ISSN：2791-3805
GPN：2011100010

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

下水道●水再生期刊 06 下水道系統智慧管理×管線維護與管理 內政部國土管理署

下水道水再生期刊

第三卷第一期　113年4月

下水道系統智慧管理：管線維護與管理

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

主編的話

為因應氣候變遷的影響與達到淨零碳排的目標，同時伴隨台灣都市化的高度發展，推動下水道建設的智慧管理系統，是構築永續的現代化城市發展不可或缺的基礎。然而，隨著都市化進程的加速，以及氣候變遷的威脅日益加劇，極端氣候事件如豪大雨、颱風及洪水，使得下水道雨水與污水系統的負擔增加，進而影響城市的正常運作和居民的生活品質，管理面臨日益複雜的挑戰。為了深入探討與解決其中的關鍵問題，本期「下水道系統智慧管理：管線維護與管理」精選了八篇具代表性的文章，涵蓋下水道的智慧感測大數據分析、下水道系統的智慧管理、再生水建設推動等多個重要主題。本期內容將探討如何引入智慧水務管理，透過感測器布設與感測技術、管線的大數據分析與人工智慧提高系統的即時性，使下水道系統能夠更靈活地應對突發情況，減輕災害帶來的影響，同時，藉由智慧管線的示範案例，規劃研擬永續的管理策略，包括雨污水分流、加強用戶接管維護管理等。

在智慧感測大數據分析與實務應用的篇章中，由中興工程顧問股份有限公司與高雄市政府水利局團隊所主筆的「智慧感測大數據分析與實務應用-雨天污水管網超負荷水量減量對策研析」專文，探討極端氣候降雨下，雨水對污水管網造成的超負荷水量問題，分析高雄楠梓下水道老舊污水管線的現況，提出設置流量感測器，與結合 Storm Water Management Model (SWMM)程式，進行分析的一系列解決方案，以更靈活和有效地應對極端氣候所帶來的巨大壓力。富鈞水資股份有限公司團隊所撰寫之「即時監測人孔水位應用於下水道系統管線前期調查」，揭示即時水位監測在緊急應變中的關鍵角色，透過人孔內的即時水位監測移動式設備，實現對下水道管網系統的長時間連續監測，並可協助制定未來下水道系統維護和氣候適應性的發展策略。由崇峻工程顧問有限公司與多采工程顧問有限公司團隊合作共著的「都市排水系統(SWMM) 即時自動化應用-以桃園東門溪排水系統為例」一文，強調了 SWMM 技術在提高排水系統效能上的關鍵作用，展示在桃園市東門溪排水系統的成功案例，建置自動化 SWMM 即時預報系統，即時掌握下水道系統與區域排水的交互作用，提供精確的水位、流量、流向等信息，以協助防災應變單位及早防範處置，降低災害損失並提升都市安全。

主編的話

在下水道系統的智慧管理面向，高雄市水利局局長蔡長展所主筆之「高雄市雨水下水道橫越管淨空管理」，揭示高雄市在雨水下水道系統管理上的獨特挑戰，尤其是在極端事件後橫越管的淨空作業，分析都市排水系統的脆弱性與相對應之改善策略，以確保雨水下水道的維護與管理品質。內政部國土管理署與台灣世曦工程顧問股份有限公司團隊所撰寫的「下水道地理資訊系統之管線維護與管理」專文，則集中探討地理資訊系統在下水道管理中的應用，通過整合地理資訊，有助於管線的精確維護和管理，提高系統的效能和可靠性。由中原大學環境工程學系張添晉講座教授與蔡大偉助理教授所合著的「水環境智慧化管理」專文，提供在水務管理中應用智慧化技術的進展，著重於如何透過智能感測和大數據分析提升水環境監測和管理的效能，這有助於更全面地了解水體狀態，及時應對環境變化，以確保水質安全和生態平衡，同時可透過智慧分析，優化污水處理廠的營運效率與節能，邁向自給自足的下水道系統。「以智慧化建構下水道永續管理」一文，由美商傑明工程顧問（股）台灣分公司吳展帆協理等四人所撰寫，強調未來的下水道管理將朝向智慧水務物聯網發展，透過中央和地方政府的分工合作，建立資料交流管道，累積數據輔助決策，建構永續營運的智慧型下水道和污水廠。

在再生水建設的面向，臺中市政府水利局總結臺中市政府積極推動的再生水計畫，彙整成「臺中市再生水建設之推動及展望」一文，說明臺中市的再生水推動狀況，並研析其再生水建設的發展需求與未來展望，這些再生水的發展方案與策略，可對日益嚴峻的缺水問題提供有效的解決方案。

本期八篇文章共同勾勒出下水道智慧管理的前瞻議題，提供了多元而豐富的觀點、技術推廣案例與解決方案。我們期望這些深入的探討能夠提供讀者啟發，在未來構建更加智慧、永續的下水道智慧管理體系，精進管線的維護與永續的經營管理，以因應極端天氣、降雨型態改變及水資源風險所帶來的種種壓力，為未來城市發展與下水道系統奠定更穩固的基礎。

國立臺灣大學環境工程學研究所教授　侯嘉洪

目錄

政策推動

智慧感測大數據分析與實務應用-雨天污水管網超負荷水量減量對策研析 ..... 黃晟祐.. 1

技術推廣

即時監測人孔水位應用於下水道系統管線前期調查 ..... 鄭雅宸. 13

都市排水系統(SWMM) 即時自動化應用-以桃園東門溪排水系統為例 ..... 李戎威. 25

傳經送寶

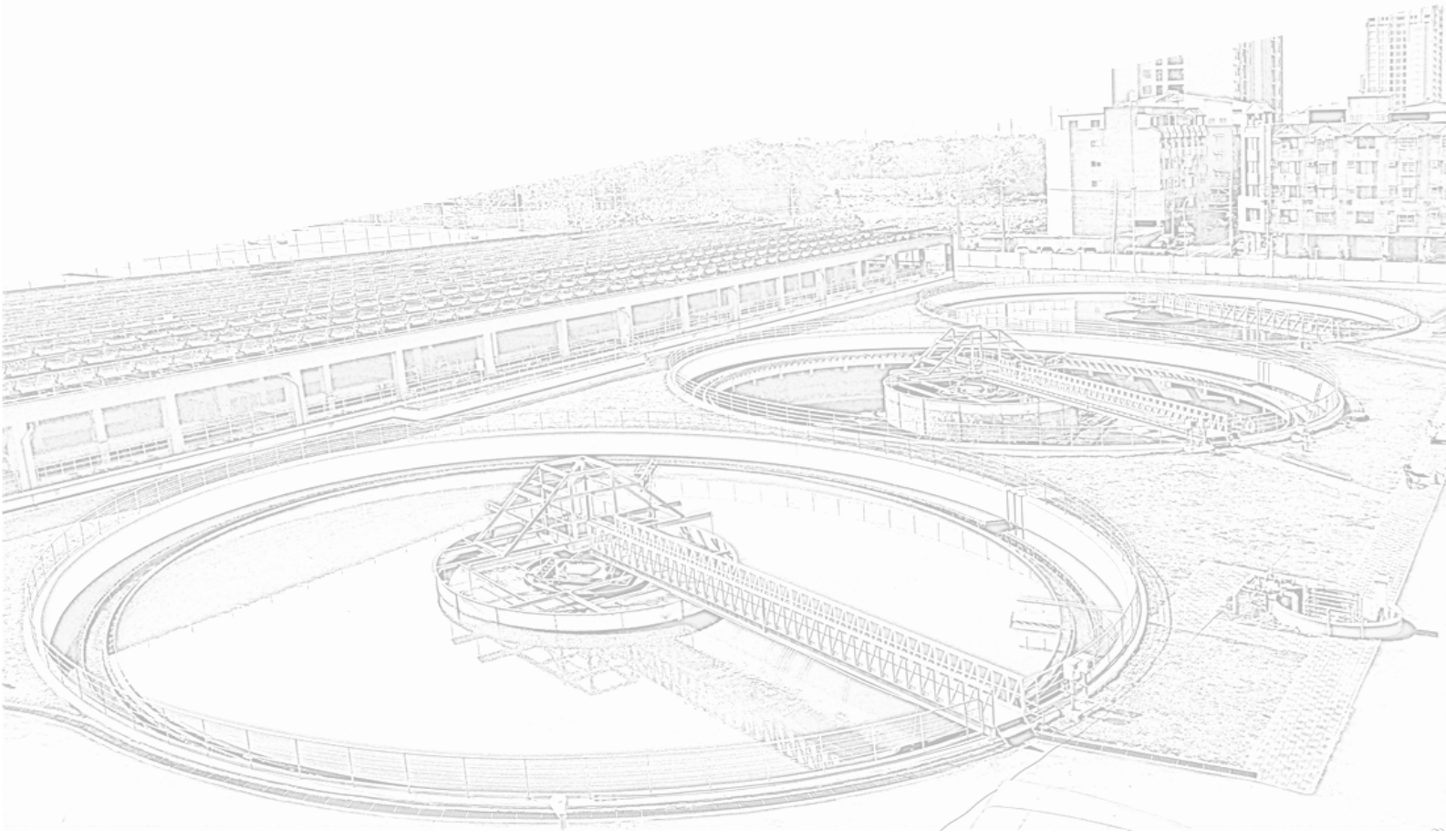
高雄市雨水下水道橫越管淨空管理 ..... 蔡長展. 43

下水道地理資訊系統之管線維護與管理 ..... 杜鐵生. 55

水環境智慧化管理 ..... 張添晉. 71

以智慧化建構下水道永續管理 ..... 吳展帆. 85

臺中市再生水建設之推動及展望 ..... 臺中市政府水利局 ..95



智慧感測大數據分析與實務應用-雨天污水管網超負荷水量減量對策研析

黃晟祐[1]、陳柏仰[2]、梁錦淵[3]

摘要

臺灣污水下水道建設發展已久，老舊管線普遍存在不明水的問題，尤其是雨天時浸入水於極端氣候降雨下，常因大量雨水進入污水下水道系統，除增加下游污水處理廠負荷外，亦常造成污水管網系統人孔冒水，影響用戶排水、交通及用路人安全。高雄市楠梓污水下水道系統於民國 93 年底簽約開始建設，隨著建設管線長度與用戶接管數的增加，雨天污水管網超負荷水量也愈顯嚴重。為改善此情形，除透過管網系統設置流量感測器，逐步縮小範圍找出雨天時浸入水熱區外，並結合 SWMM 程式分析規劃短、中、長期改善計畫。短期對策係於下游污水處理廠增設抽水機，以避免處理廠淹水、增加系統應變量並降低下游管線回水的影響；中期對策係於污水人孔冒水熱區設置通氣管，除避免氣衝造成人孔蓋飛散位移外，亦可增加區域緊急應變量並減輕瓶頸管段的影響；長期對策則持續加強用戶接管維護管理與雨污水分流以降低雨天時浸入水。

關鍵字：浸入水、人孔冒水、超負荷水量、感測分析、改善策略

1.中興工程顧問股份有限公司 / 計畫主任
2.中興工程顧問股份有限公司 / 技術經理
3.高雄市政府水利局 / 副局長

Abstract

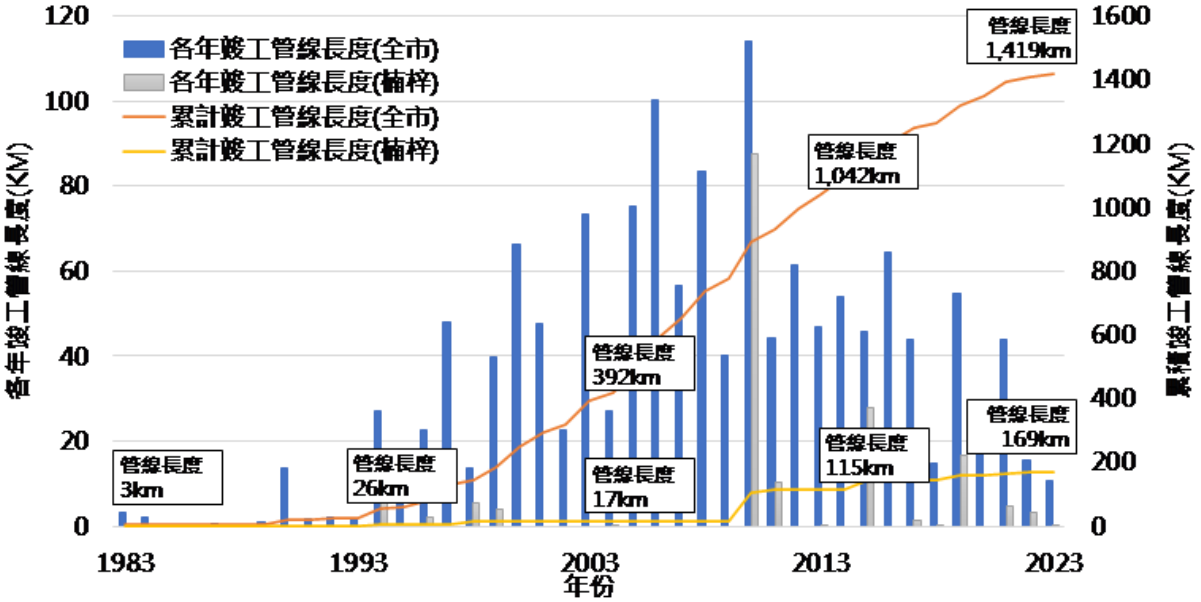
Taiwan's sewage infrastructure has been developing for a long time, and the problem of unidentified water in old pipelines is widespread. This issue is particularly evident during rainy days when infiltrating water from extreme weather conditions often leads to a large amount of rainwater entering the sewage system. Not only does this increase the load on downstream sewage treatment plants, but it also frequently causes manholes in the sewage network to overflow, affecting drainage for users, traffic, and the safety of pedestrians. The Nanzih sewage system in Kaohsiung City began construction at the end of 2004, and with the increasing length of the constructed pipelines and the number of users connected, the issue of overloaded water volume during rainy days has become more severe. To improve this situation, flow sensors have been installed in the network system to gradually narrow down the search for hot zones of infiltrating water during rain, in conjunction with the SWMM program to analyze and plan short, medium, and long-term improvement strategies. The short-term strategy involves installing additional pumps at downstream sewage treatment plants to prevent flooding, increase system resilience, and reduce the impact of backflow in downstream pipelines. The medium-term strategy is to install vent pipes in areas where manholes are prone to overflow, not only to prevent air surges from causing manhole covers to scatter and displace but also to increase emergency response capacity in the region and alleviate the impact of bottleneck sections. The long-term strategy continues to strengthen maintenance management of user connections and the separation of rainwater and sewage to reduce infiltrating water during rainy days.

Keywords: Unidentified water; Manholes overflow; Overloaded water; Sensing and analysis; Improvement strategies.

壹、前言

臺灣污水下水道建設發展主要於 1958 年中興新村建立第一個分流式下水道系統，後於 1975 年臺北市開始建設整體污水下水道。高雄市則於 1980 年展開污水下水道建設，並於 1983 年完成成功路污水主幹管下游段，迄今已達 40 年，期間陸續完成相關主次幹管及分支管網長度約 1,419 km，其中竣工達 10 年以上之管段長度約 1,042 km（佔整體比例約 73.4 %）、達 20 年以上之管段長度約 392 km（佔整體比例約 27.7 %），達 30 年以上之管段長度約 26 km（佔整體比例約 1.8 %），如圖 1，部分管段已屬老舊管線，其普遍存在不明水的問題，尤其是雨天時浸入水於極端氣候降雨下，常因大量雨水進入污水下水道系統，除增加下游污水處理廠負荷外，亦常造成污水管網系統人孔冒水，影響用戶排水、交通及用路人安全。

以楠梓污水下水道系統為例，其部分管段於市地重劃工程時在 1994 年~1999 年陸續竣工，而在 2004 年採興建營運後轉移模式(BOT)進行污水下水道建設，至今完成相關主次幹管及分支管網長度約 169 km，其中竣工達 10 年以上之管段長度約 115 km（佔整體比例約 68.0 %）、達 20 年以上之管段長度約 17 km（佔整體比例約 10.1 %），如圖 1，隨著建設管線長度與用戶接管數的增加，雨天污水管網超負荷水量也愈顯嚴重，亦有污水人孔蓋氣衝位移與冒水情事



資料來源：高雄市政府污水下水道 GIS 系統

圖 1 高雄市及楠梓系統歷年管線竣工長度

發生，如圖 2。

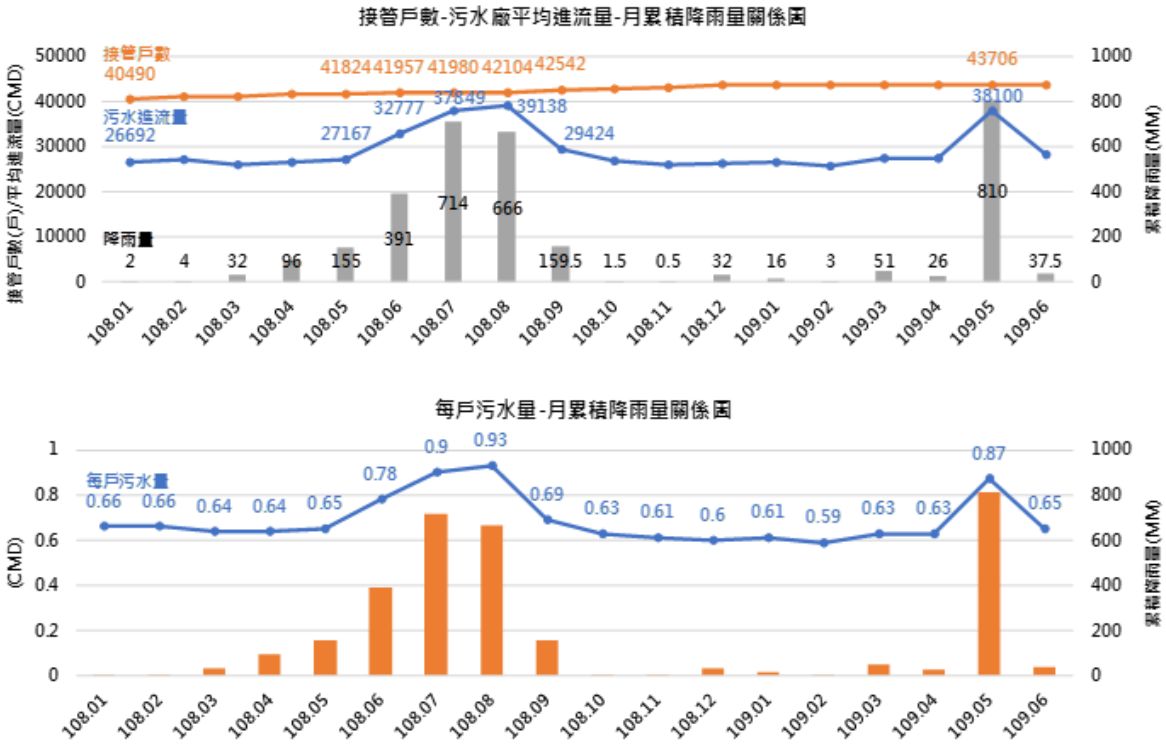
圖 2　楠梓污水下水道系統雨天污水人孔冒水

貳、楠梓污水下水道系統浸入水情形

依 108 年 1 月至 109 年 6 月接管戶數、楠梓污水處理廠（以下簡稱楠梓廠）污水進流量、降雨量及每戶污水量資料關係如圖 3，可觀察出楠梓廠污水進流量趨勢變化與降雨量成正相關，且在降雨量較少(0.5-4 mm)之月份，每戶污水量約 0.59-0.66 CMD，而在較大雨量(391-810 mm)之月份時，每戶污水量上升至約 0.78-0.93 CMD，判斷雨天時有大量浸入水進入污水下水道系統。

參、利用流量感測器查找浸入水熱區

楠梓污水下水道系統於管網設有流量感測器，如圖 4，主要設置於主幹管



資料來源：內政部國土管理署污水下水道資料整合雲平台、交通部中央氣象署氣象資料開放平臺

圖 3　楠梓污水下水道系統與降雨量關係圖(108.01-109.06)

上、中、下游位置，及相關次幹管或分支管網銜接至主幹管或次幹管位置，共設有 26 處，為找出浸入水熱區，於降雨後，比對各感測器流量變化與降雨趨勢，兩者變化呈現正相關者，代表上游雨水浸入系統機率較高，而為能找出確切位置，逐步將感測器往上游端移動，縮小監測範圍找出浸入水熱區，如圖 5。

另除透過感測器由大範圍逐步縮小範

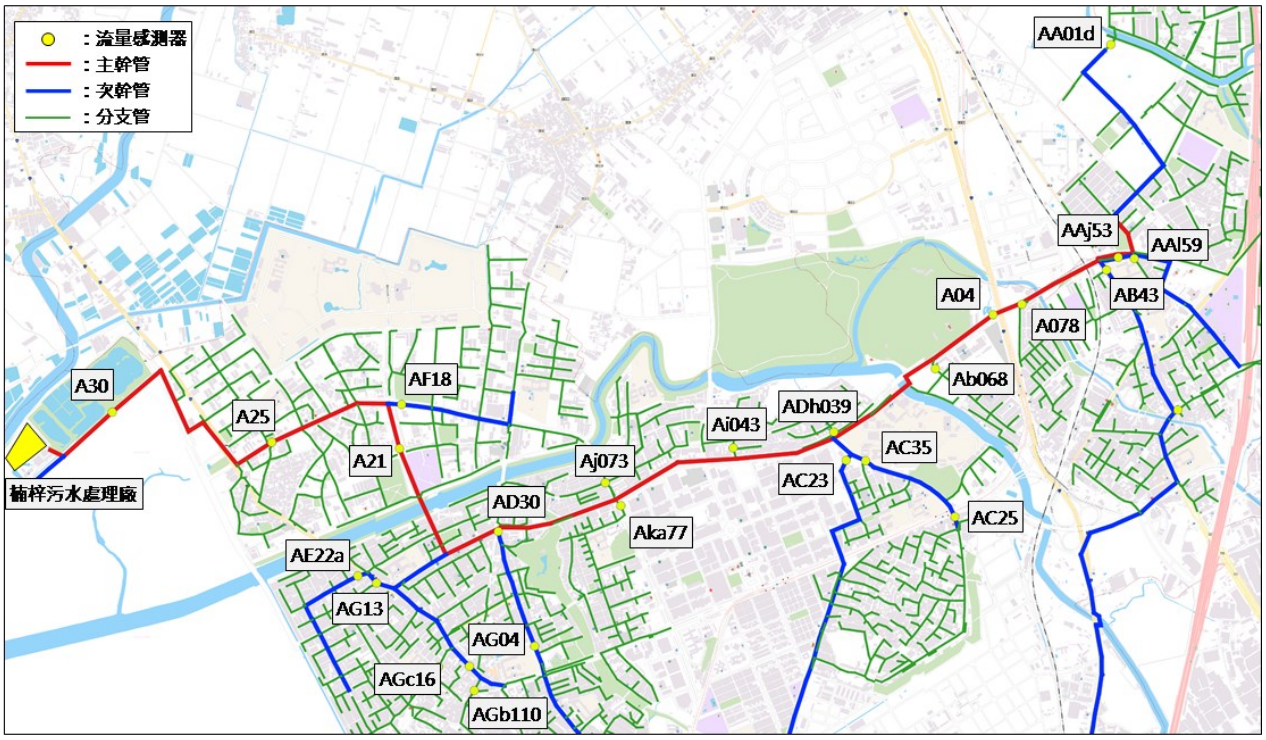


圖 4　楠梓污水下水道系統流量感測器裝設位置

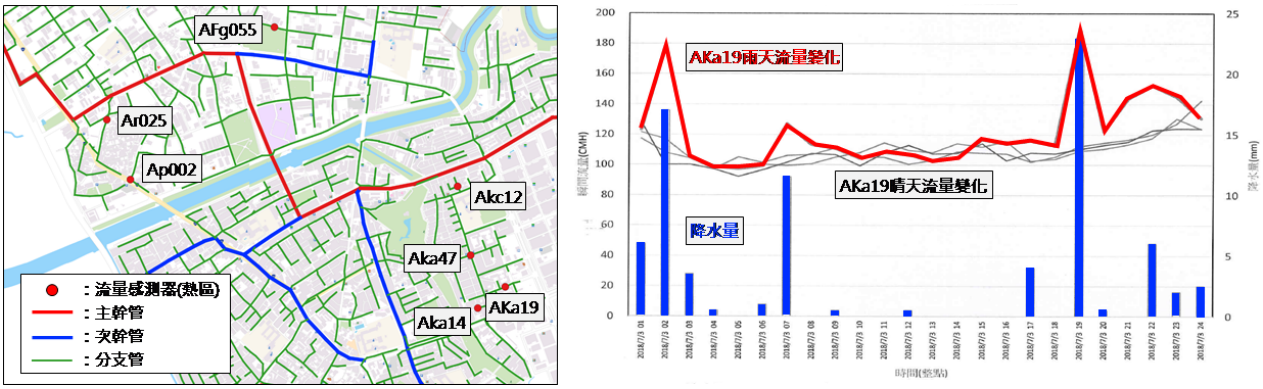


圖 5　楠梓系統主要熱區及 Aka19 雨天流量感測器流量變化情形

圍尋找熱區外，並統計楠梓系統歷年污水人孔冒水記錄，如圖 6，楠梓系統雨天浸入水熱區由系統下游至上游主要可分為藍田路/德中路口、天砌晴社區、右昌街一帶及壽民路一帶等四區，如圖 7。

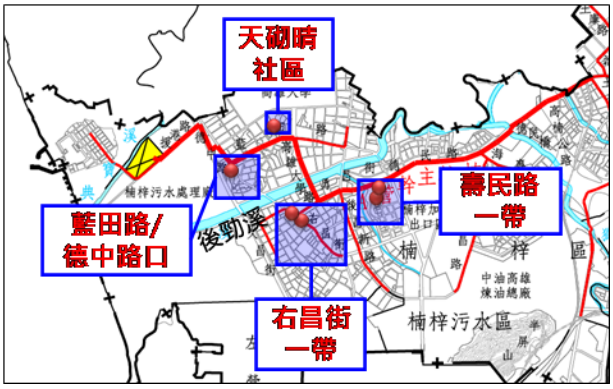
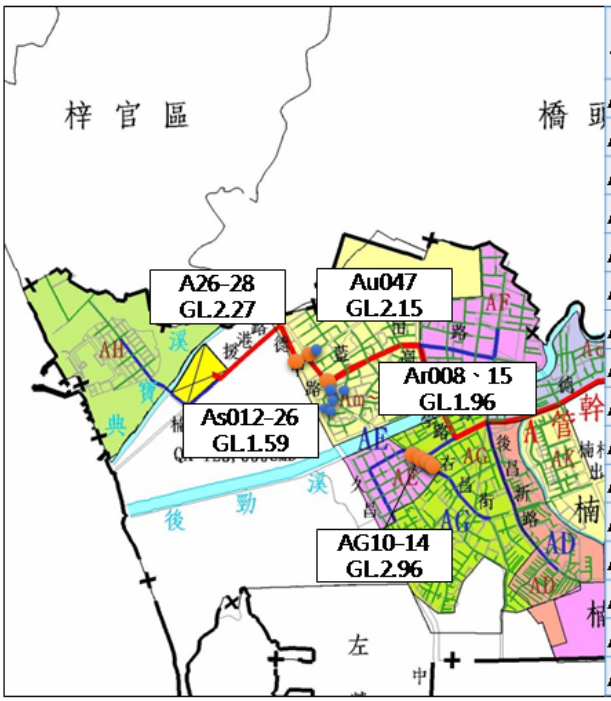


圖 7　楠梓污水下水道系統人孔冒水熱區

肆、SWMM 模型建置

為分析浸入水相關改善策略之成效，採用軟體 SWMM (Storm Water Management Model)進行模型建置與模擬分析，如圖 8。管線系統模型係依高雄市政府污水下水道 GIS 資料建置，設定主次幹管位置、管徑及坡度等屬性資料，系統水量中污水量係以用戶接管區域分布設定戶數與單位污水量作為計算依據。楠梓廠抽水站則依該廠緊急應變操作程序進行水位及流量之設定。系統水量中雨水浸入量則透過用戶接管棟數及其形式（透天厝、公寓、華廈或大樓）之假設屋頂面積設定集水面積，並採 109 年 5 月 22 日降雨及進流水情形進行模型校驗證，作法係利



人孔編號及位置\日期	GL (M)	102 0829	103 0812	107 0823
AG10(右昌街)	3.03		V	V
AG11(右昌街)	3.08			V
AG13(右昌街)	2.96			V
AG14(右昌街)	3.14			V
A26(德中路)	2.27		V	
A27(德中路)	2.32	V	V	V
A28(德中路、大學南路口)	2.58			V
Ar008(德中路)	1.96	V	V	
Ar015(德中路)	2.06	V	V	
As012(德中路81巷)	1.94		V	
As019(德中路165巷)	1.71		V	
As021(德中路165巷)	1.66	V	V	V
As022(德中路165巷)	1.59	V	V	V
As025(德中路)	1.92	V		V
As026(德中路)	1.84	V	V	V
Au047(大學南路)	2.15	V		

圖 6　楠梓系統極端氣候歷年污水人孔冒水記錄

用 SWMM 模擬出不同混接率下污水廠分水井之水位變化，並與當天實際觀測到之分水井分時水位進行比較，決定楠梓污水系統模型混接率，如圖 9。經不同情境分

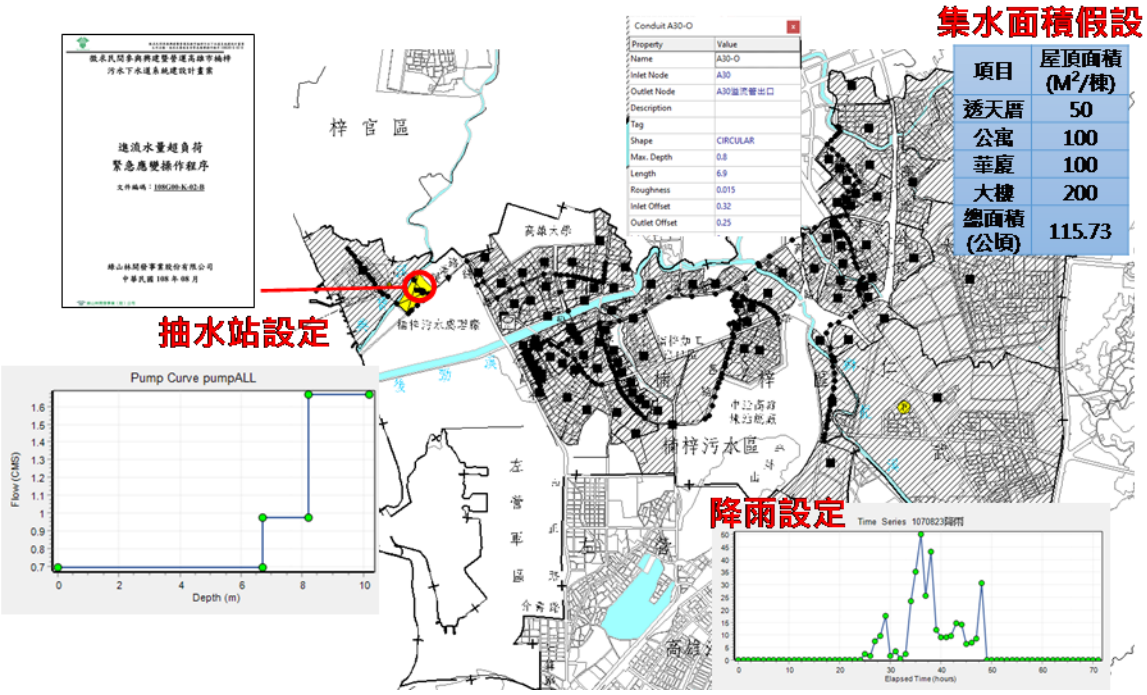


圖 8　楠梓污水系統 SWMM 模型建置情形

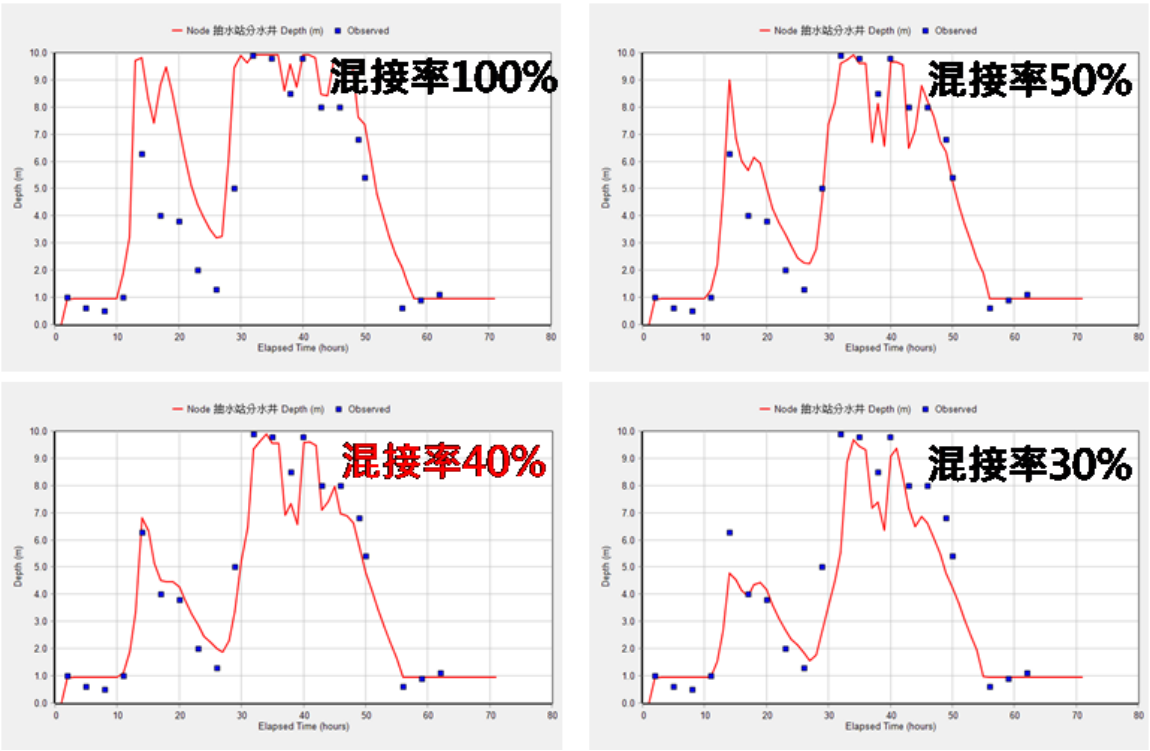


圖 9　抽水站分水井水位歷時線不同混接率模擬成果

析，以整體混接率 40%時模擬成果較接近實際情況。

伍、改善策略研析

一、短期改善策略

短期策略係由下游做起，考量大量雨水浸入污水系統，為避免楠梓污水處理廠淹水影響操作及管網系統下游段管段回水造成中、上游人孔冒水，因此規劃於污水廠分水井新增抽水機，增加系統應變量，如圖 10。

考量分水井現場設置條件與實際操作情況，利用 SWMM 模型模擬新設 2 台 1.0 CMS 抽水機之系統情形，設置如圖 11，於特定降雨條件下，在同一時間點比較分水井有無設置抽水機之下游管段(A19-A31)水位差異，如圖 12，在沒有設置抽水機之情境下，人孔 A26 內水位高度已達 9.40m，部分污水由人孔溢出；而在開啟抽水機之情境下，可看出 A26 內水位高度降至 8.51m，無污水人孔冒水情事發生。由模擬結果得知設置 2 台 1.0CMS 抽水機可有效降低下游管段內水位，減少人孔冒水情形。

