



Water Works Association
of the Republic of
China (Taiwan)

自來水

170

WATER SUPPLY QUARTERLY

Volume 43 NO.1 MAY 2024

第43卷 第2期

2024年5月

中華民國自來水協會會刊

本期專題：工程技術

南化複線-南化至左鎮送水管橋(二)段工程簡介

2024年花蓮0403大震供水復舊紀實

拱型護板—進水管與過溝蓋版共構新工法

北水處高地社區供水改善—以玫瑰城社區及仙岩山莊為例

集水管取水對地面地下水體影響初步評析

延性鑄鐵管耐震接頭(NS型)之試辦—以台水九區處為例



自來水會刊第 43 卷第 2 期(170)目錄



實務研究

- 暫時DMA重分區測試的可行性分析：以台水公司圳堵小區為例……………
……………謝張浩、郭家憲、蘇怡昌…………… 1
- 地震致水泵運轉點異常飄移之研究—0403地震後北水處案例分析……………
……………黃欽稜、李承鴻…………… 13

本期專題

工程技術

- 南化複線—南化至左鎮送水管橋(二)段工程簡介……………陳杉寶、蔡瑋育、周軒戎、周明輝…………… 24
- 2024年花蓮0403大震供水復舊紀實……………林子立…………… 29
- 拱型護板—進水管與過溝蓋版共構新工法……………李俊德、游歡研…………… 36
- 北水處高地社區供水改善—以玫瑰城社區及仙岩山莊為例……………王志隆…………… 43
- 集水管取水對地面地下水體影響初步評析……………楊銘賢…………… 49
- 延性鑄鐵管耐震接頭(NS型)之試辦—以台水九區處為例……………林武榮、蔡政翰…………… 58

一般論述

- 降低套裝式過濾設備反沖洗水濁度評估—以嘉興應急場為例……………
……………吳宗昱、藍宇震、林正隆、陳文祥…………… 64
- 新冠病毒與自來水水質安全……………王姍莉…………… 73
- 自來水從業人員應知悉—勞動事件法簡介……………謝彥安…………… 83

協會與你

- 歡迎投稿 113.114年「每期專題」…………… 12
- 中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法…………… 72

封面照片：台灣自來水公司提供

自來水會刊雜誌稿約

- 一、本刊為中華民國自來水協會所發行，係國內唯一之專門性自來水會刊，每年二、五、八、十一月中旬出版，園地公開，誠徵稿件。
- 二、歡迎本會理監事、會員、自來水從業人員，以及設計、產銷有關自來水工程之器材業者提供專門論著、實務研究、每期專題、專家講座、一般論述、業務報導、他山之石、法規櫥窗、研究快訊、學術活動、出版快訊、感性園地、自來水工作現場、自來水廠(所)的一天、會員動態、協會與您等文稿。
- 三、「專門論著」應具有創見或新研究成果，「實務研究」應為實務工作上之研究心得（包括技術與管理），前述二類文稿請檢附摘要。「每期專題」由本刊針對特定主題，期使讀者能對該主題獲致深入瞭解。「專家講座」為對某一問題廣泛而深入之論述與探討。「一般論述」為一般性之研究心得。「業務報導」為國內自來水事業單位之重大工程或業務介紹。「他山之石」為國外新知或工程報導。「法規櫥窗」係針對國內外影響自來水事業發展重要法規之探討、介紹或說明。「研究快訊」為國內有關自來水發展之研究計畫期初、期中、期末報告摘要。「學術活動」為國內、外有關自來水之研討會或年會資訊。「出版快訊」係國內、外與自來水相關之新書介紹。「感性園地」供會員發抒人生感想及生活心得。「自來水工作現場」供自來水從業人員，針對工作現場發表感想。「自來水廠(所)的一天」為提供自來水基層廠(所)的工作現況，增進社會各界對自來水服務層面的認識。「會員動態」報導各界會員人事異動。「協會與您」則報導本會會務。
- 四、惠稿應包含 300 字以內摘要及關鍵字，每篇以不超過十頁為宜，特約文稿及專門論著不在此限，本刊對於來稿之文字有刪改權，如不願刪改者，請於來稿上註明；無法刊出之稿件將儘速通知。
- 五、文章內所引之參考文獻，依出現之次序排在文章之末，文內引用時應在圓括號內附其編號，文獻之書寫順序為：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。
- 六、本刊原則上不刊載譯文或已發表之論文。投稿一經接受刊登，版權即歸本協會所有。
- 七、惠稿(含圖表)請用電子檔寄至 thomas7735tw@mail.water.gov.tw，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。
- 八、稿費標準為專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、專家講座、法規櫥窗、他山之石、特載等文稿 900 元/千字，「業務報導」為 500 元/千字，其餘為 400 元/千字，封面照片及文稿中之「圖」、「表」如原稿為新製者 400 元/版面、如原稿為影印複製者，不予計費。
- 九、本會刊於 110 年開始發行電子會刊，內容已刊載於本協會全球資訊網站（www.ctwwa.org.tw）歡迎各界會員參閱。
- 十、本刊中之「專門論著」、「實務研究」、「一般論述」、「每期專題」及「專家講座」，業經行政院公共工程委員會列為技師執業執照換發辦法第四條第一項第六款之「國內外專業期刊」，適用科別為「水利工程科」、「環境工程科」、「土木工程科」。

自來水會刊雜誌

發行單位：中華民國自來水協會

發行人：李嘉榮

會址：臺北市長安東路二段一〇六號七樓

電話：(02)25073832

傳真：(02)25042350

中華民國自來水協會編譯出版委員會

主任委員

黃志彬

副主任委員

李丁來

委員

陳明州、康世芳、武經文、邱福利、

吳能鴻、王明傑、楊人仰

自來水會刊編輯部

臺中市雙十路二段二號之一

行政院新聞局出版事業登記證局第 2995 號

總編輯：李丁來

執行主編：唐俊成

編審委員

甘其銓、周國鼎、鄭錦澤、陳文祥、黃文鑑、
梁德明

執行編輯：吳宗昱

電話：(04)22244191 轉 516

行政助理：劉麗玉

協力廠商：松耀印刷企業有限公司

地址：台中市北區國豐街 129 號

電話：(04)22386769

暫時 DMA 重分區測試的可行性分析： 以台水公司圳堵小區為例

文/謝張浩、郭家憲、蘇怡昌

摘要

在台灣主要用於管網漏水管理的方法是分段測試，包括直、間接法。這些方法已廣泛應用於專業檢漏人員，甚至在北水處已發展更精細的巷弄直接法。然，分段測試需大量人力，通常需在夜間進行，且可能會中斷用戶供水，對民眾造成不便。

相對於分段測試，重分區測試是一種較少人使用的方法，它的主要優勢在於測試期間可以保供水的連續性，從而減少對民眾的干擾。然，重分區測試也有一些限制，如不適用於單一水源且管線連通性較差的地區，需要較長的測試時間。

總之，管網漏水管理需要根據當地供水和管網特點選擇最適合的方法，每種方法都有其優點和限制，並不適用於所有情況，因此，我們提供了一種目前較少人使用但可行的方法，以提高管網漏水管理的效能。

關鍵字：DMA、分區計量管網、分段測試、重分區測試，不停水

一、分段測試(Step Test)與暫時DMA重分區測試(Temporary DMA Rezoning Test)的探究

供水管網管理中，使用分區計量管網(District Metered Area, 後稱：DMA)已成為廣泛運用的主動漏水控制策略之一。DMA的主要功能在於將龐大的供水管網分隔成更小的區域，以更精確地“監測”和“管

理”各區域的水量漏損情況。

而分段測試(Step Test)和暫時DMA重分區測試(Temporary DMA Rezoning Test)其實是DMA漏水損失管理技術的一種延伸運用。

分段測試作業方式：在DMA內進行分段測試，是通過逐步關閉單一或多個制水閥，來逐步停止DMA中不同區域的用水，或是反向的，通過逐步開啟單一或多個制水閥，來逐步供應DMA中不同區域的用水。然後，通過記錄供水流量的數據變化，分析各區塊的供水量，進而推估各區塊的漏水量，逐步縮小潛在漏水範圍，提高專業檢漏人員確定管線損壞位置之效率。

暫時DMA重分區測試(Temporary DMA Rezoning Test, 後稱重分區測試)作業方式，是一種結合了DMA管理精神和分段測試的手法。此法透過調整DMA部分制水閥，將原有DMA劃分為更小的區域，然後將這些區域整合入相鄰的DMA供水系統持續供水。這種操作方式有助於更精確地了解DMA中各小區域的供水損失情況，同時確保供水的持續穩定。

重分區測試的特點就是利用較小的DMA作為觀察漏水情況的單位，使我們可以更仔細地觀察每個小區域的供水情況。這可以有效增加我們對潛在漏水分布情況的了解，同時還能確保供水在測試期間持續穩

定，減少對民眾供水干擾。

二、分段測試作業之探討

在區域計量管網 (DMA) 的分段測試方法，目前主要區分為「直接法」和「間接法」兩種。直接法涉及關閉所有用戶表前的止水栓，然後通過 DMA 中已設置的流量計或使用巷弄中現有的消防栓進行計量供水(需加設流量計)，來監測管線的漏水情況。另一方面，間接法則無需關閉用戶表前的止水栓，而是通過選擇 DMA 在最小流的時段，然後進行供水區的切割(隔離管段)，並即時監控流量的變化，以找出 DMA 內可能存在漏水的區域或巷道。

使用直接法的優勢在於其對管線漏水情況的檢測相對直接且易於解讀，而且可以在任何時段進行，因此被許多漏水檢測公司廣泛採用。然而，直接法的一個挑戰是需要大量人力來逐戶關閉用戶止水栓。如果在測試期間有部分用戶未關閉止水栓或被居民重新開啟，這將導致測試結果的誤差，最終可能導致整個測試失敗。儘管臺北自來水事業處已經發展了巷弄直接法技術，並通過縮小測試區域來減少人力需求，以及監測居民的止水栓使用情況，但停水作業仍然難以避免的問題，這仍可能引起用戶的抱怨。

分段測試-間接法的作業，此作業方式因無需關閉所有的用戶表前止水栓，僅須事先完整規劃預計分隔區塊，並選定適當時段盡可能排除用戶用水行為的影響，增加檢測管線漏水判讀之可靠性，這種方法在台水公司檢漏團隊中得到廣泛應用。

然而使用間接法應注意，此法因無需關

閉所有的用戶表前止水栓，故首先須確認 DMA 最小流量(Minimum Flow)時段，藉此排除用戶用水對於資料準確性之干擾，而且台水公司用戶多有裝置水塔，以致用水時程拉長，可供測試時間偏短，導致最小流量中包含部分用戶用水量比例增加，因此漏水量資訊的評估仍然存在一些實際情況的差異，此外，停水也是無法避免的問題之一。

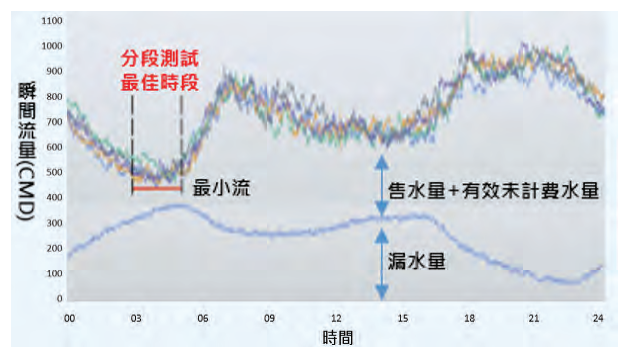


圖 1 分段測試(間接法)作業最佳時段

三、重分區測試(Rezoning Test)作業之探討

DMA 在供水管網漏水管理中扮演著重要的角色，然而，DMA 的大小和配置並沒有一個固定的標準。如果 DMA 的範圍設置得過小，儘管可以提高對漏水損失的識別能力，但相對較高的建置成本將成為一個問題。因此，台水公司的 DMA 配置原則是管線長度不超過 15 公里，且用戶數不超過 2,000 戶。

暫時 DMA 重分區測試作業的核心原則可總結為「臨時」和「重分區」，在這裡，「臨時」意味著這項作業的主要目的是評估漏水量的資訊。而「重分區」的目標在於將計量範圍縮小，從而提高對於漏水損失的辨識力，同時確保供水的連續穩定性。

一般的重分區測試作業是利用制水閥將 DMA 中部分管網隔離至相鄰的 DMA 上，由於管網供水模式的調整不會對民眾的用水產生不良影響，因此此操作不會對用戶造成不便。在進行測試期間，僅需要多日觀察該區域供水的最小流量，以判斷潛在的漏水情況。如果預計要執行此方法的 DMA 具有兩個進水流量計，也可以使用區內隔離的方式進行估算。

我們以台水公司大雅營運所所轄「圳堵小區(0401-10-01-08)」為例(下簡稱圳堵小區)，此小區設有進水點 2 處(裝置有流量計)，出水點 2 處(裝置有流量計)，其餘資訊如下。

表 1 圳堵小區基本資料表

圳堵小區基本資料			
獨立表	812	進水點	2
總表	1	出水點	2
分表	11	邊界閥	0
次小區	4	管線長度	13.2
進水點 1	神清路(陽明橋)-300mm(代號：H1)		
進水點 2	三民路 275 號-300mm(代號：H2)		
出水點 1	中平路、神清路口-200mm(代號：I1)		
出水點 2	和睦路 162 號-200mm(代號：I2)		

此小區設有 2 處進水點，因無次小區(Sub-DMA)與鄰近 DMA 有連結，故無法採將 DMA 中部分次小區隔離至相鄰 DMA 上的方式，但可用區內隔離的分法或合併使用進行估算。

圖 2 為圳堵小區供水方式及設備位置之示意，我們以圳堵小區為例，規劃了一個三階段的重分區測試計劃，該小區的供水方式

和設備位置如圖所示。具體計劃如下：

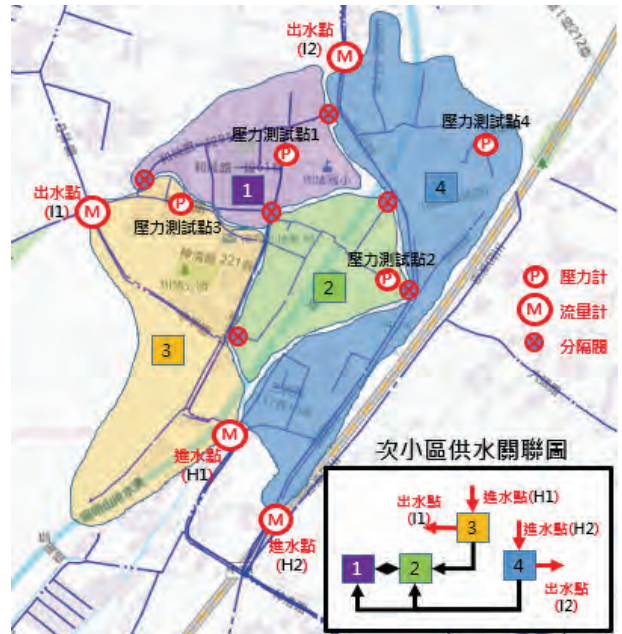
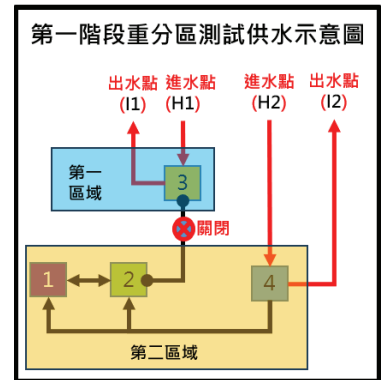


圖 2 圳堵小區供水方式及設備位置示意圖

第一階段：我們將 DMA 供水分成兩個區域，第一區域為次小區 3，由進水點神清路（陽明橋）-300mm (H1，以下均以代號簡稱) 管線供應，第二區域包含次小區 1、2 和 4，由進水點 H2 供應。

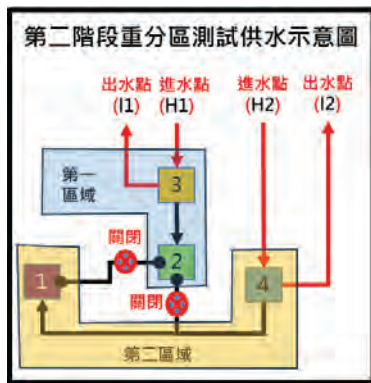


我們將觀察並記錄進水點 H1(扣除出水點 I1) 的最小流量，以判斷次小區 3 的潛在漏水情況，同時觀察並記錄進水點 H2(扣除出水點 I2) 的最小流量，以判斷次小區 1、2 和 4 的潛在漏水情況。

第二階段：我們調整次小區 2 的分隔閥，將次小區 2 的供水切換到進水點 H1。此時，第一區域包含次小區 2 和 3，而第二區

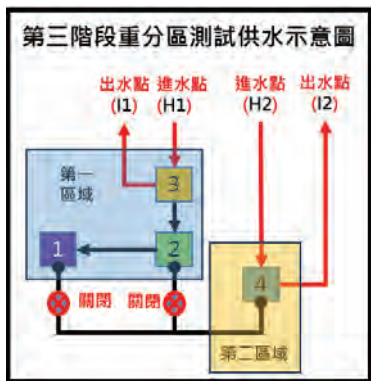
域由進水點 H2 供應次小區 1 和 4。

我們再次觀察並記錄進水點 H1 (扣除出水點 I1) 的最小流量，以判斷次小區 2 和 3 的潛在漏水情況，同時



觀察並記錄進水點 H2 (扣除出水點 I2) 的最小流量，以判斷次小區 1 和 4 的潛在漏水情況。

第三階段：我們調整分隔閥，將原本由進水點 H2 供應的次小區 1 的供水切換到進水點



H1，這一部分被併入第一區域。

我們再次觀察並記錄進水點 H1 (扣除出水點 I1) 的最小流量，以判斷次小區 3、2 和 1 的潛在漏水情況，同時觀察並記錄進水點 H2 (扣除出水點 I2) 的最小流量，以判斷次小區的潛在漏水情況。

完成 3 階段作業後，即可由下表並研判各次小區之潛在漏水情況。

這項作業方式擁有一些獨特的特點，其中包括所需的人力相對較少，且可以在不干擾用戶正常用水的情況下進行漏水判讀。其中，觀察的時間越長，將進一步降低用戶用水行為對判讀資訊的影響。然而，需要指出的是，完成對 DMA 中各次小區的漏水情況

觀察需要相對較長的時間。此外，如果附近缺乏其他水源（例如天然封閉的 DMA）可供使用，或者次小區之間的供水連通性不足，則無法執行此方法。

表 2 圳堵小區重分區測試之潛在漏量計算表

潛在漏量	次小區 1	次小區 2	次小區 3	次小區 4
	A	B	C	D
第一階段	進水點 1 之最小流=C 進水點 2 之最小流=A+B+D			
第二階段	進水點 1 之最小流=B+C 進水點 2 之最小流=A+D			
第三階段	進水點 1 之最小流=A+B+C 進水點 2 之最小流=D			
備註	進水點 1 之最小流為“進水點 H1 扣除出水點 I1”的最小流量。 進水點 2 之最小流為“進水點 H2 扣除出水點 I2”的最小流量。			

四、圳堵小區 111 年度辦理分段測試(直接法)之成果

圳堵小區於 110 年度辦理委外漏水調查作業，為確認區內漏水分布情況，委外廠商(寶 0 科技有限公司，下稱委外廠商)於 111 年 7 月 20 日進行分段測試(直接法)。

由於圳堵小區在建置時已將供水管網分成 4 個次小區，並配置了 2 個進、出水點，因此委外廠商的計劃是關閉區內的 759 個用戶止水栓。然後，他們使用分隔閥將 DMA 供水分為兩個區域。第一個區域包括次小區 1、2 和 3，由進水點 H1 供水，第二個區域包括次小區 4，由進水點 H2 供水。他們觀察並記錄了進水點 H1 (減去出水點 I1) 的流量，逐步關閉分隔閥，以判斷次小區 1、2 和 3 的潛在漏水量，同時也觀察並記錄了進

水點 H2 (減去出水點 I2) 的流量，以判斷次小區 4 的潛在漏水量。

委外廠商於當天上午 8 時派遣了 8 名技術人員進行用戶止水栓的關閉作業，並在約 10 時 30 分完成了該作業，然後開始逐步關閉制水閥實施分段測試 (直接法)。在完成所有作業後，即於中午 12 時開啟了所有關閉的分隔閥和用戶止水栓，並進行了排水、排氣以及水質檢測，確保水質無虞，順利完成該次作業。

該次作業的用戶止水栓關閉率約為 93.4% (關閉的用戶止水栓數量 / 總共的獨立表和總表數量)。合計估算了全區域的漏水量，為 1,112CMD。以下表 3 是該次作業之成果：

表 3 圳堵小區 111 年度分段測試成果表

次小區編號	關閉用戶數 (戶)	長度 (km)	推估漏水量 (CMD)	每公里漏水量 (CMD/km)
1	162	2.4	152	63.3
2	235	2.8	490	175.0
3	195	3.2	284	88.8
4	167	4.8	186	38.8
合計	759	13.2	1,112	84.2

資料來源：「110 年大雅所(0401-1001、1002)小區管網漏水調查 (NRW-RE-04-01)」漏水調查成果報告

惟依據台水公司大雅營運所統計 111 年度圳堵小區 6 月份至 12 月份供售水資料發現，圳堵小區之平均供水量約在 1,482-1,554CMD，有效無費水量(NRW)約在 697~640 CMD。

表 4 圳堵小區 111 年度下半年供售水資料表

抄表期間	供水量 (CMD)	抄見量 (CMD)	無收益費水量 (CMD)
06.01~07.31	1,554	857	697
07.01~08.31	1,506	850	656
08.01~09.30	1,482	842	640
09.01~10.31	1,495	843	652
10.01~11.30	1,518	842	676
11.01~12.31	1,478	822	656

資料來源：台水公司第四區處大雅營運所提供

五、圳堵小區 112 年度辦理重分區測試之成果

圳堵小區於 112 年進行了重分區測試的漏水調查作業，此次作業分為三個階段進行，計劃於 112 年 9 月 18 日開始進行。每個階段的測試作業將持續進行 1 周，以充分了解假日和非假日供水情況之間的差異。

第一階段作業於上午 11 時 30 分由兩名技術人員完成了供水區域的分隔作業，同時檢查了各測試點的壓力情況，並確保各次小區供水壓力正常，成功完成第一階段的作業。

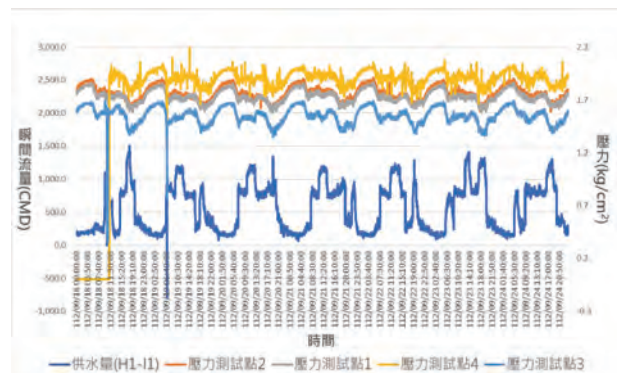


圖 3 第一重分區 9/18-9/24 供水流量及壓力圖

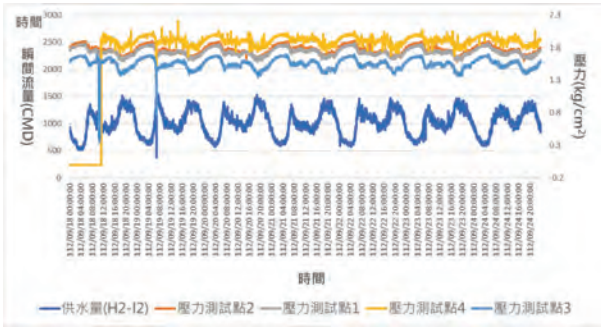


圖 4 第二重分區 9/18-9/24 供水流量及壓力圖

由於 9 月 18 日是調整供水模式的首日，而 9 月 19 日進行消防檢查，為了避免供水量和壓力受到這些變動的影響，可能導致分析結果的偏差，因此第一階段的重分區測試作業分析將從 9 月 20 日持續至 9 月 23 日進行。在分析過程中，我們將使用不同的顏色來標示假日和非假日，以確認它們之間的差異性。

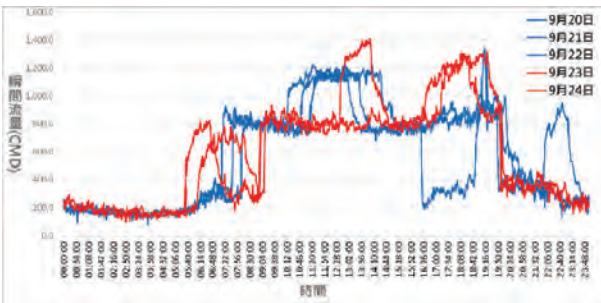


圖 5 圳堵小區 9/20-9/24 第一重分區供水流量圖

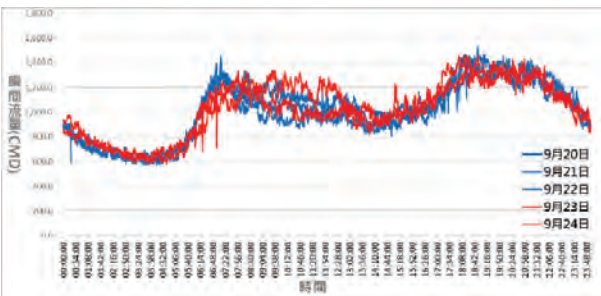


圖 6 圳堵小區 9/20-9/24 第二重分區供水流量圖

我們由上圖中觀察到三個現象如下：

1. 進水點 H1 (扣除出水點 I1) 的最小流量出現在 9 月 21 日 3 點 51 分，瞬間流量約為 76.8 CMD。
2. 進水點 H2 (扣除出水點 I2) 的最小流量出現在 9 月 24 日 3 點 43 分，瞬間流量約為 590.4 CMD。
3. 第一重分區(次小區 3)最小流時段約在每日凌晨 2-4 時，但是區內的供水量明顯受特殊用戶影響，此用戶(亦可能為多個)需水時段多變無固定型態，需水時瞬間增量，維持 1-2 小時，推測可能為集合式住宅。

第二階段作業約於 9 月 25 日上午 10 時由 2 位技術人員開始供水區域分隔作業，約於 11 時完成第二階段作業。

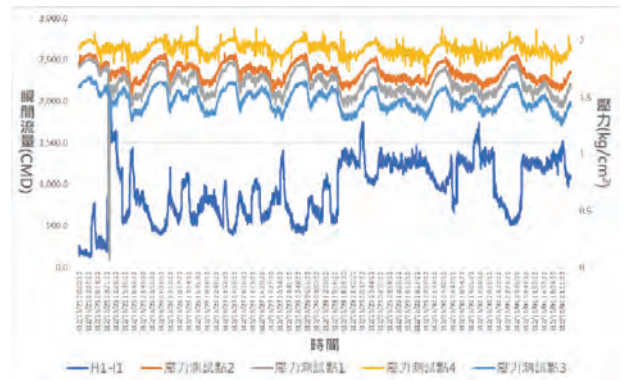


圖 7 第一重分區 9/26-10/1 供水流量及壓力圖

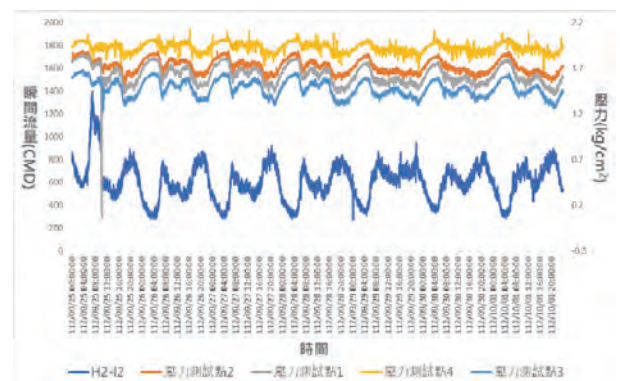


圖 8 第二重分區 9/26-10/1 供水流量及壓力圖

同樣地，由於供水調整首日的供水量穩定度不高，且本次首日凌晨(10 時前)的供水模式，仍是第一階段規劃方式，因此在分析作業中將繼續排除調整供水模式的首日資料(9 月 26 日)。

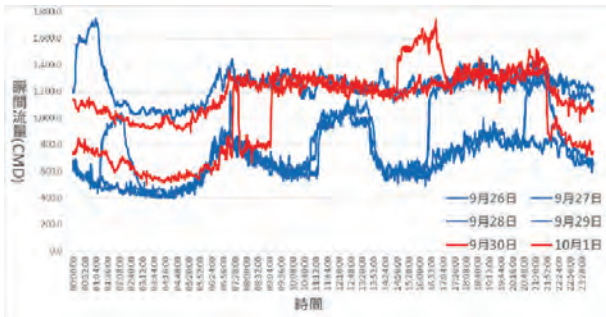


圖 9 圳堵小區 9/26-10/1 第一重分區供水流量圖

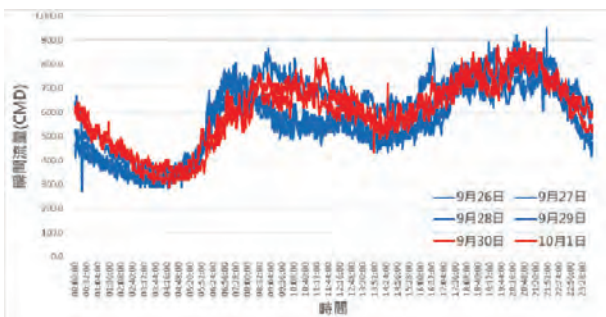


圖 10 圳堵小區 9/26-10/1 第二重分區供水流量圖

我們由上圖中觀察到第一及二重分區的最小流量如下：

- 1.進水點 H1 (扣除出水點 I1) 的最小流量出現在 9 月 28 日 4 點 45 分，瞬間流量約為 398.9 CMD。
- 2.進水點 H2 (扣除出水點 I2) 的最小流量出現在 9 月 28 日 3 點 16 分，瞬間流量約為 288.0 CMD。

第三階段作業約於 10 月 2 日上午 9 時由 2 位技術人員開始供水區域分隔作業，約於 10 時完成。

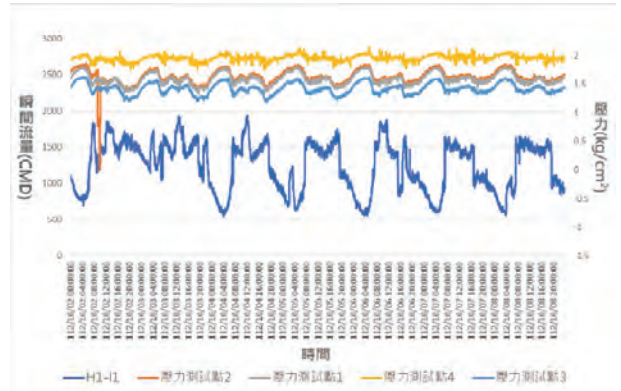


圖 11 第一重分區 10/2-10/8 供水流量及壓力圖

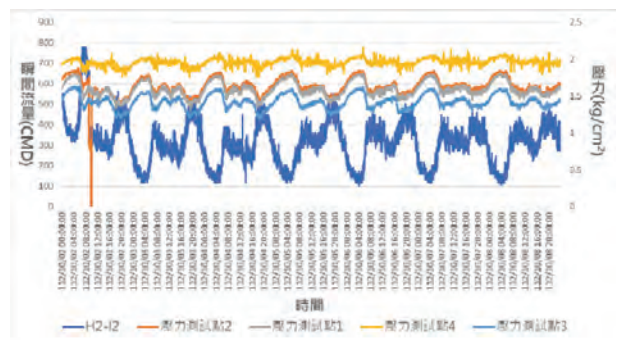


圖 12 第二重分區 10/2-10/8 供水流量及壓力圖

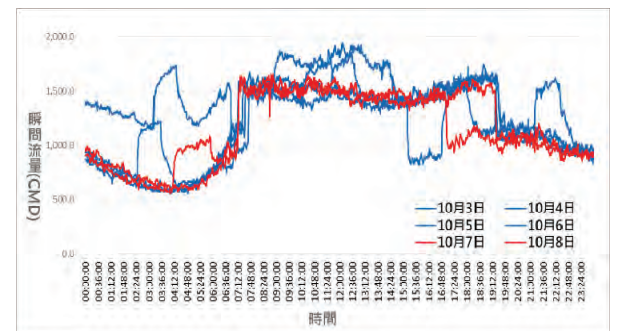


圖 13 圳堵小區 10/3-10/8 第一重分區供水流量圖

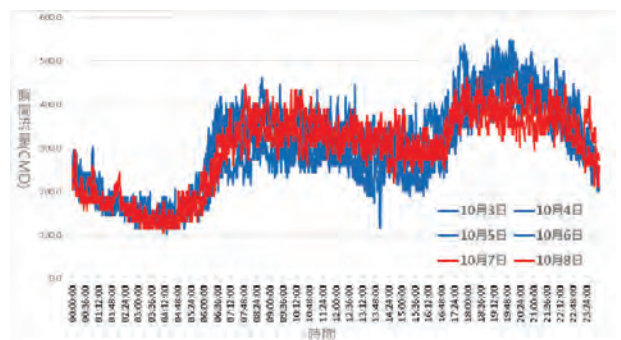


圖 14 圳堵小區 10/3-10/8 第二重分區供水流量圖

同樣地，分析作業中將繼續排除調整供水模式的首日資料（10 月 2 日）。

我們由上圖中觀察到第一及二重分區的最小流量如下：

- 1.進水點 H1（扣除出水點 I1）的最小流量出現在 10 月 8 日 4 點 0 分，瞬間流量約為 554.9 CMD。
- 2.進水點 H2（扣除出水點 I2）的最小流量出現在 10 月 8 日 4 點 9 分，瞬間流量約為 105.6 CMD。

我們將上述三階段測試結果填入表 2 進行計算，第一階段進水點 1 瞬間最小流量為 76.8 CMD，進水點 2 瞬間最小流量為 590.4 CMD；第二階段進水點 1 瞬間最小流量為 398.9 CMD，進水點 2 瞬間最小流量為 288.0 CMD；第三階段進水點 1 瞬間最小流量為 554.9 CMD，進水點 2 瞬間最小流量為 105.6 CMD；套入表格分析各次小區的潛在漏量，結果如下表：

表 5 圳堵小區重分區測試之潛在漏量成果表

潛在漏量	次小區 1	次小區 2	次小區 3	次小區 4
	A	B	C	D
第一階段	進水點 1 之最小流= 76.8 =C 進水點 2 之最小流= 590.4 =A+B+D 合計= 667.2 =A+B+C+D			
第二階段	進水點 1 之最小流= 398.9 =B+C 進水點 2 之最小流= 288.0 =A+D 合計= 686.9 =A+B+C+D			
第三階段	進水點 1 之最小流= 554.9 =A+B+C 進水點 2 之最小流= 105.6 =D 合計= 660.5 =A+B+C+D			

	次小區 1	次小區 2	次小區 3	次小區 4
推估漏量	182	322	77	106
	CMD	CMD	CMD	CMD
	687			
	CMD			
備註：各次小區計算推估漏量盡量採最大值				

六、結論

(一)重分區測試的可靠性分析

我們對於自 112 年 9 月 18 日至 10 月 8 日期間進行的重分區測試作業所估算的漏水量及分佈情況進行了評估，並與 111 年 7 月 20 日採用直接法測定的結果進行綜合比較，同時也與圳堵小區在 111 年度 8 至 12 月供水和銷售水量進行了對比分析。

表 6 圳堵小區直接法與重分區測試之比較表

次小區編號	直接法		重分區測試	
	推估漏水量 (CMD)	漏水推估分布比例 (%)	推估漏水量 (CMD)	漏水推估分布比例 (%)
1	152	13.7%	182	26.5%
2	490	44.1%	322	46.9%
3	284	25.5%	77	11.2%
4	186	16.7%	106	15.4%
合計	1,112		687	
抄表期間	08.01~09.30	09.01~10.31	10.01~11.30	11.01~12.31
供水量 (CMD)	1,482	1,495	1,518	1,478
抄見量 (CMD)	842	843	842	822
有效無費水量 (CMD)	640	652	676	656

我們以 111 年度 8 至 12 月圳堵小區的平均有效無費水量，即每日 656CMD，作為參考基準。結果顯示，112 年度重分區測試所估算的漏水量(687CMD)與 111 年度直接法所估算的值(1,112CMD)更為接近。此外，重分區測試和直接法均指出次小區 2 為圳堵小區漏水情況較為嚴重之地區。

