

ISSN : 2791-3805
GPN : 2011100010

下水道
● 水再生
期刊

下水道水再生 期刊

第三卷第三期 113年11月

下水道系統智慧管理：下水道智慧防災技術

08

下水道系統智慧管理×下水道智慧防災技術

內政部國土管理署



本期刊下載



中華民國
內政部國土管理署 National Land Management Agency,
Ministry of the Interior

電話總機 (02)8771-2345
105404 台北市松山區八德路2段342號

中華民國
內政部國土管理署
National Land Management Agency,
Ministry of the Interior

主編的話

隨著工業發展及都市化的趨勢，全球暖化日趨嚴重，導致氣候變遷，極端氣候產生頻率增高，短延時或是颱風降雨強度屢屢超過以往，使得雨污水下水道系統之負荷突然增加，造成積淹水而嚴重影響民眾生活，因此如何進行防災及減災已是目前各級政府所重視的問題。近年來隨這科技發展，運用智慧科技應用於防災效能提升已成顯學，本期特別邀請五篇文章針對 AIoT 技術應用於防災技術介紹外，亦針對桃園市政府及新北市政府實際案例應用進行分享。

在下水道智慧防災應用的篇章中，由昕傳科技股份有限公司吳文峰副總經理及李成偉總經理團隊所主筆「AIoT 技術於下水道智慧防災應用」專文，說明近年 AIoT 技術在智慧城市和工業物聯網 (IIoT) 技術發展，提升工商業生產與服務效率和生活品質，內政部國土管理署推動下水道水位監測系統即是在下水道防災應用導入 AIoT 技術的具體案例。由準線智慧科技股份有限公司林家宏專案經理、逢甲大學蔡明璋助理教授及桃園市政府水務局李金靖副局長共同撰寫之「應用多元水情於下水道防災調控」，主要是介紹桃園市政府水務局透過多元水情監測技術，包括雨量站、下水道水位監測站、河川區排水位監測站、及攝影機等感測設備，進行全方位水情監測，提供準確數據並結合分析和預測，以強化防災應變能力。由國立陽明交通大學防災與水環境研究中心楊昇學副研究員、內政部國土管理署下水道工程分署陳高孝副分署長、內政部國土管理署下水道工程分署顏慧敏正工程司、內政部國土管理署下水道工程分署林宜賢隊長、內政部國土管理署下水道工程分署謝依蓉工程員及新北市水利局宋德仁局長共同撰寫之「都市雨水容受力與智慧防災調適」專文，本要為想瞭解都市地區存在都市雨水下水道現況排水瓶頸渠段的問題與定義都市雨水下水道的排水容受能力、與經由透過水文與一維水理模式，如 SWMM 或 SOBEK 之模式建置與檢定，雨型設計與降雨強度進行都市雨水下水道雨水容受力分析，找出都市排水瓶頸渠段，提供給都市智慧防災與調適應變之可行策略，藉以改善與降低都市地區淹水發生頻率等探討，並以新北市進行案例說明。國立臺灣大學水

主編的話

工試驗所黃國文技正暨特約研究員、國立臺灣大學水工試驗所穠順忠專案計畫助理研究員及崇右影藝科技大學俞維昇退休校長暨水利工程技師合著之專文，「水位流量整合監測應用於雨水抽水站智慧防災之芻議」，目前雨水抽水站監測系統大部分僅能提供水位監測資訊，缺乏對流量的監測。為了提升都市排水系統的智慧防災能力，本研究提出利用聲波都普勒流速剖面儀 (ADCP) 進行前池流量監測的構想。ADCP 在河川渠道流量監測上已有豐富的應用經驗，且其技術可靠性和數據準確性得到了驗證。本研究提出了一套創新的雨水抽水站監測系統構想，為智慧防災提供了更精確的解決方案，有望在未來大幅提升都市防洪排水的反應速度與效率。中興大學陳浸愷助理教授與中原大學蔡大偉助理教授合著之「智慧管理技術應用於下水道系統異常判定與水資源管理之技術研析」專文，則收集彙整美國與日本最新研究成果，包括美國德州大學彙整現有下水道基礎設施所面臨之重要挑戰議題，並針對每個議題提出預防性與修正性策略之建議；而日本中國團隊合作整理近代水資源管理方式重要演變，並強調智慧水管理之重要性，該技術可優化水資源系統即時因應能力，顯著提升其安全程度。日本科研計畫則研發應用 AI 技術來快速分析下水道之異常現象，以作為因應措施之依據，研究以橫濱市系統驗證技術，結果顯示在 AI 判釋正確檢測率可達 90%，成功的快速偵測到系統之異常現象，以上重要成果對未來提升下水道防災韌性具有參考價值。

本期除了 AIot 技術應用於防災技術專題外，亦藉由環興科技股份有限公司與國土管理署張鈞凱幫工程司、鄭惠君科長合著之「污水處理廠邁向碳中和 – 以旗美廠為例」專文，瞭解國土署在推動碳中和最新的做法與成果，本文以高雄旗美污水處理廠為例，執行建立基線排放量、實施改善工程、溫室氣體盤查以檢核減量成果及申請自願減量專案等重要減碳相關工作，其成果可做為國內未來污水處理廠及水資源回收中心推動碳中和工作之重要參考。

在縣市經驗分享方面，本期也邀請嘉義市政府及連江縣政府針對污水下水道建設成

主編的話

果與用戶接管經驗發表專文，包括嘉義市政府分享如何翻轉城市後巷，針對嘉義市污水下水道工程推廣及宣導經驗做說明；另外連江縣政府分享下水道建設過程及推動徵收下水道使用費之經驗，以上執行經驗可提供其他縣市推動下水道建設之參考。

本期八篇文章區分三個主題，除了可以提供目前採用智慧防災應用技術之參考外，相關研究或案例也可作為未來朝向人工智慧 AI 發展的參考基礎，此外高雄旗美廠碳中和工作的推動經驗分享，以及透過嘉義市與連江縣推動下水道及用戶接管之經驗進行分享，可提供污水下水道建設推動中之各縣市政府作為精進之參考。

美商傑明工程顧問(股)台灣分公司總經理 黃靖修



主編的話

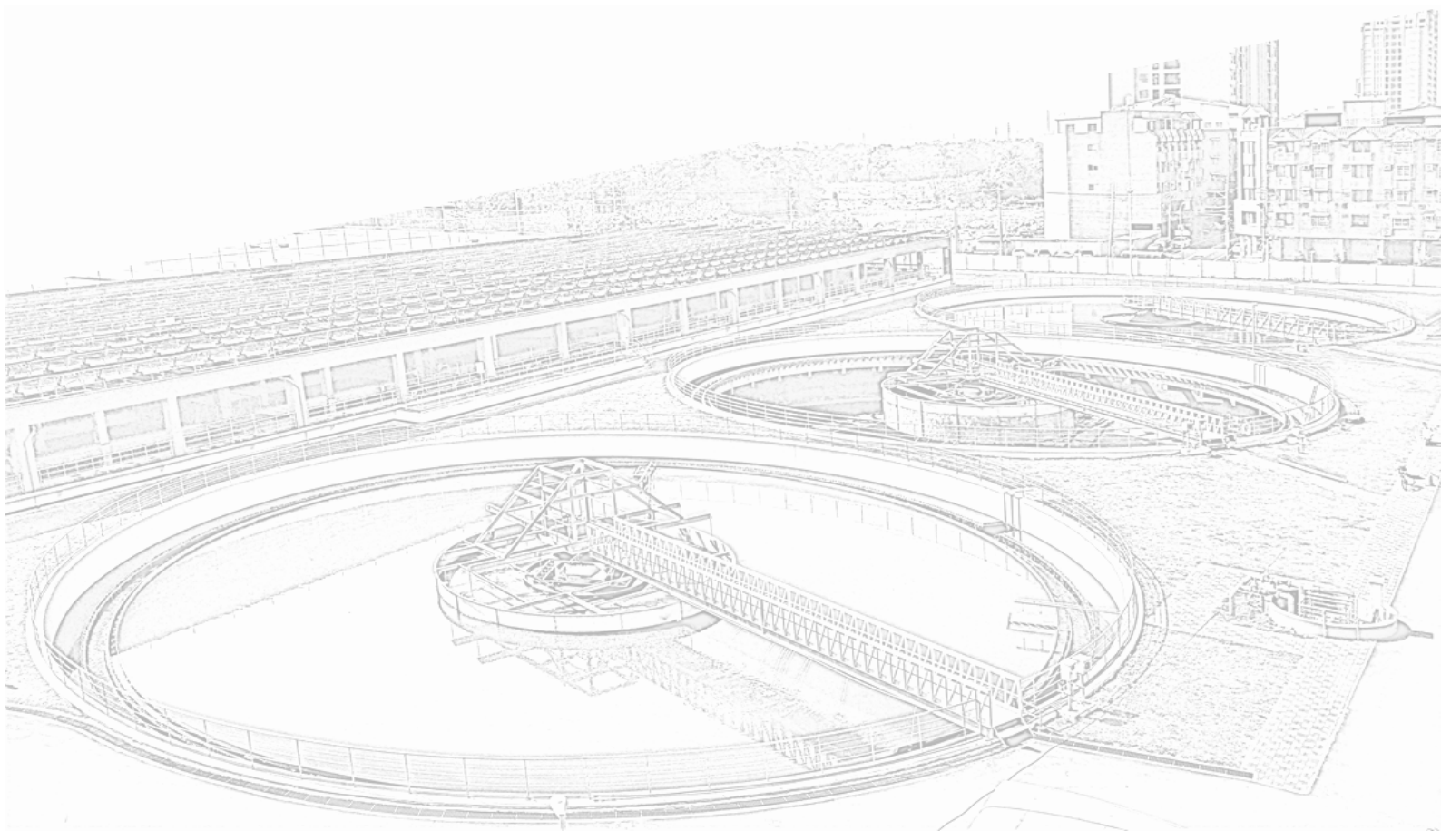
目錄

技術推廣

AIoT 技術於下水道智慧防災應用	吳文峰 . 1
應用多元水情於下水道防災調控	林家宏 . 11
都市雨水容受力與智慧防災調適	楊昇學 . 23
水位流量整合監測應用於雨水抽水站智慧防災之芻議 ..	黃國文 . 41
智慧管理技術應用於下水道系統異常判定與水資源管理之技術研 析	陳漫愐 . 53

實務經驗分享

翻轉城市後巷-嘉義市污水下水道工程推廣及宣導經驗分享	嘉義市政府工務處 . 71
連江縣污水下水道建置歷程及經驗	曹重華 . 85
污水處理廠邁向碳中和－以旗美廠為例	張育齊 . 95





摘要

近年 AloT 技術在智慧城市和工業物聯網 (IIoT) 中取得顯著進展，可以說在潛移默化中提升工商業生產與服務效率和生活品質，感測傳輸能力和邊緣運算技術提升，使得 IoT 設備具備更高的解析度和數據處理效能，人工智慧的運算能力與邊緣計算資源利用，搭配高效能雲端架構，提升了雲端服務的靈活性和效能。特別是在工業製造領域，針對設備預測性維護、品質控制和生產流程優化方面，創造出相關產業應用的榮景。在公共服務領域，近年來，內政部國土署推動下水道水位監測系統正是成功在下水道防災應用導入 AloT 技術的具體案例。這個系統提供即時水位預警和排水瓶頸分析與都市防汛操作的重要依據，並將人工智慧水位推估與影像辨識落地應用，大幅度提高了智慧城市對於水情防災韌性能力。

關鍵字：人工智慧物聯網、下水道監測、承洪韌性、都市綜合治水

1. 昕傳科技股份有限公司 / 副總經理

2. 昕傳科技股份有限公司 / 總經理

AloT 技術於下水道智慧防災應用

吳文峰¹、李成偉²

Abstract

In recent years, AIoT technology has advanced notably in smart cities and the Industrial Internet of Things (IIoT), improving urban efficiency and resident lifestyles. It excels in predictive maintenance, quality control, and optimizing production processes. Enhanced sensing, transmission capabilities, and edge computing have bolstered IoT devices with superior data processing and resolution. Artificial intelligence's computational prowess, combined with edge and cloud computing, has notably boosted the flexibility and efficiency of cloud services.

The National Land Management Agency, MOI recently launched a sewer water level monitoring system, integrating AIoT into disaster prevention. This system issues real-time water level alerts, analyzes drainage bottlenecks, and supports flood prevention with AI-powered water level estimation and image recognition. These advancements significantly bolster smart cities' resilience against water-related disasters.

Keywords : AIoT technology, storm water sewer, AI, Flood resilience

壹、前言

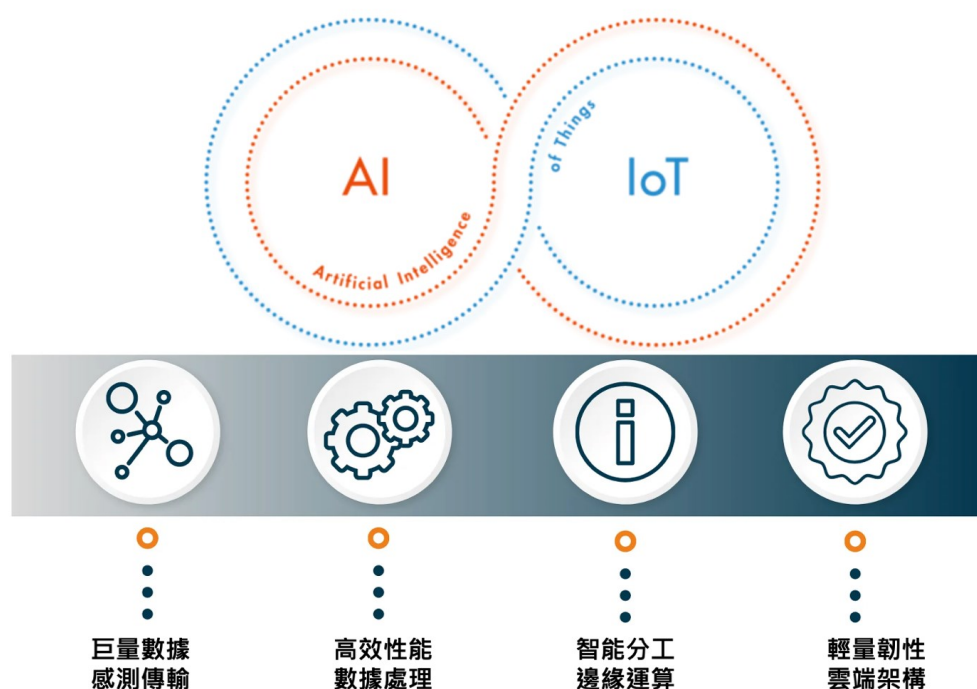
都市計畫地區雨水下水道系統正是攸關都會生活安全、環境與品質的重要排水系統。面對短延時強降雨現象日趨頻繁，往往因排水不及造成市區積淹水事件，除了影響都會地區民眾的生活作息外，也可能因為劇烈強降雨導致生命財產出現安全的風險。

隨著物聯網科技的發展，下水道系統的應用成為都市治水策略與打造水韌性城市的絕佳的應用領域。藉由科技的發展優勢在成本與效益上逐步取得重要的成果，具體展現出 AloT 技術在研發、生產、整

合與應用上的能量，這是國內從主管機關、地方政府、市民以及產業界樂於見到的正向趨勢，也是下水道管理邁向數位轉型的最佳典範。

貳、AloT 技術融合優勢

人工智慧物聯網(AIoT)技術快速發展並在許多領域取得顯著進展。在智慧城市應用方面，AloT 技術被廣泛應用於環境監測、交通管理、水情監測和醫療管理等層面，提高城市運行效率和居民生活品質。特別是在工業物聯網(IIoT)領域，AloT 有助於設備預測性維護、品質控制和生產流程優化，提升生產效率和減少運營成本。在生活息息相關部分還有醫療健



資料來源：本文整理

圖 1 AloT 融合技術優勢

康領域，AIoT 讓遠程監控、疾病預測和精準治療得以實現，改善患者護理成效。

近幾年，不論事水情防汛監測，乃至於下水道防災應用領域，AIoT 融合了IoT 在巨量數據監測、高性能低功耗特色，以及 AI 提供的智慧運算、雲端高效等優勢，展現出都市下水道即時監測、傳輸、分析預報等技術能量，逐步提升城市水情防災能力，更進一步推升了現代都市治理智慧與韌性的深度。

AIoT 技術應用涵蓋面逐漸擴展與深化，從技術核心本質來說，主要得力於幾項持續優化的優勢：

一、更有感的傳感能力

IoT 設備在建立物聯網大數據感測上最大的優勢在於具備低功耗、微型化與模組化的特色，從感測模組到 ARM 和 RISC-V 等架構的低功耗高效能處理器，以及低功耗通訊技術(LPWAN)、能源管理技術等，這使得 IoT 設備無論是在數量、空間維度與精緻度等層面，都有過去監測領域所無法達到的驚人成長與變化。

近年來，邊緣運算(Edge Computing)技術領域，在高效處理器、AI 處理器、NVMe SSD 快閃技術、嵌入式系統(RTOS)與高速低延遲網絡等技術發展，都呈現出跳躍式的提升表現，使得 IoT 設備感測解析度、數據處理效能、運作穩定性等皆擁有更高的感測與資料傳輸能力。

二、落地實用人工智慧

2020 年以前，AI 主要應用在影像處理模型應用，主要是透過伺服器端的深度學習(deep learning)訓練達成分析、預測的智慧化功能，並且啟動運算力的追求熱潮。隨著 IoT 感測器數量的不斷增加，對感測器融合的需求也在不斷增長。這些整合式感測器所取得的數據，除了需要更強大運算功能的微控制器(MCU)架構，更需要強化融合現場端對於感測器數據處理，並對異常運作狀況進行快速分類，從而依據訓練模型產生更準確的推斷決策。

分佈式人工智慧(Distributed AI)可降低對中央端伺服器（雲端）和傳輸效率的依賴，不僅提升資料隱私保護能力，還充分利用邊緣計算資源進行模型訓練和推理。例如，聯邦學習(Federated Learning)、邊緣推理(Edge Inference)、分佈式神經網絡訓練(Distributed Neural Network Training)壓縮與量等技術都屬於這一範疇。這些技術具體應用在感測數據多樣且分散並對即時自動化決策要求極高的情境。例如，無人搬運車(AGV)和無線 AR/VR 裝置，都需要利用局部和全域數據及模型，通過機器學習和其他 AI 技術建立，有效落實自我管理、自我優化和自我演化的分佈式特徵。

此外，近兩年成為 AI 應用亮點的生成式人工智慧(GenAI)，以大型語言模型(LLM)展現出對於文字、圖像與影音的強

大生成與互動對話能力，對於需要累積經驗知識，標準作業程序以及風險管理效率的場域，都出現了導入生成式 AI，加強推動災防數位轉型、精進風險評估與調適策略，提升城鄉韌性的倡議。

三、高效靈活雲端架構

談起 AloT，當然少不了雲端運算服務(Cloud Service)的角色，最新的高效能雲端架構包含如容器化(container)技術建構輕量級虛擬化，達成資源管理與部署應用，讓雲端微服務變得更加靈活和高效，並且提升了資源利用率和運行穩定性。還有不斷提升處理效能的分佈式數據處理框架、非關連式資料庫等軟體實力，配合上扮演設備與中心溝通橋樑的輕量級物聯網通訊協議、高速低遲延的 5G、Wi-Fi 6 網路，使得諸如分佈式雲(Distributed Cloud)和無伺服器計算

(Serverless Computing)等支援大規模即時數據處理和人工智慧模型訓練的雲端服務能量。

高效能雲端架構強大計算能力突破了 AloT 應用的瓶頸，例如，多個 AloT 設備可以透過雲端架構協同工作，形成強大的雲端物聯網智能網，強化系統韌性；而雲端即時數據分析、人工智慧模型預測能力可使德 AloT 應用可以動態適應環境變化並與雲端協同工作，建構無縫的使用體驗，並且透過高效的網路傳輸技術、雲端平台提豐富的 API 和工具，更有助於達成深度與廣度兼具的智慧應用。

參、下水道防災應用

誠如前述，AloT 在智慧應用的場域日漸蓬勃發展，本文謹就執行經驗所知，針對國內在下水道防災應用情境，略述如



資料來源：本文整理

圖 2 下水道水位監測應用構想

下：

一、即時水位動態預警

以往雨水下水道水位監測應用，因壓力式水位計常發生淤積、雷達波水位計單價高、散射干擾以及無線網路傳輸等限制，僅少數都市採用即時監測方式監測下水道水位。然而，經內政部國土署善用 AIoT 技術成果，推動「都市總合治水建設計畫」辦理下水道即時水位監測，陸續建立都市水情監測脈絡，並搭配雲端資訊共享，介接相關單位資料，提升都市溢淹示警精度，整體下水道水位預警能力遂有極大的進展。

自 111 年度起，各縣市開始導入 AIoT 雨下水道水位監測系統，透過 IoT 技術優勢深入個都市計畫區下水道場域，

掌握雨水下水道即時水位變化，預計上線設備數量將達 2,000 座以上。當下水道水位達到半滿管或滿管時，設備除自動回傳水位高度，並可調整傳輸頻率，搭配降雨資訊、路面淹水感測器、河川水位計等大數據監測網絡，運用雲端系統建構起立體多維水情資料動態。

在大尺度空間維度上，擁有更加多元與廣布的監測數據，並且在小尺度空間上更加精準地掌握高溢淹風險地區下水道人孔、路面積淹的座標點位以及精度可達毫米等級的水位變化，相對於過去依賴降雨觀測值與模式模擬所提供的預警資訊，AIoT 即時水位資料提供分鐘級的數據間隔，掌握人孔水位變化、同時設備安裝簡單、方便維護，大幅提高水情中心研判與分析進行適切與必要的人力與機具調派等

複合式水位站設計優勢

- 複合式感測，電力、傳輸、紀錄全功能。
- 兼具常時水位、洪程水位、全程無盲區。
- 水位數據自動融合，單一水位歷線變化。
- 低束波角優勢，避免井壁、纜線穿越干擾。
- 支架彈性設計，因應不同尺寸人孔。



資料來源：本文整理

圖 3 IoT 複合式下水道水位計

決策輔助參考價值。

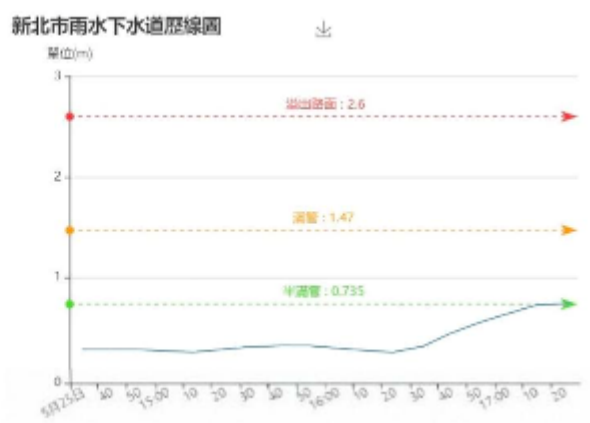
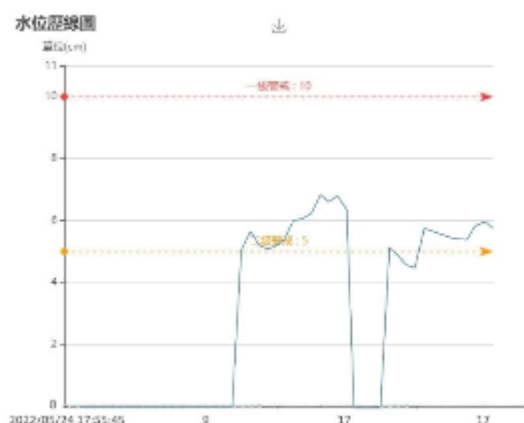
二、瓶頸研判與防汛操作

透過 AloT 感測器所建立多元立體化監測能量，有助於進一步掌握下水道上、下游水位與主流關係，尤其是排水系統涉及排水路工程、通水狀況、地表逕流、下水道系統收集等環節。遇到部分排水系統無法現勘或縱走時，應透過 IoT 感測設備（例如淹水感測器、下水道水位計）強化該地區監測網能量，增加對上下游匯流處、抽水設施、側溝或路面等節點之水位監測能力，透過實際數據提供自動研判、後續水理分析成果依據，藉以釐清下水道瓶頸管段位置，協助研判淹水問題成因與研擬改善建議方案。

例如，在都市實際的案例中，隨著強

降雨發生，路面淹水感測器回傳數據已顯示有水位上升現象，但系統顯示周圍雨水下水道水位並未出現滿管情形，再輔以周遭介接取得之路口 CCTV 影像畫面，即可研判道路積水情況應為道路側溝或排水入口堵住所致，因此，快速掌握不同淹水原因研判結果，對於強調速度的應變作業則可以採取相對有效的行動。

雨水道水位監測不僅提供防汛應變即時資訊，由於掌握雨水道水位數據、晴雨天降雨量、相對水位起伏等實測資料，可以綜合研析判斷是否有淤積的趨勢、或是異常水流的時間位置，針對異常水流重點時間加強管理，透過智慧分析方式有效強化雨水道系統的維護管理，對於易淤積、常有滿管之管段或是淹水致災原因推估研判，可以節省大量巡檢之時間與人力。



資料來源：新北市智慧防汛平台建置計畫

圖 4 下水道即時水位資料研判案例



資料來源：桃園市政府水務局

圖 5、下水道淤積趨勢分析示意

此外，即時水位變化對於上下游抽水站、滯洪池、水閘門的水利設施操作運轉，更是豪雨期間提升設施操作效益的重要數據。特別是都市地區暴雨後，可透過下水道水位監測，掌握其半滿管或滿管狀況，以提供位於滯洪池或出口抽水站重要資訊，並整合滯洪池抽水站之水位，預先決定抽水量機組、預排滯洪操作空間，可迅速將雨水下水道進行抽排。以桃園市為例，112 年梅雨季成功運用滯洪池進行智慧調控操作，從警戒雨量、下水道警戒水位資訊變化，進行遠端操控抽水機增加庫容量，降低上游地區發生積淹水的可能，有效發揮下水道監測在防汛應變作業中的效益。目前，透過 AIoT 設備累積監測數據資料，包含前池水位、河川水位、抽水機組開啟數、閘門開啟數並配合雨水下水道水位、降雨資料，將有助於評估並提供優化操作策略調整方案。

三、下水道 AI 應用

雨水道 AIoT 設備導入後為增取防災預警時間並提供正確可能溢淹路段或人孔，AI 應用表現在透過都市地區水文-水理模式，以水文事件進行模式檢定與驗證，使用如 ANN (Artificial Neural Network) 類神經網路機器學習建立分類、回歸（監督式學習）並優化雨量水位之關連性，結合中央氣象署 QPESUMS 定量降水預報，以不同降雨情境，產生多組警戒水位與降雨強度關係預警結果，建立 AI 水位推估模型，從而針對監測水位人孔提出未來發生溢淹的機率，發揮預警效用，提供更多的應變準備作業時間。

此外，人工智慧技術在影像辨識技術在視覺處理器 (GPU) 的處理能力的大幅突破，使得影像分析十分借重 AI 的 ML/DL 學習能力，透過動態更新模型及影像即時回饋機制不斷強化模型辨識能力提高

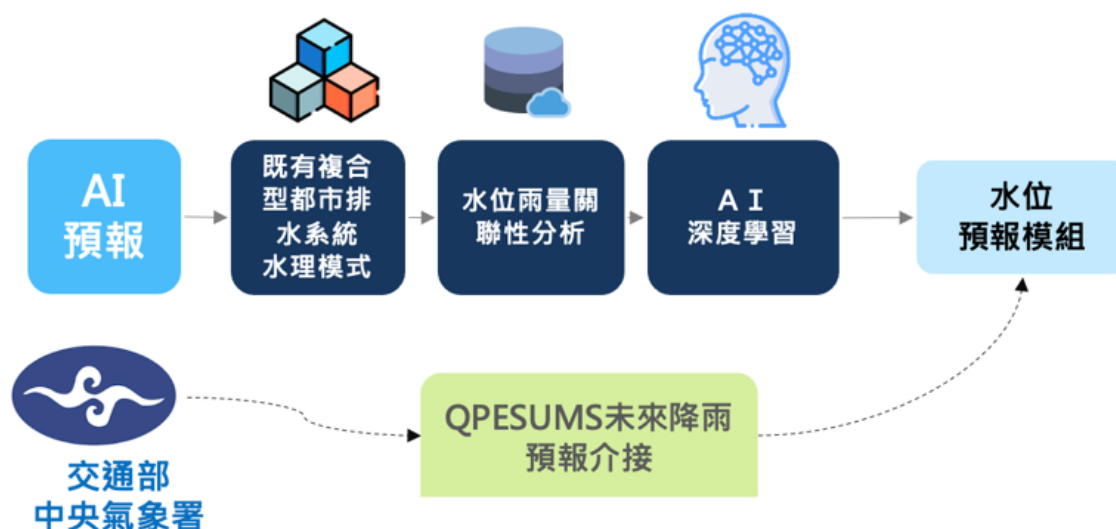


圖 6、下水道 AI 水位推估方式示意

辨識準確度，另外，針對時效需求較高的場域，運用分布式人工智慧性能，影像分析工作可在設備端透過邊緣運算能力加以完成，此舉提高了影像分析的可用性。

例如，目前在雨水下水道系統即運用現場攝影機拍攝箱涵內影像畫面，透過水位辨識影像分析 AI 模組，即可辨識現場水位高度，可作為現場水位計的備援角色或是無線通訊品質不佳的地點，成為防災監測的應用方案。此外，下水道的結構安全檢查或是管渠檢視工作，往往仰賴大量的人工現場或 CCTV 檢視影像資料，並由人工加以判識區別，耗費大量人力及時間進行重複工作。因此，以 AI 辨識下水道巡查或管渠檢視影像，除了減省人力，也可以避免標準不一導致誤判情形發生。

肆、結語

AIoT 技術通過整合物聯網 (IoT) 的感測與傳輸能力，結合人工智慧 (AI) 的強大運算與決策功能，展現出無限潛力與應用價值，可以說大幅提升智慧城市工作效率、工業生產效能以及市民生活品質。在下水道防災應用中，AIoT 技術的引入尤為顯著。感測技術的進步與邊緣運算的應用，使得下水道監測系統能夠更精確和即時地掌握水位變化，並透過高效的數據傳輸，將關鍵資訊即時回傳至雲端。而分佈式人工智慧技術提升了系統的反應速度與資料隱私保護能力。高效能雲端架構則提供了強大的計算與數據處理能力，支持了大量數據的即時分析與模型訓練。

這都突破了以往下水道水位監測面臨

著技術與成本限制，如今，借助 AIoT 技術，實現了即時水位監測、預警與數據分析，顯著提高了城市水情防災能力。未來，隨著 AIoT 技術的持續發展與應用拓展，下水道防災系統作為智慧城市建設的重要一環，在 AIoT 技術落地應用還有很大的發展機會，持續提升防災減災的管理能力，打造城市水安全與水環境品質兼具的科技化數位之都。

參考文獻

1. 蘇元風，應用深度學習與遠端監視影像分析技術於防災，土木水利 第 51 卷 第 1 期，113 年 2 月。
2. 李金靖，桃園市都市智慧防洪，都市總合治水推動研討會，內政部國土管理署，113 年。
3. 楊昇學等，新北市智慧河川規劃及智慧防汛平台建置計畫，國立陽明教大學防災與水環境研究中心，111 年 12 月。
4. University of Exeter, Landmark new technology to improve efficiency of sewer system surveys, April 2022.
5. 運用智慧感測技術推動AIoT應用，工業材料雜誌 413 期，110 年 5 月。
6. 劉振宇等，桃園市下水道智慧雲端物聯網監測系統發展與應用，土木水利 第 32 卷 第 5 期，109 年。



資料來源：桃園市政府、臺北市府

圖 7、下水道水位影像與管渠 CCTV 檢視 AI 辨識應用



摘要

近年來，氣候變遷導致降雨強度和頻率顯著增加，極端氣候事件成為常態，進一步加劇了淹水災害風險。城市高度開發增加了都市排水負擔，原有排水設施已不足以應對暴雨。為解決這一問題，桃園市政府水務局透過多元水情監測技術，包括雨量站、下水道水位監測站、河川區排水位監測站、及攝影機等感測設備，進行全方位水情監測，提供準確數據並結合分析和預測，以強化防災應變能力。而結合多元水情與遠端智慧調控技術，可快速調節排水系統及滯洪池水位，增加庫容提升減洪效益，進一步降低積淹水事件之風險，實際案例比較分析顯示，應用多元水情與智慧調控技術，可有降低淹水高度，並縮短淹水時間，減少淹水災害對居民生活和財產的影響，有效提升城市防災韌性。

應用多元水情於下水道防災調控

林家宏¹、蔡明璋²、李金靖³

關鍵字：智慧調控、多元水情監測、IoT

1. 準線智慧科技股份有限公司 / 專案經理
2. 逢甲大學 / 助理教授
3. 桃園市政府水務局 / 副局長

Abstract

In recent years, climate change has led to a significant increase in both the intensity and frequency of rainfall, making extreme weather events more common and exacerbating the risk of flooding. Urban development has further increased the burden on city drainage systems, which are no longer adequate to handle heavy rainfalls. To address this issue, the Taoyuan City Government has implemented comprehensive water monitoring technologies, including rain gauges, water level monitoring stations, and cameras, to provide accurate data and facilitate analysis and forecasting. By integrating diverse water monitoring and smart control systems, they have effectively reduced the impact of flooding on residents' lives and property, thereby enhancing the city's disaster prevention capabilities.

