

文章編號：1671-7104(2003)06-0425-04

### 臭氧水殺菌效果評價與醫用臭氧水洗手機研製

【作者】戚仕濤<sup>1</sup>·湯黎明<sup>1</sup>，吳敏<sup>1</sup>·劉鐵兵<sup>1</sup>·屈弘<sup>2</sup>

1. 南京軍區南京總醫院生物醫學工程研究所(江蘇·南京·210002)

2. 南京鴻源泰電子有限責任公司(江蘇·南京·210087)

【摘要】臭氧作為一種極強的氧化劑，對細菌和病毒有很好的殺滅效果。相關試驗驗證了臭氧水殺菌消毒的有效性和安全

性。臭氧水消毒還具有不產生抗藥菌和無二次污染等優點，在此基礎上開發的臭氧水洗手機，可完全取代普通消毒液洗手。

【關鍵字】臭氧；消毒；細菌；病毒；臭氧發生器

【中圖分類號】R187

【文獻標識碼】A

### Evaluation of Ozone-Water Sterilization and Development of Medical Ozone-Water Hand-Washer

【Writers】QI Shi-tao<sup>1</sup>, TANG Li-ming<sup>1</sup>, WU Min<sup>1</sup>, LIU Tie-bing<sup>1</sup>, QU Hong<sup>2</sup>

1. Nanjing Genemt Hospital of Nanjing Military Region

2. Nanjing Hongyuantai Electronics Co.,Ltd.

【Abstract】As an extremely strong oxidant, ozone has a good effect of destroying bacteria and viruses. Relative experiments have

validated the effectivity and safety of ozone-water sterilization. More ever, ozone-water sterilization has more excellences such as no drug-fast bacterium and no secondary pollution. Based on this, we have developed an ozone-water

hand-washer which can replace the ordinary disinfectants.

【Key words】ozone, sterilization, bacterium, virus, ozone generator

臭氧是由三個氧原子組成的淡藍色、腥臭味氣體，1840年由德國科學家Schorbein發現並命名。該氣體屬強氧化劑。對散佈于空氣或溶于水中的物質與微生物，臭氧直接或間接進行氧化，使之分解或在催化作用下起反應。臭氧的這種性質，使得自其被發現以來，人們便不斷致力於臭氧應用技術的研究。利用其極強的氧化能力，臭氧已經在水處理、化學氧化、食品加工儲藏、醫療衛生等領域發揮了重要的作用；在一些特殊場合，已到了非臭氧技術不用的境界。隨著人們對臭氧性質認識的不斷加深，臭氧應用範圍也在不斷擴大，可以說臭氧技術應用正方興未艾。

由於臭氧不穩定，易分解，不能象氧氣、氮氣等常用氣體那樣壓縮裝瓶，只能邊生產邊使用。人工產生臭氧的方法按原理分為光化學法、電化學法、原子輻射法和電量放電法等幾種，原子輻射法用得極少，工業應用臭氧源大多採用氣體電量放電型的臭氧發生器。

#### 1.1 光化學法

光波中的紫外線會使氧分子O<sub>2</sub>分解並聚合成臭氧O<sub>3</sub>，大氣層中的臭氧就是這樣產生的。其中波長為185nm的紫外光產生臭氧的效率最高，此時光量子被氧氣吸收率最大。其基本反應為：



hν— 紫外光量子

M— 存在的任何惰性氣體，如反應器壁、氮、二氧化碳分子等

紫外光法產生臭氧的優點是對溫度、濕度不敏感，具有良好的重複性，同時可以通過燈功率控制臭氧的濃度、產量。這兩個特性對於臭氧用於人體治療與作為儀器的臭氧標準源是非常合適的。這種方法的缺點是產生的臭氧量較低。

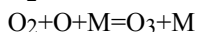
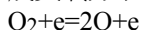
收稿日期：2003-05-23

1.2 電化學法

亦稱電解法，該法始創於1840年。由於人們在電極材料、電解液與電解機理、過程方面作了大量的研究工作，電解法臭氧發生技術取得了很大進步。近期發展的SPE(固態聚合物電解質)電極與金屬氧化催化技術，使純水電解得到14%以上的高濃度臭氧。具體方法是用直流電源電解含氧的電解質(如純水)，在特制的陽極介面析出臭氧，陰極介面析出氫氣。用這種方法產生的臭氧比較純淨，產物中無有害的氮化合物，且在水中的溶解度高，因而具有廣闊的應用前景。

