



水 資 源 管 理 會 刊



水資源管理會刊

第十八卷第二期 2016. 12

ISSN : 1606-2604

行政院新聞局局版

北市誌第2415號

發行人：楊偉甫

發行所：中華水資源管理學會

總編輯：張敬昌

副總編輯：蘇明道

出版委員會委員：毛振泰 王藝峰

何逸峯 李振誥

林岳 林國華

林鎮洋 張良正

張尊國 陳清田

陳榮福 簡昭群

本期企劃：簡昭群

執行編輯：倪佩君

會址：淡水郵政1-616信箱

電話：(02)8631-1279

電話傳真：(02)2621-0370

電子信箱：

cwrms@water.tku.edu.tw

承印者：晟傳文化事業有限公司

地址：台北市中正區和平西路  
2段141號4樓之6

電話：(02))2314-1423

# 目錄

## 特別企劃

自來水智慧管理及降低漏水 .....

李丁來、陳郁仁、趙全明、黃正中、郭得祿 02

## 專 論

耗水費政策規劃及推動簡介

..... 王國樑、楊介良 14

枯旱時期桃園地區戰備井網規劃

... 張德鑫、陳信宏、許清炫、張大偉 26

低耗能水再生利用技術之發展

... 侯嘉洪、闕蓓德、張廣智、劉尚儒 34

小水力發電發展策略與未來展望

..... 紀桂尙 43

## 學會動態

會務報導.....秘書處 50

會員資料填表 ..... 54

入會繳費方式 ..... 56

# 自來水智慧管理及降低漏水

李丁來

台灣自來水公司漏水防治處 處長

陳郁仁

台灣自來水公司漏水防治處 工程師

趙全明、黃正中

台灣自來水公司漏水防治處 工程員

郭得祿

台灣自來水公司漏水防治處 組長

## 一、前言

水是維持生命的重要資源，可靠的潔淨水資源是人類生存、社會發展、經濟繁榮和政治穩定的基礎，世界經濟論壇「全球風險報告」(World Economic Forum, 2016)指出，從2012年開始，「供水危機」已列為全球前三大人類可能面臨之風險，發生機率近40%，如表1 (World Economic Forum, 2016)所示。而逐漸老化的供水管網、氣候變遷導致異常旱澇頻傳、管線漏水、監測設備投資不足以致供水能見度不足、國民生活水準提高要求提升水質標準及服務品質、水價長期低廉致影響財務能力等，對自來水事業的營運及管理，形成艱鉅挑戰。

自來水管網可稱為都市的「維生線」，擔負著都市自來水配送的任務，如同是一個人身體上的血管。自來水管網傳送的不僅是「自來水」，也包括「數據流」。隨著資

通訊科技的飛躍發展，頻寬及儲存設備成本大眾化，降低自來水事業投資監控設備之障礙，然傳統作法，係由自來水事業各個部門自行視需要發展業務所需「管理系統」，各「管理系統」存在「孤島」現象，缺乏溝通及整合。因此，為運用這些獨立的管理「系統」，融合分析各項營運操作及監測數據，藉由數據驅動自來水事業經營效率，俾提升水資源整體運用之效果，智慧水管理之需求遂應運而生。

表 1 未來十年全球前五大風險發生機率

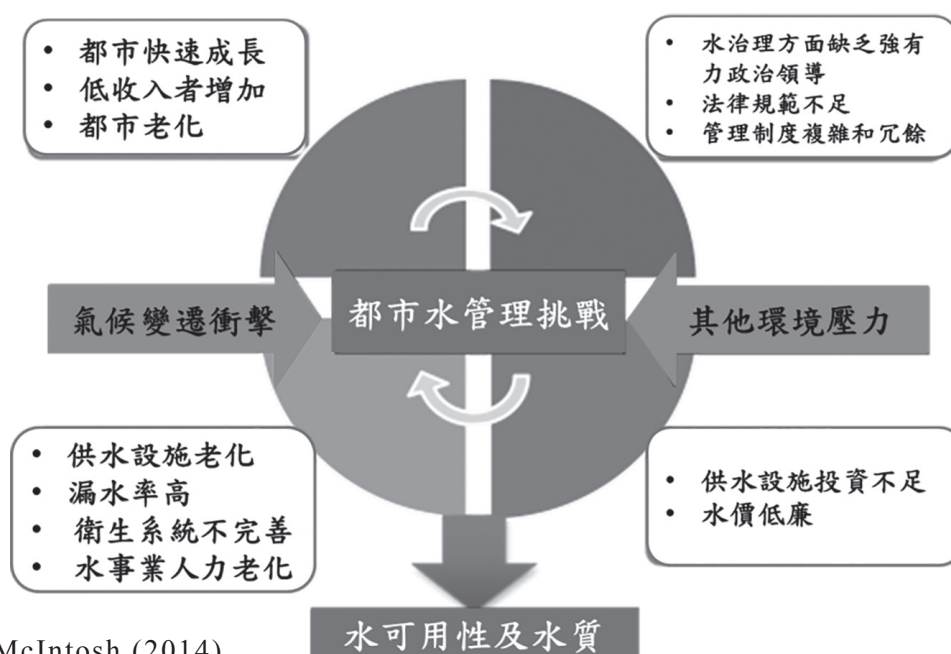
| 風險類別     | 發生機率  |
|----------|-------|
| 水危機      | 39.8% |
| 氣候變遷調適失敗 | 36.7% |
| 極端氣候事件   | 26.5% |
| 糧食危機     | 25.2% |
| 嚴重的社會不穩定 | 23.3% |

資料來源:Global Risks Perception Survey 2015, World Economic Forum.

## 二、都市水管理系統面臨的挑戰

「經濟合作暨發展組織(OECD)」研究指出，水安全目標的實現，需將水源短缺(包括乾旱)、水質不佳、水源過多(包括洪水)、飲用水供應系統應變彈性被損害(包括超過地面和地下水體的應變能力)等四項與

水相關風險，控制在可接受水平，及需從整體角度處理與水有關風險，同時考慮到可接受的風險水平及其對城市利益關係者在經濟、環境、社會的潛在影響(OECD，2013)，需要發展更「智慧」的方法，以獲得改善成效。都市水管理系統面臨的挑戰如圖1所示，說明如次：



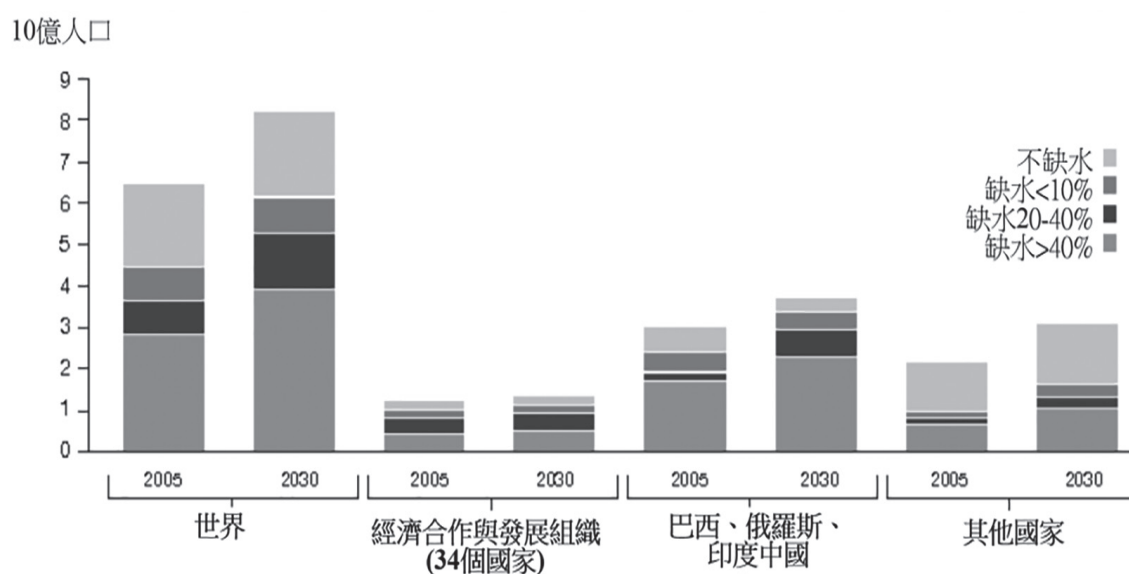
資料來源:McIntosh (2014).

圖 1 都市水管理系統的挑戰

### （一）人口都市化增加供水需求及升高缺水壓力

人口成長及都市化，使都市供水需求明顯增加，然都市可用水資源卻是逐漸減少，原水水質也逐漸惡化，導致全球各地面臨缺水壓力，如圖2所示(OECD，2008)

，估計全球都市人口至2030年將增加40%，達39億人，缺水壓力將使供水水質及水量形成惡性循環，台灣六個直轄市人口約占全台人口69%，如表2所示(內政部統計處,2016)，益增未來台灣都市缺水風險。



資料來源:OECD Environmental Outlook 2030(OECD,2008)

圖2 全球居住在缺水地區情形

表2 台灣地區人口分佈概況

| 縣市   | 人口(人)      |
|------|------------|
| 新北市  | 3,974,911  |
| 高雄市  | 2,778,332  |
| 臺中市  | 2,759,887  |
| 臺北市  | 2,696,316  |
| 桃園市  | 2,136,702  |
| 臺南市  | 1,885,499  |
| 其他縣市 | 7,287,871  |
| 合計   | 23,519,518 |

資料來源:2016年9月全國各縣市人口統計，內政部統計處



## (二) 基礎設施日漸老化衍生漏水問題

德國西門子公司委託經濟學人雜誌調查(Siemens, 2012), 全球主要城市漏水率為 24.6%, 如表 3 所示。而世界銀行估計全球每年漏水損失約達 140 億美金 (Amir Peleg, 2014), 如果要將這些老舊設施更

新汰換, 以美國而言, 在 2025 年前約需 1 兆美金 (AWWA, 2012; ASCE, 2009), 因為所需強化改善及擴建經費昂貴, 因此亟需更智慧的管理寶貴水資源。

表 3 全球各區域主要城市漏水率概況

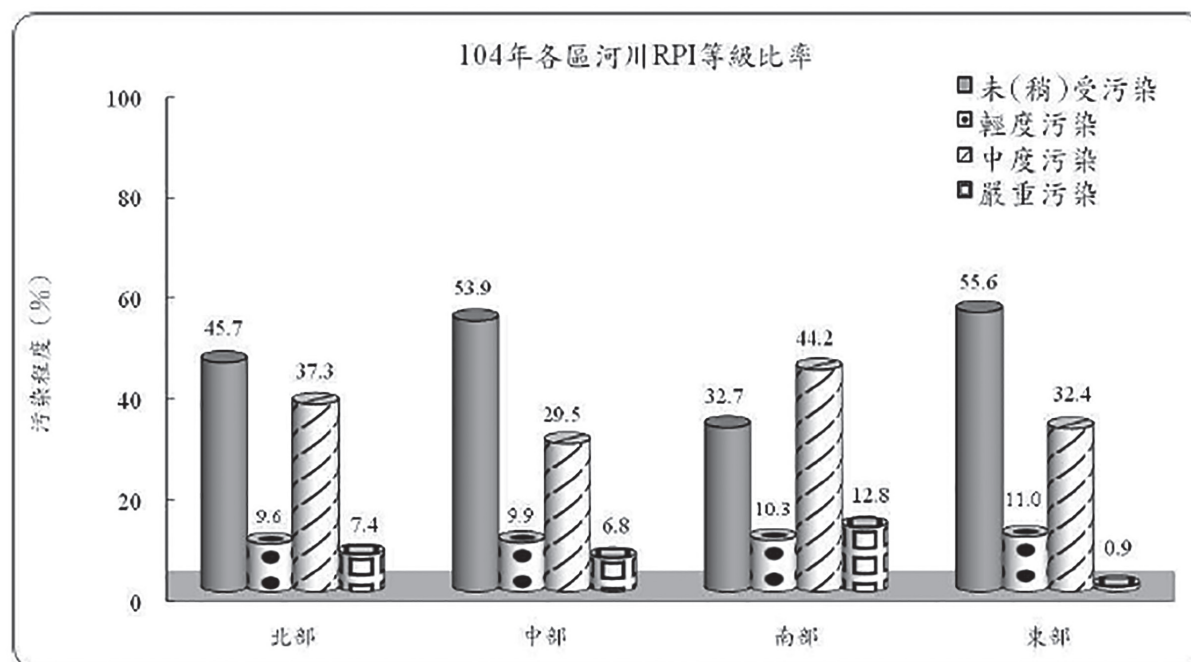
| 區域               | 漏水率    | 備註                                                                        |
|------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------|
| 美加 27 城市(2011 年) | 13%    | 1.台灣自來水公司<br>2015 年漏水率為<br>16.63%。<br>2.台北自來水事業處<br>2015 年漏水率為<br>15.58%。 |
| 亞洲 22 城市(2011 年) | 22%    |                                                                           |
| 歐盟 30 城市(2009 年) | 23%    |                                                                           |
| 全球主要城市           | 24.60% |                                                                           |
| 非洲 15 城市(2011 年) | 30%    |                                                                           |
| 拉美 17 城市(2010 年) | 35%    |                                                                           |

資料來源:Green City Index (Siemens, 2012)、台灣自來水公司統計年報(2015)、台北自來水事業處統計年報(2015)

## (三) 水治理不當致各種污染源排放廢水，減少可用飲用水水源

依據 IBM 研究估計全球每天約有 200 萬噸工業及農業廢棄物排入河川，致使可用水資源越來越少 (IBM, 2012)，全球無法取得安全飲水人口，在 2025 年前將達 20 億 (UN, 2010)，而行政院環保署調查 104 年河川污染指數 (RPI) 結果，全台河川未 (稍) 受污染占 45.5 %；輕度污染占 10.1 %；中度污染占 36.6 %；嚴重污染占 7.8 %，如

圖 3 所示，(行政院環保署, 2015)，河川水源水質未見明顯改善，加重了缺水壓力。



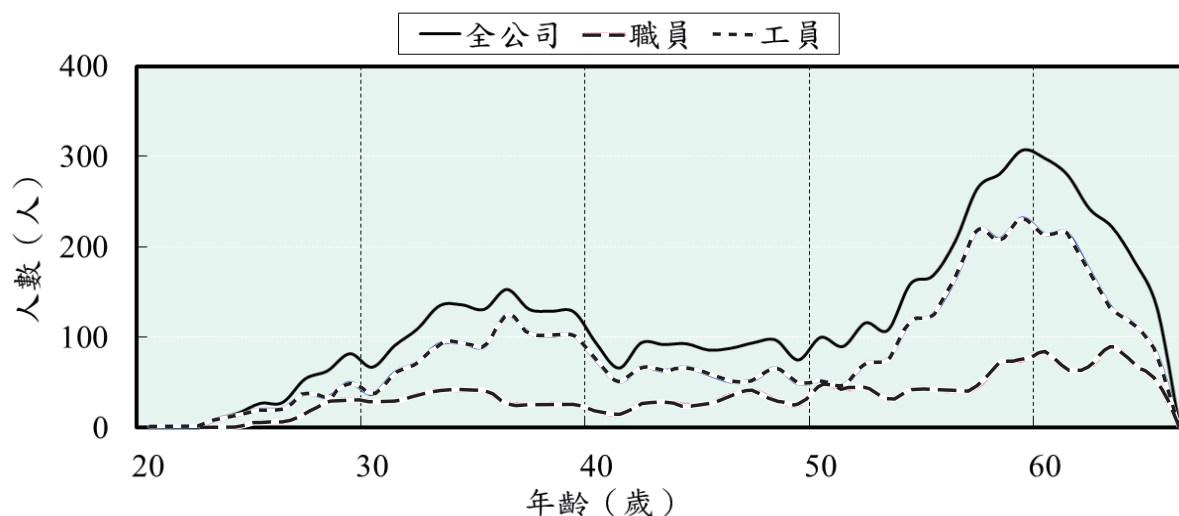
資料來源：行政院環境保護署「民國104年環境水質監測年報」

圖 3 2015年台灣各區河川污染等級概況

#### (四) 水事業面臨人力老化之技術斷層危機

全球許多自來水事業均面臨嬰兒潮世代的工作人力開始退休，以美國而言，在2020年前將有30-50%現有人力將退休，以澳洲而言，在2019年將需增補4萬人，約是現有8萬人力之1/2(IBM，2012)。而

台水公司分析未來10年約有2,322人(42.90%)屆齡退休，如圖4所示(台水公司統計年報, 2015)。大量的人員離退伴隨著新進人員銜接不及、經驗及技術難以傳承之隱憂，應提早規劃，如何吸引年輕世代投入自來水服務。俾利技術傳承，避免知識斷層危機。



資料來源：台灣自來水公司統計年報(2015)

圖 4 台水公司員工年齡分布

## 三、自來水系統為何需要智慧管理

智慧水管理系統可被視為具有「高度自動化，快速反應時間或即時取得訊息的能力，可在遠端和數據處理設施之間傳輸資料，以及將訊息解析並展示給公用事業和最終用戶了解的能力」（OECD，2012）。雖然這些系統結合了技術和非技術方面的創新，但資訊和通信技術（ICT）的快速進步，為城市水管理提供新的智慧操作可能性。所謂「智慧水管理」，可認為係使供水系統儀表化、互聯化和智能化，運用資訊和分析工具，在水管理的生命週期中，提供更好的結果：

