

水量聯合調配最佳化

周國鼎

台灣省自來水股份有限公司供水處工程員，環工碩士，環工技師

摘要

我國現行水價相較世界各國可謂相當低廉，在水價無法合理調整，無法有效「開源」之前，台灣省自來水股份有限公司之營運可謂備極艱辛，該公司除須確保提供用戶質優量足之自來水外，有效降低供水成本，達到「節流」之目的亦是其不容忽視之重要課題。

豐原給水廠及鯉魚潭給水廠為台灣中部地區之主要供水來源，在正常天候條件下，二給水廠總出水量每日應達到 125 萬噸，始可滿足供水區域之所需。其中豐原給水廠主要原水水源有二，分別是南幹渠及食水崙溪；鯉魚潭給水廠主要原水水源則來自鯉魚潭水庫。

各水源原水之購水成本不同，取水及淨水成本亦隨取水方式（重力流式或動力抽取式）與濁度高低而有差異，如何適當調配前述二給水廠之出水量以求得整體最低淨水成本，對於台灣省自來水股份有限公司是極其重要的。

本研究之目的是希望建立豐原給水廠／鯉魚潭給水廠之最佳聯合調配水量標準作業程序，以利主管單位決策水量調配方式。該程序不僅可決定前述二廠之整體最低供水成本，將來亦可應用於該公司轄下任何具有多水源之供水系統。

本研究中所引用之參數數值，包括原水價格、原水搭排費、原水抽取動力費、多元聚氯化鋁（簡稱 PAC）價格、氯氣價格、污泥處理費等，可能因時因地或商品市場價格波動而不同，因此所獲得之淨水單價成本亦會有所差異，然而本研究之重點在於建立水量調配之標準作業程序，而非各參數數值。惟為便於讀者了解該程序之操作方式，本研究仍根據上述二水廠所提供之相關資料加以試算。

本研究中相關之成本因子包括原水價格、原水建造物使用費、原水抽取動力費、多元聚氯化鋁費、氯氣費、乾污泥處理費、機修費、配水輸送動力費、及人事費等，各原水水源所包含之成本因子列表如表 1。

表 1. 各原水水源所含成本因子表

原水水源 成本因子	南幹渠	食水崙溪	鯉魚潭水 庫
原水費 (元/m ³)	0.718	0.718	0.974
建造物使用費 (元/m ³)	—	0.3	—
原水抽取動力	√	√	—
多元聚氯化鋁	√	√	√
氯氣	√	√	√
乾污泥處理	√	√	√
機修費	√	√	√
配水輸送動力	—	—	—
人事費	√	√	√

—：無需費用

√：需費用，費用為因變數

為提高調配水量之機動性及簡易性，未來可依據本研究所獲致之標準作業程序，規劃製作「最佳水量調配自動化系統」，將調配水量之標準作業程序自動化。爾後水量調配決策單位僅需在電腦上輸入相關參數之數值，即可立即得知最佳調配水量方式，避免因水量調配不當，使台灣省自來水股份有限公司無謂損失經費。本程序不僅可決定前述

二廠之整體最低供水成本，將來亦可推廣應用於該公司轄下任何具有多水源之供水系統。

周國鼎

Office：(886)4-22244191-374

行動電話：0919588708

e-mail：kdjou@mail.water.gov.tw

學歷：

美國 STANFORD 大學土木及環境工程研究所環境工程組碩士

國立交通大學土木工程學系學士

考試資格：

專門職業及技術人員高等考試及格（環境工程技師）

公務人員高等考試及格（土木工程職系）

一、前言

我國現行水價相較世界各國可謂相當低廉，幾乎廉價到可稱之為「無費水量」之地步。在水價無法合理調整，無法「開源」之前，台灣省自來水股份有限公司之營運可謂備極艱辛，該公司除須確保提供用戶質優量足之自來水外，有效降低供水成本，達到「節流」之目的亦是其不容忽視之重要課題。

二、研究目的

豐原給水廠及鯉魚潭給水廠為台灣中部地區之主要供水來源，在正常天候條件下，二給水廠總出水量每日應達到 125 萬噸，

始可滿足供水區域之所需。其中豐原給水廠主要原水水源有二，分別是南幹渠及食水崙溪；鯉魚潭給水廠主要原水水源則來自鯉魚潭水庫。

各水源原水之購水成本不同，取水及淨水成本亦隨取水方式（重力流式或動力抽取式）與濁度高低而有差異，如何適當調配前述二給水廠之出水量以求得整體最低淨水成本，對於台灣省自來水股份有限公司是極其重要的。

本研究之目的是希望建立豐原給水廠／鯉魚潭給水廠之最佳聯合調配水量標準作業程序（Standard Operation Procedure，簡稱 SOP），以利主管單位決策水量調配方式。該程序不僅可決定前述二廠之整體最低供水成本，將來亦可應用於該公司轄下任何具有多水源之供水系統。

本研究中所引用之參數數值，包括原水價格、原水搭排費、原水抽取動力費、多元聚氯化鋁（Poly Aluminum Chloride，簡稱 PAC）價格、氯氣價格、污泥處理費等，可能因時因地或商品市場價格波動而不同，因此所獲得之淨水單價成本亦會有所差異，然而本研究之重點在於建立水量調配之標準作業程序，而非各參數數值。惟為便於讀者了解該程序之操作方式，本研究仍根據上述二水廠所提供之相關資料加以試算。