我們發現圳堵小區的重分區測試所估算的漏水量較其以每月供水和銷售水量結果計算的平均有效無費水量為高。這個結果其實是在預期內，因為重分區測試的理論基礎是假設管線漏水不會無故消失，而民眾用水則存在某日某時發生同時停用的情況，所以此法採取尋找一段時間內的供水最小流，並將此數據視為潛在漏量。然因漏水量會隨著供水壓力的上升而增加。我們觀察到在測試期間，圳堵小區的最小流量多發生在夜間管線供水壓力最高的時刻，因此重分區測試估算的漏水量較高，這原因並不難理解。

然而，在 111 年所採取的直接法成果出現二個奇怪的情況。首先，整體估算漏水量明顯高於以每月供水和銷售水量結果計算的平均有效無費水量。第二，次小區 3 的估算漏水量與重分區測試有明顯差異。

我們的分析認為，雖然該次直接法針對用戶前止水栓之關閉率已超過 93%，但因測試時間為上午 10 時至 12 時，這個時段本就為圳堵小區的用水尖峰，導致推估出的漏水量恐包含高比例的民眾用水，進而造成估算漏水量的差異。此外，我們在重分區測試中也發現了次小區 3 存在間歇式大用水戶，前述二個問題亦有可能是該用戶止水栓未關閉而恰逢其用水所致。

總之，本次圳堵小區的測試成果揭示了重分區測試作業的有效性。這種方法利用縮小分區計量範圍，並透過長時間觀察最小流，從而估算漏水量的方式，無論是在漏水總量或漏水熱區分布的分析上都具有相當高的可靠性。

(二)重分區測試的優、缺點

各水務公司於龐大的管網中設置 DMA 進行管網漏水情況之管理，其精神為將龐大管網區隔為眾多小範圍的管網，讓漏水熱區逐步顯示。若以相同邏輯，重分區測試則是將已建置的 DMA 再次區隔，讓水務公司更明確地掌握 DMA 中的漏水熱區(管段)。

事實上，無論是哪種分區測試，由於瞬間漏水量與當時供水壓力有關，故其主要目的均為尋找漏水熱區，以進行漏水巡查作業，而非確切評估漏水量。

基於重分區測試作業方式，有以下優勢：

1. 測試期間供水連續：分段測試必需停止 DMA 中部分區域的供水(或直接關閉用戶止水栓)以評估漏水程度，這將直接影響用戶的供水。相比之下，重分區測試通常會將 DMA 的部分供水區域轉移到其他鄰近的 DMA，或在多水源 DMA 中實行分隔供水的方式，就像本次測試中的圳堵小區操作方式一樣。這樣，測試期間可以保持連續供水，從而避免對民眾用水造成干擾。
2. 減少用戶用水干擾測試成果：以往進行分段測試之間接法時，因無關閉用戶止水栓，故須於夜間用戶用水較少時段進行，在進行管段分隔時，供水流量落差最大者，即視為潛在漏量最大之管段。而分段測試之直接法之作業及判斷邏輯，與間接法雷同，差異僅在有無關閉用戶止水栓。然間接法在每個分段結束後，必須等待流量穩定以進行數據比較和分析。這樣的等待時間可能會增加用戶用水的干擾，而直接法則受用戶止水栓關閉率的影響。相比

之下，重分區測試是利用長時間觀察供水的最小流量來判斷潛在漏水量，只要觀察時間越長，用戶用水的影響機率就越低。由於重分區測試不會影響用戶用水，所以如果測試人員對結果感到懷疑，可以延長觀察時間，提高數據的可靠性。

- 3.操作簡易技術門檻低：分段測試的作業不論直接或間接法，因涉及用戶供水停止，導致整體作業需藉由增加人員同步作業，以減少停水時間降低民眾不便，或是作業時間改為用水量較低的凌晨時段進行作業，以圳堵小區 111 年度辦理分段測試(直接法)為例，一次作業就須 8 個技術人員耗時約 4 小時於現場。而重分區測試一次作業約需 2 個技術人員進行現場供水調度、水質查驗及用戶供水壓力確認，作業時間約需 2 小時。
- 4.更全面的數據蒐集：目前利用 DMA 進行管線漏水管理時，對於用水戶的用水特性，因同時管理的戶數過多，形成一種疊加性資訊的「群聚管理」，無法細部進行用戶用水行為的觀察。一般分段測試因為需要盡可能的排除用戶用水行為的干擾，所以選擇夜間(間接法)或是停止用戶用水(直接法)進行作業，且因作業時間短，無法有效蒐集用戶的用水習慣。然重分區測試的作業特色可比擬縮小版的 DMA，此時因管理的用戶數減少，用戶用水行為的疊加性下降，較容易分析該區域內的民眾用水特性，如圖 5、6、9、10、13 及 14 所示。

然而，重分區測試作業也有一些缺點及限制：

- 1.單一水源且因地形自然封閉的 DMA 無法

適用：重分區測試是利用多元供水調度維持 DMA 中各管段的民眾用水，再利用最小流進行漏水熱區判斷，此時若區內管網連通性差無法調度，或 DMA 僅有單一水源且與其他鄰近 DMA 無供水相互支應能力(如聯通管線口徑過小等)，此法便無法應用。所以在都會型都市管網適用度較佳。

- 2.規劃難度較高且作業期間除須觀察供水及壓力外亦須注意民眾反映：重分區測試雖然在現場的操作十分簡易，但其事前的規劃必須對於 DMA 中的管網連通性及供水模式有一定程度的熟悉，且因改變 DMA 中的供水模式，若供水壓力或水質發生異常，將立即影響民眾用水，若遇到民眾反映水壓不足等問題時，及須派員前往恢復原有供水模式，並在重新檢討作業程序或改以其他方式進行測試。
- 3.測試過程觀察時間長：重分區測試作業需要於調整供水模式後，持續觀察供水水量，藉由延長觀測時間降低用戶瞬間用水行為對於測試成果的干擾，所以在本次針對圳堵小區測試作業，每一循環均須維持一周，全面完成需耗時 3 周，對於有短時間完成作業的壓力時，無法使用此法。

(三)結語

管網漏水一直是水務業面臨的一個重要議題。為有效管理管網漏水情況，水務公司通常會採用不同的測試方法。其中，分段測試和重分區測試是兩種可行的方法，它們各自具有一些優點和限制。我們比較這兩種測試方法，以幫助專業的檢漏人員在實際操作中做出最適合當地情況的選擇。

分段測試是一種常見的管網漏水熱區

測試方法，它分為直接法和間接法。分段測試是利用逐段直接停止供水，以測量管段的漏水量，通過分析供水量的變化來估算漏水量。這種測試方法的主要優點是可以提供比較快速的進行漏水量估算，但它的主要缺點是會中斷用戶的供水，對民眾造成不便，且一次作業所需人力龐大及作業時段多在半夜，這也十分令人困擾。

另一方面，重分區測試是一種相對較少為人用的方法，它旨在縮小 DMA 的監視範圍，以更有效地檢測漏水。這種方法的一個主要優勢是在測試期間可以保持供水的連續供應，減少了對民眾的干擾。此外，它也能夠提供更全面的數據，以了解用戶的用水習慣和特性。

然而，重分區測試也有其限制。首先，它可能不適用於某些地區，特別是那些具有單一水源且管線連通性較差的地區。此外，這種測試需要在長時間內觀察供水的最小流，以減少用戶用水行為對測試結果的干擾，這可能需要較長的測試時間。

總之，不論分段測試或是重分區測試都是要篩選出漏水熱區的一種手段，而每種作業方式都有其優缺點，也有其不適用的範圍，對於專業的檢漏人員須因應地區供水及管網特色選擇最適用的工法，方能彰顯其專業素養。本次測試僅在提供一種目前較少使用且可行的作業方式，增加專業檢漏人員的一種選項。

參考文獻

1. “District Metered Areas Guidance Notes”, International Water Association, 2007.。

2. 「110 年大雅所(0401-1001、1002)小區管網漏水調查(NRW-RE-04-01)」漏水調查成果報告，2022。
3. 楊露霞、張儀、周毅力，「城市供水管網DMA分區綜述」，2018。
4. 陳書云，「淺談供水管網分區計量管理技術與應用」，2017。
5. 姜峰，「精細化DMA分區的探索與研究」，2017。
6. 易維科技，「智慧水務整體解決方案」，2017。
7. 李露、余健、李棟、王棟，「基於DMA技術的小區漏損控制案例分析」，2016。
8. 薛志宏、陳富鈴、張美惠、劉玉絹，「利用等高圖分析掌握供水管網水質變化探討」，2015。
9. 王毅堂，「分區計量(DMA)管理系統的建立與應用」，2014。
10. 郝志萍、侯煜、崔昌，「計量小區(DMA)夜間最小流量解析方法 探討與案例研究」，2013。
11. 葉儒鴻，「澎湖縣白沙鄉自來水管線測漏作業模式之探討」，2013。
12. 北京市自來水集團，「基於獨立計量區(DMA)的城市供水管網運行管理模式的應用與研究」，2011。
13. 黃欽稜，「漫談北水處漏水控制歷程」，2010。
14. 王光輝、韓偉、魏道聯、花文勝、楊有華、楊帆，「DMA分區管理在首創水務公司供水管網中的應用」，2010。

作者簡介

謝張浩先生

現職：台灣自來水公司南工處處長

專長：漏水防治管理、管線搶修、管網規劃

郭家憲先生

現職：台灣自來水公司漏水防治處副處長

專長：漏水防治管理、管線搶修、管網規劃

蘇怡昌先生

現職：台灣自來水公司漏水防治處檢修組組長

專長：管線搶修、供水調度

本刊 113.114 年「每期專題」

期別	主題	子題	時程
43 卷 第 3 期	水質處理	1.飲用水質政策及監管、2.水源水質管理、 3.天然有機物去除處理、4.水安全計畫、5. 先進水質檢測技術、6.新興污染物調查分析 處理、7.水質監測與管理、8.淨水處理藥劑 申請應用及管理。	8 月
43 卷 第 4 期	供水服務	1.提升服務品質、2.資訊管理與應用、3.自動 讀表技術應用、4.物聯網及 ICT 技術、5.節 約用水及效率措施、6.可持續的水價、7.進 階抄表管理系統、8.氣候變遷、9.抗旱期間 供水服務與經驗。	11 月
44 卷 第 1 期	工程技術	1.工程規設、施工及計劃管理、2.智慧供水 技術、3.管線免開挖更生技術、4.環境友善 及先進水處理技術、5.創新水源開發技術、 6.薄膜技術、7.新興污染物處理技術、8.新興 技術。	2 月

~歡迎各界就上述專題踴躍賜稿，稿酬從優~

地震致水泵運轉點異常飄移之研究 — 0403 地震後北水處案例分析

文/黃欽稜、李承鴻

摘要

當北市感受到震度 4 級以上的地震，北水加壓站訊號總是異常到令人驚恐：出壓驟減、出流量大增。與爆管的訊號如出一轍，擔憂可能道路掏空塌陷，卻又久等不到通報，每次總在震後約 1 至 1.5 小時，訊號緩慢回復正常，如同沒發生過。2024 年 4 月 3 日上午 7:58 花蓮外海的規模 7.2 強震，為臺北帶來超過 4 級的震度，臺北市 TAP 測站加速度更達到 5 弱等級(圖 1)，北水各加壓站再一次發生前述異常訊號。本研究認為是運轉中水泵受振，泵殼內產生氣泡導致運轉點飄移，直到氣泡逐漸消散才回歸正常。透過震前 1 個月的數據繪製水泵特性曲線，以震後 1.5 小時的數據驗證了運轉點沿著特性曲線飄移，並發現透過獨立高壓重力供水的系統並無此現象，代表異常訊號的確是水泵本身造成。

關鍵字：地震、水泵、運轉點、水泵特性曲線

一、理論與假說

雖然地震後管網免不了發生管線受損，而有漏水情形，並且用戶水池水塔搖晃溢流、液面扯動浮球而強制進水，這些現象都會導致管網的需水量增加、並降低管網壓力。然而卻無法解釋出壓與流量異常訊號持續這麼久，因為水池液面搖晃(Sloshing)僅持續數分鐘，液面平息後，便不再強制進水，異常訊號應當於幾分鐘至十幾分鐘內回歸

正常，北水陳國駿等人觀察大用戶 AMR 訊號，的確震後有 Sloshing 強制進水情況，且約於 10 分鐘回復平靜。而且轄區漏水多發生於小口徑管線，並無幹線爆管，貢獻的流失量與水壓降低也不足讓訊號異常如此劇烈，甚至臺北之前多次發生 4 級地震沒有漏水案件通報，加壓站仍然記錄到出壓驟減、流量突增的異常，並且持續 1 個多小時才恢復，因此上述管網需水量增加的說法，無法解釋該現象。

本研究提出的假說是以「水泵端」特性改變，而非「管網端」需水改變，來解釋訊號異常，因為管網行為與水泵行為兩者互有貢獻，也互相影響，詳圖 2，右上角的揚程(出壓)與流量異常為 0403 地震的真實訊號記錄，清楚看到地震後降壓迅速、流量暴增，恢復期長達 1.5 小時，如果將流量 Q 與揚程 H 繪製於 XY 座標軸中，如圖 2 下方，因氣泡影響水泵運轉效率，故運轉點在地震後迅速沿著水泵曲線(Pump Curve)往右下方滑移到效率差的位置，此時還包含一小部分用戶水池強制進水的需水增加，接著便是漫長的氣泡排除期間，緩慢往左上移動，直到回歸正常運轉點。產生氣泡的成因，很可能是水泵葉片高速旋轉受到地震加速度搖晃，葉片表面局部大氣壓力低於零，氣泡便冒出來，具體行為未知，但可能類似於汽蝕(Cavitation)行為。

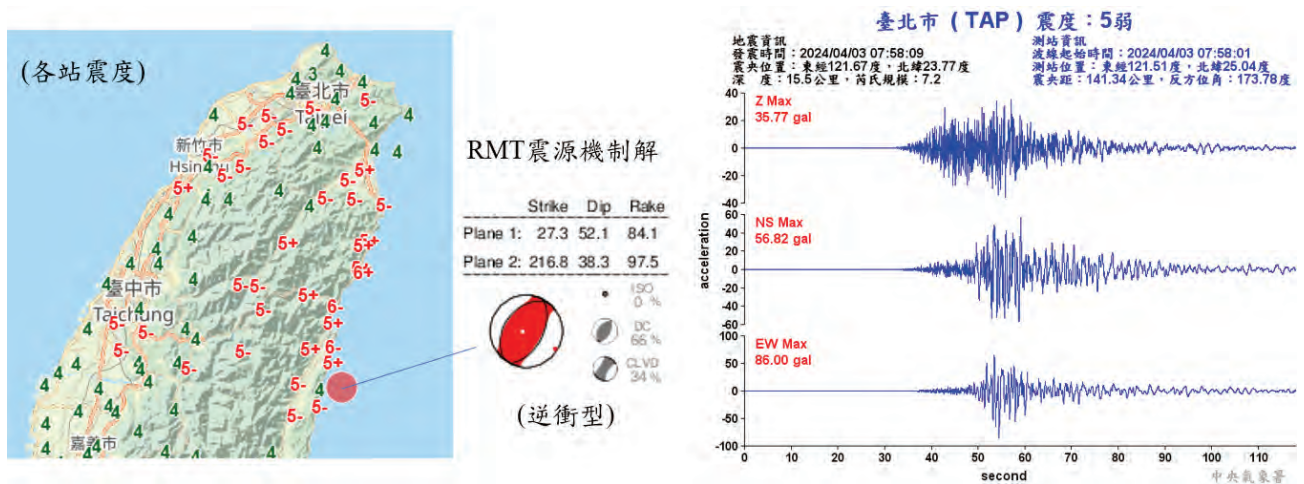


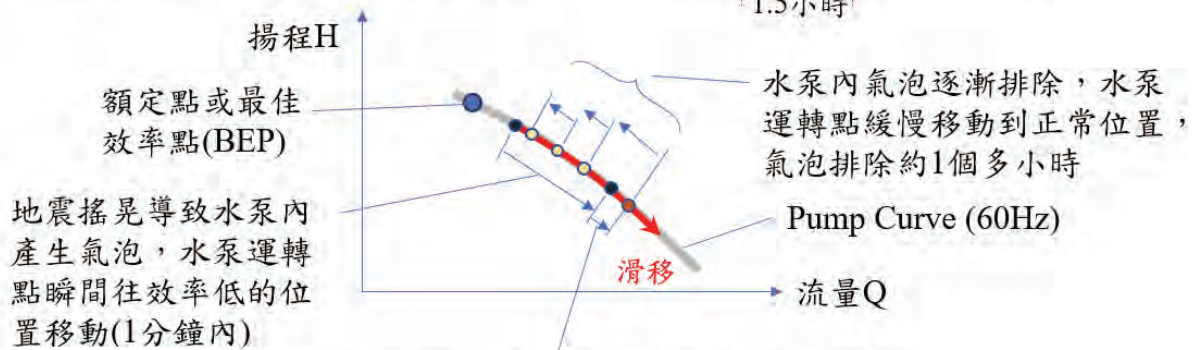
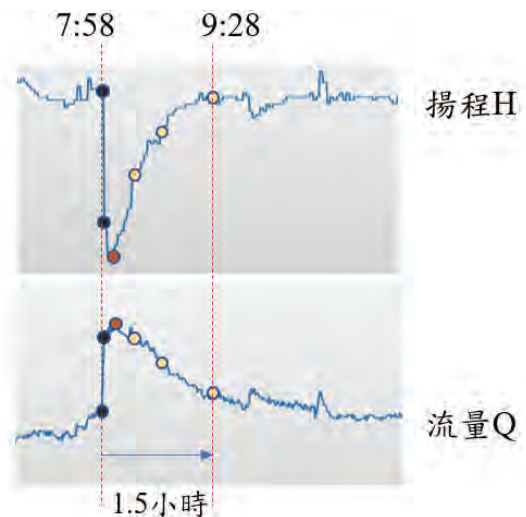
圖 1 花蓮 0403 主震破裂型態屬於逆衝型，為臺北盆地帶來 5 弱的震度

理論與假說：

以水泵運轉理論解釋地震導致的瞬間流量突增、出壓突降，以及後續為何緩慢恢復，當轄區沒有爆管修復，也會發生上述現象：**極可能是水泵內的氣泡所致**

管網Demand的改變，或水泵特性的改變(變頻、氣泡)都會使水泵運轉點移動。

過去經驗顯示，臺北市震度達4級，搖晃加速度夠大，即產生水泵端氣泡問題



用戶水塔浮球晃動強制進水，需水增加，壓力下降，至浮球晃動平息約歷時10分鐘

圖 2 右上圖地震後揚程(出壓)驟減、流量突增現象，可能是氣泡讓運轉點沿著特性曲線滑移

二、以案例驗證假說

由於北水使用變頻器控制水泵轉速，將連帶使得水泵運轉點漂移，而地震也會導致

運轉點漂移量，當變頻控制與地震搖晃同時發生，就無法釐清漂移是由變頻或地震貢獻的。因此本研究特別選擇地震當下以「定頻

60Hz」運轉的水泵，其漂移量就肯定全部為地震所導致了。幸運的是當時北水有兩處加壓站正好為定頻運轉，分別是安康 II 座加壓站，以及中和加壓站新店線，以下分別敘述。

(一)安康 II 座加壓站

詳圖 3 所示，安康 II 座加壓站為管中加壓型態，無水池抽蓄，在 0403 地震當下有 2 台水泵正以定頻 60Hz 運轉，水流以圖 3 紅色箭頭標示，因為屬於管中加壓，故水泵的揚程 $H=出壓-進壓$ ，這兩個進出壓力訊號詳圖 4，進壓僅些微受地震影響，微幅下跌，但出壓則因地震有著明顯降幅，兩台水泵並聯總出水流量則在震後有明顯增加，但算不是暴增。比較可惜的是震後並未以 2 台水泵並聯直到異常回復，而是於 9:02 左右就另外啟動第 3 台水泵，破壞了回復的曲線。

因為安康 II 座屬於並聯水泵供水，可假設每台水泵的流量大致相同，即總出水量除

以 2，為單泵的流量 Q ，而並聯時每台水泵的揚程皆一致，單泵的 H 相同，因為屬於管中加壓，揚程 $H=出壓-進壓$ ，將地震前 1 個月內紀錄的每分鐘 1 筆(Q, H)運轉點繪置於圖 5，成為運轉點雲，有一條運轉帶寬。

接著利用相似律(Affinity law)將水泵特性曲線(pump curve)上的每一個點(Q', H')計算出來，公式為 $Q'=(60/f)*Q$, $H'=(60/f)^2*H$ ，其中 f 為運轉頻率，由圖 5，很清楚看到地震當下水泵運轉點快速跳動，然後落在水泵曲線的右下延伸段，慢慢隨著時間沿水泵曲線回復，由於儀表的誤差，所計算之水泵特性曲線兩側略有殘影，不過點雲密集之處仍可明確辨識出水泵特性曲線的位置。詳圖 6，本張圖則將運轉點以變頻器的頻率色階呈現繪製，顯示震前 1 個月，變頻操作介於 42~60Hz 之間。

圖 7 則是改以效率色階繪製運轉點，其

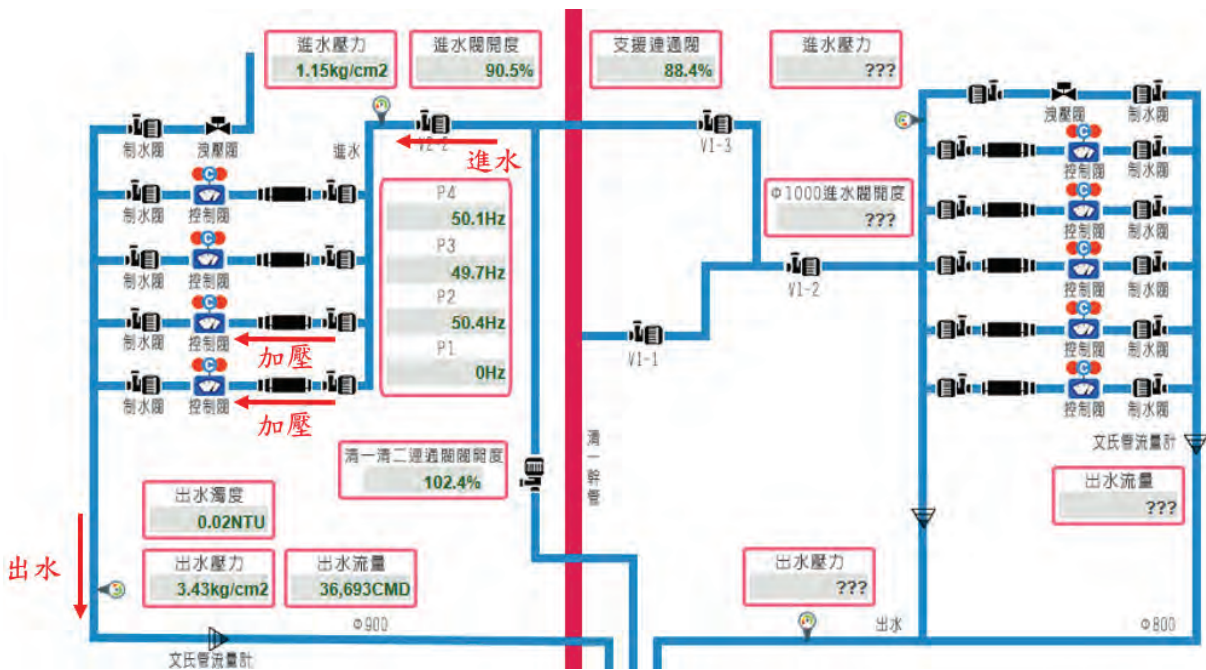


圖 3 安康 II 座的進水來自清水幹線，透過管中加壓供水，流動方向如紅色箭頭所示

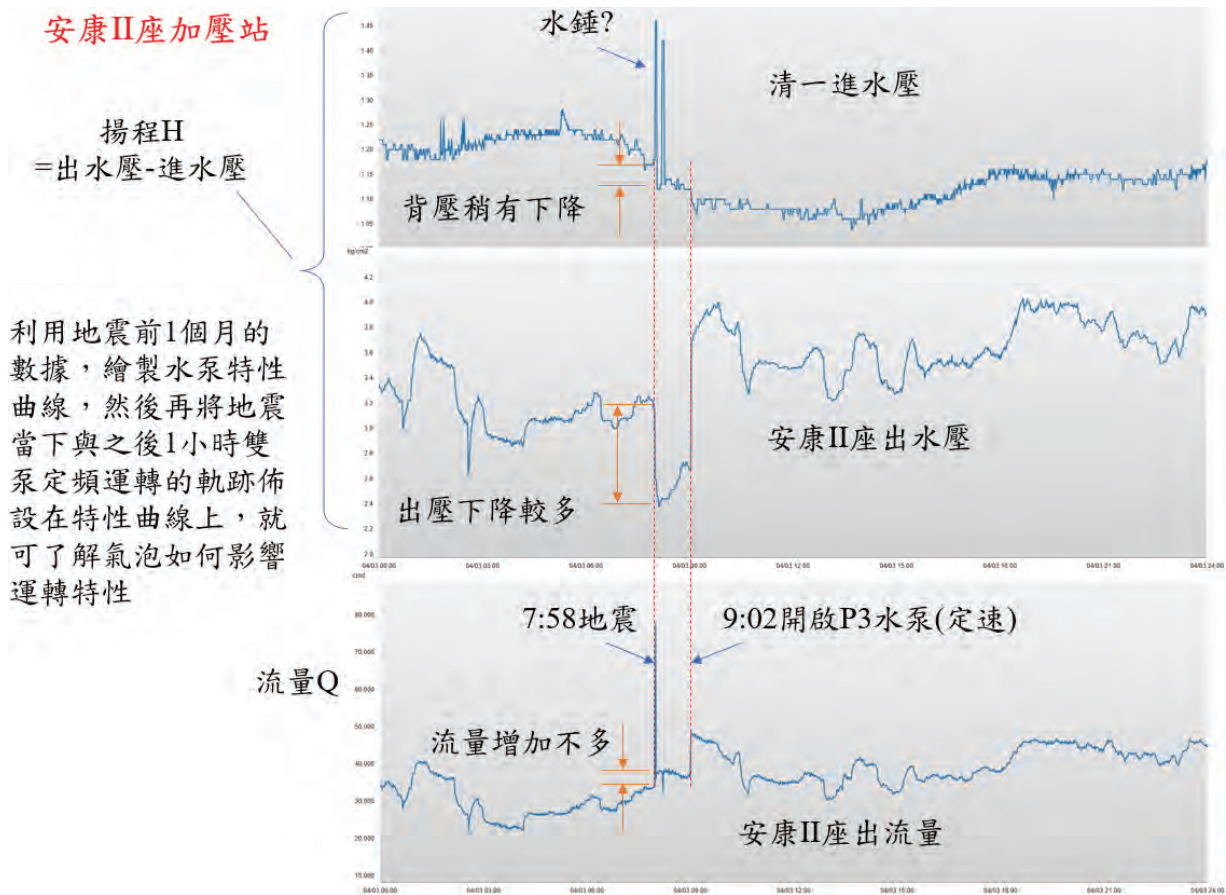


圖 4 安康 II 座加壓站 0403 地震前後的進水壓、出水壓、出流量訊號

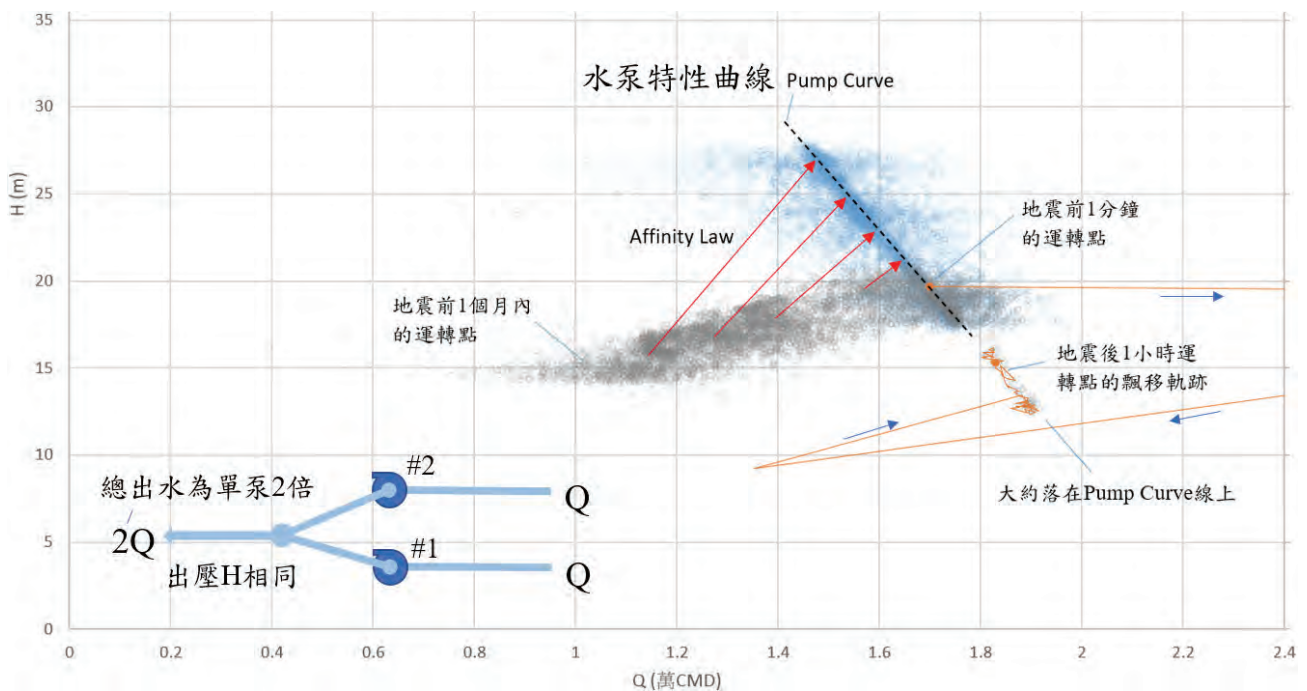


圖 5 以 Affinity law 計算安康 II 座水泵曲線，佈設地震後運轉點約落在水泵曲線右下延伸段

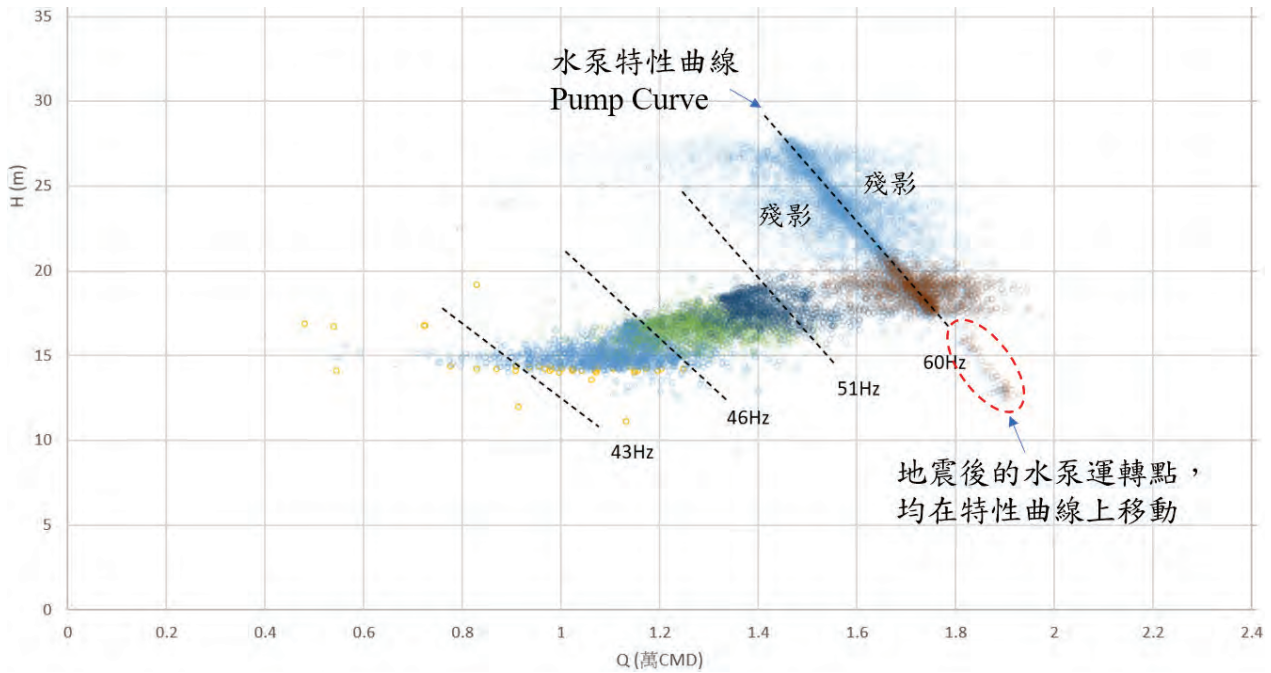


圖 6 以頻率色階圖繪製安康 II 座震前 1 個月的水泵運轉點，並佈設震後 1 小時運轉點

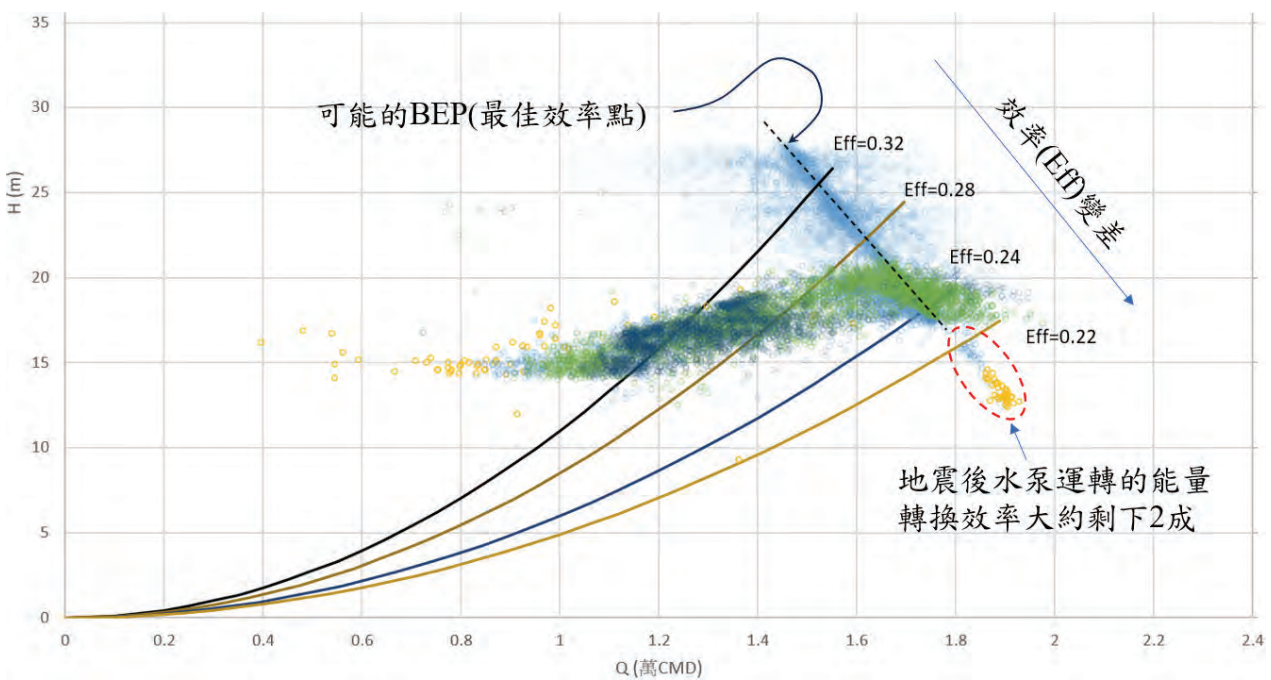


圖 7 以效率色階繪製安康 II 座震前 1 個月的水泵運轉點，並佈設震後 1 小時運轉點

中效率 $Eff = \text{水馬力} / \text{電功率}$ ，又水馬力 $= \rho * g * H * Q$ ， $\rho = 1000$ ， $g = 9.81$ ，特別留意 H 的單位為米(m)，Q 的單位為 CMS，計算所得水馬力單位為瓦特(W)。透過效率色階圖，可繪製多條通過原點的二次拋物線，稱為等

效率線(Iso-efficiency curves)，整體而言，安康 II 座的水泵效率約 0.22~0.33，效率欠佳，最佳效率點(BEP)並未落在運轉點上，很明顯是所謂的「大馬拉小車」，匹配不良的問題所致。

