

泳池水質衛生管理與加氯消毒

國立臺灣師範大學
健康促進與衛生教育學系
曾治乾 助理教授

大綱

壹.營業衛生自治條例 -- 營業種類

貳.浴室業水質標準

參.泳池業者水質標準

肆.消毒之必要性

伍.加氯消毒原理

1. 次氯酸與酸鹼平衡
2. 總氯 / 自由餘氯 / 結合氯
3. 水中餘氯測定方法 (DPD/OTO)
4. 池水餘氯控制
5. 加藥量計算
6. 加氯消毒副產物的致癌風險
7. 對從業人員的建議

陸.常用藥劑之功能與需注意事項

營業種類

- 第三條
- 三、浴室業 -- 指經營浴室、三溫暖或其他以固定場所供人沐浴、浸泡之營業
- 五、泳池業 -- 指經營以固定場所供人游泳之營業

浴室業水質

- 澄清度：能看到池底
- 無臭、無味
- 酸鹼 (pH) 值：6.5 - 8



浴室業水質

- 在 $35 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 培養 48 ± 3 小時下
每毫升之總生菌數不得超過 500 CFU
每 100 毫升之水中，不得檢出大腸桿菌
- 大眾浴池每天至少換水 1 次
- 必要時可增加換水次數
- 每次換水應用清潔劑清潔池內外

游泳業水質

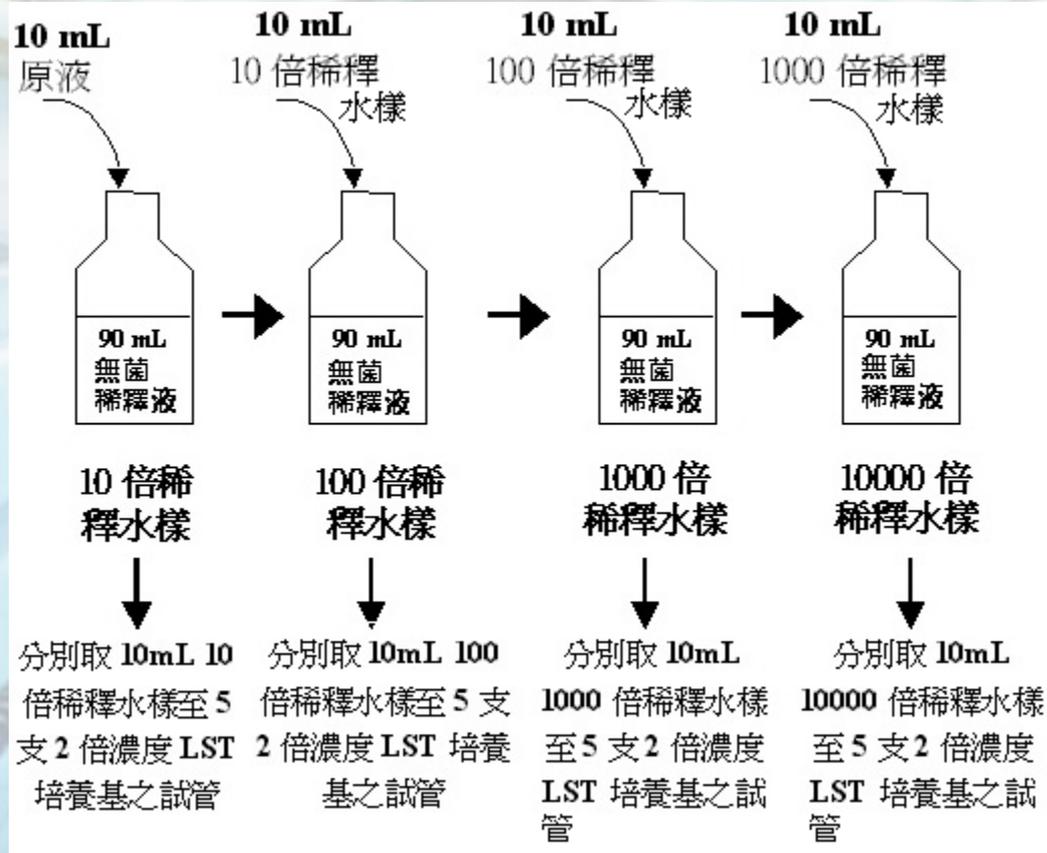
- 營業期間池水須循環過濾
- 適當補充溢流水
- 涉水池每天換水 1 次，換水時應清潔池內外
- 無臭、無色，水面不得有明顯浮沫
- 池壁、池底、走道不得有苔藻滋生
- 池底或溢流溝不得有明顯沉積物
- 澄清度：能看到池底

