

自來水會刊第 34 卷第 3 期目錄



實務研究

台水公司策略優先性與經費配置配適度之探討……………王明傑、呂國禎…… 1

本期專題 節能減碳

綠色水廠—臺北自來水事業處節能減碳作為……………張琰竣…… 16

台灣自來水公司節流措施—以動力費為例……………羅治信、陳品如…… 22

直飲台QR Code即時水質查詢及自主維護管理……………黃騰宏…… 28

自來水事業減碳調適與節能對策因應……………潘永生、朱健行…… 34

一般論述

臺灣與世界各國水資源趨勢比較研析……………黃得勝、廖庭宇、鍾昌翰、仇士愷、劉世翔…… 39

合理售水率推算方法之探討……………葉泓暉、許敏能…… 52

水質安全計畫之導入評估……………何承嶧、駱尚廉…… 57

「空氣鋼瓶隨身測漏組」於自來水漏水改善工程之應用……………邵功賢、林佑鴻…… 71

他山之石

菲律賓Maynilad公司參訪心得……………郭得祿、趙全明…… 79

工作現場

竊水檢測實務—內視鏡工法初探……………林子立、蘇隆盛…… 84

業務報導

南化給水廠太陽能發電系統簡介……………洪耀東、陳豐富、陳承發…… 86

國際視窗

「你知道嗎？」—美國自來水事業健全財務永續策略……………本刊編輯小組…… 88

協會與你

歡迎投稿 104年「每期專題」—自來水營運管理及用戶服務…………… 78

中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法…………… 15

封面照片：南化給水廠追日型太陽能板

自來水會刊雜誌稿約

- 一、本刊為中華民國自來水協會所發行，係國內唯一之專門性自來水會刊，每年二、五、八、十一月中旬出版，園地公開，誠徵稿件。
- 二、歡迎本會理監事、會員、自來水從業人員，以及設計、產銷有關自來水工程之器材業者提供專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、業務報導、專家講座、他山之石、法規櫥窗、協會與您、會員動態、研究快訊、學術活動、出版快訊、感性園地、自來水工作現場等文稿。
- 三、「專門論著」應具有創見或新研究成果，「實務研究」應為實務工作上之研究心得（包括技術與管理），前述二類文稿請儘量附英文題目及不超過 150 字之中英文摘要，本刊將委請專家審查。「每期專題」由本刊針對特定主題，邀請專家學者負責籌集此方面論文予以並列，期使讀者能對該主題獲致深入瞭解。「專家講座」為對某一問題廣泛而深入之論述與探討。「一般論述」為一般性之研究心得。「業務報導」為國內自來水事業單位之重大工程或業務介紹。「他山之石」為國外新知或工程報導。「法規櫥窗」係針對國內外影響自來水事業發展重要法規之探討、介紹或說明。「研究快訊」為國內有關自來水發展之研究計畫期初、期中、期末報告摘要。「學術活動」為國內、外有關自來水之研討會或年會資訊。「出版快訊」係國內、外與自來水相關之新書介紹。「感性園地」供會員發抒人生感想及生活心得。「自來水工作現場」供自來水從業人員，針對工作現場發表感想。「會員動態」報導各界會員人事異動。「協會與您」則報導本會會務。
- 四、惠稿每篇以三千至壹萬字為宜，特約文稿及專門論著不在此限，**本刊對於來稿之文字有刪改權，如不願刪改者，請於來稿上註明**；無法刊出之稿件將儘速通知。
- 五、文章內所引之參考文獻，依出現之次序排在文章之末，文內引用時應在圓括號內附其編號，文獻之書寫順序為：期刊：作者，篇名，出處，卷期，頁數，年月。書籍：作者，篇名，出版，頁數，年月。機關出版品：編寫機構，篇名，出版機構，編號，年月。英文之作者姓名應將姓排在名之縮寫之前。
- 六、本刊原則上不刊載譯文或已發表之論文。
- 七、惠稿(含圖表)請用電子檔寄至 aael@mail.water.gov.tw，並請註明真實姓名、通訊地址（含電話及電子郵件地址）、服務單位及撰稿人之專長簡介，以利刊登。
- 八、稿費標準為專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、專家講座、法規櫥窗、他山之石、特載等文稿 900 元/千字，「業務報導」為 500 元/千字，其餘為 400 元/千字，文稿中之「圖」、「表」如原稿為新製者 400 元/版面、如原稿為影印複製者，不予計費。
- 九、本刊係屬贈閱，如擬索閱，敬請來信告知收件人會員編號、姓名、地址、工作單位及職稱，或傳真(02)25042350 會務組。本刊將納入下期寄贈名單。
- 十、本會刊內容已刊載於本協會全球資訊網站（www.ctwwa.org.tw）歡迎各界會員參閱。
- 十一、本刊中之「專門論著」、「實務研究」、「一般論述」、「每期專題」及「專家講座」，業經行政院公共工程委員會 92 年 3 月 26 日工程企字第 09200118440 號函增列為技師執業執照換發辦法第五條第一項第四款之「國內外專業期刊」，適用科別為「水利工程科」、「環境工程科」、「土木工程科」。

自來水會刊雜誌

發行單位：中華民國自來水協會

發行人：胡南澤

會址：臺北市長安東路二段一〇六號七樓

電話：(02)25073832

傳真：(02)25042350

中華民國自來水協會編譯出版委員會

主任委員

黃志彬

副主任委員

李丁來

委員

駱尚廉、葉宣顯、康世芳、王根樹、林財富、
陳曼莉、范煥英、洪世政、莊東明

自來水會刊編輯部

臺中市雙十路二段二號之一

行政院新聞局出版事業登記證局第 2995 號

總編輯：李丁來

執行主編：林正隆

編審委員

甘其銓、周國鼎、鄭錦澤、陳文祥、黃文鑑、
梁德明

執行編輯：陳品如

電話：(04)22244191 轉 266

行政助理：古藜苓

印刷：松耀印刷企業有限公司

地址：台中市北區自強街 50 號

電話：(04)23607717

台水公司策略優先性與經費配置配適度之探討

— 模糊層級分析法之應用

文/王明傑、呂國禎

一、前言

台水公司成立於民國 63 年元月。成立之初，肩負著加速提高全省自來水普及率之重大使命，全力耕耘自來水工程建設，經營環境相對單純、穩定。近年來，自來水事業經營環境丕變，諸如氣候異常，天災頻仍，穩定供水成為關鍵議題；環境污染日益嚴重，飲用水安全備受關注；消費者意識抬頭，用戶要求更高的服務品質；人力結構老化，組織僵化等，雖然肩負的任務依舊，惟任務內涵有不同偏重。為掌握時代脈動、擘劃永續發展之經營方略，台水公司每年滾動式研修「六年經營計畫」(中長程計畫)之「目標(Objective)－策略(Stratgy)－方案(Tactics)」(OST)架構，併「年度事業計畫」(短程計畫)報奉經濟部核定，以迎接嚴峻挑戰，進而冀求永續經營。

策略不僅貴在形成，亦且貴在實踐。策略乘上執行的結果才是「效果」，也就是說執行的好壞影響策略的成效，要是員工皆樂知好行，成效甚至會超過當初設定的目標；否則大打折扣，甚至把策略束之高閣。根據學者許士軍研究指出，企業一般多只重視策略發展，而忽略了如何有效執行。只有良好的經營策略並不保證能有效地被執行；策略執行需要資源，尤以經費資源是落實執行策

略的重要關鍵因子之一。

然而，經費永遠都不夠，在有限的資源限制下，同時執行多項目標與策略時，必須先決定其執行的優先次序，並給予適當的經費配置。易言之，經費配置應隨策略執行之優先次序而調整，兩者需有良好的配適度(Goodness of Fit)，方能提升策略績效。爰此，本研究以「六年(103~108)經營計畫」之「目標－策略－方案」(OST)為層級架構，運用「模糊層級分析法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process, FAHP)」進行實證分析，其目的在於探討台水公司(一)理想的策略之執行優先次序(二)策略執行優先次序與其經費配置多寡之配適情形，冀期降低台水公司策略規劃與執行的落差。

本文之作，除「前言」、「結論與建議」外，內文首先析解「目標、策略與經費」三者之關聯，並由台水運作實務，定義相關變數；其次，闡釋本研究所採用之「研究方法」—模糊層級分析法之核心觀念與運算步驟；其末，進行「實證與分析」，彙析問卷調查結果，進而詮釋台水公司策略優先性及其與經費配置關係之相關管理涵義，由而試提「結論與建議」，以就教有方。

二、目標、策略與經費

企業目標係指企業所期望達到的成果

與變成的狀態，策略則是達成目標的手段。目標在本質上反映出一種落差，是一種現實和期望的落差，此落差正是策略所欲彌補的兩者差距；又，當策略執行的經費來源缺乏時，策略規劃是難以落實的。因此，目標、策略與經費之間具有高度緊密關係。茲摘述本研究採行之台水經營目標、經營策略與經費屬性如次。

(一)經營目標

台水公司基於「品質、創新、信賴、專業」之經營理念，善盡「提供量足、質優自來水，以提升國民生活水準、促進經濟發展」之使命，冀期「成為國際級自來水事業」之願景，設定中長期(六年)經營目標，以為實現組織終極理想之階段性目標。依目標性質可分為「量化目標」與「質化目標」兩種。

量化目標可由預測、推估等計量公式研訂，係將組織任務具體化成為一組目標和績效衡量標準；質化目標則係指組織所欲履及的境界，以概念化文字表達分項經營目標，無法量化衡量，適用於不同時空背景。為利於研究分析，本文採用質化目標為研析基礎。

(二)經營策略

台水公司策略規劃係基於「資源基礎觀點」(Resource-based View)之主導邏輯，強調組織應追求持續性競爭優勢，因此在策略釐訂時，首重「如何強化與延伸核心資源與能力」；次依「內、外在環境變數」(SWOT)作為策略評價的基礎，透過「相互作用矩陣分析」與「TOWS 矩陣分析」，釐定未來經營策略。茲彙示台水公司目標、策略兩者之層級關係如表 1。

表 1 台水公司使命、目標與策略之層級關係

使命	目標	策略
提供量足質優自來水，以提升國民生活水準、促進經濟發展	(A)聚焦核心，實現量足質優	(A1)多元化水源開發
		(A2)降低漏水率
		(A3)充實備援備載能量
		(A4)強化緊急應變機制
		(A5)加強水質管理
	(B)精實服務，從心感動顧客	(B1)推動精實服務
		(B2)創造親水體驗價值
		(B3)提升供水普及率
	(C)才德兼修，持續優化組織	(C1)精進管理制度
		(C2)厚植人力資本
		(C3)提升資訊競爭力
		(C4)落實品德管理
		(C5)加強工程及計畫管理
	(D)節能環保，永續環境資源	(D1)落實環境資源管理
		(D2)推動節能環保技術
	(E)開源節流，改善財務結構	(E1)增加收益
		(E2)降低成本

資料來源：六年(103-108)經營計畫(經濟部核定版)第 22 頁及 39 頁，台灣自來水公司，民國 103 年。

策略不僅重在形成，更貴在執行與實踐。策略必須透過具體的「執行方案」，加以實踐，才能產生實質的效益；否則，無以展現執行力。因此，為確保經營策略的達成，必須研訂相對應的執行方案(涵括指定負責部門、擬定執行細節及預估經費配置等)，並據以編列年度預算(經費配置)。上表所列 17 項經營策略轄下之「必要且可行」執行方案計 75 項(囿於篇幅，本研究不另列示)。

(三)經費屬性

承上，75 項「執行方案」依其經費屬性概分為「經常性支出計畫」與「資本支出計畫」2 種。謂「經常性支出」者，乃凡支出所發生的經濟效益僅及於當期之費用項；而若屬固定資產投資之支出，投資金額大且經濟效益超過一個會計年度者，謂之「資本支出」，又可分為專案投資(係涉及公共建設，計畫需報院核定，爭取政府投資或補助)與一般投資(係維持營運所需之一般建築及設備計畫，資金多由台水公司自籌)。

三、研究方法

使用「問卷調查」，以蒐整實證資料；再運用「模糊層級分析法」，進行實證分析，茲分別闡釋如下。

(一)問卷調查

就自來水產業專家 3 位及台水公司高階經理人(總經理、副總經理等)5 位，共計 8 位進行「問卷調查」。

問卷設計係根據前述表 1 所揭示的層級架構，將 5 項經營目標及其項下各經營策略(計 17 項)，設計成要素間兩兩相比之問卷。當進行各層級要素間之成對比較時，重要性尺度劃分從左側之絕對重要、極為重要、頗

為重要、稍微重要至同等重要，再加上介於二者之間的強度，共分 9 個等級，其量化數值分別為 1 到 9(同理，同等重要向右側之尺度依序為稍微重要、頗為重要、極為重要至絕對重要)，藉由填卷者對各層級要素間進行成對比較，獲取實證分析所需資料。

(二)模糊層級分析法

本研究採用「模糊層級分析法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process, FAHP)」，據以研析台水公司策略優先性與經費配置之配適度。「模糊層級分析法」係源自傳統「層級分析法」與「模糊理論」之結合，茲將三者之核心概念分述如下。

1.層級分析法

層級分析法(Antalytical Hierarchy Process, AHP)是 Satty 於 1980 年所提出的一套決策方法，主要適用於不確定情況及解決多準則決策之問題，目的是將複雜的問題系統化。AHP 法考慮人類無法同時考慮太多事物，因此，先將複雜的問題逐層分解，以成對比較方式，評估每個層級中決策要素相對重要性，可減輕決策者負擔，評估上具有效性、可靠性且易操作等優點。

然而，其缺點主要在於分析過程中，專家意見取得方式是以主觀的明確值評估，又因項目過多，不易達成資料的一致性(即一致性比率不易小於 0.1)，且評估尺度須為比率尺度等諸多限制。

2.模糊理論

模糊理論(Fuzzy Theory)係 Zadeh 於 1965 年所提出，旨在解決現實環境中普遍存在的模糊現象而發展的一門學問，更能精確地處理大規模又複雜的系統。由於人類許多主觀

意思之表達，具有相當程度的模糊性，例如健康、滿意、寒冷等都沒有清晰明確的外延，此類概念無法以傳統的二元邏輯(非此即彼)明確說明，必須用模糊的邏輯概念(亦此亦彼)來描述事物之重要性程度。

因此，Zadeh 提出模糊集合(Fuzzy Set)論，把傳統集合論的特徵函數從非 0 即 1 的二種選擇，推廣為模糊集合的歸屬函數(Membership Function)，可從 0 到 1 之間的任何值做選擇，表示元素與集合的相容程度。

3. 模糊層級分析法

Van Laarhoven 與 Pedrycz 於 1983 年利用「模糊理論」運用於「層級分析法」中，解決傳統層級分析法中，成對比較矩陣值具主觀性、不精確性、模糊性等問題。其係以三角模糊函數來表示對兩要素間相對重要度的看法；然後找出各決策準則的模糊權重(Fuzzy Weight)；接著在各決策準則下，求出

各替代方案的模糊權重；最後，經由各層級的串聯，可得各替代方案的綜合模糊分數，以做為選擇之標準。

Lasek(1993)認為企業分析策略方案時，必須同時考慮多個不同目標，由於策略方案的評選是一個複雜的多屬性、多準則、模糊性問題，所以，採用模糊層級分析法(結合模糊決策與層級分析法的優點)，將是一個相當可行的解決模式，並與現實企業的決策環境相符。

所謂「模糊集合」，係指用來表示界限或邊界不分明之模糊概念集合，其歸屬函數數值大小(由 0 至 1 之間)係指該集合元素隸屬於該集合的程度。歸屬函數型式又可分為三角模糊數、梯形模糊數及其他；其中，三角模糊數以 $T = (l, m, u)$ 表示，且 $l \leq m \leq u$ 。茲將本研究採用之三角模糊數運算之核心概念彙示如表 2。

表 2 本研究採用之三角模糊數運算之核心概念

項次	核心概念	說明	演算公式
1	正三角模糊數 (Positive Triangular Fuzzy Number ; PTFN)	當 $l > 0$ 時，稱 T 為正三角模糊數，其隸屬函數 $\mu_T(x)$ 公式如右	$\mu_T(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l}, & l < x < m \\ \frac{u-x}{u-m}, & m < x < u \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$ 其中， $l > 0$ ， l, m, u 分別為模糊事件中最小、中、最大之可能數值
2	α 截集 (α -cut)	是將模糊數轉為明確值的方法， T 的 α 截集公式如右	$T^\alpha = [(m-l)\alpha + l, u - (u-m)\alpha]$ $0 \leq \alpha \leq 1$
3	模糊代數運算	依據模糊數的性質及擴張原理，假設有兩個正三角模糊數 $T_1=(l_1, m_1, u_1)$ 及 $T_2=(l_2, m_2, u_2)$ ，則其模糊代數運算公式如右	$T_1 \oplus T_2 = (l_1+l_2, m_1+m_2, u_1+u_2)$ $T_1 \otimes T_2 = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2)$
4	解模糊化	(1)兩模糊數 $T_1=(l_1, m_1, u_1)$ 及 $T_2=(l_2, m_2, u_2)$ 間距離 $d(T_1, T_2)$ 運算公式如右	$d(T_1, T_2) = \sqrt{\frac{1}{3}[(l_1-l_2)^2 + (m_1-m_2)^2 + (u_1-u_2)^2]}$
		(2)利用上揭兩模糊數相對距離公式作為轉換函數，將三角模糊數解模糊化， R 值代表解模糊化後之數值，當 R 值愈大時，代表該方案之排序愈優先，公式如右	$R = \frac{d^-}{d^- - d^*}$ $d^* = d(T, T^*), \quad d^- = d(T, T^-)$ 評估的最佳值為 $T^* = (1,1,1)$ ，最差值為 $T^- = (0,0,0)$

(三)運算步驟

承上，本研究藉由問卷調查，運用模糊層級分析法(FAHP)，由高階經理人評估目標與策略之優先順序，並檢視此優先次序與各策略配置經費之配適情形。茲摘述其實證分析步驟如次。

1.建立層級結構

首先將問題的目標、構面及準則予以層級化，建立出研究問題的層級結構。每位評估人員利用語意變數，表達對於兩個準則間相對重要性的評估值。這些語意變數可利用正三角模糊數來表達，如表 3 所示。

2.群體意見整合

利用列向量幾何平均數法整合 K 位評估人員的意見，則運算公式如下。

$$\tilde{T}_{ij} = (\tilde{t}_{ij}^1 \otimes \tilde{t}_{ij}^2 \otimes \dots \otimes \tilde{t}_{ij}^K)^{\frac{1}{K}} = (t_{ij}^l, t_{ij}^m, t_{ij}^u)$$

其中， \tilde{T}_{ij} ：整合 K 位評估人員意見後，第 i 個準則與第 j 個準則的重要性比較； \tilde{t}_{ij}^K ：第 K 位評估人員對第 i 個準則與第 j 個準則的重要性比較值；K：評估人員總數。

3.建立模糊正倒值矩陣

結合所有評估人員的意見後，即可建立

模糊正倒值矩陣如下。

$$T = [\tilde{T}_{ij}]_{n \times n}$$

其中，T：模糊正倒值矩陣； $\tilde{T}_{ij}=1, \forall i=j$ ； $\tilde{T}_{ij}=\frac{1}{\tilde{T}_{ji}}, \forall i, j=1, 2, \dots, n$ 。

4.計算模糊權重

根據模糊正倒值矩陣，運用 Csutora 與 Buckley (2001)所提出的 Lambda-Max 方法，計算模糊層級分析的構面模糊權重值，計算步驟如下。

(1)令 $\alpha = 1$ ，利用 α 截集可求得明確值正倒值矩陣 $T_m = [t_{ij}^m]_{n \times n}$ 。利用層級分析法計算權重方式，可求得權重矩陣 W_m ，其中 $W_m = [w_{im}]$ ， $i = 1, 2, \dots, n$ 。

(2)令 $\alpha = 0$ ，利用 α 截集可求得下限正倒值矩陣 $T_l = [t_{ij}^l]_{n \times n}$ 與上限正倒值矩陣 $T_u = [t_{ij}^u]_{n \times n}$ 。利用層級分析法計算權重方式，可求得權重矩陣 $W_l = [w_{il}]$ ， $W_u = [w_{iu}]$ ， $i = 1, 2, \dots, n$ 。

(3)確保所計算的權重值為一模糊數，乃利用下式求取調整係數(Q_l 、 Q_u)。

$$Q_l = \min \left[\frac{w_{im}}{w_{il}} \mid 1 \leq i \leq n \right]$$

$$Q_u = \max \left[\frac{w_{im}}{w_{iu}} \mid 1 \leq i \leq n \right]$$

表 3 相對重要性評估尺度

語意變數	原始尺度	正三角模糊數
絕對同等重要	—	(1,1,1)
同等重要	1	(1,1,3)
介於之間	2	(1,2,3)
稍微重要	3	(1,3,5)
介於之間	4	(3,4,5)
頗為重要	5	(3,5,7)
介於之間	6	(5,6,7)
極為重要	7	(5,7,9)
介於之間	8	(7,8,9)
絕對重要	9	(7,9,9)

(4)使用調整係數後，計算每個準則之權重的下限(w_{ℓ}^*)與上限(w_u^*)。

$$w_{\ell}^* = [w_{i\ell}^*] = [Q_{\ell} w_{i\ell}], \quad i=1, 2, \dots, n$$

$$w_u^* = [w_{iu}^*] = [Q_u w_{iu}], \quad i=1, 2, \dots, n$$

(5)結合 w_{ℓ}^* 、 w_m 及 w_u^* ，可得出正三角模糊權重矩陣 $w^* = [\tilde{w}_i^*]$ ， $i=1, 2, \dots, n$ ，其中 $\tilde{w}_i^* = (w_{i\ell}^*, w_{im}, w_{iu}^*)$ 即為每個準則的模糊權重值。

四、實證與分析

(一)一致性檢定

進行模糊層級分析法(FAHP)時，由於填卷者主觀之判斷，致成對比較矩陣可能不符合一致性，但評估的結果必須通過一致性檢定，方能顯示填卷者的判斷前後一致，否則視為無效問卷。因此，FAHP 使用一致性比率(Consistency Ratio, C.R.)作為判斷成對比較矩陣是否符合一致性之標準。其計算方式係先求算一致性指標(Consistency Index, C.I.)，次查隨機指標表(Random Index, R.I.)，再算出 C.I./R.I.值，即為一致性比率 C.R.值。

本研究採 Saaty 建議，以 C.R.<0.1 為符合一致性程度之標準。本研究問卷共發放 8 份，回收 7 份。經一致性檢定，回收之 7 份問卷 C.R.值均小於 0.1，符合一致性之標準，故有效回收率 87.5%。

(二)理想的策略執行優先次序

藉由填卷者對各層級要素間進行成對比較，再經由表 3 相對重要性評估尺度予以

量化後，建立模糊正倒值矩陣，再計算目標、策略模糊權重及綜合模糊權重，最後解模糊化求出 R 值，即可得 17 項經營策略之相對重要性，或稱為理想的策略執行優先次序。

根據上節研究方法，本研究依問卷調查所得資料，分將經營目標、經營策略資料進行編碼(Coding)後，再依前揭三、(三)之運算步驟，計算模糊權重如下。

1.目標模糊權重

(1)本研究整合填卷者意見後，建立模糊正倒值矩陣 $T_0 =$

$$\begin{pmatrix} (1.00, 1.00, 1.00) & (1.64, 2.19, 3.61) & (0.79, 1.20, 2.25) & (1.85, 2.13, 4.17) & (0.70, 0.94, 1.83) \\ (0.28, 0.46, 0.61) & (1.00, 1.00, 1.00) & (0.43, 0.65, 1.15) & (1.51, 2.03, 3.76) & (0.80, 0.95, 1.65) \\ (0.44, 0.83, 1.26) & (0.87, 1.54, 2.30) & (1.00, 1.00, 1.00) & (1.40, 2.26, 3.40) & (0.55, 0.80, 1.16) \\ (0.24, 0.47, 0.54) & (0.27, 0.49, 0.66) & (0.29, 0.44, 0.71) & (1.00, 1.00, 1.00) & (0.21, 0.28, 0.51) \\ (0.55, 1.06, 1.42) & (0.61, 1.05, 1.25) & (0.86, 1.25, 1.81) & (1.96, 3.57, 4.81) & (1.00, 1.00, 1.00) \end{pmatrix}$$

(2)根據上揭經營目標之模糊正倒值矩陣，計算模糊權重

$$w_{\ell} = [0.293 \quad 0.179 \quad 0.207 \quad 0.087 \quad 0.234]$$

$$w_m = [0.261 \quad 0.167 \quad 0.222 \quad 0.092 \quad 0.258]$$

$$w_u = [0.299 \quad 0.175 \quad 0.213 \quad 0.087 \quad 0.226]$$

(3)求取調整係數

$$Q_{\ell} = 0.89 \quad \text{及} \quad Q_u = 1.14$$

(4)調整後權重矩陣

$$w_{\ell}^* = [0.261 \quad 0.160 \quad 0.185 \quad 0.077 \quad 0.209]$$

$$w_u^* = [0.340 \quad 0.200 \quad 0.243 \quad 0.099 \quad 0.258]$$

(5)再整理，得到目標模糊權重(如表 4，係 5 項經營目標之相對重要性)

表 4 經營目標之模糊權重

經營目標	目標模糊權重
(A)聚焦核心，實現量足質優	$W_A=[0.261, 0.261, 0.340]$
(B)精實服務，從心感動顧客	$W_B=[0.160, 0.167, 0.200]$
(C)才德兼修，持續優化組織	$W_C=[0.185, 0.222, 0.243]$
(D)節能環保，永續環境資源	$W_D=[0.077, 0.092, 0.099]$
(E)開源節流，改善財務結構	$W_E=[0.209, 0.258, 0.258]$

2.策略模糊權重

5 項經營目標項下之經營策略，求算過程步驟同前項「目標模糊權重」之求算過程，囿於篇幅，本文不另贅述，經彙整得策略模糊權重(係各經營目標項下，其經營策略間之相對重要性)如表 5。

3.綜合模糊權重

前揭求算所得各目標模糊權重及各策略模糊權重，茲將兩者相乘，可得綜合模糊權重(係經營目標與經營策略交互作用下之相對重要性)；再運用解模糊化公式，求得 R 值；續以 R 值大小予以排序，可得 17 項經營策略之總排序，即為「理想的策略執行優先次序」，彙如表 6。

表 5 經營策略之模糊權重

經營策略	策略模糊權重
(A1)多元化水源開發	$W_{A1}=[0.126, 0.126, 0.166]$
(A2)降低漏水率	$W_{A2}=[0.321, 0.376, 0.376]$
(A3)充實備援備載能量	$W_{A3}=[0.141, 0.159, 0.186]$
(A4)強化緊急應變機制	$W_{A4}=[0.124, 0.145, 0.161]$
(A5)加強水質管理	$W_{A5}=[0.152, 0.194, 0.194]$
(B1)推動精實服務	$W_{B1}=[0.638, 0.638, 0.679]$
(B2)創造親水體驗價值	$W_{B2}=[0.209, 0.212, 0.222]$
(B3)提升供水普及率	$W_{B3}=[0.149, 0.150, 0.150]$
(C1)精進管理制度	$W_{C1}=[0.150, 0.150, 0.177]$
(C2)厚植人力資本	$W_{C2}=[0.257, 0.279, 0.311]$
(C3)提升資訊競爭力	$W_{C3}=[0.126, 0.131, 0.166]$
(C4)落實品德管理	$W_{C4}=[0.246, 0.286, 0.301]$
(C5)加強工程及計畫管理	$W_{C5}=[0.114, 0.153, 0.153]$
(D1)落實環境資源管理	$W_{D1}=[0.448, 0.448, 0.608]$
(D2)推動節能環保技術	$W_{D2}=[0.407, 0.552, 0.552]$
(E1)增加收益	$W_{E1}=[0.548, 0.548, 0.604]$
(E2)降低成本	$W_{E2}=[0.410, 0.452, 0.452]$

表 6 理想的策略執行優先次序

目標模糊權重	策略模糊權重	綜合模糊權重	解模糊化 R 值	總排序
(A) 聚焦核心，實現量足質優 [0.261, 0.261, 0.340]	(A1) 多元化水源開發 [0.126, 0.126, 0.166]	[0.033, 0.033, 0.056]	0.043	12
	(A2) 降低漏水率 [0.321, 0.376, 0.376]	[0.084, 0.098, 0.128]	0.098	4
	(A3) 充實備援備載能量 [0.141, 0.159, 0.186]	[0.037, 0.042, 0.063]	0.049	8
	(A4) 強化緊急應變機制 [0.124, 0.145, 0.161]	[0.033, 0.038, 0.055]	0.043	11
	(A5) 加強水質管理 [0.152, 0.194, 0.194]	[0.040, 0.051, 0.066]	0.053	7
(B) 精實服務，從心感動顧客 [0.160, 0.167, 0.200]	(B1) 推動精實服務 [0.638, 0.638, 0.679]	[0.102, 0.107, 0.136]	0.106	2
	(B2) 創造親水體驗價值 [0.209, 0.212, 0.222]	[0.033, 0.035, 0.044]	0.039	13
	(B3) 提升供水普及率 [0.149, 0.150, 0.150]	[0.024, 0.025, 0.030]	0.027	17
(C) 才德兼修，持續優化組織 [0.185, 0.222, 0.243]	(C1) 精進管理制度 [0.150, 0.150, 0.177]	[0.028, 0.033, 0.043]	0.036	14
	(C2) 厚植人力資本 [0.257, 0.279, 0.311]	[0.048, 0.062, 0.075]	0.062	5
	(C3) 提升資訊競爭力 [0.126, 0.131, 0.166]	[0.023, 0.029, 0.040]	0.033	15
	(C4) 落實品德管理 [0.246, 0.286, 0.301]	[0.045, 0.063, 0.073]	0.061	6
	(C5) 加強工程及計畫管理 [0.114, 0.153, 0.153]	[0.021, 0.034, 0.037]	0.032	16
(D) 節能環保，永續環境資源 [0.077, 0.092, 0.099]	(D1) 落實環境資源管理 [0.448, 0.448, 0.608]	[0.035, 0.041, 0.060]	0.047	9
	(D2) 推動節能環保技術 [0.407, 0.552, 0.552]	[0.032, 0.051, 0.055]	0.047	9
(E) 開源節流，改善財務結構 [0.209, 0.258, 0.258]	(E1) 增加收益 [0.548, 0.548, 0.604]	[0.115, 0.141, 0.156]	0.124	1
	(E2) 降低成本 [0.410, 0.452, 0.452]	[0.086, 0.117, 0.117]	0.100	3

茲就排序前 5 項與末 5 項經營策略，詮釋其管理涵義如次。

(1) 排序前 5 項之經營策略

由表 6 所示「總排序」得知，17 項經營策略中，理想的策略執行優先次序前 5 項依序為(E1)增加收益>(B1)推動精實服務>(E2)降低成本>(A2)降低漏水率>(C2)厚植人力資本，茲淺析如次。

第 1 優先執行策略為「增加收益」。台灣水價與世界各國比較相對低廉(價低)，面臨供水普及率已高、配合節約用水政策等不利因素，售水量難有成長(量限)，致營收難有突破；尤其，未來若針對工業用水大戶徵收耗水費，勢必大幅影響給水收入。吾人皆知「資金是企業的血液，財務是經營活力的根源」，台水公司要突破財務困境，在水價

未獲調整的現況下，實不宜消極地期待水價調整，而應積極地推動各項開源措施，諸如尋求在優勢市場多角化的契機、資產活化等，以增加收益，彌補因水價無法合理反應成本而造成之虧損；亦當配合政府政策，於適當時機積極推動水價合理化，實乃自來水事業永續經營首要之道。

第 2 優先執行策略為「推動精實服務」。晚近，「服務經濟」蔚為風潮，消費者意識抬頭，用戶要求更高的服務品質。近年來，台水公司逐漸改變「生產導向」思維，轉而採取「生產服務化」之經營策略，致力服務品質之提升；尤其，國營事業易遭致「公務員心態」、「繁文縟節」之詬病，由而貶抑用戶服務品質，爰需導入「精實」思想。從用戶端出發，不能增加顧客價值的活動就是浪費，將組織資源聚焦在提升顧客價值的活動與流程上，以消除服務過程中的浪費；設計精簡的服務程序，培養員工「到味」的服務態度，以更少的設備、更少的時間空間，使服務迎合顧客所需價值。

第 3 優先執行策略為「降低成本」。近年來，由於自來水普及率愈高，供水管線愈延伸至偏遠地區，用戶分散且稀少，成本大幅增加，尚須肩負政策性任務，故給水成本逐年攀高。台水公司為改善財務窘境，在開源已屬不易的情況下，節流成為另一重要課題。惟節流就像擰濕毛巾，每年都加把勁擰，總是會滴出水來，但是毛巾總有擰乾的一天；甚且過度節流恐造成營運風險，甚而危及供水穩定與安全。因此，降低成本、擰節開支必須在「合理成本範圍」內。除持續加強檢

修漏，以降低漏水成本；防範工程弊端，冀期不虛擲投資成本；現階段就「降低營運成本計畫」重大成本項目，進行系統性改善。

第 4 優先執行策略為「降低漏水率」。在缺水危機日亟的台灣，「開源」相對不易，故「節流」益顯重要。以水資源運用效率的觀點而言，降低漏水實為台水公司之經營核心課題。遵「黃金十年」之政策指示：「需逐年降低自來水漏水率，目標五年內從 20% 降至 17%、十年內降到 15% 以下。」台水公司研提「降低漏水率計畫(102 至 111 年)」，奉院核定，十年內由水公司自籌 795.96 億元辦理，預計 105 年漏水率可降至 16.95%，及至 110 年底漏水率可降至 14.65%，達成「黃金十年」之預期目標，直追先進國家 15% 漏水率之目標。

第 5 優先執行策略為「厚植人力資本」。面對極端氣候威脅，缺水危機日亟，未來仍須配合政策辦理多項自來水重大建設，亟需提升人力質量，以因應有增無減之業務量。惟在「預算員額」及「用人費率」雙重限制下，人力請增不易，難以因應實際需求，配合業務新增或成長而增配人力，致各單位人力普遍吃緊。面對日益嚴峻的人力課題，除從「量」方面，進行人力分析，尋求人力合理配置；更應由「質」著手，藉由人才進用、培育機制，妥善運用有限的人力資源，促進組織新陳代謝，厚植台水人力資本。

(2) 排序末 5 項之經營策略

依排序末段觀之，總排序最末 5 項依序為(B3)提升供水普及率<(C5)加強工程及計

畫管理<(C3)提升資訊競爭力<(C1)精進管理制度<(B2)創造親水體驗價值。該等策略相對較不具重要性、急迫性，茲淺析如次。

第 17 順位(最末順位)執行策略為「提升供水普及率」。目前供水普及率已達 90%以上(迄民國 103 年底達 91.81%)，再提升誠屬不易，且由於供水管線延伸至偏遠地區，用戶分散而稀少，故管線利用效益低，但管線、水質、水壓維護成本則大幅增加，實不利自來水之經營。因此，無自來水偏遠地區及原住民部落等之飲水問題改善係屬政策任務，長期大多由中央政府(原民會、水利署)編列預算，台水公司配合辦理延管工程並負責營運。該項策略雖不具經濟效益，惟此乃台水公司善盡「企業公民」責任之必要作為。

