



| 整個九曲站本身就儼然是一個歷史建築

農田水利 《把水留住 灌溉大地》 願景專題報導

高雄管理處

智慧灌溉文資保存並進
沈浸科技再現歷史現場

吳再欽

高雄管理處在2022年推動曹公圳有形文化資產數位雙生保存計畫，2025年組工作團隊，整合過去幾年陸續推動的自動化智慧水門、數位雙生、沉浸科技等探索方向，建構一套結合在地配水經驗的智慧灌溉數位雙生模型，期待不久的將來能得到理想工作模型，供灌溉系統規劃設計時，能在虛擬的數位雙生模型中充分測試各種極端情境下的水情挑戰，再轉為更優良的設計與實體建設。

呂文豪處長的領導風格兼具遠見與實地力。他強調科技只是手段，核心仍是『人』。為培養新生代水利專才，他推動跨部門創新小組，鼓勵年輕同仁提出新構想，讓經驗與數位工具融合，形塑高雄管理處的創新文化。

灌溉管理朝AI世代邁進

處長呂文豪表示，過去仰賴人工操作模式有其經驗傳承，隨著掌水工、小組長、班長年紀漸長，是否能夠有更便利的管理方法，讓人員安全更保障，水門操作更及時。回顧過去幾年應用數位雙生的具體成果，進一步思考如何讓農田水利灌溉管理實務朝著新AI世代邁進。

曹公圳對高雄農田水利貢獻是堅定的存在，將流芳百世，永垂不朽，呂文豪處長表示，曹公圳有形文化資產是高雄農田水利事業非常重要的起點，若無曹謹在鳳山知縣任內推動開圳，怎能有今日恢弘的農業規模。



左 呂文豪處長敬仰曹公，是其忠實信徒
右 在亢旱期間，獅子頭圳輪灌模式確實能夠發揮效果





左上 呂文豪處長說明曹謹墨寶被發現的經過

右1 沉浸式展演是一種打破傳統觀演界線的展覽或表演形式

右2 1837年自閩來台任鳳山知縣的曹瑾發動民工修圳，於1839年完工

右3 高雄管理處在2022年開始，推動曹公圳有形文化資產數位雙生保存計畫

右4 觀眾不再只是被動地觀看，而是主動參與其中，進入一個多感官的體驗空間



曹公圳奠定農業發展基礎

1837（清道光17年）年自閩來台任鳳山知縣的曹瑾，到任即發動民工修圳，掘圳44條於1839年完工，引高屏溪水灌溉面積達2100公頃，1841年眾議籌築新圳，曹瑾即授意由歲貢生鄭蘭率眾開鑿大圳，計築圳46條，歷時兩年完成，灌溉面積約2000甲，新舊兩圳合稱曹公圳。呂文豪處長說，曹公圳奠定鳳山地區發展基礎，進水口歷經幾代更新改善，迄今仍為高雄地區重要的灌溉水源。



山濤鑑物真如水 松雪能書亦類仙

呂文豪處長是曹公虔誠信徒，每年曹公廟舉辦祭典，一幅掛在處長室的曹瑾墨寶「山濤鑑物真如水 松雪能書亦類仙」，如果不是「仙人」指點，可能早就被當廢紙清除，呂文豪處長無意間在高雄水利會的倉庫找到，現在成為鎮處之寶，也是呂處長的精神導師。他說，台灣有很多歷史悠久的古





上 高雄管理處建立智慧灌溉數位雙生模型的團隊
下 位於鳳山的曹公廟

圳，但開辦人能留下書法真跡者可能只有曹公。除了文資保存也要配合影視業者拍攝曹謹傳記，可見呂處長緬懷弘揚曹公功蹟的用心。

沈浸科技再現曹公圳歷史現場

在此思維下，高雄管理處在2022年開始，推動曹公圳有形文化資產數位雙生保存計畫，並建立沈浸科技於曹公圳永續發展與保存的策略，在此基礎上進一步建置曹公圳有形文化資產的數位內容，並運用沈浸科技工具再現歷史現場。

何謂沉浸式展演？是一種打破傳統觀演界線的展覽或表演形式，讓觀眾不再只是被動地觀看，而是主動參與其中，進入一個多感官的體驗空間。其強調「沉浸感」——讓觀眾感覺自己真的置身在展演的世界之中，





進而與場景、角色或故事互動。例如高雄管理處將曹公圳與高雄農業與工業、曹公圳水利工程演進史、曹公鬥惡龍民間故事、農田水利組織介紹、曹公圳五孔涵遺址點雲動畫等，一併建置於沉浸展示系統中，利用互動方式，讓參觀者以沈浸方式了解曹公圳當初整體規劃樣貌以及既有場域的連結。

沉浸式打破傳統觀演界線

沉浸式展演案例和傳統展演相比，有六大優勢，包括提高傳播程度、能促進學習記憶、能夠吸引新的參觀者、增加互動意願、更好的互動感。若希望達到目標，要滿足以下六個要素，包括故事性、社交互動、情感投入、沉浸感、真實還原度、以及教育性。

呂處長表示，環顧國際有形文化資產案例在沉浸式展演案例眾多，在故事性、社交互動、情感投入、沉浸感、真實還原度、以及教育性，都有很好的表現。反觀台灣現有的有形文化資產展演案例，沉浸感最為缺乏，因此高雄管理處計畫團隊特別加強沉浸感，在學理上講起來很簡單明瞭，但真的要落實，怎麼達成原本設定的目標，考驗著團隊中所有成員。

