

### 第三章 水質檢驗與藥品管理(操作)

淨水場出水必須兼顧優良的水質與充足的水量，二者有其關聯性，而淨水的中樞則在於水質管控。要達成優良的出水水質，淨水場應具備完善之水質管控措施與工具，使用品質優良之藥劑，並由訓練有素之專業人員，進行操作。本章介紹「飲用水管理條例」中「飲用水水質標準」對淨水場出水水質之要求，淨水場淨水處理之水質管控策略；淨水水質管控之工具—各項簡易水質檢驗與水質線上監測系統之原理與操作；淨水使用水質處理藥劑之法規規範、基本作用及品質與庫存管理；再就淨水藥劑加注系統管理，如何作最適量之加注及監控等，進行說明。

#### 名詞解釋：

**NTU**：用來表達量測水中濁度使用的單位，由英文全名 Nephelometric Turbidity Unit 各單字字首縮寫而成，測量方式係以光源照射水中懸浮固體顆粒，於與入射光呈 90 度角處測得散射光強度，換算成之濁度值稱之，一般美系國家使用之濁度檢測單位。

**多管發酵法/MPN**：檢驗水中大腸桿菌群的方法，接種不同稀釋度待測水樣至放有硫酸月桂酸胰化蛋白(lauryl tryptose broth)培養基之試管後，將其置於 35°C 下之培養箱中培養 48 小時，計算有陽性反應(正反應)之試管組數，然後利用 MPN(Most Probable Number)指數表，對照查出符合實驗結果之數字，再乘以稀釋倍數即得檢驗結果，單位即為 MPN(最大可能數)。

**濾膜法/CFU**：檢驗水中大腸桿菌群的方法，將待測水樣以 0.45 μm 孔徑且有格子記號的濾膜過濾，截留微生物，將之置於含有乳糖的 Endo 培養基上，於 35°C 培養 24 小時，計算產生紅色具金屬光澤菌落(Colony Forming Unit)，乘以稀釋倍數即得檢驗結果，單位為 CFU，意指單位水樣中的菌落形成數。

**一級校正**：以可追溯至國家標準確認標準值之一級標準品進行之校正稱之，如濁度計使用經確認標準值之 Formazin 標準液進行校正。

**二級標準品**：以經一級標準品比對確認之標準品稱之，常用於日常檢查(Check)，如濁度計使用固態二級標準品作為日常校正檢查用。

**自由有效餘氯**：氯加入水中反應後，以 HOCl 和 OCl<sup>-</sup>形式殘存的餘量，稱為自由有效餘氯。

**消毒**：消毒(Disinfection)指以物理或化學方法，將水中細菌及致病性微生物之致病性(活性)去除，而非完全消滅。

**緩衝溶液：** Buffer Solution，指能夠在加入一定量其他物質時，減緩 pH 改變的溶液，利用其特性，可用以校正酸鹼度計，常用者為 pH 值為 4.0、7.0 及 10.0。

**DPD：** 呈色法：為餘氯檢測方法，水樣加入磷酸緩衝液溶和 N,N-二乙基-對-苯二胺 (N,N-diethyl-p-phenylenediamine，簡稱 DPD) 呈色劑後，水中之自由有效餘氯將 DPD 氧化，使溶液轉變為紫紅色，以分光光度計在波長 515 nm (或其他特定波長) 處量測其吸光度，吸光度高者餘氯濃度高；反之，餘氯濃度低。

**需氯量(Chlorine Demand)：** 在水中加入氯，經一段接觸時間後，水中的殘留氯量(chlorine residual)，會少於添加氯量，稱為水有需氯量。在一定接觸時間後，需氯量=添加氯量-殘留氯量，需氯量是氯分解各種水中物質之反應所消耗的氯量。

**Ct 值：** 特定消毒劑之消毒效果，與在水中之消毒劑濃度(C)及接觸時間(t)有關，對於特定微生物而言，去活化所需之 Ct 值越高，越難達去除，反之越容易。

### 3.1 水質標準

所有淨水設施的成效，最終均表現於處理水質結果是否符合標準，因此操作人員對於相關水質標準必須有確切的了解，以避免違反相關法令規定。相關法規定及標準包括「飲用水管理條例」、「飲用水管理條例施行細則」、「飲用水水源水質標準」、「飲用水水質標準」、等。

#### 一、飲用水管理條例

行政院環境保護署為確保飲用水水源水質，提昇公眾飲用水品質，維護國民健康，制定飲用水管理條例。由於飲用水攸關人體健康，淨水場取水水源有「飲用水水源水質保護區」之範圍或「飲用水取水口之一定距離」之公告，以避免取水水源遭受汙染。水體符合飲用水水源水質標準者，始得作為飲用水之水源。飲用水水源之水質標準將於本節後續說明。

水質管理方面，飲用水水質應符合飲用水水質標準。飲用水水質處理所使用之藥劑，以經中央主管機關公告者為限。緊急事件發生處理，因天災或其他不可抗力事由，造成飲用水水源水質惡化時，自來水、簡易自來水或社區自設公共給水之供水單位應於事實發生後，立即採取應變措施及加強飲用水水質檢驗，並應透過報紙、電視、電台、沿街廣播、張貼公告或其他方式，迅即通知民眾水質狀況及因應措施。

公私場所之所有人、使用人或管理人，不得規避、妨礙或拒絕。各級主管機關進入公私場所檢查飲用水水源水質、飲用水水質、連續供水固定設備、飲用水水質處理藥劑或採取有關樣品、索取有關資料。

對於違反各事項則列有相對應之罰則及限期改善規定，操作人員應特別注意。

## 二、飲用水管理條例施行細則

依照飲用水管理條例規定訂定，揭櫫各級主管機關主管事項，及社區自設公共給水設備、連續供水固定設備、開發相關規模、包裝飲用水及盛裝飲用水等定義，其中與操作人員較為有關者，為說明依飲用水管理條例第 24 條不符飲用水水質標準按日連續處罰期間，限期補正及限期改善之查驗，包括書面審核或飲用水水質採樣及檢驗；主管機關應於公私場所報請查驗後，七日內完成書面審核或飲用水水質採樣，三十日內完成飲用水水質檢驗。

## 三、飲用水水源水質標準

依照飲用水管理條例第六條第二項規定訂定，其中規定自來水水源水質檢驗之採樣地點為，於供水單位取水後進入淨水場內之淨水處理設備前之足以代表該水源水質之適當地點採樣；取水後先經原水前處理設備處理後再進入淨水處理設備者，亦同；無原水前處理設備或淨水處理設備者，應於供水單位取水後足以代表該水源水質之適當地點採樣。

若因暴雨或其他天然災害，造成自來水水源水質惡化時，供水單位或管理單位應於事實發生後，立即採取應變措施，並於四十八小時內報請中央主管機關核准，於核准期間內得不適用本標準之規定。

地面水體或地下水體作為自來水及簡易自來水之飲用水水源者，其水質應符合下列規定：

項 目	最大限值	單 位
1. 大腸桿菌群密度	二〇、〇〇〇（具備消毒單元者）	MPN / 一〇〇毫升或 CFU / 一〇〇毫升
	五〇（未具備消毒單元者）	
2. 氨氮（以 NH <sub>3</sub> -N 表示）	一	毫克 / 公升
3. 化學需氧量（以 COD 表示）	二五	毫克 / 公升

4. 總有機碳 (以 TOC 表示)	四	毫克/公升
5. 砷 (以 As 表示)	〇·〇五	毫克/公升
6. 鉛 (以 Pb 表示)	〇·〇五	毫克/公升
7. 鎘 (以 Cd 表示)	〇·〇一	毫克/公升
8. 鉻 (以 Cr 表示)	〇·〇五	毫克/公升
9. 汞 (以 Hg 表示)	〇·〇〇二	毫克/公升
10. 硒 (以 Se 表示)	〇·〇五	毫克/公升

經檢驗水質任一項目超過第五條最大限值時，主管機關應針對該項目每十五日至二十五日檢驗一次，並持續檢驗五次。

依前項檢驗之六次算術平均值超過第五條所定最大限值時，即認定該水源之水質不符合本標準之規定。

#### 四、飲用水水質標準

依飲用水管理條例第十一條第二項規定訂定，訂定包括細菌性標準、物理性標準、化學性標準(含影響健康物質、可能影響健康物質及影響適飲性物質)、有效餘氯含量及氫離子濃度指數等項，詳細內容如下：

##### 1. 細菌性標準：

(總菌落數採樣地點限於有消毒系統之水廠配水管網)

項 目	最 大 限 值	單 位
1. 大腸桿菌群 (Coliform Group)	六(多管發酵酵法)	MPN/一〇〇毫升
	六(濾膜法)	CFU/一〇〇毫升
2. 總菌落數 (Total Bacterial Count)	一〇〇	CFU/毫升

##### 2. 物理性標準：

項 目	最 大 限 值	單 位
1. 臭度(Odour)	三	初嗅數
2. 濁度(Turbidity)	二	NTU
3. 色度(Colour)	五	鉑鈷單位

3. 化學性標準：

(1) 影響健康物質：

項 目	最 大 限 值	單 位	
1. 砷 (Arsenic)	○·○一	毫克／公升	
2. 鉛 (Lead)	○·○一	毫克／公升	
3. 硒 (Selenium)	○·○一	毫克／公升	
4. 鉻(總鉻) (Total Chromium)	○·○五	毫克／公升	
5. 鎘 (Cadmium)	○·○○五	毫克／公升	
6. 鋇 (Barium)	二·○	毫克／公升	
7. 銻 (Antimony)	○·○一	毫克／公升	
8. 鎳 (Nickel)	○·一	毫克／公升	
9. 汞 (Mercury)	○·○○二	毫克／公升	
10. 氰鹽(以CN <sup>-</sup> 計) (Cyanide)	○·○五	毫克／公升	
11. 亞硝酸鹽氮(以氮計) (Nitrite-Nitrogen)	○·一	毫克／公升	
消 毒 副 產 物	12. 總三鹵甲烷 (Total Trihalomethanes)	○·○八	毫克／公升
	13. 鹵乙酸類 (Haloacetic acids) (本管制項目濃度係以檢測 一氯乙酸 (Monochloroacetic acid, MCAA)、二氯乙酸 (Dichloroacetic acid, DCAA)、三氯乙酸 (Trichloroacetic acid,	○·○八○ 自中華民國一百零三 年七月一日施行。 ○·○六○ 自中華民國一百零四 年七月一日施行。	毫克／公升