游泳業水質

- 酸鹼 (pH) 值：6.5 - 8
- 在 $35 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 培養 48 ± 3 小時下
- 每毫升之總生菌數不得超過 500 CFU
- 大腸桿菌 - 每 100 毫升水中，不得檢出 大腸桿菌。
- 自由有效餘氯：1.0-3.0ppm

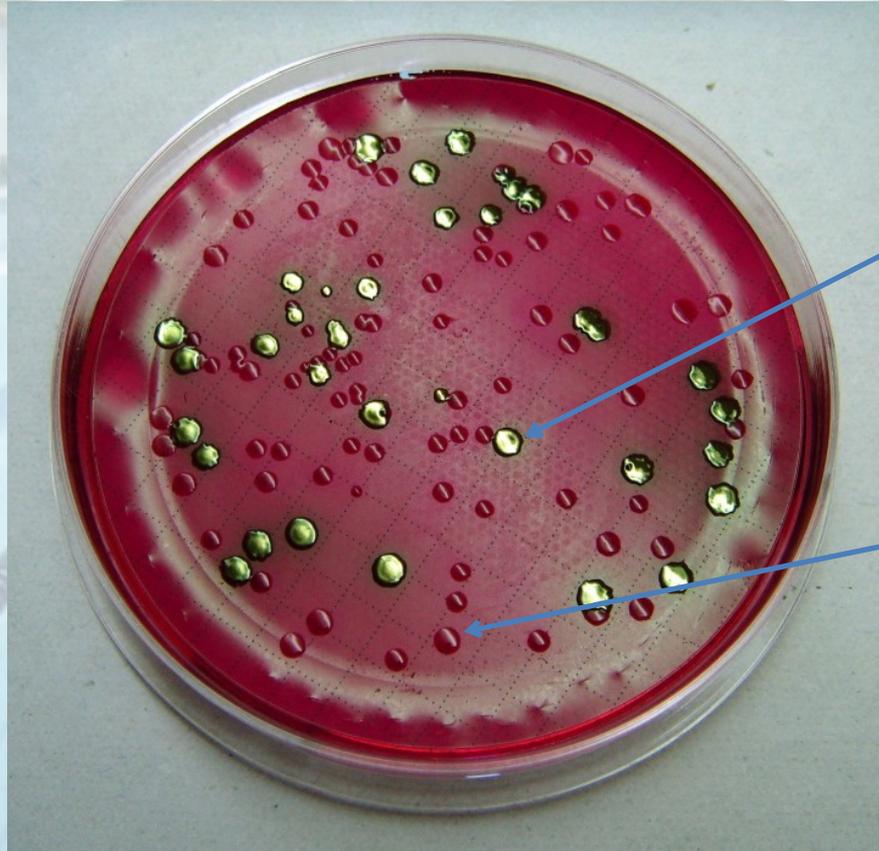
- 用加氯消毒者，應備有餘氯測定器
- 非加氯消毒者，使用方法應報經主管機關核准

水中大腸桿菌群檢測方法 - 多管發酵法



具金屬光澤
菌落

水中大腸桿菌群檢測方法 - 濾膜法



具金屬光澤菌落

不具金屬光澤菌落

游泳業環境紀錄

- 開放期間，衛生管理人員每天每 2 小時進行環境紀錄，並於明顯處公布測定值
- 紀錄資料應保存一年
- 1. 自由餘氯 - 1.0 ~ 3.0ppm
- 2. 酸鹼值 - pH6.5 ~ 8.0
- 3. 水溫、室溫項目
- 4. 一般細菌 - 1 毫升水樣中，細菌數 500 個以下
- 5. 大腸菌 - 100 毫升水樣中不得檢出