二、中期改善策略

中期策略由污水收集管線著手，因污水管線於設置時係考量分流之生活污水

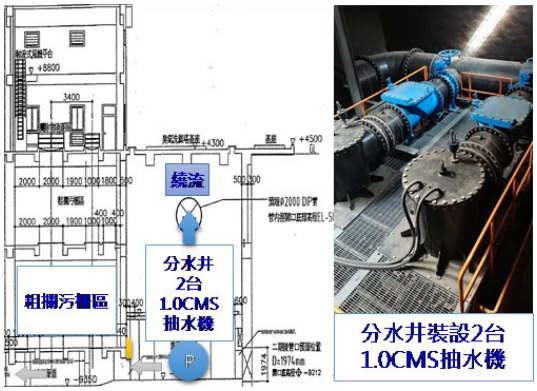


圖 10　楠梓污水廠分水井新增抽水機

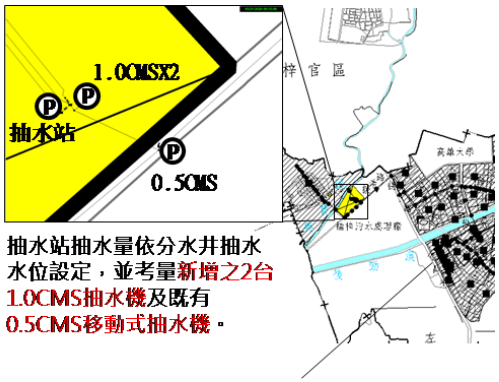


圖 11　楠梓污水系統模型更新

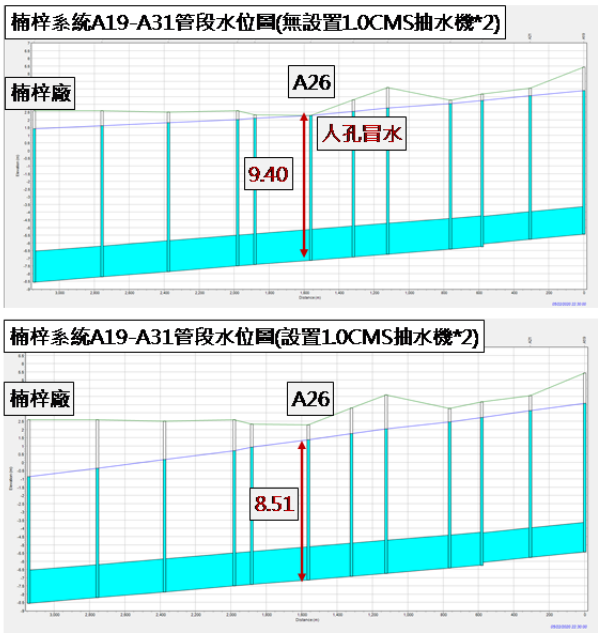


圖 12　楠梓系統下游管段水位

量，故如於區域小水系於降雨時有大量浸入水時，超量雨水高於管段設計水量，將產生瓶頸管段排水不及，造成水位壅高。例如經由 SWMM 模擬，在相關情境（降雨量、混接率）設定下，如圖 13，於熱區右昌街一帶之 AG 管段可看出下游主幹管 A18 尚維持重力流時，而上游 AG 管段已因排水不及造成水位壅高，故可考量於浸入水熱區污水人孔設置通氣管銜接雨水系統，於人孔內水位上升時，管內受壓氣體可由通氣管釋放避免污水人孔蓋因氣衝飛散位移，緊急時亦會將超量雨水溢流至鄰近雨水系統，增加區域緊急應變量。通氣管設置位置、管徑與高程可透過 SWMM 模型進行分析提供建議，以確保成效。例如原預計於楠梓系統 A19 人孔設置通氣管，因受限後勁溪水位，設計高程較高，經分析 A19 管內水位尚未達到通氣管高程，上游 AG10 人孔水位已接近地面，如圖 14，新設 A19 通氣管效果有限，故建議於冒水熱區另行設置通氣管。

相關單位後續配合冒水熱區位置設置通氣管，如圖 15，後勁溪以南熱區之通氣管(AG11、AG12、Akc01、Akc02)於 110 年 7 月設置完成、後勁溪以北熱區之通氣管(As025、Am025)則於 111 年 6 月設置完成。利用 SWMM 模型進行通氣管之成效分析，以冒水熱區藍田路/德中路口區域內之 As025 及天砌晴社區區域內之 Am026 為例，模擬分析結果分別可緊急排放超量雨水 0.038 CMS*2、

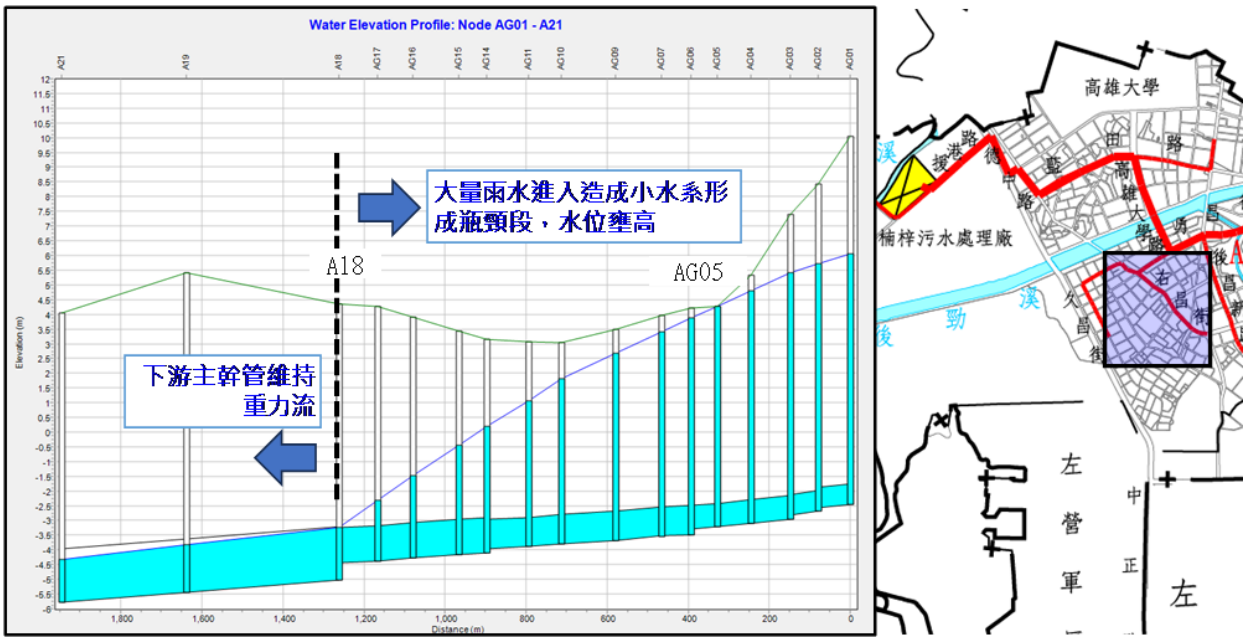


圖 13　小水系瓶頸管段造成水位壅高

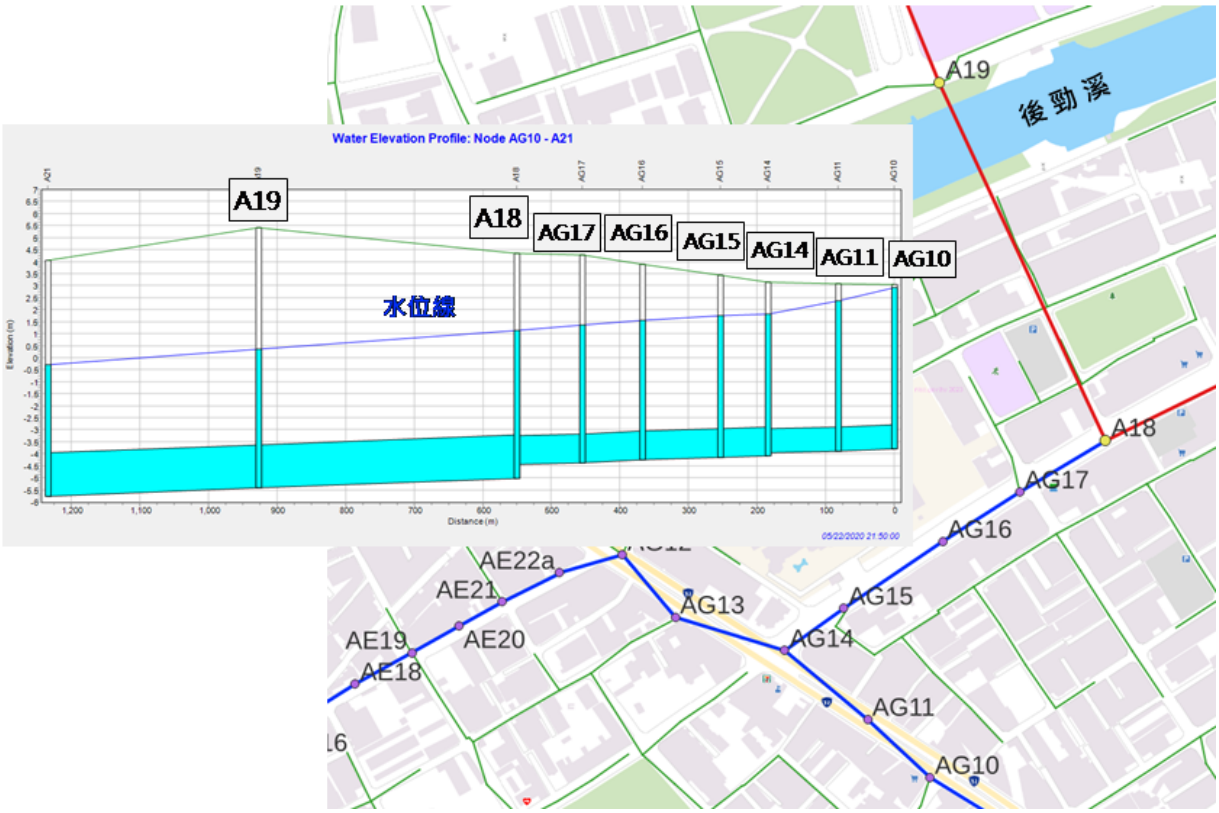
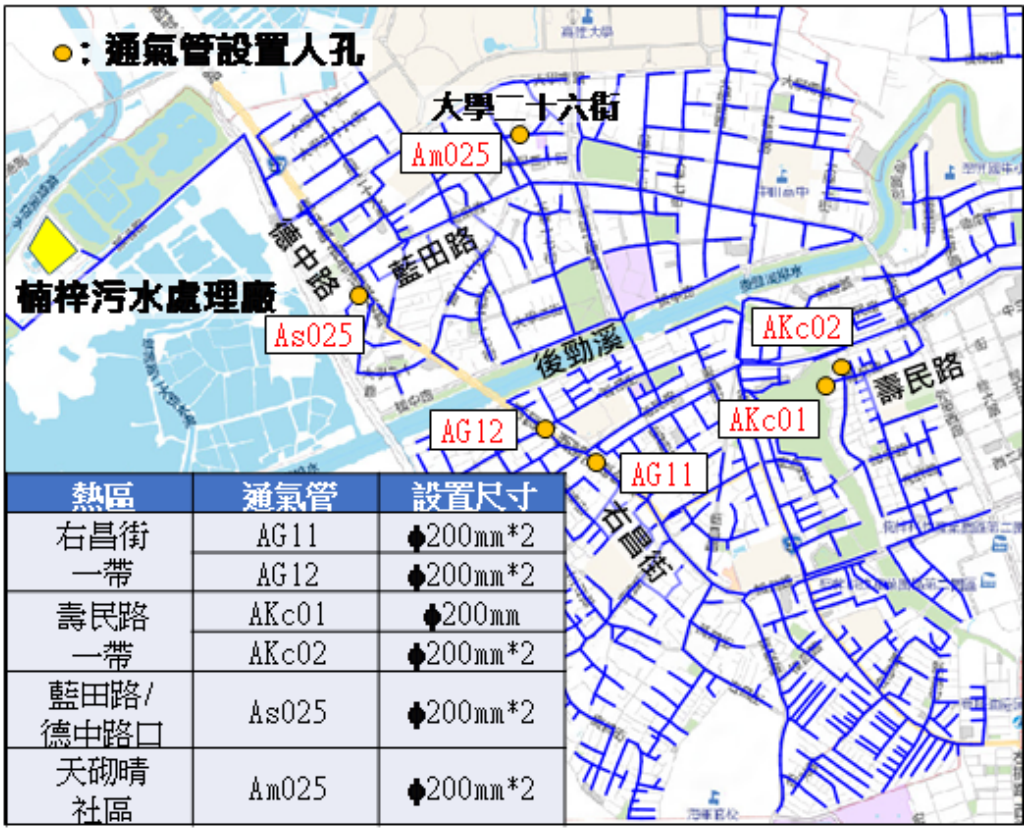


圖 14　楠梓系統 AG10-A19 人孔水位



熱區	通氣管	設置尺寸
右昌街一帶	AG11	ϕ200mm*2
	AG12	ϕ200mm*2
壽民路一帶	AKc01	ϕ200mm
	AKc02	ϕ200mm*2
藍田路/德中路口	As025	ϕ200mm*2
天砌晴社區	Am025	ϕ200mm*2

圖 15　楠梓系統浸入水熱區通氣管設置

0.013CMS*2，研判通氣管可發揮作用，如圖 16、17。

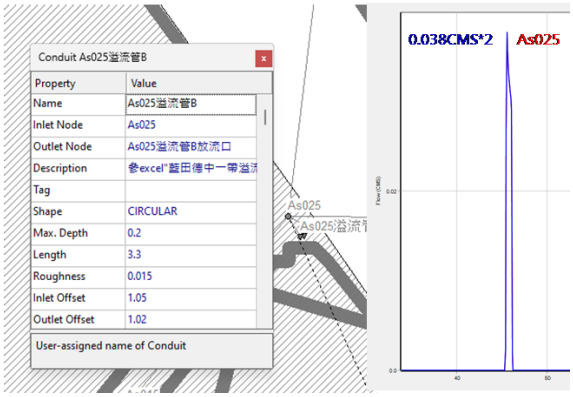


圖 16　通氣管 As025 模擬情形

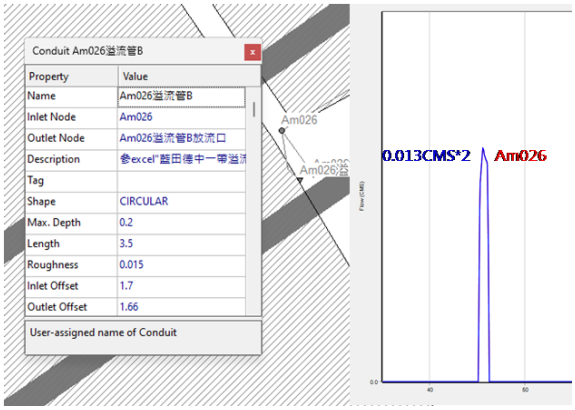


圖 17　通氣管 Am026 模擬情形

三、長期改善策略

長期對策則持續加強用戶接管維護管理與雨污水分流以降低雨天時浸入水。透過 SWMM 模型進行模擬，如由原設定之混接率 40%降低至 20%，即可大幅降低污水人孔冒水情形，如圖 18，以冒水熱區右昌街一帶人孔 AG10 為例，在混接率為 40% 調降至 30% 時，冒水量由 7.3*10^6 L 減少至 5.2*10^6 L，約 71%，而在混接率降低至 20%時，則幾乎無冒水情形發生，因此降低混接率應為最有效降低浸入水造成冒水情形之方法。

惟用戶接管雨水管錯接之改善常需與民眾長時間溝通與協調，執行上較易遇到阻礙而成效不彰。因此相關單位除持續辦理外，可由用戶接管維護管理著手，考量楠梓系統部分用戶接管採 Z 接法，主要為污水系統尚未完成前，用戶污水先行接入雨水側溝，待完成後再切換至污水系統，

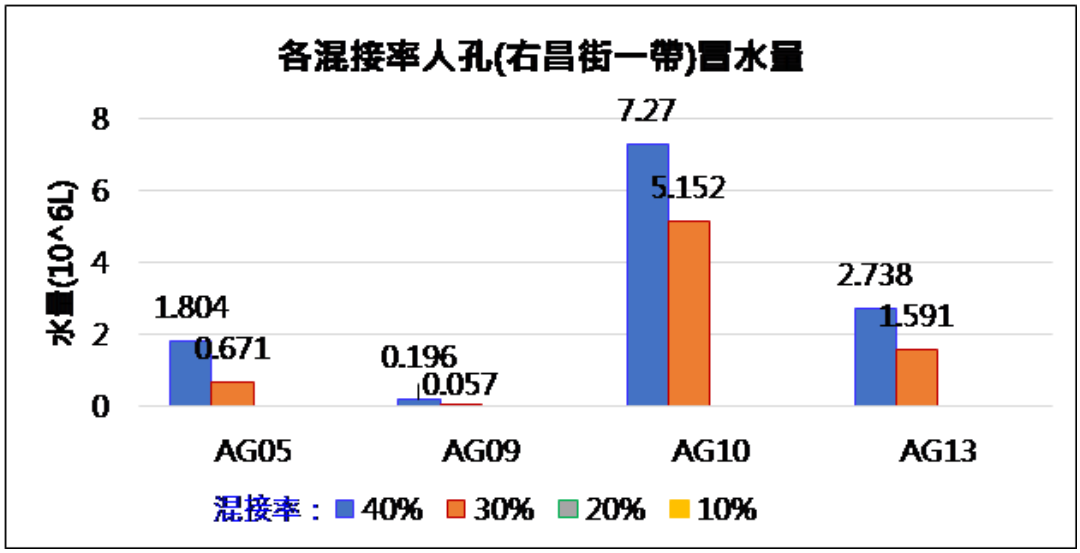


圖 18　混接率改善對人孔冒水之影響

並於雨水溝側開口以管塞封住，如管塞脫落將造成雨水經側溝倒灌進入污水系統，如圖 19，執行時主要於側溝進行改善，不會影響用戶。市府於 109 年 9 月開始進行清查，發現 Z 接法管塞脫落待改善戶數總計約 2,716 戶，於 112 年 9 月底已改善 2,200 戶，將持續進行改善。

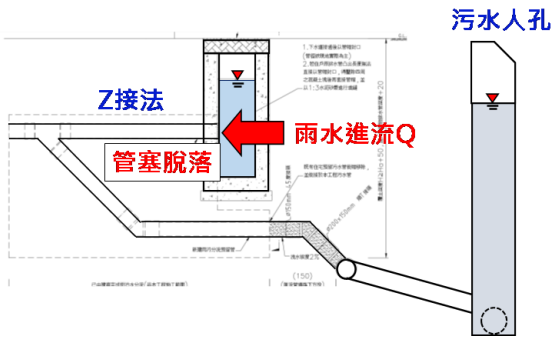


圖 19　Z 接法管塞脫落後雨水浸入污水系統

陸、結語

高雄市楠梓污水下水道系統是國內第一件採 BOT 方式辦理的污水下水道系統，污水處理廠與收集管線由民間機構負責興建營運，用戶接管則由政府負責興建、民間機構負責營運。雨天污水管網超負荷水量成因複雜，諸如管線老舊漏水、用戶雨污水管錯接均是可能因素，須仰賴市府與民間機構通力合作以解決問題。

綜整楠梓污水下水道系統浸入水因應對策，短期對策係於下游污水處理廠增設抽水機，以增加系統應變量並降低下游回水水位；中期對策係於人孔冒水熱區設置通氣管，除避免氣衝人孔蓋飛散位移外，亦可增加區域緊急應變量並減輕瓶頸管段的影響；長期對策則持續加強用戶接管維護管理與雨污水分流以降低雨天時浸入水，減少系統雨天污水管網超負荷水量。民間機構於污水處理廠分水井增設之 2 台 1.0 CMS 抽水機於 109 年 7 月設置完成；市府辦理後勁溪以南熱區之通氣管於 110 年 7 月設置完成、後勁溪以北熱區之通氣管則於 111 年 6 月設置完成，相關設施經 SWMM 模型分析與實際操作驗證有效。用戶接管 Z 接法清查改善由 109 年 9 月開辦至 112 年 9 月已改善約 2,200 戶，後續將持續加強用戶接管雨污水分流。

依據以往操作經驗，楠梓地區降雨時雨量約達 30~40mm 時即會陸續接獲污水人孔冒水通報，近 2 年（111-112 年）較大雨勢發生（時雨量約 44.5~83mm）於相關熱區則未接獲冒水通報，研判在上述對策辦理後已有明顯成效，已初步達成雨天時污水處理廠不淹水、污水人孔不冒水、用戶可順利排水的目標。

參考文獻

1. 台灣下水道協會，台灣下水道發展紀實，92 年 12 月。

2. 內政部營建署，下水道誌，100 年 7 月。

3. 台灣水環境再生協會，下水道管線維護管理及長壽命化指南，103 年 8 月。

即時監測人孔水位應用於下水道系統管線前期調查

鄭雅宸[1]、鄭詠紘[2]、林學廷[3]

摘要

污水下水道建設在現代城市扮演著至關重要的公共工程角色，氣候變遷和極端天氣的影響使得近年來颱風和豪大雨的頻率逐年增加，對下水道管網系統造成了嚴重的負擔和損壞，下水道溢流導致路面淹水、人孔氣衝、水衝等事件，影響環境衛生也可能對公眾造成意外風險。

因此早期調查管線狀況並強化維護管理、延長使用壽命變得極為重要，利用安裝於人孔內的即時水位監測移動式設備於下水道管網系統進行長時間連續監測，結合即時雨量作為前期調查管線的方法。監測水位數據，除提供快速低成本判別雨污混流的方法，監測數據更可用以評估臺北地區下水道管網排水功能性及其對降雨衝擊的應對能力，以制定未來下水道系統維護和氣候適應性都市基礎建設發展策略。

關鍵字：即時監測、污水下水道系統、管線調查、雨污混流

1.富鈞水資股份有限公司 / 技術部經理
2.富鈞水資股份有限公司 / 總經理
3.富鈞水資股份有限公司 / 執行長

Abstract

The construction of sewage and drainage systems plays a crucial role in modern urban development. The increasing frequency of typhoons and heavy rainfall due to climate change and extreme weather events has imposed a significant burden on sewer network systems. Sewer overflows result in incidents such as road flooding, manhole surges, and water surges, impacting environmental hygiene and posing unexpected risks to the public.

Therefore, early investigation of pipeline conditions and the reinforcement of maintenance management to extend the lifespan of sewer systems have become imperative. Utilizing real-time water level monitoring mobile devices installed in manholes for continuous monitoring of the sewer network system has been proposed. Thirty monitoring devices were installed across five administrative districts in Taipei City for a period of three months. This approach, combined with real-time rainfall data, serves as an effective method for preliminary investigation of pipeline conditions. The monitored water level data not only provide a rapid and cost-effective means of identifying stormwater pollution but are also crucial for assessing the drainage functionality of Taipei's sewer network and its resilience to rainfall impacts. This information is vital for the formulation of future strategies for sewer system maintenance and the development of climate-resilient urban infrastructure.

Keywords: real-time monitoring; sewerage system; pipeline monitoring; mixed connection of rainwater and sewage sewers.

壹、前言

污水下水道建設是現代城市至關重要的公共建設工程，同時也是評估環境品質和生活水準的重要指標，被美國土木工程學會會員評選為「二十世紀土木工程十大貢獻」之一（駱尚廉，楊萬發，2002）。在台灣每年約需耗用歷年管線總建設費的1%進行管線維護以確保其長期運作。目前相關的營運費用依法通過污水下水道使用費來支應，各縣市也已陸續開始徵收該費用。隨著污水下水道建設日益普及，相關的更新和維護費用也隨之增加。在確保城市基本系統安全的前提下，維持設施功能、延長使用壽命，同時使其生命週期總成本能降至最低，成為下水道建設和維護的關鍵課題。

氣候變遷及極端氣候影響下，颱風或豪大雨的頻率逐年增高，帶來的瞬間雨量對於已越趨複雜的下水道管網系統造成負擔及損壞，尤其強降雨會導致污水下水道溢流，如路面淹水或人孔發生氣衝、水衝等事件，從而對下水道管線的性能產生不利影響，因此如何早期調查管線狀況，強化其維護管理以發揮功能，延長使用壽命，是極為重要且不容忽視之工作，目前管線調查的方式，多為直接檢視或間接利用閉路電視(CCTV)逐段檢查下水道內狀況之檢視方式，而此種方式除需耗費較高的人力、設施成本，亦無法長時間監測下水道狀況。利用安裝於人孔內之即時水位監測移動式設備進行長時間連續監測，以經常發生氣衝或水衝位置的周邊人孔，逐步調查其管線狀況，確認管線是否有損壞、阻塞或不敷使用的狀況，移動式設備可依監測狀況機動設置，降低維護檢查成本，監測結果再搭配 CCTV 檢視找出精確位置，而研究範圍針對臺北市污水下水道管網系統，分析監測人孔水位及氣象局雨量，以評估臺北地區污水下水道管網排水功能性及降雨衝擊，未來可做為建置、維護及管理參考依據。

貳、前期管線調查方法

管線調查技術主要是針對下水道系統主要幹管、分支管網或用戶接管分界處，以適合方式設置監測儀器分析，目前管線閉路電視系統(Closed-Circuit Television, CCTV)為使用最久的管線檢視方法之一，具可旋轉鏡頭攝影機安置於可由控制台控制輪式或履帶式自走車上，將可旋轉鏡頭攝影機安置於遙控車輛穿過下水道，拍攝下水道狀況，進行管道檢視或紀錄影像(謝啟萬，2001)，依管渠檢視方式通常區分直接檢視及利用閉路電視(CCTV)進行逐段檢查下水道內狀況之間接檢視二種方式。

下水道管道的目視檢查是由經過專業操作員手動完成的，手動檢查需要觀察數百小時的影像檢測缺陷並評估網絡性能，檢測精度高度依賴於操作人員的技能和經驗，提高檢查成本，亦有出錯可能，自動

化異常檢測可以減少檢查的時間和成本，同時確保評估的準確性。目前已有採用隱馬爾可夫模型(Hidden Markov Model, HMM)進行比例數據建模，該算法執行實時異常檢測和定位，包括被視為正常的建模條件和檢測該模型的異常值，已應用於加拿大拉瓦爾市下水道檢查，可根據從閉路電視檢查視頻中獲得的數據自動檢測下水道缺陷，以降低不確定性水平並提高管道視覺評估的檢查速度，如圖 1 將正常及異常的圖像截圖匯入演算。(Moradi et al, 2017)

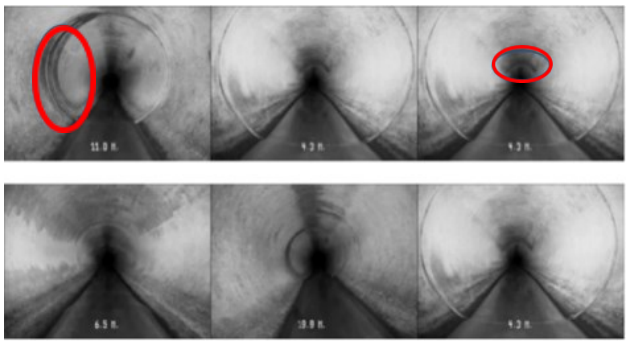


圖 1　訓練正常及異常的影像截圖

但由於其時間成本較高，可先考慮便於操作、節省時間及成本的調查方法，待確認發生可能區域後，再以 CCTV 檢視調查詳細原因，以下將逐一介紹目前以即時監測方式作為前期判斷管線錯接或滲漏等異常狀況之常用管線調查方法。

一、流量監測

流量監測之數據可用以分析出晴天時之平均污水量(Dry Weather Flow)，另外以降雨單日之污水量(Wet Weather Flow)比對，用以評估是否有雨天浸入水狀況及分析，並透過流量設備進行量化分析滲入量。已有將移動式監測設備應用探討花蓮吉安地污水下水系統流量監測案例，用以調查該研究範圍污水流量、不明水發生可能範圍及是否存在常時浸入水，如比對降雨同時流量升高，可判斷發生雨水浸入管網狀況，如圖 2 將人孔流量比對即時雨量變化進行評估。（王宏宇，2020）

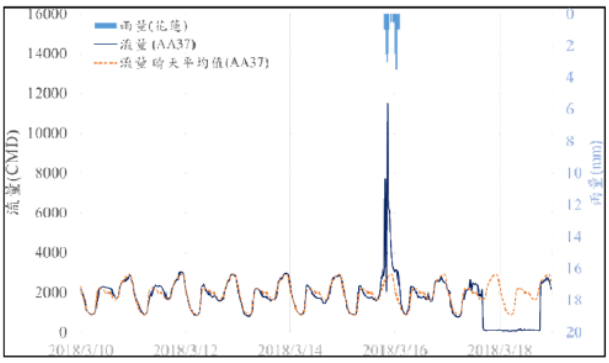


圖 2　人孔流量變化圖

二、電導度監測

電導度量測是近年常用來判斷雨污混接的量測技術，由於污水的導電度恆定值與一般水體不同，在污水中量測的電導度為一個定值，當雨水不斷流入時電導度隨者降低，另外不同水體流入污水管線內亦可利用電導度量測的差異值來做判斷，用導電度量測的數值可以推估不明水所佔的比例與可能產生的水量。可由晴雨天之電導度分析進行，由監測資料繪製人孔之晴天電導度平均值與時間關係圖，並透過雨量資料分析各降雨事件之電導度與時間關係圖並與晴天電導度平均值之時間關係圖

作套疊，分析各人孔是否因降雨造成電導度有明顯異常變化如圖 3。

三、溫度監測

溫度調查的原理是透過熱量平衡原理，計算原理如電導度計調查，因不明水流量浸入時，會使污水管網的流量溫度下降，透過監測期間各人孔溫度的整體平均值與背景溫度比較，可知該溫度監測區域是否存在常時不明水浸入。（台灣下水道協會，2021），目前已開發出一種使用分佈式溫度感測器(distributed temperature sensing, DTS)，應用於荷蘭雨水下水道系統的非法污水連接，以監測到具有間歇性特徵的顯著溫差，顯示流入的水非雨水，使用光纖電纜進行分佈式溫度傳感的技術亦是一種可靠、低成本可行的方法。(Hoes O.A.C. et al., 2009)

四、水位監測

水位監測透過裝設在人孔蓋下方的即時水位監測器，用以了解水位高度變化，也可用於降雨發生時，是否有雨水滲入或雨水管錯接的狀況，當水位高度已上升至人孔內部深度就可能發生人孔水衝現象，因此多會搭配可即時告警的監測功能，有利於預防災害，而於浙江大學校區也已使用水位監測，通過對觀測結果和模型模擬的分析，作為城市下水道系統(Urban sewer systems, USSs)調查雨水滲漏或雨水管錯接潛在區域的方法，研究中選取 2 個位置相近水位感測器進行分析，與當天

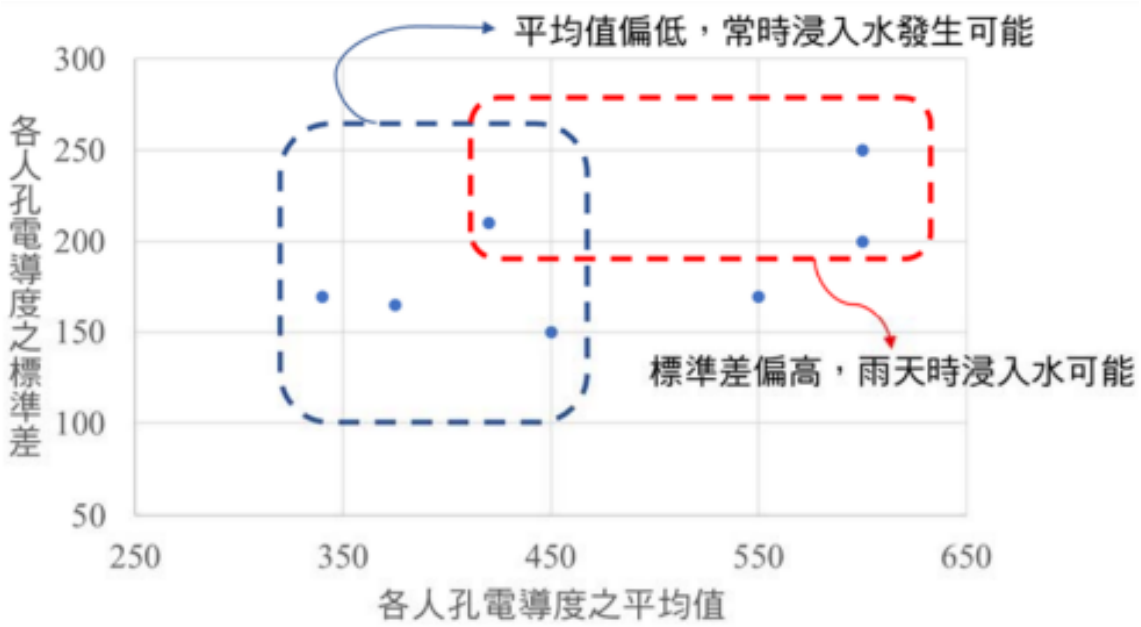


圖 3　降雨關係及電導度關係示意圖

的降雨時間序列相比，圖 4 及圖 5 為人孔 A 及人孔 B 同一日之水位監測圖，下方人孔 A 水位遠低於紅線所示的的地面水平線，而人孔 B 水位感測器則變化極大，其峰值高於地面，如此高的水位與雨水管和下水管的錯誤連接有關，亦與該次降雨事件期間人孔發生溢流的觀測結果吻合。

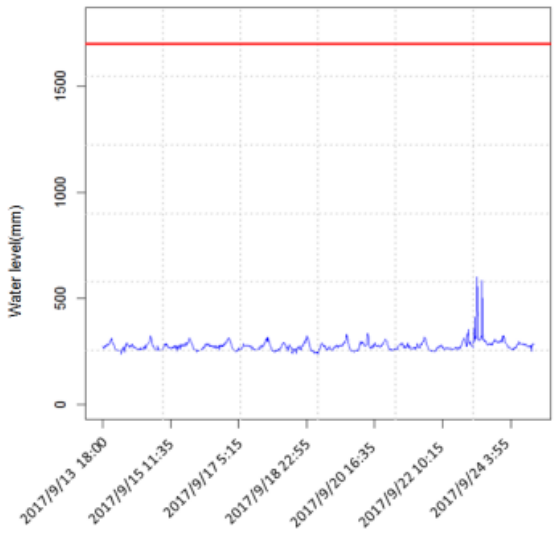


圖 4　人孔 A 監測水位

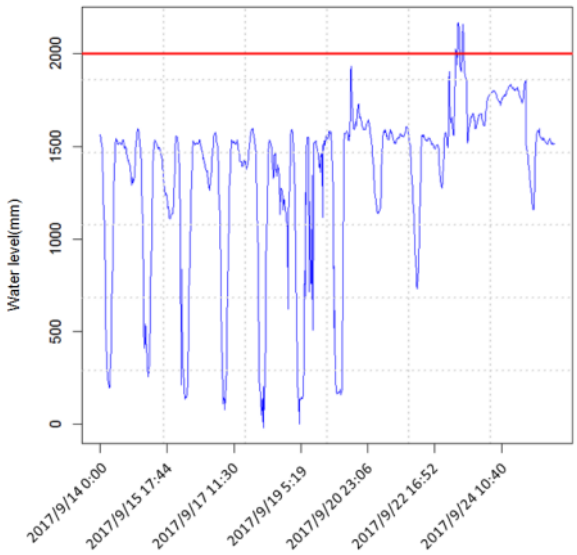


圖 5　人孔 B 監測水位

參、人孔水位監測應用於臺北污水下水道系統

依據臺北市工務局統計資料，臺北市污水下水道建設至 112 年 11 月完成之分管網長度 837,324 公尺。先後於民國 88 年完成「臺北市污水下水道後續發展方案先期規劃」，於民國 98 年完成「臺北市污水下水道非服務區污水收集處置規劃」作為推動臺北市污水下水道建設藍圖，截至 112 年 11 月底臺北市全市公共污水下水道門牌戶數接管普及率已達 81.90%。

臺北市有管渠延壽工程截至 112 年 12 月，已完成主次幹管 31.05 公里、分支管網約 206.03 公里的檢視，111 年至 113 年 3 年內完成主、次幹管(總長約 114 公里)的修繕及維護。期間利用移動式監測設備，進行水位即時監測，搭配雨量資料，進行數據分析與統計，提供點位安裝建議，逐步縮小範圍，找出可能雨水滲入或錯接雨水管之潛在區域。

