

【论著】

# 便携式二氧化氯雾化消毒机的研制 及消毒性能测试

姚宏武<sup>1</sup>, 李鼎<sup>2</sup>, 李丞<sup>2</sup>, 闫海峰<sup>2</sup>, 满晓丽<sup>2</sup>, 闫中强<sup>3</sup>, 魏秋华<sup>4</sup>, 刘运喜<sup>1</sup>

(1 解放军总医院第一医学中心, 北京 100853; 2 上海科琳宝环境科技有限公司;

3 解放军总医院第二医学中心; 4 解放军疾病预防控制中心)

**摘要** 目的 研制适用于应急处置的便携式二氧化氯雾化消毒机(简称消毒机),以快速实施密闭小空间消毒作业。方法 通过气体提纯和反复重溶再过滤提取高纯度二氧化氯,利用分光光度计原理、高频振荡或高压气体实现消毒机的“定时、定量、定浓度”智能控制;通过空气微生物采样器采集样本,进行空气消毒模拟现场试验和空气消毒现场试验,细菌定量检测对该消毒机的灭菌效果进行检测。结果 该消毒机包含原料供应系统、反应系统、液体雾化系统及智能控制系统。当消毒机设定二氧化氯浓度为 200 mg/L 时,在 20 m<sup>3</sup> 气雾室开机消毒 30 min,对室内空气中白色葡萄球菌消除率均 >99.90%;在 54 m<sup>3</sup> 的试验场所中开机消毒 60 min,对空气中自然菌的消除率均 >90.0%。当浓度设定为 100 mg/L 时,在 1 m<sup>3</sup> 的气雾室内开机消毒 120 min,空气中未检出存活细菌。结论 该二氧化氯雾化消毒机操作简便,对密闭空间的空气细菌繁殖体具有较好的杀灭效果。

**关键词** 便携式;雾化消毒机;二氧化氯;杀菌效果

中图分类号: R187.2; R187.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-7658(2022)12-0881-05

DOI: 10.11726/j.issn.1001-7658.2022.12.001

## Development and disinfection effect of a portable chlorine dioxide atomizing disinfection equipment

YAO Hong-wu<sup>1</sup>, LI Ding<sup>2</sup>, LI Cheng<sup>2</sup>, YAN Hai-feng<sup>2</sup>, MAN Xiao-li<sup>2</sup>, YAN Zhong-qiang<sup>3</sup>, WEI Qiu-hua<sup>4</sup>, LIU Yun-xi<sup>1</sup>

(1 The First Medical Center, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853; 2 Shanghai Cleanbay Environment Science&amp;Technology CO., LTD; 3 The Second Medical Center, Chinese PLA General Hospital; 4 Center for Disease Prevention and Control of People's Liberation Army, China)

**Abstract Objective** To develop a portable chlorine dioxide atomizing disinfection equipment( referred to as disinfection equipment) with applicability for emergent biohazard disposal, so as to quickly carry out the disinfection in a small confined space. **Methods** High purity chlorine dioxide were extracted by gas purification and refiltration during repeated redissolution. After using the design principle of spectrophotometer, high-frequency oscillation or high-pressure gas, we realized the intelligent control of “timing, quantitative and concentration” of the disinfection equipment. Samples were collected through the air microorganism sampler, and we carried out air disinfection simulation field test, air disinfection field test, and quantitative detection of bacteria to detect the disinfection effect of the disinfection equipment. **Results** The disinfection equipment includes raw material supply system, atomization system and intelligent control system. When the chlorine dioxide concentration of the disinfection equipment was set at 200 mg/L and the disinfection equipment was turned on for 60 min in a 20 m<sup>3</sup> aerosol chamber, the elimination rate of *Staphylococcus albicans* in the air was above 99.90%, and the elimination rate of natural bacteria in the air was greater than 90.0% when the disinfection equipment was turned on for 60 min in a 54 m<sup>3</sup> test site. When the concentration was set at 100 mg/L and the disinfection equipment was turned on for 120 min in a 1m<sup>3</sup> aerosol room, no viable bacteria were detected in the air. **Conclusion** The chlorine dioxide atomizing disinfection equipment is easy to operate and has a good disinfection effect on the air bacterial propagation in the confined space.