	TCAA)、一溴乙酸 (Monobromoacetic acid, MBAA)、二溴乙酸 (Dibromoacetic acid, DBAA)等共5項化合物 (HAA <sub>5</sub> )所得濃度之總和計 算之。)		
	14.溴酸鹽 (Bromate)	○・○一。 颱風天災期間致水源 濁度超過 500NTU 時，為因應供水需求 及我國特殊氣候水文 環境，溴酸鹽標準在 該期間不適用。	毫克／公升
	15.亞氯酸鹽 (Chlorite) (僅限添加氣態二氧化氯消 毒之供水系統)	一・○	毫克／公升
揮 發 性 有 機 物	16.三氯乙烯 (Trichloroethene)	○・○○五	毫克／公升
	17.四氯化碳 ( Carbon tetrachloride)	○・○○五	毫克／公升
	18.1,1,1-三氯乙烷 (1,1,1-Trichloro-ethane)	○・二○	毫克／公升
	19.1,2-二氯乙烷 (1,2-Dichloroethane)	○・○○五	毫克／公升
	20.氯乙烯 (Vinyl chloride)	○・○○二	毫克／公升
	21.苯 (Benzene)	○・○○五	毫克／公升
	22.對-二氯苯 (1,4-Dichlorobenzene)	○・○七五	毫克／公升
	23.1,1-二氯乙烯 (1,1-Dichloroethene)	○・○○七	毫克／公升
	24.二氯甲烷 (Dichloromethane)	○・○二 自中華民國一百零三 年七月一日施行。	毫克／公升

	25.鄰-二氯苯 (1,2-Dichlorobenzene)	○·六 自中華民國一百零三年七月一日施行。	毫克／公升
	26.甲苯 (Toluene)	一 自中華民國一百零三年七月一日施行。	毫克／公升
	27.二甲苯 (Xylenes) (本管制項目濃度係以檢測鄰-二甲苯(1,2-Xylene)、間-二甲苯(1,3-Xylene)、對-二甲苯(1,4-Xylene)等共3項同分異構物所得濃度之總和計算之。)	一○ 自中華民國一百零三年七月一日施行。	毫克／公升
	28.順-1,2-二氯乙烯 (cis-1,2-Dichloroethene)	○·○七 自中華民國一百零三年七月一日施行。	毫克／公升
	29.反-1,2-二氯乙烯 (trans-1,2-Dichloroethene)	○·一 自中華民國一百零三年七月一日施行。	毫克／公升
	30.四氯乙烯 (Tetrachloroethene)	○·○○五 自中華民國一百零三年七月一日施行。	毫克／公升
農    藥	31.安殺番 (Endosulfan)	○·○○三	毫克／公升
	32.靈丹 (Lindane)	○·○○○二	毫克／公升
	33.丁基拉草 (Butachlor)	○·○二	毫克／公升
	34. 2,4-地 (Dichlorophenoxyacetic acid)	○·○七	毫克／公升
	35.巴拉刈 (Paraquat)	○·○一	毫克／公升

	36.納乃得 (Methomyl)	○・○一	毫克／公升
	37.加保扶 (Carbofuran)	○・○二	毫克／公升
	38.滅必蟲 (Isoprocarb)	○・○二	毫克／公升
	39.達馬松 (Methamidophos)	○・○二	毫克／公升
	40.大利松 (Diazinon)	○・○〇五	毫克／公升
	41.巴拉松 (Parathion)	○・○二	毫克／公升
	42.一品松 (EPN)	○・○〇五	毫克／公升
	43.亞素靈 (Monocrotophos)	○・○〇三	毫克／公升
持久性有機污染物	44.戴奧辛(Dioxin) 本管制項目濃度係以檢測2,3,7,8-四氯戴奧辛(2,3,7,8-Tetrachlorinated dibenzo-p-dioxin -2,3,7,8-TeCDD)，2,3,7,8-四氯呋喃(2,3,7,8-Tetra chlorinated dibenzofuran,2,3,7,8-TeCDF)及2,3,7,8-氯化之五氯(Penta-)，六氯(Hexa-)，七氯(Hepta-)與八氯(Octa-)戴奧辛及呋喃等共十七項化合物所得濃度，乘以世界衛生組織所訂戴奧辛毒性當量因子(WHO-TEFs)之總和計算之，並以總毒性當量(TEQ)表示。(淨水場周邊五公里範圍內有大型污染源者，應每年檢驗一次，如連續兩年檢測值未超過最大限值，自次年起檢驗頻率得改為兩年一次。)	三 自中華民國一百零三年七月一日施行。	皮克-世界衛生組織-總毒性當量／公升 (pg-WHO-TEQ/L)



(2) 可能影響健康物質：

項 目	最大限值	單 位
1. 氟鹽(以F計) (Fluoride)	〇·八	毫克/公升
2. 硝酸鹽氮(以氮計) (Nitrate-Nitrogen)	一〇·〇	毫克/公升
3. 銀 (Silver)	〇·〇五	毫克/公升
4. 鉬 (Molybdenum) (淨水場取水口上游周邊五公里範圍內有半導體製造業、光電材料及元件製造業等污染源者，應每季檢驗一次，如連續兩年檢測值未超過最大限值，自次年起檢驗頻率得改為每年檢驗一次。)	〇·〇七	毫克/公升
5. 銻 (Indium) (淨水場取水口上游周邊五公里範圍內有半導體製造業、光電材料及元件製造業等污染源者，應每季檢驗一次，如連續兩年檢測值未超過最大限值，自次年起檢驗頻率得改為每年檢驗一次。)	〇·〇七	毫克/公升

(3) 影響適飲性、感觀物質：

項 目	最大限值	單 位
1. 鐵 (Iron)	〇·三	毫克/公升
2. 錳 (Manganese)	〇·〇五	毫克/公升
3. 銅 (Copper)	一·〇	毫克/公升

4. 鋅 (Zinc)	五·〇	毫克/公升
5. 硫酸鹽(以SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 計) (Sulfate)	二五〇	毫克/公升
6. 酚類(以酚計) (Phenols)	〇·〇〇一	毫克/公升
7. 陰離子界面活性劑 (MBAS)	〇·五	毫克/公升
8. 氯鹽(以Cl計) (Chloride)	二五〇	毫克/公升
9. 氨氮(以氮計) (Ammonia-Nitrogen)	〇·一	毫克/公升
10. 總硬度(以 CaCO <sub>3</sub> 計) (Total Hardness as CaCO <sub>3</sub> )	三〇〇	毫克/公升
11. 總溶解固體量 (Total Dissolved Solids)	五〇〇	毫克/公升
12. 鋁 (Aluminium) (本管制項目濃度係以檢測 總鋁形式之濃度)	<p>〇·四 自中華民國一百零三年七月一 日施行。</p> <p>〇·三 自中華民國一百零四年七月一 日施行。</p> <p>〇·二 自中華民國一百零八年七月一 日施行。</p> <p>陸上颱風警報期間水源濁度超 過 500NTU 時，及警報解除後 三日內水源濁度超過 1000NTU 時，鋁標準不適用。</p>	毫克/公升

(4) 有效餘氯限值範圍(僅限加氯消毒之供水系統)：

項 目	限 值 範 圍	單 位
自由有效餘氯 (Free Residual Chlorine)	○·二 ~ 一·○	毫克/公升

(5) 氫離子濃度指數(公私場所供公眾飲用之連續供水固定設備處理後之水，不在此限)限值範圍：

項 目	限 值 範 圍	單 位
氫離子濃度指數 (pH值)	六·○ ~ 八·五	無單位

### 3.2 自來水水質管控

淨水場出水水質必需符合「飲用水水質標準」，淨水處理採取適當之水質管控策略，訂定「內控標準」進行管控，才能達成甚至超越目標。

一、「飲用水水質標準」對自來水質之要求

行政院環境保護署於 86 年 5 月 21 日修正公佈「飲用水管理條例」，其中第三條明定「條例所稱飲用水，指供人飲用之水。其來源如左：一、自來水：指依自來水法以水管及其他設施導引供給合於衛生之公共給水。……」；第十一條「飲用水水質，應符合飲用水水質標準。前項飲用水水質標準，由中央主管機關定之。」。87 年 2 月 4 日發佈「飲用水水質標準」，為環保機關進行水質稽查之依據。第三條飲用水水質標準規定包括細菌性標準、物理性標準、化學性標準等 3 大項，其中細菌性標準規範「大腸桿菌群」及「總菌落數」等兩項，用以規範淨水消毒之效率；化學性標準中規範「加氯消毒之供水系統」之「自由有效餘氯」，希望淨水場出水中仍含有一定濃度之殘餘消毒劑(餘氯)量，使於管網輸送過程仍有持續消毒之能力，另規範「濁度」及「氫離子濃度指數(pH 值)」等淨水處理可控制項目。第四條及第五條規定因「暴雨或其他天然災害致飲用水濁度超過 200NTU 時」，飲用水水質濁度之適用(放寬)標準，及「暴雨或其他天然災害致飲用水濁度超過 500NTU 時」，飲用水水質自由有效餘氯之適用(放寬)標準。以上淨水程序主要控制水質參數標準及限值如表 3-1。其他水質標準項目亦需符合「飲用水水質標準」，但非傳統淨水處理程序之主要去除目標。

