



科學研發暨品管實驗室

純水原理

ELGA Taiwan Bioscience Ltd.

台灣艾爾加純水專業團隊 (Elga Taiwan)

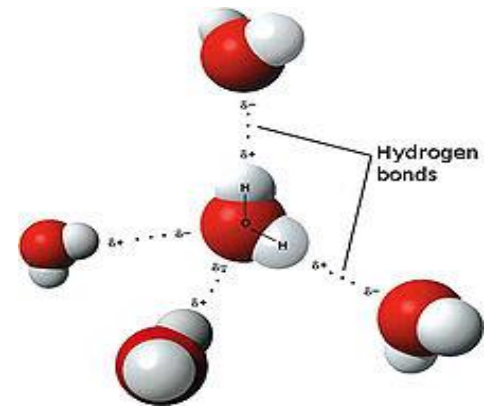
水的存在及其化學特性

“水” 具有三態: 固態(冰)、液態(水)及氣態 (水氣)。

“水” 是化學物質其分子式是 H_2O ，分子中的氧以共價鍵方式與其它兩個氫形成鍵結。

在室溫環境中，水以液態存在，但在地球上會與固態冰及氣態的氣體或水氣存在。

地球表面的 70.9% 被水覆蓋，並且對已知的生命型態的存在是不可或缺的。

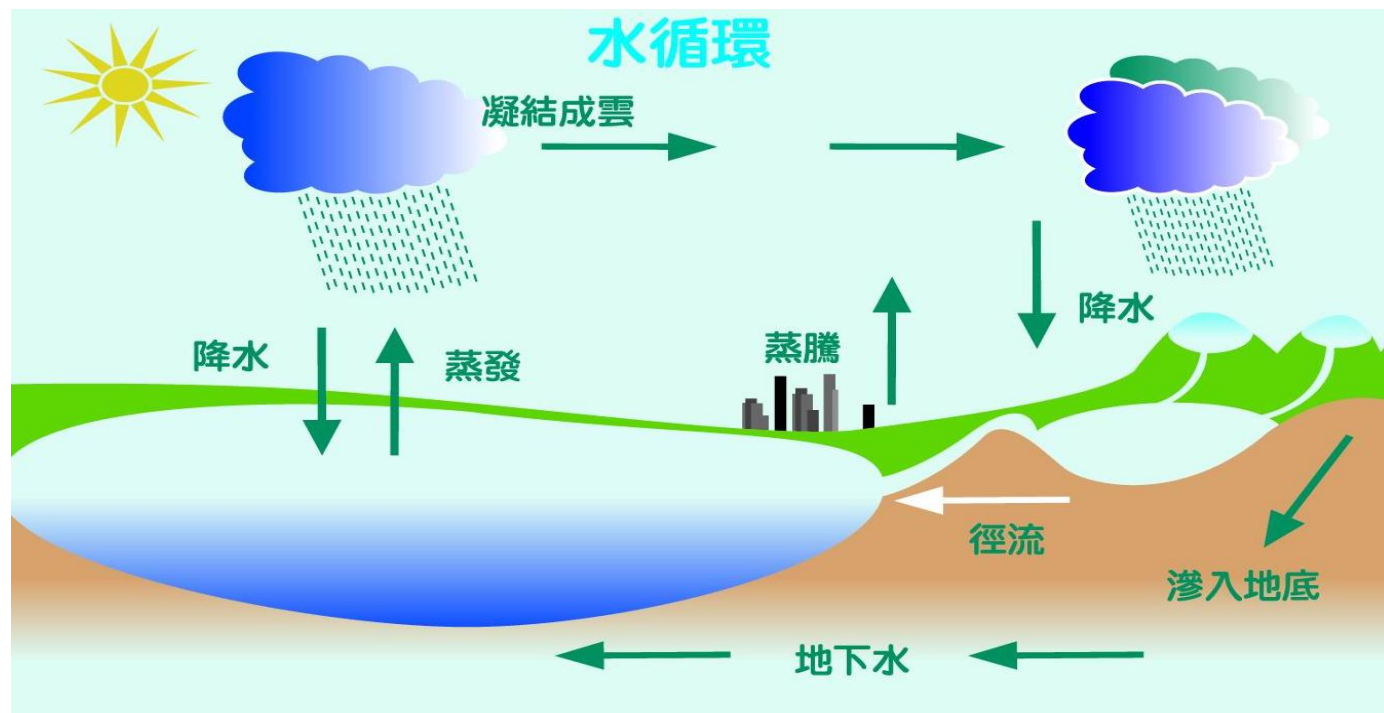


水的大自然循環

水遍佈在地球每一角落，大氣層、冰地、湖泊、海洋。

但97% 是不能喝的鹹水，2%則被鎖在冰川裡，1% 是可供人類使用的淡水。

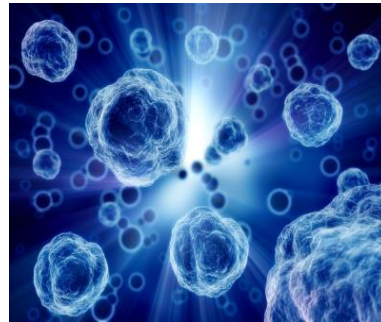
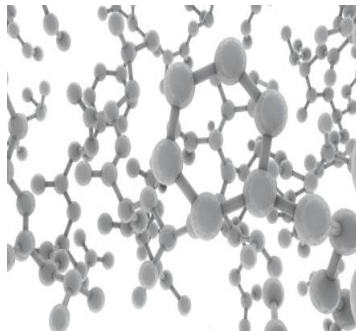
大部分的淡水在水的循環中，流往海洋裡，真正可利用到的水資源不到 0.1%。



自來水中的雜質

大自然水中存在的雜質主要來源於所接觸的大氣、土壤等自然環境，人類活動產生的污染物也會進入水體。

按照水中雜質的大小尺寸，可以分為無機性溶解物、有機性溶解物、膠體懸浮物及微生物等四大類。



來源: 除了一般大自然來源之外，農業污染及工業污染也是水中污染物的來源之一。

近年來，土地快速開發導致的水庫產生優養化現象。

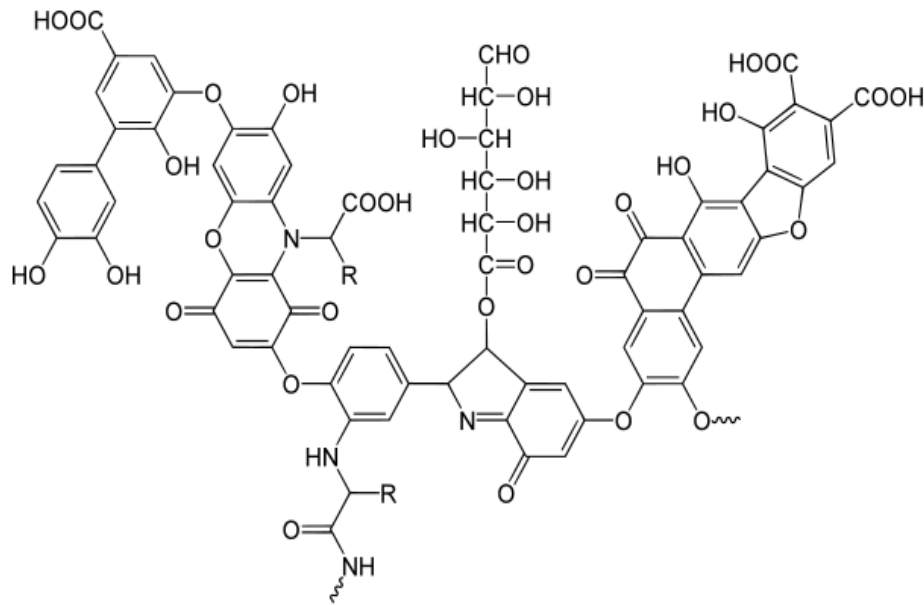
水中的無機污染物

可溶性固體 (Total Dissolved Solid)

