

文章编号:1001-7658(2007)01-0029-04

【论著】

## 高浓度臭氧水稳定性及杀菌效果的试验观察

徐亚军 刘衡川 谷素英 文海燕 方梅

(四川大学华西公共卫生学院,成都 610041)

**提要** 目的 观察高浓度臭氧水杀菌效果及其在不同条件下的稳定性。方法 采用定量杀菌试验方法和化学测定方法在实验室进行了观察。结果 用臭氧水消毒机生产制备的臭氧水浓度为 13.23 ~ 44.73 mg/L。在 5℃ ~ 25℃ 条件下,臭氧水的半衰期在 150.7 ~ 12.5 min 范围内依次递减。用含量为 13.73 mg/L 的臭氧水,对悬液中金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、白色念珠菌作用 5 min,平均杀灭率为分别 99.99%、99.95%、99.90%;对枯草杆菌黑色变种芽孢作用 20 min,平均杀灭率达到 99.99%。用 16.58 mg/L 的臭氧水,对载体上金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、白色念珠菌作用 20 min,平均杀灭率分别为 99.92%、99.95%、98.75%;对枯草杆菌黑色变种芽孢作用 60 min,平均杀灭率为 99.95%。结论 用臭氧水消毒机可以制备出浓度高达 44.73 mg/L 的臭氧水;这种臭氧水在常温下分解速度比较快;以 13.73 mg/L 和 16.58 mg/L 臭氧水分别对悬液内和载体上细菌繁殖体、真菌和细菌芽孢均有较强的杀灭效果。

**关键词** 臭氧;臭氧水消毒机;半衰期;稳定性;杀菌效果

**中图分类号**:R187.2

**文献标识码**:A

### EXPERIMENTAL OBSERVATION ON STABILITY AND GERMICIDAL EFFICACY OF HIGH - CONCENTRATION OZONE WATER

XU Ya - jun, LIU Heng - chuan, GU Su - ying, WEN Hai - yan, FANG Mei

(Huaxi School of Public Health, Sichuan University, Chengdu 610041, China)

**Abstract Objective** To observe germicidal efficacy of high - concentration ozone water and its stability under different conditions. **Method** Quantitative germicidal test method and chemical measuring method were used to carry out laboratory observation. **Results** The concentration of ozone water produced by ozone water disinfectant was 13.23 ~ 44.73 mg/L. Under 5℃ ~ 25℃ conditions, the half life of ozone water decreased progressively in the range of 150.7 ~ 12.5 min. The average killing rates of *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Candida albicans* in suspension exposed to the ozone water containing ozone 13.73 mg/L for 5 min were 99.99%, 99.95% and 99.90% respectively and that of *Bacillus subtilis var. niger* spores exposed for 20 min was 99.99%. The average killing rates of *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Candida albicans* on carriers exposed to 16.58 mg/L ozone water for 20 min were 99.92%, 99.95% and 98.75% respectively and that of *Bacillus subtilis var. niger* spores exposed for 60 min was 99.95%. **Conclusion** The ozone water disinfectant can produce the ozone water with concentration as high as 44.73% mg/L. This kind of ozone water decomposes rapidly at room temperature. The ozone water containing ozone 13.73 mg/L or 16.58 mg/L has high efficacy in killing vegetative forms of bacteria, fungi and bacterial spores in suspension or on carriers.

**Key words** ozone; ozone water disinfectant; half life; stability; germicidal efficacy

臭氧是一种强氧化剂,具有广谱高效的杀菌作用<sup>[1,2]</sup>。臭氧无论在空气中或水中分解速度都比较快,很难保存,有关臭氧水的稳定性及杀菌效果有不少研究报道<sup>[3,4]</sup>。由于臭氧水制备工艺不完善,制备出含量 20 mg/L 以上的臭氧水都比较困难,而对