表 3-1 淨水程序主要控制參數水質標準項目限值

項目	最大限值	單位
濁度	2(水源濁度 200NTU 以下時)	NTU
	4(水源濁度超過 200NTU，在 500 NTU 以下時)	
	10(水源濁度超過 500NTU，在 1500 NTU 以下時)	
	30(水源濁度超過 1500NTU 時)	
自由有效餘氯	0.2-1.0(水源濁度 500NTU 以下時)	毫克/公升
	0.2-2.0(水源濁度超過 500NTU 時)	
氫離子濃度指數	6.0-8.5	無單位
大腸桿菌群	6(多管發酵法)	MPN/100 毫升
	6(濾膜法)	CFU/100 毫升
總菌落數	100	CFU/100 毫升

## 二、自來水質符合「飲用水水質標準」之要件

淨水場要製造符合「飲用水水質標準」之自來水，有以下幾個要件：

- (一)優良的水源：無或低度人類生活污水、遊憩、開發或工業廢水污染，水源水質及水量穩定，不受季節變化影響。
- (二)純淨的淨水處理藥品：淨水處理用藥為水質淨化及消毒所需，主成份含量需符合標準，才能發揮效用，且不可含有對人類有害之不純物，以免污染自來水。
- (三)完善之淨水處理：除淨水設施及設備應符合去除污染物目標之要求外，適當之操作及控制，才能使出水水質穩定優良。此當然必須透過持續之人員訓練及經驗才能達成。

## 三、淨水處理控制策略與內控標準

以混凝、沉澱、快濾及加氯消毒為主之傳統淨水處理程序，以去除水中固體物質，使水澄清為主要目標，並透過加氯消毒，使微

生物去活化(不具致病性)，確保公共給水之安全衛生。近 20 年來淨水處理面臨極大挑戰，水源中出現隱孢子蟲(Cryptosporidium)及梨形鞭毛蟲(Giardia)等致病性原蟲，在水中以孢囊(Oocysts 及 Cysts)型態存在，由於顆粒極小僅數微米，極易穿透淨水程序，且抗氯性強，傳統淨水處理不易處理，對民眾健康產生威脅，因此世界各國無不透過飲用水質立法或提升處理技術，來確保民眾飲用水的安全衛生，「多重屏障」(Multiple Barrier)的觀念因此應孕而生。

「多重屏障」是一確保飲用水安全的整體觀念，從水質風險觀點出發，希從水源至用戶水龍頭(From Catchment to Customer)，全程透過技術提升或管理手段，形成污染物或致病性微生物入侵或穿透的障礙，降低用水民眾暴露污染物質的風險，提供民眾安全衛生的公共給水。而淨水程序中則透過混凝沉澱、過濾及消毒成為 3 道屏障，降低其穿透風險。

根據研究指出，由於原蟲孢囊細胞膜表面帶負電荷的特性，易於傳統處理混凝沉澱單元經由電荷中和機制而凝結沉降；另外，快濾池出水濁度達到 0.1 NTU 以下，對孢囊的去除率最佳，出水濁度達到 0.1 至 0.2 NTU，可達到 Giardia 3.0 log 的極佳去除率，故於快濾單元透過降低出水濁度可有效提升去除率，而加氯消毒時若欲將孢囊有效去活化，必需提升消毒接觸池之的 CT 值。為落實淨水多重屏障策略，訂定出水及單元水質管控目標(如圖 3-1)，一旦出水水質超過目標值，淨水場則啟動異常追蹤檢討機制，確實就人為操作、設備維護或管理面檢討發生原因。

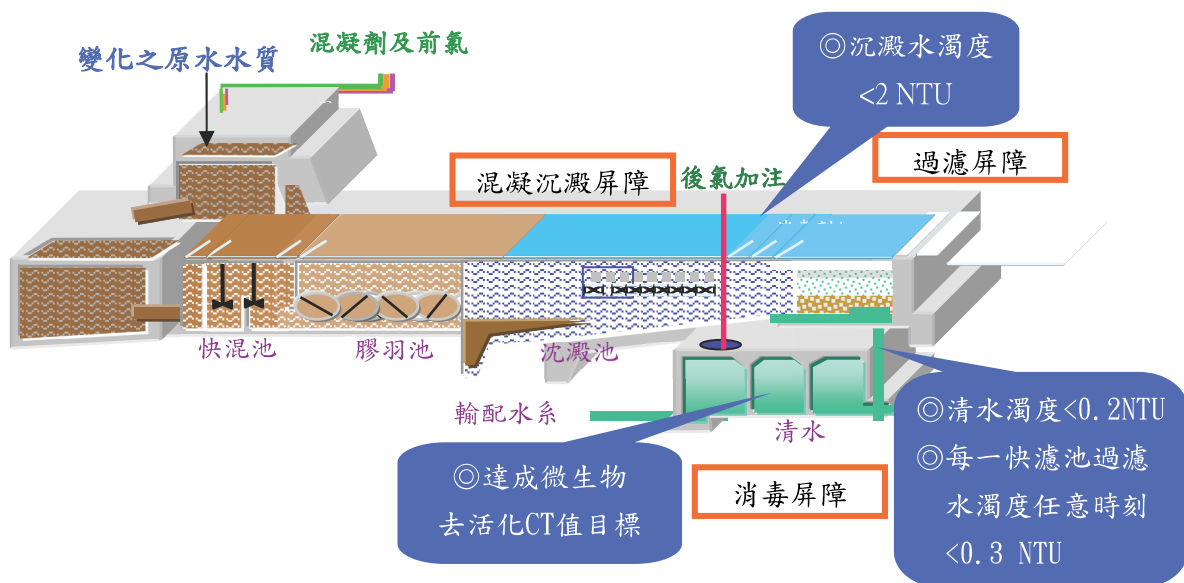


圖 3-1 淨水場多重屏障水質管控示意圖

淨水程序多重屏障的操作概念為，不論原水水質如何變化(原水濁度在 50NTU 以下)，都能達成混凝沉降及加氯消毒之最佳狀況，另透過快濾池之精緻化操作，使出水水質不致起伏波動，維持穩定優良。故淨水控制除注重出水水質外，亦注重各淨水單元之表現。淨水控制參數有沉澱水濁度、每一座快濾池之過濾水水濁度、出水濁度及出水餘氯等，且注重的是任何時刻之表現。

在管理面，可就設備現況，設定淨水處理目標值，這些設定值，是平時據以管控的內部目標，遠低於「飲用水水質標準」現值或「飲用水水質標準」並未訂定，稱為「內控標準」。表 3-2 為淨水場之內控標準範例。

表 3-2 淨水場淨水處理內控標準

項 目	內控標準限值	飲用水水質標準限值
沉澱水濁度	任何時刻 2NTU	無
過濾水濁度	任一快濾池任何時刻 0.3NTU	無
清水濁度	0.2 NTU	2 NTU
清水餘氯	0.4~0.6 毫克/公升	0.2~1.0 毫克/公升

### 3.3 簡易水質檢驗操作與代表意義

水質檢驗要求使用標準的檢驗方法，使用適當之儀器設備，檢驗結果具備一定之精密度(Precision)與準確度(Accuracy)，才以確保檢驗數據之品質。淨水場現場之檢驗數據的準確與否，攸關淨水處理成效之判定。但現場檢驗必需方便可攜帶、操作簡易及快速得知結果，故常使用攜帶型檢測儀器，以下就常使用之必要檢測設備及其檢測要求進行介紹。

#### 一、濁度

顧名思義濁度即水的混濁程度。濁度越高，水越混濁；濁度越低，水越澄清。清水濁度越低表示淨水處理去除原水中懸浮固體物質成效越佳，因濁度粒子會遮避微生物，減低消毒效率之效應，使

水中含隱孢子蟲及梨形鞭毛蟲等原蟲之存活機率較大。濁度之飲用水水質標準上限值為 2NTU。

使用攜帶型濁度計測定濁度，檢測原理為測定水中懸浮固體物干擾透光之程度。儀器外觀及測定之基本原理如圖 3-2 及圖 3-3，依此原理測定之濁度單位為 NTU(Nephelometric Turbidity Unit)。



圖 3-2 攜帶型濁度計

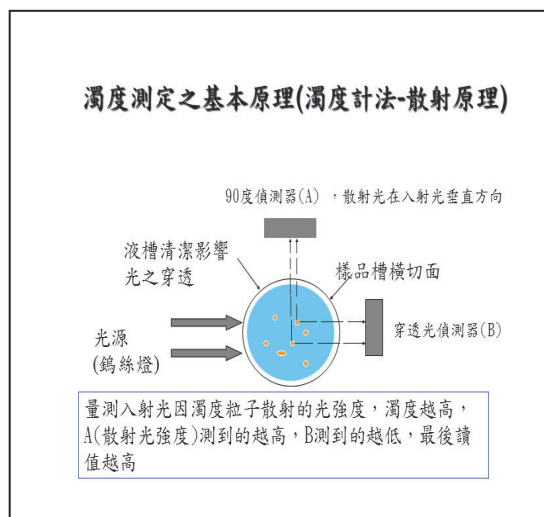


圖 3-3 攜帶型濁度計測定原理

攜帶型濁度計儀器應定期(每半年)委由標準檢驗室，依照儀器校正步驟進行一級校正並決定二級標準品校驗值，每次檢測水樣前，檢測二級標準品，若相對誤差在 5% 之內，則可正常測定，否則應再重行一級校正或送修。儀器操作應注意以下各點：

1. 試樣管(Cell)放入儀器前須將瓶蓋蓋上。
2. 試樣管(Cell)標記應對準插槽記號。
3. 注意試樣管(Cell)內外之清潔及平滑-避免髒、刮痕、指紋、細粉塵，可用 silicone oil 擦拭使表面光滑，光線通過之地方不可用手握持。
4. 水樣宜緩慢倒入試樣管水樣，以避免水中氣泡干擾檢測。
5. 讀值跳動係因固體粒子在水中布朗運動產生，可使用平均測值功能決定測值。
6. 溫度過低或冰存過之水樣，會在試樣管(Cell)表面形成霧狀冷凝，應先使之於室溫平衡回溫，以避免檢測誤差。
7. 儀器不使用，取出試樣管，避免彈簧失效。
8. 檢測時儀器放置平坦穩定的地方，不可以手握持。