**Keywords** portable; atomizing disinfection equipment; chlorine dioxide; disinfection effect

(基金项目) 军队生物安全项目(2020-YJXTGCWQS-X9288)

(作者简介) 姚宏武(1989-),男,北京人,博士,副研究员,从事疾病预防与控制研究。

(通信作者) 刘运喜, E-mail: liuyunxi301@qq.com

在应对各种突发公共卫生事件和控制新型冠状病毒肺炎疫情中,疫源地室内空气和物体表面终末消毒成为控制疫情不可或缺的有效手段。在终末消毒中,智能化雾化消毒装置起着重要作用<sup>(1-3)</sup>。受

到环境、人员、技术装备及应急处置现场等特殊条件影响,消毒技术及其应急装备保障存在诸多难点<sup>(4,5)</sup>。首先,应急处置现场(如临时的建筑场所或山地、树林)地形复杂不确定,环境简陋,受水源供应、天气、蚊虫影响较大。其次,设备受空间等因素的影响,或是消毒控制设备配备不完善,或是功能和效力被简化。例如,空气消毒仍使用紫外线灯进行消毒,其受干扰的因素多,温度、湿度、室内尘埃数量、空气流动等因素均会影响其消毒效果,使消毒效果无法保证。最后,从实战出发,在最恶劣的条件下,例如在运行物资空间有限、长期战争和抢险救灾的极端环境下执行救援任务,必然物资紧缺,落实配备足量的含氯消毒剂、卫生消毒湿巾和携带多套消毒装备等保障感染防控工作存在巨大阻力。既往研究表明,二氧化氯消毒剂不仅消毒效果可靠、作用速度快、无公害,而且可以在汽化或雾化状态下使用<sup>(6)</sup>。因此,二氧化氯消毒剂的功效和应用得到了世界卫生组织(WHO)认可<sup>(7,8)</sup>,国内也将其列为抗击疫情可用消毒剂之一。本研究在前期消毒技术研究基础上<sup>(9,10)</sup>,进一步突破高纯度二氧化氯的研制工艺和稳定储存技术等难题,研制了适用于应急处置的便携式二氧化氯雾化消毒机(简称消毒机),从而能够快速简便地对应急处置现场的密闭小空间实施消毒作业。现将该装备整体设计、关键技术和性能测试介绍如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验用消毒机组成包括原料供应系统、反应系统和纯二氧化氯消毒液制取系统等。其中,纯二氧化氯消毒液制取系统中包含关键的“三定”智能控制系统及二氧化氯在线检测传感器。通过分别研究主要功能模块,再整体集成设计、小型化处理,最终形成现有的消毒机。

试验指标菌包括白色葡萄球菌(8032)和枯草杆菌黑色变种芽孢(ATCC 9372),由广东省微生物菌种保藏中心提供。相关培养基为普通营养琼脂培养基、营养肉汤培养基,均为市售干粉培养基。

试验所需的仪器有六级筛孔空气撞击式采样器、微生物气溶胶发生器、电热恒温培养箱、恒温水箱、生物安全柜等,均为国内产品。

空气消毒模拟现场试验场所为20 m<sup>3</sup>气雾室(试验舱),空气消毒现场试验场所为54 m<sup>3</sup>办公室。灭菌效果试验用气雾柜的体积为1 m<sup>3</sup>。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 消毒机工作原理及设计 消毒机的工作原

理是通过原料系统中计量泵将原料泵入反应器中进行反应,生成高浓度二氧化氯消毒液;通过气液分离装置形成纯二氧化氯气体,然后进入纯液制取系统产生高纯度二氧化氯消毒液;通过检测系统实时监测该消毒液的浓度,再经雾化系统将纯二氧化氯消毒液雾化对空间进行消毒(图1)。