- 「儀表化」係指快速、自動的整理各種不同來源的資訊，以提高對於情勢之警覺性，它也意味著融合多個來源的結構化和非結構化數據，以建立水系統在多維下的整體觀。
- 「互聯化」乃指高效能的資訊共享，提供一個即時的共同操作畫面，增進推動更有效的決策及跨越服務、機構、供應商和用戶間更有效的合作。
- 「智能化」則指更全面、及時的資訊，以改善規劃，調度排程和戰術性決策，使用預測分析和資料挖掘，以辨識趨勢和熱點，及特別的預防性措施。

自來水系統需要智慧管理的原因如次：

### （一）可有效進行供、需管理降低操作成本

智慧水管理系統能藉由收集來自用戶端之數據及從供水管網傳感器和智慧水表系統中所收集數據，來優化供水與需水間的平衡。這些數據可以即時被分析和可視化，俾可深入了解用水行為和供水狀況。用戶可藉由用水行為分析，更有效地管理他們的需求，自來水事業可對於何時處理、蓄存及分配水做更好決策，有效地控制供水及協調管理。

### （二）可有效掌握管線設施資產狀況 減少漏水

想要解決管線漏水和設施老化的問題，需要更清楚地了解供水管網內發生了什麼事。傳感器和監測設備可連續取得有關管線使用年齡、位置、流量、水壓和管線狀況，將這些資訊以視覺化處理及分析後，可以對管網設備是否已老化、實際漏水或可能發生漏水，產生警示。自來水事業可據以進一步確認問題發生地點，快速派遣維修人員，評估所需搶修規模、攜帶何種搶修器具前往搶修，節省時間和成本。

### （三）提升自來水事業和工業用戶監視和控制水質的能力

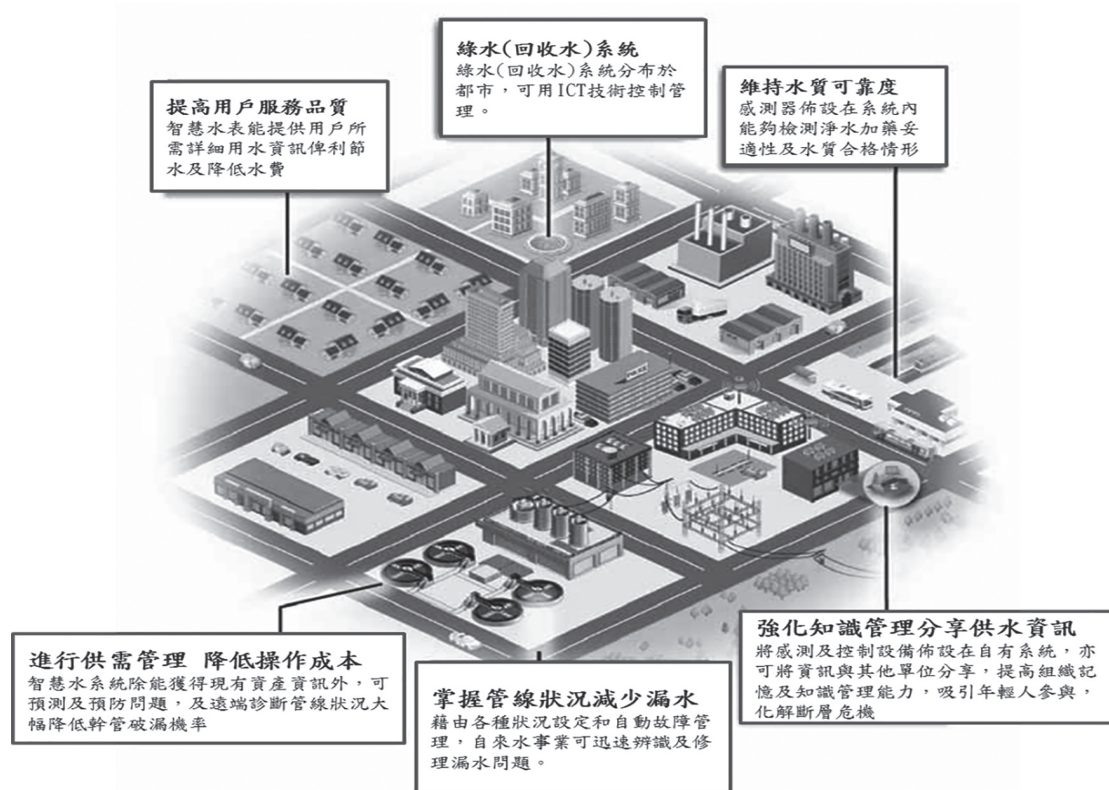
從集水區、淨水場、供水管網及工業用戶端取得供水系統水質狀況之大量數據，可與地理資訊系統之地形地勢、社區邊界、公有基礎設施和人口資訊整合，透過視覺化處理和情境模擬工具，可對水資源及管理系統，即時產生單一、可靠、可操作的地理空間視圖，增強對水質監測之成效。

#### (四) 提高組織記憶及知識管理能力，吸引年輕人參與，化解斷層危機

勞動力高齡化和大量自來水事業人員退休，將導致大量組織知識及記憶的流失

，智慧水管理可以透過智能數據管理系統，建構和保存組織作業及程序處理知識，決策分析作業模式，連續截取組織記憶，協助克服此項問題。

推動智慧水管理的優點如圖 5 所示



資料來源：Berst et al. (2013).

圖 5 智慧水管理的優點

## 四、智慧水管理系統基本架構

### (一) 智慧水管理系統技術和組成 (SWAN, 2010)

搜集及使用愈完整的自來水管網營運及操作數據，就越能提供專業及嚴謹的操控各項複雜的自來水設施。管網操作數據橫跨水源、導水、生產、送水及配水、用戶及用戶端內部之各個使用點，故智慧

水管理技術包括但不限於：流量及壓力計、各項水質感測器、數據紀錄器、SCADA、AMR/AMI、GIS及圖表工具、資產管理、勞動力資源工具、警報系統、智能水壓管理、自來水設施監測、水平衡及漏水偵測軟體、漏水噪音感測器、水力模型、幫浦操作優化，智慧水管理系統技術和組成如圖 6 所示。



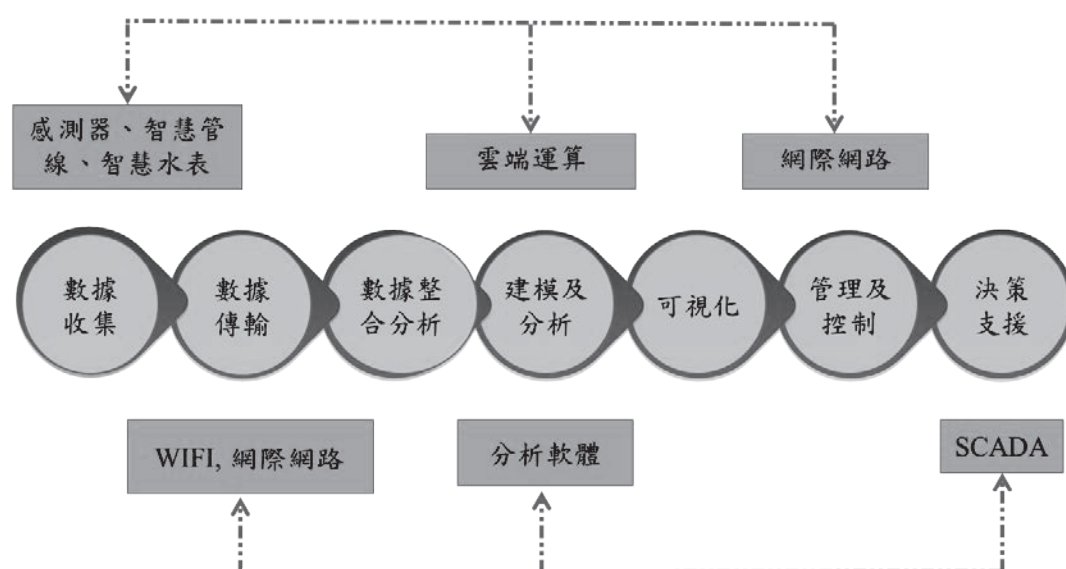


圖 6 智慧水管理技術和工具示意

## (二) 智慧水管理系統基本架構

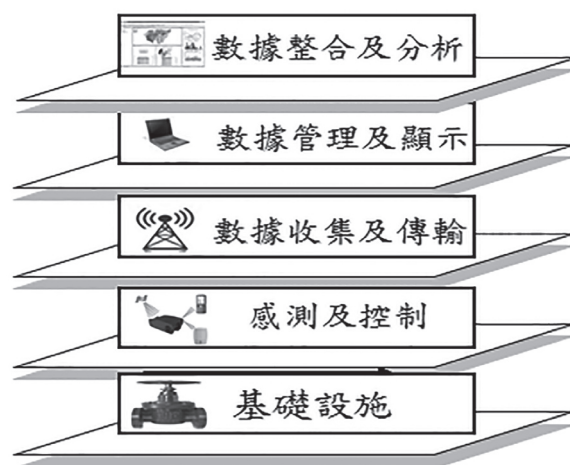
(SWAN, 2010)

智慧水管理系統基本設備組成，如圖 7 所示：

1. 基礎設施 (Physical layer)：自來水管線、幫浦、控制閥、減壓閥、配水池等。
2. 感測及控制 (Sensing and control)：由各種類型的感測器及控制器組成，即時獲得與地下管線健康情況有關的各種資訊，包括空間位置、尺寸規格、材質、傳輸物質、傳輸狀態、腐蝕情況、洩露點位置及大小、水溫、水質、水壓、流量計、噪音、水池水位等；另外有控制遠端遙控幫浦、控制閥及減壓閥等設備，可主動或被動提供資訊給傳輸設備。
3. 數據收集及傳輸 (Collection and

communication)：主要通過有線網路、無線網路、無線射頻識別 RFID 等通訊手段將感知層獲得的資料由現場即時傳輸到更高層次的單元。主要包括光纖網路、網路交換設備、光電轉換設備、路由器、防火牆、伺服器，將各項設備監測數據收集，透過資訊技術傳輸、紀錄至 SCADA。

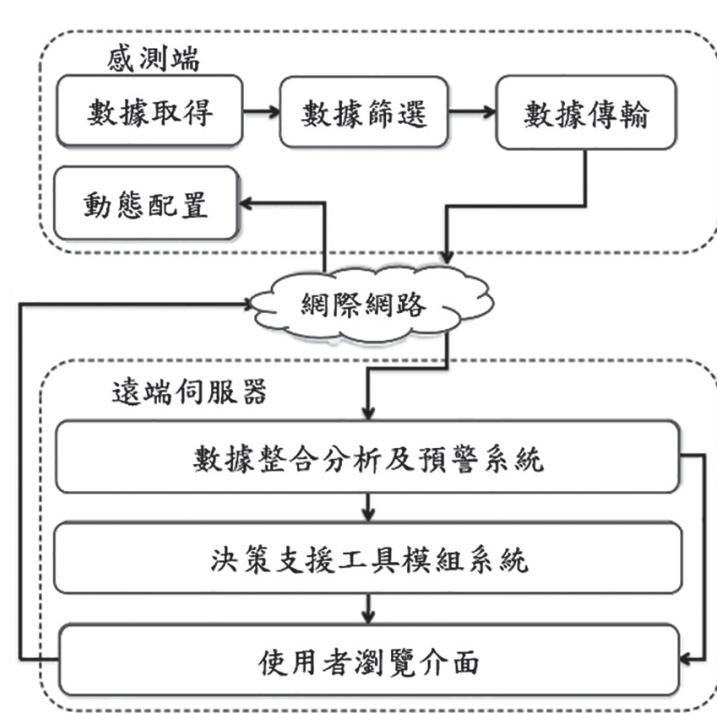
4. 數據管理及顯示 (Data management and display)：將 SCADA 系統所收集資訊顯示在儀表板或顯示器，供操作人員使用。
5. 數據整合及分析 (Data fusion and analysis)：將數據管理及顯示層傳來之資訊透過量身訂製的軟體系統作業，可產生具有預警、自動進行系統回應及改變、管網供水預測等高價值的訊息，協助進行決策。



資料來源：SWAN(2010)

圖 7 智慧水管理系統基本架構

上述技術及設備經整合及相關操作軟體後，就可建立智慧水網操作平臺如圖 8 所示。



資料來源：SWAN(2010)

圖 8 智慧水網操作平臺



## 五、智慧水管理在自來水降漏之效益

自來水事業透過導入「智慧水管理」系統，連續性的資料驗證與上傳，「智慧水管理」系統運作之準確度也將逐步提升，可為自來水事業提供更加便利的管理模

式，以往 SCADA 系統所蒐集的資訊還需要操作人員判讀的情況將逐步降低比例，導入「智慧水管理」系統協助，預期可獲致之降漏效益詳見表四，預期最終可達成減少漏水損失、縮短維修週期、改善客戶服務並提高營運效率等(倚昊公司,2016)，如表 4 所示。

表 4 自來水事業導入智慧水管理系統降漏效益

| 類別   | 效益          | 說明                                         |
|------|-------------|--------------------------------------------|
| 操作層面 | 早期預防災害與降低漏水 | 可隨時自動偵測漏水、爆管等水網事件。                         |
|      | 可發現不正常管線連通  | 由空間分析可識別DMA邊界閥門是否被開啟。                      |
|      | 降低累積性損害     | 可以在發生大規模漏水或爆管前，主動察覺逐漸增加的漏水現象。              |
|      | 降低漏水發現時間    | 能於數小時內偵測小規模漏水。                             |
|      | 竊水          | 發覺不正常用水、非預期大量用水或盜水。                        |
|      | 提升系統運作效率    | 透過持續監測現場水量水壓訊號和遙測系統的資料，可以提高系統運作效率。         |
|      | 儀表故障        | 發覺需重新校正儀表，改善水網資料正確性。                       |
|      | 配水池         | 辨識配水池水位異常，防範可能漏水事件。                        |
|      | GIS 資料異常    | 在系統導入建置階段，提出GIS差異報告。                       |
|      | 強化研判事件優先性   | 藉由詳細事件訊息及優先排序，深入了解事件                       |
|      | 減低風險        | 長期監控高風險資產，可降低故障事故機率。                       |
|      | 節省維護成本      | 使用集中式管理介面，可早期發現管網即將發生的異常現象，大幅節省維護所需成本。     |
|      | 提升分析效率      | 提供用戶預警通知服務，易使用的人性化Web界面，提供多種容易使用報表，節省分析時間。 |
| 管理層面 | 改進決策品質符合法規  | 透過圖台，將各項水網指標與維運作業之KPI成果具體化為透明資訊。           |
|      | 最大化管網資訊價值   | 不同作業階層（從業務主辦到經營階層）人員均可透過統一介面操作與取得相同資料。     |
|      | 改善維運效率      | 藉由共享相同訊息與工具，改善部門間合作關係，打破工作「孤島」現象。          |
|      | 改善客戶關係      | 通過早期發現與降低破管機率，降低自來水用戶投訴，減少停水機率，減少負面新聞的報導。  |
|      | 縮短維修時程      | 幫助縮短任何管網事件平均修復時間。                          |

資料來源:倚昊科技股份有限公司(2016)

## 六、結語

- (一) 在全球水資源日益缺乏的今日，「珍惜水資源、節約用水」已是大家琅琅上口的口號；古諺云：「能治水者，方能治國」。一個國家或社會宜居性、經濟發展性、國際競爭力等，均與這個國家或社會治理水的能力有關。
- (二) 提升水管理及使用效率是國際趨勢，而降低漏水並提高供水管網效能，一直是台水公司積極管理的方向，配合工業 4.0 時代之興起，導入大數據分析、雲端運算與互聯網等新興科技，有助於提升整體水管理及使用效能。
- (三) 台水公司各地區監控整合工程預定於 105 年完成後，僅初具「智慧水管理」之雛型，尚待未來持續精進監測站點之布設密度、各項設備監測功能之增設提升及智慧水網軟體系統之導入，方能逐步達到智慧水網之建置目的，提升效率、降低成本、確保供水穩定可靠。

## 參考資料

1. World Health Organization and UNICEF Joint Monitoring Programme (JMP). (2015) Progress on Drinking Water and Sanitation, 2015 Update and MDG Assessment. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/monitoring/jmp-2015-update/en](http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp-2015-update/en).
2. World Economic Forum (2016), "The Global Risks Report 2016". <http://www3.weforum.org/docs/Media/TheGlobalRisksReport2016.pdf>
3. McIntosh, A. C. (2014), Urban Water Supply and Sanitation in Southeast Asia: A Guide to Good Practice, Asian Development Bank (ADB), [http://www.pseau.org/outils/ouvrages/adb\\_urban\\_water\\_supply\\_and\\_sanitation\\_in\\_southeast\\_asia\\_a\\_guide\\_to\\_good\\_practice\\_2014.pdf](http://www.pseau.org/outils/ouvrages/adb_urban_water_supply_and_sanitation_in_southeast_asia_a_guide_to_good_practice_2014.pdf)
4. OECD (2013), "Water Security for Better Lives: A Summary for Policymakers (Brochure)" <https://www.oecd.org/env/resources/Water%20Security%20for%20Better%20Lives-%20brochure.pdf>
5. OECD(2008)“ Environmental Outlook to 2030.”
6. 內政部統計處「2016年9月全國各縣市人口統計」