第 16 順位(倒數第 2 順位)執行策略為「加強工程及計畫管理」。經濟部於 102 年 1 月成立「台水公司經營改善小組」，將工程及計畫管理列為經營改善重點之一。惟台水公司多年來投入大量人力、物力於自來水工程建設，在工程管理面，已訂定相關制度與機制且行之有年，因此，與其他策略相較，「加強工程及計畫管理」尚屬循常性業務。

第 15 順位(倒數第 3 順位)執行策略為「提升資訊競爭力」。就自來水事業而言，無論水量、水質、水壓狀況之掌握，操作維護之控管，管理與服務之精進等皆與科技有關。台公司近年陸續實施手提抄表機、場站操作自動化、客服業務資訊化、自來水系統監控整合等措施，均與資訊科技緊密連結。資訊科技已為公司營運管理不可或缺的元

素，惟資訊基礎建設大抵已建置完成，近年乃以資訊系統整合、改善為重點，因此較不具急迫性。

第 14 順位(倒數第 4 順位)執行策略為「精進管理制度」。台水公司每年投入諸多人力、物力於推動多元化水源開發、降低漏水率、充實備援備載能力等工程建設，該等工程計畫是否能如期如質完成，實有賴管理制度發揮輔翼之功。為改善經營體質、達成企業化經營之目的，台水公司近年導入多項企業管理新制度與觀念，除已建置責任中心績效考核制度、非核心業務委外機制，並持續推動公司治理、加強研究發展等，惟此等管理制度建立，實有賴長期投入，非一蹴可成。實則，相對「硬體面」工程建設成果，「軟體面」管理制度之效益較非具體立現，在組織營運中常隱而不彰，因此，容易陷入「重工程而輕管理」之弊。

第 13 順位(倒數第 5 順位)執行策略為「創造親水體驗價值」。面對近年來缺水危機，水資源環境教育之推動實乃當前台灣環境教育重要之一環。台水身為經濟部國營事業的一員，除須追求事業之永續發展，也必須善盡環境永續的社會責任。除北部區域「宜蘭深溝水源生態園區」率先於 101 年 4 月通過環境教育設施認證，南部區域「澄清湖高質水處理中心」亦於 103 年 3 月通過認證，續將推動中部區域「湖山淨水場」、離島地區「馬公第二海水淡化廠」通過認證，其乃台水公司善盡「企業公民」責任之一環，雖有助於企業形象之提升，惟無助於增裕營收，需階段式、漸進式推動，較不具急迫性。

(三)策略執行優先次序與經費配置之配適情形

經由前節之研析，台水公司理想的策略執行優先次序已獲釐清。本節續探討 17 項策略所轄各執行計畫(計 75 項)規劃配置的策略經費，是否與理想的策略執行優先次序具有良好的配適度(Goodness of Fit)。畢竟，策略創新是需要經費支撐的，若策略執行的經費來源欠缺或配置不當，則策略規劃將難以落實。

承上所述，執行計畫依經費的屬性分為「經常性支出計畫」與「資本支出計畫」。再就實務運作而觀，本研究將經費配置分為三種類別，一是資本支出類，二是經常性支出類，三是混合類(即資本支出+經常性支出)，分別定義如表 7。

表 7 經費配置類別

類 別	定 義
資本支出類	經營策略所轄執行計畫為「專案投資」或「一般性投資」屬之，係以計畫總經費為經費核算基礎，並非僅止於 103~108 年之經費。
經常性支出類	經營策略所轄執行計畫凡屬支出所發生的經濟效益僅及於當期(年)者，均屬之。核算基礎為預估每年經費配置*6 年或累計 103~108 年預估數之總額。
混 合 類	經營策略所轄執行計畫經費支出，既有資本支出類，亦有經常性支出類者，均屬之。

另有一種類別雖屬經常性支出，惟數額甚微，故未於執行計畫中列示經費，或可稱之為「微支出類」(含落實品德管理、加強工程及計畫管理兩項策略)，因經費為數甚微，不具排擠作用，故本研究略而不談，合

先敘明。

依上揭三種經費類別，分析各類別內之策略執行優先次序(類別排序)與策略經費多寡(經費排序)，據以求算排序差(類別排序－經費排序)，以瞭解台水策略優先性與經費配置之配適情形。若排序差為負者，表示該項策略經費配置不足，宜再提高；排序差為正者，表示該項策略經費配置過高，宜向下調整；排序差為 0 者，表示該項策略經費配置尚屬合宜。茲分述如下。

1.資本支出類

所列「資本支出類」之策略計 4 項，該類別的策略執行優先次序為(A2)降低漏水率>(A3)充實備援備載能量>(A1)多元化水源開發>(B3)提升供水普及率，其與台水公司在經費配置多寡之經費排序相同(即排序差均為 0)，茲彙示如表 8。

表 8 顯示，台水公司在資本支出類之經費配置與專家綜合意見(理想的策略執行優先次序)一致，即該 4 項策略之經費配置尚屬適宜。探究其實，概因資本支出計畫所需經費龐大，需經過嚴謹的審核程序，故經費配置與策略執行優先次序配適情形大致良好。另，依策略執行優先順序顯示，台灣水資源「開源」(多元化水源開發)已屬不易，「節流」(降低漏水率)益顯重要，為資本支出類第 1 順位。又，由年度經費配置而觀，台水公司每年投入巨額經費推動降低漏水率、充實備援備載能量、多元化水源開發等策略，顯見「量足、穩定」供水仍係台水公司重要的核心業務。

表 8 「資本支出類」策略優先性與經費配置排序比較

策略模糊權重	綜合模糊權重	解模糊化 R 值	總排序 (類別排序)	經費配置【億】 (經費排序)	排序差
(A1)多元化水源開發	[0.033, 0.033, 0.056]	0.043	11 (3)	429.39 (3)	0
(A2)降低漏水率	[0.084, 0.098, 0.128]	0.098	4 (1)	739.93 (1)	0
(A3)充實備援備載能量	[0.037, 0.042, 0.063]	0.049	8 (2)	456.61 (2)	0
(B3)提升供水普及率	[0.024, 0.025, 0.030]	0.027	17 (4)	15.16 (4)	0

2.經常性支出類

所列「經常性支出類」之策略計 6 項，該類別的策略執行優先次序為(E1)增加收益>(E2)降低成本>(C2)厚植人力資本>(D1)落實環境資源管理=(D2)推動節能環保技術>(C1)精進管理制度，其與台水公司在經費配置多寡之經費有 4 項不一致(即排序差不等於 0)，茲彙示如表 9。

表 9 顯示，排序差最大者為「降低成本」策略，排序差為-3 (2-5)，該項策略之經費配置不足，宜再提高，亦即降低成本尚有努力的空間；「厚植人力資本」策略之排序差為-1 (3-4)，該項策略之經費配置略嫌不足，尤其，「厚植人力資本」為理想的策略執行優先次序之總排序第 5 順位，實有強化之必要。排序差為+(正)者，計有「落實環境資源管理」及「推動節能環保技術」二項策略，排序差分別為+2 (4-2)、+1 (4-3)，即該兩項策略之經費配置有過高之虞，宜向下調整。排序差為 0 者，計有「增加收益」及「精進管理制度」等策略，該二項策略之經費配置尚屬適宜。

3.混合支出類

列「混合支出類」之策略計 5 項，其

類別的策略執行優先次序為(B1)推動精實服務>(A5)加強水質管理>(A4)強化緊急應變機制>(B2)創造親水體驗價值>(C3)提升資訊競爭力；與經費配置多寡之經費排序相同(即排序差均為 0)，茲彙示如表 10。

表 10 顯示，台水公司在混合支出類之經費配置與專家綜合意見(理想的策略執行優先次序)一致，即該 5 項策略之經費配置尚屬適宜。其中，排序第 1 順位為「推動精實服務」策略，亦為理想的策略執行優先次序之總排序第 2 順位，顯見「量足、質優」是必要的前提(生理層次的滿足)，要讓用戶「有感」，必須加強用戶服務，創造用戶愉悅的用水經驗(心理層次的感動)。

由各年度服務面經費配置消長而觀，台水近年來為提升用戶服務品質，增加服務面創新策略的經費配置，顧客服務策略之創新性明顯優於其他策略。例如前一階段以「推動體驗行銷」為核心，現階段研提「推動精實服務」為主軸，加入諸多創新元素，諸如採取虛實整合、分進合擊作為，一方面提升遠距服務便利性(虛擬面)，另一方面強化臨櫃服務品質(實體面)，以提升顧客滿意度。

表 9 「經常性支出類」策略優先性與經費配置排序比較

策略模糊權重	綜合模糊權重	解模糊化 R 值	總排序 (類別排序)	經費配置【億】 (經費排序)	排序差
(C1)精進管理制度	[0.028, 0.033, 0.043]	0.036	14 (6)	0.10 (6)	0
(C2)厚植人力資本	[0.048, 0.062, 0.075]	0.062	5 (3)	0.29 (4)	-1
(D1)落實環境資源管理	[0.035, 0.041, 0.060]	0.047	9 (4)	0.87 (2)	+2
(D2)推動節能環保技術	[0.032, 0.051, 0.055]	0.047	9 (4)	0.51 (3)	+1
(E1)增加收益	[0.115, 0.141, 0.156]	0.124	1 (1)	6.82 (1)	0
(E2)降低成本	[0.086, 0.117, 0.117]	0.100	3 (2)	0.25 (5)	-3

表 10 「混合支出類」策略優先性與經費配置排序比較

策略模糊權重	綜合模糊權重	解模糊化 R 值	總排序 (類別排序)	經費配置【億】 (經費排序)	排序差
(A4)強化緊急應變機制	[0.033, 0.038, 0.055]	0.043	11 (3)	1.16 (3)	0
(A5)加強水質管理	[0.040, 0.051, 0.066]	0.053	7 (2)	12.77 (2)	0
(B1)推動精實服務	[0.102, 0.107, 0.136]	0.106	2 (1)	34.48 (1)	0
(B2)創造親水體驗價值	[0.033, 0.035, 0.044]	0.039	13 (4)	1.12 (4)	0
(C3)提升資訊競爭力	[0.023, 0.029, 0.040]	0.033	15 (5)	0.71 (5)	0

五、結論與建議

(一)結論

1.理想的策略執行優先次序

台水公司 17 項經營策略中，理想的策略執行優先次序前 5 項依序為(E1)增加收益>(B1)推動精實服務>(E2)降低成本>(A2)降低漏水率>(C2)厚植人力資本；而排序末 5 項依序為(B3)提升供水普及率<(C5)加強工程及計畫管理<(C3)提升資訊競爭力<(C1)精進管理制度<(B2)創造親水體驗價值。

依理想的策略執行優先次序觀之，台水公司首應將「增加收益」列為第一要務，以利求生存與發展；次應落實「推動精實服務」，以創造顧客價值、消除服務浪費；再則「降

低成本」及「降低漏水率」，以收節流之效；其後力求「厚植人力資本」，讓人力資本成為企業永續發展的關鍵動力。

就排序末段之策略而觀，多屬政策任務、企業社會責任或軟性管理等範疇，相對其他策略似較不具重要性、急迫性。惟此揭策略仍應持續推動，概因台水公司係屬經濟部國營事業的一員，公營事業與民營事業最大的不同點在於其公共性之價值，公營事業無法僅就成本與效率作單一考量，以追求最大化利潤，而必需兼顧各利害關係人(或團體)之需求，作出適當回應，承擔政策任務、企業社會責任，因此，策略往往並非最佳決策。

2.策略執行優先性與經費配置之配適程度

「資本支出類」與「混合支出類」其類別的策略執行優先次序與經費配置多寡之經費排序相同(即排序差均為 0)，顯示經費配置尚屬適宜。「經常性支出類」其類別的策略執行優先次序與經費配置多寡之經費排序有 4 項不一致(即排序差不等於 0)。其中，排序差為負者計降低成本、厚植人力資本兩項策略，該等策略之經費配置略有不足，應再提高；而排序差為正者計落實環境資源管理及推動節能環保技術兩項策略，該等策略之經費配置有過高之虞，應向下調整。

由年度經費配置而觀，台水公司每年投入巨額經費推動降低漏水率、充實備援備載能量、多元化水源開發等策略，顯見「量足、穩定」供水係台水公司重要的核心業務；又，近年來，台水公司逐漸由「生產導向」轉向「生產服務化」之思維，爰增加服務面創新策略的經費配置，致力服務品質之提升，積極創新顧客服務策略。

(二)建議

經費配置應以理想的策略執行優先順序為依歸，隨策略之輕重緩急，給予適當的經費配置，方符有效執行策略之要件。本研究結論顯示，台水公司理想的策略執行優先次序，應以「開源節流」為首要，其「開源」應係「水價合理反映成本」之水價合理化，而耗水費、旱季水價之實施，僅有助於提升局部的水資源運用效率，並未能達到整體水資源的有效運用，亦無助於增益台水營收、紓緩財務困窘及永續發展，故水價合理化才

是治本之道；而「節流」應以「加速降低漏水率」為重點，以減少因漏水而虛擲的成本。同時，推動以顧客價值為依歸的精實服務，讓用戶更有感；並積極促進人力更新，厚植人力資本，以奠基永續經營之礎石。

值得一提的，研究顯示「精進管理制度」為倒數第 4 順位之執行策略，與一般企業將「管理」列為經營優先要務，呈現明顯差異。深究其實，可能填卷者均為工程背景，容易陷入以工程為導向的思維。台水公司每年投入諸多人力、物力於工程建設，淨水、管線等關鍵技術已臻國際先進水準；惟，企業管理面之精進仍待提升。前外部評鑑單位亦曾提出建議「台水公司在人才培育方面，過於重工程輕管理，高階人員工程背景居多，宜積極培育具管理背景之人才」，值得深思。實則，企業發展離不開人才，而人才必須是多樣化的，用人選才不拘一格，因為企業經營過程中，需要各種專業背景的人才，方能發揮相輔相乘之功效，提升決策之周延性。

加強發揮計畫引導預算功能。策略規劃要和預算結合，提高策略優先性與經費配置的配適度，才能真正發揮計畫引導預算，預算支援計畫的功能。如果分別作業的話，很容易讓預算沒有辦法支援年度策略議題，預算編預算的，策略歸策略，最後預算經費變數字遊戲，而策略則變成華麗的口號。

參考文獻

1. Buckley, J.J., Fuzzy Hierarchical Analysis Revisited, European Journal of Operational Research, 129, 48-64, 2001.

2.Csutora, R. & Buckley, J. J., Fuzzy Hierarchical Analysis: The Lambda-Max Method, Fuzzy Sets and Systems, 120, 181-195, 2001.

3.Lasek, M., Hierarchical Structures of Fuzzy Ratings in the Analysis of Strategic Goals of Enterprises, Fuzzy Sets and Systems, 50, 127-134, 1993.

4.Satty, T.L., The Analytic Hierarchy Process, New York: McGraw-Hill, 1980.

5.Van Laarhoven, P.J.M. & Pedrycz,W., A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory, Fuzzy Sets and Systems, 11, 229-241, 1983.

6.台灣自來水公司，六年(103-108)經營計畫(經濟部核定版)，未出版計畫書，民國103年。

7.吳焰煌，模糊層級分析法應用於工程專案計畫書風險評估，大同大學未出版碩士論文，18-33 頁，民國100年。

8.郭英峰、陳邦誠，應用模糊層級分析法分析消費者對行動增值服務之偏好，電子商務學報，8(1)，45-64頁，民國95年

9.褚志鵬，Analytic Hierarchy Process Theory層級分析法(AHP)理論與實作，國立東華大學企管系未出版授課講義，民國98年。

作者簡介

王明傑先生

現職：台灣自來水公司企劃處組長

專長：企業管理、研究方法、工業工程

呂國禎先生

現職：台灣自來水公司企劃處管理師

專長：企業管理、策略管理、行銷管理

中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法

98 年 2 月 10 日第十六屆理監事會第十次聯席會議審議通過(99 年 5 月部分修正)

一、目的

為鼓勵本會會員踴躍發表自來水學術研究及應用論文，以提升本會會刊研究水準，特設置本項獎勵辦法。

二、獎勵對象

就本會出版之一年四期「自來水」會刊論文中評定給獎論文，最多三篇，每篇頒發獎狀及獎金各一份，獎狀得視作者人數增頒之。

三、獎勵金額

論文獎每篇頒發獎金新臺幣貳萬元整，金額得視本會財務狀況予調整之。

上項論文獎金及評獎作業經費由本會列入年度預算籌措撥充之。

四、評獎辦法

(一)凡自上年度第二期以後至該年度第二期在本會「自來水」會刊登載之「每期專題」、「專門論著」、「實務研究」及「一般論述」論文，由編譯出版委員會於每年六月底前，推薦 6-9 篇候選論文，再將該候選論文送請專家學者審查 (peer-review)，每篇論文審查人以兩人為原則。

(二)本會編譯出版委員會主任委員於每年七月底前召集專家學者 5~7 人組成評獎委員會，就專家審查意見進行複評，選出給獎論文，報經本會理監事會議遴選核定後公佈。

五、頒獎日期

於每年自來水節慶祝大會時頒發。

六、本辦法經由本會理監事會審議通過後實施，修訂時亦同。

綠色水廠—臺北自來水事業處節能減碳作為

文/張琰竣

一、永續環境與水資源

全球暖化、氣候變遷對生態環境及水資源造成極大威脅，節能減碳及環保議題日益受到重視，臺北自來水事業處肩負大臺北地區供水重任，供水轄區尚包括鄰近城鎮，轄區面積 434 平方公里。隨著經濟持續發展及人口快速成長，平均日出水量達 270 萬噸，供水人口約 394 餘萬人。完善供水讓臺北近 13 年來未發生區域性停水，更為臺北下一個百年建構用水無虞的防護網。臺北自來水事業處更責無旁貸須作好節能減碳措施，未來仍將積極持續提升環境與水資源利用效能，俾使水資源永續發展與利用，打造更美好的環境。以下本文將以 2013 年為例加以說明臺北自來水事業處的節能減碳綠色環保相關措施。

二、節能減碳具體措施與成效

(一)環境政策與目標

臺北自來水事業處將環境保護納入經營責任，並以 2007 年為臺北自來水事業處環境元年，著手建置環境管理系統 (EMS)，成立「環境保護及節能推動委員會」，致力減少能源耗用，提升水資源利用效能，建立綠化環境。2013 年環境政策、目標及其執行成果如表 1 所示。

(二)環境監測

環境保護是臺北自來水事業處重要的企業責任，除了遵守現行相關環境法令及規章外，為儘可能地降低事業活動對環境所產生的衝擊，各項過程均會選擇適當設備與最

佳工法，採用先進的「多重屏障策略」去除有害物質與危險因子，自訂嚴格的內部管控標準，線上 24 小時全程監控原水及經淨水程序處理後之清水水質，且加強管控加藥量，以具體減少能源耗用，建立綠化環境，落實提升水資源利用效能目標。

(三)提升環境與資源利用效能方案

1.淨水及加壓節能

臺北自來水事業處各項作業較少直接排放 CO₂，惟淨水與加壓送水需耗費大量電能，因此採用高效率變壓器、節能變頻器及抽水機等設備；並實施幹管餘壓再利用、能源管理監控及計畫性負載管理等精進操作，建立供水場站節能之最佳化運轉模式，提升設備運轉效能，以達節能減碳目標。2013 年淨水節能成效較 2007 年節省電量 3,093 千度，節省水量 107,132 千噸；2013 年加壓節能成效較 2007 年節省電量 30,827 千度，節省水量 105,501 千噸。

2.辦公用電減量措施

- (1)使用省電燈具：長時間用電之指示燈全面更換為 LED，水銀投射照明更換為無極燈。
- (2)調整辦公照度：全面汰換為高效率之省電 T5 燈具。開關迴路分區及自動感應控制。
- (3)調整冷氣配置：以變頻主機為汰換原則，輔設循環風扇及綠色植栽以降低空調耗能。
- (4)實施電腦減量：由伺服器執行電腦休眠設定，利用分享器推動個人電腦資源共享。

表 1 環境政策與目標的展開

環境政策	2013 年環境目標	2013 年環境目標執行成果	
減少耗能 綠化環境 對抗暖化	降低單位供水耗能 13.39%	降低單位供水耗能 13.39%	
	降低辦公室耗電 28%	降低辦公耗電 53.27%	
	發展及使用低碳能源，減少 163 噸年溫室氣體排放	減少 164.8 噸年溫室氣體	
	增加場站植栽，提升綠敷率 8%	綠敷率較 2007 年提升 12.43%	
	建置減少耗能之設施設計規範，經導入設計案後減少 1,700 噸年溫室氣體排放	減少 1,378 噸年溫室氣體排放	
提升水資源利用效能	改善管網，降低漏水率值 7.6%	降低漏水率值 7.89%	
	每人每日用水量 2010 年（341 公升）為基期至 2013 年降低至 337 公升。每人每日家庭用水量 2010 年（225 公升）為基期至 2013 年降低至 221 公升。	每人每日用水量 2010 年（341 公升）為基期至 2013 年降低至 334 公升。每人每日家庭用水量 2010 年（225 公升）為基期至 2013 年降低至 220 公升。	
降低事業活動對環境影響	維持淤泥處理 100%回收再利用與零排放。	2013 年全年淤泥清運量，公館場為 10,100 噸、直潭場為 33,617 噸，合計 43,717 噸，100%回收再利用，零排放。	
	垃圾減量 15%	垃圾總量較 2010 年同期減少 16,881 公斤，減量率 27.9%	
	資源回收率 34%	資源回收數量合計 18,803 公斤，回收率 43.10%	
	印刷品減量 10%（以 2009 年為基期）	減少 A4 紙張 25 萬 2,600 張，減量率 23.78%	
	信封減量 8%（以 2007、2008 年平均值為基期）	減少信封 3 萬 400 個，減量率 18.37%	
	影印紙減量 7%（以 2007、2008 年平均值為基期）	減少 A4 紙張 52 萬 6,300 張，減量率 11%	
	降低辦公用水，以 2010 年用水量為基期，辦公室用水量減少 21%	辦公室用水較 2010 年同期減少 6,103 公噸，減量率 26.72%	
	完成環境影響監測系統		每季實施加壓站噪音監測
			試行施工環保監測作業
			建立資源回收與垃圾量監測作業
管制事業活動符合環保法規與社會期望	均符合環保法規		
說明：1.表列目標除特別註明外均以 2006 年為基期的減少量。			
2.印刷品及信封自 2009 年度起納入控管目標。			
3.垃圾減量自 2011 年度起納入控管目標。			

- (5)電腦節電程式：自行撰寫下班及例假日時段個人電腦自動關機程式，確保節電滴水不漏。
- (6)用電自主管理：建立「用電異常管控機制」，由 EMS 小組列管檢討、追蹤並協助改善。
- (7)自主檢查機制：由專人依「每日環保節能自主管理檢查表」項目巡檢記錄。
- (8)機電巡檢小組：至各辦公處所協助解決用電異常問題，消弭潛藏之耗能並維護用電安全。
- (9)用電設備減量：針對各單位飲水機、夜間照明、非公務用電設備等進行檢討，落實用電減量。
- (10)加裝單位電表：加裝參考電表，按月抄錄建置用電資料，利於追蹤、列管至各用電單位。

3.生產用電減量措施

(1)改善耗能設備

- a.配水池裝設多噴孔套筒控制閥：具有管網持壓功能，年節省電費約 250 萬元，另可大幅降低水池進水時噪音及振動問題。
- b.汰換老舊高壓抽水機組：提高抽水機運轉效率 3~10 %，改善豎軸抽水機運轉噪音及機房散熱問題。
- c.加壓站設置節能變頻器：供水加壓站設置變頻器後節能成效在 8.7~59.5 %之間。

(2)精進操作管理

- a.實施負載管理：抑低及轉移尖峰時間用電，採行之措施計有：(a)變頻器之水壓管理(b)採幹管餘壓旁通供水(c)調整大型配水池進水時段(d)調配抽水機最佳運轉組合(e)調整快濾池反沖洗操作。

- b.檢討電費結構：檢討調整契約容量，並持續實施 3 段式時間電價費率，年流動電費節省約 1,310 萬元。
 - c.主動參加台電優惠電價：維持轄區正常供水下依據供水管網負載之特性實施方案，除可獲得優惠電價獎勵，並可抑低尖峰時段用電。
 - d.改善生產管理：離峰時段幹管餘壓經由旁通管路直接供水，而不經抽水機加壓。
 - e.監控能源管理：中大型場站用電量監控程式，記錄歷史用電量趨勢，作為契約容量調整之參考。
 - f.改善功率因數：選用高功率之用電設備，將高壓抽水機以個別併聯電容器組方式來改善。
 - g.監控抽水機效率：結合供水監控系統，開發抽水機效率監測程式，建立即時預警機制及歷史趨勢資料庫，調整及追蹤運轉組合，降低耗能。
 - h.管控小型加壓站系統：用電量及配水量異常增加之小型加壓站(封閉型管網)，結合配水量與售水量比對，精進用電及漏水管理。
- ### 4.推動發展使用低碳能源

除了節能之外，臺北自來水事業處要求公務車及發電機儘量使用酒精汽油與生質柴油，規劃增加使用低碳能源，並增設太陽能發電系統，降低產生 CO₂，相關措施如下：。

- (1)2003 年底啟用首座太陽能 6.3 KW 與風力 2 KW 並聯發電系統。
- (2)2009 年底於公館淨水場增設 258 KW 太陽能發電系統，並於其管理廊設置「水水

光廊」展示相關環保教育內容，成為全國首座兼具生產與環保教育的淨水場。

(3)2010 年完成長興辦公場區 1.38 KW 太陽能發電測試系統。

(四)提升水資源利用效能

1.改善供水管網降低漏水

受氣候變異影響，降雨量已變得極不穩定，加上環保意識抬頭，新水資源開發不易，減少無計費水量 (Non-revenue Water, NRW)即成為臺北自來水事業處必須落實的措施。自 2006 年至 2025 年推動「供水管網改善及管理」長程計畫，整體目標為將漏水率降至 10 %。

為健全供水管網及提昇水資源利用效能，全面推動小區計量工法進行漏水改善，經由多管齊下以管線汰換、水壓管理、主動檢測漏水及修漏速率品質作為四大主軸方向，並搭配全線開挖施工以徹底斷除不明管，並以小區計量循環追蹤管網改善成效；自 2006 年起推動「供水管網改善及管理計畫第一階段計畫」，以 7 年 77.46 億的經費，汰換管線 875 公里，規劃 480 小區區塊及漏水檢測 26,800 處，並以 2025 年漏水率降低至 10 %為整體目標。

2013 年汰換管線 169.2 公里，漏水率由 2006 年 25.77 %下降至 2013 年 17.88 %，累積年漏水率降低 7.88 %，節省水資源 9,976 萬噸。

2.推動家戶節水計畫

2007 年推動家戶節水迄今，每人每日家庭用水量自 263 公升降至 2013 年 220 公升，降低 16.35%。推動節水相關作為如下：

(1)2007~2009 年製作節水墊片，分 3 年發送全轄區 130 萬家庭用戶。

(2)2004~2011 年每年均製作節水教材送全臺北市國小。

(3)2011 年舉辦「建國百年-家戶節水送獎金及好禮」活動，推動轄區內 158 個優良節水社區評比，並進行其中 105 個社區節水輔導。

(4)2011~2012 年舉辦國小教師節水研習。

(5)2012 年舉辦用心來節水-獎金百萬送節水獎勵活動。

(6)2013 年協助臺北自來水事業處「臺北好水」服務團製作團隊形象宣導品、家戶節水宣導品、設計製作「臺北好水」服務建議書、設計製作標章及貼紙。擴大辦理全民節水百萬抽獎活動並配合「公館聖誕季」舉辦，將獎項由 170 名增加到 310 名，2013 年報名人次突破 27,000 名，較 2012 年報名人次成長 20%，成功達到宣傳節水之目的。

「家戶節水」係以點、線、面方式，從「家庭」「社區」「學校」「社會」4 個管道來推動，例如發送全轄區家戶節水墊片；免費幫社區檢測漏水；在社區舉辦節水比賽吸引民眾注意；製作好玩有趣的節水教材到各個小學；另外還舉辦「獎金百萬全民節水抽獎」創造節水議題，經由社會營造節水話題氣氛、學校推動水教育、社區凝聚節水意識，最後在家庭生活中來落實節水行動，以多面向宣導及鼓勵民眾實踐節水生活。2013 年每人每日家庭用水量相較於 2007 年降低了 16.35 %，因用水量降低，讓臺北有餘裕的水量及時間來防範旱象及支援其他缺水地區供水。

2013 年經全方位結合臺北市政府屬機

關學校、社區、社會及家戶全方位的推動節約用水宣導，成效如下：

(1)與臺北市政府相關局處、臺灣師範大學、水利署、水資源環境教育學會及民間團體組織等，共同響應世界水資源日，於自來水園區辦理 2013 水資源合作年-Taipei Go 活動，辦理水資源圓桌論壇、愛水惜福嘉年華等活動，推廣水資源保育、傳達水資源環境教育理念。另並製作節水小達人專屬網站，供社會各界可自主學習節水知識，期望透過網路的力量來傳播節水理念。

(2)每人每日用水量與每人每日家庭用水量均優於原訂目標，每人每日用水量 334 公升（原目標 337 公升）、每人每日家庭用水量 220 公升（原目標 221 公升），顯見推動節約用水工作已有具體成效。

除了上述具體績效外，更積極參與臺北市政府以外專業團體及政府機關舉辦之創新、工程品質競賽屢獲佳績，為臺北爭光。以「家戶節水計畫」擊敗日本、韓國等競爭對手，榮獲國際水協會 2012 專案創新獎東亞區首獎及全球榮譽獎。

3.水資源教育

要讓保育種子萌芽必須從小扎根，故主動深入國小校園水資源教育，除透過舉辦一系列節水教育課程將節水觀念深植學童心中外，2004 年起每年製作節水學習手冊分送北市國小學童，落實向下紮根目標。2009 年製作多媒體互動電子書，以仿照時下流行之線上遊戲方式，採互動模式製作，讓學童在遊戲中學習節水知識，2011~2012 年開辦教師研習營，函邀北市及新北市國小教師參加，2012 年另舉辦網路節水佳句、節水徵

文、節水教案等創意比賽有 123,000 人參與近 3,300 作品報名，以生動有趣的方式與民眾互動辦理宣導，頗受民眾好評。2013 年更針對全市國小 3 年級學童製發 23,000 份節水成績單，透過成績單內容教導小朋友如何觀察及紀錄家中用水情形，並傳達相關節約用水觀念，達到節水向下深耕的目的。

(五)降低事業活動對環境影響

1.淤泥再利用

自來水淨水過程中產生的淤泥，若不經處理即排放，將會污染河川。傳統以掩埋處理方式成本高，現在提供淤泥餅作為製磚及水泥之原料，不但可避免二次公害，平均每年可節省近 1 億元以上的掩埋處理費用，亦可將廢棄物轉變為可利用之資源，使淨水場成為零排放、零污染的產業。

2.紙張減量

為降低紙張使用量，推行無紙化會議及公文電子化工作，大幅降低紙張耗用量。

3.資源回收再利用

各辦公處所均投入資源回收工作，針對可回收資源予以分類回收，2013 年度資源回收量達 18,803 公斤。

(六)節能減碳執行成果

2013 年臺北自來水事業處依環境方案所執行之節能減碳成果如表 2 所示，整體減碳成效早於 2009 年即已榮獲經濟部節約能源績優獎，並讓臺北登上國際期刊封面，也獲得國際水協會（International Water Association, IWA）「2010 年工程革新獎」東亞區首獎及全球榮譽獎，這是臺灣自來水界首次獲得的國際性大獎，臺北自來水已站上國際舞台，臺北亦以身為綠色供水城市而驕傲。

表 2 2013 年節能減碳成果

環境方案	環保效果
辦公室節能	減少 CO ₂ 排放量 1,231 噸，提升辦公事物設備效率
降低生產耗能	減少 CO ₂ 排放量 11,011 噸，降低噪音及震動
使用酒精汽油	減少 CO ₂ 排放量 70.74 噸，兼具推廣使用低碳能源示範效果
太陽能發電	減少 CO ₂ 排放量 94.08 噸，兼具教育示範功能
導入節能準則	減少 CO ₂ 排放量 1,378 噸，推動環保工法兼具示範效果
建立綠化環境	減少 CO ₂ 排放量 0.86 噸，綠化美化環境
汰換管線	減少 CO ₂ 排放量 7,510 噸，提升水資源利用效能
節約用水	減少 CO ₂ 排放量 4,173 噸，提升水資源利用效能
淤泥水零排放再利用	減少 CO ₂ 排放量 260 噸，利用減少廢棄物垃圾產生
紙張減量	減少 CO ₂ 排放量 15 噸，減少紙張耗用
資源減量與垃圾回收	減少 CO ₂ 排放量 46 噸，利用減少廢棄物垃圾產生
非臨櫃服務	減少 CO ₂ 排放量 182 噸，強化非臨櫃服務增加遠距便利性
備註：CO ₂ 排放量係依當時經濟部能源局最新公布之電力係數及每度水約當排放量計算。	

三、未來展望

基於企業公民的立場，除強化企業 EMS 環境管理系統執行外，並積極廣續推動綠色措施，如表 3 所示，朝「臺北自來水事業處-綠色生產」、「供應商-綠色採購」、「員工-綠色生活」、「用戶-綠色服務」、「社會-綠色責任」5 個面向來建構綠色供水城市。

「打造不缺水的綠色供水城市」不但是臺北自來水重要目標也是企業社會責任，將持續擴增供水能力，讓更多民眾共享優質水

源，且不增加供水風險。除秉持維護水資源職志，廣續推動綠色節能環保措施與穩定供水外，並致力綠色服務及環境教育工作，尚須扮演好企業經理、環保尖兵、社會志工等三種角色來塑造「上善若水」的企業文化。

表 3 綠色措施

綠色採購	建築及供水設施導入環保節能設計
	採購品環保標章採購比率
綠色生活	提供員工綠色生活紀錄機制，提升環境意識
	鼓勵員工減碳作為，落實環保
綠色服務	網路申辦、查詢、多管道繳費及 CALL CENTER 服務，讓用戶免臨櫃不用出門
	缺水漏水 1 小時到場，讓水資源流失即時停止
	電子帳單減少用紙
綠色責任	推動節水家戶化，降低用水量
	推廣節水教育宣導，讓環保意識推廣至社會各階層

參考文獻

1. Taipei Water Department, "Taipei aims for a 'green' water supply," Water21- Magazine of the Internation Water Association, 2009.
2. 臺北自來水事業處，發現台北好水，臺北自來水事業處，2011年。
3. 臺北自來水事業處，2012永續發展及環境報告書，臺北自來水事業處，2013年。
4. 臺北自來水事業處，2013永續發展及環境報告書，臺北自來水事業處，2014年。

