泳池臭氧、紫外光及銅銀離子消毒

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. 臭氧消毒法

貳. 紫外線消毒法

參. 銅／銀離子消毒法

臭氧消毒

- 臭氧在水中是通過臭氧自身分解出的活性氧原子和溶於水中的部分臭氧形成的羥基游離基（ OH ．）與溶於水中的各種物質、微生物進行氧化反應達到消毒、滅菌、脫色、除臭目的。
- 臭氧會氧化病原體的蛋白質，使其崩解
- 臭氧殺菌能力強， CT 值小
- 殺菌能力是比較達成相同殺菌程度之消毒藥劑暴露情形，利用消毒藥劑濃度與接觸時間乘積值來表示，簡稱 CT 值， CT 值越小，代表殺菌能力越強
- 臭氧殺菌能力約為自由餘氯的 60 倍

臭氧消毒

- 臭氧半衰期短，須隨時監測濃度
- 臭氧不安定，無法儲存，須現地製造

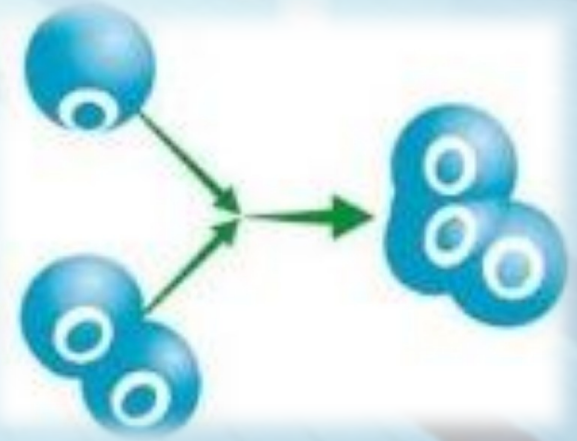
- 國內常用
  高壓電流放射法

- 純水電解法、紫外線法

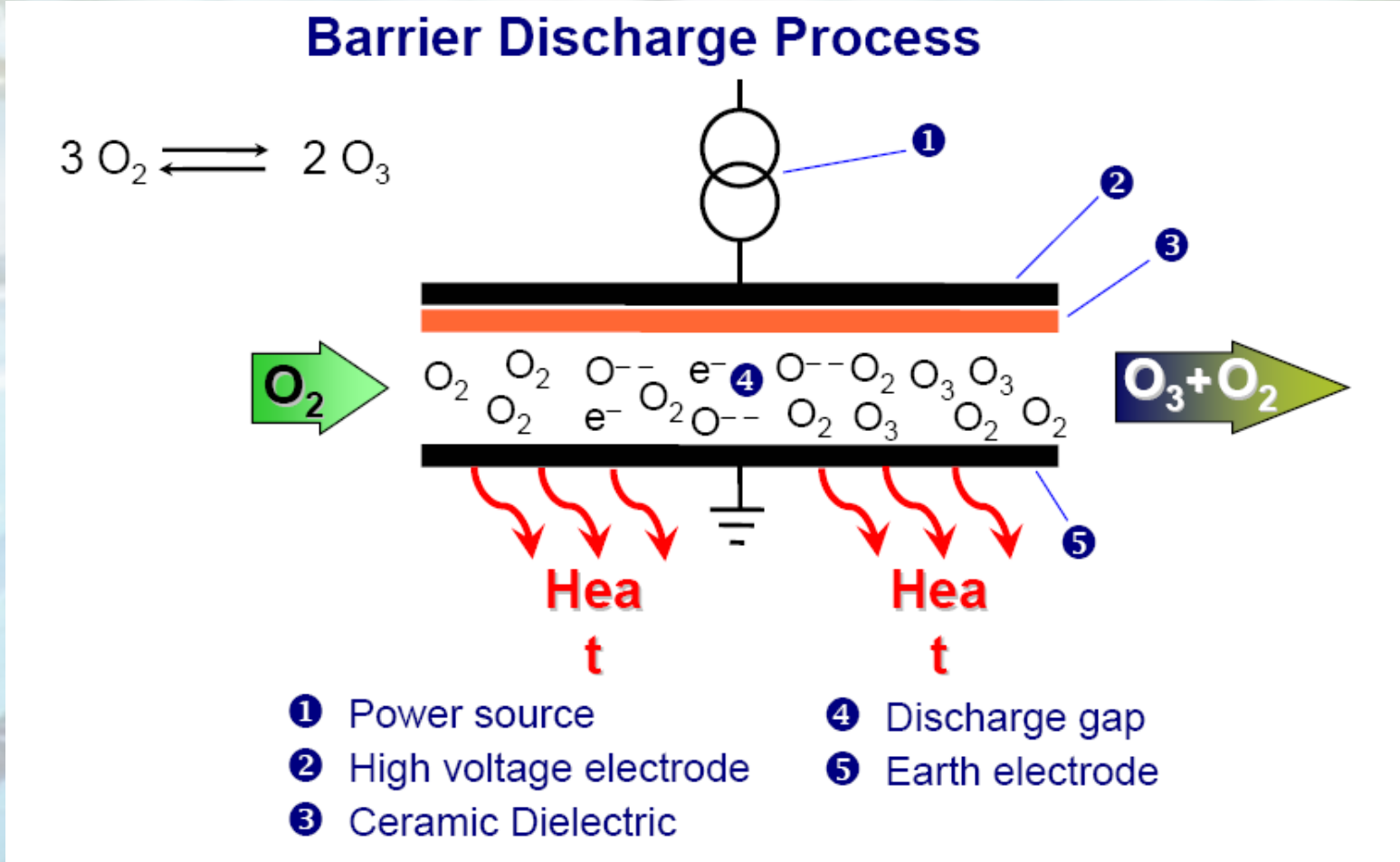
高壓電流放射法

- 在 2 個平行高壓電極中放 1 個介電體，以電極釋放的電子激發氧氣，聚合成臭氧
- $O_2 \rightarrow 2O$ ； $O_2 + O \rightarrow O_3$

- 會產生氮氧化物等空氣汙染物質
- 須有適當的通風



臭氧形成示意圖


Barrier Discharge Process
3 O2 ⇌ 2 O3
O2
O3+O2
Hea
t
Hea
t
❶ Power source
❷ High voltage electrode
❸ Ceramic Dielectric
❹ Discharge gap
❺ Earth electrode

