

Selection of Disinfectants in COVID-19 Epidemic and Its Impact on Environment

Pan Zhu, Zhaohua Li, Lilian Wen, Wei Cai, Ru Feng, Yunyi Zhou, Qun Kang*

School of Resources and Environment, Hubei University, Wuhan Hubei
Email: *kangqun@hubu.edu.cn

Received: Aug. 1st, 2020; accepted: Aug. 21st, 2020; published: Aug. 28th, 2020

Abstract

Since the outbreak of COVID-19 in 2019, high-intensity epidemic prevention measures were taken across the country, including Wuhan, to stop the epidemic. Disinfectants are widely used in human body, surface disinfection of objects, and comprehensive elimination of environment. At present, there are many kinds of disinfectants which have different pertinence and effectiveness, and the impact on the environment also varies. In this paper, the disinfectants commonly used in major epidemic situations and their application methods are reviewed and the potential environmental impacts of disinfectant were analyzed, which is important to protect the ecological environment after a major epidemic.

Keywords

COVID-19, Commonly Used Disinfectants, Sorts, Environment, Impact

新冠疫情中消毒剂的选择及其对环境的影响

朱攀, 李兆华, 温丽莲, 蔡伟, 冯如, 周云夷, 康群*

湖北大学资源环境学院, 湖北 武汉
Email: *kangqun@hubu.edu.cn

收稿日期: 2020年8月1日; 录用日期: 2020年8月21日; 发布日期: 2020年8月28日

摘要

自2019年新型冠状病毒肺炎(COVID-19)爆发以来, 全国各地包括武汉在内均采取高强度防疫举措阻止疫情蔓延, 各类消毒剂被较大规模地用于人体、物体表面消毒以及环境全面消杀处理。目前消毒剂种类

*通讯作者。

文章引用: 朱攀, 李兆华, 温丽莲, 蔡伟, 冯如, 周云夷, 康群. 新冠疫情中消毒剂的选择及其对环境的影响[J]. 环境保护前沿, 2020, 10(4): 599-605. DOI: 10.12677/aep.2020.104074

繁多, 针对性、有效性不一, 可能对环境造成的影响也不尽相同。本文综述了重大疫情中常用的消毒剂及使用方法, 分析了消毒剂对环境的潜在影响, 对于在重大疫情后保护生态环境有较为重要的意义。

关键词

新冠疫情, 常用消毒剂, 种类, 环境, 影响

Copyright © 2020 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

新型冠状病毒(2019-nCoV)属于包膜的 RNA 亲脂病毒, 是人类疾病中致命危险的高风险病原体。尽管在人类认知中包膜病毒具有易碎特性, 但实际上它们具有潜在的环境抵抗力, 变异迅速且持续缺乏特异性治疗[1]。因此, 做好预防感染措施是控制 2019-nCoV 传播的重要途径。2019-nCoV 对热力、紫外线和中低效消毒剂都很敏感, 尤其对消毒剂的抗力较弱, 一般消毒剂即可杀灭[2]。

消毒剂是用于杀灭传播媒介上的微生物使其消毒或灭菌的制剂。按有效成分可分为醇类消毒剂、含氯消毒剂、含碘消毒剂、过氧化物类消毒剂、胍类消毒剂、酚类消毒剂、季铵盐类消毒剂等。针对本次新型冠状病毒, 国内外常用的消毒剂包括含氯消毒剂、醇类消毒剂、二氧化氯消毒剂和过氧化物类消毒剂, 其中含氯消毒剂用量最多。

某些消毒剂在使用过程中会对环境造成污染。例如含氯消毒剂, 刺激性大, 容易受到 PH 值等因素的影响, 频繁使用此类消毒剂, 有可能使环境中的残留毒素增多, 且会造成二次污染。SARS 流行期间, 消毒剂使用较非疫情期间增长了 3~5 倍, 含氯消毒剂、过氧化物类消毒剂使用量激增, 这样大规模地使用消毒剂在人类历史上属首次, 引起了国内外专家的关注。刘建高等人调研发现: 大规模持续使用消毒剂对环境与人体健康有影响, 建议预防类似 SARS 疫情必须使用消毒剂且做好防护措施[3]。

