

淨水場水中加酸模式探討-以員山淨水場為例

*游育晟，**林正隆，***洪世政，****賴明芬

*工程師，**組長，***處長，****工程員

台灣自來水股份有限公司水質處

摘要

在自然水體中水中氫離子濃度指數(pH 值)受地質條件影響，由二氧化碳-碳酸氫鹽-碳酸鹽平衡系統控制，為淨水處理操作的重要參數之一，並影響淨水混凝及消毒效果、水中顆粒及有機物去除率、混凝劑殘餘量與對供水管網的腐蝕性，故淨水處理程序，須特別注意控制水中 pH 值。台水公司員山淨水場水源主要取自基隆河，水中鹼度偏低(約 40~56 mg CaCO₃/L)，水體緩衝能力不高，易受枯水期降雨量減少影響，原水 pH 值時常大於 8.0，除造成清水殘餘鋁濃度偏高，配水管末用戶水量計亦有脫鋅腐蝕及積垢生成導致器差過大之情形發生。

本研究藉由探討員山淨水場原水中添加 60% 硫酸與其 pH 值變化情形，了解原水碳酸氫根離子、碳酸根離子及氫氧根離子平衡關係，提出 60% 硫酸加藥率建議。依據試驗結果，基隆河水源添加 60% 硫酸之 pH 值變化主要可分 2 階段，當 pH 值大於 7.5 時，隨硫酸添加 pH 值急劇降低，屬於碳酸根離子轉變為碳酸氫根離子，而 pH 值小於 7.5 時，隨硫酸添加 pH 值緩慢降低，屬於碳酸氫根離子轉變為碳酸。此外，在不同原水 pH 值(蛇形溪 7.12；基隆河 7.77~9.17)情況下，參照員山淨水場過去 5 年平均原水取水

量(14,000 CMD)及最大取水量(18,000 CMD)，蛇形溪水源平均(14,000 CMD)及最大(18,000 CMD)原水取水量之 60% 硫酸加藥率分別為 1.94 mL/min 及 2.50 mL/min(目標 pH 值 7.0)。基隆河水源平均平均(14,000 CMD)及最大(18,000 CMD)原水取水量之 60% 硫酸加藥率分別為 6.48~46.99 mL/min 及 8.33~60.42 mL/min(目標 pH 值 7.0~7.5)。

關鍵字：鹼度、硫酸添加模式、pH 值。

前言

在自然水體中水中氫離子濃度指數(pH 值)受地質條件影響，由二氧化碳-碳酸氫鹽-碳酸鹽平衡系統控制，雖然水中 pH 值對於自來水用戶無直接影響，但卻是淨水處理最重要的水質參數之一，在淨水處理的所有階段都必需謹慎控制 pH 值，以確保混凝沉澱及加氯消毒有較佳效果。以加氯消毒而言，pH 值最好控制在 8 以下，然而，過低 pH 值的水卻具有腐蝕性，所以送入配水系統時，水中 pH 值必須加以控制，使其對管網的腐蝕性最小，減少飲用水受到污染及產生臭味及色度等危害風險。行政院環保署所公告之「飲用水水質標準」，pH 值標準限值範圍為 6~8.5，而不同供水系統因原水組成及配水管網管材種類不同，WHO「飲用水質指南(Guidelines for Drinking-

Water Quality)建議 pH 值範圍控制在 6.5~8 之間，若有 pH 值過高或過低情形發生可能是水源受到污染、淨水加藥程序異常或故障、管網中水泥砂內襯養護不夠造成鹼性物質溶出或是水中鹼度過低而使用水泥砂漿內襯等原因。

台水公司員山淨水場水源主要取自基隆河及蛇形溪，原水中鹼度偏低，以致水體緩衝能力不高，易受枯水期降雨量減少影響，原水 pH 值時常大於 8.0，除造成清水殘餘鋁濃度偏高，配水管末用戶水量計亦有脫鋅腐蝕及積垢生成導致器差過大之情形發生。

研究方法

一、研究架構

本研究藉由員山淨水場枯水期間(109年4月24日至5月16日)採集不同 pH 值(7.3~9.0)之原水，探討不同 pH 值區間(7.0~7.5、7.5~8.0、8.0~8.5、8.5~9.0、 ≥ 9.0)之原水中添加 60%硫酸與觀察 pH 值變化情形，了解原水碳酸氫根離子、碳酸根離子及氫氧根離子平衡關係，提出 60%硫酸加藥率建議，朝控制清水 pH 值 7.0~7.5 範圍為目標。