純水電解法

- 將水分解為氫氣與氧氣，進而產生臭氧，氫氣會排放到空氣中
- 可獲得濃度較高的臭氧

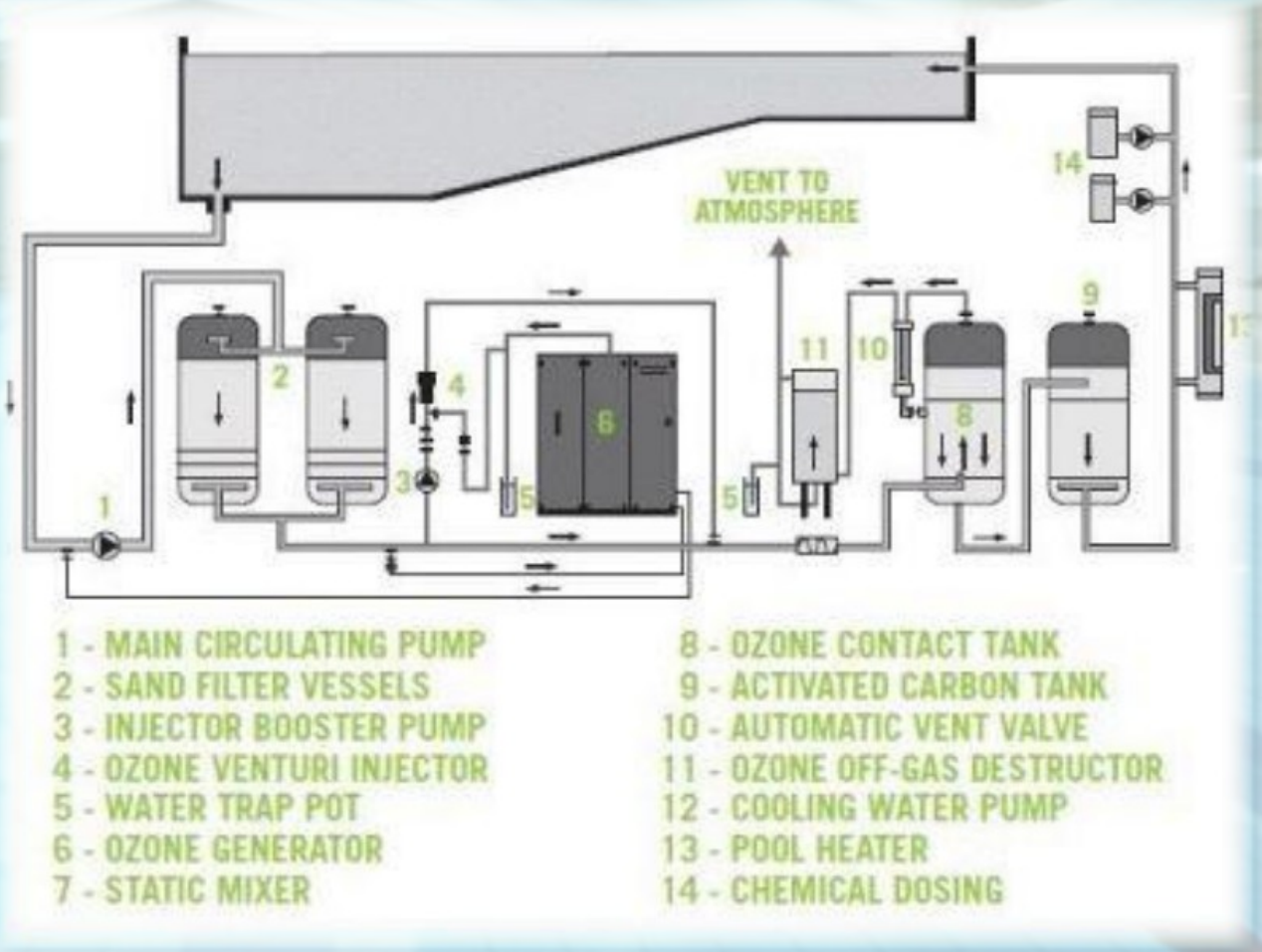
紫外線法

- 空氣經紫外線燈照射

- 臭氧產生量與燈管體積有關
- 一般臭氧產生量不高，較適用於空間消毒

臭氧消毒＋循環過濾

- 循環幫浦
- 過濾系統
- 臭氧產生器
- 臭氧混合裝置
- 臭氧消毒槽
- 排氣裝置
- 活性碳槽
- 加熱系統
- 臭氧偵測裝置



臭氧產生量計算

- 臭氧產生量 (g/hr)=

  循環水量 (m^3/hr)x 預期濃度 (g/m^3)/ 溶解效率