7. Siemens(2012), "The Green City Index"  
[https://www.siemens.com/entry/cc/features/greencityindex\\_international/all/en/pdf/gci\\_report\\_summary.pdf](https://www.siemens.com/entry/cc/features/greencityindex_international/all/en/pdf/gci_report_summary.pdf)
8. Amir Peleg(2014), "Investment in smart water networks on the rise", Water Technology.  
<http://www.psomas.com/wp-content/uploads/2013/06/WaterTechnology-Jan2014-TaKaDu-APelig-Psomas.pdf>
9. 台灣自來水公司統計年報(2015)
10. 臺北自來水事業處統計年報(2015)
11. IBM(2012), "Fixing the future: Smart water management"  
[http://www.widest.eu/images/downloads/roadmaps\\_downloads/IBM-Water.pdf](http://www.widest.eu/images/downloads/roadmaps_downloads/IBM-Water.pdf)
12. American Water Works Association(2012), "Buried No Longer: Confronting America's Water infrastructure Challenge."  
<http://www.awwa.org/files/GovtPublicAffairs/GADocuments/BuriedNoLonger-CompleteFinal.pdf>
13. American Society of Civil Engineers(2009), "2009 Report Card for America's Infrastructure."
14. 行政院環境保護署「民國104年環境水質監測年報」  
<http://wq.epa.gov.tw/Code/Resource/LinkDoc/2015%E5%B9%B4%E7%92%B0%E5%A2%83%E6%B0%B4%E8%B3%AA%E5%B9%B4%E5%A0%B1.pdf>
15. Brenna, L., Dyrkoren, P., Vangdal, A. C., Poulton, M., and Bruaset, S. (2013) Report on System Development, Method Applicability and Pipeline Condition Data for Modeling Purposes D 46.2, TRUST.  
<http://www.trust-i.net/downloads/index.php?iddesc=65>
16. Smart Water Networks Forum (2009), "Introduction to Smart Water Networks".  
[http://www.swan-forum.com/uploads/5/7/4/3/5743901/\\_\\_swan\\_what\\_are\\_smart\\_water\\_networks.pdf](http://www.swan-forum.com/uploads/5/7/4/3/5743901/__swan_what_are_smart_water_networks.pdf)
17. Smart Water Networks Forum(2010), "A Layered View of Data Technologies for the Water Distribution Network".  
[http://www.swan-forum.com/uploads/5/7/4/3/5743901/\\_\\_swan\\_water\\_network\\_layers.pdf](http://www.swan-forum.com/uploads/5/7/4/3/5743901/__swan_water_network_layers.pdf)
18. 倚昊科技股份有限公司(2016), 「智慧水網軟體應用試辦計畫工作執行計畫書(修正版)」

# 耗水費政策規劃及推動簡介

王國樑  
經濟部水利署 組長  
楊介良  
經濟部水利署 科長

## 摘要

臺灣降雨豐枯懸殊，受地形及季節性之影響，可用水量並不豐沛，近年來由於蓄水設施建設遇到瓶頸，及各項用水用途需求激增，水資源供應愈趨嚴峻。再加上近年來受全球氣候變遷影響，加劇旱災頻率及缺限水風險。民國 101 年春雨最低導致水庫水位低於歷史平均、民國 102 西部水情全面吃緊、103 年石門水庫水位達近十年最低。民國 103 年 10 月~104 年 4 月臺灣發生近 67 年來最嚴重旱災，部分地區停灌休耕與分區限水措施下，衝擊社會各層面。

為支持社會、經濟及環境之永續發展，水資源政策必需於現有可供應水量範圍內，加強管理措施，以期仍能適度滿足現有及新增用水需求，爰經濟部於 104 年 5 月擬定合理水價推動三部曲，包括推動節水三法提升用水效率、建構合理水價結構

以及落實用水正義等三階段。藉以價制量的策略，鼓勵大用水戶推動節水，達到與降低水資源取用量之目標。

其中耗水費即針對用水大戶使用超過起徵水量者予以課徵，其旨意在引導大用水戶節水，以促使其採取積極性節約用水措施。後續更可藉由耗水費的實施，讓大眾正視水資源珍稀，並落實用水正義，提供新興水源發展利基，促進我國水資源有效管理與永續利用。

## 一、緣起

臺灣降雨豐枯懸殊，近年來更受氣候變遷影響，旱災風險更形加劇。尤以 104 年初旱情險峻，除採取休耕停灌措施外，經濟部於 2 月 26 日宣布桃園、高雄等八縣市實施第 2 階段限水措施，三溫暖、游泳池、水療、洗車業及每月用水逾 1,000 度的大戶，共 5,726 戶將減量供水，是近 13 年



第3次實施2階限水。

鑒於此，為支持社會、經濟及環境之永續發展，並鼓勵節水並回應社會各界呼籲落實用水正義之訴求，經濟部參考國外經驗，決定針對工商業大用水戶加速推動徵收耗水費政策，盼耗水費政策實施後，可促使用水大戶積極落實節約用水，將節水行動常態落實於日常生活，以有效運用日益珍貴的水資源。

### (一) 背景說明

台灣地區地狹人稠，河川坡陡流急，雖雨量豐沛，但降雨豐枯差異明顯與河川涵容能力小，水資源無法有效利用及蓄存，再加上工商業發展迅速、需水量大增，導致枯水期之水源調配益形困難、水資源匱乏問題日益嚴重。然丹麥、新加坡等多採用開徵水資源稅費，有助於節水科技與產業發展，進而降低人均用水量。水利署為鼓勵節水並回應社會各界呼籲落實用水正義之訴求，同時兼顧經濟發展與環境保護，規劃採建構合理水價、研議自來水水費調整及推動耗水費三階段的方式來推動，現階段以水價調整為優先推動，期達到我國水資源有效與永續利用及促進大用水者節約用水之目的。

### (二) 國內水資源現況

#### 1. 水資源環境的先天限制

台灣地區年降雨量豐沛，平均約2,506公釐(民國38年~101年)，雖為世界平均值973公釐之2.6倍，卻因降雨

時空分配不均及河川坡陡流急之地形限制，使水庫蓄水不易，故我國每人每年平均得分配之水資源僅4,595度，不及世界平均值28,300度的1/6，為全球相對缺水的國家之一。

由於豐、枯水季降雨量懸殊，且高度依賴颱風降雨等的水文特性，故亟待興建水庫以因應水資源缺口與不足。但隨著可開發優良壩址有限及日益重視環保生態，近15年台灣地區僅完成2座水庫興建，期待藉由水庫發揮蓄豐濟枯的角色已遭逢瓶頸。

#### 2. 水資源環境的後天失調

本已受到特殊水文與地理條件限制，再加上人為過度開發，導致集水區崩坍、水庫持續淤積，加速降低水庫功能，同時淹水災患的頻率與程度愈發嚴重。集水區如逢豪大雨，下游自來水淨水廠更因原水濁度上升而無法正常供水，影響民生、工業的水資源使用。

#### 3. 水價低廉但合理調整已成社會共識

台灣相較鄰近國家水價低廉，不利於產業節約用水、回收與利用再生水，民眾亦不易建立節水型生活習慣，自來水事業難以取得資金改善漏水，政府必須負擔龐大的水源開發、保育與旱時期移用農業用水補償費用，形同公眾補貼大用水戶，以至於缺水時期屢有用水正義之爭議。

104年的乾旱事件，在部分地區停



灌休耕與分區限水衝擊下，社會大眾及輿論贊成調整水價結構以提升用水效率；是以擴大水價累進級距及調高大用水戶水費負擔，已成為社會大多數人的共識。

### (三) 氣候變遷衝擊水資源利用

#### 1. 加劇缺限水風險

近年更因產業發展迅速，人民生活水準提升，用水標的與需水量與日俱增，伴隨全球氣候變遷，極端氣候事件頻傳、豐枯水量差異擴大，嚴重影響國內區域供水能力，使水旱災情更為嚴重。

以 104 年的缺水情勢為例，根據氣象局統計 103 年 10 月至 104 年 2 月為同期近 67 年來最少。在抗旱過程中，共有 43,000 公頃以上停灌，板新及桃園供水區實施第三階段供五停二限水措施，116.4 萬戶受影響；實施第二階段減供措施地區則高達 8 縣市，嚴重衝擊民眾生活並造成經濟損失。

#### 2. 亟需採取水資源管理的積極作為

工業與民生用水相較於農業用水，缺水容忍度明顯偏低；工業與民生用水如遭遇供水不足，必需向農業尋求用水調度。然而缺限水風險日益升高，故亟需採取「維持水庫永續功能」、「開發低枯旱風險水源」、「水價合理調整」、「開徵耗水費以促進產業節約用水」、「降低漏水率」等水資源管理的積極策略以因應，藉此滿足枯水期各標的之

用水。

### (四) 水資源管理策略工具-合理水價規劃

#### 1. 國外水資源費稅徵收研析結果

依據美國(加州)、中國大陸(江蘇/南京)、馬來西亞(檳城)等國之經驗，對逾核定月用水量之大用戶收取水資源保育費或罰鍰，藉由增加用水成本鼓勵大用水戶推動節水，可達到以價制量、降低水資源取用量之目標。

以丹麥、新加坡等國為例，開徵水資源稅費後節水率分別達到 39.2% 及 12.6%，顯示確實能讓用水戶節水，且有助於節水科技與產業發展，大幅降低人均用水量。茲彙整前述國外水資源費稅徵收相關研析結果，比較各國之水資源費稅之徵收機制如表 1-1 所示。

#### 2. 國內水價合理調整與耗水費之推動規劃

水價係自來水事業服務的對價，而水源保護、枯旱調度等水資源管理多視為政府責任，在氣候變遷豐枯加劇之際，採用水資源稅費作為水資源管理的重要工具，逐漸成為國際間的趨勢。

水為珍稀資源且水資源開發與保育費用龐大，目前未能反映於水價，為落實節水且合理調整，經濟部採「以價制量」的策略，規劃以三階段的方式來推動，各階段措施的重要內容說明如下。

##### A. 檢討與統一水價計算公式，建構合理水價

表 1-1 國外水資源費/稅徵收作法彙整

| 國別            | 名稱          | 目的                 | 徵收對象     | 徵收門檻與費率                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |     |    |               |             |     |           |             |           |           |
|---------------|-------------|--------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|----|---------------|-------------|-----|-----------|-------------|-----------|-----------|
| 美國<br>(加州)    | 保育費         | 針對逾核定用水量之用戶徵收以鼓勵節水 | 工業、商業及家戶 | 核定用水量:依用戶供水管徑而異，摘錄如下<br>單位:度/月 <table><tr><th>工業戶</th><th>商業戶</th><th>家戶</th></tr><tr><td>2,095 (3 吋管徑)</td><td>2,477 (3 吋)</td><td rowspan="3">119</td></tr><tr><td>708 (2 吋)</td><td>1,260 (2 吋)</td></tr><tr><td>184 (1 吋)</td><td>368 (1 吋)</td></tr></table> 費率:3.7 元/度<br>費額:[超用水量]*[費率] | 工業戶 | 商業戶 | 家戶 | 2,095 (3 吋管徑) | 2,477 (3 吋) | 119 | 708 (2 吋) | 1,260 (2 吋) | 184 (1 吋) | 368 (1 吋) |
|               | 工業戶         | 商業戶                | 家戶       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |     |    |               |             |     |           |             |           |           |
| 2,095 (3 吋管徑) | 2,477 (3 吋) | 119                |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |     |    |               |             |     |           |             |           |           |
| 708 (2 吋)     | 1,260 (2 吋) |                    |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |     |    |               |             |     |           |             |           |           |
| 184 (1 吋)     | 368 (1 吋)   |                    |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |     |    |               |             |     |           |             |           |           |
|               | 限水罰款        | 因應水資源短缺之罰款制度       | 工業、商業及家戶 | 限水罰鍰依政府公告異動<br>- 階段 1(自願性節水):鼓勵用戶自發性節約<br>- 階段 2(強制性限水): 經政府公告，用戶需降低去年用水量的 5%，逾此需付當年水費的 10%罰金<br>- 階段 3(危機性限水):經政府公告，用戶需降低去年用水量的 10%，逾此需付當年水費的 20%罰金                                                                                                                                           |     |     |    |               |             |     |           |             |           |           |
| 中國<br>(江蘇/南京) | 超計畫用水累進加價水費 | 逾核定用水量之用戶，應按規定繳納   | 工業、商業戶   | 核定用水量:依用戶歷史用水數據核定下期的月用水量<br>費額:<br>- 未逾 10%:[超用水量]*[水價]<br>- 10%~20%:[超用水量]*[2 倍水價]<br>- 逾 20%以上:[超用水量]*[3 倍水價]                                                                                                                                                                                |     |     |    |               |             |     |           |             |           |           |
| 馬來西亞<br>(檳城)  | 水資源保育罰金     | 無                  | 工業、商業戶   | 核定用水量:月用水量逾 35 度之用水戶<br>費率:2.22 元/度<br>費額:[超用水量]*[費率]                                                                                                                                                                                                                                          |     |     |    |               |             |     |           |             |           |           |
| 丹麥            | 環境稅         | 因應水資源缺乏            | 商業戶      | 水資源稅：提供給消費者之水量 25.7 元/度<br>污水排放稅：污水排放至湖泊、河川、海洋等環境之稅收，根據排放水中污染物含量計<br>- 氮:103 元/kg<br>- 磷:565 元/kg<br>- 有機物:56.5 元/kg                                                                                                                                                                           |     |     |    |               |             |     |           |             |           |           |
| 澳洲<br>(南澳省)   | 河川保育稅       | 保育南澳省河川            | 所有用戶     | 民生用水戶：267 元/3 個月<br>非民生用水戶：1,202 元/3 個月                                                                                                                                                                                                                                                        |     |     |    |               |             |     |           |             |           |           |
| 新加坡           | 水資源保育稅      | 鼓勵節約用水並宣導水資源的稀缺性   | 家戶       | 月用水量 0~40 度，水費約為 28 元/度、水資源保育稅為 30%<br>月用水量逾 40 度，水費約為 33.46 元/度、水資源保育稅為 45%                                                                                                                                                                                                                   |     |     |    |               |             |     |           |             |           |           |
|               |             |                    | 工業、商業戶   | 水費約為 28 元/度、水資源保育稅為 30%                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |     |    |               |             |     |           |             |           |           |
|               |             |                    | 航運       | 水費約為 45.89 元/度、水資源保育稅為 30%                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |     |    |               |             |     |           |             |           |           |
|               |             |                    | 新生水源用水   | 僅收取水費，未徵收水資源保育稅                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |     |    |               |             |     |           |             |           |           |
|               |             |                    | 工業戶      | 僅收取水費，未徵收水資源保育稅                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |     |    |               |             |     |           |             |           |           |

資料來源:經濟部水利署,耗水費推動之研究計畫製表

- 反應水源開發及保育成本
- 因應災害及促進節約用水
- 建立定期檢討機制

#### B. 研議自來水事業水費調整方案，落實用水正義

- 落實用水公平正義
- 照顧民生低用水戶不調整
- 調整高用水量費率級距

#### C. 推動節水三法，提升用水效率

- 修正水利法(以取得耗水費法源)、自來水法(強制使用省水器材節約生活用水)，訂定再生水發展條例
- 針對對大用水戶徵收耗水費，以降低缺水風險、促進節水保育、落實用水正義，避免有限資源寡占

## 二、政策規劃

依據耗水費規劃內容，進行以下說明。

### (一) 開徵耗水費之徵收目的

為避免因應全球氣候變遷導致缺水風險提高，影響經濟發展及民眾生活品質，針對用水大戶使用超過起徵水量者予以課徵耗水費，以促使耗用大量水資源者採取積極性節約用水措施。有關耗水費開徵目

的說明如下。

#### 1. 促進節約用水

由於針對大用水戶開徵耗水費，大用水戶在成本考量下會改善節水製程及採行節水措施。

#### 2. 乾旱移用補償

目前乾旱發生時，對於水源之調度均由公務預算支應所需經費，然此有補貼大用水戶之疑慮，開徵耗水費後，所收經費將可蓄積於基金中，如果有乾旱發生時，即由此經費支應乾旱移用水源之相關費用，亦有保險概念於其中。

#### 3. 增進再生水使用誘因

由於再生水之成本較自來水水價為高，耗水費徵收後將可拉近此成本差距，增進大用水戶使用再生水之意願。

### (二) 開徵耗水費之徵收原則

開徵耗水費係為促進我國水資源有效與永續利用及促使節約用水，且以兼顧經濟發展及不衝擊一般民生用戶之原則施行，因此將針對一定用水規模以上之營利單位優先徵收，當其用水量高於合理用水量時，才計徵耗水費。四大徵收原則規劃如表 2-1 所示。

表 2-1 耗水費徵收原則

| 項次 | 原 則 說 明            |
|----|--------------------|
| 1  | 大用水戶優先徵收，不影響一般民生用戶 |
| 2  | 營利單位優先徵收           |
| 3  | 用水越多徵收越多           |
| 4  | 對努力節水者減徵           |

資料來源：經濟部水利署，節約用水未來政策座談會(耗水費規劃說明)

### (三) 徵收對象與用戶數

耗水費之徵收對象係為每月用水量(包含自來水、地下水與其他水源之使用總量)大於 1,000 度之用戶(暫不對機關學校醫院與集合住宅開徵)。

已依據水利署主辦組以提供的台灣自來水公司(以下簡稱台水) 103 年月均用水量 500 度以上用戶資料、台北自來水事業處(以下簡稱北水) 103 年月均用水量 500 度以上用戶資料及 103 年水權月均引水量 500 度以上用戶資料等 3 份用水資料，進行用水量統計分析，月用水量逾千度之總戶數為 8,100 戶。

### (四) 徵收方式與費率

每半年徵收一次，繳費人繳費數為每半年總用水量 x 費率。各級費率之計算，依繳費人各類用水來源之用水量占總用水量之比例乘以各類用水來源於各級之基礎費率後，予以加總。

耗水費徵收將採階梯式收費，費率如圖 2-1 所示，係以每月用水量 1,000 度為基準，超出 1,000 度但小於 3,000 度之用水量為每度徵收 1 元；超出 3,000 度但小於 6,000 度之用水量為每度徵收 2 元；超出 6,000 度之用水量為每度徵收 3 元。

