

温湿度对雾化过氧化氢消毒效果的影响

孟婷婷^{1,3} 尚丛珊¹ 程薇薇¹ 冯鸿霞¹ 刘毅^{1,2,4*}

1. 西安培华学院, 中国·陕西 西安 710125

2. 西安泰维生物技术设备有限公司, 中国·陕西 西安 710076

3. 西安交通大学, 中国·陕西 西安 710061

4. 生物安全防御装备陕西省高校工程研究中心, 中国·陕西 西安 710125

摘要: 目的: 探究雾化过氧化氢消毒机在消毒过程中温湿度变化对消毒效果的影响。方法 采用载体定量杀菌实验方法, 观察不同温湿度状态下, 某雾化过氧化氢消毒机对实验舱内物体表面的消毒效果。结果: 当舱内温度 < 30℃ 时, 随温度升高, 实验舱内过氧化氢浓度明显上升, 当温度 > 30℃ 时, 过氧化氢浓度上升不显著。舱内起始湿度越低, 过氧化氢浓度上升速度越快, 当舱内起始湿度 ≥ 70% 时, 过氧化氢浓度急剧下降。舱内过氧化氢浓度维持 200ppm 左右时, 对载体上金黄色葡萄球菌杀灭对数值 > 3; 当维持 500ppm 以上时, 对载体上金黄色葡萄球菌杀灭对数值 > 6。结论: 使用该雾化过氧化氢消毒机消毒时, 应将室内温度控制在 30℃ 左右, 起始湿度降至 50% 以下, 提高过氧化氢浓度, 保证最佳消毒效果。

关键词: 温湿度; 雾化过氧化氢; 消毒效果

The effect of temperature and humidity on the efficacy of hydrogen peroxide vapour disinfection

Meng Tingting^{1,3}, Shang Congshan¹, Cheng Weiwei¹, Feng Hongxia¹, Liu Yi^{1,2,4*}

1. Xi'an Peihua University, China Shaanxi Xi'an 710125

2. Xi'an Taiwei Biotechnology Equipment Co., Ltd., China Shaanxi Xi'an 710076

3. Xi'an Jiaotong University, China Shaanxi Xi'an 710061

4. Engineering Research Centre of Biological Security Defence Equipment, Universities of Shaanxi Province, China Shaanxi Xi'an 710125

Abstract: Objective: In this study, we conducted to assess the influence of temperature and humidity change on disinfection effect of atomized hydrogen peroxide sterilizer in disinfection process. Methods: The carrier quantitative sterilization experiment was used to observe the disinfection effect of a atomized hydrogen peroxide disinfection machine on the surface of objects in the experimental cabin under different temperature and humidity conditions. Results When the temperature in the chamber is less than 30℃, the hydrogen peroxide concentration in the chamber increases significantly, when the temperature is more than 30℃, the hydrogen peroxide concentration does not increase significantly. The lower the initial humidity in the cabin, the faster the hydrogen peroxide concentration rises, When the initial humidity is ≥70%, the hydrogen peroxide concentration drops sharply. The killing logarithm value of *Staphylococcus aureus* on the carrier was above 3.00 when the concentration of hydrogen peroxide remained about 200ppm; The killing logarithm value of *Staphylococcus aureus* on the carrier was above 6.00 when the concentration of hydrogen peroxide remained about 500ppm. Conclusion: When the atomized hydrogen peroxide disinfecting machine is used for disinfection, the indoor temperature should be controlled at about 30℃, the initial humidity should be reduced to less than 50%, and the hydrogen peroxide concentration should be increased to ensure the best disinfection effect.

Keywords: Temperature and humidity; Atomized hydrogen peroxide; Disinfection effect

0 引言

过氧化氢消毒属于化学灭菌方式, 具有高效、安全等

优点, 广泛用于医疗卫生和食品制药行业的消毒^[1], 其灭菌效果与过氧化氢剂量及浓度、空间差异性等密切相关^[2]。

雾化过氧化氢机通过旋流分离和折流分离的原理,将雾化消毒液经过两次分离干化,最大程度去除喷雾中的较大粒径雾滴,保留较小粒径雾滴,保持气流的压力和射速。该设备可用于医疗机构、生物实验室、食品生产和制药行业等多领域的消毒。雾化过氧化氢消毒时,相同的参数设置,所产生的消毒效果差异较大,可能是空间内温湿度改变影响了过氧化氢浓度,但现有研究报道多集中于过氧化氢浓度对消毒效果的影响,现有数据不足以说明温湿度变化对过氧化氢浓度和消毒效果的影响。因此,本研究选用一款带有远程控制的雾化过氧化氢消毒机,在温度和湿度可控的实验舱内进行模拟消毒试验,采用便携式过氧化氢检测仪和载体染菌法,观察室内温度、起始湿度对过氧化氢浓度的影响,并验证不同过氧化氢浓度下的消杀效果。