消毒系統的必要性

- 游泳池是一個公共場所，人員十分複雜，且人體直接與水接觸。因此，不僅將各種細菌、病毒帶入水中，而且人體排放的污垢、汗液以及使用的化妝品等也會溶於水中，導致濁度增加、透明度降低，產生臭味、異味，造成大量細菌、病毒的繁殖，直接影響人體健康。據報導，通過游泳池水可傳染眼、鼻、喉、腸胃、皮膚、泌尿及生殖系統疾病。因此，游泳池水的消毒、滅菌、除污是避免傳染病發生的重要措施。

消毒方法

- 氧化劑 (如臭氧、加氯消毒)
- 紫外線
- 金屬離子 (如銅銀離子)
- 組合型 (如氧化劑和金屬離子一起使用)

加氯消毒原理

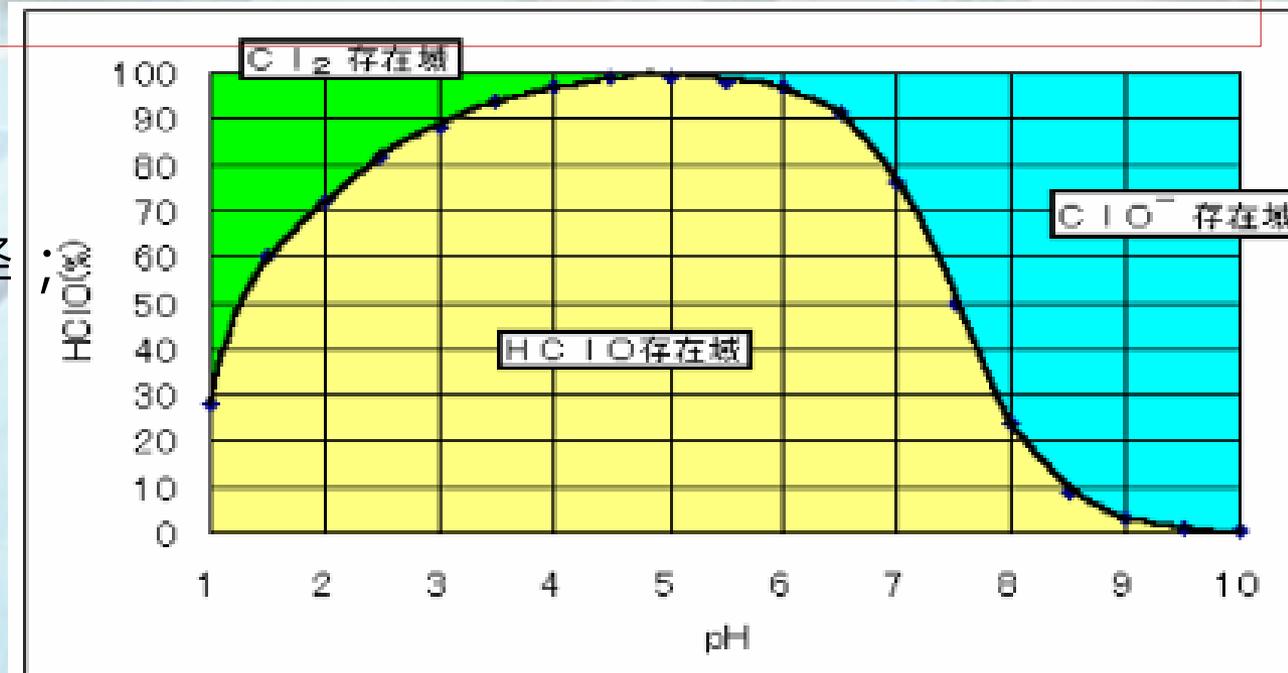
- 加氯消毒藥劑在水中溶解或與水、氫離子結合後，會產生自由餘氯
- 自由餘氯會氧化病原體的重要酵素與外膜蛋白質，使病原體失去活性或崩解