若為自行引取之地面/地下水者每度徵收費為各級距自來水徵收費用的 1/3，例如引用地下水超出 6,000 度之用水量為每度徵收 1 元。

### (五) 耗水費用途

耗水費徵收後將納入水資源作業基金中，設立專戶，專款專用。其支用將成立小組審核後，再送水資源作業基金管理委員會同意後使用；小組成員除水資源及節約用水業務相關機關代表外，將包括產業界代表及專家學者，納入多方意見。

耗水費規劃以基金形式運作，主要供作水資源管理措施及節約用水措施使用，

#### ❖ 基礎費率與級距

| 用水來源          | 級距<br>(度/每半年) | 費率<br>(元/度) |
|---------------|---------------|-------------|
| • 自來水         | 逾 36,000      | 3.00        |
|               | 18,000~36,000 | 2.00        |
|               | 6,000~18,000  | 1.00        |
| • 自行引取之地下水【2】 | 逾 36,000      | 1.00        |
| • 自行引取之地面水    | 18,000~36,000 | 0.67        |
| • 其他水源        | 6,000~18,000  | 0.33        |

註【1】：1立方公尺=1度

【2】：位於地下水管制區者，以視同自來水之費率計之



圖 2-1 耗水費徵收方式與費率



項目如下：

- (1)水資源管理
- (2)再生水資源發展
- (3)節約用水推動

### (六) 耗水費之減徵配套規劃

開徵耗水費的目的是為節約用水，因此建立獎勵節水相關之配套措施，現階段

水利署規劃的節水減徵獎勵有 7 大項，包括：全廠回收率標準、通過工業局清潔生產評估、通過 ISO 水足跡查證相關證明者、綠建築標章、綠色工廠標章、服務類環保標章、獲水利署節水績優表揚等，若上述 7 項全達到則減徵率可達 60%，各項措施之減徵比例與施行之措施說明如表 2-2 所示。

表 2-2 耗水費減徵比例與施行措施

| 減徵項目    | 減徵費率                                       |
|---------|--------------------------------------------|
| 全廠回收率標準 | 最高為費額減計自來水事業之水價已計入水源保育與因應乾旱災害準備之成本減徵額後25%  |
| 水足跡查證   | 費額減計自來水事業之水價已計入水源保育與因應乾旱災害準備之成本減徵數額後10%    |
| 清潔生產評估  | 費額減計自來水事業之水價已計入水源保育與因應乾旱災害準備之成本減徵數額後5%     |
| 綠建築標章   | 最高為費額減計自來水事業之水價已計入水源保育與因應乾旱災害準備之成本減徵數額後10% |
| 綠色工廠標章  | 費額減計自來水事業之水價已計入水源保育與因應乾旱災害準備之成本減徵數額後5%     |
| 服務類環保標章 | 費額減計自來水事業之水價已計入水源保育與因應乾旱災害準備之成本減徵數額後10%    |
| 節水績優    | 費額減計自來水事業之水價已計入水源保育與因應乾旱災害準備之成本減徵數額後5%     |

## 三、政策溝通

為鼓勵節水並回應社會各界呼籲落實用水正義之訴求，水利署為了兼顧經濟發展與環境保護，遂提出「耗水費」之概念，並規劃推行建構合理水價、研議自來水水費調整及推動耗水費 3 階段的政策，以下說明水利署與各界溝通政策的進程。

### (一) 各公協會

為凝聚共識，水利署自 103 年 9 月 15

日起至 104 年 1 月 22 日，已分別與三個科學園區（竹科、中科與南科）、加工出口區、工業區、非政府組織（NGO）及三大用水產業公會（鋼鐵、石化與電機電子）召開 16 場次座談會如表 3-1 列示，積極聽取各界與利害關係人意見，充分與各部會協調，產業界均能體認，耗水費的徵收是企業善盡社會責任，政府穩定供水的雙贏政策。座談會意見摘錄如表 3-2 所示。



表 3-1 耗水費規劃之利害關係人溝通與協調

| 場序 | 辦理日期      | 座談會名稱        | 利害關係人      |
|----|-----------|--------------|------------|
| 1  | 103/09/15 | 節水績優廠商座談會    | 節水績優廠商     |
| 2  | 103/09/21 | 環保署永續發展公民論壇  | 環境教育 NGO   |
| 3  | 103/10/06 | 台灣科學工業同業公會座談 | 科學園區廠商     |
| 4  | 103/10/09 | 專家座談會        | 水利專家及 NGO  |
| 5  | 103/10/31 | 科技部園區同業公會座談  | 科學園區廠商     |
| 6  | 103/11/03 | 自來水事業與專家座談會  | 自來水專家及 NGO |
| 7  | 103/11/06 | 中技社水資源論壇     | 環工專家及 NGO  |
| 8  | 103/11/17 | 工業大用水戶座談     | 石化及鋼鐵業者    |
| 9  | 103/11/21 | 專家座談會        | 專家及地方政府    |
| 10 | 103/12/10 | 旅館業者座談       | 全國旅館公會代表   |
| 11 | 103/12/26 | 南科廠商座談       | 科學園區廠商     |
| 12 | 104/01/08 | 中科廠商座談       | 科學園區廠商     |
| 13 | 104/01/14 | 楠梓加工出口座談     | 加工出口區廠商    |
| 14 | 104/01/20 | 鋼鐵公會座談       | 鋼鐵公會廠商     |
| 15 | 104/01/22 | 電子電機公會座談     | 電子電機公會廠商   |
| 16 | 104/01/22 | 石化公會座談       | 石化公會廠商     |

資料來源：經濟部水利署

表 3-2 座談會意見(摘錄)

| 項次 | 利害關係人      | 意見說明                    |
|----|------------|-------------------------|
| 1  | 節水績優廠商     | 像台積電、中鋼這些節水模範生需不需要繳耗水費？ |
| 2  | 環境教育 NGO   | 目前政府節約用水推動策略為何？成效如何？    |
| 3  | 科學園區廠商     | 耗水費用途？如何對水資源管理與節約用水有幫助？ |
| 4  | 水利專家及 NGO  | 若違法抽取地下水是否有相關配套措施？      |
| 5  | 自來水專家及 NGO | 開徵耗水費的目的為何？             |
| 6  | 專家及地方政府    | 開徵耗水費會不會影響物價？           |
| 7  | 全國旅館公會代表   | 建議政府應教導廠商節水，避免被徵收耗水費    |

資料來源：經濟部水利署

## (二) 規畫徵收大用水戶

為利於規畫徵收對象與外界瞭解耗水費的立意及內涵，水利署於全國辦理 20 場的耗水費徵收與合理水價推動座談會/說明會，並行文國內工商業大用水戶邀請參與

，摘錄如表 3-3 所示。與會總人數近 800 人，有效達到與各界溝通之目的。另方面，與會者普遍認同徵收立意，加速耗水費的順利推動。

表 3-3 說明會行文邀請對象(摘錄)

| 業別 | 項次 | 用水單位                | 區域 |
|----|----|---------------------|----|
| 工業 | 1  | 台灣化學纖維(股)公司         | 彰化 |
|    | 2  | 台灣中油(股)公司煉製事業部高雄煉油廠 | 高雄 |
|    | 3  | 中國鋼鐵(股)公司           | 高雄 |
|    | 4  | 中華紙漿(股)公司           | 花蓮 |
|    | 5  | 福安礦業(股)公司           | 花蓮 |
|    | 6  | 台灣化學纖維(股)公司龍德分公司    | 宜蘭 |
|    | 7  | 台灣塑膠工業(股)公司         | 高雄 |
|    | 8  | 中龍鋼鐵(股)公司           | 臺中 |
|    | 9  | 台塑石化(股)公司           | 雲林 |
|    | 10 | 中華紙漿(股)公司台東廠        | 臺東 |
| 商業 | 11 | 桃園國際機場(股)公司         | 桃園 |
|    | 12 | 九族文化村(股)公司          | 南投 |
|    | 13 | 新竹高爾夫俱樂部(股)公司       | 新竹 |
|    | 14 | 月眉國際開發(股)公司         | 臺中 |
|    | 15 | 桃園育樂事業(股)公司         | 桃園 |
|    | 16 | 台灣糖業(股)公司台東區處       | 臺東 |
|    | 17 | 育志開發(股)公司           | 桃園 |
|    | 18 | 財團法人三義工業區管理中心       | 苗栗 |
|    | 19 | 桃園國際機場(股)公司         | 桃園 |
|    | 20 | 台北畜產運銷(股)公司         | 臺北 |

在會議議程主題的安排上，特別揭示台灣的水資源限制、政府為降低缺限水風險促進各標的節約用水目標及努力，以及推動合理水價(三部曲)、強化水資源管理之政策規劃，藉此喚起產業的缺水危機意識與加強產業對合理水價政策之瞭解。

此外，說明會的綜合討論議程，提供與會者與政府交流、溝通管道，水利署能夠充分體察、有效掌握民間的實際需求，藉以因應、調整政策，俾進一步提供具體協助，彙整與會各界意見如表 3-4 所示。

表 3-4 說明會意見彙整(節錄)

| 類別       | 意見內容                                                                                                                              |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 耗水費及減徵方案 | 1.目前減徵方案以工業為主，是否可增加商業用戶之減徵方案。<br>2.減徵方案之技術層面需政府機關積極推廣並輔導廠商。<br>3.再生水之推動成本過高經濟效益低，如何提供優良品質再生水及降低成本才可以增加誘因。<br>4.規劃之減徵方案其佐證文件該如何訂定？ |
| 合理水價     | 1.合理調整用水價格為時勢所趨，但必須擬訂完整配套措施以監督水公司之預算使用。<br>2.水價和水管理目前偏向以民生為主要考量，較欠缺考慮企業及產業用水。                                                     |

## 四、立法過程

### (一)耗水費徵收法源之立法進程

為降低缺水風險、促進節水保育，針對耗用水資源者予以課徵耗水費，增加高用水人之用水成本，以促使採取積極性節約用水行動，經濟部爰擬具「水利法」部分條文修正草案，增訂第八十四條之一，得對用水人徵收耗水費，以作為耗水費徵收之依據，其立法過程說明如下：

- 104年5月14日、28日，送立法院經濟委員會2次審查，決議擇日再審
- 105年1月14日，提報行政院第3483次會議決議通過

- 105年2月1日，行政院函請立法院審議「水利法部分條文修正草案」案
- 105年2月19日，於立法院第9屆第1會期第1次會議提報後大會決定交經濟委員會審查
- 105年4月21日，立法院初審通過
- 105年5月6日，立院三讀通過
- 105年5月25日，總統公告

### (二)耗水費徵收法源之內容及訂定目的

水利法第八十四條之一，增訂條文之目的有二：

- 藉耗水費開徵，促進大用水戶節水，以降低缺水風險、促進節水保育、落

- 實用水正義，避免有限資源寡占
- 訂定開徵耗水費和節水減徵機制

關於水利法第八十四條之一，增訂條文之內容及說明如下表：

| 105 年 5 月 6 日立法院三讀通過條文                                                                                                                                                                                                                                                                      | 立法說明                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>第八十四條之一 為水資源有效及永續利用，中央主管機關得向用水超過一定水量之用水人徵收耗水費。但已落實執行節約用水措施者，得於百分之六十範圍內，酌予減徵。</p> <p>自來水事業之水價已計入水源保育與因應乾旱災害準備之成本時，前項耗水費應予減徵或免徵。</p> <p>前二項各標的用水耗水費之計算與徵收方式、徵收對象、繳納期限、節水措施、減徵範圍與方式及其他相關事項之辦法，由中央主管機關會同相關中央目的事業主管機關定之。</p> <p>依第一項規定徵收之耗水費納入中央主管機關水資源作業基金管理運用，專作水資源管理、再生水資源發展及節約用水推動之用。</p> | <p>一、本條新增。</p> <p>二、為促使耗用水資源者採取積極性節約用水措施，爰於第一項規定得對用水人徵收耗水費，但對已落實執行節水措施者，得予以減徵。</p> |

## 五、後續執行事項

### (一) 研擬徵收管理辦法

「水利法」修正條文第八十四條之一第3項，「各標的用水耗水費之計算與徵收方式、徵收對象、繳納期限、節水措施、減徵範圍與方式及其他相關事項之辦法，目前水利署業正與相關中央目的事業主管機關會商辦理之，後續將據以研擬訂定「耗水費徵收辦法」，以利耗水費開徵作業。

### (二) 辦理用水戶用水歸戶作業

依據 104 年自來水用戶用水資料、水權人資料及契約用水人資料等，針對月用水量逾千度之大用水戶進行用水總歸戶作業與分析。

### (三) 訂定耗水費實施作業計畫

訂定耗水費實施作業計畫，內容包括：收費方式、費率、收費機構、預估徵收費額、推動時程、相關機關應辦事項及預期效益等內容。

### (四) 辦理耗水費徵收協商會及說明會

- 針對耗水費的前期推動規劃，辦理協

(研)商會，邀集與開徵有關之對象參與以凝聚共識。

- 子法完成訂定後，辦理徵收作業宣傳說明會，介紹徵收方式及實施作業，邀集開徵對象參與。

### (五) 規劃及建置徵收系統平台

「耗水費徵收系統」平台架構規劃並建置，預期系統功能應涵蓋：資料匯入、申報系統、數據結算等。

### (六) 持續研訂耗水費減徵項目

納入合理用水的技術及管理制度，持續研訂減徵措施與制訂符合基準，以切合節水政策目標，鼓勵用水戶提升技術與產業效率用水之目的。

## 六、未來展望

依據新加坡、丹麥等國外經驗，對用水戶多課予水資源保育稅或稀缺資源稅，兩國徵收後節水率分別達12.6%與39.2%，故可藉以加強用水管理、節約並提升水資源利用效率。

水為珍稀有限資源，透過徵收耗水費，促進廠商強化用水管理以達節約用水，於乾旱時期，降低廠商損失。

針對大用水戶徵收耗水費之外，也對節水努力有成者，提供配套優惠措施(如減徵優惠)，鼓勵廠商致力節水，甚至達提升技術與用水效率的效果，繼而真正邁向節水型社會。

## 參考文獻

1. 水利法(105年5月)
2. 水利法施行細則(98年11月)
3. 再生水資源發展條例(104年12月)
4. 經濟部，用水計畫審查作業要點(103年11月19日)
5. 經濟部，表揚節約用水績優單位及個人實施要點(104年5月29日)
6. 104年經濟部水利署耗水費推動與研究計畫
7. 104年經濟部水利署節約用水未來政策座談會(耗水費規劃說明)簡報
8. 104年經濟部水利署合理水價說明會(耗水費規劃說明)簡報
9. 104年經濟部建構智慧管理水資源政策
10. 105年經濟部節約用水常態化行動方案
11. 94年環保署水污染防治費徵收推動前置計畫
12. 98年中正大學財經法律學研究所碩士論文，水資源環境公課之研究
13. 經濟部水利署地面水登記申請手冊(98年1月)
14. 經濟部水利署，產業及廠商用水調查資料(94年)
15. 國際水協會(IWA)，2011年世界各國家庭用水戶每年用水200立方公尺(度)之水費調查資料



# 枯旱時期桃園地區戰備井網規劃

張德鑫

中原大學土木系 副教授

陳信宏

桃園市政府水務局 技正

許清炫

財團法人農業工程研究中心 助理研究員

張大偉

財團法人農業工程研究中心 組長

## 一、前言

台灣為一個海島型國家，與水資源關係密切，水資源問題攸關國家整體經濟發展及國人生活品質。因社會及經濟持續發展，人口及產業大幅成長，造成約有 1/3 的河段遭受到不同程度的污染。另全球氣候變遷對台灣地區降雨量產生相當大的衝擊，致使豐、枯水期水源量差異變大，種種問題顯示水資源的時空分布不均。

台灣地處西太平洋亞熱帶，年平均年降雨量為 2,515 毫米，桃園市氣候受到東北季風與西南季風影響，平地地區年平均降雨量約在 1,500 至 2,000 毫米。然因降雨時空分布極不平均及地形起伏、地表逕流迅速，河川坡陡流急，且可蓄水空間開發不易等因素，致無法有效涵蓄利用地面水源。因此大桃園地區之各類標的用水主要仰賴石門水庫供應。近年來，全球氣候變遷導致海平面上升、區域水文特性驟變，降

雨集中，旱澇現象益為明顯極端，表 1 即為近十年來桃園地區所發生的缺水事件(中原大學，2016)，其中部分事件係導因於颱風期間石門水庫超大豪雨沖刷土石，造成水庫水質混濁而影響供水外，其他事件多為因降雨情況不理想而限水，其中民國 103 年下半年至 104 年上半年間，適逢所謂的「十年大旱」，桃園地區因降雨量嚴重不足而進入第三階段限水，民生用水在供五停二措施下，嚴重影響民眾日常生活。因此為能穩定供水，各標的用水仍需仰賴地下水做為乾旱時期之緊急供水來源。

故桃園市政府為因應日後在極端氣候下可能經常發生之枯旱缺水危機，補充各行政區民眾之用水需求，已規劃缺水時緊急備援水源之臨時供水點，以作為旱災緊急供水計畫。其主要方向是以桃園市政府各行政區所設置之 15 口戰備水井，配合轄