一、監測點位選址及數據蒐集

因豪大雨造成大量雨水進入污水系統，形成局部污水管渠滿管水位，造成人孔蓋冒水氣衝影響上方人車安全；故由該危險區域優先設置水位計，以利輔助下游抽水站操作及增設排氣設施降低災害發生。雖然此狀況係由大量雨水流入污水下

水道造成，抑或是因為該區域管網排水功能降低，因此針對竣工超過 25~30 年的管線或曾強降雨淹水、氣衝之區域優先檢視，確認其排水功能是否符合當初設計的功能性，圖 6 為臺北市 6 區管線圖，紅點為內湖區、松山區、大安區、信義區、南港區及文山區豪大雨時冒水及氣衝區域。

分析數據為初次選定 30 個人孔，安裝監測設備於 110 年 4~6 月進行監測，包含即時水位及介接之氣象局雨量站即時雨量資料，雨量站選擇原則已選定人孔上游最近之雨量站，將所有資料整理為每 10 分鐘 1 筆之頻率進行分析，圖 7 為本次選定之人孔列表。

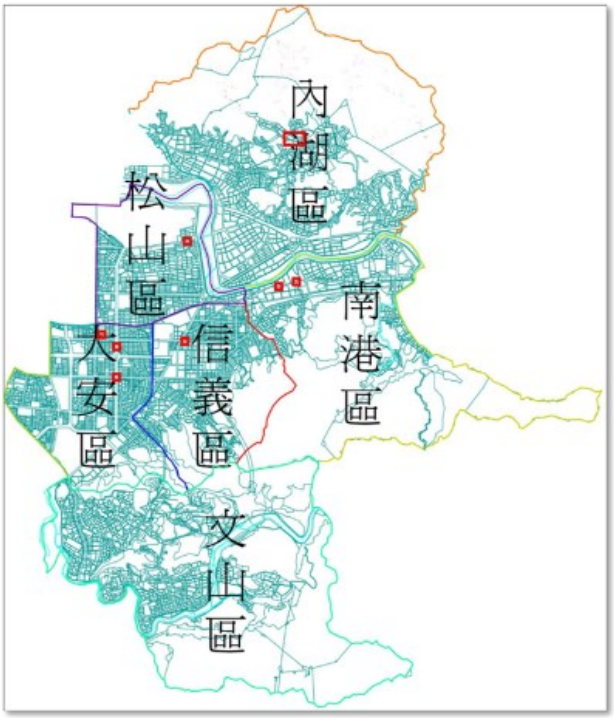


圖 6　臺北市降下豪大雨污水孔蓋有冒水、氣衝區域示意圖

編號	地址	人孔深度 (cm)	管徑 (mm)	參照雨量計站號
1-1	民權東路 5 段 32 號	795	600	C0AH70
2-1	民權東路 5 段及富錦街	400	800	C0AH70
3-1	市民大道 7 段與玉成街口	734	500	466920
3-2	市民大道 7 段 35 號旁	492	300	C0AC70
4-1	塔悠路 97-3 號左側	950	800	C0AC70
5-1	南港路 3 段 314 號	760	500	C0AC70
5-2	八德路 4 段與玉成街口	702	500	C0AC70
6-1	撫遠街 378 號前	786	500	C0AC70
7-1	民權東路 3 段 122 號	526	400	C0AH70
7-2	敦化北路 244 巷及敦化北路口	840	700	C0AH70
8-1	濟南路 2 段 48 巷及臨沂街 29 巷口	405	400	466920
8-2	杭州南路與銅山街口	670	500	466920
8-3	杭州南路與徐州街口	842	500	466920
9-1	雲和街及溫州街口	450	800	466920
9-2	雲和街及雲和街 99 巷口	387	700	466920
10-1	景福街與景福街 251 巷	660	400	466920
10-2	景福街 230 巷 2 號	695	500	466920
10-3	景福街與溪口街口	909	700	466920
10-4	景福街及羅斯福路 6 段 142 巷口	970	700	466920
11-1	大道路及大道路 28 巷口	566	300	C0AC70
11-2	大道路及忠孝東路 5 段 790 巷 70 弄口	685	400	C0AC70
12-1	南港公園前綠地	1095	1000	C0AC70
12-2	成福路及玉成街口	575	400	C0AC70
12-3	福德街 300 巷 50 弄	407	500	C0AC70
13-1	南港路 3 段與昆陽街口	935	400	C0AH70
14-1	南港路 2 段 60 巷 20 號	610	700	C0AH70
14-2	興中街與興中街 28 巷口	585	700	C0AH70
15-1	南港路 3 段與成功路口	940	400	C0AH70

圖 7　監測人孔位置

二、結果分析

以臺北市五個行政區安裝之 30 個水位計，以鄰近區域上下游關係分成 15 個水系，依其常時晴日水位分析，了解管線承受負荷是否符合設計水深比，而同水系上下游關係之降雨日水位監測找出可能發生雨水滲漏或雨水管錯接的可能範圍或提出需要再縮小範圍之建議。

常時晴日水位分析：據內政部國土管

理署提出之「污水下水道工程設計指針與解說」定義 500 mm 以下水深比比值建議 0.5，500~900 mm 水深比比值建議 0.7，900 mm 以上水深比比值則建議 0.8，以每月晴日平均水位，與管渠水深比進行對照，用以了解該管渠是否符合設計原則或可能不敷使用，也可了解該區域管線污水排放狀況。

將每個點位之 110 年 4~6 月監測水位數據，以 4、5、6 月分別與時間對照繪製成圖，將 4~6 月各月每日 10 分鐘頻率資料平均後得出之一日最高與最低平均水位結果整理列表如圖 8，水系 1-1、2-1、5-2、8-3、11-1、11-2、12-2、17-1 水位數值皆超出建議水深比的高度，水系 2-1、11-1、11-2、12-2 有人孔長期積水狀況或於揚水站旁的狀況，故平均水位偏高，另發現 3 個月監測水位幾乎都有於 6 月份時有明顯下降的狀況，研判應與當時因新冠疫情升級三級警戒有關，如圖 9 的水系 3-2，而僅有部分水系沒有因疫情影響，其集水區域多為人煙稀少區域，如圖 10 水系 12-1 位於南港公園綠地。

編號	管徑(mm)	建議水深比	晴日月平均最低水位 (mm)	晴日月平均最高水位 (mm)
1-1	600	0.7	72.5	550.4
2-1	800	0.7	462.4	614.4*
3-1	500	0.5	63.7	169.3
3-2	300	0.5	14.8	33.7
4-1	800	0.7	87.7	234.5
5-1	500	0.5	92.4	197.8
5-2	500	0.5	212.3	290.9
6-1	500	0.5	117.5	179.1
7-1	400	0.5	41.3	194.5
7-2	700	0.7	233.3	340.6
8-1	400	0.5	40.3	97.6
8-2	500	0.5	94.9	156.2
8-3	500	0.5	184.1	371.1
9-1	800	0.7	79.9	309.3
9-2	700	0.7	28.6	243.3
10-1	400	0.5	97.4	138.3
10-2	500	0.5	157.9	265.5
10-3	700	0.7	132.7	250.7
10-4	700	0.7	66.5	221.9
11-1	300	0.5	179.7	957.3*
11-2	400	0.5	2053.7	2571.8*
12-1	1000	0.8	61.2	202.7
12-2	400	0.5	244.2	557.2*
12-3	500	0.5	87.7	234.5
13-1	400	0.5	52.3	165.5
14-1	700	0.7	101.4	218.3
14-2	700	0.7	121.5	223.7
15-1	400	0.5	160.6	223
17-1	400	0.5	145.9	214.5
17-2	400	0.5	11.1	31.5

圖 8　各點位晴日水位分析資料

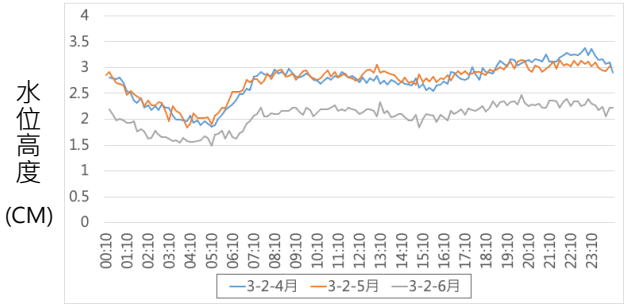


圖 9　水系 3-2 晴日平均水位(4, 5, 6 月)

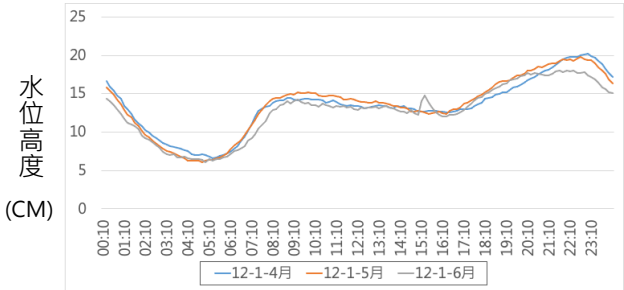


圖 10　水系 12-1 晴日平均水位(4, 5, 6 月)

監測水位及降雨比對分析：以介接之氣象局雨量站即時雨量資料，以上游最近之雨量站選擇 4 個日期不同雨量區段，分別為 4/28、5/5、5/31、6/4，以水系 10 進行比較，4/28 日雨量各區為 10.5~14.5 mm 之間，雨量特徵為分散型，5/5 日雨量各區介於 5.5~11 mm，

雨量特徵為短暫集中型，5/31 日雨量各區介於 49.5~60.5 mm，雨量特徵為長時間集中型，6/4 當日發布大豪雨特報，創臺北市史上最高時雨量紀錄，日雨量各區介於 156~204 mm，雨量特徵為大量急降雨。

水系 10 監測 4 個點位，針對位於景福街及景福街 230 巷路口的水衝人孔周遭佈設，圖 11 為 4 個點位相對位置圖，分散於文山區景福街及羅斯福路六段一帶，其中水系 10-4 為所有點位中最下游方，圖 12 為 5/31 監測水位比對圖，圖 13 為水系 10-1 晴日水位對比監測水位圖，因此可看出降雨時因匯流其水位相較其他點位高，故建議可移除，水系 10-1、10-2 及 10-3 於各不同雨量時有明顯水位上升趨勢，建議保留上游設置監測點。

最適合評估雨污混流之降雨型態：於

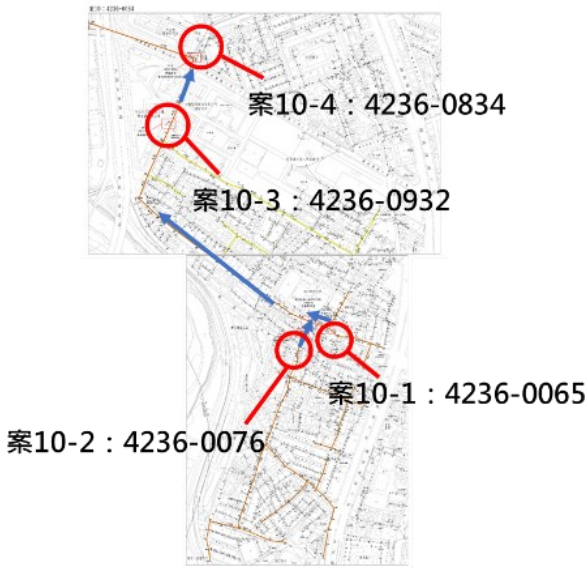


圖 11　水系 10 監測點位位置圖

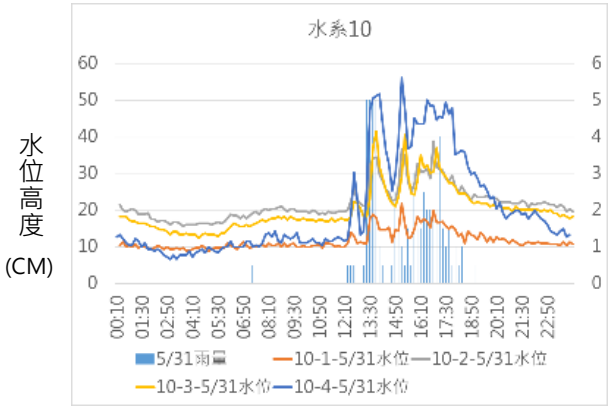


圖 12　水系 10-5/31 監測水位

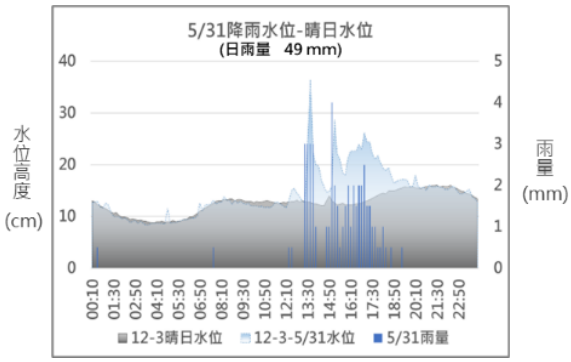


圖 13　水系 10-1-5/31 晴日水位比對監測水位

濟南路範圍之水系 8，共有 3 個監測點位，其位置分布如圖 14，以 111 年 5 月擇定 3 天不同強度和型態之雨量分析，分別有 5/12 (40mm/day)雨量特徵為短暫集中型，下雨時長 6 個小時，5/14 (27mm/day) 雨量特徵為小量分散型，下雨時長 13 個小時，5/25 (124mm/day) 雨量特徵為大量急降型，下雨時長為全天。

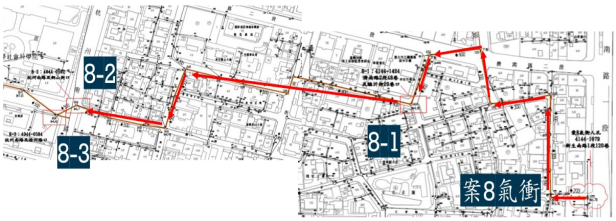


圖 14　水系 8 監測點位位置圖

經過與晴天平均水位比對計算後，分別繪製 5/12、5/14、5/25 之監測水位圖如圖 15~17，在短暫集中型下雨中(23 mm/2 hr)最為明顯的可以看出 8-2 之水位嚴重受到下雨的影響，在分散型下雨當中，8-2 的平均水位上升相對於 8-1 和 8-3 來得高，可以懷疑在 8-1 到 8-2 的管道受到雨水浸入。在大量急降型下雨中(60 mm/2 hr)，可以看到三個測點都因突然的大雨量而導致水位上升。

進一步分析短暫集中型降雨監測水位，從 4 月選取同類型降雨日，以 4/14 繪製監測水位圖如圖 18，透過 5/12 及 4/14 監測數據比較 8-2 的水位突然快速上升，與 8-1 分別相差 240cm、195cm，表示在 8-1 至 8-2 的管道中，有雨水浸入機會。

肆、結語

監測 30 個人孔點位中有 4 個點位因人孔長期積水狀況及揚水站旁，所以晴日平均水位皆高於建議水深比，長期積水的原因多為人孔內部垃圾、泥沙淤積造成，需定期清理維護，該監測數據較難用以評估雨污混流發生，但可了解降雨衝擊狀況，作為預測防災之用，另外 4 個點位則是在最高平均水位時，超出建議水深比，有可能造成該處管線負擔，未來可作為需注意維護區段。

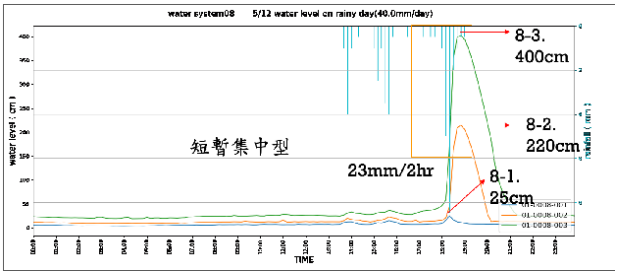


圖 15　短暫集中型降雨監測水位
(5/12 40mm/day, 23mm/2hr)

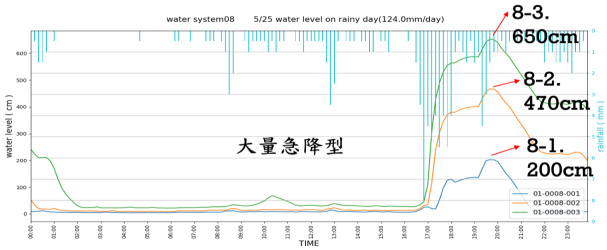


圖 17　大量急降型降雨監測水位
(5/25 124mm/day)

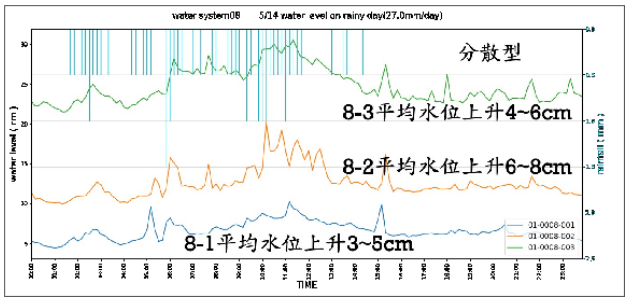


圖 16　分散型降雨監測水位
(5/14 27mm/day)

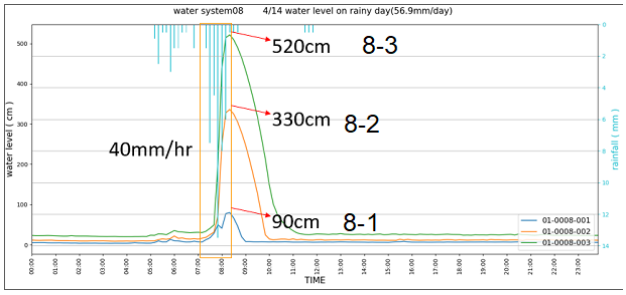


圖 18 短暫集中型降雨監測水位
(4/14 40mm/hr)

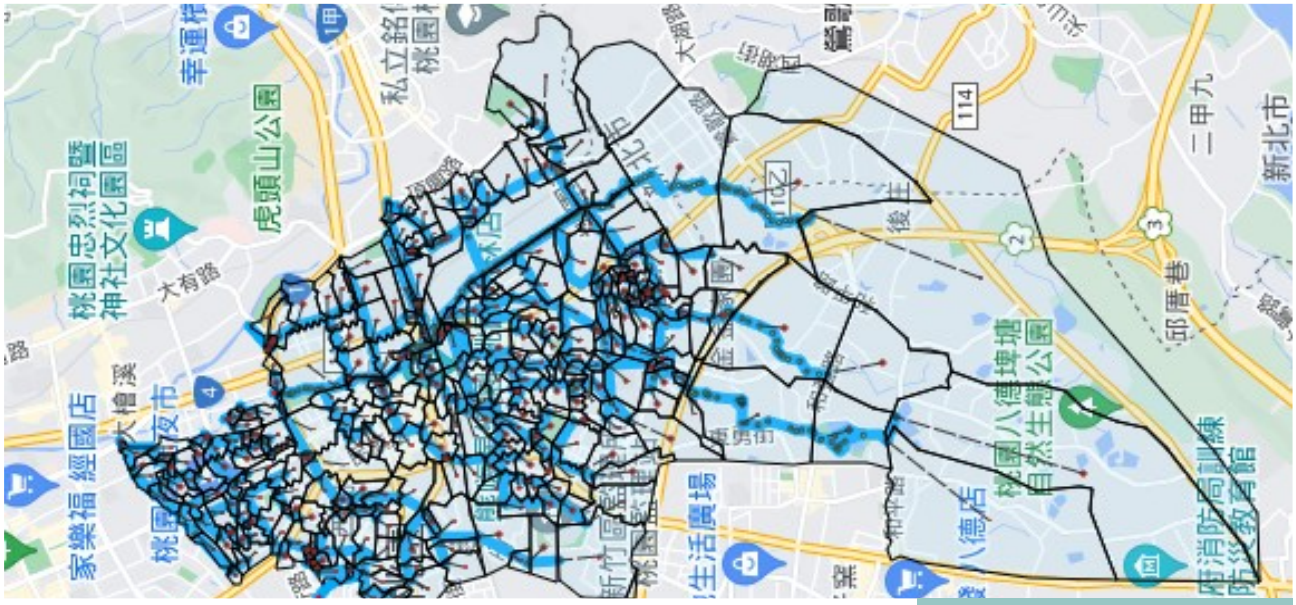
在三種雨量特徵中（短暫集中型、大量急降型、分散型），短暫集中型(5~40 mm/hr)亦即相對於氣象局說的中雨到大雨之間降雨型態最為適合評估是否有雨污混流，大量急降型（40 mm/hr 以上）則會有大量雨水從人孔滲入而影響判斷。

雨量與水位的趨勢關係判別擷取特徵後進行大數據分析，找出可能雨污混流區域，另水位計資料庫包含座標位置，與地理資訊系統結合，以熱區顯示，作為臺北市下水道長期維護修繕作業參考，但因數據蒐集、分析建模到模型驗證，同時涉及多項參數建立，皆需耗費長時間人力物力，往往監測後至分析結果產出時已至少須數月時間。

因此以水位監測作為雨水滲漏或雨水管錯接評估的前期調查方法，可快速機動佈建在較小區域管網，進行短期連續監測，如有短暫集中降雨情形，可依據上下游因果關係迅速判斷，後續再以 CCTV 檢視進行確認，如此亦可降低以 CCTV 檢視產生的時間、人力成本，同時藉以了解管網使用及降雨衝擊的狀況，提早擬定因應措施。

參考文獻

1. 鄭雅宸，多點位即時監測設備應用於都市污水下水道系統管線調查，臺灣大學環境工程研究所碩士論文，111 年 2 月。
2. 台灣水環境再生協會，下水道管線維護管理及常壽命化指南，103 年。
3. 內政部營建署，污水下水道工程設計指針與解說，105 年。
4. 臺北市政府工務局衛生下水道工程處網站。https://www.sso.gov.taipei
5. 中華民國內政部營建署網站。https://www.cpami.gov.tw/



都市排水系統(SWMM) 即時自動化應用-以桃園東門溪排水系統為例

李戎威[1]、林冠宇[2]、李文生[3]

摘要

SWMM 為美國環保署(U.S. EPA)研發，可模擬都市排水系統，結合地表逕流、降雨損失、地下水、低衝擊開發設施，可模擬全流域的降雨逕流和下水道水流狀態，廣泛應用於下水道規劃設計。

由於氣候變遷造成降雨強度劇升加重都市排水系統負荷，加上都市人口增加促使都市土地高度利用因而限制排水路擴建，當暴雨逕流量超過雨水下水道容量時，容易產生人孔冒水現象造成積淹水。

本文以桃園市東門溪為應用區，建置自動化 SWMM 即時預報系統。透過 2023 年豪雨事件檢定驗證，證實能即時掌握下水道系統與區域排水之交互作用，提供準確之水位、流量、流向，下水道滿管情形及人孔溢流狀況。可協助防災應變單位及早防範處置，以降低災害損失並提升都市安全。

關鍵字： SWMM，都市排水，淹水，即時預報系統

1.崇峻工程顧問有限公司 / 水利技師
2.崇峻工程顧問有限公司 / 總經理
3.多采工程顧問有限公司 / 執行長

Abstract

SWMM is a model developed by the U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA) that can simulate urban drainage systems. It combines factors such as surface runoff, rainfall losses, groundwater, and low-impact development facilities. It can simulate the rainfall runoff and sewer flow state of the whole watershed and is widely used in sewer planning and design.

Due to climate change, the intensity of rainfall has increased, imposing a heavy load on the urban drainage system. Moreover, the high utilization of urban land due to the population growth has limited the expansion of drainage channels. When the storm runoff exceeds the capacity of the storm sewer, manhole overflow may occur, resulting in flooding.

This article presents an automated SWMM real-time forecast system for Dong Men Creek in Taoyuan City. The system can monitor the interaction between the sewer system and regional drainage in real time, and provide accurate information on water level, flow rate, flow direction, sewer full pipe condition, and manhole overflow situation. The performance of the system is verified by heavy rain events in 2023. It can help disaster prevention and response units to take early preventive measures, reduce disaster losses, and enhance urban safety.

Keywords:SWMM, urban drainage systems, flooding, real-time forecast system

壹、前言

近年受氣候變遷影響，降雨總量雖未明顯增加，但短延時降雨強度劇增，時常接近甚至超過都市排水設計標準，使都市排水系統負荷增加。因為都市人口集中，土地高度利用，限制排水路的擴建，導致暴雨容易發生積淹水，威脅人民的生命財產。都市排水系統包括區域排水、中小型排水以及雨水下水道，廣泛分佈於都市範圍，與民眾生活息息相關，其中雨水下水道多位於都市道路下方，當暴雨之地面逕流量超過雨水下水道容量時，常常造成雨水下水道人孔冒水，以及地面逕流無法進入雨水下水道，而於地面蓄積以及道路積水現象。在現有都市排水系統條件下，如何發揮其最大功效，以及暴雨侵襲下，即時提供道路積水預報資訊，成為智慧城市發展中，都市安全的重要議題。

由於資訊科技快速發展，中央氣象署即時提供 10 分鐘觀測雨量及定時提供的定量降雨預報資料，加上新北樹林、臺中南屯、高雄林園等三座防災降雨雷達已完成，大幅度提升北中南三大都會區降雨觀測準確度及密度。若再結合世界上廣為使用的都市排水模擬系統 SWMM，即可建立一套世界通用、可靠、自動化的都市雨水下水道即時預報系統。

本研究的目的，即是應用李戎威等(2023)研發之即時自動化 SWMM 系統，以桃園市東門溪流域為應用區域，建置東門溪 SWMM 即時自動化預報系統，並以 2023 年 8 月 10 日、9 月 6 日豪雨事件測試系統成效，提供未來都市下水道系統預報應用參考。

貳、SWMM 模式介紹

2.1 SWMM 背景及功能特性

SWMM(Storm Water Management Model)為美國環境保護署於 1971 年研發，目前公開版本為 SWMM5，完成於 2005 年，採用 C 程式語言，提供原始碼。SWMM 是動態降雨逕流模式，可模擬單一事件及連續事件，包括都市地區降雨逕流水量及水質。

模擬功能有（1）水文過程：模擬降雨逕流、入滲、融雪、蒸發、滲漏、地下水與排水系統交互作用、低衝擊開發(LID)。（2）管渠水理：定量流迴水演算、運動波、動力波。（3）水質模擬。

模式特性有（1）無限數量的節點與管渠。（2）廣泛使用的管渠型式及明渠。（3）可模擬滯洪池及污水處理廠、分流設施、抽水站、堰及孔口。（4）可讀取外部入流量及水質、地表逕流、地下水流檔案。（5）運動波及動力波均能模擬。（6）可模擬迴水、溢流、逆流及地表蓄水等效應。（7）水質模擬。

SWMM 的應用範圍極廣，包括防洪排水系統規劃設計、滯洪池設施規劃設

計、天然河道的洪水平原劃設、衛生下水道在入流量及地下入滲的衝擊評估、非點源汙染研究以及最佳管理措施(BMPs)設施效能評估。

2.2　SWMM 概念及建模原則

SWMM5 降雨逕流模式概念如圖 1，考慮透水區與不透水區的地表窪蓄、地表入滲、水面蒸發等，類似國內常用的非線性水庫降雨逕流模式，需以數值方法求解。在相同集水區面積、坡度、透水區比例、窪蓄、降雨的條件下，集水區面積與漫地流長度比值越大、集流時間越短。

SWMM 建模原則需要依循地形劃分集水區，為考慮全流域的降雨逕流影響，模型同時建置上游集水區，可參考該水系規劃報告所定的集水區為界，各管段上游邊界條件為其上游集水區匯入的流量，下游出水口則以河川、區域排水、已知控制斷面、河川排放口或抽水站為止，下游邊界條件可為自由流、閘門控制、水門抽水站或已知水位。

2.3　SWMM 自動化流程

SWMM5 有相當友善的使用者介面，模式採用獨特的節點管渠型式(Node/Link)，並將方程式簡化，計算節點數不受限制。然而使用者每次執行模式演算，需要自行輸入各項參數與數據，逐一選擇需要展示的物件，再選擇繪圖及列表的型態，不適合大量的參數及數據同時修改，也不利於自動化執行。

SWMM5 提供原始碼(SWMM5.exe)、執行檔案、動態程式庫(SWMM5.dll)等，讀取並解析 SWMM5 INP 檔案所有物件基本資料，依據使用者

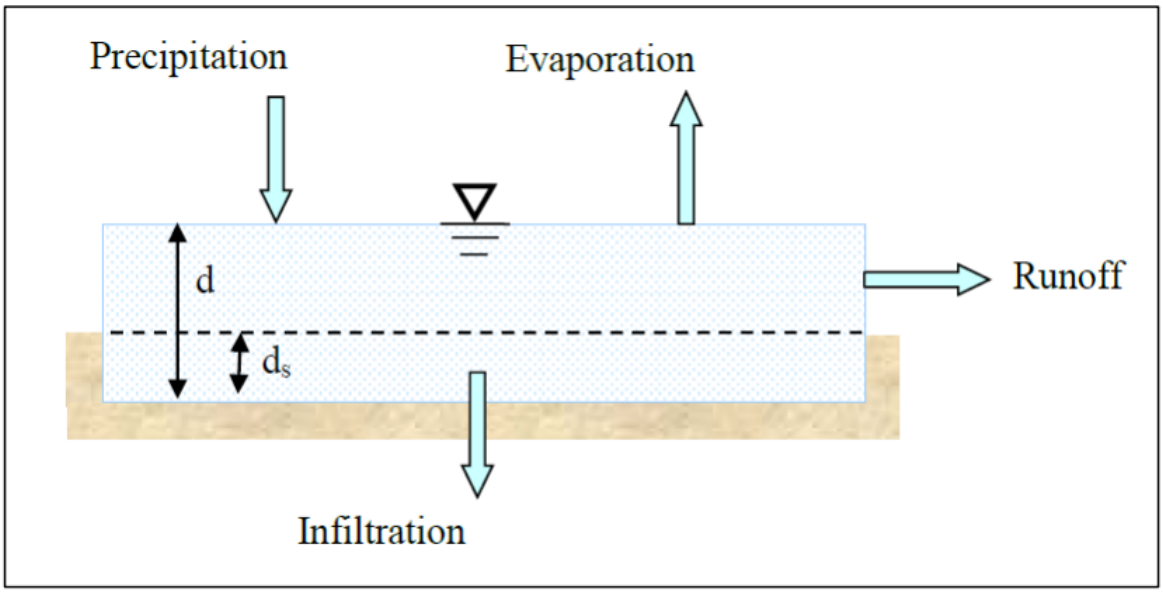


圖 1　SWMM 降雨逕流概念圖

指定參數及雨量或逕流量等數據，逐段覆蓋原有的 INP 檔案，再利用動態程式庫載入執行 SWMM5，利用 Windows 作業系統提供的工作排程器，設定啟動程式的頻率，達成自動化執行 SWMM5。

為開發網頁及驗證使用，建立資料庫，將 SWMM5 計算結果，分別存入相對應的資料表，如節點、管段、子集水區等，以增加資料庫的查詢速度。採用載入動態連結程式庫(SWMM5.dll)方式，以減少作業系統載入執行檔時間。程式以 JSON 格式設定檔進行外部設定，可選定雨量資料種類；模式模擬資訊，包含 SWMM INP 檔來源、計算時距、使用參數檔、模擬開始和結束時間； SWMM5 執行檔輸出位置和檔名、二進位檔名；資料庫輸入資訊等，完整自動化流程如圖 2。

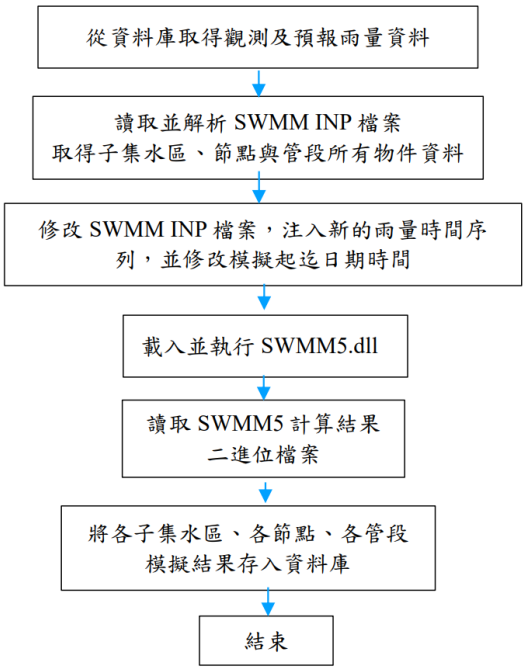


圖 2　本文採用之 SWMM5 自動化流程

參、桃園東門溪即時自動化都市排水系統

本研究參考李戎威等(2023)於桃園市魚管處滯洪池之應用案例，提升系統應用複雜度，同時考量下水道與區域排水交互作用，建置東門溪全流域即時預報系統。

3.1 東門溪流域概述

東門溪位於林口台地西側，南臨大漢溪，北流入南崁溪主流，集水區大部分位於桃園市，僅 10%渠段位於新北市，集水區內包含桃園區、八德區、龜山區、鶯歌區等人口密集的行政區。流域內龜山工業區有 200 家以上的廠商，員工人數超過 2 萬人，年產值達 6 千多億新臺幣，為全國產值最高工業區。

東門溪流域集水面積約 22 平方公里，有 5 個主要雨水下水道系統，分別為：力行排水、南門排水、介壽排水、桃農排水、以及大樹林排水。因河段通水斷面不足，部分河段受兩岸建築物束縮排水路，且有過路排水瓶頸，導致排水路通洪能力不佳，歷年發生洪水災害有 1981 年莫瑞颱風、1996 年賀伯颱風、2000 年象神颱風、2001 年納莉颱風、2005 年馬莎颱風；近年因極端降雨事件頻繁，較多豪雨事件造成災害，如 2012 年 6 月 11 日、2018 年 8 月 29 日、2019 年 5 月 20 日、2019 年 7 月 2 日、民國 2021 年 7 月 30 日等，洪災影響人口密集之桃園

區、八德區的人民安全，更造成龜山工業區龐大經濟損失。

為改善淹水問題，桃園市政府在 2009 年至 2019 年期間陸續完成東門溪主流治理計畫，更與新北市政府合作，進行拓寬加高治水工程、興建滯洪池、截流/導流工程、下水道工程等。興豐路排水改善工程、舊大湳圳排水改善工程於 2020 年 8 月、10 月完工，大樹林、大湳埤塘生態公園則預計於 2023 年 12 月底完工，目前復興路下游至河口渠段已滿足 10 年重現期保護標準，而台鐵林森地下道一帶瓶頸待鐵路地下化後一併整治，中上游渠段也需進行局部加高與滯洪池工程等治理措施。

3.2 系統建置成果及即時自動化展示

李戎威等(2023)建置魚管處滯洪池即時預報系統，能即時展示滯洪池的進出流量及水位變化趨勢。本文建置東門溪即時自動化都市排水系統如圖 3，並以 2023 年 8 月 10 日及 9 月 6 日豪雨事件檢定驗證。

2023 年 8 月 10 日因午後對流旺盛，發生短延時強降雨，氣象署對桃園市發布大雨特報，主要降雨發生於桃園區、龜山區、蘆竹區及八德區，多處通報積淹水災情，大多為瞬間雨量過大，造成排水不及或零星阻塞。東門溪雖無溢堤狀況，但仍有八德區桃鶯路與興隆街口、桃園區興邦路等瓶頸段區域積淹水，該 2 處位於東門溪下游，因上游滯洪池改善工程尚在進行，經抽水機緊急處理後，於 1 小時內退水。圖 4 為東門溪觀測降雨組體圖，