作者簡介

張琰堉先生

現職：臺北自來水事業處淨水科三級工程師

專長：化學工程、環境工程、淨水處理、自來水工程設計及施工

台灣自來水公司節流措施—以動力費為例

文/羅治信、陳品如

一、前言

台灣自來水股份有限公司(以下簡稱台水公司)近年來營業成本增加幅度，遠超過營業收入成長幅度，因水費收入無法抵償營運支出，近十年(94 至 103 年)給水投資報酬率平均為-0.244% (如圖 1)，投資報酬率明顯偏低，在收入成長有限而成本逐年攀高的情況下，致每度售水成本已高於每度售水收入，造就台水公司入不敷出的財務窘境。

台水公司另須支應各年度固定資產增擴建計畫，導致其短期債務由 95 年度 128 億 8,924 萬 4,000 元增至 104 年度之 221 億 3,652 萬 2,000 元，長期借款由 95 年度 345 億 8,203 萬 1,000 元增加至 104 年度之 400 億 7,187 萬 8,000 元，總計該公司 104 年度融資總額已高達 622 億 0,840 萬元，利息費用負擔日益沉重。

二、開源節流重點措施

深究其財務惡化之因，係台水公司之水價二十多年來未曾隨著通貨膨脹，原物料價格上揚進行調整，而各項發包費用亦逐步調升。又自來水普及率愈高及配合節約用水政策等不利因素，以致台水公司「給水收入難有成長」；另則，由於自來水普及率愈高，供水管線愈延伸至偏遠地區，用戶分散且稀少，成本大幅增加，尚須肩負政策性任務，故台水公司「給水成本逐年攀高」。

在現有政治環境及民意氛圍下，於可預見的未來難以期待水價合理調整，在開源不易的情況下，「節流」成為另一重要課題。故台水公司轉而積極地推動各項降低成本(節流)相關具體作為，以提升財務績效，期能舒緩財務之沉重壓力。

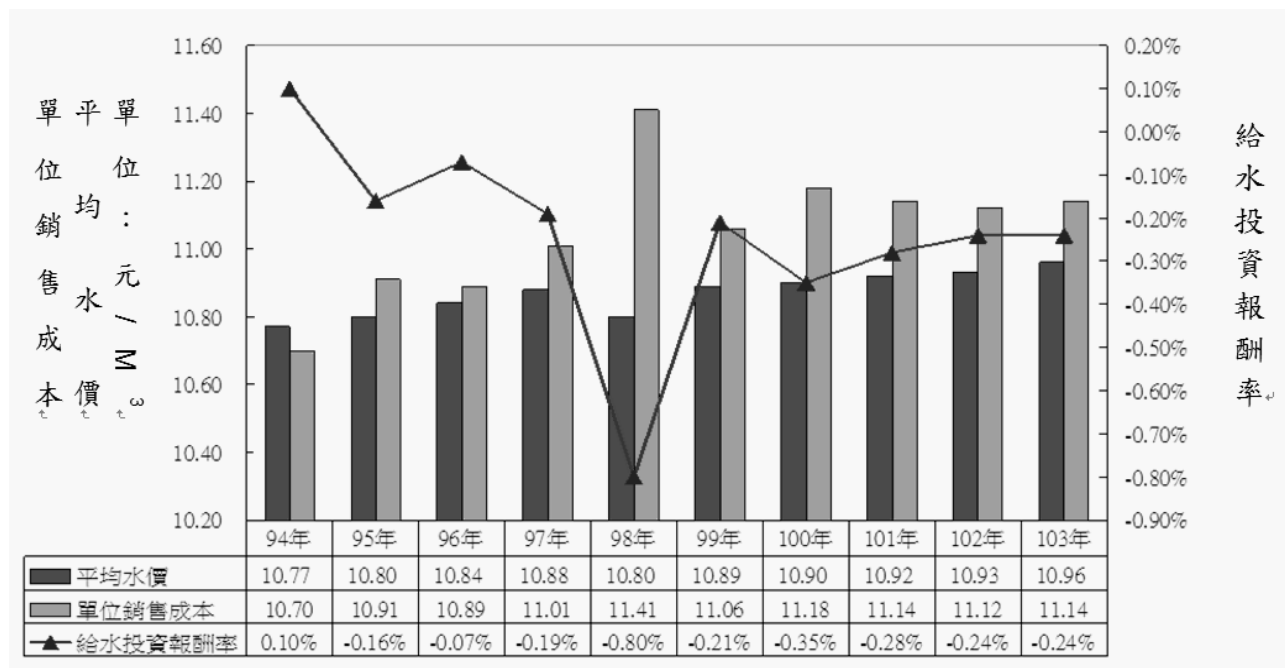


圖 1 台水公司近十年 (94 至 103 年) 給水投資報酬率

台水公司除持續加強防範工程弊端，冀期不虛擲投資成本；現階段以(一)重大成本項目進行系統性改善外；另以(二)提升小區管網比對標準達成率(三)降低庫存，減少積壓資金成本(四)營運管理系統硬體設備轉置(五)加強固定資產投資財務分析等為重點措施，積極辦理，茲分述如次。

(一)重大成本項目進行系統性改善

台水公司在「支出」方面，固定成本約占 70%，變動成本又皆屬營運上必要之支出，另為達穩定供水之目標，部分供水工程之投資，即使報酬率為負、投資無法回收仍須執行。在此特殊經營環境，台水公司將持續戮力嚴謹執行預算，嚴格抑制費用支出，定期檢討及提出改善對策。

台水公司已研提「降低營運成本計畫」，就 7 項重大成本項目進行系統性改善，建立控管目標如下：

1. 用人費：以不超過最近三年用人費占營業收入之平均比率為目標
2. 動力費：以不超過上年度供水單位用電量(即成長率 $<0\%$)為目標
3. 機修費：以不超過上年度供水單位機械設備修護費成長率 5%為目標
4. 外包費：以不超過上年度供水單位外包費成長率 15%為目標
5. 原料：以不超出最近 3 年平均決算數成長率 5%為目標
6. 物料：以不超過上年度累計出水單位用藥量成長率 5%為目標
7. 利息：以(中央銀行公布之五大銀行新承做放款加權平均利率－台水公司長、短期借款加權平均利率) $>0.45\%$ 為目標，以嚴格控管各項支出，提升營運績效。

(二)提升小區管網比對標準達成率

配合區管理處酌予修訂年度檢漏計畫，調整投注相關人力及檢漏等設備儀器，藉以提升分區計量管網達成率。透過圖資收集、現場勘查、斷水確認、區域管線檢漏與修漏、檢修漏前後的漏水量調查及統計分析，以減少漏水造成之成本。

為協助各區管理處小區管網建置比對標準(抄見量/配水量=85%)達成率提升，預計每年增加 20 個小區達到比對標準，推估可降低配水量 200CMD/小區，達到減少供水損失之成效，預估未來年度每年約減少支出 920 萬元。

(三)降低庫存，減少積壓資金成本

各項材料通知廠商分批交貨，依存量管制檢討及各項工程需用時程分析訂定批量入庫，各項工程依實際工程進度辦理領料。材料管理單位為避免各項工程停工待料影響營運績效，備料採高存量庫存管理以應不時之需，致積壓資金增加成本、影響營運績效。

為降低庫存，減少積壓資金成本，採取精進作為如下：(一)依零庫存的精神，僅儲備非計畫性工程及搶修用料所需之數量，常用材料調查各單位需求量，以統購方式訂定契約，依工程需用時程分批交貨工地，減少庫存數量及材料運送費用(二)原儲存於倉庫供各項工程領用之材料，改以統購方式訂定契約，依工程需用時程分批交貨工地，減少庫存積壓資金，以降低成本。計畫執行後，預計每年約降低庫存金額 1%。

(四)營運管理系統硬體設備轉置

現行營運管理系統因其硬體設備老舊、處理速度緩慢及相關零件取得不易，為

利支援網際網路應用需求、節省硬體維護成本並提升用戶服務品質，台水公司將 12 個區管理處及 99 個服務(營運)所，現行營運管理系統轉換至開放式平台上作業，並採用虛擬化技術提高硬體資源使用效率，降低維護管理成本。

規劃辦理事項如下：(一)採用.NET 技術及關連式資料庫將營運管理系統轉置開放式平台作業(二)採購符合開放式平台標準的 VM 伺服器主機及周邊零件，汰換現行迷你主機(Fujitsu K/PG 主機)，以大幅降低迷你主機維護人力及成本(三)使用虛擬化技術規劃伺服器硬體架構，提升資源使用率及運作效率、簡化管理及維護作業。執行後，預計每年約可節省維護費用 1,375 萬元(以開放式 VM 伺服器汰換現行迷你主機，每年節省維護費約 775 萬元；另，轉至開放式環境後，營運系統跨所無需使用 GS 主機跨所傳輸支援，每年可節省維護費用約 600 萬元)。

(五)加強固定資產投資財務分析

台水公司歷年來各項重大工程或專案投資，均以政策性因素為優先考量，而未能落實效益評估，故為強化台水公司專案投資計畫之效益評估，於固定資產投資前應先審慎評估，俾能符合公司經營策略及有效利用現有資源，以提升經營績效。

落實各項重大工程投資專案計畫之投資效益評估，具體作為涵括(一)依「國營事業固定資產投資計畫編製評估要點」及「經濟部所屬事業固定資產投資專案計畫編審要點」，進行可行性評估，覈實考量各階段潛在風險因子(二)陳報總處後，由工程業管單位就有關財務評估部分，會請會計處及財務處審查(三)由審查單位將應改進之審查意

見簽請工程業管單位，退回原規劃單位限期改善修正，以防止無效益固定資產之投資，並避免過多或過早投資，以減輕債息負擔、節省管理維護費。

三、管控動力費

上揭每項節流措施台水公司均依(一)情況概述(二)問題與檢討(三)改善作法(四)執行成效等逐一控管。其中「動力費」佔台水公司售水單位成本約十分之一(如圖 2)為首要，以下爰以動力費為例說明。

台水公司103年售水單位成本11.13元/度

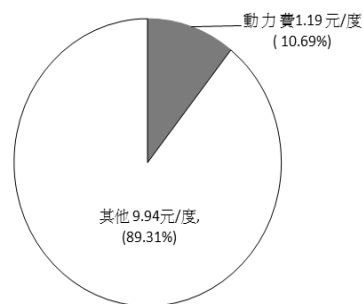


圖 2 台水公司售水單位成本

(一)情況概述

台水公司各操作場站電力用電(動力費)屬工業用電，原依電業法規定享有 7 折優惠。

台灣電力公司於 101 年 6 月 10 日第一階段電價調漲 13.4%，於 102 年 10 月 1 日第二階段調漲 12.24% (含打 9 折)，合計漲幅約 26%；另台灣電力公司於 102 年 9 月 10 日表示：公用自來水事業等單位用電，自 102 年 10 月電費月份起回復按電價表一般電價收費(取消 7 折優惠)。

(二)問題與檢討

1.動力費支用數之多寡，視外在之天候關係、電價與內在之抽水揚程、抽水機效率

等變數繁多。

- 2.以100年（電價調整前）為例，台水公司動力費決算數為16.17億元，依電價第二階段調漲後合計調幅為26%計算，則台水公司因電價二階段調漲，預估增加動力費支出計4.2億元（ 16.17×0.26 ）。
- 3.依前開電價調漲後，全年度動力費用支出數為20.37億元（ $16.17 + 4.2$ ），若取消7折優惠改按一般電價收費，則全年度預估需求數為29.1億元（ $20.37 \div 0.7$ ），即台水公司預估將再度增加動力費支出計約8.73億元（ $29.1 - 20.37$ ）。
- 4.若102年以上述天候等變數除電價外均同101年，依前開調漲後電價即取消7折優惠，預估動力費需求數（29.1億元）計算單位用電量成本約3.05元/kWh（ $29.1 \text{億元} \div 9.6 \text{億kWh}$ ）。

(三)改善作法

台水公司對於原、淨、供水費用合計動力費用訂有「節約動力費作業要點」及「節約淨水藥品費、動力費、高級淨水處理外包費、清水原料費用作業要點」，頒布其所屬各區管理處嚴格控管，定期於台水公司「如何增加營收，降低營運成本，提高經營績效」推動小組會議檢討控管，並對節約動力費成效顯著者給予獎勵。

其中「節約動力費作業要點」適時依施行狀況修訂，期能建置合理化操作模式，提高能源使用效益，有效降低動力費用支出，於97年起訂頒迄今已修訂7次，最近一次修訂為104年6月2日以台水供字第1040016102號函修訂，控管措施如下。

1.評估適切的契約容量

廠所每月依據台電供電電費通知單，檢

討用電負載與契約容量契合情形。

2.改善功率因數

台電公司「電價表」中訂定用戶用電的功率因素如超過80%時，每超過1%當月電費減少0.15%，如低於80%時，每低於1%當月電費增加0.3%，故功率因數影響電費甚鉅，故台水公司按月檢討轄管場站功率因數，如低於95%者即檢討改善功率因數之裝置。

3.改善並選用適當電動機及抽水機

(1)電動機（即馬達）部份：採用高效率之電動機（如CNS1440-C4482規定），並選用適當的抽水機相匹配，使電動機負載率可達75%—100%之最高運轉效率，以避免負載過高，造成不當電能損耗；避免無載空轉，若每次空轉時間較長時，可考慮設置程序控制器或變速控制器。

(2)抽水機部份：依照確切的場合與需求，選擇正確類型且高效率抽水機，滿足管路特性需求

4.落實用電設備保養與維修

依機制落實供水設備保養與維修。如定期抽水機的進行保養與維修，以減少抽水機10%~15%效率衰減，並可延長抽水機使用壽命，對節能省電有莫大助益

5.調整供水操作模式

(1)優先採用重力取水方式或原水費用較低廉之原水

(2)供水系統操作及運轉，盡量利用離峰時間啟動，以避免使用高額尖峰電費。

(3)充分利用台電「時間電價」時段，評估二段式或三段式時間電價，採對於公司較有利者，以達節約動力費用，亦可評估將調降尖峰契約容量移至週六半尖峰契約及

離峰契約，俾利週六半尖峰及離峰可獲取較多之契約容量。

(4)高壓場站依緊急應變計畫、區域用水特性及操作模式減少尖峰時間用電，將多餘契約容量移至半尖峰時段。

(5)依電力公司電價表調配季節性用電或供水用電或備用電力，以節省動力費。

6.慎選時間電價計費方式

依經常契約容量得選用台電時間電價計價方式，一年為期，故於選用前逐月評估全年效益，以維護用電權益。

7.建置最適化合理操作模式

建置最適化合理操作模式，並訂定標準操作程序(SOP)諸如供水轄區尖峰、離峰時段用水量不一，抽水機組可搭配大、中、小容量之最佳組合操作模式，或將大馬力抽水機搭配變頻器控制使用等，以減少不合理之能耗；並檢討各項機具設備使用效能，以減少非必要之能耗。

8.區分高、低壓供水區域

若未劃分高、低壓供水區域，易造成破管、漏水，增加動力費，故就送高地區高壓管線混接低地區供水區域進行盤點及檢討。

9.加強供水系統輸配水管線檢修漏作業及受水池、清水池、配水池水位管控。

加強高地區輸、配水管線巡查及檢修漏作業，避免因加壓送水造成管線漏水及破管，增加動力費支出及浪費水資源；定期檢查受水池、清水池、配水池本體漏水情形，倘發生洩漏時應盡速辦理整修作業。

10.檢討配電系統

三相負載需保持平衡，避免超載用電，確保電源電壓為額定電壓正負 5% 內，及採用高效率之變壓器等，減少電力損失。

11.加強洗井作業

可提高深井出水量及減少抽水時間，以達節省動力費支出。

12.調整合理水壓

對供水區水壓穩定需分段調整加壓抽水機操作水頭，可視尖離、峰用水需求，適當調整操作水頭；提高水壓相對增加動力能量，而動力主要來源為抽水機所需之動力，合理水壓可以降低漏水及節省動力費。

(四)執行成效

1.節省電量

台水公司 103 年累計供水單位用電量 $0.2972\text{kWh}/\text{m}^3$ (用電量 950,263 千 kwh/供水量 3,196,882 千 $\text{m}^3=0.2972\text{kWh}/\text{m}^3$) 較 102 年累計供水單位用電量 $0.2996\text{kWh}/\text{m}^3$ (用電量 937,349 千 kwh/供水量 3,128,967 千 $\text{m}^3=0.2996\text{kWh}/\text{m}^3$)，減少 $-0.0024\text{kWh}/\text{m}^3$ 。

又統計 99~103 年單位用電量(如圖 3)，自 100 年起單位用電量均逐年降低，其中 103 年單位用電量較 99 年減少 5.66%。

2.節省費用

為節約龐大動力費支出，台水公司依 101 年單位用電量 ($0.308\text{kWh}/\text{m}^3$) 之 0.01% 為 $0.0001\text{kWh}/\text{m}^3$ ，控管年度供水單位用電量，換算 103 年度之預定目標減少之支出 950 千元。

經控管，台水公司 103 年度供水單位用電量計減少 $-0.0024\text{kWh}/\text{m}^3$ ，折算為動力費約節省 17,625 千元 ($=-0.0024\text{kWh}/\text{m}^3 \times 103$ 年單位用電量成本 $2.972\text{元}/\text{kWh} \times 103$ 年供水量 3,196,882 千 m^3)，可知台水公司推動節約供水場站動力費之各項控管措施，已略具成效。

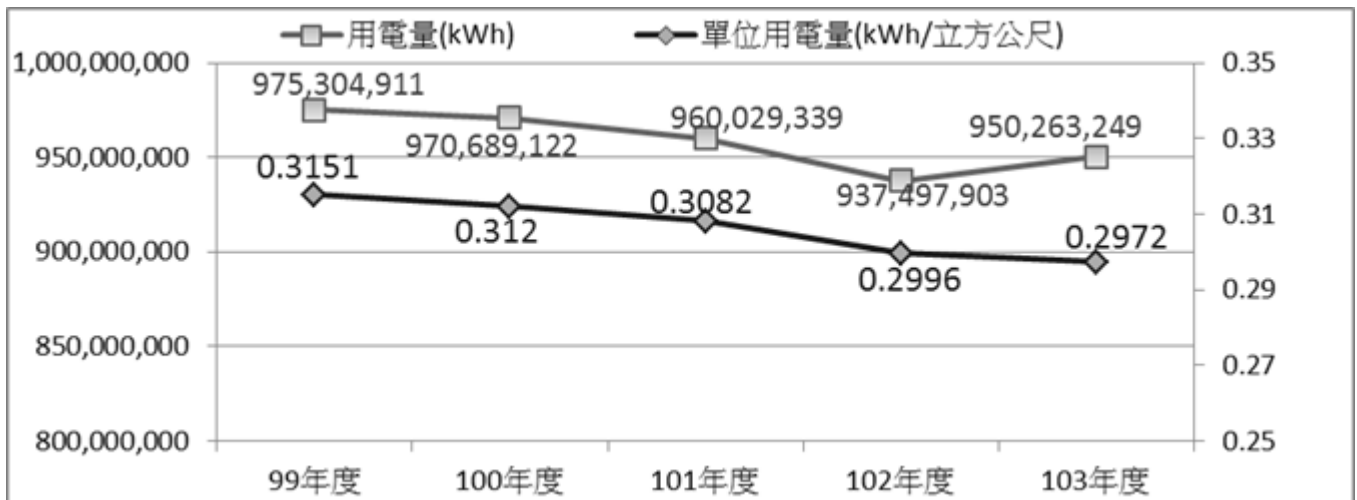


圖3 近5年(93至103年)台水公司用電統計表

四、結語

節流就像擰濕毛巾，每年都加把勁擰，總是會滴出水來，但是毛巾總有擰乾的一天；甚且過度節流恐造成營運風險，甚而危及供水穩定與安全。因此，降低成本、擰節開支必須在「合理成本範圍」內。台水公司在「滿足民生及經濟發展所需之用水，避免缺水危機」前提下，各項營運支出在節流措施之力行下，可節省之空間已捉襟見肘。

再者，相對開源「水價合理化」而言，各項節流效益僅係杯水車薪，「水價長期偏低、無法合理反應成本」實乃造就台水公司財務困窘的問題根源。水資源雖為國家整體資源的一部份，民眾有權享用，但應在公平與合理的基礎上，根據使用者付費原則，訂定合理水價，以反應合理的業主權益投資報酬率及水源開發成本。然而，事與願違，台水公司水價無法隨市場機制調整，無法合理反映成本，致財務負荷沉重，企業經營成效嚴重受到扭曲。財務是企業經營活力的來源，一間企業化經營的公司除積極提升經營效率（節流）外，「水價合理化」（開源）方

為改善財務結構之上策，故台水公司當尋求主管機關及社會各界支持，配合政府政策及考量社會觀感，適時推動水價合理化。

參考文獻

- 1.台灣自來水公司，永續報告書，2014。
- 2.台灣自來水公司，台水公司經營改善計畫-開源節流提升效益，2014。
- 3.台灣自來水公司，節約動力費用作業要點，2015。

作者簡介

羅治信先生

現職：台灣自來水公司企劃處組員

專長：管理績效考核、企業管理

陳品如女士

現職：台灣自來水公司企劃處管理師

專長：自來水業務管理分析

直飲台 QR Code 即時水質查詢及自主維護管理

文/黃騰宏

一、前言

自來水直接飲用是國際城市進步的指標，臺北的自來水取自水質純淨新店溪水源，在良好水源保育、妥善淨水處理、健全供水系統及嚴密 24 小時水質監控系統等綜合條件下，供水水質已達世界一流水準。除符合我國飲用水水質標準外，並媲美歐、美、日等先進國家，可直接飲用。

推動自來水直飲，是北水處責無旁貸使命，不僅是對市民的承諾，更讓大家用得方便，喝的安心，使臺北市成為國際一流的城市。由於市民長久以來習慣飲用煮沸過的自來水，對於直飲自來水缺乏信心，水質資訊是否「公開透明」，具關鍵因素，雖然北水處已將 65 站 24 小時水質監控點之水質即時資料公布於外部網站，惟當下直飲地點的水質是否合格，民眾仍心存懷疑。因此，水質資訊的公開透明已是刻不容緩。

為實施自來水直接飲用之學校、機關、捷運車站及公園等設置飲水台之場所，按行政院環境保護署訂「飲用水連續供水固定設備使用及維護管理辦法」規定，飲用水設備管理單位應將每一飲用水設備水質檢驗及設備維護紀錄表置於該設備明顯處，並備主管機關查核。另臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）業訂「飲水台自主維護管理措施」規定，由管理單位辦理自主維護。（範例：圖 1 木柵動物園直飲台水質檢驗及維護紀錄表）



圖 1 木柵動物園直飲台水質檢驗及維護紀錄表

上述紙張報告等，常因現場環境無適當地點擺放、遺失或遭風吹雨打破損、髒亂等問題履有所見，除無法明確揭示水質資訊，另對管理單位是否落實自主檢查，亦無系統可資稽核。

鑑於科技時代網路逐漸普及，以 QR Code 掃描連結方式揭示設備水質檢驗及設備維護紀錄，經北水處多次跨單位協調溝通，業經行政院環境保護署 104 年 5 月 14 日函示，如經地方環保機關測試直接連結該設備之紀錄成功，且其揭示內容符合該辦法相關規定，則可納為揭示作法之一。

北水處以 QR Code 改變水質資訊公布（即時水質查詢）及以 QR Code 改變直飲台管理方式（自主維護管理）為全國首創（圖 2），讓「水質資訊公開化，民眾直飲安全有保障」。



圖 2 直飲台 QR Code 示意圖

關鍵字：直飲、QR Code、水質、自主維護

二、實施方法及過程

北水處藉由新設直飲台設置及宣傳、大型活動行動直飲服務、指標建物台北好水服務，以及學校教育宣導等各種直飲推廣宣導活動，由外在表彰方式，期能逐漸改變市民飲用水習慣。QR Code 實施作業如下

(一)銘牌設計

為設計美觀大方及吸引民眾目光銘牌，透過同仁設計巧思，並結合北水處「台北好水」意象，及考慮現場實務需求(防水、防鏽等)，尋找各款防水貼紙及進行多次 QR Code 掃描測試辨視效果，完成直飲台 QR Code 銘牌(圖 3)。



圖 3 直飲台 QR Code 銘牌

(二)直飲台 QR Code 資訊

依直飲台編號，系統自動判斷為行動式或固定式(圖 4)



圖 4 直飲台 QR Code 資訊

1.即時水質查詢(以 QR Code 改變水質資訊公布)

(1)動式飲水台

為建立民眾直飲信心，北水處配合大型活動或慶典設置行動式飲水台，提供民眾親身體驗直飲之宣傳活動。已於台北燈節活動，邀請柯市長代言，並搭配 QR Code 公布水質資訊(圖 5)，向國人宣達台北好水可以直飲。



圖 5 柯市長代言，QR Code 公布水質資訊

接續在天母水道祭、世界水日、百日新政市民童樂會活動、世界地球日、水岸台北端午嘉年華及臺北親水節等等，也提供行動式飲水台，讓愈來愈多民眾到直飲台親自體驗直飲台北好水。每一台飲水台可顯示 3 頁籤(檢測總表、檢驗結果及自主維護紀錄)。

A.檢測總表(最近 5 筆檢測資料—顯示活動值班同仁現場檢測飲水台水質濁度、餘氯、pH 上傳結果)，並可提供民眾按鑽、留言及查詢「線上監測資訊」。

B.檢驗結果(顯示該飲水台-大腸桿菌群水質檢驗結果)。

C.自主維護紀錄(提供活動值班同仁輸入現場檢測飲水台水質濁度、餘氯、pH 結果)。

(2)固定式飲水台

目前臺北地區捷運車站、學校、公園、機關、觀光飯店及圖書館等公共場所提供自來水直接飲用服務，截至 104 年 5 月底已設置 650 台飲水台，且張貼 QR code 可即時查詢水質資訊。每一台直飲台可顯示 4 頁籤(水質監測全圖、檢驗結果、管網監測資訊及自主維護紀錄)

A.水質監測全圖(點選圖上任一點水質線上監測點，可顯示水質監測現況，圖 6)



圖 6 水質監測全圖

B.檢驗結果(顯示該飲水台最新 8 筆資料大腸桿菌群水質檢驗結果-每 3 個月檢驗 1 次，即 2 年內資料，圖 7)

探樣日期	探樣時間	大腸桿菌群	檢驗合格
104/04/13	10:37	<1	是
104/01/12	14:50	<1	是
103/10/01	09:25	<1	是
103/07/01	13:50	<1	是
103/04/10	15:20	<1	是
103/01/07	09:30	<1	是
102/10/01	09:25	<1	是
102/07/01	09:20	<1	是

圖 7 水質監測全圖

C.管網監測資訊(顯示該飲水台最近監測站

之最新 8 筆濁度、餘氯、pH 資料-每 15 分鐘 1 筆，即 2 小時資料，圖 8)

探樣日期 年/月/日 時:分	濁度 (NTU)	餘氯量 (mg/L)	pH值	是否合格
104/06/05 18:30	0.04	0.47	7.1	是
104/06/05 18:15	0.04	0.47	7.1	是
104/06/05 18:00	0.05	0.46	7.0	是
104/06/05 17:45	0.05	0.47	7.0	是
104/06/05 17:30	0.04	0.47	7.1	是
104/06/05 17:15	0.05	0.47	7.1	是
104/06/05 17:00	0.05	0.47	7.0	是
104/06/05 16:45	0.04	0.47	7.1	是

圖 8 管網監測資訊

D.自主維護紀錄(可顯示最近 5 筆資料，提供管理單位輸入現場飲水台自主維護資料，圖 9)

維護日期 年/月/日	台灣 標準	水壓穩定 (T/F)	*排水 時間 (分鐘)	餘氯 (mg/L)	執行者	備註
104/05/05 10:02	✓	✓	1	0.42	臺北大眾捷運股份有限公司	
104/05/04 10:05	✓	✓		NA	臺北大眾捷運股份有限公司	
104/05/03 10:00	✓	✓		NA	臺北大眾捷運股份有限公司	
104/05/02 10:08	✓	✓		NA	臺北大眾捷運股份有限公司	
104/05/01 10:10	✓	✓	1	0.43	臺北大眾捷運股份有限公司	

圖 9 自主維護紀錄

2.自主維護管理(以 QR Code 改變直飲台管理方式)

為加強直飲台自主維護管理，建置「自主維護紀錄」，提供維護管理單位透過智慧手機掃描 QR Code，輸入帳號及密碼，即可進行飲水台自主維護資料輸入，包括台面清潔、水壓、餘氯等。市民亦可利用智慧手機掃描 QR Code，查詢飲水台每日自主維護情形及對該飲水台按「讚」或「留言」(圖 10)。

飲水台使用建議：

請留下建議

如果您需要我們進一步服務，請電洽本處客服中心24小時服務電話02-87335678或留下聯絡方式，我們將儘速與您聯繫。謝謝!!

姓名

請輸入姓名

電話(請輸入市話xxxxxxx或行動電話09xxxxxxx)

請輸入市話或行動電話

E-mail

.....

圖 10 市民對飲水台留言畫面

三、直飲台管理

(一)飲水台新設及異動資料：建置「飲水台管理」網頁，提供輸入帳號及密碼，即可進行飲水台資料匯入（包括直飲台基本資料及水質檢驗資料，圖 11）。

台北好水

系統管理 用戶管理 直飲台管理

水質線上監測資訊

直飲台資訊

直飲活動花絮

影音專區

直飲Q&A

直飲管理

水質監測資料更新

水質資料匯入

Choose File No file chosen 匯入

直飲台資料匯入

Choose File No file chosen 匯入

臺北自來水事業處 1099 年 10 月 1 日 電話: 02-27298889 傳真: 02-2729-0070 地址: 10672 臺北市大安區信義路 131 號 臺北自來水事業處 1099 年 10 月 1 日 電話: 02-2729-0070 傳真: 02-2729-0070 地址: 10672 臺北市大安區信義路 131 號

圖 11 飲水台資料匯入畫面

(二)QR Code 資訊

- 1.北水處訂定「飲水台自主維護管理措施」
 - (1)每日維護並檢視飲水台台面及環境清潔、出水水壓是否穩定等。
 - (2)每週檢測餘氯至少 2 次。
 - (3)若水質餘氯 $<0.2\text{ppm}$ 、水色不佳、停水或疑似施工污染，飲水台前懸掛「暫停飲用」告示牌，並於自主維護管理紀錄表備註。
- 2.系統管控機制

(1)當民眾透過手機「留言」或維護單位有備

註、維護頻率不符、輸入水質檢測結果不合格時，系統會將訊息自動傳送至北水處辦理後續處理及管控【結合客服 24 小時服務辦理】。

(2)預防 QR Code 無法連結：開發檢核主機程式，斷訊由系統自動通知，並搭配自主維護管理單位異常通報。

四、遭遇困難及突破策略

(一)處內

北水處技術科為直飲推廣主要幕僚、水質科負責直飲台管理、水質檢驗等相關業務、業務科受理民眾或自主維護單位反應直飲台意見、企劃科及總務科負責直飲行銷活動規劃及各營業分處負責直飲台設置

(二)處外

- 1.環保單位：行政院環境保護署訂「飲用水連續供水固定設備使用及維護管理辦法」規定，飲用水設備管理單位應將每一飲用水設備水質檢驗及設備維護紀錄表置於該設備明顯處，並備主管機關查核。本案以 QR Code 掃描連結方式揭示設備水質檢驗及設備維護紀錄，經多次與臺北市政府環境保護局溝通，並由該局行文行政院環境保護署，業於 104 年 5 月 14 日經環保屬函示，如經地方環保機關測試直接連結該設備之紀錄成功，且其揭示內容符合該辦法相關規定，則可納為揭示作法之一。
- 2.直飲台自主維護管理單位：依慣例由學校、機關、捷運車站及公園等設置場所之單位負責自主管理及維護，本案取代以往現場張貼「自主維護紀錄」，避免紙本遭風吹雨淋致雜亂情事，且透過 QR Code 改變直飲台管理方式，提供維護管理單位透過

智慧手機掃描 QR Code，輸入帳號及密碼，即可進行飲水台自主維護資料輸入，以確保自主維護管理作業之落實，相關作業改變涉跨單位間整合，北水處已於 104 年 6 月 30 日邀教育局、捷運公司、學校、公園處等共 47 個相關單位辦理教育訓練講習及意見溝通，訓練過程由北水處進行直飲推廣說明、直飲台簡介及簡易故障排除、QR Code 操作說明，相關法規及水質檢驗說明，並於課程末進行意見交流座談，整體而言，學員對 QR Code 掃描達水質資訊公開透明表示肯定，另對 QR Code 改變直飲臺管理方式，與會單位亦表贊同，當日活動過程順利圓滿。

五、實際執行成效

(一)水質資訊公開透明

結合科技及網路普及，市民利用智慧手機掃描 QR Code，每一台直飲台可顯示水質監測全圖、檢驗結果、管網監測資訊及自主維護紀錄，讓數據說明一切並透明化，使得市民可安心、放心直接飲用自來水。

(二)直飲台資料即時掌控

建置「飲水台管理」網頁，提供北水處人員輸入帳號及密碼，即可進行飲水台資料輸入（包括基本資料及水質檢驗資料），即時掌控直飲台新設或異動資料。

(三)落實自主維護管理

維護管理單位透過智慧手機掃描 QR Code，輸入帳號及密碼，即可進行飲水台自主維護資料輸入，透過系統管控維護情形及自動檢核提醒機制，以提升自主維護品質，市民亦可查詢飲水台每日自主維護情形及

對該飲水台按「讚」或「留言」。

(四)環保節能

本案取代以往現場張貼「水質檢驗報告」及「自主維護紀錄表」，避免紙本遺失或遭風吹雨淋致雜亂情事，平均年可省約 15,600 張 A4 紙張（650 台*12 月*2 式）。

(五)達直飲推廣宣傳

自來水直飲推廣政策及配合 QRcode 知水質宣導，企圖改變民眾既有飲水習慣，已引發新聞話題，加上市長親自出席視察及直接飲用（圖 12），其示範性使話題新聞性達高峰，聯合報、自由時報（圖 13）、Upaper、民報、中央社等平面媒體，以及華視、TVBS、壹電視、東森及民視等電視媒體爭相報導，已達向民眾推廣直飲的主要目標，單以台北燈節展覽期間（計 10 天），行動直飲台累計使用人數共約 8,128 人。

六、結論

自來水直飲推廣，家戶自來水直飲，可節省民眾用以煮沸水能源、裝設淨（濾）水器、耗材、維護及購買瓶裝水費用；學校實施直飲，可免除學童自家裡攜帶水壺或購買礦泉水負擔，亦節省學校每年維護飲水機設備龐大經費；公共場所自來水便利直飲，民眾飲水更輕鬆、方便、零負擔，且可減少瓶裝水及塑膠使用，安全衛生、方便、經濟又環保的。不僅實現對市民承諾，讓大家用得方便，喝的安心，提昇北水處企業形象，也使臺北市成為國際一流的城市。目前台北地區各捷運車站、學校、公園、機關、觀光飯店及圖書館等，共設置了 650 座直飲台。每部直飲台都有設計 QR code，只要拿出手機