1.3 電暈放電法

利用高頻高壓電流使含氧氣體產生電暈放電，電暈中的自由高能電子離解氧氣分子O<sub>2</sub>，再經三體碰撞反應又聚合成臭氧分子O<sub>3</sub>。



其中e—自由高能電子

M— 氣體中任何其他分子

目前，此類臭氧發生器有板式和管式兩種。板式臭氧發生器在高壓電極板和低壓電極板之間形成放電空間，將空氣中的氧分子電離成離子，氧離子再和氧分子結合成臭氧，其臭氧產量較高。管式臭氧發生器有立管式和臥管式兩種，氧氣通過管周圍電暈放電空間，可產生臭氧。電暈放電型臭氧發生器是目前應用最為廣泛，單機產量最大的臭氧發生裝置。這種方法採用空氣做氣源，常得不到純淨的臭氧，因空氣中的氮氣也被電離而含有有害的氮化合物。

將高濃度的臭氧與自來水混合，生成高濃度的臭氧水(消毒液)，有極強的表面殺菌作用，對大腸桿菌、金黃色葡萄球菌等細菌繁殖體都具有極強的殺滅力，並能對多種病毒具有滅活作用，是一種廣譜高效的殺菌劑，其殺菌速度較氯快300-600倍。同普通消毒液如乙酸、次氯酸鈉等相比，臭氧水消毒具有使用方便，滅菌速度快等特點。尤其重要的是，與普通消毒液比較，長期使用臭氧水消毒液不會產生抗藥菌。用過的臭氧水還能起到污水淨化的功能，無二次污染問題。由於這些優點，臭氧消毒技術正日益受到醫院感染控制部門的高度重視。為驗證臭氧水殺菌效果及對人體的安全性，筆者等進行了臭氧水殺菌試驗，試驗結果如下所述。供試驗生物選用平時經常性接觸的，醫院感染也列為重要對象的微生物，如表1所示。

表1供試微生物

細菌	病毒
大腸桿菌IFO 3301	疱疹病毒RF
銅綠色極毛桿菌IFO 3445	柯薩奇病毒B5
金黃色葡萄球菌ATCC 43300	流行感冒病毒PR8

2.1 殺菌試驗

取各供試菌液0.2ml，先在20°C保溫；再均加20 ml臭氧水，臭氧水濃度取1mg/l和4mg/l兩種，在20°C恒溫槽中作用一定時間，然後加硫代硫酸鈉，使之停止反應。將此作為試驗原液，用緩衝生理鹽水稀釋10倍，調製稀釋菌液。然後各取1ml放入玻璃皿，用胰蛋白陳大豆瓊脂培養基混釋放平板，經36°C48h培養後計菌落數，算出活菌數。其結果見表2-4。

表2臭氧水對大腸桿菌的殺滅效果(CFU/ml)

試驗液	作用時間(s)		
	10	20	30
臭氧水4ppm	0	0	0
臭氧水1ppm	3	2	0
蒸餾水	-	-	3.0x10 <sup>5</sup>

表3臭氧水對銅綠色極毛桿菌的殺滅效果(CFU/ml)

試驗液	作用時間(s)		
	10	20	30
臭氧水4ppm	0	0	0
臭氧水1ppm	0	0	0
蒸餾水	-	-	3.4x10 <sup>4</sup>

表4臭氧水對金黃色葡萄球菌的殺滅效果(CFU/ml)

試驗液	作用時間(s)		
	10	20	30
臭氧水4ppm	0	0	0
臭氧水1ppm	8.7x10 <sup>2</sup>	55	0
蒸餾水	-	-	6.4x10 <sup>4</sup>

如表所示，各供試菌在4mg/l濃度臭氧水作用10s後即全部殺滅，而對照用殺菌水作用30s後，仍

有 $10^3$ /l以上活菌數殘存，證明了4mg/l濃度臭氧水的殺菌效果。而1mg/l濃度的臭氧水作用10s，對銅綠色極毛桿菌能全部殺滅，對其餘的均需30s作用才能全部殺滅，殺菌效果弱於4mg/l濃度。

## 2. 2病毒試驗

在0.1ml病毒液中直接加入10ml臭氧水混合，作用20s及30s後，加硫代硫酸鈉使之停止反應。然後將各反應液用病毒培養基稀釋後，接種到細胞上，經37°C，5%CO<sub>2</sub>。培養箱培養，4日後觀察有無細胞變質，其結果用病毒半數組織培養感染量(TCID<sub>50</sub>)表示。病毒檢出用細胞如表5所示。