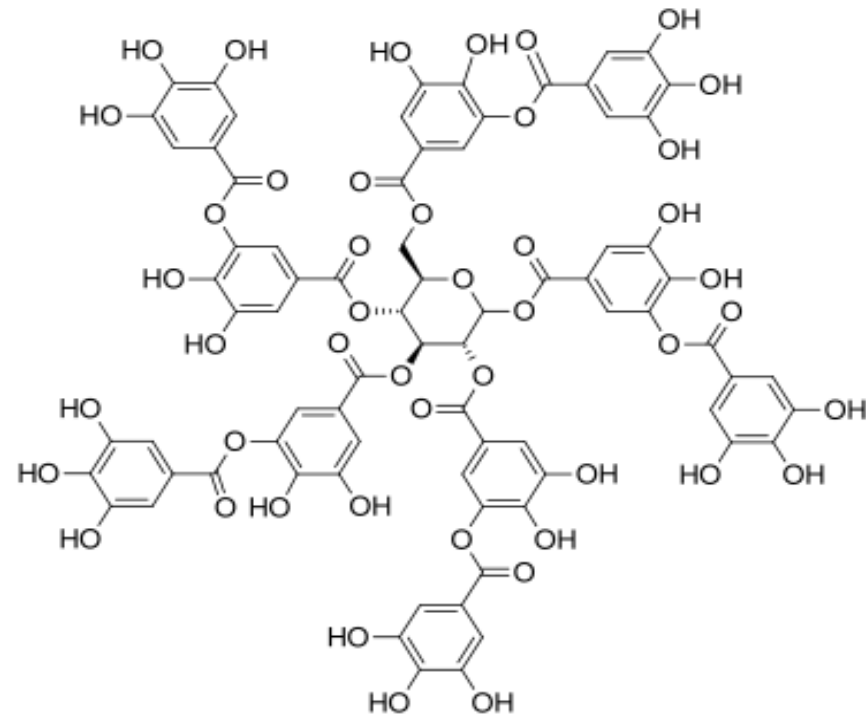
常見陽離子 單純陽離子			常見陰離子 單純陰離子	
Aluminium	Al ³⁺		Chloride	Cl ⁻
Calcium	Ca ²⁺		Fluoride	F ⁻
Copper(II)	Cu ²⁺	cupric	Oxide	O ²⁻
Hydrogen	H ⁺		帶氧陰離子	
Iron(II)	Fe ²⁺	ferrous	Carbonate	CO ₃ ⁻
Iron(III)	Fe ³⁺	ferric		
Magnesium	Mg ²⁺		Hydrogen carbonate	HCO ₃ ⁻
Mercury(II)	Hg ²⁺	mercuric	Hydroxide	OH ⁻
Potassium	K ⁺	kalic	Nitrate	NO ₃ ⁻
Silver	Ag ⁺			
Sodium	Na ⁺	natric	Phosphate	PO ₄ ⁻
多原子陽離子				
Ammonium	NH ₄ ⁺		Sulfate	SO ₄ ⁻
Oxonium	H ₃ O ⁺	hydronium	有機酸陰離子	
Mercury(I)	Hg ₂ ⁺	mercurous	Acetate	CH ₃ COO ⁻
			Formate	HCOO ⁻
			Oxalate	C ₂ O ₄ ⁻
			Cyanide	CN ⁻

表面逕流水中常見的有機物

腐植酸



單寧酸



(分子量約從幾仟至幾十萬) (來源：土壤有機物的最主要的成分)

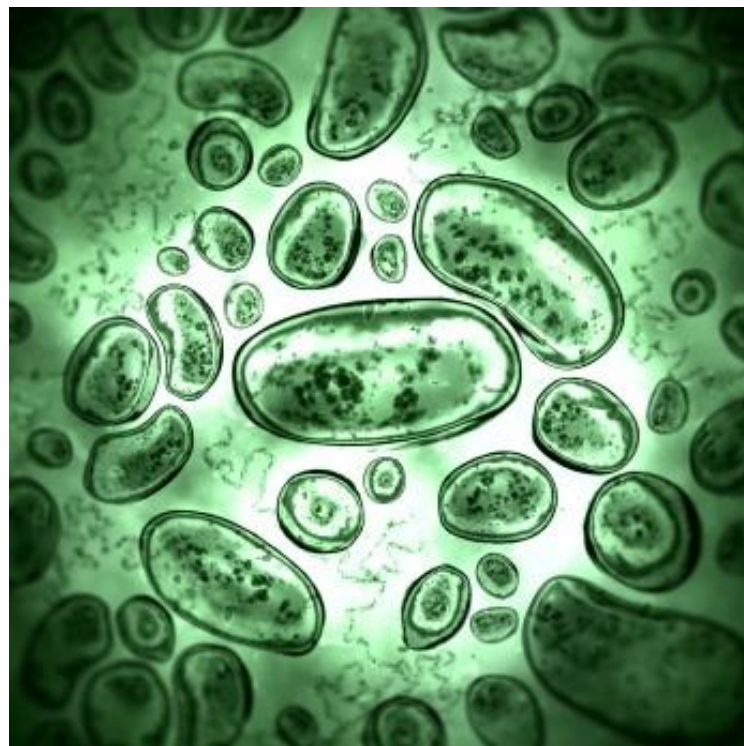
水中的微生物

細菌、真菌、原生動物等

生長在培養皿中的真菌



微生物的意象圖

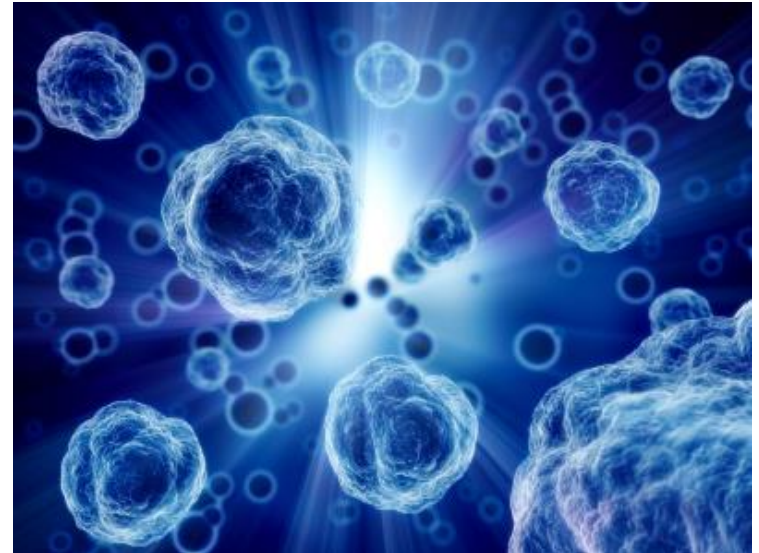


自來水中的顆粒及膠體懸浮物

- **Turbidity**

水中的整體懸浮物一般以濁度(單位:NTU)來表示。

- 懸浮物的尺寸約從10微米(靜態時會沉澱)至0.001微米(不會沉澱的膠體)左右。
- 通常懸浮物的主成分為黏土(無機物)、動植物的分解碎片、菌膜及岩石崩解碎片等。



水體的優養化 Eutrophication

1. 水體的優養化是指富含磷酸鹽和氮鹽的水，在光照和其他環境條件適宜的情況下，使水體中的藻類過量生長，然後在藻類死亡和厭養微生物代謝活動中，水體中的溶氧被耗盡，造成水體品質惡化和水生生態環境破壞的現象。
2. 大部分台灣的水庫皆有程度上的優養化問題
3. 優養化的結果，死亡的藻類和厭養微生物的代謝活動會對水體釋出多種有機污染物及生物性毒素。



(水中污染物的種類越多及濃度越高，水質純化的挑戰越大)

原水(自來水)污染物的三大指標

1. 一般化學性指標



2. 毒理性指標



3. 細菌學指標



一般化學性指標

1. 色度

飲用水的顏色是由於帶色有機物、金屬或工業廢水造成。

2. 混濁度

混濁度本身是綜合性地反映水的混濁程度，混濁度大小與水中的懸浮物質、膠體物質的含量有關



3. 總硬度

含有鈣與鎂離子的水叫做具有“硬度”的水。水中鈣離子與鎂離子含量的綜合叫做水的總硬度。

4. 鐵

鐵在天然水中普遍存在，是人體不可缺少的營養素。水中含鐵量在 0.3 ~ 0.5 mg/L 時無任何異味，達 1 mg/L 時便有明顯的金屬味

一般化學性指標(續)