掃一下，就能立即得知直飲台水質最新狀況，讓水質資訊「公開透明」。



圖 12 市長出席及直飲



圖 13 104 年 4 月 23 日自由時報 QRcode 知水質

北水處相關直飲台資訊已介接於臺北市政府資料開放平台，便利民眾及機關查詢，另本案 QRcode 作業已撰擬操作手冊，可供相關單位使用，未來後續應用可配合北水處好水直飲政策推動，將 QRcode 結合直飲建物之自主維護管理。

誌謝

本報告之完成感謝北水處技術科科長廖介廷先生大力建議與指導。

參考文獻

- 1.技術科，「臺北市直飲推廣計畫」，臺北自來水事業處，2015年7月。
- 2.行政院環境保護署，「飲用水管理條例」，95年1月。
- 3.行政院環境保護署，「飲用水連續供水固定設備使用及維護管理辦法」，95年7月。
- 4.質科，「飲水台自主維護管理措施」第6版，臺北自來水事業處，2015年3月。
- 5.史午康等，水質資訊管理最佳化探討，臺北自來水事業處，2001年。
- 6.陳曼莉、鄭錦澤、朱健行，「提昇大台北地區供水系統及用戶用水設備供水品質之探討」，臺北自來水事業處，2002年。

作者簡介

黃騰宏先生

現職：臺北自來水事業處技術科股長

專長：自來水工程、水資源及環境工程

自來水事業減碳調適與節能對策因應

文/潘永生、朱健行

一、前言

人類的文明和地球生態系統正互相衝擊，而氣候危機就是最明顯且最具毀滅力及破壞力之威脅。人類的文明對生態系之粗暴性衝擊，將造成全面性的瘋狂亂局及惡性循環的摧毀；大氣層的破壞視此為最重的表徵，可謂是罪魁禍首，若再不迅速處理此危機，則對人類文明將有毀滅性的終結。

儘管氣候危機、水資源風險衝擊的表徵看似複雜，但令人訝異的是，其成因卻是非常單純。在世界各地，人類正將六種不同的空氣污染物排入大氣層中，這六種排放總量的污染物會吸收並且留住太陽的熱能，提高大氣、海洋和河川的溫度。儘管這六種空氣污染物(溫室效應氣體)一旦排入大氣後，溫度就會迅速上升，因此將它儘量降低，亦成為我們解決氣候危機最佳抉擇。

聯合國跨政府氣候變遷小組(IPCC)再三的警告：就算各國每年數十億美元減災調適，21 世紀末升溫最糟情境是 4.8°C，海平面最高上升 82 公分，另依國科會 2011 年研究：如果台灣在 2090 年時若升溫 3°C，夏季平均雨量最多會增加 26%，冬季平均雨量減幅最高恐達 22%。種種研究顯示全球平均溫度的上升，台灣將面臨土砂災害、缺水、洪水量的增加、水資源惡化、暴潮及海岸侵蝕等等嚴厲的考驗。

目前我們使用的大多數能源，仍來自於燃燒含碳量最高的煤、石油與天然氣。大氣

中的二氧化碳濃度，已從 1800 年工業革命初期的 280ppm，飆升到 2011 年的 390ppm，過去一百年間地球溫度大約上升了約 0.7°C，還會更熱嗎？溫室效應氣體(特別是碳排放量)是關鍵；因此努力推動低碳社會、加強水資源管理、CO₂ 減量及節約能源，方能節制碳排放，避免節能減碳淪為口號，仍待你我共同奮鬥努力！

關鍵字：節能對策、減碳調適、氣候危機、情境模擬、節能減碳、能量平衡

二、節能減碳與全球暖化

自來水事業係將地球所孕育出來的珍貴水資源，供應給自來水使用者作為飲用水的事業，與環境有著極密切的關係，因此必須掌握自來水與節能減碳與再生能源(或稱新能源)之重要相關性。

(一)溫室效應(Greenhouse effect)

從太陽輻射出來的熱量抵達地球表面，再以紅外線方式將熱放射出去時，被二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、氫氟碳化合物等等溫室氣體吸收，所以熱能被保留在大氣中再反射回地表，使地表溫暖的現象，稱為「溫室效應」。^[1]

(二)溫室氣體有哪些及其主要來源

溫室氣體主要包括二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亞氮(N₂O)、氫氟碳化物(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)、六氟化硫(SF₆)等六種，其特性均會保留熱能，主要來源說明如表 1。



表 1 溫室氣體主要來源

溫室氣體	主要來源
二氧化碳(CO ₂)	燃燒化石燃料(煤、石油及天然氣等)、工業製程、土地利用
甲烷(CH ₄)	畜牧業(家畜腸道發酵作用)、農耕、厭氧汙水處理
氧化亞氮(N ₂ O)	化學工業製程(基本化學材料、硫酸、硝酸、碳化鈣)
氫氟碳化物(HFCs)	空調冷藏設備的冷媒、半導體製程
全氟碳化物(PFCs)	半導體製程
六氟化硫(SF ₆)	半導體製程、重工業、電力業、鋁鎂合金、平面顯示器產業

資料來源：IPCC 4thAssessment Report

(三)全球暖化

大氣溫室氣體因人類大量使用化石燃料及各項工商業、畜牧業等活動頻繁逐年增加，導致溫室效應作用愈來愈強；地球表面溫度逐漸升高，因屬全球性現象，故稱為全球暖化。

(四)工業化國家能源安全受到威脅

石油來源供應不穩定及極端氣候，國際油價節節高漲，造成物價上漲，衝擊國家安全及經濟發展，同時也影響各國溫室氣體減量策略。

(五)為何要「節能減碳」^[2]

台灣雖屬海島氣候，溫室氣體排放部門可分為住家、商業、運輸、工業、輕工業、廢棄物、小規模農業部門(以及中央山脈等吸收元、森林部門)(部門或稱面向)；城市地區溫室氣體排放以住商部門約佔 70% 為最多，其次為運輸部門約佔 28%，住家商業部門主要來自建築物用電、瓦斯需求，運輸部門來自車輛用油；所以節約能源是最重要的溫室氣體減量策略，因溫室氣體一般可以二氧化

碳為主要代表，故簡單以「節能減碳」來呼籲各界參與溫室氣體減量的行列。安全、經濟、氣候危機三大危機實為一體-人類對碳基燃料(carbon-based fuel)的過度依賴，正是三大危機背後根本癥結，如圖 1。



圖 1 燃燒化石燃料(煤、石油、天然氣)

http://www.huffingtonpost.co.uk/2012/11/21/global-warming-stark-warning-greenhouse-gas-emissions_n_2170830.html

(六)用電與溫室氣體排放的關聯性

日常生活所使用電力雖然不是由工廠、家戶等使用者直接排放碳，而是由電力公司或私人火力發電廠發電燃燒化石燃料所排放；但是工廠、家戶為使用端，唯有減少用電使用才可以減少因發電而產生之溫室氣體，根據台電公司公告之係數，估算出每使用 1 度電，相當於排放 0.637 公斤的二氧化碳；此數據會依發電方式、比例及發電量而有所不同。

三、節能對策推動與自來水願景

自來水，大部分國民皆可安心地由水龍頭安全的用飲，已達世界高水準的境界，可以說是極為重要的生命線(life line)。然而，近年來世界共同面臨全球暖化問題，環境問題亦為其中之一。自來水事業亦具有能源消耗的產業性質，消耗鉅額電力，這使得自來水事業業者等，亦應擔負起保護環境的社會

責任，因此自來水事業的願景，應強化環境保護與節能(節能減碳之簡稱)對策作為主要施行策略方針。尤其在機械與電力設備方面導入節能對策以及再生能源的措施，對於自來水事業的能源對策而言，佔極大的比重。且自來水事業實施節能對策時除所需的能源對策相關法律體系、能源對策的基本考量觀念與方法及能源診斷等必要事項之外，尚須努力整理對策、推動與調查結果。

(一)日本近年自來水節能對策與探討再生能源的相關案例^[3]，值得參考

1. 節能對策案例：^[6]

- (1)抽水機之旋轉速度控制：5 例
- (2)抽水機容量最佳化：2 例
- (3)可動翼輪抽水機：1 例
- (4)動力回水水車：3 例
- (5)高效率機器：4 例
- (6)電力儲藏設備：2 例
- (7)能源效率管理：7 例
- (8)水資源效率運用：11 例
- (9)水處理效率控制：14 例
- (10)建築附屬設備：7 例

小計{56}案例數量。

2. 再生能源導入案例：

- (1)小型水力發電：7 例
- (2)太陽能發電：7 例
- (3)風力發電：1 例
- (4)太陽能與風力混和發電：3 例
- (5)汽電共生系統：2 例
- (6)燃料電池：尚無案例

小計{20}案例數量。

(二)建設環保型自來水系統

近年來，以全球暖化溫室效應為首之各

種地球環境劇烈變化日益突顯，環境問題已成為全球性的重大課題；為使人類生命基礎所在之地球環境適當地維持，以傳承給後代子孫，我們必須進一步降低對環境造成的負擔；自來水對於生活與產業活動而言是不可缺少之維生管線，其事業營運內容仍需消耗很多能源，儘管自來水在全國用電量中所佔比例並不算太高，但以整體來看，仍對地球環境造成相當影響。

日本 2008 年 7 月舉行洞爺湖高峰會議中，八大工業國針對地球暖化溫室效應相關問題，同意要求所有簽署聯合國氣候變遷綱要公約的國家，共同遵守 2050 年前至少將全球溫室氣體排放量降低 50% 的目標。臺北自來水事業處以{成為世界一流的自來水事業}為「自來水願景」；以{質優量足，顧客滿意，健康活力；台北好水生活更美麗}為使命，特別強調提出自來水事業因應環保問題的重要性；要求以公共服務者提供者的身分率先履行社會責任，以及建立水資源循環系統，並具體提出「環保與節能因應對策之強化對策」，以做為環保教育推動目標。^[17]

基於上述背景，自來水業者必須有計劃導入兼具經濟性與環保性的雙贏對策，透過水資源利用方式，推動環境與節能對策。進一步加強推動節能，強調訂定「推動能源使用方式的合理化」。多年來整合的{自來水設施之節能對策實務}，期望是自來水等業者能更靈活節能減碳時，最佳指針與最佳實用參考資料，希望於將來盡可能轉換成實效性「環保型自來水系統」。

將地球傳承給下一代的重要世紀，我們應考量從周遭事物開始採取節能與回收措

施，台水公司、臺北自來水事業處、金門及馬祖水公司除了是具有能源消費產業外，還因自來水設施的運轉操作與工程施工，同樣對環境造成另一方面的負擔。在地球暖化溫室效應對策方面，根據 2008 年日本規定自來水事業須掌握節能減碳、再生能源的對策，要求自來水事業者要比目前更加積極貢獻，主動減緩溫室效應。並將每單位水量消耗的電量降低(比 2001 年度實際值減少 10%)。

(三)自來水與環境^[6]

自來水事業的業務範圍被認為是「從水源至水龍頭」，所以在過程中的各種狀況下，是會對環境造成影響。例如淨水場是由河川、水庫水源地區汲取原水，並將其淨化成飲用水，此亦即所謂自來水製造工廠，但淨水場會在發揮其功能的過程同時影響環境，例如是在淨水處理過程與輸配水過程中，因使用抽水機等動力而需耗費許多(大量)電力，以及在淨水處理過程中，產生的淤泥進行廢棄物處理而影響環境等。此外，近年來為了提供更加安全可飲的水質，引進精密高級淨水處理等設備，導致用電量增加，使得今後淨水過程中所產生的 CO₂ 排放量有逐年增加之虞。

此外，還包括自來水事業於自家(緊急)發電設備使用燃料而產生之廢氣，施作自來水工程與使用車輛產生的噪音、廢氣、廢棄物，以及辦公室使用電力與紙張產生的廢棄物等，因此自來水事業在執行持續穩定供應安全用水的重大使命時，亦不斷對環境造成很大的負擔。

(四)再生能源與節能對策

1.從以下分類選擇實施節能對策的設施

「取水」、「貯水」、「導水」、「淨水(混凝池、沉澱池、管理大樓、配水池、排水(汙泥處理、薄膜處理、高級淨水處理、海水淡化)」、「送水」、「配水」。

2.從以下分類中選擇實施節能減碳對策之設備

「抽水機、馬達」、「閘」、「水中機械」、「受/配電」、「自家(緊急)發電」、「不斷電電源」、「監視控制」、「藥品加入」、「空調」、「照明(燈光)」、「水力發電」、「太陽能發電」、「風力發電」、「其他」。

3.對策概念與檢討事項

節能減碳對策之目的與實施時，應對設備(安全性、可靠度、功能等)、環境、管理(操作性、維護保養性等)、費用(生命週期成本等)的各層面事項詳細研析檢討。

4.效益評估

實施節能減碳對策所獲得的經濟效益等(節省電量、二氧化碳減少量等及設備安全性、可靠度、管理面的功能做效益評估)。

(1)水資源效率運用詳參考文獻^{[5][6]}

事例 1.1 取水、淨水、配水設施的配置及淨水場之間的水資源運用。

事例 1.2 取水時優先使用自然重力流下系統。

事例 1.3 深夜將抽水加壓送水區域切換成自然重力留下系統。

事例 1.4 變更配水區域內之給水壓力與採用區劃配水系統。

(2)水處理效率的監視・監控方式

事例 2.1 配合處理量，調整沉澱池運轉方式。

事例 2.2 配合原水水質對應調整沉澱池機器運轉方式。

事例 2.3 更換排泥池攪拌機的攪拌翼，提升攪拌效率。

事例 2.4 藥品加入量之類型控制。

四、結論與建議

(一)臺北自來水事業處 EMS 在落實「減少耗能加強綠化環境」環境政策方面⁹⁾

致力於降低供水加壓站之運轉耗能；加壓送水消耗大量電能(抽水機佔 95%以上)，於評估分析現行之供水負載模式後，選擇具可行性及效益性之加壓站，藉由耗能設備之改善及精進之操作管理，建立供水加壓站節能之最佳運轉模式。

(二)自來水事業因應環保的重要性

以公共服務率先履行社會責任，以及建構完善的水資源循環系統。並具體提出「環保與節能對策之強化方略手段」，以作為自來水事業推動環保及經濟的雙贏對策；積極推動能源合理化，針對自來水事業各項節能對策與導入新能源相關事項及實際範例，期望將來可轉換成強化環保功能之最佳自來水系統。

參考文獻

- 1.行政院環境保護署，溫室效應之影響與因應對策。
- 2.新竹縣環保局，落實節能減碳全民行動參考資料:行政院環保署網站<http://www.epa.gov.tw>
- 3.東京都水道局，自來水事業氣候變遷之因應，2008年。

4.行政院環保署，節能減碳政策密切關注國際焦點議題，2014年4月14日。

5.樓基中編著，水資源與環境保育SOS環保救地球，2010年1月。

6.中華民國自來水協會譯，自來水設施節能對策實務，2009年3月。

7.艾爾·高爾AL GORE著，難以迴避的抉擇，商周出版，2014年3月。

8.經濟部水利署，氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究計畫-第二階段成果發表會，中華民國103年1月9日。

9.臺北自來水事業處，降低供水耗能專題簡報，98年節約能源績優表揚活動，中華民國98年7月16日。

作者簡介

潘永生先生

現職：臺北自來水事業處技術科二級工程師兼股長

專長：土木工程、自來水工程

朱健行先生

現職：臺北自來水事業處教育中心三級工程師

專長：水資源管理、氣候變遷

臺灣與世界各國水資源趨勢比較研析

文/黃得勝、廖庭宇、鍾昌翰、仇士愷、劉世翔

摘要

在氣候變遷與社會經濟成長的影響下，水資源已成為國家發展不可或缺之要素，無論是在水資源之蓄存、洪水災害之因應、新興水資源技術之開發等面向，皆存在值得各方關注探討的問題，在未來水資源相關之政策擬定上，有必要蒐整國內外相關水資源資料，進行具前瞻性、長遠性之比較與研析，並針對國內水資源資料蒐集，提出適切之建議，以提供決策者往後在進行政策決定時之重要參考依據。

本研究選取我國及聯合國糧食與農業組織(Food and Agriculture Organization, FAO)水資源與農業 AQUASTAT 統計資料庫之水資源類別資料進行分析，共選取 4 項水資源資料，分別為水庫累計總容量、年地面水供水量、年地下水供水量、其他（海淡水供水量），歸納「水庫容量」、「依水源分類之供水量」等 2 大主題研析比較後，整理臺灣地區水資源相關資料與國際比較情形。

研究結果顯示，臺灣蓄水空間仍屬不足，但若觀察總淡水供水量之部分，則可發現臺灣已將水資源進行充分利用，突顯政府對於水利工作之努力。建議未來可參考聯合國 FAO 資料統計項目，釐清「其他（海淡水）供水量」等水資源相關統計項目之定義，以免與其他國家資料比較時，因資料計算基準不同，造成比較結果錯估之情形。

一、前言

一國之水資源為評估國家環境永續性

及競爭力之重要依據，若能了解國家水資源相關概況在國際上之相對位置，對於正視水資源供需問題及未來水資源相關政策之擬訂，可提供相當程度的助益。

因此，本研究整理我國水資源數據資料，搭配國際性之水資源資料庫統計數據，進行定義或計算方式釐清及數據比較等，以推估我國水資源概況於國際性水資源相關資料上之排名。

二、資料蒐集背景與研析方法

定義與計算方式係為資料比較之基準，而由於臺灣非屬聯合國之會員國，在部分國際性資料中，往往未能註明其資料來源，易產生因資料計算基準不同而造成之錯估。

因此，為避免造成社會各界之誤解，本研究以我國經濟部水利署之官方公開資料如水利統計、各項用水統計資料庫等作為取用依據，國外資料則參考如瑞士洛桑國際管理學院(International Institute for Management Development, IMD)發表之全球競爭力年報(World Competitiveness Yearbook, WCY)、全球環境績效指標(Environmental Performance Index, EPI)等國際上重要之發表皆採用，且長期持續公開之聯合國糧食及農業組織(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)水資源與農業統計資料庫(AQUASTAT)之資料為主，進行比較。

本研究以水源類別為主，選取國內及 FAO 的 AQUASTAT 皆有相關資料，且資料格式相似之項目進行比較，共選取有 4 項水

資源資料，分別為水庫累計總容量、年地面水供水量、年地下水供水量、其他（海淡水）供水量，國內資料來源及 AQUASTAT 對應項目如表 1 所示，以了解目前國內天然降雨量與逕流、滲透情形與國外比較之結果，並比較目前之累計總庫容及供水量，分析各國於水資源供給面之豐沛程度，另一方面亦可反映水利單位之供水能力。

本研究將國內外水資源資料研析之流程分為 3 個階段，如圖 1 所示，首先為「資料蒐集階段」，在基本資料蒐集後，確認以國內水利署公開統計資料及 FAO 的 AQUASTAT 作為資料來源。

第 2 階段進行「資料擇定及處理階段」，由於水源類別資料庫中的資料眾多，須先蒐集各資料項之格式及定義進行初步比較，以擇選出適合進行國內外相互比較之水資源資料項，而由於國內外水資源相似之資料可能仍存在有定義及計算方式上之差異，因此須透過定義與計算方式之釐清，盡量將國內外資料處理為相同之基準以利比較，如地面水供水量、地下水供水量及其他（海淡水）供水量加總為總淡水供水量，但須扣除重複

計算之部分；另為強化資料比較之意義，並對資料進行加值處理，如進行人均資料之計算，以提升分析之深度。

後續第 3 階段為「資料分析及建議階段」，此部分首先須呈現國際資料數據之趨勢，包括整理 AQUASTAT 資料之數值及排名序位，及計算 AQUASTAT 資料之平均值，以取得比較基準；其後並可推估臺灣地區之資料於 AQUASTAT 國際資料中之排名，以進行國內外水資源概況分析比較；最後提出國內資料蒐集建議。

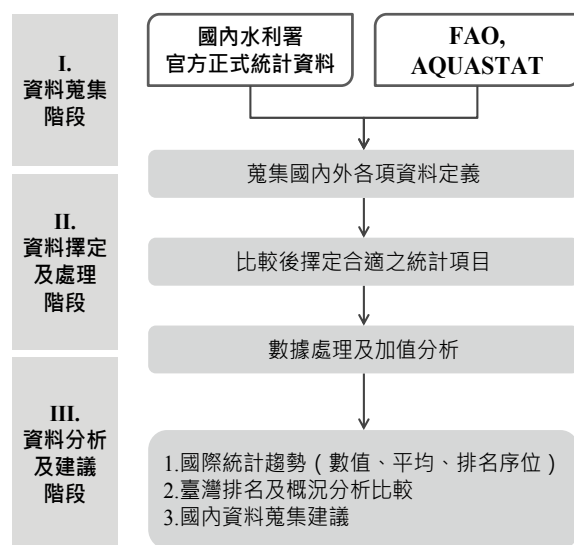


圖 1 國內外水資源資料研析流程

表 1 國內外水資源比較項目

類別	國內資料項目	國內資料來源	AQUASTAT 對應項目	
水源	水庫容量	水庫累計總容量	水利署各項用水統計資料庫	Total dam capacity
	依水源分類之供水量	年地面水供水量	水利署公務統計報表-水資源供需統計	Fresh surface water withdrawal (primary and secondary)
		年地下水供水量	水利署公務統計報表-水資源供需統計	Fresh groundwater withdrawal (primary and secondary)
	其他（海淡水）供水量	水利署公務統計報表-水資源供需統計	Desalinated water produced	

三、水庫容量資料比較研析

(一)資料比較定義

國內水庫容量相關資料以經濟部水利署「各項用水統計資料庫」中之蓄水設施水量營運統計報告，及每年出版之水利統計書刊為主，分別計有水庫累計完工總容量（單位： m^3 ）與水庫累計完工有效容量（單位： m^3 ），定義說明整理如表 2。

FAO 的 AQUASTAT 資料庫中，水庫容量相關資料則分別有水庫累計總容量（單位： m^3 ）與人均分配水庫容量（單位： m^3 /人），其中對於總容量較小之水庫資料將不予採計，但對總容量較小之水庫定義無詳細說明，定義及計算方式整理於表 3。

比較國內及 AQUASTAT 水庫容量資料定義，FAO 選用水庫累計總容量與人均分配水庫容量，而目前國內資料則有水庫累計完工總容量可配合比較，截至民國 101 年底臺灣地區（含金門縣及連江縣地區）計有水庫壩堰 102 座，經公告水庫則有 96 座，本研究後續將以國內公告 96 座水庫資料進行比較。

在水庫累計總容量方面，因各國土地面積相差甚鉅，若直接以水庫累計總容量進行比較，恐無法客觀呈現各國水資源供給相關

建設之情形，故本研究以 FAO 水庫累計總容量資料除以 FAO 統計之該國土地面積，得單位土地面積水庫總容量（單位： $103m^3/km^3$ ）；而國內則可利用已有資料水庫累計完工總容量除以內政部內政統計資料中之臺灣地區土地面積後，與 FAO 資料進行比較。

人均分配水庫容量方面，FAO 資料已有統計資料，而國內則可利用已有資料水庫累計完工總容量除以內政部內政統計資料中之臺灣地區人口數後，與 FAO 資料進行比較。

(二)FAO 統計資料數據分析

因水庫容量相關資料並無每年更新，本研究選用 FAO 統計 2003 至 2012 年間之水庫累計總容量及人均分配水庫容量作為主要資料分析項目，其中水庫累計總容量再配合 FAO 統計之 2011 年土地面積資料計算後得單位土地面積水庫總容量。

FAO 的 AQUASTAT 資料庫中，單位土地面積水庫總容量計有 126 個國家資料，排名與數值如表 4 所示，人均分配水庫容量亦計有 126 個國家資料，排名與數值如表 5 所示。以單位土地面積水庫總容量而言，排名倒數 10 名之國家雖幾乎為非洲地區國家，

表 2 國內水庫容量資料定義

國內資料項目（單位）	定義
水庫累計完工總容量 (m^3)	水庫完工當年總容量之加總。 完工當年總容量包括有效容量及呆容量兩部分，有效容量屬可供作蓄水調節使用之容量，呆容量屬不可供作蓄水調節使用之容量。
水庫累計完工有效容量 (m^3)	水庫完工當年有效容量之加總。 完工當年有效容量指完工當年總容量扣除其中呆容量後之容量。

表 3 AQUASTAT 水庫容量資料定義

AQUASTAT 資料項目 (單位)	定義/計算方式
水庫累計總容量 Total dam capacity (m ³)	各國水庫之累積總容量，其值為水庫之理論初始總容量，不隨時間改變。即使部分國家之水庫累積總容量不大，對於總容量較小之水庫資料仍不予採計。 Total cumulative storage capacity of all dams in each country. The value indicates the sum of the theoretical initial capacities of all dams, which does not change with time. Data on small dams may not be included, although their aggregate storage capacity is generally not significant.
人均分配水庫容量 Dam Capacity per capita (m ³ /人)	人均分配水庫總容量。 Total dam storage capacity per capita. 計算方式：[人均分配水庫容量] = [該國水庫累計總容量] / [該國總人口數]。 [Dam capacity per capita] = [Total dam capacity] / [Total population]

卻包含年雨量較豐沛如剛果等國，以及年雨量較缺乏之利比亞、尼日等國；而排名前 10 名之國家則包含年雨量較適宜之烏干達、迦納等非洲國家，以及年雨量較缺乏之伊拉克、土耳其等中東國家。由此可推測，除天然地理、氣候因素影響外，各國之經濟情況與國家政策為影響水資源供給建設之主因。另外，鄰近之亞洲國家如新加坡、中國，分別占第 22 位、第 45 位，而日本、南韓等國則無資料。

以人均分配水庫容量而言，由於加入了人口之因素，因此對於部分人口較密集之國家而言，其單位土地面積水庫總容量及人均分配水庫容量將有較大的變化，如地狹人稠的都市型國家「新加坡」，該國於單位土地面積水庫總容量之排名為第 22 位，平均每平方公里之水庫總容量約為 105,000 立方公尺，而人均分配水庫容量排名則降至 117 位（倒數第 10 位），數值僅每人約 14 立方公尺，可見重視水庫建設之國家，受到人口因

素影響，每人可分得之水資源供給量亦可能為較不足；鄰近亞洲國家如中國，其人均分配水庫容量則為第 64 位，較其單位土地面積水庫總容量之排名要低，而日本、南韓則無資料可供比較；剛果、馬拉威、尼日等非洲國家則在人均分配水庫容量之排名仍屬較後端之位置，足見其水庫建設較為缺乏之情形。

(三)臺灣與 FAO 資料比較

將 AQUASTAT 的資料整理排名後，國內資料部分本研究採用經濟部水利署出版之水利統計-水庫壩堰中華民國 101 年臺灣地區 96 座公告水庫資料，經由與臺灣地區之土地面積和人口數計算後，可得到臺灣地區之單位土地面積水庫總容量及人均分配水庫容量。而由於該資料包含金門縣及連江縣資料，因此土地及人口數據皆含金門縣及連江縣部分。計算出數值後，即可與 AQUASTAT 資料進行比較，推估其與國際資料間之位置，並可觀察國內資料與 AQUASTAT 各國資料之平均值之差異。

單位土地面積水庫總容量之概況如圖 2 所示，首先篩選出部分 16 個國家與臺灣數據進行比較，並計算 AQUASTAT 資料庫中 126 個國家資料之平均為 $52.19 \text{ } 10^3\text{m}^3/\text{km}^2$ ，而臺灣之單位土地面積水庫總容量為 $78.92 \text{ } 10^3\text{m}^3/\text{km}^2$ ，略高於平均值，在進行比較的 17

個國家中位於中段。另觀察表 4 可得知臺灣之單位土地面積水庫總容量位於第 36 位瑞典 (Sweden, 單位土地面積水庫總容量 $79.86 \text{ } 10^3\text{m}^3/\text{km}^2$) 及第 37 位墨西哥 (Mexico, 單位土地面積水庫總容量 $76.36 \text{ } 10^3\text{m}^3/\text{km}^2$) 之間，屬中前段之排名。

表 4 2003 至 2012 年間各國「單位土地面積水庫總容量」數值及排名

rank	國名	$10^3\text{m}^3/\text{km}^2$	rank	國名	$10^3\text{m}^3/\text{km}^2$	rank	國名	$10^3\text{m}^3/\text{km}^2$
1	Ghana	622.54	43	New Zealand	63.09	85	Germany	11.20
2	Iraq	348.77	44	Bulgaria	58.72	86	Mali	10.97
3	Uganda	331.19	45	China	58.58	87	Australia	10.05
4	Zimbabwe	254.50	46	Bosnia and Herzegovina	56.86	88	Poland	9.45
5	Azerbaijan	248.27	47	Finland	54.96	89	Brunei Darussalam	7.80
6	Netherlands	222.29	48	Uzbekistan	49.53	90	Angola	7.58
7	Tajikistan	206.94	49	Nigeria	49.40	91	Guinea	7.47
8	Turkey	200.75	50	Georgia	48.98	92	Belarus	5.88
9	Venezuela (Bolivarian Republic of)	172.80	51	Dominican Republic	47.96	93	Belize	5.30
10	Egypt	167.96	52	Armenia	47.04	94	Ethiopia	5.03
11	Bangladesh	153.13	53	Russian Federation	45.89	95	Belgium	4.73
12	Albania	140.17	54	Mauritius	45.54	96	Peru	4.49
13	Suriname	138.57	55	Romania	44.51	97	Nicaragua	3.34
14	Zambia	134.33	56	Kenya	42.70	98	Afghanistan	3.08
15	Thailand	133.07	57	Czech Republic	40.37	99	Jordan	3.08
16	Portugal	126.29	58	Morocco	37.85	100	Sierra Leone	3.07
17	Côte d'Ivoire	115.49	59	Slovakia	35.22	101	Hungary	2.76
18	Democratic People's Republic of Korea	112.58	60	Pakistan	34.93	102	Guyana	2.75
19	United Republic of Tanzania	110.00	61	Swaziland	33.70	103	Algeria	2.38
20	Syrian Arab Republic	106.11	62	Lao People's Democratic Republic	32.99	104	Liberia	2.14
21	Spain	106.01	63	Cameroon	32.83	105	Slovenia	1.65
22	Singapore	105.49	64	Togo	30.23	106	Papua New Guinea	1.44
23	Norway	102.78	65	Kazakhstan	29.34	107	Senegal	1.27
24	Mozambique	96.91	66	Serbia	25.69	108	Yemen	0.88
25	Lesotho	92.89	67	Austria	25.37	109	Namibia	0.86
26	Paraguay	92.66	68	South Africa	25.04	110	Madagascar	0.84
27	Greece	90.63	69	Luxembourg	23.94	111	Gabon	0.82
28	The former Yugoslav Republic of Macedonia	89.07	70	Myanmar	22.85	112	Botswana	0.78
29	Republic of Moldova	88.63	71	Iceland	22.39	113	United Arab Emirates	0.73
30	Viet Nam	84.72	72	Lebanon	21.82	114	Nepal	0.58
31	Canada	84.28	73	United Kingdom	21.64	115	Bolivia (Plurinational State of)	0.54
32	Uruguay	83.30	74	Philippines	20.92	116	Mauritania	0.49
33	Switzerland	80.98	75	Burkina Faso	19.28	117	Saudi Arabia	0.47
34	Brazil	80.55	76	Iran (Islamic Republic of)	18.47	118	Eritrea	0.38
35	Honduras	80.15	77	France	18.17	119	Malawi	0.35
36	Sweden	79.86	78	Croatia	17.00	120	Oman	0.29
37	Mexico	76.36	79	Latvia	15.62	121	Libya	0.22
38	Montenegro	74.44	80	Tunisia	15.35	122	Benin	0.20
39	United States of America	73.76	81	Turkmenistan	12.74	123	Mongolia	0.16
40	Ukraine	73.23	82	Chile	12.63	124	Niger	0.06
41	India	68.14	83	Ireland	12.36	125	Congo	0.03
42	Malaysia	67.87	84	Indonesia	12.09	126	Democratic Republic of the Congo	0.02

表 5 2003 至 2012 年間各國「人均分配水庫容量」數值及排名

rank	國名	m ³ /人	rank	國名	m ³ /人	rank	國名	m ³ /人
1	Suriname	42,509	43	Republic of Moldova	853	85	Algeria	156
2	Canada	24,268	44	Mali	834	86	Pakistan	155
3	Zimbabwe	7,642	45	Georgia	793	87	Bangladesh	145
4	Zambia	7,282	46	Uzbekistan	789	88	Gabon	141
5	Iceland	7,030	47	Guyana	780	89	Mauritania	138
6	Norway	6,710	48	Bosnia and Herzegovina	778	90	Belarus	128
7	Ghana	5,813	49	Malaysia	766	91	Luxembourg	119
8	Paraguay	5,640	50	Cameroon	763	92	Brunei Darussalam	109
9	Russian Federation	5,499	51	South Africa	602	93	Indonesia	94
10	Nicaragua	5,375	52	Kenya	580	94	Papua New Guinea	93
11	Venezuela (Bolivarian Republic of)	5,272	53	Democratic People's Republic of Korea	553	95	Mongolia	88
12	Kazakhstan	4,881	54	Netherlands	553	96	United Kingdom	84
13	Iraq	4,504	55	Chile	548	97	Poland	77
14	Uruguay	4,329	56	Morocco	518	98	Philippines	71
15	Tajikistan	4,167	57	Romania	496	99	Mauritius	71
16	Sweden	3,787	58	Swaziland	480	100	Ethiopia	64
17	New Zealand	3,786	59	Angola	468	101	Afghanistan	60
18	Brazil	3,458	60	Armenia	455	102	Libya	59
19	Finland	3,443	61	Latvia	451	103	Bolivia (Plurinational State of)	58
20	Australia	3,394	62	Switzerland	432	104	Liberia	56
21	Mozambique	3,165	63	Iran (Islamic Republic of)	426	105	Lebanon	53
22	United States of America	2,296	64	China	416	106	Germany	49
23	Azerbaijan	2,282	65	Belize	376	107	Jordan	43
24	Uganda	2,246	66	Myanmar	330	108	Sierra Leone	36
25	United Republic of Tanzania	2,187	67	Slovakia	315	109	Saudi Arabia	35
26	Turkey	2,111	68	Viet Nam	313	110	Guatemala	31
27	Egypt	2,003	69	Burkina Faso	302	111	Oman	30
28	Côte d'Ivoire	1,808	70	Czech Republic	301	112	Hungary	26
29	Montenegro	1,624	71	Namibia	300	113	Madagascar	23
30	Mexico	1,291	72	Nigeria	274	114	Yemen	21
31	Lesotho	1,272	73	Togo	273	115	Senegal	19
32	Albania	1,249	74	Austria	253	116	Slovenia	16
33	Lao People's Democratic Republic	1,225	75	Tunisia	235	117	Singapore	14
34	Turkmenistan	1,203	76	Serbia	231	118	Belgium	13
35	Spain	1,146	77	Dominican Republic	229	119	Eritrea	8
36	The former Yugoslav Republic of Macedonia	1,108	78	Botswana	221	120	United Arab Emirates	8
37	Portugal	1,087	79	Croatia	219	121	Niger	5
38	Greece	1,047	80	Peru	194	122	Nepal	3
39	Syrian Arab Republic	1,017	81	India	191	123	Malawi	3
40	Ukraine	984	82	Ireland	190	124	Benin	3
41	Thailand	977	83	Guinea	175	125	Congo	2
42	Bulgaria	881	84	France	157	126	Democratic Republic of the Congo	1

