



中華民國自來水協會 114 年度研究計畫

EPANET 水力分析成果圖 繪製自動化程式研究 定稿本

委託單位：中華民國自來水協會

研究單位：中華民國自來水協會管理研究委員會

計畫主持人：徐俊雄

研究人員：楊人仰、徐玟玲、柯甫松、黃志維、
陳利昕、黃崑塘、黃鼎舜

執行期間：自 114 年 3 月 1 日起至 114 年 11 月 30 日止

中華民國 114 年 11 月

中華民國自來水協會 114 年技術專題研究計畫

期初專題審查答覆及說明

委員	項次	委員意見	答覆及說明
駱尚廉 主任委員	1	通過本研究案。	感謝委員肯定及支持
	2	本計畫對台灣自來水公司管網分析結果之與設計圖定稿助益甚佳，建議參考委員之意見修正於期中報告。	遵照辦理。
吳振榮 副主任委員	3	本研究 EPANET 水力分析結果與 CAD 結合，自動化完成設計圖檔，有助於提高設計圖正確性，減少作業時間，值得支持與期待。	感謝委員肯定及支持。
	4	管網資料蒐集階段前端建議結合台水公司現有管網圖資系統，供水監控系統資訊，以利同仁作業應用。	本研究著重 EPANET 成果轉 CAD 的層面，以自動繪圖、單機作業為主。有關結合其他系統圖資運用，尚非現階段研究之標的，擬於後續計畫另提報管網圖資轉 EPANET .inp 管網圖之題目。
朱撼湘 委員	5	本次研究目的著重將水理分析成果快速自動化轉換成設計圖，節省繪圖時間，惟其前置作業水理模型建置複雜性與正確性校驗，花費時間可能更久，影響使用意願，建議針對水理分析模型建置程序、適合管網大小與條件等，納入研究分析，以利未來推廣應用。	已於 3.2 節進行相關議題研究及分析。
	6	北水處近年研究重點為由圖資自動化建置數位孿生的水理模型，並透過現場水壓量測，進行模型校正，以應用於各種管網情境的分析，建議本研究團隊可與北水處人員相互交流，擴大研究成果。	感謝委員提點，本公司總管理處已於 114 年 6 月 5 日邀請北水就「自來水事業推動人工智慧之規劃應用與發展」業務交流研

委員	項次	委員意見	答覆及說明
			討會，會中北水先進就目前北水系統可匯出水力分析管網圖並接續分析之功能有所介紹，本團隊受益良多，詳 3.7 及附件三。
謝張浩 委員	7	本案聚焦 EPANET 建模分析後，CAD 繪圖轉檔自動化之研究，以簡化工作提高效率是非常實際有用的研究。	感謝委員肯定及支持。
	8	希望能考慮結合水公司目前暨有監控系統、圖資系統、強化作業系統。	本研究著重 EPANET 成果轉 CAD 的層面，以自動繪圖、單機作業為主。有關結合其他系統圖資運用，尚非現階段研究之標的，擬於後續計畫另提報管網圖資轉 EPANET .inp 管網圖之題目。
邱福利 委員	9	本研究是針對水力分析結果進行自動化呈現，因此分析結果相當重要。若模型僅針對設計管線建模，這將導致邊界條件的設定影響整體分析結果，故建議應將原始周邊管網建置完成並進行校正後，再進行設計管線的水力分析，將可減少因邊界條件設定錯誤導致結果不正確，並從而提高分析結果可信度。	本研究係以完成 EPANET 建模分析之結果如何自動畫繪示成果圖、可節省之繪圖時間成本為研究標的。至於其水力分析結果之正確性，需回歸建模分析者之分析過程嚴謹度。
	10	本研究預計開發自動化檢核程式，其檢核項目包含水壓變化、流速變化等項目，如果有考慮檢核流速，建議可將管線流速須滿足自淨流速 0.3 m/s 納入考慮。	感謝委員提示，擬於自動化檢核程式系統規劃時(第二階段)將此納入檢核條件。
	11	本研究預計建置自動化轉檔程式，將 EPANET 成果轉換為 DXF 格式，供後	經本團隊測試 QGIS 外掛功能後，該外掛

委員	項次	委員意見	答覆及說明
范川江 委員		續工程設計圖使用，考量目前貴單位所使用管線設備圖資建置軟體 QGIS 已有提供外掛程式功能，可讀取水力分析成果 INP 檔，並可匯出成 DXF 格式，建議本案可研究該外掛程式是否符合需求，若不符需求，則建議後續所開發自動化轉檔程式能附加於 QGIS，讓研發成果與貴單位同仁分享。	需將各元素分別匯出，再使用 CAD 軟體將各元素結合，且同仁需要再學習另一套軟體，經評估後將增加同仁工作量，本研究擬規劃不依附其他平台，獨立運作的軟體。
		針對台水公司提報水協會 EPANET 水力分析成果圖繪製自動化程式研究案相關建議，請參考	
	12	研究方法部分是可行的，在 Python 有現有套件可讀取 EPANET 的 node, element 及 section 相關欄位屬性資料，只是對於研究人員目前在管線圖資收集及應用上面作業內容不太了解(初步了解台水各區在管線圖資做法不太一樣)，可以建議與北水處技術科參訪交流。	感謝委員提點，本公司總管理處已於 114 年 6 月 5 日邀請北水就「自來水事業推動人工智慧之規劃應用與發展」業務交流研討會，會中北水先進就目前北水系統可匯出水力分析管網圖並接續分析之功能有所介紹，本團隊受益良多，詳 3.7 及附件三。
	13	目前北水處的架構是將 EPANET 的分析成果展示在 WebGIS 圖台上，如依照該案預期研究成果，將 EPANET 的分析成果 rpt 檔轉為 DXF 格式 (AutoCAD 格式)，經了解僅能呈現管線線設備圖形資料，對於分析後數值成果要另外客製化，可能是本案研究的內容，需要考量如果是單機版作業，未來會面對如作業系統改版(現在是 Win11)，未來升版為 12 時可能有需要配合程式修正作業。	本研究水力分析成果圖自動繪出時，已可依情境設定同步將各設備分析值帶出，不僅限於設備圖形，亦不需另外客製化。本研究開發程式以 Python 為之，採獨立程式作業，主要就是著眼以非套裝軟體外掛方式開發，可以避

委員	項次	委員意見	答覆及說明
			免作業系統、套裝軟體改版應產生之改版問題。
	14	對於設計人員報表成果，呈現在圖台上面，也是需要客製化，如為單機版作業，會面臨到同上的問題。	目前之研究重點為如何將分析成果加速產出成果圖，供規設單位使用。至於結合圖資平台等，將列入後續計畫另行提報研究計畫。
陳文祥 委員	15	建議在未來的模式中，根據預先規劃的流量壓力觀測站訂出查驗的點，並納入節點中計算，以方便未來實際官網運作時之比對。	本研究重點為分析成果數值之自動化繪圖，至於分析值與實際管網值之比對，應屬建模分析之應用層面，可由分析人員自行檢討。
吳陽龍 委員	16	本研究案在試圖解決水力分析後能夠達到 CAD 自動繪圖的成果，樂觀其成。	感謝委員肯定及支持。

中華民國自來水協會 114 年技術專題研究計畫

期中專題審查答覆及說明

委員	項次	委員意見	答覆及說明
主任委員 駱尚廉	1	請考量各委員的意見(包括兩位未出席委員的書面意見)，予以參考修正，或列入未來發展之項目內。	遵照辦理。
	2	綜合各委員的意見，期中報告予以通過，請持續完成後續研究並依規定提出期末報告。	遵照辦理。
副主任委員 吳振榮	1	將這支程式公佈於台水知識管理平台，讓同仁自行下載測試，並於討論區就需要改進或增加功能提出建議，立意良好，個人十分認同，但登入人數似乎不多，建議透過工務部門多加宣導。	本程式除公開於台水知識管理平台外，將於程式修正完妥後，主動寄信給各區處工務課，推廣使用。
	2	執行本程式系統所需作業環境及硬體設備規格，建議在文中略作敘述。	作業環境及硬體設備規則，已併操作手冊整理於附件四。
	3	建議就各範例背景，如：節點、管線數量、水量甚至多時間點分析等情況先行解說，以讓使用者了解更容易操作；後端轉檔後產生的圖檔建議能再優化，不需使用者手動 CAD 軟體編修。	已於各案例說明文字增加背景說明，詳 P63 至 P66。
張添晉委員	1	P43，提及接續分析使用自動繪圖程式前後繪圖所需時間差異，將所有問卷平均計算，未使用自動繪圖時所需時間，其案例 3 為減至 43 分鐘，與表 9 呈現數值(45)不一致，請確認修正。	感謝委員提點，已全文檢討修正並重新計算，詳 P59 表 10 及 P61。
	2	P37 圖 11 與案例 2 相關，請移置至 P36 案例 2 下面。	已修正版面，詳 P40 圖 13。
	3	P39，本團隊知識管理系統討論畫面，若經本團隊評估使用者建議可行就列入下次改版的需求，建議補充意	已補充識管理系統回饋項目統計，詳表 8(P45)及圖

委員	項次	委員意見	答覆及說明
		見彙整與統計資料，俾利具體呈現使用者參與成效。	16(P46)。
	4	本研究開發獨立運作 python 程式經過實際測試及使用者回饋，雖縮短製圖時間、提高圖面正確性，減輕設計人員工作負擔，且預估一年可節省 453,930 元人事成本，為因應淨零碳排與數位化轉型為未來趨勢，建議未來納入評估減碳效益之可行性，促使程式更符合實際需求。	已納入碳排量之檢討，經檢討，使用本團隊程式後，可減少 339 公斤之碳排量，詳 6.3.5 小節。
	1	P21 表 3.C 值對照表，建議將不常用或停用的管種剔除並加入 HDPE、PCCP、PSCP、HIWP、SSP 等管材。	已刪除少用管種，僅保留台水公司常用管種，詳表 3。
	2	P36. P37 圖案的清晰度及可讀性有沒有辦法提高？如放大成 A3？。	因線寬不足造成轉檔為圖片時清晰度不足，已在程式主畫面增加調整線寬參數的功能，並將報告書中對應的頁數改為列印 A3 尺寸，詳 P39 至 P41。
王傳政委員	3	對於第二章文獻回顧所提及的軟體如 DXF2EPA 及 QEPANET 以及 WATERGMS 等其所呈現的轉檔效果可否與 P36, P37 的案例結果做一比較，以瞭解其實用性。	DXF2EPA：該軟體功能為將 CAD 檔轉為 EPANET 的管網圖，無法製作整合資訊的水力分析圖。 QEPANET：已將轉檔成果呈現如 P9 圖 4，並進一步分析其優缺點。 WATERGMS：該軟體尚無法於網路上找到測試版本，各項方案皆需要訂閱，故本團隊暫無法進一步測試。
	4	建議在期末報告將操作手冊整理成附	已補充操作手冊於附

委員	項次	委員意見	答覆及說明
		錄以利後續讀者可以利用。	件四。
徐俊雄委員	1	報告可再提供更多程式結構和演算法資訊。	已補充資料，詳 4.3 小節。
	2	建議可再取得台水公司較大型工程規劃案水力分析(如板二計畫)，檢視較多節點下之輸出成果。	已利用本計畫程式將板二計畫水力分析圖進行測試，詳附件五。
	3	自動化繪圖程式操作步驟建議從 EPANET 檔案輸出開始逐步說明到繪圖完成。	已補充操作手冊於附件四。
	4	效益分析建議可以台水公司年度案件件數為主。	已調整為評估台水公司整年度案件件數，詳表 18。
	5	訪談內容可列入主文，細節或紀錄再列入附件。	已將訪談內容移至主文，詳 3.6、3.7 小節。
	6	圖 4，「剩餘水壓」請修正為「剩餘水頭」。	配合修正。
	7	文內水壓或壓力單位請統一修正為「kgf/cm ² 」	因 EPANET 調整為公制(SI)時，預設的長度單位為公尺(meter)，且 inp 輸入檔及 rpt 輸出檔單位亦同，為延續程式計算邏輯，故維持以公尺呈現水頭數值。
謝張浩委員	1	P48 表 11 自動繪圖節省人事成本彙整表：「估計範圍」中三個項次分別以「新竹地區」及「全公司」統計預估一年可節省人事成本，應考慮改用同一地區及推估擴及全公司之預估效應。	已調整為評估台水公司整年度案件件數，詳表 18。
	2	本研究除考慮改善自動化程式縮短製圖時間外，亦可考慮應用至現有供水系統水力異常分析，使操作異常處提前發現改善。	本程式已納入檢核程式的功能，設計人員不論是新案設計，或是既有管線分析，皆

委員	項次	委員意見	答覆及說明
邱福利委員			可使用。
	3	本研究除於「新增用水查簽」…等案例撙節人事成本外，亦應納入縮短申設作業時間，提高便民服務之效益。	已新增減短申設時間所造成的效果，詳 6.3.2 至 6.3.4 小節。
	1	本研究期中報告已完成利用 Python 程式開發一套可脫離 AutoCAD 而獨立運作之轉檔程式，並經實際案例測試後，可大幅縮短 18%~31% 之製圖時間，相當值得肯定與讚賞。	感謝委員肯定及支持。
	2	另外，導入此轉檔程式除依上述所預估縮短時間而據以推估一年可節省 43 萬餘元人事成本外，應尚包括每年可減少支付高額費用進行 AutoCAD 繢約、維修及版本升級等費用，建議期末報告納入分析，以彰顯本研究效益。	已納入軟體租用費用進行效果評估，詳 6.3.1 小節。
	3	期待本研究後續結合使用者回饋意見建立自動檢核程式後，能更進一步優化此轉檔程式功能與正確性。	本團隊會在軟體修正完妥並公佈於本公司知識管理系統後，持續接受使用者的回饋及建議進行程式改版；本程式改版及修正歷程詳 4.7 小節
	1	本研究案的目的在製作自來水系統管網分析的水力圖，相較於過往更加降本增效，對於後續相關的應用，能夠達成溝通協調以及決策的目的，相當值得肯定與讚賞。	感謝委員肯定及支持。
	2	第 23 頁報告書水力分析圖範例，建議增加流向。	已補充流向標示，詳 圖 6。
	3	第 27 頁水力圖，於做完之後 A1 併入預算書其目的為何。	因管網規劃配置係為滿足該系統的供水需求而設計，為保存該系統供水能力相關資料，故將水力分析圖

委員	項次	委員意見	答覆及說明
			併入預算書歸檔，俾利未來查詢時有資料可參考。
	4	第 37 頁由於製作出來的水力圖，標示字體大小屬於固定，仍需由後續 CAD 程式進行編修，此部分是否有自動化的可能，以減少後續採購 CAD 的相關成本。	已於程式中加入自訂文字大小的欄位，再增加自動計算文字大小的功能，增加以上 2 個功能後，應可減少文字修正的工作量。
	5	第 21 頁對於管線摩擦係數 C 值的參考資料來自於維基百科建議調整。	已刪除少用管種，僅保留台水公司常用管種，詳表 3。
陳文祥委員	1	現階段的效益分析比對，因非處於 SOP 條件測試，受到人為因素的影響較大，建議在最佳化程序完成後，再進行比對效益更具說服力。	已重新納入最佳化程序之間卷後，重新評估效益，詳第六章。
	2	效益比對不僅限於金錢及時間，例如錯誤率、圖層界面、版本差異等，可以利用質化的論述，強調研究價值與便利。	質化論述已補充於 6.3.7。
	3	對於相關的訪談應先說明訪談的目的及題目設計原則，並建議就回饋意見進行分析，以了解所探求的問題是否能充分且有效的呈現。	已補充相關內容，詳 6.1.1 及 6.1.3 小節。
	4	量使用者個人化的需求，對於水力分析成果圖是否可考慮分層或是選項的篩選功能。	本團隊已著手在程式中加入區分圖層之功能。
吳陽龍委員	1	本研究已初步完成程式碼撰寫及使用者介面開發，經加以測試及確認其成果，並於公司所辦理的水力分析班課程，教導同仁實際使用，將使用回饋作為後續改版之參考，對研究團隊所達成的成果，給予高度肯定。	感謝委員肯定及支持。
	2	研究成果經實作有相當的實用性，其效益除簡化水力分析圖說之製作流	已納入節省 CAD 軟體租用而連帶造成的效果。

委員	項次	委員意見	答覆及說明
		程，提升整體作業效率外，在經濟效益分析方面，除了計入簡省時間及人力成本，建議可將如為達同樣繪圖成效，所須引入現有市面所售軟體之所需成本計入，以彰顯本研究之效益。	益，詳 6.3.1 小節。

中華民國自來水協會 114 年技術專題研究計畫

期末專題審查答覆及說明

委員	項次	委員意見	答覆及說明
駱尚廉 主任委員	1	各委員都肯定本計畫所獲得之成果。	感謝委員肯定及支持。
	2	請依各委員之意見修改、補充或在建議章節中說明未來仍可更進一步之研究與應用。	遵照辦理。
	3	期末報告通過，請依協會原訂期程繳交計畫報告。	遵照辦理。
吳振榮 副主任委員	1	本研究改善 EPANET 水力分析成果人工轉繪耗時、易錯問題，並增加自動檢核功能，提醒使用者快速發現管徑、水頭損失、低流速、剩餘水頭等潛在問題，已達本計畫目標。惟由案例及附件五板二計畫水力分析自動化後產生繪圖成果圖，建議後續仍應依據使用者意見回饋，再進行優化，以增加使用意願。	本軟體已公上傳至本公司知識管理系統內，開放各使用者回饋 bug 似意見，本年度計畫結案後，仍會持續精進及改版。
王傳政委員	1	本轉檔程式附有管徑統計、水頭損失統計及低流速管線篩選、剩餘水頭探討等功能可讓使用者可以藉此偵錯，相當實用，但建議其篩選的條件可以因地制宜。	感謝委員建議，已將水頭損失、流速過低及剩餘水頭檢討門檻值，改為可由使用者自行輸入，以適應不同地區的管理需求。
	2	圖資出圖時的可讀性相當重要，建議及早優化成果圖，避免有重疊字或數字過小無法解讀的情況。	已經將節點與節點之間標籤重疊問題透過演算法解決(詳 P33)，後續將繼續解決節點、接水點、加壓站及水塔之間的標籤重疊問題。
	3	常用管種 C 值建議不要只有固定一個值，可採一個範圍值如 DIP 130~140 的方式，並標示為新管時。	已重新審視參考文獻，並歸納出各管種 C 值範圍

委員	項次	委員意見	答覆及說明
張添晉委員	1	P52 問卷設計旨在蒐集實際有參與水力分析圖製作作業之人員，於未使用及導入自動化繪圖程式兩種情境下，完成相同作業所需花費時間其問卷調查方式是為紙本或線上請補充說明。	此次問卷為線上問卷型式，由同仁自行至問卷網頁作答，相關說明補充於 P55。
	2	P57 手動除錯所需時間分別為 2 分鐘、3 分鐘及 6 分鐘如表 11 及圖 23) 其中表 11 應為表 12 請確認修正。	感謝委員指教，已修正文字。
	3	P57 根據表 10，案例 1 至案例 3 表 12 手動及自動除錯時間比較表，手動除錯(應為 2、4、6 分鐘、自動除錯應為 2、2、2 分鐘請確認修正。	感謝委員指教，已修正文字。
	4	P60 節省人事成本 264,000 元(1321 元/件 *200 件)，其節省人事成本應為 264,200 元請確認修正。	感謝委員指教，已修正文字，並重新核算。
	5	本研究成功開發了一套獨立運作的 Python 程式，解決 EPANET 水力分析成果圖人工轉繪所面臨的耗時、易錯等問題也可節省人事成本及具減碳效益，在因應「淨零碳排」與數位轉型之趨勢下落實節能減碳，亦展現數位轉型創新之成果。	感謝委員肯定。
徐俊雄委員	1	P12 水壓單位請統一修正為 「kgf/cm ² 」。	感謝委員指教，已修正文字。
	2	P30. 4.3.2 核心方法中 「reservoirs Leader()」。功能說明建議配合系統實際功能修正名稱為「繪製接水點之引線」。	感謝委員指教，已修正文字。
	3	大型水力分析出圖時節點標示易重疊，後續程式可再修正，以提升可讀性。	已經將節點與節點之間標籤重疊問題透過演算法解決(詳 P33)，後續將繼續解決節點、接水點、加壓站及水塔之間的標籤重疊問題。

委員	項次	委員意見	答覆及說明
朱撼湘委員	1	本次研究自行開發程式將水理分析成果自動化轉換成 CAD 設計圖，協助工程人員節省大量繪圖時間，已達成研究目標，值得肯定。建議後續推廣試辦，蒐集使用者意見，持續優化，提升使用便利性，提升研究成效。	本軟體已公上傳至本公司知識管理系統內，開放各使用者回饋 bug 似意見，本年度計畫結案後，仍會持續精進及改版。
	2	本研究設定水理分析檢核條件，產製可能問題報表，考量各案條件不同，建議設置輸入介面，讓使用者自行調整檢核條件，並可手動調整水理分析參數，重新進行水理分析，及時了解修正結果，未來亦可再進一步結合 AI 遺傳演算法分析，自動找出最佳水理設計，讓使用者運用更加便利。	感謝委員建議，已將水頭損失、流速過低及剩餘水頭檢討門檻值，改為可由使用者自行輸入，以適應不同地區的管理需求。
謝張浩委員		本研究內容已如研究計畫目的，且已在台水研訓中心課程推廣，建議予以通過。另建議：	
	1	出圖時能自動加註"圖例"，以利閱覽。	感謝委員建議，已於 dxf 成果圖右下方加上圖例。
	2	轉繪水利分析圖之“小數位置”應設定一置出檢核以美化圖示。	已在程式內改善排版功能。
范川江委員	1	本項研究 EPANET 水力分析成果圖繪製自動化研究，已依照期初及期中報告相關意見修正完成，並且由水公司同仁親自修正完成，值得肯定。	感謝委員肯定。
	2	程式系統後續建議持續精進，尤其在資料轉換以及呈現的部分優化，讓程式更加友善易讀易懂，轉換成水力圖，後續 CAD 也可進行可彈性調整，以擴大執行的效果。	本軟體已公上傳至本公司知識管理系統內，開放各使用者回饋 bug 似意見，本年度計畫結案後，仍會持續精進及改版。
	3	對於水力分析程式分析出來結果，除了已呈現的五項條件以外，後續再行納入個別系統特性與智慧化的判斷條件。	已將水頭損失、流速過低及剩餘水頭檢討門檻值，改為可由使用者自行輸入，以適

委員	項次	委員意見	答覆及說明
			應不同地區的管理需求。
陳文祥委員	1	有關本研究計畫對於現場實際的效益非常顯著值得肯定，後續的平行展開推動的規畫非常重要，建議可以併入台水公司知識管理 KM 的標準化程序作業書，或進一步納入作業規範，可以讓同仁未來作業有所依循。	已在台水公司內部的教育訓練機會向同仁授課，並建議同仁在設計時，可參考使用。
	2	為了讓成果能與現行系統配搭，建議將資料庫納入檢討。	將納入後續更版考量。
	3	為了讓使用介面更友善，客製化顯示的方式可以根據回饋意見進行修正，選項的篩選及頁面的排設可以更靈活。	已將水頭損失、流速過低及剩餘水頭檢討門檻值，改為可由使用者自行輸入，以適應不同地區的管理需求。
	4	建議將研究的實作成果發表於國內外期刊，甚至進行專利的申請，讓更多的使用者獲益。	已於今年(114)第 42 屆自來水研究發表會完成本案發表，也會把握機會投稿期刊。

目錄

期初專題審查答覆及說明	1
期中專題審查答覆及說明	5
期末專題審查答覆及說明	11
目錄	15
圖目錄	1
表目錄	1
第一章 計畫緣起	1
1.1 研究動機及計畫緣起	1
1.2 計畫目標及預期成果	2
1.3 預定進度	2
第二章 文獻回顧	5
2.1 DXF2EPA	5
2.2 QEPANET	7
2.3 WaterGEMS	10
2.4 綜合比較	11
第三章 現行作業方式及問題	13
3.1 現行作業水力分析軟體介紹	13
3.2 模型建置程序、適合管網大小與條件分析	13
3.3 水力分析標準圖說格式	17
3.4 水力分析圖形化方式研究	18
3.5 程式獨立運作必要性分析	21
3.6 案例訪談：供水管網水力分析導入應用	22
3.7 案例訪談：自來水事業推動人工智慧之規劃應用與發展	24
3.8 現行作業問題分析	25

第四章	自動繪圖程式規劃及實作	26
4.1	EPANET 輸入檔案架構分析	26
4.2	EPANET 輸出檔案架構分析	28
4.3	繪圖程式架構及演算法	30
4.4	程式介面設計	35
4.5	測試及成果展示	36
4.6	操作推廣及意見回饋機制	44
4.7	程式改版及修正歷程	47
第五章	自動檢核程式規劃及實作	49
5.1	管徑統計	49
5.2	單位水頭損失過大及建議管徑檢討	49
5.3	流速過低管線檢討	51
5.4	剩餘水頭過低節點檢討	52
5.5	剩餘水頭為負值節點檢討	52
第六章	問卷及效益分析	55
6.1	訪談目的及題目設計原則	55
6.1.1	訪談方式	55
6.1.2	問卷目的	55
6.1.3	題目設計原則	56
6.2	問卷設計	56
6.3	效益分析	63
結論		71
參考文獻		73
附件一	本研究問卷畫面	75
附件二	訪談會議簡報 1(摘錄)	79
附件三	訪談會議簡報 2(摘錄)	84

附件四	操作手冊	99
附件五	板二計畫成果圖	107

圖目錄

圖 1 DXF2EPA 介面.....	6
圖 2 管線屬性頁.....	7
圖 3 節點屬性頁.....	7
圖 4 QEPANET 繪圖成果.....	9
圖 5 WaterGEMS 介面.....	10
圖 6 本公司水力分析標準圖格式.....	17
圖 7 EPANET 介面.....	18
圖 8 EPANET 汇出 DXF 成果.....	19
圖 9 自動化繪圖程式架構圖.....	30
圖 10 自動調整標示位置關閉(上)及開啟(下).....	34
圖 11 自動化繪圖程式介面.....	35
圖 12 案例 1 轉換成果.....	39
圖 13 案例 2 轉換成果.....	40
圖 14 案例 3 轉換成果.....	41
圖 15 知識管理系統討論畫面.....	45
圖 16 知識管理系統回饋項目統計表.....	46
圖 17 管徑統計成果圖.....	49
圖 18 單位水頭損失過大篩選成果圖.....	51
圖 19 管線流速過低篩選成果圖.....	52
圖 20 剩餘水頭節點過低篩選成果圖.....	52
圖 21 剩餘水頭為負值節點篩選成果圖.....	53
圖 22 各案例繪圖時間比較圖.....	60
圖 23 手動及自動繪圖時間比較圖.....	61

圖 24 手動及自動除錯時間比較圖 62

表目錄

表 1 預定期程表.....	3
表 2 文獻回顧軟體優劣表.....	11
表 3 C 值對照表.....	15
表 4 成果圖呈現方案比較.....	20
表 5 測試案例節點及管線數量一覽表.....	37
表 6 114 年 2 月 21 日軟體推廣回饋.....	44
表 7 114 年 3 月 21 日軟體推廣回饋.....	44
表 8 知識管理系統回饋項目統計表.....	45
表 9 問卷題目列表.....	57
表 10 問卷回復彙整表.....	59
表 11 手動及自動繪圖時間比較表.....	61
表 12 手動及自動除錯時間比較表.....	62
表 13 案例 1 每案節省費用估算表.....	64
表 14 案例 2 每案節省費用估算表.....	65
表 15 案例 3 每案節省費用估算表.....	66
表 16 近五年發購電量及電力排碳係數.....	67
表 17 本研究案例減少電腦使用時間.....	67
表 18 自動繪圖節省成本彙整表.....	68

第一章 計畫緣起

1.1 研究動機及計畫緣起

水力分析為自來水供水設備如管線、加壓站、配水池等設置之重要依據，亦是供水管網新建、檢討、改善或分壓建置之必要工具，以確保規設之合理、經濟及日後操作營運之安全。

就台水公司現行之作業方式，工程規設前，會採取美國環保署之 EPANET 為分析工具，俟分析模型建立檢討完成後，再以 CAD 或其他繪圖軟體，將模型中之數據，轉繪製為水力分析圖。此一作業模式行之有年，也面臨不少需克服之問題，如轉繪易產生資料錯誤、錯置、人工繪製耗費時間、表示方式不一等情形，造成時間成本提高，影響水力分析圖正確性¹／可信度等問題。故如能有可以將 EPANET 管網模型分析之成果，自動繪製水力分析圖之自動化工具，對規設從業同仁，將可大幅提升水力分析應用的動力和信心。

有鑑於市售商用軟體或客製化開發軟體雖可達到需求，惟其高昂之價格與複雜之介面，均使事業單位無力負擔，遑論推廣。爰此，本研究之目的，希望能以簡捷之方式，來達到繪圖之需求，並具有不同繪圖軟體之適用性，以提高水力分析此一核心技術之普及，並藉此提高規設人員之工作技能。

¹ 1. 本研究主要重點為經 EPANET 建模分析後之數值與管網圖之產出效率，故此處所述之正確性/可信度，非指分析數值本身，而係指從模型分析後之顯示值，在轉繪為圖型時與原分析值是否產生誤差而言。

1.2 計畫目標及預期成果

- 1 開發自動化程式，將 EPANET 水力模擬成果轉換為 DXF 圖檔格式，除可作為後續工程設計圖之基礎，亦能迅速產製水力分析圖，提供規劃與管理單位參考應用，以提升作業效率及資料可視化程度。
- 2 製作水力模擬成果之分析報表，針對模型中可能導致供水瓶頸之潛在問題加以辨識與呈現，作為系統改善與決策支援之依據。
- 3 自動化程式完成後，將推廣至公司內部有水力分析圖製作需求之相關單位，藉以簡化圖說製作流程、提升作業效率，進一步達到人力成本節省之效益。