5.揮發酚類

酚分為揮發酚與不揮發酚，水中含酚主要來自工業廢水污染，特別時煉焦和石油的工業廢水，其中以苯酚為主要成分。



6.陰離子合成洗滌劑

其化學性質穩定，較難分解和消除，毒性極低。
“國家標準” 規定為不應超過 0.3 mg/L。

7.溶解性總固體

水中溶解性總固體主要成分為鈣、鎂、鈉的重碳酸鹽、氯化物和硫酸鹽等無機物。

毒理性指標

1. 氟化物

氟化物在自然界廣泛存在；使人體正常組織成分之一，規定飲用水中氟含量不得超過 1 mg/L。



2. 氰化物

水中氰化物有劇毒，氰化物使水呈杏仁氣味，其嗅覺閾濃度為0.1 mg/L。“國家標準”規定飲用水中氰化物不得超過 0.05 mg/L（以游離氰根計）。

3. 砷

水中的砷化物有毒，“國家標準”規定不應超過 0.05 mg/L使安全的。

4. 汞

汞，是劇毒物質。汞化合物分為有機汞與無機汞，無機汞中的氯化汞和硝酸汞的毒性較高，汞在人體內蓄積性高，殘毒性久，濃縮性大。“國家標準”規定不得超過 0.001 mg/L。

毒理性指標

5. 鎘

鎘是有毒元素，食用鎘污染的食物可能會蓄積於體內造成慢性中毒。“國家標準”規定飲用水中鎘含量不超過 0.01 mg/L。

6. 鉻

鉻的化合物有二價、三價和六價，其中六價鉻毒性最大，可引起皮膚、粘膜、肝、胃、腎、口腔、血液部分的疾患，並有導致肺癌的可能。“國家標準”規定為不得超過 0.05mg/L。

7. 鉛

鉛常隨飲水和食物進入人體，攝入量過多可引起中毒。“國家標準”規定鉛濃度不得超過 0.05 mg/L。

8. 氯仿

當水源被污染，原水中含有機物或腐殖質時，加氯消毒就可能生成許多有機氯化物，其中以氯仿為最常見。

“國家標準”建議飲用水氯仿含量試行標準為 60 μ g/L。



細菌學指標

1. 細菌總數

細菌總數是指一毫升水樣在普通培養基中，經 $37^{\circ}\text{C}/48$ 小時得培養所生長得各種細菌菌落總數。“國家標準”定為每毫升不得超過 100 cfu。



2. 大腸菌群

水中所含大腸桿菌得數量，通常用大腸桿菌群來表示，其意義為一公升水中所含得大腸桿菌數。“國家標準”規定大腸桿菌 3 cfu /L 這在流行病學上是安全的。

3. 游離性餘氯

自來水必須經過消毒，因此有適量的餘氯在水中，以保持持續的殺菌能力防止外來的再污染。“國家標準”規定，用氯消毒時，出廠水游離性餘氯不低於 0.3 mg/L，管線末端水不得低於 0.05 mg/L。

各式純化方法

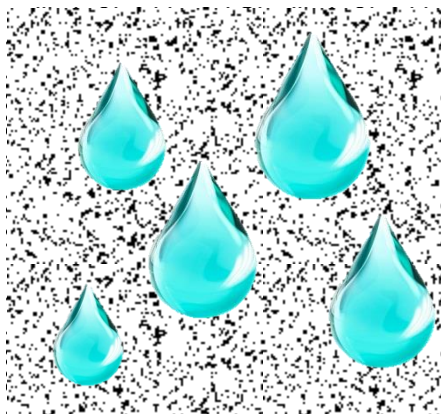
- 活性碳 Activated carbon
- 過濾 Filtration
- 蒸餾 Distillation
- 逆滲透膜 Reverse osmosis
- 離子交換樹脂 Ion-exchange
- 紫外線殺菌/光氧化 UV light
- 超過濾膜 Ultra-filtration



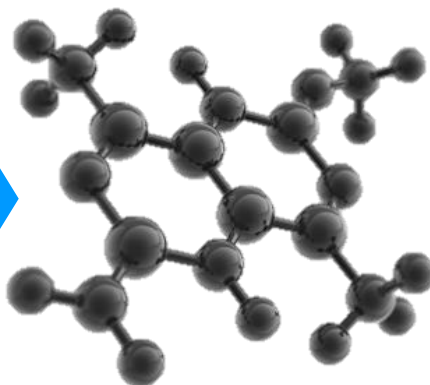
活性碳

/ 吸附法

加氯的原水或自來水



活性碳

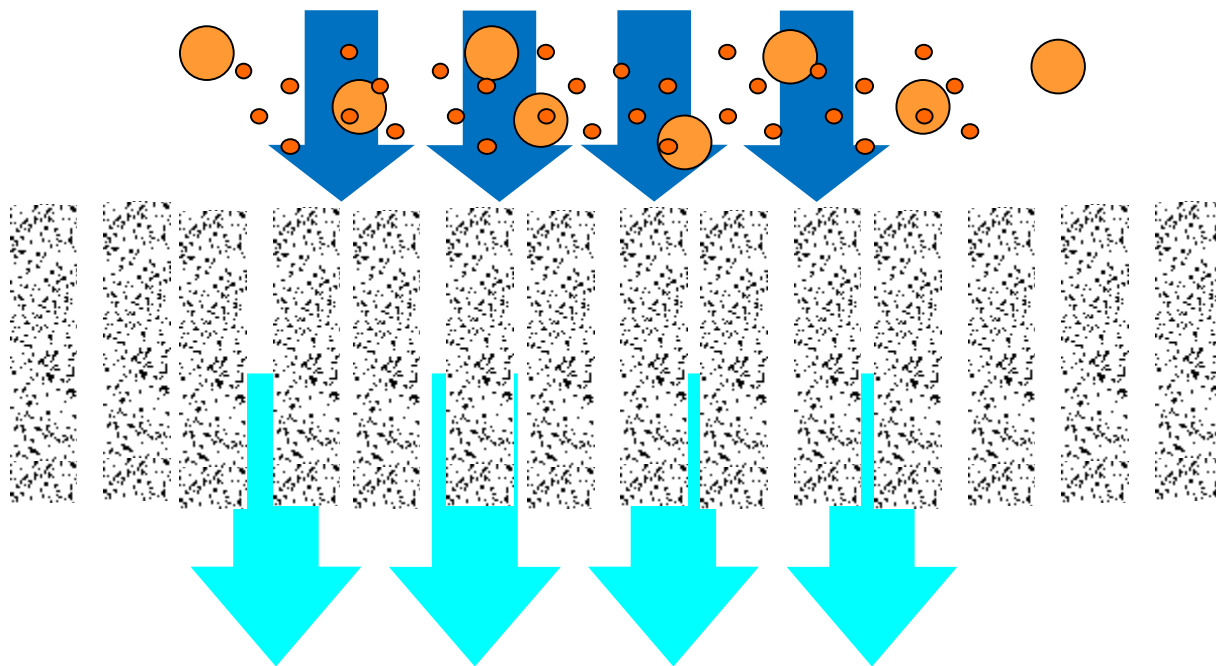


水中部分的有機物及全部的氯將會被去除

過濾

原水預濾 / 終端過濾

原水或純水



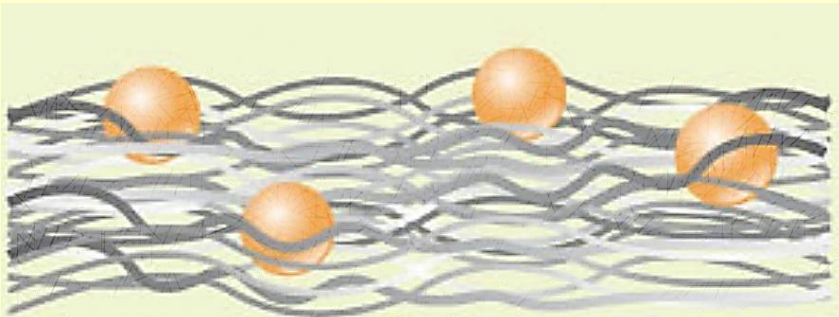
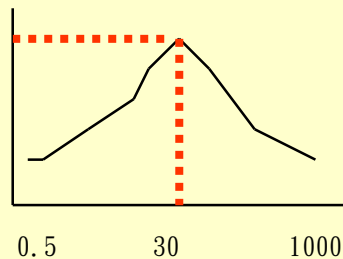
過濾法