圖 3　東門溪流域 SWMM 模式

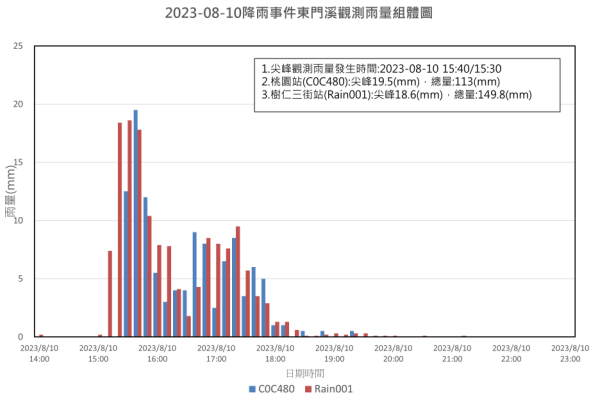


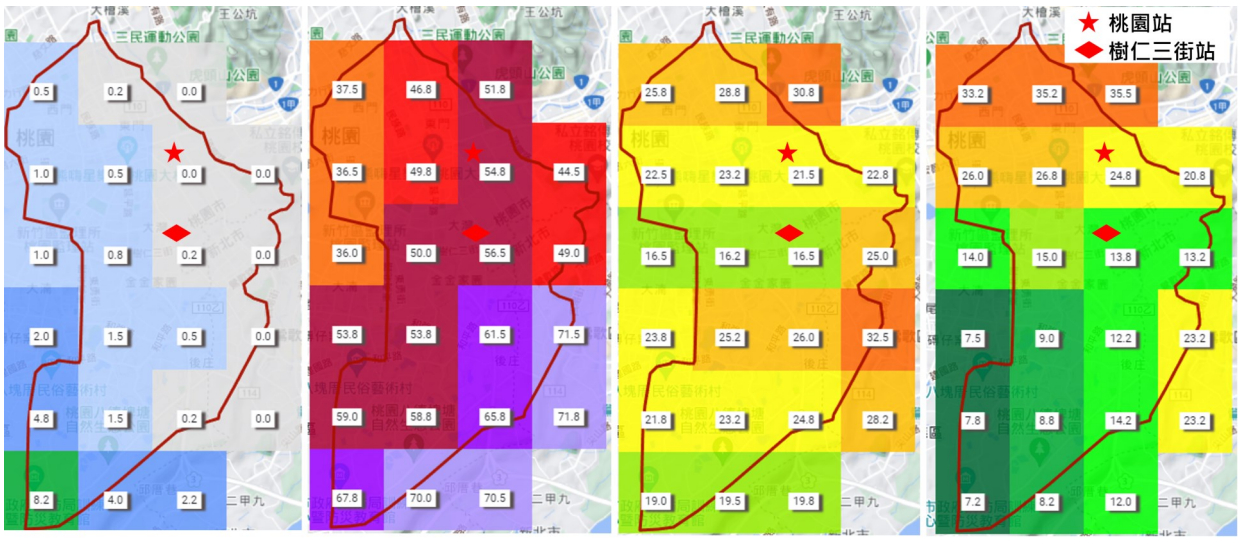
圖 4　東門溪觀測雨量組體圖
(2023 年 8 月 10 日)

圖 5 為東門溪流域之雷達觀測降雨分布圖，降雨時間大約為 15 時~18 時，尖峰降雨發生於 15 時 30 分~15 時 40 分，降雨空間分布平均，桃園站 6 小時累積雨量 113 毫米，樹仁三街站 6 小時累積雨量 150 毫米。

檢定驗證的原則，是透過觀測雨量和流量檢測集水區降雨逕流達到質量守恆；觀測流量可比較降雨和流量歷線的形狀、尖峰確認降雨和流量關係。降雨逕流質量守恆可透過計算逕流係數確認，逕流係數是逕流量和降雨量的比例，0.6~0.9 為合理範圍，但也和集水區特性有關，越小表示集水區開發較少，入滲量大，降雨損失多；越大表示集水區高度開發，入滲量小，降雨損失少，因此多形成逕流。

本研究透過 2023 年「桃園市雨水下水道即時水情監測系統建置計畫」所設置的流速站推測流量，以確認集水區流量值。圖 6 為朝陽公園表面流速站位置，透

圖 6　朝陽公園表面流速觀測站



08-10 15:00　08-10 16:00　08-10 17:00　08-10 18:00

圖 5　東門溪流域之雷達觀測雨量圖(2023 年 8 月 10 日)

過流速觀測值及已知河段斷面積，計算觀測流量。朝陽公園觀測降雨逕流歷線如圖 7，可看出降雨分布和流量歷線的尖峰、形狀符合；圖 8 為水位流量觀測資料，計算得逕流係數 0.9 屬合理值，推測觀測值正確，此外可得知尖峰水位 87.46 公尺，大約是重現期 2~5 年之水位。

接著比對觀測與預報，圖 9 為 SWMM 水位預報結果，預報起始為 12 時 10 分，預報未來 12 小時，可看出朝陽公園水位站整場事件模擬水位與觀測水位起漲段至退水段均一致。圖 10 為 SWMM 預報水位剖面圖，展示特定管段的管渠、節點、人孔高程與水位的關係，

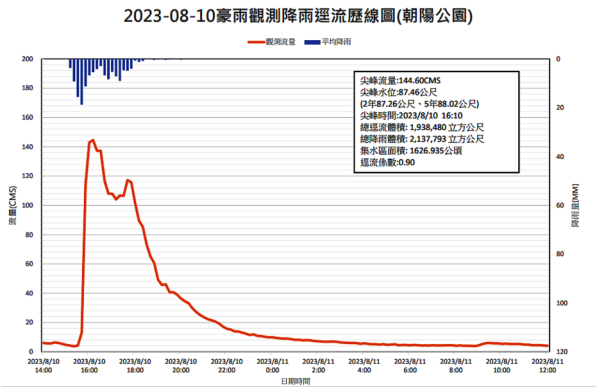


圖 7 觀測降雨逕流歷線
(2023 年 8 月 10 日)

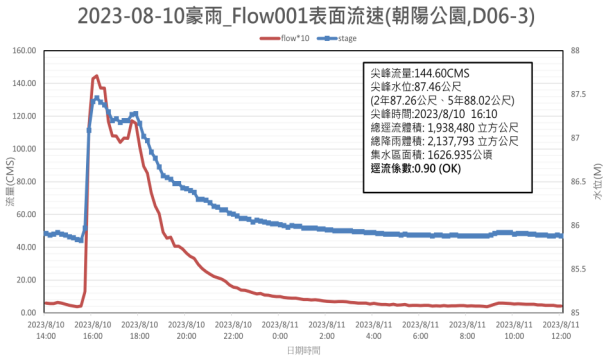


圖 8 水位流量觀測資料
(2023 年 8 月 10 日)

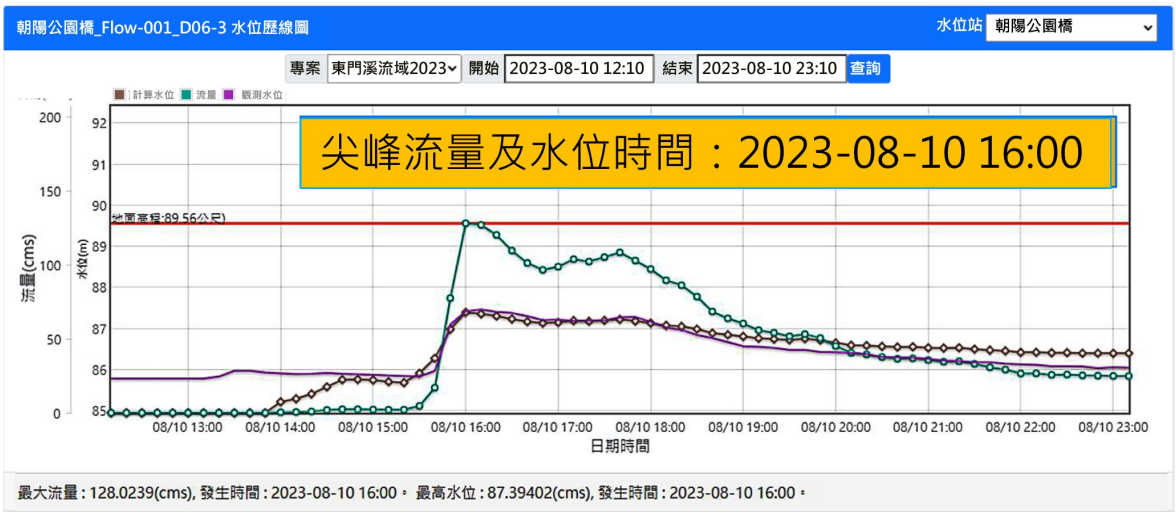


圖 9　即時自動 SWMM 系統水位預報結果(2023 年 8 月 10 日 16 時預報)

預報起始為 16 時，預報未來 1 小時，預報結果顯示下游一處（即興邦路）水位超過人孔頂部高程，表示該處發生淹水，而圖 11 為 SWMM 預報結果地圖，可看出東門溪流域整體下水道水流方向及滿管之管段分布，透過互動式網頁可查詢各節點水位、流量、溢流量及各管段水深、流速、流量、容量。預報結果亦顯示興邦路上人孔冒水溢流狀況，與當時實際淹水災情一致。

9 月 6 日豪雨事件，受低壓帶天氣系統影響，加上午後對流雲系發展旺盛，發生短延時強降雨，氣象署對桃園發布大雨

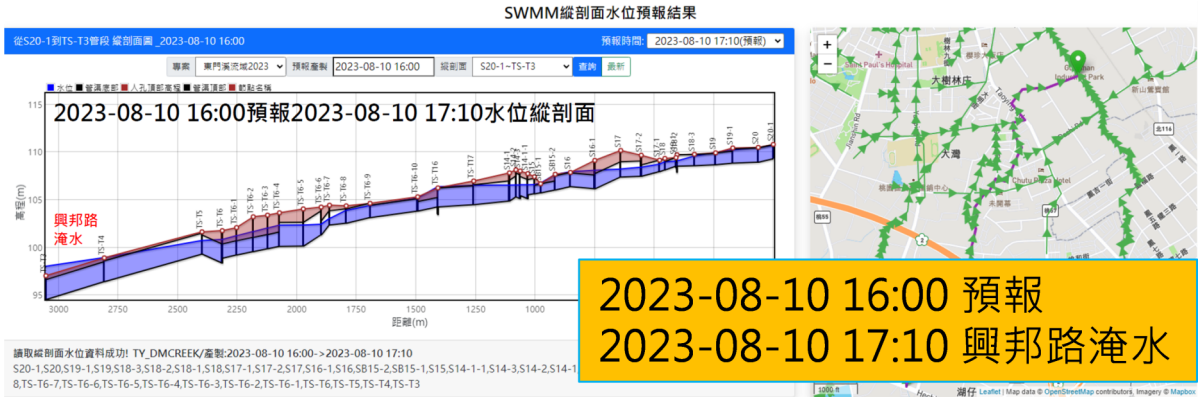


圖 10　即時自動 SWMM 系統水位剖面圖（2023 年 8 月 10 日 16 時預報）

圖 11　即時自動 SWMM 系統預報結果地圖（2023 年 8 月 10 日 16 時 10 分預報）

特報，主要降雨發生於八德區、鶯歌區。此次事件，興邦路雨量雖大，但未造成淹水。圖 12 為東門溪觀測降雨組體圖，圖 13 為東門溪流域之雷達觀測降雨分布圖，降雨時間大約為 12 時~16 時，尖峰降雨發生於 12 時 40 分，降雨空間分布不均勻，桃園站 6 小時累積雨量 55 毫米，樹仁三街站 6 小時累積雨量 120 毫米。

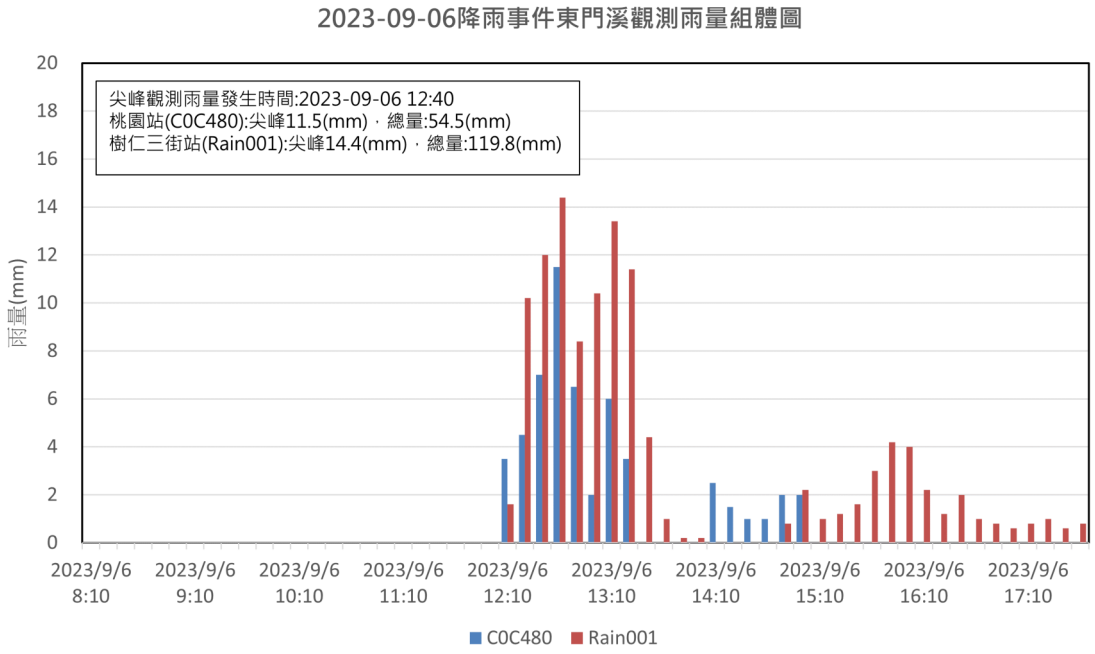


圖 12　東門溪觀測降雨組體圖（2023 年 9 月 6 日）

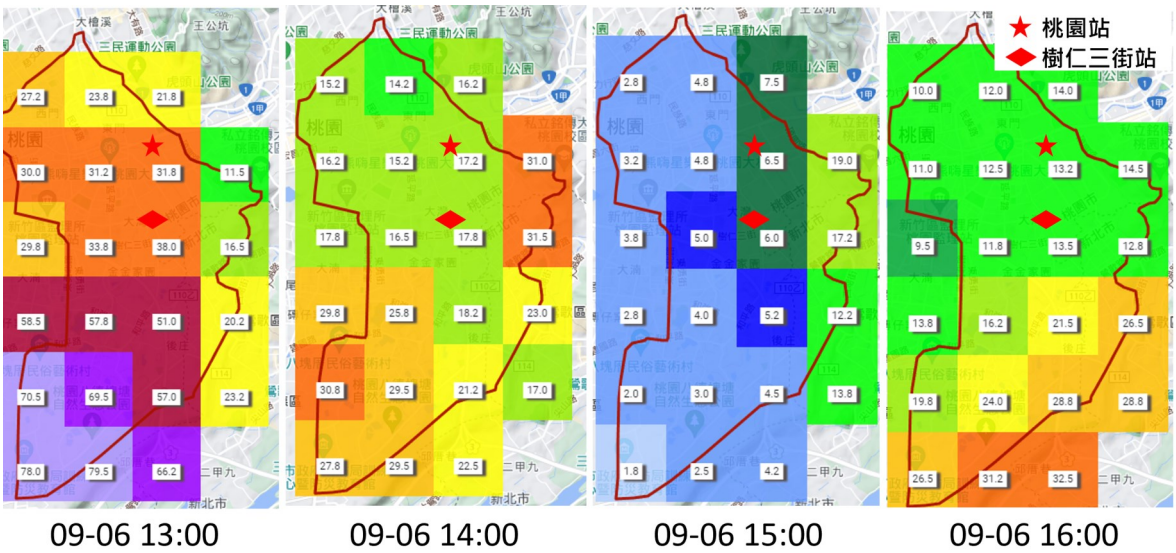


圖 13　東門溪流域之雷達觀測雨量圖（2023 年 9 月 6 日）

圖 14 為水位流量觀測資料，因降雨分布不均，採用不同雨量站所計算的逕流係數不同，其中採用樹仁三街站所得逕流係數為 0.84，較為合理。圖 15 為 SWMM 水位預報結果，預報起始為 10 時，預報未來 12 小時，可看出整場事件模擬水位與觀測水位起漲段至退水段均一致。圖 16 為 SWMM 預報水位剖面圖，預報起始為 16 時，預報未來 1 小時，預報結果顯示此管段內水位皆未高於人孔頂部高程，表示未發生淹水。

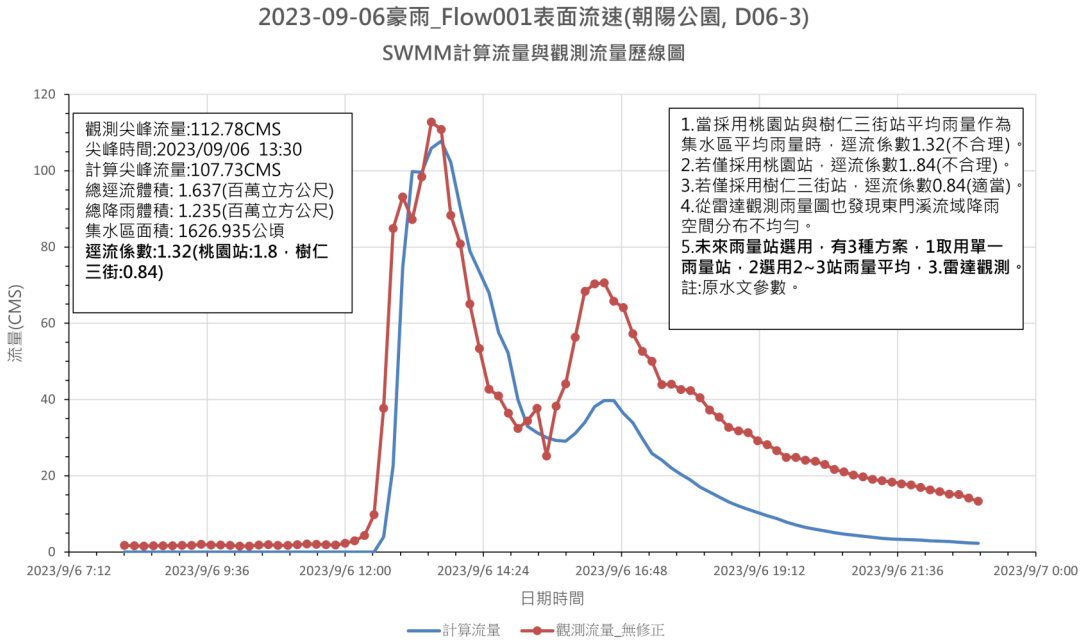


圖 14　水位流量觀測資料（2023 年 9 月 6 日）

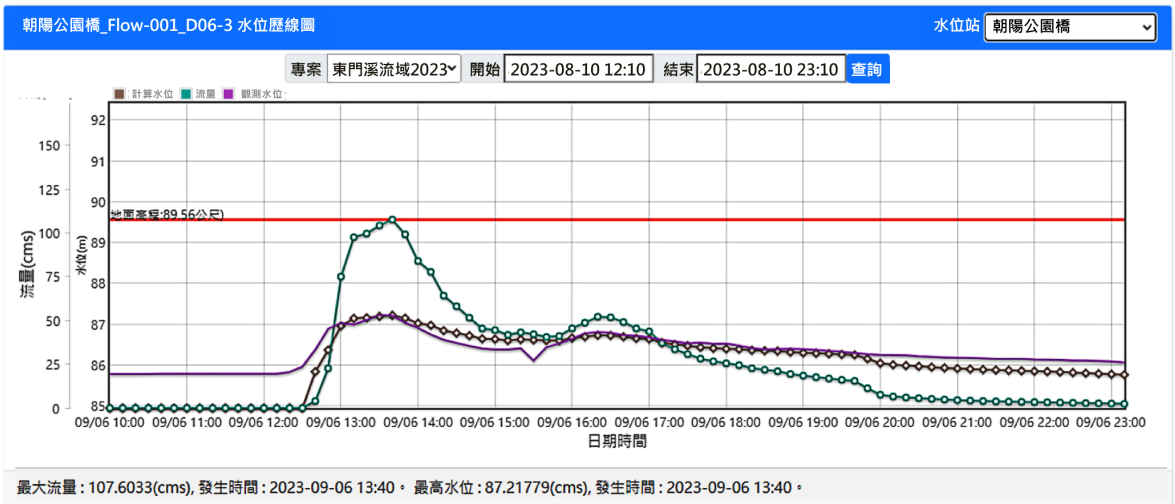


圖 15　即時自動 SWMM 系統水位預報結果（2023 年 9 月 6 日 10 時預報）

圖 17 為單一節點預報水位流量歷線圖，預報起始為 13 時 30 分，可看往前 12 小時觀測資料及往後 12 小時預報資料，可看出最大流量約 50cms，最高水位約 97 公尺。圖 18~圖 21 為 SWMM 預報結果地圖，圖 18 說明 13 時預報 13 時 50 分東門溪上游部份滿管、西坡渠及大灣溝中上游明顯滿管。圖 19 說明 13 時 20 分預報 14 時 40 分樹仁三街管渠滿管發生人孔冒水，並有下水道逆流現象；圖 20 說明 13 時 20 分預報 14 時 40 分建國東路將興邦路流量向東分流至南崁

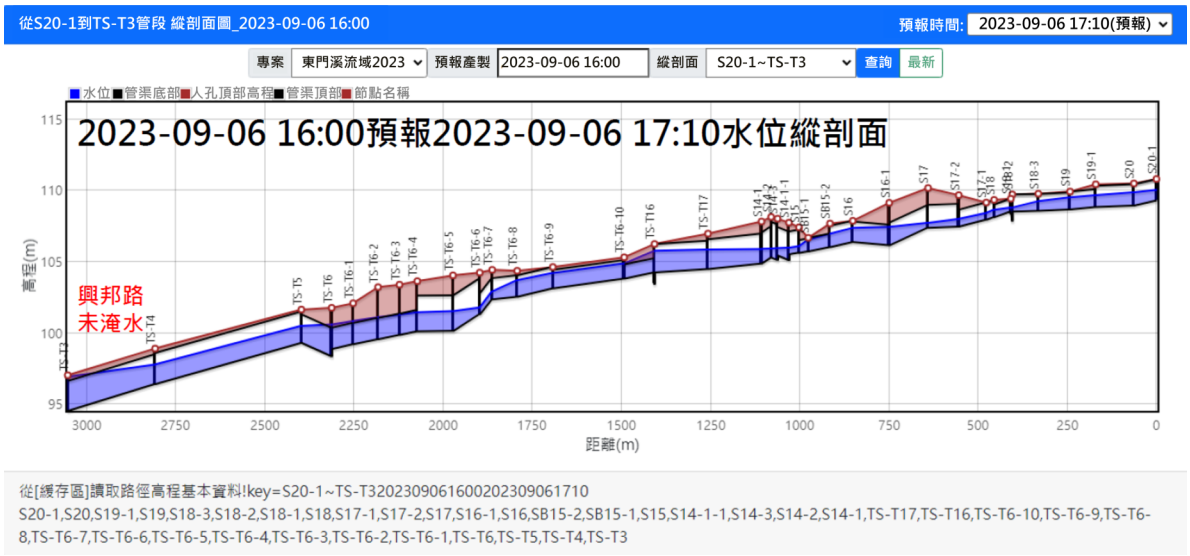


圖 16　即時自動 SWMM 系統水位剖面圖(2023 年 9 月 6 日 16 時預報)

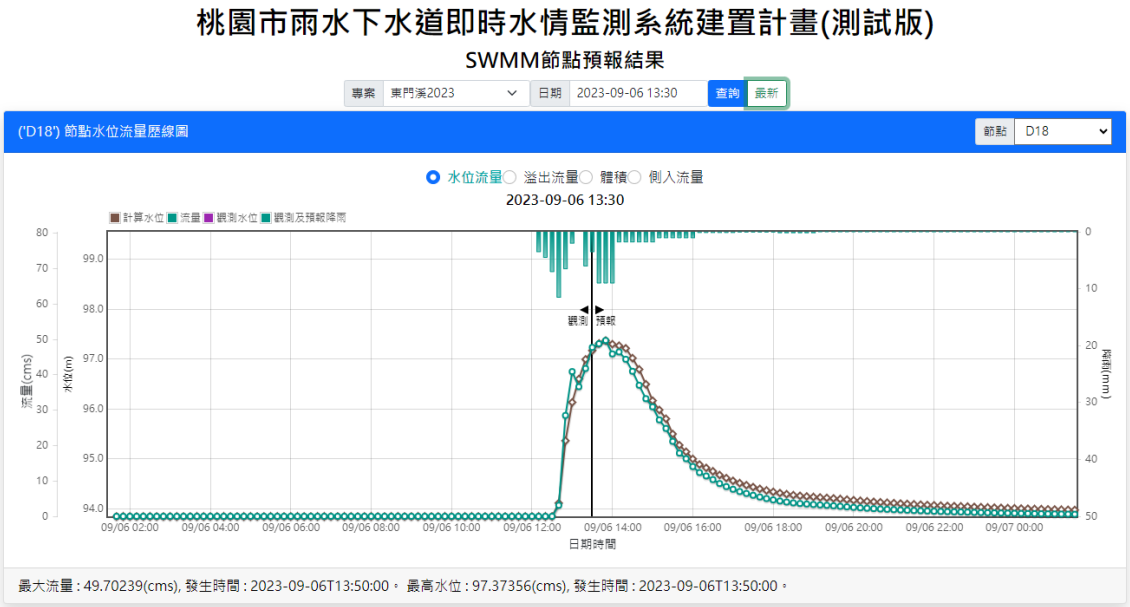


圖 17 預報水位流量歷線圖

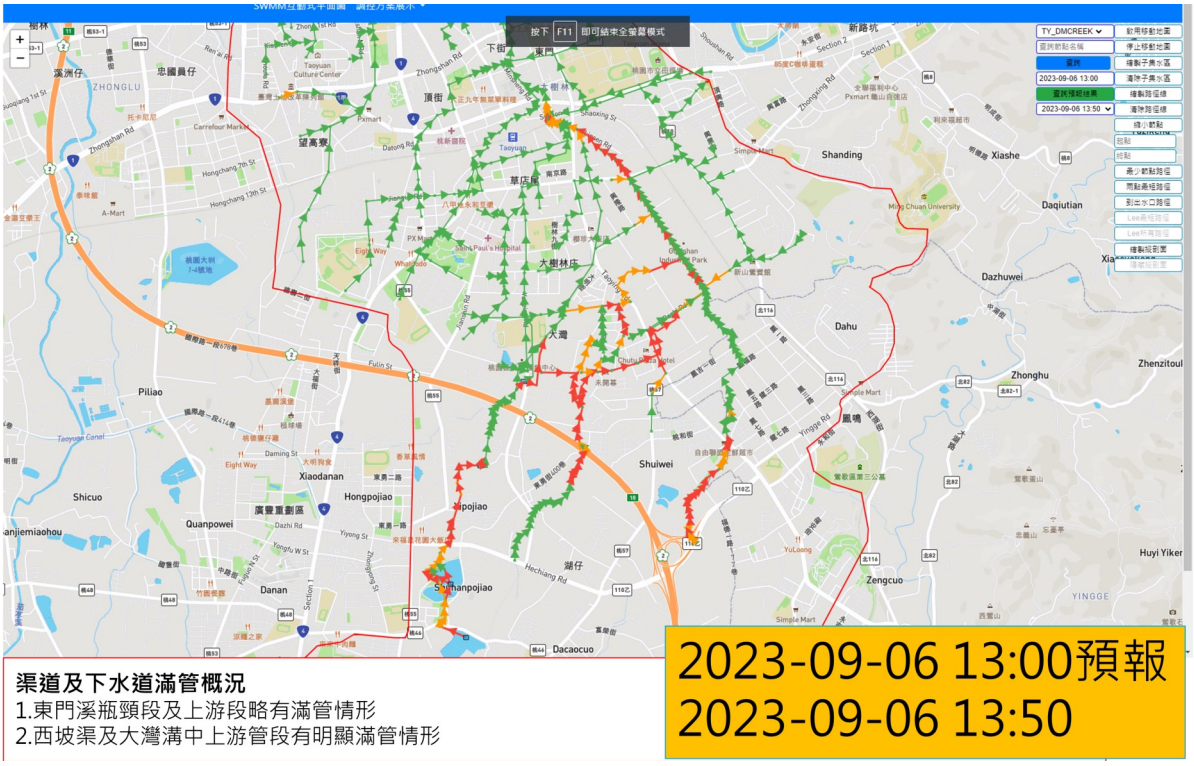


圖 18　即時自動 SWMM 系統預報結果（2023 年 9 月 6 日 13 時預報）

圖 19　即時自動 SWMM 系統預報結果（2023 年 9 月 6 日 13 時 20 分預報-樹仁三街）

溪。圖 21 說明 14 時預報 15 時已退水，由圖 18 至圖 21 可看出預報結果能掌握滿管之管段及整體流域下水道狀況。

本研究透過 2023 年 8 月 10 日及 9 月 6 日豪雨案例，證實東門溪即時自動化都市排水系統可確實掌握都市排水及雨水下水道的水流狀況，包含水量、流向、滿

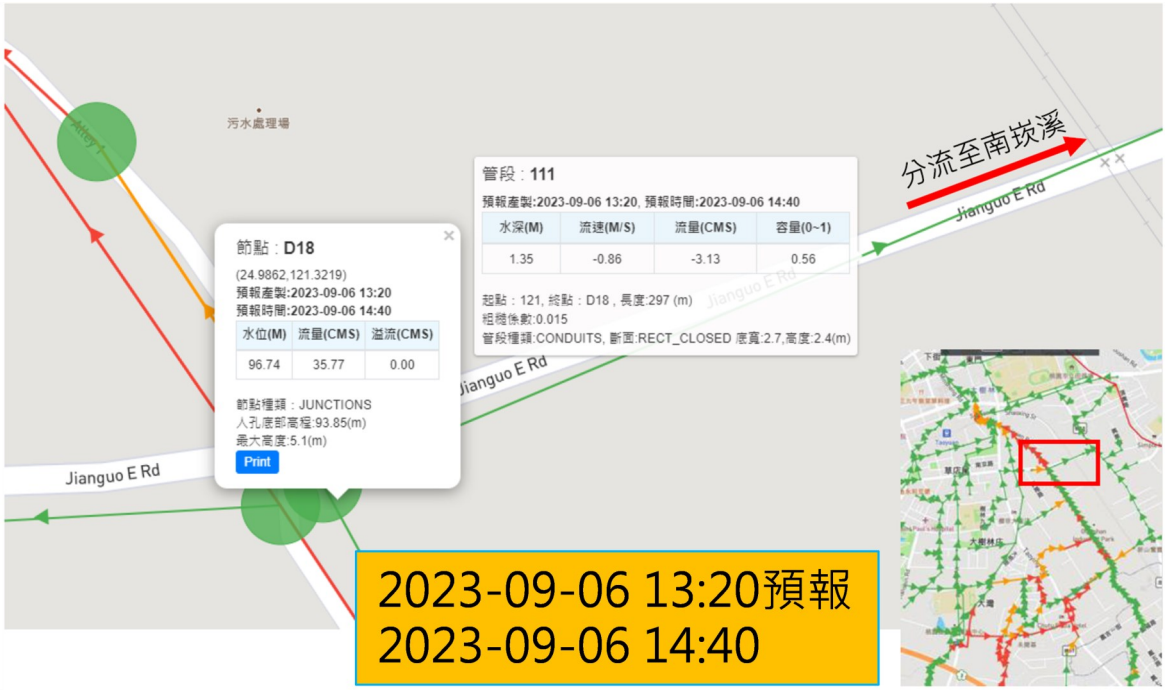


圖 20　即時自動 SWMM 系統預報結果(2023 年 9 月 6 日 13 時 20 分預報-建國東路)

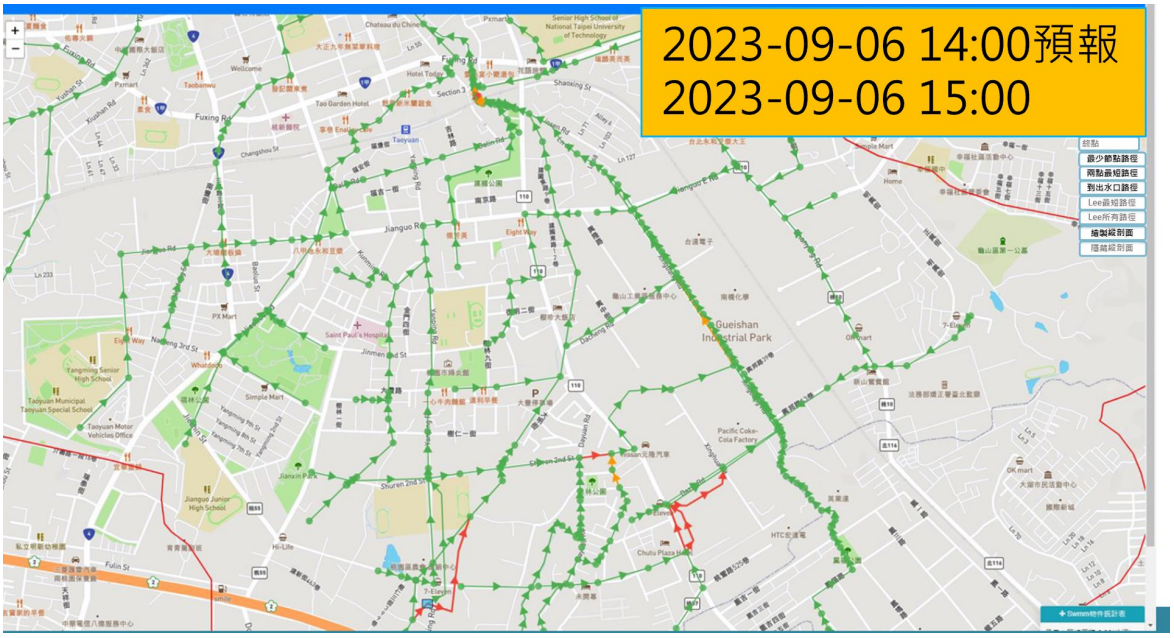


圖 21　即時自動 SWMM 系統預報結果(2023 年 9 月 6 日 14 時預報)

管或溢流時間及退水情形，對於滿管後造成的淹水，可提供掌握資訊，並可精確掌握造成積淹水的人孔，對於未來實際應變作業，期望可提供即時作業參考。

肆、結語

本文採用即時自動化 SWMM 系統（李戎威等，2023 年），以桃園市東門溪為應用區域，建置即時預報系統，提供都市排水、雨水下水道的水流狀況。

由檢定和驗證案例可看出，雨水下水道系統容易受到降雨空間分布的影響，在局部管段發生滿管甚至逆流的狀況，並可掌握可能冒水的人孔，確實掌握發生積淹水的道路或地區，可望能於未來提供相關應變作業參考。

受限於以往觀測設備不足，難以掌握下水道實際水流情形，現在透過即時自動化的作業系統，可以協助研判在基礎資料正確的雨水下水道分佈狀況下，水流的流向和流量，與實際積淹水區域的比對下，協助評估觀測盲區，於必要管段設置觀測設備提昇系統完善度。此外，若發生預報結果和實際積淹水狀況不一致的狀況，亦可協助分析基礎資料問題、觀測資料問題，或系統模式參數問題等，對於後續改善提供正確的修正方向。

透過本研究提出之即時自動化系統，掌握都市區域未來水情變化趨勢，期望能在現有都市排水系統條件下，即時提供道路積水的預報資訊，協助防災應變單位及早防範處置，藉以減少災害損失和提升都市安全。

伍、致謝

本研究承蒙 2023 年桃園市水務局「桃園市雨水下水道即時水情監測系統建置計畫」提供東門溪下水道觀測資料供模式檢定驗證，使系統成果得以彰顯，特此致謝。

參考文獻

1. 王嘉和、游翔麟、梁益詮、王嘉瑜、張倉榮，街道及下水道之雙排水系統快速淹水模擬，農業工程學報第 65 卷第 1 期，2019 年 3 月。

2. 李戎威、林冠宇、李文生，即時自動化都市排水系統(SWMM)研發與建置，第 26 屆水利工程研討會，2023 年 8 月。

3. 桃園市政府，「東門溪排水系統-東門溪排水幹線及東門排水治理計畫」，2023 年 9 月。

4. 桃園市政府，「桃園市和廊空間規畫暨決策支援技術服務」，2021 年 2 月。

5. 桃園市政府，「流域綜合治理計畫」-桃園縣管區域排水東門溪排水幹線

（與南崁溪匯流口至桃園市、鶯歌區界）規劃檢討報告，2017 年 6 月。

6. 新北市政府，「全國水環境改善計畫」-東門溪水環境營造計畫 整體工作計畫書，2019 年 3 月。

7. 經濟部水利署第十河川局，「淡水河即時洪水預報模式技術參考手冊」，2005 年版。

8. 桃園市政府水務局工作報告，2019 年 10 月 22 日。
https://wrb.tycg.gov.tw/home.jsp?id=541&parentpath=0,177,182

9. 桃園市政府水務局工作報告，2020 年 8 月 28 日。
https://wrb.tycg.gov.tw/home.jsp?id=600&parentpath=0,177,182

10. 桃園市政府水務局工作報告，2021 年 10 月 5 日。https://wrb.tycg.gov.tw/home.jsp?id=603&parentpath=0,177,182

11. 桃園市政府水務局工作報告，2022 年 8 月。https://wrb.tycg.gov.tw/home.jsp?id=630&parentpath=0,177,182

12. Chow, V. T. (1959). Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill. Singapore.

13. Gironas, J., L. A. Roesner, AND J. Davis. (2009). Storm Water Management Model Applications Manual. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC. EPA/600/R-09/077.