1.3 預定進度

本研究於 114 年 2 月 14 日第 20 屆技術研究委員會第 7 次委員會議審查通過，執行期程為 114 年 3 月 1 日至 114 年 11 月 30 日，以期中報告為界，概分為兩部分執行，整理如表 1。

1. 第一部分：114 年 3 月至 113 年 6 月進行資料收集及現行作業困境分析，並建立自動化轉檔程式系統架構後，進行實作及測試。
2. 第二部分：114 年 7 月至 114 年 11 月建立自動化檢核程式系統架構後，進行實作及測試，及圖檔通用性測試及效益分析、評估。

表 1 預定期程表

編號	工作名稱	3月				4月				5月				6月				7月				8月				9月				10月				11月				12月			
		5	10	15	31	5	10	15	30	5	10	15	31	5	10	15	30	5	10	15	31	5	10	15	31	5	10	15	30	5	10	15	31	5	10	15	30				
1	資料收集及現行作業困境分析																																								
2	自動化轉檔程式系統架構、實作及測試																																								
3	自動化檢核程式系統架構、實作及測試																																								
4	圖檔通用性測試及效益分析、評估																																								
5	成果報告																																								
6	成果報告修正																																								

第二章 文獻回顧

台水公司推廣水力分析之應用，行之有年。每年於公司專業訓練中心辦理二梯次之教育訓練，目的在促使同仁透過 EPANET 建模、分析，以發現問題、尋求解決方案，期能廣泛應用於規劃、設計、分區管網檢討及管網改善等面向。惟歷來普遍反映在繪製成果圖時，耗費之時間甚鉅，在工程執行效率掛帥的條件下，難免影響使用之意願。

故本研究的目標為自行規劃一套轉檔程，將 EPANET 水力分析成果轉換為本公司常用的水力分析圖，為瞭解 EPANET 與 CAD 圖形相互轉換的方案，整理國內外文獻整理如下：

2.1 DXF2EPA

此軟體為 EPANET 原團隊製作及發佈的工具[1]，於 2001 年發佈，可將 DXF 圖形轉換為 EPANET 的輸入檔，該輸入檔可由 EPANET 直接讀取，減少在 EPANET 中管網繪製的時間，該程式中可調整的參數僅有 Node Snap Tolerance，其功能為程式判斷 2 條線端點間距小於該數值時，便將 2 個端點視為同一節點。但此方案為 DXF 圖形轉換為 EPANET 管網圖，與本研究需要轉檔之方向不同，且原作者已停止更新許久，因此該程式應已無法因應新增需求而改進版次，且此程式為外部之 DXF 轉入 EPANET，無法將 EPANET 分析之成果轉繪為供外部讀取之圖形。

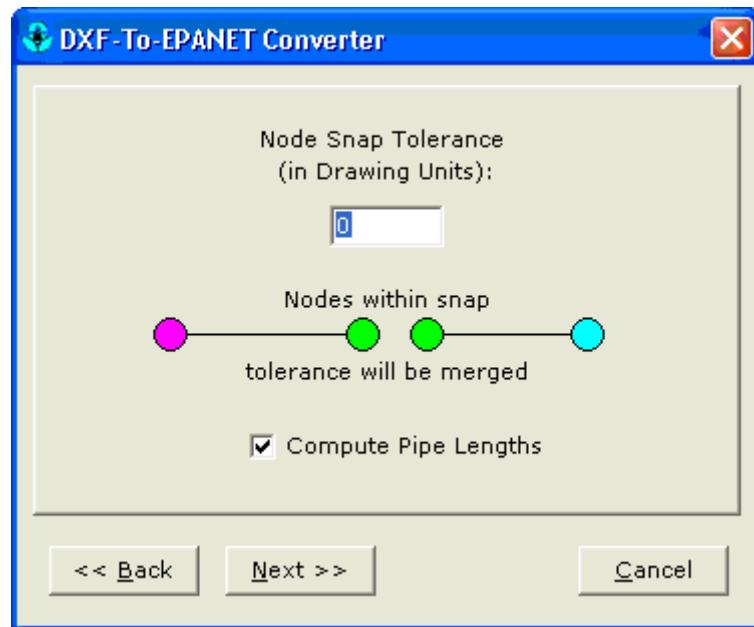


圖 1 DXF2EPA 介面

2.2 QEPANET

此方案為在 QGIS 中另外安裝外掛，經測試，此程式無法將在 EPANET 已繪製好的管網檔案匯入 QGIS 內，而需要在 QGIS 環境中繪製各項元素，該外掛啟動時，會將各元素(Junction, Reservoir, Tank, Pipe, Pump, Valve)分別建立圖層，使用者可如同使用 QGIS 的繪製功能一般繪製管網圖，各項參數的設定則是至各圖層的屬性頁內設定(如圖 2、圖 3)。

	id	length	diameter	status	roughness	minor_loss	material	description	tag
1	L1	50.767066935...	100	Open	110	0	Cast iron		
2	L2	248.50790139...	100	Open	110	0	Cast iron		
3	L3	213.57070168...	100	Open	110	0	Cast iron		
4	L4	47.425175101...	100	Open	110	0	Cast iron		
5	L5	65.222428107...	100	Open	110	0	Cast iron		
6	L6	29.252371297...	100	Open	110	0	Cast iron		
7	L7	576.23454273...	100	Open	110	0	Cast iron		
8	L9	6.6040727438...	100	Open	110	0	Cast iron		
9	L10	76.314556337...	100	Open	110	0	Cast iron		
10	L11	216.07383034...	100	Open	110	0	Cast iron		
11	L12	1.9573447107...	100	Open	110	0	Cast iron		
12	L13	145.94789818...	100	Open	110	0	Cast iron		
13	L14	240.99169243...	100	Open	110	0	Cast iron		

圖 2 管線屬性頁

	id	length	diameter	status	roughness	minor_loss	material	description	tag
1	L1	50.767066935...	100	Open	110	0	Cast iron		
2	L2	248.50790139...	100	Open	110	0	Cast iron		
3	L3	213.57070168...	100	Open	110	0	Cast iron		
4	L4	47.425175101...	100	Open	110	0	Cast iron		
5	L5	65.222428107...	100	Open	110	0	Cast iron		
6	L6	29.252371297...	100	Open	110	0	Cast iron		
7	L7	576.23454273...	100	Open	110	0	Cast iron		
8	L9	6.6040727438...	100	Open	110	0	Cast iron		
9	L10	76.314556337...	100	Open	110	0	Cast iron		
10	L11	216.07383034...	100	Open	110	0	Cast iron		
11	L12	1.9573447107...	100	Open	110	0	Cast iron		
12	L13	145.94789818...	100	Open	110	0	Cast iron		
13	L14	240.99169243...	100	Open	110	0	Cast iron		

圖 3 節點屬性頁

當 QEPANET 分析完成後若要製成水力分析圖，需藉由 QGIS 的匯出功能將管網匯出為 DXF 圖檔[2]，再仿照 EPANET 的作業方式，將每個節點及管線的數值填入 CAD 軟體中，且因為每種數值分別儲存在不同圖層中，繪製 CAD 圖時，各種圖層需要多次重複開啟關閉，以上操作動作繁複性不亞於 EPANET，工作量不容小覷。

本經本團隊評估及測試後(如圖 4)，使用者需要再增加學習一個 GIS 軟體，但工作時間並未減少，爰此方案不建議使用。

另本團隊認為此軟體有以下優點：

1. 結合 GIS 軟體繪圖，可自行套繪適合的底圖，不論是衛星影像圖(xyz tiles 圖層)或是國土測繪圖資(wmts 協定)，皆可套繪，對比 EPANET 則只能夠將圖資截圖後再匯入，不僅誤差大，操作亦不便。
2. 承上，因 QEPANET 在 GIS 軟體內繪圖，故定線後的管線即有真實世界的長度，對比 EPANET 則需要另外輸入管線的實際長度。
3. GIS 軟體內可匯入 DEM(Digital elevation model 數值高程模型)，創建節點時，QEPANET 可設定為自動讀取 DEM 的數值而帶入節點的高程，節省額外查詢或測試節點高程並填入數值的工作時間。

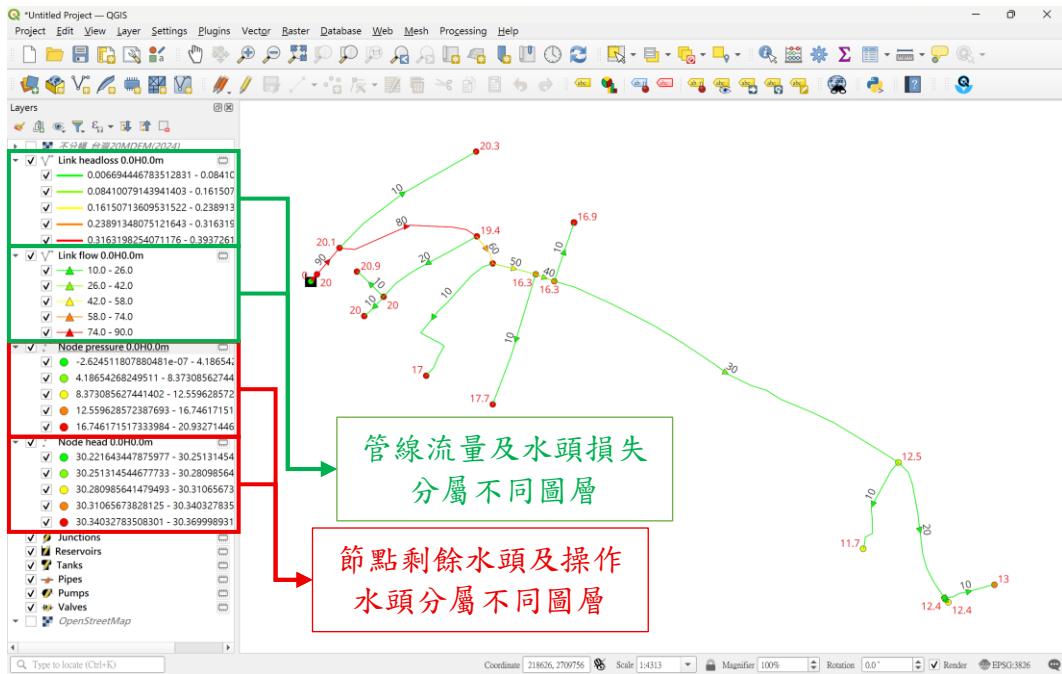


圖 4 QEPANET 繪圖成果

2.3 WaterGEMS

此軟體為 Bentley 發行的水力分析軟體，查該軟體的介紹及說明檔，可直接匯入 EPANET 的輸入檔，並內建直接產製 DXF 檔的功能，軟體內有完整的標示自訂功能，可自訂欄位內容、顏色及位置，應可以仿本公司常用的水力分析圖格式出圖，惟該軟體尚無法於網路上找到測試版本，各項方案皆需要訂閱，故本團隊暫無法進一步測試。

為使用該軟體又需要投注許多費用購買軟體授權，其官網公佈價格介於 982(Essential 版)至 16,137(Ultimate 版)美金之間，對於本公司財務而言將是非常沈重的負擔，且使用者需要學習另一套軟體，又增加使用者的工作量，爰此方案不建議使用。

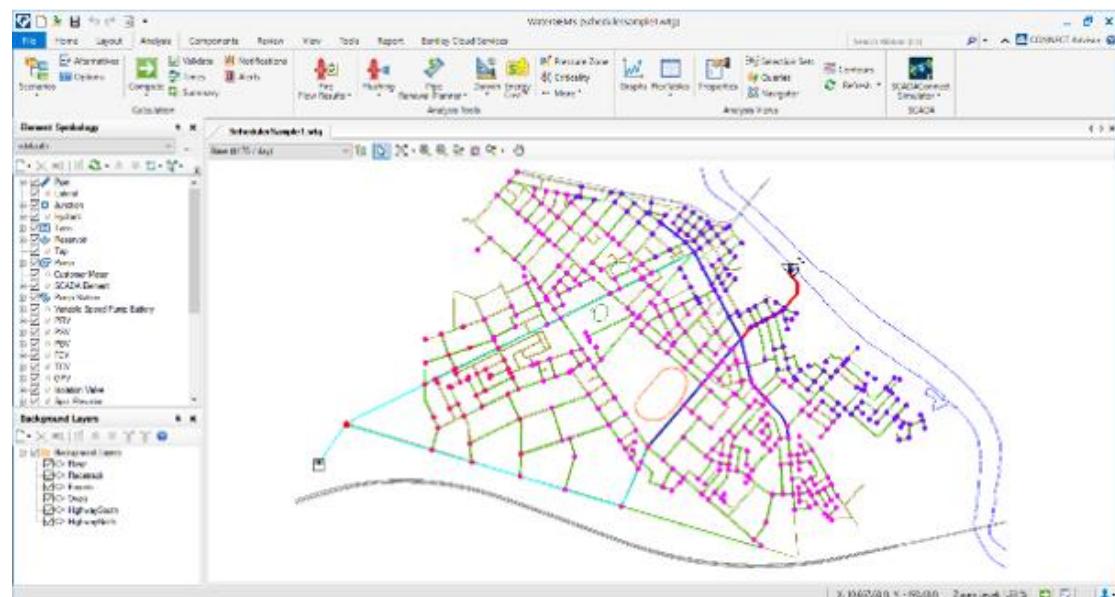


圖 5 WaterGEMS 介面

2.4 綜合比較

若使用現成軟體來做為水力分析圖繪製的工具，本團隊歸納出這些軟體需要具備的特性有(1)授權金額可控，考量本項作業為長期且持續性的工作，且使用單位遍及全國各區處，因此軟體的總體持有成本至關重要。我們尋求的授權方案應具備經濟效益，無論是永久授權或訂閱制，其費用需在可控範圍內，以最低的單位成本達成最大化的部署效益、(2)軟體需能提供持續性的更新服務，以即時響應主流作業系統的升級和公司日益嚴謹的資訊安全規範，從而確保本次投資的長期價值、(3)導入新軟體的目的在於提升效率，而非增加工作負擔。因此，軟體的操作介面應力求直觀、友善，功能應聚焦於水力分析圖資的繪製需求。理想的工具應能讓同仁在短時間內上手，降低學習曲線與教育訓練成本，避免同仁投入不必要的時間成本於複雜的軟體操作上。因此，將以上文獻回顧所介紹之軟體分析後，分析其優劣整理如下表 2：

表 2 文獻回顧軟體優劣表

項次	軟體名稱	授權金額	持續更新服務	軟體複雜度
1	DXF2EPA	無	無	低
2	QEPLANET	無	有	高
3	WaterGEMS	高	有	高

第三章 現行作業方式及問題

3.1 現行作業水力分析軟體介紹

本公司現行水力分析主流軟體為 EPANET，該軟體為美國國家環境保護局(United States Environmental Protection Agency)開發的一款水力分析軟體，可模擬供水節點及管線中壓力、流量、流速及水頭損失，並可分析系統中水質變化，是目前國內外自來水事業單位及工程顧問公司最常使用的水力分析工具之一。

真實世界供水系統中各節點需水量並非固定值，其值會因系統中的人口活動、經濟發展或外在環境而變化，EPANET 可進行動態水量分析，亦即考量系統中各節點於不同時間的用水情況加以分析，協助規劃者瞭解在不同操作條件下供水系統的動態行為。此外，其圖形化使用介面可讓使用者以視覺方式建構管網模型，並觀察模擬結果，進一步掌握整體水力狀況。

3.2 模型建置程序、適合管網大小與條件分析

水力分析模型建置前，需先收集管網的基本資料，以使繪製及分析時，輸入的資料有事實的根據，需收集的資料及程序如下：

1. 接水點壓力：常參考本公司水壓監測平台內各水壓計回傳的讀值，或另行在鄰近接水點的消防栓掛載水壓計，記錄數天的水壓讀值，原則上會分析每日用水量最大及最小時，最大時水壓代表該區域用水量最多時刻的水壓數值，也代表該系統的最嚴苛用水情況，接水點的剩餘水頭原則上至少有 1 kgf/cm^2 (10 公尺水頭)，後續銜接新系統時才能取得較穩定水源。

2. 接水點及管網節點高程：同上，各節點剩餘水頭原則上至少有 1 kgf/cm^2 (10 公尺水頭)，該節點才能提供穩定的水源，而剩餘水頭為操作水頭減去節點高程，故有精確的節點高程數值，相對的剩餘水頭數值計算才正確，而實務上節點高程可由以下幾個方法擇一取得：(1)由國土測繪圖資雲上查閱等高線而取得節點高程、(2)由 Google Earth 軟體直接提供讀取地表高程，但此方法得到的高程為橢球高，並非 TWD97 正高、(3)由氣壓高度計讀取，但受限於大氣壓力及環境的影響，此方式取得的高程較不精確、(4)由 RTK 設備測量取得，此方法可量得精度極高的高程資料，但初期設備投資較高，且 RTK 設備需進行教育訓練、(5)由 GPS 高度計量得，此方式操作相對簡易，但需注意此方法量到的高程也為橢球高，並非 TWD97 正高。

3. 管長 L、流量、管徑及管線係數 C 參數擇定：

由 Hazen-Williams 公式

$$h_f = \frac{10.67 \times L \times Q^{1.852}}{C^{1.852} \times d^{4.8704}}$$

式中

h_f ：水頭損失(m)

L：管線長度(m)

Q：管線流量(m^3/s)

C：Hazen-Williams 係數

d：管徑(m)

其中 L 為各節點水平距離，可在國土測繪圖資雲、本公司圖資、Google Earth 或現地以輪距尺量測。

流量 Q 值來源為依據系統所需水量填入，若為民生用水，常用 1 戶假設 4 人，1 日用水 CMD 做估算，其他狀況則依該案供水需求依實際需求填入。

本公司常用管種 C 值參考下表 3，而 DIP 管常用 C 值取 110，此外，選擇適當的 C 值對於計算管路的水頭損失至關重要。建議在設計或校核管線時，結合管材的實際狀況及年限，適時調整 C 值，以反映可能的老化或沉積影響，從而提升計算精確度，且有助於確保供水系統的運作穩定與效率。

表 3 C 值對照表

管渠材料	C 值
塑膠管(PP)、聚氯乙烯塑膠硬直管(PVCP)	130-150
鋼管(SP)新、無襯裏	130-150
焊接鋼管	130-140
鋼筋混凝土管(RCP)	110-140
延性鑄鐵管(DIP)	120-140
高密度聚乙烯管(HDPE)	140-150
鋼襯預力混凝土(PCCP)	120-140
預力混凝土管(PSCP)	110-140
耐衝擊硬質聚氯乙烯塑膠管(HIWP)	135-150
不鏽鋼管(SSP)	140-150

資料來源：本研究整理、[3-6]

4. 配水池設計參數：配水池參數需調查及輸入的參數有高程(Elevation)，高程資料量測方式可參考「接水點及管網節點高程」、起始水位(Initial Level)為模擬時初始高度，若初始狀況為無水，則填入 0，最低水位(Minimum Level)為該水池實際上的低水位，最高水位(Maximum Level)代表加壓站運作時，能夠補注水位的最高值。水池直徑(Diameter)為配水池幾何形式，若為矩形水池，則需換算為圓形水池的直徑後填入。

5. 抽水機設計參數：抽水機的揚程高度需要配合現地地勢、水塔高度及管材耐壓設計，原則上抽水機揚程需要達到配水池頂，但該揚程又不可以造成管線超過設計耐壓，以本公司常見管材 7.5kg/cm^2 為例，每次加壓後管內最高壓力不得超過前開數據，可用 60 公尺高程差做為每一站加壓的高程間距參考值。

本程式為單機軟體，讀取 EPANET 匯入及匯出檔計算及繪製水力分析圖各參數後，繪製成圖形，原則上並無管網大小的限制，惟管網節點若超過 300 點，繪圖時程式會發生凍結的情況，等繪圖完成後將會再回復正常運作，此為正常狀況。

3.3 水力分析標準圖說格式

水力分析的結果通常僅以數值形式呈現在軟體中，難以直接交換或溝通。雖然可以將分析模型檔案傳送給他人，讓對方重新執行並閱讀結果，但此方式不僅繁瑣，也不夠直覺。實務經驗顯示，若能將水力分析結果轉繪為圖面，再透過電子郵件或即時通訊工具直接傳送，將可大幅提升供水系統檢討與討論的效率。尤其當圖面中的各項圖說元素能清楚展現供水系統的特性時，便能使閱圖者在單一圖紙中即對系統狀況有整體性的理解。

為減少設計人員在不同類型的數值資料間來回對照的困擾，本公司長期以來已建立一套固定的圖形呈現格式(如圖 6 所示)，藉以整合模擬後的所有關鍵資訊。此格式目前已在公司內部廣泛應用，並獲得各區處一致採納，成功促進設計與管理人員間的溝通協作。該圖面配置方式也因此成為公司內部共同認可並標準化的繪圖格式，亦為本研究產製成果圖的參考格式。

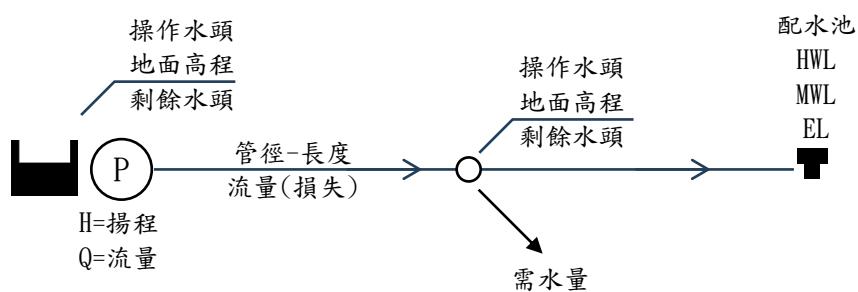


圖 6 本公司水力分析標準圖格式

3.4 水力分析圖形化方式研究

以下就 EPANET 可提供的圖形化方式，或其衍伸圖形化方式進行探討，並分析其優缺點：

3.4.1 EPANET 內建呈現方式

EPANET 為運作於 Windows 下的軟體，本身即具備圖形介面，模型的分析結果可以直接在軟體介面上呈現(如圖 7)：

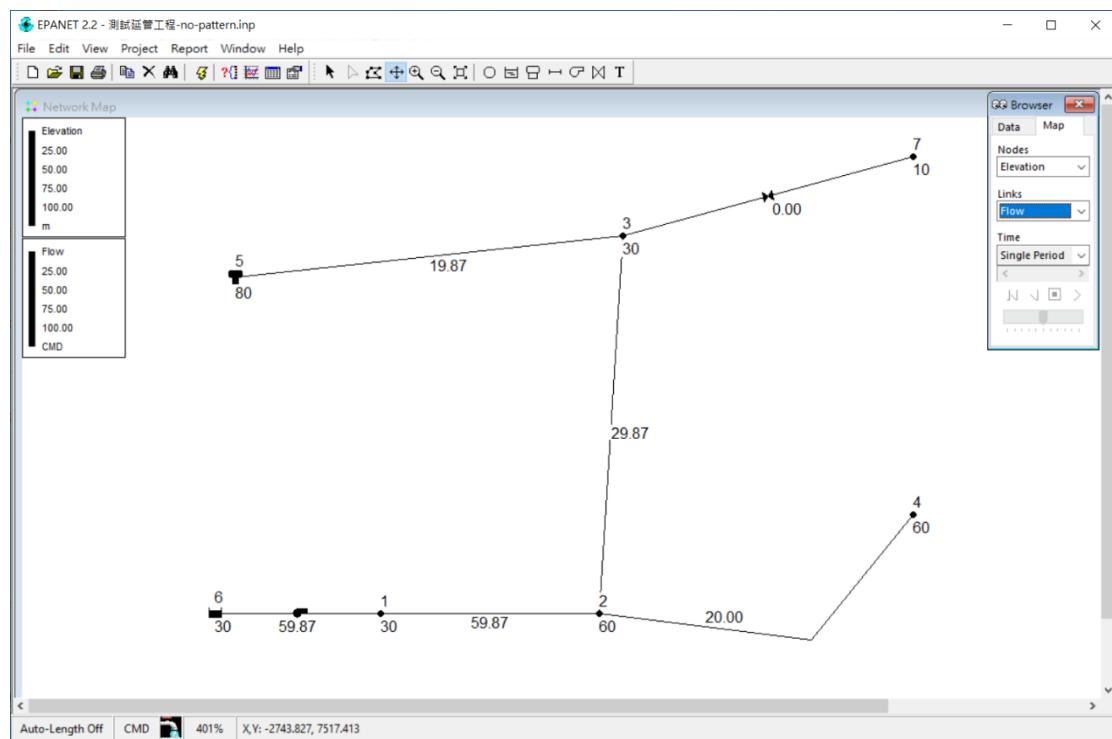


圖 7 EPANET 介面

軟體內可以設定並顯示的項目如下：

節點：Elevation(高程)、Base Demand(基本需水量)、Initial Quality(初始水質)、Demand(需水量)、Head(水量)、Pressure(水壓)、Chlorine(餘氯量)

管線：Length(管線長度)、Diameter(管線直徑)、Roughness(管壁粗糙度)、Flow(流量)、Velocity(流速)、Unit Headloss(單位管損)、Chlorine(餘氯量)等。

但因軟體限制，僅能夠在節點或管線中呈現一種類型數值，而無法同時呈現多種類型數值，使用者若想要同時觀察多個參數，便需不斷在不同顯示類型間切換或以人工方式記錄、對照。當分析項目增加，或需比對特定位置在不同參數下的變化趨勢時，這樣的的操作方式將大幅降低工作效率，亦易導致判讀錯誤。

3.4.2 EPANET 匯出 DXF 呈現方式

EPANET 支援匯出 DXF 格式功能，DXF 是 AutoCAD DXF (Drawing Interchange Format 或者 Drawing Exchange Format) 的簡稱，它是 Autodesk 公司開發的用於 AutoCAD 與其它軟體之間進行 CAD 數據交換的 CAD 數據文件格式。

儘管 EPANET 可匯出 DXF 格式，可以減少設計人員在製作水力分析圖時繪製管線線形所花費的時間，但匯出的圖檔內僅有管線的線形，無其他節點及管線分析後的數值(圖 8)，設計人員仍需要花費時間在不同顯示類型間切換或以人工方式記錄，再於 DXF 圖檔中繪圖修正，仍花費需多時重複工作的時間。

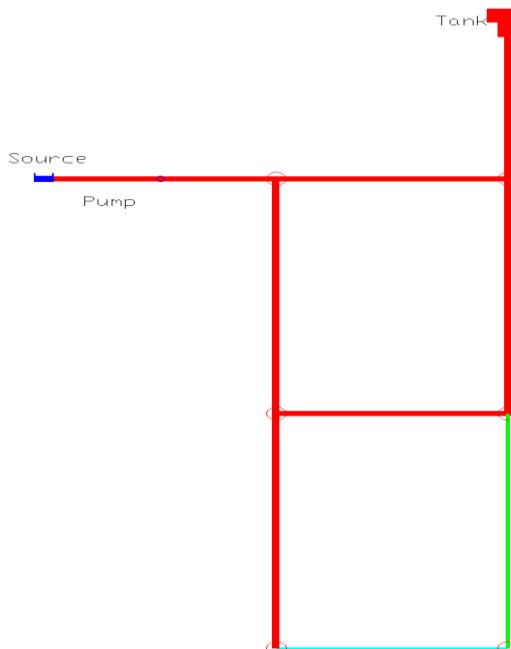


圖 8 EPANET 匯出 DXF 成果

3.4.3 圖形化方案比較及問題分析

綜合分析上述的水力分析圖呈現方式，表列二種繪圖方案並將其特性分析說明如下，並表如下表 4：

1. EPANET 內建的圖形化顯示介面雖提供基本視覺化功能，但在操作上仍存在限制。系統設計僅允許同一時間顯示單一類型的數值資料，若需檢視不同類型數據，使用者必須手動切換。此外，雖具備多時段數值顯示功能，但每次僅能呈現特定時段的結果，切換至其他時間點需透過介面按鈕逐一操作。由於圖面資料由系統直接計算與顯示，製作成果圖的速度較快，且可降低人為錯誤。但顯示內容受限於原始程式設定，無法自由調整顯示欄位。若需輸出圖面作為報告使用，通常需透過截圖方式進行，當圖面尺寸放大列印時，容易產生畫質失真，因此此方案不符合本公司作業所需。
2. 將 EPANET 中的管網線形匯出為 DXF 格式後，透過 CAD 軟體繪圖軟體進行編修，則可大幅提升圖面客製化的彈性。使用者能手動繪製多種數據類型與不同時間序列的結果，並自由設計圖說內容與排版方式。但此流程需頻繁於 CAD 軟體與 EPANET 間切換，以查閱與輸入數據，過程耗時且易造成繪圖人員的工作負擔。在長時間操作下，亦可能因疲勞導致數據輸入錯誤，加上部分欄位需自行計算，也增加誤差風險。此方式的圖面為向量格式，放大列印時仍能維持高畫質，不會產生失真問題，且顯示欄位可完全依使用者需求自訂。

表 4 成果圖呈現方案比較

方案	多類型數值 同時呈現	呈現 多時序數值	花費時間	錯誤機會	放大失真
EPANET 內建顯示畫面	無	有	少	低	嚴重
EPANET 匯出 DXF 檔再 編修	有 需人工繪製	有 需人工繪製	多	高	無

經上述分析後，二者皆非最優方案，再考量管網規劃配置係為滿足該系統的供水需求而設計，為保存該系統供水能力相關資料，水力分析圖將印製成 A1 圖說後併入預算書歸檔，俾利未來查詢時有資料可參考，以及現行的水力分析圖說亦會轉換為圖片檔後做為快速決策或討論所用，故本研究參考 EPANET 匯出 DXF 檔再編修的精神，於該基礎上再導入自動化軟體進行輔助繪圖，目的為讓使用者進行最低限度的編修就能完成水力分析的產製，才能減少因人力操作造成的錯誤，並降低使用者工作負擔。