二、檢驗方法

依據行政院環境保護署環境檢驗所提供之檢驗方法進行水質檢驗，概述水質分析項目及檢測方法如下：

(一) pH 值

以電極法(NIEA W424)檢驗水之氫離子濃度指數(pH 值)，利用玻璃電

極及參考電極測定樣品之電位，可得知氫離子活性，而以氫離子濃度指數(pH 值)表示。採樣時，水樣使用玻璃瓶或塑膠瓶盛裝，於現場立即檢測或於實驗室內檢測時，樣品依個別方法之規定儘速分析。

(二) 鹼度：

水之鹼度是其對酸緩衝能力(Buffer capacity)的一種度量。以滴定法(NIEA W449)檢驗水中鹼度，將水樣以校正過之適當 pH 計或自動操作之滴定裝置，並使用特定之 pH 顏色指示劑，在室溫下以標準酸滴定樣品到某特定的 pH 終點時，所需要標準酸之當量數即為鹼度。樣品採集於 PE 瓶或硼矽玻璃瓶，水樣應完全裝滿瓶子，然後鎖緊瓶蓋，宜貯存於約 4°C 之低溫，樣品分析儘可能在一日內完成，不可超過 48 小時。若有生物性作用影響的疑慮時，應在 6 小時內分析。同時應避免樣品攪動、搖動及在空氣中曝露過長。

三、員山淨水場

員山淨水場位於新北市瑞芳區員山子路 19-1 號(位置圖及平面圖如圖 1 及圖 2 所示)，佔地面積約 0.6 公頃，高程在海拔 116 公尺山坡上，為瑞芳區轄內唯一淨水場，創設於民國 21 年，清水供應瑞芳市區及工業區，現場情形及處理流程如圖 3 及圖 4 所示。該場主要取水、淨水及廢水設備簡述如下：

(一) 取水設備

原水以蛇形溪重力取水為優先，不足部分再抽取基隆河，惟因蛇形溪

枯水期水量少，大部分仍取自基隆河，取水設備包括基隆河員山抽水站(含押水機 2 台)、蛇形溪簡易水泥攔水壩、基隆河原水導水管(500 m/m ϕ CIP 長 300 公尺及 300 m/m ϕ CIP 長 100 公尺)、蛇形溪原水導水管(350 m/m ϕ PVC 長 960 公尺)。

(二)淨水設備

歷年來經多次擴建，至 101 年第四期擴建沉澱池後設計出水能力達 14,600 CMD，目前實際出水量為約為 14,000 CMD，使用中之淨水設備包含進水井、膠凝池 3 座、沉澱池 2 座、快濾池 2 座及快濾桶 2 座(併聯使用)、清水池 2 座(容量 600 m³ 及 800 m³)

(三)廢水設備

現有廢水池 1 座(容量 150 m³)，承接反沖洗廢水及沉澱池污泥。

結果與討論

由原水 pH 值及鹼度檢驗結果可知，如表 1 所示，不論是蛇形溪或基隆河水源，鹼度皆非常低(介於 40~56 mg/L)，代表其緩衝能力不高，加酸應注意添加量，為避免直接以 60%硫酸添加過量，故依不同 pH 值分別以濃度 0.03%、0.06%及 0.1%進行加酸試驗並記錄添加量與 pH 值關係，將濃度 0.03%、0.06%及 0.1%濃度轉換成 60%濃度，並將 60%硫酸添加量(X 軸)及 pH 值(Y 軸)繪圖，如圖 5 所示，由圖中可知自添加硫酸後水中 pH 值變主要可分 2 階段，當 pH 值大於 7.5 時，隨硫酸添加 pH 值急劇降低，屬於碳酸根離子轉變為碳酸氫根離子，而 pH 值

小於 7.5 時，隨硫酸添加 pH 值緩慢降低，屬於碳酸氫根離子轉變為碳酸。

考量淨水場清水最適 pH 值範圍為 7.0~7.5，故就不同原水 pH 值(X 軸)，以 pH 值 7.0~7.5 為目標 (Y 軸)，每公升原水添加 60%硫酸量(mL)(Z 軸)，繪圖如圖 4 所示(每公升原水添加 60%硫酸量如表 3 所示)。

蒐集過去 5 年(104 年 1 月至 109 年 5 月) 員山淨水場原水取水量統計資料，如圖 7 所示，其最大量為 18,546 CMD (105 年 6 月 11 日)、最小量為 2,636 CMD (104 年 8 月 6 日)、平均量約為 14,000 CMD，以最大及平均取水量為目標，計算目標 pH 值 7.0 至 7.5 所需之每日加酸量及加藥率，如表 3 所示。