三、 成本因子

本研究中相關之成本因子包括原水價格、原水建造物使用費、原水抽取動力費、多元聚氯化鋁費、氯氣費、乾污泥處理費、

機修費、配水輸送動力費、及人事費等，各原水水源所包含之成本因子列表如表 1。

食水崙溪係豐原給水廠之原水水源之一，全長約 14 公里，發源於新社鄉，最後匯入中台灣之主要河川大甲溪，其間之水路設施屬台中農田水利會所有，因此自該溪取得之原水除原水購置費外，每噸水另須支付該會 0.3 元之建造物使用費。

豐原給水廠不論自南幹渠或食水崙溪取水，皆以動力方式抽取，再送入給水廠處理；而鯉魚潭水庫之原水則以重力流之方式導入鯉魚潭給水廠，因此無需抽取動力費。

表 1.各原水水源所含成本因子表

原水水源 成本因子	南幹渠	食水崙溪	鯉魚潭水庫
原水費 (元/m ³)	0.718	0.718	0.974
建造物使用費 (元/m ³)	—	0.3	—
原水抽取動力	√	√	—
多元聚氯化鋁	√	√	√
氯氣	√	√	√
乾污泥處理	√	√	√
機修費	√	√	√
配水輸送動力	—	—	—
人事費	√	√	√

—：無需費用

√：需費用，費用為因變數

豐原給水廠及鯉魚潭給水廠分別位於台中縣豐原市及后里鎮之近郊，其海拔高度皆高於主要供水地區約 60 公尺，因此該二廠皆採取重力流方式供水，無需耗費動力費。

因現有資料有限，「人事費」及「機修費」支出與原水濁度之相關性不易在短時間內分析，且該費用系給水廠運作之例行性

支出，為簡化本成本分析，本研究不論水源，皆將該類費用視為定值，而非因變數，故不列入計算。

電費價格依照季節及時段而區分為「夏月／非夏月」、「尖峰／離峰」電價。為簡化本成本分析，本研究並無依照不同單位電價個別計算原水抽取動力電費成本，而是依據該二給水廠所提供之 92 年度動力費統計資料計算平均單位水量用電費。惟爾後俟「最佳水量調配自動化系統」完成後，僅需將當時之季節及時段之單位電價及其他參數數值輸入至該系統，即可立即精確得知當時之最佳調配水量方式。

四、名詞定義

本研究中所使用之參數甚多，為方便讀者閱讀，特將所有參數之代號臚列如下：

- P 原水之 PAC 濃度(ppm)
- P₁ 南幹渠原水之 PAC 濃度(ppm)
- P₂ 食水崙溪原水之 PAC 濃度(ppm)
- P₃ 鯉魚潭水庫原水之 PAC 濃度(ppm)
- Cl 原水加氯濃度(ppm)
- Cl₁ 南幹渠原水之加氯濃度(ppm)
- Cl₂ 食水崙溪原水之加氯濃度(ppm)
- Cl₃ 鯉魚潭水庫原水之加氯濃度(ppm)
- T 原水濁度(NTU)
- T₁ 南幹渠原水濁度(NTU)

T_2	食水崙溪原水濁度(NTU)
T_3	鯉魚潭水庫原水濁度(NTU)
Q_t	每日總取水量(CMD)
Q_1	南幹渠每日取水量(CMD)
Q_2	食水崙溪每日取水量(CMD)
Q_3	鯉魚潭水庫每日取水量(CMD)
S	計劃處理之固體乾污泥量 (t/m^3 之乾燥重量)
S_1	南幹渠單位原水之固體乾污泥量(ton/m^3)
S_2	食水崙溪單位原水之固體乾污泥量(ton/m^3)
S_3	鯉魚潭水庫單位原水之固體乾污泥量(ton/m^3)
$\$1$	南幹渠單位原水淨水成本(元/ m^3)
$\$2$	食水崙溪單位原水淨水成本(元/ m^3)
$\$3$	鯉魚潭水庫單位原水淨水成本(元/ m^3)
$\$Q_1$	南幹渠單位原水購水成本(元/ m^3)
$\$Q_2$	食水崙溪單位原水購水成本(元/ m^3)
$\$Q_3$	鯉魚潭水庫單位原水購水成本(元/ m^3)
$\$E_1$	南幹渠單位原水抽取動力成本(元/ m^3)
$\$E_2$	食水崙溪單位原水抽取動力成本(元/ m^3)
$\$E_3$	鯉魚潭水庫單位原水抽取動力成本(元/ m^3)
$\$P$	單位原水 PAC 用藥成本(元/ m^3)
$\$P_1$	南幹渠單位原水 PAC 用藥成本(元/ m^3)
$\$P_2$	食水崙溪單位原水 PAC 用藥成本(元/ m^3)
$\$P_3$	鯉魚潭水庫單位原水 PAC 用藥成本(元/ m^3)

- $\$_{C11}$ 南幹渠單位原水加氯成本(元/m³)
- $\$_{C12}$ 食水料溪單位原水加氯成本(元/m³)
- $\$_{C13}$ 鯉魚潭水庫單位原水加氯成本(元/m³)
- $\$_{S}$ 單位原水污泥處理成本(元/m³)
- $\$_{S1}$ 南幹渠單位原水污泥處理成本(元/m³)
- $\$_{S2}$ 食水料溪單位原水污泥處理成本(元/m³)
- $\$_{S3}$ 鯉魚潭水庫單位原水污泥處理成本(元/m³)
- $\$_{t}$ 每日總成本(元)