- 循環水量 (m^3/hr)=

  池水量 (m^3)x 循環次數 (次 / 天)/24 (hr/ 天)

- 池水 1000 m^3 ，每天循環 6 次
- 1000 m^3 x 6 (次 / 天) / (24 hr/ 天) = 250 m^3/hr

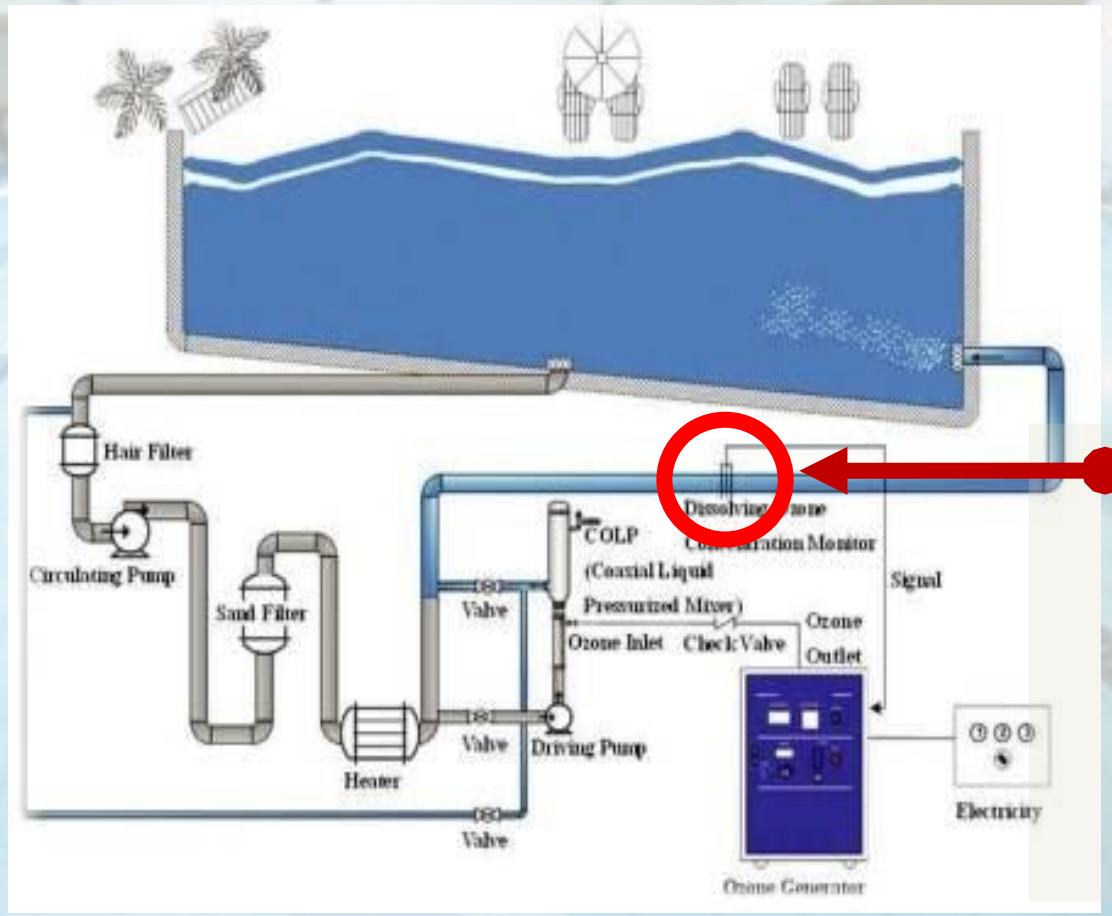
臭氧產生量計算

- 循環水量 250 m^3/hr
- 預期臭氧濃度為 0. 4 ppm(0. 4 g/m^3)
- 臭氧溶解效率 20%
- 250 m^3 x 0.4 g/m^3 / 20% = 500g/hr