表5病毒檢出用細胞

疱疹病毒	VERO
柯薩奇病毒	HEP-2
流行感冒病毒	HDCK

相同試驗再由無菌蒸餾水作對照。表6為對病毒滅活試驗結果。TCID<sub>50</sub>減少 $10^3$ 。以上，則認為對病毒滅活有效。表中可見，單純疱疹病毒、柯薩奇病毒、流行感冒病毒於4mg/l臭氧水作用20s後，TCID<sub>50</sub>都減少 $10^3$ 以上，即具有滅活效果。

表6臭氧水對病毒的滅活效果(TCID<sub>50</sub>)

試驗液	疱疹病毒		柯薩奇病毒		流行感冒病毒	
	20s	30s	20s	30s	20s	30s
臭氧水4ppm	$10^{<2.5}$	$10^{<2.5}$	$10^{<2.5}$	$10^{<2.5}$	$10^{<2.5}$	$10^{<2.5}$
臭氧水1ppm	10 <sup>4.8</sup>	10 <sup>4.5</sup>	10 <sup>8.2</sup>	10 <sup>5.5</sup>	10 <sup>5.5</sup>	10 <sup>5.5</sup>
滅菌水	10 <sup>5.8</sup>	10 <sup>5.8</sup>	10 <sup>7.5</sup>	10 <sup>7.5</sup>	10 <sup>7.5</sup>	10 <sup>7.5</sup>

\* $10^{<2.5}$ 為檢出界限之下

## 2.3 安全性試驗

為驗證使用臭氧水對人體的影響，按“醫療器具及醫用材料基礎性生物學試驗準則”中表面接觸用具類試驗部分作如下試驗。

### 2.3.1 細胞毒性試驗

對動物固體毒性試驗，即由人或動物的細胞進行細胞毒性試驗。本次試驗選用小鼠成腺細胞，方法是在組織培養皿內播種100個細胞，然後把4ppm的臭氧水和培養液接種到玻璃皿裏，72h後由甲醛固定，進行吉姆薩染色，再計數染色細胞。

結果100個細胞全部被染色，可以認為4ppm的臭氧水無細胞毒性。

### 2.3.2 過敏性試驗

皮膚過敏性試驗是在某物質反復暴露時，引起免疫反應方面的障礙，檢查是否引發過敏症。方法是將4ppm的臭氧水注射於試驗小鼠皮內，1周後再塗敷同樣物質，2周後進行被驗物質的誘發，檢查誘發部位的過敏反應。結果均無紅斑及浮腫，可以認為無過敏發生。

### 2.3.3 眼粘膜刺激試驗

以確認臭氧水進入眼部有否刺激。按“準則”中眼刺激試驗，Draize法評述。結果以4ppm臭氧水點眼時無刺激，眼結膜、角膜均無損傷，判定為無眼粘膜一次刺激性。

### 2.3.4 皮膚累積刺激試驗

驗證連續性接觸臭氧水時，因累積作用是否會對皮膚起反應。方法為在試驗小鼠背部各選擇擦過及無擦揉部位，二部位皮膚在14日內，1日1次用0.8ml臭氧水連續塗敷。結果在整個試驗期間，小鼠行動正常，毛及排便均無變化，也無紅斑及浮腫。可以認為臭氧水連續接觸無刺激性等妨礙。

通過前述殺菌試驗及安全性試驗，確認了臭氧水消毒的有效性和使用的安全性。另外，根據臭氧水消毒作用迅速、使用方便、廣譜高效、不產生抗藥菌和無二次污染等優點，我們研製了QQ-1型臭氧水洗手機，以取代普通消毒液洗手，主要用於手術醫生的術前潔手及醫院其他需要淨手的場合。該臭氧水洗手機外型如同普通家用飲水機，在其內部內置小型臭氧發生器和拉蒙特超級氣液混合器，可穩定地產生高濃度的臭氧水。整個儀器由感測器智慧化控制，從洗手到烘干無需觸摸就能自動短時完成。在洗手口內設有風扇吸去氣化的臭氧，再由分解器分解成氧氣後排出裝置，不必擔心吸入散逸的臭氧。