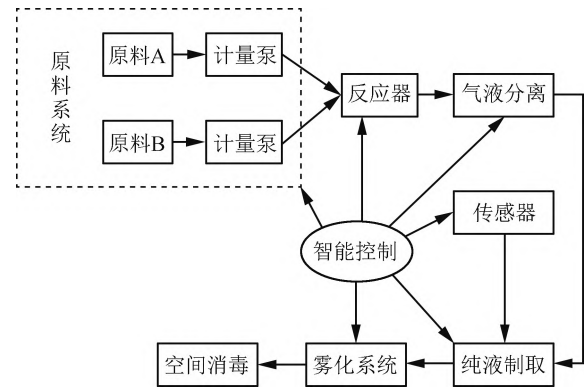


图1 消毒机原理图

#### 1.2.2 消毒机关键技术环节 (1) 二氧化氯气体

提纯:利用二氧化氯自身的特性并通过特定的气液分离装置,将二氧化氯气体从溶液中分离,再通过气体提纯装置将微量的氯气等杂质气体去除,获得纯二氧化氯气体。(2) 二氧化氯消毒液的制取:采取多级循环反复重溶技术,实现了针对逃逸气体的再次收集和强制重溶,可以快速提升溶液内的二氧化氯浓度,获得纯二氧化氯消毒液。(3) “定时、定量和定浓度”智能控制系统:用分光光度计监测二氧化氯浓度,用高频振荡或高压气体使高浓度二氧化氯溢出的方法,实现二氧化氯消毒的定时、定量、定浓度的“三定”原则。(4) 在线传感器:浓度监测传感器一端为发光二极管,一端为光电池。两者通过在线检测电路相连,内置于消毒液体内,不必取出液体即可进行检测,从而实现二氧化氯浓度的精准监测。

#### 1.2.3 二氧化氯消毒液浓度与纯度的检测 浓度

检测依据 GB 28931—2012《二氧化氯消毒剂发生器安全与卫生标准》中的五步碘量法,用五步碘量法测定消毒机不同浓度设置时制取的消毒液中的各种氯化物的浓度,确定设备在线检测装置检测的准确性及消毒液中二氧化氯的纯度。二氧化氯纯度计算公式:二氧化氯纯度=(二氧化氯物质的量浓度/所有氯化物物质的量浓度总和)×100%。

#### 1.2.4 消毒效果检测 (1) 菌液制备:取白色葡萄

球菌纯化分离的单个典型菌落,接种营养琼脂培养基斜面,于37℃培养24 h。用稀释液洗下斜面培养物,用无菌脱脂棉过滤后,稀释成浓度为5×10<sup>5</sup>~

$5 \times 10^6$  cfu/mL 的雾化菌悬液。枯草杆菌黑色变种芽孢为市售枯草杆菌黑色变种芽孢菌片,含菌量为  $5 \times 10^5 \sim 5 \times 10^6$  cfu/片。(2) 空气消毒模拟现场试验:将消毒机置于试验舱内,微生物气溶胶发生器将配制好的菌悬液,启动发生器产生细菌气溶胶,使空间菌量达到  $5 \times 10^5 \sim 5 \times 10^6$  cfu/m<sup>3</sup>。启动消毒机,运行 30 min 和 60 min 后,分别用六级筛孔空气撞击式采样器分别对试验组和对照组气雾室同时进行采样。将采样平板经培养后进行活菌计数,计算空气中细菌消亡率。试验重复 3 次。(3) 1 m<sup>3</sup> 气雾柜内杀菌试验:取 20 个枯草杆菌黑色变种芽孢菌片布放在气雾柜内设定的位置,将消毒机置于气雾柜内。启动消毒机运行 120 min,将菌片取出,接种于培养基进行培养。同时设定对照组,菌片不经消毒处理,只作无菌水雾化。(4) 空气消毒现场试验:将便携式二氧化氯消毒机置于 54 m<sup>3</sup> 的试验场所内,布置 2 个采样点,用六级筛孔空气撞击式采样器进行消毒前空气中自然菌采样,作为阳性对照。启动二氧化氯雾化消毒机运行 60 min,按上述方法进行消毒后采样,作为试验组。采样平板经培养进行活菌计数,计算空气中自然菌消亡率。试验重复 3 次。