本文讨论了疫情期间不同场合下使用的消毒剂的种类, 使用方法, 分析其对环境产生的潜在影响, 对重大疫情中消毒剂的使用及生态环境保护有指导意义。

2. 新冠疫情期间使用的消毒剂

中国疾病预防控制中心新型冠状病毒肺炎应急响应机制重点场所防护与消毒技术组发布的指南中指出: 非疫情期间, 医疗机构消毒工艺严格按照《消毒技术规范(2002 版)》执行, 新冠肺炎流行期间, 医疗机构消毒推荐投加二溴二甲基乙内酰脲(二溴海因)、含氯消毒剂、二氧化氯等[4]。可以得出: 新冠疫情期间使用的消毒剂相较于非疫情期间而言更有针对性。并且, 新冠疫情期间消毒剂使用规模大, 持续周期长, 远远超出非疫情期间消毒剂的使用量, 因而疫情期间消毒剂的使用对环境造成影响的程度也是有别于平时的。

下文介绍了新冠期间常用的几类消毒剂以及其对环境的影响差异。含氯消毒剂、过氧化物类和过氧化物类消毒剂应用面广, 可应用于水、环境、物体表面等多方面消毒, 极少用于人体或动物体表面消毒。其中, 过氧化物类与过氧化物类消毒剂性质不稳定不易贮存, 需要现配现用, 含氯消毒剂使用最为广泛, 对环境的潜在危害也最为突出。以上三种消毒剂均会对生态环境和人体呼吸道、眼黏膜等造成不良影响。醇类消毒剂与碘类消毒剂主要应用于人体表面消毒, 消杀效果好, 对人体和环境的不良影响很小。

2.1. 含氯消毒剂

含氯消毒剂是指溶于水中能产生有效氯(次氯酸)的消毒剂,主要分为有机含氯消毒剂与无机含氯消毒剂两种。

有机含氯消毒剂主要有二氯异氰尿酸钠、三氯异氰尿酸、氯胺-T、二氯二甲基海因、四氯甘脲氯脲等。无机含氯消毒剂主要有:漂白粉、漂白精(高效次氯酸钙)、次氯酸钠、氯化磷酸三钠等。

次氯酸具有高氧化性、低毒、有强烈的刺激性气味、对金属有腐蚀性、对织物有漂白作用、不稳定等特点。以漂白粉(即次氯酸钙)和辅形剂压制的粉剂和泡腾片剂溶于水同样分解出次氯酸。以三氯异氰尿酸加分解剂、稳定剂、非离子表面活性剂、缓蚀剂等压成的泡腾片剂,投入水中能快速溶解生成次氯酸。由强到弱依次为三氯异氰尿酸、二氯异氰尿酸钠、次氯酸钠、次氯酸钙。

至今,含氯消毒剂广泛应用于饮用水、环境、医疗卫生等领域内的消毒,也适用于餐(茶)具、物体表面、水、疫源地等消毒,应用极为普遍。

此次疫情期间,含氯消毒剂广泛用于污染物(患者的血液、分泌物、呕吐物、排泄物)及场所、物体消毒等。

用于污染物消毒:对于少量污染物,常用 5000~10,000 mg/L 的含氯消毒剂,用一次性吸水材料蘸取消毒剂,作用 30 分钟后移除。对于大量污染物,用含吸水成分的消毒粉或漂白粉完全覆盖,浇 5000~10,000 mg/L 的含氯消毒剂足量,作用 30 分钟以上。对于容器中的污染物,以 5000 mg/L 含氯消毒剂浸泡 30 分钟后清洗或者以 20,000 mg/L 含氯消毒剂,按照粪、药比例 1:2 浸泡消毒两小时。也可加 1/5 量漂白粉或混合含有效氯 0.5% 的含氯消毒液进行浸泡消毒,作用 60 min 以上。用于地面墙壁消毒:选用 1000 mg/L 的含氯消毒剂,擦拭或者喷洒,喷洒量 100~300 L/m²,不少于 30 分钟,由外向内后由外向内喷洒两次。用于物体表面消毒:对于桌、椅、柜、门窗、病历卡、医用仪器等物体表面,选用 1000~2000 mg/L 的含氯消毒剂,喷洒、擦拭或浸泡 30 分钟后用清水擦拭[5]。用于空气消毒,以有效氯 1500~2000 mg/L 的含氯消毒剂喷雾,20~30 mL/m²,作用 30 min。用于污水消毒:对于未发现确诊或者疑似病例的社区,经一级或二级处理后的污水按照有效氯 5~10 g/m²,投加消毒剂;对于有确诊或者疑似病例的社区,按照有效氯 30~50 g/m²,投加消毒剂。投加消毒剂应设置消毒反应池,停留时间不少于 30 分钟。无反应池的,无确诊或者疑似社区,投加量按照 30 g/m²计;有确诊或者疑似社区,投加量按照 50 g/m²计。用于农村厕所消毒:对于粪便消毒,应当加入漂白粉或二氧异氰尿酸钠干粉或溶液混合均匀,作用 12 小时以上,消毒剂量按照每 1 L 粪便 20 g 有效氯计算,消毒后的粪便及时清理并禁止暴露。对于厕所环境消毒,如当地已发现确诊病例,应在发现 12 h 内对厕所内环境和第三格污水使用含氯消毒剂进行消毒。地面、墙壁和门窗使用 1000~2000 mg/L 有效氯含氯消毒剂溶液喷雾。泥土墙吸液量为 150~300 mL/m²,水泥墙、木板墙、石灰墙为 100 mL/m²。地面消毒先由外向内、再由外向内各喷雾 1 次,喷药量为 200~300 mL/m²。消毒剂作用时间不少于 1 h。厕所污水外排前按有效氯 80~100 mg/L 的用量投加含氯消毒剂,作用时间不少于 1 h [6]。