表 1 近十年來桃園地區所發生的缺水事件

| 時間      | 乾旱主因  | 事件描述                                                                                                   | 應變措施                                                      |
|---------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 2004/01 | 降雨量不足 | 石門水庫因春雨不足，實施第二階段限水，一期稻作停灌達 6.3 萬公頃，重點工業區減供 5%，超過千度用戶減供 20%。                                            | 一期稻作停灌，減量供水或停供。                                           |
| 2004/08 | 艾利颱風  | 侵襲北部地區期間，造成單月份石門水庫流域平均降雨量高達，雨量多、強度大造成水庫上游集水區嚴重土石崩塌，由於大漢溪上游沖入大量土石，使原水濁度超過 7 萬度，供水機制恢復運作前桃園地區，約兩百萬居民受影響。 | 1. 相關部門全力搶修，以臨時取水口、應急管線解除危機。<br>2. 改平鎮淨水廠調整池為沉澱池，以降低原水濁度。 |
| 2005/07 | 海棠颱風  | 颱風所挾帶的豪雨沖刷山區土石，造成泥沙堆積，水庫排洪道出口的水質濁度突破 1 萬度，超過平常的 120 倍，使出水量大減，使桃園地區 40 多萬戶居民無水可用。                       | 1. 自來水公司以供水車給水的方式供水予民眾使用。<br>2. 向北市購水供桃園地區使用。             |
| 2005/08 | 馬莎颱風  | 過境期間桃園石門水庫內蓄水濁度升高，甚至在颱風過後的三、四天內達到最高峰，使自來水廠原水淨化作業受到影響。                                                  | 政府預先在桃園市南、北區採取分區、分時供水措施以舒解旱象。                             |
| 2005/08 | 泰利颱風  | 過境使原水濁度飆高，水質濁度超過 6 萬，除此之外颱風造成停電也讓水庫抽水工作無法進行，板新、桃園等地區淨水處理困難而導致缺水。                                       | 桃園地區採分區供水來因應。                                             |
| 2007/09 | 韋帕颱風  | 位於石門水庫上游巴陵攔砂壩，因為韋帕颱風過境，造成土石沖刷的情況，石門水庫濁度約 850~1,000 度。                                                  | 桃園地區採分區供水來因應。                                             |
| 2007/10 | 柯羅莎颱風 | 受到強颱之風雨影響，山區暴雨使得石門水庫原水濁度飆升至 3,000 度。                                                                   | 1. 水利署啟動壩頂設置之大型抽水機，同時抽取 102 噸乾淨原水。<br>2. 向北市購水供桃園地區使用。    |
| 2011/03 | 降雨量不足 | 經濟部成立旱災緊急應變小組，桃園地區實施第一階段限水。                                                                            | 農業用水 4 月上旬起以 7 折為供水上限，並視天候狀況機動減量供水。                       |
| 2015/04 | 降雨量不足 | 石門水庫集水區降雨不足，異常枯旱，桃園地區實施第三階段限水措施。                                                                       | 桃園水利會農作物灌區停灌、停水期間設置臨時供水站提供民眾用水需求。                         |

中原大學 (2016)

管區域內約 1,500 口工業用地下水水權井，規劃進入限水階段時民眾取用生活雜用水位置，以降低旱災發生時民眾日常生活的不便。

桃園市政府目前計有 15 口公有戰備水井(表 2)，均設置於公園或民眾活動中心，井深均達 150M，除早期民國 95 年間在中壢、八德與龍潭區設置的戰備水井出水

量較低(100CMD 至 160CMD)之外，新增設的戰備水井出水量均為 500CMD。另外，桃園市地面水與地下水權狀數量約 2,800 筆，其中近半數為工業用地下水井，在考量各地下水權井出水量、井況、供水需求、所有權人意願、交通動線與方便性等因素下，擬規劃於每個行政區設置 5 處民眾取水點，以方便民眾取用。

表 2 桃園市 15 口戰備水井位置屬性表

| 行政區 | 位置          | 井深     | 出水量    | 備註     |
|-----|-------------|--------|--------|--------|
| 桃園區 | 三民運動公園      | 150 公尺 | 500CMD | 已完工    |
|     | 陽明運動公園      | 150 公尺 | 500CMD | 已完工    |
| 中壢區 | 公九公園(光明公園)  | 151 公尺 | 100CMD | 95 年設置 |
|     | 文化公園        | 150 公尺 | 500CMD | 已完工    |
| 平鎮區 | 新勢公園        | 150 公尺 | 500CMD | 已完工    |
| 大溪區 | 大溪運動公園      | 150 公尺 | 500CMD | 已完工    |
| 楊梅區 | 埔心公園        | 150 公尺 | 500CMD | 已完工    |
| 蘆竹區 | 大竹運動公園      | 150 公尺 | 500CMD | 已完工    |
| 龜山區 | 公所行政園區      | 150 公尺 | 500CMD | 已完工    |
| 大園區 | 公二公園        | 150 公尺 | 500CMD | 已完工    |
| 龍潭區 | 運動公園        | 150 公尺 | 500CMD | 已完工    |
|     | 龍潭區富林里里民集會所 | 153 公尺 | 160CMD | 95 年設置 |
| 新屋區 | 兒二公園        | 150 公尺 | 500CMD | 已完工    |
| 觀音區 | 四維公園        | 150 公尺 | 500CMD | 已完工    |
| 八德區 | 大明里活動中心     | 152 公尺 | 100CMD | 95 年設置 |

中原大學 (2016)

## 二、桃園市水文地質、水質與水資源概況

在地下水分區劃分上，桃園市位於桃園中壢台地上，範圍自淡水河流域以西至

鳳山溪，包括桃園、中壢、平鎮及湖口等台地，以及沿海之小型沖積平原，此台地係由大漢溪挾帶之沉積物堆積而成，面積約 1,090 平方公里。台灣西北部海岸之台地，表層常有紅土，紅土之下為厚可達 20

公尺之礫石層，桃園中壢台地即是其中之一。依桃園台地地質水文狀況之了解，台地南側的龍潭及楊梅一帶，礫石層較厚，約有 50~100 公尺，往北的中壢及桃園市，僅有上部 0~30 公尺有礫石，即所謂的「紅土台地礫石層」。臨海區域的觀音及蘆竹，「紅土台地礫石層」厚度不足 10 公尺。桃園台地地下的砂及礫石層透水性尚可，具有成為含水層之條件，但有兩個缺點；一為台地上遍布透水性很差的紅土，影響雨水入滲，以往農民在桃園台地上遍築埤塘，以供生活及灌溉所需；二為缺乏大河的補注，抽用之地下水並沒有充足的天然補充。

經濟部水利署(2012)曾針對台灣地區各地下水分區合理出水量進行分析，其方法主要依據地下水質狀況與當年度各地下水分區第一、二含水層觀測井之實際日水位與各管理水位(含安全、下限、嚴重下限水位)差值進行合理出水量之推估，同時依國內缺水時採取之限水步驟，將缺水情境分為不缺水、輕微缺水及嚴重缺水三類，而桃園地區 100 年各區第一、二含水層合理出水量如表 3 所示，顯示在合併考慮地下水質狀況後，沿海大園、蘆竹與觀音等行政區的合理出水量較高。

此外，農業工程研究中心針對以往桃園中壢台地歷年水質資料進行因子分析結果顯示，其主要水質特徵包括水質鹽化、鐵錳濃度偏高、氮類污染為主要問題，整體而言，桃園中壢台地水質特性受制於還原條件下溶氧、硝酸鹽氮、與有機碳之還

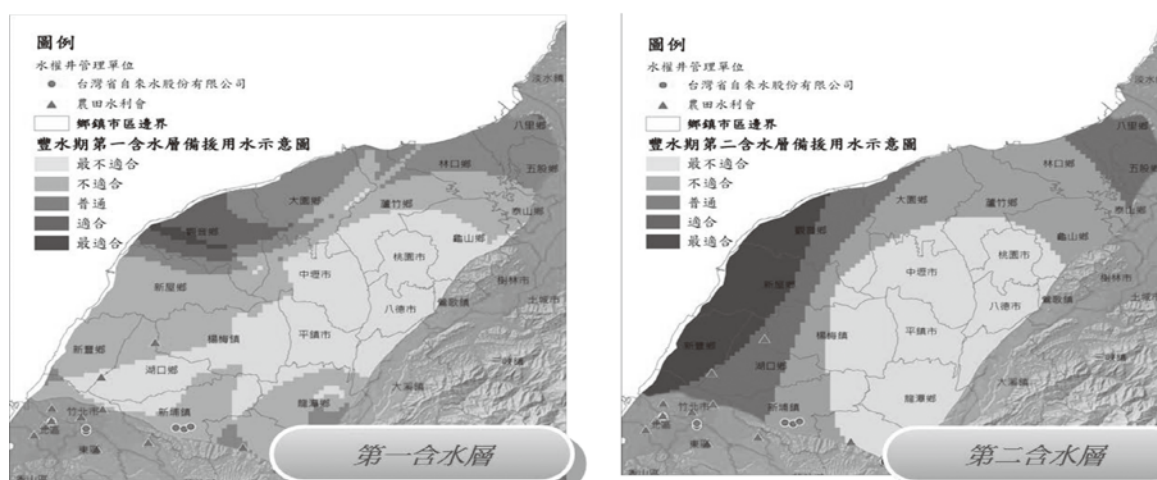
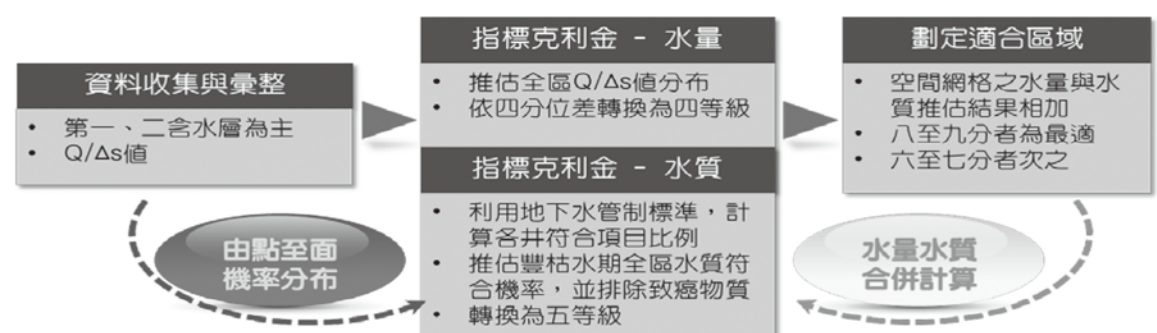
原作用，造成氨氮、鐵、錳為明顯超標之情形，且沿海地區具地下水鹽化潛勢(農業工程研究中心，2015)。而農業工程研究中心(2014)亦利用此等水質資料，以地理統計指標克利金方法，結合各觀測井單位洩降之出水量( $Q/\Delta s$ )等資料，推估可供備援用水區域之空間分布情形，圖 1 為劃設流程與推估適合區域之範圍。由圖 1 顯示，桃園中壢台地豐水期備援用水評估以觀音區之第一及第二含水層為適合區域，再配合區域內既有的農田水利會灌溉用水井與自來水公司抽水井，建議可由這些區域進行緊急備援之使用。而桃園、八德、平鎮與大溪等行政區，因地下水質狀況不佳，在前述評估方法下總合理出水量較低。



表 3 桃園中壢台地第一、二含水層各行政區合理出水量(萬噸/年)

| 行政區 | 第一含水層   |         |         | 第二含水層  |        |          |
|-----|---------|---------|---------|--------|--------|----------|
|     | 不缺水     | 輕微缺水    | 嚴重缺水    | 不缺水    | 輕微缺水   | 嚴重缺水     |
| 八德  | 0       | 0       | 0       | 4.28   | 10.49  | 14.59    |
| 大園  | 7,524   | 17,958  | 24,109  | 60.51  | 138.17 | 169.38   |
| 大溪  | 5       | 92      | 154     | 2.20   | 5.38   | 7.49     |
| 中壢  | 1,110   | 3,073   | 4,280   | 6.13   | 22.81  | 32.10    |
| 平鎮  | 11      | 52      | 76      | 4.94   | 13.88  | 19.41    |
| 桃園  | 0       | 0       | 0       | 4.35   | 10.65  | 14.81    |
| 新屋  | 975     | 6,520   | 9,683   | 6.26   | 25.58  | 41.01    |
| 楊梅  | 326     | 2,111   | 3,035   | 1.30   | 17.49  | 26.71    |
| 龍潭  | 109     | 1,988   | 3,330   | 5.65   | 17.78  | 25.16    |
| 龜山  | 218     | 1,371   | 4,487   | 10.68  | 26.17  | 36.40    |
| 蘆竹  | 5,893   | 12,566  | 17,838  | 21.35  | 48.83  | 63.55    |
| 觀音  | 67,811  | 155,950 | 193,918 | 114.46 | 374.14 | 512.22   |
| 總計  | 112,468 | 274,506 | 359,413 | 284.19 | 907.91 | 1,245.50 |

經濟部水利署 (2012)



中原大學，2016；農業工程研究中心，2014

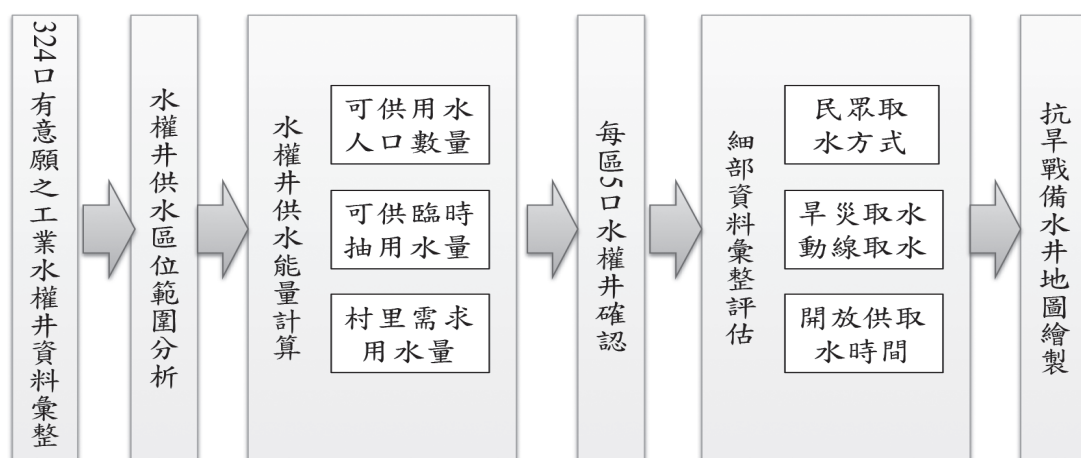


### 三、抗旱戰備水井地圖規劃

由以上桃園中壢台地水文地質、水質與水資源現況分析結果顯示，觀音區在水質與水量上均適合作為緊急備援供水區域，其他行政區則各有其水質或水量上之限制，惟考量在嚴重枯旱情況下，民眾仍有相當高之用水需求，考量民眾以地下水作為飲用水有衛生安全之疑慮，故飲用水仍建議以市售包裝水為主要來源，抗旱戰備水井所提供之地下水建議做為其他沖洗、澆灌或清潔使用。而為方便民眾取用，在每一行政區內規劃五口進入限水階段時民

眾取用生活雜用水位置，以降低旱災發生時民眾日常生活的不便。

桃園市地下水權狀中約有 1,500 口為工業用地下水井，由各水權狀資料初步篩選具有較大水權量者，透過訪談後有 342 口水權井所有權人，有意願於嚴重枯旱時期配合桃園市政府提供市民取水。再經過這些水權井分佈位置及供水能量分析後，並考量各地下水權井井況、村里民人數、用水需求、交通動線與民眾取水方便性等因素後，利用地理資訊系統繪製圖層套疊，可選出各行政區最適之水權井作為備援抗旱井，其概略規劃流程如圖 2 所示。



中原大學(2016)

圖 2 抗旱戰備水井地圖篩選評估流程

經初步規劃後再以「人及水車皆可進入取水」、「僅人可進入取水」與「僅水車可進入取水」等條件進行優選，並以距水井位置半徑 3 公里為供水區域範圍，共計篩選出八德區 6 口、大園區 5 口、大溪區 5 口、中壢區 5 口、平鎮區 5 口、桃園區

5 口、新屋區 6 口、楊梅區 5 口、龍潭區 6 口、龜山區 5 口、蘆竹區 6 口及觀音區 5 口，共計 12 行政區 64 口工業水權井，可作為抗旱應變計畫啟動後，結合 15 口桃園市政府鑿建之戰備水井進行聯合抗旱應用。經以上規劃後，統計桃園市各行政區域內

規劃設置之5處民眾取水點、戰備水井位置與供水區域圖。另為便於未來緊急抗旱水權井之管理，在整合水權狀、水權井普查表及水權井之座標等相關資訊後，建立各緊急抗旱水權井口卡資訊如圖4，以提供民眾取水時遵循使用。