3.5 程式獨立運作必要性分析

本公司目前進行水力分析圖繪製所使用的主要軟體為 AutoCAD。該軟體於本公司導入已久，設計人員普遍熟悉操作流程，且其繪圖功能完善，足以滿足各類水力分析圖之繪製需求。此外，AutoCAD 支援二次開發，使用者可透過自訂程式設計，將專屬功能整合至 AutoCAD 環境中，以提升作業效率與圖面一致性。

然而，AutoCAD 採取訂閱制授權模式，需每年支付高額費用進行續約、維護與版本升級。若本研究所開發之程式必須依附於 AutoCAD 平台運行，將面臨 AutoCAD 每次版本更新時可能發生的 API 或函式異動問題，導致本研究程式亦須配合更新原始碼，增加維護負擔。此類相容性問題已在部分 AutoCAD 二次開發工具中被實際觀察到。

因此，研究並開發一套可脫離 CAD 軟體而獨立運作的轉檔工具，具有實際的必要性。此舉不僅可避免因 CAD 軟體改版所帶來的相依性問題，也可作為本研究程式未來獨立部署與應用的可行性驗證，為後續擴充與應用打下基礎。

3.6 案例訪談：供水管網水力分析導入應用

日期：114 年 3 月 19 日

地點：自來水公司第二區管理處會議室

參與單位：

昌漢科技股份有限公司：

1. 李關平 總經理

自來水公司第二區管理處：

1. 徐處長俊雄
2. 漏水防治課
3. 工務課

自來水公司第三區管理處：

1. 楊處長人仰
2. 操作課許課長耀中
3. 陳工程員利昕

議題一：漏水偵測所採用的壓力傳訊計與本公司原有的回傳機制是否有不同？

如何應用這些壓力傳訊計推估漏水區域？

回復：為提高供水管網內對於各處水壓現況的掌握能力，本計畫另於管網內佈設水壓傳訊設備，經提高感應器密度後，伺服器上即時運算的水力分析模型便有即時的水壓及流量資訊，運算後便可獲得理論上未漏水時各點的壓力，再將此理論壓力值與壓力計所讀取的實際壓力數值比較，即可從壓力值差異大的區域開始排查漏水的可能性並進行維修，因而減少漏水量。

議題二：此方案在伺服器內部運作的水力分析軟體，是 EPANET？亦是另行設計的程式？

回復：本專案在伺服器內編寫專門用於水力分析的軟體，與 EPANET 不同。

議題三：管網內水量及水壓變化為隨時間變動的數值，本公司雖已有建置水壓監測平台，但該數值並非即時的數值，請問此方案的水壓資料來源是否不同？

回復：本方案水壓等資訊來源原則與自來水公司內部所用的感應器雷同，但為快速的運算出即時管網狀態，本平台在取得感應器回傳間距較短。

簡報詳附件二。

3.7 案例訪談：自來水事業推動人工智慧之規劃應用與發展

日期：114 年 6 月 5 日

地點：自來水公司總管理處第一會議室

參與單位：

臺北自來水事業處

台灣世曦工程顧問股份有限公司

逢甲大學地理資訊系統研究中心

自來水公司總管理處

(僅節錄與本研究有關之議題)

議題：北水處是否有研究將 EPANET 分析結果轉繪為水力分析圖的方案？

回復：北水處的做法是將紙本圖資數化為向量圖檔，再將管線之間接合拓樸關係修正完成，可以在線上將管線線形直接進行水理演算，並即時分析管網的模擬結果，與貴團隊的研究方向截然不同。

簡報附件三。

3.8 現行作業問題分析

綜合分析後，現行水力分析圖繪製作業可能遭遇的問題整理如下：

1. **操作繁瑣與效率低落**：需在 CAD 軟體與 EPANET 間頻繁切換查照數據，耗時費力。
2. **人工輸入與錯誤風險高**：水力分析圖數據需手動輸入及繪製，易因疲勞或疏忽產生錯誤。
3. **需額外人工計算**：部分資料欄位需自行計算，增加出錯風險與工作負擔。
4. **繪圖者工作負擔大**：資料整理與繪圖需高度人工參與，作業量重。
5. **繪圖軟體更版頻繁**：若依附於繪圖軟體下設計，軟體更新後便需連帶改版程式，提高維護困難度。

爰此，本研究目標為建置一種可以獨立運作的程式，自動將 EPANET 分析後的資料繪製為水力分析圖。

第四章 自動繪圖程式規劃及實作

本研究撰寫的程式讀取管網輸入檔(.inp)及輸出檔(.rpt)時，會以程式迴圈尋找特定字串，做為節點、管線及接水點等元素參數的輸入值，輸入及輸出檔分析原則及程式架構如以下說明：

4.1 EPANET 輸入檔案架構分析

EPANET 輸入檔包含以下標籤，可分為以下 5 類：Network Components、System Operation、Water Quality、Options 及 Network Map/Tags，全部標籤列表如下[7]：

Network Components	System Operation	Water Quality	Options	Network Map/Tags
[TITLE]	[CURVES]	[QUALITY]	[OPTIONS]	[COORDINATES]
*[JUNCTIONS]	[PATTERNS]	[REACTIONS]	[TIMES]	[VERTICES]
*[RESERVOIRS]	[ENERGY]	[SOURCES]	[REPORT]	[LABELS]
*[TANKS]	[STATUS]	[MIXING]		[BACKDROP]
*[PIPES]	[CONTROLS]			[TAGS]
*[PUMPS]	[RULES]			
*[VALVES]	[DEMANDS]			
[EMITTERS]				

*與本研究有關的標籤

首先將 EPANET 的管網檔案匯出(File - Export - Network)，匯出後的檔案本質為文本文件(txt)，分析其結構分析如下：

JUNCTIONS、RESERVOIRS、TANKS 區間：

```
[JUNCTIONS]
;ID          Elev      Demand    Pattern
1            30        0          ;
2            60        10         ;
3            30        10         ;
4            60        20         ;
7            10        0          ;
8            0          20         ;

[RESERVOIRS]
;ID          Head      Pattern
6            30        ;         

[TANKS]
;ID          Elevation  InitLevel  MinLevel  MaxLevel
5            80        10         0          20
```

此區間描述節點(JUNCTION)參數，欄位包含高程(Elev)、需水量(Demand)，接水點(RESERVOIRS)水頭高度(Head)，水塔(TANKS)高程(Elevation)、起始水位(InitLevel)等資訊。

COORDINATES 區間：

```
[COORDINATES]
;Node        X-Coord   Y-Coord
1            -3465.492  5594.000
2            -2613.803  5594.000
3            -2525.698  7063.142
4            -1395.007  5976.505
7            -1395.007  7371.512
8            -3984.654  7501.796
6            -4111.601  5594.000
5            -4013.981  6592.673

[VERTICES]
;Link        X-Coord   Y-Coord
5            -1791.483  5491.924
```

此區間描述各節點(Node)座標參數，欄位包含 X 座標(X-Coord)及 Y 座標(Y-Coord)等資訊。

4.2 EPANET 輸出檔案架構分析

於 EPANET 中按 Run 完成分析後，在工作列 Report - Full 功能可匯出完整分析成果，該成果本質為文本文件(txt)，其結構分析如下：

Link - Node Table 區間：

Link - Node Table:

Link ID	Start Node	End Node	Length m	Diameter mm
2	1	2	268	100
3	2	3	314	100
4	3	5	513	100
5	2	4	357	100
7	3	8	234	100
1	6	1	#N/A	#N/A Pump
6	3	7	#N/A	100 Valve

此區間定義管網各連線(Link)之連線節點，欄位包含起始節點(Start Node)、結束節點(End Node)、長度(Length)及管徑(Diameter)等資訊。

Node Results 區間：

Node Results:

Node ID	Demand CMD	Head m	Pressure m	Quality
1	0.00	90.08	60.08	0.00
2	10.00	90.02	30.02	0.00
3	10.00	90.00	60.00	0.00
4	20.00	90.01	30.01	0.00
7	0.00	14.00	4.00	0.00
8	20.00	89.99	89.99	0.00
6	-59.89	30.00	0.00	0.00 Reservoir
5	-0.11	90.00	10.00	0.00 Tank

此區間呈現計算後的節點數值成果，欄位包含需水量(Demand)、水頭高度(Head)、壓力(Pressure)、及水質(Quality)等資訊。

Link Results 區間：

Link Results:

Link ID	Flow CMD	VelocityUnit m/s	Headloss m/km	Status
2	59.89	0.09	0.22	Open
3	29.89	0.04	0.05	Open
4	-0.11	0.00	0.00	Open
5	20.00	0.03	0.03	Open
7	20.00	0.03	0.03	Open
1	59.89	0.00	-60.08	Open Pump
6	0.00	0.00	76.00	Active Valve

此區間呈現管網各連線(Link)模擬後的數值，欄位包含流量(Flow)、流速(VelocityUnit)、水頭損失(Headloss)及狀態(Status)等資訊。

因上開輸入及輸出檔皆為文本文件(txt)，其特性為可直接讀取，只要藉由適當的程式即可將其進行處理，另輸入及輸出檔內架構為固定格式，亦可分析其架構後以程式自動完成讀取作業。

4.3 繪圖程式架構及演算法

經分析 EPANET 的輸入及輸出檔案結構後，即可藉由程式編寫迴圈自動讀取及分析輸入及輸出檔內部結構，截取需要的數字及欄位後，再將各節點、管線及文字繪圖後匯出為 DXF 檔，再考量 DXF 檔仍無法藉由一般軟體開啟，若同仁需要交換成果圖檔時，仍需要額外花費時間將 DXF 檔轉換為圖檔，對於沒有 CAD 軟體的使用者可能需要另外購買軟體授權，故本程式直接納入向量圖轉圖片的功能，減少多餘的轉換時間，程式架構流程如下圖所示：

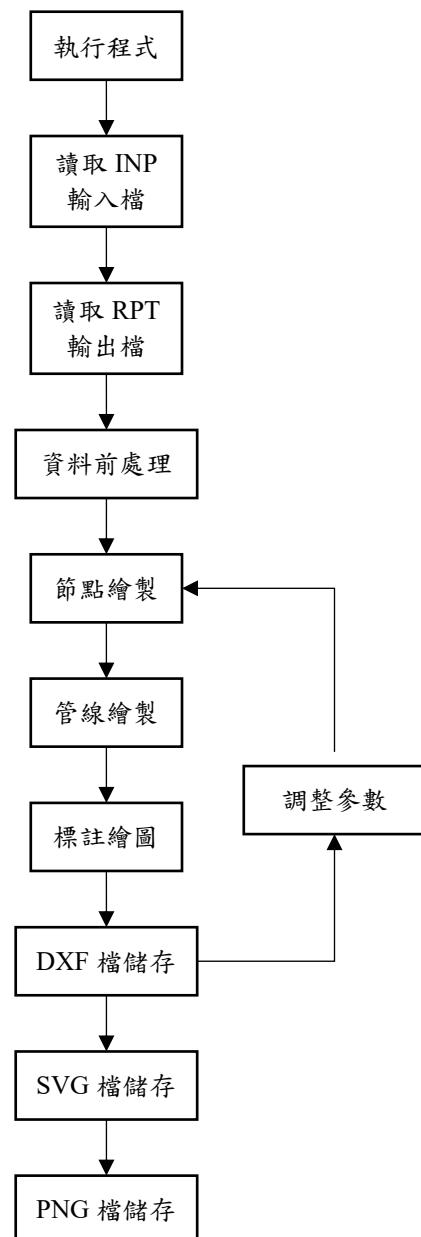


圖 9 自動化繪圖程式架構圖

經綜合評估後，本研究決定採用 Python 作為程式開發語言。Python 為一種廣泛使用的直譯式、進階且通用的程式語言，具有語法簡潔、結構清晰的特性，特別是透過空白縮排來劃分程式區塊，強調程式碼的可讀性。相較於 C 語言或 Java，Python 能以較少的程式碼表達相同的邏輯，提升開發效率。

目前 Python 在全球發展迅速，擁有龐大的開發者社群與豐富的第三方套件資源，可供不同應用領域的開發者彈性引用。本研究將使用兩個主要函式庫：ezdxf (<https://pypi.org/project/ezdxf/>) 與 PyQt。其中，ezDXF 為一套可程式化操作 DXF 檔案的工具庫，可用來建立點、線、文字、聚合線等幾何元素，並輸出為 DXF 格式檔案。根據測試結果，此類檔案可被多數支援 DXF 格式的繪圖軟體正常開啟，雖在部分平台上可能出現些許格式差異，但已能滿足目前的研究需求。

另一方面，PyQt 則為一套用於製作圖形化使用者介面（UI）的函式庫，可用以開發完整的操作介面。其編譯後的執行檔可在 Windows 作業系統上穩定運行。經初步測試與研讀套件說明文件後，確認上述兩套函式庫皆符合本研究之功能需求與開發目標。

4.3.1 核心模組

本研究所設計之程式採用模組化架構，將各項功能分為獨立模組，並於需求時透過函式呼叫執行。此設計不僅能有效減少主程式碼量，亦提升後續維護的便利性與可擴充性。

main.py	主程式與 UI 邏輯
config.py	全域配置與狀態管理
ui.py / ui.ui	PyQt6 UI 定義
process_utils.py	處理流程控制
read_utils.py	檔案讀取與解析
utils.py	通用工具函式

check_utils.py	資料驗證與檢查函式
load_button.py	檔案載入按鈕處理

4.3.2 核心方法

函式名稱	功能說明
createModelspace()	建立 DXF 模型空間
createBlocks()	建立標準圖塊（水池、節點、閥件等）
insertBlocks()	插入圖塊到圖面
pipeLines()	繪製管線
pipeAnnotation()	標註管線資訊
demandLeader()	繪製需水量引線
elevAnnotation()	標註高程
headPressureLeader()	繪製水頭與壓力引線
reservoirsLeader()	繪製接水點引線
tankLeader()	繪製水池引線
pumpAnnotation()	標註抽水機資訊
valveAnnotation()	標註閥件資訊
addTitle()	加入圖面標題
save_dxf()	儲存 DXF 檔案
save_svg()	儲存 SVG 檔案
save_png()	儲存 PNG 檔案

4.3.3 檔案解析演算法

本演算法依循以下步驟進行資料解析：

1. 定位區段：
2. 利用 `lineStartEnd()` 函數搜尋目標區段的起始及結束標記（例如「[JUNCTIONS]」作為起始標記，「[RESERVOIRS]」作為結束標記）。
3. 獲取並返回該區段的起始行號與結束行號。
4. 逐行讀取與解析：
5. 依序讀取目標區段的每一行資料。
6. 運用 `line2dict()` 函數分割各個欄位。
7. 針對資料中負數符號的特殊情況進行處理。
8. 將解析後的資料儲存至 `DataFrame` 結構中。
9. 附加座標資訊：
10. 由 `df_Coords` 查詢並取得各元件對應之座標資訊。
11. 將座標資訊合併至元件的 `DataFrame`。

4.3.4 物件重疊檢測演算法

本研究以迴圈將各節點的標示加入到圖形中，預設的標示位置為節點右上方，在圖形物件較多的區域，標示可能相關重疊，為檢測物件重疊與否，本研究使用 SAT (Separating Axis Theorem，分離軸定理) 進行檢測，其基本原理為：若要判斷兩個物件是否重疊，只需在所有可能的分離軸上進行投影，若存在某一軸使得兩物件的投影區間完全不重疊，則可確定這兩物件沒有接觸；反之，若所有軸的投影皆有重疊區間，則物件即發生接觸或重疊。

程式首先檢測節點右上方空間是否與其他標示重疊，若非，則在右上方插入標示，若有重疊則檢測左上，依此類推，依右上，左上，右下的順序檢測，經此演算法檢測後，可將大部份有重疊狀況的標示錯開，效果如下圖 10：

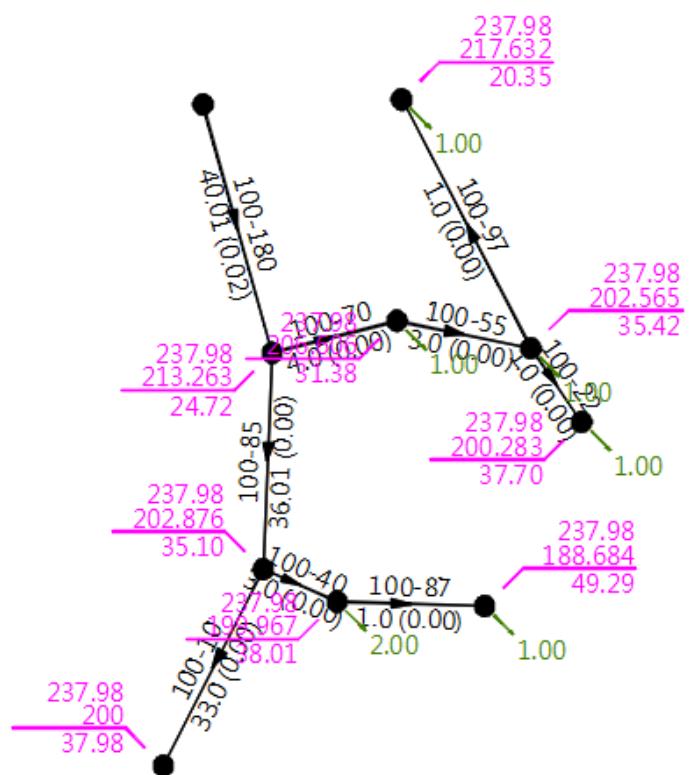
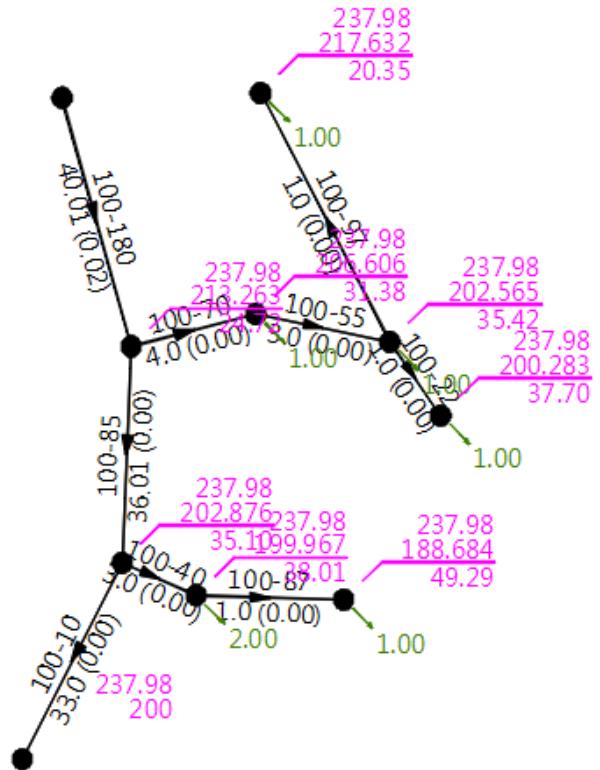


圖 10 自動調整標示位置關閉(上)及開啟(下)

4.4 程式介面設計

本研究程式介面如圖 10 所示，初版僅設計有一個主畫面，未包含次層介面。雖功能較為精簡，但能明確達成預定目標。：

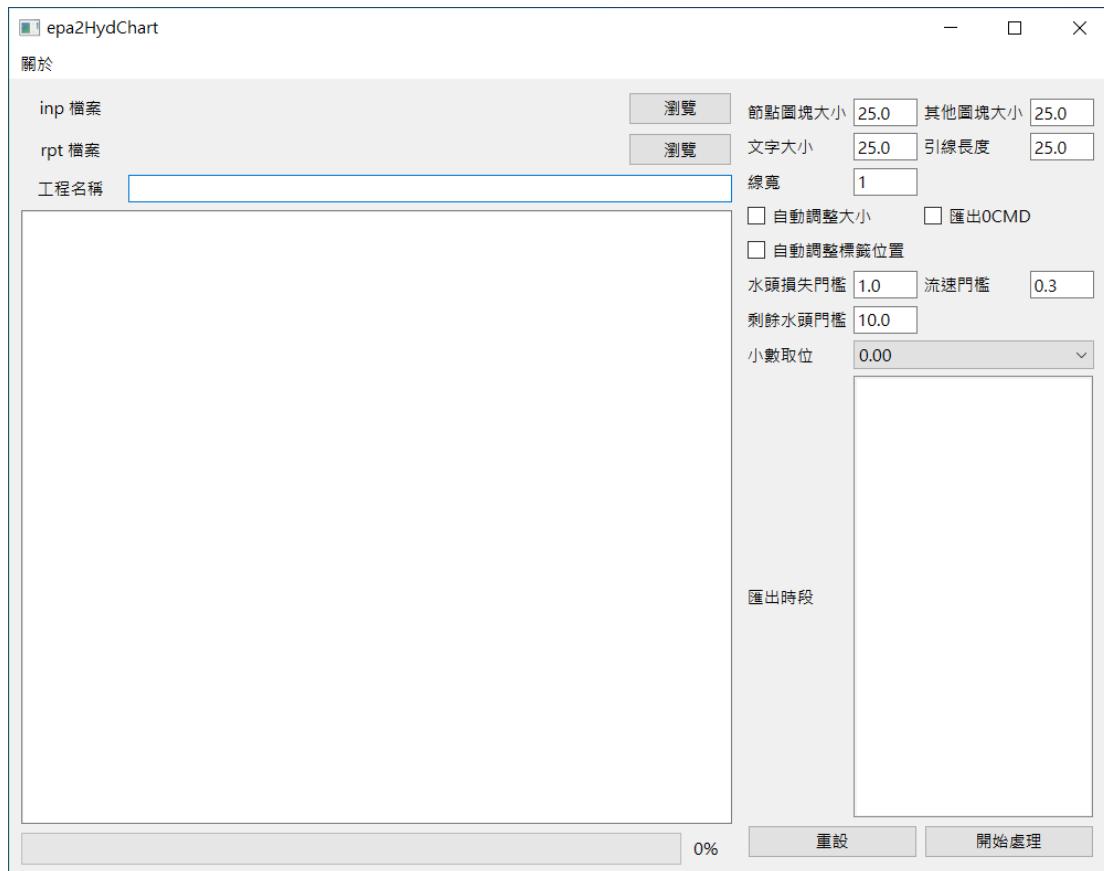


圖 11 自動化繪圖程式介面

4.5 測試及成果展示

本研究已完成相關程式碼撰寫與使用者介面開發，並透過初步測試確認軟體能夠如預期自動將 EPANET 水力分析成果轉換為 DXF 圖檔。此外，系統亦具備自動產出 SVG 向量圖及 PNG 點陣圖之功能，有助於後續資料交換與應用。

在完成初步測試後，研究團隊進一步選擇數個具代表性的實際案例，進行系統效能驗證。測試案例必須符合下列條件之一，方可作為實測依據：

須為實際管網案例：相較於開發階段所使用之簡化測試案例，實際管網案例通常具備更高之複雜度，其節點間距離亦受地形、道路配置等因素影響，呈現長短不一之情形。特別是在街道與路口密集區域，節點分布更為集中，導致水力分析圖面可能出現擁擠現象，此類案例可有效檢視本系統於圖塊大小與圖面配置調整功能之實用性。

涵蓋各類水力分析元件：為全面測試本系統對於 EPANET 支援元件之繪圖與轉檔功能，測試案例盡量包含節點（Junction）、接水點（Reservoir）、水塔（Tank）、管線（Pipe）、加壓泵浦（Pump）及閥件（Valve）等元素，藉此確認各元件於圖面上之繪製與屬性呈現是否正確無誤。

須包含時間變化模式（Pattern）：實際供水系統中，受用水行為、設備運轉策略等影響，各元件運作狀態隨時間變化。EPANET 可透過時間模式模擬此類變動情境，本系統亦內建匯出多時間點分析成果之功能，因此本階段測試亦納入具時間序列資料之案例，以驗證系統於動態資料處理方面之適用性。

涵蓋不同複雜度與規模：鑑於實際應用場域中，管網規模從小型社區至大型都市皆有可能，本研究特選三個具代表性之案例進行測試，其節點與管線數量分別不同(如表 5)，藉此評估本系統於處理不同規模資料時之效能與穩定性。所選案例皆來自本團隊實際業務經驗，具高度代表性與實用價值，能有效反映系統於實務操作之適應能力與可靠性。