84 消毒液是以次氯酸钠溶液为主要原料生产的有效氯含量在 40~70 g/L 之间的产品,可用于物品表面、地面、墙壁喷洒或擦拭消毒,也可用于物品、餐饮具、卫生洁具等浸泡消毒。二氯异氰尿酸钠(消毒威)的使用很方便,直接用于喷洒消毒,浸泡消毒和饮用水的消毒,消毒力强,安全性高,可以对动物体消毒。三氯异氰尿酸时有机氯胺消毒剂,适用范围广,毒性副作用低。其他含氯消毒剂及其制作的消毒泡腾片都是常用的产品,除用于环境物体表面、污染物(粪便、呕吐物)消毒之外,也常用于水体特别是污水消毒。

2.2. 醇类消毒剂

醇类消毒剂主要指乙醇,可以使蛋白质变性凝固,对微生物增殖体和亲脂体病毒起作用[7],

对细菌芽孢无效果。除乙醇之外，醇类消毒剂还包括正丙醇和异丙醇，也是两种最常见的醇类消毒剂。三种醇类消毒剂杀菌水平相近，处于中等水平。

用醇类作用于病毒时，不到 60 秒，病毒即被灭活。针对 2019-nCoV 此类亲脂病毒，乙醇是简单易得且十分有效的消毒剂。75%乙醇(酒精)是本次新型冠状病毒肺炎疫情中各版防控指南都推荐的新冠病毒消毒产品。醇类消毒剂不仅可以用于手及皮肤消毒，也可用于伴手物品消毒以及小件物品浸泡消毒，但因其属于易燃易爆品，不建议用于大量喷洒喷雾消毒。也不建议用乙醇对口罩表面作喷雾消毒，会导致口罩降低或丧失过滤效果[2]。

2.3. 二氧化氯类消毒剂

二氧化氯是一种较理想的消毒剂，它兼有氯和臭氧消毒的许多优点。二氧化氯是一种氧化剂而非氯化剂，它与水中的许多有机物(如苯酸、伯胺和仲胺、饱和脂肪酸、苯磺酸、硫胺素等)不发生反应，与水中其它有机物反应，只生成氧化产物，不生成三卤甲烷。二氧化氯杀灭病菌和病毒的效果，远比氯高，有时还超过臭氧。在欧洲和北美的许多城市，二氧化氯已广泛用于饮用水和废水的消毒处理。但需要注意的是，它是一种不稳定的化合物，对温度、压力和光均较敏感，遇火花和有机物，4%浓度就会引起爆炸。因此，二氧化氯不利于大批量制取和运输，只能就地生产，就地使用[5]。

疫情期间，二氧化氯常用于物品表面、地面、墙壁喷洒消毒，医院污水消毒，饮用水消毒，也常用于空间气溶胶喷雾消毒[2]。以二氧化氯为主要成分的泡腾片，置于水中溶解率高，无残留不溶物，消杀作用很强。

选用 500 mg/L 的二氧化氯消毒剂，擦拭或者喷洒，喷洒量 100~300 L/m²，不少于 30 min，由外向内后由外向内喷洒两次，可用于地面墙壁消毒。

2.4. 过氧化物类消毒剂

过氧化物类消毒剂主要包括过氧化氢、过氧乙酸、过氧戊二酸、臭氧等。此类消毒剂杀菌能力强、杀菌广谱、作用快、能杀死细菌、霉菌、芽孢和真菌，但大多具有性质不稳定、刺激性强、腐蚀性强的缺点，长期使用将对环境及人体呼吸道、眼黏膜造成极大破坏。