深層過濾 Depth filtration

大部分以壓縮材料或編織纖維製成，利用隨機性吸附或是捕捉方式來滯留顆粒

孔隙度特性：

Nominal(名目的)



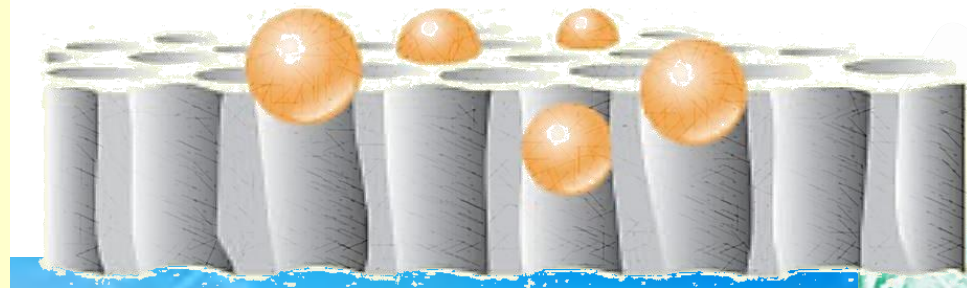
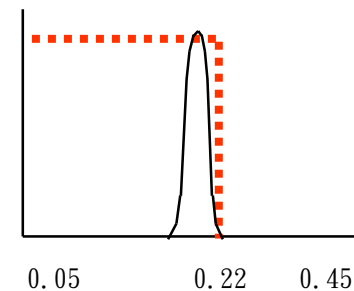
表面過濾 Surface filtration

(篩網過濾 Screen filtration)

具有一致的孔徑，會留滯比濾膜孔隙大的顆粒，並堆積在濾膜表面

孔隙度特性：

Absolute(絕對過濾)