14. Huber, W. C., Dickinson, R. E., Barnwell Jr, T.O. and Branch, A. (1988). Storm water management model Version 4. Environmental Protection Agency. United States.

15. Rossman, L. AND W. Huber. (2015). Storm Water Management Model Reference Manual Volume I, Hydrology. U.S. EPA Office of Research and Development. Washington, DC. EPA/600/R-15/162A.

16. Rossman, L. (2017). Storm Water Management Model Reference Manual Volume II – Hydraulics. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC. EPA/600/R-17/111.

17. 強降雨釀鶯歌路段淹水 民眾抱怨機車排氣管恐泡水 https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2535164

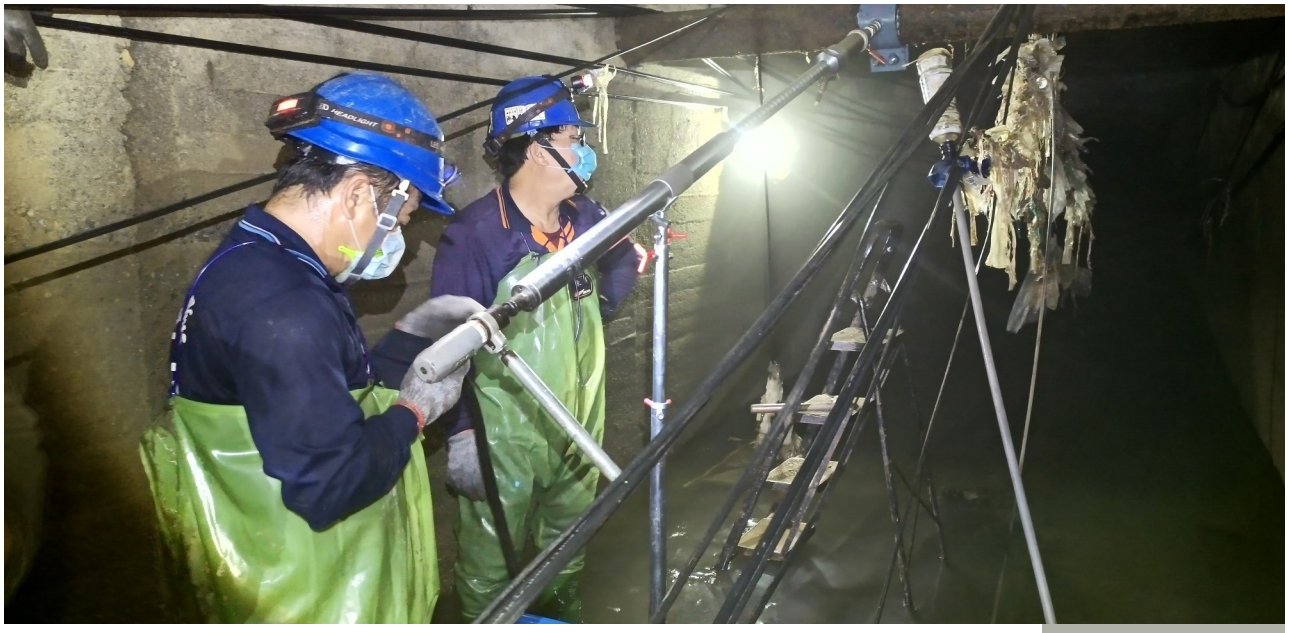
18. 午後強降雨時雨量達 83 毫米 鶯歌車過積水像海浪 https://video.udn.com/news/1273305

19. 林口龜山雨勢大 積水嚴重交通大打結 https://newtalk.tw/news/view/2019-05-20/248863

20. 午後瞬間大雨林口龜山淹水 水利署一度發出淹水警戒 https://www.mirrormedia.mg/story/20210730edi038

21. (桃園)東門溪整治 龜山工業區仍淹水 https://news.ltn.com.tw/news/Taoyuan/paper/1598992

22. 抽水機奏效 龜山工業區大雨未淹 https://udn.com/news/story/7324/7424530



高雄市雨水下水道橫越管淨空管理

蔡長展[1]

摘要

雨水下水道箱涵內的橫越管，對於下水道的排洪功能造成影響甚鉅，並阻礙內部的營運維護工作，路面塌陷等破壞，民國 103 年高雄市的氣爆事件，造成嚴重的公安事件，為此，高雄市政府於氣爆發生後隨即啟動橫越管淨空作業，針對危險管線立即進行盤點及遷改。國土管理署於民國 107 年補助高雄市政府，推動高雄市雨水下水道普查計畫，調查高雄全市雨水下水道，總計長度達 669 公里，依據調查工作成果，高雄雨水下水道之橫越管數目總計達 3,366 處，亦即平均約每 500 公尺即有一處橫越管，109 年在雨水下水道普查計畫調查成果的基礎上，全面推動雨水下水道橫越管淨空管理計畫，積極展開雨水下水道內橫越管遷移及斷管作業。

淨空的整體工作分三個主要部分，第一部分建立完整的橫越管資料庫，依據雨水下水道普查成果，配合橫越管細部調查作業，將高雄雨水下水道內的橫越管納入管理系統追蹤管考。第二部分則協助管線業者，進行橫越管辨識作業，釐清下水道橫越管的歸屬單位，以便進行第三部分協助管線業者管控管線遷改進度和品質的管考作業。水利局迄今已協助管線單位釐清共計 1557 處，無主管線斷管也達到 889 支，藉由本項計畫之推動，提升高雄市雨水下水道生命使用年限及維護管理品質。期待藉由雨水下水道淨空計畫之推動，改善雨水下水道排水功能，並預防因管線造成道路塌陷及公安事件，保障市民生命及財產安全。

1.高雄市政府水利局 / 局長

壹、 前言

高雄市雨水下水道建設起自民國 60 年，隨著都市的持續發展，雨水下水道、污水下水道、台電地下電纜管路、電信地下電纜管路、自來水公司輸水管路、天然氣輸氣管線、中油輸油管線、石化業者石化輸送管線、路燈以及號誌燈的線路等等，逐步興建布設。早期各單位的建置均依據各自需求，自行布建，缺少良好的圖資管理及橫向聯繫，因此興建過程經常相互牴觸，尤其雨水箱涵深度常達 1~3 公尺，遇到牴觸時，管線單位鑿穿箱涵壁體設置管線，由於早年並未有相關的資料紀錄，因此目前為數龐大的橫越管，均無明確所屬單位的紀錄資料，造成公共工程相關管理作業的障礙。

103 年高雄市氣爆事件發生，市府立即針對 140 處危險管線（石化管線），比對本市雨水下水道圖資，找出可能穿越箱涵的位置進行清查，盤點得到 52 處橫越管穿越，並即刻要求管線單位進行遷改作業。

107 年國土管理署補助辦理全市雨水下水道縱走普查作業，完成全市雨水下水道縱走調查長度達到 669 公里。透過雨水下水道的普查調查，除了釐清市區雨水下水道系統之位置、高程以及尺寸之外，並掌握雨下水道內諸多結構性缺失以及功能性缺失，包括箱涵破損、泥沙淤積、橫越管阻隔、纜線雜亂等。該計畫完整調查出高雄市目前雨水下水道的橫越管處數達 3,366 處，並記錄各橫越管的位置、尺寸、材質、數目以及鄰近人孔，為橫越管淨空管理作業奠定良好基礎。

109 年，高雄市政府在雨水下水道普查的成果基礎上，籌措經費推動高雄市雨水下水道橫越管淨空管理計畫，召集轄區所有管線單位，包括自來水公司、台灣電力公司、中華電信、天然氣公司、中油公司、所有石化業者、寬頻業者、路燈管理單位...等，就橫越管之圖資進行比對，並至現地進行會勘確認，進行辨識、認領以及遷改等作業。本計畫為國內第一次全面性大規模的雨水下水道橫越管淨空作業。

貳、橫越管現況及影響

一、橫越管現況

高雄市被查出的橫越管處數總計 3,366 處。以鼓山區為例，即使區域內無工業區群聚，仍有 178 處橫越管，平均 260 公尺即有一處橫越管，密度相當高。其分佈如圖 1。

二、橫越管的影響

橫越管對於雨水下水道有多方面的影響，包括阻礙水流、影響維運、箱體結構破壞導致路面掏空及公共危險，說明如下：

1. 阻礙水流

橫越管存在於箱涵中將減少有效通水

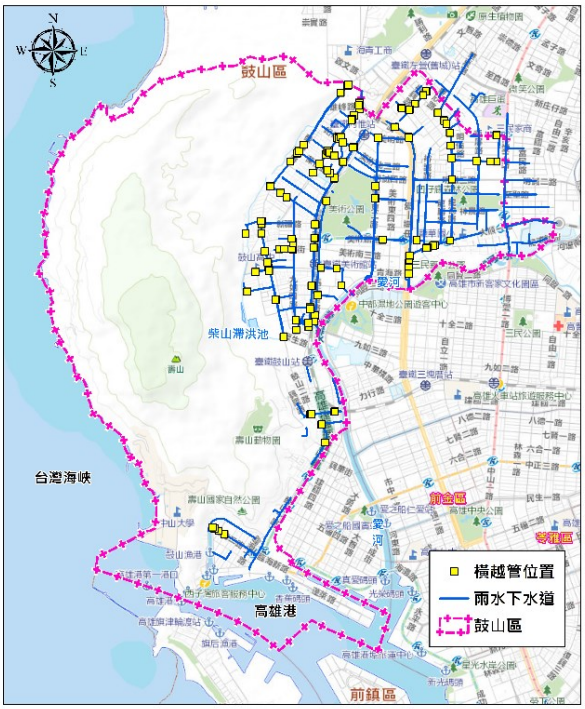


圖 1　橫越管分布案例（鼓山區）

面積，影響雨水下水道排洪功能，降低通洪能力。調查常見的橫越管樣態如圖 2，包括底部、頂部之大管徑或管群橫越。位於底部者將抬升水位並造成上游淤積，位於頂部者將造成斷面束縮以及雜物阻塞，增加上游淹水風險。

2.　影響維運

橫越管橫越雨水下水道，減少雨水下水道的有效斷面，直接影響人員以及機具的通行，阻礙雨水下水道相關維護管理工作，包括檢視、清淤以及修繕等等作業（圖 3）。再者部分管線因為疏於養護，以致產生破損的狀況，影響整體的公共服務品質或增加經濟損失，例如自來水管線的破損，造成自來水的滲漏。

圖 2　橫越管對排水功能的影響

圖 3　自來水管線老舊破損滲漏

3.　路面掏空

橫越管通過雨水下水道時，常發現施工廠商直接鑽鑿雨水下水道壁體設置管線，但事後並未就接合處妥善處理。久而久之，箱涵外部的土砂沿著接合處的破口流出，造成路基掏空進而產生道路下陷。圖 4 為路基因管線接合不良造成之路面塌

圖 4　橫越管接合不良造成路基掏空

陷案例，由於自來水公司管線穿越箱涵時，壁體與管線接合位置未封填，造成路基大量流失，產生坑洞。

4.　公共危險

瓦斯管線、石油管線以及石化管線等，屬於較危險的管線，長期置於濕度高的雨水下水道中，積年累月導致管線鏽蝕或破損，內容物流出，易導致公共危險。民國 103 年 7 月 31 日，發生在高雄前鎮區與苓雅區的氣爆事件，是因為 4 吋丙烯管線遭不當包覆於雨水箱涵內，致管壁由外向內腐蝕並日漸減薄。管線因無法負荷輸送管內之壓力而破損，致液態丙烯外洩，進而引起爆炸事故。此事件造成 32 人死亡、321 人受傷，整條街道氣爆炸毀。受災範圍擴及三多一路、三多二路、凱旋三路、一心一路等多條重要道路，其破壞狀況如圖 5 。

參、橫越管淨空作業面臨之問題

淨空作業推動遭遇相當大的困難，包括橫越管管線資訊不足、管線單位配合意願低、未認領管的歸屬認定，以及危險管線的處理等問題，說明如後：

圖 5　橫越管氣爆引起公安事件

1.　橫越管辨識所需資訊不足

橫越管一般可由管線外觀的材質、尺寸、配置及標記查到所屬單位。但因同一管線業者於不同時期所採用的管線規格（管材、尺寸）有所不同，且管線單位早期持有圖資通常並不完整，並未針對橫越管有相關的紀錄，因此能順利辨識者有限。推動初期，管線單位曾以雨水下水道普查資料配合管線單位資料進行辨識作業，成功辨識約 300 處，辨識率僅約 10%，仍有高達 90%的橫越管無法釐清權屬。其主要原因包括圖資精度不足、廢棄管線、權屬單位未匡列等。造成辨識作業進度不易推進。

2.　管線單位配合意願低

由於橫越管的淨空作業牽涉各事業單位財產，作業期間需要與各單位協同作業。且斷管可能影響營運，各單位通常會會同其設計、施工、營運等內部單位，致使程序繁冗。

圖 6　管線單位辨識會勘動員大量人力

再加上整個辨識環境為局限空間作業，需要完整的局限空間工安設施作業來防護辨識人員的安全，大幅增加辨識作業的困難度。

3.　大量未認領管造成作業困難

未認領的管線包含管線單位的疑似管、無主管、空管等。疑似管係起因於管線單位圖資精度差異，造成辨識過程資料比對無法吻合，在無法確認資料一致的狀況，造成很多所謂疑似管的狀況，造成管線單位及主辦單位的困擾，無從辨識認領。另方面下水道也存在很多無主的管線，甚至存在很多空管，無人認領。大量未認領管線，影響整個計畫推動的進度。

4.　危險管線處理

部分橫越管的內容物具有危險性，包含電力纜線、瓦斯、石油、石化原料等，會對辨識人員造成安全的威脅，稍有不慎就會危及生命，甚至釀成大規模的工安事件，對執行單位及管理單位，均造成很大的困擾。

5.　遷改進度緩慢

橫越管遷改涉及管線單位管線的規畫設計及施工，以及道路挖掘管理等，介面較多，因此管線單位常常只是消極配合，實際進度緩慢。而目前規範的「公共排水管理自治條例」，雖然具體規範不允許管線穿越箱涵，但並無具體罰則規範相關作為，因此管線單位無遷改之急迫性，造成相關推動進度緩慢。

圖 7　危險管線辨識作業

肆、雨水下水道橫越管淨空管理推動策略

針對相關困難，為有效達成橫越管淨空目標，高雄市政府推動雨水下水道橫越管淨空管理計畫，由橫越管詳細調查及資料庫建置、協助辨識、遷改管理等面向同步推動，整體作業流程架構說明如圖 8。

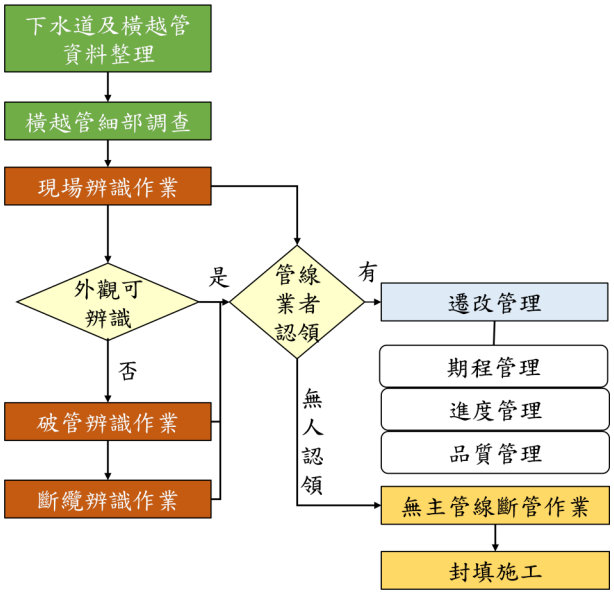


圖 8　橫越管遷改整體作業流程圖

一、橫越管資料庫建立

推動橫越管淨空管理作業，完善的資料庫是工作推動的首要條件。因此高雄市政府將轄區內的橫越管進行細部的盤查作業（圖 9），針對後續辨識作業以及日後管理的需求，建立完整的橫越管資料庫。相關盤查工作的重點及資料記錄包括：

1.橫越管編碼及造冊

2.橫越管尺寸、材質及顏色記錄

3.橫越管特徵紀錄

4.橫越管地面對應位置標示。

圖 9　橫越管細部盤查作業

二、協助業者進行辨識作業

為降低管線業者辨識的困難度，水利局提供管線業者完整的資料庫，包括清晰的管線資料、照片、影帶...等等，先進行圖資比對確認，以利管線業者在辦公室進行相關比對作業。

另外也協助業者進行現場比對，辦理辨識會勘，召集相關管線單位進行勘查，相關作業包括相關作業包含圖資確認、管線地上相關設施關聯確認（圖 10）及箱涵內橫越管辨識（圖 11）。地面確認係依據橫越管的地面位置，檢視周遭的變電箱、電信訊號箱、路燈、號誌燈、自來水公司制水閥等等，由外部設施推測箱涵內部管線可能的系統銜接狀況，判定歸屬單位。再針對地面的辨識成果，就有疑慮的部分，進入雨水下水道進行內部辨識作業，針對管線的特徵、材質、尺寸、排列，進行確認工作。

圖 10　管線辨識（辨識會勘）

圖 11　管線辨識（箱涵內部）

三、未認領管辨識作業

針對未認領管，水利局積極地進行破管辨識及斷纜辨識，來執行確認作業，依據目前經驗，破管及斷纜後可釐清所屬單位的比例可達 90%以上，是非常安全有效的處理方法。相關作業說明如下：

1.　破管辨識

針對疑似或無主管線，因管線外觀無法確認，因此藉由破管作業直接辨識內容物，依據內部纜線及輸送液體或輸送氣體特徵進行辨識。一般的 PVC 管內容物較為單純，多為纜線或自來水，可鋸開一個小方格，探測管內的物質。

破管完成後，若管線所包覆之內容物為纜線時，即可藉由纜線的顏色、標記、尺寸以及型態等進行判釋。台電公司、中華電信、路燈、交通號誌燈，所使用的纜線特徵均不相同，如下圖 12 所示。

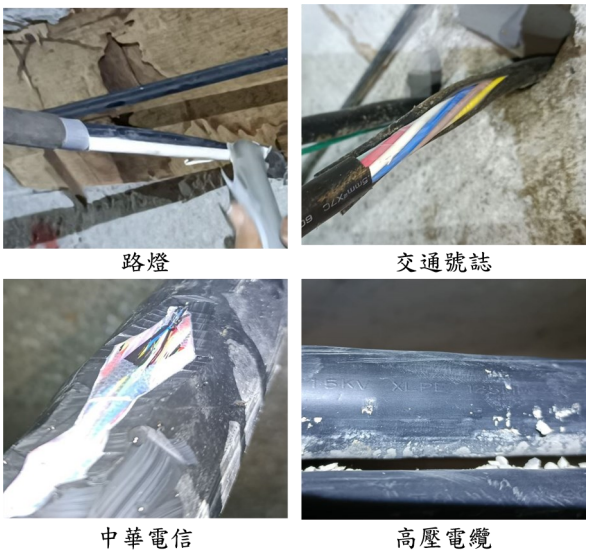


圖 12　各單位纜線特徵樣態

若內容物為液體，則檢驗液體的成分，依據各相關廠商的製程，來判斷可能的所屬單位。若液體為水，則利用餘氯測試辨識是否有加氯，作為自來水管線判釋的依據。

2.斷纜辨識

前述破管後所見纜線無法從外觀辨識，則進一步進行斷纜辨識。斷纜辨識係直接將纜線剪斷，進行辨識作業。依據斷纜經驗，以未使用的棄置線路、未登錄纜線、固網線路、路燈及號誌燈居多。

考量斷纜會影響公共設施或業者的正常營運，處理時應格外審慎。此項作業均邀集相關管線單位會同，就可能的危害進行事前防護，降低損害發生機會。

四、危險管線辨識作業

石化管線以及天然氣管線其內容物具有高度危險性，若管線內部內容物因作業不慎流出，會造成工安危險，需要更慎重處理。因此當遇到特殊材質的疑似管線時，包括鑄鐵管、不銹鋼管、HDPE 管、雙層管或外部有特殊膠帶纏繞的管線，直接破管會有高度風險。因此針對此類管線採用石化廠使用的活線插管辨識技術來協助辨識作業。本作業係以訂製模具密封管身，於氮封情形下破管開孔，確認內含物後再決定是否逕予斷管，避免誤觸高風險管線造成可能的危害。作業方法及流程如圖 13。

表面除鏽處理　管夾組裝　鑽孔作業　判定內容物

圖 13　活線插管作業

目前經驗採用活線插管，曾經探測到的危險管線包括油品管線、自來水公司管線及天然氣管線等。透過本技術的應用，避免可能的危險，並於辨識過程中，即時通知管線業者辨識確認，於完成辨識作業後，先予以臨時封堵避免危險物質流出，再進行遷改作業，成效良好。

五、公共排水自治條例修訂

為有效推動橫越管淨空作業，並且提高相關作業的執行成效，高雄市政府於民國 111 年 3 月 24 日，修訂公共排水管理自治條例，其中第九條明定「公共排水設施不得穿越、穿鑿或毀損。」，並明確於第十七條，針對違反第九條規定之行為，處以新臺幣三萬元以上十萬元以下罰鍰，並得按次處罰。

有了法規的約束，執行團隊推動有了具體的後盾及依據，讓相關橫越管之所屬單位，更謹慎積極的處理後續相關的遷改作業。

伍、遷改管理

管線經辨識各管線單位認領後，接續需有序的進行相關遷改作業，協助業者進行遷改作業，由進度管理、無主管線處理及品質管理同時著手，以有效達成計畫目標。

1.　時程管理

管線遷改牽涉到各單位的執行能量，需有序地推動，以達成目標。因此整個遷改作業依據急迫性，針對危險性管線（中油、石化業者、瓦斯）立即進行遷改作業，其餘則針對易淹水區位、排水功能影響較高、壁體損壞嚴重位置，依序進行遷改作業。

執行團隊依據管線單位所提之進度規劃進行追蹤及管考，於每月固定的遷改會議中，追蹤執行進度，以利後續管理工作的推動。

2.　**無主管線處理**

針對無主的橫越管水利局即自行進行斷管作業，斷管作業方式如圖 14。目前清查的成果顯示，無主的空管多數為各單位已經停止使用的管線，少部分則為無法找到使用單位的管線。確認為無主的管線，即立刻進行斷管及淨空作業，恢復箱涵的原狀，並針對壁體進行修補，防止可能的路基流失。

3、品質控管

為確保管線單位依據市府的規定進行遷改作業，並於斷管後確實進行壁體封填作業，針對管線單位完成遷改的位置，進行相關查驗工作，確認管線遷改位置正確，管線有確實移除，並依規定確實完成封填作業。

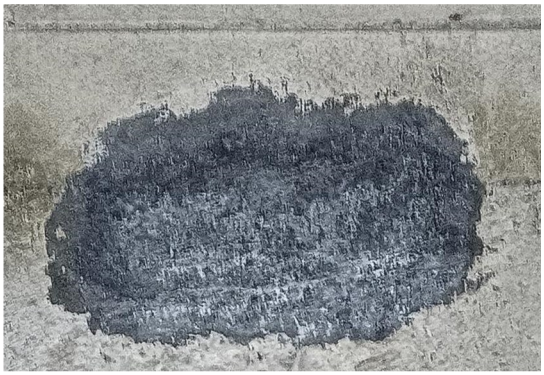
若封填作業不確實，易造成下水道的孔洞引起路基掏空，因此針對廠商未確實完成封填作業，亦給予相關的輔導，以確保雨水下水道設施的安全。封填品質管理樣態如圖 15。

斷管

壁體修復

圖 14　無主管線處理

封填不確實易造成掏空



正確封填範例

圖 15　封填品質管理樣態

陸、推動成果

自民國 109 年起至 112 年，累計四年的執行成果，合計經費約為 6,000 萬元（表 1），辦理現地勘查合計達 237 場次（表 2），其中包含辨識會勘 75 場次，破管會勘 98 場次，以及斷纜會勘 33 場次，活線插管會勘 31 場次。

執行至 111 年底，已經認領的橫越管數目為 2,158 處，比例達到 64%。執行的進度如圖 16。

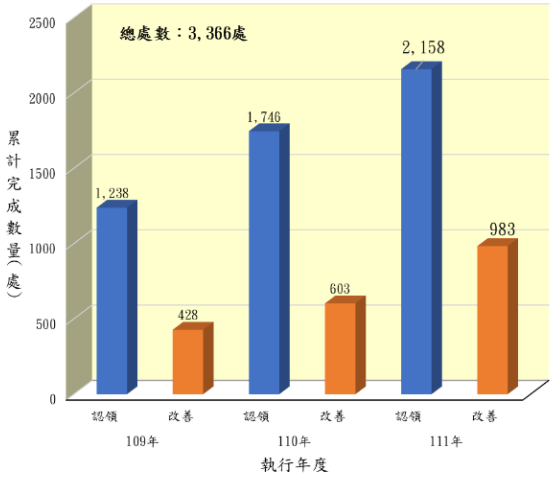


圖 16　橫越管改善累計執行進度

表 1　經費統計

單位:萬元

項目	109	110	111	112	合計
經費	1,462	2,037	1,989	577	6,065

表 2　辨識會勘統計

單位:次數

全區合計	109 年	110 年	111 年	合計
辨識會勘	15	31	29	75
破管會勘	27	42	29	98
斷纜會勘	4	11	18	33
活線插管會勘	3	19	9	31
合計	49	103	85	237

依據執行成果，43.2 %為無主空管；其次為自來水公司以及中華電信公司，均約 20 %、台電公司佔 9 %，天然氣公司佔 2.5 %、市府相關單位佔 1.6 %、其他單位則佔 3.2 %。各單位橫越管數目比例如圖 17。

另水利局針對未認領的無主管線進行斷管，至 111 年度總共斷管 889 支，歷年斷管數量如表 3，預計於 112 年水利局辦理無主斷管支數可達千支。

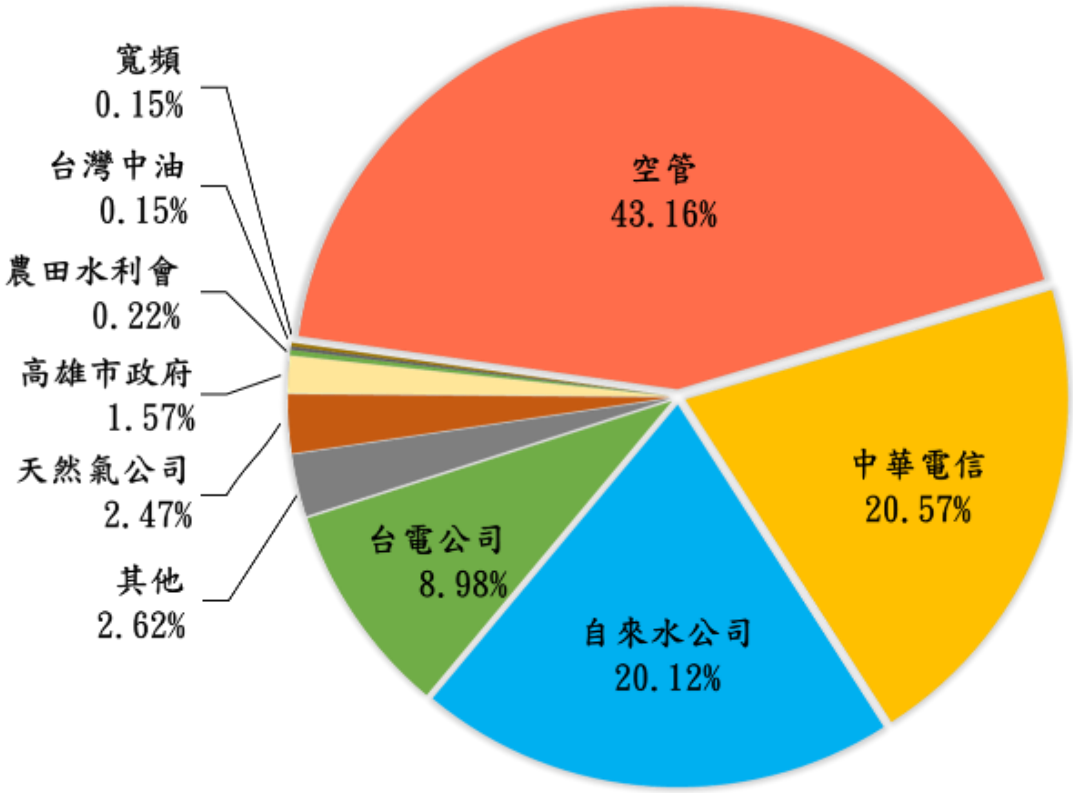


圖 17　橫越管各單位歸屬佔比

表 3 109-111 無主管線斷管統計

單位:支

項目	109	110	111	合計
無主斷管	154	316	420	889

柒、總結

民國 103 年高雄市氣爆事件發生，讓市政府正視橫越管的管理重要，當年即針對 140 處高危險管線（石化管線）與雨水下水道交錯的位置進行盤點，經現地勘查，其中發現 52 處橫越管穿越，隨即展開橫越管遷改工作，並於 104 年 4 月全部完成遷改。

107 年國土管理署補助雨水下水道普查作業，經過完整的調查，共掌握全市 3,366 處橫越管。市府團隊領先全台著手進行雨水下水道管線淨空工作，協調各大管線業者共同進行管線遷改作業，截至 111 年底管線單位認領已達 2,158 處，認領率達到 64 %，無主管線共計斷管 889 支。高雄市政府水利局積極追蹤各管線機構遷改進度，目前各管線機構完成遷改約 355 處，迄今各管線機構仍積極辦理遷改中。

另橫越管遷改過程，水利局同仁秉持努力不懈的精神與堅持，與管線單位定期召開遷改進度及溝通協商，取得共識，也在辨識的技術上精進突破，提高辨識能力，並針對無主管線的斷管以及斷纜的作業技術、安全防護以及品質控管等，累績豐富的執行與管理經驗。後續橫越管淨空工作將在此基礎上，持續推動，以有效提升高雄市雨水下水道管理品質及維護排水順暢。

參考資料

1. 高雄市公共排水管理自治條例。
2. 「111 年度高雄市三民區等 12 區雨水下水道橫越管淨空管理作業技術服務」成果報告。
3. 「111 年度高雄市大寮區等 18 區雨水下水道橫越管淨空管理作業技術服務」成果報告。

下水道地理資訊系統之管線維護與管理

杜鐵生[1]、何寬宏[2]、黃子珉[3]、陳益凰[4]

摘要

探討國內雨、污水下水道建設與管理的挑戰，以及內政部國土管理署推動下水道地理資訊系統(GIS)發展的現況，強調圖資管理的重要性，以及提高下水道建設和維護效率的做法。

在「執行背景」章節中介紹下水道的重要性，也說明圖資缺乏和維護管理的困難點；接續「發展期程」說明下水道資料庫規範及圖資建檔的過程；最後在「重點發展項目」裡探討「制度面」、「資料面」、「系統面」與「加值應用面」的發展，包括下水道 GIS 資料庫規範和相關制度的建立、評核的重要性，以及下水道三維(3D)圖台的建立，並提出數個加值應用案例。

1.內政部國土管理署 / 科長
2.內政部國土管理署 / 副工
3.台灣世曦工程顧問股份有限公司 / 副理
4.台灣世曦工程顧問股份有限公司 / 正工程師

壹、執行背景

下水道是都市基礎建設之一，也是現代化城市發展的重要指標，雨水下水道建設年代較早，許多圖資缺漏或是以紙本保存，因此地方政府在人力、經費有限的情形下要進行如此龐大的雨水下水道維護管理工作相當困難；另一方面污水下水道則正進入快速建設階段，亦需趁早為後續維護管理業務做準備，正逢資訊與資料庫系統發展時期，因此內政部國土管理署(以下簡稱本署)於 91 年開始研擬建立下水道圖資之相關規定，並於 92 年訂定「下水道GIS資料庫規範」，據以推動圖資建置的工作。

本署補助地方政府下水道工程建設或排水系統檢統規劃等相關工作時，同步要求建置下水道GIS圖資，本署並自行建置地理資訊系統(GIS)圖台，不但收納全國下水道圖資，也開發圖資檢核、屬性查詢、統計資訊儀表板及設施履歷紀錄等應用功能，可發揮提升維護管理效率的功用，後續將持續精進及推廣加值應用，協助地方政府更有效率的執行維護管理業務。

貳、發展期程

為統一全國下水道圖資之數位化檔案格式及資料內容，便於持續推動圖資共享及加值應用，本署於 92 年頒布「下水道GIS資料庫規範」，為下水道圖資及資訊

圖 1　下水道地理資訊系統發展之推動期程

系統應用奠定基礎，作為各地方政府下水道主管機關建置GIS圖資及朝向資訊化管理的依據。配合資訊系統與維護管理需求，另於 97 年、104 年、109 年及 112 年陸續修訂規範，其中 109 年納入 3D規定，112 年更是將圖資收集範圍擴大至涵蓋下水道實施計畫、公告週知、維護紀錄等內容，以利後續維護管理及加值應用。

本署於 99 年建立下水道GIS系統圖台，落實下水道圖資資料庫系統化。鑒於雨水下水道建設長度數量龐大、圖資缺乏，實需中央與地方共同合作健全圖資，因此在 103 年起於「中央政府流域綜合治理計畫特別預算」補助各地方政府辦理雨水下水道普查、縱走及資料建檔工作，同時執行「雨水下水道普查及空間資料庫建置規劃應用」委託專業服務案，協助各地方政府並確保成果品質。為持續提高雨水下水道資料正確性及完整性，於 107 年「前瞻基礎建設計畫」中再擴大雨水下水道普查、縱走及檢討規劃的工作範圍，另推動下水道履歷管理及下水道圖資 3D規範，導入擴充實境(AR)、虛擬實境(VR)應用，為下水道地理資訊應用開創新的應用層次。近年持續推動雨、污水下水道履歷建置、GIS圖資檢核等任務，與地方政府一起完善下水道資料庫系統。

參、重點發展項目

下水道地理資訊系統發展，可由「制度面」、「資料面」、「系統面」及「加值應用面」等面向說明如下：

一、 制度面-訂定完善的制度

制定「下水道GIS資料庫規範」統一全國下水道資料建置標準，為推動下水道圖資更新及下水道資料庫應用，本署更於「雨水下水道系統維護管理年度訪評要點」及「污水下水道建設計畫考核評鑑作業要點」中增列圖資更新及應用情形等評分項目，鼓勵地方政府持續使用雨、污水下水道數位化資料，創造有利於永續營運

圖 2　訂定完善制度（下水道地理資訊系統應用）

之加值應用。之後因應下水道維護管理任務對圖資的殷切需求，邀集各地方政府研擬後於 112 年 3 月頒布「下水道地理資訊圖資管理要點」，為擴大下水道GIS圖資的收集範圍，也同時修訂「下水道GIS資料庫規範（112 年修訂版）」。