另觀察人均分配水庫容量的部分，如圖 3，與篩選出的 16 個國家相比較，臺灣的人均分配水庫容量退居中間偏後段，數據為 123 立方公尺/人，低於 AQUASTAT 資料庫中 126 個國家之平均值 334.02 立方公尺/人，並位於表 5 中 90 位之白俄羅斯（Belarus，人

均分配水庫容量 128 立方公尺/人）及第 91 位盧森堡（Luxembourg，人均分配水庫容量 119 立方公尺/人）間。

臺灣地區歷年來尋覓合適場址興建水庫壩堰，以提供各區包含灌溉、發電、工業及公共給水等用途，截至民國 101 年止，臺

灣地區公告 96 座水庫合計完工當年總容量約 28.5 億立方公尺，而與新加坡的情況類

似，受人口密度影響，臺灣之人均分配水庫容量明顯偏低。

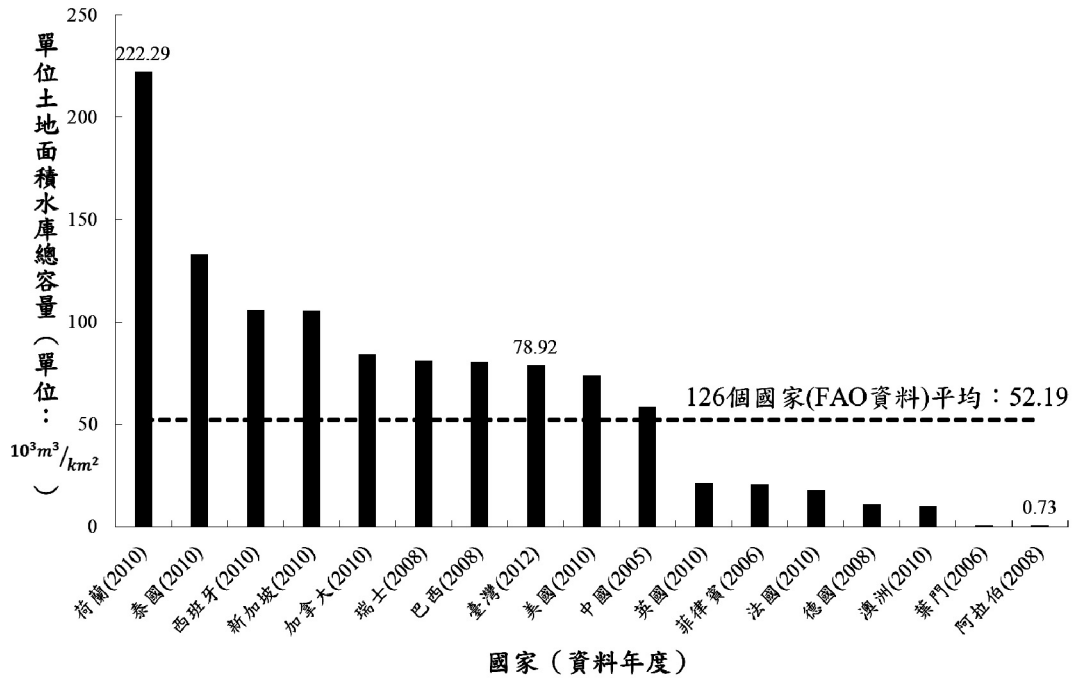


圖 2 各國單位土地面積水庫總容量比較 (註：臺灣資料取 96 座公告水庫。)

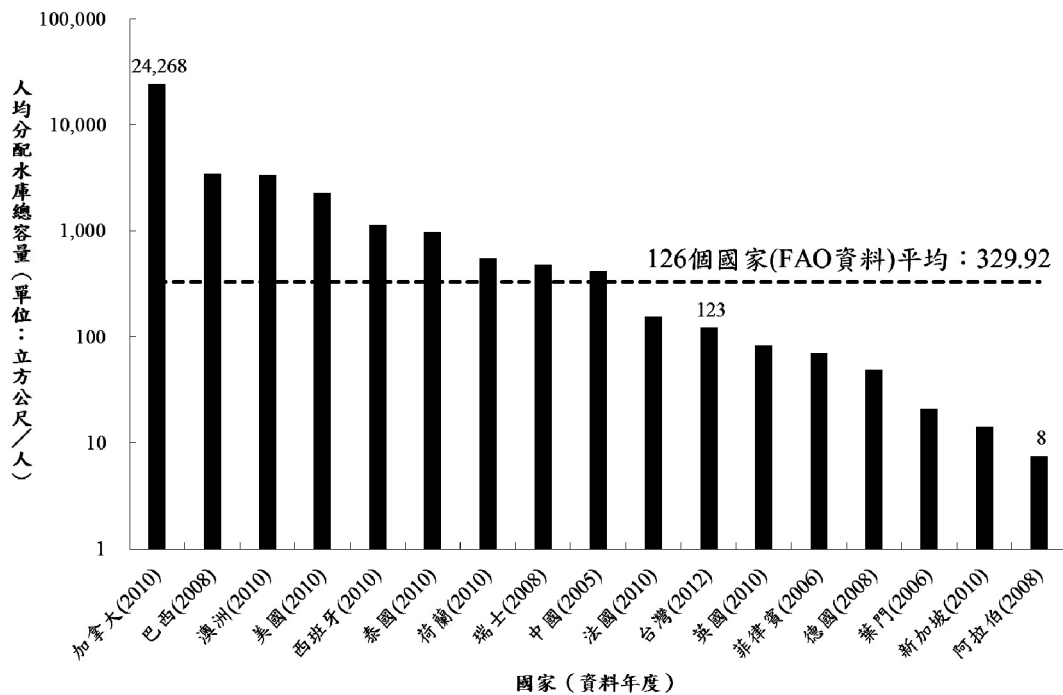


圖 3 各國人均分配水庫容量比較 (註：臺灣資料取 96 座公告水庫。)

四、依水源分類供水量資料比較研析

(一)資料比較定義

國內依水源分類之供水量相關資料以經濟部水利署「公務統計報表」中之水資源供需統計表為主，分別計有年總淡水供水量、地面水供水量、地下水供水量及其他(海淡水)供水量等，單位皆為 $10^9\text{m}^3/\text{yr}$ ，定義及計算方式整理如表 6。

FAO 的 AQUASTAT 資料庫中，依水源分類之供水量相關資料則分別有地面水供水量、地下水供水量及海淡水供水量等，單位皆為 $10^9\text{m}^3/\text{yr}$ ，定義及計算方式整理如表 7 與表 8。

比較國內及 AQUASTAT 依水源分類之供水量資料定義，我國之年總淡水供水量包

含地面水供水量、地下水供水量與其他(海淡水)供水量等；FAO 資料部分，則為地面水供水量、地下水供水量與海淡水供水量。故本研究以下將 FAO 資料之地面水供水量、地下水供水量與海淡水供水量加總處理後，與國內資料配合進行比較，計算方式如表 9 所示。

若欲計算人均年總淡水供水量，FAO 資料可依加總處理後之年總淡水供水量再除以 FAO 統計之該國人口；而國內則可利用已有資料年總淡水供水量除以內政部內政統計資料中之臺灣地區人口數後，與 FAO 資料進行比較。

表 6 國內依水源分類之供水量資料定義

國內資料項目 (單位)	定義/計算方式
年總淡水供水量 (km^3/yr or $10^9\text{m}^3/\text{yr}$)	當年度地面水供水量、地下水供水量及其他(海淡水)供水量之加總。 地面水供水量包含河川引水量與水庫供水量等。 計算方式：[年總淡水供水量] = [地面水供水量] + [地下水供水量] + [其他(海淡水)供水量]

表 7 AQUASTAT 依水源分類之供水量資料定義

AQUASTAT 資料項目 (單位)	定義
年地面水供水量 Freshwater surface water withdrawal (primary and secondary) (km^3/yr or $10^9\text{m}^3/\text{yr}$)	當年度由河川、湖泊及水庫供水量之總和。 Annual gross amount of water extracted from rivers, lakes and reservoirs. It includes withdrawal of primary renewable surface water resources and secondary freshwater sources (water previously withdrawn and returned).
年地下水供水量 Freshwater groundwater withdrawal (primary and secondary) (km^3/yr or $10^9\text{m}^3/\text{yr}$)	當年度所有地下含水層供水量之總和。包含可再生地下水、地底深層含水層抽取量(不可再生水源)、以及潛勢超額補注量之可再生地下水。 Annual gross amount of water extracted from aquifers. It includes withdrawal of renewable groundwater, water extracted from deep fossil aquifers (non-renewable water) and potential over-abstraction of renewable groundwater.

表 8 AQUASTAT 依水源分類之供水量資料定義 (續)

AQUASTAT 資料項目 (單位)	定義
海淡水供水量 Desalinated water produced (km ³ /yr or 10 ⁹ m ³ /yr)	當年度所有海淡水供水量之總和。經由各國海水淡化廠之年設計處理水量所估計。 Water produced annually by desalination of brackish or salt water. It is estimated annually on the basis of the total capacity of water desalination installations.

表 9 AQUASTAT 年總淡水供水量資料之計算方式 (本研究整理)

整理 AQUASTAT 資料項目 (單位)	計算方式
年總淡水供水量 (km ³ /yr or 10 ⁹ m ³ /yr)	年總淡水供水量與海淡水供水量之加總。 計算方式：[年總淡水供水量] = [年地面水供水量] + [年地下水供水量] + [海淡水供水量]

(二)FAO 統計資料數據分析

由於依水源分類之供水量相關資料並無每年更新，本研究選用 FAO 統計 1998 至 2012 年間之年總淡水供水量及海淡水供水量作為主要資料分析項目，FAO 的 AQUASTAT 資料庫中，由於設置海水淡化廠之國家數不多，其年總淡水供水量計有 71 個國家資料，排名與數值如表 10 所示，人均年總淡水供水量亦計有 71 個國家資料，排名與數值如表 11 所示。以年總淡水供水量而言，排名倒數 10 名之國家包含中東地區、非洲地區、加勒比海地區、地中海地區等雨量或流域面積較缺乏之國家；鄰近之亞洲國家中國、日本、南韓，分別占第 2 位、第 6 位及第 18 位；年總淡水供水量較為豐沛的其他亞洲國家則如第 4 位的印尼、第 29 位的馬來西亞等，多位於東南亞地區；而排名前 10 名之國家則多為流域面積較大之國家，如印度、美國、墨西哥、巴西等，可見天然地理為影響國家年總淡水供水量之主因。

另比較人均年總淡水供水量資料，由於加入了人口因素，因此對於中國、印度等人

口較多之國家而言，其年總淡水供水量及人均年總淡水供水量有較大的變化，中國於年總淡水供水量之排名為第 2 位，達 554.11 10⁹m³/yr，而人均年總淡水供水量排名則降至 32 位，數值為每人每年 400.18 立方公尺，然而整體仍受天然地理影響較大，因此在年總淡水供水量排名屬較後端位置之國家，加入人口因素後，其排名仍於後段。其他鄰近亞洲國家如日本及南韓，其人均年總淡水供水量之排名則分別為第 15 位及第 24 位，皆較其年總淡水供水量之排名要低。

(三)臺灣與 FAO 資料比較

將 AQUASTAT 的資料整理排名後，國內資料部分本研究採用經濟部水利署出版之「公務統計報表」-水資源供需統計中華民國 101 年臺灣地區總供水量資料，經由與臺灣地區之人口數計算後，可得到臺灣地區之人均年總淡水供水量。而由於該資料包含金門縣及連江縣資料，因此土地及人口數據皆含金門縣及連江縣部分。計算出數值後，即可與 AQUASTAT 資料進行比較，推估其與國際資料間之位置，並可觀察國內資料與 AQUASTAT 各國資料之平均值之差異。

表 10 1998 至 2012 年間各國「年總淡水供水量」數值及排名

rank	國名	10 ⁹ m ³ /yr	rank	國名	10 ⁹ m ³ /yr	rank	國名	10 ⁹ m ³ /yr
1	India	647.50	25	United Kingdom	13.03	49	Finland	1.63
2	China	554.11	26	Morocco	12.61	50	Honduras	1.61
3	United States of America	478.38	27	South Africa	12.46	51	Israel	1.56
4	Indonesia	113.32	28	Poland	11.96	52	Nicaragua	1.55
5	Iran (Islamic Republic of)	93.15	29	Malaysia	11.20	53	Mauritania	1.35
6	Japan	89.89	30	Tajikistan	11.19	54	Oman	1.32
7	Mexico	79.50	31	Ecuador	9.92	55	Lebanon	1.31
8	Brazil	74.82	32	Greece	9.44	56	Jordan	0.94
9	Iraq	66.00	33	Portugal	8.46	57	Kuwait	0.84
10	Egypt	57.33	34	Algeria	5.72	58	Angola	0.71
11	Italy	45.18	35	Hungary	5.58	59	Denmark	0.66
12	Turkey	40.05	36	Cuba	4.43	60	Mongolia	0.55
13	Argentina	37.69	37	Libya	4.33	61	Qatar	0.40
14	Chile	35.42	38	United Arab Emirates	3.75	62	Bahrain	0.34
15	Spain	32.46	39	Austria	3.66	63	Namibia	0.29
16	France	31.21	40	Yemen	3.57	64	Trinidad and Tobago	0.27
17	Turkmenistan	27.87	41	Somalia	3.30	65	Cyprus	0.17
18	Republic of Korea	25.47	42	Norway	2.94	66	Barbados	0.10
19	Saudi Arabia	23.67	43	Tunisia	2.82	67	Malta	0.05
20	Venezuela (Bolivarian Republic of)	22.63	44	Sweden	2.62	68	Cape Verde	0.02
21	Australia	22.41	45	Paraguay	2.41	69	Djibouti	0.02
22	Kazakhstan	20.83	46	Senegal	2.22	70	Seychelles	0.01
23	Peru	13.57	47	El Salvador	2.12	71	Maldives	0.01
24	Nigeria	13.11	48	Czech Republic	1.70			

表 11 1998 至 2012 年間各國「人均年總淡水供水量」數值及排名

rank	國名	m ³ /人	rank	國名	m ³ /人	rank	國名	m ³ /人
1	Turkmenistan	5,390.72	25	India	514.56	49	Bahrain	250.99
2	Chile	2,033.20	26	France	491.85	50	South Africa	245.54
3	Iraq	1,958.21	27	Indonesia	462.96	51	United Kingdom	206.76
4	Tajikistan	1,580.73	28	United Arab Emirates	462.62	52	Qatar	204.74
5	United States of America	1,514.86	29	Peru	456.23	53	Honduras	203.13
6	Kazakhstan	1,271.78	30	Oman	454.89	54	Israel	202.60
7	Iran (Islamic Republic of)	1,231.95	31	Austria	433.88	55	Trinidad and Tobago	198.08
8	Australia	977.78	32	China	400.18	56	Mongolia	193.74
9	Argentina	916.62	33	Cuba	393.89	57	Senegal	169.44
10	Greece	827.04	34	Morocco	386.73	58	Czech Republic	160.82
11	Saudi Arabia	824.70	35	Malaysia	382.11	59	Seychelles	157.47
12	Portugal	790.69	36	Brazil	377.19	60	Algeria	156.85
13	Venezuela (Bolivarian Republic of)	756.92	37	Mauritania	373.17	61	Cyprus	151.46
14	Italy	741.05	38	Barbados	367.27	62	Jordan	145.72
15	Japan	710.96	39	Paraguay	361.07	63	Yemen	139.43
16	Spain	694.01	40	El Salvador	338.14	64	Malta	131.03
17	Mexico	684.47	41	Somalia	336.64	65	Namibia	121.83
18	Egypt	682.84	42	Poland	312.05	66	Denmark	118.00
19	Libya	668.73	43	Lebanon	305.22	67	Nigeria	78.70
20	Ecuador	667.22	44	Finland	302.44	68	Cape Verde	43.56
21	Norway	592.56	45	Kuwait	288.80	69	Angola	35.01
22	Hungary	561.13	46	Sweden	275.53	70	Djibouti	20.48
23	Turkey	537.53	47	Tunisia	263.62	71	Maldives	18.21
24	Republic of Korea	524.21	48	Nicaragua	259.48			



年總淡水供水量之概況如圖 4 所示，首先篩選出部分 14 個國家與臺灣數據進行比較，並計算 AQUASTAT 資料庫中 71 個國家資料之平均為 39.62 109m³/yr，而臺灣之年總淡水供水量為 17.32 109m³/yr，低於平均值，在進行比較的 15 個國家中位於中後段。另觀察前述表 10，可得知臺灣之年總淡水供水量位於第 22 位哈薩克共和國（Kazakhstan，年總淡水供水量 20.83 109m³/yr）及第 23 位秘魯（Peru，年總淡水供水量 13.57 109m³/yr）之間，屬中前段之排名。

而人均年總淡水供水量的部分，如圖 5，與篩選出的 14 個國家相比較，臺灣的人均年總淡水供水量提升至前段，數據為 742.72 立方公尺/人/年，高於 AQUASTAT 資料庫中 71 個國家之平均值 561.15 立方公尺/人/年，並位於表 11 中第 13 位之委內瑞拉（Venezuela，年總淡水供水量 756.92 立方公尺/人/年）及第 14 位義大利（Italy，人均分

配水庫容量 741.05 立方公尺/人/年）間。

臺灣地區政府近年為因應隨經濟發展而增加之用水量，透過興建水庫壩堰等硬體設施及用水調配管理等軟體措施，使目前我國年總淡水供水量皆符合需求，雖礙於統計資料有限，僅能與 71 個國家進行比較，但我國之年總淡水供水量及人均年總淡水供水量均列世界前茅。

五、結論與建議

(一)綜合比較結果

透過比對國內及 FAO 的 AQUASTAT 資料庫（如表 1），選取水庫累計總容量、年地面水供水量、年地下水供水量、其他（海淡水）供水量等計 4 項水資源資料，歸納「水庫容量」、「依水源分類之供水量」等 2 大主題研析比較後，整理臺灣地區水資源相關資料與國際比較情形，如表 12 所示。

由表可知蓄水空間仍不足（人均分配水

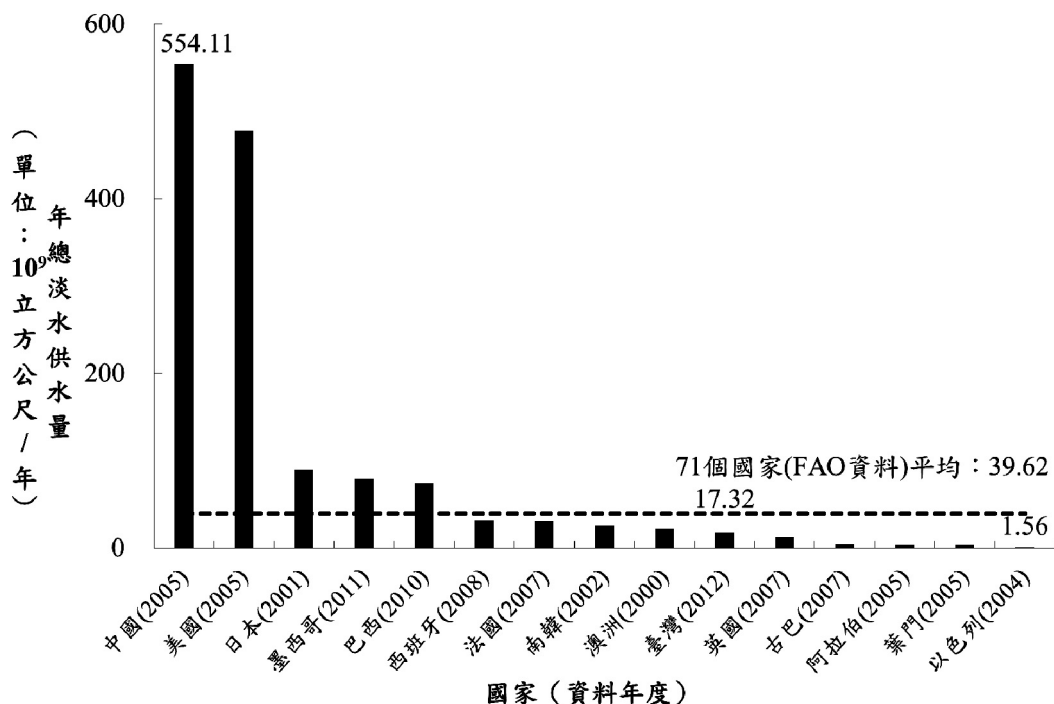


圖 4 各國年總淡水供水量比較

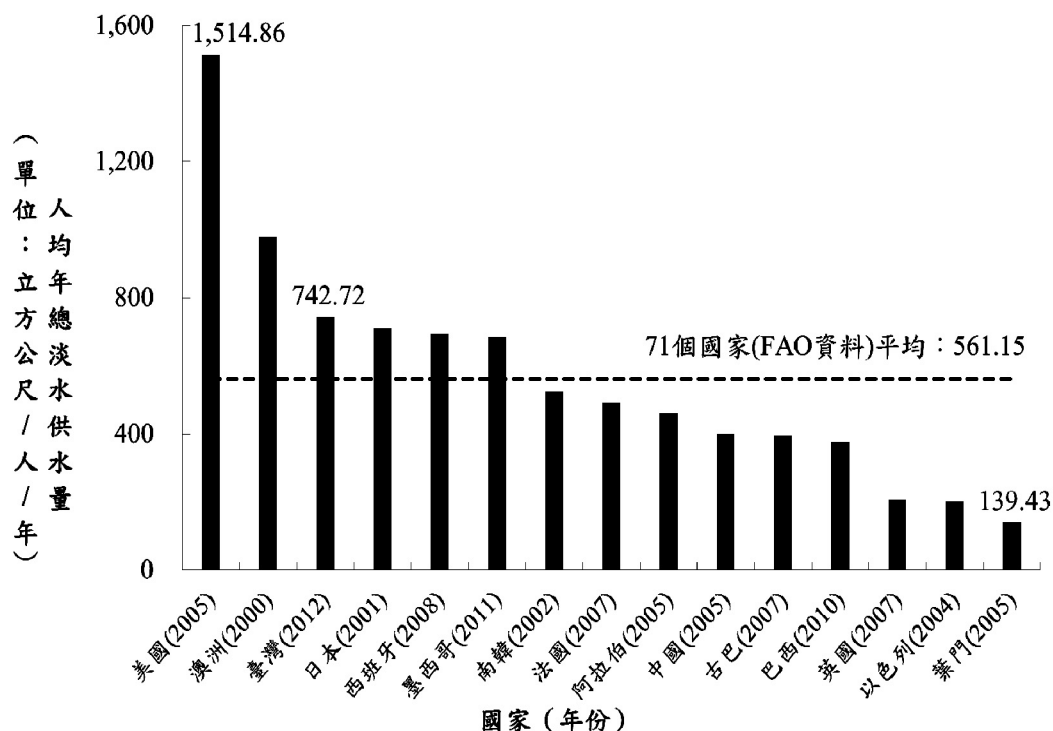


圖 5 各國人均年總淡水供水量比較

庫容量 123 m³/人，排名介於第 90 位與第 91 位之間)。但若觀察總淡水供水量之部分，則可發現臺灣已將可供使用之水資源進行充分利用（年總淡水供水量 17.32 10⁹m³/yr，排名介於第 22 位與第 23 位之間；人均年總淡水供水量排名 742.72 m³/人/年，介於第 13 位與第 14 位之間），突顯政府對於水利工作之努力。

(二)國內資料蒐集建議

定義與計算方式係為比較之基準，在比

對我國及 FAO 的 AQUASTAT 資料庫之過程中，發現部分 FAO 之統計項目，我國有關「依水源分類之供水量」主題中之「其他（海淡水）供水量」之定義或計算方式，並未說明為設計處理水量或是實際處理水量（FAO 資料明確定義「海淡水供水量」為設計處理水量）。建議未來可將相關統計項目之定義釐清，以免與其他國家資料比較時，因資料計算基準不同造成比較結果錯估之情形。

表 12 臺灣地區水資源相關資料與國際比較情形

類別	項目	臺灣介於 FAO 資料之排名 (FAO 資料國家數) *	臺灣數據 / FAO 資料平均 (單位) **
水源	單位土地面積水庫總容量	36-37(126)	78.92 / 52.19(10 ³ m ³ /km ²)
	人均分配水庫容量	90-91(126)	123 / 329.92 (m ³ /人)
	年總淡水供水量	22-23(71)	17.32 / 39.62(10 ⁹ m ³ /yr)
	人均年總淡水供水量	13-14(71)	742.72 / 561.15 (m ³ /人/年)

*FAO 並未將臺灣納為資料蒐集國家，故其資料國家數不含臺灣，而排名係為臺灣資料數據介於各國排名之區間。

**FAO 資料平均係指 FAO 資料國家之數據平均，其數據亦不含臺灣之資料。

參考文獻

- 1.仇士愷、劉世翔、廖庭宇等，102年度水資源投資分析年度報告編輯及系統維護，經濟部水利署委託研究計畫，2014年。
- 2.內政部，內政統計年報，網址：<http://sowf.moi.gov.tw/stat/year/list.htm>，2014年。
- 3.經濟部水利署，各項用水統計資料庫-蓄水設施水量營運統計報告，2013年。
- 4.經濟部水利署，中華民國101年水利統計，2013年。
- 5.經濟部水利署，公務統計報表，2013年。
- 6.經濟部水利署，臺灣地區水資源投資分析102年度報告，2014年。
- 7.Food and Agriculture Organization of the United Nations(FAO), AQUASTAT, <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html>, 2014.

作者簡介

黃得勝先生

現職：淡江大學水資源管理與政策研究中心研究專員

專長：水土保持、集水區整體治理調查規劃

廖庭宇小姐

現職：淡江大學水資源管理與政策研究中心研究專員

專長：環境工程、廢水處理、毒性試驗

鍾昌翰先生

現職：淡江大學水資源管理與政策研究中心高級研究專員

專長：水資源系統分析、水質分析、影像處理

仇士愷先生

現職：淡江大學水資源管理與政策研究中心公共事務組組長

專長：水資源系統分析、序率水資源工程

劉世翔先生

現職：淡江大學水資源管理與政策研究中心研究員

專長：區域經濟學分析與國際貿易、環境政策與管理、風險評估、決策輔助系統

合理售水率推算方法之探討

文/葉泓暉、許敏能

摘要

國際自來水協會(IWA)為提升各國之自來水事業掌握該單位產銷情形，制定了通用之水量產銷分析表(Water Audit Format)，透過標準之計算方式，可計算出各自來水事業之售水率、漏水率等數值。使得各自來水事業體了解該單位售水、漏水之嚴重程度，進而尋求改進措施，更可使不同自來水事業便於互相參酌，進而互相研究學習更益精進。因此，產銷分析表內各水量的統計方式，就會直接反映出售水率、漏水率高低。而自來水事業所稱之售水率、抄見率及漏水率均係指各種標的水量對配水量之比例而言，其中只有售水率，即售水收到水費之水量佔配水量之比例，與抄見率即抄表之水量與配水量之比例，較有確實數據可計算以外，漏水率則必須從配水量扣減有效水量後之所謂無效水量中去分析始能估算得。售水量與配水量，由於每月推估基礎不一致，易造成誤差，且一些項目並未真實量測水量，導致實際售水量值無法精確估算，間接影響售水率準確性。

一、前言

目前國際上各自來水事業單位無不在致力於增加計費水量-售水量，減少無計費水量-NRW；因為計費水量直接影響到自來水事業的營收，而無計費水量除了公共及事業用途外，其餘都是水量損失，造成成本上的浪費，為了有效減少損失水量，世界各國各

自來水事業單位無不採取多方案的措施，如積極管網改善、強化水壓管理、提升漏水搶修效率及主動漏水檢測等，努力改善漏損。而售水量的統計，大部分是抄錄用戶水表度數所得到的，由於數量龐大，無法在同一時間的基礎上得知所有水表度數，而由此得出之售水量資料，在週期不同基礎下，如何能推算出較合理的售水率？則為本文所要探討的方向。

二、配、售水量之統計問題探討

配水量為自來水事業由供水系統(淨水場)配送出去，供應民眾生活行為之用水量，係利用流量計每日紀錄各淨水場之出水量，加總計算而得出每日配水量，而售水量的計算，必須抄錄供水轄區內所有用戶用水，而用戶用水特性不同，因此有各種口徑水表適用，且用戶數量龐大，其抄錄用戶水表指針亦須詳加劃分。由於用戶大小不同水表數量龐大，以北水處現行的做法，供水轄區內大約 160 萬餘戶用戶水表，係由各營業分處抄表員進行現場抄見度數得出，各抄表單位依轄區範圍劃分不同的抄表日序區塊，並且為使人力有效運用，依不同日序採單月抄表或雙月抄表，來進行抄表動作。

因此配水量可每日即時得知，而售水量則每二個月抄見單月或雙月用戶用水量總和，一次為二個月的用水量，且不同抄表日序，其每月抄見日期亦有所不同，再加上若因用戶之不在家等等事由，不能抄表時，該

期用水量暫照上期用水度數推算，於下期抄見水表時一併回歸實際用水量。如連續二次無法抄表，即以書面或電話通知約期候抄，仍無法抄表時，得予按水表口徑流量推計。

另外若表發生障礙或其他原因以致不能正確顯示實用度數時，得按用戶前二期正常用水量平均度數或新表實用度數推計水費。但用戶用水有季節性變化者，得按其前一年度同期用水度數推計，推計方式採合理且有利於用戶之方式為之。另有部分用戶為自行抄表、自報度數或無法抄表由抄表員貼單讓用戶自行填報，所得到之抄表資料之精確度及實際抄見日期，皆可能有所差異。綜合上述，由於售水量資料抄表度數來源變異性太大，在週期不同基礎下，如何能得到較合理的售水率？對自來水事業單位是一項重要課題。

三、計算售水率方法

北水處透過多次會議的討論，並且經過多年來的實際推動之分析與驗證，同時參考國外計算方式，在計算售水率演變出不同的估算方法，計有(一)傳統產銷法、(二)日平均法、(三)日平均法配合配水量上移法、(四)比例調整法、(五)移動平均法。茲分別說明如下：

- (一)傳統產銷法：由一年各月抄表得出之累積售水量資料，除以當年累積配水量資料，得出售水率。
- (二)日平均法：由抄表日序估算平均抄表天數，將期間內所抄得的售水量資料除以抄表天數，而得出日平均售水量。以日平均售水量與日平均配水量比例而求得售水率。

(三)日平均法配合配水量上移法：由日平均法得出售水率，在實例計算中，發現在年初時有很大的誤差，這樣的誤差可能係來自於，配水量資料為每月 1 日至月底，但售水量資料可能為前二個月中至本月中之資料，年初適逢年節與寒假假期，在推算上使用水量的情形差異性較大，故經過多次開會討論，以配水量上移一個月之日平均量作為日配水量的基準來推算售水率為良好對策。使其配水量的基準值貼近售水量的日期，如此可讓誤差部分降低許多。

(四)比例調整法：根據實際抄表的週期，推算出每一周期所涵蓋日期，再計算所需期間內的比例數據後加總得出售水量，再除以配水量而計算出售水率資料。售水量數值在起始點之前以採取扣除方式，在終了點之前加回方式。如圖 1 為計算 102 年售水量資料，抄表日序 A 抄表日為 102 年 2 月 1 日其計量區間為 101 年 12 月 1 日至 102 年 2 月 1 日抄得度數為 4.0 百萬度，依此比例計算 102 年 1 月 1 日以前售水量為 $4.0 \times 31 / 62 = 2.0$ 百萬度，同理日序 B, C 經調整可得出 102 年以前的量為 1.1 及 0.6 百萬度。在計算 102 年售水量時，除將 102 年度各期抄表資料累計外仍需扣除 $2.0 + 1.1 + 0.6 = 3.7$ 百萬度，如表 1。同理日序 A、B、C 至下一年度之抄表資料要加回 102 年 12 月 31 日之前的量 3.9 百萬度，合計需調整加 0.2 百萬度的水量。在取 102 年全年售水量資料時就須將統計後數量再加上調整之 0.2 百萬度的水量，如表 2。

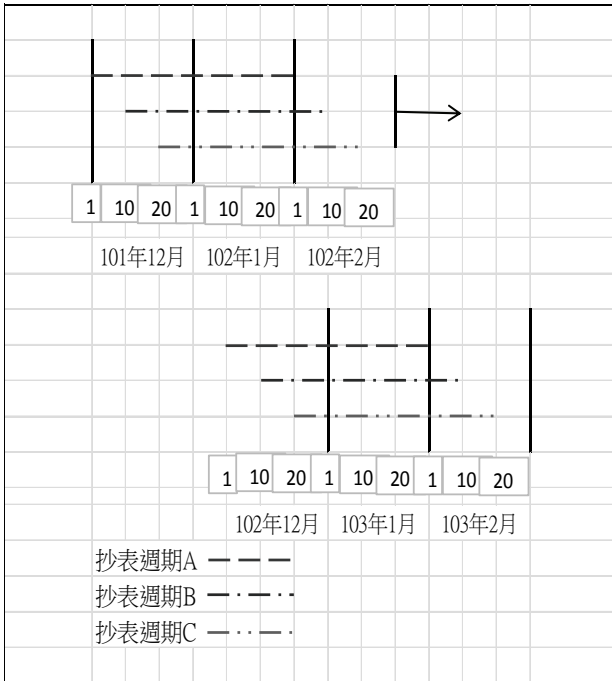


圖 1 抄表週期示意圖

表 1 調整 102 年度前用水度數表

欲計算 102 年實際用水度數：			
抄表週期	抄表日期	抄表度數	調整度數 (百萬度)
A	102.2.1	4.0	$31/62=2.0$
B	102.2.10	3.3	$21/62=1.1$
C	102.2.20	3.6	$11/62=0.6$

A、B、C 抄表日期為 102 年 2 月，度數和須扣除 3.7 百萬度後才為 102 年用水度數。

表 2 調整 102 年度後用水度數表

抄表週期	抄表日期	抄表度數	調整度數 (百萬度)
A	103.2.1	4.2	$31/62=2.1$
B	103.2.10	3.3	$21/62=1.1$
C	103.2.20	3.9	$11/62=0.7$

