



## 專訪水利署 林元鵬 總工程司

談「大數據物聯網助攻：地下水智慧監測推動成效」

■ 編輯室

林元鵬總工程司指出，抗旱讓大家看到地下水價值，也激發出「找水」新思維...

**種**農植高粱可以釀酒，還能省水，甚至拯救高鐵軌道沉陷危機！？別懷疑，這不是假新聞，更不是水利管理的天方夜譚，而是水資源保育「減抽地下水」策略之一。為靈活調度水資源，水利署結合新科技助攻，導入時下最潮的大數據物聯網數位感應系統，建置地下水智慧管理方案，掌握精準且即時的地下水水位及使用量。另外，農委會正推動台灣大面積種植高粱計畫，以高鐵雲嘉南沿線為主要目標，鼓勵稻農改種用水量僅需十分之一的高粱，減少水田灌溉時地下水的過度抽取，藉此穩固高鐵沿線地基。經濟部水利署總工程司林元鵬相信，未來地下水的備援角色將逐步強化為「救命水」，甚至逆轉長年累積的地層下陷命運。

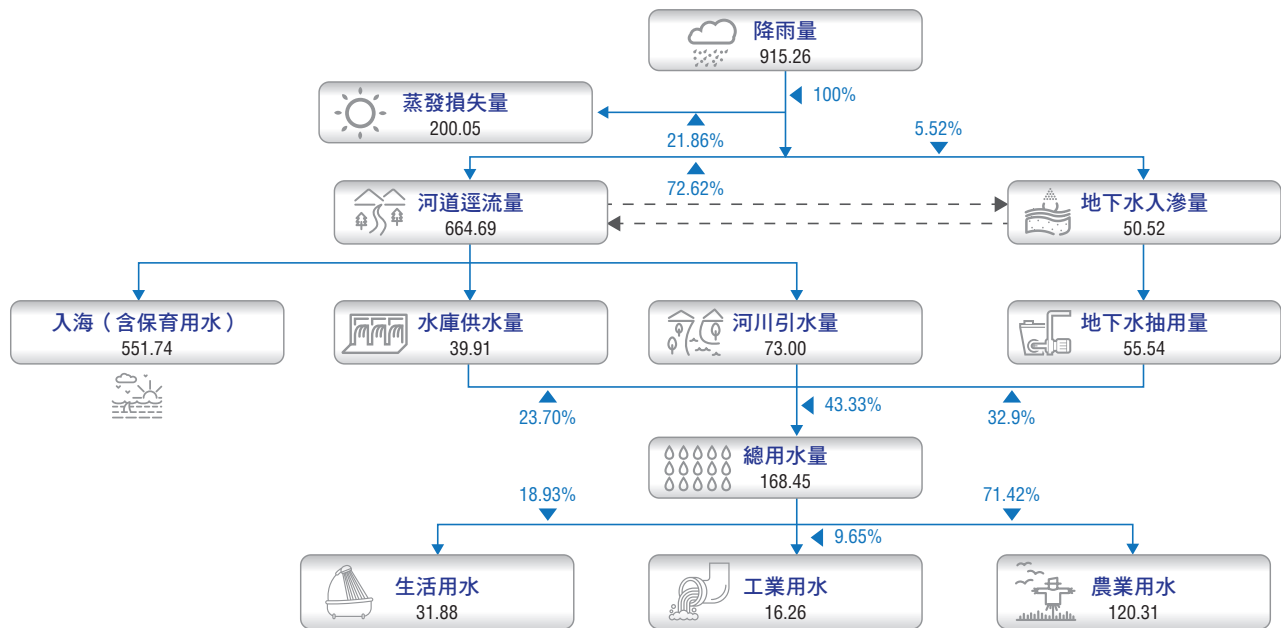


圖 1、台灣地區 2010-2019 年水資源平均利用概況圖

地下水，顧名思義就是地面以下的水，在地表下緩慢移動。雖然看不到，但水量穩定，幾乎不受氣候影響，污染程度低，早年居民多靠打井取用。比起需要付費的自來水，更加方便受歡迎。殊不知毫無節度的濫用，早早埋下國土下沉危機。近年來隨著極端氣候降雨分布不均、枯旱期延長趨勢，快速躍升為全球共同關注議題。2022 世界水資源日 (World Water Day) 更以「地下水，讓隱形可見」(Groundwater: Making Invisible Visible) 為主題，指出全世界幾乎一半的飲用水、約 40% 的灌溉農業用水及約 1/3 的工業用水，全仰賴地下水供應，提醒世人重視地下水資源日益枯竭與污染的問題。

林元鵬總工程司認為，台灣降雨量分布不均，水資源的利用條件，有著「看的到、卻用不到」的遺憾。原因來自台灣高山坡度陡峭，大雨或颱風來時，雨量過度集中，降下的雨水，6 小時就到海裏，約 60% 雨水就這麼快速跑到海裡。台灣年總降雨量平均約有 915 億噸，扣除蒸發損失及入滲的水量，約有 665 億噸流入河道。其中僅約 40 億噸蓄存於水庫，另約 73 億噸為河道引水使用，其餘超過 500 億噸流入大海。「真正被用到的量其實不多，約 20%。」既然留不住