Keywords: Smart Water Resource Management 、 Multi-Sensor Water Monitoring 、 IoT

壹、前言

近年來，由於氣候變遷導致降雨強度和頻率顯著增加，極端氣候事件成為常態，進一步加劇了淹水災害的風險。經濟快速成長使得農業區或保護區紛紛變更為商業區、住宅區或工業區，城市高度開發加速地表逕流，增加都市排水負擔。雖然台灣雨水下水道普及率達 8 成，但都市現況與早年規劃的都市計畫已大不相同，過去的排水設施容量已不足以應付氣候變遷下的暴雨。

為解決這一問題，除透過工程手段，亦需在工程完工前採用多元水情監測技術，結合雨量站、下水道監測站、河川區排水位監測站、及攝影機和等多種感測設備，進行全方位水情監測，提供準確數據並結合分析和預測，提供防災應變決策依據。通過現代化技術和智慧管理系統的應用，可以有效提高城市防災能力，減少完工前空窗期的淹水災害對居民生活和財產的影響。

貳、多元水情設備介紹

一、淹水感測器

過去對淹水災情的掌握主要仰賴民眾通報，但民眾回報內容缺乏即時性，且無法記錄淹水歷程。在物聯網技術成熟且普及化後，透過連續性即時淹水感測器的技術，可提升防災應變效能，彌補人工通報

之不足，亦能完整記錄淹水與退水歷程，有助於後續淹水成因研判與工程改善之參考。

常見的淹水感測器有接觸式（壓力式水位計）如圖 1、非接觸式（雷達波、超音波）等透過 NB-IoT 訊號傳輸的設備。常附掛於燈桿、電桿或號誌燈，可即時將路面水位資訊傳輸至雲端，以利機關與民眾即時掌握積淹水位置及深度。



資料來源：準線科技, 112 年度桃園市水情防災資訊系統擴充及維護計畫, 2023

圖 1 非接觸式（雷達波、超音波）等透過 NB-IoT 訊號傳輸的設備

二、下水道水位感測器

下水道係屬看不見的基礎建設，因位於地下難以透過直觀方式確認其即時運作狀態。在氣候變遷與城市快速發展的大環境下，下水道的容受力可能無法滿足原先設計。故需要透過物聯網技術，即時掌握下水道的水位以確認其運作狀態。

常見的下水道水位感測器包含數位資料記錄器、監測模組、通訊、電力等設備。且為避免開挖馬路影響交通，儀器設備通常設在下水道人孔內，並透過 NB-IoT 或 4G 通訊模組回傳水位資訊。感測技術可能採用壓力式水位計、雷達波水位計或複合式水位計如圖 2。



資料來源：準線科技, 112 年維護範例

圖 2 複合式下水道水位感測器

三、攝影機

攝影機可應用於多元的監控環境，攝

影機相較於傳統物理量設備的觀測模式，還能透過分析畫面得到更詳細的水情資訊。如路面淹水發生時地表逕流的方向等。亦可透過影像辨識技術計算淹水高度達到預警與即時通報作用如圖 3 與圖 4。



資料來源：準線科技, 112 年度桃園市水情防災資訊系統 擴充及維護計畫, 2023

圖 3 攝影機



資料來源：桃園市政府水務局, 下水道雲端物聯網智慧監測系統, 2021

圖 4 淹水辨識成果

四、河川區排水位計

臺灣多數河川坡降大且寬度窄，水位容易暴漲，進而導致位於河道的下水道出水口無法順利宣洩，可能導致淹水情形。故監測河川區排的水位可有效提供防災預警或研判致災成因，對於防汛作業來說非常重要。由於河川區排高度落差較大，故多數河川區排水位計以非接觸式監測為主如圖 5。



資料來源：桃園市政府水務局, 112 年度桃園市水情防災資訊系統擴充及維護計畫, 2023

圖 5 河川區排水位站

五、雨量站

降雨資料為應用於氣象、水文、防災與農業上皆為重要資訊。但因降雨容易因地形、雨型等因素導致鄰近兩處雨量站容易出現歧異之觀測結果。故為掌握中小尺度的劇烈天氣引發之災害，提高雨量站監測密度為重要的方法。

除交通部中央氣象署的氣象站外，常見的雨量監測設備為傾斗式雨量計、通訊與電力模組所組成如圖 6。



資料來源：桃園市政府水務局, 112 年度桃園市水情防災資訊系統擴充及維護計畫, 2023

圖 6 雨量站

六、遠端控制移動式抽水機

遠端控制移動式抽水機是臺灣應對短延時強降雨與颱風季節積淹水災害的關鍵工具。移動式抽水機以管徑作為區分，主要可分成 12 吋、6 吋與 3 吋。抽水機多以柴油引擎驅動，結合 IoT 技術後能將傳統機械式操作的移動式抽水機改裝成遠端控制型態。透過改裝能提前進行抽水機預布並進行即時控制如圖 7。



資料來源：桃園市政府水務局, 抽水機盤點, 2024

圖 7 遠端控制移動式抽水機

參、實際案例分析

桃園機場捷運 A8 站近文明路口，因下水道通渠斷面不足，自 109 年開始逐漸有淹水通報，桃園市政府水務局開始著手進行淹水點列管，並陸續投入改善資源。

一、多元水情監測物聯網監測站分佈與調控案例

桃園機場捷運 A8 站鄰近積淹水面積廣，淹水深度曾達 70 公分。由於位處機場捷運站、林口長庚醫院出入口與工三工業區交匯處如圖 8，主管機關桃園市政府水務局相當重視其積淹水情形，故於 109 年起獲得通報後，即開始佈建雨水下水道

水位站、路面淹水監測站、攝影機與雨量站，透過物聯網的連續監測掌握該地致水情變化與淹水成因。

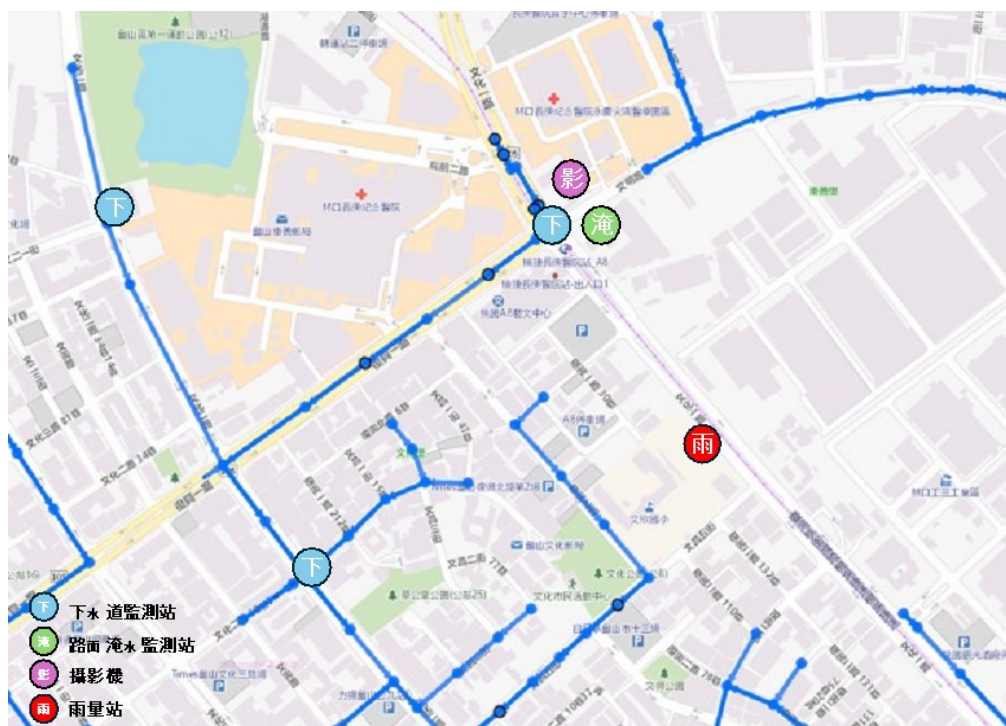
桃園水務局為掌握更精確的降雨數據，故於文欣國小設置雨量站，以利更精準研判降雨強度。同時桃園水務局亦於鄰近淹水點的雨水下水道下游安裝下水道水位感測器、並於淹水深度最深地區安裝路面淹水監測站與攝影機如圖 9，以完整掌握淹水生成因並作為後續工程改善設計之參考。

二、多元水情調控階段

水務局針對捷運 A8 站周邊已擬定短



圖 8 場域環境概覽圖



資料來源：桃園市政府水務局, 112 年度桃園市出流管制設施監控系統後續推動計畫委託資訊服務案, 2023

圖 9 多元水情設備測站分布位置

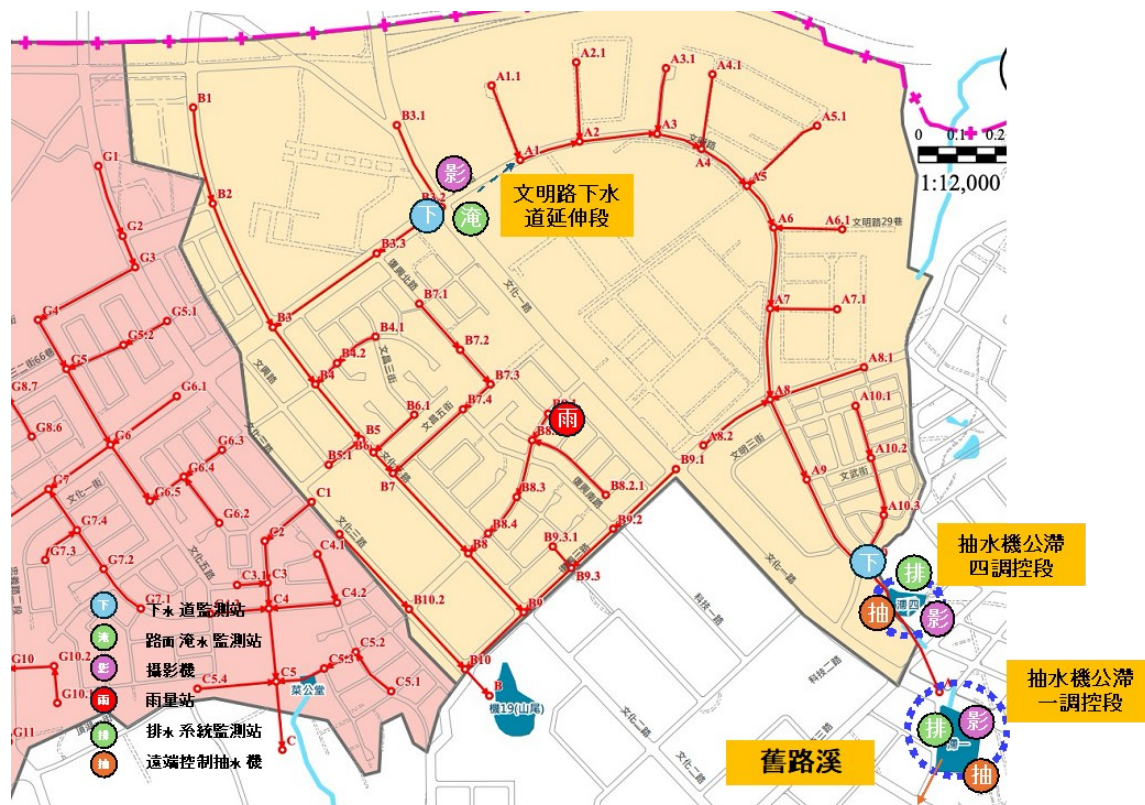
期與長期計畫，短期方案包括 110 年開始在文明路雨水箱涵延伸及文化一路側溝改向工程。長期計畫則提升下水道保護標準，將三年重現期提升至五年以上。在下水道保護標準提升工程尚未完工前，採應急方案設置智慧監控設備及設置遠端操控抽水機，協助排水。其中水務局在文明路箱涵延伸後，同時佈設於公滯四滯洪池佈設一部抽水機，將原本不進入公滯四的下水道水位就近分流至公滯四，以增強文明路下水道整體容受力。而文明路下水道末端為公滯一，為提高公滯一運轉效益亦佈設一台抽水機，可於應變前啟動降低滯洪池水位以增加庫容量，相關佈設位置如下

圖 10，控制作為如圖 11。

三、調控機制前後積淹水事件分析比較

1. 導入前 110 年 0604 淹水事件分析

110 年 0604 降雨事件中受到颱風環流及午後熱對流影響，文欣國小雨量站達 2 年重現期距。在該事件中 15:20 開始出現明顯降雨，15:25 後路面開始出現積淹水現象如圖 12，水位達 30 多公分，此時致災時雨量僅為 29 mm。同時下水道水位亦迅速超過警示線，顯示因強降雨在下水道滿管後無法滿足排水需求，路面開始出現積淹水現象。



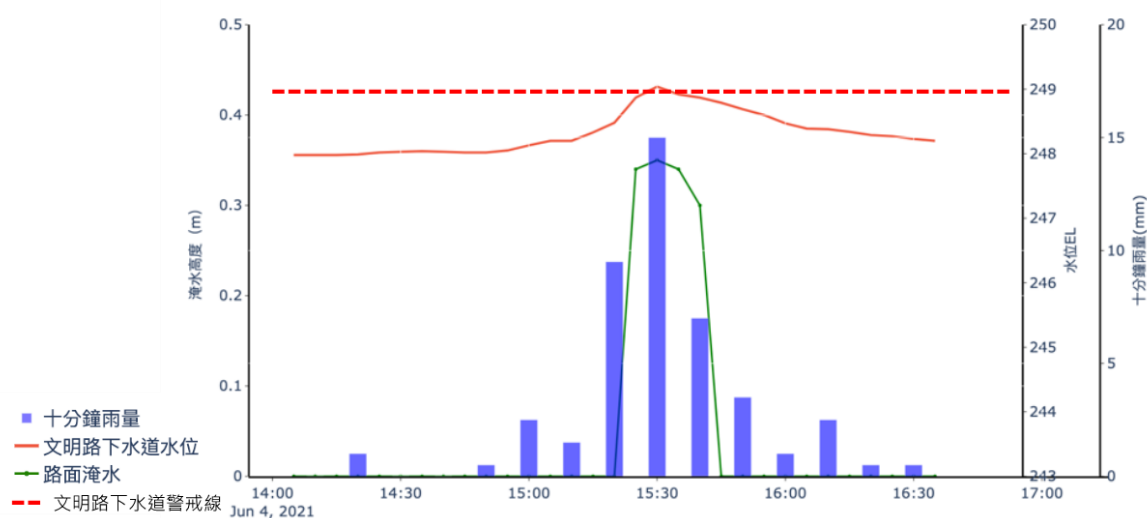
資料來源：桃園市政府水務局, 112 年度桃園市出流管制設施監控系統後續推動計畫委託資訊服務案, 2023

圖 10 智慧調控設備分布

災前空池作業	應變開啟	空持操作	增加庫容
	依據降雨預報開設應變	遠端自動啟動公滯一抽水機啟動空池	增加公滯一庫容量
災中調控作業	預警階段	行動階段	排洪提昇
	時雨量超過35mm發送警示提醒人員注意	文德路下水道水位超過1m自動啟動公滯四抽水機	減少文明路下水道洪峰水位
災中動態調控	水情監測	動態調控	增加庫容
	公滯一水位>80%且下游舊路溪水位低於黃色警戒線	再次自動啟動公滯一抽水機	再次增加庫容·減少二次洪峰致災風險

資料來源：桃園市政府水務局, 112 年度桃園市出流管制設施監控系統後續推動計畫委託資訊服務案, 2023

圖 11 控制作為



資料來源：桃園市政府水務局, 下水道雲端物聯網智慧監測系統, 2021

圖 12 110 年 0604 降雨事件

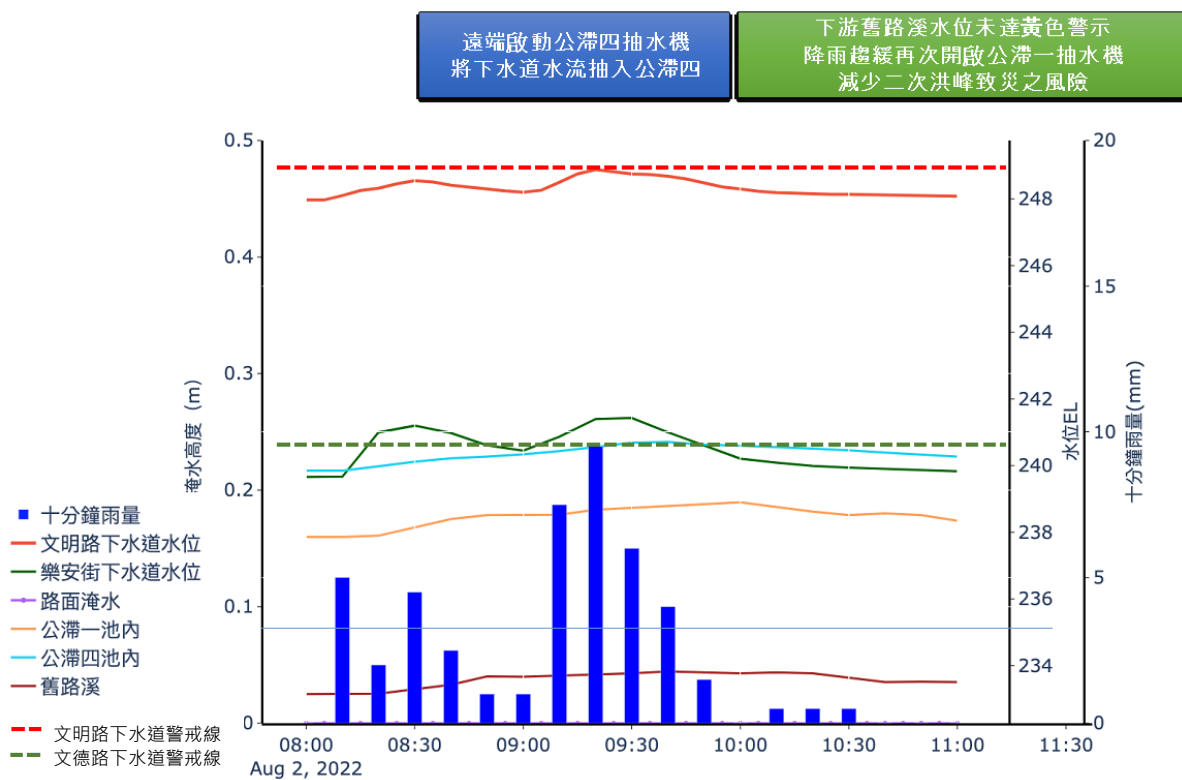
2. 調控案例 111 年 0802 事件

在該次降雨事件中，文欣國小雨量站自 8:10 起開始有明顯降雨情形如圖 13，鄰近下水道水位亦快速上升，8:20 左右樂安街下水道水位達到公滯四抽水機操作條件，水務局遠端控制抽水機將下水道水流抽入滯洪池內，以降低文明路下水道的排水壓力。隨著降雨強度增加，9:50 時雨量達該日最大 29.5 mm，同時間機捷 A8 站下水道一度滿管，但現場因即時調控抽水並未造成淹水。降雨趨緩後，觀測下游舊路溪水位未達黃色警示，故再次遠端啟動公滯一抽水機，降低水位以增加庫容量，減少二次洪峰致災之風險。比較上述兩場事件中皆屬於 2 年重現期的降雨強度，最大時雨量皆在 29 mm 左右，但在導入智慧調控操作後，可有效的降低積淹水發生

風險。

3. 近年調控成效說明

雖然透過非工程手段雖無法馬上根絕淹水現象，但能有效降低淹水風險及縮短影響時間。分析歷史淹水事件如表 1，在 110 年度尚未導入智慧調控時，統計數據顯示機捷 A8 站平均退水時間為 119 分鐘，爾透過公滯四及公滯一的進行調控作為，111 年與 112 年機捷 A8 站平均退水時間減少至 30 分鐘左右，約為 110 年的四分之一，凸顯智慧調控效益。若從致災雨量角度分析，致災十分鐘雨量從 110 年 10 mm 上升至 112 年的 13.8 mm；致災時雨量也從 35.8 毫米上升至 112 年的 47.5 mm，顯示透過智慧調控能有效降低強降雨致災風險。



資料來源：桃園市政府水務局, 111 年度桃園市水情防災資訊系統 擴充及維護計畫, 2022

圖 13 111 年 0802 事件

表 1 機捷 A8 站淹水統計

年度	致災 10 分鐘雨量 (mm)	致災時雨量 (mm)	積淹水平均深度 (cm)	平均退水時間 (min)
110 年	10.5	35.8	33	119
111 年	13	41	27	30
112 年	13.9	47.5	32.3	36

四、結論

由於機捷 A8 站周邊下水道工程改善從爭取預算到完工需耗時數年，且由於捷運周邊地下工程施作不易，在整體下水道改善工程完工前，需運用非工程手段來提升現有設施之減洪能量為必備作為。桃園市政府水務局積極應用多元水情數據，嘗試透過數據分析進一步發展智慧調控方案。在本示範場域中，水務局盤點周邊下水道鄰近滯洪池與相關區排路線，並透過數年監測的多元水情數據評估導入智慧調控的可能性與方法，最終才確定公滯四與公滯一的聯合調控方案，有效利用尚有滯洪量體餘裕的滯洪池與區域排水系統，降低積淹水風險。在本示範場域中，水務局採用移動式抽水機作為控制手段，將遠端控制設備與既有抽水機進行整合，相較傳統人員至現場操作更能提升防災時效，更在成本與安全性上具有優勢。

參考文獻

1. 桃園市政府水務局. (2021). 下水道雲端物聯網智慧監測系統. 桃園市. 擷取自 <https://www.wrbtycg.tw/tysafe/>
2. 桃園市政府水務局. (2022). 111 年度桃園市水情防災資訊系統 擴充及維護計畫. 桃園市.
3. 桃園市政府水務局. (2023). 112 年度桃園市水情防災資訊系統擴充及維護計畫. 桃園市.
4. 桃園市政府水務局. (2023). 112 年度桃園市出流管制設施監控系統後續推動計畫委託資訊服務案. 桃園市.
5. 桃園市政府水務局. (2024 年 7 月). 抽水機盤點. 桃園市.
6. 準線科技. 112 年維護範例. 2023. 準線科技, 台中市.



摘要

都市地區淹水在氣候變遷下之已成為常態。加上早期在規劃雨水下水道時僅考慮到道路街廓與鄰近大範圍地形，對局部低窪區域地形未詳細評估，形成現況都市雨水下水道雨水排除瓶頸排水渠段，即雨水收集系統難完全排除都市積水，甚至低窪區域淹水而雨水下水道無滿管之情況等發生。因此，現況都市雨水下水道之雨水排洪能力低之渠段成為都市淹水防災時關注區域或易淹水區域。本研究為想瞭解都市地區存在都市雨水下水道現況排水瓶頸渠段的問題與定義都市雨水下水道的排水容受能力、與經由透過水文與一維水理模式建置與檢定，雨型設計與降雨強度進行都市雨水下水道雨水容受力分析，找出都市排水瓶頸渠段，提供給都市智慧防災與調適應變之可行策略，藉以改善與降低都市地區淹水發生頻率等探討，並以新北市進行案例說明。

關鍵字：雨水容受力、水文與水理模式、都市防災與調適應變

1. 國立陽明交通大學防災與水環境研究中心 / 副研究員
2. 內政部國土管理署下水道工程分署 / 副分署長
3. 內政部國土管理署下水道工程分署 / 正工程司
4. 內政部國土管理署下水道工程分署 / 隊長
5. 內政部國土管理署下水道工程分署 / 工程員
6. 新北市水利局/局長

都市雨水容受力與智慧防災調適

楊昇學¹、陳高孝²、顏慧敏³、林宜賢⁴、謝依蓉⁵、宋德仁⁶

Abstract

Flooding in urban areas has become the norm under climate change. In addition, in the early planning of rainwater sewers, only road outlines and adjacent large-scale terrain were taken into consideration, and the terrain of local low-lying areas was not evaluated in detail. This resulted in the current bottleneck drainage channel section of urban rainwater sewers, which means that it is difficult to completely drain rainwater from the rainwater collection system. Urban water accumulation, even low-lying areas are flooded and rainwater sewers are not full, etc. Therefore, current sections of urban stormwater sewers with low rainwater capacity have become areas of concern or prone to flooding during urban flood disaster prevention. This study aims to understand the current drainage bottleneck problems of urban stormwater sewers in urban areas and to define the drainage capacity of urban stormwater sewers or rainwater tolerance, and through the construction and verification of hydrology and one-dimensional hydraulic models, hyetograph, design rainfall. Analyze the rainwater capacity of urban rainwater sewers based on rainfall intensity, identify urban drainage bottleneck sections, and try to provide feasible strategies for urban disaster prevention and adjustment adaptation, so as to improve and reduce the frequency of flooding in urban areas, etc., and use New Taipei City as a case study.