(一) 蛇形溪水源

平均原水取水量(14,000 CMD)之 60%硫酸加藥率為 1.94 mL/min；在最大原水取水量(18,000 CMD)之 60%硫酸加藥率為 2.50 mL/min。

(二) 基隆河水源

平均原水取水量(14,000 CMD)之 60%硫酸加藥率範圍分別為 6.48~19.44 mL/min(目標 pH 值 7.5)；8.10~21.06 mL/min(目標 pH 值 7.4)；11.34~24.31 mL/min(目標 pH 值 7.3)；12.96~30.79 mL/min(目標 pH 值 7.2)；17.82~37.27 mL/min(目標 pH 值 7.1)；21.06~46.99 mL/min(目標 pH 值 7.0)。最大原水取水量(18,000 CMD)之 60%硫酸加藥率範圍分別為 8.33~25.00 mL/min(目標 pH 值 7.5)；10.42~27.08 mL/min(目標 pH 值 7.4)；14.58~31.25 mL/min(目標 pH 值 7.3)；16.67~39.58

mL/min(目標 pH 值 7.2)；22.92~47.92
mL/min(目標 pH 值 7.1)；27.08~60.42
mL/min(目標 pH 值 7.0)。

結論與建議

- 一、員山淨水場不論是蛇形溪或基隆河水源，鹼度皆非常低(介於40~56 mg/L)，代表其緩衝能力不高，加酸時應特別注意添加量，避免過量加藥。
- 二、蒐集過去5年水量統計資料，蛇形溪水源平均(14,000 CMD)及最大(18,000 CMD)原水取水量之60%硫酸加藥率分別為1.94 mL/min 及 2.50 mL/min(目標 pH 值 7.0)。基隆河水源平均平均(14,000 CMD) 及最大 (18,000 CMD)原水取水量之60%硫酸加藥率分別為6.48~46.99 mL/min 及 8.33~60.42 mL/min(目標 pH 值 7.0~7.5)，故採購之硫酸加藥機，應注意其最大及最小加藥量範圍以及調整變化刻度。

參考文獻

1. WHO, Guidelines for Drinking-water Quality(4th), 2017



蛇形溪



基隆河抽水站



分水井加藥點(左：PACl；右：次氯酸鈉)



膠凝池
(共 3 池；上方 2 池串聯，下方 1 池獨立)



沉澱池



快濾桶



快濾桶上方(俯視圖)



快濾池



快濾池取水口



清水池(800m³)



廢水池(未回收直接溢流)

圖 3 員山淨水場現場情形

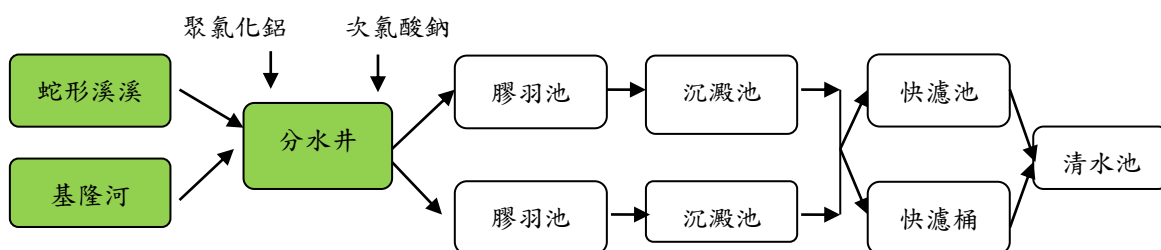


圖 4 員山淨水場淨水流程圖

表 1 原水 pH 值與鹼度

採樣日期	水源別	原水 pH 值	原水鹼度(mg/L)
109.05.19	蛇形溪	7.12	40
109.05.16	基隆河	7.77	44
109.05.08	基隆河	8.34	54
109.05.07	基隆河	8.55	56
109.05.02	基隆河	8.99	44
109.05.01	基隆河	9.17	44