表 5 測試案例節點及管線數量一覽表

案例編號	節點數量	管線數量
1	10	10
2	23	25
3	76	80

4.5.1 轉檔成果展示

案例 1：

113.04.25原方案
0:00 Q=1400.00 CMD
C=110

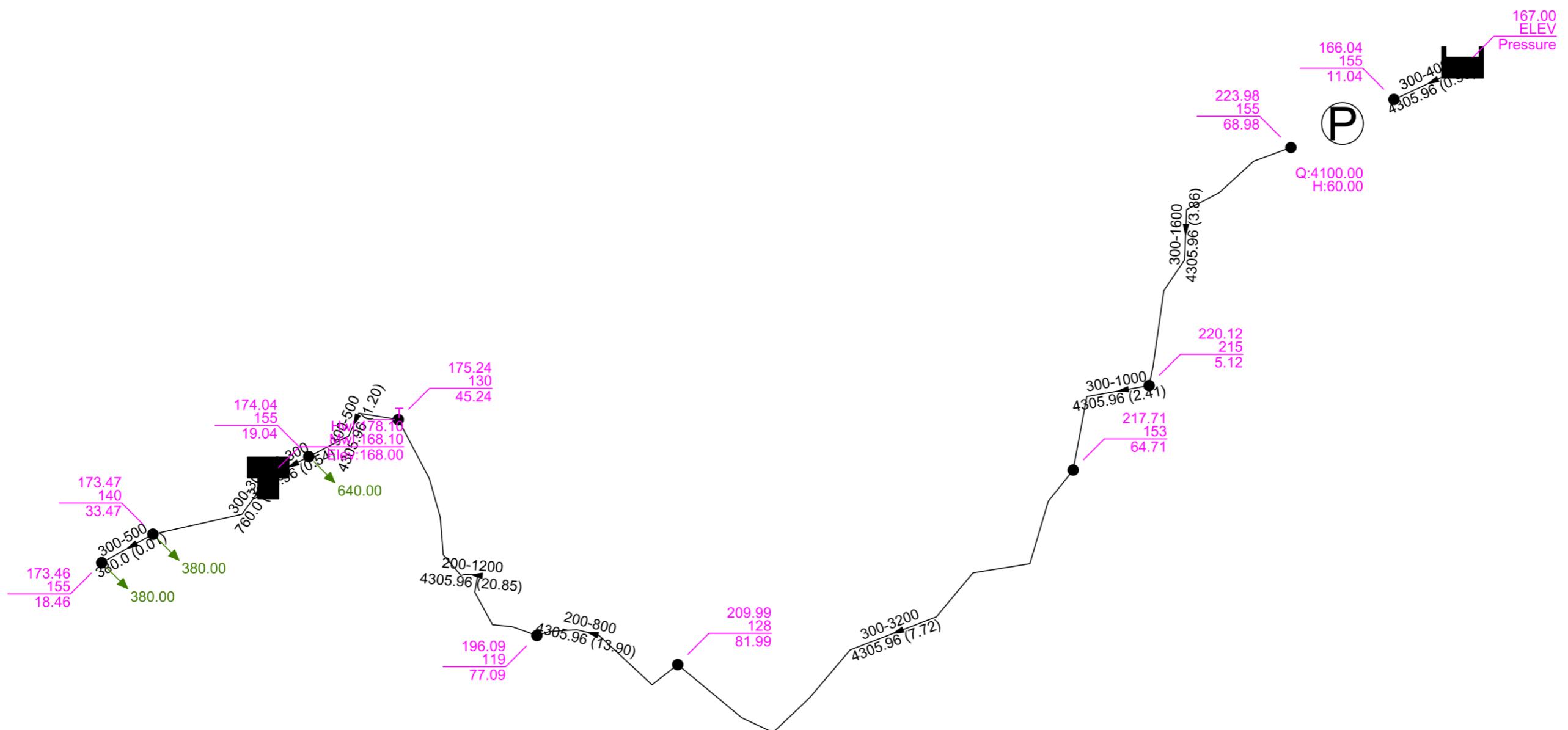


圖 12 案例 1 轉換成果

案例 2：

海悅山莊0720-3水力分析(改)
0:00 Q=2570.40 CMD
C=100

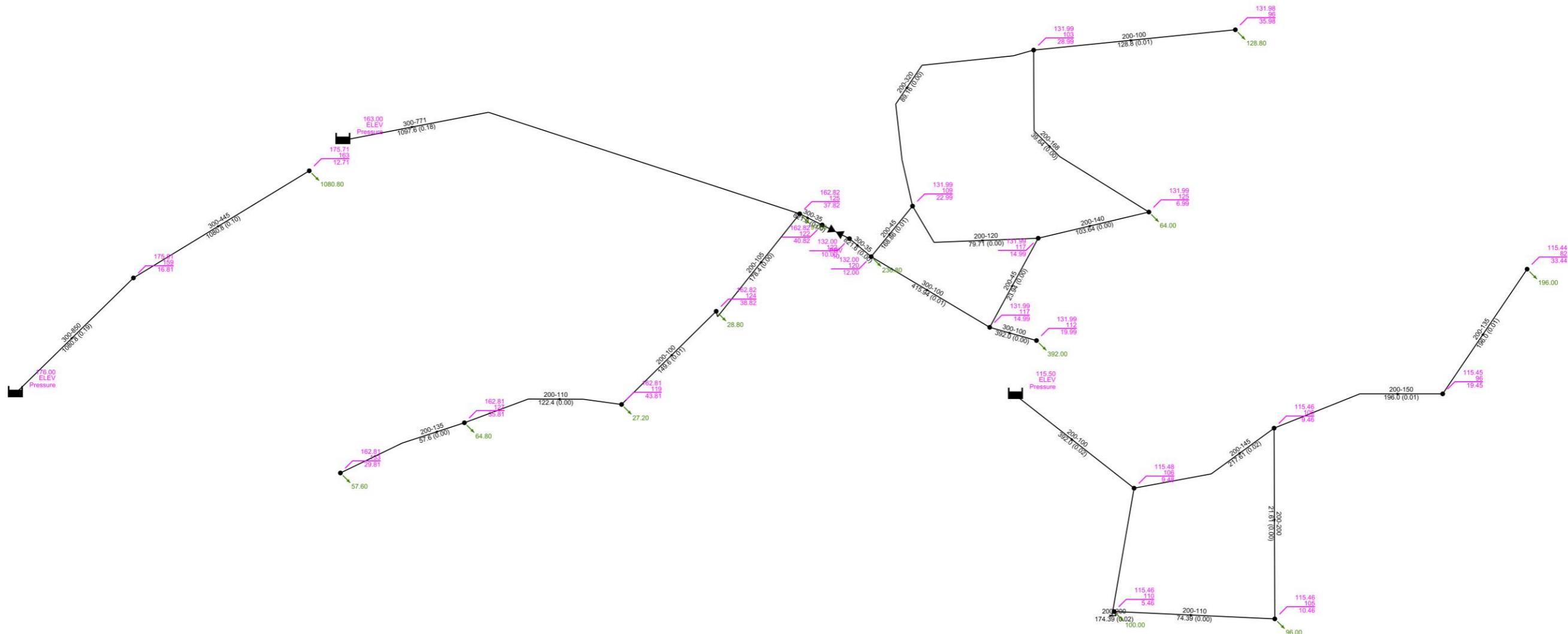


圖 13 案例 2 轉換成果

案例 3：

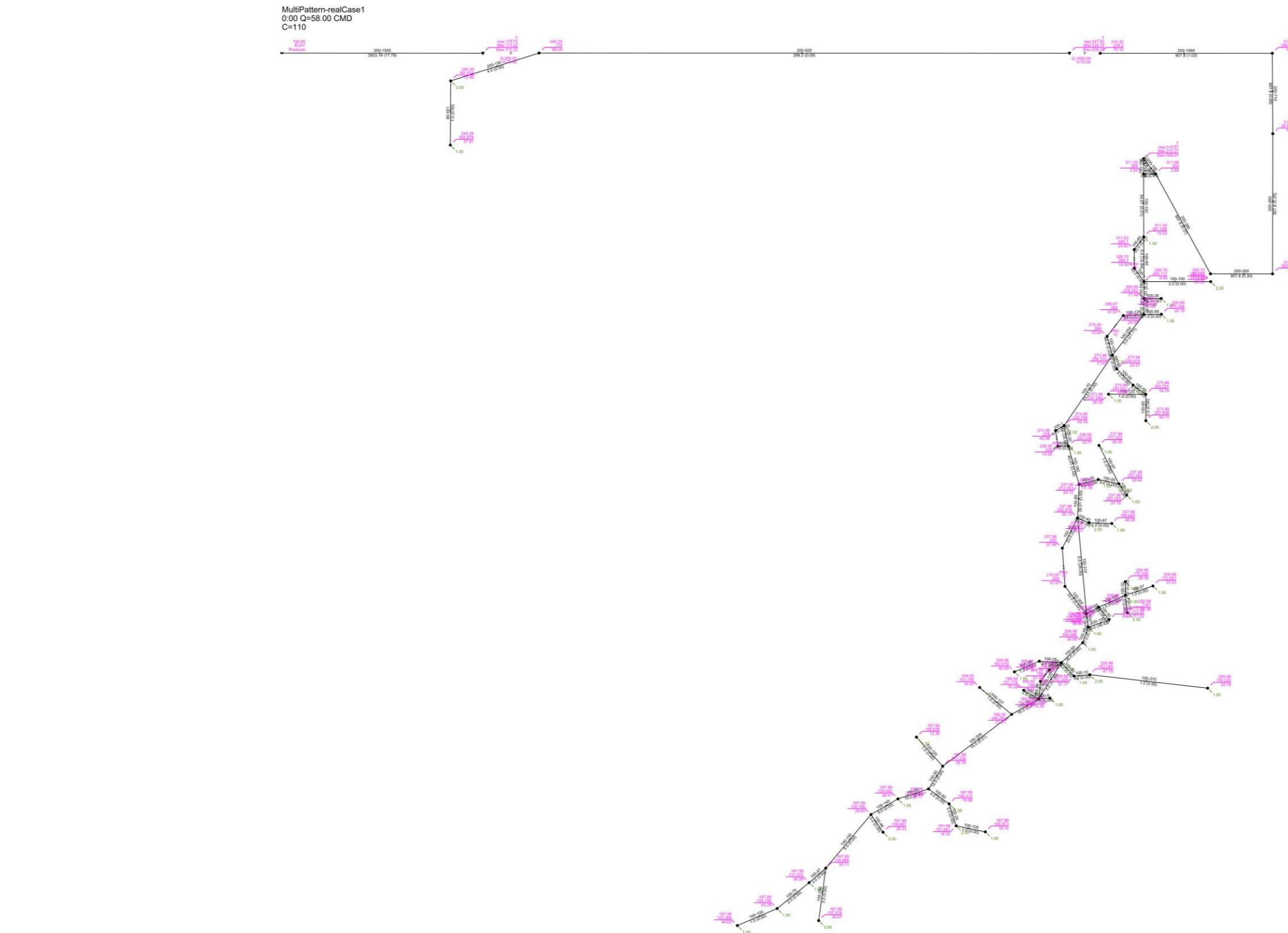


圖 14 案例 3 轉換成果

以上圖 12 至圖 14 為各案例用本軟體直接轉檔後產生的影像圖檔，轉檔後無任何編修，這三個案例轉檔的時間大約 5 至 10 秒，且轉檔的成果尚符合本團隊原規劃的目標。

但放大觀察圖檔後，有一些節點因為節點之間距離比較近，標註文字的小固定，造成該區域文字較為擁擠，此部份將仰賴使用者手動使用 CAD 軟體編修後，再自行輸出即可解決。

4.6 操作推廣及意見回饋機制

本團隊在完成程式之整體架構設計與內部功能測試後，為進一步推廣其應用效益，並蒐集實際使用者的操作經驗與改進建議，特別安排將本軟體導入至本公司相關教育訓練課程中進行實地操作與測試。分別於 114 年 2 月 21 日於本公司員工訓練所辦理之「水力分析班（基礎）」課程，以及於 114 年 3 月 21 日假本公司第三區管理處舉辦之內部水力分析課程中，向與會同仁介紹本團隊所開發之水力分析軟體，並指導學員實際操作本系統。

在課程進行期間，學員依據課堂所學內容，建立各自的水力分析管網模型，並透過 EPANET 軟體功能進行分析與模擬操作後，再由本研究軟體製作水力分析圖。經由實際操作的過程，學員對於本軟體的功能性、操作介面及應用效益有了初步體驗與深入了解，並於課後提供了寶貴的使用回饋與建議。本團隊彙整學員意見後，整理出以下幾項具參考價值之試用回饋內容，以作為後續系統優化與功能精進之依據。：

表 6 114 年 2 月 21 日軟體推廣回饋

項次	試用回饋	意見回復
1	程式「匯出時段」預設為全部時段皆選取，當使用者的分析模型內有長時段設定時，軟體會全部皆匯出，匯出的過程很花時間又不可中斷，建議預設值只選擇第 1 個時段	列入改版建議
2	匯出檔名直接以工程名稱命名	列入改版建議
3	增加統計水力分析圖內總流量，及檢核 C 值是否有誤的功能	列入改版建議

表 7 114 年 3 月 21 日軟體推廣回饋

項次	試用回饋	意見回復
1	增加 Volume Curve 後程式發生閃退	修正判斷邏輯後在一本修復
2	增加讓使用者決定匯出的水力分析圖內，小數位數的功能	列入改版建議

本團隊也將這支程式公佈於本公司知識管理系統中(如圖 15)，邀請公司各區處有需要的同仁自行下載測試，若有程式設計需要改進或是建議增加功能，可以籍由知識管理系統下的討論區直接與本團隊溝通。

The screenshot shows a knowledge management system interface. At the top, there's a navigation bar with categories like '知識館 / 第三區管理處 / 工務課 / 水力分析成果圖繪製自動化程式'. Below it, a post is displayed with the following details:

- 建立者:** 陳利昕
- 建立時間:** 2025/02/21 08:29:14
- 知識類型:** T1_方法/技巧 (將日常作業累積的有效方法及解決問題的經驗，透過有系統的整理，以提供所有同仁一個快速掌握工作重點和學習經驗的知識來源。)
- 評分:** 2 個評分 ★★★★☆

The post content includes a table with three rows:

類型	方法/技巧/要領
內容敘述	https://github.com/lihsin2000/epa2hydchart/releases/download/v0.1.0-4/epa2HydChart.7z
檔案	無

Below the post, there's a discussion section titled '討論' with three messages:

- 回報BUG** by 江彥賈 [2025/03/25 09:30:41]: 加上 VOLUME CURVE嘗試會閃退
- 程式建議** by 陳明鳴 [2025/03/25 09:35:08]: 建議於轉出程式增設選取小數位數功能，若文字太密甚至取整數
- RE:程式建議** by 陳利昕 [修改於 2025/03/26 13:44:51]: 謝謝以上建議及回報bug，排入下一版更新計畫

圖 15 知識管理系統討論畫面

若經本團隊評估使用者的建議可行，就可直接列入下次改版的需求，此舉可以更直接收集使用者的需求，並且讓使用者直接與開發團隊討論，若有可以直接解決的問題，便直接於討論區上回復，減去不必要的公文往返，而盡快協助使用者解決問題。

統計，於知識管理系統上回饋的事項，以改版建議最多，佔 75%，問題回報則佔比 25%，統計如下表 8 及圖 16。

表 8 知識管理系統回饋項目統計表

	問題回報	改版建議
數量	1	3
比例	25%	75%

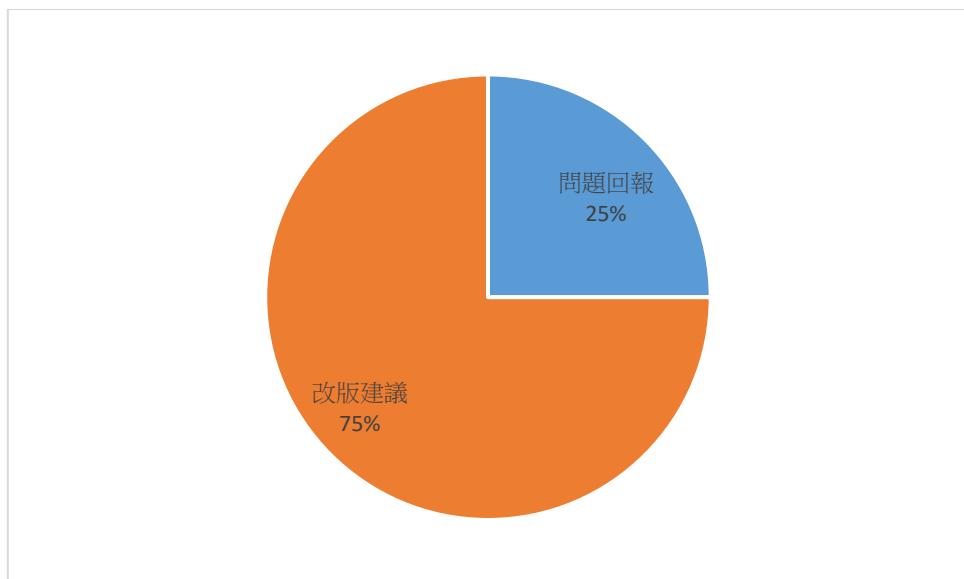


圖 16 知識管理系統回饋項目統計表

4.7 程式改版及修正歷程

[a0-0.1.0]

首次發佈

[a1-0.1.0]

Fix: 修正流量方向箭頭錯誤問題

Fix: 修正 pattern 狀況下節點 demand 讀取錯誤問題

[a2-0.1.0]

Fix: 修正圖塊不同比例情況下，引線及文字位置錯誤問題

Fix: 修正 dataframe 欄位格式不同的問題

Add: 增加檢查.rpt 檔內 junction 欄位格式錯誤問題

Add: 增加讀取及繪製 Pump 內流量及揚程參數功能

Add: 增加讀取及繪製 Valve 型式及壓力參數功能

Change: 變更 demand 引線顏色，提高可讀性

Change: log 文字改為中文

Change: log 顯示邏輯優化

Change: 圖塊 Hatch 增加邊界

Change: 標示文字改為微軟正黑體粗體，提高可讀性

[0.1.0]

Fix: 修正水頭損失數值顯示錯誤問題

Fix: 修正未選取檔案時，檔名顯示邏輯錯誤問題

[0.2.0]

Add: 成果圖檔增加顯示工程名稱、系統總流量、C 值功能

Change: 多時段成果可選擇時段匯出

Change: 多時段匯出檔名後綴自動設定為時段名稱

Change: UI 調整：增加工程名稱、選擇匯出時段、調整介面

[0.3.0]

Add: 增加匯入 inp 檔後按"A"鈕可推估圖塊及文字尺寸的功能

Add: 可選擇是否匯出 0CMD 的引線

Fix: 修正未指定輸出路徑時，仍然會進行處理的錯誤

Fix: 修正執行迴圈時造成 GUI 凍結的問題

Change: 多時段狀況下預設選擇第 1 個時段，避免一次匯出大量成果

Change: 匯出時訊息框顯示匯出檔完整路徑

Change: 匯出工作進行時，訊息框自動滾動至最後一筆

Change: 管線上標示文字由 TEXT 改為 MTEXT，便於後續編修

Change: 變更管線上水流方向標示方式，簡化程式判斷邏輯

Change: 提昇輸入檔處理效率

[0.4.0]

Add: 取小數位數功能

Change: 調整預設線粗及箭頭樣式，以增加可讀性

Fix: 修正計算數值很大或是很小的負值時，無法正常處理的問題

第五章 自動檢核程式規劃及實作

本程式已經達成在使用者導入.inp 及.rpt 檔後，利用程式迴圈功能自動將水力分析 CAD 圖繪製完成，並導出為 DXF、SVG 及 PNG 格式成果，本研究進一步在程式中加入另一段檢核程式，用於檢查.rpt 檔內各節點及管線計算成果，是否符合本公司用水管理需求，納入檢核項目如下：

5.1 管徑統計

此檢核功能主要用於統計專案內各管線的管徑數量，協助設計人員掌握管網模型中建模使用的管徑類別。透過此功能，可降低因管徑輸入錯誤而導致分析結果偏差的情況。常見錯誤如管徑誤繕，如 100mm 誤輸入為 10mm，或 200mm 誤輸入為 20mm。另外常見錯誤則是因 EPANET 管徑預設值為 12mm，而使用者疏忽未調整管徑數值。

檢核成果呈現以下圖 17 為例，本範例專案為 200mm 及 100mm 送水管，但使用者在建立管網模型時，將其中二段 100mm 管線誤輸入為 10mm，這時便可 Static for pipe dimensions 區段觀察到統計項裡面有 10mm 的管線 2 條，因而提醒設計人員轉而修正模型。

Static for pipe dimensions.

Diameter	Amount
10	2
100	61
200	45

圖 17 管徑統計成果圖

5.2 單位水頭損失過大及建議管徑檢討

此檢核功能為針對管網中各段管線的單位水頭損失(單位 m/km，即每公里管線損失的水頭高)進行篩選，再對篩選出的管線計算建議管徑，建議管徑計算式參考 Hazen-Williams 所提水頭損失方程式：

$$\frac{h_f}{L} = \frac{10.67 \times Q^{1.852}}{C^{1.852} \times d^{4.8704}} \quad (1)$$

本研究定義 $\frac{h_f}{L}$ 為定值 k，整理上式可得：

$$d = \left[\frac{10.67}{k} \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \right]^{\frac{1}{4.8704}} \quad (2)$$

其中：

h_f ：水頭損失(m)

L ：管線長度(m)

Q ：管線流量(m^3/s)

C ：Hazen-Williams 係數

d ：管徑(m)

k ：單位水頭損失過大篩選門檻值(m/km)

單位水頭損失過大篩選門檻值(k)本程式預設值為 1.0 m/km，即每公里管線產生 1 公尺的水頭損失，使用者可自行調整。

建議管徑由上式(2)計算，考量實務上可用於工程施工的管徑為 100mm、150mm、200mm 等 50mm 進位規格，程式計算時將自動無條件進位為最接近的 50 倍數管徑。此功能有效提醒設計人員於模型建立階段即時調整管網設計，避免後續因管徑選擇不當，而使得水頭損失過大造成無謂的能量損失。

檢核成果呈現以下圖 18 為例，本範例由程式過濾出 3 條管線，其單位水頭損失超過門檻值(1 m/km)，經程式計算，管線編號 50 原設計管徑 100mm，建議調整為 150mm；管線編號 135 原設計管徑 300mm，建議調整為 400mm；管線編號 136 原設計管徑 200mm，建議調整為 400mm，經以上調整後，全系統各管線的單位水頭損失將滿足需求。

Unit Headloss >= 1.0 m/km.

ID	Flow	Velocity	unitHeadloss	Headloss	Node1	Node2	Diameter	Length	Diameter_suggest
50	-148.61	0.22	1.19	0.08	29	28	100	66	150
135	3669.00	0.60	2.14	0.00	94	93	300	1	400
136	3669.00	1.35	15.41	0.25	93	69	200	16	400

圖 18 單位水頭損失過大篩選成果圖

5.3 流速過低管線檢討

當管線達到自淨流速時，能有效防止雜質於管內沉積，降低管壁粗糙度，不僅提升系統效率，亦有助於延長管線壽命。

EPANET 於計算時，一併計算了各管線之流速，其計算如下式：

$$V = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

其中：

V ：流速(m/s)

Q ：管線流量(m^3/s)

A ：管線截面積(cm^2)

本研究最低流速設定為 0.3 m/s，由程式在製圖過程中自動篩選出流速過低之管線，並彙整於檢核報告中。由於自來水用戶並非隨時用水，用戶外線的流量變動極大，因此本程式僅針對管徑大於 100 mm 之管線進行檢討。

對於重要幹管而言，其管線品質直接影響整個供水系統的耐用性。若流速過低導致管內雜質大量沈積，將大幅縮短管線壽命。本功能可提供設計人員作為檢討工具，針對關鍵管線適度調整管徑，以提升管內流速，藉此將雜質帶出並延長管線使用年限。同時，因管壁能維持平整，可有效降低不必要之水頭損失，進而節省動力費用。

檢核成果呈現以下圖 19 為例，本範例由程式過濾出數條管線，其管線流速(Velocity)皆小於最低流速 0.3 m/s。

$Velocity < 0.3 \text{ m/s.}$

ID	Flow	Velocity	unitHeadloss	Headloss	Node1	Node2	Diameter	Length
2	-310.42	0.11	0.16	0.01	50	49	200	67
3	-65.32	0.02	0.01	0.00	60	50	200	110
4	0.68	0.00	0.00	0.00	56	60	200	142
6	-365.56	0.13	0.22	0.01	52	51	200	66
7	-71.79	0.03	0.01	0.00	56	52	200	93

圖 19 管線流速過低篩選成果圖

5.4 剩餘水頭過低節點檢討

為確保最低供水要求，供水管網內用水節點原則上的剩餘水頭需大於 1.0 kgf/cm²，本團隊在程式中加上一段功能，可篩選出剩餘水頭小於以上標準的節點，此功能提醒設計人員需回頭檢討這些剩餘水頭可能不夠的地點，評估是否因管徑過小而管損過高，另外，剩餘水頭等於操作水頭減去該點高程，剩餘水頭不足亦可能是該地點高程過高造成，故調整管線之路徑也是可納入考量的做為，如果以上的調整皆因故無法執行，則可能要評估設置機動表位的可行性，以確保民眾的用水品質。檢核成果呈現以下圖 20 為例，本範例由程式過濾出數個節點，其剩餘水頭(Pressure)皆小於門檻值(1.0 kgf/cm²)。

Pressure < 10.0 m.			
ID	Demand	Head	Pressure
12	20.00	203.52	8.72
13	20.00	212.38	2.13
14	10.00	201.85	9.15

圖 20 剩餘水頭節點過低篩選成果圖

5.5 剩餘水頭為負值節點檢討

剩餘水頭為負值的原因可能如以下理由之一[8]：

1. Demand 過高，供水系統無法達到此種需水量。
2. 接水點(Reservoir)或水塔(Tank)水位過低，應檢討接水點或水塔位置。
3. Pump 設定不當，應檢討揚程及水量是否符合系統需求。
4. 節點高程有誤，可能是高程輸入錯誤，或是節點高程超過供水能力。
5. 閥件(Valves)設定不當，應重新審視閥件的開閉狀態。

若為考量污染模擬，負值可能代表此處的污物會被吸入管內，更不可不

慎，對於負值的模擬結果應謹慎處理，若輸入的參數皆正確，代表目前的供水系統存在嚴重的供水瓶頸，應全盤重新規劃。

檢核成果呈現以下圖 21 為例，本範例由程式過濾出數個節點，其剩餘水頭(Pressure)皆為負值。

Negative Pressure < 0.0 m.

ID	Demand	Head	Pressure
12	20.00	133.13	-7.13
13	20.00	153.79	-1.79
14	10.00	174.95	-1.95

圖 21 剩餘水頭為負值節點篩選成果圖

第六章 問卷及效益分析

承 1.2 計畫目標及預期成果，為簡化水力分析圖說之製作流程、提升整體作業效率並進一步降低人力成本，本研究已完成自動化繪圖系統的開發。為評估該自動化程式於實務操作中所帶來之效益，特以線上問卷調查方式進行統計分析。調查對象為本公司內實際參與水力分析圖製作作業之同仁，受訪人員工作年資約介於 2 至 5 年，具備實務經驗且對相關作業流程具高熟悉度。

本次調查主要針對自動化程式使用後所節省之製圖及除錯時間進行評估，藉由量化使用回饋，可取得具代表性之統計資料，進而推估潛在之人力節省效益。

6.1 訪談目的及題目設計原則

6.1.1 訪談方式

本研究採用線上問卷調查的方式，主要基於幾項考量：(1)線上問卷能夠快速且有效地收集大量數據，方便受訪者在不同地點及時間完成答卷，提升回收率。(2)線上問卷有助於降低人力及行政成本，簡化資料彙整與分析流程，讓研究者能即時掌握統計結果。(3)因受訪同仁分布於不同部門，線上問卷可跨部門彙整回饋，提高資料收集及彙整的效率。

6.1.2 問卷目的

1. 了解不同複雜度案例下，使用者在有無自動化繪圖程式輔助時，作業時間之差異。
2. 評估自動化程式在錯誤檢測與修正方面，對設計人員實際作業效率的提升程度。
3. 探討程式導入後，對設計作業標準化、錯誤減少及決策品質提升的影響。

6.1.3 題目設計原則

1. 情境真實性：題目模擬實際設計過程中常見的操作與錯誤情境，確保受訪者能以真實工作經驗作答。
2. 操作可比性：問卷題目設計須確保在「未使用」與「使用程式」兩種情境下，作業內容完全一致，避免偏差。
3. 涵蓋多樣性：題目涵蓋不同規模及複雜度案例，以反映程式於多種應用場景下之效益。
4. 可量化性：所有題目均應可量化受訪者所花費時間及錯誤修正效率，以利後續統計分析。

6.2 問卷設計

本階段問卷旨在蒐集實際有參與水力分析圖製作作業之人員，於未使用及導入自動化繪圖程式兩種情境下，完成相同作業所需花費時間。問卷設計涵蓋三種不同複雜度之樣本，分別對應於本研究 4.5 節測試及成果展示所展示的範例，此三型態的範例分別對應三種複雜度，亦反映現行在本公司作業時，會實際面臨的案例內容：

1. 範例一對應街廓規模的管線系統分析案件
2. 範例二對應小型社區開發案件
3. 範例三對應分期興建的供水管網或大型管網案件

此外，本研究開發程式內含檢測管網錯誤參數的功能，該功能檢測項目詳第五章，為瞭解使用者使用本程式前後，修正管網錯誤所需花費的時間，本團隊設計測試環境，測試方式如下：

1. 在 3 個情境模型內，各隨機選擇 1 個節點及 1 個管徑，輸入錯誤資訊，模擬實際設計時，誤輸入參數的情境。
2. 節點錯誤資訊：隨機將節點的高程輸入為錯誤數值，使計算出來後的

剩餘水頭為負值。

3. 管線錯誤資訊：隨機將管線的管徑由 100mm 誤輸入為 10mm，使計算後的單位水頭損失提高。
4. 記錄受訪人從找到錯誤節點及管線，到將所有錯誤資訊修正，所需要的時間。

問卷內容共有 13 題，第 1 題為詢問受訪人的設計經驗，第 2 至第 13 題分為三組題目，於每一組問題中分別詢問受訪者在「未使用自動化程式」與「使用自動化程式」情境下，完成水力分析圖，以及尋找管網錯誤參數並完成修正所需花費的時間。問卷題目如下表 9，問卷畫面詳附件一本研究問卷畫面：

表 9 問卷題目列表

題號	題目	回應選項
1	你的設計經驗有幾年？	1-3 年、3-5 年、5-10 年、10 年以上
2	案例 1 (10 節點，10 管線)，手動繪圖大約需要多久(分鐘)	文字方塊
3	案例 1 改用自動繪圖大約需要多久(分鐘)	文字方塊
4	案例 1 管網內參數有誤，手動尋找並修正大約需要多久(分鐘)？	文字方塊
5	案例 1 管網內的錯誤參數，修正時間改用自動程式大約需要多久(分鐘)？	文字方塊
6	案例 2 (23 節點，25 管線)，手動繪圖大約需要多久(分鐘)	文字方塊
7	案例 2 改用自動繪圖大約需要多久(分鐘)	文字方塊
8	案例 2 管網內參數有誤，手動尋找並修正大約需要多久(分鐘)？	文字方塊
9	案例 2 管網內的錯誤參數，修正時間改用自動程式大約需要多久(分鐘)？	文字方塊
10	案例 3 (76 節點，80 管線)，手動繪圖大約需要多久(分鐘)	文字方塊

11	案例 3 改用自動繪圖大約需要多久(分鐘)	文字方塊
12	案例 3 管網內參數有誤，手動尋找並修正大約需要多久(分鐘)？	文字方塊
13	案例 3 管網內的錯誤參數，修正時間改用自動程式大約需要多久(分鐘)？	文字方塊

本研究共取得 10 筆有效問卷，統計對象皆為本公司有實際進行水力分析圖繪製的設計人員，所屬單位為區處工務課及場所工務股，其中 7 筆問卷設計經驗 1~3 年，3 筆 3~5 年，因參與問卷的人皆有現場調查分析、水力分析圖製作的實際作業經驗，足認此問卷具有代表性，問卷結果整理如下表 10：

表 10 問卷回復彙整表

設計 經驗	案例 1				案例 2				案例 3			
	手動 繪圖	自動 繪圖	手動 除錯	自動 除錯	手動 繪圖	自動 繪圖	手動 除錯	自動 除錯	手動 繪圖	自動 繪圖	手動 除錯	自動 除錯
1~3 年	60	20	2	2	120	30	5	2	240	60	5	2
1~3 年	50	5	3	1	90	10	4	1	960	60	10	1
1~3 年	15	10	1	2	60	20	8	3	250	30	9	2
1~3 年	30	10	1	1	60	15	2	1	100	30	4	2
1~3 年	90	5	2	3	120	8	5	2	240	45	7	1
1~3 年	30	3	1	2	60	3	3	3	180	30	7	2
1~3 年	120	90	3	1	180	120	2	1	200	150	7	2
平均	56	20	2	2	99	29	4	2	310	58	8	2
3~5 年	60	1	3	1	120	1	3	1	200	1	5	2
3~5 年	15	1	2	2	25	5	4	2	60	15	3	1
3~5 年	5	5	1	1	10	8	2	3	20	10	6	2
平均	27	2	2	1	52	5	3	2	93	9	5	2
總平均	46	17	2	2	81	24	4	2	250	48	6	2

單位：分鐘

6.2.1 繪圖時間分析

分析上表，設計經驗 1-3 年所需完成繪圖時間比設計經驗 3-5 年所需完成繪圖時間長 1 至 3 倍，呈現設計經驗愈多所需繪圖時間愈少的結果，這驅勢顯示設計經驗與作圖所需時間原則上呈反比，擁有較長設計經驗的受訪者對於 CAD 軟體及 EPANET 軟體操作較熟稔，連帶對於水力分析所需使用的參數所找的位置較為熟悉，整體花費時間顯著短於設計經驗較少的受訪者，各案例繪圖時間比較整理後如下圖 22。

