

逆轉地層下陷， 溫志超為永續臺灣打造防災韌性

一〇二四年七月，強颱凱米肆虐臺灣，創下首次在兩天內連續發布二十次致災性降雨及國家級警報的紀錄，造成中南部多處積淹水災情。所幸，當淹水警報響起時，雲嘉南地區的水患自主防災社區志工展現了卓越的應變能力，迅速疏散居民，特別是針對高風險族群的安全轉移，主動提供食物與必要援助；長年輔導社區並推廣非工程防災觀念的雲林科技大學環境與安全衛生工程系特聘教授溫志超，正是培育這群志工的重要推手之一。

一份使命感，讓雲彰地區地層下陷速度減緩六成

「水利工程的真正價值在於解決實際需求，它必須應用於民生、農業或工業。因此，我一直認為水利工程是一門應用科學。」溫志超簡潔有力的一句話，揭示了他獲得第七屆國家產學大師獎的關鍵動力和使命。

在過去十年裡，溫志超執行了五十四件產學合作計畫，總金額達一億七千三百餘萬元，其中多數與水利署合作，致力

於解決雲嘉地區的緊迫問題，特別是地層下陷的挑戰。他自豪地說：「自一九九七年任教於雲科大，我便開始投入地層下陷防治工作，親自帶領學生深入雲彰地區進行田野調查，並推動高鐵沿線地層下陷防治與地下水補注兩項計畫。儘管初期面臨不少質疑聲音，但最終的成效證明了研究方向是正確的。」

臺灣高鐵於二〇〇七年正式營運，但早在二〇〇六年，溫志超便注意到高鐵站體附近地層下陷的嚴重性。經與水利單位討論後，他提出短期改善方案：封停高鐵沿線三公里範圍內的公有深井；因為這些井深介於七十五至一百公尺，正是土壤水壓力降低最大的區域。儘管遭受質疑，但自二〇〇七年至二〇〇八年共封停九十八口井後，地層下陷速度從每年一二·五公分驟降至七公分，成效顯著，也逐漸消除了當初的質疑聲。

「雖然地層下陷已經得到緩解，但全面封井並不實際，特別是農業灌溉對地下水的需求殷切；因此，我們再提出中程

溫志超

工程領域

第七屆國家產學大師獎

雲林科技大學環境與安全衛生工程系所特聘教授



計畫：加強地下水補注以平衡抽取量。」溫志超回憶，初期他們嘗試在河道內建設阻水壩減緩水流，以提高地下水滲透效率，但由於洪水易毀壩體且成本高昂而被迫中止。溫志超依然堅信「地下水補注」是正確方針，於是轉提出以「水覆蓋」方式進行「種水於土」的創新概念。

溫志超團隊改以河川清淤期間，挖深局部區域來讓河水滯留於特定地點，借此增加滲透機會。他表示：「結果十分驚人！第一年的補注量相當於湖山水庫容量的二八%，甚至在二〇二一年遭遇百年大旱之際，成功保障了農民的灌溉需求，還因引水覆蓋河床泥沙，減少東北季風帶來的揚塵困擾。」

回顧初衷，溫志超感慨地說：「十多年前田野調查時，切身感受到民眾的困境，這讓我真心期盼能為他們找到解決之道。」如今，雲彰地區的地層下陷速度已由每年一二·五公分降到四至五公分，他的堅持與努力，也贏得當地居民的感謝與信賴。

因需求而創新：多階同心圓式井管裝置

如何萌生源源不絕的創新想法？溫志超笑言：「創新往往來自於實際需求與解決問題的迫切性。」以地下水監測為例，國外先進設備動輒數十萬元，對研究團隊而言是沉重負擔；因此，他們決定自主研發，既大幅降低成本，又能精準契合本土研究需求。

溫志超提及的「自主研发」，正是獲得第二十屆國家新創獎肯定的專利技術：多階同心圓式井管裝置。殊不知，這項創新的地下水監測技術，其實是為了解決先前地下水補注無法垂直監測的問題。