由圖 7 的最佳效率點(BEP)位於水泵特性曲線的左上方，似乎地震當下因劇烈搖晃於水泵內產生氣泡，會讓水泵效率往差的方向移動，也就是往右下角跑，當地震後 1 個小時內，安康 II 的水泵效率約 0.2 左右，比起震前 1 個月的任何時刻，效率都更差。而這種運轉點往效率差的移動現象，可以透過氣泡的生成來合理解釋，也就是不可能往水泵曲線左上角移動，因為該方向水泵運轉效率較高，不符合氣泡生成時的低效率運轉。而運轉點往右下移動，正好就表現出地震時加壓站訊號「流量增加、出壓降低」的行為。

(二)中和加壓站新店線

詳圖 8 所示，中和加壓站新店線為管中加壓型態，無水池抽蓄，在 0403 地震當下有 1 台水泵正以定頻 60Hz 運轉，水流以圖 8 紅

色箭頭標示，因為屬於管中加壓，故水泵的揚程 $H=出壓-進壓$ ，這兩個進出壓力訊號詳圖 9，進壓僅略受地震影響微幅下降，但出壓則因地震有著明顯降幅，水泵出水流量則在震後有明顯增加，但增幅有限。中和加壓站於地震發生當下至 1.5 小時壓力恢復後，皆以 1 台水泵定速(60Hz)運轉，足以觀察該水泵受振然後恢復的完整歷程。

中和新店線地震當下為單泵運轉，屬於管中加壓，其出流量 Q 為圖 9 的第三幅曲線，揚程 H 為第二幅出壓扣掉第一幅進壓(揚程 $H=出壓-進壓$)，繪置地震前 1 個月的每分鐘 1 筆(Q, H)運轉點於圖 10，成為運轉點雲。

利用相似律(Affinity law)計算水泵特性曲線(pump curve)上的每一個點(Q', H')，公式為 $Q'=(60/f)*Q$ ， $H'=(60/f)^2*H$ ，其中 f 為運轉

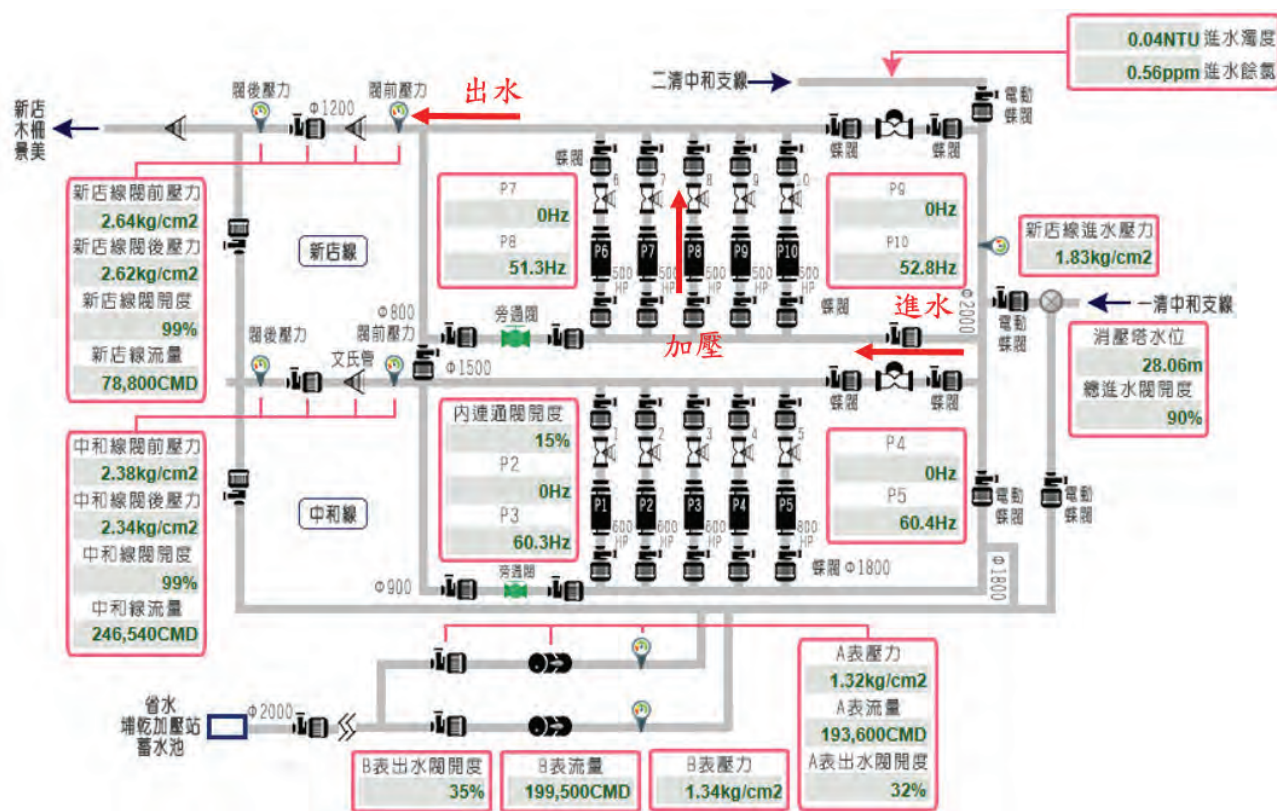


圖 8 中和新店線的進水來自清水幹線，透過管中加壓供水，流動方向如紅色箭頭所示

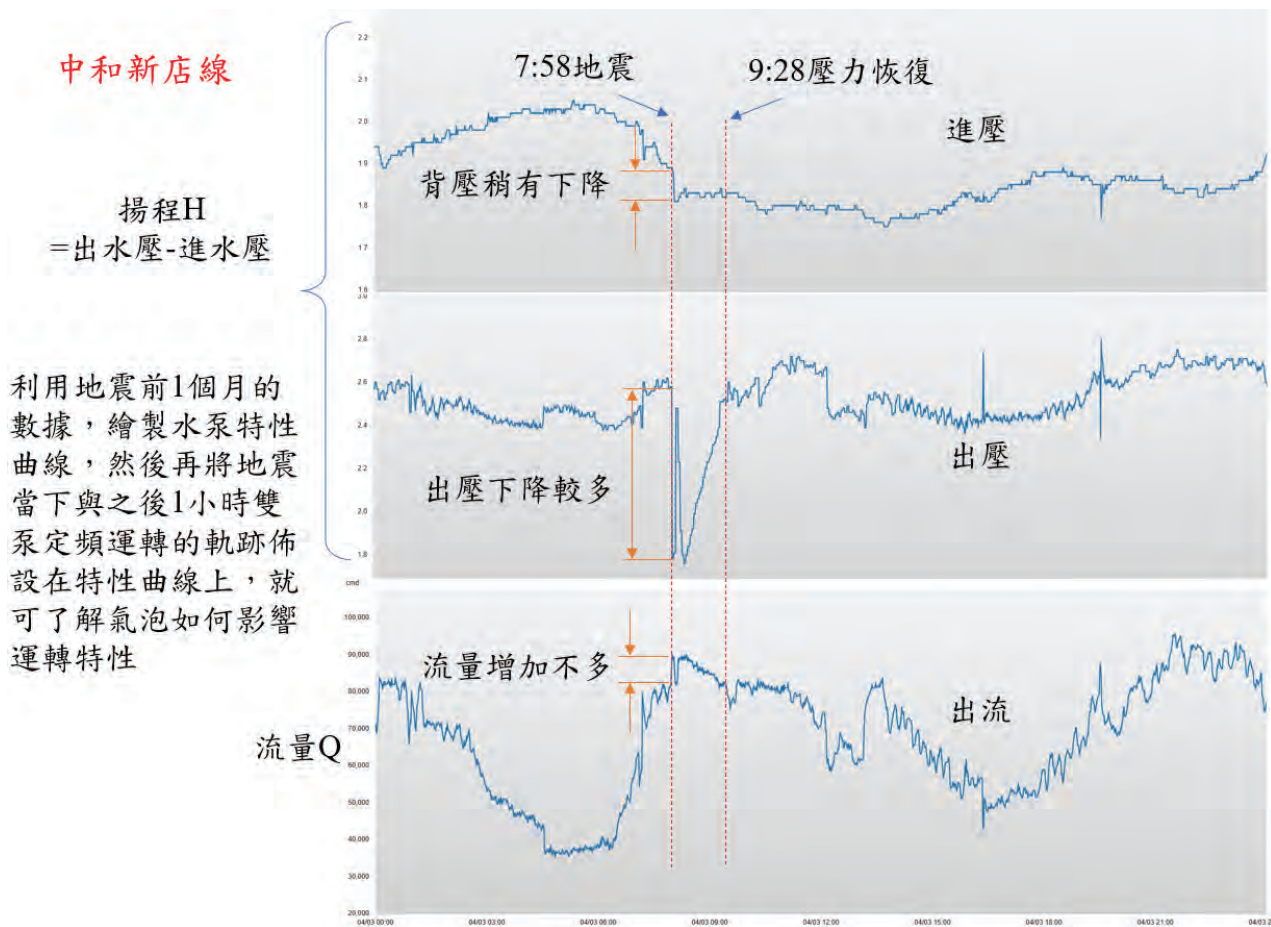


圖 9 中和新店線 0403 地震前後的進水壓、出水壓、出流量訊號

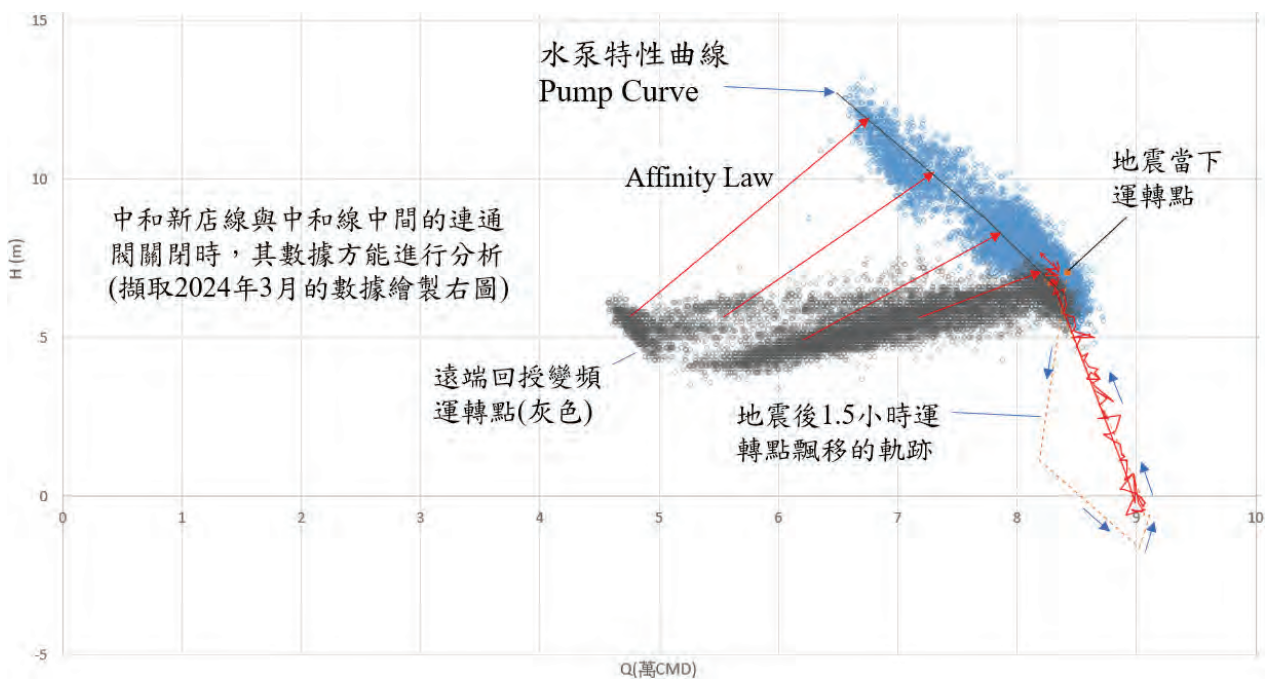


圖 10 以 Affinity law 計算中和新店線水泵曲線，震後運轉點大約落在水泵曲線右下延伸段

頻率，由圖 10，地震當下水泵運轉點快速跳動，然後落在水泵曲線的右下延伸段，慢慢隨著時間沿水泵曲線恢復正常，因儀表誤差，計算之水泵特性曲線兩側殘影很明顯，不過仍可大致辨識出水泵特性曲線。詳圖 11，本張圖將運轉點以變頻器的頻率色階呈現繪製，顯示震前 1 個月，變頻操作介於 42~60Hz 之間。

圖 12 則是改以效率色階繪製運轉點，其中效率 $Eff = \text{水馬力} / \text{電功率}$ ，又水馬力 $= \rho * g * H * Q$ ， $\rho = 1000$ ， $g = 9.81$ ，留意 H 的單位為米(m)，Q 的單位為 CMS，計算所得水馬力單位為瓦特(W)。透過效率色階圖，可繪製多條通過原點的二次拋物線，稱為等效率線(Iso-efficiency curves)，中和新店線水泵效率約 0.12~0.21，效率極差，遠離最佳效率點(BEP)，屬「大馬拉小車」匹配不良的問題所致。

由圖 12 的最佳效率點(BEP)位於水泵特性曲線的左上方，地震當下因劇烈搖晃於水泵內產生氣泡，讓水泵效率往差的方向移動，也就是往右下角跑，當地震後 1 個小時內，中和新店線的水泵效率低於 0.1，平均效率僅 0.07，比起震前 1 個月的任何時刻，效率都還要差。這種往效率差的方向移動，正好就表現出地震時加壓站訊號「流量增加、出壓降低」的行為。並且由圖 12 甚至發現某些時段 H 為負值，也就是出壓低於進壓的負效率，此時水泵消耗電力空轉，卻又無法對管網做功，反而扮演消能裝置。

三、獨立高壓重力系統無此問題

前述兩個管中加壓系統，於地震後均不約而同產生「壓力陡降、流量突增」的經典行為，似乎水泵本身就是這種現象的始作俑者，但仍需更多證據，恰巧在安坑地區除了

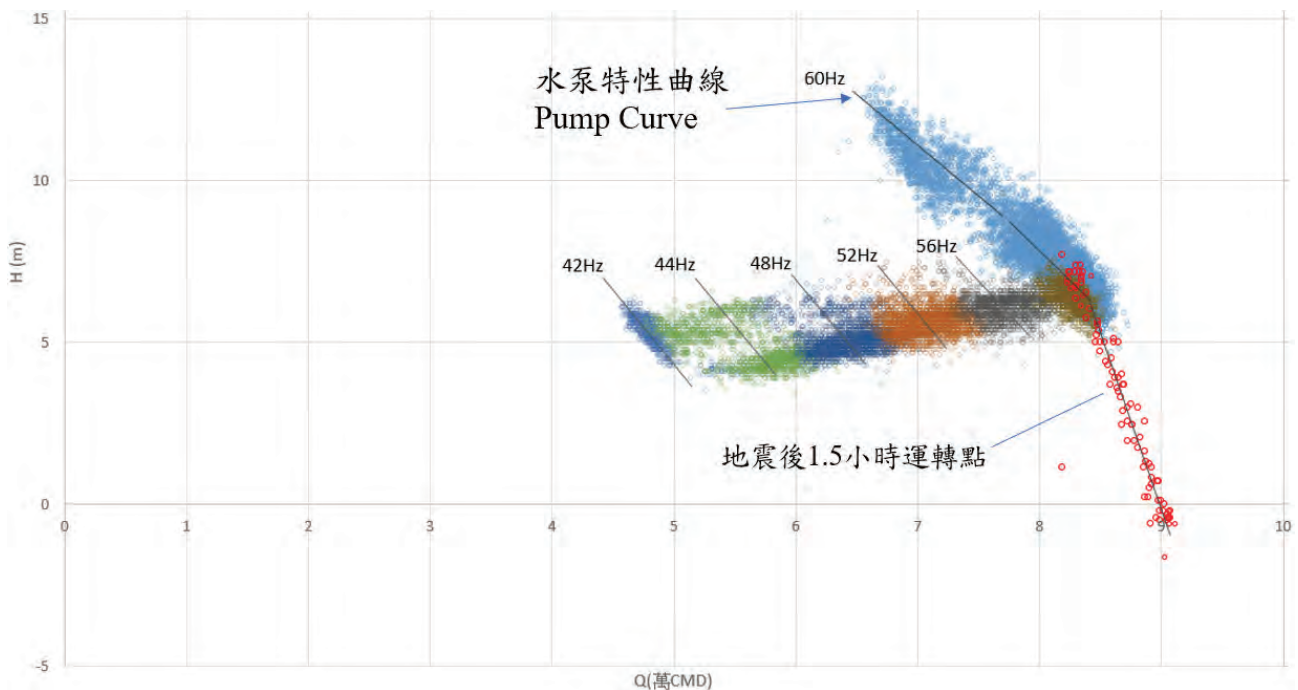


圖 11 以頻率色階圖繪製中和新店線震前 1 個月的水泵運轉點，並佈設震後 1.5 小時運轉點

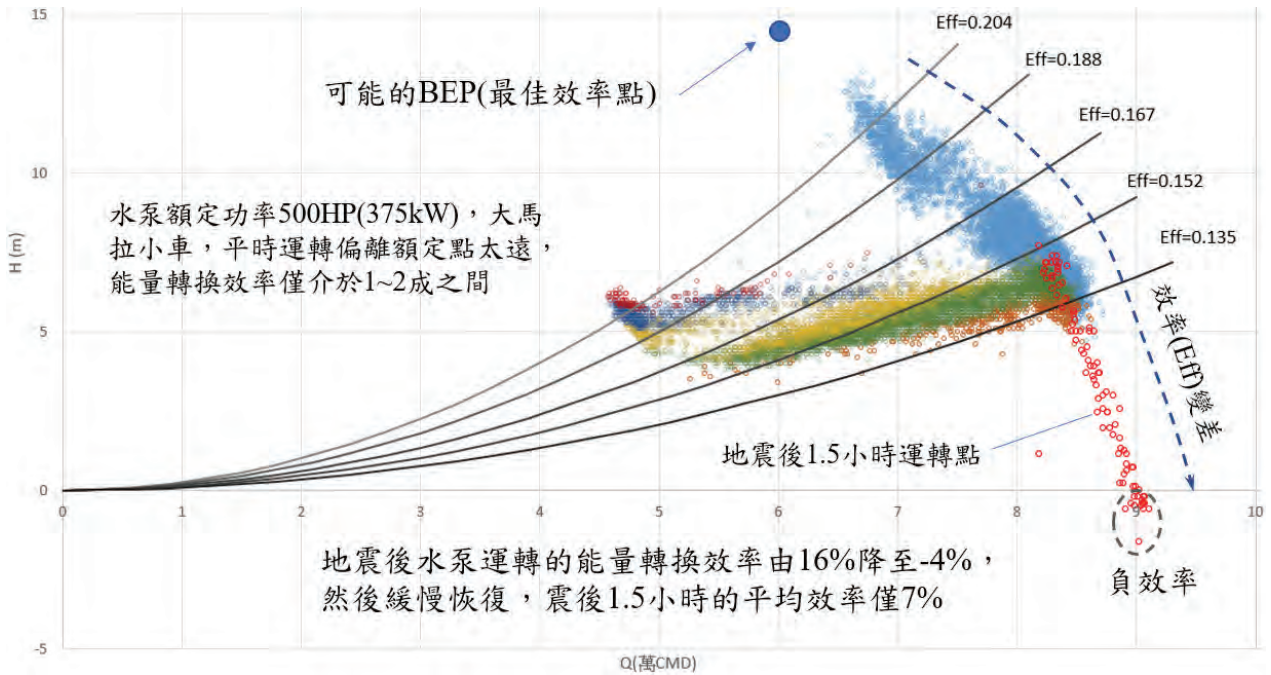


圖 12 以效率色階繪製中和新店線震前 1 個月的水泵運轉點，並佈設震後 1.5 小時運轉點

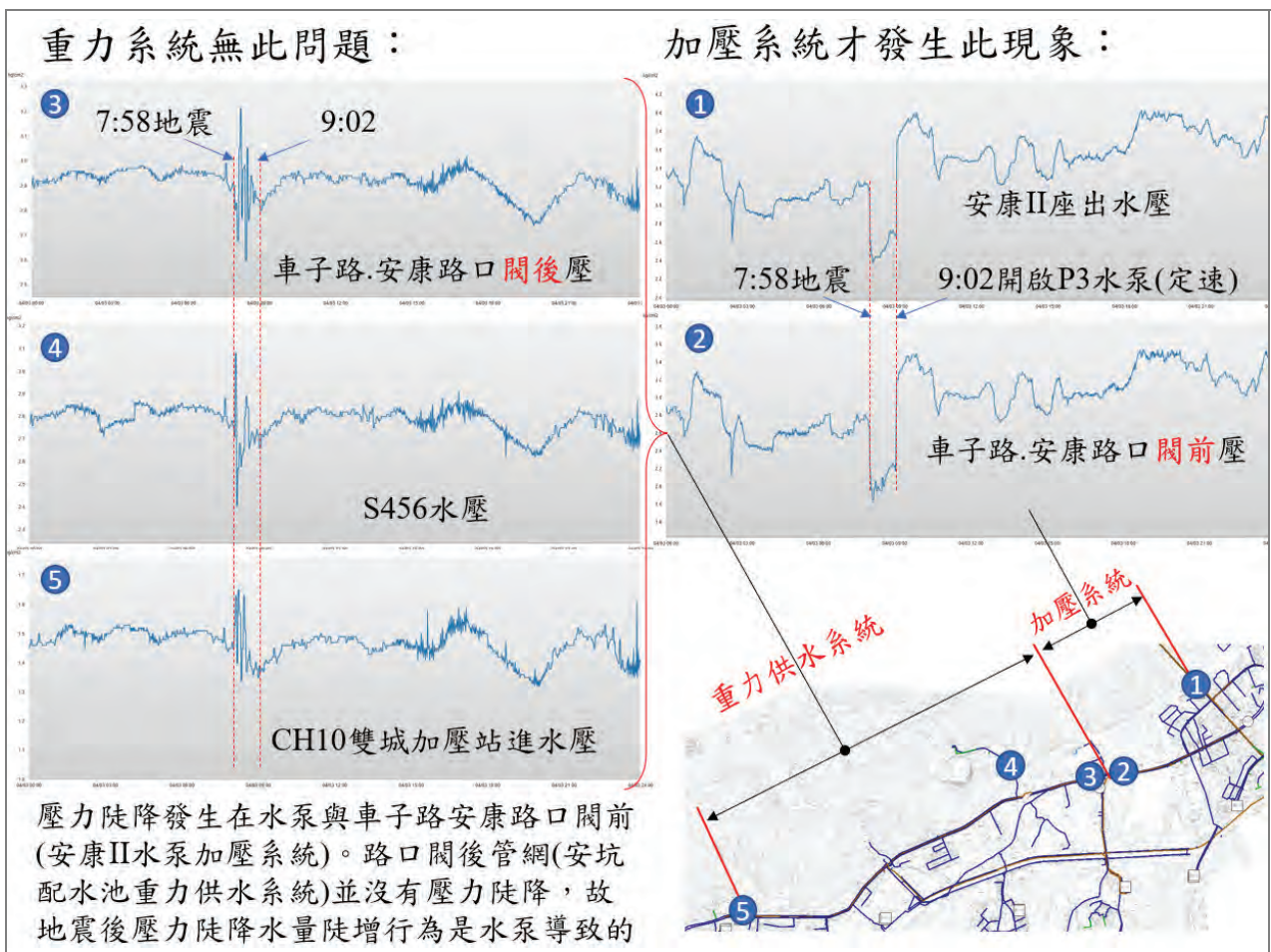


圖 13 與安康 II 座供水系統相隔一個控制閘的安坑配水池重力系統，並無壓力下降的問題

透過安康 II 座對管網直接加壓，也有一區是利用安坑配水池重力流供水的「重力系統」，詳圖 13，兩區彼此緊鄰，以一個控制閥隔離，結果 0403 地震前後的水壓訊號表明，高壓重力系統不會有壓力陡降然後逐漸恢復的情況，反而是受振有著來回跳動的壓力擺盪，與安康 II 的態樣(Pattern)大相逕庭，這個證據很關鍵，直接證明了水泵本身就是問題的根源。

四、提升水泵效率的建議

本研究繪製水泵效率色階圖，才驚覺安康 II 座平時運轉效率介於 0.22~0.33，中和新店線效率更低，僅 0.12~0.21，如果以中和新店線某個運轉點(Q,H)=(7 萬 CMD, 5m)為例，對應到的效率約 0.15，詳圖 14，此時管網獲得的功率(即水馬力)為 39.7 kW，但輸入的電力卻高達 265kW，代表目前使用

500HP(375 kW)水泵太大。建議未來汰換時改用小水泵，挑選 BEP 靠近運轉點的水泵曲線，以功率 125HP 多台並聯、同步變頻操作，可滿足尖離峰流量需求。如安華加壓站歲修或調度停機，需要中和新店線輸出更高的揚程，可設計串聯運轉管路，透過水泵串聯提高出壓，詳圖 15。妥適匹配讓效率達 0.7、節省電力。

五、結論

臺北發生 4 級以上地震，即便沒有爆管，也可能因為水泵本身產生氣泡，運轉點往效率低的位置移動而產生「出壓陡降、流量突增」現象。經 0403 地震實測數據驗證此理論的正確性，同時也發現水泵匹配不良，運轉效率極為低落，地震後出現負效率情況。

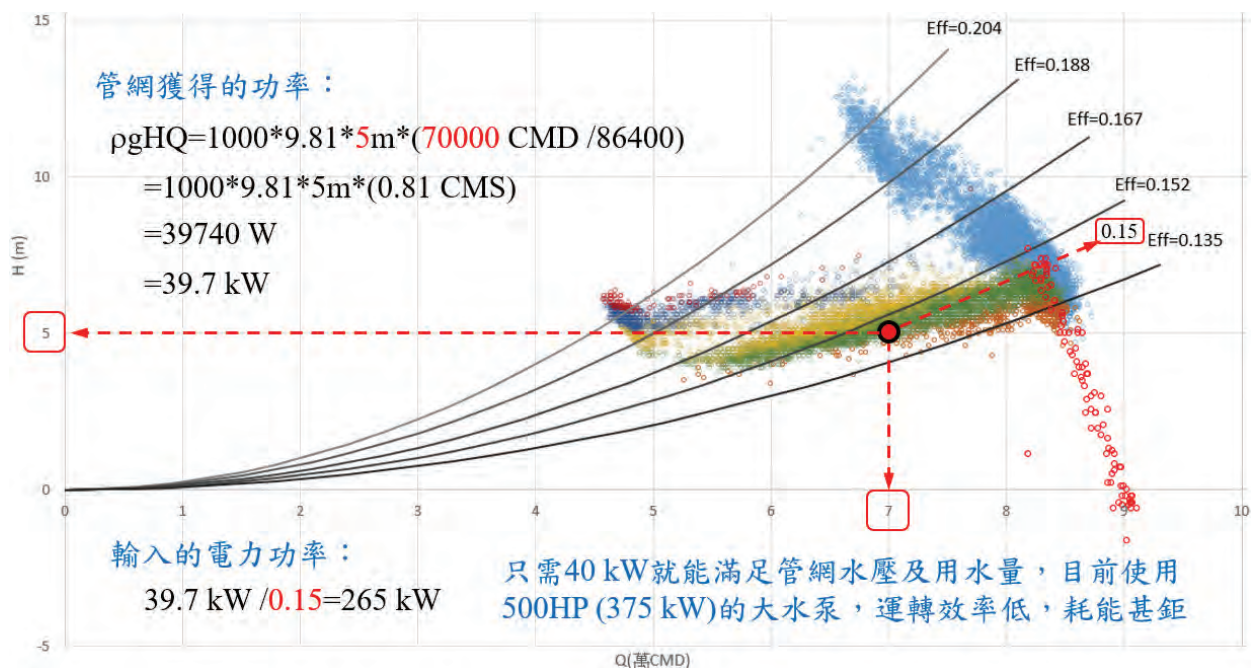
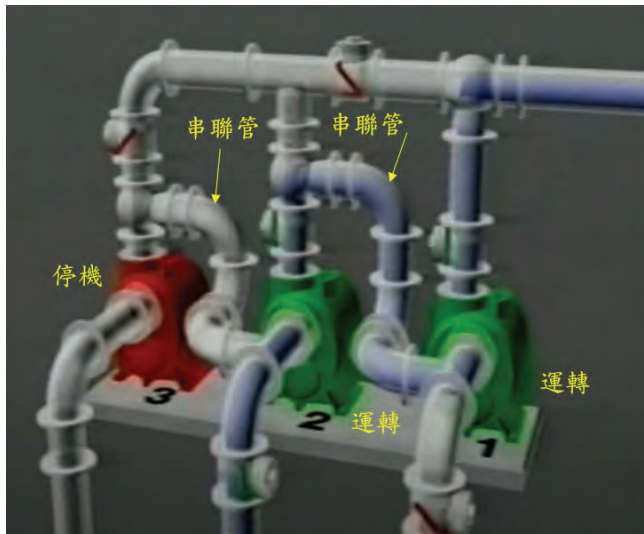


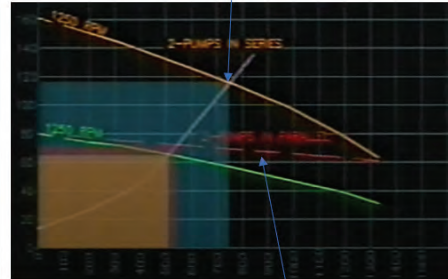
圖 14 中和新店線水泵「大馬拉小車」，輸入 265kW 電力，僅轉換 40kW 能量為水壓



<https://www.youtube.com/watch?v=MkhqZv8tw1k>

左方視頻利用配管讓3台水泵於並聯(parallel)與串聯(series)之間切換。

如左圖，由2號泵進水，就可由串聯管灌入1號泵，實踐出壓疊加的效果



並聯的水泵曲線(流量增加、但壓力上不去)

圖 15 陸上型管中加壓可改裝多台並聯的小馬力水泵，然後兩兩串聯，可滿足高低壓需求

作者簡介

黃欽稜先生

現職：中華民國自來水協會青年事務部副主任委員、
臺北自來水事業處一級工程師
專長：漏水控制、數值分析、智慧水表、水理分析、
人工智慧

李承鴻先生

現職：臺北自來水事業處供水科三級工程師
專長：管網改善、供水調配、水理分析

南化複線－南化至左鎮送水管橋(二)段工程簡介

文/陳杉寶、蔡瑋育、周軒戎、周明輝

一、前言

南化淨水場供水區域主要為大台南地區民生與工業用水，輸水能力已由每日 80 萬噸逐年下降至每日約 70 萬噸。因應政府積極推動半導體產業，期許將台灣打造成一座科技島，尤其台南科學區投資逐年持續擴大，累計至 113 年 6 月已有 200 多家廠商進駐，預估至民國 115 年之自來水每日用水量為 32.5 萬噸。另外 0206 高雄美濃大地震造成台南地區部分輸水管線損壞，約 40 萬戶停水。本計畫全線完成後，與既有送水幹管互為備援及配合「曾文南化聯通管工程計畫」調配，複線供水將可達每日約 124 萬噸(圖 1)。

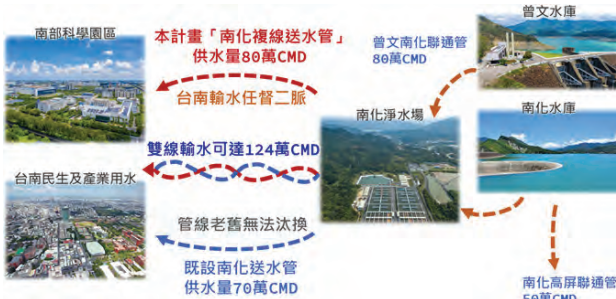


圖 1 工程計畫效益

二、場址及水管橋型式選擇

(一)場址

本工程玉井水管橋位於台 20 玉井橋旁及鄰近噍吧嘽公園(圖 2)。

設計階段積極尋覓適合用地，以達成融入當地文化特色及提升耐震提昇韌性，故場址選擇考量如下：



圖 2 玉井橋橋址路線圖

- 1.融入當地特色打造玉井新亮點。(圖 3)
- 2.鄰近新化及左鎮斷層約 16 公里，強化耐震能力。(圖 4)
- 3.重力供水，節約動力費。



圖 3 噍吧嘽公園

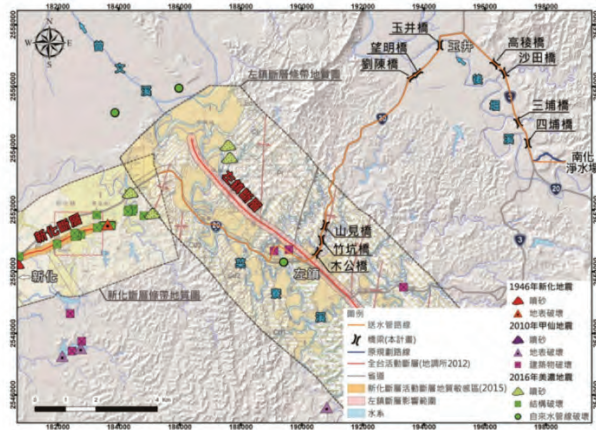


圖 4 新化及左鎮地震位置

(二)水管橋型式

水管橋意象設計於鋼拱橋中間吊桿以芒果樹枝造型做發想，搭配白色塗裝與天空形成鏤空透視感，主拱塗裝由紅、黃、橘色元素象徵芒果逐漸成熟飽滿，鋼拱半橢圓形與溪中倒影合成完整豐碩果實，祝福為玉井區帶來年年歡樂慶豐收（圖 5）。

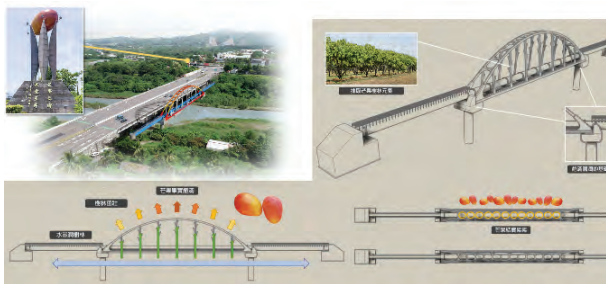


圖 5 水管橋設計意象

三、工程特色

本工程採五大面向為需求設計，以耐震性、耐洪性、耐久性、環境和諧性及未來維管考量，說明如下：

(一)耐震性

1. 規劃管徑單管 2,400mm ϕ 並使用管梁+鋼拱橋方案。
2. 跨度配合既有公路橋維持既有通水斷面。

3. 跨度配置：40.14m-80.3m-38m=158.44m。
4. 具施工簡單、養護簡易及造型亮點等優點。
5. 鋼拱段採長週期結構系統設計，可發揮最大韌性（圖 6）。

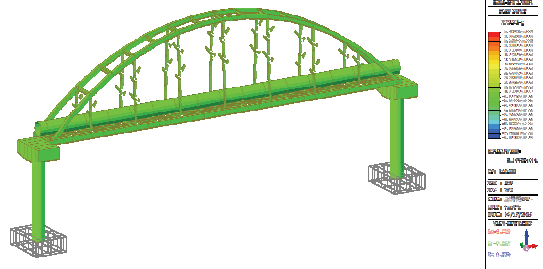


圖 6 水管橋五大耐震設計

(二)耐洪性

1. 水管橋設置於公路橋上游，避免下游河道沖刷。
2. 採長跨距設計，避免於後堀溪深槽落墩。
3. 水管橋橋墩參考既有公路橋橋墩位置（圖 7）。



圖 7 玉井水管橋示意圖

(三)耐久性

1. 水管橋表面採氟素樹脂塗料具優良耐久性與耐候性，耐用性達 15 年，遠高於常用塗裝之 5 年，減少營運期間重新塗裝次數。
2. 為增加橋墩抵抗洪水衝擊能力並延緩墩柱混凝土劣化，橋墩包覆鋼板，非後包式設計，耐久性高（圖 8）。



圖 8 橋墩包覆鋼板

3.本工程選用 ASTM A709 Gr50 等級，橋梁結構用鋼，製程較嚴謹經堆冷脫氫處理，可減低焊接氫脆發生率，經反覆載重試驗核可材料，抗疲勞鋼材，管壁加厚(22 提高至 25mm)，增加腐蝕裕度。

(四)環境和諧性

- 1.於設計階段委託專業單位進行生態檢核，工區為中/低度敏感區，生態設計原則採迴避、減輕、縮小與補償。主要對策為縮小結構尺寸與工程量體，減少施工擾動，避免水域施工與減少水流擾動，陸域擾動區恢復草本植生，並種植原生樹種。
- 2.水管橋設計考慮既有公路橋高程，避免產生視覺衝擊，減少影響玉井 A2 橋台旁農路進出，採縮減量體減少開挖規模設計，另 A2 橋台受限河川區域線及用地取得範圍，採用「井式基礎」，基礎與包覆送水管橋台同尺寸，減少施工範圍及介面。
- 3.由於無須施作基礎板，因此可大幅度減少開挖範圍及深度，亦可免除基礎板自重與其上方覆土之荷重（圖 9）。