Keywords: rainwater tolerance, hydrology and one-dimensional hydraulic model, urban disaster prevention and adjustment adaptation

壹、前言

面對氣候變遷極端降雨和都市化土地開發增加，此兩項因素的結合正在加劇都市雨水排洪問題。儘管在都市防洪方面投入了大量工程建設資源改善，但實現都市不發生洪水的成本與效益是一項艱鉅的基本任務。因此，除了傳統的都市防洪工程外，一些國家也已使用新工程策略搭配防災預警，新的策略如 USEPA (2000)、Dietz (2007) 美國低衝擊開發(low-impact development)，措施主要包括加強當地蓄水和滲透措施，透過分散式滯水空間累積期能達到流域分擔雨水之效果、日本透過土地空間盤點以整體綜合防洪策略(total integrated flood control strategy)進行都市防洪。類似策略尚有中國海綿城市、加拿大水敏感城市(Water Sensitive City)、澳洲、紐西蘭水敏感城市設計(Water Sensitive Urban Design)、英國、西班牙永續都市排水系統(Sustainable Urban Drainage system)。臺灣都市總合治水、河川、區排風險評估、逕流分擔、調適計畫、出流管制與出流抑制均有相似與相同之目標。即面對河川、區域排水、都市排水洪水增量、遇洪災後承洪韌性與都市恢復力概念，用於因應未來氣候變遷下水文之不確定性與極端事件做好事前準備。然而落實推動需要時間、經費與防災觀念導人民間。因此，也同步實施防災預警措施，根據當下的基礎建設等資料進行搭配與使用，常見預警方法有警戒水位、警戒

雨量、迅洪指標(flash flood guidance, FFG)、淹水潛勢地圖、淹水脆弱度地圖、洪災保險、路面淹水感測器、雨水下水道水位監測、CCTV 淹水影像辨識等有效預警方法，透過監測設施來因應極端降雨的不確定性，提前降低災害發生與提供更多應變時間。

本研究主要以都市雨量容受力進行探討，結果可做為都市防洪預警使用外，也可提供關於都市內的淹水脆弱度位於那些區域、路段，且可讓防災工程資源逐步投入改善。此外，氣候變遷改變都市地區降雨特性並可能影響未來工程設計的準確性(Seidou et al. 2012)。而早期討論洪水相關的降雨容受力之使用主要建立即時監測和預報工具作為洪水預警方法(Carpenter et al. (1999)、Martina et al. (2006)、Norbiato et al.(2006))。應用上更早使用水位與雨量之關連建立早在 Mogil et al. (1978) 向美國國家氣象局(US National Weather Service, NWS)提出汛洪指標概念，對集水區降雨特性透過水位與雨量關連建立，推算河道水位是否超過堤防高度而造成溢頂淹水，如同河川警戒水位與警戒雨量。而根據此概念訂定汛洪指標(flash flood guidance, FFG)，有水位與雨量預警概念，納入區域淹水可能發生與提醒當地民眾。而 FFG 也面臨不準確與防災保守等問題。後續如 Georgakakos (2006)、Schmidt et al. (2007)、Clark et al., 2014、Spyrou et al., (2020)；Varlas et al.,

(2021)均有針對對準確性進行相關研究與貢獻。

另外，Chen and Liu (2013)研究城市雨水容受力(urban stormwater tolerance threshold)，係根據水文氣象特徵和現有防洪設施，分析城市適應雨水容量，分析臨界降雨負荷與淹水深度之關連特性，並分為三級，如低臨界點代表積水的開始之累積雨量（淹水 1 天內恢復、約 2 至 5 年重現期雨量），中臨界點為 20 至 100 年重現期雨量、低窪地區淹水 3 公尺、高臨界點 200 年重現期雨量以上、低窪地區淹水 6 公尺。Ma et al. (2020)為了獲得更精準的城市防洪體系與局部區域特性，將都市淹水與雨量進行管理值設定，並劃分區域的都市與區域洪水特性分為降雨強度造成淹水（雨水下水道）、累積雨量造成淹水（都市排水）、複合淹水（同時發生）與無淹水等。透過網路爬蟲(web crawlers)確認淹水狀況與時間對應雨量。以城市防洪標準和降雨時間分佈特徵作為重現期和持續時間管理值選擇的依據，並建構 SWMM 模型來模擬 4 種降雨淹水特徵與實際情況相似與修正，以此方法適用於城市不同淹水降雨的分類和管理值劃分。Liu et al.(2023) 以暴雨對都市交通網絡之影響進行都市雨水管理，一旦市中心交通要塞發生淹水，都市交通影響人民活動，透過空間地圖進行事前建置，並訂定淹水與雨量管理，一旦重要路口有淹水情況發生時，啟動洪水資訊和風險資

料同步至車輛導航、城市管理、交通指揮等跨部門決策支援系統，實現智慧防洪，同時也可應用於風險評估、關鍵交通節點識別、提升城市緊急管理能力，可為城市災害風險管理預防和城市永續發展提供決策支援。

本研究主要針對都市計畫區內之雨水下水道排洪現況進行檢視，並以都市計畫區內之設計降雨強度與現況條件進行比較，透過人孔節點位置與渠道排洪能力展示現況都市雨水下水道的雨水容受力，除了提供都市計畫區內現況容易制災位置外，也利防災時容易掌握位置與即時淹水狀況排除等檢視，也可提供都市內淹水脆弱度位於那些路段，且可讓防災工程資源可以逐步投入改善當地淹水之發生，並以新北市主要行政區為例。

貳、研究方法

一、雨水下水道雨水容受力定義

雨水下水道在規劃時，有設計降雨強度做為工程設計準則，一般檢討與採用 5 年重現期降雨強度為設計。在臺灣多數情況以雨水下水道規劃檢討較常採用之降雨公式（降雨強度-延時-頻率），包含二參數之 Talbot 與 Sherman 以及三參數之 Horner 等，如下：

$$\text{Talbot : } I_t = a/(t+b) \quad (1)$$

$$\text{Sherman : } I_t = a/(t^c) \quad (2)$$

$$\text{Horner : } I_t = a / (t + b)^c \quad (3)$$

其中 t 為降雨延時 (min) ; I_t 為延時 t 時刻下之降雨強度 (mm/hr) ; a 、 b 、 c 等為待定係數。

如表 1 所示，為新北市都市計畫區降雨強度彙整，5 年設計降雨強度約若在 4 3.65-93.63 mm/hr 之間，而多數都市計畫區設計降雨強度約在 60-75 mm/hr 之間。而透過最近的雨量補充與重新 Horner 公式分析後，多數都市計畫區之降雨強度亦介於 60-75 mm/hr 之間。

而實際透過觀測雨量站之資料時，有時降雨未達到設計標準時，就有積淹水情況發生。因此，透過都市水文、水理模式建置，進行現況都市雨水下水道之雨水容受力之分析與探討。並定義雨水下水道容受力：『為在定量降雨搭配都市計畫之雨型設計，透過檢定與驗證後之水文、水理模式分析雨水下水道水位流量下，最高水位於人孔節點有水位冒孔現象時做為現況雨水下水道容受力之門檻值。藉以檢視現況都市雨水下水道管線可承受雨量狀況。』

二、研究方法

研究方法如圖 1 所示，包含水文水理模式建置至分析結果之呈現，說明如下：

1. 水文水理模式建置，可以利用 SWMM 模式建置，亦可使用 SOBEK

模式建置，如圖 2 所示為 SWMM 模式建置之成果，包含都市雨水下水道資料，都市排水、區域排水與河川等部分進行建置。

2. 都市排水系統亦有閘門抽水站等操作，亦建置於模式中，進行分析與模擬。

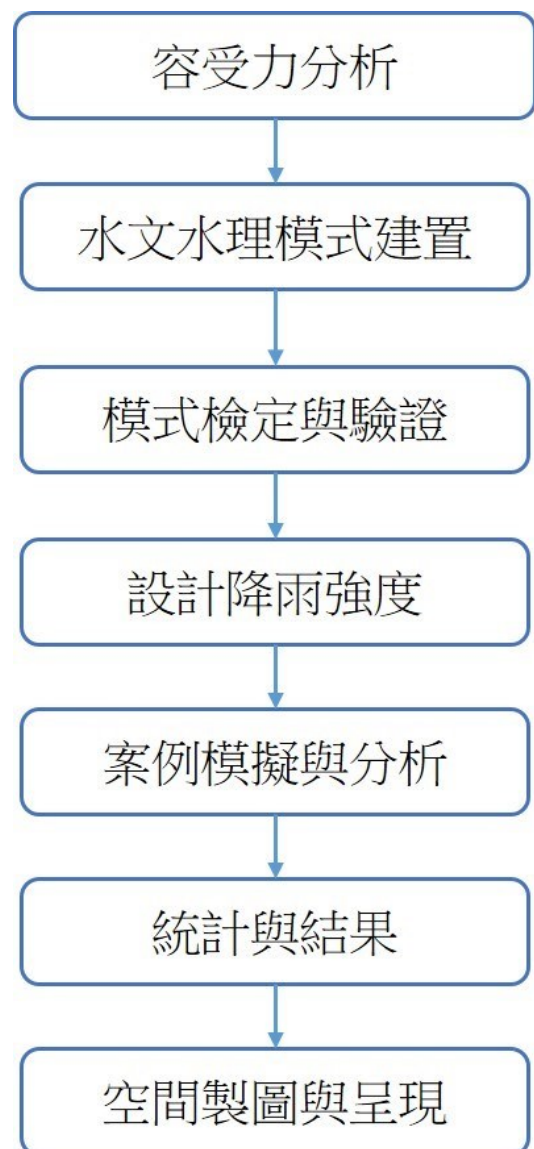
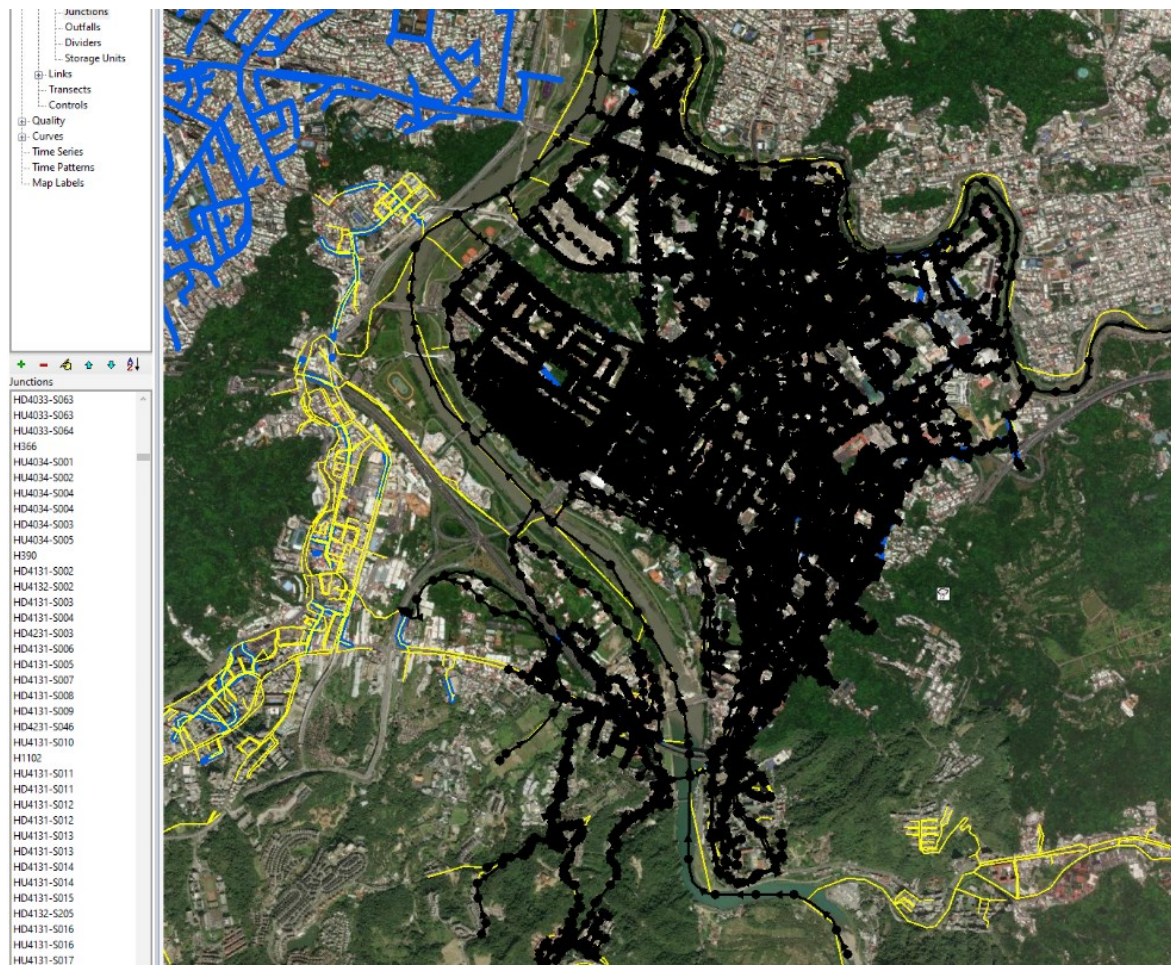


圖 1 都市雨水下水道降雨容受力分析流程

表1 新北市雨量站降雨強度公式檢討與比較

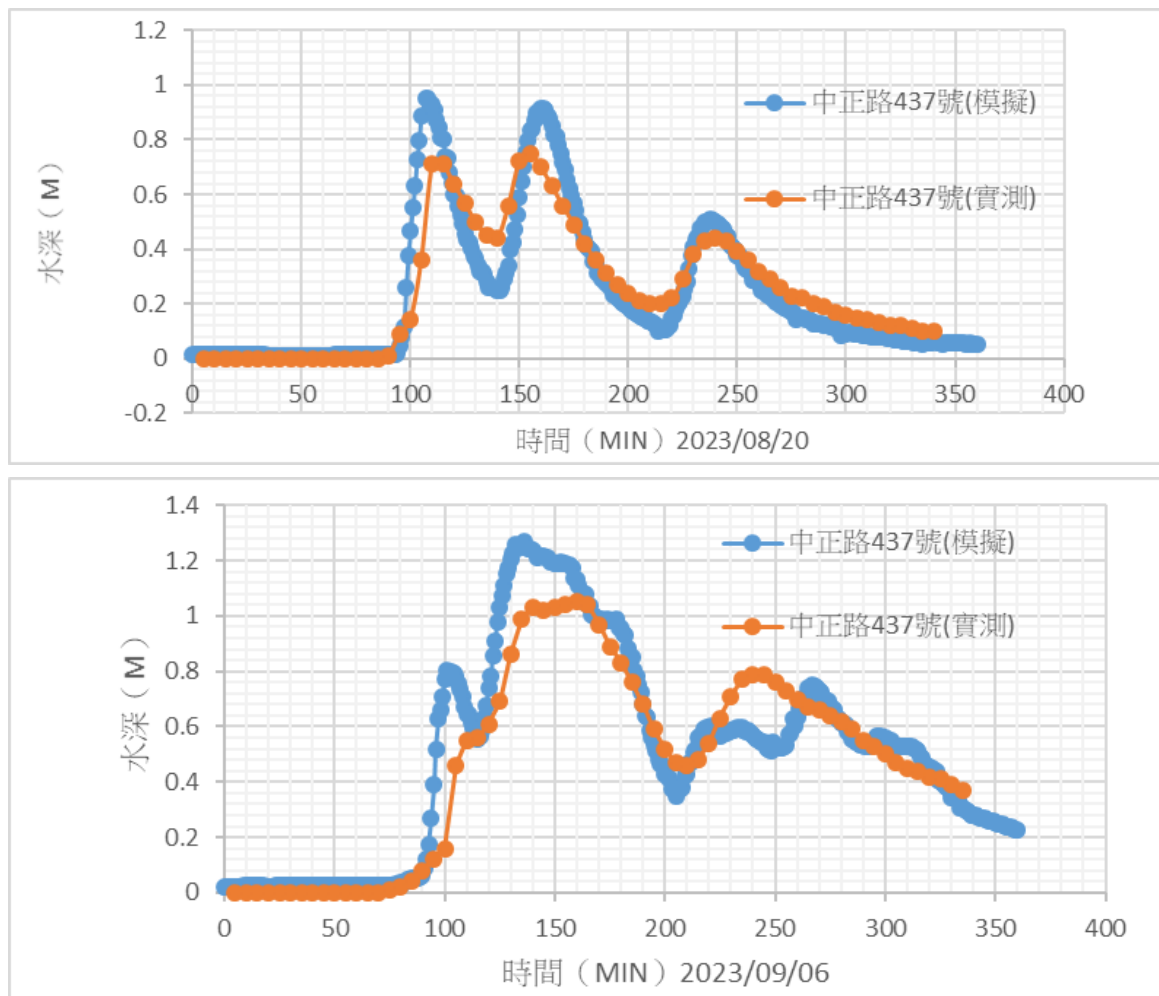
都市計畫區	設計標準	雨量站	降雨強度 (A)	112 年檢討 (B)	參考雨量站
板橋 (浮洲地區) 都市計畫 (93 年)	5 年	中正橋	82.37	86.51	中正橋
中和都市計畫 (91 年)	5 年	中正橋	82.23	86.51	中正橋
永和都市計畫 (91 年)	5 年	中正橋	82.23	86.51	中正橋
土城都市計畫 (91 年)	5 年	中正橋	82.37	66.39	土城
土城 (頂埔地區) 都市計畫	3 年	中正橋	71.14	60.81	土城
新店都市計畫 (91 年)	5 年	中正橋	93.63	66.39	中正橋
深坑都市計畫 (73 年)	2 年	臺北	63.03	68.59	石碇
三峽都市計畫 (88 年)	3 年	臺北	71.14	74.55	三峽
臺北大學社區特定區計畫 (88 年)	3 年	臺北	71.14	74.55	三峽
鶯歌都市計畫 (87 年)	2 年	石門水庫	71.00	62.85	鶯歌
鶯歌 (鳳鳴地區) 都市計畫 (87 年)	2 年	石門水庫	71.00	62.85	鶯歌
樹林都市計畫 (69 年)	3 年	臺北	71.14	72.64	山佳
樹林 (山佳地區) 都市計畫 (83 年)	3 年	臺北	71.14	72.64	山佳
樹林 (三多地區) 都市計畫 (79 年)	3 年	臺北	71.14	72.64	山佳
新莊都市計畫 (94 年)	5 年	臺北	78.85	71.28	新莊
泰山都市計畫 (74 年)	3 年	臺北	71.14	65.26	新莊
五股都市計畫 (74 年)	3 年	臺北	71.14	65.26	新莊
林口特定區計畫 (新北市) (69 年)	3 年	淡水	40.52	59.92	林口 (1)
三重都市計畫 (85 年)	3 年	中正橋	75.44	64.58	三重
蘆洲都市計畫 (69 年)	3 年	臺北	71.14	62.41	蘆洲
八里 (龍形地區) 都市計畫 (82 年)	3 年	淡水	40.52	73.08	八里
淡水都市計畫 (70 年)	5 年	淡水	43.65	87.49	淡水
淡水 (竹圍地區) 都市計畫 (76 年)	5 年	淡水	43.65	87.49	淡水
淡海新市鎮特定區計畫 (76 年)	5 年	淡水	43.65	87.49	淡水
三芝都市計畫 (80 年)	2 年	基隆	59.06	63.01	三芝
石門都市計畫 (86 年)	2 年	基隆	59.06	52.87	富貴角
萬里都市計畫 (87 年)	2 年	基隆	59.06	56.97	金山
金山都市計畫 (76 年)	2 年	基隆	59.06	56.97	金山
澳底都市計畫 (82 年)	3 年	宜蘭	61.80	65.98	福隆
雙溪都市計畫 (88 年)	5 年	基隆	65.18	62.58	雙溪
汐止都市計畫 (汐止橫科) (90 年)	5 年	基隆	72.76	88.79	汐止
瑞芳都市計畫 (65 年)	1 年	基隆	34.30	39.60	瑞芳
坪林水源特定區計畫 (85 年)	5 年	坪林	55.73	74.27	坪林
平溪都市計畫 (83 年)	2 年	基隆	59.06	67.55	火燒寮
烏來水源特定區計畫 (88 年)	3 年	坪林	40.64	84.15	覽勝橋
A：降雨強度 (mm/hr)、B：112 年降雨強度公式檢討 (mm/hr)					
資料摘自：國土管理署下水道分署 113 年『北部地區都市綜合治水推動計畫』					



資料來源：國土管理署下水道分署 113 年『北部地區都市總合治水推動計畫』

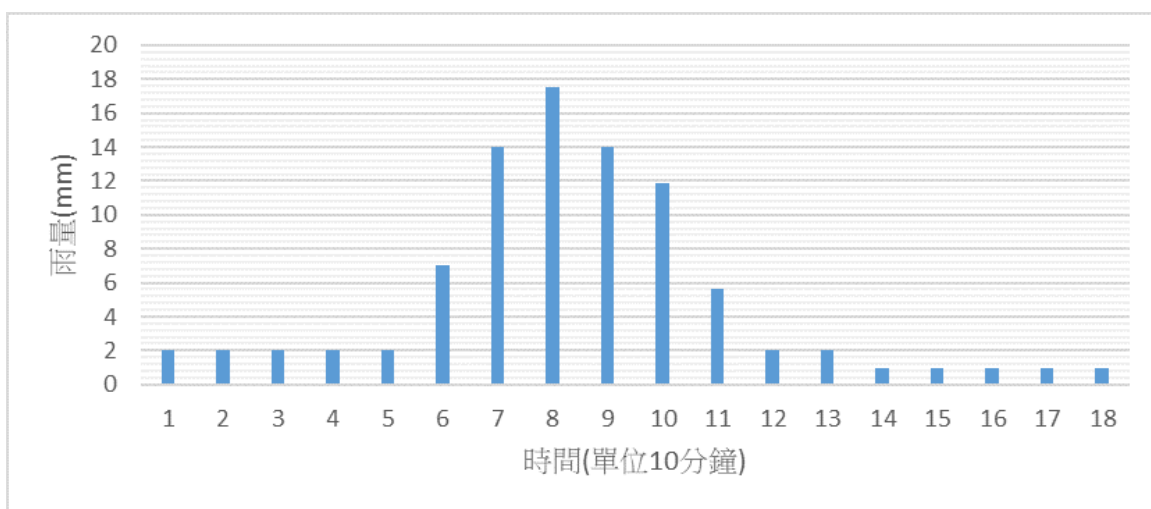
圖 2 新北市新店區 SWMM 模式建置示意

3. 模式檢核，如圖 3 可以利用兩場豪雨事件進行模式檢定與驗證，來調整水文參數中之區域參數設定。雨水下水道水位監測之效率係數約為 0.6-0.8 之間，可以符合模式檢定與驗證之需求。
4. 降雨雨型設計，如圖 4 所示，為 70 mm/60 min，並考量前期降雨保持土地濕潤、與近年都市降雨主要為極端降雨，因此，在設計降雨上亦考量實際狀與特性，如 30 分鐘約降下 45 mm (約 2/3 之急降雨發生在 30 分鐘以內)，為近幾年都市計畫區常見之急降雨特性。
5. 透過水文水理模式設定，進行結果分析與討論。



資料來源：國土管理署下水道分署 113 年『北部地區都市總合治水推動計畫』

圖 3 新店都市計畫區雨水下水道觀測水位站檢定與驗證



資料來源：國土管理署下水道分署 113 年『北部地區都市總合治水推動計畫』

圖 4 都市雨水下水道容收度評估降雨組體圖 (70 mm/hr)

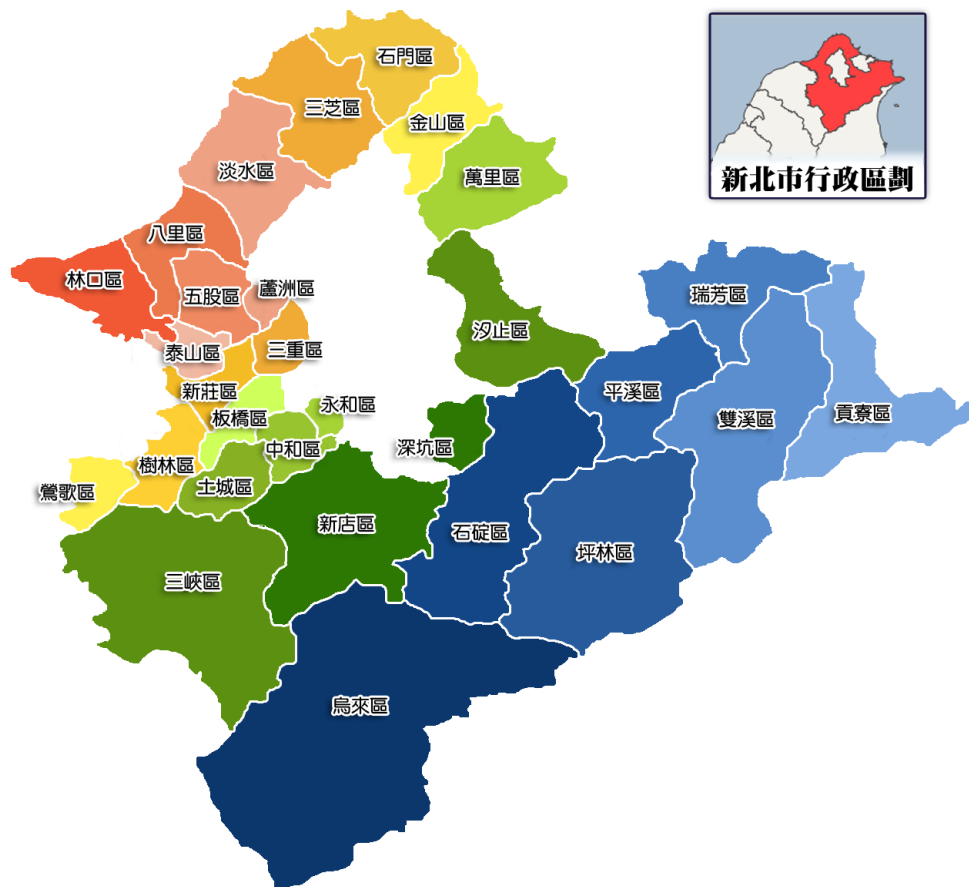
參、分析結果

一、結果說明

研究成果係將水文、水理模式進行雨量輸入值模式分析，包含假設前期降雨，讓都市雨水下水道有初期的降雨入滲與地表基流入雨水下水道等特性，以雨水下水道有初步的基流量與抽水設施有介入操作情況下進行極端降雨模擬。根據上述模

式建置之結果進行模擬，結果顯示以人孔節點冒水超過 10 公分以上的特性做為統計標準（有明顯冒水），以判斷都市雨水下水道的雨水容受程力落在那一降雨區間。以新北市中和、永和、新店、三重蘆洲等都市計畫區為例，相關位置如圖 5 所示，說明如下：

1. 新北市中和與永和都市雨水下水道雨水容受力分析



資料來源：新北市水利局

圖 5 新北市轄區與範圍示意

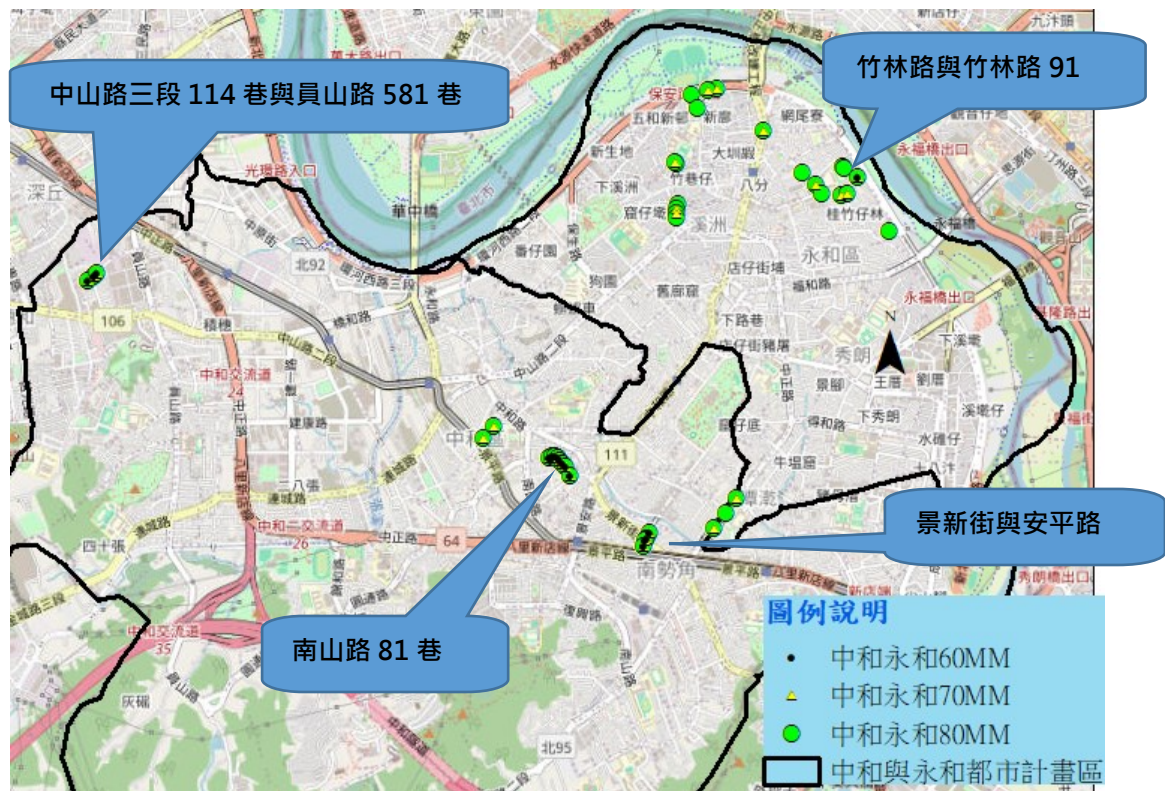
中和與永和都市計畫區雨水設計標準於民國 66 年以 3 年重現期降雨強度 71.14 mm/hr 作為都市雨水設計之標準，後續均於 91 年以 5 年重現期降雨強度 82.23 mm/hr 作為都市排水設計標準。排水主要由都市雨水下水道為主，下游銜接區域排水與抽水站至新店溪。水文水理變量流分析結果顯示，如圖 6 所示，已有渠段在低於保護標準 71.14 mm/hr 時有人孔冒水。而低於 70 mm/hr 之都市雨水下水道雨水容受力之人孔節點冒孔淹水路段位於：

(1)中和都市計畫區於中山路三段 114 巷與員山路 581 巷、景新街與安平路口、南山路 81 巷。

(2)永和都市計畫區於竹林路與竹林路 91 巷路段、環河西路一段。

2. 新北市新店與安坑都市雨水下水道雨水容受力分析

新店與安坑都市計畫區雨水設計標準於民國 68 年以 3 年重現期降雨強度 71.14 mm/hr 作為都市雨水設計之標準，後續均於 91 年時以 5 年重現期降雨強度 93.6



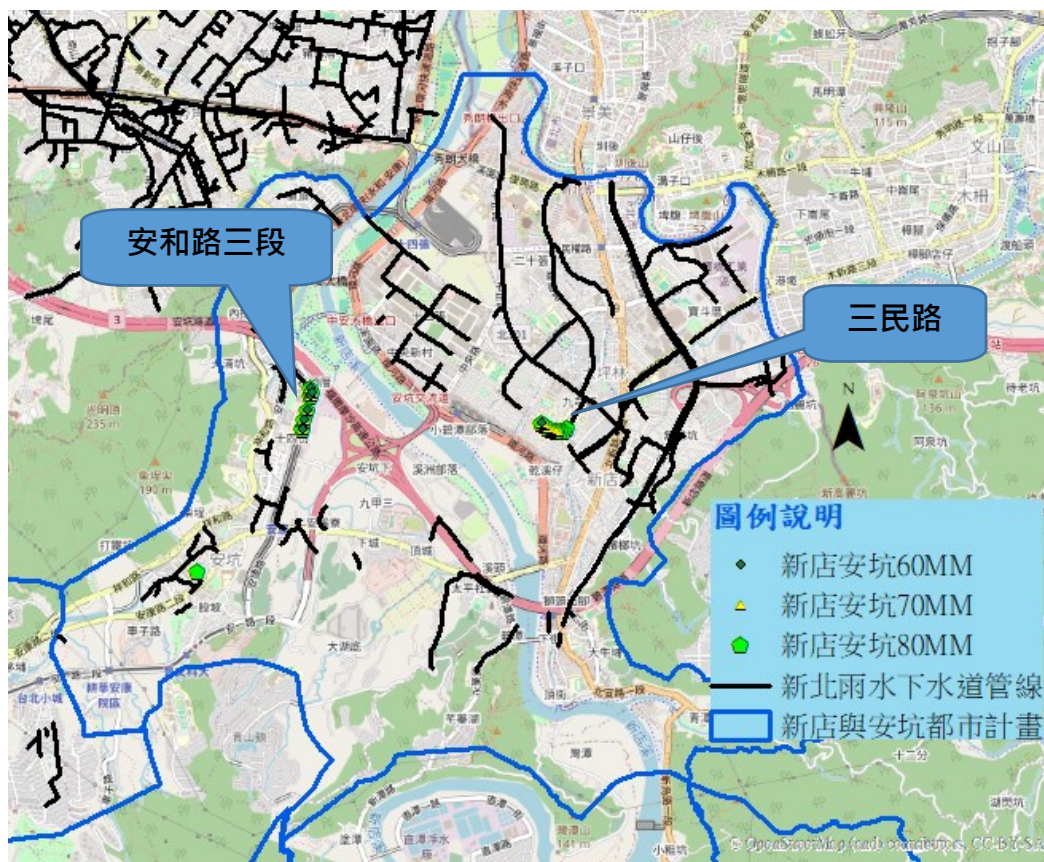
資料來源：國土管理署下水道分署 113 年『北部地區都市總合治水推動計畫』

圖 6 中和與永和都市計畫區雨水下水道容受力評估

3 mm/hr 作為都市排水設計標準。排水主要由都市雨水下水道為主，下游銜接區域排水與抽水站至新店溪與景美溪。水文水理變量流分析結果顯示，如圖 7 所示，已有渠段在低於保護標準 71.14 mm/hr 時有人孔冒水。而低於 71.14 mm/hr 之都市雨水下水道雨水容受力之人孔節點冒孔淹水路段位於：新店都市計畫區於安和路三段與三民路。

3. 新北市三重與蘆洲都市雨水下水道雨水容受力分析

三重與蘆洲都市計畫區雨水設計標準分別於民國 68 年與 69 年以 3 年重現期降雨強度 71.14 mm/hr 作為都市雨水設計之標準，三重都市計畫區後續於 85 年改以 5 年重現期降雨強度 75.44 mm/hr 作為都市排水設計標準。排水主要由都市雨水下水道為主，下游銜接都市排水與抽水站至淡水河與二重疏洪道。三重與蘆洲地區基本上之排水為抽水排水，難藉由重力排除，一旦有極端降雨發生雨水下水道很容易發生積淹水。水文水理變量流分析