## 二、自由有效餘氯

自由有效餘氯指加氯消毒程序所使用的氯( $\text{Cl}_2$ )或次氯酸鈉( $\text{HOCl}$ )加入水中，因水解及電離等化學作用產生之  $\text{HOCl}$  及  $\text{OCl}^-$  之總量，氯也會與氨形成之結合餘氯，前者之消毒效力較後者強。淨水場出水希望保持適當之自由有效餘氯，以確保管線輸送過程之持續消毒能力，自由餘氯在光照或通風環境下，容易分解或揮發。檢測供水管網及用戶自來水中餘氯量通常作為水質是否遭污染之指標，自由有效餘氯飲用水水質標準訂為  $0.2 \text{ mg/L} \sim 1.0 \text{ mg/L}$ 。使用攜帶型餘氯測定器測定餘氯之外觀及基本原理如圖 3-4 及圖 3-5。

檢測儀器應定期(每半年)委由標準檢驗室，依照儀器校正步驟進行一級校正，並注意如下事項：

1. 測定前先空白歸零，以去除濁度色度干擾。
2. 採樣現場立即測定，以免自由有效餘氯揮發或降解影響測定。
3. 試樣管(Cell)保持內外之清潔，以免影響測定。
4. 避免藥包過期，影響呈色反應。
5. 藥包與水樣混合避免產生氣泡影響測定。

## 三、酸鹼度(pH 值)

酸鹼度又稱氫離子濃度指數， $\text{pH} = -\log [ \text{H}^+ ]$ 。pH 值  $< 7.0$  為酸性；pH 值  $> 7.0$  為鹼性；pH 值  $= 7.0$  為中性。淨水場中為控制混凝效果，混凝水 pH 值之控制極為重要，另外 pH 值亦影響加氯消毒效率，配水管網判定水質長時間滯留可使用此指標。pH 之飲用水水質標準限值為  $6.0 \sim 8.5$ 。淨水場出水一般控制在中性附近。攜帶型酸鹼度計之儀器外觀及測定之基本原理如圖 3-6 及圖 3-7。



圖 3-4 攜帶型餘氯計

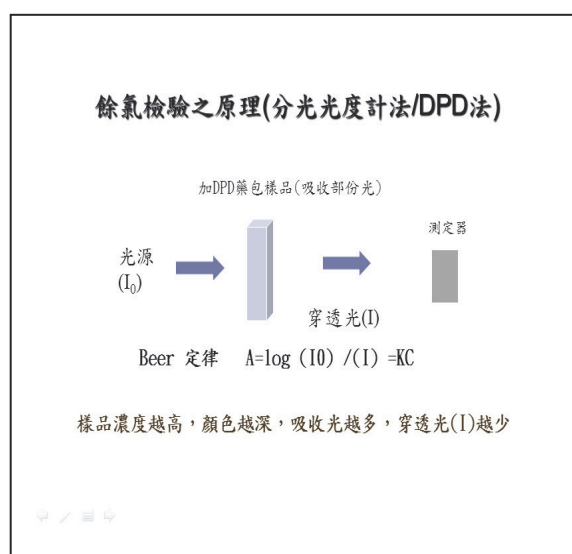


圖 3-5 攜帶型餘氯計測定原理



檢測注意事項如下：

1. 測定前使用正確的緩衝溶液進行校正。酸性水樣為 pH7 及 pH4；鹼性水樣為 pH7 及 pH10。校正後斜率：應介於  $-56 \sim -61$  (mV/pH) 之間；% 靈敏度：應介於 95 ~ 103% 之間。
2. 電極使用前後，均需以試劑水沖洗，再以擦拭紙巾輕輕吸乾。
3. 測定時水樣輕微攪拌，電極置入水中，直至讀值穩定。
4. 未測定時，電極需浸泡於氯化鉀溶液或 pH7 緩衝溶液中保存，絕不可泡於自來水或純水中；蓋緊電極蓋，避免乾燥致電極損壞。

#### 四、大腸桿菌群(P/A test)

水中出現大腸桿菌群表示可能有糞便性污染，同時亦表示可能存在其他致病菌。淨水程序消毒完全與否，可由大腸桿菌群存在與否作判斷，但由於傳統檢測方法，檢驗程序繁覆，需特殊設備，檢驗人員需經專業訓練，淨水場現場操作人員不易進行，若能選用簡易定性試驗，每日對出水水質進行確認，對出水安全衛生將有極大助益。大腸桿菌群飲用水水質標準限值為 6 CFU/100 毫升

大腸桿菌(群)定性實驗 COLILERT-18 P/A test 操作步驟如下，如圖 3-8：

1. 攜帶無菌採樣瓶，現場採樣約八分滿後旋緊瓶蓋（水龍頭採樣需放流 3 分鐘，直接採樣盛裝）如步驟 1~2。
2. 水樣運送途中需冷藏，檢測前先放置回至常溫後，打開瓶蓋加培養劑（於瓶口上方將試料包裝對折將試劑倒入瓶中）再旋緊瓶蓋，並搖至溶解，如步驟 3 及步驟 4。



圖 3-6 攜帶型酸鹼度計

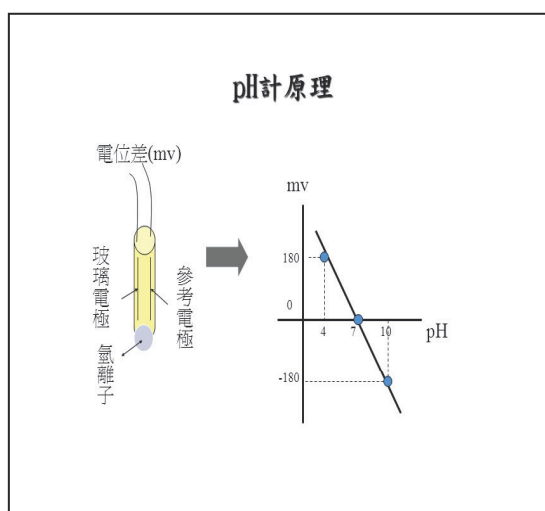


圖 3-7 攜帶型酸鹼度計測定原理

3. 置於培養箱中 ( $34^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ )，如步驟 5~6。將採測紀錄 18~24 小時後判讀結果：若呈現淡黃色表示陰性 (-)，呈現深黃色為陽性 (+) 如步驟 7。紀錄判讀結果。

### 3.4 水質監測系統

淨水場設置線上水質監測設備及系統，能全天候掌握原水、淨水程序各單元及淨水場出水水質狀況，除有助於混凝劑及消毒劑加藥量調整外，亦能輔助淨水單元操作調整與應變，一般常見之監測設備，介紹如下：

#### 一、濁度監測

濁度計可監測淨水程序各單元及出水之濁度，用以評估及控制淨水程序濁度去除效果。主要設備包括控制器及濁度計本體兩部份，如圖 3-9 及圖 3-10。控制器具顯示幕，可顯示即時監測值及操作狀態，並具觸式鍵盤以設定參數及操作表單。內設數據蒐集器及數據輸入/輸出裝置，以蒐集及傳輸監測數據。濁度計本體為主要監測部份設備，具監測水樣出入口、水樣氣泡捕集器、燈泡光源、偵測光電池與感測器。

定期維護保養及校正可確保偵測儀器之準確性。淨水場應訂定適切的校正及維護保養頻率，並落實執行相關工作。校正分為使用廠商提供之穩定化標準瓶或以攜帶型標準濁度計實測水樣進行驗證。定期維護保養包括光源燈泡更換、感測器清洗、光電池窗口清洗、本體及氣泡捕集器清洗。