(五)未來維管考量

- 1.水管橋上下游設置 ϕ 1,000mm 人孔(與排氣閥結合設計)，增加人員進入管體之通風與逃生功能。

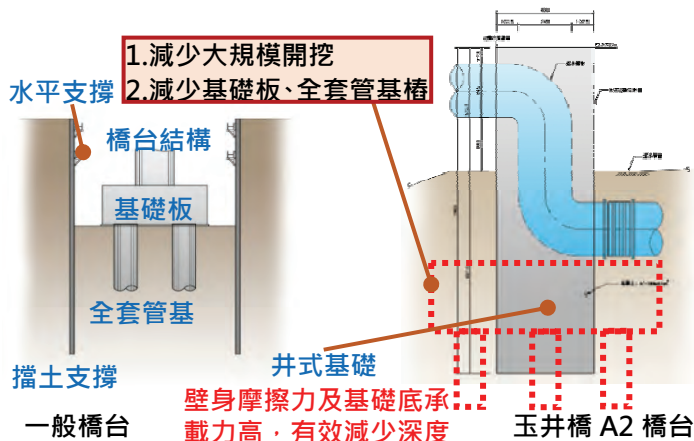


圖 9 橋台設計比較示意圖

- 2.水管橋管體上方設置維修步道(寬 1.2m)，至人孔與排氣閥處加寬設置平台(3.2m*4.0m)，鋼拱橋水管兩側設置維修步道(寬 0.8m)，維修步道及欄杆 4m 設置一處伸縮縫，因應極端氣候異常高溫。
- 3.排氣閥尺寸加大至 ϕ 300mm，將低停水後管線真空風險，並縮短停水後再復水排氣時間，水管橋上下游設置排泥管，可縮短管線排空時間。

水管橋高程與公路橋高程一致，便於日常巡視，水管橋設置位置預留公路橋橋檢空間（圖 10）。

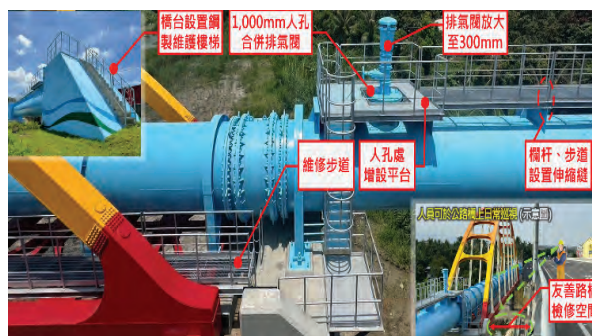


圖 10 玉井橋現況圖

四、重要工項品質管制

(一)水管橋下構橋墩系統

本工程玉井水管橋橋墩基礎型式採全套管基樁，橋墩本身並以防撞鋼版包覆及澆置自充填混凝土，藉由材料送審、鋼筋取樣、鋼筋籠組立抽查(圖 11)、基樁完整性試驗(圖 12)，自充填混凝土材料抽查(圖 13)等各階段品管作業，確保品質符合規定。



圖 11 全套管基樁鋼筋籠組立抽查

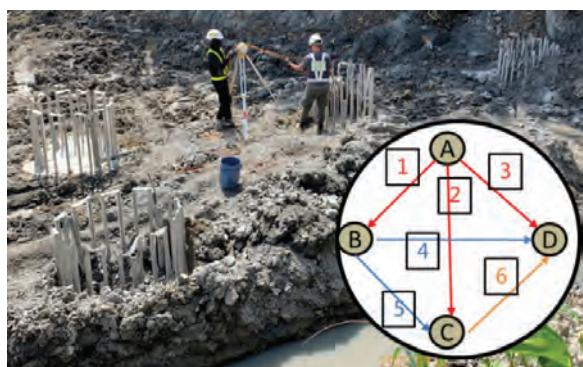


圖 12 全套管基樁完整性試驗



圖 13 自充填混凝土材料性質抽驗



圖 14 橋墩防撞鋼版吊裝

(二)水管橋上構鋼結構系統

本工程玉井水管橋鋼拱橋選用 ASTM A709 Gr50 等級，橋梁結構用鋼，藉由廠商送審(確保廠商資格及生產能力)、加工前材質取樣(確認抗拉、降伏強度及延伸率等材料性質)(圖 15)、構件預組作業(確認構件接頭精度及重現接合條件)(圖 16)、現場鋼構吊裝管制(專人現場指揮避免工安意外)(圖 17)，以分階段施工自檢及監造抽查，管控整體施工品質。

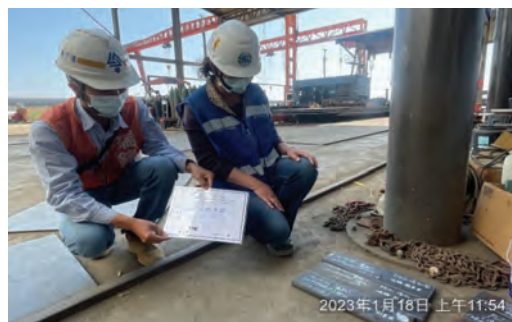


圖 15 A709 Gr50 鋼板取樣試驗



圖 16 鋼結構構件模擬安裝抽查



圖 17 水管橋鋼結構吊裝



圖 18 鋼拱橋完成情形

六、工程成果展現（獲獎肯定）

本工程歷經 2 次查核均為甲等（圖 25），且榮獲 112 年優良工程金安獎優等（圖 26）及代表本公司經濟部 113 年度公共工程優質獎選拔，入選進入複評。



圖 25 113.03.12 經濟部工程查核



圖 26 112 年金安獎優等頒獎

未來完工後可分散輸水風險、提升供水穩定度、打造南部 AI 護城河。

作者簡介

陳杉寶先生

現職：台灣自來水公司南區工程處第四課課長
專長：自來水工程採購及履約管理

蔡瑋育先生

現職：台灣自來水公司南區工程處第三工務所主任
專長：自來水工程設計、監造及履約管理

周軒戎先生

現職：台灣自來水公司南區工程處第四課工程師
專長：自來水工程監造及履約管理

周明輝先生

現職：台灣自來水公司中區工程處第四課約僱人員
專長：自來水工程監造及履約管理

2024 年花蓮 0403 大震供水復舊紀實

文/林子立

摘要

距 2022(民國 111)年 09 月 18 日 14 時 44 分台東池上發生芮氏規模 6.8、深度 8.6 公里的地震，卻造成北上台水九(花蓮)區轄管的玉里、富里供水系統嚴重破壞之後，僅僅 19 個月，更大的地牛再次於花蓮在 2024(113)年 4 月 3 日 07 時 58 分大翻身，其地震芮氏規模更達到 7.2、深度 15.5 公里，震源雖距鳳林鎮公所約 21.6 公里的近海，屬北部與宜蘭縣澳花村大濁水溪一水之隔的秀林鄉和平村，最大震度卻達到 6 強、花蓮市 6 弱的地震，同樣在台水九區轄管的花蓮供水系統，造成北區域富世村部分地區的供水中斷。

關鍵字：地震、檢修漏、供水復舊

一、災害概況

2024 年 4 月 3 日 7 時 58 分發生芮氏 7.2，位於花蓮縣政府南南東方 25.0 公里，地震深度 15.5 公里的地震，花蓮縣和平：6 強，花蓮縣花蓮市 6 弱，造成花蓮港沿海地面出現 40 到 45 公分抬升、中橫公路及蘇花公路、蘇花改及北迴鐵路均受地震影響而封閉，建築物受損較嚴重者為位於花蓮市軒轅路、中山路口樓高 10 層的天王星大樓倒塌傾斜(圖 1)，明禮路 10 層樓的統帥大樓在震後傾斜，外牆受損嚴重、吉安鄉的 16 層山海觀大樓 1 至 10 樓外牆嚴重全裂，大樓輕微傾斜。

台水九區處轄管秀林鄉及花蓮市供水

轄區受到強烈的上下與搖動衝擊，除富世原水管遭落石砸毀，無水可供富世高地區外，平時每日供水量 12.6 萬噸，4 月 3 日增加至 14 萬噸。

台水供水監測平台顯示花蓮給水廠轄管的花蓮系統及和平系統，供水壓突降及流量驟增等大震後應有的異常訊息均一一顯現，經初步評估，因震央位於花蓮市南部的鳳林鎮外海，花蓮都會市區維生管線受損未如 2018 年米崙斷層所致的輸水幹管損壞嚴重，除中正橋 ϕ 600DI 南北側兩端接頭均脫接、華西路 ϕ 300DIP 接頭脫接漏水及富世高地區因原水管破裂無水外，低地區既設各地下水井的淨水場尚可運轉出水，惟管末、高地區則可增設加水站因應，尚能達到「有水可供」的基本供水需求。



圖 1 天王星大樓倒塌傾斜。

二、供水復舊紀實

(一)地震初始

九區處隨即於區處廣場成立緊急應變

中心(圖 2)，並由李處長慶興依災害應變中心之分組，指派相關工作，總管理處亦隨之成立緊急應變中心，並將前進指揮所設於九區處，總處所轄相關處室由李總經理丁來率隊進駐，次日 4 月 4 日由李董事長嘉榮於九區處召開緊急應變會議(圖 3)。



圖 2 4 月 3 日九區處於區處廣場成立應變中心



圖 3 4 月 4 日董事長於九區處召開應變會議

台水公司自 2016 年迄今，總處漏水防治處已累計達三次(2016 年 0206 台南、2018 年 0206 花蓮米崙斷層、2022 年 0918 池上玉里)台灣大地震的跨區檢漏調派經驗，本次第四次(2024 年 0403 花蓮鳳林)震災即時於 4 月 3 日協調跨區處第 1、4、5、6、7、10、12、屏東等八個區處檢漏班(附 4.含 9 區共 10 個檢漏班)，並依規各自攜帶可獨立檢漏的儀器設備，啟動支援，依小區 WADA 數據分派

跨區處檢漏責任區，九區處則列機動支援檢漏班，以應突發供水異常或修漏開挖未發現漏水點的支援作業。

震後北迴鐵路及蘇花公路均已中斷，故調派中部以南各區處，備齊檢漏儀器及設備，各自駕駛檢漏車長途跋涉由南迴公路陸續北上，其中由出發到報到，距離最遠者為第四區管理處檢漏班，單趟耗時約 12 小時始完成報到。

另鄰近八區處亦因受此次地震波及部分地區漏水嚴重，由北部第 1、12 區支援檢漏，迄 4 月 7 日結束後，再支援九區檢漏，因公路尚未通車，僅能檢漏員攜個人儀器搭鐵路前來，至 4 月 12 日結束，跨區處檢漏支援全體撤回。



圖 4 跨區處含 9 區共 10 個檢漏班

(二)震災復舊

1.關鍵基礎設施持續運作

4 月 3 日初震後，最幸運的是賴以提供關鍵基礎設施的台電電源與中華電信的數據網路均可有效運作，使得台水供水賴以監視的水量、水壓(圖 5)、水位等供水監測平台，均能顯示相關數據，另用戶供水現況回報平台(圖 6)亦能運作。

2.檢漏班漏水巡檢逐戶表位聽音



多次的大型震災經驗顯示，除了造成台水的管線漏水外，用戶的內線接點(如廚房增建的新舊管接點)也是主要的脆弱漏水處，雖然可增加水費收入，卻也是造成小區供水量驟增的主因。



圖 6 供水現況回報平台：提供用戶回報、查詢無水狀況及臨時供水站位置

故作業前的勤前教育重點指示，除了指定檢漏班的責任小區與水量外，逐戶用戶表位聽音及內線用水量的檢視與內線漏水告知用戶並關閉止水栓等，可減少供水量及提升供水壓，皆是每位檢漏員應具備的專業常識。

3.每兩小時彙整水壓趨勢驗證進度

隨著漏水持續的被修復後，每兩小時水壓值的提升與動態觀測(圖 7)，成為前進指揮所對供水復舊與否的最主要指標之一，而其



圖 5 供水監測圖台/水壓值遍佈低於下限值

序	監測站	地址	小區	用戶數	九區2024/4/7水壓										
					30日均值	16:00	14:00	12:00	10:00	08:00	06:00	04:00	02:00	00:00	
1	法華山小區進水 慶豐15街 300	吉安鄉慶豐村慶豐十五街156號	法華小區	1723	3.91	4	3.83	3.74	3.68	4.09	4.1	4.13	4.08	3.96	
2	介林小區進水 建成街	花蓮市吉安鄉建國路二段與建成街建成街	介林小區	832	2	1.96	1.81	1.75	1.9	2.18	2.34	2.45	2.28	2.06	
3	玄武宮小區 慈雲路 125	吉安鄉太昌村慈雲路41號旁	玄武宮小區	1191	1.81	1.77	1.76	1.7	1.74	1.8	1.9	1.98	1.94	1.83	
4	太昌小區進水 玄武宮出水 太昌路200	吉安鄉太昌村太昌路527號	太昌小區	1295	3.35	3.26	3.23	3.21	3.21	3.37	3.49	3.56	3.5	3.36	
5	慶北小區 慶北三街487 100	吉安鄉慶豐村慶北三街487號前	慶北小區	1415	1.57	1.28	1.33	1.27	1.53	1.62	1.69	1.67	1.52	1.44	
6	夜市小區進水 慶北小區出水 中央路三段200	吉安鄉慶豐村中央路三段4號旁	慶北小區	1427	1.2	0.94	0.93	0.86	1.08	1.21	1.35	1.26	1.06	0.92	
7	慶南小區進水 吉安路二段 300	吉安鄉慶豐村吉安路二段271號對面	慶南小區	735	1.47	1.17	1.32	1.34	1.57	1.57	1.51	1.45	1.35	1.41	
8	北安小區 太昌路128號 200	吉安鄉永安村太昌路128號斜對面	北安小區	1637	2.11	1.71	1.65	1.58	1.86	2.03	2.2	2.27	2.06	1.86	
9	稻香小區進水 稻香三街	吉安鄉稻香村稻香三街92號旁	稻香小區	887	1.58	1.45	1.29	1.15	1.41	1.76	1.62	1.55	1.46	1.6	
10	吉安站小區進水 吉興路二段49號 300	吉安鄉稻香村吉興路二段49號	吉安站小區	1814	1.76	1.69	1.53	1.37	1.63	無傳訊	1.86	1.8	1.7	1.83	
11	宜昌小區 宜昌七街 100	吉安鄉宜昌村宜昌七街8號旁	宜昌小區	874	2.68	2.68	2.43	2.31	2.52	3.03	2.97	2.94	2.77	2.71	
12	慈惠小區 自立路一段 100	吉安鄉勝安村自立路一段與民治路	慈惠小區	2070	1.18	1.08	1.02	0.92	1.15	1.29	1.43	1.38	1.26	1.04	
13	南山小區進水 中華路二段324號	吉安鄉中華路二段324號(屈臣氏旁)	南山小區	1373	1.32	1.33	1.29	1.25	1.35	1.48	1.5	1.47	1.37	1.25	
14	國風小區 榮正街265巷 80mm	花蓮市榮正街265巷12號巷口	國風小區	1378	1	無傳訊	1.03	0.88	1.21	1.29	無傳訊	1.4	1.29	1.03	
15	榮正小區 中和街 100mm	花蓮市中和街206號右側	榮正小區	1247	1.18	1.01	0.98	0.9	1.12	1.23	1.41	1.33	1.22	0.99	
16	中正小區進水點 中福路 200mm	花蓮市中正路258-9號旁中福路上	中正小區	1545	1.08	1.02	1.05	0.94	1.12	1.21	1.41	1.34	1.24	0.96	
17	福興小區 福興五街與吉興五街口	福興五街與吉興五街口	福興小區	1796	2.16	2.01	2.03	1.96	2.03	2.06	2.13	2.15	2.12	2.04	
18	水利會小區進水 福昌&吉安路5段 300	吉安鄉福昌村福昌路與吉安路五段口	水利會小區	240	1.3	1.18	1.19	1.17	1.2	1.22	1.25	1.26	1.24	1.21	
19	南華小區 干城二街 100	吉安鄉干城村干城二街152號旁	南華小區	984	1.67	1.88	1.79	1.54	1.77	1.91	2.04	1.78	1.79	1.65	
20	山下小區 博愛街 100	吉安鄉干城村博愛街22巷16號	山下小區	495	1.15	0.96	1	0.94	0.86	0.82	1.45	1.08	0.92	0.92	
21	重慶小區進水 光復街	花蓮市重慶路光復街口	重慶小區	696	1.74	1.73	1.62	1.67	1.71	1.77	1.76	1.81	1.78	1.68	
22	中原小區進水 南埔出水 德安二街	花蓮市德安二街138號(七腳川橋)	中原小區	1894	1.9	1.8	1.71	1.67	1.73	2.04	2.08	2.07	1.97	1.81	

圖 7 每兩小時的水壓觀測值，成為前進指揮所對供水復舊與否的指標之一

驗證值則為震前的平均水壓，並可提供決策者後續方案的指引參據。

4.漏水嚴重小區停供，避免災損擴大

經由小區供水數據檢視，研判應關閉大漏水的四個小區(圖 8；國福、福興、法華、豐坪)，以維持其他地區及後端美崙高地區(縣府及縣議會所在地)有水可供。經統計該四個小區 4 月 3 日 07:58 大震前 07:57 瞬間供水量合計 5,112CMD(單位下同)、初震 08:05 瞬間量高達 20,262、增加 296%，迄於非同時段關閉停止供水前為 14,933、仍增加 192%，經關閉該等小區停止供水後，已可微增其他地區的供水量及供水壓，利於後續跨區處專業檢漏人員的漏水檢測。

序	小區	總表		震前		震初		關水前		關水後	
		口徑	時間	時間	瞬值	時間	瞬值	時間	瞬值	時間	瞬值
1	國福	200	07:57	07:57	403	08:05	2794	10:52	1872	10:56	0
2	福興	300	07:56	07:56	2016	08:03	7978	10:52	6250	11:01	0
3	法華	300	07:57	07:57	2520	08:05	8280	11:21	4190	11:27	0
4	豐坪	200	07:56	07:56	173	08:02	1210	14:48	2621	14:56	0
	1~4計				5112		20262		14933		0
說明		震初較震前(07:58)增加瞬間供水量15150CMD、296% 停止供水前較震前增加9821CMD、192%。									

圖 8 供水監測平台 0403 地震花蓮供水系統大漏水四小區統計

5.緊急啟動新興淨水場備援水井設備

本次地震台水九區處受損最嚴重者，當屬已無原水可供的富世淨水場，其富世取水口位於太魯閣牌坊後的台 8 線內，在道路中斷且搶通日期未定後，於 4 月 5 日緊急啟動新興淨水場備援水井設備(圖 9)，恢復崇德及富世低地 1,231 戶用水。



圖 9 緊急啟動新興淨水場備援水井設備

6.中正橋 ϕ 600DI 過橋管脫接搶修

經巡檢發現中正橋兩端均有接頭漏水，南側蝶閥前接頭脫接漏水、北側橋台下大量水漏出，均於 4 月 5 日開挖修復，北側(圖 10)確認係中正橋震損致 ϕ 600DI 管線接頭脫接(圖 11)漏水，惟其水於並未上冒。

7.富世原水管落石災區檢修漏

大震後，富世淨水場未見原水流進慢濾池，經同仁在餘震不斷、頻有落石情況下，仍冒險進入富世取水口，發現便道及電動閘均遭落石砸毀(圖 12)，惟取水口幸未堵塞，尚可部分取水，研判取水口 HWL=123.8M 至慢濾池 HWL=83M，其間總長度 3,083 公尺的 ϕ 300DIP 原水管段，疑有大量漏水或堵塞，致無法進水慢濾池。



圖 10 ϕ 600DI 過橋管脫接施工



圖 11 中正橋 $\phi 600$ DI 過橋管接頭脫接



圖 12 富世取水口，便道及電動閘遭落石砸毀



圖 13 富世原水管第一處漏水點遭落石砸損毀的 $\phi 300$ -DIP，由於管線埋設於溪流側且為堅硬的岩盤結構，路權單位要求，管線應淺埋距路面約 40 公分。



圖 14 富世原水管第二處漏水點 $\phi 300$ -PVC (距下游禪光寺牌樓 43m、距上游第一處漏水點 72m)

4 月 6 日台 8 線道路中斷搶通後，因尚有餘震不斷的零星落石，故僅開放需求之工程單位通行，當日上午在總處進駐人員率領區處、花蓮給水廠並會同修漏工班進入台 8 線內，沿路巡檢發現兩處漏水，惟對其中 1 件漏水點尚有疑慮，當日下午再調派 2 組檢漏班進入現場確認開挖(圖 13、14)，修復後 19:42 原水進入富世淨水場，恢復高區供水，至此九區處僅餘的停水戶歸零，完成今日午夜全面恢復供水的承諾目標。

8.和平供水系統檢修漏

遠離震央的和平供水系統卻是震度 6 強，供水量由 4 月 3 日震前 07:56 的 691CMD，至初震 08:02 達到 6,120，其後穩流的供水約 4,100，增加約 3,400、496%。亦因鐵路中斷(圖 15)，殆 4 月 5 日台鐵公司搶通鐵路後，九區檢漏班旋即進入和平地區檢漏，所需檢漏車再透過台鐵與國軍協助以鐵路載送(圖 16)，經檢測確認漏水點後，於當日雇請當地挖土機開挖，修漏工作則請九區玉里營運所巫主任怡穎，率領該所曾參加台水 50 週年/搶修達人競賽的同仁，共搭火車前往搶修(圖 17)。



圖 15 左側大清水隧道口前道路坍塌



圖 16 檢漏車輛機具與九區處自修漏人員，透過台鐵與國軍協助，以鐵路載送至和平供水系統。



圖 17 和平系統大漏水，4月5日修漏工作由九區玉里營運所巫主任怡穎，率領該所曾參加台水 50 週年/搶修達人競賽的同仁，共搭火車前往維修。

於當日下午 5 時，修復 $\phi 80$ PVC 肘管折斷大漏水(圖 18)，惟經由供水監測平台的和平系統瞬間流量分線圖(圖 19)，修前 4320CMD 降至修後 1670，並未回復至正常約 700CMD 的供水量，在餘震不斷下，遂由仍在當地的檢漏班持續檢出漏水，並經分段計量，確認隸屬公路局中仁隧道北口機房 $\phi 75$ 用戶表的內線用水量(含消防用)，由 3 月平均 77CMD 突增至約 840CMD，經告知並微開啟適足用水量，供水量始降至約 780CMD(圖 19)，顯見大震後數日的內線漏水量，足以影響對漏水趨勢的判斷。



圖 18 僱請當地挖土機開挖，由九區玉里所員工，自行修復和平 $\phi 80$ PVC 肘管大漏水



圖 19 和平系統週瞬間流量分線圖，查係公路局中仁隧道北口機房 $\phi 75$ 用戶表的內線大漏水(含消防用)，由 3 月份平均 77CMD 驟增至約 840CMD，顯見大震後的內線漏水量，足以影響對漏水趨勢的判斷。

(三)震後探討

地震發生當下，所有的訊號回傳包括水壓、瞬間流量、水池水位等數據受大地震盪突增減失真，疑為地盤加速度所致之現象，難以判斷數據資訊真偽。

查詢中央氣象署提供的地震活動資料，4月3日 07:58 規模 7.2 大震後的 2 個多小時內，再觸發 2 個 6.2 以上的地震，分別是 08:11 的 6.5 及 10:14 的 6.2，當日共觸發規模 5 以上的地震 15 次，不斷的大小餘震，皆能再增漏水。

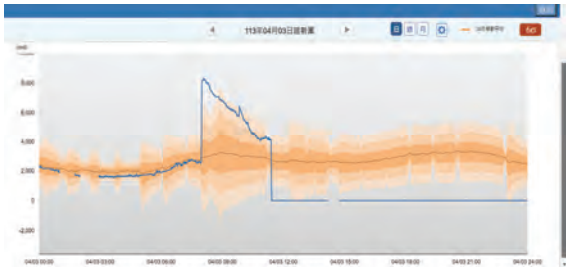


圖 20 法華小區瞬間流量分線圖，07:57 震前 2520CMD、08:05 初震後驟增至 8280、約 3 小時後 11:06 達到穩流 4277，初震至穩流量降低約 4000CMD、減少 48%，故以初震時的流量數據，恐將造成誤判

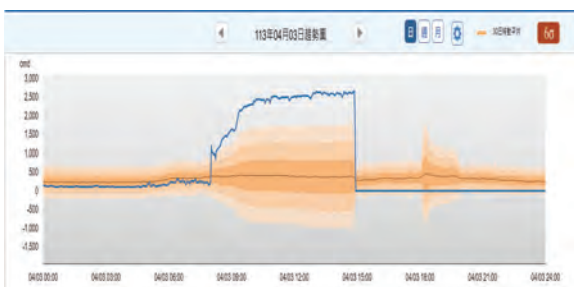


圖 21 豐坪小區瞬間流量分線圖，07:57 震前 173CMD、08:05 初震後驟增至 1210、08:14 返降至 864 後、再持續增加約 5 小時，12:58 達到穩流 2606。因大量漏水，影響其他地區供水，14:48 達到停止供水前為 2621CMD，初震後到停供約 7 小時

筆者比對四個大漏水強制停止供水的小區，檢視其流量瞬間分線圖，初震達到最

高值後，有持續下降達 3 小時(圖 20)，亦有半小時後疑受餘震破管再突增(圖 21)等現象，故欲於大震初始即要求廠所回報相關災損及明確的停水戶數，實有其難度。

九區處的小區建置覆蓋率已逾 90%，尤以花蓮系統為最，本次震後降漏的復舊過程，皆以台水公司自行開發的 WADA 2.0 為指派小區檢漏的依據，並以該值來驗證責任的檢漏成效或需更換檢漏班再檢測，實有利於整體作業。

四、結論

本次震災統計客服進線，花蓮無水案件由 4 月 3 日 491 件大幅遞減至 4 月 7 日的 6 件，全台支援水車 22 台、設置 20 處臨時取水站、支援修漏廠商 15 組，檢漏班共 10 組 23 人，破管漏水件數約 200 處。

台水公司近年推動降低漏水率計畫(102 至 113 年)，九區處各供水系統廣設小區達到 147 個、覆蓋率逾 90%，並以 WADA 為降漏的前端工具，每日以漏水復原的最小流量率為指標比對，共納入 139 個有效小區、達到 95% 的比對率，另將老舊塑膠管線汰換為耐震管種(比例已達 73%)，此次大震破管件數大幅減少，復水速度也加快，顯見管線汰換後，供水韌性已大幅提升。

作者簡介

林子立先生

現職：台灣自來水公司第九區管理處操作課長

專長：漏水檢測及分區計量診斷與提升售水率

拱型護板—進水管與過溝蓋版共構新工法

文/李俊德、游叡研

摘要

既有槽鋼護板工法，由 U 型槽鋼正反向焊接組成護板，混凝土與鋼筋間保護層不足，施工後表層混凝土易龜裂破損，及重量過重致施工性不佳等問題研擬改善方案。

新工法主要利用力學原理以一體成型方式將鋼板彎折為拱形單元，拱形斷面可均勻傳遞壓力、縮小斷面予以輕量化並降低變形量，此外增加橫向肋板確保側向勁度，並避免上方鋼線網與護板直接接觸，影響與混凝土之間握裹力，另護板表面採熱浸鍍鋅處理，可防鏽蝕以增加耐久性。

既有舊式槽鋼護板工法可能造成重複施工除浪費公帑外，更影響企業形象，新工法施工步驟簡單、避免人為因素影響、安全性高、破損率低，並已取得技師結構計算簽證，道路及水利權管機關同意認可，為施工廠商、管線單位、民眾三贏之方案。

關鍵字：

一、前言

自來水管線之進水管（給水管）常需穿越側溝方能將自來水輸送到用戶端，因道路下方維生管線密布形成障礙物，常無法自溝底橫越，需沿著過溝蓋版下緣穿越，嗣後因權管單位顧慮側溝斷面縮減影響排水功能，已不允許該施作方式，僅同意管線可由蓋版內穿越，不可影響通水斷面。

臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）

之用戶進水管原使用槽鋼護板工法橫越側溝，該工法自民國 104 年研發完成，並開始推行使用，該護板係由 3 個 U 形鋼正反向焊接組合而成，水管由中央護板下方穿越，上方修復水溝蓋版時澆置混凝土，工法特點為管線未與混凝土直接接觸，更換溝蓋時不會損壞管線，惟施工後表層混凝土易龜裂破損，且重量過重施工性不佳等，舊工法存在一些問題及困擾說明如下：

(一)槽鋼護板施工後表層混凝土經常龜裂

經分析主要原因為大部分水溝蓋版厚度約 10-12 公分，槽鋼護板高度為 7.5 公分，依本工法施工，鋼筋將緊貼護板，混凝土與鋼筋間保護層不足，鋼筋握裹效果不佳，最終導致整體強度無法充分發揮（圖 1），另面層復原部分依施工規定須採用強度 $280\text{kg}/\text{cm}^2$ 混凝土，由於現場使用數量甚少，混凝土無法採預拌方式，多由施工廠商現場拌合，因人為因素品質難以控制。

(二)槽鋼護板重量過重，施工性不佳

槽鋼護板重量最重可達 45kg，施工需 2 個人搬運（圖 2），廠商經常抱怨搬運費力，施工不便且危險。

(三)槽鋼以焊接組合，易形成力學弱面（圖 3），另焊接加工成本提高

(四)護板防蝕能力需加強

護板直接放置於水溝上方，所處環境潮溼，直接與水氣接觸（圖 4），表面僅塗油漆防鏽，耐久性可能不足。



圖 1 蓋版無法完整施工致表面混凝土龜裂



圖 2 槽鋼護板施工需 2 個人搬運



圖 3 槽鋼護板焊接組合斷面



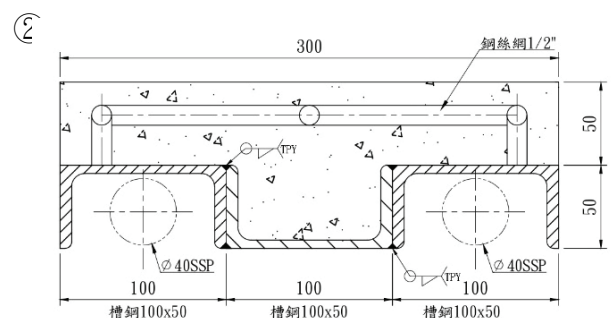
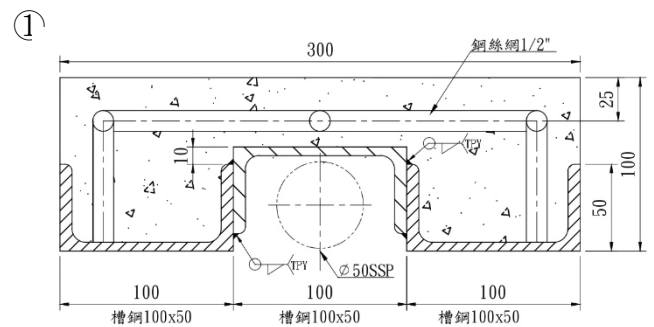
圖 4 護板放置位置環境潮溼

二、新型拱型護板研發過程及驗證

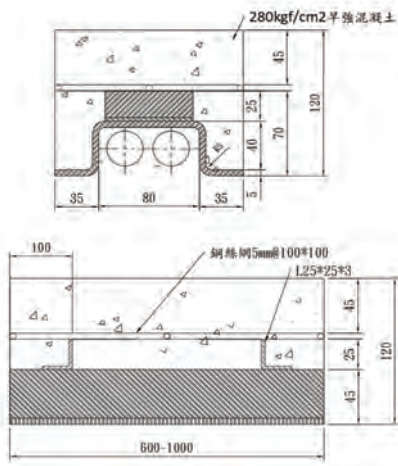
為改善前述各種不利狀況，檢討構思新型過溝護板，新型工法經研究發想，從材料外型、材質到各細部結構，經過多次修正調整設計。新工法主要區分護板材料和施工回填兩部分，第一部分護板改良，首要目標是縮短護板高度以增加其上方淨空間，確保鋼筋有足夠保護層厚度發展握裹力，其次必須滿足穿越給水管徑的空間需求。

(一)構思設計新型護板

現行槽鋼護板係由熱軋成型槽鋼組合而成，①、②初步改良槽鋼尺寸及組合方式，③從槽鋼護板上增加角鋼提供鋼筋保護層，④進一步構思拱形斷面護板加上短向加勁板，以提供足夠強度及鋼筋保護層厚度。其中拱形斷面護板係以 SS400(結構用鋼材，抗拉強度 400MPa 以上)冷軋鋼板沖壓折彎成型，各單元部位標示如圖 5。



③



④

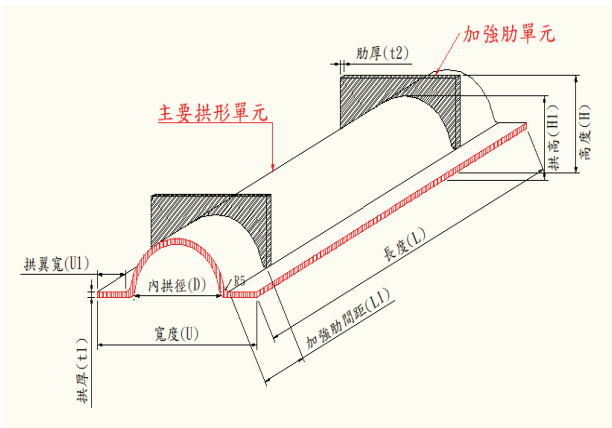
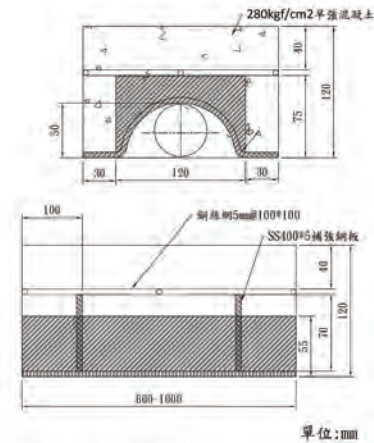


圖 5 拱型護板各單元部位

(二)新型拱型護板設計特點

1.斷面形狀再進化，採用符合力學原理的拱型斷面：護板依給水管徑大小及形狀重新設計，拱形斷面以壓力型式傳遞載重，使混凝土不易產生拉力而龜裂。

- 2.主結構護板一體成型，無需焊接：護板以上下模具沖壓折彎加工，一體成型無需焊接，讓斷面更結實。經結構分析，在符合強度需求下可適當縮減尺寸、減少板厚，大幅減輕材料重量。
- 3.增加短向加勁版補強勁度，並提供鋼筋握裹間距：短向加勁板除補強長向勁度，並利用適當突出高度，使鋼筋與護板保持適當間距，讓混凝土與鋼筋充分發展握裹強度。
- 4.護板熱浸鍍鋅處理，防蝕能力倍增：護板表面先經過熱浸鍍鋅處理，增加防鏽能力，再噴塗防鏽漆。

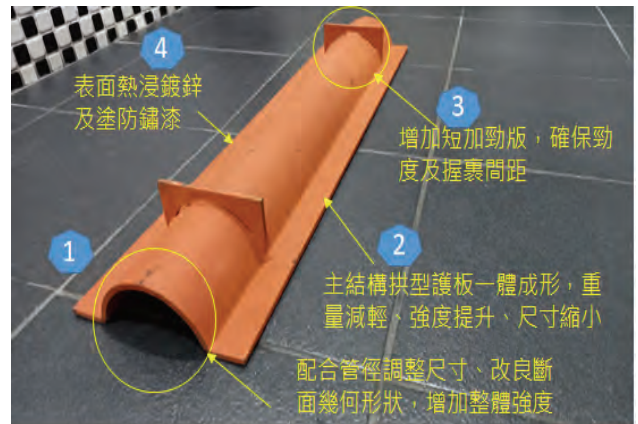


圖 6 拱型護板設計特點說明

(三)回填復舊工法改良精進

- 1.檢討現場施工方式：必須思考在符合所需強度情況下，如何控制現場混凝土澆置品質、有效簡化施作流程，儘量去除人為影響不利因素，鑑於護板施工之鋼筋及混凝土用量很少，場拌混凝土拌合品質難以控制，嘗試使用各種市售容易取得之乾拌水泥砂、無收縮水泥砂漿包進行拌合測試，了解其工作性並測試抗壓強度。
- 2.經公信力 TAF 試驗室驗證，具早期及長期

強度發展特性：委託 TAF 試驗室進行立方體試體抗壓強度試驗（圖 7），測試結果證明「乾拌無收縮水泥砂漿」28 天齡期抗壓強度均可達到施工規定強度 280 kg/cm^2 以上；另 7 天抗壓強度達設計強度三分之二以上，具早期強度發展特性，可減少養護時間，儘早開放通行，降低民怨。