过氧化氢及过氧乙酸作为高水平消毒剂，最为常见，使用时要注意现配现用。

COVID-19 肆虐期间，过氧化氢消毒剂常用浓度约为 30 g/L，用于空间气溶胶喷雾消毒，手、皮肤消毒，还有过氧化氢消毒巾、过氧化氢消毒机等产品用以消毒处理。高浓度过氧化氢用于汽化消毒，过氧化氢消毒器可对密闭空间空气和物体表面做联合消毒，从而达到高水平消毒效果。

过氧乙酸消毒剂用于物品表面、地面、墙壁喷洒或擦拭消毒，也常用于空间超低容量喷雾消毒以及小体积空间、衣物等熏蒸消毒。Pruss 等人研究发现：使用过氧乙酸和乙醇的复方消毒刊，可以抑制 HIV 活性，进而达到灭活病毒的目的。过氧乙酸消毒剂用于空间气溶胶喷雾消毒，在无人情况下用 0.5%过氧乙酸喷雾，20~30 mL/m²作用 30 min。在有人情况下，空气消毒可用 3%双氧水喷雾，20~40 mL/m²，作用 60 min，每天上下午各 1 次。0.1%过氧乙酸拖地用于地面消毒。0.2%过氧乙酸溶液洗涤、浸泡 5 min 用于手、皮肤、果蔬餐具、物体表面消毒；温度计用 0.5%溶液浸泡 30 min，消毒液每天换 2 次。

过氧戊二酸是一种高效的过羧酸消毒剂，对细菌、芽孢及乙型肝炎表面抗原消毒效果好，用于医疗器械消毒[8]。但过氧戊二酸有低毒性、刺激性强且腐蚀性强，无蓄积作用和三致效应。作为一种有机过氧化物，过氧戊二酸稳定性差，热危险性高，浓度过高时可能发生爆炸，在储存、运输过程中也极易分解。

根据消毒机理，在对同一场地进行重复消毒时，最先使用过氧化物类消毒剂消毒后，对后续使用的

消毒剂,使用的剂量可以适当减少,且病原体不易对消毒剂产生耐药性。

2.5. 碘类消毒剂

碘类消毒剂主要分为两类:一类是传统碘制剂(碘水溶液、碘酊和碘甘油),另一类是碘伏类(非离子型、阴离子型和阳离子型)。碘伏类消毒剂杀菌能力均较强。其中,非离子型(PVP-I/NP-I)安全性高,广谱杀菌,常见于医用。

含碘消毒剂的典型代表是碘伏及碘酊。碘酊是各版药典记载的处方消毒剂,是有效碘含量为 20 g/L 碘的醇溶液,是传统的皮肤消毒剂。碘伏属于含碘络合物,有效碘含量在 1000~5000 mg/L,属于近代新型含碘消毒剂,广泛用于各类皮肤黏膜消毒剂及其他领域的消毒。

此次疫情中,碘类消毒剂主要用于人体消毒。用含有效碘 0.3%~0.5%溶液揉搓 1~3 min 可用于手消毒。用含有效碘 0.5%溶液刷洗 5 min 可用于皮肤、粘膜消毒。目前,养殖场中广泛使用聚维酮碘进行消毒,其消杀效果好,安全性高[6]。

3. 消毒剂对环境的影响

能成为疫情防控常用消毒剂一般应满足有效、供应量大、廉价、使用方便、相对毒性小等特点。根据这类特点,适宜用于疫情防控的消毒剂:过氧乙酸、过氧化氢、二氧化氯、含氯消毒剂、碘类消毒剂以及醇类消毒剂等[2]。以上所列举消毒剂中,除醇类消毒剂在消杀效果突出的同时对人体、生态环境等影响较小之外,其余消毒剂均有可能对环境产生影响。