- 如果臭氧的融入效率不夠高，則須買很大的臭氧機。

線上水中臭氧濃度偵測

- 選擇性薄膜電極



安裝位置：

管中臭氧濃度： 0.4ppm

池中臭氧濃度： 0.03-0.05ppm

水中臭氧濃度檢測

- 標準方法

  靛藍法(加呈色劑後以分光光度計測量)

- 二乙苯二胺(DPD)氧化法
- 碘離子法
- 亞硝酸根離子氧化法
- 碘滴定法

臭氧濃度檢測

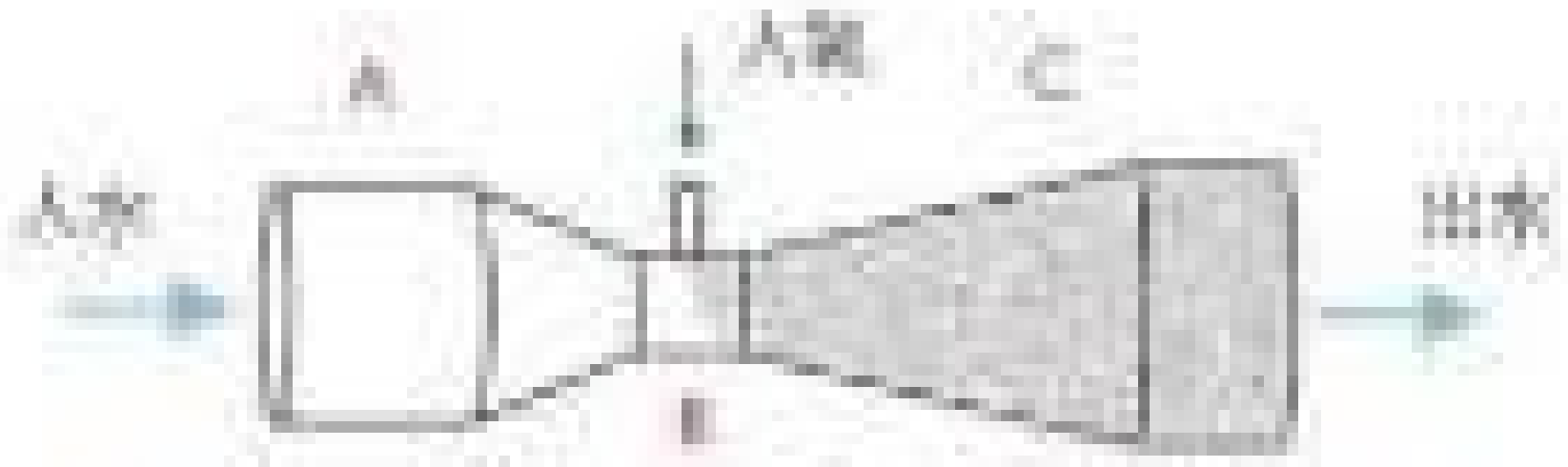
臭氧與加氯併用的消毒方式

- 一般使用臭氧與加氯併用消毒方式的泳池管理者，常遇到以下問題：

- 臭氧產生機每小時產生多少的臭氧？