## 2 结果

### 2.1 消毒机的组成

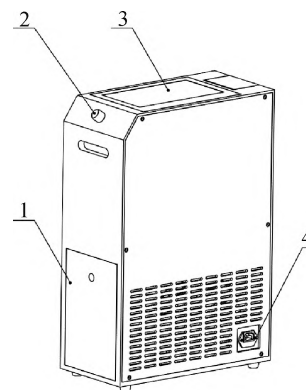
本研究消毒机包含原料供应系统、反应系统、纯二氧化氯消毒液制取系统、雾化系统及智能控制系统。具体内容如下:(1) 原料供应系统,包含原料瓶、计量泵、残液箱及排液泵;反应系统包含反应器、气液分离及二氧化氯气体提纯装置;(2) 纯二氧化氯消毒液制取系统,包含二氧化氯消毒液浓度在线检测装置;(3) 雾化系统,包含高压气体供给装置及雾化喷头(为保证效果,雾化喷头的雾化颗粒小于 20 μm);(4) 整机的智能控制,包含与各个系统相连的电路控制系统、电源供给系统及显示系统;整套系统集成于同一外壳中,形成一台完整的消毒机(图 2)。

### 2.2 整机性能

该消毒机实现二氧化氯消毒液的制取过程通过在线传感器实时监控和二氧化氯消毒液的精准制取。经测试二氧化氯纯度可达 99% 以上,呈弱酸性。该消毒机可采用低温、高压雾化,其雾化颗粒低于 20 μm 的颗粒达到 90%。

### 2.3 二氧化氯消毒液浓度及纯度

经第三方检测,消毒机在设定浓度为 200 mg/L 时,制取的消毒液实际检测浓度为 189.1 mg/L,二氧化氯纯度为 99.2% (表 1)。



注:1. 原料舱;2. 雾化喷头;3. 显示屏;4. 电源口

图 2 消毒机整机示意图

表 1 二氧化氯消毒液浓度及纯度检测结果

测试序号	浓度(mg/L)	纯度(%)
1	189.4	99.3
2	189.0	99.2
3	188.9	99.2
平均值	189.1	99.2

实验室检测结果表明,在二氧化氯纯度设定为 100、200 和 400 mg/L 时,浓度实测值与设定值无显著差异(表 2),纯度均大于 99%。

表 2 不同设定浓度(mg/L)二氧化氯消毒液的浓度和纯度实测值

样品编号	不同设定浓度的实测浓度(mg/L)			不同设定浓度的实测纯度(%)		
	100	200	400	100	200	400
1	99.5	198.6	397.6	99.1	99.2	99.1
2	98.7	197.9	401.5	99.5	99.0	99.0
3	99.3	198.5	398.9	99.2	99.2	99.3
4	99.6	199.6	397.9	99.3	99.1	99.1
5	98.9	200.4	400.2	99.2	99.0	99.0
平均值	99.2	199.0	399.2	99.3	99.1	99.1

### 2.4 空气消毒模拟现场试验结果

经检测,使用消毒机(设定浓度为 200 mg/L)在 20 m<sup>3</sup> 气雾室开机消毒 30 min,试验重复 3 次,对室内空气中白色葡萄球菌的消除率均 >99.90% (表 3)。

表 3 消毒机模拟现场试验结果

组别	试验前菌数 (cfu/m <sup>3</sup> )	作用 30 min		作用 60 min	
		菌数 (cfu/m <sup>3</sup> )	消除率 (%)	菌数 (cfu/m <sup>3</sup> )	消除率 (%)
对照组	3 450 000	268 000	22.21	236 000	31.63
	279 000	224 000	19.71	219 000	21.31
	296 000	220 000	25.62	199 000	32.71
试验组	279 000	163	99.92	2	99.99
	253 000	173	99.91	2	99.99
	268 000	1 702	99.91	4	99.98

### 2.5 空气消毒现场试验结果

经测试,使用消毒机(设定浓度为 200 mg/L)在 54 m<sup>3</sup> 的试验场所中开机消毒 60 min,试验重复 3 次,对空气中自然菌的消除率均 >90.0% (表 4)。