五、 研究步驟

- (一) 收集相關資料及數據 (包括杯瓶實驗曲線、原水單價、水利建造物使用費、原水抽取動力費、PAC 單價、液態氯價格、單位乾污泥處理費、給水廠最大淨水處理量、給水廠出水機制等)
- (二) 求得 PAC 用藥濃度、加氯濃度與各原水濁度之關係
- (三) 求得各原水污泥產量與原水濁度、PAC 用藥濃度之關係
- (四) 求得各單位原水淨水成本與原水濁度之關係
- (五) 分析各原水最大出水量與原水濁度之關係
- (六) 分析最低總成本之水量調配方式

六、 估算 PAC 用藥濃度及加氯濃度

根據豐原給水廠提供之原水杯瓶實驗曲線圖及加氯濃度數據資料，以線性迴歸方式分別推算「濁度/PAC 用藥濃度」及「濁

度／加氯濃度」之關係式。鯉魚潭水庫原水係水庫水，水質較為穩定，濁度一般均低於 5 NTU，多數時間為 2 NTU 左右，PAC 用藥及加氯濃度長時間分別固定約為 8 ppm 及 1.3 ppm，因此可視為定值。

(一) 豐原給水廠 PAC 用藥濃度

豐原給水廠原水水源包括南幹渠及食水崙溪，二溪之原水經抽取混合後送入給水廠處理。由該廠繪製之最佳 PAC 用藥濃度曲線圖（如圖 1）得知，PAC 用藥濃度 P 與原水濁度 T 具有近似下列線性關係：