32

|         |     |                                                                                                                                         |                                                                         |
|---------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 水權人     |     | ****股份有限公司                                                                                                                              |                                                                         |
| 水權狀號    |     | H0108287                                                                                                                                |                                                                         |
| 核准水權年限  |     | 自民國103年10月01日起<br>至民國108年09月30日止                                                                                                        |                                                                         |
| 用水標的    |     | <input checked="" type="checkbox"/> 工業用水 <input type="checkbox"/> 農業用水 <input type="checkbox"/> 民生或<br>家用用水 <input type="checkbox"/> 其他 |                                                                         |
| 引水地點    |     | TM2_X:<br>TM2_Y:                                                                                                                        |                                                                         |
| 井管材質    | 塑膠管 | 水井管徑(mm)                                                                                                                                | 400                                                                     |
| 水井深度(m) | 212 | 抽水馬達形式                                                                                                                                  | <input checked="" type="checkbox"/> 沉水式<br><input type="checkbox"/> 離心式 |
| 馬達馬力(匹) | 50  | 馬達出水管徑(mm)                                                                                                                              | 150                                                                     |

|                   |        |        |                |        |           |                                                                                                                    |                                                                                                      |        |        |        |        |        |
|-------------------|--------|--------|----------------|--------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 抗旱時期工廠聯絡方式        | 聯絡人姓名  |        | 楊銘芳            |        | 抗旱時期可供水時間 | <input type="checkbox"/> 早上____點至____點<br><input type="checkbox"/> 下午____點至____點<br><input type="checkbox"/> 其他時間: |                                                                                                      |        |        |        |        |        |
|                   | 手機     |        | 0922462111     |        |           | 供水方式                                                                                                               | <input checked="" type="checkbox"/> 人車皆可 <input type="checkbox"/> 供車取水 <input type="checkbox"/> 供人取水 |        |        |        |        |        |
|                   | 公司電話   |        | 03-4531491#290 |        |           |                                                                                                                    |                                                                                                      |        |        |        |        |        |
| 月別                | 一月     | 二月     | 三月             | 四月     | 五月        | 六月                                                                                                                 | 七月                                                                                                   | 八月     | 九月     | 十月     | 十一月    | 十二月    |
| 每月引水日數(日)         | 31     | 28     | 31             | 30     | 31        | 30                                                                                                                 | 31                                                                                                   | 31     | 30     | 31     | 30     | 31     |
| 每日引用水量(每秒立方公尺cms) | 0.0279 | 0.0279 | 0.0279         | 0.0279 | 0.0279    | 0.0279                                                                                                             | 0.0279                                                                                               | 0.0279 | 0.0279 | 0.0279 | 0.0279 | 0.0279 |
| 每日引用時間(小時)        | 20     | 20     | 20             | 20     | 20        | 20                                                                                                                 | 20                                                                                                   | 20     | 20     | 20     | 20     | 20     |

圖 4 地下水權井基本口卡資料(範例)

## 四、結語

全球氣候變遷所造成的極端降雨已成為世界各國所關注的嚴峻課題，洪水與枯旱發生頻率已較以往提升，如何在枯旱時期提供民眾基本用水需求即為桃園市政府所必須面臨的挑戰。由於枯旱時期地面水已不敷使用，桃園市政府即適當利用水質水量穩定的地下水，以工業用地下水井與戰備水井規劃枯旱時期民眾取水位置，以降低民眾生活上的不便。

在考量水權井分佈位置、供水能量、各地下水權井井況、村里民人數、用水需求、交通動線與民眾取水方便性等因素後，桃園市政府共計規劃全市12行政區(復興區除外)每區各5處取水點，方便市民在

3公里範圍內即有可供取用生活雜用水的供水地點，惟考量地下水未經自來水公司消毒處理，由緊急抗旱水井取得之生活用水並不建議用於飲用。

## 參考文獻

1. 中原大學，2016，桃園市水權精進暨旱災應變規劃。
2. 財團法人農業工程研究中心，2014，101-103年度地下水水質檢測分析與評估。
3. 財團法人農業工程研究中心，2015，104年度地下水水質檢測分析與評估。
4. 經濟部水利署，2012，100年度臺灣地區各地下水分區合理出水量分析報告。

# 低耗能水再生利用技術之發展

侯嘉洪  
國立臺灣大學環境工程學研究所 副教授  
闕蓓德  
國立臺灣大學環境工程學研究所 副教授  
張廣智  
經濟部水利署綜合企劃組 組長  
劉尚儒  
經濟部水利署綜合企劃組 正工程司

## 摘要

在全球氣候變遷與人口及經濟活動持續發展的影響之下，造成臺灣降雨型態的改變，以及水資源分布不均與供需失衡，增加供水的風險。因應此課題，經濟部水利署採多元水源分擔風險，致力於新興水源的利用與推動，包含雨水貯留、海水淡化水、都市污水與工業廢污水的回收再利用。其中，經污水廠處後過的放流水之回收再利用，則因不易受氣候影響，且水質與水量較為穩定，是為現階段國內新興水資源開發之重要政策。

現階段國內的水再生處理程序，大多以「以電換水」的模式進行，以逆滲透去除水體中的總溶解固體物或降低導電度，達到水質淨化之目的。然而在考慮氣候變遷、水資源與能源的多重因素，為推動水再利用作為新興水源，必須發展低耗能的

脫鹽程序，作為水再生利用的關鍵技術。本文對於新穎脫鹽技術，包含正向滲透 (Forward osmosis)、薄膜蒸餾 (Membrane distillation)、電去離子技術 (Electrodeionization) 與電容去離子技術 (Capacitive deionization) 進行說明與介紹，期能建構一個以低耗能、綠色分離技術為主軸之低耗能水再生利用處理模組系統，並促進國內低耗能水再生利用技術之發展，從而確保我國水資源之永續經營與利用，穩定國內的水源供應。

## 一、前言

臺灣為海島型氣候國家，雖然具有豐富的降雨量，約為世界平均降雨量的3.5倍，但因臺灣地理環境特殊，地形狹長，山脈陡峭、河川短而急，使得臺灣地區水源缺乏長期穩定的供水。另一方面，在氣候



變遷的影響下，未來臺灣的降雨型態將會顯著的改變，其中夏季的豐水期與冬季的枯水期，兩者之間的降雨量差距更加明顯，而總降雨日數呈現減少的趨勢。同時間隨著經濟活動的持續發展以及都市化現象，增加對於能源與水資源的需求，水資源的穩定開發與永續管理，儼然是目前亟需面對解決之課題。

因應氣候變遷所帶來的衝擊，在「國家氣候變遷調適政策綱領」中，明定水資源領域之調適總目標為「在水資源永續經營與利用之前提下，確保水資源量供需平衡」。為達到調適策略目標，經濟部水利署以推動多元水源發展為主軸，除利用傳統水庫為水源外，並致力於新興水源之開發與推動，包含雨水貯留、海水淡化水、都市污水與工業廢污水的回收再利用。其中，經污水廠處理後的放流水之回收再利用，則因不易受氣候影響，且水質與水量較為穩定，是為現階段國內新興水資源開發之重要政策。

都市污水處理廠放流水、工業區廢水處理廠放流水、工業用水大戶將預定放流或納管之廢水、生活污水大戶預定放流之污水等新興水源，其水再生利用皆需倚靠再生處理程序以提升水質，達到再生水水質標準後，再將再生水供給於各標的用水。現階段國內的水再生處理廠，大多以「以電換水」的模式進行，以砂濾 (Sand Filtration) 與超濾膜 (Ultrafiltration, UF) 進行放流水的除濁前處理，逆滲透 (Reverse Osmosis, RO) 程序降低水體中的

總溶解固體物 (Total dissolved solids, TDS)，最後再進行消毒 (Disinfection) 的程序。值得注意的是，在再生水的處理程序中，以逆滲透去除總溶解固體物的脫鹽程序 (Desalination)，需在高壓下操作，其能耗相對較高 ( $2\sim6\text{ kWh/m}^3$ )，若僅仰賴此較高耗能模式做為再生水處理之技術，在臺灣為能源進口國家的限制條件下，該技術的使用將影響新興水資源政策之落實。因此，低耗能水再生利用技術之開發，是影響未來新興水資源發展的關鍵因子之一。

在考慮氣候變遷、水資源與能源的多重因素下，目前許多工業國家都致力於新穎、低耗能脫鹽技術的開發，研發正向滲透技術 (Forward osmosis, FO)、薄膜蒸餾 (Membrane distillation, MD)、電去離子技術 (Electrodeionization, EDI) 與電容去離子技術 (Capacitive deionization, CDI) 與技術，提供了低能耗、低成本、對環境友善的水再生(脫鹽)替代技術。本文分別對於以上的低耗能脫鹽技術進行說明與介紹。

## 二、正向滲透技術

正向滲透 (Forward osmosis, FO) 的原理係使用只能通過溶劑 (如水分子) 但不能透過溶質分子的選擇性半透膜，利用膜兩邊溶液其溶質濃度差異所造成的滲透壓差做為驅動力，水分子自發地從高化學勢一側滲透到低化學勢一側的過程 [Cath et al., 2006]。在脫鹽過程中，提取液 (draw solution) 為滲透側的高濃度溶液，也是正



向滲透驅動力的來源，其原理概念圖如圖1所示，透過半透膜兩側溶質濃度的不同，水分子即可依正向滲透機，從進流側滲透過半透膜到達滲透側，進而造成進流水濃縮、滲透側提取液稀釋的結果，接者再利用分離技術將水分子自提取液中分離出

來與進行提取液回收，從而得到純水。因此，在正向滲透(FO)中水分子傳輸的驅動力是自發產生的，不需外加壓力即可進行操作，和目前廣泛應用之逆滲透(RO)系統相比，有較低的能源消耗、高離子分離效率等優點。

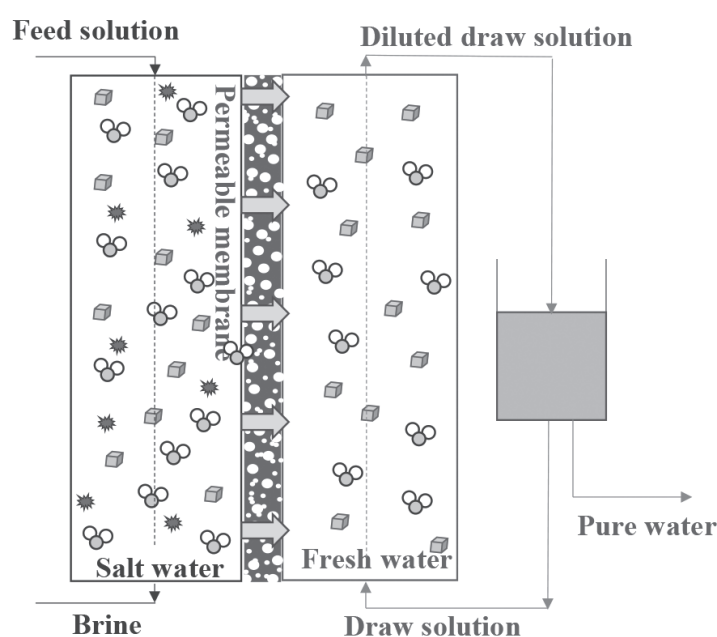


圖 1 正向滲透技術(FO)原理概念圖

目前正向滲透的研究主要集中於薄膜材料與提取液的研發。原則上，FO薄膜材料須具有高水通量、低溶質通量、低積垢、高排鹽率、低薄膜內部濃度極化與高化學穩定性的特點。依據製造的方法，FO薄膜可分為相轉換成形膜(phase inversion-formed membrane)、超薄層複合膜(thin film composite membranes)、以及化學修飾膜(chemically modified membranes)三大類。另一方面，提取液的選用亦是FO脫鹽效能的關鍵因素。提取

液除了其滲透壓必須顯著高於進流之待處理水樣，以提供適當的滲透壓差做為水分子分離驅動力之外，同時符合無毒性、高水溶性、容易再生、高薄膜相容性等特點[Luo et al., 2014]。此外，提取液與水分子的分離程序亦相當的重要，依其再生分離方法可分成不需再生、熱再生、加壓再生、磁場再生、沉澱再生與其它再生方法共六大類。

在應用方面，正向滲透最早被使用於都市污水廠的高營養鹽污泥濃縮脫水，有

機物質在 FO 程序中可被有效去除，被稀釋之提取液則可利用 RO 進行再生 [Holloway et al., 2007]。正向滲透程序亦可與現有之水處理程序結合，作為複合系統 (Hybrid system)。如 FO 與薄膜蒸餾 (Membrane distillation, MD) 結合成 FO-MD 系統，可應用於污水處理 [Xie et al., 2013]；或以太陽能驅動結合 FO 與電透析技術 (Electrodialysis, ED) 的 FO-ED 複合系統，進行二級放流水的處理，出流水水質可符合飲用水水質標準 [Zhang et al., 2013]。目前正向滲透技術的發展逐漸從實驗室規模往實廠規模邁進，隨者 FO 薄膜材料與提取液研發之精進，可預期未來正向滲透技術在脫鹽程序中勢必扮演重要的角色。

### 三、薄膜蒸餾技術

薄膜蒸餾技術 (Membrane distillation, MD) 是一種創新的分離技術，其工作原理如圖 2 所示，係利用熱能增加高鹽度進流水水體溫度，使進流水流經多孔且疏水性薄膜一側，薄膜另一側則以低溫水循環，控制薄膜兩側水溫高低溫差，以薄膜兩側流體接觸面的蒸氣壓差為趨動力，將水蒸氣分子經疏水性薄膜孔洞，由高溫側傳輸到低溫側後凝結成液體，而達到分離水分子之目的 [Lawson and Lloyd, 1997]。值得注意的是，上述所使用熱能可使用廠內廢熱，且其壓力操作低，因此可在一個較低耗能的情況下進行脫鹽操作 [Zhang et al., 2015]。

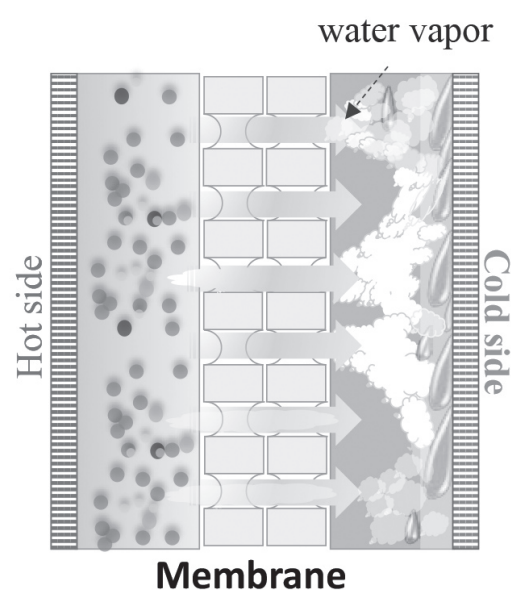


圖 2 薄膜蒸餾技術 (MD) 原理概念圖

薄膜蒸餾程序具有幾項特點：(1)對於離子、巨分子、膠體、以及非揮發性物質具有100%的排除率；(2)相較於傳統蒸餾程序(如多效蒸發法)，具有較低的操作溫度與能量需求；(3)可大幅降低蒸餾過程所需之空間；(4)和傳統壓力驅動之薄膜程序相比，有較低的操作壓力；(5)對薄膜的機械強度要求較低；(6)疏水性薄膜和待處理溶液間的化學反應作用較不顯著。影響薄膜蒸餾脫鹽效能的操作因子包含進流水溫度、濃度、以及流速，或薄膜兩側溫差及蒸汽壓壓差。以溫度的影響為例，薄膜蒸餾之進流水溫度通常空在 20°C 到 80°C，低於常溫下水的沸點。通量可由進流水蒸氣壓決定，因此通量和蒸氣壓一樣，隨者溫度的增加呈指數成長。然而，因為溫度梯度關係，使得膜兩邊溫度差異小於膜兩側液體溫差，造成的溫度極化現象，其亦是常被討論的主要影響因子。

薄膜蒸餾技術可應用於脫鹽程序，其溶質排除率可達到 99% 以上，或是自水中移除非揮發性物質(如離子、膠體、巨分子)與揮發性有機物質(如苯、氯仿與三氯乙烯)。然而，薄膜蒸餾技術目前仍未廣泛的應用在實廠中，其原因可被歸咎於對於溫度極化、濃度極化、薄膜積垢問題、與其熱傳輸機制的不夠了解，或受限於 MD 薄膜材料的發展與模組的設計。

## 四、電去離子技術

電去離子技術(Electrodeionization,

EDI)是結合陰陽離子交換膜(Ion exchange membrane, IEM)以及離子交換樹脂(Ion exchange resin, IER)的複合型分離技術。電去離子技術利用 IEM 對陰、陽離子的選擇性，以及 IER 的離子交換作用，在直流電場操作下進行離子分離程序。其工作原理如圖 3 所示，係將 IER 置於陰陽 IEM 中間，通入高離子濃度之進流水，在直流電操作下產生電場作為離子驅動力，將目標離子由經由樹脂顆粒構成的離子傳輸通道遷移至 IEM 膜表面(離子遷移)，再透過離子交換進入濃縮室(離子交換)，同時，存在於樹脂、膜與水相接觸的擴散層會產生極化作用，使水電解離為  $H^+$  和  $OH^-$  而對 IER 起再生作用(離子交換樹脂的電再生)，進而達到去除水中離子之目的 [Tanaka, 2015]。

電去離子技術所填充的 IER 通常是將陰離子交換樹脂(Anion exchange resin, AER)與陽離子(Cation exchange resin, CER)交換樹脂依需求以特定比例混合而成。在 EDI 程序中，待處理水樣的濃度會隨者離子被移除而漸漸降低，相對的溶液電阻就會增加，進而影響到離子的傳輸。IER 的添加可以增加系統導電度，因而減少脫鹽程序後期因電阻增加所導致的電能損失。電去離子技術主要是依靠是電力進行運轉，主要的操作因子包含電流密度、流速、溫度及離子濃度，同時電力需求的大小則取決於進流水水質以及出流水水質的要求，每產生 1000 加侖的水需要介於 0.2 至 3.0 kWh 之間能耗 [Dey and Tate, 2005]。