資料來源：國土管理署下水道分署 113 年『北部地區都市總合治水推動計畫』

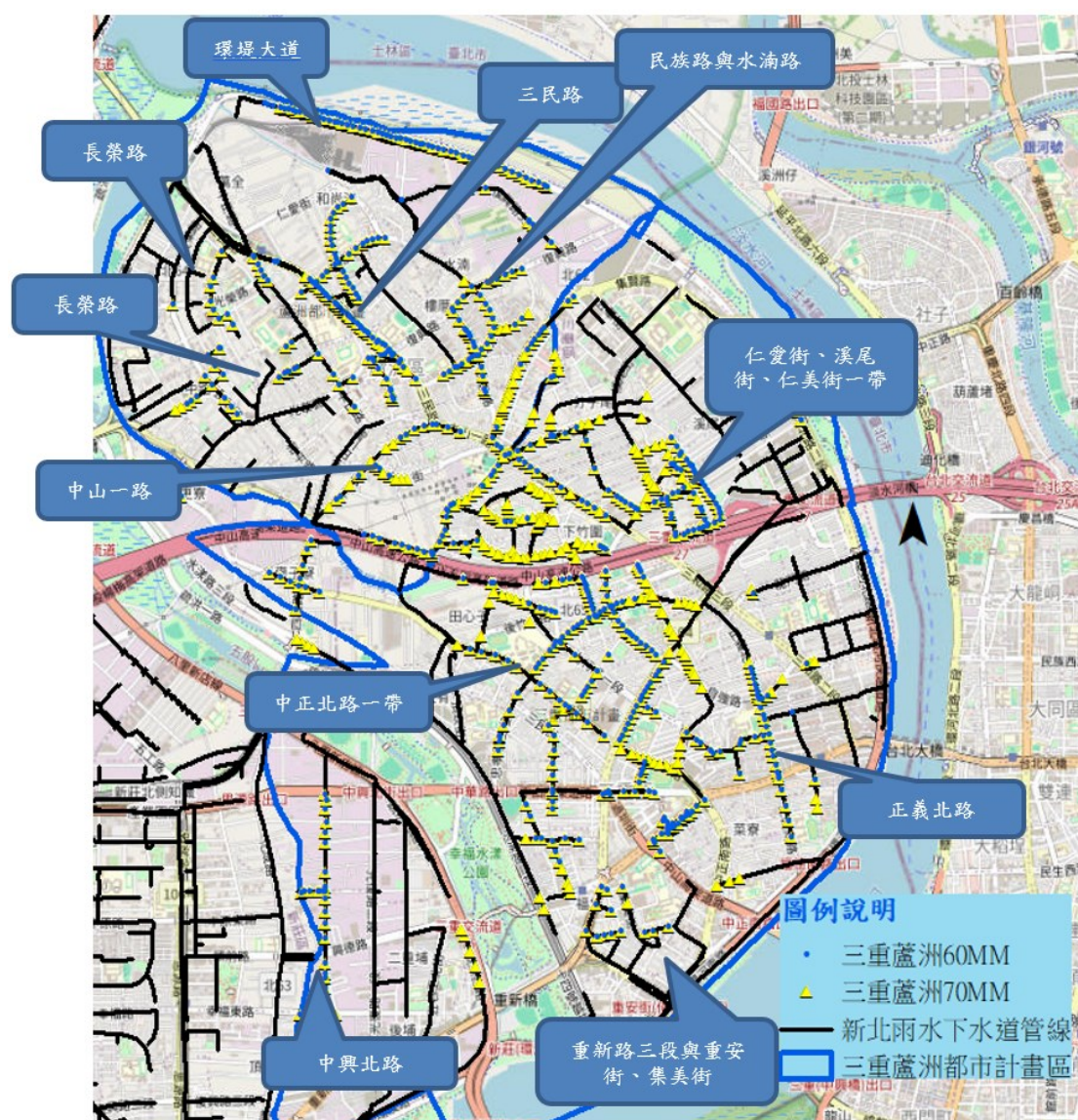
圖 7 新店與安坑都市計畫區雨水下水道容受力評估

結果顯示，如圖 8 所示，已有渠段在低於保護標準 71.14 mm/hr 時有人孔冒水。而低於 70 mm/hr 之都市雨水下水道雨水容受力之人孔節點冒孔淹水路段位於：

(1)三重都市計畫區較易大範圍積水主要於重新路三段與重安街、集美

街、中正北路、正義北路、重陽路三段、忠孝路二段、自強路二段、大勇街、三和路四段、仁愛街、溪尾街、仁美街、後竹圍街 175 巷、中興北路等路段。

(2)蘆洲都市計畫區較易大範圍積水主



資料來源：國土管理署下水道分署 113 年『北部地區都市總合治水推動計畫』

圖 8 三重與蘆洲都市計畫區雨水下水道容受力評估

要於三民路、民族路、環堤大道、水湳街、長榮路、中山一路。

二、都市智慧防災

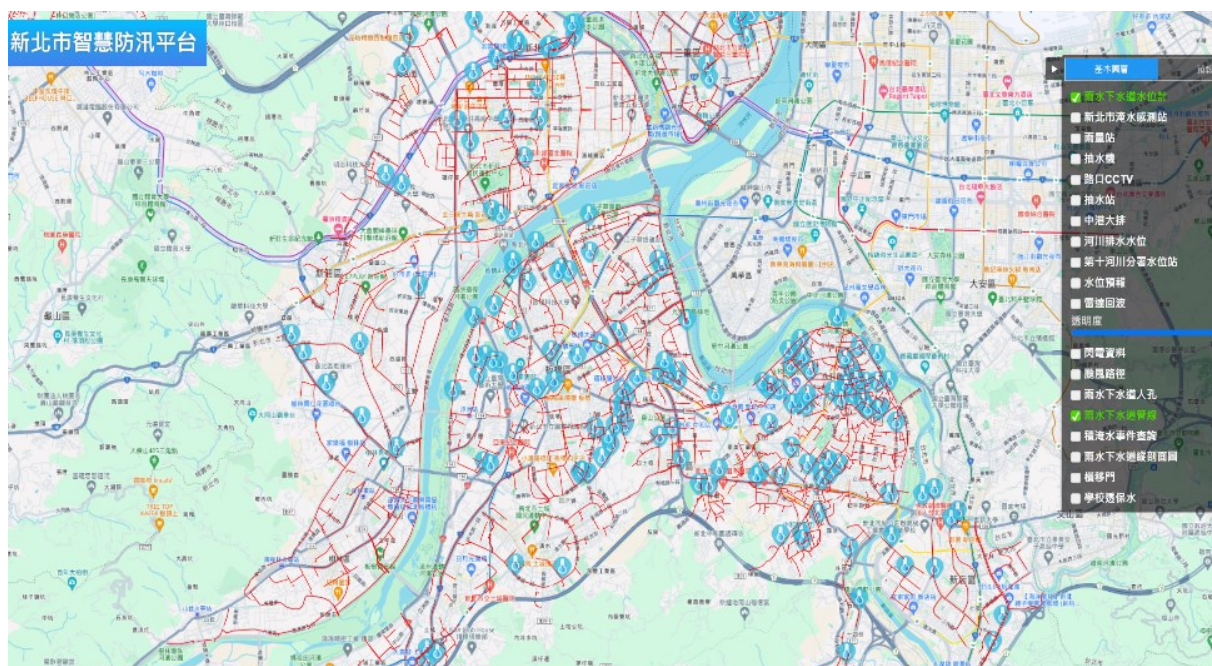
瞭解都市雨水下水道雨水容受力與面對氣候變遷所帶來之威脅，新北市水利局已有啟動新北市智慧防災平台，整合新北市容易淹水路段設置與界接物聯網資訊，進行都市防災調適，透過監測與實務結合，如圖 9 所示。針對容易積淹的路段設置有雨水下水道、路面淹水感測、路口 CCTV 與下游出口水位、抽水站等監測資訊，同時界接中央氣象署、水利署等氣象與河川等整體水情資訊呈現，進行都市雨

水調適作為等實用，提高雨水下水道的排水空間，提早應變，增加雨水下水道滯洪體積，目的降低與不發生都市積淹水，有效應用於局部地形高程低窪地區之應用，如圖 10 所示，為三重地區雨水下水道即時水情監控與調適應變時之相關監測數據、雨水下水道內水位變化與透保水設施等水位應用，透過智慧防汛與調適計畫，讓淹水可能災害降至最低。

三、結果討論

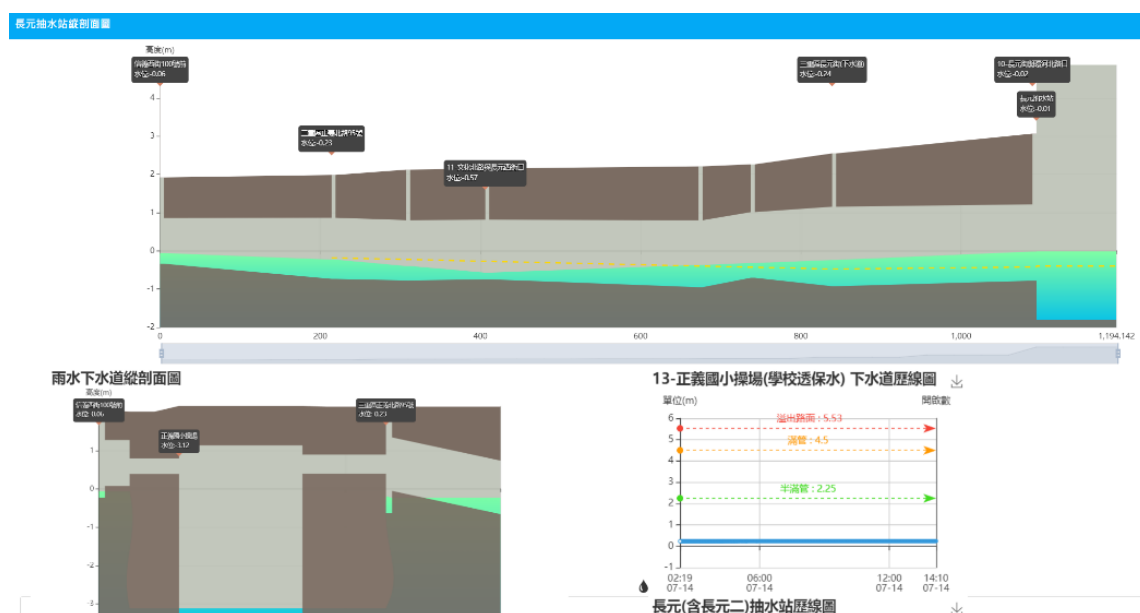
根據上述新北市主要都市計畫區之分析結果進行討論：

1. 以降雨強度 70 mm/60 min 而言，對



資料來源：新北市水利局(113)

圖 9 新北市智慧防汛平台



資料來源：新北市水利局(113)

圖 10 都市防洪雨水調適策略應用

三重與蘆洲都市計畫區之地勢平緩之區域，於相對低窪地區之雨水下水道容易造成短暫積淹水，在面對極端降雨特性難透過傳統工法進行治理，三重蘆洲地區之排水有感潮影響、加上高都市發展與土地使用，能夠用來滯洪之土地空間相當有限，且現階段都是用抽排方式降低都市淹水。因此，透過公園與校園透保水與低地抽水、與排空雨水下水道滯洪空間，成為此區域在短時間調適都市防洪預警，透過關鍵位置監測與應變來減緩都市淹水狀況與縮短淹水時間。而此情況在往上游之中和、永和有地勢較高一些，但都市發展區域仍有地勢平緩特性，加上鄰近山區，除了排水不易

外，鄰近山區暴雨也是造成都市排水困境。同樣亦是與三重蘆洲一樣透過都市雨水調適作法。而新店地區主要積水位置以局部地勢低窪為主，短暫積淹水，雨停水位後短時間能夠退卻淹水情況。

2. 與設計降雨強度比較，有些路段之雨水容受力低於設計標準。其原因可能早期都市計畫開發過程中之雨水下水道是隨著當時的人口與土地使用情況進行考量，並使用當時之水文合理化公式進行流量推估與設計雨水下水道。當都市土地完全開發後，地表逕流特性改變，使得流量集中，造成管線排水負荷加重，最後溢出路面造成道路積水，此為都市積水常見之特性

之一。透過工程改善可以解決一部份積淹水問題，但與民生息息相關之交通與地下管線成為工程推動之困難因素之一，且不易克服。因此，除了使用防災預警方式與法規規範土地開發之透保水設施，增加都市滯洪空間。同時亦對抽水站與排水管網進行上、中、下游關鍵位置（低於雨水容受力之路段）設置水位監測與增設低地抽水設施，進行整體的排洪操作進行調適，降低淹水發生與快速排除積水。

3. 都市總合治水創新規劃與應用，主要當雨水下水道建設與改善工程遇到瓶頸時，可透過小區域或排水系統緩解區域積淹水問題，如LID、雨水積磚、道路、人行道、公園、球場、高架橋梁下方等空間進行滯洪空間的設置與規劃設計，如圖 11 與圖 12 所

示，除了雨水滯留外，亦可減緩雨水下水道洪峰流量，降低淹水發生。

4. 都市智慧防汛可針對低於設計標準雨量之低窪地區，利用低地抽排策略結合因地制宜規劃，讓低地淹水發生次數降低，亦是提升雨水容受力之策略方法之一。
5. 國土署與新北市水利局亦針對歷年易淹水渠段逐年改善，並透過有效率管理系統（圖 13）與歷年水災進行檢視與檢討，透過資料管理與工程績效，逐步改善都市積淹水問題，減少災害發生。

肆、結論

1. 影響都市內的雨水容受力之因素，包含雨水管線自身的通洪空間與重力排



圖 11 人行道下方貯留設施（築綠生態提供）



圖 12 高架橋梁下方貯留設施 (築綠生態提供)



資料來源：國土管理署下水道分署

圖 13 下水道管理資訊系統與工程績效追蹤展示

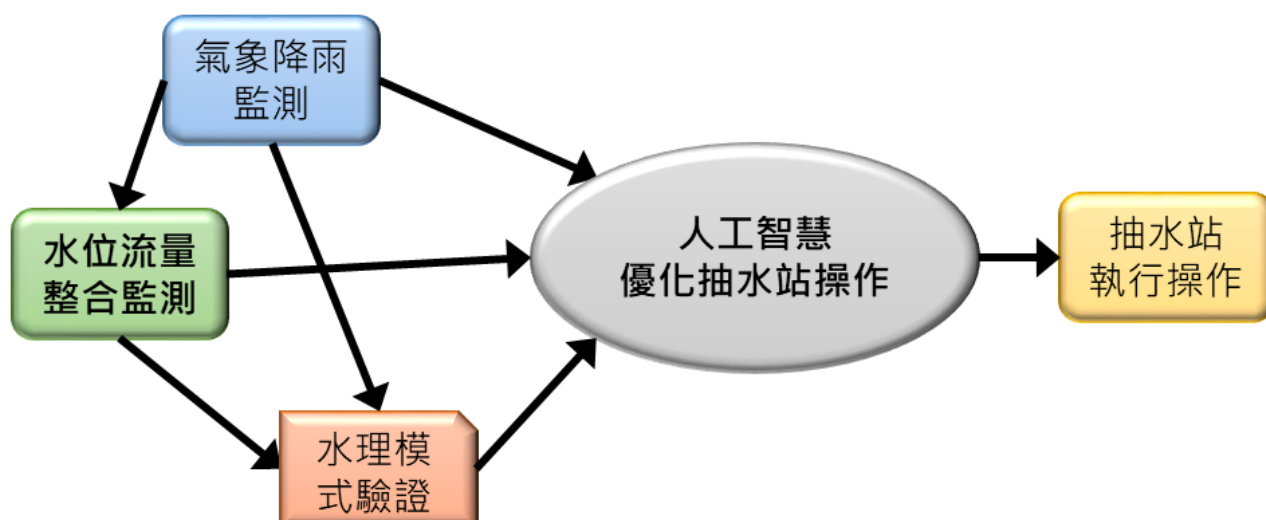
除的因素存在，一旦通洪空間不足加上渠道逆坡影響，暴雨時容易由雨水下水道滿管溢出路面，可發現其排水瓶頸。而透過雨水容受力推估，可以評估出那些路段有排水瓶頸之問題，可規劃工程與創新計畫介入改善排水瓶頸。同時亦可做為面對未來都市極端降雨的淹水災害調適策略之一環。

2. 都市雨水下水道之雨水容受力尚有外水影響與都市計畫區外之排水流入影響。因此，在水文、水理模式評估分析時亦將計畫區外之排水納入考量，以利分析結果能夠與實際狀況一致。
3. 都市智慧防災時，可以針對較低之雨水容受力渠段設置監測設備，以利監控水位狀況，可透過排水系統管網與人為操作設定進行調適策略之改變，藉以減輕淹水發生與縮短淹水時間。

參考文獻

1. Carpenter T. M., Sperflage J. A., Georgakakos K. P., Sweeney T., Fread D. L. National threshold runoff estimation utilizing GIS in support of operational flash flood warning systems. *J. Hydrol* 224:21 – 44 (1999).
2. Clark R. A., Gourley J. J., Flamig Z. L. Hong, Y. and Clark E. CONUS-Wide Evaluation of National Weather Service Flash Flood Guidance Products (2014).
3. Chen C.F. and Liu C. M. The definition of urban stormwater tolerance threshold and its conceptual estimation: An example from Taiwan. *Nat. Hazards*, 73, 173-190 (2014).
4. Dietz M. E. Low impact development practices: a review of current research and recommendations for future directions. *Water Air Soil Pollut* 186:351 – 363 (2007).
5. Georgakakos K. P., Analytical results for operational flash flood guidance, *Journal of Hydrology*, 317, pp. 81-103 (2006).
6. Liu, J.Y., Yang, X.Y., and Ren, S. B. Research on the Impact of Heavy Rainfall Flooding on Urban Traffic Network Based on Road Topology: A Case Study of Xi' an City, China, *Land*. 12(7) (2023).
7. Ma, B. Y., Wu, Z., Wang, H.L. and Guo, Y. Study on the Classification of Urban Waterlogging Rainstorms and Rainfall Thresholds in Cities Lacking Actual Data, *WATER*, 12(12) (2020) .

8. Martina M. L. V., Todini E., Libralon A. A Bayesian decision approach to rainfall thresholds based flood warning, *Hydrol Earth Syst Sci* 10:413 – 42 (2006).
9. Mogil H.M., Monro J.C., Groper H.S. NWS' s flash flood warning and disaster preparedness programs, *Bulletin of the American Meteorological Society* 59, p 690-699 (1978).
10. Schmidt, J. A., Anderson, A. J., Paul, J. H. Spatially-variable, physically-derived flash flood guidance, in: *Preprints, 21st Conf. on Hydrology, San Antonio, TX, Amer. Meteor. Soc. B*, (2007).
11. Seidou O., Ramsay A., Nistor I. Climate change impacts on extreme floods I: combining imperfect deterministic simulations and non-stationary frequency analysis. *Nat Hazards* 61, p647 – 659 (2012).
12. Spyrou, C., Varlas, G., Pappa, A., Mentzafou, A., Katsafados, P., Papadopoulos, A. Implementation of a nowcasting hydrometeorological system for studying flash flood events: the case of Mandra, Greece. *Remote Sensing*, 12, 2784 (2020).
13. United States Environmental Protection Agency (USEPA) Low impact development (LID): a literature review. EPA-841-B-00-005 (2000).
14. Varlas, G., Papadopoulos, A., Papaioannou, G. and Dimitriou, E. Evaluating the forecast skill of a hydrometeorological modelling system in Greece. *Atmosphere*, 12, 902 (2021).



摘要

下水道廠站管理，將逐步朝向智慧水務物聯網發展，雖資訊應用技術發展快速，但不管使用何項 IT 技術，重要的還是不變的目標：使下水道管理更加智慧化、自動化。

日鼎水務與污水廠設計單位美商傑明工程顧問即透過廠站污水處理廠標準維護程序(Standard Maintenance Procedure, SMP)、污水處理廠標準操作程序(Standard Operating Procedure, SOP)，建立資訊化管理系統，使維護管理團隊成員在使用資訊工具的過程中，逐步的達到數位轉型目標，預期能達成廠站永續經營效益。

關鍵字：雨水抽水站、水位流量整合監測、都市排水、智慧防災

水位流量整合監測應用於

雨水抽水站智慧防災之芻議

黃國文¹、穉順忠²、俞維昇³

1.國立臺灣大學水工試驗所 / 技正暨特約研究員

2.國立臺灣大學水工試驗所 / 專案計畫助理研究員

3.崇右影藝科技大學 / 退休校長暨水利工程技師

Abstract

Currently, most rainwater pumping station monitoring systems can only provide water level monitoring information and lack flow monitoring. To enhance the intelligent disaster prevention capabilities of urban drainage systems, this study proposes the idea of using an Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) for forebay flow monitoring. ADCP has extensive application experience in river channel flow monitoring, and its technical reliability and data accuracy have been verified. The integrated monitoring system proposed in this study can monitor both water level and flow simultaneously and can be combined with artificial intelligence technology for intelligent disaster prevention applications. Specifically, through rainfall forecasting and real-time water level and flow data analysis, the system can provide early warnings, giving pumping station operators ample time to prepare for the startup and operation of the pumping station. The implementation of this system will help improve the responsiveness of urban drainage systems, reduce the risk of flooding caused by sudden heavy rainfall, and enhance overall disaster prevention effectiveness. This study proposes an innovative rainwater pumping station monitoring system concept through the integration of ADCP technology flow measurement and water level monitoring, providing a more accurate solution for intelligent disaster prevention, and is expected to significantly improve the response speed and efficiency of urban flood drainage in the future.

Keywords: Rainwater Pumping Station, Integrated Monitoring of Water Level and Flow, Urban Drainage, Smart Disaster Prevention

壹、前言

隨著都市化進程的加速，都市面臨的排水壓力日益增加。特別是極端氣候事件的頻仍，使得都市排水系統在強降雨期間承受著巨大的挑戰。雨水抽水站作為都市防洪排水系統的關鍵設施，其前池水位流量的準確監測對於整個系統的運行至關重要。然而，現階段雨水抽水站前池僅能提供水位監測，缺乏對流量的監測，這限制了防災應變的準確性和及時性。

聲波都普勒流速剖面儀(ADCP)是一種已在河川渠道流量監測中得到廣泛應用且經驗豐富的技術，其高效性和準確性為都市排水系統的流量監測提供了可行的解決方案。本研究提出了一套將 ADCP 技術應用於雨水抽水站前池或進流渠道的流量水位整合監測系統構想，旨在彌補現有監測系統的不足。

透過這一整合監測系統，可以實現對雨水抽水站前池水位和流量的同步監測，並可結合人工智慧技術進行數據分析與預測，從而應用於智慧防災。這不僅能夠提供更為準確的水情預測，還可以提前警示抽水站的操作人員，為抽水站的啟動和操作預留充足的準備時間。此創新構想的實施將大大提升都市排水系統的防災能力，有助於減少淹水風險，保護都市居民的生命財產安全。

貳、都市排水水情監測系統

由於資通訊科技突飛猛進，加上中央政府內政部國土管理署補助各縣市政府積極設置雨水下水道水位監測系統，因此目前國內各縣市都市水情系統正快速建置，若來將有較多監測資料供水理模擬及防災運用。

一、臺北市雨水下水道案例

臺北市政府工務局水利工程處致力於提升都市防洪能力，透過雨水下水道水位監測系統實現精準管理和有效預警（臺北市政府工務局水利工程處，2024）。系統組成與功能包括：

1. 監測設備：雨水下水道水位監測系統包括多種先進設備，如雷達波水位計等，這些設備能夠即時監測下水道內的水位。已自建河川水位監測站 33 處、防汛監測攝影機 81 處、雨量監測站 42 處、雨水下水道監測站 214 處，這些數據透過無線網絡傳輸至中央管理平台，提供即時水情資訊，如圖 1。
2. 預警系統：系統設有自動預警功能，當監測數據顯示水位超過警戒線時，會自動發出預警信息，通知相關部門和市民進行準備。預警系統結合天氣預報數據，能夠提前預測可能的洪水情況，提高應對能力。
3. 數據管理與分析：所有監測數據匯總至中央數據管理平台，利用大數據技



資料來源：臺北市政府工務局水利工程處，2024。

圖 1 臺北市政府工務局水利工程處水情展示系統示意圖

術進行分析。這些數據不僅用於即時監控，還能幫助管理部門制定長期的管理策略。數據分析能夠提供精確的風險評估，幫助決策者制定科學的防洪措施。

- 影像分析技術：系統利用影像分析技術，即時監控下水道水位狀況。這種技術可以捕捉和分析下水道內的水位變化，提供更加全面的數據支持，幫助即時發現異常情況。

臺北市的雨水下水道水位監測系統透過整合物聯網、大數據、影像分析和自動化監控技術，顯著提升了都市的防洪能力和管理效率。即時的數據監測和預警系統確保了市民的安全，減少了洪水風險，為

都市安全重要的一環。

二、新北市雨水下水道及抽水站案例

新北市政府水利局在市區設置了 42 處雨量站和 214 處雨水下水道水位站，這些監測站的資料會即時傳送至新北市水情整合監視系統。這一系統能夠提供各抽水站集水區內的降雨量、下水道水位、河川水位等數據，幫助操作人員或自動化監控系統、即時啟動抽水機組。

在新北市雨水下水道水位監測系統中，水位監測的主要目的是為了預防和應對豪雨和颱風等極端氣候下可能出現的積淹水問題。透過現代化的科技手段，新北市府設立了多個水位監測站，並在抽水

站中引入自動化系統，這不僅提高了應對洪水的效率，也減少了人力需求。

1. 自動化系統的應用：新北市的抽水站大多已建設多年，隨著科技進步和氣候變遷，這些抽水站逐漸更新並配備了自動化監控系統。這些系統能夠根據前池水位自動啟動機組，並通過專用光纖網路進行遠端監控，確保即時響應和運作的準確性。
2. 預抽機制的引入：為了提升抽水站的排水效率，新北市自 2020 年起開始執行預抽機制。在豪大雨事件發生前，抽水站會提前開啟機組進行預抽，以確保抽水站前池水位保持在最低水平，從而在洪水來臨時擁有更大的滯洪空間。這一機制顯著提升了防洪能力，增加了 56 萬公噸的滯洪量，相當於 224 座標準游泳池的水量。
3. 機組更新和維護：新北市每年都會對抽水站的機組進行維護和更新，以確保其正常運作。2023 年，新北市更新了 7 座抽水站的 24 組抽水機組，這些新設備不僅具備更高的效率，還兼具環保概念。例如，新的環保引擎採用了電瓶啟動方式，使啟動機組速度更快，並改用空氣冷卻式，後續維護保養更簡單，成本也較低。
4. 抽水站管理效能的提升：隨著抽水站

自動化系統的不斷完善，新北市已經逐步達成全市抽水站自動化的目標。這些系統通過分析各種降雨模式和調整預警條件參數，使自動化系統更為智慧化。此外，部分抽水站因相鄰集水區雨水下水道系統連通，能夠聯合運轉，相互支援抽排水，這進一步提高了抽水站的運作效能和防汛安全。

新北市持續推動抽水站自動化系統的優化，未來計劃逐步提升全市抽水站的監控系統，採取專業管理方式，以更好地應對極端氣候帶來的挑戰，確保市民的生命財產安全。這些措施不僅能夠提高抽水站的排水效能，也為未來的防洪工作提供了強有力的保障。

參、雨水抽水站操作機制

傳統抽水站操作一般以操作人員依據抽水機組操作機制，如啟抽水位、最高水位、停抽水位及最低水位等數據，再視集水區降雨量及前池水位變化，進行熱機、啟抽及停抽等作業。

臺北市政府工務局水利工程處為提升都市防洪能力，推動抽水站自動化，以應對暴雨和颱風帶來的洪水。該系統透過結合先進的技術手段和管理模式，進行抽水站的智慧化、遠端監控和自動化運行。

臺北市自 2002 年起，開始逐步建置抽水站自動化系統。抽水站自動化的核心是建立中央控制系統及自動運轉程式，使

抽水機能依據前池水位自動啟動。當降雨量達到一定程度時，系統會自動啟動抽水機組，確保排水暢通，有效減少都市積水的風險。

同時，臺北市還利用光纖網路實現遠端監控，確保各抽水站的運轉和警報訊號能即時回傳至分區管理中心和總管理中心進行監控。這種監控系統不僅可以遠程控制設備，還能夠在異常情況發生時及時發出警報，通知相關人員進行應對。

為了進一步提高抽水站的管理效率和安全性，臺北市還引入了即時視訊和安全防護系統。這些系統包括 CCTV 即時影像監控、紅外線偵測器和人體感測器等，確保抽水站區域的安全。同時，總管理中心和市府防汛指揮部可以透過即時視訊系統與各分區中心進行即時通訊，協調防汛作業。

在抽水站自動化管理方面，臺北市進行分區群組管理模式，根據河系、地域及操作特性將全市抽水站分為六個分區，每個分區設有管理中心，負責所轄區域內抽水站的運行和維護。這種群組化管理模式不僅提高了管理效率，還減少了人力需求，強化了應變指揮能力。