1. 當濁度介於 0~200 NTU

$$P = 6.98 + 0.239T$$

2. 當濁度介於 201~3,000 NTU

$$P = 53.3 + 0.034T$$

3. 當濁度介於 3,001~9,000 NTU

$$P = 114.63 + 0.015T$$

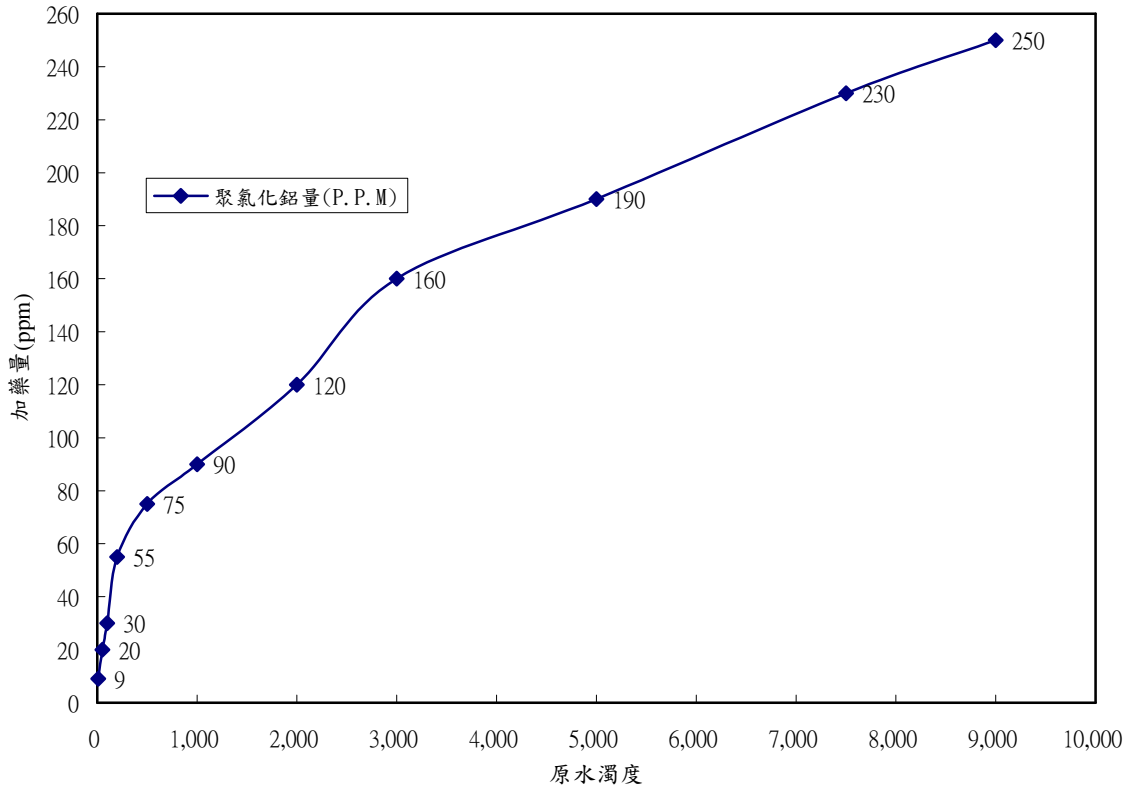


圖 1

(二) 豐原給水廠加氯濃度

由該廠繪製之最佳加氯濃度曲線圖（如圖 2）得知，加氯濃度 Cl 與原水濁度 T 具有近似下列線性關係：

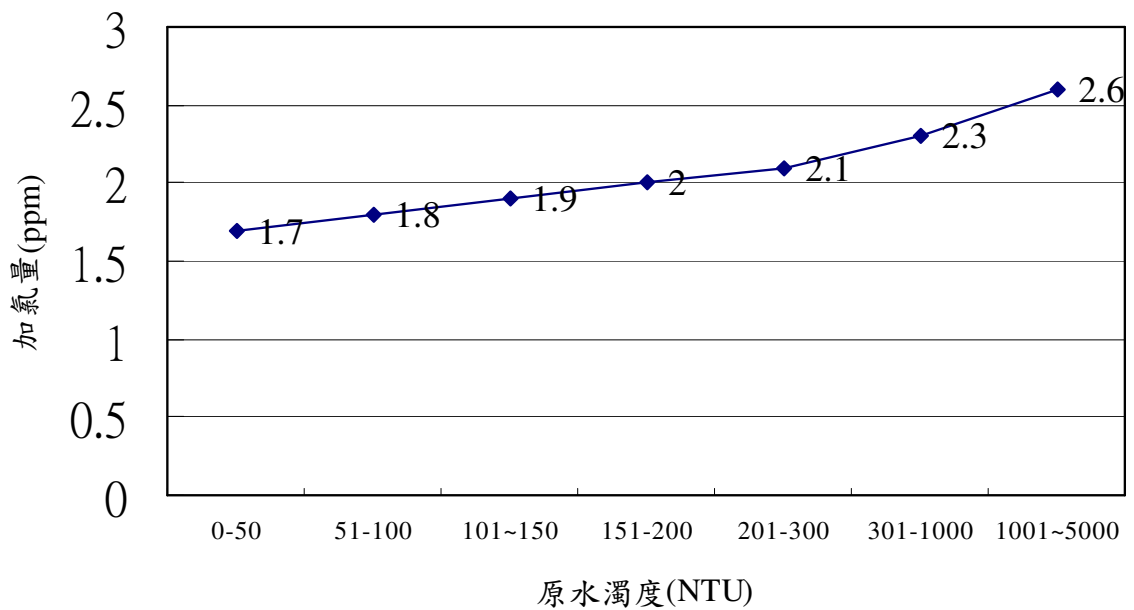


圖 2

1. 當濁度介於 0~200 NTU 時

$$CI = 1.7 + 0.002T$$

2. 當濁度介於 201~3,000 NTU 時

$$CI = 2.06 + 0.000124T$$

3. 當濁度介於 3,001~5,000 NTU 時

$$CI = 2.225 + 0.000075T$$

七、單位成本分析

單位水量成本包括單位原水取水成本及單位原水淨水成本，單位原水取水成本因不同原水水源而有差異，而單位原水淨水成本則隨濁度升高而升高，以下則依照原水來源不同分別計算之。

因現有資料有限，「人事費」及「機修費」支出與原水濁度之相關性短期內不易分析得知，且該費用係給水廠運作之例行性支出，為簡化本成本分析，本研究不論水源，皆將該類費用視為定值，而非因變數，故不列入計算。

淨水成本僅考量原水抽取動力成本、PAC 用藥成本、加氯成本及乾污泥處理費，其中乾污泥量則依據下列美國常用之評估方式計算：

$$S = (T + 2C + 0.153P) \times 10^{-6}$$

➤ S：計劃處理之固體乾污泥量（噸/m³之乾燥重量）

➤ T：計劃原水濁度(NTU)

➤ P：膠凝劑注入率(mg/l)

➤ C：色度(鉑鈷單位)

(一) 南幹渠

1. 單位原水購水成本： $\$_{Q1} = 0.718 \text{ 元/m}^3$

2. 單位原水抽取動力成本： $\$_{E1} = 0.119 \text{ 元/m}^3$

豐原給水廠之原水係採動力抽取式，供水方式則多採重力流式，因此該廠之動力費主要用於原水抽取，其餘可忽略不計。根據台灣省自來水股份有限公司 92 年度動力費統計表，豐原給水廠之平均單位水量用電費為 0.119 元/m^3 。

3. 單位原水淨水成本

(1) 單位水量 PAC 加藥成本

由豐原給水廠所製作之最佳 PAC 用藥濃度曲線圖得知：

◆ 當濁度介於 0~200 NTU 時，PAC 用藥濃度與濁度近似

下列線性關係： $P = 6.98 + 0.239T$

$$\$P = (6.98 + 0.239T) \times 10^{-6} \times 4,000$$

$$= (956 T + 27,920) \times 10^{-6} \text{ 元/m}^3$$

註：單位 PAC 成本約 4,000 元／噸 (PAC 價格隨市場波動甚大)

◆ 當濁度介於 201~3,000 NTU 時，PAC 用藥濃度與濁度近似

下列關係： $P = 53.3 + 0.034T$

$$\$P = (53.3 + 0.034T) \times 10^{-6} \times 4,000$$

$$= (136 T + 213,200) \times 10^{-6} \text{ 元/m}^3$$

- ◆ 當濁度介於 3,001~9,000 NTU 時，PAC 用藥濃度與濁度近似下列關係： $P = 114.63 + 0.015T$ 。

$$\begin{aligned} \$P &= (114.63 + 0.015T) \times 10^{-6} \times 4,000 \\ &= (60 T + 458,520) \times 10^{-6} \text{ 元/m}^3 \end{aligned}$$