高浓度臭氧水消毒性能的研究报道更少。本研究采用先进生产工艺制备高浓度臭氧水,对其稳定性及杀菌效果进行了试验观察。现将研究结果报告如下。

### 1 方法

#### 1.1 高浓度臭氧水制备与含量测定

本研究所用臭氧水消毒机采用电晕放电原理,

〔作者简介〕 徐亚军(1982 -),男,四川广安人,硕士,从事分子生物学在微生物检验中的应用研究。

〔通讯作者〕 刘衡川,联系电话:028 - 85502097。

以高纯度氧气为原料,氧气流量 150 L/h,采用截流增压、高速搅拌的工艺,促进臭氧在水中溶解,以臭氧水产量 1t/h 的速度制备出高浓度臭氧水。

臭氧水中臭氧含量测定采用碘量法进行。取 100.0 ml 臭氧水于 250 ml 带塞碘量瓶中,加入 200 g/L 碘化钾溶液 20 ml,混匀。再加入 3 mol/L 硫酸 5 ml,静置 5 min。用 0.0053 mol/L 硫代硫酸钠标准液滴定臭氧水。滴至淡黄色,加入 5 g/L 淀粉溶液 1 ml,继续滴定至淡黄色消失。记录下硫代硫酸钠标准液消耗量(ml),并做空白校正,计算出臭氧含量。重复测定 3 次。

### 1.2 臭氧水稳定性观察

臭氧水消毒机工作稳定后,温度分别控制在 0℃、5℃、10℃、15℃、20℃、25℃ 制备生产出高浓度臭氧水,按照上述碘量法分别测定臭氧浓度。

采集不同水温条件下制备的臭氧水,储存于加盖玻璃瓶内,置于相应条件下放置不同时间,取样用碘量法测定臭氧浓度。

### 1.3 定量杀菌试验

1.3.1 菌悬液与菌片制备 将金黄色葡萄球菌(ATCC 6538)、大肠杆菌(8099)、白色念珠菌(ATCC 10231) 24 h 新鲜培养物,用含胰蛋白胨稀释液(TPS)配制成试验浓度菌悬液;另取枯草杆菌黑色变种(ATCC 9372)芽孢悬液也按上述方法稀释并配制试验浓度芽孢悬液。所有试验指标菌全部购于军事医学科学院消毒检测中心。

菌片制备是分别将各菌悬液 0.02 ml 滴染于 10mm × 10mm 无菌脱脂棉布片上,干燥后备用。

1.3.2 悬液定量杀菌试验 将试验菌悬液置 20℃ ± 1℃ 水浴 5 min,取 1.0ml 菌液与 4.0 ml 臭氧水原液混合(阳性对照为无菌水)。作用至规定时间,分别取 0.5 ml 混合液至含 4.5 ml 中和剂(用 10 g/L 硫代硫酸钠的磷酸盐缓冲液)的试管中。中和作用 10 min 后,取 0.5 ml 进行活菌计数培养,计算杀灭率。试验重复 3 次。

1.3.3 载体浸泡杀菌试验 为测定不同水温制备臭氧水的实际杀菌性能,试验温度以臭氧水的制备水温为依据,选择 5℃、10℃ 和 20℃ 臭氧水进行载体浸泡杀菌试验。试验时,将装有菌片的不锈钢网放入臭氧水中,浸泡作用至预定时间,将菌片移入含 5 ml 中和剂试管内(阳性对照菌片不经消毒处理)。经充分振荡洗脱,取洗脱液进行活菌计数培养,计算杀灭率。试验至少充分 3 次。

## 2 结果

### 2.1 不同水温生产的臭氧水含量测定结果

检测结果表明,随着水温增高,生产的臭氧水的臭氧含量逐渐减低;水温 0℃ 时臭氧浓度高达 44.73 mg/L,25℃ 时臭氧浓度只有 13.23 mg/L;水温在 0℃、5℃、10℃、15℃、20℃、25℃ 条件下,生产的臭氧水的臭氧含量依次分别为 44.73、42.63、31.50、20.93、16.58、13.23。

### 2.2 水温对高浓度臭氧水稳定性的影响试验结果

经检测,不同温度下臭氧水浓度均随着放置时间延长不断下降,水温越低,臭氧分解越缓慢,即稳定性越好。经计算,水温 0℃ ~ 25℃ 范围内,臭氧水的半衰期为 150.7 ~ 12.5 min(表 1)。

表 1 温度对臭氧水稳定性的影响

水温(℃)	不同放置时间(min)的臭氧浓度(mg/L)							半衰期(min)
	1	5	10	15	20	25	30	
5	42.66	41.87	40.92	40.05	39.05	39.95	37.25	150.7
10	31.53	28.12	25.33	23.29	22.10	19.75	18.22	43.3
15	20.94	17.16	14.13	11.99	9.59	8.14	7.02	18.8
20	16.59	12.13	9.95	7.89	5.92	4.54	3.39	13.4
25	13.24	10.29	7.66	5.35	3.84	2.95	2.31	12.5