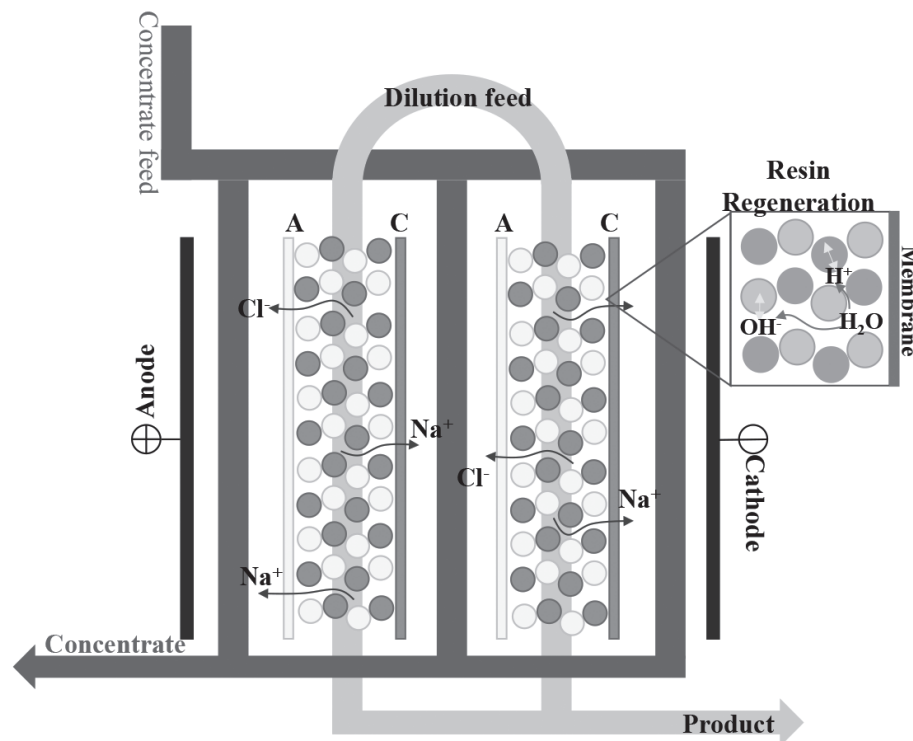


圖 3 電去離子技術 (EDI) 原理概念圖

電去離子技術主要被應用於純水的製造以及重金屬離子的去除。於純水製造部分，大多研究係將 EDI 與 RO 結合成為 RO-EDI 系統，應用於發電廠或半導體的純水製造程序。電去離子技術亦對於重金屬離子，如銅、鎳、鈷、鉻等離子，有良好的分離效果。整體而言，電去離子技術具有連續操作、出流水幾近去離子水、且在去除離子的過程中，可同時進行樹脂再生，而不需添加化學藥劑等優點，朝向低成本、低複雜性、高穩定性及低碳足跡發展。

## 五、電容去離子技術

電容去離子技術 (Capacitive deionization, CDI) 是一種新穎的電化學處理程序，以高孔洞碳材為電極材料，利用電吸附 (electrosorption) 原理來移除水體中的帶電荷污染物質或是離子。電容去離子技術的工作原理如圖 4 所示，在兩側的多孔碳材電極之間施加外部電壓，形成一個靜電場，使得正極吸引水體中的陰離子，而負極則吸引陽離子，並進一步在孔洞中形成電雙層 (electrical double layer, EDL)，使得大量的帶電荷離子能儲存在碳電極材料中，達到移除水中離子與脫鹽之目的。



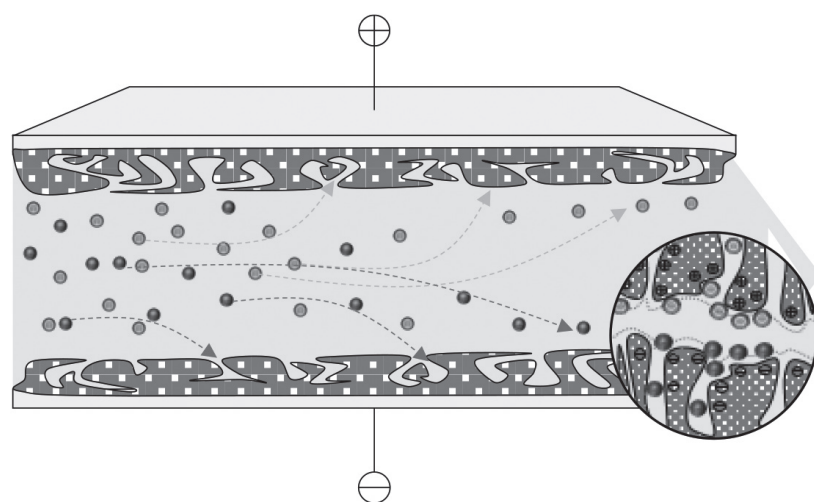


圖 4 電容去離子技術(CDI)的工作原理

由於電吸附過程，離子的儲存並非是依靠化學反應來進行，它的系統再生是依據通過電極的放電程序，僅需將兩側電極上的電壓移除，原本儲存在碳材孔洞內的陽離子與陰離子，會被重新釋放到水溶液中。

電容去離子技術有別於一般耗能、高壓的傳統去離子之薄膜分離、電透析等程序，不需使用薄膜裝製，而是在水處理過程中採取通道式結構，且可在低壓力 (0.2~0.3 MPa) 與低電壓 (0.8~1.2 V) 的環境下操作，系統亦具可逆性，無二次污染物的問題，故可被視為一個清淨節能的創新技術 [Anderson et al., 2010]。在處理半鹽水或是更低含鹽量之水體時，電容去離子技術尤其具有顯著的能源優勢 ( $< 1 \text{ kWh/m}^3$ )。因此，電容去離子技術更被經濟合作暨發展組織 (organization for economic

cooperation and development, OECD) 評估為最具有取代現有耗能脫鹽技術的前瞻性的技術。

在電吸附程序中，理想的多孔電容電極材料必須具有以下幾點特性，(1) 高的比表面積；(2) 好的電化學穩定性；(3) 良好的導電性；(4) 高的親水性；(5) 快速的孔洞接受性；(6) 高的離子可接觸面積 [Poroda et al., 2013]。以現階段發展而言，目前國際上大多致力於開發高電容效率的碳電極材料，如碳氣凝膠 (carbon aerogel)、活性碳 (activated carbon)、活性碳纖維 (activated carbon fiber)、及奈米碳管 (carbon nanotube)、中孔洞碳材 (mesoporous carbon)、石墨烯 (graphene) 等，這些奈米碳材共同的特點有機械性質穩定、導電性質佳、與高的比表面積，適

合作為電吸附電極材料。

在電容去離子技術的應用方面，研究已經證實其可使用於半鹽水的淡化、硬水軟化、重金屬去除、地下水污染整治等[Hou et al., 2013; Fan et al., 2016]。電容去離子技術尚缺乏模組的驗證，朝向模組系統開發，與商業化階段發展，目前美國、荷蘭、大陸、韓國等地已有公司將CDI開發成模組商品進行販售。

## 六、結語

氣候變遷、水資源和能源有相互依存的關聯，由於臺灣地理環境特殊，且近年來因氣候變遷的影響愈加顯著，造成降雨型態的改變，增加供水的風險。為確保工商經濟發展與民生用水，經濟部水利署採推動多元水源分擔風險，除藉傳統水庫水源外，亦致力於新興水源的利用與推動。而家庭污水的回收再利用，因不易受氣候影響，是為現階段國內新興水資源開發之重要政策。再者，新興水源中，不論是廢污水之再生利用或海水淡化，從水體中移除無機性鹽類或降低總溶解性固體，是以消耗電能提升水質的程序，亦即「以電換水」模式。因此，為推動新興水源的開發，必須開發低耗能的脫鹽程序，如正向滲透(FO)、薄膜蒸餾(MD)、電去離子技術(EDI)、電容去離子技術(CDI)，以減少耗電量與環境衝擊，從而建構一個以低耗能、綠色分離技術為主軸之低耗能水再生利用處理模組系統，有效去除再生水中之溶解性無機離子，提高再生水的水質，並促進國內低耗能水再生利用技術之發展，從而確保我國水資源之永續經營與利用。

## 參考文獻

1. Anderson, M. A., Cudero, A. L. and Palma, J. (2010), Capacitive deionization as an electrochemical means of saving energy and delivering clean water. Comparison to present desalination practices: Will it compete?, *Electrochimica Acta* 55, 3845–3856.
2. Cath, T.Y., Childress, A.E. and Elimelech, M. (2006), Forward osmosis: principles, applications, and recent developments. *Journal of membrane science* 281, 70–87.
3. Dey, A. and Tate, J. (2005), A review of spiral-wound electrodeionization technology. *Ultrapure Water*, July/August, 20–29.
4. Fan, C.H., Tseng, S.C., Li, K.C. and Hou, C.H. (2016), Electro-removal of arsenic(V) and arsenic(III) from aqueous solutions by capacitive deionization, *Journal of Hazardous Materials* 312, 208–215.
5. Holloway, R.W., Childress, A.E., Dennett, K.E. and Cath, T.Y. (2007) Forward osmosis for concentration of anaerobic digester centrate. *Water research* 41, 4005–4014.
6. Hou, C.H. and Huang, C.Y. (2013) A comparative study of electrosorption selectivity of ions by activated carbon electrodes in capacitive deionization, *Desalination*, 314, 124–129.
7. Lawson, K.W. and Lloyd, D.R. (1997), Membrane distillation. *Journal of Membrane Science* 124, 1–25.
8. Luo, H., Wang, Q., Zhang, T.C., Tao, T., Zhou, A., Chen, L. and Bie, X. (2014), A review on the recovery methods of draw solutes in forward osmosis. *Journal of Water Process Engineering* 4, 212–223.
9. Porada, S., Zhao, R., van der Wal, A., Presser, V. and Biesheuvel, P.M. (2013), Review on the science and technology of water desalination by capacitive deionization, *Progress in Materials Science* 58, 1388–1442.
10. Tanaka, Y. (2015), *Ion exchange membranes: fundamentals and applications*, Elsevier.
11. Xie, M., Nghiem, L.D., Price, W.E. and Elimelech, M. (2013), A forward osmosis–membrane distillation hybrid process for direct sewer mining: system performance and limitations. *Environmental science & technology* 47, 13486–13493.
12. Zhang, Y.G., Peng, Y.L., Ji, S.L., Li, Z.H. and Chen, P. (2015), Review of thermal efficiency and heat recycling in membrane distillation processes. *Desalination* 367, 223–239.
13. Zhang, Y., Pinoy, L., Meesschaert, B. and Van der Bruggen, B. (2013), A natural driven membrane process for brackish and wastewater treatment: photovoltaic powered ED and FO hybrid system. *Environmental Science & Technology* 47, 10548–10555.

# 小水力發電發展策略與未來展望

紀桂尚

經濟部水利署北區水資源局 副工程司

## 摘要

台灣水力發電蘊藏量大，配合政府推動非核國家政策，需再開發水力發電 111 萬 kw 以上，以分擔核電廠退役停機之發電空缺。面對地理環境、法令限制及民意反對聲浪，必須調整水力開發規模，從小水力發電及對環境友善之發電廠址著手，以增加推動之可行性。面對小水發電之未來展望，應配合電力供需調整，開發抽蓄型電廠，另為就地去化發電，宜發展分散型微水力發電；而為配合過內後續推廣小（微）水力發電政策，應發展水力發電工業基礎，提升過內產業技術與產量。

## 一、前言

近年隨環境意識抬頭，國家能源相關政策乃以能源安全、經濟發展與環境保護兼顧為首要目標，開發對環境友善的潔淨

能源，為未來國家發展之重要課題。因此，未來地球上，越來越需要潔淨且充足之能源與水資源，但此等能源卻日趨匱乏。現今世界發電能源主要為化石燃料、水力、核能、生質能、風力、地熱、太陽能、潮汐與波浪發電。依據美國能源情報署（U.S. Energy Information Administration，簡稱 EIA）統計資料顯示，世界各國化石燃料發電約佔 57.1%，水力發電約佔 19%，核能發電約佔 18.9%，生質能發電約佔 2.5%，風力發電約佔 1.6%，地熱發電約佔 0.6%，而太陽能、潮汐與波浪發電合計約佔 0.3%。其中，水力發電已僅次於化石燃料發電，佔全球供電量之 1/5，且因其為永續且不造成二次公害之特性，故扮演著極重要角色。台灣雖年降雨量高達約 2500mm，河川流量豐沛，坡陡流急，河川坡降 1/100~1/1000，但因優良壩址受限，水庫容積有限，因此使得水資源續存量嚴重不足。且近年來水庫建設更因環保意識抬頭



，民眾對水庫建設普遍抱持懷疑甚至反對意見，故大型傳統水力發電比重無法提升。近十年來，小水力與微水力發電逐漸受到重視，雖其發電量較小，但因其具有分散且低建置成本等特性，使其重要性逐漸受到重視。

## 二、台灣電力發展歷程

台灣電業在清光緒 14 年(西元 1888 年)，首由清朝台灣巡撫劉銘傳於台北市創立「興市公司」，裝置小型蒸氣燃煤發電機，以低壓供應照明，為台灣電業之草創。日本統治台灣後，於民國前 7 年(西元 1904 年)在龜山完成發電廠，為台灣地區水力發電之始。民國 42 年以前國內主要以水力發電為主，佔總發電量 93.7%；民國 43 年起朝向火力發電發展，於民國 51 年火力發電量首度超過水力發電，而此時國內工業迅速起飛，台電公司遂開發大容量高效率之火力，電力系統進入火力為主、水力為輔時期；受民國 60 年代二次石油危機影響，為因應石油危機後之能源情勢，政府能源政策改採發電來源多元化政策，開始推展核能發電，至 74 年先後完成三座核能發電廠，同時繼續引進大容量高效率火力機組，電力系統進入能源多元化時期；民國 75 年至 79 年間，備用容量漸感不足，除適時興建大型火力、開發優良水力外，為提高生產過程中熱能及電能總熱效率，以促進能源有效利用，於民國 77 年立法明訂各種獎勵措施，鼓勵業者建置汽電共生系

統，由台電配合收購汽電共生業者剩餘電力，以達到資源有效利用；民國 80 年代起，由於國內用電迅速成長，電源開發因地狹人稠而日益艱難，政府乃開放民間興建電廠以加速電源開發，發電市場進入開放發電業時期；自民國 95 年起，國際化石燃料價格大漲，嚴重衝擊電業的經營環境，而國內自產能源缺乏，為確保電力事業永續發展，在供給面發展低碳電力，在需求面全力推動節約用電及提升用電效率，自此起，國內電業市場進入節能減碳時期，並朝向再生能源發展，以降低對火力、核能發電之依賴。台灣歷年開發計畫如圖 1 所示，各型發電系統歷年裝置容量占比如圖 2 所示。

過去電源開發計畫

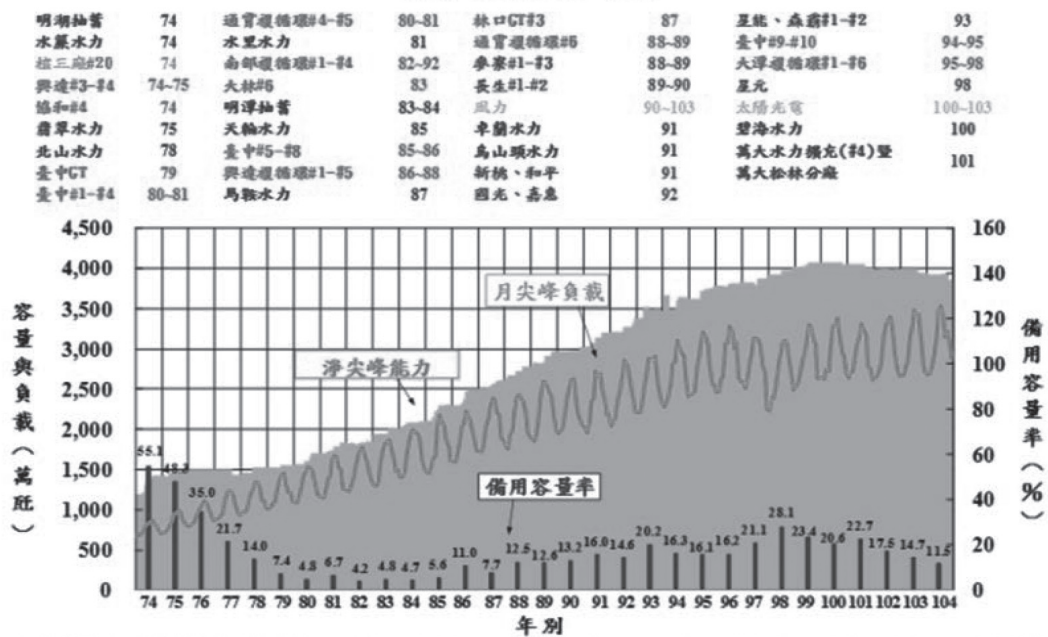


圖 1 台灣歷年電源開發計畫

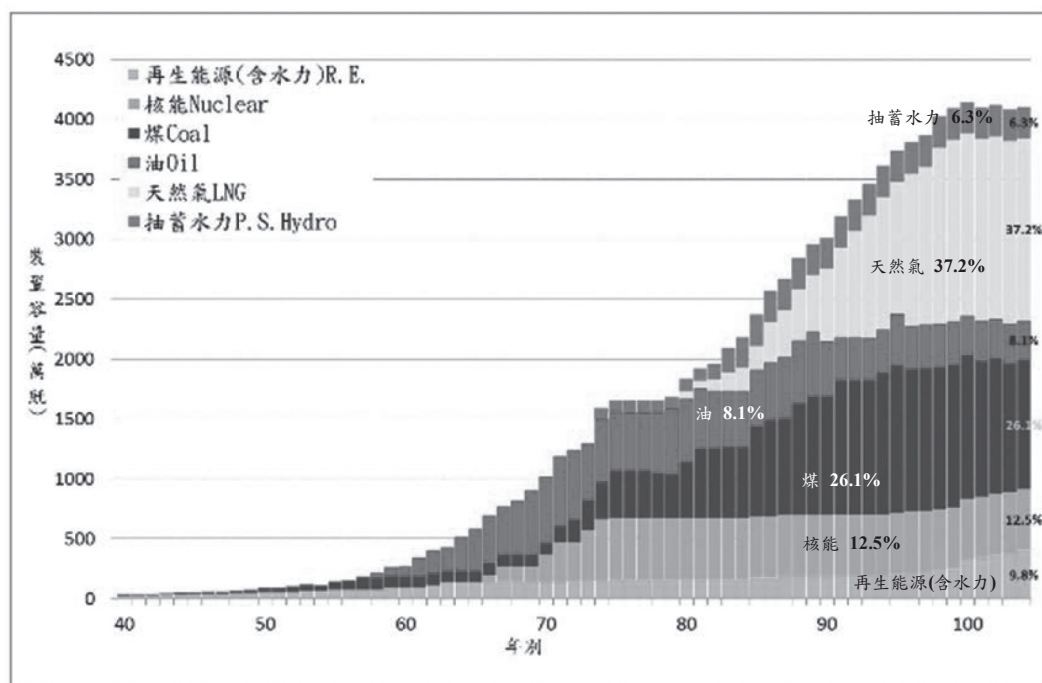


圖 2 台灣歷年裝置容量占比示意圖

### 三、小水力發電發展策略

#### (一) 水力潛能

為因應民國 114 年達到非核家園政策，台灣電業將積極開發綠色能源，民國 114 年達成再生能源發電量佔總發電量 20% 之目標。105 年 6 月 22 日立法院經濟委員會第 24 次全體委員會議，經濟部「綠色能源政策目標、未來規劃及執行現況」報告中，規劃水力發電推廣目標為：民國 114 年水力發電裝機容量達 2,150 萬 kw、民國 119 年水力發電裝機容量達 2,200 萬 kw，亦即扣除現有運轉中慣常水力機組 2,089 萬 kw，尚需開發 111 萬 kw 以上。