蒸餾水缺點

1. 純度容易被沸騰所造成的水珠(mist)污染

2. 耗能

每製造一公升蒸餾水需耗一度電

3. 耗水

每製造一公升蒸餾水排放20L冷卻水

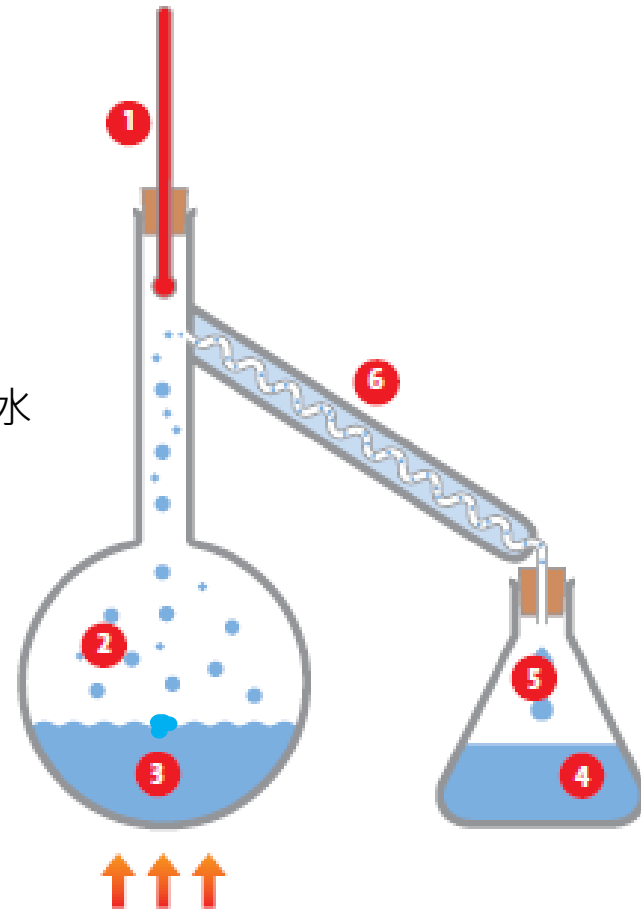
4. 需要前處理，特別是硬水及含鐵量高的水

5. 儲存容器容易受外界環境汙染

6. 水溫高低起伏，造成使用困擾

7. 無法管理及監測水質

8. 產量慢

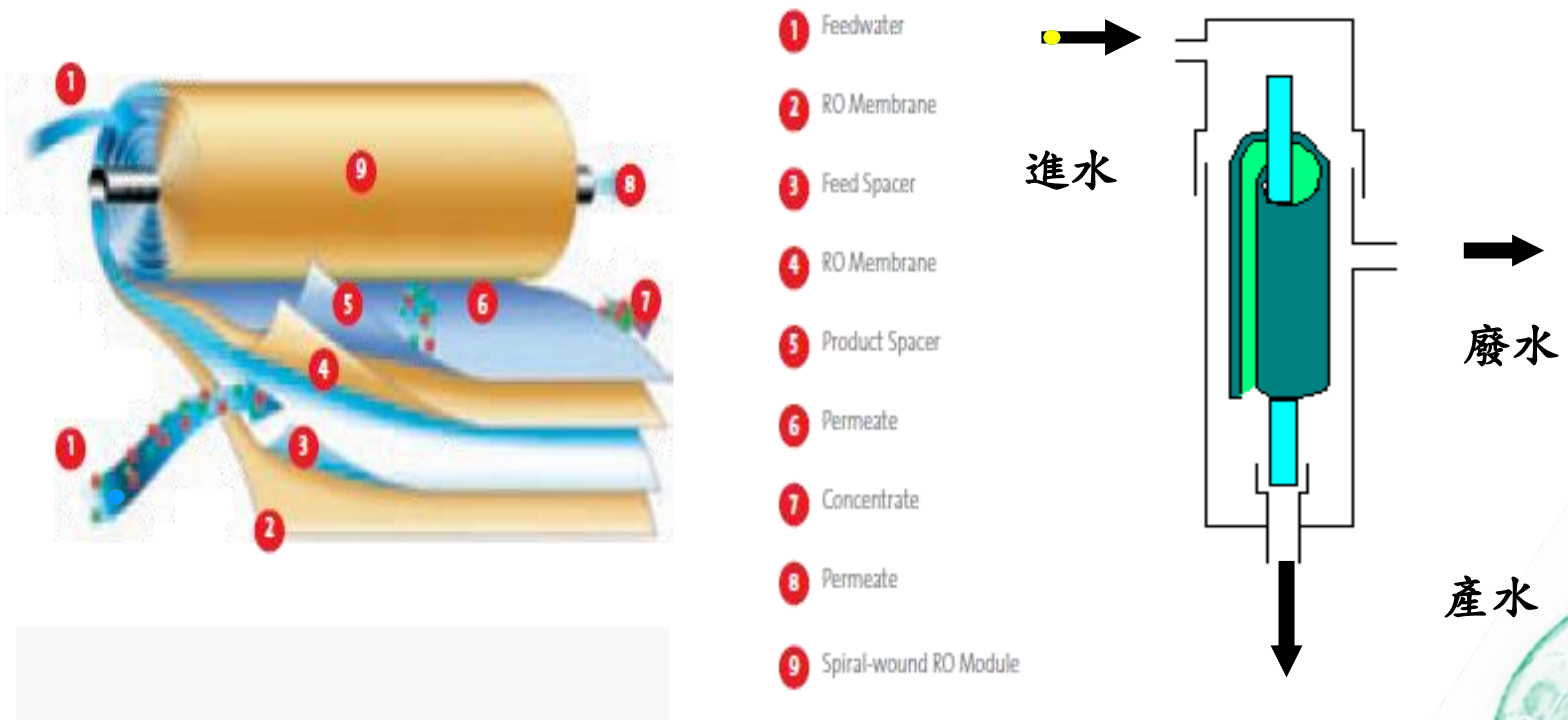


逆滲透

逆滲透(Reverse Osmosis)是水質純化的最主流技術

利用濾膜來去除大於孔隙(2~5Å)的水中四大類污染物：**無機物/有機物/顆粒/微生物**

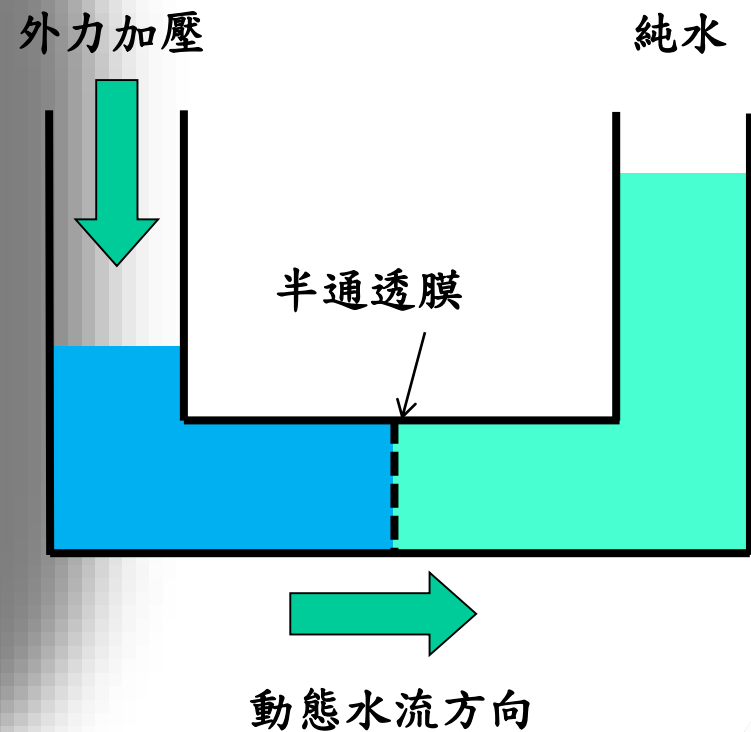
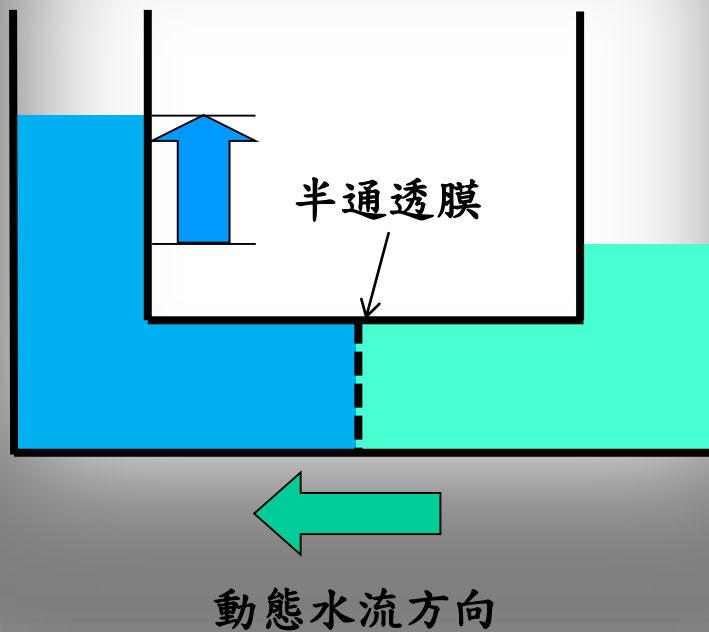
具有一視同仁的去除能力。



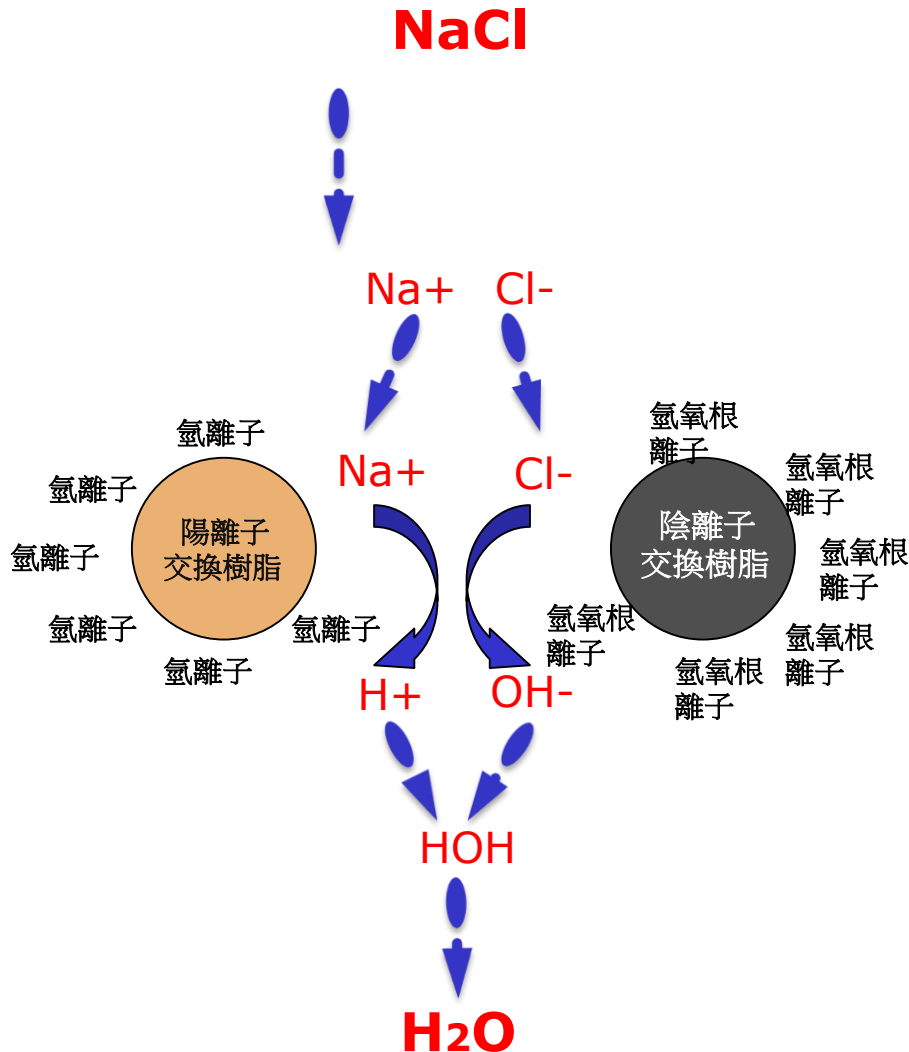
自然狀態下的滲透現象

逆滲透現象

專有名詞：滲透壓差



離子交換原理



可去除的陰離子:

- 亞硝酸鹽
- 氯
- 溴化物
- 氟化物
- 硝酸鹽
- 硫酸鹽
- 磷酸鹽

可去除的陽離子:

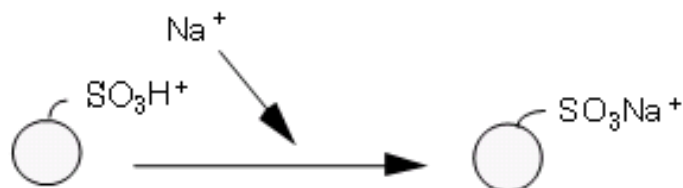
- 鋰
- 鈉
- 氨鹽基
- 鉀
- 鎂
- 鈣

離子交換樹脂/官能基

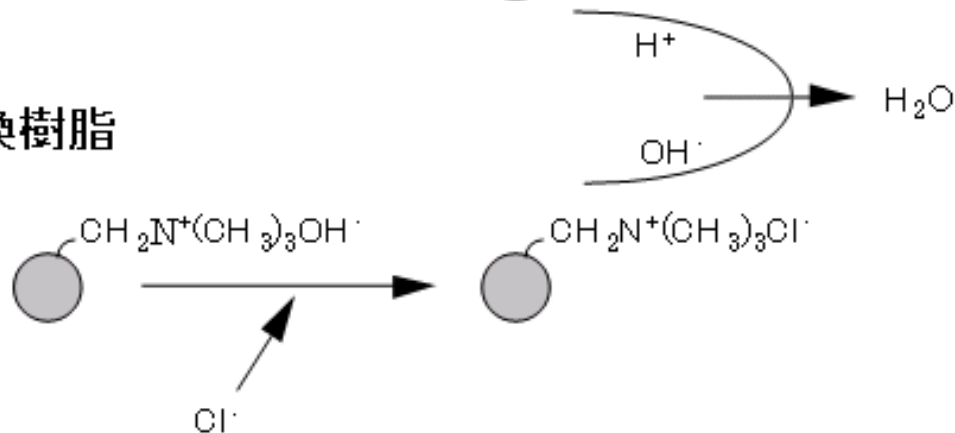
Ion Exchange - Bonded Functionalities

	Cation	Anion
WEAK	$\sim\sim\sim \text{COO}^- \text{Na}^+$ Carboxylic Acid	$\sim\sim\sim \text{N}^+ \begin{matrix} \text{R} \\ \\ \text{R} \end{matrix} \text{Cl}^-$ Primary, Secondary or Tertiary Amine
STRONG	$\sim\sim\sim \text{SO}_3^- \text{Na}^+$ Sulfonic Acid	$\sim\sim\sim \text{N}^+ \begin{matrix} \text{R} \\ \\ \text{R} \end{matrix} \text{Cl}^-$ Quaternary Amine

陽離子交換樹脂

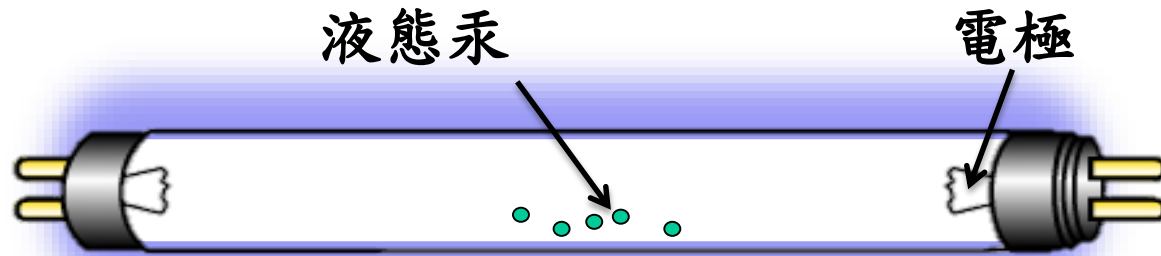


陰離子交換樹脂



紫外燈工作原理

原理及構造：低壓汞蒸氣氣體放電



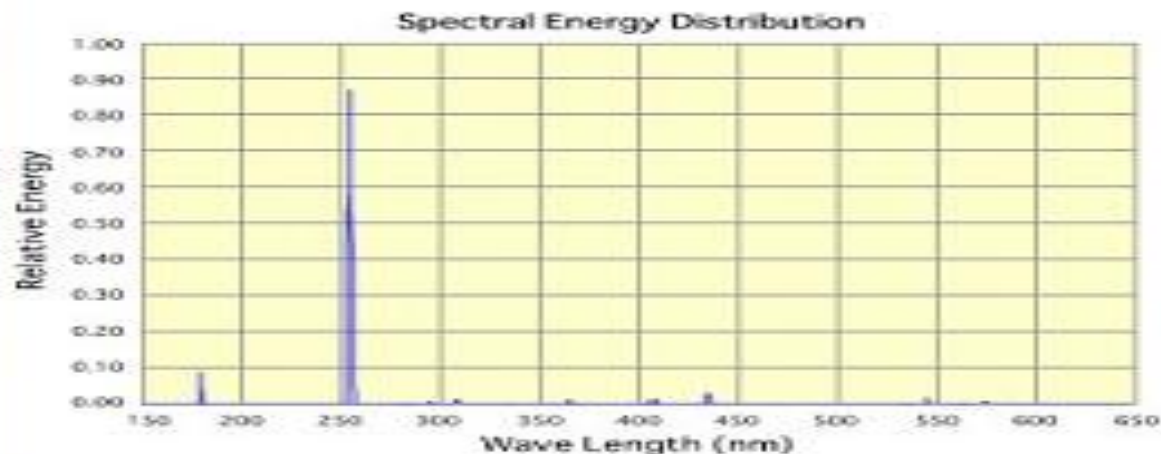
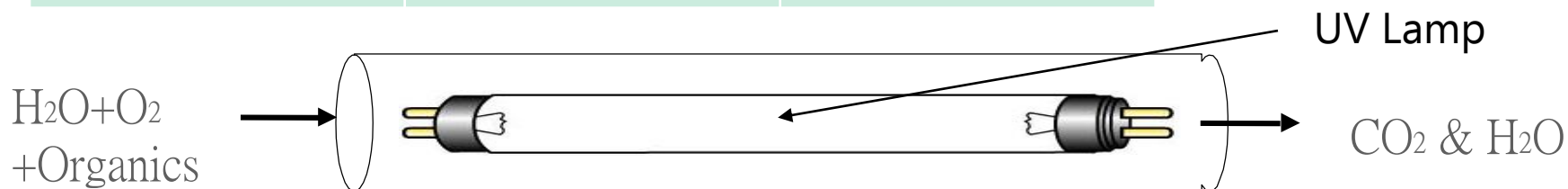
殺菌功能：