根据臭氧在水中的分解近似服从一级反应规律,即  $\ln X$  与分解时间  $t$  之间呈直线关系,臭氧浓度  $X$  与放置时间  $t$  有以下函数关系:  $X_t = X_0 \cdot e^{-kt}$  式中  $k$  为臭氧在水中分解速度常数,  $X_t$  为放置  $t$  时间的臭氧浓度,  $X_0$  为臭氧的初始浓度。

$X_t = 0.5X_0$ , 则  $t_{1/2} = \ln 2/k$ , 其中  $t_{1/2}$  即为臭氧水的半衰期。根据臭氧浓度与放置时间的函数关系,得到不同水温臭氧水的衰减曲线(图 1)。

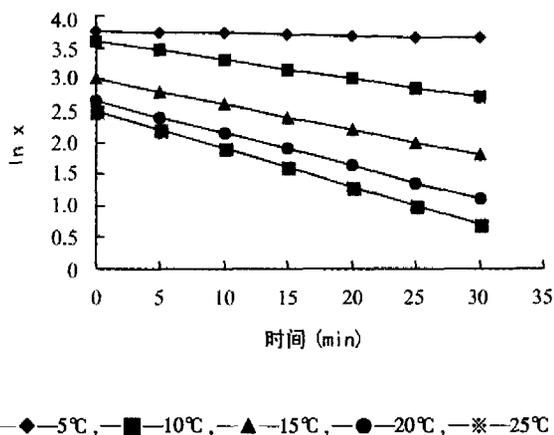


图 1 不同水温臭氧水衰减曲线

### 2.3 定量杀菌试验结果

2.3.1 悬液定量杀菌试验结果 结果表明,以 13.73 mg/L 的臭氧水对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、白色念珠菌作用 5 min, 平均杀灭率为 99.99%、

99.95%、99.90%；对枯草杆菌黑色变种芽孢作用 20 min, 平均杀灭率即可达到 99.99% (表 2)。

2.3.2 载体浸泡杀菌试验结果 臭氧水制备水温为 5℃ 时, 以臭氧浓度为 42.63 mg/L, 对载体上金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、白色念珠菌分别作用 5 min, 杀灭率均小于 90%；对枯草杆菌黑色变种芽孢作用 30 min, 平均杀灭率为 99.99%。

臭氧水制备水温 10℃ 时, 以臭氧浓度为 33.17 mg/L, 对载体上金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、白色念珠菌、枯草杆菌黑色变种芽孢等达到消毒合格要求的作用时间分别为 1、5、7 和 45 min (表 3)。

表 3 水温 10℃ 时臭氧水对载体上细菌杀灭效果

试验微生物	不同作用时间 (min) 的平均杀灭率 (%)							
	1	3	5	7	30	45	60	90
金黄色葡萄球菌	99.96	99.99	100.00	100.00				
大肠杆菌	99.70	99.83	99.99	100.00				
白色念珠菌	95.90	97.15	99.85	99.99				
枯草杆菌黑色变种芽孢					99.85	99.90	99.99	100.00

注: 阳性对照组平均菌数: 金黄色葡萄球菌阳性  $5.26 \times 10^5$  cfu/片、大肠杆菌  $4.12 \times 10^6$  cfu/片、白色念珠菌  $7.44 \times 10^5$  cfu/片、枯草杆菌黑色变种芽孢  $8.28 \times 10^5$  cfu/片。

制备臭氧水水温 20℃ 时, 以臭氧浓度为 16.58 mg/L, 对载体上金黄色葡萄球菌、大肠杆菌作用 20 min, 平均杀灭率达到 99.9% 以上; 对白色念珠菌作用 30 min, 杀灭率达不到合格要求; 对枯草杆菌黑色变种芽孢作用 60 min, 平均杀灭率为 99.95% (表 4)。

表 4 水温 20℃ 时臭氧水对载体上细菌杀灭效果

试验微生物	不同作用时间 (min) 的平均杀灭率 (%)				
	10	20	30	45	60
金黄色葡萄球菌	99.65	99.92	100.00		
大肠杆菌	97.84	99.95	99.99		
白色念珠菌	92.50	98.75	99.55		
枯草杆菌黑色变种芽孢			92.90	96.40	99.95