(2) 單位水量加氯成本

由豐原給水廠所製作之最佳加氯濃度曲線圖得知：

- ◆ 當濁度介於 0~200 NTU 時，加氯濃度與濁度近似下列線性關係： $Cl = 1.7 + 0.002T$

$$\begin{aligned} \$_{Cl} &= (1.7 + 0.002T) \times 10^{-6} \times 10,520 \\ &= (21.04 T + 17,884) \times 10^{-6} \text{ 元/m}^3 \end{aligned}$$

註：氯氣成本約 10,520 元／噸（氯氣價格隨市場波動）

- ◆ 當濁度介於 201~3,000 NTU 時，加氯濃度與濁度近似下列關係： $Cl = 2.06 + 0.000124T$

$$\begin{aligned} \$_{Cl} &= (2.06 + 0.000124T) \times 10^{-6} \times 10,520 \\ &= (1.307 T + 216,732) \times 10^{-6} \text{ 元/m}^3 \end{aligned}$$

- ◆ 當濁度介於 3,001~5,000 NTU 時，加氯濃度與濁度近似下列關係： $Cl = 2.225 + 0.000075T$ 。

$$\begin{aligned} \$_{Cl} &= (2.225 + 0.000075T) \times 10^{-6} \times 10,520 \\ &= (0.789 T + 23,407) \times 10^{-6} \text{ 元/m}^3 \end{aligned}$$

(3) 單位水量所產生乾污泥之處理成本

單位水量所產生乾污泥量與原水濁度關係如下，另因原水色度較低，故在此將色度假設為 0。

$$S = (T + 2C + 0.153P) \times 10^{-6}$$

$$= (T + 0.153P) \times 10^{-6}$$

- ◆ 當濁度介於 0~200 NTU 時， $P = 6.98 + 0.239T$

$$\begin{aligned} S &= (T + 0.153P) \times 10^{-6} \\ &= [T + 0.153(6.98 + 0.239T)] \times 10^{-6} \\ &= (1.0365T + 1.0679) \times 10^{-6} \\ \$S &= (1.0365T + 1.0679) \times 10^{-6} \times 580 \\ &= (601.17 T + 619.38) \times 10^{-6} \text{ 元/m}^3 \end{aligned}$$

註：單位乾污泥處理成本約為 580 元／噸

- ◆ 當濁度介於 201~3,000 NTU 時， $P = 53.3 + 0.034T$

$$\begin{aligned} S &= (T + 0.153P) \times 10^{-6} \\ &= [T + 0.153(53.3 + 0.034T)] \times 10^{-6} \\ &= (1.005T + 8.1549) \times 10^{-6} \\ \$S &= (1.005T + 8.1549) \times 10^{-6} \times 580 \\ &= (582.9 T + 4729.84) \times 10^{-6} \text{ 元/m}^3 \end{aligned}$$

- ◆ 當濁度介於 3,001~9,000 NTU 時， $P = 114.63 + 0.015T$

$$\begin{aligned} S &= (T + 0.153P) \times 10^{-6} \\ &= [T + 0.153(114.63 + 0.015T)] \times 10^{-6} \\ &= (1.002T + 17.5383) \times 10^{-6} \\ \$S &= (1.002T + 17.5383) \times 10^{-6} \times 580 \\ &= (581.16 T + 10,172.21) \times 10^{-6} \text{ 元/m}^3 \end{aligned}$$

4. 合計

- (1) 當濁度介於 0~200 NTU

$$\$I = \$QI + \$EI + \$PI + \$CII + \$SI$$

$$\begin{aligned}
&= 0.718 + 0.119 + [(956 T_1 + 27,920) \times 10^{-6}] + [(21.04 T \\
&\quad + 17,884) \times 10^{-6}] + [(601.17 T_1 + 619.38) \times 10^{-6}] \\
&= 1,578.21 T_1 \times 10^{-6} + 0.8834 \text{ 元/ m}^3
\end{aligned}$$

(2) 當濁度介於 201~3,000 NTU

$$\begin{aligned}
\$_1 &= \$_{Q1} + \$_{E1} + \$_{P1} + \$_{C11} + \$_{S1} \\
&= 0.718 + 0.119 + [(136 T_1 + 213,200) \times 10^{-6}] + [(1.307 T \\
&\quad + 216,732) \times 10^{-6}] + [(582.9 T_1 + 4,729.84) \times 10^{-6}] \\
&= 720.207 T_1 \times 10^{-6} + 1.2716 \text{ 元/ m}^3
\end{aligned}$$

(3) 當濁度介於 3,001~9,000 NTU

$$\begin{aligned}
\$_1 &= \$_{Q1} + \$_{E1} + \$_{P1} + \$_{C11} + \$_{S1} \\
&= 0.718 + 0.119 + [(60 T + 458,520) \times 10^{-6}] + [(0.789 T + \\
&\quad 23,407) \times 10^{-6}] + [(581.16 T + 10,172.21) \times 10^{-6}] \\
&= 641.949 T_1 \times 10^{-6} + 1.3291 \text{ 元/ m}^3
\end{aligned}$$