- 有多少臭氧溶入循環水中？
- 臭氧設備效率如何？該如何調整？
- 泳池中臭氧濃度是多少？

臭氧與加氣併用的消毒方式

- 一
  入
- 文
  流
- 即
  果



臭氧消毒

- 臭氧對水溶解度小→溶解是技術關鍵
- 未溶解的臭氧會釋放到空氣中

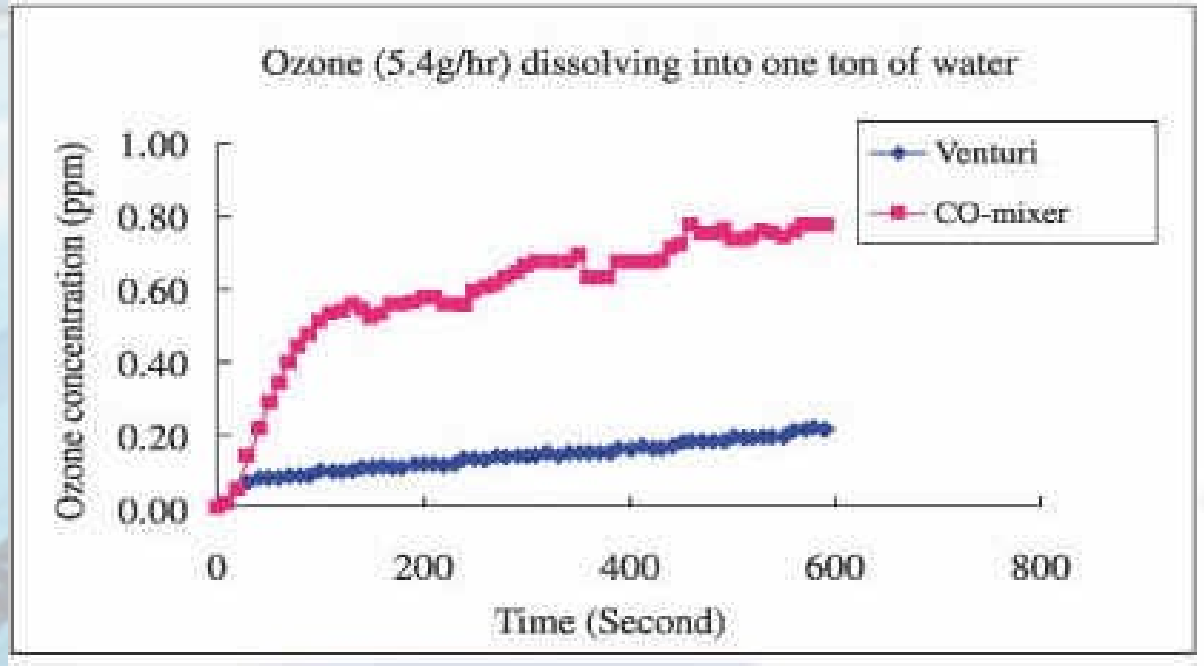
- 空氣品質標準

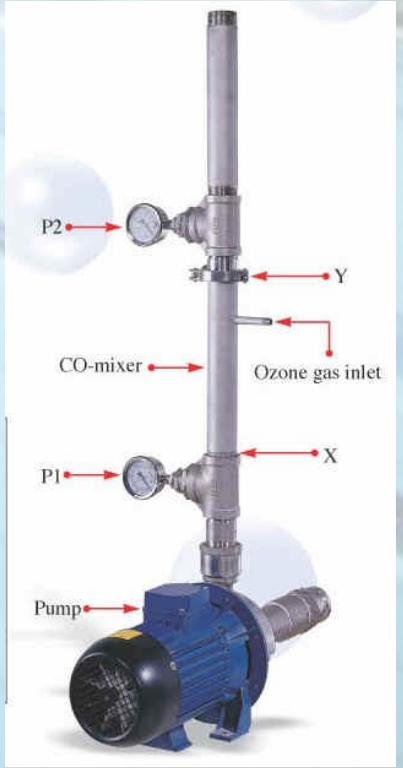
  每小時平均濃度 0.12 ppm

  每 8 小時平均濃度 0.06 ppm

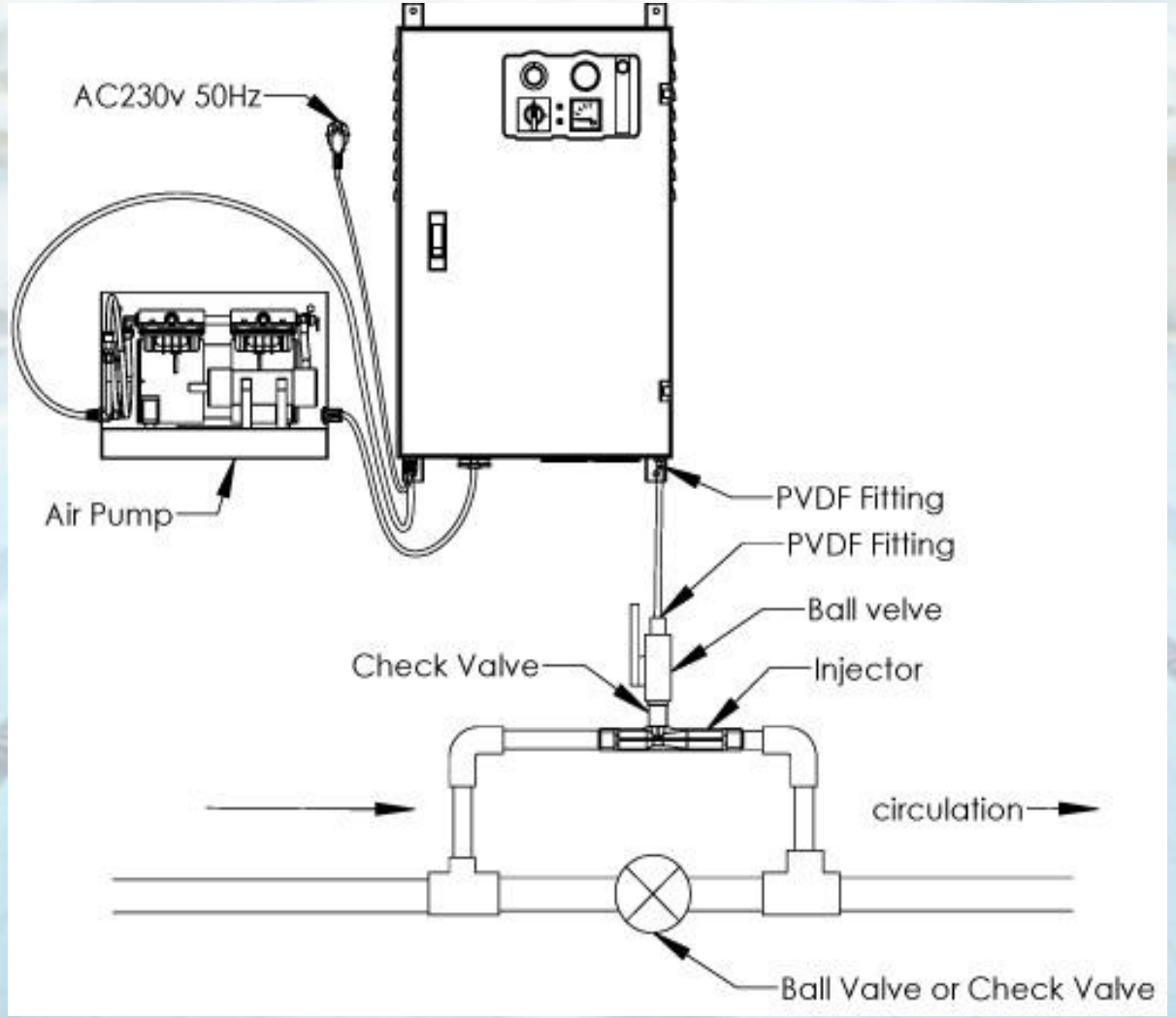