1.　下水道GIS資料庫規範

第一版下水道 GIS 資料庫規範，內容包含下水道管線、人孔、側溝、連接管、陰井及用戶接管、廠站等圖資規範；97 年及 104 年配合圖資需求及資訊系統發展修訂規範；於 109 年設計符合三維(3D)模型應用之擴充欄位，用於紀錄人孔複合模型資料；112 年加入污水下水道實施計畫、雨水下水道規劃或檢討規劃圖資、公告使用區域及下水道維護資料，陸續提升下水道圖資的類型、設施位置、區域範圍及屬性，更利於後續進行統計分析及維護管理業務的推展。

2.　下水道圖資管理要點

本署分析下水道工程及維護管理業務對於圖資的需求，故邀集地方政府研商後訂定「下水道圖資管理要點」，要點內容包含「緣由」、「主管機關」、「實施對象」、「圖資建置項目」、「圖資繳交時機」及「內容格式要求」，讓地方政府得以遵循辦理資料建置及提送作業。

3.　下水道資料庫業務評核

本署近年修訂「雨水下水道系統維護管理年度訪評」及「污水下水道建設計畫考核評鑑」評分項目，增列雨、污水下水道圖資更新及應用情形等評分項目，督導各縣市政府落實下水道資料庫維護管理作業，並引導辦理資料維護、更新工作，評分項目涵蓋「瞭解資料狀況」、「使用

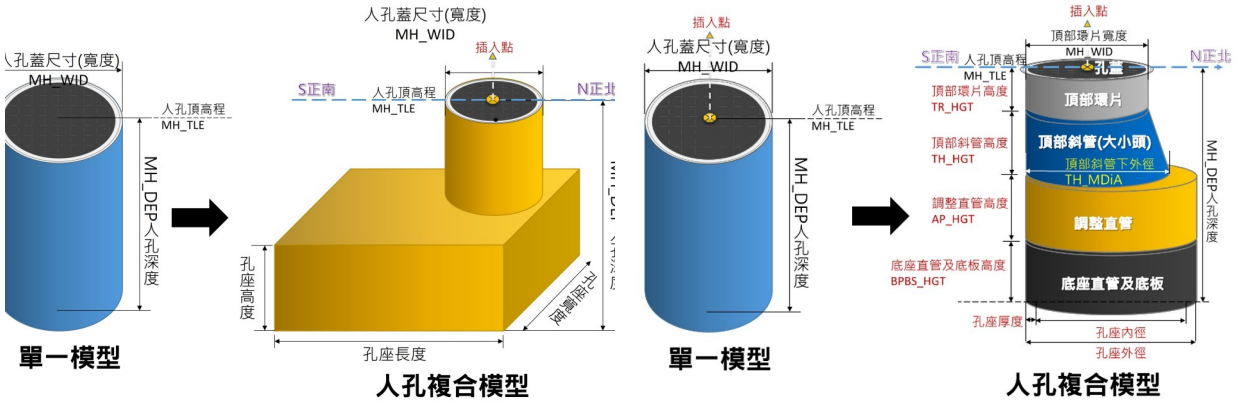


圖 3　下水道人孔三維(3D)模型範例

資料應用於下水道維護管理」、「執行資料更新」、「落實資料共享及加值應用」等層面。

二、資料面-建立完整的圖資

為健全下水道 GIS 資料完整度，要求地方政府於下水道工程驗收合格後提送 GIS 圖資，目前已收存全國污水下水道管線圖資約 12,485 公里（含幹管、分支管及巷道連接管）及雨水下水道管線圖資約 5,670 公里。為提升資料品質，更擬訂「下水道圖資檢核標準」，透過線上自動檢核程序確認圖資正確性及合理性。本署更於 112 年規劃下水道圖資介接及新舊版圖資比對機制，未來提供地方政府瞭解與本署收存下水道圖資之差異，並適時提供更新圖資。

1. 精進下水道圖資品質

(1)推動下水道資料檢核標準：透過電腦自動檢核輔以專業人力分析，內容涵蓋「資料表及欄位完整性」、「資料合理性」、「管網連接合理性」、「污水下水道用戶接管資料合理性」、「管網分布合理性」等項目，使用統一的標準執行檢核，可以確保下水道圖資品質。

圖 4　下水道資料庫業務評核及優等縣市頒獎

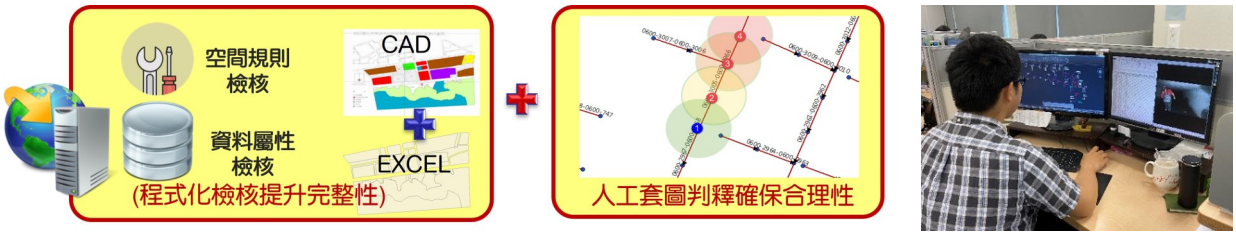


圖 5　下水道圖資檢核原則

（2）執行下水道地理資訊圖資檢核：以「下水道資料檢核標準」為基礎，分別檢核「屬性資料」及「空間資料」之完整性、合理性，本署開發「圖資檢核網頁」提供地方政府於線上自我檢核，再由檢核團隊工程師進行空間展點分析合理性，檢核結果編製為「檢核成果表」，交付地方政府釐清疑義與修訂資料。

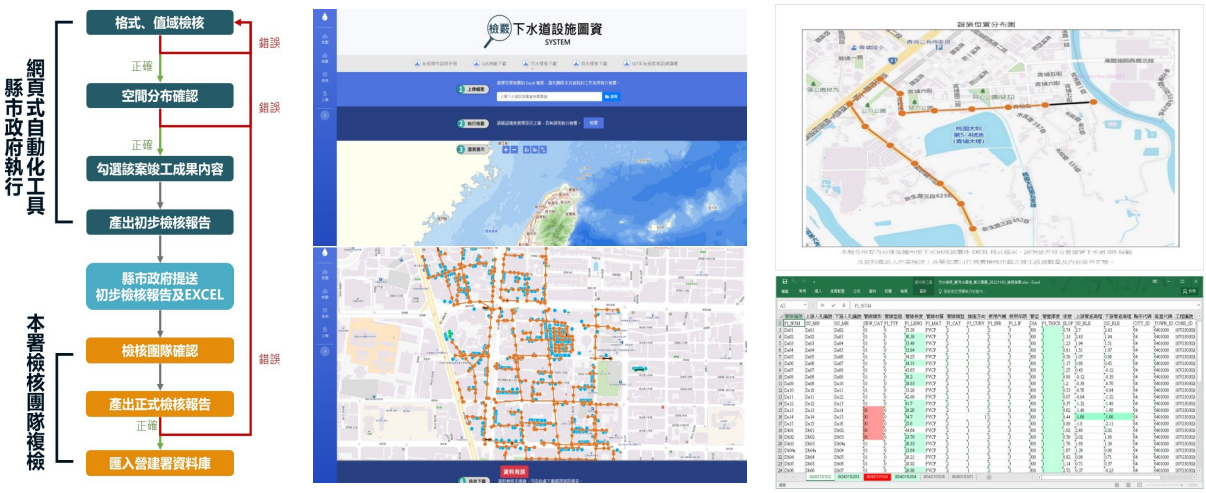


圖 6　下水道圖資檢核

圖 7　下水道圖資檢核歷程管理

2.　全國下水道普查

補助各地方政府辦理雨水下水道普查，標的包含人孔、管線、集水井及連接管。

（1）人孔調查：調查人孔位置及內部尺寸。

（2）管線調查：管徑 1.2 公尺以上之雨水下水道以人工縱走調查，全程數位攝影拍攝，及紀錄連接管位置、管線流向、雨水下水道缺失（含淤積、破損、橫越管、纜線附掛等），管徑未達 1.2 公尺或無法進入之雨水下水道，以 TV 車檢視方式進行調查。

（3）集水井調查：尺寸、深度，並記載銜接之連接管編號。

（4）連接管調查：寬度、高度、長度、材質、上游底高程、接入點頂距及接入人孔編號。

圖 8　雨水下水道人孔及管線調查

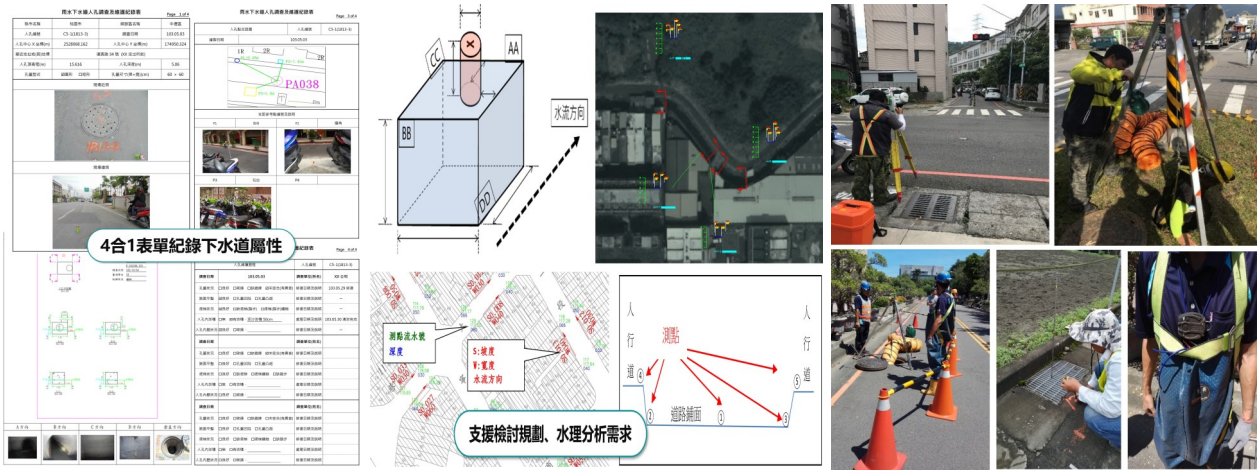


圖 9　下水道普查建置作業內容

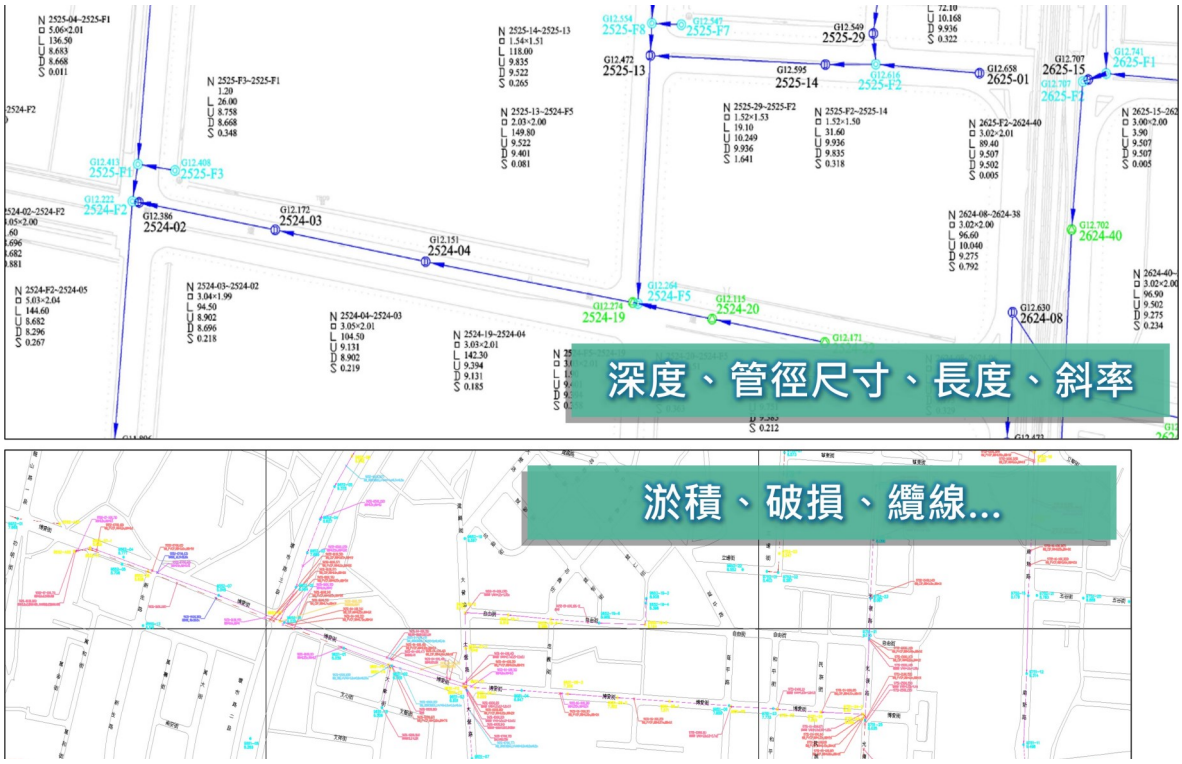


圖 10　下水道普查建置下水道台帳圖資

3．　收納更完整的圖資

（1）建置污水下水道實施計畫及公告可使用地區範圍

於 112 年將下水道實施計畫及公告可使用地區等資訊納入 GIS 資料庫，以區域範圍記載下水道可使用地區及屬性資料，可套疊下水道設施及地形圖、都市計畫圖等圖層，支援下水道管理及決策支援任務。

（2）推動污水下水道建設績效指標資料管理

為落實污水下水道資料管理，推動以整體污水處理率作為各地方政府污水下水道建設之績效指標，其中包含「公共污水下水道」、「專用污水下水道接管」及「建築物污水處理設施設置」，近年開發「污水下水道建設績效指標資料管理系統」，將資料填報率納入評鑑項目，持續鼓勵地方政府建置用戶接管數位化資料。截至民國 112 年 11 月，公共污水下水道接管、專用污水下水道接管及建築物污水處理設施設置之戶數填報資料已達 532.2 萬戶，相當於全國申報污水接管戶數之 82.9%，這些用戶接管資料不但彰顯建設績效，更可做為地方政府未來徵收污水下水道使用費之依據。

112 年研擬提升污水下水道用戶資料完整性之執行方案，邀集各地方政府研商紀錄用戶門牌資料等實際作為。這樣的作法可以進一步掌握污水下水道服務區域，未來也將使用空間分析技術，執行維護熱點分析、評估民眾需求，及精準管理污水下水道接管覆蓋率等建設目標。

三、系統面-推動營運及維護管理

1.　建立下水道三維(3D)圖台

為讓使用單位可以更直觀的了解下水道建置的情況，本署已開發 2D/3D 雨污水下水道地理資訊圖台，包含以下功能：

(1)基本圖資：提供下水道規劃、竣工、維護管理所需之三維圖資，並

圖 11　雨水下水道及污水下水道公告可使用地區範圍

圖 12　污水下水道設整體污水處理率績效指標資料

納入污水下水道用戶接管資訊。

（2）介接圖資：地形圖、都市計畫圖、社會住宅規劃位置、建築物模型、三維道路、建築管理之建造執照使用執照等資訊以及下水道水理分析 SWMM 之成果。

（3）圖資查詢及應用：設施查詢、維護履歷查詢、2D/3D 圖層對照、淹水潛勢圖。

2. 分析下水道維護管理及維護熱點

近年辦理雨水下水道普查時，發現雨

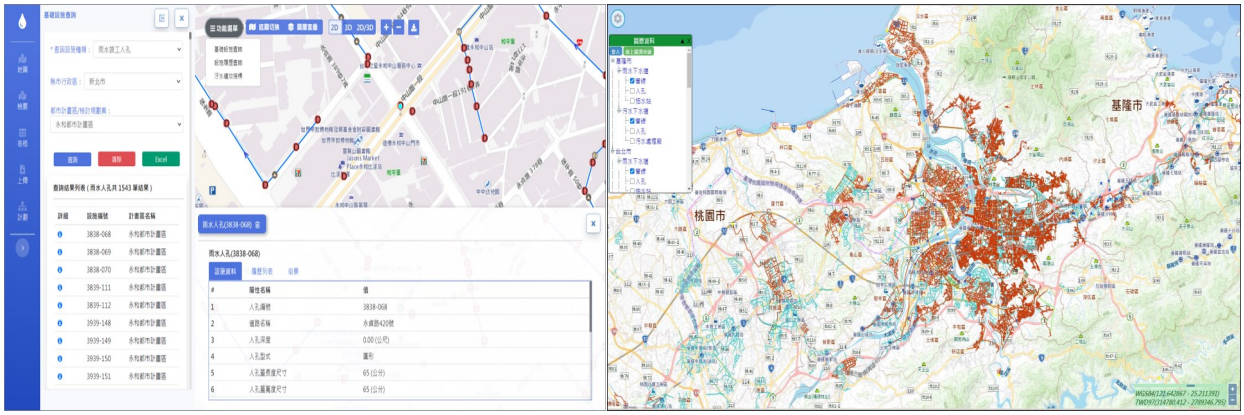


圖 13　下水道設施查詢

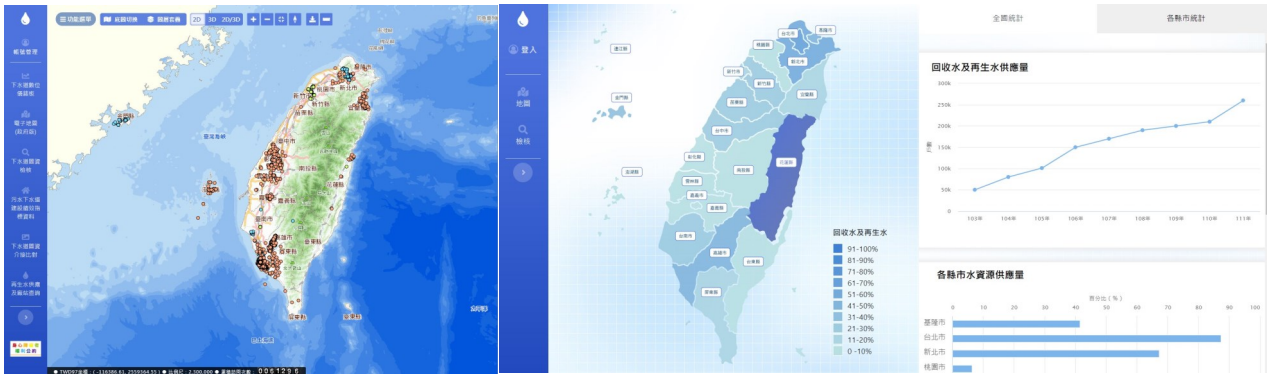


圖 14　污水下水道用戶及接管率查詢

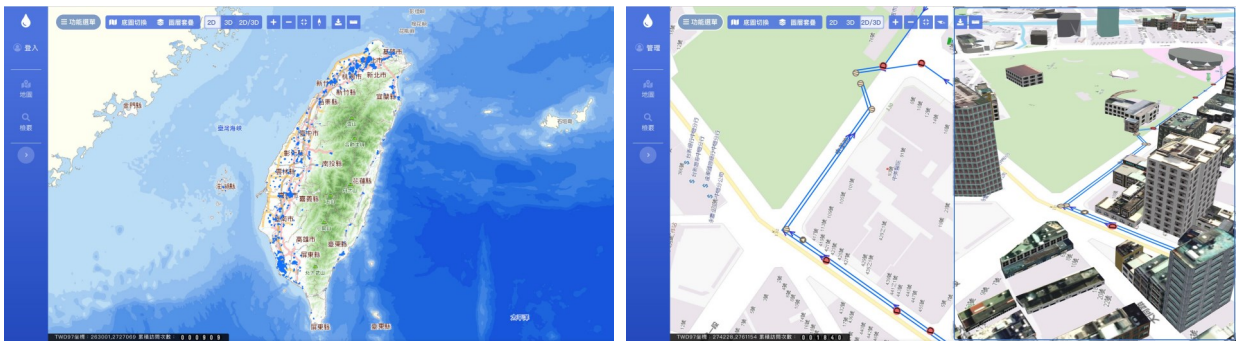


圖 15　下水道 2D 圖層與 2D/3D 圖層對照功能

水下水道常見缺失包含「淤積」、「纜線附掛（脫落）」、「橫越管」及「破損」等狀況，若未落實平時維護管理工作，不僅影響設施安全性並將阻礙都市整體排水。另依「下水道工程專用技術規範」之 02536 章下水道閉路電視檢視規範定義，污水下水道異常狀況包含破損龜裂、接管脫開、樹根侵入、接管突出、腐蝕、沖蝕、下陷、結垢、淤積等情形。為加強下水道系統日常維護作業，本署將持續推動建立下水道維護資料庫，以統計下水道巡檢紀錄、缺失屬性及修繕情形，大數據分析設施異常熱區，並針對易受損區域辦理整體評估改善，套疊電子地圖，期許在

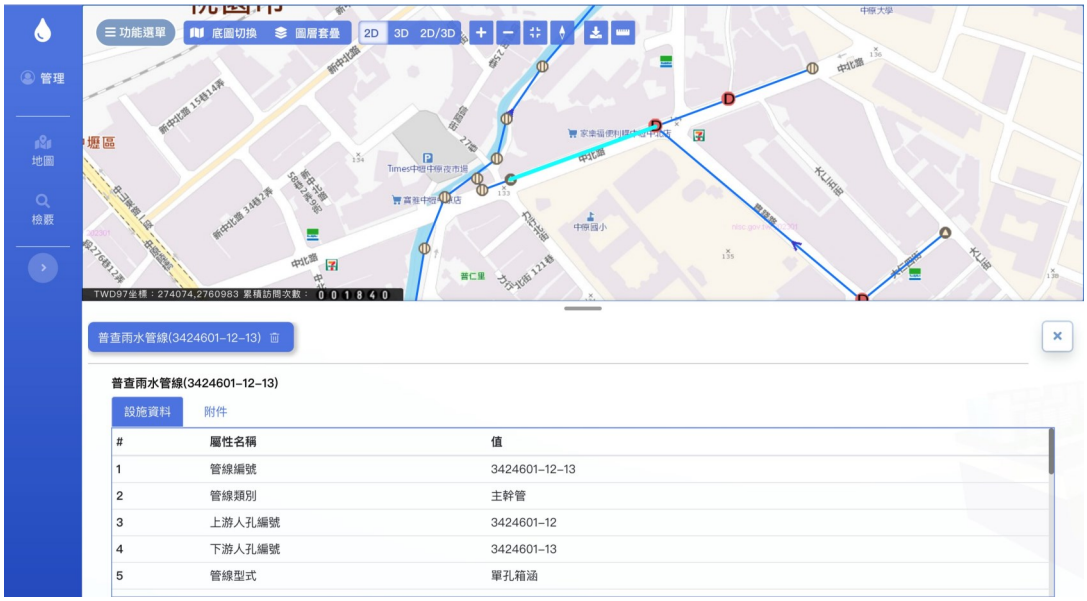


圖 16　下水道維護資料管理

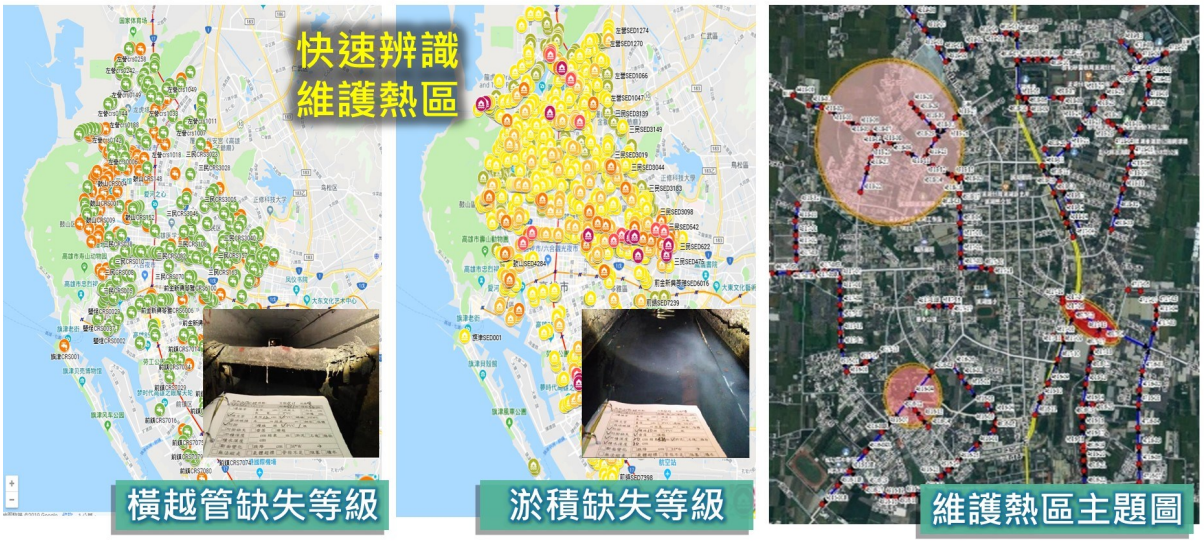


圖 17　下水道維護圖層級維護熱區主題圖

未來作為後續維護之決策參考。

3.　追蹤下水道建設期程及使用年限

下水道設施歷經數十年的建設，將陸續遭遇使用年限的課題，本署已採用資訊系統資料庫建立統計報表，可以透過儀表板介面掌握全國及分縣市下水道管線長度、人孔數量，未來將嘗試彙整以下水道建設年度，製作分年度長度統計表，評估分期執行下水道延壽或汰換之建議方案。

4.　擴充實境(AR)應用於下水道管理

建置下水道擴充實境(AR)功能，結合雨、污水下水道圖資之 3D 模型，透過可視化技術讓下水道設施即時呈現在行動裝置上，協助辦理下水道維護工作。

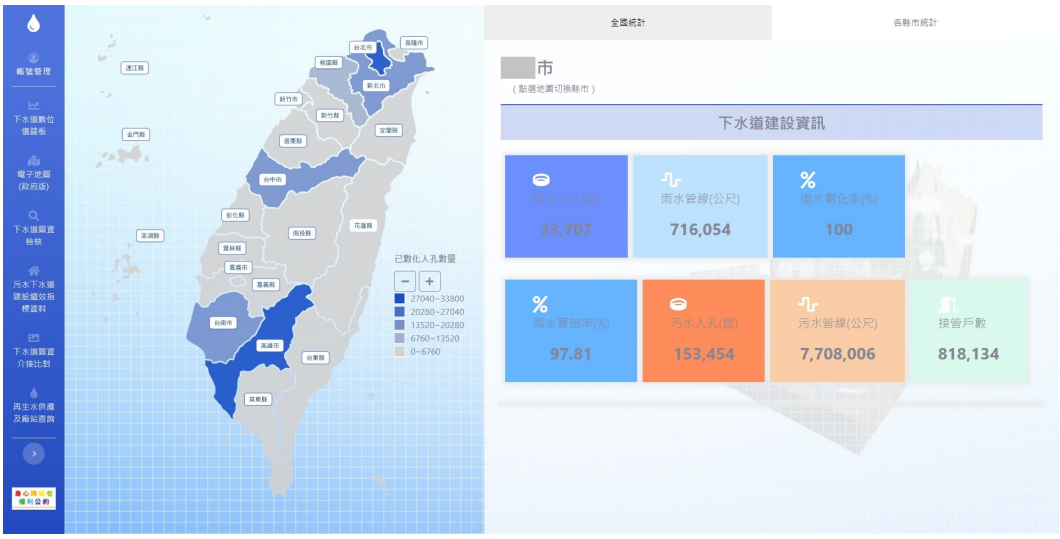


圖 18　下水道建設資訊儀表板

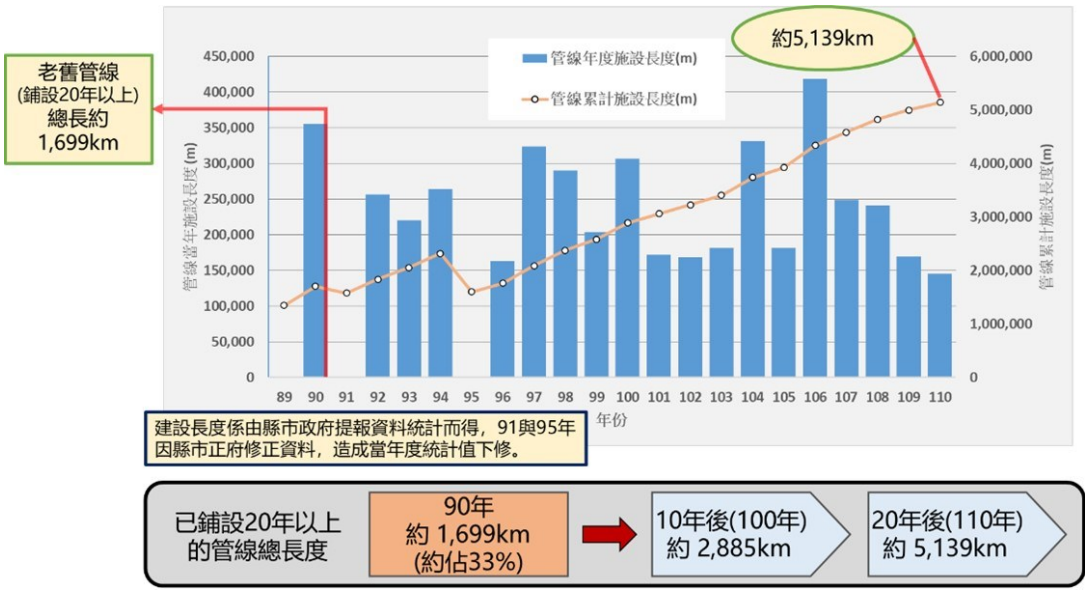


圖 19 下水道建設年度及分年度長度統計

四、加值應用面

1.　溢淹示警 GIS 平台

以下水道資料庫為核心，彙整歷史淹水圖資，並建置都市區排水模組，介接即時降雨監測資訊，人工智能分析，分析出可能淹水區域，立即發出警報簡訊通知當地政府預為因應。

2.　強化下水道工安管理

開發工安管理模組，要求下水道工程人員執行入出坑打卡（簽到、簽退）及登

圖 20　擴充實境(AR)呈現下水道模型及缺失紀錄

圖 21　下水道歷史淹水 GIS 查詢網頁與街道排水系統模型

圖 22　都市溢淹 GIS 示警平台

載資料等程序，協助工地職安管理。

3.　虛擬實境(VR)應用於下水道導覽

開發目標為提供下水道虛擬導覽，由於一般人受限於安全裝備等因素，難以親身進入雨水下水道，故藉由虛擬實境(VR)技術建置下水道擬真場景，用於推廣「下水道教育」、「設施維護管理」及「防災意識」等知識。

肆、結語

國內下水道營運管理機制，在中央政府率先頒定資料庫規範，並大力推動基礎資料建置，及地方政府持續辦理下水道圖資數位化，與發展業務管理資訊系統，現今在中央的下水道地理資訊系統(GIS)扮演全國資料倉儲、加值應用與新技術推廣的角色，而地方政府建置的下水道資料庫與地

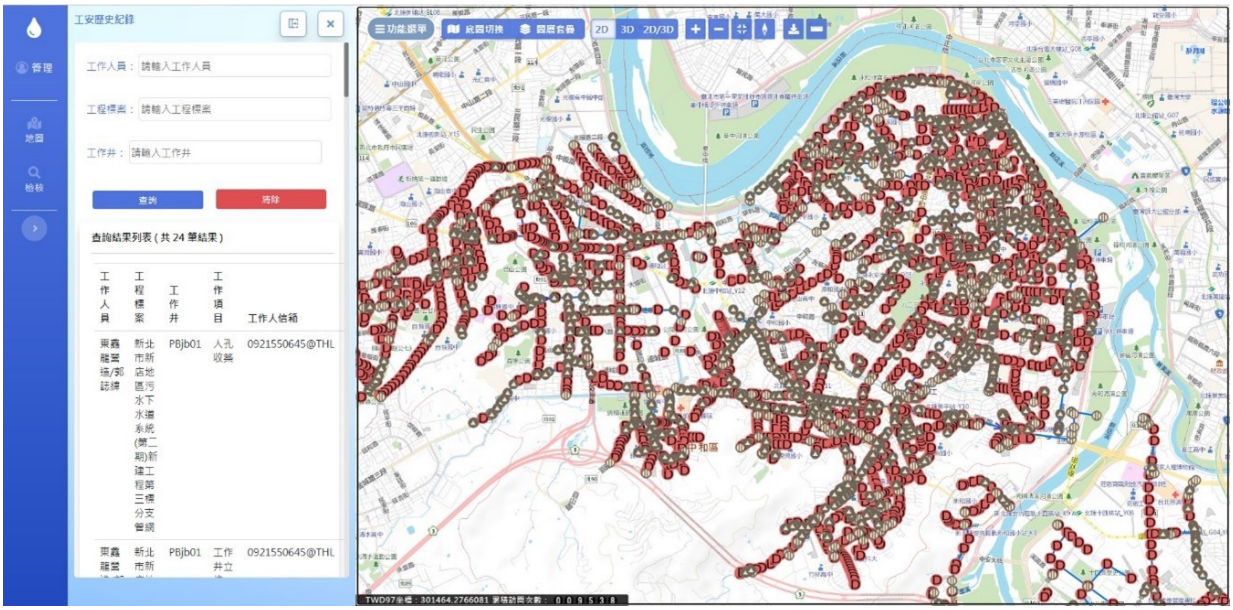


圖 23　下水道工安管理

圖 24　虛擬實境(VR)應用於下水道導覽

理資訊系統(GIS)則實際應用於圖資調閱、設施巡檢、數據分析等業務管理，皆具有相當的成效。對於下水道永續營運，提出中央政府與地方政府可考量的發展目標如下：

一、中央政府發展目標：

1. 推動長期性蒐集下水道維護資料，及發展用於設施延壽與防災應用的數據分析方法（例如人工智慧 AI）。
2. 探索下水道維護管理新工具，並支持本土新技術的研發與創新。
3. 尋求下水道建設結合淨零碳排發展目標，促成下水道永續營運。

二、地方政府發展目標：

1. 持續下水道圖資數位化作業，補充及更新舊資料，持續累積下水道竣工、改建等新的圖資。
2. 執行下水道維護作成數位化紀錄，分析定期性維護與預防性維護需求與熱區，提高防災、減災的效益。
3. 剖析在地性的下水道營運管理需求，發展數位化資料庫與軟體工具，支持政府機關業務及民間從業人員執行任務。

參考文獻

1. 內政部國土管理署，下水道地理資訊系統整合及加值應用委託專業服務案成果報告書，112 年。
2. 內政部國土管理署，都市溢淹示警系統成果簡報，111 年。
3. 內政部國土管理署，下水道GIS資料庫規範（112 年版），112 年。

水環境智慧化管理

張添晉[1]、蔡大偉[2]

摘要

根據 OECD 評估在 2020 年後，世界上將有超過 56%的人口集中居住在都市區，大幅集中的人口將面臨各項資源供給的艱鉅挑戰，其中由於許多都市基礎建設不足，難以滿足水資源項目需求之成長，因此提高水資源效率而發展智慧水管理議題在各國漸受重視。透過「水環境智慧化管理」專題論壇的舉辦，特別邀請到主管國家水資源管理之主要單位包括國土管理署、水利署與環境部，也藉此可清楚深入瞭解我國未來水資源智慧管理發展重要方向。國土管理署在下水道建設的面向，推動全國下水道系統大數據資料庫之建置，藉由數據分析與模式應用，可作為決策輔助工具；另透過智慧分析有助於優化水廠營運效率與節能，逐步推動自給自足的下水道系統。而水利署在水資源智慧管理面向，硬體面持續佈建感測器，可協助即時水資源資訊掌握與管理，以及災害應變措施因應。軟體面強化人員基礎學科概念，以更有效正確應用智慧工具。另在水環境品質方面，環境部持續佈建各類水質感測器，發展智慧稽查技術，發揮節省人力與提升稽查校能之功能，有助於國內改善環境品質工作。而智慧化管理工作需要跨部會共同推動，臺灣正積極推動 2050 淨零轉型之目標，智慧管理提升管理效率亦有助於減碳目標，水環境重要政策如下水道建設智慧化、智慧水管理與防災，以及智慧稽查技術應用均為執行方案重要一環，期望未來可藉由各水資源部門政策資源整合與合作，共同讓臺灣水環境邁向智慧管理之目標。

關鍵字：水資源政策、政策規劃、智慧水

1.中原大學環境工程學系 / 講座教授
2.中原大學環境工程學系 / 助理教授

Abstract

According to the OECD assessment, over 56% of the world's population is expected to reside in urban areas in 2020. The significant concentration of population in cities will face serious challenges in resource supply. Due to inadequate infrastructure in many urban areas, meeting the growing demands for water resources becomes a formidable task. Therefore, the development of smart water management, aimed at enhancing water resource efficiency, has gained increasing attention globally. By holding the "Smart Water Management forum", we invited key national agencies responsible for water resource management, including the National Land Management Agency, Water Resources Agency, and the Ministry of the Environment. This provides a clear and in-depth understanding of the crucial directions for the future development of smart water resource management in our country. The National Land Management Agency, in the context of sewer construction, is promoting the establishment of a national sewer system big data database. Through data analysis and model applications, this database serves as a decision support tool. Additionally, through smart analytics, it contributes to optimizing the operational efficiency and energy conservation of water treatment plants, gradually promoting a self-sufficient sewer system. The Water Resources Agency, in the hardware of smart water resource management, continues to deploy sensors to assist in real-time information acquisition and management of water resources. On the software side, there is an emphasis on strengthening the foundational knowledge of personnel in relevant disciplines for the effective and accurate application of intelligent tools. In terms of water environmental quality, the Ministry of the Environment is continuously installing various water quality sensors, developing smart inspection technologies to save manpower and enhance inspection capabilities, contributing to the improvement of environmental. The realization of smart management initiatives requires collaborative efforts across government agencies. Taiwan is actively pursuing the goal of net-zero transformation by 2050. Smart management, which enhances efficiency, also contributes to carbon reduction objectives. Critical policies include the smartization of sewer construction, smart water management and disaster prevention, and the application of smart inspection technologies. It is hoped that through the integration and collaboration of policy resources across various water resource departments, Taiwan's water environment can advance towards the goal of smart management.