圖 7 水泥砂漿試體抗壓強度試驗

- 3.以市售乾拌無收縮水泥砂漿包取代場拌混凝土：加入固定比例用水量拌合，可達到滿足工作及強度要求之水灰比，取代施工廠商自行拌合之混凝土，採用易於取得之無收縮水泥砂漿，強度可達 420 kg/cm^2 ，有效避免人為施工品質的不確定性。
- 4.以點焊鋼線網代替人工綁紮鋼筋，將原現場綁紮之 13mm 鋼筋調整為 4mm 鋼線網，增加保護層厚度，縮短鋼線網間距至 5 公分，砂漿與鋼線網間可有效發展握裹強度。
- 5.製作新型拱型護板試體（圖 8），驗證新工法整體強度，參考市府「預鑄溝蓋版彎曲試驗」之試驗標準，於國立台灣大學工學院材料試驗室進行載重試驗結果無明顯裂縫，通過載重試驗（圖 9）。



圖 8 拱型護板整體試體製作



圖 9 拱型護板整體載重試驗報告

(四)委託專業技師進結構計算簽證

本工法經初步計算及強度試驗符合結構所需強度，惟為確保結構設計安全可行，特委託專業技師進行結構分析(圖 10)及計算簽證，結論亦證實新型拱型護板整體設計滿足重車載重作用下之結構安全性，新工法確實安全無虞。

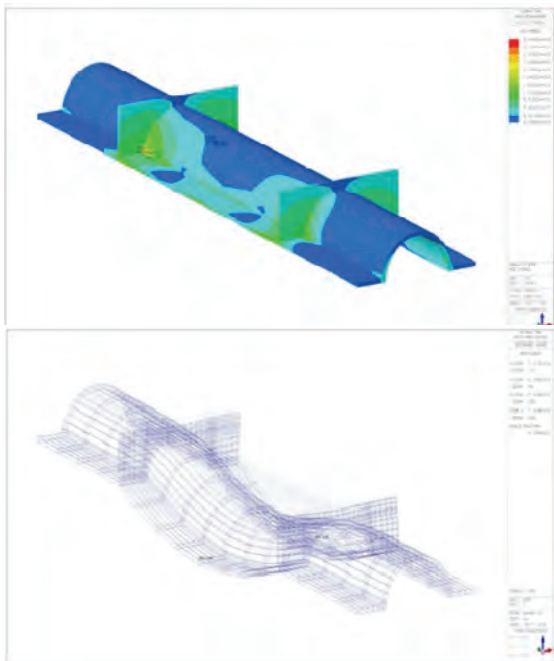


圖 10 拱型護板應力(上)與應變(下)分析圖

(五)建立施工圖說做為施工標準(圖 11)

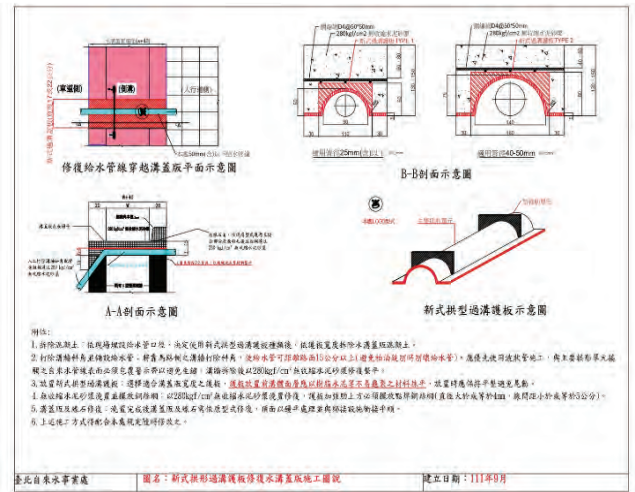


圖 11 施工圖說

(六)現地施工示範觀摩(圖 12)





圖 12 施工流程示範

(七)取得經濟部智慧財產局新型專利「過溝管線保護裝置」(圖 13)



圖 13 經濟部智慧財產局專利證書

(八)函請臺北市政府新工處、水利處及新北市養工處同意施工

1. 新型拱型護板工法 111 年經市府新工處及水利處通案核備。
2. 既有舊式槽鋼護板因混凝土易產生龜裂，新北市養工處原對該工法存有疑慮，一直未同意施工；新型拱型護板工法結構設計完整，強度經試驗室驗證、現場施工試辦及專業技師簽證，於 112 年認同新式工法設計理念，並同意施工。

三、新型拱型護板執行效益

- (一)節省成本：材料單價與現有槽鋼相比，拱形護板因尺寸精簡、用料減少，價格平均減少約 30%；施工單價部分與現有槽鋼相比，平均減少約 19%。
- (二)開挖範圍減少，材料輕量化，減碳施工：護板輕量化後，重量平均大幅減少約 50%，現地施工更容易，另寬度平均減少約 35%，可減少開挖面積。
- (三)現場品質易於控管且縮短工時：採用市面上乾拌無收縮水泥砂漿包取代場拌混凝土，施工廠商僅需控制水量，步驟簡單、容易施作，不受人為因素影響，有防呆效果，可確保修復溝面強度達設計強度，另因材料輕量化及開挖面積減少，每處工時約可縮減約 30 分鐘，有利工程進行並可縮短用戶停水時間，使市民受惠。
- (四)產品耐久性佳：新型拱型護板一體成形且具多重防護可靠度高，可節省修復費用，避免浪費公帑，提升企業形象。

新型專利拱型護板混凝土保護層增

加，耐久性強度提高，施工單價降低、施工成本減少，施工便利性及安全性提升（新舊工法比較如表 1），為管線單位、民眾及施工廠商創造三贏的效益。

表 1 新型拱型護板與槽鋼護板工法比較

	既有槽鋼護板 (面臨問題)	新型拱型護板 (解決方案)
護板特性	焊接組合，易形成力學弱面、重量過重，搬運不便。	一體成型，斷面形狀符合力學原理，尺寸輕量化，施工便利，成本大幅降低。
混凝土強度	現場拌合混凝土，易受人為因素影響，施工品質變異性大。	使用市售無收縮水泥砂漿包施作，混凝土品質易掌握，不受人為因素影響。
混凝土保護層	鋼筋上方保護層不足	提供足夠保護層
鋼筋(鋼線網)握裹力	護板緊貼 13mm 鋼筋，混凝土無足夠間隙包裹鋼筋、鋼筋綁紮不便，造成握裹力不足。	護板尺寸精簡，與短向加勁版組合後，以 4mm 鋼線網取代 13mm 鋼筋，提供足夠間距發展結合握裹力。

四、結論

新工法利用力學原理以一體成型方式將鋼板彎折為拱形單元，拱形斷面可均勻傳遞壓力、縮小斷面予以輕量化並降低變形量，此外增加橫向肋板確保側向勁度，並避免上方鋼線網與護板直接接觸，影響與混凝土之間握裹力，另護板表面採熱浸鍍鋅處理，可防鏽蝕以增加耐久性。

新式拱型護板工法步驟簡單容易施作，避免人工拌合混凝土品質難控制，其早期强度高且養護時間短，可縮短用戶停水時

間提早復水，開放通行、降低施工衝擊，有利工程進行並使市民受惠。

新式拱型護板與既有槽鋼護板相比，混凝土保護層增加，耐久性強度提高，施工單價降低、施工成本減少，施工便利性提升，可確實解決重複施工及違規裁罰的窘境，為本府、民眾及施工廠商創造三贏的效益。

本工法並不侷限於自來水管專用，具有推廣運用之潛能，可推廣至其他管線工程施作如電信、台電等 50mm（含）以下之管線皆可適用，另外本工法亦不限於臺北市採用，亦可將北水處實施相關經驗推廣至其他縣市使用。

參考文獻

- 1.臺北自來水事業處，104年度臺北市政府創意提案競賽提案表，中華民國105年1月。
- 2.臺北自來水事業處，編號104-5技術通報，中華民國104年4月。

作者簡介

李俊德先生

現職：臺北自來水事業處技術科三級工程師

專長：自來水管線設計施工

游叡研先生

現職：臺北自來水事業處技術科股長

專長：自來水管材設計、自來水管線設計施工

北水處高地社區供水改善— 以玫瑰城社區及仙岩山莊為例

文/王志隆

摘要

臺北自來水事業處南區營業分處轄區內有許多高地社區，因其地勢較高，屬水壓無法到達之處，故由建商自設加壓受水設備供水，建物興建完成後設備移由社區管理委員會自行維護管理；經歷多年使用管線老舊，造成社區內管線漏水嚴重，必須多分攤水費。

據此，為減輕民眾負擔並考慮其設備維護不當將造成水資源浪費，特擬定改善計畫編列公務預算補助，再由北水處代為施工，以解決高地社區管線老舊漏水問題。基於公務預算合理分配及維護水資源及能源有效運用之原則，本補助以各社區一次為限，並得視執行情況分批辦理，且每戶補助金額為工程改善經費之 80%，並以每戶 10 萬元為上限。本文對北水處轄區改善完成社區玫瑰城社區及仙岩山莊進行說明改善過程及成果。

關鍵詞：老舊高地社區改善、高地社區內線改善

一、玫瑰城社區供水改善

玫瑰城社區為於北市文山區興昌里興德路 64、66 巷一帶，民國 67 年申請接水，並於文山區興德路 55 號前設置社區總表，經社區水池水塔自設間接加壓系統供水，88 年因社區漏水嚴重，改由萬芳社區供水系統供水，並將社區總表移至水塔前方，經水塔

及下水管以重力供水至用戶端，社區下水池與上水管線廢棄，暫時改善漏水情況並免除社區加壓用電費用，但社區內管線經 40 年使用未辦理更新，又因社區內高程差異大，若小漏水未處理在高水壓的環境下經年累月造成社區管線不斷惡化，相對社區用戶必須多分攤水費，再因社區管線位於山坡地下面，查修不易，故時有漏水惡化造成停水情形發生。

期間經社區主委、里長及議員不斷奔走協調，首先面臨社區住戶對於管線改善、施工路徑、工程內容等問題有不同看法，須由管委會出來主導凝聚社區共識，另管線施工部分施工路徑位於私有土地內，未免施工爭議須先溝通取得同意，避免因故無法續行施工，且水塔位於住戶庭院內，施工須先請住戶開門才能進出，在社區主委的居中協調下，雙方於約定施工時確定施工路徑，避免損及庭院花木及相關設施條件下，同意更新水池旁下水管。

玫瑰城社區經過多年努力終於社區達成共識，由北水處代為進行管線表後管線汰換，並於 109 年依「臺北市老舊高地社區自設加壓受水設備改善計畫」進行社區管線改善。施工前辦理施工說明會，並向住戶說明計畫概要，預估總工程費用約 1,300 餘萬元，補助經費 80%，社區自付 20%，補助上限每

戶 10 萬元，施工前後土地糾紛，由社區自行處理，本處代辦施工完工後移由社區管委會維管，施工保固期 3 年。



圖 1 玫瑰城社區位置圖



圖 4 玫瑰城社區管線施工



圖 2 玫瑰城社區管線規劃



圖 5 玫瑰城社區管線施工



圖 3 玫瑰城社區管線施工



圖 6 玫瑰城社區管線施工



圖 7 臨時性路面



圖 8 副市長、里長、主委肯定

玫瑰城社區供水改善，改善用水戶數約 216 戶，改善前社區每月平均總表差額高達 3,500 度以上，社區平均月用水量約為 4,300 度，分攤比率達 83%，造成社區居民極大困擾。自 88 年起社區陸陸續續透過多位民意代表陳情，至 109 年改善工程完工止，期間大大小小會議、會勘超過 40 次以上，動員本處許多人力、時間，多次派員協助檢測漏水、釐清漏水範圍、協調規劃管線路線、克服管線設備經過私人土地問題並協商經費分攤及收費方式，改善後將社區漏水率由

83%大幅降至 1%，處理過程可謂耗時費力。

本處基於服務市民，長期以來協助社區檢測及解決漏水問題，並提供社區相關設備改善建議。實際統計玫瑰城社區汰換管線長度達 734 公尺，改善金額約 1300 萬元，其中用戶負擔 260 萬元，核算每年減少漏水量約為 4.2 萬噸，成效可謂相當良好。

本案協助社區改善漏水，照顧市民，可善盡維護水資源之社會責任，管線老舊破裂處一旦停水負壓也有污染源侵入導致影響人體健康疑慮，另漏水亦有造成路基掏空路面下陷之公共危險可能性。此外，本社區漏水問題亦為本市議員關切議題，協助社區改善漏水，可增進府會和諧，以利日後政策推動順遂。

二、仙岩山莊供水改善

仙岩山莊社區位於文山區興安里景華街 176 巷 22 弄、25 弄、27 弄、31 弄一帶，社區建物型態為 2 樓獨棟式房屋建築群，周邊有麥田山莊等多個高地社區，該社區係 64 年申請接水，因其地勢較高，屬水壓無法到達之處，故由建商自設加壓受水設備供水。

仙岩山莊社區供水方式由仙岩路 16 巷口徑 200mm 配水管線供水，總表口徑 75mm 位於仙岩路 16 巷 38 號旁水池上方（高程約 15m），揚水管口徑 75mmPVC 沿景華街 176 巷 25 弄防火巷，經景華街 176 巷道路至 31 弄口上社區高架水塔（位置高程約 29m，塔高約 7m），再以重力方式供給各戶用戶，水塔下水管明管有口徑 100mm 及 75mm 舊有鐵管兩支供應社區用水，部分管線位於防火巷

鐵管漏水嚴重一處漏水修妥後常常又造成其他管線脆弱處又發生漏水，必須進行管線更新才能解決問題。

為免水資源浪費、照顧市民及減輕用戶負擔，並徹底解決本市老舊高地社區加壓受水設備維護課題，本處於 111 年依「臺北市老舊高地社區自設加壓受水設備改善計畫」進行社區管網改善。惟本社區無立案管委會凝聚社區共識相對困難，幸有社區內熱心住戶出面作為代表人，進行大小會議協商，出面整合社區意見及挨家挨戶配合水電商進行屋內管線的調整施工，最後也得到社區所有住戶的信任，簽妥所有住戶同意書與本處簽訂改善契約進行社區內管線改善。

本社區改善用水戶數約 57 戶，改善前社區每月平均總表差額高達 1,400 度，社區月用水量約為 2,800 度，分攤比率達 50%，造成社區居民極大困擾。社區多次透過民意代表陳情，至 111 年改善工程完工止，依總

表現場抄表資料計算，改善後每日平均用水量由 85~86 度大幅下降至 40 度，每月減少約 1,350 度，漏水已改善完成。

施工期間動員本處許多人力、時間，多次派員協助檢測漏水、釐清漏水範圍、協調規劃管線路線、克服管線設備經過私人土地問題並協商經費分攤及收費方式，處理過程可謂耗時費力。

本處基於服務市民，長期以來協助社區檢測及解決漏水問題。經統計社區汰換管線長度達 740 公尺，改善金額約 600 萬元，其中用戶負擔 120 萬元。本案多次協商克服防火巷狹小施工困難問題並協助用戶將表位自屋後移至屋前，另配合社區需求辦理總表表位改善，由社區一併改善其水池及機電設備，使日後抄表計量順遂亦使社區方便管理維護；相關基層工程人員勞心勞力，使相關工程盡速於 1 個月內完成，減少施工期間社區民眾用水之不便，功不可沒。



社區原供水系統由下水池抽水機經揚水管(φ75mmPVC)送至水塔，再由下水管(φ100mm及φ75mmPVC)供至用戶。

新設揚水管及下水管φ100mmDIP 370公尺，更新用戶給水管為不鏽鋼(SSP)370公尺。

☆原老舊管線將現地廢棄☆

圖 9 仙岩山莊管線規劃



圖 10 仙岩山莊施工說明會



圖 13 仙岩山莊配水管線汰換



圖 11 仙岩山莊管給水管線汰換



圖 14 仙岩山莊配水管汰換



圖 12 仙岩山莊配水管線汰換



圖 15 仙岩山莊給水管線汰換

三、預期效果與影響

老舊高地社區自設加壓受水設備改善計畫執行的效益說明如下：

(一)減低民眾水費負擔

本計畫改善該老舊高地社區供水品質、確保水質安全，並避免因漏水導致之安全性問題。民眾無須再負擔用戶加壓受水設備漏損之水費，及其增壓供應所衍生的龐大電費。光以節省水費而言，本文改善玫瑰城社區及仙岩山莊社區完成後每年可節省 5 萬立方公尺水量(屬總分表差額水量)。

(二)節省能源資源

藉由本計畫協助解決民眾用水問題，並促進水資源之有效利用，為免水資源浪費、照顧市民及減輕用戶負擔，並徹底解決本市老舊高地社區加壓受水設備維護課題，以及相對節約省下的電力，在近年旱災頻仍及用電吃緊之情況下，對於減少能源浪費有相當助益。

(三)降低社會成本

因老舊高地社區用戶加壓受水設備漏水嚴重，連帶空戶亦須負擔一筆可觀的分攤社區公共用水費，以及供水不穩情形而常有用戶透過民意代表陳情，多次協調、現勘投入大量人力及時間處理說明，增加不少社會成本，本計畫完成後將可大幅改善此情形。

四、結論與建議

本文分享了北水處近年高地社區供水改善案例，執行過程相關困難及後續建議事項，以下是針對未來執行的相關建議：

(一)老舊高地社區用戶加壓受水設備改善計畫應加強轄區老舊高地社區宣導作業、

成立專責窗口，以利後續社區申請作業。

(二)未來應由執行單位的回饋執行困難及建議，杜絕目前供水不及地區由建商新開發社區，無法善盡社區內設施設備管理維護責任，故倘舊有高地社區建商目前仍有營業者，應先採取適當法律措施要求建商善盡責任，以維護用戶權益。

(三)補助經費到位與廠商施工能量是計畫能否達成目標的關鍵，未來將可逐步實現改善老舊高地社區供水問題。

作者簡介

王志隆先生

現職：台北自來水事業處南區營業分處二級工程司兼股長

專長：管網改善工程規劃、設計、監造及小區計量

集水管取水對地面地下水體影響初步評析

文/楊銘賢

摘要

高屏河流域歷經近年以伏流水為自來水水源實際操作經驗，確實發揮高濁度與枯旱備援功效。目前我國伏流水取水工程多位於河道內地表下方，對民眾日常活動影響小，工程費用比攔河堰相對較低，為近年普遍且受大眾接受的自來水源利用方式之一。

台灣地區近年公共用水之伏流水場址規劃成果中，取水埋深約介於 4 至 15 公尺間，所在含水層水力傳導係數介於每秒 2.9×10^{-5} 至 7.2×10^{-4} 公尺間；伏流水取水後，水源分別來自地面水與地下水體。本文以荖濃溪河段為例，採剩餘水量計算與地下水流模擬法，初步評析若於該河段新設地下集水管工程取用伏流水後，對地面、地下水資源之可能影響，以供未來取水場址規劃參考。

關鍵字：集水管，伏流水，地下水

一、前言

早期伏流水相關規劃與文獻成果眾多，包含李昭順、劉振宇於 101 年台灣水利發表之「台灣西部河川上游經濟穩定的伏流水開發」等，直至水利署 105 年「伏流水取水工程規劃設計施工作業要領」彙整後，國內較有一致性之規劃方式。

經蒐集「伏流水取水工程規劃設計施工作業要領」完成之後，歷年伏流水規劃案，包括：水利署水利規劃分署 106 年「後龍流域伏流水調查規劃」、107 年「寶山水庫下

游頭前溪(含柯子湖溪)流域伏流水調查規劃」、107 年「朴子溪及八掌河流域中上游地區伏流水調查規劃」、「臺灣中部烏溪流域備援伏流水開發調查規劃」、111 年「二仁溪及鹽水溪伏流水調查規劃」，水利署中區水資源分署 105 年「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程計畫-石岡壩上游河段伏流取水調查研究及規劃」、107 年「鯉魚潭水庫保留新灌區供水量之替代方案評估-通霄溪伏流水取水及農塘供水調查規劃」，屏東縣政府 109 年「屏東縣轄內伏流水調查計畫」等，就地點、取水量、型式、埋深、水力傳導係數(K 值)成果等，彙整如表 1，顯示上述台灣地區由北至南之伏流水場址規劃成果中，取水埋深介於 4 至 15 公尺，所在含水層水力傳導係數介於每秒 2.9×10^{-5} 至 7.2×10^{-4} 公尺間。惟針對伏流水取水後，水源分別對於地面水與地下水體影響之探討文獻較為缺乏。

高屏河流域中，荖濃溪集水區面積約略為旗山溪加上隘寮溪集水區面積，故荖濃溪較有再開發伏流水潛勢。以下就荖濃溪河段(高美橋至高屏溪攔河堰間)水文背景、伏流水設施，及伏流水與地面水、地下水關係等進行初步探討。

二、荖濃溪河段水文特性

本文探討荖濃溪範圍，主要為高美大橋至高屏溪攔河堰間地面水與地下水(如圖 1)，其水文特性概述如下。

(一)地面水

地面水剩餘水量以高美大橋(以往曾規劃高美堰)為控制點進行評析,依據水利署民國 97 年「高屏大湖(第一階段工程)可行性研究」,高美堰引水期間需先考慮控制點上、下游水權量。考量曾文水庫越域引水工程計畫及高屏大湖計畫尚於檢討中,故暫不考慮該兩者於荖濃溪之引水量。

有關河川生態基流量,參考水利署 105 年「伏流水取水工程規劃設計施工作業要領」,係依據行政院民國 91 年 3 月 15 日院台經字第 091000817 號函核定之「臺灣地水資源開發綱領計畫」,以集水面積比例法推估,採每 100 平方公里須有 0.135 秒立方公尺之河川生態基流量(保育用水量)之原則予以估計。高美堰控制點集水區面積 1,352 平方公里,換算生態基流量為 1.825 秒立方公尺。

另河道補注率可參考 99 年南區水資源局「曾文水庫放水與烏山頭水庫進出水量關係分析研究」,及 96 年中區水資源局「濁水溪沖積扇地面地下水聯合運用管理模式建立與機制評估」後,理論上應將天然流量扣除保留量後採計 10% 為河道補注地下水量,惟為估計枯水期可能最大可引水量,故暫不扣除河道補注量。

依據上述估算高美堰址各超越機率天然流量,如表 2。其中,豐水期流量約占 81%,枯水期約占 19%,歷年平均日流量為 114.9 秒立方公尺,年流量約為 36.2 億立方公尺。

(二)地下水

以南區水資源分署於高美橋、里港大橋

與斜張橋周邊,臨時簡易地下水位觀測井,檢視地下水位歷線。上游(高美大橋)地下水位豐枯變化最大(如圖 2),最高與最低月水位約相差約 27 公尺;中游(里港大橋)最高與最低月水位約相差約 4 公尺;下游(臨斜張橋,位置如圖 1)地下水位豐枯變化最小(如圖 3),最高與最低月水位相差約 3 公尺;上游豐枯水期平均地下水位差於 6 公尺內,中下游豐枯水期平均地下水位差於 1 公尺內;歷年最低地下水位出現於 110 年。並蒐集水利署第七河川分署轄管周邊地下水位站,北起中州,依序順時鐘方向包括吉洋、高樹、新南、九如、清溪、九曲、大樹、溪埔、土庫、里港等站地下水位歷線。本文以上述除土庫、里港、溪埔、大樹站外之外圍地下水位站之連線範圍為水力邊界條件,模擬枯旱時期之地下水環境,並探討既有伏流水取水情境下,對地下水及河道地面水之影響。

另蒐集高屏堰入流量與溪埔站地下水位等資料,檢視近年地下水文特性(如圖 4)。顯示 110 年 4 月間曾發生高屏堰前流量僅 4 秒立方公尺之情形,再此之前約達 2 個月完全無降雨,且 109 年 9 月至 110 年 4 月間長達近 8 個月之累積總降雨僅 69 毫米,因久旱無雨,且 109 年之年雨量僅 2,027 毫米,為 103 至 110 年期間最低年雨量者,且僅為歷年平均值 3,338 毫米之六成,故地下水補注量大幅降低,而發生鄰近之溪埔站地下水位亦來到歷史新低;高屏堰系統供水不足的部分,係由南化水庫透過南化高屏聯通管進行補充。

表 1 民國 105 年以後伏流水工程規劃成果彙整表

分區	流域	取水場址	設計 取水量 (萬 CMD)	取水型式	取水 埋深 (m)	地層 水力傳導 係數(m/s)	文獻 來源
北區	頭前溪	油羅溪橋上游	4.6	集水廊道	6	3×10^{-4}	註 1
中區	大甲溪	石岡壩上游	10	水平式集水管	6	1.6×10^{-5} ~ 1.6×10^{-4}	註 2
中區	後龍溪	客屬大橋上游	3	輻射井	6	1.1×10^{-4} ~ 4.1×10^{-4}	註 3
中區	通霄溪	高鐵橋下游	0.3	水平式集水管(上游) 集水廊道(下游)	4	2.1×10^{-5} ~ 1.8×10^{-6}	註 4
中區	朴子溪	永順橋下游	1.5	水平式集水管	5.5	7.9×10^{-5}	註 5
中區	八掌溪	忠義橋上游	1.6	水平式集水管	7	4.8×10^{-5}	註 5
中區	烏溪	國道三號橋上游	8	水平式集水管	7	1.4×10^{-3} ~ 2.9×10^{-5}	註 6
南區	鹽水溪	豐化橋上游	0.2	水平式集水管	12	1.2×10^{-5} ~ 1.8×10^{-5}	註 7
南區	二仁溪	南雄橋下游	0.05	輻射井	12	1.2×10^{-5} ~ 1.8×10^{-5}	註 7
南區	高屏溪	里港堤外	4	輻射井	14	1.9×10^{-4} ~ 7.2×10^{-4}	註 8
南區	高屏溪	九如堤外	4	輻射井	14.5	1.3×10^{-4} ~ 5.8×10^{-4}	註 8

- 註：1. 寶山水庫下游頭前溪(含柯子湖溪)流域伏流水調查規劃(水利署水利規劃分署, 107 年 12 月);
 2. 大安大甲溪水資源聯合運用輸水工程計畫-石岡壩上游河段伏流取水調查研究及規劃(水利署中區水資源分署, 105 年 11 月);
 3. 後龍溪流域伏流水調查規劃(水利署水利規劃分署, 106 年 6 月);
 4. 鯉魚潭水庫保留新灌區供水量之替代方案評估-通霄溪伏流水取水及農塘供水調查規劃(水利署中區水資源分署, 107 年 2 月);
 5. 朴子溪及八掌溪流域中上游地區伏流水調查規劃(水利署水利規劃分署, 107 年 8 月);
 6. 臺灣中部烏溪流域備援伏流水開發調查規劃(水利署水利規劃分署, 107 年 12 月);
 7. 二仁溪及鹽水溪伏流水調查規劃(水利署水利規劃分署, 111 年 12 月);
 8. 屏東縣轄內伏流水調查計畫(屏東縣政府, 109 年 12 月);
 9. 僅彙整水利署 105 年 6 月「伏流水取水工程規劃設計施工作業要領」出版後之規劃成果。

表 2 高美大橋控制點地面水剩餘流量情境試算表

(1)里嶺天然流量	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
Q ₃₅	28.1	29.3	33.4	45.1	113.3	284.8	201.8	293.6	211.0	92.7	51.6	33.5
Q ₅₀	25.0	23.6	28.3	40.4	84.3	210.2	146.1	179.9	151.9	74.6	47.5	29.3
Q ₈₀	19.5	19.0	19.0	20.0	43.9	116.2	88.1	113.4	89.9	48.9	31.7	23.0
Q ₈₅	18.6	16.8	17.6	18.6	31.9	106.8	73.5	104.6	79.1	42.6	30.0	22.7
Q ₉₅	16.2	13.6	13.6	13.4	20.5	60.9	45.7	67.9	56.3	35.7	24.4	19.0
(2)堰址分攤水權量 (含高屏堰系統水權)	27.576	26.856	26.784	27.494	31.602	29.488	36.852	37.776	37.574	37.710	33.857	23.722
(3)堰址分攤水權量 (不含高屏堰系統水權)	25.755	25.035	24.964	25.674	28.770	23.755	31.119	32.043	31.841	31.978	31.261	22.542
(4)生態基流量	1.825	1.825	1.825	1.825	1.825	1.825	1.825	1.825	1.825	1.825	1.825	1.825
(5)剩餘流量 (保留高屏堰水權)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
Q ₃₅	0.0	0.6	4.8	15.8	79.8	253.5	163.1	254.0	171.6	53.1	16.0	8.0
Q ₅₀	0.0	0.0	0.0	11.1	50.9	178.9	107.4	140.3	112.5	35.1	11.8	3.8
Q ₈₀	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	84.9	49.4	73.8	50.5	9.4	0.0	0.0
Q ₈₅	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.4	34.8	65.0	39.7	3.1	0.0	0.0
Q ₉₅	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.6	7.0	28.3	16.9	0.0	0.0	0.0
(6)剩餘流量 (未扣高屏堰水權)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
Q ₃₅	0.5	2.4	6.6	17.6	82.7	259.2	168.8	259.8	177.4	58.8	18.6	9.1
Q ₅₀	0.0	0.0	1.5	12.9	53.7	184.6	113.1	146.0	118.2	40.8	14.4	4.9
Q ₈₀	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	90.6	55.1	79.5	56.3	15.1	0.0	0.0
Q ₈₅	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	81.2	40.5	70.7	45.4	8.8	0.0	0.0
Q ₉₅	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.3	12.8	34.1	22.7	1.9	0.0	0.0

註：(5)=(1)-(2)-(4)；(6)=(1)-(3)-(4)；流量單位為 m³/sec

三、伏流水設施盤點

現況高屏溪既有系列伏流水工程，於高屏溪攔河堰以下，計有竹寮、九曲堂、翁公園、會結伏流水等(如圖 5)，設計取水量每日 37 萬立方公尺；於高屏溪攔河堰以上，計有溪埔、大泉、興田(含#1、#2 幅射井與模場)伏流水，及規劃中里港、里嶺、九如伏流水(如圖 6)，設計取水量每日 57 萬立方公尺。其中，現況溪埔、大泉、興田伏流水實際取水量合計約每日 30 萬立方公尺。各設施取水對地下水體影響，均已反應於各地下水位觀測紀錄中。

高屏堰以上各既有伏流水設施位置、取水方式及量體與營運取水量等，概要說明如下。

(一)興田伏流水

興田伏流水包含每日 1 萬立方公尺模場與原每日 10 萬立方公尺幅射井設施(註：電力改善後可以增加為 14 萬立方公尺)。模場位置位於高雄市大樹區，西鄰大泉營區；北邊為大庄社區；東邊為高屏溪；南邊距高屏堰 850 公尺，鄰近河道斷面 51，取水設施設有一座井內徑為 6 公尺的幅射井及一組管內徑為 1,000 毫米的水平式集水管。另採用 2 處單口幅射井合併設置長 250 公尺集水暗管，其材質為鋼骨繞線式透水管，管徑為 1,200 毫米，原設計取水量各為每日 5 萬立方公尺，取水設施位置約於高屏溪斷面 54 及斷面 56 處(如圖 7)，工程內容包括：集水暗管工程、幅射井工程、操控塔工程及輸水管路工程等四項工程，合計設計取水量每日 14 萬立方公尺。上述 3 處伏流水工程現況實際

取水量約平均每日 6.3 萬立方公尺，最大取水量每日 14.6 萬立方公尺。



圖 1 各控制點位置與數值模擬邊界

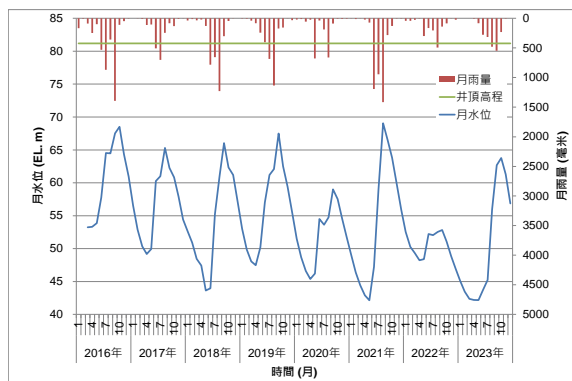


圖 2 高美橋附近 105#1 觀測井地下水位歷線

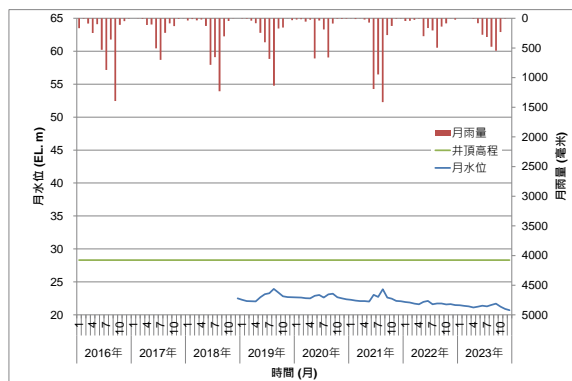


圖 3 斜張橋附近 107#5 觀測井地下水位歷線

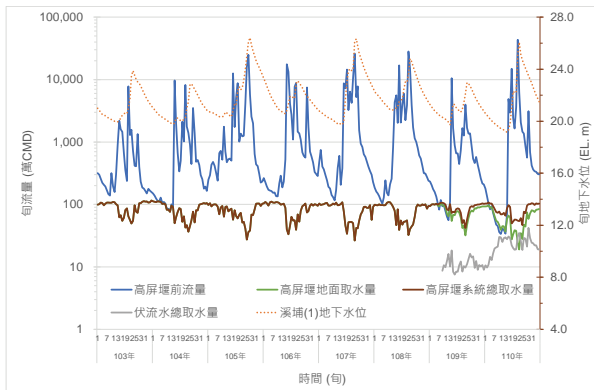


圖 4 近年高屏堰取水與水文量時序圖



圖 5 高屏堰以下伏流水工程概況



圖 6 高屏堰以上伏流水工程概況

(二)溪埔伏流水

溪埔伏流水距高屏堰上游約 5.55 公里處之高屏溪河床下(如圖 8)埋設外徑 1,200 毫米集水管 1,600 公尺，汲取每日 15 萬立方公尺伏流水源為目標，110 年完工。現況實際取水量約平均每日 9.3 萬立方公尺，最大取水量每日 12 萬立方公尺。

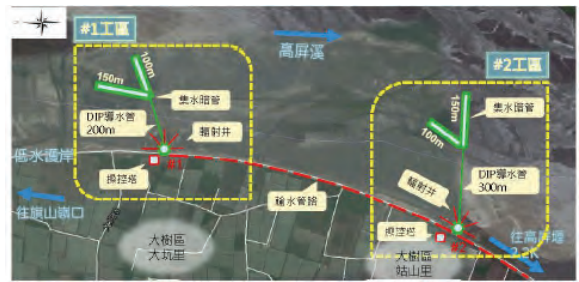


圖 7 興田伏流水輻射井位置圖



圖 8 溪埔與大泉伏流水工程位置圖

(三)大泉伏流水

大泉伏流水於距攔河堰上游約 0.5 公里處之高屏溪河床下(如圖 8)埋設外徑 1,200 毫米集水管 1,600 公尺，汲取每日 15 萬立方公尺伏流水源為目標，110 年完工。現況實際取水量約平均每日 6.7 萬立方公尺，最大取水量每日 15.5 萬立方公尺。

四、伏流水與地面水關係評析

透過檢視地面水剩餘水量，來探討於荖濃溪河段取用伏流水對其下游水權人取水之影響。河川剩餘水量之計算分析，主要係以高美大橋站為控制點，將月天然流量扣除

控制點應分攤其下游之水權量與需保留之下游河川生態基流量，以推算各月河川剩餘流量。

以水權核發基準 85%超越機率流量^(Q85)為例，每年 11 月至隔年 4 月之河川幾乎已無剩餘流量(表 2)；更枯之 95%超越機率流量^(Q95)則無剩餘流量之月份更長。大於 85%超越機率流量者，可申請臨時用水使用，經試算後 35%超越機率流量^(Q35)以上者於各月份均有剩餘水量(表 2)。

以保留現有取水設施之水權量及基流量觀點，平均而言荖濃溪高美橋河段之地面水於枯水期間(11 月至隔年 4 月)已無剩餘水量，故無法提供全年伏流水之地面水源。若再新設之伏流水取水設施，於枯水期無剩餘水量再取水情況下，將會影響高屏溪河段既有取水設施取水。上述成果係基於高屏堰持續穩定取水與保留下游之既有水權量(如農田水利會之曹公圳、萬丹圳等取水)之前提進行檢視；惟若以整體水資源利用觀點，荖濃溪河段新設水資源設施(如新設之伏流水設施)可配合與高屏堰系統聯合取水，以增加取水穩定度。