臭氧溶解程度是關鍵

- 直接注入管路(文式管)：溶解程度低
- 臭氧混合裝置 (Ozone mixer) ：溶解程度高





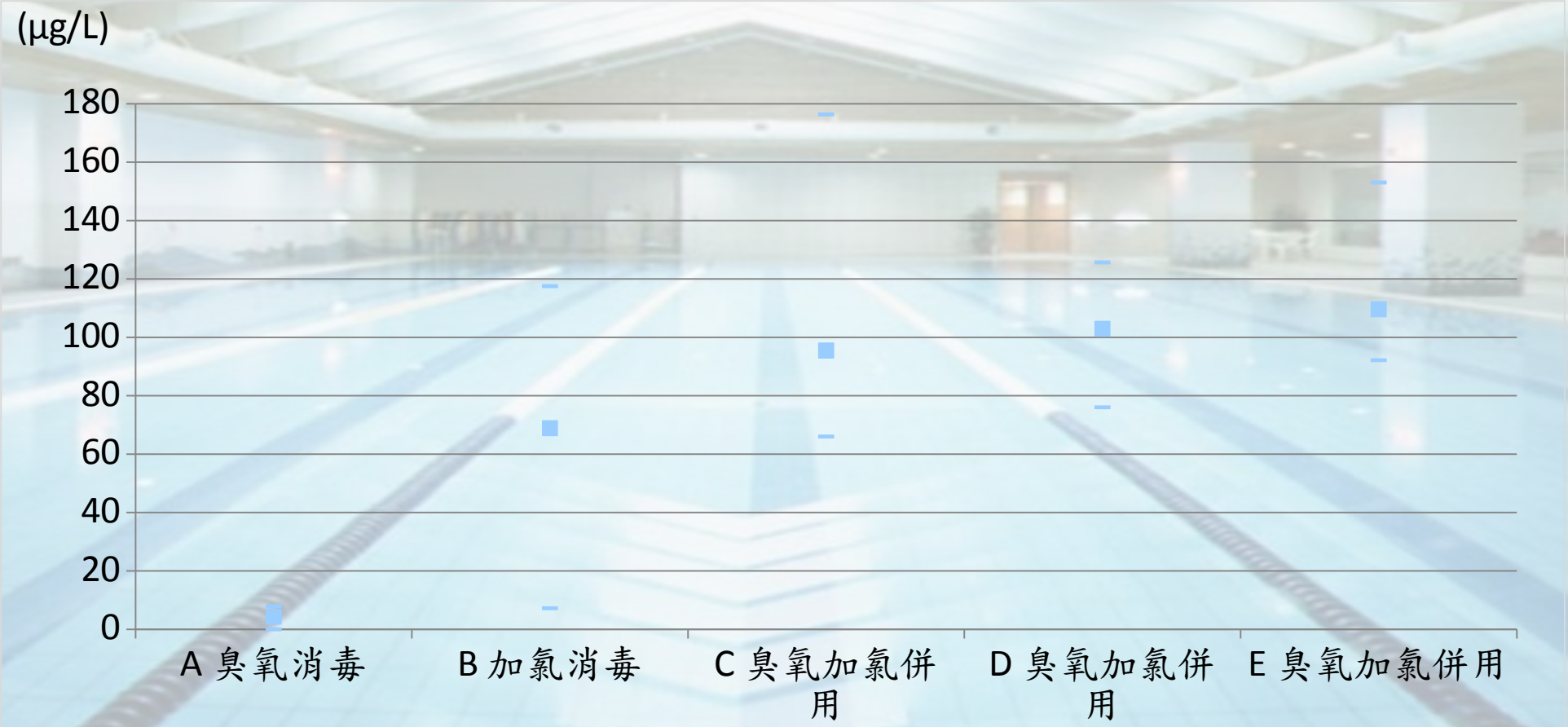
直接注入管路(文式管)：溶解程度低



臭氧與加氯併用的消毒方式

- 加氯消毒產生會產生加氯消毒副產物
  三鹵甲烷、鹵乙酸、氯胺
- 臭氧消毒不會產生上述副產物
- 臭氧與加氯消毒併用應能減少加氯消毒副產物產量

不同泳池之三氯甲烷濃度



不同消毒方式之三氯甲烷濃度

消毒方式	地點	泳客（人/日）	臭氧(g/hr)	平均值(μg/L)	濃度範圍(μg/L)
