

浴池、游泳池或戲水池等遊憩用水之建議消毒方式

一、加氯消毒：

(一)注意事項：

- 1、陽光直射之室外溫泉水池、水溫高於 40°C 及有機物含量和 pH 值超過 9 之溫泉水，較不適用含氯消毒劑消毒法。
- 2、一般而言加氯消毒法有眾多的優點，例如所需藥劑容易取得、已有明確的添加管理方法等；但其也有明顯的缺點，如藥劑於現場儲存時間可能從數日至數個月，因此也存在藥劑老化問題。
- 3、若使用 chlorinated isocyanurate compounds (含氯三聚氰酸鹽)，僅限於戶外游泳池消毒，使用時應每週測定 cyanuric acid(三聚氰酸)濃度至少 1 次，其濃度不超過 100 mg/L。

(二)消毒方式：

- 1、單獨使用含氯藥劑消毒時，池水中之餘氯濃度應保持於 2-3 mg/L。若配合臭氧消毒時，餘氯濃度可降至 0.5 mg/L。池水如果發生混濁情形，除清除導致混濁物質外，為維持餘氯濃度，必要時可適時增加含氯消毒劑之使用量，但勿超過 5 mg/L。
- 2、當有很多消費者使用時，會造成水質的污濁，會使氯之消耗量增高，因此應適時增加消毒次數及氯使用量。建議可於無人使用之淨空時間，運用高劑量餘氯濃度 (shock dose)，進行池水全面性病原體或微生物之消毒作業。平時可定期提高餘氯濃度至 10 mg/L，持續 1-4 小時之消毒方式為維持池水品質；如遇特殊狀況如：水池遭受糞便等污染時，可增加餘氯濃度至 20 mg/L，持續 8 小時進行水質消毒。

3、檢測設施及檢測頻率：

應備餘氯測定器；每日作酸鹼值與自由有效餘氯測定至少 4 次；每日至少進行 1 次測定總氯與結合氯計算，並將測定結果公布於明顯處所。

4、水質之 pH 保持在 6.5-8.0，自由有效餘氯量保持在 1-3 mg/L，結合餘氯不得超過 1 mg/L 或自由有效餘氯的二分之一(以 N, N-diethyl-p- Phenylendiamine, DPD 法檢測)。

(三)非採用加氯消毒方法者，應先報經地方主管機關核准。

二、加熱消毒：

(一)注意事項：

高溫加熱法的操作雖然簡單，但具熱傷的潛在危險。

(二)消毒方式：

對於不適用或未添加任何化學藥劑(含自然引流之溫泉水)之溫泉池水，每日將儲水槽/塔儲水及每日非營業時段之溫泉池水加熱至 70°C 且維持 30 分鐘以上，降溫後再供使用。

三、臭氧消毒(Ozone, O₃)：

(一)注意事項：

臭氧是很好的消毒殺菌劑和氧化劑，惟在使用臭氧時要注意下列事項：

- 1、臭氧於水中的半衰期約為 3-18 分鐘，而池水的過濾運轉率時間通常遠大於臭氧半衰期，因此，含有臭氧的水從池壁出水不久後極可能不具有殺菌效能，故建議水池不能僅單獨使用臭氧消毒，必須另外補充具有殘餘型態之消毒殺菌方式。
- 2、使用臭氧的水池應注意池內出水口附近空氣中臭氧濃度不可太高，避免呼吸道受損的情況發生。
- 3、臭氧的擴散效率是以氣泡大小來決定，越小的氣泡其總表面積越大，與水接觸之機會也越大。因此，過大的氣