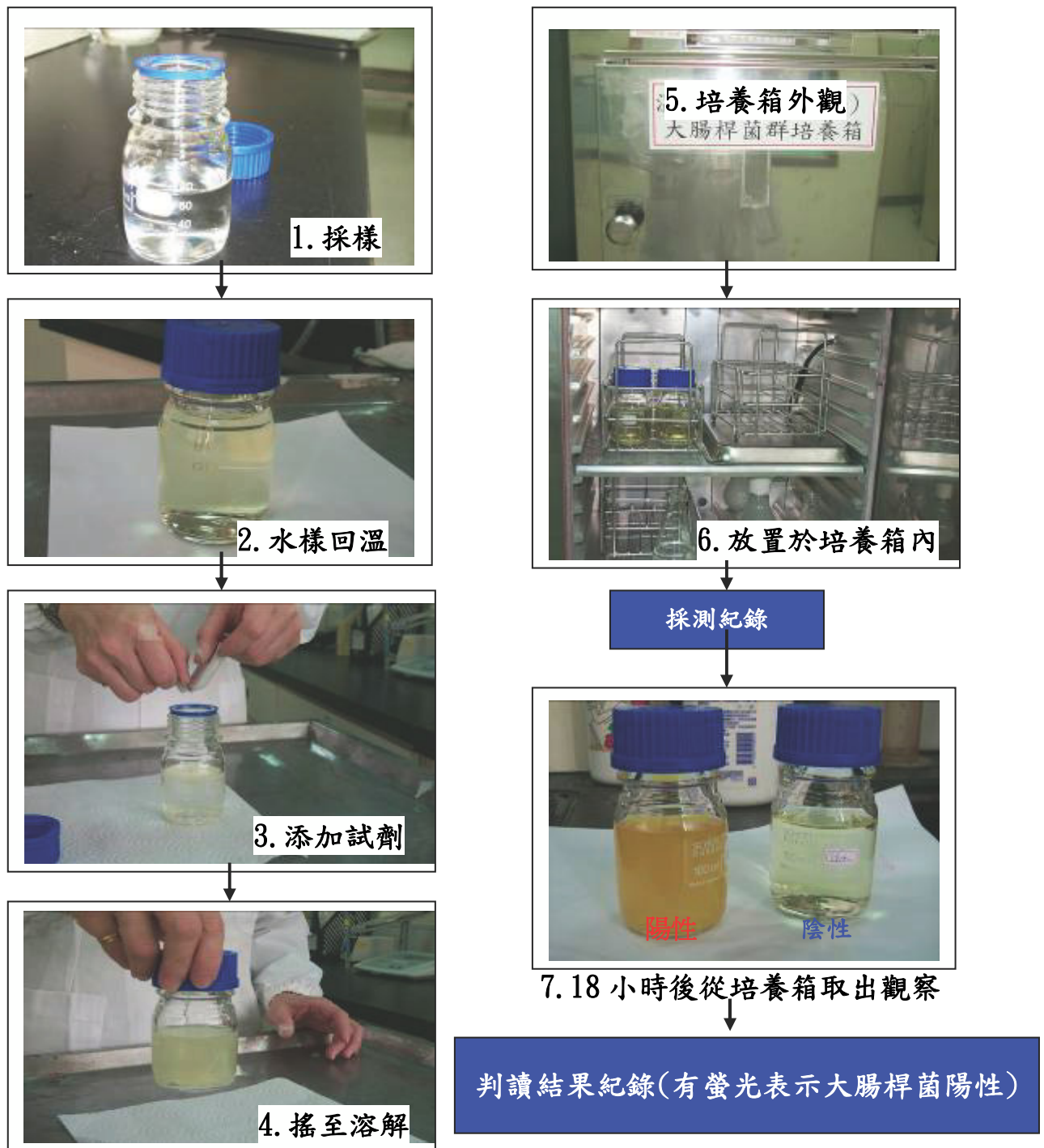


圖 3-8 大腸桿菌群(P/A test)操作步驟

## 二、餘氯監測

餘氯計可監測淨水程序各單元及出水之自由餘氯濃度，用以控制消毒加氯量，一般概分為電極式及 DPD 呈色法兩大類，本文列舉電極式監測設備進行說明。

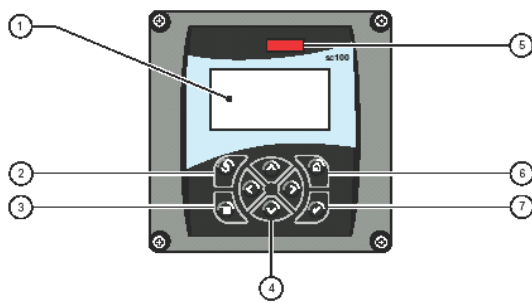


圖 3-9 濁度計控制器

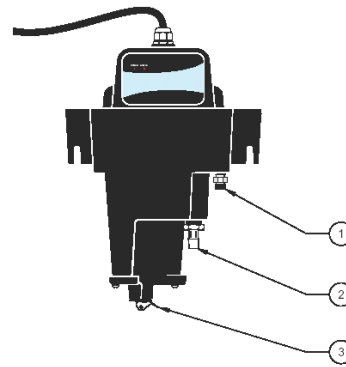


圖 3-10 濁度偵測器本體

監測設備一般概分為「顯示/控制器(主機)」、「水樣流通槽」2 部份，如圖 3-11 及圖 3-12。「顯示/控制器(主機)」安裝於室內或有遮避處，用以顯示監測值、流量及操作狀態，並有觸式鍵盤用以設定參數及操作表單，內設數據蒐集器及數據輸入/輸出裝置，以蒐集及傳輸監測數據。「水樣流通槽」用以調整流入流通槽之水樣流量，設有保護濾網過濾掉大部分水中未溶解之雜質，使感測器能在適當環境下，作最準確的測定。

監測儀器應依照儀器操作手冊之建議，定期進行校正及維護保養，以確保水質監測之準確性。校正時應使用如 3.2 節經使用標準檢驗方法(DPD 呈色法)校正後之攜帶型測定儀器，現場測定實際水樣之餘氯值，並將測值鍵入監測設備，進行校正。另應定期清洗水樣入流管線及過濾器，以降低水中沉澱物消耗水中餘氯之影響。



圖 3-11 餘氯偵測器主機



圖 3-12 餘氯偵測器與水樣流通槽

### 三、pH 監測

pH 計可監測淨水程序各單元及出水之 pH 值，用以控制混凝劑及鹼劑加注量及出水 pH 值，主要設備包括主機及感知器兩

部份，如圖 3-13 及圖 3-14，主機可顯示以顯示監測值及操作模式，並有觸式鍵盤用以設定操作模式，內設數據蒐集器及數據輸入/輸出裝置，以蒐集及傳輸監測數據。

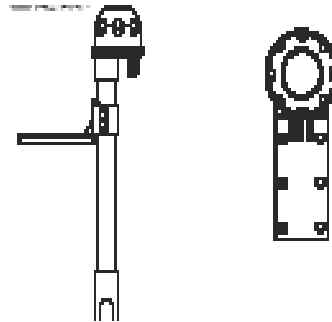
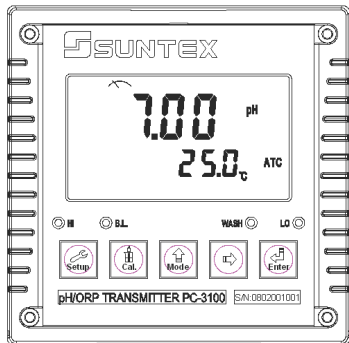


圖 3-13 pH 監測設備主機      圖 3-14 pH 監測設備偵測器

監測儀器應透過例行之維護校正，以確保監測數據之準確性。例行維護保養為感知器(電極)清洗，校正為使用標準 pH 緩衝液依儀器操作手冊之校正操作步驟，進行兩點或三點校正。維護保養及校正頻率，可依儀器操作手冊之建議訂定，如每週執行感知器(電極)清洗；每 2 週執行標準 pH 緩衝液校正。

#### 四、圖控監視系統之運用

淨水場或淨水場管理單位為有效掌握淨水處理成效，可設置監控系統，運用視窗圖控軟體，採用乙太網路架構，利用機架式數據機，蒐集各現場監控工作站之操作處理訊息，包括水質監測數據及操作運轉資訊等，呈現於監控畫面上，同時將相關處理數據，包括即時資訊(包括監控系統及監視影像兩大類)、警報紀錄及各項報表資料等，存入資料庫管理系統中，隨時掌握及擷取運用。



圖 3-15 自來水事業淨水處理資訊中心

運用此監視系統結合水質管控制度，能對淨水處理有效管理與掌控，如圖 3-15，淨水處理水質管控分 3 道防線，第一道防線為加藥室值班操作人員，隨時監控水質狀況，並依據原水及清水水質參數如濁度、pH、餘氯等調整加藥量；中控室領班人員則負責調配水量及各崗位協調。第二道防線為淨水場管理人員，水質人員在一般性水質狀況時，每日核對水質掃描圖，如超過內控時進行追蹤與檢討；並對非一般性水質狀況（如颱風暴雨或原水濁度升高），做操作調整判斷（如改變加藥量）；如水質異常情形時做緊急處置及檢討，作為設備改善或修訂標準作業流程。場長則指揮水質異常之緊急處置，並督導異常事件檢討與改進。第三道防線則為管理督導部門，督導各淨水場落實水質控管程序。

### 3.5 淨水處理藥劑管理

淨水處理藥劑之選用為淨水處理成敗重要的一環，除應符合法規要求外，藥品的品質管理及庫存管理，亦為影響淨水場淨水處理成效之重要事項，應予以重視。

#### 一、淨水處理藥劑之分類與常用藥劑

淨水處理藥劑可分為促進混凝沉澱作用所使用之混凝劑 (Coagulant)、提高混凝效果，節省混凝劑用量之助凝劑 (Coagulant Aid)、鹼劑及消毒作用使用之消毒劑 (Disinfectant)。

混凝劑通常使用三價金屬鹽類如鋁鹽及鐵鹽，常用的有硫酸鋁 ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ )，簡稱 Alum、多元氯化鋁 ( $\text{Al}_2(\text{OH})_n\text{Cl}_{6-n}$ )<sub>n</sub>，Poly Aluminum Chloride，簡稱 PAC 及氯化鐵 ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 等。

助凝劑常使用聚合物 (Polymer) 助凝劑，如聚氯化己二烯二甲基胺 ( $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{N}_2\text{Cl}_2$ )<sub>n</sub>，Poly (Diallyldimethyl Ammonium Chloride) [Poly (DADMAC)] 及聚丙烯醯胺 ( $\text{C}_3\text{H}_5\text{NO}$ )<sub>n</sub>，Polyacrylamide (PAM) 鹼劑係用以補充混凝劑於混凝作用消耗之鹼度，或調整適宜之混凝 pH 值範圍，常用的為氫氧化鈉 (Sodium Hydroxide)。

消毒劑常用的包括液氯 (Chlorine)、次氯酸鈉 (Sodium Hypochlorite) 及臭氧 (Ozone)

#### 二、淨水處理藥劑之法規規定

飲用水管理條例第十三條明定「飲用水水質處理所使用之藥劑，以經中央主管機關指定公告者為限」，第十八條罰則「違反第十三條規定者，處一年以下有期徒刑、拘役或科或併科新台幣六萬元以下罰金」，與供水水質不符「飲用水水質標準」狀況僅施予罰鍰不同者，為違反規定者負有刑責。

行政院環保署公告飲用水水質處理藥劑，截至 103 年 7 月共公告 21 項藥劑，如表 3-3，每一項藥劑同時公告「品質管制」項目，包括不存物含量限值或有效成份最低含量；助凝劑類聚合物藥劑，考量其單體之毒性，特訂定使用時機為「原水濁度高於 250 NTU 時始得使用」，並分別訂定其最大添加劑量(濃度)。

環保署公告修正「飲用水水質處理藥劑一般規定事項」規定第二點飲用水水質處理藥劑使用者應取得藥劑之主成分及不純物檢測報告及藥劑原料來源等書面資料，並詳實記錄藥劑保存期限、藥劑廠商建議最高使用劑量、來源之製造、調配、包裝、銷售 廠商名稱、地址、證件字號及負責人姓名、地址、電話、身分證明文件。上述紀錄應保存三年備查。