「當時，有人質疑我們的補注效果，要求我們說明『究竟有多少水能滲透』、『滲透的水如何在地層中移動』等難題，但傳統觀測井只能測量平均水深，無法準確呈現垂直方向的水流變化。國外雖有先進監測技術，但價格高昂，因此我們從電腦斷層掃描汲取靈感，希望透過創新裝置『掃描』出地表下隱藏的土壤與水層結構，」溫志超說。

他解釋，如同醫生透過電腦斷層X光掃描人體，呈現器官3D構造，團隊也採用類似的概念，開發出能為地層提供3D圖像的技術。雖然土壤範圍過大，無法將其完全放入掃描儀中，但他們透過兩個步驟成功實現了這一目標。

第一步，團隊設計的「多階同心圓式井管裝置」是一體成型的大管，內部隔成多個獨立通道，每個通道可在不同深度開設井篩，故能同步監測及獲取多個深度的地下水數據和樣本，既解決傳統「單孔單管」無法一次提供不同深度的量測數據，亦可避免「單孔多管」管子相互纏繞變形的困擾，同時還能顯著降低建置成本、減少對地層的破壞，並因生產過程的碳排放量遠低於傳統觀測井，堪稱是一款真正的綠色產品。

第二步，計畫在一定範圍內的五口地下水井中安裝該裝置，利用數學中的三點定平面原理，描繪地下含水層的分布與結構，宛若為地層進行電腦斷層掃描，生成精細的3D圖像。

溫志超透露：「我正在研發第二代裝置，合作廠商也已進入設計模具階段，冀望藉此提升臺灣鑿井業者的競爭力；此外，我還突破國內無法測量未飽和層水流的技術瓶頸，開發出可量測地表下三十公尺土壤含水量的裝置。未來，我將為此項裝置申請專利，讓臺灣優秀的技術能夠被全世界看見。」

面對極端暴雨淹水頻傳，臺灣該如何應對？

回首當年，溫志超才大三時，當他站在灌溉渠道旁，親眼目睹流水形態隨著流量和速度而變化萬千，課本裡的理論瞬間鮮活地躍於眼前，這一刻也點燃了他對水利工程濃厚興趣。此後，在美國攻讀博士期間，他首次聽聞聖嬰與反聖嬰現象，「永續」從此深植於心。返臺後，無論是推動水土資源保育還是防災工程，他始終以永續為前提。

近年來，溫志超團隊積極開發創新的水污染處理技術，特別是利用果皮、種子等農業廢棄物作為生質吸附劑，結合磁性材料與高級氧化技術，以應對水質污染挑戰。他認為：「吸附材料是未來水處理的重要趨勢。我們的目標是實現吸附材



料的重複使用，同時將吸附的污染物回收再利用，並將其融入產業鏈，不僅能減少廢棄物產生，還能有效推動循環經濟。」

此外，面對極端暴雨帶來的全球性淹水問題，溫志超針對臺灣的情況提出了五點建議：（一）強化水土保持措施；（二）提升智慧水資源管理，特別是推廣雨水收集和再利用系統；（三）升級防災基礎設施；（四）推動社區參與教育，並建立防災應變的黃金原則：「自救：互救：公救 七：二：一」；（五）完善政策與法規的支持體系。

他強調，只有實踐以上五點，臺灣才能有效因應氣候變遷的挑戰，提升整體防災韌性；尤其要提高民眾防災意識和自主應變能力，方為減少災害損失的根本之道。

育才之道：理論與實務並重

溫志超由衷地表示：「我始終認為，知識的價值不僅在於創新，更在於傳承。這些年來，我特別著力於培養年輕學者，將多年累積的經驗與技術傳承給他們。我深信，唯有透過傳承，方能確保防災科技的研究持續向前發展。」

他強調，水土資源保育及防災科技是理論與實務並重的專業領域，「除了扎實的基礎知識，還應注重實務經驗的累積，並持續學習新技術。最重要的是，要保持刻苦耐勞的精神，才能走得長遠。」