次氯酸鈉 (漂白水) 消毒效率與酸鹼值的關係

當氯溶於水中會變成次氯酸或次氯酸根離子，而氯 (Cl_2)、次氯酸 (HOCl) 及次氯酸鹽 (OCl^-) 皆具有消毒能力，通常合稱為自由餘氯 (free chlorine residuals)，其消毒能力為 $\text{HOCl} > \text{Cl}_2 > \text{OCl}^-$ 。



pH 上升， $[\text{HOCl}]$ 下降
消毒能力亦下降



自由餘氯和結合氯都有殺菌力

- 當水中有氨存在時，氯或次氯酸會先與氨作用形成一氯胺 (monochloramine)、二氯胺 (dichloramine) 及三氯胺 (trichloramine)
 - $\text{NH}_3 + \text{HOCl} \rightarrow \text{NH}_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$ (一氯胺)
 - $\text{NH}_2\text{Cl} + \text{HOCl} \rightarrow \text{NHCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (二氯胺)
 - $\text{NHCl}_2 + \text{HOCl} \rightarrow \text{NCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (三氯胺)
- 一氯胺及二氯胺亦具有消毒能力，稱為**結合餘氯** (combined chlorine residuals)，其消毒力與自由餘氯相較下為**自由餘氯 > 結合餘氯**。

總氯、自由餘氯與結合氯

- 結合氯也是一種餘氯
- 結合餘氯的殺菌效果比自由有效氯低
- 自由餘氯 (Free chlorine) + 結合餘氯 (Combined chlorine) = 總餘氯 (Total chlorine)
- 總餘氯 - 自由餘氯 = 結合餘氯

餘氯測定

- OTO 和 DPD 都是測氯的工具。
- OTO 黃色，DPD 紅色，以往法規只說氯含量，沒有說用什麼方法測，因為黃色 OTO 所測的是總氯，並被 WHO 認定**藥品本身有致癌毒性**，所以 OTO 在國際上已被禁止使用。

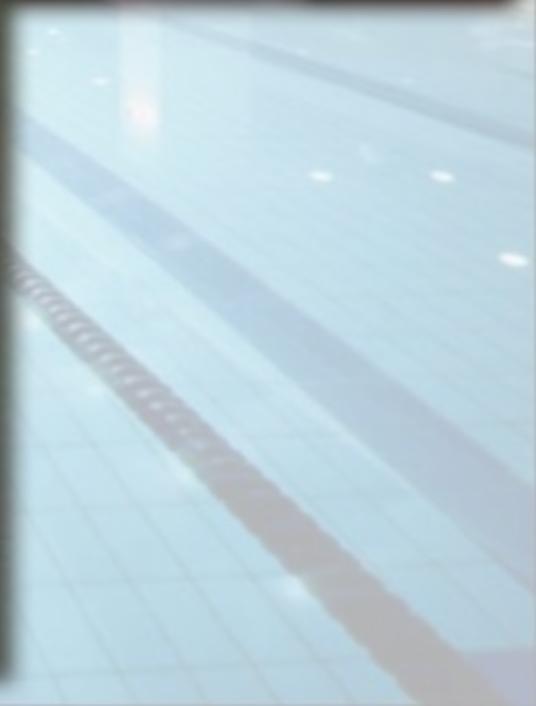
OTO 餘氯測定試劑

- 5 秒內與水中自由有效餘氯結合呈黃色。
- 之後 (5 分鐘) 在與水中結合餘氯反應使黃色加深，呈現總綠濃度。
- 結合餘氯濃度為前述兩者相減而得。



加氯消毒藥劑

- 氯氣 (液氯) : 100%
- 次氯酸鈉 (漂白水) : 6 - 15%
- 次氯酸鈣 (氯錠、氯粉) : 30 - 70%
- 三氯異氰酸 (氯錠、氯粉) : 90%
- 二氯異氰酸鈉鹽 (氯粉) : 50 - 60%



餘氯控制方式

- 手動加藥：漂白水、氯錠、氯粉
- 餘氯測量 → 啟動加藥機 → 再次測量餘氯
→ 紀錄加藥時間與增加之餘氯濃度
- 加藥時間 \Leftrightarrow 增加餘氯濃度
- 自動加藥
- 液氯、漂白水、氯錠氯粉溶液