### 3.1 電路原理介紹

整機電路部分包括主電源電路、臭氧發生器專用高頻電源、洗手感測器電路、中央處理器電路及各閥泵驅動電路等。當中央處理器收到洗手感測器發來的洗手信號後，立即啟動臭氧發生器工作電源、氣液混合器泵及相關電磁閥，同時啟動內部的軟體計時器，自動完成洗手至烘乾，整個過程，無需人工干預。

路原理框圖如圖1所示。

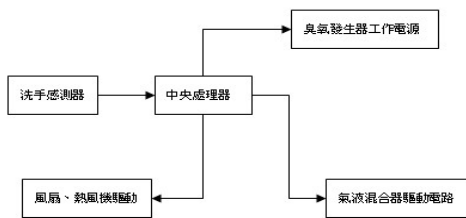


圖1 臭氧水洗手機電路原理框圖

Fig. 1. The circuit principle block diagram of the ozone-water hand-washer

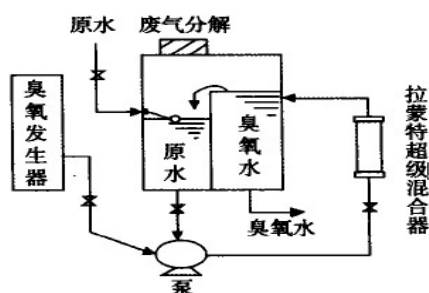


圖2 拉蒙特超級混合器臭氧水生成裝置

Fig.2. The ozone-water generating device with Lamont's super mixer

之上那樣，未來心電技術的創造性成果，或許將基於分子水準上的心肌電生理研究的成果。

### 2.3 心血管系統的診療設備與日俱進

心電技術是棵長青樹，能派生出許多技術分支。1953年首次報導了胎兒心電信號(FECG)的記錄，1952年，Langer·PH採用頻響寬的高靈敏度檢測系統記錄了100~2000Hz的高頻心電圖(HFECG)，1957年Brhubert等開始利用電腦對心電圖進行自動分析，1957年Holter首創長時期活動的心電圖，即動態心電圖(dynamic ECG)，1961年Holter系統就被應用於臨床。1969年，B·J·Schedag首次用右心導管檢測到人體腔內的希氏束電位。1970年美國Marquett公司又推出了電腦輔助的

### 3.2 氣液混合器

臭氧在水中的自然溶解度是氧氣的10倍，但這遠遠不能滿足臭氧水消毒所需的濃度。提高臭氧在水中的溶解度的方法很多，在此不做過多的介紹。目前比較好的一種方法，是採用高速旋轉葉片泵及拉蒙特超級混合器構成的臭氧水生成裝置。這種裝置的原理是利用高速旋轉葉片泵將臭氧氣體打散，再碰撞聚合，氣泡介面得以不斷更新，從而獲得較好的溶解效果。本機所用裝置可生成消毒所需的4ppm的臭氧水。裝置示意圖如圖2所示。

作為一種化學消毒劑，臭氧雖然穩定性差，有一定腐蝕性與毒性，受有機物影響大，但仍具有使用方便，刺激性低，作用快速，無殘留污染等突出優點，近年來在消毒應用方面研究有較快的發展。當然，臭氧在醫學領域裏的應用遠不止這些，國外很早就有應用臭氧治療許多疾病的報導。我們將密切關注這方面的動態，為臭氧在我國醫學上的應用做出自己的一份努力。

#### 參考文獻

- [1] 王芳· 臭氧消毒研究進展· 中國消毒學雜誌.1996.15(2):95.
- [2] 魏旭· 提高臭氧發生器放電效率的研究· 電工電蓄新技術· 1994.24(2).
- [3] 白希堯· 張宏· 馬安成· 臭氧溶液殺菌的研究· 中國消毒學雜誌· 1993.10(1):7

運動試驗儀器(CASE)，使運動心電圖技術躍上了新的臺階。1961年Durrer等利用差分電極記錄到QRS活動結束後25ms的高頻、低幅電活動，這是心室晚電位(VLP)的最早報導。1962年危重病人監護系統被推廣，並應用於CCU和ICU中。1969年Denton·AC等應用Liatta型全人工心臟植入人體。這一系列技術進展，至今尚吸引著許多科技人員，並由此開發出多種心血管系統的診斷、監護、治療和康復儀器。許多治療方法，包括冠狀動脈旁路(搭橋)技術、電消融、支架等，對治療嚴重的心律失常患者起到了十分重要的作用。無疑地，Einthoven等前輩科學家的成果將會被後一代科技人員繼承與發揚。科學面向未來，未來才是科學家施展才華的新時空。