253.7 nm 能使DNA產生Thymine dimer。直接照射微生物時,有非常好的殺菌效果。

紫外線 /UV oxidation

光氧化功能：配合較短波長的 UV 可以有效分解有機物質。

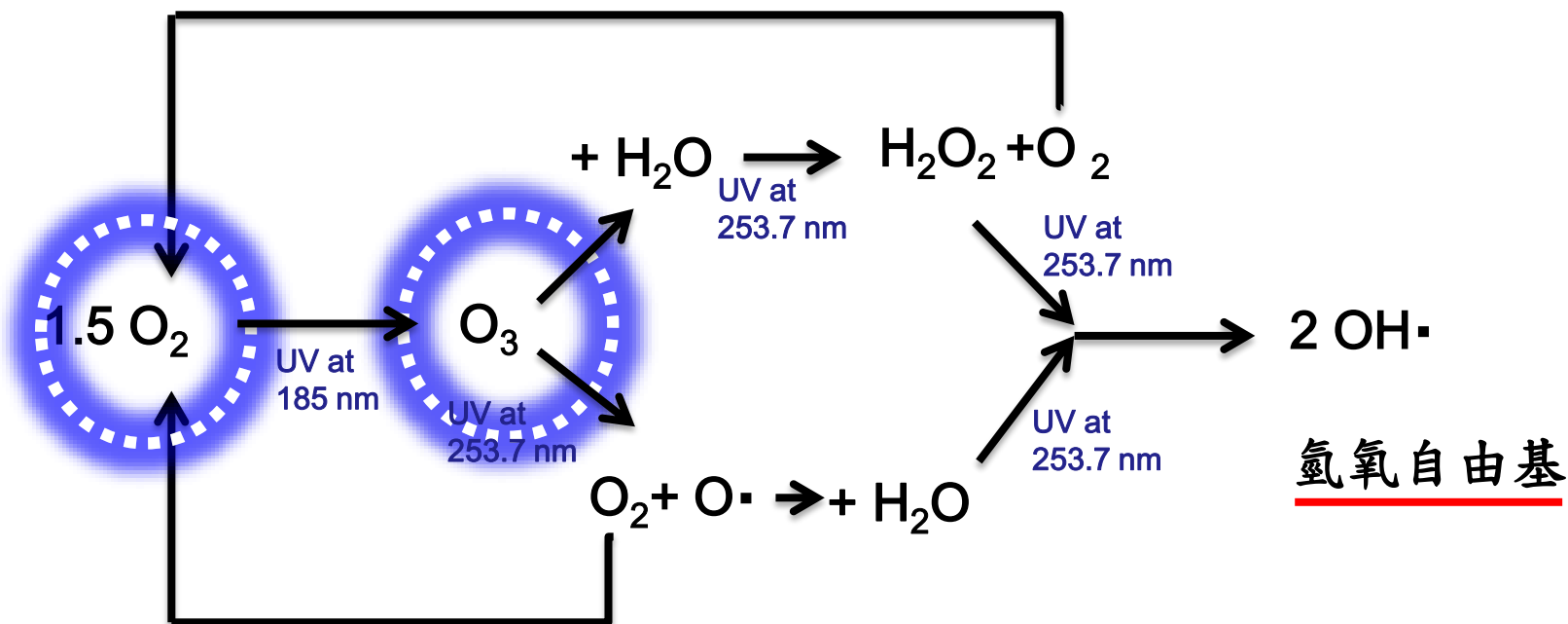
	經過UV照射	未經過UV照射
純水TOC	5 ppb	15 ppb



紫外線光氧化 /UV photo-oxidation

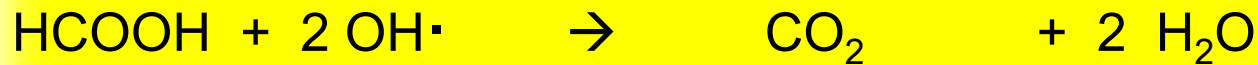
185 nm 波長的紫外光能夠分裂氧分子(O_2)成單一原子並因不安定而撞擊另外一個氧分子而形成臭氧(O_3)

254 nm波長的紫外光可進一步將臭氧變成雙氧水,然後進一步催化成氫氧自由基 ($OH\cdot$)



紫外線 /UV photo-oxidation

氫氧自由基 ($\text{OH}\cdot$) 是強氧化劑, 能將水中的有機物徹底氧化成 CO_2 & H_2O



International Standards for pure water classification (current)

Properties	Type I	Type II	Type III	蒸餾水
Conductivity	0.055 $\mu\text{S}/\text{cm}$	< 0.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$	<10 $\mu\text{S}/\text{cm}$	~1 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Resistivity	18.2 $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$	>10 $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$	>0.1 $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$	~1 $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$
TOC	5 ppb	20 ppb	100 ppb	50 ppb
Bacteria	<1 C.F.U / ml	X	X	0 ~ 100 C.F.U/ml ^{*1}
Particle ^{*2} (>0.2 μm)	<1	X	X	X
Endotoxin	< 0.001 EU/ml	X	X	X