A、B、C 抄表日期為 103 年 2 月，於計算 102 年度數時須加回 3.9 百萬度。

(五)移動平均法：採取一段區間做為計算的基準，經過試算後得出以一年為一段區間為宜，如要計算 102 年 4 月售水率資料，即以 101 年 5 月至 102 年 4 月之總量計算之。

為瞭解並預測當年度售水率，在計算上除移動平均法取最近一年的總售配水量外其餘皆採取當年度累計量計算，即 1 月採 1 月售配水量，2 月採 1、2 月累計售配水量。以北水處為例，以不同的計算方法計算最近三年售水率如下：(圖 2~圖 6)

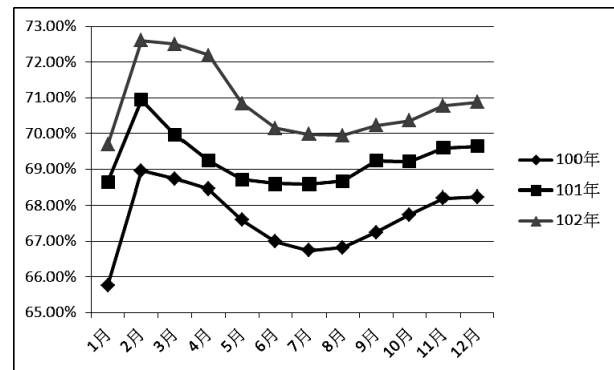


圖 2 傳統產銷法

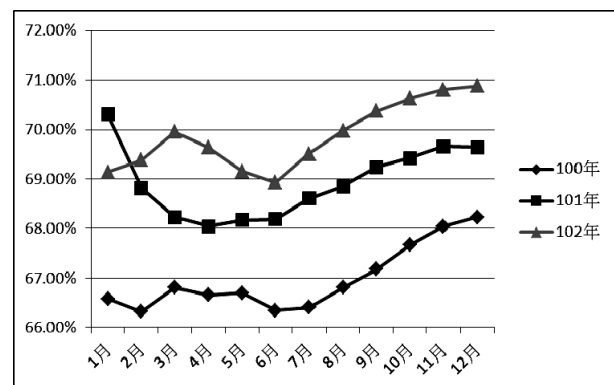


圖 3 日平均法

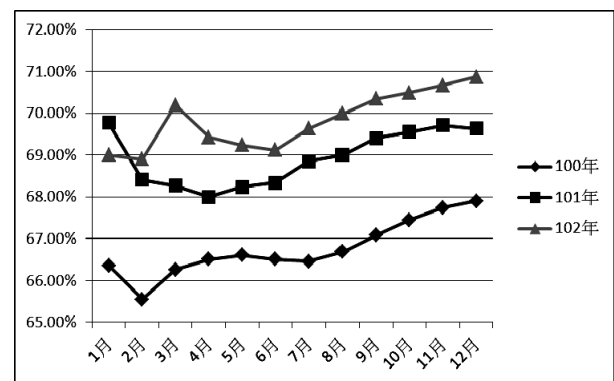


圖 4 日平均法配合配水量上移法

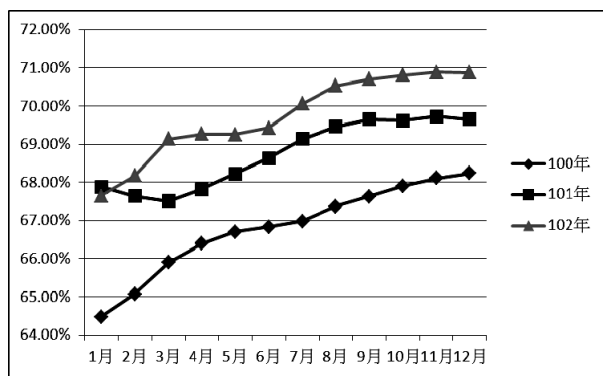


圖 5 比例調整法

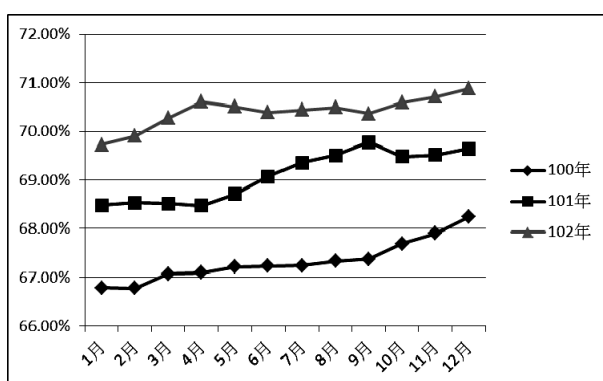


圖 6 移動平均法

比較各方法的優劣，從圖 1、圖 2、圖 3 可看出在 6 月之前，傳統產銷法、日平均法及日平均法配合配水量上移法，其變動幅度較大，尤其是傳統產銷法在 2 月的時候，由於配水量計算日數為 28 或 29 日，相對售水量計算日數較多，以至於售水率計算偏高，另外日平均法及日平均法配合配水量上移法，在 6 月之前仍為不平順曲線，其原因為在計算日平均售水量時，由於抄表天數的計算差異，仍會有誤差。而比例調整法及移動平均法其曲線相關較為平順，便於年初時利用該資料推估年度之售水率，可得出較具參考性的數值。

惟由於比例調整法為得到 12 月售水量資料，因抄表周期緣故，實例上最後有包含

到 12 月之周期抄表資料可能為 12 月 31 日至隔年 3 月 3 日，若要得到年末售水率資料，須至隔年 3 月方可計算得出，在實務上資料提報有效率性之要求，是以，移動平均法可算是較為便利可行的做法。

另外如在年中時，要推估全年度的售水率，我們可以以移動平均法進行線性回歸分析，舉例將 99 年至 102 年 6 月的售水率資料，進行線性分析後繪製成圖表：

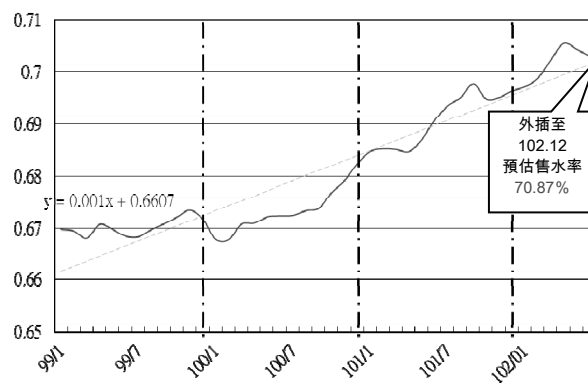


圖 7 移動平均法推估年售水率

經外插法得出 102 年年度售水率為 70.87%，恰與實際值相符，可得知利用此法推估售水率之正確性高。

再依同一年度以不同方法計算得出之售水率資料繪製成折線圖：

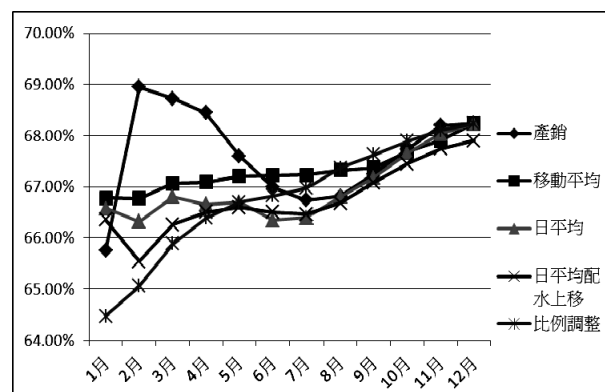


圖 8 100 年售水率

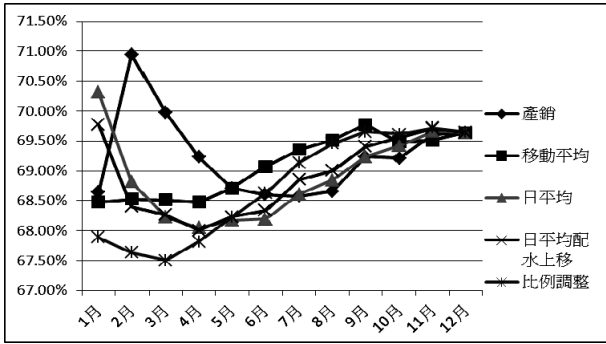


圖 9 101 年售水率

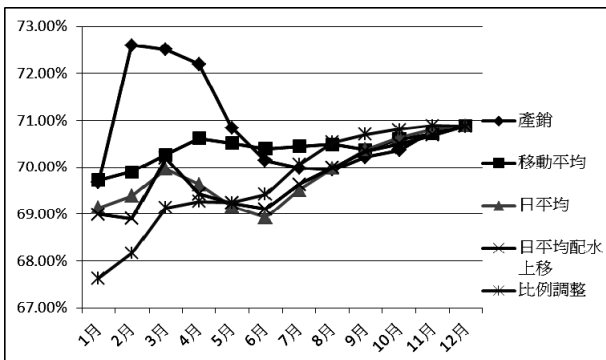


圖 10 102 年售水率

比較同年度各計算法的差異性:如圖 8-10, 可看出各方法在 6 月之前, 其變動度較大, 6 月之後各曲線便逐漸收斂, 直至 12 月各計算法之值便趨近相等。由此可看出, 如以長區間計算售水率, 各計算法可得出較趨近的結果, 如以短區間資料來預估全年度售水率, 則以移動平均法曲線較為平順, 預測值較為準確。

四、結語

由本研究可以看出, 以不同的方法計算售水率, 在售水量區間較小時, 所得出的售水率資料將差異較大, 當售水量統計區間較大時, 得出之售水率數值較趨於一致。分析其原因在於抄表資料為連續抄見的結果, 當期抄見數值如有誤差, 可望於後幾期弭平, 統計區間大時獲得之抄見次數較多, 可減少

人為誤判錯抄、未抄見推定、用戶自抄時間上誤差等人為因素, 此外, 由於季節性的變化、假期的因素亦會造成售水量在短時間呈現上較有大幅度波動發生, 如以較長時間來分析售水率資料, 可將此非人為因素之誤差降低。因此, 在計算售水率的期間, 以一年的基礎較為合適, 在本處近年來使用的計算方法上, 由之前的分析可得出, 以移動平均法所得之售水率資料, 是唯一較便利, 而且簡單可行又不失準確性的方法。

參考文獻

- 1.游叡研, 善用「平常用水量」加速取得小區售水率, 中華民國自來水協會會刊。第33卷第2期, 20頁, 2014。
- 2.周國鼎, 2012國際水價現況解析, 中華民國自來水協會會刊, 第32卷第2期, 72頁, 2013。
- 3.周國鼎, 我國自來水事業產銷平衡表之芻議, 中華民國自來水協會會刊, 第31卷第1期, 40頁, 2012。
- 4.張正忠、時佳麟、陳倉桓, 歷史資料於小區管網汰換之應用, 中華民國自來水協會會刊, 第28卷第2期, 2009。
- 5.AWWA, Water Audits and Loss Control Programs, Third Edition (M36), 2009。

作者簡介

葉泓暉先生

現職：臺北自來水事業處供水科三級工程師

專長：自來水工程設計、漏水改善研究

許敏能先生

現職：臺北自來水事業處供水科一級工程師

專長：自來水工程規劃、施工及自來水管材研究

水質安全計畫之導入評估

文/何承嶧、駱尚廉

摘要

2004 年世界衛生組織(WHO)公布第三版飲用水水質準則(WHO Guidelines for Drinking Water Quality)及國際水協會(IWA)公布的波昂安全飲用水憲章(IWA Bonn Charter for Safe Drinking Water)，同時將水質安全計畫(Water Safety Plan, WSP)納入其中，引起全球各供水管理系統與機構的重視，2011 年第四版的 WHO 飲用水水質準則更強化了 WSP 的重要地位，台灣地區自來水事業刻正與國際水質安全概念接軌，相關推動細節方興未艾。

關鍵詞：水質安全、風險評估、客服反饋

一、緣起與目的

飲用水水質安全一直是世界各國政府與民眾所關心的問題，飲用水與民眾健康息息相關，世界各先進國家均將提供品質優良的飲用水，視為維護大眾健康重要工作。

有別於傳統上以水質檢驗決定自來水水質安全與否的方式，水安全計畫引用多重屏障(Multi-barrier approach)及食品安全 HACCP 的觀念，利用全面危害確認、風險評估及風險管理的作法，藉由關鍵控制點之監管，改善無法及時從整個程序中偵測污染來源及加以控制的現象，達成預防性維護水質的目的，能於發生水質事件前先行降低各環節風險之發生，藉由計畫之推動，可使相關部門瞭解自己在供應安全用水上的責任，以優質安全的飲用水贏得用戶的信賴。

二、文獻回顧

(一)波昂安全飲用水憲章

波昂安全飲用水憲章(The Bonn Charter for Safe Drinking Water)強調自水源地、淨水場、經管網系統至用戶端的整體飲用水水質管理概念及架構，並明確指出政府與主管機關的相關責任。

WHO 建立安全飲用水體制概念，包括一系列健康標準、飲用水安全計畫和獨立立法等，因此世界衛生組織準和波昂飲用水憲章乃是緊密及互補的文件。

波昂憲章宗旨「以優質安全的飲用水贏得用戶的信賴」(Good safe drinking water that has the trust of consumers)。適用對象為從水源到用戶，即安全供水各環節中所涉及之不同對象，考慮到供水者在保證安全、可靠供水各環節管理中所肩負的責任。

波昂憲章的主要受益者為供水系統的服務對象。供水環節中的各方都應努力實現以下基本目標：

1. 為用戶提供優質、安全及可靠的飲用水。這是人類社會最基本需求之一，在許多地區供水的質量已達很高水準並且還在繼續提昇。而在另一些地區，由水污染所引發的疾病及其他水質缺陷依舊普遍存在，因此，安全優質的供水至關重要。
2. 供水系統不僅僅要保證飲水安全，而且要使用戶得到美感的享受。
3. 讓用戶對供水品質充滿信心。

整個供水環節的管理應該以對整個水循環管理為基礎，應包含但不侷限以下各項：(1)對水資源供應的管理，包括增加必要的水源；(2)水資源與土地資源的綜合管理，

還應考慮農業應用與城市發展；(3)廢水的收集與處理。

建立飲用水水質保證體系，不僅對管網末端水質進行檢測，而且管理控制系統還應實施供水所有環節的風險評估，並管理這些風險。

為保證安全且可靠飲用水，波昂憲章提供建議體制包括(1)制訂飲用水安全計畫，用以預測供水系統可能出現風險，並降低這些風險；(2)依照相關標準檢測飲用水水質。

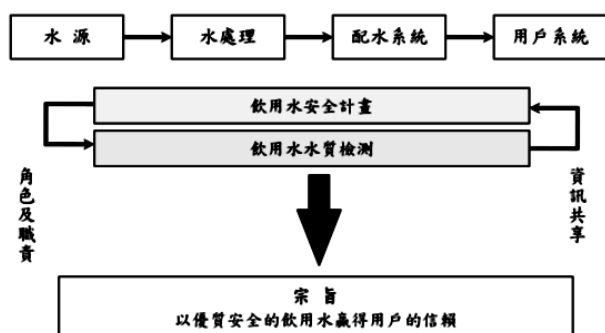


圖 1 水質安全計畫架構圖

正如世界衛生組織準則中所述飲用水安全計畫是一個(或幾個)通過文件形式備案計畫，用以明確描述飲用水輸送過程中可能出現的風險，劃分其級別並採取措施減少風險所產生的損失。

該計畫還需要檢驗水質監控系統運行效果的過程及水質的檢測過程。

供水系統可採用單一的計畫、或多個、整合型計畫的方式，以解決多個部門不同責任分工的問題。不論採用何種方式，該方案決策者須清楚、明確及得當地劃分責任。

強化高效率的飲用水安全計畫，需要通過三個步驟來實現：

1.從水源到用戶水龍頭整個範圍內各環節的水質風險評估系統。

2.最有效控制點的識別與監控，以減少可能的風險。

3.開發有效的管理控制體系及可操作的方案，用以應對正常及非正常情況。對潛在的嚴重事件給予重視並建立應對方案。

另須針對管理控制體系進行效能評估：

1.開發有效的手段，評估所採取措施的有效性，並評估其與整個計畫的一致性。

2.由公正第三方對控制體系進行效率監督及確認作業，以確保體系高效率運轉。惟不與供水單位管理責任發生抵觸。

3.管理控制體系應該包括：(1)明確定義各方責任；(2)各項程序以書面形式備案；(3)確保執行部門所有員工具備適當技能培訓計畫。

至於涉及飲用水安全計畫、飲用水水質標準開發與檢驗水質標準等相關內容，波昂憲章與世界衛生組織準則相同。

1.以健康作為目標，該目標能否實現取決於對人們健康的關注程度。

2.把整個從水源到用戶家中的供水系統作為一個整體，其水質能否符合健康標準取決於對系統的評估。

3.在供水過程中，可操作的監控手段對保證飲用水安全是非常重要的。

4.管理系統評估、監控方案，描述正常與非正常情況的對策的計畫方案的文件，包括升級與更新，書面文件與口頭資訊。

世界衛生組織在飲用水水質準則(第三版)中推薦參考流程，用以製訂飲用水水質標準並驗證其性能，如圖 2。

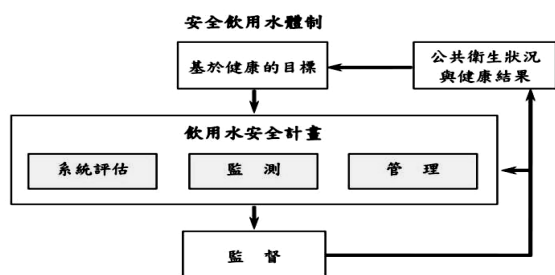


圖 2 飲用水水質標準製訂及驗證流程圖

(二)WHO 水質安全計畫

供水安全預防管理是確保飲用水安全的首要步驟，公共供水系統應從公共用水水源到使用者端之飲用水配水系統著手；由於飲用水品質管理在許多方面常常都不直接屬於供水單位的權責，例如供水單位所在的行政轄區也許不在水源的區域內，因此常需要各相關權責單位協同合作以釐清特定供水區域的水質管理責任歸屬。

為有效監控飲用水品質，對於公共健康評估應持續警戒，且能於緊急狀況時及時採取校正措施，經由不斷檢討流程盲點，才能有效改善飲用水品質，保護公眾健康。

監控機構或為衛生主管部門、或公共衛生部門、或環保機構不盡相同，然監控執行系統方案，內容除稽查、分析、公共衛生檢視外也應考慮社會觀感，且應涵蓋整個飲用水系統、集水區、公共運輸建設、污水處理廠、水庫（蓄水設施）、各種型態配水系統等。監控單位必要時需法規支持和法律賦予公權力，利用適當罰則配合鼓勵措施來確保供水業者遵守各項規定。

水質安全計畫基本指導方針有下 5 點：

1. 以健康為基礎的水質目標（Health-base target）

根據水質安全性評估和水媒危害風險評估，建立一種可量測衛生品質、水質或績

效目標。健康基礎項目提供各種指導方針給供水業者。飲用水中的化合物可能引起健康危害，可能為單次暴露（致病性微生物）或長期暴露（多種化學物質）所引起者，水體組成包含在環境中的各種型態以及在自然環境中不同物質濃度的變化現象。

為達成以公眾健康為基礎之水質目標，應訂定具體改善措施：包括污染控制措施、水源保護措施及淨水處理技術之提昇。

2. 建立以公眾健康為基礎之水質目標

健康結果目標（Health outcome targets）：在某些情況下，特別是當水源性疾病成為重要問題時，減少通過飲用水接觸致病因素的機會，可以大幅減少總的疾病危險。在這種情況下，建立一個基於健康的目標，以實現總疾病負擔量的下降。

此類健康結果目標主要適用於發展中國家某些微生物危害，也適用於某些通過影響水質而對健康產生明確危害的化學物（如氟化物）。

健康結果目標建基在規定可耐受危險水準的基礎上，最好是根據流行病學的證據，也可根據危險性評估研究的結果。

3. 水質指標（Water quality targets）：飲用水中的某些成分經長期暴露後對健康會構成危害，而且這些成分的濃度變化很小或者經過很長的一段時間後才會發生變化，水質目標即針對這些化學物質建立其準則值（濃度）。

4. 績效指標（performance targets）：設定短期暴露會造成的公眾健康風險，或對健康有顯著影響的允許數值或濃度，通常會設定應減少多少濃度或對於污染防治成效加以規範。

5. 明確特定技術指標 (Specified technology targets)：中央主管機關可具體建議區域性的處理設施，和社區性或家庭飲用水飲用水處理系統，規定所應採取特定措施或技術以改善水質。

(三) 水源水質管理

在實務上要達成水源保護需佐以法規規範才可發揮效能，台灣沿用之飲用水水源水質標準係中華民國八十六年九月二十四日行政院環境保護署環署毒字第五六〇七五號令訂定發布全文十條，相關限值如表 1 所示。

表 1 飲用水水源水質標準閾限值

項目	最大限值	單位
大腸桿菌群密度 (Coliform Group)	20,000 (具備消毒單元者) 50 (未具備消毒單元者)	M P N /100 ml 或 C F U /100 ml
氨氮 (以 NH ₃ -N 表示)	1	mg/L
化學需氧量 (以 COD 表示)	25	mg/L
總有機碳 (以 TOC 表示)	4	mg/L
砷 (以 As 表示)	0.05	mg/L
鉛 (以 Pb 表示)	0.05	mg/L
鎘 (以 Cd 表示)	0.01	mg/L
鉻 (以 Cr 表示)	0.05	mg/L
汞 (以 Hg 表示)	0.002	mg/L
硒 (以 Se 表示)	0.05	mg/L

台灣自來公司(以下簡稱台水公司)針對飲用水水源水質標準另訂 80% 內控值，用以針對可能超標水質項目提供警示功能，得以爭取改善時間，進行淨水全流程全面檢視並

研擬改善對策。表 2~4 係台灣地區(除北水處轄區)101~103 年水質超內控情形彙整表，由表內容可見各水質項目超內控比例互有消長，足見水質改善係持續性，需重複檢視，非一勞永逸的工作。

表 2 101 年原水超過水質內控值彙整表

檢項名稱	原水水質標準	原水內控值	原水總筆數	超過原水內控值筆數
大腸桿菌群	20,000	16,000	2,698	25(0.93%)
化學需氧量	25	20	1,271	5(0.39%)
砷	0.05	0.04	1,792	4(0.22%)
硒	0.05	0.04	1,774	0
氨氮	1	0.8	3,182	10(0.31%)
鉛	0.05	0.04	1,778	0
鉻	0.05	0.04	1,778	0
總有機碳	4	3.2	1,510	8(0.53%)
鎘	0.01	0.008	1,774	0
汞	0.002	0.0016	1,777	1(0.06%)

表 3 102 年原水超過水質內控值彙整表

檢項名稱	原水水質標準	原水內控值	原水總筆數	超過原水內控值筆數
大腸桿菌群	20000	16000	2806	32(1.14%)
化學需氧量	25	20	1493	8(0.54%)
砷	0.05	0.04	1947	0
硒	0.05	0.04	1922	0
氨氮	1	0.8	2915	7(0.24%)
鉛	0.05	0.04	2001	3(0.15%)
鉻	0.05	0.04	1944	1(0.05%)
總有機碳	4	3.2	1624	11(0.68%)
鎘	0.01	0.008	1922	0
汞	0.002	0.0016	1922	3(0.16%)

表4 103年原水超過水質內控值彙整表

檢項名稱	原水水質標準	原水內控值	原水總筆數	超過原水內控值筆數
大腸桿菌群	20000	16000	1975	26(1.32%)
化學需氧量	25	20	1089	9(0.83%)
砷	0.05	0.04	1056	0
硒	0.05	0.04	1054	0
氨氮	1	0.8	2055	4(0.19%)
鉛	0.05	0.04	1060	0
鉻	0.05	0.04	1057	0
總有機碳	4	3.2	1305	8(0.61%)
鎘	0.01	0.008	1058	0
汞	0.002	0.0016	1061	4(0.38%)

另根據自來水法第十一條：自來水事業對其水源之保護，除依水利法之規定向水利主管機關申請辦理外，得視事實需要，申請主管機關會商有關機關，劃定公布水質水量保護區，依本法或相關法律規定，禁止或限制左列貽害水質與水量之行為。

- 1.濫伐林木或濫墾土地。
- 2.變更河道足以影響水之自淨能力。
- 3.土石採取或採礦、採礦致污染水源。
- 4.排放超過規定標準之工礦廢水或家庭污水，或其總量超過目的事業主管機關所訂之標準。
- 5.污染性工廠。
- 6.設置垃圾掩埋場或焚化爐、傾倒、施放或棄置垃圾、灰渣、土石、污泥、糞尿、廢油、廢化學品、動物屍骸或其他足以污染水源水質物品。
- 7.在環境保護主管機關指定公告之重要取

水口以上集水區養豬；其他以營利為目的，飼養家禽、家畜。

- 8.以營利為目的之飼養家畜、家禽。
- 9.高爾夫球場之興建或擴建。
- 10.核能或其他能源之開發、放射性廢棄物儲存或處理場所之興建。
- 11.其他足以貽害水質、水量，經中央主管機關會商目的事業主管機關公告之行為。

為落實通報自來水法第十一條規定劃定公布之自來水水質水量保護區禁止或限制貽害水質水量之行為，暨水庫蓄水範圍使用管理辦法第四條規定管理事項，需強化水源管理、維護及保育工作，台水公司特訂定『台灣自來水股份有限公司水源巡查作業須知』。以加強落實水源保護區（含蓄水範圍）之巡查、舉發作業，並應強化水源管理、維護及保育工作。台水公司各區處應主動追蹤歷次通報案件查處情形。逾三個月以上未結案件，應加強追蹤頻率，並再函報地方主管機關查處，必要時應提總處報請既有橫向聯繫平台進行協調。案件追蹤相關過程應以書面紀錄備查。

為了確保台水公司各區管理處取用飲用水水源水質能符合「飲用水管理條例」第六條第一項之規定，特訂『台灣自來水公司飲用水水源水質或淨水處理改善計畫審核準則』，各區處淨水場水質預警系統報表中，飲用水水源水質預警系統中各水源水質檢項超過設定預警內控值，應即加強水源污染巡查舉發並採取相關之應變措施。另若各水源水質檢項單次超逾「飲用水水源水質標準」者，除應加強水源污染巡查舉發、追查污染源並應增加檢測頻率及採取相關之應

變措施。

為避免淨水場取用水源因水質未符合飲用水水源水質標準，遭環境主管機關裁定及發生禁止水源取用情況，台水公司各區處水質管理單位應於各級環保單位抽驗所轄淨水場水源水質第一次發生不合格情形時，預為判斷該取用水源水質六次算術平均值超過水源水質標準最大限值而遭受裁定罰緩與停用之可能性，如有需要應簽報區處經理召開區處內部相關單位會商研議預為因應，避免規設不及無法於期限內向中央環境主管機關提出「飲用水水源水質或淨水處理改善計畫書」而影響供水。

(四)水質監控

台水公司針對水庫優養化持續進行監控作業，範圍涵蓋台灣本島 18 座水庫及澎湖 6 座水庫。其監控工具主要以卡爾森指數 (CTSI) 分析水庫中葉綠素-a、總磷及透明度，藉以判別其優養潛勢，並據以研擬因應作為。其優養化情況詳表 5 所示。另水質監控生物相關參數則參閱表 6 說明。

表 5 水庫優養潛勢彙整表(台水公司, 103 年)

卡爾森指數	優養潛勢水庫數量
30-40	貧養 0
40-50	中養 10
50-70	優養 13
>70	超優養 1
合計	24 座水庫

表 6 水質監控生物相關參數表(台水公司)

檢測項目	採樣點	頻率	檢測方法
藻類計數	23 座水庫 (表層水)	每季/次	顯微鏡鏡檢
梨形鞭毛蟲與隱孢子蟲	原水	半年/次	螢光原位雜交(FISH)
腐植質	23 座水庫 (上、中、下層)	原則每季/次 5-8 月加強檢驗 每月/次	螢光光譜儀分析
UV254 吸光值			分光光度計分析
微囊藻毒	23 座水庫及原水	每季/次	酵素免疫分析法(ELISA)
柱孢藻毒	7 座水庫及原水		

至於其餘有關飲用水水質標準規範項目及其限值，除例行性進行採樣分析建立資料庫，並依圖 3 及表 7 內容進行整體考量，其終極目標則是在合於法規條件下進行水質管理。

三、國外案例與經驗

(一)澳洲水質安全計畫

澳洲 WSP 幾乎完全是由城市供水系統自主建制而成。由於大多數供水系統員工過去實施過職業健康與安全及環境管理系統訓練，以及 ISO9001 及 ISO22000 認證考驗，故均熟悉系統性風險評估及其管理系統的使用。WSP 以此些管理系統為基礎，並依澳洲「飲用水水質管理架構」(2004 年澳洲飲用水指南)制定之。

澳洲供水水源由地表水與地下水組成，但在水源地範圍內有很多未受監管的輕度農業活動(如養牛)，也有農村民居；處理

表 7 飲用水系統資訊評估檢核表

飲用水系統的構成	評估飲用水系統各組成部分的資訊/資料
集水區	<ul style="list-style-type: none"> ● 地質學和水文學 ● 氣象學和天氣情況 ● 一般集水區和河川衛生情況 ● 野生動植物 ● 用水競爭(實際上是在集水區域內的其他用水情況) ● 開發和土地利用性質和強度 ● 集水區內有可能向水源排放汙染物質的其他活動 ● 規劃的未來活動
地表水	<ul style="list-style-type: none"> ● 水體類型描述(即河流、水庫、堤壩中的蓄水) ● 物理特徵(即大小、深度、溫度分層、海拔高度) ● 水源流量和可靠性 ● 滯留時間 ● 水的成分(物理性、化學性、生物性) ● 保護(即圍欄、通道) ● 休閒娛樂和其他人類活動 ● 大容量的水傳送
地下水	<ul style="list-style-type: none"> ● 有邊界或無邊界的蓄水層 ● 蓄水層水文地質學 ● 流速與方向 ● 稀釋特徵 ● 回補區域、泉源保護 ● 套管深度 ● 大容量的水傳送
處理	<ul style="list-style-type: none"> ● 水處理流程(包括操作過程) ● 裝置設計 ● 監測設備和自動控制 ● 使用的水處理化學藥劑 ● 處理效率 ● 消毒後的病原體去除情況 ● 消毒劑殘留/接觸時間
蓄水池和輸配水	<ul style="list-style-type: none"> ● 蓄水池設計 ● 保存時間 ● 季節變化 ● 保護(即加蓋、圍欄、通道) ● 配水系統設計 ● 水力學條件(即水理、壓力、流量) ● 逆流保護裝置 ● 消毒劑殘留

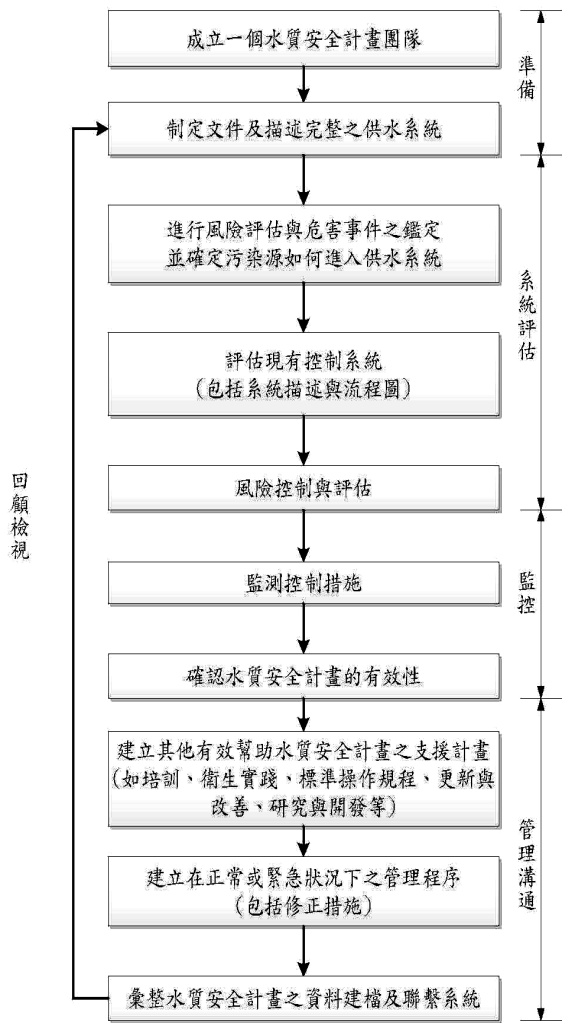


圖 3 水質安全計畫建置與實施流程圖

程序是傳統處理及加氯消毒；用戶通過管網內部泵站系統直接從家中用水，貯水池及水塔(水箱)較少使用；澳洲水質標準與 WHO 飲用水水質指南相近，並已建立良好檢測與報告制度；在 WSP 實施後，沒有水媒病發生的紀錄，一般用戶用水時不需再自購處理設備(例如 RO 逆滲透機)。澳洲 WSP 建置考量點綜整如下：

1. 成立水質安全計畫工作團隊。
2. 制定文件及描述供水系統。
3. 進行風險評估與危害事件鑑定。
4. 評估現有控制系統。
5. 風險控管與 WSP 改進/升級。

6. 監測控管措施。
7. 確認 WSP 的有效性。
8. 建立標準運作程序。
9. 建立支援計畫項目。
10. 實施 WSP 之階段性評估與修正。

(二) 加拿大 Alberta 水質安全計畫。

加拿大 Alberta 環境和永續資源發展部 (Environment and Sustainable Resource Development in the Government of Alberta, AESRD) 負責 Alberta 約 640 座飲用水供水系統的管理。這些供水系統規模大多數是小型或非常小型系統，這些系統日常運作很多都是由兼職的人員負責。

在 2006 年 AESRD 透過風險評估的執行，確認供水系統一些潛在風險，並且告知各地方政府部門應該針對供水系統潛在問題採取適當措施，包括在 2012 年前適度修改供水業務相關的標準和準則並付諸施行。在 2010 年年底 AESRD 開始專注於風險評估詳細內容，同時認為世界衛生組織水質安全計畫做法是一個可行的方案，可達成 2006 年所擬定政策目標。

雖然水質安全計畫發展過程理論及實務都已經有相當多文獻資料可參考，目前關於水質安全計畫文獻資料卻無法提供可以適用於 AESRD 所管轄供水系統，在此情形下，AESRD 決定自行發展一個水安全計畫樣板 (template)，此水質安全計畫規劃發展過程可提供一系列涵蓋供水系統四個主要關切課題的一般風險，包括水源、淨水處理、配水系統和客戶端相關風險。