表 4 消毒机对空气自然菌的杀灭试验结果

序号	采样位置	空气中的自然菌菌数( cfu/m <sup>3</sup> )		消除率 (%)
		消毒前	消毒后	
1	布点 1	148	14	90.48
	布点 2	212	21	90.00
	布点 3	92	7	92.31
2	布点 1	166	14	91.49
	布点 2	322	21	93.41
	布点 3	282	28	90.00
3	布点 1	187	18	90.57
	布点 2	445	32	92.86
	布点 3	174	18	90.38

### 2.6 杀灭细菌芽孢的效果

经本实验室测试和第三方测试,使用消毒机(设定浓度为 100 mg/L)于 1 m<sup>3</sup> 的气雾室内按照预定程序启动运行 120 min,所有枯草杆菌黑色变种芽孢菌片培养均无菌生长,阳性对照组有菌生长,可达到无菌生长的试验结果。

## 3 讨论

自 2020 年新冠肺炎疫情出现以来,消毒技术得到了快速发展,新型消毒方法和新式消毒装备层出不穷。本文研制的新型消毒机,旨在瞄准平时应急处境的快速消毒目标,重点解决消毒剂制取方便、装备便携、消毒高效等应急处境的消毒需求。经系统研制和测试,研制的便携式二氧化氯雾化消毒机的特性主要有 3 个方面:(1)能实时制取纯二氧化氯消毒液,包括纯二氧化氯气体和纯二氧化氯消毒液;(2)具有定时、定量、定浓度的“三定”特性;(3)具有雾化系统和小型便携特点。另外,实验室和第三方的检测结果表明,消毒机的消毒效果符合《消毒技术规范》要求,能够实现对密闭空间的快速消毒。

目前,从消毒剂种类来讲,二氧化氯、过氧化氢和过氧乙酸已成为了日常生活中应用广泛的空气消毒剂<sup>(11)</sup>,但过氧化氢和过氧乙酸对人体黏膜和呼吸道均存在不同程度的刺激性<sup>(12-14)</sup>,而本消毒装备采用的二氧化氯消毒剂是国际上公认的无“三致”(致癌、致畸、致突变)的 A1 级安全消毒剂,在人体和环境的友好性方面,具有明显的优势<sup>(10)</sup>。此外,二氧化氯消毒剂纯度越高,其消毒效果越明显。

另外,鉴于二氧化氯在高温环境下易分解的特

性,本研究的雾化系统针对性采用了低温高压雾化方式,包含高压气体供给装置及文丘里雾化喷头,其工作原理是通过机械力将二氧化氯溶液变成粒径 <10 μm 的小雾滴,使其能够在空间中快速扩散,比普通喷洒方式的消毒效果更好。王贞涛等<sup>(15)</sup>的研究也证明,与传统的喷洒式消毒设备相比,采用高压雾化方式,消毒机在空间分布更均匀,既能节省消毒液又具有更好的杀菌效果。但也有研究表明,汽化方式比雾化方式对医院病房的消毒效果更好<sup>(16)</sup>。二氧化氯在常温下呈气态,由于气体布朗运动的特殊性,气体在空间中的分布会更加均匀,能达到无死角的消毒效果<sup>(17)</sup>。因此,探讨如何控制二氧化氯气体的制取浓度,使其在保证人员安全的情况下,能够简单、快速、有效地直接用于密闭空间环境消毒,这一直是业界研究的重点。

本文研制的消毒机在充分借鉴现有技术和已有成熟产品、装备的基础上,突破二氧化氯提纯技术瓶颈,研究高纯度二氧化氯提取、精确制取、定时、定量、定浓度智能消毒等关键技术,并对各系统进行集成化设计,形成一款结构紧凑、使用便捷、功能全面的一体式雾化消毒机。该装备体积小,具备原料和装备携带方便,以及消毒液及气体制取快速且简便等特点,既能满足应急处境的多种消毒需求,又具备紧急调动、快速作业等保障特征,可极大地提升应急消毒保障能力,因此具有广阔的应用前景。