3.1. 消毒剂对人体的直接影响

含氯消毒剂中的有效成分次氯酸作为一种化学气体,属于危险品类别中腐蚀品,可以通过吸入、食入、经皮吸收等途径危害人体或其他动物,对皮肤、粘膜有较强的刺激作用。当在场所内喷洒含氯消毒剂时,产生的次氯酸气雾进入大气环境,经人体吸入可引起呼吸道反应,甚至发生肺水肿;不慎高浓度吸入或者大量口服会腐蚀消化道,可产生高铁血红蛋白血症。二氧化氯类消毒剂产品中含一些自由氯,在消毒过程中会产生氯化物,鉴于此,不宜用作有人情况下的场所消毒。但由于其在消毒饮水时用量极少,目前暂未发现任何致突迹象[6]。过氧化物类消毒剂以及传统碘制剂大多具有性质不稳定、刺激性强、腐蚀性强的缺点,长期使用将对环境及人体呼吸道、眼黏膜造成极大破坏。

3.2. 消毒剂对于水环境的影响

含氯消毒剂在使用过程中会进入环境,其中含有的活性氯成份容易降解、不会造成长期残留。但是,含氯消毒剂进入自然环境中,需要一定时间才能降解。在这个过程中可能会和自然环境,尤其是水体中的有机物等发生反应,生成具有致癌等潜在生态毒性的含氯消毒副产物。含氯消毒剂进入水环境中,水解生成的次氯酸会和水中的各种有机质反应生成一系列氯代有机物,进而生成消毒副产物。已有很多研究和流行病学调研发现多种消毒副产物具有明确的细胞毒性和基因毒性、以及潜在致癌作用等健康危害。消毒副产物容易在生物体内富集,通过食物链的传递影响人们的健康。

如果过高浓度的含氯消毒剂泄露到自然水体,尤其是水面较小、流动性差的水体例如湖泊之中,生成的消毒副产物将对水体中及其中的动植物造成负面影响,从而引发一系列的生态环境破坏[9]。另外,自然水体中通常有大量的腐殖酸、藻类及其代谢物和蛋白质等有机物,这些有机前体物均能够和氯结合生成 CDBPS 污染物,不断加重水体污染。

湖北省素有“千湖之省”的美誉,武汉市亦曾有“百湖之市”之称,是中国自然湖泊最多的城市。且武汉属北亚热带季风性(湿润)气候,具有常年雨量丰沛、热量充足、雨热同季等特点。气候湿热利于过

氧化物的多相反应, 过氧化物的多相反应会加剧酸雨和硫酸气溶胶的形成, 并且部分有机过氧化物如过氧乙酸能够直接参与酸雨的形成。另外, 过氧化物进行大气沉降将影响植被生长, 使得森林衰退。当大气沉降使得水体中过氧化物浓度过高时, 整个水体的氧化性都将被改变, 进而改变水体中影响生物生长的微量元素。同时, 由于水循环的作用, 大气污染也会再次加重水污染[10]。过氧乙酸消毒剂性能稳定, 毒性低, 使用安全, 其降解的副产物易溶于水且安全无毒, 属于绿色环保型消毒剂, 不会对水体产生较严重的负面影响, 但其具有强腐蚀性、对人体危害大是需要克服的难点[11]。消毒剂不经处理便排放, 会通过各种渠道进入对武汉市众多水源地造成污染。

美国环保局对 80 个城市的消毒饮用水进行化验, 共检出 38 种有机卤化物, 其中能测定浓度的有 10 种(三氯甲烷、氯苯、三氯乙烷等)。有机卤化物在饮用水、污水处理厂出水、冷却水和其它氯消毒废水中, 广为分布。诸多氯消毒副产物如氯仿、氯乙酸等具有毒性以及致癌性, 其不仅会污染地面水体, 而且会导致有机氯化物的生物富集现象发生[6]。

武汉市常居人口逾千万, 市内水能资源丰富。氯消毒由于成本较低而被广泛使用, 但在人口密集场所使用含氯消毒剂易造成人体健康威胁, 大量使用含氯消毒剂并排放易造成环境污染。

碘伏类的阴离子型烷基磺酸盐碘和阳离子季铵盐碘的生物降解性差, 长期使用对于环境而言有不良影响。蘸取碘伏的医疗用品直接丢弃会导致碘或者其化合物在一定的环境富集。碘在地表迁移能力强, 当碘污染土壤后, 土壤的淋滤作用会使得水体中碘含量升高。含碘地下水硬度增高, 对人体健康有一定危害, 会造成农田作物减产, 并且对金属设备有腐蚀作用, 会缩短设备使用年限, 因此我国对集中式生活饮用水、地表水以及农田灌溉用水都有含盐控制标准。含碘消毒剂排放会直接导致江河水质矿化度提高, 给土壤、水源带来越来越严重的污染, 危及生态环境。