注: 阳性对照组平均菌数: 金黄色葡萄球菌  $5.12 \times 10^5$  cfu/片、大肠杆菌  $4.34 \times 10^6$  cfu/片、白色念珠菌  $7.06 \times 10^5$  cfu/片、枯草杆菌黑色变种芽孢  $8.32 \times 10^5$  cfu/片。

### 3 讨论

目前, 我国臭氧水制备工艺还不成熟, 生产的臭氧水中臭氧含量一般在 4~14 mg/L 之间<sup>[5,6]</sup>, 限制了臭氧水的应用范围。本研究采用先进工艺制备的高浓度臭氧水, 其臭氧含量最高达到 47 mg/L, 但其臭氧含量与水温有直接关系。新制备的臭氧水中含有大量以气泡形式存在的臭氧, 说明大量臭氧并不是溶解于水中。实验结果表明, 水温是影响臭氧溶

表 2 臭氧水对悬液内细菌杀灭效果

试验菌种	不同作用时间 (min) 的平均杀灭率 (%)						
	1	3	5	7	10	20	30
金黄色葡萄球菌	99.53	99.83	99.99	100.00			
大肠杆菌	99.20	99.90	99.95	99.99			
白色念珠菌	96.47	99.32	99.90	99.95			
枯草杆菌黑色变种芽孢						97.85	99.99 100.00

注: 臭氧水制备温度为 25℃。阳性对照组平均菌数: 金黄色葡萄球菌  $4.32 \times 10^8$  cfu/ml、大肠杆菌  $3.86 \times 10^8$  cfu/ml、白色念珠菌  $3.54 \times 10^8$  cfu/ml、枯草杆菌黑色变种芽孢  $2.44 \times 10^8$  cfu/ml。

解性的重要因素, 水温越低, 臭氧的溶解度越高。温度也影响臭氧水的稳定性, 随着温度升高, 臭氧浓度呈迅速下降的趋势, 此与文献报道结果基本一致<sup>[7]</sup>。水温也是影响臭氧水杀菌效果的重要因素, 臭氧浓度越高杀菌效果越好。本研究发现, 5℃ 时水中臭氧浓度高达 42.63 mg/L, 杀菌效果则很差; 在水温 20℃ 条件下臭氧含量只有 16.58 mg/L, 则对细菌繁殖体、真菌和细菌芽孢杀灭效果均比较好。

2002 年版《消毒技术规范》规定臭氧杀菌性能检测的实验温度为  $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ , 所以在常温下臭氧水中臭氧含量均不会太高, 此可能直接与臭氧在常温下水中溶解度有关。研究表明, 在 15℃ 左右制备的臭氧水的臭氧浓度较高, 杀菌效果也比较好。由于提高水温会降低水中臭氧含量, 影响臭氧水杀菌效果, 不能准确评价臭氧水的实际消毒性能, 所以检测臭氧消毒器杀菌性能的实验温度应以实际的臭氧水制备水温为依据。

### 参考文献

- [1] 曹德康, 王民, 胡冰冰, 等. 臭氧在水消毒中的应用 [J]. 中国公共卫生, 2005; 5(21): 629.
- [2] Paraskeva P, Graham NJ. Ozonation of municipal wastewater effluents [J]. Water Environ Res, 2002; 74(6): 569.
- [3] Achen M, Yousef AE. Efficacy of ozone against Escherichia coli O157: H7 on apples [J]. Journal of Food Science, 2001, 66(9): 1380.
- [4] Fumio H. Development of high concentration ozone water machine

- [J]. Ishikawajima - Harima Engineering Review, 1996; 36(3): 159.
- [5] 王芳, 刘育京, 张文福. 臭氧水稳定性及杀菌性能的实验观察[J]. 中国消毒学杂志, 1999; 16(2): 69.
- [6] 陆永梅, 沈红, 张雁, 等. 多功能臭氧水消毒器对微生物杀灭效

果的试验观察[J]. 中国消毒学杂志, 2004; 21(1): 44.

- [7] 方敏, 沈月新, 方竞, 等. 臭氧水稳定性的研究[J]. 食品科学, 2002; 23(9): 39.