## 参考文献

- (1) 曹务春,赵月娥,史套兴. 应对突发生物事件应急保障能力建设的对策研究[J]. 中国应急管理 2009(10): 8-14.
- (2) Gao GF. From “A”IV to “Z”IKV: attacks from emerging and re-emerging pathogens [J]. Cell 2018, 172(6): 1157-1159.
- (3) 魏秋华,任哲. 2019 新型冠状病毒感染的肺炎疫源地消毒措施[J]. 中国消毒学杂志 2020, 37(1): 59-62.
- (4) 杨文字,张鹭鹭,郑春雨,等. 军队医院突发生物事件应急处置策略[J]. 解放军医院管理杂志 2011, 18(10): 987-988.
- (5) 张虹,梁明,李菲,等. 新型野战伤病综合手术救治方舱的消毒管理[J]. 解放军护理杂志 2013, 30(17): 70-71.
- (6) 杨德红,王坤,杨本勇,等. 绿色消毒剂二氧化氯的应用[J]. 化工管理 2022(16): 80-82, 122.
- (7) Rutala WA, Weber DJ. Disinfection and sterilization: an overview [J]. Am J Infect Control 2013, 41(46): 2-5.
- (8) US Environmental Protection Agency. Pesticides-Reregistration Eligibility Decision(RED) for chlorine dioxide( including sodium chlorite) [S]. 2006.
- (9) 姚宏武,闫中强,杜明梅,等. 超低温储存消毒杀虫剂的复配及效果观察[J]. 中国消毒学杂志 2020, 37(6): 410-412.
- (10) 韦明肯,赖洁玲,詹萍. 二氧化氯杀菌机理研究进展[J]. 微生物学报 2012, 52(4): 429-434. (下转第 888 页)

结合临床症状、血液学、血液生化、脏器系数和组织病理学的变化,我们认为 28 d 重复接触含 10 000 mg/L(生物污染物的消毒剂量)次氯酸钠溶液的消毒液,会导致气管、肺、肝、肾等部位出现一系列病变,这些毒性作用的潜在机制可能与次氯酸钠的刺激性和氧化性有关<sup>[18]</sup>。而 28 d 重复接触含 400 mg/L(普通消毒剂量)次氯酸钠溶液的 84 消毒液无明显毒性反应。

本研究表明,28 d 重复暴露于含 10 000 mg/L 次氯酸钠的 84 消毒液会引起多种全身性危害毒性,包括眼、呼吸系统、肝和肾毒性,含 400 mg/L 次氯酸钠的 84 消毒液相对安全。因此我们强调,长期和高剂量 84 消毒液的使用,可能是造成职业和家庭安全隐患的风险因素。鉴于在新冠肺炎大流行期间广泛且频繁地使用 84 消毒液,及时通风和使用有效的防护措施以保护人群免受 84 消毒液毒性损伤是非常必要的。

### 参考文献

(1) Safiabadi Tali SH ,LeBlanc JJ ,Sadiq Z ,et al. Tools and techniques for severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 ( SARS-CoV-2) /COVID-19 detection [J]. Clin Microbiol Rev , 2021 ,34( 3) : e00228-20.

(2) Rai NK ,Ashok A ,Akondi BR. Consequences of chemical impact of disinfectants: safe preventive measures against COVID-19 [J]. Crit Rev Toxicol. 2020 ,50( 6) : 513-520.

(3) San Juan-Reyes S ,Gómez-Olivín LM ,Islas-Flores H. COVID-19 in the environment [J]. Chemosphere 2021 ,263: 127973.

(4) Rutala WA ,Weber DJ. Uses of inorganic hypochlorite ( bleach) in health-care facilities [J]. Clin Microbiol Rev ,1997 ,10( 4) : 597-610.

(5) Choi HY ,Lee YH ,Lim CH ,et al. Assessment of respiratory and systemic toxicity of Benzalkonium chloride following a 14-day inhalation study in rats [J]. Part Fibre Toxicol 2020 ,17( 1) : 5.

(6) Centers for Disease Control and Prevention. Best practices for environmental cleaning in healthcare facilities in resource-limited settings. 1st ed. Atlanta ,GA: US Department of Health and Human Services ,CDC [M]. Cape Town: Infection Control Africa

Network 2019.

(7) Chang A ,Schnall AH ,Law R ,et al. Cleaning and disinfectant chemical exposures and temporal associations with COVID-19 – National poison data system ,United States ,January 1 ,2020– March 31 ,2020 [J]. MMWR Morb Mortal Wkly Rep ,2020 ,69 ( 16) : 496-498.