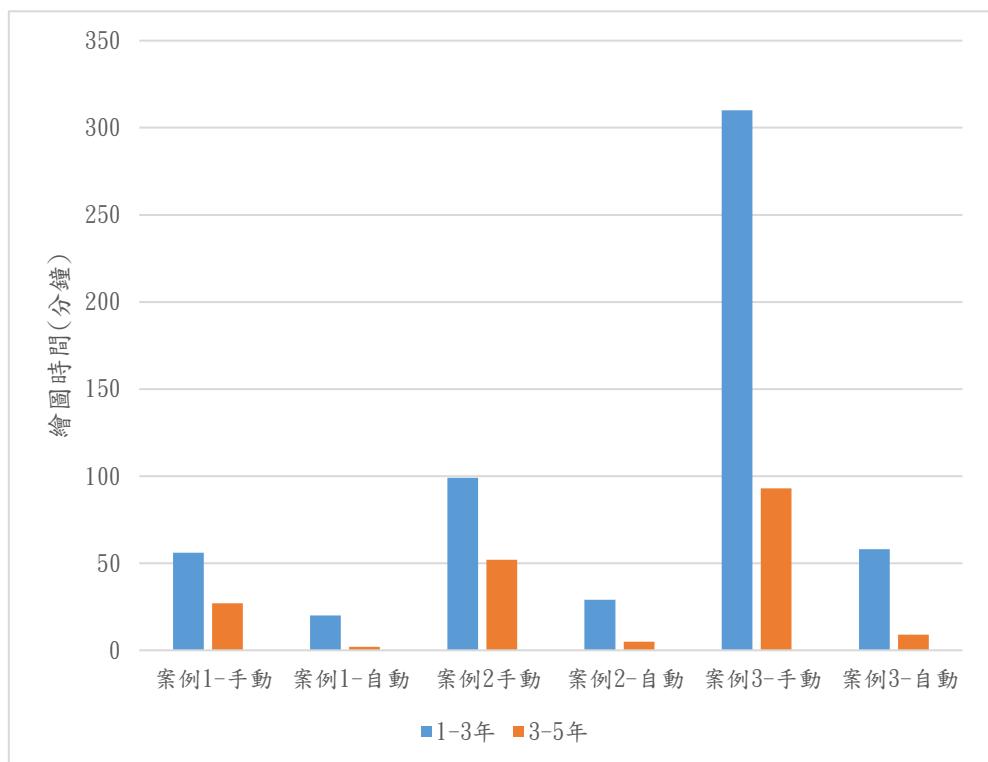


圖 22 各案例繪圖時間比較圖

接續分析使用自動繪圖程式前後的繪圖所需時間差異，將所有問卷平均計算，未使用自動繪圖時所需時間，案例 1 為 46 分鐘，案例 2 為 81 分鐘，案例 3 為 250 分鐘，使用自動繪圖後，案例 1 減少至 17 分鐘，案例 2 減少至 24 分鐘，案例 3 減少至 48 分鐘(如表 11 及圖 23)，整體而言，所需時間減少幅度達 63% 至 81%，而節點愈多的案例節省的比較愈高，顯示自動化程式的確可以大幅減少同仁作業時間，並且自動化程式將需要手動計算的作業自動完成並增入圖檔中，圖形的正確率將大幅提高，並且還內建轉換為影像檔的功能，同仁可以快速的將製作完成的水力分析圖籍由 email、即時通訊軟體交換圖檔，也提高跨單位的溝通效率。

綜上分析，將自動化繪圖程式導入工作後，將可以增加工作效率，提高水力分析圖正確性，減少同仁作業疲憊感。

表 11 手動及自動繪圖時間比較表

項目	案例 1	案例 2	案例 3
手動(A) (分鐘)	46	81	250
自動(B) (分鐘)	17	24	48
減少幅度 (A-B)/(A)	63%	70%	81%

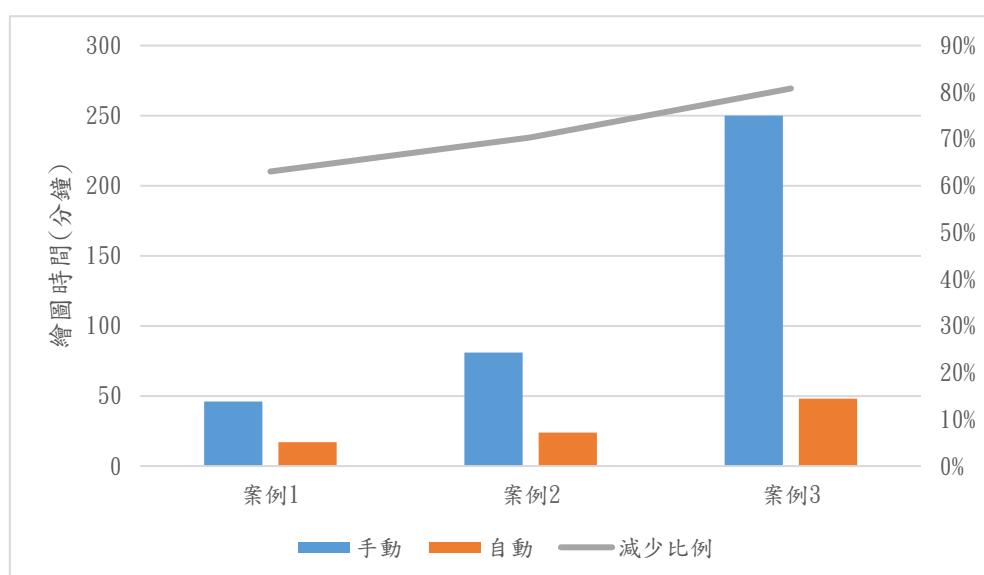


圖 23 手動及自動繪圖時間比較圖

6.2.2 除錯時間分析

根據表 10，案例 1 至案例 3，手動除錯所需時間分別為 2 分鐘、4 分鐘及 6 分鐘(如下表 12 及圖 24)，節省幅度 50%至 67%，此結果可推論為節點及管線愈多，所需花費的除錯時間也隨之增加，而使用自動除錯程式後，各案例皆可在 1 至 2 分鐘內找到錯誤的地方，並加以修正，顯示使用本團隊開發的自動除錯程式，可加速管網模型的尋找錯誤及修正的速度，提高生產效率。

表 12 手動及自動除錯時間比較表

項目	案例 1	案例 2	案例 3
手動除錯(A) (分鐘)	2	4	6
自動除錯(B) (分鐘)	2	2	2
減少幅度 (A-B)/(A)	0%	50%	67%

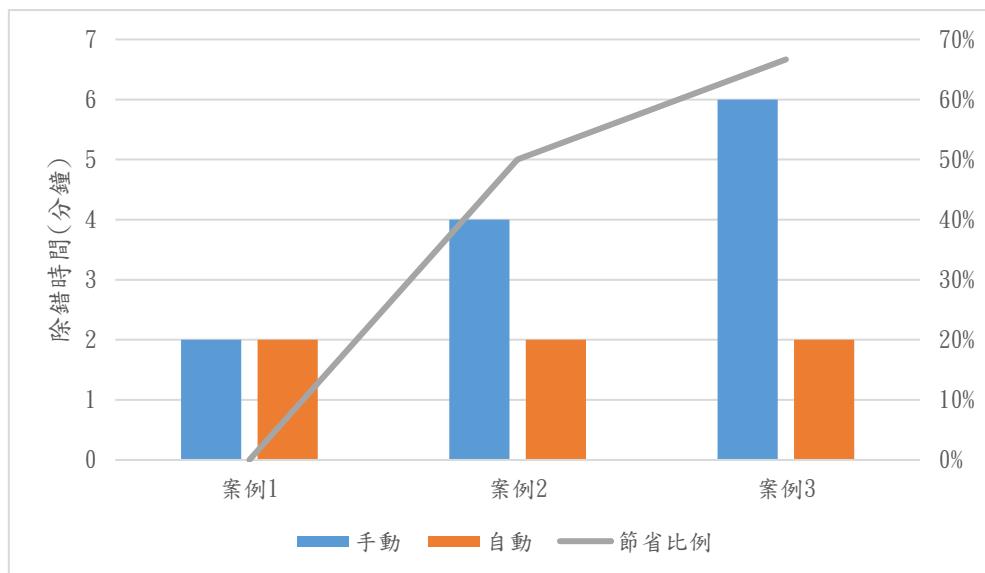


圖 24 手動及自動除錯時間比較圖

6.3 效益分析

承上小節問卷分析，接續研究分析導入自動繪圖程式後，得以節省的營運支出，計入的項目有因減少工作時間得以節省之工作時間，及減少民眾申請所需時間，並折算為人事費用金額，將以三個情境深入分析。

再考量本公司 CAD 軟體為租用，每年需支出固定的軟體採購費用，故導入自動繪圖功能後，節省操作 CAD 軟體的時間，可連帶節省軟體的採購費用。

此外，為因應政府推動之淨零減碳政策，本研究亦將減碳效益納入檢討與評估範疇。

6.3.1 CAD 軟體租用節省效益分析

CAD 軟體採購費用節省數額估算如下：本公司編列 3 年組用 125 套 CAD 軟體的採購合約，總預算約 4,500 萬元，平均一套軟體一年租用金額為 1 萬元 ($4,500 \text{ 萬} \div 12 \text{ 月} \div 3 \text{ 年} \div 125 \text{ 套}$)，而本公司的 CAD 軟體除了用於繪製水力分析圖外，另有繪製管線設計圖、土建設計圖及用戶外線設計等功能，因繪製水力分圖尚非 CAD 軟體最主要用途，本研究預估在水力分析圖的繪製時間佔 CAD 軟體所有使用時間的 10%，故推估使用水力分析圖自動化程式後，全公司 125 套軟體，每年可節省 125,000 元($125 \times 10,000 \times 10\% = 125,000$)。

6.3.2 情境一：新增用水查簽業務

案例背景：當住宅、社區或開發案需用水時，本公司為了確保該申請案用水加入管網後，不會因為新增的用水需求而造成供水管網負擔增加，連帶影響既有用戶的用水品質，故常以 EPANET 分析管網的現況以及新增供水後的情形，若新增供水後管網尚有能力負擔才同意供水，否則需要針對系統做改善。

本情境供水管網模型內含 10 節點，10 管線，系統總流量 1400CMD，計算假設如下，估算如下表 13：

1. 每案需要同時分析最大時、最小時及最大日三種情境，以確保管網系統可正常運作於最極端的供水環境中。

2. 各案的複雜度接近本研究測試案例一(圖 12)，亦即在手動繪圖的情況下，完成一份圖說耗時 46 分鐘，而使用自動繪圖程式後所需時間減少至 17 分鐘。

表 13 案例 1 每案節省費用估算表

原平均繪圖花費時間	46 分鐘
自動化後繪圖花費時間	17 分鐘
假設設計人員時薪	330 元
每案節省工作時數	$3 \times (46 - 17)/60 = 1.5$ 小時
每案節省用戶申設費用	100 元
每案節省費用	$1.5 \times 330 + 100 = 595$ 元

在進行案例數量估算法時，本團隊特別考量新申請用戶中用水量較大的個案，因其對本公司既有供水管網之影響往往較為顯著。實務經驗顯示，若申請區域原有供水能力已趨近飽和，此類高用水需求用戶一旦接入，不僅可能無法滿足其本身所需水量，更可能因部分供水量被分配，造成既有用戶面臨供水壓力下降或水量不足的情形，進而影響其供水品質。

鑑於上述考量，本團隊評估後訂定認定標準，凡單案申請用水量超過 50CMD（立方公尺／日）者，即列為需特別審慎處理之高用水需求案件，須額外進行水力模擬與分析，以確認整體供水系統之穩定性與可行性。本案例所採計之案件數量，即係依此標準篩選後之結果。

再進一步訪查台水公司 113 年度受理的實際申請案件，並據以推估需要辦理「用水查簽」的案件數量：若以新裝案件中「單次申請戶數大於 50 戶」為判斷基準，並假設每戶平均需水量為 1 CMD，則其總需水量即達 50 CMD。依此統計，此類型案件數量約為 630 件，導入水力分析圖自動繪圖程式後，合計約可減少作業時間 945 小時(1.5 小時/件*630 件)，節省人事成本 374,850(595 元/件*630 件)元。

6.3.3 情境二：無自來水改善計畫設計案件

案例背景：本公司配合經濟部水利署執行無自來水地區供水改善計畫，當計畫核定而需進行設計時，為確保既有供水管網可以滿足新增用水需求，故原則上本公司會在設計初期進行水力分析，若分析結果滿足需求後，再依分析的管網模型繪製設計圖，本案例情境即是以此情況分析。

本情境供水管網模型內含 23 節點，25 管線，系統總流量 2570.4CMD，計算假設如下，估算如下表 14：

1. 以無自來水改善計畫的設計案件做為背景，每案需要同時分析最大時、最小時及最大日三種情境，以確保管網系統可正常運作於最極端的供水環境中。
2. 各案的複雜度接近本研究測試案例二(詳圖 13)，亦即在手動繪圖的情況下，完成一份圖說耗時 81 分鐘，而使用自動繪圖程式後所需時間減少至 24 分鐘。
3. 每案圖說會修正一次，修正所花費時間約為手動繪圖時間的一半。

表 14 案例 2 每案節省費用估算表

原平均繪圖花費時間	81 分鐘
修正繪圖花費時間	40.5 分鐘
自動化後繪圖花費時間	24 分鐘
假設設計人員時薪	330 元
每案節省工作時數	$3[(81 - 24) + (40.5 - 24)]/60 = 3.7$ 小時
每案節省用戶申設費用	100 元
每案節省費用	$3.7 \times 330 + 100 = 1,321$ 元

以 112 年本公司執行無自來水工程 220 件及 113 年執行 185 件估算，取平均約 200 件，導入水力分析圖自動繪圖程式後，合計約可減少作業時間 740 小時(3.7 小時/件*200 件)，節省人事成本 264,200 元(1321 元/件*200 件)。

6.3.4 情境三：大型開發區供水案件

案例背景：此情境背景為坡地社區或重劃區開發案件，此類型的案件特徵為範圍廣大，節點數及管線數眾多，此時自動繪圖軟體便有其價值。

本情境供水管網模型內含 76 節點，80 管線，系統總流量 58CMD，計算假設如下，估算如下表 15：

1. 每案需要同時分析最大時、最小時及最大日三種情境，以確保管網系統可正常運作於最極端的供水環境中。
2. 各案的複雜度接近本研究測試案例三(詳圖 14)，亦即在手動繪圖的情況下，完成一份圖說耗時 250 分鐘，而使用自動繪圖程式後所需時間減少至 48 分鐘。
3. 每案圖說會修正一次，修正所花費時間約為手動繪圖時間的一半。

表 15 案例 3 每案節省費用估算表

原平均繪圖花費時間	250 分鐘
修正繪圖花費時間	125 分鐘
自動化後繪圖花費時間	48 分鐘
假設設計人員時薪	330 元
每案節省工作時數	$3[(250 - 48) + (125 - 48)]/60 = 14$ 小時
每案節省用戶申設費用	100 元
每案節省費用	$14 \times 330 + 100 = 4,720$ 元

以全台每年估計約 50 件大型開發區供水案件計算，導入水力分析圖自動繪圖程式後，合計約可減少作業時間 $700(14$ 小時/件 $\times 50$ 件)小時，節省人事成本 $236,000$ 元($4,720$ 元/件 $\times 50$ 件)。

6.3.5 淨零減碳效益分析

若使用本研究的程式進行水力分析圖繪製，經分析後可減少繪圖時間，而減少的繪圖時間即可以轉換為碳足跡，計算減少的排碳量就可以分析本程式之淨零碳排效益。

電力排碳係數資料來源主要為電力供應單位，查台灣電力公司公開資訊[9]，2024年電力排碳係數為0.474公斤/度(詳下表16)。

表 16 近五年發購電量及電力排碳係數

年度	電力排碳係數
2020	0.502
2021	0.509
2022	0.495
2023	0.494
2024	0.474

資料來源：台灣電力公司近五年發購電量及電力排碳係數
以桌上型電腦每小時耗電300W計算，運作1小時所產生的排碳量為0.1422公斤($300/1000*0.474$)，再整理本研究各案例的導入自動化程式後，得以節省的電腦運作時間，總計可減少2,385小時(詳表17)。

表 17 本研究案例減少電腦使用時間

	節省時間(小時)	數量(件)	小計(小時)
案例 1	1.5	630	945
案例 2	3.7	200	740
案例 3	14	50	700
總計			2385

資料來源：本研究整理

因此，總計可減少的碳排量為：

$$0.1422 \frac{kg}{hr} \times 2385(hr) = 339kg$$

6.3.6 量化綜合分析

經上述三種情境分析後，整理各情境使用本團隊的自動繪圖程式，情境一可預估節省人事成本 374,850 元，情境二可節省 264,000 元，情境三可節省 236,000 元。

再考量使用本研究軟體後，可減少 CAD 軟體的租用時數，折算節省 125,000 元後，合計每年推估節省 1,000,050 元，如下表 18。

表 18 自動繪圖節省成本彙整表

項次	情境	案例背景	估計範圍	節省人事成本
1		CAD 軟體租用	全公司	125,000
2	一	新增用水查簽業務	全公司	374,850
3	二	無自來水改善計畫設計案件	全公司	264,200
4	三	大型開發區供水案件	全公司	236,000
		合計		1,000,050

再納入淨零排碳之政策，使用本團隊的程式後，可減少 2,385 小時的電腦運作時間，合計可減少 339 公斤之碳排量。

6.3.7 質化綜合分析

綜合以上各種分析情境，總結以下效益：

1. 作業效率與服務品質提升

自動化繪圖大幅縮短圖說產製時間，讓設計人員能將更多時間投入於專業判斷、方案優化及用戶溝通。此舉不僅降低錯誤率，也能加快案件審查流程，縮短用戶等待時間，進一步提升民眾對公司的滿意度與信任感。

2. 知識累積與專業傳承

手動繪圖過程往往依賴個別設計人員的經驗，若人員異動可能造成專業斷層。自動化程式將繪圖流程標準化，有助於將隱性知識轉化為顯性工具，避免人力流動帶來的不確定性，並確保成果的一致性與可追溯性。

3. 跨部門協作與決策支援

自動繪製的水力分析圖能快速生成並可視化，除設計單位使用外，亦可提供營運、規劃及決策部門參考，使跨部門在討論供水調度、工程改善計畫時能更具效率。這種即時資訊支援有助於提高整體組織的決策品質。

4. 政策符合與形象提升

在政府推動「淨零碳排」與數位轉型的政策背景下，本公司導入自動化繪圖程式，不僅能落實節能減碳，也展現對數位創新的積極投入。此舉有助於提升企業社會責任形象，並增強在主管機關、民眾及合作單位間的信任與支持度。

5. 長期經營與競爭優勢

自動化程式的導入屬於一次性開發、多年受益的投資。隨著案件數量逐年增加，其累積效益將持續放大，對比仍依賴手動繪圖的作業方式，本公司在效率、成本控制與永續經營上的優勢將更為明顯。

結論

本研究成功開發了一套獨立運作的 Python 程式，旨在解決 EPANET 水力分析成果圖人工轉繪所面臨的耗時、易錯等問題。此程式能自動讀取 EPANET 的輸入(.inp)與輸出(.rpt)檔案，將管網模型中的節點、管線與水力分析數據，快速繪製成符合公司內部標準格式的圖說，並能產出 DXF、SVG 及 PNG 等多種格式檔案，以利於不同應用場景。

此工具不僅是單純的繪圖程式，更整合了自動檢核功能，可主動篩查模型中潛在的問題，包括：

1. 管徑統計：協助使用者快速發現因誤植或疏忽造成的管徑設定錯誤。
2. 水頭損失檢討：標示出單位水頭損失過大的管線，並依據 Hazen-Williams 公式計算建議管徑，作為設計優化參考。
3. 低流速管線篩選：找出流速低於自淨流速(0.3m/s)的管線，提醒設計者注意沉積風險。
4. 剩餘水頭檢討：自動標示剩餘水頭過低或呈現負值的節點，以預警潛在的供水瓶頸。

本研究透過問卷調查與效益分析，量化了導入此自動化程式的具體成效。結果顯示，在不同複雜度的案例中，程式可大幅縮短 63% 至 81% 的繪圖時間，以及最高達 67% 的除錯時間。綜合評估後，預估每年可為公司節省近百萬元的人事及軟體租用成本，並因減少電腦運作時間而達成每年 339 公斤的碳排放減量。

總結而言，此自動化工具的開發與應用，不僅顯著提升了水力分析圖的產製效率與數據正確性，減輕了設計同仁的工作負擔，更帶來了可觀的經濟與環境效益。本團隊將持續依據使用者回饋進行程式優化，使其更能滿足實務需求，進而提升公司在管網規劃與設計領域的整體效能。

參考文獻

1. Martínez-Solano, F.J. and M.P. González-Dugo, *Development of tools for exporting EPANET results to AutoCAD*. Water Resources Management, 2011. **25**(12): p. 2873-2889.
2. Pérez, R. and P. Iglesias-Rey, *Integration of EPANET hydraulic models into GIS environments for urban water network design*. Journal of Hydroinformatics, 2016. **18**(4): p. 594-607.
3. Mays, L.W., *Water Resources Engineering*. 3rd ed. 2019, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
4. Moghazi, H.E.-D.M., *Estimating Hazen-Williams Coefficient for Polyethylene Pipes*. Journal of Transportation Engineering, 1998. **124**(2): p. 197-199.
5. Jaćimović, N., et al., *A Novel Method for the Inclusion of Pipe Roughness in the Hazen-Williams Equation*. FME Transactions, 2015. **43**(1): p. 35-39.
6. contributors, W. 赫茲-威廉方程式. 2025; Available from: <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%B5%AB%E8%8C%B2-%E5%A8%81%E5%BB%89%E6%96%B9%E7%A8%8B%E5%BC%8F>.
7. Rossman, L., et al., *EPANET 2.2 User Manual*. 2020, U.S. Environmental Protection Agency.
8. Agency, U.S.E.P. *EPANET: Frequently Asked Questions (FAQ)*. [accessed 2025-10-04]; Available from: <http://epanet.de/documentation/faq.html.en>.
9. Company, T.P. 台電 — 淨零排放：近五年發電電量及電力排碳係數. [accessed 2025-10-04]; Available from: https://www.taipower.com.tw/chart/e04_%E7%92%B0%E5%A2%83%E8%B3%87%E8%A8%8A_%E9%9B%BB%E5%8A%9B%E6%B7%A8%E9%9B%6E%8E%92%E6%94%BE_%E8%BF%91%E4%BA%94%E5%B9%84%E7%99%BC%E8%B3%BC%E9%9B%BB%E9%87%8F%E5%8F%8A%E9%9B%BB%E5%8A%9B%E6%8E%92%E7%A2%B3%E4%BF%82%E6%95%8B8_.html.

附件一 本研究問卷畫面

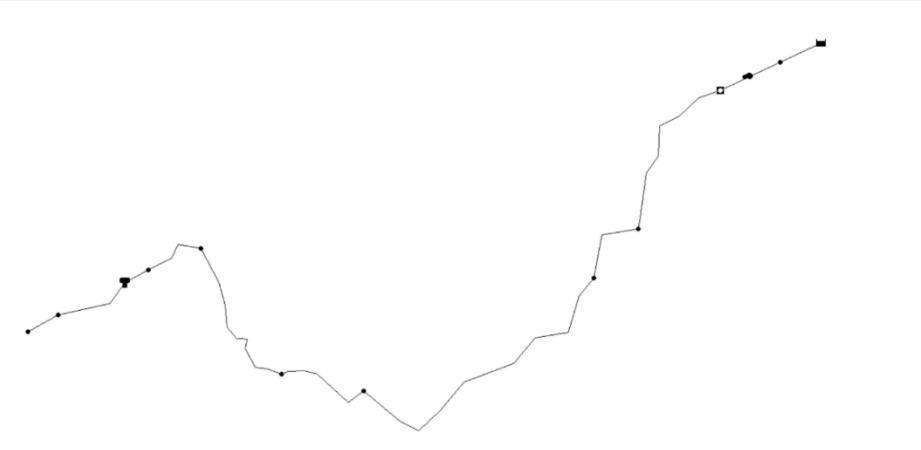
The screenshot shows a survey questionnaire titled "EPANET自動繪圖工具使用問卷". The introduction states the purpose of the research is to develop an EPANET water analysis results conversion drawing automation program to reduce the time spent by design personnel in creating water analysis drawings. It also mentions that users need to check the parameters in EPANET, which causes a large amount of time waste. The question being asked is about the time required to convert EPANET results into a complete CAD water analysis drawing.

* Indicates required question

你的設計經驗有幾年？*

1-3年
 3-5年
 5-10年
 10年以上

案例1 (10節點，10管線)



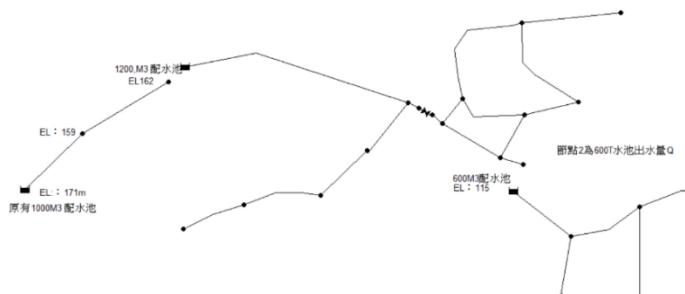
案例1，手動繪圖大約需要多久(分鐘) *

Your answer

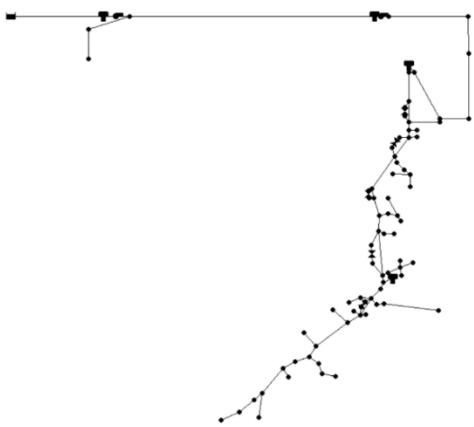
案例1，改用自動繪圖大約需要多久(分鐘) *

Your answer

案例2 (23節點，25管線)



案例3 (76節點，80管線)



案例3，手動繪圖大約需要多久(分鐘) *

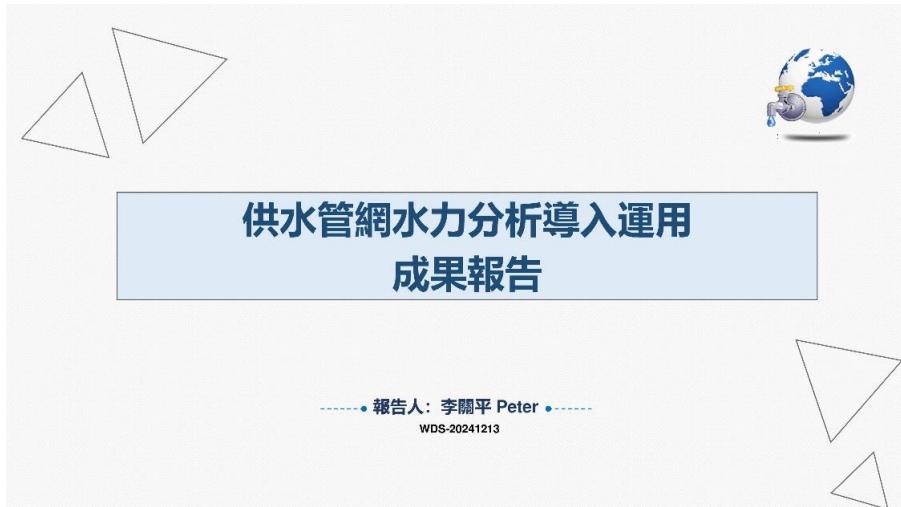
Your answer

案例3，改用自動繪圖大約需要多久(分鐘) *

Your answer

附件二 訪談會議簡報 1(摘錄)

因簡報頁數眾多，為節省篇幅，僅摘錄部份頁面



III 目標

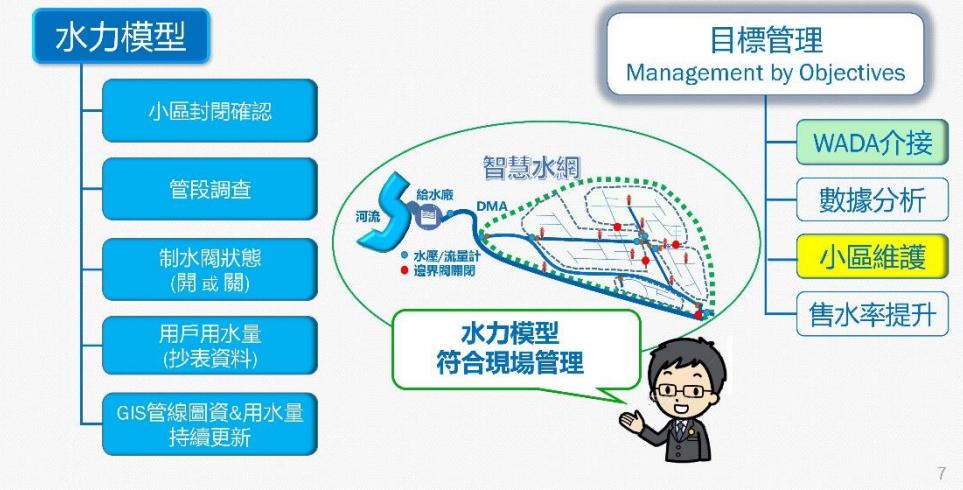


5

02

作業條件

III 作業條件



7

6

III 水力模型資料需求

➤ 設計基礎資料

(一) 環境: 地理高程(DTM)、水源、用戶數(用水需求、成長需求)、供水設備位置(水池、加壓站、控制閥、管線埋設等)空間。

(二) 設備設施資料

管線(Pipe): 管線材質、口徑、管線長度、粗糙係數(Roughness)、使用年數。

水源(Reservoirs): 總水頭(Total Head), 需水量型式(Pattern)。

加壓站(Pump): Pump特性曲線(供水量、揚程(水頭))。

配水池(Tank): 起始水位、最低水位、最高水位、內徑大小、池底高程、最小容積、容積曲線、供水混合模式。

閥(Valve): 閥種類、狀態設定。

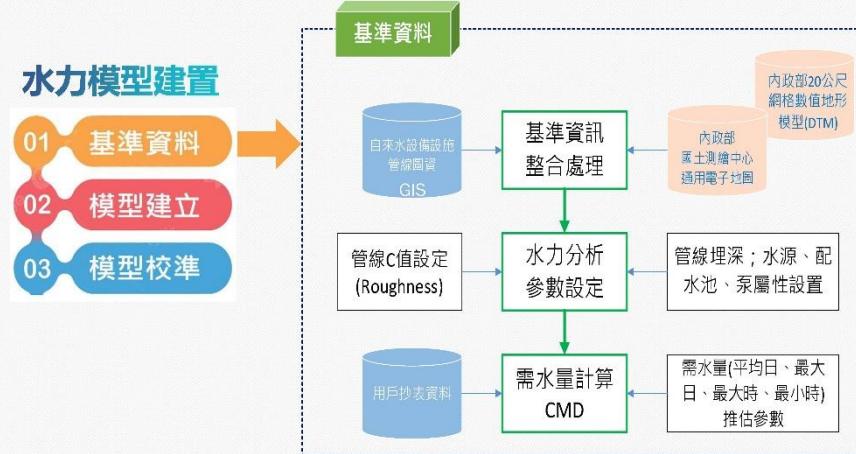
供水節點(Junction): 基準需水量(CMD)、需水量型式(Pattern)、需水量種類(基準需求量; 時間型式)。