雾化过氧化氢消毒时,同样的参数设置,所产生的消毒效果差异很大,很有可能是温湿度影响了空间内的过氧化氢浓度,从而导致不同的微生物消杀效果。事实上消杀效果与消毒剂特性、作用时间、浓度、微生物本身抵抗力以及温度、湿度、酸碱度等环境因素均有关系。邵卫兵等^[3]用含过氧化氢 59.28 g/L 复方消毒液,采用悬液定量法对不同温度的杀芽孢效果进行了实验比对观察发现随着温度的提高,该消毒液杀芽孢效果会显著增强。蔡海洋^[4]研究表明气态过氧化氢 (VH_2O_2) 灭菌参数优化后初始相对湿度控制在 10% 左右时,既不容易出现冷凝现象,预除湿耗时也相对较短。当预除湿湿度到 10% 左右,灭菌期间维持 VH_2O_2 浓度在 400ppm 左右,灭菌 20min 以上即能达到 6-log 的无菌保证水平 (SAL)。

本研究采用一款带有远程控制的雾化过氧化氢消毒机,在温度和湿度可控的实验舱内进行模拟消毒试验,观察室内温度、起始湿度对过氧化氢浓度的影响,并验证不同过氧化氢浓度下的消杀效果,旨在为今后更好地开展消毒工作提供应用和参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验仪器

雾化过氧化氢消毒机 (型号 XD-B25); 便携式过氧化氢检测仪 (型号 MS400-H₂O₂), 检测范围 0~1000ppm。

1.2 试验材料

雾化过氧化氢消毒机采用旋流分离和折流分离的原理,将精细喷头喷出的雾化消毒液,经过两次分离干化,最大程度去除喷雾中的较大粒径雾滴,保留较小粒径雾滴,同时保持气流的压力和射速。

试验舱为本校细胞培养间,容积 25m³,带有气密门和缓冲间。由合作单位工程师搭建由热风机、加湿器、除湿机、反馈控制器构成的温湿度监控系统,能够精确监测和调控试验舱内温湿度。

1.3 主要试剂

消毒液采用浓度为 7.8% 的过氧化氢溶液,通过超滤和反渗透去除蒽醌等杂质。中和剂为含 5g/L 硫代硫酸钠、1g/L 卵磷脂、10g/L 吐温 80 的采样液,按照 2002 版《消毒技术规范》规定的方法进行中和剂鉴定。试验指标菌为金黄色葡萄球菌 (ATCC6538),购自中国普通微生物菌种保藏管理中心。

1.4 试验方法

1.4.1 消毒机操作方法

设置消毒液流量 25ml/min, 气体流量 30L/min, 气体压力 0.6MPa; 按照 GB 27948-2020《空气消毒剂通用要求》, 消毒液用量设置为 10ml/m³; 在进行消毒效果测试时,为达到所需过氧化氢浓度,通过远程遥控装置动态调整消毒液用量为 2~20ml/m³。

1.4.2 载体染菌

每次实验,试验舱中多点测试 30 个样本,染菌时,于舱内用无菌棉拭沾以菌悬液均匀涂抹不锈钢片的 30 个区块 (各为 1 cm²),待自然干燥后进行实验。采样后,以无菌操作方式将棉拭采样端剪入原稀释液试管内,振打 200 次,作用 10 min。

染菌载体为边缘凸起的直径 10mm 不锈钢片,经清洁、干燥和灭菌处理。金黄色葡萄球菌配制成悬液,调整浓度为 1×10^{10} cfu/ml。取 10 μ L 均匀涂抹在不锈钢片凹面,超净工作台内自然风干,存放在特卫强包装袋内备用。抽样鉴定,回收菌量达到 $5 \times 10^7 \sim 5 \times 10^8$ cfu/片即为合格。