泡不但效果不好，甚至可能因包含在氣泡內未能反應的臭氧於溢出水面時導致呼吸道灼傷的情形。

(二)消毒方式：

- 1、用臭氧作為主要消毒劑時，臭氧與池水的有效氧化和消毒接觸時間是以 CT 值【濃度(ppm)乘以接觸時間(分，min)】表示。一般而言，臭氧於水中的濃度應介於 0.1-0.5 mg/L 或 0.8-1.5 g/m³(適合的濃度取決於水溫的高低，水溫越低溶解度越高)，臭氧和水流入混合的時間則約 2-4 分鐘，接觸的時間越長，對污染物的氧化和消毒效果越好，一般 CT 值標準可採用 1.6 (0.4 mg/L × 4min)。
- 2、池水過量的臭氧可經由活性碳過濾器、紫外線(254 nm 波長)照射、以及二氧化錳催化加以移除。
- 3、臭氧消毒的設備：
一般臭氧消毒之基本構造包含臭氧產生器、反應室及過量臭氧移除裝置等。
- 4、臭氧於空氣中的濃度約 0.05 mg/L 時，可使空氣中的菌數降低 70%，並降低空氣中的 60-90% 病毒；臭氧於水中約濃度為 0.05 mg/L 時，於 1-2 分鐘內可殺死細菌約 99%。臭氧濃度的檢驗，可使用紫外光吸收法(NIEA A420.10T)測定，也可使用 DPD 檢測方法量測水中臭氧濃度。
- 5、由於臭氧消毒系統供應臭氧出口的氣體濃度為固定值，因此須注意限制使用人數，以避免消毒殺菌不足。

四、臭氧合併加氯消毒：

(一)注意事項：

請參照加氯消毒及臭氧消毒之注意事項。

(二)消毒方式：

- 1、消毒使用方式請參照臭氧和加氯消毒使用方法。
- 2、循環式水池建議使用本消毒法，以減少加氯消毒產生人

體危害問題，並可彌補臭氧消毒之效力衰減快速之疑慮。

- 3、臭氧系統與有持久殘餘性的氯等殺菌劑兩者混合使用最大好處，不但可除去氯的副產物(如氯胺等)，且能降低氯的使用濃度。兩者混合使用時，自由餘氯濃度，應可降至 0.5mg/L。

五、二氧化氯消毒(ClO_2)：

(一)注意事項：

液化二氧化氯及高濃度二氧化氯極不穩定，撞擊或日光照設均會發生爆炸，在空氣中濃度超過 10% 就可能發生爆炸，低於 10% 則是穩定性極好的物質，沒有爆炸的危險，故藥劑在儲藏上的危險性必須特別小心。

(二)消毒方式：

- 1、二氧化氯以氣體狀態存在，易溶於水。與氯很大的不同在於二氧化氯為強氧化劑而不是氯化劑，極容易滲入細胞膜以抑制細菌、微生物、病毒活性，加上二氧化氯的消毒副產物之一為亞氯酸根(Chlorite acid, ClO_2^{-1})，對池水中三鹵甲烷(THMs)的減少很有幫助。
- 2、二氧化氯的消毒效率幾乎不受 pH 影響，在 pH 3-11 皆有 90% 以上的殺菌效能，故在鹼性溫泉也可適用。
- 3、二氧化氯比氯系藥劑殺菌力強 2.6 倍，在水中不會有阿摩尼亞反應，也無氯氣臭味，亦不會產生三鹵甲烷消毒副產物等有害物質及反應快速等優點。

六、紫外線消毒(UV)：

(一)注意事項：

- 1、紫外線雖具有不產生有害副產物的優點，但惟有在照射時才具有殺菌效果；故當水的透明度不足時，紫外線殺菌力便不足。因此，紫外線較不適用於高濁度、高色度的池水，反之，較適用於懸浮物質少、乾淨透明(濁度小

於 10 NTU，真色度小於 15 色度單位，鐵離子含量小於 0.2 mg/L)水之消毒工作。

- 2、紫外線對一般細菌及病毒具有良好的消毒力，但對人體也有一定的傷害。一般紫外線使用者最容易受到紫外線傷害的部位是眼睛，因此在處置紫外線消毒設備時，應使用適當之防護設備，並對設備周邊之設施亦應加以注意。

(二)消毒方式：

- 1、紫外線消毒反應是藉由光化學反應，利用紫外線燈管放出波長 254 nm(200-300 nm)之短波高效能紫外線來抑制微生物的活動力，並藉由破壞及改變微生物結構，達到殺菌作用。
- 2、紫外線的使用劑量是以 mJ/cm^2 或 $\text{mW}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$ ($\text{mJ}=\text{mW}\cdot\text{s}$) 為單位，其有效消毒劑量是以紫外線照射強度與照射時間的乘積來計算，亦即殺菌劑量 = 照射強度(I) × 照射時間(T)。
- 3、紫外線燈是架設於固定空間，其放射劑量是依通過的進水量與滯留時間而定，故選擇紫外線消毒設備作為池水的消毒殺菌時，紫外線照射能量、使用時間長短與設備規格，應考量池水尖峰用量、紫外線穿透能力、以及水中微生物種類與應照射劑量，並參照相關設備規格手冊進行安裝。