Keywords: Water policy, policy planning, smart water

壹、前言

臺灣水環境再生協會為推動國內下水道建設，定期每年辦理下水道及水環境再生研討會專題論壇，本年度為第三十三屆大會，以促進臺灣下水道與水再生領域專家學者之交流與研討，共同擘劃國家下水道建設未來推動方針。本屆大會特別搭配「下水道·水再生期刊」新期刊發表，辦理「水環境智慧化管理」專題討論（如圖 1），邀請國內重要代表進行研討於下水道範疇之智慧管理具體方向與未來規劃。筆者為臺灣水環境再生協會監事，有幸擔任本論壇主持人，本論壇邀請國土管理署於望聖副署長、經濟部水利署賴建信署長及環境部前次長王雅玢教授擔任與談人，分別請三位與談人針對「水環境智慧化管理」主題進行與談，以說明臺灣未來整體下水道邁向智慧管理之政策與推動方向。

貳、下水道的智慧管理

首先由內政部國土管理署於望聖副署長針對我國下水道建設與未來智慧水管理進行說明，國土管理署主管國家整體下水道建設規劃與推動，首先必須先釐清應用智慧水管理的目地，簡化來說就是為了效益。其實國土管理署在下水道第三期計畫的時候就已經在思考這個問題，大約是在民國 104-105 年間工業 4.0 的議題，隨後就出來一個水質 4.0 議題，開始將科技技術帶到傳統的工作上面來。整體而言，我們一開始的發想就是污水處理廠很花錢，而且發現地方政府給我們的財政報表通通是財政赤字，因此開始思考討論水廠後續維運的問題，如何可以節省污水廠之

圖 1　臺灣水未來論壇花絮

營運操作維護的部分的花費，不要造成地方政府財政負擔。因為中央政策很明確就是對於營運操作維護部分不進行補助，多數都是要地方政府自行管理，雖然中央可以補助工程建設，但後續維護管理就要自行負擔，所以才有每年因統籌分配稅款問題而討論非常火熱的現象。

其實在對整個下水道來講，智慧管理的部分可以分成兩個層次，第一個是比較前端，就是在設計的部分，如何用一個更有效益的方式去進行設計；另一部分是維護管理的部份，如何透過一些現在科技的手段達到節省經費支出。在概念上很簡單，我今天只要少一點經費的支出就可以符合降低經費的需求，這並非漫無目的去節省成本，維運必要項目還是要依規定執行。演變到近年發展再生水的部分，會出現另一個狀況，就是應該如何讓廠商賺到錢、公部門賺到錢，然後這些加起來的成本，又要讓買水的人能夠接受，尤其是在臺灣漲水價非常困難的背景之下。所以再生水在販售的時候也不能以不合理價格販售，在這個過程中如何製造三贏的局面就變成更重要的事情。

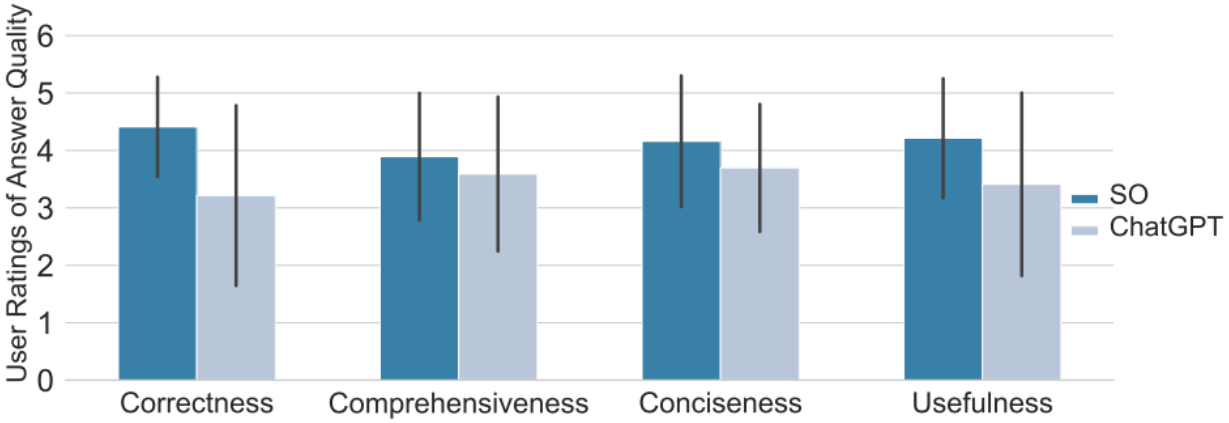
現階段國土管理署在全國雨水下水道的部分，主要的工作在建置模型，而建模的基礎在基本資料，也就是基礎大數據。而這個大數據不是做一次就可以，需要持續不斷的經營，讓資料庫越來越大。但在開始蒐集彙整大數據後，最擔心的就是基礎資料有問題，因為一旦基礎資料有問題，後續全部都會出問題，甚至會影響到最後的決策。所以國土管理署投入非常多資源進行基礎資料蒐集，並盡可能去提升資料的準確度。目前全國雨水下水道基礎資料已經完成了 90% 的建置，大概 5,400 公里，這也是國土管理署智慧管理最原始必須得到的資訊。

當資料庫出來以後，接著就會去做資料庫的分析跟應用，也就是建模的部分，目前全國雨水下水道的每個系統的數值模式正逐步建立，但由於還需要做校正的工作，所以目前建置速度並不是很快；校正的部分，目前主要依賴裝設的水位計去經過一次一次的降雨去逐步校正這個模式，希望能夠盡量的提高它的準確度。最後再回到應用跟決策的部分，透過上述所得到之資料，如何讓決策者做決定？決策不代表只有最上位的人，包含承辦人也是一個決策者，因為承辦人是最初的決策建議者，承辦人提供想法跟建議是給高階長官去做一個決定，所以決策者不是只有署長、部長或總統等，從承辦人開始應用這個工具最後回歸到個人手上的時候，承辦人本身就是一個決策者，然後再去判斷、再去修正，所以每個環節都很重要。

以上大概就是國土管理署利用智慧管理最基本的架構，值得注意的是現在因為氣候變遷的關係，已經推翻了過去所學的一些觀念，像是個人曾遭遇一小時超過 200 毫米的暴雨，跟以前暴雨等級是一小時超過 100 毫米，已經完全是不一樣的

情境。所以目前國土管理署面臨到建模速度的壓力，因為當速度不夠快的時候，因為氣候變遷造成的衝擊事件既快速又嚴重，再加上剩下的資訊不斷在變化，會另外再產生界接的問題。所以這部分建議要快，快了以後再未來修正會比較容易。此外，所謂的智慧化管理，最後請注意還是要回歸到人，不要把工具當作絕對正確，若模式計算出來的結果極不合理，如果我們還是直接採用的話將嚴重失真。為什麼會失真？因為當初在設定這個數學模式的時候，模式本身有它的限制條件，必須去考慮到當初可能設定的條件。所以建議模式結果仍必須要再思考其合理性，請不要把工具直接作為決策者，就像目前國際上很多數值科學家都很擔心 AI 科技到最後是對還是錯？例如根據美國普渡大學研究團隊的發現，AI 在寫程式錯誤率超過 50%（如圖 2）。因此科學界甚至有學者反對 AI 技術再進一步的發展，這是另外一個高層次的問題。所以在應用這種智慧管理的時候，最後還是要回歸到人本身，雖然人類沒有辦法像電腦去做那麼快且複雜的大數據演算，但最後計算結果還是需要做一個比較審慎的應用跟判斷。

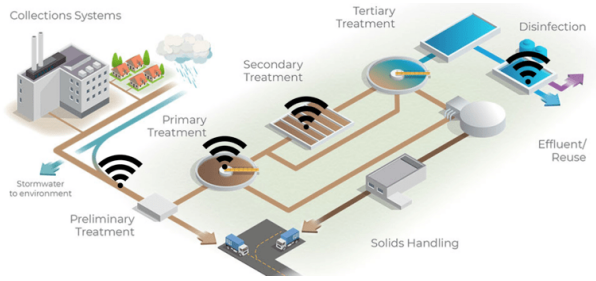
在污水的部分，這幾年也開始把污水處理廠的一些訊號，全部介接回來國土管理署，這個過程中也碰到很多困難，第一個問題：污水處理廠從民國 70 年代蓋，有些廠也差不多幾十年了，相關資料已經沒有那麼的完整。舉個例子，譬如若當初設定要有 5,000 個點訊號要回到污水處理廠的管理中心，然而實際上需要用到可能只剩下 2,000 個點，若在代操作部分設施受到損害，可能最後只剩下幾百個點。而把各個污水處理廠的數據拉回署裡面處理，主要原因為希望能夠去做一個統一的分析，大數據分析基本上就是越多數據會越趨近於準確，比較不容易產生極端的狀



資料來源： Kabir et al., 2023。

圖 2　AI 回答正確度評估

況。當在進行大數據分析的時候，根據經驗還是要去做一些處理，不是全部數據都納入，因為每個資料的類型跟條件都不一樣，必須要有一個過濾的機制。但是署內希望有一個完整的大數據資料庫來做分析，然後再把它提供給縣市政府跟廠商，讓他們能夠更有效率的管理各個污水處理廠（如圖 3）。



資料來源： Garcia and Outreach, 2019。

圖 3　污水處理廠智慧水管理概念圖

節能的部分，最近國內有很多公司也因為氣候變遷的關係，開始在做一些軟體的開發，包括國土管理署請中研院開發的模式，目前在鳳山溪的污水處理廠進行測試，初步成果評估大約可節省 12%的電。因為污水處理廠的電費佔整個廠區營運成本非常高比例，大約超過 60%，其他則主要是人事成本。但是目前研究在做完以後，此模式並沒有廣泛的推給各個污水處理廠使用。今年在日本下水道展參觀發現沒有看到很多相關的商品或服務，只有一兩家廠商可是相對價格高昂。但在經濟部去年的世貿展覽，裡面可以看到非常多家已經開始對這個議題去做軟體開發，所以在今年的下水道年會，署內特別邀請這些廠商來做展示，相信這些技術逐漸普及後，未來可能在營運管理可幫地方政府去在節能做出貢獻，然後達到節省成本的效果。當然，如一開始所提到的，推動智慧管理最後的目的是希望污水處理廠能更在經費上自給自足，因此若能透過智慧管理有效節能，將對這個目標做出重要的貢獻。

建置數據資料庫非常辛苦，需要注入大量經費，尤其是目前感測器故障率高、成本高，都會影響到整個資料庫的建立。現在在污水處理廠常看到很多的感測器會故障，當然有一部分是沒有正常去維護，但整體而言故障率仍是偏高。可是必須要有基礎資料庫，未來才能去進階的去做一些智慧管理的工作。所以在此特別強調，請代操作廠商盡量跟國土管理署配合，大家共同合作找出一套模式，或是一些好的方法，讓各位能夠在處理廠代操作方面能夠去更節省經費。目前污水部份都有持續在做，未來也希望這邊能夠去真的發展到可以協助進行決策的階段，這是目前國土管理署正在努力的方向。

在社會住宅的部分，其實現在全部用建築資訊模型(BIM)，已經直接轉到管理區了，但在下水道的部分還沒有完成，廠區雖然有建模，可是尚未把它直接轉成營運管理部分。在社宅部分目前就是直接用 BIM 轉成這個管理系統，類似道路的部分也有相關應用，如將曾經發生事故的資訊收集起來，重新分析事故造成的原

因，然後去做一些路口的規劃改善。其實這個都是利用一些科技的工具，讓公部門能夠更快速的去做一些更有效率的規劃，但是也不是說智慧管理絕對是 100%正確的，最後還是要回歸到使用者的判斷、習慣及還有使用的目的，所以個人認為說這整件事情，最重要的事還是要回歸到使用者的部分。

於副署長點出智慧化管理需要朝效益化方向前進，需要導入整體環境考量的思維，智慧化的精髓才能發揮出來。以污水處理廠為例能源消耗很大，日本透過推動 B-Dash 的計畫，邀請企業界、產業界跟學界共同提出解決方案，政府編列經費，其成果非常具體可以納入參考。此外於副署長也提到現在 AI 應用都要特別小心，希望未來各種應用上都需要以用到對環境有益的方向為依歸，也要回歸到使用者的正確判斷。

參、水資源的智慧管理技術

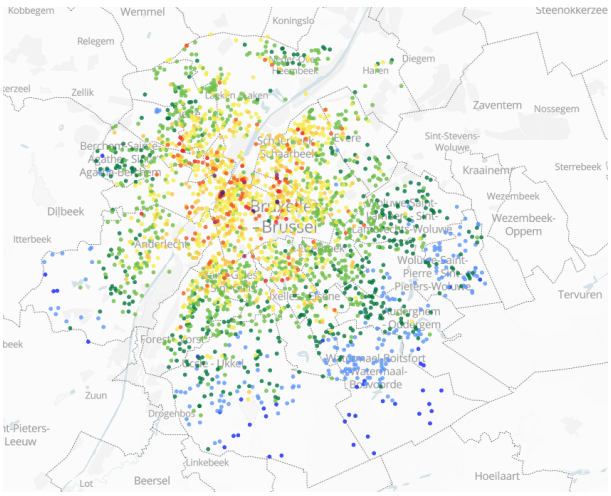
在水資源的智慧管理技術的部分，很榮幸邀請到經濟部水利署賴建信署長進行分享。談到水環境大家都會先想到水庫，但是今年上半年的時候南部水庫降雨很少，當時在比對水文資料與河川的基流量的時候，可以發現事實上現在臺灣的河川因為氣候變遷的影響，不下雨的時候河川的基流量跟傳統水文學學理的完全不一樣。曾文水庫集水區在不下雨的時候，每一平方公尺貢獻的河川的基流量已經少於 50 毫升，但是一旦下雨的時候，它的雨量可能一下就會漲得很高，且退水時間更快，因此我們面臨的是一個前所未有的全新挑戰。

依照水利法施行細則第 15 條，我們過去依據水文學原理將剩餘水量的計算，定義為地面水水源水量大於流量超越機率百分之八十五之不穩定可能水量。在過去幾十年或許可以這麼評估，在未來這個算法一定要重新顛覆，因為現在的水文現象已不是傳統水文學所演繹的知識。當我們面對全新情境、新的科技，大家都會感到很焦慮，必須重新學習新的技術去對未來的情況進行預測。兩年前的百年大旱水利署做很多的情境模擬去抗旱，這些情境模擬已經超過我們的超越機率一般演繹的方法。在兩年前德基水庫的蓄水率只剩下 1%時，政府很緊張若是沒有雨沒有颱風會有什麼後果？水利署面對此情境仍是要提出各種可能方案，譬如說在水庫蓄水只剩 1%的時候，為何水利署仍有信心預估用水可以撐到什麼時候？那是因為署內已經做了很多數據的管理。所以在談智慧化的時候，建議在面對所有不可知的未來或是新興科技產生的同時，應該要建立一個心態是需要辛苦一點去體悟，雖然提到傳統水文學的演繹可能會被顛覆，但是水利署持續鼓勵同仁重新再回去複習水文學。因為包括物理學、流體力學、河川工程學等基礎科學，其中都蘊藏大自然所存在的自然原理跟哲學。如果我們太依賴工具型

的東西，將容易被這些工具所框限，所以建議面對未來的挑戰，應該再去複習基礎的學科、基礎原理，重新瞭解清楚後再審視目前的環境，或許就由此可以找到新的解方。

現在是一個科技的時代，大家常常提到智慧，但是智慧兩個字很容易被誤用，但什麼叫智慧？ Nokia 曾說「科技始終來自於人性」，個人深信從基礎的科學裡，依照我們自己的體認，就可以找出更深層的方法。比如說現在是二十四節氣的處暑，早晚相比可以感覺到空氣的味道不一樣，因為溫度、濕度、風都不一樣，所以秋天有秋天的風，夏天有夏天的風，四季都有所不同。但是如果我們太仰賴感知器科技，很容易忘記自己對大自然的感知。建議這個自然感知很值得去重新訓練，個人常鼓勵同仁下雨的時候可嘗試去猜當下的時雨量是多少，看一下河川想像河川流量是多少？過去我們曾遇到一個模式模擬結果顯示流速超過三十幾公尺/秒，這個流速流量的規模若放到這個場域想像一下會是什麼樣子？事實上是不可能發生的，但為何無法判斷模式結果是否正確？因為很多同仁不知道流量的規模只是函數產生的變化，套用到實質的環境仍是需要合理的判斷。

雖然過去水利署投資了很多 IoT 計畫，但根據比利時一個特別的計畫，這個計畫是把所有人當作感知器，每個人都可以透過手機或訊息向政府回報你感受到的空氣品質（如圖 4），其實這個就是所謂的感知器的應用，但並非要完全放棄自然感知。在此強調未來工作不是要推翻科技，而是需要推動以人為本，以傳統知識為本的科技應用，才能產生新的運作模式。但是在這個新的運作模式裡面，個人發現推動的時候嚴重缺乏想像。舉例而言，電影回到未來許多知名場景在當年大家都感到不可思議，但是現在已經在世界各地發生；又像是美國科幻小說艾西莫夫，小說內容都有科學根據；還有像是美國思科公司，公司設有科學傳道師，專門致力於推廣科學。唯有確定我們的想像才能以傳統知識為本，利用科技讓我們的想像與知識結合，舉例而言，在全臺灣各地已經建立許多淹水感測器，有一次勘查個人發現阿公店那邊的雨下很大，但在離開燕巢後就沒下雨，所以我們就開始思考發展低角度降雨雷達。但低角度降雨雷達與淹水感測器對環境掌握有限，而美國經驗



資料來源： CURIEUZENAIR, 2023。

圖 4　比利時 CURIEUZENAIR 計畫成果示意圖

發現使用降雨雷達時，雷達回波與雨滴形成迴歸關係式去預測降雨會被嚴重低估。嚴重低估的原因主要是他們沒有注意到該地區雨滴的型態跟亞熱帶是差不多的，所以若應用溫帶氣候的雷達回波跟雨滴的關係式將不適用，若可運用臺灣的關係式應該更能掌握。再舉例來說，當水利署與氣象署合作設計低角度雷達時，發現地方很多反對的聲音，因為設置不容易。我們開始思考手機訊號機制，雷達就是透過訊號反應探測空氣中含有的分子，透過這些回波可以協助掌握雨滴或是空氣中分子的訊號，這可能對於我們設計即時的感知器時，對於掌握地區的變化更有幫助。

現在最流行的人工智慧其實需要數位化的基礎，但是在推動數位化時，我們教育同仁數位化需要高額預算去執行，所以必須思考我們所規劃的未來想像的願景為何？假設水利署至今若還是以用紙本做簽到，那這個機關就不可能智慧化。真正的數位化是同仁即使不在辦公室也可以順利執行在辦公室內的工作，若往這個方向去想像，就可以順利找到解方。而對於 IoT 的推動，水利署已經向全國各地裝上大量的淹水感測器，基本上個人支持這些的發展方向，但是對目前發展的科技進行的方式感到不滿意。假設淹水感知器的價格還是要三萬以上的話，沒辦法發展為簡易用五金電子材料取得，並做到即插即用這種發展的話，個人覺得只是在消耗政府預算，若是發展出新的東西就需將舊設備的全部拋棄，個人覺得這樣類型的感測器無法使用，所以水利署跟水利產業廠商強調好管理、好維護、成本低、可以即插即用，那這種產品上市就是可能的。水利署在南部官田、六甲等地方，跟台積電合作發展所謂的智慧閘門管理系統，這個系統透過大型系統來建置，在抽水機裡面跟閘門裡面只要把晶片放下去，就可以馬上與使用者的手機做連線，而不需要一個大型的系統來運作，個人覺得這樣的設備或系統對使用者才有可能被拿來實際運用。

水利署賴署長非常強調基礎科學，強調在非常大尺度下對於水利署在水環境發展的方向。利用最新科技的應用，可以減少空間的限制，實務上可以遠端進行處理。但在科技工具應用的部分，訓練新進同仁同時需要再鼓勵進一步省思，對基礎科學的思維要特別注意，可以從這些自然解方出發進行思考。有時候我們花大量的能資源去解決某些問題，後來才發現可能造成環境代價的問題更大，所以也要注意對大自然的自然感知，尤其是對水環境。智慧化並不是只有工具，包括使用者也要很有智慧思考如何將環境結合，讓環境更永續發展。

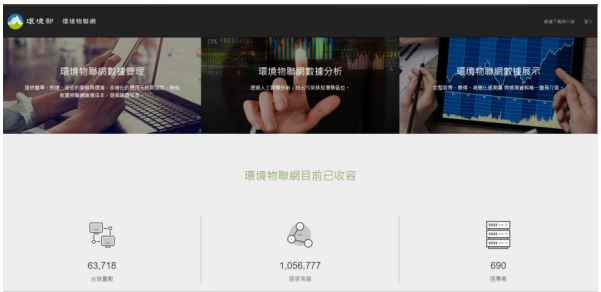
肆、水環境品質之智慧管理

最後邀請環境部前次長王雅玢教授為大家說明有關水環境品質在智慧管理面向重要作為與成果，以及未來努力的方向。首先是數據是智慧化的一個基礎，所以先

分享一些環境部的數據。依據水保司近年的努力成果，大家應該可以很深刻感受到全國河川水質的改善，水污染排放量也是大幅減少。全國河川的污染指數 RPI 現在是 2.6，嚴重污染長度的比率由 91 年的 14 %降到 111 年的 2.6 %，嚴重污染測站數由 91 年的 66 站降到 111 年的 9 站，這個 9 條嚴重污染的測站分佈在 7 條河川裡面，北部就有 4 站、中部有 1 站、南部有 4 站。在這個永續水環境的計畫中，2030 年目標是全國沒有嚴重污染測站，但是這個挑戰真的是不容易。在改善所有的環境品質工作中，一個很重要的就是一定要跨單位跟跨部會的合作，例如水環境這件事情有水利署、國土管理署及環境部一起合作，否則要達到整體的改善是不容易的，但是在跨業務單位或是跨部會的一個合作理念，可能需要更高層級平臺才能夠達到一些有效的溝通跟有效率的推動。

在飲用水安全管理方面，環境部每年都會抽檢上萬件樣品，合格率在 99.91%以上。在提升飲用水的水源品質方面，環境部優先篩選可供應兩千萬人的民生用水的取水口，再去劃出污染熱區並提出削減措施，目前重點在新興污染物的監測，是未來與化學署一起合作的重要目標。譬如說全氟/多氟烷基物質(PFAS)在國際公約已是一個重要國際趨勢。不管在化學署或是水保司，都已把新興污染物的監測納入下一個階段的目標。而在奉茶推廣的工作上，目前統計奉茶站已達 11,500 站，減塑量接近 3 萬支寶特瓶，減碳量達到 4 千萬公噸。此外，水保司訂定每年推動生活污水削減計畫中，公共污水下水道系統放流水水質合格率大概是 96%，社區專用污水下水道水質合格率則只有 63%，將持續努力來推動改善。

回到智慧化的議題，這邊分享環境部推動水質感測器布設的歷程，環境部約於 108 年-109 年啟動計畫研發國產水質感測器，以及展開佈建感測器的工作。當初在規劃感測器佈建時，主要是希望能夠協助執行智慧稽查，在 110 年時擴大應用端，還有跨機關的合作，進行預防農地的污染示範，並在 111 年時完成指引製作，以及建立環境物聯網（如圖 5）。目前固定式感測器約有 30 個、移動式 191 個、手持式約 354 個，在整體環境水體品質監測作業已超過 800 個測點，每年生產 9 萬筆的數據。數據是智慧化的重要基礎，環境部在政府公開資訊 Open Data 其實做得非常好，把很多數據都已在公共的網站上進行公開。公開的好處是學界或者是民間團體可以自行下載後，將



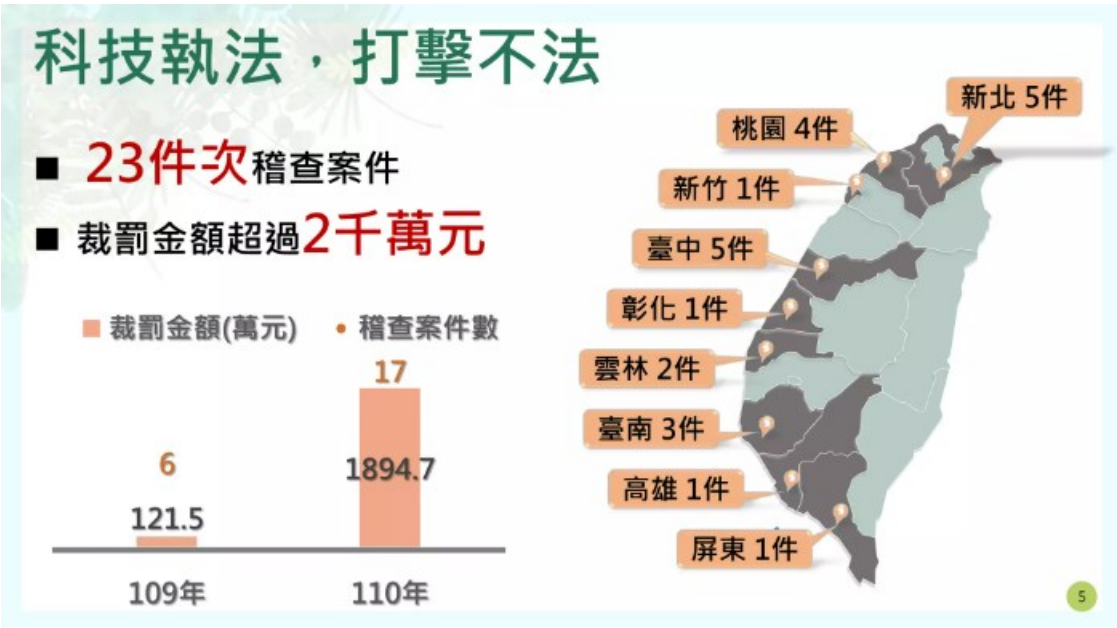
資料來源：環境部，2023。

圖 5　環境部環境物聯網示意圖

這些數據去再進行其他的應用跟分析，而這些分析的成果可以再反饋回來給部內去作政策訂定的參考依據。目前部內在水資源管理智慧化的議題上，主要由水保司與監資司共同合作與執行。

在河川的水質監測裡面，環境部約有 304 個監測點，水庫水質監測約有 51 座水庫有定期監測，地下水的品質監測也約設置 463 口的區域監測井。目前來講所有的紀錄都已經達到數位化的部分，而且可以即時連接數據的平臺，也可即時查詢結果來檢核異常。感測器的佈建主要目標是為了協助智慧稽查的執行，也希望能達到預警的一個效果。在使用端界面的部份為環境即時通，提供對空品的預報服務，透過 App 可以瞭解三天後的空氣品質狀況。當有外出運動需求時，可透過這個服務來檢視今天空氣品質是否適合戶外運動；未來水體感測也希望能達到這樣的目標，除了稽查功能外，希望能可做到預防還有即時緊急應變的工作。在完成這些感測器佈建後，部內發現告發量有增加的情形，裁罰的金額也從 108 年的 170 萬上升到 110 年的 1,900 萬（如圖 6）。所以結果顯示感測器的佈建在整體智慧稽查上扮演很重要的角色，而現在還有污水下水道廢水自動連續監測設施大概也已經接近有 500 家左右，希望藉由物聯網的佈設可以達到改善整體環境品質的功效。

環境部水保司過去在水環境設施改



資料來源：環境部，2019 ； 2021。

圖 6　環境部智慧化技術應用成果

善、智慧化監測這部分的投入非常多，智慧化除了節省人力外，資訊數位化以後所建立的監測系統，在與人民日常生活應用相結合後可發揮重要的功能，尤其年輕新世代對資訊系統使用能力高，如果我們可以讓下一代在瞭解物理、化學、生物等基礎知識的強化後，可以更廣泛更高值化應用這些資訊系統，對人類與環境互動關係有更深入瞭解，也有助於提升智慧化之效益與效能。

伍、結語

透過臺灣主管國家水資源管理主要單位與重要協會研討，可以描繪我國未來水資源智慧管理的藍圖，茲彙整重要的臺灣水資源智慧管理願景如表 1，而有關實現願景的主要做法，在下水道建設的面向，國土管理署主要分成兩個面向來推動，一個是下水道系統經營成本的節約，如污水廠節能操作、提升能資源回收效能等重要措施；另一個是大數據模式的應用，如氣候事件因應、決策輔助分析等重要功能。期望把握智慧化技術應用契機加強整體系統經費自主性與強化下水道系統之氣候韌性為重點。在水資源環境管理面向，強化人員基礎學科教育、培養智慧化應用情境想像、降低智慧水務感測器使用門檻為未來發展重點。在水環境品質方面，推動智慧稽查、結合智慧化成果與民眾日常實際應用，以及推行新興污染物檢測與管制措

表 1　臺灣未來水資源智慧管理路徑願景

水資源面向	未來願景
下水道建設	推動全國下水道系統大數據資料庫之建置，藉由數據分析與模式模擬應用，可作為即時決策輔助工具；另外透過感測器佈建與應用，有助於優化水廠營運效率與節能，有助於推動可自給自足的下水道系統，以協助持續改善國家水環境品質。
水環境管理	硬體面持續佈建水資源感測器，可協助即時水資源資訊掌握與管理，以及災害即時應變措施因應。軟體面強化人員基礎學科與自然感知概念，以更有效正確應用各式智慧化工具，提升智慧水務技術應用效能。
水環境品質	持續佈建各類水質感測器，發展智慧稽查技術，發揮節省人力與提升稽查校能之功能。另外發展智慧技術分析結果可與民眾日常應用相結合，讓國人更瞭解智慧化技術之實際發展情形並加以應用，有助於國內改善環境品質之工作。

施為下一階段執行重點。而智慧化管理目前已是國際共同趨勢，臺灣在厚實的 ICT 產業基礎下，具有極高的研發與製造能力，若能結合產業研發量能積極推動智慧化管理工作，將極具國際競爭優勢，應用至國家水環境重要政策如下水道建設轉型、智慧水資源運用與防災，以及推廣智慧稽查技術應用均為執行方案重要一環，期望未來可藉由各水資源部門政策資源整合與合作，共同讓臺灣水環境邁向智慧化管理之目標。

參考文獻

1. 環境部(2019)。空污感測物聯網應用於環保稽查推動成果。

2. 環境部(2021)。「你偷排，我在看！」中央地方攜手合作，打造全天候智慧感測網。https://enews.moenv.gov.tw/page/3b3c62c78849f32f/aacea095-9c77-4566-a488-4b1ac959f310

3. 環境部(2023)。環境部環境物聯網。https://iot.moenv.gov.tw/iot/

4. Briana Garcia, Product Outreach, 2019. How to Bring IoT to Your Wastewater Treatment Plant. Temboo, Inc.

5. CurieuzenAir Project, 2023. https://curieuzenair.brussels/en/home/

6. Samia Kabir, David N. Udo-Imeh, Bonan Kou, Tianyi Zhang, 2023. Who Answers It Better? An In-Depth Analysis of ChatGPT and Stack Overflow Answers to Software Engineering Questions. Conference acronym ' XX, NY.

以智慧化建構下水道永續管理

吳展帆[1]、簡純純[2]、吳迪宇[3]、陳政崴[4]

摘要

未來的下水道管理，將逐步朝向智慧水務物聯網發展，雖 IT 技術發展快速、百家爭鳴，但不管使用何項技術 GIS、IoT、AR、VR、MR、RTC、5G、AI、AIoT...等，重要的還是不變的目標：使下水道管理更加智慧化、自動化。透過中央單位、地方政府分工合作，中央制定規範據以建立資料交流管道、地方側重管理需求累積數據輔助決策，相輔相成，建構永續營運的智慧型下水道和污水廠。

關鍵字：智慧化下水道、輔助決策、永續營運、GIS、IoT

1.美商傑明工程顧問(股)台灣分公司 / 協理
2.美商傑明工程顧問(股)台灣分公司 / 技術經理
3.美商傑明工程顧問(股)台灣分公司 / 技術經理
4.美商傑明工程顧問(股)台灣分公司 / 技術副理

Abstract

The future management of sewage systems will gradually move towards the development of smart water services and the Internet of Things (IoT). Despite the rapid advancement of IT technologies, with various technologies such as GIS, IoT, AR, VR, MR, RTC, 5G, AI, AIoT, and others competing, the essential goal remains unchanged: to make sewage management more intelligent and automated. Through collaboration between central and local authorities, establishing data exchange channels based on central regulations, and accumulating data to assist decision-making on the local level, a symbiotic relationship is formed. This collaboration aims to construct a sustainable and intelligent sewage system and wastewater treatment plants.