目前，臺北市已完成基隆河、淡水河、新店溪、景美溪、雙溪及磺溪等主要河流沿線抽水站的自動化系統建置，實現了全市抽水站的全面自動化管理。透過這

些系統，臺北市能夠更好地應對颱風和暴雨帶來的洪水挑戰，有效保障市民的生命財產安全。

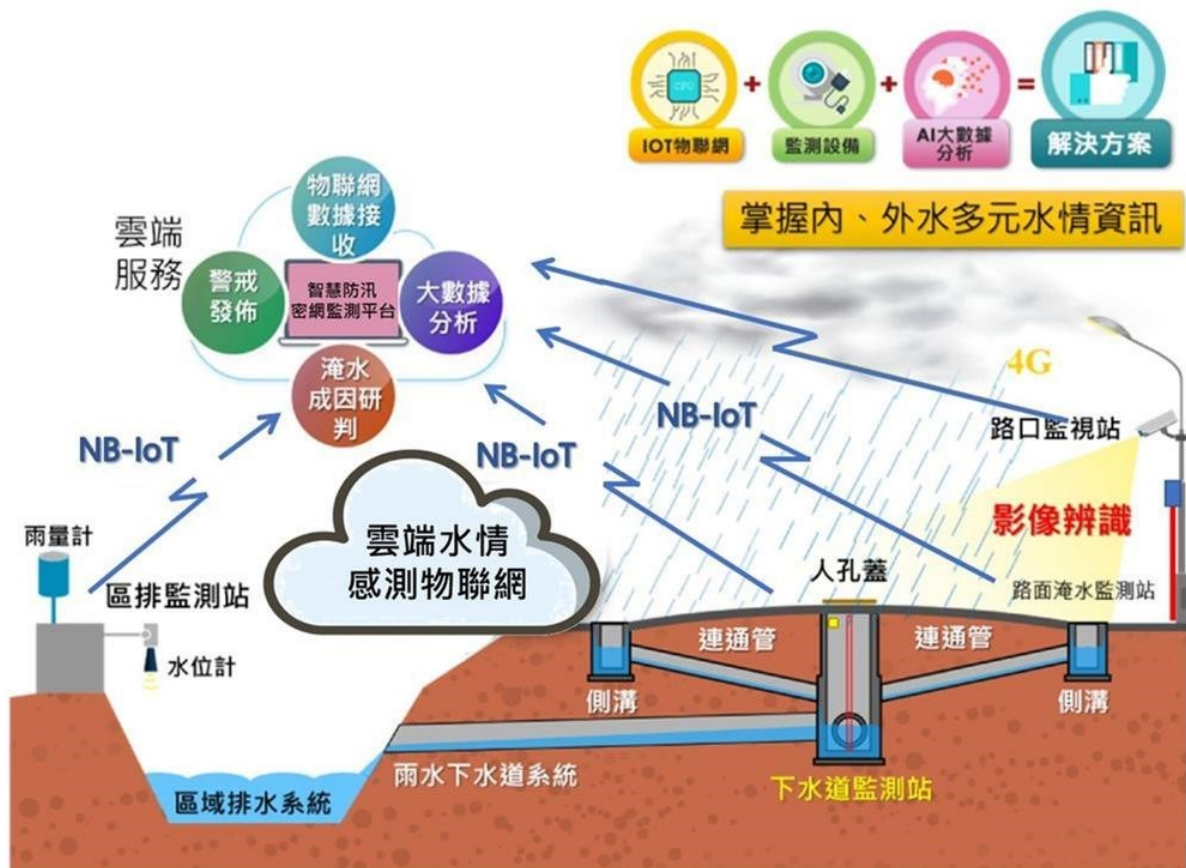
自動化系統的成功運行還得益於持續的技術更新和改進。臺北市水利工程處不斷結合現況進行滾動式改進，透過分析各種降雨模式，利用自適應控制和機器學習等先進技術，靈活調整預警條件的參數，使自動化系統更加智慧化。

肆、都市排水及雨水抽水站防災智慧化發展

近來，由於資訊科技的快速發展，加上中央地方政府大力合作，相關都市排水及雨水抽水站防災智慧化發展亦相當快速。

例如高雄市政府水利局於 111 年推動愛河支線寶珠溝排水「智慧水利監測密網計畫」（高雄市政府，2022），進行高密度感測元件佈建，匯集三維即時水情現況，主要架構如圖 2，建構一個雲端水情感測物聯網系統，用於監控和管理都市排水系統。系統由多個部分組成，各部分透過 NB-IoT 技術進行數據傳輸和交互。

1. 雨量計：用於測量降雨量，數據透過 NB-IoT 傳輸至區排監測站。
2. 水位計：安裝在區排監測站內，監測水位變化。



資料來源：高雄市政府，智慧水利監測密網計畫，111 年。

圖 2 智慧水利監測密網計畫三維防汛架構示意圖

3. 區排監測站：收集雨量計和水位計的數據，透過NB-IoT傳輸到雲端。
- (3)大數據分析：對收集到的數據進行分析。
4. 雲端水情感測物聯網：
 - (1)物聯網數據接收：接收來自各個感測器的數據。
 - (2)警戒發布：在檢測到異常情況時發布警報。
 - (4)積水成因研判：分析積水原因。
 - (5)智慧防汛密網監測平台：提供綜合數據分析和監測服務。
5. 路口監視站：監控路面情況，透過4G傳輸影像數據。

6. 下水道監測站：安裝在下水道中，監測水位。
7. 區域排水系統：透過連通管和側溝連接各個監測站，形成一個完整的排水網絡。

「智慧水利監測密網計畫」主要系統功能包括：

1. 物聯網感測：利用NB-IoT技術進行數據傳輸和監測。
2. 大數據分析：透過AI技術對數據進行深入分析，提供決策支持。
3. 即時監控：利用監視設備和影像辨識技術，即時監控內外水情。
4. 預警系統：根據數據分析結果，及時發布預警信息，減少積水和淹水風險。

此系統可以掌握內外水多元水情資訊，透過雲端服務實現智慧化管理和防汛應對，提升都市排水系統的效率 and 可靠性。

黃建霖等(2012)研發都市排水抽水站即時智慧型操作系統，成果包括：

1. 操作模式實際應用：研發的抽水站抽水機組操作決策模式分別在兩場颱風及兩場暴雨事件上進行了實際應用和測試。測試結果顯示，ANFIS-OPT

操作模式在多數指標上表現最佳。

2. 推估精確度與操作模式：ANFIS-HR 操作模式的推估精確度高，但在歷史操作序列中難免存在不當情形，且應用於實際操作時，可能會出現推估誤差較大的情況，影響操作穩定性。
3. 模型比較：ANFIS-OPT 操作模式在多項評估指標中優於 ANFIS-HR 操作模式和歷史操作，尤其在前池最高水位和最終水位的控制上表現更佳。
4. 研究建議未來能進行事件結束前之入流量和水位的預估，並結合更多的實際操作數據來提升模型的準確性和穩定性。

蔡壹仰(2021)亦以智慧型抽水站操作策略為研究目標，其希望利用人工智慧預報未來 10 到 30 分鐘前池入流量，並搭配非支配排序遺傳演算法(NSGA-III)訂定抽水站最佳操作規則，提供未來 30 分鐘抽水機操作策略。

其以奇岩抽水站和文昌抽水站集水區為應用區域。以多目標演算法(NSGA-III)進行多目標演算，利用評鑑指標 GPSIFF 訂定最佳操作規則。運用類神經網路之支援向量機(SVM)、長短期記憶(LSTM)和深度神經網路(DNN)建立抽水站前池入流量預報模式。

經最佳化操作規則可減少 54%~67%

前池水位震動幅度、22%~24%前池最高水位和 32%~72%抽水機開關次數。DNN 建置的前池入流量預報模式表現最佳，奇岩站未來 10 到 30 分鐘的平均相關係數分別為 0.82、0.69 與 0.52，文昌站為 0.75、0.64 與 0.59。

故建議雨水抽水站最佳化操作規則不僅可減少抽水機的頻繁開啟，延長其壽命，還能預報颱風豪雨期間的入流量，提高抽水機運轉效率，達到防洪減災的效果。

伍、水位流量整合監測技術及應用芻議

由於前述都市水情監測系統中，一般以水位監測為主，並透過雨量、水位、監視系統等資訊配合智慧化系統，進行預警及抽水站即時操作等作業。惟進行預警及智慧化分析時，流量為最重要的水理模式參數之一，因為量測技術較為困難，故發展較緩慢。目前在學術界及產業界推動下，相關技術已趨成熟，已可進行雨下水道或抽水站水位流量整合監測。

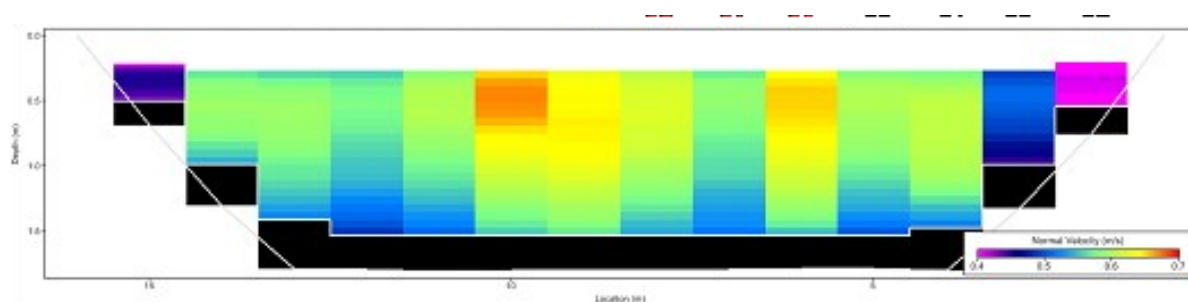
一、水位流量整合監測技術

水位流量整合監測技術在河川或一般渠道已有較多實測經驗，如經濟部水利署(2021)及穠順忠等(2023)皆以成功地完成現地水位流量整合監測。現場流量觀測使用聲波多普勒流速剖面儀 (Acoustic

Doppler Current Profiler, ADCP)，該儀器是 SonTek 公司生產的 RiverSurveyor M9 系統。RiverSurveyor M9 量測流速的原理是由水下的聲波發射端射出聲波，當聲波碰到河川中的懸浮物而反射，此時接收端接收反射波，根據聲波頻率的改變並利用聲波多普勒位移原理計算水流速度。現場觀測時可以得到通水斷面積上每一單元面積的流速，進而計算出整體流量。

在實際操作中，ADCP 被安裝在船形載具上，並於橋梁下游側垂降至水面上。操作人員在橋面上以穩定速度將載具在兩岸間來回拖曳，記錄流速剖面 and 計算流量。以下是使用 ADCP 進行流量測試的實際操作情況：

1. 測站位置斷面資料：建立水位與通水斷面積的函數關係。
2. 現場水位觀測：依據既有水位計監測數據進行分析。
3. 現場流量觀測：依照測站流況變化速率進行觀測，每組觀測操作 ADCP 數趟，並根據美國地質調查所的操作手冊進行資料處理。
4. 流量計算：利用 ADCP 觀測的通水斷面積，各單元之流速，如圖 3，再和水位資料進行積分計算流量。



資料來源：經濟部水利署，2021。

圖3 RiverSurveyor M9 所觀測的通水斷面積流速分佈示意圖

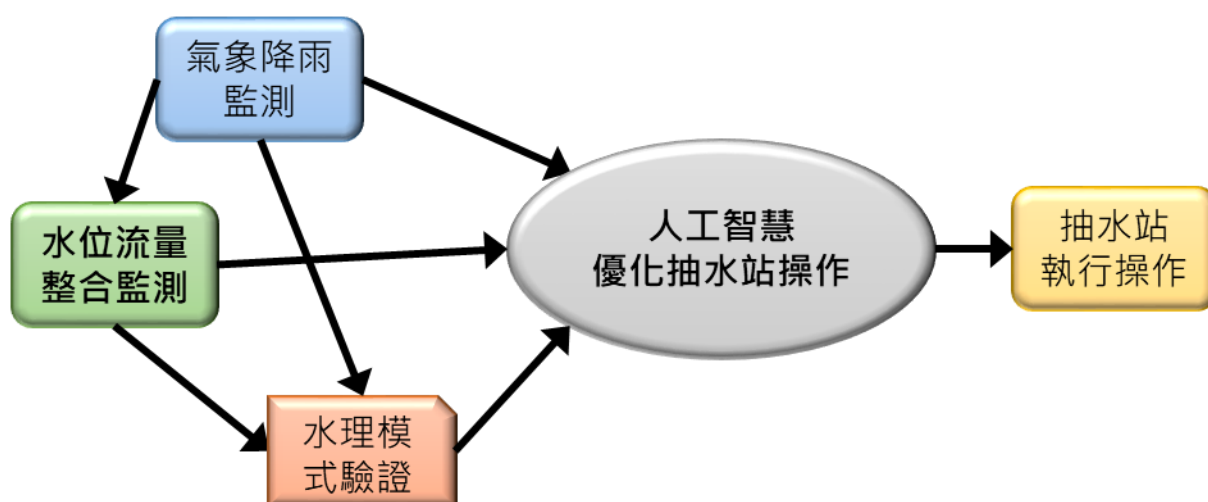


圖4 水位流量整合監測應用於雨水抽水站智慧防災之建議流程圖

二、水位流量整合監測應用芻議

依據前述水位流量整合監測技術及作業方法，建議於雨水下水道及雨水抽水站前池或進流渠道進行不同降雨情境之觀測，包括抽水機運作及不運作條件下，除可建置完整之雨量、水位及流量關係，並可確認抽水機組之抽水效率，以做為抽水機組更新參考。

經前述實測雨量、水位及流量資料率定驗證之都市排水水理模式，將可更精確使用於雨水下水道防汛管理，以及智慧化操作抽水站及防災使用，如圖4。

陸、結論與建議

1. 提升都市排水系統智慧防災能力：利用聲波多普勒流速剖面儀(ADCP)進

行流量監測，結合水位監測技術，能夠實現雨水抽水站前池水位和流量的同步監測。這一整合監測系統可以提供更準確的水情數據，有助於提前預警，為抽水站的操作人員提供充足的準備時間，提升防災應變能力。

2. 水理模式提升準確性之驗證：ADCP 技術在河川渠道流量監測中已有豐富的應用經驗，其技術可靠性和數據準確性得到了充分驗證。應用於雨水抽水站監測系統中，同樣能夠提供精確的流量數據，彌補現有監測系統的不足，提高監測及水理模式驗證的全面性和準確性。
3. 智慧防災應用的實現：透過雨量預報和即時水位、流量數據分析，整合監測系統能夠提前發出預警，幫助操作人員在強降雨或洪水來臨前做好準備，減少因突發性強降雨引起的淹水風險，提升都市排水系統的防災效能。
4. 減少淹水風險：透過整合監測技術，可以更精確地預測水情變化，提前採取應對措施，有效減少淹水風險。這對於保障都市居民的生命財產安全具有重要意義，為智慧防災提供了更精確的解決方案。
5. 推廣整合監測技術：建議在更多雨水抽水站和下水道中推廣應用水位流量

整合監測技術。通過引入 ADCP 等先進技術，實現對水位和流量的同步監測，提供更全面的水情數據，幫助管理部門制定科學的防洪措施。

6. 結合人工智慧技術進行數據分析：建議結合人工智慧技術，對雨量、水位和流量數據進行深入分析，提升預警系統的準確性和時效性。通過智能數據分析，能夠更精確地預測未來水情變化，提前發出預警訊息，為防洪應對提供強有力的科學數據。
7. 以 ADCP 量測抽水站前池流量時，建議可加測不同位置之流速剖面，建置抽水站前池不同流量之流場，以利進一步分析並提升前池水理順暢度及抽水機抽水效率。

參考文獻

1. 經濟部水利署，雷達波表面流速儀觀測效能之改善與提升，，2021 年 12 月。
2. 機順忠、黃國文、張向寬、吳一平，颱風期間河川流量觀測與推估作業之調適改善研究，中國土木水利工程學刊，第三十五卷第一期，P. 69-77，2023。
3. 蔡壹仰，智慧型抽水站操作策略，國立臺灣大學土木工程學系碩士論文，110 年 08 月。

4. 黃建霖、徐年盛、魏志強，智慧型都市排水抽水站即時操作系統之研發，農業工程學報，第 58 卷第 3 期，2012 年 9 月。
5. 高雄市政府，智慧水利監測密網計畫，<https://wrb.kcg.gov.tw/ActivitiesDetailC001100.aspx?Cond=ae4a2ee2-5de9-431c-b65b-ae9ae20ec74f>，111 年。
6. 臺北市政府工務局水利工程處，網頁資料 <https://heo.gov.taipei/cp.aspx?n=4B8E4298B8A14F74>，2024。
7. 新北市政府水利局，2023 新北市政府水利局年報，2024。



摘要

下水道系統建設為評估國家發展程度重要指標之一，然而近代於下水道管理議題所面臨之挑戰漸趨複雜與龐大，如下水道系統老化、氣候變遷衝擊、自然災害整合防治、建設維護經費不足、大數據蒐集與分析應用等...。本研究彙整歐美學術期刊與日本科研計畫之最新相關研究，美國德州大學研究彙整現有下水道基礎設施所面臨之重要挑戰議題，並針對每個議題提出對應改善策略建議，包括預防性與修正性策略，以作為改善傳統下水道管理策略效率之參考。而水資源管理期刊收錄研究則指出可應用適應性水管理與智慧水管理等技術，以強化水資源基礎設施對氣候變遷衝擊之調適能力，如智能水表技術、智能監測技術、智能傳輸技術以及智能分析與控制技術等技術，可優化水資源分配效率及即時因應能力，顯著提升水資源安全程度。日本科研計畫則研發應用 AI 技術來快速分析下水道之異常現象，以快速偵測管道可能異常情形判釋，利用各項數據以進行綜合判斷，以作為因應措施之依據，研究以橫濱市下水道系統驗證技術之可行性，結果顯示在 AI 判釋結果為檢測率可達 90%，成功的快速偵測到系統之異常現象。藉由本研究所蒐集彙整之最新研究，可做為國內下水道系統未來處理升級或程序優化之參考，以持續提升系統對於自然災害之因應能力。

關鍵字：下水道系統、AI、災害預防

1.國立中興大學環境工程學系 / 助理教授

2.中原大學環境工程學系 / 助理教授

智慧管理技術應用於下水道系統異常判定
與水資源管理之技術研析

陳浸煊¹、蔡大偉²

Abstract

The construction of sewer systems is one of the key indicators for assessing a nation's level of development. However, modern challenges in sewer management are becoming increasingly complex and vast, including of aging infrastructure, the impact of climate change, integration of disaster prevention, insufficient funding for construction and maintenance, and the application of big data collection and analysis. This study compiles the latest research from European and American academic journals, as well as Japanese scientific projects. Research from the University of Texas outlines the major challenges facing current sewer infrastructure and provides corresponding improvement strategy recommendations for each issue, including both preventive and corrective strategies, aimed at improving the efficiency of traditional sewer management strategies. Additionally, research from the *Water Resources Management* journal highlights the use of adaptive water management and smart water management technologies to enhance infrastructure's resilience to the impacts of climate change. Technologies such as smart meters, intelligent monitoring, smart transmission, and smart analysis and control systems can optimize water resource allocation and real-time response capabilities, significantly improving water security. Japanese scientific projects have developed AI technologies to quickly analyze anomalies in sewer systems, detecting potential issues rapidly and using various data to make comprehensive judgments for informed decision-making. The feasibility of this technology was verified in Yokohama's sewer system, showing a detection rate of up to 90%, successfully identifying system abnormalities swiftly. The findings of this study can serve as a reference for upgrading and optimizing domestic sewer systems, continuously improving their resilience capability to natural disasters.

Keywords: sewage system, AI, disaster prevention

壹、前言

先進國家在持續推動下水道建設計畫下，下水道系統管路總長不斷累積，導致不僅管理的設施量龐大，而且設施也將出現逐漸老化現象。因此下水道所引起的道路塌陷事故、自然災害事件已逐漸成為嚴重的社會問題。此外，由於人口減少、政府經費有限和職員數量逐步降低等因素，都會影響到下水道系統整體管理效能，因此有效且高效的維護和管理設施成為了當務之急。鑒於這種情況，應用最新發展科技提升管理效率已成重要世界趨勢，如透過多樣化利用資訊與通信科技 (Information and Communication Technology, ICT)、人工智慧 (artificial intelligence, AI) 來達到高效、有效且安全的下水道事業未來願景和具體行動。在水資源管理的領域中，下水道系統智慧防災即為其中關鍵項目之一。

本研究彙整國際重要學術單位之最新研究成果，以供國內下水道系統面對自然災害下操作優化之參考。研究中共計彙整美國德州大學、美國水資源管理期刊等重要研究，以及日本國家 B-DASH (Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High Technology) 計畫實廠應用技術研發成果。在美國德州大學的研究中，團隊彙整下水道基礎設施重要管理議題，並提出對應管理策略建議，以作為未來下水道管理策略之參考。在水資源管理期刊研

究中，該團隊嘗試整理近年水資源管理策略發展趨勢，並說明智慧水管理最新發展情形與未來趨勢。在日本的研究中，則是應用 AI 技術強化進行下水道異常之判定能力，以進行提早因應降低災害發生機率。

貳、研究方法

本研究透過彙整國際代表性重要學術單位之最新研究成果，包括美國德州大學、美國水資源管理期刊，以及日本最新科研成果，研究最新有關應用 AI 技術與智慧水管理策略提升下水道系統防災能力相關研究，分別以各組織所發表之代表性期刊學術文章作為蒐集範圍進行研析，並參考等日本企業界重要技術研發相關成果如日本工営株式会社期刊等技術刊物，可提供做為國內後續下水道系統提升防災因應能力或是新建處理設施之參考。

參、研究成果分析

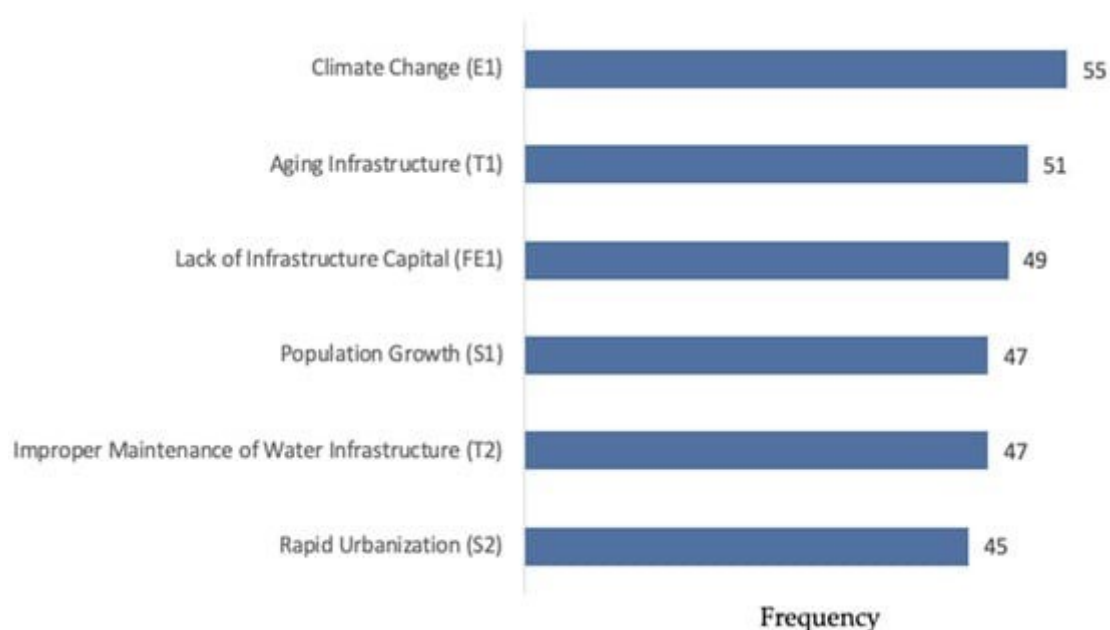
一、德州大學發表研究成果

根據該研究成果指出，飲用水和下水道系統基礎設施復原力之挑戰可以分為五大面向。第一面向為環境，主要挑戰為氣候變遷，以及其所帶來的暴雨事件與洪水衝擊。第二面向為基礎設施及技術，主要為老化的基礎設施與其維護之需求在各國直接造成水資源系統管理巨大的阻礙。不良的維護計畫可能會給用水者和監管者帶來外部危險，因此必須將適當的基礎設施

管理和維護視為飲用水和下水道基礎設施面臨的重大挑戰之一。技術面則為廢污水污染物質漸趨複雜，提高妥當處理之難度。第三面向為社會，主要有入口快速增長、都市化速度快速、一般民眾基礎認知不足及缺乏充足社區參與等挑戰。第四面向為組織，最常被提及的是缺乏資料可靠性、品質和可應用性；此外，缺乏永續性和系統規劃是常被提及的障礙，因為規劃過程中的失敗可能會導致負面效果。第五面向為經濟，缺乏基礎設施投資資本是最常被提及的經濟障礙，另外低收入族群無法獲得良好基礎設施服務亦常被列入重要考量。整體而言，根據該研究調查學術界在各面向最常被指出的重要挑戰議題中

（依據被指出的頻率），氣候變遷、基礎設施老化、缺乏建設投資、人口成長、基礎設施維護不足、快速都市化為目前在推動永續水資源設施中最被注重的議題，如圖 1 所示。

根據上述的挑戰，可以實施適當的策略和方法，以增強飲用水和下水道基礎設施的恢復能力。可在災難發生前採取預防策略，災難發生後採取修正措施。在現有的研究中被認為有效的 30 種策略和方法中，根據實施時間，17 種被歸類為預防性策略和方法，而其他 13 種策略和方法被歸類為修正性策略和方法。表 1 列出 30 種策略和方法的應用、實施時間以及相



資料來源：Pamidimukkala et al., 2021.

圖 1 推動永續水資源設施最重要的挑戰

表 1 各類型水資源議題之管理策略與方法建議

項次	策略或方法	類型	對應議題
1	地理資訊系統	預防	技術
2	檢視管理技術決策	修正	環境
3	瑪麗·道格拉斯的文化理論	預防	組織
4	災害整備教育	預防	社會、組織、經濟
5	SYNOPSIS software	修正	組織
6	都市水資源規劃與決策	預防	社會、經濟
7	脆弱性地圖	預防	組織
8	環境保護體系網絡	預防	技術
9	貝葉斯網絡(Bayesian network)	修正	組織
10	蒙地卡羅模擬	修正	組織
11	社會生態系統方法	預防	環境
12	空間模式	修正	環境
13	水管理介入框架	預防	技術、組織
14	超濾薄膜技術	修正	環境
15	水資源網絡韌性工具	預防	技術、組織
16	基礎設施韌性意識與媒體的角色	預防	技術、社會、組織
17	利害關係者共同合作	修正	經濟
18	基礎設施的保護、安置與再處理	修正	技術
19	深根型自然植物與農作物的種植	預防	環境
20	最小化養分流失、土壤侵蝕及農藥使用	預防	環境
21	資本投資	修正	技術、經濟
22	管制排入下水道污染物質	預防	組織
23	民眾參與	修正	社會、組織
24	全面分析污染負荷和淹水情況	修正	環境
25	強化水資源儲存能力	預防	環境
26	實施綠色基礎建設	預防	環境
27	應用水池與砂濾設施	預防	環境、技術
28	制定合適政策與措施	預防	技術、組織
29	持續性社區參與	修正	社會
30	正確永續系統規劃	修正	組織

資料來源：Pamidimukkala et al., 2021.

關挑戰等資訊。其中地理資訊系統 (GIS) 透過轉換和整合地理資料和價值判斷，在防止基礎設施老化、基礎設施跨學科性質和物理威脅的挑戰可發揮重要的功能。GIS 可應用於對下水道基礎設施的形狀、年齡和狀況進行分類，並為管理人員和工程師提供屬性的圖形表示。它還可用於支援廢水處理系統和當地條件，以及定義系統中最脆弱的沙井和管道。根據預測，廢水和污水處理設施的 GIS 解決方案將在未來成為常態。

檢查管理技術決策是一項修正行動，旨在應對氣候變遷、乾旱、地震以及直接和間接缺水等挑戰。由於我們通常無法預見自然災害及其嚴重程度，因此為任何類型的災害做好準備至關重要，而建造永續且有彈性的污水處理設施至關重要。為了評估復原力，必須檢查有關水資源和衛生服務管理技術和技術的決策的敏感性和適應能力。

對民眾進行災害應變和復原策略的教育，有助於防止社區缺乏信任、負面公眾輿論和合格人力資源數量不足等問題。由於民眾缺乏對災害的認識和瞭解是潛在的挑戰之一，因此採取措施對人們進行災害應對和復原方面的教育至關重要，因為瞭解可用資源以及如何獲取這些資源，將有助於民眾強化能夠應對災害災難的因應與復原能力。

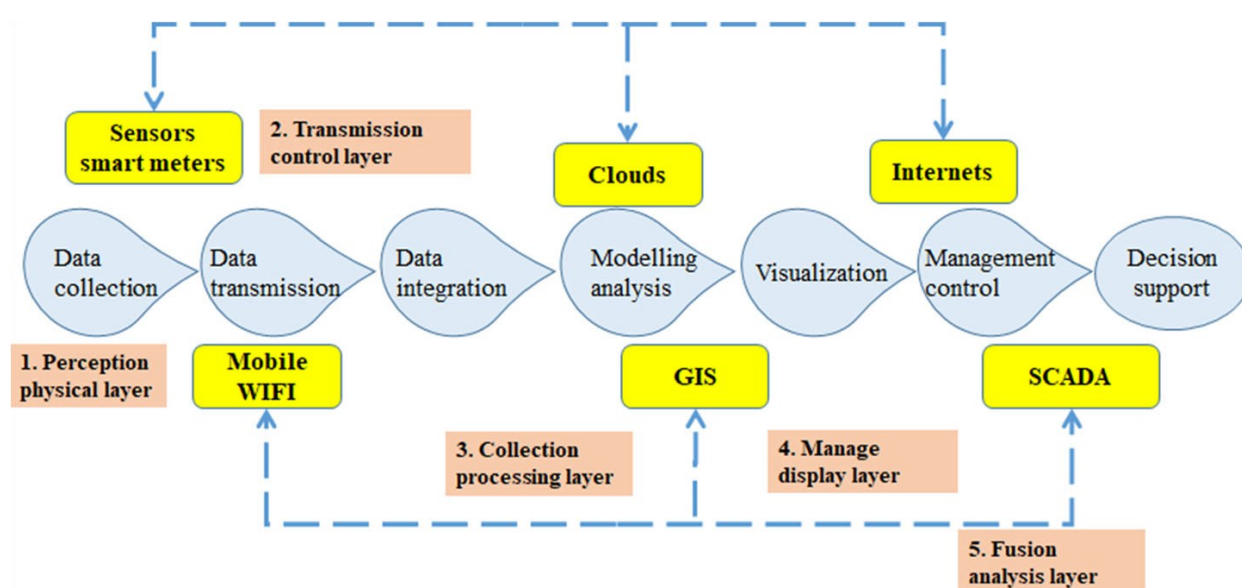
二、美國水資源管理期刊發表研究成果

美國水資源管理期刊收錄了智慧水管理的近年研究成果，研究中提及水資源安全(Water Security, WS)在 2000 年世界水論壇首次被提出後，已逐漸形成世界主要趨勢之一，雖然各國依自身發展與環境特性，或是學術界依據不同領域專長有不同的解釋，基本上大致可總結為(1)保護生態與人類社會朝向永續發展、(2)水量、水質、自然災害防治為主要保護目標與(3)水資源安全依據不同背景環境條件所著重重點有所不同。該研究主要為以技術與工程的觀點，彙整現有強化水資源安全的相關管理方法，尤其是現代水資源安全已與都市水安全有緊密連結，被視為實現都市水安全的重要工具(Gerlak and Mukhtarov, 2015 ; Zeitoun et al., 2016)。綜觀近代水資源安全技術發展，逐漸發展出新的方向，稱為適應性水資源管理(adaptive water management, AWM)，源於對氣候變遷的“適應”需求，以及持續靈活地適應和應對水動力因素和不確定性的必要性。AWM 的本質依賴於實時數據的監測以及高科技技能和設備，以有效管理水資源。此外，監測的高成本和無法提供快速結果是 AWM 的限制。同時，基於智能技術的智慧水管理(smart water management, SWM)方法也隨之快速發展，利用大數據技術和信息通信技術(information communication technology, ICT)來克服 AWM 的不足，優化水資源分配過程，對未來水資源安全管理的目標至為重要。

都市水安全一般可簡單劃分為三個領域：水資源安全、水環境安全與水災害安全，SWM 技術為協助達到水資源安全的重要工具，其目標是創建一個綜合的智能水系統，幫助我們明智地使用水資源，主要體現在四個面向：1. 有效測量可用的水資源；2. 自動監測何時何地需要水；3. 通過分析確定各個部門所需的水量；4. 從收集的信息中解讀並做出智能決策。其特點為能實現快速且智能的反應。例如，當某處發生漏水事件，控制中心將會控制事故現場的水壓，甚至改變流量路徑。考慮到 AWM 的原則，其核心旨在強調在面對不確定性時，提供不同水策略的適應性和靈活性，以及如何應對變化的情況，提高水資源管理的智慧和效率。SWM 基本

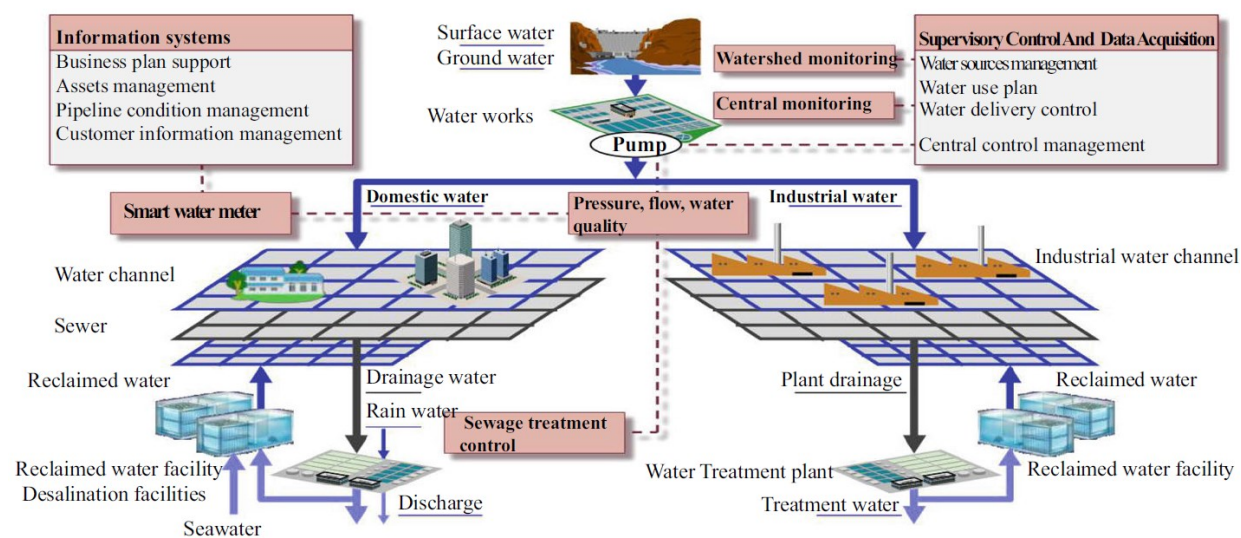
概念與架構可如圖 2 所示，可區分為感知物理層、傳輸控制層、收集處理層、管理顯示層與融合分析層，實際應用上可如範例圖 3 所示，相關系統主要可分為水源系統、水使用系統和污水處理系統。ICT 技術應用於整個系統，包括資訊系統和 SCADA 系統。資訊系統主要管理基礎設施的運營信息和客戶信息，SCADA 系統則監控和控制從取水到排放的整個過程。在水廠取水的過程中，已安裝智能泵、智能水表和智能閥門，這些智能設備用於在水資源進入使用系統之前獲取水壓、流量和水質數據，同時污染傳感器被用來監測水質。

目前智慧水管理系統最為成熟的都市案例為澳洲昆士蘭與新加坡(Lee et al. 20



資料來源: Su et al., 2020.