80

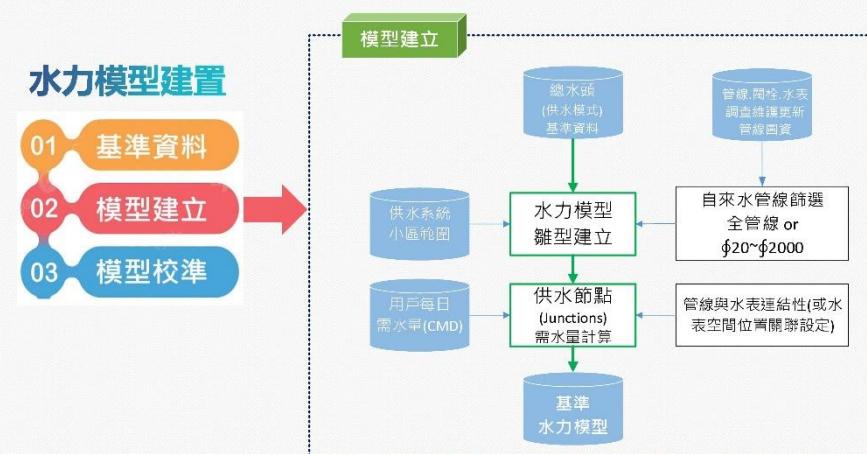
8

III 全管網水力分析模型建置(一)



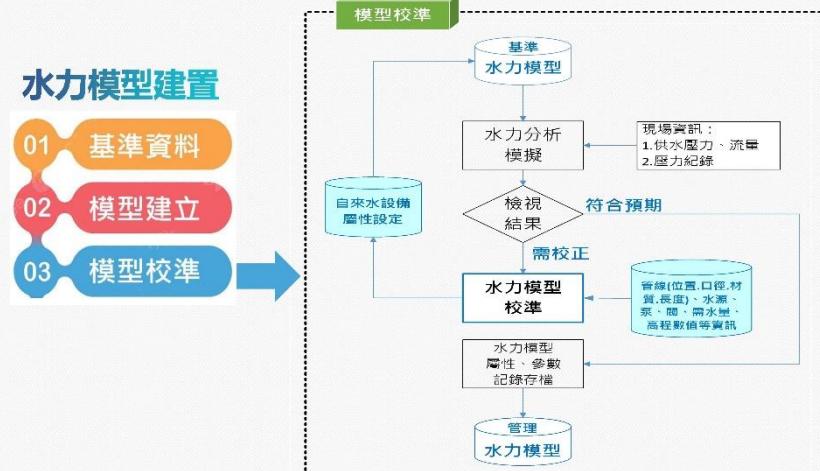
9

III 全管網水力分析模型建置(二)



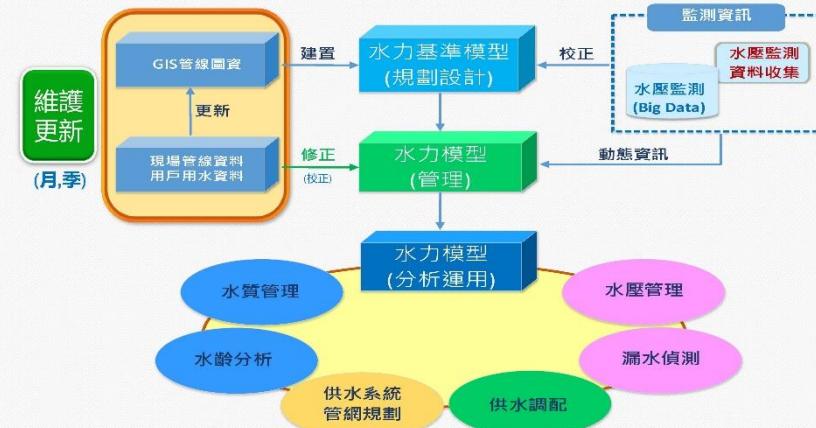
10

III 全管網水力分析模型建置(三)



11

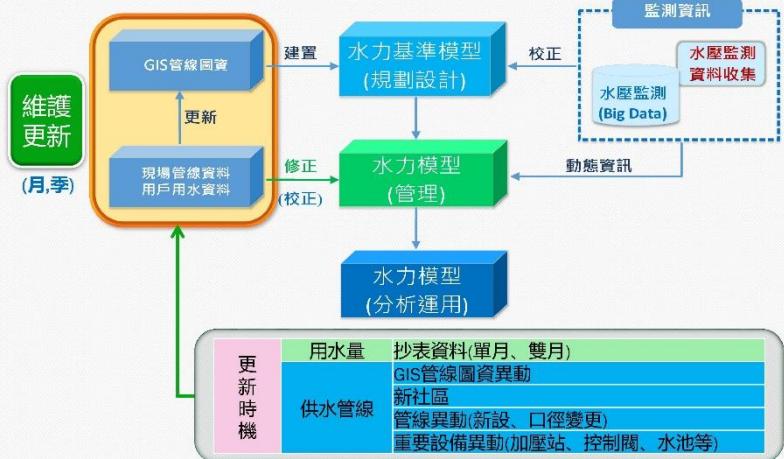
III 作業條件：水力模型維護 - 水力模型的生命週期流程圖



圖：The life cycle flow chart of Hydraulic model in water distribution network.

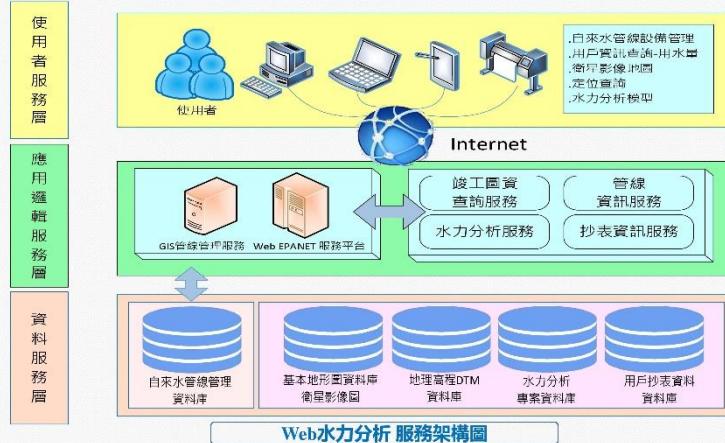
12

III 作業條件：水力模型維護 - 水力模型的生命週期流程圖



III 雲端化水力分析介紹

➤ Web水力分析服務架構



14

III 雲端化水力分析與傳統差異說明

➤ EPANET單機介面與Web水力分析整合介面比較(例)



III 雲端化水力分析 - 水質管理

運用水力分析之水理資訊，以科學數據進行水質管理作業。

- 模擬供水管網的水壓與流量及水質的變化的預測，做為送配水管線管理與維護之輔助。
- 建立餘氯、水齡模式，主動進行水質管理。
- 提供水齡異常位置，使管網弱點與需改善區域確實掌握。
- 可結合供水監測平台資料，進行智慧化、精緻化的水質管理。



17

III 水力分析模擬說明

動態水力分析



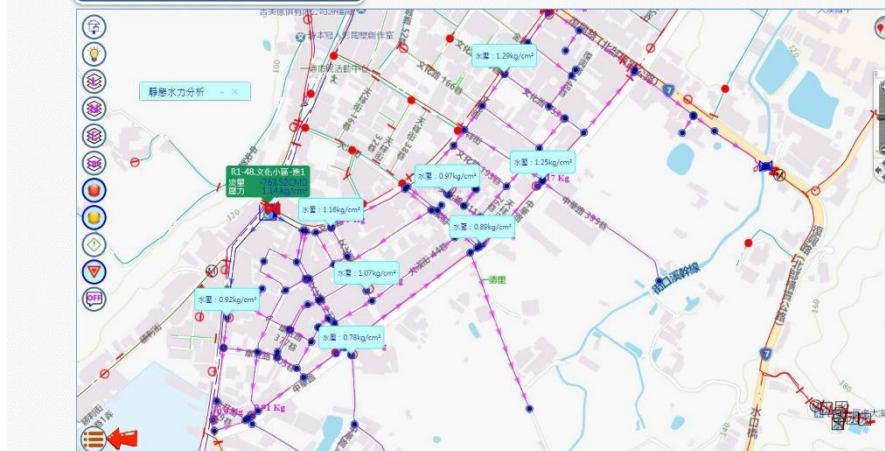
19

03 水力分析模擬說明 (專案成果)

18

III 水力分析模擬說明

靜態水力分析(理論模型)



20

附件三 訪談會議簡報 2(摘錄)

因簡報頁數眾多，為節省篇幅，僅摘錄部份頁面

自來水事業推動人工智慧之規劃應用與發展 業務交流研討會

台灣自來水公司
交流單位 逢甲大學地理資訊系統研究中心
 臺北自來水事業處

中華民國 114 年 6 月 5 日



自來水事業推動人工智慧之規劃應用與發展

業務交流研討會議程表

[日期]

114 年 6 月 5 日(星期四)

[地點]

台水公司總管理處第一會議室

第一場次

時間	議題	交流單位	參與單位
10:30-11:10	空間資訊系統與人工智慧整合	台灣自來水公司 臺北自來水事業處	逢甲大學地理資訊系統研究中心
11:10-11:50	WADA 於業務上應用	台灣自來水公司 臺北自來水事業處	逢甲大學地理資訊系統研究中心
11:50-12:30	透過水理模型進行漏水偵測 相關說明	台灣自來水公司 臺北自來水事業處	逢甲大學地理資訊系統研究中心

12:30-13:30

午 餐

第二場次

時間	議題	交流單位
13:30-14:10	AI 智能客服導入經驗分享	台灣自來水公司 臺北自來水事業處
14:30-16:00	AI 防災現場觀摩	總管理處辦公園區興建工程工區



1



大綱

CONTENTS

- 1 背景說明
- 2 推動成果
- 3 未來發展



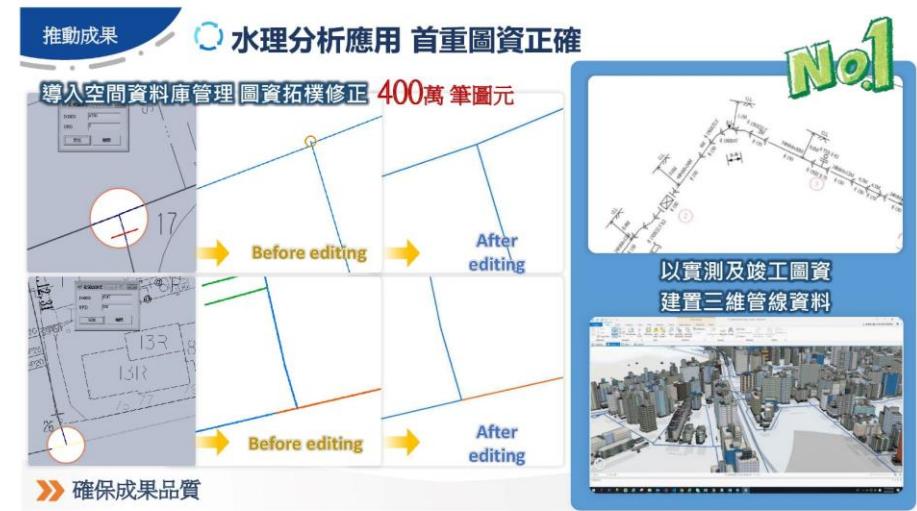
21

2

85



22



推動成果

模型自動化匯出



Shiu, C.-C.; Chiang, T.; Chung, C.-C. A Modified Hydrologic Model Algorithm Based on Integrating Graph Theory and GIS Database. Water 2022, 14, 3000. <https://doi.org/10.3390/w14193000> (SCD)

» 支援水理分析，省時便利

推動成果

模型應用

評估管網承載能力與可能供水瓶頸



11

推動成果

水理模型分析的應用

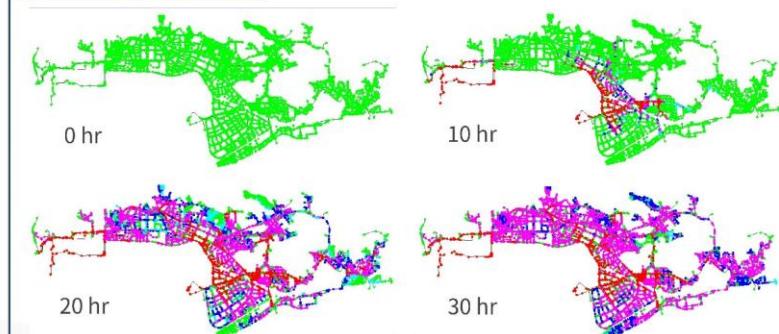


10

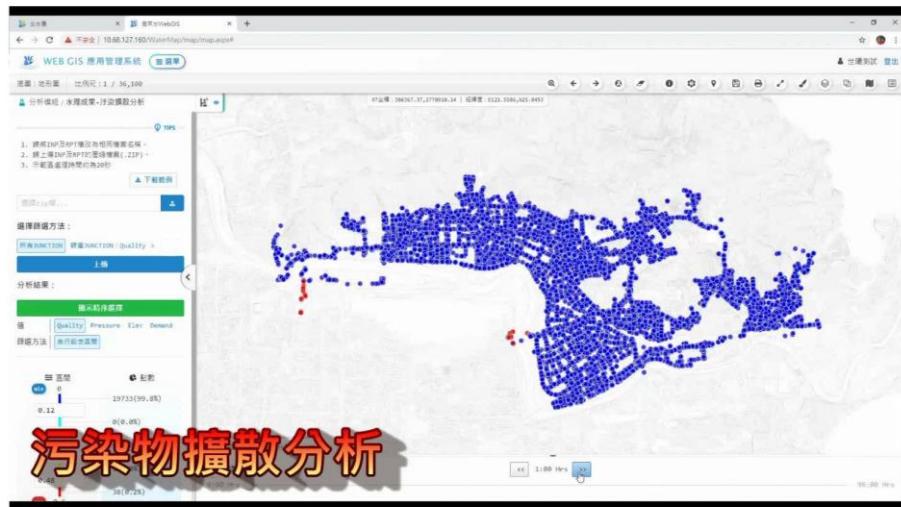
推動成果

模型應用

汙染擴散預測



12



推動成果 資訊整合 介接 20 個內部系統

分二階段完成系統擴充規劃



14

推動成果 資訊整合 介接 20 個內部系統

圖像化數據資訊 轉成易閱讀資訊



15

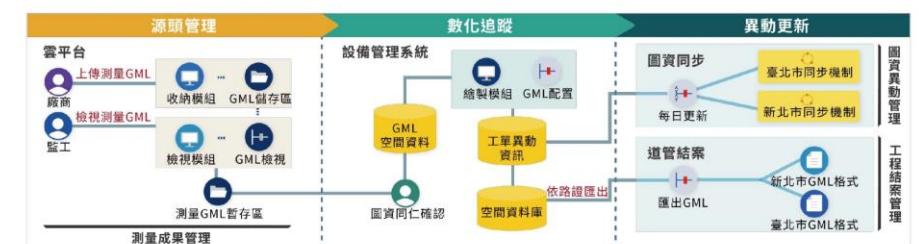
推動成果 跨域整合應用 圖資異動同步

問題

圖資無法同步至管理機關，造成挖掘結案率偏低

對策

三階段解決：源頭管理、數化追蹤及每日同步異動更新



16

》路權機關互協作 提高申挖結案率

推動成果

直飲地圖

整合直飲臺和飲水機資訊 供民眾一鍵查詢



703 台
統計至113年底
直飲台總數

- 水質及管理透明化 QRcode即時水質資訊
- 減少使用瓶裝水 落實節能減碳
- 結合Google地圖路線導引服務
- 嘗試無障礙空間 邁向無障礙友善城市

直飲地圖
結合Google地圖路線導引服務

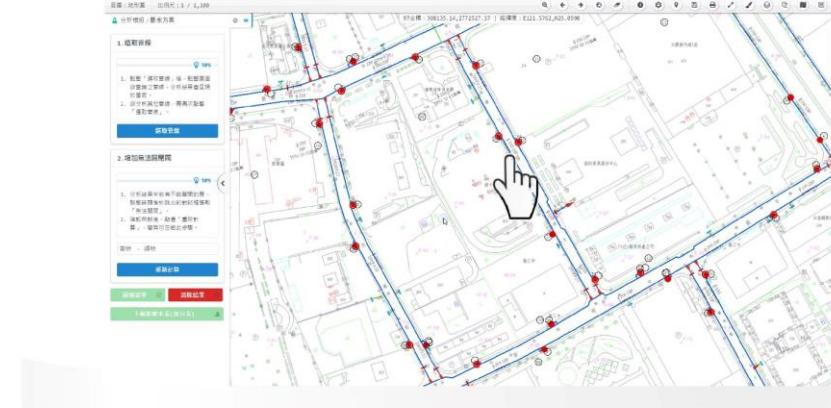
戶外直飲服務
減少使用瓶裝水 落實節能減碳

友善直飲環境
嘗試無障礙空間 邁向無障礙友善城市

即時水質資訊
QRcode
水質及管理透明化

推動成果

智能斷水



1. 選取任務

1. 選取「漏管管理」，點選並選擇欲關閉之閥門二個以上並點選「確定」。
2. 點選開關後，點選「關閉」，點選完成後點選「確定」。

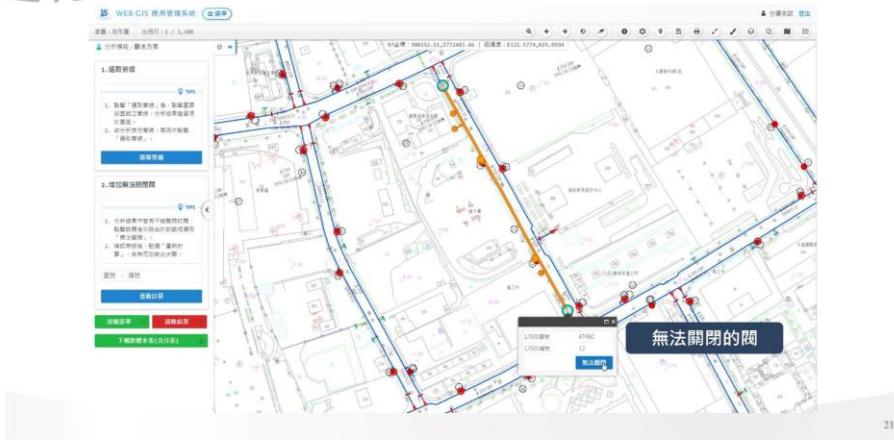
2. 增加無法關閉閥

1. 針對該管帶中無法關閉之閥門，點選並選擇欲關閉之閥門二個以上並點選「確定」。
2. 點選開關後，點選「關閉」，點選完成後點選「確定」。

關閉閥
關閉水頭
自動找出需關閉的閥



推動成果 智能斷水



推動成果 智能斷水-實際案例



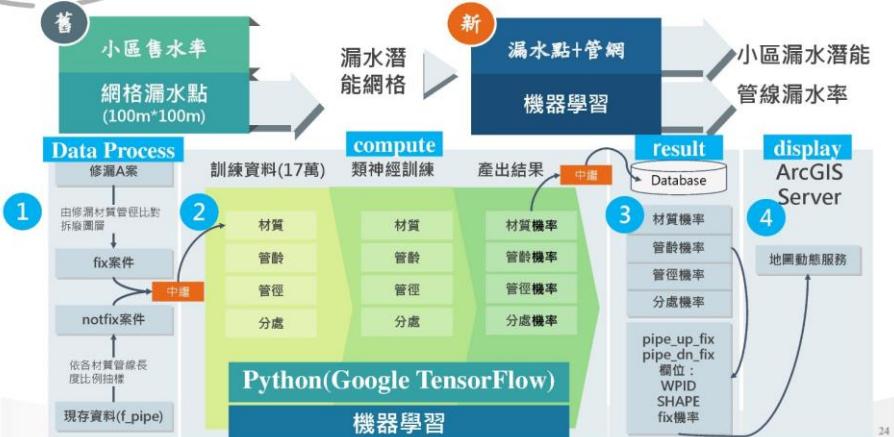
推動成果 智能斷水



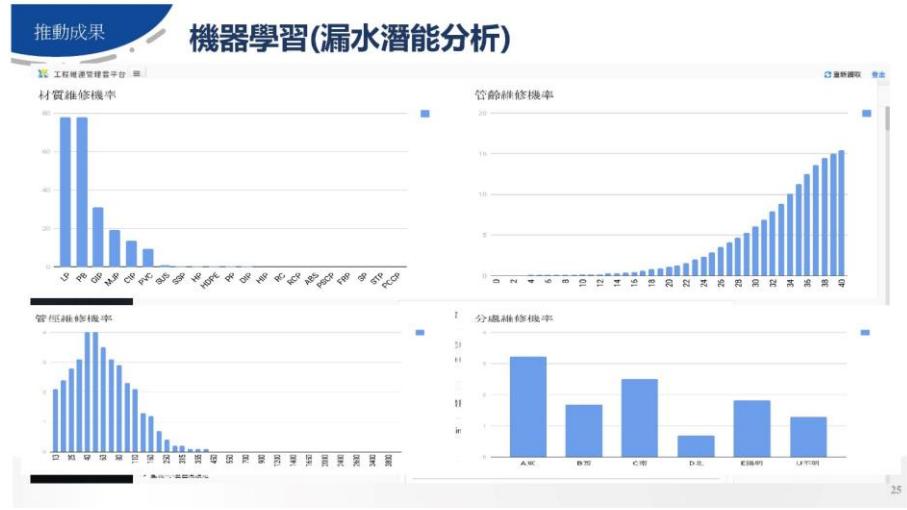
90

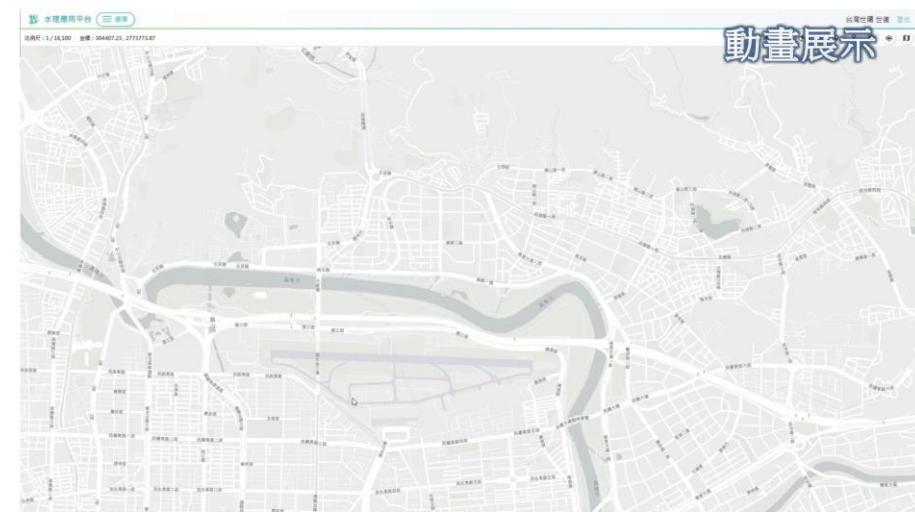
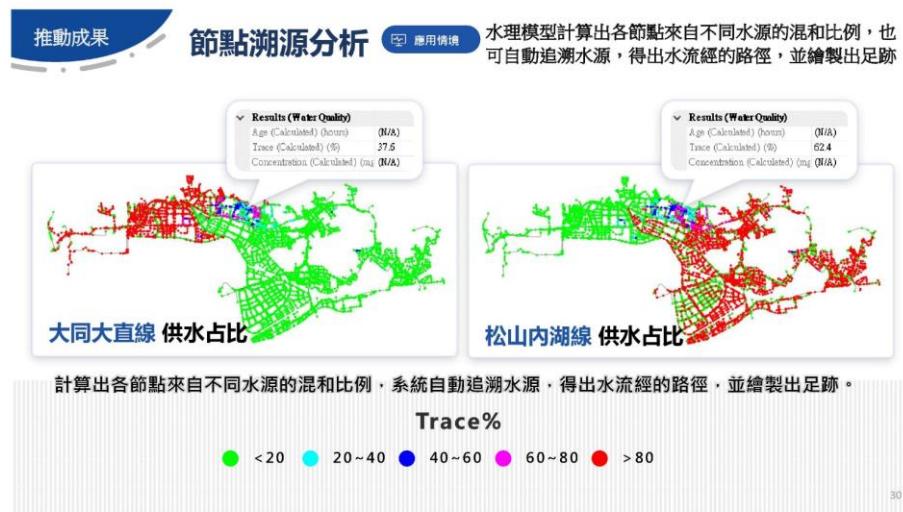
31

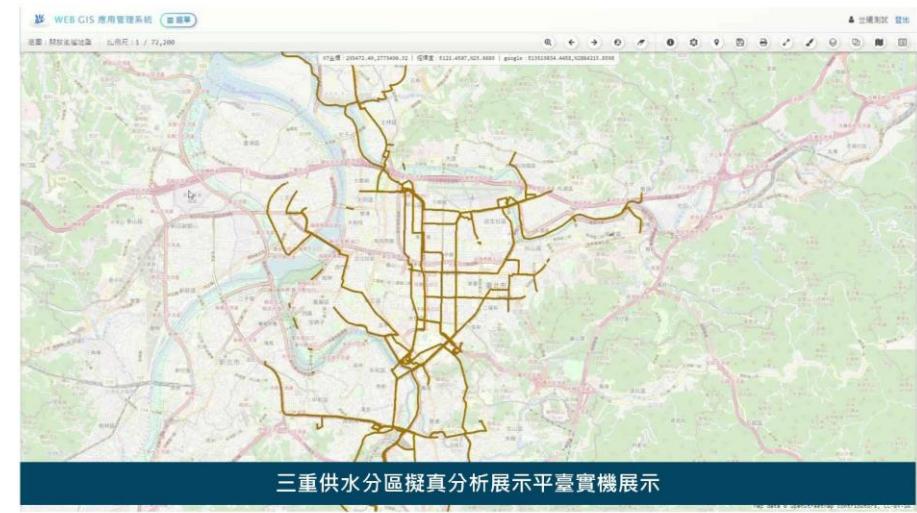
推動成果 機器學習(漏水潛能分析)