第三點飲用水水質處理藥劑如有變質、逾保存期限或有效期限、或以生產其他工業產品所產生之廢液、廢棄物或副產品作為藥劑製造原料所生產之藥劑者，不得作為飲用水水質處理藥劑。故自來水業者購買及使用相關藥劑均應符合相關規定，並備妥相關文件資料備查。主管機關(各縣市環保局)得依飲用水管理條例第 15 條隨時進行進場查驗。

### 三、淨水處理藥劑之品質管理作業

淨水處理藥劑之品質攸關淨水處理效果及淨水過程是否遭污染，因此從採購、驗收至使用都必須注意品質管理，各項藥品應注意事項如下：

#### (一)多元氯化鋁

- 1.淨水場每車次進藥應進行交貨採樣，採樣應注意代表性，1 瓶由槽車採樣，另 1 瓶自槽車由藥管入藥槽期間隨機採樣。其中 1 瓶進行品質檢驗，項目包括比重、溫度、目視透明度及氧化鋁( $Al_2O_3$ )主成份含量，主成份要求為 10~11%，另 1 瓶封存累積 1 批次後，依合理抽樣方式進行抽樣後，委外檢驗不存物，飲用水管理條例品質管制規範不存物項目，若檢驗不合格應予以罰款並退貨，主成份及其其他品規範項目則依濃度範圍予以扣款或退貨。
- 2.自來水事業或環保主管機關委託檢驗機構於廠商交貨期間得隨時不須通知廠商，逕至廠商製造工廠查驗原料來源(合法製造證明文件)、製程、貯存、送審本機關核可資料、原料與產品質量是否平衡及原料採樣送驗等事項，以確認藥品品質。
- 3.入藥槽待檢驗藥品，以檢驗合格，始能用於淨水處理。

#### (二)液氯

驗收人員會同環保署許可之環境檢驗測定機構現場抽樣化驗純

度，純度要求 99.5%以上。

### (三)次氯酸鈉

- 1.淨水場每車次進藥應進行交貨採樣，採樣應注意代表性，1 瓶由槽車採樣，另 1 瓶自槽車入藥槽期間隨機採樣。1 瓶進行品質檢驗，項目包括目視透明度(不含雜質)及有效氯含量，有效氯含量要求 10.0%以上，另 1 瓶封存累積 1 批次後，依合理抽樣方式抽樣，委外檢驗重金屬不存物及溴酸鹽，飲用水管理條例品質管制規範不存物項目，若檢驗不合格應予以罰款並退貨。主成份及其其他品規範項目則依濃度範圍予以扣款或退貨。
- 2.自來水事業或環保主管機關委託檢驗機構於廠商交貨期間得隨時不須通知廠商，逕至廠商製造工廠查驗原料來源(合法製造證明文件)、製程、貯存、送審本機關核可資料、原料與產品質量是否平衡及原料採樣送驗等事項，以確認藥品品質。
- 3.入藥槽待檢驗藥品，以檢驗合格，始能用於淨水處理。
- 4.次氯酸鈉有效氯含量會隨儲存環境及時間衰減，應隨時檢測有效氯含量或調節進藥週期，以確保藥品品質。

### (四)氫氧化鈉

- 1.淨水場每車次進藥應進行交貨採樣，採樣應注意代表，1 瓶由槽車採樣，另 1 瓶自槽車入藥槽期間隨機採樣。其中 1 瓶進行品質檢驗，項目包括比重、溫度、目視透明度及氫氧化鈉主成份含量，主成份要求 45%以上，另 1 瓶封存累積 1 批次後，依抽樣方式抽樣，委外檢驗不存物，飲用水管理條例品質管制規範不存物項目，若檢驗不合格應予以罰款並退貨。主成份及其其他品規範項目則依濃度範圍予以扣款或退貨。
- 2.自來水事業或環保主管機關委託檢驗機構於廠商交貨期間得隨時不須通知廠商，逕至廠商製造工廠查驗原料來源(合法製造證明文件)、製程、貯存、送審本機關核可資料、原料與產品質量是否平衡及原料採樣送驗等事項，以確認藥品品質。
- 3.入藥槽待檢驗藥品，以檢驗合格，始能用於淨水處理。

各項藥品由儲藥槽經由輸送管線輸送至加注地點，管線長短依淨水場場內地理位置及設備配置而異，輸送管線於更換藥槽時，應以清水清洗乾淨，並加以標示；藥槽底部沉積物於進藥時，應責由藥商清洗乾淨。切忌不同藥劑使用相同之輸送管線，如液體硫酸鋁與多元氯化鋁相混會產生固化，阻塞管線。化學性質不相容之藥品貯存或加藥時應避免直接混合，以免產生燃燒或爆炸、大量熱或劇烈反應或釋出毒氣。



表 3-3 行政院環保署公告飲用水水質處理藥劑一覽表

藥劑編號	藥劑名稱		化學式	適用範圍 使用時機	最大添 加劑量	品質管制	
	中文 名稱	英文 名稱				項目	品質
〇〇一	臭氧	Ozone	O <sub>3</sub>	—	—	—	—
〇〇二	硫酸 鋁 (俗 稱：明 礬)	Aluminum Sulfate	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> · 14H <sub>2</sub> O	—	—	砷 (As)	10ppm 以下
						鎘 (Cd)	2ppm 以下
						鉛 (Pb)	10ppm 以下
						汞 (Hg)	0.2ppm 以下
						鉻 (Cr)	10ppm 以下
						鐵 (Fe)	200ppm 以下
						錳 (Mn)	25ppm 以下
〇〇三	聚 氯 化 鋁 (多 元 氯 化 鋁)	Polyaluminum Chloride(PACl)	[Al <sub>2</sub> (OH) <sub>n</sub> Cl <sub>6-n</sub> ] <sub>n</sub>	—	—	砷 (As)	5ppm 以下
						鎘 (Cd)	2ppm 以下
						鉛 (Pb)	10ppm 以下
						汞 (Hg)	0.2ppm 以下
						鉻 (Cr)	10ppm 以下
						鐵 (Fe)	100ppm 以下
						錳 (Mn)	25ppm 以下
〇〇四	氯 化 鐵	Ferric Chloride	FeCl <sub>3</sub>	—	—	砷 (As)	10ppm 以下
						鎘 (Cd)	5ppm 以下
						鉛 (Pb)	50ppm 以下
						汞 (Hg)	2ppm 以下
						鉻 (Cr)	50ppm 以下
						硒 (Se)	10ppm 以下
						銀 (Ag)	50ppm 以下
〇〇五	氫 氧 化 鈉 (俗 稱：苛 性鈉)	Sodium Hydroxide or Caustic Soda	NaOH	—	—	砷 (As)	2ppm 以下
						鎘 (Cd)	2ppm 以下
						鉛 (Pb)	10ppm 以下
						汞 (Hg)	0.2ppm 以下
						鉻 (Cr)	5ppm 以下

表 3-3 行政院環保署公告飲用水水質處理藥劑一覽表(續 1)

藥劑 編號	藥劑名稱		化學式	適用 範圍 使用 時機	最大添 加劑量	品質管制	
	中文 名稱	英文 名稱				項目	品質
〇〇六	氫氧化鈣 (俗稱：消石灰)	Calcium Hydroxide or Slaked Lime	Ca(OH) <sub>2</sub>	—	—	砷 (As)	5ppm 以下
						鎘 (Cd)	5ppm 以下
						鉛 (Pb)	20ppm 以下
						汞 (Hg)	0.2ppm 以下
						鉻 (Cr)	50ppm 以下
〇〇七	液氯	Liquid Chlorine	Cl <sub>2</sub>	—	—	有效氯(Cl <sub>2</sub> )	99.5%以上
〇〇八	次氯酸鈉 (俗稱：漂 白液)	Sodium Hypochlorite	NaOCl	—	—	砷 (As)	1ppm 以下
						鎘 (Cd)	1ppm 以下
						鉛 (Pb)	1ppm 以下
						汞 (Hg)	0.2ppm 以下
						鉻 (Cr)	2ppm 以下
						溴酸鹽 (Bromate)	50 ppm 以下
〇〇九	次氯酸鈣	Calcium Hypochlorite	Ca(OCl) <sub>2</sub>	—	—	砷 (As)	2ppm 以下
						鎘 (Cd)	2ppm 以下
						鉛 (Pb)	2ppm 以下
						汞 (Hg)	0.4ppm 以下
						鉻 (Cr)	4ppm 以下
						溴酸鹽 (Bromate)	50 ppm 以下
〇一〇	氯化石灰 (俗稱：漂 白粉)	Chlorinated Lime	CaO · 2CaOCl <sub>2</sub> · 3H <sub>2</sub> O	—	—	砷 (As)	2ppm 以下
						鎘 (Cd)	2ppm 以下
						鉛 (Pb)	2ppm 以下
						汞 (Hg)	0.4ppm 以下
						鉻 (Cr)	4ppm 以下

表 3-3 行政院環保署公告飲用水水質處理藥劑一覽表(續 2)