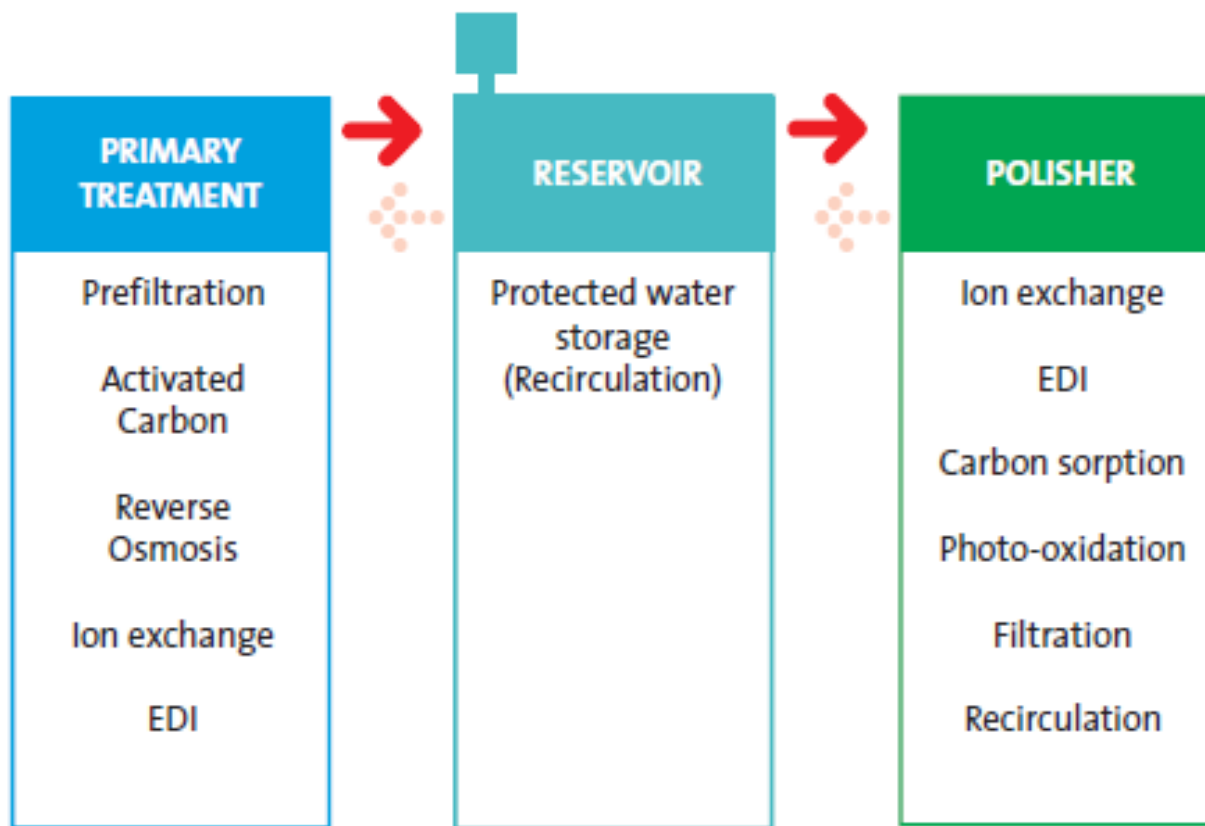
*1: 依據儲存條件不同，會有所變動

*2: 依據最終過濾器之孔徑，ELGA可去除至小於0.05 μm 或0.005 μm

*3: 分類標準由ELGA提供

整合純化方法

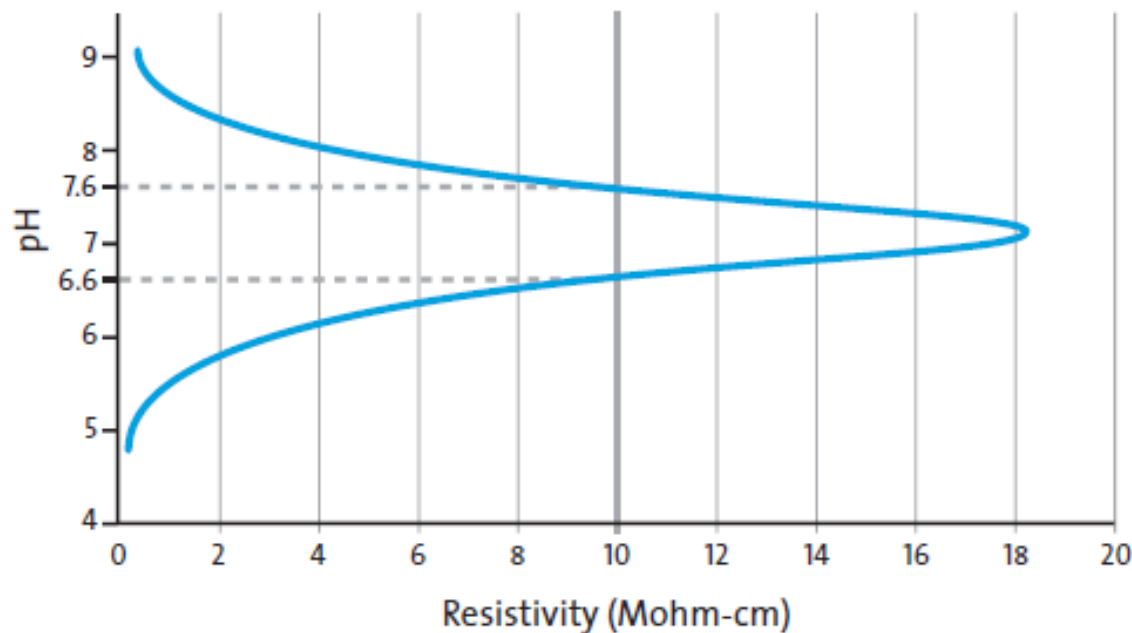
純水系統/純水儲槽/超純水系統



用水小常識 一

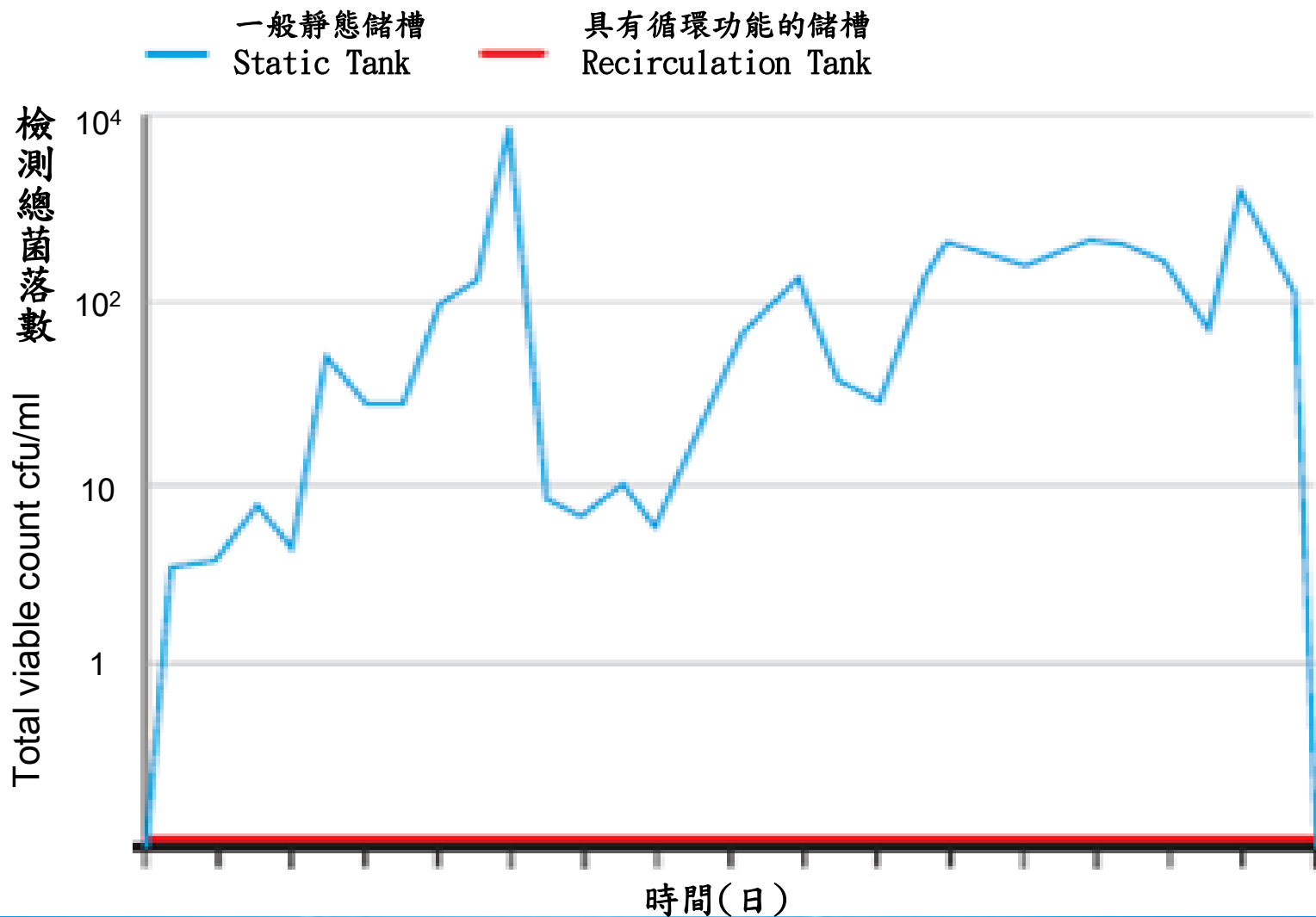
檢測 pH，不適合當作超純水的純度指標

超純水低導電率的特性，使得以偵測氫離子濃度為原理的pH meter，無法有效反應真實的離子污染情況。以圖為例，當pH值高於7.6或是低於6.6時，超純水的阻抗值實已低於 $10\text{M}\Omega\cdot\text{cm}@25^\circ\text{C}$ 以下。



用水小常識 二

微生物汙染與儲水槽動態循環的關係

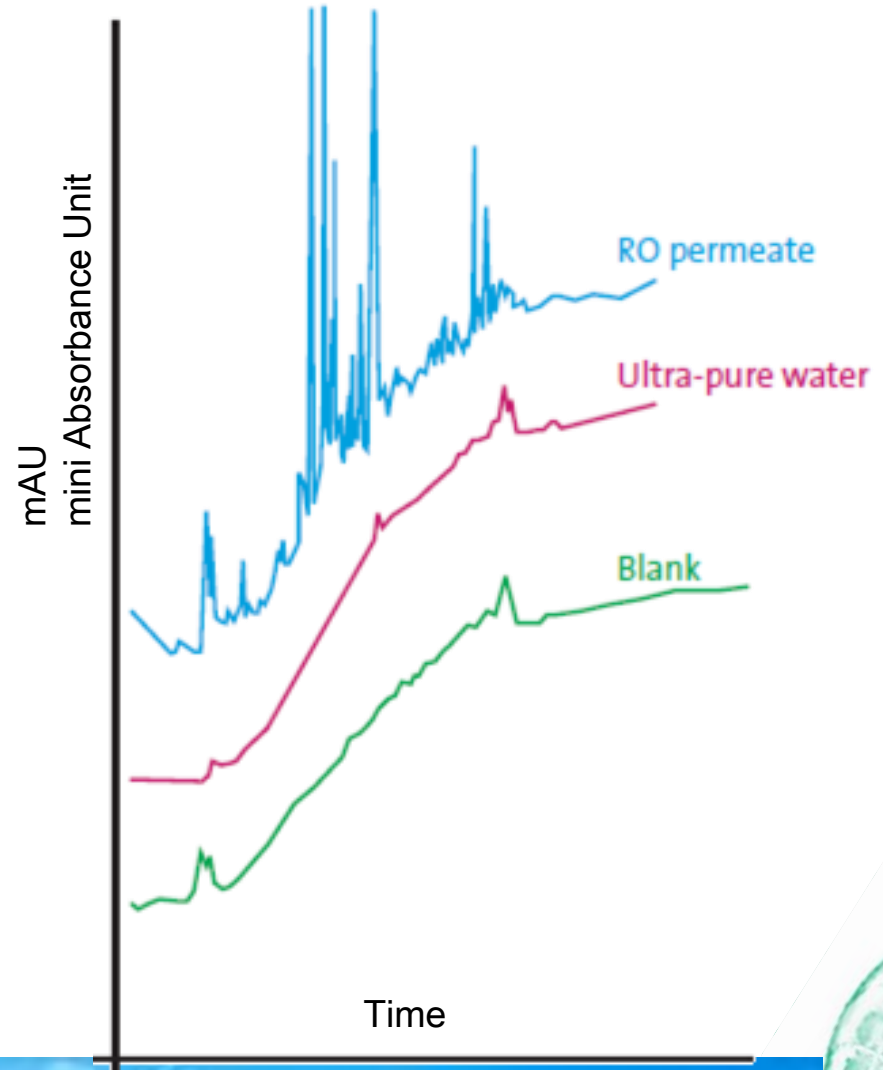


用水小常識 三

超純水應對HPLC的重要性

利用 HPLC 濃度梯度法，來分析RO水跟超純水的背景值的差異性

低污染的超純水，提供為高效液相層析法需求的低背景值空白液或是沖洗液，可以提升實驗數據的分析價值



感謝大家耐心聆聽

~ 台灣艾爾加純水團隊 感謝您 ~

請上純水鋒報網 www.elga.com.tw