曹公舊圳制水門點雲掃描數位建檔

第一步是將曹公舊圳制水門點雲掃描數位建檔。曹公舊圳頭歷經兩百多年的風吹日曬雨淋，又經歷來各管理團體的改建，所以進行了曹公舊圳制水門3D模型的建置工

左上 高雄管理處努讓農田水利灌溉管理實務朝著新AI世代邁進

左下 高雄灌區水果產量豐富



左上 復興渠幹線全線水閘門自動化系統
左中 獅子頭圳水源豐沛，是美濃地區主要灌溉水源
下 結合在地配水經驗的智慧灌溉數位雙生模型

作。該案參考舊照片與「高雄市歷史建築曹公圳舊圳頭修復及再利用計畫成果報告書」之手稿內容，並依照現場遺跡丈量進行估算製作3D模型。

建置了曹公舊圳制水門3D模型之後，如何透過沉浸科技展演給大眾，便是第二階段的重點，在考量諸多因素後，決定採用Unreal Engine作為開發工具，將制水門3D模型還原重生於虛擬的環境中，獲得較佳的沉浸感。第三階段為了能獲得較佳的體驗感受，採8K弧形沉浸投影系統，搭配動態捕捉視線追蹤系統作為互動機制，使用者站立位置距離螢幕3公尺左右，透過視線追蹤方式進行互動式XR體驗。

擴大辦理沈浸科技展示數位雙生內容

先導計畫成果顯示了沈浸展示的整體空間可作為曹公圳永續發展及保存的教育推廣場域，當體驗者踏入系統感應範圍時，地面會呈現1/5000之地圖，並有水流動畫演示水



圳流域，並提示體驗者地面投影所有互動點位置，跟著地面圓圈標示移動進行互動內容觸發，拉近民眾與農田水利的距離。

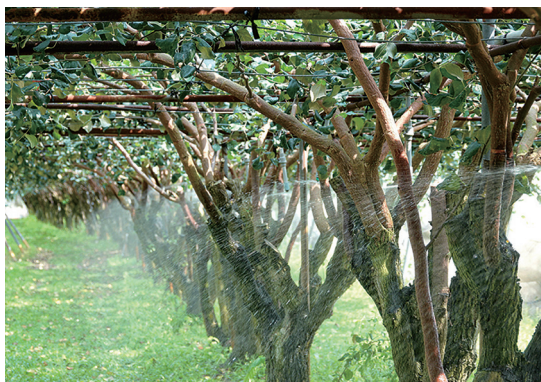
延續先導計畫對實體文化資產保存、展示的成功經驗，高雄管理處開啟下一階段的挑戰，陸續建置了曹公圳、獅子頭圳、復興渠三個農田水利系統中骨幹的灌溉系統，以應用數位雙生技術進行模擬與教育推廣，並建置數位雙生教育示範內容及推廣體驗系統。應用了地理圖資整理、空拍建模、水流模擬等技術，建置數位雙生示範場域。

獅子頭圳輪灌模式發揮效果

高雄管理處在歷經超越過往紀錄的2021年及2022年大旱之後，驗證目前推行之獅子頭圳輪灌模式確實能夠發揮效果，使極端有限的水資源能夠產生最大的灌溉效益。在此模式中，竹子門發電廠的尾水達到7.5 cms以上，屬於正常水情，三條幹線皆能正常供灌(無需輪灌)，第一幹線及第二幹線兩線同取36%水量，第三幹線取28%水量，前述比例已綜合考慮各幹線灌區之上下游地理位置、灌溉面積等因素。

竹子門發電廠的尾水已下降至6.0 cms以下，水情逐漸吃緊，則進入第一階段輪灌，獅子頭圳採取各幹線供6停3之輪灌機制，即各工作站(吉洋、中壇、竹子門)中供兩站、停一站，各站皆可以灌溉6日、停灌3日。

當獅子頭圳進水量持續下滑至4.5 cms以下，則進入第二階段輪灌，進一步調整為第一幹線(吉洋站)、第二幹線(中壇站)供4停4，互輪之此兩站在供灌4日期間能取得2.7 cms(上限，隨水量下降仍會調整)，相對，第三幹線(竹子門站)因部分灌區位於導水



| 管路灌溉也導入人工智能以提高效率

幹線流經區域，故雖不輪灌，但只配給1.8 cms(上限，隨水量下降仍會調整)，第三幹線灌區內則需進行各水利小組輪灌。

當獅子頭圳進水量持續下滑至3.0 cms以下，則進入第三階段輪灌，規則再轉變為僅能供一站之需，第二幹線與第三幹線皆供水2.5日、停灌4.5日，第一幹線因吉洋站灌區地下水較豐沛，故供水2日、停灌5日，再輔以地下水井補充。

復興渠灌區導入智慧水門系統

呂處長說，在全面導入人工智能之前，高雄管理處開啟了新的嘗試，在復興渠灌區導入了智慧水門系統，沿線裝了很多監測設備，可以即時知道現場水情，還有紅外線攝影機監控現場，遇到水位過高會自動通知管理人員，還能遠端操作閘門，及早排除危險。颱風來時，也能靠這些設備回傳資料，幫助做風險評估，減少人員現場操作的危險。萬一有漂流物卡住閘門、有人亂動設備，都能即時發現，還能回看7天內的影像查證。 ■