Keywords:intelligent sewage system, decision making, sustainable, GIS, IoT

壹、前言

下水道建設為現代化都市公共基礎建設中重要之一環，也是都市文明與生活環境指標，透過興建污水處理廠(或稱水資源回收中心)及廣設下水道管網，使污水能早日得到有效收集與處理，達到維護環境衛生、淨化河川水質等目的，進而提昇民眾的生活品質。隨著全國積極推動雨污水下水道建設、用戶接管工程及水資源回收中心的建設，下水道接管率將大幅提升，未來相關管線系統亦愈趨複雜，管線資料的管理益形重要，而對於已完成之下水道管網系統與水資源回收中心日常營運紀錄資訊將日漸龐大，資料管理相形重要，且廠區設備亦需要妥善操作維護。使管理單位能充份掌握廠區設備最新狀況，有效進行維護與修繕等定常性工作，有必要針對廠區每日操作記錄與營運成效進行分析，並採用最新 IT 資訊與物聯網等先進技術與電腦化資訊管理，以有效管理複雜龐大的資料，以確保下水道系統之服務水準及永續管理目標。

貳、中央制定規範據以建立資料交流管道

在下水道管網管理面向，內政部國土管理署（簡稱國土署）為統整全國污水下水道系統建置情形，於民國 91 年頒訂下水道資料規範標準並建構「下水道資料庫資訊網」，透過下水道普查及委託專業機構協助彙整全國下水道規劃及竣工管網資訊，並開放圖資查詢功能以達資訊公開之目標。針對目前在建工程執行管控考核工作，於民國 97 年完成初版「下水道工程建設資訊管理系統」，使地方政府下水道管理相關人員可迅速查詢所轄業務資訊，增加對污水下水道系統建置過程中相關資訊掌握度及有效執行各項建設工程管控考核工作，俾利污水下水道工程建設之推動及管控。

惟各縣市政府下水道工程接續完成，逐漸進入維護管理階段。原有下水道資料庫資訊網架構已不符使用，需提昇系統應用層次並加強機關間圖資資料流通，以達成資訊共享目的。爰此，國土署整合現行系統建構「下水道系統建設計畫資訊整合應用網」（圖 1）提供下水道系統業務整合平台；將宣導、規劃設計、施工管考、養護及災修整合。平台採入口網站及標準資訊交換觀念，透過業務流程收集資訊解決資料更新維護問題，運用知識管理平台及設施管理系統分享下水道建設成果與經

圖 1　內政部國土管理署下水道資訊入口網　https://sewergis.cpami.gov.tw/sewersso/

驗，並能動態即時對下水道資訊作統計及分析以產生決策支援資訊。

在廠務營運管理面向，國土署已建置「全國公共污水處理廠資料管理系統」，以確實掌握全國污水處理廠基本資料、進出流水質、排放承受水體、處理成效與成本等資訊。隨著全國「整體污水處理率」已提升超過 60%，目前全國營運中水資源回收中心已達 61 座，後續營運管理的重要性逐年增加，為此，接續於民國 107 年底啟動「建立污水下水道雲端管理雲及智慧管理系統試辦計畫」，以 Water 4.0 智慧化管理概念推動下水道管理智慧化應用，期望掌握整廠的基本資料、污水處理設備與管線單元、污泥產生狀況與環境管理、及水質採樣分析等數據，彙整建置包含資料管理、數據採擷及處理、自動連線傳輸與資料品管、即時監測分析與預警功能的整合性雲端物聯網管理系統。工作範圍包含，水資源回收中心雲數據資料傳輸管理、建立管理架構與電子化作業規範、水資源回收中心設備操作、營運數據填報、智慧化管理系統維運等。

接續推動之全國污水下水道第六期建設計畫中，亦包含「建構永續及智慧化系統」發展面向，並訂定智慧化發展績效指標：將下水道雲端管理雲並推動目標 67 座污水廠線上監測介接雲端管理雲，期達成智慧韌性系統目標：建立即時監測數據系統、建立雲端管理雲、智慧化加值分析、建置備援系統。（圖 2 、圖 3）

圖 2　污水下水道資料整合雲平台
https://scloud.cpami.gov.tw/web

圖 3　污水下水道資料整合雲平台
（國土管理署污水下水道建設紀

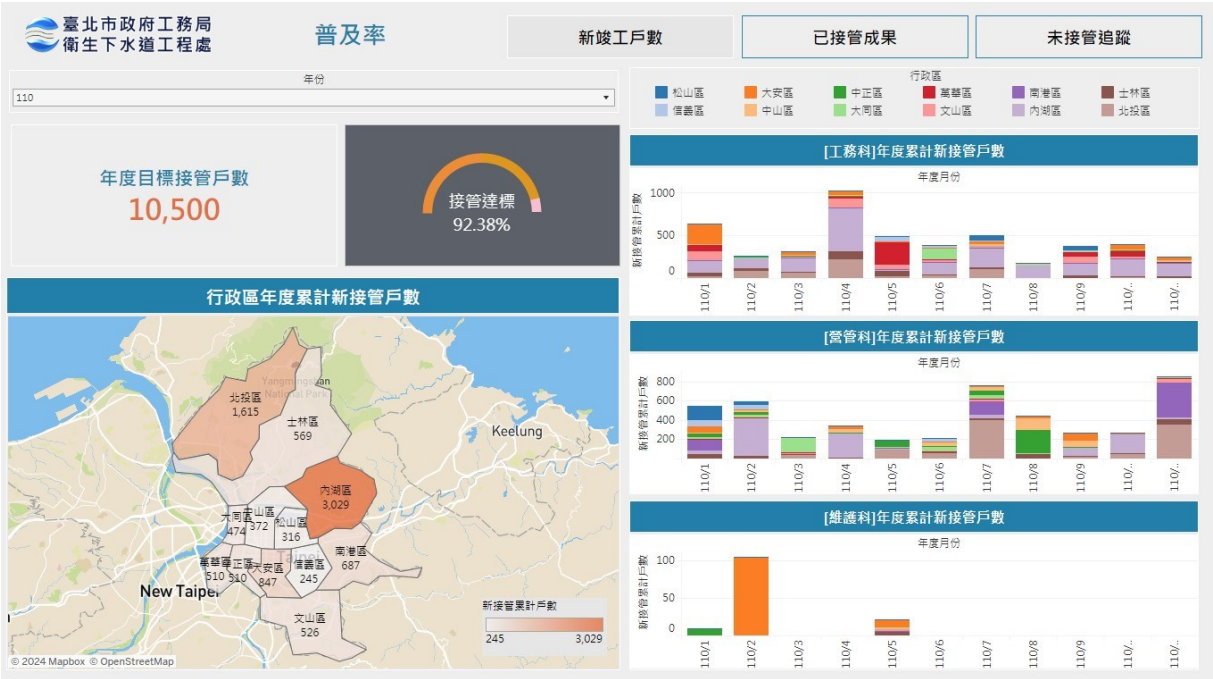
參、地方側重管理需求累積數據輔助決策

除中央國土署對於下水道智慧化應用之相關規劃推動外，地方政府亦不遺餘力，對於下水道與污水廠以各縣市建設進度而各自側重管理需求，筆者團隊亦有幸曾協助相關縣市政府下水道管理單位進行智慧化管理專案案例。

臺北市政府工務局衛生下水道工程處為了有效管理污水下水道管渠設施業務，逐年推動污水下水道管渠設施業務管理系統化，多年來已陸續將處內各科廠室之管理需求逐步資訊化，俾使各工程計畫可以

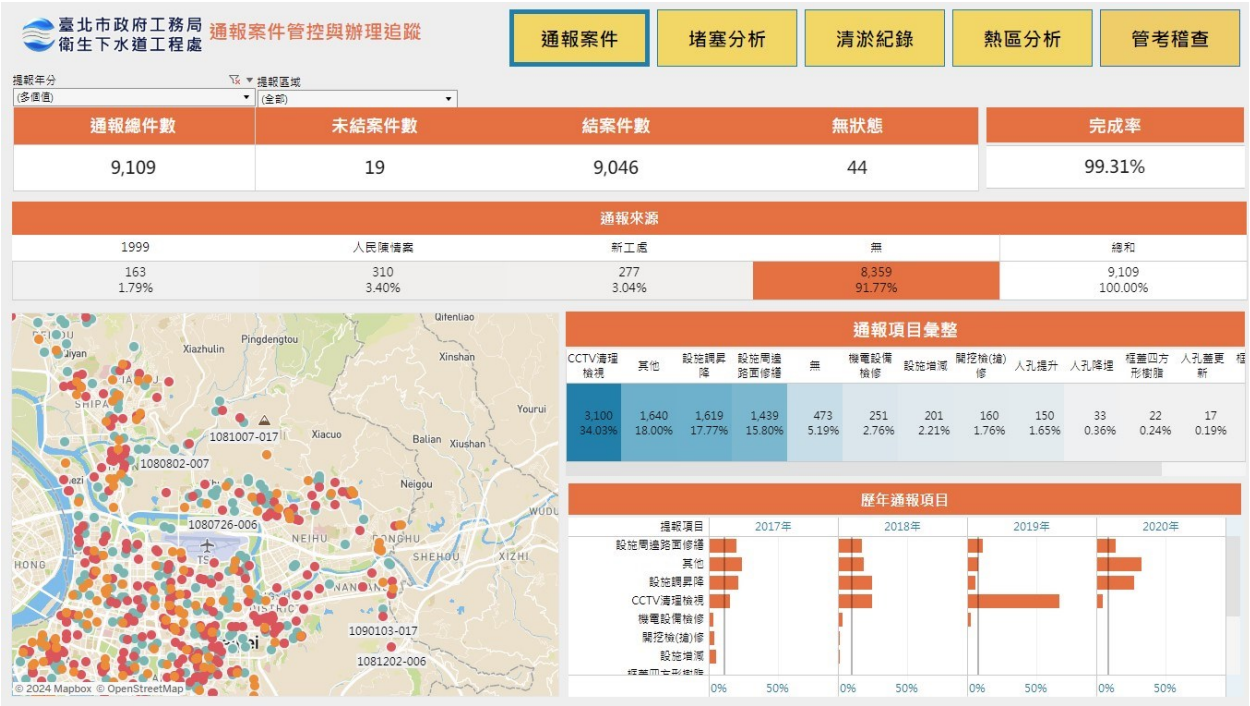
由規劃階段即導入系統化管理思維，再循序依設計、發包、竣工、維護及營運管理等階段作業進行合理管控。因此，有效利用各科廠室業務訊息，逐步盤點並整合相關業務與其他單位資訊，供即時掌控各種實際狀況並進而優化運用於實務決策上，為資訊整合應用之重要工作。系統中已累積為數龐大之紀錄資料應可進一步分析利用，作為未來作業推動之重要決策輔助，故藉由專案計畫盤點所有功能、運用數據建立維護管理決策輔助儀表板。

各系統盤點經過各使用單位、不同使用權限者需求訪談，確保盤點成果符合業務執行現況，並依據盤點與需求訪談成果，建立各系統資料庫欄位關聯，作為下水道維運管理決策輔助儀表板資料來源。依據訪談成果彙整彙整重要數據彙編與業務管理需求資訊，強化系統資料應用性，導入 BI (Business Intelligence)商業智慧軟體工具，進行資料庫各種數據之關聯分析，建置下水道維運管理決策輔助儀表板(圖 4 ~ 6)，以提供資料統計分析及視覺化圖表服務，三大主軸分別為整體衛工處 KPI、上位重點營運資訊與各科日常業務、下水道系統對環境的影響，儀表板之建置皆以互動式視覺化圖表呈現，包含重要數據置頂、長條圖、圓餅圖、點地圖、區域地圖等方式，且可透過年度、月份、行政區域、鍵入地址等方式進行搜尋，快



資料來源：臺北市政府工務局衛生下水道工程處

圖 4　下水道管理決策輔助資訊化儀表板 – 下水道建設普及率



資料來源：臺北市政府工務局衛生下水道工程處

圖 5　下水道管理決策輔助資訊化儀表板 – 通報案件管控與辦理追蹤

資料來源：臺北市政府工務局衛生下水道工程處

圖 6　下水道管理決策輔助資訊化儀表板 – 場站資訊與設備妥善率

速瀏覽檢視功能且提升行政效率。

另，大力推動智慧化管理的桃園市政府水務局為例，由於桃園市下水道建設進展迅速指的維護管理業務日增，為將下水道資料分享、永久留存並提升更多業務功能之擴充與升級，故辦理「桃園市下水道地理資訊系統(GIS)功能後續建置及維護」計畫，藉由訂定下水道 GIS 資料庫格式規範、GIS 圖台開發、下水道業務功能模組建置、行動查報 APP 建制等工作，開發完成「桃園市下水道雲端智慧管理系統」(圖 7)，作為下水道相關承辦科室業務推展之資訊輔助應用工具，朝向網際網路資訊化及業務循序漸進之管理工具導入，達業務申請 e 化及服務民眾之目的。

該系統建置下水道巡檢功能，包含下水道巡檢與維修人員權限與流程，可於巡檢功能模組填報巡檢工作，將巡檢結果紀錄、拍照，進行回傳。巡檢人員於例行巡檢過程若發現需維修之工作時，可透過該模組提報，並轉由維修人員進行現場維修結果紀錄、拍照，進行回傳。整體功能乃由現場巡檢人員使用 APP 進行巡檢回報、巡檢成果可動態查詢並以統計圖表/詳細列表/熱度圖呈現、依據通報地點新增通報單、最後可依據施工通報單列表進行詳細記錄查詢、並可匯出施工通報單詳細記錄報表。大幅提升下水道設施管理維護之效率，現今每月份平均進行超過 2,500 處下水道設施巡檢，所有巡檢維護紀錄亦整合進 GIS 地圖中，可於地圖中點

圖 7　桃園市下水道雲端智慧管理系統 https://sewergis.tycg.gov.tw/

選任一下水道設施，即可完整查看該設施全生命週期維護管理紀錄。（圖 8 ）

透過大數據分析，可以條件式篩選下水道人孔外部巡檢、人孔內部巡檢、報修紀錄等工作成果統計，於系統畫面工作區以加總、圓餅圖、缺失摘要表、缺失記錄清單等方式呈現，系統畫面地圖區以熱度圖提醒易產生缺失位置（圖 9 ），作為維護管理單位年度管理重點以及設施維護預算編列的參考依據。

此外，亦透過工業 4.0 自動化概念建置「桃園市智慧水資源回收中心雲端管理平臺」，透過物聯網感測器、低功耗廣域通訊技術與系統網頁化整合廠區營運管理系統，使系統使用介面友善程度提高，其目的除了達成處理水質符合國家放流水標準外，亦同時維持整廠運轉時能符合最佳處理效率目標，系統能自動化提示設備運轉狀態、提出維護預警訊息，以及省水、省電、省能源、低耗材、低成本之最大經濟效益目標，朝廠務系統智慧化管理目標邁進，據此訂定雲端平台六大創新方案解決各項污水廠管理議題，包含「標準化、雲端化、行動化、大數據、視覺化、物聯網」等。並將雲端平台開發與運作成效，所有即時數據整合於智慧廠務儀表板，使得各污水廠重要數據包含營運即時數據、重要場域影像、視覺輔助呈現等等複雜訊

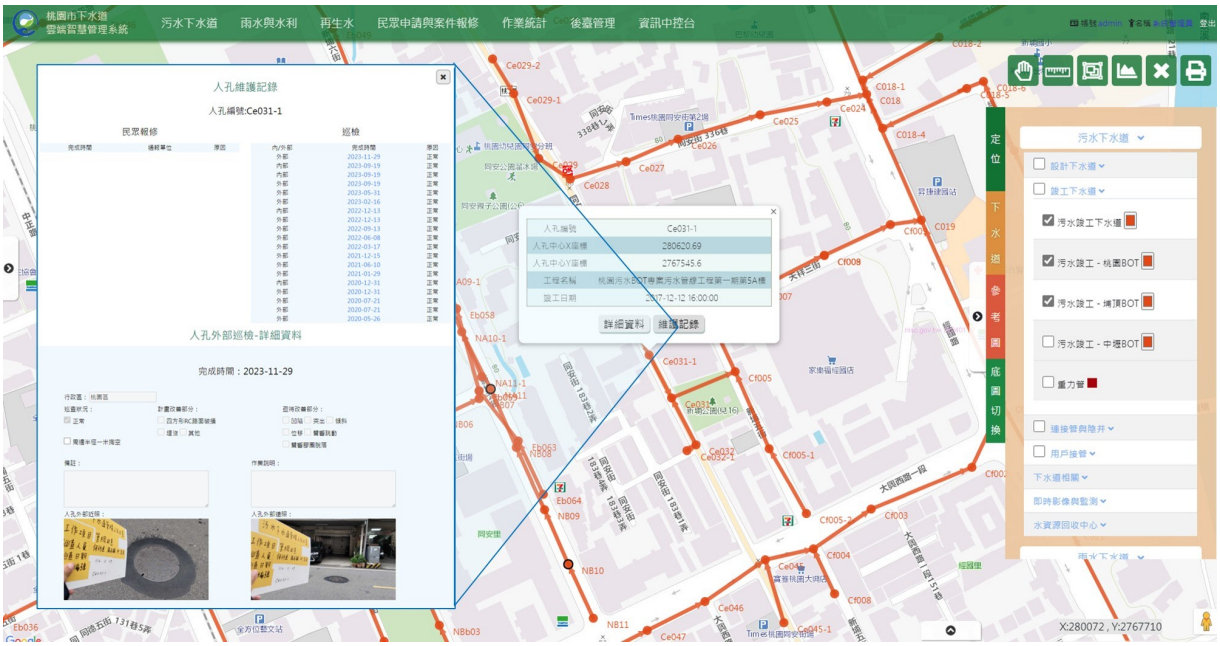


圖 8　桃園市下水道雲端智慧管理系統 - 整合下水道設施全生命週期維護管理紀錄

https://sewergis.tycg.gov.tw/

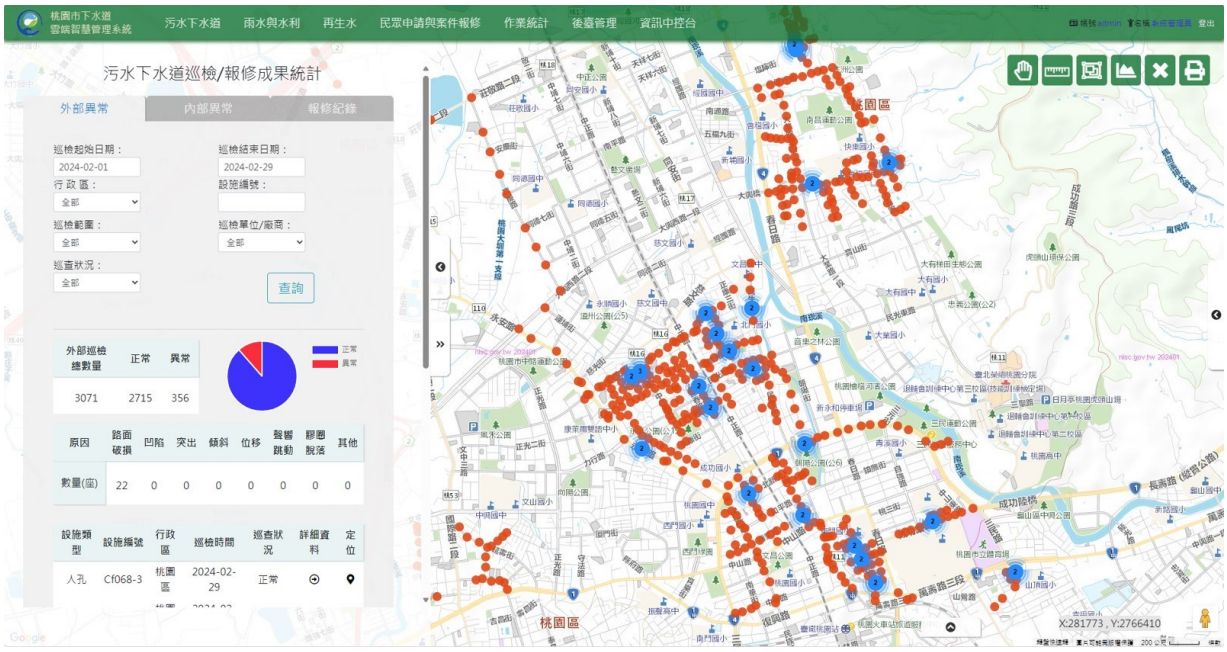


圖 9　桃園市下水道雲端智慧管理系統 - 大數據分析整合下水道設施維護管理巡檢缺失 https://sewergis.tycg.gov.tw/

息整合於單一介面一目瞭然，有效使管理單位進行操作維護等各項決策之重要輔助工具。

肆、結語

未來的下水道管理，將逐步朝向智慧水務物聯網發展，雖 IT 技術發展快速、百家爭鳴，但不管使用何項技術 GIS、IoT、AR、VR、MR、RTC、5G、AI、AIoT...等，重要的還是不變的目標：使下水道管理更加智慧化、自動化。

以中央單位、地方政府分工合作來說，中央國土署著重於補助地方重點項目與未來資訊蒐集，地方應善盡資料品質把關之責；整體未來發展應由地方自有下水道管理系統把關資料，中央雲平台才可獲取正確可靠資訊；部分縣市已提前完成水資中心雲端管理平台，擁有資訊化良好利基，惟後續開發仍需持續進行並達成智慧水務物聯網之目標!

參考文獻

1. 內政部國土管理署下水道資訊入口網 https://sewergis.cpami.gov.tw/sewersso/

2. 污水下水道資料整合雲平台 https://scloud.cpami.gov.tw/web

3. 營建署：污水下水道建設紀實

4. 臺北市政府工務局衛生下水道工程處：下水道管理決策輔助資訊化儀表板

5. 桃園市下水道雲端智慧管理系統 https://sewergis.tycg.gov.tw/

臺中市再生水建設之推動及展望

臺中市政府水利局[1]

摘要

臺中市隨著人口成長及產業進駐，使民生及工業需水量不斷增加，且因近年極端氣候影響，對於中部地區造成極大衝擊，公共污水處理廠放流水具有水質穩定、水量不受天候影響等優勢，近年已逐漸成為缺水國家開發新水源多元供水的可行選項之一。有鑑於此，臺中市政府極力推動水資源回收再利用，鼓勵科學園區及工業區企業使用再生水，以強化整體產業供水的穩定度。

臺中市福田、水湳及豐原水資源回收中心因現況處理水量、地理位置及潛在需水端等因素，最具有開發潛力，臺中市政府也積極推動，於 109 年底完成水價協商及用水契約達成共識，並於 110 年簽訂用水契約及統包商簽約，將於福田水資源回收中心興建再生水前處理設施工程及區外輸水管線，預計 114 年底完工，將再生水輸送至臺中港工業區；水湳水資源回收中心放流回收再利用計畫將供應 1 萬噸再生水至中科臺中園區，經多次會議協議，109 年底已完成水價協商及計畫評估規劃，110 年簽訂用水契約及甄審最優申請人，預計 113 年完工供水；豐原水資源回收中心於 109 年底接洽潛在需水端，並以潭子加工出口區及后里園區為目標，後續將配合內政部國土管理署「臺中市公共污水處理廠再生水供應中科臺中園區可行性評估及後續作業」再繼續評估執行。

未來中科臺中園區臺積電即將擴廠，預估將有 10 萬噸用水需求，臺中市政府積極推動辦理再生水相關業務，期盼可減輕臺中市地區供水之壓力。

1.臺中市政府水利局

壹、前言

臺灣的年平均降雨量約 2,500 毫米，為世界平均值的 2 倍以上，但由於地形與季風等影響，導致降雨區域及季節分布不均，且河川短小湍急，大部分的雨水都迅速流入海洋，另外臺灣地狹人稠，人口密度高，導致臺灣成為世界上最缺水的地區之一。

近年受到全球暖化與極端氣候影響，降雨強度較往年更強且時間更短，使非旱即澇的情況更為頻繁。109 年下半年開始，臺灣遭逢百年大旱，臺灣史上 56 年來豐水期首度無颱風登陸降雨使全臺各地水情嚴峻，西半部地區水庫蓄水量更是偏低。隔年 4~5 月之梅雨季節，梅雨卻遲到沒有下雨，全臺各地水庫蓄水量皆下降至 1~2 成，部分地區水庫蓄水量甚至跌破 1 成，迫使中部地區開始首次實施供 5 停 2 之分區供水措施。

貳、使用再生水優勢

再生水、海淡水及地下水皆具不受天候、降雨分布不均等水文條件影響優勢，可降低供水不確定風險。依據「再生水資源發展條例」再生水不能直接飲用亦不能做為食品業、藥品業用水，故只能做為工業用水，然而其成本較海淡水低，且可以減少污染排放及環境衝擊；海淡水雖水質較佳可以直接做為民生飲用水，但因其處理成本高且淡化海水會產生高鹽度鹵水，排到海裡有破壞海洋生態疑慮；地下水使用成本低廉，獲取方便，但水質隨地區變化大，且長期抽取地下水超出補注量會使地層下陷，尤其沿海地區其地勢原本低窪，地層下陷後恐加深積水無法重力排出，又恐有海水入侵地下水層之虞。

公共污水處理廠放流水具有質穩量定、不受水文天候限制的優勢，只要有人使用水，污水廠就會有放流水，若經妥善處理後可供為特定用途之新興水源，又因水資源匱乏已成為急需解決之課題，故近年來水資源回收再利用意識提高，政府已陸續推動許多相關水資源再利用政策，並於 104 年 12 月 30 日公布「再生水資源發展條例」。廢、污水經處理後產製再生水做為替代水源，若直接供應民生使用仍具挑戰性，但供應生活使用之次級用水，

項目	成本	優點	缺點
再生水	次之	減少污染排放及環境衝擊	只能做為工業用水
海淡水	最高	水質佳可以直接做飲用水	鹵水恐破壞海洋生態疑慮
地下水	最低	獲取方便	水質變化大且造成地層下陷

如沖廁、街道洗掃、公園綠地及景觀澆灌等，或作為工業用水，可大幅減少自來水使用量，減輕水源開發壓力，並提高供水穩定度，有效達成節約用水、節能減碳及水資源回收再利用等綠色永續發展願景。

許多世界先進國家（如美國、新加坡、澳洲等）已將公共污水處理廠之放流水再利用視為傳統水源以外之替代或備援水源，並積極開發相關技術以及定訂法規，確保用水充足且安全無虞。以新加坡 NEWater 為例，新加坡為水資源缺乏國家，過去用水均仰賴馬來西亞進口，為了降低對馬來西亞的依賴，開始開發替代水源，因其污水下水道已全部完成接管，故於 1970 年代開始評估污水處理廠放流水回收再利用產製再生水的可行性，經模廠試驗後，於 1998 年證明其可行性。目前新加坡已有五座公共污水處理廠提升為再生水廠，平均可提供 28 萬噸/日再生水供工業使用。

國內每年約有 16 億噸的工業用水需求量，考量其缺水容忍度低，如斷水將產生巨額產值損失，故以公共污水處理廠放流水產製再生水之替代水源作為工業用途最具經濟效益，且較無人體健康之風險。

參、臺中市再生水推動情形

臺中市目前有 11 座水資源回收中心（以下簡稱水資中心），其中福田、水湳及豐原水資源回收中心因現況處理水量、地理位置及潛在需水端等因素，最具有開發潛力，臺中市政府也積極推動，目前正在辦理「福田水資源回收中心放流水回收再利用統包工程」及「促進民間參與臺中市水湳水資源回收中心放流水回收再利用興建、移轉及營運案(BTO)」，豐原目前則配合國土管理署「臺中市公共污水處理廠再生水供應中科臺中園區可行性評估及後續作業」暫停執行，後續將視需水情形評估再啟動。

一、前瞻未來、提前部屬臺中各工業區的福田放流水再利用工程

臺中市福田水資中心第一期平均污水量 7.6 萬 CMD，於民國 90 年 11 月完工，後配合提升用戶接管率需求及污水量成長，於民國 105 年 2 月完成第二期平均污水量 7.6 萬 CMD 擴建，目前處理量達 15.2 萬 CMD，處理程序皆採用傳統生物處理法。

福田水資中心為內政部國土管理署積極規劃與推動生活污水之回收再利用，提出「公共污水處理廠放流水回收再利用示範推動方案」，預計將每日最大約 10.5 萬立方公尺放流水經消毒及過濾後，輸送至臺中港工業專區供產業使用，以挹補產業用水缺口及穩定產業發展。

本工程包含前處理設施工程（建置於福田水資中心內）、區外輸水管線（長約 28.4 km）及區內輸水管線（長約 280

m），將放流水補充餘氯後過濾，以抑制微生物生長，再由輸水管線輸送再生水至臺中港工業專區供需水端使用。初期提供臺中港工業專區供水量 5.8 萬 CMD，因供水點與用水端地勢高差較大，經水理分析採重力式壓力流方式輸送，管線末端剩餘水頭 ≧ 0.7 kgf/cm^2，有效節能減碳。另也考量潛在用水端需求，沿線預留 6 處銜接點，確保各工業區未來均可取水。

臺中市政府積極協調用水端，共召開 7 次再生水協商小組會議；為整體考量再生水水價，亦召開 13 次討論會議，於 109 年底完成水價協商及用水契約達成共識，並於 110 年與中龍鋼鐵公司及

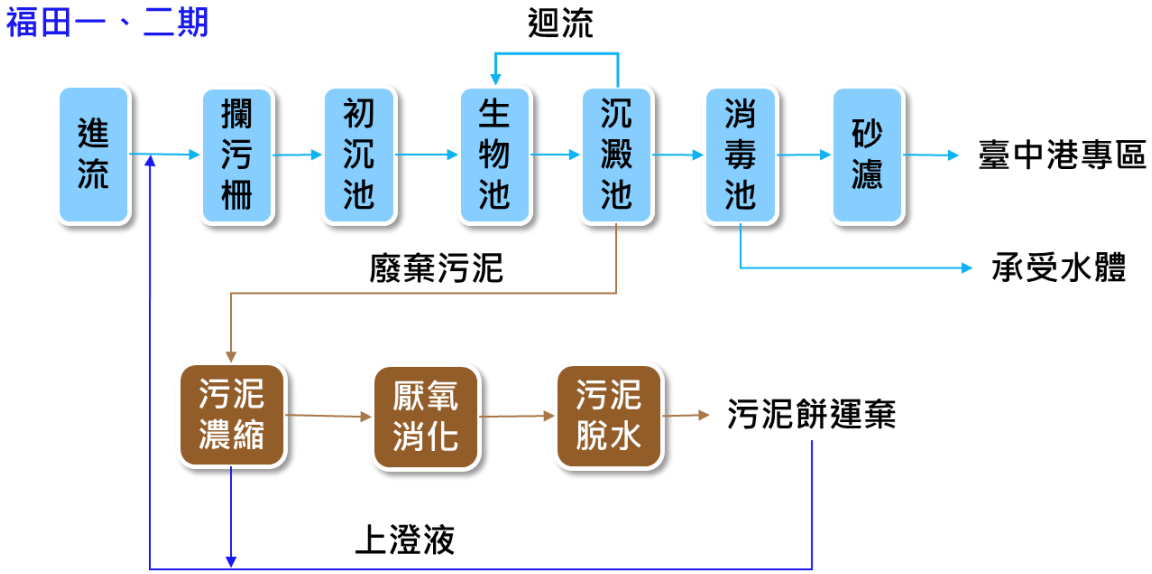


圖 1　福田水資源回收中心處理流程

圖 2　福田再生水推動計畫預留銜接點

臺中港務分公司簽訂三方用水契約及與統包商簽約，預計於 114 年底完工，將再生水輸送至臺中港工業區。

圖 3　市府完成福田再生水推動計畫用水契約簽約及工程動工

二、首座結合污水與中水道系統之水湳再生水廠

臺中市政府秉持「水資源、活化、永續」的理念推動水利建設，其中水湳水資中心配合「水湳經貿生態園區」開發，利用最南側「公 51」公園用地兼水資中心設立使用，採地下化設置，上方覆蓋綠屋頂與中央公園的景觀融為一體，不僅處裡污水，更提供民眾遊憩空間。

水湳水資中心處理程序採「薄膜生物處理系統」(MBR)規模達 1.8 萬 CMD，藉由薄膜可過濾掉大腸桿菌等細菌雜質，再搭配後端加氯消毒，產出安全無虞的回收水(中水)供市民作為非與人體接觸的沖、澆灌及景觀用水。

為使既有中水道系統與放流水資源取得最大程度的效益，因此規劃將放流水產

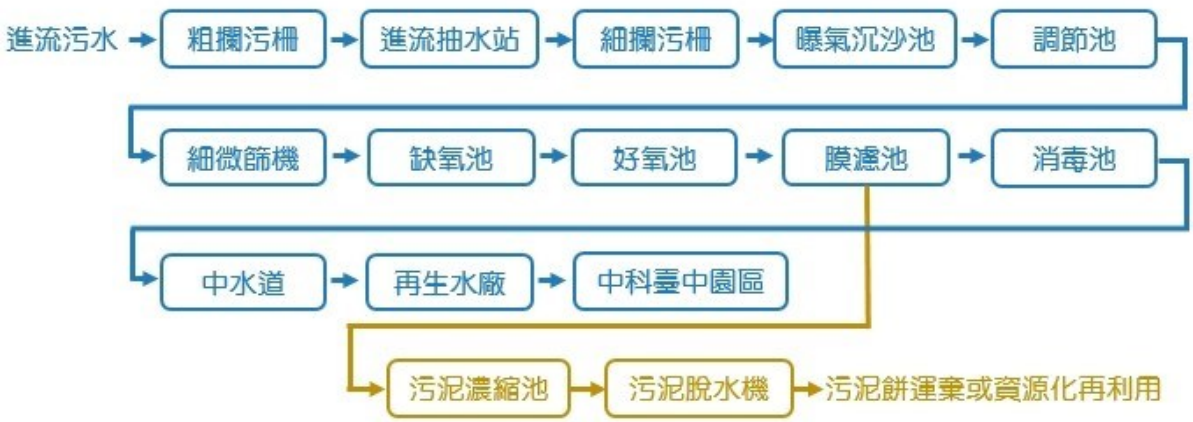


圖 4　水湳水資源回收中心處理流程

製為再生水供工業使用，臺中市政府於 107 年底初次與中科管理局進行再生水水質水量會議討論以來，歷經 17 次拜會、討論會議，積極媒合用水戶，其中更曾一度因水價無法達成共識而中斷，終於 110 年初完成臺中市政府、中科管理局及用水人三方「用水契約」簽訂，目前已完成招商施工中，預計將水湳水資中心轉型成都市的小水庫，往實踐聯合國永續發展目標(SDGs)持續邁進。

惟水湳水資中心採地下化設計，限制了廠內可擴充設置再生水設施之空間，故將水湳再生水廠另設置於水資中心北側之水湳經貿園區「公 137」用地，再生水處理水源為水資源中心放流水，因水資中心採活性污泥膜濾程序(MBR)搭配缺氧/好氧(A0)程序操作，故放流水質已極佳，因此放流水經水湳經貿園區既有中水道系統輸送至水湳再生水廠後，可直接搭配逆滲透薄膜 RO 系統進行產水，預計於 113 年完工，可提供 1 萬 CMD 的再生水，將放流水質進一步處理至符合高科技產業製程用水標準後供給中科臺中園區。

此外，工程有效利用既有中水管線，節省約 3,300m 長度之輸水管線建設費用；再者，為避免未來開始供應再生水後，前端中水道用戶取水量影響末端再生水廠進流水源，水利局特訂定「壹中市水湳經貿園區中水道系統使用管理辦法」，針對供應中水道系統之水量、中水道系統供水對象順序及供應水量進行規範，同時水利局得依權責調整分配之，以確保本案未來供水穩定性。

本工程除結合污水與中水道系統外，並新設 3,500m 輸水管線、中水加壓站及再生水場，最大程度利用既有設施的建設效益；同時本國首利用水端無環評承諾而願意使用再生水特殊案例，在在皆足以成為推動典範 。

圖 5　市府完成水湳再生水推動計畫用水契約簽約及工程招商

肆、未來用水需求與願景

臺中市 111 年度總接管戶數約 26.5 萬戶，以每年 2 萬戶估算，至 116 年度累計用戶接管數可達 35 萬戶。經統計全臺中整體污水量為 0.57 m3/戶，故於 111 年度污水量達 15.11 萬 CMD，至 116 年度污水量可達 19.95 萬 CMD。如以 65%產水率保守估算，約可產製 13 萬 CMD 再生水供科學園區或工業區使用，可穩定提供發展及投資誘因，建立國內永續再生水產業，降低水資源開發壓力，以水資源之永續利用為前瞻目標。

目前中部科學園區臺中園區擴建二期已通過環評，未來臺積電等半導體相關產業將進駐園區，用水量需求將大幅提升，而環境影響說明書內也承諾將使用 9.3 萬 CMD 之再生水，臺中市政府為因應未來用水需求，將持續努力，除每年穩定提升下水道接管率外，並評估增設再生水廠，使每一滴水至少使用兩次以上，有效舒緩各方用水壓力，確保未來進駐臺中科學園區或工業區及之廠商用水無虞，同時

圖 6　水湳再生水推動計畫供水路線圖

也保障臺中市民之生活用水不會因為各廠商之進駐而受影響，不僅強化整體產業供水的穩定度，亦提升民眾生活用水品質。

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　一百一十三年四月出刊　　第 3 卷第 1 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★