臭氧消毒	A	70	80	4.33	N.D.-7.94
加氯消毒	B	220		68.89	7.21-117.54
臭氧與加氯併用	C	200	22	95.50	66.03-176.34
	D	180	70	102.94	76.04-125.65
	E	90	60	109.63	92.17-153.03

應了解臭氧

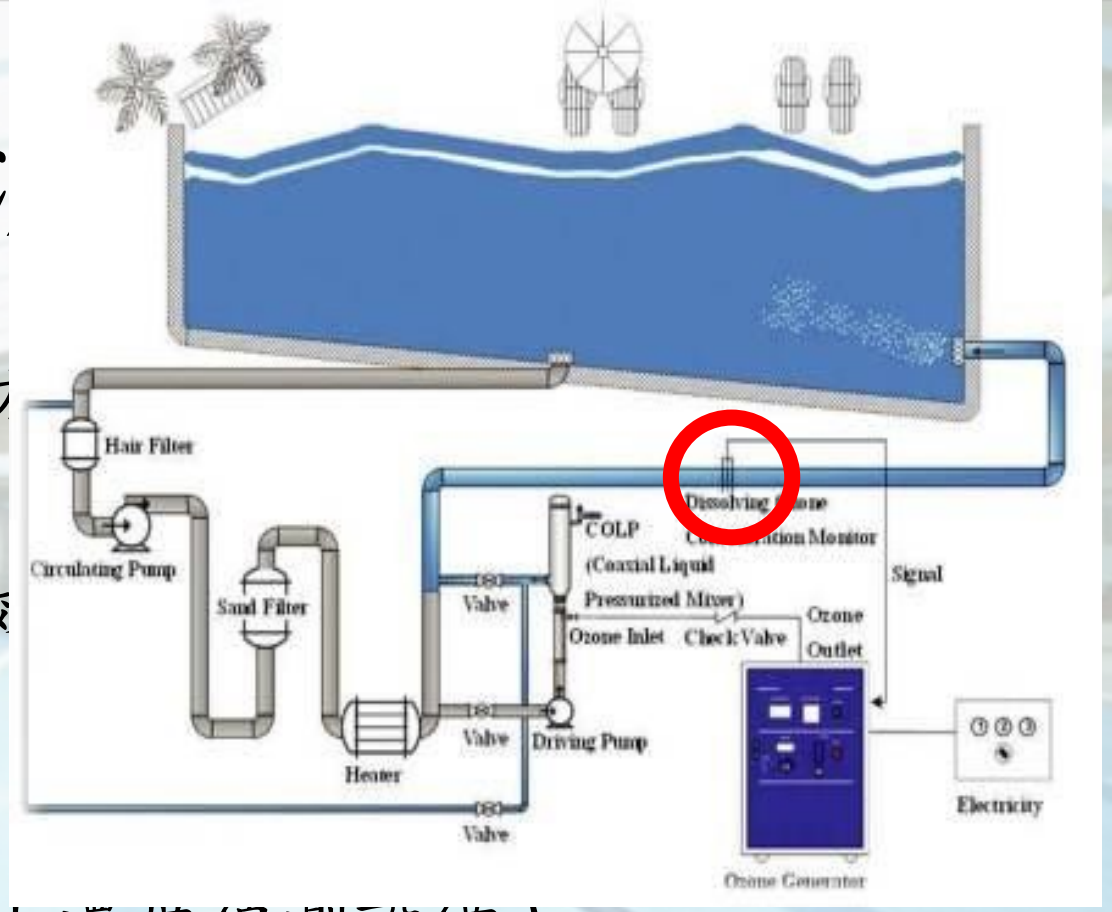
- 一般臭氧與加氯併用的消毒

- 要求消毒系統廠商提供臭氧

  臭氧產生量

  溶解效率

  水中臭氧濃度(應裝設線上濃度偵測設備)