加氯消毒 + 循環過濾



自動加藥設備



手動加藥計算

- 加藥量 (g)=
池水量 (m³)x 預期濃度 (g/m³)/ 藥劑濃度
- 池水 1000 m³ , 預期餘氯濃度為 2 ppm(2 g/m³)
- 漂白水濃度 10%
- $1000 \text{ m}^3 \times 2 \text{ g/m}^3 / 10\% = 20000\text{g} = 20 \text{ kg}$
- 池水 1000 m³ , 預期餘氯濃度為 3 ppm(3 g/m³)
- 氯錠濃度 30%
- $1000 \text{ m}^3 \times 3 \text{ g/m}^3 / 30\% = 10000\text{g} = 10 \text{ kg}$

手動加藥控制

- 加藥量 (g)=
池水量 (m³)x(預期濃度 - 目前濃度)(g/m³) / 藥劑
濃度
- 池水 1000 m³ , 氯粉濃度 50%
- 目前餘氯濃度為 0.5 ppm(0.5 g/m³)
- 預期餘氯濃度為 2 ppm(2 g/m³)
- $1000 \text{ m}^3 \times (2 - 0.5) \text{ g/m}^3 / 50\% = 3000\text{g} = 3 \text{ kg}$

手動加藥注意事項

- 應定時 (至少每 2 小時) 測量餘氯濃度並加藥
- 維持餘氯濃度在 1.0-3.0 ppm
- 加藥過多會造成泳客與工作人員身體不適之虞

加氯消毒的問題

- 氧化泳衣與頭髮
- 消毒藥劑 + 有機物 → 消毒副產物
- 池水及空氣中常有刺激性氣味 (氯胺) ，使泳客頭暈、胸悶，刺激眼睛及呼吸道
- 總三鹵甲烷：導致膀胱癌、大腸直腸癌等
- 鹵乙酸：導致肝癌等癌症

加氯消毒致癌風險

- 洪崇軒 (2005) 分析高雄市泳池，發現泳客終身致癌風險為 $1.22 \times 10^{-5} - 7.86 \times 10^{-5}$
- 周雯萱 (2008) 分析臺中市泳池，發現泳客終身致癌風險為 $1.99 \times 10^{-6} - 2.04 \times 10^{-4}$
- 林哲墩 (2015) 分析臺北市泳池，發現泳客終身致癌風險為 $2.48 \times 10^{-6} - 1.10 \times 10^{-5}$

加氯消毒的問題

- 氯胺、總三鹵甲烷**具有揮發性**，使泳池工作人員因呼吸而蒙受其害
- 救生員容易有呼吸系統不適的狀況

對用加氯消毒者的建議

- 良好的通風
- 泳客入池前須先淋浴或沖洗
- 按時 (至少每 2 小時) 測量餘氯濃度
- 定期檢查或清洗過濾系統

水質穩定劑

- 海波

- 一般水質穩定劑的主要成份
- 也叫大蘇打，正式的名稱是**硫代硫酸鈉**
- 硫代硫酸鈉可除去自來水中的氯，在水產養殖上被廣泛的應用，因為硫代硫酸鈉對於魚類的毒性很低。
- 理論上，去除 1 克的氯需要 0.56 克硫代硫酸鈉，因為市售的商品海波含有五個結晶水，因此實際用量為 0.88 克。
- 自來水中的氯添加範圍在 0.2ppm ~ 1ppm ， 1 克海波可以處理超過 1000 公升 (1 噸) 的自來水

- 稀硫酸

- 作用維持游泳池 pH 值在 6.5-8 之間，游泳池若不加酸 pH 值會越來越高。
- 若直接將漂白水與硫酸混合，將生成氯氣，儲存時須注意。

- 次氯酸水

- 就是漂白水，市面上將漂白水濃度稀釋後出售。

A large indoor swimming pool with a high, vaulted ceiling and lane markers. The pool is filled with clear blue water, and the ceiling is made of white, curved panels. The pool is surrounded by a light-colored tiled deck. In the background, there are some tables and chairs, suggesting a lounge area. The overall atmosphere is bright and clean.

• 謝謝聆聽，敬請指教！