台灣地區年平均降雨量達約 2500mm，山區及丘陵地區佔全國面積 3/5 以上，重要河川有 76 條，理論水力蘊藏量大，依據台灣電力公司歷年研究結果顯示，技術可行水力蘊藏量多達 5,048 萬 kw，至民國 104 年底已開發 2,089 萬 kw，待開發且經濟可行者有 1,904 萬 kw。另在台灣電力公司 104 年全台小水力發電可行性研究計畫中，研擬利用堰壩水庫、水力電廠、灌溉渠道等現有水利設施，設置簡易小水力發電機組，優選多處廠址進行可行性研究與現地調查，包含鯉魚潭水庫景山水力計畫、湖山水庫、集集南岸聯絡渠道、南化水庫、南化第二水庫、曾文水庫專管、翡翠水庫專管、大甲溪電廠之德基水庫志樂溪引水、天輪壩生態放流、馬鞍後池調放流、馬鞍後池調放流等，以及灌溉渠道同源圳、能高大圳、石岡壩南幹渠道、嘉南大

圳南幹線、隘寮洞道圳、關山大圳、太平渠、等，開發規模估計約 40 萬 kw

#### (二) 水力發電優缺點

水力發電相較於火力、核能發電以及其他再生能源，有其優缺點如下：

##### 1. 優點：

- (1) 水源取之不盡，單位成本低。
- (2) 水能轉換成電能效率高。
- (3) 發電啟動時間短，並可按需求調節供電量。
- (4) 利用抽蓄，調節電力需求。
- (5) 擔任調峰、調頻、事故備用等角色。
- (6) 運營成本低，技術成熟。
- (7) 無資源耗損，發電後水源亦可以重複使用。
- (8) 水能為可再生能源，無空氣污染、溫室效應。

##### 2. 缺點：

- (1) 受限地理環境，且需考量水文條件，適合築壩蓄水地點難覓。
- (2) 攔蓄設施及蓄水淹沒區破壞環境生態。
- (3) 山區興建攔蓄設施需開山闢路，破壞水土保持。
- (4) 偏遠地區輸電費用高。

#### (三) 小水力發電發展面臨問題及因應對策

台灣四季降雨分配不均，若沒有攔蓄設施，則發電效率不彰。然因優良攔蓄壩

址及水量豐沛有高效能發電之場址多已興建完成，且大型水庫皆已伴隨興建水壩時完成發電廠之建置，目前可開發水力發電之處，只能朝向量小之地發展，惟將遭遇可能問題分析如下：

### 1. 地處偏僻，交通不便

台灣河川綿延密布，水力蘊藏量極為豐富，然若要開發，因其地理位置多偏處高山深處，無通達道路可至，需另行闢建道路，除增加投資成本之外，面對台灣多震多雨之情況，通達道路之維修亦為棘手之問題。故在開發順序上，應優先開發河川下游、交通便利之計畫。

### 2. 法令限制日趨嚴格，開發困難

為預防及減輕開發行為對環境造成不良影響，藉以達成環境保護之目的，對於水力開發行為多需辦理環境影響評估，並經由主管機管審核同意後，使得為之；另因民意高漲、環保團體反對，更加劇開發之阻力。而利用既有水利設施設置小水力發電機組，為現階段可行之執行方向，有其工程簡易、免環評、工期短、節省大量土木工程費用、風險低等優點；另開發對環境友善之攔河堰或小型調整池，將電廠結合地方政府政策、當地自然文化與景觀，規劃為具特色的綠色觀光景點，則可降地民意阻力。

### 3. 輸電費用高

因山區高壓輸配線路稀少，水力發電要與既有輸配電網併聯地點常相距甚遠，就小水力發電而言，所佔投資成本比重偏高。因此，在發電廠選址時，需將輸配線路成本納入考量。

## (四) 未來展望

### 1. 開發抽蓄發電

抽蓄水力發電主要是利用夜間離峰時段的剩餘電力將下池的庫水抽回上池蓄存，待白天尖峰時段再利用上池與下池水高低位能差，將上池水放下，推動水輪機發電，將離峰時段剩餘之低成本電力，轉化為尖峰時間高價值之電力。有此可見，抽蓄發電系統有如一個巨大電容器，可配合電力負載需求，將水力能源配合火力及核能基載發電運作，充份加以利用，達到降低發電成本，同時有效增加尖峰時間之供電量。抽蓄發電可從既有水庫增建著手，運用水庫與其消能池之高差，建立上、下池之水資源循環利用，發揮抽蓄發電之功能。

### 2. 分散型發電就地消化

台灣雖地狹人稠，但仍有少部分人分散居住於偏遠山區，然在政府德政下，為使供電普及化，常遠距離架設輸電線，以使供電普及化，所衍生之問題除線路建置費用高之外，颱風侵襲造成之線路損毀，所投入之維修



成本亦所費不貲。因此，發展微水力發電以達自足，除可發電就地去化之外，亦可免除遠距離架設輸電線及維修費用。

台灣山區十分普遍之接引山泉水現象，可藉由管路統整等方式，集中水量進行發電，再進行分配使用；另許多山區水產養殖場亦引用高山泉水養殖，其引水管路之落差、水量皆十分可觀，此皆符合微水力開發要件。

在中國內陸地區，安裝設置微型水力發電機組在農村地區已發展如同普通家電用品一樣方便簡易，這些小型能源設施有效解決偏遠地區無電農戶在生產及生活上的用電問題，實可借鏡作為台灣推廣微水力發展之參考。

### 3. 發展水力發電工業基礎

過去國內建造水力電廠通常都自國外引進水力發電機組，極少由國內自行研發生產製造，因此在水力發電設備上，許多水輪機及發電機之關鍵技術較為不足。在機電設備與自動控制系統方面，我國之科技產業十分發達，電子板及相關軟硬體設備及專業人才相當充足，技術力基礎穩固，是為我國發展微型水力產業之優勢。

微型水力發電設備並非一種全新技術，但因國內市場需求少，缺少研發設計及量產之誘因，未來如能藉著微水力發電推展，帶動消費市場之成長，則可吸引更多資源投入微型水

力發電。

## 四、結論與建議

- (一) 小水力發電有安全穩定、效率運用佳之特性，並且為潔淨環境之發電，善加開發可分擔核電廠退役停機之發電空缺。
- (二) 積極開發對環境友善之小水力發電，有助於擴展短期之水力發電量，展現政府推動再生能源之亮點。
- (三) 利用既有水庫增建抽蓄發電設施，為可行之推動方案，有助於配合火力及核能基載發電運作，增加尖峰時間之供電量。
- (四) 推動微水力發電就近去化，可滿足偏遠地區電力自供自足，以節省建置遠距離輸電線路之成本。
- (五) 藉由微水力發電之推動，增加研發設計及量產之誘因，提升國內水力發電工業基礎。

## 參考資料：

- 1.台灣電力公司網站  
<http://www.taipower.com.tw/content/news/news01.aspx>
- 2.經濟部能源局網站  
<http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/home/Home.aspx>
- 3.台灣電力公司(2015)，全台小水力發電可行性研究計畫
- 4.台灣電力公司(2016)，小(微)水力發電技術交流研討會-台電公司水力發電現況與未來展望簡報
- 5.經濟部水利署(2008)，河川及供排水渠道發展小水力發電潛能評估及可行性先期研究
- 6.經濟部水利署(2009)，微型水力發電潛能調查分析及開發策略與相關配套措施之研究
- 7.經濟部水利署北區水資源局(2015)，石門水庫及寶山第二水庫附屬設施小(微)水力發電潛能評估(1/2)
- 8.中興工程顧問股份有限公司，水利土木科技資訊季刊-54/期先進的抽蓄發電

# 學會動態

## 一、第七屆理監事會及各委員會會議

| 會議名稱                      | 時 間                    | 地 點                    | 討論事項與重要決議                                                                                                                 |
|---------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 理監事聯席會議<br>第四次會議<br>第五次會議 | 105.07.22<br>105.11.25 | 臺灣石門農田水利會<br>臺灣台中農田水利會 | 1.通過會刊酌增稿費。<br>2.通過第七屆第三次年會暨研討會主辦單位。<br>3.通過 105 年工作報告及經費決算。<br>4.通過 105 年度各獎項得獎人員。<br>5.通過 106 年工作計畫。<br>6.通過 及 106 年預算。 |
| 會務發展委員會<br>第三次會議<br>第四次會議 | 105.04.29<br>105.11.01 | 淡江大學台北校園               | 1.1.新人會員審查。<br>2.評選 105 年卓越貢獻獎、傑出水資源成就獎、資深人員獎及青年工程師獎等得獎人員。<br>3.決議 106 年工作計畫。                                             |
| 出版委員會<br>第三次會議            | 105.03.28              | 淡江大學台北校園               | 1.決議第 18 卷第 1 期及第 2 期會刊主題。<br>2.決議第 18 卷會刊各期企劃委員。                                                                         |
| 學術活動委員會<br>第四次會議<br>第五次會議 | 105.09.13<br>105.11.01 | 淡江大學台北校園               | 1.決議第七屆第三次年會暨研討會之座談會主題。<br>2.評選 105 年優良論文獎得獎人員。<br>3.決議 106 年工作計畫。                                                        |
| 財務委員會<br>第三次會議<br>第四次會議   | 105.04.11<br>105.11.23 | 淡江大學台北校園               | 1.決議 105 年經費收支決算。<br>2.決議 106 年工作計畫及經費預算。                                                                                 |
| 技術服務委員會<br>第二次會議          | 105.04.28              | 淡江大學台北校園               | 1.討論 105 年爭取委託計畫案件事宜。                                                                                                     |
| 第七屆第三次年會暨<br>研討會委員會會議     | 105.08.25              | 台灣自來水公司<br>第三區管理處      | 1.決議大會辦理時間地點。<br>2.決議年會收費標準。<br>3.建議募款單位。                                                                                 |

# 學會動態

水資源管理會刊



第七屆理監事會議・楊偉甫理事長(中)及理監事



第七屆學術活動委員會議・吳瑞賢主任委員(中)主持會議



第七屆第三次年會暨研討會委員會・籌備會議  
胡南澤主任委員主持會議



## 二、辦理各項文件申請

| 辦理文件                           | 核發日期      | 主管單位           | 說 明     |
|--------------------------------|-----------|----------------|---------|
| 第七屆第三次<br>水資源管理座談會<br>技師參訓證明文件 | 105.10.18 | 行政院公共<br>工程委員會 | ●申請授權核發 |

## 三、會員

| 會員類別   | 會員人數 |
|--------|------|
| 永久個人會員 | 230  |
| 一般個人會員 | 680  |
| 永久團體會員 | 29   |
| 一般團體會員 | 22   |
| 總計     | 961  |

## 新入會員名單

### 【永久個人會員】

| 證號     | 會員姓名 | 服務單位            | 職稱 |
|--------|------|-----------------|----|
| P20272 | 羅偉誠  | 國立成功大學水利及海洋工程學系 | 教授 |

### 【一般個人會員】

| 證號     | 會員姓名 | 服務單位   | 職稱   |
|--------|------|--------|------|
| P11583 | 王柏程  | 經濟部水利署 | 副工程司 |

# 中華水資源管理學會

## 個人會員資料表

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                        |         |       |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|
| 項 目           | <input type="checkbox"/> 新申請入會(請填寫全部項目)<br><input type="checkbox"/> 資 料 更 新(請填寫姓名及更新項目)                                                                                                                                                                                |         |       |
| 會 員 別         | <input type="checkbox"/> 一般個人會員 <input type="checkbox"/> 永久個人會員                                                                                                                                                                                                        |         |       |
| 姓 名           |                                                                                                                                                                                                                                                                        | 出 生 年 次 | 民 國 年 |
| 性 別           |                                                                                                                                                                                                                                                                        | 身分證字號   |       |
| 畢業學校及<br>最高學歷 |                                                                                                                                                                                                                                                                        |         |       |
| 專 長 領 域       | <input type="checkbox"/> 工程 <input type="checkbox"/> 管理 <input type="checkbox"/> 法律 <input type="checkbox"/> 環境 <input type="checkbox"/> 規劃 <input type="checkbox"/> 政策<br><input type="checkbox"/> 經濟 <input type="checkbox"/> 農業 <input type="checkbox"/> 其他   _____ |         |       |
| 服 務 單 位       |                                                                                                                                                                                                                                                                        | 職 稱     |       |
| 單 位 地 址       | □□□                                                                                                                                                                                                                                                                    |         |       |
| 永 久 地 址       | □□□                                                                                                                                                                                                                                                                    |         |       |
| 聯 絡 電 話       |                                                                                                                                                                                                                                                                        | 傳真電話    |       |
| E-mail        |                                                                                                                                                                                                                                                                        |         |       |
| 會 員 證 號       | (新申請入會者由學會填寫)                                                                                                                                                                                                                                                          |         |       |

填表日期：中華民國      年      月      日

■ 本會傳真號碼：(02)2621-0370

■ 本會聯絡電話：(02)8631-1279

\* 個人資料僅供本會審核會員資格及通訊使用，不作其他用途。

## 中華水資源管理學會 團體會員資料表

|                    |                                                                                         |         |     |        |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----|--------|
| 項 目                | <input type="checkbox"/> 新申請入會(請填寫全部項目)<br><input type="checkbox"/> 資 料 更 新(請填寫姓名及更新項目) |         |     |        |
| 會 員 別              | <input type="checkbox"/> 一般團體會員 <input type="checkbox"/> 永久團體會員                         |         |     |        |
| 團 體 名 稱            |                                                                                         |         |     |        |
| 單 位 電 話            |                                                                                         | 傳 真 電 話 |     |        |
| 單 位 地 址            | □□□                                                                                     |         |     |        |
| 負 責 人              |                                                                                         | 職 稱     |     |        |
| 成 立 日 期            |                                                                                         | 員 工 人 數 |     |        |
| 業 務 項 目            |                                                                                         |         |     |        |
| 會 員<br>代 表<br>(二名) | 姓 名                                                                                     | 性 別     | 職 稱 | 年次(民國) |
|                    |                                                                                         |         |     |        |
|                    |                                                                                         |         |     |        |
| 會 員 證 號            | (新申請入會者由學會填寫)                                                                           |         |     |        |

填表日期：中華民國    年    月    日

■ 填表人：

■ 聯絡電話：

■ 本會傳真號碼：(02)2621-0370

■ 本會聯絡電話：(02)8631-1279

\* 團體單位資料僅供本會審核會員資格及通訊使用，不作其他用途。



# 入會繳費方式

## 會費繳付方式如下：

### 一、郵政劃撥：

戶名：社團法人中華水資源管理學會

劃撥帳號：19369414

### 二、支票：抬頭「社團法人中華水資源管理學會」

### 三、會員類別與收費標準：

■ 一般個人會員：第一年申請入會時，需繳交入會費500元，會員應每年按期繳納常年會費，本會每屆會期三年，凡個人會員於該屆繳納二年以上之會費者得享有優惠，會費收取標準如下：

1. 一次繳交一年：新台幣500元
2. 一次繳交二年：新台幣900元
3. 一次繳交三年：新台幣1,200元

■ 永久個人會員：一次繳付5,000元整，終生享有會員權益。

■ 一般團體會員：第一年申請入會時，需繳交入會費10,000元，第二年開始每年需繳納常年會費5,000元。

■ 永久團體會員：一次繳付100,000元整，該團體終生享有會員權益。

■ 學 生 會 員：第一年申請入會時，需繳交入會費200元，第二年開始每年需繳納常年會費200元。

本會傳真：(02)2621-0370 聯絡電話：(02)8631-1279 地址：251淡水郵政1-616號信箱