七、銅銀離子消毒($\text{Cu}^{2+}/\text{Ag}^+$)：

(一)注意事項：

在高 pH 時，銅銀離子的正電性會減弱而影響其消毒的效果，且銀離子會在人體黏膜、皮膚、眼睛聚集導致人體病變之變化，因此應用在消毒時應特別注意其濃度的控制。

(二)消毒方式：

銅銀離子是藉由熱水的再循環，通過一個內含銅銀比例為

90%與 10%之電極板而產生，其優點為易設置及具殘效性。銅銀離子組合形式的主要殺菌機制為正電性之銅離子附著於帶負電荷的細菌細胞壁，破壞其細胞膜的滲透性；銀離子與菌體中之酶蛋白的硫胺基酵素結合，阻斷酵素活性而導致蛋白質變性，最後導致細胞分解與死亡。

八、藻類消毒：

(一)注意事項：

藻類喜好生長在陽光、二氧化碳、礦物質和含氮有機物充沛之池水。由於藻類可增加細菌繁殖能力與消耗化學消毒劑之消毒能力，因此應有效防治藻類孳生。

(二)消毒方式：

- 1、在藻類孳生之水池，可在非使用期間提高自由餘氯至 10 mg/L，或使用四級銨消毒劑(如 benzalkonium chloride)，達到殺死藻類目的。
- 2、採用化學藥劑殺死藻類後，應完全將池水排放，再以人工方式清除藻類，並徹底清掃水池和消毒。
- 3、藻類消毒後之水池若再發生孳生情形時，可重複使用上述消毒方法進行多次消毒。

九、電解水消毒：

以電解水作為消毒之用時，是將電解質加入電解機內並通入直流電以產生電解水，再將電解水注入循環管線中使用。除了有氯系消毒功能外，還能藉由自由基酸化分解細菌的細胞膜，及阻礙細菌的呼吸酵素，達到滅菌消毒的目的。其優點為比氯系殺菌法殺菌力強 5-10 倍，只需添加食鹽或稀鹽酸，且於現場製造、無藥劑儲存期限及運送之問題。

十、各類消毒技術之優缺點，參考如附表一。

十一、另各種消毒方式對於不同的溫泉水有其適用性，因此必需依據其溫泉泉質來做選擇，以非泥漿泉及泥漿泉作為兩大分類：

(一)非泥漿泉：泉質中含有氫等物質時：

- 1、若使用氯系鹽類的方法進行消毒，需注意其氯化銨 (NH_4Cl)等物質的產生，進而造成臭味；且若溫泉的 pH 值過高或過低，皆不適用氯系鹽類消毒的方式來處理，因如 pH 值過低，會產生氯氣；如 pH 值過高，則氯系鹽類的消毒效果不佳。另外，水質中的濁度大於 10 NTU、色度大於 15 真色度、水中 Fe^{2+} 含量大於 0.2 mg/L、BOD 大於 10 mg/L、懸浮固體物質濃度大於 15 mg/L 或有機物含量大於 3 mg/L 者，並不適用紫外線進行消毒。
- 2、若利用銅銀離子進行處理，要注意其 pH 值不可過高，因為在高 pH 值下，會減弱銅銀離子的正電荷而影響其處理效果，且銅銀離子濃度亦不可過高，不然會將處理水的顏色產生變化(變黑)。因此，若能針對其溫泉泉質的特色，並配合消毒方法的適用範圍，不但能達到消毒殺菌的效果，更能降低處理的成本開銷，進而降低溫泉廢水的排放量。