圖 2 智慧水管理架構示意圖



資料來源: Su et al., 2020.

圖 3 智慧水管理實際應用示意圖

14) 其他國家也在積極發展智慧水管理，例如韓國的智慧水網研究和美國的國家智慧水網(NSWG)計畫。在昆士蘭水網的案例中學到的經驗是需要連接供水系統、水儲存系統、水輸送系統和污水處理系統，這是建立智慧水管理系統的基礎。而從新加坡的案例中學到的經驗是建設智慧水管理系統需要經過三個階段：第一階段是資產管理，主要解決數據挖掘、數據庫整合和風險管理問題；第二階段是流程應用，主要集中於實時監測和預測措施的問題；第三階段的核心是客戶參與和互動問題。

在 SWM 的發展和智慧水網的建設未來主要面臨四個主要問題。首先，政府尚未充分動員公眾參與 SWM 項目，民眾對

這項技術和水資源保護的認識不足，如有些案例民眾認為由於智慧水表使用無線頻率，所以智慧水設備可能會引起健康問題。第二，最重要的問題是需要足夠的資金和投資來實施 SWM 技術。此外，升級和維護現有基礎設施，包括改善供水系統、水儲存和處理設施以及水分配和運輸，也需要高昂的成本。第三，經濟約束問題。將 SWM 應用於提高水效率的投資需要更長的回報期，這對小型水務公司來說是一個巨大的挑戰。雖然實現 SWM 對整個社會是有利的，但從水務公司的角度來看，這僅僅是額外的成本和負擔。第四，在 SWM 方法中，災害對智慧水網的影響程度是不確定的。智慧水網在面對自然災害事件時是脆弱的。洪水、乾旱和森

林火災等事件會影響智慧水管理系統安全性與可靠度。

智慧水網的建立是 SWM 的基礎，智慧水網的規模取決於從中央系統到網絡中接收器的信號距離。為了降低資本和運營成本，信號的距離應盡可能短。因此，應在適當的端點安裝信號接收器，特別是在農村地區，而在都市地區的數據傳輸也需要防止信號之間的相互干擾。此外，水資源基礎設施的功能應加強，因為智慧水網無法取代基本的基礎設施。在全球化的背景下，由於 SWM 相對仍是一個發展中的技術，建議各國發展 SWM 採用相互交流與合作的模式，已發展國家轉移成熟的水管理技術並合作建立一個通用標準的智慧水網系統，而發展中國家則以建立公平健全的市場機制和商業模式為重點，將可有效的加速 SWM 良好發展前景的實現。另一方面，面對 SWM 發展的四大挑戰，第一是必須增加民眾參與及反饋，這一因素對 SWM 的成功實施至關重要。技術必須不斷與民眾溝通與邀請參與，以讓民眾能夠更快適應並接受這項新技術，而不會造成誤解。第二個方面資金議題，一般在智慧水網的早期建設階段，大量的資本投資仍然依賴於政府部門，而在運營和維護階段則可以嘗試從社會市場和其他渠道籌集資金(Cheong et al., 2016)。第三是政策激勵，SWM 涉及一系列具有巨大潛力的新技術，建議政府、社會和個人應該為智慧水網的發展創造有利環境，充分利用市

場激勵，並提供政策支持。最後是技術面向，應持續支持探索適應性技術，以強化避免自然災害衝擊。並開發更多智能產品和服務，以滿足不同水資源基礎設施的需求。“智能化”的實施是水資源管理的一大步，對未來水資源的不確定性和變異性具有重要意義。

三、日本重要企業發表研究成果

該報告日本橫濱市在擁有約 12,000 公里龐大的下水道管路設施的情況下，為配合清掃作業而引入的噴嘴型攝影機(篩選調查技術)，以及進一步提高效率的「AI 異常判定支援應用程式」，介紹這些技術迄今為止的成效和未來的展望。

(一) 橫濱市的篩選調查

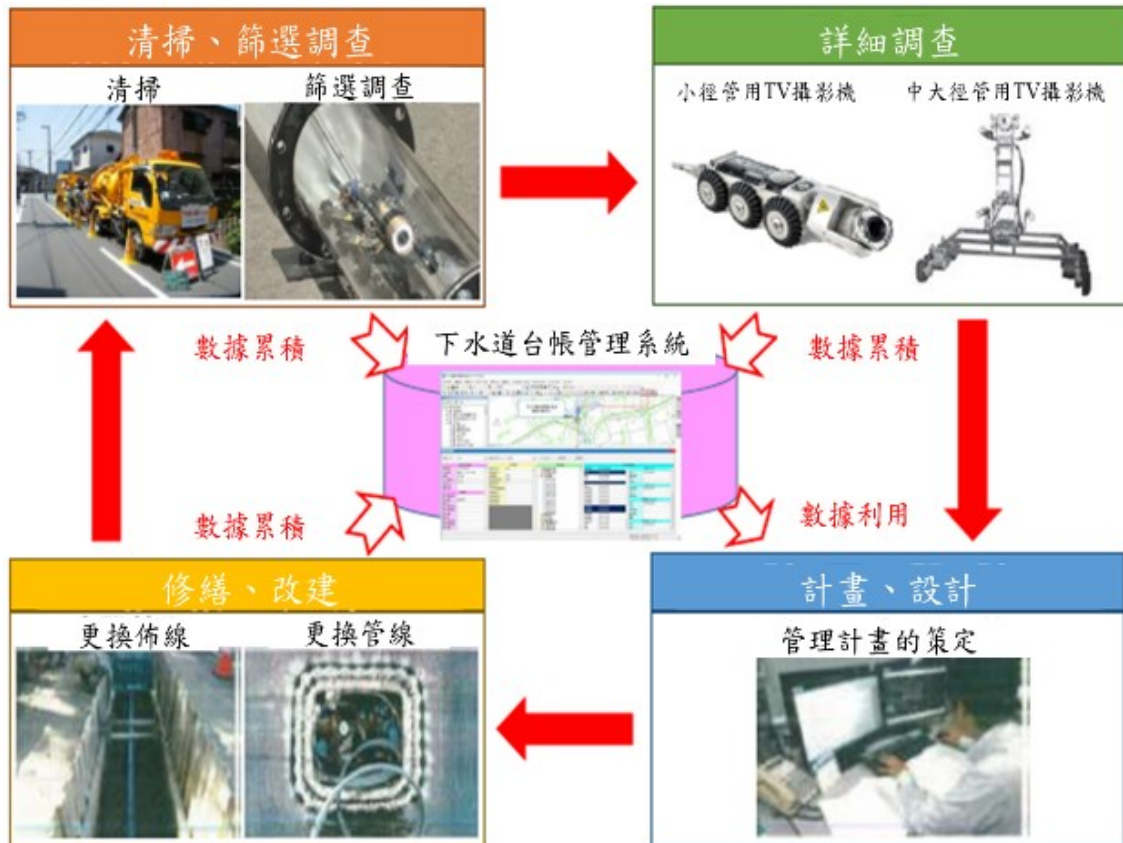
1. 調查方法

在橫濱市，作為使用 TV 攝影車進行詳細調查的前段，利用管渠清洗時產生的高壓噴射流，並在噴頭上安裝帶有車輪的攝影機，同時進行管渠清洗和調查，這一技術被稱為「噴嘴型攝影機」，用來進行篩選調查（參見圖 4）。透過導入此項技術，可以有效地掌握管渠內的狀態，早期發現破損等異常情況以及需要緊急修繕和清洗的部分，並且能夠更精確地篩選出需要詳細調查的部分。另外，篩選調查得到的結果也成為橫濱市的資產管理計劃及計劃性和高效維護管理循環的起點（參見圖 5）。篩選調查從 2018 年度開始，過



資料來源：一言正之等，2020。

圖4 噴嘴型攝影機



資料來源：橫濱市網站（下水道管路設施的維護管理狀況）。

圖5 橫濱市維護管理循環示意圖

去 3 年間已完成約 3,600 公里的調查，但要調查全橫濱市區域，未來還需要進一步提高調查效率。

2. 判定基準

篩選調查中的異常項目和等級是根據橫濱市所制定的詳細調查標準（參見表 2）。根據這些標準，進行調查的業者會對 A 級和 B 級的異常進行判定，並將其

分為以下四項進行報告：①緊急工程、②緊急清掃、③需詳細調查、④繼續進行狀態監控。因此，在篩選調查中，需要準確判定 A 級和 B 級異常。

3. 篩選調查中的現狀課題

在進行篩選調查時，異常判定作業為了提高現場作業效率，會與詳細調查不同，調查現場獲得的影像數據會保存到 U

表 2 篩選調查的異常項目(一部分)和排名

No	異常項目	A	B	C
1	管的破損及軸方向裂縫	缺損或軸方向的裂縫(5mm 以上)或孔狀破損・鋼筋外露	局部缺損或軸方向的裂縫(2mm 以上 5mm 未滿)	小缺損或軸方向的裂縫(2mm 未滿)
2	管的圓周方向裂縫	圓周方向(環狀)的裂縫(5mm 以上且超過 2/3)	圓周方向(環狀)的裂縫(2mm 以上 5mm 未滿且超過 2/3)	圓周方向(環狀)的裂縫(2mm 未滿)
3	接縫不良	脫落(管徑的 1/2 以上)	部分脫落(承口的 1/2 以上)	接縫不良
4	彎曲	流動不良(管徑的 1/2 以上)	管徑的 1/4 以上 1/2 未滿	管徑的 1/4 未滿
5	下垂/逆坡度	下垂、流動不良	管徑的 1/4 以上 1/2 未滿	管徑的 1/4 未滿
6	存在橫向管	全部屬於 A 等級		
7	接管突出	管徑的 1/2 以上	管徑的 1/10 以上 1/2 未滿	管徑的 1/10 未滿
8	有異物入侵	除污物外的閉塞	障礙物與其他物體纏繞	作為單體的障礙物
9	腐蝕/沖刷	鋼筋外露	骨材外露	除 A、B 等級外的腐蝕
10	滲水	噴出或滲入斷面擴大	流動	滲透

SB 記憶體中，並帶回辦公室進行判定。在辦公室內，技師會播放拍攝的影像，並在疑似異常的地方反覆暫停、截圖和播放，這些操作需要花費數小時的作業時間。另外，由於技師經驗的差異，異常判定結果可能會產生不一致性，這也是一個課題。

(二) AI 異常判定

1. 類神經網路模型與訓練數據

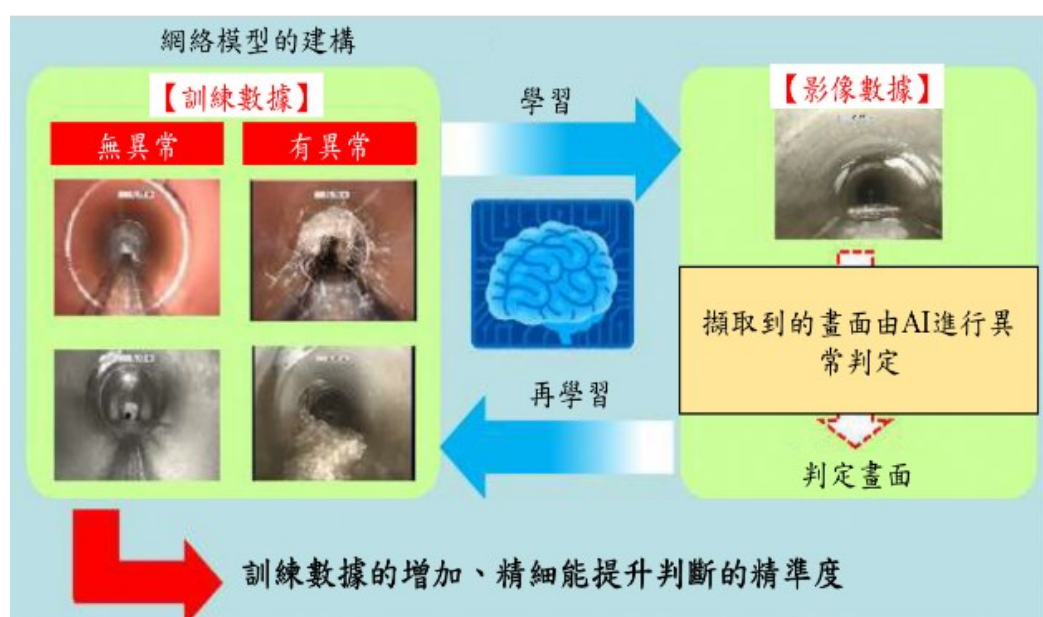
在 AI 異常判定支援應用中，正在研究適用稱為卷積神經網路(Convolutional Neural Network: CNN)的模型，該模型將圖像數值化並進行特徵檢測。為了構建 CNN 模型，本研究使用了由橫濱市提供的噴嘴攝像頭影像和異常部位拍攝的圖

像作為訓練數據。此外，為了判定異常是否存在，還混合了從噴嘴攝像頭影像中截取的正常部位圖像。另外，本研究將數據分為訓練用和驗證用，透過交叉驗證來防止過度擬合。

2. 評估方法

評估將使用 2013 年度的 B-DASH 採用的檢測率作為指標。該指標的計算公式如下，用於評估應用程式對異常部位的檢測能力。檢出率（也稱為再現率）的計算方式如下：

$$\text{檢出率 (再現率) (\%)} = \frac{\text{應用程式檢測到的異常數(排除錯誤檢測)}}{\text{傳統技術檢測到的異常部位數}}$$



資料來源：一言正之等，2020。

圖 6 網絡模型的建構方法

3. 期待的效果

透過 AI 的異常判定，能夠在比實際動畫播放時間更短的時間內生成判定結果，而無需進行暫停、截圖和重播，從而可以縮短調查執行者的工作時間。透過縮短工作時間，可以減少勞動成本，並將內部工作時間的減少部分用於外部調查時間，從而提高調查效率。此外，透過消除技師之間的經驗差異以及承包商之間的技能差異（異常判定水準），可以達到異常判定水準的統一化，進一步提高管理週期的效率。

（三）AI 異常判斷支援應用中訓練數據的創建和判斷結果

1. 訓練數據的設定

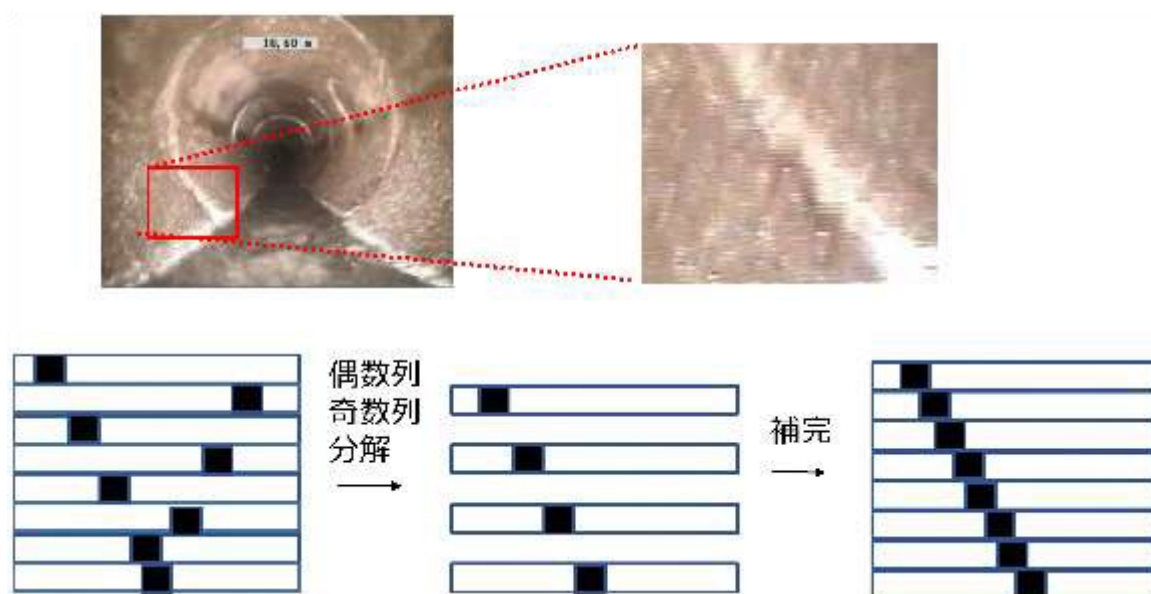
AI 的異常判定結果受到訓練數據的極大影響。以下是訓練數據的設置方式：

（1）圖像前處理

噴嘴攝影機所收集的影像為 NTSC（NTSC：National Television System Committee：類比圖像），由於奇數列和偶數列之間存在時間偏移，圖像會變得模糊。因此，我們對圖像進行了數字處理和補充（參見圖 7）。另外還利用了數據擴增技術(Data Augmentation)，透過將圖像上下左右翻轉來增加訓練數據。

（2）根據管道類型分類

由於下水道管道的異常傾向因管道類型而異，因此針對不同管道（陶管、混凝



資料來源：Acuity Inc.

圖 7 NTSC (類比圖像) 的補充

土管、PVC 管) 創建 CNN 模型。首先，從早期進行篩查調查的陶管開始創建 CNN 模型。

(3) 異常的分類

初步的 CNN 模型將每個異常項目大略分為 normal、crack、other 三種類型(參見表3)。目前，陶管的 CNN 模型僅使用了等級 A 異常的訓練數據。未來，將努力增加訓練數據，並創建可以判定各異常項目的 CNN 模型。

(4) 訓練數據的數量

一般來說，增加訓練數據的數量(約 1,000 張影像)以及使每個判定項目的圖片數量保持一致，對提高圖像判定的準確性相當重要。目前，陶管的 CNN 模型中，normal、crack、other 的圖像數量分別約為 800 至 900 張(參見表4)。訓練數據使用了 2018 年至 2020 年上半年的調查結果。

表3 訓練數據內容(陶管 CNN 模型)

異常項目	網絡模型上的異常分類方法	張數
無異常	normal	901
管的破損及軸方向裂縫	crack	834
管的圓周方向裂縫		
接縫不良	other	790
彎曲		
有異物入侵		
滲水		
砂石/垃圾		
樹枝		
堆積物		
變形		
游離石灰		
包材脫落		

資料來源：一言正之等，2020。

*由於這是一個初始模型，訓練資料僅有 A 級異常。

*不包括訓練資料很少的異常項目。

表 4 判定結果

判定結果									
		影片 1	影片 2	影片 3	影片 4	影片 5	影片 6	影片 7	合計
延長		15.6m	15m	24.7m	15.2m	26.5m	27.2m	14.9m	
閾值		0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
主要異常		等級 A	破損 AB	破損 B 接管 B	等級 A 破損 A	等級 A	異物入侵 A	樹枝 A	
判定結果	檢出數	1	1	2	1	8	1	4	18
	異常數	1	2	3	1	8	1	4	20
	檢出率	100%	50%	67%	100%	100%	100%	100%	90%
判斷傾向		檢出率 100% 將接縫誤判為裂痕？	忽略了 B 破損的一處。將正常零件誤判為其他零件	忽略了 B 破損的一處。	檢出率 100%	檢出率 100% 將接縫誤判為裂痕？	檢出率 100% 將接縫誤判為裂痕？	檢出率 100% 將接縫誤判為裂痕？	

資料來源：一言正之等，2020。



資料來源：一言正之等，2020。

圖 8 正常管線的水痕與髒污

2. 訓練數據的設定

根據檢出率(再現率)的判定結果如表4所示。閾值設定為0.8時檢出率最高,使得異常判定在相對高準確度(可信度)的狀態下進行。結果顯示,沒有遺漏A級異常,檢出率達到了90%。然而,在影片2、3中有遺漏了B級破損,這可能是因為訓練資料中缺乏B級和C級異常,只有A級異常被納入了CNN模型的訓練。此外,在影片1、5、6、7中也出現了將接縫判斷為裂縫的錯誤。

(四) 未來的展望

1. 判定精準度的提升

目前,檢出率接近100%,幾乎沒有遺漏的異常地點。再現率和精準度是一個折衷的關係,需要根據具體目標來確定指標。然而,目前誤將接縫錯誤地判定為裂縫的情況頻繁出現,精準度並不理想。因此,將與橫濱市合作,將年度約1,000公里的調查結果作為訓練數據,以期提高異常判定的準確性。此外,將根據圖8所示,驗證訓練資料的設置,以防止對於無異常但有水痕或污垢的地方進行錯誤判定。

2. 混凝土管和PVC管的類神經網絡模型

雖然本研究已經對早期進行調查的陶管進行了CNN模型的建立,但未來將對

調查量增加的混凝土管和PVC管進行模型的建立。混凝土管與陶管不同,腐蝕是一個問題,特別是鐵筋和骨材的暴露的判定比較困難。另外,由於腐蝕造成的異常地點較少,因此需要透過數據擴充以增加訓練數據的量。PVC管的使用年限相對較短,且異常地點較少,因此訓練數據較為稀少。需要透過圖像前處理進行數據擴充(Data Augmentation),以再現彎曲情況,以增加訓練數據的數量。

3. 異常判定支援應用程式(UI)的運用和擴展

計劃將異常判定支援應用程式(UI)提供給調查執行業者試用,並進行界面的優化,以確保易用性。此外,預計透過保存媒體或互聯網載入現場工作所得的動態數據,使得異常判定結果可以在隔日得出。未來,將建立一個能夠自動判定管種並自動選擇對應CNN模型的系統。同時,新系統將調整以便通過CSV格式輸出異常地點的位置(延長)。

肆、結語

本研究彙整國際對應用智慧管理技術於下水道系統異常判斷與水資源管理策略最新研究進行彙整,美國德州大學發表研究針對下水道基礎設施所面臨的挑戰進行分類,分別為環境、技術與基礎設施、組織、社會,以及財務與經濟等五個類別,並彙整對應這些挑戰的策略和方法,並根

據實施時間將其分為預防性和矯正性兩組。結果顯示氣候變遷、基礎設施老化、人口成長、數據的可靠性與缺乏基礎設施資本是最主要的挑戰。該研究所整理之對應策略和方法，將幫助開發更準確、定量和實用的關鍵水基礎設施韌性衡量標準。水資源管理期刊發表研究彙整近代水資源管理發展情形，發現為因應氣候變遷趨勢，逐步發展 AWM 與 SWM 管理模式，大量應用智慧水管理技術來強化水資源安全之管理，嘗試將科學知識轉化為具體的政策行動，應用智能水表技術、智能監測技術、智能傳輸技術以及智能分析與控制技術等技術，大幅提升管理效能，有助於提供決策者制定未來水資源管理政策之參考。日本研究成果應用 AI 開發下水道異常判定的支援應用程式，在陶管的 CNN 模型中，沒有遺漏等級 A 的異常，檢測率為 90%。未來將繼續與橫濱市合作，逐步將年度約 1,000 公里的調查結果作為訓練資料進行補充，並致力於提高判定精準度，並進行其他管種的 CNN 模型建立，以驗證其對現場水平和橫濱市維護管理循環的有效性。藉由國際最新相關研究的整理，可作為臺灣未來下水道系統提升自然災害應變調適能力之重要參考。

參考文獻

1. 一言正之、古木宏和、荒木健、櫻庭雅明，2020。水災害・土砂災害におけるAI 技術の活用の取り組み。こうえいフォーラム・Vol.28・No.5・p.39-48。
2. 維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン(管路施設編)-2020 年版- / 令和 2 年 3 月 / 国交省。
3. 横浜市下水道管路施設管理指針-2019 年版- / 平成 31 年 3 月 / 横浜市環境創造局。
4. 下水道管路管理マニュアル-2019- / 令和元年 10 月 / 公益社団法人日本下水道管路管理業協会。
5. 下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン / 平成 27 年 11 月 / 国交省。
6. Cheong SM, Choi GW, Lee HS (2016) Barriers and solutions to smart water grid development. *Environ Manag* 57(3):509 – 515.
7. Gerlak, A.K. and Mukhtarov, F. (2015) 'Ways of knowing' water: integrated water resources management and water security as complementary discourses. *International environmental agreements: politics, law and economics* 15(3), 257.
8. Lee SW, Sarp S, Jeon DJ, Kim JH

- (2014) Smart water grid: the future water management platform. *Desalin Water Treat* 55(2):339 – 346.
9. Pamidimukkala, A., Kermanshachi, S., Adepu, N., & Safapour, E. (2021). Resilience in water infrastructures: a review of challenges and adoption strategies. *Sustainability*, 13(23), 12986.
 10. Su, Y., Gao, W., Guan, D., & Zuo, T. A. (2020). Achieving urban water security: a review of water management approach from technology perspective. *Water Resources Management*, 34, 4163-4179.
 11. Zeitoun M, Lankford B, Krueger T, Forsyth T, Carter R, Hoekstra AY, Taylor R, Varis O, Cleaver F, Boelens R, Swatuk L, Tickner D, Scott CA, Mirumachi N, Matthews N (2016) Reductionist and integrative research approaches to complex water security policy challenges. *Glob Environ Chang* 39:143 – 154.



摘要

污水下水道工程通常需緊鄰建物佈設，且無法立即讓民眾感受到成果，用戶接管施工初期，常因民眾不了解建設效益，而排斥抗拒；或因涉及生活空間或進出影響，遭致民眾接受度不高或藉故拖延，進而造成接管施工之延宕或影響整體接管普及率。

嘉義市污水系統計畫起步較許多縣市晚，且建設初期因用戶接管會影響住戶原有生活，對於週遭區域交通亦有所衝擊，市民無法理解且抱有疑慮致配合度不高，但經由本府同仁、施工團隊、議員及當地鄰里長等通力合作，降低對市民日常生活的影響，確保市民朋友用路及行車安全。今(113)年底將達成第一期計畫 15,000 戶用戶接管目標，並提前啟動第二期計畫，展現市府團隊的積極與毅力，逐步地完善嘉義市的污水下水道建設。本府藉由此次期刊機會，分享本市實際執行之污水下水道工程推廣及宣導經驗於文中與全體國民分享。

關鍵字：下水道、宣傳、民眾參與

Abstract

Sewage system construction typically needs to be carried out in close proximity to buildings, and its benefits are not immediately noticeable to the public. During the early stages of connecting users to the system, there is often resistance or rejection from residents due to a lack of understanding of the project's benefits. Issues related to living spaces or access disruptions can also lead to low acceptance or deliberate delays, ultimately affecting the progress of construction and overall connection rates.

Chiayi City's sewage system project started later than in many other counties. During the initial phase, residents' daily lives were affected by the connection work, and nearby traffic was also impacted, resulting in confusion and doubts among citizens, leading to low cooperation. However, through the joint efforts of city government staff, the construction team, council members, and local community leaders, the impact on citizens' daily lives was minimized, and road and traffic safety were confirmed. By the end of this year (2024), the first phase's goal of connecting 15,000 households will be achieved, and the second phase will be initiated ahead of schedule. This demonstrates the city government's team's commitment and determination to gradually complete Chiayi City's sewage system infrastructure. Taking the publication opportunity in the journal, we are sharing Chiayi City's experience in promoting and advocating for sewage system projects with the public.