AESRD 將此水質安全計畫定名為“飲用水安全計畫” (drinking water safety plans,

DWSPs)，以確保供水系統營運人員、政府官員或其他利益相關者瞭解工作性質。

Alberta 水安全計畫的挑戰包括如何讓小型供水系統能參與水質安全計畫，並且維持水質安全計畫完整性。

一個有效飲水安全計畫 (DWSP) 組成有賴於四個主要程序：

1. 收集和整理供水系統的相關訊息。
2. 分析和理解供水系統存在的風險，以及在某些情況下將可能威脅到安全飲用水供應的風險。
3. 評估正確的可行方案以降低風險到可接受的範圍。
4. 定如何取得必要資源來實現這一目標，如何優化和評估已確定的任務，以及如何在規定的時間內完成任務。

(三) 香港水質安全計畫

香港所供應水質，完全符合世界衛生組織所訂《飲用水水質準則》。水務署承諾為香港市民提供安全、清潔及可靠的優質飲用水。嚴格飲用水處理及全面飲用水水質監控，是保障公眾健康的重要步驟。水務署自 2012 年 8 月 1 日起，已採用世衛在 2011 年發佈的《飲用水水質準則》第四版(世衛 2011) 作為香港的飲用水水質標準。

世界衛生組織於第三版的《飲用水水質準則》內首次提倡制訂和推行預防性的《水質安全計劃》，以提供一個有效和主動的機制，確保飲用水安全，保障公眾健康。《水安全計劃》是採用多重屏障體系及危害分析與關鍵控制點的原則，確保整個供水系統的飲用水安全。此計劃鑑定潛在危害物及預防由水源以至用戶水龍頭的污染風險，而主要

步驟包括系統評價、控制措施、運行監測、驗證、管理計劃、文件記錄和監督。

於 2005 年 2 月期間，水務署成立由各有關單位高級專業人員組成的工作小組，制訂水務署的《水質安全計劃》，有系統地評估及確定供水系統內可能影響水質各種風險因素並制訂控制措施。衛生署與水務署亦根據世衛指引，共同協定一套有關化學及細菌水質項目準則值，作為本港飲用水健康目標。

水務署《水質安全計劃》主要目標包括：防止水源污染；透過食水處理程序減少或清除污染物，以符合飲用水水質目標；防止食水在儲存、輸送及處理過程中受到污染。

水務署已於 2006 年 12 月完成《水安全計劃》，並得到水質事務諮詢委員會全力支持。水務署於 2007 年初實施《水質安全計劃》，用以保障飲用水水質。

此計劃涵蓋以下範疇：保護集水區內珍貴水資源；與內地相關機關保持緊密聯繫，監測東江水質；監控飲用水處理過程；進行水質驗證；制訂應變計劃；以及與衛生署合作共同監察飲用水水質。

四、執行 WSPs 的關鍵因素與瓶頸

(一) 確保淨水處理水質

為確保自來水品質能符合「飲用水水質標準」，及適時掌握水源水質俾能符合「飲用水水源水質標準」，並因應環境污染加強水質管理，以確保水質安全，自來水公司修訂『台灣自來水公司水質檢驗規範』。將各級水質檢驗單位的權責劃分：

1. 總管理處水質處：綜理本公司水質檢驗有

關業務、各區處供水水質抽驗及管理工
作、檢驗技術開發。

2. 區管理處水質課：執行區處內各場站原水、清水、配水和廢水之水質檢驗，並依檢驗結果編製水質報表。

3. 淨水場：執行場內原水、沉澱水、過濾水、清水、配水和廢水之水質檢驗，瞭解水質情況，以為淨水操作之依據。

另研發水質檢驗資訊管理系統 (Laboratory Information Management System, LIMS) 及水質預警系統 (Alarm Data Transfer System, ADTS) 做為資訊管理工具，LIMS (示意如圖 4) 是將檢驗室品保品管管理及相關檢驗作業流程資訊化，主要包含樣品接收、工作分派管理、檢驗室品保品管管理、樣品追蹤管理、檢驗紀錄及數據管理、檢測報告、數據統計、儀器設備管理、藥品管理、廢棄樣品管理、品質手冊修訂、人員訓練、檢驗儀器與分析系統相連的一套實驗室資訊管理系統。至於 ADTS (示意如圖 5) 則是將 LIMS 資料導入，並以法規限值 80% 數值進行內控，各水質測值可即時處理及提出警示，一旦超出內控標準則依權責啟動應變處理機制，藉由成立水質事件，賦予權責單位及早因應，避免受罰。

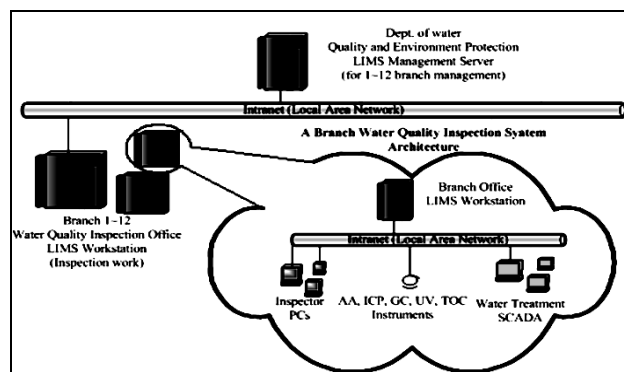


圖 4 水質檢驗資訊管理系統 LIMS

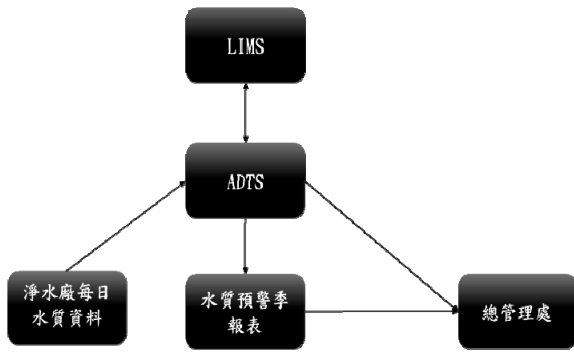


圖 5 水質預警系統 ADTS

為有效提昇本公司淨水場之操作，利用綜合效能評估技術(Operational Performance Evaluation & Enhancement, OPEE)來鑑定淨水場中水質處理不良的原因，並判斷是否將原有之淨水場設備，加以妥善利用，以期達到最佳的處理效率及效能，並對淨水場之設計、管理、操作及維護之完整檢視及分析，以達淨水場之最佳化操作，相關流程詳圖 6 所示。

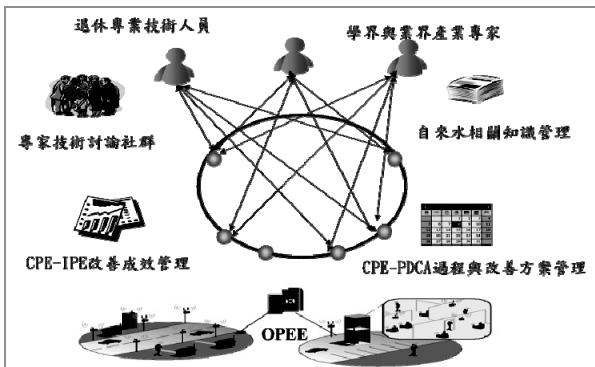


圖 6 台水公司 OPEE 推動架構圖

(二)淨水處理水質遭遇的困難

1.原水濁度

(1)台灣地區自來水水源大多仰賴地面水，然因降雨過於集中於夏季，豐枯水季分明，更因地表坡度大，一旦豪雨及颱風期間極易造成地表沖刷，再加上土質鬆軟及土地超限利用，造成原水、表面水濁度急遽增

加，已經影響到淨水處理，甚至造成限水或缺水現象，對於民眾生活及工商活動影響甚巨。

(2)低濁度難處理原水水中顆粒濃度較少，造成混凝效率不佳，顆粒不易碰撞聚集，而當原水中含有藻類及溶解性有機物使得混凝劑的混凝效率更劣，造成後續處理的操作負荷及供水的不穩定。

2.人力管缺

3.水價調整不易

制定 WSP 可有效管理及改善飲用水的品質，但若要達到最大的利益，必須克服多重阻礙。各國執行 WSP 之經驗，探討 WSP 所帶來的效益及可能面對的挑戰。

1.習慣、慣性(Inertia)

要讓從供水系統上層管理階層到基層之所有員工均能理解 WSP 對於供水安全重要性，並養成 WSP 所要求之規範是件困難的事；而另一個必須認知的重點是 WSP 實施並不是一個額外工作，而是近期應該著手進行以提升供水效能、保障供水安全的工作；在原有管理與操作任務下同時建立 WSPs，也常會讓人誤解 WSPs 是只執行一次的計畫，未能認知到 WSP 的概念必須長久維持，這種觀念會導致 WSP 無法納入事業主流事務中。

2.附加價值(Added-value)

正如 WSP 可能會被視為是一項額外工作，它也常被認為本身不具價值性，特別是在那些水質相當好的地方。即使有些地方在 WSP 實施前，供水者已提供許多 WSP 所需之相關要素，但 WSP 仍能有效且有邏輯地整合各項要素，彌補原有之管理盲點，進一步確保供水系統的穩定性及應付突發緊急

狀況的能力。

3.成本 (cost)

要施行 WSP 所需成本也是阻礙之一，但事實上短期 WSP 作業成本遠比一般認知所來的少。推動 WSP 雖然在初始階段可能增加一些支出，但透過 WSP 的推動，供水系統可藉此降低意外事故發生之風險及其衍生之成本支出，就供水系統營運成本和達到最大效益來說，實施 WSP 是可以節省供水系統的費用，並且合乎成本-效益的正面價值。

4.與他人合作 (Working with others)

利害關係人之間的良好溝通和合作關係所帶來的好處雖然難以量化，但無疑的在 WSP 的施行上是一個重要的關鍵，例如：從上游的流域管理局與農夫，到供水管末的衛生局和消費者之間的合作關係等。很多公共事業上的限制是起源在利害關係人對共同相關事務的參與感不夠上，透過 WSP 的施行及共同參與，將可改善各利害關係人對供水系統潛在風險的認知，並提升彼此的合作伙伴關係。

5.WSP 的結束 (completing a WSP)

「WSP 何時才算結束？」這是一個常見的問題，其最明顯且最適當的答案是「WSP 永遠不會結束」。WSP 的實施是一個反覆的過程(iterative process)，透過供水系統潛在脆弱性評估來找出可能的風險並加以改善，這必須持續進行，不應該被視為一個一次性的計畫或有時間限制的工作。此問題背後的意義往往是「我何時可以說我已經全面實施 WSP 了？」簡單來說，當 WSP 已經實施並具有詳細規劃，也有定期審視及更新，就已達到推動 WSP 的目標了。這對某些自來水

公司而言是一件困難的工作，他們所面臨的挑戰可能是財務上、制度上或持之以恆的問題，因此短期內要能確認施行的效果及其所產生的後續影響，就能達到 WSP 早期階段的里程碑了，此對持續進行 WSP 也是極有幫助的。

執行 WSP 後可以改善飲用水品質和保障民眾健康，其所造成的影響是全球性的，持續對 WSP 進行評估和改進仍是必須的工作。對於不同發展程度的國家，實施 WSP 有不同的關鍵驅動因素，以下為 IWA 和 WHO 所提出關於引入 WSP 的 4 個主要關鍵驅動因素：

- 1.政府的決策需要鼓勵供水商或配合執行 WSP，以提高民眾的健康。
- 2.供水業者承諾並致力於積極執行 WSP，以改善飲用水品質。
- 3.贊助業者可幫助計畫管理人遵守國際上的良好規範。
- 4.對供水事業及各部門階層，仍需專業人士及相關企業的支持與鼓勵。

若成功施行 WSPs 可以改善飲用水的品質、確保操作效率和提供堅固的架構來有效運用所投入的資本。這些優點係基於 WSP 具有下列幾項核心價值：

- 1.WSP 的目標是為供水的品質做更進一步的改善，雖然剛開始的改善可能不明顯，長期執行後可顯著的提升供水品質。
- 2.WSP 應確立短期、中期、長期可達成的目標，並考量在不同階段所可能利用之資源為何。
- 3.WSP 是一個透過找出系統脆弱性、持續進行改善且本身沒有結束的過程。

從上述來看，WSPs 的全面與認真的實

施，對改善全球飲用水安全，貢獻顯著，這不只是經營者、技術人員或工程師可辦到的，而是大家共同努力的結果。

五、國內推動 WSPs 實施準則

WHO 水安全計畫已成為各國飲用水管理之重要工作，許多國家已推動實施，我國如欲要求供水事業實施 WSP，應於相關法令中規定實施 WSP 之相關事項。WHO 水安全計畫包含多項步驟與工作項目，可視國外實施現況，並考量我國供水事業現況，研擬我國 WSP 實施策略與措施。WSP 可分為兩大部分，水質標準研訂與自來水事業水質管理，我國飲用水管理條例雖有針對飲用水水質訂定標準，但目前對自來水事業水質管理法令(規)尚不足，且與自來水法亦待競合檢討，可優先增訂法令，要求自來水事業實施 WSP。中央主管(或目的事業主管)可研訂 WSP 手冊(規範)，明定自來水事業執行 WSP 應有事項與範圍，作為自來水事業執行依據。

目前水廠評鑑或水廠所擁有的資訊，均以傳統水質項目(如濁度、硬度、THMs 等)為主，若要求各供水單位建立 WSP，需針對水源／水廠進行更全面性的調查，因此可由傳統項目開始執行 WSP，再逐年增加新項目，並開始建立各自來水事業自己的資料庫。建議可以儘早啟動相關工作，然後可選擇幾個不同類型的水源、水廠及配水管網，優先開始實施。

管理、配水及用戶，不是僅有淨水廠而已。考慮供水系統在國內業務相關權責單位有水利署、環保署及營建署(或衛生單位)，因此要實際執行整個供水系統 WSP 在現階段有實際操作之困難，但若僅在環保署業務

範圍之淨水及配水工程執行 WSP，又失掉原先評估及保障每一個供水環節之可能危害因子的意義，因此，將 WSP 引入國內仍需考量其實際操作之困難。

我國實施 WSP 首應釐清角色問題，例如由水公司去執行 WSP，但又需外部評鑑機構來執行外部評鑑，以目前我國的供水機構、主管機關、目的事業主管機關的架構組織編列似有疑義，宜先將 WHO 的角色套疊在我國相關機關，以便一一釐清或修正我國應擔任各任務的主協辦機關，如此比較清楚推動 WSP 應有之架構。

WSP 提到「中央主管機關」要建立目標和架構等，要成立一個獨立的監督機構負責監督供水安全等，如要引進並在我國使用，必須考慮到將來環資部成立以後，環境資源部同時為飲用水水質管理及淨水場操作管理之主管機關。屆時監督機關與供水機關(及其上級)將在同一個部會，如何同時執行兩項責任而不互相衝突是必須考量的問題。即使環資部內部分為二個管理部門時也會有爭議，宜事先釐清將來在環資部架構下由誰來「主管」WSP。其次是工具問題，例如水質績效目標或特定之技術目標在國內恐難變成強制性法規，故將此種水質指標應用在 WSP 時，我國較難採用。故是否可以使其變成供水機構的內部規範，而形成一種「約束力」，宜再加以探討。

WSP 團隊之位階應能控管水資源之調配，將來如需調度水資源時方有權限，否則一切僅只於空談。「WSP 應由個別的飲用水供水系統發展其個別計畫」，其所耗費之人力、時間、經費很可觀，是否有可能持續執行亦為考量之要素。考慮 WHO 水質安全計

畫之內容，實際應用到我國現有自來水事業有其執行上之問題。未來如欲執行 WSP，必須評估全面執行 WSP 之可行性，是否可能涵蓋從水源、水處理、配水到用戶端的問題。在評估執行架構時，亦應釐清主管機關到地方單位責任歸屬之權責劃分，檢視目前法規是否足以因應 WSP 之執行。

1. 推動 WSP 之目的與宗旨：

- (1) 推動 WSP 之目的：可靠供給優質、安全的飲用水是建設健康社會並促進其經濟發展的基礎。
- (2) 推動 WSP 之宗旨：以優質安全的飲用水贏得用戶的信賴。

2. 推動 WSP 之基本目標：

- (1) 為用戶提供優質、安全可靠飲用水。
- (2) 不僅僅要保證飲水安全，而且要使用戶得到美感的享受。
- (3) 讓用戶對供水系統及品質充滿信心。

3. 推動 WSP 之主要原則：

- (1) 整個供水環節管理應該以對整個水循環管理為基礎。
- (2) 建立飲用水水質保證體系，實施供水所有環節風險評估及管理。
- (3) 各有關方面應密切合作，並建立良好的伙伴關係。
- (4) 以公開、透明及誠實的溝通，建立利害關係人間相互信任關係。
- (5) 明確劃分供水系統中各機構角色及責任，以確保 WSP 能安全涵蓋從水源到用戶整個系統。政府應透過法律制訂，從制度上賦予各方適度責任。
- (6) 公開供水水質標準制訂過程與有關決策。
- (7) 應保證水質安全與美質可接受性。
- (8) 應制定合理水價，並應考慮到低收入用戶

用水需求，使他們不致於因付不起水費而不能獲得合理必須用水。

- (9) 所有飲用水供水安全保障體系應以最有效的科學實驗數據為基礎，並考慮到不同區域特性、特質、文化及其社會經濟狀況。

4. WSP 管理角色與責任

- (1) 中央主管機關建立目標和架構，明確制定飲用水管理法規和水質標準，以規範供水業者之義務和責任。
- (2) 對於任何供水業者，都需有詳細規範和驗證標準，以確保每次供水都能達到水質目標。
- (3) 成立一個獨立監督機構，負責監督供水安全和相關驗證測試工作。

5. 執行 WSP 基本指導方針

- (1) 應達成以個人健康為基礎水質目標(透過化學物質風險評估達成)。
- (2) 應建立以公眾健康為基礎水質目標(來自國家政策決定)。
- (3) 應建立符合地域特性水質指標。
- (4) 應建立配水系統績效指標。
- (5) 應建立明確淨水廠及供水系統技術指標。

6. WSP 應優先關切之課題

- (1) 瞭解消費者在化學物質中暴露機率(包含暴露期間)，以確保消費者能飲用到較安全飲用水。
- (2) 管理重要化學物質，瞭解化學物質可能會造成人體健康效應與危害的濃度。
- (3) 優先解決具有危害化學物質，特別是會影響飲用水味道、氣味、外觀物質。
- (4) 選用適合處理技術，配合污染源管制，在符合水質指引條件下減少污染來源，或將污染物濃度值控制在標準值以下。

7. 水質安全計畫策略

- (1)完整系統評估，以確保飲用水供應品質無虞，包括新系統設計標準評估。
- (2)有效操作監控，確保每一個監測項目均能以適當方式運行，有任何偏差時能迅速發現並校正。
- (3)管理與資訊有效傳達，記錄系統評估內容，包括系統升級與改善計畫，以及一般正常管理和溝通事宜。

六、結論

國際水協會於 2004 年提出波昂安全飲用水憲章，強調自水源地、淨水場、經管網系統至用戶端的整體飲用水水質管理，並明確指出政府、主管機關、供水單位及消費者等的相關責任，其目的在要求自來水供水單位能體認「可靠供給優質、安全的飲用水是建設健康社會並促進其經濟發展的基礎」。

在這個架構下所發展出來的水安全計畫除了要求水質保證和安全外，並要求供水單位能持續改進供水系統及設施的穩定及永續性。水安全計畫要求供水單位能從水源地至用戶端所有環節進行廣泛的風險評估與風險管理，其具體目標即為「持續確保飲用水供給之安全性與可接受性」。

不論供水系統的規模大小、簡單或複雜，水安全計畫之可應用性能確保各種類型及規模供水系統的安全性。值得引進國內並規劃落實執行。

參考文獻

- 1.水庫優養潛勢，台灣自來水公司，2014。
- 2.自來水法，水利署，2014。
- 3.飲用水水源水質標準，環保署，1997。
- 4.飲用水水質標準，環保署，2014。
- 5.駱尚廉，王根樹，「國內自來水水質安全計畫

- 之推動規劃」，中華民國自來水協會，2013。
- 6.IWA, Bonn Charter for Safe Drinking Water, 2004.
- 7.WHO, Guidelines for Drinking Water Quality, 2004.

作者簡介

何承嶧先生

現職：台灣自來水股份有限公司水質處組長

專長：環境工程

駱尚廉先生

現職：台灣大學環境工程研究所教授

專長：環境工程

「空氣鋼瓶隨身測漏組」於自來水漏水改善工程之應用

文/邵功賢、林佑鴻

摘要

水資源是地球上所有生物賴以為生的三大要素之一，任何會使水資源流失的情況都需要加以改善，臺北自來水事業處(以下簡稱北水處)肩負著市民對於我們妥善管理自來水系統的期望，持續在推動自來水管網改善工程，以澈底把老舊且有漏水的配水管線與用戶水表前給水管線進行更新。

北水處為確保大臺北地區自來水供水無虞，自民國 92 年起為有效降低漏水率，積極汰換管線及利用「小區計量」工法，進行評估管線汰換及漏水改善成效，計畫於民國 114 年達到漏水率 10%的目標。

本文主要介紹利用「空氣鋼瓶隨身測漏組」輔助完成管網改善工程中「給水管完整抽換」等工程目標，進而達到降低漏水率的目的。

本設備具有六大優點與六大效益，六大優點包含設備簡單、機動性高、操作安全、安靜無噪音、能於狹窄空間應用及無需復水等，六大效益包含減少漏水、增加工程效率、避免重複施工、漏水情況點位化、避免水費爭議及市民參與漏水實驗等，且具投入成本低廉及性價比高等優勢，是一個投資小效益大的創新方案，並於文中說明工作原理及實施步驟，簡單易學，非常值得嘗試應用來輔助小區管網改善工程，使小區售水率改善一步到位，達成改善漏水之目標。

一、前言

水資源是地球上所有生物賴以為生的三大要素(陽光、空氣、水)中的一個重要成員，因此地處於缺水國家的臺北市有責任要更加有效率使用稀有的水資源，以使翡翠水庫的儲水與供水功能澈底發揮，任何會使水資源流失的情況都需要加以改善，這也是北水處持續在推動自來水管網改善工程主要目的，以澈底把老舊且有漏水的配水管線與用戶水表前給水管線進行更新。

早期配水管材質為灌鉛白口接頭鑄鐵管(CIP)、機械接頭鑄鐵管(MJP)，用戶給水管材質為鍍鋅鐵管(GIP)、聚丁烯管(PB)、鉛管(LP)、聚氯乙烯管(PVC)，這些管材較不耐衝擊且接頭易鬆脫，經常年使用或地震影響，易造成大量漏水，為減少漏水，使用水無虞，北水處自民國 92 年來積極汰換配水管為球狀石墨延性鑄鐵管(DIP)，給水管為不鏽鋼管(SSP)；並且利用「小區計量」工法，來評估管線汰換及漏水改善之成效。

自民國 94 年開始執行管網改善以來，北水處汰換管線長度已逾 1,285 公里，年平均汰換率 2.6%，超越國際自來水協會(IWA)建議值 1.5%之標準；漏水率由 94 年底 26.99%降低至 102 年底 17.88% (平均每年降低 1.3%)。

為達民國 114 年漏水率 10%的目標，北水處針對供水轄區積極劃設小區，裝設窰井流量計並對裝表小區辦理初始售水率，針對弱區(初始售水率低於 50%的小區)優先進

行管線汰換，目標是將所有的小區售水率提高到 90% 以上方能解除列管。

經多年的小區管線汰換經驗得知，小區改善後售水率一步到位三個要素為「全區管線抽換施工」、「配水管全線開挖確實斷除不明管及廢管」、「給水管完整抽換」，此三要素只要缺少一項，必然使管線汰換後售水率成績不及格，而「給水管完整抽換」這個項目，常常是管網改善未達目標的重要原因，因為牽涉到了用戶配合的意願，增加了工程的複雜度。

管網改善工程施工時，常遇到用戶不願意更換用戶給水管，或將屋內水表改至屋外或屋前，致使位於用戶建築下方或屋內之舊有給水管外線無法澈底更新至水表前，使得此段位於私人土地上的管線無法進行更新，若管線有破損，除了會有漏水問題浪費水資源外，更嚴重的是會影響到市民用水的水質安全，輕則影響自來水事業成本及水資源運用，重則影響到市民的健康。

另一種情況是，當用戶水表由屋內移屋外後，舊有給水外線變成用戶表後內線而發生漏水案例時有所聞，亦衍生後續如因施工後致水費爭議等問題，使市民對於自來水施工及服務品質有所疑慮。

為了解決此段漏水高不確性的管線，北水處有許多政策多管齊下，包含從過去建議用戶自費配合汰換，進而是北水處補助 50% 工程費鼓勵汰換，因效果不彰而衍生至今日北水處全面免費幫忙汰換，但仍需要用戶及地主的同意方能施工，北水處因此透過廣發宣傳 DM、宣傳影片，並在施工前辦理施工說明會向用戶解釋配合改善的必要性，並定期進行里長拜訪，期望透過地方的政策溝

通，加強用戶配合的意願，其實成果已有提昇，但仍有近 75% 的此類用戶不願意協助，因此一個更加積極且具同理心的作為必須要被提出。

過去不乏測量水表位於用戶屋內之給水外線有無漏水的方法，例如於屋外接表前水表測漏，或是用空氣壓縮機打高壓空氣進去測漏(圖 1、2)，然而實際上當現場施工遇



圖 1 水表表前表測試情形

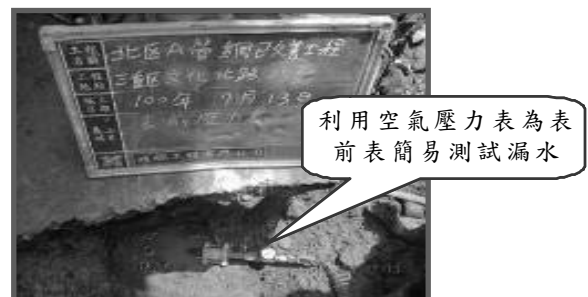


圖 2 空氣壓力表測試情形

到用戶不願意配合汰換管線時，在不勉強與造成用戶不悅的前提下，承商多是依用戶要求直接將用戶私有舊管留用銜接，對於這段無法汰換的老舊管線，並沒有利用管網改善工程實施的同時，加以測漏以確認管線服務情況，代表現行的測漏方法，除了一些重大事件或針對性的測漏工作會實施外，並不方便於現場隨時應用，使大家產生駝鳥心態，就當作沒有漏水或不知道有沒有漏水予以

忽視。珍貴的水資源，仍持續大量地流失，因此，一個迅速確實的現場立即測漏方法，有其建立的急迫性。

另外，若站在市民的角度來思考，正所謂「眼見為憑」，有時再多的宣導及說明，都不如當場做一次漏水實驗給用戶看來得效果更好更具有說服力，因此快速而淺顯易懂的現場實驗，也許是推動自來水管網改善更加澈底的一個契機。

本文主要報告「空氣鋼瓶隨身測漏組」的開發目標、建置方法、應用方法及實施成果，期能提供從事自來水管網改善工程給水管改善工作中，為澈底完成自來水漏水改善最後一哩路提供之參考。

二、設備開發目標

為了克服過去測漏方法上的不便，以及達到現場實驗向用戶示範的目的，六大設備開發目標必需要全部滿足，包含設備簡單、機動性高、操作安全、安靜無噪音、能於狹窄空間應用及無需復水等，詳細內容分述如下：

(一)建置便利測漏設備(圖 3)

讓測漏設備便利使用，以避免嫌麻煩而不願實施的偷懶心態。實際上人都會有惰性，合乎情理，一個太複雜的測漏方式，若突然要測一只水表及用戶管線，光事前準備就要派兩三個師傅一個去發動空壓機或啟閉制水閥、一個配接測漏管線、一個從旁協助拿取工具及材料，十分不便。「空氣鋼瓶隨身測漏組」只需要一個人就能夠實施，且設備組裝完成不超過 2 分鐘，不影響工程進度。



圖 3 空氣鋼瓶隨身測漏組

(二)機動性高隨時應用(圖 4)

有時突然一下子這邊要測、一下子另一邊要測，或是要到用戶的家裡面測漏都有可能，空氣鋼瓶隨身測漏組能走到哪測到哪，用機車運送或人力搬運都不費工，也可以直接配備在工程車內攜帶，不佔空間。



圖 4 機動性高隨時應用

(三)操作安全簡單(圖 5)

工作原理單純，採用水族用小型空氣鋼瓶，跟養魚一樣，學習簡單，只要有興趣，人人都能上手，必要時監工及長官亦可從旁協助示範，無安全疑慮，能十分快速地應用在各個管網改善工程區域，無技術進入障礙。



圖 5 操作安全簡單

(四)安靜無噪音(圖 6)

不像空壓機或發電機等設備，會發出高達 90~96 分貝等惱人的噪音，空氣鋼瓶隨身測漏組在運作過程中完全沒有任何噪音，只有原來的背景值。依噪音工程相關研究指出，人處於高分貝的環境下，不但溝通會發生障礙，人的理解能力及判斷能力也會隨著噪音越高而下降，在此高噪音環境下對於向用戶溝通漏水問題與討論如何改善等工作將發生障礙，會降低用戶配合改善的意願，而且因為很吵，只希望工程人員趕快離開把門關上，無法達到溝通及改善的目的。



圖 6 安靜無噪音

(五)狹窄巷弄或建物內皆可使用(圖 7)

於防火巷及用戶屋內施工時，因工作空間有限及工程車輛可及性等問題，常不易進行測漏，或是需拉一條很長的管線方能實施，空氣鋼瓶隨身測漏組體積小重量輕，在巷弄施工不會限制。

(六)無需復水測漏

一般管網改善工程施工時，都是停水施工，若為了測漏而先暫時復水，則會影響到

工程整體的整體進度，增加民眾困擾。本案將工作流體由液體(水)改為氣體(空氣)，則無需復水。

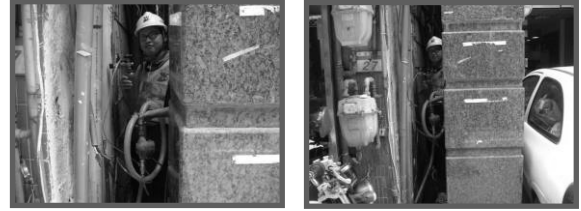


圖 7 狹窄巷弄或建物內皆可使用

三、使用材料與實施方法

(一)使用材料(圖 8)

以小型空氣鋼瓶、壓力調節表、止氣閥、水表、塑膠管及零件等，組成”空氣鋼瓶隨身測漏組”，各部元件內容詳述如下：

- 1.小型空氣鋼瓶：採用一般坊間水族用小型空氣鋼瓶，容量為 1 公升(1L)，裝載空氣壓力可至 50~60kg/cm²(本文壓力所指皆為相對壓力)，氣體用罄後可重新填充再使用，氣體種類選用空氣、氮氣或二氧化碳等皆可。
- 2.壓力調節表：具有兩組壓力表及一個壓力調節器。位於調節器左側的壓力表顯示的是空氣鋼瓶內的氣體壓力，位於調節器右側的壓力表顯示的是工作壓力(供氣壓力)，可透過轉動壓力調節器來控制工作壓力的大小。空氣鋼瓶與壓力調節表共組成鋼瓶組。
- 3.止氣閥及水表：本設備選用不銹鋼球型閥搭配水表的基本設計，止氣閥主要目的為控制工作壓力氣體的開啟與關閉，而水表用以判斷氣體有無通過，並且概估通過的氣體量。在此選擇裝設水表的另一個目

的，是讓用戶在看自家水表以及看測漏用水表時，不會因計量器種類不同而產生排斥心理。止氣閥及水表共組成水表組。

4. 塑膠管及零件：塑膠管用以連接鋼瓶組與水表組以及水表組與舊有用戶給水管兩部份。連接水表組與舊有用戶給水管的塑膠管長度不宜太短，至少保留 3 公尺長會比較靈活，最後再依給水管口徑設計供 20mm、25mm、40mm、及 50mm 的轉接頭來更換使用。



圖 8 使用材料

(二) 實施方法與步驟

1. 先將路面管溝內用戶舊有給水管挖出並清理乾淨，並將舊有給水管切割平整備用。(圖 9)



圖 9 給水管切割平整

2. 將空氣鋼瓶測漏組於現場進行組立，組立後先將止氣閥關閉，開啟空氣鋼瓶開關，確認瓶內氣體壓力充足，並利用壓力調節表調整工作壓力至 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 。(圖 10)



圖 10 調整工作壓力至 $1\text{kg}/\text{cm}^2$

3. 利用塑膠管將空氣鋼瓶隨身測漏組件銜接舊有給水管，先通氣確認此給水管所對應的用戶水表(水表轉動)。(圖 11)

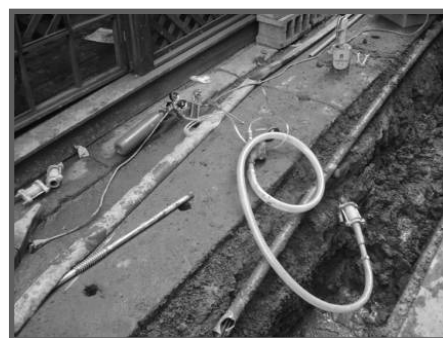


圖 11 銜接舊有給水管

4. 確認所對應的水表後，將用戶水表表前止水栓關閉。(圖 12)



圖 12 表前止水栓關閉

5.開啟止氣閥，讓 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 氣體通過外接水表向舊有給水管內通氣，並確認用戶水表為靜止狀態。因大氣相對壓力為 $0\text{kg}/\text{cm}^2$ ，而管線內相對壓力為 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ ，因此若舊有管線有漏水破損(與大氣相通)，則氣體會從壓力較高處往低壓處流動，則理論上在關閉氣體供應後，管內壓力會洩氣到與大氣相對壓力相同之 $0\text{kg}/\text{cm}^2$ ，則代表管線有破損漏水，反之，若管內壓力維持在 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ ，則代表無破損漏水。(圖 13)



圖 13 進行管線空氣壓力測漏中

- 6.觀察外接水表指針有無持續轉動，若一直轉動沒有停，則代表管線有明顯破損，抓漏成功。
- 7.若外接水表指針慢慢地靜止下來並完全停止，此時將空氣鋼瓶總開關閉止供氣(此時止氣閥保持開啟)，觀察瓶內壓力與工作壓力是否有洩壓的情況，若壓力表指針均維持不動，工作壓力保持在 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ ，則代表管線無破損漏水。但若有洩壓的情況，壓力表指針會雙雙緩慢歸零，此時代表給水管仍有漏水，只是情況較不嚴重，但仍建議要處理。

若確認管線無破損漏水時，可當場向用戶報告試驗結果，除了讓用戶安心，管理者也能更放心；若確認管線有破損情況發生

時，同樣可當場向用戶報告試驗結果，並現場重覆試驗漏水情況給用戶看，邀請市民一同參與漏水試驗，使北水處鼓勵用戶汰換管線能有所依據，提高政策推動執行力。(圖 14)



圖 14 成功說服用戶汰換管線

(二)建置成本

本案每一組空氣鋼瓶隨身測漏組設備，建置費用約新臺幣 3,000~4,000 元，設備包含水族用空氣鋼瓶(1L)約 1,500 元(零售價)、壓力調節表約 1,000 元(零售價)、表前止氣閥及塑膠管線等約 500 元(零售價)。