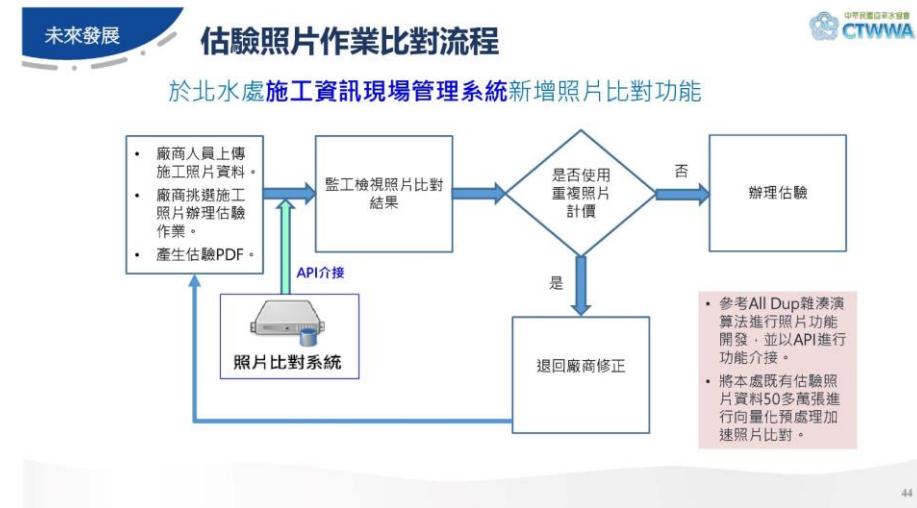
32













簡報結束

Thank you for watching



附件四 操作手冊

1. 系統需求

建議需求

處理器：Intel Core i5 或同等級處理器

記憶體：4 GB RAM

硬碟空間：500 MB 可用空間

顯示器：1280x720 解析度

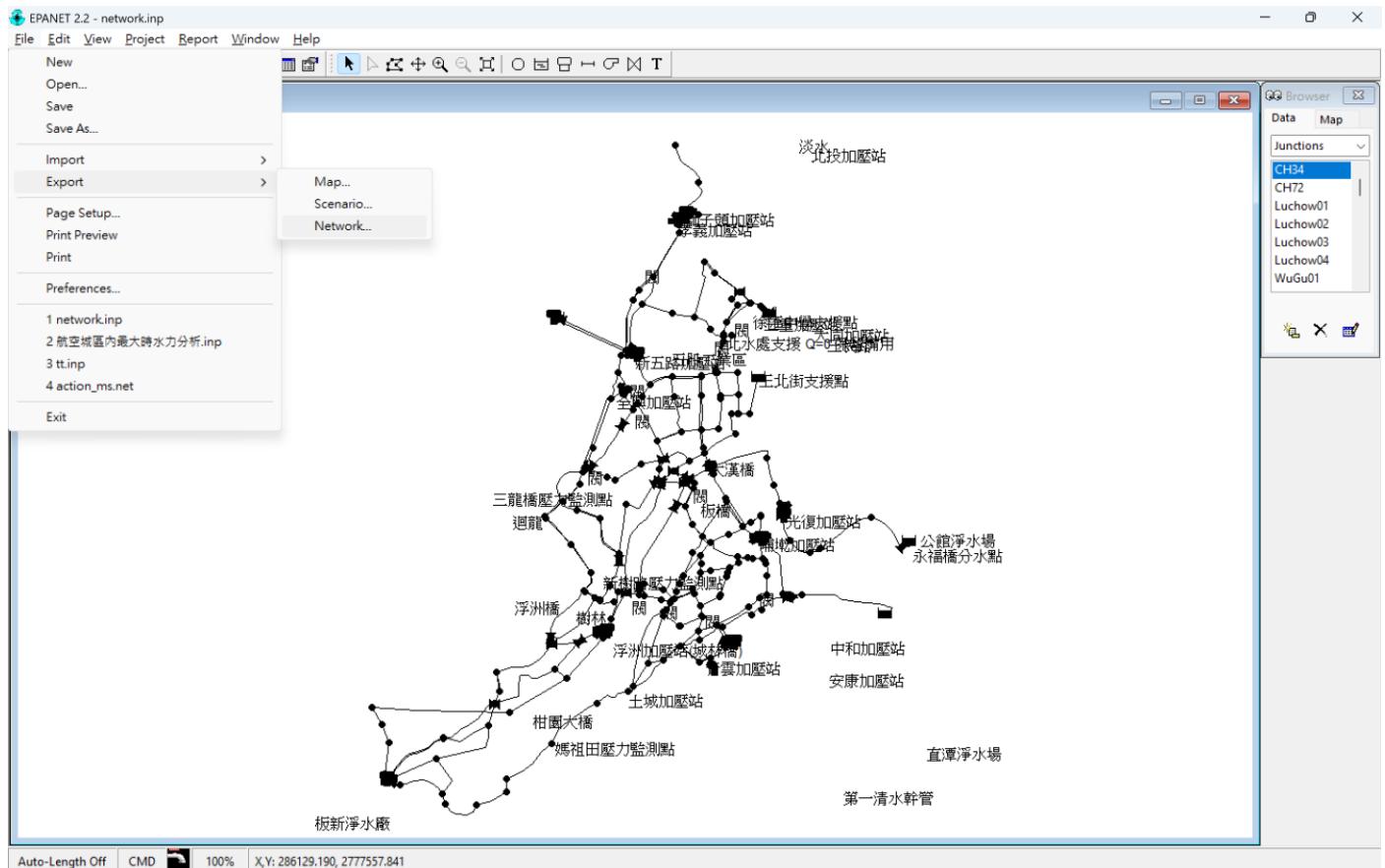
作業系統：Windows 10 (64-bit)以上

2. 操作手冊

epa2HydChart
EPANET 成果自動繪圖程式
操作手冊

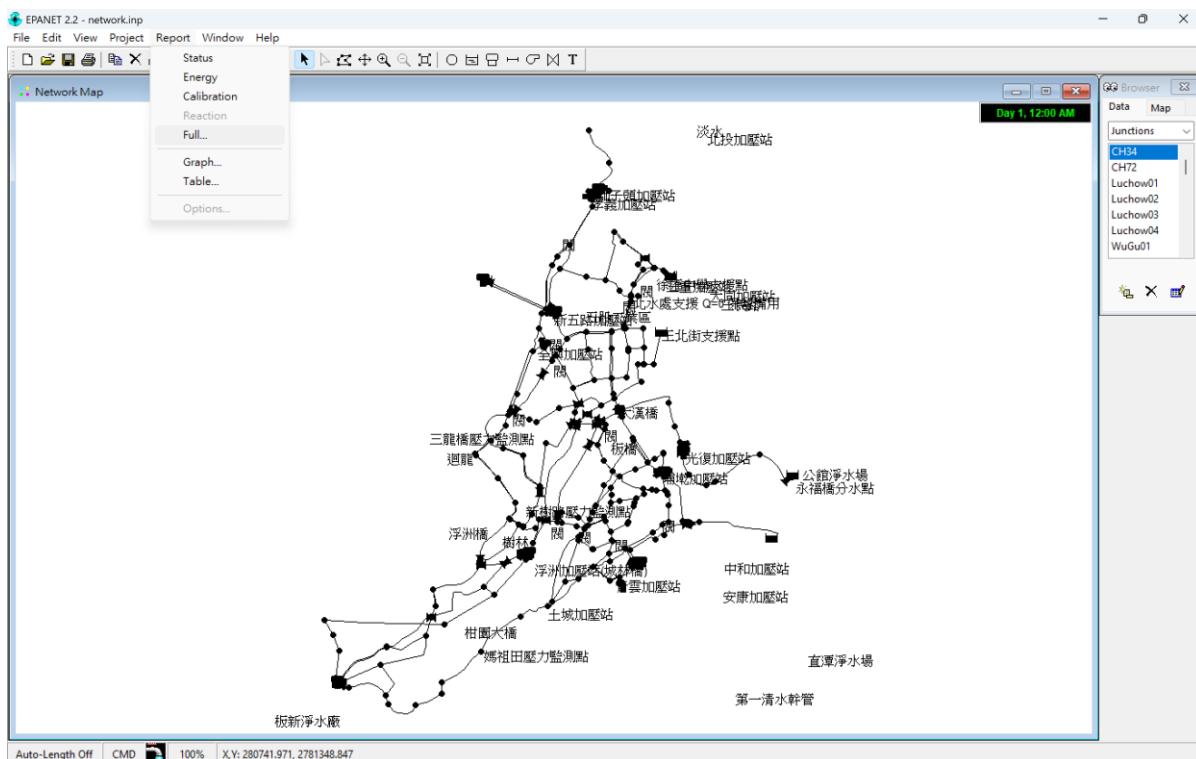
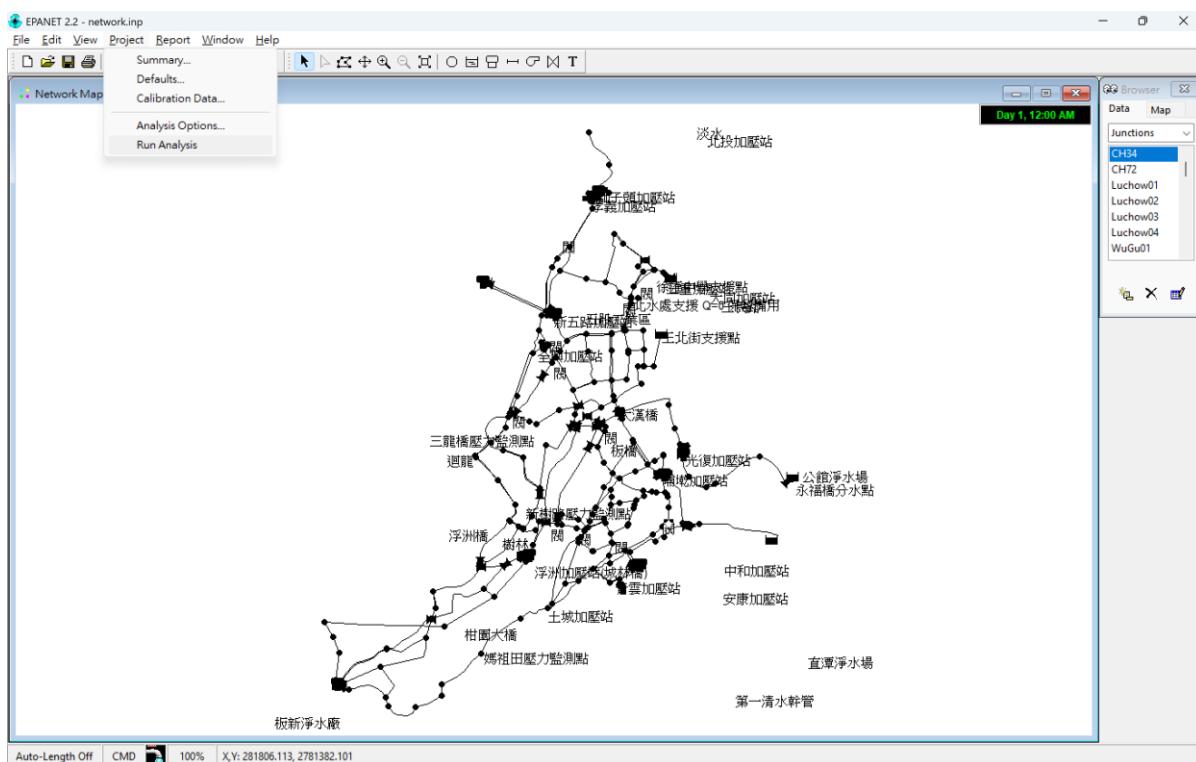
從 EPANET 匯出管網檔(.inp)

按一下 File – Export – Network，將管網檔儲存至適當資料夾。



從 EPANET 匯出分析報告檔(.rpt)

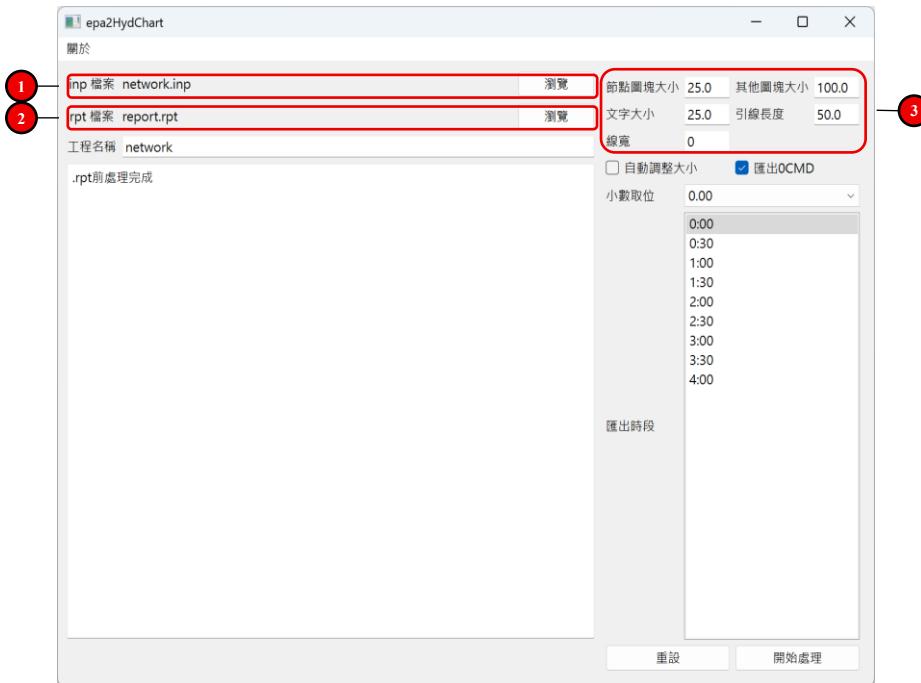
1. 按一下 Project - Run Analysis，分析完成後，出現 Run successful。
2. 按一下 Report - Full，將報告檔(.rpt)儲存至適當資料夾。



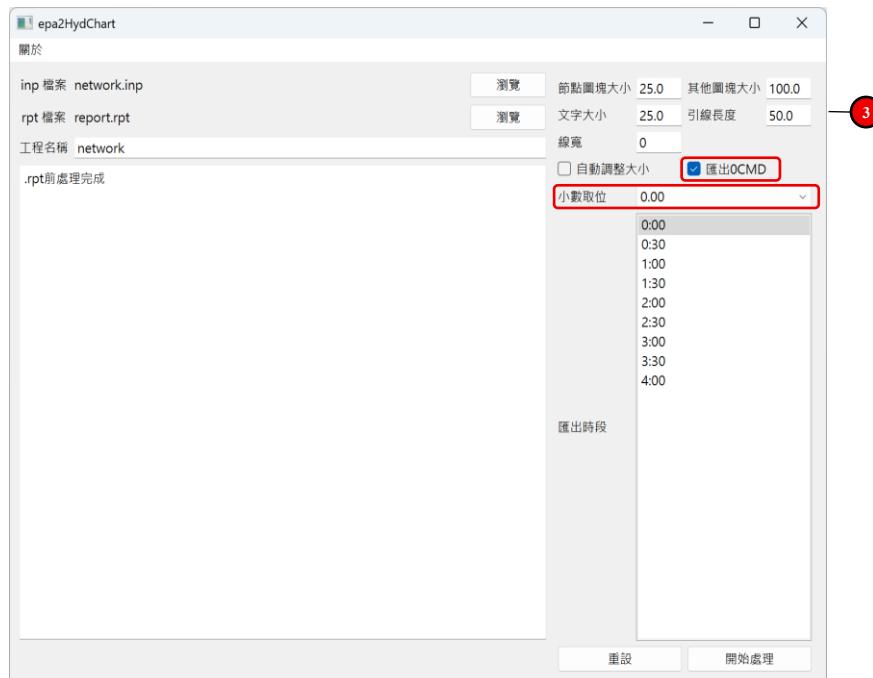
從 epa2HydChart 選擇管網檔及分析報告檔，並調整節點及文字參數

1. 選擇管網檔(.inp)。
2. 選擇分析報告檔(.rpt)。
3. 調整參數，單位：點(pt)

其中「其他圖塊大小」指接水點、水塔、閥件、加壓幫浦的大小。

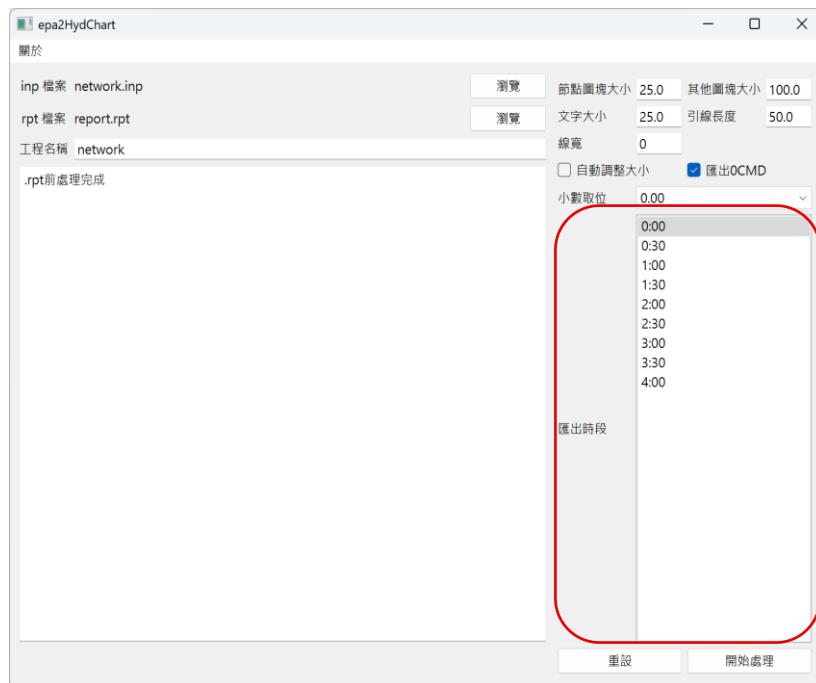


依需求選擇是否匯出 0CMD 的標籤，以及自訂輸出數字小數位數



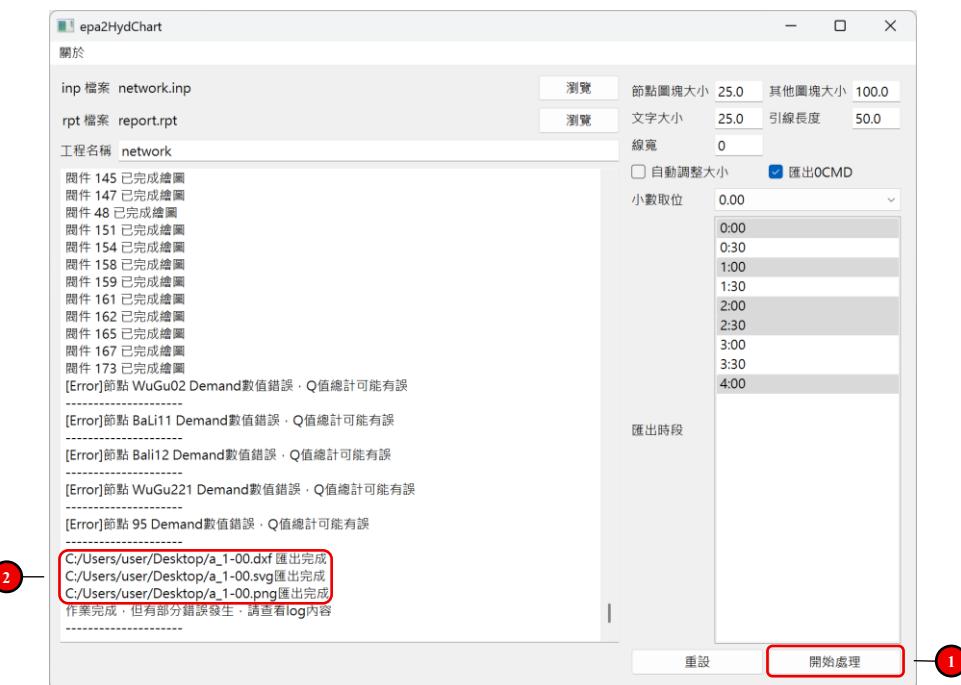
選擇需要匯出的時段

1. 按一下以選擇時段，再按一下則取消選取。
2. 每個時段的成果將分別儲存。



執行繪圖

1. 按一下「開始處理」後出現對話視窗指定儲存路徑。
2. .dxf、.svg、.png 將儲存在上面的路徑。
3. 若有錯誤，將出現在記錄內，使用者應檢查後重試。



附件五 板二計畫成果圖



Report

Static for pipe dimensions.

Diameter Amount

1000	45
1100	32
12	1
1200	23
1350	45
1500	12
1750	11
1800	7
200	1
2000	6
2200	19
2400	3
300	5
350	7
400	27
450	4
500	29
600	47
700	23
800	26
900	12

Unit Headloss >= 1.0 m/km in 0:00.

ID	Flow	Velocity	unitHeadloss	Headloss	Node1	Node2	Diameter	Length	Diameter_suggest
CHP125	15209.64	0.62	1.12	0.34	39	Luchow01	600	300	650
CHP134	24768.00	1.01	2.76	1.94	Bali15	BaLi01	600	700	750
CHP145	44015.36	0.80	1.11	0.03	SC05	CH130	900	23.70	950
CHP158	4334.94	0.52	1.51	0.44	LuChow13	LuChow14	350	288.55	400
CHP159	-5385.06	0.50	1.18	0.41	LuChow14	CH114	400	350.52	450
CHP167	-20216.97	0.83	1.90	1.03	SC18	SC19	600	547.99	700
CHP173	-88680.49	0.91	1.00	0.55	SC19	SC30	1200	550	1200
CHP174	-143580.40	1.47	2.44	0.49	SC30	SC31	1200	200	1450
CHP141	-43755.48	1.01	1.95	1.87	SC21	SC24	800	960	950
CHP197	-68375.13	1.24	2.51	4.39	SC36	SC37	900	1747	1100
CHP200	-126528.80	1.86	4.70	2.72	SL02	SL03	1000	579	1400
CHP201	-108752.70	1.98	5.93	1.06	CH117	SL04	900	179	1300
CHP204	81272.75	0.99	1.30	0.88	SL05	SL07	1100	681.19	1200
CHP207	85557.11	1.04	1.43	1.88	SL07	SL22	1100	1311.12	1200
CHP208	46471.18	2.74	21.52	16.29	SL08	SC28	500	757.00	950
CHP206	-37796.54	1.55	6.04	3.72	SC28	SC39	600	615.39	900
CHP209	-25426.04	1.50	7.04	5.49	SC39	SC40	500	780	750
CHP210	-7317.26	0.53	1.17	1.70	SC40	SC37	450	1450	500
CHP211	-121400.30	0.98	1.01	1.66	SL05	34	1350	1645	1400
CHP212	-45163.87	1.85	8.40	8.60	72	SL10	600	1023.39	950
CHP215	-196300.80	1.59	2.46	5.37	SL09	SL15	1350	2185	1650
CHP217	-200800.80	1.62	2.56	1.17	CH120	93	1350	457.21	1650
CHP230	-31840.17	1.30	4.40	2.28	TC05	TC07	600	519.14	850
CHP231	-18962.54	0.78	1.68	2.30	TC03	TC07	600	1364.27	700
CHP233	-58362.70	2.39	13.50	9.77	TC07	TC09	600	723.71	1050
CHP239	-35228.54	1.06	2.50	1.65	CH153	TC14	700	658.73	850

CHP224	-147837.10	1.20	1.45	0.57	TC15	BC05	1350	391.48	1500
CHP242	246075.80	1.61	2.23	1.13	86	16	1500	506.80	1800
CHP245	19014.11	0.78	1.69	0.71	BC06	CH148	600	424.03	700
CHP256	117603.40	1.43	2.58	2.31	51	BC25	1100	893	1350
CHP322	117603.40	1.20	1.69	3.25	CH138	51	1200	1930	1350
CHP333	24768.00	1.01	2.76	0.09	Bali13	Bali15	600	34.10	750
CHP360	54899.93	0.81	1.00	0.55	SC30	SC19	1000	550	1000
CHP366	18164.67	2.19	21.47	16.29	SL08	SC28	350	758.76	700
CHP367	5978.74	0.55	1.43	1.88	SL07	SL22	400	1311.93	450
CHP368	10263.10	0.60	1.31	0.88	SL05	SL07	500	675.55	550
CHP371	-23176.10	1.37	5.93	1.06	CH117	SL04	500	179	750
CHP372	-23176.10	1.37	5.93	0.14	SL03	CH117	500	23	750
CHP373	-108752.70	1.98	5.93	0.14	SL03	CH117	900	23	1300
CHP379	62588.66	0.92	1.28	0.05	CH119	BC32	1000	40.93	1100
CHP383	100175.40	1.22	1.92	1.22	CH120	SL15	1100	635.13	1300
CHP384	100625.40	1.23	1.93	1.22	CH120	SL15	1100	629.88	1300
CHP325	6424.20	1.05	6.64	0.18	Luchow01	CH96	300	27.44	450
CHP341	-21288.39	1.96	15.03	10.88	LuChow09	CH123	400	723.85	700
CHP404	-5385.06	0.88	4.79	0.18	CH114	Luchow02	300	36.08	450
CHP423	117603.40	1.20	1.69	0.17	83	CH138	1200	98.33	1350
CHP426	35228.54	1.06	2.50	0.09	CH153	TC13	700	35.00	850
CHP441	8936.01	1.46	12.23	23.21	CH159	CH155	300	1898.84	550
CHP452	471750.30	1.44	1.12	0.73	CH174	CH173	2200	653.18	2300
CHP453	471750.30	1.44	1.05	0.96	CH173	CH175	2200	913.17	2250
CHP462	471750.30	1.44	1.57	0.36	CH182	CH174	2200	229.69	2450
CHP469	146044.00	1.78	2.94	2.05	Fuchow01	CH188	1100	700	1400
CHP438	-109793.40	1.12	1.49	0.41	10	BC25	1200	278	1350
CHP315	10025.73	0.59	1.26	0.01	CH121	TS05	500	6.53	550
CHP482	70785.56	1.04	1.60	1.94	SL22	SL23	1000	1208.54	1150
CHP490	-15801.45	0.65	1.20	0.58	CH92	CH72	600	480.27	650

CHP491	-15801.45	0.65	1.20	0.32	CH72	CH34	600	264.60	650
CHP489	6350.29	0.58	1.60	1.94	SL22	SL23	400	1211.21	450
83	3780.00	0.62	2.48	0.56	CH151	41	300	224.50	400
7	282190.00	1.85	2.23	5.13	67	Fuchow0	1500	2300	1800
14	15209.64	0.62	1.12	0.34	39	Luchow01	600	300	650
23	8232.32	1.35	10.50	10.51	SC12	CH125	300	1000	500
28	30419.29	0.70	1.00	0.00	徐匯中學		15	800	1
39	-16370.50	1.51	7.04	5.49	SC39	SC40	400	780	600
40	-38479.28	0.89	1.17	1.70	SC40	SC37	800	1450	850
65	-59575.13	0.88	1.16	1.98	60	SC36	1000	1700	1050
67	-121371.70	1.79	4.35	0.44	SC37	32	1000	103	1400
68	-125871.70	1.85	4.66	5.73	76	SL02	1000	1230	1400
70	-234264.70	1.89	3.41	0.32	73	SL09	1350	93	1750
139	246075.80	1.61	2.23	0.01	74	SL21	1500	1	1800
148	471750.30	1.44	1.15	0.00	47	29	2200	1	2300
49	105584.60	1.56	3.36	0.55	1	SC24	1000	165	1300
50	105584.60	1.56	3.36	2.29	30	1	1000	680	1300
59	166851.30	6.83	94.45	9.45	86	BC06	600	100	1550
164	-412927.00	2.70	4.44	0.98	86	89	1500	220	2050
166	412927.00	2.70	4.44	0.00	SC45	90	1500	1	2050
168	412927.00	2.70	4.44	11.99	91	88	1500	2700	2050
174	24768.35	1.01	2.76	2.34	95	BaLi11	600	850	750

Velocity < 0.3 m/s in 0:00.