(2006-04-25 收稿)

文章编号: 1001-7658(2007)01-0032-01

## 【工作报告】

# 雾化器储药杯的消毒与管理

张洪凤

(天津医院, 天津 300211)

**提要 目的** 了解雾化吸入器储药杯污染的原因, 改进消毒与管理方法。**方法** 采用表面涂抹采样法对雾化吸入器储药杯进行细菌污染检测。**结果** 采样 18 份, 有 5 份细菌总数超标, 超标率为 27.78%。在 5 份阳性标本中, 有 2 份检出肠杆菌群。经改进消毒与管理方法后, 重新对 18 台雾化吸入器储药杯进行监测, 菌数均符合 II 类环境卫生学标准。**结论** 雾化吸入器储药杯存在细菌污染超标现象并有致病菌生长, 经过改进消毒方法使消毒效果和卫生质量得到提高。

**关键词** 雾化器; 储药杯; 消毒效果

**中图分类号**: R187

**文献标识码**: B

超声雾化吸入法是应用超声波能, 使药液变成细微的气雾随着深而慢的吸气被吸入终末支气管及肺泡而达到预防和减少呼吸道感染的目的<sup>[1,2]</sup>。调查发现, 少数科室只重视雾化吸入器面罩及波纹管的消毒而遗漏了储药杯的消毒。为减少雾化吸入过程中引发感染, 于 2005 年对我院 18 台雾化吸入器的储药杯进行了细菌学检测, 为改进雾化吸入器储药杯消毒与管理提供依据。

## 1 方法

本次检测包括我院 15 个病区 18 台雾化吸入器储药杯。采样方法是用棉拭沾湿采样液在每个储药杯内表面 25 cm<sup>2</sup> 面积上进行涂抹采样, 将采样棉拭头剪下置于 10 ml 采样液试管中, 经充分振荡洗脱, 取洗脱液进行活菌计数培养, 计算细菌总数。结果判定, 依照《医院消毒卫生标准》GB15982-1995 规定的 II 类环境表面卫生学标准。

结合调查结果, 进行消毒方法改进并加强管理。改进消毒方法是使用后将储药杯进行充分清洗, 对雾化药杯中透声膜内部用蘸有 2000 mg/L 过氧乙酸棉签轻轻擦拭去除水垢, 再用含有效氯 1000 mg/L 的清洗消毒剂浸泡储药杯 30 min, 然后用流动清水冲洗、晾干、保存备用。按照上述采样方法重新采样检测。

## 2 结果

检测结果表明, 18 份雾化器储药杯标本中, 有 5 份细菌总数 > 40 cfu/cm<sup>2</sup>, 超标率为 27.78%, 5 份阳性标本中有 2 份检出肠杆菌群。经改进消毒与管理方法后, 对 15 个病区 18 台雾化吸入器储药杯重新监测, 18 份标本菌落数均符合

II 类环境卫生学标准。

## 3 讨论

医院使用雾化吸入造成院内交叉感染已成为一个不可忽视的途径, 雾化器使用过程中交叉感染相关因素主要来自雾化器本身、工作人员操作、患者和环境因素。本次调查发现, 雾化吸入器药杯存在明显的污染。造成储药杯污染的原因主要是少数科室仍存在消毒方法不正确, 储药杯消毒前冲洗不充分, 浸泡储药杯清洗消毒剂浓度未达到消毒要求; 只重视雾化器面罩及波纹管的消毒遗漏了储药杯; 有的科室超声雾化器使用率低, 雾化器长期放在储存室中, 无定期消毒措施; 雾化药杯底部的透声膜内壁长期使用有水垢形成, 造成消毒效果不佳。

因此, 重新改进了雾化吸入器储药杯的消毒及管理方法, 加强了清洗, 采用过氧乙酸去垢步骤<sup>[3]</sup>, 确保消毒剂浓度和作用时间, 强调整体消毒处理, 保存期满应重新消毒。经过改进处理, 提高了消毒质量和管理水平, 确保了雾化器储药杯消毒卫生质量。

## 参考文献

- [1] 曾跃华, 王小玲. 雾化通气消毒处理效果监测[J]. 中华医院感染学杂志, 2005; 15(6): 625.
- [2] 孟庆美. 烧伤病房超声雾化器使用过程中交叉污染相关因素分析[J]. 解放军护理杂志, 2003; 20(10): 45.
- [3] 王哲. 过氧乙酸用于清洗氧气湿化瓶水垢[J]. 解放军护理杂志, 2003; 20(11): 59.

(2006-05-10 收稿)