(二) 食水崙溪（南幹渠原水濁度超過 250 NTU 時啟用）

1. 單位原水購水成本： $\$_{Q2}=1.018 \text{ 元/ m}^3$ （內含 0.3 元/ m^3 之構造物使用費）

2. 單位原水抽取動力成本： $\$_{E2} = 0.119 \text{ 元/ m}^3$

3. 單位原水淨水成本

(1) 單位水量 PAC 加藥成本

◆ 當濁度介於 0~200 NTU 時，PAC 用藥濃度與濁度近似

下列線性關係： $P = 6.98 + 0.239T$

$$\$_P = (6.98 + 0.239T) \times 10^{-6} \times 4,000$$

$$= (956 T + 27,920) \times 10^{-6} \text{ 元/ m}^3$$

- ◆ 當濁度介於 201~600 NTU 時，PAC 用藥濃度與濁度近似下列關係： $P = 53.3 + 0.034T$

$$\begin{aligned} \$P &= (53.3 + 0.034T) \times 10^{-6} \times 4,000 \\ &= (136 T + 213,200) \times 10^{-6} \text{ 元/m}^3 \end{aligned}$$

(2) 單位水量加氯成本

- ◆ 當濁度介於 0~200 NTU 時，加氯濃度與濁度近似下列線性關係： $Cl = 1.7 + 0.002T$

$$\begin{aligned} \$Cl &= (1.7 + 0.002T) \times 10^{-6} \times 10,520 \\ &= (21.04 T + 17,884) \times 10^{-6} \text{ 元/m}^3 \end{aligned}$$

- ◆ 當濁度介於 201~600 NTU 時，加氯濃度與濁度近似下列關係： $Cl = 2.06 + 0.000124T$

$$\begin{aligned} \$Cl &= (2.06 + 0.000124T) \times 10^{-6} \times 10,520 \\ &= (1.307 T + 216,732) \times 10^{-6} \text{ 元/m}^3 \end{aligned}$$

(3) 單位水量所產生乾污泥之處理成本

- ◆ 當濁度介於 0~200 NTU 時， $P = 6.98 + 0.239T$

$$\begin{aligned} S &= (T + 0.153P) \times 10^{-6} \\ &= [T + 0.153(6.98 + 0.239T)] \times 10^{-6} \\ &= (1.0365T + 1.0679) \times 10^{-6} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \$S &= (1.0365T + 1.0679) \times 10^{-6} \times 580 \\ &= (601.17 T + 619.38) \times 10^{-6} \text{ 元/m}^3 \end{aligned}$$

- ◆ 當濁度介於 201~600 NTU 時， $P = 53.3 + 0.034T$

$$\begin{aligned} S &= (T + 0.153P) \times 10^{-6} \\ &= [T + 0.153(53.3 + 0.034T)] \times 10^{-6} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= (1.005T + 8.1549) \times 10^{-6} \\
\$S &= (1.005T + 8.1549) \times 10^{-6} \times 580 \\
&= (582.9 T + 4729.84) \times 10^{-6} \text{ 元/m}^3
\end{aligned}$$

4. 合計

(1) 當濁度介於 0~200 NTU

$$\begin{aligned}
\$_2 &= \$_{Q2} + \$_{E2} + \$_{P2} + \$_{Cl2} + \$_{S2} \\
&= 1.018 + 0.119 + [(956 T_1 + 27,920) \times 10^{-6}] + [(21.04 T \\
&\quad + 17,884) \times 10^{-6}] + [(601.17 T_1 + 619.38) \times 10^{-6}] \\
&= 1,578.21 T_1 \times 10^{-6} + 1.1834 \text{ 元/ m}^3
\end{aligned}$$

(2) 當濁度介於 201~600 NTU

$$\begin{aligned}
\$_2 &= \$_{Q2} + \$_{E2} + \$_{P2} + \$_{Cl2} + \$_{S2} \\
&= 1.018 + 0.119 + [(136 T_1 + 213,200) \times 10^{-6}] + [(1.307 T \\
&\quad + 216,732) \times 10^{-6}] + [(582.9 T_1 + 4,729.84) \times 10^{-6}] \\
&= 720.207 T_1 \times 10^{-6} + 1.5716 \text{ 元/ m}^3
\end{aligned}$$

(三) 鯉魚潭水庫

1. 單位原水購水成本： $\$_{Q3}=0.974 \text{ 元/m}^3$
2. 單位原水抽取動力成本： $\$_{E3}=0 \text{ 元/m}^3$ （重力流式）
3. 單位原水淨水成本

(1) 單位水量 PAC 加藥成本

◆ PAC 加藥濃度／原水濁度關係

鯉魚潭水庫原水係水庫水，濁度一般均低於 5 NTU，多數時間維持在 2 NTU 左右，PAC 加藥濃度固定約為 8 ppm。

◆ 小計

$$\begin{aligned} \$_{P3} &= 8 \times 10^{-6} \times 4,000 \\ &= 32,000 \times 10^{-6} \\ &= 0.032 \text{ 元/m}^3 \end{aligned}$$

(2) 單位水量加氯成本

- ◆ 鯉魚潭水庫水質穩定，濁度多數時間為 2 NTU 以內，因此加氯濃度常固定約為 1.3 ppm。

◆ 小計

$$\begin{aligned} \$_{Cl3} &= 1.3 \times 10^{-6} \times 10,520 \\ &= 13,676 \times 10^{-6} \\ &= 0.13676 \text{ 元/m}^3 \end{aligned}$$

(3) 單位水量所產生乾污泥之處理成本

◆ 單位水量所產生乾污泥量

單位水量所產生乾污泥量／原水濁度關係如下，另因原水色度較低，故在此將色度假設為 0。

$$\begin{aligned} S &= (T + 2C + 0.153P) \times 10^{-6} \\ &= (T + 0.153P) \times 10^{-6} \end{aligned}$$