(8) Slaughter RJ ,Watts M ,Vale JA ,et al. The clinical toxicology of sodium hypochlorite [J]. Clin Toxicol ( Phila) ,2019 ,57( 5) : 303-311.

(9) Luttrell W. Toxic tips: sodium hypochlorite [J]. Chemical Health and Safety 2001 ,8( 6) : 24-26.

(10) Squadrito GL ,Postlethwait EM ,Matalon S. Elucidating mechanisms of chlorine toxicity: reaction kinetics ,thermodynamics ,and physiological implications [J]. Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol 2010 ,299( 3) : L289-300.

(11) White CW ,Martin JG. Chlorine gas inhalation: human clinical evidence of toxicity and experience in animal models [J]. Proc Am Thorac Soc 2010 ,7( 4) : 257-263.

(12) Matulonga B ,Rava M ,Siroux V ,et al. Women using bleach for home cleaning are at increased risk of non-allergic asthma [J]. Respir Med 2016 ,117: 264-271.

(13) Wilken JA ,DiMaggio M ,Kaufmann M ,et al. Inhalational chlorine injuries at public aquatic venues – California 2008 – 2015 [J]. MMWR Morb Mortal Wkly Rep 2017 ,19; 66( 19) : 498-501.

(14) Auti ST ,Kulkarni YA. Acute and 28-day repeated dose oral toxicity study of caraway oil in rats [J]. Drug Metab Pers Ther 2019 ,27; 34( 3) .

(15) Miaffo D ,Wansi SL ,Ntchapda F ,et al. Chronic oral safety study of the aqueous extract of Combretum molle twigs on biochemical , haematological and antioxidant parameters of Wistar rats [J]. BMC Complement Med Ther ,2020 ,20( 1) : 106.

(16) Tripathi KD. Essentials of medical pharmacology [M]. JP Medical Ltd 2018.

(17) Engel F ,Pinto LH ,Del Ciampo LF ,et al. Comparative toxicity of physiological and biochemical parameters in Euglena gracilis to short-term exposure to potassium sorbate [J]. Ecotoxicology , 2015 ,24( 1) : 153-162.

(18) Carlisle M ,Lam A ,Svendsen ER ,et al. Chlorine-induced cardiopulmonary injury [J]. Ann N Y Acad Sci ,2016 ,1374( 1) : 159-167.

( 收稿日期: 2022 - 08 - 02)

### ( 上接第 884 页)

(11) 于鑫玮 ,张越巍 ,武迎宏. 新型冠状病毒肺炎疫情期间综合医院内终末消毒剂的选择. 中国消毒学杂志 ,2020 ,37( 6) : 465-468.

(12) Hakim H ,Tham makam C ,Suguro A ,et al. Aerosol disinfection capacity of slightly acidic hypochlorous acid water towards new-castle disease virus in the air: an in vivo experiment [J]. Avian Dis 2015 ,59( 4) : 486-491.

(13) Wang L ,Bassiri M ,Najafi R ,et al. Hypochlorous acid as a potential wound care agent. Part I . Stabilized hypochlorous acid: a component of the inorganic armamentarium of innate immunity [J]. J Burns Wounds 2007 ,6: e5.

(14) 张倩 ,银燕 ,贾兴真 ,等. 某发生器产次氯酸消毒液的杀菌效果及其毒性试验观察 [J]. 中国消毒学杂志 ,2016 ,33( 9) : 833-836.

(15) 王贞涛 ,王军锋 ,杨敏官 ,等. 高压静电喷洒消毒机的研制 [J]. 农机化研究 2007 ,7( 7) : 91-94.

(16) 夏娴 ,樊林科 ,刘燕玲 ,等. 汽化和雾化过氧化氢两种方法对病房消毒效果比较 [J]. 中国消毒学杂志 2016 ,33( 10) .

(17) 王涛. 气体二氧化氯空间消毒动力学模型及消毒条件监测技术研究 [D]. 天津: 军事医学科学院 2016.

( 收稿日期: 2022 - 09 - 22)