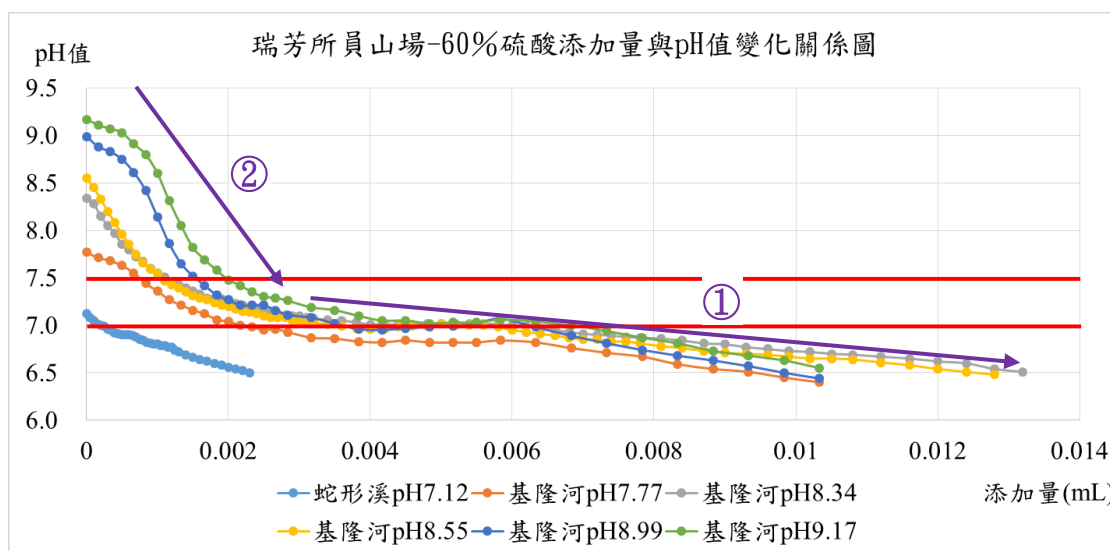


圖 5 員山淨水場原水 pH 值與 60%硫酸添加量變化關係圖

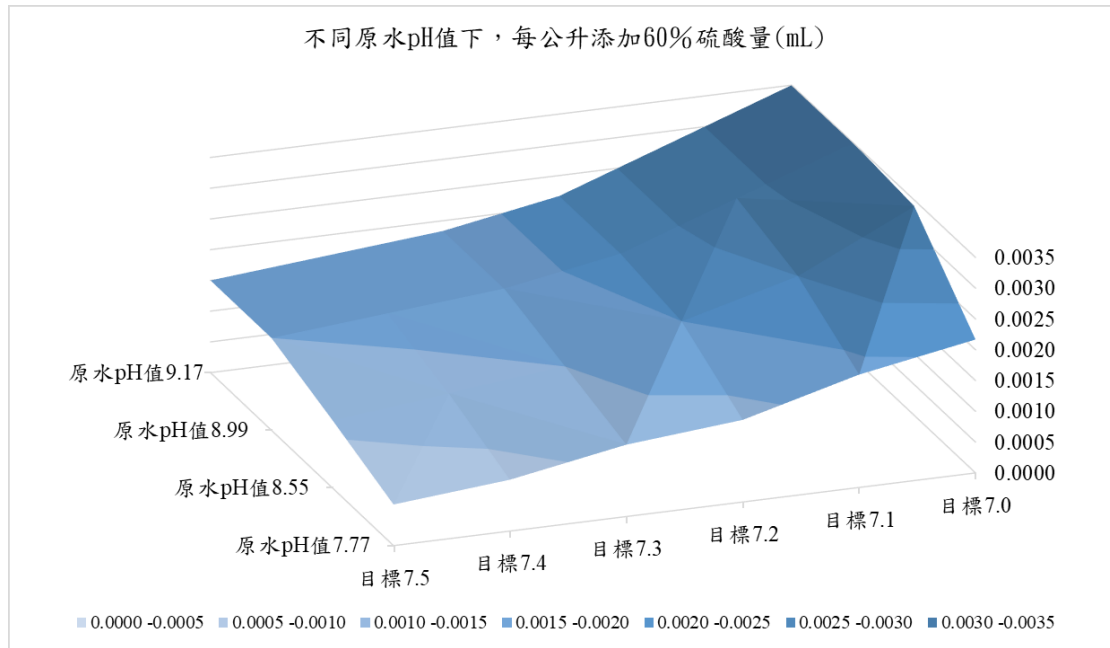


圖 6 員山淨水場基隆河水源不同 pH 值添加 60%硫酸量調整示意圖

表 2 員山淨水場不同原水 pH 值添加 60%硫酸量

採樣日期	水源別	原水 pH 值	目標 7.5	目標 7.4	目標 7.3	目標 7.2	目標 7.1	目標 7.0
			每公升原水添加 60%硫酸量(mL)					
109.05.19	蛇形溪	7.12	-	-	-	-	-	0.00020
109.05.16	基隆河	7.77	0.00067	0.00083	0.00117	0.00133	0.00183	0.00217
109.05.08	基隆河	8.34	0.00110	0.00140	0.00170	0.00220	0.00290	0.00400
109.05.07	基隆河	8.55	0.00110	0.00130	0.00150	0.00200	0.00250	0.00340
109.05.02	基隆河	8.99	0.00150	0.00167	0.00183	0.00217	0.00283	0.00350
109.05.01	基隆河	9.17	0.00200	0.00217	0.00250	0.00317	0.00383	0.00483