五、伏流水與地下水關係評析

(一)河床水力傳導係數

為掌握欲探討河段之河床水力傳導係數，以供地下水流數值模擬，進一步確認伏流水取水後對地面、地下水影響，現地地表入滲試驗採 ETC Pask (Engineering Technologies Canada Ltd., ETC; David Pask 提出)入滲儀進行。該試驗主要依據 Reynolds (1993)及 Elrick 與 Reynolds (1986)理論基礎，

以恆定水頭井孔入滲儀(Constant Head Well Permeameter, CHWP)，透過井孔內恆定水頭，於非飽和土層形成一個飽和水球體，量測現地飽和水力傳導係數。此試驗方法與國內常見雙環入滲試驗及其替代方法 Guelph 滲透法，均符合 2016 年美國材料試驗協會 (ASTM D5126)規範標準。

ETC Pask 入滲儀是一種方便易用的設備(如圖 9)，試驗過程僅需記錄入滲儀內水位面變化與時間關係。此類 CHWP 的試驗透過試驗井孔內恆定水頭補水，測量入滲儀深入土層橫截面積中水位的下降速率，可透過水流速率計算得到飽和水力傳導係數 (Reynolds, 1993)。



圖 9 ETC Pask 入滲儀現地入滲試驗示意圖

(二)地下水流數值模擬

本文評析範圍周邊地質剖面圖如圖 10，第 1 概念分層有效含水層厚度約 22 至 200 公尺(高屏溪左岸較右岸有效含水層厚)。伏流水取水後對地下水位影響模擬，採有限差分法 MODFLOW 為工具(註：模擬架構參考水利署水利規劃分署 107 年「高屏地區防災緊急備援井網建置」，網格為 200X200

公尺),範圍如圖二所示。其中,西側為地質固結與否交界面,原則採零流量邊界,惟考慮西側坡面亦有統領坑溪、無名溪、大坑排水、姑婆寮排水等側向補注,故設定為定水頭邊界;各地下水位站連線之定水頭邊界,採 110 年 5 月水位設定為枯水期水文條件、110 年 8 月水位設定為豐水期水文條件;河川水深依據水位站豐枯觀測值設定為 0.1 至 0.3 公尺間,河床 K 值採每秒 8×10^{-5} 公尺;以非局限含水層進行建模,含水層厚度採上述各地下水位站有效含水層厚度平均值為 134 公尺;K 值則取各站平均值採每秒 5×10^{-4} 公尺。就現況土庫、里港、溪埔、大樹各站枯水期現況地下水位為:EL.32.0、28.6、19.2、15.2 公尺,模擬結果依序為:EL.32.2、28.5、19.2、15.2 公尺;豐水期現況地下水位為:EL.39.0、32.4、25.4、18.7 公尺,模擬結果依序為:EL.39.1、33.0、25.4、18.8 公尺,尚屬吻合。

假設於荖濃溪右岸灘地隴祥河濱公園臨河側採集水管取用伏流水,則參考其臨時簡易地下水位觀測井,檢視現況地下水位歷線如圖 11。歷年平均月水位為 EL.36.9 公尺(埋深 8.8 公尺),歷年最高月水位為 EL.39.7 公尺(埋深 6.0 公尺)、歷年最低月水位為 EL.31.0 公尺(埋深 14.7 公尺),豐水期平均月水位為 EL.36.5 公尺(埋深 9.2 公尺)、枯水期平均月水位為 EL.37.4 公尺(埋深 8.3 公尺)。其中,豐枯水期統計月份依據地面水慣常採用之 5 至 10 月為豐水期,餘為枯水期,又地下水與地面水豐枯存在時間遞延,故有枯水期平均水位較豐水期高現象。除 112 年情形以外,110 年 5、8 月大致為涵蓋本區最豐與

最枯之地下水文條件,地下水位埋深介於 6 至 12 公尺間。

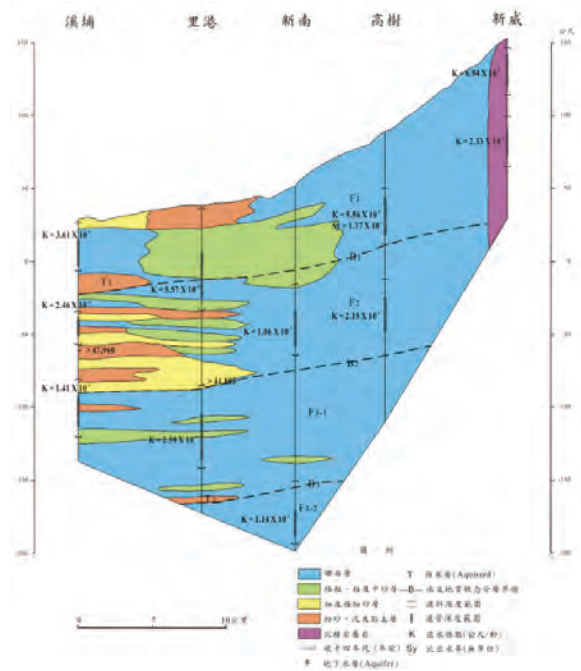


圖 10 屏東平原高樹—里港—溪埔地質剖面圖

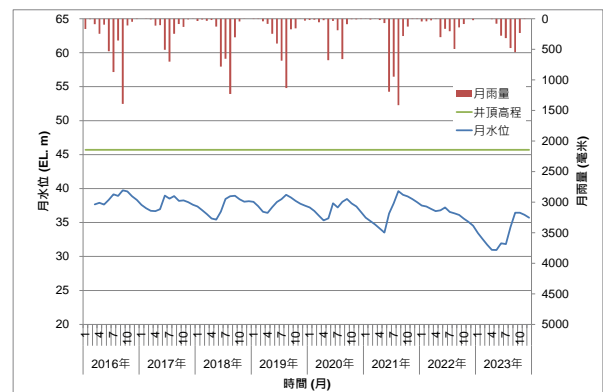
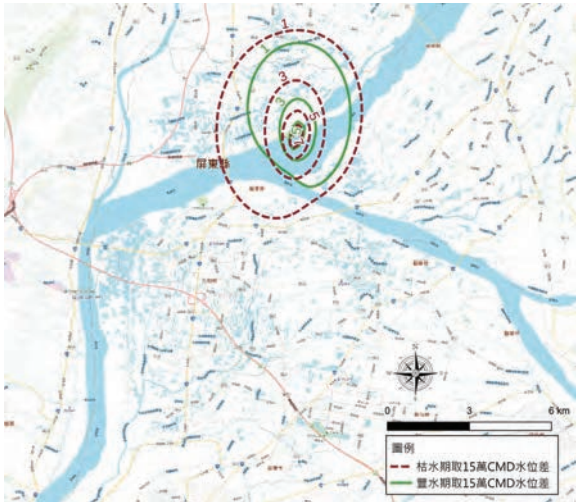


圖 11 隴祥公園 105#3 觀測井地下水位歷線圖

本文模擬假設於荖濃溪隴祥河濱公園臨河側取用伏流水,於河床水力傳導係數每秒 4×10^{-5} 公尺、豐枯水期情境下,取用每日 15 萬立方公尺伏流水對地下水位洩降影響範圍如圖 12。以地下水位洩降 1 公尺以上範圍進行檢視,最大影響距離約在 4 公里內,發生於枯水期,影響範圍約 28 平方公里,主要區域仍在河道與灘地,行政區則包含美

濃吉洋里、里港土庫村、里港三部村等；豐水期取等量伏流水，其影響範圍縮小為 15 平方公里。枯水期伏流水之取用來源主要為地下水體，而豐水期則有較多之地面水源。



註：圖中標示地下水位洩降量單位為公尺。

圖 12 取用 15 萬 CMD 伏流水後影響範圍圖

六、結論與建議

- (一) 枯旱時期，因河川水位降低，透過伏流水之地下取水工法，分散取水，搭配既有地面取水，可增加枯旱期取水穩定度，維持既有地面水取水系統穩定供水。
- (二) 荖濃溪河段規劃增加取用伏流水，若與高屏堰聯合取水，即取水總量不變(等同現況高屏堰取水量)，則對地面水源之影響等同於現況高屏堰取地面水之影響，而對周邊地下水位洩降影響主要在堤外河道範圍；當伏流水取水量與高屏堰取水加總超過現況高屏堰取水量，則依據估算剩餘水量成果，將可能會對地面水源有影響，並且地下水位洩降亦可能會擴大。

(三) 為釐清伏流水取用之水體，其來源屬於地面水體與地下水體之比例，建議採示蹤劑搭配監測井等進行現場試驗，再與數值模擬比對，以進一步探討豐枯水期之影響。

參考文獻

1. 經濟部水利署南區水資源分署(2022)，「110-111 年度高屏河流域水資源監測評析暨南部地區水資源開發計畫規劃評估檢討」。
2. 水利署南區水資源分署(2019)，「高屏流域中上游水文監測與水資源評估」。
3. 水利署水利規劃分署(2018)，「高屏地區防災緊急備援井網建置」。
4. 台灣自來水公司(2018)，「高屏溪溪埔伏流水工程基本設計報告」。
5. 經濟部水利署(2016)，「伏流水取水工程規劃設計施工作業要領」。
6. 經濟部(2014)，「屏東平原地下水補注地質敏感區劃定計畫書」。

作者簡介

楊銘賢先生

現職：中興工程顧問股份有限公司工程師

專長：水文地質調查、評估與開發；水資源規劃、運用與管理

延性鑄鐵管耐震接頭(NS 型)之試辦一 以台水九區處為例

文/林武榮、蔡政翰

摘要

猶記得 107 年 2 月 6 日 23 時 50 分花蓮縣近海發生芮氏規模 6.0 地震、地震深度 10 公里，花蓮市震度 7 級，造成當地多處大樓倒塌並釀成人員傷亡慘重的天然災害，間接影響自來水管線脫接、斷裂、擠壓、扭曲、變形且多處附掛橋樑、穿越箱涵、地下各管線及用戶外線脫接等災情（詳圖 1、2），加上主震後一星期內，餘震持續不斷，平均 80 餘次/天，造成二次災害復發性，影響復水時效及民眾用水需求等待期。

本研究則以九區處試辦為例，辦理管線汰換工程，除幹管採用耐震接頭外，用戶外線一併更換成不銹鋼波狀管(SSP)，可耐壓抗震，破管漏水的機會將大大減少，藉由本案例施作期間遭遇困難及解決方案分享，作為日後地震頻繁或地震帶鄰近地區，耐震管材施作之經驗參考。

關鍵字：耐震管材、延性鑄鐵管耐震接頭、NS 型



圖 1 花蓮 0206 災情—管線脫接

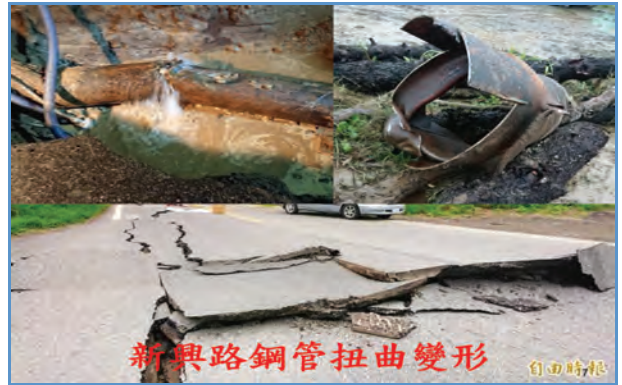


圖 2 花蓮 0206 災情—管線扭曲變形

一、前言

九區處奉總公司核定試辦 DIP(NS 型)計畫，共計 5 件工程，分別如下：

- (一)新城鄉華西路汰換管線工程。
- (二)花蓮市新興路~新城鄉嘉南、嘉新路等汰換管線工程。
- (三)花蓮市中正、明禮路、明心街等汰換管線工程。
- (四)花蓮市大同、復興、三民街(林森路至中正路段)汰換管線工程。
- (五)花蓮市花崗、三民、復興街(中正路至公園路段)汰換管線工程。

上述案一（華西路）及案三（中正路）於地震災後，因配合路權單位花蓮市公所迅速道路封層作業汰換成 DIP，明禮路則因管線為 400mmSP，經日方技師建議 300mm 以上暫不採用 NS 型管線。

108 年度開始辦理案二（嘉南路）施工標案(第一標)，卻因選舉前遭路權單位趕辦



道路創封，導致無法取得路證核准，施工廠商遂於 109 年 3 月份提出解約；其餘花蓮市各路段，經反覆洽詢協調路權單位，確認可施作路段，終於核准申挖並彙辦成林森路施工標案(第二標)，接續於 109 年 9 月 9 日由工務處召集會議檢討，決議將採第一、二標併案發包，並將日方技術人員教育訓練併入管材採購規範(材料標)，同時考量新冠肺炎疫情嚴峻，須增加隔離等相應費用。

「花蓮市林森路至公園路間等街道汰換管線工程」相關施作期程如下：

- 1.工程標於 110 年 4 月 22 日決標。
- 2.材料標於 110 年 8 月 17 日決標。
- 3.教育訓練於 110 年 12/14~12/16 假台南專訓中心辦理。
- 4.111 年 3 月 8 日開工進場施作，於 111 年 11 月 7 日竣工完成。

二、規設及施工經驗分享

花蓮市林森路至公園路間等街道汰換管線工程

(一)工程基本資料

- 1.設計單位：第九區管理處工務課
- 2.監造單位：第九區管理處工務課
- 3.承包廠商：大鵬水電工程行
- 4.工程預算：2,853 萬：
 - (1)施工費 1,248 萬(44%)；
 - (2)材料費 1,460 萬(51%)；
 - (3)其他 145 萬(5%)。
- 5.工程材料：
 - (1)100mm DIP(NS 型)- 699M；
 - (2)200mm DIP(NS 型)- 790M；
 - (3)不鏽鋼波狀管(20~25mm)-558M (121 戶)。

(二)施工位置：

1.因引進新材料、新工法，施作速度相較以往傳統工法較為緩慢，施工將造成民眾不便，遂規劃將工區分為六個階段(詳圖 3)，並針對各階段住戶分別召開現場說明會，提前預告施工可能的不便，藉由雙向溝通，不僅消除民眾疑慮也獲得民眾的支持。



圖 3 施工位置圖

(三)管溝斷面：因 NS 接頭具有防脫鎖鍊結構，如以全管溝 CLSM 回填，將使其喪失滑移功能，故管底至管頂 35 公分均回填砂(詳圖 4)。

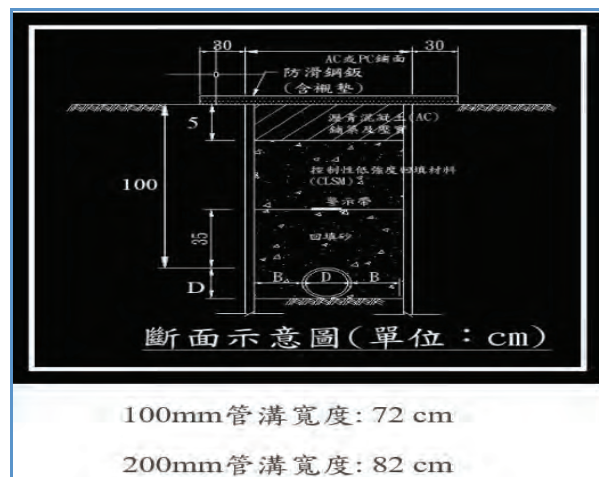


圖 4 管溝斷面示意圖

(四)工程規範重點：

1.廠商得標後派員至少 6 名施工人員，由九區處進行延性鑄鐵管耐震接頭(NS 型)施工

實務訓練 (受訓時間為 2 日, 訓練等講師費用由九區處支付, 不另支付薪資), 未經訓練合格者不得進入管溝進行延性鑄鐵管耐震接頭(NS 型)安裝作業。

- 為確保施工品質, 本工程每個工作面至少有 3 名經前項訓練合格之施工人員, 廠商每日每工作面之配水管線施工長度不得大於 35 公尺, 另經九區處同意者得放寬管線施工長度。
- 廠商於施工中應於管底襯墊枕木以及管接頭處須墊木板塊以進行管線調整接合, 相關費用已包含於安裝 NS 型直管及管件施工單價內。
- 廠商應依規範自備 NS 管接合及拆解工具、NS 型切管基本套組、NS 管用鑽孔機及銅套插入器組等設備(主要機具設備已編列折舊費計價, 其餘附屬機具仍需廠商備妥; 相關機具需經本公司確認)。

(五)施工重點:

- 管溝寬度: 本案原設計 NS 施工管溝寬度 φ 200mm 為 62.2cm、 φ 100mm 為 51.2cm。經本公司第六區處辦理 NS 汰換管線工程後成果報告, 現場施工依原設計寬度施作於管頭處裝接時略顯寬度不足, 經日本技師建議應調整為 D+60cm 挖掘寬度(φ 200mm 為 82cm、 φ 100mm 為 72cm), 以符現況實際施工需求。
- 落實埋管自檢: NS 型 DIP 檢查表共有下列 3 種檢查表 (詳圖 5、6、7):

- (1)NS 型接頭檢查表 (φ 75~ φ 250)。
- (2)NS 型套筒檢查表。
- (3)NS 型斷管檢查表。

每一步驟皆須落實量測並詳實紀錄。

圖 5 NS 型接頭檢查表

圖 6 NS 型斷管檢查表

圖 7 NS 型套筒檢查表

3.斷管：NS 型直管斷管工序簡述如下：

- (1)精確量測計算斷管長度。
- (2)安裝斷管用引導環。
- (3)使用專用溝槽切割機與切斷機，實施插口加工與切斷。
- (4)使用專用檢查尺確認。
- (5)使用銼刀去除毛邊。
- (6)專用修補液塗裝。
- (7)安裝斷管用插口環(自攻螺絲型)。

(六)施工流程 (詳圖 8、9)：



圖 8 10 steps (1~5)



圖 9 10 steps (6~10)

(七)差異分析：直管(小口徑)、另件裝接及套筒 (詳表 1)：

表 1 K 型與 NS 型直管(小口徑)，另件裝接及套筒差異分析

類別	K 型	NS 型 ^ㄐ
<u>直管(小口徑)：</u> ^ㄐ		
裝接速度	約 2~4 分	約 3~5 分 ^ㄐ
斷管量測精度	概估	須精算 ^ㄐ
斷管機具	市售一般切管機	專用切管機 ^ㄐ
斷管時間	約 1 分	約 20~30 分(含修補) ^ㄐ
管尾修補	無	修補液+插口環 ^ㄐ
<u>另件裝接：</u> ^ㄐ		
一體化固定	否	是 ^ㄐ
伸縮量	有	無 ^ㄐ
銜接直管	直接銜接	直管須加襯墊筒 ^ㄐ
預留維修伸縮	裝接套管	否 ^ㄐ
拆解難易	普通	困難 ^ㄐ
<u>套筒差異：</u> ^ㄐ		
使用時機	伸縮及角度微調	銜接直管兩端管尾 ^ㄐ
銜接另件	是	否 ^ㄐ
單價	相對直管便宜	相對直管昂貴 ^ㄐ
使用量	極多	少量 ^ㄐ
配件數量	3 種	6 種 ^ㄐ

(八)遭遇困難與解決對策

1.施工人員專業訓練：本案為九區處第 1 件試辦案，承商亦無相關經驗，僅得依靠日本技師教授施工技巧與經驗，惟其授課時間及名額相當有限。

※處理對策為聘請日方講師駐點指導，並請第六區處辦理第 1 件 NS 管線工程監造人員吳工程師現場指導。

2.材料控管：本試辦案 NS 型直管及另件皆為本公司供料，其料件相當多又繁雜，且材料皆為國外進口，在台灣無備料情況下，材料控管更顯重要性。

※處理對策為每日由專人繪製施工圖說並紀錄材料使用量及庫存量。

3.地下管線障礙物：本案施工位置為花蓮市中心，開挖後發現各路段地下管線、障礙物繁多且複雜，設計時無法掌握地下既有管線資訊，造成設計節點圖無法與現場施工相同。

※處理對策為路口新舊管連絡位置改採 DIP 材料另件施作，否則使用 NS 材料另件施作需精算一體化長度，施工難度高及材料另件不足窘狀，無法及時備料(尚需國外進口採購)之情形。

4.地下多處 PC 混凝土管線保護層：本案施工位置為花蓮市中心，開挖後發現多處地下管線淺埋及以 PC 混凝土包覆，造成需耗時打除混凝土。

※處理對策為以大型機具耗時小心打除 PC 混凝土，以免損壞各單位地下管線。

5.影響觀光、商家生意：本案施工位置為花蓮市中心，施工時勢必影響施工路段商家生意，造成營業損失怨言及影響交通。

※處理對策為各施工路段先行邀集里長、居民等召開施工前說明會，並刊登報章媒體以利民眾掌握資訊，避開施工路段。

6.路面品質一次到位：本工程事前與路權單位協調，將工程原欲刨封之面積，結合路權單位經費，提前一併辦理全路面刨封，路面品質一次到位，避免日後市公所二次刨鋪影響用路人觀感不佳並節省路權單位經費支出，且可大幅降低本公司後續保固維護管理之風險，深獲用路人好評。

三、0918地震NS接頭之成效

111 年 9 月 18 日 14 時 44 分於臺東縣池上鄉發生芮氏規模 6.8 地震、地震深度 7.0

公里，玉里鎮震度 6 級、花蓮市震度 4 級。0918 玉里地震再次循環釋放能量，直接影響臺灣鐵路管理局東里車站火車傾斜及月台倒塌、高寮大橋、崙天大橋多處橋樑毀損及 7-11 超商倒塌等災難，玉里供水轄區多處道路震損情形，造成自來水管線到處漏水，地震災害之不可預期特性，隨時都可能發生，實不可掉以輕心。

九區處所轄玉里營運所供水轄區管線設備嚴重受損（詳圖 10）；鳳林所光復鄉地區僅有零星用戶外線等漏水案件；惟花蓮給水廠轄區，包含 NS 耐震管試辦工程，查無漏水案件，雖不在震央中心範圍，惟仍具成效，並將持續觀察驗證。



圖 10 0918 玉里地震 NS 耐震管試辦工程，查無漏水案件

四、結語

(一)NS 型 DIP 歷經日本多次大地震實證成效良好，台灣位處歐亞板塊及菲律賓板塊，地質破碎，且多豪雨、颱風，故易有山崩、地滑、土石流、地震等各式災害，若能採用此等耐震等級高之管種，將可大幅減少大型災害後之破管漏失水量、搶修人力、經費等之損失。

- (二)現階段因需求少僅能由日本進口管材致價格較 K 型 DIP 昂貴許多，建議可逐年編列經費統一採購此等管材，以增議價空間，同時增加台灣廠商投資生產誘因。
- (三)NS 型 DIP 所需施工空間較大，地下管線複雜，且直管與另件銜接所需之一體化長度，益增埋設難度，故規設時應詳細調查地下管線分布，以利較精準掌握材料數量，若有新闢道路、道路拓寬管線重整、重劃區等係位於高風險區域（如斷層帶、鄰近區液化潛勢區等），建議可優先採用。
- (四)NS 管具有防脫落及伸縮空間設計，適用於地震帶頻繁的較佳管種，埋設於用戶端的 SSP 波狀管，相較於其他塑膠管種接頭及安裝有效長度來得更靈活，因此地震時不易脫接，為值得全面推廣使用之用戶外線管材。
- (五)藉由本試辦工程，期能提升自來水管線耐震功能，達到平時防止漏水及災害時維持供水之目的；而引進新的材料可提升管材技術，促使國內廠家技術革新；新工法則可提升施工品質及良好施工習慣，值得推廣與期待自來水系統耐震功能之提升。

參考文獻

- 1.陳彥翔、林家煌、徐俊雄、李嘉榮（2020），延性鑄鐵管耐震接頭(NS型)之引進以台灣自來水公司為例，自來水會刊第39卷第1期（153）。
- 2.東京水道國際有限公司（2021），引進延性鑄鐵管耐震接頭(NS型)勞務案結案報告書(第六區管理處)。
- 3.林武榮（2022），「引進延性鑄鐵管耐震接頭(NS型)」技術交流九區施工標成果說明簡報。
- 4.陳慶鴻（2022），大鵬水電工程行，NS管施工經驗分享簡報。
- 5.蔡政翰、林武榮（2022），2022年池上地震台北市九區處搶修紀實，自來水會刊第42卷第1期（165）。

作者簡介

林武榮先生

現職：台灣自來水公司第九區管理處工安課長
專長：土木工程

蔡政翰先生

現職：台灣自來水公司第九區管理處工務課工程師
專長：土木工程

降低套裝式過濾設備反沖洗水濁度評估 — 以嘉興應急場為例

文/吳宗昱、藍宇震、林正隆、陳文祥

摘要

台水公司配合水利署鳥嘴潭人工湖第一期於 110 年底供應 9 萬 CMD 原水，因而成立嘉興應急場，其主體工程係延用抗旱 2.0 建築工地地下水應急供水設備，然於抗旱期間時係使用地下水水質較佳的建築工地地下井做為水源，處理成效良好；惟嘉興應急場水源來自鳥嘴潭人工湖，尚有濁度、pH 值、鐵、錳、TOC 及藻類等水質問題，應急設備將會面臨更多的挑戰。

嘉興場目前廢水採用套裝式處理設備進行處理，並將廢水全回收，而隨著嘉興場出水量逐步調升，廢水沉澱槽之濁度負荷漸增而使沉澱後廢水回收濁度仍高，爰此台水公司水質處成立本研究將探討廢水收集槽至廢水沉澱槽中，以該場既有氯化鐵混凝劑以管中加藥方式提升濁度去除效率，降低廢水回收後淨水流程之濁度負荷。

關鍵字：廢水、氯化鐵、濁度、TOC

一、前言

台水公司配合水利署鳥嘴潭人工湖第一期於 110 年底供應 9 萬 CMD 原水，分別於草屯營運所及嘉興應急場增設 2 萬 CMD 及 7 萬 CMD 應急工程，合計 9 萬 CMD，其主體工程係延用抗旱 2.0 建築工地地下水應急供水設備，包含淨水處理、加藥設備、機電設備、廢水處理設備等組裝，至草屯淨水

場、鳥嘴潭淨水場完工通水後，方改為備援使用。

抗旱期間建築工地地下水應急供水設備，主要為原水桶、快濾桶、加氯設備及清水桶等，其中快濾桶計有一般快濾桶（五通閥壓力式內裝不同濾料如活性碳、石英砂、玻璃砂等）、上流式纖維過濾式、重力無閥式等多種型式，因選擇地下水水質較佳的建築工地場址，處理成效良好；惟草屯及嘉興應急場水源來自鳥嘴潭人工湖，依之前烏溪水質調查尚有濁度、pH 值、鐵、錳、TOC 較高及藻類等水質問題，應急設備將會面臨更多的挑戰。

嘉興應急場因空間有限廢水採用套裝式處理設備進行處理，將廢水全回收，廢水主要來源為快濾桶反沖洗，反沖洗廢水經由廢水收集槽儲存後再抽至廢水沉澱槽進行固液分離，上澄液收集至反送水槽，再回淨水流程原水槽。對於套裝式廢水處理設備效能，隨著嘉興應急場出水量逐步調升，廢水沉澱槽之濁度負荷漸增如沉澱後廢水回收濁度過高，會增加淨水程序快濾桶的負荷，爰此本處成立本研究將探討套裝式廢水處理設備的效能，並且針對廢水收集槽至廢水沉澱槽中，以添加混凝劑(FeCl₃、PACl)以提升廢水沉澱槽之濁度去除效率，降低廢水回收後淨水流程之濁度負荷。

(一)嘉興場淨水處理流程

嘉興應急場係將鳥嘴潭人工湖水源由原預設之 $\phi 1800\text{mm}$ 導水管，經由光華路與芬園鄉嘉中街口處接引，再沿嘉中街埋設 $\phi 700\text{mm}$ 進出管線(管材為 HDPE，長度各約 960 公尺)各 1 條，原水經由上述管線接引至嘉興應急場，於場內進行淨水處理後，再將清水送至光華路之鳥嘴潭淨水場 $\phi 1800\text{mm}$ 原水導水管，依序送至彰化系統供水系統中，完成供水工作。

嘉興淨水場淨水流程如圖 1 嘉興應急場設備平面圖，原水進入場內後添加次氯酸鈉以及氯化鐵做為前氧化劑以及助濾劑，經由抗旱 2.0 移轉至嘉興場之多種過濾設備過濾後(共 10 個建案、33 個快濾桶)，隨後即收集至清水桶並以加壓設備將清水送至 $\phi 700$ 清水管。其中老佛爺 1、2 及仰星殿和環球經貿之濾料為 PP 纖維，其餘快濾桶濾料皆為石英砂及錳砂(如表 2)。

(二)廢水處理設備

嘉興場廢水主要來自快濾桶之反洗廢水，如圖 1 以及圖 2，A 區至 L 區共計 33 座快濾桶，依快濾桶操作情形輪流反洗，反洗之廢水先行收集至廢水調勻池，再送至套裝式廢水沉澱槽進行固液分離，上澄液再收集至反送水槽再回流至淨水流程原水槽。

表 1 嘉興應急場套裝式廢水沉澱槽基本參與與規格

反洗廢水量(反洗+正洗)	1776 CMD
設計進流量	1882 CMD
設計表面負荷率	$36 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-D}$
設計水力停留時間	$>1.2 \text{ hr}$
水力停留時間	3.76 hr
沉澱槽體積	69.5 m^3
沉澱槽數量	4 槽
堰長	15 m/槽
堰負荷	$31 \text{ m}^3/\text{m-D}$

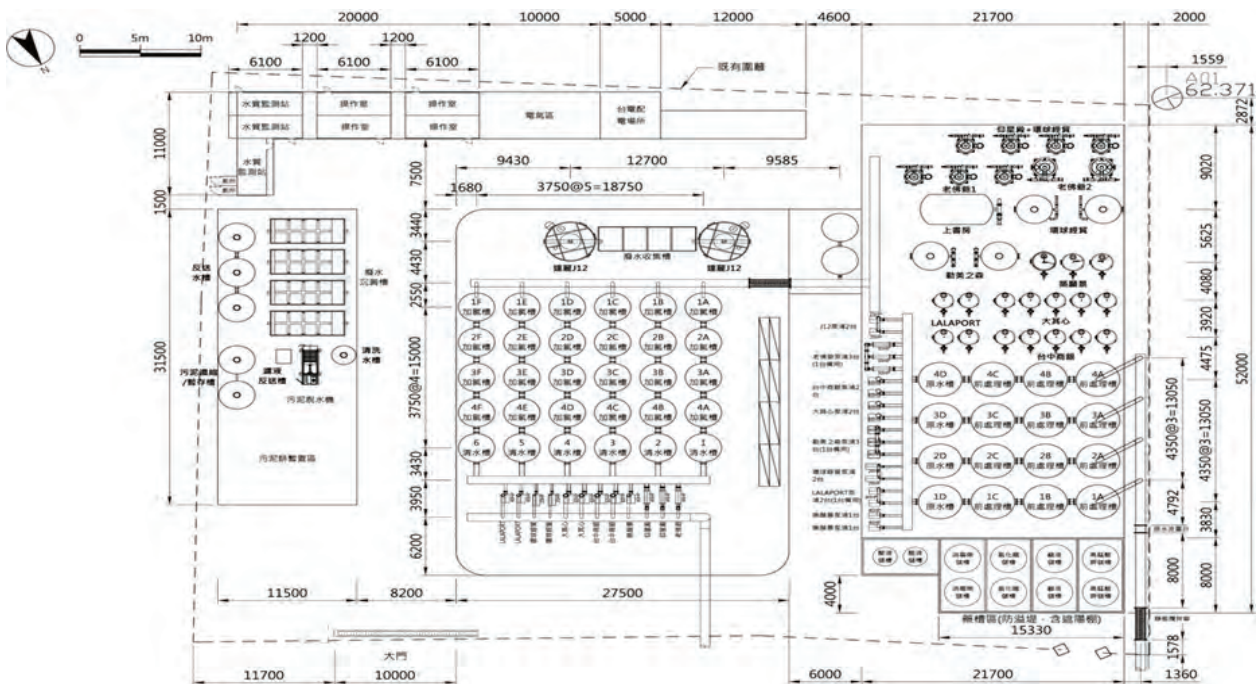


圖 1 嘉興應急場淨水設備平面圖

表 2 抗旱 2.0 建築工地快濾桶移用嘉興淨水場一覽表

建築工地	廠商	型式	濾料	直徑m	高m	地下水處理量CMD	數量	過濾面積(m ²)	過濾速度(m ³ /m ² -hr)	進出管徑m	說明
台中商銀(A)	政東水電工程有限公司	五通閘壓力式(SUS)	錳砂、石英砂	1.6	2.4	1,980	4	2.01	41.04	100	為壓力式活性碳過濾桶，一般使用於石英砂過濾前後之低濁度(≤2NTU)清水，主要用於吸附有機物及臭味。原台中建築地下水濁度≤2NTU，故使用高過濾(30-40m ³ /m ² -hr)活性碳過濾桶確保出水水質。本案將其移作處理烏嘴潭人工湖地面水，原水濁度≥6NTU(≤400NTU)且鐵錳含量高。故濾料需更換為錳砂變更為錳砂過濾桶，需下修設計過濾速度≤23m ³ /m ² -hr減少處理量方能滿足產水水質標準。
				1.8	2.6	2,080	1	2.54	34.12	100	
忠守大具心(B)	政東水電工程有限公司	五通閘壓力式(SUS)	錳砂、石英砂	1.6	2.4	1,980	4	2.01	41.04	100	
				2.0	2.65	2,080	1	3.14	27.6	100	
LALAPO(C)	政東水電工程有限公司	五通閘壓力式(SUS)	錳砂、石英砂	1.6	2.4	1,920	4	2.01	39.8	100	
萊爾萊(D)	政東水電工程有限公司	五通閘壓力式(SUS)	錳砂、石英砂	1.6	2.4	1,980	2	2.01	41.04	100	
				1.8	2.6	2,080	1	2.54	34.12	100	
環球經貿(F)	清聯濾水企業有限公司	五閘式壓力式	錳砂、石英砂	3.0	3.40	2,640	2	7.07	15.56	150	為錳砂過濾桶，本案將其移作處理烏嘴潭人工湖地面水，原水濁度≥6NTU(≤400NTU)且鐵錳含量高。設計過濾速度≤23m ³ /m ² -hr應能滿足產水水質標準。
勤夫之森(E)	國統國際股份有限公司	五閘式壓力式(FRP)直式	錳砂、石英砂	3.0	4	3,000	2	7.07	17.68	200	為傳統壓力式砂濾桶，本案將其移作處理烏嘴潭人工湖地面水，原水濁度≥6NTU(≤400NTU)且鐵錳含量高。故濾料需更換為錳砂變更為錳砂過濾桶，設計過濾速度≤23m ³ /m ² -hr應能滿足產水水質標準。
惠田上書房(G)	國統國際股份有限公司	五閘式壓力式(FRP)-橫式	錳砂、石英砂	3.2	6 (橫效)	5000	1	15.36	13.56	250	
老佛爺1(H)	新紋股份有限公司	上流式纖維過濾(SUS)	PP纖維	2.0	5	5,000	2	3.14	66.35	200	纖維過濾桶較常用於污水廠高級處理單元，加藥膠羽後過濾速度可達 70m ³ /m ² -hr，較少使用於淨水廠。本案將其移作處理烏嘴潭人工湖地面水，原水濁度≥6NTU(≤400NTU)且鐵錳含量高。前處理需加劑劑及泥液劑形成纖維絮化物並膠羽，用纖維濾料過濾去除。設計過濾速度≤55m ³ /m ² -hr應能滿足產水水質標準。惟其過濾初期產水鐵錳含量可能超標需排除。
老佛爺2(I)	新紋股份有限公司	上流式纖維過濾(SUS)	PP纖維	1.6	3.3	2,500	3	2.01	51.82	150	
仰星順、環球經貿(J)	新紋股份有限公司	上流式纖維過濾(SUS)	PP纖維	1.6	3.3	2,500	4	2.01	51.82	150	
J12(K1、K2)	詮禾工業有限公司	重力無閘式(SUS)	錳砂、石英砂	4.0	7.7	2500	2	12.56	8.29	300	無閘式過濾機過濾機，採重力過濾。本案將其移作處理烏嘴潭人工湖地面水，原水濁度≥6NTU(≤400NTU)且鐵錳含量高。故濾料需更換為錳砂變更為錳砂過濾桶，因其微重力式過濾，不能與壓力過濾桶並聯使用，需獨立進出，設計過濾速度≤14m ³ /m ² -hr 應能滿足產水水質標準。
L1、L2											因原有快濾桶無法應付出水7.5萬噸之快濾及反洗需求，因此加設2個新快濾桶。



圖 2 嘉興應急場廢水處理流程

套裝式廢水沉澱槽相關基本參數與規格如表一，設計進流 1882 CMD；設計表面負荷率 36 m³/m²-D；水力停留時間 3.76 hr，廢水系統設備功能計算如附。