藥劑 編號	藥劑名稱		化學式	適用 範圍 使用 時機	最大添 加劑量	品質管制	
	中文 名稱	英文 名稱				項目	品質
○一一	高錳 酸鉀 (過錳 酸鉀)	Potassium Permanganate	KMnO <sub>4</sub>	—	—	鎘 (Cd)	5ppm 以下
						汞 (Hg)	2ppm 以下
						鉻 (Cr)	50ppm 以下
○一二	硫酸	Sulfuric Acid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	—	—	砷 (As)	10ppm 以下
						鎘 (Cd)	2ppm 以下
						鉛 (Pb)	10ppm 以下
						汞 (Hg)	0.4ppm 以下
						鉻 (Cr)	10ppm 以下
鐵 (Fe)	200ppm 以下						
○一三	磷酸 氫二 鈉	Disodium Hydrogen Phosphate	Na <sub>2</sub> HP O <sub>4</sub>	依一 例使 飲用 水處 理序 作線 蝕。 可定 混合 用於 水質 程中 為抗 腐劑。	—	砷 (As)	10ppm 以下
○一四	磷酸 二氫 鈉	Sodium Dihydrogen Phosphate	NaH <sub>2</sub> P O <sub>4</sub>			鎘 (Cd)	5ppm 以下
○一六	三聚 磷酸 鈉	Sodium Triphosphate	Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>			鉛 (Pb)	50ppm 以下
○一七	聚丙 烯醯 胺	Polyacrylamide, (PAM)	(C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> N O) <sub>n</sub>	當飲 用水 之濁 度大 於五 NTU 時得 用。	1(mg/L)	丙烯醯胺 (Acrylamide)	0.05wt% 以下
○一八	聚氯 化己 二烯 二甲 基胺	Poly (Diallyldimethyl Ammonium Chloride), [Poly(DADMAC )]	(C <sub>3</sub> H <sub>16</sub> N ·Cl) <sub>n</sub>		10(mg/L)	氯化己二烯 二甲基胺 (Diallyldimeth yl Ammonium Chloride)	5wt% 以下
○一九	氯甲 基一 氧三 環二 甲基 胺聚 合物	Epi-DMA Polyamines (Epichlorohydrin Dimethylamine, Polymer)	(C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N · C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Cl O) <sub>n</sub>		20(mg/L)	氯甲基一氧三 環 (Epichlorohydrin)	20ppm 以下
					1,3-二氯-2-丙 醇 (1,3-Dichloro- 2-Propanol)	1000 ppm 以下	

表 3-3 行政院環保署公告飲用水水質處理藥劑一覽表(續 3)

藥劑編號	藥劑名稱		化學式	適用範圍 使用時機	最大添加劑量	品質管制	
	中文名稱	英文名稱				項目	品質
○二○	氣態二氧化氯	Gaseous Chlorine Dioxide	ClO <sub>2</sub>	—	最大添加劑量： 1.4mg/L	亞氯酸根 ClO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	1.0mg/L 以下
○二一	聚矽酸鐵	Polysilicate Iron	Fe <sub>m</sub> (SiO <sub>2</sub> ) <sub>n</sub>	—	—	砷 (As)	6ppm 以下
						鎘 (Cd)	6ppm 以下
						鉛 (Pb)	6ppm 以下
						汞 (Hg)	0.3ppm 以下
						鉻 (Cr)	30ppm 以下
						銅(Cu)	6ppm 以下
						硒 (Se)	6ppm 以下
						氰鹽(CN <sup>-</sup> )	6ppm 以下

#### 四、淨水處理藥劑之庫存管理作業

##### (一)藥品應於適當環境安定貯存

1. 液體藥品貯存應注意防止洩漏，如發生滲漏，應暫時儲存在防液堤內，經適當中和處理後處置。
2. 貯藥槽液位計是重要設施，需經常確保動作正常，正確讀值。
3. 硫酸鋁濃度 9%以上時，在常溫下就會出現晶體析出現象，造成管路阻塞，應特別小心。
4. NaOH 藥品以 45%濃度購入，當液溫低於 10°C 時會析出晶體，因此儲存時須經濃度稀釋至 20~25%。稀釋操作時，屬危險性作業，應先將水加入稀釋槽，再緩慢加將 NaOH 加入水中。長期儲存應密封，防止吸收空氣中二氧化碳而劣化。
5. 次氯酸鈉儲存須注意其腐蝕性及有效濃度變化，當溫度上升會導致次氯酸鈉有效濃度衰減；次氯酸鈉溶液為微鹼性遇酸會產生大量氯氣。於室內時，周邊須確保通風及換氣設備正常運轉；儲存於戶外時，必須有遮陽設施防止陽光直射。

6. 液氯鋼筒無論有無液氯均需存放在乾燥、陰涼、通風之處，不得陽光直射，50 公斤鋼筒採直立放穩以絞鍊繫妥，1000 公斤鋼筒應橫置防滾，搬運動線流暢，搬運時閘部蓋及護罩應蓋妥，並不得碰撞。

### (二) 隨時掌握庫存量

各種淨水處理藥品應依各藥槽進藥先後順序依序輪流使用。各淨水場應每日按時結算各藥品盤存量，並建立審核機制，以確保安全庫存量。藥品的使用量取決於原水的水質及水量，庫存控制必須因應原水水質及處理量之季節變動與月變動等年度型態調整，特別是颱風發生狀況之準備。可預知之特殊天候狀況(如颱風)，應於來襲前，考量廠商藥車可能之交通問題，事先加滿藥槽，以為因應。另外亦應考量藥品之化學穩定性(如次氯酸鈉)，決定進藥週期。

## 3.6 淨水加藥操作

淨水程序於適當加注點加注適當量之藥劑，攸關處理水質之成敗，本節從藥劑之作用、加注系統之管理至最適加注量決定與控制，作一介紹。

### 一、淨水處理藥劑之性質與作用

要使淨水處理程序成功運作，必須先瞭解其在水中之作用

#### (一) 混凝劑

混凝劑通常使用三價金屬鹽類，當加注於水中時，透過快速攪拌能量(Gt 值)之施給，能在小於 1 秒之時間內，迅速水解，水解產物吸附於水中原來穩定存在水中之膠體，改變其電荷，使膠體粒子間能互相接近發生去穩作用而凝結，此即所謂「混凝」。

硫酸鋁與水中鹼度反應，形成氫氧化鋁( $\text{Al}(\text{OH})_3$ )或聚合物，所形成之聚合物在特定之 pH 範圍內(如硫酸鋁最適 pH 範圍為 6.0~7.8)，溶解度最小(如圖 3-16 圖 3-17)，混凝及沉降之速度最快，故混凝應控制在適當之 pH 值範圍。

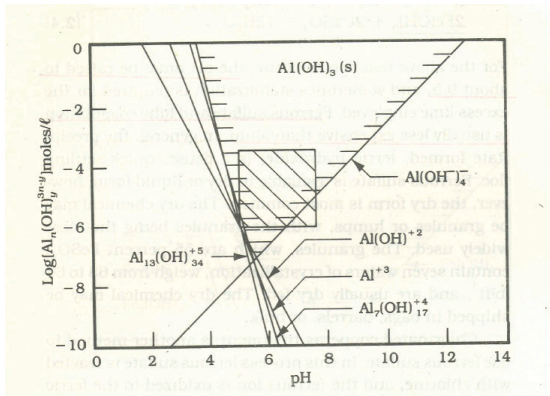


圖 3-16 氫氧化鋁在不同 pH 下之溶解度(1)

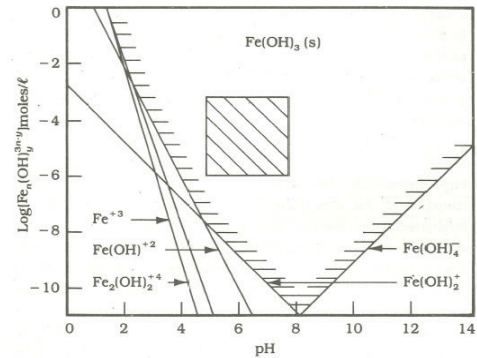


圖 3-17 氫氧化鐵在不同 pH 下之溶解度(2)

多元氯化鋁為一鹼性多核錯化物，混凝時消耗鹼度為硫酸鋁的一半，適宜混凝之 pH 範圍較寬，對高或低濁度之混凝效果均佳，故為國內淨水場廣泛使用。

混凝作用之發生，通常須加數種藥品於原水中，常發生之低鹼度原水或高濁度原水狀況，會需要添加氫氧化鈉(NaOH)鹼劑，來調整原水混凝作用時之鹼度或酸鹼度，添加順序之考量相當重要，由前述混凝作用可以瞭解，以先添加混凝劑，使原水 pH 值略降，形成金屬鹽水解錯合物，以中和膠體電荷，再添加氫氧化鈉(NaOH)鹼劑，調整 pH 值，以降低鋁之溶解度，形成氫氧化鋁膠羽為最恰當。

## (二)助凝劑

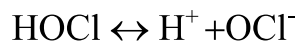
助凝劑通常使用合成聚合物(Polymer)，溶解於水中不會如金屬鹽混凝劑發生水解，以其分子量較大，具足夠吸附膠體粒子位置及其後之架橋及攔阻等作用，去除原水中膠體或固體核。依其電性分為陰離子性、陽離子性及非離子性，陽離子性由於具電荷中和作用，與金屬鹽混凝劑搭配使用，可減少其用量。

## (三)消毒劑

消毒(Disinfection)指將原水中細菌及致病性微生物消除，但可能僅將其致病性(活性)去除，而非完全滅菌。

### 1.加氯消毒

將氯氣或次氯酸鈉，加入水中，會產生以下反應：



HOCl 及 OCl<sup>-</sup>稱為「自由有效餘氯」，HOCl 之殺菌消毒效率

較 OCl<sup>-</sup> 為高。pH 值越高，水中所佔的 OCl<sup>-</sup> 百分率越高，HOCl 百分率越低。

另外若原水有氨(NH<sub>3</sub>)或有機氮存在，氯會與之反應生成一氯胺(NH<sub>2</sub>Cl)、二氯胺(NHCl<sub>2</sub>)及三氯胺(NCl<sub>3</sub>)，稱為「結合有效餘氯」。「結合有效餘氯」之消毒能力較「自由有效餘氯」為低。

加氯於水中，若水中不含有機物或還原性無機物，加氯量與自由有效餘氯量大致相等；否則，經某加氯量之消耗，水中才有自由有效餘氯量出現，此單位體積所消耗之加氯量，稱為「需氯量」，「需氯量」為掌握加氯量的一個重要參數。

消毒效率與水溫、pH 值、餘氯濃度(C)及接觸時間(t)有關，水溫越高，消毒所需之 Ct 值越低；水溫越低，消毒所需之 Ct 值越高，pH 值越高，消毒所需之 Ct 值越高；pH 值越低，消毒所需之 Ct 值越低。在相同的水溫及 pH 值下，餘氯濃度(C)及接觸時間(t)之乘積相同，有相同之消毒效率。