圖 7 員山淨水場 104 年 1 月至 109 年 5 月取水量變化

表 3 目標 pH 值 7.0 至 7.5 所需之每日加酸量及加藥率

目標 7.5						
水源別	原水 pH 值	添加 60% 硫酸量 (mL)	以平均取水量 14,000CMD		以最大取水量 18,000CMD	
			每日加酸量 (L)	加藥率 (mL/min)	每日加酸量 (L)	加藥率 (mL/min)
基隆河	7.77	0.00067	9.33	6.48	12.00	8.33
基隆河	8.34	0.00110	15.40	10.69	19.80	13.75
基隆河	8.55	0.00110	15.40	10.69	19.80	13.75
基隆河	8.99	0.00150	21.00	14.58	27.00	18.75
基隆河	9.17	0.00200	28.00	19.44	36.00	25.00
目標 7.4						
水源別	原水 pH 值	添加 60% 硫酸量 (mL)	以平均取水量 14,000CMD		以最大取水量 18,000CMD	
			每日加酸量 (L)	加藥率 (mL/min)	每日加酸量 (L)	加藥率 (mL/min)
基隆河	7.77	0.00083	11.67	8.10	15.00	10.42
基隆河	8.34	0.00140	19.60	13.61	25.20	17.50
基隆河	8.55	0.00130	18.20	12.64	23.40	16.25
基隆河	8.99	0.00167	23.33	16.20	30.00	20.83
基隆河	9.17	0.00217	30.33	21.06	39.00	27.08
目標 7.3						
水源別	原水 pH 值	添加 60% 硫酸量 (mL)	以平均取水量 14,000CMD		以最大取水量 18,000CMD	
			每日加酸量 (L)	加藥率 (mL/min)	每日加酸量 (L)	加藥率 (mL/min)
基隆河	7.77	0.00117	16.33	11.34	21.00	14.58
基隆河	8.34	0.00170	23.80	16.53	30.60	21.25
基隆河	8.55	0.00150	21.00	14.58	27.00	18.75
基隆河	8.99	0.00183	25.67	17.82	33.00	22.92
基隆河	9.17	0.00250	35.00	24.31	45.00	31.25

目標 7.2						
水源別	原水 pH 值	添加 60% 硫酸量 (mL)	以平均取水量 14,000CMD		以最大取水量 18,000CMD	
			每日加酸量 (L)	加藥率 (mL/min)	每日加酸量 (L)	加藥率 (mL/min)
基隆河	7.77	0.00133	18.67	12.96	24.00	16.67
基隆河	8.34	0.00220	30.80	21.39	39.60	27.50
基隆河	8.55	0.00200	28.00	19.44	36.00	25.00
基隆河	8.99	0.00217	30.33	21.06	39.00	27.08
基隆河	9.17	0.00317	44.33	30.79	57.00	39.58
目標 7.1						
水源別	原水 pH 值	添加 60% 硫酸量 (mL)	以平均取水量 14,000CMD		以最大取水量 18,000CMD	
			每日加酸量 (L)	加藥率 (mL/min)	每日加酸量 (L)	加藥率 (mL/min)
基隆河	7.77	0.00183	25.67	17.82	33.00	22.92
基隆河	8.34	0.00290	40.60	28.19	52.20	36.25
基隆河	8.55	0.00250	35.00	24.31	45.00	31.25
基隆河	8.99	0.00283	39.67	27.55	51.00	35.42
基隆河	9.17	0.00383	53.67	37.27	69.00	47.92
目標 7.0						
水源別	原水 pH 值	添加 60% 硫酸量 (mL)	以平均取水量 14,000CMD		以最大取水量 18,000CMD	
			每日加酸量 (L)	加藥率 (mL/min)	每日加酸量 (L)	加藥率 (mL/min)
蛇形溪	7.12	0.00020	2.80	1.94	3.60	2.50
基隆河	7.77	0.00217	30.33	21.06	39.00	27.08
基隆河	8.34	0.00400	56.00	38.89	72.00	50.00
基隆河	8.55	0.00340	47.60	33.06	61.20	42.50
基隆河	8.99	0.00350	49.00	34.03	63.00	43.75
基隆河	9.17	0.00483	67.67	46.99	87.00	60.42