Keywords: sewage system, promotion, public participation

壹、研究背景

嘉義市北面朴子溪，南界八掌溪，市區內密佈排水圳渠，是被水與綠滋養的都市，但過去因未開辦污水處理系統，生活污水直接排入河川造成污染問題日益嚴重。嘉義市政府（以下簡稱本府）為解決市民用戶排出廢污水所影響的環境衛生，以及改善八掌溪、朴子溪等河川水質，提升市民生活環境，推動嘉義市污水下水道建設，最早於民國 89 年提出「嘉義市污水下水道系統工程第一期實施計畫」，一開始採用政府自辦，由本府編列預算和爭取中央補助，經由招標採購程序，評選適當廠商施工，惟民國 93 年行政院政策改

變指示本府改採促參的方式辦理招商，因本市地域較小，導致沒有廠商有意願投標而多次流標，民國 98 年黃敏惠市長向中央建議改為政府自辦採購，使用符合地方的方式與法令，期間經歷招標文件審查及採購異議案，終於在民國 103 年 11 月設計及監造委託技術服務案才正式發包以及廠商簽約，隔年民國 104 年正式啟動第一期建設。

第一期建設範圍主要以嘉義市縱貫鐵路以西區域，總經費約 43.7 億元，最終可完成 55 公里以上公共污水管線及 15,000 用戶接管，整體嘉義市污水下水道系統用戶接管普及率可達 14% 以上。

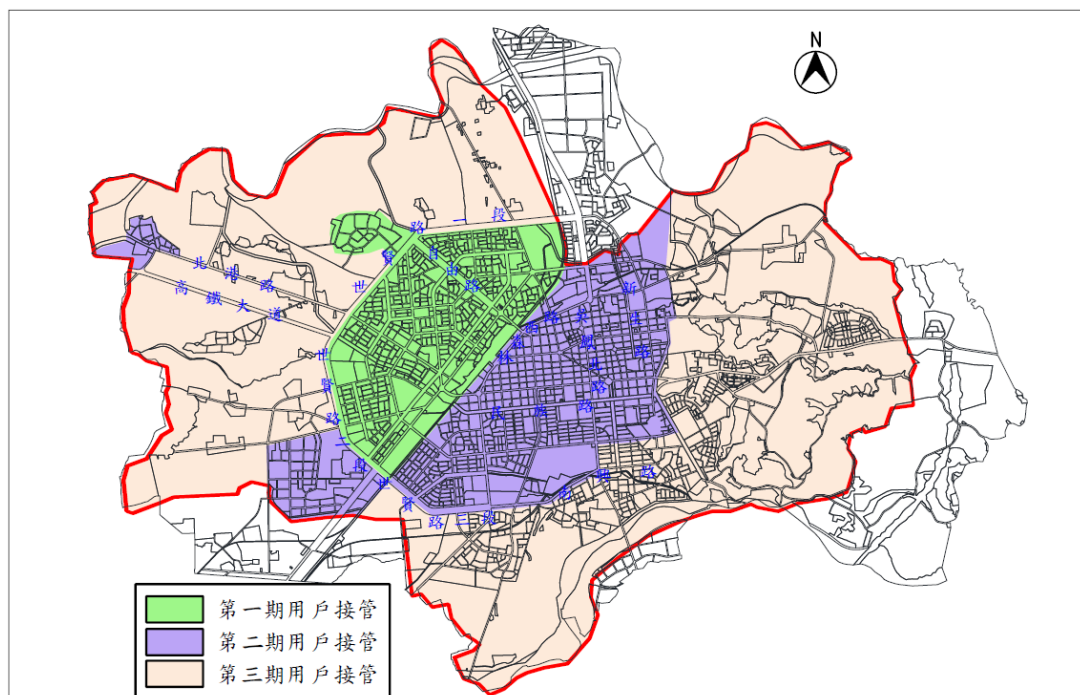


圖 1 全期系統用戶接管區域範圍示意圖

在市府持續努力及居民配合下，讓污水下水道全市接管戶數由 108 年底的 584 戶（普及率 0.58%）累積至 113 年 4 月底的 12,033 戶（普及率約 11.61%），且自 111 年起連續二年普及率年增加均為全國之冠。

嘉義市用戶接管可以突飛猛進最重要歸功於市民朋友的全力配合，為了爭取更多中央經費補助以全面推動建設，黃敏惠市長曾率隊拜訪內政部積極向中央爭取預算，能讓本市污水計畫順利推動，更讓中央看見嘉義市全力施作污水下水道系統的決心。

貳、推廣及宣傳

為了讓民眾了解污水下水道的重要性與必要性，本府除了進行污水下水道工程招標外，也積極在各項工程之間辦理說明會、舉辦活動、投放廣告以及利用社群媒體宣傳，以推廣污水下水道建設。

透過這些說明會及活動，本府可以直接與民眾進行互動，解答居民們對於污水下水道工程的疑問，並就污水施作的具體細節進行解釋。同時，廣告投放和社群媒體宣傳能夠更廣泛地觸及到不同年齡層和社會群體，提高公眾對污水下水道建設的認知度和關注度。

一、後巷美化茶會

本府皆會在每標工程選取部分合適區

域進行重點後巷美化工作，並舉辦後巷美化茶會，結合在地特色主題進行彩繪壁畫融入後巷。這不僅豐富了本市的市容，同時也透過不同的美化主題傳達意念，與當地民眾一同見證後巷的蛻變。

第 1 標工程後巷美化當初溝通時，當地居民非常排斥甚至抗議，認為會因施工影響到他們的生活作息，經由議員、當地鄰里長及本府率領的施工團隊與居民不斷溝通協調，將原本雜草叢生、堆積雜物及蟑螂、老鼠爬行的後巷，改造美化後變成乾淨、明亮、舒適的社區鄰里空間，如圖 2 至圖 4。



圖 2 第 1 標施工前後巷



圖 3 第 1 標施工後後巷美化



圖 4 第 1 標後巷美化茶會

第 2、3 標工程的後巷美化經本府與台電公司、自來水公司及中華電信公司等跨單位合作採取「三改善、一優化」策略進行施工，改善過去盤雜無章的公共纜線，將巷道內電桿及各管線全部地下化，也透過污水用戶接管工程，改善水溝髒臭問題。該後巷過去因地勢低窪容易造成積淹水的問題，在辦理污水工程時也新建側溝、優化排水系統的韌性，改善後成功度過數次午後強降雨，這就是工程改善成效最好的見證，深獲當地市民好評。後巷美化則以台糖鐵道為主題，重新喚起當地早年北港線糖鐵從嘉義往返雲林北港的意象，如圖 5 至圖 7。



圖 5 第 2、3 標施工前後巷



圖 6 第 2、3 標施工後後巷美化



圖 7 第 2、3 標後巷美化茶會

第 4、5 標後巷美化經由本府、在地 3 個里長及施工團隊舉辦多場的說明會，不斷與當地居民溝通，而為打造田園綠意風格，取得私人土地地主同意提供美化，將雜草叢生的土地整地綠化融入美化的一部分，後巷彩繪牆以田園為創意發想，結合工程涵蓋三里的特色，西平里的桃花心木、港坪里的夜來香，以及日治時代為台灣煉瓦株式會社嘉義工廠所在的磚磙里的磚廠、牛車等特色都在彩繪設計中融入，並與當地玉山國中合作，美感教育及閩南語詩詞創作入畫，以 3D 彩繪描繪出田園秘境，如圖 8 至圖 12。這些舒適明亮具有主題性的彩繪不僅改善巷道容貌，也凝聚社區意識及里民共同維護之向心力。



圖 8 第 4、5 標施工前後巷



圖 9 第 4、5 標施工後後巷美



圖 10 第 4、5 標後巷美化茶會



圖 11 玉山國中閩南語詩詞入畫 1



圖 12 玉山國中閩南語詩詞入畫 2

黃敏惠市長上任後積極推動污水下水道工程，辦理後巷美化茶會，希望透過與居民的互動，加深對工程成果的認識，並提升對於城市美化和環境改善的積極參與意識。這樣的活動不僅有助於強化社區凝聚力，也將對城市形象提升產生積極的促進作用。

另可藉由已完成區域之居民，以口耳相傳方式，向尚未建設區域居民說明施工後之環境改善成果，以促進後續該區域施工時民眾之支持度。

二、工程參訪與水資中心觀摩

（一）里長污水工程觀摩

本府積極安排東西區公所及所有里長進行工程觀摩，讓里長充分了解施工過程

及影響，如圖 13 至圖 14，未來與市府協力合作向市民做好充分溝通，推動污水建設，在里長及市民朋友具備高度共識下，有效提升本市用戶接管率，後續市府將持續針對施工品質與工地安全詳加督導，要求務必做到最佳。

藉由這樣的觀摩活動，由里長親身體驗污水下水道工程，並於後續向里民宣導接管之影響及益處，有助於提升里民對污水下水道建設的認知和支持度。



圖 13 工程現場觀摩



圖 14 里長現場觀摩

(二) 水資源回收中心參訪及環境教育服務

本府為提升民眾對於污水下水道建設污水處理流程的認識，廣泛邀請民眾、各

學校和機關到水資源回收中心（以下簡稱水資中心）參訪，如圖 15 至圖 17。透過參訪，參與者能夠直接了解污水處理的過程和成果，並加深對於環境保護的認識與支持。為擴大推廣「嘉義市水資源回收中心」環境教育成效，本府工務處污水下水道科會同代操作廠商拜訪嘉義市各國民中小學，推廣環境教育課程尋求各校支持安排學童至水資中心參訪及相互合作的可能性，亦了解各校對於水資源相關環教議題及課程，共有約 15 所國中小表示合作意願，今(113)年上半年已 2 所國小及 1 所國中辦理 4 場次課程與參訪，下半年可望更能與各學校擴大合作及參與。

此外，水資中心也舉辦了暑期營隊，如圖 18，提供環境教育課程，在課程中加入遊戲體驗來向學員們介紹水資源回收的重要性。另與嘉義市農會合作，在嘉義市長黃敏惠帶領北園國小學生們在學校內的一畝田進行插秧種稻課程，水資中心配合以「家庭污水處理」為主題設計教學，讓學生更加了解社區環境資源，如圖 19。為了敦親睦鄰，促進與地方和諧，



圖 15 嘉義市政府各局處聯合參訪水資中心



圖 16 嘉義市大溪里參訪水資中心



圖 17 嘉義市世賢國小教師參訪水資中心



圖 18 暑期營隊中環境教育課程遊戲體驗



圖 19 市長帶領北園國小師生進行插秧課程

水資中心提供當地國中小學校發放獎助學金，幫助清寒弱勢家庭的在學學生，如圖 20。



圖 20 北園國中頒發獎助學金感謝狀

透過這些活動，使參加者得以深入了解污水處理的技術和過程，同時培養出對於環境議題的關注與行動力。

三、製作相關文宣、廣告、利用社群媒體及影片宣導

相較於其他大型建設，用戶接管工程通常會在建築物旁進行，污水下水道與用戶接管的隱形工程並無法立即讓民眾有感。在施工期間，常常會面臨施工空間遭住戶占用導致接管時沒有施作空間的挑戰。

因此，在施工前製作並廣發宣傳摺頁，如圖 21，於文宣內說明施工範圍、項目、預計期程，及民眾須配合事項等，並有製作常見問與答，藉以消除民眾對於施工疑慮，使民眾於施工前能預先理解工程內容及完工後之樣態，以降低其排斥心

理提高接受度。另藉由農民曆和社群媒體宣傳方式，積極向民眾介紹污水下水道工程的進展與成果。



圖 21 宣傳摺頁(節錄)

除傳統之媒體投放、紙類文宣以外，本府為貼近年輕族群以及更生動地宣傳污水下水道工程，透過與本市興仁社區發展協會的「無酵餅」樂團合作創作歌曲，為了協助樂團製作歌曲及拍攝 MV，本府邀請「無酵餅」樂團成員蒞臨工地現場，實際了解工程施作的流程及體會工程人員辛苦。

這首由「無酵餅」樂團創作的「城市欽靠山底嘉-污水下水道之歌」，如圖 22，用饒舌和旋律記錄市府團隊推動污水下水道工程的點滴，每一句歌詞不僅描

述了污水下水道作為看不見的隱形工程的重要性，也唱出工程人員的心聲以及對未來生活的想像。



圖 22 城市欽靠山底嘉 MV

四、辦理地方說明會及跨單位大型活動設攤宣導

在各標工程在開始進行之期間，本府持續辦理各類型的地方說明會，包括大型、中型、小型以及個別戶說明會，如圖 23 至圖 25。這些說明會配合居民作息及方便有晚上召開及假日舉行，甚至對個別戶的個案說明，累積了上百場，旨在確保居民對於污水下水道工程有充分的了解。



圖 23 大型地方說明會



圖 24 中型地方說明會



圖 25 個別戶說明會

大型說明會主要邀集以標別或里別為單位辦理，地點擇活動中心、學校等較大場所，主要說明工程辦理範圍、期程、民眾注意及配合事項等綜合項目說明，小型說明會及個別戶說明會則以街廓、巷道為範圍，於用戶接管辦理前，向住戶詳細說明預計之施工方式、路徑及影響期間等較細節項目。

透過說明會向居民傳達介紹施工內容，並解釋整個工程計畫的背景、目標及效益。同時，居民也將有機會提出問題和意見，促進彼此之間的溝通和理解，確保工程順利進行並符合當地居民的期待。

嘉義市水資中心於本府各單位舉辦大型活動時設攤宣導，如教育處舉辦「科

學 168」、社會處舉辦「幸福嘉年華，全民愛+1」、消防局舉辦「韌性防災在我嘉」等活動，現場宣導「回收水再利用，珍惜使用水資源」，如圖 26。



圖 26 科學 168 活動設攤宣導

五、水資中心回收水再利用及跨單位合作

因近年來極端氣候影響，水資源的重要性日趨顯著，本府持續推廣各單位至水資中心取用回收水，依 112 年度統計回收水平均取用率達 15.40%，其中更以本府建設處及環保局為主要取用單位，至水資中心取用處理後的回收水進行道路洗掃、植栽澆灌及清洗作業，減少自來水用量，如圖 27，並在垃圾車、回收車及各工程周邊的圍籬上掛上紅布條宣導標語，



圖 27 環保局至水資中心取水

這樣的教育活動不僅有助於提升孩童對於環境保護的認識，也能夠有效地宣傳污水下水道工程的成效，讓更多人了解到該工程對於改善環境水質和保護水資源的重要作用。

參、SDGs 永續發展目標

「2030 永續發展目標」(Sustainable Development Goals, SDGs)是聯合國於 2015 年通過的一項全球共識，旨在解決全球面臨的重大挑戰，包括貧困、饑餓、教育不平等、氣候變化等，如圖 32 所示。



圖 32 17 項永續發展指標

其中第六項指標為「確保所有人都有權享有乾淨的水和衛生設施，並保護及促進水資源的可持續利用」，旨在 2030 年前確保全球所有人都能夠獲得安全的飲用水和基本衛生設施，同時加強水資源管理和保護。

本府將持續推動污水處理和再利用，實現 SDGs 中的第六項目標「淨水及衛生」，在解決水資源短缺的同時，減少對自然水源的需求，提高了水資源的可持續利用性。

肆、結論

嘉義市政府積極推動「嘉義市污水下水道系統」計畫，本計畫總經費約為新台幣 120 億，建設期程為民國 104 年至 125 年，一共分為三期。

民國 107 年，本市的全市接管戶數僅有 553 戶，僅佔總人口戶數的 0.53%，在本府持續投入及推動污水下水道建設，並藉由上述各項宣傳方式之下，居民漸漸提高接管意願，截至 113 年 4 月合計接管戶數已達 12,033 戶，至此本市的地下水管接管普及率已提升至 11.61%，如圖 33 所示。

這樣的成長除了得益於公共工程建設之外，也歸功於本府在推動第一期工程期間，透過各方式進一步向民眾推廣和宣傳，減少了民眾對這項計畫的疑慮，增加了對計畫的認同，使得這項「看不見的公共建設」能夠順利推動進行。

第一期工程預計於 114 年完工，預計在 113 年底本市下水道管線接管用戶將達成原訂計畫目標 15,000 戶，儘管取得了初步成果，然而仍有進步的空間。有推動第一期工程的經驗與民眾的肯定，有



圖 33 嘉義市逐年接管率

更多的市民朋友期待污水工程來改善他們現有的居住環境、提升他們的生活品質，而長居在幸福快樂的嘉義市，這些肯定與期待，讓市府團隊更加堅定恆心與毅力，因此本府已於今(113)年正式提早啟動污水下水道系統第二期（114 年~119 年）計畫，展現市府加速推動污水下水道建設決心，逐步地完善嘉義市的污水下水道建設，如圖 34 所示。

第二期工程的實施將有助於加強城市基礎設施，改善市民的生活環境，並推動城市的可持續發展。嘉義市政府將不懈努

力，確保該計畫的順利進行，以提升市民的生活品質和城市的整體形象。

污水下水道建設是現代化城市和環境永續發展的重要指標，能夠有效減少生活污水的排放問題和環境臭味，降低病媒蚊的滋生，減輕對河川的污染。通過這些努力，嘉義市正在朝著「新永續・出發」，打造嘉義市成為「全齡共享、世代宜居」的台灣新都心。

參考文獻

1. 嘉義市政府(2023 年 6 月)。嘉義市

污水下水道系統第一期第三次修正實施計畫。

2. 行政院農業委員會農田水利署嘉南管理處(2023 年 7 月)。「水虞厝、大溪厝、白鴿厝小組及擴大灌溉服務加壓站及管線工程」委託設計及監造服務基本設計報告。



圖 35 第二期計畫啟動儀式



摘要

污水下水道系統建設係評斷國家基礎重要指標，其不僅能改善居住環境衛生，防止海洋水域污染，更能成為永續利用資源。為提升連江縣內居住環境品質，連江縣環境資源局（以下簡稱環資局）積極推動污水下水道建設，依《下水道法》第二十六條及連江縣《污水下水道使用費徵收自治條例》第三條、第五條及第六條規定，「用戶使用下水道，應繳納使用費」，而計算公式及徵收方法由主管機關擬定。

由於連江縣內多屬丘陵地形，人口分布分散於 5 座主要島嶼上，且地質多為火成岩所構成，種種自然條件及因素之下導致縣內污水處理廠及管線設置與各鄉人口聚落有密切關係。縣內污水處理廠包含 10 座 MBR 系統以及 13 座接觸曝氣法，其污水主要來源為家庭、觀光及餐飲業所產生含油脂之民生污水。

近年來在連江縣政府各單位努力之下，污水下水道使用費已於 111 年 12 月 1 日公告全面開徵，在制定污水下水道收費與實施過程中，除了與自來水廠進行協商，同意下水道使用費隨自來水費徵收之外，環資局仍須辦理多場民眾說明會，以宣導污水下水道正確使用方式、使用費收費機制及污水下水道系統推動之必要性，透過持續不斷地傳遞政策核心理念，避免實際推動時造成民眾過多反彈。

關鍵字：下水道、污水下水道使用費、民眾參與

1. 連江縣環境資源局 / 科長

2. 磐誠工程顧問股份有限公司 / 協理

連江縣污水下水道建置歷程及經驗

曹重華¹、王群輔²

Abstract

The construction of sewage systems is a key indicator for evaluating a nation's infrastructure. Not only do these systems improve residential environmental sanitation and prevent marine pollution, but they also contribute to the sustainable use of resources. To enhance the quality of living environments in Lienchiang County, the Environmental Resources Bureau (ERB) has been actively promoting the construction of sewage systems. According to Article 26 of the "Sewerage Act" and Articles 3, 5, and 6 of the "Lienchiang County Sewerage Usage Fee Collection Autonomous Regulations", "users of the sewer system must pay usage fees," with the calculation formula and collection methods determined by the competent authority.

Given that Lienchiang County is predominantly hilly, with a population dispersed across five main islands and terrain largely composed of igneous rock, the natural conditions have resulted in the placement of wastewater treatment plants and pipelines being closely tied to the population distribution in each township. The county's treatment plants include 10 MBR systems and 13 contact aeration systems, with wastewater mainly originating from households, tourism, and the food and beverage industry, which produce wastewater containing grease.

In recent years, by the efforts of various government departments, the collection of sewage usage fees was officially announced and implemented on December 1, 2022. In the process of formulating and implementing the fee collection, negotiations were held with the water plants to agree that sewer usage fees would be collected alongside water bills. In addition, the ERB held several public briefings to promote the correct use of the sewage system, explain the fee collection mechanism, and emphasize the necessity of advancing the sewage system. Through continuous communication of the core policy ideas, the ERB aims to minimize public opposition during the implementation process.

Keywords: Sewage system, Sewerage usage fee, Public participation

壹、前言

連江縣奉行中央政府政策於民國 88 年完成「馬祖地區污水下水道系統工程規劃報告」，民國 89 年以「馬祖地區污水下水道系統工程實施計畫」(計畫目標年為民國 115 年，預測人口數 14,939 人)提報內政部國土管理署(以下簡稱國土署)，民國 90 年起陸續進行污水下水道系統工程(污水收集管線、用戶接管及污水處理設施施作.....等)，依據國土署全國污水下水道用戶接管普及率及整體污水處理率統計表，統計至民國 113 年 3 月 31 日止，連江縣公共污水下水道普及率為 60.70%，位列全國第 3，顯示連江地區污水下水道建設已略見成效。

環資局依據下水道法第四條規定，中央主管機關辦理「直轄市、縣(市)下水道系統發展計畫之核定」；第五條及第六條規定，直轄市、縣(市)主管機關需辦理直轄市、縣(市)下水道建設之規劃、實施及法規之訂定，意即連江縣政府為辦理地方污水下水道規劃及研擬發展方針應擬訂縣(市)污水下水道系統發展計畫，以配合中央政策提出污水下水道建設與營運之具體指導內容，健全縣內污水下水道建設之發展、有效監督連江縣污水處理廠及維護管理污水下水道系統，提高居民生活品質。

另依據下水道法第二十六條及連江縣

污水下水道使用費徵收自治條例第三條、第五條及第六條規定，用戶使用下水道應繳納使用費，其計算公式及徵收方法，由直轄市、縣(市)主管機關擬定，報請中央主管機關核定之。故環資局於 111 年 12 月 1 日公告全面開徵污水下水道使用費。

綜上所述，環資局除整合既有污水下水道之規劃，針對縣內未來污水下水道建設之工程面、營管面及維護維修面，以國際趨勢、環境變遷與地方性議題作為考量，盤整連江縣整體發展策略，並同時檢視評估未來下水道系統發展方向，以達污水下水道建設之永續發展。

貳、連江縣背景盤點

連江縣位於臺灣本島西北方所屬的馬祖列島海域，縣內包含南竿鄉、北竿鄉、莒光鄉(含東莒及西莒兩島)及東引鄉(含東引及西引)等 4 鄉 5 大島，此外縣境內尚有多座無人島礁，共計 36 個島嶼和礁嶼組成，主要聚落集中在 5 大島上，另西引、高登島、亮島、大坵及小坵等島過去是重要軍事據點，目前仍有少數駐軍或民眾。連江縣為正式劃設行政區之名稱，惟一般官方文書，乃至民間一般說法，則以「馬祖」之名較為普遍。

由於當地島嶼岩層大多為花崗岩並夾雜少量閃長岩，花崗岩與閃長岩皆屬火成岩，岩性堅硬，造成島嶼地形多屬丘陵

地，平地較少而多山巒、陡峭峰壁，地形起伏甚大，地勢陡峻。此地理環境造就連江各島集水區面積均十分狹小，無明顯之河川，僅有較小山溝於大雨後可匯集部分地表逕流，平時則呈乾涸狀態。為解決連江地區用水之需求，自民國 62 年起陸續於各島興建小型水庫貯存地表逕流以供使用。東引目前有東湧水庫 1 座；北竿目前有板里水庫 1 座；勝利、儲水沃、津沙、津沙一號、秋桂山及后沃等水庫 6 座。

在人口分布方面，依據連江縣政府民政處 113 年 3 月統計資料顯示，四鄉五島現況共計 3,726 戶，在籍人口數 14,006 人。隨著連江縣終止戰地政務、開放觀光及社會福利增加，旅臺二代返鄉及臺灣人口遷籍創業，統計連江縣近 10 年人口數皆為人口正成長縣市。

因地理環境因素，縣內可用腹地狹小，因此主要污染源為家庭及觀光所產生之民生污水，產業經濟以農林漁牧與因應軍人消費需求之第一與第三級產業為主，造就縣內幾乎無工廠設立，主要事業單位為酒廠、電力發電廠、自來水廠及縣立醫院。

此外，由於水庫集水區上游有多處國軍防衛重地，部分營區污水處理設施不良、維護管理不善或放流水水質不符法令規定.....等情形，恐有污染下游水庫或附近水域水質之虞。依據《水污染防治法》第七條規定：「事業、污水下水道系統或

建築物污水處理設施，排放廢（污）水於地面水體者，應符合放流水標準」；另外，環境部於 84 年 8 月 1 日環署水字第 39426 號函釋，有關軍隊營區排放廢污水管制執行要義：「駐軍部隊排放廢（污）水致有污染情事者，當地主管機關應本於權責要求該部隊妥善處理其廢（污）水，其處理設施排放之廢（污）水，現階段適用建築物污水處理設施之放流水標準」，惟各營區所自設之建築物污水處理設施，由於法規未管制放流水質之氮及磷營養鹽，因此放流水雖能符合法規標準，但富含氮、磷營養鹽之放流水進入水庫後加速藻類之繁殖進而造成優養化現象，影響當地民眾用水安全。

參、污水下水道設施建設歷程

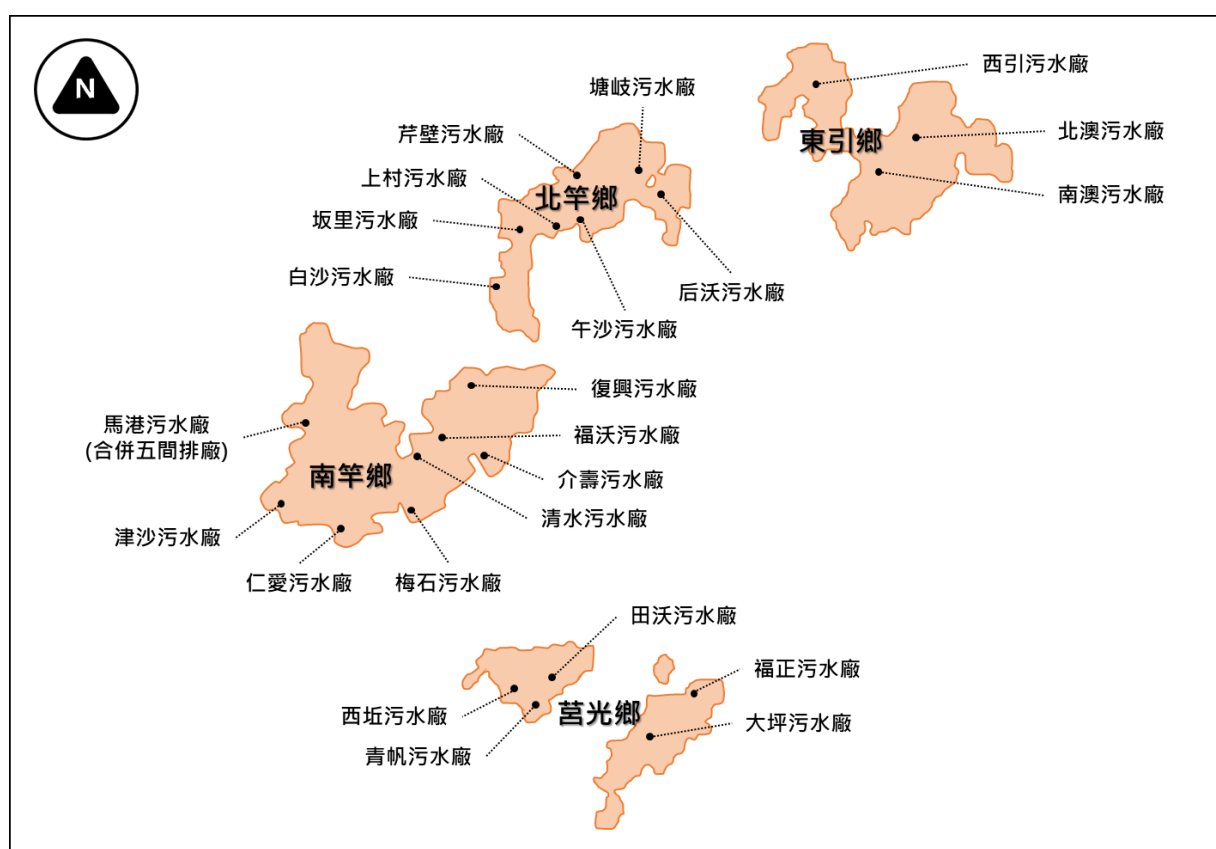
依據國土署全國污水下水道用戶接管普及率表（113 年 3 月）及整體污水處理率統計表及民國 110 年 10 月《連江縣污水下水道系統修正實施計畫（第三次修正）》，污水收集範圍以連江地區南竿、北竿、東引、東莒及西莒五個島嶼中主要人口聚集村落為主，總計畫面積為 506.6 公頃，公共污水下水道普及率為 62.36%，每人每日污水量為 160 lpcd，BOD 污染量為 814 kg/d、SS 污染量為 814 kg/d。

而連江縣由於特殊地理環境，故縣內污水處理廠及管線設置範圍與各鄉人口聚落有密切關係。目前共興建 27 座污水下

水道系統及其處理設施，分佈於東引鄉 4 座、北竿鄉 8 座、南竿鄉 10 座及莒光鄉 5 座（詳圖 1），目前除東引鄉-獅子污水廠、北竿鄉-橋仔污水廠、南竿鄉-夫人污水廠及珠螺污水廠暫停營運，其他 23 座皆還在運轉中，其中共有 10 廠採用薄膜生物處理系統(Membrane Bio-Reactor, MBR)，其餘 13 座採接觸曝氣法。

該 10 座 MBR 污水處理設施，皆設置回收水系統及管線，供廠內植栽澆灌、

廠區道路清洗、行政大樓清潔廁用水及脫水機濾布清洗用水等處理流程使用，其中介壽廠除設置回收水取水口供民眾使用外，另設置洗車場供民眾使用，福沃廠另供消防分隊補充消防車輛救災所需水源，減少消耗自來水，總年度民眾使用回收水量為 320 m³（回收水示範洗車廠及補充消防車水源實際運作如圖 2 所示）。若日後因應用水量增加，可增設高級處理設備，直接以放流水作為民生用水，解決用



註：圖內標示為目前營運中 23 座污水廠，暫無營運之污水廠（如：獅子、橋仔、夫人、珠螺）則未標記在其中。

圖 1 連江縣既有污水廠位置分佈圖



圖 2 連江縣回收水再利用現況照片

水量不足之問題。

該 27 座污水處理廠於民國 90 年後陸續興建完成並營運。由於長期處於海風侵蝕與鹽害環境，部分重要設施之汰換率與故障率均較國內其他地區高，且均非屬經常性維修內容；礙於營運與維修經費不足，未能妥善規劃涵蓋所有項目，故有污水處理廠操作故障比率高或無法即時處理之問題發生。

環資局針對運轉中 23 座污水處理廠，全面檢視包含電氣儀控及機械管線等二部分。其中電器儀控主要針對廠區各單元操作盤體、箱體、感知器（如：DO、pH、溫度計、液位及流量.....等）、時間控制器、監視器、流程板、中控軟體、電腦及訊號線路.....等儀控設備、現場電氣設備（降壓設施、變電箱、變電盤及電源線路.....等）、現況進行外觀、安裝及功