不同消毒劑殺死不同微生物所需之 Ct 值如表 3-4，隱孢子蟲及梨形蟲等病原性原生動物，因具有孢子外殼，氯不易氧化穿透，所需 Cxt 值約為大腸桿菌之 1 萬倍。

表 3-4 各種消毒劑殺死 99%微生物之 Ct 值

微生物種類	殺菌劑	濃度(C) mg/L	接觸時間(T) min	CT	pH	溫度(°C)
大腸菌類 (E. Coli)	臭氧(O <sub>3</sub> )	0.065	0.33	0.022	7.2	1
		0.0023	1.03	0.002	7.0	12
	二氧化氯(ClO <sub>2</sub> )	0.75	0.50	0.38	6.5	5
		0.75	0.30	0.23	6.5	10
	次氯酸(HOCl)	0.1	0.40	0.04	6.0	5
	次氯酸根(OCl <sup>-</sup> )	1.0	0.02	0.02	10.0	5
一氯胺(NH <sub>2</sub> Cl)	1.0	5.50	5.5	4.5	15	
小兒麻痺病毒 (Poliovirus)	臭氧(O <sub>3</sub> )	0.3	0.13	0.04	7.2	5
		0.245	0.50	0.12	7.0	24
	二氧化氯(ClO <sub>2</sub> )	0.8	6.8	5.4	7.0	5
		0.5	2.0	1.0	7.0	25
	次氯酸(HOCl)	0.5	2.1	1.05	6.0	5
	次氯酸根(OCl <sup>-</sup> )	0.5	21	10.50	10.0	5
一氯胺(NH <sub>2</sub> Cl)	100	140	14000	4.5	5	
梨形孢囊蟲 (Giardia cysts)	自由氯 (HOCl+OCl <sup>-</sup> )	2	240	480	7.8	1
		5	60	300	7.8	1
		2	180	360	7.8	5
	氯胺(NH <sub>4</sub> Cl)	2.6	180	468	6.5	3
		1.8	230	414	7.0	10

## 2. 臭氧消毒

早期臭氧用於淨水處理係為解決加氯消毒副產物的問題，室溫下為無色有刺激青草味道氣體，為具高腐蝕性之強氧化劑，可氧化水中有機及無機污染物。

臭氧在水中分為分子態  $O_3(aq)$  及氫氧自由基  $HO\cdot$  兩種反應途徑，前者發生在酸性條件，反應慢；後者發生在鹼性條件，反應快速。臭氧在水中可氧化鐵、錳、硫化氫及溴離子等無機物、細菌、病毒、梨形鞭毛蟲及隱孢子蟲等致病菌、天然有機物(NOM)及合成有機物等，與前述物質反應消耗之臭氧量稱為「需臭氧量」，除具消毒作用外，亦能透過氧化原水中有機物，降低色度、臭味及消毒副產物產生量。「需臭氧量」可用以控制臭氧添加量，淨水處理典型之添加濃度為  $0.1\sim 1.0\text{ mg/L}$ 。臭氧用於消毒時較加氯消毒所需之 Ct 值為低，但因不易殘留特性，淨水場出水由管網輸送，仍須加氯，以形成完整之消毒系統。臭氧消毒效率在 pH 值 6~9、溫度升高或水中懸浮固體(濁度 1~5 NTU)下，均不受影響。

### 二、淨水處理藥劑之加注系統管理

淨水處理藥劑加注地點，以能發生快速混合(Flash Mixing)為考量，可利用原水輸送餘壓，轉換成流速，使成亂流(Turbulence)，而達成原水與藥品瞬間充份混合之目的，但需注意攪拌能量要足夠，Gt 值要達到 300 至 1600。

藥品自儲藥槽經由管線輸送到加注點附近，並由加藥機進行定流速(每分鐘多少毫升)或由管線直接至加注點重力加注。整個加注系統應定期檢查事項如下：

- (一) 加藥管線是否阻塞:加藥管線可能因藥劑沉澱物致阻塞，應定期清洗管線及過濾裝置，以保持通暢。
- (二) 加藥管線是否洩漏:加藥管線洩漏會影響加注量之準確性，應定期檢視。
- (三) 加藥管線是否確實內含加注藥品:清洗完後之管線系統，應加以標示備用，切換使用初期，應注意加藥管線中含清水會影響實際加注量
- (四) 藥槽液位是否影響加注量之流出:以重力加注之系統，加注量會隨藥槽液位改變，應隨時紀錄藥槽液位。
- (五) 加藥機設定流量是否與實劑加注量相符:定期以量筒進行實際加注量與設定加注量比對，以瞭解加藥機性能狀況。



### 三、淨水處理藥劑最適加注量控制操作

在決定淨水場現場混凝劑最適添加量時，需先在實驗室進行瓶杯試驗(Jar Test)，典型的設備如圖 3-18。瓶杯試驗機利用多個可變化攪拌強度攪拌裝置，模擬現場攪拌強度，對不同加藥量進行測試，決定效果最佳的加藥量，再應用到現場。進行步驟為：

- (一) 各取所欲處理之原水水樣約 2 公升，置於 6 個瓶杯中。
- (二) 除 1 瓶杯不加混凝劑溶液，作為空白控制組外，其餘 5 瓶杯，各加入適當不同量之混凝劑溶液。
- (三) 同時保持 100 rpm 快混 1 分鐘後，30rpm 慢混 10(或 20)分鐘。
- (四) 觀察膠羽形成時間先後、膠羽大小及形狀。
- (五) 靜置沉澱 30 分鐘後，取上澄液量測濁度及 pH 值。
- (六) 繪製濁度 (y) 對加藥量 (x) 的圖。圖中濁度最低點對應之加藥量即為最佳加藥劑量。
- (七) 以氫氧化鈉調整原水 pH 值至 5、6、7、8 及 9，再加入(6)所得的最佳混凝劑加藥量，重覆(3)~(5)瓶杯試驗。
- (八) 量取每瓶杯水樣上澄液之 pH 值及濁度。
- (九) 繪出濁度對 pH 的圖，選擇濁度最低時之最佳 pH 值，。



圖 3-18 瓶杯試驗機外觀

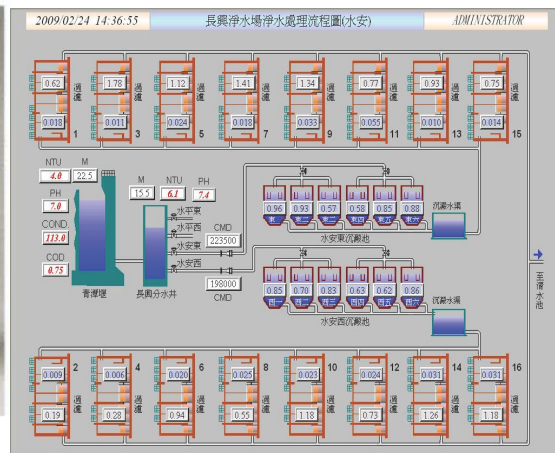


圖 3-19 淨水流程圖控畫面範例

( 取自 ThermoFisher 科技公司網站)

淨水場經運作一段時間後，會累積不同原水水質(濁度)狀況下之最適加藥量(或範圍)數據，稱為混凝加藥經驗表，緊急原水變化狀況，只要量測原水濁度，即可依該表先行決定混凝加藥量應變，再以瓶杯試驗進行微調，修正成最適加藥量。

利用線上水質監測配合混凝自動加藥系統，可即時掌握包括原水、混凝水、沈澱水及過濾水等各處理單元之淨水處理效果。混凝自動加藥系統係以原水濁度及 pH 之加藥經驗表作為前饋控

制參數，另以混凝水 pH 及流導電流值(SC)作為回饋控制參數，自動調整加藥指令與實際加藥量間之誤差。控制參數之安全上下限可以自動或人工方式設定。

加藥經驗表中「加藥指令」指加入原水中之藥品濃度(mg/L；ppm)，而從加藥機打出之實際藥量為每分鐘多少公升(L/min)，淨水場加藥人員必需有能力加以換算。以下為計算範例：

例：

淨水場每日處理水量 100,000 m<sup>3</sup>(10 萬 CMD)，混凝劑多元氯化鋁藥劑有效成份氧化鋁(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)10%(相當於 100,000 ppm)，若要加藥 20 ppm，請問加藥機每分鐘要流出多少公升之藥量？

答：

- 1.每日處理水量 100,000 m<sup>3</sup>=1×10<sup>8</sup> L/日。
- 2.混凝劑多元氯化鋁加注指令 20 ppm，相當於每日加注於原水  
20 mg/L×10<sup>8</sup> L/日=2×10<sup>9</sup> mg/日。
- 3.藥劑濃度 100,000 ppm=105 mg/L。
- 4.加藥機每日加藥體積 2×10<sup>9</sup> mg/日÷105 mg/L=2×10<sup>4</sup> L/日。
- 5.每天 1440 分鐘，故每分鐘流量 2×10<sup>4</sup> L÷1440=13.8 L(13.8 L/min)

#### 四、加藥處理結果監控

淨水藥品由加注點加入淨水程序後，要注意監控其效果，若有異常或偏離，應加以修正。具備圖控軟體者，可由圖控畫面觀察監測值加以控制(如圖 3-19)。

混凝效果初步先由混凝水 pH 值判斷，再至淨水場混凝池、膠凝池及沉澱池現場觀察膠羽生成狀況與結構。另外隨時觀察原水濁度、沉澱水濁度及過濾水濁度掃描圖，以掌握淨水成效。

若採取前加氯程序，為使充份掌握淨水程序中耗氯量，以沉澱水餘氯為管控點，勿使之出現「0」而無法掌握，另再以後氯補充滿足出水餘氯要求，同樣亦可由圖控畫面，加以掌握。

## 參考文獻及資料

1. 高肇藩，衛生工程給水(自來水)篇，民國 64 年.
2. Tom D.Reynolds, Unit Operations and Environmental Engineering ,1982.
3. Geo.Clifford White, Handbook of Chlorination,1972.
4. Susumu Kawamura, Integrated Design of Water Treatment Facilities. ,1991