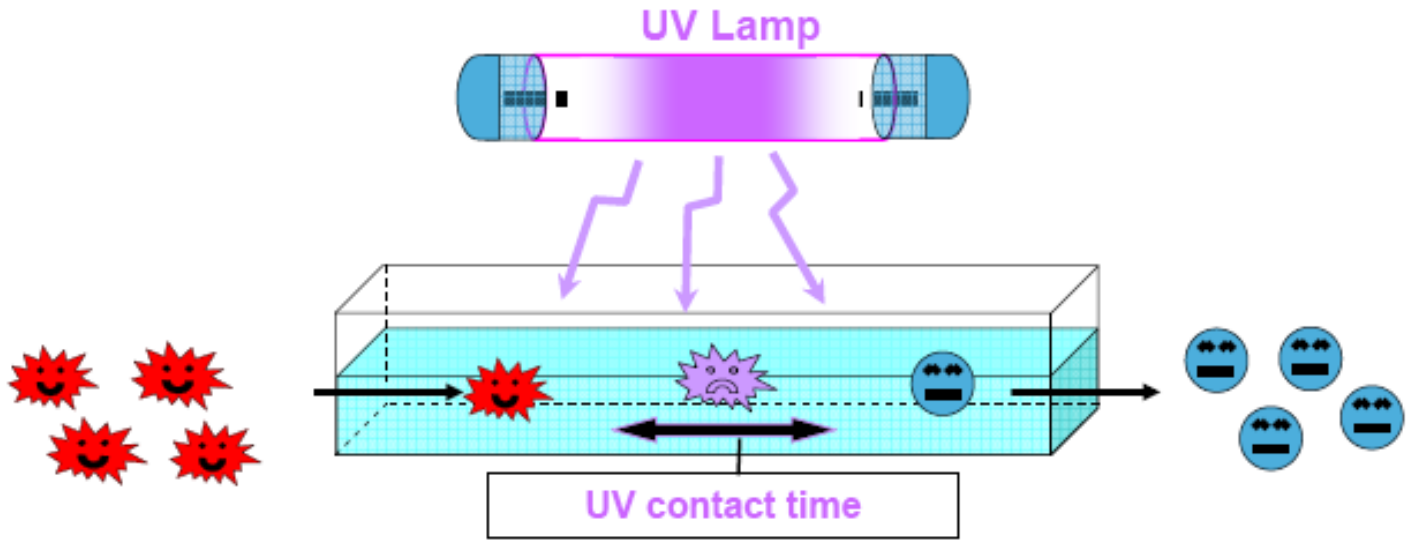


紫外線消毒

- 紫外線會破壞病原體的 DNA 、 RNA 等重要物質，進而導致其失去活性

- 紫外線燈是以電子激發燈管內汞 (水銀) 蒸氣，被激發的汞蒸氣會釋放出紫外線

紫外線消毒示意圖


UV Lamp
UV contact time
Inlet :
Activated pathogens
Outlet :
Inactivated pathogens
Inactivation

紫外線燈

- 純石英玻璃管

  紫外線穿透燈管率 >80%

- 高硼砂玻璃管

  紫外線穿透燈管率 <50%

紫外線消毒

- 殺菌能力 = 照射強度 x 照射時間

- 照射強度高於 70 $\mu w/cm^2$ 時 (1 w = 10^6 μw)，才能發揮理想的消毒功能
- 照射強度低於 40 $\mu w/cm^2$ 時，即使時間增長，殺菌效果也不理想

紫外線消毒

- 定期擦拭紫外線燈，以免影響紫外線穿透率及照射強度
- 依燈管可使用時數定期更換

紫外線消毒

- 不重視燈管照射強度的衰退
- 燈亮著，就有足夠的殺菌能力 (X)
- 紫外線為不可見光
- 紫外線燈之紫藍色 射強度無法用肉眼來判

- 使用單位或安裝廠 度不夠之燈管應立即更

銅銀離子消毒

- 以電流通過金屬電極，電解銅銀合金電極板，產生銅銀離子

銅銀離子消毒

- 帶正電的銅銀離子，會與帶負電的細菌細胞壁和病毒外殼蛋白質結合，改變病原體的滲透壓；亦能與其 DNA 、 RNA 等重要物質結合，造成病原體崩解或死亡
- 銅銀離子亦會與過濾器中帶負電的石英砂結合

- 池水會於過濾器中同時進行過濾與消毒

銅銀離子消毒

- 一般建議水中維持殺菌濃度
  - 銅離子 0.2 - 0.4 ppm
  - 銀離子 0.02 - 0.04 ppm

- 銅銀離子消毒的優點是殺菌效力可以維持很久，不會被有機汙染物消耗，而且沒有濃度混合的死角。
- 缺點是其反應需較長時間才能顯現，一般臭氧和氯殺菌時間為數秒至數分鐘，銅銀離子可能需數十分鐘至數小時。

銅銀離子消毒

- 電極積垢會影響電解效果
- 須定期更換電極
- 不適用於含硫化氫的溫泉
- 銅銀離子濃度過高，可能會造成泳客皮膚、眼睛不適

- 謝謝聆聽，敬請指教！