根据国家生态环境部于 2020 年 5 月通报的全国医疗废水处置环境检测情况来看, 全国医疗机构污水处理设施和接受医疗污水的城镇污水处理厂存在治污设施运行管理不规范、末端消毒落实不到位等问题 471 个, 因疫情期间消毒剂大量使用而出现多处水体恶化的情况客观存在。

3.3. 消毒剂对大气的影响

对于大气环境而言, 消毒剂分解或挥发进入空气中造成爆炸以及参与化学反应引起污染是最主要的影响方式。

过氧化物作为对流层大气化学重要污染物, 对大气光化学反应进程起着控制作用。过氧化氢及过氧乙酸作为高水平消毒剂, 最为常见, 但易分解, 因此使用时要注意现配现用。过氧戊二酸稳定性差, 热危险性高, 浓度过高时可能发生爆炸, 在储存、运输过程中也极易分解。二氧化氯是一种不稳定的化合物, 对温度、压力和光均较敏感, 遇火花和有机物, 4%浓度就会引起爆炸。因此, 二氧化氯不利于大批量制取和运输, 只能就地生产, 就地使用[6]。在喷洒含氯消毒剂时, 会产生大量次氯酸烟雾, 进入大气环境后经人体吸入会造成严重伤害。醇类消毒剂对环境影响较小, 但极易挥发, 达到一定浓度后易发生爆炸。因此, 不适宜在封闭场所中大量使用, 也不适用于大面积消杀[11]。但乙醇消毒剂价格便宜易购买, 携带方便、无毒无害且消杀快捷简便, 对于新型冠状病毒消杀效果佳, 可大力推广用于家庭或者个体日常消毒使用, 要特别注意的是使用后密闭通风存放[12]。

4. 结论

1) 在新冠病毒疫情期间, 含氯消毒剂使用量最大, 使用时应避免人体吸入产生的危害, 也要防止在环境中生成次生污染物而对环境产生的污染。

2) 醇类消毒剂适用于普通家庭以及个人日常消毒, 方便清洁且简便易得, 对环境几乎无影响。

3) 过氧化物类消毒剂对环境造成的影响较为严重, 可以考虑用含有过氧化物的复配型消毒剂取代, 以降低环境污染。

开发对环境及人体影响较小、污染性相对较低的新型高效的复配型消毒剂, 是重大疫情下消毒剂的研发方向。

参考文献

- [1] Geller, C., Varbanov, M. and Duval, R.E. (2012) Human Coronaviruses: Insights into Environmental Resistance and Its Influence on the Development and New Antiseptic Strategies. *Viruses*, 4, 3044-3068.
<https://doi.org/10.3390/v4113044>
- [2] 林立旺, 等. 新型冠状病毒防控中消毒剂的正确选择[J]. 中国消毒学杂志, 2020, 37(3): 226-227.
- [3] 中国疾病预防控制中心新型冠状病毒肺炎应急响应机制重点场所防护与消毒技术组. 新型冠状病毒医疗机构污水和污物消毒技术指南[J/OL]. 中华预防医学杂志, 2020: 54.
- [4] 刘建高, 等. 大规模使用消毒剂对人群健康影响调查[J]. 实用预防医学, 2006, 13(2): 276-278.
- [5] 陈焕章, 等. 水的消毒技术及其对环境的影响[J]. 上海环境科学, 1991, 10(7): 24-26.
- [6] 程胜梓, 等. 含氯消毒剂的应用和环境毒性特点[J]. 三峡生态环境监测, 2020, 8(21): 1-13.
- [7] 熊子军, 等. 新型冠状病毒基因组变异与诊断[J/OL]. 西安交通大学学报(医学版). 2020(41): 1-10.
- [8] 靳寸朵, 等. 新型冠状病毒感染患者使用的手术器械处理实践[J]. 中国消毒学杂志, 2020, 37(3): 198.
- [9] 陈忠明, 等. 过氧化物在大气化学过程中的作用[C]//第六届全国环境化学大会暨环境科学仪器与分析仪器展览会摘要集. 北京: 中国化学会, 2011: 104.
- [10] 宋江勤, 等. 复方过氧乙酸在新型冠状病毒核酸检测实验室消毒中的应用[J]. 中国消毒学杂志, 2020, 37(3): 185.
- [11] 曹国建. 抗 SARS 中几种消毒液的应用[J]. 海峡医学杂志, 2003, 15(5): 27.
- [12] 国家卫生健康委办公厅. 新型冠状病毒肺炎防控方案(第五版) [Z]. 2020.