能檢視，以確認現場電氣儀控設備現況，儀控設備功能、訊號傳遞、供電正常無虞；同時確認可否正常操作為主，並針對損壞設備進行檢討，分析設備損壞部分及原因，據以提出修繕更新改善規劃建議及完成設計作業。

機械管線部分主要針對廠區各處理單元既設機械設備如：抽水泵、抽泥泵、除臭設備、通風設備、撈污機...等，確認運轉現況及妥適性；管線、閥類如：輸水管線、加藥管線、污泥管線.....等設施，進行接頭、法蘭密合度及耐壓測試、閘門閥類進行起閉動作及密合度調查，以確認各單元設備現況及正確性。一般性檢視內容主要包含設備型式/功率、使用年限、運轉測試、效能分析等，並針對損壞設備進行檢討，分析設備損壞部分零件及原因，據以提出修繕更新改善規劃建議及完成設計作業。

肆、污水下水道使用費徵收歷程

依據連江縣污水下水道使用費徵收自治條例第六條規定，水下水道使用費計算公式分為一般用戶及事業用戶，其中一般用戶收費計算方式為使用自來水之用戶平均單位水量使用費（元/m³）=（年總營運成本-本府補助費）÷年總處理污水量（m³）×（本縣自來水用戶數÷本縣總戶數）；事業用戶則依一般用戶 150% 計算。

針對污水處理廠操作契約，每年營運成本編列約 31,900,000 元（尚未包含設備汰換等費用）。並根據 110 年統計，

該年總污水量為 274,983 度，考量自來水用戶共有 3,489 戶，若依法規公式計算且無縣（市）政府補助之情況下，每度污水須徵收 114.69 元/度，以一戶家庭平均用水量計算，則需再額外繳交 2,294 元的污水下水道使用費。

經評估，該計算方式將造成區內民眾負擔過高，然為順利推動徵收污水下水道使用費，根據國內各縣市污水下水道使用費徵收標準，並彙整已開始徵收污水下水道使用費縣市之徵收標準（詳圖 3 及表 1），及依據規費法第十三條規定辦理，於 111 年 3 月 7 日由縣長裁示，污水下水道使用費將隨水費徵收。

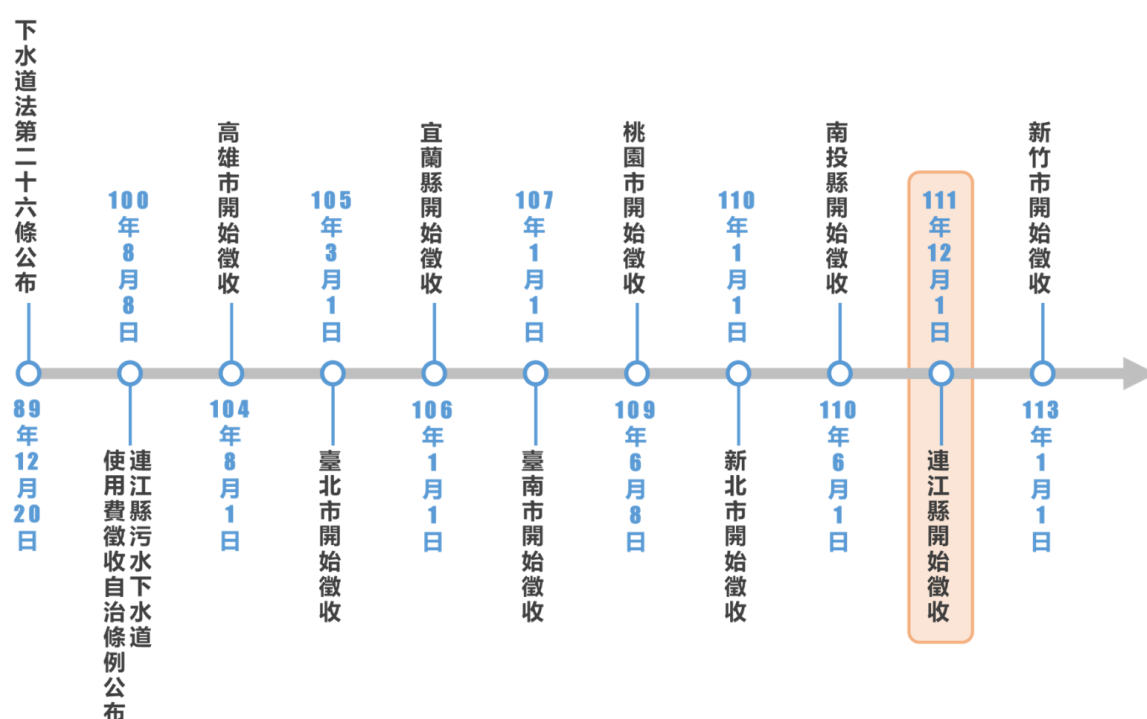


圖 3 國內下水道徵收使用費時序圖

表 1 臺灣接管及收費狀況彙整表

縣市	徵收情況	起始日期	該縣市公共 污水接管率	該縣市專用 污水下水道 普及率	建築物污 水設施設 置率
臺北	事業用戶及一般用戶每度 5 元	105/3/1	87.86	0.11	0.89
新北	事業用戶及一般用戶每度 5 元 (一般用戶且為中低收入戶者， 每度 1.5 元；一般用戶且為低收 入戶者免徵)	110/1/1	72.18	15.24	7.42
宜蘭	事業用戶及一般用戶每度 5 元	106/1/1	35.82	5.78	17.35
桃園	事業用戶每度 10 元、一般用戶 (機關及學校) 每度 5 元，其餘 用戶尚未徵收	109/6/8	24.81	22.60	24.80
新竹	一般用戶 113 年減徵為每度 4 元，114 年(含)以後恢復為每 度 5 元、事業用戶案一般用戶 2 倍計收	113/1/1	28.25	19.65	32.28
南投	事業用戶每度 10 元、一般用戶 每度 5 元 (一般用戶部份接管者每度 1.4 元)	110/6/1	10.30	1.85	16.91
臺南	事業、機關及學校每度 10 元 (部份接管者每度 5 元)	107/1/1	28.37	7.49	29.29
高雄	事業用戶每度 10 元、一般用戶 每度 5 元 (部份接管者採半價)	104/8/1	50.37	2.36	21.93
連江	事業用戶每度 7.5 元、一般用戶 (含機關及學校) 每度 5 元	111/12/1	60.70	1.66	0.00

污水下水道使用費收費方式將分為事業用戶、機關、學校以及一般用戶，依據各用戶用水量計算，除事業用戶徵收費用以 7.5 元/度方式徵收外，其餘對象皆以 5 元/度之方式進行收費，徵收時間於 111 年 12 月 1 日開始。

此外，環資局在制定污水下水道徵收費用之前，除與自來水公司進行協商並同意污水下水道使用費隨自來水費徵收之

外，於 111 年 9 月 16 日至 9 月 19 日期間辦理四鄉五島污水下水道使用費徵收說明會，目的是向民眾推廣污水收集系統使用之正確觀念，並使民眾瞭解其徵收方式，向民眾說明徵收使用費對於維護及營運污水處理廠及相關設施之重要性，並共同落實使用者付費之精神。

除了辦理污水下水道使用費徵收說明會之外，環資局也會在每年舉辦至少 1 場

污水下水道系統宣導說明會，預期透過辦理宣導會之方式，提升設計、監造公司及施工廠商對於正確使用污水下水道之相關知識及施作之正確性，並解答去年度宣導會中民眾回饋較為不瞭解部分（包含污水下水道系統概述、用戶接管及維護管理、常見問題及相關資訊），同時提升民眾居住生活品質，打造優質水環境，逐步達成全民督工之目標。（宣導說明會實際辦理情形如圖 4 所示）

伍、結論

污水下水道為現代化都市不可或缺之公共設施之一，其功能在收集及處理都市污水，以改善都市居住環境衛生，提升生活環境品質並確保良好水源水質。且隨著民眾環保意識日益高漲，經濟發展已經不是追求國家現代化之唯一目的，生活環境

品質的改善提升，才是人民所關心及重視的問題。

因此下水道發展及用戶接管有其推動之必要性，故為提升在地居民居住環境品質，環資局正持續且積極推動污水下水道建設及發展。透過完善污水下水道系統，不僅可改善環境惡臭髒亂，降低蚊蟲病媒傳染機會，也能有效解決公共衛生難題，且污水經淨化、過濾後再排入海洋，對環境衝擊也將大幅減少。

儘管在建設初期中央會以建設費作為污水下水道經費，但在後續營運管理將由地方政府完全負擔。考量在連江縣政府財稅政策及負擔，以及人民可負擔之情況下，環資局以每度 5 元之方式，對一般民眾徵收下水道使用費，此費用將用於下水道系統管線維護、修繕及更換。

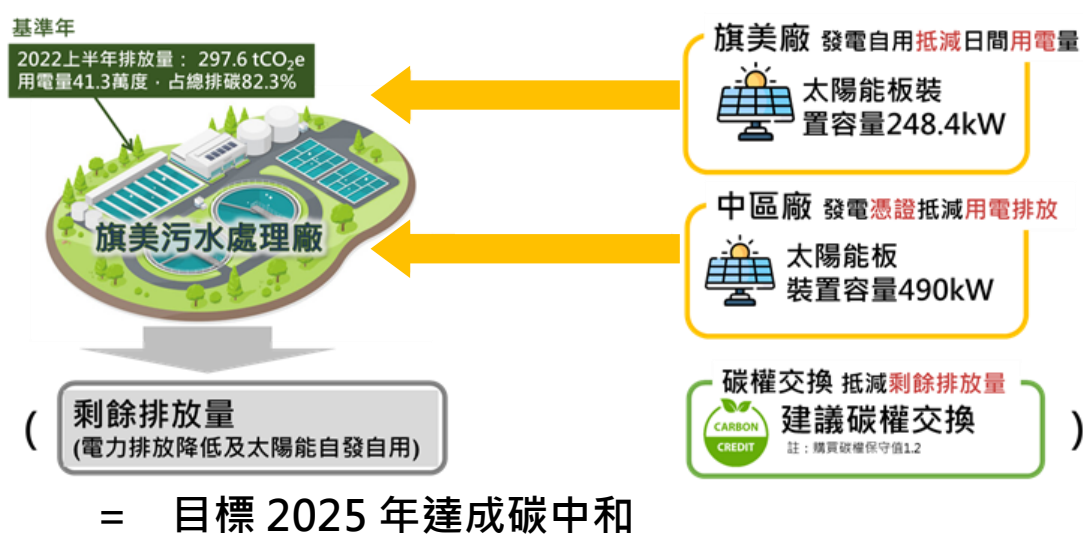


圖 4 宣導說明會實際辦理情形

除了透過徵收下水道使用費，環資局也於每年度舉辦宣導說明會，目的是與在地民眾進行多次溝通，宣導正確使用污水下水道之方式。透過政府與民眾之間的配合，攜手共同打造美麗家園並提升生活品質，朝向建立完善的污水下水道體制之目標前進。

參考文獻

1. 連江縣政府 (民 110) 。連江縣污水下水道系統修正實施計畫 (第三次修正) 。



摘要

隨著氣候變遷人類生活的影響，國內外開始重視溫室氣體管理，我國亦在 2023 年 2 月 15 日公布氣候變遷因應法，正式將 2050 年淨零排放之長期願景納入法條中，面對國際趨勢及政府政策，國土管理署於 2023 年啟動營運中之污水處理廠進行減碳工程及碳中和示範計畫，以高雄旗美污水處理廠為例，透過建立基線排放量、實施改善工程、溫室氣體盤查以檢核減量成果及申請自願減量專案以取得減量額度等作為，使國內未來污水處理廠及水資源回收中心可參考本案成果，並作為後續工程溫室氣體盤查、減量及程序參考依據。國土署將研擬編撰「污水處理廠設計及施估階段排碳減量作業參考指引」，從設計階段開始執行碳預算管理，以降低污水廠工程造成的碳排放，透過國際法規的規範及國內主管機關的要求，希冀未來新設及既有污水廠皆可積極朝向淨零的目標持續運營。

關鍵字：氣候變遷、污水處理廠、碳中和

- 1.環興科技股份有限公司 / 工程師
- 2.環興科技股份有限公司 / 工程師
- 3.國土管理署 / 幫工程師
- 4.國土管理署 / 科長

污水處理廠邁向碳中和－以旗美廠為例

張育齊¹、葉品君²、張鈞凱³、鄭惠君⁴

Abstract

With the impact of climate change on human life, the international community has begun to focus on greenhouse gas management. Taiwan also announced the Climate Change Response Act on February 15, 2023, officially incorporating the long-term vision of achieving net-zero emissions by 2050 into legislation. In response to international trends and government policies, the National Land Management Agency initiated carbon reduction projects and carbon neutrality demonstration plans in 2023 for operational sewage treatment plants. Taking the Qimei Sewage Treatment Plant in Kaohsiung as a carbon neutrality example, the project establishes baseline emissions, optimizing equipment efficiency and operational processes, conducting greenhouse gas audits to verify reduction outcomes, and applying for voluntary reduction projects to obtain reduction credits. This makes domestic sewage treatment plants and water resource recycling centers to reference the outcomes of this case and serves as a basis for subsequent greenhouse gas audits, reductions, and procedural guidance. The National Land Management Agency will draft the "Reference Guidelines for Carbon Reduction Operations during the Design and Estimation Phases of Sewage Treatment Plants." Starting from the design phase, carbon budget management will be implemented to reduce carbon emissions caused by sewage plant projects. Through the regulations of international laws and the requirements of domestic authorities, it is hoped that both new and existing sewage plants will actively operate toward the goal of net-zero emissions in the future.

Keywords: Climate change, Sewage treatment plant, Carbon neutrality

壹、前言

隨著氣候變遷影響著人類生存和國家安全的威脅愈來愈大，2015 年聯合國宣布「2030 永續發展目標」(Sustainable Development Goals, SDGs)，共有 17 項涵蓋經濟、社會、環境的目標，其中 SDG 6 更直指水資源，目標確保所有人都能獲取可持續的水資源和衛生設施。2018 年發布 1.5°C 全球暖化特別報告 (Global Warming of 1.5°C)，提出在增溫不超過 1.5°C 的目標下，於 2050 年前達到溫室氣體淨零排放。據此，各國皆積極提出淨零排放進程。

我國也在 2023 年 2 月 15 日公布氣候變遷因應法，除正式將 2050 年淨零排放之長期願景納入法條外，並強化跨域治理及政府機關溫室氣體減量權責、增訂氣候變遷調適專章、強化減量對策及徵收碳費等相關規定，顯示我國邁向淨零排放之決心。

依據 2024 年國家溫室氣體排放清冊報告指出，環境部門 2022 年廢污水處理與放流排放量為 1,048 千公噸 CO₂e，占環境部門總排放量 38.83%，其中廢污水處理排放量為 642.1 千公噸 CO₂e，占 23.78%。為此，污水下水道系統肩負我國民眾生活污水處理、改善水環境及水資源循環之任務，因應我國淨零排放之長期願景，污水下水道系統亦須推動淨零排放。

國土管理署於 2023 年啟動營運中之污水處理廠減碳工程及碳中和示範計畫，以高雄旗美污水處理廠作為未來推動「碳中和污水處理廠溫室氣體減量共通性參考措施」之示範廠。透過建立基線排放量、實施改善工程、溫室氣體盤查以檢核減量成果及申請自願減量專案以取得減量額度等作為，使國內未來污水處理廠及水資源回收中心可參考本案成果，並作為後續污水廠溫室氣體盤查、減量及程序參考依據。

貳、公共污水處理廠排放熱點掌握與改善執行

因應我國淨零排放之目標，以全生命週期管理為概念，提出污水處理廠淨零排放願景及策略，惟淨零排放非一蹴可成，需分階段達成，因此短期(~2030 年)以碳中和污水處理廠為推動目標，優先掌握排放熱點、節能改善及創能技術，如下說明：

一、掌握污水處理廠熱點

污水處理廠主要溫室氣體排放組成中，一般能源使用及水體排放可達 98% 以上，其中又以能源使用占 75% 為大宗。

以一座具有完整污水及污泥處理流程之二級污水處理廠（活性污泥法），其各處理單元之典型能源消耗比例，如圖 1 所示，可知生物處理曝氣單元占

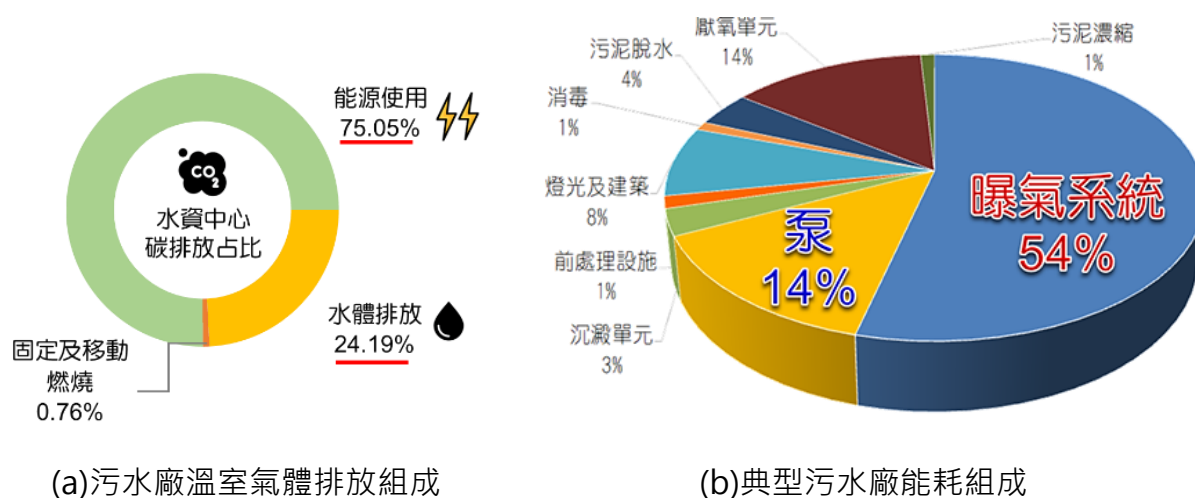


圖 1 污水處理廠溫室氣體能耗組成

54.3%、抽水泵浦占 14.0%與厭氧單元占 14.0%為最大用電單元。

二、節能改善分析

營運中污水處理廠之改善檢討，可就六大面向考量，(1) 合理規模、(2)再生水需求、(3)降低能耗措施、(4)減廢、(5)用藥量、(6)工法材料，在歸納節能減碳各大面向時，係考量一個建設的發展歷程有前後相關性，節能大方向必須於上位先行決定，並藉由計畫本質的節能來帶動建設後續的節能（圖 2）。

以旗美污水廠污水處理流程為例，進行以下改善：調整攪拌機運轉方式達成節能、改採高效能散氣設備、抽水泵增設電錶、抽水機加裝變頻器、汰換節能燈具、

汰換廠內舊型冷氣，及恢復放流單元、污泥處理機房、除臭單元遠端監控系統等，透過前述設計和營運管理的改善手段來達成節能目標。

三、創能技術評估

在污水處理廠內尋求創能的可行性，有效減少廠內用電產生之間接排放，也是能達成減碳的重要之路徑。

現今常見之創能技術包含太陽能、水力、風力、地熱、生質能、氫能等，另將再生能源躉售台電、申請再生能源憑證或自願減量專案獲得減量額度，予以售出雖可創造經濟效益，惟再生能源產生之減碳效益將無法計入該污水處理廠，需視為灰電。

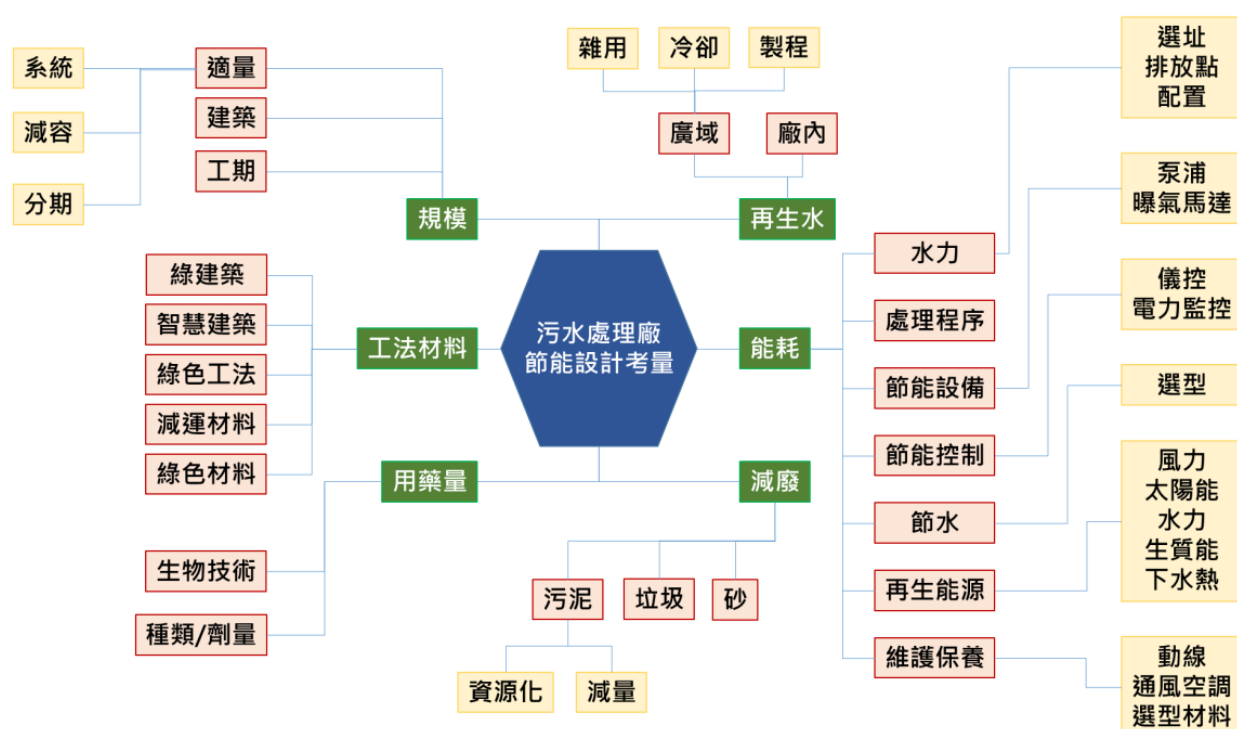


圖 2 工程應考量之節能減碳面向

參、推動旗美污水處理廠碳中和示範

為達成污水處理廠碳中和，參考 PAS2060:2014 條文要求，並使用 ISO 14064-1 組織層級溫室氣體排放與移除之量化及報告新版標準，確立基線排放量，以利進行工程改善評估規劃，如前段熱點掌握與改善執行，將污水處理廠內的溫室氣體排放量盡可能先降低。

其中，旗美污水處理廠創建之太陽光電，除發電自用之外，同時申請自願減量

專案取得之獎勵額度。減量額度之用途依據氣候變遷因應法第 26 條，可用於事業新設或變更排放源之增量抵換、抵減需徵收碳費之溫室氣體排放量、進口產品的排碳差額、總量管制下排放額度之超額量及其他經中央主管機關認可之用途，亦可進行交易及抵減溫室氣體排放量以達到碳中和。

惟未來取得的減量額度無法用在執行減量措施的場域，以避免環境效益重複計算。

肆、未來展望

因應減碳議題發燒，各層級的主管機關及國內外企業紛紛加入減碳的行列中，為達碳中和目標，除減碳外，亦要求以「減量額度」進行「抵換」，面對各類型減量專案宣稱的減量成效及減量額度的日漸搶手，減量額度的品質逐漸受到大家的重視。

為避免漂綠行為，且因應淨零排放的趨勢，國際標準化組織(International Organization for Standardization, ISO)制定新的碳中和標準 ISO14068-1:2023，

用以取代既有標準 PAS2060:2014，ISO 14068-1:2023 中強調使用者之碳中和承諾、持續減量措施與目標，亦針對減量額度的品質進行要求，以達成 2050 淨零目標的決心，隨著 ISO14068-1:2023 的公布，PAS2060:2014 將於 2025 年 11 月 30 日由 BSI 撤回。有關 ISO14068-1:2023 摘要敘述如下說明：

一、碳中和路徑

要求使用者需在碳中和管理計畫中提出符合科學化的路徑（如 IPCC、IEA、ACT、SBT）。



圖3 旗美污水處理廠碳中和方案

二、碳中和模式

為符合持續減量精神，僅有單一模式。

三、查證方式

需採以符合 ISO 14064-3 標準或相關規範之查證。

此外，ISO14068-1:2023 亦針對減量額度、碳中和產生負面影響及達成碳中和的財務與人力資源規劃等條件進行要求。

我國環境部亦發布了企業宣告碳中和指引（以下簡稱指引），該指引針對 ISO 14068-1:2023 條文內容進行詳細說明，提供我國企業在執行碳中和之參考依據。

針對新建及既有污水廠的碳中和願景，內政部國土管理署（以下簡稱國土署）已研擬編撰「污水處理廠設計及施估階段排碳減量作業參考指引」，於設計階段將碳預算管理觀念納入其中，並藉由常見工程項目及相關碳排放係數計算碳排放量，以減少使用高碳排放材料，達成綠色工程目標。

此外，國土署亦訂有「工程改善標準作業手冊」，提供污水廠在執行工程改善時，可選擇碳排放量較低的處理程序；透過國際法規的規範及國內主管機關的要求，希冀未來新設及既有污水廠皆可積極

朝向淨零的目標持續運營。

參考文獻

1. 環境部，2024 年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告。
2. 環境部，企業宣告碳中和指引
3. 行政院環境保護署，實施碳中和參考規範。
4. ISO, INTERNATIONAL STANDARD "ISO14068-1:2013"

下水道·水再生期刊稿約

壹、誠徵稿件

- 一、本期刊為內政部國土管理署針對下水道領域所發行之期刊，每年三、七、十一月下旬出版，誠徵稿件。
- 二、歡迎下水道從事人員以及設計、產銷有關下水道工程之器材業者提供相關文稿，如創見或新研究成果；國外新知或工程報導；下水道工作現場發表感想；國內有關下水道發展之研究計畫；國內、外與下水道相關之新書介紹等。
- 三、惠稿每篇以伍千至壹萬字為宜，特約文稿及專門論著不在此限，本期刊對於文稿之文字有刪改權，如不願刪改者，請於來稿上註明；無法出刊之稿件將儘速通知。
- 四、惠稿（含圖表及著作權讓渡同意書，並請提供一張圖片作為封面圖片）請用電子檔寄至 twea900606@gmail.com，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。
- 五、本刊原則上不刊載譯文或已發表之論文。

貳、稿件格式

- 一、版面設定：頁面紙張請以 A4 規格 21cm * 29.7cm 直式編排；本文版面規格：版面上下左右邊界各為 1.27 cm；內文段落採單行間距，並設定左右對齊。除摘要，其餘皆以兩欄型式呈現。內文首行需位移 2 字元。
- 二、字型設定：字體中、英文請採微軟正黑體字型。字體大小：頁首頁尾及頁碼採 12 號字，標題採 18 號粗體字（置中）作者姓名、任職單位及職稱採 12 號字（置右），“摘要”標題採 14 號粗體字（置中），各章節標題採 14 號粗體字（置左），內文採 12 號字，圖表標題採 11 號字。
- 三、文章篇幅：每篇文章以 10 頁為限（含所有內容及圖表）
- 四、文章架構：
 - ◆中&英文標題：宜簡明
 - ◆作者姓名、任職單位及職稱：請以置右方式依序條列
 - ◆中文摘要（300 字為限）及英文關鍵字（3 至 5 個）

◆英文摘要（300 字為限）及英文關鍵字（3 至 5 個）

◆本文（章節之編序以：壹、一、(一)、1、(1)、… 為原則）

◆參考文獻

五、圖表配置：本文中之圖表請隨文插入（與文字排列），圖表之編號一律以 1,2,...等阿拉伯數字表示，圖標題請以置中方式標註於圖下方；表標題以置中方式標註於表正上方。

六、數據規範：內文中之數字請以阿拉伯數字呈現，並採用半型，可量化數字超過 3 位數請以逗號區隔，如 1,234；年份請以西元紀年；文中所使用數據單位請以公制單位，如：min、℃、mg/L 等，數字及單位之間請空半形 1 格。

七、參考文獻格式

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。

【參考文獻 格式範例】

1.歐陽嶠暉，下水道工程學，長松出版社，增訂版，第 45-56 頁，臺北(1992)。

2.黃國文、李方中、於望聖、陳志偉、顏慧敏、施上粟、林旺德、林佳薇 (2017)，公共污水下水道維護管理訪評計畫之研訂與推動，農業工程學報，63(2)，第 1-10 頁。

3.陳余育、劉振宇、鍾淑女、李金靖、陳怡寧、游勝傑，“臺灣地區性水資源回收中心新冠肺炎病毒檢測初探”，中華民國環境工程學會 2021【廢水處理技術研討會】研討會，110 年 8 月 19 日，第 132 頁(2021)。

八、文章內文格式範例（請洽本期刊編輯組）

參、本期刊內容將刊載於內政部國土管理署資訊入口網歡迎各界參閱。



著作權授權使用同意書

_____(作者/機關名) 保證除本次投稿至「下水道·水再生」期刊之
文章_____(文章名) , 相同內容未專屬授權至國內外其他有版
權之期刊或有抄襲之情事, 若有涉及著作權之侵權或其他不法行為, 本人
願負相關之法律責任。

_____(作者/機關名) 同意將本篇文章之著作權自接受刊登日起, 授
權內政部國土管理署有重新編排並將本篇文章置於所屬網站及刊物等刊載
供外界查詢之權利, 但需註明本文章作者。

此 致

內政部國土管理署

立 書 人 :

通 訊 處 :

聯 話 電 話 :

(親簽後掃描為電子檔與文稿一併寄送至編輯組)

中 華 民 國

年

月

日

中華民國 一百一十三年十一月出刊

第 3 卷第 3 期

中華民國 一百一十一年七月創刊

發行人：吳欣修

指導委員：宋德仁、於望聖、邱忠川、范世億、陳志偉、黃一平、劉振宇、
蔡長展（依姓氏筆畫順序）

編輯委員：王朝民、朱錫麟、阮春騰、邱敏錦、周黎明、林舜宏、侯嘉洪、
洪俊雄、胡念英、康世芳、張添晉、莊順興、陳立儒、黃成龍、
黃良銘、黃靖修、楊仁彰、廖宗銘、鍾志成、蘇玫心（依姓氏筆
畫順序）

總編輯：曾淑娟

副總編輯：周世銘、鄭惠君

執行編輯：游勝傑

出版單位：內政部國土管理署

地址：臺北市松山區八德路 2 段 342 號

電話：(02)8771-2345

網址：<https://www.nlma.gov.tw/>

執行單位：社團法人台灣水環境再生協會

地址：臺北市松山區復興南路一段 1 號 1204 室

電話：(02)2777-2675

網址：<https://www.twea.org.tw/contact.html>

GPN:2011100010 ISSN:27913805

★★★本刊文章版權所有，非經同意不得轉載★★★

★本刊文章屬個人學術發表，不代表內政部國土管理署立場★