空氣鋼瓶可灌 $60\text{kg}/\text{cm}^2$ 之高壓空氣，灌滿一瓶約可測 30 只以上的舊有管線及水表，可至任一氣體行充填氣體，充填一次新臺幣 100 元(零售價)。

四、執行現況與結果

(一)試驗階段：

103 年 7 月北水處有一個管網改善工程班，配備空氣鋼瓶隨身測漏組設備一組，於臺北市大同區及新北市三重區實施應用，效果良好。臺北市大同區及新北市三重區是臺北大稻埕周邊腹地，市街老舊，給水管材多為早期鉛管與 PVC 管，許多用戶給水管都已使用超過 40 年，甚至超過 50 年的管線都有，針對這些漏水不確定性高之用戶舊有給水管線測漏後發現，沒漏水的用戶僅佔 31.3%，漏水用戶佔了 68.7%，而漏水用戶經

協調後於短期內配合改善的約有 72.7%，剩餘 27.3% 之用戶仍持續協調並追蹤改善進度，成效卓越，達成滴水不漏使命。

(二)擴大應用階段：

初步評估技術可行，成效卓越，將逐步擴大應用此工程技術至臺北市各區所有管網改善工程實施，成為北水處管網改善工程工班常備工具之一，以利隨時應用。

五、效益說明

(一)找回 5 萬人的用水量(省 920 萬元/年)

現行給水外線改善部份，在舊有 PVC 管或 PB 管等應該汰換為不鏽鋼管至水表前的總數中，約有 1/4 的給水外線無法澈底汰換，假設北水處全年應汰換 10,000 只水表給水外線，每年就會有約 2,500 只舊有外線無法汰換，實施此法，可有效大幅降低未改善完全的水栓數，若假設每個水栓漏水 1CMD，等同於損失 2,500CMD 的水量(每年約 91 萬噸)，施作 5 年下來就是每年 12,500CMD 的水量(每年 460 萬噸約 5 萬人的用水量)。

(二)增加工程效率 5%(省 41 萬元/年)

因節省工程人力與時間，共可提昇工程效率 5%，除增強工班每日工程進度外，亦可降低整體工程對於民眾的影響程度。

(三)小區售水率向 100%邁進，避免重複施工(省 633 萬元/年)

時常整個小區在進行管網改善時，全區都已完成全線開挖與汰換配、給水管，但售水率仍然無法達到 90% 以上甚至不到 80%，這類漏水問題多是出現在這些未汰換的給水管之上，因此利用此法可將管網改善的最後一哩(用戶端)問題一次解決，避免重複施

工。

(四)列管給水管漏水點，持續協調不放棄(無形效益)

此方法最重要的一個功能為，將漏水情況點位化，就算民眾仍然不願意配合汰換管線，但我們可以很具體的確認那一個用戶的管線是有在漏水，配合後續以正式的公文通知用戶改善等，以利追蹤漏水改善成效。

(五)避免水費爭議(無形效益)

有時用戶配合將水表屋內移屋外，但只有移動水表，使原有給水外線變成內線，而原有外管線漏水便成用戶內線漏水，導致爭議或賠償，利用此法可免去爭議處理的行政程序，亦可讓現場工程順利，用戶安心。

(六)市民參與漏水實驗(無形效益)

操作流程簡單、易懂，藉由現場實測向用戶說明了解，證實管線漏水乃非迫使用戶水表移出而隨便向其找理由，實證後可馬上將結果呈現給民眾，增加改管意願。

(七)C/P 值高達 320 倍(總合效益近 1,600 萬元/年)

相較於舊有工法，此法容易實施，淺顯易懂，亦可避免道路重複施工，綜合前述直接與間接、有形與無形效益，以北水處為例，每年可節省近 1,600 萬元的工程及成本費用，相較於投入成本僅約 5 萬元，是一個投資小效益大的創新方案，C/P 值高達 320 倍。

六、結論

北水處肩負著市民對於我們妥善管理自來水系統的期望，也因此過去在管理或工程的技術上，北水處除持續地向國外借鏡學習以外，亦不斷地自行開發防漏及管理技

術，以克服種種困難。

雖然至 102 年底，北水處轄區漏水率已降低至 17.88%，達成於民國 114 年將漏水率降低至 10% 目標看似指日可待，然而若考量邊際效益遞減的影響，我們仍然要透過更積極努力及創新的具體行動，來達成降低漏水率的使命。

「空氣鋼瓶隨身測漏組」具有六大優點與六大效益，六大優點包含設備簡單、機動性高、操作安全、安靜無噪音、能於狹窄空間應用及無需復水等，六大效益包含減少漏水、增加工程效率、避免重複施工、漏水情況點位化、避免水費爭議及市民參與漏水實驗等，且具投入成本低廉及性價比高等優勢，是一個投資小效益大的創新方案，非常值得嘗試應用來輔助小區管網改善工程，使小區售水率改善一步到位，達成改善漏水之目標。

參考文獻

1. 臺北自來水事業處,「臺北自來水管網改善計畫」,2003。
2. 臺北自來水事業處,「2013 台北的自來水」,2013。
3. 林佑鴻,「利用管線汰換經驗工法於小區計量之應用」,自來水會刊,第32卷,第4期,2013。

作者簡介

邵功賢先生

現職：臺北自來水事業處北區營業分處三級工程師
專長：自來水工程設計施工、物質流分析、環境管理

林佑鴻先生

現職：臺北自來水事業處北區營業分處三級工程師
專長：自來水工程設計施工

本刊 104 年「每期專題」

期別	專題主題 名稱	副主題項目	時程
34 卷 第 4 期	自來水營運管理及用戶服務	供水設施及資產管理、資訊管理與應用、供水管網、自來水營運、人力需求、收費、用戶服務與客服管理、資訊管理與應用、公共參與、教育與培訓、顧客服務、認證等	11 月

~歡迎各界就上述專題踴躍賜稿，稿酬從優~

菲律賓 Maynilad 公司參訪心得

文/郭得祿、趙全明

一、前言

馬尼拉自來水事業於 1997 年開始私營，東、西部分別由 Manila 水公司、Maynilad 水公司經營，Maynilad 為菲律賓最大的私營水公司，目前供水戶數約 90 萬戶。由於 Maynilad 水公司私營化後經營不善，為改善經營成效以解決財務日益惡化之問題，Maynilad 於 2008 年 3 月與 Miya 公司正式簽署 5 年總價 1800 萬美元的技術顧問合約，訂定各年度具體的無收益水量（Non-Revenue Water, NRW）執行目標，Miya 公司建議 Maynilad 導入整體性改善 NRW 策略如建立專責單位、劃設獨立供水區域、整合水量計管理、整合各項資訊管理、人員培訓及技術移轉等。

Miya 公司協助輔導後執行成效良好，經統計 2007 年至 2014 年各項數據，NRW 由改善前 2007 年的 66% 降至改善後 2014 年的 34%，至今已建置 1,492 個分區計量管網 DMA（District Metered Area），完成 234,000 漏水修復案件，汰換 1,298 KM 管線，更換 864,000 只水量計，設立 918 處壓力監測區。

本次於 104 年 2 月 27 日參訪 Maynilad 水公司一天的行程，參觀及學習到 Miya 公司在 Manila 管理漏水治理的成功經驗，並瞭解目前各項漏水控制新觀念、新技術、管理技巧等議題，以供台水公司日後降低 NRW 的參考及學習。

二、漏控指標—NRW

NRW（Non-Rvenue Water）稱為無收益水量，泛指自來水事業淨水生產後未能計費收益之水量。由水量平衡表（圖 1）來看，無收益水量為整體供水量減去收益水量，包含未計費合法用水量、帳面漏損以及實質漏損三大部分。其中實質漏損水是指淨水配送過程中洩漏的水量，包括管線漏水、配水池溢流或漏水等，而帳面漏損包括違章用水、水量計不準確度等。

實質漏損將導致珍貴的水資源從用戶端白白流失，並增加營運成本，同時也造成需花費過多的投資於汰換管線。因用戶水量計不準確、資料處理不充足、違章用水所產生的帳面漏損，將導致收益減少和財務資源問題。

近年全世界各自來水事業多以 NRW 作為漏控指標，而不再沿用過去習慣的漏水率，其主要原因是漏水率無法真實反映漏水狀況，無收益水量較能可靠反應漏水狀況。

系統供水量	合法用水量	計費合法用水量	計費計量用水量	收益水量	
			計費未計量用水量		
	未計費合法用水量		未計費已計量用水量	無收益水量	
			未計費未計量用水量		
	漏損水量	帳面漏損			違章用水量
					用戶水量計量不準確及數據處理錯誤造成損失的水量
		實質漏損			送配水管線漏水量
			自來水事業蓄(配)水池漏水和溢流水量		
	用戶支管至水量計之間的漏水量				

圖 1 水量平衡表

三、Maynilad改善NRW之相關措施

(一)建立 NRW 專責單位

Miya 公司擔任專業技術顧問後建議 Maynilad 要降低 NRW 除汰換管線外，必須導入整體性改善 NRW 策略，首先須先建立負責管控 NRW 的專責單位。

Maynalad 公司於 2008 年成立 NRW 管理處，管理該公司所有的 NRW 計畫，組織依工作性質分成水量計整合管理部、NRW 計畫部、NRW 操作部、NRW 分析部、工程與建設等五大部門(圖 2)。

NRW 管理處下的 NRW 計畫部、操作部及分析部等三部門負責 NRW 政策及方向的制定，NRW 計畫的執行及分析評估，其中 NRW 操作部下設置專門檢漏部門及北中南分支機構。水量計整合管理部負責供應及管理水量計，工程與建設則負責提供及實行解決方案。

專責單位成立後，負責 NRW 的員工數逐步從 2008 年的 5 名員工逐步擴增到目前超過 400 名員工，全力投入降低 NRW 工作，藉由建置分區計量管網 DMA (District Metered Area)，提升檢修漏技術，汰換管線，更換水量計，設立壓力監測區等一系列改善 NRW 的策略，NRW 由改善前 2007 年的 66% 降至改善後 2014 年的 34%，用戶數及營收亦大幅增加。

(二)設置分區計量管網 DMA

Maynilad 水公司分區計量管網(DMA)是由流量計和關閉閥門所形成之封閉且具有固定邊界的獨立區域，可成為監控及管理無收益水量(包含實質漏損和帳面漏損)的操作工具。分區計量管網(DMAs)的無收益

水量 = 分區計量管網總進水量 - 分區計量管網售水量。

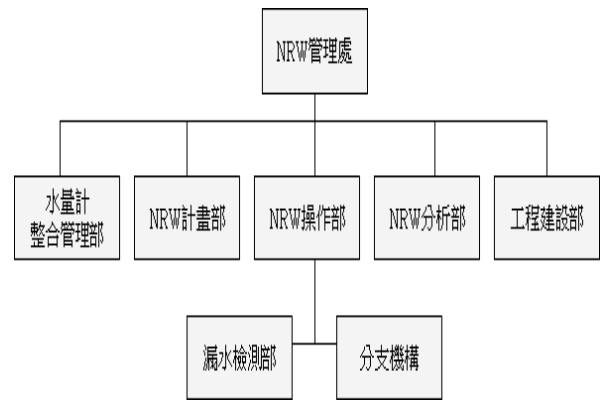


圖 2 Maynilad NRW 管理部門組織表

Maynilad 分區計量管網 DMA 設置原則是將用戶數約 900,000 戶，先以 20,000-50,000 用戶數切割為獨立供水區域後，再以 500-2,000 用戶數劃分成 DMA，至今共建置 1,492 個分區計量管網(圖 3)。

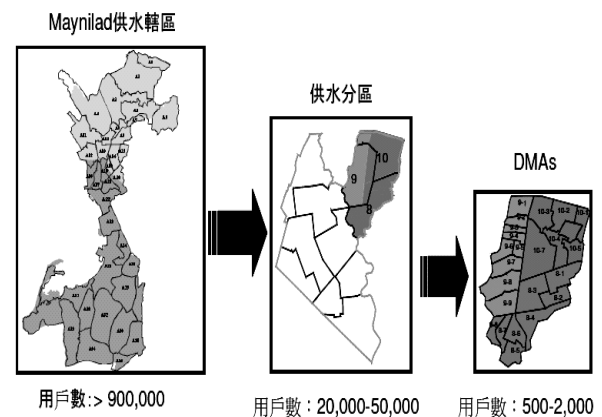


圖 3 Maynilad DMA 建立示意圖

(三)漏水管控

Maynilad 水公司漏水管控的相關儀器除使用傳統式檢漏儀器外，另租用(108,000 USD/Month)加拿大公司開發的水管測漏技術「Sahara」系統進行大口徑(300mm 以上)幹管的檢漏，每組設備必須有 6 位經原廠考

驗合格人員操作。

Sahara 檢漏係在運作中的幹管鑿開一洞口，插入帶有漏水噪聲感應器及迷你鏡頭的勘測裝置，在「降落傘」帶動下，勘測裝置隨著水流在管道內前進，實時影像會經電纜傳送至地面操縱設備（圖 4-圖 8）。

Sahara 新技術可提升測漏的效率、準確度及靈敏度，Maynilad 於 2010-2014 年採用此技術期間，共檢漏 519 公里管線，偵測到 636 處漏水點，修復水量達 183,000 CMD，平均每天可檢漏 371 公尺管線。

(四)水量計整合管理

為加強水量計計量準確性並減低帳面漏損，Maynilad 將原先水量計裝設、汰換、檢測等工作項目整併設置水量計整合管理部，並納入 NRW 管理組織。該部門主要業務為水量計設計和型式選擇、型式認證、水量計的測試和校正、水量計安裝與汰換、數據記錄與分析、無線讀表的應用等。

水量計整合管理部門成立後優先針對數量只佔 7%之用戶大型水量計特別加以管理及分析水表口徑是否適用，因為這些大表用戶所佔用水量達 24%，佔營收比例更高達

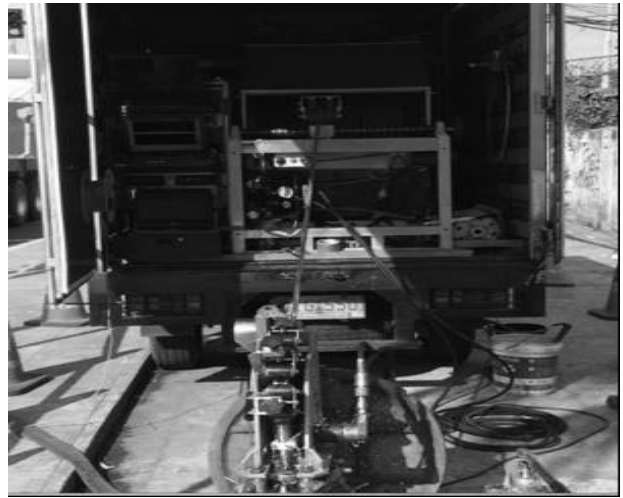


圖 5 Sahara 現場設備佈建情形



圖 6 幹管鑿開洞口插入勘測裝置

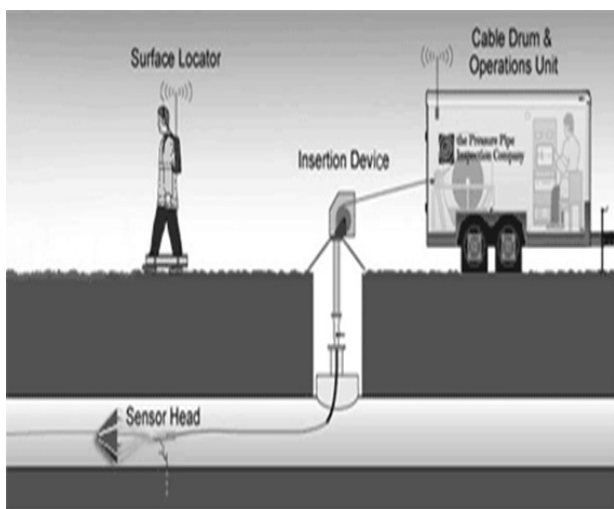


圖 4 Sahara 檢漏示意圖



圖 7 Sahara 勘測裝置



圖 8 追蹤位於管路中之勘測裝置

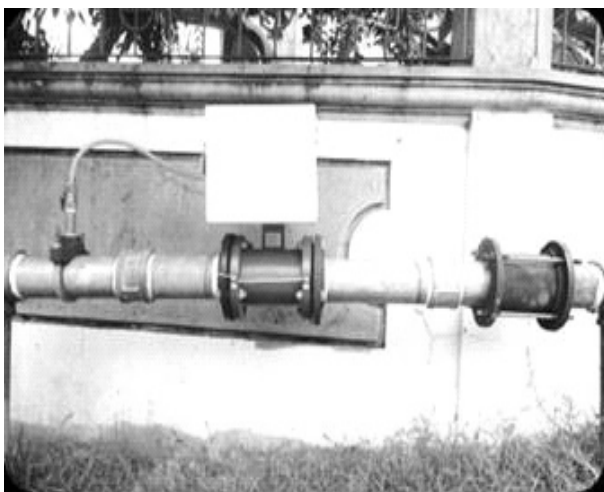


圖 9 大表採用電磁式水量計



圖 10 水量計整合管理部門大樓

46%，執行成果包括大表全面換裝電磁式水量計（圖 9）、引進大表無線讀表系統、小區計量表以電磁表加裝記錄器分析夜間最小流、分析大表戶流量資訊、建立水表試驗場等，另重新評估水量計性能，將原本 23 個水表品牌，精選優質性能水表後減少為 5 種品牌。

為增進水量計檢測技術及專注水量計研發技術，Maynilad 興建全新水量計整合管理部門大樓及在內部建置大、小表檢測設備及實驗室（圖 10）。

四、考察心得與建議

（一）考察心得

面對未來極端氣候，降雨量不均情形，全球恐陷入缺水危機，各自來水事業均以降低無收益水費（NRW）為第一要務，本次至 Maynilad 水公司參訪，了解該公司致力改善 NRW 所作的努力，透過由上而下、全員參與及改善 NRW 強烈的企圖心，NRW 由改善前 2007 年的 66% 降至改善後 2014 年的 34%，藉由此次的參訪經驗，可作為未來台水公司改善 NRW 的參考。

台水公司為致力降低 NRW，於 103 年 9 月成立漏水防治處，雖然本公司供水轄區較 Maynilad 水公司大且用戶數為多（Maynilad 水公司約 90 萬戶），惟漏水防治處現有人員僅約 100 人，約為 Maynilad 水公司 NRW 人員的四分之一，在有限的人力及財力的情形下仍積極改善 NRW，在降低實質漏損部分，目前依照降低漏水率計畫逐年推動四大降漏策略（水壓管理、主動漏水控制、管線資產維護管理、修漏速度及品質），並持續蒐集世界各國先進檢漏技術。

在帳面漏損方面，由於帳面損失水量不同於實質損失水量，可透過漏水或檢測發現，往往是各自來水事業所忽略而造成營收的損失，因此降低帳面漏損方面（包含非法用水量、水量計不準度與資料處理誤差），將是未來提高售水率的重要課題。

(二)建議

1. 普設窰井以利檢漏作業

目前一些先進檢漏技術如 Smart Ball、Sahara、相關儀、JD7 等皆可先在管線鑿洞後，在管線送水狀態中，插入勘測裝置隨著水流在管道內前進中測漏，此檢漏方法適用於管網普設窰井的國家（如菲律賓），惟在國內因窰井不普遍，如採此方法檢漏需開挖道路，故建議未來管網規劃時（含分區計量管網）普設小窰井，以利未來辦理檢漏及流量檢校作業時，不需開挖道路即可施作。

2. 由抄表資料分析適當口徑

現行用戶水量計口徑選擇之方式於設計階段僅考量戶數及每人每日用水量，然而用戶接水以後就缺乏再行檢視當初口徑設計是否符合實際需求之機制，因此規劃由抄表系統之用水量資料，分析用戶用水量是否落於水量計可準確計量的流量範圍內，找出某些長期偏小流量運轉的水量計，進行口徑縮小，以提升計量準確度，增加營收，惟仍需評估增加的營收是否多於少收之基本費。

3. 大型水量計用戶用水模式之分析

本公司口徑 50mm(含)以上大型用戶水量計均為電子式，因此可運用水表紀錄器，進行連續密集的使用流量監測，並建置資訊管理系統，除個案分析用戶用水模式與水表口徑是否符合，並可做整體計量行為的分析

及改善後效益評估，期減少不感度流量，降低帳面損失水量。

4. 開發「表前止水栓微流阻卻元件」

為改善用戶端低流進水導致水量計不感或不準計量之帳面漏損，除可採用在小流部分精確度較高的 C 級表外（C 級表最小流量是 B 級表的二分之一），或可開發具有在微進水的情形下，仍使水量計正常計量之元件，當累積較大流量或壓差時元件開啟讓水流通過，使大多數進水量落於水量計準確計量的流量範圍內，以減少現有 B 級表不感流量。

參考文獻

1. Ronald Jeremy B. Salamat, Maynilad NRW Program, 2015.
2. Godfrey Bryan S. Cajayon, NRW Operations, 2015.
3. Mark Reynan Reyes, Leak Detection Operation and Management, 2015.
4. Jhonegil C. Ascan, Intergrated Meter Management, 2015.

作者簡介

郭得祿先生

現職：台灣自來水公司總管理處組長

專長：自來水工程、水資源管理

趙全明先生

現職：台灣自來水公司總管理處工程員

專長：自來水工程、水資源管理

竊水檢測實務－內視鏡工法初探

文/林子立、蘇隆盛

一、前言

發現竊水的檢測有多種方法，但是如何覓出竊水接水點處，則是讓竊水戶心服口服與成案與否的關鍵。隨著科技的進步，內視鏡的 6mm 雙向擺頭探測軟管、具防水等級及其光線的亮度，均已符合作業所需，筆者僅提供實作案例來做初步的探討。

二、發現竊水的作業模式

發現竊水的作業模式，大致上不外乎：實施用戶普查、核對門牌、水籍牌、水表號碼、姓名、人口數及用水度數據分析、水表靈敏度測試、聽音棒觸表聽音、測漏儀器就水栓流水音來定位管線位置、判別用戶臨場動作反應、採取水樣藥劑化驗或導電度測試、水壓測試、閥門關閉判定及挖掘取樣等等，惟屬基層廠所第一線的稽查人員，具實務經驗為關鍵因素，最佳者為具有水電及檢修漏操作維護工作經驗者，更能應付現場實務的挑戰。

三、內視鏡輔助工法概述

依本案例實務，概述流程如下：

- (一)以膠帶將硬導線及內視鏡軟管相綁附(圖 1)、拆卸用戶表、由直通的不鏽鋼止水栓進入外線(圖 2)，其硬導管可事先標示長度，以利長度與路面標定。
- (二)檢視螢幕(圖 3)、找到丁字管(圖 4)或分歧點，並觀視其硬導管長度距離。
- (三)惟用戶外線在埋設時，可上下左右的任意彎曲，故實務作業上僅能得知其長度，管線走向則不明，此可透過俗稱「機

器貓與頑皮鼠」(圖 5)或金屬管探測器(圖 6)來標定其位置，惟應注意該設備在操作上的水密性。

103 年春節期間，高雄旗津管線漏水致區域無水，經派員聽音檢測出疑似漏水點，開挖為排水涵管，遂鑽孔打洞，以內視鏡引入確認係 $\phi 200$ CIP 水管穿越其內漏水，為管體下半部大面積腐蝕之因(圖 7)。



圖 1 長度 10 公尺的內視鏡軟管，以膠帶綁附硬導線。



圖 2 拆卸用戶表、由直通的不鏽鋼止水栓進入外線。



圖 3 檢視螢幕、找到丁字管或分歧點，並量測其長度距離。



圖 6 金屬管探測器，需輔予內置軟鋼之玻璃纖維軟管來操作。

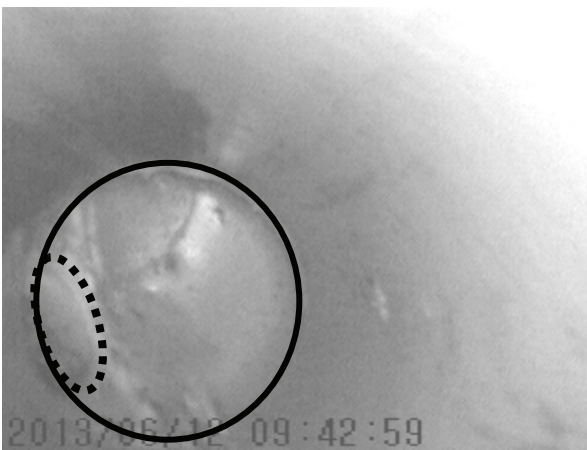


圖 4 鏡頭下的 PVC 丁字接頭。左下圓形大外框為主要管線之丁字，欲檢視者為其內虛線橢圓框，即為丁字接頭之另端（竊水端）出口。

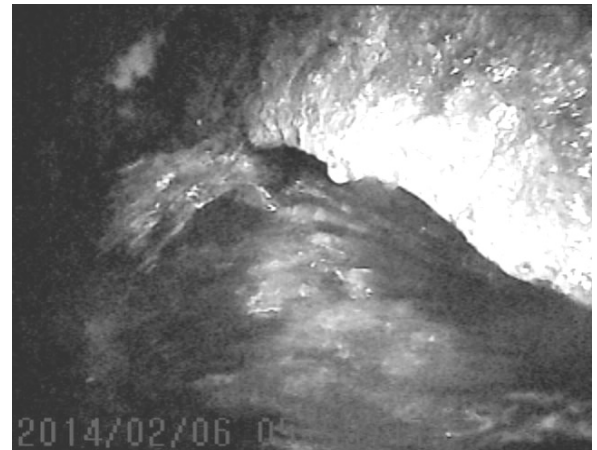


圖 7 103 年春節期間，高雄旗津管線漏水致區域無水。



圖 5 俗稱「機器貓與頑皮鼠」，其具收、發信功能，可定位管線，惟應注意頑皮鼠進入管線內的水密性。

四、建議

本工法在實務作業上，仍需經驗的累積，謹提供初步的作法，供先進酌參應用。

作者簡介

林子立先生

現職：台灣自來水公司漏水防治處檢修組工程師
專長：分區計量診斷及漏水檢測

蘇隆盛先生

現職：台灣自來水公司漏水防治處南區隊技術士
專長：分區計量診斷及漏水檢測

南化給水廠太陽能發電系統簡介

文/洪耀東、陳豐富、陳承發

一、前言

過去一世紀來，人類大量使用石化原油排放數量龐大的溫室氣體，導致地球氣溫升高，海平面亦持續攀升。因此，尋求其它綠色替代能源將可使環境生態被破壞的情況趨緩。再生能源主要以太陽、風力、水力、生質、地熱等天然資源作為發電的來源，主要缺點為發電能量密度太低，且易隨季節變化與地理環境的不同導致發電量的大小受到限制，穩定性亦大受影響。太陽能則是一種用之不竭的能源，並且沒有環境污染的問題，其利用越來越受重視。惟配合政府節能減碳之綠能政策及地球永續發展之長遠目標邁進。

二、原理及概論

太陽能發電系統 (Photovoltaic Power Generating System, 簡稱 P.V. System) 是利用太陽光能 (光子, Photo) 透過太陽能電池 (Solar Cell, 又稱光伏電池) 直接轉換成電能 (Voltaic), 它主要是藉助太陽能電池 (Solar Cells) 來達到目的, 太陽能電池係一種光電半導體薄片, 也有人稱之為太陽能晶片, 它一照到光即可瞬間輸出電壓與電流, 產出電能的能量大小主要取決於它的面積、轉換效率、照射光之強度與溫度, 其原理係利用 P 型 N 型半導體接合面之電子電洞之位移形成電子流(如圖 1)。

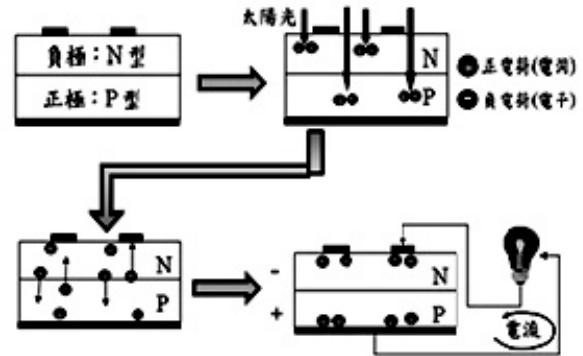


圖 1 電子電洞位移示意圖

三、南化廠太陽能發電系統

目前市面上所出售的太陽光電系統型式分為以下 3 種：

- 1.獨立型(Stand-Alone)太陽光電系統
- 2.市電併聯型(Grid- Connected)太陽光電系統
- 3.緊急防災型(獨立/併聯混合型)太陽光電系統

南化給水廠建置採用市電併聯型太陽光電系統, 太陽能光電模組經過串併聯設計所組成之太陽能光電陣列, 吸收太陽光能後產生電力, 其所產生之直流電, 透過變流器轉換成交流電力後, 直接併入市電, 立即可提供原本迴路之電器使用(如圖 2 所示)。

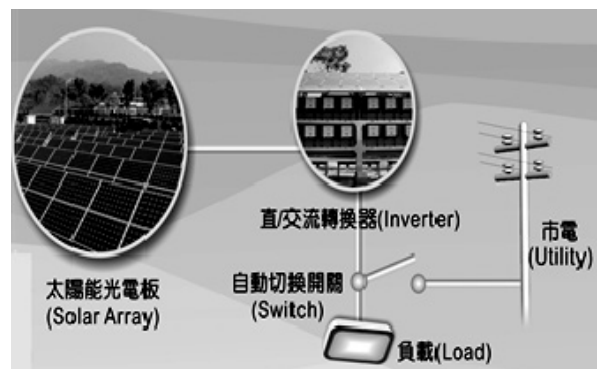


圖 2 發電系統示意圖

固定式太陽能板只能吸收一定角度、一定波長的日光，約 33% 的日光都反射或散失掉。而追日型系統的目的是要隨著時間讓太陽能板和太陽光保持垂直，使其在單位面積內能夠吸收最多太陽能。因此追日型發電系統，與一般固定型太陽能光電系統發電比對研究，追日型系統每日有效日照小時率大於一般固定型系統發電效益。追日型發電量與一般固定型發電量關係(如圖 3 所示)。

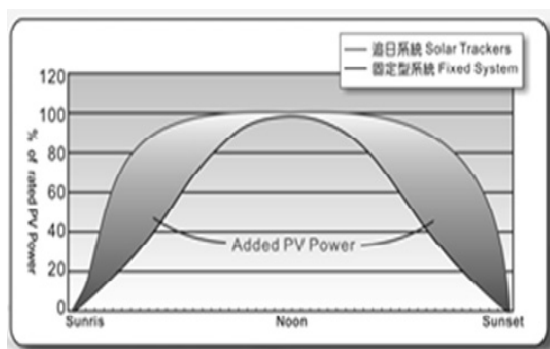


圖 3 追日型與固定型發電量關係圖

南化給水廠採用追日型發電系統(如圖 4 所示)，其設置單片太陽光電模組 227Wp 總計 252 片，總設置量計 57.2kWp，發電後併入原台電系統供應南化廠操作設備之用電。本系統設有監控設備，包含偵測太陽能側發電數據及交流側輸出數據，並且將所對應之溫度、日照量可直接顯示於液晶螢幕上，並且將資料累積於電腦上計算。



圖 4 追日型發電系統

四、結語

南化廠太陽能系統於 98 年 12 月完工運轉，發電量累計至 104 年 7 月底止，電量約為 325,195 度，可推算出年發電量約為 57,387 度，在依據經濟部能源局公告的電力排放係數換算為二氧化碳排放量，每年約等同減少二氧化碳排放量約 35.1 公噸。

公式計算，如下列：減少 CO₂ 排放量(公斤)：年發電量 × 0.612 (能源局公告 99 年度電力排放係數)

作者簡介

洪耀東先生

現職：台灣自來水公司第六區管理處工務課工程員
專長：電機工程

陳豐富先生

現職：台灣自來水公司第六區處南化廠工程員代理股
長

專長：電機工程

陳承發先生

現職：台灣自來水公司第六區處南化廠工程員
專長：電機工程

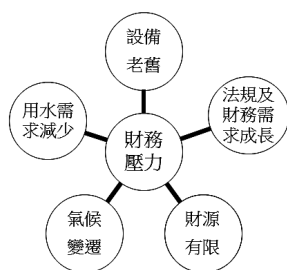
「你知道嗎？」

美國自來水事業健全財務永續策略

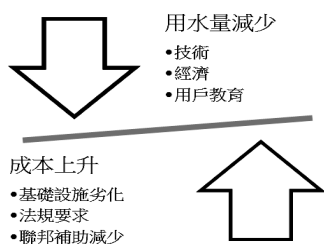
本刊編輯小組編譯

一、美國自來水事業現狀

(一)自來水事業的挑戰



(二)新常態



(三)2011-2030 年自來水設施需求評估

基礎設施需求 3842 億美金 (供配水設施 65%，淨水處理 19%，蓄水設施 10%，水源 5%，其他 1%)

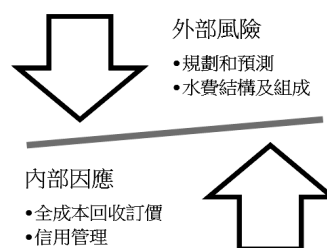
(四)2013 年自來水設施概況

1. 自來水管線總長 160 萬公里。
2. 每年破管 24 萬次數。
3. 漏水率 14%。
4. 未來 25 年管線汰換成本將翻倍。
5. 確保飲用水安全需投入 2359 億美金。
6. 每人每日用水量自 2000 年 568 公升下降了 25% 至 2012 年 423 公升

(五)氣候變遷後澇旱不均，衍生短期緊急應變成本及長期防災成本；極端氣候致盈收不穩定。

二、健全財務永續策略

(一)風險及機會

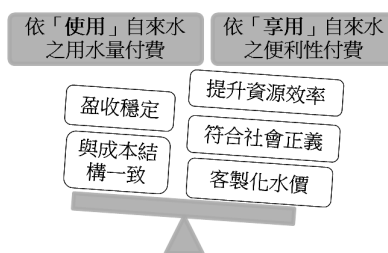


(二)水價採「全成本」估算

現行水價計算僅含固定成本 (資產) 及變動成本 (產、供、銷及服務費用)，尚未整體考量外部成本 (ex 政策) 及機會成本 (ex 極端氣候)，下列成本亦應考量：

1. 環境保護成本
2. 飲用水安全成本
3. 修繕及重置成本
4. 抗旱成本

(三)重新平衡水費定價目標



三、結論

未來水價訂定策略係依據用戶「享用」自來水之便利性所產生「全成本」計算(考量供水穩定性)，無論是否「使用」自來水。

資料來源：Water Utilities in the United States, IWA Workshop, March 19, 2015. http://www.jwwa.or.jp/jigyoseminar_file/meeting_03_12.pdf