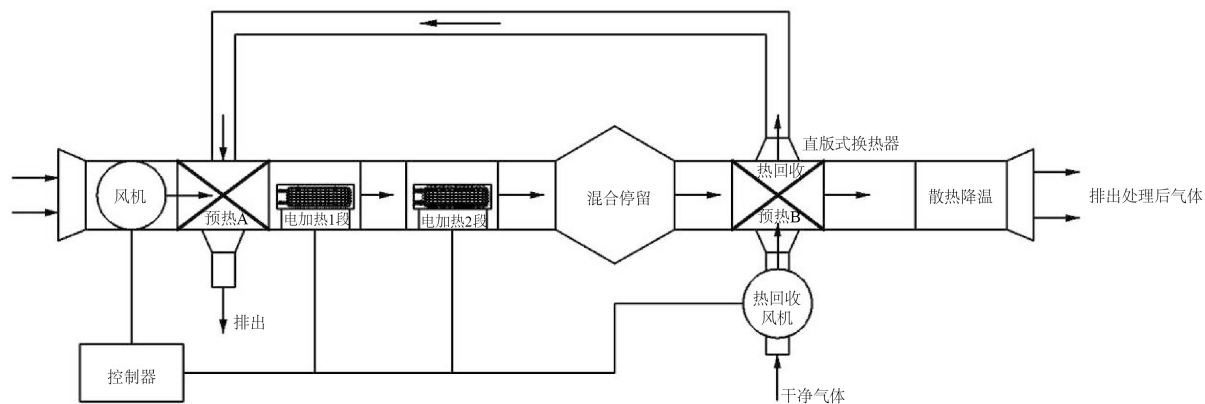


Figure 7. Schematic diagram of high temperature air sterilization device experiment
图 7. 高温空气杀菌装置实验示意图

小型空气高温装置，所需杀菌时间短，杀灭效果好，能够更有效地实现杀菌功能。根据现有文献资料及初步研究得到的数据汇总，可以得到在几种常见杀菌方式达到杀菌所需时间的汇总比较如表 2 所示。

Table 2. Time required for different ways to achieve germicidal efficacy [15]
表 2. 各种方式达到杀菌效果所需时间[15]

	杀菌方式	杀菌时间
1	电晕放电	10 小时
2	紫外线照射	1 小时
3	电晕放电 + 紫外线照射	90 秒

Continued

4	光等离子空气净化	20 秒
5	高温空气杀菌 60℃~100℃	10 秒
6	高温空气杀菌 150℃~200℃	5 秒
7	高温空气杀菌 300℃以上	1~2 秒

在疫情下,采用加热杀菌法与空气净化相结合,空气电加热高温杀菌装置通过高温环境在短时间内消杀病菌。空气中的一些流感病毒、致命病菌,给人们带来了危险。电加热高温空气杀毒灭菌免除了化学试剂的使用,由此可以减少后续空气中化学成分净化过程,仅需布置空气中颗粒净化。

4. 本文总结

通过文献资料汇总新冠肺炎的特性和防治措施。对各种传统的空气灰尘和菌落消毒杀菌技术方法进行分析比较,得出现有消毒杀菌的方法的优缺点,提出过滤杀灭危险病菌的有效方法。

高温空气杀菌技术适用于过滤杀灭危险病菌,本文设计了一种采用电加热产生高温空气的方法,配置辅助颗粒净化和消毒杀菌措施。高温空气杀菌装置适用特点不同于食品加工加热杀菌适用于普通菌种,功能也不同于空调高效过滤网的过滤吸附功能,其具有独立杀灭危险病菌和净化的功能。装置配合空调器使用,可使室内空气得到有效的杀菌及过滤。为公共空间、医疗场所、家居环境等各类环境提供安全舒适的通风和高品质的空气。有望为有效防控新冠肺炎在空气中传播扩散提供一种新的技术方法。

参考文献

- [1] 张文福,何俊美,帖金凤,苏裕心,任哲. 冠状病毒的抵抗力与消毒[J]. 中国消毒学杂志, 2020, 37(1): 63-67.
- [2] 王玉燕. 棘突蛋白在冠状病毒跨宿主感染中的作用[J]. 微生物与感染, 2013, 8(1): 43-51.
- [3] 王欢,丁铲,廖瑛. 冠状病毒入胞途径的研究进展[J]. 病毒学报, 2019, 35(6): 116-123.
- [4] 国家卫生健康委员会办公厅, 国家中医药管理局办公室. 新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案(试行第七版)[J]. 全科医学临床与教育, 2020, 18(2): 100-105.
- [5] 胡亚伟. 中东呼吸综合征冠状病毒受体结合的分子机制研究[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 安徽大学.
- [6] 郭丽娅,王玉光,刘建,袁怀平,韩雪,霍建伟,等. 2019 新型冠状病毒与严重急性呼吸综合征冠状病毒及中东呼吸综合征冠状病毒相关肺炎研究进展[J]. 心肺血管病杂志, 2020, 39(5): 500-504, 513.
- [7] 翟云,王涛,王海学,钱思源,何春俐,谢松梅. 突发公共卫生事件对药物临床试验实施的影响及应对策略[J]. 中国临床药理学杂志, 2020, 36(12): 1746-1751.
- [8] 张林,马思玥,卢洪洲,石磊,汪邦芳,曹蓓蕾,等. 新冠肺炎患者收治病区消毒隔离的专家共识[J]. 护士进修杂志, 2020(21): 1959-1963.
- [9] 王振玲,赖晓全,谭莉,彭威军,魏诗晴. 新型冠状病毒肺炎患者定点收治医院清洁区环境质量调查与分析[J]. 中国消毒学杂志, 2020, 37(7): 521-524.
- [10] 张欣欣,韩国杰,柴宇霞,张君瑞,黄玲,赵俊雅,张培培. 新型冠状病毒感染流行期间定点医院急诊就诊流程及防控实践[J]. 齐鲁护理杂志, 2020, 26(6): 4-7.
- [11] 邹君惠,张贤平,张亚英,孔懿,刘婷,林泓怡. 新冠肺炎疫情下定点医院发热门诊防控管理[J]. 江苏卫生事业管理, 2020, 31(7): 842-844.
- [12] 刘德新,张博,王跃,邢荣琦,王庭祥. 光触媒在空气净化消毒的研究[J]. 中国热带医学, 2009, 9(8): 1625-1626.
- [13] 杨晶雪,孙雷,杜丽,陈微娜,谭金煜,张馨心. 紫外线照射消毒法对空气消毒净化的效果评价[J]. 中国卫生标准管理, 2016, 7(22): 188-189.
- [14] 宋晓岚,张颖,程蕾,丁意,常彩民. 活性炭在防治大气污染方面的应用研究与展望[J]. 材料导报, 2011, 25(7):

122-126.

- [15] 刘国丹, 傅碧峰, 于慧俐, 武在天. 用于地铁车厢的空气杀菌装置杀灭细菌效果的试验研究[J]. 城市轨道交通研究, 2018, 21(6): 10-12.