1.4.3 菌片消毒、回收和计数

将菌片悬挂于试验舱对角线四角 (A、B、C、D) 及几何中心点 (E),关闭舱门,通过远程遥控器开启消毒机;消毒作业完成后,按照无菌操作原则取出菌片,用含有中和剂的采样液洗脱,按照《消毒技术规范》方法进行计数;以未经过消毒的 3 个菌片为对照组,以同样方法洗脱和计数。杀灭对数值的计算公式为杀灭对数值 = 对照组平均活菌浓度对数值 - 试验组活菌浓度对数值。

1.4.4 监测, 过氧化氢浓度监测

便携式过氧化氢检测仪布置在舱内中心,距地面高度

1.2m, 实时记录空气中过氧化氢浓度。温湿度监测是通过温湿度监控系统, 实时监测记录舱内温湿度。

1.5 统计学方法

本研究试验数据用 Excel 2010 进行初步整理后, 采用 SPSS 26.0, 计数资料进行 χ^2 检验, 计量资料进行单因素方差分析, 表格结果以 $\bar{x} \pm s$ 的形式表示, 事后检验进行 LSD 检验, 字母标注法依照邓肯检验进行标注, $P < 0.05$ 即存在显著性差异。

2 结果

2.1 舱内温度与过氧化氢气体浓度的关系

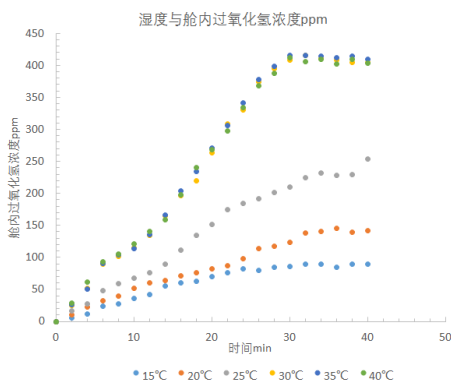


图1 舱内温度对过氧化氢浓度的影响

舱内温度 $< 30^{\circ}\text{C}$ ，随着温度升高，舱内过氧化氢浓度明显上升。舱内温度 $> 30^{\circ}\text{C}$ ，温度上升时，过氧化氢浓度无显著上升，详见图 1。

2.2 起始湿度与过氧化氢气体浓度的关系

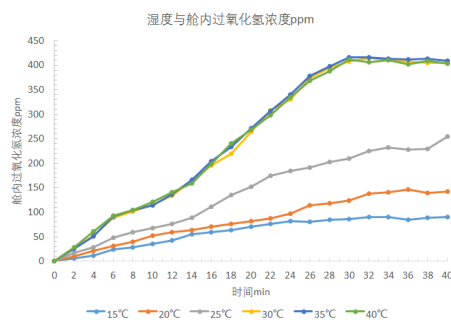


图2 起始湿度对过氧化氢浓度的影响

消毒开始时的舱内湿度越低,消毒过程中过氧化氢浓度上升速度越快,达到的峰值浓度越高。当舱内起始湿度 $\geq 70\%$ 时,过氧化氢浓度急剧下降,详见图2。

2.3 过氧化氢气体浓度与消毒效果的关系

随着舱内过氧化氢浓度升高，对金黄色葡萄球菌的杀灭对数值显著提高。维持 200ppm 左右的过氧化氢浓度，舱内各点位即可达到消毒合格（杀灭对数值>3）；维持 500ppm 以上的过氧化氢浓度，舱内各点位即可达到 GMP 制药车间的消毒标准（杀灭对数值>6），详见表 1。

3 讨论

本研究采用一款带有远程控制的雾化过氧化氢消毒机对过氧化氢消毒液进行喷雾处理,考察了雾化过氧化氢对试验舱内染菌载体的消毒效果,同时研究了试验舱内温度、湿度对舱内雾化过氧化氢浓度的影响以及舱内雾化过氧化氢浓度与染菌载体消毒效果的关系。本实验采用的雾化过氧化氢消毒机基于旋流分离和折流分离的原理,将精细喷头喷出的雾化消毒液,经两次分离干化,最大程度去除喷雾中的较大粒径雾滴,保留较小粒径雾滴,同时保持稳定的气流压力和射速,产生的雾滴平均粒径仅为 $0.73\text{ }\mu\text{m}$,粒径 $< 1\text{ }\mu\text{m}$ 的雾滴占总雾滴数量的 99.5%。这种超干雾滴弥散性好,在空间内布朗运动充分,具备更强的穿透性,可进入管腔及包裹内部消毒;雾滴触壁弹性好,不容易附着在墙面和物表,因此腐蚀性更小;相同空间达到消毒浓度时喷雾量大幅减少,环境湿度上升幅度小,避免了对精密仪器和试验、生产活动的影响。