ID	Flow	Velocity	unitHeadloss	Headloss	Node1	Node2	Diameter	Length
CHP125	15209.64	0.62	1.12	0.34	39	Luchow01	600	300
CHP126	15199.25	0.35	0.28	0.13	Luchow01	Luchow02	800	488.50

CHP128	28.97	0.00	0.00	0.00	Luchow02	Luchow03	400	1071.94
CHP134	24768.00	1.01	2.76	1.94	Bali15	BaLi01	600	700
CHP139	-232.23	0.01	0.00	0.00	WuGu01	WUGu10	600	1700
CHP140	-13230.00	0.19	0.07	0.08	CH99	WuGu04	1000	1054.00
CHP142	-34918.00	0.51	0.43	0.47	SC50	SC03	1000	1096.69
CHP143	-10630.26	0.13	0.03	0.03	SC03	SC04	1100	820.69
CHP144	-26810.39	0.33	0.17	0.16	SC04	SC05	1100	953.13
CHP145	44015.36	0.80	1.11	0.03	SC05	CH130	900	23.70
CHP146	12069.32	0.36	0.34	0.26	SC07	SC10	700	750
CHP147	16076.26	0.48	0.59	0.01	SC06-1	SC07	700	23
CHP149	4225.38	0.25	0.25	0.02	SC06-1	SC12	500	109.20
CHP150	4006.94	0.16	0.09	0.01	SC07	SC12	600	150.59
CHP152	0.00	0.00	0.00	0.00	LuChow10	LuChow12	400	250.62
CHP153	7454.56	0.06	0.01	0.00	LuChow10	LuChow11	1350	419.46
CHP154	5594.02	0.33	0.43	0.28	LuChow11	LuChow13	500	663.18
CHP155	-6424.20	0.26	0.23	0.10	LuChow13	CH96	600	450
CHP157	-403.78	0.02	0.00	0.00	LuChow11	CH107	600	978.00
CHP158	4334.94	0.52	1.51	0.44	LuChow13	LuChow14	350	288.55
CHP159	-5385.06	0.50	1.18	0.41	LuChow14	CH114	400	350.52
CHP160	7269.32	0.22	0.13	0.09	SC10	SC13	700	717.04
CHP161	5313.71	0.31	0.39	0.29	SC06-1	SC14	500	771.58
CHP162	-1530.68	0.14	0.11	0.07	SC13	SC14	400	600.65
CHP163	-57778.93	0.59	0.45	0.29	SC05	SC15	1200	660
CHP164	3380.13	0.31	0.50	0.34	SC04	SC16	400	674.03
CHP165	-8216.97	0.34	0.36	0.37	CH131	SC18	600	1023.18
CHP166	-65684.77	0.67	0.57	0.62	SC15	SC19	1200	1080
CHP156	-6219.87	0.45	0.87	1.07	SC16	SC20	450	1229.49
CHP167	-20216.97	0.83	1.90	1.03	SC18	SC19	600	547.99
CHP168	3414.69	0.31	0.50	0.34	SC19	SC20	400	688.01
CHP169	-5912.73	0.35	0.47	0.40	SC20	SC21	500	848.82

CHP170	-23964.72	0.29	0.13	0.07	SC03	SC22	1100	496.87
CHP171	-32764.72	0.40	0.24	0.07	SC22	SC23	1100	287.77
CHP172	-25750.31	0.59	0.73	1.02	SC23	SC21	800	1397.23
CHP173	-88680.49	0.91	1.00	0.55	SC19	SC30	1200	550
CHP174	-143580.40	1.47	2.44	0.49	SC30	SC31	1200	200
CHP177	-44187.06	0.65	0.67	0.41	SC31	SC33	1000	610
CHP178	0.00	0.00	0.00	0.00	SC33	SC34	1000	812
CHP181	51657.07	0.53	0.36	1.45	61	66	1200	3980
CHP183	1092.19	0.13	0.12	0.03	WuGu17	WuGu18	350	265
CHP184	-34518.39	0.51	0.42	0.78	WuGu04	WuGU05	1000	1850
CHP185	1698.84	0.05	0.01	0.02	WuGu18	TS01	700	1314
CHP191	-31814.42	0.39	0.23	0.44	78	21	1100	1928.3
CHP192	10214.41	0.12	0.03	0.00	TS06	SC23	1100	227.80
CHP193	-12366.19	0.28	0.19	0.12	TS02	TS07	800	605.92
CHP194	0.00	0.00	0.00	0.65	SC23	TS25	800	554.61
CHP195	-40363.78	0.49	0.36	0.59	CH121	SC28	1100	1650.18
CHP141	-43755.48	1.01	1.95	1.87	SC21	SC24	800	960
CHP197	-68375.13	1.24	2.51	4.39	SC36	SC37	900	1747
CHP200	-126528.80	1.86	4.70	2.72	SL02	SL03	1000	579
CHP201	-108752.70	1.98	5.93	1.06	CH117	SL04	900	179
CHP202	-20910.05	0.25	0.11	0.05	SL04	33	1100	500
CHP203	5400.00	0.32	0.40	0.20	SL03	SL06	500	503.85
CHP204	81272.75	0.99	1.30	0.88	SL05	SL07	1100	681.19
CHP207	85557.11	1.04	1.43	1.88	SL07	SL22	1100	1311.12
CHP208	46471.18	2.74	21.52	16.29	SL08	SC28	500	757.00
CHP196	-42325.31	0.52	0.39	0.18	CH121	SC38	1100	450.09
CHP205	-49259.04	0.60	0.51	0.41	SC38	SC28	1100	801.31
CHP206	-37796.54	1.55	6.04	3.72	SC28	SC39	600	615.39
CHP209	-25426.04	1.50	7.04	5.49	SC39	SC40	500	780
CHP210	-7317.26	0.53	1.17	1.70	SC40	SC37	450	1450

CHP211	-121400.30	0.98	1.01	1.66	SL05	34	1350	1645
CHP212	-45163.87	1.85	8.40	8.60	72	SL10	600	1023.39
CHP213	-146044.00	0.70	0.40	0.28	SL10	69	1750	700
CHP214	-5400.00	0.03	0.00	0.00	SL11	SL12	1750	933.01
CHP215	-196300.80	1.59	2.46	5.37	SL09	SL15	1350	2185
CHP217	-200800.80	1.62	2.56	1.17	CH120	93	1350	457.21
CHP219	95480.11	0.46	0.18	0.00	SL16	SL17	1750	14.09
CHP220	-54397.45	0.26	0.06	0.13	SL17	SL18	1750	2090.89
CHP227	-13927.60	0.11	0.02	0.02	TC03	TC05	1350	798
CHP229	-698.85	0.01	0.00	0.00	TC03	TC18	1350	2785.54
CHP230	-31840.17	1.30	4.40	2.28	TC05	TC07	600	519.14
CHP231	-18962.54	0.78	1.68	2.30	TC03	TC07	600	1364.27
CHP233	-58362.70	2.39	13.50	9.77	TC07	TC09	600	723.71
CHP234	-2951.97	0.27	0.39	0.42	CH151	9	400	1085.82
CHP235	0.00	0.00	0.00	14.65	TC09	TC11	600	781.79
CHP236	-3359.28	0.14	0.07	0.04	TC11	TC10	600	620
CHP237	-8768.54	0.26	0.19	0.09	TC11	TC12	700	476.71
CHP238	-21053.54	0.63	0.96	0.74	TC12	TC13	700	766.00
CHP239	-35228.54	1.06	2.50	1.65	CH153	TC14	700	658.73
CHP240	-35270.98	0.29	0.10	0.01	TC14	TC06	1350	160
CHP241	-35969.82	0.29	0.11	0.03	TC06	CH88	1350	290
CHP224	-147837.10	1.20	1.45	0.57	TC15	BC05	1350	391.48
CHP228	-147837.10	0.97	0.87	0.48	BC05	BC06	1500	557.15
CHP242	246075.80	1.61	2.23	1.13	86	16	1500	506.80
CHP243	15542.86	0.10	0.01	0.00	SL21	CH190	1500	239.04
CHP244	4742.86	0.04	0.00	0.00	SL12	SL02	1350	329.44
CHP245	19014.11	0.78	1.69	0.71	BC06	CH148	600	424.03
CHP246	95802.30	0.77	0.65	0.08	TC15	BC07	1350	129.96
CHP248	8364.11	0.34	0.37	0.18	CH147	BC07	600	486.34
CHP249	51911.11	0.42	0.21	0.04	BC07	CH118	1350	186

CHP250	29296.15	0.36	0.20	0.14	BC07	BC10	1100	673
CHP247	0.00	0.00	0.00	0.00	BC48	CH87	700	329.89
CHP251	7068.70	0.42	0.66	0.40	BC10	BC11	500	613.54
CHP252	3191.02	0.19	0.15	0.05	BC11	BC12	500	320.37
CHP253	45617.26	0.56	0.45	0.22	27	BC15	1100	479
CHP254	29997.26	0.44	0.33	0.21	BC15	BC16	1000	669.56
CHP255	-3092.10	0.07	0.01	0.00	BC16	BC17	800	370
CHP257	1165.13	0.07	0.02	0.02	BC17	BC18	500	800
CHP258	-3191.02	0.19	0.15	0.04	BC18	BC12	500	266.58
CHP260	11227.02	0.17	0.05	0.03	BC16	BC19	1000	529.44
CHP262	9781.50	0.14	0.04	0.03	BC19	BC20	1000	627.78
CHP263	6515.69	0.10	0.02	0.01	BC20	CH113	1000	624.60
CHP266	9505.42	0.29	0.22	0.31	BC16	BC22	700	1390
CHP268	9555.92	0.39	0.47	0.32	BC17	BC24	600	669.12
CHP269	-2514.08	0.10	0.04	0.03	BC24	BC23	600	571.41
CHP256	117603.40	1.43	2.58	2.31	51	BC25	1100	893
CHP279	-23761.08	0.29	0.13	0.04	BC23	BC33	1100	290.34
CHP280	-21612.30	0.50	0.53	0.20	BC33	BC32	800	388.34
CHP282	-2617.58	0.19	0.13	0.04	BC23	BC33	450	289.98
CHP283	-4766.36	0.35	0.53	0.20	BC33	BC32	450	387.24
CHP284	62588.66	0.64	0.53	0.38	83	CH119	1200	720.23
CHP285	62726.38	0.51	0.30	0.20	CH137	CH82	1350	687
CHP288	-19339.21	0.24	0.09	0.10	BC17	BC38	1100	1054.55
CHP289	-29585.09	0.24	0.07	0.01	BC38	CH83	1350	207
CHP290	-27177.97	0.63	0.81	0.02	CH83	CH84	800	18
CHP291	-30594.93	0.25	0.08	0.05	CH84	CH82	1350	645
CHP293	109793.40	0.89	0.84	0.46	12	SC31	1350	541
CHP295	10400.00	0.15	0.05	0.07	SC31	SC29	1000	1500
CHP296	4000.00	0.12	0.04	0.01	SC29	SC27	700	370
CHP297	0.00	0.00	0.00	2.49	CH132	SC25	700	15.96

CHP298	-4000.00	0.12	0.04	0.03	SC25	SC13	700	628.05
CHP221	54397.45	0.44	0.23	0.54	Banxin-Sulin	SL18	1350	2364.30
CHP223	-95480.11	0.46	0.18	0.46	SL16	92	1750	2500
CHP312	13166.19	0.30	0.21	0.09	CH101	CH89	800	446.24
CHP313	-13166.19	0.30	0.21	0.04	TS07	CH89	800	211.26
CHP314	0.00	0.00	0.00	0.00	CH89	CH90	900	49.74
CHP316	0.00	0.00	0.00	0.00	SC25	SC42	700	1
CHP322	117603.40	1.20	1.69	3.25	CH138	51	1200	1930
CHP326	316401.10	1.17	0.88	3.18	中和平壓塔	CH94	2000	3622
CHP328	242918.40	0.89	0.54	1.12	CH97	Puchan00	2000	2090
CHP329	54113.16	0.44	0.23	0.37	94	CH98	1350	1639.83
CHP330	50923.23	0.41	0.20	0.15	CH98	93	1350	749.36
CHP310	24768.35	0.57	0.68	0.01	BaLi11	BaLi12	800	15.35
CHP311	0.00	0.00	0.00	4.33	BaLi11	WuGu02	600	21.59
Puchan	0.00	0.00	0.00	9.69	Puchan	Puchan00	2000	14.14
CHP323	0.00	0.00	0.00	0.00	TS06	CH103	900	561.48
CHP331	0.00	0.00	0.00	49.01	CH104	CH90	900	14.27
CHP332	-24768.35	0.57	0.68	0.01	Shizitou	BaLi12	800	8.52
CHP333	24768.00	1.01	2.76	0.09	BaLi13	BaLi15	600	34.10
CHP343	-812.13	0.07	0.04	0.02	Luchow03	Luchow04	400	503.76
CHP344	28.97	0.00	0.00	0.00	Luchow02	Luchow03	400	1071.34
CHP345	2452.07	0.23	0.27	0.13	Luchow01	Luchow02	400	489.63
CHP347	3116.73	0.29	0.43	0.28	LuChow11	LuChow13	400	660.75
CHP349	304.68	0.03	0.01	0.00	LuChow10	LuChow11	400	418.48
CHP350	547.73	0.03	0.01	0.00	LuChow10	LuChow11	500	418.40
CHP351	98.88	0.01	0.00	0.00	WUGu10	WuGu01	400	1700
CHP352	98.88	0.01	0.00	0.00	WUGu10	WuGu01	400	1700
CHP353	-7083.71	0.29	0.27	0.24	WuGu17	WuGu03	600	886
CHP354	-1716.29	0.21	0.27	0.24	WuGu17	WuGu03	350	886
CHP355	-4507.81	0.18	0.12	0.03	WuGu18	WuGu17	600	265

CHP356	701.16	0.04	0.01	0.02	WuGu18	TS01	500	1314
CHP359	0.00	0.00	0.00	2.49	CH132	SC25	400	15.99
CHP360	54899.93	0.81	1.00	0.55	SC30	SC19	1000	550
CHP361	40663.99	0.60	0.57	0.62	SC19	SC15	1000	1080
CHP362	35769.83	0.53	0.45	0.29	SC15	SC05	1000	660
CHP363	-3292.45	0.30	0.47	0.40	SC20	SC21	400	847.27
CHP364	2409.57	0.29	0.51	0.41	SC28	SC38	350	809.96
CHP365	5343.30	0.31	0.39	0.18	SC38	CH121	500	446.60
CHP366	18164.67	2.19	21.47	16.29	SL08	SC28	350	758.76
CHP367	5978.74	0.55	1.43	1.88	SL07	SL22	400	1311.93
CHP368	10263.10	0.60	1.31	0.88	SL05	SL07	500	675.55
CHP370	-2654.36	0.16	0.11	0.05	SL04	33	500	500
CHP371	-23176.10	1.37	5.93	1.06	CH117	SL04	500	179
CHP372	-23176.10	1.37	5.93	0.14	SL03	CH117	500	23
CHP373	-108752.70	1.98	5.93	0.14	SL03	CH117	900	23
CHP377	51911.11	0.53	0.37	0.06	CH118	BC08	1200	157
CHP378	5949.15	0.24	0.20	0.14	BC07	BC10	600	673
CHP379	62588.66	0.92	1.28	0.05	CH119	BC32	1000	40.93
CHP381	-556.06	0.05	0.01	0.00	BC16	BC17	400	370
CHP383	100175.40	1.22	1.92	1.22	CH120	SL15	1100	635.13
CHP384	100625.40	1.23	1.93	1.22	CH120	SL15	1100	629.88
CHP218	73432.13	0.59	0.40	0.00	Puchan01	CH137	1350	7.23
CHP358	126.02	0.01	0.00	0.00	WuGu01	WuGu20	600	300
CHP385	0.00	0.00	0.00	2.17	WuGu221	WuGu02	600	300
CHP388	-31814.42	0.39	0.23	0.13	TS06	TS20	1100	550.47
CHP324	-8800.00	0.26	0.19	0.00	WuGu03	WUGu10	700	7.20
CHP325	6424.20	1.05	6.64	0.18	Luchow01	CH96	300	27.44
CHP327	403.78	0.02	0.00	0.00	Luchow01	CH107	600	24.57
CHP335	2992.17	0.12	0.06	0.04	TC10	CH108	600	781.64
CHP337	-2652.76	0.24	0.32	0.25	TC09	CH109	400	800.58

CHP338	4211.01	0.03	0.00	0.01	CH155	CH156	1350	2072.70
CHP339	-13976.60	0.42	0.45	0.21	BC48	BC50	700	450.04
CHP341	-21288.39	1.96	15.03	10.88	LuChow09	CH123	400	723.85
CHP389	-21288.39	0.49	0.51	0.56	CH123	WuGu04	800	1075.89
CHP390	-7200.00	0.13	0.04	0.02	CH124	TS02	900	568
CHP391	0.00	0.00	0.00	1.71	TS01	CH124	500	615
CHP401	0.00	0.00	0.00	17.31	SC34	SC35	1100	350
CHP127	-4433.81	0.26	0.28	0.25	TS02	CH101	500	910.41
CHP294	5797.51	0.34	0.46	0.33	3	CH115	500	724
CHP301	-25402.49	0.46	0.40	0.35	CH115	TS05	900	879
CHP340	-19217.44	0.44	0.42	0.76	CH101	CH115	800	1781
CHP403	-211.68	0.00	0.00	0.00	Luchow02	Luchow03	800	1070.72
CHP404	-5385.06	0.88	4.79	0.18	CH114	Luchow02	300	36.08
CHP405	-800.00	0.02	0.00	0.00	TS25	TS07	800	41.04
CHP406	9254.64	0.38	0.45	0.31	26	CH129	600	711.61
CHP407	9254.64	0.38	0.45	0.25	CH129	LuChow10	600	546.76
CHP408	44015.36	0.54	0.42	0.20	CH130	SC06-1	1100	465
CHP409	-8216.97	0.34	0.36	0.03	SC14	CH131	600	95.59
CHP410	-27.95	0.00	0.00	0.00	CH132	SC27	700	211.12
CHP411	27.95	0.00	0.00	0.00	CH132	SC27	400	211.13
CHP412	0.00	0.00	0.00	0.00	53	13	1000	700
CHP414	58823.26	0.18	0.02	0.01	58	59	2200	550
CHP415	0.00	0.00	0.00	0.00	CH113	BC21	1000	171.26
CHP416	584.31	0.05	0.02	0.01	BC20	CH113	400	626.42
CHP417	1578.50	0.09	0.04	0.03	BC19	BC20	500	628.89
CHP418	-4392.98	0.13	0.05	0.03	BC19	BC16	700	529.65
CHP423	117603.40	1.20	1.69	0.17	83	CH138	1200	98.33
CHP424	2735.72	0.03	0.00	0.00	BC38	BC46	1100	202.77
CHP425	2735.72	0.04	0.00	0.01	BC46	BC43	1000	358.68
CHP427	9612.32	0.12	0.02	0.01	BC42	BC11	1100	341.86

CHP428	9612.32	0.12	0.02	0.01	BC43	BC42	1100	630.91
CHP429	6293.85	0.37	0.53	0.45	27	BC18	500	841
CHP431	-6876.60	0.10	0.02	0.01	BC43	BC44	1000	174.49
CHP432	-6876.60	0.13	0.04	0.00	BC44	BC45	900	153.92
CHP433	-6876.60	0.16	0.06	0.04	BC45	BC47	800	632.46
CHP434	-6876.60	0.16	0.06	0.04	BC49	BC48	800	693.06
CHP435	-8364.11	0.34	0.37	0.24	CH147	CH148	600	652.80
CHP186	0.00	0.00	0.00	2.03	CH87	TC12	700	35.34
CHP187	-35969.82	0.29	0.11	0.01	CH88	TC15	1350	67.74
CHP259	22901.45	0.34	0.20	0.01	CH82	CH68	1000	29
CHP265	-698.85	0.01	0.00	0.00	TC18	TC06	1350	116.46
CHP281	22901.45	0.42	0.33	0.00	CH68	CH136	900	15
CHP303	22901.45	0.23	0.08	0.05	CH136	CH141	1200	526
CHP307	17931.45	0.41	0.37	0.24	CH141	CH34	800	654
CHP309	73482.70	0.75	0.54	0.86	52	6	1200	1590
CHP426	35228.54	1.06	2.50	0.09	CH153	TC13	700	35.00
CHP439	9963.99	0.08	0.01	0.02	Tuchen1-02	CH156	1350	1223.18
CHP103	0.00	0.00	0.00	0.00	Banxin-BanChua	CH164	1350	456.42
CHP225	0.00	0.00	0.00	0.00	CH164	CH163	1350	1604.18
CHP226	10826.01	0.09	0.01	0.00	CH163	CH162	1350	330.77
CHP304	10826.01	0.09	0.01	0.02	CH162	CH161	1350	1352.09
CHP336	10826.01	0.09	0.01	0.01	CH161	CH160	1350	1100.90
CHP440	8936.01	0.07	0.01	0.01	CH160	CH159	1350	446.00
CHP441	8936.01	1.46	12.23	23.21	CH159	CH155	300	1898.84
CHP442	54113.16	0.26	0.06	0.15	Banxin-Sulin	94	1750	2387.38
CHP437	67942.13	0.83	0.93	0.06	SL23	SL08	1100	69.32
CHP444	4693.73	0.43	0.91	0.06	SL23	SL08	400	70.85
CHP452	471750.30	1.44	1.12	0.73	CH174	CH173	2200	653.18
CHP453	471750.30	1.44	1.05	0.96	CH173	CH175	2200	913.17
CHP454	471750.30	1.44	0.90	2.26	CH175	20	2200	2500.96

CHP455	471750.30	1.44	0.92	1.21	28	47	2200	1320.5
CHP461	0.00	0.00	0.00	0.00	CH181	CH182	2200	24.91
CHP462	471750.30	1.44	1.57	0.36	CH182	CH174	2200	229.69
CHP463	34918.00	0.51	0.43	0.04	SC50	ShinWu00	1000	73.85
CHP466	0.00	0.00	0.00	4.21	Fuchow0	Fuchow	1750	50.13
CHP468	-5400.00	0.03	0.00	0.00	68	SL11	1750	501.28
CHP469	146044.00	1.78	2.94	2.05	Fuchow01	CH188	1100	700
CHP471	15542.86	0.10	0.01	0.00	CH190	SL12	1500	17.00
CHP474	-17523.99	0.14	0.03	0.00	Tuchen1-02	TC03	1350	251.64
CHP438	-109793.40	1.12	1.49	0.41	10	BC25	1200	278
CHP315	10025.73	0.59	1.26	0.01	CH121	TS05	500	6.53
CHP318	-0.01	0.00	0.00	0.00	板新淨水場	BanShin01	2400	4.76
CHP348	-0.01	0.00	0.00	0.00	板新淨水場	Banshin02	2400	4.44
CHP436	0.00	0.00	0.00	0.00	BanShin01	Banshin02	2400	4.01
CHP470	0.00	0.00	0.00	10.42	Banxin-Sulin	BanShin01	2000	56.84
CHP475	0.00	0.00	0.00	9.88	Banshin02	Banxin-BanChua	2000	60.22
CHP478	242918.40	0.89	0.54	0.27	CH94	CH97	2000	500
CHP482	70785.56	1.04	1.60	1.94	SL22	SL23	1000	1208.54
CHP43	0.00	0.00	0.00	13.62	ShinWuTank	ShinWu00	1000	11.08
CHP458	-13976.60	0.42	0.45	0.07	BC50	BC10	700	174.47
CHP483	-6876.60	0.16	0.06	0.01	BC47	BC49	800	74.99
CHP487	303.98	0.01	0.00	0.00	WuGu01	WuGu20	800	300
CHP490	-15801.45	0.65	1.20	0.58	CH92	CH72	600	480.27
CHP491	-15801.45	0.65	1.20	0.32	CH72	CH34	600	264.60
CHP492	2652.76	0.24	0.32	0.14	CH151	CH109	400	436.47
CHP42	11076.45	0.45	0.62	0.87	CH92	TC10	600	1400
CHP107	73482.70	0.75	0.54	0.06	CH94	ChunHe01	1200	110
CHP308	73482.70	0.75	0.54	0.76	64	35	1200	1400
CHP481	13230.00	0.19	0.07	0.00	CH99	WUGu10	1000	5.78
CHP489	6350.29	0.58	1.60	1.94	SL22	SL23	400	1211.21

63	0.00	0.00	0.00	15.42	9	TC10	400	700
83	3780.00	0.62	2.48	0.56	CH151	41	300	224.50
117	0.00	0.00	0.00	15.82	8	62	1200	1
1	0.00	0.00	0.00	0.00	BC21	11	1000	227.15
2	471750.30	1.44	0.99	0.48	29	SC45	2200	475.5
7	282190.00	1.85	2.23	5.13	67	Fuchow0	1500	2300
CHP446	471750.30	1.44	0.88	1.19	CH167	CH169	2200	1355.56
CHP447	471750.30	1.44	0.88	1.80	CH169	CH172	2200	2035.90
CHP448	471750.30	1.44	0.88	0.30	CH172	CH170	2200	346.31
CHP449	471750.30	1.44	0.88	0.77	CH170	CH171	2200	873.80
CHP450	471750.30	1.44	0.88	0.81	CH171	CH168	2200	919.63
8	471750.30	1.44	0.88	0.00	2	77	2200	1
9	6294.61	0.26	0.22	0.03	14	5	600	120
13	24124.68	0.36	0.22	0.03	14	5	1000	120
14	15209.64	0.62	1.12	0.34	39	Luchow01	600	300
15	73482.70	0.75	0.54	0.32	6	36	1200	592
12	-30672.77	0.37	0.21	0.00	4	CH121	1100	7.79
16	-38533.89	0.70	0.87	0.01	TS05	CH121	900	9.45
19	0.00	0.00	0.00	2.17	WuGu221	WuGu02	800	300
20	5160.00	0.21	0.15	0.19	BaLi01	BaLi00	600	1300
22	0.00	0.00	0.00	10.51	SC12	CH125	200	1000
23	8232.32	1.35	10.50	10.51	SC12	CH125	300	1000
24	562.69	0.03	0.01	0.00	CH125	SC11	500	300
25	7669.63	0.06	0.01	0.00	CH125	SC11	1350	300
26	51.32	0.00	0.00	0.00	SC11	LuChow10	500	1
27	-999.00	0.01	0.00	0.00	SC11	LuChow10	1350	1
28	30419.29	0.70	1.00	0.00	徐匯中學	15	800	1
38	-5821.62	0.13	0.04	0.02	Luchow03	Luchow04	800	503.76
39	-16370.50	1.51	7.04	5.49	SC39	SC40	400	780
40	-38479.28	0.89	1.17	1.70	SC40	SC37	800	1450

11	9333.75	0.38	0.45	0.67	LuChow09	Luchow04	600	1500
42	0.00	0.00	0.00	8.30	38	81	1000	1530
43	70530.73	0.72	0.50	0.42	9	CH151	1200	840
46	0.00	0.00	0.00	5.38	五谷王北街	SC42	700	1442
47	11954.64	0.49	0.72	0.00	LuChow09	26	600	1
18	3416.96	0.41	0.81	0.02	CH84	CH83	350	18
54	1009.83	0.12	0.07	0.01	CH83	BC38	350	207
55	-51911.11	0.63	0.57	0.08	27	BC08	1100	143
56	3565.90	0.08	0.02	0.02	BC23	BC22	800	1000
57	8228.68	0.10	0.02	0.02	BC23	BC22	1100	1000
58	44187.06	0.65	0.67	0.48	SC24	SC33	1000	720
62	51657.07	0.34	0.12	0.01	31	SC35	1500	45
65	-59575.13	0.88	1.16	1.98	60	SC36	1000	1700
66	-4323.02	0.18	0.10	0.19	SC03	SC05	600	1797
67	-121371.70	1.79	4.35	0.44	SC37	32	1000	103
68	-125871.70	1.85	4.66	5.73	76	SL02	1000	1230
69	-23564.41	0.29	0.13	0.00	33	SL05	1100	10
70	-234264.70	1.89	3.41	0.32	73	SL09	1350	93
71	112864.40	0.91	0.88	1.71	34	SL04	1350	1944
72	-14132.57	0.11	0.02	0.03	TC14	TC05	1350	1640
73	73482.70	0.75	0.71	0.67	35	52	1200	960
77	73482.70	0.75	0.71	0.13	36	62	1200	184
78	73482.70	0.75	0.71	0.09	37	84	1200	120
80	63269.95	0.65	0.54	0.39	CH151	TC09	1200	733
81	0.00	0.00	0.00	4.72	TS01	38	1000	70
82	0.00	0.00	0.00	3.57	38	WuGU05	1000	70
84	0.00	0.00	0.00	0.00	7	79	1000	1260
89	34918.39	0.51	0.43	0.00	82	WuGU05	1000	1
90	0.00	0.00	0.00	1.71	CH124	TS01	700	615
91	5582.56	0.33	0.42	0.76	CH115	CH101	500	1781

92	30419.29	0.45	0.34	0.07	5	39	1000	225
32	0.01	0.00	0.00	0.00	20	40	1350	1
93	109793.40	0.89	0.64	0.00	CH176	42	1350	1
94	471750.30	1.44	0.88	0.00	20	28	2200	1
96	0.00	0.00	0.00	0.00	43	40	1350	1
97	0.00	0.00	0.00	0.00	44	42	1350	1
98	109793.40	0.89	0.64	0.00	42	45	1350	1
99	109793.40	0.89	0.64	0.00	46	12	1350	1
111	0.00	0.00	0.00	0.00	47	49	1000	1
114	0.00	0.00	0.00	0.00	49	50	1000	1
115	0.00	0.00	0.00	0.00	54	55	1000	1
119	0.00	0.00	0.00	0.00	55	56	1000	1
122	0.00	0.00	0.00	0.00	57	53	1000	1
124	0.00	0.00	0.00	0.00	CH177	55	1000	1
134	146044.00	0.70	0.40	0.00	CH188	70	1750	1
138	51657.07	0.53	0.00	0.00	75	SL21	1200	1
139	246075.80	1.61	2.23	0.01	74	SL21	1500	1
146	0.00	0.00	0.00	0.00	泰山配水池	80	1000	1
148	471750.30	1.44	1.15	0.00	47	29	2200	1
123	0.00	0.00	0.00	2.73	51	BC22	1200	100
125	-4567.83	0.04	0.00	0.00	CH108	TC11	1350	302.21
149	0.00	0.00	0.00	4.88	CH108	TC07	600	1715
49	105584.60	1.56	3.36	0.55	1	SC24	1000	165
50	105584.60	1.56	3.36	2.29	30	1	1000	680
150	3157.13	0.19	0.15	0.02	TS05	3	500	155
152	-7782.02	0.46	0.79	0.65	18	19	500	821
153	-26672.77	0.32	0.17	0.03	21	4	1100	178.2
155	-9912.02	0.41	0.51	0.05	19	24	600	110
156	-12042.02	0.49	0.73	1.27	24	22	600	1750
157	-12042.02	0.36	0.34	0.35	22	25	700	1012

127	99268.52	0.30	0.06	0.00	85	31	2200	1
160	46009.43	0.14	0.02	0.00	65	30	2200	84
59	166851.30	6.83	94.45	9.45	86	BC06	600	100
164	-412927.00	2.70	4.44	0.98	86	89	1500	220
166	412927.00	2.70	4.44	0.00	SC45	90	1500	1
168	412927.00	2.70	4.44	11.99	91	88	1500	2700
163	3189.93	0.03	0.00	0.00	CH98	87	1350	2200
169	-7636.09	0.31	0.28	0.52	87	Banxin-Sulin	600	1850
170	10826.02	0.09	0.01	0.02	87	CH163	1350	1800
171	-95480.11	0.46	0.18	0.38	92	71	1750	2062
174	24768.35	1.01	2.76	2.34	95	BaLi11	600	850
175	0.00	0.00	0.00	6.15	Banxin-Sulin	96	1750	1
176	136146.70	0.89	0.57	0.00	Fuchow01	97	1500	1
177	136146.70	0.89	0.57	0.14	97	98	1500	252
178	136146.70	0.62	0.23	0.52	98	99	1800	2230
179	136146.70	0.62	0.23	0.39	99	100	1800	1662
180	136146.70	0.62	0.23	0.89	100	101	1800	3793
181	136146.70	0.62	0.23	0.16	101	103	1800	665
182	136146.70	0.62	0.23	0.17	103	104	1800	736
183	136146.70	0.62	0.23	0.22	104	105	1800	950
184	136146.70	0.41	0.09	0.01	105	Banxin-Sulin	2200	50
189	0.00	0.00	0.00	2.05	99	92	1800	10

Pressure < 10.0 m in 0:00.

ID	Demand	Head	Pressure
Luchow01	5940.00	9.56	7.56
Luchow02	12420.00	9.43	7.68

Luchow03	6480.00	9.43	7.63
Luchow04	2700.00	9.45	7.65
SC11	9180.00	9.56	7.46
LuChow09	0.00	10.12	7.79
LuChow10	0.00	9.56	7.46
LuChow12	0.00	9.56	8.76
LuChow11	0.00	9.56	5.56
LuChow13	10800.00	9.28	7.59
LuChow14	9720.00	8.84	7.31
Puchan00	242918.40	18.69	8.69
Bali12	0.00	28.51	0.01
CH96	0.00	9.38	7.38
CH107	0.00	9.56	7.56
CH125	0.00	9.56	9.56
CH114	0.00	9.25	7.50
CH129	0.00	9.81	7.81
CH155	4725.00	29.13	5.24
BanShin01	0.00	42.50	0.20
Banshin02	0.00	42.50	0.20
5	0.00	9.97	6.97
14	0.00	10.00	7.00
15	0.00	10.00	7.00
26	2700.00	10.12	7.79
39	0.00	9.90	9.90
104	0.00	53.15	8.60
105	0.00	52.93	9.41
Puchan	0.00	9.00	2.00
Shizitou	24768.35	28.50	4.00
KuanFu	0.00	9.80	3.80
ShinWuTank	0.00	6.00	4.00

Fuchow	0.00	29.20	4.00
8	0.00	33.00	5.00
17	0.00	40.50	8.00
96	0.00	46.77	0.00

Negative Pressure < 0.0 m in 0:00.

無