二、研究方法

(一)研究架構

本研究探討廢水沉澱槽中添加混凝劑對於嘉興應急場回收廢水中去除濁度之可行性，以期能減少嘉興場之回收廢水對於淨水流程中貢獻之濁度顆粒，並減少後續淨水處理之濁度負荷。本研究於嘉興場進行實場試驗，首先針對現行使用之廢水沉澱槽之效能進行評估，並檢驗各項廢水水質如水溫、水中酸鹼值、濁度、總鹼度、總餘氯以及化學需氧量，並對各項水質檢項進行去除效能之評估，接著針對回收廢水使用不同加藥量下之氯化鐵、聚合氯化鋁進行廢水混凝試驗，依廢水條件控制適宜混凝之加藥量(最適加

藥量)及 pH 值(最適沉澱範圍)，使淨水程序鋁易形成顆粒型態有效處理。

(二)瓶杯試驗(Jar Test)

本研究以嘉興應急場廢水模擬該場之廢水沉澱槽之混凝操作，執行瓶杯試驗並進行測試及評估：

1. 針對嘉興應急場之廢水以氯化鐵混凝劑以及聚氯化鋁混凝劑求取最適加藥量，同時在不同加藥量下檢驗水中之水溫、酸鹼度、濁度、鹼度等項目，評估不同混凝劑條件下水質變化。
2. 求出各混凝劑最適化之添加量後，評估各混凝劑之去除效果以及可行性。

(三)水質檢驗與藥劑

本研究使用的混凝劑為氯化鐵以及聚氯化鋁，氯化鐵混凝劑為求與實際相符，系與嘉興應急場外包廠商合作，取得符合台水公司規範之氯化鐵混凝劑，純度 38%，比重 1.38，聚氯化鋁混凝劑則取自台水公司第四區管理處豐原場使用之混凝藥劑，純度 10%，比重 1.19。本研究所取用之淨水藥劑：聚氯化鋁以及氯化鐵皆為環保署公告之飲用水水質處理藥劑。

水質檢驗部分，針對廢水之常見檢項如水溫、pH、濁度、總檢度、總餘氯以及化學需氧量皆進行實場檢驗，然化學需氧量檢測以及總餘氯檢測過程之相關藥劑、設備，係分別由政東水電公司以及台水公司第十一區管理處水質課所支援提供，包含本研究團隊所提供之藥劑及設備，本研究之相關藥劑及設備有瓶杯試驗機、分光光度計、餘氯計、加熱機、pH 計、濁度計、COD 藥包、總餘氯藥包、計時器、採樣瓶等。

(四)SDI(Silt Density Index)淤塞密度指數

為了解添加混凝劑後之沉澱水上澄液水樣的過濾性，本研究為求模擬實際過濾單元，利用實驗室規格之 1.0 μm 濾紙進行過濾性試驗(Suction Time Index, STI)，用以評估添加不同藥劑後對於後續過濾單元負擔之影響。

試驗步驟為原水經混沉後，以 500 ml 定量瓶取其上澄液定量至 500 ml，倒入裝有濾紙(1 μm)的過濾器中，打開幫浦抽氣，並同時開始計時，至過濾完後讀取秒數計為 t 。再取相同 500ml 的純水以上述相同方式操作，至過濾完時讀取秒數為 t_0 。 t 與 t_0 的比值即為過濾性試驗 STI 值，STI 值越大，過濾性越差。本研究採用吸取時間指標(Suction Time Index)作為評估過濾性的指標(Ives, 1978)。過濾性試驗 STI 值之計算如下：

$$STI = \frac{500 \text{ mL 沉澱後處理水的過濾時間 } (t)}{500 \text{ mL 純水的過濾時間 } (t_0)}$$

三、結果與討論

(一)套件式廢水快沉設備處理效能評估

依據台水公司於嘉興場 111 年 9 月至 112 年 2 月採樣結果，如表 3，進入廢水沉澱槽前濁度約 33-92NTU，廢水回收濁度約在 12-30NTU，濁度去除率為 45-77%，其去除率約可達 60%。

經查廠商 112 年 1 月至 3 月 16 日水質報表，回收廢水濁度趨勢如圖 3、圖 4 以及圖 5，可得一月份回收廢水平均濁度為 40.9 NTU；二月份回收廢水平均濁度為 29.2 NTU；三月份回收廢水平均濁度為 44.9 NTU，超出本公司回收廢水內控值(表 4)。

嘉興場設計出水量為 77500 CMD，設計廢水量為 1882 CMD，廢水沉澱槽體積為 69.5 m³(單槽)，數量有 4 槽，設計水力停留時間為 3.76 小時。

目前嘉興場出水量約為 50000 CMD，且因快濾桶反洗頻率高，當日最大反洗廢水量約為 3500 CMD，廢水量約為 7%。

若以目前廢水量 7%計算，回收廢水濁度取 1-3 月平均值 38.3、設計原水濁度 5 NTU 計算(1-3 月原水濁度平均值亦為 5 NTU)，回收廢水匯流至原水槽濁度為 7.3 NTU($0.07 \times 38.3 + 0.93 \times 5 = 7.3$)，然而由圖 3、圖 4 以及圖 5 可得回收廢水濁度變化大，最高曾達 110 NTU，因此匯流至混合原水桶最高可使濁度上升至 12.4 NTU($0.07 \times 110 + 0.93 \times 5 = 12.4$)。

若未來處理水量逐漸加大，操作混合原水濁度可能超出快濾桶承受範圍，有鑑於此，本研究進行廢水端加藥測試，如能將廢水回收濁度控制在 5 NTU 以下時，混合原水大約可降至 5 NTU 以下(瞬間濁度會較高)，則較可符合快濾桶的承受範圍，對於快濾桶效能的維持應會有正面的助益。

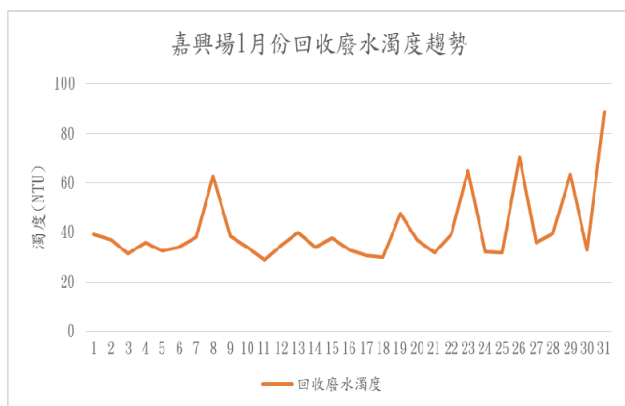


圖 3 嘉興場 112 年 1 月份回收廢水濁度趨勢

表 3 嘉興場套裝式廢水沉澱槽效能評估

日期	原水濁度 (NTU)	廢水沉澱前 (NTU)	廢水沉澱後 (NTU)	去除率 (%)
111.09.28	2.86	65	15	76.92
111.10.05	1.42	35	11.7	66.57
111.10.12	1.33	59.2	19	67.91
111.11.08	1.22	32.5	18	44.62
111.12.02	1.33	55	18	67.27
111.12.13	5.92	92	30	67.39
111.12.27	2.24	71.7	25.5	64.44
112.2.16	6.87	89	37.7	57.64

1.廢水沉澱前之濁度要看當天操作廠商反洗快濾桶之數量，目前廠商尚無固定反洗模式，且 A~J 區每區快濾桶數量不一，且每桶快濾桶規格、濾料及流速也不盡相同，因此無固定之反洗廢水量。
 2.經查廠商報表，112 年 2 月平均廢水沉澱後之濁度為 32 NTU，最高不會超過 40 NTU(出水量約為 50000 CMD)。
 3.歷次採樣結果顯示，快沉套件去除率約為 6 成。

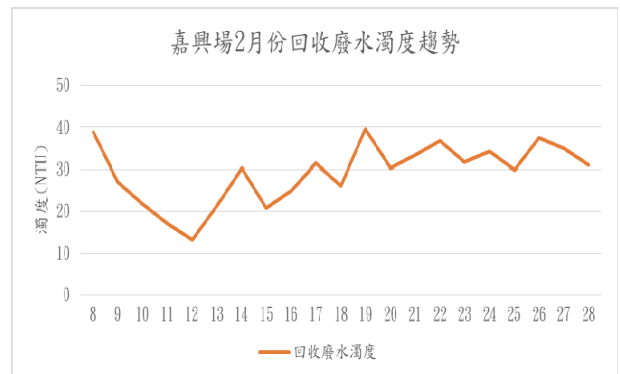


圖 4 嘉興場 112 年 2 月份回收廢水濁度趨勢

表 4 台水公司回收廢水內控值

檢項名稱	回收廢水內控值
懸浮固體量(mg/L)	40
化學需氧量(mg/L)	80
總餘氯(mg/L)	0.4
pH	<6.5 or >8.5
濁度(NTU)	40 NTU



表 5 嘉興應急場廢水及回收廢水水質

試驗場所：嘉興應急場		日期：	112 年 2 月 16 日	天氣：	晴				
水樣採取		水質數據							
採樣時間	地點	水樣別	水溫 °C	pH 值	濁度 NTU	總鹼度 mg/L	總餘氯 mg/L	COD mg/L	備註
10:30	廢水槽	廢水	19.8	8.1	89	92.5	1.01	12	以廢水做杯瓶試驗原水
12:00	廢水回收管	回收廢水	20	8.32	37.7	93.5	0.74	1	

本研究於 2/16 至嘉興場進行實場試驗，採取嘉興場廢水快沉套件之沉澱前之廢水以及沉澱後之廢水回收管，並檢驗各項廢水水質如水溫、pH、濁度、總鹼度、總餘氯以及化學需氧量，當天廢水水質如表 5，廢水濁度為 89 NTU，pH 為 8.1，總餘氯 1.01 mg/L，化學需氧量 12 mg/L，經過快沉套件後回收廢水濁度為 37.7 NTU，去除率為 57.6%；回收廢水 pH 為 8.32，上升 0.22；回收廢水總餘氯 0.74 mg/L，去除率 26.7%；回收廢水化學需氧量為 1 mg/L，去除率 91.6%，濁度、pH 與化學需氧量部分符合本公司回收廢水內控值 6.5~8.5、80 mg/L 與 40 NTU，惟總餘氯部分超出本公司回收廢水內控值 0.4 mg/L。

(二)廢水系統加藥評估

1.氯化鐵瓶杯試驗

如圖 5 及表 6，廢水添加氯化鐵與濁度之關係，可發現氯化鐵於加藥量 0、2.5、5、7.5、10、12.5、15、20、20 以及 30 mg/L 時，水中殘餘濁度為 10、2.65、1.78(1.98)、1.09、0.75(1.05)、0.62、0.66、0.56、0.33 以及 0.45 NTU，去除率分別為 88.7%、97.0%、98.0%(97.7%)、98.7%、99.1%(98.8%)、99.3%、99.3%、99.3%、99.6%以及 99.4%，可得知第

一次瓶杯試驗結果於加藥量 5 mg/L 時即有約為 98%的去除率，相較原本快沉套件之濁度去除率 57.6%，上升了 40.4%，第二次降低加藥量至 2.5 mg/L 時，水中殘餘濁度為 2.65，濁度去除率仍有 97%，並已達本公司沉澱池後出水 5 NTU 的管控，隨後隨著加藥量的增加，濁度有持續下降的趨勢，直至加藥量 30 mg/L 時濁度微幅上升，推測為加藥量過多致使水中產生電性逆轉，水中濁度顆粒產生再穩定現象。

pH 與鹼度部分如圖 6，可以發現 pH 與鹼度隨著加藥量增加隨之減少，由 pH 推測水樣中主要鹼度貢獻物質為 HCO_3^- 以及 CO_3^{2-} ，氯化鐵解離之大量金屬陽離子物質將快速與 HCO_3^- 以及 CO_3^{2-} 錯合，進而消耗水中鹼度值。

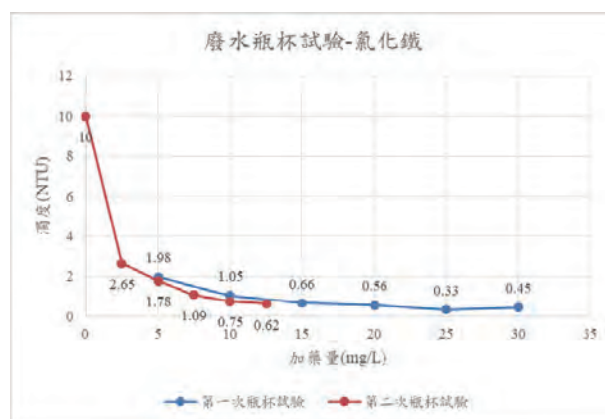


圖 5 廢水添加氯化鐵與濁度之關係

表 6 廢水添加氯化鐵與濁度、pH 之關係

氯化鐵 mg/L	濁度 NTU	pH 值	去除率(%)
5	1.98	8.00	97.7
10	1.05	7.92	98.8
15	0.66	7.89	99.3
20	0.56	7.70	99.3
25	0.33	7.60	99.6
30	0.45	7.48	99.4
0	10	8.28	88.7
2.5	2.65	8.23	97
5	1.78	8.10	98
7.5	1.09	8.03	98.7
10	0.75	7.96	99.1
12.5	0.62	7.87	99.3

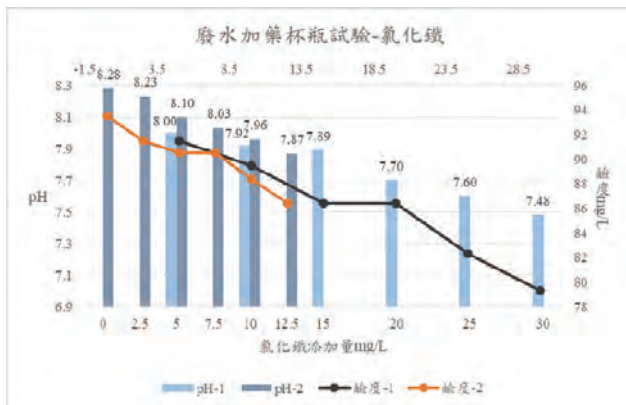


圖 6 添加氯化鐵與 pH、鹼度關係

2. 聚氯化鋁瓶杯試驗

由圖 7 及表 7 廢水添加聚氯化鋁與濁度之關係，可發現聚氯化鋁於加藥量 0、5、10、15、20、20 以及 30 mg/L 時，水中殘餘濁度為 10、2.65、0.88、0.83、0.77、0.35 以及 0.27 NTU，去除率分別為 88.7%、97.0%、99.0%、99.0%、99.1%、99.6% 以及 99.7%，由此可得濁度去除趨勢於加藥量 10 mg/L 前呈現大幅下降，斜率約為 1，而於加藥量 10 mg/L 之後，濁度下降趨勢漸平，斜率約為 0.03，明顯於加藥量 10 mg/L 為去除效能之分界點。

pH 與鹼度部分可由圖 8 得知，可以發現 pH 與鹼度隨著加藥量增加隨之減少，由 pH 推測水樣中主要鹼度貢獻物質為 HCO_3^- 以及 CO_3^{2-} ，聚氯化鋁中之大量金屬陽離子物質與 HCO_3^- 以及 CO_3^{2-} 錯合，進而消耗水中鹼度值。

表 6 廢水添加氯化鐵與濁度、pH 之關係

氯化鐵 mg/L	濁度 NTU	pH 值	去除率(%)
5	2.65	8.07	93.5
10	0.88	8.13	103
15	0.83	8.12	91.5
20	0.77	8.10	90.5
25	0.35	8.08	89.5
30	0.27	8.02	88.4

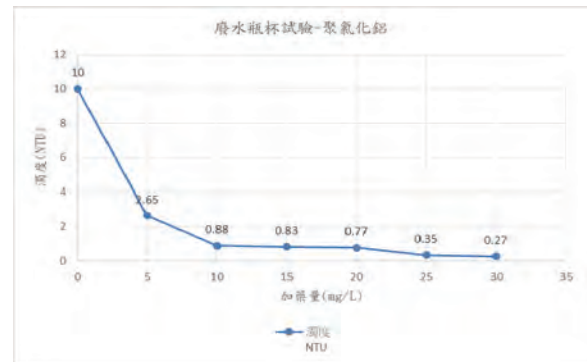


圖 7 廢水添加聚氯化鋁與濁度之關係

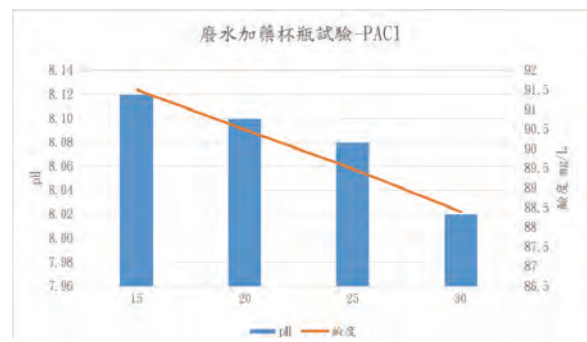


圖 8 添加聚氯化鋁與 pH、鹼度關係

由添加氯化鐵以及聚氯化鋁去除廢水濁度的瓶杯試驗結果可得知兩者混凝劑皆有顯著的去除效果，其中氯化鐵於加藥量 2.5



mg/L 時去除率 97%，相當於聚氯化鋁加藥量 10 mg/L 的去除效果，並由後續添加藥劑之情形可得知兩種混凝劑於相同加藥量下，氯化鐵之濁度去除率優於聚氯化鋁，且本場已有使用氯化鐵做為助濾劑，故如需添加混凝劑，以氯化鐵為佳。

添加氯化鐵與聚氯化鋁混凝劑，皆會消耗水中鹼度，其中氯化鐵消耗鹼度之幅度些微大於聚氯化鋁，氯化鐵與聚氯化鋁平均消耗鹼度程度為 0.488 及 0.204 mg/L/mg/L，然而如表 5. 廢水水中鹼度有 92.5 mg/L，兩者混凝劑即使添加量至 30 mg/L，水中殘餘鹼度仍有 79.3 與 88.4 mg/L，顯示廢水水中鹼度足夠與所添加之混凝劑結合而形成膠羽。另外 pH 消耗部分與加藥量呈現正相關，過去研究指出混凝劑水解出的金屬離子會消耗原水的鹼度，所以隨著混凝劑量的增加，其 pH 值下降的趨勢越明顯(賴，2010)，但由於嘉興場水源為烏嘴潭之地面水源，pH 與鹼度偏高，即使在氯化鐵或聚氯化鋁加藥量 30 mg/L 之下，回收廢水之 pH 仍符合本公司回收廢水 pH 內控值 6.5-8.5。

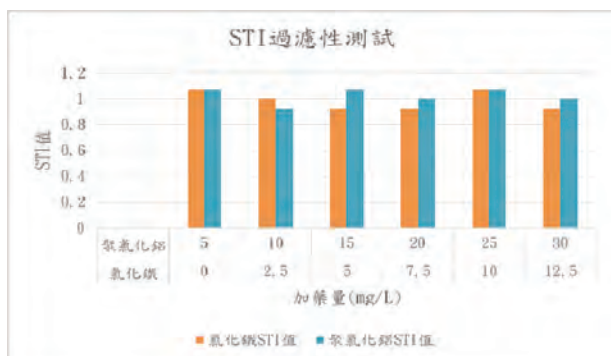


圖 9 聚氯化鋁與氯化鐵 STI 過濾性測試

(三)STI 過濾性測試

為探討混沉後上澄液水樣的過濾性，本研究利用實驗室 1.0 μm 濾紙進行過濾性試驗

(Suction Time Index, STI)，用以評估添加不同藥劑後對於後續過濾單元負擔之影響，由圖 9. 之 STI 試驗結果可得氯化鐵以及聚氯化鋁之 STI 值約為 0.92 至 1.08，推測嘉興應急場廢水添加氯化鐵以及聚氯化鋁在加藥量 30 mg/L 以內時，混沉後上澄液對後續過濾單元之負擔影響不大。

四、結論與建議

嘉興場之套裝式廢水處理設備濁度去除率平均約為 60%，以 2 月 16 日測試為例，濁度去除率為 57.6%(89 NTU→37.7 NTU)。濁度、pH 與化學需氧量部分符合本公司回收廢水內控值 6.5~8.5、80 mg/L 與 40 NTU，僅總餘氯部分超出本公司回收廢水內控值 0.4 mg/L，惟不影響濾水效能。

氯化鐵與聚氯化鋁混凝劑對於廢水中濁度去除率皆有明顯之去除，其中氯化鐵濁度去除效能優於聚氯化鋁，且於套裝式廢水處理設施前進行管中加藥，即使廢水量增高，廢水沉澱槽之水力停留時間仍足以達到慢混及沉澱效果，且於加藥量 2.5 mg/L 以及 5 mg/L 時即有 88.7% 以及 97.0% 之去除率，但加藥量於 10 mg/L 之後濁度去除率之趨勢漸緩。

廢水添加氯化鐵以及聚氯化鋁在加藥量 30 mg/L 以內時，經由 STI 過濾性指標測試，混沉後上澄液對後續過濾單元之負擔影響不大。

於廢水系統添加混凝劑之評估，在氯化鐵加藥量 2.5 mg/L 時水中殘餘濁度 2.65 NTU，回收廢水已達公司淨水程序沉澱後 5 NTU 的內控值，並相近於原水濁度，回收廢水時不會造成原水濁度的增加。經評估，在

用地不足或使用臨時處理設施操作時，於套裝式廢水處理設備添加氯化鐵藥劑效能尚符合公司規定應屬可行，可降低過濾單元操作負荷，顯示管中加藥為一可行方法，惟是否施設仍需操作單位及工務單位依現場需求及條件進行綜合評估。

作者簡介

吳宗昱先生

現職：自來水公司總管理處水質處
專長：水質異常改善研究、環境工程

藍宇震先生

現職：自來水公司總管理處水質處
專長：水質異常改善研究、水質檢驗、水質監測儀器

林正隆先生

現職：自來水公司第四區管理處副處長
專長：水質異常改善研究、飲用水處理藥劑研究、淨水流程設備改善

陳文祥先生

現職：台灣自來水股份有限公司水質處處長
專長：自來水處理技術、環境工程、水質管理

中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法

中華民國 105 年 8 月 26 日第十八屆第八次理監事聯席會議審議通過

一、目的

為鼓勵本會會員踴躍發表自來水學術研究及應用論文，以提升本會會刊研究水準，特設置本項獎勵辦法。

二、獎勵對象

就本會出版之一年四期「自來水」會刊論文中分「工程技術」、「營運管理」、「水質及其他」等類別，分別評定給獎論文，每類別以 2 篇為原則，每篇頒發獎狀及獎金各一份，獎狀得視作者人數增頒之。

三、獎勵金額

論文獎每篇頒發獎金新臺幣壹萬元整，金額得視本會財務狀況予調整之。
上項論文獎金及評獎作業經費由本會列入年度預算籌措撥充之。

四、評獎辦法

(一)凡自上年度第二期以後至該年度第二期在本會「自來水」會刊登載之「每期專題」、「專門論著」、「實務研究」及「一般論述」論文，由編譯出版委員會於每年六月底前，每類別推薦 3-4 篇候選論文，再將該候選論文送請專家學者審查 (peer-review)，每篇論文審查人以兩人為原則。

(二)本會編譯出版委員會主任委員於每年七月底前召集專家學者 5 ~ 7 人組成評獎委員會，就專家審查意見進行複評：

1. 評獎委員以無記名投票，每類別論文勾選至多 2 篇推薦文章，每篇以 1 分計算，取累計分數較高之論文，至多 2 篇，為該類給獎論文。
2. 同一類別如有多篇文章同分無法選取時，以同分中專家審查總分數高低排序，分數再相同，則由評獎委員以無記名投票方式決定。

(三)選出給獎論文，報經本會理監事會議通過後公佈。

五、頒獎日期

於每年自來水節慶祝大會時頒發。

六、本辦法經由本會理監事會審議通過後實施，修訂時亦同。

新冠病毒與自來水水質安全

文/王姍莉

摘要

2019 年底中國武漢出現新型冠狀病毒傳染性呼吸道疾病(COVID-19)。此疾病隨後迅速在中國其他省市與世界各地擴散，並證實可人傳人。此一全球性流行病，是由國際病毒學分類學會稱為 SARS-CoV-2 的病毒所引起的。然而，2020 年有文獻顯示，水和廢水中存在 SARS-CoV-2 的基因片段，且人類 COVID-19 病例可自糞便檢出 SARS-CoV-2 之基因片段，因此被認為 COVID-19 患者的糞便是新型冠狀病毒污染水和廢水的主要途徑。這些結果引起人們對 SARS-CoV-2 進入水系統的擔憂。2020 年 3 月世界衛生組織(WHO)表示，目前的飲用水消毒過程可以有效地殺滅水中存在的大多數細菌和病毒群落，尤其是 SARS-CoV-2 對游離氯等消毒劑，比其他已知水媒人類腸道病毒更敏感。本文提供 WHO 在 COVID-19 流行的情況下，針對淨水處理應遵循的安全操作程序，以防止 SARS-CoV-2 的傳播，確保民眾飲用水安全。

關鍵詞：新型冠狀病毒、COVID-19、淨水處理

一、前言

2019 年 12 月起中國湖北武漢市發現不明原因肺炎群聚，疫情初期個案多與武漢華南海鮮城活動史有關，中國官方於 2020 年 1 月 9 日公布其病原體為新型冠狀病毒。此疫情隨後迅速在中國其他省市與世界各地擴

散，並證實可人傳人。世界衛生組織(World Health Organization,WHO)於 2020 年 1 月公布此為一公共衛生緊急事件，2 月 11 日將此新型冠狀病毒所造成的疾病稱為 COVID-19 (Coronavirus Disease-2019)，國際病毒學分類學會則將此病毒學名定為 SARS-CoV-2 (Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2)與 2003 年 SARS 病毒作區別。中華民國為監測與防治此新興傳染病，於 2020 年 1 月 15 日起公告「嚴重特殊傳染性肺炎」(COVID-19) 為第五類法定傳染病，並於 2020 年 1 月 21 日境外移入第一起確診個案，另於 1 月 28 日確診第 1 例由境外移入之家庭群聚造成的本土個案(1)。自 2020 年 3 月以後，COVID-19 的爆發已成為全球流行病，同月我國自境外移入個案亦快速增加，社區傳播風險相對提高，所幸藉由邊境管制、檢疫隔離、疫情調查與接觸者追蹤等措施，國內疫情明顯受到控制。但自 2021 年 5 月起，國內爆發社區感染，確診與重症個案數大幅上升，防疫作為提升至全國第三級警戒。雖後續國內疫情再度趨緩，但國際間變異株陸續出現，故於 2022 年 4 月起，國內再度爆發社區感染，確診及重症死亡率再度攀升，截至 2023 年 3 月 31 日國內已累計 1,023 萬多人確診，1 萬 9 千多人死亡；全球累計確定病例數達 7 億多人，死亡病例數約 700 萬多人(2)，這些的實際發生數字肯定要比報告結果高很多，尤其是確診病例。

從 2019 年 12 月的武漢開始，截至 2023 年 3 月，該病毒已傳播到 201 個國家。呼吸道飛沫、直接接觸感染者或接觸受污染的物體使病毒從手傳播到口、鼻和眼，是 SARS-CoV-2 的主要傳染途徑。2020 年的文獻證據顯示人類尿液和糞便中存在活的 SARS-CoV-2。人類可透過鼻子、嘴巴、尿液和糞便排出病毒，導致廢水環境中出現 SARS-CoV-2，這引起了人們對 COVID-19 可能透過水為介質傳播的擔憂。隨著大流行的蔓延，SARS-CoV-2 在環境中的存在會更廣泛，且持續在增加。在水及廢水系統中已知的病毒傳染性疾病是會導致社區層面的傳播。因此水和廢水管道系統與人類日常活動之間的連接可能導致 SARS-CoV-2 在建築物內，或建築物之間甚至社區之間傳播，尤其受到關注的高風險傳播，是在醫院和醫療照護中心(3)。本文將概述 SARS-CoV-2 致病病原、傳染途徑及存在糞便傳播的持久性，我國應提高警覺 SARS-CoV-2 與其它水媒傳染病病毒之共同流行期，以及消毒去活化病毒的淨水處理策略，淨水場消毒效率 CT 值(CT values ; the concentration of free chlorine and the contact time with the water being disinfected) 之計算。

二、新冠狀病毒致病原

新型冠狀病毒 SARS - CoV - 2 屬冠狀病毒科 (Coronavirinae) 之 beta 亞科 (betacoronavirus)，其病毒特性仍在研究中。冠狀病毒科(Coronavirinae, CoV)是造成人類與動物疾病的重要病原體，為一群有外套膜之單股正鏈 RNA 病毒，外表為圓形，在電

子顯微鏡下可看到類似皇冠的突起因此得名，可再細分為 alpha 亞科、beta 亞科、gamma 亞科與 delta 亞科。冠狀病毒會引起人類和脊椎動物的疾病，屬於人畜共通傳染疾病。已知會傳染人類的七種冠狀病毒，包括 alpha 亞科的 HCoV-229E 病毒與 HCoV-NL63 病毒，以及 beta 亞科的 HCoV-HKU1 病毒、HCoV-OC43 病毒、重急性呼吸道症候群冠狀病毒(SARS-CoV)、中東呼吸症候群冠狀病毒(MERS-CoV)和最新發現的新型冠狀病毒 SARS-CoV-2。人類感染冠狀病毒以呼吸道症狀為主，包括鼻塞、流鼻水、咳嗽、發燒等一般上呼吸道感染症狀，但嚴重急性呼吸道症候群冠狀病毒(SARS-CoV)、中東呼吸症候群冠狀病毒(MERS-CoV)與新型冠狀病毒 SARS-CoV-2 感染後比一般人類冠狀病毒症狀嚴重，部分個案可能出現嚴重的肺炎與呼吸衰竭等。

冠狀病毒科的最大宗宿主為蝙蝠，中間宿主有牛、羊駝、果子狸、駱駝等。引起 COVID-19 之新型冠狀病毒 SARS-CoV-2 是否有動物宿主，仍待研究與證實(圖 1)。(1)

三、SARS-CoV-2的傳染途徑(圖2)

當 SARS-CoV-2 感染者呼吸、說話、唱歌、運動或打噴嚏時，會釋放出含有病毒的大小不一飛沫顆粒。

1.空氣傳染(Airborne transmission)

小於等於 5 微米(μm)細小粒徑的氣膠粒 (Aerosol)或飛沫核(Droplet nuclei)(圖 3)，其飛行距離大於 1 公尺，可在空氣中懸浮數分鐘至數小時，使未感染者吸入感染。在通風不良的室內密閉空間、暴露時間大於 15 分鐘

等情形下，吸入含有病毒的氣膠粒 (Aerosol)，可能提高感染風險。當感染者長時間待在室內，使室內空氣中的病毒濃度升高，即使距離感染者 2 公尺以上，甚至只經過感染者離開不久的空間但沒和感染者接觸，都可能被感染。

2.飛沫傳染(Droplet transmission)

大於 5 微米較大粒徑的飛沫(Droplet)會快速的沉降，其飛行距離小於等於 1 公尺，可停留在地面或物體表面，經由直接或間接的方式傳染。

(1)飛沫直接接觸傳染

帶有病毒飛沫直接噴濺於眼、口、鼻黏膜，或手部直接碰觸帶有病毒的飛沫，再碰觸眼、口、鼻黏膜。

(2)飛沫間接接觸傳染

碰觸帶有病毒的物體表面，使手部遭受病毒污染後，再碰觸眼、口、鼻黏膜。

3.糞口傳染(Fecal-oral transmission)

文獻研究發現，人類 COVID-19 病例在整個患病期間和康復之後的糞便中，均能夠檢測到 SARS-CoV-2 的核酸，且研究顯示病毒存活於糞便中，比在呼吸道痰液中的時間長(圖 4)。所以患者排泄糞便於馬桶內，如果未蓋馬桶蓋沖水，就會水滴飛濺形成含 SARS-CoV-2 的氣膠雲，造成糞口傳染，且排泄物進入廢水系統後，由於 COVID-19 病毒的形態及化學結構與其他冠狀病毒相似，其他人類冠狀病毒在無餘氯的自來水中及 20°C 的醫院廢水中可存活 2 天。這樣的研究結果，使得未經處理的飲用水中可能存在 COVID-19 病毒的風險(圖 6)。(14)

人類冠狀病毒

人類致病性冠狀病毒清單

病毒	屬	症狀
人類 CoV-229E	α	輕微的呼吸道感染
人類 CoV-NL63	α	輕微的呼吸道感染
人類 CoV-OC43	β	輕微的呼吸道感染
人類 CoV-HKU1	β	肺炎
SARS-CoV	β	嚴重急性呼吸道症候群，死亡率10%
MERS-CoV	β	嚴重急性呼吸道症候群，死亡率37%
COVID-19	β	嚴重急性呼吸道症候群，死亡率? %

Chen et al., *J. Med. Virol.* (2020), doi:10.1002/jmv.25681;
Cui et al., *Nat. Rev. Microbiol.* (2019),17:181

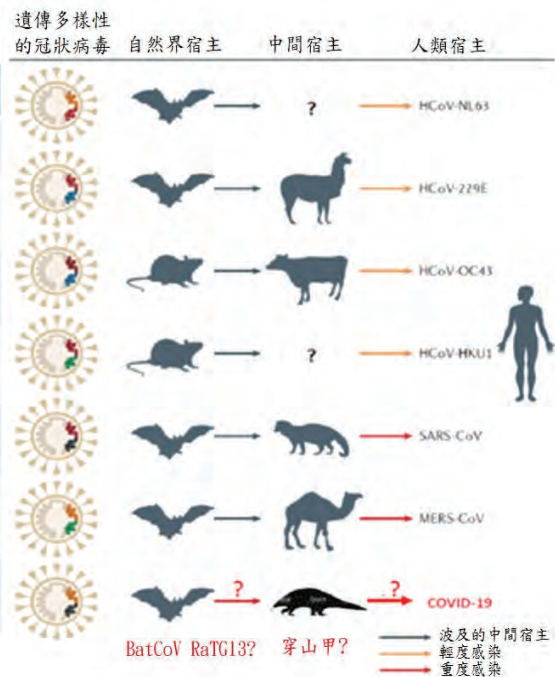
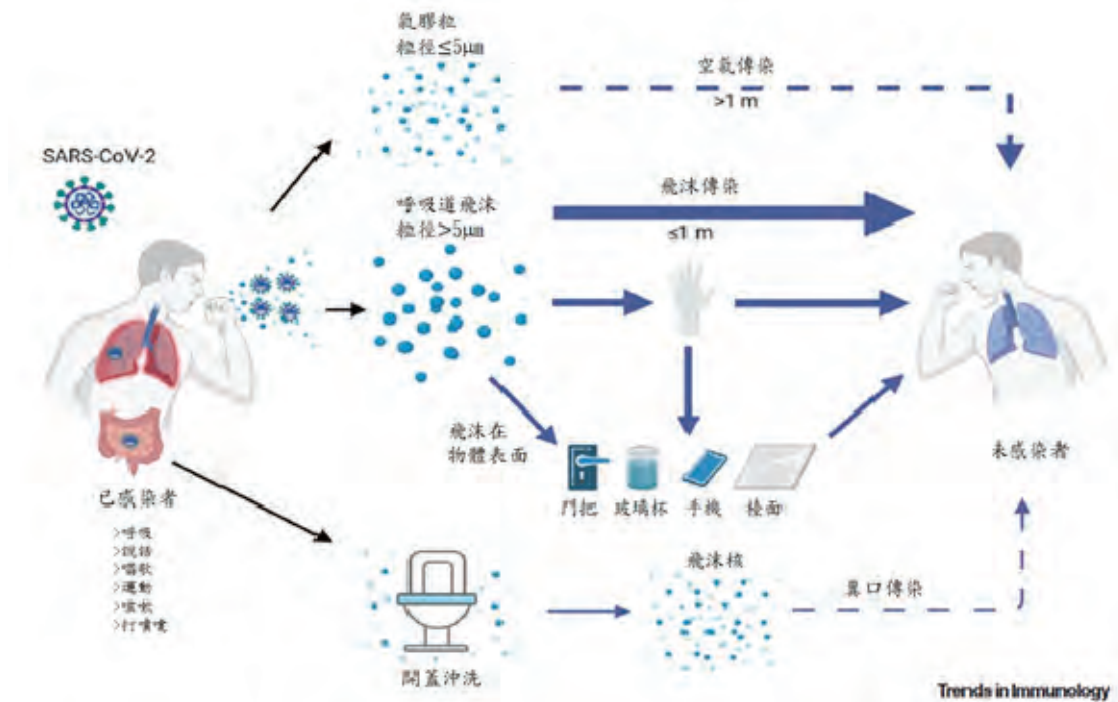


圖 1 傳染人類的七種冠狀病毒及其宿主、中間宿主



(資料來源: Mechanisms of SARS-CoV-2 Transmission and Pathogenesis. Trends in Immunology.)