本研究结果显示,环境温度越高,消毒空间内的雾化过氧化氢浓度越高;但高于 30℃后,继续升温对雾化过氧化氢浓度的影响不明显。在消毒初始阶段,环境相对湿度越低,消毒空间内雾化过氧化氢浓度越高;当相对湿度>70%时,空间内雾化过氧化氢浓度急剧下降。而消毒空间内的雾化过氧化氢浓度与消毒效果完全正相关。综上,为了达到最佳消毒效果,使用雾化过氧化氢消毒时,环境温度应控制在 30℃左右,环境起始相对湿度应尽可能降低,

表1 过氧化氢气体浓度对消毒效果的印象

过氧化氢维持浓度ppm		杀灭对数值					
目标控制浓度	实际波动范围	A	B	C	D	E	平均
100	92~112	2.02	2.05	2.12	1.96	2.23	2.08
200	186~236	3.03	3.14	3.25	3.16	3.58	3.23
300	285~215	3.68	3.71	3.42	3.67	4.04	3.70
400	368~442	5.24	5.09	5.24	5.25	5.36	5.24
500	465~540	6.05	6.14	6.25	6.41	6.6	6.29
600	561~622	6.21	6.25	6.26	6.34	6.67	6.35

一般须控制在 50% 以下。应避免在环境温度低或相对湿度大的情况下, 采用雾化过氧化氢方式消毒。

使用雾化过氧化氢消毒时, 效果差距也很大, 这与被消毒空间温湿度有很大关系, 本文研究数据给予了支撑, 且诸多文献的研究结果一致。尹进^[5]等研究一种过氧化氢低温表面消毒液消毒性能, 在 $-20.1^{\circ}\text{C} \sim -22.6^{\circ}\text{C}$ 条件下, 进行细菌载体定量杀灭试验、病毒灭活试验和低温冻库模拟现场消毒试验, 同时测定消毒剂的理化特性和 LD50 毒性, 结果显示该消毒液能达到杀灭大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的要求, 能有效灭活脊髓灰质炎病毒 I 型 (PV- I) 疫苗株, 无毒对皮肤无刺激。事实上大部分消毒方法杀灭微生物的效果都是随着温度增加而逐渐增强, 而相对湿度较高时杀灭效果要更好。

目前我们研发出的该雾化过氧化氢消毒机在从技术上来看还有可上升空间, 因为其研究受限于试验舱容积只有 25m^3 , 未能观察到在更大空间中, 温湿度对过氧化氢浓度的影响; 二是受限于试验周期, 只以金葡萄菌作为指示菌, 没有观察过氧化氢浓度对芽孢、霉菌等的消杀效果; 三是没有与汽化过氧化氢进行对比研究, 尚不清楚温湿度对汽化过氧化氢的影响。因此, 在实际工作中要根据环境条件选择适宜的消毒方法或更新雾化消毒机的性能以达到最佳的消毒效果。

利益冲突: 无。

参考文献:

[1] 朱琳, 刘丹, 张洪江等. 过氧化氢干雾消毒机对室内环境物体表面消毒效果观察 [J]. 中国消毒学杂志, 2021,38(10):736-738.

[2] 苏婷婷, 蔡碧兰, 邵燕菁. 过氧化氢低温等离子灭菌技术灭菌过程中过氧化氢浓度的相关影响因素分析 [J]. 中国医疗器械信息, 2023,29(11):53-55+93.

[3] 邵卫兵, 卢华雄, 梁琼等. 有机干扰物等因素对复方过氧化氢消毒剂杀芽孢作用的影响 [J]. 中国消毒学杂志, 2017,34 (01):18-20.

[4] 蔡海洋. 汽化过氧化氢灭菌对微生物的影响及其机理研究[D]. 中南大学, 2022. DOI:10.27661/d.cnki.gzh-nu.2022.004175.

[5] 尹进, 张莹莹, 夏昕等. 一种过氧化氢低温消毒液性能研究 [J]. 实用预防医学, 2023,30(10):1167-1171.

基金项目: 陕西省重点研发计划 - 揭榜挂帅项目 (2022JBG3-11)。

作者简介: 孟婷婷 (1983-), 女, 陕西西安人, 硕士研究生, 副教授, 研究方向: 代谢生理学与病理生理学研究。

作者简介: 刘毅, E-mail:122628268@qq.com。