地面水，相對滲入地下的水資源，也就更為珍貴！

尤其去年 (110 年) 震撼各界的百年大旱，國人靠著地下水，多次化解無水可用的危急。領受到抗旱水井的「救命」恩德，地下水的保育話題，不斷躍升檯面。旱災過後，水利署積極盤點各抗旱水井，建置地點的水文地質、水質與鄰近地下水水位變化趨勢，評估後續的水源備援角色外，並建立相關整備抽查作業機制，確保水井出水功能無虞，隨時救援未來可能突發的地緣變動，建置大數據物聯網的地下水智慧監測系統，如虎添翼加深推動成效。

提起記憶猶新的抗旱過程，他說，當時署內各水資源局、台水公司及地方政府，努力溝通協調。完成 239 口緊急抗旱水井工程，累積抽水量達 6,340 萬噸，相當於二座寶二水庫水量。艱辛過程，絕對不亞於戰地工事。而併入自來水系統的抗旱水井，也由 115 口增加至 331 口，每日可抽水量也由 20.5 萬噸增加至 65.39 萬噸，相當於供應 263 萬人的生活用水。其中，施工難度較高的台中地區，因地質多為堅硬礫石層，以鑽堡工法快速鑿井，20 日內完成 129 口、深度 100 公尺小口徑水井，為抗旱注入約 2,275 萬噸救

援用水。慶幸的是，最近透過智慧數位科技的追蹤，發現厚礫石層的地下水水位顯著回升，說明雨水補注的效率令人滿意。

關於人類用井取水，歷史由來已久。「還記得 5、60 年前村莊內的公用井，為了避免井水遭人下毒污染，村民在井裡養了一條觀測水質好壞的鱧魚。」出生苗栗竹南的林元鵬總工程司表示，「當時農村很單純，鄉下地方沒有工業，沒有地層下陷問題。」隨著產業轉型經濟逐步發展，用水大戶不斷增加，看不見的地下水成了最佳免費「提水機」。政府人工監管難以落實，濫用情況嚴重，也為地層下陷埋下苦果。

60、70 年代最大地層下陷率，每年超過 20 公分。即使全台首善之都台北地區，亦無法避免。民國 57 年，台北地區測得最大下陷量為北門口水準點 28 公分，人們開始意識到「沉淪」的可怕。政府陸續透過限制、禁止及減抽地下水業務管制，實施封井及提供地面水源等策略，逐漸解除危機。但，完全終結台北地區地層下陷，卻是在民國 75 年，期間長達 20 年，付出的社會代價，難以估計。

「解決完台北地區地層下陷問題後，嚴峻的考驗正要上場。」林元鵬總工程司說，沒想到 80 年代後，部分地區地層下陷情況遠遠超乎台北盆地。包括彰化、雲林、嘉義、屏東等西南沿海地區，積極發展養殖漁業，不少農民看著同業賺進大把鈔票，紛紛搶進闢建，處處可見一望無際的養殖場，規模之大令人咋舌。乾淨的水，關係著養殖作業能否成功，而地下水最為方便，造成業者競相大量抽取地下水，政策管理

未能及時規範，地層下陷速度之快、面積之大，一時讓人措手不及。

根據水利署資料顯示，民國 86 年，彰化一年下沉高度曾高達 23.6 公分，影響範圍佔約全台總面積的 4%。當地居民看著一樓住家，漸漸下沉，沒幾年直接成了地下室，欲哭無淚。每到雨季或颱風來襲，沿海村落幾乎全泡水。造成的生命、財產損失，遠遠超出養殖業者打拼產出的經濟利益，地下水的防治策略頓時倍受批評。

林元鵬總工程司表示，依照台灣年平均總用水量分析，不含保育用水及非灌區農業用水下，經推估約為 168 億噸。其中，生活用水約 32 億噸（約占 19%），工業用水約 16 億噸（約占 10%），最大宗的農業用水，約 120 億噸（約占 71%），說明農業政策對水資源分配的影響力。行政院從 100 年開始推動「雲彰地區地層下陷具體解決方案暨行動計畫」。第一期執行時間至 109 年，導入精準、高效率的大數據物聯網等科技工具，逐步取代傳統人工管理作業。106 年並著手委託宜蘭、桃園、雲林、高雄等地方政府，建置地下水井智慧監測設備，一旦發現違規抽取地下水，立即取締、處置。驗收 10 年成果，全台顯著下陷面積（指年下陷速率超過 3 公分區域），已從 90 年 1,529.2 平方公里減少到 109 年 105.6 平方公里。

看到成效明顯改善，行政院隨即核定推出第二期行動計畫，時間從 110 年至 115 年。各部會分工執行、多管齊下，如增供地面水的「開源」工程，陸續興建湖山水庫、鳥嘴潭人工湖、農業調蓄設施。至於減抽