圖 2 SARS-CoV-2 的傳染途徑

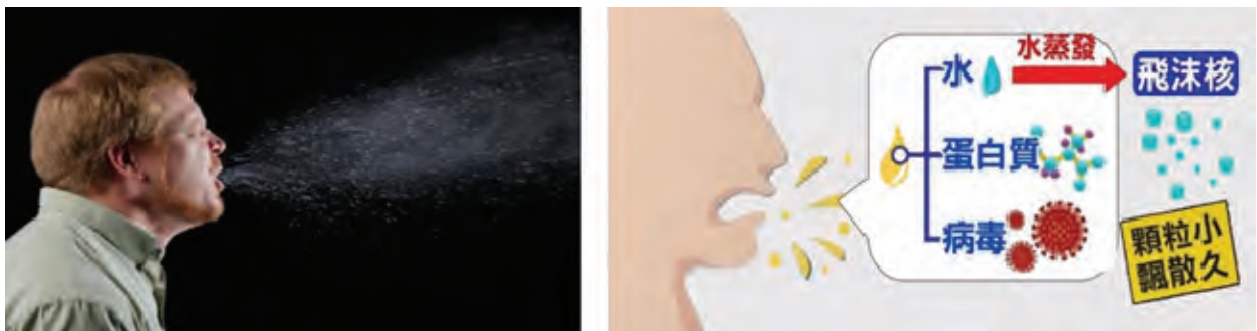
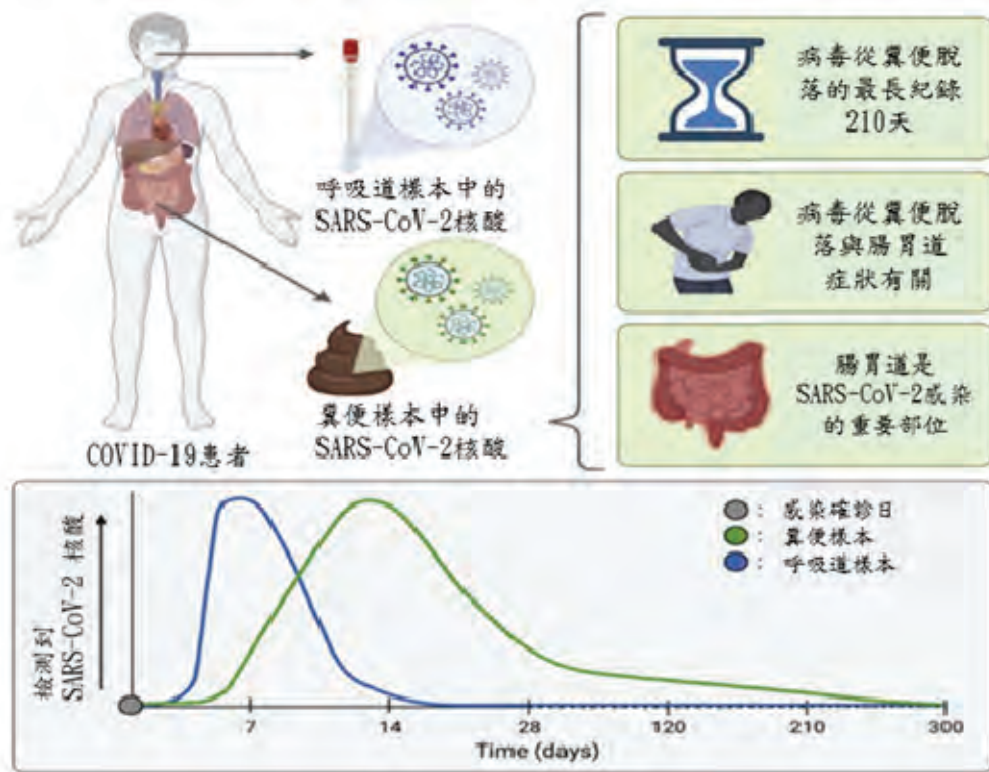


圖 3 氣膠效應

四、提高警覺 COVID-19 與水媒病毒之共同流行期

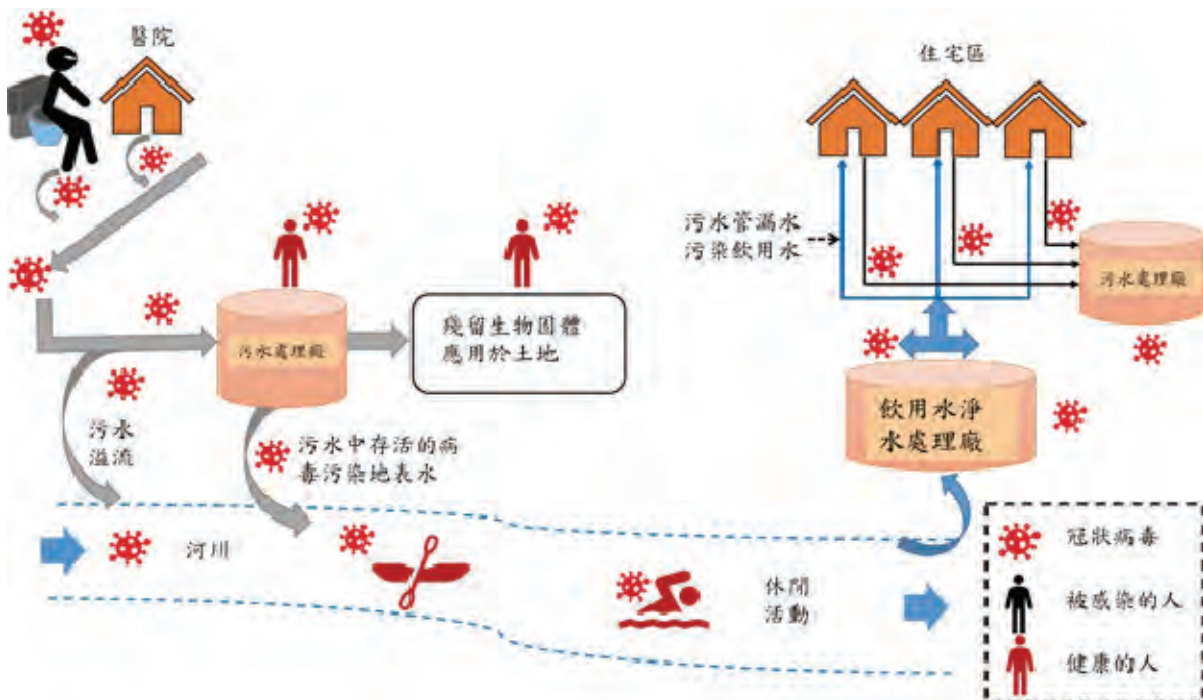
COVID-19 與其他病菌同時感染稱為共同感染(Coinfection)。COVID-19 流行期一旦感染，身體的免疫系統就會參與抵禦病毒的防護工作，之後免疫細胞功能會被削弱，伴隨而來的是一大堆的病菌趁機而入，共同感染引發了重症狀態，最後通常死於發炎風暴、繼發性的抗藥性細菌感染

或病毒感染。^⑤在世界衛生組織飲用水水質指引中指出，可經由水為媒介傳播的細菌有空腸彎曲桿菌、致病性及出血性大腸桿菌、傷寒及副傷寒沙門氏菌、志賀氏桿菌、霍亂弧菌等。而可經水為媒介傳播的病毒有腺病毒、諾羅病毒、輪狀病毒、腸病毒、A 及 E 型肝炎病毒等。水媒病原大多經由糞口傳播，主要是攝入或飲入含有病原污染的食物或飲水，而造成感染(圖 6)。然而



(資料來源:Gastrointestinal symptoms and fecal shedding of SARS-CoV-2 RNA suggest prolonged gastrointestinal infection. Med 3, June 10, 2022)

圖 4 COVID-19 病例糞便排出 SARS-CoV-2 可長達 210 天



(資料來源:A review of the impact environmental factors on the fate and transport of coronavirus is in aqueous environments. Clean Water. 2021.)

圖 5 冠狀病毒在城市水循環中的發生與傳播

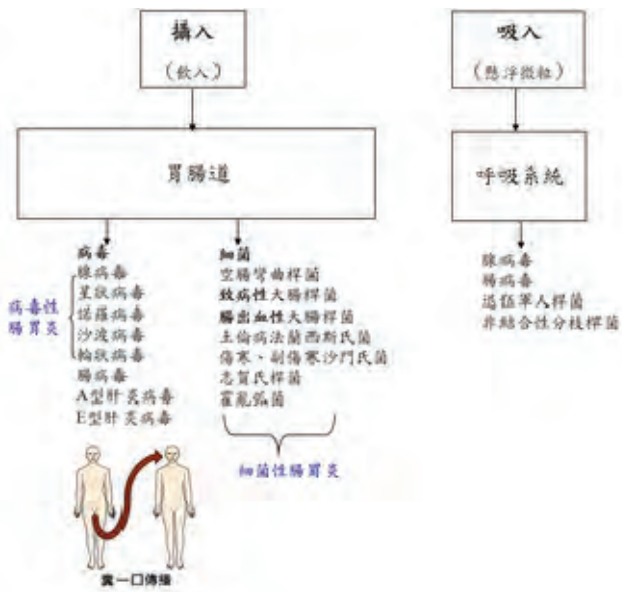


圖 6 世界衛生組織飲用水水質指引公告水媒病毒及細菌的傳播途徑

表 1 病毒與細菌大不相同

項目	病毒	細菌
大小	小(微小蛋白質)	大(細胞)
危害	破壞人體細胞並產生副產物	有益處也可致病，約八成的細菌對人體無害
結構	結構簡單的非生物(蛋白質外殼包裹遺傳物質)	結構完整的生物
生存力	需要宿主或載體傳播，宿主細胞外無法獨立生存繁殖	不需要宿主，可獨立生存繁殖
種類	種類多 易變種	球型、桿型、螺旋型或弧型
消滅方法	物理或化學方法	特定病毒、抗生素
水媒病原對氯的抗性 (條件:以常用濃度、水溫20℃、pH7-8，能99%去活化)	需要1-30分鐘的接觸時間	只需要<1分鐘的接觸時間
水媒病原在20℃供水系統中持久性	超過1個月	1星期至1個月

在pH值6-7、水溫5℃之下，可去活化99%微生物的CT值(mg/min L⁻¹)

微生物名稱	游離氯CT值(mg/mlb L ⁻¹)
E.Coli (大腸桿菌)	0.034-0.05
Poliovirus 1 (小兒麻痺病毒)	1.1-2.5

資料來源: Water treatment and pathogen control. WHO with IWA 2004 P.56

已知的水媒病毒與細菌相比、在供水系統中的持久性，及對消毒劑氯的抗性均大不相同(表 1)。細菌為原核生物，是所有生物中數量最多的一類，細胞結構簡單，有細胞壁，缺乏核膜、粒線體等胞器，只存在裸露 DNA 的原始單細胞生物，細菌可獨立自主生存，遇適當環境大多以二分裂的方式繁殖，不需要宿主，細菌對人體有益處也可致病，約八成細菌對人體無害。細菌可依型態、依獲得營養的方式及利用氧氣的方式等分類，如以型態分為球菌、桿菌等，依獲得營養的方式分為自營性菌與異營性菌，依利用氧氣的方式分為需氧菌、兼性厭氧菌及絕對厭氧菌等，細菌在環境中可用抗生素或被特定的病毒感染而被消滅，例如大腸桿菌噬菌體會感染大腸桿菌。但細菌一旦感染人體時，就必須靠投與抗生素才能消滅它，已知的水媒細菌，在流行期、20℃的供水系統水中，可持續在 1 星期至 1 個月的時間測到病原體，如果在此期間施以常用的飲用水氯消毒濃度、酸鹼度 7-8 的情況下，即可於小於 1 分鐘的接觸時間，使水媒細菌 99%失活。

反觀病毒，構造由核酸分子(RNA 或 DNA)與保護性外殼(蛋白質)構成的非細胞型態的類生物結構，既不是生物也不是非生物，因此僅能在宿主活細胞內複製繁衍，在細胞外的環境下，病毒無複製能力。病毒一旦進入細胞，其核酸會引導宿主細胞合成許多病毒有用的巨分子，以便形成病毒本身的後代。病毒很容易基因突變，且種類很多。由生物體內排出病毒到環境中的消滅方法，可用物理方法，例如高溫殺滅，或化學藥劑消毒，例如 70~75%酒精或 5%次氯酸鈉

(漂白水)等。感染人體的病毒產生的巨分子副產物，會破壞人體細胞，只能靠抗病毒藥的研發來治療，或疫苗的研發來預防。已知的水媒病毒，在流行期、20°C 的供水系統水中可持續超過 1 個月的時間測到病原體，如果在此期間同樣施以常用的飲用水氯消毒濃度、酸鹼度 7-8 的情況下，則需要 1 至 30 分鐘的接觸時間方能使 99% 水媒病毒失活(8,9)。可見淨水消毒程序而言，水媒病毒較細菌需要較長的接觸時間。如果水媒病毒接觸氯消毒劑時間不足，無法完全殺滅水媒病毒，則一些已知的水媒病毒還是現行的法定傳染病，在台灣一年當中有一定的流行期(表 2)。

因此台灣冠狀病毒流行期時，淨水場人員應提高警覺已知水媒傳染病病毒的流行時間，做有效的淨水處理，以保持供水安全。

五、WHO 現有安全管理飲用水指引適用於 COVID-19

世界衛生組織目前的安全管理飲用水措施可以確保 COVID-19 流行期飲用水安全。從保護水源開始，取用符合水源水質標準的原水，到各單元淨水處理，供水管網輸送及供水管網之二次供水系統，都應確保處理過的水安全地儲存在用戶家中定期清洗且有蓋的容器中，這樣的層層管理是一種「多重屏障策略」來確保自來水水質的安全。世界衛生組織飲用水水質指引中亦指出，傳統淨水場可經各單元淨水處理技術，達到移除/去活化病毒及細菌的效能(表 3)。

表 3 提供一個概括的淨水處理過程。以 \log_{10} 表示最小和最大的去除量，亦分別表示

失敗和最佳處理條件下的減少值。表中列出的微生物減少量，適用於細菌、病毒。一般情況下，淨水處理的效能，會因為微生物群之間固有的不同特性，例如大小、保護性外殼的性質、物理化學表面特性，而產生淨水處理後減少的效果不同。COVID-19 病毒是一種有包膜的病毒，通常包膜病毒因為外膜脆弱，在環境中不穩定，容易受 70~75% 乙醇及氧化劑(如氯)的影響，因此 COVID-19 病毒明顯比已知水媒無包膜人類腸道病毒，例如腺病毒、諾羅病毒、輪狀病毒、A 型肝炎病毒和腸病毒更快失活(圖 7)。表 3 中對微生物群中更具抵抗力、持久性或致病性的成員，淨水處理後微生物減少的量是採保守估計的，這些特異性成員在淨水處理的去除差異性很大。因此淨水處理過程中可以應用多重屏障，例如提高各單元處理效能，如此一個過程的失敗，才不會導致整個處理過程的失敗，可以理想的來降低微生物。世界衛生組織指出，傳統淨水場集中式過濾和消毒的水處理方法，即可以移除/去活化 COVID-19 病毒，有效的集中消毒，應在酸鹼度小於 8.0、餘氯濃度大於等於 0.5 毫克/升，接觸時間至少 30 分鐘，且整個配水系統應保持餘氯，以保持供水安全(4)。

六、傳統淨水場消毒效率 CT 值的計算(8)

CT 值是衡量水和消毒劑接觸時間的消毒效果指標。消毒效果指標的 CT 值，評估方法是用消毒劑殘留濃度(Concentration)和接觸時間(Time)的乘積。因此由方程式可以看出，要達到相同 CT 值的消毒效果，可以

設計增加接觸時間，並減少殘留消毒劑濃度。

表 2 水媒病毒之法定傳染病類別，與台灣新型冠狀病毒爆發之共同流行期

病毒名稱	法定傳染病類別	臺灣流行期
腺病毒(Adenoviruses)	非現行法定傳染病	一整年
腸病毒(Enteroviruses)包括 1.小兒麻痺病毒(Poliovirus) 2.克沙奇病毒(Coxsackievirus)A、B群 3.其它腸病毒(71型)	1. 第二類	3~10月
	2. 3. 第二類	
A型肝炎病毒(Hepatitis A virus)	第二類	主要流行地區包括亞洲、非洲與中南美洲等地區。尤以東南亞、印度、中國大陸等地區最嚴重。
E型肝炎病毒(Hepatitis E virus)	第三類	通常發生於環境衛生較不好的開發中國家包括印度、緬甸及中國大陸等。
諾羅病毒(Noroviruses)及沙波病毒(Sapoviruses)	非現行法定傳染病	11月到隔年3月
輪狀病毒(Rotavirus)	非現行法定傳染病	11月到隔年3月

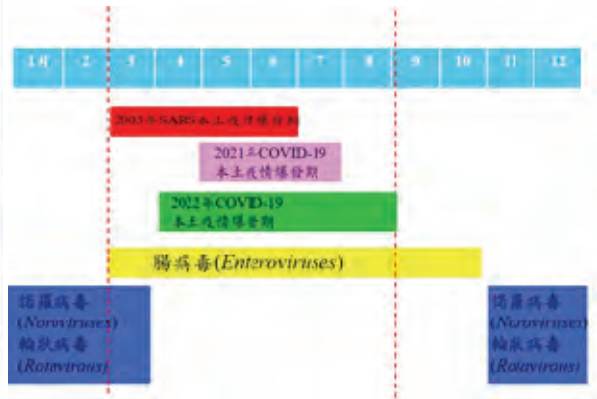


表 3 傳統淨水場可經各單元淨水處理技術達到移除/去活化病毒及細菌的效能

處理流程	病原體種類	最低log ₁₀ 去除	最大log ₁₀ 去除	附註
前處理 粗篩	細菌	0.2	2.3	取決於過濾介質、混凝劑
混凝、膠凝及 沉澱 傳統淨化	病毒	0.1	3.4	取決於混凝狀況
	細菌	0.2	2	
過濾 顆粒高速過濾 (Granular high-rate filtration)	病毒	0	3.5	取決於濾料及預混凝處理： 過濾水樣(濁度均無超過1NTU的情形下) 有95%濁度≤0.3NTU時，病毒可移除1-2 log。
	細菌	0.2	4.4	
初級消毒 氯	病毒	2 (CT ₉₉ 2-30 min-mg/L; 0-10°C;pH7-9)		CT值:游離氯濃度×預測有效接觸時間。 濁度及需氯量會抑制這個流程，因此，濁度應維持在1NTU以下，才能有效的消毒。 除了初級消毒外，還應考慮整個配水系統自由有效餘氯量應保持在0.2mg/L以上。
	細菌	2 (CT ₉₉ 0.04-0.08 min-mg/L; 5°C;pH6-7)		

初級消毒:指淨水場內的消毒程序，不包含管網。

參考資料:WHO Guidelines for drinking-water quality 4th 2017 P.139-140

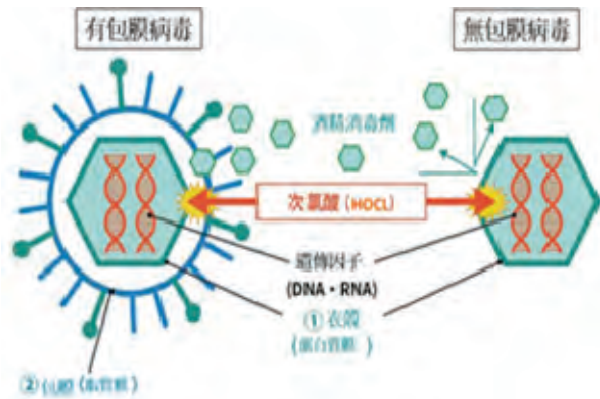


圖 7 病毒的基本構造:有包膜及無包膜病毒,對酒精及含氯消毒劑作用的比較

「系統 CT 值」(CTcalc ; Calculate Contact Time)是根據系統的實際性能計算出來的 CT 值。評估傳統淨水場消毒效率的系統 CT 值,需收集下列因子,並計算之:

(一)決定殘留消毒劑濃度 “C”

“C”是在每小時高峰流量期間量測到的殘留消毒劑濃度,單位為 mg/L。評估時,這個資訊的取得,須在每小時高峰流量期間,至少每週量測一次殘留消毒劑濃度。

(二)決定消毒劑接觸時間 “T”

水不會在完美混合的條件下,流經所有處理過程。在某些處理單元中,可能存在大量短流。消毒劑接觸時間(T),可以依據淨水池的滯留時間或處理單元內 90%的水流經該單元的滯留時間。也可以根據理論滯留時間(TDT;Theoretical Detention Time)和檔板因子(BF;Baffling Factor)進行估算。

1.理論滯留時間(TDT)

理論滯留時間(TDT)是水在淨水池、輸水管線或處理單元過程中,假設完美平推流情形下的理論時間。完美的平推流是假設淨水池、輸水管線或處理單元過程中沒有短

流,並且所有水都遵循單一的流動路徑。TDT 的計算方法是將基本的低水位體積(V;Volume)除以高峰每小時流量(Q; Peak Hourly Flow),單位為加侖/每分鐘(gallons per minute; gpm)。

2.檔板因子(BF)

每個淨水池、輸水管線或處理單元過程中的物理結構配置和檔板是 T 的函數。通過管線的水流與通過無檔板淨水池的水流非常不同;粒子通過管線的最長路徑與最短路徑,沒有顯著差異,但在淨水池沒有檔板的情形下,一些水流可能會從入口直接向出口的路徑流動,因此發生短流,此路徑中的微生物只會與消毒劑接觸較短的時間。檔板因子(BF)有助於評估淨水池、輸水管線或處理單元的接觸時間,基本上是根據水流速率通過淨水池、輸水管線或處理單元的量來估算。表 4 的檔板因子參數表是根據示蹤劑對不同配置和大小的淨水池研究而得的。

一旦 TDT 和 BF 已知,就可以計算每個淨水池、輸水管線或處理單元中的 T。要評估消毒程序中的總接觸時間,必須將程序內每個淨水池、輸水管線和/或處理單元的 T 值加在一起。

(三)計算「系統 CT 值」(CTcalc)的步驟

Step1:計算消毒劑滯留時間

Step1-A:計算「理論滯留時間」(TDT)

$$\text{方程式: } TDT = V / Q_{\max}$$

TDT=理論滯留時間;單位: minutes

V= 消毒最低處理水位體積;單位: gallons

Q_{\max} =每分鐘最高流量;單位: gpm

Step1-B:計算「真實滯留時間」(T)

方程式： $T = TDT \times BF$

T=Actual Detention Time;單位: minutes

TDT=理論滯留時間;單位: minutes

BF=檔板因子

Step2:計算「系統 CT 值」(CTcalc)

方程式： $CT_{calc} = C \times T$

CTcalc=系統 CT 值;單位: minutes
· mg/L

C=最高流量殘留消毒劑濃度;單位:
mg/L

T=真實滯留時間;單位: minutes

表 4 檔板因子參數表

檔板狀況	檔板因子	檔板描述
無檔板(混流)	0.1	無檔板。攪拌池長寬比非常低，入口及出口流速高。
較差的檔板	0.3	單個或多個無檔板入口及出口，無攪拌池內檔板。
平均的檔板	0.5	入口和出口有檔板，攪拌池內有一些檔板。
優越的檔板	0.7	穿孔式入口檔板，蛇形或穿孔式攪拌池檔板，有出口堰或穿孔式流槽。
完美的檔板(塞流)	1.0	管道流量有非常高的長寬比，穿孔式入口、出口和攪拌池內檔板。

參考文獻

- 1.行政院衛生福利部疾病管制署:嚴重特殊傳染性肺炎疾病介紹。取自:<https://www.cdc.gov.tw/Category/Page/vleOMKqwuEbIMgqaTeXG8A>。
- 2.行政院衛生福利部疾病管制署:嚴重特殊傳染性肺炎國際重要疫情全球-新型冠狀病毒肺炎 2023-03-31。取自: https://www.cdc.gov.tw/TravelEpidemic/Detail/4x3Ks7o9L_pvjGI6c5N1Q?epidemicId=xyylGdq0n2FLlY493TXvHQ。
- 3.Manvendra, P., Abhishek, K., Charles, U., Todd, M., et al., Coronavirus (SARS-CoV-2) in the environment: Occurrence, persistence, analysis in aquatic systems and possible management. Science of the Total Environment 765, 142698, 2021.
- 4.WHO. Water, sanitation, hygiene and waste management for COVID-19 Technical Brief. P.1~3, 23 April 2020.

- 5.Huan-Yi Wu, Peng-Hao Chang, Kuan-Yu Chen, et al., Coronavirus disease 2019 (COVID-19) associated bacterial coinfection: Incidence, diagnosis and treatment. Journal of Microbiology, Immunology and Infection, 55, 985-992, 2022.
- 6.大學微生物學 王貴譽, 張瑞烽. 第七章化學消毒法. 曉園出版社P.94, 1993.
- 7.WHO Guidelines for drinking-water quality 4th 2017.
- 8.USEPA. Disinfection Profiling and Benchmarking Technical Guidance Manual. P.42-46, June 2020.

作者簡介

王姍莉小姐

現職：台北自來水事業處水質科三級工程師

專長：水質管理、水質檢驗

自來水從業人員應知悉－勞動事件法簡介

文/謝彥安

摘要

勞動事件法的實施標誌著台灣勞資關係處理機制的重大進步，本文簡介該法精要，為勞資雙方提供了更加公平、專業和高效的爭議解決機制：包含設立專門的勞動法院，由對勞動法有深入了解的法官主持審理，提高了處理效率和判決的專業性。擴大勞動事件的範圍，包括性別工作平等違反、就業歧視等更廣泛的勞動相關爭議，全面保障勞工權益。強化勞動調解機制，促進勞資雙方的理解與協商，鼓勵在訴訟前達成和解。通過工資和工時推定原則，降低勞工在舉證方面的負擔；建立更為迅速的訴訟程序，大幅提升勞資爭議解決的速度。

勞動事件法的實施，顯著提升了勞工在法律面前的地位，為企業在處理勞資爭議時提出了更嚴格的要求。期待新法實施下，勞資雙方通過共同努力，為台灣勞動市場的長期健康發展與社會和諧作出重要貢獻，這也是自來水從業人員應予注意之法令。

關鍵字：勞動事件法、勞資爭議、調解

一、前言

2020 年勞動事件法的開始施行，標誌著台灣對於勞資爭議解決機制進行重大的革新與優化。筆者近期前往自來水處有關單位演講有關最新勞動法令「當前勞動政策探討-淺談勞動事件法」，發現多數學員不甚清楚該法令之內容，有鑑於勞資雙方如能理解該法令將能更保障自身權益，故特撰寫本文分

享法令重點以饗讀者。

在全球化與市場經濟迅速發展的當下，勞資關係面臨著前所未有的挑戰與變化。傳統的解決勞資爭議的機制已難以滿足當前社會的需求，勞動爭議案件的增加，不僅對勞工的基本權益構成威脅，同時也影響到企業的穩定發展與社會和諧。勞動事件法的實施，旨在建立一個更加專業、高效與公平的解決平台，通過法律的手段為勞資雙方提供一條快速解決爭議的途徑，從而保護勞工權益。此法的出台，不僅體現了政府對勞動市場重要性的認識，更是對現代勞資關係進行調整與改革的重要一步，開創了台灣勞動法律體系新的篇章。

二、勞動事件法的立法背景與目的

在探討勞動事件法的立法背景與目的時，我們必須從台灣社會勞資關係的變遷與勞動市場的現實需求著手。隨著經濟的發展和產業結構的轉型，勞資爭議案件逐年增加，傳統的民事訴訟法在處理這些爭議時顯得力不從心，無法滿足勞工對於迅速解決問題的期望，也無法保障企業經營的穩定與發展。因此，勞動事件法的制定正是為了回應這一社會發展的需求，旨在建立一個更加高效、專業且平衡勞資雙方利益的解決機制。

勞動事件法的立法目的主要有以下幾點：

1. 提高處理效率：透過專門的勞動法院和專業化的審理程序，加快勞資爭議案件的處

理速度，使勞工可以在較短的時間內獲得公正的結果，同時也減少企業因長時間訴訟而造成的經營不確定性。

- 2.保護勞工權益：勞動事件法通過降低勞工提起訴訟的門檻、強化勞動調解機制等措施，加強對勞工權益的保護。此外，法律還特別關注到勞工在勞資關係中的弱勢地位，透過規定勞資雙方在訴訟中的舉證責任，嘗試減少勞工因證據不足而面臨的不利情況。
- 3.促進勞資和諧：勞動事件法不僅是解決爭議的工具，更是促進勞資雙方對話和諒解的平台。通過有效的調解程序，鼓勵勞資雙方在法律框架內尋找共識，從而達到和解，避免對抗，促進勞資關係的長期穩定與和諧。

勞動事件法的立法背景與目的反映了台灣社會在面對勞資關係調整與勞動市場變化時的積極回應，旨在通過法律手段解決勞資雙方的矛盾和衝突，保障勞工的合法權益，同時也維護企業的合理利益，實現社會的整體和諧與穩定。這不僅是台灣勞動法律體系的一次重要進步，也是對國際勞動保護標準的一種實踐，對於促進勞資雙方的平等對話、提升勞動關係等具有重要的意義。

三、勞動事件法的關鍵特點

勞動事件法的關鍵特點標誌著對台灣勞資關係處理機制的顯著改進，這些特點旨在提供更快速、公正且專業的解決方案，從而有效地保護勞工權益並維護勞資和諧。以下是勞動事件法幾個主要特點的深入探討：

1.專門化的審判機制

勞動事件法設立的勞動專業法庭，由對勞動法有深入了解的法官主持，確保了對勞資爭議的專業與精準審理。這種專門化不僅提高了審判的效率，也確保了判決的專業性和公正性，因為專業法官能夠更好地理解勞動法的精神和勞資雙方的實際困境。

2.擴大的勞動事件範圍

勞動事件法將勞動事件的範圍從傳統的薪資、工時、解雇等問題，擴展到包括性別工作平等違反、就業歧視等更廣泛的勞動相關爭議。這反映了對勞動市場多元化和勞動關係複雜性的認識，提供了全面的法律保護，保障勞工面對各種挑戰時的權益。

3.強化的勞動調解機制

通過設立勞動調解委員會，勞動事件法強化了勞資爭議解決的調解機制。這不僅提供了一個更為專業和友好的溝通平台，促進雙方的理解與協商，也使調解過程更加高效和目標明確，鼓勵雙方在訴訟前達成和解。

4.降低勞工的舉證負擔

勞動事件法通過工資和工時推定原則等規定，降低了勞工在勞資爭議中的舉證負擔。這使得勞工在證明加班、不當待遇等問題時，不必承受過重的證據收集壓力，從而更加公平地保護了勞工的訴訟權利。

5.提升訴訟效率

勞動事件法規定了更為迅速的訴訟程序，包括確定的審理時限和一次性辯論終結原則，大大提升了勞資爭議解決的速度。這不僅減少了勞資雙方的等待時間，也降低了訴訟過程中可能產生的經濟和情感負擔。

6.保障和促進勞資和諧

勞動事件法的實施旨在通過公平且高效率的爭議解決機制，促進勞資關係的和諧發展。透過強化調解程序和提升審判專業性，法律鼓勵勞資雙方通過和解達成共識，從而在更大程度上避免了勞資關係的激化和社會成本的增加。

四、對勞資雙方的影響及應對策略

勞動事件法對於勞資雙方均帶來了深遠的影響，同時也要求雙方採取新的應對策略以適應新的法律環境。以下將分別探討勞動事件法對勞工和企業的影響，以及雙方可以採取的策略。

1.對勞工的影響

勞動事件法的制定顯著提升了勞工在法律面前的地位，通過降低訴訟門檻、加強調解程序和擴大勞動事件範圍等措施，為勞工提供了更加有力的保護。特別是在解決勞資爭議的速度和效率方面，勞工現在可以有機會取得一個更快速的解決過程，這對於通常較為弱勢的一方、需要及時解決勞動糾紛以維護自身權益的勞工來說，無疑有很大的幫助。此外，勞動事件法對勞動調解的強調和專業化審理的設置，讓勞工在爭議解決過程中擁有更高的勝訴機會。

勞工應對策略：

- (1)增進法律知識：勞工應該增強自己對勞動事件法及相關勞動法律的了解，以便在面對勞資爭議時能夠更有效地維護自己的權益。
- (2)積極參與調解：鼓勵勞工積極參與勞動調解程序，並充分利用調解階段提出自己的訴求和證據，以達成對自己有利的和解。

- (3)合理運用法律資源：在必要時，勞工應考慮聘請具有勞動法專長的律師，以獲得專業的法律諮詢和代理服務，更好地保護自己的權益。

2.對企業的影響

對於企業而言，勞動事件法的實施意味著在處理勞資爭議時需要更加謹慎和專業。法律對於勞資爭議的處理提出了更嚴格的要求，尤其是在證據提供和調解參與方面。企業需要進一步完善內部勞動規章制度，確保其符合勞動法律的規定，同時也要提高對員工訴求的響應速度和處理效率，以避免不必要的法律風險和經濟損失。

企業應對策略：

- (1)完善內部管理制度：企業應該根據勞動事件法的要求，對內部的勞動契約、勞動規章和員工手冊等進行審查和修訂，確保所有規定都符合最新的法律規範。
- (2)加強勞資溝通：建立和完善勞資溝通機制，及時回應和處理員工的訴求和問題，盡量在內部解決爭議，避免事態擴大到需要法律介入的程度。
- (3)積極參與調解：面對勞資爭議，企業應積極參與調解程序，並準備充分的證據和資料以支持自己的立場，同時也要保持開放的態度，尋求與員工的和解，以免後續訴訟程序遭致不利之風險。

勞動事件法的實施為勞資雙方提供了一個更加公平、透明和專業的解決爭議平台。透過遵守法律規定並採取積極的應對策略，勞資雙方可以在這個新的法律框架下，更好地保護自身的權益。

五、案例分析

勞動事件法自實施以來，在勞資爭議的解決上展現了顯著的效果。以下透過幾個個案，讓讀者更了解目前運作狀況。

1. 案例一：加班費爭議

一位勞工因加班費未能得到適當支付，向勞動法院提起訴訟。在傳統的民事訴訟程序中，勞工需要提供大量證據來證明其加班的事實，這對於勞工來說往往是一大挑戰。然而，在勞動事件法下，法院採用了工時推定原則，即如果勞工能夠提供其工作時間的記錄，則推定該時間段為加班時間。這一規定大大降低了勞工的舉證負擔，使得該名勞工能夠更加容易地獲得法院認可應得的加班費。

2. 案例二：不當解雇

另一個案例涉及一名被不當解雇的勞工。在勞動事件法實施前，勞工面對解雇爭議時往往需要長時間等待訴訟結果，期間之生計危急可想而知。勞動事件法通過後加快審理速度、強化調解程序、勞工可利用保全程序，使得該名勞工在短時間內得到了法院的保障。更重要的是，法院依據勞動事件法規定，強調要求雇主提供解雇的正當理由，對於雇主的舉證壓力較大。

這些案例不僅展示了勞動事件法在實踐中如何有效解決勞資爭議，也反映了該法律對保護勞工權益的重要性。

六、結語

勞動事件法的實施標誌著台灣勞資關係處理機制邁入一個新的階段。透過專業化的審理程序、勞動事件範圍的擴大、以及勞

動調解程序的強化，勞動事件法不僅提升了勞資爭議解決的效率和公正性，也更加全面地保護了勞工的合法權益。此外，該法律還促進了企業對勞動法規的關注與遵守，有助於創造一個更加和諧與穩定的勞動市場環境。

隨著勞動事件法的逐步落實與實踐，期望能夠見到更多積極的改變，包括勞資雙方在面對爭議時能夠更加理性與協商解決問題，以及法院在處理勞動事件時更加注重勞工權益的保護與促進。透過這些努力，勞動事件法將為台灣勞動市場的長期健康發展與社會和諧貢獻重要的力量。勞動事件法的新制實施，展現了台灣在保障勞工權益和促進勞資和諧方面的努力，其制度內容請讀者多加留意並加以運用。

參考文獻

1. 本文之法條、判決查詢來源為法源法律網
<https://db.lawbank.com.tw/FLAW/>
2. 勞動事件制度簡介 <https://www.judicial.gov.tw/tw/cp-1461-58174-e2667-1.html>。
3. 謝彥安，當前勞動政策探討-潛談勞動事件法，112年臺北自來水事業處企業工會-專題演講簡報檔，2023

作者簡介

謝彥安先生

現職：執業律師、土木技師、國立台灣大學兼任講師、台北自來水事業處「管線工程廠商領班人員訓練」法律講座、台北自來水事業處企業工會「112年勞動法令研習活動」法律講座
專長：工程法律、廉政倫理、勞資法律

ISSN 1025-7683



自來水會刊雜誌

第43卷 第2期

(17)

中華民國自來水協會編印