(二)泥漿泉：

泥漿泉之泉質特殊，其泉水中之懸浮質顆粒大，故於消毒程序前建議進入沉澱池，將大顆粒先行沉澱，再將其上澄液再導入消毒池中或在進入溫泉池前進行消毒的動作。

(三)依不同溫泉泉質之適用消毒方法，建議參考如附表二。

附表一

各類消毒技術之優缺點

消毒方式	使用方法	優點	缺點
加氯	注入自由餘氯 1-3 mg/L	<ul style="list-style-type: none"> » 方法成熟，被證實有效之消毒方式 » 濃度易檢測 » 可採自動裝置 » 安裝費用便宜 	<ul style="list-style-type: none"> » 對機器及管線具腐蝕性，管線維修成本可能高過安裝成本 » 有刺鼻味，當水中存在有機物時，高濃度之加氯消毒易產生三鹵甲烷等有害之致癌消毒副產物，不慎食入則對人體有害 » 供水管線中氯濃度無法均勻分布 » 水中餘氯容易引起孕婦流產 » 有氯鹽的臭味
加熱	加熱至 70°C 以上，且維持 30 分鐘以上	價格便宜容易操作	<ul style="list-style-type: none"> » 耗能及耗費大量的人力及成本 » 潛在燙傷之危險性 » 無法保持管線的溫度一致，提供短暫效果
臭氧	注入濃度 0.1-0.5 mg/L 或 0.8-1.5 mg/L	殺菌速度快	<ul style="list-style-type: none"> » 局部消毒，無殘留效果 » 對管線及設施具腐蝕性 » 臭氧為有毒氣體，須精準控制使用劑量 » 殘氧需設置去除設備 » 空間需求較大 » 價格昂貴

消毒方式	使用方法	優點	缺點
紫外線	<ul style="list-style-type: none"> »波長 254 nm (200-300 nm) »40°C 以下之水流適用 	<ul style="list-style-type: none"> »易安裝及操作維護 »不會對環境水體及生物等產生副作用 »消毒過程中不會產生中間有害物質 	<ul style="list-style-type: none"> »局部消毒，無殘留效果 »效能易受濁度影響 »價格昂貴
銅銀離子	<p>水流中設置銅銀電極，利用荷電產生銀離子及銅離子</p> <ul style="list-style-type: none"> »銅離子： 0.2-0.4 mg/ L »銀離子： 0.02-0.04 mg/ L 	<ul style="list-style-type: none"> »具殘留效果 »設置容易 »可採自動裝置 	<ul style="list-style-type: none"> »須定期監測離子濃度 »易受水中高 pH 值影響其消毒作用 »電極結垢時，效果會降低
電解水	<p>注入自由餘氯</p> <p>1-3 mg/ L</p>	<ul style="list-style-type: none"> »濃度易檢測 »可採自動裝置 »價格便宜容易使用 »具殘留效果 »設置容易 	<ul style="list-style-type: none"> »電極結垢時，效果會降低

附表二

依不同溫泉泉質之適用消毒方法

泉質狀況		pH	氯 (Cl ₂)	二氧化氯 (ClO ₂)	次氯酸鈉 (NaOCl)	臭氧 (O ₃)	紫外線 (UV)	微過濾 (0.5-1μm)
碳酸鹽泉	碳酸氫鈉泉	7-10	B	A	B	D	B	A
	碳酸氫鈣鈉泉	7-8	A	A	A	D	A	A
	氯化物碳酸氫鈉泉	6-7	A	A	A	D	A	A
硫酸鹽泉	酸性硫酸鹽泉	1-3	C	C	C	D	E	A
	中性硫酸鹽泉	6-7	A	A	A	D	A	A
混合泉	碳酸氫鈉氯化物泉	8-9	A	A	B	D	B	A
	酸性硫酸鹽氯化物泉	1-4	C	C	C	D	E	A
	中性硫酸鹽氯化物泉	8-9	A	A	B	D	B	A

說明：A：適用

B：pH 過高者(>9)或溫度過高者不適用

C：pH 過低者(<3)或溫度過高者不適用

D：不適用條件：濁度>10 NTU、色度>15 真色度、鐵離子含量>0.2 mg/L、BOD>10 mg/L、SS>15 mg/L、有機物含量>3 mg/L

E：溫度過高者(>65°C)不適用

*使用氯系鹽類(Cl₂、ClO₂、NaOCl)消毒者，若溫泉泉質中含有氨成分者，注意氯化銨(NH₄Cl)的產生(有臭味)

*酸性硫酸鹽泉中含有許多硫化氫(H₂S)物質，處理時需注意 H₂S 的產生(有臭味)