表 1、西南沿岸顯著下陷區域監測資料

| 地區 | 年最大下陷速率 (cm) |       |       | 最大顯著下陷面積 (km <sup>2</sup> ) |       |       |
|----|--------------|-------|-------|-----------------------------|-------|-------|
|    | 速率 (發生年)     | 109 年 | 110 年 | 面積 (發生年)                    | 109 年 | 110 年 |
| 彰化 | 23.6(86 年)   | 3.2   | 4.9   | 408(90 年)                   | 0.9   | 53.3  |
| 雲林 | 12.2(92 年)   | 5.5   | 7.8   | 782.7(83 年)                 | 103.8 | 502.7 |
| 嘉義 | 8.7(93 年)    | 2.9   | 5.5   | 346.4(81 年)                 | 0     | 132.8 |
| 屏東 | 7.7(86 年)    | 3.3   | 2.9   | 143.5(84 年)                 | 0.9   | 0     |

資料來源：參考相關監測成果

地下水的「節流」策略，則涵蓋農業、工業及民生等各產業，辦理農業節水灌溉、圳路改善、農田轉旱作、循環水養殖、海水統籌供應海水養殖、產業轉型、工業民生節水輔導等，提升守護地下水資源能量。而稻田改種高粱，就是方案之一。



圖 2、鳥嘴潭人工湖

「最安全做法，莫過於直接補注並保育地下水。」林元鵬總工程司指出，水利署於 110 年完成濁水溪河槽補注區計 36 公頃，雨水入滲補注量高達 853 萬噸。在雨水入滲同時，也對長期困擾濁水溪沿岸居民的揚塵問題，發揮意想不到的防制效果，可謂一舉多得。而為防制濁水溪揚塵的 572 公頃水覆蓋措施，間接提供約 4,330 萬噸入滲補注量。無獨有偶，後續辦理的彰雲地區 15 座滯洪池設施，亦間接提供約 4,491 萬噸入滲補注量，充分彰顯地下水補注的保育效果。

智慧水井除了觀測、分析水情作業，更進一步加值應用於相關分析，精確掌握水文情勢，隨時提供決策單位參考。例如 110 年的百年大旱，降雨少，地下水補注跟著減少，全台顯著地層下陷面積約達 688 平方公里，水利署發現後立刻調整水資源管理方向，火速補救。林元鵬總工程司表示，全台建造的 825 口觀測井，每 10 分鐘自動傳輸一筆資料，逐時監測地下水動態資訊高達 5 萬筆以上，方便後台及時動態掌握資料，觀察水位變化。一旦發現低於正常水位，立即啟動警訊及相關行動。未來也將朝使用者必須裝置智慧感測器推動，經由遠端監控，避免違規抽取。同時水利署亦將加速推動舊井更新作業，全面提升觀測效益。據統計，宜、桃、雲、高等地方政府透過地下水智慧管理，至今已核減每月 1,000 度以上用水戶水

權量達 2%，合計約 131 萬噸。以 109 至 110 年抗旱限水期間為例，換算出經濟效益約達 6.9 億元。

而落實工業大用水戶地下水的管理，亦逐步彰顯績效，據統計宜蘭縣可掌握的總核發水權量約 14.50%、桃園市可掌握 30%、高雄市則可掌握 57%。108 年到 109 年間，管理觸角並延伸到抽水佔比最大的農業灌溉水井，在雲林地區就安裝了 300 組智慧量水設備，可利用手機遙控或預約抽水馬達開關等服務，除提供更便利的田間操作外，更可減少人力往返關閉抽水馬達未及而產生的浪費抽水，今年度並進一步規劃分時輪抽以分散用水，可降低過度集中使用所引發的急遽性地層下陷。讓用水者操作超級有感，紛紛大讚智慧管理真貼心，也為保護地下水資源，盡點環保心力。

林元鵬總工程司指出，抗旱讓大家看到地下水價值，也激發出「找水」新思維。尤其是去年開始房地產急遽飆漲，全台各地新建案如火如荼推出，為顧及結構安全，必須將地下水位降至開挖面以下，各工地抽汲的地下水，不分日夜任意排放流走，十分可惜。去（110）年中地區水情告急，水利署決定好好利用這些水源，協調台水公司、市政府、營建工地廠商、內政部、環保署的相關單位，快速整合區內正在興建的 9 處建築工地，將原本要放流的點井地下水進行現地淨水處理，再併入自來水系統。這項新措施，有如「甘露」般大受讚許，每日供水達 10 萬噸以上，約滿足 40 萬人 1 日用水量。同時，有效降低鯉魚潭及德基水庫供水負荷，延長水庫供水時程，為開發地下水資源寫下新紀錄。

水利署防治地層下陷成功經驗深受肯定，行政院立即指示工程會、內政部營建署及國發會共同研議，未來如何妥善運用建築工地地下水的留存與利用。水利署並將配合規劃工地點井與抗旱水井的聯合運用，與各地方政府合作，確實掌握各地區建築工地位置及施工期程，提前貯備地下水抗旱備援能量，讓地表水與地下水達到完美聯合運作，強化極端氣候所帶來的缺水考驗。