將 $T = 2 \text{ NTU}$; $P = 8 \text{ ppm}$ 代入上式

$$\begin{aligned} \text{得 } S &= (2 + 0.153 \times 8) \times 10^{-6} \\ &= 3.224 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

◆ 小計

$$\begin{aligned} \$_{S3} &= 3.224 \times 10^{-6} \times 580 \\ &= 0.01869 \text{ 元/m}^3 \end{aligned}$$

4. 合計

$$\begin{aligned} \$_3 &= \$_{Q3} + \$_{E3} + \$_{P3} + \$_{Cl3} + \$_{S3} \\ &= 0.974 + 0 + 0.032 + 0.13676 + 0.01869 \\ &= 1.14456 \text{ 元/ m}^3 \end{aligned}$$

(四) 單位成本總計

1. 南幹渠：

(1) 當濁度介於 0~200 NTU

$$\$_1 = \underline{1,578.21 T_1 \times 10^{-6} + 0.8874 \text{ 元/ m}^3}$$

(2) 當濁度介於 200~3,000 NTU

$$\$_1 = \underline{720.207 T_1 \times 10^{-6} + 1.2716 \text{ 元/ m}^3}$$

(3) 當濁度介於 3,000~5,000 NTU (因濁度大於 5,000 NTU，即採取關廠措施，因此單位成本僅將計算至 5,000 NTU)

$$\$_1 = \underline{641.949 T_1 \times 10^{-6} + 1.329 \text{ 元/ m}^3}$$

2. 食水料溪

(1) 當濁度介於 0~200 NTU

$$\$_2 = \underline{1,578.21 T_1 \times 10^{-6} + 1.1834 \text{ 元/ m}^3}$$

(2) 當濁度介於 201~600 NTU

$$\$_2 = \underline{720.207 T_1 \times 10^{-6} + 1.5716 \text{ 元/ m}^3}$$

3. 鯉魚潭水庫

該水庫原水濁度多數時間為 2 NTU，PAC 加藥濃度常固定約為 8 ppm，加氯濃度則約為 1.3 ppm，因此單位成本可估算為定值：

$$\$_3 = \underline{1.14456 \text{ 元/ m}^3}$$

以各原水之濁度值為橫軸，該濁度對應之單位成本值為縱

軸，繪製圖形如下：

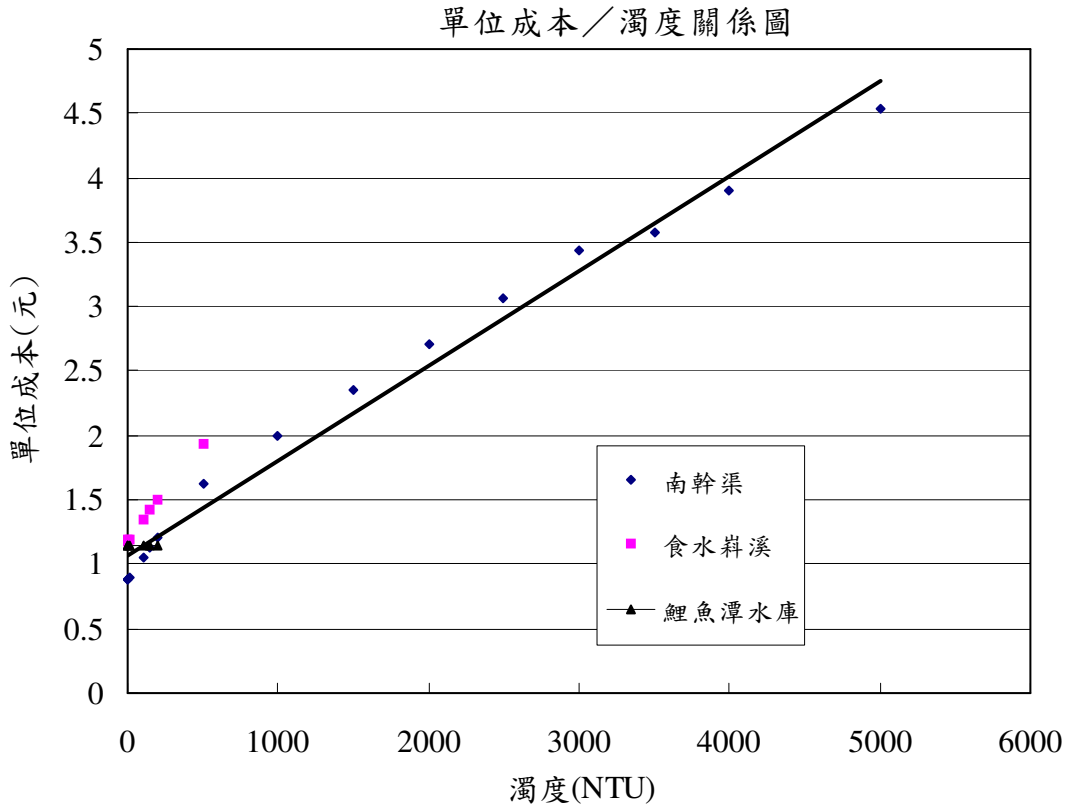


圖 3

八、取水量原則

總取水量應以滿足供水需求為首要原則，惟各淨水場最大供水能力將因原水濁度升高而降低，當原水濁度達到 1,000 NTU 時，淨水場操作負荷即大幅提高，原水濁度達到 5,000 NTU 時，淨水場將因負荷過高而必須暫時關場，以避免高濁度淤泥過多而破壞淨水設備，癱瘓淨水廠。

豐原給水廠主要原水水源來自大甲溪，該溪水自 921 大地震後濁度變化甚大，因此該廠供水能力深受原水濁度升高之影響。

下表係該廠現行出水量之操作機制，其出水量因濁度升高而降低。

表 2 出水機制表

原水濁度	實際出水量 (萬 CMD)						備註
	一場 一期	一場 二期	一場 三期	二場 一期	二場 二期	合計	
設計處理量	10	10	20	30	30	100	
10NTU 以下	7.5	7.5	16	24	25	80	
10~50NTU	7.5	7.5	16	24	25	80	
51~100NTU	7.5	7.5	15	20	25	75	
101~250NTU	5	5	15	20	25	70	
251~500NTU	5	5	15	20	25	70	啟用食水 崙溪水源
501~ 1,000NTU	5	5	15	10	25	60	啟用食水 崙溪水源 及鯉魚潭 廠增加出 水量
1,001~ 1,500NTU	2.5	2.5	15	10	25	55	
1,501~ 2,000NTU	2.5	2.5	15	10	25	55	
2,001~ 5,000NTU	2.5	2.5	15	5	20	45	
5,000NTU 以上	0	0	0	0	0	0	關廠

考量各水廠供水能力、水源取水量上限、及供水區域每日所需自來水水量後，可得到下列各原水水源取水量之關係式：

(一) $Q_t=Q_1+Q_2+Q_3=125$ 萬噸／日

(二) $45 \leq Q_1+Q_2 \leq 80$ 萬噸／日

(三) $Q_2 \leq 30$ 萬噸／日

根據豐原給水廠操作經驗，南幹渠原水濁度超過 250 NTU 時即啟用食水崙溪水源，惟該水源原水水量有限，每日取水量以 30 萬噸為上限。

(四) $15 \leq Q_1 \leq 80$ 萬噸／日

南幹渠之取水量隨其水質濁度升高而降低，最大取水量為每日 80 萬噸，最低取水量為每日 15 萬噸。不足之原水水量即啟用食水崙溪水源或由鯉魚潭給水廠增加出水量支應補足。

(五) $Q_3 \leq 90$ 萬噸／日

九、最佳化之取水方式

在南幹渠、食水崙溪、及鯉魚潭水庫取水量合計為 125 萬噸／日之前提下，換言之 $Q_t=Q_1+Q_2+Q_3=125$ 噸／日，可分析得知最低總成本之取水方式。而總成本 $\$T = \$_1Q_1 + \$_2Q_2 + \$_3Q_3$ 。

根據各原水水源單位成本圖（見 16 頁），豐原給水廠與鯉魚潭給水廠聯合調配水量之最低成本取水方式分列如下，其中所謂優先順序意指先以優先水源者之最大取水量取水，不足者則依

序由次優先者之最大取水量取水，至總取水量可滿足總供水量之目標值為止：

(一) 當南幹渠原水濁度 T_1 低於 163 NTU，原水取水優先順序及取水量依序如下：

1. 南幹渠：80 萬噸／日
2. 鯉魚潭水庫：45 萬噸／日

(二) 當南幹渠原水濁度 T_1 介於 163~1,016 NTU 間，原水取水優先順序及取水量依序如下：

1. 鯉魚潭水庫：90 萬噸／日
2. 南幹渠／食水崙溪：合計 35 萬噸／日

此處南幹渠及食水崙溪分別之原水取水量係依據其濁度對應之單位成本較低者優先取水，因計算過程繁瑣，為節省篇幅，在此不詳細計算說明之，惟未來可利用自動化系統而快速求得。

(三) 當南幹渠原水濁度 T_1 介於 1,016~5,000 NTU 間，原水取水優先順序及取水量依序如下：

1. 鯉魚潭水庫：90 萬噸／日
2. 食水崙溪：30 萬噸／日
3. 南幹渠：5 萬噸／日

(四) 當南幹渠原水濁度 T_1 大於 5,000 NTU 間，原水取水優先順序依序及取水量如下：

1. 鯉魚潭水庫：90 萬噸／日
2. 食水崙溪：30 萬噸／日

3. 南幹渠：暫停取水

十、 未來展望

為提高調配水量之機動性及簡易性，未來可依據本研究所獲致之標準作業程序，規劃製作「最佳水量調配自動化系統」，將調配水量之標準作業程序自動化。爾後水量調配決策單位僅需在電腦上輸入相關參數之數值（包括原水價格、原水搭排費、原水抽取動力費、原水濁度、PAC 單價、氯氣單位價格、單位污泥處理費）至該系統，即可立即得知最佳調配水量方式，避免因水量調配不當，使台灣省自來水股份有限公司無謂損失經費。本程序不僅可決定前述二廠之整體最低供水成本，將來亦可推廣應用於該公司轄下任何具有多水源之供水系統。

此外，本研究因現有資料有限，且為簡化計算過程，諸如「人事費」、「機修費」及「電費價格」等成本因子，或視為定值、或以平均值替代，而並無實際精算成本，這些問題都是以後可以繼續努力之地方，以使供水調配更為精確。尤其在水價尚無法合理調整的現況下，有效節省開支對於該公司都是極其重要的。